

道路環境要因と個人差を考慮した助言型ISA およびインセンティブプログラムの効果検証

杉原 暢¹・松尾 幸二郎²・山崎 基浩³・三村 泰広⁴・楊 甲⁵
・菅野 甲明⁶・杉木 直⁷

¹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 (〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1)
E-mail:m-sugihara@tr.ace.tut.ac.jp

²正会員 豊橋技術科学大学 建築・都市システム学系
E-mail:k-matsuo@ace.tut.ac.jp

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@ttri.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@jri.or.jp

⁵正会員 公益財団法人豊田都市交通研究所 研究部
E-mail:yang@ttri.or.jp

⁶非会員 中京大学 心理学部 (〒466-8666 愛知県名古屋市中区八事本町101-2)
E-mail:kanno.k.1019@gmail.com

⁷正会員 豊橋技術科学大学 建築・都市システム学系
E-mail:sugiki@ace.tut.ac.jp

近年、欧州を中心に、走行している道路の上限速度を超過しないように車両側で制御するISA (Intelligent Speed Adaptation) が注目されている。加えて、規制速度遵守に対してなんらかの報酬を付与する(テレマティクス型のインセンティブプログラム)という概念も議論され始めている。そこで本研究では、助言型ISA長期フィールド実験で得られた生活道路における多地点・多サンプルの走行速度データを用いて、道路環境要因と個人によるばらつきを考慮した上で、助言型ISAおよびインセンティブプログラムの効果を詳細に検証した。その結果、助言型ISAのみでは効果があまり見られない被験者がいること、一方でインセンティブプログラムはほとんどの被験者に効果があり、特に普段の速度超過傾向が高い人ほど速度抑制効果が大きくなること、またその傾向は非高齢者のほうが強くみられることが示された。

Key Words : ISA, Incentive Program, Road Environment, Speeding, zone30, Community Streets

1. はじめに

我が国における歩行中・自転車乗用中の事故件数のうち生活道路(幅員5.5m未満の道路)で発生した事故は、全事故件数に占める割合の中でも高まってきており、自動車速度の抑制など交通静穏化が求められている。

一方、欧州を中心に、車両側から適正な走行速度に抑制・制御するIntelligent Speed Adaptation (ISA)の研究が進められてきている。ISAは主にGPSやデジタルマップなどを利用して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場合に警告を行う(助言型ISA)」もしくは「車両側で最高速度を超過しないように速度制御を行う(強制型ISA)」といった車載型運転支援システムである。我が国においても強制型ISA搭

載車両が普及すれば、生活道路における自動車速度抑制のための抜本的な対策になる可能性が高い。しかし、実際にはISAの認知度が低いことに加え自由な走行が阻害される等で、すぐに強制型ISAを普及させることは難しいことが予想される。

著者らの研究グループでは、比較的受容性が高いことが明らかにされている助言型ISA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を分析・考察するため、助言型ISAを用いた長期フィールド実験を行った^{1,2)}。加えて、規制速度遵守に対してなんらかの報酬を付与する(テレマティクス型のインセンティブプログラム)という概念も議論され始めていることから、こちらについても同フィールド実験を通じてその効果を検証している。実験により得られた運転挙動データのマクロ的な集計分

表-1 長期フィールド実験の概要

	第1期	第2期
実施時期	2014年7月～ 2014年12月	2015年2月～ 2015年6月
人数	20名	28名
高齢者 (65歳以上)の数	0名	21名
年齢	20～48歳 (平均37歳)	33～79歳 (平均63歳)
性別	男性10名 女性10名	男性19名 女性9名
居住地	豊田市(ゾーン30内)	

