

# 受講者行動の観測に基づく友人関係の推定可能性の検討

鎌田稜平\*

角所 考\*

飯山将晃\*\*

西口敏司\*\*\*

村上正行\*\*\*\*

Possibility for estimating friendship among students in the classroom  
from observation of their behavior

Ryohei KAMADA\*

Koh KAKUSHO\*

Masaaki IYAMA\*\*

Satoshi NISHIGUCHI\*\*\*

Masayuki MURAKAMI\*\*\*\*

近年、日本の大学において学内の多様な情報を分析し、教育、学生支援、大学経営などに役立つ IR(Institutional Research)が活発化しつつある。その中でも教学 IR では、教務関連の情報などを収集し、これをもとに学生のことを知り、学生の状況やクラスの状況に応じた教育を提供することが試みられている。従来、このような情報は主に学生個人としてのものが中心であったが、学生同士の友人関係も学業意欲や出席率に左右されることから、このような友人関係を自動推定することは重要と考えられる。これに関する筆者らの先行研究では、授業映像における受講者の前後移動の共起性に着目することで、友人関係の推定がある程度可能であることが明らかになっているが、たまたま無関係な受講者間で前後移動が共起する可能性も想定される。そこで本研究では、これに左右移動、視線交錯、共同注視、着席位置を加えた5つの特徴量を用いて、より安定的に友人関係を推定できる可能性を検討する。キーワード:友人関係、自動推定、共起性、授業映像、IR

## 1. はじめに

近年、日本の大学では、学内に存在する多様な情報を収集して分析し、教育、学生支援、大学経営などに役立つ IR(Institutional Research)が活発化しつつある。この IR の中でも、教学部門に焦点を当てた教学 IR では、入学試験の成績などの入学に関する情報や、履修状況、単位取得状況といった教務関連の情報などを収集し、これをもとに学生のことを知ることで、一人ひとりの学生の状況、クラスの状況に応じた教育を提供することが試みられている<sup>(1)</sup>。

上のような試みにおいてこれまで扱われてきた情報は、学生個人のものであり、学生同士の関係、例えば友人関係などは十分に活用されていなかった。しかし、学生やクラスの状況を知る上では友人関係も重要な情報の一つであり、これが良好であれば大学での学業意欲の低下に対して、抑制的な影響を与えること

が知られている<sup>(2)</sup>。また、友人関係が不良な場合には大学不適応感が生じ、出席率や GPA に負の影響を与えることから、怠学、成績不振、留年そして退学を予測する有効な指標となる可能性も示唆されている<sup>(3)</sup>。

一方で近年、授業改善のために、各大学で授業中の講師や受講者の様子を撮影し、その授業映像を授業状況の振り返りなどに利用する試みがある<sup>(4)</sup>。このときの受講者の行動には友人関係も反映されると考えられることから、本研究では上のような授業映像を利用することで友人関係を自動推定することを考える。

授業中の受講者の着座姿勢は、その継続的变化として、特に上体が前傾と後傾に動くことが知られている<sup>(5)</sup>。そこで先行研究<sup>(6)</sup>では、受講者の前後移動の共起性に着目し、友人関係の自動推定がある程度可能であることを明らかにしている。しかし、受講者全体が一斉にスライドや発言者に注目した場合などは、たまたま無関係な受講者間の動きが類似する可能性も考えられる。そ

\* 関西学院大学理工学部 (School of Science and Technology, Kwansai Gakuin University)

\*\* 京都大学学術情報メディアセンター (Academic Center for Computing and Media Studies, Kyoto University)

\*\*\* 大阪工業大学情報科学部 (Faculty of Information Science and Technology, Osaka Institute of Technology)

\*\*\*\* 京都外国語大学外国語学部 (Faculty of Foreign Studies, Kyoto University of Foreign Studies)

ここで本研究では、前後移動だけではなく、その他の特徴量も組み合わせることで、友人関係をより安定的に推定することを考える。このとき考えられる特徴量として、まず、姿勢変化においては、前後移動の他に左右移動が考えられる。また、友人同士なら顔を向き合う機会が多いことから、視線交錯が起きたり、同じ対象に注目する結果、共同注視が起きると考えられることから、顔方向にも共起性が見られると考えられる。さらに、友達同士は近くの座席に座ることが多いと考えられることから、着席位置にも共起性が見られると考えられる。以上のような共起性を利用するには、顔の位置と向きが必要となるが、筆者らは別の先行研究<sup>(7)</sup>において、RGB-D カメラを用いて各受講者の着席位置を推定する手法を提案しており、この手法では、各受講者の顔の位置と顔の向きが求まる。そこで本研究では、これを利用して前後移動、左右移動、視線交錯、共同注視、および着席位置の共起性を求め、これらの特徴量として友人関係をより安定的に推定できる可能性について検討する。

