

# グループ活動による友人関係の形成と ネットワーク構造の変化

荒谷 康太<sup>1</sup> 武藤 敦子<sup>1</sup> 森山 甲一<sup>1</sup> 犬塚 信博<sup>1</sup>

**概要:** 本研究ではこれまでに提案された社会ネットワーク分析に基づいた友人生成のためのグループ分け手法を実際の講義に適用した。その結果、グループ分け手法の違いによって新規友人生成に差があることが確認できた。また、少人数グループを単位とする友人構造では確認できない影響を見るため、クラスを単位とする数十人の学生の区分けとネットワークの変化を観察した。すなわち、学年ごとにクラスの区切りが変更されることに注目し、クラス内及び学年全体の友人関係の変化を区分けの前後で観察したところ、クラスを単位とする活動が友人関係ネットワークの構造に影響を与えていることを確認した。

**キーワード:** 動的ネットワーク, 友人関係, グループ分け, 教育, 社会ネットワーク分析

## Friendship Formation and Transition by Group Activity

ARATANI KOUTA<sup>1</sup> MUTOH ATSUKO<sup>1</sup> MORIYAMA KOICHI<sup>1</sup> INUZUKA NOBUHIRO<sup>1</sup>

### 1. はじめに

学生間の友人関係は主に学校教育の過程で形成されており、グループによる活動はその形成に大きな影響があると考えられる。また、教師の介入により学生の良好な友人関係の生成を促すことは、学級運営において有用であると考えられる [1]。加藤らは社会ネットワーク分析に基づいた友人生成のための班分け手法が複数提案し、実際の授業において、提案した班分け手法によるグループ活動を実践した結果、班内の新規友人生成を報告している [2][3]。しかし、複数ある班分け手法のそれぞれの効果の違いや、長期間の友人関係の変化についての考察は行われていない。本研究ではこれらの手法を実際の授業の班分けに適用した結果を考察し、有効性の検証を行う。また、少人数グループを単位とする友人ネットワークの構造では確認できない影響を見るために、クラス分けが大規模なグループ分けとみなせることに注目し、クラス単位の友人関係とネットワーク構造の変化を長期間観察し、グループ分けがネットワーク構

造に与える影響を考察する。2章では本研究で用いる社会ネットワーク分析の指標について述べる。3章では先行研究において提案された班分け手法について述べる。4章では班分けを実際の講義に適用した際の効果を検証し、班分けが友人関係の構造に与える影響を考察する。5章ではクラス分けを大規模なグループ分けとみなしたときのネットワーク構造の変化を観察し、グループ分けがネットワーク構造に与える影響を考察する。

### 2. 社会ネットワークの指標

1960年以降、社会ネットワークの研究は活発に行われており、様々な特徴が発見されている。本章では、今回の実験で用いる社会ネットワーク分析の指標である「モジュラリティ」「クラスタ性」について述べる。

#### 2.1 モジュラリティ

友人関係ネットワークなどの社会ネットワーク中にある密なリンクで繋がるノードの集合をコミュニティと呼ぶ。社会ネットワークは同じコミュニティの内部では枝が密で異なるコミュニティ間には枝があまりないという構造に

<sup>1</sup> 名古屋工業大学大学院工学研究科情報工学専攻  
Nagoya Institute of Technology

なっていることが多い。モジュラリティとはネットワークをいくつかのコミュニティに分割したとき、その分割がどの程度上手にネットワークを分割できているかを表す指標である [4][5]。

総リンク数  $M$  のネットワーク全体が  $V_1, V_2, \dots, V_L$  と  $L$  個の重複しないコミュニティに分割された際、モジュラリティ  $Q$  は次のように定義される。

$$Q = \frac{1}{2M} \sum_{l \in 1 \dots L} (e_{ll} - a_l^2) \quad (1)$$

$e_{ll}$  はネットワーク全体のリンク数の内、 $V_l$  内のリンクが占める割合を意味し、 $a_l$  は無向グラフであっても敢えて出・入リンクとして「リンク端」を分けて考えたとき、 $V_l$  内にあるリンク端総数のネットワーク全体に対する割合を意味する。つまり、コミュニティとして内部に密度の高い  $V_l$  が分割されているとき、モジュラリティ  $Q$  は高い値をとる。

