

*JADECL*レポート 2015

高齢運転者の事故防止のための
自動車運転能力「自覚⇔修正」シミュレータの研究

新技術振興渡辺記念会平成24年度上期科学技術調査研究助成

高齢者の自動車運転能力を維持・向上させる
自動車運転シミュレータの教育利用に関する研究
を基にして

平成27年3月

一般財団法人能力開発工学センター

Japan Ability Development Engineering Center

まえがき

本研究は、一般財団法人新技術振興渡辺記念会の平成24年度上期「科学技術調査研究助成」を受け「高齢者の自動車運転能力を維持・向上させる自動車運転シミュレータの教育利用に関する研究」という表題で行った研究を基にして、さらに考察を加えたものです。新技術振興渡辺記念会には改めて感謝し御礼申し上げます。

実施に当たっては、株式会社コヤマドライビングスクールの全面的な協力を受けるとともに、下記の方々のご指導、ご助言をいただきました。記して御礼申し上げます。

(敬称略 役職はすべて当時)

●研究にご協力いただいた方々

株式会社コヤマドライビングスクール	石神井校校長	大久保和之
	〃 指導次長	村田浩章
新潟通信機株式会社	技術部次長	小野崇弘
三菱プレジジョン株式会社自動車システムグループ担当課長		菊池達夫

●ヒアリングにご協力いただいた方々

株式会社コヤマドライビングスクール秋津校
株式会社セガ・ロジスティクスサービス
財団法人日本自動車研究所
三菱プレジジョン株式会社自動車システムグループ

2015(平成27)年3月

一般財団法人能力開発工学センター

理事長 沖村 憲樹

尚、研究には下記のメンバーがあたり、本レポート執筆は榎正昭、矢口みどりが行いました。

矢口 哲郎(研究開発部長) 小澤 秀子(研究開発部主任研究員)

矢口みどり(研究開発部主任研究員) 榎 正昭(研究員)

目 次

はじめに — 研究のねらいと背景—	1
第 1 章 先行研究の調査・分析.....	3
1. 加齢による運転能力の衰えは自覚されにくい	
2. 高齢運転者は経験に対する過信がある	
3. 高齢運転者の安全感覚は個人差が大きい	
4. 高齢運転者の教育訓練の課題	
第 2 章 運転者に自覚させるべきことは何か	
—高齢運転者の事故例の分析から—.....	7
1. 運転行動を分析する視点「測定・判断」「表現」	
2. 事故例における高齢運転者の行動分析	
3. 高齢運転者の事故例の分析(1)	
4. 高齢運転者の事故例の分析(2)	
5. 運転能力として自覚させるべきもの	
第 3 章 運転行動能力の自覚⇔修正を成立させる条件.....	18
1. 行動の修正はどのようにすれば成り立つか	
2. 運転行動能力を自覚するための条件	
3. シミュレータの必要性と求められる機能	
第 4 章 運転行動能力の「自覚⇔修正」シミュレータの提案.....	23
1. 運転装置を持たないシミュレータ	
2. 実写映像の利用	
3. 交差点進入(タイミング測定・判断)シミュレータ	
—距離と速度に対する測定・判断能力の「自覚⇔修正」の方法—	
4. 交差点通過(警戒物測定・判断)シミュレータ	
—道路の状況に対する測定判断能力の「自覚⇔修正」の方法—	
おわりに	30
《参考文献》	33

はじめに

—研究のねらいと背景—

■高齢運転者の運転能力の低下と事故増加の問題

高齢運転者による自動車運転事故の増加は、超高齢社会に入った日本の社会問題の一つとして解決を迫られている。

行政は、高齢運転者の事故原因を加齢による視覚、聴覚、運動能力などの身体能力の衰えや、認知能力の低下によるところが大きいとみて、高齢運転者に運転能力の低下を自覚させ安全運転を指導する目的で、平成10年から75歳以上、平成14年からは70歳以上の運転免許更新者に「高齢者講習」の受講を義務付け、身体機能や認知機能の検査と運転技能の診断を行い、問題のある高齢者には免許の自主返納を促している。さらに平成21年度からは、75歳以上に認知症の検査をする「講習予備検査」を義務付けた。しかしこうした対策にもかかわらず、高齢運転者による事故増加は現在も増え続けている。そこで、高齢者講習による検査・診断を一層厳しくして、免許返納の働きかけを強化すべきだという声が上がっている。

とはいえ公共交通が減少している現在、高齢者が免許返納により移動手段を失うことは、ただ生活が不自由になるというだけではなく、高齢者の社会参加の機会を狭め、更なる能力低下を招くという悪循環を生み出すことにもなりかねない。高齢者を交通社会から一方的に切り捨てるのではなく、高齢者の運転能力を教育訓練によって積極的に改善していくことが必要ではないだろうか。

■高齢者の運転能力は回復できる

我々が行ったヒアリング調査によると、交通行政の関係者の中には「高齢運転者の教育訓練は難しく、効果が上がらない」、「高齢運転者の訓練は運転能力への過信を増長し、かえって危険や事故を増やしかねない」、つまり「訓練は逆効果」という見方があることが分かった。しかし我々は、高齢運転者の運転能力への過信や訓練効果が上がらないという問題は、高齢者の能力の問題としてではなく、高齢者に対する教育訓練の内容や方法の問題として考えるべきではないかと思う。

運転行動の改善は、運転者自身が自分の運転行動の問題点を自覚し、それをどのように修正するかという見通しを持って実際に運転行動を修正することによって可能になる。高齢者講習が始まってからも高齢運転者の事故が増え続けている事実は、現在の高齢者講習ではそれが実現できていないということになる。

■行動を形成する視点から —シミュレータの可能性—

我々はこれまで、産業界におけるさまざまな技術について、その学習のしかたを研究し実践してきた。中高年には無理といわれた新しい技術を要する仕事も、目標とする行動を段階的に学習することによって確実に習得し、意欲的に仕事に取り組むようになる姿を数多く見てきた。教育

(学習)のしかたを工夫すれば、高齢運転者の運転能力の回復についても十分に可能性があると考えている。

本研究は、高齢運転者の運転能力のどこに問題があるのか、また高齢運転者の運転能力の回復はいかにしたら可能になるか、これらの課題に「行動を形成する」という視点からアプローチし、高齢運転者が運転能力の低下を自覚しそれを修正する方策について提案するものである。

行動能力の形成は、その行動が成立するための要素となる行動を、具体的な行動の場において一つ一つ経験し、積み上げることによって達成される、と我々は考えている。その要素行動を訓練するための教具として、シミュレータの効果に着目し研究してきた。高齢者の運転能力の維持、向上という課題についても、シミュレータの利用が道をひらくと考え、この研究に取り組んだ。

第 1 章 先行研究の調査・分析

1. 加齢による運転能力の衰えは自覚されにくい

高齢運転者の事故原因とその対策については、多数の先行研究があるが、その多くは事故の統計や原因分析、もしくは高齢者の身体的、心理的特性の研究である。事故の原因である運転能力の低下は、加齢による身体能力や認知機能の衰えに起因することが指摘されている。

下の表は、高齢者の身体的特性が、運転行動にどのように影響するかを整理したものである。

運転行動に影響する高齢者の主な特性（先行研究における）

加齢による変化	運転行動に対する影響
動体視力が衰える	飛び出しや接近車両など、動きのある物に対する知覚・認識が不正確になる。
暗順応が遅くなる	瞳孔の反応が遅くなり、夜間走行やトンネル入出時の明暗変化への対応が遅くなる。
身体の柔軟性が低下し、可動域が狭くなる	警戒対象に対する知覚・認識が十分にできなくなる。
思考・判断の速度が低下する	知覚・認識から判断までに時間がかかるようになる。
身体の柔軟性が低下し、動作速度が遅くなる	運転操作が遅れたり、時間がかかるようになる。
反射能力の低下	状況の変化に対する反応が遅くなり、運転行動の出だしが遅れる。

さまざまな実験調査の結果、高齢運転者は、視力、視野、聴力、及び瞬間的認知の低下がみられ、事故はそれらの身体能力や認知機能の低下の結果とされている。

加齢による運転能力の低下は自覚されにくい、ということも指摘されている。加齢による身体機能や認知機能の衰えは、ふつう少しずつ現れ、それに伴い行動の仕方が少しずつ変化していくため、自覚しにくい。そのため行動の修正が行われず、しだいに不確かなものとなり、それまでできていたことができなくなっていくと考えられる。

事件事例の分析からは、高齢運転者は「安全不確認」「脇見運転」「漫然運転」など、運転行動の仕方そのものに問題があるという指摘もある。また、安全不確認等の危険運転は、高齢者の日常的な運転場面で起きている例が多く、長い経験からの慣れによるものが多い。事故に至る切迫した状況はめったにないため、「今まで何も起こらなかったから、これからは起こらないだろう」という安易な考えから、それがいかに危険な行為であるかに気がつかぬまま、習慣化していると考えられる。

2. 高齢運転者は経験に対する過信がある

一方、高齢運転者には「経験に対する過信」があるという報告が多い。能力低下があっても事故を起こしていないのは、「経験でカバーしている」からだと考えている。こうした過信が運転能力低下の自覚をさまたげ、その結果、事故を起こすまで気づかないということになる。

少し前のデータであるが、2002年兵庫県警の調査^{注3}によれば、20代から70代の免許更新者のうち、「クルマの運転に自信がある」と回答した人の比率は65歳以上が最も多く、その多くが「事故を起こすのは運転が下手な証拠」だと答えている。

また2008年岩手県立大学が65歳以上に行った安全運転についての自己評価の調査^{注4}でも、「安全運転に自信がある」という答えが50%を越え、「少し自信がある」を含めると90%以上になる。「自信がある」を年代別に見たところ、60代53%、70代56%、80代63%と、年代が上がるほど増加していることも注目されている。

実際、高齢者講習の運転適性検査においても、視力の低下、身体の動きや反応力の低下などを指摘され、そのことを自覚しているにもかかわらず、それを運転能力の低下としては認識しない傾向が見られる。たまたま調子が悪かったと言い訳をしたり、ゲーム機のような検査装置ある(簡易シミュレータ)に不慣れなせいであり、このような機械で診断するのは不当であるという声も出ている。その一方で、診断が人間の判断で行われる場合、診断者個人の判断力に頼るため「客観性がない」として納得しないという状況も見られる。高齢者講習担当の教習所指導員に対して我々が行った聞き取り調査においても、運転の問題点を指摘してもそれを認めなかったり、怒ったりする人がかなりいるということであった。

注3：2002年6月17日兵庫県警発表，無作為に選んだ免許更新者600人（20歳から73歳まで）を対象にしたアンケート調査結果（自動車業界ネットワーク <http://ja.response.jp.com/>より）

注4：元田良孝ほか，高齢者の運転意識と安全のギャップに関する研究，2009年10月交通工学研究発表会論文集(CD-ROM) NO.13

3. 高齢運転者の安全感覚は個人差が大きい

しかし、高齢運転者の全てが危険な運転をするわけではない。他の年齢層に比べると、全体的にはむしろ安全運転であることが報告されている。

交差点に進入する際、接近してくる他車との間隔(gap)を直感的に受容(acceptance)して進入するか否かを判断することをギャップアクセプタンス行動というが、自分の反応力に自信のある若年層が、ギャップアクセプタンス(受容間隔)を距離的にも時間的にも小さくとるのに対し、高齢運転者はゆとりを持って大きくとる。つまり安全志向が高いのである。

