

赤外パターン投影を利用した人物追跡手法の検討 Vision-based Human Tracking using IR pattern projection

神原 大輔^{†‡} 内海 章[†] 桑原 和宏[†] 山内 寛紀[‡]
Daisuke Kanbara Akira Utsumi Kazuhiro Kuwabara Hironori Yamauchi

1. まえがき

我々は高次脳機能障害や痴呆症を持つ被介護者のコミュニケーションを活性化し、介護者である家族を支援するためのインタフェース（情報セラピーインタフェース [1]）の実現を目指し、各要素技術の開発を行っている。本研究の目的は、システムのユーザである被介護者の状態・意図に応じた情報提示を行い、ネットワークを介した被介護者とボランティアのコミュニケーションの場を提供することで、介護者の負担を軽減することにある。

本システムの実現のためには、室内で自由に行動するシステムの利用者の行動パターンを抽出し、利用者の状態・コミュニケーション意図等を検出することが不可欠となる。我々はユーザの行動パターンを抽出するため、人の動きを画像処理によって検出する手法の検討を進めてきた [2, 3, 4]。画像を用いた人の動き検出には、非装着・非接触の検出によりユーザへの負担が軽減する、装置の装着が期待できない場合も検出可能となり応用範囲が広がる等の利点がある一方、服装や照明条件といった環境条件の変化や人同士のオクルージョン等、シーンに依存した要因により処理が不安定となると問題がある [5, 6, 7]。

これに対し、我々は服装の変化に対してロバストな人物検出手法 [2]・動領域抽出手法 [3]、多視点観測を利用した人物追跡手法 [4]などを提案してきたが、受動的な観測方法では、照明環境の変化に対して脆弱であるという問題が不可避となる。

これらの問題を解決するためには、ユーザへの負荷が少ないという画像処理による検出手法の利点を生かしつつ、照明等の条件の変化に対してロバストな観測手段が必要となる。そこで、本報告では赤外パターンを利用した光投影法による3次元計測を利用する方法について検討する。赤外光を利用することによりユーザに対する視覚的負荷をかけることなく、光投影法 [8, 9, 10, 11]による3次元計測を実現できる。また、ユーザの位置に応じて投影パターンを変化させることにより、高速かつ効率的な3次元情報の取得も可能となると考えられる。我々は、DLP素子を利用したパターン投影装置を試作し、赤外パターンによる3次元情報の獲得が可能であることを確認した。本稿では、光投影法を利用した人物追跡手法について提案するとともに、試作装置の概要および3次元情報獲得結果について述べる。

2. 処理の流れ

図1に提案システムによる3次元計測手法の概要を示す。赤外パターンを投影することにより、室内環境内

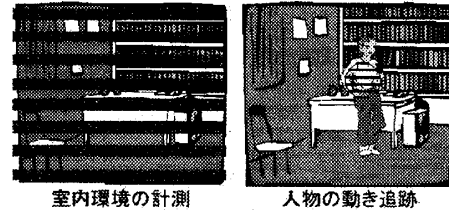


図1: パターン投影による3次元計測

の物体配置を把握するとともに、人の動きを追跡する。家具等の環境内の物体の3次元配置を取得するために、図1左のように、パターン赤外光を順次投影し、投影パターンの各位置 x_p のカメラ画像上での位置を観測する。パターン座標上の位置 x_p がカメラ画像上の位置 x_c に観測されるとすると、物体の3次元位置は次式を満足する X として求められる。

$$k_c \begin{bmatrix} x_c \\ 1 \end{bmatrix} = A_c \begin{bmatrix} R_c & T_c \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$k_p \begin{bmatrix} x_p \\ 1 \end{bmatrix} = A_p \begin{bmatrix} R_p & T_p \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

ここで、 A_c, A_p はそれぞれカメラおよびプロジェクタの光学系の持つ内部パラメータ、 R_c, R_p および T_c, T_p はそれぞれの光学系の姿勢および3次元位置を表す。

人物追跡においては、背景差分により求められる人物領域付近にパターン光を投影し、上記と同様にそのカメラ画像上での位置を計測することにより、3次元位置を計測する。

3. システム構成

図2に試作した提案システムの構成を示す。光源としては単板式DLPプロジェクタ（解像度 800×600 ）を用い、プロジェクタのレンズ部に赤外フィルタを取り付けることで赤外光の照射を行う。PCで作成されたパターンを室内に照射し、赤外パターンが投影されたシーンの

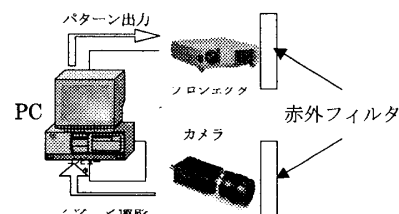


図2: システム構成

[†]ATR 知能ロボティクス研究所, ATR

[‡]立命館大学大学院理工学研究科, Ritsumeikan University

状態を赤外フィルタを取り付けた CCD カメラにより撮影する。

環境の物体配置の把握は、あらかじめ用意した縞模様パターンをプロジェクタより照射し、シーンに照射されたパターンをカメラで撮影することにより行う。縞模様パターンの組み合わせにより、パターン各部における小領域に対応する観測パターンを生成し、その重心座標から対応する3次元座標を求める。今回の実験では白と黒が交互に並んだ10枚のパターン(図3)とそれぞれを90度回転させた10枚の合計20枚のパターンを用いた。

