

平成30年6月15日現在

機関番号：32678

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00275

研究課題名(和文) 姿勢から推定される社会的シグナルを利用した対面議論支援システムの開発と評価

研究課題名(英文) Face-to-face discussion support system using posture as social signal

研究代表者

市野 順子 (ICHINO, JUNKO)

東京都市大学・メディア情報学部・教授

研究者番号：50452040

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、対面議論の支援を目的として、姿勢という非言語行動から興味や同意の程度といった社会的シグナルを推定することを目指す。ユーザーの姿勢を非装着かつ非侵襲的に判別するために圧力センサを用いた。議論中の人々の主な姿勢として、4つの部位(頭部(3姿勢)、胴部(3姿勢)、腕部(3姿勢)、脚部(3姿勢))の合計12姿勢を判別する必要がある。まず時系列の圧力分布情報から、姿勢判別に有効な特徴量と、その特徴量の抽出方法について検討した。次に、抽出した特徴量を用いてSVMを用いて判別を試みた。その結果4つの部位の判別精度はそれぞれ56.6%、56.5%、79.0%、82.0%であった。

研究成果の概要(英文)：Our goal is to estimate social signals such as degree of interest and degree of consent from users' posture for the purpose of supporting face-to-face discussion. We used a pressure sensor to discriminate the posture of the user. Main posture of the people under discussion is a total of 12 postures including four body parts - head (three postures), torso part (three postures), arm part (three postures), leg part (three postures). First, from the pressure distribution information of the time series, we examine the feature quantity effective for posture discrimination and the extraction method of the feature quantity. We next conducted discrimination using SVM using extracted feature quantities. As a result, the discrimination accuracy of the four body parts was 56.6%, 56.5%, 79.0%, and 82.0%, respectively.

研究分野：ヒューマンコンピュータインタラクション

キーワード：対面議論支援 非言語行動 姿勢 社会的シグナル

### 1. 研究開始当初の背景

ファシリテーターは、会議の生産性を向上させるために、議論の方向性、ペース配分、公正な態度等の維持を図る専門家である。企業では重要な会議でファシリテーターを投入することもあるが、人件費が高いため日常業務の中での利用は現実的ではない。

ファシリテーターの代替あるいは副次的な手段となることを目指し、ICTを用いて対面の議論の場を支援・調査する研究は多くなされてきた。既存の研究を概観すると、その多くは、基本的には参加の促進や参加の均等化を目的とし、社会的な手抜き・社会的補償、自覚状態理論等の社会心理学の理論をベースとして、会議の参加者が行動を主体的に変えてくれることを期待するものであった。具体的には、これら既存研究の支援システムは、単に発話や注視の頻度や時間といった行動の量を参加の程度を示す指標として用い、参加者ごとの参加量や参加者間の参加量のバランスを可視化している。システムのユーザー＝会議参加者は、提示された自他(特に自己)の振る舞いを客観的に認識することで、自分が次に取る行動を調整する。いくつかの研究結果から、このような行動の mirroring による支援は、参加過多の参加者の参加を抑制する効果が示唆されている。一方、参加過少の参加者の参加を促進する効果は得られていない。

### 2. 研究の目的

#### (1) 本研究全体の目的

本研究では、会議参加者の非言語行動から推定される態度情報を用いた対面議論支援の可能性を探る。行動のミラーリング (mirroring) というアプローチを超えて、参加者の行動を誘導する (guiding) ファシリテーターに近づき、ひいては参加者の多様な意見を引き出すことを目指す。

#### (2) 本研究の目的

本研究では、非言語行動の一つである姿勢に注目した。姿勢は、社会心理学の身体動作分類において情動表出と呼ばれるものに分類され、情緒的な状態や反応を表出することがわかっている。本研究は、姿勢を推定する手法を検討する。

### 3. 研究の方法

#### (1) 判別対象とする姿勢

社会心理学者の Bull は、姿勢やしぐさから、様々な社会的なシグナルを符号化できることを明らかにした (Bull, P., Posture and Gesture, Oxford, Pergamon Press, 1987)。Bull の知見のうち、議論の場を支援する上で本研究が着目した姿勢およびそこから表出する社会的なシグナルを図1にまとめる。

