

可視・赤外センサフュージョンによる車両検知システム

増田 誠 藤根 俊夫 天本 直弘 姜 凱 宮崎 敏彦
沖電気工業株式会社 システムソリューションカンパニー
情報技術開発センタ

〒335-8510 埼玉県蕨市中央1丁目16番8号

TEL: 048-431-5932

E-mail: masuda362@oki.co.jp

あらまし 通過台数計測や速度計測、車種判別を行う車両検知システムは、交通管理の最適化・効率化を目的としたシステムの1つである。本稿では、路側に設置された可視および赤外画像センサの映像の背景差分画像を合成した画像から車両を検出し、昼夜を問わない車両検知システムについて報告する。日中2時間、夜間2時間のデータを処理した結果は、5分間隔毎の車両検知平均誤差率が日中6.6%、夜間7.9%となった。また、テストコースでの普通車と大型車の走行データに対する車種判別の誤り率と速度計測の誤差率はそれぞれ4.3%と7.7%となり、可視カメラ単体および赤外カメラ単体での処理よりも性能を向上させることができた。

Vehicle Detection System using Fusion of Visible and Infrared Camera Images

Makoto MASUDA, Toshio TOHNE, Naohiro AMAMOTO, Jiang Kai
and Toshihiko MIYAZAKI

Oki Electric Industry Co., Ltd. System Solution Company
Information Technology Center

1-16-8 Chu-o, Warabi, Saitama, JAPAN 335-8510

TEL: +81-48-431-5932, E-mail: masuda362@oki.co.jp

Abstract In this paper, a vehicle detection system using fusion of background difference of visible and infrared images, which can be used both in daytime and nighttime is reported. From the detection result of 2 hours in daytime and 2 hours in nighttime, the average of Error-Rate (Which is calculated in every 5 minutes) for daytime and nighttime are 6.6% and 7.9%, respectively. Furthermore, in an additional experiment, the Error-Rate for type detection and velocity measurement are 4.3% and 7.7%, respectively. Compared with single-visible-sensor-system or single-infrared-sensor-system, our fusion system has better performance.

1 はじめに

道路交通の安全性向上、環境負荷低減などを目的とした ITS(Intelligent Transport Systems)の開発分野の1つに交通管理の最適化・効率化がある。車両検知システムはこれを目的としたシステムであり、通過台数計測や速度計測、車種判別などの処理を行い、その計測結果は道路管理者へ伝えられると共に、ドライバーに必要な情報は表示板や放送を通じてドライバーへ伝えられる。

このシステムに用いられるセンサとしては、超音波センサや画像センサなどがあるが、画像センサには処理対象範囲が広域であるという特性と共に、画像処理技術の発展により今後人間の視覚と同様の認識機能を実現できる可能性も持つため、これまで画像センサを用いたシステムが多く報告されている[1]~[3]。

画像処理による通過台数計測や速度計測、車種判別では、可視画像センサをインフラ側に設置するシステムが一般的であり、その映像に対して背景差分、時間差分、空間差分等の画像処理から車両の情報を計測するというシステムが提案されている[2][3]。

しかし、可視画像センサを用いた画像処理では、太陽などの照明による影の影響や、夜間のヘッドライトの影響を受けやすく、車種判別を誤ったり、2台の車両を1台として誤認識してしまう等の問題が発生してしまう。この問題の解決策として、可視画像センサの代替品として赤外画像センサを用いるというシステムも考えられるが、冬場等の車両と路面の温度差が小さい環境下では、物体検出が困難になってしまうという問題がある。

また、人が理解しやすい画像を作成するという目的で、可視・赤外画像センサの画像を融合する方式が報告されているが、この方式で得られる画像では、車両領域の輝度が相殺される場合があり、その結果として車両検知が困難となる問題が発生する[4]。

