全周囲画像から任意視線に対応する透視投影画像の生成

佐藤哲哉
大分県・工業技術院研究交流センター

Perspective Image Generation from Omnidirectional Images

Tetsuya SATO
Oita-Aist Joint Research Center

要旨

全周囲画像は、監視装置、ロボットや自立走行車等に搭載する視覚装置、マルチメディア情報機器等として今後広範な活用が想定される．このような想定の１つとして遠隔地の周囲の任意方向の画像を視線に追随して常に視覚上違和感のない透視投影画像としてディスプレイやHMDに実時間で表示するテレプレゼンスへの応用がある． 本報告では、既に報告しその有用性を示したカメラの回転を伴わない小型で堅固な構造の２台のカメラと２つの反射ミラーを用いた全周囲カメラを用いて、全周囲画像から任意視線に対応する透視投影画像の生成について述べる．全周囲画像を円筒投影座標系で表現しておくことで簡単な変換式により周囲の任意視線を中心とする透視投影画像に容易に変換することができることを示す．

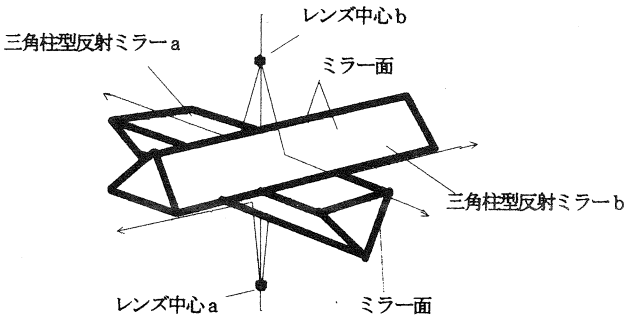
1. はじめに

全周囲画像は，異常の発見や作業現場の安全確保のための監視装置，ロボットや自立走行車等に搭載する視覚装置，マルチメディア情報機器等として広範な活用が想定されている．近年，遠隔地の映像を居ながらにして臨場感に富む映像として体験できるテレプレゼンス技術が注目されている[1]．体験者の視線の移動に対応した画像を実時間でディスプレイやHMDに表示することにより体験者は，あたかも遠隔地にいると同等の実感を得ることができる．このような体験者の視線移動に伴う映像を取得するためにカメラを回転することも考えられるが、追随遅延が生じ，また，急速な視線移動にカメラ回転が追随できない等体験者に違和感を与える．このため，遠隔地の映像は，全周囲画像として常時実時間で取得する必要がある．体験者の視線移動に応じ対応する画像を切り出し，ディスプレイやHMDに視覚上違和感のない透視投影画像として表示する必要がある．

全周囲画像を取得するカメラは、実用上、従来のカメラがもつと同様な①全周囲画像の実時間表示②低画像歪③高解像度④小型⑤堅固といった要件をもつことが望まれる．既に比較的遠方領域の画像を対象とする小型で堅固な構造の２台のカメラと２つの反射ミラーを用いた全周囲カメラについて報告しその有用性を示した[2]．本報告では、この全周囲カメラを用いて，全周囲画像から体験者の任意視線に対応する画像の切り出しと透視投影画像への変換，表示について述べる．

2. 全周囲カメラの原理

基本原理は上下に配置された２台のカメラと互いに直角に配置された２つの三角柱型反射ミラーにより成る．（Fig１）各々のカメラには水平画角が９０度以上の広角レンズが装着されている．レンズ中心ａに対するその反射像はミラー面の境界を中心として，互いに反対方向の２方向の情報を持つ．同様に，レンズ中心ｂに対する三角柱型反射ミラーｂの反射像は，互いに反対方向の２方向の情報を持つ．このことから，２つの三角柱型反射ミラーによる反射像は全周（４方向）の画像情報を含んでいる．全周囲画像は，これら４方向の画像を用いて生成される．



