통계학사 개론

정한영 편

한림대학교 출판부

머리말

통계학은 하나의 과학적 방법론이며, 통계학의 내용은 그 연구대상에 따라 규정된다. 따라서, 통계학이 "현대"에 있어서 지니는 의의 · 성질 · 문제는 변할 것이고, 변하지 않는다고 생각해서도 안된다.

과학을 인식하고 체득하기 위해서는, 그 역사에 관한 지식이 필요하다. 최근에 과학이 급속하게 발전함에 따라, 과학영역은 세분화되고, 과학자는 전문화되었다. 그러므로 하나의 학문영역을 전망하기는 대단히 곤란하게 되었다. 학문의 영역은 넓어졌으며, 또한 심도있게 연구되고 있다. 우리는 학문영역에 대한 넓은 시야를 가져야 한다. 왜냐하면, 세분화된 영역의 급속한 발전과 급속한 사멸은 과학의 진보에 따른 현상이기 때문이다. 통계학을 공부하는 학생들에게는 통계학의 역사적 발전양상을 조금이나마 파악한다는 것이 필요하다.

원래 천학 비재인 편자가 이 책을 세상에 내놓는 데에는 상당한 만용이 필요하였다. 아직도 마음속 깊이 걸리는 점이 많다. 앞으로 이 책을 다시 손질할 기회가 있을 줄로 믿고 그 때에 이러한 미흡한 점들을 보완하고자 한다. 통계학에 관심있는 분들에 일조가 된다면 다행이라는 생각뿐이다. 두말 할 것도 없이 우리나라 사람으로서 통계학사를 전공하는 사람에 의한 통계학사가 하루 속히 나오기를 기다리는 바이다.

이 책을 편집할 계기와 용기를 준 동료분들께 감사를 드리며, 아울러 이 책이 출판되도록 도와주신 한림대학교 출판부에 대하여도 거듭 감사를 드린다.

1995년 2월　　편자

차 례

부록

제1장 서 론

통계학은, Quetelet 등이 지적한 바와 같이 그 사상적인 기초는 옛부터 존재했던 것으로 생각되나, 대체로 새로운 과학이라 할 수 있겠다. 왜냐하면, 집단현상에서의 여러 관계를 수리적으로 연구하는 실체적인 면과 방법론적인 면인 겨우를 완비하게 된 것은, 실로 정치산술파 통계학(政治算術派 統計學)이 독일大學派 統計學의 입장과 전혀 다른 방향으로 발달하여, Süssmilch를 거쳐서 Quetelet에 이르러서 확고한 기초를 만들게 된 때이다. 또한 統計方法이 하나의 연구방법 및 그 기술로서 자각되고, 그 자체가 "통계학"의 내용으로 된 것은 Quetelet 이후에 발달한 통계학에서였다고 말하여야 한다.

"학문"은 가령 그것이 순수형식의 학문일지라도, 그 최초는 실천 속에서 탄생하는 것이다. 즉, 학문은 그 萌芽時代에는, 산업이라던가 교통, 정치 또는 군사 등 인간 사회의 실천과 직접적인 연관을 갖는다. 통계학에서도 그 二大源流인 獨逸大學派 統計學과 政治算術派 統計學의 각 태동기에 이런 상황이 분명히 엿보였다. "학문"이 발달하면 실천과의 직접적인 연관관계가 점점 희박하게 된다. 그것은 하나의 독립과학으로서의 존재를 주장하게 되고, 마치 자기자신의 힘만으로 발달하는 것 같이 보이는 것이다. 그러나, 아무리 학문이 발달·발전하여도 그것은 실천과 유리될 수는 없다. 통계학의 역사를 읽어 보면 이러한 사실을 분명히 알게 될 것이다.

통계 ― 官廳統計 ―에 대하여는, 이미 고대이집트, 유태, 그리이스, 로마 등의 제국에서 인구·농지 등의 사회사실의 수량적 조사 또는 관찰이 행하여지고 있었다. 필경, 국가가 비교적 강한 조직이 되고, 비교적 고도의 행정임무를 수행하게 되면, 국가 생활의 기초, 즉, 경지면적, 인구수, 그

군대 및 납세에 대한 급부능력 등에 관한 수적 지식은 통치자에게 가장 필요한 것이기 때문이다. 그러나 그것은 "통계"이었을 뿐, 아직 거기에는 "통계학"은 존재하지 않았던 것이다. 우리는 앞으로, 어떻게 해서, 또 어떤 배경하에서 "통계학"이 발상하고, 변천을 거듭해서, 발달·반전하여 "현대의 통계학" 이 형성되어 왔는지를 생각하여 본다.

§ 1 관청통계의 탄생

국가의 형편 — 토지·주민 및 산물 등 — 에 대한 記述을 목적으로 하는 이른바 國家學 (Staatskunde)의 역사적 경로를 더듬어 볼 때, 이미 고대에 여러 가지 조사가 여러 곳에서 이루어졌음을 알 수 있다.

먼저 이집트에서는, B.C. 3050년에 피라밋 건설을 위한 조사 조직이 만들어졌고, B.C. 2200년 경 최초의 토지조사가 행하여졌으며, B.C.1400년 경에는 Ramses II 하에서 領地라던가, 국가의 재분배을 위한 조사가 이루어졌다는 사실이 밝혀져 있다.

중국에서는 B.C. 2300년에 인구조사가 토지측량, 農 工 商의 조사와 관련하여 이루어졌다. 이들 조사에 관한 사실은 孔子(B.C. 550∼478)의 문헌을 통하여 알 수 있으며, 공자의 저서 "書經"에는 이들 조사가 신성한 종교적 행사였다고 기술되어 있다.

페르시아에서는 Darius 및 Herxes하에서 國勢調査가 이루어졌다고 전해 내려오고 있다. 또 성서(聖書)에 의하면, 시나이산에서의 Moses에 의한 유태인의 인구조사 및 David에 의한 인구조사 등이 있다.

희랍의 도시국가에서는 정비된 행정통계를 다면적으로 볼 수 있다. 즉, 스파르타는 B.C. 850년에, 아테네에서는 B.C. 594년에 각각 조세표 및 재산기록부를 작성하기 위하여 국세조사를 하였다.

고대 로마 황제 중 위대한 지배자 Servius Tullius는 시민명부를 작성하여 주기적인 인구정태조사, 즉, 로마식 국세조사를 실시하였다. 그 목적

은 인민을 계속적으로 기록하고, 인민의 각 소속단체와의 관계를 기록하는 데 있었다. 이와 같은 조사를 기초로 하여 公課와 관직의 할당이 결정되었으며, 그 조사상의 기술은 당시로서는 완전에 가까웠다고 한다. 각자에 대해서는 성명, 소속 자치단체의 신고뿐만 아니라, 주소, 출생지, 아버지의 성명을, 또 해방된 노예에 대하여는 그의 前주인의 성명도 조사하였다. 이와 같은 센서스는 5년마다 시행할 예정이었으나, 정확하게는 이루어지지 못하였다. Tullius는 호적법을 설정하고, 출생 및 사망에 대해서는 특정한 사원에 제출하도록 명령하였다. 후기 로마시대에 들어서서는 Tullius 방식은 더욱 진보하여 크리스트 탄생의 해에는 로마제국에서 아주 대규모 센서스가 이루어졌다는 사실은 유명한 일이다. 최후의 조사는 A.D. 47년 Claudius에 의하여, 그리고 A.D. 72년에는 Vespasian에 의하여 이루어졌다.

통계학이란 단어를 오늘날과 같이 한정하지 않는다면, 이미 고대에서도 "통계학적 문헌"이 존재하였다는 사실이 인정된다.

희랍에서는, 일부분 소멸되었으나, Aristoteles(B.C. 384~322)의 저술이 남아 있다. 이것은 희랍의 도시국가가, 후년의 독일대학파 통계학이 유럽 여러 나라를 기술한 것과 유사한 방법으로 취급되고 있다. 그는 각 도시국가에 관하여, 신화적 내지는 역사적인 간략한 개요로써 지리적으로 개관하고, 거슬러 올라가서는 도시의 창설자까지 기술하고 있다. 또한 헌법 및 행정을 기술하고, 재정・경찰・시장감독・국세징수・사법(司法)뿐만 아니라, 과학 및 예술 도덕 관습 및 제례(祭禮)의 상황까지도 관찰하고 있었다.

로마의 문헌은 더욱 풍부하다. B.C. 261년부터 B.C. 246년에 이르는 동안의 국세조사에 관한 Dionysius의 보고가 있으며, 또한 Cäser가 계획하고, Augustus에 의하여 비로서 수행된 全로마제국에 미치는 재산조사에 관한 Plinius의 보고가 있다. Cicero라던가 Sallust시대에는, 통계조사를 하려면 어떤 방법이 가장 목적에 적합한가에 대한 논술, 즉, 통계이론의 싹(맹아)이 엿보인다.

이와 관련해서, 로마제국의 육.해군, 국고의 수입 · 조세 및 관세 · 지출 등을 취급한 Breviarium Augusti의 경제통계적 저술이 있다. 이것은 Augustus가 관심을 가졌으며, 그 후계자에 의하여 계승되었던 것이다.

이와 같이, 고대에는 통계조사가 비교적 고도로 발달한 데에 반하여, 중세에 이르러서는 오히려 쇠퇴한 사실에 주목하여야 한다. 그 큰 이유는, 강대한 국가의 분열 붕괴로 인하여 통계조사의 수행이 적지 않게 방해받았기 때문이다. 그러나, 그럼에도 불구하고, 카알대제(Karl der Gross : 742 ~814)에 의하여 수행된 "王領 일람표"와 같은 대규모 조사가 있다. 이것은 왕에 소속된 주택 · 경영용 건물 · 가구 · 가재(家財) 식기 · 악기 · 농업용 산림 · 전야 · 호소 · 하천 · 가축 · 저축 식량 등에 대한 정밀하고 치밀한 조사였다.

영국에서는, 노르만 사람이 Bretain섬을 정복하였을 때, William 정복왕(William the Conqueror : 1027~1087)은 노르만 사람의 최고통치하에 있던 모든 사유지 · 재산 · 산물의 일람표를 작성하였다. 이것은 1083 ~ 1086년간, Northumberland, Durham, Westmorland, Cumberland 및 북Lancashire를 제외한 영국 전국토에 대하여 조사 작성된 왕국 토지 대장, 즉, Domesday Book이라고 불리우고 있는 것이다. 이것은 서로 다른 2권으로 구성된 광범위하며 또한 상세한 국토지(Topography)이며, 후년에 이르기까지 전형적인 것으로서 존중되었다. 그 내용은 주로 왕과 그의 예속자의 정교한 재산 등이며, 또한 지방 각 州의 법규, 왕의 수입, 정착인구의 소득 등에 관한 포괄적인 기록이다. 정복왕은 조사를 엄중하게 명하여, 한 자(一尺)의 토지, 한 줌의 땅, 한 마리의 소, 한 마리의 돼지에 이르기까지 남김없이 기재토록 하여, 서류를 모두 왕에게 제출토록 하였다고 전해지고 있다.

타타르(Tartar)인이 러시아를 정복한 후, 바투(Batu 拔都(1207~1256))는 남부 러시아의 인구조사를 실시하였다(1246). 1273년에는 정복한 러시아 전 영토에 대한 두번째의 인구조사가 실시되었다.

중세 말기가 되면서, 여러 도시가 생성되어, 조세 · 징집을 위해서, 또는

장정수의 조사를 목적으로 하는 시민부(市民簿 : Bürgerrolen)가 작성된 것도 특기할 만한 사실이다.

§ 2 중상주의시대와 통계

16세기 이후, 근대적 국가의 성립기를 맞이하게 되면서, 국가주의적인 경제사상이라던가 경제정책을 목표로 하는 重商主義가 유럽 여러 나라에 팽배하게 일어났다. 이 주의에 따르면, 인구수의 증가라던가 수출무역의 번성 등은 국가 번영의 표징으로 생각되어, 인구증가의 촉진과 신규산업의 유발에 그 목표가 두어졌기 때문에, 국가의 정세에 관한 제반 사정에 대한 조사가 갑자기 긴요하게 되었다. 그래서, 행정관청에 의한 통계적 활동이 점차로 활발하게 이루어지게 되었다.

새로운 자본주의적 사고방식을 가진 상업 부루조아계급과 지주의 대표자들로 구성된 청교도혁명(1648년의 영국혁명)의 활동가들에 의하여 아일랜드의 반란이 진압되었을 때, 몰수된 토지자산의 재산목록 작성을 위임받은 "통계학의 발명자" W. Petty가 편성한 "아일랜드 측량지도(1685)"는 몰수된 토지의 분배라는 실제상의 필요성에 따라 만들어 진 것이다.

절대주의적인 국가였던 프랑스에서는, 중상주의를 신봉한 정치가 Jules Mazerin(1601～61), Jean Baptiste Corbert(1619～83) 등은 관청통계의 추진에 노력하였다. 특히, 후자는 1665년 무역통계의 작성에 성공하였다. 1801년에는 제1회의 일반적인 인구조사가 실시되고, 제2회는 1806년에 실시하였다. 1800년부터 1812년에 걸쳐서 "일반통계국(Bareau official de la statistique générale)"이 설치되었다. 수학을 좋아하고 통계를 추진했던 Napoléon(1769～1821)이 "통계는 사물(事物)의 예산이다. 예산 없이는 공공의 복지도 없다.(La statistique est le budget des choses et sans budget point de salut)"라고 말한 것은 유명하다.

영국에서는 Thomas Mun(1571～1641), Thomas Culpeper, the elder(1578~1682), Thomas Culpeper, the younger(1626~97)의 부자 등이 중상주의의 대표자로 등장하였으며, 특히, 동인도회사의 중역이었던 Thomas Mun의 활동 및 그의 무역균형설은 영국의 실제 정책에 많은 영향을 주었다.

프로시아(Prossia)에서도 Friedrich II가 Süssmilch의 "神의 秩序"에 자극받고 소위 역사통계표(Historische Tabelle) 작성에 노력하였다.

이와 같은 시대사조를 배경으로 하여, "통계적 조사"는 정책의 중요한 일부로 간주되고, 국가의 운영과 통계와는 긴밀하고 불가분의 관계에 놓이게 되었다. 이때, 독일과 영국 두 나라에서, 예기치 않게, 거의 동시에 "통계학"의 발상을 보게 되었다.

19세기 까지의 주요 통계조사 일람표

서 기 년	사 항
B.C. Ca 3050	이집트에서 피라밋 건설을 위한 수적인 조사
Ca 2300	중국에서 인구조사
Ca 1500	이스라엘인의 인구조사
Ca 1030	David하에서의 이스라엘인의 인구조사
Ca 850	Lykurg에 의하여 스파르타에서 행하여진 무토지 소유자의 분배
594	아테네에서의 Solon 왕의 조세조사
550	중국에서의 토지측량, 인구조사 및 농공업 조사
435	로마에서의 최초의 센서스
390	아테네에서의 인구조사 시민 : 21,000 자유인 : 10,000 노예 : 400,000
A.D. 794~795	Karl 대왕의 Capitulare de Villis
1085	William 정복왕의 domesday books
1231	Waldemar II 의 Erdbuch
1296	공화국 베네치아에서 각 주지사, 해외파견 공사로부터 정기적 보고 (Relazioni)를 구하게 됨.

1337	Landbuch der Neumark
1375	Landbuch der Mark Brandenburg
1420	Dogen Moccenigo는 베네치아 집정관에 상업 사정에 관한 각서를 제출. 이 보고는 정치적 목적으로 편집된 "관청통계의 最古의 예"이다.
1449	뉘른베르크에서 전인구 조사 동시가 포위공격의 위험에 처했을 때, 시의 장노는 전인구와 이용가능한 식량 공급의 조사 보고를 명령함. "결과"는 국가 기밀로서 엄비에 부쳐져, 2세기이상이나 공표되지 않았음.
1524	교회 기록 작성의 일반적 포고. 실행된 것은 영국(1537년 이후), 프랑스(1539년 이후), Kurbrandenburg(1537년 이후)
1597～1601	프랑스에서의 Sully의 재정 및 군사력에 관한 조사
1645	Brandenburg에서의 徵稅所記錄
1665	Corbert의 상업통계 동년에 뉴 프랑스의 식민지(캐나다)에서 정기적 인구조사 개시. 이 조사는 호구조사에 의하여 수집됨. (근대적 센서스 중 가장 오래된 것임)
1684	이래 Brandenburgische Länder 에서의 출생, 세례, 사망에 관한 연대표 제작
1686	스웨덴에서의 교구기록의 제작 명령(각 교구의 목사가 출생, 사망 및 교구 출입 인구를 기록하게 됨)
1696	영국의 Parliament－Papers 간행
1719～1722	Friedrich William I 의 Populationstabelle 및 Historishe Tabelle 발표
1748	포로이센에서 매년 인구조사 (Friedrich der Gross), 스웨덴 법률공포, 교구마다 매년 출생표,

	사망표, 총인구표 를 작성, 내무성에서 집계, 1755년 이후는 5년 마다 시행됨. 이것을 최초의 센서스로 보는 측도 있음.
1750	국가에 의한 삼각측량 개시, 참모본부 지도의 제작
1768	프로이센에서의 경제통계의 발전
	Friedrich der Grosse가 Historische Tablle을 확충함.
1769	스페인의 최초의 인구조사 — 조세중과 때문에 놀란 인민의 반항에 부딪혀 정확하지 못함
1770	이후 프로이센에서 정규적으로 가축조사
1801	영국, 프랑스, 포르투갈 제 1회 국세조사
1815	노르웨이 제 1회 국세조사
1818	오스트리아 제 1회 국세조사
1821	홀란드 제1회 국세조사
1837	스위스 제1회 국세조사
1839	덴마아크 제1회 국세조사
1846	벨기에 제1회 국세조사
1857	오스트리아 = 헝가리, 스페인 제1회 국세조사
1861	이탈리아, 그리이스 제1회 국세조사
	러시아의 Alexander II (1818~1881) Zemtva 창설(농업구조에 대한 기본적 조사)
1871	독일 제1회 국세조사
1877	필리핀 제1회 국세조사
1881	인도, 버어마, 오스트레일리아 제 1회 국세조사
1883	이집트 제1회 국세조사
1893	불가리아 제1회 국세조사
1897	러시아 제1회 국세조사
1920	일본 제1회 국세조사

1925	한국 제1회 간이 국세조사
1960	한국 제1회 인구・주택국세조사

§3 국세조사

"국세조사"란 말은 census를 번역한 것이다. 이 말은 어원적으로는 로마의 센소-루 라는 직명을 갖고 시민등록 및 세금 등을 담당하는 사람이 행한 정기적인 人口調査를 의미한다. 앞의 표에서 본 바와 같이, 센소-루에 의한 인구조사의 시초는 B.C. 435년 이었다. 또, 바빌로니아에서는 B.C.3600년 이전부터 국부산정을 위한 인구조사가 이루어졌다고 생각되고 있다. 이와 같이 인구조사의 역사는 극히 오래지만, 그것이 일반화된 것은 19세기에 이르러서 부터이다.

통계제작을 위한 참으로 근대적 센서스를 최초로 실시한 나라는 미국이다. 즉, 1787년 합중국 헌법으로, "하원의원 및 직접세는 합중국에 가입하는 각 주의 인구수에 따라 이를 각 주에 배분하는 것으로 한다.… 인구수의 산정은 합중국의회의 제1회 개회 후 3년 이내에 행하며, 이로부터 10년 이내마다 법률이 정하는 바에 따라 이를 행한다"로 규정하고, 이 규정에 의거하여, 1790에 제1회 센서스가 실시되었다.

국세조사는 모든 "통계조사" 가운데서 가장 규모가 큰 것이며, 근대국가는 모두 이 조사를 실시하고 있다. 그 조사 기일은 나라마다 다르며 다음과 같다.

국세조사도 물론 예외는 아니지만, 관청에서 실시하는 조사는 주로, "統計"로 되어 발표된다. 이것은 단지 한 나라만의 통계가 아니며, 국제규준에도 따르고, 그 비교고찰을 할 수 있도록 노력하고 있다. 국제연합에는 통계기구가 있어서 이 작업을 담당하고 있다.

통계의 국제적 협력에 대해서는 Quetelet도 강조한 바이며, 그의 노력에 의하여 1853년 부뤼셀에서는 제1회 국제통계회의가 개최되었다. 이것이

통계의 국제적 협력의 시초이다.

국명	주기(년)	완편의 주기를 채용한 최초의 해	조사일	제1회 국세조사 실시년
한 국	5	1925	10.1	1925
일 본	5	1920	10.1	1920
미 국	10	1790	1.1	1790
영 국	10	1801	6.19	1801
프랑스	5	1801	3.7	1801
홀란드	10	1829	12.31	1821
덴마크	5	1856	11.5	1839
희 랍	5	1875	1.1	1861
벨기에	10	1880	12.31	1846

§ 4 인구법칙의 여명기

(I) Ulpianus 生命表 : 인간의 생사를 통계적으로 최초로 관찰한 것은, 고대 로마제국의 집권자였던 Domitius Ulpianus라 한다. 그는 A.D. 364년에 연령별 平均 余命表를 작성하였다. 그는 보험계리인(actuary)인 동시에 법률가이며, Justinian 법전의 가장 유명한 주역자의 한 사람이었다.

그가 생명표를 작성한 이유는 다음과 같다. 즉, 로마의 법률(Falcidian law)에는 법적 상속인 이외의 자에게 재산의 2/3이상을 유증하지 못하게 되어 있었다. 그래서, 생명연금 또는 정기연금을 유증하므로써, 도망갈 길을 생각한 사람이 있었기 때문에, 로마정부는 이 연금의 가치를 산정해서 법률의 제정에 합지하는지 여부를 확인할 필요가 있었다. 처음 생각한 계

산 방법은 원시적이며 불완전한 것이었기 때문에, Ulpianus는 실제의 경험과 합치하는 평균여명표를 작성하였다.

Ulpianus 생명표

연령	Ulpianus의 평균 여명
0~20	30
20~25	28
25~30	25
30~35	22
35~40	20
40~41	19
41~42	18
42~43	17
43~44	16
44~45	15
45~46	14
46~47	13
47~48	12
48~49	11
49~50	10
50~55	9
55~60	7
60~	5

(참고) Price의 생명표

R. Price의 평균 여명		
연령	남	여
0	14.25	18.10
5	31.05	37.12
10	30.00	36.89
15	26.74	33.43
20	23.85	30.01
25	21.40	26.80
30	19.42	23.98
35	17.58	21.62
40	16.51	19.25
45	13.78	17.17
50	11.95	15.12
55	10.30	12.89
60	8.69	10.45
65	7.39	8.39
70	5.81	6.12
75	4.09	4.39

그의 생명표는 17세기 말까지 작성된 다른 어떤 것 보다도 정확한 것이라고 할 수 있다. 다시 말하면, 홀란드의 de Witt에 이르기까지 유럽에서

알려졌던 연령별 평균여명으로서는 가장 오래되고, 가장 정확한 것이었다.

(II) de Witt(1625~72) : de Witt는 홀란드의 Dort에서 태어났다. 그는 일찍부터 수학에 재능을 발휘하여, 23세 때 수학에 관한 논문 "Elementa Curvarum Linearum"을 발표하였다. 이것은 후에 Condorcet가 칭찬한 것이다.

그는 1653년부터 1672년까지 홀란드의 Grand Pensionary이었다. 홀란드 연방의 통령(統領)의 지위는 실제로는 세습이었지만, 형식적으로는 선거가 필요하였다. 1650년에 통령이었던 William II가 사망하고, 1주일 후에 자식이 탄생되었으나, 통령의 지위는 공백이 되고, 중요한 권력은 Grand Pensionary에 옮겨졌다. 이 지위에 젊은 de Witt(1653년 28세)가 임명되고, 재임명되어 1672년까지 계속해서 재임하였다. 그때, 젊은 황태자 William III of Orange (1650~1702) — 후의 영국왕 William III —가 성년에 달하게 되고, 홀란드는 프랑스와 영국과의 전쟁으로 인하여, de Witt는 대중을 위해서 힘을 다하였음에도 불구하고 인기를 잃고 사직하였다. 국왕에 대한 음모 기도로 투옥되었던, 그의 아우의 석방(1672년 8월 20일)때에 즈음하여, 마중나간 그는 입구에서 군중에게 학살당하였다.

de Witt는 다음과 같은 이유로 연금을 연구하기 시작하였다. 홀란드의 재정자금은 United Provinces(1537년에 연합한 북부 7주이며, 후의 홀란드 왕국)와 영국과의 전쟁으로 궁핍했었다. 따라서 재정을 소생시키기 위해서는 무슨 편법이 필요하였다. 이 위기에 당하여 de Witt는 영국 기타 여러 나라에서 널리 이루어지고 있던 생명연금을 국가가 관리 운영하는 방법으로 자금을 모으려고 생각하였다. 그는 생명연금에 대하여 검토하고, 수천명의 생명연금 계약에서, 그 과정은 분명하지 않으나, 다음과 같은 사망법칙을 유도하였다.

(i) 4살인 사람이 128명 있다고 하고, 그 중 반년마다 1명씩 사망한다고 하면, 54살일 때에는 28명이 생존한다.

(ii) 그 후의 10년 간에는 9개월 마다 1명씩 사망한다. 따라서, 64살

일 때에는 14⅔명이 생존한다.

(iii) 그 후의 10년 간에는 6개월 간에 1/2명씩 사망한다. 따라서, 74살일 때에는 4⅔명이 생존한다.

(iv) 그 후에는 6개월마다 1/3명씩 사망한다. 고로 7년 지나면 전부 사망 하게 된다.

이 법칙에 따르는 그의 사망표는 Graunt의 것보다도 더욱 완전에 가까운 것이었다. 그는 이 사망표로 연금현가를 계산하였다. 이것으로 인하여 Ulpianus의 방법은 완전히 사멸되였다.

소위 "actuarial science"[1]는 그로부터 시작되었다고 할 수 있다. 위의 보고서는 이 방면의 가장 오래된 연구로 되어있으나, 실은 약 2세기 동안 계속 잊어오다가, 영국인 Hendrik에 의하여 보고서가 발견되고, 영국 actuary 회보의 전신인 Assurance Magazine Vol 2(1852)에 게제되고서부터, 널리 일반에게 알려지게 되었다.

---

1) actuarial science는 "保險數學"을 뜻한다.

제2장 독일대학과 통계학(Ⅰ)

§1 문예부흥

근세 초기 유럽에서, 상품경제가 발전함에 따라 도시의 상인계급의 세력이 증대하여, 봉건제도의 해체를 촉진하였다. 경제체제의 변화는, 상부구조인 정치사상·도덕사상·종교사상 등의 변화를 일으켰다. 봉건적 도덕인 "신의 절대권"에 반항하여, 인간성의 존엄을 역설하는 인본주의사상이 등장하였다. 그리고 자유를 희구하는 신사상에 의하여 14~16세기의 이른바 르네상스(renaissance)가 개화하게 되었다. 이 신문화운동은 처음에는 문학이나, 예술 영역에서 일어나서, 고대 희랍이라던가 라틴(Latin)의 고전의 부활이란 모양을 취하고 있었기 때문에, renaissance(復活) 이라 불리었었으나, 실은 부활이 아니라 신생이었다.

15세기 후반기부터 16세기 전반기에 걸친 시기는 르네상스의 전성기였다. 15세기 후반기의 금속제 활자에 의한 인쇄법의 발명(1440; Johan Gutenberg(1400~68))은 지식의 보급에 절대적인 공헌을 하였다. 열광적으로 수행된 해외 신시장과 새로운 영토의 발견을 위한 탐험항해는 신대륙 미국, 인도로의 항로 발견과 더불어 많은 새로운 지식을 가져 왔다. 자유를 희구하는 일반적 분위기는 정통적인 종교계까지도, 종교개혁 운동을 낳게 하였다. 이와 같이 해서, 16세기 전반기에는 Leonardo da Vinci(1452~1519), Michelangelo(1475~1564), Sanzio Raffaello(1483~1520), Christopher Columbus(1446~1506), Martin Luther(1483~1546), Nicolàus Copernicus(1473~1543), Jean Calvin(1509~64) 등의 위인이 활약하였다.

르네상스의 원인이, 경제 토대의 변화에 있었다는 사실로부터, 미루어 헤아릴 수 있듯이 이 시기에는 각종 공업이 현저히 발전하였다. 특히, 독일의 광산야금업은 눈부시게 발전하였다. 금은에 대한 수요 증대, 대포라든가 기계의 발달 등은 채광야금업의 발전을 요구하게 되고, 큰 상인들은 이윤을 찾아 광산야금업에 투자하였다. 기술이 대규모화하였기 때문에, 이들 공업은 큰 상인의 지배하에 들어가게 되었다. 한편 이탈리아에서는, Venezia시, 기타 도시를 중심으로 하여 금속가공업, 유리공업, 요업 등이 고도로 발전하고 있었다.

이와 같이, 16세기의 독일과 이탈리아의 도시는 영국 및 프랑스보다도 눈부실 정도로 발흥하고, 산업발전의 선두를 달리고 있었다. 그러나, 신대륙의 개발에 따른 세계무역의 중심의 이동, 종교전쟁이라던가 농민전쟁으로 인한 피폐와 민족적 통일의 결여, 기타의 원인으로 인하여, 독일과 이탈리아의 우위는, 그후 멀지않아 영국에 빼앗기게 되었다.

1500년 전후의 해외 신영토 발견에 관한 연표

서 기	발견 사항
1487~88	Bartholomeu Dais : 아프리카 주항
1492	Christopher Columbus : 아메리카 신대륙 발견
1493	Columbus : 제 2 회 항해
1497	베네치아인 John Canbot : 아메리카 본토 발견
	Amerigo Vespucci : 중앙 아메리카 발견
1498	Columbus : 제 3 회 항해(남아메리카 본토에 도달)
	Vasco da Gama : 희망봉을 돌아서 인도에 상륙
1499	Vespucci : 남아메리카 해안 발견
1500	Vincent Yánez Pinžon : 브라질해안 발견
	포르투칼인 Cabral, Pedro Alvarez 브라질 상륙, 포르투칼 영토로 함
1502	Columbas : 제 4 회 항해(중앙 아메리카 발견)

1505	포르투칼의 인도경영(인도 총독 아루메이다)
1513	에스파니아안 Vasco Balboá : 파나마 지협에서 태평양을 발견
1516	포르투칼인 처음으로 중국(광동)에 도착
1517	포르투칼 사절 : 明에 도착
1519	에스파니아인 Hernán Cortés : 멕시코를 정복(-1521)
1535	Hernán Cortés : 남 캘리포니아 발견
1542	포르투칼인 : 일본과 통상조약

§2 국가 기술

르네상스는 모든 학문분야에 그 영향을 미쳐서, 사람들은 신흥학문을 열심히 연구하려 하고 있었다. 봉건제후로부터 근대국가를 형성하는 전환은 먼저 이탈리아의 여러 도시에서 발생하였는데, 경제적으로는 이미 자본주의적 생산이 싹텄으며, 지리학상의 위대한 발견과 탐험으로 인하여, 확대된 세계의 상품유통은 활발해질 기미를 보이고 있었다.

이런 새로운 정치형태에서 정치가는 누구나 그 외교정책에 중점을 두지 않을 수 없게 되고, 외국사정에도 밝아야 되었으며, 학자도 그 나라의 정세를 조사해서 정치가들의 요청에 응하는 것을 목적으로 하고 있었다. 이와 같이 해서, 국가에 관한 원리인 國情學(Staatenkunde)의 체계가 탄생되었다. 이것이 근세 독일의 대학에서의 영향의 하나이다. 제2의 영향은 위의 신흥원리가 정치학(Politik)의 일부로 되었다는 사실이다. 특히, 30년전쟁(1618~48)의 시대가 지나면서 독일은 정치적으로 안정되어, 사회적 · 경제적 상태도 자연히 건전성을 되찾고, 신흥원리인 國家學(Die Wissenshaft von der Staaten)에 대한 학계의 흥미는 더욱더 완성해게 되었다.

이탈리아에서는 Francesco Sunsovino(1521~86)가 고전을 연구하려

는 동기에서, "諸國家制度誌:고대 및 근대의 몇몇 왕국과 공화국의 정부 및 통치에 대하여(Del governo e ammistrazione di diversi regni e republiche cosi antiche come moderne; 1562)"를 저술하고, 독일·프랑스·스페인·영국·폴란드·포르투갈·나폴리·스위스·로마법왕국·터어키·페르시아·치애니스·후앳·옛로마·아테네·스파르타·베네치아·제노아·루카·뉘른베르크·라구사 및 유토피아의 국정(國情)을 기술하였다. 이 책에서는 역사와 통계가 매우 밀접하게 짜임새있게 기술되어 있었다. 서술에 있어서는 명확한 "방법""과 "체계"가 결여되어 있었으나, 과학적인 "國家記述"의 선구자로 손꼽을 수는 있을 것이다. 또, Johann Botero(1540～1617)는 "萬國誌(Relazioni universali divisi in quattro parti, 1589)"를 저술하여, 주로 지리적 사항을, 그리고 국가 구성의 형식, 부강의 원인, 종교 등에 관하여 기술하였다. 이 책에서는 비교적 서술(vergleichende Darstellung)를 하고 있어서, "比較統計學"의 선구자라고도 생각한다.

프랑스의 Etienne Pasquir(1539～1615)는 프랑스의 역사, 프랑스제국의 기원, 사회의 구조, 정부기관 등을 기술하였고(1581), Pierr d'Avity(1573～ 1635)도 "世界諸國誌 : 나라, 주민의 풍속, 국부, 재력, 정치, 종교 및 각국을 다스리고 있는 군주를 서술하므로써 묘사한 세계의 국가, 주권 및 군주 (Les états, empires et principaux du monde, representés par la description des pays, moeurs des habitans, richesses des provinces, les forces, le gouvernement, la religion, et les princes qui ont gouverné chacum Estat, 1614)"라는 地誌的 서술을 특징으로 하는 책을 저술하여, 유럽뿐만 아니라 아세아, 아프리카 및 아메리카까지도 취급하고있다.

이것들이 新興國家學의 처음이며, 또 이 학문을 모체로 해서 발달한 통계학의 진통이라고도 말할 수 있는 것이었다. 그러나, 최초의 시도 단계에서 이들은 각국정부에 대한 단편적인 조사라던가 보고를 또는 단순한 구경으로부터 얻은 지식을 재료로 하였기 때문에, 그 기획면에서도 논리의 일

관성이 없고, 실행면에서는 방법과 체계가 결여되었다고 비판을 받게 되었다. 그러나, 정치적 의식이 앙양된 이 시대에서는, 그것은 세계 여러 나라를 알고자 하는 시대적 요구를 충족시키려는 시도로서는 대단히 참신한 것이었다.

이와 같은 입장에서 편집된 저술 중에서 가장 선구로 생각되며, 또한 광범위한 저술을 남긴 학자는 Veit Ludwig von Seckendorff(1626~92)이다. 그의 저서 "독일 봉건국가(Deutscher Fürstenstaat, 1656)"에서 당시의 독일의 상태를 상세히 기술하였다. 즉, 제1부에서는 인구의 종류, 종족의 차이에 대하여 풍토지적(風土誌的)인 기술과 지리학적 설명을 하고, 여기에 간단한 역사적 개관을 부치고, 제2부에서는 각국의 행정과 조직을 취급하고, 제3부에서는 각국 즉 각 봉건제후국의 수입상태를 설명하고 있다.

이와 같은 광범한 국가기술의 시도는 독일에서는 아마도 최초의 저작이며, 17세기 후반에 겨우 시작된 독일대학파 통계학의 선구를 이루는 것이었다.

통계학 — "統計記述의 방법" —에 대하여는, Lüder는 Venezia의 각 사절이 그 원로원 앞으로 보고를 제출하였을 때에, 즉, 16세기 후반에 시작된다고 말하고, Niemann도 Sansovino에서 시작한다고 말하고 있다. 그는 역사와 통계를 매우 밀접하게 엮어 서술하였으나, 거기에서는 명확한 "방법"과 "체계"를 발견할 수는 없다. 그럼에도 불구하고, 그의 책은 정치학과 연관하면서 지리적인 것을 완전히 배제하고, 동시에 과거의 국가의 상태까지도 "통계학"의 특수영역에 넣고 있어서, 국가별 記述的 통계학의 주요 선구자로 불리우고 있다. 그러나, Conring부터 Schözger에 이르는 流派의 사람들을 위시해서, Heuschling, Fallati, Engel, Ad. Wagner, Blook von Sheel 등은, 국가와 통치가 있는 한, 통계재료에 대한 관심이 있어야한다는 사실과 사회에 관한 지식을 확충할 가능성이 존재하게 마련이라는 생각에서, 통계학의 최초의 싹을 동양의 고대, 특히 최고의 문화민족인 중국으로까지 소급시키고 있다.

중국에 대해서는 B.C. 550년 경에 태어난 孔子의 "書經"이 통계적 기술의 최초의 증거로 되어 있다. 그것은 이 책에서 B.C. 3000년의 초, 禹王의 토지측량, 인구조사 및 농업통계 · 공업통계 · 상업통계의 시초에 대한 기록를 찾아 볼 수 있기 때문이다. 즉, 書經 夏書중 "禹貢論" — 이것은 禹가 북중국 평원에 범람한 홍수를 다스린 후, 제국을 九州로 구획한 다음, 그 각주의 토지의 형편에 따라 공부(貢賦)를 정한 篇이다. — 에는 禹가 행한 治水의 순서를 九州의 형편에 따라 서술한 다음에 치산치수에 대한 일을 서술하였고, 구주의 하나하나에 대하여, 중국의 풍토 · 민족연구에 있어서 寶典이라 하여도 좋을 정도로, 山川의 상태는 물론, 지질 · 토산 · 공부까지도 밝혀져 있다.

§ 3 Conring(1606~81)

Hermann Conring은 Braunschweig에 있는 Helmstädt 대학에서 1660년 11월 20일 처음으로 "통계학"을 學課課程으로서 강의를 시작하였다. 즉, "현대에 있어서의 가장 현저한 정치상의 사항" 또는 "유럽 최근 국가학"이라는 제목으로, 조직적인 국가학 즉, Notitia rerum publiticarum의 강의를 개시하였다.

종래 이 국가학은 국법학, 지리학, 역사학을 합한 雜學이었으나, Conring은 국가학을 이들 학과에서 분리 독립시켜서, "새로운 지식체계"를 창출하려고 시도하였다. 이 새로운 시도는 시대의 요구에 대단히 적합한 것이었기 때문에, 독일에 있는 각 대학에 큰 영향을 주어, 17세기 후반부터 18세기 중엽에 걸쳐서, 거의 모든 대학에서 같은 강의가 개설되어, "Staatskunde"는 대학의 교수과목의 하나로 되고, 이 방면의 연구를 촉진하게 되었다.

Conring의 국가기술(Notitia rerum publicarum)의 특징은 다음과 같다.

(1) 현재의 국가상태의 기술에 고집하고 있었다는 점.

(2) 기술 방법은 각 국가 별로 하였으나, 상호 비교를 하지 않았다는 점.

(3) 국가 사정에 관한 事物의 연관을 기술하려고 하고 있었다. 즉, 그는 중요 사실의 서술뿐만 아니라, Aristoteles가 시공(時空)에 관해서 분류한 인과관계의 서술까지도 목적으로 하고 있었다는 점.

그는 국가에 관한 事象을 Aristoteles(B.C. 384～322)의 "自然學(physik)"의 四主要原因(quatuor causarum primarum)의 원리에 따라, 다음과 같이 4항목으로 구분하였다.

(i) 質料因(causa materiale) — (무엇으로 만들어지는가)
인구와 그 民力, 영토와 그 생산력

(ii) 形相因(causa formalis) — (질료 위에 새겨지는 계획 · 모양 · 형상) 국가와 정체, 행정

(iii) 目的因(causa finalis) — (그와 같은 계획을 의도하기에 이른 것) 특별한 국가목적을 고려해서, 하나의 국가로 통일하고 있는 수단 · 방법

(iv) 動力因(causa efficiens) — (계획을 실현하는 것)
국가 · 원수 · 관리 · 육해군병력 및 이들의 보조기관과 재원 등의 상태, 통치받는 모든 것 등

이 4주요 원인 가운데서 특히 주목해야 할 것은 "질료인" 중에서, 인구에 대하여 대단히 상세하게 기술하고 있다는 사실이다. 이것은 모든 국가는 어떠한 경우에도, 우선 첫째로 국민을 위해서 존재하고 있다고 생각했기 때문이다. 조사 형식에 대하여 본다면, 인구를 법률상, 사실상으로 구분해서 논하고, 또한 자연적 · 경제적 · 사회적으로 구별해서 언급하고 있다. 그리고 성별 · 연령 · 직업 · 신분상의 위치 · 병역관계 · 교육상태는 물론 국가 전체에 대한 인구의 비율, 즉, 인구 과잉 또는 과소의 문제까지 언급하고 있다. 그러나 "숫자"의 보고는 없었고, 無規定한 표현만으로 사회적 사건을 "量的인 측면"으로 기술하였다. 예를 들면, "어느 나라는 인구가

많고, 어느 나라는 인구가 적다"와 같이 기술하였을 뿐이다.

Conring 이전, 통계학에 대한 기초 재료로 될 문헌은 다수 있었다. 예컨데, Sebastian Münster(1489~1552)—Cosmographia(1544)의 저자 — 라던가 Francesco Sansovino(1521~86), Giovani Botero (1540~1617) 등이 정리한 자료가 통계학의 제일자료인 국지(國誌)의 기초가 되었다. 그러나, 그것들은 정치적으로 중요한 여러 요소를 통일된 상(像)으로 나타내려고는 하였으나, 記述에 있어서 일관성, 내적연관이 있었던 것은 아니고, 대개는 세계 여러 나라에 대하여 신학・역사・지리 등의 단편적 지식을 집대성한 것에 불과하였다. Conring은 이 자료에 힘입은 바가 컸으며, Münster의 Cosmographia를 본받았기 때문에, 단지 계통적으로 논술한 것에 불과하다고까지 평가되고 있다. 그러나, 그 原因論을 시도하였다는 점에서: "Munster"와는 다른 점이 있었다. Conring은 이른바 독일대학파 통계의 이론 및 자료를 조직적으로 연구한 최초의 사람일 뿐만아니라, 후세에 이르기까지 아직도 그 연구가 중요시되고 있다는 사실을 주의하여야 한다. V. John(1838~1900)이 그의 저서 "통계학사 (Geschichte der Statistik, 1884)"에서 서술한 바와 같이,

(1) 자료 — 실체적 방면 —에 있어서는 최초의 조직자이며,

(2) 형식 —방법론적 방면—에 있어서는 최초의 이론자이며, 또한

(3) 이와 같은 연구에 대한 대학에서의 최초의 연구자이며, 또한,

(4) 그것에 명명(命名)한 제일인자이라는 점을 회고하면,

그를, "17세기에 있어서의 이 독일의 대학자(Conring)야 말로 이 파(독일대학파) 통계학의 아버지라고 말할 수 있다"고 할 수 있을 것이다.

Conring은, 전술한 바와 같이, 주로 그 나라의 정치가에 필요한 국가의 조직・조세・군사와 같은 일국의 성쇠에 관한 사항을 밝히는 일을 통계학의 목적으로 하고 있다. 즉, 국정학(Staatenkunde), 국가 현저사항에 관한 학문(notitia rerum publicarum)이라고 일컫게 되는 까닭이다. 후에는, 국가・사회의 상태를 연구하는 학문, 국가의 세력을 연구대상으로 하는 과학 등이라고 주장하는 사람도 배출하였지만, 이른바 이들의 학파는

국세(國勢)의 설명으로 시종일관하였다.

오늘날의 통계학은 이 국세학과 통계학과 명료한 선으로 연결되어 있으나, 그것은 극히 적은 관계가 있을 뿐이다. 통계학의 형성에는, 이것과는 다른 영역 — 정치산술과 관청통계 —이 훨신 많은 공헌을 하였던것이다.

Conring은 1606년 Ostfriesland의 Norden에서 목사의 아홉번째 자식으로 태어났으며, 유년시절부터 대단한 수재였던 것으로 알려졌으며, 1632년에 이미 Helmstädt대학의 철학 교수로 임명되었다. 그 후에 괴혈병의 연구로 1634년 의학박사가 되고, 1636년에는 철학박사 학위를 받았다. 그는 학자로서 대단히 박식하고 법률학, 철학 및 의학에 조예가 깊었다. 즉, 독일 법제사의 창시자이며, 경제학사상 화폐사 및 화폐통계에 공헌이 있었고, 국민경제학에 관한 여러 문제들을 처음으로 취급하였다. 의학방면에서는 당대의 임상가로서의 명성도 있었기 때문에, 제후들의 시의(侍醫) 및 정치고문관으로 되었다. 그러나, 그의 획기적 업적은 국정학과 통계학의 정초자인 점에 있다. 그의 저작은 사후 50년에 Helmstädt대학 법학교수 Göbel에 의하여 편집간행되었는데, 그 제4권이 Vorlesungen über die neue Disziplin der Staatskunde, "Notitia rerum publicarum"이다.

§ 4 Schmeitzel(1679～1747)

Martin Schmeitzel은 철학, 지리학 및 역사학의 교수였으나, "정치통계학 강의" (Collegium "politico－statisticum")라는 제목으로 1723년부터 1731년까지 Jena 대학에서, 그리고 그후 1747년까지 Halle대학에서 강의를 하였다.

당시 Conring의 예에 따라 Genf의 Oldenburger, Giessen의 Herz, Jena의 Shubart, Frankfurt의 Beckmann 등도 Staatskunde를 강의하였으나, Schmeitzel의 강의가 특히 우수하였다고 알려져 있다.

Conring에는 많은 후계자가 있었으나, 이상하게도 이 새로운 대학의 학과 발전과 거기에 많은 영향을 주는데 성공한 것은, 이 Schmeitzel의 유일한 제자 Achenwall뿐이었다.

그래서 이 강의 제목의 Statisticum — 국가가 일국을 통치하는데 필요한 정보와 자료의 총체 — 이라는 단어가 현재의 Statistik라는 단어에 대한 직접적인 원인이 되었던 것이다.

§5 Achenwall(1719~72)

Gottfried Achenwall — 그는 1740년부터 1741년에 걸쳐서 Halle 대학에 재학 중, Schmeitzel의 강좌 "정치 통계학 강의"에 크게 자극을 받고, 일생을 이에 전념하게 되었다고 전해지고 있다. — 는 1746년부터 Marburg 대학에서, 1748년에는 Göttingen대학에 초빙되어 "통계학"의 강의를 시작해서, 일생을 마칠 때까지 국가 현저사항(Staatsmerkwürdigkeiten)에 관한, 강의를 하며, 그의 보급과 완성에 심혈을 기울였다. 그와 그의 후계자들은 Göttingen학파로 불리우며 국정학(國情學)의 중심이 되었다.

1748년 "유럽 여러 나라의 국정학 서론(Vorbereitung zur staatswissenschaft der europäischen Reiche, 1748)"이라는 논문을 발표하고, 이어서 "근세 유럽 중요 국가들의 최신 국정학 개론(Abriss der neusten Staatswissenschaft der heutigen vornehmsten europäischen Reich and Republicken, 1749)"를 출판하였다. 이 책은 후에 "오늘의 저명 유럽 제국의 헌법 (Staatsverfassung der heutigen vornehmsten europäischen Reiche und Völker im Grundrisse 6th ed. by Schlözer 1781; 7th ed. by Sprengel, 1790)"으로 개제되어, 독일대학과 통계학의 경전으로 불리우게 되었다. 그는 이 책의 서문에서 처음으로 그 때까지 형용사로만 사용되어 왔던 statistium을 명사화한 "Statistik"란 단어를

사용하였으며, 또 다른 곳에서는 국정학이란 단어 대신에 Statistik이라는 "이미 드물지 않은 명칭" sonst nicht ungewöhnlichen Namen을 사용하고 싶다고 말하고 있다. 그러나 그에 의하여 이 문자가 하나의 과학의 공인 명칭으로 된 것은 확실하다.

Conring의 시도는 단지 대단히 좁은 학문세계의 내부에서만 알려졌을 뿐이지만, Achenwall의 업적은 이 새로운 학문을 위해 세계를 정복한 것이다. 그런데 명목과 내용을 일치시키는 일에 있어서 미숙하다고 하겠으나, 그의 권위하에서 이 학문과 그 명칭은 일반이 승인하게 되었던 것이다. 그래서 후년에 자주 그를 "Vater der Statistik"이라고 부르게 된 것이다.

Achenwall은 통계학 및 통계적 방법에 대하여 다음과 같이 말하고 있다.

"어떤 단일 국가에 대하여 고찰하는 경우에는, 그 안에서, 연구하여야 할 많은 사항을 판단한다. 이러한 사항을 우리는 "국가 현저사항(Staatsmerkwürdigkeiten)"이라 부른다. 한 왕국 또는 한 공화국의 국가 현저사항 전체는 廣義에서 국가 성립의 형식(제도)를 이루는 것이다. 한 나라 또는 그 이상의 국가의 그와 같은 제도를 설명하려는 것이 통계학이다." 즉, 체계적으로 국가라고 하는 개념부터 출발해서, 국가 일반의 보편적 고찰과 현실적 · 개별적 국가와를 구별하고,그 후자만을 취급하고 있다. 국가에 존재하는 수 많은 현실적 사물 중 국가의 안녕 복지를 두드러질 정도로 좌우하는 것이 국가 현저사항이며, 일국의 현실적인 국가 현저사항의 총체가 국가 기본제도를 형성한다. 그리고 통계학은 한 국가 또는 여러 나라의 국가 기본제도 (Staatsverfassung)학이라 하였다. 따라서, 이 Verfassung이라는 단어는 국법(Staatsrecht)이란 의미가 아니라, 광의로, 그 나라의 실제의 국가 현저사항 전체로 해석하여야 한다고 주장하려는 것이었다. 따라서, Statistik의 임무는,

(i) 필요불가결하며, 충분히 신뢰할 수 있는 구체적인 사실 재료를 수집하여,

(ii) 그것을 계통적으로 개관할 수 있도록 정리하고,

(iii) 그 위에, 현재의 개개의 국가의 그때 그때의 정치적 · 군사적 · 경제적 · 재정적 상태에 관한 지식의 집대성을 정치가의 근거있는 판단을 위하여 제공하는 데에 있다.

그러나, 여기서는, 현실적 · 개별적인 국가 관찰이 문제이며, 국가의 안녕 복지를 크게 좌우하는 것이 현저한 것이라 하였다. 이런 이유로, 그 개념의 내용은 국가 인식의 진보와 국가 그 자체의 정세에 따라서 당연히 변혁을 받게 마련이다. 현저사실의 기록은 오직 자국의 현재의 國勢상태에 관해서 뿐만아니라, 넓게 동서 고금에 걸쳐서 수집하는 일이 필요하게 되며, 또한 가능해진다면, 공간적으로는 지지학(地誌學)에서의 기재로 되며, 시간적으로는 역사에서의 기재양식을 취하지 않을 수 없게 되며, 이 독일 대학파 통계학의 발전사는 이것을 사실로서 나타내주고 있다. 전자의 경향은 Büsching의 통계학에, 후자는 Schlözer의 말에 나타나 있는 것을 볼 수 있다.

Achenwall통계학
현저 사실의 기록
→ (공간적) 지지학에서의 기재 ----> Büsching통계학
→ (시간적) 역사에서의 기재 ----> Schlözer의 말

Achenwall에 따르면, 이들 국가 현저사항은 두 개의 구체적 개념 — 토지와 인민 — 으로 총괄된다. 토지의 기술(記述) 즉, 그 넓이 · 위치 · 영역 · 기후 · 하천 · 산악 · 산물 등에 관한 정밀한 기술은 물론 필요한 것이지만, 그 보다 더욱 중요한 것은 주민에 대한 연구이다. 주민은 또 "자연적 인간(natürliche Menschen)"으로서, 또 "국가 구성원(Mitglieder des Staates)"으로서 연구의 대상으로 된다. 자연적 인간으로서는, 인구의 특성, 즉, 인구의 증식상태 · 출생 · 사망, 국토의 산물은 인구를 부양하기에 충분한지의 여부, 국민의 평균적 대소 · 강약, 생활 습관, 질병의 유행도, 정신적 도덕적 장단점, 1일 또는 1년간의 노동시간 등이며; 국가의

구성원으로서는, 인민의 관찰 더 나아가서는 기본상태 또는 행정상태 · 교육사정, 문화 · 사법 · 산업사정, 재정 · 군비 · 대외사정 등이 연구의 대상이었다.

이와 같이, 그의 통계학에서는, 국가에 관한 현저사항을 서술하는 것이고, 현저사항의 연구장소는 국가로, 시간은 현재로 하였다. 따라서, 그 국가는 철학적인 것은 아니고, 역사적, 구체적인 사실을 연구의 대상으로 한 것이 특색이다. 나라 별로 순차로 기술한 것에 지나지 않으며, 거의 보통의 말로 나타내었고 숫자적인 기술은 극히 적었다. 당시의 통계적 자료의 미비를 생각한다면, 이 방법도 어쩔수 없다고 하겠으나 근본적으로는 숫자에 대한 무관심을 빠트릴 수는 없다. 즉, 스페인의 역사를 약술하고, 기후,지리적 위치, 생산물, 식민지 및 납세가족을 기본으로 해서 계산한 인구를 밝히고 있는데, 결과 뿐이며 계산방법은 명시하지 않았다. 또 인구 희박의 원인에 관한 고찰, 과학 산업의 상태, 통화, 재정, 육해군 등에 대하여도 기술하였는데 숫자는 극히 적었다. 최후의 스페인의 이익이란 항에서는 이제까지 국가 이익을 해친 사항과 장차 국가 이익을 증진시킬 수 있는 방법을 논하고 있다. 이와 같은 서술방법을 스페인 이외 포르투갈, 프랑스, 영국, 네덜란드, 러시아, 덴마크, 스웨덴 등 7개국에 대해서도 사용하였다.

이런 까닭에, 통계학의 효용은 국가에 관한 사항을 정당하게 그리고 근본적으로 비판할수 있을 뿐만 아니라, 그 역사적 발전의 자취을 더듬어서, 장래의 지침으로 삼을 수 있도록 하는데 있다고 하였다.

§ 6 Conring ~ Achenwall파 통계학

(I) 특징 : 이 학파 통계학의 특징을 다음 5개 항목으로 요약할 수 있다.

(i) 현재의 국가를 기술하고, 역사와 구별함.

(ii) 현저사항을 기술함.

(iii) 純記述的이다.

(a) 법칙성을 구하지 않음.

(b) 숫자적 기술을 구하지 않음.

(iv) 조직적이며 체계적으로 기술함.

(v) 국가 생활의 형식적 · 개념적 요소만을 중요시하고, 실질적 · 사회적 요소를 경시함.

이상에 대한 문제점은, (ii)에서 "무엇이 현저사항 인가." 또한 "무엇에 대한 현저사항인가"라는 사실이다. 행정적 목적을 위한 국가 상태에 관한 자료 수집 등의 의미라면, 이러한 기재는 국가의 생성과 함께 있었다고 보아야 하며, 이 국가의 기재를 일종의 조직적 과학으로 하였다는데 이 학파 통계학의 공적이 있는 것이다. 그러나, 현저사항의 내용은 시대와 함께 변해야 할 것이며, 이것을 절대적으로 규정하려고 한다면 여러 가지의 곤란한 일이 생기게 된다. 또, (iii, a)에 대하여는, Achenwall은 "국가 현저사항의 원인을 설명하여야 한다."고 말하고는 있으나, 因果的 취급은 거의 전혀 하지 않았다. 이 두 점이야말로 후에 Lüder가 이파 통계학을 부정하지 않을 수 없게 된 문제점이었다.

Achenwall은 순 국가적인 요소 또는 형식적인 요소만을 중요시하고, 실질적인 요소, 즉, 경제적 사항이라던가 본래의 국가의 여러 힘을 비교적 경시하고 있는데, 이것은 그의 시대에 있어서의 독일, 즉, 역사의 진전에서 뒤진 18세기 중엽의 독일의 후진성에 대응된 국가 현저사항의 예시였다. 즉, 이 학파의 스콜라 철학적인 성격은 30년전쟁 직후의 독일의 정치 · 경제 환경을 고려에 넣고 이해하지 않으면 안 된다. 산업혁명(1767)의 진전이라던가 프랑스 혁명(1789)이 일으킨 변혁은 국가 현저 사항이라는 개념에 무한히 풍요한 내용을 부여하였기 때문에, Achenwall시대의 그것이 협소하였다는 사실은 어쩔 수 없었던 현실이었다.

(II) 변천 : 독일대학파 통계학은, 18세기 말경부터, 내부모순의 싹이 나타났다. 이것은 Achenwall의 제자 Schlözer에서도 볼 수 있다. 또, 유럽 대륙에서는 한 편에는 "表式統計學"이 일어나서, 독일대학파의 記述文章主義와 대항하고, 다른 편에서 "比較統計學"이 일어나는 등, 통계학의

연구목적 · 대상 · 방법 등에 관해서 첨예한 투쟁이 시작되었다.

영국에서는, 사회현상에서 그 대상을 구하고, 수리(數理)에 바탕을 둔, 이른바 "객관적 지식"으로, 그 인과관계 법칙의 발견을 목적으로 하는 政治算術이, 독일 대학파 통계학과 거의 같은 시기에 독자적으로 발전하고 있었다.

이 두 학파의 대립적 발전은, 곧, 통계학 자체의 과학적 독립성에 관한 이론 투쟁으로까지 발전 하였다. 이것은 이른바 "Statistik"란 이름에 상응하는 것은 어느 것이냐라는 투쟁이었다.

예전에는 거의 모든 통계 자료는 국세 징수를 위한 것이었으며, 정부 창고에 깊이 비장되어 공개되지 않았고, 학자도 이것을 이용할 수 없었다. 1767년 처음으로 "통계학에 관한 잡지"(Büsching)이 나오면서, 통계자료를 일반으로 입수할 수 있게 되었으며, 실제 자료에 근거를 둔 정치산술이 일어나서 이것이 독일에 전해 내려 왔다. 이때, 종래의 통계학에서의 국가 강약의 예언을 뒤집어, Napoléon이 유럽을 석권하였기 때문에, 독일대학파에 속해 있었던 Lüder까지도 드디어 독일대학파에 대하여 통열하게 비판하기에 이르렀다. 그래서 Knies는 독일대학파 통계학은 역사학과 동일한 목적과 방법을 갖고 있으므로 역사학과 구별할 가치가 없으며, 독립과학으로서의 통계학은 정치산술파 통계학만 인정하여야 하고, 이른바 "Statistik"이란 명칭은 정치산술파 통계학에 주어져야 한다고 결론을 내렸다.

참다운 의미의 현대적(고전) 통계학은 Quetelet에 이르러서 확립되었다. Quetelet로 하여금 이를 이루도록 한 것은 실로, 이 "통계학"의 변천 · 변환의 과정에 포함되어 있는 "동향"이었던 것이다.

제3장 독일대학과 통계학(Ⅱ)

§1 표식통계학

독일대학파로 불리운, 말하자면, 記述文章派 統計學과 대립하여 항쟁한 "統計學"은 表式統計學과 比較統計學으로 대별할 수 있다. 이들은 모두 대학파 통계학에 큰 변혁을 가져오게 하였다.

덴마크의 역사가이며 언어학자였던 Johann Peter Anchersen(1700~1765)의 저작이 표식통계학의 창시이다.

그는 Achenwall의 시대, Süssmilch가 그 연구를 발표한 거의 같은 때에 수자표(때로는 도표)에 중점을 두고, 유럽 15개국의 중요 사항들을 "문명국일람표(Descriptio Statuum Cultiorum in Tabulis, 1741)"라는 제목으로 설명하였는데, 그 사항으로는 그 면적·인구·종교·재정·군비·정체(政體)·화폐·도량형 등을 포함시키고, "記述"이라고 하기보다는 도리어 숫자를 지나칠 정도로 중요시하고(자료가 있으면 수라던가 도표를 넣어서) "표"의 형식으로 나타내었다. 그러나, 오늘날의 "표"와는 다르며, 사항이 반드시 數量化되어 있었던 것은 아니었다. 표의 형식으로 나타내는 기술은 무미건조하기는 하겠지만, 개관과 비교를 일목요연하게 하여, 여기에 숫적 재료가 이용될 때에는 더욱 효과를 발휘하게 된다. 이런 까닭에 Anckerson의 시도는 최초에는 사람들의 주목을 끌지 못하였지만, 18세기 말에 이르러서 여러 가지의 통계조사가 행하여지게 되고, 숫자 재료의 입수가 비교적 용이하게 됨에 따라 많은 추종자를 배출하게 되었다.

이 때에 창시된 이 독특한 학풍에서는, 연구대상은 당연한 귀결로서, 계

량가능한 현상으로 한정되지 않을 수 없게 되었다. 이 결과는, 독일에서, 표식통계학은 Büsching의 비교방법으로, 이와 더불어 數學派로 명명된 방향으로, 즉, 정치산술파로 나아가는 것은 자연적인 추세였다.

숫적 재료에 의하여 효과가 고양되는 표식통계학이 나타날 때까지는 언어(wort)는 통계의 특권적 표현수단으로 생각되고, 숫자(ziffer)는 개개의 기술을 보다 구체적으로 하고, 양적 관계를 보다더 확정적으로 표현하는 것이 문제로 될 때 보충적으로 사용되는 데 불과했다. 이미 Achenwall, Schlözer는 숫자를 이와 같이 보조적으로 사용할 필요성을 인식하고 있었으며, 더디기는 하였으나 "형식적 · 정치적" 계기인 동시에 또한, 여러 민족의 "물질적 상태"까지도 국가기술 속에 포함됨에 따라, 이 필요성은 더욱 커지게 되었다. 더구나 경제학으로 유명한 Adam Smith(1723~1790)의 노작에 자극받아, 일반적인 관심도 국가의 경제적인 여러 관계의 방면으로 쏠리게 되고, 숫자와 통계표에 의한 총괄은 더욱더 널리 보급되기에 이르렀다. 이리하여, "숫자에 의한 통계 보고와 숫자로 가득찬 통계표"가 많이 나타나게 되었다. 여기에서 정치가들은 계획에 대한 근거를 얻었고, 사색적인 사람은 그 추리를 흥미있게 적용하기 위한 대상을 찾아내었으며, 학자들은 학문의 새로운 원천을 구했던 것이다. 이전에는 주요 대상으로 생각되었던 국가 기본제도라던가, 政論的 · 정신적 관계의 서술은 점점 중요하지 않게 되었다. 즉, 표식파로서는 수량화를 허용하지 않는 형식적 사항인 정치요소 대신에, 물질적인 수량 표현을 허용하는 요소 — 경제적 요소 —가 차츰차츰 국가 현저사항을 이루게 되었다. 이것은 "통계학"의 일보전진이었다고 할 수 있을 것이다.

정치산술은, 숫자로 표시된 재료를 요구함으로서, 강력하게 표식통계학을 밀고 나아갔다. 그리하여, 18세기에 들어와서는 이 파에서 다수의 학자를 배출하게 되고, "연구실의 통계학(Studierstubenstatistik)"였던 구파통계학, 즉, 독일대학파 통계학은 마침내는 자기들이 받고 있던 존경과 의의를 잃게 되지는 않을까 하는 공포에 빠졌던 것이다. 여기에 이른바 Göttingen학파로 불리우는 독일대학파 통계학자는 대단한 정열을 갖고, 경멸

과 모욕의 눈으로, Zahlenmänner — 정치산술파까지도 포함시켜서 — 에 대하여 도전하였다(1806~1811년 경). 이에 대하여, 표식파는 애매한 문구에는 따르지 않으며 정밀한 숫자를 숭상한다고 말하여, 이 二大思想의 대립은 모두 그 극단으로 치우친 감이 있었던 것이다.

숫자적 자료가 증가함에 따라 이 파는 융성하게 되었다. 독일 Giessen 대학의 A. F. W. Crome(1753~1833)이 유명하며, 그의 "Über die Grösse und Bevölkerung der sämtlichen europäischen Staaten, 1785"에서는 Anckerson의 영향하에, 여러 나라의 인구수 · 토지면적 · 육해군력 · 세입 세출을 표와 함께 그림으로 표현하였다.

이에 대하여, 독일대학파 통계학의 주류에 속하는 사람들은 여러 국민의 참다운 가치는 정신능력 · 문화 · 습관이나 풍속 · 도덕성에서 보아야 할 것이라고 주장하고, 이것을 측정할 도구가 존재하지 않는다며 공격하였다. 그러나, 독일대학파도 표식파도 모두 각각 반대되는 說을 도리어 받아들이고 있었던 실정이었다. 요컨데, 표식파 통계학은 Achenwall의 것과 그다지 다른 것은 아니다. 다만 자료를 표로 배열할 것을 주장했다는 점이 오늘날의 관청통계의 선구로 된 것이며, 이것이 통계적 연구, 특히, "比較 硏究"에 이바지하였던 점임을 중시하여야 한다.

그들은, 다만, 국가의 상(Bild vom Staate)을 주로 "숫자"로서만 파악할 수 있는 물질적 요소로 한정하지 않으면 안 되었을 뿐이다. 그래서, 정치산술파와는 종류가 다르다. 왜냐하면, 정치산술이 처음부터 특징으로 한 것은, 推理라고 하는 일이 있었는데, 표식파는, 이 문제에 대해서는, 독일대학파와 같이 전혀 무관계하였기 때문이다.

§ 2 비교통계학

특수한 학풍을 일으켜서 대학파 통계학에 일대변혁을 가져오게 한 하나의 요인은,비교통계학(Vergleichende Statistik)의 시조라고 불리우는

Anton Friedrich Büsching(1724~1793)에서 찾아볼 수 있다. 그는 1754~1792년 중에 최신지리학(Neue Erdbeschreibung)의 처음 10편을 썼다 (이 책은 그 후 1807년에 Sprengel과 그밖의 사람들에 의하여 완성되었다). 또 그는 1758년에 Schlözer가 ein wahre Statistik이라고 말한 "Vorbereitung zur gründlichen und nützlichen Kenntnis der geographischen Beschaffenheit und Staatsverfassung der europäischen Reiche"를 저술하였다.

그가 목적한 바는, 단순한 국가의 상태를 기술하는 일에 그치지 않고, 오히려, 주요한 정치생활 상의 현상에서 여러 나라를 비교하는데 있었다. 즉, 개개의 나라마다 완결한 것으로 기술하는 것이 아니라, 통계재료를 개개의 사항별로 정리해서 기술한다. 따라서, 예를 들면, 여러 나라의 크기, 육해군 등을 동시에 또한 비교 대조하는 형식으로 취급되었다. 비교에 의한 연구의 본질은, 일치된 현상을 수집하는 것, 및 일치하지 않는 현상을 그 차이의 정도에 따라 배열하는 일이며, 이렇게 하므로써, 보편적인 결과를 구하려는 데 있다. 즉, 그의 방법의 주요 특징은, 여러 나라의 비교 연구법을 창도해서, 종래의 국지학자 — Achenwall 등의 대학파를 가르킴 —가 地理의 방법을 모방해서 하고 있었던 국가 별로 기술하는 방법을 일보 진척시킨 데에 있다. 비교의 형식에 중점이 두어지므로, 국가생활 가운데서 수와 양으로 파악되는 현상이 주된 고료대상이었던 것은 필연적이며, 단순한 국가기술은 점점 뒷전으로 밀리게 된다. 더구나, 수와 양으로 파악되는 현상은 국가생활의 경제적 또는 물질적 요소이며, 역사가 진행됨에 따라, 그 수량화는 더욱 더 확대된다.

