

道路交通システムの高度化を支える画像認識技術

Image Processing and Recognition Technology for Advanced Road Traffic Systems

堀江 武*

Takeshi Horie

佐藤良幸***

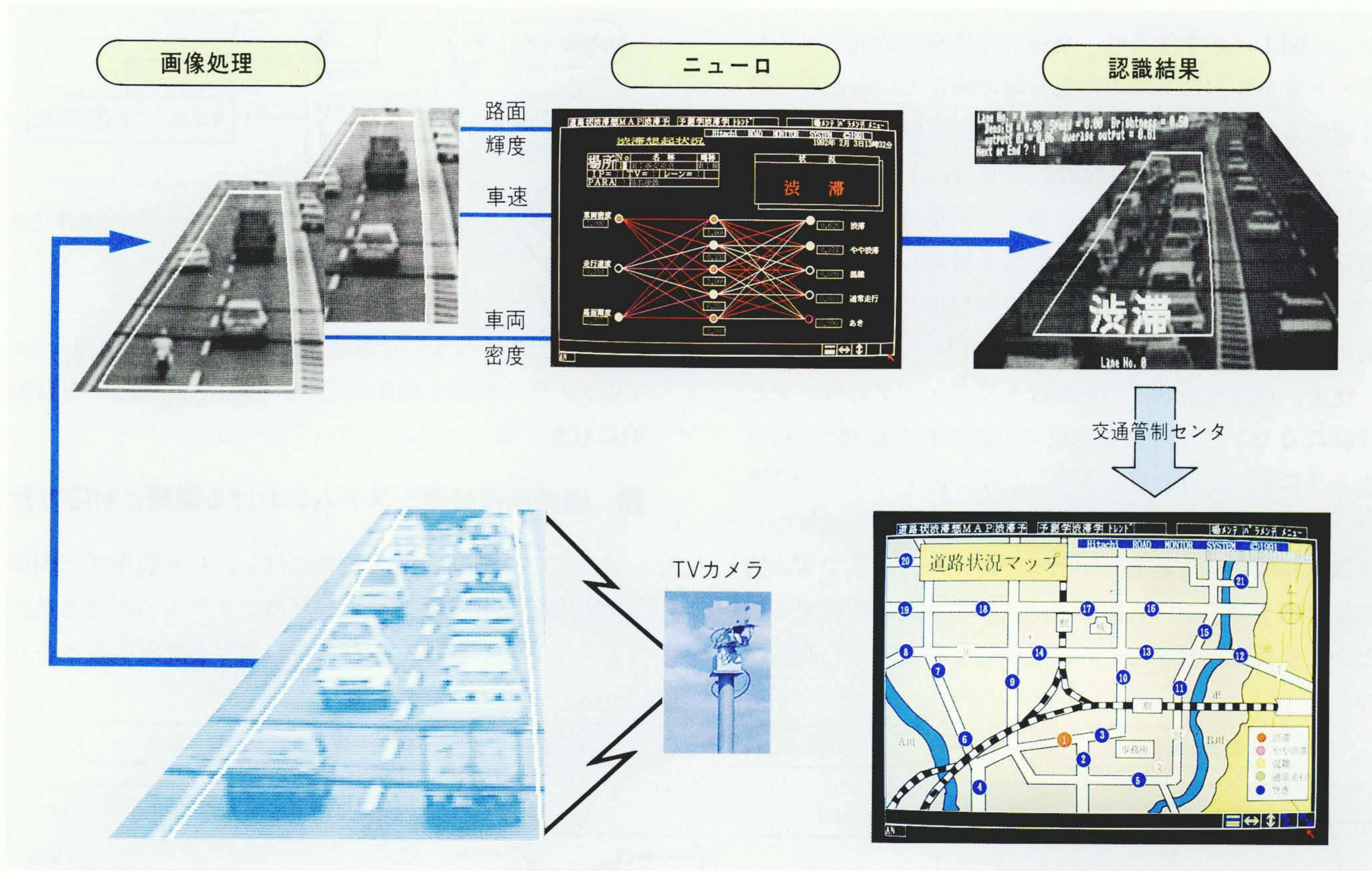
Yoshiyuki Satō

北村忠明**

Tadaaki Kitamura

山本勝之****

Katsuyuki Yamamoto



渋滞度計測システム TVカメラで撮影した道路画像から、画像処理技術とニューラルネットワーク技術を用いて渋滞の度合いを計測する。

都市部の道路交通の過密化や、長大トンネルでの防災問題に対処するため、道路上の交通状況を正確に把握し、道路利用者に対する的確な情報を提供することが望まれている。

このため、道路交通監視用のTVカメラの映像を画像処理することにより、交通状況を把握するシステムの導入が進んでいる。日立製作所でも、ナンバープレート読取りシステム、交通流計測システムなどを開発してきた。このような画像処理システムでは、幅広い空間的な情報が取得できるといった利点があるが、反面、渋滞時などに車両が重なって見える場合には計測精度が低下するなどの問題も生じていた。

このような問題点を解消し、人間の主観的判断に近い形で道路の渋滞の度合いを判定するために、画像処理とニューラルネットワークを組み合わせた新しい手法を開発した。この方式は、渋滞の度合いを人間の感覚に合った数段階に分類し提供することができ、各種システムへの展開が可能である。

さらに、道路交通監視業務の高度化・効率向上のために、道路上の異常事象(事故・渋滞の発生、落下物・停止車両の有無など)を総合的かつ自動的に検出するシステムなども試作している。

これら道路交通の状況認識を行うシステムにより、安全で円滑な道路交通の実現に寄与することが可能である。

* 日立製作所 システム事業部 ** 日立製作所 日立研究所 *** 日立製作所 大みか工場 **** 日立製作所 機電事業部

1 はじめに

現在、道路管理・交通管制といった分野では、各種の制御システムを用いて道路交通の管制を行っている。しかし、図1に示すように、交通渋滞や事故の発生への対応・トンネル内などでの防災対策の強化といった社会的要請にこたえるため、その管制範囲は広域化し、またセンサ・TVカメラなどの設置数の増加によって監視の密度は高まる方向にある。この結果、監視員の作業負担は増加の傾向にあり、監視作業の質を維持していくためには、迅速かつ的確な道路交通状況の把握と、監視作業の効率向上が必要と考えられている。