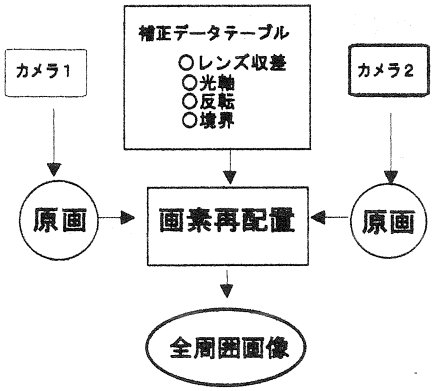
Ｆｉｇ１．基本構成図

3. 全周囲カメラ画像の特徴

全周囲カメラの２台のカメラから得られる原画像は下記要因の影響により大きな（画像）歪みが生じている．

- 広角レンズ：広角レンズによる画像歪みの要因は主にレンズの歪曲収差にある．
- カメラ光軸の傾き：全周囲カメラの構造上カメラ光軸が傾く．その結果得られる画像は斜視画像となる．
- 反射ミラーによる像の反転：実環境をミラーを介して撮像する．撮像画像は像が反転する．
- 撮像領域の重複：広角レンズで撮像された４方向画像には相互に重複領域がある．

このように得られた４方向の画像に対して画像歪み、反転、画像間の境界処理等の処理を施し水平画角９０度の４枚の透視投



Ｆｉｇ２．全周囲画像の生成

影画像の連結からなる全周囲画像を生成する[3)~5)]．全周囲画像の生成手順をFig2.に示す．

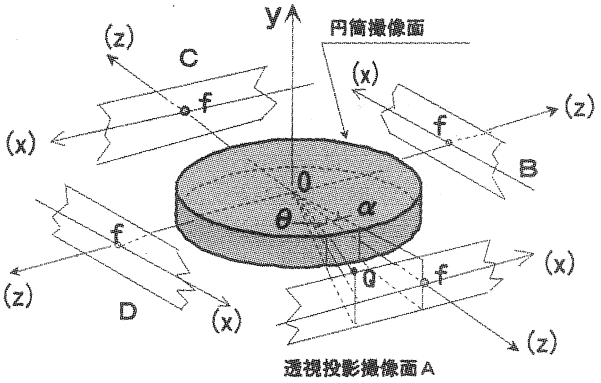
4. 座標変換

4.1 円筒投影座標変換

３項で生成された全周囲画像は固定された４つの視点による広角（水平画角９０度）の透視投影画像からなる画像連結で構成されている．このため，画像間の連結境界付近で視点の相違からくる視覚的な不連続性に関する問題が生じる．この問題を回避するため、式(1)，(2)により等価的に３６０度の水平画角をもつ円筒投影座標系での画像表現に変換する[6)]．この関係をFig3.に示す．ここで、Qは，透視投影画像上の任意の画素点とし，ｘ，ｙをQの画素位置とする．この時，x_0，y_0はQに対応する規格化された円筒投影座標系での画素位置である．

$$x_0 = f \cdot \frac{4}{\pi} \cdot \theta = \frac{4}{\pi} \cdot f \cdot \tan^{-1}\left(\frac{x}{y}\right) \qquad (1)$$

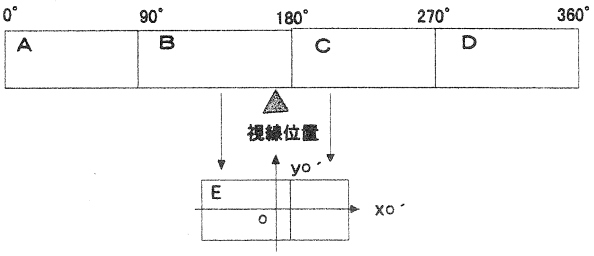
$$y_0 = f \cdot \tan\alpha = f \cdot \frac{y}{\sqrt{f^2+x^2}} \qquad (2)$$