이 비교통계학의 창시는, "통계학"은 사실의 개별적 인식만을 다루는 것이 아니라, 오히려, 그의 종합적 논리의 학문이라는 사실을 처음으로 개진하였다고 할 수 있다. 또한, 그는 자료의 음미, 즉, 확실성, 출처, 및 배열의 확인 등을 강조하고, 숫자의 재료를 중요시 하고, 수개국에 공통인 국가의 여러 상태에 대한 연구를 촉구한 일 등은, 오늘날의 통계학의 입장에서도 간과할 수 없는 점이다. 또, 자료로서 인구통계를 이용하여, 경제사정

에 중점을 두었으며, 또한 관청통계의 내용을 정리해서 조직적으로 개선하여, 그 통계를 정기간행물 "Magazine für Geschichte, Geographic und Statistik (1767~93)" — 이것은 통계학에 관한 최초의 정기간행물임 — 로 출판을 보게한 공적도 그에게로 돌려야 마땅할 것이다.

표식통계학은 아마도 그 명료한 數系列로, 통계학의 특징으로서 "數"만을 인정하고, "통계적"이라는 형용사를 사실이 수량적으로 표시되어 있는 곳에만 사용하는 오늘날 의미하는 통계학의 출발점이 아니었었겠는가. 또, 자연과학에서와 같은 "실험"은 행하여질 수 없는 사회과학·심리학·역사학 등에서는 "比較法"이야 말로 참으로 중요한 연구방법이기 때문에, 통계적 연구는 비교법의 정밀한 적용의 일종이라고 말하고 있다. 실로 현대의 精密標本論에도 비교통계학의 사상은 흐르고 있다고도 말할 수 있는 것이다.

§ 3 Schlözer(1735~1805)

Achenwall의 제자이며, Göttingen 대학에서의 그 후계자였던 Ludwig von Schlözer는 처음에는 Petersberg에서, 그리고 후에는 Göttingen 대학에서 國法學과 史學을 강의하였다. 그는 또 國情學으로서의 통계학을 정치학과 엄격히 구별하려고 시도한 점에서 공적이 크다. 그는 1804년 "통계학의 이론과 정치학 일반에 관한 의견(Theorie der Statistik nebst Ideen über des Studium der Politik überhaupt)"를 저술하였으며, 그 내용은 다음과 같다.

Vires(resources, soil, money)
Unitae(form of the state and administration)
Agunt(influences and effects)

Göttingen 학파의 사람들은 數는 본질적인 것을 형성하지 않으므로 그것을 사용하는 것조차 반대하였지만, 그는 "數"라던가 "表"의 의의를 충

분히 인식하고 있었다. 즉, "데이타 그 자체는 숫자로 표현되어 있어야만 한다. 수확이 풍부한 농업이라던가, 흥성한 공업이라던가, 여행기자가 즐겨 사용하는 문구가 statistik에 나타나는 것은 허용되지 않는다"고 주장하였다. 그러나, 그의 자료가 그 정도로 정돈된 것은 아니었다.

그는, Achenwall 등이 국가 현저사항에 대하여 現狀의 기술에 주로 중점을 둔 데에 반하여, 역사와 관련있는 과거의 기술까지도 포함시키고, 다시 (이제까지의) 국가란 것에 관해서도 物的 要件에 대단히 중점을 두었고, 또한, "국가"란 개념보다 "사회"란 개념에 가까운 것에 착안하기에 이르렀다. 물론, 그는 통계학을 국가학의 한 과목으로 생각하고, 국가 현저사항을 문제로 삼았으나, 그 시대에 있어서 일반으로 가능한 한, 자료의 숫적 정확성 (Zahlenexaktheit)에 중요성을 두고, 국가 복지의 물질적 경제적 제요인을 Achenwall보다도 중요시하고 있었다는 사실은, 실로 표식통계학이라던가 정치산술 (Süssmilch의 "神의 秩序" 등)의 영향이 인정되는 점이며, 주목할 가치가 있는 것이다. Süssmilch의 영향은 컸었던 것 같으며, 다음과 같은 문구가 있다. "인류의 생명과 사망 가운데에는 일반적으로 항상 놀랄만한 질서가 지배하고 있다. 이 질서를 구하는 것이, 인류학·자연법·재정학이다. 그러나, 이 질서를 정확히 발견하는 일은 통계학에 기대할 수 밖에 없다. 다만, 이 질서는 개개의 인간 속에 들어 앉아서 나타나지 않아, 小數에서는 잘 못보게 되지만, 수가 많으면 많을수록, 질서는 그만큼 분명하게 되며, 전체에 있어서의, 예를 들면, 출생자와 생존자 사이, 兩性의 출생자와 사망자 사이, 더우기 병자 사이에서 조차도, 그 비율은 그만큼 신뢰할만 한 것처럼 된다"라고.

이것은 실로 "신의 질서"로부터 자극받은 결과로 해석되며, 또한 일견 무질서한 것처럼 나타나고 있는 인구현상을 꿰뚫는 질서, 즉, 合法則性을 찾으려고 하는 그의 연구 방법은 소위 "大數의 法則"까지도 예상하고 있는 것 같은 감을 주며, 통계학에 남긴 불후의 업적이다.

그는 또, 역사적 견해를 대단히 중요시하였고, 다음과 같은 유명한 말을 남겼다.

통계학은 靜止的 歷史 이며, 역사는 進行的 統計 — 국가기록 — 이다 (Statistik ist eine stillstehende Staatsgeschichte, sowie Staatsgeschichte eine fortlaufende Staatskunde)." 환언하면, 통계는 역사라는 과정에 있어서 시시각각의 단면이고, 역으로 이와 같은 단면을 연결해서 역사는 구성된다는 뜻일 것이다. 그러나, 이것은 진리의 한 면이더라도, 역사라는 개념의 이해 부족을 나타내는 동시에, 또, 후대의 통계학의 본질적 발전의 양상을 나타낸 것이라고는 할 수 없다. 이것은 단적으로 통계학에 대한 그의 태도를 밝힌 것에 지나지 않는다.

Achenwall과는 상당히 다른 생각을 가졌으며, Vater der deutschen Publizistik라고 불리울 정도로 국가학·역사·통계학에 박학 다식한 Schlözer조차도, "통계학"의 본질적 변혁을 이르킬 수는 없었다. 이것은 분명히, 독일대학과 통계학의 어찌 할 수 없는 하나의 특징을 나타내고 있는 것이라고 말할 수 있을 것이다.

그의 주저는 "Encyklopädie der Staatswissenschaft""며, 그 제1권이 "Allgemeines Staatsrecht und Staatsverfassungslehre, 1793"이고, 제2권은 "Theorie der Statistik nebst……" 이다.

§ 4 Niemann(1761～1832)

Schlözer가 처음으로 통계학이란 무엇인가, 그리고 무엇을 하여야 하는가라는 문제 — 국가 기술의 이론 문제 —를 제기하였지만, 이것을 학설체계로까지 만든 사람은 Kiel 대학의 철학교수 August Niemann 이었다.

그는 Statistik와 Staatskunde와를 각각 이론적 부분과 실제적 부분, 즉, "순수 통계학"과 "응용 통계학"으로 구별하려고 하였다. 그리고, 통계학이란 Staatskunde 를 위해서 유용한 재료를 수집하고, 이용하는 데에 필요한 규칙의 총체라 하였다. 이러한 견해는 통계학이 방법의 학문으로서

분화하는 것을 의미하는데, 이것은 "고유의 방법"에 대한 자각이 생길 때까지는, 세상에 널리 행하여지게 되지는 않았다.

Niemann의 가장 중요한 공적은, 그가 구 통계학의 국가생활에서의 정치적(형식적) 요소도, 신 통계학의 물질적(사회적) 요소도 똑같이 중요하다고 주장하고, Staatskunde는 국가에서의 권력과 질서 이외에, 시민의 생활과 행위에 관해서도 있는 그대로의 형상(形象)을 묘사하여야만 된다고 기술하였다는 데에 있다.

이와 같이 해서, Niemann은 협의의 국가 통계론 (Staatenkunde)과 국민 통계론(Nationalkunde) — 여기서는, 후자는 경제론과 도덕 · 교육론(Sitten und Bildungskunde)으로 되어있지만 —과를 구별하였다. 당시의 국민경제는 Achenwall의 시대와 같이 국가 활동의 객체로서, Staatskunde의 대상에 불과하였기 때문에, 그가 물질적(경제적) 생활이 협의의 Staatenkunde와 나란히 하나의 독립된 분야, 즉, Nationalkunde을 갖고 있다고 주장한 것은 옳은 일이었다. 여기에서 Adam Smith (1723~1790)의 영향과 계몽적 전제주의의 政體에 대한 반발을 볼 수 있다.

그는, 또, 통계학과 지리학과의 관계를 중시하여, 토지의 연구문제와 인구문제와의 관계야말로 통계학의 가장 긴요한 문제로 생각하고, 통계학을 지리학의 일부로 취급하려고 하였다. 또, 통계적 서술(die statistische Darstellung) 그 자체를 記述的(beschreibende) 서술과 통계표에 의한 (tabellarische)서술로 나누고 있다. 이것은 그의 시대에 이미 통계표에 의한 서술이 상당히 보급되어 있었다는 사실을 나타내는 것이다.

그의 주저서로는 "통계학 및 국가학 개요(Abriss der Statistik und Staatenkunde, 1807)"가 있다.

§5 독일대학파 통계학

독일대학파 통계학이 목적으로 하는 바는 분명히 "記述"이었다. 즉, "數"보다는 오히려 "文章·記述"에 중점을 두고, 이른바 "국가 현저 사항"으로서 국가의 번영을 좌우하는 사항을 그 연구대상으로 한 "國家學"을 정립하려는 데에 있었다. 더우기, Achenwall 에서 볼 수 있듯이, 이 학파가 목적으로 하는 점은 한 나라의 생활연구에 있어서는, 그 강약의 근원을 탐구하는 데 있는데, 그것은 국가의 모든 사실에 대해서가 아니라, "한 국민의 참다운 후생의 연구"에 있었음을 알 수 있다. 실로, "통계학은 국가학의 일부이다(Die Statistik ist Teil der Politik)" 야말로 모든 독일대학파 통계학의 기본사상이었다.

國情論으로서의 Statistik 는 19세기 초까지는 독일에서 번영하였다. 그러나, 다른 유럽 여러 나라에 대한 영향은 본래는 거의 없었다. 영국, 프랑스에 Statistik라는 말이 이식되기는 하였으나, 그것은 독일의 그것과는 의미가 달랐다. 프랑스의 Donnant 는, Schlözer의 정의에 가까운 정의 "통계학은 국가의 내부에 현실로서 존재하는 주목할 가치가 있는 모든 사물에 대한 정확한 재산목록을 작성하는 기술이다" 라고 말하였으나, 영국, 프랑스에서는 보통 現狀 記述의 Statistik은 "수와 량으로 표현할 수 있는 일정한 상태의 개관적 총괄" 이라고 생각되었으며, 경제적 사실은 인구동태의 사실이라던가 범죄통계와 함께 Statistik의 주요대상을 이루고 있었던 것이다. 영국, 프랑스에서 18세기 말 또는 19세기 초기에 나타난 "Statistische Werke"를 보더라도, 영국은 보다 국가의 경제적 요인에, 프랑스는 보다 사회적 사실에 중점을 두고 있다. 그리고, 독일대학파 통계학이 순정치적 요인만을 고려하고 있는 것을 비난하고, 상태를 묘사하는 것만으로 만족하지 않고, 因果的 關聯을 취급하여, 이미 발달한 정치산술에 접근해 있음을 인정하게 된다.

독일대학파 통계학이 숫자를 사용하는 것을 극단으로 기피한 점에 대해서는, 각종의 조사결과를 비밀로 하려는 독일 전제행정관청에 의해서, 숫자 재료의 조달이 방해받고 있었다는 것도 확실히 그 원인의 하나이기는 하였다. 사실, 통계조사는 실제적인 행정상의 필요에 의해서 시행되었기 때문에, 대부분의 통계숫자는 공표되지 않고 관청의 극비문서로서 창고에 퇴적되어, 그것을 이용할 기회가 일반에게는 자주 주어지지 않았다.

독일은 영국과는 달리, 중세기 이래, 국가로서 통일한 일이 없는 나라이며, 많은 公國·王國·僧正領·自由都市 등으로 구성되어 있었기 때문에 "국토"이기는 하였으나, "국가"는 아니었다. "독일이란 정치적 개념이 아니라 하나의 지리적 개념이다"라고 말할 상태에 있었고, 경제적으로는 더욱 분산된 나라들이고, 자본은 봉건과의 투쟁에서 아직 지도적 계급을 형성하고 있지는 못하였다. 독일대학파 통계학은,

기록 → 비교 → 표시

의 단계를 어쨌든 밟았던 것이다. 다음에는 "數量化"로 나아가야 했다. 사회경제과정의 측정규준을 발견하고, 質에서 量으로 轉化해 가는 것이 "통계학의 시작"인데, 이 전화가 이루어질 수 있기 위한 조건이 독일에는 존재하지 않았던 것이다. 독일은 1850년 대에 이르러서, 경우 산업혁명이 개시된 상황에 있었고, 그것이 국가의 형태를 갖추게 된 것은 19세기말 Bismarck(1815~98)의 수완으로 프로이센을 맹주로 하는 연방이 생겼을 때가 그 시작이었던 것이다.

§6 Lüder(1760~1819)

August Ferdinand Lüder는 1810년 이후 Göttingen 대학, 1817년 이후 Jena 대학의 철학 및 역사 교수였다. 그는 Achenwall파 통계학의 신봉자였으며, "통계학 서설(Einleitung in die Staateskunde nebst einer Statistik der vornehmsten europäischen Reiche, 1792)", "역

사·국정론 및 정치학 문고 (Repositorium für Geschichte, Staatenkunde und Politik, 1800~1805)" 등 많은 책을 저술하였다.

그는 독일대학파 통계학의 흐름을 짐작한 사람으로서, 참다운 학문적 정신에 격려되어,他派 통계학과 열전을 버렸었는데, 이윽고, 모든 독일의 학교 통계학에 과학적 기초가 결여되어 있다는 사실을 인식하게 되었다. 독일대학파 내부의 분쟁, 프랑스에서의 학문적 변혁과 정치적 변혁 및 동력으로서 蒸氣力의 출연으로 일어난 산업혁명, 더구나 이에 대한 Göttingen 파의 완전한 무식·몰이해, 그리고 1806년에는 조국 독일의 국력에 관한 대학파의 모든 예언이 잘못이였음이 분명해짐에 따라, 드디어 그는 구파 통계학의 유력한 지지자였음에도 불구하고, 존경하며 보급에 힘써 왔던 "학문"으로부터의 이반을 꾀하기에 이르렀던 것이다.

그의 "통계학 및 정치학 비판 그리고 정치철학의 건설(Kritik der Statistik und Politik nebst einer Begründung der Politischen Philosophie, Göttingen 1812)"는 이와 같은 심정에서 저술되었던 것이다.

이 책의 서문과 책 전체는 여기서 처음으로, 독일대학파의 내부에서 "통계학"의 정당성이 부인되었으며, 통계학자뿐만 아니라 당시의 학계 전반에 큰 센세이션을 이르켰던 것이다.

당시의 모든 잡지는 그에 대한 반박논문으로 꽉 채워지는 상황을 보였으며, 그는 이에 답하기 위하여, 1817년 "통계학의 批判史(Kritische Geschichte der Statistik)"를 저술하였다. 그는 이 책에서, 통계학의 생성을 비판적으로 서술하고, "통계학 및 정치학 비판(1812)"의 주장을 증명하려 하였다. 여기에서, 특히, 이제까지의 통계학자는 무엇을 바라고 있었는가?를 묻고, 그것은 "국가의 해부"이며, 그것은 전혀 불가능한 일이지 않느냐고 주장하고 있다. 왜냐하면, 생명은 시체와 달라서, 개개의 부분으로 분해되지 않기 때문이라고 말하였다. 자료 원천, 즉, 개개의 문헌, 여행기 및 수집된 각서 등으로 된 편집물은 불완전하고 불확실하기 때문에, 그것을 기초로 해서는 아무것도 수립할 수가 없다. 특히, 정부가 공중에게

완전한 정보를 제공하는 것을 원칙으로 피하고 있는 한, 더욱 그러하다. 따라서, 통계학의 과제는 전혀 미해결인 채 방치되지 않으면 않될 것이라고 말하고 있다. 그러나, Lüder는 우리의 판단을 형성하기 위해서 일정한 사실을 그와 같이 편집하는 문헌적 필요성을 놓친 것은 아니라, 그와 같은 사실을 수집해서, 학문적 연구에 제공하는 일은 학문이 아니긴 하지만, 보람있는 일로 여기고 있다.

그는 소위 고상한 통계학도 또 비천한 통계학도 모두 불완전 불확실한 재료를 가지고 국력을 헤아리려고 꾀하는 것은 웃기는 망상에 빠져드는 것이라며 강력하게 통계학의 파괴를 제창하기에 이르렀다. 그러나, 그 자신도 몇 가지의 자기모순을 범하여, 독일대학파에나 정치산술파에나 권위있는 존재로 되지 못 하고, 통계학에 있어서 완전한 고립자로 되고 말았다. 세상에서 Lüder의 비극이라고 말하고 있는 것은 이것 이다.

§ 7 Knies(1821～1898)

표식통계학의 어느 정도 무미건조한 형식은 대학파의 반대를 불러 이르켰다. 국가의 또 경제의 質的 사실은 숫자만으로 서술될 수 없다는 것은 당연한 사실이며, 이 비판은 현재의 통계학에 있어서도 간과할 수 없는 것이 있을 것이다. 그래서 Achenwall류의 국가의 전면적인 標識을 고려해서, 따라서, 制度 내지 紋章, 그 국민의 근면과 재능과 같은 질적 종류의 것까지 고료에 넣은 전면적인 국가 기술의 통계학도 유력한 하나의 정신적 소산이었다는 것은 인정된다. 그러나, 포괄적인 숫자를 제시하지 않고서는, 사회적 · 경제적 사실의 기술은 불가능하다는 것도 또한 확실하다.

"통계학"의 두 주류 — 독일대학파 통계학과 정치산술파 통계학 —와는 대단히 성질이 다르다. 도대체 "통계학"이란 무엇인가, 어느 것에 그 이름을 부쳐야 할 것인가에 대한 논쟁은 Karl Gustav Adolf Knies의 " 독립된 학문으로서의 통계학, 이 학문의 이론 및 실제에 있어서의 혼란을

해결하기 위하여 — 동시에 Achenwall이후의 통계학의 비판적 역사에 대한 기고(Die Statistik als selbständige Wissenschaft, Zur Lösung des Wirrsals in der Theorie und Praktik dieser Wissenschaft. — zugleich ein Beitrag zu einer kritischen Geschichte der Statistik seit Achenwall, 1850)"에 의하여 최종적으로 결정되었다. 이 저서에서 Knies는 다음과 같이 그 이론을 전개하였다. 즉, 독일대학파 통계학은 그 성립 당초부터 일관해서 역사학과 동일한 목적과 방법을 가지고 있으므로, 역사학과 구별하는 것은 의의가 없지만, 정치산술파 통계학은 인간사회에서의 합법칙성의 규명을 목적으로 하며, 사실의 수량적 표시를 기초로 하는 수리적 방법을 따르고 있으므로, 그 "새로운 임무와 독특한 방법"에 의해 역사학과 명백히 구별되어야 하는 "독립된 학문"인 것이다. 고로 참다운 의미에서의 "Statistik"라는 명칭은 정치산술파 통계학에 주어져야 하며, 또한, 이런 의미에서의 통계학은 정치산술의 내용을 갖는 사회과학(社會生理學)이라고 주장하였던 것이다.

이리하여, 통계학은 독일대학파로부터 명칭을 계승하고, 정치산술파로부터 내용을 받아들인 관계에 있다. "숫자적 대량관찰에 의한 사회현상의 규칙적 또는 법칙적 경향의 연구"라는 연구목적 또는 연구태도를 이어받음으로서, 통계학의 내용은 사회의 진보와 더불어 변화되어야 하는 것이며, 언제까지나 정치산술파의 연구를 내용으로 고수할 것은 아니다. 사실은, 그와 같이 진행되었으며, 통계학의 내용은 현재 대단히 넓고 또한 깊게 되었다.

그래서, Achenwall류의 통계학 중에서, 수량적이 아닌 부분은 國家學(Staatenkunde)이라고 불리우게 되고, 이것은 계속해서 분화하여, 경제지리학, 정치학, 정치 지리학 등으로 되었다.

제4장 정치산술(I)

§ 1 정치산술의 탄생

오늘날 우리가 통계학이라고 부르고 있는 것에 도달한 제일보라고도 말해야 될 것은 영국에서 일어난 "政治算術派 統計學"이다.

정치산술은 국가의 현저한 사항을 연구하려는 독일대학파 통계학과는 무관하게 일어난 것이며, 전혀 그 개념·방법을 달리 한 것이다. 이 파의 통계학은 사회현상에 "대량관찰의 방법"을 적용하여, 수적자료를 기초로 하여, 소위 "인과관계"를 규명하고, 또한 "통칙성"을 탐구하려는 것이었다. 즉, 이 학파에서는 국가를 사회형태로 보고, 통계학을 국가의 형식적인 면을 기술하는 학문으로 설명하지 않고, 사회·경제의 실질적인 면의 수량적인 관찰과 해석을 주내용으로 하여 설명하기 시작하였다.

이와 같이 독일대학파 통계학을 능가하는 것이 탄생하여, 영국으로 하여금 경제학에서와 같이, 근대통계학의 발상지로 만든 배경은 다음의 세 가지로 생각할 수 있었다.

(I) 첫째로, 정치산술의 창시자 Graunt, Petty 등이 대상으로 한 사회자체가 "수량적 표현"을 가능케 하는 상태로 되어 있었다는 사실이다. 즉, 봉건적인 여러가지 관계가 붕괴해소되고, 자본주의적 생산이 발달하여, 사람들은 여기서 비로소 "사회"를 발견하고, 잇따라 사회에 대한 연구가 과제로 오르고, 상품생산·화폐에 의한 매매가 전면적으로 이루어지게 되고, 부의 대부분을 화폐로 표현할 수 있게 되었다. 이것은, 세계의 확대와 더불어 교역의 중심이 지중해로부터 대서양으로 이동하고, 상인자본의 활동도 그 중심이 Florence에서 London으로 이동하여 박차가 가해졌다.

(II) 둘째로, 1662년 왕립이학협회, 즉, "실험에 의한 자연적 지식의 개선을 위한 왕립협회(The Royal Society for the Improvement of Natural Knowledge by Experiment)"가 Charles II(1660~85)의 특허에 의하여 설립되었으며, 진리탐구를 위한 협력이 이루어진 것과 같은 (자연)과학적 분위기가 있었다는 사실이다.

이보다 먼저 1657년에 프로렌스에 "실험아카데미(Academia del Cimento)"가 설립되었다. 이것은 Galilei가 사망 후 Medici가의 Leopold II에 의하여 설립된 것이다. 여기서는 Galilei의 제자 Evangelista Torricelli(1608~1647)와 그의 협력자 Vincenzo Viviani(1622~1703) 등이 중심이었다. 이 아카데미는 "실험하고 또 실험한다"를 표어로 하고, 처음으로 자연만을, 더구나 실험이라는 방법으로 연구한다는 뚜렷한 목표를 갖고 있었으며, 그 과제를 해결하였다. 그러나 이것은 1667년에 Medici가와 법왕청과의 정치적 관계로 말미암아 해산되었다.

영국의 이학협회는 이것을 본따서 설립되었다고 하는데, 실은 이보다 전인 1645년경 런던에 체류중인 독일인 Theodor Hank(1605~90)의 발의로 new or experimental phylosophy에 흥미를 가진 사람들이 주 1회 모이게 된 것이 시작이다. Boyle법칙의 발견자 Robert Boyle(1627~91), Hooke법칙의 발견자 Robert Hooke(1635~1703), 정치산술의 William Petty 등 당시의 젊고 유망한 과학자·천문학자·건축가 등이 그 회원이었다. Boyle은 이 모임을 "눈에 보이지 않는 또는 철학적 학원(invisible or phylosophical college)"라고 불렀다. 여기에서 사용된 "눈에 보이지 않는"이라 한 것은 당시 영국에서는 특히 종교적인 문제로 왕당과 의회와의 대립이 심해서, 왕당에 속했던 이학자들은 의회군에 의한 Charles I(1625~1649)의 교수형 후에는 "침묵을 지킬" 필요가 있었기 때문이다. 또 철학적이라는 단어는 오늘날의 물리학을 의미하며, 순수이론 및 실험의 연구를 하고, 정치·사상·종교 등의 문제를 일체 제외하는 것을 의미하였다. 당시로서는 새로운 문제·발견, 예를 들면, 혈액의 순환, 정맥의 변막, 코펠닉스설, 혜성이라던가 신성, 망원경의 개량 및 이를 위한

유리렌즈의 연마문제, 진공의 문제, Torricelli의 실험, 물체의 낙하운동의 문제 등에 대하여 논의되었다. 그리고 강연보다는 실험과 증명에 중점을 두었다. 새로운 법칙이라던가 사실의 발견자는 아카데미의 전회원의 앞에서, 그 실험과 증명을 되풀이 해서 보여야만 했다고 한다.

1660년 Charles II가 왕위에 복귀하자, 곧 이 모임은 비약적으로 발전하여, 1662년에 법인화되었다. 그리고 다음해에는 Isaac Newton(1642~1727)이 회장이 되었다. Craik의 저서 History of English Literature에서 다음 문장을 찾아 볼 수 있다.

"The History of Royal Society, however, is very neraly the whole history of English science, both physical and mathematical, from the date of its institution to the end of the seventeenth century. Almost all the scientific discoveries and improvements that originated in this country during that century were made by its members, and a large proportion of them are recorded and were first published in its Transactions."

(III) 세째로, 영국 유물론과 모든 근대적 실험과학의 아버지라고 불리어지는 Francis Bacon(1561~1626)의 철학 "Novum Organum, 1620"의 영향이다.

F. Bacon은 재래의 학문연구를 신뢰하기에는 불충분하다며, 이를 근본부터 새롭게 고쳐야한다는 것을 인정하고, schola학파의 사상을 비판하고, 또한 낡은 Aristoteles류의 삼단론법은 진리를 발견하기 위한 수단이 아니며 "지식"을 얻는 데에는 가치가 없는 것이라고 하였다. 지금까지 희랍인이라던가 르네상스 초기의 과학자는 "자연에 대한 지식"을 구하였는데, Bacon은 인간에 의한 대규모적인 자연개조를 꿈꾸었다. 그는 과학의 목적을 단순히 두뇌의 만족으로 그치지 않고, 인간의 우위 확립과 인간의 행복·쾌락의 증진에 두었다.

그는 신학문의 조직을 건설한 셈은 아니지만, 자연과학의 새로운 사상과 새로운 연구방법을 제시하고, 그 설명하는 내용을 Aristoteles의 옛 오르

가논(Organon: 논리학)에 대립되는 노붐 오르가눔(Novum Organum)이라 불렀다.

Bacon에 따른다면, 확실한 지식에 이르기 위해서는, 영락한 중세의 모든 이론 · 교설 및 논쟁은 배제되고, 망각되지 않으면 안 된다. 철학이 다시 태어나려면 백지로 돌아가서, 숙정된 지성으로 재출발하지 않으면 안 된다. 따라서 우리는 먼저 낡은 偶像(idole)과 결별하여야 한다. 이 우상은, 현실로 간주된 그림, 사물로 잘못 인식된 사상이며, 이 오류의 근원을 밝혀내서 그것을 막지 않으면 안 된다고 역설하였다.

그는 이 오류를 다음의 네 종류로 분류하였다.

1. 種族의 idola(idola tribus) : 인간의 성질상 모두 갖는 경향
2. 동굴의 idola(idola specus) : 개인 각자의 버릇
3. 市場의 idola(idola fori) : 사람들의 교제로 이루어지는 것, 예를 들면, 언어
4. 극장의 idola(idola theatri) : 옛날부터 말로 전해 내려오는 이야기, 세상 사람들이 일반으로 믿고 있는 전설 등

그는, 위와 같은 편견 · 망상으로부터 탈출하지 않으면, 진실된 지식을 추구할 수 없다고 주장하며,

타인의 눈을 빌리지 않고 자기의 눈으로,
언어에 사로 잡히지 않고 사물 그 자체를,
주관적 요소를 도태시키고 오로지 관찰과 실험에 의하여,

현상의 目的因(causa finalis)은 아니고, 動力因(causa efficiens)만을 탐구하여야 한다며, 사실의 수집과 그 해석에 근거를 두고, 경험적으로 인과의 관계를 발견하려는 그의 "방법적 경험(methodical experience)" 또는 "정확한 귀납법(true induction)"이 과학적 지식을 달성하는 데에 필요한 연구방법이라 하였다. 그리고 다음과 같이 연구를 진행하여야 한다고 주장하였다.

(i) 우선 연구대상인 현상이 나타나고 있는 많은 사례를 수집하여, 소위 "現存表(tabula presentiae)" — 적극적 사례의 표 —를 만

들고, 이 모든 사례에서, 공통인 요소만을 끄집어 낸다. 이렇게 얻은 공통인 요소는 해당대상의 근본특질인 개연성을 갖는다. 그는 이것을 "形相 (forma)"이라 불렀다.

(ii) 문제로 되어 있는 현상이 전혀 나타나지 않는 사례, 즉, "소극적인 사례(negative instance)"를 수집하므로서, 소위 "부재표(tabula absentiae)" — 소극적 사례의 표 —를 만들어, 이들 사례의 어느 것에도 (i)에 의하여 얻어진 공통요소가 존재하지않는다는 사실이 명백하여지면, 그 요소가 "형상"이라는 사실의 개연성은 한층 더욱 확실하여진다.

(iii) 이 현상이 여러 가지의 정도로 나타나고 있는 사례를 모아서 소위 程度表(tabula gradauum) — 비교의 표 —를 만들고, 이 현상의 증감과 앞에서 어급한 공통요소의 증감이 평행하다는 것이 밝혀지면, 이 공통요소가 "形相"이라는 것은 더욱더 확실해진다.

즉, 이론보다는 실천, 사변적 대합(思辨的 對合)보다는 특수한 구체적 결과를 겨누고, 보지되어야 할 의견은 아니고, 해야할 사업이며,학파라던가 설교가 아니라, 효용과 힘에 기초를 두는 것이다. 안다는 것(知)은 힘이며, 단순한 논증이라던가 장식이 아니라며, 자연의 법칙을 알므로써, 자연을 지배할 수 있을 것이라고 말하였다. 사실을 끈기있게 축적하고, 분석하므로써, 일체의 가시적 현상의 저변에 깔려있는 恒久原因으로서의 형상 (form)이 생각 되며, 현상의 숨은 본성과 그 내적 본질에 도달할 수 있고, 현상은 이 형상의 나타남이라고 생각하였던 것이다. 과정 또는 발전으로서의 自然觀하고는 어긋난 것이었지만, 여기에서 "近代科學"의 첫걸음을 볼 수 있다.

산업자본의 발달과 Bacon의 영향은 왕립협회 — 영국의, 아니 17세기의 문명세계 전체의 학문적 출발점이었던 실험과학을 육성한 곳 —를 낳았으며, Galilei, Newton 등 근세 자연과학의 위인들에 의해서 행하여진 자연과학의 방법, 즉, 실험적 연구라는 귀납적 요소와 수학적 계산이라는 연역적 요소로 구성되는 방법이 위대한 첫걸음을 내딧게 된 학문적 환경하에서 "정치산술"은 탄생되었던 것이다.

Bacon은 원리를 창도하였을 뿐 실천을 수반하지 않았기 때문에, 1662년에 코펠닉스의 地動說에 "과학적 반론"을 제기할 정도로 보수적이었다. 그래서, 관측을 중요시하였으면서도 정밀측정의 중요성의 평가는 할 수 없었다. 이런 결과, 정치산술과 통계학에는 아무런 이름을 남기지 않았지만, 그의 경험과 귀납법주의에 의하여 연구에 생기있는 영향을 받은 사람은 많았다. "種의 起源"의 Charles Darwin이 유명하며, 또 통계학 분야에서는 "記述 統計學"의 Karl Pearson이 가장 좋은 유례라 할 수 있다.

유럽에서 어떤 사건이 있을 때마다, 그 괴로움을 일신에 떠맡아야만 할 운명에 있었던 독일인의 사상, 독일인의 문화의 특징은 본래 "無一物思想"과 큰 관계가 있다. 독일인의 철학 · 문학 · 예술 · 기술 · 기타의 특징이며, 동시에 결함인 것은, 그 역사적 운명과 같이, 본래 무일물의 선에서 출발을 다시 하지않으면 않되는데 있다. 이전 사람의 업적 위에 쌓는 것이 아니라, 이전 사람의 업적을 전면적으로 전복해서, 새삼스럽게 본래의 출발선에 서는 것과 같은 느낌이 드는 순수철학에 있어서 세계에서 으뜸가는 것을 독일이 보유한 것도 이런 점에서 온 것으로 해석할 수 있는 것이다.

이에 반하여, 영국은 서양철학사 전반을 통해서 철학과 경험과학과의 관련을 탐구해서 그것을 확실히 파악한 경험론적 방향의 옥토이었다고 할 수 있을 것이다. 영국인은 항상 철학을 경험적 현실의 기반 위에 세우려고 노력하였기 때문에, 업적의 규모의 크기, 깊이에서 잃었을지도 모르는 것을, 신중하고 내정한 연구를 존중하므로써 충분히 보충하였던 것이다. 그래서 독일과 영국의 학문의 성격의 차이를 볼 수 있다.

독일대학파와 정치산술파와의 비교

	독일대학파 통계학	정치산술파 통계학
선구자	대학교수	상인
목 적	국가를 아는 일	사회 · 경제를 아는 일
주내용	국가의 형식적 면의 기술	사회 · 경제의 실질적 면에 대한 수량적 관찰과 해석

§2 관찰론

정치산출에 대해서는, 우선 Conring John Graunt(1620～74)가 London시의 사망표에 착안해서, 사회현상을 수량적으로 연구하여 "관찰론"을 저술한 것에 주목하여야 한다.

1348년에 London에 흑사병이 발생한데, 이어 1563, 1592, 1603, 1625, 1661년에도 대유행하여 많은 사람이 사망하였기 때문에, 시민은 인간의 생사에 관한 공식 발표에 주의를 기울이게 되었다. 흑사병은 페스트(the plaque)의 일종으로서 중국에서 발생하여 서쪽으로 와서 흑해에 도달하고, 이태리아의 항구를 통해서 1346～50년 유럽 전역에 만연되었다. 17세기에도 대유행하였으며, 1603년에는 London 인구의 1/5이, 1661년에는 1/6이 사망하였다고 한다. Daniel Defoe(1660～1731, 영국의 소설가이며, 寫實小說을 개척, 신문도 발행함. "로빈슨 구루소" 등이 있다)는 당시의 London의 비참상을 "질병유행기(1772)"로 나타내었다. 이 유행의 원인은 공중위생과 의학의 미발달에 있었던 것이다.

London에서 "생사표"는 1592년부터 시작되고, 1595년 이후 중단되었으나, 1603년 이후 매주 목요일에 인쇄·공표하게 되고, 크리스마스 전의 목요일에는 과거 1년분을 합한 집계표가 발표되었다. 물론, 이들 보고에는 정확하지 못한 것도 있었다.이 사망표(Bills of Mortality of London)에는 맹장, 사망 및 세례의 수가 실려있고, 연 4시링이면 누구나 구독할 수 있었다. 이 같은 종류의 기록은 16세기 후에도 끊기지 않고 존재하고 있었다고 말할 수 있는 상황이었다. 이 사망표는 오랫 동안 그다지 활용되지 않았다. 다만 새로 주거를 선정하는 경우에 흑사병에 걸린 사람이 살던 장소가 아니었는지를 확인하는 수단으로 또는, 궁정 사람이나 귀족들이 주말을 안전하게 지내기 위한 안내로 사용하는데 불과하였지만 흑사병이 작성의 원인으로 된 이 일은, 결과로부터 보면 실로 Graunt의 획기적인 저

작의 단서로 되고, Süssmilch, Halley의 연구의 발단이 되어, 인구통계 (Vital Statistics)의 선구가 되었다고 말 할 수 있다.

Graunt의 연구동기는 "관찰론"의 머릿말에 그가 쓴 다음과 같은 글에서 찾아 볼 수 있다.

"나는 London시내에서 태어나 자라면서, 매주의 사망표를 계속 구독하는 대부분의 사람들이 그 하단란에 눈을 돌려 매장수가 어느 정도로 증가 또는 감소하였는지를 알고, 또 그 사인을 한번 훑어 보고, 그 주내에는 어떤 이상한 일이 일어났는지를 발견하여, 그것을 다음의 모임에서 화제로 삼으려고 하거나, 또 페스트의 경우에는 어떻게 이 병이 증가 또는 감소하였는지를 보고, 부자는 주소를 옮길 필요성의 유무를 판단하고, 상인은 각자의 상거래 예상을 추측하는 일 이외에는 그 표를 거의 이용하지 않는다는 사실을 항상 눈여겨 봐왔다. 나는 우리 London시의 현명한 분들이 이것들을 기록하고, 그리고 배부하는 칭찬할 관행을 설계한 본래의 목적은 위에서 기술한 것보다 더 큰 이용에 있었음에 틀림없고 혹은 적어도 그것들을 어떤 다른 데에 이용할 수 있을 것으로 생각하였다"

그래서, 그는 최대한으로 이와 같은 종류의 재료를 입수하려고 노력하고, 그리고, 거기에서

"나는 매장과 세례의 총수 및 각종의 질병·사고에 대한 연도별·계절별·교구별 또는 시의 기타의 구획별 비교를 더욱 용이하게 하기 위해, 재료를 전부 일괄해서 볼 수 있게 만들려고, 그것을 약간의 표의 형식으로 고쳤다. 그리고 다음에 나는, 그때까지 약간의 산산이 흩어진 표를 보고 품고 있던 착상이라던가, 견해나 추측을 검토하기 시작했을 뿐만 아니라, 다시 나의 표로부터 이유와 동기를 발견했을 때, 새로운 사실을 인지하였던 것이다.…… 뿐만아니라, 이 무시되어 있는 문서에 대한 나의 숙고에서 약간의 진리와, 일반으로는 믿어지지 않고 있는 견해가 생기게 되는 것을 보았기 때문에, 나는 한 걸음 더 나아가서, 그것들에 대한 지식이 세간에 어떤 이익을 가져다 줄지를 생각하였다. 왜냐하면 정말이지, 나는 시시하고 쓸데 없는 사색에 빠지지 않고, 이 환상과 같은 꽃에서부터 얻는 현실의 과실

을 세상에 보내고 싶다고 생각하였기 때문이다."

이 Graunt의 말에서 Bacon시대의 London에서의 정신을 분명히 짐작할 수 있다.

§ 3 Graunt(1620～74)

Graunt는 1601년부터 1661년에 이르기까지 61년간의 London시의 사망표 및 같은 무렵의 출생명부를 관찰 연구해서, "觀察論", 즉, London 시의 사망표에 기초를 둔 자연적·정치적 관찰(Natural and political Observations mentioned in a following index, and made upon the Bills of Mortality, chiefly with reference to the government, religion, trade, growth, air, diseases, etc, of the City of London, by Captain John Graunt)를 1662년에 저술하였다. 이것이야 말로 영국에서 일어난 정치산술(Political Arithmetick)이라고 불리우는 새로운 학문을 대표하는 최초의 빛나는 업적인 것이다. 여기에서, 그는 London 및 그 부근에 있는 교회의 기록(과거 기록)을 기초로 해서 수리적 연구를 하여 다음과 같은 사항을 확인하였다.

(1) 출생되는 남녀수는 남자 14에 대하여 여자 13의 비율로서, 거의 같으며, 그리고 남녀 양성은 숫적으로 거의 균형을 이르고 있다는 사실.

(2) 100명의 출생자 중 6세에 달할 때까지 36명이 사망하며, 이후 10년을 경과할 때 마다 24, 15, 9, 6, 4, 3, 2, 1로 규칙적으로 점점 감소하므로, 이 사망률로부터 역으로 생존자를 계산하면, 6년째 말에는 64명, 16년째 말에는 40명, 이후 10년을 경과할 때 마다 25, 16, 10, 6, 3, 1명이 되어, 결국 86년째 말에는 생존자가 없게 된다는 사실.

(3) London의 표에는 세례보다 훨씬 많은 사망이 있다. 세례 11에 대하여 매장 12가 이루어지고 있다. 그럼에도 불구하고, London은 끊임없이 커지고 있는데, 이 사실은 외부로 부터의 공급이 현저하다는 증명이며,

지방에서는 세례 63에 대하여 매장 52가 행하여지고 있다. 이 사실로 미루어 볼 때 London에 비해서 지나치게 많은 지방대표가 의회로 보내어지고 있다.

(4) 페스트로 인한 London 인구의 감소는, 1년에 약 6000명이 지방에서 이주함으로써, 통상 2년만에 보충되었다. 전쟁 및 새로이 발견된 이주에 의하여, 남성과 여성 간의 "적당한 비례(Geziehmende Proportion)"는 아무런 변화도 받지 않는다.

(5) London은 England에 비하여 너무 크며, 지나치게 강한 일부분이라는 사실, 그리고 3배나 빨리 성장하고 있다는 사실, 인구도 지방에서는 280년 간에 겨우 배가하지만 London의 인구는 약 70년 간에 배가하고 있다.

(6) 상업과 古都 London은 끊임없이 서쪽으로 이동하고 있다.

(7) 1603년과 1625년의 페스트의 해에는, 거의 전체 인구의1/5이 사망하였다. 이것은 출생자의 8배의 사망수를 나타내는 것이다.

(8) London 시내 및 그 주변의 인구는 Elgland와 Wales의 인구의 1/5을 차지하고 있다.

(9) England 및 Wales는 약 650만명의 인구와 약 2500만 에이커의 면적을 가지고 있다.

(10) 출생수는 London에서는 남자 14명에 대하여 여자 13명인데, 시골에서는 남자 15명에 대하여 여자 14명이다.

(11) 1년에 약 6,000명이 지방에서 London으로 이주해 온다. London 시내 및 그 주변에는 약 81,000명의 전투 적령자와 460,000명의 총인구가 있다는 사실.

이 가운데서, 남녀수의 비율의 규칙적 경향에 관한 결론은 후에 Süssmilsch의 연구를 자극한 것이며, 사망질서의 연구는 후년에 Halley의 연구를 선도하였던 것이다.

또, 연구는 정신병에 대하여 논급하고, 현재로서는 정상인은 가까운 7년 이내에 정신병원에서 미친사람으로 죽는 일은 좀처럼 없을 것으로 확신하

고 있다. 왜냐하면, 이와 같은 일은 "그 재료에 따르면" 이제까지 1500명에 대하여 불과 1명 발생하였기 때문이다. 자살자, 익사자, 추락사자, 또는 차에 치어서 사망한 자에 관해서도, 유사한 관찰을 할 수 있으나, 이들 결과는, 지방이라던가, 계절 및 우연한 직업이거나 일에 따라 달라지기 때문에, 그가 추구하고 있는 과학적인 확실성을 얻을 수는 없었다. 이와 같은 관찰은 약 200년후 Quetelet에 의하여 다시 취급되어, 道德統計學(Moralstatistik)으로서 각광을 받게 되었다.

"관찰론"은 당시 설립된 Royal Society에 제출되고, 잇따라서 그는 Charles Ⅱ의 천거에 의하여 그 회원이 되었다(1622년 2월 26일). 이 사실을 보더라도 이 연구가 당시 얼마나 높히 평가되었는지를 알 수 있을 것이다.

그의 통계적 연구결과를 기술하면, 다음의 4가지로 요약될 수 있다.

(Ⅰ) 개개의 사상으로는, 우연(운명의 장난)으로 밖에 생각되지 않는 어떤 일정한 사회현상에 규칙성이 존재하는 것을 처음으로 확인하였다.

(Ⅱ) 인구에 있어서, 남녀의 수는 대략 같으며, 출생에 있어서는 남자의 수가 항상 여자의 수보다 많으며, 또한 이 양자 간에는 대략 일정한 비가 존재한다는 것을 처음으로 밝혔다.

(Ⅲ) 유아의 사망율은 항상 높다는 사실을 발견하였다. 즉, London 전체에서 20년 간에 모든 질병과 사고로 인하여 229,250명이 사망하였는데, 그 중 1/16이 페스트로 사망하고, 그 나머지 가운데서 71,124명은 경험에 의하면, 6세까지의 어린이에서만 일어나는 병으로 사망한다.

이 사실로부터, 총출생자 100명 가운데 거의 36명이 만6세도 되기 전에 사망한다는 사실이 분명해졌던 것이다. 그가 사용한 사망자 명부에는 사망자가 연령별로 분류되어 있지 않았기 때문에 위와 같은 사인에 의한 추산을 한 것이다.

이리하여 역사적으로 대단히 큰 흥미를 끌게 되는 "최초의 생존표"가 만들어졌다.

Graunt의 생존표

연령	사망자수	연령	생존자수
0－ 6	36	6	64
6－16	24	16	40
16－26	15	26	25
26－36	9	36	16
36－46	6	46	10
46－56	4	56	6
56－66	3	66	3
66－76	2	76	1
76－86	1	86	0

이 표에는 여러가지 결함이 있으나, 그가 생존표의 근본개념을 파악하고 있었음은 분명하다. 이 표를 만든 것만으로도, 그는 과학의 연구에 매우 중요한 새분야를 개척하였다고 할 수 있다.

(Ⅳ) 도시의 사망율이 시골보다 높다는 사실을 인정하였다. 또한, 사망원인이 있는 자는 사망자수 중, 항상 일정한 비를 유지한다고 말하였다.

이들 4개항 중, 처음의 둘은 이제까지 아직 일반에게 인식되지 않았던 점에서의 진리를 밝힌 것이며, 참으로 주목할 점이다. (Ⅲ), (Ⅳ)는 그보다 이전의 사람도 전혀 생각하지 못했던 것은 아니었지만, 이때 관찰에 의한 실증을 얻은 것이다. 이 책은 "實證"을 특징으로 하고 있었다. 즉, 그가 이 "실증을 충분하고 확실하게 한 사실"이 관찰론의 가치를 높였으며, Graunt의 연구가 당시의 같은 연구 중(후술하는 Petavius, Hale과 비교하여) 두각을 나타내게 하였다. 그러나, 주의를 요하는 것은 처음의 두 항에 대해서는, 소위 "大數의 法則"에 대한 이해가 적었던 것은 아닌가 생각되는 점이 있다.

Graunt는 또 London의 인구도 추산하였다. 당시 London시 인구를 100만 이하로 추측한 사람은 없었지만, 그는 384,000명으로 추산하였다.

더구나 그 추산은 세 가지의 다른 방법으로 이루어졌으나, 거의 같은 결과를 얻었다. 수량적 관찰을 하는 사람이, 관찰함에 있어서 얼마나 신중하며 또한 비판적이어야 하느냐에 대한 훌륭한 모범이다.

즉, 첫째로, 그는 London의 평균 세례수(출생수)는 12,000명을 넘지 않는다고 추산한다. 가잉(可孕)연령의 부인(Teeming women)의 수는 출생수의 약 2배이다. 그리고 세대의 총수는 이러한 부인의 수의 2배라고 상상되며, 1세대에는 평균 8명이, 즉 부부와 3명의 아이, 3명의 용인 또는 기류자가 있다고 하면 주민수는 384,000명 이라고 결론이 내려진다.

두째로, 성내에 있는 약간의 교구에서의 새대수를 계산함으로서, 해마다 11세대에서 3명의 사망자가 발생됨을 알았다. London에서는 전부 13,000명의 사망자가 있어으므로, 이 계산에 따르더라도 48,000세대가 있었다는 것으로 된다.

세째로 그는 1658년에 Richaid Newcoat에 의하여 측정된 야드(yard)축척으로 그려진 London지도를 이용한다. 그는 어느 가옥도 전면이 20feet라고 가정하고, 100평방야드 내에 약 54세대가 있을 것으로 추측하였다. 그것은 양측에는 각각 100야드, 다른 양측에는 80야드, 전체로 360야드에 걸쳐서 집들이 나란히 붙어 있을 것이기 때문이다. 그런데 이와 같은 평방야드가 성 내에 220곳에 있으므로, 성 내의 세대수는 전부 11,880로 된다. 그러나, 성 내에는 매년 약 3,200의 사망자, 그리고 London 전체에서는 13,000의 사망자가 있으므로, 성 내에 거주하는 주민은 전체의 1/4이 되는 셈이다. 따라서, London에는 47,520세대, 즉, 약 48,000세대가 있다고 하였던 것이다.

그가 인구현상에 대하여 — 출생·사망에 대하여, 또는 전술한 바와 같이 사망자 중에서 자살·변사·유산(流産)·사산에 대하여 — 일정한 恒同性을 인정한 점은 간과할 수 없는 일이다. 더우기 그의 연구 태도는 항상 대단히 충실했던 것이다. 그래서 후년에 Süssmilch의 연구가 나올 때까지는, 이 방면에서의 유일한 문헌으로 되었던 것이다.

그가 자료로부터 결론을 추출한 일로 보다는, 오히려 방법론상의 일로

통계학사상 중요하다. 당시 영국 일반에게 보급되었던 Bacon의 경험철학에 기초를 두고, 진리탐구에 즈음하여, 사색에 따르기 보다는 오히려 경험에 호소하고, 관찰, 즉, 대량관찰을 통해서 논증하려고 하는 태도는 참으로 오늘날의 통계학의 제일보라고 말할 수 있고, 사회생활의 연구에 대한 새로운 방법, 즉, 관찰 및 數理應用에 기초를 둔 계산의 길을 열어, "a new light to the world"로서의 가치를 오랫동안 유지하게 되었다. 또 Süssmilch는 그의 저서 "신의 질서(1761)"에 다음과 같이 기술하고 있다.

"Aber wer hat sich wohl derselben vor dem Graunt zur Einsicht in diese Ordnung bedient? Die Entdeckung war ebenso möglich, als die von Amerika; aber es fehlte ein Kolumbus, der in seinen Betrachtung alter und bekannter wahrheiten und Nachrichten weiter ging als andere. So erging es dem Graunt, der in den Registern der Toten und der Krankheiten in London zuerst eine Ordnung wahrnahm, und dadurch auf den glücklichen Schluss geleitet ward, dass dergleichen Ordnung auch in andern Stucken des menschlichen Lebens sein dürfte."

아무런 과학적 교육도 받지 않고, 그 지식도 오로지 자습으로 얻고, 스스로 "商店算術(shop arithmetick)이나 익숙하게 사용할 수 있는데 불과한 교양없는 남자"라고 칭하고 있던 Graunt의 위대한 공적은, 그가 이 집단관찰을 과학적으로 가공하여, 규칙성을 철저하게 추구한 점에 있다. 실로 사회현상의 수량적 연구라는 사회연구의 처녀지에서의 선구자였다. Graunt에 의한 획기적인 연구는 W. Petty, E. Halley에 큰 영향을 주었으며, 또한 J. P. Süssmilch로 하여금 불멸의 저작을 남기게 하였다. 그러나, 이 위업을 완수한 그의 새로운 연구방법이 연구방법으로서 자각되게 이르기까지는 더욱 많은 세월을 필요로 하였던 것이다. (당시 London의 인구는 약 100만, 달의 운행이 건강에 영향을 준다. 국왕의 통치 여하에 따라 큰 질병이 나타난다. 성비는 남자 1명에 여자 3명의 비율이다는 등의 "상식"이 믿어지고 있었던 시대였다는 점을 성찰하여야 한다) 그러나, 이

럼에도 불구하고, 인간 세계의 자연적 및 사회적인 여러 현상에 적용되었던 그 보조학과로써 수학을 사용하는 자연연구의 경험적 · 실증적 방법(empirisch—realistische Methode)이야 말로 오늘날 일반으로 인정되고 있는 통계학의 학문적 성격이다.

§ 4 Petty(1623~1687)

Sir William Petty는 Graunt의 "관찰론"에 깊이 자극받고, 같은 연구를 수행하게 되었다. Charles Henry Hull이 저술한 "The economic Writings of Sir Willam Petty together with the observations upon the Bills of mortality more probably by Captain John Graunt, 1899"에 따라 그의 저작 전체를 나누어 본다면 다음의 세 방면으로 된다.

(i) 그의 檢量官시대에 관한 것.

(ii) 의학에 관한 것 및 수학, 물리학, 공학에 관한 논문.

(iii) 경제학 및 통계학에 관한 저술.

이들 저술의 가치는 종래 충분히 인정되어 왔고, 17세기의 경제학사를 취급하는 사람에게는 칭찬의 대상으로 되어 있다. 그의 이 사회적 방면의 연구는 대체로 다음의 두 가지로 분류할 수 있다.

(A) 경제 · 재정에 관한 저술.

(B) 통계에 관한 저술.

이 가운데 통계에 관한 저술 중에서 주저는 그의 사후 아들에 의해서 간행된, "政治算術(Political Arithmetic or a discourse concerning the extent and value of lands, people, buildings; husbandry, seaman, soldiers; public revenues, interest, taxes, superlucration, registries, banks; valuation of men, increasing of seamen, of militias, harbours, situation, shipping, power at sea, etc. As the same relations every Country in general, but more particulary to the territories of his Majesty of Great Britain, and his neighbour of Holland, Zealand and France, 1690)"이다.

또 이 밖에도 다음과 같은 정치산술에 관한 논문을 들 수 있다.

(1) Observations upon the Dublin bills of Mortality, 1681.

이것은 Graunt의 관찰론을 더욱 더 발전시켜 확충시키려는 의도로 연구된 것이었으나, 재료 특히 연령별 자료의 부족으로 Graunt의 것을 능가할 수는 없었다.

(2) Several Essays in political Arithmetick, 1679~1699

(3) Five Essays in political Arithmetick, 1683

Petty는 "정치산술"에서 가장 새로운 방법으로 연구 — 수학적 실제적 관찰을 내용으로 함 —를 시작했던 것이다. 그 서언에서 "내가 이것을 하려고 채택한 방법은, 아직 많이 관용되고 있는 것은 아니다. 즉, 오직 비교급 및 최상급의 언어와 예지적인 의논만을 사용하는 대신에 나는 수와 무게와 척도와 용어로 내 자신을 표현하려고 하는 과정을 취하였다. 환언하면, 道理에 맞는 의논만을 사용하고, 또 사물의 근본에 눈에 보이는 기초를 갖는 원인만을 생각하기로 하고, 특정인의 변하기 쉬운 정신·의견·취향이라던가 감정에 좌우되는 사항은 이를 다른 사람들의 고찰로 미루었던 것이다."라고 기술하고 있다. 이 말로도 알 수 있듯이, 사회현상을 될 수 있는 한 객관적인 "수와 무게와 척도"로 측정 연구하려고 하였던 것이다.

Petty의 공적은 그 선행자 Graunt의 방법을 단순히 채용했다는 데에 있지 아니하고, 우선 먼저 재료 선택의 범위를 넓히고, Graunt의 이 방법의 본질과 중요성을 명료한 학문적 의식으로까지 높히므로써, 교묘하게 발전시켰다는 데에 있었던 것이다. Petty는 이 저서에서 London, Dublin, Paris, Roma 등의 인구 및 경제의 비교연구와 영국, 프랑스, 홀란드 등 여러 나라의 경제적, 정치적 세력을 숫자적으로 고찰하였는데, 그 주요 결론은 다음과 같다.

(1) London의 인구는 40년 간에 배가하고, England의 인구는 360년

간에 배가한다는 사실.

(2) London의 주민수는 Paris와 Rouen을 합한 것과 비슷하다는 사실.

(3) London의 병원에서의 사망자수는 Paris의 병원에서의 사망자수에 비하여 1/20에 불과하다는 사실.

(4) Paris에서는 24,000도 못되는 가로 직면(街路 直面) 가옥에 81,280 세대가 살고있으므로, London의 인구보다 더 생활상태가 나쁘다는 사 실.

(5) Thames강은 Seine강에 비하여, 위생 · 쾌적 · 항운에 있어서 훌륭하다는 사실.

(6) London의 항운과 외국무역은 Paris와 Roma의 그것과는 비교되지 않을 만큼 번창하다는 사실.

(7) London에서는 최하급의 병원에서도 16명에 대하여 2명의 사망율인데, Paris에서는 최고급의 병원에서도 15명에 대하여 2명의 사망율이므로, London의 공기는 Paris의 공기보다는 훨씬 좋은 것으로 인정된다 는 사실.

(8) London에서는 그의 사망율표에 포함된 134구역 내에 약96,000명의 주민이 살고 있다는 사실.

(9) 國富의 계산은 객관적 방법으로 이루어지고 있다.

(10) 인간의 평가를 하였다. "the value of the people"은 참다운 국부의 한 요소라 하고, 이 평가에 공통기준(예를 들면, 화폐)에 따라, 일반 국부표에서는 볼 수 없는 하나의 요소를 첨가하였다.

그의 연구를 Graunt의 "관찰론"과 비교해 보면, Graunt와 같이 Bacon류의 학문 연구방법론에 중점을 둔 경험철학의 영향을 받았지만, 자료의 풍부 · 정확도라는 점에서는 뒤졌다고 말하지 않을 수 없다. Petty는 계산방법에 중점을 두었기 때문에, 그 자료에는 상당히 결함이 있었던 것이다. 따라서, 여기에 기초를 둔 추론이라던가 논단이 때로는 부정확하며, 간간 견강부회의 의혹을 모면할 수 없었다. 예를 들면, 그가 연구하려고 하

는 사회현상에서 충분하며 정확한 자료, 즉, 수 및 도량형을 직접으로 얻지 못하는 경우에는, 이미 얻어진 자료를 기초로 해서 스스로 구하고자 하는 것을 산출하거나 하고 있다.

실제로, Petty에게는 추산에 기초를 둔 의론이 상당히 많았는데, 이것은 일면, 당시 조사자료가 적었었기 때문이기도 하며, 한편 그의 연구가 ― 예를 들면, 사망표의 경우 같은 것도 ― Graunt의 그것과는 달리, 미리 어떤 결론 ― "어떻게 하면 영국 국왕의 광영을 증대시키느냐"가 그의 문제였다 ―를 전제로 하고, 그 실증으로서 통계자료를 사용하려는 그의 독특한 연구태도에도 따른 것이고, 또한 정치산술의 방법의 표본적 증거에 급급하였기 때문일것이다. 그리고 추산에 있어서는, 양극의 추정값 사이의 중앙값(median), 즉, 평균을 중시하였던 것이다. 이것은 후에 Quetelet에 큰 영향을 주었다.

Petty가 주로 연구한 것은 경제통계 방면이었으며, 경제 현상의 수량적 관찰의 선구였다는 점에서, 그를 경제통계의 선구자라 할 수 있다. 유명한 경제학자 Adam Smith(1723～1790) 이후의 경제학의 큰 이론적 구축의 그늘에 밀려서 성장은 미미한 것이었지만, 참으로 이것은 경제측정의 새싹이라 할 수 있을 것이다.

Petty는 또 인구라던가, 사망이라던가하고 관계있는 사회문제에 주의를 기울이고 있었다. Petty는 1672년에 왕립협회에서 발표한 논문 "Duplicate Proportion"에서, 연령의 제곱근과 70세까지 생존할 확률과의 관계식을 세우려고 시도하였다. 즉, "16세의 사람이 70세까지 생존할 확률은, 갓 태어난 사람이 70세까지 생존할 확률의 3배이다"라고 말하고 있다. 이 최초의 사망법칙은 일반인에게는 이해되지 않았던 것 같다. 그의 공상적인 결론은 불충분하고 제한된 재료를 가지고, 비철학적 방법으로 일반화하려고 한 노력의 흔적은 인정하지 않으면 안 된다. 왜냐하면, Petty이후의 사망법칙의 발견자들도 충분·정밀하게 그 이론을 확립하지는 못하였기 때문이다.

Graunt도 Petty도, 모두 사망자수와 비교하는데 필요한 생존자수에 관

한 신뢰할 기록 또는 추정치를 못 갖었다는 불이익을 어찌 할 수 없었다. 그러나, Petty야말로 이 학파의 명명자이며, Graunt가 그 방법을 Demography(인구통계학)에 한해서 시행하였던 것을, 사회과학의 방법으로까지 높혔으며, 후에 몇몇 후계자를 얻어, 이 영국에서 일어난 통계학의 대표 명칭으로서, Political Arithmetic이라는 말이 사용하게 되었던 것이다.

§ 5 Halley(1656～1742)

정치산술파의 제 2계 — Graunt류 —는 오로지 인구를 연구하였다. 특히 인구동태 방면의 연구를 개척하였다. Edmund Halley는 그 중 뛰어난 대표이다. 그는 1693년 "인류의 사망율 추산(An Estimate of the Degrees of Mortality of Mankind, drawn from curious tables of the Births and Funerals at the City of Breslau; with an Attampt to ascertain the Price of Annuities upon lives. by Mr. Hally, R. S. S.)"를 런던왕립협회 회보 (Philosophical transactions. Vor. XVII)에 발표 발간하였다. 이 논문은 제목에 나타낸 재료 — Breslau시의 생사표 —를 기초로 해서, "사망율의 추산"과 "그 응용 — 생명확률이라던가 연금가격 등"을 논하였다. 그리고 부록에는 Graunt가 제시한 숫자와는 독립해서, Halley's mortality tables을 실었다.

이미 Leibnitz도 정치산술에 관한 의론을 시도하여, 연령에 따라 인구를 배열하고, 그 최초의 출생수가 점차로 급속하게 감소하게 되는 과정을 설명하고 있다. Halley는 그 사망표의 전제로서, 한 사회의 인구를 항상 일정 불변인 것으로 하는(일반으로는 옳지 않음) 가설에서 출발하고는 있지만, 사망기록만으로 사망표를 작성하고 있다. 그리고 그 방법은 처음 수(原數)에서 해마다 감소하여 가는 생존자수를 나타낸 것이다. 연금제도를 논하고, 이 표로부터 연금의 가격을 산출하는 공식을 생각한 사실로부터 알 수 있듯이 이른바 생명보험에서의 원칙으로서, 비교적 완전한 오늘날의

사망생존표 작성을 촉구하는데 크게 기여한 바가 있었다. 즉, 사망통계로부터 작성된 이 최초의 사망표가 발표된 후, 이와 같은 연구조사는 영국을 위시하여 여러 나라에서 잇달아 이루어지고, 그 원칙이 확립되기에 이르렀다.

Halley의 계산은 주된 자료를 Kasper Neumann에 의존했던 것이다. 당시 Silesia의 Breslau시에서는 1584년 이래의 사망기록이 연령별로, 또 월별로 작성되어 있어서, 출생수도 비교할 수 있게 되어 있었다. 이것은 실로, 당시로서는 "curious table"이었다. 이 자료는 Neumann에 의해서, "우리들의 생사에 관한 신의 섭리의 훌륭한 관찰"을 얻기 위해서 가공된 것이다. 이 숫자표를 Leibniz을 통해서 알게 된 Halley가 연구를 계속하여, 1693년의 "추산"으로 결실을 맺었다. Breslau시는 대륙의 도시이며, 인구 이동율이 가장 근소하고, 그 사망표에 기입되어 있는 사람은 실제 그곳에서 출생한 사람이라는 잇점이 있었으므로, 사망율 연구에는 참으로 알맞었다. 그가 입수한 자료는 1687～91년의 5개년 간의 출생・사망표였는데, 5개년의 출생총수는 6193명; 사망총수는 5869명 이었다. 년 평균 출생 1238명, 사망 1174명; 연평균 64명이 증가하지만, 이 정도의 증가는 병역 증집에 의하여 상쇄될 것이므로 Breslau시 인구는 정지(靜止) 상태에 있다고 보아도 좋았다. 또, 그의 자료에 의하면 연 평균 출생 1238명 중, 348명이 첫 해에 죽고, 890명이 두번째 해를 맞이한다. 같은 방법으로, 198명이 다음의 5년 간에 사망하므로, 출생자 중 692명이 7세에 달한다. 만 6세 이후의 사망 경과를 Halley는 각 연령 마다의 사망수를 표(Halley의 제 1표)로 나타내려고 시도하였다.

이 표에서, 예컨대 9－13과 같이 연령 계급이 1세이상의 간격인 경우에는 Halley의 원표는 연령 계급이 공백으로 되어 있고, 그 간의 평균 사망자수가 기입되어 있다. 이 예의 경우에는 5.5가 사망자란에 기재되어 있다. 원표에는 년년의 평균 사망자수가 기재되어 있지 않은 두 곳, 49－53과 91－97이 있다. Knapp(1842～1926)는 이것을 인쇄할 때의 탈루라 하고, 그 분야에서의 5년 간의 사망자 총수 5,869명의 년평균 1173.8과

Halley표에 의한 사망자수의 합계 1125.8과의 차 48과 같다고 보고 다음과 같이 메꾸었다.

Halley의 제1표

연령계급	사망자수	연령계급	사망자수	연령계급	사망자수
0－ 1	348	41－42	8	80－81	3
1－ 6	198	42－44	18	81－83	8
6－ 7	11	44－45	7	83－84	2
7－ 8	11	45－48	21	84－89	5
8－ 9	6	48－49	10	89－90	1
9－13	22	49－53		90－91	1
13－14	2	53－54	11	91－97	
14－17	10.5	54－55	9	97－98	0
17－18	5	55－56	9	98－99	0.2
18－20	12	56－62	60	99－100	0.6
20－21	4.5	62－63	12	計	1,125.8
21－26	32.5	63－69	57		
26－27	9	69－70	14		
27－28	8	70－71	9		
28－34	42	71－72	11		
34－35	7	72－76	38		
35－36	8	76－77	6		
36－41	47.5	77－80	21		

연령 계급	사망자 수
49 ～ 53	42
91 ～ 97	6

Halley의 제2표

연 령	생존자수	연 령	생존자수	연 령	생존자수
1	1000	31	523	61	232
2	855	32	515	62	222
3	798	33	507	63	212
4	760	34	499	64	202
5	732	35	490	65	192
6	710	36	481	66	182
7	690	37	472	67	172
8	680	38	463	68	162
9	670	39	454	69	152
10	661	40	445	70	142
11	653	41	436	71	131
12	646	42	427	72	121
13	640	43	417	73	109
14	634	44	407	74	98
15	628	45	397	75	88
16	622	46	387	76	78
17	616	47	377	77	68
18	610	48	367	78	58
19	604	49	357	79	49
20	598	50	346	80	41
21	592	51	335	81	34
22	586	52	324	82	28
23	579	53	313	83	23
24	573	54	302	84	20

25	567	55	292		
26	560	56	282		
27	553	57	272		
28	546	58	262		
29	539	59	252		
30	531	60	242		

Halley의 이 계산은 독자적인 것이었다. 이것에 이어서, Breslau의 어느 출생년의 년말에 1세 미만의 소아가 1,000명 있다고 가정하고, 여기에서 출발해서, 유명한 "Halley의 제 2표"를 도출하였다. 그리고 "이 표는 출생해서 그 최고 연령에 이르기까지의 모든 연령 계급의 Breslau시의 주민수를 나타내고, 그것에 의해서 모든 연령계급의 사망율(chances of mortality) 및 종래에는 상상되어 왔던 것에 불과한 연금의 평가, 마지막으로, 어느 특정 연령의 사람이 일정 연령까지 생존할 가능성, 즉, 특정 연령의 생존확률 및 기타 많은 것을 밝힌다."고 말하였다.

