

高次脳機能障害者等に対する運転支援システム設計

— 平成 26 年度（本報告） タカタ財団助成研究論文 —

ISSN 2185-8950

研究代表者 伊藤 誠

研究実施メンバー

研究代表者 筑波大学
教授 伊藤 誠

研究協力者 筑波大学
研究員 周 慧萍

公立阿伎留医療センター
部長 岡田真明

本田技研工業株式会社
主任 小野 浩

新潟医療福祉大学
助教 外川 佑

報告書概要

本研究は、高次脳機能障害を有する方々に対する運転支援の在り方を明らかにすることを目的としている。この目的を達成するためには、高次脳機能障害を有する人が自動車運転においていかなる困難さを持つかを明らかにする必要がある。運転能力の評価や運転支援ニーズの調査を行うにあたっては、実車・実路での走行試験を行うことが一つの理想ではあるものの、安全確保、検査にかかる時間と手間を考慮した場合、実車・実路での試験を安易に行うことはできない。幸いにして、多くの医療機関に簡易ドライビングシミュレータが導入されていることから、これを活用することが有用であると考えられる。

本報告書では、平成25年度の成果を踏まえ、運転支援システムの具体的な案を考え、簡易ドライビングシミュレータを用いて行った検証実験の結果を報告する。本研究では、注意喚起を与えるシステムを考える。注意喚起が受け入れられるためには、信頼感が重要な役割を担うと考えられる。そこで、本研究では、ドライバが信頼している人（具体的には作業療法士）が注意喚起を与える場合（人の声）と、スピーカーから自動的に注意喚起が与えられる場合（ガイド音声）とを比較した。実験の結果、人の声の方が注意喚起がより受け入れられやすく、事故やインシデントの起こる可能性も低いことが示唆された。ただし、「人の声」が受け入れられやすいことの主要な要因については、タイミング、口調、言葉遣いなども影響している可能性があり、現時点では不明である。

目次

高次脳機能障害者等に対する運転支援システム設計

- 第1章 はじめに
- 第2章 実験
- 第3章 実験方法
- 第4章 まとめと今後の課題
- 参考文献

第1章

はじめに

1.1 研究背景

日本社会の高齢化の進展に伴い、脳卒中を発症する人の数は増加しつつあり（渡邊ほか，2009），その後の運転復帰へのニーズも高まっている．しかし，脳卒中などによって脳の損傷が起こると，注意，記憶などのいわゆる高次脳機能に障害が残る場合があるため，運転復帰は必ずしも容易ではない．今日の医療・福祉の現場では，こうした患者の運転能力を評価し，実世界での運転復帰が可能かどうかを適切に判定できるようになることが重要な課題となっている．運転能力を評価する方法については，すでに世界中で検討が進められており（Schultheis, DeLuca & Chute, 2009），日本でも運転の可否に関する判断基準については議論の余地はあるものの整備されつつある（CNS, 2013; 石合, 2012; 加藤ら, 2013）．

他方，今日の運転支援システムの開発のスピードは極めて速く，自動運転の実現も現実味を帯びるようになってきた（NHTSA, 2013）．そこで，高次脳機能障害によって運転が困難であるならば，その能力を補うような支援を提供することによって，当該患者が運転復帰できることを目指すことも必要であると考えられる．

これまでの自動車の運転支援システムは，多くの場合健常ドライバを暗黙の裡にターゲットとしていることが多い．他方，障害を有するドライバを明示的に対象とした運転支援は少ない．また，身体的な障害に対しては，運転補助具の開発は盛んに行われているが，認知機能にかかわる障害に対しては，「補助具」のようなものは現状ではほとんど見られない．ごくわずかに，Klaborg et al. (2012)が Intelligent Speed Adaptation の技法を脳に障害のあるドライバ向けの支援として評価実験を行った例などがある程度である．したがって，どのような支援がどのようなドライバに有効であるかはまだわかっていないのが現状と言える．

1.2 研究目的

高次脳機能障害等を抱えた方々に対する適切な運転支援の在り方を明らかにするとともに，そのプロトタイプを構築し，評価を行うのが本研究全体の目的である．

この目的を達成するために，平成 25 年度の活動としては，次のことを目標として設定した．

- (1) 運転行動の分析に基づいて，運転行動支援ニーズを明らかにする
- (2) 実際の患者との対話を通じて，運転行動支援のニーズを明らかにする
- (3) 運転支援システムの具体的なイメージを明らかにする

平成 26 年度は，具体的な運転支援システムの一例を立案し，簡易ドライビングシミュレータによって評価を行った．本報告書では，その評価実験の成果について報告を行う．運転行動データの収集と分析，患者との対話も継続して行ったが，紙面の都合上割愛する．全体的な傾向としては，25 年度に報告した内容から大きく逸脱するものではなかった．

第2章

ドライビングシミュレータを用いた実験

2.1 実験目的

本研究では、前年度の成果（伊藤，他，2014）に基づき、ドライバに口頭で注意喚起を行う方法を検討の対象とする。これまでのいくつかのヒューマンロボットコミュニケーションの研究によると、対人的なコミュニケーションができれば、人と機械の意思疎通がうまくいきやすいことが示唆されている。また、素朴な着想として、同じ内容の注意喚起であっても、信頼に足る相手から言われる場合と、信頼できるかどうかわからない相手から言われる場合とでは、注意喚起に対する受け入れやすさが異なると考えられる。

そこで、本研究では、実験参加者の隣にいる人が実際に音声を発する場合（「人の声」条件）と、機械から音声が発せられる場合（「ガイド音声」条件）とで、注意喚起に対する行動の違いを比較する。なお、「ガイド音声」条件であっても、発せられる音声は合成音ではなく、実際の人間の声を録音し、コンピュータで再生したものである。

2.2 実験参加者

本実験には、30代が1名、50代から70代が6名の計7名の高次脳機能障害を患った入院中の患者が参加した。実験参加者の選定については、実験を行う病院の担当医が、障害が重すぎる患者を除き、シミュレータでの走行が可能であると思われる患者を選定した。

また、病院側からの要望により、リハビリという形式で常に患者に作業療法士が付き添う形で実験を行った。そのため、実験参加者へ金銭は支払わず、代わりに実験協力の謝礼として500円分のクオカードを差し上げた。

参加者の症状等を表2-1に示す。全参加者が運転再開の希望があり、そのうち4人は、参加者本人が実際に運転再開することは現状では難しいだろうと考えていた。

表 2-1 実験参加者の症状等

	病名	主な症状	病前の運転頻度	運転再開希望
A	脳梗塞	失語症(主に書くこと)	毎日	あり
B	脳梗塞	失語症(主に聞くこと、話すこと)	毎日	あり
C	脳梗塞	注意障害、左上下肢麻痺、左半側空間無視	毎日	あり
D	脳梗塞	注意障害、左上下肢麻痺、左半側空間無視	毎日	あり
E	脳梗塞	記憶障害、左上下肢麻痺	毎日	あり
F	脳梗塞	注意障害、記憶障害、左上下肢麻痺	毎日	あり
G	脳梗塞	右下肢麻痺	毎日	あり

2.3 実験装置

本実験は、実験参加者が入院中の患者であることから、実験を病棟内で行う必要があった。そ

ここで、本実験では、現在リハビリテーションの現場で既に導入が始まっている、本田技研工業株式会社製の Safety Navi を使用した。Safety Navi は、パソコンと市販のステアリングなどを組み合わせることで手軽に使用できる。その外観を図 2-1 に示す。



図 2-1 Safety Navi

2.4 実験方法

本実験では、Safety Navi の総合学習体験コースを改良したものを使用する。総合学習体験は、事故回数や他車両との車間距離、急制動の回数など、評価したい項目を記録できる。

各参加者は、5 ～ 10 分程度のコースを 2 回走行する。「人の声」を用いた注意喚起を行うコース 1 を図 0-2 に、「ガイド音声」を用いた注意喚起を行うコース 2 を図 0-3 に示す。

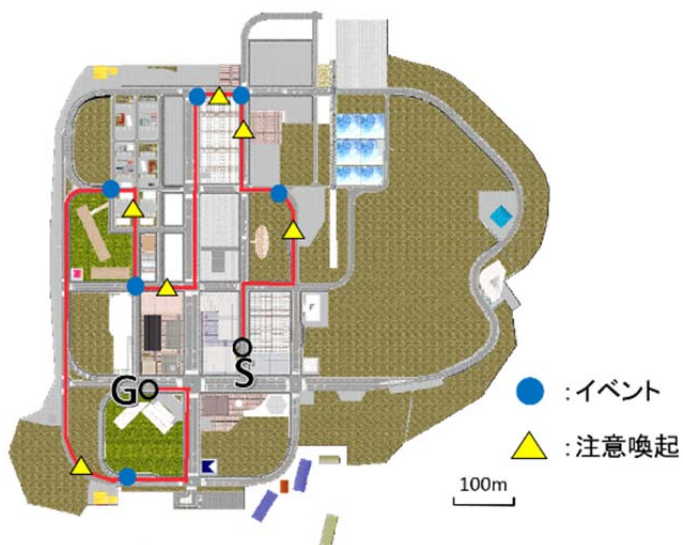


図 0-2 コース 1 (人の声)

