

画像解析による交通ミクロ分析の行政での取り組みと今後の展望*

Administrative Efforts on Microscopic Analysis of Traffic Behavior Using Image Processing Technology and Beyond*

平井 節生**、牧野 浩志**、山崎 勲***、平沢 隆之****、山田 康右****

By Setsuo HIRAI**・Hiroshi MAKINO**・Isao YAMAZAKI***・Takayuki HIRASAWA****・Kousuke YAMADA****

1. はじめに

近年、我が国の交通事故死者数は減少傾向にあるものの、依然として交通事故発生件数は高い状態で推移している。これらの事故の大半を「発見」「判断」「操作」の遅れや誤りによるものが占めており、これらの対策には、人間の認知や判断等の能力を補うITSの活用が有効と考えられている。

さらに、近年の情報技術の飛躍的な進歩により、画像情報等の大量データを自動的にかつ継続的に収集・処理することが容易になりつつあり、こうして得られた情報を安全対策や渋滞対策、さらに道路管理に有効に活用することもセカンドステージにおけるITSに期待されている。

国土交通省国土技術政策総合研究所では、路車協調型の車両挙動センシング技術を活用した安全対策、渋滞対策に取り組んできた。本稿では、それらの取組み事例を題材に、画像解析を活用した交通ミクロ挙動分析のもたらした成果と今後の展望を紹介する。

2. 交通安全対策

(1) 交通安全対策の現状と課題

従来の交通事故対策の進め方は、警察の事故調書をベースとした事故発生状況図等により、事故多発地点など対策箇所の選定、事故要因の分析、対策立案、事前事後の事故発生件数の比較などによる対策の評価を実施するという手順であった。これまでの対策の問題点は、基となるデータが通報のあった死傷事故のみで、個別の対策立案に対して十分なデータが蓄積されているとは言い難いこと、実施した対策の効果を把握するためには、事前

*キーワード：ITS、画像解析、安全対策、渋滞対策

**正員、工修、国土交通省国土技術政策総合研究所
高度道路交通システム研究室
(茨城県つくば市旭1番地、
TEL029-864-4496、FAX029-864-0565)

***工修、国土交通省国土技術政策総合研究所
高度道路交通システム研究室

****工博、国土交通省国土技術政策総合研究所
高度道路交通システム研究室

事後の事故件数を十分な期間蓄積する必要があり、客観的な対策評価が十分に成されていないことであった。

これらの問題を踏まえ、事故件数や事故率に加えて道路利用者が「ヒヤリ」や「ハット」している実態を主観的あるいは客観的に収集する研究が行われている¹⁾。特に車両に搭載された車両挙動センサを用いて特異挙動を抽出して、潜在的な危険箇所の抽出や事故対策の事前事後評価を実施することが試みられてきた²⁾。しかしながら、センサの搭載を特定の車両に限定せざるを得ないことから、サンプル数の不足を始め対象ドライバーの運転特性の偏りや様々な道路環境下での分析が不十分であることなどいくつかの課題も挙げられている。

それに対して、当研究所では、AHS（走行支援道路システム）研究開発を通じて開発された画像処理センサ（以下、AHSセンサと示す）を用い、車両挙動データを大量かつ効率的に収集し、ドライバーがヒヤリ・ハットしていると思われる車両挙動を定量的に把握することで、それによって得られた車両挙動分析に基づく詳細な事故要因分析、効果的な対策立案、事前事後の挙動変化把握による短期間での評価という新しいコンセプトに基づく交通安全対策への取り組みを進めている。

(2) AHSセンサの特徴

AHSセンサの性能を表-1に示す。AHSセンサは、最新の画像処理技術を活用し、自動車の挙動を1台1台捉えているため、車両挙動に着目した事故原因や対策効果の分析が可能となる。特に、0.1秒毎に車両の位置と速度を検出し、加速度や車線変更等の詳細な車両挙動を把握できるため、事故には至らないコンフリクトや不安全行動を観測してヒヤリ・ハットと想定される状況の発生を推定することが可能となる。