## 2.2 クラスタ性

現実世界の人間関係のネットワークでは、自分の友人の友人が、自分と直接の友人であるという現象が頻繁に見られる。ネットワーク分析では、このような「友達の友達は友達」という3者関係のことを「3者閉包」、または「推移的閉包」と呼ぶ [6]。人間関係のネットワークにおいて、3者閉包の関係が多く含まれるような性質をクラスタ性という [7]。

クラスタ性を測る指標であるネットワークのクラスタ係数  $C$  は次のように定義される。

$$C = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{2}{k(k-1)} N_i \quad (2)$$

$k$  はノード  $i$  の次数、 $N(i)$  は頂点  $i$  と3者閉包を形成しているノードの組の数を表す。つまり、ノード  $i$  が持ちうる全ての3者閉包の関係のうち、実際にどれだけの関係が存在しているかがノード  $i$  のクラスタ係数となり、ノード数  $n$  のネットワーク全体のクラスタ係数  $C$  は、全てのノードのクラスタ係数の平均となる。

## 3. 友人生成のための班分け手法

加藤らの提案した社会ネットワーク指標に基づいた班分け手法 [2][3] について述べる。

### 3.1 加藤らの班分け手法

加藤らは友人生成に重点をおいた班分けを実現するために以下の3つの要件を考慮した。

要件 1: 班内に友人生成の余地を残す。

要件 2: 班内に共通の友人の数の多いペアが多く存在する。

要件 3: 班内に友人数の多い人 (と少ない人) が存在する。

この3つの要件を実現するために「モジュラリティ」「ク

ラスタ性」「次数」の3つの指標を用いた班分け手法が提案された。

班の作成は以下の流れに従う。

(1) ネットワーク全体から班の初期ノードを以下のいずれかの方法により決定する

(a) 全てのノードの組み合わせの中でモジュラリティが最も低くなるペア

(b) 友人数の多い人 (次数高ノード)

(c) 友人数の多い人と少ない人 (次数高低ノード) のペア

(2) (1) の班に追加するノードを班員の規定数まで以下のいずれかの評価値に基づいて決定する

(a) 追加後のモジュラリティが最も低くなるノード

(b) 班内に共通の友人の数の多いペアを多くするノード (クラスタ性を考慮)

以上をまとめると、班分け手法は、初期状態3通り、評価値2通りを組み合わせた6通りの手法が存在する。

## 3.2 加藤らの結論と課題

加藤らは、これらの班分け手法を友人関係ネットワークを用いて実際の授業に適用し、班分けの有効性を検証した。ここで、加藤らは友人関係ネットワークを、下村ら [8] が提案した出欠記録の打刻差から算出する友人スコアを用いることで安定的に得られるものと仮定している。表 1 に加藤らの実験の結果を示す。

表 1 班分けによる新規友人数

手法	モジュ+ モジュ	次数高低+ モジュ	次数高+ クラスタ	従来手法 平均
全体	46	65	63	45.2
班内	9	5	7	4.2

実験の結果、班内の新規友人数生成が従来のランダムな班分け方法と比べて多数確認され、班分けが新規の友人生成に効果的であるとしている。しかし、加藤らの実験で班分けを適用したのは1年間の約170人のみであり、十分に班分けの効果の検証が行われたとは言えない。また、加藤らの実験で観察された友人関係ネットワークは講義開始前後の2ヶ月分のみであり、長期的な友人関係の変化についての考察は行われていない。

## 4. 班分けによる友人関係の形成

本研究では、加藤らの実験に加えてさらに6クラスに班分け手法を適用した友人関係ネットワークについて、詳細な分析を行うことで、班分けが友人関係に与える影響について考察を行う。

