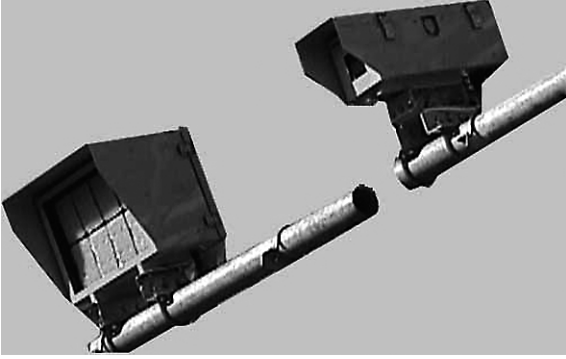


ITS 向け車両検知・ナンバープレート認識カメラの開発

Development of the Vehicle Identification Camera System for ITS Application

黒 田 淳 杉 本 喜 一
早 川 祥 史 浦 田 秀 夫



道路交通環境の改善すなわち安全性の向上、交通流の円滑化、及び快適性の向上を目指したITS（高度道路交通システム）には、料金自動收受、安全運転支援、交通管理といった開発分野がある。それらの共通要素技術の一つとして、走行車両を自動検知しナンバープレートを認識するカメラシステムがある。当社は料金收受で培ったカメラ技術、照明技術、画像処理技術を応用発展させ、マルチレーン・フリーフロー対応、かつ高速走行車両対応のカメラシステムを開発した。今後はこのカメラシステムをITSの様々なアプリケーションへ展開していく。

1. はじめに

道路交通環境の改善すなわち安全性の向上、交通流の円滑化、及び快適性の向上を目指したITS（高度道路交通システム）には、有料道路において料金自動收受を行うETC（Electronic Toll Collection）、都心部の渋滞緩和のための車両流入制限を目的としたERP（Electronic Road Pricing）、安全運転支援を行うAHS（Advanced Cruise-assist Highway Systems）、交通関連情報の提供や交通流の最適化、効率的な道路管理を行う各種交通情報提供システムなど、様々な開発分野がある。こうしたITS各分野における共通要素技術の一つとして、道路上に設置したカメラから種々の交通事象を抽出することを目的としたカメラシステムが挙げられる。このカメラシステムの特長は、カメラ画像の画像処理技術により、車両検知器と組み合わせることなく車両の自動検知やナンバープレートの自動認識が可能となる点である。

本報では、こうした機能を実現するために開発したカメラシステムに関して、対象となるアプリケーションについて説明し、基本要素技術であるカメラ技術、照明技術、画像処理技術について詳述する。また、開発したカメラシステムのシステム構成について紹介する。

2. 対象となるアプリケーション

ITS分野における応用例として、フリーフローETCシステムのカメラシステムを図1に示す。本システムの基本的な運用形態を以下にまとめる。

カメラ装置・照明装置をガントリー（門柱）上に設置し、上空から道路を見下ろすように視野を設定する。

カメラより得られる連続画像を逐次処理し、カメラ視野内への車両の進入を検知する。

進入検知した車両に対して、適切な位置にてナンバープレート認識を行う。

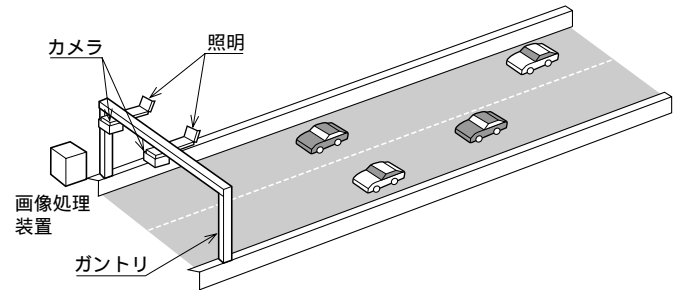


図1 フリーフローETCシステム構成例 ガントリーに設置したカメラ、照明装置と、路側に設置した画像処理装置からなる。

上記運用形態で、以下の機能を実現する。

不正車両特定

ETCやERPのような料金自動收受システムでは、無線通信による料金收受を正常に行うことができなかった車両（不正車両）に対して、ナンバープレート情報に基づくエラー処理を行う必要がある。こうした処理の自動化を実現するために、車両検知・ナンバープレート認識を行うカメラシステムが必要である。

