

共著傾向の時系列変化に関する分野間比較

芳鐘 冬樹 (大学評価・学位授与機構 評価研究部, E-Mail: fuyuki@niad.ac.jp)
辻 慶太 (国立情報学研究所 人間・社会情報研究系, E-Mail: keita@nii.ac.jp)

Abstract

1 論文あたりの平均著者数や, 全論文中に占める共著論文の比率の変化をもとに, 共著の増加について報告した研究は多い。本研究では, これまであまり調査されてこなかった観点, 共著ネットワークの広がり(パートナー数)から共著傾向の変化を分析する。併せて, ネットワーク構造(中心性集中度)の変化も分析する。これらの指標は, 標本量依存であることを考慮に入れ, 「論文数の増加に伴うネットワーク成長」の変化の観察を通して, 共著傾向の変化に関する分野間の差異を明らかにする。

1 はじめに

今日, 様々な分野において, 複数の研究者による共著論文の増加が報告されている。共同研究(その成果である共著論文)の増加の背景には, 学術研究の高度化・複雑化, 研究者の専門分化, 学際的発達の発達 (Sacco & Milana, 1984; Munoz & Moore, 1985; Cason, 1992; Andersson & Persson, 1993; Bird, 1997; Bordons & Gómez, 2000) があると言われているが, それらの他にも, クレジットに関する慣習の変化 (Croll, 1984; Devilliers, 1984; Gladding, 1984), 国・機関による共同研究の奨励 (Hodder, 1980; Bird, 1997), コミュニケーション手段の発達 (Bird, 1997), あるいは, 多数の論文を執筆しなければならないというプレッシャーの増大 (Petry & Kerr, 1982; Devilliers, 1984; Gladding, 1984; Leung, 1985; Munoz & Moore, 1985; Simpson, 1985; Cason, 1992) といった要因も挙げられている。

共著傾向の時間変化を扱った先行研究は多数存在しており, また, それらのうちのいくつかは, 共著傾向の変化に関する分野による違いにも言及している (e.g. O'Neill, 1998)。しかしながら, それらは, 1 論文あたりの平均著者数 (e.g. Cunningham & Dillon, 1997) や, 全論文中に占める共著論文の比率 (e.g. Drenth, 1998) の変化についての簡略な報告が中心であり, 個々の研究者の共著ネットワークの広がりや, 分野全体の共著ネットワークの構造という観点から, 共著傾向の変化を分析したものはあまり多くない。本研究では, 前者の尺度として共著パートナーの異なり数を, 後者の尺度として中心性集中度を用い, それらの時間変化を観察する。その際, 指標の標本量依存性を考慮に入れ, 「論文数の増加に伴うネットワーク成長」の変化の観察を通して, 共著傾向の変化に関する分野間の差異を明ら

かにする。

2 データおよび分析対象

ISI (Institute for Scientific Institution) が提供する *SCI (Science Citation Index)* データベースの, 1997 年から 2002 年までの 6 年分を分析のための情報源とした。本研究では, 応用物理学, 化学物理学, 材料科学, 免疫学の 4 分野を比較分析の対象とし, それぞれ, *Journal of Applied Physics*, *Journal of Chemical Physics*, *Journal of Material Science*, *Journal of Immunology* に掲載された論文データ¹ を標本とした²。以下, 図・表では, AP (応用物理学), CP (化学物理学), MS (材料科学), IM (免疫学) と略す。

4 分野の標本それぞれの基本的な数量を表 1 に示した。 N は論文数, v は異なり著者数, w は延べ著者数を表す。また, 前半 3 年間 (1997–99 年) と後半 3 年間 (2000–02 年) とに分けたときの各数量を添え字 1 (前半), 2 (後半) を付して示した (N_1 , N_2 など)。さらに, 著者の所属機関から見た数量を表 2 に示した。 v' は機関の異なり数, w' は機関の延べ数を表す。機関単位の各数量についても同様に, 前半・後半に分けたものを併せて示した³。

3 分析手法

3.1 観点および指標

表 1・2 には, 1 論文あたりの著者数の平均 (w/N) と, 所属機関の異なり数の平均 (w'/N) も示しておいた。前半 (1997–99 年) と後半 (2000–02 年) を比較すると, 著者数, 機関数ともに, すべての分野で増加していることが確認できる。多くの先行研究の報告と同じく, 1 つの論文の生産により多くの研究者が関わるようになってきていることを示すものである。また, 複数機関間の共著も盛んになっていることも分かる。