こういった車両挙動データを分析することで、潜在的危険性に対する発生要因を特定できる上、利用者のヒヤリ・ハット発生頻度の軽減に寄与する効果的な対策の

表-1 AHSセンサの性能

センサ種別	赤外線センサ	検出時間	100ms	
車両位置	縦	±5m	速度精度	±5km/h
	横	±1m	事象検出率	96%以上

立案が可能になる。

さらにコンフリクト指標やハザード指標を対策の前後で比較することにより、ヒヤリ・ハットなど道路利用者の感覚により近い評価を短期間でかつ容易に実施することが可能になる。

道路行政においても事業評価や業績評価が重視される時代である。容易にかつ定量的に対策を評価できる手法は現場の業務改善にとって有用なツールとなろう。

(3) AHSセンサを活用した交通安全対策の実例

a) 観測箇所

車両挙動の観測は、首都高速道路4号新宿線上りの参宮橋カーブ（以下、参宮橋と称す）において行った。参宮橋は、半径88mの急カーブで1日約4.7万台が利用する重交通区間である。当該カーブを含む500m区間では平成15年度に181件の事故（物損含む）が発生しており、事故件数、事故率ともに首都高速内でワースト1に挙げられる事故多発区間であった。なお、当該カーブでは、カーブ内側に遮音壁があるため、設計速度である50km/hを超過して進入すると制動停止視距の確保が困難である。



図-1 参宮橋の概要

b) AHSセンサの捉えた車両挙動

参宮橋において、平成15年10月から11月の1ヶ月間に30件の事故が観測された。これらの事故について、単独で施設等に衝突した事故（19件）と障害物に起因する事故（11件）に分けて、それぞれAHSセンサが捉えたカーブへの進入速度を図-2に示す。これによると、ほぼ全ての事故車両が設計速度（50km/h）を超過して進入していたが、障害物に起因する事故の平均進入速度は60.1km/hであり、単独で施設等に衝突した事故の71.2km/hに比べて10km/h以上低いことが判明した。これより、進入地点でドライバーが視認できない障害物の存在は、低い速度でも事故の発生可能性を高める要因であり、障害物の存在を情報提供することは、交通安全対策上有効であることが推測される。

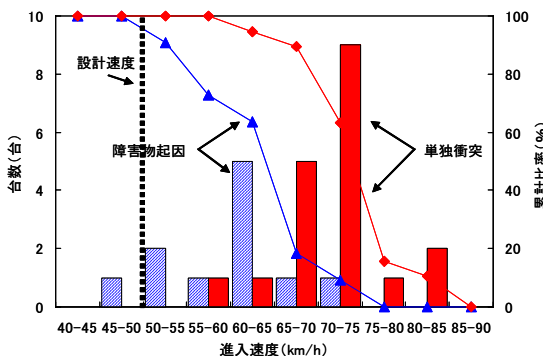


図-2 事故車両のカーブ進入速度

の存在は、低い速度でも事故の発生可能性を高める要因であり、障害物の存在を情報提供することは、交通安全対策上有効であることが推測される。

障害物発生時の最大減速度の発生分布を図-3に示す。最大減速度は0.2G~0.3Gにピークを持つ分布を形成している。また、表-2に示す急減速の発生状況から、平均して1日に196台がカーブ内の障害物に直面しており、うち29台が0.5G以上の急減速を行っていることが分かる。言い換えると、障害物があるときに進入した車両の6台に1台が衝突直前に発生するような急減速をしていることになる。参考として障害物がないときの急減速の発生率は3.7%であり、障害物あるときは急減速発生率が4倍も高くなっていることが分かる。

これより、障害物があるときの急減速は月当たりに拡大すると870台に相当する。障害物に起因する事故が同時期の1ヶ月間で11件（軽傷1件、物損10件）観測されたことから、1件の事故の背後には重度のヒヤリ・ハットに相当すると考えられる急減速が80件も存在することになる。