以下では、まず2.において、先行研究<sup>(7)</sup>を用いた講義室内の顔位置・向きの取得方法を概説する。続く3.では、上の5つの特徴量の取得方法と受講者同士の共起性の算出方法について述べる。さらに4.では、実際の講義の様子を撮影した映像に対して本手法を適用した実験結果について報告する。最後に5.では、本研究のまとめと今後の課題について議論する。

## 2. 顔の位置・向きの取得方法<sup>(7)</sup>

### 2.1 講義室内の着席位置の推定

先行研究の手法では、講義室内に RGB-D カメラを設置し、そのカラー画像に対して顔画像処理を適用することで、受講者の顔領域を複数検出し、それぞれに対するカメラ中心座標系での顔の位置・向きを求める。そのときの顔領域数を  $N$  とし、 $n$  番目の顔領域  $F_n$  の3次元位置・向きをそれぞれ  $f_n, v_n (n = 1, \dots, N)$  とする。

上の  $f_n$  はカメラ座標系で表現されるため、これに基づいて教室内での着席位置を求めるには、カメラと座席配置の位置関係を知る必要がある。講義室の座席は通常、同一平面上に配置され、受講者の顔は概ねそれと平行な平面（“座高面”と呼ぶ）上で講義室前方を向いていることから、先行研究の手法ではこれを利用して座高面を求める。このとき、座高面上で講義室の右・前向

きに  $x, z$  軸、上向きに  $y$  軸をとった座高面座標系を考え、その原点のカメラ中心座標系での3次元位置を  $o$ 、カメラ座標系から座高面座標系への座標変換における回転成分の行列を  $R$  で表す。これらを並進成分と回転成分とする座標変換行列を  $f_n, v_n$  にそれぞれ乗じたとき、 $f_n$  が座高面座標系の  $xz$  平面上に分布し、 $v_n$  と座高面座標系における顔の向きが一致するような  $o, R$  を求めることで、座高面における顔の位置  $s_n$ 、向き  $u_n$  が求まる。先行研究の手法では、この  $s_n$  が等間隔で碁盤状に並ぶような座席配置を求めることで、講義室内における  $F_n$  の着席位置  $(c_n, r_n)$  を求める。

### 2.2 異なる時刻間での観測結果の変換

2.1 で求めた  $o, R$  の推定値は観測の瞬間毎に算出される。このとき、各受講者の顔の位置と向きは瞬間毎に変化し、さらにそのときの顔の向きなどによっては顔領域の検出に失敗することから、 $o, R$  は観測時刻に対して一律不変とはならない。そこで、先行研究の手法ではさらに、時刻  $t+1$  での座高面座標系から  $t$  でのそれへの座標変換として、同一受講者の  $s_n$  が一致するような回転行列  $\Delta R(t)$  と並進ベクトル  $\Delta o(t)$  を求めることで、各フレーム毎に  $R(t+1) = R(t) + \Delta R(t)$ 、 $o(t+1) = o(t) + \Delta o(t)$  を求め、これらを時刻  $t+1$  における  $s_n (n = 1, \dots, N)$  に乗じることで、座高面座標系を観測時刻全体で統一する。このとき、時刻  $t$  における顔領域数  $N$  とそれに対応する  $n$  番目の顔領域  $F_n(t)$  は  $t$  によって異なるが、顔画像の類似性にもとづいて同一人物を対応づけることで、 $F_n(t)$  を観測時刻全体で統一することができる。したがって以降では、 $n$  が同じ場合は同一人物とし、 $n$  番目の人物の着席位置を  $\hat{s}_n$  で表す。

