

建築学研究の社会ネットワーク分析

○渡辺 俊^{*1}

キーワード：科学研究費助成事業、複雑系、学術コミュニティ、クラスタリング

1. はじめに

かつて、建築学に携わる研究者は、日本建築学会が編纂する「建築学体系」や「近代建築学発達史」などにより、学域の全体像を俯瞰する事ができた。しかし、日本建築学会の論文集に掲載される数は年々増加してきており、さらに大会梗概集や支部研究論文集などを含めると、建築学研究の動向はますます複雑な様相を呈し、全体像を把握することが極めて困難になっている。

一方、近年では複雑ネットワークやネットワーク分析が注目を集めている。その背景には、理論モデルの進展やスケールフリーネットワークの発見に加え、情報技術の発達により潜在的なネットワーク構造を有するビッグデータの利用・検証が可能となったことが大きいと考えられる。

建築学における複雑系の探求は、形態の分析・生成などが先行している。ネットワーク分析についても、空間的な対象から社会的な対象まで、これまで広く適用されてきた。また、複雑シミュレーションによりアカデミック・ソサエティの盛衰を明らかにした挑戦的な研究もある。しかし、“建築学自体”の学術コミュニティの変遷やそのネットワーク構造に言及した実証的な研究は行われていない。

2. 目的

科学研究費助成事業による共同研究関係は、研究ネットワークを代表するものと考えられる。情報分野では、科研費申請データを利用して学術界全体を俯瞰し、学術分野間の巨視的な関係性を抽出する研究なども始められている。

そこで本研究では、国立情報学研究所が運営する科学研究費補助金データベース（KAKEN）に登録されているデータに基づき、建築学研究のネットワーク分析を通じて、今日における建築学研究の全体像を明らかにすることを目的とする。

3. 分析データの概要

科学研究費補助金データベースは、採択課題について過去に遡った整備が進められており、研究課題名、キーワード、研究代表者・研究分担者、実施年度、予算、研究成果等を一覧することができる。建築学においても、

建築構造・材料、建築設備・環境工学／建築環境・設備、建築計画・都市計画／都市計画・建築計画、建築史・建築意匠／建築史・意匠の各研究分野について、1972年以降の全ての採択課題がWeb上で検索・閲覧可能であり、CSV形式でダウンロードすることもできる。

2012年6月1日時点で確認された課題数は、建築構造・材料で2850件、建築設備・環境工学／建築環境・設備で1480件、建築計画・都市計画／都市計画・建築計画で2668件、建築史・建築意匠／建築史・意匠で1066件であり、建築学全体で8062件（研究分野間での重複2件）になる。

研究代表者・研究分担者は、大学等に所属する研究者の場合には基本的に研究者番号により峻別されるが、民間企業等に所属する研究者等には研究者番号が付与されていない。また1972年～1984年のデータについては、たとえ大学等に所属していた研究者であっても概ね氏名・所属のみの記載である。さらに、所属の変更等に伴い複数の研究者番号を持つ研究者や入力ミスも散見された。そこで、名寄せ作業により同一研究者を照合し独自に研究者IDを再構築した。これらの作業を通じて、建築構造・材料で1380名、建築設備・環境工学／建築環境・設備で895名、建築計画・都市計画／都市計画・建築計画で1697名、建築史・建築意匠／建築史・意匠で645名、建築学全体で4224名の研究者が特定された。

一方、若手研究、奨励研究、その他の研究者が1人で行う研究課題は、研究ネットワークとは名目上は無関係である。ネットワーク構築のためのデータに対象を限定すると、課題数：研究者数は、建築構造・材料で990件：1146名、建築設備・環境工学／建築環境・設備で515件：734名、建築計画・都市計画／都市計画・建築計画で858件：1356名、建築史・建築意匠／建築史・意匠で216件：451名であり、建築学全体で2577件（研究分野間での重複2件）：3368名となる。即ち、建築学において、採択課題中の共同研究の割合は3割強であるが、研究者の8割は何れかの研究ネットワークに参加していることになる。ただし、分野別に見てみると、建築史・建築意匠／建築史・意匠の分野は、他と比較して共同研究の割合が1割以上低く、同様に共同研究に参加している研究者も1割程度少ない。これは研究スタイルの違いによるもので、建築史・意匠関連の学会論文の多くが単著であ

