

動画像処理を用いた人の発話状況に基づく 対人関係構造抽出手法の提案

角谷隆行†a 金田重郎†a 芳賀博英†a

社会における集団の対人関係構造の抽出は、組織の活性化・沈滞理由分析等に有効であるとされ、その重要性が指摘されている。対人関係構造の抽出には、既に、様々な手法が提案されている。しかし、ソシオメトリックテスト等の、ヒアリングやアンケート調査を要する手法は実施に手間が掛かり、センサ装着を要する手法は、被験者へのストレス等の問題がある。既存の集団内での対人関係構造抽出手法は、実用性が高いとは言えない。そこで、本稿では、人間の「発話状況」に着目した対人関係性抽出手法を提案する。具体的には、1) 動画像処理により非言語的行動の情報を取得、2) 既存の各種理論・研究成果を基に作成した「対人関係推測モデル」によって、話し手と聞き手の関係を持つ小集団を生成して小集団内の対人関係を抽出、そして最終的に、3) 集団内での対人関係を自動抽出する。提案手法をプロトタイプ実装し、高い確度で中心性が判定できることを確認した。

Interpersonal network extraction based on utterance situation by using motion picture processing

Takayuki SUMIYA†
Shigeo KANEDA† Hirohide HAGA†

In society, it is useful for the grasp of the reason for the rise and fall of organization's activity level through the interpersonal network of the group. Now, we have some methods to extract the interpersonal network of the group. But, these methods, which force burden to objects, have some problems. Some require physical burden to objects by the wearing of the various sensor apparatus and others force mental burden by the hearing that a problem stays ethically. In this paper, we propose the method to extract interpersonal network by using motion picture processing. In this method, we paid our attention to the utterance situation. We extract nonverbal behaviors by using motion picture processing. These behaviors are judged based on various theories and research results. From these judge, new clusters of "Speaker-Listener" relations, and by extracting these cluster's interpersonal network, 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・情報工学専攻
Graduate School of Engineering, Doshisha University

1. はじめに

社会において、集団の中における対人関係構造、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など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、集団に新たな価値を創造出来る[1]。

実社会での集団の関係構造を調べる手法として、センサ等を装着して得られたデータを解析する手法[2]と、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]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となる問題が数多く指摘されている。

上記問題を解決するため、著者らは、ステレオカメラと顔認証技術を用いて集団の関係を推測するシステムを提案した[4]。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非言語的行動を取得し、集団の対人関係構造を図示できる。しかし、従来システムでは、得られた関係構造の確信度は決して十分ではなかった。

そこで本稿では、人の「発話状況」に着目し、動画像処理を用いて人間の非言語的行動を取得、これらを総合的に判断する事で、集団の特性が強調された対人関係構造を抽出する手法を提案する。具体的には 1) 人間の「発話状況」から会話における話し手と聞き手の関係を持つ小集団を集団内に構築し、2) 小集団内の人間の「視線」、「対人距離」、「顔面表情」等の非言語的行動から対人関係の強度を判断することで、最終的に、3) 集団内の対人関係構造を抽出する。

提案手法はカメラを設置するだけで利用でき、対象者に対して精神的・肉体的負担をかけない。4 台のステレオカメラを用いたプロトタイプシステムを構築して、制約なく行動する人間に対して実験を行い、集団の中心性把握について、従来手法に比して、高い確信度が得られることを確認した。

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手法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、小集団内の人間関係を定量的に測定し、分析する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する。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、1) 集団成員に対して選択あるいは排斥の感情を抱く成員を全て指名させ、2) 調査した全成員を行と列に並べ、3) 関係の強弱を数値で記入させて作成される。更にソシオマトリクスの関係の強弱から、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、ソシオグラム(図1)の作成も可能となる。

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

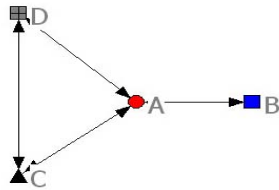


図1 ソシオグラム

ソシオメトリーを用いれば、集団の関係性を正確に把握できるため、様々な分野、特に教育分野で適用が試みられた。しかし、教育現場での実施には大きな問題がある。ソシオメトリーでは調査対象者に対して「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、プライベートな感覚である他人への好悪感情を問う必要がある。調査対象者にとって精神的な負担が大きい。また、近年、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。この事から教育現場ではソシオメトリーに及び腰になり、関係構造を抽出する取り組みは停滞している。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る。

