

複数視覚センサを用いた仮想空間の構築

北側 覚士† 小泉 智史‡ 石黒 浩†
和歌山大学システム工学部†
CREST(科学技術振興事業団)‡

Abstract 環境内の変化をリアルタイムで視認するために、仮想空間を実時間で構築するシステムを提案する。このシステムでは、全方位視覚センサを環境に配置し、ユーザの位置及び視線方向に基づいて、最適な視覚センサを選択する。しかしながら、全方位視覚センサにより得られる中心射影された映像の視線方向は、センサ位置を中心とした放射方向に制限される。したがって、ユーザに任意の位置及び任意の視線方向における映像を提示することができない。そこで、簡単な環境モデルに基づいたアフィン変換により、ユーザの位置及び視線方向の仮想映像を生成する。この生成した映像をモニタリングすることにより、ユーザに提示する。

Construction of Virtual Space Using Omni Directional Vision Sensors

Satoshi Kitagawa † Satoshi Koizumi ‡ Hiroshi Ishiguro †

Department of Computer and Communication Sciences, Faculty of Systems Engineering,
Wakayama University †
CREST (Japan Science and Technology Corporation) ‡

Abstract This paper proposes a system that constructs the virtual space in order to see an environmental change on the real time. In this system, locating omni directional vision sensors in the environment, and selecting the omni-directional vision sensor based on the position and the direction of user's view. However direction of image that is took by the omni directional vision sensor is limited to the radiation direction of the omni directional vision sensor. Therefore we can't exhibit the image by the position of user and the direction of user's view. Then the image of direction of user's view and the position of user is generated by affine transform using the simple environment model. This generated image exhibits to user.

1. はじめに

空間モデリングは、実世界に近い仮想空間を構築するために、必要不可欠な要素技術である。従来の方法では、3次元幾何モデルを作る方法と2次元画像をつなぎ合わせてこれらを円筒や直方体に貼り付けておき、これの部分表示で臨場感を生成する方法がある。前者は、3次元幾何モデルの算出に多くの労力を要している。そのために、システムの制作時間が長期にわたる[1]。また、後者では、人間が感じるリアリティは、視

覚情報から得られることがほとんどであることを考える。近年、高解像度化が進むデジタル画像により、十分な情報を人間に与えることができる。このことに着目し、これまでに、全方位視覚センサにより撮影された全方位画像を元にした仮想空間の構築が行われている[1]。

石黒らの研究[2]において、空間モデリングにより生成された、仮想空間は、全方位視覚センサ[3]により撮影された静的な画像のみ構成されており、その仮想空

間の探索システムである Walkthrough システムは、連続的な静止画像を提示するものである。その空間的な広がり、全方位画像の撮影点間のみには制限されており、空間的な広がりを得ることはできない。そこで、提案するシステムでは、全高約 20[cm]の全方位視覚センサ(Figure1)により、動的な映像を取得する。そこで、任意の視線による映像を取得することで、任意の視線での空間的な広がりを得ることができる。また、簡易な環境モデルを導入することで、よりリアリティのある映像を提供することができ、本論文では、その方法についても述べる。また仮想空間内を探索するシステムとして、提案するシステムを構築する。



Figure 1 全方位視覚センサ

2 章では、本システムを中心部分である、全方位視覚センサ選択手法について述べる。3 章において、実際のユーザの視線方向における映像と、復元された仮想空間内のシステムの映像を比較言及し、4 章にて結論とする。

2. Real-time Walkthrough システム

2.1 概要

Figure2 を用いて、今回開発したRealtime Walkthroughシステムの概要について説明する。Figure2(a)のように、環境内に設置された複数台の全方位視覚センサの位置情報と、環境内に存在する静止物体を構成する面の垂直な境界線位置情報を環境モデルとして作成しておく。本システムでは、実時間モニタリングによる仮想空間の構築の第一段階として、この環境モデルは単純な構造で



(a)環境内に設置された全方位視覚センサイメージ図



(b)仮想空間内イメージ図

Figure2 概要図

ある4面の外壁のみとしている。Figure2(a)では、複数台の全方位視覚センサから、周囲環境の映像情報を実時間で獲得している。Figure2(b)では、仮想空間上でのユーザの位置及び視線方向を、計算機上で常に捉えている。ユーザの位置及び視線方向から、仮想画面を生成するにあたり最適な全方位視覚センサの選択手法は、我々が提案する環境モデルに基づく手法を採用する。これは、ユーザの視野領域と各全方位視覚センサによって獲得できる撮影領域との重合領域を比較し、最も重合度の高いセンサを選択する手法である。次に、ユーザが実世界で見得る映像に近い仮想画面を生成するために、選択された全方位視覚センサから獲得された映像を環境モデルに基づき、幾何学変換処理を施す。本システムでは、外壁と

