

국내 보건학 분야 학술활동의 군집화와 ‘두 문화’ 현상
- 보건행정학회지(1991~2006) 게재논문의 공저자 네트워크 분석 -

정민수[†], 정동준^{*}

서울대학교 보건대학원, 위스콘신대학교 통계학과^{*}

<Abstract>

**Co-author · Keyword Network and its Two Culture Appearance
in Health Policy Fields in Korea:
Analysis of articles in the Korean Journal of Health Policy
and Administration, 1991~2006**

Min Soo Jung[†], Dong Jun Chung^{*}

Dept. of Medical Sociology, Graduate School of Public Health, Seoul National University

Dept. of Statistics, University of Wisconsin-Madison^{}*

This research analyzed knowledge structure and its effect factor by analysis of co-author and keyword network in Korea's health policy and administration sector.

The data was extracted from 339 articles listed in the Korean Journal of Health Policy and Administration, and was transformed into a co-author and keyword matrix. In this matrix the existence of a link was defined by impact factors which were calculated by the weight value of what the role was and the rate of how many authors contributed. We demonstrated that the research achievement was dependent on the author's status and network index. Analysis methods were neighborhood degree, correspondence analysis, multiple regression and the difference of weight distribution by research fields.

* 접수 : 2008년 3월 6일, 심사완료 : 2008년 6월 9일

† 교신저자 : 정민수, 서울대학교 보건대학원(02-3668-7877, snu6449@snu.ac.kr)

Co-author networks were developed as closeness centrality as well as degree centrality by a few high productivity researchers. In particular, power law distribution was discovered in impact factor and research productivity. The effect of the author's role was significant in both the impact factor calculated by the participatory rate and the number of listed articles. Especially, this journal shared its major researchers who had a licensed physician with the Journal of Preventive Medicine and Public Health. Therefore, social scientists were likely to be small co-author network differently from natural scientists. It was so called 'two cultures' phenomenon.

This study showed how can we verified academic research structure existed in the unit of journal like as citation networks. The co-author networks in the field of health policy and administration had more differentiated and clustered than preventive medicine and epidemiology fields.

Key Words : Health Policy, Sociology, Interdisciplinary Communication, Korea

I. 서론

흔히 STS(Social Studies of Science)라 불리는 과학의 사회학적 연구는 과학지식의 생성 과정을 비판적으로 해석하면서 과학과 사회의 관계를 분석하거나 과학의 사회적 구조화에 대해 연구한다(Barnes 등, 1996). 이러한 현상은 개인들의 학술활동을 거시적으로 이해하면서 드러나는 경우가 많은데 이 연구는 과학 구조화 연구의 하나로 논문 공저자 네트워크(co-author network)와 핵심어 네트워크(keyword network)를 이용하여 보건행정학 분야 과학자 공동체를 탐색하였다.

현재 최상의 학술적 연구는 S/SCI에 게재되는데, 이는 JCR(Journal Citation Report)에서 매년 각 학회지와 개별 논문의 파급효과지수를 IF(Impact Factor)로 척도화하여 영향력의 정도를 계산한 것이다. 그러나 피인용지수나 인용반감기와 같은 척도는 학문 분야별로 인용 패턴이나 연구 주기가 다른 것을 고려하지 못하며 개별 학회지마다 최종 게재에 걸리는 시간이나 편집자의 역할을 확일적으로 간주한다. 특히, 종설의 경우 평균적으로 인용 빈도가 높다는 점을 무시하며 IF를 통해 인용에 대한 왜곡된 유인을 제공하기도 한다. 이러한 경우 피인용을 통해 개별 논문의 질을 반영하고자 한 취지는 사라지기 때문에 오히려 연구자들의 학술활동에 직접 기반하는 방법이 학술활동의 계량화에 효과적일 수 있다(정민수와 정동준, 2008).

이 연구는 STS 이론과 네트워크 분석을 바탕으로 단위 학회지를 대상으로 논문 피인용 정도가 아닌 연구자 학술활동 정도를 바탕으로 IF를 구하였다. 이러한 방법은 한정된 연구자들이 활동하는 전문 학회지에 일정 기간 투고된 논문을 대상으로 그 분야에서 활동하는 과학자들의 공저자 네트워크와 연구주제를 다차원적으로 파악하는데 도움을 준다. 특히, 상이한 학문분야의 연구자들이 함께 투고를 하거나 학제적 연구가 활발한 학회지를 탐구할 경우 인문문화와 과학문화 사이의 '두 문화' 현상이나(Snow, 1959), '경성과학(hard science)과 연성과학(soft science) 사이의 차이'(Storer, 1967)가 드러날 수 있다. 예컨대, 자연과학자와 사회과학자들이 함께 활동하는 보건학 분야의 학회지가 이러한 공동저술 활동의 차이가 있다는 가설이 가능하다.

공저자 네트워크는 한 편의 논문을 같이 쓴 과학자들 사이의 상호관계이며 핵심어 네트워크는 논문 한 편에 제시된 주제어를 통해 구조화된 지식을 드러내는 지식의 네트워크이다. 네트워크 분석을 통해 이러한 과학자들의 연구행위를 분석하면 과학자 공동체에서 지식이 생산되고 공유되는 양상을 역동적으로 파악할 수 있기에 공저자, 핵심어, 인용 네트워크에 대한 연구는 국외의 주요 학회지에서 지식 구조화를 측정하는 도구로 꾸준히 적용되어 왔으며(Garfield, 1972; Garfield, 1992; Li 등, 2005), 특히 계량서지학(Bibliometrics) 분야에서 발전하였다(Narin과 Moll, 1977).

네트워크 이론의 입장에서 볼 때 공저자 네트워크는 멱함수 분포(power law)에 따라 '좁은 세상(small world)'의 특징을 보인다(Erdős와 Rényi, 1961; Buchanan, 2002). 이것은 과학자들이 공동연구를 통해 자유롭게 지식을 생산하지만 소수의 공동연구자들과 핵심어가 학회지에서 두드러지고 다수는 그렇지 못한 현상을 말한다(Merton, 1973). 이러한 현상은 한편으로는 수리생물학 분야의 '감염병 전이 기전'(Murray, 2002)과 닮아서 학술활동에서의 쏠림 현상을 보여주며, 다른 한편으로는 공동연구에서 논문의 주제(what one says)가 중요한지 연구자(who one is)가 중요한지를 묻는다(Whitley, 1984). 학술활동은 연구자의 개인적인 문제이기도 하지만 해당 학문분야의 사회적 구조화 결과에 영향을 받기 때문이다(Collins, 1975).

이 연구는 지난 16년간 보건의정학회지에 게재된 논문, 공저자, 핵심어를 분석하여 주요한 연구자 군집과 연구 생산력에 영향을 미치는 요인을 분석하고 학술활동에서 나타나는 '두 문화' 현상을 검토하였다. 그리고 이를 통해 1990년 이후 국내 보건정책 분야 연구의 전반적인 특징과 향후 과제를 논의하였다.

II. 연구자료 및 방법

1. 연구대상

연구자료는 1991년(1권 1호)부터 2006년(16권 4호)까지의 한국보건행정학회지이다. 이 기간 동안에 투고된 원저는 339편이었고 공저자는 총 483명이었다. 이 학회지의 경우 거의 원저만을 게재했기에 2001년(11권 2호)에 이례적으로 게재된 두 편의 특집은 제외하였다.

