

# ドライビングシミュレータを用いた高次脳機能障害 患者の自動車運転能力評価に向けて 若年健常ドライバーの運転評価

リスク工学グループ演習第8班  
佐藤真登 辻竜佳 日暮一太  
アドバイザー教員 伊藤誠

## 1. はじめに

### 1.1. 研究背景

高次脳機能障害とは、交通事故や脳血管疾患などにより脳の一部が損傷を受けることで、言語・思考・記憶・意思・感情などの高度な脳の機能に障害があらわれることである。その症状は半側空間無視、行動と感情の障害、地誌的障害、注意障害、遂行機能障害、記憶障害、失行症、半側身体失認、失認症、失語症の10種類に分類される。厚生労働省の調査によると、高次脳機能障害患者の数は30万人に上ると推定されている。

自動車の普及した現代社会において、自動車運転能力は障害の有無にかかわらず、日常の活動や社会生活、自立した生活を行うために必要不可欠になっている。このような状況において、高次脳機能障害患者の自動車運転も社会復帰を促すうえで有用である一方、障害の種類や程度によっては大きなリスクを伴う。したがって、高次脳機能障害患者の自動車運転能力の評価の必要性が高まっている。

近年、高齢ドライバーによる交通事故の増加により、運転能力検査に加えて、高齢者を対象にした「認知機能検査」が導入されているが、高次脳機能障害患者を対象にした検査は行われていない。また、現状の高次脳機能障害患者に対する自動車運転能力評価は、医療従事者の経験則による人に大きく依存した評価が行われており、定量的な評価手法は確立されていない。

### 1.2. 研究目的

本研究では、高次脳機能障害患者の運転能力評価に向けて、若年健常ドライバーの運転行動データの蓄積と解析を行い、新たな知見を得ることを目的としている。

## 2. 準備

### 2.1. 高次脳機能検査

本研究では、Trail Making Test(TMT)、BADS 動物園地図検査、WAIS-III 符号検査の3種類の机上の高次脳機能検査を行った。これらの検査は、小倉らの研究 [3] において、高次脳機能障害とDSとの相関が高いとされたものである。

### 2.1.1. TMT

TMTは紙に書かれた1から25までの数字を順に結び part A と数字と平仮名を順に結び part B からなる検査である。TMTは、注意の持続と選択、視覚と運動の協調性、情報処理の速さ、短期記憶を評価しているため、被験者が視覚と運動に関する認知機能に問題がない場合、高次脳機能障害における注意機能や遂行機能を評価することを目的として用いられる。

### 2.1.2. BADS 動物園地図検査

動物園地図検査は動物園の地図と与えられた規則から、すべての規則を満たすようにルート計画し、そのルートを描く検査である。BADSは、被験者が自発的に計画を立てていく能力と、外部から与えられた規則に従う能力を評価しており、計画能力や高次脳機能障害における遂行機能を評価することを目的として用いられる。

### 2.1.3. WAIS-III 符号検査

符号検査は1から9の数字にそれぞれ符号を割り当て、数列を符号に置き換える検査である。符号検査は、書字の速さと正確さ、視覚探索の速さを評価しており、TMTと同様に高次脳機能障害における注意機能や遂行機能を評価することを目的として用いられる。

### 2.1.4. 運転スタイルチェックシート (DSQ)

DSQは個々のドライバーが運転に取り組む態度や嗜好、考え方などの個人特性を定量的に把握するために開発されたものである。18の質問で構成されており、8項目の運転特性をスコアとして定量的に把握することが可能とされている。

## 2.2. 運転技能検査

ドライビングシミュレータ(DS)を用いて、被験者に市街地コースを運転してもらい、危険走行回数を計数した。危険走行回数の評価項目は、道路標識・歩行者・巻き込み・追い越しにおける確認の有無、一時停止無視、発進・右左折・車線変更における合図の有無、徐行運転、速度維持とした。

表 1: 危険走行回数, 各評価項目と高次脳機能検査結果との相関係数

	危険走行回数	確認	一時停止	合図
TMT Part A	-0.17	-0.07	-0.22	-0.11
TMT Part B	-0.09	-0.10	-0.02	0.00
WAIS-III 符号 評価点	-0.21	-0.26	0.04	-0.35
BADS 動物園地図 得点	0.03	0.00	-0.26	0.14

### 3. 実験手法

#### 3.1. 被験者

被験者は, 若年健常ドライバ 30 名 (男性 27 名, 女性 3 名) を対象にした。被験者 30 名の年齢の範囲は 21 歳から 27 歳までであり, 平均年齢は 23.0 歳となっている。

