

【論考】

ネットワーク科学による学生間のつながり可視化 -官民協働留学支援制度「トビタテ」によるコミュニティ形成-

Application of Network Science for Learning Support in TOBITATE Study Abroad Program

金沢学院大学経済情報学部 後藤 弘光

GOTO Hiromitsu

(Department of Economic Informatics, Kanazawa Gakuin University)

キーワード：留学支援、グローバル人材育成、トビタテ、SNS活用、ネットワーク分析

1. はじめに

ネットワーク科学¹は、インターネットや企業間の取引、食物連鎖や道路網など、複雑な「つながり」として表現されるネットワークを研究する学術分野である。1998年の現実世界で広く観測される「世間は狭い」性質を持つネットワークのモデル化^[1]を契機に、広い分野で活用されるようになった。近年、インターネットやソーシャル・ネットワーキング・サービス（SNS）の普及、計算機能力の向上によって、主に社会学で扱われていた人間関係に関する研究にも広く用いられている。教育分野への応用として、例えば、アメリカの大学100校の学生間のFacebook上での友人関係形成における属性（性別、学年、高校や住居など）の役割及びコミュニティ調査^[2, 3]などが挙げられる。また教育機関における同窓会の実態調査のため、ウェブクローラによってデータを収集、テクノロジー業界のリーダーに着目した同窓会ネットワークを可視化・分析した研究^[4]もある。一方、日本においてこのような実践的かつ網羅的な研究は、筆者の知る限り未だ報告されていない。本稿では、日本学生支援機構による令和元年度「学生支援の推進に資する調査研究事業（JASSO リサーチ）」における成果²を基に、SNSデータとネットワーク科学の手法によって可視化された、オンラインコミュニティを活用した日本人学生のための留学支援を紹介する。

¹ 複雑ネットワーク、ネットワークサイエンスなどとも呼ばれる。

² 詳細は令和元年度 JASSO リサーチ「官民協働留学創出プロジェクト（トビタテ）における友人関係ネットワークの成長とコミュニティ構造の可視化研究」研究成果報告書を参照下さい。

[<https://www.jasso.go.jp/about/statistics/jasso-research/2019.html>]

2. トビタテ！留学 JAPAN 日本代表プログラムにおける学生支援

官民協働留学支援制度「トビタテ！留学 JAPAN 日本代表プログラム³」（以下「トビタテ」という。）は、「日本最高戦略」（平成 25 年 6 月 14 日閣議決定）に基づき、2020 年までに日本学生の海外留学倍増という政府の目標の下、官民が協力して海外留学を支援するために創設された「グローバル人材育成コミュニティ」が運営するものである。トビタテでは、企業インターンシップや学生自らが立案したプロジェクト等、「実践活動」に焦点を当てた留学を推奨し、多様な経験と自ら考え行動できるような体験の機会を提供、多様な経験を積んだ個性溢れる留学生のネットワークを形成することで、産業界を中心に社会で求められる人材、世界で、又は世界を視野に入れて活躍できる将来のグローバルリーダーの育成を目指している。主な支援内容は以下の 3 点である。

- 海外留学費用（奨学金、留学準備金、授業料）の給付
- 留学事前・事後に行う研修の提供
- 継続的な学習や交流の場としての留学生ネットワークの提供

学生自らが立案した留学計画に対する金銭的支援に加え、留学事前事後の合同研修やコミュニティを活用した学習支援を含む点は、国費による単位取得型や協定派遣型の海外留学支援制度とは大きく異なる。2014 年よりスタートしたこのトビタテは、2020 年 1 月までに約 6 千人の高校・大学生の海外挑戦を支援し、留学という共通点を通じて、所属や留学国、地域や専門性の垣根を越えた交流の場、多様な人脈形成の機会を提供している。

トビタテに参加する学生は全国・全世界で活動しており、一般にその交流は地理的な条件によって制限されている。さらに、2020 年 1 月以降、新型コロナウイルス感染症のパンデミックが世界中に広がり、派遣留学生の一時帰国や留学の中止など大きな影響を及ぼしている。一方、SNS などのオンライン上でのコミュニケーションツールは、これら地理的な制限だけでなく、新型コロナ禍における困難を克服するための鍵となる。留学事前・事後研修のオンライン化やオンラインでの勉強会など、実際の留学だけではない、学生の学びに対する支援が継続している。これらコミュニティの実態を調査・分析し、学生支援との相関を明らかにすることは、データ駆動型の留学支援を推進する上で重要である。ただし、次節より紹介する調査研究は、新型コロナ流行前に実施されたものである。

3. トビタテ！オンラインコミュニティ

Facebook⁴は世界最大の SNS であり、ユーザが実名登録された個人アカウントを使用する特徴を持つ。そして、ユーザは友人関係を持つ友人とアプリ上でも友達として関係を形成することができ、アプリ