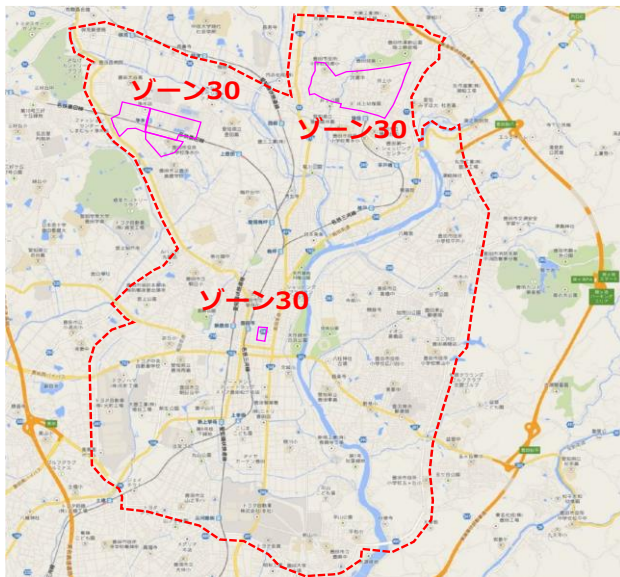


図-1 実験対象エリア

析の結果、助言型ISAがゾーン30区間において一定の速度遵守効果を有すること、適用したインセンティブプログラムが速度規制のない狭幅員道路も含めた生活道路全般で高い速度抑制効果を有すること、助言型ISAやインセンティブプログラムの解除後もゾーン30区間では一定の速度遵守割合を保つ傾向にあること等が示されている。

一方で、助言型ISAやインセンティブプログラムの効果は、個人による違いが大きいこともわかり、個人差を考慮した効果の検証が課題として挙げられた。また、生活道路での走行速度は、ハンプや狭さくに代表される街路空間の速度抑制施策や、住宅の立地状況、歩道の整備状況などの沿道特性の影響を受ける³⁾と考えられるが、これまではマクロ的な集計分析にとどまっておられ、これら道路環境要因の影響を十分に取除けてはいなかった。そこで本研究では、助言型ISA長期フィールド実験で得られた生活道路における多地点・多サンプルの走行速度データを用いて、道路環境要因と個人によるばらつきを考慮した上で、ISAおよびインセンティブプログラムの効果を詳細に検証する。



図-2 ISAアプリ画面

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 50km/h 区間		ボン		50きろさせいです
40km/h 区間		ボン		40きろさせいです
30km/h 区間		ボン		30きろさせいです
幅員5.5m以下	幅員狭し	ボン	速度注意! (30超過時)	そくどにちゆういして そうこうしてください
ゾーン30	ゾーン	ゾーン30には はいりました (1回のみ)		30きろさせいです

図-3 ISAアプリ情報提供画面

2. 研究方法

(1) 助言型ISA長期フィールド実験の概要

本フィールド実験は、第1期と第2期に分かれている。被験者は愛知県豊田市に在住している合計48名であり人材派遣会社を通じて集められた。被験者の人数や属性などは第1期と第2期で異なり詳細を表-1に示す。実験は、被験者の自車両に助言型ISAを搭載し、その走行データを得る。使用する助言型ISAは、図-1に示すゾーン30区域3か所を含む愛知県豊田市の中心エリアを対象として、スマートフォンアプリにより、走行中の速度、位置などのデータを1秒ごとに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するものである。走行している道路に応じた上限速度を超過した際には、音声と映像により「〇km/h規制です」という情報を提供する(図-2, 図-3)。

実験の流れは、まず初めに助言型ISA機能をOFFにし約1ヶ月半、日常的に運転してもらった(Phase1)。その後、助言型ISA機能をONにし約2ヶ月間、日常的に運転して