にもかかわらず高齢運転者による事故が多く、危険な運転をする高齢者が目立つというのは、いかなる理由からであろうか。

高齢運転者の事故で最も多い交差点における衝突事故と、このギャップアクセプタンスの関係について、多くの実験研究が行われている。高齢者のギャップアクセプタンスは個人差が大きく、実際には危険なのに安全であると間違った判断をする割合が、他の年齢層より多いという実験データ^{注5}がある。

ギャップアクセプタンスは、自車と他車の相対速度、車の条件（形、大きさ、色など）、道路の条件（幅、カーブ、勾配など）、また道路状況（並走する車の有無、混雑など）、走行環境（夜間のライトや道路の照明など）によっても影響を受けることが明らかで、総合的な測定・判断能力が要求される。そのことも個人差を生む理由となっている。

高齢運転者の事故を減らすには、こうした安全感覚に問題のある人を検査診断し、それをいかに修正をするかが課題となる。

注5：細川崇ほか：交差点通過場面における高齢者のギャップアクセプタンスの把握,自動車技術会学術講演会前刷集No.120-09, p7-12

4. 高齢運転者の教育訓練の課題

高齢運転者に運転能力の低下を自覚させ、安全運転の方法を指導する高齢者講習の受講者は、平成25年には年間200万人を越えた。

高齢者講習は、テキストとビデオによる交通安全知識の講義、検査機械による動体視力・夜間視力の検査、簡易シミュレータによる瞬間反応力チェック等の適性検査、そして実車運転による運転能力の診断と指導など約3時間のプログラムで行われている。技術指導や訓練はなく、ギャップアクセプタンスの衰えについても、交差点の安全通行に関する講義の中で注意喚起が行われる程度である。

このように高齢者講習は、検査・診断により運転能力の低下を自覚させ、免許を自主返納するよう促すとともに、高齢運転者が自ら運転行動を修正することを期待している。

しかし、高齢運転者の事故が減少せず、相変わらず増加の一途をたどっている。

高齢運転者の免許自主返納や、運転行動の修正が期待通り進まない原因として考えられるのは、主として、本章1, 2項のタイトルにも挙げた次の2つである。

- ①加齢による運転能力の衰えは自覚されにくい
- ②高齢運転者には経験に対する過信がある

低下している運転能力を回復するためには、運転行動の修正をしなければならないが、しかし、運転能力の何がどの程度低下しているかを自覚できなければ、修正することができない。高齢者講習の効果が上がらない理由は、検査して告知された結果が運転能力の低下とは自覚されないため、修正行動に結びつかないからだと考えられる。

それは高齢者の自覚能力が低いというより、高齢者講習時における検査が、運転能力の低下を自覚させる手段として適切ではないからだ、我々は考えている。高齢者講習時における個々の検査は運転行動の検査ではなく、個別の身体機能の検査であるため、総合的な運転能力の低下としては自覚されないのである。ゲーム機のような検査機で測定した瞬間反応力が低下したからといって、即、運転能力が低下したとは考えにくく、危険度も自覚しにくい。

今まで事故は起こしていないし、何も問題がなかった

という事実の方がより強い根拠となり

⇒運転能力の低下は感じない⇒運転能力を修正する必要があるとは感じない

ということになるのである。

自身の身体能力の低下について自覚し、運転するのは危険と感じながらも、他に交通手段がないため、免許を返上しないという場合もあるようだが、それらの人々も、本当に自分の運転能力

について自覚できているかどうかは疑問である。それは上に述べたように、現在の運転能力の検査が、本当には運転能力を診断することになっていないため、運転能力が低下したと感じつつも、どこをどう修正すべきかについては自覚できないため、修正行動が行われずにそのまま運転し続けることになっていると考えられる。

したがって、高齢運転者の低下した運転能力を修正し回復させるために必要なことは、まず、身体機能を個別に検査するのではなく、運転行動としての検査を行い、自身の運転行動のどこに問題があるのか、その危険性はどの程度なのか、そのレベルを正しく認識させることである。そして、目標とすべき運転行動と自分の運転行動とを比べ、その差を自覚させ、修正の必要性を認識させる必要がある。

では、高齢者に自身の運転能力のレベルを自覚させるための、運転行動としての検査とはどういうものであるべきか。

身体機能のレベルであっては運転能力とは認識できないが、運転行動そのものでも、あまりにも要素が多すぎ、低下していると言われても、どこをどう修正してよいかわからない。運転行動の構成要素であることをはっきり認識できるような行動のまとまりで、それが低下していることが運転行動にすぐさま危険をもたらすと認識できるような行動、運転行動にはそうしたいくつかの要素行動があると考えられる。それを見つけ出して検査する必要がある。

次章ではそれについて、高齢者の事故例における運転行動の分析から考察する。

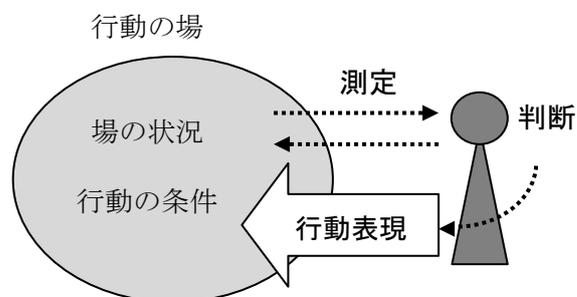
第2章 運転者に自覚させるべきことは何か

—高齢運転者の事故例の分析から—

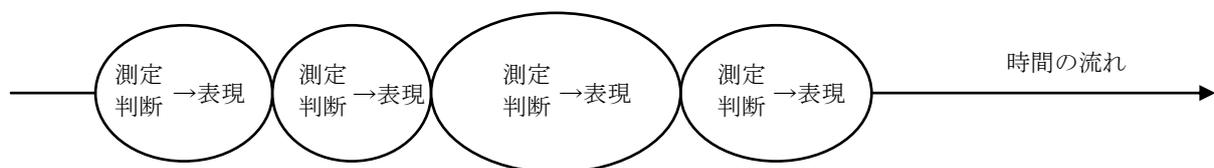
1. 運転行動を分析する視点「測定・判断」「表現」

人間の行動はすべて、それが意識ゼロ（意識していない）の状態で行われている行動でも、脳の中では、行動の場の状況・条件を観察し、測定^{注1}・判断行動が行われ、その結果が身体で具体的な行動として表現される。

注1:ここでいう「測定」とは、脳が行動対象の状況や状態をとらえ認識することを意味する。



人間の行動は、時間の流れの中で展開していて、連続したひとつづきの行動のように見える場合でも、この「測定・判断→表現」で成立する小さな行動の分節の連続としてとらえることができる。場の状況や行動の条件が変われば、すぐそれを測定・判断して、対応する新たな行動表現をするし、その結果、場の状況、行動の条件が変われば、またそれを測定・判断し新たな行動表現をするのである。



たとえば、自動車運転における「道路を直進する」というような一言で表現できるような行動であっても、その具体的な行動は、小さな分節に分けてとらえることができる。それぞれの分節は同じように見えても、全く同じではなく、「道路の形態を見る」「信号を見る」「横断歩道及びその周辺の警戒物を見る」「サイドミラーを見る」そして「先行車との距離を見て速度を調節する」など、運転行動の内容はさまざまである。運転行動をするにつれて、他車との関係など運転行動の場の状況が刻々と変わっていくからである。

運転が適正にできる人は、その場の状況の変化をとらえて測定・判断し、それにふさわしい行動を生み出すことができ、事故を起こした人は、その測定・判断が不適正であったか、もしくは

測定・判断に即応して行動表現する能力が不十分であったとみることができる。

したがって一つ一つの分節の行動と、その行動の対象である場の条件や行動の条件を分析すれば、その行動がどのように行われたかを詳細にとらえることができ、事故に至った場合も、どの時点での測定・判断、あるいは行動表現に問題があったかを読み取ることができる。本研究においても、高齢運転者の事故例における運転行動の「行動分析^{注2}」を行った。

注2：ここでいう行動分析は、心理学でいう行動分析とは異なり、行動の成立要素である測定・判断の内容と行動表現の結果から行動の構造をとらえるもので、40年余にわたりさまざまな技術行動について実践的に検証し確立した当センターの分析方法である。

2. 事故例における高齢運転者の行動分析

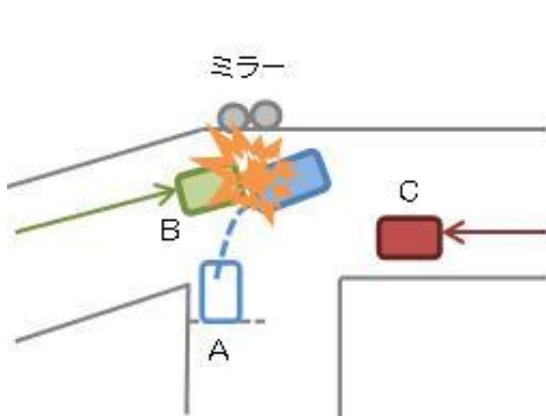
高齢運転者の事故が最も多く発生しているのは交差点（約6割）であり、其中最も多いのが信号のない交差点での事故（交差点事故の6割）である。ここに高齢者の運転能力の問題点が集約され、なぜ事故が起こったか、なぜ安全な運転ができなかったのか、そして運転者の行動に何が不足していたのかが端的に表れると考え、分析対象として選択した。^{注3}

注3：高齢者ドライバーが第一当事者である事故の道路交通環境要因と対策に関する事例的分析（2004 国土交通省国土技術政策総合研究所 池田武司他）より

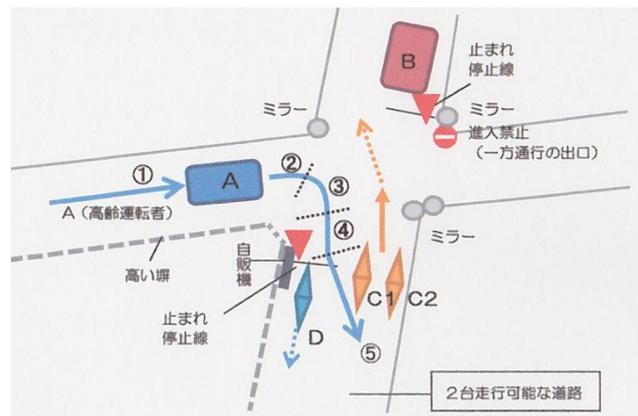
2-1 分析例

分析したのは、信号のない交差点での追突事故と、同じく信号のない交差点内の迷走によるヒヤリハットの2例である。いずれも本研究メンバーが実際に遭遇した事例であり、運転行動と現場の状況を適正かつ詳細に分析できる条件を備えている。