## 3. 特徴量の取得・共起性の算出方法

### 3.1 前後・左右移動

$\hat{s}_n(t)$  の  $x$  成分、 $z$  成分は講義室内の横方向、縦方向に対応していることから、受講者  $F_n$  の左右移動の変化量と前後移動の変化量において、時刻  $t$  から  $t+1$  までの  $\hat{s}_n$  の  $x$  成分の変化量を  $\Delta d_x(n, t) = \|\hat{s}_n^x(t+1) - \hat{s}_n^x(t)\|$ 、 $z$  成分の変化量を  $\Delta d_z(n, t) = \|\hat{s}_n^z(t+1) - \hat{s}_n^z(t)\|$  で評価する。この変化量はフレーム毎に様々に異なるが、本研究ではこれが大きく変化した瞬間の一致度を共起性として評価する。ここで、値  $d$  を閾値  $e$  で二値化する関数を

$b(d, e)$ で表すと、 $\Delta d_x(n, t)$ ,  $\Delta d_z(n, t)$ が大きく変化した瞬間は、この関数を用いて、 $b(\Delta d_x(n, t), e_x) = 1$ ,  $b(\Delta d_z(n, t), e_z) = 1$ を満たす瞬間 $t$ として得られる。 $e_x$ ,  $e_z$ はそれぞれの二値化の閾値である。ただし、顔自体が検出できなかった場合は $b = 0$ とする。そこでこれを用いて、任意の顔領域 $F_{n_1}$ ,  $F_{n_2}$ の共起度を、それらの論理積の合計値 $C_x$ ,  $C_z$ として次式で定義する。

$$C_x(n_1, n_2) = \sum_{t=1} b(\Delta d_x(n_1, t), e_x) b(\Delta d_x(n_2, t), e_x) \quad (1)$$

$$C_z(n_1, n_2) = \sum_{t=1} b(\Delta d_z(n_1, t), e_z) b(\Delta d_z(n_2, t), e_z) \quad (2)$$

### 3.2 視線交錯

視線交錯の特徴量としては、任意の $F_{n_1}(t)$ ,  $F_{n_2}(t)$ の座高面座標位値 $\hat{s}_{n_1}(t)$ ,  $\hat{s}_{n_2}(t)$ を結ぶベクトルとそれぞれの顔方向ベクトル $w_{n_1}$ ,  $w_{n_2}$ のなす角 $\theta_{n_1}(t)$ ,  $\theta_{n_2}(t)$ を利用し、これらが共に大きいとき、視線交錯があると判断する。このため、次式のように、 $\cos\theta_{n_1}(t)$ ,  $\cos\theta_{n_2}(t)$ を閾値 $e_l$ で二値化した $b(\cos\theta_{n_1}(t))$ ,  $b(\cos\theta_{n_2}(t))$ (顔検出できなかった場合は $b = 0$ とする)の論理積の合計値 $C_l$ によって $F_{n_1}$ ,  $F_{n_2}$ の共起度を定義する。

$$C_l(n_1, n_2) = \sum_{t=1} b(\cos\theta_{n_1}(t)) b(\cos\theta_{n_2}(t)) \quad (3)$$

### 3.3 共同注視

共同注視の特徴量としては、任意の $F_{n_1}(t)$ ,  $F_{n_2}(t)$ の顔方向ベクトル $w_{n_1}$ ,  $w_{n_2}$ と教室前方にある黒板、あるいはスライド平面との交点間の距離 $j_{n_1 n_2}(t)$ を利用する。本研究では、この距離が小さくなったときに共同注視が生じていると判断する。このため、次式のように、 $j_{n_1 n_2}(t)$ を閾値 $e_j$ で二値化した $b(j_{n_1 n_2}(t))$ (顔検出できなかった場合は $b = 0$ とする)の合計値 $C_j$ によって $F_{n_1}$ ,  $F_{n_2}$ の共起度を定義する。

$$C_j(n_1, n_2) = \sum_{t=1} b(j_{n_1 n_2}(t)) \quad (4)$$

### 3.4 着席位置

着席位置の特徴量としては、 $F_n$ の着席位置を $(c_n, r_n)$ として、任意の受講者の着席位置間のマンハッタン距離

を利用する。このとき、友人同士なら、前後に座るよりも隣同士で座ることが多いことが知られていることから<sup>(8)</sup>、前後と左右に隣接する場合には隣接関係の意味が異なると考えられる。よって本研究では、上のマンハッタン距離において、行番号と列番号の重みを変える。すなわち、任意の受講者 $F_{n_1}$ ,  $F_{n_2}$ の着席位置を $(c_{n_1}, r_{n_1})$ ,  $(c_{n_2}, r_{n_2})$ として、着席位置間の距離の評価値 $M(n_1, n_2)$ を次のように定める。ただし、 $w$ は重み係数である。

