

非同期マルチカメラ画像を用いた人物分布状況の推定手法

小林 美保[†] 及川 道雄[†]

(株)日立製作所 システム開発研究所[†]

1.はじめに

ユビキタス情報社会の到来により、さまざまなセンサを用いて人の行動に関する情報をきめ細かく収集できるようになり、今後はより人間指向型のサービス提供が期待される。本研究は店舗や公共空間などにおけるサービス設計を行うための情報収集段階として、対象空間全体における人々の動きを観測することを目的としている。具体的には空間内の単位面積ごとに人が存在する可能性を推定し、地図上に表示する。その分布状況を用いて、混雑状況の把握や移動経路、場所ごとの利用頻度などを分析してサービスを提供することが考えられる。

本研究ではセンサとして汎用のホーム向けネットワークカメラを用いて、ftp 転送により画像を収集する。各カメラは非同期であり、負荷に応じて処理速度が変化するため撮影間隔も一定ではない。通常のスtereoマッチングでは2台のカメラが同時に撮影した画像から対応点の3次元位置を測定するが、カメラが非同期の場合には同時刻の画像を得られないため、何らかの推定や補間を行う必要がある[1]。また空間に対してカメラ台数が少ない場合には、1台のみにしか映らずステレオ視ができない領域や、全くカメラの視野に含まれない領域が生じる。これらの不確かな情報を確率的に存在可能性としてあらわすことで、限られたリソースによる対象空間全体の状況把握方法を提案する。

2.人物位置推定

カメラを用いた人物位置推定は、画像から人物を検出するステップと3次元位置を推定するステップに分けられる。ここでは画像中の人物の頭頂部座標が検出済みであることを前提とし、その3次元位置推定を扱う。頭部の検出は動きのある円を探索する方法[2]などさまざまな方法が提案されている。また各カメラは事前にキャリブレーションを行っており、パン・チルトやズームなどは使用しないものとする。これにより3次元空間内においてカメラの光学中心と画像平面上の頭頂部座標を通る光線上に、人物の

頭部があるものと考えられる。ここで人物の位置として床と接する点ではなく頭部を選択した理由は、多数の人がいると足元が映らない状況が生じやすいこと、またカメラを天井などに設置すると足元までを撮影できる領域が狭くなること、頭頂部の座標を3次元変換することによりおおよその身長も分かることなどが挙げられる。その一方で、床に接する点の場合と異なり高さの情報が未知であるため、他のカメラとのマッチングにより線上のどこに頭頂部が存在していたのかを特定する必要がある。

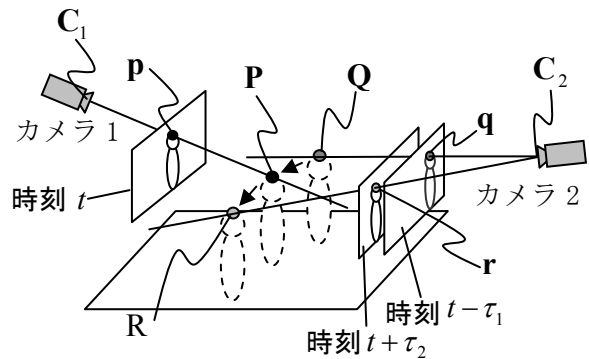


図1. 非同期カメラによる3次元位置推定

図1において、カメラ1が時刻 t に撮影した画像中の頭頂部座標が p である人を人 A とする。また別の位置に設置したカメラ2が時刻 t の前後に撮影した画像から、それぞれ人 A であると思われる候補の頭頂部座標 q , r を探索する。3次元空間においてカメラ2の光学中心 C_2 および画像平面上の q , r を含む平面と、カメラ1の光学中心 C_1 および画像平面上の p を含む直線との交点 P が時刻 t の人 A の位置であるとする。またこのとき頭の高さが変化しないと仮定し、 C_2 と画像平面状の q , r を結ぶ直線上で P と同じ高さの点をそれぞれ Q , R とし、 $(R-Q)/(\tau_1+\tau_2)$ を時刻 t における人 A の移動ベクトルとする。

ただし対象空間内には複数の人が存在し、頭部座標の検出において人物識別は行わないものとするため、対応点が既知である場合と異なり p , q , r が人 A ではない場合も考えられる。そこで前のフレームで得られた人 A の位置と移動ベクトルを用いて現在のフレームにおける位置を推

Estimation of Human Existence Distribution with Asynchronous Multi-camera Images

[†]Miho Kobayashi, [†]Michio Oikawa

[†]Systems Development Laboratory, Hitachi, Ltd.

