

時系列航空画像を用いた走行車両の抽出

寺井 佑[†] 本間 正勝^{††} 曾我 基^{†††} 佐治 斉[†]

本論文では、道路交通情報の解析を目的として、航空機から撮影された時系列航空画像上で、自動車などの移動物体を抽出し追跡する方法を提案する。時系列航空画像は上空を飛行する航空機から撮影されるため、連続する画像間で拡大縮小・回転など様々な変化が生じる。本研究では、投票処理によるテンプレートマッチング手法と射影変換を用いることで、連続する画像間の位置合わせを自動的に行う。走行車両の抽出は連続する3枚の画像を用いる。まず、位置合わせされた2枚の連続する画像間で差分処理を行い、差分画像間で論理演算を行うことにより走行車両を抽出する。その後、抽出された移動物体領域をもとにテンプレートを作成し、大きさと角度を変化させるマッチング処理により追跡を行う。

Extraction of the Running Vehicles from the Time Sequence of Aerial Images

Tasuku Terai[†], Masakatsu Honma^{††}, Motoi Soga^{†††}, Hitoshi Saji[†]

In this paper, for analysis of road traffic information, we propose the method of extracting the moving objects, such as cars, from time sequential images taken from the airplane. The time sequence of aerial images are taken by the camera moving on the air, and hence, the sequential images are varied each other, such as magnification, reduction and rotation. In this study, we matching automatic to position of time sequential images, using the method of template matching using vote processing and the perspective transformation. For extracting moving objects, we use three sequential images. First, we compute difference from two sequential image sets of matching points, and then, we extract the moving objects by the logical operation on the differences. Second, we make template from extracted moving objects, and then, tracking objects used matching operation of changing size and angle.

[†] 静岡大学大学院 情報学研究科 〒432-8011 静岡県 浜松市 城北 3-5-1

Graduate School of Information, Shizuoka University, Johoku 3-5-1 Hamamatu-shi, 432-8011 Japan

^{††} 警察庁科学警察研究所交通部交通規制研究室 〒277-0882 千葉県 柏市

Traffic Control Section, Traffic Department, National Research Institute of Police Science, Kashiwa-shi, 277-0882 Japan

^{†††} 静岡大学大学院 理工学研究科 〒432-8561 静岡県 浜松市 城北 3-5-1

Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University, Johoku 3-5-1 Hamamatu-shi, 432-8011 Japan

1 はじめに

道路交通状況の把握は、実社会において重要である。例えば災害時、特に地震のような大規模な自然災害時には、被害の縮小のためいち早く被害状況を把握し、被害経路や緊急車両の進入経路の確立などが要求される。また平常時においても、高速道路などの主要道路における渋滞状況は、帰省ラッシュ時などにおいて多くの人に利用される情報である。これらの情報は、地上に置かれた感知器や監視カメラなどの機器により、ある程度は把握できる[1]。しかし機器の設置点以外の箇所における情報を同時に詳細に収集することが困難であり、また地震などにより機器自体が破損し情報の収集が困難となる危険性もある[2]。

これらの状況を解決するために、広域の情報を得る必要がある。その方法として、航空画像、衛星画像など、上空からの情報の解析は非常に有効である。航空画像を用いて地上における種々の空間情報を解析した研究はこれまでも見うけられる[3]~[5]。これらの解析のために時系列航空画像を用いる場合、撮影環境の変動により、拡大縮小・回転・平行移動などの幾何学的変化を受けやすい。そのため画像間での位置合わせが必要となるが、従来の研究においては、手動により処理するか、地図情報などの基礎となる情報の準備があらかじめ必要となるものが多かった。本研究では、道路交通情報の解析を目的とし、時系列航空画像を用いて道路上の走行車両の抽出・追跡を行うが、投票処理によるテンプレートマッチング手法と射影変換を用いることで、時系列画像間の位置合わせを自動的に行う。そして、位置合わせされた画像間で差分処理を行うことにより走行車両を抽出する。その後、抽出された移動物体領域をもとにテンプレートを作成し、マッチング処理により追跡を行う。次節で車両の抽出・追跡方法、次々節で実験結果を述べる。

2 交通車両の抽出・追跡の手法

2.1 概要

固定カメラで撮影された時系列画像から移動物体を抽出することは容易である。特に、屋内で照明が変化しない環境下で撮影した状況では、背景画像を

利用して、時系列画像中の各フレームとの差分計算を行うことで、移動物体の抽出を行うことができる。これに対し、飛行中において撮影された時系列航空画像を用いる場合は、撮影時におけるカメラの位置・角度などによる透視的歪みを補正する必要がある。そのため、本研究ではまず最初に画像間の位置合わせを行い、差分計算により画像中の移動物体領域を抽出する。その後、抽出された移動物体領域をもとにテンプレートを作成し、マッチング処理により追跡を行う。具体的に、以下の順で処理を行う。(図1)