従来、道路交通状況の把握はトラフィックカウンタと呼ばれるセンサや、重要地点に設置された監視用のTVカメラによって行われてきた。しかし、トラフィックカウンタは計測できる情報の種類が交通量、平均速度などに限られていることと、一方、TVカメラは収集できる情報量は増やせるが、人間が常時モニタ画面を監視することから監視地点数をむやみに増やせないといった制約が

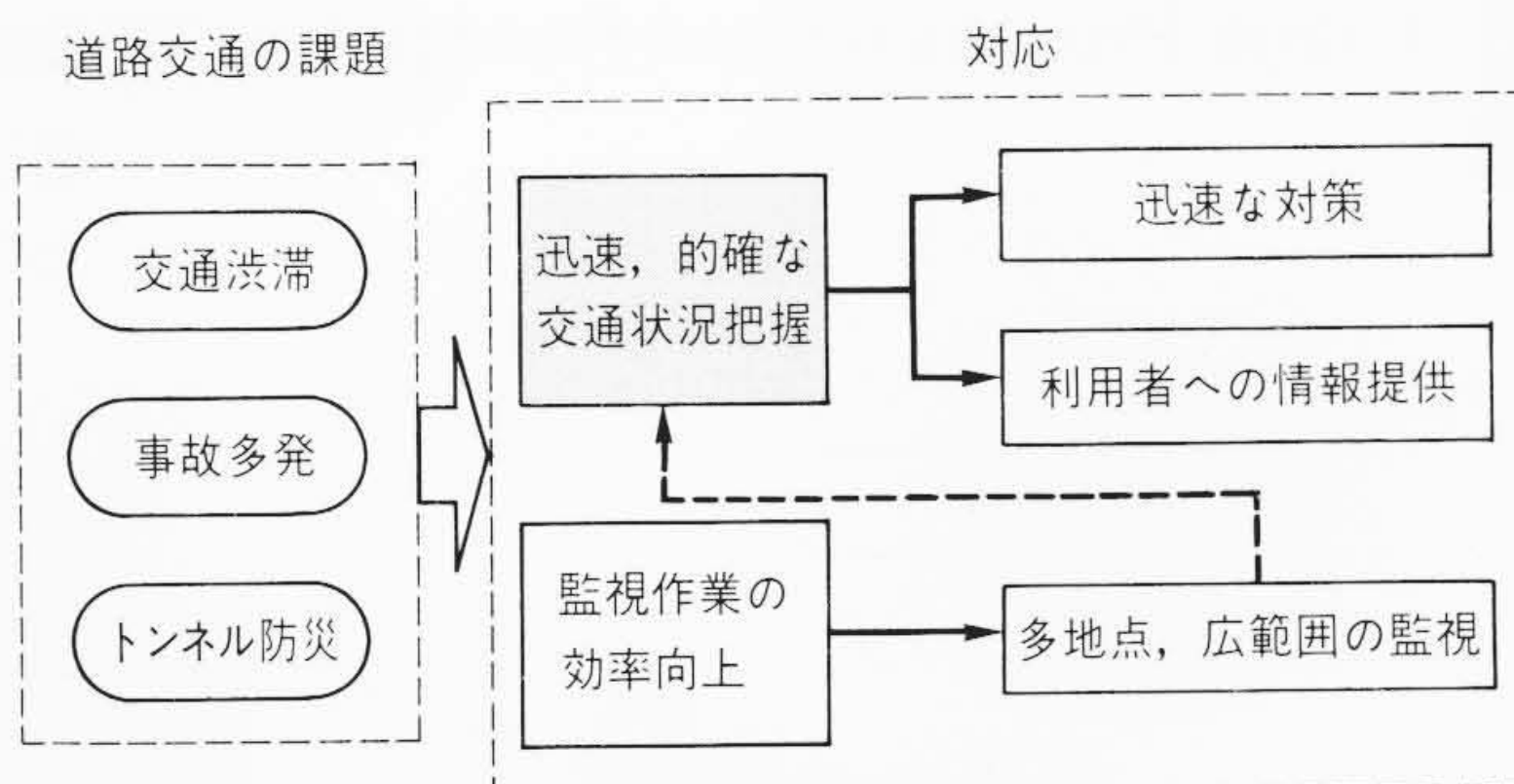


図1 道路交通の課題と対応 道路交通システムの高度化のために、より多種、多量の情報が必要になる。

ある。ここではこうした課題に対応するために開発した、TVカメラの画像を画像処理し、必要な情報だけを自動的に収集するシステムについて述べる。

2 道路画像処理システムにおける課題と対応方針

1章で述べたようなニーズに対し、日立製作所は画像処理技術を応用した道路状況計測システムの開発を進めている。すでに図2に示す旅行時間[※]を計測する車番認

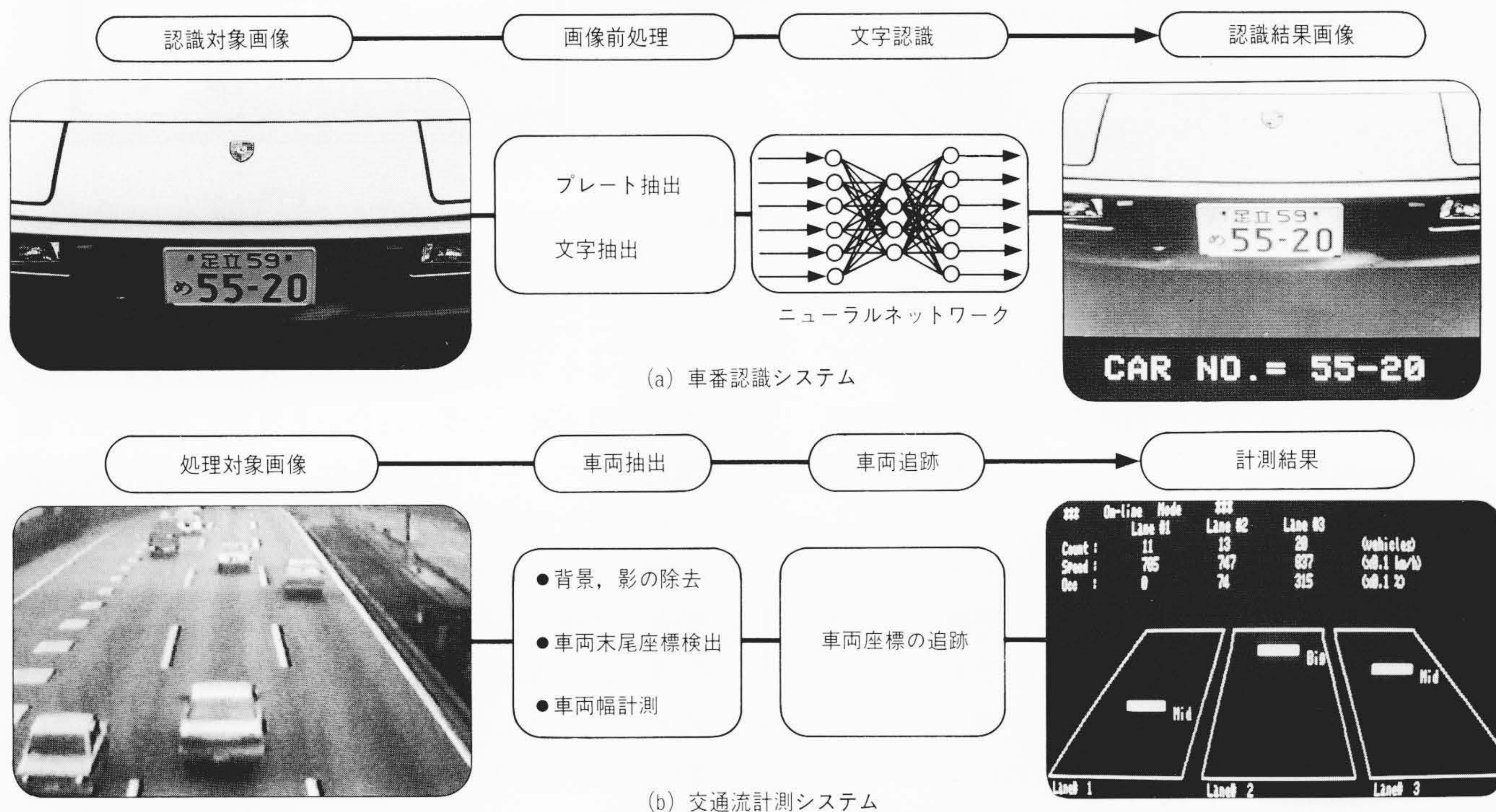


図2 道路交通での画像処理システムの一例 ITV(工業用テレビジョン)画像を処理することにより、通行車両のナンバープレート情報や、速度・台数などを認識する。

※) 旅行時間：特定の2地点間を移動するために必要となる時間を言う。従来、道路利用者に対しては渋滞長の情報提供が行われてきたが、これに代わる情報として旅行時間を提供し、利便性の向上を図ろうとするものである。また、交通管制の精度向上のためにもこの情報が利用されている。

表1 道路交通状況計測システムの課題と対応方針 道路
交通システム高度化の要求にこたえるために、道路交通分野特有の
課題に対しての対策が必要である。

項目	課 題	現 象	対応方針
1	屋外設置による環境変化	明るさ変動、汚れなどの発生 →文字認識率低下 →車両抽出精度低下	●濃淡画像処理による変動除去 ●背景画像の最適更新
2	車両の重なり	個別車両の分離が困難 →台数、速度計測精度低下	●マクロ特徴量とニューラルネットワークによる学習処理
3	カメラの死角	カメラで見えない地点の状況把握が困難	●カメラ間の情報の集中・連係

識システム¹⁾、通過台数や速度などを計測する交通流計測システム²⁾を開発し、さらに、信号の最適制御のための交差点交通流計測システム³⁾、安全確保などを目的とする停止車両検出システムや異常事象検出システムなどについても開発を進めている。

