

公道実験による生活道路での 助言型ISAの効果分析

小野 剛史¹, 三村 泰広², 安藤 良輔², 尾林 史章³,
中谷 周平⁴, 小塚 一宏³, 小沢 慎治⁵

¹非会員 中央復建コンサルタンツ株式会社 (〒102-0083 東京都千代田区麹町 2-10-13)
E-mail:ono_t@cfk.co.jp

²正会員 公益財団法人豊田都市交通研究所 (〒471-0026 愛知県豊田市若宮町 1-1)
E-mail:mimura@ttri.or.jp

³非会員 愛知工科大学工学部情報メディア学科 (〒443-0047 愛知県蒲郡市西迫町馬乗50-2)

⁴非会員 トヨキン株式会社 (〒471-0836 愛知県豊田市鴻ノ巣町3-33)

⁵非会員 愛知工科大学名誉教授 (〒443-0047 愛知県蒲郡市西迫町馬乗50-2)

平成25年の交通死亡事故死者数は4,373人と13年連続で減少傾向にある一方で、居住空間に近い狭隘道路である生活道路での占める割合が高まっている。交通事故の被害程度は衝突時の車両の走行速度が大きく関係しており、近年欧州では、特定地域において車両側から適正な速度に制御するISA (Intelligent Speed Adaptation) 技術の開発が進展している。また、日本においても近年DS (ドライビングシミュレータ) を用いたISAの基礎的な研究が行われており、速度抑制効果が確認されているが、公道などの実際の道路環境下におけるISAの効果に関する研究は見られない。そこで本研究では、助言型ISAを搭載した車両を用い公道実験を行い、生活道路などの実際の道路環境下における助言型ISAによる挙動や意識の変化を把握し、その効果を分析することを目的とする。

Key Words : Intelligent Speed Adaptation, Community Roads, Public Roads Experiment

1. 背景と目的

平成 25 年の交通死亡事故死者数は 4,373 人と 13 年連続で減少傾向にある一方で、高齢者の占める割合¹⁾、居住空間に近い狭隘道路である生活道路での占める割合²⁾が高まっている。平成 23 年 3 月に作成された第 9 次交通安全基本計画³⁾の中でも重視すべき対策の視点として掲げられているなど今後、高齢者・生活道路をキーワードとした安全対策の重要性は極めて高い。

交通事故の被害程度は衝突時の車両の走行速度が大きく関係しており、近年欧州では、特定地域において車両側から適正な速度に制御する ISA (Intelligent Speed Adaptation) 技術の開発が進展している。日本においても近年 DS (ドライビングシミュレータ) を用いた ISA の基礎的な研究が行われている。強制型・助言型 ISA を対象とした DS 実験^{4)~6)}によると、①高齢運転者は幹線道路より生活道路での強制型・助言型 ISA の受容性が高く、走行速度を遵守するといった安全面だけでなく、心的負荷

の少ない安全な運転の実現が期待できること、②ISA を普及するには、受容性が高い助言型 ISA の普及を目指すべきであることなどを明らかにしている。一方で DS における速度感が課題として残っており、公道などの実際の道路環境下における ISA の効果に関する検証が求められている。

そこで、本研究では既往研究において比較的受容性の高かった助言型 ISA を搭載した車両を用い公道実験を行い、生活道路などの実際の道路環境下における助言型 ISA による挙動や意識の変化を把握し、その効果を分析することを目的とする。

2. 実験方法

(1) 公道実験の概要

実験概要を表-1 に示す。

表-1 実験概要

実験日時：平成 24 年 10 月～平成 24 年 11 月
被験者数：60 名 (高齢 (65 歳以上) 26 名, 一般 (30～64 歳) 15 名, 若年 (30 歳未満) 19 名)
実験手順： (1) 公道実験 (実車両を用いて走行)
(2) 意識調査 (アンケート形式)

(2) 実験コース

実験コースを図-1に示す。西側から南に右折したA地点をスタート地点とし、B→C→D→E→F→C→B→G→H→Aで1周、再び同じコースを周回し最後にA地点でゴールし、西側に抜けるコースである。

評価する区間は表-2に示す十分な加速空間が確保できる区間長とし約300mを設定し、それ以上の区間長が確保できる4区間とした。最高速度40km/h規制、片側1車線の空間的には幹線道路に分類できる空間を区間1(A→B)区間2(B→D)とし、最高速度の指定はされていないものの中央線がなく沿道に住居が立ち並ぶ生活道路空間を区間3(E→F)区間4(G→H)とする。また、A地点とB地点の2箇所に信号が設置されている。