るのに比べ、他の分野では殆どが共著であることから確認できる（表1）。

4. 研究ネットワークの構造

科学研究費補助金データベースに基づく研究ネットワークの分析を始めるにあたり、それぞれの研究課題における研究代表者と研究分担者の関係はスター型ネットワークであると仮定し、研究代表者と各研究分担者の間に紐帯（エッジ）を設定した。従って、複数の研究課題で共同研究を実践している場合、研究者間の紐帯の本数も相応の数になる。勿論、研究分担者間の関係も考えられるが、研究課題データだけでは必ずしもどの研究分担者間に紐帯を仮定すべきか明確ではない。また、ここで問題としているのは単なる友人・知人関係ではないので、彼らに研究上の強い協働関係があれば、別の研究課題における研究代表者・研究分担者として紐帯が設定されるはずである。

上記の関係から導き出された紐帯の数は、建築構造・材料で2461本、建築設備・環境工学／建築環境・設備で1475本、建築計画・都市計画／都市計画・建築計画で2262本、建築史・建築意匠／建築史・意匠で665本、建築学全体で6863本となった。

構築された研究ネットワークの全体は111のコンポーネントに分かれたが、殆どの研究者は最大のコンポーネント（ノード数3022：比率89.7%）に結合しており、以下、ノード数8のコンポーネントが1、7のコンポーネントが3、6のコンポーネントが6、5のコンポーネントが11、4のコンポーネントが10、3のコンポーネントが28、2のコンポーネントが51となった。その意味では、建築学として概ね一団の“複雑ネットワーク”が構築されていることが確認できた。

しかし、研究分野別にネットワークを観察すると、建築設備・環境工学／建築環境・設備と建築史・建築意匠／建築史・意匠の間にクリークが見られた。二つの研究

分野を仲介するのは1つのダイアド（二者関係）と1つのトライアド（三者関係）による関係のみであり、科学研究費助成事業に限って言えば、両研究分野の学際的な協働はあまり行われていない。

5. 研究ネットワークの特徴

以下、複雑ネットワークの特徴である、スケールフリー性、凝集性（クラスター性）、スモールワールド性について検討する。

研究ネットワークを無向グラフとして分析すると、共同研究関係の最も多い研究者が82本の紐帯を持つ一方で、紐帯が2本の研究者518人（15.4%）、1本の研究者1581人（46.9%）だけで過半数を占めている。図2は紐帯の本数（次数）と研究者数（ノード数）に関する両対数グラフである。これから、冪乗回帰式を求めると、

$$y = 2784.2 x^{-1.937} \quad (R^2 = 0.994)$$

となり、科学研究費助成事業による共同研究関係にスケールフリー性を確認することができる。これは、特定のハブとなるような研究者を中心に、学術コミュニティが構成されていることの証である。

構築された研究ネットワークを特徴づける基本的な指標の計算結果を表2に示す。

凝集性（クラスター性）について見てみると、クラスター係数Cは、建築構造・材料で0.115、建築設備・環境工学／建築環境・設備で0.098、建築計画・都市計画／都市計画・建築計画で0.093、建築史・建築意匠／建築史・意匠で0.052、建築学全体では0.107となった（重複する紐帯は一本としてクラスター係数Cを算定している）。これは、任意の研究者から紐帯を持つ研究者二人の間に約1割の確率で研究代表者・研究分担者の関係があることを示している。即ち、クラスター係数の比較から、建築構造・材料では研究課題ごとに研究者同士が

表1 分析データの概要

	課題数	共同研究課題数	共同研究課題率	研究者数	共同研究者数	共同研究参加率
建築構造・材料	2850	990	34.7%	1380	1146	83.0%
建築設備・環境工学 建築環境・設備	1480	515	34.8%	895	734	82.0%
建築計画・都市計画 都市計画・建築計画	2668	858	32.2%	1697	1356	79.9%
建築史・建築意匠 建築史・意匠	1066	216	20.3%	645	451	69.9%
建築学全体	8062	2577	32.0%	4223	3368	79.8%