³ トビタテ！留学 JAPAN ホームページ [https://tobitate.mext.go.jp/]

⁴ 運営会社 Facebook, Inc. [https://about.fb.com/ja/]

上で友達になることで、その友人の投稿がホーム画面に表示されるほか、Facebook 上でメッセージのやり取りが可能となる。また投稿に対する「いいね」や「コメント」によってユーザ同士の交流を深めたり、投稿のシェアによって情報の拡散をしたりすることができる。さらにグループ機能を活用することで、グループ内に限定した情報共有やイベントの開催などコミュニティでの活動を推進することができる。

トビタテは2014年よりスタートし、同時期に参加学生間のオンライン上での交流や情報伝達の間として、承認制の Facebook グループが発足した。そして、2019年までに数千規模のトビタテ参加学生が加入するオンラインコミュニティとして成長している。本調査ではトビタテに参加する学生の主な交流の場である Facebook の友人情報を用いてコミュニティ内の人脈構造を調査する。ただし、トビタテに参加した学生の同窓会組織とまりぎのホームページ⁵に記載のある Facebook グループのうち、メンバー数が最大のグループを主な調査対象とした。対象のグループには、トビタテ大学生等コース及び高校生コースに参加した学生、日本学生支援機構グローバル人材育成部（トビタテ事務局）の実務者、支援企業及び大学関係者が参加している。本調査ではトビタテ事務局より提供を受けた参加学生及び、トビタテ事務局員一覧情報を用いて、メンバーを同定、人脈構造における特性を調査した。ただし、Facebook の使用率が低いと考えられる高校生コースの参加学生及び、同定が困難であった参加学生、支援企業及び大学関係者は調査対象から除いている。

本調査研究では、2019年4月及び11月の計2回、Facebook グループに参加しているメンバー及びその友人関係を取得した。ただし、個人のプライバシー設定において一般公開されている友達一覧のみを取得している。本節では、調査対象であるトビタテ大学生等コースの参加学生の主要な交流の場である Facebook グループへの参加状況を参加学生が持つ属性（派遣期、コース、大学所在地）の観点から調査した結果を報告する。

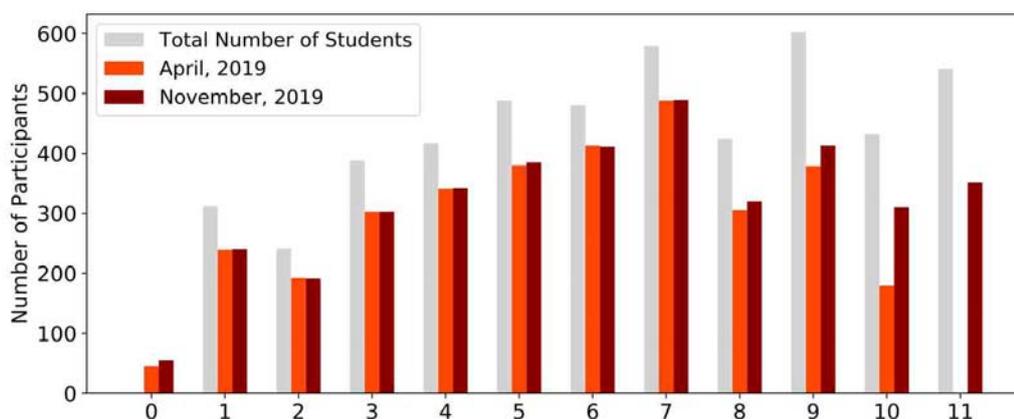


図1：トビタテ大学生等コースの期別採択学生数と2019年4月及び、11月時点でのグループ参加人数。

ただし「0」はトビタテ事務局員、各数字は第何期派遣留学生であるかを表す。

⁵ 同窓会組織とまりぎホームページ [https://tobitate-net.com/]

トビタテ大学生等コースの期別採択学生数と2019年4月及び、11月時点でのFacebookグループ参加人数を図1に示した。2019年11月の時点で3,756人の採択学生がコミュニティに参加しており、これは加入率76.5%に対応する数字である。また、期別で大きな偏りはない。また、2019年4月及び11月の時点において、10期及び11期生は留学を開始していない採択学生を含む。10期及び11期生の加入率の推移から、トビタテに参加する学生は留学開始期間の早い時期からコミュニティの存在を認識・加入していることがわかる。これらは留学前に実施される壮行会及び事前研修の効果であると期待される。また2019年11月時点において55人のトビタテ事務局員（研修講師を含む）が参加しており、参加学生に対する情報発信及びコミュニティ形成の援助を担っている⁶。