このような道路状況監視システムに共通する課題として、

- (1) 環境変化への対応
- (2) 車両の重なりに対する対応
- (3) カメラの死角に対する対応

などがあげられる。日立製作所は、表1に示すような方針でこのような課題に対応している。以下、その例について述べる。

2.1 環境変化への対応

画像処理システムは一般的に環境が安定している屋内での利用が多いが、道路画像処理の場合、屋外での処理となるため種々の環境変化に対応できることが重要である。このような課題の一例として、「明るさの変動」、「徐々に変化する汚れや道路の傷み」、「対象車両の色の種類が多い」などをあげることができる。

例えば、交通流計測処理では個々の車両を正確に切り出すことが重要であるが、このためには、比較画像となる道路だけの画像(背景画像)を正確に作成する必要がある。背景の状態は天候・日照・落下物の有無などによって刻々と変化するため、車両が走行している画像から道路だけの画像を常に最適に更新する背景画像の作成・更新技術を開発し⁴⁾、これらの環境変化に対応している。また、車両の追跡座標を正確に求めるために、2値画像の特徴だけでなく、濃淡画像の濃度変化状態を計測しながら実行している。このような処理により、車両を正確に

抽出でき、結果的に速度、台数の計測精度の向上を図っている。

2.2 車両の重なりに対する対応

通常、道路が渋滞してくるとTVカメラの映像は車両が重なって見えるため、個々の車両の識別が困難となり、画像処理での計測精度が低下してしまうという問題がある。

このような状況でも道路の混み具合を的確に計測するために、大まかな特徴量を抽出してニューラルネットワークで処理することにより、車両の重なりの影響を少なくしている。このシステムでは「空き」から「渋滞」までを数段階に分類でき、交通流計測などと組み合わせることで、車両が重なって見える場合でも台数、速度の計測精度を補完し交通状況を把握することなどが可能である。

2.3 カメラの死角に対する対応

トンネル監視では、トンネル内での事故、停止車両などを早期に発見することが望まれている。しかし、TVカメラの設置間隔は目視による監視を前提に決められているため、全域にわたって画像処理を行うことは不可能で、カメラとカメラの間に画像処理できない死角が発生するのが実情である。