表-2 ISAアプリ取得データおよび算出データ項目

項目名	内容
sbjct	被験者コード.
time_dvc	位置情報の取得日時(端末側)
phase	実験フェーズ.
trp_id	アプリを起動してから終了するまでの1トリップに固有の番号.
time_gps	位置情報の取得日時(GPS側). GPS捕捉時のみ取得.
lgt_d	GPS経度(世界測地系). GPS捕捉時のみ取得.
lttd	GPS緯度(世界測地系). GPS捕捉時のみ取得.
lgt_d_mm	マップマッチング後の経度(世界測地系).
lttd_mm	マップマッチング後の緯度(世界測地系).
drctn	方位(0-359度). GPS捕捉時のみ取得.
spd_gps	GPS瞬間速度(km/h). GPS捕捉時のみ取得.
dstnc	走行距離(m). spd_gpsを用いてデータ(1秒間)の走行距離を算出.
flg_lmt	走行中の最高速度検知(0:非検知, 1:検知).
flg_zn30	走行中のゾーン30進入検知(0:非検知, 1:検知).
lnk_id	ISAアプリ内での1次マップマッチング後のリンクID.
pst_lmt	走行リンクの最高速度(km/h). リンクIDにより紐付け.
zn30	走行リンクのゾーン30規制(0:規制無, 1:規制有). リンクIDにより紐付け.
dclrtn	加減速度(正:加速度, 負:減速度). Spd_gpsの差分から算出.
lgt_d_mm2	ESRIのDRMへの2次マップマッチング後の経度(世界測地系).
lttd_mm2	ESRIのDRMへの2次マップマッチング後の緯度(世界測地系).
lnk_id_esri	ESRIのDRMへの2次マップマッチング後のリンクID.
dvtn	ESRIのDRMへの2次マップマッチングの逸脱距離(m).

表-3 分析対象リンク数

全取得リンク	リンク長50m以上 走行回数10回以上		
	取得リンク数	取得trp_id数	Phase1とPhase2の 重複リンク数
393	Phase1	83	4203
	Phase2	95	6404
	Phase3	61	2396
			77

表-4 重回帰分析における説明変数

属性	説明変数	詳細
道路環境要因	道路幅員	車道+路肩部分を合計した幅員
	歩道ダミー	歩道に縁石・ガードレールなど分離施設があるとき1, ないとき0
	ハンプダミー	ハンプがあるとき1, ないとき0
	カラー舗装ダミー	車道及び路肩部分にカラー舗装があるとき1, ないとき0
	住宅街ダミー	沿道が住宅を占めている場合1, そうでないとき0
個人属性	助言型ISAのみダミー	Phase2においてISA機能のみ(インセンティブなし)の場合1, そうでないとき0
	インセンティブダミー	Phase2においてISA機能+インセンティブルールが適用されている場合1, そうでないとき0
	個人ダミー	被験者にそれぞれ割り振った番号

もらい(Phase2), さらに再度, 助言型ISA機能をOFFにし約1ヶ月間, 日常的に運転をしてもらった(Phase3). またPhase2においては, インセンティブプログラムの効果検証を行うため, 被験者48名中28名に対して, 生活道路(ゾーン30, 30km/h規制道路, 狭幅員道路)のみに適用される走行ルールを適用した. ルールは, 生活道路での速度遵守距離割合が1日95%以上であれば謝礼金(ベース金額15,000円)に100 [円/日] 追加するというものである. インセンティブプログラムを適用する被験者はくじ引きにより無作為に抽出した. これにより, 本実験ではISAのみ(走行ルールなし)の被験者20名とインセンティブプログラムありの被験者28名の2群に分けられる.

(2) 収集データおよび分析対象データの抽出

a) 収集データ

ISAアプリ稼働中は(助言型ISA機能がOFFであっても)スマートフォン搭載のGPSから取得される緯度・経度, 走行速度, マップマッチングされたリンクコードなどが1秒ごとにSDカードに記録される. ISAアプリにより収集されたデータ, およびISAアプリで収集されそれらからのデータ算出した基本的なデータ項目を表-2に示す. 本研究で使用したISAアプリは, 稼働中に常にマップマッチングを行っているが, 分析の都合上, さらに, Esri社のArcGISデータコレクション プレミアム2016道路網(愛知県版)のDRMに対して2次マップマッチングを行った.

