

# 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

—年齢と運転経験に着目して—

川瀬雅士 松崎慧太 山本克己  
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脳の一部損傷が原因となり、言語、思考、記憶、行動といった高次な脳の認知機能に生じる障害である。原因としては交通事故や脳血管疾患などがあり、主な症状としては半側空間無視、半側身体失認、地誌的障害、記憶障害、失認症、失行症、失語症、注意障害、遂行機能障害、行動・情緒の障害が挙げられる。正確な患者数は明らかでないが、平成16年の厚生労働省の推計によると全国で30万人、また平成20年の東京都の調査からの推計では全国で50万人に上るとされている<sup>1)</sup>。

現在、自動車の普及に伴い自動車の運転が日常生活に必要とされる場所や場面は少なくない。これは高次脳機能障害患者にとっても同様で、社会復帰の一助となることを考えても自動車運転は有用である。一方で、自動車運転には交通事故という大きな危険が伴うため、障害の種類や程度によっては運転を制限する必要がある。以上のような背景から高次脳機能障害患者のための運転能力評価が望まれている。しかし、現在のところ運転可否判断は医療従事者の経験則による判断に委ねられており、運転能力を客観的かつ定量的に評価する検査方法は確立されていない。

### 1.2. 研究目的

本研究では、高齢健常者、職業ドライバー、一般入院患者（高次脳機能障害患者以外）、高次脳機能障害患者を対象とした運転データの蓄積をして、既往研究<sup>2)</sup>との比較すること、そして障害の有無だけでなく年齢と運転経験を考慮した比較評価を行うことを目的としている。

## 2. 準備

本研究では机上検査として、TMT (Trail Making Test)、WAIS-III 符号検査、BADs 動物園地図検査の3種類を選択した。これらは、小倉らの研究<sup>2)</sup>においてドライビングシミュレータ（以下DS）との相関が高いとされた机上検査である。それぞれの詳細を以下に記す。

### 2.1. TMT(Trail Making Test)

TMT は紙に書かれた数字を順に結ぶPart A と数字と平仮名を交互に結ぶPart B からなる検査である。数字や平仮名を交互に昇順にたどること求められるため、数字や文字の認識・精神的柔軟性・注意持続性・視覚的探索力・視覚運動性・

手の運動と視覚の協調性など様々な能力を評価する<sup>3)</sup>。とく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。

### 2.2. WAIS-III 符号検査

符号検査は1から9までの数字にそれぞれ割り振られた記号を用いて、紙に書かれた数列をそれに対応した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、及び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。

### 2.3. 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、すべての規則をみたすように動物園地図内の道順を計画して、その通りに道順を描く検査である。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することで、計画能力や高次脳機能障害における遂行機能の評価を目的として用いられる。

### 2.4. DS を用いた運転技能検査

「ドライビングシミュレータ Honda セーフティナビ（本田技研工業）」を用いて、被験者に運転反応検査と市街地に見立てたコース（危険予測体験ソフト）を運転してもらい、運転技能を評価した。

## 3. 実験手法

### 3.1. 被験者

本研究では、高齢健常者20名および病院患者17名（男性27名、女性10名）を被験者として実験を行った。

表1に示すように、健常者でも日常生活のみ運転する一般ドライバー、職業として運転する職業ドライバーの属性に分けられる。また、患者の中でも高次脳機能障害を持たない一般患者、持つ高次脳機能障害患者の属性に分けられる。

表1 被験者の属性

属性	健常者		病院患者	
	一般ドライバー	職業ドライバー	一般患者	高次脳機能障害患者
性別	男: 9名 女: 5名	男: 6名 女: 0名	男: 5名 女: 3名	男: 7名 女: 2名
年齢	65.4 ± 3.5歳	49.3 ± 11.9歳	71.5 ± 9.1歳	66.0 ± 13.4歳

平均値 ± 標準偏差

### 3.2. 実験内容

健常者を対象にした実験は筑波大学大学院リスク工学専攻グループ演習9班が行い、病院患者を対象にした実験は公立阿伎留医療センターが行った。

実験では、机上検査として高次脳機能検査を行い、DSを用いて運転技能検査を行った。机上検査では2章で紹介したTMT, WAIS-III符号検査 BADS 動物園地図検査を行った。TMTではPart A, Part Bの所要時間を計測した。WAIS-III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。BADS 動物園地図では、条件を変えて2回の検査を行い、プロフィール得点を求めた。運転技能検査では、運転反応検査および市街地コースの約5分間走行を行った。運転反応検査では単純反応検査, 選択反応検査, 選択配分・複数作業検査, ハンドル操作検査の4つを用いて反応速度や操作の的確さ等を検査した。市街地コースの走行では、場面別の危険シナリオ, 事故, ブレーキの急制動, 停止不適切, ウィンカー不適切の合計値とした危険走行回数の計数を行った。

