

高精度画像認識による交通データベースシステムの構築

坂内 正夫

上條 俊介

情報理工学系研究科電子情報学専攻

1 概要

道路交通をはじめとする実世界では、さまざまな事象が複合的に起こっており、これらの事象を統合的に把握する情報基盤技術とそれに基づくディペンダブルシステムが求められている。そこで、坂内研究室と上條研究室では、本年度の成果として主に道路車両交通を対象として、高精度画像解析技術を基盤とした事象の統合把握システムの開発を行った。

従来から、画像上での車両のトラッキングは、オクルージョンと照度変化という現象により精度が著しく低下するという問題を抱えている。これに対し、当研究グループでは、オクルージョンや照度変化に対してロバストな時空間 MRF モデルに基づく手法を開発し、交通画像から様々な情報を自動取得する基盤技術とした。さらに、このように取得されたデータベースを有効活用するため、柔軟なデータ加工演算体系とユーザインタフェースを構築した。

2 はじめに

Intelligent Transport Systems(ITS)における重要な研究課題の一つとして、交差点等における交通を自動的に調査・解析する技術の開発がある。交差点交通調査は交差点における交通状況を把握して、容量上のボトルネック箇所を見出し、交差点改良、信号現示改善のための資料としたり、周辺道路の交通処理方策を考える基礎とするために行われる。また高速道路での交通調査では、道路情報をドライバーに知らせるという用途もある。このような調査を手作業で行った場合、作業量が膨大なものとなるため、長期間にわたる調査は不可能であった。また、短期間の調査であっても、調査結果が出るまでに時間を要した。ところが、情報技術の進歩に伴い、これらの調査を自動で行う研究が進められ、その技術には大きな期待が寄せられている。自動化がなされることにより、作業量の大幅な軽減が実現され、またフルタイムでの調査が可能となる。

自動交通調査においては、車両の自動検出が必須の

技術である。検出手法としては、画像を用いる方法が有力視されている。画像を用いることによって、車の台数、速度、走行方向ばかりではなく、個々の車両の詳細な動きや速度の変化、大きさ、色、車種に関する情報を得ることができ、より詳細な解析を行うことが可能である。

自動交通調査に画像を用いる場合、画像から個々の車両を切り出す技術が必要である。当研究室では、Spatio-Temporal Markov Random Field(ST-MRF) モデルを用いたオクルージョンや照度変化にロバストなトラッキング手法を開発した kamijo。この手法を用いることにより、車両同士の重なりが多く生ずる交差点映像からも個々の車両を切り出すことが可能である。この手法を利用して、交通に関する統計量や事象の情報を自動的に取得することが可能となった [2][3]。さらに、こうして自動的に集められたデータは、必要に応じて解析・整形され、ユーザに提示されることで意味を持つ。したがって、ユーザが望む統計量や事象の情報に柔軟にアクセスする手段を提供する必要がある。

本報告書では、画像センサを用いて交通事象を自動的に取得・蓄積し、その蓄積されたデータに対してユーザの要求に応じて柔軟に統計量の算出や解析を行いその結果を提示するシステムについて報告する [2][3]。

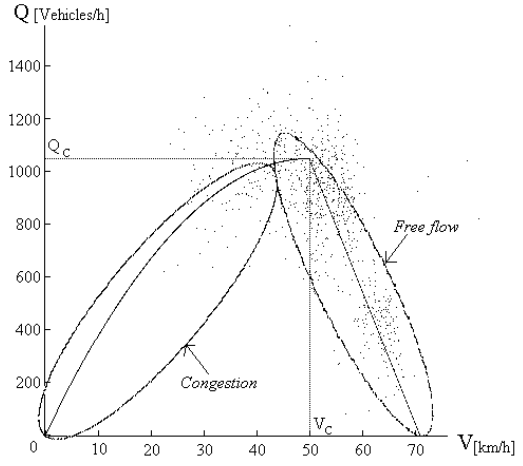
3 交通統計量自動取得システムの開発

さらに、上記のようなあらゆる条件に頑強で正確なトラッキングアルゴリズムを用いて、図 1 のような交通統計量自動取得システムを開発した。このように、局所センサーや従来のトラッキングアルゴリズムでは計測不可能であった、交差点内の車両速度(図 1(a))、Q-V プロット (b)、方向別車両通過台数 (c)、詳細な車両軌跡統計 (c) など詳細な統計を自動で取得することが可能となった。