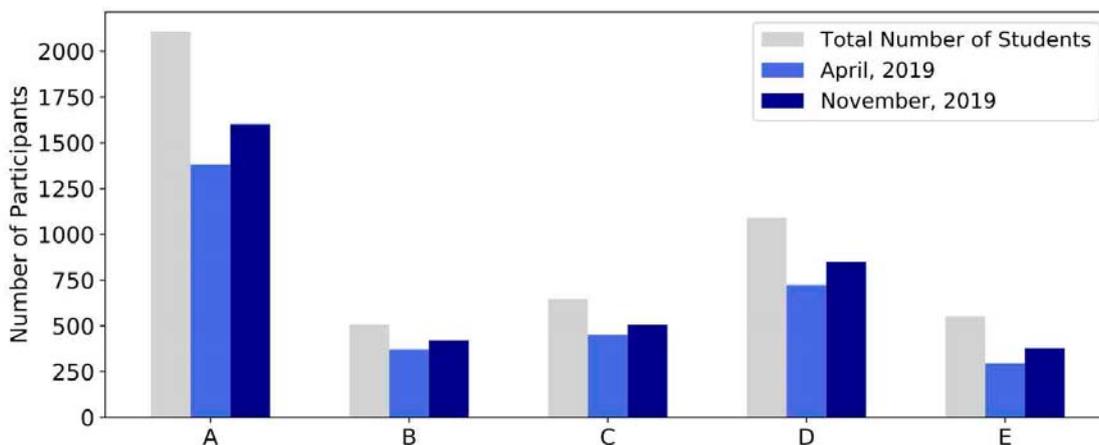


図2：トビタテ大学生等コースの応募コース別採択学生数と2019年4月及び、11月時点でのコミュニティ参加人数。ただし、A：理系、複合・融合系人材コース（未来テクノロジー人材枠を含む）、B：新興国コース、C：世界トップレベル大学等コース、D：多様性人材コース、E：地域人材コース。

トビタテ大学生等コースに参加する学生は、留学計画に応じた5つの応募コースで分類される。A：理系、複合・融合系人材コース（未来テクノロジー人材枠を含む）、B：新興国コース、C：世界トップレベル大学等コース、D：多様性人材コース、E：地域人材コース。各コースのFacebookグループ加入状況を図2に示した。これら応募コースは学生の留学目的や専門性が反映された分類となっており、学生の専門性による加入率の偏りは見られないことがわかる。

⁶ ただしトビタテ事務局員には、大学や企業からの出向者及び、非常勤職員も含まれるため、データ取得時において既にトビタテ事務局に在籍していない者も含まれている

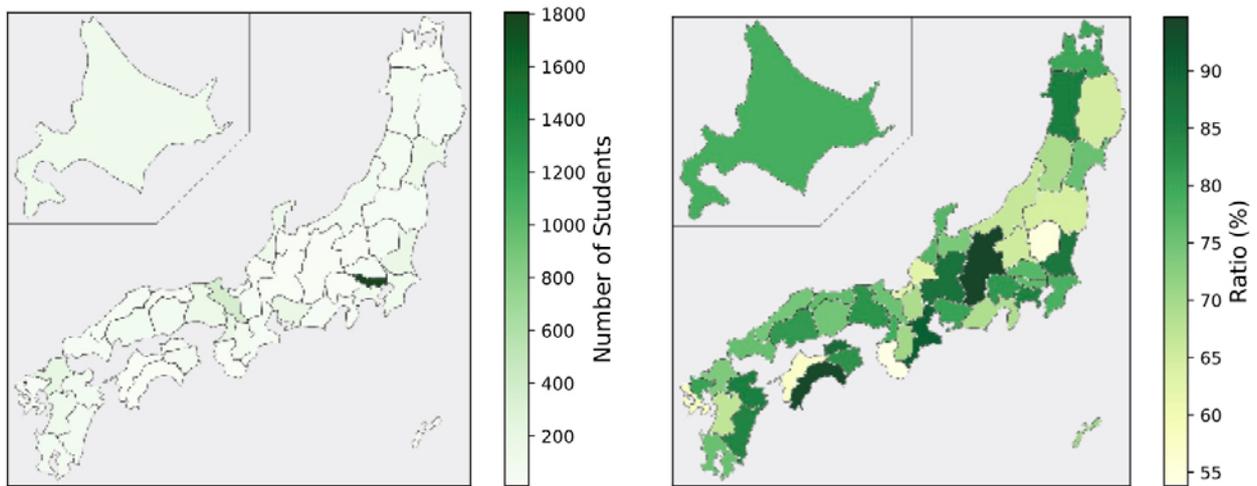


図3：2019年11月時点でのトビタテ大学生等コースの都道府県別コミュニティ参加状況。ただし、都道府県は参加学生が採択時に所属していた大学の所在地を用いて決定した。左)採択学生数。右)コミュニティ加入率。