事故例1 T字路右折中の追突事故



事故例2 十字路内の迷走（ヒヤリハット）

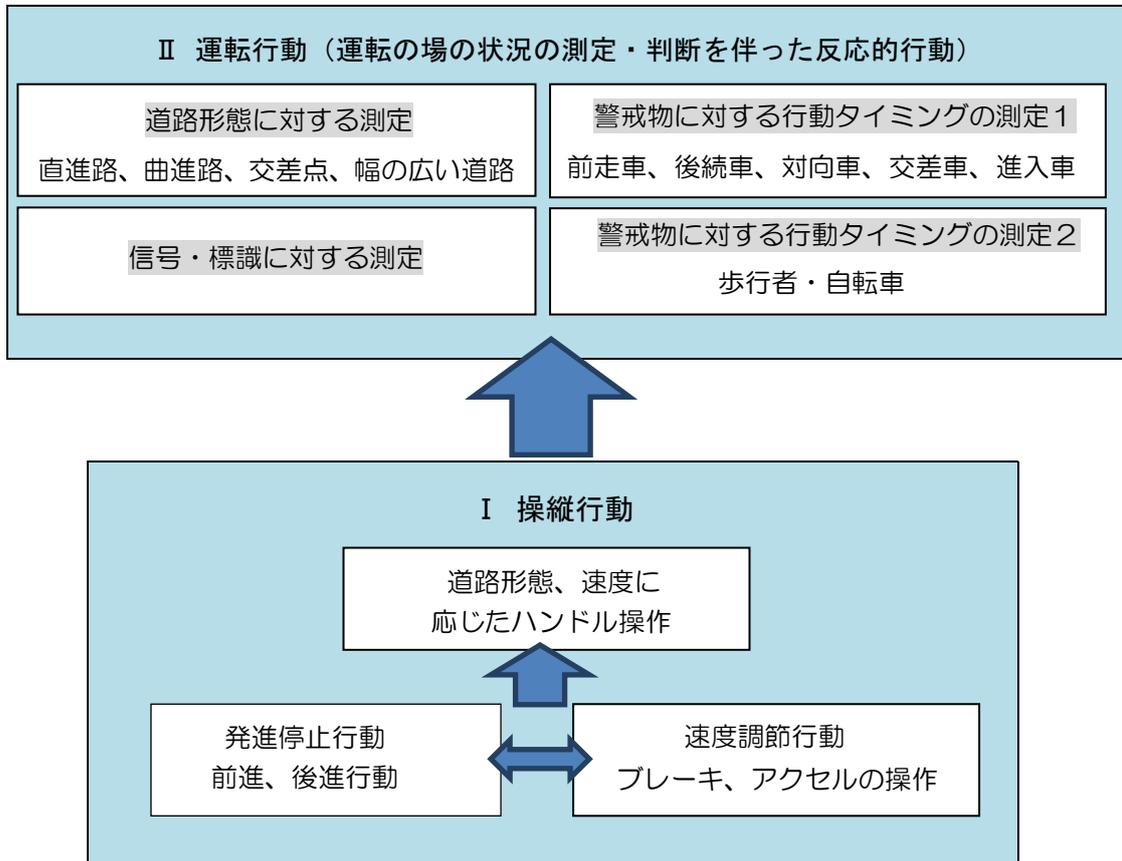


2-2 分析の範囲

つぎの図は、運転行動を構成する要素となる行動と、運転行動の構造の概略を示したものである。

運転行動^{注3}は、図のように、車の操縦行動^{注4}（Ⅰ）の土台の上に、運転する場の状況の測定・判断を伴った反応的運転行動（Ⅱ）が積み上がる構造で成立している。

注3,注4：本研究では、単純に車を動かす行動を「操縦行動」とし、道路の状況などの測定判断を伴う「運転行動」と区別している。



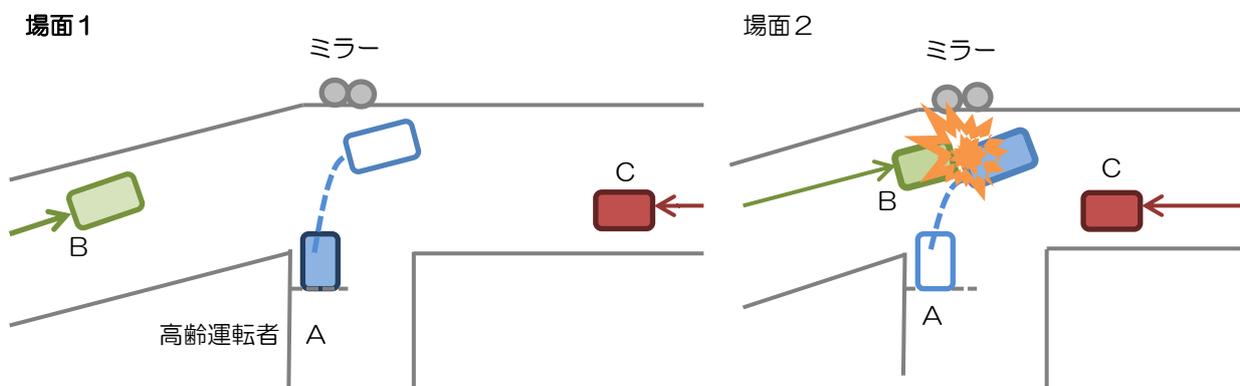
本研究においては、運転経験の長い高齢運転者は、Ⅰの操縦行動、つまり基礎的な操縦能力は十分有るものと考え、Ⅱの運転行動の場における行動能力（状況の測定・判断を伴った反応的運転行動）に絞って分析した。高齢運転者事故の主たる原因は、実際の運転行動の場での状況の測定・判断と、それを具体的な運転行動として表現する反応的行動能力の問題であると考えられるからである。

3. 高齢運転者の事故例の分析 (1)

分析例1 : 信号のないT字路の右折行動で、後続車に追突される

3-1 事故の概要と行動の分節

午後、まだ明るい時間帯における高齢運転者AのT字路右折時の事故で、飛び出したAに対して、左方から来たBが車間距離を確保しきれず追突した例である。この場合Bにも、Aを確認していながらスピードを落とさなかった過失が考えられるが、原因を作ったAの安全確保義務が大きいので、Aの問題としてとらえる。



Aの行動の分節は、下記のようにとらえられる。

分節① 停止線で一旦停止。
分節② 直進道路先端まで出て、ミラーで左右の道路状況を確認。
分節③ 左右の状況を直接確認できる位置まで出て、左から近づくB、右から近づくCを確認。渡り切れると判断し、右折開始。
分節④ 交差点中央まで進入したとき、Bに追突される。(場面2)

分節③は、右折を決定し開始する行動である。この場合、右折の決定と開始をそれぞれ別の分節として分けて分析してもよいが、一緒にとらえた方が運転行動のまとまりとして認識しやすく、測定の意味がはっきりすると考え、ここではまとめてとらえることにした。

右折は、「右折できるかの測定・判断」と「右折のための操縦行動」で成り立っている。分節①、②においては、交差道路に進入する判断を行っていないので、分析は分節③の右折開始の測定・判断—表現、および④の交差道路での右折行動中の測定・判断—表現について行った。

3-2 分節③における測定・判断—表現

分節③の行動を成立させている測定・判断の内容を分析すると、下記ア、イのようになる。
ウは、ア、イの測定・判断の結果を受けて瞬間的に反応する行動表現である。

ア	道路幅を測定、自車が右折して交差点を通過する時間を予測。
イ	・ 接近車両BCの道路上の位置や見かけの大きさの変化から、距離と速度を測定し、交差点進入までの時間を予測。 ・ アとイの時間を比較→ $イ > ア$ なら右折可能(よし)の判断、 $イ < ア$ なら待機の判断。
ウ	右折開始(行動表現)

アの道路幅測定や時間予測は、何メートル、何秒と数値的にとらえられるものではない。経験により自分の身体でとらえた感覚、いわゆる身体尺度である。

イの2つの要素は、瞬時に行われるものである。左右の接近車両の姿をとらえる度ごとに、即、判断が行われ、「右よし」「左よし」の条件がそろったときに、右折開始の決定が行われる。

接近車両に対する測定は、これも数値的なものではない。道路上の位置と車両の大きさの関係から自車との距離をとらえ、だんだん近づき大きくなっていくその変化の度合いから速度を読み取り、交差点進入までの時間予測をする。この時間予測がアの自車が交差点を通過するための時間予測より大きい、つまり余裕があると見たときに右折可能と判断するのである。

さて事事故例の場合は、右折を失敗したわけであるから、ア、イの測定・判断のいずれか、または両方が適正でなかった可能性がある。その「右折のための測定・判断」が適切に出来ない原因は、下記のように分析できる。

アが適正でない場合	自車の交差点通過時間の予測が適正でない。その原因はa又はbもしくはその両方。 a 道路幅=自車の移動距離の測定が正しくない b 自車の行動時間(発進~交差点通過までの移動時間)の測定が正しくない
イが適正でない場合	接近車両に対する測定が適正でない。その原因は、aまたはb もしくはその両方。 a 距離の測定が正しくない b 速度の測定が正しくない

また、もう一つ考えなくてはいけないのは、ウの瞬間的に反応しなくてはならない右折開始の行動表現が適切でなかった可能性である。

ウが適切でない場合	ア、イの測定後の進入決定の判断から動作開始までの時間が遅い。
-----------	--------------------------------

仮にア、イの測定が正しくても、進入決定を判断してから動作開始までに時間がかかると、その間にも接近車両は進行しているため、測定結果との誤差が生じてしまう。ア、イ、ウが一体となって行動できなかつたため、適正な運転行動が生み出せなかつたという可能性がある。

つまり、測定・判断と一体となった反動的な操縦行動ができているかどうか、運転能力として診断すべき要素となるということである。

3-3 分節④における測定・判断—表現行動

連続する行動が適切に行われないのは、直前の分節の行動が適正でないことが原因である場合が多いが、行動の成立の条件を洗い出す場合は、各分節を独立させて考える必要がある。

この事故例の運転者は、分節③で左右から接近する車BとCについて、距離と速度を測定し「右折できる」と判断して右折を開始した。この測定・判断が正しかったとするならば、結果として後続車に追突されることになった原因は、分節④における測定・判断—表現の中にあることになる。

分節④は、分節③の測定により行動設計された交差点右折の走行を具体的に表現するという操縦行動である。具体的な行動の内容は右折の動線を移動するハンドル操作と速度調節である。それを実現するための測定・判断—表現の内容は次のように分析することができる。

	測定 → 判断
交差点右折走行 動線 走行速度	a 道路幅、自車の大きさ（車長車幅）の測定 b 後続車両の接近状態（距離・速度）の測定 c 車両特性・アクセル、エンジン等の調子 d 積載重量（乗せているものの重さ） e その他の要因（運転行動に集中させない状況）
	} → アクセルの踏み量 ハンドルの切り量

運転者による a、b、c、d、e の測定が適正に行われなかったことが、分節④における行動表現を不適正なものにしたと考えられる。事実、この事例の場合は c の車両特性に問題があった。運転していた車両の発進時の加速が悪く、交差点の通過時間が運転者の予測よりも長くなってしまったのである。

車両特性は、常時運転していれば把握できているものであるが、たまにしか運転しなかったり、いつもの車でなかったりすると、その測定が適正に行われない可能性がある。また、高齢者の場合は、体力・感覚の衰えにより、車の特性の測定や、動きの悪くなった車に対応する能力が低化するという事も考えられる。

e のその他の要因とは、a～d のようなハード的な条件以外の、運転行動に集中できない状態、たとえば同乗者との会話などである。運転に慣れている者は、運転行動と並行して他の行動をすることができるし、実際そうしている者が多いが、そのことが運転行動のための測定・判断を誤らせる可能性は大いにある。