간행된 보건행정학회지를 통해 해당 자료를 코딩한 후에 n 편의 논문에 k 명의 저자를 열과 행으로 하는 SAS/IML procedure를 만들고 이를 변환하여 339×483 의 협업 행렬을 얻었다. 그리고 네트워크 효과가 아닌 연구자의 개별 효과를 판별하기 위한 속성 변수로 논문의 게재년도, 저자의 소속기관 등을 추가 입력하였다.

2. 연구방법

이 연구는 정민수와 정동준의 선행 연구(2008)를 바탕으로 학술지에서 제공되는 논문 공저자 정보를 이용하여 핵심 연구자들의 군집과 학술지의 주요 연구주제를 분석하였다. 최근의 계량서지학에서는 중심성 분석을 적용해 학문 분야의 네트워크 구조를 탐구하기도 하지만 관계의 정도를 반영하지 못한다는 비판이 있다(이재운, 2006). 공저자 관계를 노드(node)로 보는 이 연구에서는 이러한 문제가 야기되지 않지만, 연구 생산력과 피인용지수를 구할 때 '직접 셈하는 방식'(Cole과 Cole, 1973)을 취하는 것은 적절하지 않기 때문에 이를 개선하는 방법을 제시할 필요가 있다(Lindsey, 1980; Bremholm, 2004). 이 연구는 이를 위한 방법론적 개선으로 저자지위와 기여분에 따라 가중치를 부여하는 방법을 취했다.

모형의 설계는 다음과 같다. 우선, 2인의 공동연구는 1저자와 책임저자가 다를 경우 1저자와 책임저자 각각에게 0.3과 0.2의 값을, 제1저자이면서 책임저자인 저자(이하 책임1저자로 명명)가 있는 경우에는 책임1저자와 일반저자 각각에게 0.4와 0.1의 값을 주었다. 3인 이상의 공동연구의 경우 제1저자와 책임저자가 다를 경우에는 제 1저자와 책임저자 각각에게 0.3과 0.2의 값을, 책임1저자가 있는 경우에는 책임1저자에게 0.4의 가중치를 부여했다. 일반저자들은 0.5를 $1/n$ 로 나눈 값을 가중치로 갖도록 하되 각 일반저자는 0.1 이상의 가중치를 가질 수 없게 하였다. 따라서 공동저자가 7명 이상인 경우 각 일반저자는 0.5의 가중치를 $1/n$ 로 균등하게 나누어 가지므로 각 일반저자의 가중치는 0.1을 넘을 수 없고, 공동저자가 6명 이하인 경우에는 일반저자 각자는 0.1을 가중치로 갖는다. 이와 같은 방식으로 각 저자에게 가중치를 부여한 후, 최종적으로 모든 저자들의 가중치 합이 1이 되도록 표준화하였다. 결국

이 연구는 각 일반저자의 가중치가 1저자, 책임저자 및 책임1저자의 가중치에 비해서 언제나 일정비율로 작은 값을 가지도록 하여 과대 및 과소 추정의 문제가 없는 SAS procedure를 구성하여 IF값을 산출하였다.

결국 첫째 저자지위를 반영하기 위해 1저자와 책임저자, 책임1저자에 정해진 값을 주고, 둘째 논문의 공저자 수만큼 기여분을 할당하였으며, 셋째 행의 합이 일정하도록 표준화하였다. 추출된 네트워크는 행과 열이 다른 이원 협업 네트워크(two-mode affiliation network)이므로 행렬 변환을 통해 열과 열로 구성된 483*483 일원 공동참여 네트워크(one-mode co-membership network)를 만들었다.

3. 분석도구

공저자 및 핵심어 네트워크 분석을 위하여 적용한 방법은 다음과 같다(Wasserman과 Faust, 1994). 첫째, 네트워크의 연결정도(neighborhood degree)를 보았다. 연결정도란 네트워크에서 특정 두 노드를 잇는 마디의 갯수를 말한다. 즉, Z_{ijk} 는 k네트워크에서 i행위자로부터 j행위자로의 관계가 연결된 정도 또는 그 반대 방향으로 관계된 정도를 의미한다. 이 연구에서는 행렬을 대칭화하여 방향성을 없앴기 때문에 공식은 다음과 같다.

$$\text{degree}_{ik} = \sum_{j=1}^N Z_{ijk} = Z_{ik}$$

둘째, 다차원척도(MDS: multidimensional scaling) 분석은 이웃 관계 네트워크를 유클리디안 거리 계수를 이용하여 임의의 좌표평면 k에 적합시켜 두 점 i, j의 상대적인 거리를 측정하는 방법으로 비유사성 행렬(dissimilarity matrix), 즉 $D=(d_{ij})$ 이다. 이 연구에서는 핵심어 행렬인 $X=(x_{ir}), i=1, \dots, n; r=1, \dots, p$ 로부터 이들 값이 구해졌는데, Minkowski 모형에 따른 공식은 아래와 같다. 여기서 비유사성 p-차원 공간의 개체 i와 j의 좌표점 $x_i=(x_{i1}, \dots, x_{ip})^n, x_j=(x_{j1}, \dots, x_{jp})^n$ 이 거리를 나타낸다. 유클리디안 거리 계수는 피타고라스 정리를 따르므로 이 공식에서 k는 2이다.

$$d_{ij} = \left[\sum_{r=1}^p |x_{ir} - x_{jr}|^k \right]^{1/k}, \quad k \geq 1$$

셋째, 대응분석은 다차원척도와 원리는 같으나 노드와 노드 간의 행렬관계가 아닌 노드가 다른 성격의 노드와 관계하는 것을 구조화 이원 협업 네트워크이다. 예를 들어 N을 행위자, M을 사건이라고 하면 행위자가 사건에 참여하는 것을 $N=\{n_1, n_2, \dots, n_g\}, M=\{m_1, m_2, \dots$

m_g)으로 나타낼 수 있으며 이것의 연합행렬은 $A=(a_{ij})$ 가 된다. 여기서 g 명의 행위자와 h 개의 사건을 상징하면 A 는 $g \times h$ 의 행렬이 되는데, i 번째 행위자가 j 번째 사건에 참여하면 1의 값으로 그렇지 않으면 0의 값으로 코딩을 하게 될 경우 $g+h$ 개의 행과 $g+h$ 개의 열로 구성된 이분 행렬이 도출되고 행위자와 사건 사이의 관계가 하나의 차원으로 표현된다. 이 연구에서는 저자와 핵심어의 결합으로 지식 구조를 드러내는데 이 방법을 적용하였다.

기여분을 고려한 공저자 네트워크의 행렬 변환에는 SAS/IML 9.1을 이용하였고 분석은 NetMiner 3.1을 사용하였다.

III. 연구결과

1. 전체 네트워크 분석

1) 이웃관계 지표

483*483의 공저자 네트워크에서 이웃관계의 합, 즉 총 노드수는 2,604이고, 평균은 5.391, 표준편차는 5.740, 범위는 0부터 42까지였다. 고립자는 25개, 종속자는 69개이며, 네트워크의 포섭 정도는 94.8%였다. 즉, 단독 투고만을 한 연구자는 5.2%였는데 이러한 수치는 예방의학 회지보다 꽤 높은 수치이다. 이것은 보건행정학회지에 활동하는 사회과학 전공자들의 저술 문화를 반영하는 것으로 보이는데 보통 국내 사회과학 학회지에서 4명 이상이 공저자로 등록되는 경우가 극히 드물기 때문이다.