して取り入れられた環境モデルに、映像をマッピングすることである。Figure3 に、本システムの処理の流れを示し、全方位カメラの選択手法及び仮想画面生成手法については、次節以降に詳しく述べる。

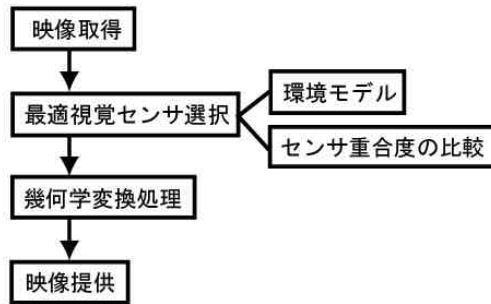


Figure3 処理の概要

2.2 全方位視覚センサの選択手法

全方位視覚センサの選択手法は、ユーザの視界領域と環境モデルに基づいて全方位視覚センサにより獲得できる映像情報の領域との重合度を求め、各センサにおける重合度の比較により選択する。この手法は、複数の環境モデルを取り入れた場合でも、ユーザの視界領域を環境モデルに応じて細分化することにより対応可能である。

今回用いる環境モデルは、4面の外壁で構成される部屋を対象にし、幅 W 、奥行き D の大きさを持っている。構成面の境界位置、即ち部屋の四隅をそれぞれ Q_1 、 Q_2 、 Q_3 、 Q_4 で表し、 Q_1 をグローバル座標系の原点とする。Figure4 に示すように、左下隅を原点とし、時計周りに各隅を配置する。また、ユーザを P_0 、部屋内に点在する N 個の全方位視覚センサを P_1 、 P_2 、 \dots 、 P_N として表す。ユーザの視線方向は、グローバル座標系の x 軸を基準として反時計回りを正とする値である。また、ユーザの視野角 (>0) は、[rad]以下の値を持つ定数とする。ユーザの視野と環境モデルとの交点をそれぞれ L 、 R とし、直線 P_0L 、 P_0R は、

$$P_0L: \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\mathbf{q} + \mathbf{f}/2) \\ \sin(\mathbf{q} + \mathbf{f}/2) \end{bmatrix} t + \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$P_0R: \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\mathbf{q} - \mathbf{f}/2) \\ \sin(\mathbf{q} - \mathbf{f}/2) \end{bmatrix} t' + \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

として、求められる。ただし、 t 、 t' は媒介変数とし、ユーザ P の座標位置を (x_0, y_0) とする。

式(1)、(2)及び環境モデルから、交点 L 、 R の座標は容易に計算できる。次に、ユーザの視界内にある映像情報を数値化するために、 P_0LR の面積を算出する。

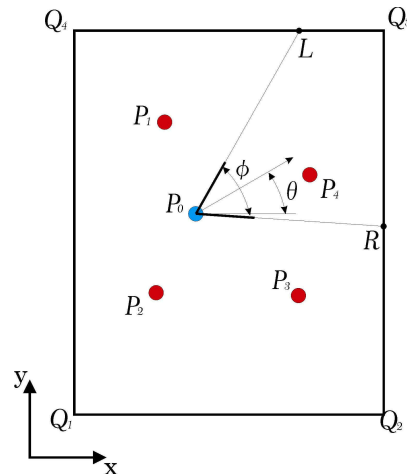


Figure 4 センサ選択手法図

ここで、視界内に部屋の角が存在する場合について考える。 Q_iLR または四角形 $Q_iQ_{i+1}LR$ ($i+1=5$ の場合、 $i=1$ とする)における領域は、各センサにおいて撮影が可能となる領域であるため、重合度を求める際には考慮しない。 P_0LR の面積 S_0 は、

$$S_0 = \sqrt{s(s - \overline{P_0L})(s - \overline{P_0R})(s - \overline{LR})}$$

$$s = \overline{P_0L} + \overline{P_0R} + \overline{LR}$$

で求められる。また、 P_0LR とセンサ P_i との内外判定を行うために、 P_0LR 、 P_0RL を、

$$\angle P_0LR = \sin^{-1}(2S_0 / (\overline{P_0L} \cdot \overline{LR})) \quad (3)$$

$$\angle P_0RL = 2\mathbf{p} - \mathbf{f} - \angle P_0LR \quad (4)$$

により、算出する。各センサ P_i と交点 L 、 R で構成される三角形の内角 P_iLR 、 P_iRL について、式(3)と同様の式展開により求める。これらの内角の大小関係により、