交通状況監視

カメラシステムを用いた交通状況監視分野への応用では、道路交通の快適性の向上のために渋滞状況を正確に把握したり、事故等を未然に防止するために速度超過や信号無視などの危険走行車両を検知することが求められる。これらを実現するためには、カメラ映像から走行車両を1台ごとに正確に検知・追跡し、車両台数計測、車両速度計測、個別ナンバープレート認識等を行うカメラシステムが必要である。

3. 共通要件

2章で説明した各種アプリケーションに必要な共通要件を以下に挙げる。

省設置スペース

路側、ガントリ上等に設置する機器は据付の容易さ、メンテナンス性を考慮し、小型、軽量であることが望ましい。マルチレーン対応

複数レーンを走行する車両に対して、1台のカメラにて車両検知・ナンバープレート認識を行うため、カメラを高解像度化し、複数レーンに対応した広い視野範囲でも十分な分解能を確保する必要がある。

高速走行車両対応

100 km/h以上で走行する高速車両の車両検知・ナンバープレート認識が必要である。このために、カメラ・照明・画像処理の高速化が必要である(図2)。

以上、説明した共通要件を満たすために必要な要素技術(高速・高解像度カメラ、照明及び画像処理ソフトウェア、ハードウェア)の開発状況について、次章で詳述する。

4. 基本要素技術

4.1 カメラ

ITS向けカメラの外観を図3に示す。

カメラ単独で車両検知とナンバープレート認識を行うため

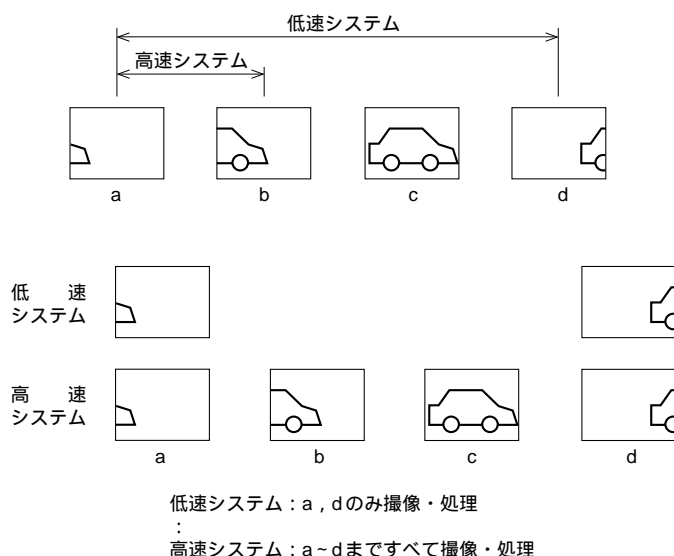


図2 高速車両の検知 低速システムでは見逃す高速車両を、高速システムでは検知することができる。

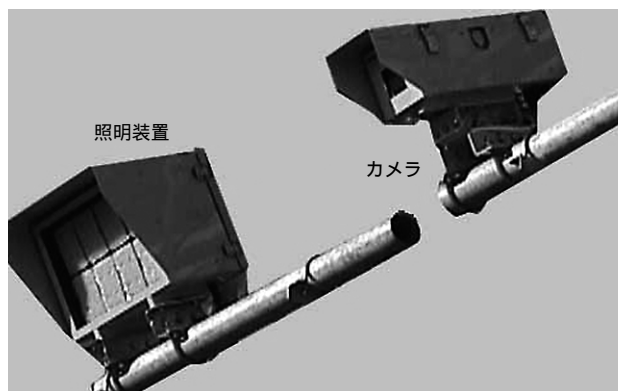


図3 カメラ・照明装置外観 右側がカメラ、左が照明装置の設置例である。

に、高フレームレートかつ高解像度を有するCCDを採用した。さらに、高速走行車両をぶれなく撮像し、日中の照度変化に対応するため、高速シャッタ機能を搭載した。撮像した高解像度画像を路側等に設置した画像処理装置へ高速伝送するため、長距離伝送、耐ノイズ性も考慮して、光ファイバ伝送を採用した。