$$M(n_1, n_2) = |c_{n_1} - r_{n_2}| + w|c_{n_1} - r_{n_2}| \quad (5)$$

## 4. 共起度にもとづいた友人関係推定実験

### 4.1 実験環境

友人同士と他人同士の間で、実際に本手法で定義した共起性に差があるかどうか調べるため、筆者らの一人が主催するゼミを対象とした実験を行った。このゼミは、受講者が順番に自分の研究内容を発表する90分授業である。このとき、授業期間を通じて友人関係が変化する可能性を考慮し、春期(前期)と秋期(後期)に一週間おきに2回、計4回撮影した。この4回の授業映像それぞれに対し、2.で述べた手法で各受講者の着席位置と顔位置・方向を検出した。さらに、3.で述べた手法で前後移動、左右移動、視線交錯、共同注視の共起度と着席位置間距離を求めた。ただし、このゼミは発表者が交代する間にコメントシートに記入する形式のため、その時間帯は受講者全体がシート記入のために顔を俯けてしまうことから、この時間帯は避け、受講者全体が発表内容に目を向けている時間帯のみを対象とした。

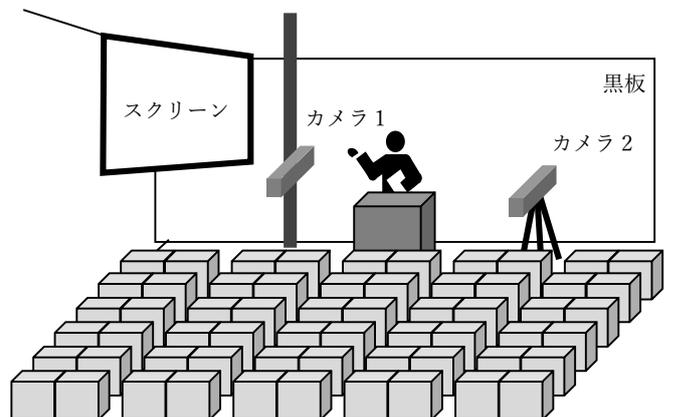


図1 教室内のカメラ配置

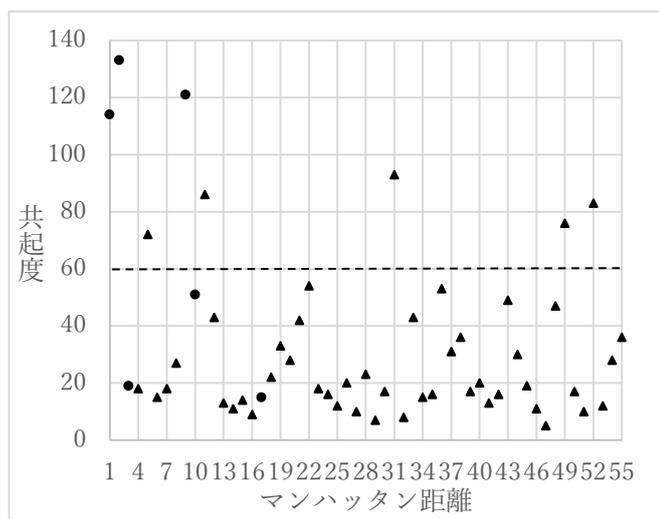
撮影にあたっては、教室全体をカメラの視野に収めるために、図1のように、教室前方左右に RGB-D カメラを2台設置して撮影した。このとき、共同注視の特徴量算出のためには、黒板平面が得られる必要があるが、カメラで黒板を捉えることは不可能であるため、座高面座標系の $xy$ 平面を黒板平面の代わりとして、共同注視における交点間の距離を求めた。RGB-D カメラには Microsoft 社の Kinect v2、顔画像処理には PUX 社の Face U<sup>9)</sup>を使用した。Face U では $F_n$ の類似度が0~100の範囲で表現されており、通常70以上の場合は同一人物と判断されることから、本実験でも同じ数値を用いた。二値化の閾値はそれぞれ $e_x, e_z = 10(\text{cm})$ ,  $e_j = 0.5$ ,  $e_l = 150(\text{cm})$ ,  $w = 1.1$ とした。