Ｆｉｇ３．座標変換

4.2 視線検出と透視投影画像への逆変換

視線の検出は，首の回転角度を基準とする．本稿では，視線検出については述べない．視線が検出されたとして議論する．円筒座標系で表現された周囲３６０度の全周囲画像と首の回転角度に相当する視線位置から視線に対応する画像の切り出しと，表示上違和感のない透視投影画像への変換について検討する．円筒投影座標系全周囲画像と視線位置の関係をFig4.に示す．視線位置（首の回転角度）に相当する全周囲画像上の位置を基準として視線対応画像Ｅの切り出しを行う．その画像上の画素位置を視線位置を０としてx'_0，y'_0で表す．次に，式(3)，(4)により透視投影画像に変換する．尚，式(3)，(4)は式(1)，(2)の逆変換により求めることができる．（x'，y'）は円筒投影座標系画像上の（x'_0，y'_0）に対応する透視投影画像上の画素位置である．

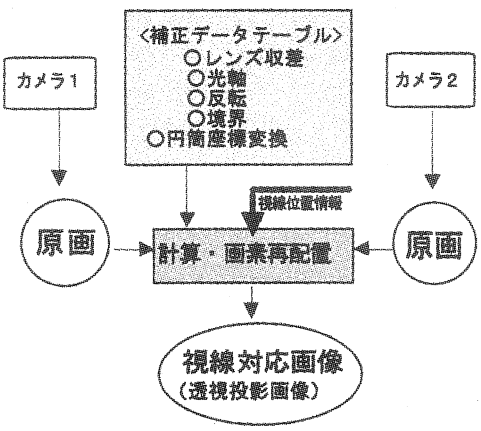


Ｆｉｇ４．円筒投影座標系全周囲画像と視線位置

$$x = f \cdot \tan\left(\frac{\pi}{4} \cdot \frac{x_0'}{y}\right) \qquad (3)$$

$$y = \frac{\sqrt{f^2 + x_0'^2}}{f} \cdot y_0' \qquad (4)$$

視線に対応する透視投影画像への変換手順をFig5.に示す．ここで，円筒投影座標系への変換は，他の画像補正パラメータと同様にあらかじめ補正データテーブルにおいてオフタイムに計算しておくことができる．視線位置情報の入力に対して画像切り出しと透視投影画像変換計算をオンタイムに実施し画素の再配置処理によりディスプレイまたは，HMDに表示する．



Ｆｉｇ５．視線に対応する透視投影画像への変換

5. 変換された画像

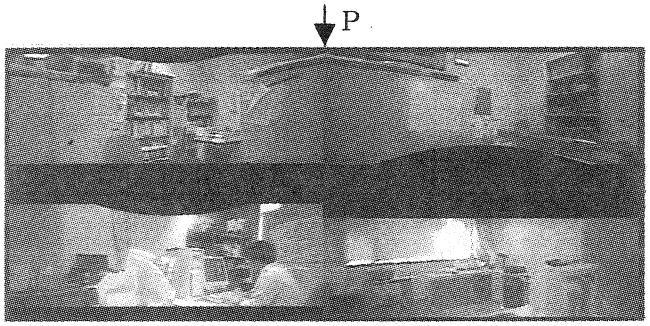
Fig6.に３項による４枚の透視投影画像の連結による全周囲画像を示す．Fig7.にFig6.の円筒投影画像の連結による全周囲画像を示す．ここでは，全周囲画像をパノラマ表現とせず，便宜的に２段表示としている．このような画像に対してFig6.の画像連結部Ｐに視線位置がある場合を考える．Ｐ近傍ではFig6.の場合には画像間の視点の相違により実環境の直線の不連続性，また，Fig7.の場合には実環境の直線が曲線となる等の視覚的な違和感が観測される．尚，Ｐを含む領域は，直線的に配置された実験棚となっている．視線位置Ｐを中心として切り出された画像をFig8.に示す．Fig8.を透視投影画像に変換した画像をFig9.に示す．違和感のない実環境の透視投影画像となっている．