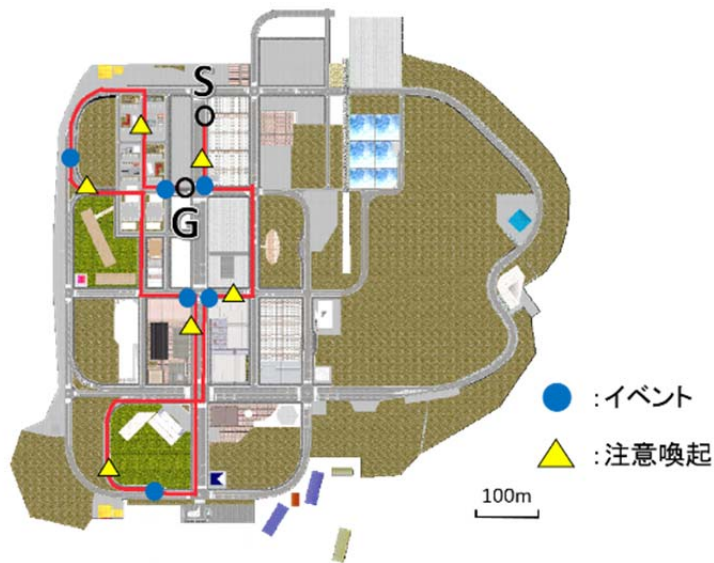


図 0-3 コース 2 (機械の声)

走行コースには、それぞれ事故につながりうるイベントを 5 種類、直接には事故につながらないダミーイベントを 1 種類組み込んだ。ダミーイベントを作成した理由は、注意喚起をした直後に、事故を誘発するイベントが起こらない場合もあると実験参加者に思わせるためである。イベントの発生場所は図 0-2、図 0-3 に示した通りである。

なお、イベントは総合学習体験のものを参考に、今回の実験に合わせて別途作成した。総合学習体験は 5 ~ 10 分程度のコースで、事故やヒヤリハットの回数のほかに、速度超過などの不適切な運転行動も記録できる。総合学習体験には、以下に示すイベントが組み込まれている。

- 見通しの悪い交差点での他車両の飛び出し
- 路外施設からの他車両の飛び出し
- 歩行者の路上への飛び出し
- 合流
- 車線変更
- 交差点右左折時の歩行者自転車の横断、あるいは二輪車のすり抜け
- 停車車両のドアが開く

イベント作成において以下の点に留意した。

- 伊藤ら (2014) は、後側方から迫ってくる車両や交差してくる車両に対する知覚の遅れ、相手車両の意図理解の遅れや失敗などが顕著であることを指摘している。
- 注意喚起は、危険場面が事前にわかっている必要がある。

以上の点を考慮して、本実験では、イベントの発生を、「交差点右左折」、「合流」、「見通しの悪い交差点」の 3 種類に絞った。車線変更や、路外施設からの飛び出しなどは、事前に注意喚起を行う本実験のイベントとしては不適であると判断し、除外した。

作成した各コース 6 種類ずつのイベントを図 2-4 ~ 図 2-15 に示す。

コース 1

イベント 1: 「合流」

自車が左にカーブする優先道路を走行中、右側の分岐点から二輪車が約 40km/h で自車線へ合流する (図 2-4).

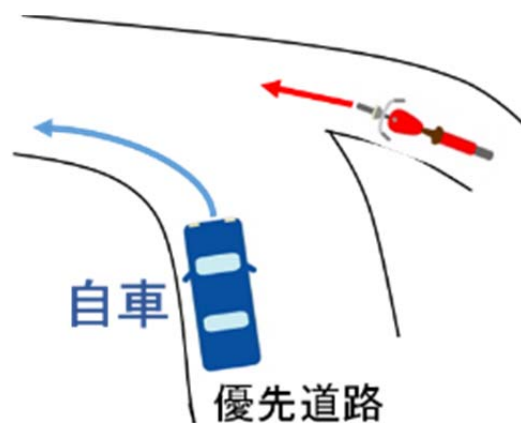


図 2-4 コース 1 のイベント 1

イベント 2: 「交差点左折」

信号のある交差点左折時、約 6km/h で歩く歩行者が、自車左側の横断歩道を横断する。さらに、左方から約 14km/h で走行してくる自転車が、横断歩道を横断する (図 2-5).

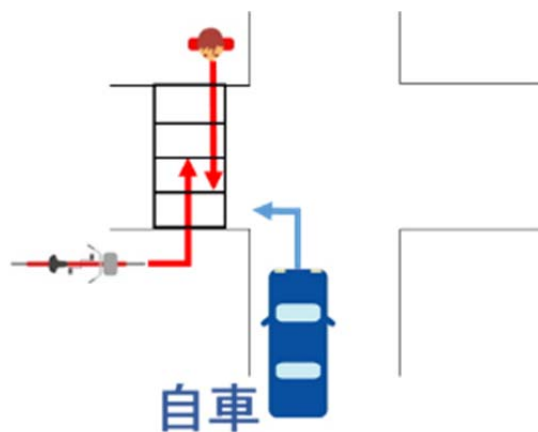


図 2-5 コース 1 のイベント 2

イベント 3: 「交差点左折」 (ダミーイベント)

信号のある交差点において、信号待ちを行っているとき、二輪車が自車左後方の死角に停車する。

ただし、ダミーイベントであるため、信号が青になっても二輪車は停止しており、事故は起こらない (図 2-6).

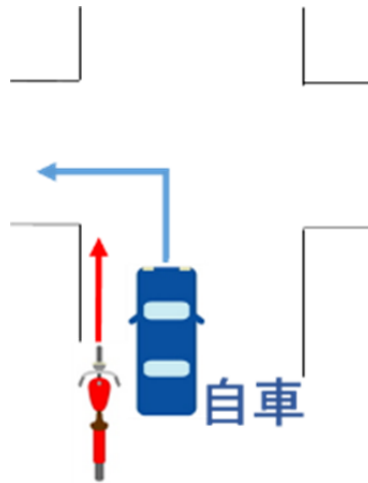


図 2-6 コース 1 のイベント 3

イベント 4: 「見通しの悪い交差点での飛び出し」

見通しの悪い路地の優先道路を走行している自車が、信号のない交差点を右折しようとするとき、交差する道路の左方から約 30km/h で走行する他車両が減速せずに交差点に進入し、自車が右折する方向へ直進する (図 2-7).

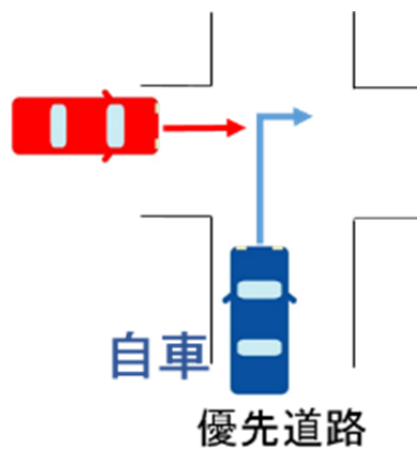


図 2-7 コース 1 のイベント 4

イベント 5: 「見通しの悪い交差点での飛び出し」

見通しの悪い路地の優先道路を走行している自車が、信号のない交差点を直進しようとするとき、交差する道路の左方から約 22km/h で走行する二輪車が減速せずに交差点に進入し、さらに、左折して自車走行車線へ進入する (図 2-8).

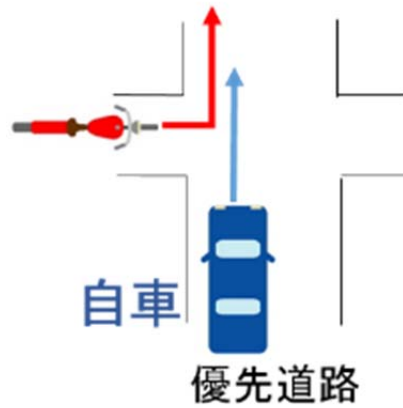


図 2-8 コース 1 のイベント 5

イベント 6: 「合流」

自車が左にカーブする優先道路を走行中、左後方の分岐点から 30 ~40km/h で走行する複数の他車が、減速せずに自車走行車線に合流する (図 2-9).

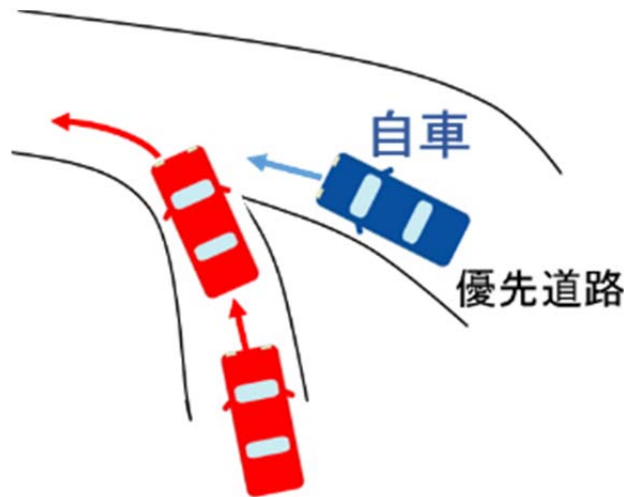


図 2-9 コース 1 のイベント 6

コース 2

イベント 1: 「交差点左折」

信号のある交差点左折時、交差する道路の左方から約 15km/h で走行してくる自転車が、自車左側の横断歩道を横断する (図 2-10).

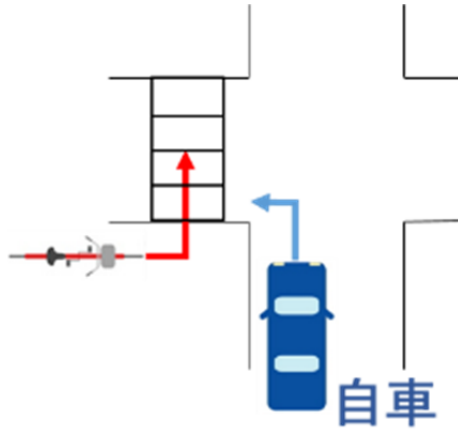


図 2-10 コース 2 のイベント 1

イベント 2: 「交差点左折」 (ダミーイベント)

信号のある交差点で自車が左折しようとする際、約 5km/h で歩く歩行者が自車左側の横断歩道を渡ろうとする。

ただし、ダミーイベントであるため実際は横断せず、歩道内で立ち止まる (図 2-11).