- (1) 投票処理によるテンプレートマッチング手法を用いた特徴点の対応付け
- (2) 射影変換による画像間の位置合わせ
- (3) 差分計算と論理演算による車両の抽出
- (4) 角度と大きさの変化を考慮したテンプレートマッチング手法による車両の追跡

以下、各処理について説明する。

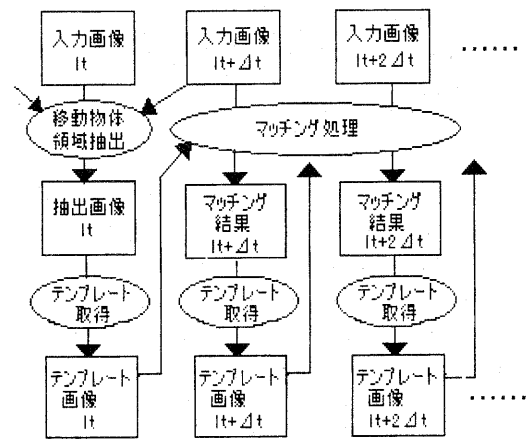


図1：車両の抽出・追跡の流れ

2.2 投票処理によるテンプレートマッチング手法を用いた特徴点の対応付け

時系列画像中の時刻 $t - \Delta t$, t , $t + \Delta t$ におけるフレームをそれぞれ $I_{t-\Delta t}$, I_t , $I_{t+\Delta t}$ とする。

まず、対象としているフレーム I_t 上で、特徴点を仮定しその周辺領域をテンプレートとして抽出し、これを用いてフレーム $I_{t-\Delta t}$ 上と、 $I_{t+\Delta t}$ 上でマッチング処理を行う。テンプレートをフレーム内の道路上に設定した場合、テンプレート内部に走行車両

が含まれる可能性がある。この場合、通常のテンプレートマッチング手法を用いると、走行車両の動きにつられ、画像上の誤った位置にマッチングされる可能性が高くなる。本研究ではこれに対処するため、対象画像の一部が遮へいなどの影響を受けている場合でも安定して対応できるブロック照合投票処理を用いたマッチング手法を用いる[6]。この手法は、まずテンプレート画像をブロック領域に分割し、各ブロック単位に正規化相関による照合を行う。次に各ブロックについて、対象画像上で最適に照合した座標に対し投票処理を行う。その結果、テンプレート全体として累積投票数が最大となる座標が、最適なマッチング位置として求まるものである。

この手法を用いると、テンプレート内の車両近傍のブロックでは、車両の移動により誤った座標に投票されるが、車両近傍外のブロックでは正しい座標に投票される。テンプレートの面積を車両面積より十分大きく設定することで、累積投票数が最大となる箇所を見つける処理により、車両の動きの影響を受けずに正しい照合位置が得られることになる。

2・3 射影変換による画像間の位置合わせ

テンプレートマッチング処理の結果により、時刻 t におけるフレーム I_t 上の特徴点の座標 (X_t, Y_t) と、時刻 $t+\Delta t$ におけるフレーム $I_{t+\Delta t}$ 上の特徴点の座標 $(X_{t+\Delta t}, Y_{t+\Delta t})$ との対応が求められる。本研究では、このフレーム間の座標の対応を以下の射影変換式で表現する。

$$X_t = \frac{S_1 X_{t+\Delta t} + S_2 Y_{t+\Delta t} + S_3}{S_7 X_{t+\Delta t} + S_8 Y_{t+\Delta t} + 1} \quad (1)$$

$$Y_t = \frac{S_4 X_{t+\Delta t} + S_5 Y_{t+\Delta t} + S_6}{S_7 X_{t+\Delta t} + S_8 Y_{t+\Delta t} + 1} \quad (2)$$

ここで、 $S_i (i=1, 2, \dots, 8)$ は射影変換パラメータとする。この式を4点以上の特徴点について解くと、2つのフレーム間の射影変換パラメータを計算して求めることができる。求められたパラメータを用い、フレーム $I_{t+\Delta t}$ 上の座標を I_t 上の座標に変換することで、2つのフレーム全体の位置合わせを行う。同様の方法で、フレーム I_t 上とフレーム $I_{t-\Delta t}$ 上との射影変換パラメータを求め、フレーム $I_{t-\Delta t}$ 上の座標をフレーム I_t 上の座標に変換し、位置合わせを行う。

2・4 差分計算と論理演算による車両の抽出

位置合わせを行ったフレーム $I_{t-\Delta t}$ とフレーム I_t 間、及びフレーム $I_{t+\Delta t}$ とフレーム I_t 間での対応する画素同士で差分計算を行う。次に、差分計算後の2つの画像それぞれに2値化を行い、論理積演算を行う。最後にラベリング処理を施し、一定以上の面積を持つ領域を抽出することで、車両領域を抽出する。

