

プローブカーデータに基づく高速走行抑止システムの効果の分析*

Analysis on Effects of Traffic Safety Measures based on Probe Vehicle Information*

端地 純平**・山本 俊行***

By Junpei HASHIJI**・Toshiyuki YAMAMOTO***

1 背景と目的

交通安全施策の効果を評価するには施策導入前後での交通事故数の変化を観測する方法が直接的かつ一般的である。しかしながら、もともと交通事故の発生確率は微小であり、観測には長期間が必要である上に、統計的に有意な結果を得られない場合も多い。そこで、事故に至るまでの危険な交通状態を観測し、それら危険な状態が交通安全施策によってどのように減少するかに関する分析が進められている。ヒヤリ地図の作成¹⁾では、主観的な危険状態を運転者の報告により収集している。一方、客観的な観測としては、ビデオ画像を用いたコンフリクト解析²⁾等が進められている。

本研究は、速度の低下や分散の減少といった交通状況の変化が交通事故減少に寄与する^{3), 4)}との認識に基づき、交通状況の変化を観測することによって交通安全施策の効果を評価することを目指すものである。その際、近年その発達が目覚ましいITS技術の一つであるプローブカーデータを用いることにより、効率的な観測の可能性を検証する。プローブカーデータを用いて車両挙動から交通安全を分析したものとしては、古屋ら^{5), 6)}の研究がある。古屋らは、車両挙動を0.1秒単位で取得する等、交通安全に特化したデータの収集を行っているのに対し、本研究の分析は、より一般的な目的で収集されたデータに基づくものであり、汎用性が高いと考えられる。また、同じデータに対して様々な利用方法を提案することによって、依然として高い水準にあるプローブカーデータの収集費用を多くの主体で分担することにより、

*キーワード：交通安全，ITS，交通制御

**学生員，名古屋大学大学院工学研究科

(愛知県名古屋市千種区不老町，TEL:052-789-3565，

E-mail:hashiji@trans.civil.nagoya-u.ac.jp)

***正員，博(工)，名古屋大学大学院工学研究科

(TEL: 052-789-4636, E-mail:yamamoto@civil.nagoya-u.ac.jp)

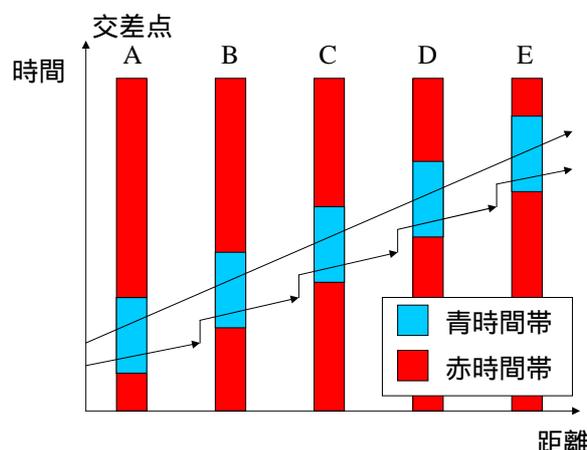


図1 システムのイメージ図

プローブカーデータをより現実的な調査手段として位置づけることが可能となるものと期待される。

著者ら⁷⁾は既に特定の区間を取り上げ、高速走行抑止システムが交通状態に及ぼす影響について定性的な分析を行っている。定性的な分析結果からは、一定の施策効果を確認している。本稿では、これを複数の道路区間の分析に拡張し、統計モデルを適用することによって、道路属性等の影響を考慮した分析を行う。

2 分析の概要

2.1 高速走行抑止システム

高速走行抑止システム(以下システム)とは、交通量の影響が少なく規制速度を超過する高速度走行が見られる夜間の実勢速度を低下させる信号制御を指す。図1に示すように、路線の一定区間の上下方向について、信号機のオフセット等の調整により、規制速度以内で走行する車両については円滑走行を可能にする。一方で、規制速度を超えて走行する車両については信号による停止回数を増加させ、路線の実勢速度を抑止するシステムである。

