한국초등수학교육학회지 1, 53-65. *Journal of Elementary Mathematics Education in Korea 1*, 53-65.

확률과 통계의 역사

이 경 화[1]

가능성의 종류를 부족하게 책정하기도 하고, 특정 가능성에 너무 크거나 작은 가치를 부여하기도 하고, 앞서 고려했던 바와 관련짓지 못하기도 하고, 불충분한 논의 끝에 곧바로 다음 상황에 적용하기도 하는 등, 우리가 가능성에 관한 판단을 할 때 범하는 실수는 너무나 많다. 확률·통계의 역사로 걸어들어가면 이와같이 특정한 상황에서의 가능성에 대하여 우리가 범하는 것과 본질적으로 같은 오류를 많은 과학자, 수학자가 범하고 있음을 확인할 수 있다. 본 고에서는 가능성에 관한 판단의 오류를 수정하기 위하여 노력하는 과정에서 바로 확률·통계의 이론화가 이루어졌다고 보고, 그 이론화 과정을 중심으로 확률과 통계의 역사적 배경을 살펴 보고자 한다.

I. 역사로 들어가기 전에

과거에 비하여 많이 발달되었으나 또한 위험 요인도 많이 증가된 시대에 우리는 살고 있다. 과거에 비하여 편리해진 것이 많은 반면에 자칫 잘못하면(또는 아무런 잘못이 없어도) 위험한 상황에 처하는 일 역시 많다. 어떤 현상에 대하여 이해할 때 여러 가지 가능성을 고려하고 끊임없이 관찰 결과에 주목하는 것은 이러한 시대를 살아가는 우리가 저절로 지니게 된 습관 중의 하나이다.

가능성의 종류를 부족하게 책정하기도 하고, 특정 가능성에 너무 크거나 작은 가치를 부여하기도 하고, 앞서 고려했던 바와 관련짓지 못하기도 하고, 불충분한 논의 끝에 곧바로 다음 상황에 적용하기도 하는 등, 우리가 가능성에 관한 판단을 할 때 범하는 실수는 너무나 많다. 확률·통계의 역사로 걸어 들어가면 이와 같이 특정한 상황에서의 가능성에 대하여 우리가 범하는 것과 본질적으로 같은 오류를 많은 과학자, 수학자가 범하고 있음을 확인하게 될 것이다. 사실 확률·통계의 이론화는 가능성에 관한 판단의 오류를 수정하기 위하여 노력하는 과정에서 이루어졌다고 할 수 있다.

역사는 적어도 언제, 어디서, 누가, 무엇을, 어떻게, 왜 했는지에 관한 정보를 제공해야 할 것이다. 이하에서 확률·통계의 역사를 서술하면서 어느 정도는 이에 유의할 것이지만, 종종 이들 사항에 얽매이지 않고 이론화 과정에서 제기된 문제와 그것을 해결하는 과정에 보다 주목할 것이다. 이들에 대한 자세한 정보도 중요하지만 우리와 시대를 달리하였을 뿐 본질적으로는 같은 문제에 부딪힌 과학자, 수학자가 어떻게 문제를 해결해 나갔는지에 주목하는 것이, 적어도 확률·통계의 교육에 관심을 두고 있는 우리에게는 더 중요한 문제이기 때문이다.

확률론의 핵심 이론의 하나인 중심 극한 정리에 관한 탐구 끝에 다음과 같이 언급한 갈톤(Galton, 1889)의 마음속에는 가능성, 우연, 모험 등의 이해하기 어려운 개념을 수학적으로 해석한 것에 대한 감격이 가득했을 것이다. 확률·통계를 단지 계산 도구로서만이 아니라 가능성에 관한 탐구를 통하여 인간과 세계를 이해하는 관점을 제공하는 이론으로서 이해하는 것은 확률·통계 교육의 궁극적인 목적이라

---

1) 청주 교육 대학교 ([361-150] 충북 청주시 흥덕구 수곡동 135)

할 수 있다. 갈톤의 흥분을 이해하는 것은 그 궁극적인 목적에 도달하지 않으면 아마도 불가능할 것이다.

> "그 경이로운 우주의 질서만큼 감동적인 것은 없다. 그것을 만약 그리스 시대에 알았더라면 아마 신으로 추대되었을 것이다. 최악의 혼란 속에서 완벽한 평온을 찾게 하며, 거대한 폭도일수록 그리고 무정부 상태가 오래 지속될수록 더욱 완전한 지배를 가능하게 하는 것, 그것은 가장 불합리하면서도 가장 완벽한 법칙이다."(Borovcnik, Bentz, Kapadia, 1991, p. 35에서 재인용)

II. 확률의 역사

확률의 역사를 다룬 글은 거의 항상 도박장을 언급하는 것으로 시작된다. 사실상, 확률 개념이 사용되는 오늘날의 많은 상황은 도박장으로 모델화될 수 있을 것이다. 주어진 정보를 토대로 가능성을 계산하고 그에 따른 손익을 따지는 것이 확률의 핵심적인 의미를 이루기 때문이다. 확률은 도박장과 마찬가지로 불확실한 미래를 예측하기 위하여 과거와 현재에 관한 사전 정보를 해석하고, 많은 관찰 자료를 토대로 특별한 경향을 추측하기 위하여 이론화되었다. 앞으로 살펴보겠지만 확률의 역사에서, 사전 정보를 해석하여 사후의 결과를 예측하는 방법은 베이즈(T. Bayes)를 중심으로 한 확률적 추론에 대한 연구로, 많은 자료를 관찰함으로써 불확실한 현상을 설명하는 방법은 베르누이(Jacob Bernoulli), 드 므와브르(De Moivre), 라플라스(P. S. Laplace)로 이어지는 큰 수의 법칙에 대한 연구로 나타난다.

잭카드(A. Jacquard, 1970)는 사전 정보를 해석함으로써 사후 결과를 추측하는 것, 많은 관찰 자료를 토대로 특별한 경향을 확인하는 것을 확률적 현상에 대한 두 가지 수학적 접근으로 설명한다. 그는 이 두 가지 방법이 모두, 불확실한 정보를 토대로 미래를 예측해야 하는 확률적 현상을, 객관적 정보의 표현 형태인 "수"로 바꾸기 위하여 고안된 것이라고 설명한다. 그러나, 사전 정보를 해석할 때 이미 앞으로 이론화해야 할 확률값을 사용하게 되는 것이며(처음에 사건에 대한 확률값을 부여해야 하므로), 많은 관찰 자료를 수집할 때 역시 확률의 의미(무작위성, 무한 반복)가 만족되도록 관찰할 수 있어야 하기 때문에, 이들 두 가지 접근은 나름대로의 문제점을 가지고 있다.

우연 현상에 대한 주관적 판단을 수로 표현하는 합당한 방법의 문제는 확률론의 초기부터 지금까지 논란의 대상이다. 이론화의 초기에는 도박장에서, 이론화가 활발히 진행될 때에는 천문학과 측지학 등에서의 관찰 상황에서, 각각 합리적인 선택 또는 해석을 가능하게 하는 확률 계산법에 관한 논쟁이 계속되었다. 이하에서 보다 구체적으로 그 논쟁의 내용과 논쟁에 참여한 연구자들의 다양한 입장을 확인할 것이다.