2・5 角度と大きさの変化を考慮したテンプレートマッチングによる車両の追跡

抽出処理により求められた領域を用い、テンプレートマッチングにより車両の追跡を行う。航空画像では、たとえ対象物が直進していても、カメラの位置・角度などにより画像中の対象物の角度が常に一定とは限らない。加えて、対象物自体の動きにより、その変化は通常の定点観測の画像より大きいものと考えられる。また、画像中の奥行き方向へ対象物が移動すれば、対象物の大きさも変化することになる。正確な追跡を行うには、このような対象物の角度や大きさの変化にも対応する必要がある。そこで本研究では、図2に示すようにテンプレート画像の角度と大きさを変化させながらマッチングを行うことで、大きな角度変化や大きさの変化にも対応できる追跡を行う。

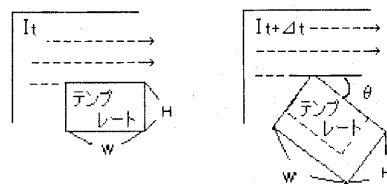


図2：テンプレートの角度変化

3 実験結果

前節で述べた手法を使うて、交通車両の抽出・追跡を行った。高度約500mの上空を飛行するヘリコプターからビデオカメラを用いて1/30秒間隔で撮影された高速道路(直線道路)上の時系列画像(360×240画素)を用いた。

移動車両の抽出処理は、フレーム I_t 上で6箇所の特徴点を一定間隔に設定し、その周囲70×70画素のテンプレートを仮定し、時間的に連続するフレーム $I_{t-\Delta t}$ と $I_{t+\Delta t}$ 上でマッチング処理を行った(図3)。図に示されているように、テンプレート内の車

両の動きに影響されず正しい位置に結果が求められた。この結果を元に射影変換を行い、連続するフレーム間で位置合わせを行い、差分計算を行った（図4）。さらに差分計算の結果から、論理積演算とラベリング処理を施して車両領域を抽出したものを図5に白枠で示す。

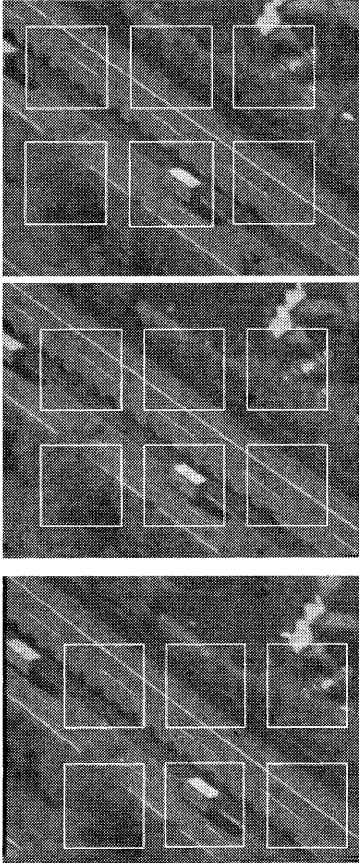


図3：時系列画像上でのマッチング結果
（上から順にフレーム $I_t \cdot \Delta t$ 、 I_t 、 $I_t + \Delta t$ ）

車両の追跡処理は、抽出処理によって得られた領域を初期テンプレートとし、テンプレートの角度と大きさの変化によるマッチング手法を用いて行った。この際のテンプレートの角度の変化は $\pm 10^\circ$ 、大きさの変化は0.8~1.2倍で行った。車両抽出したフレームから、連続する8枚のフレームについて追跡処理を行った結果を図6に白枠で示す。角度や大きさが変化していても、正しい追跡結果が求められた。



図4：差分画像（上画像はフレーム $I_t \cdot \Delta t$ と I_t との位置合わせ後の差分画像、下画像はフレーム $I_t + \Delta t$ と I_t との位置合わせ後の差分画像）

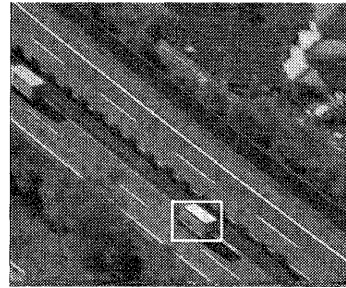


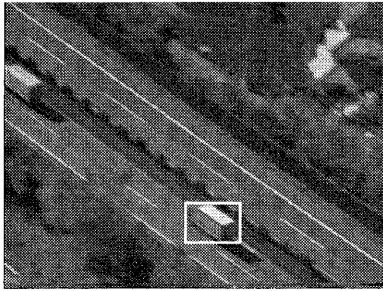
図5：車両抽出結果

4 まとめ

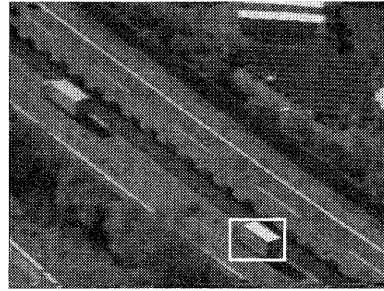
本論文では、時系列航空画像から走行車両を抽出・追跡する手法を提案した。投票処理と角度・大きさを変化させるテンプレートマッチング手法を用いることで、飛行中の航空機から撮影された時系列航空画像から直線道路上の走行車両の抽出・追跡が行えた。

