

# 複数のステレオカメラと顔認証技術を用いた 対人関係構造抽出手法の提案

角谷隆行†a 山本真吾†a 金田重郎†a 芳賀博英†a

現在、社会において集団の関係構造を調べることは組織の活動の活性化や沈滞理由の把握に有効であり、その効果が着目されている。今日までに様々な手法が提案されてきたが、ヒアリングやアンケート調査の困難さ、被験者へのストレスとなるセンサの装着が必要である等の問題により、集団内での対人関係を探ることは困難である。そこで本稿では人間の非言語的行動の内、「視線」、「対人距離」、「顔面表情」に着目し、ステレオカメラと顔認証技術よりそれらの情報を取得することで、これまでの各種理論、研究結果を基に作成した「対人関係推測モデル」により、対人関係を有無や強度を抽出する手法を提案する。これにより対象にストレスを与えず、既存手法と構造類似度が高い対人関係の抽出ができた。

## Interpersonal network extraction by using stereocameras and face sensing technology

TAKAYUKI SUMIYA†a SINGO YAMAMOTO†a  
SIGEO KANEDA†a HIROHIDE HAGA†a

By grasping the interpersonal network in the group, we can understand the reason of the rise and fall of activity level of organization. Now, some methods to extract the interpersonal network in the group have been developed. But, these methods, which force burden to subjects, have some problems. Some require physical burden to subjects by the wearing of the various sensor device and others force mental burden by the hearing that include a moral issue. In this article, we propose the method to extract interpersonal network by using stereocameras and face sensing technology. In this method, we paid our attention to nonverbal behavior, such as "gaze", "personal distance", and "facial expression". These nonverbal behaviors are extracted using combination of stereocameras and face sensing technology. These behaviors are judged based on various theories and research results, and interpersonal network of group is extracted. Our method can extract the interpersonal network automatically without the various burdens.

a 同志社大学大学院工学研究科

## 1. はじめに

社会において、人々や組織等の集団の関係構造、ひいては集団の特性を知る事は、集団が属する組織の活動の活性化や沈滞の理由等の把握に有用であることが知られている。例えば企業の職場であれば、管理職が部下の関係構造を知る事で、人をより有効に活用し、生産性の向上が可能となる。このように集団の関係構造の把握により、そこに新たな価値を創造出来る[1]。

現在、実社会での集団の関係構造を調べる手法として、センサ等を装着し得られたデータを解析し関係を抽出する手法[2]、またソシオメトリー等の実際に集団に対し好悪感情をヒアリングする事で人間関係を表す図を作成する手法[3]等が存在している。しかし、これらの手法にはセンサの装着、倫理的に課題が残るヒアリング等、実社会にて活用するには観察対象に負担を強いる問題が数多く存在する。

そこで、完全にハンズフリーの環境で、制約なく自由に行動する人間の「視線」、「対人距離」、「顔面表情」等の非言語的行動を総合的に判断することで、観察者に対し精神的、肉体的に負担を強くない集団の対人関係構造抽出を目指した。本目的実現のため、自由に行動する集団を複数台のステレオカメラを用いて撮影して、得られた画像に対し顔認証技術を用いて個人認証を行い、ステレオカメラにより各個人の顔面表情情報や視線情報を取得する。そして、得られた情報を基にして、「視線」と「対人距離」を関係の有無の基準とし、顔面表情によって対人関係の強度を判断する「対人関係推測モデル」より、自動的に集団の対人関係構造を抽出する手法を提案する。

## 2. 背景

### 2.1 関係構造抽出研究の現状と課題

これまで集団の関係構造を抽出する研究は社会学、社会心理学分野において数多く行われている。社会学、社会心理学では従来、参与観察やインタビュー調査を用いて集団の対人関係構造抽出が試みられてきた。特に古くから行われ、集団の人間関係の構造を解き明かす代表的な社会学の研究の一つにソシオメトリー[3]がある。ソシオメトリーは Jacob L. Moreno により提唱された小集団内の人間関係を定量的に測定し、分析するための社会的測定法の一つである。

ソシオメトリーでは集団を構成する個々のメンバーに対し、ソシオメトリックテストと呼ばれる集団成員間の受容と拒否の選択から関係構造を測定するためのテストを行い、集団の関係構造を抽出していく。具体的にソシオメトリックテストでは、関係の強弱を数値で記入させたソシオマトリクス(表1)を用いる。ソシオマトリクスは集団成員に対し選択あるいは排斥の感情を抱く他成員を全て指名させ、調査した全成員を行と列に並べ、その関係の強弱を数値で記入させて作成される表である。更にソシオマトリクスの関係の強弱から、ソシオグラム(図1)という集団の相互関係を把握