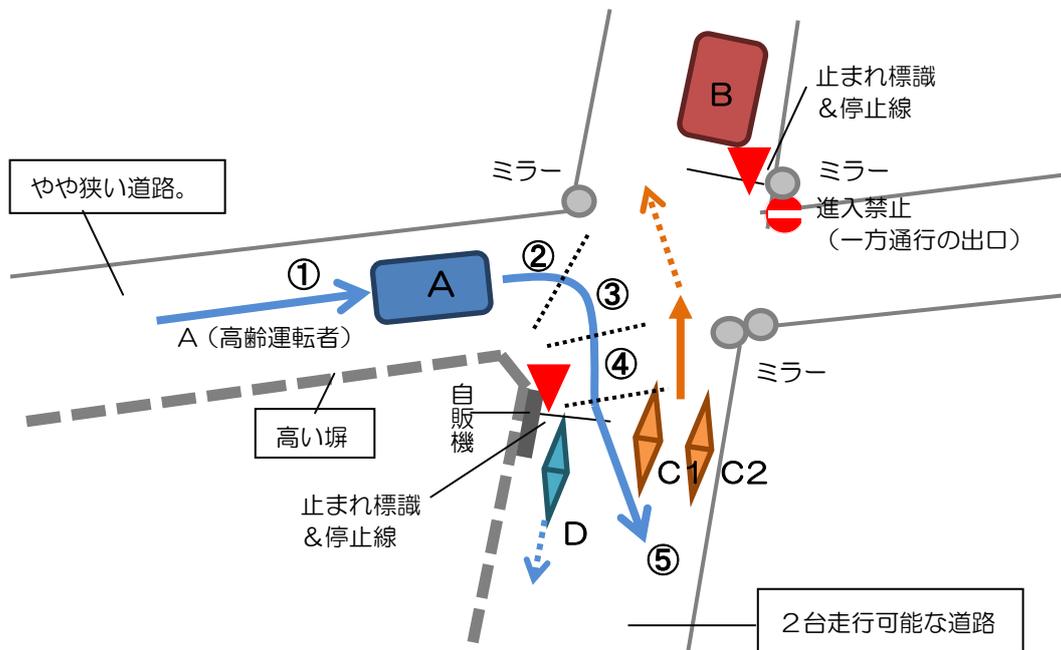
4. 高齢運転者の事故例の分析(2)

分析例 2 : 信号がなく見通しが悪い十字路の右折行動中の迷走

4-1 事故の概要と行動の分節

交通ルール無視の2台の自転車への、高齢運転者Aの対応ミスから生れたヒヤリハット事例である。

Aから見て道路の右側には高い塀（破線）があり見通しが悪い。右折のため進入する交差道路には、2台の自転車C1, C2がゆっくり並走し、交差点内に入ろうとしていた。



Aは、図の青実線のように進行したが、この行動は5つの分節に分けることができる。

分節① 交差点に向かって走行。(約 20k/h)
分節② 速度を落として交差点に進入。
分節③ C1 C2 との接触を避け、交差点中央手前で右にハンドルを切る。
分節④ 道路の右側（対行車線）に進入。
分節⑤ 停車中の自転車Dの直前でハンドルを左に切って左車線に入り、そのまま走り去る。

4-2 運転者の測定・判断行動の分析

行動の分節②～⑤における運転者Aの行動と、Aが行うべき測定・判断は次表のように分析できる。

□は測定の結果、本来行うべきであった判断である。

分節	Aの行動	Aが行うべき測定・判断	その他の測定・判断
②	交差点に進入	<p>< C1C2 と自車の関係 ></p> <p>ア：C1C2の動線と自車の動線の予測 イ：C1C2の交差点中央通過時間の予測 ウ：自車の交差点中央到達時間の予測（中央までの距離と速度から）</p> <p><判断> イ>ウであるため進入不可 → □停止</p>	<p>< Bに対して ></p> <ul style="list-style-type: none"> 停止していることの確認 （道路形状から容易に確認可） <p><交通標識等></p> <ul style="list-style-type: none"> 停止標識、停止線 進入禁止標識
③	交差点内で方向転換、対向車線に入る	<p>< C1C2 と自車との関係 ></p> <ul style="list-style-type: none"> C1C2と自車の距離、方向・速度から、衝突位置および時間の予測。 回避方法の選択 停止 or 進路変更 進路変更は対向車線進入になる → □停止 <p>< Dと自車との関係 ></p> <ul style="list-style-type: none"> 交差点に進入時点では確認可。 対向車線進入で衝突の恐れあり → □停止 	<p><交通ルール等></p> <ul style="list-style-type: none"> 左側走行ルール
④	対向車線を進行	<p>< Dと自車との関係 ></p> <ul style="list-style-type: none"> 自車の速度、D（停止中）との間隔。 そのまま進入を続ければ、衝突必至。 回避方法の選択 → □停止 	<p><交通ルール等></p> <ul style="list-style-type: none"> 左側走行ルール
⑤	車線変更 左車線に戻り 走り去る	<p>< Dと自車との関係 ></p> <ul style="list-style-type: none"> Dの緊急後退により衝突回避。 <p>→ □停止して謝罪、車線変更</p>	<p><交通マナー></p> <ul style="list-style-type: none"> 迷惑をかけた人への謝罪

Aの行動には、②～⑤の各分節において測定・判断ミスがあったことが読み取れる。

4-3 分節②における測定・判断

状況から並んで走る2台の自転車C1C2は、直進し交差点に入ることが予測される。C1C2はゆっくり走っているため、交差点を通過する時間は、20k/h程で走るAの交差点到達時間より短いはずはなく、そのまま進めば交差点中央付近で衝突するのは明らかであるため、Aは一時停止するのが当然の選択である。

にもかかわらず、Aの行動表現は「交差点に進入」である。これは測定・判断ミスというより、

測定・判断がなされていなかったと見るべきだろう。同乗者との会話もしくは脇見運転のため、状況の把握ができていなかった可能性が高い。

4-4 分節③における測定・判断

交差点に進入してしまったAは、C1C2が目前にきており、そのままでは衝突必至である。回避の方法は一時停止か進路変更だが、進路変更の場合は対向車線に入らざるを得ないので、本来ならばこれは選択できない。一時停止とすべきである。

ところがAは進路変更を選択。対向車線を進み、停止線前で停止していた自転車Dと相対してしまった。C1C2との衝突を避けることに集中したため、走行ルールが頭に浮かばず、交差点内に入れば見えるはずの自転車Dの存在にも気がついていなかったことが見てとれる。冷静な測定・判断ができない状態と考えられる。

4-5 分節④⑤における測定・判断

進路変更し対向車線に入った直後、Aは自転車Dの存在に当然気がついたはずである。Dが急いで後退しなければ衝突する可能性のある状況では、即停止すべきであった。

しかしAはそれを選択せず、また速度を落とすこともせずにそのまま対向車線を進み、Dの直前でようやく左へハンドルを切り、本来の左車線に入りそのまま走り去った。

以上のヒヤリハット事例が起きた原因は、始めの行動の場における把握ミスと、それに続き刻々と変化する行動の場に対し、適切な測定・判断ができなかったことにある。最初に停止の選択さえしていれば、この事態は起きなかったと考えられる。途中何度も停止を選択するチャンスがあったのにそれができなかったのは、Aが交差点に誤って進入した後、目の前に次々と展開する場の状況に対して、何の測定・判断もできずに、ハンドル操作のみでこの事態に対応したこと、つまりパニック状態での運転であったからではないかと考えられる。

先行研究においては、高齢運転者の事故には、脇見運転や同乗者との会話等が反応の遅れにつながって起こる例が多いと指摘されているが、この場合も状況から見てその可能性が高く、漫然と進入してしまった交差点で、目の前に急に展開された危機的事態に遭遇し、思考停止状態になったと推測される。

急な事態に反応できずパニックになりやすいということも、高齢運転者の特質としてあげられているが、パニックは「状況が読みとれない」「対応できない」ということから起こる極度の緊張が生み出したものと考えられる。パニックにならないためには、刻々と変化する運轉行動の場に対応するための瞬間的な測定・判断能力、およびその測定・判断の結果を具体的に行動表現する瞬間的反応力が必要だということである。

5. 運転能力として自覚させるべきもの

運転行動を、「運転の場における行動対象、及び行動の場の条件」に対する「測定・判断」と、「測定・判断の結果の行動表現」という視点から分析すると、事故事例1の右折行動には、次の2つの種類の「測定・判断」があることがとらえられた。

A. 関係車両の距離と速度に対する瞬間的測定・判断

B. 道路形態に応じた行動設計(動線など)と所要時間に対する瞬間的測定・判断

これは右折ばかりでなく、交差点における直進、左折、また駐車場内の移動や駐車場から道路に出るときなど、多くの運転行動に共通するものである。

一方、事故事例2の分析からは、交差点通過に欠かせない「測定・判断」のもう一つの類型、Cがあることがとらえられた。

C. 変化する道路の状況における警戒物に対する瞬間的測定・判断

この測定・判断は、場の状況の変化に応じて連続して生まれるものであり、また測定・判断の結果、自分が行動したことによって新たな測定・判断の状況が生まれるという性格を持つものである。

そしてさらに、A, B, Cそれぞれの測定・判断の結果に即応する運転行動としての類型、Dがある。

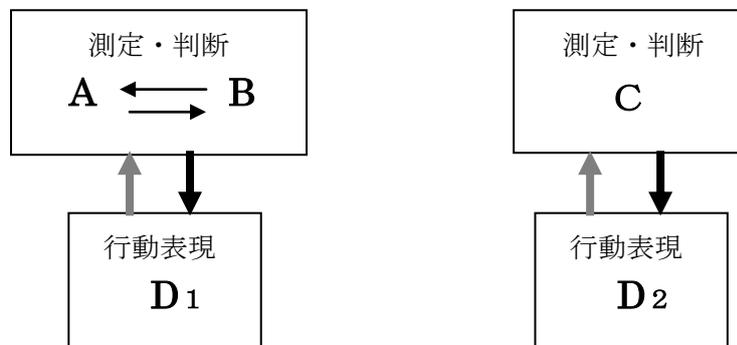
D. 各測定・判断に即応した運転行動の表現(反応的行動表現)

運転行動は、以上のA, B, C, Dの4つの種類の行動によって成立しているといつてよい。

下図は、このA, B, C, Dの4つの関係を整理したものである。

Aの測定・判断が適正であるかどうかは、Bの測定・判断により決まるものであり、また、AとBの測定・判断には、それぞれに即応するDの反応的行動表現能力が左右する。

さらにCの測定・判断が適正であるかについても、Dの反応的行動表現能力がそれを左右している。



自動車の運転事故は、このA B Cの測定・判断が的確でないこと、または、A B Cの測定・判断とDの行動表現が適合しないことから起こっている。

先行研究においても、高齢者の身体的特性は、運転行動を成立させる測定・判断の確実性を低下させ、反応速度が遅くなる傾向にあることが指摘されている。高齢運転者が行動を決定する判断のための測定や、自車の行動時間の予測などは、それまでの運転経験の記憶から生み出されるものであるが、高齢運転者の場合は、自身の予測と実際の行動時間とに誤差がある場合が見られるという実験結果も報告されている。しかしながら、その結果を運転行動能力の自覚⇔修正に結びつけることは、これまで考えられてこなかった。

我々は、高齢運転者が安全に交差点を通過する能力があるかどうかは、このABCの測定・判断が的確であるかどうか、また、ABCの測定・判断とDの行動表現がマッチしているかどうかを検査することによって診断できると考えている。なぜなら、これらABCDは単なる身体機能ではなく、運転行動を構成する要素となる行動であるため、高齢者自身が自分の運転行動能力として客観的にとらえることができるからである。ABCDを検査することによって、その能力のレベルを運転者自身が自覚することができれば、それが修正行動に結びつくと考えている。