図3にトビタテ大学生等コースの都道府県別採択学生数と2019年11月時点でのFacebookグループ参加状況を示した。ただし、都道府県は参加学生が採択時に所属していた大学の所在地を用いて決定している。大学数が多い東京都に最もトビタテ大学生等コースの採択学生が集中しており、2019年11月の時点でコミュニティに参加している学生の36.8%を占める。また、各都道府県の採択学生数は差異があるものの、全ての都道府県で半数以上の採択学生がコミュニティに参加していることがわかる。

4. ネットワーク科学による学生間のつながり可視化

本節ではFacebookグループ内の友人関係情報をもとに構成されるネットワークの特性と成長過程をネットワーク科学の手法により可視化した結果を紹介する。

4.1. Facebook上の友人関係ネットワーク

ネットワークは、点（ノード）と線（リンク）で定義される、いくつかの点同士が繋がった図のような構造体を指す。例えば友人関係ネットワークは、ノードを人、2人の間に友人関係がある場合にリンクを定義する。具体的には4人の友人関係がノードとリンクの集合として与えられてとき、その友人関係ネットワークは図4として表現できる。

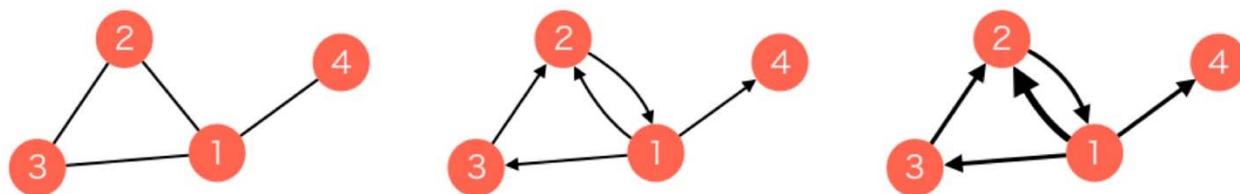


図4：友人関係ネットワークの例。左) 無向ネットワーク、中央) 有向ネットワーク、右) 重み付き有向ネットワーク。

一般に、図4中央) や右) に示すように、ネットワークのリンクには向きや重みの有無が考えられる。これらは友人関係の定義に依存する。例えば、メールの送受信によって友人関係の有無を定義する場合、リンク間には送信者から受信者への向きを定義できる。またメールの送受信数にまで着目すれば、2人の間柄の近さを重みとして定義できるだろう。Facebookの友人関係は「友達申請」とその承認によって形成されるため、友人として相互承認された関係である一方、一般に公開されている友人情報からは、その方向性を読み取ることはできない。一方、トビタテに参加する前の学生間には、多くの場合に面識はなく、Facebook上で友人関係となる事に対して一定の心理的障壁が存在すると考えられる。したがって、本調査研究で扱う友人関係ネットワークは、図4左) に対応する無向ネットワークであるが、トビタテが提供する学生支援の効果が少なからず反映していると期待できる。

4.2. オンラインコミュニティの「世間は狭い」

友人関係ネットワークにおけるノード数とリンク数は、コミュニティ参加者数と友人関係数に対応する。図5に、2019年4月及び11月時点での各参加者の友人数に関する相対度数分布、及びその累積分布を示した。ただし、両対数グラフを用いて図示している。あるノードから出るリンクの数を次数と呼び、多くのネットワークの次数分布は、ベキ分布に従うことが知られており、このような性質は、ネットワークのスケールフリー性と呼ばれている。ベキ分布の特徴は、正規分布などと比べ大きな値が出やすく、分布の裾が広くなる点が挙げられる。人間関係においては、スケールフリー性は頻繁に見られるわけではなく、携帯の通話によって結ばれるネットワークにおいては、裾が広い分布だがベキ性を伴わないことが知られている[5]。図5に示す正規分布や指数分布より裾の広いベキ性を伴う次数分布は、コミュニティ内に非常に多くの友人数を持つハブ人材が存在することを意味し、人間関係を維持するコストが低く、友人関係を増やすことが容易であるオンラインのネットワークの特徴であると言える。