1. 이론화의 시작

확률의 이론적 발달이 본격화되기 훨씬 이전에 확률 개념이 사용된 흔적을 찾아볼 수 있다. 기원전 3500년 경 주사위 놀이에 사용되었던 것으로 보이는 양의 뒤꿈치 뼈가 발견되었는데, 이 놀이는 그 후 로마 군인들이 즐겨 하던 민속놀이가 되었다. 기원전 300년 경 바빌론에서 사용된 것으로 보이는 담황색 도자기는 거의 완벽한 정육면체 주사위였다. 기원 후 850년 경 인도의 수학자들은 n개 가운데 r개를 택하는 방법의 수, 곱의 법칙, 같은 종류의 문자가 포함된 여러 문자를 정렬하는 방법 등에 관하여 알고 있었으며, 중국에서는 1100년경에 이미 우리가 오늘날 파스칼의 삼각형이라고 알고 있는 것을 다루었다. 12세기 말 회교 국가에서는 조합론에 관한 연구도 이루어졌다. 조합 규칙과 문제는 르네상스 시대의 교

재에서도 발견되는데, 대개는 증명이 없이 제시되어 있다.(Borovcnik, Bentz, and Kapadia, 1991, pp. 27-28)

주사위 게임에 대한 이론적 탐색은 13세기에 이루어졌다. 당시에 라틴어로 쓰여진 시에서는 주사위 세 개를 던지면 세 주사위 눈금의 합이 3에서 18까지인 56가지 방법이 가능하다는 것을 표현하고 있다. 단테의 신곡은 14세기초에 쓰여졌는데, 역시 세 개의 주사위로 하는 게임에 관한 설명이 기록되어 있다.(Grattan-Guinness, 1994, pp. 1286-1288)

15, 16세기에는 이탈리아의 몇몇 수학자(Pacioli, Cardano, Tartaglia, Galilei 등)들이 도박장에서 제기된 주사위 게임에 관한 여러 가지 흥미로운 문제를 해결하려고 노력하였다. 이 가운데 카르다노는 주사위 게임에 관한 아이디어를 정돈하고, 주사위를 6번 던져서 반드시 한 번 1의 눈이 나오지는 않지만, 많이 던지면 $\frac{1}{6}$에 해당하는 만큼 1의 눈이 나온다는 사실을 지적하였다. 갈릴레이는 세 개의 주사위를 던졌을 때, 눈의 합이 9인 경우와 10인 경우가 다른 확률로 나오는 이유를 수학적으로 설명하였다. 계산해 보면 알겠지만[2] 이 두 경우의 확률 차는 아주 작기 때문에 경험적으로 이를 감지하기는 어렵다.(이태규, 1989, pp. 346-347)

17세기에는 확률의 역사에서 가장 유명한 일화인 파스칼(B. Pascal)과 페르마(Fermat) 간의 서신 왕래가 이루어진다. 도박꾼 드 메레(de Mèrè)는 당시에 상당한 수학적 소양을 가지고 있었으며 그 때문에 도박에서 성공을 거두는 일이 많았다. 그러나, 두 가지 상황에서만큼은 알고 있는 수학을 적용했을 때와 다른 결과가 나오는 탓에 손해보는 일이 있었다. 그 하나는 "한 개의 주사위를 네 번 던졌을 때 적어도 한 번 6이 나오는 것에 내기를 걸면 유리한데, 두 개의 주사위를 24번 던졌을 때 적어도 한 번 (6, 6)이 나오는 것에 내기를 거는 것은 왜 불리한가?"이다. 드 메레는 6 : 4=36 : 24이므로 두 번째 경우도 마찬가지로 유리할 것으로 생각하였으나 경험상으로는 그렇지 않은 것에 의문을 품었다.

다른 한 문제는 이른바 "분배의 문제"로 "두 사람이 같은 내깃돈을 걸고 게임을 해서 먼저 5점을 얻는 사람이 내깃돈을 모두 가지기로 하였다. 그런데, 갑자기 4 : 3의 득점 상황에서 게임을 중단해야 한다면 내깃돈을 어떻게 나누어 가져야 하는가?"하는 것이다. 게임이 무산되었으므로 같은 액수로 나누어야 한다고 생각할 수도 있고, 분명히 4점을 딴 사람은 3점을 딴 사람보다 이길 확률이 높기 때문에 더 많은 액수를 가져야 한다고 생각할 수도 있다. 당시에 많은 사람들은 전자보다 후자의 경우가 더 합리적인 생각이라는 데에는 도달하였으나, 그 정확한 해결책에 관해서는 의견이 분분하였다. 4 : 3으로, (5−3) : (5−4)로, 2 : 1(점수가 1점 더 많으므로)로 등 여러 가지 해결 방법이 제시되었지만, 어느 것도 확실한 답이라고는 생각하기 어려웠다.

드 메레는 당시에 수학자로서의 명성이 높았던 파스칼에게 문제의 해결을 의뢰했고, 파스칼은 첫 번째 문제를 쉽게 해결해 주었다.[3] 그러나, 두 번째 문제에 대해서는 오래도록 고민했었고, 파스칼은 수학적으로 많은 업적을 쌓고 있었던 페르마와 함께 올바른 해결 방법을 두고 논의하였다. 페르마는 조합적인 방법으로 이를 해결하였으며, 병상에서 페르마의 편지를 받은 파스칼은 그 방법이 너무나 어려워서 다른

2) 눈의 합이 10인 경우가 전체 216가지 경우 가운데 두 가지 더 많게 되므로, 약 0.0093의 확률만큼 10이 더 잘 나온다.

3) $1-(\frac{5}{6})^4 \approx 0.516$이고 이 값은 $\frac{1}{2}$보다 크기 때문에, 주사위를 네 번 던질 때 적어도 한 번 6이 나오는 것에 내기를 거는 것은 유리하지만, $1-(\frac{35}{36})^{24} \approx 0.491$이고 이 값은 $\frac{1}{2}$보다 작은 값이기 때문에 주사위 두 개를 24번 던질 때 적어도 한 번 (6, 6)이 나오는 것에 내기를 거는 것은 불리했던 것이다.

해법을 연구한 끝에 수형도를 이용한 산뜻한 풀이를 발견하게 된다.[4)]

가능성에 관한 판단의 결과로 즉각 이익과 손해를 확인하게 되는 도박은, 뜻밖에도 조합과 순열에 관한 떠도는 아이디어를 경험적 관찰과 관련짓게 하였고, 파스칼과 페르마라는 유명한 수학자를 이러한 문제의 해결에 끌어들임으로써 가능성에 관한 수학적 접근을 촉진시켰다. 그리하여, 도박장과 같은 불확실한 상황에서의 선택과 그 결과에 관하여 널리 퍼져 있던, "미지의 우연"이 모든 것을 좌우한다는 생각은, 정보의 수학적 해석을 통하여 보다 유리한 입장에 설 수 있다는 생각으로 바뀌게 되었다. 확률의 이론화가 본격적으로 시작된 것은 이 무렵이었다.

