

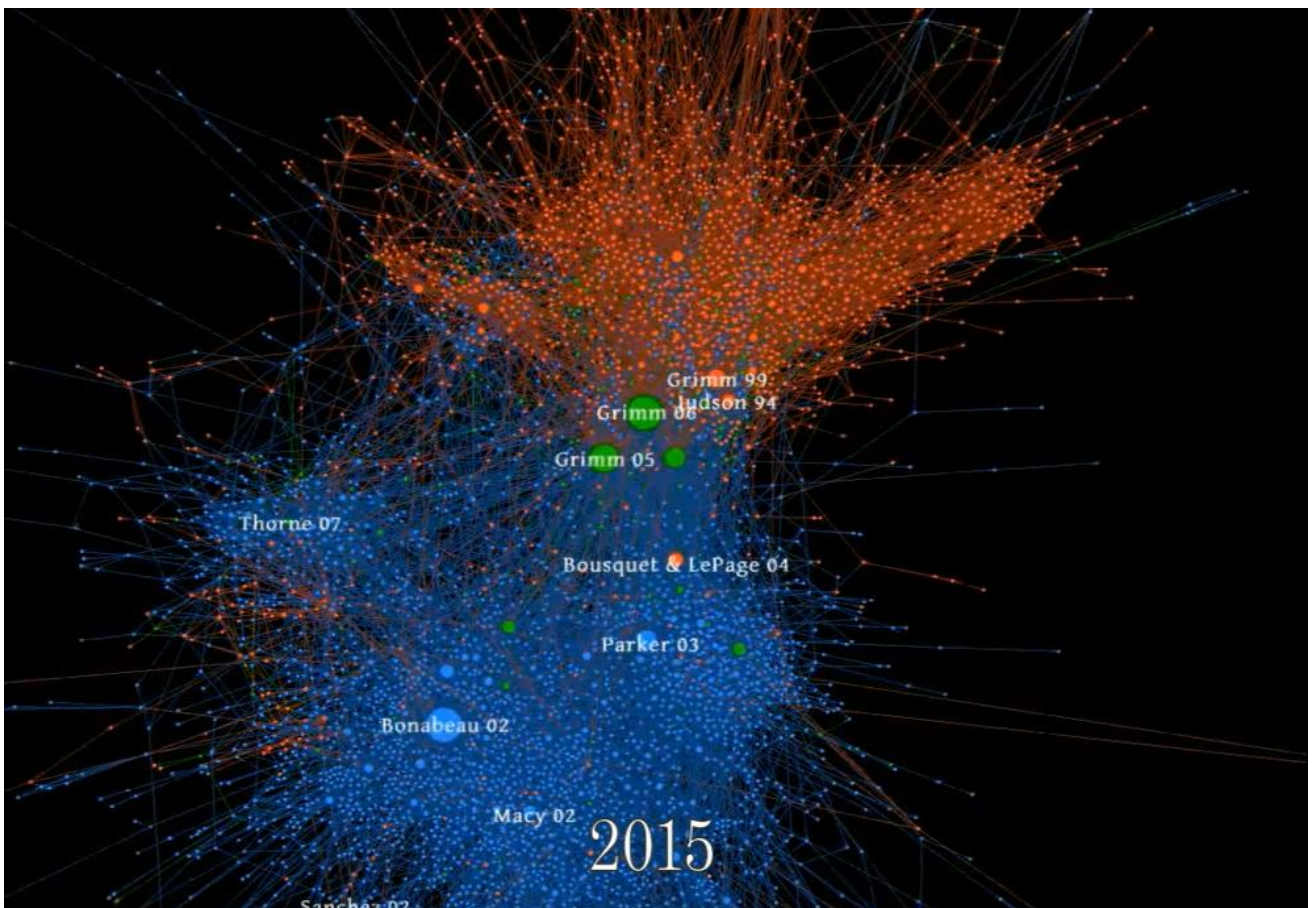
科学と科学が会う時

—異分野の概念どうしが学際的に融合する過程を検証—

概要

学際的な研究によって様々な学術分野の概念が融合し、イノベーションに拍車がかかります。京都大学大学院情報学研究科の Christian E. Vincenot 助教は、異なる学術領域で別々に発展した2つのモデリング理論 ABM (Agent Based Modeling) と IBM (Individual Based Modeling) が融合し、統一的な概念へと昇華する過程を、関連論文の引用ネットワークを時間軸に沿ってシミュレーションすることで明らかにしました。本研究で開発したアルゴリズムを応用することによって、学際的な研究を発案・構築する場合の理論的枠組みを提供できると期待されます。

