

ドライビングシミュレータを用いた高齢ドライバーへの教示方法に関する研究

Study on Education System for Elderly Driver by using Driving Simulator

栗林大祐 田中健次

電気通信大学大学院情報システム学研究科

Daisuke KURIBAYASHI, Kenji TANAKA

Graduate School of Information Systems, University of Elector-Communications

Abstract : In this study, we focus on the decline of hazard cognition and overconfidence in driving skill by elderly drivers, which often cause car accidents. In order to teach these issues to elderly drivers and make them improve their driving behavior by themselves, we propose three teaching methods using a driving simulator: experience-based teaching, objective expression teaching, and oral teaching. We examine each of the teaching effects and compare their effects using an indicator on the following distance and maximum stopping distance.

1 背景と目的

高齢者の交通事故の原因は加齢に伴う判断力の低下や視力・動体視力、注意力の低下、不慣れた道への適応能力の衰えなど様々な高齢者の特徴が関与していると考えられる。また、蓮花ら[1]により高齢者が自己の運転技術を過大評価するといった過信傾向や交差点での確認行動の減少などハザード知覚能力の低下が指摘されている。しかしながら、高齢者の運転を制限することは高齢者の社会参加の機会を奪うことにつながる。むしろ、高齢ドライバーが安全に運転することができることが重要になる。そのためには、己の運転行動の問題点を知り、改善していくための教育の実施が必要であると考えられる。実際、導入されているのが高齢者講習であり、免許更新期限に満70歳を超える者に講習の受講を義務づけている。高齢者講習の受講者数は平成16年度には126万人に達した。今後、70歳以上の免許の保有者は増え、2020年には約1300万人と約2.6倍にまで増えると予測されており、いずれ今の講習のやり方では限界がくると考えられ、今後の高齢ドライバーの増加を見越した対策が必要となってくる。教育プログラムの開発に関する従来研究は松木ら[2]、蓮花ら[3]などがある。前者の教示方法の特徴は、「ドライビングシミュレータによる体験」であり、後者の特徴は実車実験の様子をビデオで確認する「自分の運転行動を客観的に見る」点にある。両者ともに教育効果が確認されているが、今後の高齢者人口の増加を考えると、ビデオ学習は難しく、並列教習可能なドライビングシミュレータによる教習が不可欠と予想される。しかし松木らの方法以外にも、シミュレータの特性を活かした教示方法が考えられる。

そこで、本論文ではドライビングシミュレータの利点を活用した「体験型教示」と「客体視教示」を導入し、「口頭教示」を加えた3方法での比較により、高齢者に対してどの教示方法が最も効果が高いかを検証する。

2 アンケート調査

2.1 目的

高齢ドライバーの実情を知ることが高齢者教習を実施する上で重要である。類型別に見て高齢ドライバーの事故で多いのは、出会い頭(36%)と追突事故(28%)である[4]が、その状況や背景は事故統計の統計量だけではよく分からない。そこで、運転をする上での高齢者の危険行動と意識の問題点を抽出することを目的とし、運転に対する自信とヒヤリハット体験のヒヤリング・アンケート調査を実施した。

2.2 方法

アンケート調査の対象者は運転者と同乗者で、若い頃からの運転の変化とヒヤリハット体験をそれぞれ自由記述で回答を求めた。

2.3 基礎データ

アンケート回答者の基本属性を Table 1 に示す。

Table 1 回答者の基本属性

	運転者			同乗者		
	男性	女性	合計	男性	女性	合計
人数	19	10	29	5	16	21
平均年齢	69.2	63.0	67.1	56.8	57.9	57.5
運転歴	43.6	30.3	38.8	21.5	23.3	22.6

2.4 アンケート結果

アンケート結果を以下に示す。

<若い頃からの運転の変化>

Fig.1は運転者と同乗者から得た、若い頃からの運転の変化の回答結果である。自由記述だがその内容は「慎重になった」、「衰えを感じる」、「危険行動」の3つに分類される。