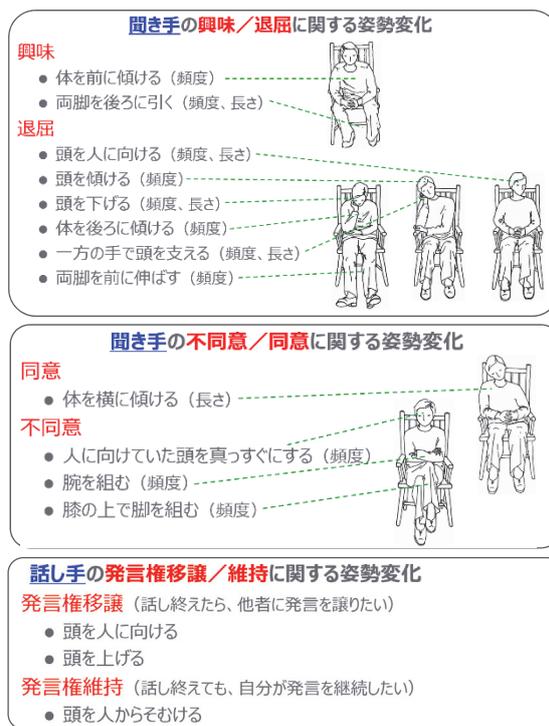


図1 姿勢から表出する社会的シグナル(イラスト: Bull「Posture and Gesture」より抜粋)

#### (2) 座面の圧力分布情報を用いた着座姿勢の推定

姿勢の識別に用いるセンサには圧力センサ、光学センサ、深度センサ、加速度センサなどが考えられる。参加者が机や椅子に囲まれている通常の対面議論の場では、光学・深度センサによる全身画像の取得は困難である。加速度センサは、全身に取り付けることで精密な姿勢の識別が実現できる可能性はあるが、参加者全員が全身にセンサを取り付けて議論に臨むという状態は非現実的である。参加者に負担をかけず、周囲の物体の影響を受けない方法として、圧力センサシートを椅子の座面に設置することで姿勢の識別を行う。

圧力分布情報を取得するために、圧力分布測定システム (NITTA の BIG-MAT) [31] を用いる。圧力センサシート (図2) 上には 44×48 のセンサセルが縦横に配列されており、各センサセルにかかる圧力を 256 段階で、リアルタイムに取得できる。

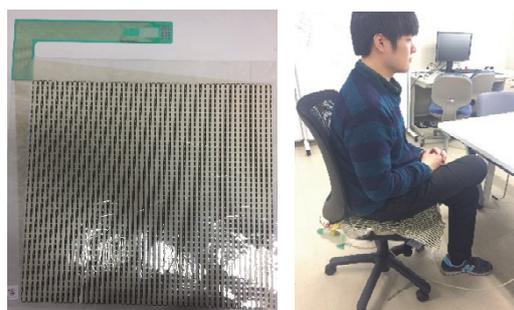


図2 使用した圧力センサシートとシートを椅子の座面に設置した様子

### (3) 姿勢と姿勢以外の判別

Bull は「姿勢を分類するための基本的基準は、少なくとも 1 秒以上は持続する身体位置の変化である」と定義している。これに基づき、本研究では、判別対象とする姿勢は、姿勢を変えた後、身体が静止してから 1 秒が経過した時点の圧力分布情報を元に、姿勢の判別を行う。

図 3 に、姿勢（前傾）を変えた直後のセンサシートにかかる総荷重の推移を示す。図より、姿勢を変えた後、急激に総荷重値が減少し、その後、前傾の姿勢をとる前の総荷重値付近まで総荷重値が上昇していることが分かる。これは、人間が姿勢を変える際、身体を動かすためにそれまで椅子に預けていた体重を自身の筋肉によって動かしているからであると考えられる。したがって、身体の静止状態はセンサシートの総荷重値の変動によって判断できると考えられる。本研究では、リアルタイムに取得されるユーザーのセンサデータに対して、急激に総荷重値が急激に減少した後、各フレームの総荷重値の分散が一定以下の状態（静止状態）が 1 秒以上続いたら、姿勢が変更したと判別し、1 秒未満であれば、姿勢は変更しなかったと判別する。