### 4.1 班分けの効果

班分けの効果を明らかにするために、実際にグループ

ワークが行われた講義期間の友人関係ネットワークの変化を観察する。観察するネットワークは情報工学科1年生後期の授業である「ものづくりデザイン」におけるグループワークを実施した2008～2014年の友人関係ネットワークを用いる。このうち、2008～2010、2012年は学籍番号による単純な割り振りによる班分けを適用しており、2011、2013、2014年は加藤らの提案した班分け手法を適用している[9][10]。加藤らは約170人の学生だったが、本研究では加藤らの班分け手法を約510人の学生に適用した。また、単純な振り分けによる班分けを約680人に行っている。これらの友人関係ネットワークに対して、講義期間中に班内で新しく生成された友人の数を算出し、手法ごとの新規班内友人数の比較を行う。また、講義終了後のアンケート結果も用いて比較を行う。

アンケート回答結果の班分け手法別の平均値および友人関係ネットワークから得た班内の新規友人数の平均値を図1に示す。図1のQ1～Q9はアンケート結果から得た結果である。図1の右端の「新規友人数」が実際の友人関係ネットワークで新たに友人が作られた数について、班分け手法ごとに示した結果である。

表2にアンケートの設問を示す、設問1～8は選択式の設問であるため、肯定的な回答が高い点数となるように2点満点として数値化した。

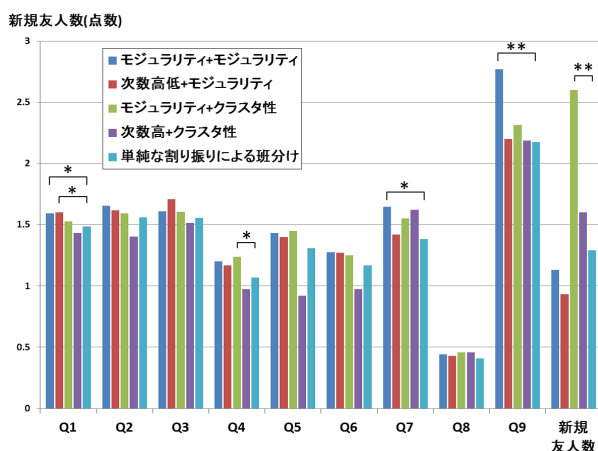


図1 手法ごとの新規友人生成数

表2 アンケート設問

設問番号	設問内容
1	授業目的である「コミュニケーション能力の向上、チームでの議論の方法の習得」を理解できたか
2	グループ作業と会議を中心とした授業方法は良いか
3	Webの作成はグループ作業に適していたか
4	会議をする方法が身についたか
5	グループ作業についてどう思うか
6	コミュニケーション能力が身についたか
7	この授業の前後で友人(知り合い)が新たにできたか
8	新しくできた友人(知り合い)はどの程度の仲か
9	新しくできた友人(知り合い)の数は何人か

Wilcoxon 検定により従来手法と各班分け手法を比較した結果、アンケート回答から得た結果では、初期状態にモジュラリティ、評価値にモジュラリティを用いた手法において、設問7に  $p < 0.05$  の有意差が、設問9に  $p < 0.01$  の有意差が認められ、新規友人生成に関して従来手法より効果的であることが確認できた。また、設問1(授業目的の理解)についてモジュラリティ+モジュラリティ、次数高低+モジュラリティの手法、設問4(会議方法の習得)についてモジュラリティ+クラスタ性の手法に有意差が認められた ( $p < 0.05$ )。

また、図1右に示す友人関係ネットワークから得た結果は、講義開始前の7月と講義終盤時の12月のネットワークから算出した新規班内友人数の一人あたりの平均値である。初期状態にモジュラリティ、評価値にクラスタ性を用いた手法のみ、他の手法と比較して有意差が認められた ( $p < 0.01$ )。

#### 4.2 講義期間中の友人関係の変化

前節では、講義開始前と講義終盤時の友人ネットワークを比較することで班分けの効果について考察を行った。本節ではさらに講義期間中の1か月ごとの友人関係の変化について調査をした結果を考察する。

分析の方法としては、2010～2013年度の情報工学科1年生の7～1月の友人ネットワークを用いて、1か月ごとに班内友人数と新規友人数を算出、長期的な友人関係の変化を観察する。図2に4年分の班内友人数と新規友人数の平均値の変化を示す。ここで、新規友人数は前月のネットワークと比較して新しく生成された友人関係の数を示す。