上記の課題を解決するために、様々なセンサ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[2][5]。センサとしては赤外線センサ、加速度センサ、マイクセンサ、RFID、歩数計など多様なセンサ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、対象者に強いてきた精神的負担は軽減できる。しかし、センサを用いた手法にも、依然幾つかの問題を抱えている。第一に、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る。更には、対象者の行動を阻害する。集団の対人関係構造をバイアスなしに抽出するためにも、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る。

2.2 従来手法と課題

上記の問題を解決するため、著者らは、既に、ステレオカメラと顔認証技術を用いて、「視線」、「対人距離」、「顔面表情」などの非言語的行動を総合的に判断することで、対象者に精神的、肉体的に負担を強いることなく、集団の対人関係構造抽出する手法を提案している[4] (以下、これを「従来手法」と呼ぶ)。従来手法により、対象者が完全なハンズフリーの環境下でありながら、ソシオメトリーと構造的に類似した関係構造を抽出し、関係構造を可視化できる[4]。

しかし、従来手法では確信度が低い問題があった。20代の被験者4人に対して、1) 従来手法、2) ソシオプロフィール法[16]、3) 間隔尺度ソシオメトリックテスト[17]により抽出された、関係構造の入次数の中心性を表2に示す。従来手法では中心性の値に大きな差があり、確信度が低い。最終的には、人手で、図示された関係構造から主観的に集団の特性を判断しなければならなかった。

表2 従来手法[4]による入次数による中心性

被験者	従来手法	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
A	33.3	80.0	60.0
B	33.3	80.0	66.6
C	13.3	66.6	66.6
D	6.6	73.3	80.0

3. 提案手法

3.1 提案手法の概要

本章では、2章で述べた問題を解決し、対象者に対して精神的、肉体的に負担を強えず、集団の特性が強調された対人関係構造を自動抽出するため、「動画像処理を用いた発話状況検出をベースとした、対人関係構造抽出手法」を提案する。

本来、コミュニケーションとは、人と人が音声や身体、事物等の幾つかの手がかりを用いて、心理的に意味のあるメッセージを伝えあう事である[8]。コミュニケーションは1対1で行うだけでなく、複数の対象に対してメッセージを伝える場合も多々ある。しかし、従来手法では意味のないメッセージ部分まで取得し、1対1の関係の

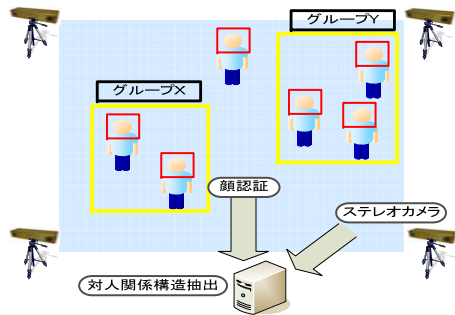


図 2 提案手法の概要

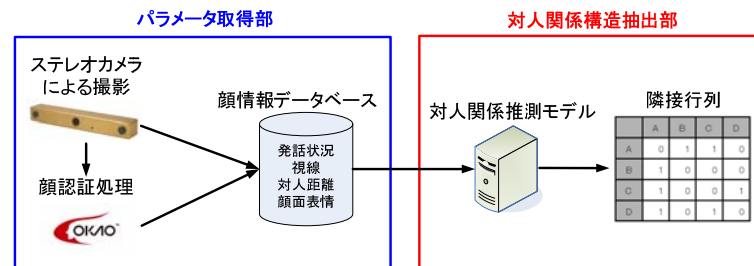


図 3 提案手法の処理フロー (概要)

みが想定されていたために、2.2 節の課題が生じていた。そこで提案手法では、会話が最も多くの意味あるメッセージを伝える場面と言われる[6]ため、会話中に観察される非言語的行動に着目する。提案手法の概要を図 2, 処理フローの概要を図 3 に示す。