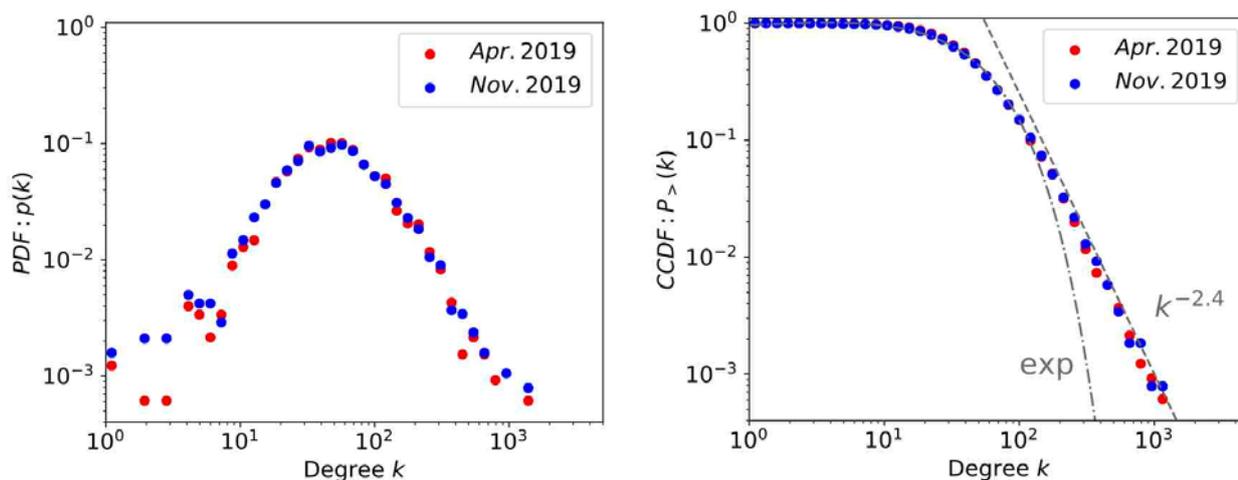


図5：2019年4月及び11月時点での友人関係ネットワークにおける参加者の左) 友人数に関する相対度数分布、及び、右) 累積相対度数分布。

ネットワークにおける2つのノード間の距離は、ノード間を結ぶ最小のリンク数によって定義され、全ノード対にわたるネットワークの平均距離は、ネットワークのアクセシビリティを測る特徴量の一つである。また、ネットワーク上に含まれる三角形の数で定義されるクラスター係数は、友人の友人が自身の友人であるという事象の頻度を表すネットワークの特徴量である。人間関係において「世間は狭い」として知られる性質は、ネットワークにおいて平均距離が小さく、クラスター係数が大きいというスモールワールド性として特徴付けられる[1]。表1に2019年4月及び11月時点での友人関係ネットワークの特徴量をまとめた。非常に多くの友人関係数と、ハブ人材の存在によって、千人規模のコミュニティの学生間が、平均約2.3リンクで結ばれることがわかる。また、次数を保存してランダムに友人関係をつなぎ替えたネットワークと比較すると、平均距離とクラスター係数が有意に大きいことがわかる。大きいクラスター係数は、ネットワークが群構造を持つことを意味し、これらがランダム化によって均一化されたために、常に平均距離が小さい結果となったと考えられる。

表1：2019年4月及び11月時点での友人関係ネットワークにおけるネットワーク特徴量のまとめ。ただし、括弧内は次数を保存しランダム化したネットワークによって求められた数値を示す。

| | 2019年4月 | 2019年11月 |
|-------------|---------------|---------------|
| ノード数(参加者数) | 3,364 | 3,801 |
| リンク数(友人関係数) | 111,955 | 129,794 |
| 平均次数(平均友人数) | 68.60 | 68.30 |
| 平均距離 | 2.335 (2.209) | 2.387 (2.254) |
| クラスター係数 | 0.247 (0.091) | 0.241 (0.085) |

4.3. コミュニティの全体像：地理的隣接性に依存しない派遣期毎の群構造

巨視的な観点からネットワークを俯瞰視することで、コミュニティの成長過程とその特性を把握する。コミュニティにおける友人関係ネットワークの最大連結成分を、バネ・電気モデル[6]を用いて座標を決定し可視化した結果を図6と図7に示す。バネ・電気モデルはネットワークをばね（リンク）によって結合した同符号電荷（ノード）の力学系とみなし、系の定常状態によってノードの位置座標が決定される手法であり、グループ内の友人数が多い参加者ほど中心に配置される可視化手法である。図6から明らかなように、非常に密な人脈構造が形成され、部分的な群れ構造が見て取れる。また、2019年4月から11月の間で新たな参加者群（青色）が、既存のコミュニティ群に接続する形で全体の最大連結成分が大きく成長していることがわかる。