また健常者を対象に実験開始前にアンケートを実施した。アンケートでは、被験者の運転経験を把握するため、日々の運転内容を運転頻度とあわせて調査した。

### 4. データ解析

本実験ならびに公立阿伎留医療センターのご協力のもと得られたDSの結果から、机上の高次脳機能検査と危険走行回数との相関を年齢や運転経験の違いに着目して解析した。

#### 4.1. 高次脳機能検査と危険走行回数との相関

はじめに、高次脳検査の結果とDSにおける危険走行回数との相関について解析した。健常一般ドライバー15名(男性10名, 女性5名)と健常職業ドライバー5名(すべて男性)、公立阿伎留医療センター入院患者17名(男性12名うち高次脳機能障害患者7名, 女性5名うち高次脳機能障害患者

者2名)の計37名を対象とする。相関分析の結果を表2に示す。また高次脳機能検査と危険走行回数との関係を示す散布図を図1に示す。

表2 高次脳機能検査と危険走行回数との相関分析

	危険走行回数		
	相関係数	有意確率	サンプル数
TMT Part A	0.420	0.017	32
TMT Part B	0.193	0.289	32
WAIS-III 符号 得点	-0.546	0.002	31
BADS 動物園地図 得点	-0.295	0.107	31

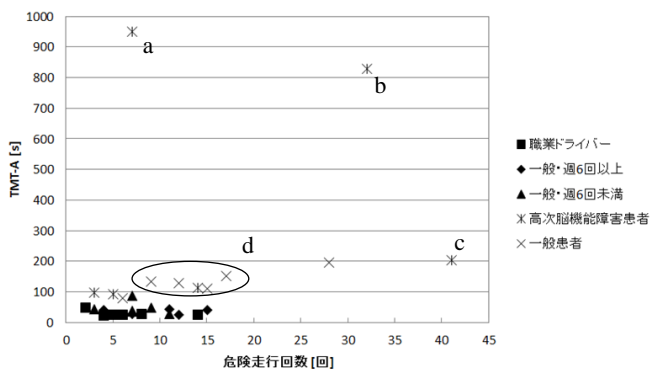
本実験結果からは、小倉らの研究<sup>2)</sup>において危険走行回数との相関が非常に高いとされていた高次脳機能検査のうち、TMT Part A, WAIS-IIIにおいて中位の有意な相関が見られた。

図1を見て目立つのが、aで示した極めて特異なデータである。TMTに莫大な時間を要しながら比較的安全に運転をこなしている。この特異な被験者を除外して相関分析を行った結果を表3に示す。

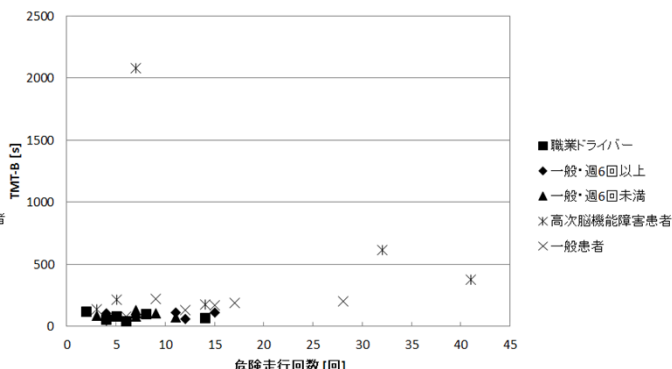
表3 高次脳機能検査と危険走行回数との相関分析(特異なデータを除外して)

	危険走行回数		
	相関係数	有意確率	サンプル数
TMT Part A	0.651	0.000	31
TMT Part B	0.757	0.000	31
WAIS-III 符号 得点	-0.595	0.001	30
BADS 動物園地図 得点	-0.312	0.093	30

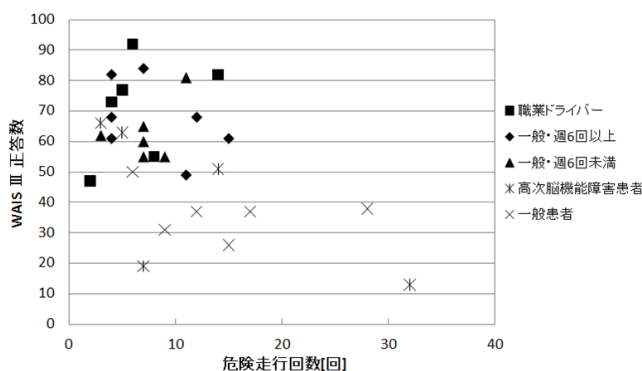
このように、TMT 両パートにおいて非常に有意な高い相関が、WAIS-III 符号検査において非常に有意な中位の相関が見られたほか、BADS 動物園地図検査においても有意傾向な低い相関が見られた。