2つの事故事例からとらえられたA, B, Cの測定・判断とその行動表現Dは、安全な運転行動を行う上で、ほとんどの場合に共通して存在するもので、安全な運転行動を行うための最も基本的で重要な要素であると言えよう。

したがって、このABCDの能力レベルを高齢運転者に自覚させることが、確実かつ簡便にできれば、高齢者の安全運転能力の修正に大いに貢献できると考える。

このような基本的で重要な測定・判断とそれに即応する行動表現は、事例を変えて分析すれば他にも存在するであろう。しかし本研究の目的はそれを見つけることではなく、高齢者の運転能力の自覚⇔修正への取り組み方を明らかにすることであると考える、ここで明らかになったABCDの能力を運転者にどう自覚させ、どう修正させるかという課題に絞って研究を行った。

3, 4章は、そのプロセスとそれに基づく提案である。

第3章 運転行動能力の自覚⇔修正を成立させる条件

1. 行動の修正はどのようにすれば成り立つか

1-1 行動は、脳が行動のしかたを記憶することで成立する

行動の修正を考えるためには、行動の修正とはどういうことであるかを押さえておかなければならない。それにはまず、人間が行動できるようになるためのメカニズムをとらえる必要がある。これには脳の働きが大きく関わっているが、脳については近年目覚ましい速さで研究が進み、行動の成立過程についても解明されつつある。

人間は、行動するという意味ではほとんど何もできない状態で生まれてくる。そして生まれて以後、行動したことを脳が記憶するという方法で、少しずつ行動のしかたを獲得していく。厳密に言えば、行動をしたときに働いた脳-神経系の回路に起きた興奮（電氣的刺激）の状態が、行動をした後にも残る、それが行動のしかたの記憶なのである。

つまり「行動をすることによってその行動ができるようになる」ということである。^{注1}

注1： 運転行動の例で言えば、自動車の運転ができるようになるには、実際に運転行動を経験しなければならない。なぜなら、文字を読んだり話を聞き、言葉で覚えたときに働いた脳-神経系の働き方や、そのことをしようと意識したときに働いた脳-神経系の働き方と、実際にその行動をしたときの脳-神経系の働き方は全く違うからである。(次ページ図1, 2参照)

行動ができるようになるには、その行動を成立させる脳-神経系の働き方を経験する必要がある。安全に運転する能力は、実際に安全に運転するための行動を経験して、その時に働いた安全に運転するための脳-神経系の働き方を記憶することによって成立する。安全運転の方法の説明を聞いても、安全運転の行動の仕方を解説した文章を覚えても、安全運転行動は成立しないということである。言葉で覚えても行動にはつながらない。安全運転をしようと意識しても、安全運転行動は成立しないということである。

行動するための記憶は、その行動を1度やればできるというものではない。最初はたいてい失敗する。そのときは失敗した行動の記憶ができる。その失敗行動を、目標行動のイメージに向かって修正していくことにより、だんだん目標に近い行動ができるようになり、やがて目標行動と一致した行動ができたとき、そのときの成功による感情的興奮によって、成功の記憶が残る。その記憶を頼りにさらに行動を繰り返すことにより、成功の記憶はだんだん強くなり、「できる」ということが確実にようになっていく。その記憶が繰り返し使われることにより、記憶を引き出す連絡機能が高まるためだと考えられている。

こうしてできるようになってしまうと、失敗の記憶は薄れていく。一度できるようになってしまったことをわざと失敗するのが難しいのは、そのことを示している。使われない回路は、その記憶を引き出す機能が悪くなり、やがて出てこなくなる。

1-2 行動の修正のプロセス

行動の修正というのは、前の行動の記憶を直すということではなく、新たな行動の記憶をつくるということである。一回つられた行動の記憶というのは消されることはない。行動が修正されるということは、新たな行動の記憶が形成され、それが何度も繰り返し使われ強固になることにより、前の記憶が引き出されなくなった状態のことである。

図1 文字を読んだとき、話を聞いたときの脳の活動

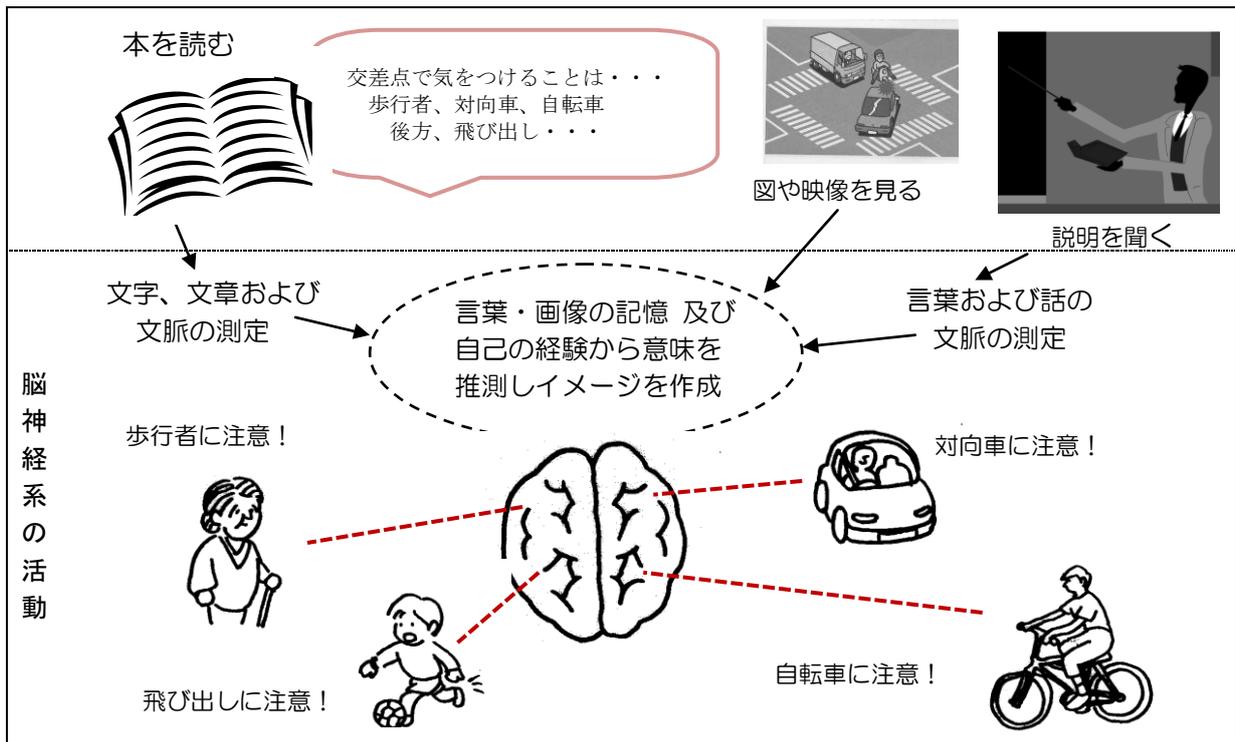
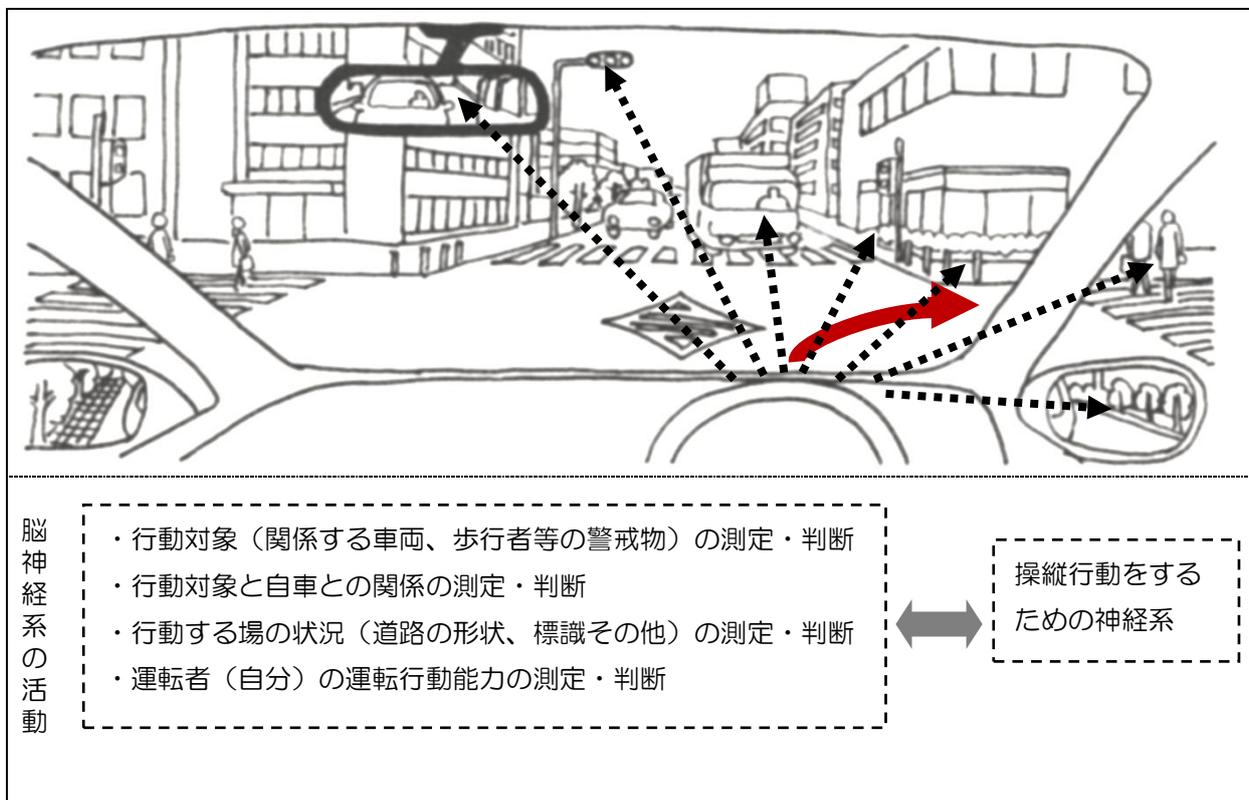


図2 運転行動をしたときの脳の活動



したがって効果的な行動の修正は、論理的にはおよそ下記のようなプロセスが必要と考えられる。

- ① 修正すべき内容を自覚する
 - a. 本来あるべき目標行動を把握すること
 - b. 自分の行動のレベルを目標レベルと比較して、違いを自覚すること
- ② 目標に向けて行動を修正する

②の修正行動への動機づけとなるには、bの「自分の行動のレベル」がaの「本来あるべき目標」に及ばないこと、そしてそのままでは困った事態が発生する可能性があるということを実感することである。運転行動の場合は、事故もしくはそれに近い危険な状況を生む可能性が高いことを認識するということになる。