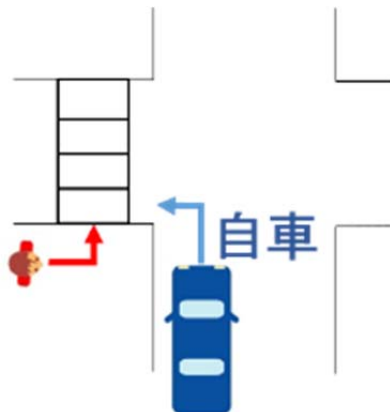


図 2-11 コース 2 のイベント 2

イベント 3: 「合流」

左へカーブする道路を走行中、非優先道路を走行している自車が右方の道路に合流しようとするとき、本線後方から約 40km/h で走行する複数の他車が通過する (図 2-12).

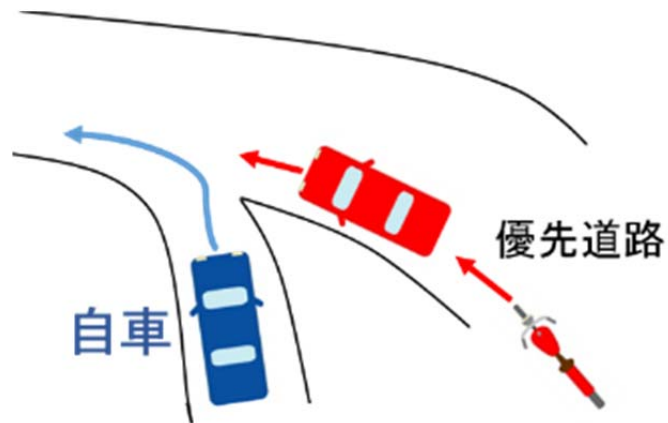


図 2-12 コース 2 のイベント 3

イベント 4: 「交差点左折」

信号のある交差点において、自車が信号待ちを行っているとき、二輪車が自車左後方の死角に停車する。さらに、信号が変わると同時に、自車左方を通過し、交差点を直進する (図 2-13).

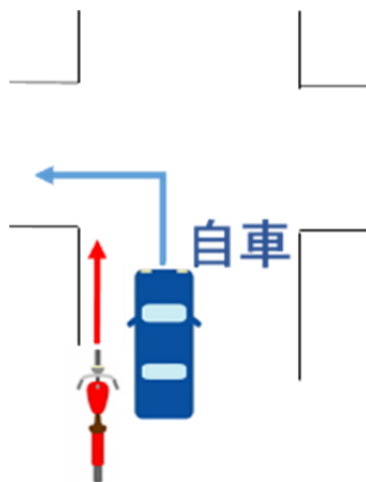


図 2-13 コース 2 のイベント 4

イベント 5: 「合流」

自車が右にカーブする優先道路を走行中、左側の分岐点から、約 40km/h で走行する複数の他車が、減速せずに自車走行車線に合流する (図 2-14).

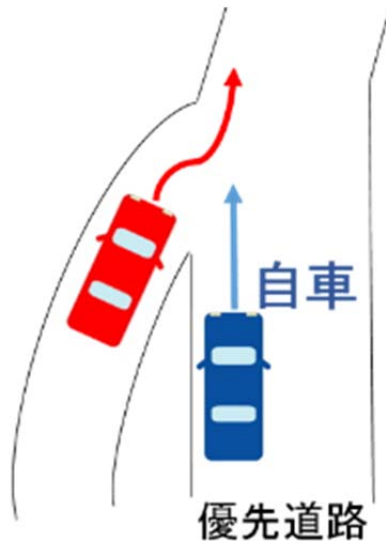


図 2-14 コース 2 のイベント 5

イベント 6: 「見通しの悪い交差点での飛び出し」

見通しの悪い路地の優先道路を走行している自転車が、信号のない交差点を直進しようとするとき、交差する道路の左方から約 20km/h で走行する他車が減速せずに交差点に進出し、さらに、左折して自転車走行車線へ進入する (図 2-15).

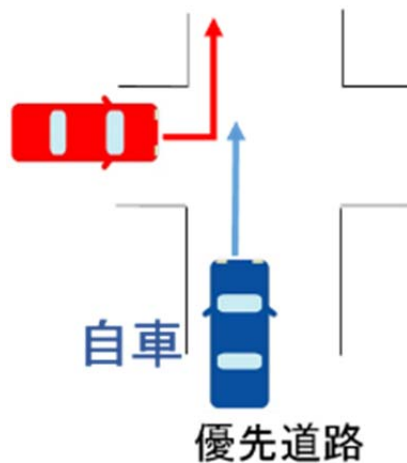


図 2-15 コース 2 のイベント 6

コース 1(人の声) では、作業療法士が実験参加者の隣で指定したタイミングでメッセージを述べた (図 0-2, 図 0-3). 実験直前に、注意喚起のメッセージを述べるタイミングを合わせるための練習を 20 分ほど行った. 注意喚起のメッセージは、「合流、バイクのすり抜け、飛び出し」などのキーワードを必須とし、細かい内容は担当者に一任してできる限り普段話す口調で述べるよう指示した.

コース 2(ガイド音声)では、経路指示をするガイド音声と同じ音声で注意喚起を行う.

実験参加者には、実車ででの走行を意識して運転するよう指示した。ただし、走行自体に集中するためウインカーの使用は任意とした。右左折などは以下に示すような音声ガイドに従わせた。

「次の信号を左に曲がってください」

「次の信号を右に曲がってください」

「次の角を左に曲がってください」

「次の角を右に曲がってください」

「左の道に進んでください」

「右の道に進んでください」

また、走行開始前に注意喚起の支援を実施すること、あくまで運転の操作が最優先であることを伝えた。

実験の手順を表 2-2 に示す。担当医から、シミュレータでの走行は体力面を考慮して 2 回までが良いとの助言を受けたことから、実験日より前に練習走行を済ませ、実験当日には練習走行を行わなかった。事前に行う練習走行は、病院のリハビリで使用している、運転能力評価サポートソフトの危険予測体験のコース 1 の走行を行った。

実験参加者には、実験の説明をしたうえで、インフォームドコンセントを得た。また、ビデオ撮影の許可も得た。なお、走行順序による影響が出ないように、コース 1 とコース 2 の順序は無作為に入れ替えた。

また、1 回目の走行後に、神経心理学的検査の 1 つである TMT (Trail making test) (図 2-16, 17) を行った。TMT は、注意の持続と選択、あるいは遂行機能を評価する検査としてよく利用される。

表 2-2 実験手順

実験手順	内容	所要時間
1	実験の説明 および同意書等の記入	15 分
2	走行①	10 分
3	TMT-A, TMT-B	10 分
4	走行②	10 分
5	半構造化インタビュー	10 分

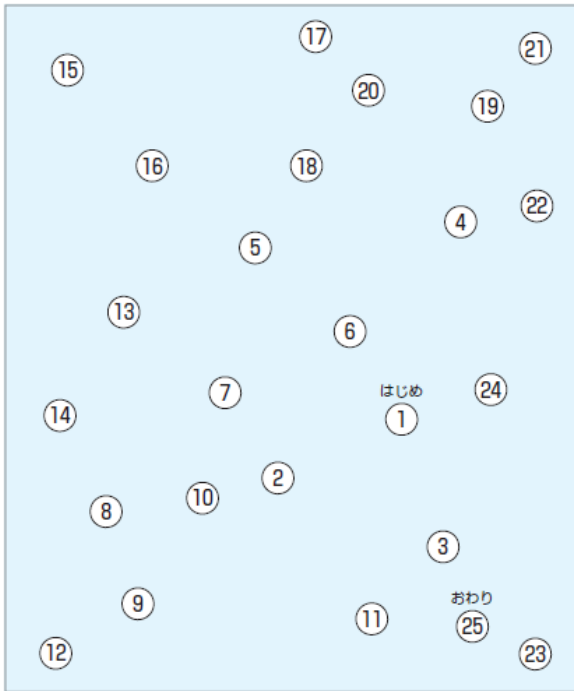


図 2-16 TMT-A

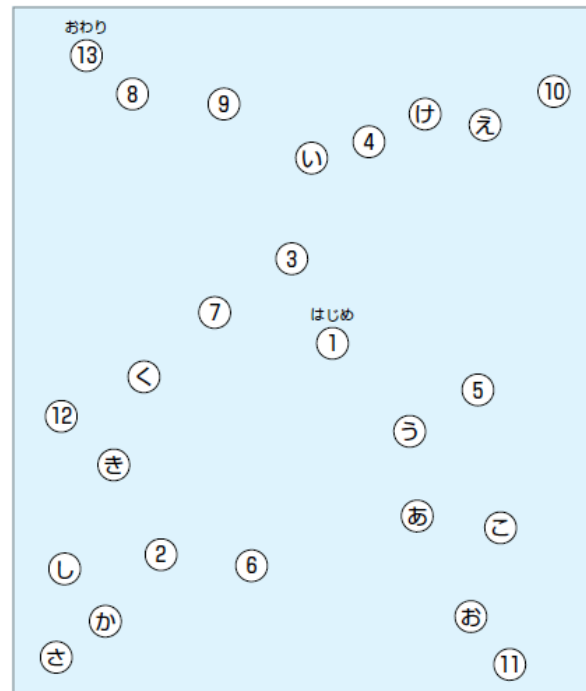


図 2-17 TMT-B

さらに 2 回目の走行終了後、以下に示す項目を中心に、半構造化インタビューを行った。

- 氏名, 性別, 年齢
- 自動車の用途, 運転頻度
- 障害の詳細, 現在の症状
- 運転に対する考え
- 本実験の注意喚起支援についての意見

勤務時間帯に実験への協力を得た作業療法士の事情や、実験参加者の体力面を考慮し、実験時間は 1 時間以内に収めた。全ての実験終了後、作業療法士にインタビューを行った。主な質問内容を以下に示す。