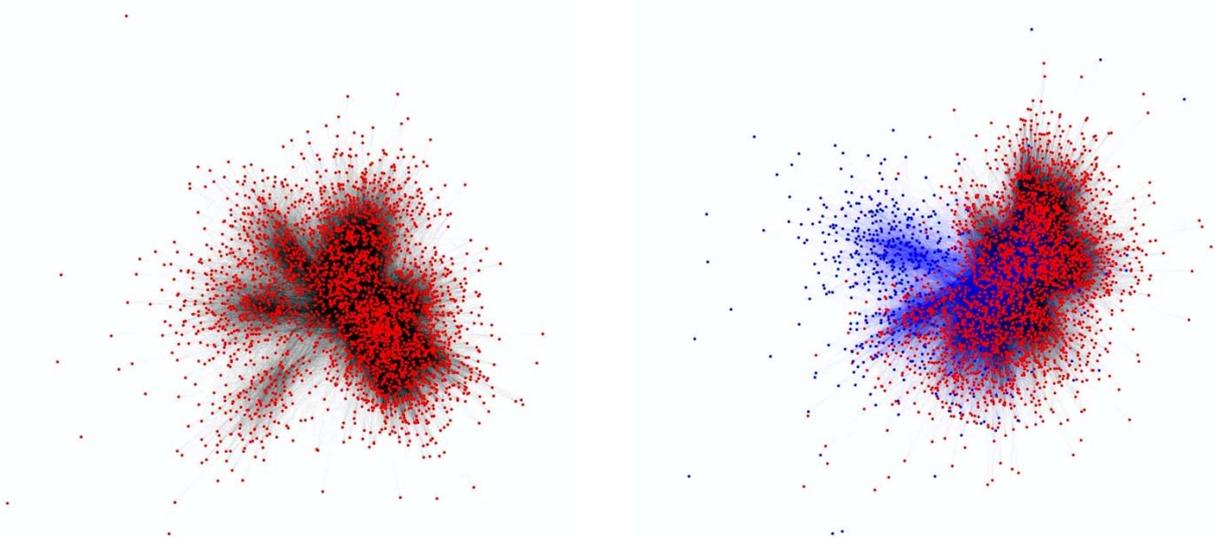


図6：左) 2019年4月及び右) 11月時点での友人関係ネットワークの最大連結成分。ただし、11月時点における最大連結成分において、4月から新たに増えた参加者と友人関係を青色で示した。

群れ構造とグループ参加者の属性との関係を可視化するため、2019年11月時点の最大連結成分におけるノードを属性毎に色分けしたものが図7である。比較のために、ノードの座標は、図6右)に固定している。図7左)は参加学生の派遣期毎に、右)は採用時に所属していた大学の地域に基づいてノードの色分けを行った。2019年4月から11月の間で新たな参加者群（青色）の多くが、10期及び11期生に対応していることがわかる。また、図7左)から派遣期毎にコミュニティが形成されていることが確認できる一方、地域毎の群構造を確認することは難しい。これらの結果は、オンラインコミュニティにおける友人関係の構築において、地理的な隣接性よりも、派遣期毎の事前事後研修などの学生間の交流機会が重要であることを示唆している。実際、各属性毎の結合確率を用いて、ネットワーク全体としてリンクによって結ばれた2つのノード、学生間が似る度合いを測る特徴量である

同類性[7]を用いて、定量的に他の属性よりも同じ派遣期同士が友人である傾向が強いことを示すことができる。

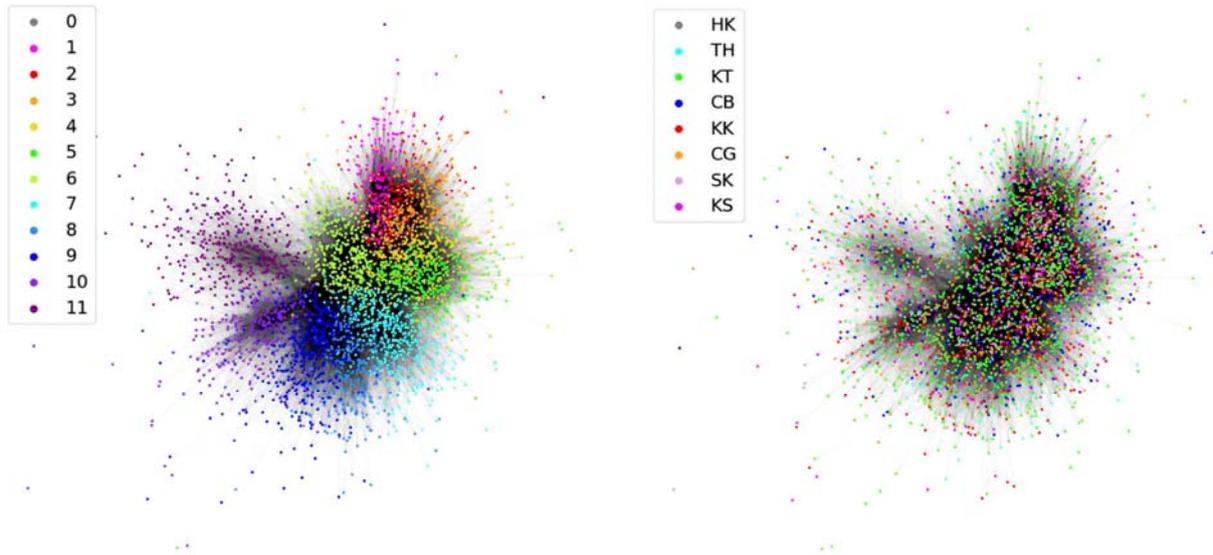


図7：2019年11月時点の友人関係ネットワーク。ただし、左)参加学生の派遣期及び、右)採用時に所属していた大学の地域に基づいて色付けした。地域区分は八地方区分（HK：北海道、TH：東北、KT：関東、CB：中部、KK：近畿、CG：中国、SK：四国、KS：九州）を採用した。