夜間高速走行抑止システムが交通安全に寄与する

表 1 分析に用いた路線区間とプローブカーデータの車両データ数

番号	路線名	実施区間 (km)	分析区間 (km)	方向	車両データ数				
					夜間	昼間	方向	夜間	昼間
実施路線									
1	国道 41 号	19.7	3.4	北	52	94	南	6	42
2	国道 19 号	17.8	3.9	北	1275	366	南	21	11
3	国道 1 号	14.5	2.7	南東	32	5	北西	6	2
4	国道 22 号	12.0	3.7	東	17	56	西	754	238
5	国道 153 号	15.5	3.3	南東	477	266	北西	6	32
6	国道 23 号	19.2	3.4	東	1	0	西	28	15
7	県道春日井稲沢線	7.8	3.6	東	4	155	西	13	538
8	市道名古屋環状線	10.2	3.4	北	16	183	南	39	123
9	国道 247 号	4.6	3.7	北	34	107	南	763	380
10	県道名古屋長久手線	7.3	3.5	東	1487	775	西	188	368
11	市道堀田高岳線	2.9	3.0	北	148	787	南	820	480
12	市道矢場町線	3.9	2.4	東	1437	1231	西	189	1544
13	県道名古屋津島線	2.9	2.5	東	2	0	西	11	6
比較路線									
14	上半田川名古屋線		2.5	東	137	161	西	86	422
15	国道 1 号		3.6	東	12	67	西	46	165
16	国道 153 号		3.6	南東	1726	606	北西	31	106
17	名古屋環状線		2.9	北西	73	326	南	212	317
18	名古屋環状線		3.3	東	15	31	西	28	45
19	江川線		3.2	北	12	129	南	129	141
20	田名古屋線		3.5	東	578	314	西	57	263

仕組みとしては、まず、制限速度を超えて走行しても当該区間を通過できない、という状況が生まれ、次に、当該区間を通過する車両の平均速度が全体として低下するとともに、車両間の速度の分散が減少する。その結果、追い越しや急な加減速も減少する。これら交通状況の変化によって交通事故の発生抑制および交通事故時の損傷軽減を図るものである。

平成 14 年度末現在、名古屋市を中心として 15 路線で実施されており、平成 15 年度にも新たに 6 路線での実施が予定されている。本研究では、このうち、平成 13 年 7 月までに実施された表 1 に示す 13 路線を対象とした分析を行う。

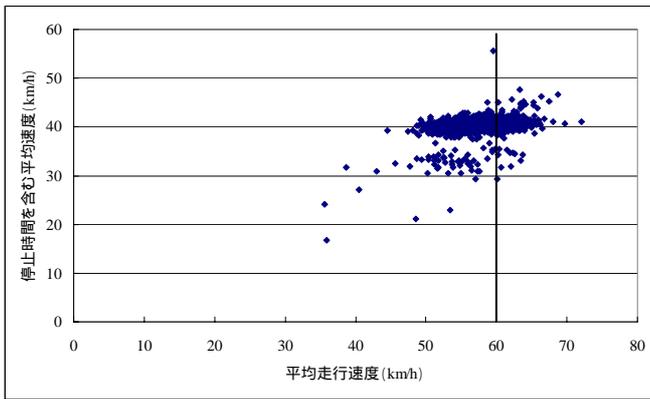
2.2 プローブカーデータ

本研究で用いるプローブカーデータは、名古屋において実施された InternetITS プロジェクトで平成 14 年 1 月から 3 月にかけて収集されたデータである。プロジェクトでは、約 1,500 台のタクシーに GPS 車載機を取り付けており、データ項目は、日時・速度・進行方向・加速度・実車 / 空車フラグなどである。データの送信は主に発進・停止時、前のデータ送信から 300m 走行、または 550 秒経過後などに行われる(本

