J.H. VAN DIERENDONCK

Group Theory

共同研究におけるチーム作りのコツ

Nature Vol.455 (720-723) / 9 October 2008

成功する共同研究チームはどこが違うのだろうか？　巨大なオンラインデータベースとネットワーク分析を使って、共同研究を成功に導くチーム作りのルールを見いだそうとする研究を John Whitfield 記者が取材した。

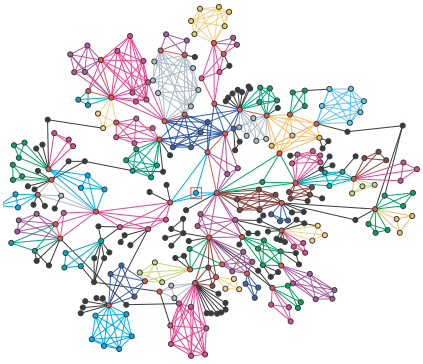
どの号でもよいので、最近の *Nature* をパラパラとめくってみてほしい。ほとんどすべての研究論文が、複数の著者によって書かれていることがわかるだろう。例えば今年、10 月初旬までに *Nature* に掲載された約 700 本の論文のうち、1 人の著者によって書かれた論文は 6 本しかない。ほかの主要な論文誌を見ても、この比率はだいたい同じになるだろう。

もちろん、これは今に始まったことではない。科学者の行動様式を研究している学者たちは、数十年も前から単著論文が減少する過程を追跡調査してきた。彼らはまた、この傾向と歩調を合わせて、離れた土地にいながら研究上の興味で結びついている「見えない研究仲間」の集団が成長していく過程も見守ってきた。けれどもここにきて、彼らの研究は飛躍的に進展した。それを可能にしたのは、数百万本の論文を集めたオンラインデータベースの登場と、ネットワーク分析の手法である。ネットワーク分析とは、食物連鎖からウェブサイトまで、あらゆる種類の連結されたシステムの構造とダイナミクスを分析する研究分野のことである。

この分析により、科学研究の共同化の傾向がより鮮明に見えてくるだけでなく、研究チームの成功を左右する因子も明らかになってくる。現在、こうした研究の成果は、研究資金提供機関が資金の提供先を決めるための指針にはなっていない。けれども、将来的には

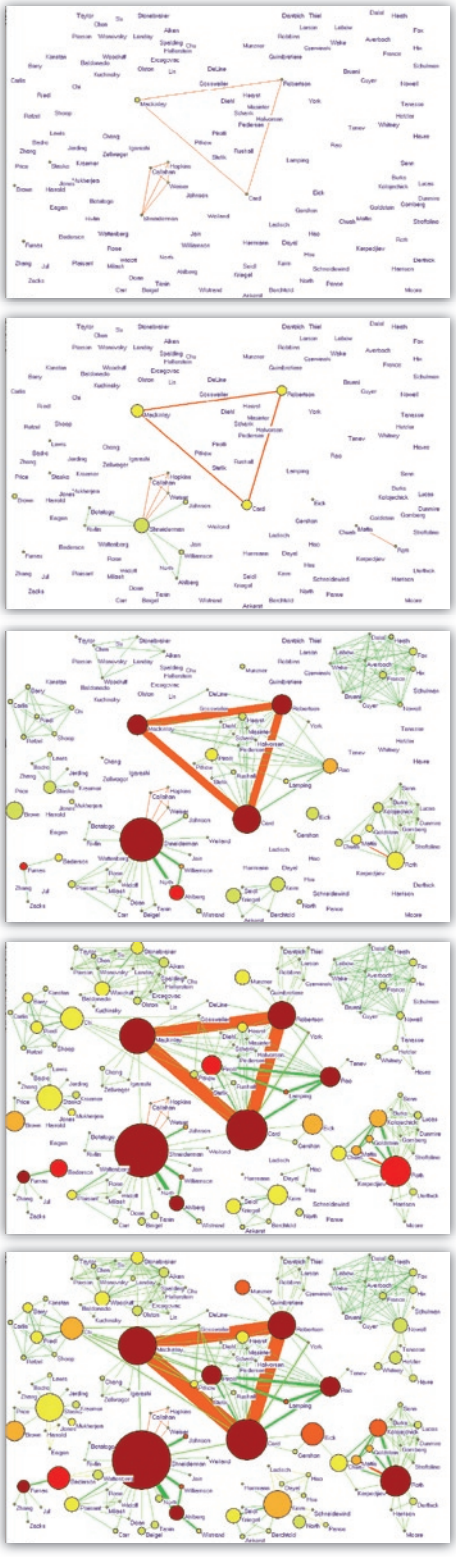
© 2008 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved

REF. 3



N. MANDELL

Brian Uzzi は、論文の被引用率と著者数との関係の変化を追跡した。



W. KE, L. VISVANATH & K. BÖRNER

Katy Börner らは、どの著者が誰（線）といつ（線の色）協力したかを図示することにより、ネットワークが時間とともにどのように広がり、著者の影響力（節点の大きさ）と協力関係の影響力（線の太さ）がどのように成長しうるかを示した。

わからない。分析を行っている研究者たちは、自分たちの研究が明らかにしつつある共同研究のコツを、喜んで教えようといっている。彼らはまた、自分たちの研究の応用範囲は非常に広いと考えており、遺伝子を探しているチームにも、ショーを上演しようとするチームにも、このコツは役に立つと主張している。

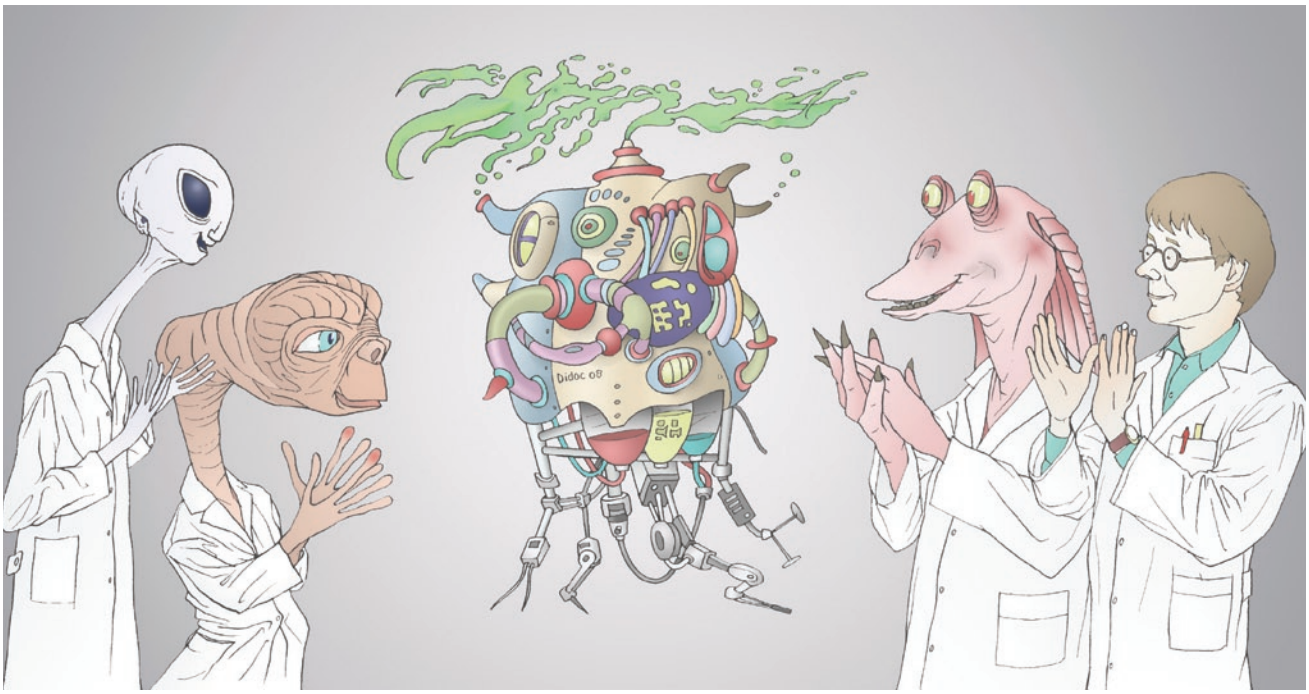
共同研究に関して研究者が最初に考えるのは、「そもそも自分は共同研究をするべきなのだろうか？」ということであるかもしれない。単著論文は少ないから、1 人で論文を書けば、影響力が強くなるのではないだろうか？　この疑問に答えるため、ノースウエスタン大学（イリノイ州エバンストン）の社会学者 Brian Uzzi らは、1955 年以降に取得された 200 万件を超える特許と、発表された 2000 万件近い論文を分析した[1]。その結果、1950 年代の初めには、最も引用数の多い論文はチームではなく 1 人の著者が書いたものであることが多かったが、この傾向は数十年前に逆転したことを見いだした。その後、引用数の差は大きくなる一方である。「1 人で仕事をし、何もないところからアイデアをつかみ出すという科学者のイメージは、第 2 次世界大戦の終わりごろまでは真実でした。しかし、今の科学者は違います」と Uzzi は話す。