するために集団の成員を点、関係を線とし可視化した図の作成も可能となる。このようにソシオメトリーでは集団全体の関係構造を測定していく。

表 1: ソシオマトリクス

	A	B	C	D
A	0	1	1	0
B	1	0	0	0
C	1	0	0	1
D	1	0	1	0

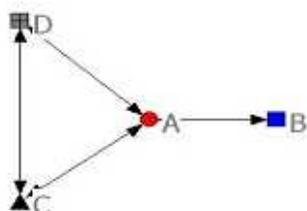


図 1 ソシオグラム

ソシオメトリーは集団の関係性の正確な把握が容易であり、様々な分野で使用されてきた。特に教育分野では古くからソシオメトリーが用いられ、人間関係を育成する上での貴重な資料となり、児童の心理的側面の測定における有効性は教育現場から数多く報告されている[4]。しかし、ソシオメトリーを教育現場で実施するにあたり大きな問題があった。

ソシオメトリーでは児童に対して「一緒に遊びたい人は誰ですか？」や「一緒に遊びたくない人はだれですか？」等、プライバシーに関する好悪感情を問う質問を行わなければならない。調査対象者である児童にとって精神的な負担が大きいものであった。また、近年これらの配慮に欠けた質問を行うソシオメトリーが社会的に取り上げられ、大きな問題となった。このことから教育現場ではソシオメトリーについて及び腰になってしまい、児童集団の関係構造を抽出する取り組みが及び腰になり、停滞している。また、ソシオメトリーでは、プライバシーに関する好悪感情を対象者に問うため、その回答にはバイアスがかかる恐れがあり、この影響も危惧されている。

ソシオメトリーのように質問を行う事で、集団の関係構造を明らかにする手法はソシオプロフィール法、間隔尺度ソシオメトリックテスト等、他にも存在する[5][6]。しかしこれらの手法も、実際に対象者に対してインタビュー調査や質問紙法等を行うこ

とが必要となっている。この事からも対象者に対し精神的に負担を強いることは避けられない。

上に述べた課題を解決するために、現在では様々なセンサ機器を用いることで集団の対人関係構造を解き明かす試みが活発になっている[1]。センサ機器としては赤外線センサ、加速度センサ、マイクセンサ、RFID、歩数計等多様なセンサ機器を対象者に装着することにより、関係構造を抽出する研究・手法が開発されている[2]。これらの手法を用いる事で、インタビュー調査等で問題となっていた、対象者に強いてきた大きな精神的負担を和らげる事が可能となった。しかし、これらのセンサ機器を用いた手法にも、依然幾つかの問題を抱えている。これは対象者に対しセンサ装着を必要とするため、対象者に肉体的な負担を強いてしまうという問題、更には行動を阻害してしまう場合があるという問題である。これらの集団の対人関係構造抽出研究の現状からも、現在、精神的、肉体的な負担を対象者に強くない手法が求められている。

### 3. 提案手法

#### 3.1 提案手法の概要

2章で述べたような問題は、集団の関係構造抽出研究の足かせとなっており、解決が望まれていた。そこで著者らは、これらの問題を解決し、自動的かつ対象者に対して精神的、肉体的に負担を強くない対人関係構造の抽出を行い、関係構造抽出研究を大きく前進させるため「複数ステレオカメラと顔認証技術を用いた集団の対人関係構造抽出手法」を提案する。

まず本稿では「対人関係」を以下の様に定義する。星野は著書[7]において、個々人のフォーマル、インフォーマルな関係がある中で、インフォーマルな関係を対人関係と定義しているが、著者らはフォーマルな関係の中でも、人間が面と向かって話す等の、何らかの直接的な行為を行う関係も含めて、対人関係と定義する。また、本手法において、これらの対人関係の有無、強度を判断するために、人間のコミュニケーション行動の中でも、非言語的行動に着目する。コミュニケーションは文化や性差等の影響が大きく、全ての人間に適応する理論は存在しないが、非言語的行動のように人間の本質、核となる行動は類似しているため、非言語的行動は対人関係を推測する上で有効であると言える。そして、数ある人間の対人コミュニケーションチャネルの中でも、「視線」、「対人距離」、「顔面表情」、この3つの非言語的行動は機械的に抽出可能であり、社会学、社会心理学分野で非常に重要なコミュニケーション要素として知られている[8]。本提案手法ではこの3つの非言語的行動を用い、これらを総合的に判断することで対人関係の推測を行う。

本提案手法の概要を図2に示す。図2に示すように、本提案手法は2つのステップにより対人関係の推測を行う。

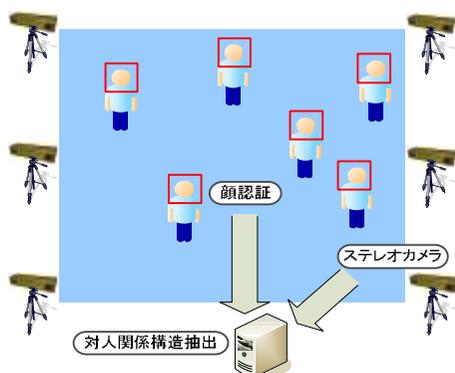


図 2 提案手法の概要

### (1) パラメータ取得

本提案手法の図 2 に示すように、制約なく自由に行動する集団から漏れなく非言語的行動を抽出するために、集団を囲むように複数台のカメラを配置し撮影を行い対象者間の距離である「対人距離」を取得する。更に取得された画像ごとに顔認証技術を適用し個人認証を行い、対象者の「顔面表情」、「視線」等の非言語的行動の抽出を行う。しかし、単に集団の周囲から撮影を行うと、例えば観察範囲が大きい場合、顔認証技術を用いて抽出する集団を構成する対象者の「顔」から、検出を行う対象者の三次元的な「位置」、「視線」を特定する事が非常に困難である。そこで本提案手法では、集団撮影用カメラにステレオカメラを用いる。これにより、両眼視差からの正確な三次元位置の特定が可能となり、「視線」、「対人距離」が正確に抽出される。

