

急ブレーキデータと運転ストレスデータに着目した交通事故発生頻度モデル

金森 亮¹・三好 壱晟²・山本 俊行³・森川 高行⁴

¹正会員 名古屋大学 未来社会創造機構 特任准教授 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町)

E-mail: kanamori.ryo@nagoya-u.jp

²非会員 名古屋大学大学院 工学研究科

³正会員 名古屋大学 未来材料・システム研究所 教授

E-mail: yamamoto@civil.nagoya-u.ac.jp

⁴正会員 名古屋大学 未来社会創造機構 教授

E-mail: morikawa@nagoya-u.jp

交通事故発生に結びつく予見データとして“急ブレーキデータ”と“運転ストレスデータ”に着目し、限定的な公道走行実験コースではあるが交通事故発生頻度との関係性を分析した。実験コースの交差点を対象とした交通事故発生頻度モデルを構築した結果、急ブレーキ発生数は有意な説明変数とはならず、運転ストレスの不安申告内容件数が有意な説明変数となった。また運転ストレスを要因別に区分することで、交通事故発生の予見データとして有用である可能性を確認した。

Key Words: traffic accident, sudden braking, driving stress, negative binomial distribution

1. はじめに

日本の交通事故件数はここ数年で減少傾向にあり、2002年から2006年のピーク時の交通事故件数と比べて大幅に減少したものの、まだ第一次交通戦争といわれた1970年の70万件を下回ったところである。また、交通事故死者数も減少傾向であるが、その傾向は非常に緩やかである。特に愛知県の交通事故数は全国都道府県別で最も多い状況が近年続いており、そのため安全かつ安心、快適な運転ができるように、交通事故対策が急務となっている。

現在の交通事故対策として、交通事故の多いエリアでの右折レーンの追伸や最高速度の規制などの行政主導の対策がある。他にも、自動ブレーキシステムやエアバックシステムなど技術面の対策がある。これらのように未然に交通事故を減らすための対策と、交通事故が生じてしまった場合に当該者への負担を減らすための対策と大きく2種類の対策がある。本研究では交通事故を減らすという観点から、未然に交通事故を防ぐための対策に資する基礎的なデータ分析を行う。

ハインリッヒの法則では、1つの重大事故の背後には29の軽微な事故が存在し、その背後には300ものヒヤリ

ハットが存在していると経験則により定義されている。この法則を交通事故に当てはめると、1つの重大事故は死亡事故、29の軽微な事故は重軽傷事故、300のヒヤリハットは急ブレーキ箇所や運転時の不安や不快などの主観的な運転ストレスの申告箇所と考えられる。

道路環境と交通事故数の関係や運転ストレスを対象とした研究はいくつか行われている。渡部ら¹⁾は愛知県を対象に道路環境と交通事故数の関係について、幹線道路と生活道路に区別して関係性を分析し、交通事故の要因として道路幅員や交通量の優位を示した。田久保²⁾は交通事故とヒューマンエラーの関連性として、ヒューマンエラーを発生させる負荷として交通状況の煩雑さと運転者の情報処理能力の相対関係で定まることを示した。山本ら³⁾はプローブカーデータから急ブレーキ事象を抽出し、急ブレーキ強度が大きくなるほど交通事故との相関が高くなることを示した。しかし相関係数自体は小さく、急ブレーキデータから交通事故多発危険地域を抽出することは難しいことを示した。小池⁴⁾は路面描写コンセプトとして、車両予測位置を路面上に投影描写することで早く危険を認知し、事故を低減できることを示した。しかし、これが効果を発揮するのは多くの車両がこのシステムを搭載した場合であり、普及の面で課題がある。前

田⁵⁾は、金森ら⁶⁾の公道走行実験での運転者の新たな満足度指標としての運転ストレスに着目し、運転ストレス頻度と道路構造の関係性、交通事故頻度との関係性を分析した。その結果、交通事故の潜在的なリスク指標としての運転ストレス頻度の可能性を議論している。

以上のように、交通事故数の関係や運転ストレスに着目した研究、また交通事故数と運転ストレスの関係についての分析はいくつか行われているが、交通事故発生頻度に対して、急ブレーキ発生頻度と運転ストレス申告数を用いた関係性に関する分析はまだ行われていない。