会話においては、常に話し手と聞き手という関係が発生する。そこで本手法では、図 2 のように人の「発話状況」を用いて、対人関係を持つ「話し手と聞き手による 1 対 n の小集団」を生成する。その後、小集団中の対人関係の強度を判断するために、数ある人間の対人コミュニケーションチャンネルの中でも、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「視線」, 「対人距離」, 「顔面表情」[7]を用いて、対人関係を総合的に判断する。そして、最終的に、生成された各小集団の対人関係を統合して、集団全体の対人関係の推測する。

上記を実現するため、図 3 に示すように、2 つの処理部(図 3)により対人関係を推測する。4 つの非言語的行動を取得する「パラメータ取得部」と、得られた非言語的行動から集団の対人関係を推測する「対人関係構造抽出部」である。

(1) パラメータ取得部

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、集団を囲むように配置された複数台のカメラで撮影を行い、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、「顔面表情」, 「視線」等の非言語的行動を抽出する。また対象者の口の動きから「発話状況」を抽出する。提案手法では正確な三次元位置の特定のため、ステレオカメラを用いて、正確な「視線」, 「対人距離」を抽出する。

(2) 対人関係構造抽出部

上記の処理により得られた「発話状況」, 「視線」, 「対人距離」, 「顔面表情」を総合的に判断するため、「対人関係推測モデル」を構築した。本モデルは、Step1: 「発話状況」, 「視線」により話し手と聞き手の小集団を生成する処理, Step2: 「視線」, 「対人距離」により分岐する木構造を用いて、関係グループ内の二者間の関係強度を推測する処理, Step3: 「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処理、の 3 つの Steps で構成される。

Step1 では「発話状況」と「視線」から話し手と聞き手の関係にある 1 対 n の小集団を生成する。この小集団を「関係グループ」と呼ぶ。人は発話を行う際に最も多くの意味あるメッセージを伝える。この時、話し手は n 人の聞き手に対して対人関係に影響を及ぼすことを大坊[8], Matarazzo[6]らの研究が示している。これより関係グループ内では、意味のないメッセージ部分は非常に少なく、話し手と聞き手の対象間の関係構造が最も抽出しやすい場面であると判断される。そのため、Step1 では発話状況から話し手と探り、視線により発話者の関係グループにいる聞き手であるか探る。

Step2 では関係グループ内の対象者の関係強度を二者間の「視線」, 「対人距離」から推測する。「視線」要素については Argyle[9], 大坊[10]らの、視線、視線時間、視線交錯が長いほど親密であることを示した研究、「対人距離」要素については Hall[11], 西出[12]による、対象者間の距離によって対象者がどの程度相手と近いかをモデル化した近接学、を基に関係強度を決める。相互視で対人距離に近いほど関係強度が高く、一方視で対人距離が離れているほど関係強度は低い。

Step3 では Step2 で得られた関係強度を重み付けする。「顔面表情」にはコミュニケーションに表情に応じた付加価値を与える。そこで本処理では「顔面表情」の一つ「笑顔」の場合、より親密である状態を表すため、関係強度に正の重みづけを行う。

最終的に、集団全体を構成する対象者数が n とすると、Step1~Step3 の処理を nP_2 回繰り返す事により、集団の対人関係構造を明らかにする。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。

4. 提案システム

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章で述べた提案手法に基づくプロトタイプシステムを実装した。本システムは3m×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。本システムはパラメータ取得(処理)、および、関係構造抽出(処理)からなる。以下、それぞれの処理を詳説です。ただし、本稿では顔向きを広義に視線と解釈し用いた。「顔の向き」は「視線」と同義とする。

4.2 パラメータ取得(部)