レンズは設置条件に応じて調整できるように、電動アイリス・ズーム機能を搭載した。

4.2 照明

照明装置の外観を図3に示す。

画像を用いた車両検知・ナンバープレート認識システムでは、周囲の照度変化に対して安定した画像を撮像するために、照明装置が必要となる。本システムでは輝度、連続発光、コストや寿命等の観点からLED方式を選択した。

照明はカメラフレームに同期して発光し、ドライバへの影響を極力抑えている。

4.3 画像処理ソフトウェア

ITS向けカメラシステムに要求される車両検知機能及びナンバープレート認識機能は、画像処理ソフトウェアによって実現される。ここでは、まず画像処理ソフトウェアの全体構成について述べ、続いてその中の車両検知処理について説明する。

(1) ソフトウェア全体構成

ソフトウェアは、大きく車両検知ソフトウェアとナンバープレート認識ソフトウェアより構成される。車両検知ソフトウェアでは、カメラより送られてくる動画をリアルタイムで処理し、カメラ視野内に車両が進入しているかどうかを判定する。車両が進入して来たと判定された場合、車両を検知したことをカメラ装置側に通知し、LED照明を発光させてナンバープレート部を含む画像を撮影し、画像をナンバープレート認識ソフトウェアに送る。画像処理ソフトウェア処理フローを図4に示す。

(2) 車両検知処理

課題

動画画像処理によって車両などの移動体を検知する手法としては、背景差分やフレーム間差分などにより画像内で時間的に変動した領域を抽出する手法が一般に用いられる。こうした手法の問題として、車両以外の移動体や日照変動等の光源環境の変動を誤って車両と判断してしまうことが挙げられる。この結果、車両以

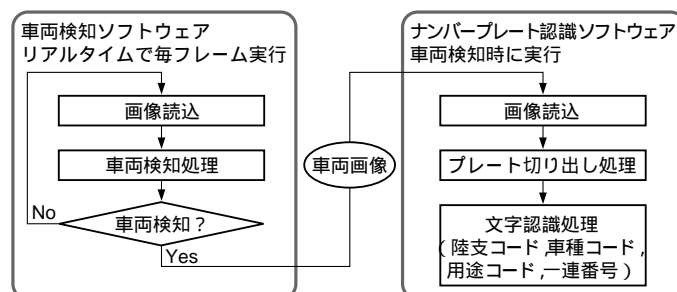


図4 画像処理ソフトウェア処理フロー 左が車両検知、右がナンバープレート認識ソフトウェアの説明フローである。

外の画像を誤って多数撮影し、システム全体の処理負荷の増大につながることになる。

車両検知アルゴリズム

上述のような課題を解決するために、パターン認識技術を応用した車両検知アルゴリズムを開発した。まずあらかじめ車両前面部の画像を多数収集し、輪郭線の特徴量とする形状パターン特徴量データベース(テンプレート)を作成しておく。システム稼動時には、このテンプレートと各フレーム画像より抽出される形状パターン特徴量とを、統計的識別手法を用いてパターンマッチングすることにより車両であるか否かを判定する。これにより、画像上の変動領域が車両であるか否かを正確に判定し、車両の誤検知を抑制することが可能となる。

4.4 画像処理ハードウェア

上記、演算量負荷の高い画像処理ソフトウェアのリアルタイム処理を実現するために、高速画像処理ハードウェアを開発した。画像処理ハードウェアは並列視覚カードとCPUカードからなる。車両検知処理は主に並列視覚カードで、ナンバープレート認識処理はCPUカードで行っている。

フリーフローETCの設置条件では、高速車両(100 km/h以上)は数フレームでカメラの視野を通過するため、車両検知処理はできるだけ時間遅れなく、高速に実行する必要がある。図5に示すとおり、車両検知処理でタイミングを計測し、撮像した画像に対してナンバープレート認識処理を実行