センサ P_i と P_0LR との内外判定を行う。表 1 に、内外判定に基づいた、 P_0LR と P_iLR の重合する領域 (面積 S_i) と優先順位を示す。

表 1 重合する領域と優先順位 (括弧内数字)

	P_iLR	P_0LR	$P_iLR > P_0LR$
$P_iRL < P_0RL$	P_iLR	(1)	C_iLR (2)
$P_iRL > P_0RL$	C_iLR	(2)	P_0LR (3)

C_i (C_i') は、直線 P_iR (P_iL) と直線 P_0L (P_0R) との交点とする。

表 1 に示した優先順位は、ユーザに不可視な領域を最小化する規則に基づいて、順序付けられている。そこで、同じ優先順位を持つセンサ同士では、重合度 U_i ,

$$U_i = |1 - S_i / S_0|$$

を最小とするセンサ P_i を、仮想画面を生成するために最適なセンサとして選択する。

2.3 幾何学変換手法

ユーザが実際に見る映像に近い映像を提供するために、上記のような手法によって、最適なセンサを選択することを提案した。しかし、これだけでは、ユーザが実際に見ている映像に近い映像を提供することが難しい。ユーザとセンサの位置関係が Figure 5 の場合、そのときそれぞれの映像は、Figure 6(a), (b) のようになっている。この時ユーザの見ている映像 (Figure 6(b)) と、その時に選択された全方位視覚センサからの映像 (Figure 6(a)) とでは、明らかに異なっている。

そこで、上記の手法で選択された最適な全方位視覚センサからの映像に幾何学変換処理を加えることで、目的とする映像を取得する。ここであげる幾何学変換は、一般にアフィン変換と呼ばれる幾何学変換処理のことである。このアフィン変換処理を施すことで、映像に回転、平行移動、拡大縮小などのさまざまな変化をつけることができる [4]。本システムのアフィン変換は、最適なセンサを選択する際に求められているユーザと環境との交点 L , R との距離を求め、その距離

と環境モデルの高さ、床からユーザまでの高さをパラメータとし、距離に応じた環境の壁の高さ、環境の床からの高さを計算することで、変換量を決定し幾何変換させる。そうすることで、Figure 7 のような幾何変換映像を得ることができる。

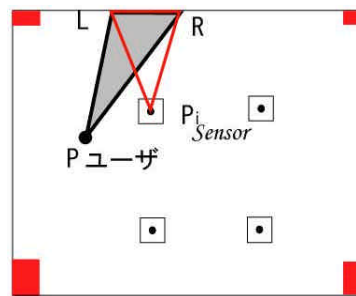
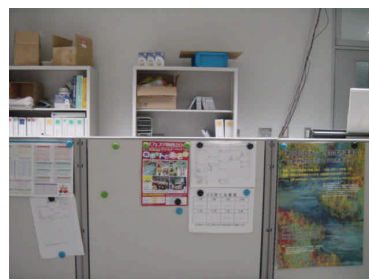
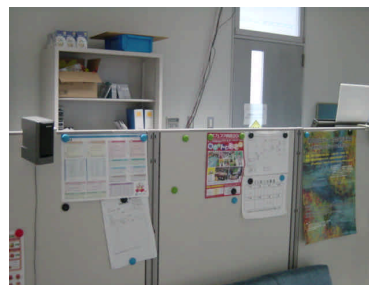


Figure 5 ユーザとセンサの位置関係

また、幾何変換処理を施す場合でも、環境内の角を含んだ場合と含まない場合とではユーザに提供する映像も異なってくる。そのために、環境内の角を含んでいる場合の判断は、先に述べた最適なセンサを選択する条件式によって、判定する。その結果、同様の過程で、幾何変換を用いることで、環境内の角を含んだ場合も仮想空間内で、環境の角があるように見せることができる。