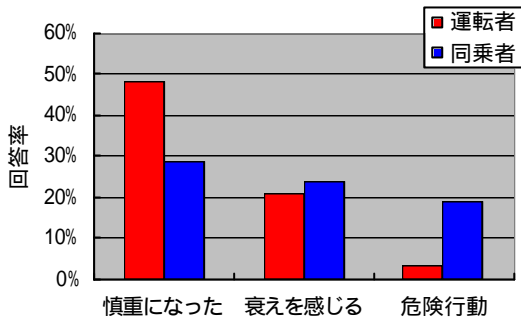


Fig. 1 若い頃からの運転の変化の回答率

同乗者は「慎重になった」と「危険行動」の回答率の差にそれほど違いはないが、運転者はその差が大きく、運転者と同乗者の意識の違いが明らかになった。

<ヒヤリハット体験>

ヒヤリハット体験に関する回答を分類した結果、高齢ドライバの問題点として

- 車間のあけ過ぎが、無理な追い越しや割り込みを増加させる原因となっている
- 二重課題への衰え
- 予測・意図理解の不足
- 反応の遅延

が明らかになった。特に 車間をあけ過ぎることによる問題点は本研究のアンケート調査による新たな知見である。この結果を元に教示実験に使用するシナリオを設定した。

2.5 実験シナリオ

実験状況はドライビングシミュレータでの走行実験中に右車線他車が左に車線変更し、自車と他車との車間距離が急に詰まる状況を再現する。割り込み時の車間距離がほぼ一定になるようにペースメカにより割り込み直前まで被験者を誘導した。Fig. 2にシナリオの概念図を示す。

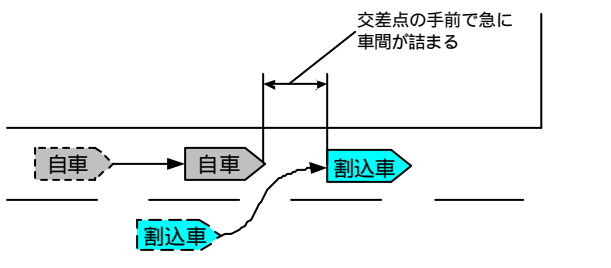


Fig. 2 割り込みシナリオの概念図

3 3種の教示方法

3.1 最大停止距離

本実験で教示の際に使用する最大停止距離を説明する。最大停止距離とは、被験者が危険を察知してから自車両が停止するまでに進む距離で、最も反応が遅れたときの停止距離」と定義する(Fig. 3)。この距離は、あらかじめブレーキ操作を行わせ、計測した各人の反応時間に基づいて計算される。したがって、この指標は個人によって異なることが特徴であり、教示の冒頭で被験者に示す個人の追突の危険性をあらわす指標となる。個人固有の値のため、この値を示すことで危険性を実感できるものと予想される。

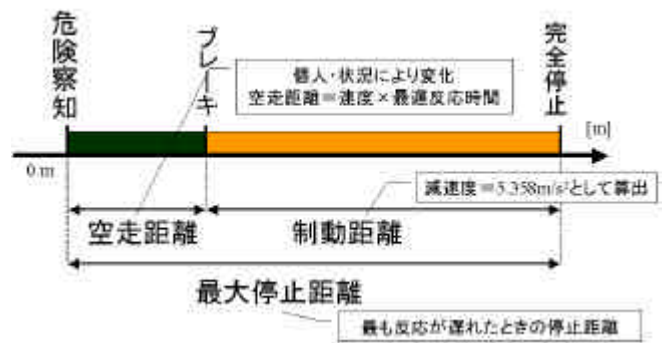


Fig. 3 最大停止距離の説明図

最大停止距離は以下で算出される。但し、50[km/h]での制動距離を18[m]とする[5]。速度と加速度と距離の関係式より加速度を求める。

$$v^2 - v_0^2 = 2as \quad (4.1)$$

ここで、速度 $v=50/3.6$ [m/s], $v_0=0$ (停止), 加速度 a [m/s²], 制動距離 $s=18$ [m]である。加速度を一定として各速度における空走距離と制動距離を算出し加える。

