

A2-8 MOVIS を用いた背景差分画像による環境監視システム

福井大学 工学部 知能システム工学科 進化ロボット研究室

三上 隆規 (指導教員：前田 陽一郎)

1 緒言

近年、カメラによる遠隔地の監視に対する要求が高まっている。遠隔監視システムにおいて観察者の負担軽減とセキュリティ確保のために、常に広範囲を監視する、注目すべき対象を実時間で検出・追跡し位置を計測する、さらに対象の行動を追跡・分析し異常状態を検出するといった機能が要求される。しかし映像取得において一般的なカメラは観測視野が狭く、環境全体を常に監視することは困難である。このような問題の解決方法として可動カメラを使用しカメラを回転させる手法 [1] や複数のカメラを使用する手法 [2] が考えられている。

しかし、カメラを回転させる手法では一つの物体の位置は知ることはできても、環境全体を一度に監視することは不可能であり死角も存在する。一方、複数のカメラを使用する手法では環境全体を常に監視することはできるようになるが、各々の観測視野は狭いままであり注目対象を追跡するには複数のカメラの画像を切り替えながら追跡する必要がある。また、三角測量により対象物体までの距離を計測するには複数のカメラで同時に注目対象を捉える必要があり、全周にわたる場合、更に多くのカメラが必要となる。

以上のような問題の解決策として、通常のカメラではなく、カメラの周囲 360° の画像が一度に取得できる全方位画像センサを用いた立体視 (ステレオ視) が有効である。本研究室では 3 台の全方位カメラを水平正三角形に配置したマルチ全方位ビジョンシステム (MOVIS) を提案しており、本研究ではこのシステムを環境監視に応用した環境監視用 MOVIS を提案する。

2 環境監視用 MOVIS

ここでは本研究室で提案しているマルチ全方位ビジョンシステム (MOVIS) [3] の原理、及び監視システム用に改良した MOVIS の概要、処理手順について説明する。

2.1 全方位ビジョンについて

全方位ビジョンは鉛直下向きの球面や円錐、双曲面のミラーと鉛直上向きのカメラを用いて構成され、周囲 360 度の環境情報を一度に得ることが可能な視覚センサである。本研究では双曲面ミラーによる全方位ビジョンを用いている。全方位ビジョンの概念図を図 1 に示す。

本研究で用いるカメラには 2 葉双曲面ミラーが用いられ、この時 $c = \sqrt{a^2 + b^2}$ より 2 つの焦点 $(0, 0, +c)$ 、 $(0, 0, -c)$ を持つ。図 1 において空間内の任意の点 $P(X, Y, Z)$ に対する画像上での写像点を $p(x, y)$ としたとき、点 P の方位角 θ は $\tan \theta = Y/X = y/x$ のように表され、全方位の対象物体の方位角 θ を直接得ることが可能である。

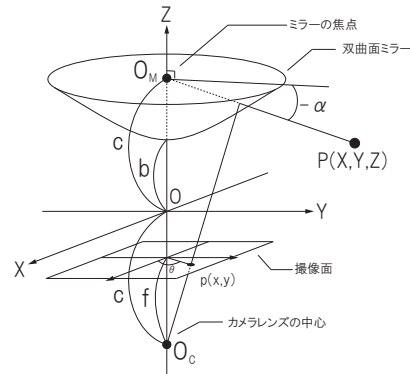


図 1: 全方位ビジョンの概念図

2.2 MOVIS の原理

図 2 に示すように同一性能を持つカメラ 3 台を水平正三角形に配置し、正三角形の重心より各頂点に延長した境界線により、カメラの画像取得範囲を 120 度ずつ 3 等分した領域に分割し、各領域を 2 台のカメラ対を用いて各カメラの相対角度のみによる三角測量により距離計測を行う。対象物を三角測量により求めるため、対象物の高さが未知の場合でも正確な距離計測が可能である。カメラが成す三角形の重心から各カメラまでの距離を L とすると、カメラ M_1 、 M_2 の中心座標は既知であるため、ロボット座標系における物体 A の位置 (x, y) は、(1), (2) 式で求められる。

$$x = \frac{\sqrt{3}}{2} L \cdot \frac{\tan(\theta_2 - \frac{5\pi}{6}) + \tan(\theta_1 - \frac{\pi}{6})}{\tan(\theta_2 - \frac{5\pi}{6}) - \tan(\theta_1 - \frac{\pi}{6})} \quad (1)$$

$$y = \frac{1}{2} L + \sqrt{3} L \cdot \frac{\tan(\theta_2 - \frac{5\pi}{6}) \cdot \tan(\theta_1 - \frac{\pi}{6})}{\tan(\theta_2 - \frac{5\pi}{6}) - \tan(\theta_1 - \frac{\pi}{6})} \quad (2)$$

