

## 幹線道路におけるフローティングカーデータを用いた

### 追突事故の統計分析

#### A STATISTICAL ANALYSIS OF REAR-END COLLISIONS USING FLOATING CAR DATA ALONG TRUNK ROADS

都市基盤計画分野 久保田 史稀

Infrastructure Planning and Transportation Engineering Satoki KUBOTA

交通事故削減のプロセスには事故危険箇所を抽出し、その要因を分析し分析結果に基づく対策の実施が代表的な手法として知られている一方で、事故危険箇所抽出に長期間必要な事故データに代わる、より短期間でリスクを評価するために急減速データを事故対策へ応用する研究が進められている。本研究では、Internavi より取得されるフローティングカーデータから急減速挙動およびナビ搭載車両の交通量を用いて 2 種類の分析単位に基づく統計分析を行い追突事故との関係を分析した。

It is known that extract an accident danger points, analyze the factor and enforce based on the analysis as a process of the traffic accident reduction. On the other hands, a study has proceeded apply near-miss-incidents data to traffic accident prevention to measure accident risk in a short time. Therefore, the purpose of the study is to analysis relationship with rear-end collisions for using near-miss-incidents and traffic volumes of navigation-equipped vehicles from floating car data obtained by Internavi based on two kinds of units.

#### 1. はじめに

交通安全対策の一環である交通事故削減のプロセスとして、事故危険箇所を抽出し、その要因分析に基づいた対策の実施が代表的な手法として知られている。しかし、交通事故は稀な現象であり、事故危険箇所抽出のための安定した事故データの収集を行うには長期間必要となるため、対策が必要な箇所の把握への対応が遅れるのが現状である。そのような背景から、自動車の車載装置から取得された急減速データを事故対策へ応用する研究が進められており、急減速データを用いることで、より短期間に対策実施の判断をできるようになることが期待されている。これまでの研究では、兵庫県内においてH24年交通事故データと同年の急減速データを幹線道路リンク単位で分析を行った結果、急減速データを説明変数に用いた場合に最もモデルの適合度が向上するとともに、とくに追突事故件数と急減速データとの関係があることが明らかとなった<sup>1)</sup>。既往研究で利用したセンサ交通量データと Internavi から取得された急減速データには、有意な関係があったものの、データ精度の制約から、必ずしも詳細な関係性を特定するまでには至らなかった。

そこで本研究では、フローティングカーデータを利

用することでデータの精度向上とともに、分析精度の向上を図り、急減速データの具体的な活用可能性について考察することを目的とする。

中村ら<sup>2)</sup>は、プローブデータから収集された急減速データと死傷事故データをメッシュ及びセンサ区間単位で関連性を分析し、両単位において事故件数との高い相関があることを示した。矢田ら<sup>3)</sup>は、DRM リンクを用いて事故データと急減速データの関連性を重回帰分析によって分析し、事故データと急減速データの間に因果関係が存在することを明らかにした。以上のように、既往研究においても分析単位について述べられている研究はない。

#### 2. 研究方法

##### 2.1 使用データ

追突事故データは、兵庫県警より取得された H27 事故データを使用した。

フローティングカーデータは、Internavi で取得されたデータで、HONDA SAFETY MAP 上に表示されている急減速発生地点および Internavi 搭載車両の交通量データからなる。急減速発生地点については、データ集計単位に日本デジタル地図協会より提供されている

DRM 基本リンクを対象に、最大 100m の区間に分割した「急ブレーキ多発地点算出区間」(以降急ブレーキ算出区間) が用いられている。表 2.1 は国内における自動車保有台数と HONDA 車保有台数を H27 年交通センサスより取得した小型車および大型車の分類で記載した二次データである。急減速データに関しては、有向リンク毎に、Internavi 搭載車両の走行台数と急減速件数が示されている。なお、急減速の定義は、減速加速度が 0.25G 以上のものとなっている。分析に使用したデータは、道路交通センサス調査の交通量の結果と整合性を検証するために、平成 27 年 1 月から平成 27 年 12 月までのデータとした。各データの集計結果を表 2.2-2.4 に示す。