### (2) 対人関係構造抽出

次に対人関係構造を明らかにするために、上の処理により得られた非言語的行動から、集団を構成する対象者の二者間の関係の有無や強度の推測を行う。集団を構成する対象者数が  $n$  とすると、この処理を  $nP_2$  回繰り返す事により、集団全体の対人関係構造を明らかにする。

また著者らは二者間の対人関係推測のために、取得された非言語的行動の「視線」要素については、Argyle[9]、Kendon[10]、大坊[11]らの、視線、視線時間、視線交錯が対人関係に及ぼす影響を調査した研究を、「対人距離」要素については Hall[12]、西出[13]による、対象者間の距離が与える影響を理論化した近接学を基に、「顔面表情」要素については和田[14]、Jakobs[15]らによる、顔面表情が二者間の対人関係に及ぼす効果に関する研究結果等を基に、総合的に判断する「対人関係推測モデル」を提案、構築した。本提案手法では、この対人関係推測モデルを用いて対人関係の有無、強度の

推測を行う。対人関係推測モデルについては後述する。

本手法で導出された集団の対人関係構造は、集団を構成する対象者の行列の形で表される。導出された行列は隣接行列と呼ばれ、この隣接行列を可視化することにより、集団の対人関係構造を俯瞰的に把握する一つの指標となる。また、隣接行列に各種処理を加えることにより、関係構造の特性を表す指標の抽出も可能となる。

### 3.2 対人関係推測モデル

本提案手法では、著者らが目指す「自動的かつ対象者に対して精神的、肉体的に負担を強いしない関係構造抽出」という目的達成のため、多様なコミュニケーションチャンネルの中でも「視線」、「対人距離（プロクセミクス）」、「顔面表情」の3つの非言語的コミュニケーションチャンネルを用いた。以上3つのコミュニケーションチャンネルは多数ある非言語的コミュニケーションチャンネルの中でも、特に対人関係に影響がある重要なチャンネルである事が知られている[8]。「視線」、「顔面表情」等のコミュニケーションチャンネルは動的な特徴を持つため、対人関係を推測するデータとして時々刻々と変化した非言語的行動が取得可能であり、データ量が多く非常に有用である。また、これらの非言語的コミュニケーションチャンネルから表出する非言語的行動は機械的に抽出可能であるため、カメラによる撮影から抽出でき、対象者の行動を阻害する恐れがない。

このような3つのコミュニケーションチャンネル、「視線」、「対人距離」、「顔面表情」を総合的に判断するため、著者らは「対人関係推測モデル」を提案、構築した。本モデルは、二者間の関係を「視線」、「対人距離」の程度により分岐を行う木構造を用いて関係の強さを推測する処理、「顔面表情」の「笑顔」の程度を数値化した値により重み付けを行う重み付け処理の2つのステップで構成され処理を行う。

#### (1) 「視線」と「対人距離」による分岐モデル

本処理では図 3 に示すように、まず「視線」に注目し、視線の交錯について調べる、 $i$  が  $j$  に向ける視線に対して、 $j$  も  $i$  に視線を向けている相互視か、それとも  $i$  が視線を向けているだけの一方視かを判断する。次に、これらの視線時間により分岐を行う。相互視の場合は視線交錯時間が 1.5 秒を基準[9]としており、これ以下の場合は今回の視線は視線交錯ではないと判断され、二者の対人強度に反映されない。また、一方視については 4 秒を基準[9]とし、それ以下の場合は、視線を向けていると判断されない。相互視、一方視の各基準値を超え、視線が向けられていると判断されると、次に  $i, j$  二者間の対人距離により、関係の強さを推測していく。最終的に、この対人距離に応じて、「視線」、「対人距離」チャンネルの2つを用いて推測した対人関係の強さに応じた評価値  $e_{ij}$  が導出される。

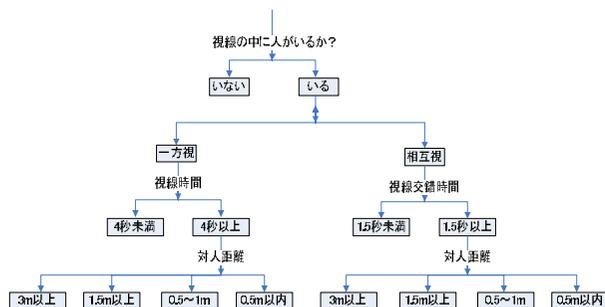


図 3 視線と対人距離による分岐モデル

## (2) 「顔面表情」による重みづけ処理と隣接行列モデル

本処理では、「顔面表情」の一つ「笑顔」によりステップ 1 で得られた  $e_{ij}$  に重み付けを行う。まず、対象者の笑顔の程度を  $d(0 \leq d \leq d_{max})$  に数値化する。また式 (1) に示すように  $i, j$  二者間の関係の強さの重み  $w_{ij}$  は  $i, j$  両者の笑顔の程度  $d_i, d_j$  の和を基に導出される。

$$w_{ij} = \frac{d_{max} + \frac{1}{2}(d_i + d_j)}{d_{max}} \quad (1 \leq w_{ij} \leq 2) \quad (1)$$