2. 이론화의 두 방향

이미 파스칼과 페르마의 편지에서 '전체 가능성, 우연의 정도가 같다, 등'의 오늘날 확률론에서 사용되는 용어도 발견되었다.(유희세, 권택연, 1984, pp. 2-5) 이들은 특히 당시에 워낙 명성이 높았던 수학자들인지라 유럽 전체에 확률론의 이론적 불씨가 퍼지는 것에 크게 이바지하였다. 네덜란드의 호이겐스(Huygence)는 이 즈음에 파스칼과 페르마의 연구에 주목한 수학자 가운데 한 사람이다.

호이겐스는 1657년 확률론에 관한 최초의 책인 주사위 게임에 관하여(About Dice Games)를 출판하였는데, 이 책에서 처음으로 기대값에 관한 아이디어가 수학적으로 표현되었다. 확률의 적용에 관심을 가진 그의 연구 덕분에 이 시기에 벌써 평균수명과 같은 실용적인 개념도 생겨났다.(Borovcnik, Bentz, and Kapadia, 1991, p. 32)

이 시기에 보험, 의학, 사회과학, 천문학, 기상학 등에서는 새로이 주목을 끌고 있는 확률 개념을 도입하여 과학성을 확보 받게 되었다. 17세기 말 스위스의 수학자 베르누이(Jacob Bernoulli)는 추상적인 확률론에 통계적 관점을 도입함으로써 이들 다양한 분야로의 응용을 더욱 부추겼다. 그는 "어떤 사건이 일어날 가능성은 유사한 조건하에서는 과거에 일어난 경우와 비슷할 것이다. 따라서 어떤 사건이 일어나는 비율은 경험적으로 구해질 수 있다. … 사건의 알지 못하는 비율에 대하여 증거를 축적하면 할수록 그 비율에 관하여 더욱 확실한 지식을 얻을 수 있다."(허명회, 1991, p. 3-2에서 재인용)라고 생각하였는데, 이러한 생각은 근대 확률론의 발달에 중요한 역할을 한 것으로 평가된다.

특히 주목받는 베르누이의 업적은 이른바 대수의 약법칙(Weak law of large numbers)'이라고 불리는 것이다. 이 법칙은 성공과 실패의 두 가지 가능성을 가정하는 베르누이 실험에서 관찰 회수를 늘리면 미지의 확률에 대한 개연적 확실성(moral certainty)을 얻을 수 있다는 내용을 담고 있다. 베르누이는 과연 얼만큼의 관찰 회수가 이를 보장할 수 있는가에 관심을 두었으나, 그 수치가 당시로서는 너무 컸기 때문에 현실성을 확보하는데 어려움을 겪었다.[5)] 자신의 연구를 조카인 니콜라스 베르누이(Nicholas Bernoulli)의 손을 빌어서 출판한 것도 이 때문이라는 의견이 있다.(Ibid., 3-4) 그렇게 출판된 그의 저

4) 여러 책에 이 문제의 풀이가 나와 있으므로, 여기서는 자세한 논의를 생략할 것이고, 초보적인 수준에서의 설명만 제시하겠다. 만약 두 사람이 게임을 중단하지 않고 계속 진행했더라면(편의상 4점을 득점한 사람을 갑으로, 3점을 득점한 사람으로 을로 부르자), 그 다음 두 번의 게임이 승부를 가를 것이고, 가능한 상황을 아래 4가지로 생각할 수 있다.

ㄱ) 을이 이기고, 을이 이긴다; ㄴ) 을이 이기고 갑이 이긴다;

ㄷ) 갑이 이기고, 갑이 이긴다; ㄹ) 갑이 이기고, 을이 이긴다;

전체적으로 볼 때, 을은 ㄱ)의 경우만 5점을 득점할 수 있고, 갑은 이를 제외한 3가지 경우에 5점을 득점하게 된다. 그러므로, 내깃돈을 3:1로 나누어야 한다는 것이다.(유희세, 권택연 역, 1984, pp. 3-9)

5) 베르누이가 얻은 결과는 간단한 사건의 확률을 구하기 위하여 적어도 25,550 번의 실험이 필요하다는 것이었는데, 그가 살던 Basel 시의 총인구가 이보다 훨씬 작았기 때문에 이 숫자는 너무 엄청난 것으로 생각되었다.

서 추측술(Ars Conjectandi, 1713)에는 불확실한 상황에 대한 다양한 수학적 표현이 보다 정교하게 담겨 있다. 한편, 베르누이가 베르누이 시행의 특별한 경우에만 증명했던 대수의 약법칙은 19세기에 들어서 체비세프(Chebysehv)가, 그리고 보다 일반적인 형태는 20세기 초 킨친(Khintchine)이 증명하였다.[6]

1730년 드 므와브르는 오늘날 이항분포에 대한 정규근사로 일컫는 문제에 관심을 두게 되는데, 1733년 기회의 원리(Doctrine of Chances)라는 저서에서 이에 대한 연구 결과를 발표하였다. 그가 계산한 것은 대칭인 이항분포에서 중심으로부터 일정한 범위 내에 있을 확률로서 이를 대부분 최초의 정규분포로 간주한다. 이 연구는 후에 라플라스로 하여금 이른바 '중심 극한 정리(central limit theorem)'를 이끌어 내게 한 결정적인 이론으로 평가된다.

베르누이에 의해서 대수의 법칙이, 드 므와브르에 의해서 중심 극한 정리의 싹이 튼 확률론은 수학 뿐 아니라 천문학과 물리학 등에 능한 라플라스와 가우스에 이르러 눈부신 발전을 이루었으며, 베이즈(T. Bayes)와 심슨(T. Simpson)을 중심으로 확률론을 추론에 응용하려는 노력이 또한 활발하게 이루어졌다. 불확실한 현상을 이해하기 위하여 그리고 무엇보다 어떻게 특정한 사건에 확률값을 부여하고 비교할 것인가에 관하여 이들 두 가지 접근은 다소간 구별되는 이론화를 시도하였다.

파스칼과 페르마, 호이겐스의 이론적 접근을 토대로 확률론은 다양한 상황에 적용할 수 있게 되었으나, 수학적으로 이론적으로 확고한 위치를 차지하는 데에는 많은 어려움을 겪게 되었다. 베르누이, 드 므와브르, 라플라스, 가우스 등을 중심으로 관찰과 그 결과의 해석에 집중하는 통계적인 의미로서의 확률과, 베이즈, 심슨을 중심으로 사전 확률에서 사후 확률로 넘어가는 타당한 추론 도구로서의 의미를 가지는 확률은 그 이론적 혼란 속에서도 뚜렷한 방향을 가지고 있었던 두 연구 그룹의 확률 철학이었다.