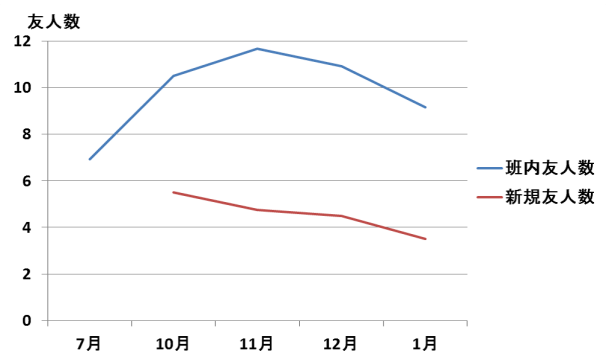


図2 1ヶ月ごとの友人数の変化

分析の結果、班内友人数は11月に最も多く存在していることが確認できた。これは、10月から11月の間にグループワークが活発になる講義のスケジュールが影響していると考えられる。しかし、新規友人数はゆるやかに減少しており、グループワークが新規友人生成に及ぼす影響は確認できなかった。

アンケート結果と友人関係ネットワークの両方の結果から、モジュラリティを用いた班分け手法が他の手法と比較

して友人生成効果が高いことが確認できた。しかし、本結果からグループ分けの友人生成に与える影響が十分に示されたとは言えない。

## 5. クラス分けによるネットワーク構造の変化

前章では、班分けした5, 6人のグループを単位とした友人関係の変化を観察した。本章では、このような小規模のグループ分けでは確認できない影響を調べるために、クラスを単位とした大規模なグループ分けに対してネットワーク構造の変化を観察することで、グループ分けが友人関係に与える影響を調べた。

### 5.1 ネットワーク指標の変化

名古屋工業大学では、2年生以降は学科が学習する分野ごとのクラスに細分されるため、1年生から進級する際にクラスが変更される。そこで、グループ分けの変更を含めた長期間のネットワーク構造の変化を観察する。分析の方法としては、2010～2013年度の名古屋工業大学情報工学科の入学生の1学年全体のネットワークに対して、1年生のクラス分けと2年生以降のクラス分けをグループ分けとみなして分割を行う。そして、これらの学生の1年生4月から3年生1月までの半年ごとの友人ネットワークに対し、「モジュラリティ」「クラスタ係数」の変化を調べ、グループ分けの違いによる影響を調べる。

また、情報工学科以外の2学科についても同様の値を算出し、学科ごとのネットワーク構造の変化の違いについても考察する。以下に各学科のカリキュラムの特徴を示す。

#### 情報工学科

2年生以降は3つのクラスに分かれるが、他の学科に比べ、クラス間で共通する科目が多く、所属するクラスに関係なく講義を受けることが多い。

#### 電気電子工学科

2年生以降は3つのクラスに分かれる。クラス間で共通している科目は他の2つの学科の中間程度である。

#### 環境材料工学科

2年生以降は2つのクラスに分かれる。クラス間で共通している科目はほとんどなく、同じクラスの学生のみで講義を受けることが多い。また、他の2学科にくらべ、1学年あたりの学生数が少ない。

#### 5.1.1 モジュラリティの変化

1年生のクラス分けで分割した学年全体のネットワークのモジュラリティの変化を図3に示す。グラフの値は学科ごとの4年分の同時期のモジュラリティの平均値である。同様に2年生のクラス分けで分割した学年全体のネットワークのモジュラリティの変化を図4に示す。