지난 16년간 보건행정학회지의 전체 공저자 네트워크를 도해하면 연구활동의 군집화 정도를 파악할 수 있다. 그림 1은 연구자와 그들의 공동연구 여부를 각기 노드와 링크로 하는 전체 네트워크인데, 이해의 편의를 위해 공동연구 수행의 정도를 링크의 굵기로 표현하지는 않고 이분화된 값의 행렬로 구하였다(기준점=0). 이 결과를 연구 생산력이 높은 일부 저자를 예로 들면서 설명하면, A군집은 Moon OR(IF Rank=1), B군집은 Kim CY(IF Rank=15), C군집은 Park JY(IF Rank=7), D군집은 Jung WJ(IF Rank=49)이다. 우선, A와 B군집은 전체 네트워크를 U자 형태로 만드는 요인인데, 특히 좌측편의 강한 군집과는 달리 A와 B로 서로 분절되는 양상을 보인다. 이러한 공저자 네트워크는 소속된 기관이나 연구영역, 그리고 의도적 지향에 따른 미시적 행위의 거시적 결과이다. 일부 지방에 있는 연구자들의 경우 거리의 제약으로 C군집과 같이 중심 네트워크에 종속되거나 제약되며, 수도권에 있다 하더라도 핵심적인 연구자들과 공동연구를 하지 못했다면 D군집과 같이 주변에 위치한다.

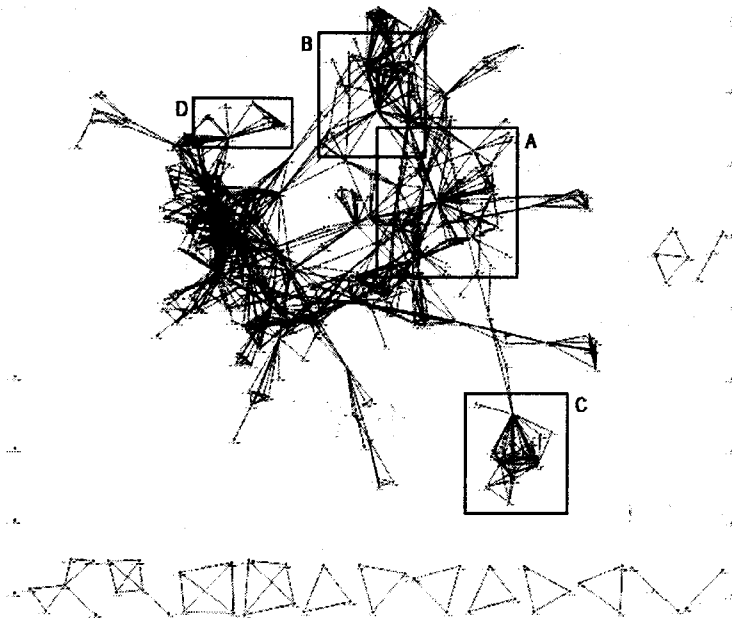


Fig. 1. Co-author matrix drawn by GEM* (483*483)

*Frick, Ludwig and Mehldau's Graph Embedder algorithm

2. 핵심 공저자 네트워크 분석

1) 군집화

위의 공저자 네트워크는 전체 네트워크 구조를 이해하는데 도움을 주는데, 이것은 다시 핵심적인 구조로 환원이 가능하다. 그래서 보건행정학회지의 주요 공저자를 영향력 지수가 10 이상인 연구자로 정의한 후에 지수값 상위 73명을 추출하였다(node=73, link=248). Jaccard coefficient를 거리 척도로 구하여 이웃 관계를 살펴본 결과 영향력 지수의 평균은 3.397, 표준편차는 3.259이었다. 그리고 값의 범위는 0~12로 나타났다. 핵심 공저자 네트워크의 잠재적 관계를 살펴보기 위하여 종속자를 제외하고 다시 57인의 행렬을 추출하였다.

결과에 따르면 좌우에 각각의 군집이 뚜렷하지만 그 특징은 상이한 네트워크가 나타났다(Figure 2). 우측 군집 D의 공동연구자들은 연세의대를 중심으로 이화대의, 아주의대 등이 강하게 중복 결속된 것이었다. 반면에, 좌측 군집은 서울대학교 보건대학원을 중심으로 A(Moon OR)와 B(Kim CY)가 각기 분절된 집단을 형성하고 있었다. 그리고, 여기에 하위 집단 C, 즉 한림의대가 결합되어 있었다. 상세하게 살펴보면, A는 Moon OR을 중심으로 한 단

핵 구조이지만, Kim CY와 Bae SS가 연결되며, B는 Kim CY 본인이 직접 Choi KS와 관계되어 핵심 네트워크에 영향을 줄 수 있었다. 반면에 Kim BY, Han DS, Lee YJ가 속한 C는 매개자인 Bae SS를 통해서 Jo HS에 접속되므로 핵심 네트워크 내에서 사이성 효과를 누릴 수 있었다. 마지막으로 D는 Sohn MS, Cho WH, Kim HJ, Park EC가 주도하는 다핵 구조로 Lee HJ, Park CY, Kim YK, Lee SH와 같은 동문들로 결속되어 있었다. 결국, 좌측의 군집은 서로 느슨하게 결속되어 있으면서 3개의 분리된 쌍방 구성집단들을 형성하고 있었으나, 우측의 군집은 강하게 중첩 결속되어 하나의 단일한 쌍방 구성집단으로 발달했다. 쌍방 구성 집단이라는 것은 두 노드쌍 사이에 최소 두 개의 상이한 경로가 존재하고 절절점(cutpoint)이나 교량(bridge)을 제거하고도 남는 관계의 덩어리이다(Wasserman과 Faust, 1994). 이러한 결과는 보건행정학회의 연구와 담론을 주도하는 상이한 군집들이 있으며 그 영향력이 전체적으로 파급효과를 미치고 있음을 보여준다.

다만, 핵심 공저자 네트워크에도 전체의 32%는 링크가 끊어져 있었다. 17명은 고립자였고, 2개의 링크[(Cho H, Park JH), (Jung YH, Lee KJ)]와 1개의 다이어드[(Kam S, Cha BJ, Park JY)]가 존재했다. 이들은 위의 중심 네트워크와는 달리 전체 네트워크를 산포시키는 역할을 한다.

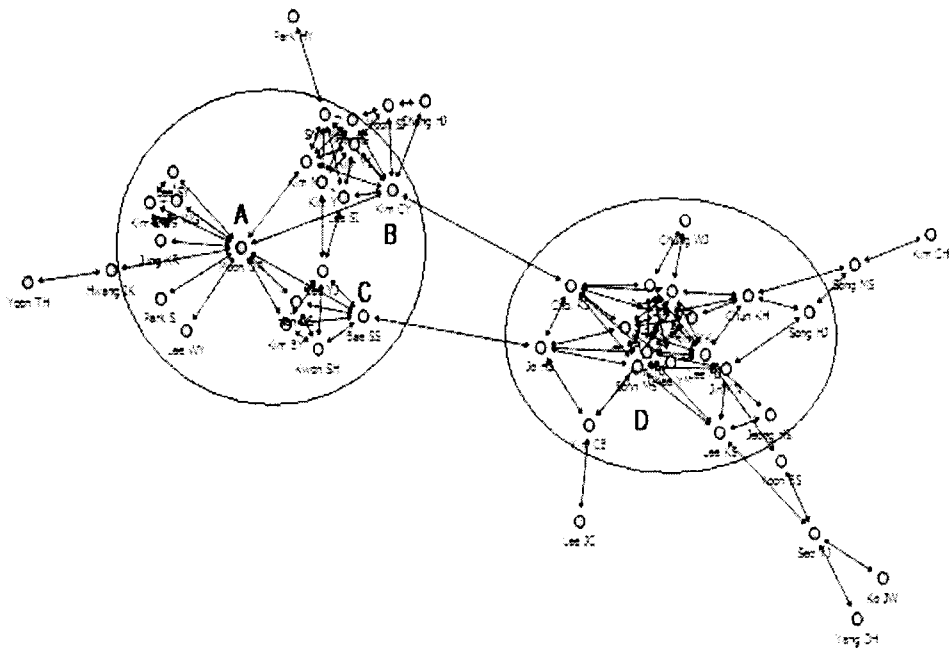


Fig. 2. Core co-authorship networks using spring-FR* (73*73; IF \geq 10)