## 2.2 対象地について

本研究では、兵庫県下の幹線道路で生じた事故を分析対象とする。幹線道路は、H27 年道路交通センサスによる道路種別が一般国道、主要地方道、一般県道、指定市の一般市道とし、重複区間、区間長 100m 未満、交通量が取得できない区間は除く兵庫県の幹線道路のうち約 61% となった。

## 2.3 分析単位

本研究では、交通センサス単位および、さらにセンサス単位よりも詳細な分析を行うために、Internavi 搭載車両の急減速データの集計単位である「急ブレーキ算出区間」を用いた。幹線道路上の急減速データ座標から作成した半径 50m の円を分析単位としたものであり、これを用いることで急減速データと事故の関係をよりミクロな視点でとらえることができると考えられる。このように2種の集計単位についてそれぞれGIS地図を用いて交通事故座標、急減速データ座標をプロットし、幹線道路の各区間を表す幹線道路リンクおよび作成された円と事故発生地点、急減速データ地点が重なった数をカウントし、集計することとした(図 2.1, 2.2)。

また、HONDA 車交通量は急減速が取得された 2,293 リンクしか得られていないため、残り 21 リンクについてはそれぞれの接続された直前リンクの HONDA 車交通量および 24 時間交通量より算出された拡大係数を用いて、センサス交通量より推計した。また、センサス交通量と HONDA 車交通量はデータの集計単位が異なっており、センサスリンク毎に HONDA 車交通量および急減速件数は複数取得される可能性がある。そこで HONDA 車交通量についてはセンサスリンク内での平均値を 1 日当たりの交通量に換算した値を、急減速件数に関しては合計値を集計した値をそれぞれ記載する。

表 2.1 国内自動車保有台数

	小型車		大型車	
	乗用車	小型貨物車	バス	大型貨物車
国内自動車台数	39,491,117	3,569,199	227,579	3,489,365
HONDA 車台数	5,700,801	17,877	0	4,118

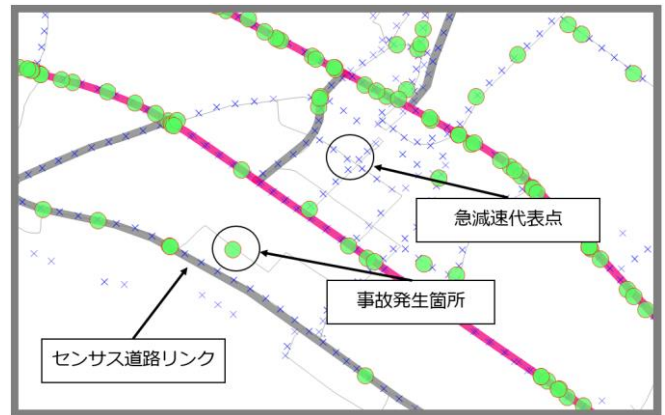


図 2.1 センサス単位における集計例

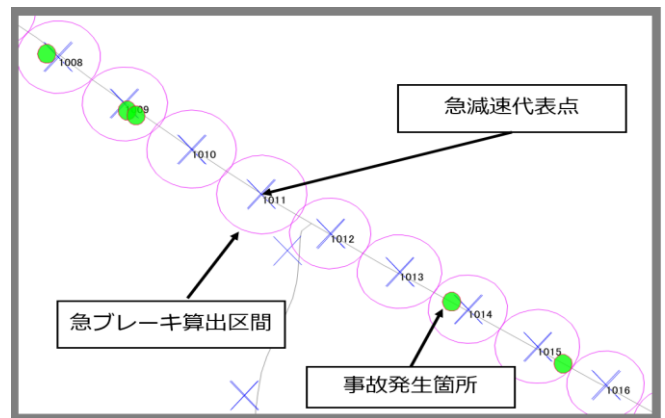


図 2.2 急ブレーキ算出区間単位における集計

表 2.2 急ブレーキ算出区間におけるデータ集計結果

リンク数	HONDA 車交通量 (台/day)		急減速件数 (件/年)		急減速発生率 (%)		
	上	下	上	下	上	下	
計	1,757	326,101	335,073	241,334	233,323		
平均		186	191	137	133	0.27%	0.25%
標準偏差		150	158	281	298	0.005	0.005
max		646	686	2,466	3,583	6.23%	4.87%
min		11	14	0	0	0	0