- 注意喚起支援の感想
- リハビリでのシミュレータ走行との違いを感じた点

本研究では、注意喚起による運転支援の有効性を評価するため、以下の評価指標を用いた。

- イベントに対する対応
各コースに組み込まれた 6 種類の事故を誘発するイベントにおける事故回数とヒヤリハットの回数。ヒヤリハットは、対象物（人や他車両）との距離が 1m 以内まで接近した場合と定義する。
- 注意喚起後のドライバの対応
注意喚起の後、減速を行ったか、顔を向けることによりサイドミラーや対象車両を確認したか等をビデオ映像により判断した。
- インタビューによる主観的評価
シミュレータでの走行後に行うインタビューにおける、注意喚起の必要性やどちらがより効果的だと感じたかといった意見をきいた。
- 実験に同席した作業療法士の意見
リハビリの専門家の意見として、作業療法士から、注意喚起が有効と思われるか否か、実際に実験参加者の運転の様子を見て感じた感想など。

第3章

実験の結果

TMT-A, TMT-B の成績を, 前年度の成果における健常者の成績と比較したものを図 3-1, 図 3-2 に示す. 健常者のデータは, TMT を実施した当時, 60 歳 ~ 70 歳の健常者 15 名のものを用いた.

TMT-A に関して, 高次脳機能障害者と健常者の結果を有意水準 5% で t 検定を行った結果, 有意差があった ($|t| = 2.58, p = 0.009$). TMT-B を同様に有意水準 5% で t 検定を行った結果, 有意差はみられなかった ($|t| = 1.34, p = 0.096$). いずれにしても, 両群の間での作業完了時間には重複する部分があることがわかる.

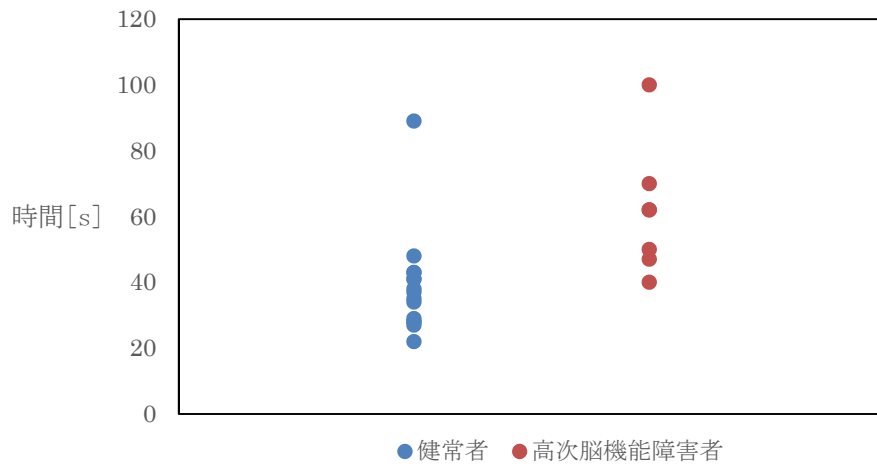


図 3-1 TMT-A 結果

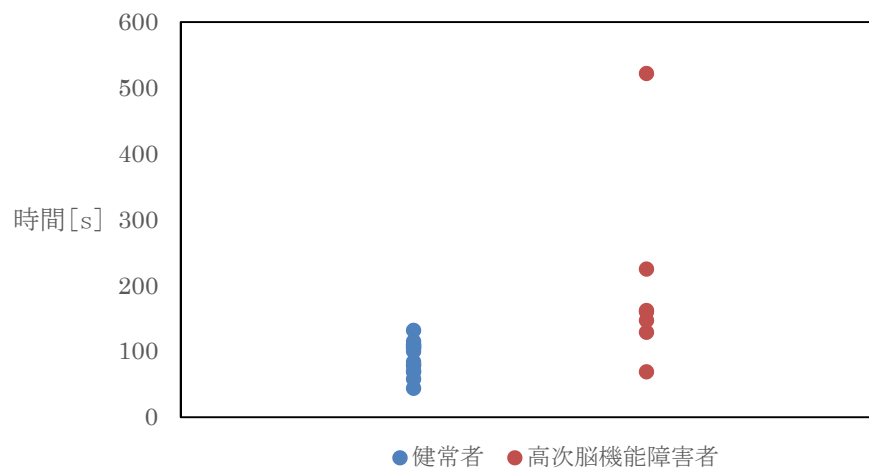


図 3-2 TMT-B 結果

イベントにおけるヒヤリハットの回数を表 3-1 に、事故回数を表 3-2 に示す。「ガイド音声」を用いた注意喚起と「人の声」を用いた注意喚起との間で明らかな差は見られない。ヒヤリハット、事故が起きたイベントの詳細は 3.3 節の表 3-3、表 3-4 に示す。

表 3-1 ヒヤリハットの回数

		ガイド音声	人の声
実験参加者	A	1	0
	B	1	0
	C	0	1
	D	0	0
	E	0	0
	F	0	0
	G	1	1

表 3-2 事故回数

		ガイド音声	人の声
実験参加者	A	0	1
	B	1	0
	C	0	0
	D	2	0
	E	0	0
	F	0	0
	G	1	0

つぎに、ビデオ映像を実験者が見て、各コース 6 個ずつのイベントにおいて、ドライバが注意喚起によってどのような行動を取ったのかを分析した。ただし、イベントが適切に発生しなかった場合などは分析の対象から除外した。分析対象から除外したイベントの数と原因を以下に示す。




- 信号無視 1 回
- コース間違い 5 回
- 不適切な位置での停止 (停止線の 5m 以上手前で停止) 8 回

- 「人の声」による注意喚起のタイミング遅れ 2 回

これらの結果、分析対象のイベントの数は「人の声」を用いたコース 1 で 33 個、「ガイド音声」を用いたコース 2 で 35 個となった。

「人の声」と「ガイド音声」の注意喚起により、ドライバが対応行動を行ったか否かをビデオ映像で検証した。ここで対応行動とは、減速や、サイドミラーの確認を含む周囲の確認を行ったかどうかを基準に判断する。また、ビデオ映像はドライバの左後方から撮影されたものであり、目線の動きなどを確認するのではなく、顔を向けて左右の確認を行ったかなど、ビデオ映像から判断できる場合に限り対応行動を取ったものとする。

各イベントにおける対応行動を表 3-3、表 3-4 に示す。また、イベントが適切に発生しなかった場合など、分析対象から除外するイベントは「×」を記した。

-  は注意喚起に対する対応行動が取られたイベント
-  は注意喚起に対する対応行動が取られなかったイベント
-  は分析対象から除外するイベント

ヒヤリハット・事故を太字で表示

表 3-3 ガイド音声による注意喚起に対する対応行動

イベント 被験者	合流		交差点右左折
	非優先道路から合流時, 右後方から車両接近	優先道路走行中, 左後方 の分岐点から他車が合 流	信号で左折待ち時, 左方死角に二輪車が停車
A	対応行動行わず, ヒヤリハット	対応行動なし	減速しながら サイドミラー方向を確認
B	対応行動を取らず, 事故	対応行動なし	対応行動行わず, ヒヤリハット
C	対応行動なし	対応行動なし	×
D	対応行動を行わず, 事故	対応行動なし	対応行動行わず, 事故
E	減速しながら, 後方に顔を向けた	減速しながら, 対象車両に顔を向けた	×
F	減速しながら, 後方に顔を向けた	減速しながら, 後方に顔を向けた	×
G	対応行動を行わず, ヒヤリハット	減速しながら, 対象車両に顔を向けた	×

イベント 被験者	交差点右左折		見通しの悪い交差点
	信号のある交差点左折時, 自転車横断	信号のある交差点左折時, 歩行者横断	見通しの悪い交差点直進時, 左方から他車の飛び出し
A	減速しながら, 対象自転車に顔を向けた	減速しながら, 対象歩行者に顔を向けた	対応行動なし
B	×	対象歩行者に顔を向け, 左折	対応行動なし
C	対応行動なし	対象歩行者に顔を向け, 左折	対応行動なし
D	減速しながら, 対象自転車に顔を向けた	減速しながら, 対象歩行者に顔を向けた	対応行動なし
E	×	減速しながら, 対象歩行者に顔を向けた	対応行動なし
F	×	減速しながら, 対象歩行者に顔を向けた	減速しながら, 左右に顔を向けた
G	対応行動を行わず, 事故	減速しながら, 対象歩行者に顔を向けた	対応行動なし

表 3-4 人の声による注意喚起に対する対応行動

イベント 被験者	合流		交差点右左折
	優先道路走行中, 右後方の 分岐点から二輪車が合流	優先道路走行中, 左後方の 分岐点から他車が合流	信号で左折待ち時, 左後方死角に二輪車が停車
A	対応行動なし	合流地点手前で減速	×
B	対応行動なし	合流地点手前で減速	×
C	合流地点手前で減速	対応行動なし	×
D	合流地点手前で減速	合流地点手前で減速	×
E	減速し, 対象二輪車に顔を向けた	減速し, 後方に顔を向けた	サイドミラー方向を確認
F	後方に顔を向けた	対応行動なし	×
G	後方に顔を向けた	合流地点手前で減速	×