*Fruchterman & Reingold

2) 멱함수 분포

공저자 네트워크는 사례들이 평균값을 중심으로 정규 분포하지 않고 소수의 집중된 사례에서 기하급수적으로 감소하는 멱함수 분포를 보인다. 즉, 지수함수 $y=ka^x$ (X, Y)는 곡선 함수이고 $(\log X, \log Y)$ 는 $\log Y=x\log A+\log K$ 인 직선함수라면, 멱함수 $y=kx^a$ (X, Y)는 곡선 함수이고 $(\log X, \log Y)$ 는 $\log Y=a\log X+\log K$ 인 직선함수이다. 이러한 멱함수 분포는 전체 네트워크의 구조를 지배하며 그것을 좁은 세상 효과로 만드는 허브의 역할로 대변되는데, 네트워크는 허브를 통해 전반적인 경로 거리가 급격히 단축된다(Barabási, 2002). 이 연구에서 기여분 할당을 통해 계산한 공저자의 IF는 멱함수 분포를 보였다.

공저자 활동을 통한 영향력 지수는 Moon OR(81.16), Lee KS(63.86), Seo YJ(63.02), Jeong HS(62.52), Kim HJ(60.36), Cho WH(55.44), Park JY(54.61), Lee SH(53.00), Lee KJ(46.00), Kim BY(45.35)의 순으로 높았다. 그러나 네트워크에서의 높은 영향력이 반드시 논문 편수에 비례하는 것은 아니다. 여기에는 효율성의 문제가 고려된다. 이 연구에서 적용한 기여분 계산 공식에 따르면 공동연구에서 특정한 저자의 역할을 하거나 공저자 수가 적으면 IF가 상승한다. 그러나 공동연구자의 수가 너무 작으면 네트워크 내에서 충분한 링크가 없어 오히려 배제된다.

저자 역할(제1저자 횟수, 책임저자 횟수, 책임1저자 횟수)을 반영한 영향력 지수 상위 20인의 연구활동 특징을 살펴보면(Table 1), 게재 편수가 많을수록 상대적으로 높은 순위를 보였다. 그러나 제1저자나 책임저자의 역할을 하면서 평균 공저자수가 작은 연구자들은 논문 편수에 비하여 상대적으로 높은 지위를 나타냈다. 이것은 기여분 가중치를 준 것 이상이었었는데 연구생산력이 높은 다른 저자들과 공동연구를 많이 한 결과로 풀이되었다. 다만, 저자지위의 가중치는 공저자 수가 상대적으로 적은 경우에 다소 증폭되어 사회과학자들의 공저자 활동이 상이한 영향을 주는 것이 아닌지 의심되었다.

과학의 사회적 구조화 이론은 연구성과의 경우 연구자가 소속된 집단의 규모, 생산성, 핵심 저자의 유무와 같은 사회적 상황에 의해서도 영향을 받는다는 것을 지적한다(강민구, 2004). 483명의 공저자가 포함된 소속기관 141개소의 게재 논문 편수를 집계한 결과 여기에서도 멱함수의 분포가 나타났는데, 연세대학교 보건대학원 및 보건학과(106회), 연세의대(93회), 서울대학교 보건대학원(72회), 서울의대(51회), 한림의대(46회), 경북대학교 보건대학원(38회), 보건산업진흥원(36회), 보건사회연구원(30회), 이화의대(29회), 아주의대(28회)의 순으로 높은 분포를 보였다.

그런데 공저자 네트워크에서의 개인 효과와 네트워크 효과를 구분하는 것도 중요하다. 이를 위하여 네트워크 중앙에 위치하는 상위 10인의 중심성과 구조적 공백 지표를 정리하였다

Table 1. Number of articles and author status characteristics among impact factor top 20 authors

	Total paper	Number of A*	Number of B*	Number of C*	Mean of co-author	Year**	Impact factor
Moon OR	22	1	0	6	3.31	1991	81.16
Lee KS	10	0	0	6	3.00	1991	63.86
Seo YJ	13	0	4	7	2.00	1995	63.02
Jeong HS	9	0	1	8	2.22	1995	62.52
Kim HJ	20	1	1	5	4.90	1991	60.36
Cho WH	21	0	2	4	4.57	1991	55.44
Park JY	15	0	2	5	3.26	1992	54.61
Lee SH	16	2	2	8	4.62	1992	53.00
Lee KJ	6	1	0	3	1.50	2000	46.00
Kim BY	9	0	0	5	3.44	1991	45.35
Bae SS	10	0	1	3	4.50	1992	41.52
Chun KH	10	0	0	7	3.20	1994	41.16
Kim YK	7	2	0	3	4.28	1994	36.83
Han DS	8	0	0	3	3.75	1991	33.69
Kim CY	13	0	1	2	3.92	1991	32.61
Park HY	5	1	0	3	2.20	1995	31.78
Kim YI	11	0	0	1	3.27	1991	30.24
Park JS	3	0	0	3	1.00	2004	30.00
Kam S	9	0	1	2	4.00	1992	27.92
Jung KT	5	0	0	3	2.00	1994	23.49

* Author status : A(1st author), B(correspondant author), C(both A and B author)

** Year : Year of the first paper listed

(Table 2). 여기서 연결망 중심성은 지역 중심성(degree centrality)과 전체 중심성(closeness centrality)으로 구별된다. 전자는 연결된 노드수에 비례하는 것이며, 후자는 다시 두 가지로 구분되는데 두 노드를 연결하는 최단 경로거리의 합에 반비례하는 인접 중심성, 그리고 영향력이 높은 노드와 얼마나 연결되어 있는지를 나타내는 지위 중심성(status centrality)이 그것이다(Wasserman과 Faust, 1994). 일반적으로 인접 중심성이 전체 중심성으로 대표된다. 반면에 구조적 공백은 효율성(eficiency), 효과성(effective size), 집합성(aggregate constraint), 위계성(hierachy)으로 측정되는데 공저자 네트워크 내에서 연구자의 위치가 얼마만큼 중복이

적고 다른 연구자와 공동연구를 하는 것에 제약이 적은지의 여부를 계산한 것이다 (Wasserman과 Faust, 1994).

분석 결과 각 지표는 영향력 지수 상위 20인과 상당한 차이가 있었다. 물론 여기서 상위에 오른 이들은 기본적으로 링크가 많은 (즉, 공저 활동이 많은) 연구자들이었다. 그러나 중심성 지표와 구조적 공백 지표 간의 순위는 대부분 달라서 공저자 네트워크가 연구생산력만이 아닌 공저자들의 관계에 의해서도 많이 영향을 받는 것으로 나타났다.