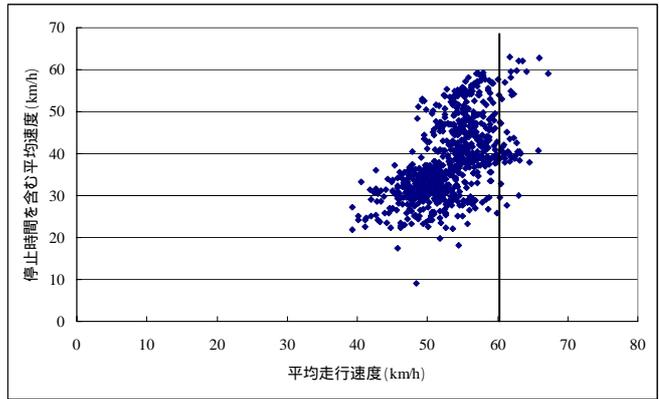
プロジェクトの詳細については三輪ら⁸⁾を参照されたい)。本研究では、タクシーの運転挙動の特殊性を出来るだけ排除するため、乗客を乗せている時の車両挙動のみを対象とした分析を行っている。また、分析対象路線区間の一部分を通過しているものの、右左折や乗客の乗降等により、区間を完全に通過していない車両データについては分析から除去している。分析に当たっては、車両データ数を確保するため、システム実施区間のうち、3km 前後の区間を取り出して分析対象区間とした。分析対象区間を走行した車両数を昼夜別に集計したものを表 1 に示す。名古屋都心からの距離等により、路線によって車両データ数が大きく異なることが分かる。

2.3 分析の方針

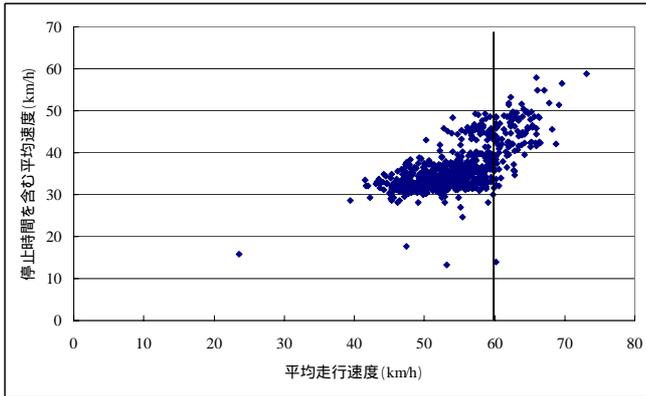
本研究では、システムが交通状況に及ぼす影響を分析する上で、システムが意図したように高速走行車両が信号で停止せざるを得ないという走行状態が達成されているか、そのような走行状態が高速走行を抑止することで平均速度及び速度の分散が低下しているか、その結果、走行中の危険が減少しているか、という 3 段階の影響について分析を進め