そこで、本稿では、可視画像センサと赤外画像センサを路側に設置し、両センサから得られる画像情報に対して背景差分処理を施し、その処理結

果を合成することによりそれぞれの特性を相補的に利用する可視・赤外センサフュージョン方式を提案し、これを応用した通過車両検知、速度計測、車種判別を精度良く実現する車両検知システムについて報告する。また、日中2時間、夜間2時間のフィールドデータおよびテストコースにおける大型車と普通車の走行データに対し可視カメラ単体、赤外カメラ単体での処理および可視・赤外センサフュージョンを適応した実験結果を示し、本システムの有効性を確認する。

2 車両検知システム概要

本システムは、図1に示すように、可視および赤外画像センサを隣接して路側に設置し、4画面分割器を通して画像処理装置へ入力し処理を行う。

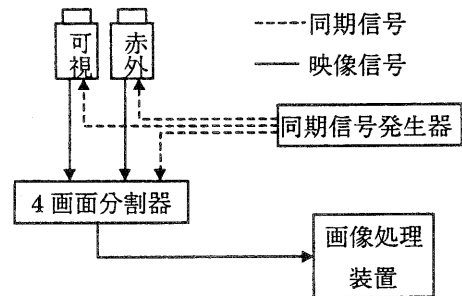


図1 車両検知システム概要

監視範囲が両方のカメラでカバーできること以外は特に設置に関する条件はない。

画像処理装置では、以下の5つのステップから構成される。

1. 背景差分
2. 背景差分画像合成
3. シルエット抽出
4. 車両情報計測
5. 背景更新

次節では、上記5つのステップの詳細についての説明を行う。

3 アルゴリズム

3.1 背景差分

背景差分法は物体のシルエットを抽出するための最も一般的な手法であり、以下の式で可視および赤外線画像の背景差分絶対値画像を求める。

$$Sub_V(x, y, t) = |V(x, y, t) - B_V(x, y, t)| \quad (1)$$

$$Sub_{IR}(u, v, t) = |IR(u, v, t) - B_{IR}(u, v, t)| \quad (2)$$

ここで、 V 、 IR は各々可視、赤外の入力画像を、 B_V 、 B_{IR} は可視、赤外の背景画像を表している。

図2に可視・赤外画像の背景差分処理例を示す。この図は日中の道路を撮影した時のものであり、赤外差分画像では車体が分離していることが分かる。

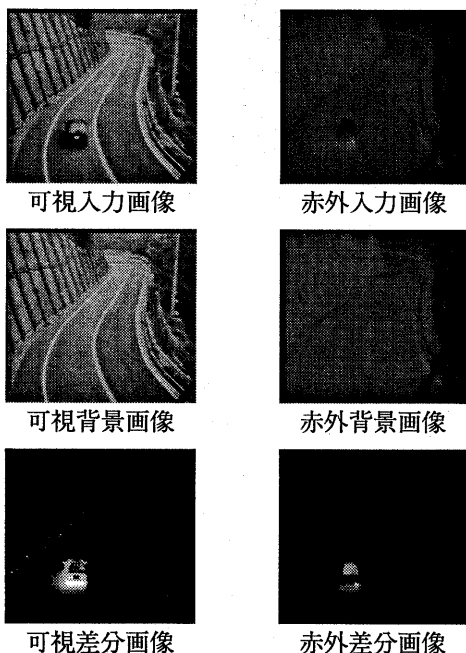


図2 可視・赤外画像の背景差分処理例

3.2 背景差分画像合成

前記処理で得られた2つの背景差分画像の合成

を行う。まず、赤外の差分画像に対して座標変換を行い、可視の座標系と一致させる。座標変換は、予め可視および赤外画像の入力画像において各々対応する3点の座標を指定し、赤外画像を座標変換したときに指定した3点の座標が、対応する可視画像の3点と一致するようにパラメータを算出しておき、このパラメータを用いて行われる。式(3)に示す $(\theta, m_x, m_y, a_u, a_v)$ が座標変換に必要なパラメータである。

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_u & 0 \\ 0 & a_v \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} m_x \\ m_y \end{pmatrix} \quad (3)$$