Table 2. Network indexes among impact factor top 10 authors by individual effect and structural effect

Neighborhood degree	Centrality measure			Structural Holes measure		
	status*	closeness	efficiency	effective size	aggregate constraint	hierachy
Moon OR(12)	Kim HJ(1.5)	Choi KS(0.28)	Ko JW(1.0)	Moon OR(10.5)	Kwon SM(0.0)	Ko JW(1.0)
Kim HJ(12)	Sohn MS(1.4)	Kim CY(0.27)	Kim CH(1.0)	Kim HJ(7.2)	Kim KJ(0.0)	Kim CH(1.0)
Sohn MS(11)	Cho WH(1.3)	Kim HJ(0.26)	Park S(1.0)	Sohn MS(6.8)	Kim SO(0.0)	Park S(1.0)
Cho WH(10)	Park EC(1.2)	Sohn MS(0.26)	Park JH(1.0)	Kim CY(6.3)	Kim JM(0.0)	Park JH(1.0)
Kim CY(9)	Lee SH(1.2)	Jo HS(0.26)	Park HY(1.0)	Lee HJ(6.1)	Kim JH(0.0)	Park HY(1.0)
Lee HJ(9)	Choi KS(1.1)	Lee SH(0.25)	Seo YJ(1.0)	Cho WH(5.0)	Yoo KS(0.0)	Yang DH(1.0)
Lee SH(9)	Moon OR(1.1)	Cho WH(0.24)	Yang DH(1.0)	Lee SH(4.1)	Park JS(0.0)	Yoon TH(1.0)
Park EC(9)	Lee HJ(1.1)	Park EC(0.24)	Yoon BS(1.0)	Seo YJ(4.0)	Park HA(0.0)	Lee KJ(1.0)
Choi KS(8)	Kim CY(1.0)	Bae SS(0.24)	Yoon TH(1.0)	Chun KH(4.0)	Ban DJ(0.0)	Lee WY(1.0)
Park CY(7)	Park CY(0.9)	Moon OR(0.24)	Lee KJ(1.0)	Choi KS(4.0)	Paik SK(0.0)	Lee JC(1.0)

* Kats status, attenuation factor=0.5

3. 핵심어 네트워크 분석

핵심어 네트워크는 학술활동의 구조를 좀 더 입체적으로 파악하기 위해 이루어졌는데, 우선 전체 339편 논문들의 핵심어를 설명변수, 반응변수, 연구대상을 기준으로 2개씩 추출하였다. 다음으로 덴드로그램(dendrogram)을 그려 의미가 유사한 것들끼리 서로 묶어 나갔고 그 결과 총 136 종류의 핵심어가 개별 논문에 부여되었다. 그리고 핵심어와 공저자의 136*483 협업 행렬을 일원 핵심어 네트워크로 변환하여 classical-MDS를 도출하였다.

MDS는 관련성에 따라 단어들을 상대적으로 배치시키는데 같은 공저자들에서 연구된 횟수가 높은 핵심어일수록 사분면에서의 거리가 가깝다. 그러므로 공통적으로 연구되었던 핵

심어들은 사분면의 중앙에 위치하지만 전문적으로 연구되었던 핵심어들은 원점에 멀리 위치한다. 사전에 집계한 핵심어의 빈도를 보면 health care utilization(35), national health insurance(33), economic analysis(31), health center(27), physician(26), DRG(23), job satisfaction(22), medical error(21), separation between prescribing and dispensing of drugs reform(20), combined of oriental and western medicine(19)였는데, c-MDS 분석을 수행한 결과 보건행정학회의 핵심어들은 연구주체의 분화가 상대적으로 분명하였다. 특히, 연구가 축적된 분야는 건강보험 재정 및 수가, 비용-편익 분석, 재원조달체계, 지불보상체계, 환자 만족도, 병원 수행성 평가, 그리고 의약분업이다.

결과에 따르면 이러한 특정 핵심어들의 군집은 다음과 같았다. A그룹은 health care utilization, market segmentation, B그룹은 national health insurance, C그룹은 geographic distribution, D그룹은 economic analysis, cost analysis, customer satisfaction, job satisfaction, E그룹은 health care expenditure, private health insurance, organization effectiveness, hospital performance, SERVQUAL, patient compliance였다. 이들 핵심어는 특정한 공저자들에 의해 지속적으로 연구된 보건행정학회의 전문 연구분야라 할 수 있다.

4. 공저자와 핵심어의 대응분석

분석을 종합하여 보건행정학 분야의 학술활동 구조를 도출하기 위해 공저자와 핵심어로 구성된 네트워크를 대응분석하였다(Figure 3). 우선 전체 483*136 행렬에서 거리값의 차이가 큰 집단을 추출하였는데, 이들은 분석자료에서 단 한번만 연구되었던 최소한 핵심어 22개였다. 이를 제외한 결과 437*115의 행렬이 최종적으로 대응분석에 사용되었다.

대응분석 결과 다음과 같은 전문적 연구 분야가 드러났다. A그룹에서 (Lee WB, Lee BS, Kim JS, Choi YH, Park MH, Huh GH, Choi EY, Lee SJ, Park HA)의 핵심어는 nurse였고, (Kim MJ, Kim MG, Bae SK, Shin HS, Yoo WS, Kim JS, Ko Y, Kim JY, Jhang SR)의 핵심어는 ambulatory care와 health care expenditure였다. B그룹은 (Son MA, Yoon TH)의 social class, (Choi SM, Lee TB, Nam SY, Kim YS, Jang HS)의 performance indicator, (Shin JH, Kim JY, Jin YR, Jung JS, Frank Lichtenberg)의 new drug, (Yang JS, Jung BK, Sohn HS, Na BJ, Lee MS, Ko KW, Lee HY, Jung KT)의 self-medication, private health insurance, positioning이었다. C그룹은 (Park JH, Park EJ, Seol JW, Ahn JS, Oh HC, Jun EP, Huh HK)의 anti-smoking policy였다. 이것은 특정 연구자와 공저자들이 어떤 주제를 연구했고 앞으로 어떤 주제들의 연구가 보건행정학 분야를 선도할지 예측하는 도구로 활용 가능하다.

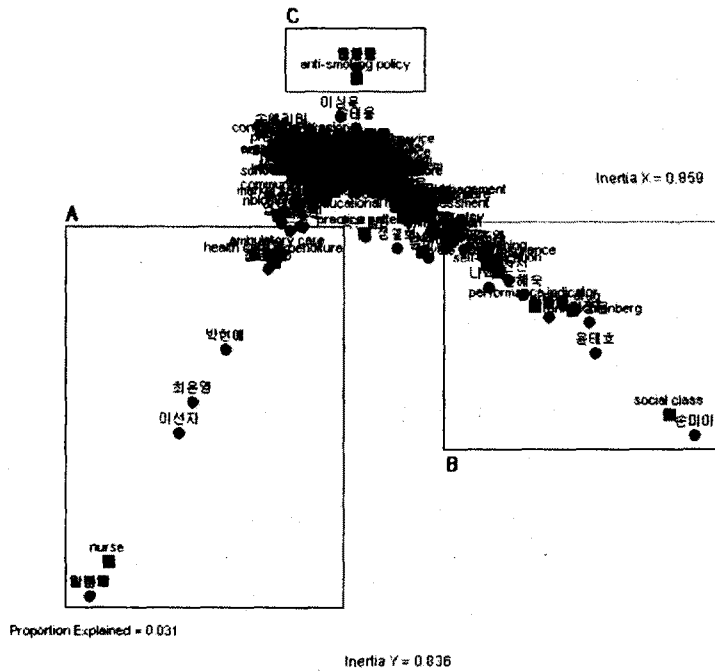


Fig. 3. Correspondence analysis of co-author and keywords network (437*115)

