

수학사 : 사회와 수학

Week 6

제4장 사회부흥의 실마리, 통계학

제5장 대화재 피해에 대한 반성에서 생긴 보험법

1. 자료로 미래를 예측한다.
2. 미래의 행복을 생각하는 지혜
3. 런던 대화재와 그 후
4. 화재보험의 탄생

프롤로그 십자군을 통하여 전해진 필산법 18

1. 10세기, 동양과 서양의 수학이 아라비아에 모이다 20
2. 계산법의 전파 30
3. 산반파와 필산파의 긴 다툼 32
기독교와 이슬람교의 대립 34

제1장 대포소리와 함께 시작한 **함수** 36

1. 난공불락의 성벽 38
2. 오스만 제국과 군대 40
3. 대포에서 ‘움직임의 수학’이 탄생하다 42
연령과 체력은 비례? 46

제2장 30년간 군사 비밀로 여겨진 학문, **화법기하학** 48

1. 전쟁에 참가한 프랑스 수학자 50
2. 대포에 강한 요새 건설 52
3. ‘투영도’라는 기하학 54
고대 로마의 설계술 58

제3장 도시국가의 번영과 부산물, **확률론** 60

1. 이탈리아 해운항의 전통 62
2. 새로운 수학 ‘확률론’의 완성까지 64
3. 확률의 기초지식과 초등문제 68
바퀴의 도박 ‘룰렛’ 70

제4장 사회부흥의 실마리 **통계학** 72

1. ‘숫자의 표’라는 소박한 통계 74
2. 런던의 발전과 전염병 78
3. 독일의 ‘30년 전쟁’ 후의 재건 80
생각해보면 그래프에서 얻은 ‘문제점’을 발견하기 82

제5장	대화재 피해에 대한 반성에서 생긴 보험법 84
	1. 미래의 행복을 생각하는 지혜 86
	2. 런던 대화재와 그 후 88
	3. 화재보험의 탄생 92
	보험금 지불과 계약의 유효 95
제6장	산책로에서 탄생한 위상수학 96
	1. 일곱 개의 다리 건너기 98
	2. ‘한붓그리기’의 규칙 100
	3. 마술 같은 도형학 ‘위상수학(topology)’ 105
	아시아(일본)에도 있었던 ‘다리 건너기 문제’ 108
제7장	농업 연구의 능률을 높인 추측통계학(stochastics) 110
	1. 마방진과 라틴 방진(Latin square, Latin cube) 112
	2. 농업 연구의 오랜 역사 116
	3. 표본조사라는 생략법 118
	예상이 어긋나는 원인은 어디에 있는가? 122
제8장	지도와 회화 연구에서 나온 변환법 124
	1. 구면이나 입체물을 평면에 표시하는 연구 126
	2. 변환의 이용과 효용 128
	3. 변환을 통일적으로 통합하는 시점 130
	회화 유람선의 구조도 132
제9장	세계대전을 제어한 최적화 이론 134
	1. 독일의 U보트, 일본의 가미가제 특공기에 대한 대책 136
	2. 경영과학의 성립과 종류 138
	3. 컴퓨터를 이용한 수학 140
	안장점이라고 하는 최적해 142

제10장 사회 발전의 강력한 도구 계량학 144

1. 수량화의 필요와 연구 146
2. 인간 활동은 계량화 사회의 건설 148
3. 계량학과 발전 152
국제적으로 통일된 2개의 계량 기준 155

제11장 정보화 사회의 정탐꾼 암호학 156

1. 암호의 기본과 구성 158
2. 암호 만들기과 풀기 160
3. 정보사회와 암호의 활약 164
일본 최초의 만화 166

제12장 허점투성이 법과 수학 168

1. 사회 발전과 ‘허점투성이 법’ 170
2. 법률이 갖는 한계와 이면의 법칙 172
3. 여러 가지 속임수 상법 174
논리적 설득의 영역과 ‘허점투성이 법’ 178

제13장 수학과 문학의 만남-수학으로 문장을 분석하다(文紋法) 180

1. 문자, 언어의 분석 182
2. 작자불명의 좋은 책 184
3. 문장의 습관 발견과 이용 186
수학과 문학의 접점 190

에필로그 새로 도입된 외래 수학용어 192

1. 일본의 수학용어 변천 194
2. **새로운 발상의 수학시대** 198
3. 여러 가지 ‘외래 수학용어’ 200
수학의 학제간 연구 202

글을 마치며 204

[자료 1] 수학발전사와 ‘수학’의 분류 214

제 4 장

사회부흥의 실마리 통계학



도시의 많은 인구가 기초자료가 된다. (도쿄 신주구)

자료로 미래를 예측한다

다양한 정보를 가진 사람들이 도시를 걸어 다니고 있다. 매일 보는 신문이나 TV의 많은 기사 가운데 통계자료나 그래프가 나오지 않는 경우는 거의 없다. 이는 사건이나 내용을 설명할 때 많은 단어를 사용하는 것보다 한 장의 '그래프'나 '표'가 더욱 쉽게 신뢰를 주며, 한눈에 이해시켜 주기 때문이다. 의사소통에 편리한 이런 수학적 기법은 언제부터 적극적으로 활용되었을까?