Uzzi は、何がこの傾向を後押ししているのかはわからないという。科学の技術的複雑さが増しているからというだけではない。数学や人文科学など、紙と鉛筆さえあれば足りる分野でも同じ傾向がみられるからである。インターネットのためだけでもない。論文著者の人数はインターネット時代が到来するずっと前から増え始め、電子メールの出現も、その傾向にほとんど影響を及ぼさなかったからである。自己引用のためだけでもない。論文の著者たちは宣伝のために自分の論文を引用する傾向があり、複数の著者が書いた論文は、その分だけ自己引用される機会も増えるが、こうした自己引用を除外しても、チームの論文のほうが単著論文よりも引用数が多いという傾向は残るからである。Uzzi は、あらゆる分野で専門化が進んでいることのほかに、社会規範の変化も一因となっているかもしれないと指摘する。研究者たちは常にアイデアを交換し、お互いに批判し合ってきたが、研究者のコミュニティが小さい間は、論文を書いたという事実は、業績としてさほど重視されていなかった。業績は口コミで伝わり、すばらしいアイデアに誰が貢献したかを、誰もが知っていたからである。しかし、今日の学術コミュニティはあまりにも広く、非公式なルートで業績を知らせることは不可能になっている。だから研究者たちは、自分のアイデアと名前を口コミで広めるだけでなく、印刷物にする必要があるのである。

では、一匹狼の研究者がなかなか獲物を仕留められなくて困ってきたときには、どんな研究者と組んで狩りをすればよいのだろうか？　自分と同じ分野の研

© 2008 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved

J. H. VAN DIERENDONCK



究者だろうか、それとも、別の分野の研究者だろうか？　また、共同研究者とは長期的な関係を築くべきなのだろうか、それとも、取っ替え引っ替えしていくべきなのだろうか？

これらの疑問に対しては、「こうすれば絶対にうまくいく」「これは絶対にやってはいけない」などという決まった答えはなく、コストと利益を注意深く評価しながら答えていく必要があることが明らかになりつつある。研究チームは、専門性と多様性、親密さと新鮮さが適度に混ざっているときに、最もうまくいく。研究者たちは今、このバランスを取るコツを見いだそうとしている。

例えばUzziらの研究チームは、1975年から2005年までに発表された420万本の論文を使い、各大学の研究者が獲得した引用数に基づいて大学をランク分けした。その結果、同じ大学の研究者とチームを組むよりも、同等以上のランクの別の大学の研究者とチームを組むほうが、引用数の多い論文を書ける可能性が高いことがわかった。

英国ノリッジで今年6月に開かれたネットワーク科学者の会合において、Uzziは、「大学間の協力には、よりよい科学研究につながる何かがあるのです」と発言した。また、ロンドンのクイーンメリー大学のPietro Panzarasaは、『2001 UK Research Assessment Exercise（2001年英国研究評価）』の経営学研究部門に投稿された論文（8360人の著者によって書かれた9325件の論文）を分析した結果を発表した。それによると、異なる研究機関の間で行われた共同研究の成果は、同じ研究機関内の共同研究の成果よりも平均して高い影響力をもつことが明らかになった。