ここで、 (u, v) は赤外画像上の座標、 (x, y) は可視画像上の座標を示している。式(2)で得られた赤外差分画像を式(3)で座標変換し、変換後の画像 $Sub_{IR}(x, y, t)$ と可視差分画像 $Sub_V(x, y, t)$ を以下の式で合成する。

$$Sub_{V-IR}(x, y, t) = \alpha \times Sub_V(x, y, t) + (1 - \alpha) \times Sub_{IR}(x, y, t) \quad (4)$$

ここで、 α は各差分画像を合成する際のブレンド比を表しており、 $0 \leq \alpha \leq 1$ の値をとる。

3.3 シルエット抽出

合成した差分画像を以下の式で2値化し、シルエットを抽出する。

$$Sil(x, y, t) = \begin{cases} 1 & Sub_{V-IR}(x, y, t) \geq thl \\ 0 & Sub_{V-IR}(x, y, t) < thl \end{cases} \quad (5)$$

図3にシルエット抽出処理例として、図2の可視・赤外差分画像の合成画像からシルエットを抽出したものを示す。図3では、赤外差分画像に座標変換を施した後、ブレンド比を0.5として合成して差分合成画像を求めており、後部ガラス面が強調され、差分合成画像を二値化することにより、

車両の領域を精度良く抽出したシルエット画像が求まることが分かる。

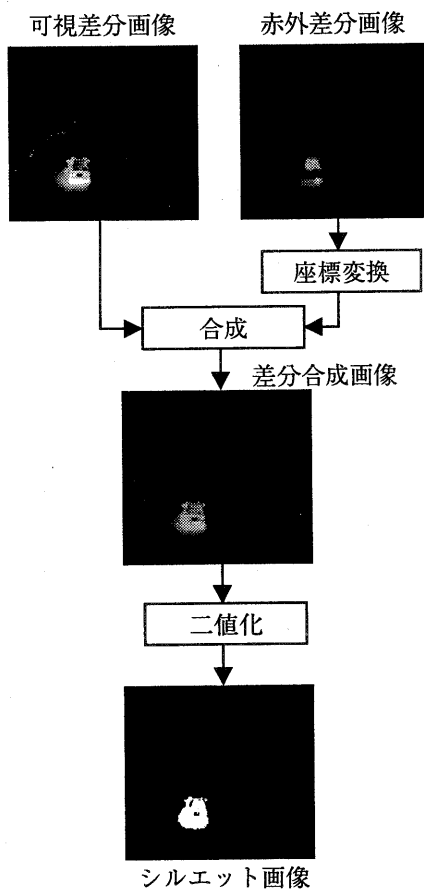


図3 シルエット抽出処理

3.4 車両情報計測

ここでは、車両情報計測として通過車両検知、速度計測、車種判別を行う。

通過車両検知は、図4のように、検知を行う車線上に車両検知エリアを設け、通過車両の下端を検出することにより行う。通過車両の下端検出方法は、同図に示されているように車両検知エリア内のシルエット画像の横方向射影ヒストグラムを取り、そのヒストグラムが車両検知エリアの下端で多値から0へと変移した時点を車両下端が車両検知エリア内に出現したと判定し、通過車両1

台としてカウントすると共に、その時点の車両検知エリアに存在するシルエットの下端と上端を検出し、下端から上端までの長さから車種を判定する。また、その時点の時刻と車両下端位置を保存しておく。

速度計測は、車両検知エリアと同一車線上の車両進行方向に速度計測エリアを設定し、上述と同様の処理により速度計測エリア内に通過車両の下端が出現した時点を検出し、その時刻と車両下端位置を保存する。そして、速度計測エリアと車両検知エリアでの車両下端検出時刻と車両下端位置から移動時間と移動距離を算出し、通過車両の速度を計測する。