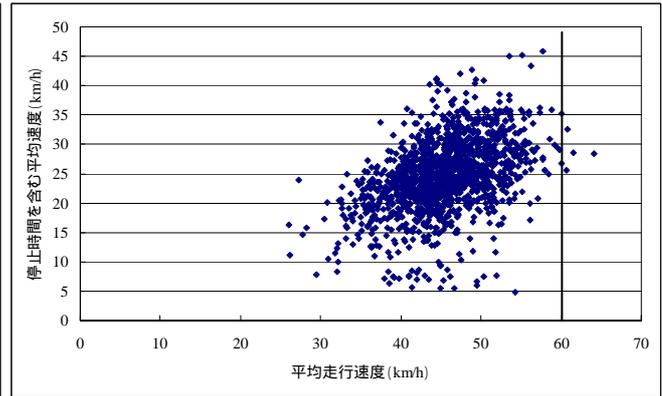
(a) 2.国道 19 号北方向



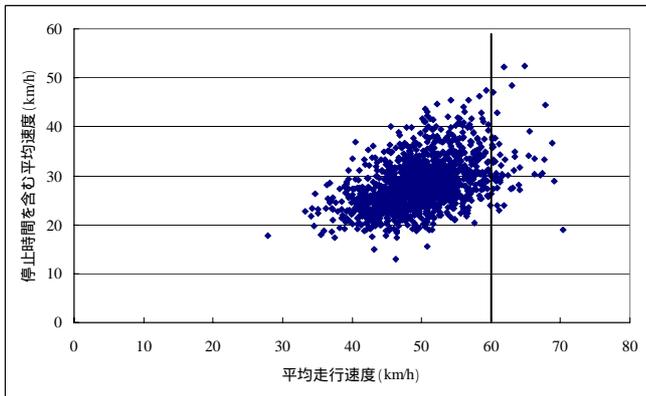
(b) 4.国道 22 号西方向



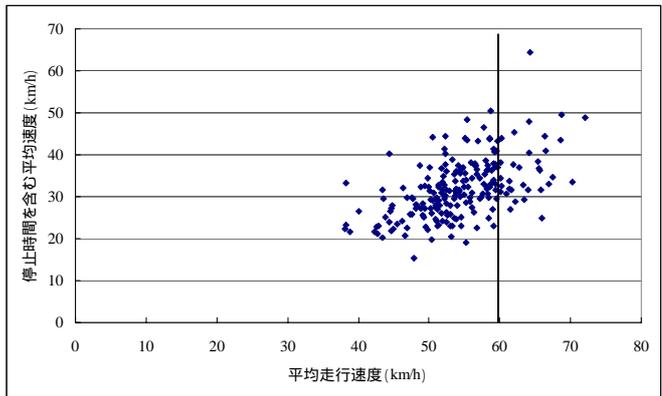
(c) 9.国道 247 号南方向



(d) 10. 県道名古屋長久手線東方向



(e) 12. 市道矢場町線東方向



(f) 17. 名古屋環状線南方向 (比較区間)

図2 システム実施時間における平均走行速度と停止時間を含む平均速度の関係 (縦線は規制速度)

る．具体的な分析項目は以下の通りである．

最高速度超過車両は信号による停止が増加

速度と停止回数，停止時間，停止時間を含む平均速度との関係

速度及び速度の分散の低下(整序化)

最高速度，平均速度，調和平均速度の分布

危険の減少

同一車両の速度の変動，加減速の分布

ここで，停止時間を含む平均速度とは対象区間距離を通過に要した所要時間で除したものであり，距離の異なる区間を比較するために用いている．

3 検証結果

このような施策の評価には導入前後の比較が適切であるが，残念ながら施策導入前のプローブカーデータが得られていないため，実施路線とあわせて同様の路線でシステムが導入されていない7つの路線を比較路線として分析する．各路線の上下方向を区別するため，対象路線は $40 (= (13 + 7) * 2)$ となる．さらに，高速走行抑止システムは夜間のみ実施されているため，昼間と夜間を区別して分析を行う．すなわち，サンプル数は $80 (= (13 + 7) * 2 * 2)$ である．ただ

し、対象路線の中には、プローブカーデータが十分に収集できなかった路線が存在しており、そのような路線については分析対象から除外している。

速度や速度の分散の変動にはシステムの実施以外に道路属性の影響が考えられる。そこで、それらの道路属性を考慮した上で回帰分析を行い、システムの実施がどれくらい影響を与えているかを分析する。

分析に用いた道路属性に関する説明変数は、車線数、交差点密度(=交差点数/距離(km))、1時間当たりの平均交通量、規制速度(km/h)、主要地方道(県道)ダミー、主要地方道(市道)ダミー、一般道(県道)ダミー、一般道(市道)ダミーである。このうち、1時間当たりの平均交通量については、昼間の平均交通量と夜間の平均交通量をそれぞれ昼間と夜間のデータに用いている。

システム実施効果については、はシステム実施路線における実施時間を意味する実施ダミーで表す。ただし、システムは夜間のみを実施されているため、そのままでは、昼間と夜間の違いによる影響も含んでしまう。よって、実施路線か比較路線かを問わない夜間ダミーを同時に導入することによって昼夜間の差異による影響を除去する。