本研究では, 共著傾向の変化をより詳細に調査するため, 共著ネットワークの広がりの変化という観点から分析を行う。具体的には, 「各著者・各機関

¹ レビュー, レターの類は除外し, 'Document type' が 'Article' のレコードのみを抽出した。

² 標本の性質をある程度揃えるため, それぞれの分野について, *SCI* 収録論文数が 3000 以上の雑誌のうち, 被引用回数が最も多いものを選んだ。

³ 著者単位 (表 1) と比べて, 機関単位 (表 2) の論文数 N が若干少ないのは, 所属機関の情報を持たないレコードを除外したためである。

	N	v	w	w/N	N_1	N_2	v_1	v_2	w_1	w_2	w_1/N_1	w_2/N_2
AP	16295	32852	69511	4.27	7730	8565	19300	21159	31987	37524	4.14	4.38
CP	14529	18366	46098	3.17	7234	7295	11456	11981	22572	23526	3.12	3.22
MS	4602	10776	15576	3.38	2398	2204	6146	5984	7945	7631	3.31	3.46
IM	10087	31860	58093	5.76	4944	5143	17995	20243	27467	30626	5.56	5.95

Table 1: 4分野の標本の基本的数量 (著者単位)

	N	v'	w'	w'/N	N_1	N_2	v'_1	v'_2	w'_1	w'_2	w'_1/N_1	w'_2/N_2
AP	16274	16863	32251	1.98	7722	8552	8969	10168	14856	17395	1.92	2.03
CP	14511	10284	26916	1.85	7223	7288	5781	6430	12944	13972	1.79	1.92
MS	4589	5792	7797	1.70	2389	2200	3181	3025	3959	3838	1.66	1.74
IM	10086	17027	26797	2.66	4943	5143	8899	9940	12832	13965	2.60	2.72

Table 2: 4分野の標本の基本的数量 (機関単位)

の共著パートナーの数」の平均を指標に用い、論文数の増加に伴ってパートナー数がどのように増えていくかを観察する。つまり、本研究の関心は、1つ1つの論文に見られる共著傾向(著者数・機関数)というよりも、論文を増やしていったときのネットワークの成長にある。「パートナー数の増え方」が、年代によってどう変化したかを観察し、その分野間の差異を明らかにする。

平均パートナー数 (A) で、著者・機関ごとのネットワークの広がりを調べる一方で、中心性集中度という観点から、ネットワーク全体の構造特性も調べる。本研究では、直接結合関係にあるノードの数、すなわちパートナー数によって表される「次数中心性 (Freeman, 1979)」⁴ の集中度を用いる。次数中心性集中度 (CC) は次の式で求められる⁵。

$$CC = \sum_{i=1}^v \frac{a_{max} - a(x_i)}{(v-1)(v-2)} \quad (1)$$

ここで、 v はノード (著者・機関) の数を、 $a(x_i)$ はノード x_i ($1 \leq i \leq v$) のパートナー数を、そして a_{max} はパートナー数の最大値を表す。

著者単位、機関単位それぞれ、次節に述べる方法で、論文数 N の増加に伴う平均パートナー数 $A(N)$ 、および中心性集中度 $CC(N)$ の値の挙動を観察する。

3.2 モンテカルロ実験

4分野の標本を前半3年間と後半3年間の2つに分ける(4分野×2期間=8標本)。それら各々について、200ずつに区切った標本量ごとに、無作為部分標本抽出を1000回繰り返すことで指標の期待値を求めるモンテカルロ実験を行い、標本量 N の増加に伴う $A(N)$ と $CC(N)$ の挙動を観察する。ここ

⁴ 他にも、近接中心性、媒介中心性などの概念が提案されている (cf. 安田, 1994)。

⁵ 分母は、サイズ v のネットワークがとりうる $a_{max} - a(x_i)$ の最大値。したがって、 CC は0から1までの値に標準化される。

で観察したいのは、原標本から推測される分野のポテンシャルティが、それぞれの条件(標本量=論文数)のもとで、どのような共著傾向を示すものとして実現化すると推測されるかである。

各分野について、前半と後半の指標の挙動の違いを調べ、共著傾向の時間変化に関する分野ごとの特徴を明らかにする。1年ではなく、3年単位で見る理由は、研究者が繰り返し共著で論文を著すときの、パートナーのバリエーション(ネットワークの成長)を見たいので、ある程度の数の論文を發表できる期間をまとめて観察すべきと考えたためである。