#### 3.2. 実験の流れ

今回の実験の流れは, アンケート, 練習走行, 本走行 1, 机上検査, 本走行 2 の順で行う。

アンケートでは, 被験者の運転行動の特性と運転状況を把握するため, DSQ と被験者の運転経歴などの調査を行った。

練習走行では, 被験者に DS に慣れてもらうため, 5 分程度の練習走行を行った。この際, アクセル, ハンドル, ブレーキの利き具合, ウィンカー位置の確認を行った。

本走行 1 では, DS を用いて走行時間 15 分程度の市街地コースの運転を実施し, 危険走行回数の計数を行った。

机上検査では動物園地図, TMT, 符号検査の 3 種類の検査を順に行った。動物園地図では, 条件を変え 2 回の検査を行いプロフィール得点を求めた。TMT では, part A, part B の所要時間の計測を行った。符号検査では, 120 秒間あたりの正答数から評価点を求めた。

本走行 2 では, DS を用いて市街地コースの運転を実施し, 危険走行回数の計数を行った。本走行 1 と本走行 2 は異なる市街地コースを用いており, 走行時間は 15 分程度である。

#### 4. データ解析

本実験で得られた DS の結果と机上の高次脳機能検査の結果から, 平時における危険走行回数と机上の高次脳機能検査との相関, 緊急時における反応速度と高次脳機能検査との相関, 黄信号における状況判断の解析を行った。

##### 4.1. 平時における危険走行回数と机上の高次脳機能検査との相関

本節では, 危険走行回数, 各評価項目ごとの回数と机上の高次脳機能検査結果との相関について解析した。対象となる被験者は若年健常者 30 名 (男性 27 名,

表 2: 緊急時反応速度と高次脳検査との相関。

検査項目	相関係数
TMT Part A	0.175
TMT Part B	0.385
Wais III 符号 評価点	-0.329
BADS 動物園地図	0.452

女性 3 名) である。その結果を表 1 に示す。なお, 表 1 中には, 危険走行回数の内訳において, 特に多く見られた確認, 一時停止, 合図の項目に関して結果を示している。

また, 図 1 に机上の高次脳機能検査結果と危険走行回数との回帰分析の結果を示す。図 2 は小倉らの研究によって示されている結果である。

本実験結果では, 小倉らの研究において相関が高いとされていた, 危険走行回数と机上の高次脳機能検査結果との間に有意な相関を見ることはできなかった。また, 表 1 に示す危険走行の各評価項目と高次脳機能検査結果の相関においても, 同様に有意な相関を見ることはできなかった。

##### 4.2. 緊急時における反応速度と高次脳機能検査との相関

前節においては, 平時における危険走行回数と机上の高次脳機能検査との相関について解析した。本節では, より緊急性の高い歩行者の飛び出しという状況についての高次脳機能検査との相関を解析した。緊急時におけるドライバの反応時間と高次脳機能検査結果の相関について考察を行った結果を以下に示す。

解析に用いた状況は, 道路標識の陰に隠れている歩行者が自動車に接近した際に突然に飛び出すという状況である (図 3)。また対象となる被験者は, より緊急性の高い者を用いる目的で, 歩行者が飛び出す直前までにブレーキの入力のなかった若年健常者 15 名 (男性 14 名, 女性 1 名) を対象にし, 歩行者飛び出しからブレーキ入力までの反応時間を用いた。反応時間と, それぞれの高次脳機能検査との解析結果を表 2, 図 6 に示す。

解析結果から相関係数の絶対値が 0.7 以下となり, 高い相関は得られなかった。また, Wais III 符号以外の相関については, 成績の良い被験者ほど反応時間が遅れるという予想とは逆の相関が得られた。

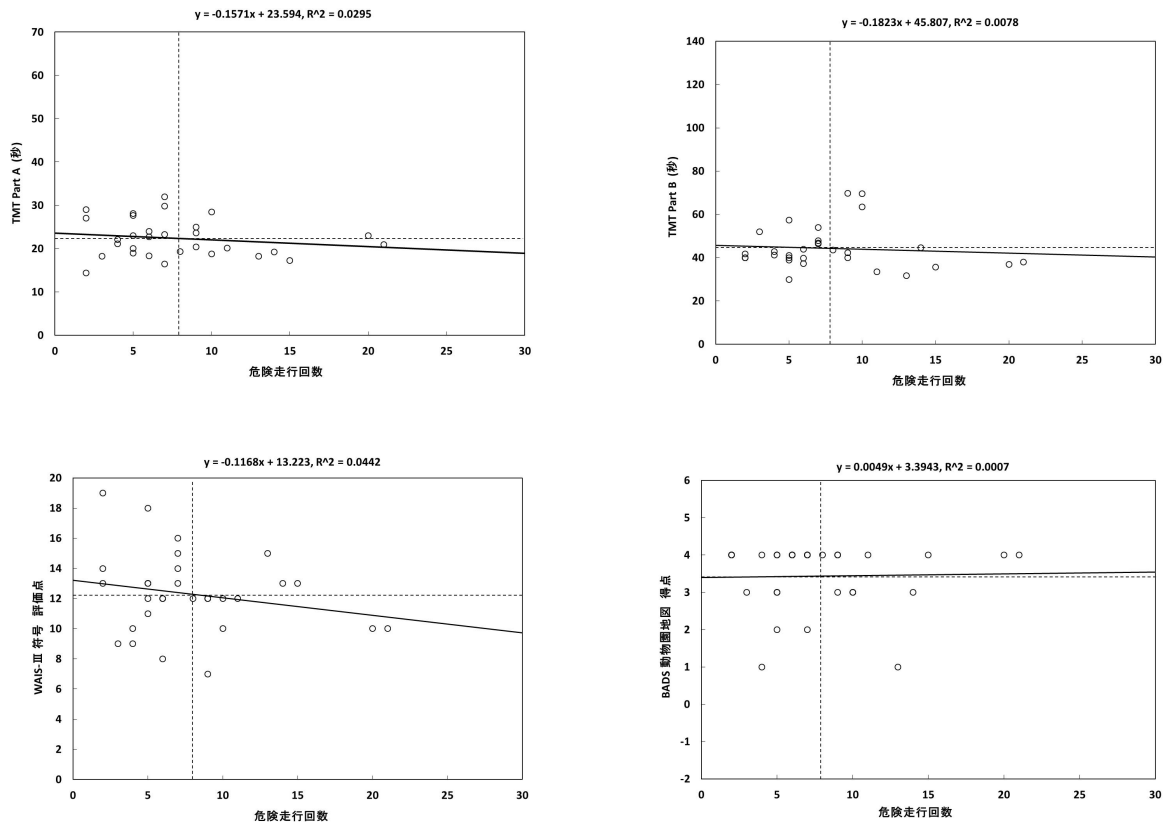


図 1: 本研究における高次脳機能検査結果と危険走行回数との回帰分析 (○は健常者群, 点線は平均値を示す)

### 4.3. 黄信号における状況判断

本節では、黄信号における状況判断について解析する。運転時において、積極的に安全を確認する状況や緊急時の状況以外に、運転者の判断能力が試される状況が起こり得る。例えば、道路を走行中に信号が黄色に変わった時、交差点を通過するか、停止するかの判断を行う状況である。

図5は、このような状況において、信号が黄色に変わってからの被験者の速度の変化を表しており、信号通過者と停止者が半々に分かれていることがわかる。今回は、このように運転者の判断能力が試される、ジレンマゾーンと呼ばれる状況下での運転行動の解析を行った。

#### 4.3.1. ジレンマゾーン

交差点進入直前で信号が黄色に変わるとき、「安全に交差点を通過することも、停止することも難しい状況」が存在する。このような状況をジレンマゾーンと言い、以下の式を満たす。

$$\tau V + \frac{V^2}{2d} \leq X \leq TV$$

ただし、 $X(m)$  は黄色信号時の交差点から自車までの距離、 $\tau$  は運転者のブレーキ反応時間 (s)、 $V$  は自

車の速度 (m/s)、 $d$  は減速度 (m/s)、 $T$  は信号が黄色を点灯している時間 (s) である。

#### 4.3.2. 解析

表3は被験者30名のうち、黄色信号になった時にジレンマゾーンにいた被験者24名の行動と、被験者の運転頻度をまとめたものである。この状況で交差点を通過したドライバーは17名、停止したドライバーは7名となっており、交差点を通過したドライバーの割合は約71%に上る。

表 3: 運転行動と運転頻度の内訳

運転頻度	毎日	月に数回	年に数回	なし
交差点通過	7人	7人	2人	1人
交差点停止	5人	2人	0人	0人

次に、交差点を通過したドライバーと停止したドライバーの机上検査の平均と標準偏差の値を求めた (表4)。各検査の平均値を比較すると、TMT part A、符号検査では交差点を通過したドライバーのほうが成績がよく、また、TMT part B、動物園地図では交差点で停止したドライバーのほうがよいことがわかる。以上より、机上検査の平均点では特に差が出ないことがわ