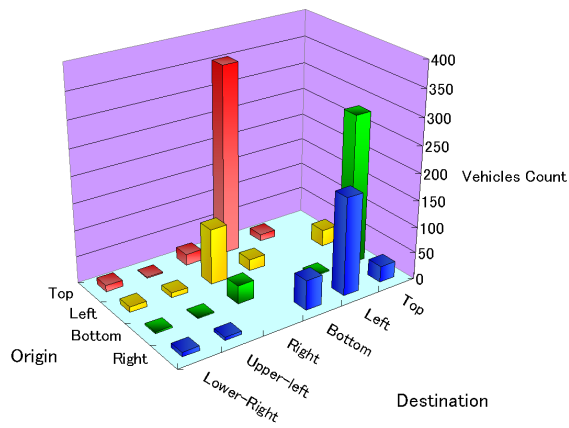
また、本トラッキング手法により、過去 12ヶ月程度に渡って統計量を取得しており(図 1(e))、また過去 20ヶ月程度に渡って自動化されたシステムが安定動作している。ただし、オフライン動作である。



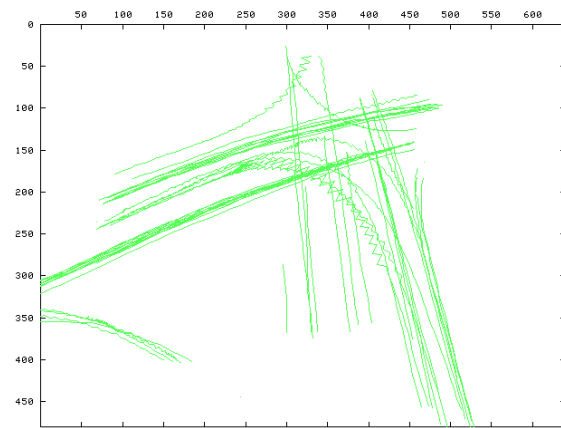
(a) Velocity of each Vehicle



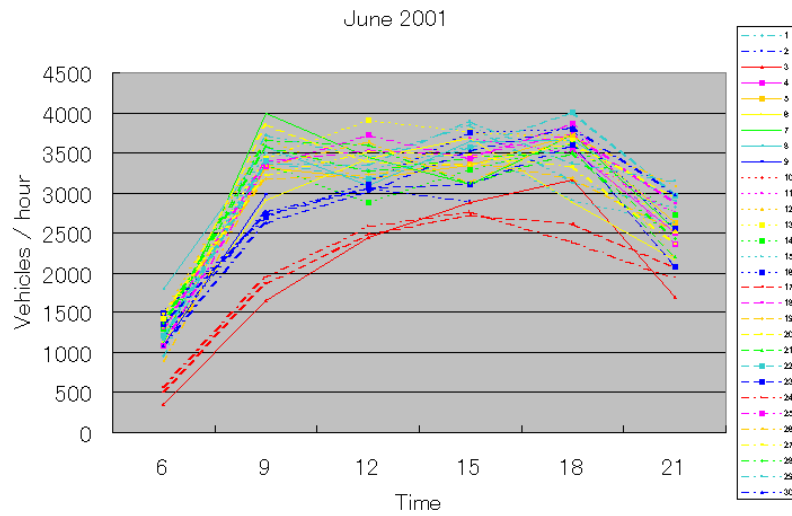
(b) Quantity-Velocity Curve



(c) Directional Traffic Volume (Vehicle counts)



(d) Detailed Vehicle Traces



(e) Variations in Traffic Volume during past a month

☒ 1: Traffic Statistics acquired by the Tracking System

4 質問の解釈と応答

4.1 質問文の解釈

本システムにおける「回答の出力」とは、「ある条件に合致する事象を検索し、それに関する何らかの属性値、統計量を出力すること」である。つまり、「ある条件」とは何か、どのような「事象を検索」するのか、何に「関する何らかの属性値、統計量を出力する」のかを判断することが質問文解釈の役割である。

質問文は自然言語にて受け付けるため、まずは構文解析を行う必要がある。受け付けられた質問文は、構文解析器にかけられていくつかの文要素に分解される。構文解析には、文脈自由文法を利用する。