この重み  $w_{ij}$  を用いて評価値  $e_{ij}$  の重み付けを行い、二者間の対人関係強度  $a_{ij}$  を求める。この処理を評価期間中に起こった二者間の視線に対して繰り返し行い、 $i, j$  の対人関係強度に  $a_{ij}$  反映させていく。この結果  $i, j$  の対人関係強度は確かなものとなっていく。以上の二者間の対人関係の推測を行う処理を、集団を構成する対象者全員、つまり  $nP_2$  通りの対象者の順列に対して行う事により、最終的に集団全体の対人関係構造を行列の形で表した式 (2) に示す隣接行列  $A$  を導き出す。

$$a_{ij} = (e_{ij} \times w_{ij}) + a_{ij} \quad A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & \cdots & a_{1(n-1)} & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & \cdots & a_{2(n-1)} & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots & \vdots \\ a_{(n-1)1} & a_{(n-1)2} & \cdots & \cdots & a_{(n-1)(n-1)} & a_{(n-1)n} \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & \cdots & a_{n(n-1)} & a_{nn} \end{pmatrix} \quad (2)$$

## 4. プロトタイプシステム

### 4.1 システム概要

本提案手法の有効性を評価するために、第 3 章で述べた本手法を実装したシステムの開発を行った。本システムは  $3m \times 3m$  の空間を想定して構築され、空間の四隅上部  $2m$  の位置に 4 台のステレオカメラを配置し、集団の撮影を行い、空間内の集団の対人関係構造の抽出を行う。

本システムは集団を複数ステレオカメラと顔認証技術から対人関係構造抽出のための各種パラメータを取得するパラメータ取得処理部、得られたデータを総合的に判断し集団の対人関係構造の推測を行う関係構造抽出処理部の二つに分割され処理を行う。本章では開発したシステムをこれら 2 つの処理部に分け、詳細に述べていく。

なお、本稿では顔向きも広義に視線と解釈し用いた。今後本稿では特に指定しない場合、「顔向き」も「視線」と同義であるとし表現する。

### 4.2 パラメータ取得処理

本手法では対人関係を推測するパラメータとして、「視線」、「対人距離」、「顔面表情」、この 3 つの非言語的行動を用い、これらのパラメータ抽出のため複数台のステレオカメラと顔認証技術として顔センシング技術 OKAO Vision[16]を用いる。ステレオカメラを用い集団を囲むように撮影、取得した各画像データに顔認証技術を用いて画像毎に顔検出、個人認証、視線情報、顔面表情として笑顔の度合いを  $0 \sim 100$  の値で示す笑顔度を抽出する。画像内で検出された「顔」、「視線」にステレオカメラの視差情報を用い、三次元座標上での対象の位置、視線を取得する。しかし、自由に行動する人は必ずしも顔をカメラの正面に向けるわけではないことから、顔認証技術から得られる顔情報の取得精度は低い。そのため、本システムでは様々な補正、補間処理を行う。パラメータ取得処理の手順は以下のように行う。

#### (1) 顔認証技術による顔情報取得

複数台のステレオカメラにより撮影された画像に顔認証技術を用いて顔検出、人物の顔認証情報、視線角度、顔面表情情報を取得する。

#### (2) 顔情報から顔の三次元情報、視線ベクトルを抽出

顔検出により得られた顔の位置情報と視線角度から、各ステレオカメラの視差情報を用いて顔の三次元位置情報と視線ベクトルを抽出する。

#### (3) 顔認証の補正

画像毎の顔オブジェクトの三次元位置情報を用いて追跡を行う。今時間  $t$  において人物  $Object(t)$  が検出されたとする。このとき人物  $Object_0$  の予想移動範囲の中心  $Center_0(t)$  を時間  $t-1$  までの速度、加速度から算出する。そして過去の時間  $t-1$  の画像における人物  $Object_0(t-1)$  の予測移動範囲の初期半径  $l$  に人物  $Object(t)$  が存在した場合、予測移動範囲の中心  $Center_0(t)$  からの距離  $d$  とあらかじめ設定した評価定数  $Appraisal$

を用いて評価値  $a$  の重み付けを行う．上記の処理を定義した式が式(3)である．

$$\text{if } |\text{Object}(t) - \text{Center}_0(t)| > l \quad a = d \times \text{Appraisal} \quad \text{else} \quad a = 0 \quad (3)$$