図-1 実験コース

表-2 評価区間

区間	道路	速度規制	延長	備考
区間1:A-B	幹線道路	40km/h	320m	
区間2:B-D	幹線道路	40km/h	450m	沿道商店有り
区間3:E-F	生活道路	なし	270m	沿道商店有り
区間4:G-H	生活道路	なし	320m	

(3) 使用した車両

実験に使用した車両は、図-2に示す一般的なセダンタイプの乗用車とした。なお、普段使用している車両との違和感について、公道実験後の意識調査の結果、約9割の被験者が普段と変わらない運転ができたと回答していたことから、当該実験車両は運転者の運転挙動に顕著な影響を与えるようなものではなかったと推測できる。



図-2 実走行実験の様子

(4) 走行時データの記録

走行時のデータの記録は、株式会社TECHTOMに依頼し開発したデータロガー(FCM-GPS・MMCロガーシステム)を使用した。本機はGPSモジュールが付与された車両情報収集装置であり、マルチメディアカードを利用してデータの記録が可能となっている。記録できるデータは日時・車速・スロットル開度・ブレーキスイッチなどであり、データの出力周期は1秒である。

(5) ISAの介入方法

映像と音声による助言型ISA介入のイメージを図-3に介入内容を表-3に示す。助言型ISAは、最高速度規制の速度を超えると、女性の声による「40km/h規制です。」という規制速度に応じた文面を読み上げた音声データの再生と、規制速度を示した画像の提示を行うものである。介入は後部座席に乗車した調査員が、上述のデータロガーに表示される走行速度を確認し、規制速度を超えた瞬間に手動で行った。音声は1回のみ流し、映像は運転席横に設置したモニターに映し出し、規制速度を下回るまで表示し続けた。



図-3 助言型ISA介入イメージ

表-3 助言型ISA介入内容

区間	タイミング	映像	音声
区間1・2 幹線道路	40km/h 超過時	40km/h 規制です	40キロキセイデス
区間3・4 生活道路	30km/h 超過時	生活道路です 30km以下で 走行して下さい	セイカツドウロデス 30 キロイカデソウ コウシテクダサイ

(6) 実験手順

被験者はまず始めに、10分程度当該コースとは別の走路を慣らし運転した後に、図-1に示すコースを2周走行した。1周目はISAの介入を行わず、2

周目に走行速度が規制速度を超えた場合に ISA の介入を行った。被験者が驚いて運転誤操作を起こさないように、映像と音声による介入があることを事前に伝えた。ただし、介入のタイミングまでは伝えていない。

走行経路の案内は調査員が後部座席に同乗し、口頭で行った。経路案内を行うタイミングは 1 区間あたり 2 回である。1 回目は、被験者が対象区間進入直後である（例：「次の交差点を右折です」）。2 回目は右左折予定の交差点手前である（例：「この交差点を右折です」）。この理由はこの提供方法がカーナビゲーションなどで用いられているものであり、運転挙動に与える影響が比較的少ないものと考えたためである。

公道実験終了後、上述した普段使用している車両の違和感とともに、実験コースの走行頻度、ISA 介入に対する意識などを何うアンケート調査を実施した。なお、走行コースの走行頻度は高齢層の約 7 割が月 1 回以上走行するのに対して、他の年齢層では約 3 割にとどまった。これは、高齢層が近隣のシルバー人材センターから参加した方が多かったためと考えられる。

3. 結果

(1) 分析の視点

生活道路などの実際の道路環境下における助言型 ISA による挙動や意識の変化を捉えるにあたっては様々な評価指標が考えられるが、ここでは、大きく運転挙動の変化と運転意識の変化の 2 つの視点から明らかにする。

まず、運転挙動の変化については、特に影響が大きいと想定される速度とアクセルストロークの変化に着目し、ISA 介入による区間平均速度と区間平均アクセルストロークの変化について分析を行う。なお、交差点流出後の加速区間や交差点流入前の減速区間を 100m と設定し、その中間部を走行速度が安定している区間としてそれぞれの平均値を算出した。

次に運転意識の変化については、一般的といえる認知と判断に影響を与えたか否かという視点に着目し、規制速度や ISA の認知程度、そしてその後の操作につながる判断への影響程度、ISA 介入による運転への支障程度について明らかにする。

なお、公道実験であるため、他車や沿道の通行人がおり通常走行に影響があった被験者が存在したため、区間毎に影響の有無について各被験者の車内カメラの映像から判断した。そして、影響のあった被験者については、区間毎に解析対象からそれぞれ除外した。また、ISA が作動しなかった被験者も区間毎に解析対象からそれぞれ除外した。

(2) ISA 介入による運転挙動

a) 平均速度

区間別の平均速度の整理結果を表-4 に示す。いずれの区間でも 1 周目に比べ 2 周目の方が有意に平均

速度が低下していた。区間 1 と区間 4 については、解析対象者が 30 名程度いたが、区間 2 と区間 3 は解析対象者が 10 名以下であった。区間 2 と区間 3 は、沿道に商店があり時間帯によっては駐車場への出入り車両や路上駐車が多く確認されたためである。

表-4 区間別の平均速度 (km/h)

区間	1 周目	2 周目	備考
区間 1 : 40km/h 幹線	43.7	41.9 *	n=25
区間 2 : 40km/h 幹線	43.1	38.7 *	n=5
区間 3 : 生活道路	32.0	28.9 **	n=9
区間 4 : 生活道路	35.5	30.4 **	n=32

※**1%有意, *5%有意, t検定 (対応あり)

解析対象者が多かった区間 1 と区間 4 の年齢層別の平均速度の整理結果を表-5 に示す。まず、幹線道路である区間 1 での結果をみると、どの年齢層においても 1 周目・2 周目とも規制速度の 40km/h をオーバーしていたが、1 周目に比べ 2 周目の方が平均速度が低下し、規制速度に近づいていた。1 周目と 2 周目の平均速度について有意差を確認したところ、若年層で有意に低下していた。

次に、生活道路である区間 4 での結果をみると、どの年齢層も 1 周目の平均速度は 35km/h 程度であったが、2 周目は 30km/h 程度まで低下していた。1 周目と 2 周目の平均速度について有意差を確認したところ、全ての年齢層で有意に速度が低下していた。特に高齢層では生活道路の走行速度に相応しい 30km/h を下回っており、速度抑制効果が顕著に見られた。

表-5 年齢層別の平均速度 (km/h)

区間	年齢層	1 周目	2 周目	備考
区間 1 幹線道路	高齢	43.4	41.6	n=8
	一般	42.6	41.3	n=7
	若年	44.7	42.6 *	n=10
区間 4 生活道路	高齢	35.7	29.6 **	n=15
	一般	35.6	31.4 **	n=10
	若年	34.9	30.6 *	n=7

※**1%有意, *5%有意, t検定 (対応あり)

b) 平均アクセルストローク

区間別の平均アクセルストロークの整理結果を表-6 に示す。なお、ここで示す値は、100%でアクセルを踏み混む度合いが最大であり、0%でアクセルをまったく踏んでいない状態である。

全体の傾向を確認すると、幹線道路より生活道路のほうがアクセルストロークの値が大きくなっていった。これは、生活道路では幹線道路に比べ加減速を繰り返して速度を調節しながら走行した被験者が多かったためと考えられる。また、いずれの区間でも 1 周目に比べ 2 周目の方が平均アクセルストロークが低下しており、区間 2 を除き有意に低下していた。なお、平均アクセルストロークが低下するということは、アクセルを緩め全体的に速度抑制したことを示しているとともに、加減速を少なくし一定速度で

走行したことを示していると考えられる。

表-6 区間別の平均アクセルストローク (%)

区間	1周目	2周目	備考
区間1: 40km/h 幹線	2.6	2.0 **	n=25
区間2: 40km/h 幹線	2.1	1.9	n=5
区間3: 生活道路	5.3	3.7 *	n=9
区間4: 生活道路	6.5	4.4 **	n=32

※**1%有意, *5%有意, t検定 (対応あり)

解析対象者が多かった区間1と区間4の年齢層別の平均アクセルストロークの整理結果を表-7に示す。まず、幹線道路である区間1での結果をみると、どの年齢層においても1周目に比べ2周目の方が平均アクセルストロークが低下していた。1周目と2周目の差について有意差を確認したところ、高齢層と一般層で有意にアクセルストロークが低下していた。

次に、生活道路である区間4での結果をみると、どの年齢層でも1周目に比べ2周目の平均アクセルストロークが有意に低下していた。

表-7 年齢層別の平均アクセルストローク (%)

