

第7回（社）計測自動制御学会

システムインテグレーション部門 講演会

7th SICE System Integration Division  
Annual Conference

SICE  
SI 2006

講演概要集

**SICE**<sup>®</sup>



2006. 12. 14-17 札幌コンベンションセンター

# アクティブプロジェクタを用いた情報提示における投影画像補正

○都島 良久(東京大学), 安藤 慶昭(産総研), 橋本 秀紀(東京大学)

## Compensation of Projection Image for Information Display System using Active Projector

○Yoshihisa TOSHIMA (The Univ. of Tokyo), Noriaki ANDO (AIST)  
and Hideki HASHIMOTO (The Univ. of Tokyo)

Abstract: The Information Display System in Intelligent Space uses an active projector to realize interactive information display according to human movement in the space. The change of the projection point causes image distortion and unequal image size. This paper presents compensation of projection image to provide a uniform image to user.

### 1. はじめに

著者らは空間知能化と称し, センサやアクチュエータ, メカトロニクス機器等の Robot Technology (RT) 機器を空間内に配置し, これらを協調させることにより知能化させた空間 (空間知能化) の構築を行っている[1]. 本研究はこの知能化空間における視覚的情報支援を目的とし, アクティブプロジェクタ[2]を用いて人の動きに合わせたインタラクティブな情報提示システムの実現を図る. なお様々な RT 機器の統合を考慮した空間知能化システムへの拡張として, 柔軟で拡張性の高いシステム構築を目指し, 本システムは RT ミドルウェアとして OpenRTM-aist(AIST)[3]によって実装を行っている.

本稿ではプロジェクタの投影位置変化によって生じる投影画像の補正を含めた画像提示部について述べる.

### 2. 知能化空間における情報提示支援

#### 2.1 アクティブプロジェクタを用いた情報提示システム

図 1 に知能化空間における情報提示支援の概念図に示す. 空間内を観測することにより 1) 人間の位置や向き等のユーザ情報, 2) 空間内にある物体の位置やコンテンツ等の空間情報を取得する. これらの情報から空間に配置されたパンティルト機構のアクティブプロジェクタを用いて人の動きに合わせたインタラクティブな情報提示の実現を図る.

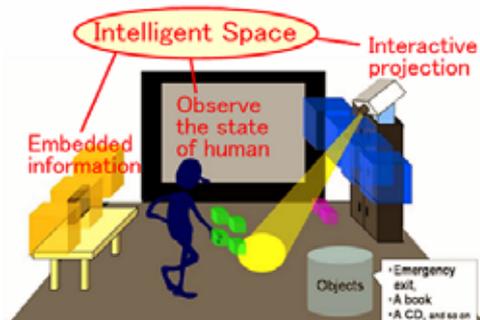


Fig. 1 Information display support in Intelligent Space.

#### 2.2 RT-Component を用いたシステム構成

RT ミドルウェアではデバイスや機能といった RT 要素をモジュール化 (RT-Component 化) し, これらを自在に組み合わせることでシステムを実現する. 図 2 に情報提示システムの RT-Component 構成図を示す. ZPSOut コンポーネントは超音波 3 次元位置システム ZPS(古河機械金属(株))より 2 つの発信機の 3 次元位置情報を取得する. これを人間の胸と手に取り付けることで人間の位置と向きとしており HumanState コンポーネントではこの 2 つの位置を入力ポートである InPort より受け取り人間の位置と手への向きの情報に変換し, これをユーザ情報として Application Component 部に出力する.

Application Component 部ではユーザ情報より「どこ」に「何」を提示するかを指令する. このため画像ファイル名(String 型)と投影に関するデータ ProjectionData(float 型配列)を出力する. ProjectionData は絶対座標系で表現された投影位置, 投影画像サイズ, そして投影画像の向き(上向きをベクトル方向とする)から構成されている.

アクティブプロジェクタは駆動部と提示画像部にコンポーネントを分け Application Component 部からの働きかけを行う. 駆動部の MovePCConverter コンポーネントでは投影指令位置をパンティルト角に変換し, RTCLUnitCtrl コンポーネントによってネットワーク経由でアクティブプロジェクタを動作させている. 本稿の主題である画像提示部の ImageProjection コンポーネントにおいては次節にて述べる.

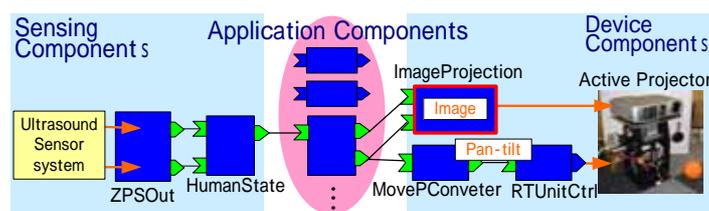


Fig. 2 The system architecture based on RT-Middleware.

### 3. 画像提示コンポーネント - 投影歪み補正

空間に配置されたプロジェクタの投影位置を変化させる場合、投影面が常に投影方向に垂直ではないため投影画像に歪が生じ、またプロジェクタによる投影光は広がりを持つため、投影画像サイズが変化してしまう。よって画像提示部では一方のInPortより指定された画像ファイル(原画像)をもう一方のProjectionData(投影位置, 投影画像サイズ, 投影画像の向き)の要件に合わせ、画像の回転, 伸縮及び歪みを補正したものを提示する必要がある。図 3 にプロジェクタと投影位置の関係について示す。なお以後プロジェクタの位置を原点とした座標系 $T_m$ を用いる。

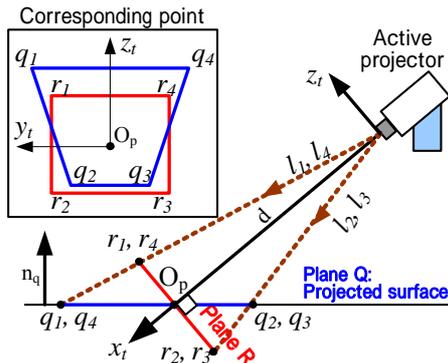


Fig. 3 Geometrical definition.