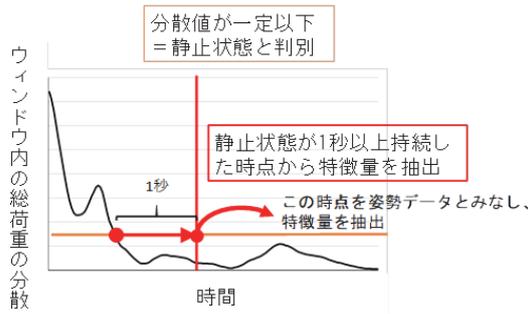


図 3 センサシート全体にかかる総荷重値を用いた姿勢と姿勢以外のリアルタイム判別

### (4) 特徴量の抽出

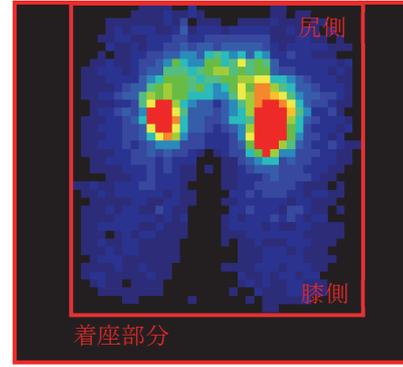
#### ① 前処理

全ての人が座面上の同じ位置に着座するとは考えにくい。そこで、特徴量を算出する前処理として、ストリーミングの初期に入力されたフレームデータに基づき、矩形形状の範囲を設定する(図 4)。

センサシートは、座ることによってできる皺でノイズが発生してしまい、矩形範囲の決定が困難な場合が存在する。観察の結果、圧力分布の形状を極力変形させずに、確実にノイズ部分をカットする方法として、本研究では値が 15 以下の部分を切り捨てた。

矩形内のセンサセルの値の集合を行列  $F$  とし  $F$  の行数を Rows, 列数を Cols と定義する。

$$F = \begin{pmatrix} F_{00} & \cdots & F_{0Cols} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ F_{Rows-1 0} & \cdots & F_{Rows-1 Cols-1} \end{pmatrix} \quad (1)$$



センサシート全体

図 4 着座部分の矩形の抽出

#### ② 特徴量

本研究が用いた特徴量を以下に示す。

##### 重心

重心の座標は(2)式で求められる。前述した前処理によって、圧力分布の行数と列数は入力データごとに異なるため、 $Y_{conf}$ を行数、 $X_{conf}$ を列数で割ることで特徴量とする。重心の  $x$ ,  $y$  座標によるこれら 2 つの特徴量を  $f_1$  とする。

$$X_{conf} = \frac{\sum_{i=0}^{Cols-1} (\sum_{j=0}^{Rows-1} F_{ij})}{\sum_{i=0}^{Cols-1} \sum_{j=0}^{Rows-1} F_{ij}}$$

$$Y_{conf} = \frac{\sum_{i=0}^{Rows-1} (\sum_{j=0}^{Cols-1} F_{ij})}{\sum_{i=0}^{Rows-1} \sum_{j=0}^{Cols-1} F_{ij}} \quad (2)$$

##### 左右のバランス

$F$  を左右に分割し、それぞれの領域の総荷重を求め、左右の荷重のバランスを(3)式により求める。この特徴量を  $f_2$  とする。

$$(\text{左右荷重バランス}) = \frac{(\text{左半身の荷重})}{(\text{右半身の荷重})} =$$

$$\left( \frac{\left( \sum_{i=0}^{Rows-1} \sum_{j=0}^{\frac{Cols}{2}-1} F_{ij} \right)}{\left( \sum_{i=0}^{Rows-1} \sum_{j=\frac{Cols}{2}}^{Cols-1} F_{ij} \right)} \right) \quad (3)$$