3.1 停止時間を含む平均速度

初めに、個々の路線においてシステム実施時の走行速度と停止時間を含む平均速度の関係を概観するために、両者の関係を図2に示す。図2より、システムの影響は個々の路線によって大きく異なっていることが分かる。(a)では、規制速度である60km/hの前後で平均走行速度に関わらず停止時間を含む平均速度が40km/h程度の値に集まっていることが分かる。(b)では、規制速度を超える平均走行速度の車両は少なく、制限速度に近い走行速度では、停止時間を含む平均速度にばらつきが見られる。(c)では、規制速度以下の領域で、(a)と同様に、走行速度に関わらず停止時間を含む平均速度が一定の値をとるものの、制限速度以上の領域では、走行速度が速いほど停止時間を含む平均速度も速くなる傾向が見られる。(d)(e)では、制限速度を超える走行速度の車両は少なく、制限速度以下では走行速度が速いほど停止時間を含む平均速度が速くなる傾向が見られる。

表1 停止時間を含む平均速度モデルの推定結果

変数	推定値	t 値
定数項	48.54	29.26
実施夜間速度	0.78	76.36
比較夜間速度	0.79	40.97
昼間速度	0.70	79.08
実施ダミー	4.02	1.16
夜間ダミー	1.21	1.12
車線数	-0.76	-10.29
交差点密度	-1478	-22.25
平均交通量	0.01	21.05
規制速度	-0.89	-31.23
主要県道	-4.24	-24.60
主要市道	-1.35	-8.70
一般県道	3.92	22.93
一般市道	-5.32	-29.60
サンプル数	21868	
修正 R ² 値	0.57	

(d)(e)の傾向は、比較区間である(f)の傾向と似通っているが、比較区間の方が制限速度以上で走行する車両の割合が高いように見受けられる。これらの結果より、(a)では制限速度を超えて走行しても停止時間を含む走行速度は変わらないというシステムの効果がよく分かるが、それ以外の路線では、そのような傾向は見られない。ただし、(d)(e)では、制限速度を超えて走行しても無駄だということが認知された結果、制限速度を超えて走行する車両が減少し、結果として(a)のような傾向が見られないということも考えられる。そのような場合は、システムの効果が十分にあったということの意味すると考えられる。

個々の車両データ毎の停止時間を含む平均速度を被説明変数として回帰分析を行った結果を表1に示す。ここでは、走行時の速度と停止時間を含む平均速度との関係を検証するため、各車両の走行時の平均速度を説明変数に加えている。

実施時間帯速度の係数が比較夜間速度の係数より小さな値となっていることから、システムの実施により速度が速い車両ほど平均停止時間が長くなり、結果として停止時間を含む平均速度は低くなるという傾向が見られる。ただし、実施夜間速度と比較夜間速度のパラメータの差は統計的には有意とは言えない。一方で、実施ダミーは有意に正の値をとっており、システムの実施によって走行速度に関わらず、停止時間を含む平均速度が速くなるという傾向が示

された。

次に、走行時の平均速度が規制速度の前後各 10km/h のデータを取り上げ、以下の式によって表される走行速度による停止時間を含む平均速度の差を算出し、算出された値を被説明変数とした回帰分析を行い走行速度と停止時間を含む平均速度の関係について分析した。また、路線平均の前後各 10km/h のデータについても取り上げ同様の分析を行った。

$$D_i = \frac{1}{N_{iH}} \sum_{j \in H} V_{ij} - \frac{1}{N_{iL}} \sum_{j \in L} V_{ij} \quad (1)$$

ただし、 D_i は路線 i の規制速度の前後での停止時間を含む平均速度の路線平均の差、 V_{ij} は路線 i の車両 j の停止時間を含む平均速度、 H, L は走行時の平均速度が規制速度より速い車両の集合、遅い車両の集合をそれぞれ表す。 N_{iH}, N_{iL} は路線 i における走行時の平均速度が規制速度より速い車両データ数、遅い車両データ数を表す。

決定係数は低く、全体としては良い結果とはいえないが、実施ダミーについては、有意ではないものの、規制速度前後、平均前後ともにシステムを実施することで停止時間を含む平均速度の差が小さくなる傾向を示している。また、他の項目を見てみると、車線数がいずれのモデルでも有意となっており、車線数が大きい方が差が小さくなることが示されている。規制速度、道路種別については t 値がかなり小さいことから、停止時間を含む平均速度の差にはあまり影響がないと言える。