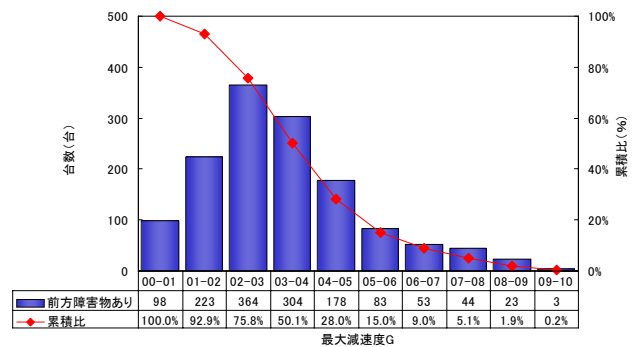


図-3 最大減速度

表-2 急減速の発生状況

前方状況	進入台数 (台/日)	急減速発生台数	
		(台/日)	(比率)
障害物あり	196	29	15.0%
障害物なし(参考)	20,106	753	3.7%
合計	20,302	782	3.9%

注) 急減速は0.5G以上とした

c) AHS導入による交通安全対策の実施

2005年3月から5月までの間、参宮橋において既に普及している3メディアVICS対応カーナビを使用している一般ドライバーに、前方の見えないカーブの渋滞末尾や停車車の情報を提供する前方障害物衝突防止支援サービスの社会実験を実施した。

その結果、図-5に示すように、交通事故が前年度の38件から約60%減少し、わずか14件となった。年度途中に舗装修繕が行われたこともあり一概に比較できない点もあるが、急減速の発生頻度や高速で進入する車両が1割以上減少するなど車両挙動が想定通り変化していること、情報提供が有効に働くと想定していた二次事故が大幅に減少したことから、サービスは想定通りの効果を発

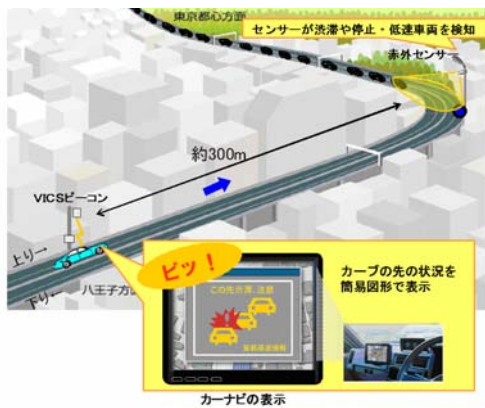


図-4 社会実験のサービス概要

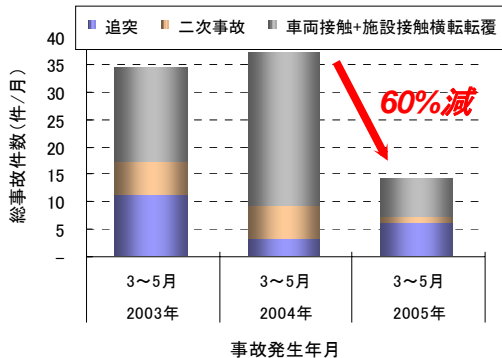


図-5 対象事故の同月比比較

揮したと考えられる。

交通事故を削減するにはコンフリクトやハザードを軽減することが有効であることが、車両挙動の変化をとらえることで短期間にかつ合理的に示されたと言える。

3. 交通渋滞対策

(1) 交通渋滞対策の現状と課題

我が国の高速道路における渋滞のうち、サグ・トンネル部におけるものは全体の40%を占めており最も多く、次いで料金所部、合流部となっている。ETCの普及により料金所の渋滞が削減された現在、サグ・トンネル部の渋滞対策が次の重要課題となっている。

高速道路サグ部はボトルネックとして知られており、そこでの交通流現象や渋滞発生要因の解明については古くから研究が行われている。既往研究を通じてよく知られている知見として、ドライバーがサグ部の勾配変化に気付かないため速度低下が起きやすいことや、渋滞発生直前での追い越し車線への交通集中によって断面全体の容量が十分に利用されないまま追い越し車線から渋滞が始まることなどが挙げられている³⁾。また、近年では、一部の特定車両の挙動に起因する車群形成等も一要因であるとする仮説に基づく報告もなされている⁴⁾。

このようにサグ部の渋滞現象・発生要因に関する知見は蓄積されてきているものの、未だ完全な解明には至っていない。その理由としては、渋滞の発生メカニズムが、車両の縦横方向の挙動変化や相互干渉に大きく依存しているため、観測が困難であった点があげられる。