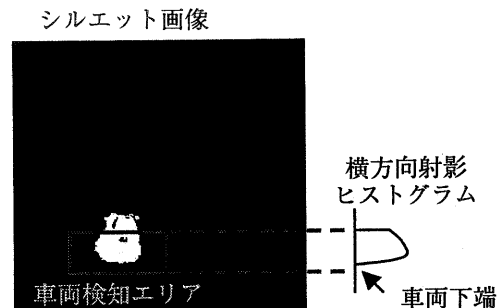


図4 通過車両検知

3.5 背景更新

可視および赤外の背景画像は式(6)に示す指数平均法により更新される。このとき、先のシルエット抽出により物体として検出された領域に関しては更新の対象外とすべきである。そこで、3.2項で求めた可視および赤外の差分画像を2値化し、各々のシルエット画像 $Bin_V(x, y, t)$ および $Bin_R(x, y, t)$ を求め、シルエットの外接矩形座標を求める。次に3.3項で抽出された合成画像におけるシルエット領域とここで得られた各画像におけるシルエット領域の重複関係を調べる。重複しているシルエット領域は物体領域であることから背景更新の対象から除外し、重複していない領域については偽のシルエットであることから背景更新を行う。

$$\begin{aligned}
 B_V(x, y, t+1) &= \beta \times B_V(x, y, t) + (1-\beta) \times M_V(x, y, t) \\
 B_{IR}(x, y, t+1) &= \gamma \times B_{IR}(x, y, t) + (1-\gamma) \times M_{IR}(x, y, t)
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

ただし、 $0 \leq \beta, \gamma \leq 1$ の値をとり M_V, M_{IR} は入力画像 V, IR に背景更新対象外のシルエット領域に相当する背景画像 B_V, B_{IR} をコピーしたマスク画像を示している。

4 実験結果

先に、実道路に可視・赤外カメラを設置して日中2時間と夜間2時間撮影したフィールドデータに対して可視カメラ単体、赤外カメラ単体および可視・赤外センサフュージョンを適用した場合の実験結果を示し、比較検討する。

日中のフィールドデータに対する処理の一例を図5に示す。

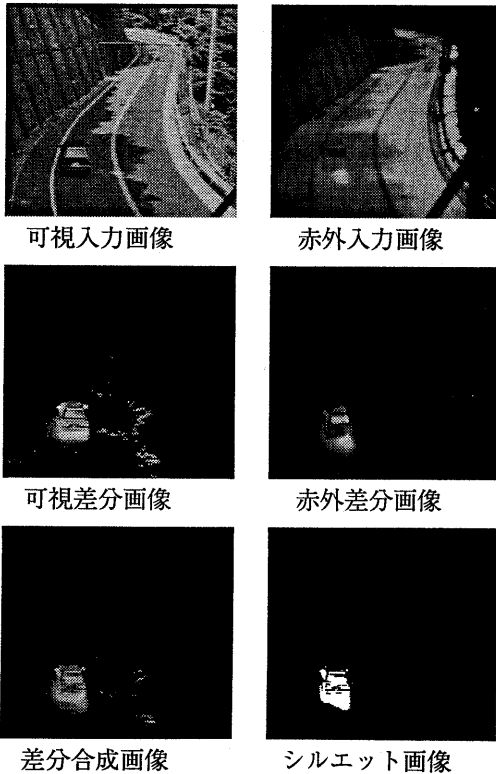


図5 影の影響に対する効果

このデータでは山の木が風で揺れており、可視差分画像では、木の影と道路の境界付近の差分が強調されていることが分かる。また、赤外差分画像では、木の影の影響は現れないが、車両の中央の背景差分値が小さいため分離しかかっている。これらを合成した差分合成画像では、木の影が抑制されると共に車両が強調されるため、シルエット画像では、車両のみを検出することができている。

本システムによる通過車両検知による台数計測結果と目視による正解データの5分間隔毎の比較を取ったグラフが図7、8である。また各方式の数値比較として、5分間隔毎の検知結果と正解との比率を誤差率として求め、その平均を平均誤差率として算出したものを表1に示す。