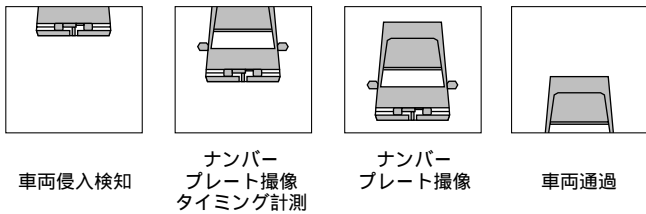


図5 車両検知・ナンバープレート認識処理タイミングチャート 左から順に、車両を検知し、タイミングを計測して、ナンバープレートを撮像する。一番右は通過後の画像例である。

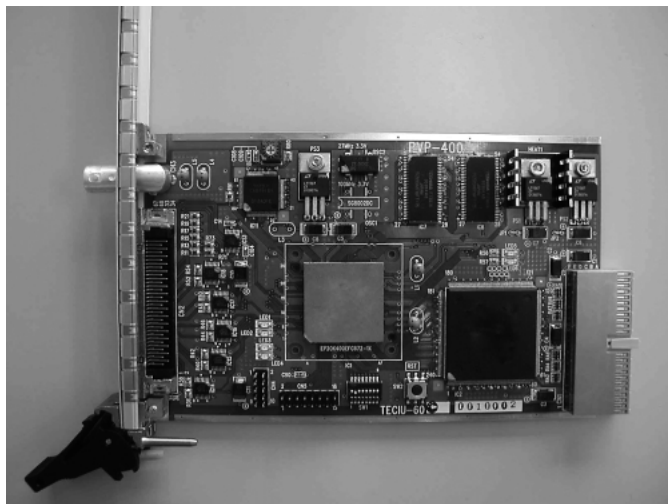


図6 並列視覚カード外観 中央のデバイスが並列視覚プロセッサである。

する。

並列視覚カードについて以下に詳述する。

並列視覚カード

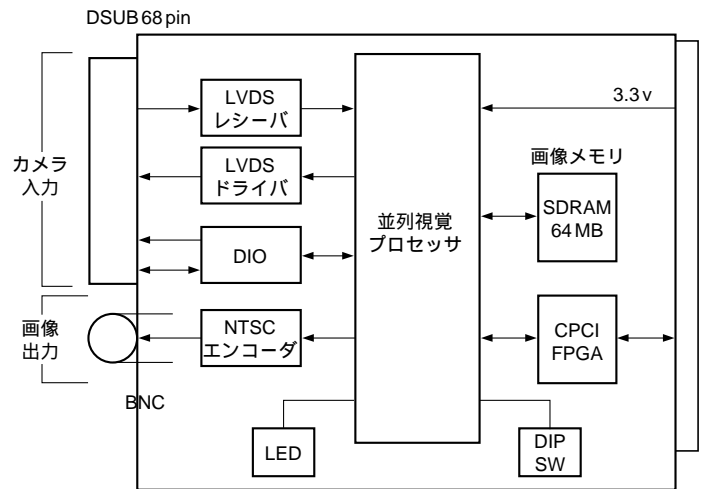
並列視覚カードの外観を図6、機能ブロックを図7に示す。

並列視覚カードには画像処理を行うFPGA(Field Programmable Gate Array: プログラム可能なゲートアレイ)と呼ばれる画像処理プロセッサ(=並列視覚プロセッサ)を搭載している。

カメラ入力は高速フレームレートに対応するためにデジタルの差動伝送方式(LVDS: Low Voltage Differential Singal)を採用した。システムバスはCPCI(Compact Peripheral Component interconnect)バスを採用し、CPUカードとのデータ伝送を可能とした。

