

オプティカルフローによる姿勢検出

3N-3

興梠 正克 水野 裕識 村岡 洋一

早稲田大学 理工学部

1. はじめに

移動ロボットが実環境中を動き回るためには、環境に対する自分自身の位置と姿勢(向き)を得ることが必要である。本研究では、視覚系によってこれらの情報を得ることを目的とする。

連続画像からのカメラの運動復元については、オプティカルフロー(以下ではフローと呼ぶ)を利用した手法がいくつか提案されてきた([1],[2])。しかしながらこれらの手法では、フロー計算のための計算量が大きいという問題と、その計算の誤差によって運動復元の結果が大きく乱されるという問題があった。

本研究では、フローの方向が与えられる状況でのカメラの運動復元について考える。この場合では、フロー方向に沿った1次元のフロー計算で済む。またその方向への画像勾配が十分大きくない場所で計算されるフローを棄却することによって、フロー計算全体の信頼性を向上させることができる。そのため、前述の従来研究の問題点を解決できることを示す。ここではその一例として、移動ロボットにおける姿勢(向き)の変化の検出の問題を取り上げる。

車輪によって床面を移動するロボット上に、カメラを天井に向けて設置することを考える。このロボットの方向転換がそのまま画像の回転となって現れるとする。この条件下では回転運動の中心が既知となり、画像中に現れるフローの方向を前もって知ることができる。ここで算出されたフローによってロボットの回転角度を正確に計測できることを実証する。

2. フロー計算による姿勢検出

2.1 方向が既知であるフローの計算

フローの方向が既知である場合は、その方向に沿った直線上の1次元画像について画像の移動を捉えればそのフローを求めることができる。図1(a)のように勾配が十分大きく一定である区間では、図1(b)に示す単純な計算によってフローを求めることができる。なお、ここでは精度を向上させるために、連続する3枚の画像間での中心差分を取るによって画像勾配を求めている。

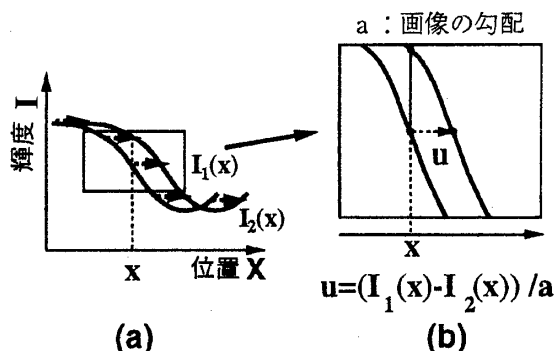


図1: 1次元の画像勾配からのフロー計算

一般的にフロー計算には、フローの方向に対して画像勾配があることが必要である。方向が与えられていない場合には、その方向への勾配の有無を事前に知るすべがないので、算出したフローの信頼性を評価することができなかつた。

フローの方向を与えることで、その方向への画像勾配を調べることによって、各点におけるフロー計算の正当性を評価できるようになる。すなわち、フロー方向への勾配の小さな場所でのフロー計算の結果を棄却することで、全体の信頼性を向上させることができる。

2.2 フローからの回転角度の算出

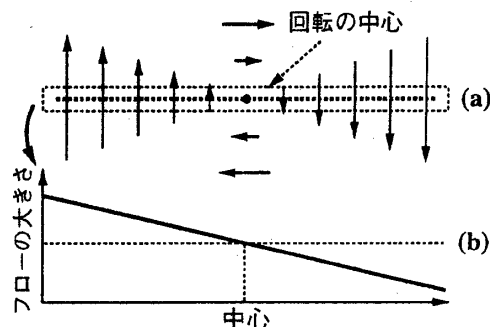


図2: 回転運動によって引き起こされるフロー

回転の中心の位置が分かっているならば、その回転運動によって生じるフローは図2(a)のようになる。すなわち、各点におけるフローの方向は、その点と回転の中心を結ぶ直線に直交する。したがって、前節に述べた方法によってこのフローの大きさを求めることができる。

フローの大きさは図2(b)のように、中心からの距離

に比例する。この比例定数は回転の大きさによって決まるので、この定数を求めることで回転角度を算出することができる。ここでは、回転の中心を通る直線に沿ってフローの大きさを計算していき、その結果を最小二乗法による比例直線への当てはめをおこなうことで、回転角度を算出する。これによって、各点におけるフロー計算の小さな誤差を取り除くことができる。