4 分析結果：4分野の特徴

著者単位(図1)、機関単位(図2)それぞれ、論文数 N の増加に伴う平均パートナー数 $A(N)$ と中心性集中度 $CC(N)$ の挙動を示した。各々、4分野の前半(1997-99年)と後半(2000-02年)について値をプロットした。さらに、時間変化の様子を概観するため、2つの条件($N=200, 2000$)のもとでの指標の値の変化を矢印で図3に示した。

まず、図3を参照しながら、4分野の特徴の概略を述べる。平均パートナー数 $A(N)$ を同じ論文数 N で比較すると、免疫学は、著者単位で見ても、機関としても、多数のパートナーが必要とされる分野であることが分かる。研究に多くの人的・物的資源が必要とされるのは、医学系一般的に見られる特徴だろう。他の物理学系3分野は、似通った特徴を示している。それらのうち材料科学は、著者のパートナー数、機関のパートナー数ともに最も少ない。分野が扱う対象がより限定的であることに起因するものとも考えられる。応用物理学と化学物理学は、4分野の中で中間的なパートナー数となっている。ただし、著者単位では、化学物理学のパートナー数は、材料科学と並んで非常に少ない。比較的、機関間の共同研究が盛んな分野と言える。

$A(N)$ の時間変化 (矢印の向き) を見ると、4 分野とも、著者単位でも機関単位でもパートナー数の増加が確認できる。応用物理学と免疫学では、著者単位での増加が比較的目立ち、化学物理学と材料科学では、機関単位での増加が目立つ。一方、中心性集中度 $CC(N)$ は、矢印の向きも長さも、分野によってまちまちであり、共通の傾向は読み取れない。最も顕著な変化は、組織単位のネットワークにおける、応用物理学の集中度の減少 ($N = 2000$) と、材料科学の集中度の増加 ($N = 200$) である。

中心性集中度の同じ論文数での比較では、免疫学ではなく材料科学が他の 3 分野から孤立している。材料科学は、著者のネットワークでも機関のネットワークでも集中度が非常に低い。4 分野の中間に位置しているのは、応用物理学である。材料科学とは逆に、化学物理学と免疫学は、著者・機関ともにネットワークの集中度が高い。これら 2 つは、多数のパートナーを持ち、中心的な役割を担うアクター (研究者や機関) が存在する一方、少数のパートナーと組む周辺的なアクターも存在するという意味で、研究活動に多様性がある分野と考えられる。図 3 には、論文数が多くなると、それら 2 分野の中心性集中度が逆転することも示されている。論文数の増加に伴うネットワークの成長を、もう少し詳しく見るため図 1・2 に戻ろう。

図 1・2 から、免疫学以外の 3 分野は、著者単位か機関単位かによって、そして比べる論文数によって、 $A(N)$ に関して逆転が生じていることが分かる。例えば、どちらの年代においても、化学物理学は、著者単位・少数の論文で比べると 3 分野の中で $A(N)$ が最も低いが、機関単位・多数の論文で比べると、逆に、最も高くなる。化学物理学の機関単位の $A(N)$ は、成長率の低下が遅く、応用物理学を途中から上まわるようになる。論文発表を何度も繰り返すために新しい研究を行う際、新しい機関との協力を必要とする (既存のネットワークを活用するだけでなく、新たにネットワークを広げる) 傾向が、化学物理学は、応用物理学よりも強いと推測できる。著者単位のネットワークの場合も、同様の逆転が、化学物理学と材料科学との間に生じている。

5 おわりに

論文数が少ない初期の段階では、1 論文あたりの著者・機関数の影響が大きく、平均著者・機関数 (表 1・2 参照) が多い分野は、パートナーの異なり数 (図 1・2 参照) も多い。しかし、化学物理学の例を挙げて説明したとおり、その関係性はネットワークの成長過程で変動しうるものである。本研究では、ネットワークの成長を考慮して、共著傾向の時間変化を分析することで、平均著者数の変化からだけでは分からない分野の特徴を明らかにすることができた。

本研究は、著者単位だけでなく、機関単位で見た共著傾向の変化も調査した。その結果から、最初に述べた共著増加の背景要因との関連を一かなり強引にはあるが一推測してみると、以下のように考えることができる。機関パートナーの増加が目立