システムは、質問文の構成要素と演算とを対応させて、最終的にどのような計算を行うかを決定する。

4.2 複数候補の絞込み

構文解析の結果は常に一意に決定されるとは限らず、いくつかの候補が存在する場合がある。例えば、“How many vehicles existed in the crossroad at 9 o'clock yesterday?” という質問は、図 2 に示すように 2 通りの解釈をされうる。

この場合、分解された文の要素と演算との対応付けが試みられ、すべての要素が対応している候補を解析結果として採用する。表 1 にその様子を示す。

このように 2 の場合は、“in the crossroad at 9 o'clock” の部分が正しく演算と結びつけられない(意味をなさない)ため誤りと判断し、1 の構文解析を採用する。

4.3 条件の補完

すべての要素が演算と対応付けられたとしても、それだけで十分とは限らず、不足している条件を補う場合もある。このシステムにおける計算で共通していることは、「ある条件に合致する事象を検索し、それに関する何らかの属性値、統計量を出力すること」である。したがって、検索範囲の選び方によって回答が異なってくる場合があり、この情報が不足している場合にはユーザに聞き返すという作業が必要になる。“How fast did the fastest vehicle run?” という質問文を例に考える。

表 2 に示されているように、この文の解析結果はすべての要素が正しく演算内容と対応付けられる。しかしながらこの場合には時間範囲の指定がなされていないため、「最も速い車」を検索する範囲が定まらず、計算が実行できない。そこで、システムは時間範囲の指

定をユーザに要求する。このような「聞き返し」の作業は、すべての条件が得られるまで繰り返される。

4.4 回答の生成と出力

必要な情報がすべて揃った時点で、システムは保存されているデータにアクセスし、定められた演算の組合せを実際に適用する。そして、得られた統計量や交通事象を必要であればグラフなどに書き出しユーザに提示する。

5 実験例

神田駿河台下交差点からの映像を入力として、データ取得・保存を行っている。記憶領域と計算機の能力の問題から、通常はデータの取得・保存は一日 6 回の時間帯 (6,9,12,15,18,21 時) に各 20 分ずつの実施としている (図 1(e))。

5.1 自動的に取得できるデータ例

図 1(a)、図 1(c) に示しているのは、ストレージに保存されたデータから得られた統計量を出力したものである。図 1(a) は各車両速度を表示したものである。図 1(c) は各 OD 毎の交通量のグラフである。ユーザからの質問文を受けてからこれらのグラフや表示を生成するシステムは、現時点ではまだ実装されておらず、この結果は予めプログラミングしておいた内容に基づいて出力したものである。実装の際には応答時間を現実的な時間内に収めることが重要課題となる。

5.2 ユーザとの対話的やりとり

取得しているデータを元にユーザとの解析を対話的に実現する、プロトタイプシステムの構築を行った。そのシステムによって実現される質問と回答の例を図 3 に示す。図 3(a) では受け付けた質問がすべての必要な条件を指定しているため、聞き返すことなく回答を提示している。図 3(b) では、時間指定が不足していたため、ユーザに時間についての指定を要求している。図 3(c) は、無意味な質問にはシステムは答えられないという例である。

6 まとめ

本報告書では、高精度トラッキング技術に基づく交通事象自動取得、交通統計データベース、および対話型解析システムについて述べた。システムの構成は、データ取得プロセスと応答プロセスの 2 プロセスからなる。応答プロセスにおいて、システムの肥大化回避のため計算手法を要素演算に分解し、質問文解釈結果に応じ

表 1: Correspondence between operations and query “How many vehicles existed in the crossroad at 9 o'clock yesterday?”

		品詞	語	演算	
1	主部	IA	how many	数	
		N	vehicles	(事象) 車両が	$E(id, x, y, t) = 1$
		V	exist	存在する	
	述部	PP	in the crossroad	(範囲) 交差点内	$R(x, y) \in$ 交差点内
		PP	at 9 o'clock	(範囲) 9 時	$t \in$ 9 時
		Adv	yesterday	(範囲) 昨日	$t \in$ 昨日
2	主部	IA	how many	数	
		N	vehicles	(事象) 車両が	$E(id, x, y, t) = 1$
	V	exist	存在する		
	述部	PP	in the crossroad at 9 o'clock	×	×
		Adv	yesterday	(範囲) 昨日	$t \in$ 昨日

表 2: Correspondence between operation and query “How fast did the fastest vehicle run?”