イベント 被験者	交差点右左折	見通しの悪い交差点	
	信号のある交差点で左折時, 歩行者と自転車横断	見通しの悪い交差点右折時, 左方から他車の飛び出し	見通しの悪い交差点直進時, 左方から二輪車の飛び出し
A	減速して左折	対応行動行わず, 事故	×
B	×	減速して右折	対応行動なし
C	対応行動行わず, ヒヤリハット	減速して右折	対応行動なし
D	一時停止し, 対象歩行者らに顔を向けた	減速して右折	減速しながら直進
E	減速し, 対象歩行者らに顔を向けた	減速して右折	左右に顔を向け, 直進
F	減速し, 対象歩行者らに顔を向けた	減速して右折	×
G	対象歩行者らに 顔を向け, 左折	対応行動行わず, ヒヤリハット	対応行動なし

また、分析対象のイベントにおける対応行動をグラフで表したものを以下に示す。

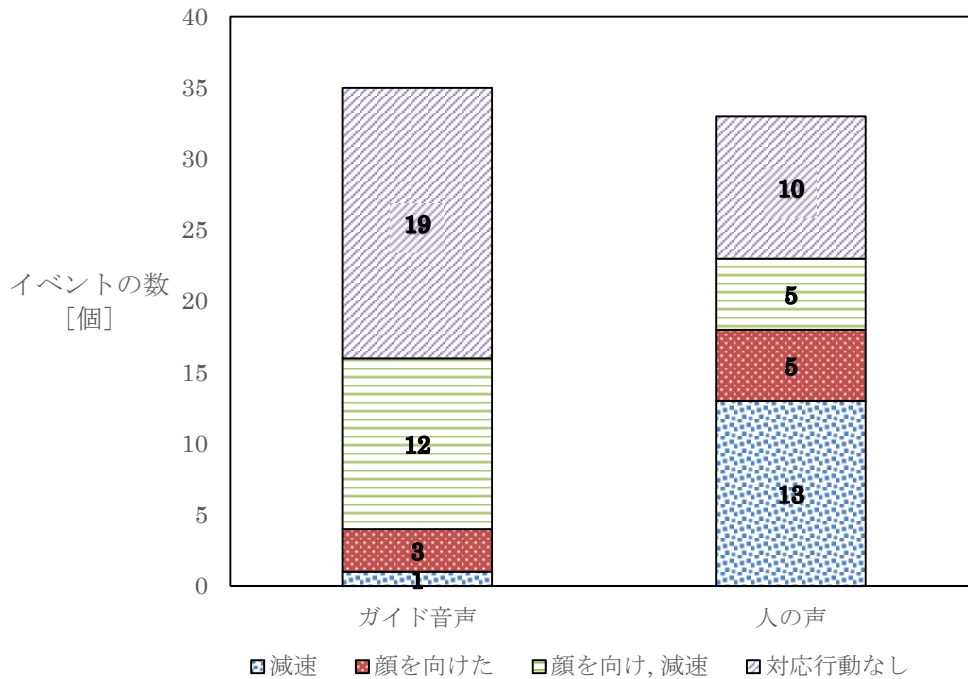


図 3-3 分析対象イベントにおける対応行動

分析対象のイベントの数にずれがあるものの、全体的に「人の声」を用いた注意喚起の方が、対応行動が行われている傾向にある。

本実験では、イベントを「交差点右左折」「合流」「見通しの悪い交差点」の 3 種類に分類している。3 種類のイベントにおいて、注意喚起に対する対応行動が行われたイベントの割合を比較したものを図 3-4 に示す。

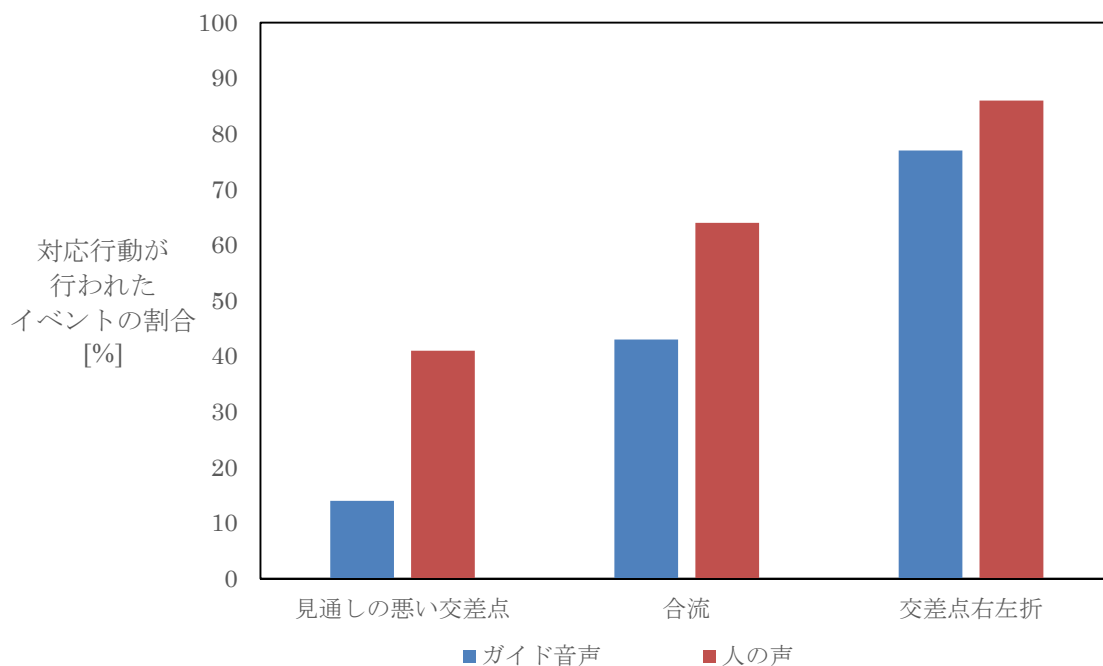


図 3-4 注意喚起に対する対応行動あり

3 種類のイベントのなかで、注意喚起に対する対応行動が行われたことが最も多かったイベントは「交差点右左折」であり、「見通しの悪い交差点」では、「ガイド音声」と「人の声」ともに対応行動が行われた割合は 50% に満たなかった。

また、全体的に「ガイド音声」を用いた注意喚起の方が、対応行動が行われなかったイベントが多かった。

「見通しの悪い交差点」では特に対応行動が行われないケースが多かったため、対応行動ありの場合となしの場合における交差点進入速度をそれぞれ分析した結果、顕著な差異が現れていた(図 3-5)。対応行動ありと対応行動なしの間で、有意水準 5% で t 検定を行った結果、有意差があった ($t=4.08$, $p=0.0004$)。

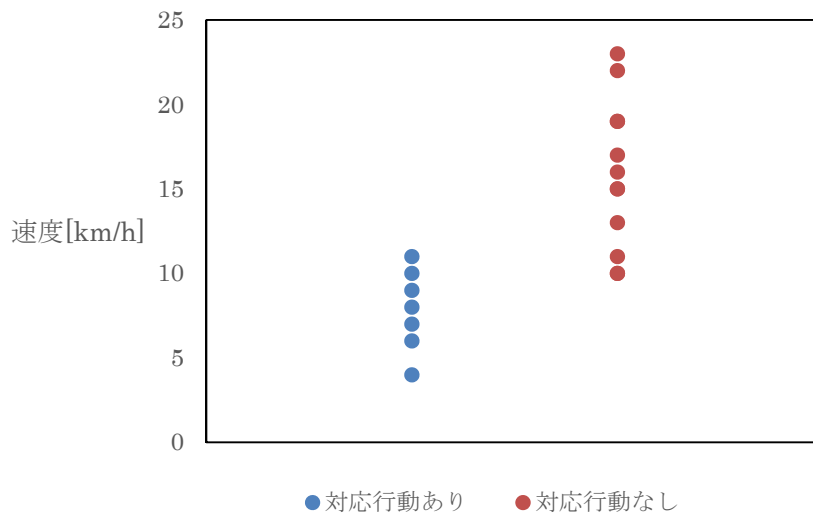


図 3-5 見通しの悪い交差点での交差点進入速度

実験参加者が対応行動を行わなかった場合において、事故とヒヤリハットが 1 回ずつ起こっていた。一方、対応行動を行った場合では、事故、ヒヤリハットともに起こらなかった。事故、ヒヤリハットが起きた原因として、速度が高い状態で交差点に進入していたことが考えられる。

また、ビデオ映像では減速行動が見られなくても、顔を動かして安全確認をしていた場合は低速度で交差点に進入していたことがわかる。この結果が、注意喚起を聞いたことが理由で加速を控え、意識的に低速度の状態を保って交差点進入していたのであれば、注意喚起が有効であったということができる。

つぎに、「ガイド音声」を用いた注意喚起と「人の声」を用いた注意喚起との間で、対応行動に差が現れているか比較した。その結果、「合流」のイベントにおいて「人の声」を用いた注意喚起の方が、対応行動が行われている割合が大きくなっていった (図 3-6)。その理由を考察してみよう。

「合流」のイベントでは、「見通しの悪い交差点」や「交差点右左折」のイベントに比べて速度が高いケースが多い。自車が合流する場合は、更に車線変更も要求される。これらのことから、「合流」のイベントは認知的な負荷が高く、運転操作そのものに注意を集中してしまいやすいものと考えられる。「ガイド音声」は、自車が特定の場所を通過した時点で自動的に提示される一方、「人の声」は（注意喚起する側が無意識のうちに）注意喚起を提示するタイミングを適宜調整したりして、ドライバーが聞き取りやすいように発話をしている可能性がある。実際、インタビューにおいて「ガイド音声」より「人の声」が良いと回答した実験参加者のなかには、運転に集中していると「ガイド音声」を用いた注意喚起が聞こえづらいことを理由として挙げている人が複数あった。