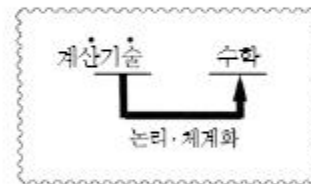
1 '숫자의 표'라는 소박한 통계

산수는 소박한 수학인가?

산수는 제2차 세계대전 이전에는 산술이라고 불려왔다. 산술은 주로 일상생활에서 필요로 하는 기초수학으로 소박한 수학이라고 말할 수 있다.

이 얘기를 하는 이유는 '17세기에야 비로소 통계학(statistics)이 탄생했다'고 말하면, 일반인은 '정말이야?' 하며 놀란다. 보통 통계학도 수학과 마찬가지로 수천 년 전부터 있어온 것이라 생각한다.

산술 또는 산수와 수학과와의 차이와 같이 17세기에 어떤 변화가 있었는지를 알아보자.



통계 처리의 구체적인 외

통계를 구현하는 도구

- 표(일차원적 표, 이차원적 표, 기타)
 - 식
 - 그래프
- | | | | | | |
|---|--------|---|------------------------|---|----------------|
| { | 구조 그래프 | { | 속성그래프 | { | 내역그래프(면적그래프) |
| | | | (질) | | 비교그래프(길이그래프 등) |
| { | 계열 그래프 | { | 변수그래프 | { | 도수그래프(기둥그래프) |
| | | | (양) | | 상관그래프(상관도) |
| | | | 경과그래프(점연선그래프, 다이어그램 등) | | |
| | | | 동계지도 | | |

체크사항

- (1) 체중 1kg의 차는 우연의 범위가 아닌 (3) 이 그래프는 어떻게 읽어야 하는가?
 -중3 여학생의 체중이 50kg 이하-



- (2) 커피 이외의 원인과 관계는 어떠한가?
 -커피의 억제효과-



- (4) 황실의 연못, 미쓰이 빌딩 건물 앞에
 皇居お堀端 三井物産前



- (5) GDP통계 정치산술
 個別例より統計的分

GDP統計の政治算術

「トはなぜトを殺すか」

個別例より統計的分

皇居お堀端 三井物産前

2 런던의 발전과 전염병

18세기까지 후진국이었던 일본이 발전 모델로 영국을 선택한 이유는?

17세기~19세기 영국의 모습은 대단했다. 해가 지지 않는 나라라 불릴 정도로 온 세계에 식민지를 가지고 있었다.

후진국이었던 일본은 무사도 정신, 오랜 전통문화, 좁은 섬나라, 왕정(황실) 등 공통점이 많았기 때문에 영국으로부터 많은 것을 배우려고 했다.

- 강한 해군함대를 통한 국력의 신장
- ‘신사, 숙녀’의 기풍, 질서, 정연한 평화사회
- 옥스퍼드와 케임브리지라는 두 대학 학풍의 모방
- 스코틀랜드 민요의 풍토, 영국 문학에 심취

메이지 시대의 우수한 학자들이 런던에 차례로 유학한 것도 이런 이유이다. 여기서 영국 사람과 런던에 관한 특징적인 자료와 구체적 예를 거론해 보기로 한다. 이제 ‘통계학의 탄생에 대하여 소개하겠다.

영국의 수도 런던이 크게 발전하여 세계 각국의 사람과 물자가 물려들면서 전염병인 페스트, 콜레라 등이 큰 문젯거리가 되었다. 그래서 1517년부터 매년 연말에는 시에서 ‘사망표’를 발행했다. 상인인 존 그랜트(John Graunt, 1620~1674)가 우연히 사망표에 관심을 갖고 한 장의 사망표로는 정보가 부실하다고 생각해 과거 60년간의 자료를 소급하여 모두 조사했다. 그 결과,

- (1) 특정한 병의 비율은 항상 꾸준하다
- (2) 사망률은 계절에 따라 변한다
- (3) 도시의 사망률은 지방의 사망률보다 높다

등의 결론을 얻게 된 후 《사망표에 관한 자연적 및 정치적 관찰》(1662)을 썼다. 이것이 근대 통계학을 탄생하게 한 책이다.

3 독일의 '30년 전쟁' 후의 재건

다양한 '숫자의 표'는 우리에게 무엇을 가르쳐주는가?