表 2.3 急ブレーキ算出区間における事故集計結果

	H26 年追突事故 (件)		H27 年追突事故 (件)		H28 年追突事故 (件)	
	上	下	上	下	上	下
計	527	486	505	488	474	461
平均	0.300	0.277	0.287	0.278	0.270	0.262
標準偏差	0.684	0.631	0.632	0.662	0.632	0.608
max	10	5	5	7	7	5
min	0	0	0	0	0	0

## 2.4 リスク分析に用いたモデル式

本研究では、潜在的な危険である事故リスクに曝露量に乗じたものが期待事故件数となる式-1のような乗数モデルを用いる。この事故リスク部分に急減速データ件数を説明変数として加え（式-2）、適合度の改善、説明変数の有意性をみた。βのパラメータによって事故件数と曝露量の非線形の関係性を考慮できる。

$$Y = \alpha \times Q^\beta \dots \text{式-1}$$

式-1の両辺を対数にとり事故リスクの変化を表す説明変数を加えたものが式-2になる。この式の分布族を選択できる一般化線形モデルを用いて分析を行った。

$$\log u = \log \alpha + \beta \log Q + \sum \gamma X \dots \text{式-2}$$

Y: 実事故件数(件) u: 事故件数期待値(件/年)

α: 事故リスク Q: 曝露量

X: 事故の変化要因 β, γ: パラメータ

曝露量に路線長(km)および各種交通量(台)を用いたモデルを基礎モデルとして、説明変数に急減速データ(件/台)を加えたものを急減速追加モデルとして分析を行った。事故件数が従う確率分布には、平均<分散(過剰分散)を考慮できる負の二項分布を用いた。モデルの適合度については、AICを用いて比較した。交通量については、H27年道路交通センサスにある小型車合計を、交通事故は既往研究より、急減速データと最も関連が大きいと考えられる追突事故を用いた。

3.2については、モデル式を用いてH27年道路交通センサス区間を集計単位とした追突事故と、曝露量において①HONDA車交通量、②小型車12時間交通量、③小型車24時間交通量の3パターンを用いた。

3.3については、これまでの分析対象が単年データに限られており、確率変動の発生および分析の妥当性が課題として考えられるため、センサス単位で交通事故の経年データを用いることによる確率変動の抑制効果と分析の妥当性の確認を行った。ただし、事故の経年データはH26年からH28年として分析を行った。

4.2については、分析単位間でのモデル比較を行うため国道2号線において、①センサス単位、②急ブレーキ算出区間単位(上り)、③急ブレーキ算出区間単位(下り)の3パターンで集計されたデータについて分析を行った。ただし、急ブレーキ算出区間単位は区間長が一定の為、変数としては考慮しない。なお、適応分布にはすべて負の二項分布を用いて分析を行った。

## 3. 交通センサスを用いた分析

### 3.1 データの基礎統計

表2.3は平成27年道路交通センサスより定義された幹線道路における各データおよび、幹線道路単位で

集計されたプローブデータの値である。まず、横軸に曝露量に乗じたもの、縦軸に平成27年追突事故件数を用いて散布図を示す。図3.1-3.4より幹線道路リンク単位において追突事故件数と曝露量および急減速データにはそれぞれ相関が見られた。

