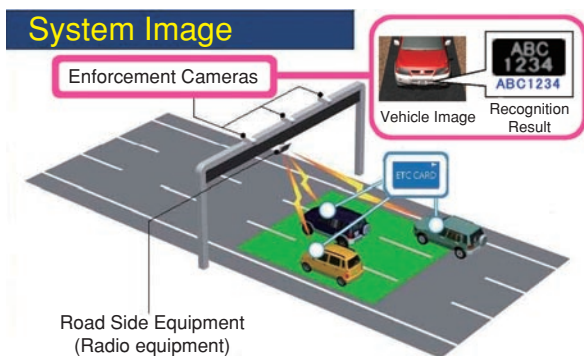


特集論文

低解像度カメラ対応車両番号認識システムの開発

The Development of License Plate Number Recognition System Using Low Resolution Camera

中尾 健太*1
Kenta Nakao杉本 喜一*2
Kiichi Sugimoto斎藤 真由美*1
Mayumi Saitoh岡崎 拓馬*3
Takuma Okazaki

簡易ガントリを用いたマルチレーンフリーフロー型道路課金システム（MLFF）では、不正車取締り用カメラの小型化が要求され、それに伴う解像度低下に対応した動画像処理による車両番号認識技術が必要となる。当社は従来の静止画を用いた車両番号認識技術をベースに、画質改善技術、複数画像の処理技術、データベース照合技術の3つの技術を開発した。ラボ試験による評価の結果、低解像度カメラシステムに対しても従来の静止画と同様の番号認識率95%以上を達成するめどを得た。今後、さらにロバスト性向上を図り、実機に適用する予定である。

1. はじめに

当社はこれまで、シンガポール ERP (Electronic Road Pricing) や日本の ETC (Electronic Toll Collection) に代表されるように、路側のガントリ（門柱）に設置されたアンテナと車載器の通信により課金を行うシステムを開発してきた⁽¹⁾。

一方、据付工事費用の削減や景観への配慮から、簡易ガントリを用いたマルチレーンフリーフロー課金システム（MLFF）のニーズが世界的に高まってきている。

従来の課金システムにおいては、不正車取締り用の大型・高解像度カメラを用いて撮影された高精度な静止画像により車両番号自動認識を実現している。

しかし、MLFF 課金システムでは簡易ガントリとなることから不正車取締り用のカメラも従来に比べて小型化が要求され、それに伴う撮影画像の解像度低下によって、従来の車両番号認識処理では所望の認識率実現が困難となる。

そこで、本報では低解像度カメラで撮影された画像に対しても、従来と同等の認識率を実現する処理手法について報告する。

2. 車両番号認識

当社では車両番号認識技術を、車種判別装置の一部や、不正通行車両の特定に適用している。

例えば、シンガポール ERP における不正車両番号認識では、車載器未装着の車両など、正常な課金処理

ができない車両のナンバープレートがガントリに設置されたカメラで撮影する。

撮影された画像は、センターコンピュータシステムに伝送され、センターコンピュータシステムに組み込まれた車両番号認識ソフトウェアによって、車両番号が特定される（図1参照）。

当社の車両番号認識装置は、20年以上の実稼動下で95%以上の高認識率を実現している。

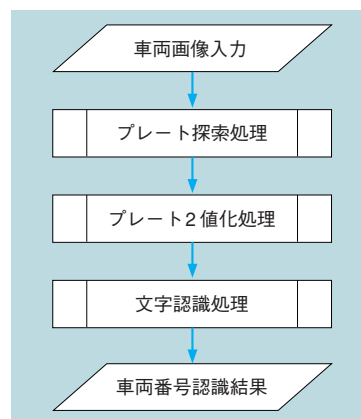


図1 基本的な車両番号認識処理の流れ

3. 技術課題

シンガポール ERP では、大型・高解像度なカメラを使用しているため、得られる画像の品質が高く、画像サイズも大きいことから、1台の車両に対して1枚の静止画像を撮影している。

*1 技術本部高砂研究所電子・光技術研究室

*2 技術本部高砂研究所神戸技術開発・研究推進グループ主席

*3 神戸造船所 ITS 事業ユニット ITS 設計課

しかし、簡易ガントリへの設置に適した一般的な小型カメラを使用する場合、現行のシンガポール ERP と比較して得られる画像の解像度が低くなることによる認識精度の低下が懸念される。