ただし、今回の「人の声」には、実験参加者にとって聞きなれた声であること、信頼できる相手であること、など、ほかの要因も影響を与えている可能性がある。どの要因が主たる効果をもたらしているのかについて、今後さらに検討する必要がある。

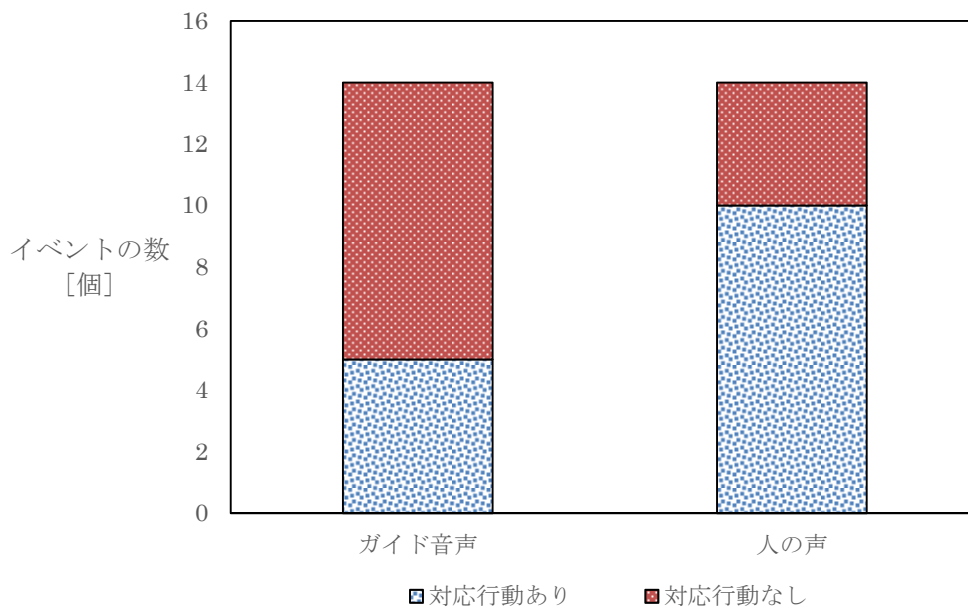


図 3-6 合流における対応行動の有無

注意喚起手法によって対応行動に大きな差が現れなかったのは、「交差点右左折」のイベントであった。このイベントにおける、対応行動の有無を図 3-7 に示す。

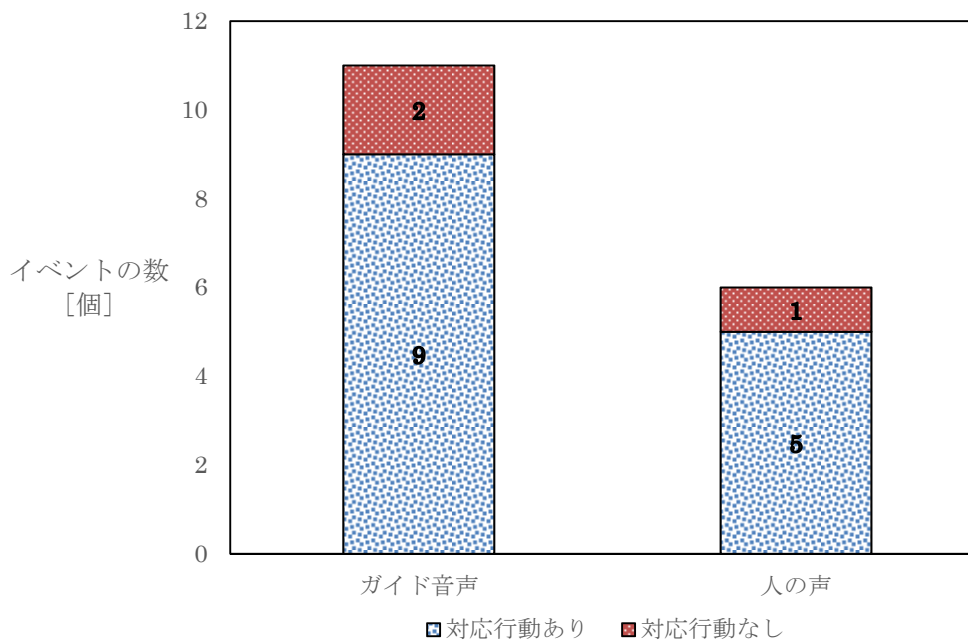


図 3-7 交差点右左折時における対応行動の有無

イベントの数に差があるものの、どちらも大半の場合対応行動が行われている。

ここで、「交差点右左折」のイベントは、信号のある交差点において歩行者や自転車が横断したり、二輪車がドライバーの死角に停車したりするイベントである。これらのイベントでは、多くの

場合信号で停車し、停車しない場合でも右左折するために減速する。この低速度の状態で、注意喚起が行われてそののちイベントが発生していることから、対応行動を起こしやすくなったのではないかと考えられる。また、低速度で運転している場合、注意喚起に対して対応行動を行うことが容易であると考えられる。

本実験のシナリオでは、基本的にイベントが発生する直前に注意喚起を行ったが、各コース 1 箇所ずつ見通しの悪い路地に入った場面で、イベントが発生する交差点より手前に交差点がある状態で注意喚起を行った (図 3-8)。

これらのイベントにおいて、対応行動を比較した結果を図 3-9 に示す。

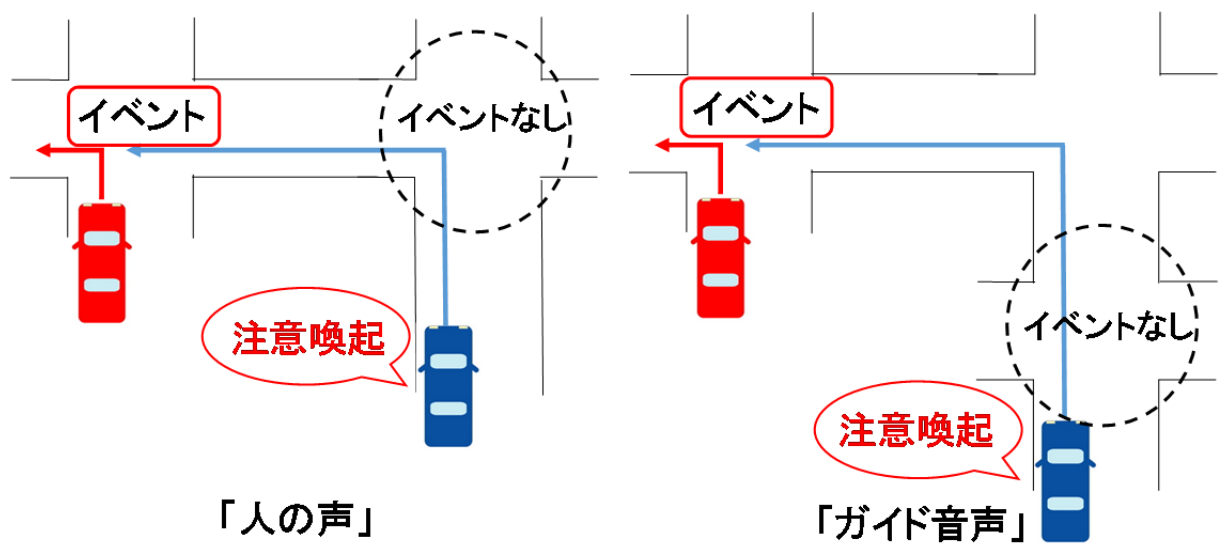


図 3-8 注意喚起のタイミングが異なるイベント

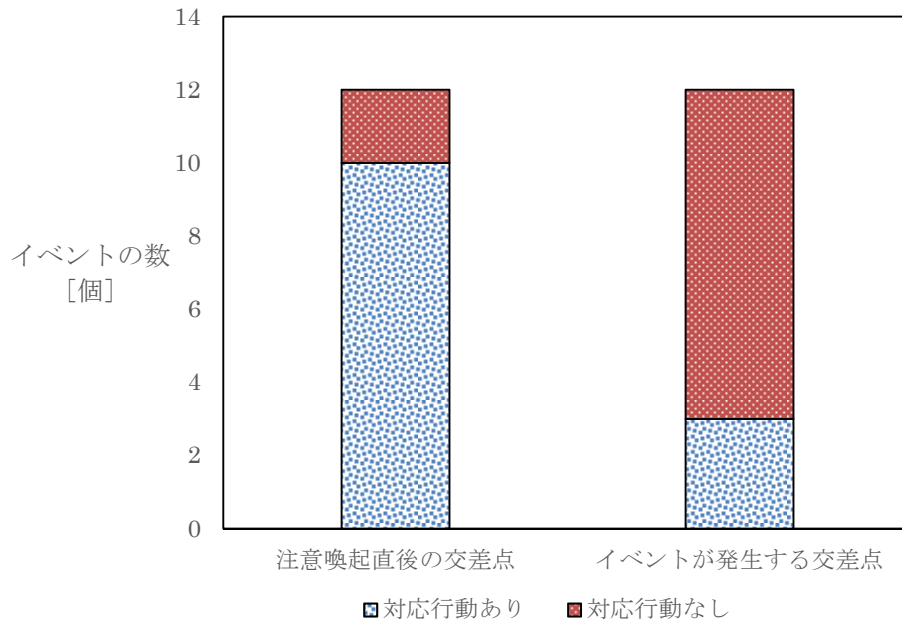


図 3-9 注意タイミングによる対応行動の差

図 3-8 の点線の丸印で示した、注意喚起直後の交差点では、対応行動が行われたケースが多かった。一方、イベントが発生する交差点では注意行動が行われなかったことが多かった。この結果は、該当する危険箇所をドライバーが認識できる程度近づいたときに注意喚起を行うことが、車両安全を確保するための対応行動を取ることに影響を与えている可能性を示唆している。