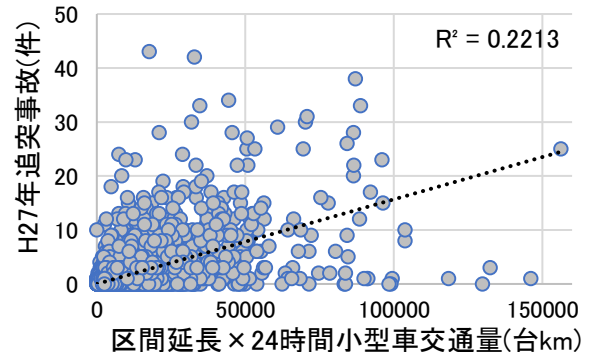


図 3.1 曝露量と追突事故の関係

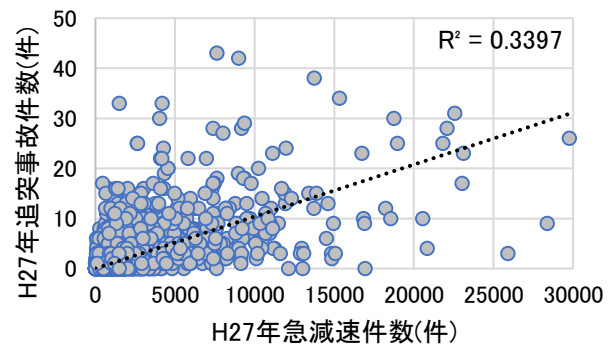


図 3.2 追突事故と急減速データの関係

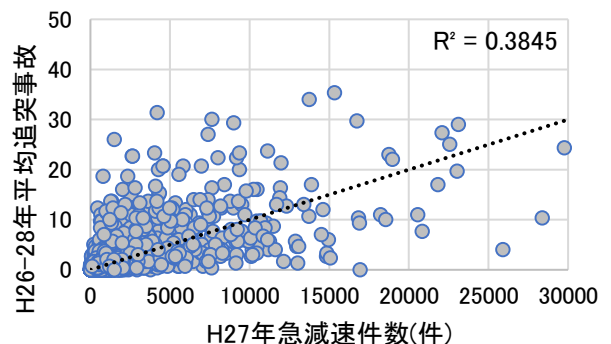


図 3.3 H26-28 平均追突事故と急減速データの関係

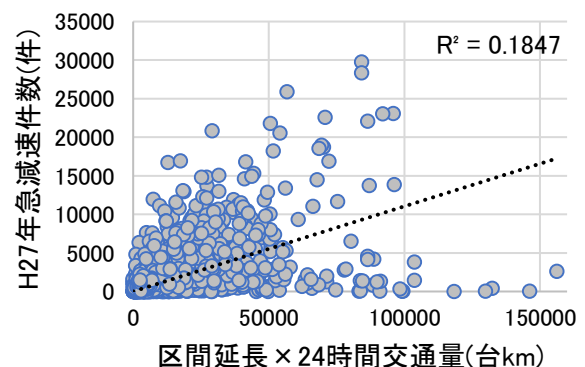


図 3.4 曝露量と急減速データの関係

表 2.4 センサス単位の基礎統計

	リンク数	区間延長	12 時間交通量	24 時間交通量	車線数	信号交差点	無信号交差点	HONDA 車交通量	急減速件数
計	2,314	3,820	20,195,985	26,763,029				169,280	4,576,496
平均		1.651	8,728	11,566	2.569	1.883	5.019	73.4	1,984
標準偏差		1.771	7,457	10,350	1,311	2,390	4,690	80.9	2,903
1リンク max		19.8	66,448	89,600	10	20	35	634	29,765
1リンク min		0.1	137	180	1	0	0	0	0

### 3.2 交通量に着目した分析

表 3.1 より、すべてのパターンにおいて区間延長、交通量、急減速データが統計的に有意であった。また、急減速データを変数に用いた場合とそうでない場合で AIC を比較すると、急減速データを用いた場合のほうがモデルの適合度が向上した。パターン別に比較すると、パターン①である交通量データに HONDA 車交通量を用いた場合に比べ、パターン②や③の小型車 12 時間交通量や小型車 24 時間交通量といったセンサス交通量を用いた方が、モデルの適合度は向上した。また、変数を追加した場合における分析についても行ったが、変数はいずれも有意となり、モデルの適合度についても表 3.2 と同様に③小型車 24 時間交通量を用いた場合最も適合度が向上した。