4.4. 留学事前・事後研修による友人関係クラスターの形成

トビタテの主な学習支援内容として、留学事前・事後研修が挙げられる。全国から採用されたトビタテ参加学生は、主に東京と大阪で開催される研修への参加が義務付けられている⁷。事前研修と事後研修で目的や内容は異なるが、2泊3日約50人程度の規模で研修が実施され、6人程度のグループによるグループワークを主体とした研修であるため、このオフラインでの交流機会が友人関係ネットワークのクラスター形成に影響を与えたと考えられる。

留学事前・事後研修における研修グループ内で形成され得る友人関係数と実際のオンライン上での友人関係数を比較することで、留学事前・事後研修による効果を評価する。具体的には、同じ研修グループであった集団を友人関係ネットワークから抽出し、その密度を調査する。研修グループ内に友人関係がなかった場合には、密度は0であり、グループ内の全ての学生同士に友人関係があった場合には、密度が1となる。ただし、留学事前・事後研修における研修グループのデータは、学生名簿との照合や取得が困難な研修が部分的に存在したため、対象を派遣期が1期から10期生かつ、研修グ

⁷ 現在は新型コロナウイルス感染症拡大防止のため、オンラインによる研修となっている。

グループが5人以上照合できたグループとした。これは参加学生の30%程度をカバーする数字である。また有意性を評価するため、対象とする研修参加学生を無作為に5人抽出した結果と、実際の研修グループでの結果を比較する。

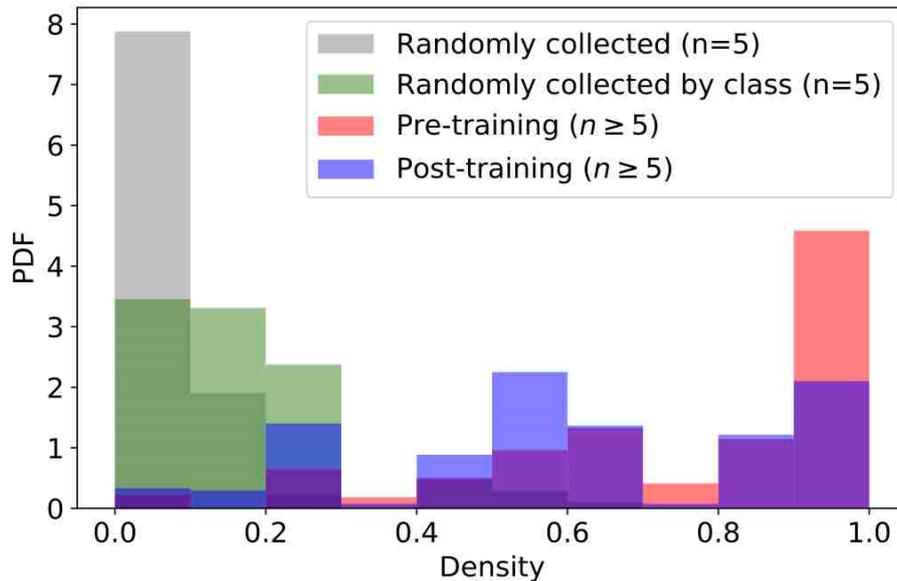


図8：留学事前・事後研修の研修グループにおける友人関係の密度分布。事前・事後研修の研修グループをそれぞれ赤及び青色で示し、無作為に5人グループを作成した場合を灰色、派遣期毎に無作為に5人グループを作成した場合を緑色で示した。

図8に留学事前・事後研修の研修グループにおける友人関係の密度分布を示す。ただし、留学事前・事後研修の研修グループによって計算される密度をそれぞれ赤及び青色で示した。図8から明らかのように、事前研修の研修グループが同じである学生間において、ほとんど友人関係が形成されていることがわかる。また無作為に5人グループを選んだ場合（灰色）には友人関係が含まれる事は稀であることがわかった。派遣期毎で5人グループを選んだ場合（緑色）と比較すると、友人関係を含む場合も存在するが、事前・事後研修と比較すると明らかに少ない様子が見て取れる。これらの結果は、留学事前・事後研修の研修グループでの交流の場が友人関係の形成に大きく貢献していることを示唆している。また事後研修よりも事前研修の方が、顕著に友人関係の密度が大きくなっていた。これはトビタテに参加した学生が、初期段階に留学準備として多くの学生と積極的に交流を図った結果であると考えられる。

5. おわりに

日本初の官民協働のグローバル人材育成事業であるトビタテは、留学に対する金銭的な支援に加え、「留学事前・事後研修」や「継続的な学習や交流の場」を設計することで、所属や留学国、地域や専

