

自律移動ロボットにおける DFIT コンポーネント

芝浦工業大学 ○鷹栖堯大, 水川 真, 安藤吉伸

DFIT component for auto mobile robot

○Takahiro TAKASU, Makoto MIZUKAWA, Yoshinobu ANDO, Shibaura Institute of Technology

Abstract: DFIT (Dual Floor Image Tracking) is a dead reckoning component which acquires optical flows of ground images from two cameras. The robot which equipped with DFIT can measure its position and rotation without being affected by slip or drift. Noncontact feature of DFIT enables to add-on robots with arbitrary driving mechanism. This paper reports the design principle of DFIT and features of RT component with experimental evaluation.

1. はじめに

ロボットが屋外でサービスを行う場合、事前に決められた動きのみでなく、状況に応じた多彩な動きを要求される。多彩な動作が求められる環境内でロボットが自律して移動する際、自己の位置を検出することは重要な要素である。誤差の少ない自己位置推定を確立することで、自律ロボットの多様なサービスの実現が期待できる。

DFIT(Dual Floor Image Tracking)は、画像処理を用いた自己位置推定デバイスである。屋内試験において DFIT は、ロータリエンコーダとジャイロセンサを統合した自己位置推定よりも精度のよい自己位置推定を行えることが実証されている^[1]。また、DFIT は屋外においても自己位置推定が行えることが実証されている^[2]。

DFIT は既に RT コンポーネント化されている^[2]が、現状のコンポーネントでは Configuration の不足から特定の条件下以外での使用ができない。そのため、この問題を解決した再利用性の高いコンポーネントへの改良が求められる。

2. 目的

本稿の目的は、屋外環境における累積誤差の少ない自己位置推定システムを改良し、その再利用性を高めることである。これにより、多くのロボットが高精度な自己位置推定を基にした自律移動を実現し、サービス能力を向上させることができる。

3. DFIT と RT コンポーネント化

3.1. DFIT について

DFIT のシステム構成を Fig.1 に示す。DFIT では、ロボットの横に配置した 2 台のカメラ (SONY 製 XC-HR50) で路面画像を取得し、ロボット制御用 PC に搭載した画像処理ボード (日立製 IP7000BD) により画像の並進運動を測定する。これより 2 台のカメラの中心の平面運動を推測、初期位置からの相対的な自己位置を算出する。カメラ配置、算出手順を Fig.2 に示す。

この方式では、路面と非接触で測定を行うため、ドリフトや滑りの影響を受けずに自己位置推定ができる。

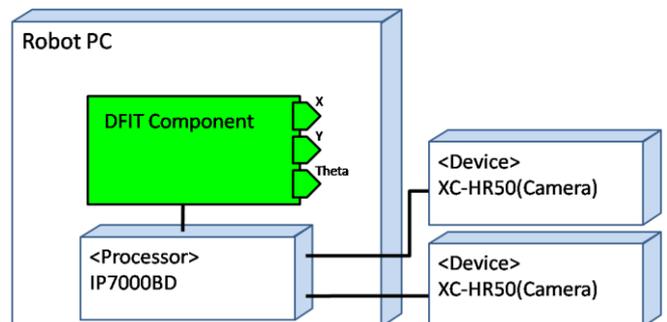


Fig.1 System configuration of DFIT

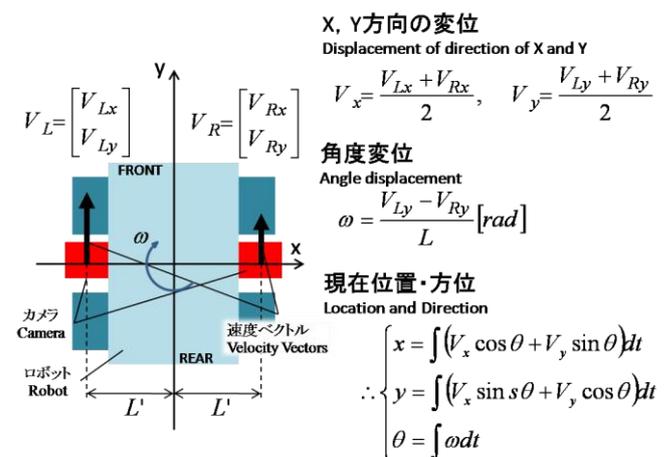


Fig.2 Outline of DFIT System

3.2. DFIT の屋外適用

(1) 影が差す環境下でのテンプレートマッチング

路面画像にロボットやカメラ自身の影が差す時、路面画像に対して影が動くため、照合に失敗する確率が高まる。

路面の一部に影が差すとき、路面画像の影の部分は画素値が低くなるが、画素値の変化の傾向(隣の画素値より高い, 低い)は変わらない。この性質を利用して、画素値が隣の画素値よりも大きければ 1, 小さければ 0 として路面画像を二値画像に変換 (増分符号相関^[3]) する。この二値画像を用いたテンプレートマッチングにより、影に対してロバストになる。

(2) 日光の入射による画素飽和

路面に日光が入射している場合、取り込んだ路面画像の画素が飽和する場合があります。画素が飽和すると路面画像の特徴が失われるため、テンプレートマッチングに失敗する可能性が高くなる。そこで、DFIT では路面画像の特徴が少ないとき、カメラのシャッタースピードを 8[ms]から 0.25[ms]まで変化させて特徴の有無を観測するようにした。これにより取り込む光量を調節し、日光の入射に対応している。