このため、死角領域に何らかの異常が発生した場合でも、それを早期に発見できるように、カメラ間の補完処理による異常事象検出システムを試作した。これは前後のカメラで認識される状況を照らし合わせることで、特定地点の異常を把握するものである。

以上、技術的課題と対応する画像処理技術について簡単にまとめたが、濃淡画像処理の充実、ニューラルネットワーク技術、複数カメラ情報の集中化・連係技術などによって種々の課題が解決できるものと考えている。これらの一例として渋滞度計測システム⁵⁾、異常事象検出システムを3、4章で述べる。

3 渋滞度計測システム

渋滞度の定義は、高速道路、一般道など各道路ごとに定まっているが、基本的には渋滞の車長列および走行速度の基準を用いて判断している。

ところで、人間が道路の混み具合を判断することを考えると、正確な走行速度や台数をカウントして判断するのではなく、道路を広範囲に見渡し、「車が多く、ほとんど動いていないから渋滞だ」と判断していると考えられる。そこで、このような判断方法を画像処理手法として取り

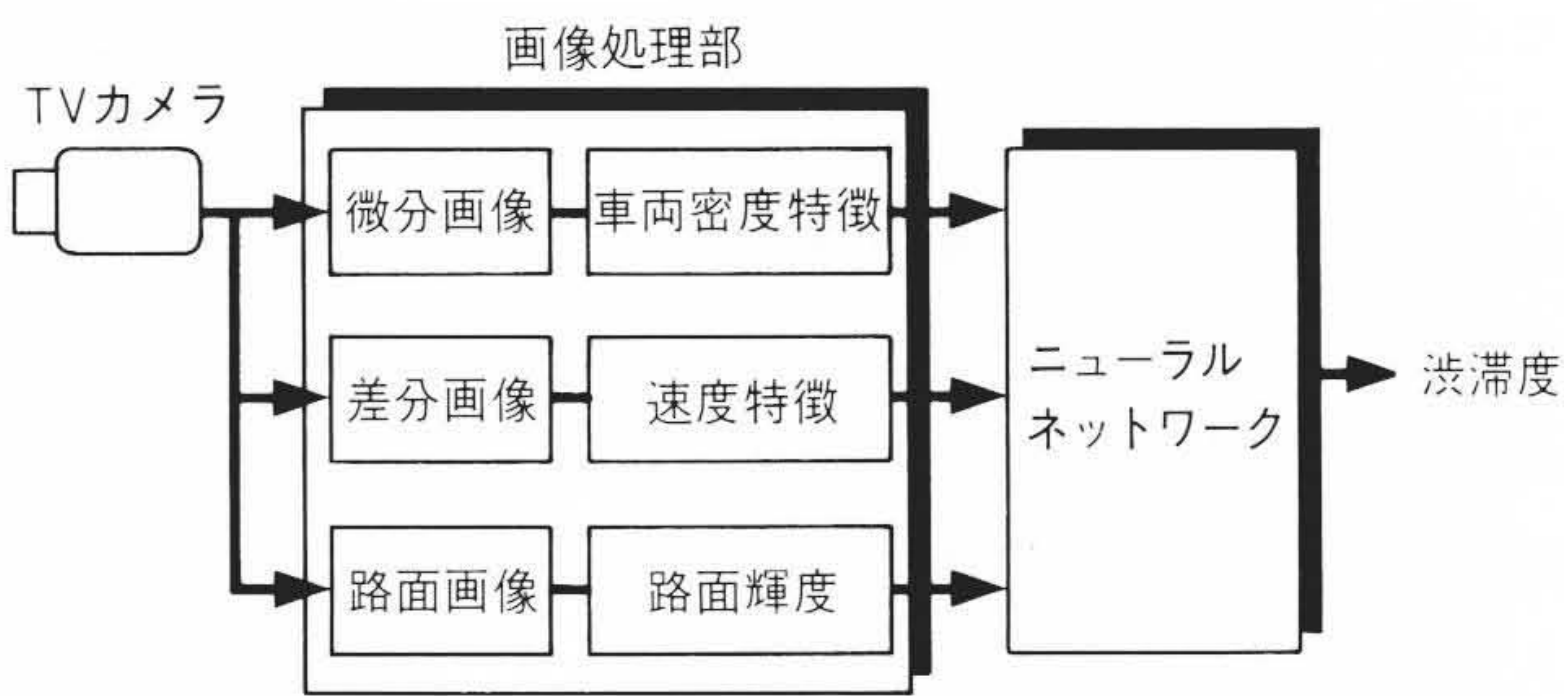


図3 渋滞度計測システムの構成 画像処理でのマクロな特徴抽出とニューラルネットワークとを組み合わせている。

込むことを考案した。その概要を図3に示す。

この手法では、車が多いか少ないか、速度が速いか遅いかといったマクロな情報を車両密度特徴抽出処理、速度特徴抽出処理で求め、これらをニューラルネットワークを用いて総合判断し、渋滞度を求めている。

3.1 特徴量の抽出方法

(1) 車両密度特徴抽出

車両密度の情報を取得するために、車両の輪郭情報に着目し、この輪郭の多さを特徴量として用いる。具体的には、入力した画像に対し垂直方向の微分処理を行い、これを所定のしきい値で2値化して車両の輪郭(水平の輪郭を抽出)を抽出する。この輪郭の数が計測範囲に対して占める割合を求めることにより、計測領域のマクロな車両密度としている。車両密度特徴抽出の流れを図4に示す。

(2) 速度特徴抽出

速度特徴抽出のために、ある時間間隔で入力した2枚の画像の差分画像からマクロな速度を算出する。すなわち、車両が移動していれば差分画像は車両の輪郭情報として抽出され、移動していなければ何も情報は抽出され