この処理を集団の全ての対象者に行い，最も評価値  $a$  の高い人物を今時間  $t$  における人物と判定し，顔認証情報の補正を行う．追跡処理の状態図を図4に記す．またある対象者  $\text{Object}_x(t-1)$  が存在しない場合については，図のように予測移動範囲  $l$  を広げ最大  $Lost$  フレームまでさかのぼり，処理を続ける． $i$  フレームさかのぼった場合の予測移動範囲は式(4)のように定義した．

$$\left( \frac{(i-1) \times 2}{LOST} + 1 \right) \times l \quad (4)$$

全ての同一時間の画像について顔認証情報の補正が終了すると，全てのステレオカメラから得られた情報を統合し，登録された各人物の評価値  $a$  が最大となったオブジェクトが時間  $t$  における特定人物のオブジェクトであると決定する．

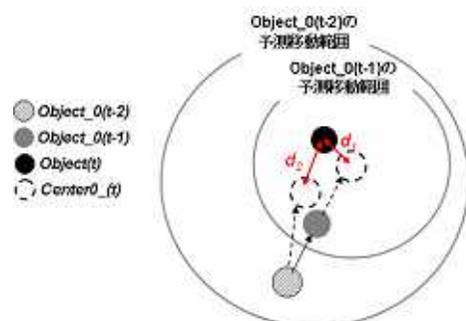


図4 追跡処理状態図

#### (4) 視線ベクトルの補正

顔認証技術で用いる顔の特徴点を流用して，その三次元位置情報から特定の3点を選出，その点から形成される三次元三角形の法線ベクトルを用いることで視線ベクトルの補正を行う．図5は視線ベクトルの補正により得られる法線ベクトルの例である．

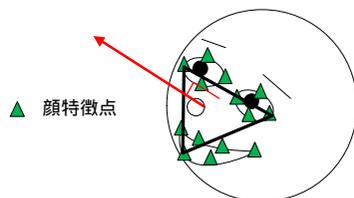


図5 顔特徴点と形成される三次元三角形の法線ベクトル

#### (5) 欠落データの補間

顔が全てのカメラから隠れていた等の理由から目的の人物のデータを取得できない場合がある．その場合，データに欠落が発生する．このような際に補間処理を適用し，前後のパラメータから人物の三次元位置情報，視線ベクトルの補間を行う．

#### 4.3 関係構造抽出部

パラメータ取得処理部で得られた集団の各対象者の「視線」，「対人距離」，「顔面表情」のパラメータを基に，関係構造を導出し，得られた関係構造の特性指標の抽出を行う．得られた「視線」，「対人距離」を基に図3のモデルを適用し，一方視で二者間の距離が大きいほど評価値  $e$  が低く，相互視で二者間の距離が小さいほど評価値  $e$  が高くなるように1~6までの評価値を与える．その後，二者の笑顔度  $d(0 \leq d \leq 100\%)$  の和により式(1)を用いて評価値  $e$  の重みづけを行い式(2)によって隣接行列  $A$  を生成する．

得られた隣接行列は，Analytic Technologies社のネットワーク分析ソフトUCINET6.0により解析を行い，グラフ描画は，同じくAnalytic Technologies社のNet Draw2.0により行う．これらのソフトを用いて，集団の特性指標の抽出を行う．

### 5. 評価実験

#### 5.1 実験内容

本評価実験では，本手法の有効性を評価するために，同被験者に対し本システムを用いて抽出された関係構造と，既存手法を用いて抽出される関係構造との構造類似度を用いて比較を行い，本システムの有効性の評価を行なう．また本手法を用いて行われる関係構造抽出が，どのような側面を持った関係を抽出し，どの分野に有効であるか確認を行う．

本評価実験では既存比較手法として「ソシオプロフィール法[5]」，「間隔尺度ソシオメトリックテスト[6]」を用いる．ソシオプロフィール法は，被験者のメンバー全員に，他のメンバーとの二者関係が現在どの程度，親密かを「親密な関係である」，「やや親密な関係である」，「どちらともいえない」，「やや親密な関係でない」，「親密な関係でない」の5件質問紙法にて評定を行う．ソシオプロフィール法では単に主観的に見た他者との現在の親密さの程度を問う手法であり，この手法から抽出される関係構造はプライベートの関係と解釈できる．

間隔尺度ソシオメトリックテストは，被験者のメンバー全員に，他のメンバー全員について調査したい内容に関する質問を行い，5段階の選択の程度を選択することで，関係構造の抽出を行う手法である．今回の実験では間隔尺度ソシオメトリックテストにて仕事上の関係の抽出を試みるため，どの程度一緒に仕事をしたいかという質問に「一緒に仕事をしたい」，「やや一緒に仕事をしたい」，「どちらともいえない」，「やや一緒に仕事をしたくない」，「一緒に仕事をしたくない」の5段階の回答を提示し，調

査を行った。

### 5.2 実験環境

本評価実験では鉄筋コンクリート建ての室内にて 3m x 3mを検出範囲と設定した。実装したステレオカメラは空間の四隅上部 2mの位置に 4 台のステレオカメラを配置し、集団の撮影を行う。照明については、一般の蛍光灯を使用し、太陽光の影響は比較的少ない。