### 3.3 事故の経年変化に着目した分析

まず、3.1 における図 3.2 および図 3.3 を比較すると、縦軸に経年データを用いた場合において、決定係数が向上した。これは、単年度の追突事故の突発的な値が平均化することにより抑えられたためであると考えられる。次に、モデル式を用いて 3.2 と同様に H27 年道路交通センサスを対象に追突事故と、曝露量および急減速データについて①H26 年追突事故件数、②H27 年追突事故件数、③H28 年追突事故平均件数、④H26-27 年平均追突事故件数、⑤H27,H28 年平均追突事故件数、⑥H26,H28 年平均追突事故件数、⑦H26-28 年平均追突事故件数の 7 パターンを比較した。比較には、基礎モデルおよび急減速追加モデルについて変数の統計的有意性やモデルの適合度を比較した。また、適応分布には負の二項分布を用いて分析を行った。

図 3.5, 3.6 よりモデルの適合度 AIC に着目すると、いずれのパターンも急減速データを用いたモデルの適

合度が向上することから、急減速データを事故予測に使うことの妥当性が示された。また、それぞれのパターンを比較すると、H28 年モデルの適合度が他の単年度と比較して極端に良くなっており、確率変動が発生しているといえる。したがって、今回の追突事故データにおいては、データを平均化することによる確率変動の抑制効果はあったといえる。また、交差点密度や車線数といった曝露量以外の説明変数を加えた分析についても分析を行ったが、説明変数を加えない場合と同様の結果となった。

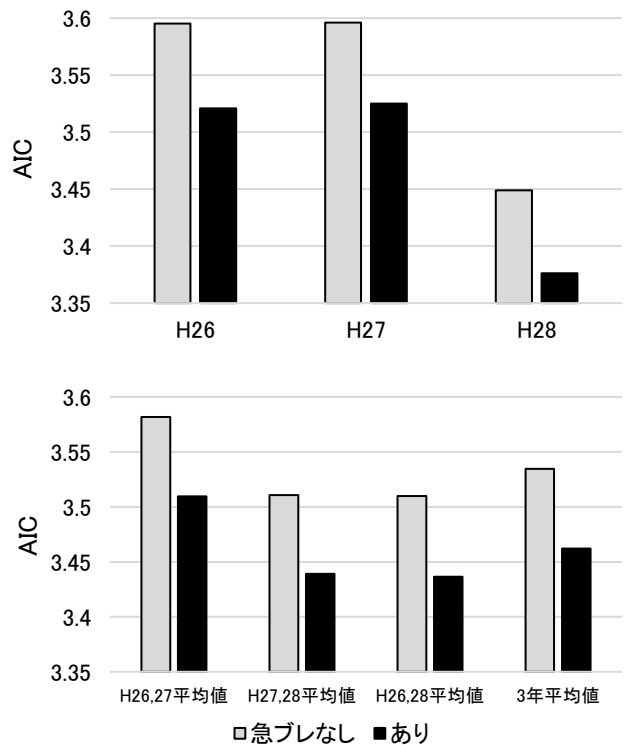


図 3.5, 3.6 各パターンにおける AIC 比較

表 3.1 交通量に着目した分析

	①HONDA車交通量				②小型車12時間交通量				③小型車24時間交通量			
	係数	t値	係数	t値	係数	t値	係数	t値	係数	t値	係数	t値
定数	-2.490	-22.251 **	-2.516	-22.397 **	-11.355	-30.400 **	-12.353	-31.689 **	-11.283	-30.462 **	-12.243	-31.726 **
区間延長(km)	0.346	11.488 **	0.382	11.791 **	0.421	13.687 **	0.611	17.589 **	0.432	13.974 **	0.619	17.778 **
交通量(台)	0.817	30.793 **	0.806	30.035 **	1.347	32.772 **	1.415	33.526 **	1.300	32.847 **	1.363	33.575 **
急減速データ (件/台×km)			0.314	2.980 **			1.625	11.872 **			1.603	11.765 **
Log likelihood	-4282.440		-4277.715		-4143.236		-4054.502		-4140.527		-4053.689	
AIC	3.730		3.726		3.598		3.521		3.595		3.521	