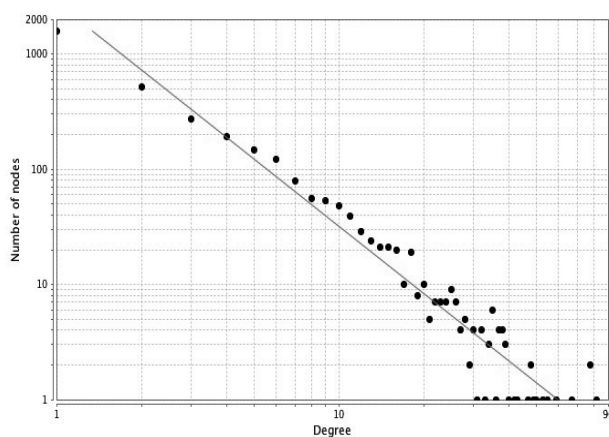


図1 紐帯の本数の研究者数の関係

相互に役割を変えながら実施している確率が高いのに対して、建築史・建築意匠／建築史・意匠では多くの研究課題が限られた研究者代表により実施されている実態を伺うことができる。なお、研究ネットワークという意味では、先に述べた通り研究分担者間の関係に紐帯を設定していないためトライアド（三者関係）が過小評価されており、研究上の凝集性は実際にはもう少し高い値となるであろう。

研究ネットワークのsmall-world性について見てみると、平均頂点間距離 L は、建築構造・材料で 6.546、建築設備・環境工学／建築環境・設備で 5.293、建築計画・都市計画／都市計画・建築計画で 6.848、建築史・建築意匠／建築史・意匠で 6.091、建築学全体で 7.152 となった。研究分担者間の関係を加味すれば、平均頂点間距離 L はさらに短くなると思われ、概ね“6 次の隔たり”を確認することもできる。また、建築設備・環境工学／建築環境・設備の値が相対的に小さいことから、同分野ではよりコンパクトな研究ネットワークが形成されていると考えられる。

6. 建築学研究のクラスター

研究分野は研究課題申請のための区分であり、実際の研究コミュニティとは異なる可能性がある。そこで研究分野による区分を取り払い、ネットワーク全体を実質的なクラスターへと分類することを試みた。

複雑ネットワークの分野では、様々なクラスタリングの手法が提案されている。ここで言うクラスタリングとは、統計学で言うクラスター分析とは異なり、ネットワーク構造（トポロジー）を用いてネットワークを部分グラフに切り分ける手法である。その中でも、広く一般に用いられているものとして、Girvan-Newman のアルゴリズム、および Newman の fast greedy アルゴリズムがある。

Girvan-Newman のアルゴリズムは、各エッジ（紐帯）について任意のノード間の最短経路を考えた時にそのエッジを通る回数を基準とした指標（edge betweenness）を考え、トップダウンに指標の値が高いエッジを順次削除していき、どこまで切り分けるかはモジュラリティ（Modularity）により判定する方法である。一方、Newman の fast greedy アルゴリズムは、Girvan-Newman のアルゴリズムの計算量を削減するために修正を加えたもので、ボトムアップにグラフを統合した場合のモジュラリティの増減でクラスターを判定する。

研究ネットワーク中の最大のコンポーネント（ノード数 3022：エッジ数 6562）について、Newman の fast greedy アルゴリズムを用いてクラスタリングを行った結果、43 のクラスター（+ 110 コンポーネント）に分類された（図 2）。

7. おわりに

以上、建築学における研究ネットワークが、スケールフリーな複雑ネットワークであることを確認した。これは、科学研究費助成事業による建築学術コミュニティの形成においても、“優先的選択”が行われていることを示すものでもある。また、クラスタリングにより、研究分野の枠を越えた研究コミュニティを特定した。ただし、数理的手法によるクラスタリングでは、分類されたクラスターについての研究コミュニティとしての意味までは解釈できない。それぞれクラスター内の研究者が共有する学術的関心の所在を明らかにするためには、研究課題ごとに登録されたキーワードと照合するなどを検討する必要があるであろう。

表 2 研究ネットワークの基本的指標

	コンポーネント数	クラスター係数 C	ネットワーク直径	平均頂点間距離 L	頂点数（研究者数）	最大コンポーネント（研究者数）
建築構造・材料	45	0.115	16	6.546	1146	1006
建築設備・環境工学 建築環境・設備	32	0.098	13	5.293	734	638
建築計画・都市計画 都市計画・建築計画	68	0.093	16	6.848	1356	1122
建築史・建築意匠 建築史・意匠	18	0.052	17	6.091	451	380
建築学全体	111	0.107	17	7.152	3368	3022