被験者は同研究室の修士 1 年生 4 人を 2 グループ、実験時間は 20 分とした。この実験時間の間は、この検出範囲から退出する以外、特別な制約条件は設けず自由に行動してもらった。

本実験は 2 つの実験グループ X, Y に対して行われた。このグループの被験者に重複はなく、全てのグループ共に同実験室のメンバーで構成されている。

### 5.3 結果

本評価実験の結果をグループ X, Y に分け示していく。実験を行った結果、表 2 に示す隣接行列が抽出された。また、既存手法より抽出された各グループの隣接行列は付録に記す。

本提案手法で導出された隣接行列は類似手法との比較のため、最大値を合わせた順序尺度に変換した。しかし、ここで一問題が生じる。提案手法と類似手法では同じ順序尺度であるが、類似手法の場合、質問回答の評価の「5」「4」はそれぞれポジティブな対人感情を表すが、それ以下の値「3」「2」「1」はネガティブな対人感情を表している。つまり比較手法では集団の全構成員に対する感情を 1~5 の評価で聞いているため、「何も関係がない」場合でも回答せざるを得なかった。

これに対し、提案手法では「何も関係がない」場合は評価が 0 であり、これを基準とし、数値が増えるにつれ対人関係の強度も増加する。しかし、比較手法では 3 以下が「何も関係がない」と表しているのと同義であり、提案手法の 0 と同じである。つまり比較手法では「関係がない」という感情さえも 3~1 の数値として表されるため、提案手法と比較手法の基準が異なっていた。

そこで得られた隣接行列をグラフ化する際、基準を同じにするため、提案手法から得られた隣接行列には閾値を設けず、比較手法の場合ポジティブな値だけを表すため、閾値を 3 と設定しグラフ化した。グループ X を各種手法より得られた隣接行列をグラフ化した図を図 6 に、グループ Y をグラフ化した図を図 7 に示す。

表 2 隣接行列 (左: グループ X 右: グループ Y)

	A	B	C	D
A	0	5	0	0
B	5	0	0	0
C	1	1	0	0
D	0	0	1	0

	A	B	C	D
A	0	0	3	1
B	0	0	1	2
C	3	1	0	5
D	1	2	5	0

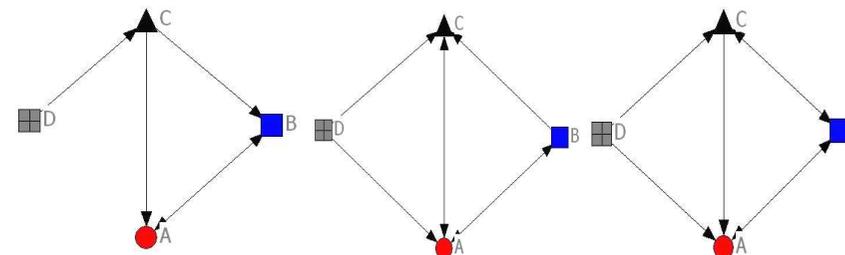


図 6 X のグラフ(左: 提案手法 中央: ソシオプロフィール法 右: 間隔尺度ソシオメトリックテスト)

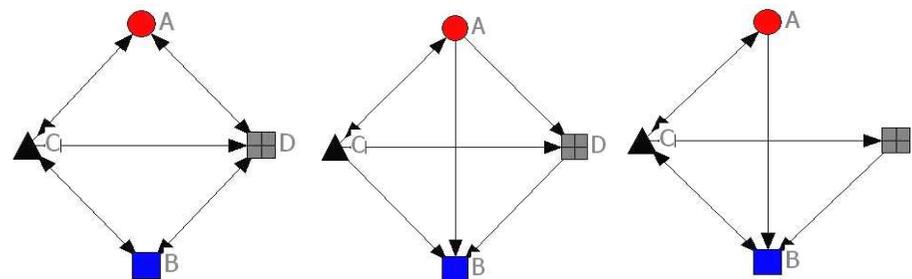


図 7 Y のグラフ(左: 提案手法 中央: ソシオプロフィール法 右: 間隔尺度ソシオメトリックテスト)

本提案手法により抽出されたグラフと既存手法より抽出されたグラフの構造的類似度を確認するため、互いの編集距離を算出した。編集距離とは 2 つのグラフを比較、操作 (ノード及び紐帯の削除、挿入、置換) を加えることで両グラフを同一にする際の最小操作数である。各グループでの提案手法のグラフと比較手法のグラフの編集距離を以下表 3、表 4 に示す。

表 3 グループ X のグラフに対する編集距離

手法	編集距離
ソシオプロフィール法	4
間隔尺度ソシオメトリックテスト	2

表 4 グループ Y のグラフに対する編集距離

手法	編集距離
ソシオプロフィール法	4
間隔尺度ソシオメトリックテスト	4

提案手法により抽出された関係構造を可視化したグラフを上に表示した。しかし、グラフでは紐帯の数が増えた場合等、一見して構造を判断する事が困難である。そこで、集団の対人関係構造をよりシンプルかつ直感的、視覚的に把握するため、抽出された隣接行列に対し MDS (Multiple Dimension Scale: 多次元尺度法) [17] を適用する。MDS では集団の対象者が、親密な対象者同士は近くに、誰とでも関係を持っている対象者 (中心性が高い人物) は原点近くの位置にプロットされる。