5. 계량분석을 통한 생산력 결정요인 분석

지금까지 연구생산력과 IF 지수가 구성되는 양상을 네트워크 구조로 살펴보았다. 아래에서는 다중회귀분석을 통해 연구자의 생산력 성과지표인 총 논문 편수와 영향력 지수에 대한 결정요인을 구하였다. 독립변수는 제1저자 편수[1st author, 이하 변수명], 책임저자 편수[corr. author], 책임1저자 편수[both], 처녀작 게재년도[year], 지역 중심성[degree]과 전체 중심성[closeness]이며, 종속변수는 게재 논문의 총 편수, 영향력 지수였다. 우선 변수의 특성을 파악하기 위하여 T-검정을 하였는데(Table 3), 성별에 따라 저자 지위의 형태를 분류한 결과, 남성은 총 논문 편수가 여성보다 유의하게 많았다(<.040). 그리고, 제1저자(<.033)의 평균값이 유의하게 높았다. 그러나 책임저자와 책임1저자 편수, 그리고 영향력 지수에서는 유의한 차이가 없었다.

다중회귀분석을 위해 독립변수들 중에서 잔차 산포도의 정상성을 만족하지 못하는 일부 극단값을 제외하였고 종속변수 중에서 영향력 지수의 경우 첨도가 높아 자연로그를 취하였다. 이 연구에서는 OLS 회귀분석의 BLUE 가정이 충족되어 각 노드에 대한 종속변수의 관

Table 3. Mean scores of independent variables by sex

Items	Male(N=280)	Female(N=100)	p-value
# of 1st author(A)	0.12±0.02	0.22±0.04	<0.033
# of corr. author(B)	0.18±0.03	0.14±0.04	0.216
# of A and B	0.75±0.06	0.61±0.13	0.972
# of total paper	2.44±0.18	1.97±0.21	<0.040
impact factor	9.15±0.66	7.11±0.92	0.102
year of the first paper listed	1998.83±0.27	2000.58±0.41	<0.043

찰값이 독립적이지 않을 때 사용하는 QAP(Quadratic Assignment Procedure)를 적용하지 않았다. 자료의 특성상 나타나는 자기상관 문제는 논문의 편수가 일정 정도 이상이 되어야 제1저자나 책임저자와 같은 지위 특성에 따른 효과를 파악할 수 있다는 점으로 인해 영향력 지수가 2 이상인 380명만을 분석에 사용하였다.

분석결과에 따르면 제1저자의 횟수, 책임저자의 횟수, 책임1저자의 횟수, 처녀작의 게재년도, 그리고 네트워크 분석 지표인 전체 중심성과 지역중심성이 총 논문 편수와 영향력 지수에 영향을 미치는 것으로 나타났다(Table 4). 이것은 기존 연구와는 구별되는 공동연구의 결정요인이다(강민구, 2004). 특이점은 전체 중심성이 상대적으로 발달한 예방의학회지나, 지역 중심성이 강한 역학회지와는 달리, 보건행정학회지는 이 두 가지가 동시에 발달하였다는 점이다. 비록 전체 중심성이 지역 중심성보다 효과가 크기는 하지만 서로 다른 방향으로 통계적으로 유의한 영향력을 미치는 점은 자연과학과 사회과학이 학제적인 연구를 하는 보건행정학회지의 고유한 특징이라 할 수 있겠다. 보통 전체 중심성은 SCI나 SCIE 학회지의 경우에도 일관되게 유의한 것으로 보고되기 때문에(이희재, 2003), 핵심 공저자 네트워크의 분화가 어떤 영향을 미칠 것인지 지속적으로 관찰해야 할 것이다.

6. 유관 학회지와의 공저자 일치성 분석

마지막으로 보건학 분야 학회지 간에 공저자들의 상관성을 알아보기 위하여 동일한 기간 동안에 보건행정학회지와 예방의학회지의 IF 상위 5%와 10%인 24명과 130명에 대하여 일치성을 분석하였다. 그 결과 보건행정학회지를 기준으로 24명 중에서 12명(50%)이 동일하게 예방의학회지에 랭크되어 있었다(Table 5). 이러한 결과는 두 학회지의 학술활동이 상당히 밀접하게 관련되어 있음을 보여준다. 그러나 역학회지와 비교하였을 경우에는 동일한 기준으

Table 4. A result of multiple regression both number of articles and impact factor

Dependant variable	Unstandardized coefficient		Standardized coefficient	t	R ²	Adj. R ²	
	B	std. err.	Beta				
number of enlisted articles	(constant)	87.733	11.611		3.528		
	1st author(A)*	.275	.058	.045	2.428		
	corr. author(B)**	.333	.041	.061	3.086		
	both A & B***	.819	.023	.349	16.774	.886	.884
	year***	-.044	.006	-.071	-3.515		
	degree***	149.930	.003	.704	27.686		
	closeness***	-2.951	.042	-.086	-4.093		
impact factor	(constant)	75.295	11.579		6.503		
	1st author(A)***	.352	.053	.193	6.678		
	corr. author(B)*	.129	.050	.079	2.559		
	both A & B***	.448	.023	.642	19.716	.720	.715
	year***	-.037	.006	-.203	-6.386		
	degree***	9.241	2.521	.146	3.665		
	closeness***	-1.604	.336	.158	-4.779		

* p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001 by multiple regression

로 공통된 저자가 한명도 없었다. 그러므로, 국내 보건학 분야에서 가장 많은 공저자가 활동하며 관련 주제를 모두 아우르는 학회지는 예방의학회지이며, 여기서 역학 분야가 특화된 것이 역학회지, 보건행정 분야가 특화된 것이 보건행정학회지인 것으로 판단된다.

7. 학술활동의 두 문화 현상

사회과학자들과 자연과학자들의 학술활동 형태가 다르다는 것은 선행연구들을 통해 입증되어 왔다. 이 연구에서는 의학·보건학 전공자와 사회과학자들이 함께 공저자 활동을 하는 학회지를 대상으로 '두 문화' 현상을 발견하였다. 사회과학자들이 소수의 공저자를 선호하는 반면에 자연과학자들이 다수의 공저자를 선호한다면 두 집단에서 저자수의 분포는 서로 다르게 나타날 것이다. 즉, 사회과학자들의 공저자 수는 저자가 증가할수록 누적적으로 감소하며 자연과학자들의 공저자 수는 일정한 공저자 수를 중심으로 하나의 봉우리 형태를 띠는 것이다(Figure 4). 이 경우에 단위 학회지의 학술활동은 전반적인 하나의 분포로 추정하기 보

Table 5. A Comparison with IF ranks of JKHPA and JPMPH

Author	5% rank of JKHPA*	10% rank of JPMPH**	Author	5% rank of JKHPA*	10% rank of JPMPH**
Moon OR	1	8	Kim YK	13	-
Lee KS	2	-	Han DS	14	97
Seo YJ	3	-	Kim CY	15	4
Jeong HS	4	-	Park HY	16	-
Kim HJ	5	3	Kim YI	17	53
Cho WH	6	13	Park JS	18	-
Park JY	7	45	Kam S	19	6
Lee SH	8	5	Jung KT	20	-
Lee KJ	9	-	Hwang IK	21	-
Kim BY	10	-	Song MS	22	-
Bae SS	11	41	Ko JW	23	-
Chun KH	12	63	Lee HJ	24	91

* The Journal of Korean Health Policy and Administration

** The Journal of Preventive Medicine and Public Health

다는 두 개의 공저자 분포가 교차하는 지점이 전체 공저자 수의 중앙값과 얼마나 유사한지를 판단하여야 할 것이다. 보건행정학회지에서는 이 교차값이 4.5~5.0 수준으로 추정 곡선과 상당히 유사하였다.

