

## 研究環境の変化が学術論文の共著ネットワークに与える影響 Impact of Changes in Research Environment on Co-authorship Networks of Academic Literatures

土屋 裕太郎\* 井ノ上 寛人\* 藤田 正典\*\* 鉄谷 信二\* 寺野 隆雄\*\*\*  
Yutaro Tsuchiya Hiroto Inoue Masanori Fujita Nobuji Tetsutani Takao Terano

### 1. はじめに

技術の発展には優秀なエンジニアや研究者が必要とされており、研究開発人材の発掘にあたっては、学術論文の発表件数や被引用件数、h-Index [1] などの定量評価指標が参考にされている。しかし、これらの指標は研究を開始してから日が浅い者を不利に評価し得るため、将来有望な学生や若手研究者を見落としてしまう可能性が懸念される。

そこで著者らは、学術論文を執筆する上で形成される共著ネットワークの媒介中心性 (Betweenness Centrality) に着目している。これまでの研究 [2, 3] により、共著ネットワークの媒介中心性は、はじめての学会発表からキャリアを重ねることで成長し、特に JSPS 特別研究員に採用されるような若手は、媒介中心性の成長が h-Index の成長よりも早期に生じる傾向が示されている。しかし、これらの先行研究では、はじめての学会発表から 8 年程度の期間しか成長特性を分析していないため、研究者を取り巻く環境の変化や時代の流れが媒介中心性の成長にどのような影響を与えるか明らかにされていないのが現状である。

本研究では、全学術分野の学生および研究者を対象とした大規模な共著ネットワークを構成して媒介中心性の成長特性を評価すると共に、研究者を取り巻く環境の変化が媒介中心性の成長にどのような影響を与えるのか明らかにすることを目的に、ネットワーク解析を実施した。

### 2. 共著ネットワークの特徴解析

共著ネットワークを構成するための書誌情報は、科学技術振興機構 (JST) が提供している学術文献データベース (JSTPlus + JMedPlus) から抽出した。本研究で解析の対象とした文献の数は、1974 年から 2019 年までに発行された 38,710,503 編とした。文献と著者、著者の所属機関には識別番号 (ID) が付与されており、著者 ID と機関 ID は名寄せされている。

共著ネットワーク  $g$  は重み無し無向グラフとし、年度毎に分けて構成した。図 1 に共著ネットワークの例を示す。著者 ID を表す頂点は、その著者が毎年 1 件以上の文献を発表しなければ欠損し、共著関係を表す辺は、毎年 1 件以上の文献を共著で発表しなければ維持できないものとした。

共著ネットワーク  $g$  を構成する頂点  $i$  の媒介中心性  $b_i$  は次式で定義されている。

$$b_i = \sum_{i \neq j \neq k} \frac{g_{jk}(i)}{g_{jk}} \quad (1)$$

\* 東京電機大学大学院 Graduate School of Science and Technology for Future Life, Tokyo Denki University

\*\* 政策研究大学院大学 National Graduate Institute for Policy Studies

\*\*\* 千葉商科大学 Chiba University of Commerce

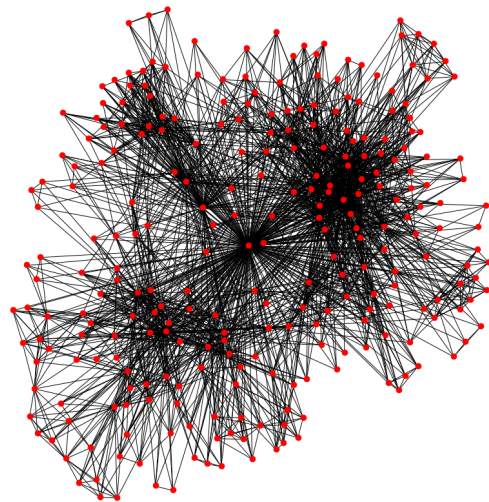


図 1 共著ネットワークの例

ここで、 $g_{jk}$  は頂点  $j$  と頂点  $k$  を結ぶ最短経路が何通りあるかを表し、 $g_{jk}(i)$  は  $g_{jk}$  のうち頂点  $i$  を通る経路が何通りあるかを表す。本研究で扱う共著ネットワークは、著者 ID を表す頂点の数  $n$  が大きい巨大グラフであるため、媒介中心性  $b_i$  の算出にあたっては、頂点をいくつか無作為抽出してほかの頂点の媒介中心性を推定するアルゴリズム [4] を用いた。本研究では無作為抽出する頂点の数を 1024 個とし、これらの解析には NetworkX 2.4 を用いた。