(2) 交通渋滞対策への取り組み

当研究所では、AHS技術を活用した渋滞対策として、サグやトンネル区間での速度低下や、速度低下による追い越し車線への無理な車線変更など、ドライバーの状況判断の誤りが交通流に及ぼす悪影響に対して、走行環境や走行状態に係る客観的かつ適切なタイミングでの情報提供により、交通流を適正化し、円滑化を図る“AHS円滑化サービス”の研究開発を進めている。これは、道路側のセンサが全体の交通状況を俯瞰して正しい情報を把握し、適切な注意喚起方法によりドライバーに伝え、その結果として全体が調和した交通流を実現して渋滞の削減を期待するものである。その研究開発の一環として検討中の車線利用率適正化サービスは、渋滞直前の車線利用の偏りを防止あるいは是正することで断面全体の交通容量を有効利用することをねらいとした情報提供を行うサービスである(図-6)。

ITSの要素技術であるセンサ、路車間通信、ITS車載器等は、上記のサービス実現に必要な交通状況の適切な把握、余裕のある車線への車両の誘導等に有効な手段になり得ると考えられる。現在、これらを活用した情報提供による車線利用率適正化サービスの具体化に向けた検討を進めているところである。

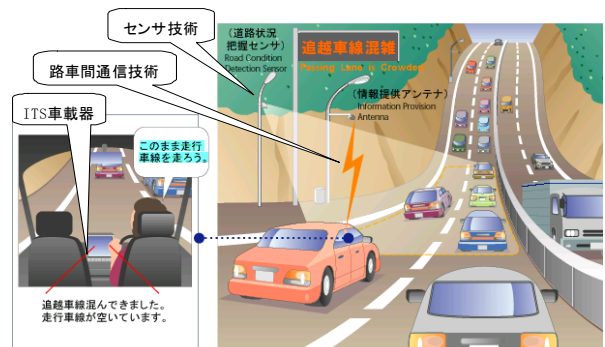


図-6 AHS 円滑化サービスのイメージ

(3) 画像解析を活用した渋滞対策検討手法の実例

a) 渋滞対策の具体化における画像解析の意義

AHS円滑化サービスの具体化にあたっては、サグ部前後における交通現象の時間的・空間的な特性を把握した上で渋滞発生との因果関係を特定し、これに応じて情報収集・提供手段、提供位置、提供タイミング、情報内容等を決定する必要がある。

この因果関係を特定するには、車両挙動を巨視的にとらえる視点からだけでは困難であり、個々の車両の挙動を道路延長方向および時間軸方向に連続的にとらえる必要がある。そこで、ビデオカメラを用いた時空間連続的な交通現象観測を行い、画像解析による分析を行った。

b) 画像解析による時空間連続的な交通現象分析

我が国における代表的なサグ渋滞箇所である東名高速道路下り大和地区(片側3車線)を対象に、約2kmの

区間に対して120m間隔で13台のビデオカメラを設置し、交通流の観測を行った。収集した13台のビデオ映像をAHS技術によって連続した車両軌跡として解析できるよう変換し、これに基づき車線利用率や速度、流率等を道路延長方向、時間軸方向に連続的に算出することで、これまで十分に解明されていなかったサグ部前後での交通現象の時空間的な特性を把握しようとする試みである。

映像から個々の車両挙動を追跡し、映像のタイムコードを基に映像間でのマッチングを行って車両軌跡図を作成し、車両挙動が減速波の発生・伝播に及ぼす影響の分析を行った。追い越し車線の車両軌跡図の一例を図7に示す。この図より、横方向の車両挙動、すなわち、走行車線から追い越し車線への割り込み（車線変更）に起因する後続車の車間の短縮が減速波発生の一要因となっている可能性を見出すことができた。

現在、ここで得られた知見の検証、およびそれらを踏まえたサービスの具体化・システム化の検討を進めているところであり、比較的長い区間で発生する渋滞メカニズムの解明のきっかけになるのではと期待している。