3.3. 屋外試験

増分符号相関を適用した DFIT の有効性を試すため、屋外での自己位置推定試験を行った。路面環境は白と灰色の石畳で、時刻は日差しが強く影が差しやすい正午に行った。実験ではロボットに DFIT を取り付け、屋外の石畳の路面を 5[m]程度直進し 180[deg]右旋回した後、元の位置に戻って再び 180[deg]右旋回させた。すなわち、開始位置と最終位置はほぼ同じ位置と姿勢になる。

推定移動軌跡、ロボットの最終位置・向き、最終推定位置・向きを Fig.3 に示す。最終推定位置、ロボットの最終位置とその誤差を Table.1 に示す。増分符号相関なしの場合は、ありの場合と比べて軌跡・終了位置共に大きく外れていることが分かる。

誤差は増分符号相関なしの場合、実際のロボットの位置との誤差が直線距離で約 2130[mm]、ありの場合で約 114[mm]となった。増分符号相関ありの場合の誤差はロボットの大きさ(全長 980[mm], 幅 690[mm])の 10%程度であるため、ナビゲーションには十分な精度を得られたといえる。

3.4. RT コンポーネント化の再利用性向上

RT コンポーネント化した DFIT の概要を Fig.4 に、その出力ポートの詳細を Table.2 に示す。出力ポートは、推定位置と方位である。

Configuration のパラメータを Table.3 に示す。設定パラメータは推定軌跡のログファイル名、2カメラ間の距離、1ピクセルあたりの距離である。2カメラ間の距離のパラメータを追加したことで、ロボットの大きさに合わせた設定が可能となった。また、1ピクセルあたりの距離のパラメータを追加したことで、ロボットの速度やカメラの高さに合わせた柔軟な設定が可能となった。

4. まとめ

本稿では、誤差の少ない自己位置推定デバイスとしての DFIT の概要、屋外適用の処理内容、そして動作試験を行い、DFIT の有効性を述べた。

また、DFIT の RT コンポーネントの再利用性の向上として、Configuration の追加とその役割について述べた。

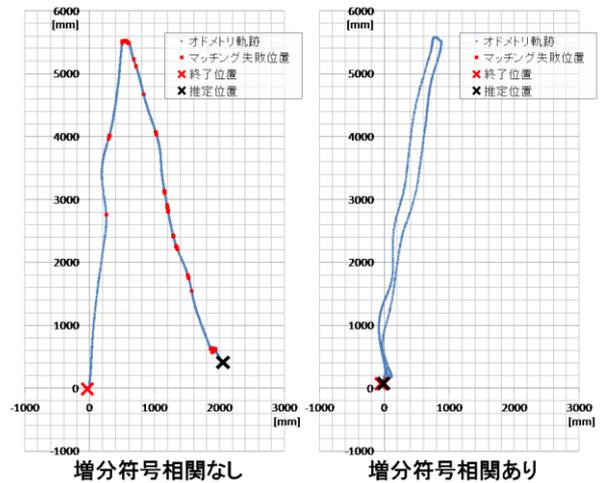


Fig.3 Excursion of outdoor examination

Table.1 Result of outdoor examination

	増分符号相関なし			増分符号相関あり		
	x[mm]	y[mm]	Angle[deg]	x[mm]	y[mm]	Angle[deg]
推定位置	2053.2	409.5	323.3	71.2	6.2	356.9
終了位置	-34.5	-16.0	360.6	-47.0	69.0	359.5
誤差	2087.7	425.5	37.3	118.2	62.8	2.6

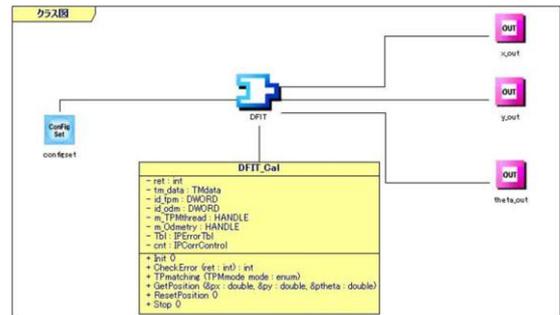


Fig.4 System configuration of DFIT component

Table.2 Out port

ポート名	データ型	説明	備考
x_out	TimedDouble	X軸の座標を出力	単位: [mm]
y_out	TimedDouble	Y軸の座標を出力	単位: [mm]
theta_out	TimedDouble	機体の角度を出力	単位: [degree]

Table.3 Configuration

名称	データ型	説明
m_FileName	String	ログデータの生成ファイル名
m_CAMERA_DIS	double	2カメラ間の距離: [mm]
m_MPPR	double	右カメラに映る1ピクセルあたりの距離: [mm/pix]
m_MPPL	double	左カメラに映る1ピクセルあたりの距離: [mm/pix]

5. 参考文献

[1]鶴岡康宏, 水川真, 安藤吉伸: 2カメラからの路面画像を用いた移動ロボットのデッドレコニング(2007年度精密工学会 春季大会予稿集)
 [2]田原敏策, 水川真, 安藤吉伸: DFIT方式の提案とRTコンポーネント化(ロボティクス・メカトロニクス講演会'08)
 [3]村瀬一郎, 金子俊一, 五十嵐悟: 増分符号相関法による画像照合, 精密学会誌 Vol.66, No.2 p.261-265(2000)