이 제 2표로부터 또 제 3표를 작성하였으나, 그것은 Breslau시의 연령 구성별 인구를 추계한 것이다. 합계 34,000명은 당시의 Breslau시 인구인데, 이것은 후세의 연구 결과와 거의 근사한 것이다.

Halley가 취급한 1687～1691년의 5개년 간은 유난히 건강하고 순조로운 해였다. Bresalu에서의 1692～1731년 간의 사망수는 Halley에 의한 것보다 거의 20% 높았다. 따라서, Halley의 생명표는 결국, 이 시의 사망율을 그대로 나타내었다고는 할 수 없다. 하물며 일반으로 전체인구, 또는 특정한 계급의 사망율을 나타낸 것으로는 인정되지 않는다. 그러나, 그것이 생명표로서 사망율의 진상을 가장 잘 근사하게 나타낸 것이었다는 것은 인정된다. 그는 실제로 주어진 자료에 대하여 놀라울 정도로 명쾌한 사색으로, 자기의 문제를 정연하게 해결하였다. 그러나, 그의 후계자가 그의 설을 충분히 이해하였다고는 말하기 어렵기 때문에, 그의 연구는 그 공적

Halley의 제3표

연 령	인 원 수	연 령	인 원 수	연 령	인 원 수
～ 7	5,547	～ 42	3,178	～ 77	692
～ 14	4,584	～ 49	2,709	～ 84	253
～ 21	4,270	～ 56	2,194	～ 100	107
～ 28	3,394	～ 63	1,694		
～ 35	3,604	～ 70	1,204	合 計	34,000

에 상응할 정도로 큰 영향을 후세에까지 반영할 수는 없었다.

Graunt, Petty는 그 사상을 수학적으로 정밀화한다는 점에서 충분치 않았지만, Halley에는 그런 결점이 없고, 상당히 근대의 통계학에 접근하였다고 할 수 있다. 그리고, 그는 그 논문의 표제에도 있듯이 그 연구가 "피보험자에 대한 연금가격의 산출"에 응용되는 것을 알고 있었다. 실제로 이율이 주어지면, 그것을 계산할 수 있었다. Halley의 이름은 천문학, 특히 Halley 혜성의 발견과 연결되어 유명하지만, 정치산술에 관한 Halley의 공적은 "인류의 사망율을 어떻게 수학적으로 측정할 수 있는가"라는 문제로 요약된다. 이 위대한 천문학자의 공적은 그 효용에 대하여 그 자신이 설명하고 있는 6가지의 용도가 있었다, 즉,

(1) 국방 인원의 산출

(2) 연령별 사망율의 산출

(3) 같은 해에 출생한 사람이 반으로 되는 연령의 연구

(4) 보험율의 결점

(5) 생존자가 한 사람인 경우의 연금현가의 결정

(6) 생존자가 2인 및 3인인 경우의 연금현가의 결정

이다.

§ 6 생명보험

17세기 말에는 생명보험사업이 일어나서, 몇 개의 생명보험회사가 설립되었지만 참말로 합리적 기초를 가진 것은 하나도 없었다.

생명보험을 발생시킨 직접 원인으로는, 자선적인 공동부조와 투기적 기업을 들 수 있다. 전자는 길드(guild)의 공조제도에서 이를 볼 수 있다. 그것은 봉쇄적 가족 자급경제의 단계에서 진보해서 발달한 개별적 사경제의 독립에 대응해서, 그 상호간의 부조의 필요성에서 생겼다. 여기에는 합리적인 보험료에 해당하는 것이 없다. 이에 반하여, 후자에서는 고리자본이 도박과 결부해서 발달하고, 그 후 지중해, 특히, Genova를 중심으로 하는 해상 상업이 번성해짐에 따라, 상업자본이 전면으로 나서서, 해상보험을 발생시켰던 것이다. 이 단계에서는, 경제적으로 책임을 지는 것은 가입자 전체는 아니고, 보험업자의 자력(資力)이었다. 초기의 보험이, 요컨대, 하나의 도박이었다는 것은, 생명보험의 기원이 이를 나타내고 있다. 14세기부터 15세기에 걸쳐서 움직이기 시작한 금융권력의 기초는 시장에서의 상업금융에만 좌우되는 것이 아니라, 개인의 생명, 어린아이의 출생 등에 관한 도박에도 좌우되었다. 도박 · 생명보험 · 확률론 간에는 발생에 깊은 인연이 있다.

이제는, 비로서 Halley의 표에 따라 과학적으로 보험료를 산정하게 되고, 그리하여 1762년에 이르러서 비교적 합리적인 료율로 새로운 생명보험회사 “The Equitable — The Society for Equitable Assurances on Lives and Survivorships”가 설립되었다. 이 회사는 Old Equitable로 불리우며, 상호보험회사의 효시이며, 처음으로 actuary(보험계리인)를 직원으로 채용하였다고 전해지고 있다.

§ 7 정치산술의 어의 변천

Bacon의 경험론적 철학사상에 영향받아, Royal Society를 중개로 해서, 영국에서 일어난 정치산술학파, 즉 사회현상을 과학적, 수량적으로 연구하는 학파의 최초 대표자이며, 근대 통계학적 정신의 배양자였던 것은, 앞에서 기술한 Graunt, Petty 및 Halley 등 이었다. 그러나, 같은 정치산술이라 하더라도 수량적 사실의 조사규명을 주과제로 하는 Graunt의 방식과, 주어진 숫자를 구사하여 거기에서 새로운 결론울 도출하려는 Petty의 방식과는 명백한 차이가 있었고, 여기에서 이미, 통계학의 두 부문 ― 통계조사와 통계해석 ―의 분기의 싹을 인식할 수 있다. 또 Graunt, Halley가 주로 인구동태, 특히, 사망질서의 연구에 노력한 것에 비하여, Petty는 인구・경제・정치 등 제반문제를 수자적, 실증적으로 논구하였다.

그 후, 영국에서는 "정치산술"이 의미하는 범위에 여러 가지의 변천이 있었고, 19세기에 들어서면서 "정치산술"이라는 말이 대단히 협의의 것으로 되어, 인구현상의 수량적 연구, 더구나 특히 연금이라던가 생명보험에서의 계산을 의미하게 되었다. 즉, Petty가 17세기 말에 처음으로 사용했던 것과는 대단히 다르며, 또한 한정된 의미로 사용하게 되었다.

"정치산술"은 Petty가 창시하였지만, Graunt, Halley 등은 이 용어를 사용하지 않았다. 그러나 "정치산술"이라는 단어는 사회과학사 연구에서는 "17세기 이후, 19세기 중엽에 이르기까지 영국과 유럽대륙에서의 사회현상의 과학적, 숫자적 연구 일반"를 가리키게 되었으며, Knies가 "Die Statistik als selbst ndige Wissenschaft"를 1850년에 저술하고, 통계학의 인식론적 연구가 이루어지면서부터, 이 광의의 정치산술은 통계학이라고 불리우게 되었다.

제5장 정치산술(II)

§1 Petty류의 정치산술

Petty류의 정치산술학자는 영국에는 King, Devenant, Philips, Hooke, Young, Malthus, Playfair 등이 있으며, 프랑스에는 Vauban, J. L. Lagrange(1736~1813), A. L. Lavoisier(1743~94) 등이 있다. 그러나, 대륙에는 Petty류에 속하는 학자는 수도 적으며, 또 Graunt, Halley류에 속하는 학자에 비교해서, 유력하였다고 말하긴 어려운 상태였다.

(I) Gregory King (1648~1712) King은 계도(系圖)학자이며, 또한 Lancaster문장관(紋章官)였으나, 그는 "영국 사정의 자연적 및 정치적 관찰(Natural and Political Observations upon the State and Condition of England, 1699, 발행은 1801년)"을 저술하였는데, 이 유래에 대하여 그는 다음과 같이 말하고 있다.

"The ensuing treatise depends chiefly upon the knowledge of the true number of the people in England, and such other circumstances relating thereunto, as have been collected from the assessments on marriages, births, and burials, parish reports, and other public accounts."

제 1장에서는 인구에 대하여 세대수의 증가, 세대세(世帶稅)의 보고에서의 오차를 짐작하여, 영국의 인구를 550만명, 가옥을 130만호로 추계하고 있다. 또, 영국의 정상적인 출생수 19만명, 사망수 약17만명, 해마다의 자연증가는 2만명 이지만, 질병·전쟁·해난이라던가 식민지로의 유출로

줄어드는 인구를 고려한다면, 인구의 순증가는 9,000명에 불과하다고 말하고 있다.

제 2장에서는 면적 및 인구에 관해서, 영국과 프랑스, 그리고 홀란드와 유럽을 비교하였다.

제 3장에서는 남녀별 · 배우자별 · 소아 비복(사내종과 계집종)기류자별로 인구의 분류적 연구를 하였다. 예컨대, 남자수:여자수는 도시에서는 8:9이고, 촌락에서는 100:99로 산정하고 있다.

제 4장에서는 인구의 연령별 연구가 이루어졌고, 제5장에서는 인구의 생성과 증가에 관한 연구가 이루어 졌다. 여기서,

(i) London에서는 지방에서 보다도 한 부부가 출산하는 인구수는 적지만, London전체로서는 다른 대도시보다도 한층 단산적이며, 큰 도회지는 시골보다도 한층 다산적이다.

(ii) 만약에 London 사람이 지방사람과 같이 오래 산다면, London 인구는 지방보다도 훨씬 빠른 비율로 증가할 것이다..

(iii) London에서, 인구의 증가가 저지되는 주된 이유는, 부도덕 · 사치 · 부절제 · 격무 · 매연, 부부연령의 차가 비교적 크다는 사실 등이라는 결론에 도달하고 있다.

제 6장에서는 1688년에서의 국민의 수입 · 지출상태를 취급하고, 제7장에서는 영국에서의 토지의 종류별로 그 가치, 생산물을 관찰하고 있다. 그리고, 밀 수확량이 10%, 20%, 30%, 40%, 50%만큼 감소함에 따라, 밀 가격은 각각 30%, 80%, 160%, 280%, 450% 만큼 정상율보다 더 오른다는 결론에 도달하고 있다. 이것은 후에 유명한 “King의 법칙”이라고 불리우게 되었다. 그러나, 이것은 현실의 숫적 근거에 의한 것이 아니고, 추계(推計)에 의거한 것뿐이었다.

제 8~13 장에서는 세입의 계산, 조세의 추정 수입액에 대한 영국, 프랑스, 화란 제국의 비교연구가 되어 있다.

(II) **Sir Charles Devenant**(1656~1714) : Devenant는 국산세무위원이고 후에 무역검사총감으로 되었기 때문에 풍부한 숫적 자료를 입수

할 수 있어서 많은 저작을 남겼다. 그의 저 "Discourses on the Public Revenues, 1689"에서 정치산술의 이론을 설명하고 있으나, 그는 정치산술을 "숫자로서 정부에 관한 여러 사물을 추리하는 방법이다."라고 정의하고, 이 방법에 이 이름을 부여한 것도, 또한 이에 관한 규칙과 방법을 부여한 것도 모두 Petty라 말하고 있다. 또, 인구 문제에 관해서는 King을 권위자로 추대해, 자기의 저서 "Essay upon the Probable Methods of Making a Pepole Gainers in the Balance of Trade, 1699" 속에는 King으로부터의 인용을 여러 곳에서 볼 수 있다.

(Ⅲ) **Sébastian Le Prestre, Marquis de Vauban**(1633~1707) : 프랑스의 Vauban은 "왕국 10분의 1 세론(稅論)(Project d'une dime royale, 1707)"이라는 주목할 책을 저술하였다. 이 책은 1699년에 탈고하였으나 1707년에 비로소 발행되었다. 이 책은 프랑스의 궁핍을 밝히고, 빈민층의 부담 경감, 과세의 평등을 주장하였기 때문에 프랑스 왕의 역정을 내게 하여, 책은 불태워지고, 저자 Vauban 원수도 불우하게 죽었다. 그는 이 책에서 그가 제안한 세제의 효과에 대하여 흥미있는 추계를 하였다. 또한 여러 가지의 지도를 연구하여 프랑스의 면적을 확정하려고 시도하였다. 그 밖에, 프랑스 인구를 2000만명으로 추계하였고, 관청 통계조사를 할 것을 열심히 제안하였다.

(Ⅳ) **Arthur Young(1741~1820)** : 저술이 많으나 통계학과 관계있는 것으로는 "Political Arithmetic Part I, 1 774; Part II, 1779" ; "Travels in France, 1792"이 있다. 후자에서는 영국·프랑스 양국을 비교한 것으로서, 예를 들면, 영국·프랑스 양국의 면적을 비교하기 위하여 여러 가지의 산출방법을 시도하였으며, 또 양국의 농업에 사용되는 자본액을 추정하고, 면적상으로는 영국이 프랑스보다도 적지만, 그 농업자본 총액면에서는 약 1300만pound 많다는 것을 인정하고 있다. 또 양국의 인구 상태의 비교 및 농업 수확 및 이익을 비교하여 일정한 결론 — 영국 국력이 프랑스 국력을 능가한다는 사실 —을 내리고 있다.

(Ⅴ) **W. Playfair**(1759~1823) : 영국에서의 특수한 방면을 대표하

는 사람으로 주목하여야 할 사람이다. 그는 "The Commerical and Political Atlas(1786, 1801)"를 저술하였는데, 이것은 재정통계에 도표법(圖表法)을 응용한 것으로 알려져 있다. 그는 다른 저서에도 자주 도표법을 응용해서, 스스로를 곡선산술학의 발명자 "Inventor of Lineal Arithmetic"이라 불렀다.

Petty류의 정치산술은 숫자의 사용이 너무나 추산적(推算的)이며, 또한 이로부터 국가의 세력이라던가 방침에 관한 결론에 도출하는 것을 염원으로 한 점에서 대단히 정론적(政論的)이었다. 연구방법이 대량관찰이 아니라 대단히 추산적(推算的)이었던 것은, 19세기 중엽에 이르기까지, 영국에서도, 그 밖의 다른 나라에서와 같이 통계자료가 공사를 막론하고 아직 충분히 정리되지 않았고, 허용된 재료의 범위에서 가능한 한 많은 추론을 하지 않으면 안 되었기 때문에 어쩔수 없는 일이었다. 또 자기의 추산에 의한 숫자에 입각해서 정론적 견해를 표명하였다. 이것이 기원이 되어 정치산술이라는 말이 생겼는데, 취득한 통계자료에 정책적 의미를 부여한다는 것은 통계학 그 자체의 임무라고는 생각되지 않는다. 이 점에서 현대의 통계학의 연구방침과의 사이에 괴리가 존재하는 것이다.

(Ⅵ) **통계도표** : 통계적 연구에서 도표를 사용하는 것은 18세기 말경부터 시작되었으나[1], 19세기에 약간의 진보를 보이고, 20세기에 와서는 특별한 발전을 나타냈었다. W. Playfair로부터 시작된 이 도표법은, 19세기에는 관청의 통계적 출판물 가운데 도표를 이용한 것이 약간 나타나게 되었다. 더구나 그것은 인구통계뿐만 아니라, 경제통계에서도 그러하였다. 예를 들면, 프랑스에서는, 1882년의 농업센서스의 보고로서, "농업 통계 모집(Album de Statistique Agricols, Nancy, 1887)" 등이 발표되었다. 과학적 연구에서 도표법 응용의 유망한 단서도 이미 19세기에 개화하였

1) c.f. A.F. Crome(1753~1833) : über die Grösse and Bevölkerung der sämtlichen europäischen Staaten, 1785

다. John Towne Danson(1817~98)의 유저 "경제·통계연구(Economic and Statistical Studies, 1840~90, London, 1905)"에는 영국에서의 상품가격과 국민생활과의 관계 및 1827~46년 기간중의 영국의 상업식민지의 진보에 관하여 논술되어 있는데, 전자 즉 영국의 농작물의 가격에 대해서는 1851~1890년에 걸쳐서 육류, 소맥, 사탕, 차, coffee, 담배, 면화, 면사, 양모, 생사, 대마, 피혁, 철, 연, 동, 목재, 수지, 기름 등의 여러 물품에 대한 상세한 가격조사의 결과가 각각 독특한 "막대도표"로서 표현되어 있다. 이 막대도표는, 방안지(方眼紙)위에 연도를 세로로 눈금매기고, 가격등락의 백분비를 가로좌표에 눈금매긴 "수평 막대그림"의 형식이었으며, 1845~50년의 평균가격을 기준으로 해서, 이것을 세로의 직선으로 나타내어, 그것 보다 적은(큰) 평균가격을 나타낸 해에 대해서는 기선의 왼편(오른편)에 수평막대를 그려서, 서로 대조하기 편리하게 만들었다. 또, 이 도표와는 별도로, 전상품의 각 연도의 가격변동을 일괄해서 나타내기 위하여 "수직 막대그림", 즉, 세로의 막대그림표를 이용한 8장의 도표도 게재하였다. 그리고, 이들 수직막대그림 가운데에는 런던, 파리, 베를린에서의 은행이율을 대조시키기 위한 막대그림도 그려져 있다. 또 막대가 너무 길어질 경우에는 broken을 설정하여 도면을 절약하는 표현 방법을 사용하였다. 이들 막대 그림표에 나타나는 각종 상품의 가격변동에는 각각 특이성이 나타나 있다.

영국의 경제학자 W. Stanley Jevons(1835~82)은 경제현상의 통계적 실증적 연구인 "유통 재정연구(Investigations in Currency and Finance, London, 1889, 1909)"를 저술하였는데, 여기에는 경기순환의 원인에 관한 유명한 태양흑점설도 있지만, 금 가격변동의 측정에 관한 문제, 복본위제(複本位制) 및 은(銀)문제의 논구도 실려있다. 여기에 실려 있는 수십 매의 곡선도 중에는 2매의 비도표(比圖表), 즉, 대수(對數)도표가 게재되어 있다는 사실은 특히 주목할 가치가 있다. 그 중 하나는 40개의 물품의 총 물가변동을 1780년 이후의 85년 간에 걸쳐서 관찰하는데

사용되었으며, 다른 하나는 영국에서 독일로 보내는 수출품의 가격변동을 1709년 이후의 약 100년간에 걸쳐서 관찰하기 위해서 사용되었다. 이 두 개의 비도표는 모두 정교하게 그려져 있으나, 복수도가 아니고 단수도(單數圖)임을 감안할 때, 두 개 이상의 곡선의 상호비교의 편의를 위해서가 아니라, 장기간에 걸친 발전경향을 관찰하기 위해서 도면을 절약하려고 사용된 것으로 상정된다. 또한, 이 책 내에서는 "이동평균(移動平均)을 도시한 곡선도"도 찾아 볼 수 있다.

20세기에 이르러서는, 관청통계, 실업통계, 과학통계의 각 방면에서, 통계도표의 응용이 보급되었다. 특히, 이 경향은 제1차 세계대전(1914~18)이후에 현저하였다. 그리고, 통계도표에 관한 지도적 문헌, 즉, "통계도표법의 원칙 및 주의를 설명한 문헌" 이 증가하였다. 또, 통계도표법에 관한 독립된 저술도 속속 출판되기에 이르렀다. 그 중에서도, 이 방면의 선구적 업적이라고 할 수 있는 것으로는 "W. C. Brinton의 Graphic Methods for Presenting Facts, New York, 1914, 1923"이 있다. 이 내용은 17장으로 되어 있으며, 비도표와 같은 특수한 도표를 제외하고는, 기타의 여러 가지의 도표에 관한 설명이 풍부한 실례와 함께 실려있다. 실례로서 게시된 250여개의 그림은 미국에서 실제로 사용된 것이며, 이에 대한 비판과 함께, 도표를 올바르게 인식하는 방법을 독자에게 제공하고 있다. 그는 서문에서

"저자가 알고있는 한에서는, 여기에 보인만큼 광범한 내용을 가진 서적은, 어떤 국어에서도 아직은 전혀 없다."고 말하고 있는데, 그것을 반드시 자화자찬이라고는 할 수 없다. 그후, 경영통계를 비롯해서 실무・응용통계의 연구가 왕성하게 됨에 따라, 각 방면의 통계의 도시법에 대한 지도서가 나오게 되고, 도표에 관한 연구도 심화되고 있다.

현재는, 통계도표의 용도가 여러 갈래로 갈리게 되고, 또한 그 근거에 수학적 사고가 많이 가미되어 있다.

§2 Graunt－Halley류의 정치산술

Graunt, Halley에 이어서, 인구동태, 특히 출생과 사망질서에 대한 연구에 종사한 학자로는 영국의 Derham, Short, James Hodgson(1672～1755), Thomas Simpson(1701～61), Richard Price(1723～91), Heysham, 독일의 Neumann, Leibnitz, Süssmilch, 프랑스의 D'eparcieux, 홀란드의 Struyck(1687～1769), Kersseboom, 스웨덴의 Elvius, Wargentin, 벨기에의 Quetelet 등을 들 수 있다.

(Ⅰ) **Sir William Derham**(1657～1735) : 모든 현상에서, 자연법의 작용을 찾아내려고 하던 당시, 이 철학사상을 주장하여, Graunt이래의 통계와 현대적(고전)통계를 연결하였다고 한다. 그는 "自然神學(Phyico－Theollogy; or a Demonstration of Being and Attribution of God from his Works of Creation, 1713)"을 저술하였다.

이 저작에서, 그는 혼인수와 출생수, 출생수와 상망수 및 남자수와 여자수 사이에 일정한 비례, 즉, 恒同比例가 존재하는 것은, 세상을 지배하는 유일 신의 업임을 논증하려고 하였다. 그 논지는 통계는 아니고, 신학적 사상이었다. 그로서는 통계를 단지 제2차적으로 이용하였을 뿐이다.

(Ⅱ) **Thomas Short**(1734～72) : 물리학자이며 기상학자였던 그는 영국 북부의 다수의 도시라던가 교구에서의 매장과 세례의 기록에서 발췌를 모아서, 이것을 추론에 편리한 여러 가지의 표로 집성하여 "New Observations, natural, moral, political, and medical, on city, town, and country bills of mortality, London. 1750"로 발표하였다. 여기에는 각 교구에 대하여 출생・사망・혼인・토지 및 지위와 평균사망율표가 게재되어있다. 그는 또 "A Comparative History of Increase and Decrease of Mankind, London. 1767"도 저술하였다.

(Ⅲ) **John Heysham**(1753～1834) : Carlisle의 의사였던 그는

Carlisle에서의 사망표(1779～87년)에 관한 통계적 연구 "Observations on the Bills of Mortality in Carlisle, 1779－87, 1797"로 알려져 있다.

그의 표에는 연령·성별 및 혼인상태에 따른 사망수에 대한 연구가 이루어졌으며, 또한 천연두에 대한 종두의 가치에 관한 통계적 설명도 붙어있다. 이 숫자를 기본으로 하여, 수년 후에 Joshua Milne은 "Carlisle 생명표"를 작성하였다.

(Ⅳ) **Gottfried Wilhelm Leibnitz**(1646～1716), **Kasper Neumann**(1648～1715) : Neumann은 독일에서의 정치산술의 최초의 대표자였다. 대학시절 신학을 전공하고 있었으나, Bacon이라던가 Descartes의 저서를 애독하고, 그 경험적·실증적 방법을 인간세계의 현상에 응용하려고 생각하였다. 그는 또 Garunt의 "관찰론"의 역자 Dr. Gottfried Schultz로부터도 자극을 받아, 출생·사망표의 연구로 많은 미신이 경험에 의하여 보다 잘 부인될 것이라는 희망을 갖고 있었다. 예전부터 두려워 했던 "별의 위치"라던가 "별의 수 그 자체"는 인간의 생사와는 아무런 관계가 없다는 사실을 그의 표로서 경험적으로 증명하려고 노력하였다.

Neumann이 1687년부터 91년에 걸친 기간에 대한 Breslau시의 교구기록에서 수집한 합계 5869건의 사망사실에 관한 재료와 Neumann의 연구성과를 Leibniz는 1692년에 Royal Society에 보고하였다.

Leibniz의 친구인 Halley는 동협회의 위촉을 받고 Breslau시의 사망표를 연령계급별로 분류 정리해서 유명한 Halley생명표(Halley's Tafel)을 만들었다. 이 표는 후대에 생명보험 및 연금의 수학적 기초로 되었다고 전해지고 있다.

인구의 추산, 사망율, 생명표, 연금 등의 연구가 영국과 대륙제국에서 발전함에 따라, 정치산술은 점차로 확률론적 사고방식을 받아들이게 되었다.

(Ⅴ) **Willem Kersseboom**(1691～1771) : 홀란드의 Kersseboom은 18세기에 있어서 가장 우수한 통계학자의 한 사람이었다고 한다. 그는 연금에 관한 정부의 계약을 감독하는 지위에 있었기 때문에 직접적인 관찰의

결과를 기초로 해서, 많은 노력을 들여서 인구연구, 특히 사망율의 연구에 새로운 업적을 남겼으며, 또한 사망표와 생존표를 작성하였다. 그는 남녀 출생비를 Graunt의 14:13에서 18:17로 개정하였다. 이 비는 오늘날 관찰되는 비율에 가장 가깝다. 또한 그는 사망표에서 남자 출생의 초과는 남자의 유년시대에서의 높은 사망율 때문에, 곧 상쇄된다는 사실을 관찰하고, 사망의 규칙성에 놀람을 표시하였다.

Kersseboom에는 이미 그의 친구인 철학자 S'Gravesande의 영향 등도 있어서, 대량의 관찰에서는 偶然이 소멸한다는 思想이 나타나 있다.

(Ⅵ) Antoinne D'eparcieux(1703～68) : 프랑스의 D'eparcieux은 탁월한 수학자였으나, 1746년 "Essai sur les probabilités de la vie humaine"를 써서, 사망율통계에 합리적인 기초를 제공하였다. 프랑스의 Tontine 제도에 참여하고 있는 사람들 및 종교가에 대한 두 조의 관찰을 기초로 해서, 새로운 양식의 생명표를 구성하고 있다. Halley라던가 Kersseboom의 표는 생존자만을 기재한 표였지만, 이 생명표는 3개의 난 (제1난은 사망자수, 제2난은 생존자수, 제3난은 평균수명)으로 되어있다. 이 표로부터 독신승려는 장수하며, 특히 여승은 남승에 비하여 각 연령에서의 "생명의 기대(expectation of life)"가 크다는 사실을 알았다. "생명의 기대"에 관한 정의를 설정하고, 이것을 계산하는 하나의 근사법으로서, 출생 · 사망이 거의 같은 靜止人口에서는 현재인구를 출생수로 나눔으로서 얻는다고 하였다. 그러나, 출생수 초과의 경우에는 이 평균수명은 좀 높아지며, 사망수를 분모로 하면 그 결과는 너무 지나치게 커지므로, 출생 · 사망의 평균을 분모로 사용할 것을 제안하였다. 또 남녀별의 생명표를 작성한 최초의 사람으로도 알려져 있다.

(Ⅶ) 돈친기금(Tontine fund) : 양노연금의 일종이며, 가입자 중 생존자에게만 이익금을 분배하는 장치이다. 지금 x세의 사람 집단을 생각하고, l_x명이 각각 다음의 협정에 도달하였다고 가정한다. 즉, 현재 l_x명의 각자가 1$을 기금으로 거출하고, 1년 후에 생존하는 l_{x+1}명의 각자가 별도의 1$을 기금으로 불입하며, 2년 후에 생존하는 l_{x+2}명의 각자가 다음

의 1$ 을 기금으로 불입한다. 이와 같은 불입의 징수를 n회 계속하고, n 년 후에 축적된 기금전액을 그때의 생존자 l_{x+n}명에 균등하게 분배한다. $n\mathrm{U}x$를 생존자 각자의 수취금이라하고, 기금은 연이율 i의 복리로 이식(利殖)된다고 가정하면 다음과 같은 식을 얻는다.

$$
\begin{aligned}
n\mathrm{U}x &= [l_x(1+i)^n + l_{x+1}(1+i)^{n-1} + \cdots + l_{x+n-1}(1+i)]/l_{x+n} \\
&= [v^{x+n}l_x(1+i)^n + v^{x+n}l_{x+1}(1+i)^{n-1} + \cdots + v^{x+n}l_{x+n-1}(1+i)] \\
&\quad /v^{x+n}l_{x+n} \\
&= [v^x l_x + v^{x+1}l_{x+1} + \cdots + v^{x+n-1}l_{x+n-1}]/v^{x+n}l_{x+n}
\end{aligned}
$$

단, $v=1/(1+i)$

$$v^x l_x = D_x,\ \ v^{x+1}l_{x+1} = D_{x+1},\ \cdots;\ \ N_x = D_x + D_{x+1} + \cdots + D_\infty$$

라 하면

$$
\begin{aligned}
n\mathrm{U}x &= (D_x + D_{x+1} + \cdots + D_{x+n-1})/D_{x+n} \\
&= (N_x - N_{x+n})/D_{x+n}
\end{aligned}
$$

이와 같은 기금을 Tontine 기금이라 하며, 각 생존자의 배당금을 돈친연금(foreborne annuity)라 한다. Tontine법은 이태리인 Tonti(1630~1965)가 안출한 것이다. 1689년의 제1회 프랑스정부 돈친법에서는, 정부가 2,500만루불의 공채에 대하여 매년 이식으로 125만루불을 지불하였다. 공채소지자를 10개의 단체로 나누고, 각 단체가 매년 125,000루불을 받았다. 이 연금을 생존자에게 할당하였기 때문에, 각 단체에서 최후로 남은 1명의 생존자는 사망할 때까지 매년 125,000루불을 받게 되었다. 현재 상업생명보험회사에서는 개인 계약으로 돈친연금을 발행하는 것이 없지만, 이러한 이념은 생명보험의 계산에서는 대단히 유용하다.

(Ⅷ) **Pehr Elvius**(1710~49) : Elvius은 스웨덴의 수학자이다. 스웨덴에서는 옛부터 교회가 도시마을의 구성원・세례・출생・사망・유출인의 인원을 장부에 기입할 의무를 지니고 있었다. 이 재료가 스웨덴의 인구통계의 기초로 되었다. 흉작이라던가 질병에 휩쓸리는 국가들에서는 인구

밀도가 낮은 것이 큰 고민이었다. 특히, 러시아와의 불행한 전쟁(1741~43)후는 이 일을 통감하여, 인구사정을 분명히 하고자 하는 국민적 요망이 솟아 올랐다.

새로 설립된 스웨덴 과학아카데미의 서기였던 Elvius에게 왕국의 출생·사망의 전체 리스트를 이용해서, 인구를 추계하는 일이 부과되었다. 그는 Hally의 방법에 따라 왕국의 총인구를 2,097,000명으로 추계하였다. 이 보고에 자극을 받고, 국회는 1748년 2월, 인구통계 "Tabellenwerk über Stand und Bewegung der Bevölkerung" 제작에 관한 법안을 채택하였으나, 그는 다음해에 사망하였다.

(IX) Pehr Wargentin(1717~83) : 천문학자인 Wargentin은 Elvius의 사망 후, 그 후계자로서 과학아카데미의 서기가 되어, 인구조사 및 그 결과표의 제작을 맡았다. 그는 정치산술을 스웨덴에 이식한 제1인자이며, Sülssmilch와 더불어 인구동태에 대하여 한층 넓게, 그리고 깊이 연구한 것으로 알려져 있다.

그는, 스웨덴 정부가 1741년에 국내 전 교구에서의 출생·결혼 및 사망을 기록하기 시작하고, 그 결과가 아카데미에 의하여 1749년 이래 정리된 것을 기초로 해서, 1765~82년에 걸쳐서 과학적으로 연구하였다. 즉, 전국적인 인구재료를 기초로 하여 사망율을 연구하였다. 스웨덴 아카데미 논문집에 발표한 논문 "Anmerkungen von Nutzen desr järlichen Verzeichung der Geborenen und Verstorbenen in einem Lande (1754, 1755)"에 생명표를 게제하였는데, 이것은 Halley, Kersse-boom, D'eparcieux의 옳은 원리를 기초로 하여 만들어진 것이며, 같은 연령의 사람이 그 연령 중에 몇 명 사망하는지를 나타내려 한 것이었다. 이 표는 후에 Süssmilch의 생명표의 표준이 되었다.

Graunt, Halley류의 정치산술학자는 인구동태의 연구에 있어서는, 가능한 한 추산을 피하고, 사실에 입각해서 사망표라던가 생존표의 연구를 위해서 노력하였다.

그 목표로 한 바는 통계숫자로부터 추론한 政論的 견해가 아니라, 생명

보험이라던가 연금제도의 기초가 되는 질서적 경향을 들추어 내는데 있었다. 단, 이 질서적 경향의 발견은 대단히 한정된 국면, 즉 인구동태의 방면에 관한 것뿐이었으며, 사회현상 전반에 관해서, 이와 같은 연구임무를 의식하는 일은 없었다.

이 파의 학자는 사망질서에 관한 연구를 깊이 함에 따라, 마치 그 무렵 점차 완성단계에 달했던 확률론을 통계학에 응용하는 길이 열려, 뜻밖에도, 여기에서 확률의 수리(數理)와 정치산술의 아름다운 제휴를 이루게 되었다.

여기서 비로소 통계학이 사회에 있어서의 법칙 또는 원리를 깊이 연구하는 것을 임무로 하는 의미를 명백히 의식하게 되고, 단순히 사실을 수집·나열하는 것만으로서 끝내는 풍조를 일소하게 되었다. 이것은 오로지 Bacon사상의 충실한 실현이라 할 수 있겠다.

§3 Süssmilch(1707~67)

시대의 추이와 더불어, 점차 확률론과 통계학은 접촉하기 시작했으나, 학자는 단지 사회에서의 개개의 사실을 취급하거나, 또는 절대적 추상적 수리(數理)를 농하는 데서 그치고, 아직 그 연구의 범위를 확장해서 사회 전체에 통용되는 보편적인 설명을 할 수는 없었다.

Johann Peter Süssmilch는 Sir William Derham의 "自然神學(Physico-Theology, 1713)을 숙독하고, Breslau시의 출생수, 사망수 및 혼인수에 대한 연구와 그 동안에 나온 Graunt, Petty 등의 여러 저작을 연구해서, 정치산술과 통계학을 크게 발전시켜서, 넓게 사회현상을 대상으로 하는 학문으로 만들어, 인구 이외에 사회적 생활에서의 제반 현상과 사회상태와의 관계를 밝히는 근대과학의 하나로 만들었다.

그는 "인간의 출생·사망 및 번식으로 설명된, 인간 종족의 변동에서의 신의 질서(Die göttliche Ordnung, in den Veränderungen des menschlichen Geschlechts, aus der Geburt, dem Tode und der Fortpflanzung desselben erwiessen, Berlin, 1741 증보개정판 1761)"를 저술하였다.

이 책은 Graunt, Petty, King, Arbuthnot, Derham, Nieuwentyt 그 밖의 사람들에 의하여 세워진 통칙(通則)을 더욱 정밀하게 탐색한 것이며, 특히 Graunt의 영향이 컸었다는 것을 다음과 같이 기술하고 있다.

"만약에 우리가 집을 한 동씩 센다면, 어떤 집에는 딸만이고, 또 어떤 집에는 아들만이며, 또는 양자의 비가 대단히 잡다한 것을 알게 될 것이다. 적은 사회라던가 촌락에서도 질서적인 것을 인식한다는 것은 용이하지 않다. 이런 경우에, 누가 잘 규칙과 질서에 생각이 미칠 수 있을까? 그런데 교회의 기록은, 이 질서의 확인을 위한 큰 보조수단이다. 이 기록은 교회용으로, 그리고 세속용으로 이미 수세기 전부터 취해져 왔고, 특히 종교개혁 후에는 상당히 정확하게 만들어졌다. 그런데, Graunt이전에 누가 이것을 이 질서의 통찰에 이용하였을가? 그 발견은 아메리카발견과 같이 가능하였던 것이다. 그것을 Graunt가 하였던 것이다."

Süssmilch은 신학자로서의 목적론적 입장에 서있었다. 그러나, 그의 논증수단은 경험적·현실적 수법이었다. 그것은 그가 정치산술에서 배운 것이다. 그는 다수의 관찰을 통해서 현상 간의 규칙성이 발견된다는 사실을 깨달았으며, 자기의 검증을 검정하기 위해, 다음과 같이 생각하고 있다.

(1) "표는 정확한 것이어야 한다. 그렇지 않으면 전혀 아무런 반박도 되지않기 때문이다. 이 목적을 위해서는 전쟁, 흑사병 또는 기타의 질병이, 그리고 또 정치적 원인이 "치우침"을 야기시켰는지 어떤지에 대하여, 지역구의 상황과 변동을 충분히 깊이 생각할 필요가 있다."

그는 관찰이라던가 추론을 함에 있어서, 통계자료의 정확도을 신중하게 음미하였다.

(2) "갯수가 너무 적어서는 안된다." 관찰수가 많으면 많을수록, 그리고 보다 많은 연차(年次)를 포함하고 있으면 있을수록, 더욱 좋은 것이다. 환언하면, 유리한 100개의 사례가 있는 경우에는 하나의 사례로는 반대의

추론을 추출할 수는 없는 것이다.

이 사상은 "신의 질서의 제2판"에 한층 명확하게 다음과 같이 기술되어 있다.

(2') 수가 더욱더 커지면 커질수록, 그것은 더욱더 자연의 참된 법칙에 접근한다. 그리고 그 만큼 더욱더 소수에서의 불규칙성은 말하자면 감추어지게 된다. 여기에서 "大數觀察法"에 대한 자각을 볼 수 있다.

Süssmilch는, 재료의 수집을 Preussen, Brandenburg, Minden 등의 1068교구의 승려에 의뢰하여, 각각의 과거 장부에서 필요한 자료를 베껴써서 정리하고, 그 결과와 당시 이미 공식적으로 발간된 같은 종류의 것과의 비교・대조를 시도하고 있다. 그러나, 재료의 결핍으로, 그 관찰의 범위는 한정되어, 귀납적으로 일반원칙을 도출할 수는 없었고, 오히려 연역적으로 결론을 내려, 부분적으로는 지나친 점도 나타나 있으나, 이것은 어찌할 수 없는 일이었다.

그가 이 책에서 증명하려고 한 것은, "인간의 출생・사망・번식 중에는, 불변의 보편적인 위대한 완전하며 아름다운 질서 (eine beständige, allgenmine, grosse, vollkommene und schone Ordnung)가 존재한다는 사실"이었다. 예를 들면, 출생에있어서 남녀별 비는 여자 20명에 대하여 남자 21명인 것이 상례라 하고, 또 출생・사망에 관한 관계도 일정한 비를 갖는다는 사실을 주의하고 있다.

이러한 일은 오늘날에도 인구동태현상으로서 중요하다. 그리고 후의 Quetelet와는 달리, 자연법칙으로서가 아니라, 신의 질서・섭리의 위대한 발견으로 간주하였던 것이다.

더 나아가서, 그는 "질서"의 개념을 설명하고, 그 특성을 증명하고, "질서는 공존 또는 계속해서 일어나는 여러 종류의 사물의 유사(類似)라던가 일치에서 생긴다"며, 이미 신의 계시에 나타난 것이라고 설명하였다. 즉, 그는 오직 조물주가 인간에 준 은총을 경험적으로 입증하는 일에 열중하였던 것이다.

그의 저작이 통계분야에서 특히 가치있는 공헌을 한 것은, (2), (2')에

기술한 통계학의 기초를 이루는 법칙, 즉, "大數의 法則"를 논하였다는 점에 있다. 그는 많은 사물이라던가 사람을 충분히 오랜 기간에 걸쳐서 관찰하는 경우에만 인간 생활에서의 질서라던가 일치를 발견할 수 있다는 것을 강조하였다. 이와 같이 "大數"를 관찰하여야만, 그가 말하는 "신의 혜지 및 선(善)에 의해서 정하여진 질서적 통칙"인 "수학적 비율(mathematical ratio)에서의 위대한 규칙성(great regularities)"를 확실히 알 수 있다 하고, 그것을 "신의 질서"라고 불렀던 것이다.

그에 따르면 남녀 출생비율은 21:20으로 남자쪽이 좀 많이 출생되나, 유년시대에 있어서의 사망율은 남자쪽이 여자보다 높기 때문에 혼인연령에 달하는 남녀의 비율은 거의 1:1이며, 따라서, 일부일처제는 신의 섭리라고 주장하였다. 그러나 어떤 시대에는 남녀의 균형이 깨져서 여자가 남자보다는 훨씬 큰 비율을 나타내는 경우가 있으나, 이 경우에는 일부다처제가 신의 섭리에 합치하는 것이라고까지 추론을 하고 있다. 또한 그는 세계 인구의 증가를 막는 일체의 수단은 신의 섭리에 반한다고 생각하였다.

그의 의론 진행방법을 본다면, 확률론적 관점과 대수법칙이라는 근본사상은, 물론 이 명칭으로는 아니지만, 잘 알고 있었다고 할 수 있겠다. 그는 확률론 그 자체는 사용하지 않았으며, 또한 아마도 모르고 있었을 것이다.

요컨데, 그는 통계적 방법의 발전에 대하여 대단히 중대한 다음의 삼원칙을 인정하였던 것이다.

1. 사회현상은 원인을 갖는다.
2. 통계적 결과에 엿보이는 규칙성은 현존하는 사회질서의 통칙을 계시한다.
3. 결과의 항등성은 大數를 관찰하여야만 얻게 된다.

즉, 그는 근대 통계학에서의 중요한 원칙에 접하고, Quetelet의 여러 논문에서 엿볼 수 있는 참말로 새로운 견해를 가졌던 것이다. 더구나, Graunt가 시작한 인구현상에 대한 연구는 그에 의하여 더욱 정확하고 과학적으로 전개되어, 인구통계의 방면에 그의 이름을 영원히 남겼을 뿐만아니라, 통계적 방법에 새로운 광명을 비추었다. 검출한 사회현상의 규칙성

에 대하여 "신의 질서"와 같은 형이상적 관념으로서 해결한 것은 통계학적 연구의 한계를 넘은 것이었지만, 숫자의 취급에 주도면밀하였던 것은 히(Süssmilch) 이전에는 그 예가 없었던 것이다. 그러나, 이 규칙성이 신의 존재의 증명은 될 수 없으므로, 신의 존엄을 명시한 것으로 되지는 않는다. 통계학에서의 공적은 대량관찰에 의한 규칙성의 발견인 것이다. 또 Süssmilch 당시는 독일에서 대학파와 표식파 간에 격렬한 논쟁이 있었던 시대였으나, 통계학에 대한 충실한 태도를 취하여, 양파의 용어 "Statistik"를 사용하는 것을 피하고, 또 양파의 연구방법과 그 취지를 달리해서, 수와 양에 의한 영국경험파의 흐름에 기초를 둔 정치산술과 통계학의 연구태도 —— 통계방법에 대한 자각 —— 을 중시하여, 신의 질서를 설명하고, 다음의 세기에 나타난 Malthus의 인구론과 Quetelet의 도덕통계론의 선구가 되어, Quetelet와 함께 후세 통계학의 개척자로서 불리우게 되었다.

제6장 고전확률론(I)

§1 확률론의 기원

독일과 영국에서 통계학이 싹튼 무렵, 불란서에서는 "확률론"이 발흥되었는데, 그 근원은 다음과 같다. 르네상스로 인하여 발전된 지중해 연안의 여러 도시에서 상업과 항해가 번성해지면서 일확천금을 꿈꾼 무역상들은 원양항해에 나서게 되었으며 모험적 기풍이 팽배하였다. 그리고 항구에 모인 선원들은 일기불순으로 출항하지 못할 때에는 무료하게 시간을 보내게 되어 자연히 노름이 유행하게 되고, 그 결과 주사위 또는 카아드 놀이의 문제가 야기되었다. 이들 중 어떤 사람은 어떻게 해서든 노름에 이기기 위해서, 그 이길 비율(승률)의 대소를 예지하려고 수학자를 찾아 가서 그 방법을 문의하게 되었으며, 여기에서 "확률의 사상(思想)"이 싹트게 되었다. 그것은 이태리에서 먼저 싹튼 것으로 생각된다. 더우기 계몽적 합리주의는 偶然的인 事象에 대해서도 수학적으로 취급하는 일에 특별한 흥미를 갖고 있었다. 이러한 사상적 시대정신이 "확률론"을 발전시키는 원동력이 되었다고 생각할 수 있을 것이다.

주사위를 던졌을 때, 어떤 눈이 나올지를 예상하는 문제에 대해서는 이미, Alighieri Dante(1265~1321)의 "신곡(Divina Commedia)"의 주석(Benvenuto d'Imola, 1477)에서, 3개의 주사위를 던지는 방법에 관한 서술을 찾아 볼 수 있다.

도박에 관한 문제를 수학으로 처음으로 끌어들인 것은 Luca Paciuolo (ca. 1445~ca. 1514)의 "산술서적(Summa de Arithmetica Geometria Proportioni et Proportionalita, 1494)"이며, 승부를 중단했을 경

우 실력이 다른 두 경기자 간에 상금을 공평하게 분배하는 문제를 다루었다. 이 문제는, 그 후 200년 동안, 확률에 관한 모든 책에서 되풀이해서 취급하게 되었다.

이러한 문제를 실제적인 사실로 보고, 이론적으로 연구한 첫번째 사람은 Girolams Cardano(1501～1576)이다. 그 자신이 도박자였기 때문에 대단히 열심히 연구하였을 것으로 생각된다. 그는 일종의 도박사 편람 "주사위 노름에 대하여(De Ludo Aleae)"를 저술하였다. 그의 전집 제1권(1663)에는 다음과 같은 내용이 실려 있다.

"두 개의 주사위를 던질 경우 36(=62)가지가 나타나며, 세 개의 주사위를 던질 경우에는 216(=63)가지가 나타난다는 사실"과 "주사위를 던질 경우 1의 눈이 나올 확률은 1/6이지만, 6회 던져도 1의 눈이 반드시 1회 나타난다고는 할 수 없다. 그러나, 던지는 횟수를 증가시켜 6000회 던진다면 대체로 1000회 정도 1의 눈이 나타난다."

즉, 그는 "조합론적 확률"이라던가 "대수의 법칙(law of large number)" 등을 예감하고 있었다고 할 수 있겠다. 그 후, Galileo Galilei(1564～1642)도 같은 제목에 대하여 연구하였다는 사실이 알려져 있다. 그는 친구로부터 다음과 같은 질문을 받았다.

"세 개의 주사위를 던질 때, 눈의 합이 9인 경우의 가지수와 10인 경우의 가지수가 같음에도 불구하고, 실제로 시행하여 보면 10이 되는 경우의 "확률"이 큰 것은 무슨 까닭일까?" Galilei는 이에 대하여, 먼저 3개의 주사위에 흰색, 황색, 적색을 칠하고 실험하였다. 눈의 합이 9인 경우는,

$$(1,2,6),\ (1,3,5),\ (1,4,4),\ (2,2,5),\ (2,3,4),\ (3,3,3)$$

이고, 이 중에서

$$(1,2,6),\ (1,3,5),\ (2,3,4)$$

와 같이 눈의 수가 모두 다른 경우에는

흰 색	1	1	2	2	6	6
황 색	2	6	1	6	1	2
적 색	6	2	6	1	2	1

와 같이 색으로 구별하면 6가지의 경우가 생기지만, (1,4,4), (2,2,5)일 경우는 3가지 뿐이고, (3,3,3)일 때는 1가지임을 알 수 있다. 따라서, 눈의 합이 9가 되는 총가지수는 $6\times3+3\times2+1=25$이다. 같은 방법으로 하여, 눈의 합이 10이 되는 총가지수를 구하면, 경우의 수는,

$$(1,3,6),\ (1,4,5),\ (2,3,5),\ (2,2,6),\ (2,4,4),\ (3,3,4)$$

6가지 이므로 총가지수는,

$$6\times3+3\times3=27$$

이다. 따라서, 눈의 합이 10이 될 경우의 확률이

$$\frac{27-25}{6^3}=\frac{1}{108}=0.00925\ \cdots$$

만큼 크다. 그러나, 약 1%라는 적은 차를 찾아내는 데는 많은 반복실험을 실제로 시행하였음에 틀림없다.

§2 확률론과 정치산술

통계학자는 事象의 빈도를 조사하여 봄으로써, 가령 그것이 외견상으로 중요한 성질의 것이 아니더라도, 점차로 이것을 확장하여 좀 더 중요한 영역, 예를 들어, 사망율과 같은 것으로 유도할 수 있다. 이에 대하여, 특히 다음의 두 문제는 가치가 있다고 생각된다.

즉,

1) 하나의 사상의 확률을 알고 있을 경우, 어떤 일정횟수의 시행의 결과가 — 가령 旣知의 확률에 대하여 다소의 편차는 있다고 하더라도 — 어 떤 범위 내에서 어떻게 분산될까?
2) 사상의 확률을 알고 있지 않을 경우, 일정횟수의 시행이 어느 정도까지 진실에 가까운 결과를 가져올까?

라는 문제이다. 예를 들어, 여자 출생 100에 대하여 남자 출생 103이라는 관찰결과를 얻었을 경우, 양자의 정상적인 비율은 어떤 범위에 있다고 할

수 있을까? 이와 같은 점에 관하여, 이론과 수량적 관찰(또는 실험)의 협조가 요구된다. 환언하면, 통계적 연구의 여러 영역에서의 관찰이 과연 이론적으로 합치되는지 여부와, 추상적 사고의 소산인 법칙에 대한 편차의 조건이 무엇인지를 안다는 것이 필요하게 되었다.

확률론의 연구는 대개 순수한 추상적 성질의 것이었기 때문에, 실제로, 그것이 정치산술에 미친 직접적인 영향은 미미하였다. 일반적으로, 이 새로운 과학에 관심을 가진 "수학자"들은, 경험과 이론과는 조화되는 것이라고 독단적으로 단정하고 있었다. 수학자들의 연구는 순수수학의 발달을 촉진시켰으나, 확률론이 통계학과 밀접하고도 불가분의 관계를 가지게 되기까지는 오랜 세월이 필요하였다.

실험관찰의 개개의 예는 존재하였지만, 그것들은 드물었다. 많은 도박사들은 여러 가지 경우의 조합의 빈도에 대하여 약간의 실험적 관찰을 시도하고, 이 경험을 기초로 하여, 경기에서 이길 수 있는 자기자신의 이론을 각각 안출하고 있었음에 틀림없다. Galilei가 해결한 문제에 확률론의 주요 문제 하나가 나타났었지만, 이런 예는 극히 드문 경우이며, 이 새로운 과학과 정치산술과는 대체로 다른 길로 나갔던 것이다. 더군다나, 당시의 수학자는 새로이 발견된 해석기하학·미분적분학 분야의 연구에 몰두되어 있었기 때문에 도박에 관한 문제에 머리를 돌릴만한 여유는 없는 상태였다.

중국의 阮元(1764~1849)은 그의 저서 疇人傳(1842) — 그의 시대까지의 천문학자 수학자의 전기를 수록한 과학사 문헌 — 에서 孫子를 다음과 같이 비판하고 있다.

"그의 수학에 관한 서적 가운데에는 불필요하게 자세한 내용들이 많이 실려 있는 것을 볼 수 있다. 예를 들면, 출생될 어린이가 남자일 확실성이라던가, 여자일 확실성과 같은, 아주 바보같이 어리석게 여겨지는 문제가 그것이다.… "

이것이 동양에서의 확률에 관한 痕跡이다. 孫子는 孫子算經[1] 3권을 저

3) 이 책은 隋書에도 唐書에도 실려있으나, 그 저작 연대 및 작가는 알려져 있지 않다.

술하였는데 어느 시대의 사람인지 분명치 않다.

§ 3 Pascal(1623~62)과 Fermat(1601~65)

프랑스의 Blasie Pascal과 Pierre de Fermat 두 사람을 확률론의 확립자로 생각할 수 있다. 그들의 연구(1654) — 확률이라기 보다는 주로 일어날 수 있는 모든 경우의 가지수를 구하는 계산이었으나 —도 도박에서 나타나는 문제로부터 자극받은 것이었다. 당시 유럽에서는 카아드, 그 밖의 놀이가, 때로는 도박을 위해서, 때로는 신의(神意)를 촌탁하기 위해서 널리 행해졌었다.

프랑스의 유명한 도박사 De Méré 는 주사위 도박에 대하여 항상 수학적으로 생각하여 상당히 좋은 성적을 올리고 있었다. 당시의 도박사들의 상식으로는 "하나의 주사위를 n회 던져서 적어도 1회 6의 눈이 나오면 이긴 것으로 하는 도박에서는, n=4로 하면 던지는 편이 유리하다"라는 사실이 알려져 있었는데, De Méré는 이것을 다음과 같이 두 개의 주사위를 동시에 던지는 문제로 확장하여 계산하였다.

> (1) 두 주사위를 몇 번 던져서, 그 가운데 적어도 1회 (6,6)이 나오면 이긴 것으로 하는 놀이(Sonnez)에서 몇 번 하면 이길 승산이 있을까?

하나의 주사위를 던지는 경우는, "위의 상식"에 의하여, 4회 던지면 6의 눈이 나올 확률이 1/2보다 크다. 따라서 두 주사위를 던질 경우에는, 눈이 나타나는 가지 수가 1개를 던질 경우의 6배이므로,

$$n=4\times6=24$$

로 하면, 던지는 편이 역시 유리하다고 생각하였다. 그러나, 실제로 실험해

보았더니, 24회인 경우에는 손해임을 알았다. 그래서 De Méré 는 "수학은 엉터리다"라고 공언하고 그의 친구인 Pascal에게 문제의 해결을 호소하였다. 이것이 곧 "De Méré 의 수수께끼"라는 유명한 문제이다. Pascal은 이 문제와 다음의 문제 (2)를 수도원(1654;The Convent of Port－Royal)에 들어가기 직전에 해결하였다.

당시 프랑스 사교계에서는 "10이상(Passe－dix)"란 도박이 성행하였는데, 이것은 3개의 주사위를 동시에 던져서 눈의 합이 10보다 큰 경우와 10 이하인 경우에 돈을 거는 두 사람이 하는 내기이다. Pascal이 수도원에 있을 때, De Méré 로부터 다시 한번, 10보다 큰 경우에 돈을 걸어서 이긴 사람은, "눈의 합이 11이 되어 이긴 경우가, 12가 되어 이긴 경우보다 많은 것은 무슨 까닭일까?" 라는 질문을 받고 "組合論的 確率論"을 생각하게 되었다고 전하여지고 있다.

(1)의 해 : 두 주사위를 n회 던질 경우, 적어도 1회 둘다 6의 눈이 나타날 확률은

$$1-\left(\frac{35}{36}\right)^{n}$$

이므로 , 이 값이 1/2보다 크면 던지는 편이 유리하다. 이 부등식을 풀면,

$$n > \frac{\log 2}{\log 36-\log 35} \fallingdotseq 24.6$$

이므로, $n \geq 25$. 따라서, N＝24인 경우에는 손해이다.

De Méré의 제2의 문제는 다음과 같다.

(2) 실력이 같은 두 사람이 200원씩 내고 승부를 걸어서, 3번 이긴 사람이 그 건돈을 갖기로 하였다. 그런데, 갑이 2회, 을이 1회 이겼을 때, 사고가 발생하여 이 노름을 중지하게 되었다. 이 건돈을 어떻게 분배하면 좋겠는가?

Pascal은 이 문제를 다음과 같이 해결하였다. 즉, 이때 이후에 일어나는

모든 경우를 생각해 보면,

$$\begin{cases} \text{갑이} \sim \text{ 이기던가,} \\ \text{을이 2번 계속해서 이기던가,} \\ \text{을이 이긴 다음에 갑이 이기던가} \end{cases}$$

의 3가지 경우 뿐이다. 따라서,

$$\text{갑의 기대금액} = 400\left(\frac{1}{2}+\frac{1}{2}\times\frac{1}{2}\right)=300\text{원,}$$

$$\text{을의 기대금액} = 400\left(\frac{1}{2}\times\frac{1}{2}\right)=100\text{원}$$

이므로, 위와 같이 분배하면 좋다고 하였다.

Fermat는 Pascal의 통지에 따라서 (2)를 훨씬 일반화시켜 해결하였다. 그 이후부터 "확률률"은 하나의 수학으로 발전하기 시작하였다. Pascal과 Fermat는 또 "순수전략" 즉 수학적 기대값을 최대로 하는 전략을 선택하는 소위 "game의 해법"으로 나아갔다. 이렇게 해서 확률론이 탄생하였는데, 이것은 동시에 "game의 이론"의 시작이었다. Pascal은 "神의 존재, 부존재에 대해서 우리의 이성으로는 결정할 수 없다. 따라서, 우리는 내기(betting)를 하지 않으면 안 된다 (Pensées, 1670)"라고 진술하고 있는데, 이것은, 확률론적 의사결정문제의 출발로 생각된다. 거의 같은 시대에 Christian Huygens(1629~95)는 "주사위 도박에 관한 이론(De Ratiocimis in Ludo Aleae, 1657)"이라는 논문에서 이와 유사한 문제를 풀었다. 당시의 계몽시대의 분위기하에서, 사람들은 인간의 이성의 힘을 극단으로 믿어, 蓋然性인 것, 偶然的인 것까지도 수학의 대상이 되는 것으로 여기고 특별한 흥미를 갖고, 자연현상 · 정신현상 외에, 사회현상에도 이것을 응용하고, 집회에서의 선거와 결의 · 사망 · 생존 · 결혼 등의 현상을 확률론적으로 고찰하게 되었다.

§ 4 Jakob Bernoulli(1654～1705)

독일대학파 통계학, 정치산술이 발흥한 시대와 거의 같은 시대의 Jakob Bernoulli(영어로는 James, 불어로는 Jacques)가 수행한 연구에 의하여 확률론은 눈부시게 발전하였다. Swiss의 Bernoulli가문은 1세기 동안에 고명한 수학자 8명을 배출하였으며, 그들은 확률론의 발전에 크게 기여하였다. 그 계보는 다음과 같다.

Nicolaus Bernoulli(1623～1708)
정치가 · Basel 市長

Jakob(1654～1705) 수학자 — Nicolaus(1662～1716) 화가 — John(1667～1748) 수학자

Jakob의 자녀: Nicolaus (1687～1769) 화가

Nicolaus의 자녀: Nicolaus 1세 (1687～1759) 수학자

John의 자녀: Nicolaus 2세 (1695～1726) 수학자 — Daniel (1700～1782) 수학자 — John 2세 (1710～1790) 수학자

John 2세의 자녀: John 3세 (1744～1807) 수학자 — Jacob 2세 (1759～1789) 수학자

Bernoulli의 확률론에 관한 주저(主著) — 처음으로 확률 문제만을 취급한 유명한 저작임 — "推論法(Ars Conjectandi, 1713)"에는 大數의 法則의 기초가 되는 "Bernoulli 정리"가 수록되어 있다. 이 책은 그의 사망 후 8년만에 출판된 것이며, 미완성으로 끝맺었으나, 확률론의 문헌으로서는 가장 빛나는 것 중의 하나이다. 이것은 4부로 구성되어 있으며, 제 1부에는 당시까지의 최대의 勞作인 Christian Huygens의 논문이 재수록되

어 있고, 제 2부에는 순열 조합 이론이 실려있고, 제 3부에서는 여러 가지의 놀이문제를 취급하였고, 제 4부는 미완성으로 끝맺었으나, 그의 계획에 따른다면, 도덕과 경제에 대한 확률론의 응용을 취급하는 것으로 되어 있었다. 그의 연구사항 중에서, 가장 주의할 점은 다음의 논증이다.

어떤 사상이 일어날 확률이 30/50 이라 할 경우, 25550회의 시행에서 그 사상이 일어난 돗수와 총돗수와의 비가 29/50와 31/50사이에 있을 확률은 0.999이다. 또 25550+5708=31258회의 시행에서는 같은 범위의 값일 확률이 0.9999이고, 더욱 시행횟수를 증가시켜서 25550+2×5708=36966회로 하면, 확률은 0.99999라고 계산하였다. 이 계산결과는 옳은 것은 아니었지만, 이 思想을 기술한 것이 "大數의 法則"이며 통계학에서 특히 중요한 법칙이다.

"大數의 法則(Bernoulli의 정리)"은 이를 요약하면, 어떤 사상이 매회의 시행에서 일어날 확률을 일정한 값 p로 할 때, n회의 시행 가운데서 그 사상이 일어날 횟수를 r이라 하면, 그 상대돗수 r/n 은 임의의 양수 ε에 대하여 관계식,

$$\lim_{n\to\infty} \mathrm{Prob}\left\{\left|\frac{r}{n}-p\right|<\varepsilon\right\}=1$$

에 지배되며, n이 커짐에 따라 상대돗수는 거의 p와 일치되는 경향이 있음을 밝힌 것이다. 환언하면, 유한계열을 이루는 "현실적 경험적 사실의 반복"을 점차로 이상화시켜서, 수학적 무한계열로 연장하여, 일종의 이상적 수치로서의 "數學的 確率"을 정의하려 한 것으로 해석하여야 하겠다. 즉, 수학적 확률로부터 경험적 확률로 다리를 놓은 것이 아니라, 역으로, 현실에서 이론으로의 귀납의 출발점이라고 인식하여야 한다.

이 증명법은 정확하였지만, 후에는 보다 간단한 다른 방법으로 이를 증명하였다. 그러나, 이와 같은 연구를 달성한 것은 일대공적이었다고 하지 않으면 안 된다. 더 나아가서,

"어떤 사상을 추측한다는 것은 그 확률을 측정한다는 것과 같은 의미이다. 따라서, 우리는 가능한 한 정확하게 그 사상의 확률을 측정하고, 보다

좋고, 보다 확실하거나, 보다 유익하다고 생각되는 것을, 항상 우리의 판단과 행위에 따라 선택해서, 그것을 달성하기 위한 기술을 "推測 또는 推定(ars conjectandi sive stochastice)이라 부른다."고 말하였다. 이 사상이 현대통계학의 推測(stochastics)의 출발점이다. 여기에서, 경험적 빈도를 확률로 변환하는 문제가 출발하였다.

통계연구자가 만약 이와 같은 연구의 자취를 뒤따랐다면, 정치산술은 그 초기에, 많은 관찰결과를 조정하고, 비판하는 기술을 습득하여, 애매한 연구방법에서부터 벗어날 수 있었을 것으로 생각된다. Bernoulli자신은 그의 이론의 적용범위에 대해서 충분히 알고 있었다. 즉, 무한히(ad infinitum) 시행을 계속함으로써 마침내는 모든 사상을 정확하게 계산하고, 또한 우연속에서 질서를 찾아낼 수 있을 것이라고 생각하고 있었던 것이다.

§5 De Moivre(1667~1754)

그 후, Abraham de Moivre이 1733년 경, 이항분포의 극한형으로서 "정규분포"를 발견한 것으로 생각된다. 이 분포곡선은 후에 Laplace와 Gauss의 재발견으로 유명하게 되었다.

De Moivre도 Bernoulli와 같은 문제를 다루고, 같은 결과를 얻었다. 즉, 그의 저서 "偶然論(Doctrine of Chance, 2nd ed. 1738)"에서,

"일정한 법칙을 가정하고, 이 법칙에 따라 모든 사상이 발생한다고 할 경우, 실험 또는 관찰 횟수를 증가시킴에 따라, 사상이 일어나는 비율은 가정한 일정법칙에 끊임없이 접근한다는 것을 증명할 수 있다."

고 기술하고 있으나, 중요한 사실은 Bernoulli도 de Moivre도 이 정리의 逆을 이용할 것을 생각하고, 그 의의를 인정하였다는데 있다. 즉, 계속하여 다음과 같이 기술하고 있다.

"이번에는 역으로, 만약 무수한 관찰로부터, 사상의 비율이 일정한 값에 수렴하는 것을 발견한 경우에는, 우리는 이 비율로 사상의 발생을 규정하

는 일정한 법칙을 나타내는 것으로 결론 내릴 수 있다."

이 사상은 통계학의 근본사상의 하나라고 할 수 있다. 그러나, 양자 모두 이 근본사상을 근대에서와 같은 의미에서 이해하고 있었다고는 말할 수 없다. 그 연구는 순전히 이론적인 것이었다. 그리고, 이와 같은 계산이 事實的 關係와 일치한다는 논증은 전혀 결여되어 있었다.

오히려, 당시의 이론가는 일반적으로, 事象은 이론적으로 발견된 법칙대로 일어날 것이라는 생각에서 출발하고 있었다. "數學의 결과는 즉, 실재이다."라는 인식에 사로 잡혀 있었던 것이다. de Moivre은 "偶然이 예외를 낳는 경우는 있다. 그러나, 오랜 기간에는 이들 예외도 위대한 창조의 계획에 따라 필연적으로 생기는 질서의 나타남에 비한다면 문제가 되지도 않는다."라고 기술하고 있다. 이와 같이, 이론가 de Moivre도 Süssmilch의 "神의 秩序"와 동일한 귀착점으로 되돌아 오게 되었다.

같은 시대의 사람으로서, Süssmilch는 실제적 경험을 철저히 연구하므로서, 그리고 de Moivre은 추상적 사색에 몰두하므로서 大數의 法則을 인식하게 된 것이다. 經驗과 思惟하고는 아직 접촉되지 않았다. 즉, de Moivre은 통계적 관찰에는 극히 조금만 접하였기 때문에, 사실상 "政治算術"과 "確率論"과의 교량역할은 되지 못했었다.

§6 Daniel Bernoulli(1700~82)

Daniel Bernoulli는 1738년에 러시아로 초청받고 St. Petersburg학사원에 다음과 같은 유명한 문제를 제출하였다. 즉,

> 갑이 동전을 던져서 앞면이 나오면, 을이 갑에게 1원을 준다. 만약에 앞면이 나오지 않을 경우에는, 다시 던져서 2번째에 앞면이 나오면 갑에게 2원을 준다. 일반적으로, n−1번째까지 앞면이 나오지 않고 n번째에 처음으로 앞면이 나오면, 갑에게 2^{n-1}원을 주기로 한다면, 을은 갑에게 얼마를 지불할 것으로 기대되는가?

이 경우 갑의 기대금액은,

$$1\times\frac{1}{2}+2\times\left(\frac{1}{2}\right)^2+2^2\times\left(\frac{1}{2}\right)^3+\cdots+2^{n-1}\left(\frac{1}{2}\right)^n+\cdots$$
$$=\frac{1}{2}+\frac{1}{2}+\frac{1}{2}+\cdots+\frac{1}{2}+\cdots$$

이 되어 기대금액은 무한대로 된다. 따라서 이 놀이에서는 돈을 아무리 많이 걸어도 유리하게 마련이지만, 대단히 많은 금액을 걸고서 이와 같은 놀이를 하려는 사람이 과연 있을까? 만약에 없다면, 이 모순을 어떻게 설명할 것인가? 기대금액이 무한대로 된다는 것은 을의 재산을 무한대로 가정하였기 때문이다. 그래서 을의 재산을 100만원으로 보고, n번째에 처음으로 앞면이 나와서 지급할 금액을 100만원 미만으로 하려면

$$2^{n-1}<1{,}000{,}000$$

$$n-1<\frac{6}{\log 2} \qquad \therefore\ n<20.9\cdots$$

이므로, n=20으로 하여 기대금액을 계산하면 겨우 (1/2)×20=10원 임을 알 수 있다.