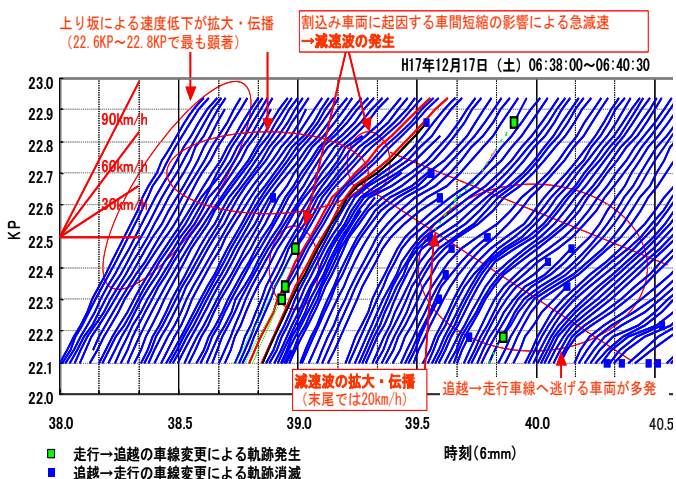


図-7 連続観測に基づく車両軌跡図（追越車線）

4. 今後の展望

最後に、今後の交通安全・円滑対策における画像解析への期待について述べてみよう。

交通安全対策については、画像解析を活用したヒューマンファクタの解明が不可欠であろう。参宮橋の事例で示したように、事故の全貌把握だけでなく事故の背後に潜むヒヤリ・ハット事象も含めて、事故の要因を分析し、ドライバーがどのようなミスをしているのかを探り当てる必要がある。事故要因が明らかになれば、よりの確な事故対策が打てるようになるのは自明であろう。

その上で、近年著しく進化してきたドライビングシミュレータによる仮想空間における被験者実験を組み合わせることで、事故要因の仮説の検証、さらには、現場で再現しにくい事故モデルシナリオでの実験による人間特

性に即した予防安全対策の効率的検討などが可能となる。こういったITSツールを組み合わせることで効率的に効果の高い交通安全対策が実施できるのではないだろうか。

渋滞対策については、画像解析を活用した渋滞メカニズムの分析に期待が持たれる。大和サグの検討事例でも示したように、画像解析を活用した時空間的な連続観測によって、従来のトラカン等による地点観測では不可能であったサグ渋滞現象の把握、特に車両個々の縦横方向の挙動把握が可能となる。また、合流部や交差点に対しても、従来の目視による現象把握では車両挙動の定量的な分析が困難であったが、車両一台一台の挙動がデジタルデータ化されることで、交通特性や渋滞現象に係る新しい知見が得られる可能性があると考えている。

また、こういった方法で渋滞メカニズムを分析していくと、渋滞を引き起こすコンフリクトの原因の多くが、自車の直前しかみることができないという制約下でのドライバーの思いこみや勘違いなどのヒューマンエラーによるものではないかと推測できる。ヒューマンエラーに対しては、AHSコンセプトが提案してきた“適切なタイミングでの正確な情報の提供”が有効に機能する。限られた道路空間を有効活用し、容量を向上させるためには、交通状況の客観的な把握に基づく情報提供によって交通流を整流化することが有効と考えられる。そのためには、情報提供によってドライバーに行動の変化を促す適切な方法（HMI）の検討が不可欠であろう。

道路整備が量から質へと転換していく中で、既存の道路空間の有効活用に期待が高まっている。セカンドステージに入ったITSは、VICSやETCだけでなく、事故や渋滞という道路管理の最前線に活用される時が来たのではないだろうか。最先端の画像処理技術を活用することで、事故や渋滞という検討し尽くしたと思われていた分野に対しても、再度、現象の観察、仮説の立案、検証という工学の基本に立ち返り検討を深めていく可能性が見いだされるのではないかと期待している。

参考文献

- 1) 赤羽弘和ほか：「Web上でのGISアプリケーションによるヒヤリ地図作成システムの開発と効果評価」、第37回土木計画学シンポジウム論文集，2001。など
- 2) 樋口恒一郎ほか：「ヒヤリハットデータを用いたアウトカム指標の一考察」，土木計画学研究・講演集，Vol.30，2004。
- 3) 越正毅：「高速道路のボトルネック容量」，土木学会論文集，第371号/IV-5，1986。
- 4) 大口敬ほか：「高速道路単路部をボトルネックとする渋滞発生特性に関する実証的研究」，高速道路と自動車，Vol.44，No.12，2001。