## 4.2 春期での実験結果

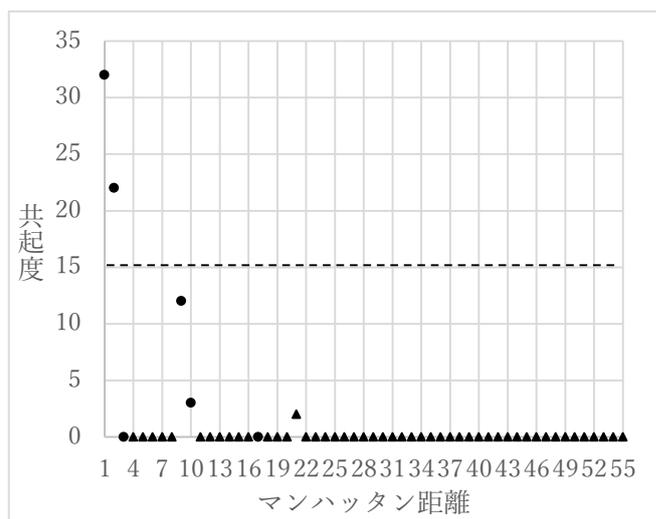
春期2回の授業では、1回目の授業で計21人、2回目の

授業で25人が出席していた。本研究では、顔の位置・向きがある程度継続的に計測されないと共起度を比較することは難しいことから、観測時間全体において5割以上顔が検出できた受講者のみを対象としたところ、継続的に顔検出できたのはそれぞれ12人、13人、両方検出できたのは11人であった。残りの受講者が検出できなかった理由の一つは、後列の受講者はカメラからの距離が遠くてカラー画像中の顔サイズが小さすぎたために、いずれも観測時刻全体を通して顔領域が一度も検出できなかったためである。もう一つは、特に2回目の授業において受講者同士の着席位置が密集していたため、後列の受講者が前列の受講者によって顔が隠れてしまい、継続的な顔検出が難しかったためである。

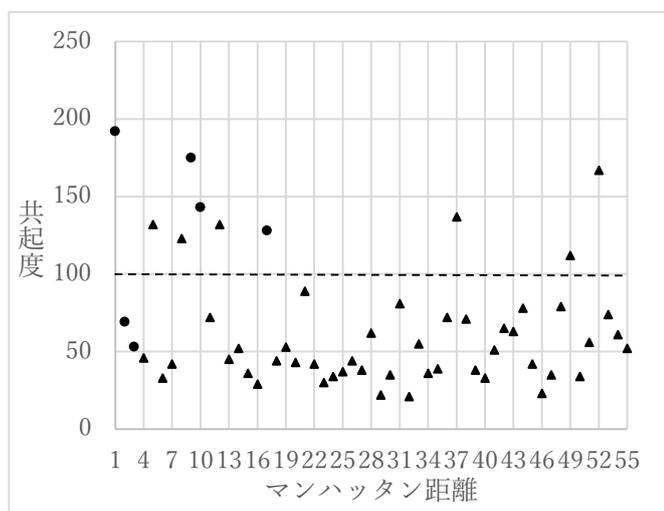
上で両方検出できた11人の受講者すべての組み合わせ55通りに対して、左右移動、前後移動、視線交錯、共同注視の共起度を、同一受講者ペア毎に授業2回分合計