一方、小型・低解像度カメラを使用する場合、近年の計算機性能向上により1台の車両を動画像で処理できるという利点があるが、複数の画像を処理する技術が必要となる。

このことから、小型・低解像度カメラを用いた車両番号認識装置の主な技術的課題は、以下に示す2点となる。

- (1) 画像の低解像度化
- (2) 同一車両に対する複数画像の処理

3. 1 画像の低解像度化

撮影画像の解像度が低下すると、文字線がボケたり、つぶれたりした画像が発生しやすくなる。

さらに、撮像装置の小型化に伴い、照明装置の発光パワーも低下することから、照度不足による画像の明るさ低下も問題となる(図2参照)。

画像		
カメラ	大型高解像度カメラ	小型低解像度カメラ
コントラスト	良(明るい)	悪(暗い)
鮮明度	良(文字が鮮明)	悪(文字のボケ・つぶれ)
文字の分離度	良(分離度大)	悪(分離度小)

図2 画質低下による技術的課題

3. 2 同一車両に対する複数画像の処理

1台の車両を撮影した動画像は、連続した複数の画像で構成されるため、それぞれの画像から車両番号認識結果を取得することが可能となる。

しかし、全ての画像において同じ認識結果であれば問題ないが、(a)同一車両画像に対して複数の異なる認識結果が存在する場合や、(b)全ての認識結果に1つ以上の不明文字を含む場合は、正しい認識結果を導く処理が必要となる(図3参照)。

時刻	撮影画像	全て認識結果が同じ	(a) 複数の異なる認識結果が存在	(b) 全ての認識結果に1つ以上の不明文字が存在
t		認識結果 ABC123	認識結果 AB ? 12 ?	認識結果 AB ? 12 ?
t + 1		認識結果 ABC123	認識結果 ABC123	認識結果 A?C12 ?
t + 2		認識結果 ABC123	認識結果 ABD123	認識結果 ABC?23
t + 3		認識結果 ABC123	認識結果 A8C123	認識結果 ?B?1?3
課題	-	-	正しい認識結果の判定・選択が必要	不明文字対策が必要

図3 動画像による複数認識結果の課題

- (1) プレート切り出し処理

低解像度画像や低コントラスト画像においては、プレート部の鮮明度が足りないことから、他のノイズ部分を誤ってプレートとして選択してしまう恐れがある。

そこで、安定したプレート切り出し処理を実現するために、鮮明化処理を追加した。

この鮮明化処理は、ノイズ除去フィルタと先鋭化処理を組み合わせたものであり、ノイズを抑えながら画像の鮮明度を改善する。

また、解像度低下による文字のボケやつぶれの助長を抑えるために、周囲の輝度勾配を考慮した拡大処理を導入した(図4参照)。



図4 鮮明化・拡大処理の効果

- (2) コントラスト改善処理

明るさ不足による撮影画像のコントラストが低いと、文字を正確に2値化することが困難になる。

したがって、切り出したプレート画像に対して、統計的な輝度情報を分析することによりコントラストの良否を判定し、自動的に適切なコントラストとなるように各画素の輝度を改善する前処理を開発した。

