

# Elastic Netによる交通違反・事故経験の 影響要因に関する多国間分析

塩見 康博<sup>1</sup>, 鳥海 梓<sup>2</sup>, 中村 英樹<sup>3</sup>

<sup>1</sup>正会員 立命館大学准教授 環境都市工学科 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1)  
E-mail: shiomi@fc.ritsumeai.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 東京大学助教 生産技術研究所 (〒153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1)  
E-mail: azusa@iis.u-tokyo.ac.jp

<sup>3</sup>フェロー会員 名古屋大学大学院教授 環境学研究科 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町C1-2(651))  
E-mail: nakamura@genv.nagoya-u.ac.jp

日本国内では年間交通事故死亡者数は減少傾向にあるものの、中～低所得国を中心に世界的には依然として増加傾向にある。自動車による交通事故の発生には、ドライバー個人の交通安全への認識や態度に加えて、社会基盤の整備水準や道路交通に関する法制度など、多様な要因が相互に関連しながら影響を及ぼしていると考えられ、それらを適切に考慮することが必要不可欠である。

そこで本研究では、交通安全意識に関する国際アンケート、交通法規や取締り方法に関する調査データ、および統計データベースに基づき、回答者の交通違反・事故経験の影響要因を明らかとすることを目的とした。Elastic Netを適用した結果、社会基盤の状況、規範意識や交通問題への認識が違反・事故に有意に影響を及ぼす一方、違反と事故では影響を及ぼす要因が異なることなどが明らかとなった。

**Key Words:** Traffic safety, Social and personal determinants, Elastic Net, International questionnaire

## 1. はじめに

国連の定める持続可能な開発目標 (SDGs) において、目標 3.6 として「2020 年までに世界の道路交通事故による死傷者を半減させる」と謳われている通り、道路交通事故の安全を確保することは、人々の健康的な生活と福祉にとって重要な課題である。日本を含めた先進諸国では交通事故死亡者数は、経年的に概ね減少傾向にあるものの、全世界的には 2000 年以降、単調増加傾向にあり、2016 年時点での総死者数は年間 135 万人にのぼる<sup>1)</sup>。世界保健機関 (WHO) の報告<sup>2)</sup>では、そのうちの 93%が、世界の自動車保有台数の約 60%を保有するに過ぎない低所得～中所得国に集中しているとされている。2020 年 2 月 19 日～20 日に開催された交通安全に関する世界閣僚会議では、2030 年までの 10 年で世界の交通事故死亡者数の半減を目標とする「ストックホルム宣言」が採択された<sup>3)</sup>。これを実現するためには、国ごとの状況に応じた実効性のある対策を実施していくことが求められている。

国レベルでのマクロな観点から、交通事故件数や交通事故死亡者数に影響を及ぼす要因を特定する取り組みは、これまでも数多くなされている。例えば、多国間を横断的に分析した事例として、Grimm and Treibich<sup>4)</sup>は、既往研究の成果を包括した上で、低～中所得国を対象に各種

データベースを統合して道路環境・社会経済要因と交通事故死亡者数の関係を重回帰モデルにより特定している。WHO は、Law<sup>5)</sup>に基づき、信頼のおける統計データが存在しない国における交通事故死亡者数を推計するための負の二項回帰モデルによる推定式を利用している<sup>6)</sup>。ここでは、GDP、人口あたりの登録車両台数、道路密度、郊外道路の制限速度、市街地道路の制限速度、医療へのアクセス性、人口あたりのアルコール消費量、勤労人口の割合、二輪車割合、世界銀行の定義するガバナンス指標、歩行者・自転車政策の有無が説明変数として考慮されている。

また、一国内を対象に時系列的な交通事故件数データを用いた要因分析をした事例として、大蔵ら<sup>7)</sup>は昭和 41 年～48 年の 46 都道府県ごとの道路単位面積あたりの交通事故件数をシステムダイナミクスと重回帰分析によりモデル化を行っている。ここでは、台キロ、人口、新規免許、車保有率、安全施設、規制、取締り、安全意識が説明要因として考慮されている。加来ら<sup>8)</sup>は北海道内の各地域を対象に、昭和 40 年から昭和 49 年にかけての 10 年分のデータを用いて社会経済要因と交通事故件数の関係を多変量解析により求めている。このような、一国内で時系列的な交通事故要因を分析した同様の研究事例は、近年でも少なくない<sup>例えば 8)9)</sup>。

これらの研究成果を踏まえると、道路交通に関するインフラ整備状況や交通環境、社会経済レベルが交通事故と強く相関していることに疑念の余地はない。その一方で、交通事故はあくまで個々のドライバーの運転の帰結として発生するものであり、個人属性や交通安全に対しての個人の態度と密接に関連するものと考えられる。

Factor et al.<sup>10)</sup>は、イスラエルにおいて 1996 年～2004 年の 9 年間に収集された重大事故レコードとその当事者に関して収集されたセンサスデータを紐付けたパネルデータセットを作成し、社会経済指標と個人属性が事故経験に及ぼす影響を分析した。その結果、性別、宗教、出身地域、最終学歴、社会経済的地位によって重大事故に遭遇する確率が異なることを明らかとした。また、Factor<sup>11)</sup>は、イスラエルにおける 2002 年～2008 年の交通ルール違反による取締り記録についても同様の分析を行っており、性別・年齢といった個人属性や社会経済的地位によって取締り経験の有無が異なることを示している。Obregón-Biosca et al.<sup>12)</sup>はアンケート調査に基づき、利用交通手段ごとに事故経験の有無を予測するロジスティック回帰分析を行った。その結果、年収、交通ルールに関する正しい知識、交通ルールを学んだ年齢、性別、最終学歴が事故を経験する確率に有意な影響を及ぼすことを示した。一方、Benson et al.<sup>13)</sup>は、事故に関連する違反行動の一つとして運転中の携帯電話による文字入力について、年齢によって実施経験の有無が異なること、そして、個人の態度・規範・実行可能環境への信念が実施の有無に強く作用することを明らかとしている。