\*5%有意 \*\*1%有意

#### 4. フローティングカーデータを用いた分析

本章では、フローティングカーデータが取得された HONDA 社独自の急ブレーキ集計区間という集計単位を実際に再現し、分析単位として利用することで、より詳細な分析を行うとともに、急減速データの活用可能性について考察することを目的とする。

##### 4.1 区間別データの概要

表 2.2 は国道 2 号において、作成した急ブレーキ算出区間単位で H27 年フローティングカーデータを集計したものである。ただし、有料道路である第二神明道路は国道 2 号からは除く。データの都合上、HONDA 車交通量は急減速が取得されたリンクしか得られていないため、残りリンクについてはそれぞれの接続された直前/直後のリンクの HONDA 車交通量の関係より算出した。なお、集計には急減速データについては表 2.2 のように上下線で分けて集計を行った。急減速発生率は、急減速件数を HONDA 車交通量で除して集計した値である。

図 4.1-4.3 は横軸に作成した区間を、縦軸にそれぞれ HONDA 車交通量(台/day)、HONDA 車急減速件数(件/台)、追突事故件数(件/台)をとったもの(ただしすべて上り方向)である。図 4.4, 4.5 はセンサス単位における 24 時間交通量および追突事故を 24 時間交通量で除した値を用いたものである。ただし、センサス区間単位における交通量および追突事故は上下合計値である。

図 4.1 において交通量と急減速は区間 617-1057 および区間 1497-1673 において似た傾向を示すものの、交通量が大きくなる区間 353-617 および区間 1321-1409 あるいは交通量が小さくなる区間 1057-1321 では全く異なる傾向を示しており、交通量が必ずしも急減速と比例しないことを示している。

図 4.2 において交通量と追突事故は傾向としては全く異なっており、特に交通量が小さくなる区間 1057-1321 では追突事故が大きくなるという結果となっている。

そして、図 4.3 は横軸に急減速件数を、縦軸に追突事故件数を交通量で除したものである。何件かの突発的な事故および急減速に引っ張られているため、正確な結果とはなっていないものの、若干の相関を示していると言える。

また、図 4.1 および 4.2 において交通量は少ないにもかかわらず事故や急減速が大きかった区間を抽出した(写真 4.1)。この地点は国道 2 号神戸市天神橋東詰交差点付近であった。この地点では道路自体が下り坂であり、スピードを出しすぎた車が急減速や事故を生じさせた可能性がある。

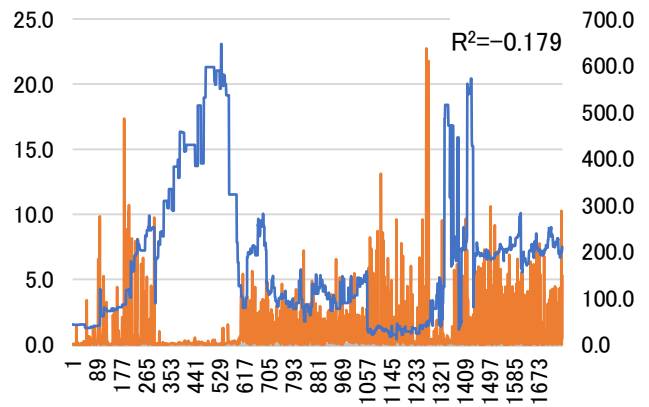


図 4.1 HONDA 車交通量、HONDA 車急減速件数の関係

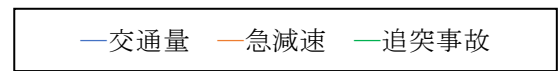
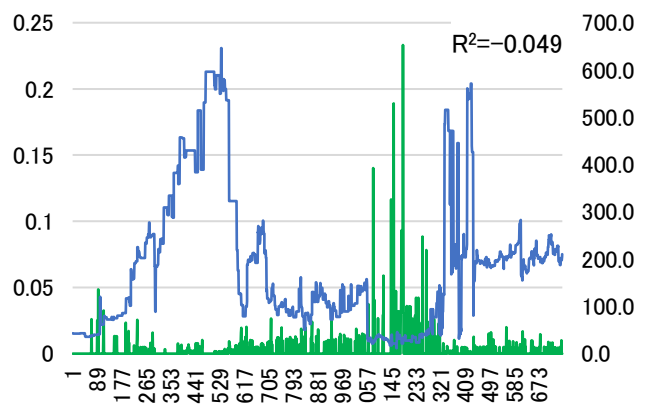