3. 라플라스와 가우스 그리고 베이즈와 심슨

라플라스는 1772년부터 1781년 사이에 4개의 확률론 책을 발표하였다. 이 가운데 사건의 원인의 확률에 관한 논문(Memoir on the Probability of the Causes of Event, 1773)과 1780년에 발표한 확률에 관한 논문(Memoir on Probabilities)은 확률 계산에 관한 중요한 이론적 전환점을 제공한 것으로 평가된다.(Ibid., 4-1) 그는 특히 사건의 '동등한 가능성(equally likely)'을 암암리에 가정하고 이론을 전개하였는데, 이 점 때문에 수학적 이론으로서의 엄밀성 확보에 곤란을 겪었다. 그는 동등한 가능성을 확인하기 어려운 상황에 대해서는 그다지 관심을 두지 않았으나, 이후에 이론적 발전을 거듭하면서 의외로 이 점은 라플라스가 생각한 것보다 훨씬 중대한 문제임이 밝혀졌다.

다양한 분야, 특히 천문학에서의 관찰 결과를 분석함에 있어 가장 좋은 평균을 구하는 방법은 오래도록 라플라스의 관심을 끌었다. 실제 관측된 값이 이루는 분포를 오차와 관련하여 분석함으로써 최선의 평균을 구하고자 노력한 라플라스는 오늘날의 정확한 해와는 다소 차이가 나는 결과에 이르게 되는데, 이러한 고전 끝에 미적분학에 능통한 그가 결국은 드 므와브르의 극한 정리를 일반화함으로써 중심 극한 정리라는 놀라운 이론적 결과를 얻게 된다. 1812년 확률의 해석적 이론(Thèorie analytique des probabilités)에서 그는 이전의 확률 이론을 미적분학을 토대로 체계화함으로써, 확률의 수학화를 일차적으로 완성하였다.(이경화, 1996, pp. 30-33)

---

6) 대수의 약법칙: $X_1, X_2, X_3, \cdots$이 독립이며 동일한 분포를 갖는 확률변수열로 각 확률 변수가 유한 평균 $E[X_1]=\mu$를 갖는다면, 임의의 $\varepsilon>0$ 에 대해, $n\to\infty$ 일 때 $P[|\frac{1}{n}(X_1+\cdots+X_n)-\mu|>\varepsilon]\to 0$ 이 성립한다. (우정수, 강석복, p. 399, 1994)

한편, 중심 극한 정리는 많은 독립 확률 변수들의 합이 근사적으로 정규 분포를 따른다는 내용의 이론이다. 그러므로 이 정리는 독립 확률 변수들의 합에 대한 근사적인 확률을 계산하는 간단한 방법을 제공할 뿐 아니라 대부분 모집단의 경험 도수들이 종 모양(즉, 정규) 곡선을 나타낸다는 주목할 만한 사실을 설명하는데 도움이 된다.7) 일반적인 형태의 중심 극한 정리를 명확하게 증명한 사람은 러시아의 수학자 리아포노프(Liapounoff, 1901)였다.

잭카드(1970)는 중심 극한 정리가 소위 우연이 개입하는 여러 가지 현상, 즉, 잘 알려지지 않은 혹은 전혀 알려지지 않은 과정의 결과에 이르는 '점근적인' 거동을 번역해 준다고 표현한다. 그리하여 역설적으로, '우연'의 사건의 축적은 여러 가지 가능한 결과를 완전히 예견할 수 있는 분포에 도달하게 한다는 것이다. 여기서 '우연'은 그때그때에만 변덕스러운 것이며, 오랜 기간을 두고 그것이 반복되면 어떤 질서를 창조하게 되어, 무질서는 무질서이나 충분히 조직된 무질서이다.(유희세, 권택연 역, pp. 98-99)

라플라스가 뉴턴과 함께 결정주의적 관점의 대표자로 분류되는 것은 그가 이러한 중심 극한 정리의 의미에 입각하여 확률 현상을 설명하였기 때문일 것이다. 그에게 있어 자연현상은 동등한 가능성을 가지는 수학적 모델로 번역될 수 있는 것이고, 그 현상에 대한 관찰 결과를 많이 수집하면 분명한 어떤 성향을 확인할 수 있는 것이다. 불확실한 현상에 대한 수학적 접근은 아이러니컬하게도 확실한 수학적 특징을 갖는 것으로 설명된 것이다.

한편, 가우스는 1809년에 발표한 행성의 궤도에 관한 논문에서 관찰값을 어떻게 해석해야 하는가에 주목하였다.(허명회 편, 1991, p. 5-2) 직접 관찰한 값에 대한 오류 가능성, 즉, 오차에 관한 확률적 판단에 관심을 두었던 가우스는 오차 곡선의 방정식을 구하고 그 해결 방법에 주목하였다. 결국 라플라스와 마찬가지로 최선의 관찰이 만족해야 하는 조건을 추정했는데, 그것은 동일 조건에서 여러 번 관찰한 후에 관찰값의 산술 평균을 택하는 것으로 설명되었다. 특히, 가우스는 정규 분포에 관한 다각적인 연구에 몰두함으로써 그 적용 형태와 범위를 이론적으로 상당한 수준까지 끌어올렸다.

본 고에서 이론화의 두 번째 방향으로 설정한 것은 영국의 베이즈와 심슨의 연구이다. 물론 앞서 언급한 바와 같이 이들이 라플라스와 가우스에 이르는 연구의 방향과 완전히 다른 방향으로 나아간 것은 아니다. 그럼에도 본 고에서 이들을 별도로 다루는 이유를 다시 한번 말하면, 오늘날 우리가 접하고 있는 확률론에서 조건부 확률을 둘러싼 내용은 주로 베이즈와 심슨의 연구 결과에 그 뿌리가 있으며, 이는 대수의 법칙이나 중심 극한 정리를 둘러싼 라플라스와 가우스의 연구와 다소간 구별되는 확률에의 접근이라고 생각된다는 것이다.

사실상 이들이 주로 활동한 시기는 라플라스와 가우스 이전이다. 1755년과 1764년에 각각 심슨과 베이즈의 연구가 발표되었으니, 18세기말과 19세기초에 주요 연구물이 발표되었던 라플라스와 가우스는 이들의 연구에 어느 정도 영향을 받았다고 보는 것이 옳을 것이다. 실제로 심슨은 주로 라플라스와 가우스의 관심을 끌었던 관찰값의 오차 분석에 관한 이론적 토대를 마련하였고, 베이즈는 후에 오차 분석에 관한 연구에서 출발하여 19세기에 확고한 이론적 지위를 얻게 된 이른바 '베이즈 정리'를 발표하였다. 심슨은 확률적 사고가 어떤 특징을 가지는가에 관하여 즐겨 설명하였는데, 주의 깊게 관찰한 한 번의 결과보다는 같은 조건 아래에서 반복을 거듭하는 가운데 얻은 여러 개의 관찰 결과가 보다 신뢰할 수 있는 결론에 이르게 한다는 것을 강조함으로써, 대수의 법칙이 증명되기 이전에 이미 추론에 확률론을 도