本研究では交通事故と急ブレーキ、運転ストレスの関係性の分析として、単純な相関関係分析と頻度モデルにて複合的に考察をすることを目的とする。

2. データ概要

(1) 交通事故データ

本研究では、愛知県内の交通事故数データを使用として、公益財団法人交通事故総合分析センター (ITARDA: Institute for Traffic Accident Research and Data Analysis) の交通事故データを使用する。

調査の対象：

調査対象は愛知県内の幹線道路と生活道路である。ただし、本研究では都市間・都市高速道路は対象外とした調査の期間：

交通事故のデータは平成 25 年のデータを使用する。この時の交通量など道路交通センサデータは直近の調査年である平成 22 年の観測結果となっている

調査項目：

発生日時、昼夜、路面状態、道路形状、道路線形、当事者別のデータ、事故内容、人数、事故類型、法令違反、事故位置、道路の分類、道路構造、沿道状況、その他データ件数：

名古屋市内での交通事故データ件数は 47,378 件

(2) 急ブレーキデータ

本研究では、愛知県内を対象とした急ブレーキデータを使用する。今回は住友電工システムソリューションが販売している本田技研工業株式会社の「インターナビフローティングカーデータ」の急減速発生地点データを使用する。インターナビフローティングカーデータは、自家用自動車に取り付けられた無料データ通信機能付きの Honda 純正ナビによって収集された走行データである。この走行データから速度低下による減速度を計算し、その発生箇所の座標と減速強度を作成している。Honda 純正ナビは、2015 年には設置車数約 150 万台、総走行距離 84 億 km 以上である。

調査の対象：

名古屋市中心部を含む第 2 次メッシュ (523657, 523667) . 調査対象は速度低下-0.25G (3秒間で約 25km/h) 以上の急ブレーキ

調査の期間：

2015/5/1~2015/10/31 のデータ

調査項目：

減速度 G, 方位, 減速発生地点での速度

(3) 運転ストレスデータ

本研究では、様々な道路環境を走行できるように定めた名古屋市内の指定走行コース (図 1) を走行し、運転者の主観的判断で申告された不安や不快な事象を運転ストレスと定義し、使用する。走行実験では運転後に走行時の動画データを利用して事後ヒアリング調査を行うことによって、被験者に主観的な運転時の不快・不安な箇所と内容、程度を聞いている。

調査の対象：

調査対象は 2015 年に 20 歳代男子大学生 3 名, 60 歳代男性 3 名, また 2017 年に 22 歳~78 歳の一般人 16 名である。2015 年の被験者に関しては指定走行コースを大学所有のプリウスで各人複数回、延べ 27 回走行した。2017 年の被験者に関しては指定コースを大学所有のプリウスで各人午前と午後の 2 回、延べ 32 回走行した

調査の期間：

2014/12/24-2015/1/13 および 2017/1/28-2017/3/31 であった

調査の流れ：

運転中にストレスを感じた箇所で、ドライブレコーダ



【福原町】



【代官町】



【出来町通】



【山道 (東山公園)】



図-1 名古屋市内指定走行コース

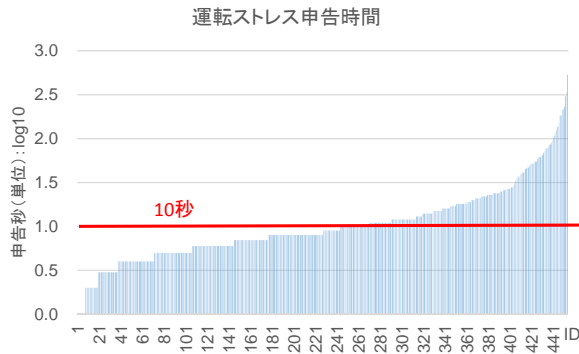


図-2 運転ストレスの申告秒数



図-3 運転ストレス分類別の申告分布

表-1 運転ストレスのデータ整備例

日付	始時刻	終時刻	区分	コメント	緯度	経度
2017/1/28	10:33:16	10:33:27	不安	(省略)	35.15827	136.96030
2017/1/28	10:33:27	10:33:30	不安	(省略)	35.15817	136.96020