本手法では対人関係を推測するパラメータとして、「発話状況」、「視線」、「対人距離」、「顔面表情」の4つの非言語的行動を用いる。これらパラメータ抽出のため、Point Grey Research社製の3眼ステレオカメラ「BumblebeeXB3」[13]を4台用いて、顔認証には顔センシング技術 OKAO Vision[14]を用いた。ステレオカメラを用いて集団を囲むように撮影した画像データに顔認証技術を適用し、画像毎に、顔検出、個人認証、発話情報抽出、視線情報抽出、笑顔度抽出を実施した。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、人は必ずしも顔をカメラの正面に向けているわけではない。結果的に、顔認証技術から得られる顔情報の精度は低い。そのため、様々な補正、補間処理が必要となる。具体的なパラメータ取得手順を以下に示す。

(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

顔の三次元位置情報を用いて対象者を追跡する。時間 t において未知の対象者 $Object_x(t)$ が検出されたとする。このとき対象者 $Object_i$ の予想移動範囲の中心 $Center_i(t)$ 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 $t-1$ の画像における対象者 $Object_i(t-1)$ の予測移動範囲 l に人物 $Object_x(t)$ が存在したとする。距離 $d(i)$ を、「未知対象者 $Object_x(t)$ と $Object_i$ の予測移動範囲の中心 $Center_i(t)$ との間の距離」とし、あらかじめ設定した評価定数 E を用いて、 $Object_i$ に対する評価値 $a(i)$ を以下のように算出する。

$$\text{if } |d(i)| > l \quad a(i) = d(i) \times E \quad \text{else} \quad a(i) = 0 \quad (1)$$

この処理を集団の全ての対象者に行い、最も評価値 a の高い人物を現在の時間 t における人物と判定し、顔認証情報の補正を行う。また適切な対象者が存在しない場合については、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。 n フレームさかのぼった場合の予測移動範囲 l' を式(2)のように定義した。

$$l' = \left(\frac{(n-1) \times 2}{LOST} + 1 \right) \times l \quad (2)$$

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。

(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4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。

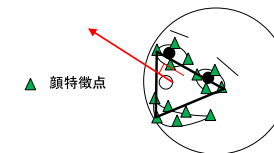


図4 顔特徴点と形成される三次元三角形の法線ベクトル

(5) 欠落データの補間

顔がカメラから隠れた等理由で顔情報の抽出ができない場合がある。その場合、前後のパラメータから人物の三次元位置情報、視線ベクトルの線形補間を行う。

(6) 顔面表情情報の補正

検出された笑顔度は正しい値が出力できない場合でも真値との相関関係はある。そこで本稿では笑顔度 d の分類を人間が変化を感じられる3段階の表情として分類して補正を行う。笑顔度 d の分類は $d=0$ 笑い無し、 $d=50$ 微笑、 $d=100$ 笑いとして定義し、取得した N 個の全て笑顔度について式(3)の補正を行う。

$$\left\{ \begin{array}{ll} d_n = 0 & (0 \leq d_n < 20) \\ d_n = 50 & (20 \leq d_n < 60) \\ d_n = 100 & (60 \leq d_n \leq 100) \end{array} \right\} \quad (n = 0, 1, \dots, N-1, N) \quad (3)$$

(7) 発話情報の検出

本システムでは口が連続的に動作をしている場合に発話されたと判断する。そこで本システムでは距離変化に対してロバストな手法として、図5に示すように口の端点

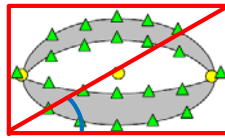


図 5 顔特徴点から取得される口の角度

から形成される長方形の角度の変化から発話情報を検出する手法を取る。顔認証技術で用いる顔の特徴点を流用して図 5 のような口の角度を取得する。

取得した n 個の角度 x_n を離散フーリエ変換し X_n を得て、閾値 k とした時、 $|X_j|^2 > k$ ($j=0,1,\dots,n-1,n$) ならば発話していると判定し発話情報を検出する。

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「発話状況」、「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。このため、得られた非言語的行動に対人関係推測モデルを適用する。以下に対人関係推測のための 3 つのステップに用いたモデルを示す。

(1) 関係グループ生成分岐モデル

本処理では図 6 に示すように、「発話状況」と「視線」から i を話し手とする関係グループ G_i の生成と j の聞き手として関係グループ G_i に登録する。 i が発話している時、 i の視線 x_i について $-23 \text{ 度} \leq x_i \leq 23 \text{ 度}$ 内[脚注a]に人がいるか探索し、 i が関係グループ G_i を生成する話し手を判断する。発話していない j は視線内の i が関係グループを