そこで、注意喚起を行っていない各コース 3 箇所ずつ、計 42 箇所の以下の信号のない交差点において、注意喚起に対する対応行動に相当する危険回避行動が行われたかビデオ映像で検証した。

- ① 止まれの標識がある交差点での右折
- ② 「人の声」を用いた注意喚起で使用了コース 1 のイベント 4 と同じ見通しの悪い交差点での右折
- ③ 「人の声」を用いた注意喚起で使用了コース 1 のイベント 5 と同じ見通しの悪い交差点での直進
- ④ 止まれの標識がある交差点の右折
- ⑤ 止まれの標識のある交差点の左折
- ⑥ 見通しの悪い交差点の直進

これらの場面における、減速や顔の動きによる安全確認などの危険回避行動の有無を図 3-10 に示す。

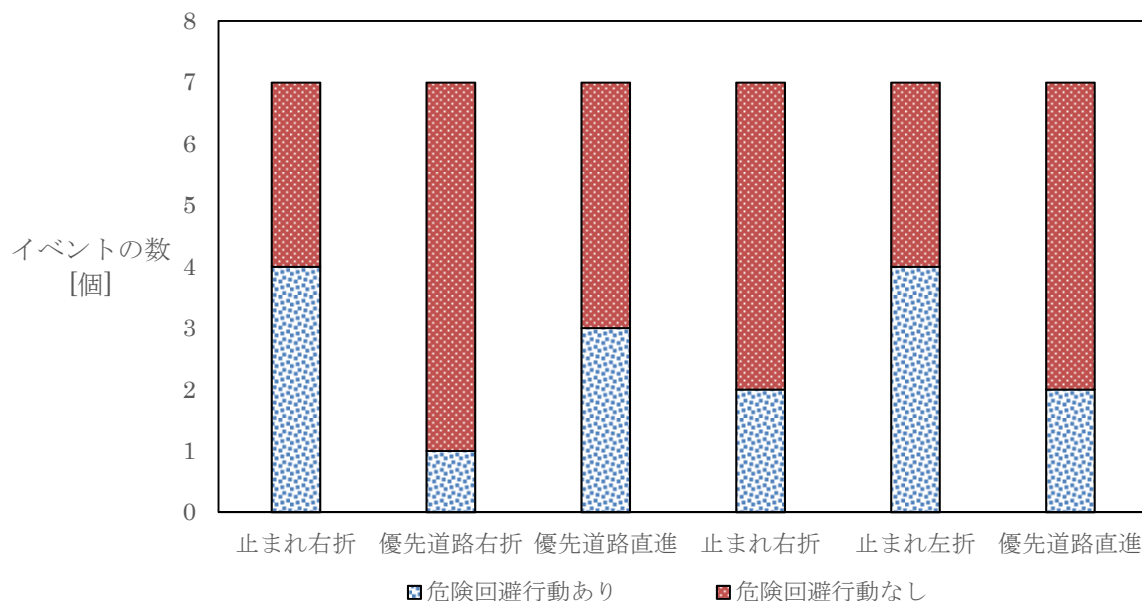


図 3-10 注意喚起がない交差点における危険回避行動の有無

注意喚起がない場面においては、全体の 6 割を超える 26 箇所では、注意喚起に対する対応行動に相当する危険回避行動は行われなかった。この結果は、注意喚起の有効性を支持するものであると解釈できる。

実験終了後に参加者に 10 分程度行った半構造化インタビューにおける、注意喚起支援の評価に関する結果を図 3-11、図 3-12 に示す。ただし「その他」は失語症のため注意喚起が効果的でなかった実験参加者を表す。

◆ 注意喚起は良いと感じるか、あるいは煩わしいと感じたか。

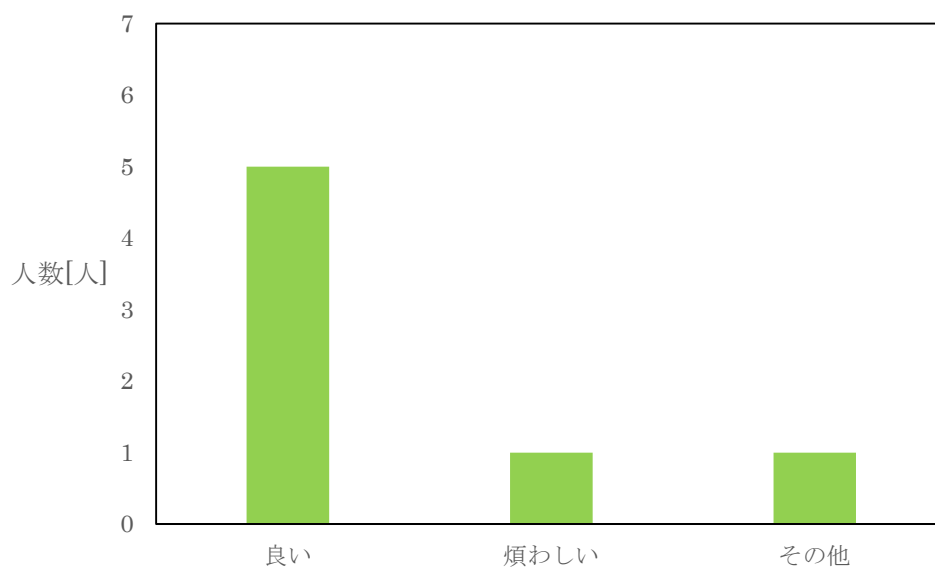


図 3-11 注意喚起が良いと感じたか

- ◆ 注意喚起が良いと回答した参加者に対して、「人の声」と「ガイド音声」のどちらが良いと感じたか.