1年生のクラス分けで分割した学年全体のモジュラリティの変化を見たとき、全ての学科で学年が変わるごとにモジュラリティが減少していることが確認できる。2.1節

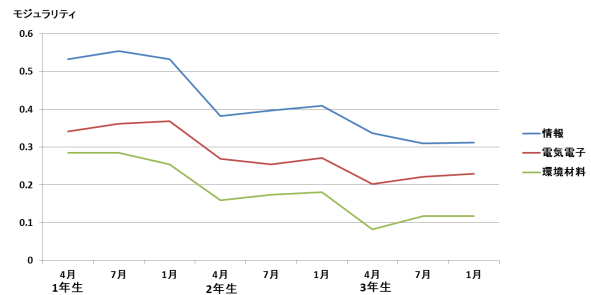


図3 1年生のクラス分けで分割したネットワークのモジュラリティの変化

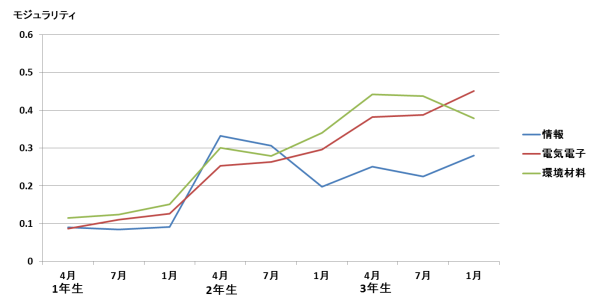


図4 2年生のクラス分けで分割したネットワークのモジュラリティの変化

にあるように、分割されたコミュニティの密度が低いほど、モジュラリティは低い値をとる。つまり、学年が変わりクラス分けが変わったことで、1年生のクラス内での友人関係が少なくなる、または新しいクラス内での友人関係が増え、モジュラリティが減少していることが確認できる。

また、2年生以降のクラス分けで分割したときのモジュラリティの変化(図4)を見ると、1年生のクラス分けのときは逆に、1年生1月から2年生4月にかけてモジュラリティが大きく上昇していることがわかり、クラス分けが変わったことにより新しいクラス内での友人関係の生成が活発になることが確認できる。しかし、情報工学科は他の学科に比べ、2年生以降のモジュラリティの変化が少ない。これは情報工学科のカリキュラムが他の学科に比べ、2年生以降もクラスに関係なく受講できる講義が多く、1年生の友人関係を継続しやすくなっているからだと考えられる。

#### 5.1.2 クラスタ係数の変化

図5に4年分の同時期の学年全体のネットワークに対するクラスタ係数の平均値を示す。また、図6, 図7に、1年生のクラス分けと、2年生以降のクラス分けで分割した際のクラスごとのクラスタ係数の平均値を示す。

どの学科でも学年全体のクラスタ係数と1年生のクラス分けで分割したときのクラスタ係数の値が類似している。クラスタ係数は2.2節にあるように三角形の構造をもった友人関係の割合を示す。つまり、学年全体の三角形の友人関係の増減が、1年生のクラス内の三角形の数に影響を受けていると考えられる。