$$s = vt_{\max} + \frac{v^2}{2 \times 5.358} \quad (4.2)$$

ここで、 s : 最大停止距離[m], t_{\max} : 最遅反応速度[s]。

3.2 3種の教示方法

本論で提案する3つの教示方法とその特徴を以下に示す。

・**体験型教示**：実際に起こりえる危険な状況を設定し、最悪のケースを体験させる教示方法。事故を起こしても怪我をしないシミュレータの利点を利用した方法である。

・**客体視教示**：各自の走行中の危険な状況をリプレイ機能により解説する教示方法。鳥瞰図による視点を変えたりプレイを即座に提示できることを利用している。

・**口頭教示**：統制群。シミュレータの利点を使用せず、口頭のみによる教示

すべての教示方法は下記の4つの教育ステップに分かれており、各教示方法で異なった方法を用いている。

各ステップの目的を以下に示す(Table 2)。

自己の運転の危険性を認識

運転技術を過信していることに気付かせる

全運転のための注意点についてのディスカッションまたは教示

他人の行動の意図理解と自分にあった車間距離の重要性を認識させる

最大停止距離の学習

個人の反応時間に対応した最大停止距離を学習

最大停止距離の確認

学習の結果の自己評価をする

Table 2 教示フェーズと各教示方法の対応

教育ステップ	.体験型	.客体視	.口頭
自己の運転の危険性の認識	先行車の急停車による体験	鳥瞰図のリプレイとデータによる指摘	データによる指摘
ディスカッションと解説	運転席視点を用いた解説	鳥瞰図を用いた解説	口頭解説(ディスカッション無し)
最大停止距離の学習	追従走行とフィードバックによる学習	体験におなじ	最大停止距離を口頭解説
最大停止距離の確認	先行車の急停車	追従走行し、鳥瞰図のリプレイで確認	なし

それぞれの教育ステップを説明する。

.体験型教示

ステップ

先行車が交差点を左折する。その際に、交差点を歩行者が横断していて先行車は急ブレーキをかけ停止する(Fig. 4)。自車は当然ブレーキをかけ止まらなければならないが、安全な車間距離をとっていないければ追突することになる。

このように、自己の運転の危険性を追突事故の体験を通して認識してもらうことが体験型教示方法の狙いである。



Fig. 4 割り込み車の急停車

ステップ

被験者には自分で自分の運転を振り返って考えさせるように質問をした。具体的には

- ・最後の走行(8回目実験(急停車))の際にどのように考え行動したか?
- ・割り込み車はなぜ車線変更をしたのだと思いました

か?

・なぜ割り込み車が急停車したとき追突した(しなかった)と思いますか?

から始まる質問をし、それぞれの回答について「それはなぜですか?」などといって掘り下げていく。そして、その結果から一般的に安全運転するためにはどのようなことを意識していけばよいのかという結論を導いてもらう。

ステップ

実験のはじめに行った反応時間の結果からもっとも遅い反応時間を調べ、その値を元に最大停止距離を算出する。最大停止距離の算出方法は、共通のスライド資料を使い、どの教示方法でも同じ要領で説明した。

その後、ドライビングシミュレータを用いた最大停止距離の学習をする。ここでの学習は、先行車に最大停止距離で追従して走ることで最大停止距離の学習をする。車間距離は逐一発声により知らせ、被験者はそれを参考にして最大停止距離に車間距離を保つ。

ステップ

ドライビングシミュレータを用いて最大停止距離を学習できたかを確認する。まず、最大停止距離を保って先行車を追従してもらう。そして、ところどころで先行車が急ブレーキをかけて止まる。被験者はブレーキをかけ止まるが、

- ・車間距離 > 最大停止距離 安全に停止
- ・車間距離 < 最大停止距離 追突

との関係があり、追突せず止まれるか否かはその時の車間距離が最大停止距離より大きいか小さいかによって決まる。

このように、学習結果を実際に急ブレーキをかけて止まれるか否かを体験することが体験型教示の狙いである。

.客体視教示

ステップ

割り込みのシナリオの割り込み車が割り込んできてはじめての交差点にさしかかった時の速度、車間距離、最大停止距離から危険性を指摘する。その際に、資料として走行実験の様子を上空からの視点で記録した映像を映しながら行う(Fig. 5)。