図 4.2 HONDA 車交通量、追突事故件数の関係

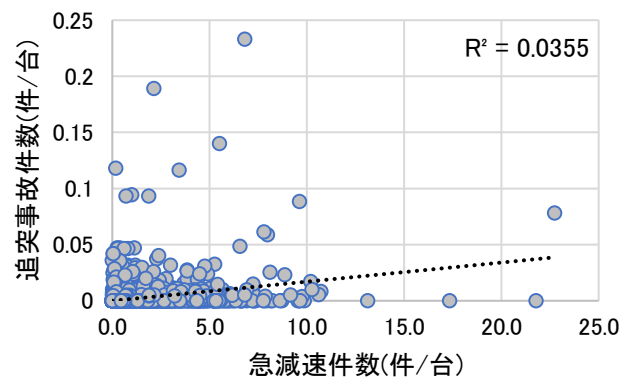


図 4.3 急減速件数及び追突事故の関係



写真 4.1 区間 1270 付近

図 4.4 において、センサス 24 時間交通量および HONDA 車交通量は変化の傾向として似ている一方で、区間 1117-1303 といった地点で若干差が生じている。図 4.5 においてセンサス交通量と追突事故件数では、図 4.2 と同様に全く傾向に関連がないように見える。

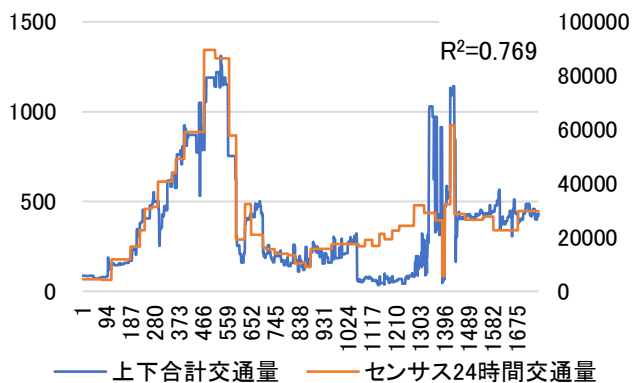


図 4.4 センサス交通量及び HONDA 車交通量の関係

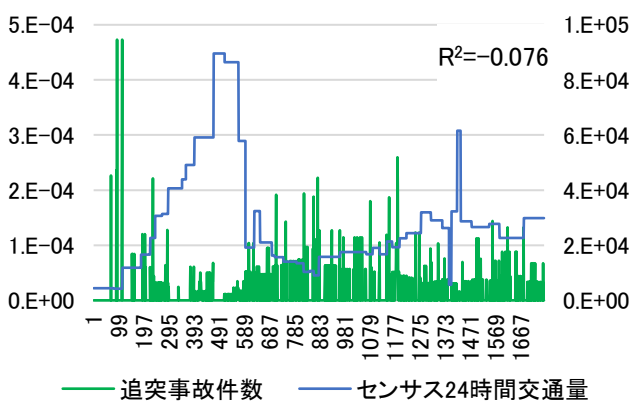


図 4.5 センサス交通量及び追突事故件数の関係

#### 4.2 センサス単位及び急ブレーキ算出区間単位における分析の比較

モデル式を用いてフローティングカーデータの集計単位および交通センサス単位における交通量、急減速データを用いたモデルについて、変数の統計的有意性やモデルの適合度を比較した。また、分析は①上り路線および②下り路線で分けて分析を行った。そして適応分布には負の二項分布を用いて分析を行った。