本研究成果は、2018年3月7日に英国の国際学術誌「Proceedings of the Royal Society B」にオンライン掲載されました。



異分野で用いられるモデリング概念 ABM と IBM が次第に接近・融合していく様子を、1990年から2017年までの関連論文における引用状況を追跡することで明らかにした動画。(提供: Kyoto University / Christian Vincenot) 動画は科学ニュース配信サービス「Eurekalert!」のウェブサイトで見ることができます。

(URL: <https://www.eurekalert.org/multimedia/pub/164957.php>)。

1. 背景

学際的な研究は、科学の発展をうながす原動力のひとつです。異なる学術分野の概念が出会い、融合し、ひとつの普遍的な理論へと昇華する過程で、未知の課題や方法論が生まれ、イノベーションに拍車がかかります。一般的に、ある学術分野においてデータの集積・分析・体系化が進み、基礎的な理論や方法論が確立されると、やがて派生的な理論が生まれ、分野の垣根を超えて他の学術領域との知識の交流が進みます。そして最終的に、複数の分野が収れんして統一的な理論が確立します。

エージェントに着目した複雑系分析 (Agent-based complex systems : ACS) は、こうした学術分野どうしの融合を理解するのに最も適した学術領域です。ACS は、脳・免疫システム・エコシステム・人間社会・金融マーケットなど、様々なシステムが「自律的に意思決定をする個体または集合体」(エージェント) で構成されるとする理論です。これまでは、社会学や環境学など、異なる学術分野で ACS を用いた研究が進展してきました。

1990 年代以降、コンピューターの性能の向上にともなって、ACS に基づいた Agent-Based Modeling (ABM) の研究が盛んに行われてきました。ABM は、個体のふるまいをモデリングし、それをシステム全体に拡張して複雑系を理解する研究手法で、例えば社会学では個人の適応行動に注目して適用されてきました。一方、環境学では、ABM は IBM (Individual-Based Modeling) という名称で発展し、おもに個体どうしの相互作用と変化に着目したものでした。このように、ABM と IBM は、名称と適用される学術分野が異なるものの、同じ ACS を基盤としているため、方法論が発展するとともに融合することが予想されました。

このような背景から、本研究では、異なる学術分野の概念が統一的な理論へと昇華する過程のモデルケースとして、ABM と IBM が分野の境界を超えて融合するプロセスを追跡しました。ABM と IBM はどのように出会い、融合したのでしょうか？また、その融合を促進したものは一体何だったのでしょうか？

2. 研究手法・成果

本研究では、論文の引用関係を分析することによって、学術上の概念が分野を超えて融合する過程を定量的に追跡するアルゴリズムを開発しました。このアルゴリズムを ABM と IBM に適用することによって、両者が次第に融合していくプロセスを観察することができます。

ABM と IBM に関する論文は、世界最大級の論文データベースである SCOPUS (スコーパス) から抽出し、引用関係を視覚的に把握できるように図示しました。図中では、ABM に関する論文を青い円で、IBM に関する論文を赤い円で表し、引用される頻度が高いほど大きくなるように設定しました。そして、ABM に関する論文中で IBM に関する論文を引用した場合 (逆も同様)、両者を線でつなぎ、同じ論文を引用している論文どうしが近づくようにしました。

本研究では、1990 年から 2017 年まで、ABM と IBM に関する合計 12,683 件の論文の引用関係を追跡しました。1990 年代は主に IBM に関する論文が農学・生物学・環境学・医学の各分野で発表され、2000 年代に入って工学・情報学・数学の各分野で ABM に関する論文が盛んに出版されるようになりました。当初、ABM と IBM はそれぞれ孤立していましたが、2003 年以降に両者の引用関係が始まり、2015 年には明らかにふたつの用語が融合している状態を観察することができました。

Vincenot 助教は「もっとも驚いたのは、ABM と IBM が融合する鍵を握っていた論文が、わずか 6 点の論

文にすぎなかったことです。しかも、この6点の論文はもっとも引用された論文というわけではなかったのです」と話しています。実際、この6点の論文を取り除いて再びシミュレーションしたところ、ABMとIBMの両者が融合することはありませんでした。

本研究は、以上の結果から、このような概念の融合を引き起こすには3つの要素が必要になるという仮説を立てました。すなわち、①研究者が別の分野の課題に気づくこと、②共通の言葉づかい・専門用語・ソフトウェアが開発されること、③異なる分野を統合するような理論が創出されることです。

とりわけ3点目は重要だと考えられます。Vincenot 助教は「研究者のあいだで、お互いに気づきとコミュニケーションがあれば、学際的な研究を進めるには十分です。しかし、異なる分野を融合させ、独立した学術分野を打ち立てるには、それだけでは不十分です。新しい学術分野が自律的に発展するには、そのフレームワークとなる統一的な理論が必要なのです。そのために研究者は、既存の研究成果を噛み砕いて新しい理論を生み出すという営みを、繰り返し行わなくてはならないのです」と話しています。