つ化学物理学と材料科学は、機関間共同研究の奨励や、コミュニケーション手段の発達が強影響している可能性がある。それに対して、著者単位のパートナー数増加の方が目立つ応用物理学と免疫学は、プレッシャーの増大がより強く、むしろ手軽に共著できる同一機関内の共同研究を指向しているとも考えられる。もちろん、本研究の結果からだけでは明確なことは言えない。今後は、それぞれの要因を整理しつつ、所属機関以外にも著者の属性を分析に組み入れることで、さらに詳細な調査を行うつもりである。

References

- Andersson, A. E. and Persson, O. (1993) "Networking scientists," *Annals of Regional Science*, Vol. 27, No. 1, p. 11-21.
- Bird, J. E. (1997) "Authorship patterns in marine mammal science, 1985-1993," *Scientometrics*, Vol. 39, No. 1, p. 99-105.
- Bordons, M. and Gómez, I. (2000) "Collaboration networks in science," *Web of Knowledge: A Festschrift in Honor of Eugene Garfield*, p. 197-213.
- Cason, J. A. (1992) "Authorship trends in poultry science, 1981 through 1990," *Poultry Science*, Vol. 71, No. 8, p. 1283-1291.
- Croll, R. P. (1984) "The noncontributing author: an issue of credit and responsibility," *Perspectives in Biology and Medicine*, Vol. 27, No. 3, p. 401-407.
- Cunningham S. J. and Dillon, S. M. (1997) "Authorship patterns in information systems," *Scientometrics*, Vol. 39, No. 1, p. 19-27.
- Devilliers, F. P. R. (1984) "Publish or perish: the growing trend towards multiple authorship," *South African Medical Journal*, Vol. 66, No. 23, p. 882-883.
- Drenth, J. P. H. (1998) "Multiple authorship: the contribution of senior authors," *Journal of the American Medical Association*, Vol. 280, No. 3, p. 219-221.
- Freeman, L. C. (1979) "Centrality in social networks: conceptual clarification," *Social Networks*, Vol. 1, p. 215-239.
- Gladding, S. T. (1984) "Multiple authorship in the Personnel-and-Guidance-Journal: a 12-year study," *Personnel and Guidance Journal*, Vol. 62, No. 10, p. 628-630.
- Hodder, P. (1980) "Limits to collaborative authorship in science publishing," *Journal of Research Communication Studies*, Vol. 2, No. 3, p. 169-178.
- Leung, A. K. C. (1985) "Multiple authorship," *South African Medical Journal*, Vol. 67, No. 13, p. 486.
- Munoz, W. P. and Moore, P. J. (1985) "Multiple authorship," *South African Medical Journal*, Vol. 68, No. 6, p. 368.
- O'Neill, G. P. (1998) "Authorship patterns in theory based versus research based journals," *Scientometrics*, Vol. 41, No. 3, p. 291-298.
- Petry, G. H. and Kerr, H. S. (1982) "Pressure to publish increases incidence of co-authorship," *Phi Delta Kappan*, Vol. 63, No. 7, p. 495.
- Sacco, W. P. and Milana, S. (1984) "Increase in number of authors per article in 10 APA journals: 1960-1980," *Cognitive Therapy and Research*, Vol. 8, No. 1, p. 77-83.
- Simpson, M. A. (1985) "Multiple authorship," *South African Medical Journal*, Vol. 67, No. 22, p. 878.
- 安田雪 (1994) "社会ネットワーク分析: その理論的背景と尺度," 『行動計量学』, Vol. 21, No. 2, p. 32-39.