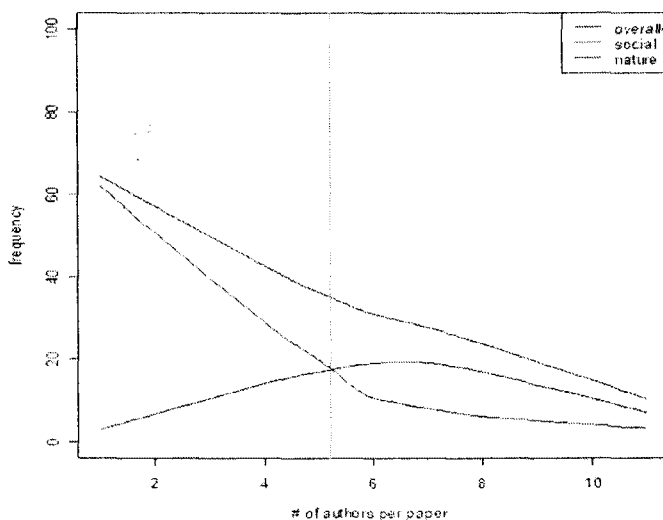


Fig. 4. The phenomenon of 'two cultures' in public health fields

이처럼 공저자 활동에서 '두 문화' 현상이 나타나는 학회지에서는 저자의 IF를 구할 때 가중치를 차등화하는 방안을 고려해야 할 것이다. X축을 논문 편당 참여 공저자 수로, Y축을 각 논문에서 가장 큰 가중치를 받는 저자의 가중값으로 나타낼 경우 단일한 가중치를 주게 되면 논문편당 저자수가 증가할수록 추정선 A처럼 가중치를 받는 저자의 가중값이 감소하게 된다(Figure 5). 이렇게 될 경우 저자들의 IF값을 누계하면 순위가 역전되는 현상이 나타날 수 있으므로 적절한 처방이 필요하다. 보건행정학회지의 경우 공저자 수의 중앙값 2를 기준으로 저자수가 2보다 큰 논문들에 대하여는 가중치의 총합이 저자수가 2보다 같거나 작은 논문의 가중치 총합의 1.5배가 되도록 하면 추정선 B처럼 저자수에 따른 가중치의 변동이 해소되었다.

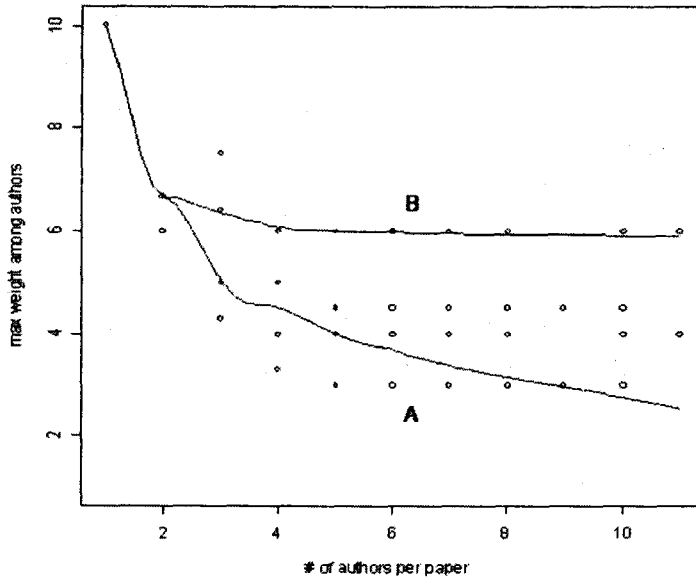


Fig. 5. Number of authors per paper by max weight among authors

IV. 고찰 및 결론

공저자 및 핵심어 네트워크는 계량서지학과 사회 네트워크 이론을 반영한다(Buchanan, 2002; Price, 1986). 여기서 제시되는 원칙 중 일부를 통해 보건행정학회지 공저자 네트워크의 특징을 검토하면 다음과 같다.

첫째, 로트카의 법칙(Lotka's law)에 따르면 논문 n편을 쓴 저자의 수는 n에 반비례하기 때문에 $P(n)=k/n^2$ (n=논문 생산 저자수, k=특정 주제 영역의 정수)라는 공식이 성립한다

(Lotka, 1926). 이 연구에서는 483명의 저자가 모두 339편의 논문에서 988건의 공저자로 참여하였는데 영향력 지수 상위 43인이 338건에서 공저자로 참여하였다. 즉, 전체 저자 중 8.9%가 공저자 네트워크의 34.2%를 차지하였다. 둘째, 지프의 법칙(Zipf's law)에 따라 핵심어 그 출현빈도(f)에 의해 순위를 매긴다면, n 번째 순위의 단어는 약 k/n 회 출현하여 $f(n)=k/n$ 라는 식이 성립한다. 즉, 단어의 사용빈도가 낮아질수록 출현순위는 기하급수적으로 감소하는 $\log Y = \log X + C$ 의 형태를 보인다(Zipf, 1965). 앞의 경우와 마찬가지로 공저자 네트워크를 논문과 저자가 만나 일으킨 988건의 '사건'으로 간주하면 전체 136개의 핵심어에서 상위 10%의 핵심어가 309개의 사건을 일으켰다. 즉, 13개의 핵심어로 91년 이후 보건행정학 연구 영역의 31.3%를 설명할 수 있다. 셋째, 과학기술 분야에서 전체 연구자수의 제곱근에 해당하는 저자가 그 분야 총 논문의 절반을 집필한다(Price, 1986). 483의 제곱근인 21.98, 약 22명의 저자가 참여한 논문은 총 256편으로 22명 사이의 중복을 고려한다 하더라도 총 논문의 절반 생산이라는 원칙을 넘어 전체의 75.5%를 포섭하였다.

공저자 네트워크 분석은 무작위 네트워크의 발달과 함께 과학자 공동체의 협업 네트워크가 주목을 받으면서 나타났다(Newman, 2001). 학문은 연구자 집단을 통해 진화하므로 이들의 상호작용이 어떤 형태로 작동하는지를 아는 것은 많은 함의를 준다(Glänzel, 2002). 그런데 STS는 여기에서 더 나아가 과학지식이 구성되는 양상에 대한 심층적 접근을 요구한다. 이것은 한편으로는 좁게는 실험과 검증을 통해 결론을 이끄는 과정이 사회적 담론의 영향을 받지 않는지를 의심하는 것이며, 다른 한편으로는 과학지식이 공유되고 생산되는 공동체가 특정한 체계로 조직화되는 것은 아닌지를 성찰하는 것이다. 특히, STS의 한 분야인 행위자-연결망 이론(ANT: Actor-Network Theory)에서 지적하는 것처럼 행위자와 연결망은 서로를 구성하여 어느 일부로는 환원될 수 없는 독특한 관계장을 형성한다(Callon과 Latour, 1981). 이 연구에서 드러난 연구생산력의 멱함수 분포와 공저자 및 핵심어의 군집화는 ANT의 작동을 반영한다. 즉, 과학자 공동체가 관계적으로 구성되어 있음을 보여준다.