一と CAN データと連動したスイッチを押し、運転後に該当する動画データを確認しながら運転ストレスに関するヒアリング調査を行う。なおスイッチは 10 ミリ秒ごとに記録され、瞬間的な事象も対象となる。

データの扱い：

運転ストレスはミリ秒単位で記録され、そのままではデータ数が膨大となり、ドライバーが感じる運転ストレス頻度とは乖離する可能性が高い。そのため本研究では運転ストレス申告秒数の中央値 (8 秒) を参考にし、主観的な運転ストレス頻度として 10 秒毎にカウントすることとした。図 2 は申告された運転ストレスを申告秒数の大きさの順に並び替えたものである。運転ストレスの内容として、危険を察知した数秒の事象から渋滞に巻き込まれた際の数分間に事象が含まれるため、便宜的で直感に即した頻度算出方法が必要となるためである。これらの定義の妥当性検討は今後の課題である。

表 1 はある被験者の運転ストレス申告内容で、約 14 秒間の不安の事例である。表中の省略されたコメントは、「駐車車両があり、通路が狭くて通れるか不安であった」である。この運転ストレスは定義に基づき、主観的な運転ストレス頻度は 2 回となり、該当申告範囲でランダムに緯度と経度 (申告箇所) を抽出したものを運転ストレスデータとする。

(4) 運転ストレスデータの分類

ドライバーの主観的な判断基準で申告される運転ストレスは、運転時の

「不安」：具体的には苦手な運転シーン (右折、車線変更、合流、駐車など) や不案内な地域での運転

「不快」：具体的には、他車の無配慮運転 (割り込み、譲らない、煽りなど) や先の読めない渋滞区間の運転

に区別されている。図 3 は、運転ストレスデータを不安 (473 回) と不快 (566 回) で色分けし、指定コース上にプロットしたものである。

図 3 から不安と申告された箇所、また不快と申告された箇所がそれぞれ集中している傾向にあることがみてとれる。図中の区間①は基幹バス運行で有名な出来町通で、バスレーンが道路中央側 (右側) にある。この場合、右折車線が直線車線とバスレーンに挟まれるため、右折時に両側から車両通過がある可能性があり、注意が必要である。また、信号がすべて矢印で表示されることから認識しづらい。区間③は動植物園付近の山道であり見通しが悪い。また、車道の一部に電柱が設置されているためにそれを避ける必要がある。このように区間①や③にみられた特徴は、定義された不安の特徴と一致している。図中の区間②と④は交通量と車線数が多い区間である。交通量が多ければ自分の希望する速度で運転しづらくなり、また車線変更や右左折する車両と出会う可能性も高くなり、他車両の動きを気にかけてながら運転する場面が多くなる。区間②や④に見られる特徴は、定義された不快の特徴と一致している。

以上より、走行実験回数は少ないものの、被験者は不安・不快に定義された事象が発生する区間・箇所の特徴に即した運転ストレスを申告している可能性が高い。つまり、運転技術や環境が異なるが交通事故のヒヤリハットとして注目されている急ブレーキ箇所と同様、主観的な運転ストレス箇所もデータ蓄積することで、集合知的な交通事故の潜在的リスク指標として有用である可能性がある。

(5) 集計単位 (単路部と交差点)

本研究のデータ集計単位である単路部および交差点は、ITARDA の定義に従う。

単路部：

単路部は ITARDA 区間に従って指定コースの DRM (電子道路地図) 区間を統合する。ITARDA 区間以外は、

DRM 区間をそのまま使用する。

交差点：

交差点は ITARDA が定めている交差点の定義に従う。ITADRA 区間に指定されている交差点のみを対象とし、DRM の全ての交差点が対象とはならない。

以上の定義を指定コースに適用した結果、単路部は 213 個、交差点は 64 個となった。

3. 基礎集計

(1) 急ブレーキデータの基礎集計

図 4、図 5 は急ブレーキデータの調査範囲である名古屋市内 10km メッシュ 2 つ分の範囲にて観測された急ブレーキ数（全データ）と、運転ストレス走行実験にて使用された指定コース内の単路部および交差点で観測された急ブレーキに対して、急ブレーキ強度別、急ブレーキ開始時の速度別に分けて構成比を示したものである。名古屋市内の 10km メッシュ 2 つ分で半年の調査期間内に観測された急ブレーキの数は 2,324,766 件である。また、運転ストレス走行実験の指定コース内で観測された急ブレーキの数は単路部では 10,205 件、交差点部では 11,483 件である。