一般に、交通安全を実現するためには Engineering, Enforcement, Education の 3 つの E が重要とされている。すなわち、社会基盤や法制度、社会経済状況、および、交通安全教育によって形成される個人の態度や信念が相互に関連しながら、交通事故や交通違反の発生に影響を及ぼしていると考えられる。その一方で、上述の研究の内、国レベルでの分析を行ったものは、Engineering と Enforcement については直接的な影響要因として分析されているものの、個人の認識や態度に作用すると考えられる Education については考慮されていない。また、後者のアンケート調査に基づく分析では、Education の効果は明らかとされているものの、その背景となる Engineering や Enforcement との関係性には着目されていない。しかしながら、国ごとの状況に応じて実効性のある交通事故対策を進める上では、3 つの E を総合して各種影響要因を明確化する必要があると考えられる。

そこで本研究では、複数の国を対象に、個人ごとの交通違反取締り・交通事故経験回数と、交通安全に関する認識・規範意識・態度、および社会経済状

表-1 国別・年齢層別のサンプル数

	-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	55-60	60-65	65-70	70-
China		132	135	224	234	160	219	109	29			
Egypt		37	98	84	100	60	50	36	26	17		
Italy			86	100	87	132	117	110	86	58	28	
Japan		55	25	68	44	45	56	50	42	25	81	33
Qatar	28	92	126	142	126	99	54	32	15			
UAE	29	168	79	38	33	23	19	28				
UK			22	33	31	50	45	74	46	60	64	35

況や交通に関する社会基盤・法制度との関係性を統計モデルにより定量化することを目的とする。その際、これらの変量は強い相関性を持つことが想定されるため、効率的に説明変数の抽出を行うため回帰モデルにおいて正則化項を考慮する Elastic Net を適用する。これらの結果を通して、各国の状況を考慮した交通安全施策のあり方について考察を行う。

本論文の構成は以下の通りである。まず、本章では研究の背景と目的を述べた。続く第 2 章では本研究で用いるデータの概要を説明する。第 3 章では分析手法について説明した後、第 4 章において分析結果とその考察を行い、第 5 章で結論をまとめる。

## 2. データの概要

本研究では、(公財)国際交通安全学会 (IATSS) の研究プロジェクト「道路交通安全技術・制度・文化に関する国際比較研究」において、日本・中国・カタール・アラブ首長国連邦・エジプト・イタリア・イギリスを対象に交通安全に関する意識について実施したアンケート調査、同国を対象とした社会基盤・交通法規・交通管理体制に関する実態調査 (Country Fact Survey, 以降 CFS) データ、および各種国際機関によって公表されている統計データを活用する。以下、各データについて概説する。

### (1) アンケート調査

本アンケート調査は、2017 年～2018 年にかけて各国の研究協力者を通じ、同内容のアンケートを、それぞれの国の状況に応じてアレンジを加えた上で、各国の言語を用いて実施したものである。アンケートの詳細については加古ら<sup>14)</sup>を参照されたい。国別の年齢層別のクレンジング処理後のサンプル数は表-1 の通りとなっている。

設問項目は、i) 基本属性、ii) 諸交通問題の程度に関する 3 年前との比較認識、iii) 違反行動に対する社会・自分自身の許容度、iv) 取締り・規制強化に対する賛意、v) 過去 2 年間の交通違反取締り回数・交通事故回数、に大別される。

i) について、具体的には、a. よく運転する車種、b. 自動車の運転頻度、c. 運転目的、d. 当該国内での運転歴、

表-2 CFS・統計データベースの諸項目

Category	Variable	Unit	Source	China	Egypt	Italy	Japan	Qatar	UAE	UK
Licensing and Education	Driving licensing	0: without theory test, 1: with theory test	CFS	1	1	1	1	1	0	1
	Safety education in elementary school	0: no, 1: as outside the curriculum, 2: as the curriculum	CFS	1	2	1	1	1	0	0
Legislation	Max speed on expressway	km/h	CFS	120	120	130	100	120	120	113
	Max speed in rural area	km/h	CFS	80	100	90	60	100	100	97
	Max speed in residential area	km/h	CFS	60	60	30	60	80	60	48
	Max speed in urban area	km/h	CFS	70	60	50	60	100	90	48
	Obligation to use seatbelt in rear seats	0: no, 1: yes	CFS	1	0	1	1	0	1	1
	Obligation of seatbelt reminder system for new cars	0: no, 1: yes	CFS	1	1	1	0	1	0	1
Fine	Obligation to wear helmets for moped riders	0: no, 1: yes	CFS	0	0	1	1	1	1	1
	Speeding fine for 20km/h over on an expressway	Normalized by the average annual income	CFS	0.71	0.51	0.83	0.35	0.13	0.43	8.45
	Speeding fine for 10km/h over in residential area	Normalized by the average annual income	CFS	0.35	0.51	0.20	0.21	0.11	0.22	0.34
	Speeding fine for 10km/h over in urban area	Normalized by the average annual income	CFS	0.53	0.51	0.20	0.21	0.11	0.22	0.34
	Speeding fine for 10km/h over in school zone	Normalized by the average annual income	CFS	0.35	0.51	0.20	0.21	0.11	0.22	0.34
Enforcement	Fine for red light running	Normalized by the average annual income	CFS	0.71	0.34	0.78	0.21	4.69	0.72	0.34
	Auto-detection cameras of over speeding on expressway	0: no, 1: few, 2: some, 3: many	CFS	3	1	2	2	3	0	2
	Auto-detection cameras of over speeding in residential area	0: no, 1: few, 2: some, 3: many	CFS	2	1	2	1	2	0	1
	Auto-detection cameras of over speeding in urban area	0: no, 1: few, 2: some, 3: many	CFS	3	1	1	1	2	0	1
Vehicle standard	Auto-detection cameras of over speeding in school zones	0: no, 1: few, 2: some, 3: many	CFS	2	0	3	1	0	0	1
	Frontal impact standard	0: no, 1: yes	WHO	1	1	1	1	0	0	1
Infrastructure	Side impact standard	0: no, 1: yes	WHO	1	1	1	1	0	0	1
	Road length per land area	km/km <sup>2</sup>	CIA	0.51	0.18	0.57	3.24	1.30	0.05	1.64
	Road length per vehicles	km/vehicles	CIA	0.02	0.02	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01
	Road length per capita	km/10 <sup>3</sup> population	CIA	3.47	1.80	2.86	9.66	5.54	0.42	5.97
	Number of cars in use per capita	vehicles/a person	CFS	0.17	0.10	0.89	0.64	0.42	0.37	0.57
Medical status	Number of doctors	doctors/10 <sup>4</sup> population	WHO	17.86	7.90	40.93	24.12	17.97	23.94	28.06
	Number of hospital beds	doctors/10 <sup>3</sup> population	WB	4.20	1.60	3.40	13.40	1.20	1.20	2.80
Education	Literacy rate	%	CIA	95.10	73.90	99.00	99.00	96.30	90.00	99.00
	Higher education rate	%	UNESCO	50.60	35.16	61.93	63.58	17.87	22.00	60.00
Social Diversity	Foreign population rate	%	UN report	0.10	0.40	8.30	1.90	73.80	83.70	13.20
Spread of IT tools	Mobile phone contracts	Contracts/population	CIA	1.07	1.06	1.35	1.35	1.69	3.26	1.21
	Internet users	Users/population	GDR	0.53	0.50	0.73	0.93	0.99	0.99	0.95
	SNS users	Users/population	GDR	0.65	0.40	0.57	0.56	0.99	0.99	0.66
	SNS app of smart phone users	Users/population	GDR	0.65	0.36	0.51	0.56	0.86	0.92	0.57
Economic status	GINI coefficient	-	WB	38.6	31.8	35.4	32.1	41.1	32.5	33.2
	GDP	USD/population	IMF	9.58	2.57	34.32	39.30	70.38	43.00	42.58

e. 年齢・性別・国籍・宗教（ただし、宗教は一部の国では不問）、f. 平均年収を聞いた。

ii) に関しては交通渋滞、交通安全、危険運転、漫然運転、飲酒・違法薬物運転の5つについて、「より大きな問題になった」から「より小さな問題になった」の5段階で回答を求めた。

iii)と iv)については、速度超過、携帯電話使用、眠気を感じながらの運転、シートベルト着用、信号無視、飲酒・違法薬物の使用について、「十分許容できる」から「全く許容できない」の4段階で尋ねた。

最後に、v)については、携帯電話の使用、アルコール検知装置、自動速度取締り、自動信号無視取締り、オートバイでのヘルメット着用義務、自動車内でのカーテレビ・カーステレオの使用規制、について、「強く賛成」から「強く反対」までの4段階での回答を求めた。

## (2) CFS・統計データベース

CFSは、アンケート調査と同様、各国の研究協力者の協力を得て、それぞれの国におけるアンケート調査開始年時点（イタリア・カタール・日本は2017年、それ以外は2018年）での道路交通や交通法規、免許制度などの現在時点での状況を取りまとめたものである。大項目としては、国の情勢一般、道路延長や車両台数などの道路交通に関する一般事項、制限速度や反則金などの交通法規、自動速度取締りカメラの設置数などの取締り状況、および免許制度と交通安全教育、に大別される。

統計データベースは、WHO、米国中央情報局が公開している Word Fact Book (CIA)、世界銀行 (WB)、国際連合教育科学文化機関 (UNESCO)、国際連合報告書 (UN)、グローバルデジタルレポート (GDR)、国際通貨基金 (IMF) より、可能な限り2018年、もしくはそれに近い利用可能な時点でのデータを収集した。

本研究で説明変数として考慮する変数、およびその国ごとの値は表-2の通りである。

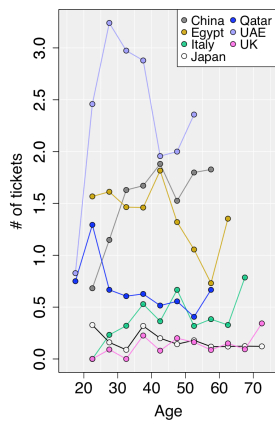
## 3. 分析方法

### (1) 説明変数・被説明変数の設定

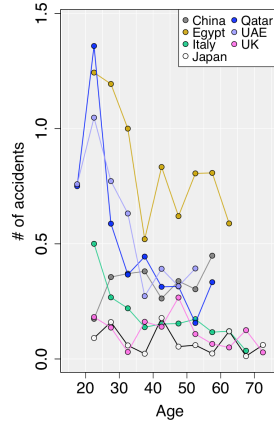
アンケートによって回答された過去2年間の交通違反取締り回数と交通事故回数について、国・年齢階層ごとの平均値を図-1に示す。これより、国による差異は大きく、イタリア、日本、イギリスでは違反・事故ともに極めて小さい値となっている。そのため、それぞれの回数を説明するモデルを構築するのは難しい。そこで、本研究では、2年間の交通違反取締りの有無、および交通事故の有無を説明するモデルをそれぞれ構築する。

対応する説明変数は上述のアンケート、およびCFS・統計データベースを用いる。ただし、上述のアンケート項目 iii)と iv)に関しては、例えば速度超過への許容度については、

- ・ 高速道路で制限速度を20km/h超過して運転
- ・ 住宅地の道路で制限速度を10km/h超過して運転



(a) 交通違反取締り回数



(b) 交通事故回数

図-1 国・年齢層別の過去2年間の違反・事故回数

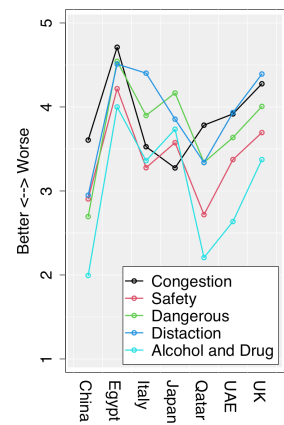
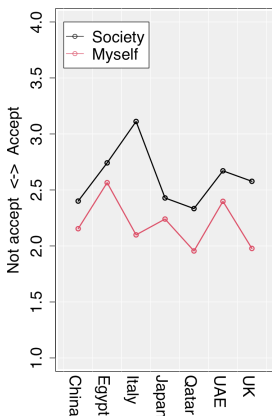
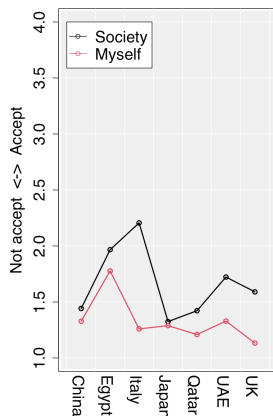


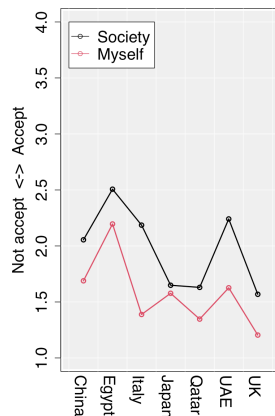
図-2 直近3年間で交通に関する社会問題の程度の変化



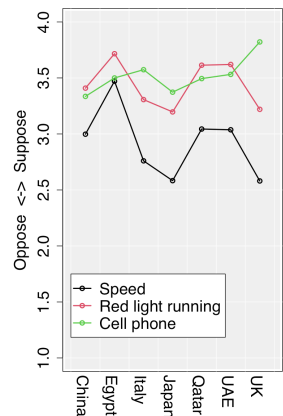
(a) 速度超過の許容度



(b) 危険運転の許容度



(c) 無シートベルトの許容度



(d) 取締り強化への態度

図-3 縮約後の各設問項目に対する国ごとの平均値

- ・ 市街地の道路で制限速度を 10km/h 超過して運転
  - ・ スクールゾーンで制限速度を 10km/h 超過して運転
- というように速度超過についても、複数の質問を設けている。これらは互いに強く相関するものであるため、社会・自分自身の許容度については、

- ・ 速度超過 (社会 (Society) :  $\alpha=0.821$ , 自身 (Myself) :  $\alpha=0.819$ )
- ・ 危険運転 (Society:  $\alpha=0.868$ , Myself:  $\alpha=0.824$ )
- ・ シートベルト着用 (Society:  $\alpha=0.840$ , Myself:  $\alpha=0.806$ )

の3カテゴリーに集約し、それぞれの平均値を説明変数として採用した。ただし、 $\alpha$ はクロンバックの $\alpha$ 係数を表す。規制強化への賛否についても同様に、

- ・ 速度取締り ( $\alpha=0.892$ )
- ・ 信号無視 ( $\alpha=0.888$ )
- ・ 携帯電話使用 ( $\alpha=0.816$ )

に集約した。以下では、アンケート項目の国ごとの差異について概観する。

図-2は、直近3年間で交通に関する諸社会問題の程度の変化について、国ごとの平均をプロットしたものである。これより、国によって悪化したと認識されている

交通問題が異なることが読み取れる。具体的には、中国、エジプト、カタール、UAE では交通渋滞 (Congestion) が最も悪化した問題と位置づけられている一方、イタリアとUKでは漫然運転 (Distraction) が最も上位に位置づけられている。日本では、アンケートを実施した時期に、2020年6月30日施行の改正道路交通法に妨害運転罪が新設されるきっかけとなった、「あおり運転」が広くメディアに取り上げられたこともあり、危険運転 (Dangerous) が最も悪化したと認識されていると考えられる。また、エジプトでは、多くの項目が悪化傾向にあると認識されている一方、中国とカタールでは比較的、改善したと認識されている項目が多く、国による認識の差異が顕著にあることが分かる。

図-3は違反運転への許容度と取締り厳格化への賛意に関して、国ごとの各指標の平均値を示したものである。

まず、各違反運転についての許容度 (図-3(a)-(c)) をみると、国によらず速度超過の許容度が全体的に高く、危険運転・シートベルト非着用の許容度が低いことが分かる。また、社会の許容度については、エジプト、イタリア、UAEは他の国に比べて高くなっており、社会の中ではこれらの違反運転をするドライバーの割合が高い、

と認識していることが分かる。特に、エジプトと UAE では、自分自身の許容度も他国との比較で高く、自他共に違反行為を許容していると認識している一方、イタリアでは自分自身の許容度は低いと認識しており、社会全体と自分自身の認知に差が生じている。これは、自分の運転行動を正当化するバイアスが生じているものと考えられる。この傾向は日本では極めて小さく、国による差異が明確であるといえる。そこで、本研究では、自身が認識する社会全体での許容度と自分自身の許容度の乖離（社会と自身の値の差）も説明変数として考慮した。

次に、取締り強化への賛否（図-3(d)）に着目すると、全体的に速度の自動取締りについては、信号無視・携帯電話使用と比べて賛意が低いことが分かる。また、速度取締りより信号無視については、国ごとの賛否に同様の傾向があり、エジプトでは賛意が高く、その一方でイタリア・日本・イギリスで賛意が低い。携帯電話使用については、国による大きな差異はないものの、イギリスは他国と比べて賛意が高い傾向にある。

## (2) Elastic Net による回帰モデル

本モデルでは、アンケート項目と CFS・統計データベース併せて 59 個の説明変数候補がある。それらは、特に CFS と統計データベースについては説明変数間に強い相関があることが考えられ、相関に対しても頑健で効率的な変数選択を行う必要がある。そこで、本研究では Elastic Net による回帰モデルを援用する。

Elastic Net は、スパースモデリングに用いられる手法であり、比較的少ないデータセットの中から、影響力の高い変数を抽出するための手法である。機械学習の文脈で活用されることが多い手法であるものの、回帰分析における変数選択を行う手法としても用いられる<sup>19)</sup>。具体的には、パラメータ推定時に最小化すべき負の対数尤度関数に対し、正則化項を付すことで過学習を抑制する構造となっている。

いま、説明変数ベクトルを  $\mathbf{x}_i$ 、対応するパラメータベクトルを  $\boldsymbol{\beta}$ 、個人  $i$  の違反・事故経験の有無を  $\delta_i (= 0 \text{ or } 1)$  とし、 $\mathbf{x}_i$  と  $\boldsymbol{\beta}$  が与えられた際に  $\delta_i = 1$  となる確率を  $p_i$  とすると、対数尤度関数  $L(\boldsymbol{\beta})$  は式(1)と表される。

$$L(\boldsymbol{\beta}) = \ln \prod_{i=1}^n p_i^{\delta_i} \cdot \{1 - p_i\}^{1-\delta_i} \quad (1)$$

Elastic Net ではここに正則化項を導入し、式(2)で表される正則化ロス関数を最小化するパラメータ推定値  $\hat{\boldsymbol{\beta}}$  を得る。

$$\hat{\boldsymbol{\beta}} = \arg \min \{-L(\boldsymbol{\beta}) + \lambda \cdot \pi(\boldsymbol{\beta})\} \quad (2)$$

ただし、 $\lambda$  は  $0 \leq \lambda \leq 1$  の正則化パラメータ、 $\pi(\boldsymbol{\beta})$  は正則化項を表し、以下のように記述される。

$$\pi(\boldsymbol{\beta}) = \sum_{i=1}^{n_p} \alpha |\beta_i| + \frac{1-\alpha}{2} \beta_i^2 \quad (3)$$

ここで、 $n_p$  は考慮する説明変数の数、 $\alpha$  は  $0 \leq \alpha \leq 1$  であり、L1 ノルム項  $|\beta_i|$  と L2 ノルム項  $\beta_i^2$  のバランスを調整する係数である。すなわち、 $\lambda = 0$  のときは通常の最尤推定と相違なく、また、 $\lambda > 0$  のとき、 $\alpha = 1$  は LASSO 回帰、 $\alpha = 0$  は Ridge 回帰に一致する。

正則化項を考慮することで、特定の説明変数の説明力が過度に高くなり、過学習となることを抑制する効果がある。本研究の場合、7 カ国のデータを用いるが、国の情勢を表すデータのうち、交通法規の有無などのようにダミー変数で表される、かつ、国ごとの差異があまり無い場合には、特定の国を表すダミー変数に相当するものになることがある。その場合、その特定の国の特性が 1 つの変数で決定されることになりかねない。このとき、正則化項を導入することで、特定の変数の影響度が過度に大きくなるのが抑制される効果を持つ。

また、式(3)の正則化項の第 1 項は L1 ノルムであり、パラメータの絶対値がペナルティとして負荷される。そのため、説明力の弱い変数については 0 と推定されるように作用するため、その結果として、変数を選択する効果を持つ。しかしながら、L1 ノルム項のみをペナルティとして考慮する場合は相関の高い変数群については、そのうちの 1 つしか説明変数として選択されないことになる。一方、第 2 項の L2 ノルムは、パラメータの二乗値がペナルティとして負荷されるため、L1 ノルムのように変数選択として作用することはないものの、相関の高い変数群については、それぞれ同程度の値としてパラメータ推定される効果を持つ。Elastic Net では、この両性質が融合される形となり、変数選択が行われながら、相関の高い変数群であってもパラメータが推定され、目的とする変数への影響度を評価することが可能となる。

L1 ノルム項の影響で正則化ロス関数は非連続となるため、一般的には座標降下法などによりパラメータ推定がなされる。本研究では統計解析ソフト R の `glmnet` パッケージを用いてパラメータ推定を行った。なお、正則化パラメータ  $\lambda$  と調整パラメータ  $\alpha$  の決定方法は以下の通りである。まず、 $0 \leq \alpha \leq 1$  の範囲で  $\alpha$  を 0.1 ずつ大きくしていき、それぞれの  $\alpha$  に対して、交差検証を繰り返して  $\lambda$  を決定する。その後、それらの組み合わせの中から、正則化ロス関数を最大化する  $\alpha$  と  $\lambda$  を決定する。

## 4. パラメータ推定結果

表-3 に交通違反取締り経験の有無 (Tickets)、および交通事故経験の有無 (Accidents) を被説明変数としたモデルの精度指標、および各パラメータの推定結果をそれ

表-3 パラメータ推定結果

Category	Variables	Tickets	Accidents	Category	Variables	Tickets	Accidents	
個人属性	過去2年間の違反回数	—	0.479	反則金	高速道路での速度超過	-0.456		
	二輪車利用者D	-0.166	0.025		住宅地での速度超過			
	自動車運転頻度	0.351	0.205		市街地での速度超過	0.081		
	職業ドライバーD	-0.124	0.002		スクールゾーンでの速度超過			
	運転歴	0.116	-0.163		信号無視			
	40歳以下D	-0.088	0.234		交通取締	高速道路での自動速度監視		
	65歳以上D		-0.363			住宅地での自動速度監視		
	女性D	-0.309	0.013			市街地での自動速度監視		
			スクールゾーンでの自動速度監視					
交通問題への認識 (1:改善, ..., 5:悪化)	交通渋滞	-0.029		車両整備基準	前面衝突基準D			
	交通安全	0.073	0.019		側面衝突基準D			
	危険運転	-0.017	0.181		インフラ・ モータリゼーション レベル	国土面積あたり道路延長	-0.117	-0.160
	漫然運転	0.102	0.067	車両あたり道路延長		-0.122	-0.032	
	飲酒・薬物	-0.125	-0.197	人口あたり自動車登録台数	-0.613			
社会の規範意識 1:許容不可, ..., 4:許容可	速度超過			医療体制	人口あたり医者人数			
	危険運転	0.054	0.055		人口あたり病床数		-0.046	
自分自身の規範意識 1:許容不可, ..., 4:許容可	シートベルト	0.132	0.222	IT普及水準	人口あたり携帯契約数	0.332		
	速度超過	0.051			人口あたりインターネット利用者数			
社会と自身の意識の差 +: 周囲がより許容 -: 自分がより許容	危険運転	0.054	0.055	教育水準	人口あたりSNS利用者数	0.250		
	シートベルト	0.012	0.006		人口あたりスマホSNS利用者数			
規制強化への態度 1: 反対, ..., 4: 賛成	速度超過	-0.082	-0.074	経済状況	小学校での交通安全教育			
	危険運転				識字率		-0.094	
	シートベルト				外国人比率			
交通規則	速度超過	-0.005	-0.058	大学進学率		-0.030	-0.119	
	信号無視	-0.079	0.044		一人あたりGDP	-0.041		
	携帯電話使用	-0.057	-0.029	ジニ係数				
	高速道路での最高速度			Hyper parameters	$\lambda (10^{-3})$	0.159	0.218	
	地方部での最高速度		0.060		$\alpha$	0.700	0.900	
	住宅地での最高速度			Accuracy indices	Misclassification rate	0.245	0.204	
	市街地での最高速度	0.026			False positive rate	0.195	0.039	
	後部座席シートベルトD	0.325	-0.145		True positive rate	0.670	0.243	
シートベルト警告装置D	-0.112							
モペットヘルメットD	-0.695							

ぞれ整理した。なお、推定にあたっては、ダミー変数以外の説明変数は平均が 0、分散 1 となるように正規化を行っている。そのため、各推定値の絶対値の大小が直接、当該の変数の影響度を表していると解釈できる。また、表中で「—」が記載されている変数（Tickets の過去 2 年間の違反回数）は、説明変数として考慮していないことを表し、空欄は説明変数として選択されなかった変数であることを表している。以下、カテゴリごとに推定結果を詳説する。

### (1) ハイパーパラメータと精度指標

まず、パラメータ推定値が求まった変数の個数に着目すると、全 59 個の変数のうち、取締り経験では 33 個、事故経験では 27 個となっている。これは L1, L2 ノルムのバランスを調整するパラメータ  $\alpha$  がそれぞれ 0.7, 0.9 と 1.0 に近く、L1 ノルムの影響が強く出た結果であると考えられる。すなわち、目的変数に影響を及ぼす変数が適切に抽出されたといえる。

次に、推定精度に関わる指標をみると、誤分類率がそれぞれ 0.245, 0.204 であり、高い精度での判別ができていることがわかる。その一方で、取締り経験の真陽性率

（実際に取締り経験がある回答者のうち、モデルによって取締り経験があると判別された回答者の割合）は 0.670 と高いものの、事故経験は 0.243 と比較的に小さい値となっている。これは、全回答者数 4,754 人のうち、取締り経験者は 1,761 人である一方、事故経験者は 1,091 人とどまり、不均衡があるためであると考えられる。この場合、アンダーサンプリングを行うことで推定制度の向上を図ることは可能である。しかしながら、本研究では説明変数の推定値から各経験に影響を及ぼす要因を特定することが目的であるため、この推定精度であっても考察の普遍性に支障はないと考える。

### (2) 個人属性

個人属性にカテゴリ化される変数のうち、取締り経験の有無についての 65 歳以上ダミー以外は全て有意な説明変数として選択されており、違反・事故経験は個人の属性や日々の交通行動によって異なる傾向にあると言える。ここから読み取れることとして、日常的に二輪車を利用する人は、交通違反として取締りされる経験は少ないものの、交通事故に遭遇する確率は高いことが分かる。また、職業ドライバーは、交通法規に従った運転を

するために取締り回数は少ない一方で、運転頻度が高くなるため事故を経験する確率は高くなる傾向にある。そのほか、運転歴が長くなると運転技能に習熟するため、事故に遭遇する可能性は下がるものの、交通ルールへの遵守はおろそかになる可能性がある。この傾向は、違反経験については 40 歳以下ダミーが負値、交通事故経験については 40 歳以下ダミーが負値、65 歳以上ダミーが正値となっていることとも整合している。

### (3) 認識・規範意識・態度

まず、交通問題への認識について概観すると、交通渋滞が悪化、交通安全が改善、危険運転が悪化、漫然運転が改善、飲酒・薬物での運転が悪化していると認識している人ほど、交通ルールを遵守し、取締りされる経験が少なく傾向にある。これは、どちらかと言えば個人的な注意によって回避することができる交通安全や漫然運転については、自身の運転行動の意識を重ね合わせて認識するため、結果として取締り経験は少ない一方、自身の行動だけでは回避し得ない項目については、周囲に注意を払って悪化している状況を認識している人ほど、交通ルールも遵守する性向にある可能性がある。交通事故経験については、取締り経験と概ね同様の傾向があるが、危険運転の符号は逆転している。この理由は明確ではないものの、危険運転の影響で自分自身が事故に巻き込まれた経験がある場合には、悪化の認識と事故の経験が正の相関を持つことが考えられる。

次に規範意識についてみると、社会・自分自身いずれの項目でも正に有意となっている。すなわち、周りが違反行動を許容していると認識し、自分自身も違反行動を許容している人ほど、取締り・事故ともに経験しやすくなることが分かる。また、社会と自身の意識の差については、速度超過に関して有意に負値と推定されている。これは、自分自身が周囲の自動車より高い速度で走行しているという意識がある場合には、取締り・事故ともに経験する確率がさらに高くなることを示唆している。

最後に規制強化への態度に関して、違反経験についてはいずれも負値となっており、厳密に取締りされることを許容している人ほど、交通法規を遵守する傾向にあることが分かる。交通事故に関しては信号無視の項目のみ符号が逆転している。これは、第 1 当事者の信号無視によって事故に遭遇した回答者がいたとすれば、このような傾向を持つ可能性が考えられる。

以上より、ドライバー自身の交通に対する認識や規範意識、態度によって取締り・事故経験に差異が生じることが明らかとなった。

### (4) 規則・反則金・取締り

以降では、国ごとに規定される変数について、推定結

果を述べる。取締り経験に関しては、市街地での最高速度が高い国、後部座席へのシートベルト着用義務がある国ほど高い傾向にある。市街地において高い速度での走行が可能であることが、速度超過を助長している可能性がある。また、シートベルト警告装置の設置義務、およびモペット乗車時のヘルメット装着義務がある場合には、違反経験は減少する傾向にある。事故経験に関しては、交通量の比較的少なく、かつ高速道路ほどは高規格ではない地方部の幹線道路において、高い速度で走行できる環境にあるほど事故経験者が多くなる傾向にあることが分かる。後部座席でのシートベルト着用義務と事故経験の関係については明確ではないが、何らかの間接的な効果があるものと考えられる。

反則金については、高速道路での速度超過に対する反則金が高いほど取締り経験が少なく、市街地での反則金が高いほど取締り経験が多くなる傾向にある。一般的に、速度超過の度合いが大きいほど反則金額が高くなる傾向にあり、速度超過をしやすく、反則金が高くなりやすい高速道路については、反則金の高さが違反運転に対して抑止効果がある可能性がある。

交通違反に関する自動監視については、特に顕著な影響はないといえる。

### (5) 車両整備基準・インフラ・医療水準

車両整備基準の有無については、特に有意な影響はない一方、道路インフラ（国土面積・人口あたりの道路延長）や自動車の人口あたりの登録台数、医療体制の充実度は有意に負値となっている。すなわち、モータリゼーションが成熟するとともに、それを支える道路整備がなされているほど、違反・事故ともに少なくなる傾向にあることがうかがえる。

### (6) IT・教育・経済

ITに関しては、取締り経験に対して人口あたり携帯契約数、SNS 利用者数が有意に正値となっており、携帯電話の利用と取締り経験の間に有意な関係があるといえる。教育水準に関しては識字率が事故経験に対して有意に負値、大学進学率が取締り経験・事故経験に対してともに負値となっている。いずれも、教育レベルが高いほど、取締り・事故経験ともに少なくなる事が分かる。また、GDP は取締り経験に対してのみ負値となっており、経済発展レベルにより交通法規違反が少なくなる傾向にある。しかしながら、事故経験については説明変数として選択されておらず、経済発展レベルだけでは直接的に事故経験の有無は説明できないことを示唆している。

### (7) 考察

以上より、個人の取締り・事故経験の有無は、個人属

性や、交通に関わる認識・意識・態度によって異なる一方で、国家レベルで規定される交通法規や道路インフラなどによっても影響を及ぼされていることが明らかとなった。これは、図-1に示した通り、国・年齢によって取締り・事故回数が大きく異なっていることの裏付けとなっている。

ここで、推定されたパラメータ値は、すべて基準化されたものであるため、その絶対値の大小を評価することで被説明変数への影響度を考察する。

まず、個人属性の中で、違反経験に対して最も高い影響度を持つ変数は自動車運転頻度、次いで女性ダミーとなっており、これは既往研究とも整合する結果となっている。また、事故経験に対しては、違反回数が最も高い影響度をもっており、交通法規への違反が交通事故の発生につながっている可能性が示唆される。

交通に対する個人の認識・意識・態度に関しては、シートベルト非着用に対する社会の許容度が高いと認識している個人ほど、違反・事故ともに起こしやすいといえる。図-3(c)から読み取れるようにシートベルト非着用への許容度は全体的に低い。それにも関わらず、周囲のドライバーはシートベルト非着用を許容していると認識している個人は、交通法規違反への自己正当化がなされ、さらに、それが事故の発生につながっている因果関係が推察される。

国家レベルの変数に関しては、取締り経験についてはモペット乗車時のヘルメット着用義務の有無が最も係数の絶対値が大きく、ついで人口あたりの自動車登録台数となっている。ヘルメット着用義務の有無と人口あたりの自動車登録台数は強い正の相関があり、これをモータリゼーションの成熟度と解釈すると、この成熟度が交通法規への遵守意識の向上に寄与している可能性がある。一方、交通事故に関しては国土面積あたりの道路延長が最も絶対値の大きい変数となっている。すなわち、インフラの整備状況は、交通法規の遵守意識には必ずしも大きな影響は持たないものの、交通事故の発生にはインフラ整備が重要であるといえる。これは、違反行動が事故につながるか否かは、インフラ整備による影響が少なくないことが推察される。