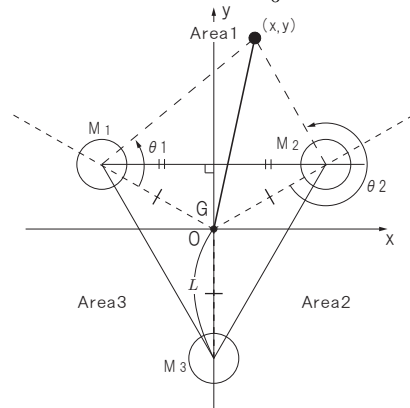


図 2: MOVIS による計測原理図

2.3 環境監視用 MOVIS の提案

基本的な H/W システム自体は従来の MOVIS と同じであるが、カメラの画像取得範囲や計測方法に大きな違いがある。従来の MOVIS では対象物の認識に色抽出を用いていたが、本手法では背景差分法を用いることにより対象物の色が未知の場合でも認識が可能で

ある。また従来の MOVIS ではカメラが成す三角形の内側を計測できないが、本手法では内側も計測することができる。MOVIS を監視システムとして用いた場合、広範囲を一度に監視する為に各カメラをある程度の距離だけ離す必要がある。この場合、必然的に正三角形に配置されたカメラの内側にも計測対象が存在する場合があります、三角形内を含めて全域を計測する必要があります。

具体的な計測方法は、図 3 に示すように、カメラ M_1, M_2 において M_1 を原点とした座標系を C_1 、カメラ M_2, M_3 において M_2 を原点とした座標系を C_2 、カメラ M_3, M_1 において M_3 を原点とした座標系を C_3 とし、各座標系ごとにカメラ 2 台でのステレオ視を行い対象の位置を計測し、その後各座標系で得られた距離情報を 3 台のカメラが成す三角形の重心を原点とした絶対座標系に変換し、得られた 3 つの距離情報から対象の位置を推定するというものである。対象物への 3 つの距離情報は以下の 3 組の式より求められる。

カメラ M_1, M_2 での座標系 C_1 において、 M_1 を原点として求めた座標を絶対座標系に変換すると対象物の位置は式 (3),(4) より求められる。

$$x'_1 = \sqrt{3}L \cdot \frac{\tan \theta'_2}{\tan \theta'_2 - \tan \theta_1} - \frac{\sqrt{3}}{2}L \quad (3)$$

$$y'_1 = \sqrt{3}L \cdot \frac{\tan \theta_1 \cdot \tan \theta_2}{\tan \theta'_2 - \tan \theta_1} - \frac{L}{2} \quad (4)$$

カメラ M_2, M_3 での座標系 C_2 において、 M_2 を原点として求めた座標を絶対座標系に変換すると対象物の位置は式 (5),(6) より求められる。

$$x'_2 = -\frac{\sqrt{3}}{2}L \cdot \frac{\tan \theta'_3 + \sqrt{3} \tan \theta_2 \cdot \tan \theta'_3}{\tan \theta'_3 - \tan \theta_2} + \frac{\sqrt{3}}{2}L \quad (5)$$

$$y'_2 = \frac{\sqrt{3}}{2}L \cdot \frac{\sqrt{3} \tan \theta'_3 - \tan \theta_2 \cdot \tan \theta'_3}{\tan \theta'_3 - \tan \theta_2} - \frac{L}{2} \quad (6)$$