b) 分析データの抽出

本研究では, インセンティブプログラムが適用されたゾーン30に限定して, 道路環境要因および個人によるばらつきを考慮した助言型ISAおよびインセンティブプログラムの効果を把握する. ゾーン30エリア内のリンクの

内, 走行データが存在した(すなわち, 実験期間中に走行された)リンクは393リンクであった. その中からリンク長50m以上かつ走行された回数が10以上であるリンクを抽出した結果, Phase1で83リンク, Phase2で95リンク, Phase3で61リンクが抽出された(表-3). 今回は助言型ISAおよびインセンティブプログラム有無による走行速度の違いに着目するため, Phase1とPhase2で重複している77リンクを分析で扱うリンクとした.

(3) 道路環境要因の把握

抽出した77リンクの道路環境要因をデータ化するため, GoogleMapのストリートビュー機能と距離測定機能を用いて道路の街路特性および沿道特性を把握した. データ化した道路環境要因は, 道路幅員, カラー舗装の有無, 歩道の有無, ハンプの有無, 沿道環境(住宅街かどうか)などである.

3. 結果と考察

(1) 最大超過速度についての重回帰分析

道路環境要因と個人差を考慮した上で, 被験者の走行速度に助言型ISAおよびインセンティブプログラムがどのような影響を与えているかを把握するため, リンク別走行別の最高走行速度と30km/hの差(最大超過速度: 最高走行速度-30km/h)を目的変数とした重回帰分析を行った. 設定した説明変数を表-4に示す. さらに助言型ISAおよびインセンティブプログラムの効果について個人による違いを明らかにするため, 助言型ISAのみダミーならびにインセンティブダミーと個人ダミーとの間で交互作用効果を考慮した.

表-5 最大超過速度（最高走行速度-30km/h）を目的変数とした重回帰分析の結果

説明変数	パラメータ	p値	有意水準
定数項	-8.033	0.000	***
道路幅員	1.758	0.000	***
歩道ダミー	1.137	0.000	***
カラ舗装ダミー	-2.580	0.000	***
ハンプダミー	-0.260	0.129	
住宅街ダミー	-0.948	0.000	***