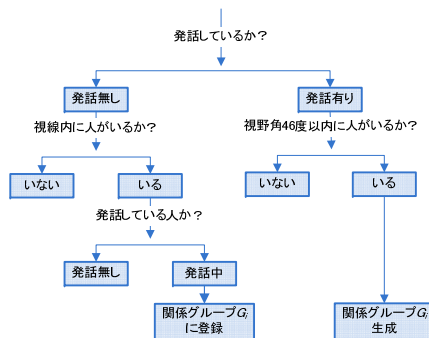


図 6 関係グループ生成分岐モデル

a 普段人間が集中している視野角が 46 度である点から $-23 \text{ 度} \leq x_i \leq 23 \text{ 度}$ と定めた。

生成しているならば、聞き手として関係グループ G_i に追加する。以上のように対象者を全てクラスタリングする。最終的に関係グループ G_i の話し手 i には発話というコミュニケーション行動があることから評価値 e_i を与え、 $n-1$ 人の聞き手には話し手 i との関係の存在が見られることから評価値 e_j を与える[脚注b]。

なお、視線が対象者に向いている判定は検出された対象者の顔の位置情報を基に、対象者の顔の位置から半径 52cm の範囲を視線ベクトルが通過する場合としている。これは人が他者を見る際、胸部まで視線を逸らしつつ話することがあるためである。ここで設定半径 52cm は AIST 人体寸法データベース[15]によって得られた成人男性の平均的な顔の中心から胸部（最小胴囲高）までの長さである。

(2) 「視線」と「対人距離」による分岐モデル

本処理では図 7 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、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[脚注c]。

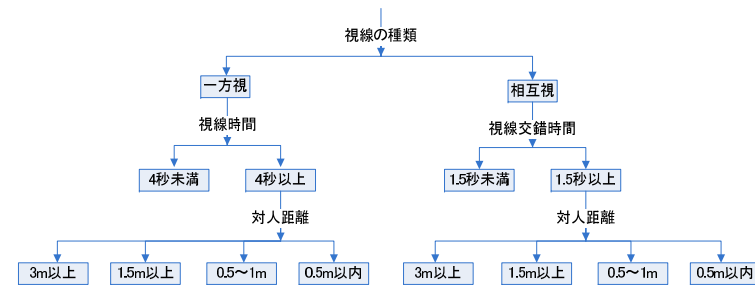


図 7 視線と対人距離による分岐モデル

b 発話という対人関係に大きな影響を及ぼすコミュニケーション行動があるため、話し手の評価値 e_i の方が聞き手の評価値 e_j よりも高く設定されている。

c 図 6, 7 のモデルを適用するにあたり、聞き手であり一方視で二者間の距離が大きいほど評価値 e が低く、話し手であり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 1-10 までの評価値を与える。

(3) 顔面表情による重みづけと隣接行列モデル

「顔面表情」にはコミュニケーションに表情に応じた付加価値を与える。そこで本処理では「顔面表情」の一つ「笑顔」により上記(1), (2)で得られた e_i , e_j , 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 (4) に示すように関係グループ G_i 内の 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 の和を基に導出する。

$$w_{ij} = \frac{d_{max} + \frac{1}{2}(d_i + d_j)}{d_{max}} \quad (1 \leq w_{ij} \leq 2) \quad (4)$$

この重み w_{ij} を用いて評価値 e_i, e_j, 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関係グループ G_i 内の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} 反映させる。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。以上の関係グループ G_i 内の二者間の対人関係の推測を行う処理を、各関係グループを構成する対象者全員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 (5) に示す隣接行列 A を導き出す。

$$a_{ij} = \{(e_i + e_j) \times e_{ij} \times w_{ij}\} + a_{ij} \quad A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & \cdots & a_{1(n-1)} & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & \cdots & a_{2(n-1)} & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots & \vdots \\ a_{(n-1)1} & a_{(n-1)2} & \cdots & \cdots & a_{(n-1)(n-1)} & a_{(n-1)n} \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & \cdots & a_{n(n-1)} & a_{nn} \end{pmatrix} \quad (5)$$