カメラ M_3, M_1 での座標系 C_3 において、 M_3 を原点として求めた座標を絶対座標系に変換すると対象物の位置は式 (7),(8) より求められる。

$$x'_3 = -\frac{\sqrt{3}}{2}L \cdot \frac{\tan \theta'_1 + \sqrt{3} \tan \theta'_1 \cdot \tan \theta_3}{\tan \theta'_1 - \tan \theta_3} \quad (7)$$

$$y'_3 = -\frac{\sqrt{3}}{2}L \cdot \frac{\sqrt{3} \tan \theta'_1 + \tan \theta'_1 \cdot \tan \theta_3}{\tan \theta'_1 - \tan \theta_3} + L \quad (8)$$

以上の式により得られた距離情報 x'_1, x'_2, x'_3 においてそれぞれの値の差を求め、最も差の小さい 2 つの値の平均を取る。本研究ではこの値を最終的な出力とした。 y' においても同様の処理を行った。

3 実験

監視システム用 MOVIS の基本性能とその有効性を検証する為に、実験環境において計測実験を行った。監視環境として実験に用いた部屋は縦 7 m、横 6 m の長方形であり、注目すべき対象として人物が歩いている様子の位置計測実験をおこなった。全方位カメラの高さは日本人の平均身長である約 170cm よりも高い 175cm に固定し、カメラに監視対象が近づいても全身が映るようにした。また、3 台の全方位カメラは図 4(a) のように部屋の中心とカメラ 3 台が成す 3 角形の重心を一致させ、垂直方向に対して方向も一致するよう配置した。

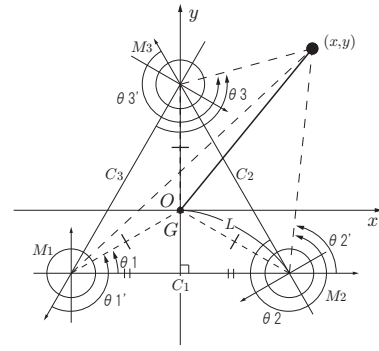


図 3: 監視システム用 MOVIS の原理

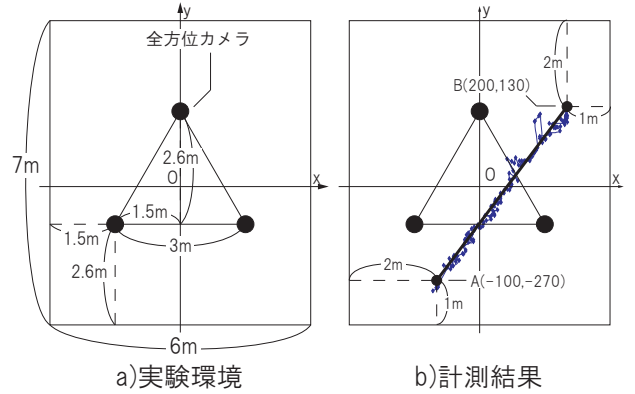


図 4: 計測実験

図 4(b) は、対象 (人間) が監視環境内の座標 $A(-100, -270)$ から座標 $B(200, 130)$ までを秒速約 1m で等速直線移動した場合の実験の計測結果である。

実験結果から分かるように、全周にわたり比較的精度良く対象の位置を求めることができた。しかしながら、カメラ M_2, M_3 のベースライン付近で一部精度が悪くなっている部分があり、最大で 50cm 近い誤差が出た。これは、カメラの設置の際に発生したカメラの傾きや回転などの誤差が原因ではないかと考えられる。

4 結言

本研究室ですでに提案されているマルチ全方位ビジョンシステムを監視システムに応用し、環境全体に対し対象物の位置計測が可能な環境監視用 MOVIS を提案した。検証実験により、環境全体に対し動的監視対象をリアルタイムに認識し、比較的精度のよい計測が可能であることを確認した。今後の課題としては、環境内に存在する複数の移動体の認識、また性能向上のための誤差補正手法の開発などが考えられる。

参考文献

- [1] 村瀬健太郎, 和田俊和, 松山隆司: “回転を伴うカメラによる移動物体の検出,” 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU'98), Vol.I, pp.425-430 (1998)
- [2] 中澤篤志, 日浦慎作, 加藤博一, 井口征士: “分散観測エージェントによる複数人物の追跡,” 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2000), Vol.I, pp.15-20 (2000)
- [3] 井戸大介, 前田陽一郎: “MOVIS による物体認識および動的自己位置同定手法,” 第 24 回日本ロボット学会学術講演会, CD-ROM, 1B22 (2006)