中途半端に手を広げない

Panzarasaは、研究者が所属する研究機関のほかに、研究者の専門化の程度も調べた。彼は、論文中のキーワードを分析して各研究者の研究分野を特定し、その共同研究者の研究分野を調べることで経験の広さを測定した。「専門化することが最良の戦略なのかどうかという点については、社会科学者の間で意見が分かれています」とPanzarasaは話す。「専門化は、生産性と収入の面では有利に働きます。けれども、銀行業や学問の世界では、『なんでも屋』も成功しています」。Panzarasaのデータは、最も引用数の多い論文を書くのは、もっぱら自分と同じ分野の研究者と共同研究をする人か、幅広い分野の研究者と共同研究する人のどちらかであることを示していた。この2つの山の間には谷があり、中途半端に広い分野の研究者が共同で書いた論文は、引用数が最も少なかった。

Panzarasaは、「高度な専門性をもつ人は、その分野になくてはならない研究者として、名声を獲得したり、見解の統一をはかったり、知識の流れを制御したりすることが可能になります。その反対に、広範な知識分野から入ってくるあらゆる情報を活用できる人も、大きな成功を収めることができます。しかし、その中間の道を選ぶ人が成功する可能性は低いのです。極めて高度な学際的研究ができるという自信がない人は、自分の研究分野の中にいるほうが無難かもしれません」と話す。

Panzarasaは、最も成功した論文を書いた学際的研究チームには、以前に

© 2008 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved

も一緒に論文を書いたことがある研究者たちが含まれていて、緊密な社会的ネットワークが構築されていることを見いだした。チームを支えるこうした結びつきがないと、各人が大量の情報の流れを処理しなければならなくなり、仕事が円滑に進まなくなるからではないかとPanzarasa は考えている。また、専門性の高い研究者が興味の対象を少し広げると、その論文がさらによく引用されるようになることや、本来なら交流のない研究者間のコミュニケーションギャップを橋渡しして、ある分野の知識を別の分野に流入させる研究者（社会科学者は、こうした仕事を「仲介業」とよぶ）の論文の引用数が多いこともわかった。Panzarasa の分析対象の中で最もよく引用される論文を書いていたのは、「専門性の高い仲介業者」であった。

こうした研究をみると、ほかの分野の研究者と共同研究をしようと決めたら、できるだけ多くの分野の研究者を、できるだけ大勢集めるのがよいように思われるかもしれない。しかし、この戦略がうまくいくとはかぎらない。これらの調査は、「複数の著者によって書かれた論文にはどのような傾向があるか?」という観点から行われているため、その対象が、論文という形で成果をまとめることができた共同研究のみに偏っているからである。実際、あまりにも多くの分野の研究者を集めたチームもまた、失敗に終わる可能性がある。デューク大学フクア経営大学院（ノースカロライナ州ダラム）のJonathon Cummings は、全米科学財団の情報通信技術研究プログラムから研究資金を受けた、自然科学、社会科学、コンピュータ科学の学際チームによる 500 を超えるプロジェクトを調査している。この調査からは、最も多様性に富むチームは、平均して、最も少ない研究成果しかあげられないことがわかっている[2]。「多くの大学が関係するプロジェクトほど論文という形で成果を出せない危険性が高いのです」と Cummings は話す。多くの分野にまたがるプロジェクトについても同じことがいえるという。

論文著者のネットワークについて研究しているハーバード大学医学部（マサチューセッツ州ケンブリッジ）の数学者Sam Arbesman は、「これらの調査結果には矛盾があるようにみえるかもしれませんが、学際研究はハイリスク・ハイリターンのビジネスだと考えれば理解できます」という。「多様性に富むチームが常に成功するとは限らないのです。チームの多様性が増すほど、大成功するチームと大失敗するチームに分かれていくということなのでしょう」。それでも、共同研究が失敗するリスクを減らす方法はある。Cummings は、研究責任者たちが以前にも共同研究をしたことがある場合には、一緒に論文を書いたことがない場合に比べて、プロジェクトが成功する可能性が格段に高くなることを発見している。そうした研究チームはすでに、互いの研究方法や用語に親しむ「起業費用」を支払っているからである。ゆえに Cummings は、新しい研究チームには旅行やセミナーに投資することを勧める。「親密さはチームの価値を高めるのです」。