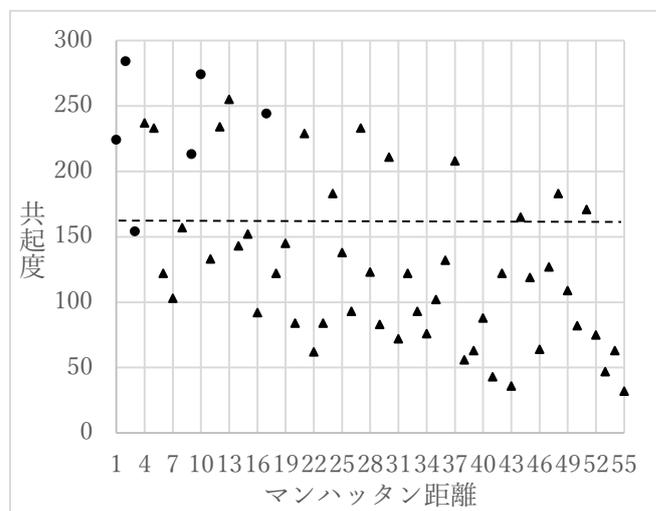
(a)左右移動



(c)視線交錯



(b)前後移動



(d)共同注視

図2 前期2回における任意のペアの特徴量の共起度

した値を図2に示す。これらのペアの内、授業中や授業後の受講者同士の交流の仕方などから、目視で友人関係と判断できるペアは6ペア存在したため、この友人同士と思われるペアの値を●、他人同士と見られるペアに対する値を▲で示している。横軸は各受講者ペアのID番号で、同一受講者ペアの着席位置間距離が小さい順に並び替えてある、ただし、座席間に通路が存在する場合には、その両側のマンハッタン距離は2としている。

次に着席位置以外の4つの特徴量それぞれについて、共起性が見られるペアと見られないペアを特徴量毎にK-means法で2クラス分割することで分類した。図ではその境界を点線で示している。点線より上が共起度の大きいクラス、下が小さいクラスである。ただし、視線交錯については全体的に共起度が小さく、ほとんどのペアでは0となったため、共起度が1以上あるペアのみをクラス分類の対象とした。以上を基に、目視に基づく友人関係(ID:1,2,3,9,10,17)を正解として、各特徴量における共起度の大小によって友人関係を推定した場合の適合率と再現率を求めた結果を表1に示す。

表1 各特徴量による適合率・再現率（春期）

特徴量	左右移動	前後移動	視線交錯	共同注視
適合率	0.38	0.40	1.00	0.29
再現率	0.50	0.67	0.33	0.83

### 4.3 秋期での実験結果

秋期2回の授業では、1回目の授業で計16人、2回目の授業で15人が出席していた。計測できたのはそれぞれ11人、10人、両方検出できたのは7人であった。これらのペアのうち、目視で友人関係と判断されるペアは4ペア存在した。前期と同様、両方検出できた7人の受講者すべての組み合わせ21通りに対して、4つの特徴量を検出し、4.2と同様に適合率と再現率を算出した結果を表2に示す。

表2 各特徴量による適合率・再現率（秋期）

特徴量	左右移動	前後移動	視線交錯	共同注視
適合率	0.50	0.40	1.00	0.25
再現率	0.33	0.67	0.33	0.67

さらに、各受講者を顔画像の類似性に基づいて春期

の受講者と対応づけてみたところ、春期に目視で友人関係と判断された6ペアのうち、2ペア(ID:1,2)については、秋期に顔検出できた45ペアの中にも含まれていた。また、もう1ペア(ID:3)については、そのうちの片方の受講者が、春期には出席しておらず秋期2回目の授業に出席していた別の受講者との間に、新たに友人関係が見られた。そこで、これらの3つのペアに対する春期と秋期の共起度を比べてみたところ、表3のようになった。(a)は、ペアに変動がなかった2ペア(ID:1,2)、(b)は新たな受講者と友人関係が見られたペア(ID:3)である。ただし、ID:2の片方の受講者は秋期1回目には出席していなかったため、(a)におけるID:2の結果は春期と秋期共に2回目の結果を示す。

表3 同一ペアの共起度の変化

(a) 春・秋で変化がなかったペア

ID	特徴量	春期	秋期
1	左右移動	114	123
	前後移動	192	80
	視線交錯	32	24
	共同注視	224	251
2	左右移動	78	69
	前後移動	29	26
	視線交錯	12	9
	共同注視	134	147

(b) 一方に新たな友人関係が見られたペア

ID	特徴量	春期(2回目)	秋期(2回目)
3	左右移動	10	19
	前後移動	32	102
	視線交錯	0	0
	共同注視	47	137
新ペア	左右移動	相手不在	61
	前後移動		113
	視線交錯		1
	共同注視		144

### 4.4 考察

まず着席位置の共起度については、図2の結果から、目視で友人関係が見られるペアは着席位置間距離も小さい(グラフのより左側に表示されている)傾向が見られる。ただし、目視で友人関係が見られるペアよりもそうでないペアの方が着席位置が近いケースも見られる。

また、残りの4つの特徴量についても、目視で友人関係が見られるペアは比較的高い値をとる傾向が見られるが、表1, 2の結果を見ると、適合率・再現率は必ずしも高いとはいえない。実際、目視では友人関係が見られないペアでも、たまたま特定の動き特徴が類似する場合はあり、いずれの特徴量も、単独で友人関係の推定に用いるには不十分であると思われる。