7) 중심 극한 정리는 대개 다음과 같이 소개된다. $X_1, X_2, X_3, \cdots$이 독립이며 각각 평균이 μ이고 분산이 σ^2인 동일한 분포를 따르는 확률변수열이라 하자. 그러면 $\frac{1}{\sigma\sqrt{n}}(X_1+\cdots+X_n-n\mu)$의 분포는 $n\to\infty$ 일 때 표준 정규분포가 된다. (우정수, 강석복 역, p. 404)

입하는 근거를 제시하였다.[8)]

베이즈는 예를 들어, "과거의 관례에 따르면, LONDON과 CLIFTON에서 편지가 도착할 확률이 비슷하였다. 그런데, 지금 도착한 한 통의 편지에는 발신인의 주소와 성명이 없고 소인이 발신지명의 일부분인 'ON'만 찍혀 있다고 한다. 이 편지가 런던에서 보낸 것일 확률을 구하여라.(단, 소인의 각 문자가 찍히는 것은 서로 독립적이고, 또 한 문자가 찍히지 않을 확률은 1/10이다)"라는 문제를 해결하기 위하여 고심하였다.[9)]

베이즈는 확률적 상황에서의 정보를 두 가지로 분류하였다. 한 가지는 선험적인 또는 이론적인 정보이고, 다른 한 가지는 적은 회수로 반복되거나 다른 조건에 의하여 주어지는 후험적 또는 경험적 정보이다. 그는 위의 예제에서와 같이 이 두 가지 종류의 정보를 베이즈 공식[10)]으로 결합하여 주어진 확률적 상황을 이해하려고 하였다. 베이즈 공식은 이와 같이 이론적 확률과 경험적 확률 간의 직접적인 연결을 가능하게 하는 역할을 한다.(Borovcnik, Bentz, and Kapadia, 1991, pp. 40-49)

4. 확률의 공리화

심슨과 베이즈, 라플라스와 가우스의 열정적인 탐구 덕택에 19세기에는 물리학, 천문학, 생물학, 유전학, 심리학, 통계학 등 헤아릴 수 없이 많은 분야에서 확률론이 해당 분야의 이론적 근거의 역할을 할 수 있게 되었다. 그러나, 한편에서는 확률의 정의를 어떻게 규정해야 할 것인가의 문제가 끊임없이 제기되었다. 사전 확률을 토대로 사후 확률을 추정하는 입장에 대해서는 확률에 관한 명확한 정의를 내리지 않고 사전 사건에 확률값을 부여하고 사후 확률을 계산한다는 것이 문제로 제기되었다. 대수의 법칙이나 중심 극한 정리에 이르는 입장에서는 무작위성을 만족해야 한다는 실험의 가정이 문제를 일으켰다. 매 실험에서 관찰되는 사건은 같은 확률값을 가져야 하기 때문에 여전히 확률의 정의를 미리 사용하고 있다는 문제가 제기된 것이다. 또한 극한값의 존재성에 관한 문제도 계속 논란의 대상이 되었다. 확률

---

8) 확률적 추론의 특징을 드러내는 예가 심슨의 연구에서 발견되는데, 다음과 같이 간단한 예를 통하여 심슨의 확률에 관한 아이디어를 짐작할 수 있다.(Borovcnik, Bentz, and Kapadia, 1991, pp. 66-67 참고) 어떤 대학에 여학생 9명이 지원하여 5명이 합격하고, 남학생은 10명이 지원하여 6명이 합격했다고 하자. 그런데, 이 대학에는 A와 B의 두 학과가 있다고 생각하자. A학과에 여학생은 5명 지원에 2명의 합격, 남학생은 3명 지원에 1명의 합격을, B학과에 여학생은 4명 지원에 3명의 합격, 남학생은 7명 지원에 5명의 합격을 했다면, 대학 전체의 입학률은, 여학생의 입학률이 5/9로 남학생의 입학률 6/10보다 낮다. 그러나, A학과와 B학과에서는 각각 2/5 > 1/3, 3/4 > 5/7이므로 여학생이 남학생보다 높은 입학률을 보인다. 부분적으로는 여학생이 높은 입학률을 보이지만 전체적으로는 남학생이 높은 입학률을 보이는 것이다. 이 예에서와 같이 부분에 대한 관찰 결과를 전체에 대하여 선형적으로 확장할 수 없는 것이 확률적 추론의 특징이다.

9) 편지가 London과 Clifton에서 발송된 것을 나타내는 사상을 각각 A_1, A_2라 하면, $P(A_1)=\frac{1}{2}$, $P(A_2)=\frac{1}{2}$이다. 한편, 편지가 London에서 발송되었을 조건부 확률은 $P(B|A_1)=2\left(\frac{9}{10}\right)^2\left(\frac{1}{10}\right)^4=2\cdot\frac{81}{10^6}$이고, Clifton에서 발송되었을 조건부 확률은 $P(B|A_2)=\left(\frac{9}{10}\right)^2\left(\frac{1}{10}\right)^5=\frac{81}{10^7}$이다. 그러므로, 베이즈 공식에 따르면, $P(A_1|B)=\frac{P(A_1)P(B\mid A_1)}{P(A_1)P(B\mid A_1)+P(A_2)P(B\mid A_2)}=\frac{1620}{1701}\fallingdotseq 0.95$임을 알 수 있다. 이렇게 하여 구한 확률값 0.95는 $P(A_1)=\frac{1}{2}$과는 상당히 차이가 있다. (구자흥, 1988, pp. 47-49.)

10) $P(F_j\mid E)=\frac{P(EF_j)}{P(E)}=\frac{P(E\mid F_j)P(F_j)}{\sum_{i=1}^{n}P(E\mid F_i)P(F_i)}$ (우정수, 강석복 역, pp. 71)

론은 엄격한 수학적 기준을 만족시키지 못하였고, 학자들 간의 논쟁은 늘 제자리에서 맴도는 것으로 보였다.

1900년 파리에서 열린 수학 위원회에서 힐베르트(D. Hilbert)는 확률의 공리화를 제안하였고, 이에 따라 다양한 방법으로 공리화가 시도되었다. 이 가운데 콜모고로프(Kolmogorov)의 접근이 성공을 거둠에 따라 그 동안 확률론에 제기되었던 엄밀성 결여의 문제가 일단락 되었다. 확률의 공리[11]는 확률 개념이 만족해야 할 구조적 성질로서 우연성이나 무작위성과 같은 애매한 특성을 가지는 확률을 수학적으로 엄밀하게 체계화할 수 있도록 하였고, 무한 시행 등 일반적이고 보다 복합적인 확률적 상황으로 그 이론적 논의 영역을 확장할 수 있게 하였다.