メンバー交替

情報通信技術研究プログラムを担当した全米科学財団の Suzanne Iacono は、「助成金の申請期限が迫ってから急ごしらえされた研究計画は簡単に見破ることができます。そうしたチームは、過去に論文を書いたことがないからです。研究計画の審査員たちは、『論文を書いたこともないチームが、1500 万ドルの研究資金を欲しがるのか?』というでしょう」。情報通信技術研究プログラムは現在、助成金を申請する際に研究チーム作りの計画も提出するよう要請しているが、Iacono はそれだけでは足りないと考えている。「参加分野をどこまで広げると知的生産性が低下し始めるのか、その限界点をもっと理解できるようになりたいものです」と彼女は話す。

しかし、順調に進んでいる共同研究と惰性で続いている共同研究との差は紙一重であり、簡単に区別できるものではない。しっかり固まった研究グループは、意見が一致している領域に集中するようになり、意見が合わない領域に触れることを避ける傾向がある。ネットワーク科学者は、チームの全員が他のメンバーが期待することしかいわなくなっている状況や、自分たちはうまくやっていると考えているが、実際には馴れ合いというぬかるみにはまっているだけのチームを「反響室」とよんでいる。

L.TODD/DUKE PHOTOGRAPHY
A. CAMPBELL

Jonathon Cummings と Luis Amaral は、共同研究チームの構成がその成功にどう影響するかを研究した。

© 2008 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved

科学者たちは、チームが沈滞するのを避けるためにはメンバー交替が必要であると考える。最適な交替率は、チームの規模によって変わってくるようである。ハンガリー科学アカデミー（ブダペスト）の物理学者 Gergely Palla らは、昨年 *Nature* に発表した論文において、arXiv プレプリントサーバーに投稿された物理論文の著者のネットワークを分析した[3]。その結果、20 人前後のメンバーからなる研究チームは、交替率が高い場合に長期にわたって存続する可能性が高くなることが明らかになった。これとは逆に、3 ～ 4 人からなるチームが長続きするためには、安定性が必要であることもわかった。Palla はその理由を、長期の研究を続けられるだけの好意をもてる人を 2 人見つけるのは、さほど困難ではないからだろうと考えている。大きな研究チームでは脱落者が出るのは避けられないが、小規模なメンバー交替が常に行われているなら、チーム全体は存続できる。もちろん、チームの存続は研究成果の質と必ずしも一致するわけではないが、Palla は、長期にわたってつまらない結果を発表し続けることは考えにくいと指摘する。

しかし、小さな研究グループでも、メンバー交替はよい結果を生む。ノースウェスタン大学のネットワーク科学者である Luis Amaral らは、1955 年から 2004 年までに 11 万 5000 人の研究者が社会心理学、経済学、生態学、天文学の 32 の論文誌に発表した 9 万本近い論文のデータを調べて、以前にも共同研究をしたことのある著者の比率を測定した[4]。その結果、インパクトファクターの高い論文誌では、インパクトファクターの低い論文誌に比べて、以前と同じ顔ぶれの共同研究チームによる論文の比率が大幅に低いことが明らかになった。「インパクトファクターの高い論文誌と低い論文誌では、同じ顔ぶれの共同研究チームが占める割合が、まったくといってよいほど違っています。インパクトファクターの低い論文誌では、人々はほとんど常に同じ顔ぶれで共同研究を繰り返しています」と Amaral は話す。