위의 모순을 설명하기 위해서 Jean Le Rond D'Alembert(1717～1783)는 뒷면이 여러 번 계속해서 나온 후에는, 앞면이 뒷면보다 나오기 쉽기 때문에 뒷면만 계속해서 나타나는 일은 절대로 일어날 수 없다고 주장하였다. 그러나 이것은 독립으로 시행한다는데 위반된다. D'Alembert은 자기의 주장의 옳고 그름은 실험을 통해서 판정해야 한다고 주장하였으나, 그 자신은 이 실험을 하지 않았다. 이에 대하여 George Louis Buffon(1707～88)은 이를 실험하기 위하여, 한 소년에게 2048회 이 실험을 시키고, 결국 10057크라운을 지불하였는데, 그 중 1061회는 1크라운을, 494회는 2크라운을 지불하여, 1061/2048≒1/2, 494/2048≒1/4이므로, 이것으로서 시행의 독립은 증명된 것으로 인정하였다.

Buffon은 0.0001이하의 확률은 인간에게는 0과 같다고 주장하였다. 그러므로 위의 급수에서 $2^{n-1}\times(1/2)^n=1/2$로 하였지만, n이 충분히 커진

후에는 확률을 0으로 생각할 수 있으므로, 어느 항 이후는 전부 0+0+0…가 되어 결국 유한항으로 생각할 수 있다는 것이다. 또한, 인간은 무한히 오랜 시간 놀이를 할 수 없으므로 n을 무한대로 한다는 것은 인간에게는 무의미하다.

Petersburg의 문제는 근대경제학에서의 限界效用學說의 출현 계기가 되었다. 소득금액이 일정액만큼 증가하였을 때, 그 증가분에 대한 고마움은 빈곤한 사람일수록 크다. 즉 效用이 높다. 경제학의 법칙에 따르면, "다른 사정이 같으면, 동일한 금액이 어떤 사람에게 주는 効用(utility)은, 그 사람의 소유금액이 일정량을 넘지 않은 동안은, 그 양이 증가함에 따라 감소한다." 즉, 어떤 사람의 재산이 일정액씩 점차로 증가한다고 가정하면, 그 일정액의 증가에 따른 효용의 증가는 점차로 감소한다. 이제 금액 x를 소유한 사람이 그 금액으로 받는 총효용을 $f(x)$으로 나타내면,

$$f(x+\delta x)-f(x)$$

는 소지금이 x일 경우에 증가금액 δx가 주는 효용의 증가를 나타내므로 위의 원칙에 따르면 x의 감소함수이다. 따라서,

$$\frac{f(x+\delta x)-f(x)}{f(x)}$$

도 x의 감소함수이므로, 도함수 $f'(x)$도 x의 감소함수이다. 이 $f'(x)$를 限界效用(marginal utility)라 한다. 따라서, x가 어떤 값을 넘지 않는 범위내에서는 $f'(x)<0$. 따라서 그 범위내에서 $f''(x)<0$(또는 극히 드물게 $f''(x)=0$)이다. 이것이 限界効用說의 原理이다.

이제, 어떤 사람의 재산을 a, 그 사람이 금액 x_i를 얻을 확률을 p_i (단, 이들 사상은 서로 배반이며, $p_1+p_2+\cdots\cdots=1$)라 할 때,

$$\sum_i p_i\{f(a+x_i)-f(a)\}=\sum_i p_i f(a+x_i)-f(a) \qquad (1)$$

를 그 사람의 効用的 期待値라 하면, 이 기대값이 클수록 그 사람에게는 유

리하다. Daniel Bernoulli는 한계효용 $f'(x)$를

$$f'(x)=\frac{k}{x}$$

(단, k는 각 개인에 따라 정하여지는 상수)로 가정하였다. 이 경우에는,

$$f(x)=k\log x+\text{const.}$$

이고, 또한 (1)은,

$$k\{\sum_i p_i \log(a+x_i)-\log a\}=k\left\{\sum_i p_i \log\frac{a+x_i}{a}\right\} \tag{2}$$

로 된다. 이 값을 Bernoulli는, 그 사람의 道義的 期待値(moral expectation)라 하였다. 앞의 Petersburg의 문제에 이 개념을 도입하면,

$$x_i=2^{i-1}, \qquad p_i=\frac{1}{2^i} \qquad (\text{여기서, } i=1,2,\cdots,n)$$

이므로, 그 도의적 기대값은,

$$k\sum_{i=1}\frac{1}{2^i}\log\frac{a+2^{i-1}}{a}<\infty \tag{3}$$

이 된다. 만약 금액 X의 증가에 따른 효용의 증가가 도의적 기대값과 같다고 가정하면,

$$k\log\frac{a+X}{a} = k\log\left\{\left(\frac{a+1}{a}\right)^{-2}\left(\frac{a+2}{a}\right)^{-2^2}\cdots\left(\frac{a+2^{n-1}}{a}\right)^{-2^n}\cdots\right\}$$

$$\therefore\ X=(a+1)^{\frac{1}{2}}(a+2)^{\frac{1}{4}}(a+4)^{\frac{1}{8}}\cdots-a$$

이 X의 값은, 이 도박을 하려는 사람에 대하여, 이 도박의 가치를 나타내는 것이다. 즉, Bernoulli의 가정이 옳다면, 이 도박에 의한 그 사람의 효용의 증가는 위식에 의하여 주어지는 금액 X의 증가에 따른 효용의 증가와 같다.

Bernoulli는 그의 도의적 기대값의 이론으로부터 다음과 같은 결론을 얻었다. 우리는 이것을 효용적 기대값의 이론에서 유도할 수 있다.
금액 x_1을 얻을 확률이 p_1이고, 금액 x_2를 잃을 확률이 p_2일 때의 기대값은,

$$p_1 x_1 - p_2 x_2$$

이며, 公平한 도박에서는

$$p_1 x_1 - p_2 x_2 = 0$$

이다. 이 때의 효용적 기대값을 U라 하면,

$$U = p_1\{f(a+x_1) - f(a)\} + p_2\{f(a-x_2) - f(a)\}$$

여기서, a는 당사자의 사유재산이라 하자. 이 식에 Taylor 의 정리를 적용하면,

$$U = p_1\left\{x_1 f'(a) + \frac{x_1^2}{2!} f''(a+\theta_1 x_1)\right\} + p_2\left\{-x_2 f'(a) + \frac{x_2^2}{2!} f''(a-\theta_2 x_2)\right.$$

(여기서, $0 < \theta_1, \theta_2 < 1$)

$$= p_1 \frac{x_1^2}{2!} f''(a+\theta_1 x_1) + p_2 \frac{x_2^2}{2!} f''(a-\theta_2 x_2) < 0. \quad (\because f'(x) < 0)$$

즉, 공평한 도박에서도 도박자는 불리하다. 다시 말하면, 이겨서 얻은 효용의 증가는 패하므로써 잃는 효용의 감소보다 적다.

제7장 고전확률론(II)

§1 확률론의 기초

제6장에서 다룬 것과 같은 문제에 대하여 많은 수학자가 연구를 계속하였으며, 그것으로 인하여 확률론은 더욱 발전하였다. Georges Louis Leclere von Buffon(1707~88)은 "평면 상에 같은 간격으로 평행선이 그어져 있을 때, 이 평면 상에 떨어트린 바늘이 이들 평행선 중의 하나와 교차할 확률(바늘 문제)"를 구하고 (Essai d'Arithmétique Morale, 1777), 이른바 "幾何學的 確率"을 창출하였다. 또한, Thomas Bayes (1702~61)에 의한 "原因의 確率"에 관한 연구와, Pierre Simon de Laplace(1749~1827)의 "확률의 解析的 理論"(Théorie analytique des Probabilités, 1812)에 의하여, 확률론은 일단 대성되었다.

Laplace의 이 저서에는, 종래의 주요한 결과들이 수록되어 있으며, 定差方程式이라던가 母函數의 방법을 사용해서 많은 문제들이 풀려 있다.

Laplace는 확률을 다음과 같이 정의하였다: "이제 전체 n가지 경우가 있고, 각각의 경우가 일어나는 일은 같은 정도로 확실할 것 같으며, 어느 두 경우도 동시에 일어나지 않는다고 가정할 때, 어떤 사상 E가 일어날 경우의 가지수를 r라고 하면, E가 일어날 확률 p를 $p=r/n$로 정의한다." 이 정의는 組合論의 입장에서는 대체로 승인되지만, 그 한계를 넘으려고 한면 여러 가지 문제점이 야기된다. 그는 이 책에서 最小自乘法의 증명도 하였다. 그 외의 저서로는 "개연성의 철학적 고찰(Essai philosophique sur la calcul des probabilitités, 1814)"이 있는데, 거의 수식을 사용하지 않고 확률론의 의미와 응용을 풀어서 설명하였다.

위의 Laplace 의 정의에 의한 확률을 "先驗的 確率(a priori probability) 또는 數學的 確率(mathematical probability)"이라 한다. 이 정의에서 "같은 정도로 확실할 것 같다(equally probable)"의 뜻에 대한 여러 가지 설이 있는데, 그 중에서 대표적인 것 둘을 소개한다.

제1정의 (소극적):

"두 사상이 있고, 한 사상이 일어나는 것보다 다른 사상이 일어나는 것을 보다 많이 기대할 수 있을 하등의 이유도 존재하지 않을 경우, 이 두 사상은 그 일어나는 일이 같은 정도로 확실할 것 같다라고 말한다."(principle of no reason)

제2정의 (적극적):

"한 사상이 일어나는 것과, 다른 사상이 일어나는 것을 같은 정도로 기대할 수 있는 충분한 이유가 존재할 경우에, 이 두 사상이 일어나는 일은 같은 정도로 확실할 것 같다라고 말한다."(principle of sufficient reason)[1)]

제1정의를 주장하는 사람은, 예를 들어, 하나의 주사위를 던질 경우, 각각의 눈이 나타나는 것을 다른 눈이 나타나는 것과 비교해서, 보다 많이 기대할 수 있을 하등의 이유가 존재하지 않으므로 각각의 눈이 나타나는 것은 같은 정도로 확실할 것이다라고 말하는 것이다. 그러나, 이 정의를 따를 경우에는, 均質이 아닌 물체로 만든 주사위에 대해서도 그 不均質에 관한 지식을 전혀 갖고 있지 않을 경우에는, 각각의 눈이 나타나는 일은 같은 정도로 확실할 것 같다라고 말할 수 있게 된다.

제2정의를 주장하는 사람은, 예를 들어, 하나의 주사위를 던질 경우, 각각의 눈이 나타나는 것을 같은 정도로 기대할 수 있으므로, 각각의 눈이 나타나는 일은 같은 정도로 확실할 것 같다라고 생각하는 것이다. 그러나, 이 정의를 따른다면, 均質이 아닌 물체로 만든 주사위에 대해서 그 不均質에 관한 지식을 전혀 갖고 있지 않을 경우에는, 각각의 눈이 나타나는 것은 같

1) J. von Kries, Die Prinzipien der WahrscheinlichKeitsrechnung, 1886

은 정도로 확실할 것 같다고도, 아니다고도 대답할 수 없게 된다.

두 정의는 모두 여러 가지의 불합리를 내장하고 있으며, 논리를 전개해 나가면 모순에 부딪치게 된다. 이와 같이 "같은 정도로 확실할 것 같다"에 대하여 논리적으로 완전한 설명을 부여한다는 일은 매우 곤란하다. 이와 같은 곤란은, 모든 과학, 특히 수학에서는 기초가 되는 여러 가지 개념을 설명할 때 항상 조우하게 되는 것이다. 그러나, 반대로 생각하건대 정의란, 어떤 어구(語句)로 다른 어구를 설명하는 것이므로, 모든 어구를 정의하려 한다는 것은 분명히 불가능한 일이며, 모든 과학은 정의할 수 없는 약간의 어구를 함유한다는 것은 당연하다. 확률론에서도 마찬가지이다. 이런 의미에서 우리는 확률론의 기초가 되는 "같은 정도로 확실할 것 같다"를 정의하지 않고 승인한다는 입장을 취했던 것이다.

더 나아가서는, 1928년에 이르러서, Richard von Mises(1883~1953)는 계속해서 시행되는 사상이 수렴공리와 무작위공리를 충족시킬 때, 이 계속시행을 "collective"라고 정의하였으며, 이 collective에서의 확률계산을 생각하는 "확률론의 대상의 제한"[2], John Maynard Keynes (1883~1946)에 의한 "확률의 논리적 정의"[3] 등을 생각하게 되었다.

그러나, 여러 가지 종류의 노력에도 불구하고, 확률의 "認識論的 意義"는 오늘날까지도 충분히 규명되지는 않았다. 최근에는 확률의 의미를 생각하는 것보다는, 公理를 세우고, 여기서부터 구성해 나가는 방향을 취하고 있다. 고전확률론은 차츰 정밀한 것으로 진보・발전하여, 수학의 발달과 그 보조를 잘 맞추어 Andrej Nikolaevitch Kolmogoroff(1903~)에 이르는 근대통계이론의 모체로 발전하였다.

---

2) R. von Mises, Wahrscheinlichkeit,Statistik und Wahrheit, 1928; Angewandte Mathematik Ⅰ, Wahrscheinlickeitsrechnung, 1934

3) J. M. keynes, A Treatise on Probability, 1952

§2 기하학적 확률

Laplace가 내린 "확률의 정의"는 일어날 수 있는 모든 경우의 수가 유한인 경우에만 의미가 있고, "無限"인 경우에는 그 의미를 잃게 된다.

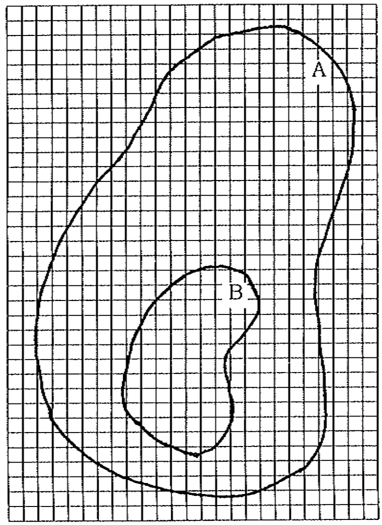
이제, 어떤 조건의 결과로서 일어날 수 있는 모든 경우의 수와 어떤 사상이 일어나기에 알맞는 경우의 수가 "무한"일 때, 그 사상이 일어날 확률을 생각하여 본다. 예를 들어, 선분 AB 상에 한 점을 취할 경우, 그 점이 선분 AB의 일부분인 선분 CD 상에 있을 확률이라던가, 평면도형 A 내에 한 점을 취할 경우, 그 점이 도형 A의 일부인 도형 B 내에 있을 확률 및 한 점 O를 지나는 반직선을 그을 경우 그 직선이 정하여진 각 ∠AOB 내에 있을 확률등을 생각하여 본다.

선분 AB를 n등분할 때, 선분 AB 상에 임의로 취한 한 점이 이들의 각 구간에 속하는 일은 같은 정도로 확실할 것이라고 생각된다. 이것을 인정한다면, 선분 AB 상에서 취한 한 점이 각 구간에 속할 확률은 각각 $1/n$이라고 생각된다. 따라서, 그 한 점이 이들 구간 중의 특별한 m개 가운데의 어느 하나에 존재할 확률은 m/n이라 할 수 있다.

따라서, 선분 AB를 n등분한 것 중에서 선분 CD 내에 포함된 것의 갯수를 m라 하면, 선분 AB 상에 취한 한 점이 선분 CD 내에 포함된 m개의 구간 내에 존재할 확률은 m/n이고, 이 값은 $n \to \infty$인 극한에서는 $\overline{CD}/\overline{AB}$로 된다고 생각된다. 이 극한값으로, 선분 AB 상에 취한 한 점이 선분 CD 상에 있을 확률이라고 정의한다.

서로 수직인 두 조의 평행선들로 평면을 넓이가 같은 무수한 정사각형으로 나누고, 그 가운데서 평면도형 A, B 내에 있는 정사각형의 갯수를 각각 n, m라 하면, 이들 n개의 정사각형 내에서 임의로 취한 한 점이 도형 B 내에 있는 m개의 정사각형 내에 존재할 확률은 m/n이고, 이 값은 $n \to \infty$인 극한에서, (넓이 B) / (넓이 A)로 된다. 이 극한값으로 A 상에

취한 한 점이 B 상에 있을 확률로 정의한다.



한 점 O의 둘레각 2π를 n등분한 것 중에서 정각 ∠AOB 내에 있는 것의 갯수를 m이라하면, 점 O를 지나는 임의의 반직선이 ∠AOB 내의 m개의 각 내에 존재할 확률은 m/n이고

$$\lim_{n\to\infty}\frac{m}{n}=\frac{\angle AOB}{2\pi}$$

로 된다. 이 극한값으로 점 O를 지나는 임의의 반직선이 ∠AOB 내에 있을 확률로 정의한다.

일반적으로, 일어날 수 있는 모든 경우의 가지수가 무한일 경우, 어떤 사상이 일어날 확률은, 일어날 수 있는 경우 — 같은 정도로 확실하다 — 의 가지수가 유한인 경우의 "확률의 극한값"으로 정의한다.

§3 기하학적 확률에 관한 예제 I

(1) 선분 AB 상에 임의로 두점 P, Q를 취할 때, 두 점이 모두 B보다 A에 가까이 있을 확률을 구하여라.

(풀이) AB의 중점을 C라 하면

$$P\{P\in AC\}=1/2, \qquad P\{Q\in AC\}=1/2$$

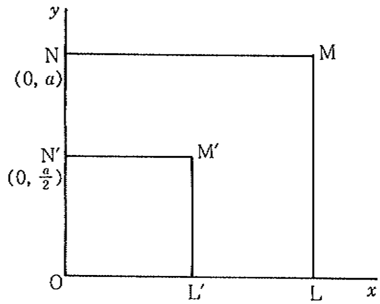
고로 구하는 확률은

$$P\{(P\in AC)\cap(Q\in AC)\}=\frac{1}{2}\times\frac{1}{2}=\frac{1}{4}$$

(별해) AB$=a$, AP$=x$, AQ$=y$라 하면,

$$0<x<a,\ 0<y<a$$

이고, 이 (x, y)를 좌표로 갖는 점은 그림의 정사각형 OLMN내부에 있다. (단, $OL=ON=a$)



또한,

$$x < \frac{a}{2}, \quad y < \frac{a}{2}$$

이며, 이 (x, y)를 좌표로 갖는 점은 정사각형 OL′M′N′내부에 있다.(단, $OL'=ON'=a/2$)

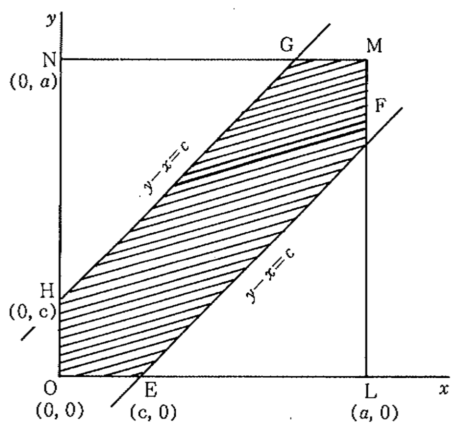
따라서, 선분 AB 상에 취한 두 점 P, Q가 선분 AC 상에 있을 확률은 정사각형 OLMN의 내부에 취한 한 점이 정사각형 OL′M′N′의 내부에 있을 확률과 같다. 그리고, 넓이 OL′M′N′=넓이 OLMN/4이므로, 구하는 확률은 1/4 이다.

(2) 선분 AB 상에 취한 임의의 두 점 P, Q의 거리가 상수 c보다 크지 않을 확률을 구하여라. 단, $c<AB$이다.

(풀이) $AB=a$, $AP=x$, $AQ=y$라 하면,

$0 < x < a$, $0 < y < a$

이고, 이 (x, y)를 좌표로 갖는 점은 그림의 정사각형 OLMN($OL=a$)의 내부에 있다.



또한,

$$|y-x| \leq c$$

이고, 이 (x, y)를 좌표로 갖는 점은 도형 OEFMGH의 내부에 있다. 여기서,

$$OE=OH=MF=MG=c$$

따라서, 구하는 확률은

$$P\{(x,y) \mid (x,y \in AB) \cap (PQ \leq c)\} = \frac{\text{넓이 OEFMGH}}{\text{넓이 OLMN}} = \frac{2ac-c^2}{a^2}$$

(별해) AB$=a$, 두 점 P, Q중 오른 편에 있는 점을 Q라 하고, AP$=x$, PQ$=y$라 하면,

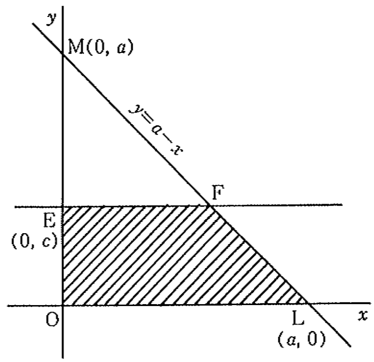
$$0 < x < a, \quad 0 < y < a-x$$

이 (x, y)를 좌표로 갖는 점은 $\triangle$OLM(OL$=$OM$=a$)의 내부에 있다. 이 경우, PQ$<c$ 즉, $y<c$를 만족시키는 y를 세로좌표로 갖는 점은 사다리꼴 OLFE내에 있다. 여기서,

$$OE=c, \quad EF \parallel x\text{축}$$

따라서, 구하는 확률은,

$$\frac{\text{넓이 OLFE}}{\text{넓이 OLM}} = \frac{2ac-c^2}{a^2}$$



(3)선분 AB를 두 점 P, Q로 삼분하여, AP, PQ, QB로 삼각형을 만들 수 있을 확률을 구하여라.

(풀이) AB$=a$, AP$=x$, PQ$=y$, QB$=z$ 놓으면,

$$x+y+z=a$$

이고, x, y, z로 만들 수 있는 조건은,

$$x<y+z, \quad y<z+x, \quad z<x+y$$

즉, $2x<x+y+z=a$, $2y<x+y+z=a$, $2z<x+y+z=a$

$$\therefore \ x<a/2, \quad y<a/2, \quad z<a/2$$

즉,

$$x<a/2, \quad y<a/2, \quad x+y>a/2 \qquad ①$$

또한, 선분 AB 상에 임의의 두 점 P, Q를 취하는 경우 x, y가 취할 수있는 범위는 $0<x<a$, $0<y<a-x$이고, 이 (x, y)를 좌표로 갖는 점은 그림의 $\triangle$OLM(OL$=$OM$=a$)의 내부에 있다. 이 가운데서 조건①를 만족시키는 (x, y)를 좌표로 갖는 점은 $\triangle$M′L′N의 내부에 있다.

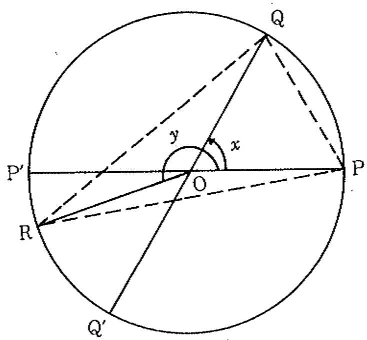
(여기서, $OL'=OM'=a/2$,

$M'N \parallel x$축).

고로, 구하는 확률은

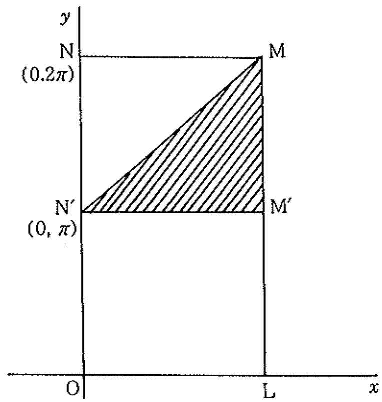
$$\frac{\text{넓이 } \triangle M'L'N}{\text{넓이 } \triangle OLM}=\frac{1}{4}$$

이다.



(4) 원주 상에 세 점 P, Q, R을 취하여, 이것을 꼭지점으로 하는 삼각형이 그 원의 중심을 포함할 확률을 구하여라.

(풀이) P, Q를 지나는 지름의 다른 끝점을 각각 P′, Q′라하면, 점 R이 호 P′Q′ 상에 있을 경우에 한하여, △PQR은 원의 중심 O를 포함한다.



이제, 그림과 같이 점 Q가 지름 POP′의 어느 한 쪽에 있는 경우를 생각하고,

$$\angle POQ=x, \ \angle POR=y$$

로 놓으면,

$$0<x<\pi, \ \ 0<y<2\pi \qquad ①$$

이고, △PQR 이 중심 O를 내부에 포함할조건은

$$0<x<\pi, \ \pi<y<\pi+x \qquad ②$$

이다.

xy평면의 x축 상에, $OL=\pi$라는 점 L을 취하고, 이 점에서부터 y축에 평행인 직선 LM을 긋는다. 다음에 y축 상에 $ON=2\pi$, $ON'=\pi$인 두점 N, N′을 취하고, 이 두 점에서 직선 LM 에 내린 수선의 발을 M, M′이라 하면, ① 및 ②를 만족시키는 (x,y)를 좌표로 갖는 점은 각각 직사각형 OLMN 및 △N′M′M의 내부에 있다. 고로, R가 호P′Q′에 속할 확률은

$$\frac{\triangle N'M'N}{\Box OLMN}=\frac{1}{4}$$

이다. 점 Q가 점 P를 지나는 직경 POP′의 다른 쪽에 있는 경우에도 같은 결과를 얻는다. 고로, 구하는 확률은 1/4이다.

환언하면, 원주 상에 취한 세 점을 꼭지점으로 갖는 삼각형의 내부에 중심 O가 존재할 확률, 즉, 그것이 예각삼각형일 확률은 1/4이고, 원주 상에 취한 세 점이 동일 직경의 한 쪽에 있을 확률, 즉, 그것이 둔각삼각형을 만들 확률은 3/4이다(이 삼각형이 직각삼각형을 이룰 확률은 0이다).

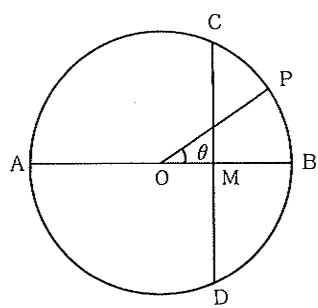
§ 4 Bertrand의 문제

"주어진 원에 하나의 현(弦)을 임의로 그을 때, 그 현의 길이가 그 원에 내접하는 정삼각형의 한 변보다 클 확률을 구하라."

이 문제는 확률에 관한 "不定問題"의 한 예이며, Joseph Bertrand (1882~1900)가 제출한 것이다.

(풀이 I) 定直徑 AB에 수직인 현 CD와 AB와의 교점을 M라 하면,

$OM < r/2$, (r은 원의 반경)



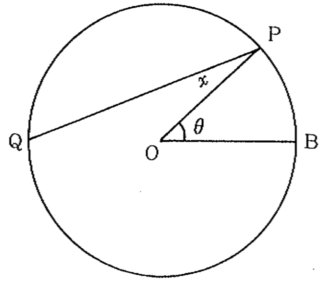
일 때, CD는 내접정삼각형의 한 변보다 크다. 고로, 定直徑 AB에 수직인 현을 그릴 경우, 그 현이 내접정삼각형의 한 변 보다 클 확률은 1/2이다.

그리고, P를 원주 상의 임의의 점이라 할 때, 임의로 그은 이 원의 직경이 $\angle BOP(=\theta)$의 내부에 있을 확률은 θ/π이므로, 임의로 그은 현이 $\angle BOP$내에 있는 직경에 수직이며, 또한, 그 길이가 내접하는 정삼각형의 한 변보다 클 확률은

$$\frac{\theta}{\pi}\times\frac{1}{2}$$

이다. 또 $\theta=\pi$일 때, 이 확률은 1/2이 된다.

(풀이 II) B를 원주 상의 定点, P를 임의의 점이라 하자. 점 P를 지나는 현 PQ를 긋고,



$$\angle \mathrm{BOP}=\theta,\ \angle \mathrm{OPQ}=x$$

라 하면, θ와 x를

$$0\leq\theta<2\pi,\ 0\leq x<\pi/2$$

인 범위 내에서 변화시키므로서 원의 모든 현을 오직 한번 얻을 수 있다. 즉, 임의로 그은 현 PQ에 대하여,

$$0\leq\theta<2\pi,\ 0\leq x<\pi/2 \qquad ①$$

를 만족하는 θ, x의 값은 오직 한 쌍이 존재한다. 이중에서 내접정삼각형의 한 변보다 큰 현에 대응하는 것은

$$0\leq\theta<2\pi,\ 0\leq x<\pi/6 \qquad ②$$

인 경우이다. ①, ②에서 θ에 대한 제한은 동일하므로 구하는 확률은,

$$(\pi/6)/(\pi/2)=\ 1/3$$

(풀이 III) 원의 현의 중점을 그 현에 대응시키면, 현 전체와 원 내의 모든 점은 1대1 대응한다.

원의 현이 내접하는 삼각형의 한 변보다 큰 것은, 그 현의 중점이 이 원의 반경의 1/2을 반경으로 하는 동심원 내에 있을 경우이고, 현의 중점이 이 동심원 내에 있을 확률은,

$$(\text{내원의 넓이})/(\text{외원의 넓이})=\ 1/4$$

이다.

위의 세 가지의 풀이는 Bertrand가 준 것이었다. 이 문제의 해는 이것 뿐만이 아니다. 이 부정문제에서, 그 확률을 일정한 값으로 하기 위해서는, 또 하나의 조건이 필요할 것으로 생각된다. (풀이 I)에서는 정직경 AB에 수직인 현 CD가, AB의 임의의 부분과 만나는 것도 같은 정도로 확실할 것이라고 가정하고, (풀이 II)에서는 원주 상의 한 점 P를 지나는 현이 반경 OP와 임의의 각을 이루는 것도 같은 정도로 확실할 것이라고 가

정하고, (풀이 III)에서는 현의 중점이 원 내의 임의의 점에 존재하는 것도 같은 정도로 확실할 것이라고 가정하고 있다. "같은 정도로 확실할 것이다"라는 이 가정은, 그 결과를 감안하여 볼 때, "가정" 자체에 모순되는 데가 있다고 생각하지 않을 수 없다. 즉, 얼핏 보기에는 조금도 모순되는 점이 없는 것 같이 보이는 세 개의 가정은, 실은 큰 모순을 내포하고 있다. "equally probable"에 관한 우리들의 "상식적 판단"이 이외로 부정확한 것이라는 사실을 인정하지 않을 수 없다.

위의 풀이에서는, 직선을 원주로서 경계삼는다는 생각이 들어있지 않다. 선분을 결정한다는 것은 "두 점을 결정하는" 일이며,

수선을 긋는 일도,
각 내에 직선을 긋는 일도,
한 점을 중점으로 하는 현을 긋는 일도

지나치게 큰 가정이라고 말하지 않을 수 없다.

다음에는 우선, "현을 긋는다"는 것을 원내 (원주도 포함시켜서)에서만의 조작이라고 생각한다. 즉, 현을 결정하는 두 점 모두가 원내 (원주를 포함시켜서)에 있는 경우만을 생각한다.

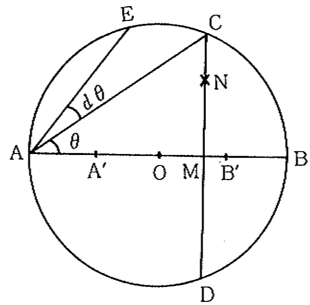
"두 점을 결정하는 일" 에 대하여 생각해 볼 때, 먼저 원내 (원주를 포함시켜서)에 한 점을 임의로 취한다는 것은 적당하겠지만, 제2점을 취하는 일은 전혀 "임의"라고는 생각할 수 없다. 환언하면, 제1점을 정하는 일과 제2점을 정하는 일은 독입이라고는 생각할 수 없다.

(풀이 IV) (풀이 I)을 보면, 정직경 AB에 수직인 현 CD가 AB의 임의의 부분과 만나는 것이 같은 정도로 확실할 것이라고 가정하고 있으나, 이제 AB를 基線으로 잡고, A, A′, O, B′, B의 좌표를 각각 $-r$, $-r/2$, 0, $r/2$, r라 하면,

$$P\{M\in\overline{A'B'}\}=\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}=\frac{1}{2}$$

이라 생각하고 있으나, 이 계산에서는, M에서 AB에 세운 수선이 원주와 만나서 현을 형성한다는 조건은 조금도 작용하고 있지 않다.

이 경우에는 점 M을 AB 상에서 임의로 취할(실제로는, M을 원내에 취할 경우, AB가 결정된다)때, AB의 수선을 결정하는 제2점 N이 어디에 있는 지를 생각하여야 한다. 즉, M이 A′B′에 속하고, MN이 AB에 수직이 되는 N을 얻을 확률은



$$\frac{\int_{-r/2}^{r/2}\sqrt{r^2-x^2}\,dx}{\int_{-r}^{r}\sqrt{r^2-x^2}\,dx}=\frac{\sqrt{3}}{2\pi}+\frac{1}{3}\fallingdotseq 0.640$$

이 되어, 구하는 확률은 1/2보다 크다.

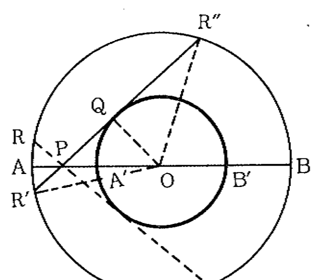
(풀이 Ⅴ) (풀이 Ⅱ)를 보면, 제1점을 원주 상에 취하는 경우이고, 앞의 그림의 A를 그 제1점이라고 생각하면, 위에서와 같이 하여, 구하는 확률은

$$\frac{\int_{0}^{\pi/6}(2r\cos\theta)^2 d\theta}{\int_{0}^{\pi/2}(2r\cos\theta)^2 d\theta}=\frac{\sqrt{3}}{2\pi}+\frac{1}{3}$$

이 되어, (풀이 Ⅳ)와 같은 결과를 얻는다. 이 값은 (풀이 Ⅱ)에 의한 값 1/3보다 상당히 크다. 이것으로 미루어 본다 하더라도, (풀이 Ⅱ)에서의 가정은 매우 곤란하다는 것을 알 수 있다.

(풀이 Ⅵ) 원내에 제1점을 임의로 잡고, 다음에 제2점을 취하는 경우를 생각한다.

A, A′, O, B′, B는 (풀이 Ⅳ)에서와 같고, P를 임의로 취한 제1점이라 가정한다. 즉, 점 P를 잡고, P와 O를 연결하여 직경 AB를 만든다.



$\angle BPR''=\theta$라 하면

$\overline{OP}=\frac{r}{2}\cdot\frac{1}{\sin\theta}$, $\overline{OQ}=\frac{r}{2}$, $\overline{OA}=r$, $\overline{PQ}=\frac{r}{2}\cot\theta$, $\overline{PA}=r-\frac{r}{2}\mathrm{cosec}\theta$,

$\overline{R'Q}=\frac{\sqrt{3}r}{4}$, $\overline{PR}=\overline{PR'}=\frac{\sqrt{3}r}{4}-\frac{r}{2}\cot\ \theta$

따라서 다음 관계식을 얻는다.

$$\triangledown PR''B=\frac{r^2}{2}\angle BOR''+\frac{r}{2}\overline{OP}\sin\ \angle AOR''$$
$$=\frac{r^2\theta}{2}+\frac{\pi r^2}{12}+\frac{r^2}{4}\frac{\sin(\frac{5\pi}{6}-\theta)}{\sin\theta}$$

$$\triangledown PAR'=\frac{r'}{2}\{\frac{\pi}{3}-(\frac{\pi}{2}-\theta)\}-\frac{1}{2}\overline{PR'}\cdot\overline{OQ}$$
$$=\frac{r^2\theta}{2}-\frac{\pi r^2}{12}-\frac{r^2}{4}(\frac{\sqrt{3}}{2}-\frac{\cot\theta}{3})$$

제1점을 P로 취하였을 때, 제2점을 $\angle BOR''$ 또는 $\angle AOR'$ 내에 취하면, 그려진 현은 내접정삼각형의 1변보다 짧지는 않으므로, 현의 길이가 내접정삼각형의 1변 보다 길게 될 확률은 다음과 같다.

$$\frac{\triangledown PR''B+\triangledown PAR'}{\frac{\pi r^2}{2}}=\frac{r^2\theta+\frac{r^2}{4}\{\frac{\sin(\theta+\frac{\pi}{6})}{\sin\theta}-\frac{\sqrt{3}}{2}+\frac{\cot\theta}{2}\}}{\frac{\pi r^2}{2}}$$
$$=\frac{2\theta}{\pi}+\frac{\cot\theta}{2\pi}=\frac{4\theta+\cot\theta}{2\pi}\quad(\text{단, }\frac{\pi}{6}\le\theta\le\frac{\pi}{2})$$

이 확률은 θ의 함수이며 그 한계값을 구해 보면,

$$\text{Prob.}=\begin{cases}\frac{\sqrt{3}}{2\pi}+\frac{1}{3}, & \theta=\frac{\pi}{6}\text{인 경우}\\ 1, & \theta=\frac{\pi}{2}\text{인 경우}\end{cases}$$

이다. 이 결과는 P를 원주 상에 취한 경우에는 (풀이 V)와 일치함을 나타내며, OA′$(=r/2)$를 반경으로 하는 소원주 상에 P를 취한 경우에는 제2점의 위치에 관계없이 내접정삼각형의 한 변보다 긴 현을 얻게 된다는 것

을 나타내고 있다. 또한 P가 소원 내에 있는 경우에는 물론 구하는 확률은 1이다.

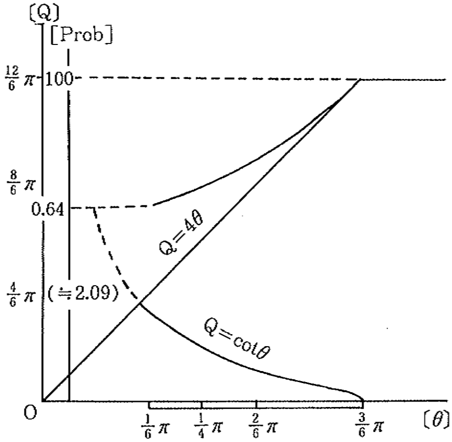
이제 위식의 분자를

$$Q=4\theta+\cot\theta$$

로 놓으면

$[Q']_{\theta=\frac{\pi}{6}}=0,\qquad [Q']_{\theta=\frac{\pi}{2}}=3$

이므로, 확률은 구간 $(\pi/6,\pi/2)$에서 단조증가함수임을 알 수 있다.



(풀이 Ⅶ) 제1점은 (풀이 Ⅵ)에서와 같으나, 제2점을 원주 상에 취하는 경우에는, 구하는 확률은

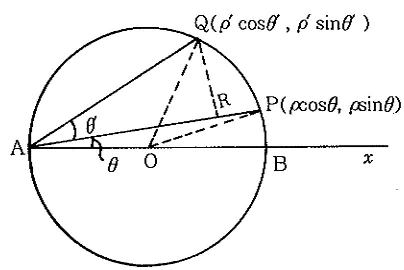
$$\frac{r\cdot\angle BOR''+r\cdot\angle AOR'}{\pi r}=\frac{2\theta}{\pi}$$

(풀이 Ⅵ의 결과의 제1항)가 되며, 그 변화상태는 위 그림과 같이 직선 $\theta=4\theta$를 따라 증가하며, $\theta>\pi/2$이면 1이 된다.

(풀이 Ⅷ) 제1점, 제2점을 모두 원주 상에 취하는 경우 :
A점을 제 1 점이라 하자. 그림과 같이 직교좌표축을 생각하고, 원주 상의 두 점 P, Q 의 극좌표를 각각 $(\rho,\ \theta)$, $(\rho',\ \theta')$이라 하면, Q에서 AP에 내린 수선의 발 R의 직교좌표 및 $\overline{QR}(=D)$는 다음과 같다.

$(\rho'\cos\theta\cos(\theta'-\theta),\ \rho'\sin\theta\cos(\theta'-\theta))$

$D^2=\rho'^2\{1-\cos^2(\theta'-\ \theta)\}$



여기서,

$\rho'=\rho-\Delta\rho,\quad \theta'=\theta+\theta\Delta\,(\Delta\rho>0,$ $\Delta\theta>0)$라 놓으면

$D^2=(\rho-\Delta\rho)^2\{1-\cos^2\Delta\theta\}$

$\quad=\rho^2(\Delta\theta)^2-2\rho\Delta\rho(\rho\theta)^2+\ \cdots$

P와 Q는 대단히 가까운 점이라 생각하고, $\Delta\theta$와 $\Delta\rho$를 무한소로 보고, 고차의 무한소를 생략하면 D^2은 ρ^2에 비례한다고 생각할 수 있다.

이 경우는 A로부터 ρ거리에 있는 원주 상의 점의 근방에서는 ρ에 비례한 빈도로 제2점이 취해진다고 가정하면, Prob.=1/4이고; ρ^2, ρ^3, ……, ρ^n에 비례하게 제 2점이 취해진다고 가정하면, 구하는 확률은 각각

$$(8-3\sqrt{3})/8 \approx 0.35,\ 7/16 \approx 0.44,\ \cdots\cdots,\ 1-(\sqrt{3}/2)^{n+1}$$

로 주어진다. 여기서, 이미 제 2점을 취할 때의 원주 상의 확률밀도가 ρ^2에 비례한다고 가정하면, 풀이 II의 확률 1/3보다 크다는 것을 알 수 있다.

(풀이 Ⅳ)부터 (풀이 Ⅷ)까지의 결과를 정리하면 다음 표와 같다. 제1점을 취하는 방법이라던가 제 2점을 취하는 방법이 영향을 주어, 확률의 값은 일정하지 않다.

제 1점 \ 제 2점	수선 상	임의	원주 상
임 의	$\sqrt{3/2\pi}+1/3$ [Ⅳ]	$2\theta/\pi+\cot\theta/2\pi$ [Ⅵ]	$2\theta/\pi$ [Ⅶ]
원주상		$\sqrt{3}/2\pi+1/3$ [Ⅴ]	$1-(\sqrt{3}/2)^{n+1}$ [Ⅷ]

§5 기하학적 확률에 관한 예제 II

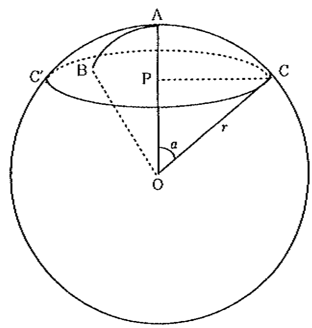
(1) 원주 상에 세 점 A, B, C를 잡고, 열호 AB, BC, AC의 중심에 대한 각이 定角 α보다 적은 것의 갯수와 동일한 금액의 받을 사람의 기대금액을 구하여라.

(풀이) 원주 상에 두 점 A, B를 임의로 취할 때, 열호 AB에 대한 중

심각은 0와 π사이의 임의의 값을 취하는 것과 같은 정도로 확실할 것이다. 고로, 열호 AB에 대한 중심각이 α보다 작을 확률은 α/π이고, 열호 AB에 대한 중심각이 α보다 작기 때문에 받는 그 사람의 기대금액은 α/π가 된다.

다른 열호 BC, AC에 대해서도 똑같이 생각할 수 있으므로, 구하는 기대금액은 $3\alpha/\pi$이다.

(2) 구면 상에 두 점 A, B를 잡고 대원(大圓)의 열호 AB에 대한 중심각이 定角 α보다 작을 확률을 구하여라.



(풀이) 두 점 A, B중의 한 점, 예를 들어, 점 A는 구면 상의 어느 점에 잡아도 같은 확률의 값을 갖는다. 따라서, 점 A를 고정시키고 다른 점 B를 구면 상에서 구하고, 열호 AB에 대한 중심각이 α보다 적을 확률을 구한다.

구의 중심을 O, 반경을 r, $\angle AOC=\alpha$라 하고, 구면 상의 점 C를 지나며 AO에 수직인 평면을 만들어, AO와의 교점을 P, 구면과의 교선을 CC'라 하면

$$AP=AO-OP=r(1-\cos\alpha)$$

따라서,

$$\frac{\text{구면 ACC}'\text{의 넓이}}{\text{전구면의 넓이}}=\frac{2\pi r^2(1-\cos\alpha)}{4\pi r^2}=\sin^2(\alpha/2)$$

그런데, 구면 ACC'상에 점 B를 취하면 $\angle AOB<\alpha$. 고로, 구하는 확률은 $\sin^2\alpha/2$이다.

특히 α가 대단히 적은 경우에는, 이 확률의 값은 근사적으로 $\alpha^2/4$와 같다.

[Bertrand의 별해] 구면 상의 두 점 A, B를 지나는 대원은 하나이다. 어떤 임의의 대원 상에 두 점 A,B를 잡아도 열호 AB에 대한 중심각이 α보다 적을 확률은 동일하므로, 하나의 대원을 고정시키고 그 위에 두 점

A, B를 잡는다면 AB에 대한 중심각 ∠AOB가 정각 α보다 작을 확률은 α/π이므로, 구하는 확률도 α/π이다.

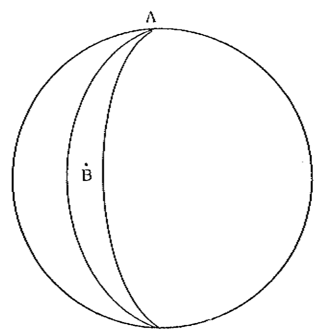
α의 값이 $\alpha=1^{\circ}$, 즉, $\alpha=\pi/180$rad인 경우에는, 확률의 값은 (2)의 해 및 이 별해에 대하여 각각

$$\frac{\alpha^2}{4}=\frac{\pi^2}{360^2}, \qquad \frac{\alpha}{\pi}=\frac{1}{180}$$

이 되고

$$\left.\frac{\alpha/\pi}{\alpha^2/4}\right]_{\alpha=\pi/180}=\frac{720}{\pi^2}\fallingdotseq\frac{720}{9.8696}>70$$

이므로, 이 문제도 不定問題이었을까? Emile Borel(1871～1956)[4]는 Bertrand의 "별해"가 잘못임을 밝혔다.



A를 지나는 定大圓 상에 점 B를 선정할 경우, 점 B가 대원의 임의의 부분에 존재하는 것도 같은 정도로 확실할 것이라고 하는 것은 좋지만, 구면 상의 임의의 위치에 점 B를 취할 때, 그 점이 점 A를 지나는 定大圓 상에 있을 확률은 0이라고 하여야 한다. 고로, 점 A를 지나는 정대원 상에 점 B를 취하는 경우의 확률을 생각하면, 구면 상에 임의로 점 B를 취하는 경우의 확률을 추론할 수 없다.

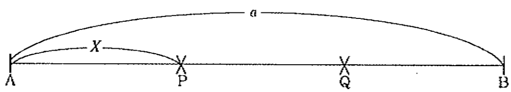
후자의 경우의 확률을 유도하려면, A를 지나는 매우 가까운 두 대원을 생각하고, 그 두 대원 사이에 있는 구면의 부분상에 점을 취하는 경우의 확률을 생각하여야 한다. 이와 같은 초승달형의 구면 상에 점 B를 취한다고 가정하면, 그것이 아무리 가늘은 초승달형이라 하더라도 B가 점 A로 부터 임의의 거리에 있을 확률은 같지 않다. 따라서, Bertrand의 별해는 옳지 않다는 것을 알 수 있다.

---

4) E. Borel, léments de la théorie des Probabilités, 1910

(3) 선분 AB 상에 한 점 P를 취하고, 다음에 선분 PB 상에 다른 점 Q를 잡을 때, PQ가 정선분 c보다 크지 않을 확률을 구하여라. 단, $c<$ AB이다.

(풀이) AB$=a$, AP$=$X라 놓으면 X가 x와 $a+dx$ 사이에 있을 확률은 dx/a이다.



PB$=a-$X이므로

$$\mathrm{P}\{\mathrm{PQ}<c\}=\begin{cases}\dfrac{c}{a-X}, & a-X>c\text{인 경우}\\ 1, & a-X\leq c\text{인 경우}\end{cases}$$

고로, AP가 x와 $x+dx$사이에 있으며, 또한 PQ$<c$일 확률은

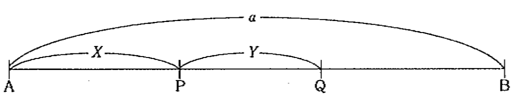
$$0<x<a-c\text{인 경우는}\quad \frac{dx}{a}\cdot\frac{c}{a-x},$$

$$a-c\leq x<a\text{인 경우는}\quad \frac{dx}{a}\text{ 이다.}$$

따라서, 구하는 확률은

$$\int_0^{a-c}\frac{dx}{a}\cdot\frac{c}{a-x}+\int_{a-c}^{a}\frac{dx}{a}=\frac{c}{a}\{\log\frac{a}{c}+1\}$$

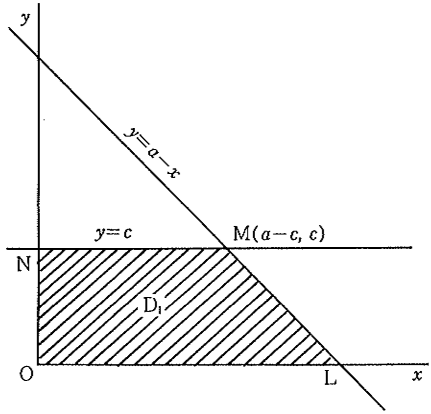
(별해) 그림과 같이 AP$=$X, PQ$=$Y, AB$=a$라 놓으면



$$0<\mathrm{X}<a,\qquad 0<\mathrm{Y}<a-\mathrm{X}$$

이므로 X는 x와 $x+dx$ 사이에, Y는 y와 $y+dy$ 사이에 존재할 확률은

$$\frac{dx}{a}\cdot\frac{dy}{a-x}$$



이다. 점 Q를 PQ≤c 되게 잡으면

$0<Y\leqq c,\qquad 0<Y<a-X$

이므로

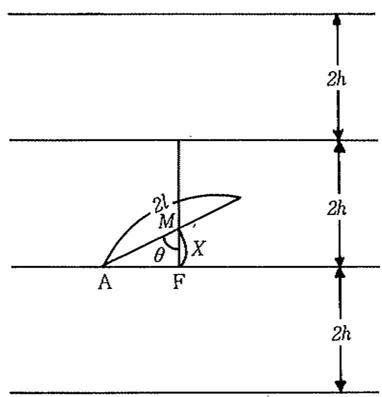
$0<X\leqq a,\ 0<Y\leqq c,\ 0<Y<a-X$

로 정해지는 범위를 D_1 이라하면, 구하는 확률은

$$\iint_{D1}\frac{1}{a(a-x)}dxdy=\int_0^{a-c}\left\{\int_0^c\frac{dy}{a(a-x)}\right\}dx+\int_{a-c}^{c}\left\{\int_0^{a-x}\frac{dy}{a(a-x)}\right\}dx$$

$$=\frac{c}{a}\left\{\log\frac{a}{c}+1\right\}$$

(4) Buffon의 문제 : 같은 간격의 평형선이 그려진 평면 상에 하나의 바늘을 떨어트릴 때, 그 바늘이 평행선 중의 하나와 만날 확률을 구하여라. 단, 바늘의 길이는 이웃하는 평행선의 간격보다 짧다고 한다.



(풀이) 이웃하는 평행선의 간격을 $2h$, 바늘의 길이를 $2l$이라 하면, 가정에 의하여 $l<h$이다.

이제, 바늘의 중심 M로부터 가장 가까운 평행선에 이르는 거리 MF를 X라 하면,

$$P\{X \in (x,\ x+dx)\} = \frac{dx}{h}$$

이고, 바늘의 중심위치가 일정할 경우, 이 바늘이 평행선의 하나와 만날 확률은 $2\theta/\pi$이다. 여기서, θ는 $MA=l$이 되는 평행선 상의 점 A에 대하여 MF와 MA가 이루는 각이다.

또한, $0 \leq x < l$ 이므로, 구하는 확률은 다음과 같다.

$$\int_0^1 \frac{dx}{h}\cdot\frac{2\theta}{\pi} = \int_{\pi/2}^0 \frac{-l\ \sin\theta\ d\theta}{h}\cdot\frac{2\theta}{\pi}$$

$$= \frac{2l}{\pi h}\{[-\theta\ \cos\ \theta]_0^{\pi/2} + \int_0^{\pi/2} \cos\theta\ d\theta\} = \frac{2l}{\pi h}$$

이다.

천문학자 Wolf는 이 결과가 옳다는 것을 실험적으로 확인하였다. 즉, 그는, h=45mm, l=36mm로 하여 5000회 실험하였는데 그 가운데서 2532회는 평행선과 만났다. 이 경우의 확률은,

$$\frac{72}{45\pi} \fallingdotseq 0.5093$$

이고, 바늘이 평행선의 하나와 만난 횟수와 전체 횟수의 비는

$$\frac{2532}{5000} = 0.5064$$

가 되어, 두 값은 거의 같다는 것을 알 수 있다.

이 결과는 "大數의 法則"을 驗證하는 하나의 예이다. 동시에, 역으로 대수의 법칙이 옳다고 가정하고, π의 값을 실험적으로 계산하는 데도 사용할 수 있다. 즉,

$$\frac{72}{45\pi} \fallingdotseq \frac{2532}{5000} \text{ 로부터} \qquad \pi \fallingdotseq 3.159 \cdots$$

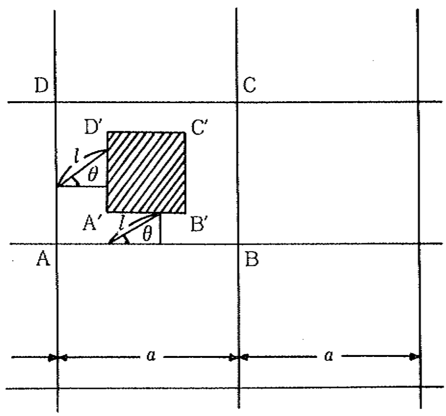
를 얻을 수 있다.

이와 같은 실험은 여러 사람이 한 것 같다. 그 중에서 약간의 결과를 표로 나타내면 다음과 같다.

실험자	연대	실험횟수	π의 값
Wolf	1850	5000	3.1596
Smith	1855	3204	3.1553
Fox	1894	1120	3.1419
Lazzarini	1901	3408	3.1415929

(5) 서로 수직인 두 조의 평행선군으로, 평면을 무수히 많은 서로 같은 직사각형으로 나누고, 그 위에 하나의 바늘을 떨어뜨릴 때, 그 바늘이 평행선 중의 하나와 만날 확률을 구하여라. 여기서, 바늘의 길이는 평행선의 간격보다 짧다고 가정한다.

(풀이)두 조의 평생선군의 서로 이웃하는 평행선 간의 간격을 각각 a, b라 하고, 바늘의 길이를 $2l$라 가정하면, $2l<a$, $2l<b$이다. 두 조의 평행선군이 만드는 임의의 한 직사각형 ABCD 내에 바늘의 중심이 떨어지는 경우, 직사각형의 한 변 AB와 바늘이 만드는 각을 θ라 하면, 바늘의 중심과 AB(AD)와의 거리가 $l\ \sin\theta$($l\ \cos\theta$)보다 짧으면, 바늘은 AB(AD)와 만나고, 이것보다 길면 만나지 않는다. 바늘이 DC, CB 와 만날 조건은 각각 AB, AD 와 만날 조건과 같다.



고로, AB, DC로부터의 거리가 $l\sin\theta$인 두 직선 A′B′, D′C′와 AD, BC로부터의 거리가 $l\cos\theta$인 두 직선 A′D′, B′C′를 직사각형 ABCD 내에 긋고, 직사각령 A′B′C′D′를 만들면, 바늘의 중심이 직사각형 A′B′C′D′내에 있을 때에 한하여 바늘은 직사각형 ABCD 의 변과 만나지 않는다. 바늘이 AB와 이루는 각이 θ일 때, 바늘이 두 조의 평행선의 어느 것과도 만나지 않을 확률은

$$\frac{\text{넓이 A}'\text{B}'\text{C}'\text{D}'}{\text{넓이 ABCD}}=\frac{(a-2l\ \cos\theta)(b-2l\sin\theta)}{ab}$$

이다. 따라서, 바늘이 AB와 이루는 각이 θ와 $\theta+\mathrm{d}\theta$사이에 있으며, 또한 바늘이 어느 평행선과도 만나지 않을 확률은

$$\frac{(a-2l\cos\theta)(b-2l\sin\theta)}{ab}\cdot\frac{d\theta}{\pi/2}$$

이다. 고로 구하는 확률은

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}}\frac{(a-2l\cos\theta)(b-2l\ \sin\theta)}{ab}\frac{2d\theta}{\pi}$$

$$=\frac{2}{\pi ab}\Big[ab\theta-2l(b\sin\theta-a\cos\theta)+2l^2\sin^2\theta\Big]_0^{\pi/2}$$

$$=1-4l\frac{(a+b)-l}{\pi ab}$$

이 결과로 부터, 바늘이 이들 평행선 중의 적어도 하나와 만날 확률은

$$4l\frac{(a+b)-l}{\pi ab}$$

로 된다. 이 식에서 $b\to\infty$로 하면 $\dfrac{4l}{\pi a}$이 되며, Buffon 의 문제(4)의 결과와 일치한다.

제8장 고전확률론 (Ⅲ)

§ 1 원인의 확률

Bayes의 정리 :

표본공간 S에서, 사상 $B_1,\ldots,B_n$은 서로 배반이고,

$$S = B_1 \cup \cdots\cdots\cdots \cup B_n$$

이며, $P(B_i) > 0$ $(i=1,\ldots,n)$이면, $P(A)>0$ 인 임의의 사상 A에 대하여

$$P(B_k|A) = \frac{P(A|B_k)P(B_k)}{P(A|B_1)P(B_1)+P(A|B_2)P(B_2)+\cdots+P(A|B_n)P(B_n)}$$

이 성립한다. 여기서, $B_1,\ldots,B_n$은 서로 배반인 A의 원인이라 한다면, 사상 A가 일어나기 전에 판단한 "원인의 확률"은

$$P(B_k), \quad k=1,\ldots,n$$

이다. 하나의 사상 A가 원인 $B_1,\ldots,B_n$으로 일어날 확률은

$$P(A|B_k), \quad k=1,\ldots,n$$

이다.

이제, 사상 A가 이들 원인 중의 하나로 일어났다는 것을 알았을 경우, 이 사상이 참으로 원인 B_k로 일어났을 확률 — 사상이 일어난 후에 판단한 B_k의 확률 — 은 $P(B_k|A)$이다.

$P(B_k)$, $P(B_k|A)$ 모두 원인 B_k의 확률이지만, $P(B_k)$는 사상 A가 일어나기 전에 판단한 B_k의 확률이고, $P(B_k|A)$는 사상 A가 일어난 후에 구해지는 B_k의 확률이다. 이런 뜻에서 $P(B_k)$는 원인 B_k의 "事前確率", $P(B_k|A)$는 원인 B_k의 "事後確率"이라 한다.

[예 1] 상자 속에 4 개의 공이 들어있다. 그 중에는 흰 공이 얼마나 들어 있는지를 모른다. 이제, 1 개를 꺼내 보았더니 흰 공이었다. 이로부터, 그 상자 속에 3 개의 흰공이 들어있었을 확률을 구하여라.

(풀 이) 원인은 표에 있는 5 가지이다.

원 인	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5
흰공의 갯수	0	1	2	3	4

이 5개 원인의 사전확률은 서로 같다고 해석할 수 있다.[1] 그리고, 이 5가지의 원인에서 꺼낸 한 공이 흰색이라는 사상이 일어날 확률은 각각

$$p_1=0,\ p_2=\frac{1}{4},\ p_3=\frac{2}{4},\ p_4=\frac{3}{4},\ p_5=1$$

이므로 구하는 확률은

$$\pi=\frac{\frac{3}{4}}{\frac{1}{4}+\frac{2}{4}+\frac{3}{4}+1}=\frac{3}{10}$$

[예 2] 상자 속에 4개의 구슬이 들어있다. 그 구슬은 흰 색이거나 검은 색이다. 이제, 한 개를 꺼내 보았더니 흰 색이었다. 이 상자 속에 3개의 흰 구슬이 들어있었을 확률을 구하여라.

(풀이) 원인은 아래 표의 5가지이다. 상자 속의 각 구슬은 흰 색인 것, 검은 색인 것에 대하여 같은 정도로 확실하므로, 이 다섯 가지의 원인의 사전확률 $P_i(i=1,\ 2,\ \cdots,\ 5)$ 및 각 원인으로부터 문제의 결과를 얻을 확률은 아래 표와 같다.

---

1) 5원인의 사전확률이 같다고 한 것은 의문의 여지가 있다. 우리가 Principle of no reason의 입장을 취하면, 옳다고 생각되지만, Principle of sufficient reason의 입장을 취하면, 사전확률을 不定하게 하지 않을 수 없게 될 것이다.

	B_i	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5
원인	흰 구슬의 갯수	0	1	2	3	4
	검은 구슬의 갯수	4	3	2	1	0
P_i		$\left(\frac{1}{2}\right)^4$	${}_4C_1\left(\frac{1}{2}\right)^4$	${}_4C_2\left(\frac{1}{2}\right)^4$	${}_4C_3\left(\frac{1}{2}\right)^4$	$\left(\frac{1}{2}\right)^4$
p_i		0	$\frac{1}{4}$	$\frac{2}{4}$	$\frac{3}{4}$	1

고로 구하는 확률은

$$\pi = \frac{p_3 P_3}{\sum_{i=1}^{5} p_i P_i} = \frac{3}{8}$$

[예 3] 주머니 속에 구슬 4개가 들어있었다. 매회마다 한 개씩 꺼내어 다시 되돌려 넣었는 일을 $4r$회 하였더니, r회 흰 구슬을 얻었다고 한다. 주머니 속에 흰 구슬이 1개 있었을 확률을 구하여라.

(풀이) 이 문제에서는 3가지 원인을 상정할 수 있다.

B_1	B_2	B_3
흰 구슬 1개	흰 구슬 2개	흰 구슬 3개

원인 B_1, B_2, B_3이 참(True)이라면, $4r$회의 시행 중 r회 흰 구슬을 얻을 확률 p_1, p_2, p_3는 각각

$$p_1 = {}_{4r}C_r\left(\frac{1}{4}\right)^r\left(\frac{3}{4}\right)^{3r}$$

$$p_2 = {}_{4r}C_r\left(\frac{2}{4}\right)^r\left(\frac{2}{4}\right)^{3r}$$

$$p_3 = {}_{4r}C_r\left(\frac{3}{4}\right)^r\left(\frac{1}{4}\right)^{3r}$$

이다. 고로 원인 B_1, B_2, B_3의 사전확률을 각각 P_1, P_2, P_3라 하면 B_1의 사후에 확률은,

$$\pi=\frac{P_1p_1}{\sum_{i=1}^{3}P_ip_i}=\frac{P_1\times 3^{3r}}{P_1\times 3^{3r}+P_2\times 2^{4r}+P_3\times 3^r}$$

이고,

$$\lim_{r\to\infty}\frac{2^{4r}}{3^{3r}} = \lim_{r\to\infty}\left(\frac{16}{27}\right)^r=0, \qquad \lim_{r\to\infty}\frac{3^r}{3^{3r}} = \lim_{r\to\infty}\left(\frac{3}{27}\right)^r=0$$

이므로,

$$\lim_{r\to\infty}\pi = 1$$

을 얻는다. 이것으로부터 다음의 결론을 얻는다.

"4개의 구슬이 들어있는 주머니에서 구슬을 1 개씩 꺼내어 보고는 다시 주머니에 넣는 일을 $4r$(r은 대단히 큰 수임)회 반복하여 흰 구슬이 r회 나왔을 경우에는, 주머니 속에 흰 구슬이 1개 있었을 확률은 거의 1과 같다."

§2 Bayesian 통계학

앞절에서 설명한 Bayes의 정리는 사전확률과 사후확률을 연결하는 것이다. 이것은 Laplace의 "확률의 해석적 이론"의 영향으로, 통계적 추정론(Theory of Statistical Inference)의 중심위치를 차지하고 있었다.

20세기에 들어와서, 1900년부터 1930년에 걸쳐서,

K. Pearson의 大標本의 檢定・推定理論의 定式化,

R. A. Fisher에 의한 精密 小標本理論의 건설,

J. Neyman, E. S. Pearson에 의한 검정・추정의 數學的 定式化

가 완성되고서는, 事前分布를 가정하지 않는 推測理論이 "수리통계학"의 주류를 이루게 되어, Bayesian 통계학의 지지자는 소수의 사람으로 한정되기에 이르렀다. 그러나, J. Savage의 "Foundation of Statistics

(1954)"가 출판되자 "Bayesian revolution"이라고 일컬어질 정도로 급속히 회복되었다. 그것은 Neyman－Pearson 이론의 불완전성으로 인하여, 가끔 직관적으로 불합리하다고 생각되는 결론에 도달하는 일이 있었기 때문이다.

Bayesian 통계학은 "主觀確率(Subjective Probaility)"를 도입함으로써, 적어도 논리적으로 모순없는 체계를 만드는 일이 가능하다. 그러나, 주관확률의 도입으로 논리의 無矛盾에는 도달할 수 있어도, 데이타로부터 객관적 사실을 추측하는 방법이 해결된 것으로는 되지 않는다라는 반론도 있는 것이다. 그것은, 어떻게 해서, "합리적인 先驗分布"를 찾아 내느냐고 하는 문제가 해결되지 않기 때문이다.

이와 같이, 문제는 있지만, 우리가 통계분석에 당면해서, 어떤 "결정"을 내리도록 강요받는 경우라던가, 어떤 "선택"이 필요한 경우에는, Bayes 방식으로 처리하지 않으면 안 될 경우가 생긴다.

Bayes는, "만약에 사전에 데이타가 없다면, 모든 가설은 같은 정도로 확실할 것이다"를 공리로 하고 있었다. 이에 대하여, 하옇든 Bayes의 공리로부터 출발해서, 데이타를 얻고, 사후확률에 따라 사전확률을 수정하면서 추차로 이것을 반복하면, 사전확률은 실제적으로 그렇게 적정할 정도로 중요한 것은 아니다 라고 I. J. Good[2]는 주장하고 있다.

§ 3 Gauss(1777～1855)

처음으로 확률계산이 시작되면서 비로소, 통계이론 발전의 수학적 기초가 확립되었고, 그것으로 인하여 통계과정(統計過程)의 분석을 가능케 하는 용구(tools) 및 그 과정 내의 系統的 因子와 偶然的 因子와를 분리하는 기준을 제공하는 용구가 확립되었다. 이 시기에 통계를 적용하는 새로운

2) Probability and Weighting of Evidence. London. 1950.

분야 — 관찰오차의 이론 — 가 발견되었다. 그리고 그 시기는 천문학 발달의 위대한 시기이며, 또한 측량학 등 응용과학발달의 위대한 시기이기도 하다.

당시, 각국에서는 처음으로 국가의 면적, 도시 간의 거리 등의 대규모 측량이 실시되었다. 그래서, 동일대상을 반복해서 측정하면, 그 때마다 결과가 다소 다르다는 것을 알게 되었다. 예를 들면, 어떤 산의 높이, 어떤 두 지점 간의 거리를 측정하더라도 매회 다소 다른 결과를 얻게 된다. 산의 높이, 어떤 두 지점 간의 거리 등 대상의 크기는 불변이지만, 매회의 측정에는 오차(관찰 오차)가 포함된다고 생각하게 된 것이다. 그래서 각각 약간의 오차를 포함하는 일련의 측정값을 기초로 해서 計測對象(object)의 실제 크기를 어떻게 추정하느냐가 문제로 된 것이다. 여기에 "大量過程의 문제"가 발생한다는 것은 명료하다. 계측대상인 불변의 크기라고 하는 主原因이 있고, 또 계측할 때마다 다르게 작용하는 副次的 原因이 있다. 예를 들면, 經緯儀를 사용해서 측량할 경우, 器具의 크기는 온도에 따라 매우 적은 변화를 할 뿐이지만, 진동으로 인하여 관측자가 눈금을 읽는 精確度는 변동한다. 이와 같이, 측정결과는 계측대상의 크기에 좌우될 뿐만 아니라, 측정할 때마다 다른 부차적 원인에도 좌우된다.