個人ダミー				個人ダミー*助言型ISAのみダミー 交互作用			個人ダミー*インセンティブダミー 交互作用		
個人ID	パラメータ	p値	有意水準	パラメータ	p値	有意水準	パラメータ	p値	有意水準
E1	0.000	-	-	-	-	-	-4.367	0.000	***
E2	-0.609	0.003	**	-	-	-	-3.946	0.000	***
E3	-4.811	0.000	***	-	-	-	-1.622	0.000	***
E4	-7.198	0.000	***	-	-	-	-2.207	0.000	***
E5	3.893	0.000	***	-	-	-	-6.581	0.000	***
E6	-5.596	0.000	***	-	-	-	-2.938	0.000	***
E7	-5.914	0.000	***	-	-	-	-2.834	0.000	***
E8	-0.186	0.172		-1.625	0.000	***	-	-	-
E9	2.808	0.000	***	-	-	-	-6.764	0.000	***
E10	-2.393	0.000	***	-1.626	0.000	***	-	-	-
E11	-1.174	0.000	***	-2.400	0.000	***	-	-	-
E12	8.081	0.000	***	-5.436	0.000	***	-	-	-
E13	2.066	0.000	***	-0.439	0.357		-	-	-
E14	-4.833	0.000	***	-1.647	0.000	***	-	-	-
E15	-0.034	0.901		-	-	-	-1.939	0.000	***
E16	0.894	0.000	***	-4.603	0.000	***	-	-	-
E17	-4.838	0.000	***	-	-	-	-2.847	0.000	***
E18	-3.961	0.000	***	-	-	-	-1.007	0.000	***
E19	-4.102	0.000	***	-0.689	0.004	**	-	-	-
E20	-3.019	0.000	***	1.991	0.000	***	-	-	-
E21	-6.349	0.000	***	0.120	0.798		-	-	-
平均(高齢者)	-1.864			-1.635	-	-	-3.368	-	-
標準偏差(高齢者)	3.882			2.059	-	-	1.808	-	-
Y1	-0.751	0.012	*	-3.895	0.000	***	-	-	-
Y2	-4.150	0.000	***	-	-	-	-1.748	0.000	***
Y3	-1.553	0.000	***	-	-	-	-3.391	0.000	***
Y4	2.393	0.000	***	0.359	0.010	*	-	-	-
Y5	2.453	0.000	***	-	-	-	-3.818	0.000	***
Y6	-0.642	0.001	***	-	-	-	-5.040	0.000	***
Y7	1.334	0.000	***	-1.581	0.000	***	-	-	-
Y8	-4.811	0.000	***	-4.573	0.000	***	-	-	-
Y9	-4.629	0.000	***	3.842	0.000	***	-	-	-
Y10	-3.030	0.000	***	-	-	-	-3.765	0.000	***
Y11	-27.425	0.000	***	2.000	0.707		-	-	-
Y12	-2.202	0.000	***	-	-	-	-1.923	0.000	***
Y13	13.875	0.000	***	-	-	-	-19.304	0.000	***
Y14	3.223	0.056		-	-	-	-9.000	0.000	***
Y15	-3.789	0.000	***	-	-	-	-2.060	0.000	***
Y16	-3.846	0.000	***	-	-	-	-4.662	0.000	***
Y17	-4.460	0.000	***	0.247	0.325		-	-	-
Y18	-1.822	0.000	***	-	-	-	-6.355	0.000	***
Y19	-0.237	0.633		-	-	-	-3.209	0.000	***
Y20	-3.624	0.000	***	-1.294	0.000	***	-	-	-
Y21	-1.283	0.008	**	-0.259	0.698		-	-	-
Y22	-2.019	0.000	***	-	-	-	-1.431	0.001	**
Y23	-6.672	0.000	***	-	-	-	-1.685	0.000	***
Y24	-7.017	0.000	***	-	-	-	3.667	0.000	***
Y25	-2.619	0.000	***	-	-	-	-5.206	0.000	***
Y26	-1.015	0.003	**	0.549	0.227		-	-	-
Y27	-4.624	0.000	***	-	-	-	-7.652	0.000	***
平均(非高齢者)	-2.553			-0.461			-4.505		
標準偏差(非高齢者)	6.284			2.397			4.613		
平均(全被験者)	-2.213			-1.048			-4.058		
標準偏差(全被験者)	5.405			2.310			3.809		

調整済み決定係数 R²=0.391 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1

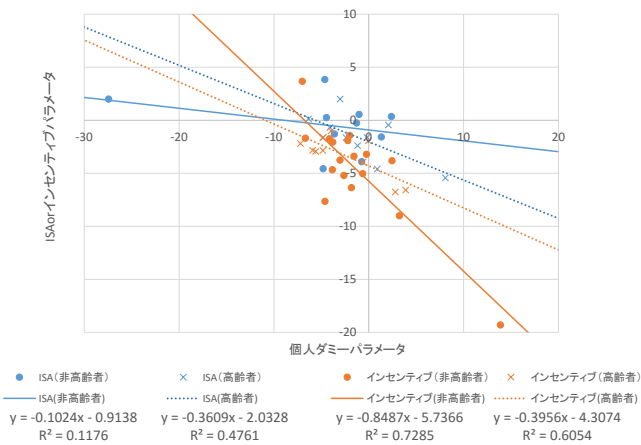


図4 個人ダミーパラメータと助言型ISAのみ・インセンティブパラメータとの関係

(目的変数：最大超過速度（最高走行速度－30km/h），
凡例下の式は各回帰直線の回帰式と決定係数)

分析結果を表-5に示す。最大超加速度が大きくなる要因として、道路幅員と歩道の有無が寄与していることが明らかになり、カラー舗装は最高速度の抑制に影響を与える要素であることが示された。歩道の有無については、歩行者との接触の可能性が低くなるなどの理由からドライバーによっては速度が増加する可能性が考えられる。