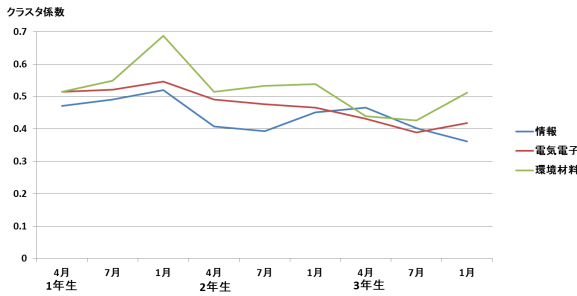


図 5 学年全体のネットワークのクラスタ係数の変化

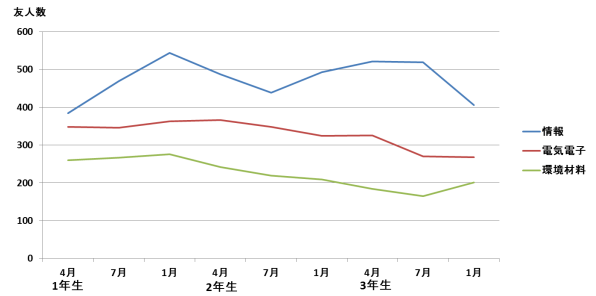


図 8 学年全体の友人数の変化

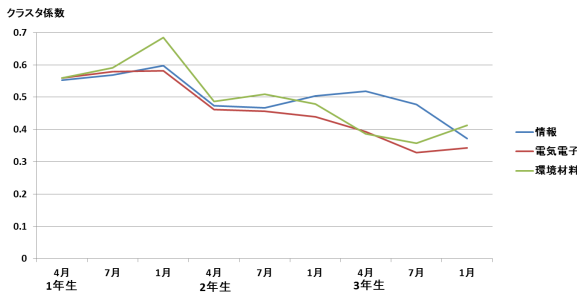


図 6 1年生のクラス分けで分割したネットワークのクラスタ係数の変化

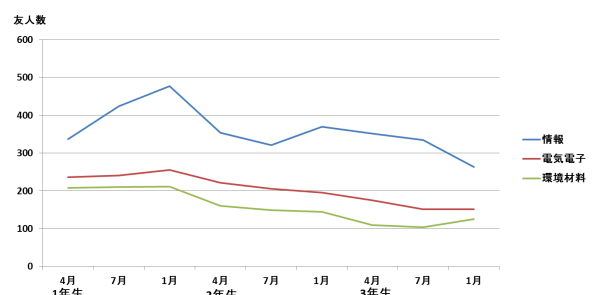


図 9 1年生のクラス分けのクラス内友人数の変化

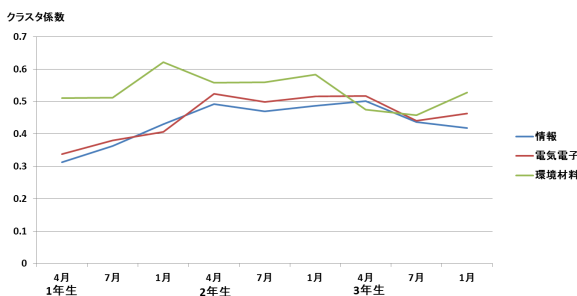


図 7 2年生のクラス分けで分割したネットワークのクラスタ係数の変化

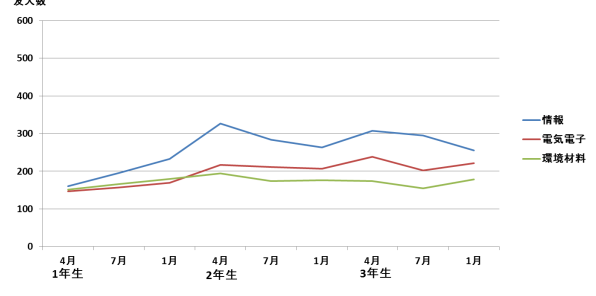


図 10 2年生のクラス分けのクラス内友人数の変化

また、2年生以降のクラス分けで分割したときのクラスタ係数は全ての学科において2年生以降の変化が少なく、一度クラス内で作られた三角形の友人関係はクラスが変わらない限り増減しにくいと考えられる。

## 5.2 グループ分けが友人関係に与える影響

### 5.2.1 クラス内の友人関係の継続

5.1 節において、モジュラリティ、クラスタ係数の変化を観察した結果、1年生のクラス分けでネットワークを分割した際に、どちらの値も次第に減少していくことが確認できた。本節では、1年生のクラス内の友人関係が長期間でどのように変化していくのかを観察する。

図 8 に 4 年分の同時期の学年全体の総友人数の平均値を示す。また、図 9、図 10 に、1 年生のクラス分けと、2 年生以降のクラス分けで分割した際のクラス内の友人数の平均値を示す。

どの学科でも 1 年生のクラス内の友人数は緩やかに減少

しているが、ほとんどのグラフにおいて全体の友人数に対して半数以上が 1 年生のクラス内の友人であり、多くの学生が 1 年生で形成した友人関係を 2 年生以降も長期にわたって継続していることが確認できる。

また、2 年生以降のクラス内の友人数はクラスタ係数の場合と同様に大きく増減することなく、新しいクラス内でできた友人関係が継続していることが確認できる。

### 5.2.2 友人関係がクラス選択に与える影響

5.1 節にて、名古屋工業大学では、2 年生以降にクラス分けが変更されることを述べたが、このクラス分けは学生に進級したいクラスの希望調査を実施し、その結果を考慮して決定される。ここで、図 10 を見ると、1 年生の間にも 2 年生以降のクラス内の友人関係が多数存在していることが分かる。つまり、学生が進級したいクラスを希望する際に、その学生の 1 年生の友人関係がクラスの選択に影響を与えている可能性が考えられる。表 3～表 5 に 2 年生 4 月のクラス内の友人関係のうち、1 年生 1 月の友人ネットワーク上で存在していた友人関係の割合を示す。