##### 前後のバランス

$F$  を膝側と尻側に 2 分割し、それぞれの領域の荷重を求め、尻側と膝側の荷重のバランスを(4)式により求める。この値を特徴量  $f_3$  とする。

$$(\text{尻側と膝側の荷重バランス}) = \frac{(\text{膝側の荷重})}{(\text{尻側の荷重})} =$$

$$\left( \frac{\left( \sum_{i=0}^{\frac{Rows}{2}-1} \sum_{j=0}^{Cols-1} F_{ij} \right)}{\left( \sum_{i=\frac{Rows}{2}}^{Rows-1} \sum_{j=0}^{Cols-1} F_{ij} \right)} \right) \quad (4)$$

##### 腿の膝側部分の荷重・接触面積と全体との割合

$F$  を 4 分割し行列 A, B, C, D に分割する。A, B は尻側, C, D は膝側である。C, D を比較し、総荷重・総面積のいずれが少ない方の領域の総荷重と  $F$  の総荷重との割合、それぞれ

の総接触面積 (0 より大きい要素の数) と F の総接触面積との割合を求める. この二つの特徴量を  $f_4, f_5$  とする.

$$F = \begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} \quad (5)$$

$$A = \begin{pmatrix} F_{00} & \cdots & F_{0 \frac{Cols}{2}-1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ F_{\frac{Rows}{2}-1 0} & \cdots & F_{\frac{Rows}{2}-1 \frac{Cols}{2}-1} \end{pmatrix},$$

$$B = \begin{pmatrix} F_{0 \frac{Cols}{2}} & \cdots & F_{0 Cols-1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ F_{\frac{Rows}{2}-1 \frac{Cols}{2}} & \cdots & F_{\frac{Rows}{2}-1 Cols-1} \end{pmatrix},$$

$$C = \begin{pmatrix} F_{\frac{Rows}{2} 0} & \cdots & F_{\frac{Rows}{2}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ F_{Rows-1 0} & \cdots & F_{Rows-1} \end{pmatrix},$$

$$D = \begin{pmatrix} F_{\frac{Rows}{2} \frac{Cols}{2}} & \cdots & F_{\frac{Rows}{2} Cols-1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ F_{\frac{Rows}{2}-1 \frac{Cols}{2}} & \cdots & F_{\frac{Rows}{2}-1 Cols-1} \end{pmatrix} \quad (6)$$

各姿勢は以下の特徴量を用いて判別する.

- 頭部
  - ・左右のバランス
  - ・前後のバランス
- 胸部
  - ・重心
  - ・左右のバランス
  - ・前後のバランス
- 腕部
  - ・重心
  - ・左右のバランス
  - ・前後のバランス
  - ・腿の膝側部分の荷重との割合
- 脚部
  - ・左右のバランス
  - ・前後のバランス
  - ・腿の膝側部分の荷重との割合

#### (5) SVM を用いた姿勢の判別

本研究では, (4) で述べた特徴量を用いて, 姿勢の分類を行う. 分類には SVM (一対一分類法, C-SVC, RBF カーネル, グリッドサーチ) を用いる. 頭部, 胸部, 腕部, 脚部ごとに SVM モデルを 4 つ用意する.

### 4. 研究成果

#### (1) データの収集

8 名の男女から単姿勢 (頭部, 胸部, 腕部, 脚部の内一部分のみが任意の姿勢をとっている姿勢) の圧力分布情報を収集した. その際被験者に対して, 「測定時に腿の膝側の圧力分

布がはっきりと表示されるようにする (膝側部分が座面をしっかりと通しているようにする)」と「足が床から離れないようにする」の二つを満たすように座ってもらい, 椅子の高さを調節した. 1 名の被験者につき, 全姿勢を 1 セットとして 5 セット分の測定を行った. 測定する姿勢に癖が出ることを防止するために, 1 セットが終わったところで被験者に座り直してもらった. 最終的に以下のデータを収集した.

- ・ 30FPS, 合計 600 フレーム (約 20 秒) の時系列データ
- ・ 18 姿勢 (1 章参照) を 5 セット収集 (一人当たり 90 件のデータを収集, 合計 720 件のデータ)

#### (2) 判別結果

##### ・ オープンテスト

オープンテストは, 訓練用データとテストデータを完全に分離して行う評価方法である. 今回は 1~4 セット目のデータを訓練用データ, 5 セット目をテストデータとした.