이와 같은 경험에 의거해서, "觀察誤差의 理論"이 탄생되었다. 1809년 이 이론의 여러 문제를 취급한 독일의 수학자 Carl Friedrich Gauss는 이 방면의 선구자 중의 한 사람이었다. 그는 관찰오차를 제거하는 계산방법과 계측대상의 실제값을 推計하는 방법을 전개하였다. 이것은 대량과정에있어서 系統的 因子와 偶然的 因子를 명확하게 분리하는 최초의 시도였다. 그리고 이것이 오늘날 "통계조사"의 모든 분야에 적용되고 있는 이론적 기초를 창출하였던 것이다.

Gauss는 오차의 이론에서 출발해서, 정규곡선이 지니고 있는 실용적 가치를 밝히고,정규곡선이 측정값의 분포라던가 과학적 관찰에 수반되는 오차에 대하여 어떻게 잘 適合하는지를 보이고, 그 평균값, 확률오차 등의 기본적인 계산방법을 고찰하였다. 그래서 정규곡선을 Gauss곡선이라고 부르

기도 한다. 그는 또 "最小自乘法"을 발명하였다.

§ 4 Poisson(1781～1840)과 대수의 법칙

Simeon Denis Poisson은 Pithiviers에서 태어나서, 17세에 Paris로 나와 Polytechnic School에 입학하고 2년도 지나기 전에 두 편의 논문(消去法에 관한 Bézout의 방법에 관한 것 및 定差方程式에 관한 것)을 발표하고 천재성을 발휘하였다. Lacroix, Legendre에 의하여 후자의 논문은 인정되었다.

그는 1840년 사망할 때까지 300편 이상의 논문을 남겼다. 1830년의 혁명 후에도 다행히 프랑스 과학의 대표자로서 귀족의 지위를 갖고 있었다. Poisson의 일은 거의 수학 전반에 걸친 것이었다. 가장 중요한 것은 전기 · 자기에 관한 이론일 것이다. Laplace를 계승한 천체역학에 관한 연구도 저명하다. 논문 외에도 많은 저서가 있다. 확률에 관한 것으로, "犯罪事象 判斷의 확률에 관한 연구(Recherches sur la probabilités, des judgements en matiére criminelle, 1837)"를 저술하고,

大數의 法則 (loi des grands nombres)

의 수학적 기초를 완성하였다.

Bernoulli의 정리에서, 문제삼았던 확률은 하나의 불변인 값이었으나, 문제를 다수의 확률의 경우로 확장해서 생각하고, 어떤 사상이 n회의 독립시행 중, 제1회, 제2회, 제3회, ······에서 일어날 확률을 각각, p_1, p_2, p_3, …라 하면, 그 사상이 일어날 빈도 r/n은, 임의의 양수 ε에 대하여,

$$\lim_{n\to\infty} \mathrm{Prob}\left\{\left|\frac{r}{n}-\sum_{i=1}^{n}\frac{p_i}{n}\right|<\varepsilon\right\}=1$$

을 만족시키며, 시행횟수 n을 증대시키면, 그 상대빈도 r/n은 확률 p_1, p_2, p_3, … p_n의 평균값과 거의 같은 결과를 얻게 된다는 것을 밝히는 것이다.

이것은, Bernoulli의 정리에서의 元素的 확률의 문제를 "平均的 확률의 문제"로 발전시킨 것이며, "Poisson의 정리"이다. 그는 이것을 大數法則이라 불렀다. 이 법칙은, 독립시행인 事象群에서 뿐만 아니라, 종속인 사상군에 대해서도 적용하게 되었으며, 우연히 발생하는 사상의 관찰돗수가 "大數性"에 의하여 지배될 때 나타나는 확률의 성질이 대수의 법칙이라는 것이다.

數學상의 대수법칙은, Bernoulli의 경우, Poisson의 경우를 통하여, 관찰값을 무한히 증대하는 경우에는, 평균적 확률은 원소적 확률로 수렴한다.

$$\lim_{n \to \infty} \sum_{i=1}^{n} p_i = p$$

이렇게 해서, "數學的 大數法則"은 어떤 사상의 상대빈도 r/n이 관찰횟수 n을 무한히 증가시키므로써 그 본래의 先驗的確率 ― 원소적 확률 p 또는, 평균적 확률 $(1/n) \sum_{i=1}^{n} p_i$ ― 로 (확률)수렴하는 꼴 즉,

$$\lim_{n \to \infty} \frac{r}{n} = p, \qquad \text{또는} \qquad \lim_{n \to \infty} \frac{r}{n} = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^{n} p_i$$

로 표현되는 근본원리를 말하고 있다. 여기에는, 다음의 세 조건

1. 각 사상의 균등 가능,
2. 상호 독립,
3. 수학적 확률의 불변

의 존재가 요청되고 있다.

이에 대하여, 어떤 사상에 대한 판단이 참(true)일 가능성은 歸納論理의 영역에서,그 경험돗수와 밀접한 관계를 가지고 있다는 것이 주장되고 있다.

어떤 판단 즉, 명제가 참일 확률은 그 판단의 언사(言辭)에 관한 구체적 경험사상을 "무한히 모을 수 있는 경우"에 접근할 수 있는 극한이며,

"論理的 確率"

이라고도 말할 수 있는 것이고, 先驗的으로 결정되어야 하는 것이다. 따라

서, 어떤 판단 형식으로 표현되는 구체적 事象의 특성의 일반적 상대관계는, 그것이 구체적으로 참일 수 있는 경우의 가지수 r의, 참일 수 있는 모든 가능한 경우의 가지수 n에 대한 빈도의 강도를 r/n으로 나타내면, n을 무한대로 함으로써 "논리적 확률"에 한없이 접근해서, 거의 일치하게 된다. 이것이 論理的 大數法則이다. 논리적 대수법칙에서 특히 주의하여야 할 것은 "大數性", 즉, "無限性"의 개념이다.

"統計的 大數法則"은 상대빈도에서 경험적 확률로 나아가는 것이다. 그러나, 확률의 수학적 논리에서 본 한계는 사회적.역사적으로 주어져야 하기 때문에, 선험적 확률과 같이 추상적이고 불변인 것이 아니라, 경험사실로부터 귀납적으로 얻을 수 있게 되는

相對頻度의 經驗的 極限值

에 불과하다. 즉, 어떤 특정한 사상의 어느 시기, 어느 사회에서의 구체적인 본질관계를 수량적으로 표현한 것이다. 엄밀한 의미에서, John Maynard Keynes(1883~1946)가 그의 저서 "Treatise on Probabilities, 1952"에서 기술한 바와 같이

統計的 頻度의 安定性

이 그 본질을 이루는 것이다.

§5 확률론과 통계학

확률론의 성공은 당시 지나치게 기대되었던 것 같다. 불확정인 현상에 대해서 합리적 판단을 내리는 이론이라는 것은, 항상 인간에 의하여 탐구되고 있는 것이지만, 계몽사상의 전성기인 당시에는 기계론의 영향도 있고 해서, 확률론이 인간사회의 합리화에 크게 도움이 될 것이라는 "환상"을 낳게 하였다. Condorcet와 같은 사람까지도 배심원제도의 합리화를 위해서 확률론의 응용 등을 진지하게 생각하였다고 전해지고 있다. 고전확률론은 Laplace, Poisson의 연구에 의하여 일단 완성되었다. 즉, 확률의 고전

적 정의를 명확히 하고, 확률모함수(probability generating function)의 개념을 사용하여 확률론의 체계를 세우고, 확률론의 중요한 극한정리인 "中心極限定理"를 유도하였다. 그러나, "통계학과의 연결"은 아직 희박하였다.

정규곡선이라던가 초보적인 통계방법을 생물학적 현상 및 사회현상에 처음으로 적용한 것은 벨기에의 왕실직속 천문학자 Quetelet(1796~1874)의 공적이었다. 그는 곧 유럽대륙에서 통계적 방법을 추진한 가장 유력한 사람이 되었다.

Quetelet는 기후라던가 출생・사망・결혼・질병・범죄 등의 사회현상을 기록할 것을 장려하였다. 또한 무선택모집단이 사용된다면, 정규분포의 법칙이 각종의 인체측정에 적용된다는 것을 밝혔다.

잇따라서, Quetelet의 학문과 심리학을 연결한 사람은 Galton (1822~1911)이다. 그는 Qutelet의 업적에 감명받고, 인간에 있어서의 유전의 문제를 해명하려는 희망을 품고, 대규모로 인간을 측정하는 일에 착수하였다. 그가 1822년에 South Kensington에 창설한 "인체측정연구소"에는 여러가지의 간단한 감각데스트, 운동데스트를 할 수 있는 설비가 시설되어 있었다. 그는 정규곡선이라던가 그의 간단한 적용만으로는 불충분하다는 것을 인식하고, 더욱 많은 통계적 수법을 새로히 안출하였다. 그 중에는 K. Pearson과의 협력에 의하여 얻은 것이지만, 相關法・標準得點・中位數 등 및 品等法・評定尺度法 등과 같은 심리적 척도도 포함되어 있다. 이 방면의 발전은 정신검사의 역사에서 찾아 볼 수 있다.

제9장 초기인구론

§1 Graunt—Petty 시대까지의 인구증감론

인구는 그 증가를 억제하는 하등의 원인이 작용하지 않는 경우에는, 생리적인 최대 증식력, 말하자면 자연적 증가 속도로 기하급수적으로 증가하리라는 것을 쉽게 상상할 수 있다. 그러나, 인구가 증가하기 시작하자마자, 동시에 그 증가를 다소나마 억제하려는 "抵抗力"이 작용하기 시작한다는 것도 명백한 사실이다. 고로, 인구 증가속도, 엄밀히 말하자면, 그 상대적 증가율은 하등의 착란적 사정이 작용하지 않는 한, 인구의 증가와 함께 감소하는 것이 원칙이다. 인구증가법칙은 이 증가율의 감소상태를 규정하는 것을 내용으로 한다.

인구의 자연적 증식력과 이를 억제하는 원인이 되는 토지・식량 등의 요인을 대립시키려는 생각은 "인구론"의 발단시대부터 있었으나, 인구의 증식과 이를 배양하는 토시.식물 간의 관계를 상관있는 것으로 보고, 이것을 인구 증가속도의 변화법칙의 형태로 파악하게 된 것은 훨씬 후의 일이었다.

인구의 자연적 증식력은 태초로부터 불변이며, 아무런 방해도 없을 경우에는, 인구는 무한히 증가할 것이라고 Giovanni Botero(1540~1617)는 16세기 말에 발표하였다(Giovanni Botero, Delle Cause della Grandezzae Magnificenza della Cittâ, Venezia 1589). 그 후, 많은 사람이 이런 생각을 되풀이 가졌었으나, 얼마 안 되어 이와 같은 자연적 증식력이 어느 정도까지 크게 될 것인지를 문제로 삼게 되었다.

근대 자본주의의 사조는 당연히 인구의 증가를 존중하였다. 그러나, 당시에는 주로 도시인구를 집중적으로 관찰하였기 때문에, 현실의 인구가 전

체로서도 정체된 것처럼 느끼게 하는 경우가 많았다. 더욱이, 여러 번 거듭되는 전쟁 · 질병 · 기근 등으로 인한 대량사망 사실은 자주 인구의 쇠퇴를 초래하는 것처럼 생각하게 만들었다.

(I) Dionysius Petavius(1583~1652) : 모든 인구의 증가법칙에는, 인구증가에 하등의 억제원인이 작용하지 않을 경우에는, 인구가 기하급수적으로 증가한다는 기본적인 생각이 잠재되어 있다. 인간의 생식생활이 하등의 제한도 받지 않으며, 출생한 인구를 배양할 토지와 식량이 무한히 존재하는 경우에는, 생리적 생식력은 최대한도로 발휘되며, 이 최대생식력으로 인구는 최단기간에 최대로 증가하게 된다. 이 최대 증가속도는, 말하자면, 인간의 자연적 생리적 증가력이고, 인구는 이 증가속도로 기하급수적으로 증가하게 되는데, Paris의 신학교수 Petavius는 "年代論考(Opus de doctrine Temporum, 1621)"에서 고대 연대의 계산을 시도하고, 인구의 자연적 증가속도의 계산을 생각하였다.

구약성서에 따르면, "대홍수"에서 생명을 구제받은 노아(Noah)부부에는 셈(Shem), 햄(Hem), 야베트(Japheth) 3명의 아들과 그들의 처들과 함께 8명의 가족이 있었다.

Petavius는, 사람은 결혼 후 8년 간에 8명의 자녀를 낳고, 생식생활을 끝마친다고 가정하였다. 그리하여, 17세에 첫째 아이를 낳는다면 24세로 그의 생식생활을 끝내게 된다.

인류 증식표

홍수 후의 년수	자손의 수
8	8
31	64
54	512
77	4,096
100	32,768
123	262,144
146	2,097,152

169	16,777,216
192	134,217,728
215	1,073,741,824
238	8,589,934,592
261	68,791,476,736
284	550,331,813,888
계	628,292,358,728

단, 당시에는 인간이 대단히 장수하여, 노아는 950세에 사망한 것으로 기록되어 있으므로, 인간은 생식생활을 끝내고서도 대단히 오랫동안 생존하고 있음은 물론이다.

이와 같은 가정 하에, 그는 "人口增殖表(diagramma propagationis hominum)"을 계산하였다. 이 표는 노아의 세 아들 중의 한 명에 대한 계산이었으며, 그의 자손은 모두 남자라고 가정하고, 생식에 필요한 여자는 다른 2명의 아들의 자손으로부터 공급된다고 가정하였다. 그리하여, 홍수 후 8년에는, 예를 들어, 야패트는 8명의 아들을 가지며, 이 8명은 홍수 후 31년 까지는 17세 내지 24세가 되고, 또 각각 8명의 아들을 갖는다. 이와 같이 해서, 새로 탄생된 한 명은 23년마다 다음의 8명을 낳으면서 인구는 증가하게 된다.

이와 같이, 인류의 자손의 수는 23년마다 8배가 되어, 당시의 장수를 고려한다면, 위와 같은 계산의 범위에서는, 최초의 야패트의 아들 8명은 아직 생존하고 있으므로, 야패트의 자손의 수는 홍수 후 284년에는 6,283억이라는 수에 달하게 된다.

(II) **Sir Matthew Hale**(1609~76) : Petavius의 계산은 대단히 소박한 산술에 불과하였다. London의 고등법원 판사장이었던 Hale은 이 계산에 人口統計的 사고방식을 도입하여 한층 현실적인 것으로 접근시켰다. 즉, 그의 "人類 起源論(The Primitive Origination of Mankind considered and examined according to the Light of Nature, 1677)"에서 Graunt의 "觀察論"을 원용하여, 인구는 정체적인 것이 아니라, 항

상 증가하고 있다고 기술하고, 그 증가속도를 다음과 같이 계산하였다.

Hale은 결혼연령을 남자는 26세, 여자는 20세라 하고, 임잉 연령은 남자는 55세까지, 여자는 40세까지도 계속된다고 가정하였다. 여자의 임잉 기간 20년에 대하여 20명의 자손 출산이 가능하지만, 모든 혼인이 모두 이와 같은 多産이라고는 기대할 수 없으므로, 각 혼인의 産兒數를 평균 6명이라고 가정한다. 그리고 이들 자녀가 성장할 때까지 사망하는 경우를 생각하여, 6명 중 2명만이 생존하여 결혼하고, 각각 자녀를 갖는다고 가정한다. 이제, 아버지가 27세, 30세일 때 각각 큰 아들과 둘째 아들이 출생되고, 이 두 사람이 살아 남아서 결혼하고, 각각 자녀를 갖는다고 가정한다. 아버지가 60세 될 때까지 34년 간에 최초의 2명은 8명으로 증가한다. 즉, 인구는 34년 간에 4배로 된다. 부모가 사망한다고 가정하여도 여전히 2배이상의 증가율을 나타낸다. 여기서, 그는 인구의 증식에 관계되는 인간만을 생각하고, 기타의 자녀는 고려하지 않았다.

그의 계산을 다른 말로 표현하면, 인간은 장래의 증식에 기여하는 자녀를 항상 2명씩 출산하며, 아버지가 27세, 30세일 때 각각 첫째, 둘째 아들이 출생된다고 가정하였다. 이 경우, 아버지가 60세로 되었을 때 가족수는 — 증식과 관계없는 사람을 제외하고 — 모두 8명이 된다. 이것을 표로 나타내면 다음과 같다. 여기서, 숫자는 연령을, *표는 출생을 나타낸다.

	부	모	장자	차자	장자의 장 자	장자의 차 자	차자의 장 자	차자의 차 자
부모결혼	26	20						
장자출생	27	21	*					
차자출생	30	24	3	*				
장자의 장자출생	54	48	27	24	*			
장자의 차자출생	57	51	30	27	3	*		
차자의 장자출생	57	51	30	27	3	—	*	
차자의 차자출생	60	54	33	30	6	3	3	*

Hale은, 그러나, 인간의 증식에는 남녀 한쌍이 필요하다는 것을 망각한 것 같다. Petavius는 증식을 위한 협력자로서 필요한 여자를 다른 곳에서 구한다고 가정하고 있었으나, Hale은 처음에 부모 2명의 존재를 생각하였을 뿐이고, 그 후에는, 이 가정의 필요성을 망각하고 있었다. 실제로, 만약에 부부가 장래의 증식에 기여할 자녀를 2명만 남긴다고 가정한다면, 인구는 증가하지도 감소하지도 않을 것이다.

Hale은 위와 같은 계산으로, 인구의 자연적 증가속도는 매우 클 것으로 생각하여, 기하 비율(geometrical propotion)로서 증가하는 경향이 있는 것으로 보고, "노아의 홍수 후 215년에 생존하는 인구수는, Petavius의 계산을 따른다면 1,227,133,512명이다"라고 말하였다. 그러나, 이와 같이 급속하게 증가하는 인구를 지구 상에 수용한다는 것은 불가능하므로, 인구의 증가에 대하여 페스트 기타의 질병, 기근, 전쟁, 홍수, 화재 등의 장해가 주로 작용한다고 그는 기술하였다.

페스트·전쟁·지진·홍수 등이 신의 성료에 따라, 인류의 죄와 반역을 벌하고, 동시에 세계가 인류에게 공간을 주어서, 스스로를 유지하는데 적당한 비율과 크기에서 인류를 보지할 목적으로 사용되었다는 것은 신의 특별하고도 무한한 예지의 일단이다. 이와 같은 파괴적 작용을 수반하는 현상이 존재함에도 불구하고, 인류의 증가는 끊임없이 계속되고 있다. 그러나, 평시에는 출생수가 항상 사망수를 초과하여, 인구증가는 서서히 계속되고 있다.

여기에서 Malthus의 인구론의 선구를 명료하게 알아차릴 수 있다. 특히, 인구의 증가속도에 대한 표현으로 "기학적 비율"이라는 낱말을 사용한 최초의 한 사람이라는 것을 주의하지 않으면 안 된다. 그러나, 이 기하급수적 증가경향을 억제하는 여러 사정의 해석은 여전히 神學的 傳統에서 나오는 일은 없었다.

"인구는 제한되지 않는다면, 기하급수적으로 증가한다"는 인구증가법칙(1798년)을 발표한 사람은 Thomas Robert Malthus(1766~1834)이다. 그러나, 그는 제한이 가해진 경우, 인구가 어떤 형태로 증가하느냐에

대해서는 규정하지 않았다.

§2 Süssmilch(1707~67)

"人口增加法則"에서도 Johann Peter Süssmilch를 잊을 수는 없다. Graunt로부터 King에 이르기까지, 인구가 기하급수적으로 증가하는 경향을 나타낸다는 것이 일반적으로 의식되어 있었음에도 불구하고, 그 倍加年數의 계산방법은 산술급수적이며 단리계산적이었다.

이 모순을 최초로 지적한 사람은 Süssmilch이었다. 그는 1716년 회색의 승원 Zum grauen Kloster에서 어학을, 1727년 해부학 연구소에서 의학, 해부학, 식물학, 화학을 배웠다. 그리고 Halle대학에 입학하여 신학, 히브리어를 배우고, 1728년 Jena 대학으로 옮겨, 철학을 공부하고 당시 철학의 영역에서도 지배적이었던 數學的 연구방법의 영향을 받어, 영국의 철학자 William Derham의 "自然神學"(Physico-Theologie)을 읽고 영향을 받었다. 1740년 Ezien 및 Knoblanch의 목사로 임명받았으나, 제1차 시래지아전투 제일선에 출동해서, 1741년 3월 진중에서 「神의 秩序」[1]라는 서명으로 출판하였다. 그는 이 책에서, Preussen, Brandenburg, 등 여러 지역의 출생·혼인·사망자의 표를 광범위하게 수집·정리·집계해서, 출생·질병·사망 등 人口動態 가운데에는, 항상 일정한 통계적 법칙이 존재한다는 것을 실증하고, 이를 神의 攝理·秩序(Die göttliche Ordnung)라 하였다. 이 연구는 그가 Jena에서 William Derham의 저서를 읽고, 그 책에 기술되어 있는 Graunt, Petty 등의 연구에 자극받고 착수한 것이다. 그러나 그의 연구는 Graunt, Petty에 비해서 훨씬 광범위하게 이루어졌다. 그후 1750년에는 신교 고등종무국 평위원이 되어, 출생

1) Die göttlich Ordnung in den Veränderungen des menschlichen Geschlechts, aus der Geburt, Tod und Fortpfanzung desselben erwissen(1741)

· 혼인 · 사망자에 대한 등기제도를 확립하려고 노력하였으며, 1745년 이후에는 Berlin의 학사원 회원으로서 "神의 秩序"의 자료에 대한 강의를 반복하였다. 1761~62년에 출판된 "신의 질서" 제2판은 두권으로 된 대저이며, 초판의 내용을 대폭 정비 · 확장한 것으로 경제학적 견해도 채택하여 대량관찰에 의한 대수법칙의 확립이라는 의미에서도, 인구문제의 이론적 규명이라는 의미에서도 대단히 가치가 있는 것이었다. 그가 정치산술의 최초의 체계적 논술자라고 불리우는 것도 이 때문이다. 제2판 8장 "증가속도 및 배가기간에 대하여(Von der Geschwindigkeit der Vermehrung und von der Zeit der Verdoppelung)"에서 인구증가의 속도와 그 배가기간은, 특히 상세하게 연구하고, 결정하지 않으면 안 된다고 말하고, "이에 관해서는 홍수의 전후의 세계의 인구에 관해서는 약간 곤란한 문제가 발생한다. 그리고 Petty도 배가기간을 너무 길게 가정하였고, 많은 학자가 이를 모방하고 있기 때문에, 더욱 정확하게 결정할 필요가 있다"라고 기술하고, 인구의 출생율 · 사망율에는 나라에 따라, 시대에 따라 모두 큰 변화가 있으며, 그것이 여러 가지의 방법으로 결합하는 관계로 인구의 자연증가율, 따라서 인구증가의 속도에도 대단히 큰 변화가 존재할 수 있음을 쉽게 상상할 수 있는 일이라고 하였다. 그는 구약성서의 창세기 시대의 인구의 급격한 증가를 아래와 같이 설명하였다.

"이제 홍수 이전과 홍수 이후의 수백년 간의 시대에 대하여 본다면, 당시 사람들은 수백년 간도 존명하고 있었다. 따라서, 확실히 당시는 사망율이 훨씬 낮고, 매년 60명, 80명 또는 그 이상 대하여 1명이 사망한다는 정도였다고 인정된다. 더우기 이 같은 장수와 강장한 신체와 열악한 생활방법에 있어서는 출산력이 훨씬 클 수 있었으며, 또 컸었음에 틀림없다는 사실도 의심의 여지가 없다. 따라서 당시는 1명의 사망에 대하여 2명, 3명 또는 그 이상의 출생자가 있었다고 하더라도, 그것은 불가능한 가정이 아니라고 생각된다. 극단인 경우를 가정하는 것이 아니라, 단지

(1) 홍수의 직후에, 오늘날 아직 네덜란드의 촌락에서 볼 수 있는 것과 같이 60명의 생존자에 대하여 해마다 혼인 한 쌍이 있었다고 가정

한다.

(2) 다음에 우리는 각 혼인이 오늘날은 어린이 4명을 출산하고 있으므로, 당시는 대체로 6명의 어린이를 출산한다고 가정한다. 즉, 9996명의 어린이가 출생된다.

(3) 사망율은 현재보다도 2배 낮게 1/36 대신에 1/72을 한다. 따라서 100,00명의 생존자로부터는 1388명이 사망하며, 8,608명이 사망자에 대한 초과로 된다. 이것은 전체의 1/11에 해당하며, 이 비율로 생존자의 수가 증가하는 것으로 된다. 사망자의 출생자에 대한 비율은 $1:7\frac{1}{10}$이다. 고로 사망보다도 출생이 7배나 많게 된다.

위에서 밝힌 바와 같이, 사망율이 출산율 보다 적은 결과로 인구의 빠른 증가는

(i) 인간의 수명이 오늘날 보다 길며,

(ii) 임잉력이 오래 계속되며,

(iii) 사람이 아직 살고 있지 않은 토지가 많아서 혼인에 하등의 지장이 없었던 시대가 있을 수 있었다. 그러나, 이러한 사정이 변해서, 사람의 수명은 짧아지고, 따라서, 사망율이 증가하고, 또 인구가 혼인을 억제함에 따라, 증가의 속도는 감소해서, 배가기간도 길어졌다"

고 논하고, 출생초과수의 생존자 총수에 대한 비율에 의한 배가기간을 계산하였다. 이것은 Euler의 도움이 매우 컸던 것으로 알려져 있다. 다음 표는 한 나라에서, 100,000명의 인간이 생존하고, 36명에 대하여 1명이 사망하는 경우에 대해서 계산한 것인데, 이 배가년수를 전반적인 것으로서 인정할 것을 주장하였던 것이다.

"神의 秩序"는 1765년에 제3판, 1775~6년에 제4판이 출판되었다. 그가 신의 존재의 증명수단으로 사용한 대량관찰에 의한 규칙성의 발견법은 그가 통계학계에 남긴 큰 공적이다.

출생자수－사망자수 / 생존자수	배가 년수	출생자수－사망자수 / 생존자수	배가 년수
1/361	250.5	1/45	31⅔
1/180	125	1/40	28
1/138	96	1/36	25.3
1/90	62.75	1/30	21.125
1/72	50.25	1/24	17
1/60	42	1/18	12.8
1/51	35.75		

§ 3 Wallace(1697～1771), Ortes(1713～90)

인구증가의 법칙에 대하여, Hale의 방식을 답습한 두 가지의 연구가 있다. 그 중 하나는 Euler 의 계산보다 좀 앞서 이루어진 Robert Wallace의 계산이고, 다른 하나는 Euler보다 훨씬 후에 발표된 Giammaria Ortes의 연구이다.

스코트랜드왕실 목사이었던 Wallace는 그의 저서 "고대 및 현대의 인간의 수에 관한 논설(A Dissertation on the Numbers of Mankind in ancient and modern Times : in Which the superior Populousness of Antiquity in maintained, 1753)"에서 인구는 현대보다는 고대에 더 많았다고 주장하고, 인간의 생식력이 완전히 발휘되는 경우에는 인구의 증가속도가 얼마나 빠를 수 있을런는지를 숫자로 나타내어 논증하려고 하였다.

인간이 예전과 같은 조밀도로 지구의 전체 거주가능 부분에서 거주할 수 있을 기간이 얼마나 될지를 정확히 결정한다는 것은 불가능하지만, 일정한 "가정"을 설정한다면 이를 계산할 수 있다. 그리고 모든 사정을 보다 주도

면밀하게 고려해서, 우리의 가정이 정당한 것으로 되면 될 수록, 우리는 보다 더욱 진리에 접근할 수 있다.

이러한 생각을 갖고 다음과 같은 가정을 세웠다. "성년까지 생존한 인간은 결혼 후 331/3년 간에 모두, 남자 3명을 출산하며, 그 중 남녀 각각 1명씩은 결혼 전에 사망하고, 이후의 증식과는 무관계하다.(여기서, 이 가정의 근거에 대한 설명은 하지 않았다)" 이와 같은 가정에 기초를 두고, 인구증가속도를 나타내는 계산표(표 1)를 발표하였다.

표 1

기간	년수	기간내 출 생	결혼전 사 망	생존하여 결혼하는 자	고령에이르러 사망하는 자	기간에 생존자	생존자 합 계
0	0	0	0	2	0	2	2
1	331/3	6	2	4	0	2+4	6
2	662/3	12	4	8	2	6+8−2	12
3	100	24	8	16	4	12+16−4	24
4	1331/3	48	16	32	8	24+32−8	48
5	1662/3	96	32	64	16	48+64−16	96
6	200	192	64	128	32	96+128−32	192

즉, 인구는 최초로부터 331/3년을 경과한 후에는, 331/3년마다 2배로 증가한다. 따라서, 이 표의 계산을 계속하면 다음의 표를 얻는다.

"그리하여, 1200년에는 인간이 얼마나 놀랄만큼 증가하는지를 알 수 있다. 이와 같은 결과는 전혀 사실과는 상반되며, 또한 출생과 결혼과의 관계에 관한 세계의 경험과도 부합되지 않는다. 따라서, 인간이 이와 같이 큰 비율로 증식한다고는 생각되지 않는다는 것을 확신하게 된다. 그렇지만, 각 혼인이 2명 이상을 출산한다는 사실도 또한 확실하다. 그렇지 않다면, 인간의 수명을 100세로 생각하더라도, 단 한번도 12명의 인간이 동시에 생존할 수 없었을 것이다. 고로, 각각의 부부는 평균 한 부부이상을 출산하지만 두 부부보다는 적게 출산한다…."

표 2

기간	년수	기간내 생존자 합	기간	년수	기간내 생존자 합
7	233	384	22	733	12,582,912
8	266	768	23	766	25,165,824
9	300	1,536	24	800	50,331,648
10	333	3,072	25	833	100,663,296
11	366	6,144	26	866	201,326,592
12	400	12,288	27	900	402,653,184
13	433	24,576	28	933	805,606,368
14	466	49,152	29	966	1,610,612,736
15	500	98,304	30	1,000	3,221,225,472
16	533	196,608	31	1,033	6,442,450,944
17	566	393,216	32	1,066	12,884,901,888
18	600	786,432	33	1,100	25,769,803,776
19	633	1,572,864	34	1,133	51,539,607,552
20	666	3,145,728	35	1,166	103,079,215,104
21	700	6,921,456	36	1,200	206,158,430,208
			37	1,233	412,316,860,416

똑같이 생물학적인 생각을 바탕으로 하여, Wallace보다도 한층 정밀한 가정을 설정하여 계산한 사람이 Ortes이다. 그는 한때 Venezia에 승적을 가졌던 이태리 경제학자이었다. 그의 인구론 "국민의 인구와 국민경제와의 관계에 대한 고찰(Riflessioni sulla Popolazione delle Nazioni per Rapporto all' Economia Nazionale, 1790)에서는, 인구증가가 國富增加의 한 요인이라는 통설을 반대하고, 어떤 국가에서도, "인구는 자기들이 존재하는 토지가 필요로 하는 한도를 초과하지 않으며, 또 그들에게 줄 可能食物(이 기를 수 있는) 이상으로 증가하는 일은 없다"고 주장하였다.

그는 위의 인구론 제 1장에서, 만약 인간의 자연적인 본능의 발휘가 완전히 허용된다면, 인구는 기하급수적으로 증가하며, 30년마다 배로 증가된

다는 것을 다음과 같은 계산으로 나타내었다.

우선, 20세의 두 쌍의 부부 4명, 그의 양친 2명과 조부모 1명으로 구성된 7명의 집단에서 출발한다. 부부는 모두 남자 3명, 여자 3명을 출산하며, 그 중에서 남녀 각각 1명씩은 성년이 되기 전에 사망한다. 성년이 된 자녀는 양친의 결혼 30년 후에 평균적으로 결혼하며, 그 동안에 가장 늙은 세대, 즉, 최초의 조부모 1명은 사망한다. 따라서, 30년 후의 생존자는 최초의 인구 7명의 2배로 된다. 이와 같이, 계산을 반복하면 30년마다 배로 증가되어 900년 후에는 75억 이상이 된다.

년 차	생 존 자		
0	1+2+4	=	7
30	2+4+8	=	14
60	4+8+16	=	28
90	8+16+32	=	56
120	16+32+64	=	112
150	32+64+128	=	224
300			7,168
450			229,376
600			7,340,032
750			234,881,024
900			7,516,192,768

고로 "시간과 생식력이라는 관점에서 본다면, 우리가 창세 이래 경과하였다고 생각하는 6000년 말에는, 인류는 증가하여 지상에서 호흡할 수 없을 뿐만 아니라, 높은 산에서도 깊은 산에서도, 어느 곳에서도 생존할 장소를 찾을 수 없을 것이다."

따라서, 인구의 증가는 필요한도에서 억제되지 않을 수 없다. 이것은 인간의 경우 뿐만 아니라, 동물의 경우도 마찬가지이다. 다만 동물의 경우에는 자연은 오로지 "힘"으로서 그 증가를 제한하지만, 인간의 경우에는

"理性"이 제한한다. 더우기, 그 제한은 獨身이라는 형식으로 이루워진다. 인구의 증식에서 결혼은 필요·불가결한 것이다. "인간에서부터 결혼을 없앤다면, 인류는 전멸하게 된다. 그러나, 능력있는 모든 사람에게 결혼이 허용된다면, 인류는 앞에서 기술한 바와 같이 과잉상태에 이르게 될 때까지 증가한다. 따라서, 이 과잉을 피하려면 독신이라고 불리우는 결혼의 戒愼이 필요하다." 이 독신은 천주교도만이 하는 덕행이며, 독신에 의해서만 인구의 과잉은 아무런 자극도 받지 않고 스스로 방지되는 것이다. 그는 문명국에서는 어느 면에서는 현상을 유지하고, 다른 면에선 과잉을 피하기 위하여, 인구의 반만이 결혼하고, 나머지 반은 자발적으로 독신생활을 하지 않으면 안 된다. 또 그렇게 하면, 인구는 항상 같은 수를 유지한다고 기술하고 있다.

§4 Euler(1707～83)

사람은 일정연령에 이르면 결혼하여 자식을 낳고, 또 어느 연령에 달하면 그 자식을 남기고 사망한다. 자식도 모두 부모와 같은 일생을 되풀이하고, 다음 세대로 자손을 남기고 간다. 만약에 부모가 자기들보다 다수의 성인 자녀를 다음 대에 남긴다면, 인구는 점차로 비례적으로 증가하게 된다는 것은 분명하다. Euler이전의 인구 증가속도의 演繹的 계산은 이와 같은 상식적 견해에 바탕을 두고 모두 世代單位로 이루어졌었다. 그러나, 흔히 오늘날 말하는 "인구의 기하급수적 증가 경향"은 세대단위로 본 인구증가가 아니라, 년단위로 본 인구증가, 말하자면, "연속적인 증가상태"에 대하여 언급한 것이다. 이와 같이, 연속적으로 본 인구의 증가가 기하급수 법칙을 따른다고 하는 것은, 얼핏 보아서 생각되는 것과 같은 자명한 사실은 아니다. 그것은, 인간의 출생·사망이 연속적으로 일어나는 일이 아니라, 시간 간격을 두고 일어나는 일이기 때문이다. 예를 들면, 한 家系員數의 증가를 생각해도 결코 연속적이 아니고, 시간 간격을 두고 5명, 6명 증가하며,

때로는 사망으로 인하여 일시적으로 감소하기도 한다. 이와 같은 사실에서 인구의 연속적인 기하급수적 증가를 어떻게 이끌어 낼 수 있을까?

Euler는 처음으로, 인구의 증가상태를 세대단위로는 관찰하지 않고, 년단위로 관찰하였다. 그리고, 인구의 증가는 출발점에서 상당기간 경과한 후에는 대략 기하급수적으로 推移하게 된다는 사실을 밝혔다. 이렇게 해서, 인구의 기하급수적 증가경향은 Euler에 의하여 數理的으로 증명되었다. Euler야 말로 인구이론을 수리적으로 취급한 최초의 사람이고, 후에 解析的 人口理論의 기초를 구축한 사람이었다. 그리고, "인구의 기하급수적 증가경향"은 해석적 인구이론의 보편적 전제로 되었던 것이다.

§5 Godwin(1756～1836)

중세의 암흑시대는 신시대로 바뀌고, 동서의 교역이 열리고, 신대륙도 발견되었다. 르네상스는 고대그리스문화를 재인식시켰으며, 자연과학도 발달하였다. 신시대는 한 걸음 한 걸음 그 기반을 굳히고 있었는데, 사회조직이라던가 민중의 세계관은 훨씬 뒤떨어져 있었다. 이 구각을 벗긴 것은, 18세기의 "啓蒙哲學"이었다.

계몽이란 봉건적 전통의 속박에서 벗어난 자유로운 지식을 보급해서, 일반민중을 미신과 미지의 세계에서 빠져 나오게 하는 것을 의미한다. 이 사상은 급격히 민중 사이로 침투하여, 이성에 의하여 사람은 완전한 개성과 사회를 실현할 수 있을 것으로 생각하게 되었다.

영국의 당시 급진사상가의 제1인자인 William Godwin은 그의 저서 "政治的 正義에 관한 연구(Inquiry concerning political justice, 1792)"에서 인간은 본래 백지와 같으며, 우리를 둘러싼 죄악이라던가 곤궁은 인위적인 환경과 제도의 산물이라는 것, 따라서, 인지의 진보·이성의 발달에 의하여, 그것들은 무제한으로 극복된다는 것을 주장하려고 하였다.

그는 일체의 인위적 제도를 부정하고, 개인의 완전한 자유야말로 인류진보의 기본원칙이라며, 철저한 무정부주의를 역설하였다. 그는 이와 같은 자유사회에서는 "進步"는 무한히 이루어져, 인류와 사회의 완전성이 실현된다고 논하였으나, 그가 말하는 "理想社會"도 결국은 인구증가라는 요인 때문에 무의미하게 되지는 않을까 하는 Wallace가 제기한 문제였었다. 그는, 이를 반박하며,

"이와 같이 추론하는 것은 먼 장래의 곤란을 예상하는 것이다. 거주 가능한 이 세계의 3/4은 아직 경작되지 않았다. 이미 경작된 토지도 무한한 개량이 가능하다. 금후 몇 억 세기에 걸쳐서 인구가 증가하더라도, 아마도 지구는 그 주민의 생활에 충분할 것이다."

라고 말하였다. 즉, 그는 현실문제로서, 인구과잉을 운운하는 것은 쓸데없는 근심에 지나지 않는다고 단정한다.

"그러나, 지구는 영구히 존속하므로, 인구가 과다하게 될 위험은 있을런지도 모른다."

면서 먼 장래의 사태에 대해서도 언급하고 있다. 그리고, 그는 대담한 공상을 설유하고 있다.

"정신의 발달은 인간으로 하여금 관능의 만족에 대하여 냉담하게 하는 경향이 있다… 사람은 곧 동물적 기능을 경시하는 것을 배울 것이다.… 고로, 인구가 더 이상의 증가되는 것을 지구가 거부할 때에 생존하고 있는 인간은 번식을 멈출 것이다. 그들을 유혹할 동기는 이미 없기 때문이다. 정신은 물질에 대하여 만능이 되고, 그들은 아마도 죽지 않게 될 것이다. 모든 사람은 성인이고, 어린이는 아닐 것이다. 친자상속도 없게 될 것이고, 진리도 30년마다 거의 처음부터 고칠 필요도 없게 될 것이다. 전쟁도 없고, 범죄도 없고, 정부도 없을 것이다.… 더우기, 질병도 없고, 고뇌도 없고, 우환도 없고, 분노도 없을 것이다. 각자는 열심히 모든 사람의 이익을 추구할 것이다."

라는 꿈과 환상의 경지를 상상하고, 그것이 먼 꿈은 아니라고 주장하였다.

그는 1797년 수필집 "硏究者"를 출판하였는데, 이것은 前著를 되풀이

한 것에 지나지 않았다. 그러나, Malthus를 자극한 것은 오히려 이 신저 제2부 제2논문 "탐욕과 낭비에 대하여"였다고 할 수 있다.

§6 Condorcet(1743~94)

Godwin과 Malthus에게 동기를 준 사람은 Marie Jean Antione Nicolas de Caritat, Marquis de Condorcet이다. 그는 고명한 수학자였지만, 철학적 급진주의를 신봉하여, 프랑스대혁명 때에는 Gironde당원으로 활약하였다. 그는

"인간정신진보의 역사적 전망 개요(Esquisse d'un tableau historique des progrês de lésprit human, 1795)"

를 저술하였다. 이 책은 Malthus에게 동기를 주었을 뿐만 아니라, 영국 功利主義에 영향을 미쳤으며, 또한 프랑스 공상사회주의자에 영향을 주었다는 점에서, 그리고 후에 경제학에서 크게 논의된 소위 "국민경제 발달단계설"의 선구가 되었다는 점에서, 대단히 뜻깊은 저작이었다.

그가 의도한 바는, 인류의 발자취을 역사적으로 관찰함으로써, 그 장래의 진보와 완성을 예언하려고 한 것이며, 그의 썩 대담한 공상적 낙관론은 Godwin의 그것을 능가하는 것이 있다.

§7 초기인구이론

초기의 문헌에 나타난 인구증가속도에 관한 연구를 보면, 그 결과를 다소나마 애매하게 하는 공통된 원인은 중세의 전통적 신앙에 의한 구속이고, 특히 자유로운 연구를 방해하여, 그 결론을 왜곡시킨 원인으로 된 것은 聖書의 年代記였다고 하겠다. 그러나, 그 기간에도 후의 과학적 인구이론의 기초가 되는 중요한 개념이 서서히 육성되고 있었다는 사실이 발견된

다. 인구증가 속도에 관한 최초의 연구는 倍加年數를 계산하는 것이었는데, 배가년수라는 개념은 분명히 인구의 등비급수적 증가의 본질을 예상하고 있다는 뜻이다.

이 인구의 배가연수의 계산은 두 가지 방법으로 진행되었다.그 하나는 Graunt에서 시작하였으며 Petty, King, Süssmilch에 이르는 일련의 정치산술적 계산으로서, 부분적이었지만, 출생 · 사망의 통계적 관찰을 기본으로 하여, 實證的 歸納的으로 인구의 현실의 증가속도를 배가연수로써 측정하려고 하였다. 또 다른 하나는 Hale에서 시작하여 Wallace, Ortes, Euler에 의하여 형식적인 완성을 본 "生物學的 演繹的 計算"이며, 인간의 수명, 산아수 등에 대한 일정한 가정으로부터 출발해서 인구증식의 경과를 생물학적으로 전개해 가는 것이다. 전자는 인구증가속도를 단순히 통계적으로 기술하는 것으로 그친데 반하여, 후자는 인구증가를 이론적 연역적으로 보고, 기하급수적 증가의 기본적 경향을 직접적인 문제로 취급한 결과, 인구이론으로서는 그 발전성이 기대되었다고도 할 수 있다.

인구이론의 이 단계의 핵심은 기하급수적 증가의 경향과 증가의 장해작용의 이론적 결합에 이었는데, 이 인구증가에 대한 방해가 인구이론의 主因子의 하나로서 받아 들이게 되는 데에는 Malthus의 출현을 필요로 하였고, 그것이 조직적으로 인구증가법칙으로 채용되기까지는 Quetelet와 Verhulst를 기다려야만 했다.

§ 8 Malthus(1766～1834)

Thomas Robert Malthus는 1788년 목사가 되어, 1805년 이후 Hailburg에 있는 동인도 대학(East India College)의 경제학 및 근대사의 교수[2]였는데, 1798년 London에서, "人口原理"에 관한 소론(An

2) 이것은 영국에서 뿐만 아니라 세계에서 최초의 "경제학교수"직 이었다.

Essay on the Principle of Population with Remarks on the Speculations of Mr. Godwin, M. Condorcet and other writers)"을 匿名으로 출판하여, 인구원리와 사회장래의 개선에 관한 문제를 음미하였다. 그러나, 이것은 즉흥적이며, 또한 이용된 자료는 적었었다. 자료를 광범위하게 수집하여 1803년 제2판으로 "人口原理에 관한 소론(An Essay on the Principle of Population or a View of its past and present Effects on Human Happiness with an Inquiry into our Prospects respecting the Future Removal or Mitigation of the Evils which it occasions, a new edition very much enlarged)"를 발행하여, 역사적 통계학적 학술서적으로 면모를 새롭게 하였다.

그는, 적극적으로 인구이론을 전개하여, 인구변동의 원인을

토지, 토지에 관하여 잘 알려진 성질, 출생의 사망에 대한 비율

의 세 가지에 적용된 간단한 계산문제로 보았다.

영국에는 출생의 사망에 대한 비율이 2:1로 되어있는 구가 많았다. 이러한 사실은 한 나라의 보통 사망율이 1:50이며, 그리고, 이주가 없으면, 약 35년만에 인구가 배로 증가하게 될 것이다. 그런데, 가장 유리한 조건을 나타내고 있는 미국에서조차도, 인구조사 결과 1세기반 이상에 걸쳐서 거의 25년만에 배로 증가하고 있다(이에 대하여 Süssmilch의 계산에 따르면 사망율이 1:36이고 출생 대 사망을 3:1로 하면, 倍加期間은 12.8년이고, Petty는 10년 간에 배가가 일어날 수 있다고 말하고 있다).

고로, 인구는 모든 장해를 생각하지 않는다면 적어도 25년 마다 배가한다. 즉, 기하급수적으로 증가한다고 주장할 수 있다. 그리고, 토지의 현재 상태를 염두에 둔다면, 생활자료(식량)는 인간근로에 가장 유리한 조건하에서도, 산술급수보다도 빨리 증가시킬 수는 없다고 하는 유명한 법칙에 도달하였다. 여기에 여러 가지의 예방적 또는 적극적 장해가 발생하여, 결국 주의깊은 관찰자에게도 인구의 예측은 곤란하게 되었다고 말하고 있다. 그가 말하는 장해를 분류하면 다음 표와 같다.

Malthus의 장해 분류표

적극적 장해	인력으로 피하기 어려운 것	건강하지 못한 직업		곤궁
		가혹한 노동		
		한서로의 포쇄		
		극단적인 빈곤		
		어린이 양육 불량		
		대도시		
		질병		
		유행병		
		기근		
	인력으로 피할 수 있는 것	전쟁		
		모든 종류의 난행	결과	
			원인	악덕
예방적 장해	부도덕을 수반하는 것	亂交		
		부자연스러운 정욕		
		婚床 모독		
		불규칙한 결합의 결과들을 은폐하려는 부당한 방법		
	부도덕을 수반하지 않을 것	불규칙한 만족을 수반하지 않는 결혼 억제		도덕적 억제

그는, 유감스럽게도 통계학에 대하여 생소하기 때문에, 알고싶어 하는 사항이 많이 생략되었거나, 정확성이 결여되었다고 말하고, 특히 다음과 같은 사항을 알고 싶어 했다.

a) 성인수와 혼인수의 비율

b) 모든 종류의 결혼 억제의 결과에 따른 악습의 지배 정도

c) 사회의 가장 비참한 부분과 생활이 비교적 안이한 부분에서의 소아 사망율의 차이

d) 노동의 실질가격에서의 변동

e) 일정기간의 여러 가지 시기에 안이 및 행복에 대해서 하층사회에서 인정되는 차이

f) 출생, 사망 및 혼인에 관한 정확한 등록부 등

인구의 끊임없는 변동과, 이것을 이해하기 위한 통계학을 파악함으로서, Malthus는 자기의 방법을 "統計的 方法" 이라 부르고, 통계학에 인간사회의 내부구조를 통찰하는 능력을 부여하였던 것이다. 또 그가 사회 또는 국민경제의 본질에 관한 사색의 출발점에 서있었던 까닭으로 인구론은 학문의 체계 — 사회과학의 체계 속에서 확고한 위치를 차지하게 되었던 것이다.

그의 주장은 다음과 같은 세 명제로 정리할 수 있다.

(Ⅰ) 인구는 반드시 식량(生存資料)에 의하여 제한을 받는다 … 規制原理 (the regulating principle)

(Ⅱ) 인구는, 어떤 대단히 유력하며 또한 현저한 방해로 저지되지 않는 한, 식량이 증대되는 곳에서는 항상 증가한다 … 增殖原理(the principle of increase)

(Ⅲ) 이러한 방해 및 인구의 우세한 힘을 억압해서, 그 결과를 식량과 동일 수준으로 오랫동안 견디게하는 여러 가지의 방해는, 모두 도덕적 억제, 악덕 및 곤궁으로 귀착한다.

그가 말하는 과잉인구란, 생존에 불가결한 食物에 대하여 인구가 과대하다는 의미로서, 일반으로 "絶對過剩人口"라고 말한다.

Malthus의 방대한 인구론은, 이 명제를 과거 및 현재에 대하여 증명하고, 또한 거기에서 얻은 논리적 결과를 체계화하려고 한 것이었다.

그의 인구학설의 결점은, 다음의 두 가지라고 생각된다.

(Ⅰ)도덕적 억제에 대하여:

(i) 도덕적 억제란 한 가족을 부양할 충분한 가망이 설 때까지는 결혼을 삼가하고 그 동안은 일신을 근신하는 것인데, 이와 같은 본능적 억압을 대중에게 요구하는 것은 무리이다. 이것은 고도의 극기심이 요구되며, 선발된 소수의 비범한 사람에 대해서나 기대할 수 있다. 오랫 동안 독신으로

있으면 아뭏튼 방탕하게 되기 쉽고, 도덕적 억제는 실제로는 부도덕적 억제로 끝나기 쉽다. 피임이라는 유효한 수단을 그는 최후까지 승인하지 않았는데, 이것은 부부 사이에서도 성의 간섭을 죄악이라고 생각했기 때문이다. 그는 자유주의적이었으며, 경제문제에서는 항상 공리주의적 판단을 존중하였지만, 일단 도덕문제로 옮기면, 곧 태도를 바꾸어 전통적 윤리관을 고수하여 한 걸음도 물러서지 아니하였다. "過剩人口"가 인류의 장래를 암흑하게 만든다는 것을 알면서도, 미온적인 도덕적 억제만을 역설한 것을 본다면, 그가 사회개선에 열의를 갖고 있었다고는 생각되지 않는다.

Malthus 이론은, 원칙적으로는, 일반으로 승인되었지만,곧 이 점에 대한 수정의견이 나와서, 도덕적 억제를 피임으로 대신하려는 "신 Malthus 주의"가 발흥하였다.

(ii) 도덕적 억제에 의하여, 과연 출생이 얼마나 억제될런지는 전혀 분명하지 않다. 그에 따른다면, 결혼 후에는 완전히 자연스럽게 일임하여야 한다. 결혼연령이 높아지면 출생율이 감소한다는 것을 이론적으로는 승인할 수 있으나, 본래 도덕적 억제는 당사자의 자주적 판단에 기대할 일이며, 몇 년 간이나 결혼이 연장될런지는 분명치 않다. 따라서, 결혼 후, 다산을 반드시 방지할 수 있다는 보증은 없다.

Malthus는 대중이 이것을 실행하면, 인구는 식량의 수준 이내에서 억제된다고 역설하였으나, 과연 그렇게 될런지 여부는 전혀 별문제이고, 그렇게 되었다면, 오히려 우연이라고 하겠다. 즉, 도덕적 억제가 지니는 인구억제력은 이중적 의미에서 극히 의심스럽다고 말하지 않으면 아니된다.

(II) 과잉인구를 오로지 식량에 대한 개념으로 생각한 것에 대하여 :

인구가 생존을 위해서는 음식물이 불가결함은 물론이지만, 음식물만 있으면 된다는 생각은 너무나 소박하다. 그것은, 말하자면, 최저 수준의 생존을 표준으로 한 생각이므로, 그가 말하는 과잉인구는 "絶對的 過剩人口"인 것이다. 그의 입론의 근본취지는 Godwin 등의 "공상적 사회완성론"의 타파에 있었던 것이다. 그러나, 후에 그는 사회개선의 가능성을 승인하였다. 요컨대, 인간의 생활은 단순한 동물적 생활 이상이어야 한다는 것을

승인하였다.

"인간다운 생활"을 표준으로 삼어야 한다. 예를 들어, 인구가 억제되고 음식물이 보증되더라도, 만약에 이 표준에 미달되었다면 인구는 여전히 "과잉이다"라고 말하여야 한다. 과잉의 표준은 단순히 음식물에서가 아니라 생활수준에서 구하여야 한다. 이런 생각은 "適正人口理論"으로 발전된다. 간단히 말하면, 주어진 여러 가지 조건하에서, 가능한 최고생활수준을 실현할 수 있을 때의 인구를 "最適人口" 또는 "適正人口"라 한다. 환언하면, 1인당 실질소득을 극대로 되게 하는 인구를 의미한다. 이것을 초과하는 인구는 과잉, 못미치는 인구는 과소이며, 이론적으로는 명확하다. 다만, 이것이 과연 계산가능한가라는 문제로 된다면 우선 부정하지 않을 수 없게 된다.

Malthus가 식량만을 문제로 삼은 것 자체는 잘못이었으나, 식량만으로 한정하여도 그의 생각은 너무나 좁다고 하지 않을 수 없다. 그것은 수확(收穫)법칙을 너무 "靜態的"으로 해석한 데에 있다. 이 법칙은 일정한 농업에서는 빨리 나타나기 쉬우나, 그것도 기술의 진보에 의해서 현저하게 상쇄된다. 경작기술이 그의 시대부터 이미 크게 진보하기 시작하였기 때문에, 음식물이 "算術數列的 이상으로는 도저히 증가되지 않는다"라는 단언은 독단적이었다. 더구나, 인구문제에서는, 한 농장의 수확만이 문제가 아니라, 한 나라 전체의 수확, 세계 전체의 수확이 문제인 것이다. 인구가 증가하면, 기경(旣耕)토지의 경작이 보다 집약적으로 될 뿐만 아니라, 새로운 농장도 개발된다. Malthus 자신이 "전국토가 얼마 안되면 개간되고, 도처가 경지로 된 후에는"라고 말하고 있으나, 그 시대로부터 180년이 지난 오늘날의 유럽에도 아직 많은 미개간지가 있다. 그러나, 그의 계산에서 잘못된 최대의 원인은 외국무역의 역할을 충분히 예상하지 못했던 점에 있다. 실제, 한 나라의 인구 과잉여부의 문제는 식량에서가 아니라, "購買力"의 여하에 좌우된다.

§ 9 근대인구이론의 출발

Malthus에는, 특별한 독창성이 있었던 것도 아니며, 또한 중대한 결함이 있었음에도 불구하고, 그의 인구론이 높이 평가되고, 마치 인구론의 근원인 것과 같은 입지가 주어진 데에는, 일련의 행운이 있었다. Malthus의 의도는 원래, "사회 개선에 대한 지나친 기대는 자연법적 제약에 의하여 좌절된다"라고 하는 단순한 명제를 주장하려고 한 것에 지나지 않았다. 그리고 그가 거기서 이끌어낸 결론은, 빈곤의 필연성, 救貧法의 불합리성, 생존권의 부정 등, "인간성과 사회의 절망적 상태의 선언"이었다. 이 음침한 학설이 Godwin 등의 상쾌하고 활달한 이상론을 완전히 압도할 수 있었던 것은 불가사의한 일이다.

프랑스 대혁명은 옛사상과 옛제도를 뿌리부터 흔들어서, 민중은 자유 평등・박애의 대이상이 곧 실현되리라는 예상에 흥분하고 열광하였다. Godwin이 환영받게 된 것은 이와 같은 민중심리가 작용하였기 때문이다. 그러나, 당연한 일이지만, 그 후의 사실의 경과는 민중의 기대와는 거리가 멀어졌던 것이다. 하나의 압제는 다른 압제로 바뀌고, 하나의 혼란은 다른 혼란을 낳았다. 민중은 절망하고, 이상주의는 공중의 누각이 되었다. 여기서, Godwin의 실추가 시작되었던 것이다. 한편, 지배계급은 생기를 되찾았으나, 그들의 지위를 정당화할 이론이 부족하였다. 그런데, Malthus는 사회적 공궁이 인위적인 제도와는 무관계한 자연법의 결과라고 논술하고, "책임"을 지배계급으로부터 "自然"이라는 超人의 어깨로 옮겨 놓았던 것이다. 그래서, 지배계급은 여기에서 최상의 자기변호를 발견하고, 이 당파적 이해에 따라서, 聖書的 典據로 떠받들기로 하였던 것이다.

이유는 이것뿐만은 아니었다. 유사한 학설은 몇 가지가 있었다. 그의 저서가 그때까지의 인구학설의 가장 교묘한 집대성이라는 점이 그것이다. 단언적, 추상적인 인구에 관한 의견을 그는 총합함과 동시에, 여기에 사실의

뒷받침을 하였다. 적어도 뒷받침하려고 시도하였다. 그는 처음으로 인구의 본질, 즉,

"경제적 범주로서의 인구"

를 명확하게 파악하는 동시에 인구원칙을 단순한 특수원칙에서부터,

"人類史 일반을 지배하고, 설명하는 보편법칙"

으로까지 높일려고 하였다. 부분적 문제에 불과했던 인구문제는 그에 의하여 사회과학 전체를 총망라하는 기본문제로 높혀졌다. 이것이 당시의 사정이 가져온 당파적 이유 이외에, 보편적 과제로서의 사회철학적 의의를 인정하지 않으면 안 되는 점이다.

근대인구이론에 관한 모든 문헌은 Malthus의 변호나 반대나로 분열되어 전개되었다고 할 수 있다. 이런 뜻에서, Malthus는 근대인구이론의 출발점을 이루고 있다.

James Watt(1736~1819)가 증기기관을 발명한 다음 해에 세상에 태어나서, 프랑스대혁명 전해에 대학을 졸업하고, Quetelet가 "인간에 대하여"를 저술하기 전년에 사망한 Malthus는 그의 학문 전개에 있어서 대단히 운이 좋았다는 것도 사실이다.

Malthus의 시대

서기년	사건	Malthus연보
1761	Wallace : "인류의 장래"	
63	Paris조약 : 프랑스, 카나다와 미시십피 이동을 영국에 이양	
65	James Watt : 증기기관 발명	
66		탄생(2.14)
70경	영국 산업 혁명	
72	제1차 폴란드 분할	
75	미국의 독립전쟁(— 83)	
76	북미합중국 독립 선언	
	Smith : "국부론"	

	규장각 설치	
84		Cambridge 대학
86	조선조에서 기독교 전도	
88	프랑스 각지에서 식량 폭동 미국 합중국 헌법	졸업
89	프랑스 대혁명	
90	Smith 사망	
91		Master of Arts
92	프랑스 공화제 수립	
93	루이 16세 처형 영국, 홀란드, 스페인 : 대 프랑스 전쟁 Godwin : "政治的 正義"	
94	프랑스 : 포병기술학교 창립	
95	Condorcet : "인간정신 진보" Gauss : 최소 자승법	
96	Quetelet 탄생	
97	Godwin : "硏究者"	
98		僧籍에 들다, "人口論" 匿名
99	Napoleon : 통령 정부 설립 영국 : 기근, 곡가 폭등	헝가리, 스웨덴, 노르웨이, 핀란드, 러시아에 유학
1800		식량등귀론" (匿名), 부사망

02	영국,프랑스 : 아미안 和約		프랑스 방문
03	영국 : 프랑스에 宣戰		인구론" 제2판
04	Napoleon : 황제 즉위		결혼
	Schlözer : "Statistik의 이론"		
05	영국 : 동인도 학교 설립		동인도 학교: 역사학, 경제학 교수
	Napoleon : 연합군 격파		
	淸 : 기독교 포교금지		
06	Napoleon : 프러시아군 격파		
	신성 Rome제국 멸망		
	Napoleon : 대륙 봉쇄령		
07	Niemann : "통계학 및 국정론 개요"		
10	독일 : Berlin대학 개설		
11	Napoleon세력 절정	곡가폭등	Ricardo와 교제 시작
	홍경래의 난		
12	모스코 소실		
	Lüder : "통계학 및 정치학 비판"		
14	연합국 Paris입성, 곡가 폭락		"곡물법의 효과에 관한 관찰"
	Napoleon 1세 퇴위		
	프랑스 왕정 복고(루이18세)		
	스티븐슨 : 증기기관차 발명		
	Nepal전쟁		
15	Ricardo : "곡가 하락의 영향"		"地代의 본질 및 진보"
17	연합군 : Wateroo의 대승		
17	Ricardo "경제 및 조세원론"		"경제 원론"
19	영국 : 싱가폴 영유		

21	Napoleon 사망	
23	Ricardo 사망	"價値尺度論"
24		王立學術會員
30	프랑스 : 7일 혁명	"경제학에서의 여러 정의"
	프랑스 : 알제리아 정복 개시	
31	벨기에 독립	
34	기해사유	사망(12. 29)
	기해사옥	
35	Quetelet : "인간에 대하여"	
37	영국 : Victoria 여왕 즉위	
40	아편전쟁(→42)	
42	남경조약	
48	맑스 : 공산당 선언	
	미국 영토 : 태평양 연안에 도달	
50	Knies : "獨立科學으로서의 統計學"	
53	구리미아 전쟁(→56)	
59	Darwin : "種의 起源"	
60	미국 : Lincon 대통령에 당선	
	동학의 성립	

제10장 Quetelet 통계학

과학적 통계학은 19세기 이후에 확립되었다. 그것은 독일대학파 통계학과 정치산술파 통계학의 대립이 종식된 결과였다. 종래의 통계학은 대개는 모두 인구에 관한 연구에만 국한되었던 것 같이 보였으나, 이 연구범위를 확장하여 모든 사회현상에 대량관찰법(大量觀察法)을 매개로 해서 귀납적으로 진리를 발견하려고 노력하였으며, Quetelet 및 그 학파 사람들이 이를 완수하였다. Quetelet 는 Laplace, Fourier 등의 영향을 많이 받고, 통계학에 大數의 法則이라는 기초를 부여하고, 또한 大數의 法則의 이론적 근거를 확률론에서 구함으로서 자연과학적 통계학을 수립하였다. 이것이 참다운 의미에서 통계학에 "科學性"을 부여한 실마리였던 것이다.

이리하여, 통계학의 주방향 Graunt~Süssmilch 는 Quetelet에 이르러서, 일단 대성하였다고 말할 수 있게 되었다.

§ 1 Laplace(1749～1827)

Pierre Simon de Laplace 는 프랑스 노르망디의 빈가에서 태어났으나, 유년시절부터 수학에 특별한 재능을 나타내었다. 1799년부터 1825년에 걸쳐서 발간한 5권의 "天體力學(Mécanique céleste)"은 Newton 역학의 기초 위에 태양계의 구조를 수학적으로 해명한 대저이다. 1744년경부터 확률론, 통계방면에 관한 논문을 발표하기 시작하였으나, 그 논문의 결과를 통합해서 "확률의 해석적 이론(Théorie analytique dés probabilités, 1812)"을 간행하였다(1814년 재판, 1820년 3판). 이 책

의 서문은 별도로 "확률에 관한 철학적 고찰 (Essai philosophique sur les probabilités, 1814)"이란 제목을 붙여서 간행하였는데, 이 Essai는 확률론의 진보를 개관하고, 수식을 사용하지 않으면서 théorie analytique 의 여러 결과를 해설한 것이다. théorie analytique은 2부로 구성되었는데, 제 1부에서는 母函數의 방법을 기술하고, 제 2부에서는 베르누이의 大數의 法則에 대한 정밀한 증명, 最小自乘法의 原理, 原因의 確率 및 사망표, 평균수명의 개념 및 혼기 등 확률론의 적용문제를 다루었다. 이것들은, 확률론의 역사상, 획기적인 업적인 것이다. 그는 "정치와 도덕과학은 관찰과 계산에 기초를 두는 방법을 적용합시다"라고 서술하였는데, 이것이 Quetelet로 하여금 그 "통계학"을 건설하도록 한 기초가 되었던 것이다.

그는 국세조사의 대용으로 인구 대 출생비율을 사용할 것을 생각하였다. 즉, 그는 1786년에 파리에서의 출생 사망 및 혼인에 관한 연구를 발표하고, 그 속에서 프랑스의 특정지방에서의 출생율을 근거로 해서 프랑스 전체의 인구를 추계할 것을 제안하고, 그 추계에 포함될 오차의 정도를 Bernoulli 및 그 자신의 확률이론으로 논하였다. 이 인구조사는 Laplace로서는 그의 이론의 한 실험이었다.

그는 전 프랑스에서 선정된 30개 지방의 인구는 약 200만명이며, 동지방의 조사당일 전 3개년 간의 출생수는 인구 28.252845명에 대하여 매년 1명이라는 사실을 얻고, 당시의 프랑스 전국의 출생수 약 150만명으로부터 전인구수를 4238만명이라 추정하고, 그 추정값의 오차는 50만명 이하라고 판정하였다. 그러나, 어떤 이론적 근거가 있었던 것은 아니었기 때문에 일부의 통계학자로부터의 비판을 면할 수는 없었지만, 추계결과의 정도(精度)를 확률계산으로 검토・보증하는 방법을 제시하였기 때문에, 그의 추계는 다른 것과 구별되고, 오늘날의 표본추출조사의 원형으로 인정되는 것이다.

"표본조사법"에 이론적 기초를 제공한 것은 확률론이며, 여기에 확률론을 최초로 이용하려고 한 사람은 Bayes이었다.

§ 2 Fourier(1768~1829)

Laplace의 통계학 영역에서의 이론적, 실제적 활동을 이어받은 사람은, 그의 협동자이자 후계자이었던 Jean Baptiste Joseph Fourier 이다. 그는 Napoleon의 Egypt 원정을 따라가서, Egypt의 통계계획을 실시할 것을 위탁받았으며, 또 귀국 후에는 주지사로서 공적을 세워, 1808년 남작이 되었다. Napoleon 실각 후에는 파리로 은퇴하여 연구생활을 계속하고, 후에 Louis 18세에 의하여 아카데미의 상임서기로 되었다. 물리학 방면에서는 "熱의 解析理論(Théorie analytique de la chaleur, 1822)"으로 유명하지만, 통계학에 관한 것으로는,

"인구의 일반개념(Notions générales sur les population, 1821)"

"다수의 관찰로부터 얻는 平均的 結果에 관한 연구보고(Mémoire sur les resultats moyen déduits d'un grand nombre d'observations, 1826)"

"平均的 結果와 測定誤差에 관한 제2의 연구보고(Second Mémorie sur les résultats moyes et sur les erreurs de mesure, 1829)"

등이 있고, 후에 Quetelet는 이것들은 우수한 것이라고 칭찬하고 있다. "인구의 일반개념"은 통계학의 발전사 상 중요한 것이다. 이것에 의하여, 인구기본개념은 명백히 발전하였다.

제 1장은 인구에 관한 연구결과를 통계표로 나타내었다.

제 2장은 사망표 및 인구표를 작성하기 위한 관청등록부의 이용에 대하여,

제 3장은 위 표의 일반적 성질을 논하고,

제 4장은 인구법칙을 규정하는 여러 가지 원인에 대한 일반적 고찰,

제 5장은 외적인 인구운동(이주)의 분석,

제 6장은 인구의 항시적 법칙을 곡선으로 나타내고 있다.