分析結果より、交通量および急減速データはどのパターンでも統計的に有意であった。AIC に着目すると、サンプル数が異なるために①及び②③の比較はできないが、どのパターンにおいても急減速データを用いた場合において、モデルの適合度が向上することが明らかとなった。t 値により比較すると、①のセンサス区間単位において急減速データは統計的な有意性が見られなかった一方で、②や③の急ブレーキ算出区間単位に

なると有意性が見られた。これは、センサス区間では表現しきれなかった同一リンク内における交通量および急減速件数の変化が、フローティングカーデータが得られた単位によって細かく表現されたことによって得られた結果である可能性が高い。

表 4.3 急ブレーキ算出区間単位における分析

	①センサス区間単位				②急ブレーキ算出区間上り				③急ブレーキ算出区間下り			
	係数	t値	係数	t値	係数	t値	係数	t値	係数	t値	係数	t値
定数	1.24	2.377 *	0.842	1.531	-1.51	-18.021 **	-1.953	-19.254 **	-1.586	-19.126 **	-1.898	-19.44 **
区間延長(km)	0.731	8.043 ***	0.806	8.211 ***								
交通量(台)	0.178	1.68	0.224	2.092 *	0.001	4.102 **	0.002	6.047 **	0.001	4.924 **	0.002	6.165 **
急減速データ			0.005	1.906			0.214	9.054 **			0.196	8.199 **
Log likelihood	-457.367		-455.22		-1192.912		-1147.479		-1163.613		-1115.56	
AIC	5.649		5.635		1.36		1.31		1.327		1.318	
サンプル数	164				1757				1757			

\*5%有意 \*\*1%有意

#### 5. 結論と今後の課題

本研究では、統計分析を通してフローティングカーデータを利用することでデータ間の単位を統一し、分析精度の向上を図るとともに急減速データの活用可能性について考察することを目的とした。

本研究で得られた結果を以下に示す。

1. センサス単位において交通量に着目すると、24 時間交通量を用いた場合に最も適合度が向上した。
2. AIC に着目すると事故の経年変化を考慮した場合、急減速データを変数に用いる妥当性と確率変動の抑制効果が確認できた。
3. 国道 2 号において急ブレーキ算出区間の単位では、センサス単位とは異なり急減速データの統計的有意性が示された。

フローティングカーデータは事故データに比べて、月単位や日単位で集計することも可能なデータである。これらを今後活用していくことで、事故とのより詳細な関係が明らかになる可能性がある。

#### 参考文献

- 1)久保田吏稀, 吉田長裕, 西岡昌志: ヒヤリハットデータを用いた幹線道路における事故リスク分析, 交通工学研究発表会論文集, Vol.36, No.37, 2016.
- 2)中村俊之, 岡田朝男, 水野裕彰, 絹田裕一: 道路交通における交通事故とヒヤリハットの関係性に関する基礎的研究, 交通工学研究発表会論文集, Vol.31, No.11, 2011.
- 3)矢田淳一, 尾崎悠太, 藪雅行: プローブデータを活用した危険箇所抽出手法に関する研究, 土木計画学研究講演集, Vol.49, No.196, 2014.
- 4)古屋秀樹, 草野薫, 浜岡秀勝, 森望: ヒヤリデータに関する基礎的特性把握-幹線道路交通事故を念頭として-, 土木計画学研究講演集 Vol.27, No227, 2003.
- 5)西堀泰英, 稲垣具志, 加知範康, 安藤良輔, 三村康広:自動車走行時の加速度発生状況と交通事故発生箇所の関連分析, 土木計画学研究講演集, Vol.42, P16, 2010.
- 6)山本俊行, 鄧磊, 森川高行, 森川博邦, 森川善也:プローブデータによる交通事故多発危険交差点の抽出可能性に関する研究, 土木計画学研究講演集, Vol.33, 2006
- 7) 亀井省吾, 吉田長裕, 日野泰雄: 事故の深刻度を考慮した幹線道路における自転車事故のリスク分析, 土木計画学研究・講演集, No.40, 4pp (CD-ROM), 2009