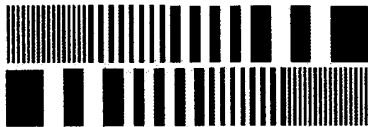


図3: 投影パターンの例

4. 計測結果

まず用意した20枚のパターンを室内に投影し、それぞれの投影画像をカメラでグレースケールで撮影する。図4に実際に撮影した画像を示す。赤外光を利用しているため、投影パターンは人間の目では観測できない。撮影した画像とパターンを投影していない状態の画像とで差分処理を行い撮影したパターンの強調を行うため2値化する。その後、任意の組み合わせで2値化した画像の論理積をとり、パターン内の25×25画素のブロックに対するそれぞれの重心を求める。求めた重心から実際の3次元位置を求める。

サンプルシーンに対する計測結果の例を図5に示す。ここにみられるように試作装置による赤外投影パターンを利用した3次元計測が適切に行われることがわかる。

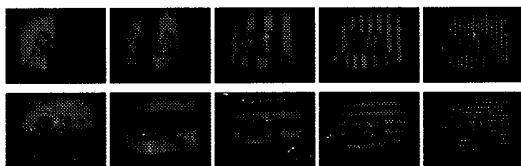


図4: 赤外カメラ撮影画像例

5. まとめ

赤外パターン投影を利用した人物追跡手法を提案し、試作装置により光投影法を用いた室内空間の3次元形状の獲得が可能であることを確認した。これにより、机や椅子など室内状態の把握が可能となる。3次元データを得るための光投影法に赤外光を利用することで太陽光の強度変化や照明装置の入・切等による照明変化の影響を受けにくく、また追跡対象である人物に視覚的な負荷を与えずに計測を行うことができる。

今後は、室内を移動する人物の画像上の位置を動きベクトルを利用して検出し、同様の赤外パターン投影によりその3次元位置を計測・追跡するアルゴリズムの実装、

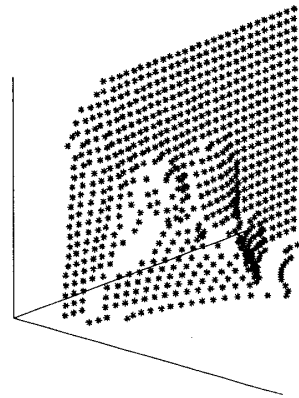


図5: 3次元計測結果

検証を行う。人物の動きに注目することでパターンを照射する範囲が絞られ、効率的な3次元計測が可能になると考えられる。さらに、得られた動き情報に基づいて室内における人の行動パターンを分類し、システムに対する適切な提示情報の切り替え、コミュニケーション支援を行う手法についても併せて検討する予定である。

謝辞 本研究は情報通信研究機構の研究委託により実施したものである。

参考文献

- [1] 鉄谷信二, 桑原和宏, 桑原教彰, 内海章, 安田清. ネットワークを利用した情報セラピーインターフェース. 信学技報, No. 103-747, pp. 31-36, 2003.
- [2] Akira Utsumi and Nobuji Tetsutani. Human detection using geometrical pixel value structures. In *Proc. of FG2002*, 2002.
- [3] Akira Utsumi and Jun Ohya. Image segmentation for human tracking using sequential-image-based hierarchical adaptation. In *Proc. of Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 911-916, 1998.
- [4] 森大樹, 内海章, 大谷淳, 谷内田正彦, 中津良平. 非同期多視点画像による人物追跡システムの構築. 信学論 (D-II), Vol. J84-D-II, No. 1, pp. 102-110, 2001.
- [5] D. M. Gavrilu and L. S. Davis. 3-d model-based tracking of humans in action: a multi-view approach. In *Proc. of Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 73-80, 1996.
- [6] Ali Azarbayejani and Alex Pentland. Real-time self-calibrating stereo person tracking using 3-d shape estimation from blob features. In *Proceedings of 13th International Conference on Pattern Recognition*, pp. 627-632, 1996.
- [7] C. Wren, A. Azarbayejani, T. Darrell, and A. Pentland. Pfunder: Real-time tracking of the human body. In *SPIE proceeding vol. 2615*, pp. 89-98, 1996.
- [8] 服部数幸, 佐藤幸男. スキャン式符号化法による小型高速レンジファインダ. 信学論 (D), Vol. J76, No. 8, pp. 1528-1535, 1993.
- [9] 佐藤宏介, 井口征士. 液晶レンジファインダー液晶シャッタによる高速距離画像計測システム. 信学論 (D), Vol. J71-D, No. 7, pp. 1249-1257, 1988.
- [10] 井口征士, 佐藤宏介. 三次元画像計測. 昭晃堂, 1990.
- [11] 諏訪基, 白井良明, 越川和忠, 大島正毅, 山上喜吉, 辻三郎. インダストリアル・アイのハードウェアシステム. 電総研彙, No. 35-3, pp. 252-266, 1971.