一方、複数の特徴量を組み合わせることを考えると、上述のように目視では友人関係の見られないペアにおいても、どれか1つの特徴量に対しては高い共起性がみられる一方、目視で友人関係の見られるペアについては、春期で友人関係の見られた6ペアの内5ペアは、4つの特徴量のうち、2つ以上に対して共起性がみられる。この傾向は秋期でも同様で、目視で友人関係が見られた4ペアの内3ペアについて、2つ以上の特徴量に共起性がみられた。これらのことから、特徴量を組み合わせれば、友人関係を推定できる可能性が示唆される。

春期と秋期の間の変化に関しては、表3(a)でID:1のペアが秋期には前後移動の特徴量の共起度が大きく低下した以外は、同じ友人関係のペアに対する共起度に大きな差はなく、2ペアとも、春期と秋期の両方で、3つ以上の特徴量に共起性が見られる。また、表3(b)では、秋期で新たに友人関係がみられたペアにも同様に3つ以上の特徴量に共起性が見られる。これらから、上のような複数特徴量の組み合わせによって、友人関係の時間的変化を推測できる可能性も示唆される。

## 5. まとめ

本稿では、受講者の受講行動を把握するために、講義室前方に設置したRGB-Dカメラで講義室全体を撮影し、得られた映像から受講者間の友人関係を推定できる可能性について議論した。具体的には、前後移動、左右移動、視線交錯、共同注視、着席位置の5つの特徴量の共起性を用いた処理の実現可能性について検討した。先行研究の手法<sup>(7)</sup>で得られた受講者の顔の位置・向きに基づいて、顔の前後・左右の移動量や、視線の交錯・共同注視の度合いを算出し、それらを二値化した値が観測時刻全体にわたって任意の受講者間で一致した回数の合計値によってその受講者間の共起度を定めた。この共起度の大小によって友人関係の有無が推定できるかどうかを調べるために、実際の講義室の撮影映像を

用いて実験をした結果、各特徴量単独での適合率・再現率は概ね約5割程度に留まったが、友人関係の見られるペアには、多くの特徴量に共起性が見られることから、これらの特徴量を組み合わせることで、友人関係を推定できる可能性が示唆された。

なお、実際の授業では、黒板への注目など、全受講者の行動が一致する場面があり、そのような場面の特徴量に対して算出される共起性には友人関係は反映されにくいと考えられる。このような場面は、本実験においても見られ、共同注視の適合率が他の特徴量と比べて低く留まっている一因となっている。そこで今後は、各ペアに対する共起度の大小を絶対的な値そのもので評価するのではなく、全ペアに対する相対的な大小によって評価する必要があると考えられ、これは本研究の今後の課題の一つである。

## 参考文献

- (1) 朝日新聞, 河合塾:“学生情報の把握と活用,”ひらく日本の大学,Vol.13,pp.44-57 (2015)
- (2) 上田佳苗, 恒吉徹三:“大学生の学業意欲の変化について,”山口大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要第36号, pp.115-123 (2013)
- (3) 中村真, 松田英子:“大学への帰属意識が大学不適応に及ぼす影響(2)-出席率,GPA を用いた分析-,”日本教育心理学会総会発表論文集, pp.135-144 (2014)
- (4) 京都大学高等教育教授システム開発センター編:“大学授業のフィールドワーク,”玉川大学出版部,2001
- (5) 渡辺秀俊,安藤正雄,高橋鷹志:“着座場面における姿勢の継時的変化”,日本建築学会計画系論文集,第474号,pp107-114 (1995)
- (6) 村上正行,中田壮俊,角所考:“授業映像における動きの類似度に基づいた受講者グループ推定方法の検討”,教育システム情報学会第41回全国大会, pp.111-112 (2016)
- (7) 西川純貴,角所考,飯山将晃,西口敏司, 村上正行:“RGB-Dカメラを用いた顔観測による講義室内の受講者の着席位置推定”,教育システム情報学会誌, Vol. 35, No.2 (2018)(掲載予定).
- (8) Sommer,R.:“Further Studies of Small Group Ecology”,Sociometry,28,pp.337-348(1965)
- (9) “顔認識ソフトウェア FaceU,”<<https://www.pux.co.jp/>製品情報/画像認識/顔認識>(2017-06-13 アクセス)