##### ・ クローズドテスト

クローズドテストは, 訓練用データとテストデータを区別せずに行う評価方法である. 今回は全てのデータを訓練データとし, 5 セット目のデータをテストデータとした.

##### ・ 交差検証

交差検証はデータ数が少ない場合に行う方法である. 総データを  $n$  分割し, その内の一片をテストデータとし, 残りを訓練データとする. 全ての分割片がテストデータとなるように評価を繰り返し, それらの平均の精度を最終的な精度とする. 本研究では, データを 10 分割して交差検証を行った.

3 節で述べた方法を用いて行った姿勢の判別結果を表 1~4 に示す.

表 1 頭部姿勢の判別精度

テスト方法	クローズドテスト	オープンテスト	10-交差検証
訓練データ件数(件)	200	160	200
テストデータ件数(件)	40	40	-
パラメータ	C	0.03125	0.03125
	Y	0.007813	0.007813
クラス別精度(%)	基本姿勢	0.0%	0.0%
	頭を傾ける姿勢	100.0%	100.0%
	頭を人に向ける姿勢	0.0%	0.0%
	頭を下げる姿勢	0.0%	0.0%
全体の判別精度(%)	82.5%	65.0%	56.6%

表 2 胸部姿勢の判別精度

テスト方法	クローズドテスト	オープンテスト	10-交差検証
訓練データ件数(件)	200	160	200
テストデータ件数(件)	40	40	-
パラメータ	C	2	32
	Y	8	2
クラス別精度(%)	基本姿勢	75.0%	75.0%
	前傾	75.0%	62.5%
	横傾	93.8%	62.5%
	後傾	75.0%	75.0%
全体の判別精度(%)	82.5%	65.0%	56.5%

表 3 腕部姿勢の判別精度

テスト方法	クローズド テスト	オープン テスト	10-交差 検証
訓練データ件数(件)	240	192	240
テストデータ件数(件)	48	48	-
パラメータ	C	8	2
	y	2	2
クラス別 精度(%)	基本姿勢	62.5%	37.5%
	腕を組む	37.5%	25.0%
	腕を組んで頭を支える	68.8%	56.3%
	机に肘をつけて手で頭を支える	87.5%	81.3%
全体の判別精度(%)	68.8%	56.3%	79.0%

表 4 脚部姿勢の判別精度

テスト方法	クローズド テスト	オープン テスト	10-交差 検証
訓練データ件数(件)	200	160	200
テストデータ件数(件)	40	40	-
パラメータ	C	128	2048
	y	2	0.5
クラス別精度(%)	基本姿勢	100.0%	62.5%
	脚を引く	100.0%	75.0%
	脚を伸ばす	100.0%	62.5%
	脚を組む	100.0%	87.5%
全体の判別精度(%)	100.0%	75.0%	82.0%

## 5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計 3 件)

- ① 木村健太, 市野順子: パレット・紙の上の絵の具を自在に操ることのできる水彩ペインティングシステムの提案, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2017, pp. 151-158, 2017.
- ② 和田将幸, 徳永悠介, 浅野裕俊, 市野順子: VR 動画の HMD とスクリーンによる視聴体験の比較: 生理的側面からの分析, 情報処理学会ヒューマンコンピュータインタラクション研究会, Vol. 2018-HCI-177, No. 25, pp. 1-6, 2018.
- ③ 徳永悠介, 和田将幸, 市野順子, 浅野裕俊: VR 動画の HMD とスクリーンによる視聴体験の比較: 認知的側面からの分析, 情報処理学会ヒューマンコンピュータインタラクション研究会, Vol. 2018-HCI-177, No. 24, pp. 1-8, 2018.

## 6. 研究組織

## (1) 研究代表者

市野 順子 (ICHINO JUNKO)

東京都大学・メディア情報学部・教授

研究者番号: 5 0 4 5 2 0 4 0