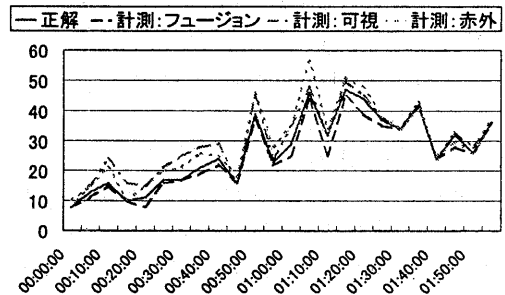


図7 通過車両検知結果・日中

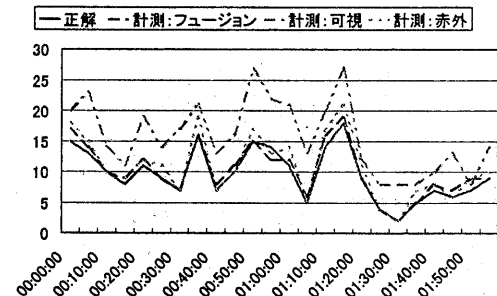


図8 通過車両検知結果・夜間

表1 車両検知平均誤差率

	日中	夜間
可視	14.9% (18.0)	76.6% (59.4)
赤外	13.1% (10.9)	12.5% (11.3)
フュージョン	6.6% (7.4)	7.9% (8.1)

カッコ内は標準偏差

可視画像センサに対する処理では、日中は影の影響、夜間はヘッドライトの影響により、誤報が生じている。また、赤外画像センサに対する処理では、1台の車両を分離して2台として計測してしまう場合があるために台数を実際より多く計測している。

本システムでは、それぞれの特徴の相補的な合成として、ブレンド比を日中は0.5とし、夜間は赤外画像の比率を高めるような背景差分の合成により、表1のように車両検知平均誤差率を減少させることに成功した。

次に、速度計測誤差と車種判別の評価のために、テストコースにおいて大型車を140回と普通車を117回の計257回の走行に対する撮影データを処理した。走行時の速度は5km/hから75km/hまでで、1回の走行毎に複数の赤外線センサで計測した速度を正解データとして用いる。このデータに対する車種判別・速度計測の評価結果を表2に示す。

表2 速度計測・車種判別

	車種判別 誤り率	速度計測 平均誤差率
可視	14.0%	10.0%
赤外	9.3%	8.0%
フュージョン	4.3%	7.7%

車種判別に関しては、可視画像単体では車両の影の影響により普通車を大型車として判別する誤り、赤外画像単体では車両領域が分離されること

により大型車を普通車として判別する誤りがあるが、本システムではこれらの影響を抑制し車種判別の誤りを抑えている。また、速度計測でも、僅かではあるが本システムが誤差を一番抑えることができています。

以上より、本システムは車両検知に有効だと考えられる。

5 おわりに

可視および赤外カメラの映像の背景差分画像を合成した画像から車両を検出することにより、昼夜を問わない車両検知システムの構築について報告した。

日中2時間、夜間2時間のフィールドデータを処理した結果、5分間隔毎の車両検知平均誤差率は、日中9%、夜間7%となり、また、テストコースにおける大型車と普通車の走行データに対して、車種判別の誤り率は4.3%、速度計測の平均誤差率は7.7%に抑えることができ、可視カメラ単体および赤外カメラ単体での処理よりもシステム性能を向上させることができた。

今後の課題として、車両の重なりに対して、検出精度を上げる手法について検討していきたい。

参考文献

- [1] 小沢, "ITSにおける画像センシング技術の役割": 第5回画像センシングシンポジウム講演論文集
- [2] 申、長谷川、小沢, "移動物体検出に基づく通過車両の車種判別": RTA(1995-7)
- [3] 影広、犬田, "道路画像における背景画像の自動生成と適応的変更": 第9回産業界における画像センシング技術シンポジウム講演論文集
- [4] 白川、住谷、小瀬, "赤外線カメラ画像と可視光線カメラ画像の融合の一検討": 信学技法(1998-11)