今後の課題として、以下のことを検討している。

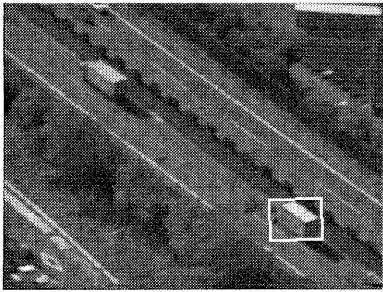
- ・ 交通車両抽出・追跡の精度向上
- ・ 処理時間の短縮
- ・ 大量の画像での検証



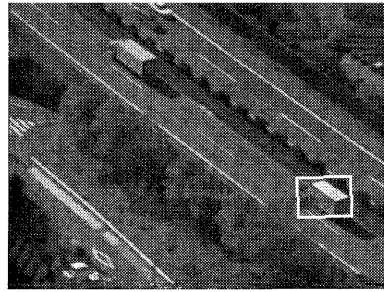
t



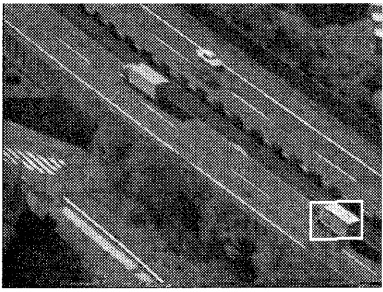
$t + \Delta t$



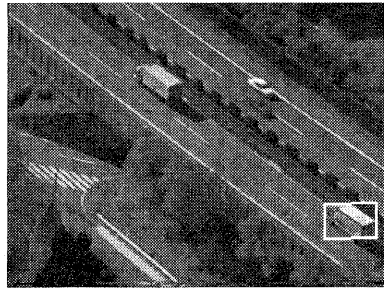
$t + 2\Delta t$



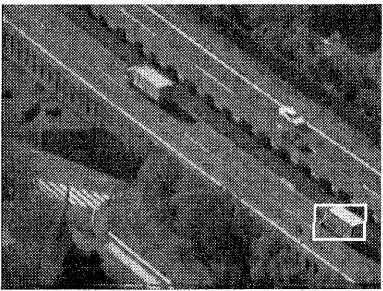
$t + 3\Delta t$



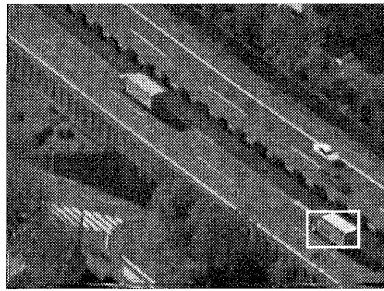
$t + 4\Delta t$



$t + 5\Delta t$



$t + 6\Delta t$



$t + 7\Delta t$

圖 6：車輛追跡結果

参考文献

- [1] 上條 俊介, 松下 康之, 池内 克史, 坂内 正夫.
“時空間 markov random field モデルによる隠れに
ロバストなトラッキングアルゴリズム”. 電子情報
通信学会論文誌, D-II, vol.J83-D-II, No12,
pp.2597-2609, 2000
- [2] 金山 憲司. “道路交通システムにおける画像認
識の現状と技術課題”. 電子情報通信学会技術研究報
告, PRMU97-32, pp.57-64, 1997
- [3] 清水 英範, 四童子 隆, 布施 孝志. “成層圏プ
ラットフォームを想定した車両の動体追跡手法に関
する研究”. 写真測量とリモートセンシング, vol.38,
No.4, pp.53-58, 1999
- [4] 曾我 基, 寺井 佑, 佐治 斉. “時系列航空画像
からの道路交通情報の解析”. 情報処理学会研究会報
告, 2001-ITS-5, pp.49-54, 2001
- [5] 吉田 達哉, 影澤 政隆, 塘中 哲也, 池内 克史.
“局所特徴認識アルゴリズムによる車両の認識”. 電
子情報通信学会技術研究報告, PRMU101-302,
pp.9-14, 2001
- [6] 齊藤 文彦, “ブロック照合投票処理を用いた遮
へいに強い画像マッチング”. 電子情報通信学会論文
誌, D-II, vol.J84-D-II, No10, pp.2270-2279, 2001