表 3 1 年生の友人関係の割合 (情報工学科)

	ネットワーク系	知能系	メディア系
2010 年入学生	49.6 %	57.1 %	55.2 %
2011 年入学生	48.2 %	52.0 %	61.0 %
2012 年入学生	53.1 %	48.8 %	56.7 %
2013 年入学生	36.2 %	44.1 %	60.2 %

表 4 1 年生の友人関係の割合 (電気電子工学科)

	機能電子系	エネルギーデザイン系	通信系
2010 年入学生	52.2 %	59.6 %	61.2 %
2011 年入学生	50.0 %	70.0 %	65.4 %
2012 年入学生	55.1 %	68.6 %	62.9 %
2013 年入学生	66.7 %	65.4 %	65.3 %

表 5 1 年生の友人関係の割合 (環境材料工学科)

	セラミックス系	材料機能系
2010 年入学生	66.7 %	62.8 %
2011 年入学生	82.5 %	78.2 %
2012 年入学生	65.7 %	44.0 %
2013 年入学生	69.7 %	66.7 %

分析の結果、ほとんどの年のクラスにおいて、半数以上の友人関係が1年生から続いていることが確認でき、1年生の友人関係が、2年生以降のクラスの選択に少なからず影響を与えていることが考えられる。

## 6. おわりに

本研究では班分け学習を行った期間の友人関係ネットワークの変化を観察し、アンケート結果も合わせて用いることで、これまでに提案された班分け手法の効果について分析を行った。その結果、班分け手法の違いにより、新規友人生成の促進に対する効果に一部有意差があることが確認できた。特にモジュラリティを用いた班分け手法は、班分けの目的である友人関係の生成に効果が期待できるものであると考えられる。しかし、少人数グループを単位とするグループ分けではグループ分けが友人生成に及ぼす影響は十分に示されなかった。

そこで、クラスを単位とした大規模なネットワークの構造の変化を観察することで、クラス分けがネットワーク構造に与える影響についても考察を行った。その結果、クラス分けが変更されることで、新しいクラス内でも友人生成が活発に行われていることが確認でき、グループ分けがネットワーク内の友人構造に影響を与えていることが明らかとなった。しかし、過去に生成された友人関係が長期間にわたって維持されていることも確認され、クラスの編成替えや、グループ化による友人生成には限界があることが示唆される。

## 参考文献

- [1] 丹治光浩, "学校教育におけるグループワークの方法と課題" 花園大学社会福祉学部研究紀要, (2013).
- [2] 加藤竜丸, 松島裕, 武藤敦子, 加藤昇平, 犬塚信博, "コミュニティ分割に基づいた友人生成のための班分け手法" 情報処理学会第 74 回全国大会, 6ZH-2, (2012).
- [3] Ryumaru Kato, Atsuko Mutoh and Nobuhiro Inuzuka, "Grouping Methods for Generating Friendship Based on Networks Properties", IEEE SNPD, (2013).
- [4] M. Girvan and M. Newman, "Community structure in social and biological networks" PNAS, 99(12), pp.7821-7826, (2002).
- [5] M.E.J. Newman and M. Girvan, "Finding and evaluating community structure in networks", Phys. Rev. E, 69, 026113, (2004).
- [6] 山田一成, 北村英哉, 結城雅樹「よくわかる社会心理学」, ミネルヴァ書房, (2007).
- [7] D. J. Watts and S.H. Strogatz, "Collective dynamics of 'small-world' networks", Nature, vol.393, no.6684, pp.409-410, (1998).
- [8] Inuzuka, N., Nakano, Y., and Shimomura, T., "Friendship Analysis Using Attendance Records to University Lecture Classes", IASK International Conference on Teaching and Learning, (2008).
- [9] 荒谷康太, 加藤竜丸, 武藤敦子, 犬塚信博「友人生成のためのネットワーク特徴に基づいた班分け手法の選択」, 第 11 回情報学ワークショップ (WiNF 2013), (2013).
- [10] 荒谷康太, 武藤敦子, 犬塚信博「友人生成のためのネットワーク特徴の分析と班分け手法」, 平成 25 年度 電子情報通信学会東海支部 卒業研究発表会, (2014).