個人ダミーのパラメータは、正值の被験者もいれば負値の被験者もいるという結果となっているが、これは被験者による速度超過傾向の違いを表していると考えられる。平均的には負値となっており、高齢者・非高齢者で大きな差は見られない。一方、標準偏差は高齢者に比べて非高齢者の方が大きくなっており、非高齢者は速度超過傾向のばらつきが大きいことがわかる。

個人ダミーと助言型ISAのみダミーの交互作用効果に着目すると、有意にパラメータが負値となる被験者が数人みられ、速度抑制効果が発揮されていることがわかる。しかし、個人によっては助言型ISAのみでは効果が発揮されない場合があることも示されている。

一方、個人ダミーとインセンティブダミーの交互作用効果については、ほぼ全員の被験者のパラメータが有意に負値となっており、インセンティブプログラムが助言ISAのみよりより速度の抑制を促すことが示されている。一例として、被験者[Y13]をみてみると、個人ダミーのパラメータは+13.875であり、この被験者は普段の走行において速度遵守意識があまり高くないことが伺える。しかし、インセンティブダミーとの交互作用効果の[Y13]のパラメータは-19.304となっており、インセンティブプログラムの適用によりこの被験者は速度を大きく抑制するようになったといえる。

非高齢者と高齢者それぞれで交互作用効果におけるパ

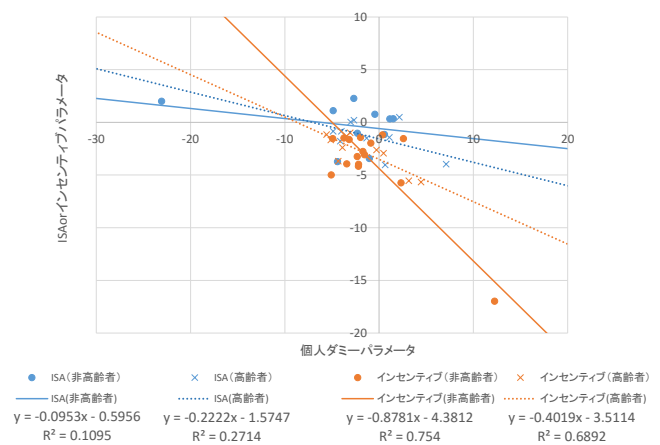


図5 個人ダミーパラメータと助言型ISAのみ・インセンティブパラメータとの関係

(目的変数：平均超過速度（平均走行速度－30km/h），
凡例下の式は各回帰直線の回帰式と決定係数)

ラメータの集計値をみてみると、助言型ISAのみダミーのパラメータ平均は大きな差はみられないが、標準偏差は非高齢者のほうが大きく、非高齢者のほうがISAの効果に大きいばらつきがあることがわかる。同様に個人ダミーとインセンティブダミーの交互作用効果におけるパラメータ平均は、助言型ISAのみダミーのパラメータ平均と比較して大きく下がっている。特に非高齢者においては-0.461から-4.505となっており、ISAのみよりインセンティブを付加したほうがより速度抑制を促しやすいことが分かる。標準偏差に目を向けると高齢者1.808に比べて非高齢者は4.613でかなりばらつきが大きいこともわかる。

(2) 個人の速度超過傾向と助言型ISA・インセンティブプログラムの効果との関係

図-4は重回帰分析で得られた個人ダミーのパラメータおよび個人ダミーと助言型ISAのみダミー・インセンティブとの交互作用効果に関するパラメータの関係を高齢者・非高齢者別に示したものである。また、今回の分析では、目的変数を最大超過速度とした分析の他に、各リンクの平均走行速度に与える影響も把握するため目的変数を平均走行速度と30km/hとの差（平均超過速度：平均走行速度－30km/h）とした重回帰分析も同様に行った。ここで、平均走行速度は、リンク別走行別に走行速度を速度別走行距離で重み付けして算出したものである。図-5はその結果得られたパラメータについて、図-4と同様に示したものである。

