

# 多視点カメラと方向制御ビーム光源による個別情報支援へ向けて

## Toward a Information Support System Using Multiple Cameras and LED Light Source

岡谷 (清水) 郁子\*1  
Ikuko Shimizu Okatani

西村拓一\*2  
Takuichi Nishimura

前川仁\*3  
Hitoshi Maekawa

\*1\*3 埼玉大学工学部

Dept. of Information and Computer Sciences, Saitama University

\*2 産業技術総合研究所サイバーアシスト研究センター  
National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

To realize a location-based information support system, we have been developing the information support system using Compact Battery-less Information Terminals (CoBITs). In this paper, a calibration method for multiple cameras for estimation of the position and orientation of the terminal and LED light sources on the controllable pan-tilt heads for sending the optical beam information for this system is discussed. For the application for information support in an event, a calibration system which is easy to use for inexperienced persons and to setup quickly is needed. To calibrate multiple cameras and LED light sources simultaneously, we employ a calibration technique for the multiple cameras based on the self-calibration method.

### 1. はじめに

近年「いつでも、どこでも、誰でも」情報にアクセスできる環境が実現されつつあると同時に、莫大な情報から「いま、ここで、私が」ほしい情報を迅速に提供することが重要になってきている [1, 2]. このような、ユーザの状態や意図に基づく情報支援を実現するために、小型通信端末 Compact Battery-less Information Terminal (CoBIT) を用いた位置に基づく情報支援システムを提案している [3]. 本稿では、特にイベント空間での情報支援 [4] への応用を目的として、複数のカメラと方向制御ビーム光源を用いてユーザの位置に依存した個別情報支援を実現するシステムについて検討する.

### 2. 複数カメラによる情報支援システム

一般に、複数のカメラを用いた個別情報支援を行うシステムでは、環境中に配置したカメラでユーザを観測してユーザの環境中での位置を推定し、ユーザの方向に個別の情報を送信して情報支援を行うことが考えられる. このようなシステムを実現することにより、各ユーザそれぞれに対して個別の情報支援を行うことができるだけでなく、ユーザの細かな動作を認識することによる双方向のインタラクティブな情報支援の実現や、ユーザモデルの獲得などへの応用が考えられる.

複数のカメラを用いた情報支援システムには、コンピュータビジョンの分野で研究されてきた様々な手法 [5, 6] を応用することができる. 環境中でのユーザの位置を知り、ユーザの位置に向かって情報を送信するためには、環境中でのカメラと情報送信のための光源 (または、音源など) の相対的な位置関係をあらかじめ知っておく必要がある. これは、カメラキャリブレーションの手法を応用することができる. また、画像中でのユーザの位置を抽出するためには特徴抽出の手法、各カメラでのユーザの位置とカメラ間の関係からユーザの環境中での位置を計算するためにはステレオなどの 3 次元情報を再構成する手法、ユーザからの動作を認識するためにジェスチャー認識の

手法、ユーザの動きからユーザモデルを獲得するために動画像解析の手法などが応用できる.

### 3. CoBIT を用いた複数カメラによる情報支援システム

本稿で考えるシステムは、図 1 に示すように、各ユーザが小型通信端末 CoBIT を携帯し、環境に多数のカメラを設置して得られる画像を用いて、環境中での各ユーザの携帯している CoBIT の位置と方向を推定し、その位置に向けて方向制御可能なビーム光源を用いて情報を送信するというものである.

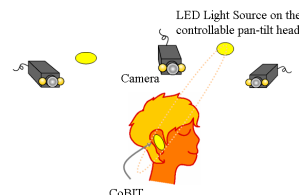


図 1: 複数のカメラと方向制御可能なビーム光源からなる CoBIT を用いた個別情報支援システム.

CoBIT にはいろいろなタイプのものが開発されているが、イヤホン、太陽電池、反射シートで構成される. この端末に、ユーザの状態や意図に依存した音声情報を、環境中に配置されたビーム光源 (LED) から変調した光波として配信する. これを実現するために、環境中での端末の位置と向きに応じて LED の方向を制御して、端末の方向に音声を配信する必要がある.

