

수치예보의 선구자 L.F. Richardson, 그리고 정치학

연세대학교 홍성유

필자가 1990년 여름 콜로라도의 NCAR를 방문하여 연구를 수행하던 중 한인 유학생들과 접할 기회가 있었다. NCAR가 위치한 Boulder는 기상학의 도시라 할 만큼 일반인들도 기상학에 관심이 많다. 날씨 현상에 관한 여러 가지 질문을 받던 중, 정치학 전공인 한 학생이 이런 질문을 했다. "Tornado가 발생하려면 풍속이 얼마 이상이어야 하나?", 또는 "특이 현상이 발생하는 기상 변수의 임계 값이 무엇이나?" 자연과학도가 아닌 사람이 기상학에 대하여 관심이 많다고 생각했는데, 그의 전공 분야에서 선구자가 L.F. Richardson이라는 것을 듣고 내 귀를 의심하지 않을 수 없었다. 그는 한 논문을 건네 주면서 서론을 읽어 내려갔다. 첫 머리에, "Richardson (1919,1960)의 무기 증강 연구는 국가가 어떻게 국방력에 예산을 투자하는 데에 대한 분석적이고 전략적인 기초를 다진 선구적 연구"로 시작되었다. 기상인들은 주지하듯이 Richardson은 수치예보의 선구자이다. 이 글에서는 군비경쟁에 관한 하나의 논문(Ward, 1984)을 중심으로 Richardson이 정치학에 끼친 영향에 대하여 기술하고자 한다.

영국 태생의 Richardson은 1차 세계대전 중 군용 앰블런스 운전사로 복무했다. 평화주의자이며 인도주의자인 그는, 기상관측이 전쟁의 도구로 이용되는 것에 회의를 느껴, 무기증강과 관련된 각국의 노력에 관심을 가지게 되었다. 다음은 Ward (1984)가 Richardson의 군비경쟁 모델을 미소간의 군비 예측에 적용한 수치 방정식이다.

$$\frac{dx}{dt} = \alpha_{11}(Y - X) - \alpha_{12}x' + \alpha_{13}ATP + \alpha_{14}KOR + \alpha_{15}VN$$

$$\frac{dy}{dt} = \alpha_{21}(X - Y) - \alpha_{22}ySOVPL + \alpha_{23}RPT$$

$$\frac{d \ln X}{dt} = \alpha_{33}(\ln X^* - \ln X), \text{ where } \ln X^* = -\alpha_{31}X + \alpha_{32} \ln x$$

$$\frac{d \ln Y}{dt} = \alpha_{43}(\ln Y^* - \ln Y), \text{ where } \ln Y^* = -\alpha_{41} \ln Y + \alpha_{42} \ln y$$

여기서 x, y는 미국과 소련의 국방비, x'은 전쟁에 사용되지 않은 국방비, X, Y는 미소의 군비 재고, ATP는 미국이 소련에 대한 긴장감, RPT는 소련이 미국에 느끼는 긴장감, VN은 미국이 베트남 전쟁에서 지출한 국방비, KOR는 한국전쟁에서 지출한 국방비, SOVPL은 소련의 경제 제도에 대한 지수이다. Ward는 이상의 방정식을 수치적으로 풀어 미국과 소련의 군비를 시뮬레이션 하였다. 그림 1에서 보듯이 실제 자료와 시뮬레이션 결과는 대체로 잘 일치하고 있다.

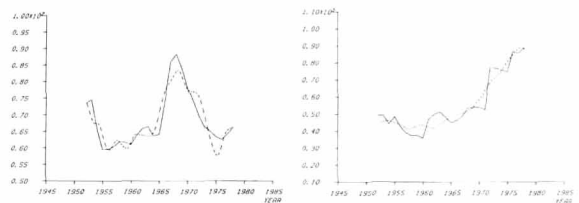


Fig. 1. 미국(왼쪽)과 소련(오른쪽)의 국방비 예산의 연별 경향. 실선은 실제 값이며 점선은 수치모형으로 시뮬레이션 한 것임. 단위는 1970년 미화 10억불임(Ward (1984)에서 발췌).