名古屋市内 10km メッシュでの調査期間内、運転ストレス走行実験の指定コースの単路部および交差点部での急ブレーキ強度の強度別割合、および急ブレーキ開始時の速度（減速時速度）別割合が同程度であることがわかる。運転ストレス走行実験の指定コースは、名古屋市内の限定された道路の区間と交差点があるが、急ブレーキの発生特性は名古屋市内の代表性があるとして分析を進める。

指定コースの急ブレーキ強度割合は、単路部と交差点ともに 0.25~0.29G が 7 割、0.3~0.39G が 3 割弱、0.4G 以上が 1 割未満である。また急ブレーキ開始時の速度については減速時速度 30km/h が 4 割、減速時速度 40(km/h)台が 3.5 割、減速時速度 50(km/h)台が 1 割強となり、低速度で急ブレーキが発生している状況がわかる。

(2) 運転ストレスデータの基礎集計

主観的な判断で申告された運転ストレスの分類として不安と不快の妥当性を確認したが、更にストレスの要因別の基礎分析を行う。図 6 は、走行実験で申告されたストレスのコメントから 6 つの要因に分類し、割合別に示したものである。その 6 つの要因とは

「交通状況」：過大な交通量や工事による渋滞や自車両の車線変更などによるもの

「人・自転車の動き」：車道を走る自転車や人の急な飛び出しなどによるもの

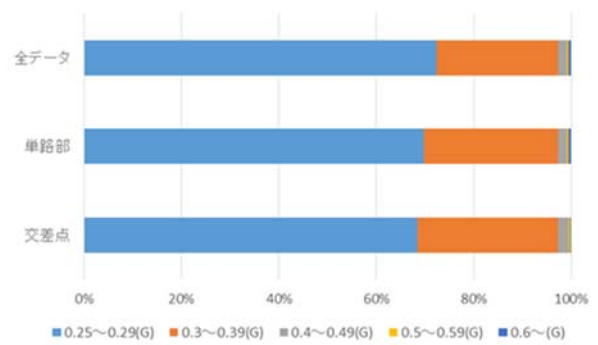


図4 対象種別の急ブレーキ強度構成比

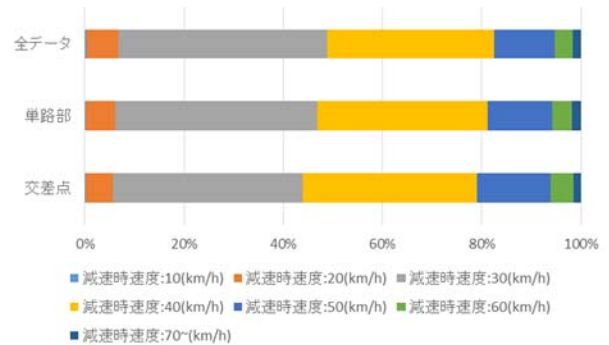


図5 対象種別の急ブレーキ開始時速度構成比

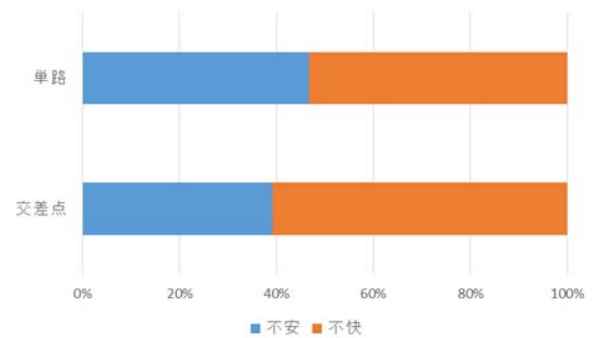


図6 ストレス区分による構成比

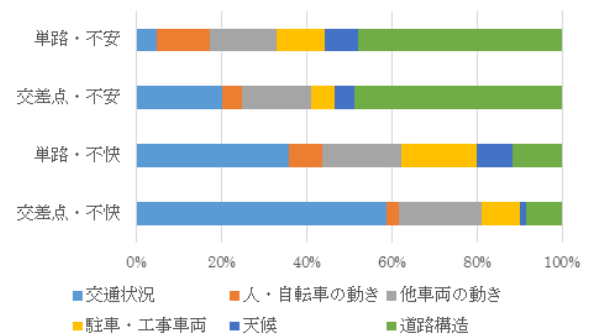


図7 ストレス申告原因の構成比

「他車両の動き」：前方車両の急ブレーキや並走車の割り込みなどによるもの