門性の垣根を越えた交流の場、多様な人脈形成の機会を提供している。従来のアンケート調査などの個別調査では、学生間のつながりや、大小多数存在するコミュニティの実態を網羅的に把握することは困難であった。本調査研究では、Facebookの個人ページにおいて公開されている友人情報を活用して、Facebookグループに形成されているコミュニティに属する数千規模の人脈構造、友人関係ネットワークを可視化し、ネットワーク科学の観点からコミュニティの特性、それらの成長過程を可視化することで、学習支援との関連性を明らかにした。

トビタテの学習支援の特徴でもある留学事前・事後研修は、トビタテに採用された留学派遣期の近い学生を全国から一堂に会する機会を提供し、グループワーク形式の研修によって、参加学生間の相互理解の場を提供する。これらオフラインでの交流機会によって結ばれたと考えられる友人関係は、Facebook上のオンラインの友人関係として顕著に現れた。結果として、Facebookグループにおいて参加学生は、地理的条件や専門性に依存しない派遣期毎のコミュニティを形成していることがわかった。これらは交流機会を提供することで、地理的及び専門性の離れた学生間に対しても、オンライン上での交流を促進させられる可能性を示唆しており、コミュニティを活用した学習支援の推進の観点において非常に意義深い。

一方で、これらFacebookの友人情報から構成される友人関係ネットワークは、累積的な友人関係であり、その向きや濃さが含まれていないことに注意が必要である。すなわち本調査では、継続的に交流をしているか、参加学生の興味の向きが表現されていない。このような課題は、Facebook上の投稿に対する「いいね」や「コメント」に着目したネットワーク分析によって克服できる可能性がある[8]。また本調査で明らかになったトビタテに参加する学生間の友人関係における同類性は、派遣期毎に偏った結果であった。派遣期の枠を越えて専門性や関心の類似度が高いつながりやクラスターを形成する交流の場の設計が期待される。オンライン上の友人関係ネットワークに関する研究は、既にインターネットアプリケーションのリコメンド機能として応用もされており、友人関係ネットワーク上の新たなリンク予測[9, 10]などは、学生間の相互作用の予測や誘起するという観点から重要であろう。

本稿ではSNSデータとネットワーク科学の手法を用いて可視化された、トビタテにおける留学支援とその成果を紹介した。これらは将来のオンラインコミュニティを戦略的に活用したデータ駆動型の学習支援の土台であり、どのように持続可能な学習支援のプラットフォームを構築できるかが今後の課題である。

参考文献

- [1] Duncan J Watts and Steven H Strogatz. Collective dynamics of small-world' networks. nature, Vol. 393, No. 6684, p. 440, 1998.
- [2] Amanda L Traud, Peter J Mucha, and Mason A Porter. Social structure of facebook networks.

- Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, Vol. 391, No. 16, pp. 4165-4180, 2012.
- [3] Leto Peel, Jean-Charles Delvenne, and Renaud Lambiotte. Multiscale mixing patterns in networks. Proceedings of the National Academy of Sciences, Vol. 115, No. 16, pp. 4057-4062, 2018.
- [4] Neil Rubens, Martha Russell, Rafael Perez, Jukka Huhtamäki, Kaisa Still, Dain Kaplan, and Toshio Okamoto. Alumni network analysis. In 2011 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), pp. 606-611. IEEE, 2011.
- [5] J-P Onnela, Jari Saramäki, Jorkki Hyvönen, György Szabó, David Lazer, Kimmo Kaski, János Kertész, and A-L Barabási. Structure and tie strengths in mobile communication networks. Proceedings of the national academy of sciences, Vol. 104, No. 18, pp. 7332-7336, 2007.
- [6] Thomas MJ Fruchterman and Edward M Reingold. Graph drawing by force-directed placement. Software: Practice and experience, Vol. 21, No. 11, pp. 1129-1164, 1991.
- [7] Mark EJ Newman. Mixing patterns in networks. Physical Review E, Vol. 67, No. 2, p. 026126, 2003.
- [8] Christo Wilson, Alessandra Sala, Krishna P. N. Puttaswamy, and Ben Y. Zhao. Beyond social graphs: User interactions in online social networks and their implications. ACM Trans. Web, Vol. 6, No. 4, November 2012.
- [9] Kevin S Xu and Alfred O Hero. Dynamic stochastic blockmodels for time-evolving social networks. IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing, Vol. 8, No. 4, pp. 552-562, 2014.
- [10] Ruthwik R Junuthula, Kevin S Xu, and Vijay K Devabhaktuni. Evaluating link prediction accuracy in dynamic networks with added and removed edges. In 2016 IEEE international conferences on big data and cloud computing (BDCloud), social computing and networking (SocialCom), sustainable computing and communications (SustainCom) (BDCloud-SocialCom-SustainCom), pp. 377-384. IEEE, 2016.