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、本手法を用いて抽出された関係構造と従来手法を用いて抽出された関係構造を比較する。この時、基準となる関係構造として同被験者に対しアンケート手法を用い、アンケート手法より抽出された関係構造との構造類似度によって本手法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。

本評価実験では従来手法として「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」[4]を、アンケート手法として「ソシオプロフィール法[16]」、「間隔尺度ソシオメトリックテスト[17]」を用いる。

ソシオプロフィール法は、被験者全員に、他の被験者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件質問紙法にて評価を行う。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、被験者全員に、他の被験者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築の室内にて、3m×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、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。

5.3 結果

実験を行った結果、表3に示す隣接行列が抽出された。表4ではアンケート手法により抽出された隣接行列を示した。

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、ここで一つ問題が生じる。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」「3」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「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2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2~1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2と設定しグラフ化した。各種手法より得られた隣接行列をグラフ化した図を図8に示す。

本提案手法と従来手法により抽出されたグラフとアンケート手法より抽出された

表3 隣接行列 (左:従来手法 右:提案手法)

	A	B	C	D
A	0	2	1	0
B	2	0	0	0
C	1	0	0	4
D	0	0	5	0

	A	B	C	D
A	0	3	4	2
B	4	0	2	0
C	5	1	0	5
D	1	2	5	0

表4 隣接行列 (左: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)

	A	B	C	D
A	0	3	4	4
B	4	0	5	4
C	4	3	0	4
D	4	3	4	0

	A	B	C	D
A	0	4	4	2
B	5	0	4	2
C	5	4	0	1
D	2	5	2	0

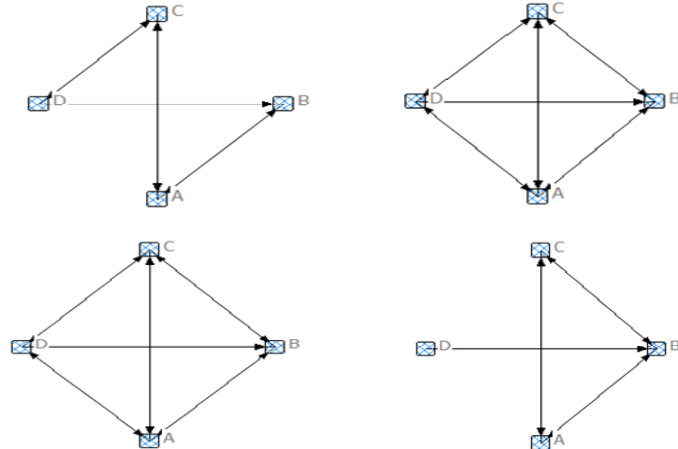


図8 関係構造グラフ (左上:従来手法 右上:提案手法
 左下:ソシオプロフィール法 右下:間隔尺度ソシオメトリックテスト)

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。提案手法のグラフと従来手法の編集距離を以下表5に示す。

表5 グラフに対する編集距離

手法	従来手法	提案手法
ソシオプロフィール法	5	1
間隔尺度ソシオメトリックテスト	4	5

次に提案手法と従来手法の特性指標による構造類似度について表6に示す。今回は特性指標として一般的な入次数の中心性[1]の構造類似度によって比較を行う。次数による中心性では、それぞれの点の次数、つまり、グラフの中でもつ紐帯の数が多ければ多いほど中心的であると解釈するものである。今回はアンケート手法の設定内容、提案手法の特徴から入次数(点に向かってくる紐帯の数)の中心性を選択した。入次数の中心性は今回の設問内容の場合、集団において他者から最も好意を持たれている度合いを0~100で表す数値である。これにより中心性が高い人物は集団内で影響力が大きい人物であると表され、中心性が低い人物は集団への影響力が小さい人物と表される。

表6 入次数の中心性

被験者	従来手法	提案手法	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
A	20.00	66.67	80.00	66.67
B	20.00	40.00	60.00	86.67
C	40.00	73.33	86.67	53.33
D	26.67	46.67	80.00	0

