

K-071

ミーティングにおける注意計測システムの構築

Development of estimation system of group attention for meeting situation

竹村 憲太郎†
Kentaro Takemura松本 吉央†
Yoshio Matsumoto小笠原 司†
Tsukasa Ogasawara

1. まえがき

コミュニケーションにおいて「見る」という動作は非常に重要な役割を担っていることが心理学等の分野で報告されている。これにより注視情報を利用したアプリケーションの研究が近年盛んに行われ、我々もミーティング等の対話シーンにおける注視行動に注目し、これまで「場の注意」(複数人のいる環境で注意の集まる箇所)の推定を行ってきた[1]。従来のミーティング計測では全方位カメラ[2]やマルチカメラ[3]を利用したものが一般的であるが、頭部の3次元位置・方向の計測は難しかった。そこで本研究では複数人の頭部位置・方向をステレオカメラベースなシステムを用いて計測し、「場の注意」の推定に応用する。

2. ミーティングキャプチャシステム

本研究では、複数人の頭部位置・方向(6DOF)の同時計測を実現するために図1に示すようなステレオカメラベースなミーティングキャプチャシステムを構築した。構築したシステムはプロトタイプであり、4人用のシステムとなっている。従来のミーティングキャプチャシステムと同様にテーブル中央から外側を撮像するようにカメラを配置している。

2.1 カメラキャリブレーション

複数人の頭部位置・方向は統一した世界座標で取り扱う必要があるが、ミーティング用のカメラシステムはテーブルの中央から外側を撮影するものが一般的であるため撮像空間が共有できない。そこで本研究では、Zhangらの平面パターンを用いたカメラキャリブレーション[4]を用いて内部パラメータ及び外部パラメータを推定する。

通常、原点は平面パターン上に設けるが、本研究では池田らの全方位マルチカメラシステムのキャリブレーション手法[5]と同様にトータルステーションを用いて平面パターンの3次元位置を計測する。3次元位置が既知である平面パターンを用いて外部パラメータを推定することで、すべてのカメラを統一した世界座標系で取り扱うことが可能となる。

2.2 顔情報計測

本研究では顔情報計測システム[6]を統一した世界座標系に対応させ、複数人の同時計測を実現した。図3は顔情報計測の結果であり、目や口などの特徴をステレオカメラで計測することで頭部位置・方向の計測を行っている。頭部位置は特徴領域の3次元位置の平均、顔の正面方向(フェイスマルベクトル)は特徴領域が同一平面上にあるも

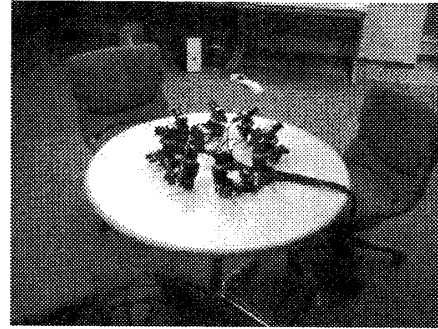


図1: ミーティングキャプチャシステム (プロトタイプ)

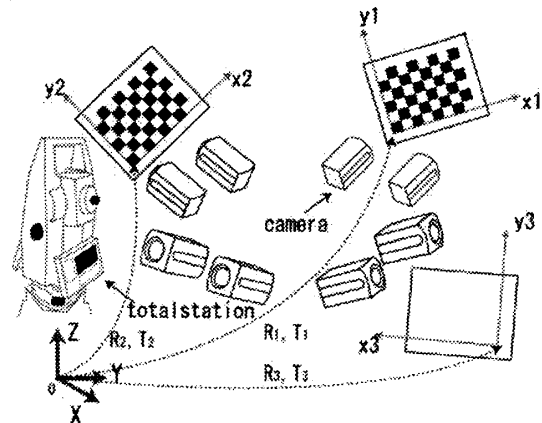


図2: カメラキャリブレーション

のと仮定し、その面の法線ベクトルとする。

3. 場の注意の位置推定

算出された注視情報(頭部位置・方向)を用いて「場の注意」を推定する。「場の注意」は注視ベクトルの交差から推定する。複数人の注視情報を用いることで、環境情報(注意対象の位置・大きさ)を利用せずに注意点を求めることができる。しかしながら、一般に複数の3次元ベクトルは交差ししない。そこで、各人の頭部方向ベクトルからのユークリッド距離 ε_i の和を最小にするような点 c を注意点 \hat{c} とする。注意点 \hat{c} は式2に示すように、M推定を用いて求めることが可能である。

$$\varepsilon_i = \left\| \frac{(c - a_i) \cdot b_i}{\|b_i\|^2} b_i + a_i - c \right\| \quad (1)$$

$$\hat{c} = \operatorname{argmin}_c \sum_i^n \left\{ \sqrt{\omega(\varepsilon_i^{(k-1)})} \cdot \varepsilon_i \right\}^2 \quad (2)$$

†奈良先端科学技術大学院大学
Nara Institute of Science and Technology (NAIST)

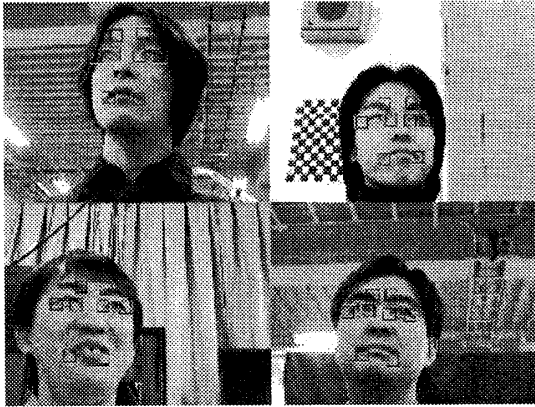


図3: 顔情報計測結果

ここで ω は重み関数であり、本研究ではWelschの重み関数を使用する。また、 k は繰り返し回数であり、 $k=0$ の時、 $\varepsilon_i^{(0)}=0$ を初期値として、重み $\omega(\varepsilon_i^{(k-1)})$ を更新し、注意点 \hat{c} を求める。

空間中の注意は注意対象や状況において集中度が異なるものである。そこで本研究では注意を楕円体として扱うことで、空間中の注意の集中度を表現する。 M 推定を用いて求めた注意点 \hat{c} を各人の頭部方向ベクトルに沿う直線上に射影する。各直線上に射影された点 d_i に注目し、主成分分析を用いて楕円体を構成する。 M 推定を用いた時に算出される重みが低い場合には、対応する d_i を除くことで、異なる対象を注視している第三者の影響を除いた楕円体を構成することができる。分散共分散行列 V は注意点 \hat{c} を原点とした座標系で考えると、式3のように求められる。

$$V = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^n d_i d_i^T \quad (3)$$

行列 V の固有値、固有ベクトルをそれぞれ λ_i 、 v_i とすると、式4に示す通りに楕円体は定義される。このようにして推定された「場の注意」を図4に示す。

$$\frac{x^2}{\sqrt{\lambda_1}v_1} + \frac{y^2}{\sqrt{\lambda_2}v_2} + \frac{z^2}{\sqrt{\lambda_3}v_3} = 1 \quad (4)$$

図4の中央付近に円形に配置されているのがカメラであり、各人の頭部位置と方向は点とベクトルで表示されている。2番の人の前方に表示されている楕円体が「場の注意」であり、2番へ注意が集中していることが分かる。また3番は他の人と異なり、4番の方向を向いていて、注意推定に情報が反映されていない。 M 推定によって算出された重み ω が閾値よりも低くなった場合、楕円体を構成する際にその注視情報は使用されなくなり、残りの情報から注意点を推定する。 ω の値に注目することで同一対象を注意しているか否かを自動的に判別することが可能である。

4. おわりに

本研究はステレオカメラベースなミーティング計測システムを構築した。対話中の頭部位置・方向の同時計測を実現し、統一した世界座標で取り扱うことで「場の注意」の推

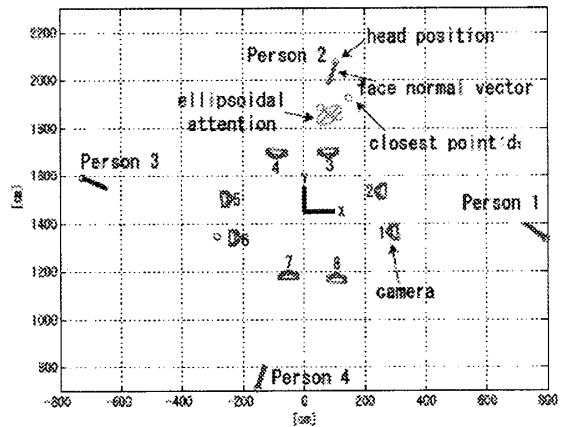


図4: 対話中の場の注意

定をビジョンベースなシステムで実現し、また対話の実験を通して有効性を確認した。現在のシステムはステレオカメラを4セット用いたプロトタイプとなっているが、今後は全方位ステレオカメラシステムを利用して、人数や座席位置の自由度を高めていく予定である。また、推定された「場の注意」をカメラコントロールやロボットインタラクションへ応用する予定である。

参考文献

- [1] K.Takemura et al. Estimation of focus of attention of multiple people for video conferencing. *CHI '05 Extended Abstracts on Human factors in computing systems*, April 2005.
- [2] R.Stiefelhagen. Tracking focus of attention in meetings. *Proc. 4th Int. Conf. on Multimodal Interfaces*, pp. 273–280, Oct 2002.
- [3] Ross Cutler et al. Distributed meetings: a meeting capture and broadcasting system. *Proc. of the 10th ACM Int. Conf. on Multimedia*, pp. 503–512, 2002.
- [4] Z.Zhang et al. A flexible new technique for camera calibration. *IEEE Tras. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 22, No. 11, pp. 1330–1334, 2000.
- [5] 池田, 佐藤, 横矢. 全方位型マルチカメラシステムを用いた高解像度な全天球パノラマ動画の生成とテレプレゼンスへの応用. *日本バーチャルリアリティ学会論文誌*, Vol. 8, No. 4, pp. 443–450, 2003.
- [6] Y.Matsumoto et al. Portable facial information measurement system and its application to human modeling and human interfaces. *Proc. of IEEE 6th Int. Conf. on Face and Gesture Recognition*, pp.475–480, May 2004.