定し、その推定値との誤差が閾値以下となる \mathbf{p} , \mathbf{q} , \mathbf{r} の組み合わせを採用し、時刻 t での人 A の位置 \mathbf{P} を推定する。

3. 人物の分布表示

2章で述べた位置推定結果は、カメラ間およびフレーム間の人の誤対応、頭頂部検出時の誤差、キャリブレーションの誤差、頭の上下移動による誤差などを含む。そこで空間内のある位置 \mathbf{x} に人 A がいる可能性を、推定された3次元位置 \mathbf{P} を中心としたガウス分布に従うものと仮定し、さらに \mathbf{x} の近傍 N に含まれる \mathbf{P} に対して和をとったものを、位置 \mathbf{x} に人がいる可能性 $F(\mathbf{x})$ として定義する。ここで分散 σ_p は位置推定の誤差に比例する。

$$F(\mathbf{x}) = \sum_{\mathbf{P} \in N} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_p} \exp\left\{-\frac{\|\mathbf{x}-\mathbf{P}\|^2}{2\sigma_p^2}\right\} \quad (1)$$

また対象空間に対して存在可能性の計算を行う単位面積を設定し、その中心座標 \mathbf{x} における $F(\mathbf{x})$ を単位面積内の評価値とする。

2台以上のカメラに写らない領域では(1)により $F(\mathbf{x})$ を計算できないため、以下の手順に従い前の時刻の結果から現在の値を推定する。図1の \mathbf{p} に対して、同じ人物であると推定される適切な \mathbf{r} が存在しない場合、 \mathbf{P} を計算することができない。このとき、その人物はステレオマッチング可能領域から不可能領域に移動したか、あるいは出入り可能な領域を通過して対象空間の外へ出たものと考えられる。

時刻 t におけるステレオマッチング不可領域における人 A の存在可能性 $G_A(\mathbf{x}, t)$ は1つ前のフレームで算出された位置 \mathbf{y} の移動ベクトル $\mathbf{v}_p(\mathbf{y}, t - \tau_1)$ と存在可能性 $G_p(\mathbf{y}, t - \tau_1)$ を用いて、式(2)のように $\mathbf{y} + \mathbf{v}_p(\mathbf{y}, t - \tau_1)$ を中心としたガウス分布と $G_p(\mathbf{y}, t - \tau_1)$ の積で表す。

$$G_p(\mathbf{x}, t) = \sum_{\mathbf{y} \in N} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left\{-\frac{\|\mathbf{x} - \{\mathbf{y} + \mathbf{v}_p(\mathbf{y}, t - \tau_1)\}\|^2}{2\sigma^2}\right\} \cdot G_p(\mathbf{y}, t - \tau_1) \quad (2)$$

ここで \mathbf{y} は近傍 N に含まれるすべての単位面積の中心座標であり、ステレオマッチング可能領域から不可能領域へ移動した場合には、 $G_p(\mathbf{y}, t - \tau_1) = 1$ とする。また移動ベクトル $\mathbf{v}_p(\mathbf{y}, t - \tau_1)$ は壁や障害物までの距離に応じて補正を行う。 $G_A(\mathbf{x})$ の A に関する和 $G(\mathbf{x})$ を、ステレオマッチング不可能領域内の位置 \mathbf{x} に人がいる可能性として定義する。

このようにして得られた単位面積あたりの $F(\mathbf{x})$ および $G(\mathbf{x})$ を階調値に置き換えることにより、人物の存在可能性を示した分布画像を得る。

4. まとめ

図2は約 $60m^2$ の室内を、解像度 640×480 ピクセルの4台のネットワークカメラで撮影した画像であり、図3は存在可能性の分布を示したものである。左の枠線内はステレオ視が可能な範囲であり、2台以上で対応がとれた点を図示している。また右は室内全体にわたり、存在可能性に応じて分布を示したものである。各カメラの映像だけでは一瞥して人がどこにいるのかを把握することが困難であるが、同時に全体図を提示することにより全体の状況を把握する助けとなるものである。



図2. 4台のカメラ画像

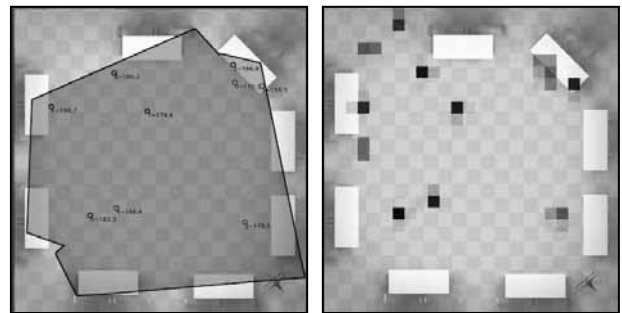


図3. ステレオ視可能範囲(左)と推定分布(右)

参考文献

- [1] S. Simizu *et al.*: "A Pseudo Stereo Vision Method for Unsynchronized Cameras", ACCV2004, Vol.1, pp.575-580 (2004).
- [2] 馬場功淳ほか: "Head Finder: 単眼視動画像を用いた複数人追跡", 画像センシングシンポジウム2001, pp363-368 (2001).