6. 考察

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5に示したように、提案手法ではプライベートの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1であり、編集距離は非常に小さくプライベートの関係を強く写し取っている。この編集距離は従来手法よりも小さい値であることから、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できる。

続いて中心性について確認する。従来手法では中心性が最も高くなっている対象者

がソシオプロフィール法の中心性と同じである。しかし、中心性が最も小さい対象者が従来手法では対象者 A と B であるのに対し、ソシオプロフィール法では対象者 B のみという違いが生じている。これより従来手法ではプライベートと類似した特性は見受けられるが、確信度は低い。それに対し提案手法の中心性は最も高い対象者と最も低い対象者がソシオプロフィール法の中心性は最も高い対象者と最も低い対象者と一致し、提案手法はプライベートの関係の特性を十分に抽出できたと判断できる。

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、アンケート手法より抽出された関係構造と比較した場合、従来手法よりも類似した構造上の特性を示した。この事からも本提案手法はアンケート手法と比較しても、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プライベートの関係がより抽出されていた。本実験の被験者として採用した大学院生修士 1 年生は同一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る。しかし、図 7 のソシオプロフィール法でも示された通り、本実験では被験者が私生活においても非常に親密であり、会話の内容がプライベートなことに集中していたために、提案手法でプライベートな関係が抽出されたと考えられる。

本実験結果の中で発話量の同調傾向が見られた。同調傾向とは近い間柄でコミュニケーションスタイルが近似する現象である。表 7 は実験時の対象者の発話時間である。このように A と C, B と D でそれぞれ発話時間が近く、これら結果からも対象者が近い、つまりプライベートで親しい間柄であることが示されたと判断される。

表 7 発話時間

	A	B	C	D
発話時間(分)	8.3	2.6	7.4	3.8

7. おわりに

本稿では、動画像処理を用いた人の発話状況に基づく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。本手法は、著者らによって提案したステレオカメラによる関係構造抽出手法が持っていた、中心性の確信度低いという問題点を解決するため、コミュニケーションにおける話し手と聞き手の関係にある小集団を集団内に生成するアプローチを用いて、集団の特性を強調した対人関係構造の抽出を実現した。

本提案手法を実装したプロトタイプシステムと従来手法を比較するため、アンケート手法を用いた評価実験を行った。その結果、プロトタイプシステムにより自動抽出された関係構造の特性は、アンケート手法から抽出された関係構造の特性と一致し、

著者らの従来手法よりも高い構造類似度を示した。提案手法から抽出された関係構造は、アンケート調査と匹敵し得る精度を有していると考えられる。今後は、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、今回の実験は比較的短時間であるが、オフィス等において、長時間の定点観測を行う事により、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きたい。

謝辞

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 他：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) 角谷隆行 他：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，情報処理学会ユビキタスコンピューティングシステム研究会，Vol.22 No.17 pp.1-8 (2009)
- 5) 棟野亜紀 他：活動量に基づく幼児の交友関係抽出，人工知能学会論文誌 23(6), 402-211,2008
- 6) Matarazzo,JD, Saslow,G, Wiens,AN, Weitman,M,Allen,BV: Interviewer head nodding and interviewee speech durations. *Psychotherapy, Theory, Research and Practice*,1,54-64,1964
- 7) 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
- 8) 大坊郁夫：しぐさのコミュニケーション，サイエンス社，1998
- 9) Argyle, M : *Bodily communication. 2nd ed* , Methen & Co.Ltd, 1988
- 10) 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
- 11) Hall, E.T : *The Hidden Dimension*, Doubleday & Company, 1966
- 12) 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①），建築士と実務，1985
- 13) PointGrey Research Inc., “Bumblebee XB3”, http://www.ptgrey.com/products/bbxb3/bumblebeeXB3_stereo_camera.asp
- 14) 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
- 15) 産業技術総合研究所：AIST 人体寸法・形状データベース，<http://riodb.ibase.aist.go.jp/dhbodydb/index.php.ja>
- 16) 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
- 17) 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