研究者の評価にあたっては、媒介中心性  $b_i$  の相対的な順位が重要となるため、本研究では先行研究 [2, 3] と同様に、順位を用いた正規化値  $y^*$  を算出した。具体的には、 $b_i$  が大きい順に  $n, (n-1), \dots$  と順位づけ、同順位が生じた場合にはその前の順位と連番となる最大の順位を付与する rank 関数を適用し、その最大値と最小値を用いて次のように正規化した。

$$y_i^* = \frac{\text{rank}(b_i) - \min(\text{rank}(b))}{\max(\text{rank}(b)) - \min(\text{rank}(b))} \quad (2)$$

したがって、媒介中心性の正規化値  $y^*$  の最大値は 1、最小値は 0 となる。時系列  $x$  に応じた  $y^*$  の変化には、次式で示したゴンベルツ成長曲線をあてはめた。

$$y_i^* = Kb e^{-cx} \quad (3)$$

### 3. 結果および考察

図 2 に媒介中心性の成長特性を示す。図 2 の横軸は時系列を表し、はじめて学会発表した年を  $x = 0$  とした。著者

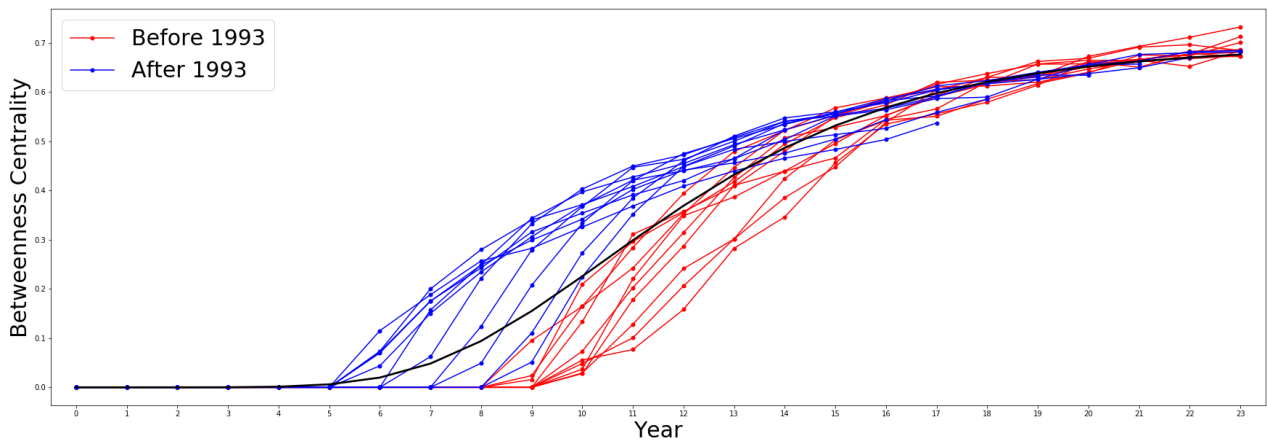


図2 媒介中心性の長期的な推移

ID は、はじめて学会発表した年度毎に群としてまとめ、各群における媒介中心性  $y^*$  の中央値を折れ線でプロットした。なお、1983 年から 1992 年の間にはじめて学会発表した群を赤色で、1993 年から 2003 年の間にはじめての学会発表した群を青色で示す。また、これらのプロット点にあてはめたゴンベルツ成長曲線を黒色で示す。表 1 は、この成長曲線の回帰係数を示す。