3. 波及効果、今後の予定

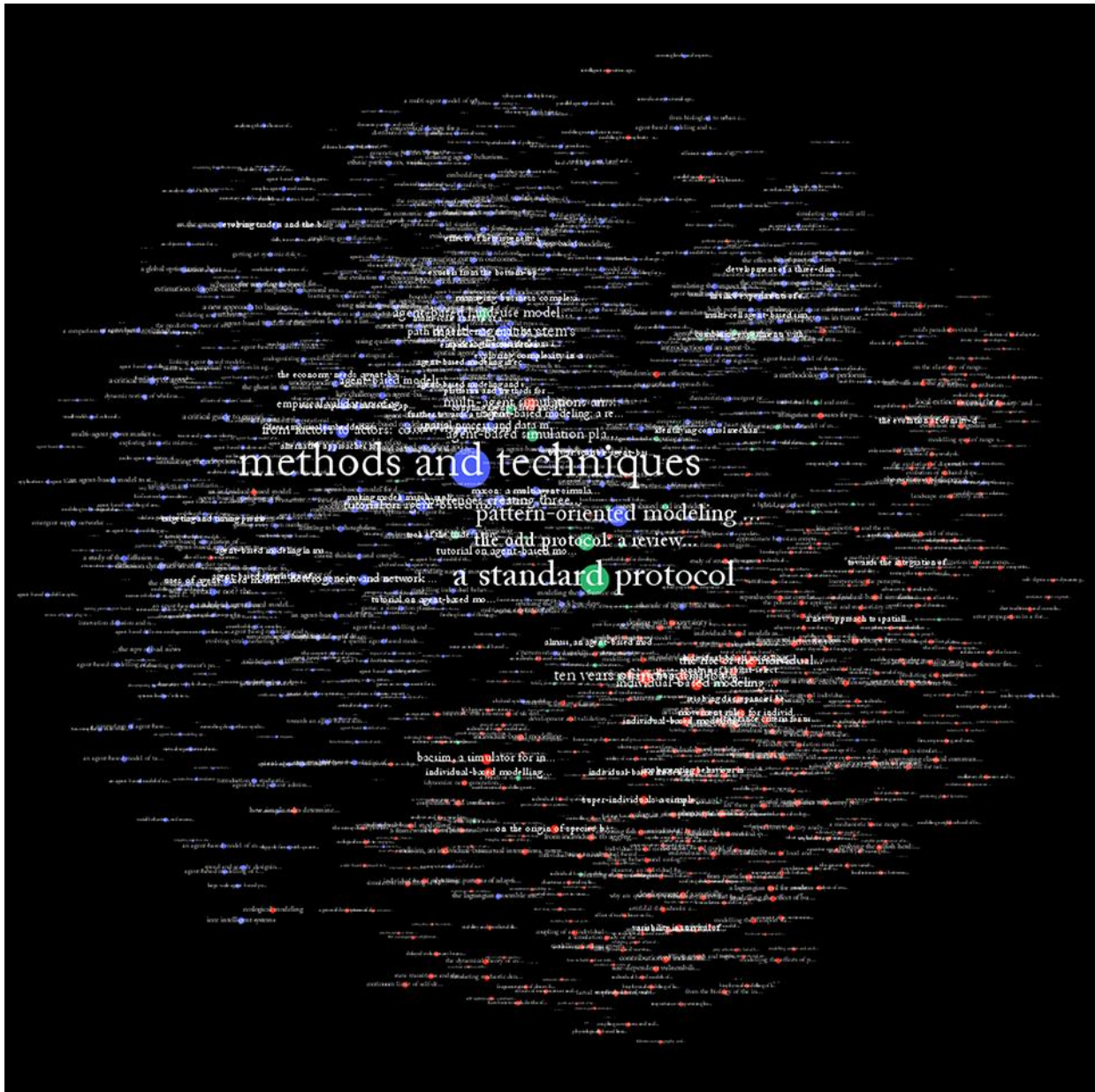
本研究は今後、今回開発したアルゴリズムをABMとIBM以外の学術上の概念と用語に適用して、同様のシミュレーションを行い、上記の仮説を検証する予定です。それによって、様々な学際的研究のアイデアが生まれることを期待しています。

<論文タイトルと著者>

タイトル : How new concepts become universal scientific approaches: insights from citation network analysis of agent-based complex systems science

著者 : Christian E. Vincenot

掲載誌 : Proceedings of the Royal Society B DOI : 10.1098/rspb.2017.2360



エージェント・ベース・モデルによる複雑系分析 (Agent-based Complex Systems : ACS) に関する文献のクラウド。図中のノード (点) は、ABMに関する文献 (青)、IBMに関する文献 (赤)、双方の領域に関する文献 (緑) をそれぞれ表している。(提供 : Kyoto University / Christian Vincenot)