6. まとめ

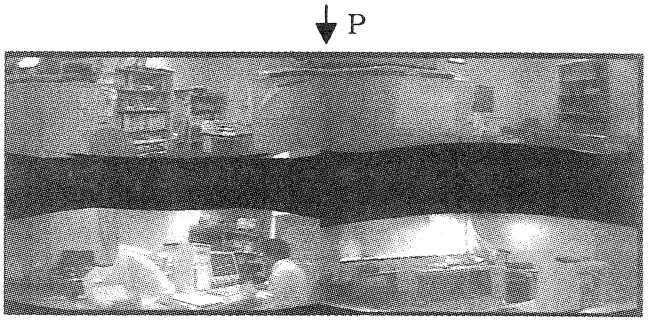
４枚の透視投影画像からなる全周囲画像を円筒座標系で表現しておくことで簡単な変換式により周囲の任意視線を中心とする透視投影画像に容易に変換することができることを示した．円筒投影座標への変換は，他の画像補正パラメータと同様にあらかじめ補正データテーブルにおいてオフタイムに計算しておくことができる．視線位置情報の入力に対して画像切り出しと透視投影画像変換計算をオンタイムに実施し画素の再配置処理を行いディスプレイまたは，HMDに表示する．これら処理は，基本的には，定型的な画素の並び替え処理であり，高速処理が可能である．今後，実時間処理・表示に向けた取り組みを行う．

〈参考文献〉

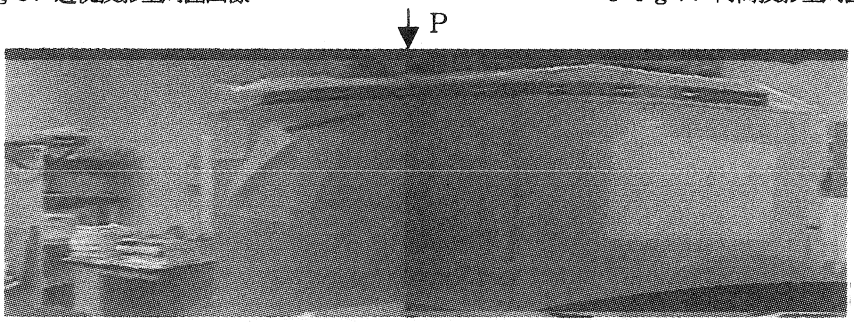
1）山澤他：信学誌.VoLJ81-D-Ⅱ.NO.5 pp.880-887.
2）佐藤，信学９８全大,D-11-149.
3）佐藤，信学９８ソサイアティ大,D-11-93.
4）佐藤，大分県産業科学技術センター平成９年度研究報告
5）佐藤，大分県産業科学技術センター平成１０年度研究報告
6）佐藤，信学９９全大,D-11-110.



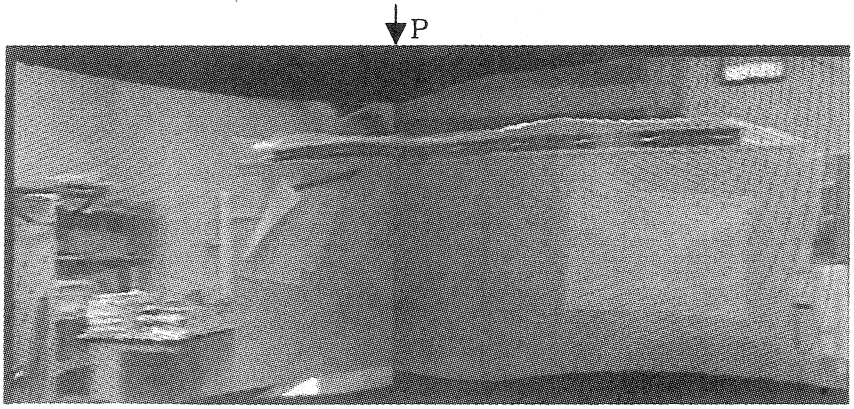
Ｆｉｇ６．透視投影全周囲画像



Ｆｉｇ７．円筒投影全周囲画像



Ｆｉｇ８．Ｐを中心とする円筒投影画像



Ｆｉｇ９．透視投影画像への逆変換