#### 1) 投影画像の回転補正

InPortから与えられる投影画像の向きベクトルは絶対座標系での表記であるため、補正する際の回転角は $T_m$ 座標系に変換したベクトルのなす角となる。

#### 2) 投影画像の伸縮補正

画像サイズ $W$ が入力された場合の原画像に対するサイズ比を求める。投影光は直線であるため画像サイズは投影距離 $d$ に比例する。よって原画像 = 1 の場合の画像サイズ $t$ を求め、 $(d) = W / t(d)$ となる。

#### 3) 投影画像の歪み補正

投影歪みは投影方向に対する投影面の傾きによって生じ、投影画像は原画像の透視変換によって表せる。ここで図 3 に示すように投影中心点 $O_p$ を原点とした投影面を平面Q, 投影方向に対し垂直かつ投影中心点 $O_p$ を原点とした平面を平面Rとする。平面Q上の点 $p_Q$ と平面R上の点 $p_R$ は同次座標系変換にから式(1)のように表せ、変換行列 $H_{QR}$ は自由度 8 の  $3 \times 3$  行列である。これより平面Q及び平面Rの対応点をそれぞれ $q_i (i=1,2,3,4)$ ,  $r_i (i=1,2,3,4)$ としたとき、対応点が 4 組以上あれば $H_{QR}$ を求めることが可能となる。

$$\begin{pmatrix} p_Q \\ 1 \end{pmatrix} \cong H_{QR} \begin{pmatrix} p_R \\ 1 \end{pmatrix} \quad \dots (1)$$

次に $T_m$ 座標系において平面R上の任意の点 $r_i$ に対応する平面Q (投影面)上の点 $q_i$ を求める。この対応点 $q_i$ はプロジェクタ原点から $r_i$ を通る直線ベクトル $l_i$ と平面Qとの交点となるため、平面Qの法線ベクトル $n_q$ を用いた $n_q$ と平面Qの垂直条件より対応点 $q_i$ が求まる。

これを 4 点行うことで、4 組の対応点が求まり最終的に $H_{QR}$ が求まる。 $H_{QR}$ は原画像を歪み画像に変換する行

列であるため、あらかじめ $H_{QR}$ の逆行列による透視変換を行った画像を出力することで投影面では原画像のような歪みのない画像を提示することができる。

### 4. 実験

実験用 Application Component としてユーザの手前に画像を投影するコンポーネントを用意し、以下の仕様となるようパラメータを設定した。

- 1) 大きさ 50cm の画像を人の正面に合わせ提示する。
- 2) 長さ 60cm の任意の位置を示した矢印の提示を行う。

図 4 に実験結果として投影原画像, 出力画像及び静止時の投影の様子を示す。図 4 に示すように出力画像は補正のための逆変換を出力し上記の要件を満たした歪のない投影が確認できる。画像サイズにおいても誤差は数 cm 程度であり提示には十分な精度であった。しかし人が動いた場合、画像処理にかかるプロセスが重く、駆動部と画像提示部の同期がとれず画像補正がやや遅くなってしまった。

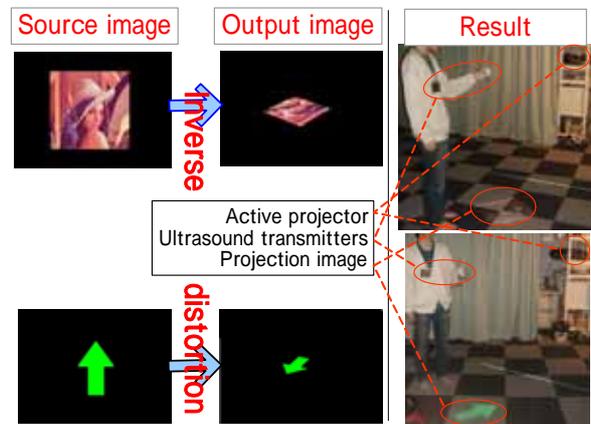


Fig. 4 Experimental result.

### 5. まとめ

知能化空間における視覚的情報支援として、アクティブプロジェクタを用いた情報提示システムを提案した。RT-Component を用いて本システムを構築し、アクティブプロジェクタを自在に動作させるための画像提示コンポーネントを開発し、正しく動作していることを確認した。今後の課題として人の動きに合わせたより滑らかなシステム動作やシステムの拡張性を生かしその他のデバイスとの連動などが挙げられる。

### 参考文献

- 1) 橋本秀紀, 新妻実保子, 佐々木毅: 空間知能化 - インテリジェント・スペース-, 日本ロボット学会誌, Vol.23, No.6, pp.674 / 677 (2005).
- 2) 都島良久, 王親和, 安藤慶昭, 鈴木喬, 橋本秀紀: 空間知能化のためのネットワーク接続型稼働式情報提示装置 - RT コンポーネントを用いたアクティブプロジェクタの開発 -, ROBOMECH2006, 2P1-E19, (2006).
- 3) Noriaki ANDO, Takashi SUEHIRO, Kosei KITAGAKI, Tetsuo KOTOKU, Woo-Keun Yoon, "RT-Middleware: Distributed Component Middleware for RT (Robot Technology)", IROS2005, pp.3555-3560, (2005).