修正行動が確実に成立するためには、このa、bの内容が明確である必要がある。これが明確であればあるほど、修正はしやすいということになる。

また、②の修正行動がきちんと行われるためには、行動の場づくりの工夫と、修正ができたかどうかのチェックが重要になる。

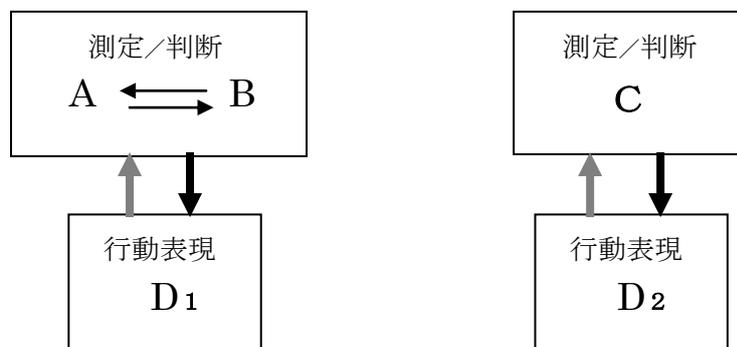
《参考文献》

- 「海馬一脳は疲れにくい」池谷裕二、糸井重里 朝日出版社 2002年
「すべては脳からはじまる」茂木健一郎 中公新書ラクレ 2005年
「記憶のメカニズム」高木貞敬 岩波新書 1976年
「自動車運転システムに関する研究」矢口新 能力開発工学センター研究紀要 1971年
「学習システムと行動分析」矢口新 能力開発工学センター研究紀要 1975年
「脳はどのようにして行動のモデルをものにするか」矢口新 能力開発工学センター研究紀要 1984

2. 運転行動能力を自覚するための条件

安全な運転行動を行う上で共通する最も重要な行動の要素を、2章では下記のようにとらえた。

- A. 関係車両の距離と速度に対する瞬間的測定判断
- B. 道路形態に応じた動作・動線と所要時間に対する瞬間的測定判断
- C. 変化する道路の状況における警戒物に対する瞬間的測定判断
- D. 各測定判断に即応する運転行動の表現（反応的行動表現）



運転行動は、A、B、C、Dおよびその他の必要な行動能力の総合として成り立っている。しかし運転者は、それを意識することなく運転している。運転能力が低下していると言われる高齢運転者たちは、それぞれのどの要素がどのように低下しているのかということに気づいていないのである。そのため、自分の行動をどう修正してよいか分からない、だから修正できないのである。

このA、B、C、Dの能力を検査し、高齢者に自分の運転能力のレベルを自覚させるためには、下記2つの条件を満たす必要がある。

- ①A、B、C、Dそれぞれが運転能力の重要な要素であり、それぞれが関係しあって安全な運転行動を生み出しているということが実感できるようにすること。
- ②自分のA、B、C、Dそれぞれのレベルを、個別に自覚できるようにすること。

A、B、C、Dの各要素は、別々に診断することが必要であるが、しかしその関係を認識させなくてはならない。そのことによって、運転者自身は、自分の運転能力の何が低下しているのかを自覚し、その修正行動の必要性を感じるようになる。自覚することによって、はじめて自分の運転行動能力を客観的にとらえることができ、それが修正行動に結びつくのである。

3. シミュレータの必要性と求められる機能

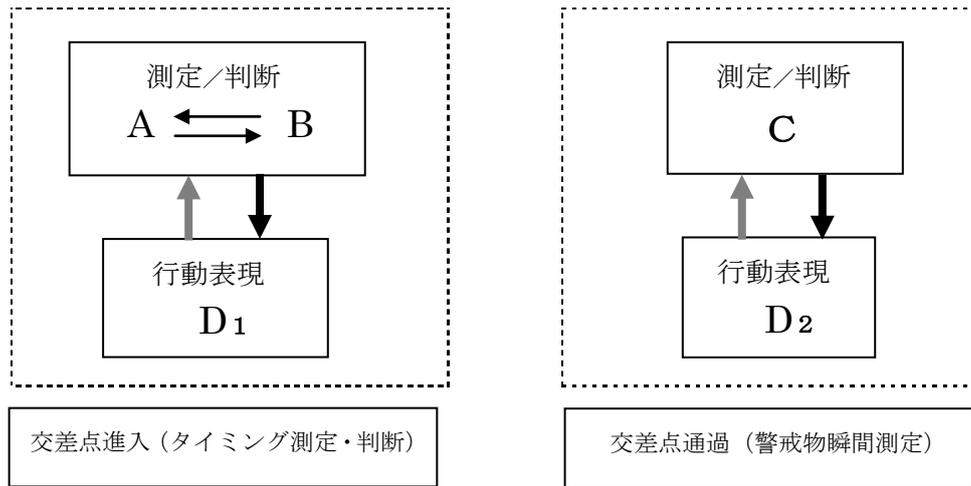
①②の条件を満たすためには、現実の運転行動としての測定・判断を行うことができる場が必要である。しかし、実際の運転行動の場である一般道路や自動車教習所構内でそれを実施することができない。

その理由は、一つは安全性の問題であり、もう一つは、現実の運転行動の場は、A、B、C、Dそれぞれの要素を同時に働かせなければならず、各要素の能力レベルをそれぞれ個別に自覚することができないということである。(A、BあるいはA、BとDを組み合わせるということもできない)そこで、シミュレータ^{注2}が必要となる。

注2：現実の現象や物体を模擬的に再現する機能を持った装置、ソフトウェア、システムなどのこと。対象から特徴的な要素を抽出してモデル化し、コンピュータなどを使って模擬的に再現したもので、実物を使わずに様々な条件下での実験や訓練などを行なうことができる。(IT用語辞典 e-Words より)

それぞれの判断・測定と行動表現能力が、運転行動を構成する要素であることを自覚させるためには、その判断・測定および行動表現の能力をそれぞれ自覚させるとともに、それらで構成された運転行動とを結びつけるような場を準備する必要がある。

本研究では、次ページの図のようにA、B、Dで構成された場として「交差点進入」、C、Dで構成された場として「交差点通過」を設定し、運転行動能力の自覚⇔修正を実現する条件を満たすシミュレータを構想した。



また、自分の行動のレベルを自覚させるためには、シミュレータの機能としては、下記①～③が必要であると考えた。

① 測定・判断行動を行ったそのときに、すぐそのレベルが自覚できるようにする

測定・判断およびその結果を表現する行動能力のレベルは、その能力が使われたそのとき、或はできるだけ早く、それが関連づけられて、自覚されるようにしなければならない。後になって「あのとき、〇〇ができていなかった」「できなかったのは、△△に対する測定が十分でなかったからだ」と、他人から指摘されても本当の自覚にはつながらない。行動したその時に自分で「これではダメだ、危ないぞ」と気づき、すぐ行動の修正につなげられるようにする必要がある。

② 測定・判断能力は、実際の測定・判断に必要な感覚として自覚させる

交差点通過に必要な測定・判断の対象となる道路の形態、交通の状況などは、出来るだけ実際に近いリアルな感覚で測定判断させる必要がある。

③ 必要とされる測定・判断のレベル（目標値）を実感させる

この目標値は必ずしも固定した数値ではない。事件事例1における関係車両に対する距離・速度の瞬時的測定判断能力のように、その適否は自身の行動表現の能力との相関によって決まる。運転者が意識として持っている測定・判断と、運転行動として実際に表現する測定・判断に生じるその誤差を自覚させ、安全に運転するために必要な測定・判断のレベル（目標値）を認識し、そこへ近づけるための修正が必要であることを感じさせるということである。

次の4章では、以上の条件に添って構想した2つのシミュレータを紹介する。

第4章 運転行動能力の「自覚⇔修正」^{注1}シミュレータの提案

注1：自覚と修正を両方向の矢印で結んだのは、被験者(運転者)が測定・判断能力を検査し、その結果を自覚して修正を繰り返す循環を意味している。

1. 運転装置を持たないシミュレータ

ここで提案するのは、下記2つのシミュレータである。

交差点進入(タイミング測定・判断)シミュレータ

交差点通過(警戒物測定・判断)シミュレータ

いずれも、運転装置(アクセル、ブレーキ、ハンドルなど)を持たない。パソコンと映像モニター、それに被験者(運転者)がプログラムの選択、映像の開始、発進、停止のタイミングなどを入力するコントローラー(またはキーボードやマウス)で操作するもの考えた。運転行動における測定・判断能力のみを抜き出して検査・診断(自覚)できるようにするためである。

自動車運転シミュレータには、様々な道路環境の走行体験、ヒヤリハットの模擬体験、あるいは運転技術の総合的診断を目的にする場合など、本物の車と同じ運転席や運転装置と、運転操作と連動する映像が必要な場合がある。

しかし本研究のように、交差点への進入タイミングの測定・判断や、交差点通過における警戒物に対する測定・判断について、それが適正であったかどうかを診断する場合、問題が測定・判断にあるのか、あるいはブレーキ遅れやハンドル操作ミスなど操縦行動にあるのか、それともその両方に原因があるのか、切り分けて調べなければならない。

そこで操縦行動を切り離して、測定・判断行動の診断と自覚⇔修正に目的を絞る、映像だけでシミュレートする「運転装置のないシミュレータ」を構想したのである。

2. 実写映像の利用

測定・判断の対象となる画像提示は、コンピューターグラフィックではなく、実写映像の利用を選択した。運転者に自身の測定・判断のレベルを自覚させるためには、実際の運転行動に限りなく近い感覚として自覚させる必要がある。その条件を実現するためには、測定・判断の対象となる場合は、実写映像の利用が望ましいと考えたのである。

我々は、測定・判断の対象となる左右の道路状況の映像を、被験者(運転者)の左右に設置したモニターに映し出し、被験者がその映像から接近車両の距離や速度を測定して、交差点に安全に進入するタイミングを判断することができるかどうか、簡易的な実験を行った。(次ページ図参照)

シミュレータの映像は、実車による現実の見え方に近づけることはできるが、全く同じにすることは難しかった。接近する車両の映像は、撮影に使用するレンズの画角や再生するモニター画面の大きさによって、現実とは距離感や速度感が異なったからである。

しかし実時間は現実と全く変わらないため、現実と映像の違いによる違和感はなかった。被験者(運転者)の脳が映像と現実を関係づけ適応させるからであろう。従って現実の交差点におい