「駐車・工事車両」：交差点過ぎに駐車車両があることによる車線変更の強制や道路工事による車線規制などによるもの

「天候」：太陽光による視界不良などによるもの

「道路構造」：道幅が狭くなることや見通しの悪いカー

ブなどによるもの

総走行実験回数は合計 59 回であり、申告された運転ストレスは 1,039 個であった。

不安と不快を比べると、不安では道路構造が要因となるストレスが多い。不快は不安に比べて交通状況が要因となるストレスが多い。これは不安という感情は運転者が住宅街や商店街に入るなどして道幅が狭くなる場合に生じやすく、不快という感情は運転者が渋滞や信号待ちによって思い通りに運転ができずイライラした場合に生じやすいためと考えられる。次に不安および不快に関して単路部と交差点部を比べると、交差点部は交通状況が要因の運転ストレスの割合が単路部に比べて高くなり、人・自転車の動きおよび駐車・工事車両が要因の運転ストレスは交差点部の方が単路部に比べて割合が低くなっている。交差点は単路部に比べて、右左折や信号待ちなど運転操作に伴う判断すべき交通状況が複雑になるためと考えられる。また、交差点は信号によって人・自転車が

が通行する時間帯と空間が区別されていることが多く、交差点部では人・自転車の動きが要因のストレス申告が単路部に比べて少ないと考えられる。さらに交差点部は単路部に比べて駐車・工事車両が少なく、駐車・工事車両が要因のストレス申告が単路部に比べて少なくなっていると考えられる。

(3) 単路部と交差点部の交通事故、急ブレーキと運転ストレスの頻度分布

図 8、図 11 はそれぞれ指定コースにおける単路部と交差点部で年間の交通事故数を集計した頻度分布である。同様に、図 9、図 12 は運転ストレス頻度の数ごとにどれだけの単路数および交差点数があるかを示したものである。同様に、図 10、図 13 は急ブレーキの数ごとにどれだけ単路数および交差点数があるかを示したものである。