この分析にも加わった Uzzi は、「共同研究チームには 2 種類の人材が必要なのです」と指摘する。それは、確固たる実績があり、よい情報や知識をもつ、地位の高い研究者と、1 つのプロジェクトにたくさんの時間と精力を注ぎ込める新人研究者である。チーム作りのコツは、メンバーのバランスを取ることである。「経験則を述べるとしたら、研究チームの 60 ～ 70％を地位のある研究者が占めるようにし、以前にも共同研究をしたことのある研究者が 50 ～ 60％いるようにするとよい、ということになるでしょう」と Uzzi は話す。「私たちが調べた 4 つの極めて異なる科学分野では、これが最高にうまくいく比率だったのです」。

これは科学に限った話ではない。彼らは、同じことがブロードウェイのミュージカルにも当てはまることを発見した。ミュージカルを作って上演するには、通常、作曲家、作詞家、脚本家、振り付け師、演出家、プロデューサーという 6 人の専門家が必要である。内容的にも興行的にも成功したミュージカルでは、創作チームの中である程度のメンバー交替が起きている[5]。Amaral は、あらゆる種類のチーム活動において、その成果に影響を及ぼすような集団的な性質があるのかもしれないと考えている。「しかし、それを解明するには、膨大な量のデータが必要です」と彼は話す。

Uzzi のもとには、成功するチームを見分けるコツを伝授してもらおうと、さまざまな組織が連絡してくる。「ある大学の学長は、どの研究分野に投資すべきかを知る方法を教えてほしいと電話をかけてきました」と彼は話す。企業は、作業グループを作るコツを尋ねてくるし、ベンチャーキャピタルは、次の急成長分野を見極めるコツを尋ねてくる。米国立衛生研究所（NIH）の代表は、研究資金の提供先を決めるのに Uzzi らの研究が役に立つかどうかを知りたがったという。Uzzi は *Nature* と *Science* のオフィスにも招待された。この 2 誌は、最も影響力の高い論文を見つける方法を懸命に探しているからである。

一番乗り効果

もう 1 つの問題は、論文の引用数と質との関係があいまいなことである。論文は、引用数が多くなるほどますます引用されやすくなるため、小さな質の差が大きな引用数の差へと広がる傾向があることはすでに知られている。同様の仕

J. H. VAN DIERENDONCK

© 2008 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved

組みにより、論文の引用数が、その価値よりも新しさに影響されやすいこともわかっている。ミシガン大学（同州アナーバー）の物理学者 Mark Newman は、今年の 9 月にオンラインで投稿されたプレプリントにつき、引用数における「一番乗り効果」をモデル化して測定し、それが研究の質とは関係ないことを示した。新しい分野で最初に論文を発表した研究者は、後に発表した研究者よりも引用数が多くなる傾向がある[6]。Newman はここで、「皮肉ないい方をするなら、有名になりたい科学者は、今年注目されている分野で傑出した論文を書くよりも、来年注目されそうな分野でまあまあの論文を書くほうがよいということになる」と書いている。

考慮すべきネットワークはほかにもある。インディアナ大学ブルーミントン校でネットワークと情報の可視化を研究している Katy Börner は、1982 年から 2001 年までに米国科学アカデミー紀要に発表されたすべての論文を分析した結果、米国の研究者は、国内の遠方の研究機関に所属する研究者が書いた論文よりも近隣の研究機関に所属する研究者が書いた論文を引用することが多いと結論づけた[7]。「研究者は広範な論文を読んでいますが、自分の論文の参考文献リストを作るときには、研究所の廊下や次の会議で顔を合わさなければならない人たちのことも考えてしまうのです」と彼女は話す。

こうした因子があるため、一部の人々はネットワーク分析の応用について警告を発している。米国国立衛生研究所ポートフォリオ分析・戦略構想局の体系的評価部門長である Deborah Duran は、「今はまだ、共同研究の成功の見込みを判定するのにネットワーク分析のテクニックを使うべきではありません。私たちは傾向を見つけることはできますが、それが意味するところを理解していないからです」と話す。

テネシー大学（同州ノックスビル）の理論生態学者 Louis Gross も同意見である。「引用数を評価するにあたり、社会的ネットワークの効果を説明するのは非常に困難です。ネットワーク分析に将来性があるのは確かですが、それが公正に適用されるようにするためには、きわめて多くの分野の社会科学をこの分析と組み合わせる必要があります」。欧州委員会への研究助成金の申請について調べた Gross は、「ヨーロッパには、研究助成金提供機関が国際協力を奨励しすぎると、研究機関内や国内での発展を妨げてしまうという問題があります」と話す。