また、コントラストを改善したプレート画像に対して、高周波抽出フィルタで、文字相当の周波数成分を強調しておき、その結果を原画像へ重畳するこ

4. 開発技術の特徴

4. 1 低解像度画像に対応した画像処理アルゴリズム

3. 1に示した画質低下に伴う課題を解決するため、従来の車両番号認識アルゴリズムをベースに以下に示す3種類の画像処理アルゴリズムの開発を行った。

- (1) プレート切り出し処理
- (2) コントラスト改善処理
- (3) 文字分離処理

とによって、より文字部とプレート背景部の輝度差を拡げる処理を導入した (図5 参照)。

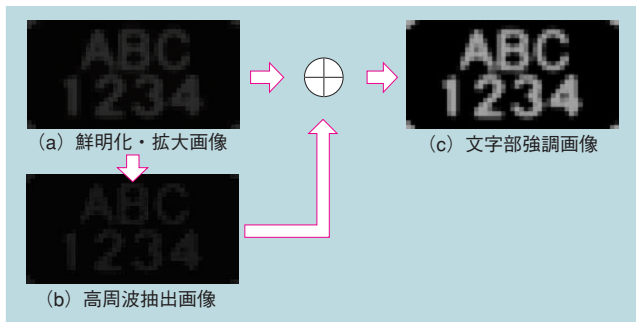


図5 高周波画像重畳による文字部強調処理

(3) 文字分離処理

さらに、画質低下によって生じる問題として、文字のつぶれやボケに起因した文字同士の連結がある。この問題に対しては、(1)で示した拡大処理の改良を適用したとしても、相似拡大であるため、原画像の状態では文字同士が連結している場合に文字連結を分離することはできない。