頻度分布の形状は単路部と交差点部、集計対象によって異なるが、一般的なポアソン分布や負の二項分布を仮

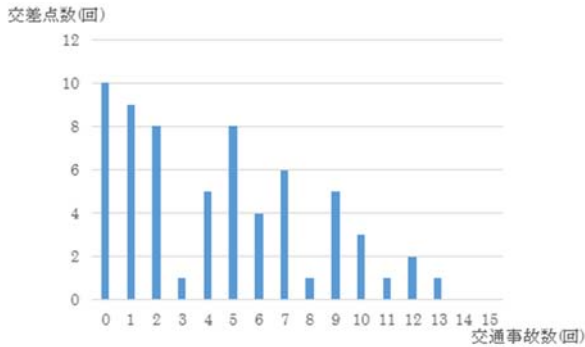


図-8 交差点における交通事故数分布

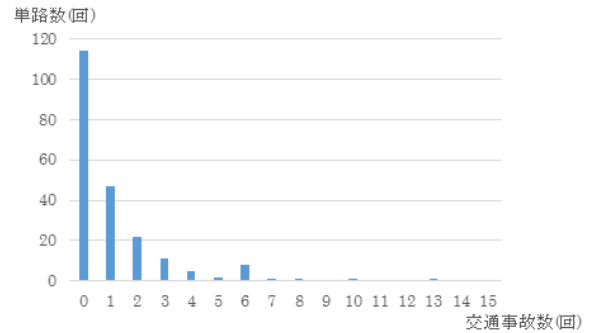


図-11 単路部における交通事故数分布

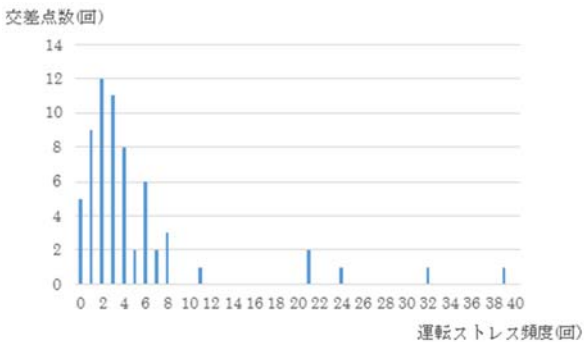


図-9 交差点における運転ストレス頻度分布

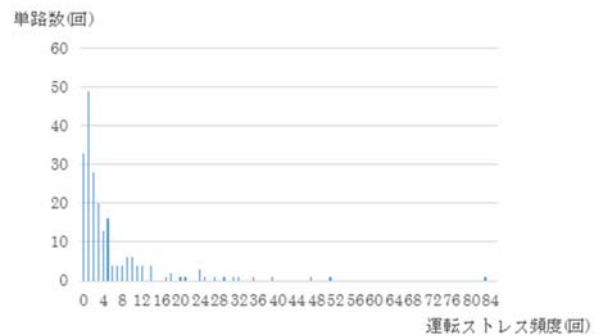


図-12 単路部における運転ストレス頻度分布

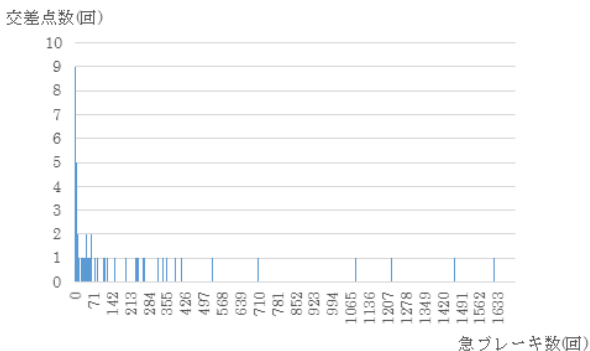


図-10 交差点における急ブレーキ頻度分布

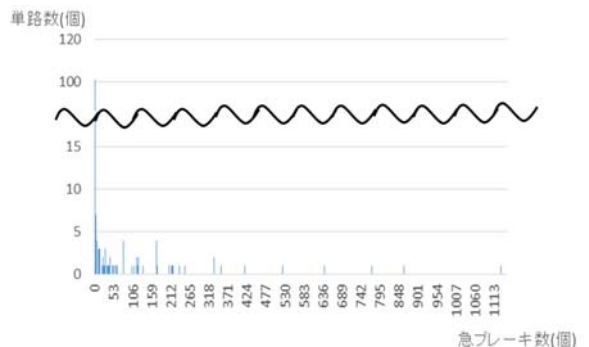


図-13 単路部における急ブレーキ頻度分布

定し、関係性を分析する。

4. 交通事故発生頻度モデルの推定

(1) 頻度モデル

交通事故発生頻度モデルを構築する際、基本的な頻度モデルは、ポアソン分布を仮定して一般化線形モデルとしてパラメータ推定を行う。ここで交通事故発生頻度について、単路部および交差点部のそれぞれの平均と分散は下の表の通りである。