しかし Duran は、ネットワーク研究が「科学経営という新興科学」の重要な一部になると期待している。米国立衛生研究所はすでに、メリーランド州ロックビルにあるディスカバリーロジック社が開発したデータマイニング（大量に蓄積されたデータを解析し、有用な情報を探し出す技術）ツールを使って、研究助成金が論文、引用、特許、製品にどう結びついているかを調べている。Duran は、「ネットワーク分析は将来、新しいアイデアの広がりを追跡したり、情報を広めるための最適な方法を発見したり、新しい問題に取り組ませるために特に関係が深い人々を見つけ出したりするのに使われるようになる可能性があります。私は、ネットワーク分析が役に立つようになると考え、期待し、信じています」と話す。

科学者は、こうした知見を利用して、自分の才能を最大限に活かせるようになるのだろうか？　Amaral は、若い研究者が、その分野のスター研究者ばかりが目立つ引用数にとらわれることなく、新人とベテランが健全に混ざり合い、生産的なメンバー交替が起きている研究チームを見つけ出すのに、ネットワーク分析が役立つかもしれないという。現時点では、自力でそれをするのはむずかしいだろう。ネットワークを図示し、その業績を測定するためには、ライセンスを必要とする ISI などの文献データベースへのアクセスや、ネットサーフィンしているだけの平均的な大学院生には手の届かない計算資源が必要だからである。しかし、この状況は変化しつつある。Börner らは間もなく、研究者のネットワークを分析するためのツールを公開する予定である。このツールは誰でも利用することができ、論文検索サービス「Google Sholar」などの無料サービスや、インディアナ大学の 2000 万件の論文、特許、研究助成金のデータベースや、同大学の文献ファイルを使って、研究者のつながりを図示することができる。

しかし、科学者たちのチーム作り戦略がどんなに綿密になろうとも、1 人で研究する余地は常にある。1963 年には、論文著者ネットワーク研究の父である Derek de Solla Price が、このままでいくと化学の分野の単著論文は 1980 年までにゼロになるだろうと予測した[8]。実際、科学の多くの分野で、単著論文は限りなくゼロに近づいていくようにみえるが、ゼロに到達することは決してないようである[9]。前述した *Nature* の 6 本の単著論文のうち、1 本はシカゴ大学で古生物学を専攻する大学院生の Matt Friedman によって書かれた[10]。彼は、「引用数にどのような影響が出ようとも、自分の名前しか載っていない論文を見るのは嬉しいことです」と話す。「どんな科学研究にも、それを助けてくれた人がいるものです。けれども、1 つのプロジェクトを始めから終わりまで自分の思うような方法でやり遂げることは、格別の満足感を与えてくれます。それは自分に科学研究をする能力があることの端的な証明となるからです」。■

John Whitfield は、ロンドン在住のフリーランスジャーナリスト。

1. Wuchty, S., Jones, B. F. & Uzzi, B. *Science* **316**, 1036-1039(2007).
2 Cummings, J. N. & Kiesler, S. Proc. CSCW'08 (in the press).
3. Palla, G., Barabasi, A.-L. & Vicsek, T. *Nature* **446**, 664-667(2007).
4. Guimerà, R., Uzzi, B., Spira, J. & Amaral, L. A. N. *Science* **308**, 697-702(2005).
5. Uzzi, B. *J. Phys. A.* **41**, 224023(2008).
6. Newman, M. E. J. Preprint at arXiv:0809.0522v1(2008).
7. Börner, K., Penumarthy, S., Meiss, M. & Ke, W. *Scientometrics* **68**, 415-426 (2006).
8. Price, Derek J. de Solla *Little Science, Big Science* (Columbia Univ. Press, 1963).
9. Abt, H. A. *Scientometrics* **73**, 353-358(2007).
10. Friedman, M. *Nature* **454**, 209-212(2008).

© 2008 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved