金銭的インセンティブ施策および個人属性が 各種ISA受容性に与える影響の分析

松尾 幸二郎¹・杉原 暢²・山崎 基浩³・三村 泰広⁴・菅野 甲明⁵・
廣島 康裕⁶・安藤 良輔⁷・向井 希宏⁸

¹正会員 豊橋技術科学大学助教 建築・都市システム学系 (〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1)

E-mail: k-matsuo@ace.tut.ac.jp

²学生会員 豊橋技術科学大学大学院 建築・都市システム学専攻 (同上)

E-mail: kowasiyayui@gmail.com

³正会員 公益財団法人豊田都市交通研究所 研究部 (〒471-0024 愛知県豊田市元城町 3-17)

E-mail: yamazaki@tttri.or.jp

⁴正会員 一般財団法人日本総合研究所 (〒102-0082 東京都千代田区一番町 10-2)

E-mail: mimura@tttri.or.jp

⁵非会員 中京大学 心理学部 (〒466-8666 名古屋市昭和区八事本町 101-2)

E-mail: kannno.k.1019@gmail.com

⁶正会員 豊橋技術科学大学名誉教授 建築・都市システム学系 (〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1)

E-mail: hirobata@ace.tut.ac.jp

⁷正会員 公益財団法人豊田都市交通研究所 研究部 (〒471-0024 愛知県豊田市元城町 3-17)

E-mail: ando@tttri.or.jp

⁸非会員 中京大学教授 心理学部 (〒466-8666 名古屋市昭和区八事本町 101-2)

E-mail: mmukai@lets.chukyo-u.ac.jp

我が国において、強制型ISAや自発型ISAが普及すれば、生活道路における交通静穏化など、都市の速度マネジメントの新たなパラダイムになることが期待される。本研究では、助言型ISAフィールド実験に参加した被験者を対象としたSP質問調査により、金銭的インセンティブ施策（ISA搭載に対して金銭的なメリットを与える施策）、ISA対象道路種別の違い、個人属性が、ドライバーのISA搭載受容性に与える影響について分析・考察を行った。結果として、助言型、自発型、強制型の順にISA搭載受容性が減少すること、生活道路のみを対象としたISAの搭載受容性が高いこと、年齢が高い程ISA搭載受容性が高いこと、金銭的インセンティブが大きくなればISA搭載受容率は増加するが、その傾きは減滅することなどが示された。

Key Words : ISA, traffic calming, monetary incentive measures, SP survey

1. はじめに

近年、我が国の生活道路（車道幅員5.5m未満の道路）における交通死亡事故件数の減少は、全死亡事故件数の減少と比較して緩やかとなっている。また、歩行者・自転車利用者の死者数、死傷者数の割合も高い水準で推移している¹⁾。今後、交通静穏化をよりいっそう促し、生活道路における自転車利用者、歩行者の安全・安心を確保していくことが重要な課題だといえる。

一方、欧州を中心に、走行している道路に応じた上限速度を取得し、上限速度を超過したドライバーに警告を与えたり、上限速度を超過しないように車両側で制御する車載型運転支援システムである *Intelligent Speed Adaptation* (ISA) の研究が進められている。ISAについてはいくつかの分類方法が見られるが、Carsten and Tate²⁾によるもの（表-1）が一般的である。

欧州では政府主導で大量かつ多様なISA搭載車両を用いた大規模なフィールド実験が実施されており、ISA

導入による速度抑制効果や事故減少効果（推計）が報告されている²⁾。2015年3月にはフォード・モーターの欧州法人が、『速度制限標識を読み取り、速度を自動調整できるシステム』を搭載した自動車を発表³⁾するなど、自動車メーカーによるISAの実用化も見られる。

我が国においても、強制型ISA搭載車両が広く普及すれば、生活道路における交通静穏化など、都市速度マネジメントの新たなパラダイムとなることが期待される。松尾・廣島⁴⁾は、知覚総コスト最小化原理に基づく速度選択モデルを構築した上で、仮想的な生活道路区間を想定し、速度選択モデルおよび歩行者飛び出し事故危険性評価モデルを用いて、強制型ISAによるドライバーの知覚コスト増加量および死亡事故減少便益を推計し、比較を行った。結果として、現況において、1km当りで2年に1件以上歩行者の飛び出しによる事故が生じている場合には、上限速度30km/hの強制型ISAによる便益がドライバーの総知覚コスト増加量を上回ることを示している。

我が国における実証的な研究として既にドライビングシミュレータによる実験や公道での一時的な実験が行われており、助言型 ISA は特に攻撃的傾向および漫然・脇見運転傾向が強い群に対して速度抑制効果があること⁵⁾、映像音声型の助言型 ISA の介入により速度計確認回数が増加し速度が抑制されること⁶⁾、高齢群の ISA に対する心理的負荷は小さく受容され易いこと⁷⁾、幹線道路に比べて生活道路では助言型 ISA による速度抑制効果が高いこと⁸⁾、などが示されている。

一方で、強制型 ISA や自発 ISA については、上述したように欧州で行われている実験から高い速度管理効果を有することは分かっているものの、ISA 搭載受容性などについての知見は十分には得られていない。ISA はドライバーの自由な運転を抑制するものでもあるため、一般への普及可能性については、ドライバーが ISA を受容し自車に ISA を搭載するかどうかという「ISA 搭載意思」が非常に重要な点であると考えられる。三村ら⁷⁾は、ドライビングシミュレータを用いた強制型 ISA および助言型 ISA の実験を行った上で、アンケートにより、強制型 ISA に比べて助言型 ISA の搭載を希望する傾向が強いことを示している。この知見は、助言型、自発型、強制型の順で速度管理効果が高くなるのに対し、運転の自由度は小さくなり、ドライバーの ISA 搭載意思も低くなるというトレードオフ関係（図-1）の存在を示唆するものである。そのような背景の下、ISA 搭載に対して金銭的なメリットを与えるというインセンティブ施策（自動車税減税や保険料減額など）の可能性が議論されている。松尾・廣島⁹⁾は、生活道路を対象として、強制型 ISA によるドライバーの知覚コスト増加量を試算し、ISA 搭載に対するインセンティブ施策の可能性について考察している。Charlton ら¹⁰⁾は、SP 質問調査を用いて、様々な金銭的および非金銭的インセンティブ施策が、ドライバーの強制型 ISA および自発型 ISA の搭載意思に与える影響を分析している。

ところで、小野ら⁸⁾の助言型 ISA 公道走行実験による「幹線道路と比較して生活道路において助言型 ISA による速度抑制効果が高い」という挙動面の知見は、ドライバーの ISA 搭載受容性（搭載意思）という視点においても、その ISA 機能が作動する道路種別（ISA 対象道路）に影響を受ける可能性があることを示唆していると考えられる。例えば、生活道路のみで作動する ISA は全ての道路において作動する ISA と比較して、ドライバーの搭載意思が高くなると考えられる。しかしながら、この点について扱っている既往研究は見られない。

そこで本研究では、約5ヶ月間の助言型 ISA フィールド実験に参加した被験者を対象として SP 質問調査を実施し、金銭的インセンティブ施策の種類や大きさ、対象道路種別の違い、個人属性が、ドライバーの各種

表-1 ISA の分類²⁾

Advisory ISA (助言型 ISA)	上限速度情報をドライバに提供するとともに、超過した場合に音声や画像により警告を行う。
Voluntary ISA (自発型 ISA)	強制型と同様に車両側で上限速度を超えないよう制御するが、一時的に解除することができる。
Mandatory ISA (強制型 ISA)	上限速度を超過しないように車両側で制御（アクセルペダル反発や燃料供給調整など）を行う。

図-1 各種 ISA による速度管理効果と運転自由度（及びその結果としての搭載意思）とのトレードオフ関係の仮説

ISA 搭載意思に与える影響について分析および考察を行う。

2. 研究の全体像と本論文の位置づけ

著者らの研究チームでは、日常の運転状況において、助言型 ISA がドライバーの運転挙動や運転意識に与える影響、およびその結果として交通システム（特に生活道路）の安全性や円滑性に与える影響等を明らかにすることを基本的な目的として、2014年7月～2015年7月の間に5ヶ月間の助言型 ISA フィールド実験を2回（第1期、第2期）行っている。Matsuo ら¹¹⁾では、第1期フィールド実験中（被験者6名）の助言型 ISA 有無別状況下における日常的な走行速度データ（助言型 ISA スマートフォンアプリにより毎秒取得）を用いて、助言型 ISA が速度選択挙動に与える影響を速度規制状況別に集計分析した結果を報告している。

また、本実験では助言型 ISA の影響把握という目的以外にも、いくつかの目的の調査を実施しており、その一つが速度遵守テレマティクスインセンティブプログラムの運転挙動への影響把握である。速度遵守テレマティクスインセンティブプログラムは、日常的に走行速度データを取得し、速度遵守程度が高ければなんらかの報酬を与えるという概念のもので、本実験では助言型 ISA に加えて、「生活道路において日常的に速度遵守率が高い場合に報酬を与える」というルールを一部の被験者に適用している。松尾ら¹²⁾では、第1期、第2期フィールド実験中（被験者48名）において収集された日常的な走行速度データを用いて、助言型 ISA および速度遵守テレマティクスインセンティブプログラ

ムが生活道路における速度選択挙動に与える影響を統計的に分析した結果を報告している。

助言型 ISA および速度遵守テレマティクスインセンティブプログラムによる速度選択挙動に着目した分析については、詳細な道路交通環境条件と関連付けるなど、今後も引き続き分析を進め、新たな知見が得られた段階で報告する予定である。

一方、本論文は、以上のような挙動面ではなく、各種 ISA（助言型、自発型、強制型）をドライバーが自車両に搭載することに対する受容性（ISA 搭載意思）に着目するものである。具体的には、フィールド実験に併せて実施された SP 質問調査データを用いて、ISA 搭載意思に影響する要因を把握するとともに、ISA を自車両に搭載することに対して年間自動車保険料の減額など何らかの金銭的インセンティブを与えることで、ISA 搭載意思に与える影響を明らかにすることを目的としている。Matsuo ら¹¹⁾では、第 1 期フィールド実験に参加した被験者（20 名）に対して実施された SP 質問調査データを用いた分析にも言及しているが、個人属性は考慮されていない。本論文では、第 1 期、第 2 期フィールド実験に参加した被験者（48 名）の SP 質問調査データを用いることで、金銭的インセンティブや個人属性を含めたその他の要因が ISA 搭載意思に与える影響を定量的に明らかにしようとするものである。

3. 方法

(1) 助言型 ISA フィールド実験の概略

本研究では、金銭的インセンティブ施策がドライバーの各種 ISA 搭載意思に与える影響について分析を行うため、約 5 ヶ月間の助言型 ISA フィールド実験に参加した被験者を対象として SP 質問調査を実施した。これは、一般のドライバーに比べて助言型 ISA を体験したことのあるドライバーが、「車載機器が走行している道路に応じた最高速度情報を保有しているとともに、走行速度超過に関してなんらかの介入をする」という ISA の基本的なコンセプトを経験的に理解しているため、ISA 搭載に関する SP 質問に対し比較的適切な回答が可能であると考えたからである。本節では、実施した助言型 ISA フィールド実験¹²⁾について簡潔に述べる。

本フィールド実験は、図-2 に示すように、ゾーン 30 区域 3 箇所を含む愛知県豊田市の中心エリアを対象として実施された。被験者は対象エリア内のゾーン 30 区域内に居住し、かつ少なくとも週 3 回は自車両を運転する 48 名であり、人材派遣会社を通じて集められた。性別・年齢層の内訳は表-2 に示す通りである。実験は 2 期に分けて同様の方法で行われ、第一期（2014 年 7 月～12 月の間の約 5 ヶ月間）には 20 名が、第二期（2015

表-2 性別別・年齢層別の被験者数

性別	年齢層	被験者数	最低年齢	平均年齢	最高年齢
男性	20～40	8	22	34	39
	40～60	2	42	44	46
	60～70	19	63	69	79
女性	20～40	7	20	32	36
	40～60	9	41	47	56
	60～70	3	61	65	68

図-2 助言型 ISA フィールド実験の対象エリア

図-3 助言型 ISA アプリの画面表示

走行空間	走行時画像	走行時音声	速度超過時画像	速度超過時音声
60km/h 区間	なし	なし	なし	なし
幅員 5.5m 以上	50	ボン	50 50km/h 規制です	50きろきせいです
40km/h 区間	40	ボン	40 40km/h 規制です	40きろきせいです
30km/h 区間	30	ボン	30 30km/h 規制です	30きろきせいです
幅員 5.5m 以下	幅員狭し	ボン	速度注意! (30超過時)	そくどにちゅういして そうこうしてください
ゾーン 30	ゾーン 30	ゾーン 30に はいりました (1回のみ)	30 30km/h 規制です	30きろきせいです

図-4 助言型 ISA アプリによる走行空間別提供情報

年 2 月～7 月の間の約 5 ヶ月間）には残りの 28 名が参加した。

実験は、各被験者の保有する車両に助言型 ISA 機器を搭載して実施した。使用した助言型 ISA 機器はスマートフォンであり、助言型 ISA アプリにより 1 秒毎の走行中の速度、位置座標などのデータを GPS で取得する

とともに、走行している道路に応じた最高速度情報を音声および画像により提供し、走行速度が最高速度を超過した際には音声および映像により「○ km/h 規制です」という警告を発するものである（図-3、図-4 参照）。実験期間は約 5ヶ月間であり、まず初めに助言型 ISA 機能を OFF にした状態で約 2ヶ月間普段通りの運転を依頼した（フェーズ 1）。その後、助言型 ISA 機能を ON にした状態で約 2ヶ月間運転を依頼した（フェーズ 2）。さらに再度、助言型 ISA 機能を OFF にした状態で約 1ヶ月間運転を依頼した。また、フェーズ 2 の後に助言型 ISA 機能に関するアンケートに回答してもらった。なお、被験者 48 名中 28 名には、フェーズ 2 において、「生活道路において日常的に速度遵守率が高い場合に報酬を与える追加ルール」を適用した¹²⁾。第 2 章で述べたように、本ルールによる運転挙動への影響については、松尾ら¹²⁾において報告がなされており、本論文は運転挙動に着目しているものではないが、本ルールの下で走行した経験が後述する SP 質問調査の回答に影響を与える可能性が考えられるため、モデル分析においてその影響有無を確認することとした。

(2) ISA 搭載意思に関する SP 質問調査

本研究では、助言型 ISA フィールド実験の被験者 48 名を対象として、ISA の種類や金銭的インセンティブの種類がドライバーの自車両への ISA 搭載意思に与える影響を分析するための SP 質問調査を実施した。被験者の回答に伴う負担を少なくしつつ多くの SP 質問に回答してもらうため、実施時期は、フィールド実験のフェーズ 2 の後およびフェーズ 3 の後の 2 回に分けた。各回において、アンケート用紙を用意し、スタッフが質問内容を口頭で説明した上で、用紙に回答してもらった。

質問内容については、まず、ISA の種別、対象道路の種別、金銭的インセンティブの種別および大きさの 4 つの条件因子について、それぞれ 3 水準を設定し、L9 直交表を用いて 9 ケースの条件組合せの SP 質問を作成した（表-3 参照）。ここで対象道路の種別とは、各種 ISA の機能が作動する道路であり、対象道路の違いにより各種 ISA の搭載意思が異なると考え、「生活道路のみ」、「幹線道路のみ」、「全道路」の 3 水準を用意した。なお、本研究では 30km/h 規制道路区間、ゾーン 30 規制区間、速度規制がなく幅員 5.5m 未満の道路を生活道路と定義し、それ以外を幹線道路と定義した。また、金銭的インセンティブの種類とは、どのような形で金銭的インセンティブが与えられるかを示したものであり、この種類が ISA 搭載意思に影響をあたえる可能性があると考え、「自動車税減税」、「保険料減額」、「ガソリンチケット」の 3 水準を用意した。ガソリンチケットとは、ガソリンなどの燃料費として使える金券チケットとい

表-3 SP 質問における提示ケース

ISA の種別	対象道路	インセンティブの種類	インセンティブの大きさ	搭載意思
【フェーズ 2 後】				
助言型	生活道路	自動車税減税	年 12,000 円	O or X
強制型	幹線道路	自動車税減税	年 6,000 円	O or X
強制型	生活道路	保険料減額	年 18,000 円	O or X
強制型	全道路	ガソリンチケット	年 12,000 円	O or X
自発型	生活道路	ガソリンチケット	年 6,000 円	O or X
助言型	幹線道路	ガソリンチケット	年 18,000 円	O or X
自発型	全道路	自動車税減税	年 18,000 円	O or X
自発型	幹線道路	保険料減額	年 12,000 円	O or X
強制型	全道路	保険料減額	年 6,000 円	O or X
【フェーズ 3 後】				
強制型	生活道路	保険料減額	年 12,000 円	O or X
自発型	生活道路	ガソリンチケット	年 24,000 円	O or X
自発型	全道路	自動車税減税	年 12,000 円	O or X
助言型	全道路	保険料減額	年 24,000 円	O or X
助言型	生活道路	自動車税減税	年 1,000 円	O or X
強制型	幹線道路	自動車税減税	年 24,000 円	O or X
自発型	幹線道路	保険料減額	年 1,000 円	O or X
助言型	幹線道路	ガソリンチケット	年 12,000 円	O or X
強制型	全道路	ガソリンチケット	年 1,000 円	O or X

【例】最上段の場合、「生活道路のみで作動する助言型 ISA 機器を搭載すると自動車税が年間 12,000 円減税される」という条件のもとで搭載しようと思う (O) か否 (X) かについて聞いている。

表-4 ISA 普及率を含む SP 質問における提示ケース（第 2 期のフェーズ 3 後のみ実施）

ISA の種別	対象道路	インセンティブの大きさ	普及率	搭載意思
助言型	生活道路	年 12,000 円	50%	O or X
強制型	幹線道路	年 6,000 円	50%	O or X
強制型	生活道路	年 18,000 円	10%	O or X
強制型	全道路	年 12,000 円	90%	O or X
自発型	生活道路	年 6,000 円	90%	O or X
助言型	幹線道路	年 18,000 円	90%	O or X
自発型	全道路	年 18,000 円	50%	O or X
自発型	幹線道路	年 12,000 円	10%	O or X
強制型	全道路	年 6,000 円	10%	O or X

う形で金銭的インセンティブを与えるものである。

フェーズ 2 後とフェーズ 3 後では、金銭的インセンティブの大きさについて異なる水準を用意し、各条件の組合せを組み替えたものを用いた。従って、最終的には 18 ケースの条件組合せの SP 質問を用意したことになる。これら全てのケースそれぞれについて、初期費用 10,000 円、年間維持費用 1,000 円の負担があるという前提のもとで、ISA を自車両に搭載するか否かを、全被験者に回答してもらった。

また、第 2 期の実験に参加した被験者 28 名には、追加として、フェーズ 3 後に ISA 普及率を含めた SP 質問調査を実施した。普及率が高くなるほど、すなわち周囲の人がより利用しているほど、各種 ISA 搭載意思が高くなるのではないかと考えたためである。表-4 に ISA

普及率を含めた SP 質問における提示ケースを示す。

(3) 分析方法

SP 質問調査結果の分析は、基本的な集計および非集計モデルを用いることにより行うこととした。各条件因子と ISA 搭載意思との関係をモデル分析するため、以下に示すロジットモデルを適用した。

$$P_{ij} = \frac{1}{1 + e^{-\Delta V_{ij}}}, \quad (1)$$

$$\Delta V_{ij} = \alpha_0 + \sum_k \alpha_k \cdot X_{ijk}, \quad (2)$$

ここで、 P_{ij} は個人 i がケース j において当該 ISA を搭載する確率、 X_{ijk} はケース j における各条件、 α_0, α_k はパラメータである。パラメータは最尤推定法により推定した。

4. 結果

(1) 助言型 ISA 機能に関するアンケート結果

表-5 はフィールド実験において、助言型 ISA 体験後（フェーズ 2 後）に実施した助言型 ISA 機能に関するアンケートの結果を示したものである。まず、助言型 ISA 機能が便利かどうかについての質問においては、「交通事故に遭わないため」に関してやや便利という回答が最も多い（56.3%）のに対し、「速度取締りで捕まらないため」に関してはかなり便利という回答が最も多く（43.8%）、次いでやや便利（39.6%）という結果となった。自転車への助言型 ISA の搭載意思については、搭載費用が無料なら搭載したいという回答が最も多く（68.8%）、搭載費用が 5 千円までなら搭載したいと考える回答も一部（12.5%）見られた。最後に、「助言型 ISA を広く普及させるべきか」という質問については、普及させたほうが良いという回答が 70.8%と最も多かった。

(2) SP 質問調査の集計結果

被験者 48 名全てが 18 ケースの SP 質問に回答したため、計 864 回答が得られた。SP 質問調査に用いた各条件因子別に ISA 搭載受容率（搭載すると回答した割合；Acceptance rate）を集計したものを図-5 に示す。まず ISA の種類 (Types of ISA) に関しては、助言型 ISA (Advisory) の搭載受容率が最も高く、次いで自発型 (Voluntary)、強制型 (Mandatory) の順に搭載受容率が大きく下がっていくことがわかる（図-5 (a)）。その一方で、金銭的インセンティブ (Amount of monetary incentive) が大きくなるにつれて搭載受容率が上昇していくが、その傾きは逓減していくことが見て取れる（図-5 (d)）。対象道路種別 (Types of target road) について

表-5 助言型 ISA 機能に関するアンケート結果

助言型 ISA 機能は、交通事故にあわないために便利だと思うか。		
かなり便利	16	33.3%
やや便利	27	56.3%
それほど便利ではない	5	10.4%
全く便利でない	0	0%
助言型 ISA 機能は、速度取締りで捕まらないために便利だと思うか。		
かなり便利	21	43.8%
やや便利	19	39.6%
それほど便利ではない	7	14.6%
全く便利でない	1	2.1%
自転車に助言型 ISA を搭載したいと思うか。		
搭載費用に関わらず必要ない	6	12.5%
搭載費用が無料なら搭載したい	33	68.8%
搭載費用 5 千円までなら搭載したい	6	12.5%
搭載費用 1 万円までなら搭載したい	2	4.2%
搭載費用が 2 万円までなら搭載したい	0	0%
搭載費用に関わらず搭載したい	1	2.1%
助言型 ISA のような機能を国を挙げて広く普及させるべきだと思うか。		
ぜひ普及させるべき	8	16.7%
普及させたほうが良い	34	70.8%
普及させなくても良い	1	2.1%
普及させるべきではない	0	0%
わからない	5	10.4%

は、生活道路のみ (Community) において搭載受容率がやや高くなっている（図-5 (b)）。金銭的インセンティブの種類 (Types of monetary incentive) による搭載受容率の違いはほとんど見られなかった（図-5 (c)）。

(3) SP 質問調査のモデル分析結果

次に、SP 質問調査データを用いて、各条件因子および個人属性を説明変数とした非集計モデル分析を行った。条件因子のうち、金銭的インセンティブの大きさに関しては、単純集計の結果を踏まえ、対数をとることとした。また個人属性には、年齢、性別のほかに、フィールド実験のフェーズ 1（すなわち、助言型 ISA を使わない通常の状態）における生活道路および幹線道路での速度超過距離割合（総走行距離に対して速度を超過して走行した距離の割合）を 0～1 の範囲における連続型の説明変数として含めた。これは、各被験者の普段の速度超過傾向を表すものと考えられる。ここで、生活道路は 30km/h 規制がある道路および、速度規制はないが幅員 5.5m 未満の道路と定義し、幹線道路は、40km/h 規制道路および 50km/h 規制道路と定義している。さらに、前述したように被験者 48 名中 28 名は、フェーズ 2 において「生活道路において日常的に速度遵守率が高い場合に報酬を与える追加ルール」が適用されているため、SP 調査結果への影響有無を確認するため、説明変数として追加ルールダミー（追加ルール有り被験者：1、無し被験者：0 の変数）を含めることとした。また、参加したフィールド実験時期の違いによる影響有無も確認するために、第一期ダミー変数（第一期：1、第二期：0）も含めることとした。

モデルの推定結果を、各説明変数の平均、標準偏差とともに表-6 に示す。説明変数間の交互作用効果を考慮するモデルも検討したが、交互作用を考慮しない単純

なモデルの AIC が最も小さくなり、 ρ^2 および的中率も比較的高いことから、本モデルを採用することとした。

SP 質問調査における条件因子については、基本的に単純集計で見られた傾向を反映した結果となっている。ISA の種類については、助言型、自発型、強制型の順で、搭載需要率が有意に低くなり、金銭的インセンティブの大きさについては、大きくなるほど有意に搭載受容率が増加する結果となっている。特に、金銭的インセンティブの大きさについては対数を取ることで、モデルの適合度が上昇した。対象道路の種類については、全道路で作動する ISA に比べて生活道路のみで作動する ISA の搭載受容率が有意に高いことが見て取れる一方で、幹線道路のみについては全道路との有意差は見られない。金銭的インセンティブの種類については、搭載受容率への有意な影響は見られなかった。定数項は、負値で、かつ絶対値が 8 程度と比較的大きい値となった。

個人属性について見ると、年齢が高いほど有意に搭載受容率が上がるが、男女間では有意な差は見られなかった。また、生活道路における速度超過距離割合が高い程、有意に搭載需要率が低くなる一方で、幹線道路における速度超過距離割合については逆の傾向が見られた。追加ルールダミーおよび第一期ダミーについては、SP 質問の回答に有意な影響は見られなかった。

(4) 推定されたモデルの感度分析

続いて、推定されたモデルの感度を把握するため、SP 質問調査において考慮された種々の条件下でのモデルによる ISA 搭載受容率曲線を図-6 に示す。金銭的インセンティブの種類は自動車保険料減額、性別は男性で固定とし、年齢は 30 歳と 65 歳の 2 段階を用いた。その他の個人属性については、全被験者の平均値を用いた。

まず、金銭的インセンティブがない状態（横軸が 0）においては、生活道路のみ (Road type: Community) を対象とした各種 ISA 搭載受容率は、助言型 (Advisory) で約 40～55%程度、自発型 (Voluntary) で 20～30%程度であるのに対し、強制型 ISA (Mandatory) では数%に留まっていることが分かる。また、生活道路のみ対象の助言型 ISA および自発型 ISA の搭載受容率は、それぞれ 3,000 [円/年] および 13,000 [円/年] の金銭的インセンティブにより 70%程度まで上昇することが示されている。特に高齢者 (Age: 65) であれば、搭載需要率はさらに上がり、80%程度となっている。しかしながら強制型 ISA については、生活道路のみ対象で、かつ今回の SP 質問調査で設定した最大の金銭的インセンティブである 24,000 [円/年] が付与される場合であっても、高齢者の搭載受容率が高々 55%程度に留まることが示された。

図-5 各条件因子に関する ISA 搭載受容率の集計結果

(5) ISA 普及率を考慮した SP 質問の集計結果

最後に、普及率を考慮した SP 質問調査の結果を集計したものを図-7 に示す。ISA 普及率が高いほど、ISA 搭載受容性も高くなることが示されている。

5. 考察

まず、助言型 ISA 機能に関するアンケート結果をまとめると、助言型 ISA 機能は一定の便利さはある、また社会的にも普及したほうが良いものと考えられてはいる一方で、実際に搭載することを考えると、5 千円以上の搭載費用を出すほどの価値はないと考えられていることがわかる。助言型 ISA よりもさらに運転の自由度を抑制する自発型や強制型の ISA についてはさらに搭載意思は低くなることが予想され（第 1 章（2 頁）参照）、広く普及させるためにはなにかしらのインセンティブが必要であることが示唆される。

続いて、SP 質問調査およびそのモデル分析の結果、助言型、自発型、強制型の順に ISA 搭載受容率が低下

することが示された。この結果は、強制型および助言型のみを対象としてアンケートを行った三村ら⁷⁾や、強制型および自発型のみを対象として SP 質問調査を行った Chorlton ら¹⁰⁾の結果を包含する形で一致する。これは、運転の自由度が小さい ISA ほど、その搭載受容性も小さくなるという当初の仮説（第 1 章参照）を支持するものである。

また、全道路や幹線道路のみを対象とした場合と比較して、生活道路のみに限定して作動する ISA の方が受容されやすいことが示された。これはドライバーが、生活道路のみであれば 30km/h 以下で走行することを受け入れられると考えているためだと思われる。

次に、想定されていた通り、金銭的インセンティブ施策が各種 ISA 搭載受容性を向上させることが確認された。今回想定した金銭的インセンティブの大きさ（1,000～25,000）の自然対数を取り、対応するパラメータ値（0.9）をかけると、その範囲は 6～9 程度となり、他の変数に比べて影響力が大きいことが伺える。一方で定数項が負値でその絶対値が 8 程度と大きいことを踏まえると、金銭的インセンティブが無い、あるいは小さい場合には、各種 ISA の搭載受容性は明らかに低くなってしまっていることを示している。

金銭的インセンティブの種類については、搭載受容率に与える影響があるとはいえないという結果となった。これは、どのような形で金銭的インセンティブが与えられるかが ISA 搭載意思に影響を与えるのではないかと、という当初の仮説（第 3 章 (2) 節参照）と異なる点であるが、ドライバーは金銭的インセンティブが付与される対象よりも、絶対的な金額自体を重視していることが示唆される。すなわち、仮に ISA 搭載を対象として金銭的インセンティブ施策を実施するにあたっては、保険料減額、自動車税減税、燃料チケットではあまり違いはなく、システム上やりやすいものであれば良いということになる。ただし、今回被験者にヒヤリングを実施したところ、普段、自動車税や保険料として年間支払っている額についての認識が薄い傾向にあった。これらの額を明確に認識していれば、また異なる結果となることも考えられる。

個人属性として最も影響が大きかったのは、年齢であった。高齢になるほど ISA 搭載受容性が高く、これは三村ら⁷⁾のドライビングシミュレータ実験による結果と一致するものである。また、普段の生活道路における規制速度超過傾向が高い被験者ほど ISA 搭載受容率が低い結果となった。これは、超過傾向が高いほど ISA による利便性の低下が大きいと解釈が出来る一方で、幹線道路における規制速度超過傾向が高い被験者ほど ISA 搭載受容性が高いという結果は、容易に解釈できるものではない。被験者によって日常的に走行

表-6 各種 ISA 搭載受容性に関するモデルの推定結果

説明変数	平均	標準 偏差	パラメータ	p 値
定数項	1	0	-8.05	0.000***
(ISA の種類)				
助言型 ISA	0.33	0.47	0	-
自発型 ISA	0.33	0.47	-1.15	0.000***
強制型 ISA	0.33	0.47	-2.84	0.000***
(対象道路)				
全道路	0.33	0.47	0	-
生活道路のみ	0.33	0.47	8.29×10^{-1}	0.000***
幹線道路のみ	0.33	0.47	2.45×10^{-1}	0.261
インセンティブの大きさの自然対数	9.05	1.05	9.01×10^{-1}	0.000***
(インセンティブ種別)				
自動車保険料減額	0.33	0.47	0	-
自動車税減税	0.33	0.47	-3.67×10^{-3}	0.985
ガソリンチケット	0.33	0.47	-2.10×10^{-1}	0.338
(個人属性)				
年齢	52.4	16.2	1.21×10^{-2}	0.043*
男性ダミー	0.60	0.49	1.59×10^{-1}	0.431
生活道路超過距離割合	0.42	0.16	-1.98	0.002**
幹線道路超過距離割合	0.38		0.13 1.64	0.025*
追加ルールダミー	0.58	0.49	-1.84×10^{-1}	0.310
第一期ダミー	0.42	0.49	1.32×10^{-1}	0.642
サンプル: 864 ρ^2 : 0.248 AIC: 927.0 的中率: 74.5%				
*: 5%有意, **: 1%有意, ***: 0.1%有意

図-6 推定されたモデルによる ISA 搭載受容率曲線

図-7 提示した ISA 普及率と搭載受容性との関係

する道路が異なるなどの影響が考えられるため、今後より詳細な分析が必要である。

推定されたモデルを用いて、各種 ISA の搭載受容率を 70%まで向上させるための金銭的インセンティブを推計した結果、生活道路のみを対象とした助言型 ISA および自発型 ISA についてはそれぞれ 3,000 [円/年] および 13,000 [円/年]（高齢者は 2,000 [円/年] および 9,000 [円/年]）となったが、これらは実際にインセンティブ

施策を実施することを考えても決して非現実的ではない値だと考えられる。一方で、強制型 ISA の搭載受容率を高い値まで向上させるためには、より大きい金銭的インセンティブが必要となることが示された。これは、やはり強制的に速度を制御されることに対する抵抗が大きいことが伺える。ただし、普及率を考慮した SP 質問調査の結果、ISA 普及率が高くなれば搭載受容率も高くなることが示されたことから、ある程度普及が進むと ISA 搭載車両に追従することも多くなるために、結果として金銭的インセンティブを受け取らないことの方が損することになる、という点が意識されていることが示唆される。

最後に、本研究は助言型 ISA を経験した被験者を対象として SP 質問調査を実施する点を重視したため、いくつか限界があることを述べておく。まず回答者が 48 名と比較的少なく (Chorlton ら¹⁰⁾の調査では 500 名前後を対象としている)、モデル分析で統計的に有意とならなかった個人属性 (性別など) が実際は有意である可能性などが捨てきれない。また、被験者がゾーン 30 地区内に居住しており、かつ助言型 ISA 体験者に限定されているため、本結果がそれ以外の一般ドライバーと比べて偏りがある可能性も否めない。三村ら¹³⁾はゾーン 30 の認知度が高いほどゾーン 30 区間での最高速度が低い傾向にあることを示しており、一方で本研究におけるモデル分析で生活道路における速度超過割合が低いほど ISA 搭載意思が高いことが示されていることを踏まえると、本研究における被験者 (ゾーン 30 地区居住者) による結果は、一般ドライバーより ISA 搭載意思が高い方向に偏っている可能性が考えられる。また、Zwijnenberg ら¹⁴⁾は高度車両安全システム (IVS) について、認知と理解が進むことでその搭載受容性が向上することを主張しており、助言型 ISA を体験した今回の被験者による助言型 ISA の搭載意思が、自発型、強制型 ISA の結果や一般のドライバーよりも高い方に偏っている可能性も考えられる。