CoBIT の表面に貼り付けてある反射シートは、コーナキューブのように、法線方向から約 45 度以内からの光線を、光源の方向に光を反射する性質をもつ. 一方、環境中に設置するカメラには、レンズの近傍に赤外光を投光する光源を配置し、可視光カットフィルタを装着しておく. これにより、カメラから得られる画像中では、カメラの位置から投光された赤外線を CoBIT 表面の反射シートで反射した像がうつるので、CoBIT のみが輝点として容易に検出でき、画像中での端末の

連絡先: 岡谷 (清水) 郁子, 埼玉大学工学部情報システム工学科,  
さいたま市桜区下大久保 255, ikuko@cda.ics.saitama-u.ac.jp

位置の抽出は容易となる。そこで、複数のカメラの画像中での位置から端末の空間での3次元位置を推定し、端末の方向に情報を送信するために重要となるのは、複数のカメラとビーム光源のキャリブレーション(校正)、つまり、カメラとビーム光源の環境中での位置、姿勢やカメラの焦点距離等のパラメータをあらかじめキャリブレーションしておくことである。特に、イベント空間での情報支援に應用を考えた場合には、簡単にセッティングが行えること、状況変化に応じたメンテナンスが簡単であることなどの要件がある。

#### 4. 要素技術としてのカメラキャリブレーション

カメラキャリブレーションとは、カメラから得られた画像から3次元構造を復元するために必要な情報、つまり、カメラの環境中での位置、姿勢やカメラの焦点距離等のパラメータを求める手法であり、様々な手法が提案されている[5, 6, 7, 8]。

環境に定めた座標系(ワールド座標)での1点がカメラの画像面のどこにうつるかは、以下のような関係で表される。ワールド座標系での座標が $[X \ Y \ Z]^T$ であるとき、 $i$ 番目のカメラで得られた画像上で $[x_i \ y_i]^T$ の位置にその点がうつっているとすると、それぞれ齊次座標表現して、 $M = [X \ Y \ Z \ 1]^T$ と $m_i = [x_i \ y_i \ 1]^T$ との関係は、 $3 \times 4$ の投影行列 $P_i$ を用いて以下のように表すことができる。

$$m_i \propto P_i M \quad (1)$$

ただし、 $\propto$ は定数倍を除いて等しいことを表す。この投影行列 $P_i$ は、カメラの結像関係(焦点距離など)を表すパラメータと、カメラのワールド座標における位置と姿勢をあらわすパラメータを合成したものである<sup>\*1</sup>。

古典的なキャリブレーションの手法(たとえばTsaiの手法[9]が挙げられる)では、寸法や角度の正確にわかったキャリブレーション用の参照物体を用意してその物体をうつした画像を用いる。これらの手法では、基準となる点(参照点)のワールド座標系での3次元座標 $[X \ Y \ Z]^T$ と、それが画像中でどこに投影されたか $[x_i \ y_i]^T$ の組から $P_i$ を求める。しかし、本システムのように、対象とする空間が広い場合には、キャリブレーション用の物体を用意するのは難しく、また、3次元座標と画像座標の組を入力することは煩雑である。イベントで用いることを考えると、短期間でセットアップでき、カメラの位置変動に対応できることが望ましい。そこで、キャリブレーションが容易なセルフキャリブレーションの手法[10, 11, 12]を適用する。セルフキャリブレーションの手法では、参照物体を利用せず、画像間の点の対応だけからカメラの内外部のパラメータを求めることができる<sup>\*2</sup>。

#### 5. 実装したシステム

今回実装したシステムは、CoBITの位置を推定するための複数のカメラとCoBITの方向に情報を送信するための雲台に載せたLEDビーム光源から構成される。ビーム光源から送信される情報は、音声情報を変調した光波であり、ユーザはCoBITのイヤホンでこれを受信し、音声情報を得る。情報送

\*1 投影行列 $P_i$ は、カメラの結像関係(焦点距離など)を表す内部パラメータにより構成される $3 \times 3$ 行列 $K_i$ と、カメラのワールド座標における位置と姿勢をあらわす外部パラメータにより構成される $3 \times 4$ 行列 $T_i$ に分解して $P_i = K_i T_i$ のように表される。

\*2 ただし、絶対的な3次元座標を知るためには、別途長さの基準を与え、スケールの不定性を解消する必要がある。

信のために送信するビームは、安定した情報の送信を行うために約15度の広がりを持つが、キャリブレーションのために、より鋭いビーム光を送信することのできる別の光源を同じ雲台に搭載する。

本システムでは、ビーム光源と複数カメラを同時にキャリブレーションするために、ビーム光の送信方向を仮想的な画像面の1点と考えることによりカメラと同様に扱う。キャリブレーションは、雲台を動かしているいろいろな方向に鋭いビーム光を照射し、カメラから得られる画像にうつった照射されたビーム光の像を参照点として用いる。前節に述べたように、簡便なセットアップを実現するため、セルフキャリブレーションの考え方による多視点カメラのカメラキャリブレーションの手法[12]を用いる。複数のカメラで同じ参照点の画像をとり、ビーム光の照射方向および各画像上での位置と、その対応関係から、ビーム光源と各カメラのカメラパラメータ(式(1)の $P_i$ )を同時に推定する。セルフキャリブレーションの手法では、パラメータに関する非線形最小化を行うのが一般的であり、どのようにして良い初期値を得るかが問題であるが、この手法の特徴は、カメラモデルを単純な正射影モデルから段階的複雑なモデルへと切り替えることにより、安定にパラメータの推定を行っていることである。

#### 6. まとめ

多視点カメラと方向制御ビーム光源による個別情報支援を実現するため、イベント空間でのCoBITを用いた情報支援システムについて述べた。複数のカメラの画像中での位置からCoBITの空間での3次元位置を推定し、ビーム光源からその方向に情報を送信するため重要な技術である、複数のカメラとビーム光源のキャリブレーションについて検討した。簡単にセッティングを行うために、セルフキャリブレーションの方法を用いたシステムを実装した。

#### 参考文献

- [1] 中島秀之. マイボタンによる状況依存支援. 人工知能学会誌, Vol. 16, No. 6, pp. 792-796, 2001.
- [2] 中島秀之, 橋本政朋. 日常生活のための知的都市情報基盤. 情報処理, Vol. 43, No. 5, pp. 573-578, 2002.
- [3] 西村拓一, 伊藤日出男, 山本吉伸, 中島秀之. 無電源小型通信端末を用いた位置に基づく状況支援システム. 情報処理学会知的都市基盤研究会資料, Vol. ICII-2, pp. 1-6, 2002.
- [4] 西村拓一, 橋本政朋, 中島秀之. イベント空間情報支援プロジェクト. 人工知能学会全国大会論文集, No. 3E1-01, 2003.
- [5] D. Forsyth and J. Ponce. *Computer Vision - A Modern Approach*. Prentice Hall, 2003.
- [6] Annotated Computer Vision Bibliography. <http://iris.usc.edu/Vision-Notes/bibliography/contents.html>.
- [7] 松山隆司, 久野義徳, 井宮淳(編). コンピュータビジョン-技術評論と将来展望. 新技術コミュニケーションズ, 1998.
- [8] 出口光一郎. カメラキャリブレーション手法の最近の動向. 情報処理学会コンピュータビジョン研究会資料, Vol. 82, No. 1, 1993.
- [9] R. Tsai. A Versatile Camera Calibration Technique for High-Accuracy 3D Machine Vision Metrology Using Off-the-Shelf TV Cameras and Lenses. *IEEE Journal of Robotics and Automation*, Vol. RA-3, No. 4, pp. 323-344, 1987.
- [10] R. I. Hartley. Self-calibration of Stationary Cameras. *International Journal of Computer Vision*, Vol. 22, No. 1, pp. 5-23, 1997.
- [11] M. Pollefeys, R. Koch, and L. J. Van Gool. Self-Calibration and Metric Reconstruction In spite of Varying and Unknown Intrinsic Camera Parameters. *International Journal of Computer Vision*, Vol. 32, No. 1, pp. 7-25, 1999.
- [12] 岡谷貴之, 久保田俊作, 出口光一郎. カメラモデルの段階的切換えによる多視点カメラシステムのセルフキャリブレーション. 情報処理学会論文誌コンピュータビジョンとイメージメディア, Vol. 43, No. SIG11, 2002.