規制速度の前後で平均の差をとると、60 (km/h) 以上のデータが少ない区間が存在するため、平均停止時間の傾向をうまくあらわしていない可能性がある。また、路線平均前後で差をとると、平均以上のデータを速度の速い車両とみなすことになり、平均より 10km/h 以上速度の速い車両について効果があらわれていた場合にうまく分析できない可能性がある点に注意が必要である。

3.2 各路線の平均速度

各車両データの最高速度・平均速度・調和平均速度を路線毎に平均をとった値を被説明変数とし、それぞれ回帰分析を行った結果を表 3 に示す。まず、

表 2 停止時間を含む平均速度の平均の差モデル

変数	規制速度前後		平均前後	
	推定値	t 値	推定値	t 値
定数項	-13.1	-0.79	3.72	0.41
実施ダミー	-0.14	-0.06	-1.04	-1.25
夜間ダミー	8.04	1.99	2.23	1.42
車線数	-3.99	-3.87	-0.81	-2.09
交差点密度	2.78	3.29	-0.43	-1.37
平均交通量	0.01	2.82	0.00	1.24
規制速度	0.14	0.49	0.04	0.26
主要県道	-0.31	-0.11	-0.36	-0.29
主要市道	0.15	0.08	-0.71	-1.08
一般県道	2.44	0.92	1.83	1.92
一般市道	-4.10	-1.18	-0.22	-0.18
サンプル数	74		70	
修正 R ² 値	0.21		0.19	

実施ダミーについて、平均速度は t 値が低く統計的に有意ではないものの、減少傾向を示しており、調和平均速度はシステムを実施することにより低下していることが統計的に確認できた。ただし、最高速度については t 値が低いものの増加傾向を示している。これは、システムの実施が最高速度の低下につながっていない可能性があることを示しているため、さらに詳しく分析する必要があると思われる。

また、他の項目を見ると、夜間ダミー、交差点密度についてそれぞれ、夜間や交差点密度が低いほど速度が増加するという結果が得られた。また、道路種別については、国道に比べ他の道路では速度が低くなる傾向がみられた。

3.3 速度の分散

各車両データの最高速度・平均速度・調和平均速度から路線毎の分散を算出したものを被説明変数とし、回帰分析を行った結果を表 4 に示す。決定係数はかなり低いためあまりいい結果とは言えないが、実施ダミーを見るとシステムの実施により速度の分散が大きくなるという結果になっており、期待した結果は得られなかった。これには、実施時間帯のサンプル数が十分でない路線のデータが含まれていることが考えられるが、それらのデータを除いたとしても増加傾向を示すことには変わりない。これについては、システムを実施しても速度の分散は低下しないのか、それとも速度の分散を分析するのに本研

表3 速度モデルの推定結果

	最高速度		平均速度		調和平均速度	
	係数	t 値	係数	t 値	係数	t 値
定数項	57.1	7.58	58.0	7.28	68.4	6.92
実施ダミー	0.74	0.67	-1.42	-1.22	-3.70	-2.55
夜間ダミー	4.00	2.08	5.90	2.89	6.92	2.73
車線数	0.43	0.89	-0.20	-0.39	-0.42	-0.66
交差点密度	-2.05	-5.10	-2.37	-5.56	-2.83	-5.35
平均交通量	0.00	0.80	0.00	0.81	0.00	0.71
規制速度	0.21	1.72	0.04	0.29	-0.16	-1.01
主要県道	-2.86	-2.23	-3.50	-2.58	-3.75	-2.23
主要市道	-1.47	-1.69	-1.12	-1.21	-1.39	-1.21
一般県道	-2.56	-2.01	-1.56	-1.16	-1.55	-0.93
一般市道	-2.22	-1.33	-1.06	-0.60	0.05	0.02
サンプル数	76		76		76	
修正 R ² 値	0.54		0.54		0.47	