	品詞	語	演算	
疑問詞	IAdv	how fast	速度	$v_{obj}(id)$
主部	A	fastest	最も速い	$\max_{id} v_{obj}(id)$
	N	vehicle	(事象) 車両が	$E(id, x, y, t) = 1$
述部	V	run	走る	$v_{obj}(id) > 0$

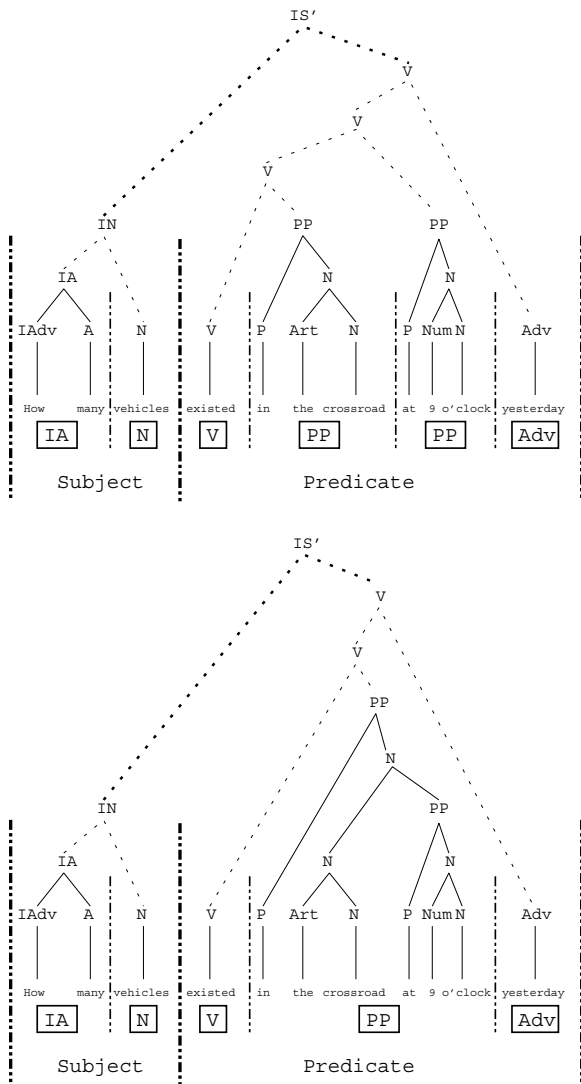
た要素演算の組合せで高次の情報を得られることを示した。またプロトタイプシステムによる実験例として、システムの GUI や取得されたデータから得られる情報、ユーザとの対話的解析の例を報告した。

今後の課題としては、より多くの種類の統計量計算や事象解析に柔軟に対応するため、必要な要素演算の検討や階層構造を検討する。同時に、これらの統計量計算や解析を要求する質問文に対応できるように、質問文解釈の部分も改良が必要である。また、複雑で広範囲のデータに基づく統計量や解析などは計算に時間がかかるため、応答時間の改善にも取り組んでいく。

参考文献

[1] S.Kamijo, T.Nishida, M.Sakauchi, “Occlusion Robust and Illumination Invariant Vehicle Tracking for Acquiring Detailed Statistics from Traffic Images”, IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems, Vol.E85-D, No.11,

pp1753-1764, November 2002.
 [2] T.Matsushita, S.Sato, S.Kamijo, M.Sakauchi, “Vehicle-type Classification based on Symbolic Representation”, 9th World Congress on ITS, Chicago, Oct. 2002, CD-ROM.
 [3] 松下剛士, 西田恒俊, 佐藤秀, 上條俊介, 坂内正夫, “交通事象の自動取得および対話型提示システム”, 第 1 回 ITS シンポジウム, 2002 年 12 月, 東京, pp327-334.



☒ 2: Syntax tree of “How many vehicles existed in the crossroad at 9 o'clock yesterday?”

(a)
 > How many vehicles passed through per hour on Oct. 24?
 Calculating..
 10/24 06 1329 vehicles
 10/24 09 3841 vehicles
 10/24 12 3870 vehicles
 10/24 15 3495 vehicles
 10/24 18 3730 vehicles
 10/24 21 2779 vehicles
 Input next question.

(b)
 > How fast did the fastest vehicle run at 6 am?
 Please specify month, day or time.
 > on July 13
 Calculating..
 7/13 6 T->B 86, B->T64, L->R 73, R->L 69
 Input next question.

(c)
 > How old are you?
 Cannot interpret your question.
 Input next question.

☒ 3: Interaction with system