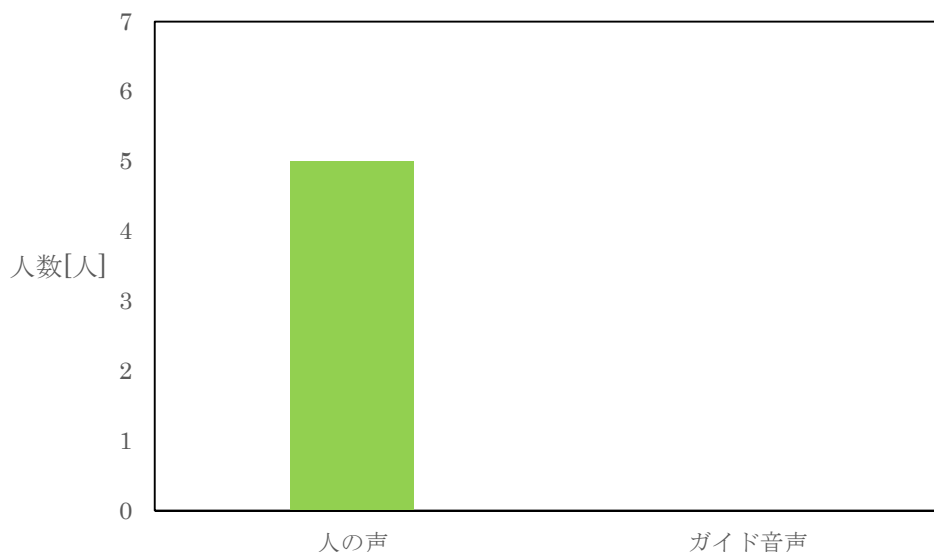


図 3-12 どちらの注意喚起の方法が良いと感じたか

実験参加者の 7 名中 5 名が、危険場面において注意喚起をすることは良いと回答し、更にその 5 名全員が「人の声」の方が良いと回答した。

「人の声」が良いと回答した理由としては、以下のことが挙げられた。

- 「人の声」の方が耳に入ってきやすい
- 注意が向きやすい
- 親切な感じがする、安心できる
- 「ガイド音声」は運転に集中していると耳に入っていない

なお、運転中に何度も注意喚起の音声流れるのは煩わしいと回答した参加者が 1 名いた。

以上の結果から、運転に集中している状況で注意喚起をする場合、「人の声」の方が伝わりやすく、有効であることが示唆される。

つぎに、実験に同席した 4 名の作業療法士に、リハビリの専門家としての意見を聞いた。注意喚起の効果に関する以下の質問の回答を図 3-13、図 3-14 に示す。

- ◆ 高次脳機能障害者に対する注意喚起は効果的であると感じたか。

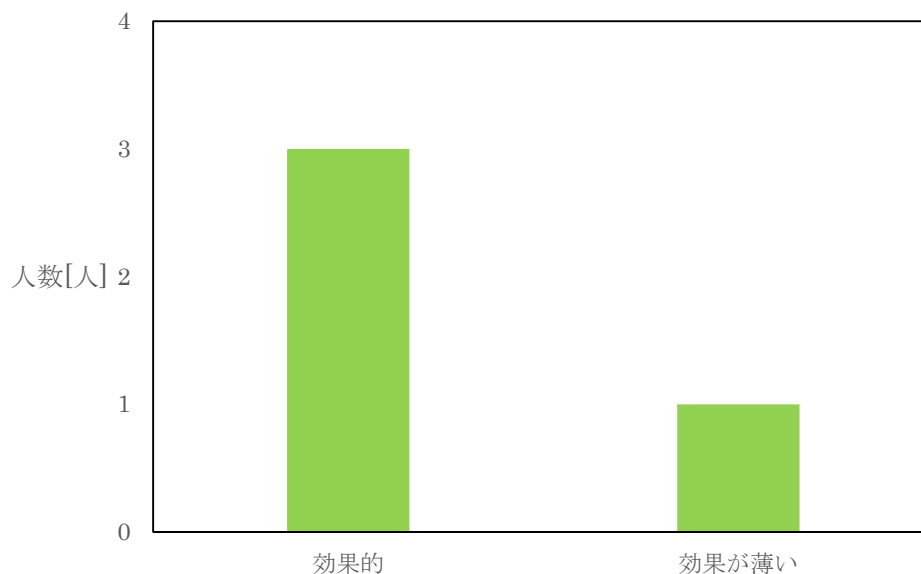


図 3-13 注意喚起が効果的であると感じたか

- ◆ 注意喚起が効果的と回答した作業療法士に対して、どちらの方法がより効果的であると感じたか。

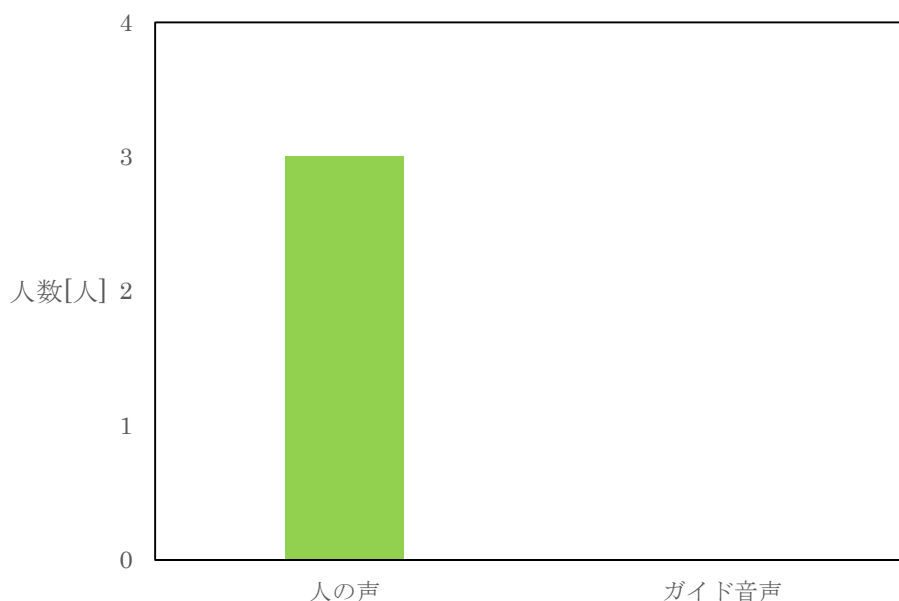


図 3-14 どちらの注意喚起の方法がより効果的であると感じたか

作業療法士へのインタビュー結果では、4名中3名が注意喚起を効果的であると感じたと回答した。また、1名が音声のみを用いた注意喚起は効果が薄いと感じたと回答した。

「人の声」が良いと回答した理由としては、以下のことが挙げられた。

- 注意が向きやすい
- 表現の融通が利く

一方、「効果が薄い」と回答した理由としては、以下のことが挙げられた。

- 高次脳機能障害者の場合、即座に対応できないのではないか
- 視覚的な注意喚起も合わせて行うと効果的ではないか

普段、高次脳機能障害者のドライビングシミュレータで運転する様子を見ている作業療法士から得たこれらの結果から、「人の声」を用いた注意喚起が、危険を回避するのに効果的であったと考えられる。一方で、患者の症状に応じてより有効な別の支援方法を検討する必要があると考えられる。

第4章

まとめと今後の課題

本実験では、実際に高次脳機能障害を有する患者を対象としたドライビングシミュレータを用いた実験により、危険場面における注意喚起支援の有効性評価を試みた。その結果、以下のことがいえる。

- i. 事故とヒヤリハットの回数はともに「人の声」を用いた注意喚起の方が少ない。また、イベントの場面ごとに注意喚起に対する対応行動が行われたか比較すると「人の声」の方が、対応行動が多く行われており、全体的に「人の声」を用いた注意喚起の方がより支援の効果が現れている傾向にある。
- ii. 「ガイド音声」は運転に集中していると聞こえづらく、「人の声」の方が耳に入りやすい。ただし、なぜそのような差異があるのかということについては、言葉遣い、口調、相手への信頼感、タイミングなど様々な要因が交絡しており、主要な要因は現時点では不明である。
- iii. 危険場面の直前に注意喚起を行った場合と行わなかった場合を比較すると、注意喚起を行った場合に対応行動を行う傾向が見られた。したがって、危険場面において直前に注意喚起をすることは、減速や周囲の安全確認といった行動を促す効果があることが示唆される。
- iv. 「ガイド音声」より「人の声」を用いた注意喚起を望む人が多い。

今後の課題としては、以下の事項を挙げることができる。

- i. ドライビングシミュレータの実験に参加可能な被験者の確保が難しく、十分な人数のデータが得られなかった。更なるデータの蓄積が必要である。
- ii. 本実験では、健常者との比較、また、高次脳機能障害者に対して支援を行わなかった場合との比較ができておらず、今後これらとの直接的な比較が必要である。
- iii. 作業療法士へのインタビューにおいて、音声だけでなく視覚に働きかける支援も合わせた方が効果的ではないかという意見があったように、音声だけでなく他の支援方法も検討することが重要である。特に失語症で聴覚に障害がある患者に対しては、聴覚以外に働きかける支援方法を検討する必要がある。

- iv. 本実験では、注意喚起に対する対応行動を行ったか否かという判定を、左後方から撮影したビデオ映像のみで行った。この方法では目視によって周囲の安全確認を行ったか正確に判断することは難しいため、視行動を解析するなど更なる厳密な分析が求められる。

- v. 分析結果により、「人の声」を用いた注意喚起が効果的である可能性が示唆される。運転に注意が向いているときほど、「人の声」の方が認識しやすいことが理由として考えられるが、具体的になぜ「人の声」が良いのか結論付けるまでに至っていない。また、実際に支援システムとして実現するためにどうすべきか検討する必要がある。

謝辞

本研究における実験の遂行，データの分析にあたっては，筑波大学情報学群情報科学類岸大地君の多大なる貢献を得た．記して謝意を表す．

参考文献

- Abbink, D., Mulder, M., and Boer, E.R. (2012). Haptic shared control: smoothly shifting control authority?, *Cognition, Technology, and Work*, 14, 19-28.
- van Asseldonk, E.H.F., Wessels, M., Stienen, A.H.A., van der Helm, F.C.T., van der Kooji, H. (2009). Influence of haptic guidance in learning a novel visuomotor task, *Journal of Physiology-Paris*, 103(35), 276-285.
- CNS Today (2013). CNS疾患と自動車運転, *CNS Today*, 3(1), 12-14.
- Crosson, B. et al. (1989). Awareness and compensation in postacute head injury rehabilitation. *Journal of Head Trauma Rehabilitation*, 4, 46-54.
- Flemish, F. et al. (2008). Automation spectrum, inner/outer compatibility and other potentially useful human factors concepts for assistance and automation, in D. de Waard et al. (eds.), *Human Factors for Assistance Automation*, Maastricht: Shaker Publishing, 1-16.
- Gianutsos, R. (1994). Driving advisement with the elemental driving simulator (EDS): when less suffices, *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 26(2), 183-186.
- Griffen, J. A., et al: Awareness of Deficits and On-Road Driving Performance. *Clin Neuropsychol*. 25(7):1158-78, 2011.
- 石合純夫(2012). 高次脳機能障害学, 第2版, 医歯薬出版.
- Itoh, M., and Inagaki, T. (in press) Design and Evaluation of Steering Protection for Avoiding Collisions during a Lane-Change, *Ergonomics*.
- 伊藤, 他 (2014). 高次脳機能障害者等に対する運転支援システム設計, 平成26年度タカタ財団助成研究成果報告書
- 加藤徳明, 岡崎哲也, 蜂須賀研二(2013).高次脳機能障害者の自動車運転再開, *Jpn. J. Rehabil. Med.*, 50(2), 105-112.
- Klarborg, B., Lahrman, H., Agerholm, N., Tradisaukas, N., and Harms, L. (2012). Intelligent speed adaptation as an assistive device for drivers with acquired brain injury: A single-case field experiment, *Accident Analysis and Prevention*, 48, 57-62.
- Lee, J.D., and Strayer, D.L. (2004). Preface to a special section on driver distraction, *Human Factors*, 46, 583-586.
- Michon J.A. (1985). A critical view of driver behavior models: what do we know, what should we do?, in L. Evans & R.C. Schwing (eds.), *Human Behavior and Traffic Safety*, 485-520, New York: Plenum Press.
- NHTSA (2013). Preliminary Statement of Policy Concerning Automated Vehicles.
- 小倉雄一, ほか (2007). 高次脳機能障害患者のための自動車運転能力評価法の検討, 茨城県立医療大学附属病院研究誌, 10, 59-64.
- Rapport, L. J., et al. (1993). Predictors of falls among right-hemisphere stroke patients in the rehabilitation setting, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 74(6), 621-626.
- Schultheis, M.T., DeLuca, J., and Chute, D.L. (2009). *Handbook for the Assessment of Driving Capacity*, Elsevier.
- Schultheis, M.T., Simone, L.K., Roseman, E., Nead, R., Rebimbas, J., and Mourant, R. (2006). Stopping behavior in a VR driving simulator: A new clinical measure for the assessment of driving?, *Proceedings of the 28th IEEE EMBS Annual International Conference New York City, USA, Aug 30-Sept 3*, 4921-3924.

渡邊修ほか(2009). 東京都における高次脳機能障害患者総数の推計, 日本リハビリテーション
医学会誌, 46(2), 118-125.