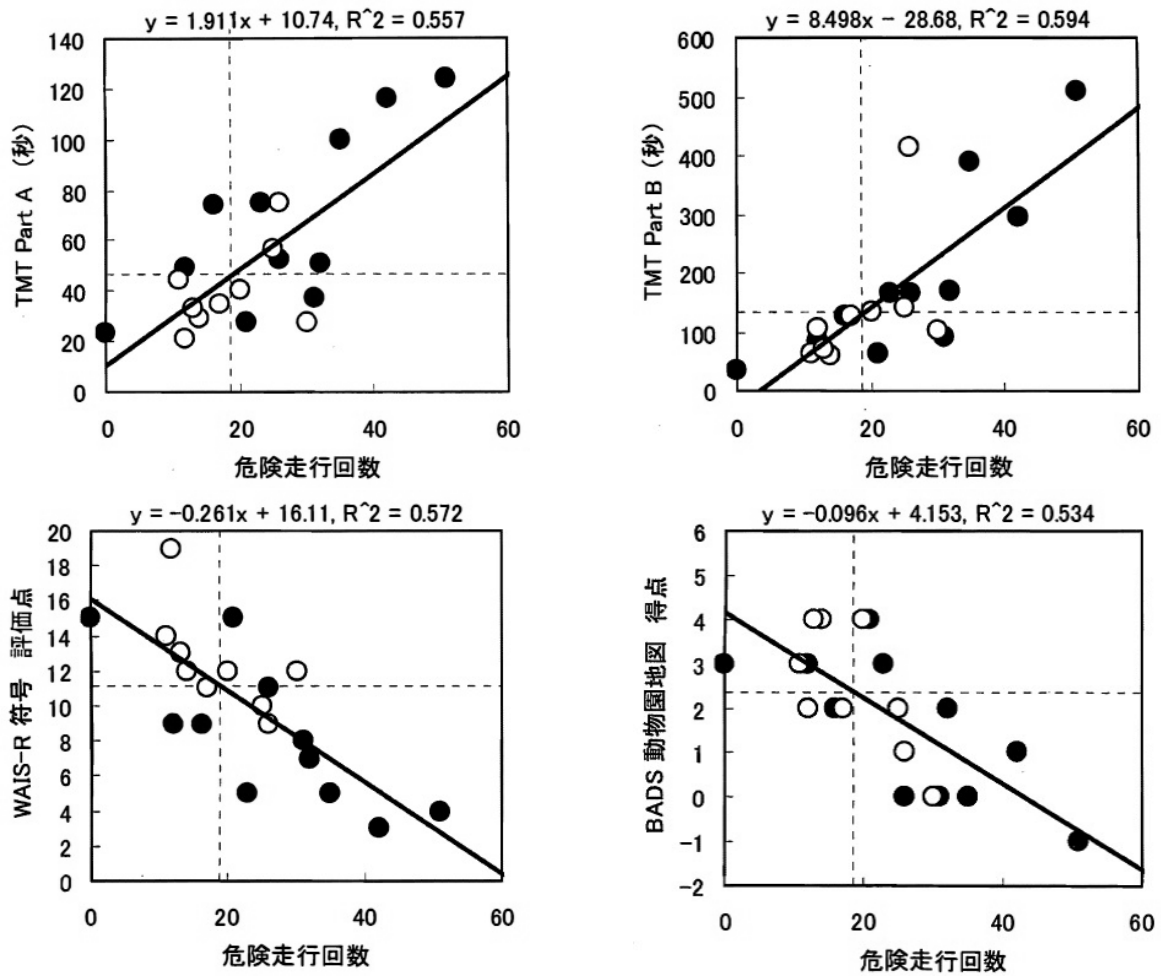


図 2: 小倉らの研究における高次脳機能検査結果と危険走行回数との回帰分析 (●は高次脳機能患者群, ○は健常者群, 点線は健常者群の平均値を示す)

かる。しかし、TMT part A, B の標準偏差では、通過したドライバーよりも停止したドライバーのほうが値が特に低く、値のばらつきが低いことがわかる。図 4 はジレンマゾーンにおける交差点通過者と停止者別の、危険運転回数と TMT との相関を示している。