図 2 より、媒介中心性  $y^*$  は、はじめて学会発表してから 5 年から 10 年が経過するまでには  $y^* > 0$  と成長し、15 年が経過する頃に  $y^* > 0.5$  と上位 50% 程度に達する傾向が示された。また表 1 に示した通り、回帰係数が  $K \approx 0.7$  と求められたことから、20 年以上の長期に渡って毎年 1 件以上の文献を発表している研究者の媒介中心性は、上位 70% 程度に達することが示唆された。これらの成長特性は、職位の変化や共同研究者数の増加、研究者コミュニティ内でのポジションの変化、そして研究者コミュニティに学生などの新規参加者と離脱者が生じることによる順位相対的な変動が影響していると考えられる。

図 2 に示された特筆すべき結果としては、青色でプロットした 1993 年以降の新規参加者群の媒介中心性が、それ以前に新規参加した赤色の群に比べて早期に成長するようになったことが挙げられる。1993 年は欧州原子核研究機構が World Wide Web (WWW) を一般に開放した年と重なる。したがって、WWW の一般開放は、学術文献の検索や閲覧、電子メールによるコミュニケーションを容易にしたほか、学生や若手に共同研究の機会を早いうちから提供し、媒介中心性の早熟を促す要因になったと考えられる。

#### 4. まとめ

本研究では、全学術分野を対象とした研究者の共著ネットワークを時系列的に構成し、学生を含めた新規参加者の媒介中心性の長期的な成長特性を年代毎に明らかにすることを目的とした解析を行った。約 40 年分の学術文献情報を解析した結果、(1) 媒介中心性の相対的な順位は 20 年以上かけて成長すること、(2) WWW が一般に開放された 1993 年以降に新規参加した研究者の媒介中心性は、それ以前に参加した者と比べて早期に成長していたことが明らかとなった。共著ネットワークの媒介中心性は、共同研

表 1 ゴンベルツ成長曲線の回帰係数

回帰係数	推定値	標準誤差
$K$	$6.942 \times 10^{-1}$	$1.115 \times 10^{-2}$
$b$	$2.097 \times 10^{-9}$	$5.652 \times 10^{-9}$
$c$	$2.878 \times 10^{-1}$	$1.383 \times 10^{-2}$

究者数の増加や研究ポジションの変化などによって生じ得るが、WWW の一般開放とコミュニケーションツールの発展は、学生や若手に研究者としての成長機会を早い段階から提供する効果があると考えられる。

以上のことから、媒介中心性の成長特性に応じて将来有望な若手研究者を発掘するといった場合は、研究環境の時代背景を考慮する必要があるといえる。著者らは、近年の JSPS 特別研究員が示している媒介中心性の成長特性をモデル化し、同様の特性を示しつつある若手を網羅的に検索するシステム [3, 5] を開発しているが、2020 年は新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) の世界的な流行により、研究環境の大きな変化が生じていると考えられる。今後の課題として継続的にデータ解析を進めることが挙げられる。

#### 謝辞

本研究では、科学技術振興機構 (JST) が提供しているデータベースを利用した。データの利用にあたっては株式会社ジー・サーチから協力を受けた。JST および株式会社ジー・サーチの関係者に感謝の意を表す。

#### 参考文献

- [1] J. E. Hirsch, "An index to quantify an individual's scientific research output," Proc. of the National Academy of Sciences of the United States of America, Vol.102, No.46, pp.16569-16572 (2005).
- [2] M. Fujita, K. Ishido, H. Inoue, and T. Terano, Evaluating Researchers through Betweenness Centrality Measures of Co-Author Networks from Academic Literature Database: Finding Gatekeeper Researchers in Organizational Research, 2018 IEEE International Conference on Big Data, DOI: 10.1109/BigData.2018.8622311 (2018).
- [3] 井ノ上寛人, 藤田正典, 寺野隆雄, JDream Expert Finder: 将来有望な若手研究者を探索するための検索エンジン, 第 93 回日本薬理学会年会, 2-CS-5, 2020.
- [4] U. Brandes, "A Faster Algorithm for Betweenness Centrality," Journal of Mathematical Sociology, Vol.25, No.2, pp.163-177 (2001).
- [5] <https://jdream3.com/service/expert-finder/>