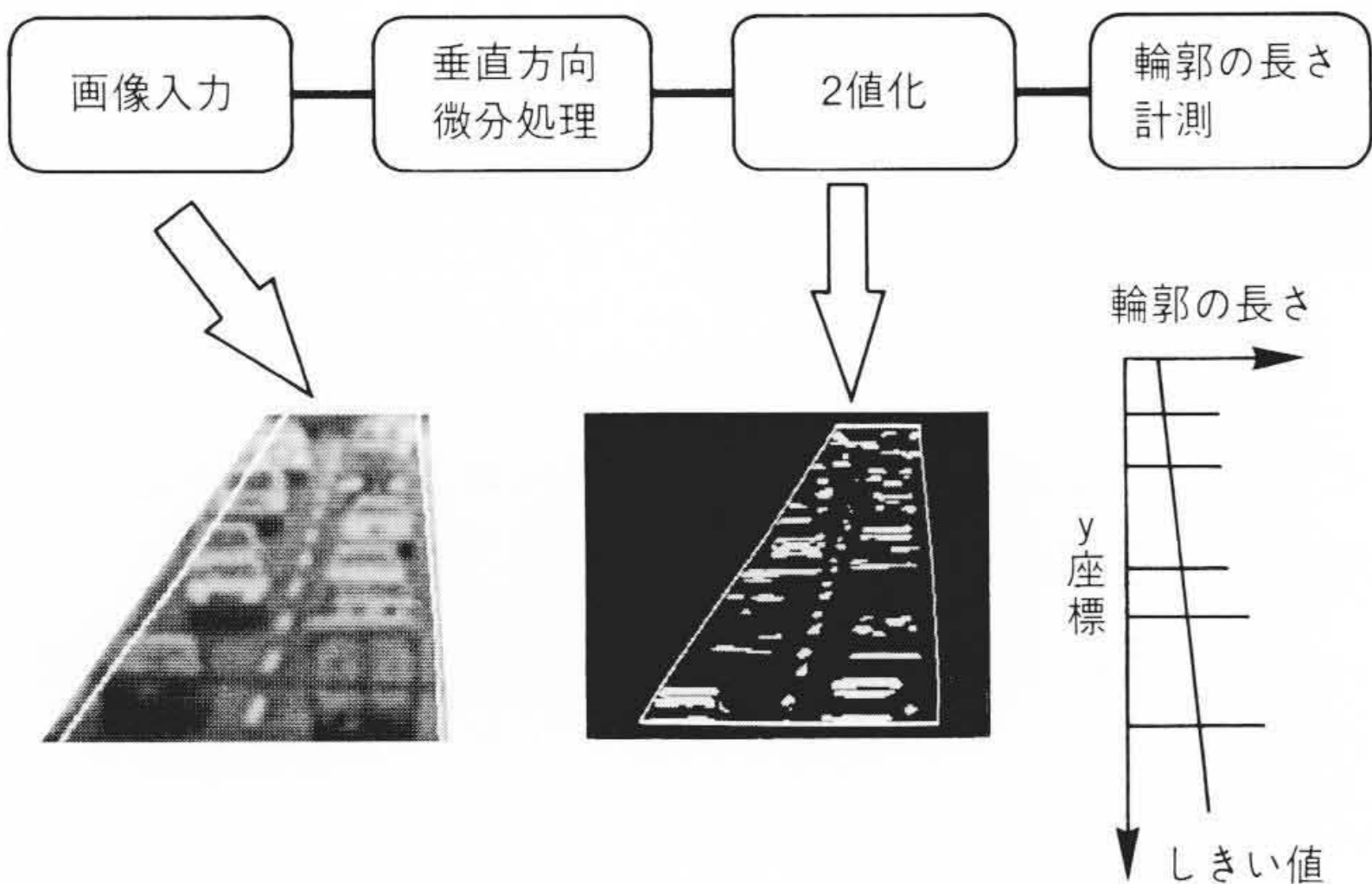


図4 車両密度抽出方法 車両の水平方向の輪郭を抽出し、その本数をカウントする。

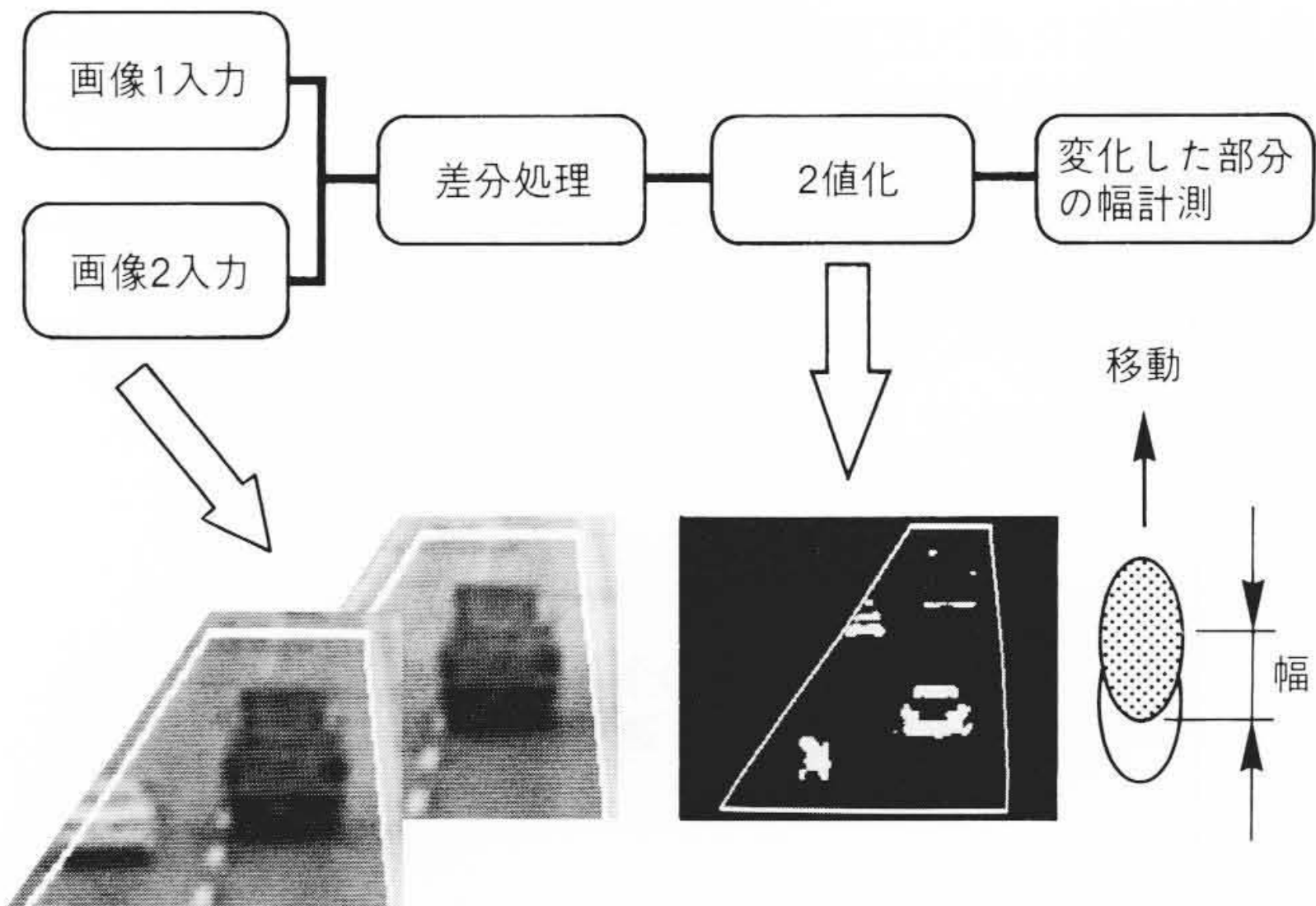


図5 速度特徴抽出方法 2枚の画像を取り込み、差分処理で移動しているか否かを判定している。

ない。したがって、差分画像で抽出した画像の移動方向の幅から速度を算出し、この平均を求めることで計測領域のマクロな速度としている。速度特徴抽出の流れを図5に示す。

(3) 路面輝度

道路状況を計測するには24時間の運用が必須(す)である。しかし、夜間はテールランプしか見えないため、昼間・夜間共に同じ台数の車両が計測領域に存在していても、夜間のほうがマクロ特徴量が小さ目になってしまう。このため、路面輝度を求めてこの値で車両密度、速度特徴量を自動補正できるように、ニューラルネットワークに入力している。路面輝度は、計測領域の車両以外の画素の平均濃度を算出している。

3.2 渋滞度判定方法

抽出した特徴量とそのときの混雑状態を組にしてあらかじめ学習する。学習は、上記抽出した特徴量を先の図3に示したニューラルネットワークの入力層に入力し、このときの道路状況に見合う教師信号を与え、BP (Back-Propagation: 誤差逆伝搬)法で学習する。

例えば、車両密度=0.5, 速度=0.2, 路面輝度=0.5の場合が「混雑」とすると、これらの特徴量を入力層に与え、教師信号には「混雑」を表すニューロンに1, それ以外に0を与えて学習する。すべてのデータの学習が終了すると、学習処理で作成された荷重係数を利用して認識処理を実行する。

認識処理は、求めた特徴量を入力層に入力し、荷重係数を利用して想起処理すると、各渋滞度に対応する出力ニューロンに出力値が求まる。この出力ニューロンのうち、最大値を出力するニューロンが渋滞度となる。した