表-2 交通事故発生数の平均および分散

単路部		交差点部	
平均	分散	平均	分散
1.13	3.59	4.45	13.2

単路部と交差点部ともに、交通事故発生頻度の分散が平均値よりも大きい。このような場合、交通事故発生頻度分布は過分散であり、ポアソン分布を仮定することは相応しくない。したがって、本研究では交通事故発生頻度モデルとして、負の二項分布を仮定した一般化線形モデルを適用する。負の二項分布の確率分布関数 F は以下の式のように表される。

$$\Pr(Y_i = y) = F_{NB}(y|\mu, \theta) = \frac{\Gamma(y + \theta)}{\Gamma(y + 1)\Gamma(\theta)} \left(\frac{\theta}{\theta + \mu}\right)^\theta \left(\frac{\mu}{\mu + \theta}\right)^y$$

$$\Gamma(s) = \int_0^\infty x^{s-1} e^{-x} dx (s > 0)$$

ここで $i=1, 2, \dots, n$ は n 個の観測値の数であり、 Y_i は計測上 i 番目の観測値である。また $y=1, 2, \dots$ は Y_i がとることのできる負ではない整数の集まりである。ここで μ は平均であり、 θ はサイズパラメータである。

(2) パラメータ推定

本研究では紙面の制約から交差点部の交通事故発生頻度モデルに絞って記述する。パラメータ推定には統計解析ソフト R のパッケージ “MASS” を用いた。交差点部のサンプル数は 64 個である。

表 3 は DRM の道路データのうち、道路種別と車線数をダミー変数として使用した推定結果である。AIC は 323.6 であり、最も基本的なモデル (モデル 0) としての参照値とする。

また、急ブレーキや運転ストレスなど様々な説明変数を導入し、最終的なパラメータ推定結果は表 4 の通りである。運転ストレスに関する説明変数は交通状況と道路構造の要因別に区分した変数が有意となった。ここで「交通状況要因で申告された運転ストレス数 (6 未満)」

表-3 交差点部の交通事故発生頻度モデル (道路データのみ)

説明変数	推定値	有意
定数項	1.07	**
主要地方道ダミー	0.645	**
車線数 6 以上ダミー	0.591	**
サイズパラメータ	2.35	
AIC	324	
最終対数尤度	-316	

**p<0.01

表-4 交差点部の交通事故発生頻度モデル (最終モデル)

説明変数	推定値	有意
定数項	0.723	**
主要地方道ダミー	0.822	**
車線数 6 以上ダミー	0.632	**
急ブレーキ開始時の速度 50~(km/h)の急ブレーキ数	0.00610	
交通状況要因で申告された運転ストレス数(6 未満)	0.0753	**
道路構造要因で申告された運転ストレス数	0.0768	*
サイズパラメータ	4.32	
AIC	314	
最終対数尤度	-300	

**p<0.01, *p<0.05

の解釈は後述する。AIC をみると最終モデルは小さくなり、説明力の高いモデルであるといえる。なお、急ブレーキデータに関する説明変数も導入したがどれも有意とはならず、最もパラメータ値が大きくなったモデルを最終版として表に示している。

(3) 考察

最終モデルのパラメータ推定結果に関して、交通事故発生頻度と説明変数の関係を考察する。

a) 主要地方道ダミーおよび車線数 6 以上ダミー

主要地方道ダミーや車線数 6 以上ダミーがプラスの推定値で有意となったということは、交通量が多い交差点と解釈できる。今回は交通量を直接的に説明変数に導入していない。直近の道路交通センサスの 12 時間観測交通量を導入することが可能ではあるが、時々刻々と変化する交通量をどのように導入するかは議論の余地がある。一方、多くの先行研究でも道路構造に関する説明変数は有意となっており、交通事故発生頻度に対して道路構造関連データは有用な説明変数であるといえる。本研究では、運転ストレス走行実験の指定コースのみに着目したが、高速道路などより対象を広げて議論する必要がある。

b) 交通状況要因で申告された運転ストレス数

交通状況要因で申告された運転ストレス数 (6 未満)