以上をまとめると、違反や事故につながる運転行動を誘発するドライバー意識は国によらず同一である一方、それが具体的な違反や事故といったアウトカムにつながるかどうかは、モータリゼーションの成熟度やインフラ整備度といった国家的な要因の影響を受けることが示唆される。

## 5. まとめと今後の課題

本研究では、中国、エジプト、イタリア、日本、カタ

ール、アラブ首長国連邦、イギリスを対象に個人属性や過去2年間の交通違反取締り回数と交通事故回数、交通に関する認識・意識・態度を聞いたアンケート調査と、各国の状況を表すデータベースを融合的に活用し、取締り・事故経験の有無に影響を及ぼす要因について分析した。

その結果、国家レベルの要因に加えて、個人属性や個人の考え方が、それぞれの経験の有無に影響を及ぼすことが明らかとなった。また、個人の考え方に関しては、取締り・事故経験に強い影響を及ぼす変数が同一であるのに対し、国家レベルの要因に関しては、取締り経験と事故経験で異なることが分かった。

ここで、冒頭で述べた交通安全に関わる3つのEについて改めて考えると、ドライバー意識はEducationの結果と見なすことができ、Enforcementは国家レベルの規制や反則金、取締り方法、Engineeringはインフラやモータリゼーションの状況を表していると考えられる。本研究の結果より、Educationは違反・事故ともに作用する一方、Enforcementは違反に対する影響が卓越し、そこから間接的に事故の発生に影響を及ぼすこと、そして、Engineeringは事故に対して直接的な影響をもつことが示唆された。

しかしながら、本来、Education、Enforcement、Engineeringは相互に関連しているはずである。国家横断的に効果的な交通安全対策を講じる上では、Education、Enforcement、Engineeringの相互関係と違反や事故の因果構造をより明確化する必要がある。今後は共分散構造モデルなどを用いて、因果の構造を解明していきたい。

## 謝辞

本研究は（公財）国際交通安全学会の研究プロジェクト「道路交通安全技術・制度・文化に関する国際比較研究」、ならびに“Global Research Alliance on Traffic and Safety (GRATS)”研究部会の一環として実施したものです。ここに記して謝意を表します。

## 参考文献

- 1) WHO. Global Status Report on Road Safety 2018, 2018.
- 2) WHO. Traffic Injuries. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>（最終閲覧日：2021年3月2日）。
- 3) WHO. Global gathering of ministers determines road safety agenda to 2030. <https://www.who.int/news/item/20-02-2020-global-gathering-of-ministers-determines-road-safety-agenda-to-2030>（最終閲覧日：2021年3月2日）
- 4) Grimm, Michael M., and Carole C. Treibich.: Socio-Economic Determinants of Road Traffic Accident Fatalities in Low and Middle Income Countries. ISS Working Paper Series / General Series 504, no. 504 (2010): 1-44.
- 5) Law TH.: The effects of political governance, policy



- measures and economic growth on the Kuznets relationship in motor vehicle crash deaths. Ph.D thesis, University of London, 2009.
- 6) 大蔵泉, 片倉正彦, 小林晃, 鈴木純夫: 道路交通事故の推移に関するマクロ分析. 土木学会論文報告集 Vol. 258, pp. 97–108, 1977.
  - 7) 加来照俊, 辻信三, 青木桂一: 交通事故と社会経済要因との関連に関する研究: 多変量解析による考察, 北海道大學工學部研究報告 Vol. 83, pp. 1-13, 1977.
  - 8) Huan He, Nino Paichadze, Adnan A. Hyder, and David Bishai: Economic Development and Road Traffic Fatalities in Russia: Analysis of Federal Regions 2004–2011. *Injury Epidemiology* 2, no. 1, 2015.
  - 9) Ul Baset, Md Kamran, Aminur Rahman, Olakunle Alonge, Priyanka Agrawal, Shirin Wadhvaniya, and Fazlur Rahman: Pattern of Road Traffic Injuries in Rural Bangladesh: Burden Estimates and Risk Factors. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 14, no. 11, 2017.
  - 10) Roni Factor, David Mahalel, and Gad Yair: Inter-Group Differences in Road-Traffic Crash Involvement. *Accident Analysis and Prevention* Vol. 40, No. 6, pp. 2000-2007, 2008.
  - 11) Factor, Roni: An Empirical Analysis of the Characteristics of Drivers Who Are Ticketed for Traffic Offences. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* Vol. 53, pp. 1–13, 2018.
  - 12) Saul A. Obregón-Biosca, José A. Romero-Navarrete, and Eduardo Betanzo-Quezada: Traffic Crashes Probability: A Socioeconomic and Educational Approach. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Vol. 58 pp. 619–628, 2018.
  - 13) Benson, Tony, Marian McLaughlin, and Melanie Giles. “The Factors Underlying the Decision to Text While Driving.” *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Vol. 35, pp. 85-100, 2015.
  - 14) 加古陽子, 中村英樹, 鈴木一史, 柿元祐史: 自動車運転者の交通安全に関する意識の国際比較分析, *IATSS Review (国際交通安全学会誌)* Vol. 45 巻, No.1, p. 58-66, 2020.
  - 15) 阪本亘, 高橋史朗, 竹内正弘: 正則化法を用いたロジスティック回帰モデルによる多次元データの変数選択手法に関する研究. *数理解析研究所講究録* Vol. 1703, pp.32-52, 2010.

## ANALYSIS ON SOCIAL AND PERSONAL DETERMINANTS OF TRAFFIC VIOLATIONS AND ACCIDENTS EMPLOYING ELASITC NET REGRESSION

Yasuhiro SHIOMI, Azusa TORIUMI, and Hideki NAKAMURA