並列視覚プロセッサ

今回の車両検知処理では、図8に示すように、多数の演算器が画像を分割して並列に同一処理を行い、高速処理を



評価ボードの構成

図7 並列視覚カード機能ブロック図 並列視覚カードはI/Oして画像の入出力ポートとCPCIへのデータ伝送ポートを持ち、並列視覚プロセッサで画像処理を行う。

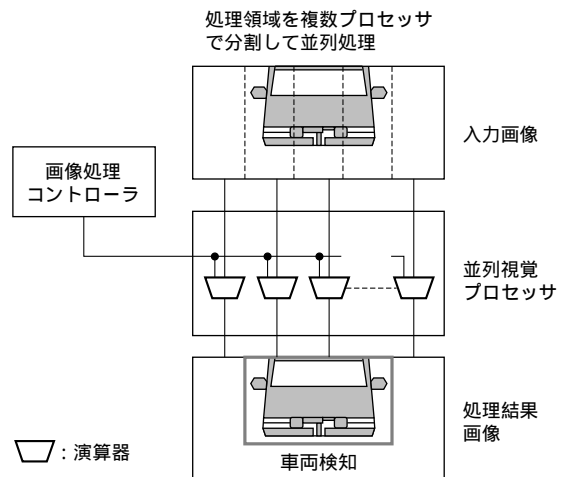
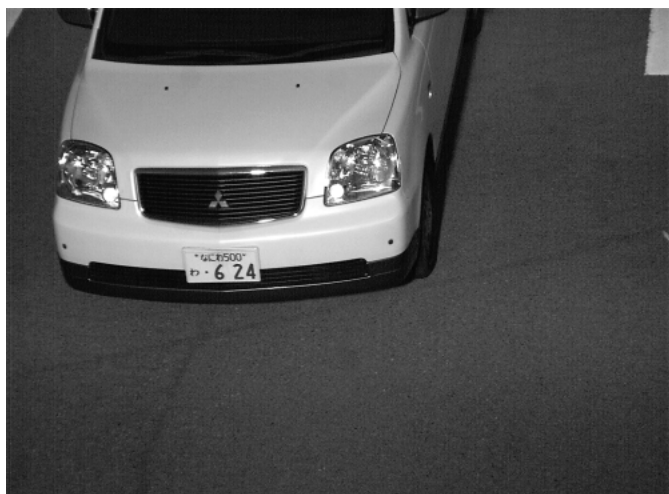


図8 並列視覚プロセッサ機能ブロック図 複数のプロセッサで処理領域を分割して並列処理を行うことにより、高度な画像処理を高速で実行する。



(a) 車両検知例



(b) ナンバープレート認識例

図9 車両を検知した例とナンバープレート認識結果の例

実現している。

並列視覚プロセッサは複数の演算ユニットが複数のデータに対して並列に同一処理を行うSIMD (Single Instruction Multiple Data Stream) 型プロセッサである。また、内部ソフトウェアは回路記述言語 (HDL: Hardware Description Language) で設計しているため、FPGAを最新デバイスに変更することで、容易に処理性能 (ゲート規模、処理速度) を向上することができ、ハードウェアの陳腐化を回避することができる。

5. ラボテスト評価

当社テストコースにて設置した車両検知・ナンバープレート認識システムの設置例を図3に示す。

車両検知例を図9(a)、ナンバープレートの認識結果例を図9(b)にそれぞれ示す。延べ1000台の車両走行 (~60 km/h) 試験の結果、適切なタイミングで車両検知を行い、当社従来ナンバープレート認識装置 (カメラ路側設置、車両検知用別センサ有) と同等の性能を有することを確認した。

6. ま と め

動画像による高速車両検知・ナンバープレート認識装置を

開発し、ラボテストでは良好な結果が得られた。

今後は社内テストコースにて多数車両による実運用を模擬した評価試験を行い、開発したカメラシステムをベースとしてより一層の性能向上を目指す。また、ETC、ERP、交通情報提供システムなど、様々なアプリケーションにおける個別の仕様にマッチしたカメラシステムを提供していく予定である。これらをとおして、より快適な社会構築への実現に寄与していきたい。



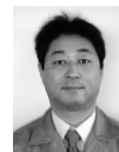
黒田淳
技術本部
高砂研究所
電子技術研究室



杉本喜一
技術本部
高砂研究所
電子技術研究室



早川祥史
神戸造船所
ITS部
ITS設計課



浦田秀夫
神戸造船所
ITS部
ITS設計課主席