また、連続する3枚の画像をそれぞれ1回ずつ見ていくことによって前述の計算を達成することができるので、反復計算を行なうフロー計算に比べるとはるかに小さな計算コストでフローを求めることができる。

3. 実験とその結果

前章で述べた回転角度の計測の手法を、画像処理ボード+PCの上に実装した。ここでは、以下のようなセットアップで実験を行ない、その結果について考察する。

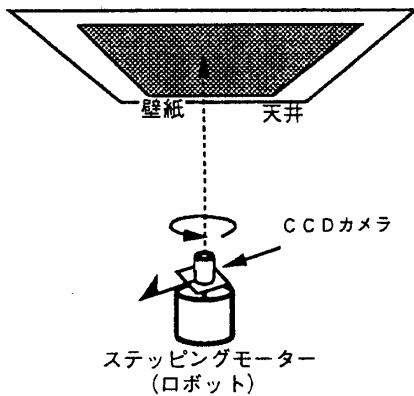


図3: 実験のセットアップ

3.1 実験のセットアップ

この実験では、図3に示すようにロボットを模擬したステッピングモーターの軸先に、天井を向くようにCCDカメラを取りつけた。そのモーターの回転に伴って得られる連続画像について、前に述べた手法によりその回転角度の推定を行なう。なお、カメラから得られる連続画像は画像処理ボードによって取り込まれ、PCによって処理される。また、天井には何種類かのテクスチャーを貼りつけて、それぞれの場合について検証を行なった。

3.2 実験の結果

図4のグラフには、モーターの実際の回転角度を点線で、その連続画像から得られた検出結果を実線であらわした。この実験結果として、回転角度の検出は5%以内の誤差で押えられることが分かった。時間の経過に伴う誤差の累積に関しては10分以内であれば前述の精度で現在の姿勢を検出し続けることができた。検出できる回転角度については実験で使用したステッピングモーターの最小回転単位である0.18度より小さいことを確認した。

3.3 実験結果の考察

この実験では、天井に特徴のあるテクスチャー(壁紙)が貼りつけてあっても、フロー計算を行なった点の60%以上には十分な画像勾配がなく、それらのデータは棄却されていることが分かった。これは、通常のフロー計算では、多くの信頼性の低いデータが排除されることがなく使われていることを示唆する。

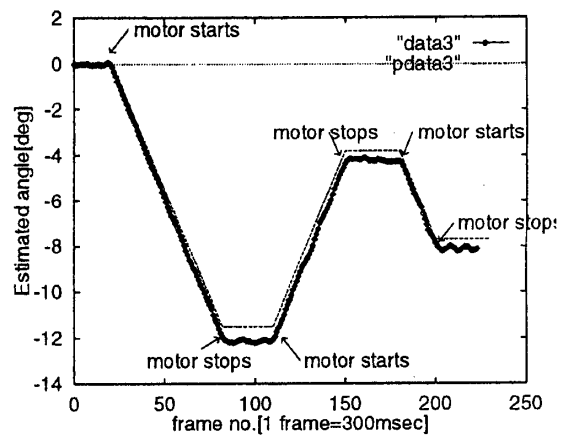


図4: 回転角度の検出結果

4. 結論と今後の課題

本論文では、フローの方向を与えることによって、姿勢検出のためのフロー計算が従来の手法に比べて小さなコストで実現できることを示した。また、フロー方向への画像勾配が小さい場所でのデータを排除することで、全体の信頼性を向上させることができることを示した。

本研究ではフローの方向が一意に定まるようにカメラの動きに制約をかけた。将来的には、ジャイロセンサーなどの利用によりカメラの運動の概算を計測して予測されるフローの方向を与えて、カメラの動きの制約を取り払うことを計画している。最終的には、これを他センサーと視覚系の協調計算という枠組の中で捉えられることを期待したい。

また、本手法の別の応用例として、携帯ビデオカメラにおいて撮影する画像が常に水平となるようにカメラに補正をかける機構の実現を考えている。

参考文献

- [1] D. Ballard and O. Kimball: Rigid Body Motion from Depth and Optical Flow, Computer Vision, Graphics and Image Processing, vol.21, No.1, pp.95-115, April, 1983.
- [2] K. Prazdny: On the Information in Optical Flows: Computer Vision, Graphics and Image Processing, 22:pp.239-259, 1983.