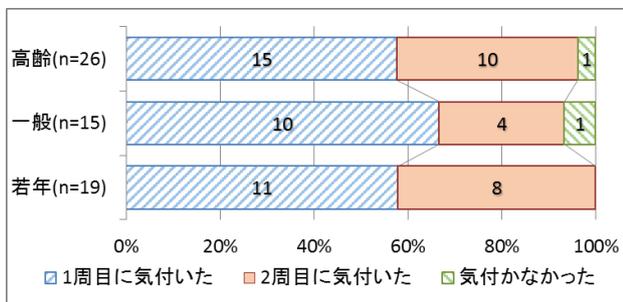
区間	年齢群	1周目	2周目	備考
区間1 幹線道路	高齢	3.1	2.1 *	n=8
	一般	2.4	1.8 *	n=7
	若年	2.3	2.0	n=10
区間4 生活道路	高齢	6.9	4.7 **	n=15
	一般	6.6	4.4 **	n=10
	若年	5.3	3.7 **	n=7

※**1%有意, *5%有意, t検定 (対応あり)

(3) ISA介入による運転意識の変化

a) 規制速度の認知と意識

区間1と区間2には規制速度標識や規制速度路面標識が設置されていたが、この規制速度に何周目で気付いたかについて調査した結果を図-4に示す。1周目に規制速度の標識や標識に気付いたのはどの年齢層でも6割程度であった。高齢層と一般層で規制速度に気付かなかった被験者もいたが、統計的に有意差があるとはいえなかった。



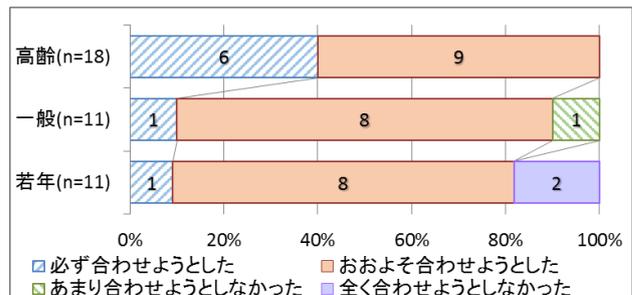
※有意差なし: フィッシャーの正確確立検定 (自由度4)

図-4 規制速度の認知

1周目で規制速度の標識や標識に気付いた被験者に対し、気付いた後に規制速度に合わせようとしたかについて調査した結果を図-5に示す。被験者のほとんどが「規制速度に合わせようとした」と回答し

ていた。その中でも高齢層では4割が「必ず合わせようとした」、6割が「おおよそ合わせようとした」と回答していた。一方、一般層や若年層では、「必ず合わせようとした」と回答したのは約1割しかおらず、ほとんどが「おおよそ合わせようとした」と回答していた。

規制速度の標識や標識を確認しても「おおよそ合わせようとした」と回答する人が多かったことから、規制速度を確認しても必ず合わせようとする人が少ないことが確認できた。



※有意差なし: フィッシャーの正確確立検定 (自由度6)

図-5 規制速度確認後の速度調整意識

b) ISA介入の認知と意識

2周目に表-3に示す内容でISAの介入を行ったが、ISAの介入に気付いたかどうかについて調査した結果を図-6に示す。いずれの被験者もISAの介入に気付いていた。比較的大きな7インチの画面に映像を表示させるとともに音声による情報提供を行ったためと考えられる。ISAの分かりやすさについて確認しても9割以上の被験者が分かりやすかったと回答していた。

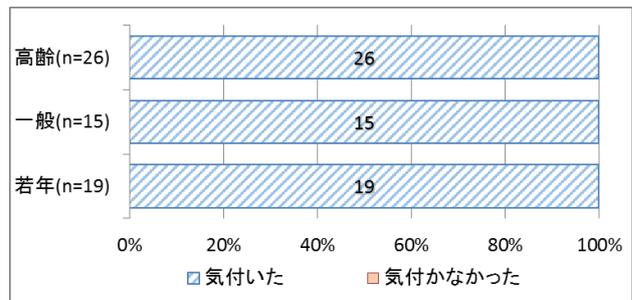
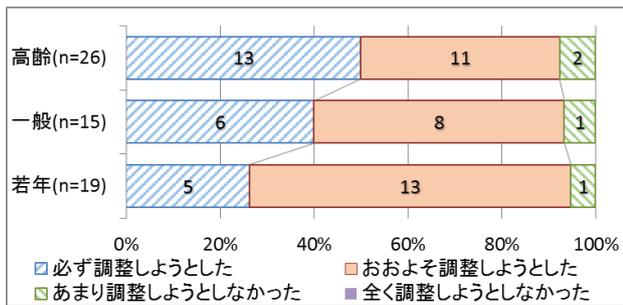


図-6 ISA介入の認知

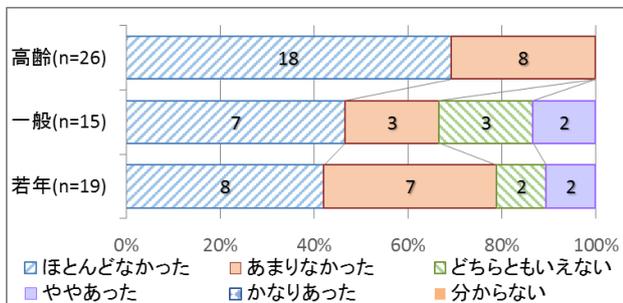
続いて、ISAの介入をうけて、規制速度以下に合わせようとしたかについて調査した結果を図-7に示す。ISAの介入により被験者のほとんどが速度調整意向を示していた。高齢層の約5割が「必ず調整しようとした」と回答し、約4割が「おおよそ調整しようとした」と回答していたが、年齢層が下がるにつれて「必ず調整しようとした」と回答する割合が減っており、高齢層の方が受け入れやすい傾向が確認できたが、年齢層による有意差はみられなかった。



※有意差なし：フィッシャーの正確確立検定（自由度 4）

図-7 ISA介入後の速度調整意識

ISA の介入によって注意が散漫になるなど運転の支障になるかについて調査した結果を図-8 に示す。高齢層では約 7 割が「ほとんどなかった」と回答し、約 3 割が「あまりなかった」と回答していた。一方、一般層・若年層でも 6~8 割が「なかった」と回答していたが、「ややあった」と回答した被験者も 1 割程度いた。



※有意差なし：フィッシャーの正確確立検定（自由度 6）

図-8 ISA介入による運転への支障

4. おわりに

本研究では、既往研究において比較的受容性が高い助言型 ISA を搭載した車両を用い公道実験を行い、生活道路などの実際の道路環境下における助言型 ISA による挙動や意識の変化を把握しその効果を分析した。本研究で得られた知見を以下に整理する。

- ・ 助言型 ISA は特に生活道路において速度抑制効果があり、特に高齢者で顕著に確認できた。また、規制速度を超過することが多い幹線道路では、特に若年層に速度抑制効果があることが分かった。
- ・ 助言型 ISA は幹線道路や生活道路を問わず、平均アクセルストロークを低下させる効果があることが分かった。このことは、ISA の介入が運転挙動に多少なりとも影響を及ぼしていることを示唆している。この知見は、DS 実験⁴⁾で確認された「助言型 ISA の介入前後でアクセル挙動に大きな差はなく、アクセル操作などの運転者の安全走行面の挙動に直接的な影響を与える可能性が低い」といった知見とは異なることから、生活道路でのアクセル挙動の特性や平均アクセルストロークの低下が安全走行面に及ぼす影響

の大きさなどについて今後確認する必要がある。

- ・ 規制速度の標識や標示確認後に比べ、ISA 介入後の方が、いずれの年齢層でも規制速度に必ず調整しようとする傾向が確認できた。この知見は、DS 実験⁴⁾で確認された「映像・音声型 ISA 介入後に自ら速度を調整しようとする傾向がみれたが、年齢層による差はみられなかった」といった知見と同様であった。
- ・ ISA の介入によって注意が散漫になるなど運転の支障となることはほとんどないと考えられるが、年齢層によっては支障となる可能性もあり、今後、長期間利用することによる支障の程度なども検討する必要があると考えられる。

以上の成果は、公道などの実際の道路環境下においても助言型 ISA 介入による速度抑制効果があり、特に生活道路での効果が高いことを示唆している。今後は、長期的に速度抑制効果が継続するかや、ISA の介入が安全運転面に与える影響について詳細に検討していきたい。

謝辞：本研究は公益財団法人タカタ財団（平成24年度助成研究）の助成により実施した実験と同時に進めたものです。また元愛知工科大学ITS研究所研究員の手島知昭氏（現株式会社エクスピジョン）には研究方法において貴重な示唆を頂戴しました。ここに記し感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 警察庁：平成25年中の交通事故の発生状況，2014.2
- 2) 警察庁：生活道路におけるゾーン対策推進調査研究報告書，2011.3
- 3) 内閣府：第9次交通安全基本計画，2011.3
- 4) 小沢慎治，小塚一宏，手島知昭，尾林史章，中谷周平，安藤良輔，三村泰広，小野剛史：生活道路における車両側からの速度制御アプローチが高齢運転者に与える影響計測の試み，平成24年度タカタ財団助成研究成果報告書，2013.5
- 5) 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・助言型車載速度制御の受容性，第47回土木計画学研究発表会・講演集，2013.6
- 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，情報処理学会第56回 高度交通システム研究発表会，2014.6