て実際に測定・判断を行う場合と同じように、映像によっても交差点進入タイミングの測定・判断ができることが確認できた。



警戒物に対する測定・判断については、自車の移動による状況の変化がとらえられる映像が必要であり、右の写真のような運転席の位置からの映像が望ましい。



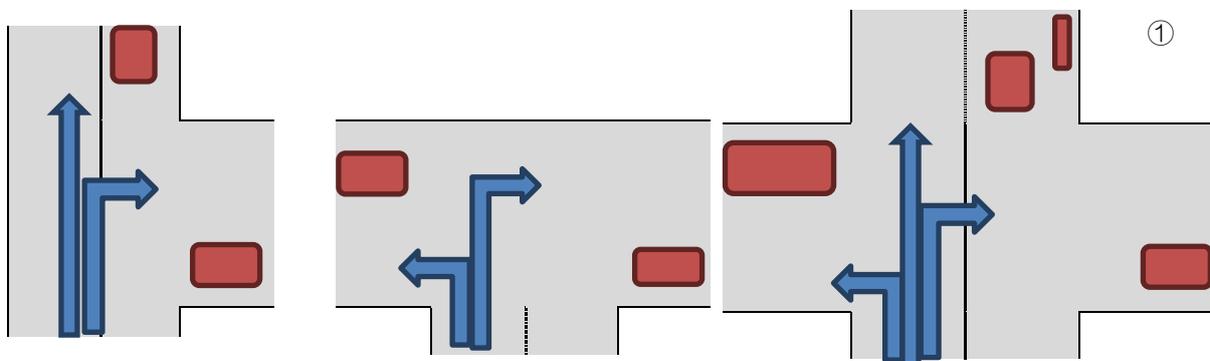
3. 交差点進入（タイミング測定・判断）シミュレータ

—距離と速度に対する測定・判断能力の「自覚⇔修正」の方法—

以上の結果から、我々が、距離・速度に対する測定・判断能力を「自覚⇔修正」するためのシミュレータ（検査装置）として構想したのは次ページ図のようなものである。

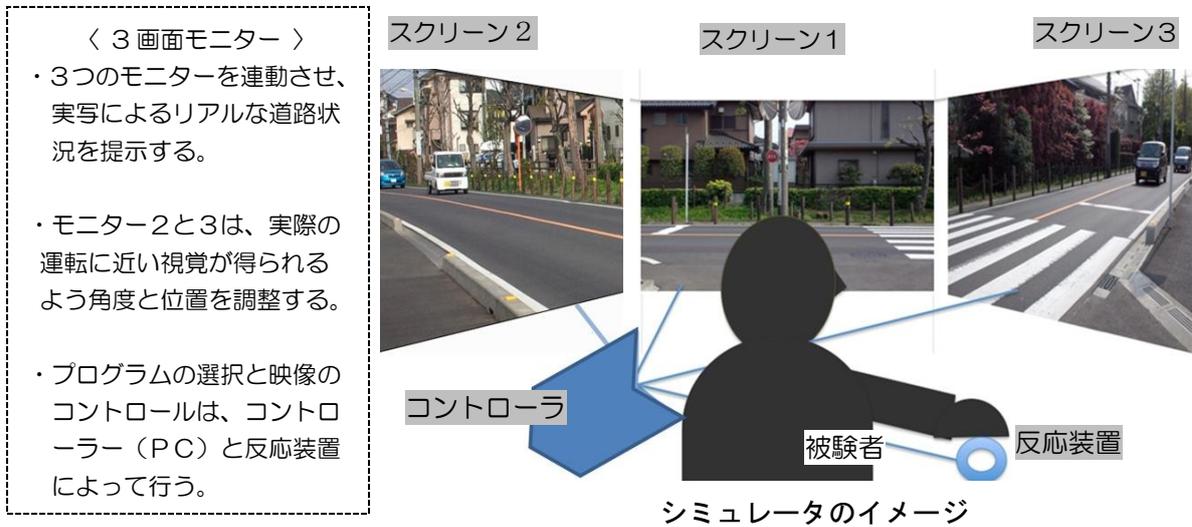
行動対象とする場は、信号のない交差点で、車両以外の警戒物はないものとした。下記のような多様な場をそれぞれ複数準備し、運転者の測定・判断の傾向が測れるようにする。

- ・道路の形態 ①T字路-1 ②T字路-2 ③十字路 ④その他
(手前がカーブしている交差点、屏などで見通しの悪い交差点等、多様な条件の交差点含む、道路の幅各種)
- ・相手車両の種類 ①小型車 ②中型車 ③大型車（バス、トラックなど）④軽車両
- ・運転行動の種類 ①直進 ②左折 ③右折



交差点進入（タイミング測定・判断）シミュレータ

～距離と速度に対する測定・判断能力を「自覚⇔修正」するためのシミュレータ～



- | | |
|------------------|---|
| ① 実写映像による道路状況の提示 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 左右から接近する複数車両が次々に交差点を通過する実写映像。車間距離、速度、車体の大きさ、混み具合など条件の異なる様々な事例を用意。 ・ 交差点の形態、道路巾、道路環境等が異なる事例も用意。 ・ 検査診断モードと自覚修正モードが選択できる。 ・ 事例選択と提示順序はプログラムで行う。 |
| ② 被験者の反応 | <ul style="list-style-type: none"> ・ モードとプログラムを選択、映像をスタートさせる。 ・ 交差点進入開始時点（今だ！というタイミングの判断）を反応装置でコントローラ（パソコン）に入力する。（入力にはキーボード、マウス、あるいは専用の押しボタン又は フットスイッチなどを使用する） |
| ③ 被験者の反応後の処理 | <p>進入時点（タイミング判断）の入力と同時に時間計測を開始、被験者が交差点を安全に渡りきる行動時間（PCへ事前入力）が過ぎると画像が自動停止。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 「検査診断モード」では、 <ul style="list-style-type: none"> 渡りきるまでの行動時間 < 接近車両が危険距離に至るまでの時間 ⇒安全と判定 渡りきるまでの行動時間 ≥ 接近車両が危険距離に至るまでの時間 ⇒危険と判定 時間差により5段階判定。集計により危険度合いの診断ができる。 ・ 「自覚修正モード」では、手動操作で修正行動を行うプログラムを用意。 |

距離や速度に対する測定・判断能力を自覚・修正させるためのプログラムは、次ページの表のように3段階で実施する。

シミュレータによる距離（位置）・速度（時間）に対する
測定・判断能力の自覚のプロセス

	段階	被験者の行動のプロセス
1	○事前に、交差点を安全に渡りきるまでの行動時間を実車で測定 ○時間（秒）を PC に入力	○映像に近い条件の道路で実車を運転し、進入可を判断した時点から渡りきるまでの行動時間を実車で計測し、その値を PC に入力する。 （「検査診断モード」では、教習所指導員など第3者による計測が必要）
2	○実車映像で交差点進入時点を判断して、入力	○車両が交差点を連続して通過する映像を見て、交差点進入を可と判断する時点を反応装置で PC に入力する。 （事前入力した交差点通過に要する時間と、接近車両があらかじめ設定した危険距離に入るまでの時間を PC が計算、診断結果を記録、表示する）
3	○1と2の時間差で測定・判断能力を診断 （システムによる診断及び自己検証）	（診断結果が表示された後で） ○「自覚修正モード」では、プログラムの指示で次のことを行う。 ・渡りきるまでの行動時間と、接近車両が危険距離に入るまでの時間を自己検証する。 ・危険判定の場合は繰り返してトライし、原因を調べ修正して、確実に安全なタイミングの目安をつける。 ・車両の条件や道路環境等の違いが、測定・判断にどのように影響するかを調べる。

3の段階で、測定・判断が適正でないと診断された場合は、接近車両に対する測定・判断の目安を修正して再挑戦するようにすれば、運転行動の修正につながる。

2の段階を先に行うこともできる。先に映像による進入可・不可の測定・判断を一通りした後で、被験者（運転者）が実際に交差点を渡りきる行動時間を計測、入力し、先に行った進入判断が適正だったかどうかを診断する。この場合は、接近車両だけでなく、運転者自身の行動時間（交差点に進入し右折が完了するまでの時間）の想定についての可否が関わるため、自覚⇔修正のプロセスが増えることになる。

距離、速度に対する瞬間的測定・判断能力には、交差点通過以外にも、車線変更や追い抜きなど、後方から接近する車両への測定・判断もある。その場合はシミュレータに後方道路の映像を追加することで、同様にして、測定・判断の自覚⇔修正が可能である。

4. 交差点通過（警戒物測定・判断）シミュレータ

—道路の状況に対する測定・判断能力の「自覚⇔修正」の方法—

4-1 シミュレータ設計の条件

道路の状況に対する測定・判断能力については、1、2項の内容に加えて、事故例2における測定・判断の分析を土台にして、検査と自覚・修正方法を考察した。

事故例2の運転者は、道路状況に対する測定・判断の機会が5回あった。それらはいずれも、

運転者の行動をきっかけとして他の車両の動きが発生し、そのことにより場の状況が変化して、新たに測定・判断を必要とする状況が生まれたのである。もし運転者がどこかで停止を選択していれば、その後の状況もまた違うものになったと思われる。「前進するか」「徐行するか」「停止するか」「方向変更するか」、その判断は、対象とする警戒物の動きによって決まってくるのである。

運転者は運転行動の場の様々な警戒物（信号、歩行者、自転車、自動二輪車、前走車、後続車など）に対しての測定を行うが、その行動を決めるのは最優先すべき警戒物に対する測定・判断である。その警戒物の存在と動き方が、いかに自車の進行に関わってくるかで、「前進するか」「徐行するか」「停止するか（停止し続けるか）」「方向変更するか」を判断し行動を選択する。そしてその警戒物と自車の関わりが無くなった時点が、次の測定・判断の開始の時点であり、基本的に運転行動はこの連続で進行する。複数の車線が交錯する交差点は、まさしくそうした行動の集合といってよい。

したがって、こうした道路の状況に対する測定・判断能力については、交差点における警戒物の状況変化に対応する被験者（運転者）の行動選択の適否によって、そのレベルを診断することができると考えた。同時にそれは、被験者が行動選択の正しさを再確認すること、あるいは行動選択の誤りを自覚しそれを修正することでもある。

この場合、運転者の行動選択は、場の状況に対して瞬間瞬間に連続して行わなければならない。そこで被験者の測定・判断の対象となるシミュレータの映像は、瞬間的測定・判断の適不適が明確に診断できるように、あらかじめ測定・判断をするポイントをプログラムで設定し、そこで画面を停止し、制限時間内に「前進」「徐行」「停止（停止し続ける）」「方向変更」の行動を選択させることを基本モードとする。その他の機能についてはアイデア次第、プログラム次第であるが、基本モードでは、操作に慣れない間は映像の再生速度を遅くしたり、各ポイントの解説画面を閲覧できるようにしておく。

なお、映像は乗用車の運転席から見た前進映像だが、ユーチューブのドライブレコーダの映像から測定・判断が必要な場面を抜き出して使用することなども検討する。

プログラムには「基本モード」のほかに、「検査・診断モード」と「自覚⇔修正モード」の二つのモードを設け、選択できるようにする。検査・診断モードでは、提示された時間内に正しい行動が選択できたか、間違った選択をしたか、または反応できなかったかを検査し記録する。いくつかのプログラムを用意し、診断はそれらの結果を総合して行うようにする。

自覚⇔修正モードでは、被験者が自分の運転を検討できるよう、行動結果の再現、事例の再提示による再試行、単位行動ごとの反復提示反復試行ができるようにする。なお、画面の提示速度は実時間を基本とする。実時間に対応する測定・判断に意味があるからである。

4-2 交差点通過（警戒物測定・判断）シミュレータの概要

以上の構想をシミュレータとしてイメージ化したのが、次ページの図である。映像によるシミュレーションは、プログラムと映像を一台のタブレットパソコンに収納して使用することが可能であり、運転者が自宅で自己診断することができるものとして考えた。

交差点通過（警戒物瞬間測定・判断）シミュレータ（イメージ） ～道路の状況に対する測定・判断能力を「自覚⇔修正」するためのシミュレータ～



○交差点通過の一まとまりの運転行動を提示。
基本モードでは、行動を選択するポイントで画面を停止し、行動（前進、徐行、停止、方向変換）を選択させる。
（写真は被験者から見た交差点右折の例）

○事例は単純なものから複雑なものへと難易度別にして、能力に応じて選択できるようにする。

○刻々と変化する道路状況を測定・判断して、被験者が進行・停止をボタンで入力することにより進むパターンと、シミュレータが自動で連続提示するパターンを選択できるようにする。

○「検査診断モード」では、始動後、被験者が画面の状況を測定・判断し「停止」を入力すると、画面が停止し、判断の適否が音声または文字で表示で示され、その後すぐ自動的に連続提示に戻り、進行する。

○「自覚修正モード」では、被験者による停止の入力、適否の診断の後、「つづきを提示」「同じ場面を再提示」「最初から再提示」などを選択できる。また「映像の手動送り」（前進・後退）機能によって、前後自由に動かし、場の状況を調べることができる。