図-4、図-5よりまず助言型ISAのみダミーのパラメータに着目すると、正值のものがいくつか見受けられる。これは前節でも述べた通り助言型ISAのみでは効果が見ら

れない被験者がいることを示している。一方インセンティブダミーのパラメータはほぼ全て負値になっており、ほとんどの人に効果があることがわかる。

回帰直線を見ると助言型ISAのみダミーに比べ、インセンティブダミーの方が傾きが大きくなっている。これは普段の速度超過傾向が高い（個人ダミーパラメータが大きい）ほど助言型ISAのみに比べてインセンティブプログラムによる速度抑制効果が大きいということを示している。

図4において、インセンティブありでは非高齢者（実線）は高齢者（点線）と比べて回帰直線の傾きが急になっている。これは高齢者に比べ非高齢者の方が、普段の速度超過傾向が高いほどインセンティブプログラムの効果が大きくなるということを示唆している。しかし助言型ISAのみダミーでは非高齢者（実線）は傾きがほとんどなくなっている。すなわち、普段の速度超過傾向の大小と助言型ISAによる効果との関係が、インセンティブプログラムによる効果と比べて、薄いことが推察される。

図5においても図4と同様の形ではあるが、回帰式の決定係数が低いので、傾向がやや明確でなくなっている。

4. おわりに

本研究では、約5ヶ月間の長期フィールド実験の走行データを用いて、走行速度に影響すると思われる道路環境要因と個人によるばらつきを考慮した上で、助言型ISAおよびテレマティクスインセンティブプログラムの効果を把握するための分析を行った。その結果、助言型ISAのみでは効果があまり見られない被験者がいることが示された。一方インセンティブプログラムはほとんどの被験者に効果があり、普段の速度超過傾向が高い人ほど速度抑制効果が大きくなることが示された。またその

傾向は非高齢者のほうが強くみられる。

今回の分析では、個人差を考慮するために直接個人ダミーを用いてそのパラメータの分布状況を検討したが、より一般的な理解のためにパラメータに確率分布を仮定した階層モデルを適用することも検討する必要がある。また、今回は道路環境要因の影響をできるだけ取り除いた純粋な助言型ISAおよびインセンティブプログラムの効果を見るのが目的であったが、ドライバーの速度に対する影響要因として動的な交通条件は考慮できていない。歩行者の影響や、前方に車両がいたかどうかなどはわからず、この条件によっては被験者の運転挙動も変化していた可能性があるため、速度超過状況を示す目的変数として85パーセントイル速度を用いるなど今後詳細に検討していく必要がある。

参考文献

- 1) 松尾幸二郎, 三村泰広, 山崎基浩, 菅野甲明, 杉原暢, 廣島康裕, 安藤良輔, 向井希宏: 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, 第2巻, 第2号 (特集号 A), pp.A_108-A114, 2016.2.
- 2) 山崎基浩, 三村泰広, 安藤良輔, 松尾幸二郎, 菅野甲明: スマートフォンによる助言型 ISA システムの評価, 第51回土木計画学研究・講演集, 2015.
- 3) 清水和弘, 岡村敏之, 中村文彦, 玉鋭: 生活道路における街路特性や沿道特性が走行速度に及ぼす影響に関する研究, 土木計画学研究・論文集第29巻, Vol.68, No.5, 2012

(2016.7.31 受付)

A STUDY ON THE EFFECTS OF ADVISORY ISA AND INCENTIVE PROGRAM ON SPEEDING CONSIDERING ROAD ENVIRONMENTAL FACTORS AND INDIVIDUAL DIFFERENCES

Mitsuru SUGIHARA, Kojiro MATSUO, Motohiro YAMAZAKI, Yasuhiro MIMURA, Jia YANG, Komei KANNO