そこで、主に輝度ヒストグラムから得られる統計情報に基づき、文字すき間の微小な明るさの変化を捉えて、隣接文字同士の境界を決定する処理を新たに開発した。

4. 2 複数認識結果を活用する処理アルゴリズム

3. 2で示した課題に対する打ち手として、同一車両の複数認識結果を統合する処理を新たに開発した (図6 参照)。

具体的には、まず、文字の認識結果に基づいた得点を各文字に付与する。

この得点は、あらかじめ登録されている文字プレートとの類似度を数値化したものであり、得点が高いほど、文字認識結果の確度が高くなる。

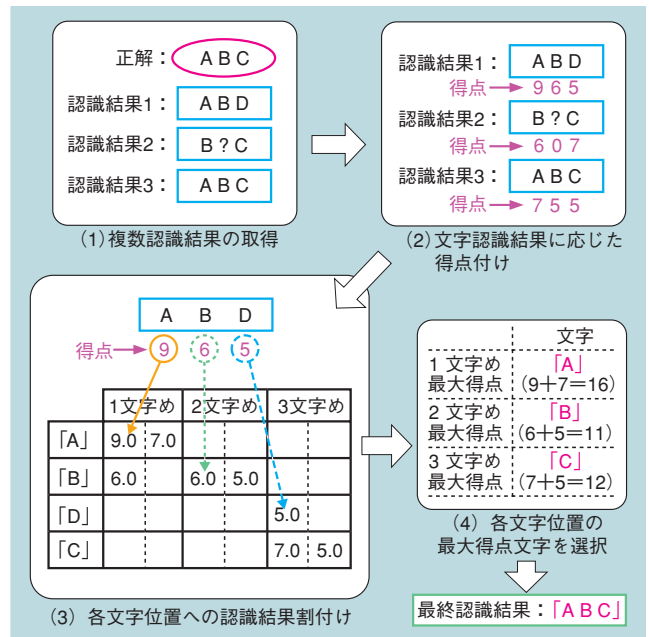


図6 複数認識結果の統合処理

次に、それぞれの文字を1文字め、2文字めへと順に得点を割り付けていく。

最後に、各文字位置に対して、割り付けられた総合得点が最も多い文字を選択し、最終的な認識結果とする。

4. 3 データベースを利用した認識精度向上

さらに、車両番号認識結果の確度を一層向上させるため、データベースを利用した認識精度向上技術を開発した (図7 参照)。

課金システムにおけるデータベースは、センターコンピュータシステムに蓄えられている車載器との通信記録、登録車両番号などによって構成されている。

したがって、車両番号認識結果が得られた際、その時刻における車載器の通信記録をデータベースから検索し、そこに記録されている登録車両番号と認識結果

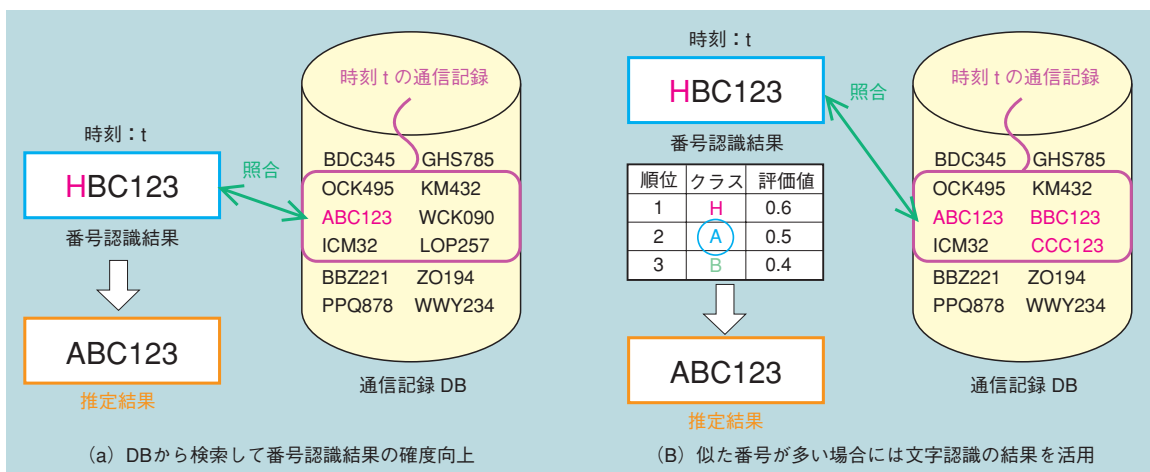


図7 データベース照合処理

が一致すれば、その認識結果が正しいことが確認できる。

また、認識結果の文字が一部不明であった場合にも、同様に通信記録から検索することにより、似た登録車両番号を確度の高い認識結果として抽出することができる。

しかし、認識結果の不明文字が多い場合や、通信記録を検索した結果、似た登録車両番号が複数検索された際に特定できない問題がある。

そこで、番号認識結果を検索する際の一致度評価において、個別の文字認識結果を考慮に入れた検索技術を導入した。

5. ラボテスト評価

今回開発した低解像度画像に対する車両番号認識処理について、多数の車両画像を用いて性能を評価した。

車両画像としては、低解像度カメラによって撮影された車両画像をベースに、様々な外乱環境（天候変化による直射光や影の影響、プレートの汚れ、折れ曲がれなど）を想定して、ノイズ、コントラスト低下、ボケなど複数種類の外乱を付加したシミュレーション画像を用いた。

その結果、車両番号の認識率は95%以上となり、新たに開発した処理（特許出願中）を適用することで、従来の高解像度画像に対する認識精度（認識率95%）と同等以上の性能が得られることを確認した（図8参照）。

6. ま と め

料金所のように一旦停止が不要で自在走行が可能なMLFF課金システムは、渋滞緩和やエネルギー有効活用の観点から、今後ますますニーズが高まると予想される。

今回開発した画像処理手法はMLFF課金システムの小型・低解像度カメラをターゲットとしたものであり、従来の高解像度画像での認識率と同等以上の性能であることを確認した。

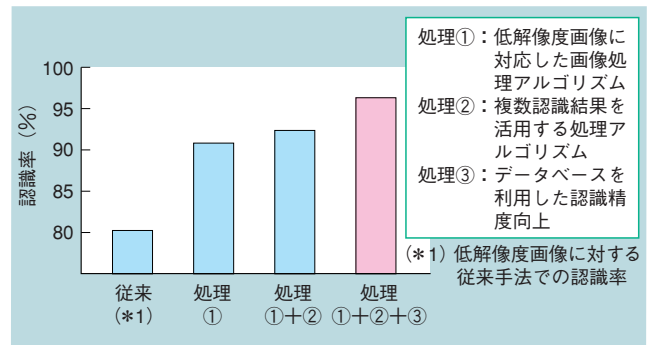


図8 開発技術の性能評価結果

これにより、MLFF課金システムでも高精度な不正車取締りが可能となり、運用形態の自由度が向上したシステムをお客様に提供することが可能となる。

今後、更なるロバスト性向上のため、より多数の画像データを用いた評価試験を通して継続的に改良を行い、実機への展開を図る予定である。

参 考 文 献

- (1) 橋本英喜ほか、シンガポールにおけるマルチレーン電子式道路課金システム、三菱重工技報 Vol.36 No.1 (1999) p.50
- (2) 宮本一正ほか、交通・物流分野における文字認識技術の開発、三菱重工技報 Vol.33 No.6 (1996) p.404



中尾健太



杉本喜一



斎藤真由美



岡崎拓馬