이 내용은 V. John, Geschichte der Statistik, 1884에 상술되어 있다.

Fourier는 靜態人口(인구는 그 크기에 있어서나, 구조에 있어서, 끊임없이 변동한다. 끊임없이 변동하는 인구를 특정순간(관찰시각)에서 멈추고 관찰한 경우, 이를 人口靜態(state of population)라고 한다)를 기초로 하여, 수학을 인구통계의 문제에 적용한 최초의 이론적 저술자였다. 또, 인구동태이론을 시도하여, 최초로 그 방정식을 정립하였다. 또한 정태인구에 대한 동태인구의 경우를 분석적으로 취급하고, 수학적 분석방법을 이용해서 인구변동에 관한 일반이론의 기초를 만들어 확고히 하려는 생각을 갖고 있었다. 이것은 약 50년 후 Knapp에 의하여 완전히 전개된 생각이었다.(Knapp, Theeorie des Bevölkerungs－Wechsels, 1874)

§3 Guerry(1802～66)

인류사회에 잠재되어 있는 사회법칙을 발견하기 위하여, 그 관찰된 자료를 바탕으로 해서, 이에 관한 일반법칙을 추출하려고 실험적으로 시도한 첫번째 사람은 프랑스의 A. M. Guerry 이었다. 이 창시자의 출현으로, 정치산술파의 연구는 새로운 국면을 전개하였다.

Guerry는 1834년에 "프랑스 道德統計論(Essai sur la statistique morale de la France)"를, 1861년에는 "영국 프랑스 比較道德統計論(Statistique morale de l'Angleterre comparée avec la statistique morale de la France)"를 저술하였다. 이 저서들은 모두 인류의 도덕현상인 범죄행위에도 통계학을 응용할 수 있다는 것을 가르키고 있다. 즉, 전자는 19세기초 무렵부터 프랑스에 보존되어 있었던 범죄수라던가 범인수를 기초로 해서, 이것으로부터 귀납한 연구이며, 후자는 영국의 자료를 기초로 해서 프랑스의 그것과의 비교연구를 시도한 것이다.

§ 4 Quetelet (1796～1874)

19세기에서의 통계학의 혁신은 벨기에의 Lambert Adolphe Jacques Quetelet에서 시작된다. 그는 천문학・물리학・수학, 특히 당시 성행한 확률론을 연구한 자연과학자였다. 그래서, 그는 통계적 연구를 순수한 과학적 방향으로 전환시켜서, 인간생활의 정신적・도덕적・육체적 대상을 취급하고, 그것을 정확하게 계량할 수 있는 방법으로서의 통계학, 사회과학을 위한 精密觀察學(die exakte Beobachtungswissenschaft) — 천문학・측지학 및 그 밖의 測定科學(die Messungsdisciplinen)에 필적하는 것 … 다른 학문에 의하여 이미 알려져 있는 것을 서술하고, 그리는 일로 그치지 않고, 수집된 기지의 사실로부터 추론에 의하여 미지의 사실을 찾아서, 전혀 새로운 인식을 밝히거나, 또는 적어도 다른 방법으로 얻은 일반적 진리를 정밀하게 하여, 검사하고, 확증하려고 하는 학문 — 을 강조한 제일인자였다. 따라서, 선행자인 Süssmilch의 神學的인 입장과는 전혀 그 기초를 달리하고 있는 것이다.

Süssmilch 에서 Quetelet에 이르는 70～80년간은 정치 경제 문학 및 과학 일반에 관해서 큰 변동이 있었고, 또한 정밀과학이 대단히 융성했던 시기였었다. 사람들의 세계관은 결정적인 변화를 받아, 實在論的, 機械論的인 견해로 기우러졌으며, 더구나 자연과학의 진보는 현상의 세계에서는 "合法則性"이 보편적이라는 예증을 증가시켰다. 이와 같은 시대에 Quetelet는 활약했던 것이다.

Quetelet를 깊이있게 연구하려면 다음의 다섯가지 방면을 고찰해 볼 필요가 있다. 즉,

(Ⅰ) 사회물리학관, 특히 평균인(l'homme moyen)는 : 통계관찰의 결과, 평균적으로 인정되는 모든 성질을 지니고 있는 인간이다. 즉, 평균의 신장・체중 등을 가지고 있고, 또한, 모든 지적・도덕적 성질에 대해서도

평균을 갖춘 인간을 의미한다. 이 인간은 인간사회에서, 마치 물체의 중심과 같은 지위를 차지하는 것이라고 생각하고, 이것을 가지고서 인간집단을 설명하는 실마리로 삼았다. 물론, 평균인은 시간적, 장소적으로 불변인 것은 아니며, 사회상태로부터 영향을 받으며, 그 변화와 더불어 변화한다.

(II) 인구통계론의 문제 : 인구동태의 원인을 성별·연령·계절 등의 "자연적 원인"과 사회적·경제적·정치적·도덕적 사정 등의 "교란적 원인"으로 나누어서 고찰하고 있다.

Malthus는 인구가 기하급수적으로 증가한다고 논하였는데, Quetelet는 "인구의 증가에 대한 저항(방해)은 인구증가의 속도에 비례한다"고 생각하였다. 이것을 벨기에의 수학자 Petri－Francisci Verhulst(1804～49)는 1845년에 다음과 같이 定式化를 시도하였다. 즉, 인구수를 P, 시간을 t라 하면, 어떤 상수 m에 대하여

$$\frac{dP}{dt}=mP-f(P)$$

로 나타내고, $f(P) \propto P^2$라고 가정하여,

$$\frac{dP}{dt}=mP-nP^2$$

에서, 인구증가곡선

$$P=\frac{m}{n}\cdot\frac{1}{1+e^{-mt+c}}$$

을 얻었다. 그는 이 곡선을 Logistic 곡선이라 하였다. 그는 이것을 가지고 인구증가의 실제적 법칙을 발견하였다고는 생각하지 않고, 통계자료만 정비된다면 참다운 법칙이 장래에 발견될 것이라고 기대하였던 것이다. 그의 이론은 발표당시에는 거의 주목을 끌지 못하고, 오랫동안 잊혀져 있었다. 금세기에 들어와서 미국의 Raymond Pearl 과 Lowell Reed에 의하여,

(i) 한 구역 또는 한 나라의 인구에는 객관적 조건으로 해서, 상한(L)을 둘 수 있다.

(ii) 인구증가율은 현재 인구에 비례한다.

(iii) 인구증가율은 인구팽창의 가능성, 즉, L와 현재인구 간의 차에도 비례한다.

라는 가정하에 재발견되고(1920), 연구하게 되었다. 이것은, 시간 t에서의 인구를 P(t)로 나타내면,

$$L-\varepsilon \leqq P(t) \leqq L,\ \text{여기서 } \varepsilon\text{은 임의의 양수임.}$$

$$\frac{dP(t)}{dt} \propto P(t)$$

$$\frac{dP(t)}{dt} \propto L-P(t)$$

가 성립되며, 이로부터

$$\frac{dP(t)}{dt} \propto P(t)[L-P(t)]$$

포 되며, Verhulst의 미분방정식과 일치한다.

재발견자는 여러 나라의 인구자료에 적용해 보고 현실의 인구증가 추세를 넓은 범위에 걸쳐서 표현할 수 있음을 실증하였다. 그러나, 장기간에 걸친 인구증가력의 표현이 반드시 성공하지는 않았다. 그 원인 중 하나는, 그 구역 또는 나라의 인구상한 L이 시간의 함수이기 때문일 것이다. 고로 장기간에 걸친 경우에는, 이 곡선의 조합으로 표현하게 되며, 여기에서 인구증가의 "循環期(cycle)"라는 것을 생각하게 되었으며, 그것은 이 이론곡선을 "生物學的 人口理論"과 결부시키는 계기가 되었다.

(III) 도덕통계론 특히 "犯罪豫算論" : 1826년부터 1831년까지의 살인방법의 통계표를 발표하고 다음과 같이 기술하였다.

동일범죄가 해마다 동일한 질서로서 반복되며, 동일한 처벌이 동일한 비례로 주어지는 이 安定性은, 재판소의 통계가 우리에게 가르치는 가장 기이한 사실의 하나이다. (중략) 놀랄 정도로 규칙적으로 지출되는 하나의 경비가 있다. 감옥형장과 단두대의 경비가 그것이며, 특히 이것은 절감되어야 한다. 그 숫자는 매년 나의 예언을 적중시키고 있어, 다음과 같이 말하는 것이 좀더 정확할 것으로 생각된다. 인간이 자연 또는 국고에 지불하

여야 할 것보다도 한층 정규적으로 납부하는 하나의 부과가 있다. 인간이 범죄에 지불하는 것이 그것이다. 얼마나 인류의 비참한 상태이겠는가! 년간 출생수 및 사망수를 미리 예측할 수 있는 것과 거의 같은 정확도로, 근친의 피로 자기의 두손을 더럽히는 사람, 사기한, 독살자의 수를 미리 예상할 수 있다. 사회는 그 내부에 발생할 일체의 범죄의 싹과 그것이 발아할 능력을 지니고 있다. 사회는 말하자면, 이들 범죄를 준비하는 것이고, 범죄인은 이것을 실행하는 기구에 불과하다. 따라서, 어떤 사회상태던 모두, 그 조직에서 거의 필연적으로 발생할 일정수의 범죄와 일정질서를 전제로 한다. 그러나, 그것은 사회의 제도, 습관, 문화 등의 생활방법에 영향을 주는 일체의 것을 변혁함으로써 인간을 개량할 수 있는 가능성을 나타낸다고 하는 희망을 품게 한다라고 논술하였다.

프랑스 형사재판 보고에 의한 살인 건수

방법 \ 년도	1826	1827	1828	1829	1830	1831
총화기, 단총에 의한 것	56	64	60	61	57	88
검, 단도에 의한 것	15	7	8	7	12	30
소도(小刀)에 의한 것	39	40	34	46	44	34
막대, 지팡이에 의한 것	23	28	31	24	12	21
돌에 의한 것	20	20	21	21	11	9
打物, 刺物	35	40	42	45	46	49
교살	2	5	2	2	2	4
투살, 익살	6	16	6	1	4	3
독살, 박살	28	12	21	23	17	26
소살	—	1	—	1	—	—
불명	17	1	2	—	2	2
총계	241	234	227	231	205	266

(Ⅳ) 인체측정학(Anthropometry) : 인간의 체력의 발전과 구성에 관

하여 생리학적으로 관찰하여, 종래 알려지지 않았던 사실, 예를 들면, 징병 정령 장정의 신장 측정값은 평균값을 중심으로 해서 Gauss의 오차분포를 나타낸다는 사실을 알았다.

(V) 통계적 방법론 : 통계적 관찰에는 원리적으로 다른 두 가지가 있다. 즉, 하나는 "동일한 대상을 여러 회 측정하는 일"이고, 다른 하나는 "다수의 같은 종류의 대상에 대하여 각각 1회만 측정하는 일"이다. 천문학자였던 Quetelet는 동일한 대상에 대하여 이루어진 여러 회의 관찰결과를 가공할 필요가 있었기 때문이었는지, 통계적 관찰이란 주로 전자와 같은 관찰이라고 생각하고 있었던 것 같다.

그는 "인간에 대하여"의 서론 벽두에서 "인간의 출생·발육 및 사망은 이제까지 그 전체에 있어서도, 또 그 交互作用에 있어서도 『일정한 법칙』에 따라 이루어지고 있다"고 말하고, 그 법칙의 결정을 선험적으로 구하지 않고, 경험에서 구하고 있다. 더구나 그는 단순히 표로 되어 있는 통계자료만을 비교하는 것으로 만족하지 않고, 오히려 다수의 사실을 관측하고, 육체적 정신적인 인간생활이 갖는 많은 관계에 대하여 하나의 위대한 通則性(규율)이 존재한다는 것을 인식하고, 그 규율은 개개의 현상에서는 나타나지 않으나, 그 전체에서는 나타난다는 것을 입증하려고, 이른바 大量觀察法을 역설하였다.

이리하여, 그는 인류의 생활현상 속에 規則性이 존재한다는 것을 시인하고, 그 험증적 연구방법을 엮어서, 인간의 육체적 능력이라던가, 정신적 능력에 관해서도 일반적 법칙의 인식을 역설하였다. 그가 논술한 점은 대체로 다음의 주저에서 엿볼 수 있다.

(i) "인간에 대하여 — 인간과 그 능력의 발달에 대하여, 또는 사회물리 학론(Sur l'homme et le dēveloppement de ses facultēs, ou essai de physique sociale, 2 vols, Paris, 1835)"

(ii) "사회제도 — 사회제도와 이것을 지배하는 법칙 (Du systēme sociale et des lois qui le rēgissant, Paris, 1848)"

(iii) "사회물리학 — 사회물리학 또는 인간의 여러 가지 능력의 발달에

관한 논술 (Physique sociale, ou Essai sur le développement des facultés de I'homme. Bruxelles, 2 vols, 1869)"

§ 5 Quetelet의 통계적 방법

Quetelet의 통계적 방법의 연구의 기초개념이 된 것은 數理論, 특히 확률론이다. 이 방면의 그의 주저로는,

1. Sur I'appr ciation des documents statistique, 1845(통계문서 평가론)
2. Lettrés, 1849 (서간집)
3. Physique sociale, 1869

등이 있다.

이론적 방면에서 볼 때, Quetelet의 통계적 방법은, 집단의 연구에 이른바 확률론을 응용한 관찰법, 즉, 대량관찰의 기초론을 만드는데 있었다.

Quetelet는 대량관찰 중 "인과관계의 연구"에서 개체 보다도 집단연구주의를 취하였다. 그는 항상 원인을

Ⅰ. 恒常的 원인, Ⅱ. 可變的 원인, Ⅲ. 偶然的 원인

으로 대별하고,

(i) 이들 여러 원인의 존재를 발견하는 방법,

(ii) 우연적 원인의 소거법

을 연구하였다. 따라서, 인과관계의 원인으로, 자연적 원인인 기후 · 계절 · 체성 · 연령 등과 사회적 원인인 직업 · 도덕 · 정치 · 종교 · 제도 등의 교란적 원인을 열거하고, 인간의 의지 · 행동에 대한 이들 자연적 원인과 사회적 원인을 설명하였다. 그리하여 과학적 연구의 기초로서 상관적 연구 즉, 현상의 인과관계 연구를 수행하고자 하였다. 그는 여러 원인의 작용정도와 작용형식을 논하고, 여기에 확률에 기초를 둔, 그 결정문제를 연구하게 되었다.

그는 확률을 논함에 있어서, 다음의 4단계, 즉,

(1) 기회가 기지(known)이며, 그 각 가지수가 균등인 경우,

(2) 기회수가 미지인 경우,

(3) 기회수가 유한인 경우,

(4) 기회수가 무한인 경우

로 나누고, 더욱 정밀한 연구를 진행하여, law of probability를 논증하였다. 또한, 이 법칙을 과학적으로 적용해서 이른바 "中數論"을 만들기에 이르렀다. 그리고 다음과 같이 설명하였다. "中數論"은 이른바 관찰과학의 기초로서 유용한 것이고, (+) 또는 (−)이 적용될 모든 사물에서 반드시 고찰되어야 할 세가지 사항 − 하나의 中數(mean)와 두 개의 extreme −이 있다. 그러나, 이른바 고유의 mean과 산술평균값(arithmetic mean)과는 구별하여야 하는 것이지만, 그 구별의 착안점은 그 산출방법에 있는 것이 아니라, 그것들을 연출한 "관찰의 성질"에 있다. 그러나, 양자 모두 arithmetic mean을 얻는 방법에 의한 것이어서 그 어느 것도 구별할 수 없기 때문이다. 이런 이유로 해서 관찰의 성질에 "기회분배의 법칙(Law of the distribution of chance)"를 비추어 보고,

① 동일물(同一物)에 관한 여러 계량치가 그 mean 둘레에 분배되어있는 상태와

② 생물학적 계량의 분배상태

를 논하였다.

먼저 ①에 대해서 Quetelet가 논하는 것을 보면,

(a) 계량치의 한 수렬의 평균은 구하고저 하는 참값의 근사값이다. 이 근사값의 정밀도는 관찰수의 제곱근에 따라 증가하여야 된다는 것을 논증하였 다.

(b) 오차의 원인 즉, 우연적 원인은 무한수이지만 서로 독립적으로 작용하기 때문에, 그 영향은 가벼우며 적다는 사실을 밝혔다.

(c) 그리고, 그 원인은 過(excess)는 不足(defect)과 균등하게 되고, 오 차는 이항정리에 따라 분배되어, mean 둘레에 대칭으로 분포한

다. 따라서, "적은 오차는 큰 오차보다 그 갯수가 많고, 관찰값의 대부분은 mean 바로 가까이에 나타나며, mean부터 멀어짐에 따라 점점 각 집단 내에 포함되는 관찰값은 적게 된다"고 논하였다.

(d) 이론상으로는, 어떤 크기의 오차도 존재하여야 하겠지만, 실제로 나타나는 오차에는 자연히 그 한계가 있다는 것을 인정하였다.

다음에 ②에 대해서는, 생물계량치 분배에서도, 이 기회분배법칙을 적용하고 검증한 결과, 평균은 집단전형치(group-type)에서의 근사치임을 인정하였다. 이것이 즉, "평균인"을 전형(典型)으로 삼게 되고, 平均人論을 확립하게 된 연유이다.

또한 可能曲線의 圖解的 방면에 대해서 논급하여, 曲線收縮論을 만들고, 그 평가방법으로서, 확률오차론을 만들고, 분배의 정상적 형식을 가정하여, 대칭곡선이 되어야한다는 것을 설명하였는데 이것은 분배이론의 기초로서 타당한 變量分布의 한 형식으로 생각되는 것이며, 말하자면, 可能形式의 하나인데에 불과하다.

이와 같이 Quetelet는 항상 정상적 분배 즉, 대칭적 분포를 가정하였지만, 비대칭분포에 주의를 기울인 사실도 인정되고 있다. 이것은 우리가 현실의 현상을 논할 때 깊이 성찰하여야만 할 점이다.

Quetelet가 우연적 편차 — III. 우연적 원인 — 로 취급한 것은 천문학에서의 측정의 오차이론의 유추(類推)이다. 그는 스코트렌드 병사 5,738명에 대한 흉위 측정치가 평균치를 중심으로 해서 정규분포를 이루고 있음을 인정하고 있다. 이것은 사회현상 속에서 하나의 규칙성을 발견한 것이다. 그러나, 병사는 하나의 사회적 집단이기는 하지만, 흉위의 측정치라는 것은 오히려 생물학적 측면을 지닌 측정치이기 때문에 현상적으로 오차법칙에 근사한 것이라고도 말 할 수 있다. 문제가 되는 것은 일반으로 이 유추를 범죄의 빈도, 인간의 능력, 도덕심 내지는 성격으로까지 보편적으로 적용해서, 사회물리학이라고 주장하는 것이 과연 허용될지 어떨지 하는 점에 있다.

그는 북극성의 적경(赤經)을 측정하였다. 이 경우 얻은 여러 결과의 차

이는 분명히 우리의 감각과 측정용구의 불완전으로 인하여 발생하는 것인데, 이것이 그리는 곡선과 스코트랜드병사의 흉위 측정치가 그리는 곡선간에서 유사성을 인정하였던 것이다. 이 유사성에서, 측정치의 평균이 측정대상에 근사한 것과 같이, 참값(眞實値)에 근사한 평균인이 과학적으로 존재한다. 平均人과 현실의 인간 사이의 차이는 천문학자가 측정에서 범하는 오차와 같은 종류의 것이다. 모든 일은 마치 인간이 이상적 모델의 크던 적던 서투른 복제의 결과인양 일어나고 있다고 결론짓고, 이 "平均人"에 모든 육체적 성질과 정신적 미덕을 부여하였던 것이다.

이것은 오히려 통계적 방법의 남용이며 악용이었다. 이 학설이 일직 잊혀지게 된 연유는 현실의 인간과는 먼 존재이며, 지나치게 단순화되어 기계적 비인간적 성격을 지닌 "平均人"을 현실적 인간으로 내놓았다는 데에 있었던 것이다.

Karl Marx(1813~83)은 사회생활현상이 내부적 규칙성을 따른다는 사실을 밝힌 통계재료 집성자로서의 Quetelet의 큰 공헌을 인식하고 있었다. 그러나 이 규칙성의 근원과 성질을 천명할 수 없었다는 것도 지적하였다. Quetelet에 의하여 밝혀진 통계적 규칙성의 올바른 의미를 Marx는 다음과 같이 특징지었다.

"Quetelet는 개개의 사회집단에서의 범죄의 백분율은 각 나라의 특수한 여러 가지의 정치적 조건뿐만 아니라, 자본주의사회 전체의 기본적 성격에 따라 규정되어 있다는 것을 밝혔다.… 두 분야 ; 물질계와 사회생활의 어느 편에서의 원인이 보다 큰 규칙성을 지닌 필연적 결과를 초래하는지를 결정하는 일이, Quetelet가 말한 대로 곤란하다면, 단지 새로운 범죄자를 위하여 장소를 비워줄 목적으로 주어진 수의 범죄자를 살해하는 교수집행인을 칭찬하기 보다는, 도리어, 이들 범죄를 낳는 체제의 변경을 진지하게 생각해야만 되지 않겠는가."

§ 6 Quetelet의 업적

그는 근대통계학의 정초자로서, 통계학에 관한, 많은 업적을 남기고, 이른바 Quetelet 시대를 출현시켰다. 특히, 사회법칙의 성질에 관한 Quetelet의 해명은 지극히 창견적이었으며, 그 후 심한 논쟁의 대상이 되었지만, 統計思想상 특필하여야 할 것이다.

(Ⅰ) 統計調査法에서의 공적 : 여러 나라의 통계제도 및 관청통계는 19세기의 초기 이래 정비 · 개선의 기운을 보이고 있었지만, 아직 통계제도나 관청통계에도 많은 결점이 있었다. 예를 들면, 국세조사는, 1790년에 미국에서, 1801년에 영국과 프랑스에서 처음으로 실시되고, 그 후, 많은 나라들이 그 뒤를 따랐지만, 1846년에 Quetelet의 과학적인 계획하에 이루어진 벨기에의 국세조사까지는 그 조사결과에 많은 결점이 있었다고 전해지고 있다. Quetelet는 확실성과 신뢰성이 결여된 통계는 이용가치가 없을 뿐만 아니라, 오히려 유해하다는 신념을 갖고, 보다 완전한 통계를 제작하기 위해서 통계제도의 정비, 조사기술의 개선 및 통계지식의 보급에 힘썼다. 즉, 그의 제창으로 1841년에 창설된 중앙통계위원회(Commission Centrale de la Satistique)에서는 생존중 회장으로서, 벨기에의 통계제도의 정비, 관청통계의 개선 및 통계지식의 향상에 공헌하였다. 그 후, 서구 여러 나라도 같은 위원회제도를 설치하였는데 이것은 모두 Quetelet의 공적이라고 Walowski는 말하였다. Quetelet는 여러 나라에서의 관청통계의 국제비교적성(國際比較適性)의 필요성를 통감하여, 1851년에, London의 만국박람회에 참석한 여러 나라의 학자들에게 국제통계회의(Congrès International de la Statistique)의 개설을 제창하여, 1853년에는 Brüssel에서 제1회 국제통계회의가 개최되었다. 그 후 1876년까지 9회에 걸쳐서 여러 나라에서 동회의가 개최되어, 관청통계는 국제적으로 현저하게 진보 · 발달하였다. 그 후, 통계조사법의 과학적인 발달로 여러 나라의

관청통계는 그 신뢰도를 현저히 높혔으며, 그 종류도 매우 풍부하게 되었지만, 통계제도의 근대화와 통계조사법의 과학화는 Quetelet의 공적으로 돌려도 좋을 것이다.

(II) 統計解析法에서의 공적 : 사회현상에서의 규칙성을 발견하려면, 大數法則의 원리에 따라야만 한다는 것은, 정치산술파 학자들도, 경험적으로 알고 있었다. 그러나, 자연과학의 영역에서 발달하였고, 또 자연과학의 연구에도 자주 적용된 確率論을 사회현상의 연구영역에 도입해서 그 연구방법을 과학적으로 확립한 것은 Quetelet의 공적이라 아니할 수 없다. 수리통계학 상에서의 확률론은 그 후 현저한 발전을 보여서, Quetelet의 확률론은 이제는 고전적인 것이 되었지만, Quetelet가 확률론을 원용해서, 사회현상의 통계적 연구에 과학적 기초를 자리잡게 한 것은 결코 하루 아침에 이룬 공은 아니다. 확률론과 대수법칙의 관계는, 이미 일직부터 많은 수학자들에 의하여 연구되었지만, 그 數理는 단지 수학문제에 응용되고, 겨우 자연과학의 영역에서만 적용되었을뿐, 아직 사회현상의 연구에는 이용된 일이 없었던 것이다. 그런데, Laplace는 "확률의 해석이론, (1812)"에서 수학부호를 사용하지 않고 확률의 이론을 해명하고, "확률론의 철학적 고찰, (1814)"에서 확률에 관한 정리를 제시·증명하고, 사회현상의 연구에 응할 수 있다는 것을 명시하였다. 또 Fourier는 "Paris 및 Seine지방의 통계적 연구(Recherches statistiques sur la ville de Paris et la department de la Seine)"에서 확률론을 인구현상에 관한 통계적 연구에 적용하는 문제에 대해서 논하였다. 이와 같이, 수학자들은 확률론에 관한 연구결과를 간단히 수식으로 나타내고, 사회현상의 통계적 연구에 응용하는 길을 열었으며, Quetelet는 이 과학적인 통계적 연구방법을 인류학·기상학·천문학 이외에 사회과학에 넓게 응용해서, 많은 가치있는 연구를 발표했을 뿐만 아니라 "확률계산 입문 (Instructions Populaires sur le Calcul des Probabilités, 1828)"과 "확률론에 관한 편지(Lettrés sur la Théorie des Probabilités, 1846)"에서 확률론의 근본문제, 경험과 계산과의 일치에 관한 Bernoulli의 원리, 최소자승법의

원리 등에 관해서 논술하였다. 통계해석법으로서의 統計數理와 그 적용에 관한 연구는, 그 후, 눈부시게 발달하였는데, Quetelet의 연구가 그 출발점이라 하여도 좋을 것이다.

(Ⅲ) 統計思想史 상의 업적 : 근대적 자연과학은, 18세기말엽 이래, "신비적인 환상을 배재하고, 자연현상을 수학적 법칙으로 환원한다"는 Newton의 과학정신에 기초를 두고, 참다운 의미에서의 정밀과학(精密科學)으로서 장족의 진보를 계속하고 있었으나, 사회과학은 아직 관념론적·사변적(思辨的)세계관이 지배적이었다. 그런데, Quetelet는 근대적 자연과학에서의 과학정신을 사회과학의 영역에 도입하여서 사회현상을 수학적 법칙으로 환원하려는 많은 연구를 완수하고, 이것을 집대성해서, "인간에 대하여(Sur l'homme, 1835)"를 출판하였다. 그는 Brüssel 학사원으로 보내는 보고서에서 "내가 지금 문제로 삼고 있는 과학은, 참다운 의미에서, 사회생활의 力學이라고도 말해야 하는 것이며, 무기물체의 역학과 같이 놀랄만한 여러 법칙을 밝히는 것이 될 것이다"라고 하였고, 또, "사회제도(Du Système Sociale 1848)"에서는, 『力學法則의 대부분은, 物理世界에서 道德世界로 이행할 때, 그 유사물을 발견한다』고 기술하였다. 이 말은 사회과학에서의, Quetelet의 과학정신과 연구원리를 명백하게 나타내고 있다.

§ 7 Quetelet 이후의 진전

Quetelet가 나타나자 통계학 연구의 열광시대를 조성하고, 통계학이란 이름하에, 사회현상 속에 자연과학적 연구주의를 아무런 거리낌 없이 도입한 학자가 각국에 배출되었다. Kolb, Dankwart, Schön, Mayer, Lombrozo, Wagner 등이다. 그 중 극단적인 사람은, 예를 들어, 범죄는 인간의 필연적 현상이며, 인류의 특성이라고 하였다. 따라서, 자연적 법칙관을 가지고 있는 이들 학자가 인간의 자유의지를 부정하는 귀결에 이르게

되는 것은 당연하다.

그래서, 여기에 이와 같은 자연과학관에 입각한 통계학으로는 아직 사회현상 특히 도덕현상을 올바르게 해석할 수 없다는 것을 알아차리고, 아무런 선입관을 두지 말고 일체의 사회현상에 부딪쳐야 한다는 새로운 학파가 생겼다. 이 학파를 대표하는 사람은 Drobisch, Rümelin, Schmoller, G. F. Knapp(1842～1926)이었다. 특히, 근대통계학계의 제1일인자이었던 Georg von Mayr(1841～1925)의 "도덕통계론(Statistik and Gesellschaftlehre (Ⅲ) Moralstatistik 1909～17)"은 정말로 그 대표적 저술이다.

이것은 Quetelet주의(기계론적 물리관)에 대한 대표적인 반박론이다. 그들은, 첫째로 사회법칙을 자연법칙과 동일시하는 Quetelet주의의 견해를 부정하고, 둘째로, 사회법칙에 대해서 개인의 자유의지는 전혀 무력하다는 Quetelet주의의 견해를 부정하고 있다.

이보다 전에, K. G. A. Knies(1821～97)는 통계학의 혼돈상태를 한탄하며, "독립과학으로서의 통계학, 1850)"를 저술하고, Achenwall이래의 통계학은 이미 도저히 이를 지지한다는 것은 허용되지 않는다. 차라리 영국에서 발전한 정치산술을 발달시켜서, 수리적 방법으로, 이 학문의 혁신을 꾀하여야 한다고 역설하였는데, 거의 모두 이에 마음이 기우러지게 되었다.

이와 같이 하여, 19세기 말엽의 통계학이 그 방법에 있어서 일대진보를 초래하여, 수학적 공식을 사용해서 그 관찰을 조정하려고 하기에 이르게 된 것은 극히 자연스러운 추세였다. 즉, 혹은 도시적(圖示的), 또는 기계적 보정(補正)을 강구하고, 혹은 최소자승법을 적용해서, 이것이 보정에 성공을 거둔 사실은 당시의 많은 논문에 의해서도 명백하다.

(Ⅰ) **Drobisch**(1802～96) : Drobisch, M.은 도덕통계에서 도덕적 관심을 위태롭게 하는 결론을 도출할 수 없다는 것을 주장하고, Wagner의 저서에 대해서, "도덕통계와 인간의 의지의 자유 (Die Moralische Statistik and die Menschliche Willensfreiheit, 1866)"을 저술하고,

도덕통계가 도출하는 결정론을 상세하게 그리고 근본적으로 비판하였다.

(Ⅱ) **Rümelin** (1815~89) : Tübingen 대학에서 통계학을 강의하고, 후에 동 대학의 총장이 된 Gustav von Rümelin은 "통계학의 이론에 대하여(Zur Theorie der Statistik I, 1863 : II, 1874)" 및 "사회법칙의 개념에 대하여(Über den Begriff eines sozialen Gesetzes, 1868)"를 저술하였는데, 여기에서 Quetelet 주의에 대하여 통렬히 비판하였다.

"통계가 나에게 내년 중에 당신은 1/49의 확률로 죽는다고 한다면 … 나는 그 진리의 위엄하에 공손하게 몸을 굽힐 것이다. 그러나, 통계가 나에게 여차여차분의 1의 확률로서, 나의 행동이 형법의 대상이 될 것이라고 한다면, 나는 주저하지 않고 지나친 참견을 하지 말라고 답해도 무방하다".

Rümelin의 사회개념은 이른바 원자론적 집합(原子論的 集合) — 각기 독자적 욕구를 가진 개인의 다수존재 —를 기초로 한 것인데, 이것은 독일 사회통계학의 생성에 큰 역할을 하였다.

통계학에 관해서는, 통계학은 통계방법의 사용 그 자체이고, 또한, 그 방법론이며, 그 기초를 논리학에서 구하여야 하며, 통계방법에 의하여 얻은 지식은 각각 그 실체적 내용에 따라 사회적 개별과학에 귀속되어져야 한다고 하였다. 그래서 독일에서는 그를 방법론자(methodiker)로 분류하고 있다.

(Ⅲ) **Schmoller** (1838~1917) : Gustav Schmoller은 1871년에 발표한 논문 "인구통계 및 도덕통계의 결과에 대하여 (Über die Resultat der Bevölkerungs und Moralstatistik)"에서 통계법칙의 성질에 관한 Quetelet주의자의 기계론적 해석에 대해서, 정신과학적 입장에서 정면으로 반박을 가하였다.

(Ⅳ) **Engel** (1821~96) : Christian Lorenz Ernst Engel은 1850년부터 1858년까지 Sachsen 왕국의, 1860년부터 1882년까지 프로이센 왕국의 통계국장을 지내며, 관청통계의 조직과 운영을 쇄신하고, 국세조사

의 획기적인 개량이라던가, 통계가의 양성 등, 독일 통계계를 위하여 불후의 업적을 남겼다. 그러나, Engel의 불후의 업적은 이상의 통계행정가 내지 통계교육가로서의 업적보다는 오히려 그가 국장시대에 축적하고 있었던 소비통계연구에 있었다. 그는 "벨기에 노동자 가족의 생활비(Die Lebenskosten belgischer Arbeiter – Familien früher und jetzt. 1895)"를 발표하였다. 이것은 1857년의 통계국 잡지 Zeitschrift des statistischen Bureaus des Königlichen sächsischen Menisterium des Innern 에 발표한 "Sachsen 왕국의 생산 및 소비사정(Produktions und Konsumtions verhaltnisse des Königreichs Sachsen)"에 이른바 "Engel 법칙"을 전개한 것이다. 그밖에 "인간의 가치(Der Wert des Mensche, 1883)", "노동의 가격(Der Preis der Arbeit, 1866)" 등 다수의 저서가 있다.

Engel 법칙은, 현재 여러 가지로 해석되고 있으나, 간단히 말하면, 가계비 중에서 차지하는 음식비의 비율 – 이것을 Engel 계수라 한다 –은 소득이 낮으면 낮을수록 크게 된다는 것을 나타내는 경험적 통계법칙이며, 또한 동일한 사정하에서는 영향을 위해서 지출하는 정도는 일반으로 인구의 물질적 상태를 정확하게 나타내는 척도라는 것이다. 이 법칙은 소박하고 간단 명료할 뿐만 아니라, 그것이 인간의 복지증진에 대하여, 기본적인 계기를 찾아낸다는 점과 직접 결부되어 있다. 이런 까닭에 이 법칙은 현재 어느 나라에서도 그 적합성을 잃지 않고 있는 것이다.

Engel은 부유정도가 등차수열적으로 감퇴하면, 음식비 지출의 비율은 등비수열적으로 증가한다고 말하고 있다. 또 그는 계량사회학체계로서의 Demologie를 제창하고, 실질과학(實質科學)으로서의 통계학에 내용과 체계를 부여하려고 노력하였다.

Engel의 Demologie의 구상은, 국민 · 가족 · 개인의 각각에 대해서, "인간사회의 생활에서의 자연법칙의 탐구와 발견"을 적용하려고 한 것이고, 이것을 "인간복지측정학"이라고 명명하였으며, 광대한 구상을 가진 것이었다. 그가 실제로 계량한 것은 소비분석이고, 개인이라던가 가족을 단

위로 한 미시적 분석뿐만 아니라, 거시적 분석까지도 구상하고 있었다.

그는 통계학은 "사회의 물리학 및 생물학"이라고 기술하고 있는데, 여기에서 Quetelet의 강한 영향을 엿볼 수 있다. 이 문제에 관해서는 "통계학은 독립된 과학이냐 또는 단순한 방법에 불과하냐라는 문제에 대한 나의 입장 (Mein Standpunkt der Frage gegen über, ob die Statistik eine selbständige Wissenschaft oder nur eine Methode sei, 1851)"이라는 논문을 발표하였다.

Engel는 Quetelet를 존경하고, 또한 그 영향을 강하게 받았지만, Quetelet의 자연과학적 편향을 눈치채고 있었던 같았다. 그는 Quetelet의 추도강연에서 "인간공동체를 움직이는 자연법칙을 발견하고싶다는 원망에 그는 완전히 매료되었다. 그 때, 그는 이른바 과학적 법칙과 정치적 법칙과의 내적인 차이를 거의 생각하지 않고, 큰 국가에서의 정치적 법칙은 필연적인 사정의 결과라는 것, 이 사정은 개개의 나라에서는 결코 같지 않으며, 대단히 다르다는 것, 그리고, 그것이 어떤 계열의 사회사상(社會事象)에 강하게 영향을 주어, 다른 계열의 것을 완전히 지배한다는 사실을 도외시하였다. 동시에 그는 자연법칙은 불변인데, 정치적 법칙은 … 당파간의 투쟁의 결과이며, 어떤 당파가 승리하는냐에 따라 도덕적 사실 또는 그것을 계량하기 위한 기준 그 자체가 개정된다는 사실을 고려하지 않았다"고 말하고 있다.

(Ⅴ) Wagner (1835～1917) : Adolf Wagner는 "외견상 자의적(恣意的)인 인간의 행위에서의 규칙성 (Die Gesetzmässigkeit in den scheinbar willkürlichen menschlichen Handlungen vom Standpunkt der Statistik, 1864)"란 책을 발행하였다. 그는 Quetelet 와 Engel를 기초로 하고 있다고 서술하였으나, 이 책을 일관해서 흐르고 있는 사상은 철저한 Quetelet주의이다. 먼저, 총론에서는 외견상 자의적으로 보이는 인간의 행위 안에도 법칙이 존재하며, 통계방법으로 그것을 발견할 수 있다는 것을 일반적으로 논하고, 각론(各論)에서는 이것을 혼인과 자살에 대하여 통계를 사용해서 증명하고 있다. 이것은 독일에서, 통계학자,

철학자, 윤리학자 간에 "인간 의지의 자유의 문제"에 관한 논쟁을 일으켰던 것이다.

그는 독일 국가사전 속에서, 통계학을 "合法則性"을 배경에 두고 체계적으로 기술하였다. 이것은 "통계", "대수법칙", "법칙성 발견을 위한 통계방법" 등이 무엇인지를 논하고, 통계학의 일반개념으로서 다음과 같이 주장하였다.

"통계학이란 인류 및 자연의 機構를 해석(解析)하고, 설명하기 위한 귀납법이다. 환언하면, 그것은, 이들 기구가 작용할 때에 따르는 법칙을 도출하여, 설명하고, 또 개개의 인간적 현상과 개개의 자연적 현상 간에 존재하는 인과관계를 발견하고, 설명하기 위한 일정한 방법에 따르는 귀납법이다. 그리고 그 일정한 방법이라는 것은, 그들 현상에 대하여, 정확한 양적 규정(量的規定)을 관철하여야 할 방법적 집단관찰의 조직이다."

그리고, 통계학은 관찰과 데이타처리의 방법과 이것을 통해서 얻게 되는 법칙 그 자체의 발견 두 가지를 내용으로 하고 있으며, 하나의 방법이며 또한 하나의 과학이라고 주장하였다.

그의 책은 독일에 Quetelet 학설을 유행시킨 계기가 되었다고 전해 내려왔으며, Quetelet주의를 비판하는 입장에 있었던 Georg Friedrich Knapp(1842~1926)는 그의 저서 "도덕통계에 관한 새로운 견해(Die neuen Ansichten über Moralstatistik, 1871)", "이론가로서의 Quetelet(Quetelet als Theoretiken, 1872)" 등에서 사회법칙을 자연법칙과 동일시하는 Quetelet주의의 견해와 사회법칙에 대하여 개인의 자유의지는 전혀 무력하다는 Quetelet주의의 견해를 부정하였으며, "독일에서는 이 비속한 Quetelet설의 유행학설을 우리 모국어로 더구나 우리 앞에 소개하기 위해 Adolf Wagner가 등장하였다"고 기술하였다.

(Ⅵ) **Lexis** (1837~1914) : Bonn 과 Heidelberg 에서 수학과 자연과학을 공부하였고, 1872년 이후 Strassburg, Dorpat, Freiburg, Breslau, Göttingen 등 대학에서 통계학, 보험학, 경제학 등을 강의하였다. Wilhelm Lexis도 Engel와 같이 Quetelet의 영향을 받았으나, 그는

Quetelet의 유물적(唯物的)인 기계관(機械觀)을 타파하고 그를 비판하였다. 즉, 사회현상의 규칙성은 그 해석(解析)과 판단의 기준이 문제라며, 이 측정을 위한 "안정도"를 어떻게 측정하느냐를 문제로 삼았다.

Lexis는 확률론을 응용해서, 이에 대한 가장 "합리적인" 해석을 하였다. 즉, 안정도(安定度 또는 分散度)는 확률론에서 구할 수 있는 우연변동계열과 비교하여야 하며, 통계적 계열의 분산이 만약에 이것과 일치한다면, 당연히 우연적인 변화라고 생각되어야 한다. 이 경우를 그는 正常分散 또는 正常安定이라 하였다. 또 이것을 초과한다면, 그 통계적 계열에는 어떤 교란적인 원인이 틀림없이 있을 것이고, 이에 못 미치면 뭔가 그 계열의 분산을 저지하는 원인이 당연히 있을 것이다. 전자를 過大分散(또는 過少安定), 후자를 과소분산(또는 과다안정)이라 한다. 통계적 계열의 분산을 확률이론에 기초를 둔 우연적 변동계열의 분산으로 나눈 비를 "Lexis의 標準"이라 한다.

여기에서 직접적으로 경험과 확률과의 연결고리가 만들어진 셈이다. 그리고 그는 관찰결과의 분산이 그 표준과 일치하는지 어떤지를 검정하는 두 가지 방법을 제시하였다 (Zur Theorie der Massenerscheinungen in der menschlichen Gesellschaft, 1877).

Lexis의 분산이론은, 확률론의 응용이며, 이것이 법칙을 정립한다고 하기보다는, "검증"한다는 방향으로 이용되어 왔다는 사실은 주의할 변화라 말하지 않을 수 없다.

그는 이 방법을 여러 가지의 인구 및 도덕적 통계량에 적용해서, 어느 정도의 안정성을 나타내는지를 검사한 결과, 정상분산인 것은, 출생아의 성비와 인간의 어떤 일정 연령기에서의 사망수 뿐임을 지적하고, 종래 놀랄 정도로 규칙성을 갖는 것으로 여겨왔던, 인구 및 도덕적 통계량의 대부분이 안정성에 있어서 표준이하, 즉, 과대분산임을 보이고, Quetelet의 물리적, 기계관적 해석을 이 문제에 적용할 수 없다는 사실을 밝혔다. 그러나, 이 통계수치의 안정도의 이론은, 조사현상의 질적 경제적 분석을 지지하고 있지는 않다. 후에, 통계수치의 안정성도 또 통계집단의 동질성도 그것을

확인하기 위해서는 경제이론이라던가 사회이론이 필요하며, 단순한 통계분석만으로는 확인할 수 없다는 사실을 알게 되었다.

출생아의 성별이 정상분산하고 있다는 것은, 여아 출생 1000에 대한 남자의 수가, 그 평균치를 중심으로 해서 정규분포를 따르고 있다는 것이다. 그는 이것을 프로이센의 쌍생아의 성별에 대하여 확인하고 있다. 또 일정 연령기의 사망수가 정상분산을 한다는 것은, 그 연령의 사망수를 중심으로 해서, 그 전후에서 사망수가 정규분포를 이루고 있다는 것이다. 그는 이 중심연령을 "천수(天壽)"라 하였다. 천수는 각국의 사망표에 따라 각각 다를 것은 당연하지만, 그의 자료에 의하면 아래의 표와 같다.

천수의 표

나 라	남	여
노르웨이	74	75
스 웨 덴	72	75
프 랑 스	72.5	72
영 국	72	73
스 위 스	70	69.5
화 란	70	71.5
프로이센	70	71
바 이 엘	70	69
벨 기 에	67	72.5

Lexis는 또, 사망율계산의 도식분석(圖式分析)을 발전시켜서, 생명표의 작성기술에 실질적인 공헌을 하였으며, 生命函數, 生存延年數의 계산 등은 Lexis의 도시법의 은혜를 받고 있다. Einleitung in die Theorie der Berölkerungs-Statistik, Strasburg, 1857 및 Abhandlungen zur Theorie der Bevökerungs and Moralstatistik, Jena 1903은 생존자와 사망자의 각종 관계를 해석적 방법을 사용하지 않고 그래프로서 나타내는 데에 중점을 둔 것이다. 그의 도시법은 같은 종류의 Karl Becker(1823

~96)의 것보다도 훨씬 알기 쉬운 것이었다. 이에, 이른바 形式的 人口論이 어떤 의미에서 완성되었다고 말할 수 있겠다.

그의 연구방법은 대단히 수학적이고 확률적이었기 때문에, 그를 독일에서의 수리통계학 — 大陸派 數理統計學 —의 창시자로 불리우게 되었다. 이것은 그후 L. von Bortkiewicz(1868~1931), A. A. Tschuprow(1874~1926), Oskar Anderson(1887~1960)에 의하여 계승되었다. 이 학파의 기초이론은 인구통계에서의 여러 가지의 현상을(주로 기하학적 도형의 도움을 받아서) 실제통계와 연관시킬 때 정밀하게 규정하는 것을 목적으로 하는 形式的 人口論 이었다.

제11장 기술통계학

Knies의 정의(定義)에 의하여 변혁을 받는 "統計學"은 숫자에 의한 사회현상의 실제적 응용 연구를 임무로 하였다. 즉, 통계학은 "실재(實在)"를 연구하는 학문이었다. 사회현상의 규칙성 혹은 법칙적 경향을 규명하려는 것이 통계학의 임무라고 생각되었다. 그런데, "方法學으로서의 통계학"이라는 관념이 발생하여,

(i) 어떻게 통계의 조사·편찬을 할 것인지(통계자료론),

(ii) 어떻게 사회현상의 규칙성 또는 법칙성을 통계적으로 연구를 할 것인 지(통계방법론) ;

즉, 통계의 수집방법·분석방법에 관한 연구가 발흥하였다. 독일(사회통계학파)에서는 전자의 연구에 중점을 두었고, 영국 미국에서는 후자, 즉, "통계분석법"의 연구에 중점을 두었다. 이것이 제 11 장에서 그 흐름을 생각하는 수리통계학이다.

오늘날, 통계학의 임무는 "통계방법의 연구"이고, 實在的 연구는 다른 사회과학, 즉, 사회학, 경제학, 심리학 등에 분속해야 할 것으로 믿게 되었다. 그리고 實在的 연구가 통계학의 영역에 속한다고 주장하는 학자라 할지라도, 통계방법의 연구는 통계학의 제1차적 기본적 임무라는 것을 승인하지 않을 사람은 없다.

§1 개 론

통계학과 확률이론과의 관계가 더욱더 친밀하게 되어, 평균값에 관한 관

찰치의 분산은 통계학자 · 수학자의 주의를 환기시키게 되었다. 여기에 "正常誤差의 법칙(The Normal Law of Error)", 즉, 이항정리의 극한에 의한 분포의 해석이 현저하게 되었다.

"인체측정학"에 여러 가지로 공헌한 F. Galton의 엉성한 생각은 그의 후계자 K. Pearson에 의하여 확률의 어떠한 수치에도 적용될 수 있게 일반화되었다. 또 Göttingen대학의 W. Lexis도 "性比"에 관한 관찰은 "2項式의 법칙"에 잘 조화된다는 사실을 증명하였다. L. v. Bortkiewicz는 사건이 극히 드물게 발생하는 사상에서 관찰건수가 현저하게 규칙성을 보이는 경우가 있음을 발견하고, 이론적 분산에 관한 수리적 분석으로 소위 "小數의 법칙(Das Gesetz der kleinen Zahlen)"을 유도하였다.

F. Y. Edgeworth는 될 수 있는 한 "正常分布의 법칙(Normal Law of Frequency)"을 이용하여야 한다는 것을 주장하였다. 그러기 위해서는, 더욱더 그 자료를 정비할 필요가 있다는 것이 분명하게 되어, 標本誤差의 존재는 "다른 종류의 원인"의 작용으로 일어남을 암시하는 것으로 해석하고, 이 원인들을 발견하는 일이 통계학자의 임무 중의 하나로 되기에 이르렀다. 정상분포곡선에는 극대치가 한 개 뿐이지만, 만약에 그 곡선에 2개의 극대치가 있어서 "複峰曲線(Double-Hamped Curve)"을 형성한다면, 어떤 원리에 따라 해석하면 좋겠는가? 이 문제에 대하여 K. Pearson는 그 자료를 2개의 다른 형(type)으로 분석하고, 이것을 원시독일민족에 적용하여, 당시의 주민은 혼혈민이었지만, 그 일부는 근대독일인과 온통 동일한 성질을 갖고 있다고 결론내리고, O. Ammon의 자연도태설과는 반대입장을 취하였다. 그러나, 이런 분석이 과연 추산의 영역을 벗어나서, 사물의 진상을 파악할 수 있었는지 하는 것과는 별개의 문제이다. 이 "複峰曲線論"과 함께 "대칭 · 비대칭인 돗수곡선의 형태"의 연구가 더욱더 중요하게 되었다. 이에 대하여, Edgeworth는, "정규곡선을 따르는 假定的 集團으로부터의 치환법(Method of Translation)" 및 "서로 다른 정상곡선의 두 부분의 합성" 등을 시도하였다. Denmark의 수학자 T. N. Thiele는 대칭, 비대칭인 도수곡선의 특성을 밝히고자 하였다. 또, Pearson은 상수(常數)의 변경으로, 도수곡선의 여러 형식을 유도하는 일반 방정식을 써서, 문제를 해결하려고 시도하였다.

"유전"에 관한 연구를 하고 있었던 Galton은 일반평균치에 대한 회귀현상(regression)의 존재를 발견하고, 이것을 공식화하려고 시도하였다. 또한 Pearson, Edgeworth, Yule 등도 이 문제를 다루었다. 그리하여, 드디어 현재의 형식과 같은 상관계수, 회귀계수(coeffficent of correlation, coefficient of regression)을 발견하게 되었다.

상관계수의 이론도 결국은 확률의 정리를 기초로 하고 있는데, 통계학자에게 용이하게 그 문제를 취급하는 방식을 제공하였다. 더구나, 그 여러 공식들은 생물학을 비롯하여 차츰 사회학의 연구에도 적용되어, 통계학에 새 바람을 불어 넣었다. 그러나, 동시에 이 공식은 자칫하면 통계학자로 하여금 사실의 인식으로부터 멀어지게 하여, 단순한 "계산기계"처럼 만들지 않을까 우려되기도 하였다. 이에 반하여, 종래의 방법의 특징은 관찰 자체를 중대시하는 데에 있었다고 말할 수 있다. 이 양자의 특징을 우리는 잘 조화시키지 않으면 안 된다.

§ 2 Galton(1822~1911)

Francis Galton은 영국 Birmingham에서 태어났으며, 그의 국민학교 중학교 시절의 성적은 좋은 편이 아니었다. 중학교를 졸업하고, 어머니의 숙부인 Robert Darwin과 같은 훌륭한 의사가 되려는 희망을 품고 Birmingham의 마을병원에서 조수로 1년 정도 근무한 후, London의 Kings College의 해부학교수 R.Partridge의 집에서 기거하며 대학의 강의·실습에 출석하던 중, 여행광이 되어서, Turkey, Greece, Italy 등을 순유하였다. 귀국 후 Cambridge 대학의 Trinity College에서 수학, 물리학, 의학을 수학하고 학위를 받으려 하였으나 신경쇠약이 되어 또 여행을 떠났다. Egypt의 Alexandria에서부터 Nile강을 따라 Khartoum 부근까지

가서, Syria에서 Damascus 등을 경유해서 1년 후에 돌아왔으나, 1850년 봄 남부 Africa의 암흑지대 탐험을 계획, 신중한 준비 끝에 London에서 Cape Town까지 80일만에 도착, 북상하여 Walvis만에 상륙하였다. 일행은 그를 대장으로 하는 백인 10명, 흑인 18명과 소 50마리, 양과 산양 100마리였다. 광포한 종족이 있는 지방을 지나거나, 맹수가 많은 지방을 지나서 다시 Walvis만에서 승선하여 St. Helena섬을 들러서 London으로 돌아왔다. 약 1년 간의 탐험기를 왕립지리학회 잡지에 공표하였는데, 이것이 인정되어 1855년에 왕립협회회원이 되었다. 이로부터 탐험사상이 발흥하여 David Livingston(1813~1873), Henry Morton Stanley(1841~1904) 등의 탐험이 시작되었다. 여행에는 기상지식이 필요하기 때문에 기상학을 연구하여, 여러 가지의 측정기계를 고안하고, Cyclone(인도양의 선풍)의 연구, 고층기류의 관측 등 이 방면의 선구자가 되어, 1868년에는 기상연구회의 회원으로 추대받았다. 그의 사촌형 Charles Robert Darwin의 "種의 起源(Origine of Species by Means of Natural Selection, 1859)"의 영향을 받고, 생물학, 인류유전학의 연구에 전념하여 "유전적 재능과 천재(Hereditary Talent and Genius, 1854)", "유전적 천재와 그 법칙 및 그 결과(Hereditary Genius its Law and Consequense, 1870)" "인류능력의 연구(Inquires into Human Faculty, 1883)" 등을 발표하고, 천재는 후천적 능력으로 만들어지는 것이 아니라, 선천적으로 유전에 의하여 출생한다는 것을 밝혔다. 이것은 "優生學의 탄생"을 의미하는 동시에 "새로운 통계수리의 개척"을 의미하는 것이었다.

1875년 이래 Sweet Pea 종자를 사용하여, 그 직경과 중량에 관한 유전실험을 하여, 최초의 回歸直線에 도달하였다고 한다. 1884에는 인체측정학의 연구를 위한 최초의 연구실(London대학 Galton연구실)을 조직하고, 여기서 합계 400명에 대한 시력・청력・색채감각・반응의 능력과 빠르기・견인과 타격 시의 체력・체격・체중・완력・기타 이와 비슷한 것을 조사하였다. 이 수집된 자료를 정리한 결과를 1888년에 "Correlation and their Measurement chiefly from Anthropometric Data"라는 논문으로 발표하였는데, 여기서 상관관계를 처음으로 사용하였다. 1889년에는 "自然的 遺傳 (Natural Inheritance)"를 공간하고, 유전과 상관에 대한 생각을 정리하였다. 이것이 처음으로 발표된 "相關理論"이다.

이제 x, y를 두 변수라고 할 때, x가 독립변수, y가 종속변수라면, x의 값이 결정되면 y의 값도 결정된다. 그런데, x 이외에 다른 독립변수가 있을 경우에는, x의 값이 정하여진 것만으로는 y의 값이 결정되지 않는다. 그러나, x의 값이 정해진다는 것은, 그 만큼 y의 변동에 "어떤 제약"이 가해졌다는 것을 의미하며, x가 변하면 그 제약도 x의 값에 따라 영향을 받아서 변화를 일으키는 것이 보통이다. 그 완급의 정도는, x와 y와의 연관성의 심천(깊음과 얕음)을 암시하는 것이고, 거기에 因果關係(부분적인)의 농담(짙음과 옅음), 환언하면, 상관관계의 대소가 감지되는 것이다. 자연현상에서는 하나의 결과에 대하여, 그 원인은 일반으로 몇 가지의 요인으로 분석된다. 병립적으로 생각되는 많은 요인 중, 특히 영향이 강한 것을 골라서 인과관계를 정확하게 추구하고, 측정오차의 범위 내에서 무시할 수 있을 정도로 미미한 원인은 적당히 제외하고 인과의 법칙을 구하고, 이론과 실제와의 불일치를 차례차례로 좁혀가는 것이 一般精密科學의 방법이다. 그러나, 사회학 · 심리학 · 생물학에서 연구대상으로 하는 현상은 일반적으로 대단히 복잡하며 두 현상 간의 연관성은 인정되더라도, 그 사이에 내재하는 인과관계는, 정밀과학에서 하듯이, 정밀하게 찾아갈 수 없는 것이 적지 않다. Darwin의 진화론을 "통계학적으로 기초를 다지려는" 연구가 그로 하여금 상관이라는 개념과 그 측정법을 연구하도록 만들었다.

그를 이 발견으로 유도한 요인이 둘 있었다.

(1) 하나는 "遺傳現象"이다. 그는 부친의 어떤 성질이 어떻게 그 자식의 성질을 결정하는지를 알려고 노력한 결과, 드디어 정밀과학의 因果律을 초월한 복잡한 부모와 자식의 유사성 — 부분적 인과관계의 강도 — 을 측정하려면 어떻게 해야 하는가? 라는 문제에 도달한 것이다.

(2) 다른 하나의 문제는 "생물의 개체의 각 부분 간의 연관성"이다. 예를 들어, "인간의 대퇴골의 길이와 상박골의 길이와의 사이에, 또는 어떤 동물의 발톱과 치아와의 사이에, 거의 한쪽에서 다른 쪽을 예견 할 수 있을 정도로 밀접한 관계를 갖는 것이 있다는 것이다. 이 밀접 한 정도를 "어떻게 나타내면 좋을까?"하는 문제이다. 연구한 결과 드디어 "相關"이라는 개념에 도달했지만, 위에서 기술한 두 문제, 즉,

부분적 인과관계와 연관성

이 실제로 동일한 방법으로 해답된다는 것을 인식하게 되기 까지도 오랜 세월을 요했던 것이다.

이전의 과학자의 연구는 명확하고 단순한 인과관계의 추구에 국한되었던데 반하여, 보다 넓은 개념인 상관관계를, 수량적으로 고찰하게 되었다. 이리하여 심리학 · 사회학 · 경제학 등 종래의 정밀과학의 방법이 적용되지 않았던 부문에도 새로운 연구방법을 제공하게 되어, 신분야 개척의 실마리를 제공하였다.그러나, 그가 귀납한 "조상유전의 법칙(Law of ancestral Heredity)"는 유전학적으로는 Mendel의 법칙만큼의 가치는 없으며, 통계학적으로는 重相關의 개념을 필요로 하였지만, 중상관의 개념을 포함하는 相關關係의 이론은 그의 제자 K. Pearson에 의하여 완성되었다.

그는 돗수분포형에서 볼 수 있는 규칙성에 대하여, 통계자료를 분포표로 작성하고, 거기에 포함되어 있는 중요한 값을 결정하기 위해서 항상 돗수를 등분해서 고찰하였다. 여기에서, 중위수(meidian), 사분위수(quartile)가 창안되었다. 즉, 주어진 돗수분포표의 대표값으로는 중위수를 사용하고, 중위수 주위에 도수가 어떻게 집중되어 있는지를 알기 위하여 四分位偏差(the quartile deviation)

$$Q=\frac{1}{2}\ (\text{第3四分位數}-\text{第1四分位數})$$

를 사용하였다. 돗수분포의 상태를 자세히 알기 위해서는 돗수를 10등분하여 각 분점에 대응하는 표식의 값 "十分位數(the deciles)"를 사용하였

다. 10분위수로도 돗수분포의 내용이 충분히 해명되지 않을 경우에는 총돗수를 100등분하여 각 분점에 대응하는 표식의 값 "百分位數(the percentiles)"를 사용하였다. 그는 이 생각을 더욱 확장해서, 예를 들면, 어떤 특별한 재능이라던가 지식의 천재라는 것은, 전돗수를 1000등분해서 그 최우수의 위치에 있는 것을 가르키는 것이라고 칭하였다.

그는 일생의 사업이었던 優生學(Eugenics)의 창립으로 유명하다. 그는 우생학을 다음과 같이 정의하고 있다. 즉, "우생학은 장래의 민족의 육체적 또는 정신적인 소질을 개선 또는 저해하는 인위적 방법을 연구하는 과학이다".

그는 생물진화에 대한 지식을 직접 인류 향상을 위해서 유용하게 이용하여야 한다는 확고한 신념을 갖고 있었던 것 같았으며, 그 때까지와는 다른 愛人主義, 즉,

(1) 약자보다는 강자를 도우라,

(2) 현재의 인간보다는 장래의 인간을 소중히 여겨라,

(3) 인류의 지식과 통찰과의 지시를 따르도록 하려는, 새로운 도덕

을 제창하였다.

오늘날 까지도 인물확인에 널리 사용되고 있는 指紋검사의 역사도 Galton에서 시작된다. 그는 처음에 지문을 인류학상의 표식(標識)으로 사용하려고, 영국인, 프랑스인, 유태인, 바스크인, 중국인, 인도인, 인디안, 니그로 등 잡다한 민족이라던가 종족의 유연(類緣)을 기본으로 해서 연구하였다. 그결과, 지문이 인종의 표식으로는 될수 없다는 사실, 그러나 각 개인을 구별하는 데는 매우 이용가치가 높다는 사실을 그는 발견하였다. 인물의 확정에 지문을 사용하려면 다음의 조건이 충족되어야만 하였다. 즉, 지문은 일생동안 변하지 않는다는 것, 무수(無數)하다고 말할 수 있을 정도의 변이(變異)가 있을 수 있다는 것, 결국 어떤 사람의 지문도 완전히 같지 않다는 것, 지문을 말하자면 사전과 같이 질서있게, 어느 사람의 지문이라 할지라도 정확하게 분류해서 빠르게 검색할 가능성이 있어야 만 한다는 것 등이다.

1911년 그는 사망하면서 45,000 pound의 유산을 Francis Galton Laboratory for National Engenics 설립을 위해서, 또한 Galton Professorship of Engenics 기금으로 London대학에 기증하였다. 이 초대 Galton 교수직에 인명된 사람이 Karl Pearson 이다.

§ 3 Pearson(1857~1936)

Karl Pearson은 1866년 London 의 University College School에 입학하고, 1875년 Cambridge의 king's Colloge에서 Edward John Routh(1831~1907), George Gabriel Stokes(1819~1903), Arthur Cayley(1821~95), James Clerk Maxwell(1831~79)로부터 수학을 배우고, 후에 Berlin에서 Theodor Mommsen (1817~1903)에 Rome 법, Heiderbeg에서 George Harmann Quincke(1834~1924)로부터 물리학, Kuno Fisher(1824~1907)로부터 철학을 배웠다.

1884년 London대학 University College의 응용수학 및 역학의 교수가 되고, 후 Galton의 간청으로 통계학의 수학적 기초를 확립하는 일에 전념하여, Galton의 회귀선을 토대로 해서, 相關理論을 완성하였다. 후년 그는 지난 날을 술회하며,

"인과관계(因果關係)보다도 광범한 개념이 있다. 즉, 相關이다. 상관이라는 새로운 개념으로 본다면, 인과관계는 그 극한의 경우이다. 상관의 개념을 이용하면 심리학 · 해부학 · 의학 및 사회학 등도 그 대부분이 수학적으로 처리할 수 있게 된다. 수학을 훌륭하게 사용할 수 있는 것은 인과관계의 범주에 속하는 자연현상에 한한다는 견해를 자기는 갖고 있었는데, 이 편견을 타파해 준 사람이 Galton이었다."

고 말하고 있는데, 여기서 창시자와 정초자와의 아름다운 유대를 볼 수 있다.

1890년 이래, 동물학교수 W. F. R. Weldon(1860 1906)과 협력하여

"生物測定學"을 시작하였다. 이것은 동료인 Weldon의 진화론을 수량적으로 실증하고자 하는 학문적 계획에 Pearson이 대단히 감격한 결과라고 한다. Weldon은 12개의 주사위를 26,306회 던져서, 매회 12개의 주사위 중 4보다 큰 눈을 나타낸 것의 갯수를 기록하였다. 이것은 빈도 예언에 관한 실험이었으며, 확률론의 역사에서 유명한 것이다.

1894년에 "Contribution to the Mathematical Theory of Evolution"이라는 논문을 Philosophical Transaction of the Royal Society of London(Series A, vol. 185)에 공표하고, 1895년 같은 논제하에 "II. Skew Variation in Homogeneous Material"을, 1896년에는 같은 논제하에 "III. Regression, Heredity and Panmixia"를 같은 연구보고서(Series A. vol. 187)에 발표하였다. 여기서 그는 유전법칙의 타당성을 검증하기 위하여, 계속해서 새로운 통계적 방법을 안출하였다. 예를 들면, 1893년에는 표준편차 및 평균편차라는 술어를 그리고, 1894년에는 Mode라는 용어를 사용하였다. 또 1897년에는 Galton의 창의에 의한 "상관관계"를 확충하여 "중상관(multiple correlation)"을 완성하였다. 또 1900년에는 자료의 타당성을 검증하기 위해 "χ^2－검정"을 시도하여, 생물통계학에 대하여 혁신적 공헌을 하였다.

χ^2－검정의 발견은, 그 후의 수리통계학에 대한 큰 공헌이었다.

이제까지 도수분포는 모두 정규형이 된다고 생각되어 왔으나, 정밀하게 연구하면, 정규형이 아닌 도수분포곡선이 대단히 많다는 사실이 점차로 밝혀졌다. 그래서, 그는 미분방정식

$$\frac{dy}{dx}=\frac{y(a_0+a_1x)}{b_0+b_1x+b_2x^2}$$

의 해로, 모든 분포를 나타낼 수 있다고 주장하며, 이른바 12개의 Pearson형 분포함수를 제시하였다. 그 밖에도 Moment法 등 중요한 이론이 그에 의하여 완성되었다.

그는 1892년에 "과학의 문법 (Grammer of Science)"을 출판한 것으로도 유명하다. 1901년에는 잡지 Biometrika를 Galton 등과 함께 창간

하였다. 이것은 현재까지도 가장 권위있는 통계학잡지 중의 하나이다. 현재 표지에는 Biometrika founded by W. F. R. Weldon, Francis Galton and Karl Pearson 이라고 쓰여있다.

동료로써 Pearson을 도운 Weldon이 1906년에 사망한 후는, 유전학연구에서, 우생학분야에서의 통계적 응용으로 되돌아 왔다. 또, 1911년에 이르기까지 그는 오히려 응용수학에 몰두하는 교수였었다. 1925년에는 우생학 잡지 The Annals of Eugenics를 창간하였다. 또, 1933년 퇴직할 때까지 통계수치표의 편찬 등 표의 작성 : Tables for Statisticians and Biometricians Ⅰ(1914), Ⅱ(1931), Tables of the Incomplete Gamma-Functions(1922), Tables of the Incomplete Beta-Functions(1934) 등 불후의 업적을 남겼다. 1933년 퇴직 후 그가 주재하였던 응용통계학 교실은 우생학 교실과 통계학 교실로 분리되고, 전자는 Ronald Aylmer Fisher가, 후자는 아들 Egon Sharpe Pearson이 주임교수로 되었다.

§4 Pearson의 도수분포곡선

Pearson이 도수분포곡선을 상정하기 위해 세운 가정을 고찰하기 위하여 다음과 같은 보기를 생각한다.