런던의 '사망표(死亡表)'는 1년간의 기록을 담은 '숫자의 표'일 뿐이다. 존 그랜트의 책 서문에 따르면, 그가 1662년 지난 60년 동안의 '사망표'를 정리한 후, 사람들은 일반인들의 회귀병, 특수한 사망 사유, 부자들의 부동산 투자, 상인들의 상업투자 방향에 대하여 화제거리로만 사용하였다.

존 그랜트는 보통사람들보다 두세 걸음 앞서 자료수집, 분류, 분석, 판단, 예측과 같은 작업을 통하여 '숫자의 표' 안에 숨겨진 많은 사실을 판독했다. 이 판단에 근거하여 시당국은 전염병으로부터 시민을 지킬 대책을 세우는 데 이용할 수 있었다.

한편, 거의 같은 시기(17세기 전반) 독일은 '30년 전쟁'이라는 종교전쟁의 한가운데에 있었다. 이 전쟁은 독일에게는 대단히 비참한 것이었고 전쟁이 끝난 후의 재건이 큰 과제였다.

사회부흥의 첫발은 국가가 당면한 상황에 대한 정확한 파악에 있다고 생각한 경제학자 헤르만 코링은 국세(國稅) 조사를 실시하고 관련된 수치 자료를 얻어 '국세학(1660년경)'이라는 주제의 강연을 했다. 이후 다른 나라들도 '자국의 힘'을 알기 위해서 국세 조사를 행하게 됐다.

영국은 전염병으로부터, 독일은 전쟁의 재난으로부터 각각의 독자적인 통계학을 창설하였으나 영국이 '사회통계학'으로 시작하여 후에 보험이나 추계학으로 발전한 것에 반하여, 독일은 'statistics(통계학)'의 어원인 state(국가)로서의 '국세통계학'을 세상에 소개한 것에 그쳤다. 과연 그 차이가 무엇일까? 흥미로운 문제다.

생각해보면

그래프에서 얻은 '문제점'을 발견하기

도야마(富山) 현은 동부 구로베(黒部) 협곡 상류의 발전용 제4댐(통칭 구로용댐)으로 유명하다.

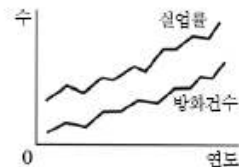
이 댐은 7년에 걸친 공사를 거쳐 1963년에 완성됐다. 그러나 완성 직후부터 작은 지진들이 이어져, 주변의 사람들을 불안하게 했다. 특히 지진조사단이 원인 발견에 나서 강우량, 기온, 습도, 수위, 날씨 등에 대하여 장기 관측하면서 각각 그래프에 변화를 기록했다.



일본 최대의 구로 용댐

그 결과 미세한 지진그래프와 가장 유사하게 변하는 것이 수위임을 증명하여, 수위를 조절하는 구로용댐의 경우 '수량과 압반의 물리적 관계'에 대하여 크게 걱정하지 않아도 된다고 주민에게 설명하며 납득시켰다.

아래 그래프는 방화(放火)의 수를 조사하여 여러 가지 그래프 안에서 실업률과 깊은 관계가 있는 것을 연구해 낸 예이다.



제 5 장

대화재 피해에 대한 반성에서 생긴 보험법



화재로 엉망이 된 주택가 (저가의 길 근처)

불운이 '불행'을
초래하지 않는 방법

“인간이 우발적인 사고로 인해 경제적인 위기에 처했을 때를 대비하자”는 목적으로, 자금을 나누어내 공동의 준비금을 미리 마련해두는, 인간의 집단행위, 이것이 보험이라고 할 수 있다. 그렇다면 보험은 언제 어떻게 탄생한 것일까?

1 미래의 행복을 생각하는 지혜

'보험'의 발상은 동물의 본능인가?

식량이 부족한 겨울을 대비하여, 동물들은 비축본능을 보여주는 행동을 한다. 다람쥐, 딱따구리는 식량을 모은다. 그 중에는 체력을 비축하기 위해 곰이나 개구리와 같이 굴 속에 들어가 겨울잠을 자는 동물도 있다.

일본에도 신석기 시대인 조몬(縄文) 시대부터 겨울을 대비한 비축방법을 연구했던 사실을 확인할 수 있다.

기원전 6세기경 그리스 사모스 섬에 살았던 것으로 알려진 유명한 이솝(Aesop)은 우화(fables) '개미와 베짚아'에서 식량비축의 교훈을 알리고자 했다. 하지만 연중 기후가 따뜻하여 4계절 식량 걱정이 없는 곳에서는 식량보존이라는 개념이 없기 때문에 불행에 대비하는 방식은 인간의 후천적 본능(환경 본능)이라 할 수 있겠다. 인간에게 재산, 즉 의복(衣)과 주거(住)는 식량(食)에 버금가게 중요하다. 전쟁, 화재, 도난, 분실과 같은 각종의 천재 및 인재에 의해 우리 재산이 위협에 처하고 그것을 사전에 방지하지 못할 경우를 대비하여 그 손실을 보충하는 방법이 연구되었다.