このように、自分の運転の様子を客体視による表示とその時のデータを元に危険性を認識させる。

ステップ

振り返ってもらう試行は7回目の割り込み試行である他は体験型教示で説明したことと同じく、被験者に自分で考えさせ結論を導いてもらう。

ステップ

体験型教示と同じく最大停止距離を共通のスライド資料を使い説明する。ドライビングシミュレータを用いた最大停止距離の学習も体験型教示と同じである。

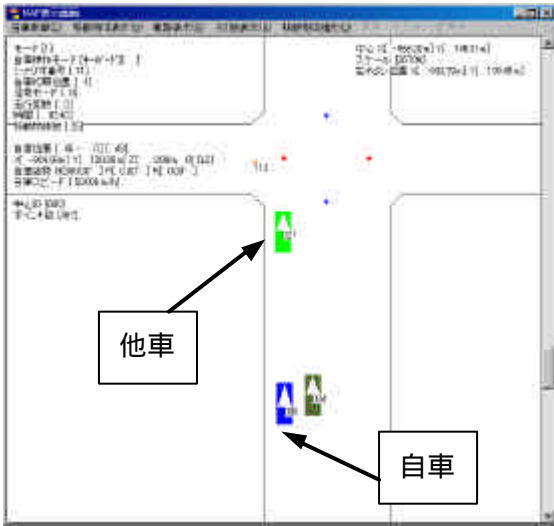


Fig. 5 鳥瞰映像(先行車交差点進入直前)
(映像には「自車」、「他車」の語は表示されない)

ステップ

ドライビングシミュレータを用いて確認する。体験型指示と同様に最大停止距離を保持して先行車を追従してもらう。ただし、確認の時は車間距離は教えない。走行終了後、追従の様子を上空からの視点で記録した映像を映し最大停止距離を保持して運転できていたかを確認する。映像には被験者の最遅反応速度に基づく最大停止距離を示す長さのソフトウェアによる物差しも一緒に映されており、それを基準に車間距離の長短の判断ができるようになっている(Fig. 6)。

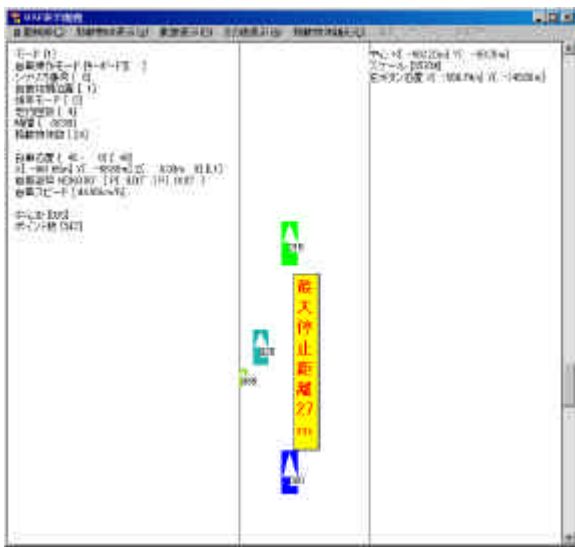


Fig. 6 鳥瞰図(最大停止距離確認画面)

口頭指示

ステップ 【客体視の特徴を省いたもの】

割り込みのシナリオの割り込み車が割り込んでくる最初の交差点にさしかかった時の速度、車間距離、最大停止距離から危険性を指摘する。

ステップ

相手の意図理解の必要性和自分にあった車間距離を知ることの重要性を口頭で解説する。

ステップ

他の教示方法と同じように最大停止距離を共通のスライド資料を使い説明した。

ステップ

一方的に、解説をただで最大停止距離の確認は実施していない。

4 実験

4.1 実験計画

実験は ABsC タイプ (3×2×2) の混合計画に基づき実施した。なお、ABsC などのアルファベット表記の意味は s を区切りとして左側が被験者間要因、右側が被験者内要因を表している。上記の場合、AB が被験者間要因、C が被験者内要因である。

本実験での各要因は以下のとおりである。

第1 要因：教示方法

- 水準 1：体験型教示，水準 2：客体視教示，
- 水準 3：口頭教示

第2 要因：年齢層

- 水準 1：高齢者，水準 2：若年者

第3 要因：教育前後

- 水準 1：教育前，水準 2：教育後

この実験では教育を被験者に施すため、第1 要因の教示方法は被験者間要因とした。第2 要因の年齢層も被験者間要因である。第3 要因の実験前後は同じ被験者を対象とした被験者内要因である。

4.2 被験者と実験手順

被験者の基礎データと実験の流れをそれぞれ Table 3 と Fig. 7 に示す。

Table 3 被験者の基礎データ

	高齢者	若年者
人数	9	15
平均年齢 [歳]	68.2	23.3
標準偏差	3.4	2.7
平均運転経験 [年]	32.2	3.4
標準偏差	11.9	2.0

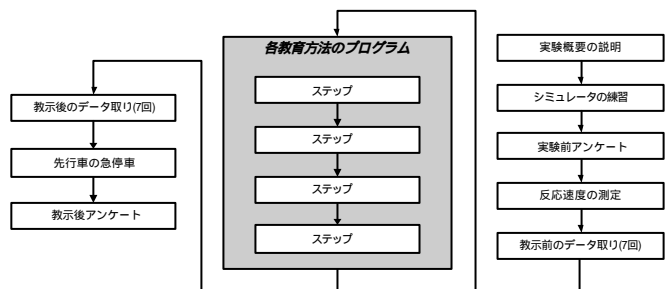


Fig. 7 実験の流れ

5 解析結果

5.1 評価指標

「車間距離」と「車間距離 - 最大停止距離」に着目し、次の5つの評価指標により解析をした。

車間距離の平均値

車間距離 - 最大停止距離の平均値

割り込み後の車間距離の最小値

先行車交差点進入時の車間距離-最大停止距離の値

と の指標は、被験者固有の値で自分の能力に対する適合度を、また は割り込みに対しての対応の速さを表している。

5.2 結果と考察

Fig. 8 に、結果の一例と共に解析区間を示す。

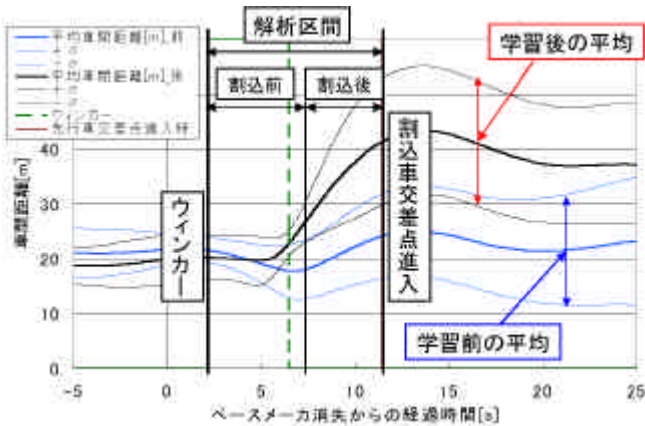


Fig. 8 車間距離の時系列データ【体験・高齢者】

< 車間距離の平均値 >

この指標は、解析区間全体での傾向を見るために設定したものである。年齢層別に教育前後それぞれで、各教示方法における車間距離の平均値を比較したものを Fig.9 に示す。高齢者の教育後の車間距離の平均値は、体験型が客体、口頭と比べて大きな値となっており、体験型が効果があるように見える。実際、分散分析の結果、高齢者の教育後の教示方法の効果は、高度に有意であり、LSD 法を用いた多重比較によれば [体験型教示 > 客体視教示 口頭教示] ($MSe=5.45, p<.05$) となった。しかし、教育前の教示方法間での値を比較すると、既に差があるように見える。実際、教育前は [体験型教示 > 口頭教示] に有意差があり、個人差が無視できない状況といえる。

そこで、教習前後の差に注目する。高齢者では体験型教示で差が最も大きく、客体視教示方法で最も差が小さい。このことから、体験型が最も効果が高いようにも思われるが、検定による有意差は見出せなかった。

一方、若年者においては、客体視教示方法が最も効果が大きく、体験型教示が最も効果が小さいように思われるが、こちらも教育方法に有意な差はなかった。

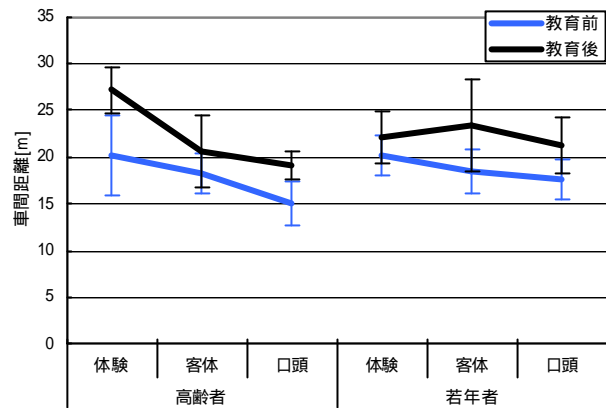


Fig.9 車間距離の平均値

< 車間距離 - 最大停止距離の平均値 >

この指標は、各人のブレーキ反応時間に基づく指標であり各人の能力にあった運転行動がなされているかを表すものである。Fig.10 は Fig.9 と同様に年齢層別に各教示方法での指標の値を平均したものである。指標 と同様の傾向を示している。

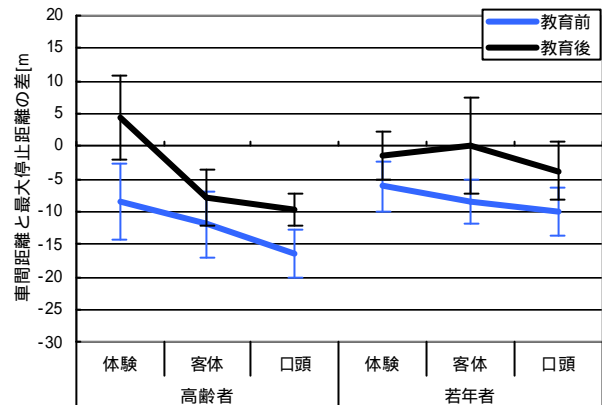


Fig.10 車間距離 - 最大停止距離の平均値

分散分析の結果、高齢者の教育後の教示方法の効果は高度に有意であり、LSD 法を用いた多重比較により [体験型教示 > 客体視教示 口頭教示] ($MSe=14.10, p<.05$) となったが、教育前にやはり [体験型教示 > 口頭教示] ($MSe=14.10, p<.05$) と差が見られ、効果比較が難しい状況となった。そこで指標 と同様に教育前後での差を検定した結果、今度は高齢者においては [体験型教示 > 客体視教示] ($MSe= 19.87, p<.05$) となり、高齢者の教育効果は体験型が客体視教示より大きいことがいえた。なお、若年者における教育方法には教育前後共に有意な差はなかった。

このように、指標 では教示方法間で有意な差は無かったが、指標 の個人に基づいた指標では体験型の教示方法が客体視教示より効果的となった。本稿の教育システムの目的は個人の能力に合わせた運転行動の習得であり、体験型教示はその教育目的に適するものと考えられる。

Fig.10 で注意すべきことは、負の値が多く、車間距離が最大停止距離以下となるケースが多いことである。十分な車間距離を維持した走行の難しさを示しているが、この点には言及しない。

< 割り込み後の車間距離の最小値 >

この指標は、割り込みに対しての対応の速さを表している。なぜならば、割り込み車が割り込みを始めたとき、多くの場合車間距離を確保するため自車を減速し始めるため、割り込み後の車間距離の最小値（多くは割り込み終了直後）が割り込みへの対応の速さを表すことになる。Fig.11 は年齢層別に各教示方法の教育前後の指標の値を平均したものである。高齢者の教育前の体験と客体に差がほとんどないこと以外は指標および 同じ傾向である。

分散分析の結果、教育後の高齢者において、[体験型教示 > 客体視教示 口頭教示] (MSe=8.18, p<.05) だった。一方、高齢者の教育前の教示方法は有意傾向 (p<.10) であり、LSD 法を用いた多重比較によれば [体験型教示 > 口頭教示] (MSe=8.18, p<.05) だった。指標と同様に差の検定をした結果、高齢者において [体験型教示 > 客体視教示] (MSe=43.10, p<.05) であり、高齢者の教育効果は体験型の方が客体より大きいといえる。なお、若年者における教育方法には有意な差はなかった。