表4 速度分散モデルの推定結果

	最高速度		平均速度		調和平均速度	
	係数	t 値	係数	t 値	係数	t 値
定数項	-7.89	-0.18	28.4	0.61	-101	-1.35
実施ダミー	12.8	2.06	9.02	1.38	26.0	2.45
夜間ダミー	8.83	0.81	11.5	1.00	-16.7	-0.89
車線数	-3.49	-1.29	-5.32	-1.86	-0.26	-0.05
交差点密度	5.49	2.43	5.09	2.14	9.20	2.38
平均交通量	0.02	1.59	0.02	1.59	-0.01	-0.33
規制速度	0.23	0.32	-0.40	-0.52	2.38	1.91
主要県道	3.29	0.45	0.71	0.09	-1.66	-0.13
主要市道	4.43	0.91	8.45	1.64	9.79	1.17
一般県道	1.97	0.28	3.13	0.42	1.26	0.10
一般市道	-10.9	-1.17	-5.18	-0.53	2.48	0.16
サンプル数	75		75		75	
修正 R ² 値	0.08		0.06		0.12	

究で用いた方法に問題があったのかをさらに分析する必要がある。

3.4 危険の減少

本研究では、危険の減少を検証するため、同一車両が対象区間を通過する間にどの程度速度を変化させたかを表す速度変動、および、危険を回避するための急加速や急減速について分析を行ったが、目だった変化は確認できなかった。これは、もともとタクシー運転手の運転能力が一般の運転者よりも高く、システムが導入されていない場合でも危険回避のための急加速、急減速がそれほど頻繁でないことが原因と考えられる。

4 結論

本研究では、プローブカーデータを用いることで、任意の区間での車両の走行状況を詳細なレベルで把握することを可能とし、統計解析により高速走行抑止システムの効果を分析した。分析結果より、システムの導入により、走行速度の増加による停止時間を含む平均速度の増加率を減少させる傾向が見られた。また、走行速度の路線平均値はシステムの実施により減少傾向を示した。ただし、これらの傾向は統計的に有意とはならなかった。この原因としては、路線間の異質性の存在が考えられるため、今後は個別の路線毎に詳細な分析を行う必要があるものと考えられる。

えられる。

また、速度の分散に関しては、システムの導入により、増加する傾向が見られた。これは、システムが意図した交通流の整序化に対して逆効果であることを示すものであり、システムの妥当性に疑問を投げかけるものである。これについてもより詳細な分析が必要である。

なお、これらの分析結果は、断面的な比較に基づくものであり、1時点における比較分析の限界も考えられる。今後は、同一路線での事前事後分析を行うことで、より信頼性の高い知見を得る必要がある。

謝辞

本研究を行うにあたり、愛知県警察本部交通部交通管制課には資料提供等の協力を得た。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 赤羽弘和・南部繁樹：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，土木計画学シンポジウム，Vol. 37, pp. 67-73, 2001.
- 2) 若林拓史・小嶋紀之・大石理：交通流ビデオ解析システムの開発と交通コンフリクト解析への適用，土木計画学研究・論文集，Vol. 19, No. 4, pp. 765-775, 2002.
- 3) Garber, N.J. and Gadiraju, R.: Factors affecting speed variance and its influence on accidents, *Transportation Research Record*, No. 1213, pp. 64-71, 1989.
- 4) Garber, N.J. and Gadiraju, R.: Impact of differential speed limits on the speed of traffic and the rate of accidents, *Transportation Research Record*, No. 1375, pp. 44-52, 1992.
- 5) 古屋秀樹・牧村和彦・森晶文：車載型車両挙動センサーを

用いた交通安全性の評価,交通工学,Vol. 36, No. 6, pp. 19-22, 2001.

- 6) 古屋秀樹・牧村和彦・川崎茂信・赤羽弘和：車載型車両挙動センサーを用いた車両挙動の調査・分析方法に関する基礎的研究,土木計画学研究・講演集,Vol. 26, CD-ROM, 2002.
- 7) 端地純平・山本俊行：プローブカーデータに基づく交通安全施策効果の検証,交通工学研究発表会論文報告集, pp. 149-152, 2003.
- 8) 三輪富生・森川高行・岡田良之：プローブデータによる OD 表の作成と経路選択行動の分析,第 1 回 ITS シンポジウム 2002, プロシーディングス, pp. 591-596, 2002.