なお、次の表は、交差点通過シミュレータを使い運転者の測定・判断能力を「自覚⇔修正」するプロセスである。

シミュレータによる道路の状況に対する測定・判断能力の自覚のプロセス（例）

段階	被験者の行動のプロセス
1 警戒対象を読み取り、 運転行動を選択	<ul style="list-style-type: none"> ○交差点通過（直進、左折、右折）の途中に設定された複数のポイントで、行動を選択（前進、徐行、停止、方向変換）する。 ○映像の提示時間は1事例 10～30 秒。 ○前進不可の最優先警戒対象があると判断した場合は停止ボタン、前進可能と判断した場合は進行ボタンを押す。 ○正当なら次へ。正当が出るまで停止。 ○検査・診断モードでは、全体のスピードも診断の対象とする。 ○自覚修正モードでは、警戒対象を示すマークや正解についての解説コメントを表示できるようにする。
2 第1段階の行動結果を 診断し、次の事例に進む	<ul style="list-style-type: none"> ○判断がすべて正しい場合は、次の事例に進む。 ○警戒すべき対象を見落とした場合は、その場面を確認してから、次の事例に進む。 ○提示事例は、行動が単純なものから複雑なものへ、警戒対象の少ないものから、多いものへと組み立てる。 ○事故に結びつくミスがあれば、シーンの最初からやり直し。 1 場面ずつ手動提示で進み、正しく測定・判断ができるようになったら、連続提示方式に戻る。

以上の二つのシミュレータは、いずれもまだアイデアの段階のものである。実現に必要な技術をもっている方々との共同研究の形で、進められればと考えている。

実際に運転能力をどの程度自覚させられるか、それを運転行動の修正にどの程度反映させられるかについて、実証実験を行う必要がある。またシミュレータによる検査と診断、自覚と修正を、どのように日常の運転行動に反映させ、定着させていくかについても、その方法を具体的に検討していきたいと考えている。

おわりに

能力開発工学センターの自動車運転シミュレータ研究

我々は、シミュレータが行動形成に果たす役割と効果に自信をもっている。

能力開発工学センターはこれまで、様々な教育訓練システムの開発を通して、シミュレータによる行動形成の研究を続けてきた。目標とする行動がどのような「要素行動」からなり、どのような「測定・判断」「行動表現」によって構成されているかを「行動分析」によって明らかにし、その要素行動を学習者に経験させ定着させる、つまり行動することによって行動を育てる、そのための教具としてシミュレータを設計し、実践の場でその効果を実証してきた。

自動車運転については、1970年に「自動車運転訓練シミュレータ」^{注1}をメーカー^{注2}の協力を得て試作した。このシミュレータは、運転席前方のスクリーンに、アクセルやブレーキと連動する16ミリ映写機で道路を走行する映画（主観映像）を投影し、発進・停止、前進・後退、加速・減速などの要素行動の訓練を行うことができる。またこの運転席シミュレータに接続してハンドル裁きを訓練する「方向変換シミュレータ」、前走車との車間距離を維持する「周回路シミュレータ」、交差点通過のルールを運転を通して習得する「交差点シミュレータ」などを考案した。

これらのシミュレータについては、自動車教習所^{注3}の協力を得て数年間の実証実験を行い、シミュレータによる行動形成の有効性と可能性を証明した。



注1：科学技術庁特別研究促進調整費による研究「環境の高速度変化に即応する反射行動の形成プロセスの解明およびその教育方式の確立」の中で開発した訓練シミュレータシステム。コンピュータで学習履歴を記録・管理できる本格的ドライビングシミュレータのプロトタイプであった。

注2：三菱プレジジョン株式会社

注3：長野県小諸自動車教習所

シミュレータの技術革新と普及

その後、コンピュータ技術や画像技術の進歩によりシミュレータの機能は飛躍的に向上した。メーカー各社は、競ってコンピュータグラフィックスを使い、実際に運転する感覚を疑似体験できる高機能ドライビングシミュレータを開発する。教習所の一般教習では経験するチャンスが限られる夜間、雨天、雪道、高速道路などの疑似体験や、実車では経験できない危険な状況（ヒヤリハット）を体験できるプログラムが開発され、自動車教習の正式なカリキュラムとしても認め

られた。現在では一般教習のほか、二種免許（営業車）取得者講習、事故を起こした交通違反者の講習、また中高年で運転を再開するペーパードライバーの任意講習、企業ドライバーの研修などに広く使われている。

訓練シミュレータの二つの方向

ここで留意したいのは、シミュレータの設計には大きく二つの方向、あるいは目的の違いがあるということである。

一つは、飛行機のフライトシミュレータのように、本物そっくりにつくられ、目標行動を総体としてシミュレートする「総合シミュレータ」である。行動形成の最終段階で、目標行動の完成度、習熟度をチェックするためのもので、総合的な運転行動のシミュレーションであるドライビングシミュレータもその一つである。

もう一つは、我々がかつて開発した自動車運転訓練シミュレータのような、目標の行動を要素に分け、その要素を別々にシミュレートする「要素(部分)シミュレータ」である。本研究で我々が提案した、測定・判断の対象としての映像だけのシミュレータも要素シミュレータである。

総合シミュレータにするか、要素シミュレータにするかは、育てるべき行動の要素とその構造、及びその行動を総合できる場の条件によって決まる。行動を成立させるための要素がいくつもあり、それらを同時に訓練することは難しいというようなことであれば、それぞれの要素シミュレータを作って訓練するのがよいし、要素行動が成立した後に全体を総合させるとき、いきなり現実の場に出ては危険が伴うという場合には、総合シミュレータで訓練する段階が必要になる。

しかし、自動車運転シミュレータのこれまでの開発の過程を見ると、要素シミュレータという方向はほとんど見られず、総合シミュレータへの志向が強かったように思う。実車の代用として実車の運転感覚に少しでも近づけたいという思いが、技術革新によってますます助長されたのだろう。

今回、高齢運転者の事故防止のためのシミュレータを研究して思うことは、運転行動を形成する上で、「要素(部分)シミュレータ」の役割を見直すべきではないか、ということである。研究協力者会議で、シミュレータの構想を提案したとき、こういう（運転行動を成立させる測定・判断の内容が自覚できる）シミュレータは、高齢者だけではなく若い人にも必要ではないかという意見が出た。今回のシミュレータは、交差点の進入と通過という課題に絞っているが、例えば車線変更するときサイドミラーに映る後続車を見ての測定・判断などが、同じ方法で訓練できるのではないか、というような話になった。運転装置と切り離すことによって、自分の測定・判断の内容、問題点が明確にとらえられ、運転行動の質が高まるという期待である。

運転装置を切り離したシミュレータは、システムのにも簡単であるため、自作の映像、例えば地域で日常自分が運転する道路や交差点などを撮影して使用することができ、運転者の生活の場をそのまま訓練の場とすることが可能になる。

実車での仕上げ、そして「自覚⇔修正」の継続

要素シミュレータによる訓練の場合、最終的には実機（実車）による実際の行動の場、つまり路上での仕上げの訓練が必要となる。（これは総合シミュレータの場合でも同じである。飛行機の

場合でいうとフライト訓練というのがそれで、隣に指導者が乗り、その指導の下に操縦を実施していく方式である。)

今回提案した「自覚⇔修正」のシミュレータの場合は、対象である高齢運転者は、すでに運転行動は出来るのであるから、自覚した自分の行動特性（測定・判断の傾向）をしっかりと認識し、自車の運転に反映させることが仕上げの行動となる。日常の運転行動の中で、自分の注意すべき行動場面を意識し行動するということである。

問題は、「自覚⇔修正」の継続である。また、自覚の薄れである。1年間に1回の免許時の検査で1時間やればよいと考えるのではなく、刺激は出来るだけ頻繁にあるのが望ましい。少なくとも年数回のチェックを気軽に、負担感なくできるようになっているのが望ましい。そうした社会的環境づくりが、最も重要な課題であると考えます。

(了)

《参考文献》

●基本的考え方に関する研究

- 「自動車運転システムに関する研究」矢口新 能力開発工学センター研究紀要 1971
「学習システムと行動分析」矢口新 能力開発工学センター研究紀要 1975
「記憶のメカニズム」高木貞敬 岩波新書 1976年
「脳はどのようにして行動のモデルをものにするか」矢口新 能力開発工学センター研究紀要 1984
「海馬一脳は疲れない」池谷裕二、糸井重里 朝日出版社 2002年
「すべては脳からはじまる」茂木健一郎 中公新書ラクレ 2005年

●高齢運転者の特性に関わる研究

- 「高齢者の運転行動に関する研究」1985 西山啓/交通心理学研究 1巻 1号
「高齢ドライバーの運転行動上の自己評価に関する研究」2002 藤川美枝子, 西山啓/交通心理学研究 18巻 1号
「高齢ドライバー事故の実態と対策」2007 鈴木春男/予防時報 228
「高齢運転者の交差点通過時の運転行動実態把握」2009 橋本博, 他/自技会学術講演会前刷集 No. 120-09
「高齢ドライバーの特性と高齢者講習-認知症検査の導入を契機として」2007 溝端光雄/予防時報 230
「高齢者ドライバーの右折時特性に関する実車実験」国土技術政策総合研究所/若月 健, 森望, 高宮 進
「高齢者の運転意識と安全のギャップに関する研究」2009 元田良孝ら/交通工学研究発表会論文集巻 29-13
「運転行動による高齢ドライバー認知機能低下の検出」2011 畔柳有希, 他/自技会学術講演会前刷集 No. 12-11
「高齢運転者のための安全教育プログラム開発 (中間報告)」蓮花一己, 大田博雄ら/交通心理学研究 22巻 1号
「高齢者用ワークブックの作成とそれに向けた運転行動の諸調査 2006」松浦常雄, 交通心理学会調査班

●高齢運転者の訓練とシミュレータに関する研究

- 「ドライビング・シミュレータを利用した若手運転者のための安全教育-コーチング技法を応用した教育プログラム開発-」2007 太田博雄, 中西盟, 加藤良隆/IATSS Review Vol. 32, No. 4
「高齢運転者へのシミュレータ教育の効果研究」2007 田中健次, 稲葉 緑/IATSS Review Vol. 32, No. 4
「高齢ドライバーの運転前の脳の活性化と運転時の注意・判断力への効果」2009 野田龍臣ら/自技会学術講演会 No. 4-09
「中高齢からの運転能力の維持・向上支援-認知機能の測定・評価法-」2010 藤巻哲也ら/自技会学術講演会 No. 37-10
「コーチング技法を用いた高齢ドライバーへの教育プログラムの効果」2010 蓮花一己, 大田博雄ら/交通心理学研究 26巻 1号
「高齢ドライバーのためのミラーリング法によるメタ認知教育プログラムの開発」2011 大田博雄ら/タカタ財団助成研究論文
「コンピュータを利用したマルチタスクトレーニングによるドライビングシミュレータにおける高齢者の運転能力の向上」2010 古賀一男, 梅村祥之ら/自動車技術会学術講演会前刷集 No. 102-10

以上

JADEC研究レポート2015 (研究紀要通巻82号)
高齢運転者の事故防止のための自動車運転能力「自覚⇔修正」シミュレータの研究

平成27(2015)年3月30日

編集発行 一般財団法人能力開発工学センター
理事長 沖村 憲樹
埼玉県新座市新堀2-1-7-603
TEL : 042-497-8024 〒352-0032