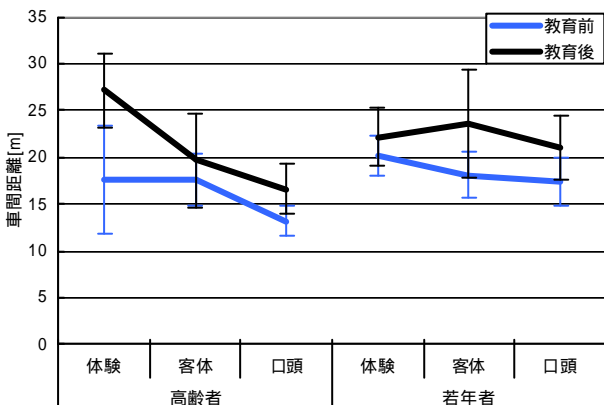


Fig.11 割り込み後の車間距離の最小値の平均値

< 先行車交差点進入時の車間距離 - 最大停止距離の値 >

この指標は、シナリオで最も危険性の高い交差点において車間距離を個人に必要な距離以上とっているかを示す。特に、負の領域は最も危険な地点で必要な車間が取れていないことを表す。Fig.12 が実験の結果を示すが、教育前はすべて負の領域にあり自己の能力にあった車間距離が確保されていないことが分かる。

しかし、教育後は若年者すべてと高齢者の体験型教示がゼロを大きく上回っており自己の能力に合わせた運転ができるように改善されたようである。

分散分析の結果、教育後の高齢者では [体験型教示

> 客体視教示 口頭教示] (MSe=9.56, p<.05) となり、教育前は有意な差が認められず等質であったと判断されることから、体験型が最も効果が高いといつてよい。若年者における教育方法には有意な差はなかった。

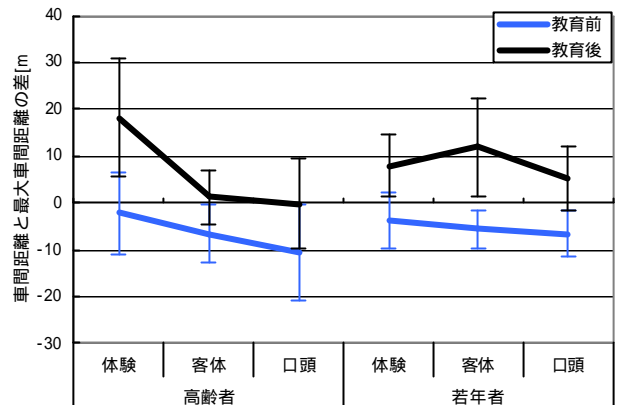


Fig.12 先行車交差点進入時の車間距離 - 最大停止距離の平均値

6 まとめと今後の課題

指標の結果から、個人の運転能力に適した教示という意味で体験型の教示方法が効果的であることがわかった。体験型はドライビングシミュレータの特徴を活かした方法である。更に体験型では、指標の結果より、割り込みに対応してすばやく減速するようになり、自己の最大停止距離の意識と他者の意図理解の必要性を認識した結果といえる。また、の解析結果より、最も事故の可能性の高い交差点において少なくとも自己の最大停止距離以上に車間を空け、自己の反応速度に見合った車間距離を保って走行するようになったといえる。若年者には教育方法の差は見られなかったが、すべての指標で客体視が大きな値を示しており、若年層には客体視教示が効果的である可能性がある。

今後は被験者を増やし、また、更なる検証のために他の状況を設定した実験を行っていく。

参考文献

- [1] 蓮花, 石橋ら: 高齢ドライバーのリスクテイキング行動の研究(), 平成 13 年度研究報告書, 財団法人国際交通安全学会(2002)
- [2] 松木, 永松ら: 自動車運転における進行方向空間保持特性の研究(1), 日本交通心理学会第 61 回大会講演論文集, pp.34-35(2000)
- [3] 蓮花, 石橋ら: 高齢ドライバーへの教育プログラムと支援システムの開発, 平成 15 年度研究報告書, 財団法人国際交通安全学会(2004)
- [4] 交通安全マップ: <http://www.kotsu-anzen.jp/>(2003)
- [5] 社団法人 東京指定自動車教習所協会: 学科教本 警視庁教習課程準拠(2005)