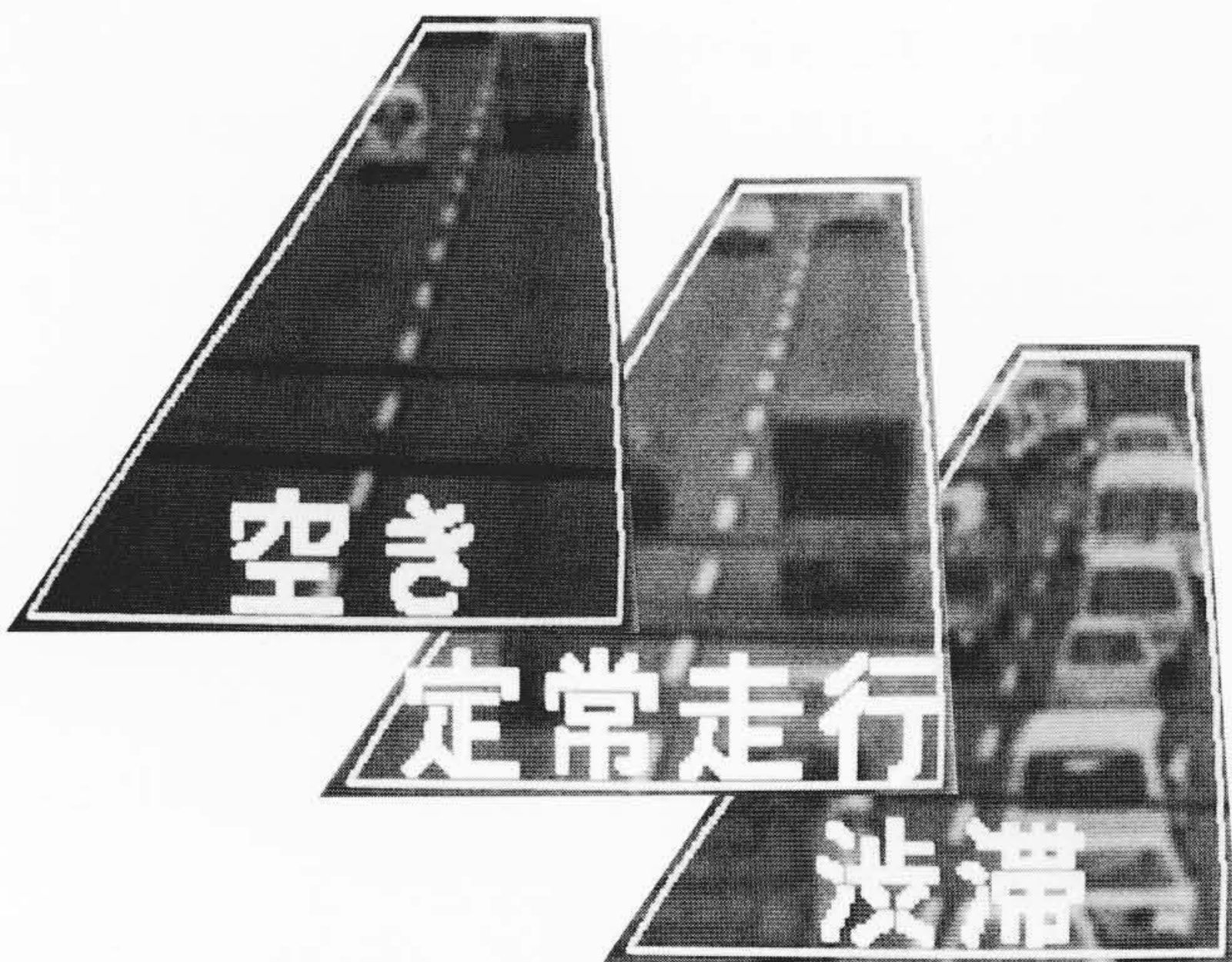


図6 認識結果の一例 それぞれの渋滞度を0.5秒程度で判定できる。車の数に合わせて判定結果が変わる。

がって、出力ニューロンの出力値を求めることにより、渋滞度を判定することができる。

認識結果の一例として、「空き」から「渋滞」までの5段階のうち、3種類を図6に示す。

このような方法は、個々の車両の走行速度や通行台数などの詳細情報から道路交通情報を取得する画像処理手法に比べて、マクロな特徴量とニューラルネットワークを用いることにより、ノイズに強く、多少車両が重なっても何ら問題なく渋滞の度合いを計測することが可能となっている。したがって、従来のトラフィックカウンタ

を用いた単純で局所的な判定方法のように、直下の違法駐車車両などの影響で計測ができなくなることがない。また、交通流計測システムや車番認識システムなどと組み合わせることで、よりの確な道路交通状況の情報を収集することができると思う。

4 異常事象検出システム

異常事象とは、走行車両の速度・車間距離の異常、停止車両や落下物の発生等と、それらを原因に生起する事故・渋滞などを指す。こうした事象の検出を自動的に行うため、複数の画像処理結果の集中化・連携技術を用いて、トンネル内全域での異常事象検出を行うシステムを試作した。

先の2章で述べたように、トンネル内に設置される監視カメラには画像処理上の死角が存在するため、個々のカメラの画像を直接処理するだけでは、全線の監視を行うことはできない。そこで、個々の地点の画像を画像処理して得られるデータをシステムの上位層に集約し、地点間で比較すること、あるいは時系列的な傾向をとらえることにより、トンネル全域にわたっての異常事象検出を行うことが必要と考える。この原理を図7に示す。

例えば、ある地点の車両走行速度が他の地点と比較して明らかに異なる場合、その地点付近で何らかの異常事象が発生していることが推測される。あるいは、ある地点の車両走行台数が、ある時点から急変した場合、その