항아리 속에 n개(큰 개수임)의 구슬이 있으며, 그 중 np개는 흰것, nq개는 검은 것이라 하자(여기서, $0 < p < 1$, $p+q=1$). 이제 항아리에서 r개를 꺼내는 실험에서 $r < np$ 라는 가정하에 꺼냈을 때 $s-1$(단, $1 \leqq s \leqq r$)개의 검은 구슬을 얻을 확률 y_s는

$$
\begin{aligned}
y_s &= \binom{np}{n-s+1}\binom{nq}{s-1}\Big/\binom{n}{r} \\
&= \frac{np(np-1)\cdots(np-r+1)}{n(n-1)\cdots(n-r+1)} \cdot \frac{r(r-1)\cdots(r-s+2)}{1\cdot 2\cdots(s-1)}
\end{aligned}
$$

$$\cdot \frac{nq(nq-1)\cdots(nq-s+2)}{(np-r+1)\cdots(np-r+s-1)}$$

이므로

$$\Delta y_s = y_{s+1} - y_s = y_s \cdot \frac{(r+1)(nq+1)-s(n+2)}{s(np-r+s)} \quad (\because \ p+q=1)$$

여기서,

$$y_{s+1}/2 = \frac{1}{2}(y_{s+1}+y_s)$$

$$= \frac{1}{2}y_s \cdot \frac{(r+1)(nq+1)-\{(2(r+1)+n(q-p)\}s+2s^2}{s(np-r+s)}$$

로 놓으면

$$\frac{\Delta y}{y_{s+1/2}} = \frac{2(r+1)(nq+1)-2(n+2)s}{(r+1)(nq+1)-\{2(r+1)-n(p-q)\}s+2s^2}$$

를 얻는다.

이제, $c=\Delta x$를 적당하게 잡아 , 가로축 상에 $x_s = sc$ 및 $x_{s+1}=(s+1)c = x_s+\Delta x$에서 각각 종선을 그어, 그 길이를 각각 y_s 및 $y_{s+1}=y_s+\Delta y_s$로 하면 도수절선이 얻어진다. 여기서, 그 중간점에서의 기울기를 구하기 위하여

$$x_{s+1/2} = (s+\frac{1}{2})c$$

에서, S를 중앙좌표 $x_{s+1/2}$로 나타내고 앞의 식에 대입하면 두 점 (x_s, y_s), (x_{s+1}, y_{s+1})의 중간점 $(x_{s+1/2}, y_{s+1/2})$에서의 차의 비로써

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_{s+1}-y_s}{x_{s+1}-x_s}$$

$$= [x_{s+1/2} - \{2(r+1)(nq+1)+(n+2)\}\frac{c(n+2)}{2}]y_{s+1/2}$$

$$\div [-\frac{2(r+1)(nq+2)+1-n(p-q)}{4(n+2)} \cdot c^2$$

$$+\frac{2r+4-n(p-q)}{2(n+2)} \cdot cx_{s+1/2} - \frac{1}{(n+2)} \cdot x^2_{s+1/2}]$$

를 얻는다. 여기서 Δx를 미소(n, r는 대단히 크다)하다고 생각하면, 근사적으로

$$\frac{1}{y}\frac{dy}{dx}=\frac{x+a_0}{b_0+b_1x+b_2x^2}$$

를 얻는다.

K. Pearson은 경험적으로 보아서, 통계자료가 등질(等質)이기만 하면, 일반으로 도수분포함수 $y=f(x)$ 에 대하여, 다음과 같은 일반적인 가정을 할 수 있을 것으로 생각하였다. 즉,

(i) x가 양의 어떤 값 보다도 클 때와 음의 어떤 값 보다도 작을 때는 반드시 $f(x)=0$.

(ii) $y=f(x)$로 나타내어지는 도수분포곡선은 일반으로 분포의 양단에서 x축 과 高次의 접속을 하고 있다.

(iii) $f(x)$는 x의 멱급수로 전개할 수 있다. 그리고, 이 급수는 수렴이 빠르며, 처음의 3항만으로도 충분하다.

Pearson은 위와 같은 가정을 종합하여, 도수분포함수를 규정하는 미분방정식으로서

$$\frac{1}{y}\frac{dy}{dx}=\frac{a_0+a_1x}{c_0+c_1x+c_2x^2}$$

이라는 형을 채택하였다.

이 미분방정식은 변수분리형이므로 쉽게 적분할 수 있다. 또한 乘積能率로부터 계산되는 어떤 판별기준에 따라서 12종의 Pearson계 도수분포함수가 도출된다.

§5 생물통계학

Darwin-Galton-Weldon-Pearson의 계보가 記述統計學의 성질을 결정하고 있다. 그 원천은 물론 Darwin의 진화론이다. 이것을 요약하면

(1) 생물의 연관관계, 全有機物 相關의 개념,

(2) 생존경쟁의 승인,

(3) 생물의 변이성(變異性),

(4) 자연도태의 이론,

(5) 진화의 관념

을 주장하는 것이었다. Darwin은 관찰력 통찰력 · 논리적 · 추리력 · 상상력을 타고난 박물학자였지만, 그 입론의 근거는 다음과 같은 사실에 있다고 생각된다. 즉,

(a) 사육동물과 재배식물에서 생기는 진화 사실에 대한 착안,

(b) 하등동물에서 고등동물로 진행하는 체제의 단계를 나타내는 系統樹,

(c) 외면적 형태는 다양하지만, 생물의 일반체형이 존재한다는 것을 나타내는 해부학적 증거,

(d) 선조 형체에는 충분히 발달하고 있었던 것으로 생각되는 발육불완전기관,

(e) 점차 고등형태가 나타난 것을 나타내는 지질학적 기록,

(f) 개체의 발달이 종족발달을 재현한다는 사실,

(g) 지리적 분포에 의하여 생물이 중앙에서부터 산포된 사실 등

이 발혀진다는 사실이다. Darwin은 자기를 회고하며 다음과 같이 말하고 있다.

"사육상태 및 자연상태에 있는 동식물의 변이(變異)와 어떤 관계가 있는 모든 사실을 수집하므로써, 아마도 전체 문제 상에 약간의 서광이 비치게 될런지도 모른다 … 나는 Bacon의 원리에 따라 연구하였다. 즉, 아무런 이론도 갖지 않고서, 남김없이 사실을 수집하였다. 특히 사육에 의한 생산물에 대하여서는, 인쇄된 질문표라던가, 숙련된 사육자나 재배자와의 회화라던가 또는 넓게 문헌을 섭렵하며 사실을 수집하였다. 내가 읽었거나, 발취한 모든 책과 잡지 목록, 그 중에는 정기간행물이라던가 학회 회보는 전권 포함되어 있지만, 그것을 보면 내 자신조차도 자기의 근면에 놀라게 된다." (The Life and Letters of Charles Darwin, vol. I)

이러한 결과로서, 인간이 동식물의 우수한 종족을 만드는데 성공하는 열쇠는 淘汰라는 것을 곧 알고, 자연대로의 상태에서 어떻게 해서 도태가 이

루어지는가는 Malthus의 인구론 즉, 생물은 그 지배하에 있는 식량보다도 한층 빨리 증가하려는 경향을 갖고 있다는 사상의 시사로, 自然淘汰의 개념에 도달하고 있는 것이다.

Darwin은 1837년에 연구를 시작해서, 19년 이상 걸려서 "자연도태로 인한 종의 기원(On the Origin of Species by means of Natural Selection, 1859)"를 발표하였다.

Karl Pearson이 과학적 연구방법의 모범으로 삼고 있는 것은 이 Darwin의 연구였으며, 다음의 세 단계로 성립된다고 말하고 있다.

(A) 사실에 대하여, 이것을 주의깊게 그리고, 세밀하게 분류(classification)하여, 그 연관과 계열(correlation and sequence)을 관찰할 것.

(B) 창조적 상상력으로 과학적 법칙을 발견할 것.

(C) 진리의 타당성은 자기 비판에 견디고, 건전한 정신을 가진 모든 사람 의 검증에 견딜 것.

이 Darwin의 연구방침은, Gregor Johann Mendel(1822~84)의 연구방법과 대비하여 볼 때, 가장 선명하게 구별할 수 있다. Darwin의 경우에는 관찰과 분류는 있었으나, 이것은 참다운 의미에서의 실험과는 다르다. Galton, Pearson은 Darwin의 방법은, 요컨데, 통계적 대량관찰에 있다고 생각했던 것이다. Darwin의 논리에는 수량적 검토가 결여되어 있었는데, 이 점에 대한 정비는 生物統計學者의 임무였다. 즉, 진화의 일반개념을 보다 잘 이해하려면

型・變異・相關

이라는 것에 한층 더 결정적인 의미를 부여하여야 하였다. 통계적 관찰과 그 제개념의 수학적 가술 및 그것에 따른 검증의 객관화가 생물통계학자의 나아갈 길이었다.

이에 대하여 두 방면에서 비판이 일어났다. 첫째는, Mendelism과의 대립이다. 이것은 통계적 관찰방법을 진화 등의 연구방법으로 하는데 대한 비판이고 둘째는, 검증의 방법, 통계자료의 작성, 補整에 관한 비판이다.

Mendelism과 생물통계학의 대립, 그리고 소표본론과 대표본론과의 대립은 첨예한 양상을 나타내었으며, Pearson의 정력적인 활동은 전자에 관해서는 W. Bateson 등과, 후자에 관해서는 R. A. Fisher 등과 날카로운 반목을 일으키게 되었다.

돌이켜 생각하면, Darwin 당시는 겨우 "細胞說"이 확립된 무렵이어서, 그 연구방법은 관찰에 의한 것이며, 우연히 생겨난 생물의 변이를 인위적으로 도태시키는 방법을 취한데에 불과하며, 진화의 물질적 기구에 깊이 파고 들어서, 이것을 충분히 설명할 수 있는 단계에 이르지는 못하였다. Darwin은 변이와 유전에 대하여 지적하였으나, 변이의 법칙 · 유전의 기구에는 깊이 파고들 수는 없었다. 이런 제약하에 있었던 Darwinism을 인류사회에 응용해서 우생학을 설명한 Galton, 수학적 기술방식으로 Darwinism을 확립하려고 했던 Pearson에는 처음부터 넘을 수 없는 한계가 있었다.

생물통계학은, Darwin의 진화론, Galton의 우생학에 대하여 수학적 확인방법을 제공하는 것을 사명으로 하였던 것이다. 그리고 생물통계학의 추상화에 유래한 것이 기술통계학이라는 사실은 기술통계학의 본질을 동찰하는데 있어서 매우 중요하며, K. Pearson의 記述哲學과 함께 Darwin說의 근본적 제약을 잊어서는 안된다.

기술통계학이 제공한 기술용어로는 Pearson계 분포곡선, 회귀계수, 상관계수, 중상관계수, 편상관계수, 백분위수, Moment법, χ^2검정법 등이 있다.

§ 6 Galton－Pearson의 통계학

Galton, Pearson는 근대통계학에 대한 위대한 공헌자이지만, Poland의 저명한 Oskar Lange가 사회주의적 입장에서, "사회주의체제에서의 통계학 입문(Teoria Statystyki Czesc Pierwsza, 1952)"에서 다음과

같이 비판을 가한 것은 주목할 가치가 있다.

"Galton 과 Pearson의 통계적 연구에 대한 태도는 — Harvard 학파에 속하는 미국 통계학자의 그것은 더 한층 그렇지만 — 수리적 형식주의로 정의할 수 있다. 그들은, 수리·통계적 분석 그 자체로서, 경제학 또는 생물학에 의뢰하지 않고, 규칙성을 연구하는 일이 가능하다고 생각하였다. 경험이 나타내며, 또한 방법론적 분석이 확증하는 바에 따른다면, 대량현상에서의 규칙성은, 통계만의 힘으로는 분석할 수 없으며, 현실로는 해당 부문을 연구대상으로 하는 과학의 힘에 의뢰할 필요가 있다. 따라서, 경제과정을 연구할 경우는 경제학, 유기체의 생활과정을 연구할 경우에는 생물학의 힘을 빌린다는 것이 필요하다. 예컨대, 유전학자 Morgan의 오류는 이 필연성의 무시로 인하여 생긴 것이다. 그는 질적인 생물학적 분석을 경시하고, 일면적으로 수리통계학의 형식적 이론에 의존했던 것이다.

이 비판은 바로 금일의 풍조에 대해서도 타당할 것으로 생각되지만, 그러나, K. Pearson이 통계학에 수학적 분석의 근거를 확실하게 주입한 공로는 감소되지 않으며, 그의 제자이기도 했던 R. A. Fisher의 小標本에 대해서 단호하게 종래의 입장을 고수하고, 오늘의 통계학에 대해서도 그 指標를 주고, 자연과학에 대한 통계수리론의 길을 명시한 것은 실로 위대하였다.

§7 Bortkiewicz(1868～1931)

Ladislaus von Bortkiewicz는 근대독일의 대표적인 수리통계학자였다. 출생지 St. Petersburg 대학에서, 후에는 Göttingen 대학에서 공부하고, 1893년 平均餘命에 관한 논문으로 학위를 받았으며, St. Petersburg대학, Berlin대학에서 경제학과 통계학을 강의하였다.

그는 Lexis로부터 많은 영향을 받아, 1894년부터 3년 간에 걸쳐서 Conrad의 연보에 "이론통계학에 대한 비판적 관찰(Kritische Betrachtung zur theoretischen Statistik)"을 발표하였다. 이 논문에서, 그는 특히 통계학에서의 확률이론 응용의 한계를 문제로 다루었다. 또 그의 저서 "小數의 法則(Das Gesetz der kleinen Zahlen, 1898)"에서는 Lexis이론의 발전을 잘 정리하였다. 이 밖에도 확률론의 응용에 관해서는 "反復事象(Iterationen, 1917, Berlin)"이 있다.

이론통계학 외에도 인구통계에 관해서는 생명표라던가, 사망율 측정방법의 연구가 유명하다. 특히 국제통계협회 제13회 총회(1911)에 제출한 논문 "靜止인구와 發展인구에서의 사망율과 여자의 과잉, 아울러 생존년수의 계산문제에 관한 기고(Die Sterbeziffer und der Frauen-Überschuss in der Stationaren und in der Progressiven Bevölkerung, zugleich ein Beitrag zur Frage der Berechnung der verlebten Zeit, 1911)"는, 安定人口(stable population)의 이론(->인구증가력의 측정)을 Lotka와는 독립으로 독자적인 입장에서 전개한 것이다.

이 밖에 경제통계학 방면에서는 Irving Fisher(1867~1947)의 저서 "물가지수의 작성(The Making of Index Number, 1922)"를 비판하고, 그 형식주의를 배격하고, 경제이론의 입장에서 이른바 함수론적 指數算式에 관한 독자적인 이론을 전개하였다. 지수학설에서 중요한 지위를 차지하고 있는 러시아의 지수학설(특히 Konüs의 이론)도 이 논문에서 처음으로 서구학계에 소개되었다. 또한, 소득분포의 불균등도 측정이론의 최량 문헌 중의 하나로 알려진 "소득통계의 불균등도(Disparitätsmasse der Einkommensstatistik, 1930, 동경국제회의)" 등이 있다.

Bortkiewicz의 수리통계학은 형식적인 것이 아니고, 논리적인 것이었다. 그것은 Lexis이론의 옳바른 방향에서의 발전이었으며, 또한 독일적인 전개였다. 그는 확률이론의 통계에서의 응용의 한계를 충분히 의식하고 있었다. 영국에서의 Pearson류의 기술통계학(經驗式에 의한 통계의 기술)은 그에게는 第2義的인 것으로 밖에 평가되지 않았다.

§ 8 Edgeworth(1845～1926)

영국의 Francis Ysidro Edgeworth는 경제학자로서 알려져 있다. 그의 불후의 명저 "수리 심리학(Mathematical Psychics, London, 1881)"과 "정치경제학 논문집(Papers Relating to Political Economy. Vol. 3, London, 1925)"은 이 사실을 말해 주고 있다. 그러나, 그는 확률론과 수리통계학 분야에서도 놀랄만한 재능을 발휘하였다.

그는 1867는 Oxford대학에 입학하여 철학, 윤리학, 경제학을 공부하였고, 1890년에는 London대학의 경제학 및 통계학의 Tooke 교수로, 1891년에는 Oxford대학의 정치 경제학 Drummond 교수로 임명되고, 1922년 명예교수로 되고 퇴직할 때까지 그 직에 있었다. 그리고 1912년부터 14년까지 王立統計協會 회장을 역임하였다.

그가 통계학이라던가 확률론에 관계하게 된 것은 1880년 이후이다. 이 방면에 관한 그의 최초의 논문은 1883년의 誤差論에 관한 것이었다. 그 이후 그의 통계학에 대한 태도는 실제적이라기 보다는, 오히려 철학적이었다. 그의 확률론은 先驗的 確率論 이었으며, 현재의 추측통계학의 입장에서 본다면, 고전적이었다. 그러나, 그의 착상은 지극히 현저한 것이있으며, 1885년 발표한 "變異(fluctuation)에 관한 연구"는 오차의 법칙이 실제적으로 어떻게 "偶然의 除去"에 적용할 수 있을지를 밝힌 획기적인 것으로서, R. A. Fisher의 分散法(method of variance)과도 비교될만 한 것이라고 말한다. 그 밖에 1893년에 "직선상관관계론에 관한 논문"을 발표하였는데, 그 사상은 오늘날 K. Pearson法이라 불리우고 있는 "乘積 Moment 相關係數"의 사상과 동일하였다.

1897～90년 기간, 주로 物價指數算定方式을 조사연구하였으며, 그 결과를, 오늘날 Edgeworth式이라고 일컫는 指數算式을 장려하고 있다. 또 지수산식의 正確度를 검토할 때 誤差論을 적용하였다.

§ 9 Yule(1871～1951)

George Udny Yule는 London대학의 University College에서 K. Pearson으로부터 응용수학・통계학을 배우고, 1894년 졸업과 동시에 실험조수(Demonstrator)로서 대학에 남았으며, 1896～99년 응용수학의 조교수로 있었다. London대학을 사임한 후 1912년까지 City and Guild of London Institute의 공학교실의 조수, 1912～31년 Cambridge대학에서 통계학의 강사로 근무하였다. 1921년에는 F. R. S.로 추천되고, 1926년에는 왕립통계협회의 President로 되었다.

저서로는 유명한 교과서 "An Introduction to the Theory of Statistics, 1911"이 있으며, 1931년 이래 Kendall이 가필한 개정판은 1945년에는 13판이 발행되었다. 그의 연구는 주로 Royal Socity of London의 Transaction Series A라던가, Royal Statistical Socity의 Journal에 게재되었다. 그 중 유명한 것으로는 "On the Significance of Bravais' Formula for Regression, etc., in the case of Skew Correlation, Proceeding of the Royal Society, LX(1897)" 및 "On the Theory of Correlation, J. R. S. S. LX(1897)" 등이 있다.

변수 x_2, x_2, x_3사이에 있는 회귀곡면이, 특히, 평면이라 하고,

$$x_1 = b_{12}x_2 + b_{13}x_3$$

라는 characteristic equation을 도입하고, b_{12}, b_{13}를 최소제곱법으로 결정하였다. 이렇게 얻은 b_{12}, b_{13}는 normal correlation인 경우에 Pearson이 얻은 결과와 일치한다는 사실을 알았다. x_2, x_3의 값을 주었을 때의 x_1의 추정값의 표준오차를 $\sigma_1\sqrt{1-R_1^2}$ 로 나타내면, R_1은 x_1과 (x_2, x_3)과 사이의 상관계수로 볼 수 있다는 것을 밝혔다.

Yule이 사용한 線形回歸性을 이용해서 상관계수를 측정하는 방법은, Pearson이 채용한 도수분포를 주요한 요소로 보는 방법과는 대립되는 것

이다. 또, 그는 屬性 간의 關聯(association)측정법에 관해서 Pearson과 격렬한 논쟁을 야기시켰다. 즉, "On the Association of Attributes in Statistics with Illustration, etc., Philosophical Transaction, A., CXCIV(1900)"이 출발점이다.

그는 통계, 통계학에 대해서 다음과 같은 정의를 내렸다:

"통계(statistics)"라는 것은 복합원인에 의하여 심하게 영향을 받은 양적 재료이다. "통계적 방법(statistical method)"은 복합원인에 의하여 영향받은 양적 재료가 간단 명료하게 사용되는 특별한 방법을 말한다. "통계이론(theory of statistics)"은 통계적 방법의 설명이다.

또, 그는 처음으로 문체측정의 분야에, 통계적인 또는 확률론적인 개념을 대폭으로 도입하였다. 그는 문체의 통계에 대한 대규모의 조사를 하고 그 결과를 "문학적 어휘의 통계학적 연구(The Statistical Study of Literary Vocabulary, 1944)"로 정리하였다. 이 분야는 "문체 측정학"으로서 특히 2차세계대전 후에 발달하였다.

§ 10 Bowley(1869~1957)

Sir Arther Lyon Bowley는 사회통계학, 물가임금 통계론, 물가지수론, 표본이론, 수리 경제학, 가계비 등 다방면에 걸쳐서 연구하였으며, 각각에 있어서 독창적인 후속연구에 많은 업적을 남겼다. 그의 저서 중 특히 "Elements of Statistics(1901)"은 그의 명성과 함께 세계통계학계에서 지배적인 지위를 차지한 통계학 원론서이다. 이 책의 제 1장 Scope and Meaning of Statistics에서 통계학의 개념을 여러 방면으로 설명한 것은 주목된다. 즉,

"우선 통계학은 the science of counting이라 할 수 있다. 숫자가 일정한 한계를 넘을 경우 절대적인 정확을 기하기가 어렵게 된다. 즉, 많은 수를 취급할 경우에는 최후의 단위까지 정확하게 계산한다는 것은 불가능

하며, 다소 추산적 요소가 개입하게 된다. 이것이 算術과 統計의 차이이다. 또 일반으로 통계는 많은 수를 취급하므로, 그 계산을 한 사람만으로는 도저히 해낼 수 없으며, 많은 사람들의 조직적인 협력을 필요로 한다. 따라서, 다음과 같은 두 가지의 곤란을 수반하게 된다.

(i) 보고자가 모두 동일한 원리에 따라 취사 선택할 수 있을 만큼 명확하게 조사항목을 정의한다는 것은 용이한 일이 아니다. 예를 들면, 가옥의 방수 또는 층수, 사람의 연령과 같은 사항에서도 실제로는 그 내용이 복잡하기 때문에 정밀한 정의를 필요로 한다.

(ii) 또, 명확한 정의를 주더라도 많은 사람이 하는 일이기 때문에, 개중에는 산만한 사람이라던가 무지한 사람도 있어서, 잘못된 보고를 하 는 경우도 있을 것이고, 또 복사 기타 편찬상의 오류가 발생하는 경우도 있을 것이다.

그래서, 사람에 따라서는 계산, 특히 전술한 것과 같은 협력적 계산(cooperative counting)을 statistics라고 칭하는 일도 있지만, 이것은 정의가 너무 광범해질 염려가 있어서 좋지 않다. 그래서 그 다음의 정의로서 통계학을 "통계방법의 연구"라고 하려는 것이다. 대량의 숫자, 때・장소 등을 달리하는 합계라던가 평균의 數例를 취급할 경우에는 특별한 방법 — 많은 수의 특성에 기초를 두는 방법, 복합현상을 서술하는 적당한 방법, 보고의 정확도를 분석하고, 相違에 대한 의미를 측정하고, 추산을 상호 비교하는 방법 —이 필요하다고 말하였다.

통계학의 지식은, 외국어 또는 대수학의 지식과 같아서, 어떤 때 어떤 사정하에서도 유용하다. 예를 들면, 천문학에서는 최소제곱법이 사용되며, 지질학에서도 통계적 연구로 지식의 점차적인 정확을 기할 수 있게 된다. 생물학에서는 진화설 및 유전학설이 모두 통계적 기초 위에 세워져 있다. 기상학은 온도, 기압, 습도, 풍력 등에 대하여 여러 종류의 통계적 측정을 계획한다. 또 통계적 방법의 중요한 응용분야로서 인구학(demography)의 연구가 있다. 인구학을 광의로 해석해서, 인구수, 출생율, 혼인율, 사망율, 연령구성, 성별관계, 지방별과 같은 센서스라던가, 등록관의 보고로부

터 얻는 숫자 등의 관찰만으로 그치지 않고, 더나아가서 직업별, 인구분포, 소득, 임금, 물가, 생산고, 외국무역, 교통 등의 상태의 관찰까지도 포함시킨다면, 사회학이라던가 경제학의 연구자가 직업 흥미를 갖는 통계적 관찰을 인구학은 풍부하게 포함하게 된다. 사람에 따라서는 이 광의의 인구학의 통계적 연구를 가리켜 자주 통계학이라고 말하기도 하는데, 이 경우에는 통계학이란 "一體로서의 사회유기체를 그 모든 표현에 대하여 관찰하는 학문"이라고 정의할 수 있다. 이러한 관찰을 하려면 집단현상에 대하여 특수한 경우를 제외하고 본질적인 성질을 표현하는 일이 필요하며, 이를 위해서는 代表値의 이용이 중요수단으로 된다. 고로 통계학은 확실히 the science of averages라고도 말할 수 있다"라고 말하고 있다.

Bowley의 통계학에 대한 견해는 확정적, 일의적이라고는 말하기 어렵지만, 통계학의 의의를 방법의 연구에만 한정시키지 않고, 특히 사회적, 민생적 현상의 실제적 관찰까지도 통계학의 관념 속에 포함시키고 있다는 것은 주목해야 할 점이다.

사회통계학자로서 그가 한 일 중에서 대표적인 것은 사회조사에 표본이론을 적용하였다는 사실이다. "Measurement of the Precision attained in Sampling, Bulletin de L'Institute International de Statistique, Tome 22, 1926"에서, 그는 任意標本抽出法과 有意標本抽出法을 구별하여, J. Neyman 이후의 획기적인 추측통계학의 진보의 계기를 마련하였다.

물가지수론에서는 요즈음 함수론적 물가지수론이라고 불리우고 있는 새로운 영역을 개척하고, 물가지수론의 참 모습을 명시하였다. 그가 구체적으로 제창한 물가지수산식은 오늘날 Bowley식(또는 Edgeworth식과 결과적으로 동일하기 때문에 Edgeworth-Bowley식)이라 불리우고 있다. (Notes on Index Numbers, Economic Journal, 1928).

수리경제학적인 면에서는, 일반균형이론(一般均衡理論)에서 Walras, Pareto와는 역의 방향에서 고찰하여, 오늘의 일반균형이론에 큰 영향을 주었으며(Mathematical Groundwork of Economics, 1924), 특히, 그

전개한 複占不均衡論은 A. Cournot의 복점불균형론에 대한 대조적인 이론으로서, "Bowley적 복점론"으로 유명하다.

가계비 연구에서는 탄성(彈性)개념을 사용하여 가계비목의 필요사치도를 지표화함으로서 가계비의 Econometrics의 첫거름을 꾀하였으며, 동시에, 생계비지수의 경제이론적 위치를 분명하게 하였다.

제12장 사회통계학

§1 사회통계학파(Sozialstatistiker)

사회통계학파는, 통계학사의 관점에서 협의로 한정한다면, "독일사회통계학파" 및 그 후류이다. 즉, 19세기 후반부터 20세기 초반의 독일학계에서, 통계학은 "사회생활에서의 合法則性"을 규명하려고 하는 하나의 "독립된 實質科學"이라고 주장한 학파이다. 이 학파는 연구대상을 사회집단으로, 연구방법을 대량관찰법으로 한정하고, 사회집단의 집단적 성질들을 수리적으로 연구하였다. 그리고 이 학파는, 소위 "方法論派(methodiker)" — 통계학은 집단의 解析方法을 연구하는 학문이며, 해석방법의 數學的 方式을 추구하는 데에 연구의 중심을 둔 것 —와 의식적으로 대립하였다.

독일사회통계학파가 탄생된 사회적 기반은 다음과 같다. 즉, 자본가적 생산이 이루어질 때는 기업의 내외를 불문하고, 사람과 사물에 대하여 계산적으로 파악하여야 한다. 이와 같은 생산이 지배적으로 이루어지는 자본주의사회에서 국가는, 스스로를 위해서나, 그 사회를 위해서나, 근거가 확실한 통계를 정비할 필요가 있었다. 이와 같은 사정하에서 서구의 여러 나라는 19세기 전반에, 통계관청을 분리 독립 또는 창설하고, 통계를 작성하여 공표하게 되었다. 자본주의의 발달이 늦은 독일에서는, 각각 다양하게 분립한 諸邦을 어떤 형태로 통일하는 일이 자본주의 발달을 위한 전제적 과제였다. 독일관세동맹의 성립(1834년)으로 이 과제는 점차적으로 해결되었다. 1869년 Engel, Rümelin, Mayr 등의 지도자에 의하여 "관세동맹 통계정비위원회(Kommission zur Weiteren Ausbildung der Statistik des Zollvereins)"가 설치되고, 독일 최초의 국민경제통계 =

"독일 관세동맹 통계"가 작성되었다. 그러나, 본격적인 근대적 통일국가 독일로서의 "帝國統計(Reichs St.)"의 작성은 신헌법에 준거하는 1872년의 "제국통계국"의 창설을 기다려야만 하였다. 이 제국통계국의 활동은 처음에는 대단히 제한되어 있었으나, 1880년 무역통계의 흡수를 계기로 해서 크게 확장하였다. 그리고 이어서 범죄통계, 직업 및 영업조사, 질병보험통계 등의 신규통계조사의 개시 및 다른 행정기관의 조사 및 편집업무의 흡수를 통해서 활동분야를 확장하였다.

여러 가지 목록의 수집 등의 전근대적 통계기술 대신에, 사실의 구성인자를 하나도 빠짐없이 전체로서 파악하는 실개(悉皆)대량관찰(ershöpfende Massenbeobachtung) 방법을 생각하게 되었다. 이 방법은 근대적 행정기구가 정비됨에 따라 실현가능하게 되었다. 이리하여 19세기 후반의 독일관계(관청과 대학)의 과제는 전근대적인 단편기록(hinkende St.)을 청산하고 근대적인 "실개대량관찰 방법"을 실현하여, 관청통계를 급속하게 정비함과 동시에, 이 방법을 학문적으로 기초를 확고하게 만드는 데 있었다.

통계학의 역사상으로는, Quetelet가 이제까지 대립 발전해 온 독일대학파와 정치산술파를 확률론에 연결시켜서, 통계학을 인간생활에서의 자연법칙의 규명을 목적으로 하는 사회물리학으로서 구성하여, 근대통계학을 출발시킨 무렵이었다. 그리고, 19세기부터 20세기에 걸친 독일학계의 정신적 기조는, 종래의 자연과학적 사유(思惟)에 대하여, 역사과학적 사유의 독자성을 확고하게 하는데 있었다. 이와 같은 객관적 및 의식적 정세하에서, 일면에서는 Quetelet의 實質科學의 주장을 계승하고, 다른 면에서는 사회를 자연에 종속하는 것으로서가 아니라, 자연에 대립하는 것으로서 파악하려는 독일사회과학(국가과학)의 영역에서, 통계학을 건설하려고 한 것이, 독일사회통계학파이었다.

통계학에 대한 견해 분류표

<table>
<tr><th>방법론파(Methodiker)</th><th>과학파(Wissenschaftler)</th></tr>
<tr><td>1. 形式科學이라고 생각함.
2. 통계적 연구결과 그 자체는 이것을 다른 각각의 과학의 내용에 분속시킨다.</td><td rowspan="2">1. 實質科學이라고 생각함(통계할 수 있는 범위에서 記述的 및 法則的 지식을 체계화한다).
2. 집단상태 및 집단현상으로 나타나는 사회상태와 사회현상에 대하여 그 특수한 구체적이며 또한 추상적·전형적인 形相을 밝힌다.
3. 통계조사론을 중심으로 하는 통계방법론을 종속시킨다.</td></tr>
<tr><td>技術派: 대량관찰법을 통계방법으로 함.
理論派: 통계해석법을 통계방법으로 함.
狹義의 方法論派: 대량관찰법과 통해석법 양자를 통계방법으로 함.
社會統計方法論者: 사회사상에만 통계방법을 적용함.
一般統計方法論者: 사회사상 뿐만 아니라 자연사상에도 통계방법을 적용할 것을 주장함.
論理派: 통계방법에 의하여 세운 기초를 인식론 내지 논리학에서 구함.
통계학을 하나의 방법론 — 形式科學 — 으로 해석함.
G. Rumelin
數理派: 통계방법에 의하여 세운 기초를 수학에서 구함.
인구 및 도덕 현상을 기초로 해서, 확률론을 통계학에 응용함.
L. Lexis, L. Bortkiewicz</td></tr>
</table>

§ 2 Mayr(1841～1925)

Georg von Mayr는 社會統計學派의 건설자이다. Bayern국 통계국장(1869～79)을 역임하였으며, München대학의 국가경제학부에 있었으나, 1871년 (독일 통일)부터 독일제국의 관리로서 Elsass－Lothringen의 재정 및 영토를 관장하고, 연방의회에서 Preussen의 대표위원이 되어, Bismark의 담배 전매제 계획을 도왔다. 1891년 Strasburg 대학의 교수가 되고, 98년부터 사망시까지 München대학에서 통계학 · 재정학 · 국민경제학의 강좌를 담당하였다.

Mayr의 업적은 우선 Bayern통계국장시절, 통계기술면에서 中央集査방침을 정하고, 線引法을 대신하는 計票法을 안출하여, 카아드식 기계집계의 제일보를 열었다. 또 통계이론면에서는 통계학을 官廳學에서 해방함과 함께, 자연과학적 자립체계(Quetelet)로부터 사회과학적 자립체계로 추진하여, 社會統計學을 건설하였다.

Mayr는 이른바 수리통계학을 몹시 거절하였다. 이로 인하여 독일에서는 다른 나라에 비해서 복잡한 수학적 방법이 오랫동안 부당하게 무시되었었다. 그의 저서는 다음과 같다.

Die Gesetzmässigkeit im Gesellschaftsleben, 1877, Statistik und Gesellschaftslehre,

I. Bd Theoretische Statistik, 1895, 2 Aufl, 1914

II. Bd Bevölkerungsstatistik, 1877, 2, Aufl, 1922～26

III. Bd Moralstatistik, 1909～17

Katalog der Bibliothek des Dr. Georg von Mayr, 1933

Mayr에 따른다면, 合法則性의 규명없이는 학문적 인식은 있을 수 없다. 따라서 과학으로서의 통계(Statistik als Wissenschaft) 즉, 통계학(Statistische Wissenschaft)은 단순히 사실을 수량적으로 확정하는 記述

統計學 (Beschreibende Statistik)에서 머물지 말고, 인과관계의 영역으로까지 뛰어들어서 合法則性을 규명하는 解析的 統計學이어야 한다. 그러기 위해서는 먼저 사회집단의 대량관찰과 수량적 기술이 필요한 데, 이것을 Mayr는 "技術로서의 統計(Statistik als Kunst)" 즉, 統計技術(Statistische Kunst)이라 하였다.

통계기술은 학문적 인식목적과는 별개로, 행정목적을 위해 옛부터 발달되어 왔으나, 19세기 중엽, 학문적 인식목적의 수단으로서 자각적으로 자리를 굳히게 되어, 통계기술(St. Kunst)이라는 기초형태로부터 "통계학(St. Wissenschaft)"이라는 고급형태가 分化 독립하게 되었다고 그는 논술하였다.

그는 이 두 형태를 합하여, 실질적(實質的) 의미에서의 통계학(St. im materiellen Sinne)이라 부르고, 형식적 의미에서의 통계학(St. im formellen Sinne), 즉, 統計方法(St. Methode)과 구별하였다. Mayr가 실질로 독립성을 주장하는 통계학은 이 한정된 의미의 St. Wissenschaft 이었다. 그는 먼저 實在하는 대상을 연구하는 것이 實質科學이라 하고, 實在의 내용에 착안하여 자연과 사회로 , 그 존재 형식에 착안하여 개체와 단체로 대상을 구별한다. 다음에 이 4개의 범주의 관계를 검토하고, 자연현상의 범위 내에서는 개체의 개별관찰(Einzelbeobachtung)에 의하여 문제의 대부분을 해결할 수 있지만, 사회현상은 원래 집단현상(Massenerscheinung)이기 때문에,그 여러 법칙은 개체의 개별관찰으로는 발견할 수 없으며, 집단의 대량관찰에 의해서만 발견할 수 있다고 하였다. 이와 같이, 집단이라고 하는 범주의 자연과 사회에 대한 역할이 다르기 때문에, 대량관찰법은 자연과학적 인식에 있어서는 제2차적 보충적 의미를 갖는데 지나지 않지만, 사회과학적 인식에 있어서는 제1차적 결정적 의미를 갖는 것으로 한다. 그래서, 이 방법의 적용결과인 통계적 지식(St. Wissen)도 자연과학의 영역에서는 독립된 학문영역을 형성하는 의의를 갖지 못하고 기존의 자연과학에 귀속하지만, 사회과학의 영역에서는 신규의 독립된 학문영역을 형성할 수 있다고 하였다. 그리고 이 경우, 통계적 지식의 개개 부분

을 기존의 사회과학에 공여할 수는 있으나, 그것은 제2차적 봉사이며, 그것과는 별도로 통계적 지식을 그 스스로의 기초(Soziale Massen) 위에 제1차적으로 집적해서 사회(집단)법칙을 도출하는, "사회집단의 실질과학"을 구성하려고 한다. 이것이 즉, St. Wissenschaft이며 내용면에서 본다면 精密社會學(exakte Gesellschaftslehre)이라고도 부르는 것이라고 하였다.

이와 같이 통계학의 실질독립성을 연구대상(사회집단)과 연구방법(대량관찰)의 독자성에서 구하고, 통계학을 하나의 사회과학으로 보는 견해는 19세기 후반부터 20세기 초기의 독일 통계학계에서의 지배적인 견해였었다. 이런 견해 하에서 독일에서는 실개대량관찰에 의한 기본적인 통계가 일단 정비되었던 것이다.

Mayr의 이른바 통계학(St. Wissenschaft)은 다음과 같이 분류되었다고 생각할 수 있다.

통계과학:

Ⅰ. 이론통계학(theoretische Statistik)

1. 통계학의 지식영역을 한정하고, 그 일반적 기초를 규정하고, 그 방법과 기술을 설명하고자 한다.
2. 통계와 公的 行政과의 관계에 대하여 연구한다.
3. 통계사 및 통계학사에 대하여 고찰한다.

II. 실제 통계학(praktische St. = exakte Gesellschaftslehre)

사회생활의 집단적 관찰의 영역에서의 실질적인 과학적 업적 전체

1. 인구통계론(Bevölkerungs Statistik)
   ① 인간집단 그 자체의 현재수와 변동.
   ② 변동집단에서는 인간의 현재수에 대하여 양적으로 영향을 주는 집단과 인간에게 중요한 일반적인 질적인 변화를 일으키기는 하지만, 현재수의 변화는 일으키지 않는 집단이 문제로 된다.
2. 사회통계론(Sozial Statistik)
   ① 도덕 통계론(Moral Statistik)

윤리생활의 현황과 현상이 문제로 된다.

② 교육통계론(Bildungs Statistik)

정신적 육체적 교육노력, 특히 지적생활과 체육생활에 관한 현상

③ 경제통계론(Wirtshafts Statistik)

경제생활의 현황과 현상

④ 정치통계론(politische Statistik)

공적 = 법적으로 규제되어 있는 단체생활 특히 국가 및 지방자치단 체에서의 생활의 현황과 현상

⑤ 병리통계학(medizinische Statistik)

인간사회의 병리적 현상에 관한 정밀한 수량적 연구

Mayr는 통계학의 지리학·민족지·역사에 대한 관계를 그의 저서에서 서술하였는데, 특히 수학과의 관계를 다음과 같이 기술하고 있다.

"비전문가들 사이에는, 통계학은 수학과 유사한 것이라는 의견이 드물지는 않다. 통계학을 수학의 한 과목이라고까지 생각하는 사람들도 있다. 현대통계학의 약간의 학파, 특히 그 청년학도의 노작에서 볼 수 있드시 수리형식을 멋대로 섞는 것을 보면, 비전문가들이 그럴듯 하다라고 생각하게 되는 것도 무리는 아닐 것이다.

그러나, 통계학과 수학 사이에는 대단한 차이가 있는 것이다. 통계가는 비례라던가 상관관계에 대한 추상적인 연구에는 조금도 홍미가 없으며, 통계가의 홍미를 끄는 것은, 실질적으로 내용을 만족시키는 정도라든가, 그 계수·계량이라는 양적인 과제를 수행하는데 필요한, 초등산술의 범위를 벗어나지 않는 계산적 조작뿐인 것이다. 그렇다고 해서, 수학적 재능이 있는 사람에 대하여, 언어에 의한 설명과 초등산술적 조작만으로도 충분한 것에 대해서는, 이것 이상으로 추상적인 형식을 취해서 고등수학적인 표현으로 이를 표시해서는 안 된다는 것은 아니다. 물론 이 경우, 특수한 그 기술적 표시방식을 이해하는 것이, 통계를 이해하는 전제로 볼 수 있는 경우에 대해서 문제시하고 있는 것은 아니다. … 통계학은 그 구체적인 결과에 있어서, 특히 이전에 사용되고, 오늘날에도 아직 사용되고 있는 政治算術

이라는 명칭하에 개괄할 수 있는 응용수학에, 그 특수 계산과제의 재료까지도 제공하고 있다는 것이다. 이 특수 전문적인 것으로부터 수리통계이론이라고 불리우는 통계학의 한 부문이 조직된 것이다."

그들의 방법과정의 단계구분에 따른다면 기술적 통계학에서 해석적 통계학으로 이행해야 마땅했다. "解析的 統計學"은 실제적으로나 이론적으로나 필요하였지만, 그는 이리로 나가지 않고 完結體系를 형성하고, 해석적 통계학 문제는 "方法論派"에 일임하였다.

§ 3 Zahn(1869～1946)

Friedrich Wilhelm Karl Teodor Zahn은, "통계학이란 인간사회생활 및 국가에서의 동족생활의 집단현상에 관한 학문이다. 그것은 특히 집단현상에 나타나는 구조와 발전의 규칙성 및 합법칙성에 관한 학문이다. 그것은 개인의 (현실적 또는 논리적 총체인) 집단의 행위 및 이와 같은 집단에서 발생하는 사건, 그리고 이와 같은 행위 및 사건의 결과를 문제로 한다." 고 말하며, Mayr의 통계학을 계승하였다.

Zahn는 국가관료의 입장에 선 통계조사자이며, 통계국장으로서 행동하였다.

그는 통계학을 (국가 과학 사전)

(1) 통계의 개념과 역사, (2) 방법, (3) 의의, (4) 대용법, (5) 분야 나누기, (6) 통계의 책임

으로 나누어서 논하였다. Zahn에 의하면, 통계의 큰 일반적 의의는, 살펴보기 어려운 현실생활의 다양성을 극복하는데 있었다. 그리고 다양성은 불확실하며 혼잡한 일상경험, 슬로건이라던가 편견으로 판단력이 없어지게 된 일상경험으로는 제어할 수 없다고 말하고, 이와 같이 기능을 하는 통계는 공공체에도, 그 구성원에도, 또 경제에도, 과학에도 매우 중요한 의의를 갖는다고 말하였다.

1920년대에는 통계적 사고는 자연과학보다도 오히려 사회과학을 거점으로 하고 있었다. Zahn은 "社會"와 "自然"의 구별을 강조하였다. Zahn의 통계학은 독일 국가 관료의 입장에 선 "통계조사자의 통계학"이었다. 그리고 그는 "통계학자"에 대하여

"통계학자는 數의 배경에 존재하는 質을 고려할 것과, 통계의 「靜態」에서 實在的 事實의 「動態」로 이행하는 것을 잊어서는 안 된다"고 교훈하고 있다.

§ 4 Zizek(1876~1938)

Franz Zizek는 Zahn과 같은 시대의 사람이지만, 독일 사회통계학을 이론적 형식적 방향으로 한 걸음 진척시킨 학자이다. 그는 Wien의 중앙통계국, 상무성 노동통계부에서 통계관리로 있었는데, 통계이론에 대단한 관심을 갖고, Wien대학, Frankfurt대학에서 통계학 및 경제학을 강의하였다.

그의 주저서 "통계학 요강(Grundriss der Statistik, 1921)"에 의하면, 통계학을 순수한 "方法論"으로 생각하지 않고, "實體的 科學"의 부분을 포함한다고 생각한 점에서 Mayr라던가 Zahn과 다르지 않다. 그러나, 그 생각하는 실체과학부분의 성격과 비중을 본다면, Mayr라던가 Zahn과는 상당히 다르다. 그는 "실체적 통계학(Materielle Statistik)"을 "통계결과를 — 인간의 사회생활에 관한 범위에서만 — 조직적으로 분류정리하고, 그 과학적 내용을 연구하는 통계적 결과학(statistische Ergebnislehre)"이라고 생각하고 있다. 이러한 통계결과의 성질은 "과학적"이며, 또한 과학적이어야 함은 당연하지만, 여기서의 문제는 그러한 의미로서의 과학성에 있는 것은 아니다. 극히 다양한 통계결과를 전체로써, 특수한 통일적인 독립과학으로 통합할 수 있는지, 또 통합하여야 할 것인지, 그렇지 않으면 각종의 실질과학 — 인구학 경제학 정치학 등의 —으로 分屬시켜

야 할 것인지 하는 점에 문제가 있었던 것이다.

Zizek는 통계학을 단순한 방법론으로 보는 사람(방법론파)으로는, Wundt, Oncken, Meizen, Schnapper-Arndt, Bleicher를 열거하고, 통계학을 독립된 일반사회과학, 사회집단현상의 학문으로 보는 사람(사회통계학파)으로는 Engel(1821~1905), A. Oettingen(1827~1905), Haushofer(1840~1907), Inama-Sterneg(1843~1908), Conrad (1837~1915)를, 그리고 가장 강경한 주장자로는 Mayr(1841~1925)를 열거하였다. 그리고 이 양파가 주장하는 주요한 논점을 다음과 같이 요약하였다. 즉,

"실질통계(통계결과)를 독립과학으로 인정하지 않는 방법론파(方法論派)는, 실질통계학은 그 고유의 대상을 갖고 있지 않으며, 또한 그것은 다른 특수과학 — 경제학이라던가 인구학 —에 속하는 사실이라던가 현상을 취급하고 있는데 불과하다. 그러한 통계결과는 본래, 그들의 특수과학에 귀속하는 것이라고 지적하고 있다. 이들의 통계결과는, 같은 종류의 방법에 따른다는 사실에 의하여 상호 관련되어 있는데 불과하다. 이와 같은 공통성을 가지고 — 통일적인 대상도 없이 — 하나의 과학을 성립시키려고 하는 것은 무리하다라고 말한다.

이에 대하여, 실질통계학을 독립과학으로 인정하는 사회통계학파(社會統計學派)는, 실질통계학은 사회집단현상이라는 하나의 고유의 통일적인 대상을 가지고 있다고 주장한다. 이에 더하여, 하나의 같은 종류의 방법이 하나의 내적 결합물을 만들어내고 있다. 더욱이, 모든 통계결과를 기존의 여러 과학에 모두 분속시킨다는 것은 불가능할 것이다. 따라서, 기존의 과학과는 별개로 사회집단의 과학이 성립하며, 또한 성립시킬 필요가 있다."
고 주장하고 있다. 그러나, 이 문제에 과대한 의의를 부과한 것은 아니며, 단지 과학을 분류하는 문제이며, 여러 과학 가운데에서의 통계학의 위치 문제인데 불과하다. 이 문제에 대한 답이 어떻든 간에, 또 통계결과가 우리들의 지식의 총체 중에서 어디로 분류되던 간에, 사회생활의 통계적 연구는 필요불가결하며, 실질통계학에 고유의 과학의 위치를 주지 않는다 하더

라도, 적어도 특수한 연구 및 교수과목(besonders Studien und Lehrfach)으로 인정하지 않으면 안 된다고 말하였다. 그는 실질통계학의 건설보다는, 실질통계학을 일반통계방법론(allgemeine statistische Methodenlehre)의 적용예로 생각하고 있었다. 그래서 그의 통계학에 대한 기여는 거의 일반통계방법론의 영역에서의 문제의 논리적 정리(整理)에 있었다. 전술한 바와 같이 "통계학을 [과학]으로 인정하지 않은 많은 저자들도, 실질통계학을 [연구 및 교수과목]으로서의 의미라면 승인할 것이다." 라고 말하고, 통계학을 상대적으로 독립된 과학으로 보지만, 그 독립성은 이론적 근거보다는, 오히려, 실제적 근거에 따른 것이라고 하는 사실은 부정할 수 없을 것이라는 편의론을 취하고 있다.

그는 주요 통계이용자를 "행정"과 "과학"으로 생각하고, 실체적 통계학의 체계(System der materiellen St.)를 다음과 같이 분류하였다.

(i) 행정통계체계

이 재료는 행정부분별로 편성되며, 통계연감은 대체로 이 체계를 따르고 있다.

(ii) 과학적 통계체계

이 재료는 그 과학적 내용과 의의에 따라 분류되지만 인구통계, 도덕 통계, 교육통계, 정치통계, 경제통계로 구분된다고 보고 있다.

이와 같은 과학적 통계체계는 현재도 독일계의 사회통계학 교재 및 사회주의국가의 통계학 교재에서 채용되고 있었다.

이에 반하여, 영국 미국 등 자본주의 국가의 통계교재는 재료의 실질적 내용을 기준으로 하는 구성이 아니라, 오로지 통계방법상의 관점에서 형식수리적으로 구성되어 있는 것이 보통이다.

§5 Flaskämper(1886～1979)

Paul Flaskämper는 Zizek의 생각을 이어받아 Mayr의 실질통계학의

해체를 진행시켜, 통계방법론을 논리적으로 구성하므로써, 수리통계적 수법이 사회과학으로 진출할 길을 확대하였다.

그는 1886년 7월 30일 Leipzig에서 태어나서, Berlin과 München의 대학에서 철학과 자연과학, 특히 생물학을 전공하고, 제1차대전에 종군한 후 Hamburg의 통계국에서 근무하였다. 1925년 Frankfurt로 옮겨 Zizek의 조수가 되고, "指數論(Theorie der Indexzahlen, 1927)"을 썼는데, 그 후의 활동으로는 "통계적 대표값의 논리에 대한 기여(Beitrag zur Logik der Statistischen Mittelwerte, 1931)", "사회과학에 대한 수의 의의(Die Bedeutung zur Zahl für die Sozialwissenschaften, 1933)"등이 있다. 1938년 Zizek이 사망한 후에는 그의 후계자가 되고, 독일협회의 대학, 고등전문학교에서의 통계교육 전문위원회장도 지냈다.

그의 통계학의 주저서로는 "일반통계학(Allgemeine Statistik, 1944, 2 Aufl, 1919)"이 있다. 그는 통계이론을 중심으로 하여 논하였는데 그 중에서도

"사회과학에 대한 수의 의의"

에 근본을 두고 있었다. 이 문제에 대한 그의 생각은 이른바

"事象論理와 數論理의 병행론(Parallelismus von Sach und Zahlenlogik)"

으로 총괄되어 있다.

Flaskämper의 이른바 사상논리 개념이라는 것은, 표현되어야 할 상태의 실질적인 특성에 대한 개념이다. 예를 들면, 수공업적 경영을 통계적으로 밝히고저 하는 경우에는, 우선 수공업의 개념부터 출발하여야 하는데, 그러려면 국민경제학에서 수공업이 어떻게 규정되어 있는지를 보지 않으면 안 된다. 이것은 옳은 일이지만, 대개의 경우, 개개의 대상 과학이 주는 개념을 가지고, 바로 통계적 작업을 할 수는 없다. 즉, Flaskämper는

① 사회과학의 경우에는 다음과 같은 개념계열을 생각하였다.

실질적 대상과학의개념 → 사상 논리적 개념 → 수 논리적 개념 → 수리통계적 수법의 적용

② 자연과학의 경우에는 특히 물리적으로 주어진 것은 곧 계량할 수 있는 사실이며, 정확히 구별해서, 핵심적 부분을 수량화할 수 있다. 적어도 무기적 자연과학의 목표는 자연적 사실을 계량해서 수리공식으로 해결하는데 있다고 하였다.

그는 물리학의 개념은 기계적 = 통계적 성질인 것인데, 이에 대하여 사회과학의 개념은, 유기적, 의미연관적이며, 통일적 전체를 이루고 있는 것을 특징으로 한다. 따라서, 사회과학의 개념은 자연과학의 개념과 달라서, 그것을 바로 사상 논리적 개념을 매개로 하지 않고서는 통계적으로 조작할 수 없다.

사회적 현실은, 그 구성인자인 개개의 요소 간에 무수한 이행(移行)을 동반하며, 연속적인 다양성을 이루고 있지만, 그것을 셀 수 있게 하기 위해서는, 자주 인위적이라고 생각되는 방법으로 비연속적인 총계로 전화(轉化)시키지 않으면 안 된다. 그러기 때문에 사상 논리적 개념이 필요하다는 것이다.

Flaskämper는 이상과 같이 사회과학적 통계학(sozialwissenschaftliche Statistik) — 사회과학적 영역에서의 통계방법을 대상으로 하는 방법론적 과학 — 에서의 사상논리적 개념의 중요성을 역설하며, 수리통계적 수법을 사회과학에 도입하는 길을 확대하려고 하지만, 한 편, "사회적 사실의 핵심적 부분은 통일적 전체의 성질을 가지며 수량화할 수 없다"라고 생각하고 있다. 이러한 생각이므로 당연히 "사회과학에서는 수치(數値)는 큰 의미를 갖고 있지만, 그러나 그것은 물리학에서와 같이 유일하며 결정적인 의미를 갖는 것은 아니다."고 생각한다. 더욱이, 이와 같은 사고방식으로는 당연하지만, 인식하는 방법이 확률적(stochastisch)이냐 아니냐 하는 일로, 그 인식가치가 결정되는 것은 아니다. 중요한 것은 대상에 대한 전체적 인식 중에서, 통계적 해명이 어느 정도의 의미를 갖느냐는 것이다. 반복해서 말하는데, 대상에 대하여 전체적 인식 가운데에서는 質的聯關의 이해, 意味聯關의 이해가 결정적으로 중요하다고 생각하였다.

Flaskämper의 "사상 논리"는 이상과 같이, 한 면에서는 수리통계적

수법의 무비판적 적용을 거부하는 것이지만, 다른 면에서는 수리통계적 수법의 적용의 길을 확대하는 것이었다. 즉, 사회통계학과 수리통계학의 "기계적 접합(機械的 接合)"이 아니라 "상호비옥화(相互肥沃化)"를 원하였다. 결국 그가 말하는 것과 같이 "독일의 통계학에서는 수리통계적 수법의 적용이 부당하게 오랫동안 경시되어 왔다. 그 중에서도 특히 중대한 사실은 독일통계학의 거장 G. v. Mayr의 영향이며, 그는 수리통계적 수법을 완전히 거부하였다."는 사실이다. 이 방향의 이론적 전환이야말로 Flaskämper 통계학의 과제였으며, 그는 "사상 논리와 수 논리의 병행론"이라는 절충적 형태로 이를 수행하였던 것이다.

Zizek의 후계자인 Flaskämper를 중심으로 하는 Frankfurt대학에 의한 일단은 스스로를 "Frankfurt학파"라 부르고, "사회과학의 연구방법론으로서의 통계학"을 지향하고 있다. 이것은 독일사회통계가 "實体科學으로서의 통계학"에서 "形式科學으로서의 통계학"으로 전신(轉身)하는 것을 의미한다.

제13장 추측통계학

§1 개 관

19세기말에는 진화론, 에네르기 본존법칙, 세포학 등의 확립으로 인하여, 과학연구에 있어서의 도구인 "통계적 방법(statistical methods)"만을 뽑아내서, 이를 학문적으로 체계를 세우려는 경향이 생기게 되었다.

진화론은 기술통계학을 탄생하고, Karl Pearson이 그 중심적인 학자로서 많은 귀중한 업적을 남겼고, 統計方法學이라고 말할 수 있는 것을 성립시켰다. 이것은 통계학사에 있어서 하나의 획기적인 사실이며, 이 이후 "통계학"의 새로운 시대가 시작되었다고 말할 수 있다. 돌이켜 보건데, 독일대학과 통계학이나, 정치산술이나, 그 연구대상은 國情이라던가, 인구라던가 하는 실체적(實體的) 내용이었는데, 여기에 새로이 성립된 "통계학"은 "통계적 연구방법에 관한 체계적인 지식"을 주려고 한 것 이며, 실제적 사상(事象)을 연구대상으로 하는 것은 아니다. 이런 까닭에, 그것은, 실체적 내용을 갖지 않는다고도 말할 수 있는 것이다. 오늘날 일반으로 통계학이라고 불리우고 있는 것은 이 통계방법학에 지나지 않는다.

통계적 방법은 오늘날, 자연과학·사회과학을 비롯해서 거의 모든 학문분야에서 ""과학적 방법"으로 사용되고 있으나, 이것은 "통계학"이 하나의 방법학으로서 확립된 데에 힘입은 것이다.

에네르기 본존법칙의 확립은 熱力學의 발달에 의하여 이룩된 것인데, 이 열역학의 여러 법칙이 기체운동론의 입장에서 역학적인 해명을 요구받게 되고, 統計力學으로까지 도달하여, Josiah Willard Gibbs(1839~1903)의 통계집단의 개념이라던가 Boltzmann의 에르고딕가설이 나오고, 이것

에 의하여, 확률론은 근대화되었다. 확률론과 밀접한 관계가 있는 "통계학"도 이때 더욱 근대화되는 기초를 마련하였다.

"세포학의 발달"은 유전학을 통해서 간접적으로 추측통계학의 발달을 촉진하게 된 셈이었다.

기술통계학은, 요는, 관찰결과를 정리하는 것을 목표로 하고 있는 것이지만, 현대의 통계학 ― 추측통계학 또는 추계학 ―은 실험의 계획이 그 주요 목적으로 되어있다. 환언한다면, 기술통계학은 말하자면 "자연"이 말하는 것을 아무런 생각없이 듣는다고 하는 단순한 "記述"에 지나지 않지만, 추측통계학은 사실을 확인하고; 가설을 구상하고; 그것을 기초로 하여 추리를 하고, 실험을 하고, 가설을 승인하거나 갱신한다고 하는 완전한 "實驗科學"이다.

§2 표본이론

최근의 통계이론은 품질관리 등 광범하게 응용되고 있다. 그것은 "표본이론"의 전개에 힘입은 바가 크다. 원래, 통계적 방법은 일종의 귀납법이며, 사실의 관찰에서 출발해서, 일반적인 법칙이나 이론을 유도하는 것이다. 보통, 귀납적 방법에서는 다수의 경험적 사실로부터,

"법칙이거나 이론이거나를 추상하는 단계"

에서 하나의 비약을 피할 수는 없다. 즉, "多數"라고는 하지만 결국은 "일부"에 불과한 경험적 사실로부터, 그 사실에 관한 일반적 법칙이라던가 이론을 세운다는 것은, 미경험인 사실까지도 규정하는 일이 되어, 거기에 어떤 의미에서는, "어쩔 수 없는 비약"이 있게 됨은 당연하다. 이 비약을 완화하기 위해서는, 이전에는 "경험적 사실을 다수 집적"할 수 밖에 없었다. 그러나, 실제로는 다수의 경험적 사실을 모을 수 없는 경우가 있고, 또, 다양한 사실이라 할지라도, 과연 그것이, "質이 같은 것의 모임" 인지 여부가 의심스러운 경우도 있다. 이와 같은 점에 대한 반성이 "統計的 方

法"을 발전시켰으며, 표본이론에 전개되었던 것이다.

통계조사에서, 표본조사가 필요하며, 유효하다는 것은 학문적으로도 인정되었었지만, 1940년 이전에는, "이 방법"은 산발적으로 이용되고, 또, "실개조사(悉皆調査)의 대용"이라는 의미로 이루어졌다. 이 방법이 전면적으로 세상에 진출한 계기가 된 것은 제2차 세계대전이었다.

인도에서는, 이 방법이 1943년 이후, 모든 주요작물에 대한 "작부면적조사"에 채용되었으며, "인구 census"도 1941년에 2%의 표본으로 이루어졌다. 미국에서는 1940년에 5%의 추출로 인구 census가 행하여지고, 1945년의 합중국 농업census는 표본조사로 시행되었다. 또, 영국에서는 1946년 "출산력 조사"에서 현재 결혼중인 부인의 10%을 표본으로 조사하고, England 및 Wales의 1942년 "森林調査"에서는 예비적 추계치를 얻기 위하여 2.5%의 표본을 취하였다.

이 방법의 이점은 경비부담의 경감, 조사집계의 신속, 자료의 연속적 수집 등에 있다. 이 시기에 표본조사법이 진전을 시작한 요인을 요약하면 다음 두 가지로 정리될 수 있을 것이다.

(1) 이 利點이 이용되게 된 것은 사회적 국가적 요구에 따른 것이다. 실개조사는 비용이 엄청나며, 소요기한 이내에는 집계할 수 없는 경우가 많다. 또한 "확률의 이론"을 따르지 않은 일부조사에서는, 그 "調査精度"" 를 객관적으로 보증할 수 없다. 이 두 가지의 불리한 점을 적당히 극복할 수 있는 방법으로, 표본조사가 전개되었던 것이다.

(2) 표본조사의 실시가 유효하게 이루어질 수 있을 전제조건이 점차로 만들어지게 되었다. 즉, 이 배후에 통계학의 진보, 특히, 포장시험(圃場試驗)에서의 실험계획법과 대량생산관리에서의 품질관리 및 발취검사(拔取檢査) 이론의 진보·발달이 있었다.

통계적 방법은 사실을 집단적·수량적으로 관찰하고, 또한 확률론을 원용해서 법칙을 설정하는 것이다. 경험적 사실은 "표본(sample)"이라는 형식으로 파악되며, "무한한" 경험적 사실의 집단으로서는 "모집단(population)"이 추상적으로 파악한다. 그리고, 모집단이 따르는 법칙을 확률

적으로 파악해서, 실제로 관찰한 표본과의 "대비"에 의하여, 그 표본이 "가상된 모집단"에 속하는 것인지 아닌지가 검토된다. 이것이 오늘의 "통계적 추리(Statistical Inference)"의 모습이다.

이와 같은 통계적 추리방법의 기초는 금세기의 초기에 시작되었다. 즉, 영국의 한 기술자 William Sealy Gosset(필명 Student)의 유명한 논문

On the Probable Error of a Mean

이 1908년의 Biometrica Vol Ⅵ.에 게재되었는데, 이 논문에서 그가 전개한 소위 Student 의 t분포는 "정밀표본론(精密標本論)"의 여명이 되었다. 이에 잇따라서,

R. A. Fisher 의 추정론, 변량분석법,실험배치법;
E. S. Pearson 및 J. Neyman의 가설 검정론;
A. Wald의 통계적 판정이론

등에 의하여 그 기초가 확립되고, 동시에 응용분야도 다방면으로 개척되었다. 즉,

W. A. Shewhart 및 E. S. Pearson 등의 통계적 품질관리;
H. G. Dodge 및 H. G. Romig의 발취검사법;
J. Neyman의 층별임의추출법;
W. E. Deming 등의 표본조사법

이 잇따라서 발표되었다. 한편, 통계이론의 기초를 이루는 확률론도 A. A. Markov(1856~1922), A. N. Kolmogoroff(1903－) 등, 주로 소련의 학자에 의하여 발전되었다. 현재 "통계학"은 그 기초이론, 응용분야 모두 일진월보하고 계속하고 있다.

§3 포장시험법

기예(技藝)에서 科學으로 진보하였다고 말하는 최근 100년 간의 포장시험(圃場試驗) 기술의 발전이 추측통계학의 한 기반을 이루고 있다.

1843년에 London북방 40km지점에 Rothamsted농업시험장이 만들어졌는데, 그 후 이 시험장이 이룩한 역할은 통계학사상 불후의 것이 있다. 여기에서의 사업목적은 농업의 근본원리를 발견하고, 농업기술의 개선과 농촌생활의 향상에 이바지하는데 있었다. 동물의 해부학적 연구, 식물의 영양연구를 포함한 광범위한 연구가 이루어져, 착착 그 연구가 진척된 무렵, 비료공업이 번성하게 되었다. 그래서, 이 시험장은 농사・비료공업의 진보에 위대한 공헌을 하게 되었다.

이와 같은 포장시험에서 당면하는 문제는, 地力의 변화가 원인이 되어 시험의 오차가 대단히 크다는 사실이다. 즉, 시비를 달리 하는 두 시험구(試驗區)를 비교하는 경우, 시비로 인하여, 지력으로 인하여, 어느 정도 달라졌는지 판명되지 않는다는 사실이다. 또, 지역적 변동, 파종, 칭량(秤量) 또는 측정 등에 관한 실험오차가 있는데다가, 수확량의 결과를 아는데는 적어도 1년이 필요하다는 것, 사고로 인하여 수확량이 없을 경우가 있다는 것, 경비가 소요되는 등 곤란한 점이 있는 것이다.

이와 같은 여러 가지의 곤란에 직면하여, 여러 가지의 포장시험방법이 추차로 고안되었다.

예를 들면,

Beaven의 정방형 시험구의 장기판 공식(chessboard system of square yeard plots),

Rod－Rows 방법,

Beaven의 반조파기법(半條播機法 : half drill strip method)

등의 원리가 사용되었다. 이에 관해서는, W. S. Gosset의 공헌이 크다. 이들 방법에 일관된 것은 "比較法"의 응용이다. 그것은 "Student의 最大類似法"으로 결집되어 있다.

1920년대까지의 포장시험방법의 모습은 겨우 이 단계였었다. 이에 대하여 혁명적이라고 할 변환을 가져온 것은 R. A. Fisher이었다. 그것은 포장시험방법 속에 "確率化"라는 思想을 도입하려는 것이었다. 이 생각에 따르는 實驗配置를 "random arrangement"라 한다. 확률화 블록계획법

(randomized block design)이라던가 라틴방격법(Latin square design) 등이 그 예이다. 變量分析法은 이를 위한 필수방법이며, 그것은 필연적으로 정밀표본론를 기초로 하고 있다. 이리하여, 포장시험에서 해결를 강요받고, "實驗計劃法 (design of experiment)"를 낳게 되고, 이것이 다시 "要因配置計劃(factorial design)"의 사상으로까지 발달하게 되었다.

§4 확률화 블록계획법과 라틴방격법

농사시험에서 비료효과시험을 할 경우, 地力의 변화를 균등화하고, 품종 기타의 조건을 일정하게 하여, 비료효과의 차이만을 볼 수 있게 한다. 이와 같은 연구의 통계방법 이론으로, 확률화 블록계획법과 라틴방격법이 합리적인 것으로 밝혀졌다.

(1) 확률화 블록계획법

확률화 블록계획법은 시험포장을 약간 개의 block으로 나눈다. 각 block 내에는 시험하려는 것(예를 들면, 품종, 시비 등) 모두를 1회는 포함되게 한다. 단, 각 block 내부에서는, 각 시험구에 이 시험물을 無作爲(랜덤)하게 배치한다.

예를 들면, 농사 시험에서 A, B, C, D, E, F, G, H 라는 8품종의 수확량실험을 한다고 할 때, 시험구가 아래 그림과 같이 4개의 block, 각 block에 8plot가 있다면 8품종의 각각에 대하여 4회의 반복이 가능하게 된다. 각 block에 각 품종은 1회 이상씩 나타나게 계획적으로 배치하는 동시에, 각 block내에서는 8품종을 랜덤하게 배치한다.

그림은 그 하나의 예시이다. 그림에서, 품종과 질에 의한 차이 및 block 간의 상이(相異)에 있어서 각 시험구는 서로 독립임을 알 수 있다. 고로 포장 중에는, 이 경우, 32개의 시험구가 존재하게 된다. 따라서, 각 block에 Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ, Ⅳ의 번호를 붙여서, 시험과의 관계를 정리하면 다음 표와 같이 된다.