그러나, 확률의 공리화는 확률의 의미를 일반적으로 포괄하는 기준을 제공하기는 하였지만, 확률의 정의에 관한 다양한 의견을 완전히 잠재우지는 못하였다. 오늘날 확률의 정의에 관해서는 여전히 여러 가지 입장이 공존한다. 고전적 관점, 빈도적 관점, 주관적 관점, 구조적 관점이 그것이다. 이들은 각각 이론적(수학적 또는 선험적) 확률, 경험적(통계적 또는 사후)확률, 신뢰 측도의 확률, 공리적 확률을 정의로 택하고 확률론을 전개한다.(Ibid., pp. 40-44)[12]

이들 각 관점은 나름대로의 장·단점을 지니고 있는 것으로 확인되며, 오늘날에는 이들 가운데 어느 하나에 의존하여 확률이 정의되기는 어렵다는 의견이 널리 퍼져 있다. 어느 하나의 관점으로 모든 확률 현상을 또는 확률 현상의 본질을 온전하게 설명할 수 없기 때문에, 상황에 따라 유리한 관점을 택하여 합리적인 방법으로 그 상황을 이해하도록 노력하는 것이 바람직하다는 제안이 제시되고 있다.

III. 통계의 역사

수학교육학자 프로이덴탈(H. Freudenthal, 1973, pp. 610-614)은, 그 어떤 분야보다 판단을 적게 하면서 응용에 주목하는 수학의 분야로서 통계를 들고 있다. 그는 통계를 약간 공부한 후에 곧바로 통계학자가 된 것처럼 행동하거나, 연구에 통계를 사용하면 확고한 이론으로서의 지위를 확보할 수 있다고 생각하는 등, 통계를 계산 도구로서의 의미로만 이해하는 상황에서 통계 교육의 문제를 찾을 수 있다고 생각하였다. 전적으로는 아니더라도 복잡한 통계 테크닉에 다소간 접해 본 사람은 이러한 비판이 제기되는 이유를 다소간 짐작할 수 있을 것이다. 앞으로 통계의 역사를 살펴봄에 있어 염두에 두고 있어야 할 문제 가운데 한 가지가 이것이다.

1. 이론화의 시작

11) 확률의 공리: (1) $0 \le P(E) \le 1$ (E는 표본 공간 S의 각 사상); (2) $P(S)=1$; (3) 임의의 서로 배반인 사상열 E_1, E_2, …에 대하여 $P(\bigcup_{i=1}^{\infty} E_i) = \sum_{i=1}^{\infty} P(E_i)$. (Ibid., pp. 34-35.)

12) 주사위를 던졌을 때 6이 나올 확률에 대한 각 입장에서의 설명을 대략적으로 기술하면 다음과 같다.
고전적 관점: 주사위의 면이 6개이고 이들 각 면이 나올 가능성이 같다고 가정할 수 있으므로 1/6 .
빈도적 관점: 반복 실험을 통하여 결과의 극한값을 확인함으로써 확률을 구한다.
주관적 관점: 주사위에 6개 면이 있으므로 우선 1/6로 가정하고, 주사위의 특성에 관한 새로운 정보가 있는지 확인한다. 만약 주사위가 잘라졌다거나 무게가 한 쪽으로 쏠려 있다면 그것을 감안하여 확률값을 정한다.
공리적 관점: 정확한 확률값을 구할 수 없다.

사회·경제 현상을 관찰하여 수량화하려는 형식적인 접근은 17세기부터 시작되었다. 인구와 토지, 군사력, 세입과 세출을 표와 그림으로 나타내거나, 수집된 자료를 해석하여 그 의미를 공표 하는 등 초보적인 통계적 접근이 이 시기에 이루어졌다. 영국과 독일에서는 대량의 자료를 수집하고 정리하여 기술하는 것에 관심을 두었으며, 파스칼과 페르마의 활동이 두드러졌던 프랑스에서는 확률론적인 접근에 주목하였다.

18세기에는 천문학과 측지학에서 관측치를 어떻게 결합해야 하는가라는 문제가 관심을 끌었다. 이 시기에 과학계에서 중점적으로 다루었던 문제는 세 가지가 있는데, 달의 운동에 관한 수학적 기술 문제, 목성과 토성의 운동에 있어서의 비주기적 기복 현상에 관한 설명의 문제, 지구 형태를 결정하는 문제가 그것이었다.(허명회 편, p. 2-3, 1991) 천문학적 관측과 만유인력의 이론과 관련된 이들 문제들은 대부분의 수리 과학자들의 관심을 끌기에 충분했다. 이들 문제를 다루는 가운데 오차를 어떻게 최소화할 것인가라는 문제가 발생했고, 오일러(Euler)나 마이어(Mayer), 라플라스, 르장드르(Legendre), 가우스 등 당대의 유명한 학자들이 이 문제를 다루면서 통계적 접근의 이론화가 시작되었다.

오차는 짐작할 수 있듯이 관측된 값과 실제 값 간의 차이를 의미한다. 달의 운동에 특히 관심을 가지고 있던 마이어는 최종적으로 얻은 식의 미지수 세 개를 알아내기 위하여 27번의 관측을 실시하였다. 이제 마이어의 문제는 이 27개의 관찰값을 어떻게 해석하는가 하는 것이다. 한 번의 관찰에서 미지수를 추정하는 것보다는 분명히 여러 개의 관찰을 토대로 방정식의 해를 구하는 것이 타당하지만, 이들 값을 단순히 합하여 산술 평균을 구한다고 해서 정확성이 증가한다고 생각하기는 어려웠다. 마이어는 오차를 최소화하기 위하여 27개의 관찰값을 나름대로의 기준에 따라 유사한 자료를 묶어서 세 개의 그룹으로 나누었다. 각 그룹 내의 9개 자료는 하나의 자료로 합성되었고, 각각 그 자료에 의한 추정값으로 표현되었다.

오일러는 토성과 목성의 운동에 관한 연구에서 마이어와 유사한 상황에 부딪혔다. 마이어와 달리 오일러는 필요한 만큼의 관찰값을 대입하여 미지수를 추정한 후에 다른 관찰값을 대입함으로써 자신의 결론을 검증하고자 하였다. 그는 여러 개의 관찰값을 통합하면 정확성이 증가하기보다는 오차가 증가한다는 입장을 취했던 것이다. 마이어와 달리 오일러는 자신의 결론을 검증하는데 실패함으로써 통계적으로 더 이상 진전을 이루기 어려웠다.

확률론에 능했던 라플라스가 이 논쟁에 합류하였다. 그는 마이어의 관점을 받아들였고 통계학의 역사에서 획기적인 사건으로 간주되는 최소제곱법(method of least squares)에 한 발 가까이 간 아이디어를 내놓았다. 메어(C. Maire)와 보스코비치(R. J. Boscovitch)가 1755년 지구의 형태에 관한 연구 과정에서 로마 근교를 지나는 자오선의 측정 결과를 다루는 방법이 발표되자, 마침내 통계학의 이론화의 출발점으로 간주되는 최소제곱법에 관한 이론적 방향은 확고해졌다. 오차의 제곱합을 최소로 해야 한다는 관찰값의 판단 기준은 이러한 이론적 여정을 거쳐 정립되었다.(Ibid., chap 1)

2. 최소제곱법과 정규 분포, 상관, 회귀

1805년 프랑스의 수학자 르장드르(A. M. Legendre)는 18세기에 이루어진 마이어와 오일러, 라플라스, 메어와 보스코비치 등의 연구에서 드러나기 시작한 오차를 최소화하기 위한 노력의 결실을 발표하였다. 통계학사에서 최소제곱법은 수학에서 미적분학이 차지하는 것과 마찬가지의 비중을 가진다.(Ibid,, p. 2-1) 미적분학이 그러했던 것처럼 최소제곱법도 19세기 동안 많은 분야에 급속하게 적용되었다.