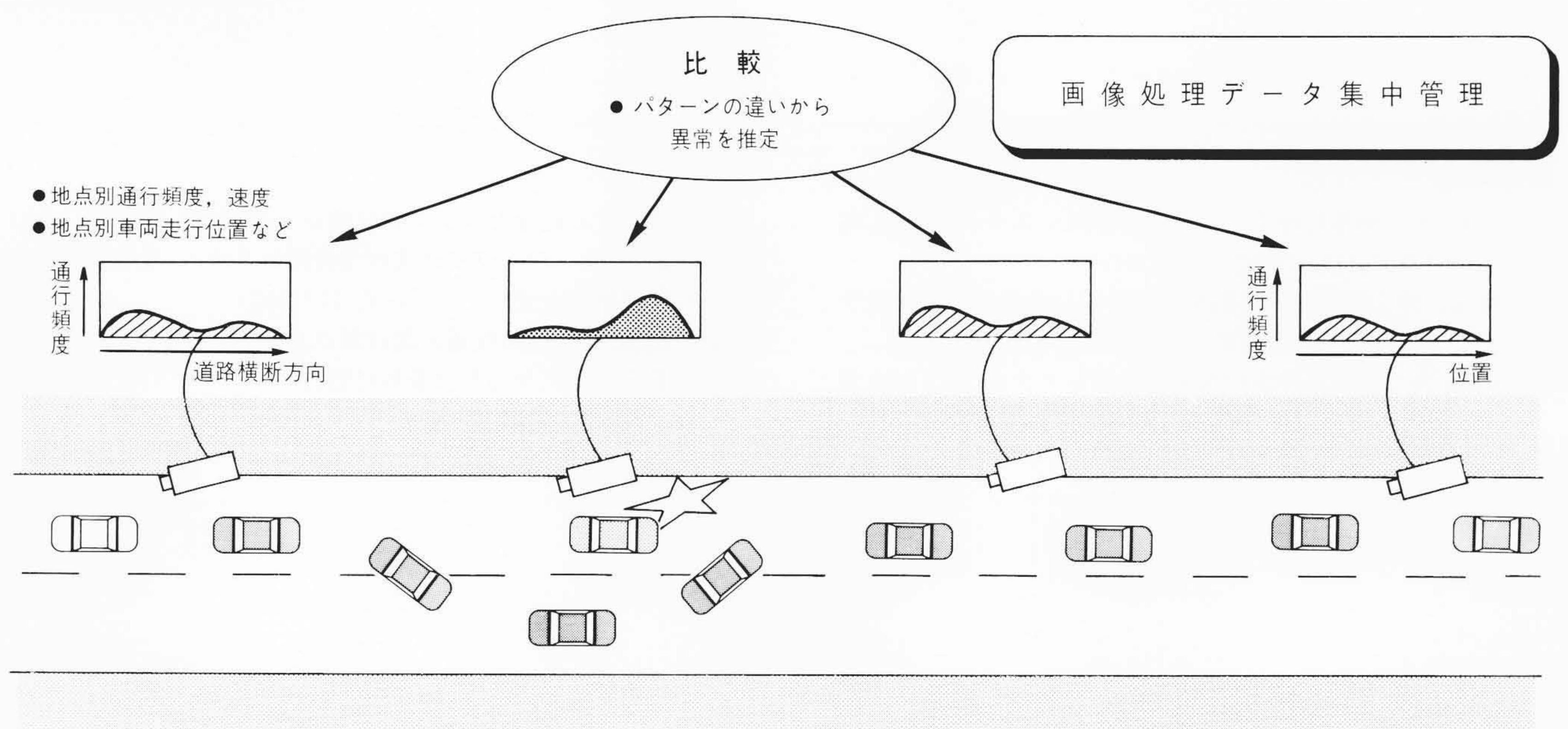


図7 画像処理結果の集中化 1 地点のデータだけでは検出できない「異常事象」が、地点間のデータ比較を行うことによって検出可能となる。

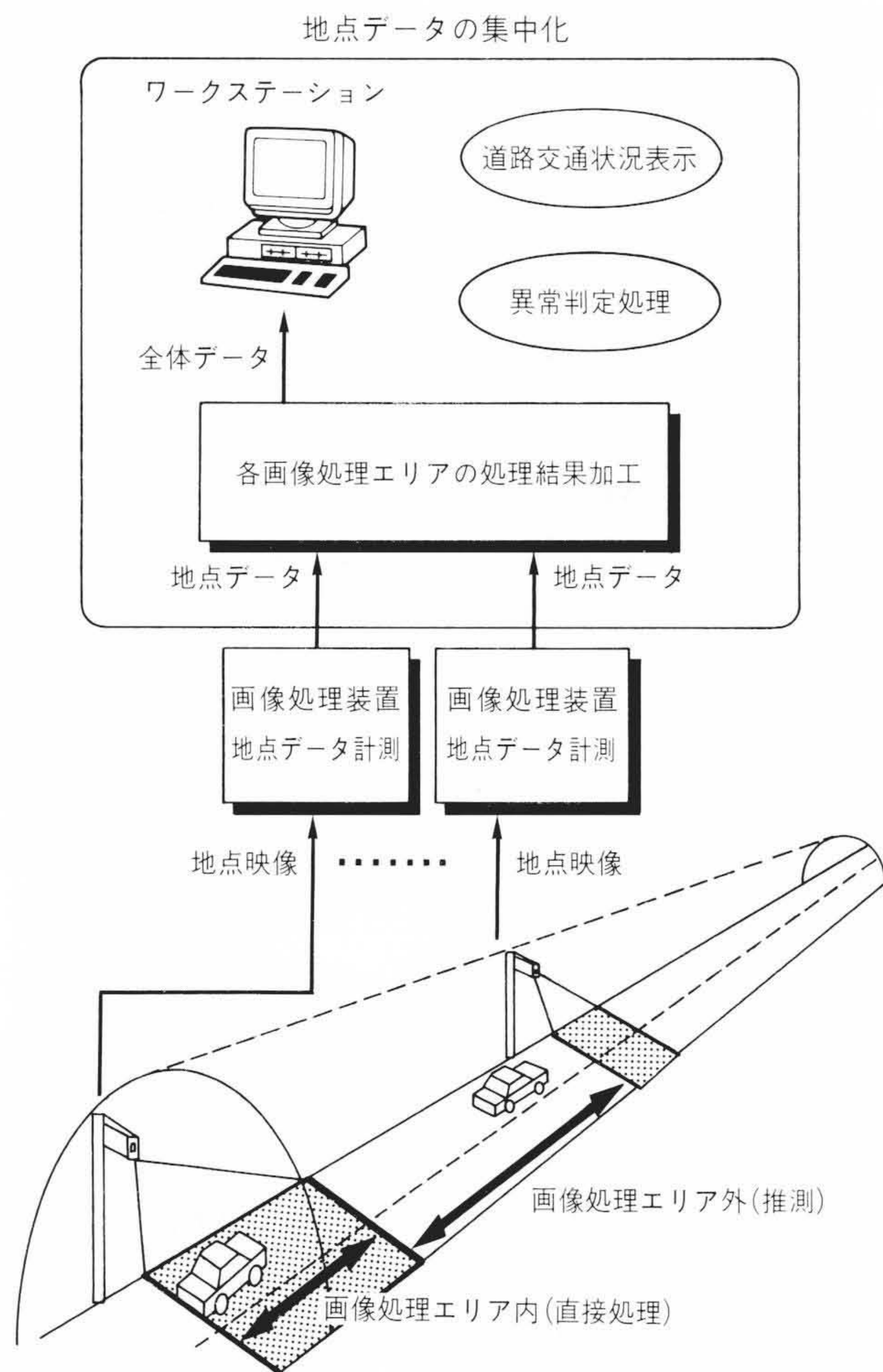


図8 異常事象計測応用システムの構成イメージ このシステムは、地点ごとの画像を処理する画像処理装置と、地点データの集中化・連係を行う上位処理装置とで構成する。

時点前後での異常事象の発生が推測できる。このようなケースでは、上位層にデータを集中し、その情報処理機能を用いて時空間的な比較を行うことにより、初めて上述した検出が可能になる。このシステムの概念構成を図8に示す。

地点ごとに取得すべき情報としては、車両速度や台数のほか、車両走行位置、渋滞度などを用いる。

以上のように、個々の地点の画像を画像処理して得られる情報を、空間的・時系列的に処理することにより、トンネル内全線での異常事象の発生を迅速・的確にとらえることができる。

5 おわりに

ここでは、画像処理による交通状況認識手法の動向について述べた。

日立製作所は、ナンバープレート読み取りや、渋滞度計測・交通流計測を目的とした画像処理システムについて道路管理者向けの納入実績を持ち、いずれも順調に稼働している。

今後は、異常事象検出処理の開発や、小型・低価格・高速な画像処理専用ハードウェアの開発を通して、より有効な画像処理技術の確立に努めていきたい。また、画像処理手法などによって収集された道路交通状況を、道路利用者に提供する技術についても別途開発を進めており、こうした取組みを通して「安全で円滑な交通流の確保」という社会的課題の解決に寄与していけると考える。

参考文献

- 1) 三島, 外: 画像処理を用いた車番認識システムの開発, 電気学会論文誌D, 109巻, 5号(1989)
- 2) 奥山, 外: 画像処理応用交通流計測システムのアーキテクチャ, 情報処理全論集, Vol.37, No.3(1988)
- 3) 高藤, 外: 画像処理応用交通流計測システム, 第6回産業における画像センシング技術シンポジウム論文集(1991)
- 4) 永井, 外: 交差点交通流画像計測システム, 電気学会道路交通研究会資料, RTA-92-11(1992)
- 5) 北村, 外: 道路交通渋滞計測システムの検討, 電気学会産業応用部門全国大会資料(1991)