図 3: 歩行者飛び出しの状況

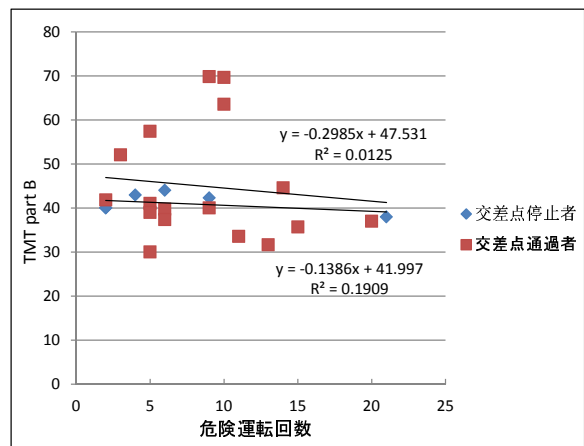


図 4: 判断別危険運転回数と TMT との相関

表 4: 高次脳機能検査と平均と標準偏差

	TMT part A		TMT part B		符号検査		動物園地図	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
交差点通過者	21.13	11.0	44.93	12.43	12.18	2.36	3.29	0.82
交差点停止者	24.10	2.78	41.02	1.95	11.71	3.37	47.0	0.0

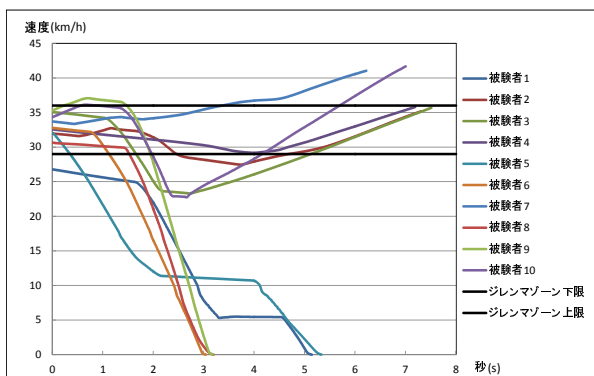


図 5: 交差点での自動車の速度の変化

## 5. 考察

「平時における危険走行回数と机上の高次脳機能検査との相関」、「緊急時における反応速度と机上の高次脳機能検査との相関」の解析において、若年層群では小倉らの研究に比べ有意な相関が見られなかった。小倉らの研究における被験者は、平均年齢 55.9 歳と高年層であるが、本研究における被験者は、平均年齢 23.0 歳と若年層である。高年層では、加齢による注意機能・遂行機能・記憶力等の低下による個人差が顕著に表れる [4]。そのため、高い相関が得られるが、若年層では、そのような能力差があまり見られないため、運転技能と机上検査の関連性が見出しにくくなったものと思われる。しかしながら、「平時における危険走行回数と机上の高次脳機能検査との相関」では、本研究における若年層群の危険走行回数、各高次脳机上検査のスコアの分布領域は、既存研究における分布領域のごく一部に集中していることがわかり、それらを合わせて一つのデータとして見れば、相関が得られているといえるだろう。

また「黄信号における状況判断」の解析から交差点通過者と交差点停止者で分類した結果、高次脳機能検査の TMT part A, part B の標準偏差の値に大きな差がでた。加えて、黄信号停止者の中には、TMT part A, part B のスコアが際立って低い被験者が含まれておらず、総合的にスコアが高い傾向が見られた。つまり、黄信号における停止行動は TMT part A, part B の高得点者に多くみられる運転傾向だと考えられ、TMT part A, part B のスコアは判断を迫られる場面での意思決定に関係すると考えられる。一方、符号検査、動物園地図ではそのような傾向が見られず、評価に有効ではないと考えられる。