여기서 놀라운 것은 위의 방정식 및 분석이 기상학의 수치 모형과 아주 흡사하다는 것이다. X, Y, x, y 는 대기의 예단 방정식인 u, v, T, q 와 비교되며, 우변의 항들은 수치모형의 강제력 항들에 비견된다. 시뮬레이션 결과의 검증과 모형의 불확실성에 대한 보완도 기상학 모형과 아주 흡사하다. 정치학에 이와 같은 과학적 접근 방법은 획기적임에 틀림없다. 그의 모델은 정치학의 다른 분야에서의 계량적 연구의 발전에 지대한 공헌을 하였으나, 불행히도 Richardson 이론을 바탕으로 한 군비경쟁 연구 자체는 쇠퇴한 상황이라고 한다. 현대의 복잡한 정치 요소들, 기상학에서 보면 “비선형 물리 과정”을 표현하는 데 어려워져 그렇지 않나 싶다. 반면, 그의 업적은 기상학에서 꽃을 피웠다.

Richardson은 1922년 발간된 저서, “Weather prediction by numerical processes”에서 수치모형을 이용한 기상예보를 시험하였다. 그가 사용한 방정식은 완전 원시 방정식계로 200 km 격자의 4층 모형으로 현재의 원시 방정식계 수치모형의 그것들과 놀랍게도 큰 차이가 없다. 독일을 중심으로 선택한 모형에서 기압 방정식을 적분한 결과, 6 시간 동안 146 hPa의 엉뚱한 결과를 생산하였다. 그의 실험은 실패하였고 그의 업적은 세월 속에 묻히었다. 그러나 그의 시도는 훗날 학자들의 표적이 되었으며, 현대 기상학의 열매를 맺게 하였다. 즉, 실패의 원인은 관측자료의 절대 부족에 따른 초기장의 비균형에 의한 중력과 잠음 때문인 것으로 분석되었다. 어떤 사람은 CFL 조건 위배라고 하는 데, 그는 6 시간을 한 적분 시간 간격으로 계산했기 때문에 계산 불안정은 적용되지 않는다. 이와 같은 결론은 Rossby, Charney 등 뛰어난 학자들이 대기의 흐름을 이해하고 규모 분석함으로써 밝혀 졌으며, 이는 현대 기상학의 모체가 되었다. 다시 말해서 Richardson 의 시도가 현대 기상학을 태동시켰다고 볼 수 있는 것이다.

Richardson은 그의 수치예보 실험의 실패를 회고하면서, 다음과 같은 말을 했다. “아마도 언젠

가는 기상현상의 진행보다 빠른 컴퓨터가 개발되어 대기를 수치적으로 적분하는 것이 가능할 것이다. 그러나 그것은 단지 꿈일 뿐 (But, That is just a dream) 이다.” 라고, 40 여년이 지나 그의 꿈은 실현되었고, 오늘날 일기예보 하면 수치예보를 떠올린다. 오늘날 단기 예보는 물론, 계절 예보, 기후 변화에 있어서도 역학적 수치모형은 그 비중이 더해 간다.

이 글을 맺으면서, 꿈만 같은 여러 생각을 해 본다. 현재의 대기 과학은 무언가 획기적인 돌파구가 없다고 들 한다. 21 세기 기상학은 막대한 관측 자료와 수치 모형에 의존하여 상당한 결과를 산출하지만, 오래 전 정립된 이론의 굴레에서 벗어나지 못한다고 할 수 있다. 아마도 이제는 무언가 새로운 그것을 찾아야 할 것이다. 복잡한 대기 현상의 수수께끼를 풀 수 있는 시도를, 제 2의 Richardson dream 과 같은 획기적인 실험을 할 시기가 온 것은 아닐까? 어쩌면 해답은 이미 어디엔가 있을지도 모른다. 도서관에 가서 1950-60년대의 기상학 논문을 찾아보는 것은 어리석은 시도일까?

끝으로, 이 글에 결정적인 동기를 부여한 최운도 정치학 박사님께 깊이 감사 드린다. 필자에게 수치 모델링의 진정한 의미를 깨우쳐 주신 이동규 교수님과, 기상학 전반에 대하여 폭 넓은 의견을 나누는 Kalnay 박사와 Kanamitsu 박사님께 감사 드린다.

참고문헌

- Richardson, L.F., 1922: Weather prediction by numerical process, Cambridge University Press, reprinted Dover, 1965, 236pp.
- Richardson, L.F., 1919/1960: Arms and security. Pittsburgh: Homewood.
- Ward, M. D., 1984: Differential paths to parity: A study of the contemporary arms race. The American political science review, 78, 297-317.