参考文献

- 1) R. Albert, A-L. Barabasi : Statistical mechanics of complex networks, Reviews of Modern Physics, 74, pp.47-97, 2002
- 2) Albert-laszlo Barabasi : Linked - The New Science of Networks; Basic Books, 2002.5 / 青木薫 訳：新ネットワーク思考—世界のしくみを読み解く、NHK 出版、2002.12
- 3) M. E. J. Newman and M. Girvan : Finding and evaluating community structure in networks, Physical Review E, Vol. 69, 2004
- 4) M. E. J. Newman : Fast algorithm for detecting community structure in networks, Phys. Rev. E, Vol. 69, 2004
- 5) S. Milgram : The small-world problem, Psychology Today, Vol.2, pp. 60-67, 1967
- 6) 安田雪：実践ネットワーク分析 関係を解く理論と技法、新曜社、2001.10
- 7) 増田直紀、今野紀雄：複雑ネットワークの科学、産業図書、2005.2

*1 筑波大学システム情報系・准教授・博士（工学）

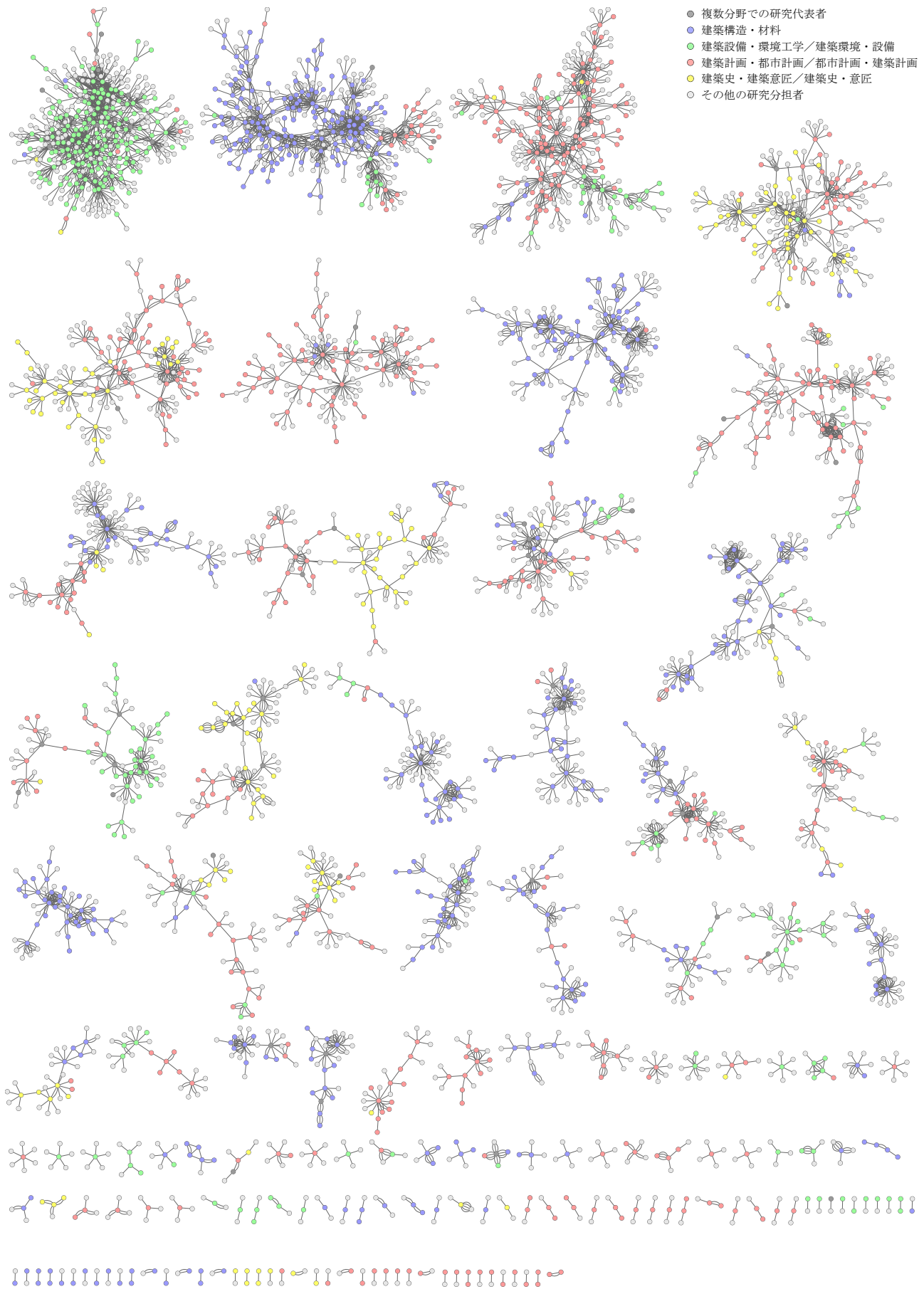


図2 建築学研究のクラスター