한편, 19세기는 확률론이 이론적으로 활발하게 연구되었고 그 결과 정규 분포에 대한 관심이 고조되었던 시기이기도 하다. 앞서 확률의 역사에서 살펴본 바와 같이 라플라스와 가우스가 주고받듯이 번갈아

발전시킨 정규 분포에 관한 연구는 천문학에서의 오차를 이해하고 설명하기 위하여 주로 이루어졌으나, 다양한 분야로 놀랄 만큼 빠르게 확산되는 것이었다. 이미 인구조사나 수명 조사, 보험, 국가의 경제 상태 등 많은 분야에서 자료를 정리하고 분석하는 오랜 동안의 경험적 지식이 축적되어 있었기 때문이었다.

케틀레(A. Quetelet)는 이 시기에 통계의 적용에 누구보다 의욕적이었던 사람이다. 특히, 그는 복합적인 요인으로 인하여 다루기 어려운 사회과학적 자료의 분석에 관심을 가졌다. 천문학이라는 당대의 첨단 학문에 누구보다 박식했던 그는 이미 오래 전부터 실시되어 온 출생과 사망에 관한 정부의 통계가 불합리한 방법에 너무나 많이 의존하고 있음을 주목하였다. 정확도, 시간과 비용의 절약이라는 오늘날 통계의 목표와 크게 다르지 않은 의도를 실현하기 위하여 주로 그가 몰두했던 주제는 평균인(the average man)과 정규 분포에의 적합도 판정이었다.(Ibid., chap 6)

그러나, 사회과학적 자료에는 고려해야 할 요인이 많이 포함되어 있기 때문에, 여전히 자료의 양이 적음으로써 발생하는 문제를 완전하게 해결할 수는 없었다. 그의 이론에서 '평균인'의 의미는, 대량 자료의 관찰에 있어서 개인이 미치는 영향은 무시할 만한 것이며, 그 개인의 특성을 일반화한 가상의 인물의 움직임에 주목해야 한다는 그의 제안에서 짐작할 수 있다. 케틀레는 라플라스의 중심 극한 정리를 사회과학적 자료의 분석에 역시 적용하고자 하였다. 특히 그는 이질적인 자료와 동질적인 자료를 구별하기 위하여 정규 분포를 이용하였다. 정규 분포를 따르는 두 자료 집단은 동질적이고, 그렇지 않으면 이질적이라고 생각하였던 것이다. 오늘날 그의 이러한 생각은 잘못되었다는 것이 확인되었고, 특히 주어진 자료를 정규 분포에 접근시킨다거나, 정규 분포에 접근되었는가를 판가름하는 방법의 문제가 새로이 제기되고는 있지만, 그는 사회과학적 자료의 통계적 분포에 주목함으로써 통계학이 넘어야 할 장벽을 보다 구체적인 모습으로 바꾸어 후세의 연구자들에게 남겼다.

19세기 중반부터 갈톤(Galton), 에지워스(Y. Edgeworth), 피어슨(K. Pearson) 등은 케틀레가 남긴 문제를 해결하기 위하여 고심하였고, 다양한 분야에서 필요로 하는 실험 통제의 방법을 연구하기 시작하였다. 오늘날에도 널리 쓰이고 있는 상관과 회귀 이론은 이들의 이론적 양육에 의하여 탄생한 것이다.

재능이 가문 내에 유전되는가에 관심을 가졌던 갈톤은 당시의 유명 인사와 그 친척들로부터 자료를 수집하고 분석하는 통계적 방법을 고안하고자 노력하였다. 특히 기발한 아이디어로 유명한 그는 퀸컨크(Quincunx)라는 실험 장치를 만들어 이항분포와 정규 분포간의 관계를 간단한 실험으로 직접 확인할 수 있도록 하였다. 그는 변수와 변수간의 관계에 주목하였는데, 아버지와 아들의 키를 분석하는 과정에서 상관관계에 관한 그의 아이디어가 이론화되었다. 수학과 과학 성적, 키와 몸무게, 지능지수와 성적 등 오늘날 상관관계에 관한 분석은 다양한 문제에서 이용된다. 갈톤 이후에 피어슨이 상관 분석을 보다 정교하게 이론화하였다.(김우철 외, 1989, pp. 242-243)

두 변수간에 관계가 있는지 없는지를 추측하기 위한 방법이 상관 분석이라면, 한 변수의 값으로부터 다른 변수의 값에 대한 예측을 필요로 하는 경우에 사용하는 통계적 방법은 회귀 분석이다. 예를 들어, 수학 성적으로부터 과학 성적을 예측한다거나, 키로부터 몸무게를 예측하는 경우, 각 문제에서 두 변수를 함수식으로 표현하고 분석하는 것이다. 이러한 회귀 분석 역시 갈톤에 의하여 처음으로 시도되었다.(Ibid., p. 243)

상관과 회귀 개념이 갈톤에 의해서 도입된 이후 중심적인 이론적 발전이 이루어진 것은 피어슨에 이르러서였다. 특히, 피어슨은 비정규 분포에 관한 연구에 몰두하였다. 비대칭 도수 곡선을 두 개의 정규 곡선의 합으로 나누는 최초의 수리적 방법은 그의 업적 중에서도 가장 중요한 것이었다. 그는 미분 방정식을 이용하여 5개의 곡선군 또는 유형을 제시하였고, 자료의 적률을 이용하여 어느 유형의 곡선을 택

해야 하는가를 설명하였다. 이들 유형별 곡선은 통계학을 보다 구체적인 상황과 결부시키게 한 유용한 이론적 결과였고, 실제로 20년 이상 통계학자들의 표준 장비가 되었다. 또한 대량 자료를 정리하는 방법에 주목하는 이른바 '기술 통계(descriptive statistics)'영역의 대부분은 그가 이론화한 것이다.(허명회, 1991, p. 9-5)

율(G. U. Yule)은 피어슨의 연구가 사회적 자료에 관한 평가나 결과의 원인 분석에 적용하는데 있어서는 문제가 있음을 발견하고 이를 해결하기 위하여 노력하였다. 그는 이전에 통계가 주로 연구 방법으로 사용되었던 생물학적 문제에서 벗어나 빈곤에 관한 자료에 사용할 통계적 방법에 관심을 두었는데, 결국 사회과학 특히 경제학에서 주로 적용할 수 있는 상관·회귀 분석법을 제시하였다.(Ibid., p. 9-6)

3. 독자적인 이론으로서의 지위 확립

19세기 후반부터 20세기에 이르러 고셋(W. S. Gosset), 피셔(R. A. Fisher), 네이만(J. V. Neumann), 왈드(Wald) 등으로 이어지는 통계학자들의 연구 업적은 통계를 독자적인 이론의 위치로 끌어올리기에 충분하였다.