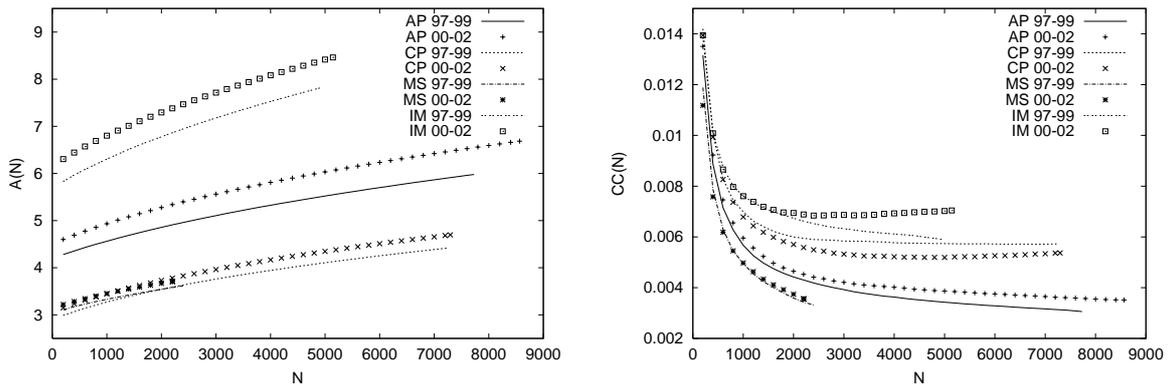


Figure 1: 著者単位の指標の挙動 (左図: パートナー数, 右図: 中心性集中度)

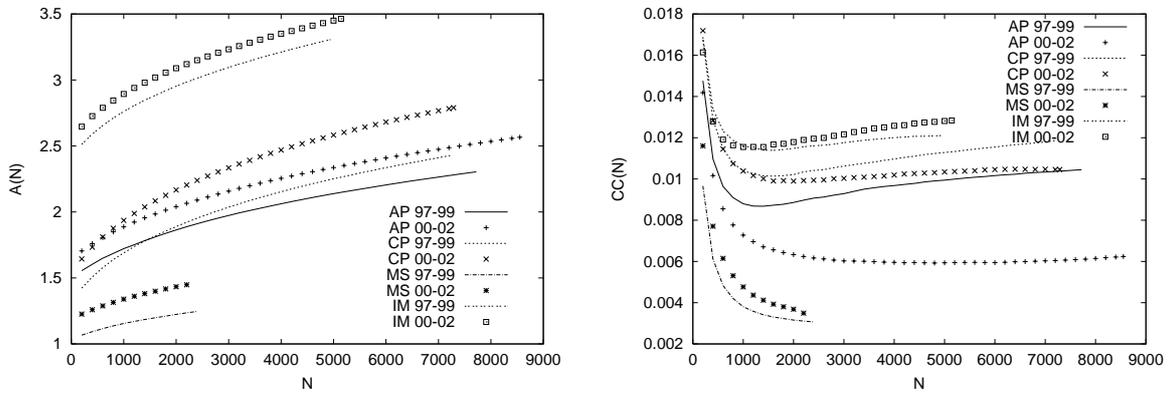


Figure 2: 機関単位の指標の挙動 (左図: パートナー数, 右図: 中心性集中度)

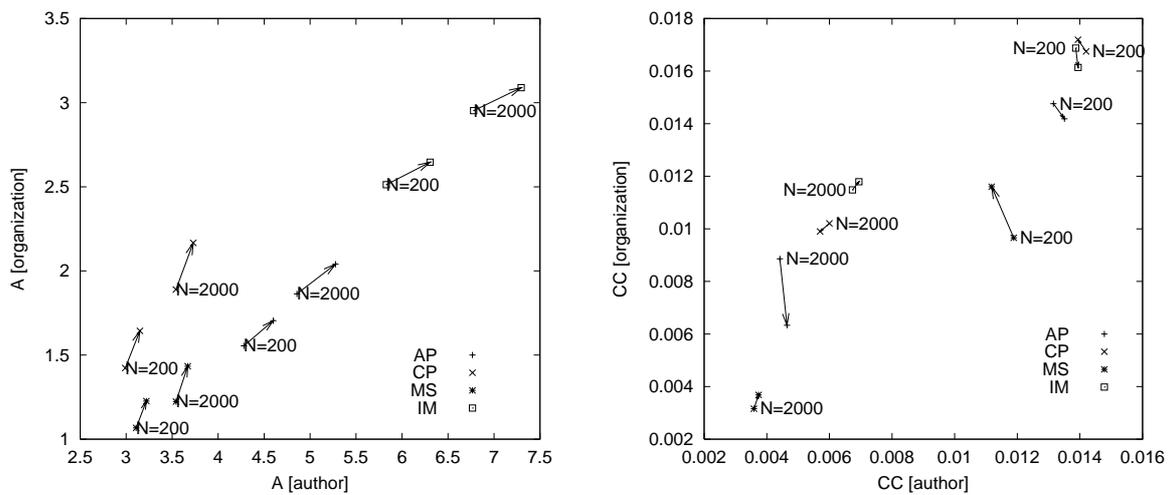


Figure 3: 共著傾向の時間変化 (左図: パートナー数, 右図: 中心性集中度)