C	D
H	A
B	E
F	G

I

F	C
B	H
E	D
A	G

II

E	H
D	C
G	A
B	F

III

A	G
C	H
F	B
D	E

IV

block \ 품종	A	B	C	D	E	F	G	H
I	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	x_{15}	x_{16}	x_{17}	x_{18}
II	x_{21}	x_{22}	x_{23}	x_{24}	x_{25}	x_{26}	x_{27}	x_{28}
III	x_{31}	x_{32}	x_{33}	x_{34}	x_{35}	x_{36}	x_{37}	x_{38}
IV	x_{41}	x_{42}	x_{43}	x_{44}	x_{45}	x_{46}	x_{47}	x_{48}

분명히, 품종 간에 그 수확량의 차이가 있다거나, block 간에 차이가 있다고 하는 것을 분산분석할 수 있음을 나타내고 있다. 따라서, 이와 같이 말할 수 있는 것은 block 간에 지력의 차가 있더라도, block내에서는 지력이 일정하다고 말할 수 있게 배치되고 있다는 점에 있다.

(2) 라틴방격법

확률화 블록계획법의 利點은, 지력의 균등성을 확보하는 일은 용이하기 때문에 전체 포장에 걸쳐서 랜덤하게 행하는것 보다도, 지력의 변동이 없을 것이라고 생각할 수 있다는 점과, block 내에서는 랜덤하게 배치하기 때문에 균등한 자연대로의 모습으로 관찰할 수 있을 것이라는 점에 있다.

확률화 블록계획법의 결점은 다음과 같이 말할 수 있다. 시험포장은 약간 개의 확률화된(random) block으로 구성되어 있으나, 이들 random block의 대다수를 통해서 어떤 특정한 하나의 품종 또는 處理가 다른 것보다도 지력이라는 점에서 유리한 위치를 취하는 일이 있을 수도 있다. 예를 들면, 시험포장의 북측이 비옥도가 높다거나, 어떤 A가 각 block에서 북쪽으로 치우쳐 있을 수도 있다. 이런 사정은 분산분석에서 고려되지만,

오차를 크게 한다는 것은 피할 수 없다.

이러한 결점을 보완하기 위해서 Fisher가 채택한 것이 라틴방격법이다. 즉, k개의 시험항목(처리)이 있을 경우, 각 처리가 모두 행과 열에 꼭 한 번씩 나타나게 배치한 것을 k×k Latine Square라 한다.

예를 들어, 네가지 처리를 A, B, C, D로 나타낸다면 그 배치법의 한 예시는 오른편 그림과 같다. 이것은 block내의 균등성을 유지하는 배치법이라 할 수 있다.

A	D	C	B
B	A	D	C
D	C	B	A
C	B	A	D

위에서 설명한 바와 같이, 실험계획법이란 모집단을 等質均等化하는 방법이다. Fisher의 공적은, 실험계획을 구체적 실험 하에서 창의하고, 통계방법의 기초하에서 일반적으로 채용하는 길을 개척한 점에 있다.

§5 대량생산관리

20세기의 초기 이래, 공업계는 규격통일과 산업합리화에 노력을 계속 기우렸으며, 여기에서 "標準化"를 추진하게 되었다. 이 표준화의 추진은 양산방식(量産方式)의 전면적인 진출과 더불어, 소위 統計的 管理狀態를 출현시키기에 이르렀다. 통계적 방법이 품질관리라던가 발취검사에 이용되게 되는 기초는 여기에서 시작된다.

근대생산방식의 특징의 하나인 "반복작업"은 원래 규격대로 물품을 반복해서 만드는 일이며, 이를 위해서는 재료・제조방식・측정의 각 방면에 걸쳐서 표준을 설정하고, 소위 표준화를 실시하여야 한다. 그러나, 현실적으로는 완전히 규격대로 만든다는 것은 불가능한 일이며, 약간의 변동을 수반하지 않을 수 없게 된다. 그 변동은 기술적으로 규명할 수 있는 것과, 그렇지 못한 것이 있다. 이 우연적인 변동의 관리를 위해서는, 어떤 변동이 과연 통계적 안정상태하에서 나타나는 우연변동이라고 생각될 수 있는지

여부를 판정하는 눈금을 제공하는 일이 추측통계학의 임무로 되는 것이다.

§ 6 Gosset(1876～1936)

20세기 통계학의 중대한 발전의 발단으로 된 것은 William Sealy Gosset 이다. 그는 Oxford 대학에서 화학과 수학을 공부하고, 1899년부터 Guinness Breweries 회사의 양조화학 기사로 있었는데, 양조업에 과학적 방법이 도입될 기운이 있었던 이 당시에는 材料는 변동이 심하고, 온도변화에 예민하게 반응하기 때문에, 항상 실험을 小系列로 할 수 밖에 없는 것에 대하여 고민하게 되어, 통계적 방법을 사용할 필요성과 당시의 大標本論의 제약을 일찍부터 생각하고 있었다. 1906년에는 K. Pearson의 연구소에서 이 문제를 논의하였다. 즉, Gosset는 크기 n인 관측치가 주어졌을 때, 이것을 기초로 해서 모집단의 평균이 얼마나 되는지를 알려는 목적을 갖고 있었다. 그에게는 n이 적을 경우가 필요하였으며, n이 큰 경우에 대응하는 종래의 공식은 쓸모가 없었다.

"대단히 많은 회수로는 반복할 수 없는 실험이 있다. 이런 경우에는 극히 小數의 예 — 小標本 또는 小試料 —를 기본으로 해서, 그것으로부터 결과의 확실성을 판단하지 않으면 안된다. 화학실험 중 약간의 것, 많은 생물실험, 농사시험이거나 대규모시험의 대부분은 이와 같은 종류의 것인데, 이것들은 통계학적 연구방법이 적용되는 범위 내에 있게 된다."는 생각에 입각해서 그는 연구를 진행하였으며, 이윽고 1908년 Student라는 필명으로 논문 "The Probable Error of a Mean"를 발표하여, 오늘날 Student의 t분포라고 불리우는 것이 발견된 것이다. 이 Guinness맥주회사에서는 그가 발견한 이 분포를 사용하고 있었으나, 회사 이외에는 잘 알려지지 않았다고 한다. 그는 이 논문에서 정규모집단에서 추출한 표본표준편차 도수분포를 나타내는 곡선의 식을 구하였다. 이 경우, 그는 Pearson형의 도수분포곡선의 Ⅲ형분포함수를 상정(想定)하였던 것이다. 그리고, 이와

같은 표본의 평균과 표준편차의 사이에는 아무런 상관관계도 없음을 확인하고, 표본평균과 모평균과의 차를 표준편차로 나누어서 얻은 量 Z의 도수분포곡선을 나타내는 식을 구하였다. 이 경우도 확실한 근거는 없었지만, 3000개의 표본에서 n=4로 하여 750조의 표본을 만들고, 그 표본실험으로부터, 일반적인 n에 대한 옳은 추측을 하고 있다. 이상 두 곡선의 식을 실제의 분포에 대하여 비교하고, n=4~10에 대한 표를 작성하였다. 그리고, 이들 곡선은 모집단이 엄밀한 정규분포를 따르지 않는 경우에도, 사실을 상당히 잘 나타내고 있다는 것을 밝히고, 표의 사용방법을 설명하였다. 그리고, Pearson의 충고와 비판에 대하여 사의를 표시하였다. 여기에서 알 수 있듯이 Gosset가 만약에 Pearson의 Ⅲ형분포함수를 몰랐었더라면, 아마도 그의 발견은 이루어지지 않았을 것으로 상상된다.

아일랜드에서의 보리재배에 회사가 주요 역할을 하였기 때문에, 그는 수확량시험과 일반으로 농사시험에 관해서도 현장적 체험을 하였다고 한다. 그는 E. S. Beaven 과의 왕래로 여러 가지의 실험배치법을 고안하였다.

Student의 근본사상은 비교법(比較法)에 있다고 말할 수 있다. 변량 X와 Y와의 비교에서 "모든 실험계획을 할 때, 문제는 σ_x와 σ_y를 적게 하는 것이 아니라, 양자의 상관계수 ρ를 크게 하는 것이다"라는 그의 말에 이 사상이 잘 표현되어 있다. Student가 Beaven의 반조파기법(half drill method)를 창도한 것도 이 사상이다.

Student의 통계학적 업적은 양적으로는 두드러지지 않으나,

(1) 오차론에서의 모분산의 추정에서 평균오차와 표준오차의 두 가지의 계산법을 비교하고 그 효율을 논하고,

(2) Poisson분포의 응용으로서 haemacytometer로 효모를 세우는 경우의 표본오차의 문제를 지적하고,

(3) Student 분포를 도입하고,

(4) 두변량 정규모집단에서의 표본상관계수의 분포를 처음으로 착수하였으며,

(5) 포장시험에서의 여러 가지의 실험배치법을 도입하는 등

질적으로주옥과 같은 업적을 남겼다.

§ 7 Fisher(1890～1962)

Gosset의 논문은 解析的인 증명없이 옳은 결과를 추정하고 있으나, 이것을 완전한 것으로 만든 사람은 Ronald Aylmer Fisher이다.

그는 1909년 Cambridge 대학 Conville and Caius College에 입학해서, 1912년 數學우등생시험 제2부를 1위로 합격하였으나, 적당한 직업이 없어서, 물리학과 특대생으로 1년간 대학에 남아서, 統計力學, 量子論, 誤差論 및 George Udny Yule에게 통계학을 배웠다. 이 무렵 William Bateson(1861～1926)의 영향을 받고, Dawin의 進化論을 이상하게 여긴 Gregor Johann Mendel(1822～1884)학파의 업적을 깊이 신봉하며, 진화론에 대한 定量的인 처리의 연구를 시작하고 있었다. 이 연구는 1930년에 한권의 책 "자연도태에 관한 유전론(The Genetical Theory of Natural Selection)"으로 공표되었다. 또, 이 시대에, Pearson의 "진화론으로의 수학적 기여"를 주의깊게 그리고 피판적으로 읽었다고 전하여지고 있다.

1913년 Biometrika지에 게재된 H. E. Soper의 상관계수의 표본분포에 관한 논문을 읽고, 문제는 재미 있지만 결과가 근사적이며 불충분하였기 때문에, 이것을 고차원 기하학적 방법으로 일주일 동안에 정밀한 해를 구하여, 그 대강의 줄거리를 K. Pearson에 보냈다. 이것 그의 제2의 논문이며 추계학의 최초의 논문이다. 그것은

"Frequency Distribution of the Values of the Correlation Coefficient in Samples from an Indefinitely Large Population, Biometrika. 10. 507～521 (1915)"

이다. 여기에 그의 통계적 추정이론의 주요부분이 서술되어 있으며, 이 논문은 Gosset의 논문과 함께 현대통계학의 발단으로 되었다.

그 후, 제1차 세계대전이 끝날 때(1918), London교외에 있는 Rothamsted 농사시험장 통계연구실장이 되고, 포장실험의 자료를 정리하는 동안 차츰 K. Pearson류의 수리통계학의 모순점을 알아 차리고,

"이론통계학의 수학적 기초(Mathematical Foundation of the Theoretical Statistics, Phil. Trans., A222, 1921 pp. 309-368)"

를 저술하고, 假說的인 無限母集團의 思想을 발표하고, 통계학의 문제는

problems of specification,

problems of statistical estimation,

problems of sampling distribution

의 셋이라고 하였다. 또한 비료의 효과라던가, 품종의 시험에서 "分散分析法이라던가 그 밖의 방법"을 연구하였다.

1923년에는 농사시험기술에 혁명적 진보를 초래한 다음의 논문을 발표하였다. 즉,

"Studies in Crop Variation. II The Manusial Response of Different Potato Varieties, J. Agr. Sci., 13, 1923, pp. 311-320"

이며, 이것이 후년 실험계획법에 관한 노작

"The Design of Experients. 1935 (6판 1951)"

의 출발점이 되었던 것이다. 그는 또

"Statistical Methods for Research Workers. 1925 (11판 1950)"

를 저술하였는데, 이것은 오늘날 통계학에 있어서 불후의 원전으로 되어있다.

1926년 이학박사, 1929년 왕립협회회원이 되고, Karl Pearson 교수가 London 대학을 퇴직한 후, 자연도태의 유전학적 연구로 1933년부터 Galton교수직으로서 우생학 교실과 우생학 잡지(Annales of Eugenies)도 주재하게 되었다.

모수추정론, maximun likelihood method, 통계량, χ^2분포의 자유도, 정보량(amount of information), 귀무가설 등의 기본개념, 주요 통계량의 표본분포, 주요 귀무가설의 검정법, 베이즈정리의 비판과 신뢰확률의

이론은 모두 그의 창의에 의한 것이며, 이들의 아름다운 응용인 실험계획법도 그에 힘입은 것이다.

그 후, 모수추정론은 J. Neyman, E. S. Pearson, A. Wald에 의 해서, 실험계획은 그의 자리를 이어 받아 Rothamsted 농사시험장 통계부장으로 있었던 Frank Yates에 의해서 확장되었지만, 본질적인 점에서 Fisher의 선을 거의 넘어서지는 못하였다.

Fisher는 추계시대의 위대한 개척자이며, 그 사상 가운데에는 너무나 독창적이었기 때문에 외국은 물론 국내의 통계학자에게도 오랫동안 이해되지 않은 것이 있었으며, K. Pearson과 같은 위대한 수리통계학자조차도 끝내는 이해하지 못할 정도였다. 그러나, 그의 연구가 추계시대의 특징인 확률론적 예측(→확률과정)문제는 거의 언급하지 않고 국소적 검정추정문제에서 멈춘 데에는 그에게도 한계가 있었다고 생각된다.

§8 Neyman(1894～), E. S. Pearson(1895～)

수리통계학의 발전에 있어서 R. A. Fisher가 이룬 역할이 현재 높은 평가를 받고 있다는 것은 부인할 수 없는 사실이다. 그 "變量分析法, 實驗計劃法" 등에서의 그의 수리적 연구업적은 근대적 추정론의 전개와 더부러 그 이후의 수리통계학의 발전에 기여한 바가 다대했다. 그러나, 그 이론의 근본에 깔려있는 "통계적 가설검정의 문제"에 대해서는 반드시 명확한 개념을 주고 있다고는 말할 수 없었다.

가설검정이론을 명확하게 형식화한 것은 Jersy Neyman과 Egon Sharpe Pearson의 협동업적이다. Neyman 등이 고전적 확률론의 제약하에서 통계적가설검정이론을 전개하고 있었던 같은 시대에, 확률론의 분야에서는 R. V. Mises, A. Wald 등을 중심으로 하여 "kollektiv"의 개념에 바탕을 둔 확률론의 公理化 연구가 진행되고 있었으며, 소련에서는 A. Kolmogoroff 등이 측도론적 입장에서 확률론의 공리화를 하고, 계속

해서 눈부신 연구업적이 발표되어, 확률론은 완전히 그 면목을 일신하였다. 이와 같은 "확률론"의 현저한 발달은 가설검정이론의 그 후의 발전에 큰 영향을 주지 않을 수 없었던 것이다.

Neyman－Pearson의 가설검정론의 골자는 다음과 같다.

이제 문제로 하는 가설의 채택 또는 기각을 결정하는 관측개수를 n이라 한다. 차례로 측정되는 n개의 관측결과는 크기 n인 하나의 표본을 구성한다. 이경우, 문제로 하는 가설을 채택하거나 기각하는 절차라는 것은, 얻은 표본에 대하여, 그 관측결과를 기본으로 해서, 가설을 기각하던가 혹은 채택하던가를 지정하는 하나의 규약을 나타내는 일에 지나지 않는다. 환원하면, 이제 크기 n인 모든 가능한 "표본"의 집합 전체를 생각하면, 하나의 검정절차라는 것은, 이와 같은 표본의 집합 전체를 다음과 같은 규칙의 적용을 생각한 두 개의 배반적인 부분집합으로 분할하는 일에 지나지 않는다. 즉, "얻은 표본이 제1의 부분에 포함되면 가설이 기각되며 (reject), 제2의 부분에 포함되면 가설이 채택된다(cannot reject, accept)"는 규칙의 적용이다. 제1의 부분은 기각역이라고 불리우며, 제2의 부분은 제1의 부분에 의하여 일의적(一意的)으로 결정한다. 따라서, 하나의 검정절차를 선정한다는 것은 기각역을 정하는 일에 지나지 않는다.

일반으로 기각역을 선정하는 가능성은 무수히 많으나, 이들이 모두 좋은 것이라고 생각 할 수는 없다. 따라서, 가설검정론에서의 근본적인 문제는 기각역을 적절하게 선택하기 위한 원리를 명확하게 定式化하는 데에 있다. 이에 관한 기본적인 개념을 도입한 것은 획기적인 일이며, Neyman, E. S. Pearson의 불휴의 협동업적이라 할수 있다.

어떤 가설을 세운 경우, 그것이 참임에도 불구하고, 그 참인 가설을 기각하는 과오를 제1종의 과오(error of the first kind) 또는, 생산자 위험(producer's risk)이라 한다. 또 가설이 거짓(false)임에도 불구하고, 거짓인 가설을 참인 것으로 보고, 가설을 채택하는 과오를 제2종의 과오(error of the second kind) 또는, 소비자 위험(consumer's risk)이라고 한다. Neyman－Pearson의 이론에서는 제1종의 과오를 일정값 α이

하로 하여 놓고, 그 범위 내에서 제2종의 과오를 될 수 있는한 적게 한다는 방침이었다. 그들의 검정이론은 근대확률론 및 game이론의 성과와 더불어, A. Wald의 "통계적 판정함수의 이론"으로써 더욱 고도로 발전하였다.

Neyman은 이 외에도 구간추정법을 계통적으로 발전시켜, 층별임의추출법에 기여하는 등 통계학의 발전에 크게 기여하였다.

§ 9 Wald(1902~1950)

Neyman-Pearson의 검정이론은 근대확률론 및 game의 이론의 성과와 함께, Abraham Wald의 "통계적 판정함수의 이론(theory of the statistical decision function)" 이란 이름으로, 검정론·추정론·실험계획법 등 통계학의 제문제를 총합하는 이론으로써 고도로 발전하였다. 1950년 12월 13일 인도에서 비행기사고로 불의의 죽음을 당할 때까지의 연구는 수리통계학의 발전에 있어서 실로 획기적인 것이었다.

그는 루마니아에서 태어났다. Wine시대에는 Karl Menger에 사사하여 기하학을, 이어서 응용수학을 연구하였다. 후에 Menger, Morgenstern과 함께 미국으로 이주하였다. 그의 연구는 game의 이론, 확률론, 검정론, 추정론의 체계화, econometrics의 각 방면에 미치고, 그 이론은 최근 operation research, linear programming의 문제와도 연관하여, 경영학 분야에서도 필요한 도구로서의 역할을 다하며, 많은 후계자에 의하여 주로 미국에서 활발히 전개되고 있다.

(Ⅰ)逐次檢定理論의 전개 : 제2차대전 중의 수년 간은 통계적 가설검정 이론의 전개에서 큰 의의를 가진 기간이었다. 이 대전을 계기로하여 미국의 군사과학의 발달은 통계학의 이론·응용분야를 크게 발전시켰다.

축차분석(sequential analysis)은 전시 중에, 특수한 군사적 요청에 따라, Columbia대학에 있던 Wald에 의하여 연구되었다. 그는 1943년 봄

그 이론적 기초를 만들었으며, 그 후, 불과 2, 3년 간에 이론체계가 확립되고, 그 동안 실제로 많은 공장 등에서 여러 가지 문제에 응용되어 다대한 성과를 거두었다. 이 연구는 물론 주로 Wald가 전개한 것이었는데, 그 실제적 기초는 Bell전화연구소의 Dodge, Romig 등에 의하여 고안된 2회 발취검사방식에서 힌트를 얻었다. 축차해석법의 연구는 발취검사법 일반의 연구인 동시에 Columbia대학의 "통계연구팀"에 속하는 것이였으며, Wald도 이 팀의 일원이었다.

축차해석법의 기초사상은 통계적 가설의 "逐次檢定의 理論"이다. 종래의 검정이론에서는 관측개수가 고정되어 있었으나, 여기에서는 필요한 관측개수가 미리 정하여져 있지 않고, 관측결과의 함수인 확률변수로 되어 있다. 따라서 이 이론은 종래의 것을 일반화한 것이 되며, Neyman–Pearson의 이론도 이 특별한 경우로 포함된다. Wald은 적용이 간단한 축차검정법으로서 "逐次確率比 檢定法"을 고안하였다. 이것은 실용적인 목적으로는 "최적의 검정법"이라고 생각하여도 무방하다는 사실이 인정되고 있다. 특히 검사비용이 관측개수에 비례하는 경우에는 대단히 유리하다.

가설을 축차검정하는 요령을 보면, 실험의 각 단계에서, 다음의 세 판정 중 어느 하나의 판정을 내린다는 하나의 규칙이 주어진다.

(1) 가설 H_0 를 채택한다.

(2) 가설 H_0 를 기각한다.

(3) (1), (2) 어느 것으로도 판정할 수 없고, 또 하나를 추가로 관측한다.

이와 같은 검정절차가 계속해서 행하게 된다. 우선 첫번째의 관측치를 기초로 하여, 위의 판정 중의 하나로 판정한다. 만약 (1) 또는 (2)의 판정이 내려지면 그 검정과정은 끝난다. 만약 (3)의 판정이 내려진다면 다시 한번 제2의 시행이 행하여진다. 여기에서 다시, 처음의 두 관측치를 기초로 하여, (1), (2), (3) 중 어느 하나의 판정이 내려진다. 만약 (3)의 판정이 내려지면, 다시 제3의 시행이 행하여진다. 검정의 과정은 (1) 또는 (2)의 판정이 내려질 때까지 계속한다. 이와 같은 검정절차에 따라서 필요하게 되는 검정과정의 길이 n은 관측의 결과에 따라 변하므로, 확률변수로 생각할 필

요가 있다. 따라서, 이러한 검정과정은 일종의 "確率過程"이라고도 생각할 수 있다.

Neyman－Pearson의 기각역 선택의 원리에 따라, Wald는 더욱 확장된 이론체계하에서 축차검정의 이론을 전개하였다. 檢定特性函數(operating characteristic function)와 平均檢査個數函數(average sampling number function)의 두 개념은 특정한 축차검사방식을 선택하는 기준으로써 중요한 의의를 갖는 것이었으나, 귀무가설 $H_0:\theta=\theta_0$에 대하여 대립가설 $H_1: \theta=\theta_1$로 놓고, 제1종의 과오 α 및 제2종의 과오 β를 억제하고, 기각역을 선택한다는 Neyman－Pearson류의 "二値判定의 사상"을 완전히 벗어 버릴수는 없었다.

주저는 "Sequential Analysis, 1947" 이다.

(II) 統計的 判定函數의 전개 : Neyman은 검정이라던가 추정방식을 선정한다고 할 때, "判定"이라는 성격을 갖고 있다는 것을 강조하고, 특정한 검사방식 또는 추정방식을 채용하는 행위 － 일반으로 말한다면, 한정된 관측에 대하여 우리의 행위를 순응(adjustment)시키는 행위 － 를 귀납적(또는 추측)행위(inductive behavior)라 불렀다. 이 adjustment는 일부는 의식적으로, 일부는 잠재의식적으로 이루어진다. 이 의식적인 순응의 부분은, 어떤 규칙 － 귀납적 행위의 규칙 －에 따라 이루어진다. 이 규칙을 정함에 있어서는 확률론 및 통계이론이 중요한 역할을 하며, 대단히 많은 추리를 필요로 하게 된다고 주장하였다.

Wald는 검정 및 추정방식이 갖는 이 귀납적 행위라는 성격에 주목하고, Neumann－Morgenstern의 "zerosum 2 person game의 문제"와 결부시켜서, Neyman－Pearson의 이론을 통계적 판정함수의 이론으로까지 발전시켰던 것이다.

통계적 판정함수의 사상은 이미 1939년에 발표된 논문 속에 그 기초가 확고하게 만들어져 있었다. 이 논문에서는 실험이 1단계로 이루어지고, 최후판정의 공간이 대단히 일반적인 공간인 경우에 대하여, 비확률화 판정함수(non－randomized decision function)의 일반이론의 기본적 사상에

대하여 기술하고 있으나, 이미 하중함수 및 위험함수(weight and risk function)의 개념이 도입되어 있고, mini-max해 및 Bayes해의 성격이 연구되고 있었던 것이다.

주저는 "Statistical Decision Function, 1950"이다.

제14장 품질관리

§1 서 설

인간이 동물과 본질적으로 다른 점은, 인간은 자기의 환경을 관리하며, 도구를 생산하고 사용한다는 데에 있다. 동물은 "자연"에 수동적으로 순응하며, 그 생존과 발전에 있어서 주위의 자연이 그들에게 주는 것에 전적으로 의존하고 있다. 인간은 동물과 달리 "자연"에 능동적으로 작용하고, 생산 용구를 구사하고, 자연을 자기의 필요에 순응시킨다. 인간은 그들의 생산 용구라든가 생활에 불가결한 물질적 재화를 노동에 의하여 "생산"하기 시작했을 때 비로서 "동물"과 구분되었다. Shewhart는 다음과 같이 말하고 있다.

"런던 정북쪽에 위치한 곳에서 최근 발견된 구석기(舊石器)로 추정한 것에 따르면,[1] 분명히 인류는 약 100만년 전부터 석기를 만들고 사용하기 시작했다. 그러나, 약 10,000년 정도 전까지는 管理에 대해서 별로 진보의 흔적을 찾아 볼 수 없었던 것으로 생각된다. 그러나, 약 10,000년 전 이후에 이르러서 비로서 인간은 그 당시의 기구에 있는 "구멍"으로 입증되는 것 같은 양식으로 "部品"을 조립하기 시작하였다. 이 긴 기간을 통해서, 그 도구로부터 알 수 있듯이, 분명히 각자는 제각기를 위해서 도구를 만들고 있었던 것이 분명하다. 약 5000년 정도 전으로 거슬러 올라가 보면, 이집트인은 어느 정도 "互換性"있는 활과 화살을 만들고, 또한 사용하게 되었다고 상상된다. 그러나, 인간이 처음으로 "호환성있는 부품이라는 개념"

1) H. F. Osborn : Man rises to Parnassus(Princeton Univ. Press, 1928)

을 실제로 도입한 것은 1787년경이었다. 실제로 인간이 대량생산(mass production)의 기술을 처음으로 연구하기 시작한 것은 말하자면, 겨우 어제의 일이었다고 말 할 수 있겠다."

100만년전	15만년전	1만년전	150년전
			호환성부품의 도 입

관리기술의 발달의 입장에서 본다면, 16세기 이전의 생산력 발전의 단계는 거의 언급할 가치가 없다. 메뉴훽처기(manufacture 期)는 자본주의의 초기형태인 상업자본이, 중세기 본건주의에 대항하여, 본건주의가 차츰 붕괴하고 있었던 시대였다. 이와 동시에 생상력은 급속히 높아지고, 생산방식도 수공업단계에서 머물고는 있었으나, 분업을 기본으로 한 협업(協業)의 생산형태가 필연적으로 발생하여, 수공업적 생산방식은 서서히 공업 생산방식으로 변화하고 있었다. 그러나, 이 시대의 생산력은 아직 "수공업적 한계"를 타파할 만큼 성장하고 있는 것은 아니었다.

§ 2 역사적 단계

인간의 생산활동사에서 결정적 의의를 갖는 시대는 산업혁명 시대였었다. 산업혁명은, 18세기의 60년대에 시작해서 19세기 중엽까지의 기간에 일어났다. 기계와 동력의 발명으로 생산방식이 수공업적 방식에서 공장방식으로 철저하게 변혁한 것을 의미하며, 이 변혁은 영국에서 발생하고 급속하게 미국 · 독일 · 프랑스 기타 세계 각국으로 파급하였다.

이 시대는 관리기술의 입장에서 보더라도 중요한 단계를 긋는 시기였다.

Watt가 증기기관의 개량제작에 임해서, 가장 고심했던 것은 시링더의 내경을 정밀하게 절삭하는 일이었다. 그의 시대의 메뉴훽쳐적(대규모 제작) 기술로는 18인치인 것에서 직경의 편차가 3/8인치까지 되어, 모처럼의 Watt의 설계도 이를 실용화할 수 없었다고 한다. 이 문제는 1775년 우일킨손이 시링더의 내경 절삭 공구를 발명하였을 때 비로서 해결되었다.

그 후, 18세기 말에 유명한 기계제작자 부라마아의 공장에서 일하고 있었던 젊은 제자 Henry Maudslay가 선반이송장치를 발명하게 되어 절단작업은 인간의 손에서 기계로 옮겨 가게 되었다. 이와 같이 해서 대량생산의 기술적 조건은 차츰 성숙하게 되었다.

이 시대에 있어서의 정밀한 기계부품의 가공방법의 진보는 이윽고 마이크로미터, 限界게이지 등의 정밀측정기의 완성으로, 먼저, 미국에서 호환식 생산방식이 도입되고, 잇달아 직렬식 대량생산방식으로 발전하여 노동의 생산력은 비약적으로 높아졌다. 이 방식은 대영전쟁(1812~14)이 시작되어, 총기 10,000정의 제작 약속을 군과 맺은 Eli Whitney가 그의 공장에서 대량생산방식으로 병기생산을 개시하고, 그 제작에 필요한 프레이즈반 (milling machine)의 발명으로 그 첫걸음을 내디뎠던 것이다. 이리하여, 비로소 총기의 호환성 생산은 성공하였다. 이 미국식 제작기술은 자동차, 타이프라이터, 미싱기계 등으로 순차 적용하게 되었다.

호환성이라는 개념이 처음으로 생산에 채용되었을 당시에는, 정밀과학의 개념(the concept of exact science)이 지배적이었다. 따라서, 부품을 생산함에 있어서 기하학적으로 정확하게 마음먹은 치수대로 만들어낼 수 있을 것으로 생각하고 열심히 노력하였다. 이와 같은 "노력"은 오늘날 우리가 "公差(tolerlance)"라는 개념에 익숙해서, 그것을 이용하고 있는 현실에 비한다면, 묘하게 생각되지만, 그 당시의 사람들에게는 큰 제약이었지만, 의미있는 일이었다. 그러나, 생산 상의 경험을 통해서, 사람들은 품질에 관해서 정확하게 지정된 대로 만들 수 없다는 것을 이윽고 알게 되고, 더구나 제품이 정밀하게 같을 필요는 없으며, 정확하게 같은 것을 만들려고 한다면, 너무나 많은 비용이 소요된다는 것을 체득하게 되었다. 이런 사

실은, 1840년경에 "통과게이지(go guage)"의 사용이 시작되고, 그리고 1870년경에는 "통과 · 정지게이지"의 발견으로 나타났다. 따라서, 1840년경부터 정확하게 치수대로 물건을 만들어낸다는 요청으로부터 해방되고, 통과게이지를 통과하는 물건을 만들기만 하면 된다는 생각으로 바뀌게 되었다고 할 수 있다.

이것이 실제로 어떻게 해서 이루어졌는지 알아 본다. 예를 들면, 실린더에 원형피스톤축을 사용하는 경우의 설계에서, 이 치수관계에 대하여 본다면, 이 두 부품 간의 호환성을 확보하기 위해서 각각 적당한 "통과게이지"를 사용한다고 하자. 즉, 실린더에 대해서는 "통과 푸러그 게이지"(plug gague)를 사용하고, 원통형 피스톤축에 대해서는 적당한 "통과 링 게이지"(ring gague)를 사용하기만 한다면, 호환성을 확보할 수 있을 것이다. 이 경우 두 개의 "통과 게이지"의 치수의 차는 실린더와 축 간의 최소의 간격(틈)을 나타내게 된다. 그러나, 이와 같은 "통과 게이지"에 의한 방법에서는 최대의 간격을 고정시키지 않았다. 그래서, 이와 같은 "통과게이지"만으로는 실린더와 피스톤축이 각각 부품으로서는 검사에 합격되더라도, 양자를 짝 맞추면 끼워마춤이 헐거워져서, 결국 제품으로서는 불합격으로 된다. 그래서 또, 부품의 완성 치수를 각각의 "통과게이지"의 치수에 되도록이면 꽉 맞게 만들 필요가 생긴다. 결국 이 방법으로는 부품을 정확하게 끝마무리하려고 하였을 때에 경험한 것과 같은 곤란에 당면하게 되었던 것이다.

이렇게 해서, 1870년경에 채택된 go and not-go gague(go, no go tolerlance limits)로 생산기술은 크게 진보하였다. 이로 인해서, 비로소 모든 부품에 대한 규격상한(upper tolerlance limit)과 규격하한(lower tolerlance limit)을 설정하게 되고, 그 결과 경비를 많이 절약할 수 있게 되었다. 하옇튼, 생산자는 지정된 公差限界(tolerlance limits)내에 들어가도록 노력하기만 하면 되었다. 즉, 불필요하게 정밀한 물건을 만들려고 노력하며 시간을 낭비할 필요가 없게 되었다.

이와 같은 단계는 대단히 중요한 것이었지만, 아직 하여야 할 일이 많이

남아 있었다. 공차한계를 설정한다 하더라도 결과적으로 제품 중에는 그 지정된 범위 밖으로 떨어지는 품질특성을 갖는 부품이 가끔 나타나게 되어, 불량품(defective unit)으로 된다. 이와 같은 제품을 폐품으로 처리하거나, 손질한다면 제조원가가 높아지게 된다. 그러나, 불량품이 발생하는 미지(未知)이거나 우연한 여러 원인을 하나 하나 찾아내서, 그것을 제거하려고 한다면 또한 비용이 든다. 따라서, "go and not-go" 공차한계를 도입한 후에도 문제로서 여전히 남게되는 것은, 관리비용의 증가율이 (그 관리에 상응하는) 기각부품수의 감소에 따라 생기는 절약의 증가율과 같게 되는 점까지 불량율을 낮추려고 하는 노력이다. 예를 들면, 전화교환설비에 필요한 기구를 생산하는 경우에는, 원재료는 문자 그대로 세계의 여러 곳에서 모이며, 이것으로 11만종 이상의 부품이 생산되고 있다. 생산의 각 단계에서 검사(inspection)망을 통과하여, 최후로 조립한 다음 불량품을 내어놓고 많은 손해를 입기 전에, 될 수 있는 한 이른 공정에서 불량부품을 발견하여 제거하는 방법이 취하여지고 있다. 각 생산단계에서 생산자는 나오는 불량품 더미의 크기를 경제적으로 보고, 최소의 경비한도(관리비용도 포함시켜서)까지 끌어내리는 것을 관리목표로 정하지 않으면 안된다.

그러나, 이 불량율을 최소한도까지 끌어내린다는 것만이, 미해결로 남은 유일한 문제는 아니었다. 많은 품질특성 — 강도, 화학 성분, 휴즈가 녹아 끊어지는 시간 등 여러 가지의 특성 —에 대한 시험은 파괴적이다. 따라서, 이런 경우에 전수를 시험할 수는 없으므로, 엔지니어는 표본을 추출해서 시험하는 방법에 의존하지 않을 수 없게 되었다. 그러나, 품질의 적절한 보증을 확보하기 위해서는, 각각의 경우에, 추출하여야 할 표본의 크기를 결정하는 일이 중대한 문제로 되었던 것이다.

§ 3 품질관리도

생산기술 상의 여러 가지 요청은 필연적으로 통계적 수법의 도입을 초래

하였다. Shewhart가

{불량율의 경제적 최하한선의 결정 및
표본추출 시험

에 관한 문제를 해결하려고 노력한 결과, 1924년에 품질관리도(quality control chart)를 사용하는 통계적 관리의 조작(operation of statistical control)을 도입하는 계기가 되었다. 따라서, 이 때가, 지금 여기서 생각했던 것과 같은 의미에서, 제품의 품질관리에 "통계적 수법"을 적용하기 시작한 출발점이라고 생각해도 좋을 것이다.

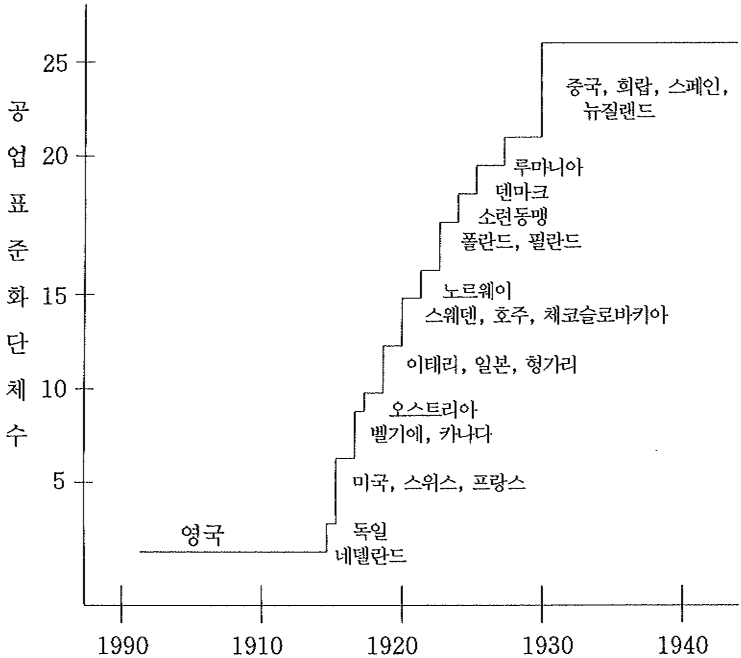
대량생산방식이 출발된지 약 150년 후에 이르러서, 이 분야에 통계적 수법을 적용하려는 관심이, 이와 같이 높아지게 된 데에는 적어도 다음과 같은 두 가지의 중요한 이유를 생각할 수 있다.

(I) 표준화의 급속한 발달 : 우선, 표준화 사업이 급속하게 성장하였다는 사실이다. 다음 그림은 각국에서의 공업표준화 사업단체수의 증가율을 나타낸 것이다.

표준화 사옵단체의 설립연도

년	국 명	년	국 명
1901	영국	1922	스웨덴, 호주, 체코슬로바키아
1916	네델란드	1923	노르웨이
1917	독일	1924	폴란드, 핀란드
1918	미국, 스위스, 프랑스	1925	소련동맹
1919	벨기에, 카나다	1926	덴마아크
1920	오스트리아	1928	루마니아
1921	이태리, 일본, 헝가리	1932	중국, 희랍, 스페인, 뉴질랜드

즉, 1901년에 세계 최초의 표준화사업단체가 영국에서 조직되었다. 이것이 "영국규격협회"이다. 1917년경부터 국가적 규모는 물론, 국제적인 규모를 갖는 규격까지도 중요성이 인식되고, 그 실현의 기운은 급속하게 퍼지기 시작하였다. 이들 표준화사업단체의 주된 일은, 목표로 하는 품질



특성에 대한 규격(명세서)를 판정하는 것이다. 그러나, 이와 같은 규격을 성문화하려고 할 때, 다음과 같은 두 종류의 문제에 부딪치지 않을 수 없게 되는 것이다. 즉,

(i) 불합격품의 수(기각수)를 최소로 하는 일

(ii) 부품에 대한 적절한 보증을 하기 위해서 필요한 검사비용을 최소로 하는 일

두 가지이다. 따라서, 표준화사업의 진전은 공업에서 이와 같은 문제가 중요하다는 인식을 더욱 보급시켰다.

(II) 과학사상 상의 급격한 변화 : 두번째로 생각되는 것은 1900년경에 과학사상에 관한 다소 급격한 변화가 있었다는 사실이다. 호환성이 도입된 1787년에 지배적이었던 "과학의 정밀성"이라는 개념은 1900년에 이르러서, "확률론적, 통계적인 개념"으로 이행하여, 거의 모든 과학분야를 침투하기 시작하고 있었다. 1787년에 대량생산의 개념이 정밀과학에서

탄생한 데에 반하여, 1924년의 품질관리도법의 바탕이 되었던 개념은 확률적 과학(probable science)의 소산이었다고 할 수 있을 것이다. 예를 들면, 제조업자가 어떤 주어진 공차한계내에서 받아들여지는 품질특성을 갖는 제품을 생산하려고 하는 것은, 마치 표적에 총탄을 마추려는 것과 같다고 생각하여도 좋을 것이다. 만약, 우리들 중 누군가가 표적을 겨누고 사격을 해서 표적을 마추지 못하였을 때, 누군가가 어찌된 영문인가? 라고 우리에게 묻는다면, 우리는 아마도 "우연 (chance)이다"라고 변명할 것이다. 만약에 누군가가 같은 질문을 우리가 알고 있는 옛 조상의 한 사람에게 했을 경우를 상상하면, 그는 아마도 "자기가 실패한 것을 운명이 그렇게 시킨 바이다"라던가 "신의 생각에 따른 것이다" 등의 이유로 귀착시켰을 것이다. 그 어떤 것이던, 이와 같은 변명은 50보, 100보라고 생각된다. 아마도 우리가 자기의 실패를 우연의 탓으로 돌리고 반성하지 않는 태도는, 우리의 선조가 그들의 실패를 운명이라든가 신의 탓으로 돌린 것과 하등 다를 바가 없다. 그러나, 1900년경 이후에는, 엔지니어는 이러한 실패를 모두 우연의 탓으로 돌리는 것에 동의할 수 없다고 표명하기 시작하였다. 이런 사실은 품질관리에 있어서 통계학의 응용의 발전을 특징지우는 과학사상 상에 하나의 뚜렷한 변화가 있었다는 것을 나타내는 것이다.

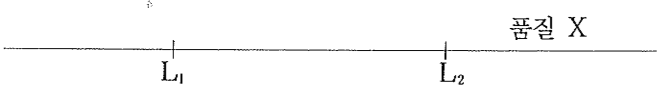
이리하여, 1924년에 이르러서, 관리도법에 의한 통계적 품질관리법이 Shewhart에 의해서 제창되게 이르렀다.

§ 4 1870년 이후의 발전

Shewhart는 1870년대 이후의 품질관리기술의 발전단계의 특징을 다음과 같이 설명하고 있다.

1870년에 "go and not-go" 公差限界가 도입된 결과로서, 제품의 개개의 단위에 대하여, 각각의 중요한 품질특성 X가 그림에 나타낸 것과 같이 지정된 한계 L_1과 L_2속에 들어가도록 하여야 한다는 것을 명세서

(specification)에 기재하는 일이 다소는 습관으로서 일반에게는 받아 들여지게 되었다. 이와 같은 명세서는 완성제품 단위에 대하여 지정된 품질특성 X에 관한 최종적 요청이란 성질을 가지고 있다. 그것은 주어진 제품의 품질이 명세서에 합당하는지 여부를 결정하기 위해, 계측이 이루어지는 기초를 제시하는 것이다. 이런 관점에서 본다면 명세서를 만드는 과정은 아주 간단하다.



어떤 제품특성 X가 그 속에 포함되기를 바라는 한계 L_1 과 L_2를 알고 있다고 한다면, 우리가 할 일은 단지 완성품의 품질에 관한 요청으로서, 이 한계를 써 놓기만 한다면 되는 것이다. 이와 같은 명세서를 가지고 있다면 다음 단계에서 할 일은, 개개의 품질이 명세서(spec)와 합치하는지 여부에 따라 분류하기 위해 필요한 측정을 하는 일이다. 그러나, 이 점에서 두 가지의 문제가 발생한다.

(i) 지금 생각하고 있는 품질이, 예를 들면, 휴즈가 녹아 끊어지는 시간 이라 하고, 그것은 파괴시험을 하는 이외에는 결정할 방도가 없다고 가정할 때, 생산 도중에 휴즈를 파괴하지 않고, 그 품질이 spec에 합당하다는 것을 보증하려면 어떻게 하면 가능할까?

(ii) 또한, 품질특성을 파괴하지 않고 측정할 수 있는 경우라도, 항상 약간의 비율 p는 공차한계의 밖으로 떨어지게 마련이다. 그때, 어떻게 하면 이 spec에 합치하지 않는 비율을 경제적 최저한도로까지 줄일 수 있을까?

좀 생각해 보면, "go and not-go" 공차한계의 간단한 명세서로는, 경제적 관점 및 품질보증이란 관점에서 볼 때, 그것은 불충분하다는 것을 알 수 있을 것이다.

그래서, Shewhart는 통계적 품질관리의 목표로서 통계적 관리상태라는 개념의 의미에 중점을 두고 이른바 "Shewhart의 관리철학"을 전개하였다.

§ 5 Shewhart의 사상적 배경

미국의 자본주의는 1870년대 이후 거의 무진장에 가까운 국내자원과 광대한 국내시장의 기초 위에서 급속하게 성장하고 있었고, 더우기 이 시대에 영국 기타의 선진 자본주의국가로부터 자본을 도입하여 현저한 발전을 이룩할 수 있었다. 이와 같이 눈부신 속도로 성장한 미국 자본주의는 1900년 경에는 거대한 독립기업의 출현과 자본의 고도 집적으로 차츰 대외진출을 하게 되었다. 특히, 1914년부터 1918년까지의 5년간에 걸쳐서 제1차대전에 참전하여, 연합국의 병기고로서 생산은 일약 증진하고, 이미 거대했던 기업은 더욱더 거대하게 되었다. 대전 종료와 동시에 구라파에서의 큰 군수품수요가 끊어지게 되었기 때문에 1921년에는 공황이 왔다. 대전중에 상승된 생산은 여기에서 급속히 하락하게 되었으나, 독점과 합리화를 통해서 공업생산은 다시 상승하게 되었다. 1924년 전후는, 산업합리화운동이 각 방면으로 침투하였던 시대이다. 당시 Western 전기회사의 기사였던 Shewhart도 이와 같은 시대를 배경으로 해서 열심히 합리화에 대한 연구를 진행시키고 있었다.

제1차대전 후, 미국 산업계를 번영으로 유도한 것은 기업의 독점과 합리화였다는 것은 잘 알려진 사실이다. 이 합리화방법은 기업의 이윤 추구 수단의 변혁이었으나, 그 특징은 작업기계 자체에서의 변혁이 아니라, 공장내의 노동조직에서의 변혁이었던 것으로 알려져 있다. 여기에서 Taylor 시스템, 더 나아가서 Ford 시스템 등이 확립하게 되었다. 이들, 이른바 "강제 진행 작업의 자동시스템"은 규격 통일, 표준화, 정형화(定形化)를 전제로 하며, 대량생산을 조건으로 하고 있다. 이와 같은 시스템에서는 인간노동은 전혀 숙련을 필요로 하지않는 단조로운 동작의 반복으로 환원되고, 동시에 작업에서 철저하게 숙련요소가 제거되고 있다. 이와 같은 독점기업에서의 상품생산과정에 있어서 합리화방식은 이른바 "科學的 管理法"이라고 불

리우는 것인데, 통계적 품질관리법도 이와 같은 합리화 방식과 평행해서 도입된 것은 당연한 일이라 하겠다.

1920년대에는 이와 같은 산업합리화운동을 배경으로 해서, 통계적 품질관리 기술이 전개되고, 완성중이었던데에 반하여, 1930년대는 이 방법이 2, 3개의 회사에서 서서히 확대전개되었던 시대이다. 1920년대의 합리화운동은 주로 국내시장에 의존한다는 입장에서 생산과 소비의 불균형을 일시적으로 조절하려는 소극적인 수단에 지나지 않았다. 이 모순은 1929년 이후에 이르러서 폭발하고 다시 대공황이 내습하였다. 이와 같은 사회적 현실에 당면해서 취해진 공황대책은 이제까지와는 본질적으로 달리 미국금융자본이 적극적으로 정책면을 통해서 그 해결에 나섰다는 데에 특색이 있다. 여기에 Roosevelt정부에 의한 New Deal 정책이 강행되어, 어디까지나 국내시장에 의존한다는 미국 전통의 원칙을 관철해서, 심화되어가는 경제위기에 대처하는 해결책이 취해졌다. 이 시대에는, 미국의 국내사정을 반영하여, 모처럼 싹트기 시작한 관리기술도 그 발전의 기반을 찾을 수 없어서, 대대적으로 생산과 연결될 수 없었다. 그러나, 이 기간에도 연구는 착착 결실을 맺어 Shewhart는 "공업제품의 품질의 경제적 관리(Economic Control of Quality of Manufactured Product, 1931)"를 출판하여, 각 방면의 엔지니어의 관심을 모았다.

§ 6 통계적 품질관리

근대적인 양산방식이 공업에 채용됨과 동시에, 제품의 품질을 "원하는 수준"으로 보지하려는 것이 요망된다. 이것도 넓은 의미에서의 품질관리이겠지만, 계통이 선 과학적인 관리법이 탄생된 것은 극히 근년의 일이다.

근대적 품질관리는

(1) 계측기술의 진보,

(2) 생산회사의 조직의 합리화

와 함께

(3) 제조공정의 관리에 새로운 통계학을 도입한 것

으로 시작되었다.

고전적인 기술통계학은 20세기가 되고서 새로운 "추측통계학"으로 발전하였다. 이것은 물리학·천문학·생물학·사회과학에 응용되고, 1920년 대에 이르러서 품질관리에 응용되기에 이르렀다.

통계적 수법을 품질관리에 처음으로 응용한 것은 Bell Telephone Laboratories의 Walter A. Shewhart이다. 그는 1924년 5월 처음으로 "관리도"라는 것을 "메모"하고 있다. 그는 계속해서 새로운 수법에 대하여 논문으로 발표하였으며, 1931년에는 유명한 저서 "Economic Control of Quality of Manufactured Products (Van Nostrand Co. Inc., N. Y. 1931)"을 출판하였다. 이 책의 내용은 공업제품을 경제적으로 품질관리하기 위하여 어떻게 통계적 수법을 관리의 실제에 도입하여야 할 것인지를 해설한 것이다. 즉, 제조공정관리에 통계적 수법을 응용시키는 것을 다룬 "통계적 품질관리"에 관한 최초의 저서로서, 표본검사방식과 Shewhart의 관리도에 의한 제조공정 상의 품질관리기법이 상호 보완되어, 오늘날의 품질의 보증과 경제적 생산에 큰 역할을 하게 되었다.

Bell 시스템에는 Shewhart 외에, H. F. Dodge와 H. G. Romig 등이 있어, 통계학을 拔取檢査에 응용할 것을 시도하여, Dodge—Romig의 발취검사표 (Dodge—Romig Sampling Inspection Table, 1941)를 완성하였다. 품질관리의 선배로서, Bell의 Shewhart, Dodge 및 Romig의 공적은 영구적인 것이다.

1930년 대에 이르러서, Bell 시스템 사람들은

ASTM(American Society for Testing Materials),

ASA(American Standards Association),

ASME(American Society for Mechanical Engineers)

와 협력하여 통계적 수법을 미국내에 보급하려고 노력하였으나, 그 보급은 지지부진하였고, 1937년에는 대량생산을 하고 있는 회사 중에서 통계적

수법을 도입한 회사는 10개 회사에도 미치지 못하는 상태였었다.

ASTM에 의해서, 1933년, 1935년에 ASTM Manual on Quality Control이 작성되었으며, 이것은 미국 전시규격(American War Standards) Z 1. 1~3의 기초가 되었다.

제2차 세계대전이 일어나자 상황은 일변했다. 전쟁은 막대한 물자를 필요로 하게 되었고, 공업생산품의 대부분은 군수로 전환되고, "양 · 가격의 문제와 질의 표준화 문제"가 크게 대두되었다. 그리고 양질의 물건을 저렴하게 그리고 대량으로 생산하는 일이 목표로 되었다. 그래서 미 국방성은 각 공장에게 전시규격에 의거 품질관리를 실시할 것을 의무화시켰으며, 각 공장에는 QCD(Quality Control Department)가 설립되었다. 여기서 QC엠지니어가 SQC를 주로 이용하는 품질관리를 떠맡게 되었다.

미국에서의 통계적 품질관리의 진전은 군에 의해서 이루어졌다. 그 첫번째는 "납입 물품의 검사에 통계적 발취검사를 채용한 일"이다. 이 때문에, 제조업자는 제품이 불합격되는 것을 최대로 줄이기 위해서, 품질관리를 실시하지 않을 수 없었다. 군에서 통계적 수법을 도입하는 일에 힘쓴 사람은 "An Engineer's Manual of Statistical Methods (1914)"의 저자인 L. E. Simon 장군이었다. 두 번째로는 "군이 행한 교육프로그램"이다. 국방성의 요청으로 ASA는 1914년부터 1942년까지 3개의 전시규격(American War Standard Z 1.1, Z 1.2, Z 1.3)을 재정하였다. 이 규격은 관리도법을 알기 쉽게 정리한 것이었다. 그리고 1942년 이후 Stanford, Los Angeles 등의 대학에 군수회사, 군납상사를 모아서 국가예산으로 8일 내지 10일 간의 강습회를 열었다. 그 후, 전국 각지에서 같은 강습회가 개최되었다.

미국의 전시중의 품질관리에는 Colombia 대학의 SRG(Statistical Research Group)의 활동이 큰 역할을 하였다. 이것은 Office of Scientific Research and Development 라는 정부기관의 응용수학의 자문기관으로서 1942년 6월에 결성되고 1945년 6월까지 존속하였다. 이것은 많은 업적을 남겼다. 특히, 계수치에 의한 발취검사방식(이것은 Sampling

Inspection (1948)로 출판되었음)이라던가 각종 수법(Selected Techniques of Statistical Analysis for Scientific and Industrial Research and Production and Management Engineering(1947)로 출판됨)을 발전시켰다. 특히, 품질관리에 대한 획기적인 연구는 Wald의 sequential sampling 이었다. 이것은 아주 독창적인 것이며, 그 효과가 커서 미국정부는 1954년 6월까지 국가비밀로 취급하고 발표를 금지시킬 정도였다.

영국에서의 품질관리의 발전은 처음에는 미국보다 앞서 있었다. 1932년 5월에 Shewhart가 런던을 방문한 직후의 12월에 E. S. Pearson이

"E. S. Pearson : A Survey of the Use of Statistical Method in the Control and Standarization of Quality of Manufactured Products : Journal of the Royal Statistical Society, Vol. XCVI (1933)"

을 발표하면서 품질관리에 관심을 갖기 시작하였으며, British Standards Institution도 이와 같은 새로운 수법을 받아 들이고, E. S. Pearson의 저서

"The Application of Statistical Methods of Industrial Standarization and Quality Control"

을 1935년에 영국규격(B. S. 600)으로 채택하였다.

그 후 영국에서는, B. P. Dudding과 W. J. Jennett에 의한 "Quality Control Chart"를 1942년에 B. S. 600R로, 또, 미국의 전시규격 Z 1을 그대로 B. S. 1008로 채택하였고, 그 후에 "Fraction Defective Charts for Quality Control"을 B. S. 1313으로, 1947년에 채택하였다.

이와 같이, 영국, 미국에서 발전한 품질관리의 기법은 유럽 여러 나라에 전파되고, 유럽 품질관리 기구(European Organization for Quality Control : EOQC)가 탄생되어 품질관리활동이 활발히 전개되는 계기가 되었다.

오늘날 품질관리의 실천에 앞장서고 있는 일본에 미국의 통계적 품질관리(SQC)가 상륙한 것은 1950년대이다. 1950년 통계조사의 콘설탄트로 일본을 방문한 W. E. Deming이 통계적 품질관리에 관한 강습회를 가짐으로써 일본 품질관리 역사의 중요한 전기를 이루었다. 그리고 1954년에는 품질관리의 권위자인 J. M. Juran이 일본의 최고경영자와 부과장을 대상으로 품질관리의 실천을 강조하였다. Deming으로부터 통계적 방법을 품질관리 수법으로 배우고, Juran으로부터는 품질관리의 실시방법을 배워서 이를 토착화시키는데 성공함으로써 일본에서 품질관리의 열매가 맺게 되었다.

§ 7 종합적 품질관리 · 전사적 품질관리

그러나 모든 다른 것과 마찬가지로 시대와 산업의 발전에 따라 통계적 방법만으로 품질개선 내지는 품질관리를 모두 커버할 수는 없게 되었다. 특히, 검사부서나 품질관리부서가 중심이 되는 통계적 수법에 의한 품질관리의 한계점이 노출되면서 A. V. Feigenbaum이 종합적 품질관리(total quality control)를 1956년에 제창하기에 이르렀다.

"Total Quality Control" : Harvard Business Review, Nov : Dec. 1956; "The Challenge of Total Quality Control," Industrial Quality Control, 13, NO. 11, May 1957.

그의 주장은 통계적 수법만으로는 품질관리의 성과를 충분히 얻을 수 없으므로 품질에 영향을 주는 모든 부문의 노력을 모아서 종합적으로 품질관리를 추진하여야 한다는 것이다.

1960년대에 접어들면서 시작된 미사일 시스템의 발전과 급속한 기술발전으로 신뢰성(reliability) 문제를 품질관리 분야에서 다루게 되었고, 아울러 전 종사원의 품질에 대한 동기부여의 중요성도 인식하게 되었다. 1962년 미국의 Martin-Marietta사의 Orlando 사업부에서 비롯한 ZD

운동(Zero Defects Program)을 효시로 품질개선 활동에 전 종사원의 참여가 강조되었다. 이와 비슷한 시기에 일본에서는 QC써클 활동이 전개되기에 이르렀으며 전사적 품질관리(Company-Wide Quality Control : CWQC)의 토대를 이룩하게 되었다.

§8 전사/종합적 품질경영

기술혁신에 따른 제품개발과 기업 간의 경쟁이 치열하여짐에 따라 소비자지향의 품질보증(quality assurance) 개념이 제시된 것은 1960년대 이후라고 볼 수 있다.

소비자주의(消費者主義)가 점차 강해짐에 따라 미국의회에서는 1972년에 "소비자 제품 안전법"을 제정함으로써 제품책임문제가 품질관리의 중요한 문제로 등장하였다. 제품의 신뢰성・품질 보증・제품 책임 문제 등은 생산현장이나 기술부서 또는 품질관리부서만의 문제가 아닐 뿐더러 종래의 품질관리 방법으로는 해결하기 어렵게 되었다. 이들 문제는 전략적인 차원에서 최고경영자와 전 종사원의 전사적이며 종합적인 경영활동 없이는 해결이 어려운 것으로, 80년대 이후는 이른바 "전사/종합적 품질경영(Company-Wide Total Quality Management)"의 시대가 될 것으로 전망된다.

§9 한국에서의 품질관리 발전

우리나라 품질관리는 6.25 동란으로 인하여 그 출발이 매우 늦다. 한국에 선진국의 품질관리기술이 도입된 것은 1955년 ICA 자금에 의한 忠州비료공장이 건설되면서 이에 참여한 한국기술자들이 미국인 기술자들로부터 품질관리에 대한 지식을 얻을 수 있었던 것이 처음이 아닌가 생각된다.

그 후 이와 같은 공장건설 내지는 기술도입, 그리고 품질관리강좌 등과 더불어 품질관리기술이 부분적으로 보급되기에 이르렀는데, 당시에는 한글로 된 품질관리 서적이 없었던 바, 1962년 12월 한국표준규격협회에서 일본문헌을 편집한 「품질관리」를 간행하였는데, 이 책자가 우리나라에 품질관리이론을 보급하는데 기여했을 것으로 믿는다.

품질관리가 우리나라에서 제도적으로 확립된 것은 한국표준규격사업이 시작된 이후이며, 품질관리와 관계되는 표준사업의 연혁은 다음과 같다.

1961. 9. 30	공업표준화법 제정 공포
1962. 2. 20	공업표준화법 시행령 공포
1963. 7	한국공업규격 표시제도 실시
1967. 3	공산품 품질관리법 공포
1967. 9	품질표시제도 실시
1973	공업진흥청이 발족되고 표준화와 QC사업 전개
1975	품질관리 실천본부를 설치하고 범산업적 QC활동 전개, 품질 관리대상 제정

정부의 이와 같은 사업에 힘입어 한국의 품질관리가 외형적으로 발전하는 계기가 마련되었으며, 韓國工業規格協會와 韓國品質管理學會의 활동으로 산업계에서는 품질개선 활동의 필요성을 점차 인식하게 되었다. 그러나, 생산기업에서 품질의 중요성을 자주적으로 인식하게 되고, 품질관리의 보급이 본궤도에 오른 것은 수출실적이 크게 신장되기 시작하고, 1973년에 공업진흥청이 발족되면서 부터이다.

부 록

관계년표

서 기 년		통계학 관계 강의 · 논문 · 저서 등	
	1654	Pascal	de Méré의 수수께끼를 풀다
	57	Huygens	주사위 도박에 관한 이론
1660			
	1660	Conring	현대에서의 가장 현저한 정치상의 사항
	62	Graunt	관 찰 론
	63	Cardano	주사위 도박에 대하여(전집)
	85	Petty	아일랜드의 지도
	89	Devenant	세 입 론
	90	Petty	정치산술
	91	Petty	아일랜드의 정치적 해부
	93	Halley	인류의 사망률 추산
	99	King	영국사정의 자연적 및 정치적 관찰
		Vauban	왕국 1/10 세론
1710			
	1713	Derham	자연신학
		J. Bernoulli	추 론 법
	23	Schemeitzel	정치통계학 강의
	25	Philips	상업 · 부채 · 재화로 본 국정
	38	de Moivre	우 연 론
	41	Anckerson	문명국 일람표
		Süssmilch	신의 질서
	46	D'eparcieux	인구확률론
	47	Hodgson	런던사망표로 계산한 연금평가
	48	Achenwall	유럽 여러 나라의 국정학 서론

서 기 년		통계학 관계 강의 · 논문 · 저서 등	
	1749	Achenwall	근세 유럽 중요 국가들의 최신 국정학 개론
	50	Hooke	국민적 부채 · 자본론
		Short	신관찰론
	53	Wallace	고대 · 현대의 인간의 수에 관한 논설
	54	Wargentin	생사 기록의 주해
	1758	Büsching	유럽 여러 나라의 지리적 및 국가사정
1760			
	1761	Wallace	인류의 장래
		Süssmilch	신의 질서 증보개정판
	67	Short	인류 증감의 역사적 비교
	74	Young	정치산술 I
	79	Heysham	Carlisle 사망표의 관찰
		Young	정치산술 II
	85	Crome	유럽 나라들의 크기와 인구에 대하여
	86	Playfair	상업 및 정치 도해
	90	Ortes	국민의 인구와 국민경제와의 관계에 대하여
	92	Young	프랑스 여행기
		Lüder	통계학 서설
		Godwin	정치적 정의
	95	Condorcet	인간 정신 진보의 역사적 전망 개요
	98	Malthus	인 구 론
	1800	Lüder	역사 · 국정론 및 정치학 문고
	04	Schlözer	통계학의 이론 및 정치학 일반의 연구에 대한 의견
	07	Niemann	통계학 및 국가학 개요
		Büsching	최신 지리학

서 기 년		통계학 관계 강의 · 논문 · 저서 등	
1810			
	1812	Lüder	통계학 및 정치학 비판
		Laplace	확 률 론
	14	Laplace	확률에 관한 철학적 고찰
	17	Lüder	통계학의 비판사
	21	Fourier	인구의 일반 개념
	22	Fourier	열의 해석적 이론
	26	Fourier	대수관찰로부터 얻은 평균적 결과
	29	Fourier	평균 결과와 측정오차
	34	Guerry	프랑스 도덕통계론
	35	Quetelet	인간에 대하여
			London 통계학회 발족
	37	Poisson	범죄사상 판단의 확률
	39		미국통계학회 설립
	42	阮 元	疇人傳
	45	Quetelet	통계문서 평가론
	48	Quetelet	사회제도
	49	Quetelet	서 간 집
	50	Knies	독립된 학문으로서의 통계학
	51	Engel	통계학은 독립된 과학이냐 ...에 관한 나의 입장
	57	Engel	Sachsen 왕국의 생산 및 소비사정
	1859	Darwin	種의 기원
1860			
	1861	Guerry	영국 · 프랑스 비교 도덕통계론
	63	Rümelin	통계학의 이론에 대하여
	64	Galton	유전적 재능과 천재
		Wagner	외견상 자의적인 인간행위에서의

서 기 년	통계학 관계 강의 · 논문 · 저서 등	
		합법칙성
1866	Drobisch	도덕통계와 인간의 의지의 자유
68	Rümelin	사회법칙의 개념에 대하여
69	Quetelet	사회물리학
70	Galton	유전적 천재와 그 법칙 및 결과
71	Schmoller	인구통계 및 도덕통계의 결과에 대하여
74	Knapp	인구변화론
77	Lexis	인간사회의 집단현상에 대하여
	Mayr	통계학과 사회학(인구통계학)
83	Galton	인류능력의 연구
84	John	통계학사
85	Edgeworth	변이에 관한 연구
88	Galton	인체 자료로부터의 상관과 측정
89	Galton	자연적 유전
91	Weldon	
	Galton	Biometrika 발간
	K. Pearson	
92	K. Pearson	과학의 문법
93	Edgeworth	직선상관관계론에 관한 논문
94	K. Pearson	진화론에 대한 수학적 기여
	Bortkiewicz	이론통계학의 비판적 관찰
95	Engel	벨기에 노동자 가족의 생활비
	Mayr	통계학과 사회학(이론통계학)
97	Yule	상관론에 관하여
98	Bortkiewicz	小數의 법칙
1901	Bowley	통계학 원리
08	Gosset	평균의 확률오차에 관하여

서 기 년		통계학 관계 강의 · 논문 · 저서 등	
	09	Mayr	통계학과 사회학(도덕통계론)
	1911	Bortkiewicz	정지인구 및 발전인구에서의 사망율과 여자의 과잉
		Yule	통계학 입문
	15	R. A. Fisher	표본에서의 상관계수치의 도수분포
	21	Zizek	통계학 요강
		R. A. Fisher	이론통계학의 수학적 기초
	23	R. A. Fisher	수확의 변이에 관한 연구
	24	Bowley	경제학의 수학적 기초
	25	R. A. Fisher	연구자를 위한 통계적 방법
	26	Bowley	표본 精度의 측정
	27	Flaskämper	지 수 론
	28	von Mises	확률론, 통계와 실제
	29	Walker	통계방법론사
	30	Bortkiewicz	소득통계의 불균등도
		R. A. Fisher	자연도태에 관한 일반론
	31	Shewhart	공업제품의 품질의 경제적 관리
		Flaskämper	통계적 대표값의 논리에 대한 기여
	32	Westergaard	통계학사
	33	E. S. Pearson	대량생산관리와 통계적 방법
		Flaskämper	사회과학에 대한 수의 의의
	35	R. A. Fisher	실험계획법
		E. S. Pearson	공업표준 및 품질관리의 통계
	41	Simon	통계방법편람
			통계과학연구회 발족
	42	Dudding & Jannett	품질관리도
	43	Wald	축차해석법
	44	Flaskämper	일반통계학
		Yule	문학적 어휘의 통계적 연구

서 기 년		통계학 관계 강의 · 논문 · 저서 등	
	49	S.R.G.	표본검사법
	1949	S. R. G.	공업에서의 통계의 각종 수법
	50	Wald	통계판정함수론
	52	Lange	사회주의체제에서의 통계학 입문

찾아보기

인 명

[E]

[F]

[G]

[H]

[J]

[K]

[L]

[T]

[U]

[V]

[W]

[Y]

[Z]

사 항

[ㅅ]

[ㅇ]

[ㅈ]

[ㅊ]

[ㅋ]

[ㅌ]

[ㅍ]

[ㅎ]

통계학사 개론

1995년 10월 5일 초판 인쇄
1995년 10월 10일 초판 발행

편 자 : 鄭漢永
발행인 : 鄭範謨
발행처 : 한림대학교출판부
강원도 춘천시 옥천동 1번지
(등록 1983. 3. 10 제48호)
인쇄처 : 小花印刷

값 8,000원