提案手法、比較手法から抽出される隣接行列は数値が高いほど相手との関係が良好であることを表す。しかし、この MDS では二者間の心理的な距離である心的距離 ( $pD$ : psychological distance) を用いる。心的距離は数値が小さいほど相手との関係が親密であることを示す。そこで心的距離の値が小さくなるように各要素に逆転処理を施した。また、提案手法、比較手法共に抽出される値は間隔尺度であるため、今回は非計量多次元尺度法を、また、ストレス値計算には sammon 関数を用いた。

グループ X の関係を MDS により可視化した図を図 8 に、グループ Y の関係を MDS により可視化した図を図 9 に示す。この図ではグループの構成者 A ~ D が二次元上の図にプロットされる。

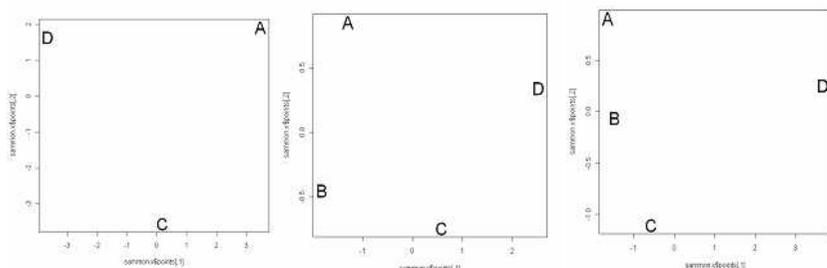


図 8 グループ X の二次元配置図 (左: 提案手法 <注: A と B が重複>  
 中央: ソシオプロフィール法 右: 間隔尺度ソシオメトリックテスト)

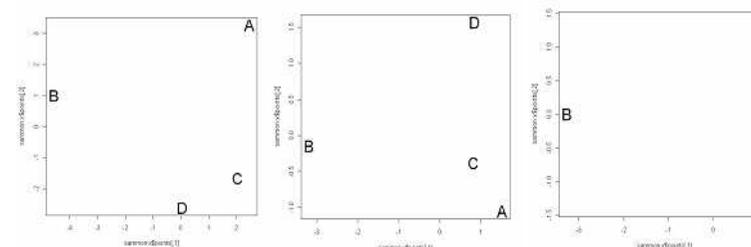


図 9 グループ Y の二次元配置図 (左: 提案手法  
 中央: ソシオプロフィール法 右: 間隔尺度ソシオメトリックテスト)

## 6. 検討

### 6.1 提案手法の有効性

本実験では被験者は 4 人であり、提案手法、比較手法から導出されるグラフは有向グラフであるので、このグラフが持つ最大の紐帯数は 12 となる。表 3、表 4 に示した、提案手法から抽出されたグラフと比較手法から抽出されたグラフとの編集距離をみると、プライベートな関係を抽出したソシオプロフィール法によるグラフとの編集距離がグループ X、Y 共に 4、であり、仕事上の関係を抽出した間隔尺度ソシオメトリックテストによるグラフとの編集距離はグループ X では 2、グループ Y では 4 であった。グラフが持つ最大の紐帯数が 12 であることを考慮すると、本実験で用いた既存手法でもある比較手法から抽出されたグラフとの編集距離は十分に小さく、提案手法を用いた集団の関係構造抽出が有効に行われたと判断出来る。

また、グループ X では間隔尺度ソシオメトリックテストとの編集距離がソシオプロフィール法との編集距離より小さい事からも、グループ X において本提案手法ではよりビジネス上での関係を写し取っていると考えられる。

続いて MDS により集団の対象者の心的距離を用いて、対象者を二次元上にプロットした配置図をグループごとに見ていく。グループ X では、図 8 のうち、提案手法の配置図では対象者 A と B が重なっており、対象者 A と B が非常に親密な関係である事が見て取れる。また対象者 C と D は比較的、他の被験者と離れている。

次に比較手法の配置図を見ると、ソシオプロフィール法の配置図では各被験者が散らばって配置されているが、間隔尺度ソシオメトリックテストでは被験者 A と B が近くに配置され、被験者 C と D が離れて配置されている事が見て取れる。これらの特徴は提案手法での MDS の結果と非常に類似している。この事からも、やはりグループ X ではプライベートよりも仕事上の関係が抽出されていると考えられる。

次にグループ Y の配置図である図 9 のうち、提案手法による配置図を見ると、被験者 A と C が比較的近く、またこの被験者 A, C に被験者 D も加えた集団は図の右に配置されているが、被験者 D のみ他被験者から離れ孤立している。この傾向は比較手法の配置図からも読み取れる。ソシオプロフィール法、間隔尺度ソシオメトリックテストの配置図も同様に被験者 A, C, D が右に固まり集団を作っているのに対し、被験者 D が孤立している事が見て取れる。これらの事からもグループ Y の特徴を提案手法は十分に抽出出来ていると判断出来る。