2 런던 대화재와 그 후

화재 등과 같은 재난 후의 도시 형태

도시는 기원전 5천 년의 '나가타(Naqada, 이집트)'나 기원전 4천 년의 '우르크(Uruk, 메소포타미아, 이라크)' 등의 흔적에서부터 현대 인구 천만이 사는 서울까지 역사상 수많은 도시가 있었다. 각 도시는 어떤 이유건 사람이 선호하는 조건을 갖고 있었기 때문에 사람들이 모여서 도시를 만든 것이다. 첫째는 풍부한 식량, 둘째는 안전지대라는 조건이 있다. 그러나 좋은 장소는 타민족이나 타국가의 침략 목표가 되고, 또 그 외에 천재, 인재로 폐허가 된 도시도 많이 볼 수 있다. 저자는 20여 년간 세계의 여러 도시들을 돌아다녀왔으나, 번영한 도시와 폐허가 된 도시를 순방하는 여행도 재미있을 것 같다고 생각했다. 어쨌든 한두 번 폐허가 된 경험을 가지고도 다시 일어선 도시도 있고, 한 번 파괴된 이후 두 번 다시 재건되지 못한 도시도 있다.(이런 차이에 대해서도 생각하면 흥미가 있을 것이다.)

영국의 수도 런던은 재해가 있었지만 재건된 경우다.

대화재 후 런던시를 버리지 않았던 이유

그럼 거의 폐허가 된 도시를 버리지 않고 재건하게 된 이유는 무엇이였을까? 다음과 같은 기록이 남아 있다.

- 세계의 물자가 운반될 수 있는 큰 강인 템스 강에 연결된 내륙에 위치한 도시다.
- 지형적으로 외적(外敵)의 공격을 받을 걱정이 적다.
- 상업지역과 부유층이 살고 있는 교외(suburb)라는 전원 지역이 형성되었다.
- 왕실의 건물과 궁전이 화재로부터 비껴나고 수도의 형태가 남아 있다.
- 당시 세계 제1의 도시다.

3 화재보험의 탄생

통계와 확률이 힘을 합쳐 만든 학문

17세기까지 오랜 인류 역사에 대도시의 대형 화재는 꽤 많이 있었다. 나름대로 적절한 대응에 대한 연구가 진행되었지만, 런던 대화재 때에 이르러 처음으로 통계학과 확률론을 활용하기 시작했다. 이 과정에서 수학적으로 엄밀한 화재보험제도의 기초가 구축되었다. 그 대략을 아래 예를 통해 간단히 살펴본다.

보험 계산의 간단한 예

- 1만 채의 집이 있는 도시에 집 한 채 값이 3억 원이라 하자.
- 화재로 인해 5년간 (평균적으로) 두 집이 불탔다.
- 보험회사는 화재가 난 집에 (5년에 한 번) 총 6억 원을 지불한다.

그러면 1년 적립금은

$$6\text{억 원} \div 1\text{만 채} \div 5\text{년} = 12,000\text{원}$$

보험의 구조와 종류

사회보험 - 국가, 강제, 비영리 -	{	산재보험
		실업보험
민간경제보험 - 민간, 임의, 영리 -	{	국민건강보험
		국민연금
		생명보험(여러 종류가 있다)
		손해보험 (화재·도난 해상·건물 자동차·선박 등)

생각해보면

보험금 지불과 계약의 유효

‘보험’ 하면 보험금 사거나 보험금 관련 살인 사건 등에 관한 소식을 접하기 쉬운 까닭에 현대에는 많은 이들이 보험에 대한 부정적인 인상을 받기도 한다. 그럼에도 사람들은 보통 의료보험, 자동차보험, 교육보험 정도는 가입하며, 결코 보험과 무관할 수 없다. 화재보험을 예로 들어 계약 기간의 중요성에 대하여 구체적으로 알아보자.

A씨는 아래와 같이 한 화재보험 회사와 보험계약을 하고 있다. 올해 바빠서 내년 계약을 미리 연장하는 것을 잊어버렸다. 운이 나쁘게 기한이 끝나는 당일에 옆집에서 불이 나서, 이웃집에 불이 옮겨 불기 시작했고, A씨의 집도 위태해졌다. 가까운 공원의 시계를 보니까 금방 오후 4시가 될 것 같다.

이 경우 자신의 집에 불이 옮겨지기 전에 불이 꺼지면 좋지만, 보험 계약서가 다음을 의미하는 경우 어떻게 되는가?

- (1) 오후 4시 전에 자신의 집이 불에 타면 보험금이 지불된다.
- (2) 4시를 1초라도 지나면 보험금이 지불되지 않는다.