以上のことから、今後は一般のドライバー等に対象を広げより多くのサンプルを確保し、個人属性などを詳細に考慮した分析を実施する必要がある。

謝辞： 本研究は JSPS 科研費 026820210 の助成を受けて実施したものです。

参考文献

- 1) 第 9 次交通安全基本計画, 中央交通安全対策会議, 2011.
- 2) Carsten, O. M. J. and Tate, F. N. : Intelligent speed

- adaptation: Accident saving and cost-benefit analysis, *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 37, No. 3, pp. 407-416, 2005.
- 3) 速制限に従う車 フォードが開発, CNN.co.jp, URL: <http://www.cnn.co.jp/business/35062335.html>, 2015 (2015.03.29 閲覧).
- 4) 松尾幸二郎, 廣島康裕: 速度選択モデルを用いた生活道路 ISA によるドライバーの負担および事故減少便益の推計, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol. 71, No. 5, pp. I.991-I.1000, 2015.
- 5) 三村泰広, 手島知昭, 佐々木僚, 小野剛史, 安藤良輔, 小塚一宏, 小沢慎治: 運転者の性格からみた生活道路における ISA の効果分析, 第 11 回 ITS シンポジウム, 2012.
- 6) 中谷周平, 三村泰広, 小野剛史, 尾林史章, 安藤良輔, 小沢慎治, 小塚一宏: 車両側からの速度制御アプローチがドライバに与える影響に関する視線特性からの検討, 情報処理学会研究報告, Vol. 2014-ITS-56, No. 11, pp. 1-8, 2014.
- 7) 三村泰広, 尾林史章, 小野剛史, 中谷周平, 安藤良輔, 小塚一宏, 小沢慎治: 高齢運転者における生活道路での強制型・助言型 ISA の受容性, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol. 70, No. 5, pp. I.1077-I.1085, 2014.
- 8) 小野剛史, 三村泰広, 安藤良輔, 尾林史章, 中谷周平, 小塚一宏, 小沢慎治: 公道実験による生活道路での助言型 ISA の効果分析, 第 49 回土木計画学研究・講演集, 2014.
- 9) 松尾幸二郎, 廣島康裕: 速度選択モデルを用いた ISA によるドライバーの負担推計の試みー生活道路 ISA の普及に向けた検討としてー, 第 49 回土木計画学研究・講演集, 2014.
- 10) Chorlton, K., Hess, S., Jamson, S. and Wardman, M.: Deal or no deal: can incentives encourage widespread adoption of intelligent speed adaptation devices?, *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 48, pp. 73-82, 2012.
- 11) Matsuo, K., Mimura, Y., Yamazaki, M., Kanno, K., Sugihara, M., Hirobata, Y., Ando, R., Yamaoka, S. and Mukai, M.: Acceptability of ISA based on a field experiment and a SP survey: Analyses from a standpoint of traffic calming, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 11, pp. 2098-2109, 2015.
- 12) 松尾幸二郎, 三村泰広, 山崎基浩, 菅野申明, 杉原暢, 廣島康裕, 安藤良輔: 助言型 ISA および速度遵守インセンティブプログラム (IPNS) が生活道路におけるドライバーの走行速度に与える影響〜フィールド実験に基づく考察〜, 交通工学論文集, Vol. 2, No. 2, pp. A.108-A.114, 2016.
- 13) 三村泰広, 樋口恵一, 菅野甲明, 向井希宏, 加藤秀樹, 小野剛史, 安藤良輔: ゾーン 30 の認知が運転者の安全運転行動に与える影響分析, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol. 70, No. 5, pp. I.597-I.604, 2015.
- 14) Zwijnenberg, H., Malone, K., de Kievit, M., van Arem, I., B. Baum, H., Buhne, J., Geissler, T., Schneider, J., Kulmala, R., Lehtonen, M. and Pretesi, M.: Benchmarking study on activities in promoting and deploying intelligent vehicle safety systems in the EU: Final Report, 2007.

(2016. 2. 26 受付)

ANALYSES ON THE EFFECTS OF MONETARY INCENTIVE MEASURES AND INDIVIDUAL ATTRIBUTES ON THE ACCEPTABILITY OF SEVERAL ISA

Kojiro MATSUO, Mitsuru SUGIHARA, Motohiro YAMAZAKI, Yasuhiro MIMURA,
Komei KANNO, Yasuhiro HIROBATA, Ryosuke ANDO and Marehiro MUKAI

In Japan, Mandatory ISA (Intelligent Speed Adaptation) or Voluntary ISA will be a new paradigm for the urban driving speed management such as traffic calming in community streets once it is widely disseminated. This study analyzes the effects of various monetary incentive measures and individual attributes on the acceptability of several ISA equipment, by conducting stated preference surveys targeting subjects who had attended in the 5-month Advisory ISA field experiments. The main results are that the acceptability of Advisory ISA is highest followed by Voluntary and then Mandatory, that the acceptability of ISA only targeting community streets is high, that the acceptability becomes higher as the age of the driver become higher, and that the acceptability becomes higher as the amount of the monetary incentive becomes greater, but the marginal effect becomes lower.