以上より、本提案手法を用いて抽出された集団の関係構造は、既存手法より抽出された関係構造と比較した場合、同じような構造上の特徴を示した。この事からも本提案手法は既存手法と比較しても、集団の関係構造抽出が十分行われていると考えられる。これより、集団の関係構造抽出において、本提案手法の一定の有効性が示された。また本実験結果では仕事上の関係がより抽出されていた。これは本実験で被験者として採用した大学院生修士 1 年生は同研究室に所属しており、研究上の関係、プライベート上の関係の二種類の関係を持っていると推測でき、さらに、実験環境が研究室内の一室である事からも、より仕事上の関係に類似した研究上の関係が抽出されたと考えられる。

## 6.2 今後の展望と課題

6.1 節で述べた通り、本手法の一定の有効性は示された。しかし本稿で手法の有効性を実証するために行われた実験では、観察時間が 20 分と短く、また被験者の数も少なかった。今後はより長時間かつ大人数の環境で実験を行い、より詳細な有効性を示す必要がある。

このためにも、検出範囲の拡大が必要となる。本稿で実装したシステムではステレオカメラの台数が 4 台と少なく、また使用したステレオカメラの解像度も低いというハードの問題を抱えており、今後検出範囲の拡大のためハードの拡充が急がれる。また対人関係研究において、重要な課題の一つに対人関係構造の成立、発展の機制や経過を明らかにすることが挙げられる。今後は、集団の観察を長時間行うことで、この対人関係構造の成立の過程を明らかにする縦断的な研究を行う事が望まれる。すなわち相当期間にわたって、被験者が相互に対して抱く感情や認知、あるいは相互作用という形で示される外示的行動を調査観察していかなければならない。

## 7. おわりに

本稿では、複数のステレオカメラと顔認証技術を用いた対人関係構造抽出手法を提案し、本手法の有効性を検証した。既存の関係構造抽出研究では対象者に肉体的、精神的負担を強い、実社会にて活用するには数多く問題が存在した。そこで著者らはステレオカメラと顔認証技術という従来研究と全く異なったアプローチを行う事により、

対象者に対しストレスを与えない完全ハンズフリーかつ自動的な集団の対人関係構造の抽出を行った。

本提案手法を実装したシステムと既存手法を用いた評価実験では、提案手法から抽出された関係構造が十分有効であることが示された。今後はハードの拡充を行い、より大きな集団に対し実験を行い、本システムの有効性を高めていく事が望まれる。また、縦断的な研究を行う事により、集団の対人関係構造の変遷の様子を調査観察し、社会学、社会心理学分野にも寄与していく。

## 謝辞

本論文を執筆するにあたり、多くの皆様にご協力を賜り、深く感謝申し上げます。また本研究で使用された顔センシング技術 OKAO Vision の使用にあたり、ご協力を頂いたオムロン株式会社に感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 安田雪：実践ネットワーク分析，新陽社，2001
- 2) 森脇紀彦，佐藤信夫，脇坂義博，辻聡美，大久保教夫，矢野和男：組織活動可視化システム「ビジネス顕微鏡」，電子情報通信学会技術研究報告，HCS，ヒューマンコミュニケーション基礎，Vol. 107, No.241, pp. 31-36 (2007)
- 3) 田中熊次郎：ソシオメトリーの理論と方法，明治図書，1965
- 4) 大坊郁夫：しぐさのコミュニケーション，サイエンス社，1998
- 5) 藤本学：ソシオプロフィール法，対人社会心理学研究，pp.77-85，2004
- 6) 宮地功，岸誠一，小孫康平：間隔尺度測定に基づくソシオメトリックテストの提案と分析システムの開発，日本教育学会情報教育研究，pp.33-44，1994
- 7) 星野命：対人関係の心理学，日本評論社，1998
- 8) Mehrabian, A and Ferris, S.R: "Inference of attitudes from nonverbal communication in two channels" Journal of Consulting Psychology, Vol.31, pp 248-252., 1967
- 9) Argyle, M: *Bodily communication*. 2nd ed., Methen & Co.Ltd., 1988
- 10) Kendon, A: *Some functions of gaze direction in social interaction.*, Acta Psychologica 26, 1967
- 11) 大坊郁夫：“発言，視線行動に及ぼす対人魅力情報の効果，日本グループダイナミクス学会第 33 回大会発表論文集，pp.210，1985
- 12) Hall, E.T: *The Hidden Dimension*, Doubleday & Company, 1966
- 13) 西出和彦：人と人との間の距離（人間の心理・生態からの建築計画），建築士と実務，1985
- 14) 和田実：行為，対人距離および話題が言語と非言語的行動に及ぼす影響，名古屋大学教育学部修士論文，1985
- 15) Jakobs, E.: "Social motives, emotional feelings, and smiling", Cognition and Emotion, 1999
- 16) 瀧川えりな：“自動顔属性推定システム「OKAO Vision」”，画像の認識・理解シンポジウム，2004
- 17) 齋藤堯幸：関連性データの解析法 多次元尺度構成法とクラスター分析法，共立出版，2006