(a) センサからの映像



(b) ユーザからの映像

Figure 6 位置による見え方の違い



(a)アフィン変換前の映像



(b)アフィン変換後の映像

Figure 7 アフィン変換処理

3 構築したシステムの評価

次に本システムの実験環境は、Figure8 に示すような四角の台の上にマイクスタンドを立て、その上に全方位視覚センサを取り付けた。

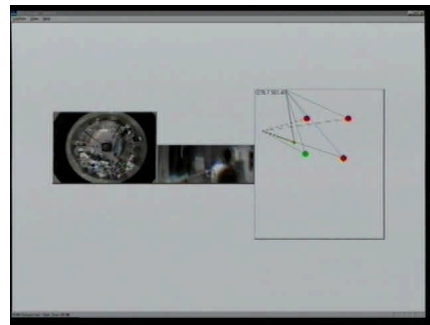


Figure 8 環境内に設置したセンサ

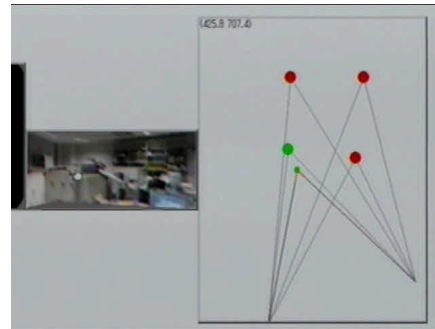
また、オートフォーカスでは、取得映像の焦点が合っていないために、手でフォーカスを切り替えられるように、フォーカスをあわせるためのスイッチを備え付けている。構築したシステムを以下の

Figure9(a)(b) に示す。表示部分として、実時間での全方位視覚センサからの映像を左のウィンドウに、透視変換映像を中央に描画し、右には環境内の略図と、全方位視覚センサの設置位置と、ユーザの現在地を示した。

また中央の透視変換映像内で、映像の右側をクリックすることで、右方向に回転し、同様にして左側をクリックすると、左回転をし、また中央で、クリックすることで、前進または停止するという簡単なマウス操作機能も備えている。



(a)全体図



(b)拡大図

Figure 9 仮想空間構築システム

また次に実際にユーザのしている実映像(Figure10)と、システムによる復元された映像(Figure11)を示す。



Figure10 実映像



Figure11 復元映像

Figure12はこの**Figure10**、**Figure11**の映像を撮影したときのセンサとユーザの位置関係を示す。このとき**Figure10**はユーザが実際に見ている映像をデジタルカメラによって撮影した映像である。**Figure11**は本システムの手法で環境モデルを用い、それによって幾何変換された映像である。この二つの映像を比べると、解像度の差が大きく見られるが、ほとんど差が見られないことがわかる。

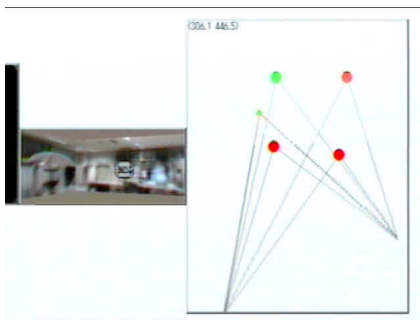


Figure12 ユーザとセンサの位置関係図

4. 終わりに

複数全方位視覚センサによる仮想空間の構築システムについて述べた。また、ユーザの取得する映像と、その時選択された最適なセンサからの映像とでは違いがあるということを述べた。さらに、この問題を解決するために、最適な全方位視覚センサからの映像に対し、アフィン変換を用いることで、この問題を解決する手法を述べた。今後はさらに全方位視覚センサ数を増やすことで、より広い環境内での動作を確かめる。

Reference

[1]池内 克史, “画像に夜実物体のモデルの作成”, 日本ロボット学会, pp.33-38, Vol.16, No.6, 1998

[2]戴 桂明, 小泉 智史, 石黒 浩, “Town Digitizingにおける Walkthrough システム”, 第7回画像センシングシンポジウム, pp201-204

[3]石黒 浩, “小型全方位視覚センサとその応用”, M&E, 工業調査会, pp433-439, 1998

[4]伊藤 健, 坂根 茂幸, “アフィン変換テンプレート郡の動的繊維に基づくビジュアルトラッキング”, 日本ロボット学会, pp100-108, Vol.19, No.1, 2001