が有意となったということは、交通状況が要因（例：交差点の停止線より前の停車で対向車両の阻害になっていないか不安であった、右折時に対向車が多く交差点内で停車していたため不安）で運転ストレスが申告される頻度が 10 回に 1 回未満のような交差点では、交通状況が要因で申告される運転ストレスが多くなるごとに交通事故は起きやすくなると考えられる。なお、交通状況が要因で申告される運転ストレスは渋滞が理由で申告される場合が比較的多い。つまり、交通量が多く、更にボトルネックとなるような交差点でこのストレスが申告されやすいと考えられ、交通量の代理変数となっている可能性が高い。一方、交通状況が要因で申告される運転ストレス数が 6 以上であった交差点も含めると有意性が失われることから、交通状況が要因の運転ストレスが多く申告されるような慢性的な混雑箇所は、運転者が事前に混雑状況を認識している交差点とも解釈でき、注意して運転していることにより交通事故が起きにくくなるのではないかと考えられる。

c) 道路構造要因で申告された運転ストレス数

道路構造が要因で申告された運転ストレス数がプラスで有意となったが、道路構造が要因（例：信号交差点で右折レーンに入ってしまう車線変更の際に不安であった、代官町から右折した時点で道が狭く通りにくくて不安だった）で運転ストレスが申告されるような交差点では交通事故が起きやすくなると解釈できる。これは路地の幅が狭い道路の交差点やカーブで見通しが悪い生活道路での交差点で交通事故が起きやすくなるとも考えられる。

5. おわりに

(1) 得られた知見

本研究では、交通事故発生頻度に対する急ブレーキ発生頻度、運転ストレス申告件数を複合して、これらの関係の分析として、頻度モデルのパラメータ推定による分析を行った。以下に本研究で得られた知見をまとめる。

- ・今回の限定された頻度モデルのパラメータ推定結果より、交差点では急ブレーキデータで説明力が高い変数はなく、運転ストレスに関して不安と不快に区別した場合、不安は交通事故件数と正の相関が確認された

- ・交差点の交通事故発生頻度に対して運転ストレスを要因別に分類すると、慢性的な混雑が確認される交差点では交通事故が起きにくい、低頻度な申告がなされる交差点では、交通事故件数が増加する傾向にある

- ・路地の幅が狭い道路の交差点やカーブで見通しが悪い生活道路での交差点で交通事故は起きやすくなる。

(2) 今後の課題

今回の研究で用いた運転ストレスデータは、限定された指定走行コースを対象とした 59 回の走行実験データであり、より一般的な運転ストレスデータを利用する必要がある。また運転ストレスを不安や不快、さらには申告内容から要因別に区分することで交通事故発生頻度の説明変数としての説明力が高くなることを確認したが、このような情報を効率的に収集する手法の確立が望まれる。なお、今回の運転ストレス走行実験の被験者属性（性別・年齢、運転頻度など）を有効利用できていないため、これらの個人属性データの利用は今後の課題である。

急ブレーキ発生箇所はシステムティックに情報収集できる、いわゆるビックデータの 1 つであり、分析対象エリアを拡大し、ヒヤリハット指標としての有用性検証は継続する必要がある。

今回、交通事故の事故類型による細分化も考えたが、交通事故データの「その他」の割合が高く、分析に活用することができなかった。交通事故の詳細なデータベース整備も今後の重要な課題のひとつである。

参考文献

- 1) 渡部数樹・中村英樹(2015)：道路交通環境に着目した交通事故発生要因に関する統計モデル分析，土木学会論文集 Vol.71, No.5, pp.889-901.
- 2) 田久保宣晃(2005)：交通事故データによる運転者のヒューマンエラーと心的負荷の一考察，国際交通安全学会誌 Vol.30, No.3, pp.299-308.
- 3) 山本俊行・鄧磊・森川高行・森川博邦・森本善也(2006)：プローブカー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分析，第 33 回土木計画学研究発表会，宮城。
- 4) 小池伸(2004)：事故頻度モデルと路面描写コンセプト，第 47 回自動制御連合講演会，ID.705，千葉。
- 5) 前田健人(2017)：交通リスク指標としての運転ストレスに関する基礎的研究，名古屋大学環境土木工学・建築学科環境土木工学コース 平成 28 年度卒業論文。
- 6) 金森亮・久保田穰・安藤章・山本俊行・森川高行(2015)：複数生体データ計測による運転ストレスに関する基礎的分析，第 51 回土木計画学研究発表会，福岡。

(2018.4.27 受付)