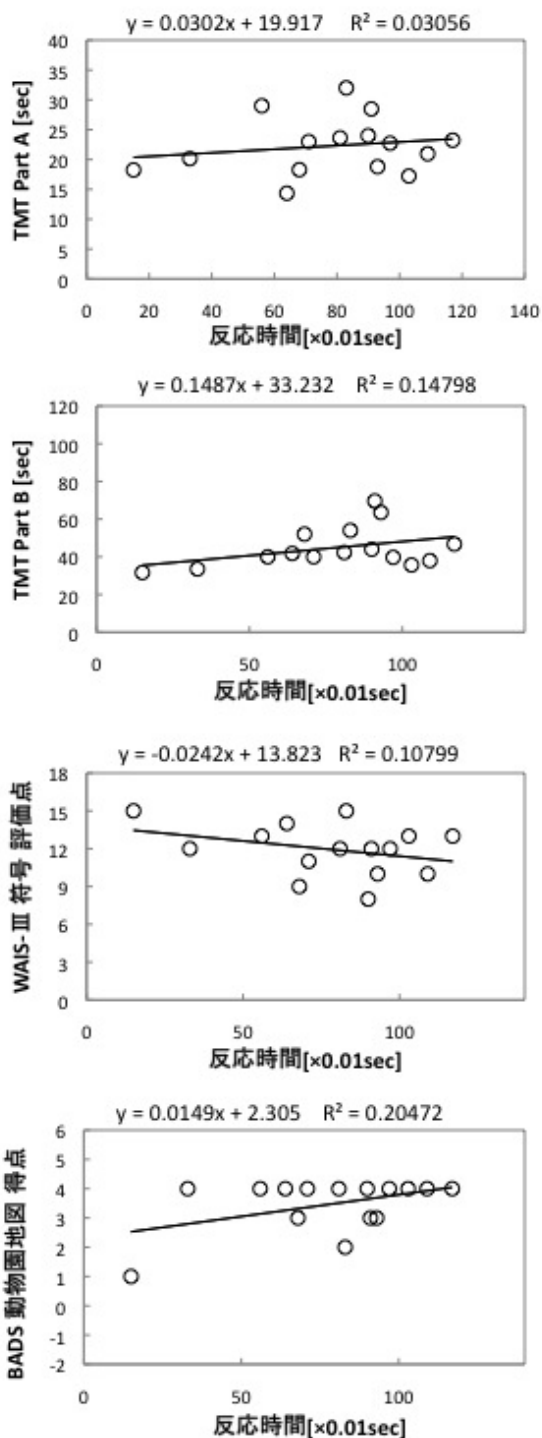


図 6: 高次脳機能課題と反応時間

## 6. まとめと今後の課題

本研究では、高次脳機能障害患者の運転能力評価に向けて、若年健常ドライバーの運転行動データの蓄積と解析を行い、新たな知見を得ることを目的として実験を行った。データ解析により、若年健常ドライバーには高年ドライバーに見られるような、机上の高次脳機能検査との高い相関が見られなかった。それは、若年層では、高齢者に比べ注意機能・遂行機能・記憶力等の能力差が見られないため、運転技能と机上検査の関連性が見出しにくくなったものと思われる。しかしながら、全年齢層で見れば、危険走行回数と机上の高次脳機能検査との間に相関が見られることがわかった。

また、黄色信号における状況判断では、TMT part A, part Bの結果が意思決定に関係する可能性があるという結果が得られた。

今後の課題として、若年高次脳機能障害患者のデータの蓄積と解析が必要であるといえる。また、幅広い年齢層のデータの蓄積を行う必要がある。今回の若年健常者データを活用するためには、高次脳機能障害患者のデータと比較する必要がある。それにより得られた知見が、高次脳機能障害患者の運転評価基準の設定に寄与するであろう。

## 謝辞

本論文の作成にあたり、実験に関する数多くのご意見を頂いた本田技研工業株式会社 小野浩様、現場での実施状況に触れる機会を与えていただいた池田恭敏様をはじめとする茨城県立医療大学付属病院の皆様深く感謝いたします。また、実験に快く協力いただいた被験者の皆様深く感謝いたします。

## 参考文献

- [1] Maria T. Schultheis, J. DeLuca, Douglas L. Chute(三村将 他訳). 医療従事者のための自動車運転評価の手引き 新興医学出版社, 2011.
- [2] 岡崎哲也, 上田まり, 佐伯覚, 蜂須賀研二. 半側空間無視症例に対する自動車運転適性評価. 臨床リハ別冊, 高次脳機能障害のリハビリテーション Ver.2, pp. 299-301, 2004.
- [3] 小倉雄一, 池田恭敏ほか. 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. 茨城県立医療大学付属病院研究誌 (1348-8988)10号, pp. 59-64, 2007.
- [4] 自動車技術会. 高齢者運転適性ハンドブック. 社団法人 自動車技術会.
- [5] 山田規敏子. 壊れた脳 生存する知. 講談社, 2004.
- [6] 松永勝也. 交通事故防止の人間科学. ナカニシヤ出版, pp. 72-75, 2002.
- [7] 国立障害者リハビリテーションセンター. [http : //www.rehab.go.jp/ri/brain\\_fukyu/index.shtml](http://www.rehab.go.jp/ri/brain_fukyu/index.shtml)