아일랜드의 양조 회사에서 일하던 고셋은 소표본으로 모집단에 대한 통계적 추론을 하는 방법에 관하여 연구하였다. 회사의 규정상 본인의 이름으로 연구 결과를 발표할 수 없었던 그는 Student라는 가명으로 1907년 t-분포에 관한 연구를 발표하였고, 이 때문에 t-분포는 Student t-분포라는 이름으로 불리게 되었다.(김우철 외 7인, p. 169) 케틀레와 갈톤, 피어슨 등에 이르는 통계적 방법의 이론화 과정에서 주로 많은 수의 자료가 추론에 필수적인 요소로 다루어졌는데, 이렇게 많은 자료는 정규 분포를 따르기 때문이었다. 그러나, 소표본은 정규 분포를 따른다는 보장이 없으며, 대량 관찰이 불가능하거나 불필요한 경우는 그 반대의 경우 못지 않게 많기 때문에 이에 대한 이론화는 통계학의 발전에 큰 공헌을 하게 되었다.

영국의 통계학자인 피셔는 피어슨의 고민 거리였던 상관 계수의 정확한 분포 문제를 쉽게 해결하였고, 멘델의 이론에 근거하여 유전에 있어서의 상관 계수에 대한 분석에도 성공하였다. 무엇보다 그는 실험의 계획과 분석에 대한 새로운 방법을 고안함으로써 수리 통계학의 기초를 마련하였다. 주어진 자료에서 가장 정확한 추정치를 구하는 방법, 소표본 관찰에 가장 적합한 방법 등은 피어슨 이론에서 간과되거나 완전하게 해결되지 못했고 피셔에 이르러서야 확고한 분석이 이루어진 문제였다. 특히 피셔는 대수적인 방법으로 다루기 어려운 표본에 대해서는 유클리드 공간상의 점에 대응시킴으로써 정확한 분포를 추정해 낼 수 있었다. 일치성(consistency), 효율성(efficiency), 충분성(sufficiency) 등에 대한 명확한 정의, 최우추정법을 통하여 효율적인 통계량을 구하는 과정, 분산 분석(analysis of variance) 등 피셔가 통계학에 남긴 업적은 헤아리기 어려울 정도로 많다.(허명회, chap 10, 11)

왈드(Wald)는 통계적 가설검정에서 틀린 가설을 채택하거나 옳은 가설을 기각하는 위험에 대하여 인식하고 이를 통계적으로 이론화하였다. 일반적으로는 왈드의 이론을 통계적 결정 이론이라고 부른다. 이 이론은 네이만(J. v. Neumann)이 발전시킨 게임 이론과 관련되는데, 점추정, 구간 추정, 가설검정의 문제를 주로 다룬다. 한편, 네이만은 피어슨(E. Pearson)[13]과 더불어 가설검정 이론을 발전시켰다. 가설의 검정은 그 가설을 기각할 것인지 채택할 것인지를 결정하기 위한 과정으로서, 대개의 경우 대립 가설(alternative hypothesis)과 영가설(null hypothesis) 간의 관계를 밝힘으로써 기각 여부를 결정하게 된다. 네이만은 당시에 대표적인 표본추출 방법이었던 유의추출법(purposive sampling)과 랜덤추출법을

13) K. Pearson의 아들이며 역시 통계학을 연구함

사용하지 않고, 신뢰 구간을 이용하여 더욱 정확한 추출 방법을 개발하였다. 이 연구 결과는 현대 표본 조사 이론에서 네이만 배분(Neyman allocation)으로 알려져 있다. 네이만은 피셔의 업적을 실험계획론, 분포 이론, 통계 기초 이론의 세 분야로 나누어 평가했는데, 그 가운데 앞의 두 가지에 대해서는 좋은 평가를 하였지만 통계 기초 이론에 대해서는 입장을 달리 하였다. 피셔가 통계학을 귀납적 사고 또는 귀납적 행동으로 설명하려고 한 반면에 네이만은 통계적 사고의 이면에는 여전히 연역적 추론이 강하게 들어 있음에 주목하였다. 네이만 역시 피셔 못지 않은 지대한 영향을 통계학 영역에 미쳤다. 특히 그는 농학, 천문학, 생물학, 기상학 등을 포함한 여러 분야에서 통계학을 정확히 사용하도록 이론적 근간을 마련하였다는 평가를 받고 있다. (Ibid., p. 12-14)

참 고 문 헌

구자홍 (1988). *확률론*. 서울: 민음사.

김동희, 박중양, 손중권, 허명회 (1993). *통계학: 개념과 제 문제*. 서울: 자유 아카데미.

김우철 외 7명 (1989). *통계학 개론*. 서울: 영지문화사.

박한식, 이강섭 (1988). *수리통계학*. 서울: 수학연구사.

이경화 (1996). *확률 개념의 교수학적 변환에 관한 연구*. 서울 대학교 박사 학위 논문.

이태규 (1989). *이야기 수학사*. 서울: 백산출판사.

허명회 편 (1991). *통계학사 콜로퀴움*. 서울: 자유 아카데미.

Borovcnik, M., Bentz, H. J., & Kapadia, R. (1991). A probabilistic perspective. In Kapadia, R., & Borovcnik, M., *Chance Encounters: Probability in Education*, pp. 27-71. Kluwer.

Freudenthal, H. (1973). *Mathematics as an Educational Task*, pp. 581-614. Dordrecht: D. Reidel.

Grattan-Guinness, I. (1994). *Companian Encyclopedia of the History and Philosophy of the Mathematical Sciences*, pp. 1281-1424. Routledge.

Jacquard, A. (1970). *A Theory of Probability*. [유희세, 권택연 역(1984). *확률론*. 고려 대학교 출판부.]

Ross, Sheldon (1988). *A First Course in Probability*. [우정수, 강석복 역 (1994). *확률의 입문*. 자유 아카데미.]

V. Mises, R. (1957). *Probability, Statistics, and Truth*. George Allen and Unpin LTD.

<Abstract>

History of Probability and Statistics

Lee, Kyung Hwa[14)]

There are many mistakes when we estimate probability of an event, for example, we often omit some likelihoods (of an event), sometimes give too large or too small possibility for a particular case, cannot relate current cases with which were concerned before, apply at another cases as soon as discuss about it insufficiently, etc. If we go into a history of probability and statistics, we shall ascertain that many scientists and mathmaticians made essentially same mistakes with us. In the paper, we will consider the theorization of probability and statistics as a process of modification of mistakes which were made during one's estimating possibility of an event. On that point of view, we shall look at historical background of probability and statistics.

14) Chongju National University of Education (135 Sugok-Dong, Heungdok-Gu, Chongju, Chungbuk 361-150, Korea.; FAX: 0431-279-0797; E-mail: opalil@sugok.chongju-e.ac.kr)