보건행정학회지에 대한 공저자 네트워크 분석의 함의는 다음과 같다. 첫째, 보건행정학회지는 예방의학회지에 비하여 전체 네트워크가 분화되어 있었다. 예방의학회지보다 보건행정학회지의 투고 주제가 더 한정되어 있는 이유도 있으나 자연과학 연구자들과 사회과학 연구자들이 만나면서 서로의 연구영역이 더 특화된 결과로 풀이된다. 특히, 이러한 상이한 연구의 문화는 평균 공저자의 수에서 분명히 드러났는데, 자연과학자들은 평균 4.5명의 공저자를, 사회과학자들은 평균 2명 정도의 공저자를 선호하였다. 둘째, IF나 핵심어의 빈도가 멱함수의 특징을 나타내어 소수의 저자와 연구주제가 전체 학회지를 대표하는 모습이 나타났다. 그러나 예방의학회지보다 연구자의 군집화가 강하여 공저자들의 생산력과 핵심 키워드들의 멱함수 곡선이 상대적으로 완만하였다. 셋째, 핵심 공저자들이 네트워크에서 각각의 기능적

위치를 차지하고 있었고 연구주체의 불평등이 덜하였다. 그 결과 대응분석에서 연구가 특화된 집단이 상대적으로 더 많이 추출되었다. 넷째, 연구생산력을 가능하는 다양한 지표들의 효과가 상이하였다. 성별 차이뿐만 아니라 생산력 결정요인에서 저자 지위의 의미도 상이했는데, 이러한 차이는 공저자 네트워크가 구조화된 양상이 달랐기 때문인 것으로 보인다.

공저자 및 핵심어 네트워크 분석은 학술활동의 전문화를 위한 계획 수립에 활용될 수 있다. 이 연구는 예방의학회지에 대한 공저자 네트워크 분석(정민수와 정동준, 2008)을 보건행정학회지까지 확장하였다. 그러나 향후에는 이러한 국내의 단위 학술지의 공저자 네트워크가 해외 학회지에 어떻게 반영되는지도 검토해야 할 것이다. 더불어, 연구비 수혜 여부나 편집위원회의 역할과 같이 공저자 활동에 영향을 줄 수 있는 다른 설명변수들도 모델에 더 반영해야 할 것이다.

이 연구는 지난 16년간 한국보건행정학회지에 게재된 339편의 논문을 대상으로 공저자 483명과 핵심어 136개 사이에 나타난 공동연구의 네트워크 형태를 분석하였다. 그 결과 무작위 네트워크의 발달에 따른 '좁은 세상'의 효과와 공저자의 전공에 따른 '두 문화' 현상이 나타났다. 특히 보건행정학회지는 전체 중심성의 발달이라는 공저자 네트워크의 일반적 경향성을 따르면서 동시에 소수의 핵심 연구자 군집이 분절화된 지역 중심성도 강하게 나타났다는 점에서 예방의학회지나 역학회지보다 학술활동과 담론이 구조화되는 경향이 높았다.

참 고 문 헌

- 강민구. 한국의 물리학과 사회학의 인용패턴 비교 연구: 전임 여부와 박사학위 취득지역을 중심으로. 과학기술학연구 2004; 4(2): 67-101.
- 이재윤. 계량서지적 네트워크 분석을 위한 중심성 척도에 관한 연구. 한국문헌정보학회지 2006; 40(3): 191-214.
- 이희재. 과학기술분야 구조화에 대한 연구: SCIE 학술지 공저자, 인용, 핵심어 연결망 분석. 연세대학교 대학원 사회학과 석사학위논문; 2003, p.99-106.
- 정민수, 정동준. 국내 예방의학 분야의 공저자-핵심어 네트워크와 군집 양상. 예방의학회지 2008; 41(1): 1-9.
- Barabási AL. Linked: the new science of networks. Cambridge: Perseus; 2002.
- Barnes B, Bloor D, Henry J. Scientific Knowledge: A Sociological Analysis. London: Athlone; 1996.
- Bremholm TL. Author productivity and citation frequency in the proceedings of the Oklahoma Academy of Science, 1921-2000. Proc Okla Acad Sci 2004; 84: 53-66.

- Buchanan M. *Nexus: small worlds and the groundbreaking science of networks*. NY: W.W.Norton&Company; 2002.
- Callon M, Latour B. *Unscrewing the big leviathan: how actors macro-structure reality and how sociology help them to do so*. In Knorr-Cetina, Cicouvel A. Eds. *Advances in social theory and methodology: towards an integration of micro and macro-sociology*. London: Routledge; 1981.
- Cole J, Cole S. *Social stratification in science*. Chicago:University of Chicago Press; 1973, p.33.
- Collins R. *Conflict sociology: Toward an explanatory science*. NY: Academic Press; 1975.
- Erdős P, Rényi A. *On the strength of connectedness of a random graph*. *Acta Math Acad Sci Hung* 1961; 12: 261-267.
- Garfield E. *Citation analysis as a tool in journal evaluation*. *Science* 1972; 178: 471-479.
- Garfield E. *Of nobel class: a citation perspective on high impact research authors*. *Theor Med* 1992; 13(2): 117-135.
- Glänzel W. *Coauthorship patterns and trends in the Sciences (1980-1998): a bibliometric study with implications of database indexing and search strategies*. *Libr Trends* 2002; 50(3): 461-473.
- Li M, Fan Y, Chen J, Gao L, Di Z, Wu J. *Weighted networks of scientific communication: the measurement and topological role of weight*. *Physica A* 2005; 350: 643-656.
- Lindsey D. *Production and citation measures in the sociology of science: the problem of multiple authorship*. *Soc Stud Sci* 1980; 10(2): 145-162.
- Lotka AJ. *The frequency distribution of scientific productivity*. *J Wash Acad Sci* 1926; 16(12): 317-323.
- Merton RK. *The sociology of science: theoretical and empirical investigations*. Chicago: University of Chicago Press; 1973.
- Murray JD. *Mathematical biology, v.1*. NY: Springer; 2002, pp.315-393.
- Narin F, Moll JK. *Bibliometrics*. *Ann Rev Inform Sci Tech* 1977; 12: 35-58.
- Newman MEJ. *Scientific collaboration networks: I. network construction and fundamental result*. *Phys Rev E* 2001; 64: 131.
- Price DJ. *Little science, big science ...and beyond*. NY: Columbia University Press; 1986.
- Snow CP. *The two cultures*. Cambridge: Cambridge University Press; 1959.
- Storer NW. *The hard sciences and the soft: Some sociological observations*. *Bulletin of the*

Medical Library Association 1967; 55: 75-84.

Wasserman S, Faust K. Social Network Analysis: Methods and Applications. Cambridge: Cambridge University Press; 1994, pp.167-214.

Whitley R. The Intellectual and social organization of the sciences. Oxford: Calrendon Press; 1984.

Zipf GK. Human behavior and the principle of least effort: an Introduction to human ecology. 2nd ed. NY: Hafner Pub. Co.; 1965.