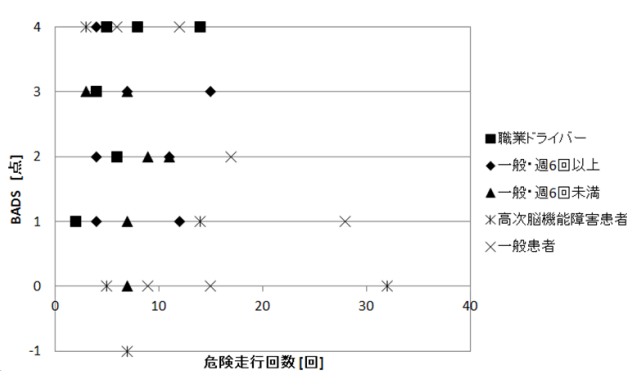
(a) TMT Part A



(b) TMT Part B

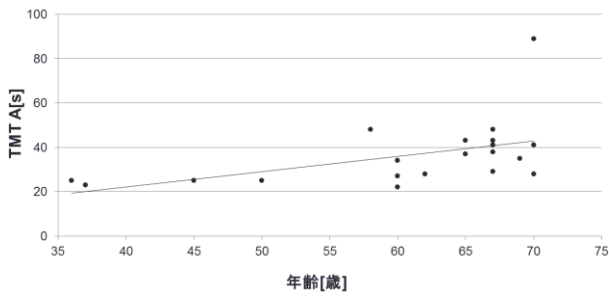


(c) WAIS III 符号検査

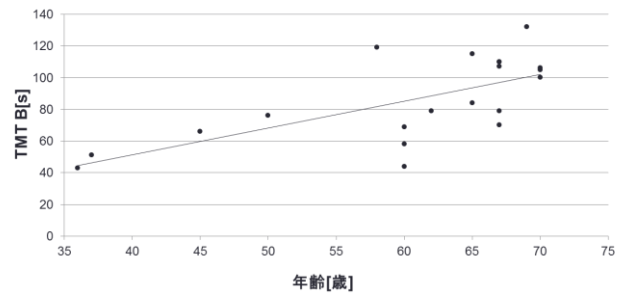


(d) BADS 動物園地図

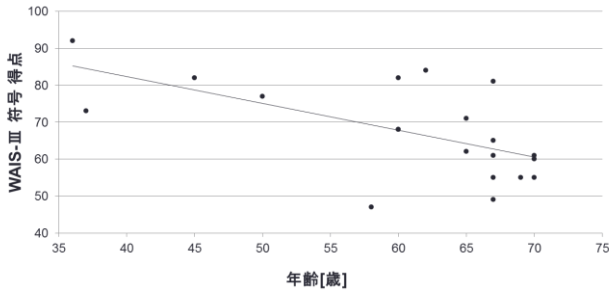
図1 高次脳機能検査と危険走行回数との関係(運転経験・健常者・病院患者別)



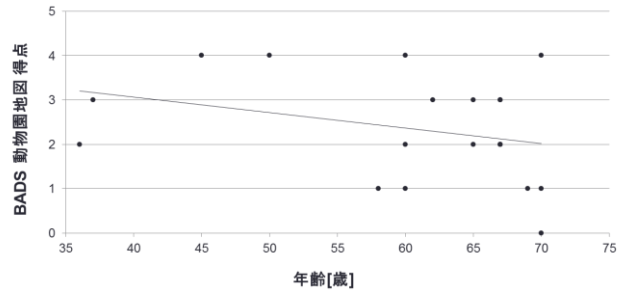
(a) TMT Part A



(b) TMT Part B



(c) WAIS-III 符号検査



(d) BADS 動物園地図

図2 年齢と高次脳機能検査との関係

#### 4.2. 年齢と高次脳機能検査との相関

次に、被験者の年齢と高次脳機能検査の結果との相関について解析した。高次脳機能障害やその他疾患による影響を排除するため、健常者20名（男性15名、女性5名）を対象とする。相関分析の結果を表4に示す。また、年齢と高次脳機能検査との関係を示す散布図を図2に示す。

表4 年齢と高次脳機能検査との相関分析

	年齢		
	相関係数	有意確率	サンプル数
TMT Part A	0.488	0.029	20
TMT Part B	0.670	0.001	20
WAIS-III 符号得点	-0.605	0.005	20
BADS 動物園地図得点	-0.310	0.184	20

年齢と多くの高次脳機能検査との間に有意な相関が示された。TMT 両パートにおいては正の相関、WAIS-III 符号検査と BADS 動物園地図検査においては負の相関となることから、加齢とともに検査に対する能力が低下していくことが示唆された。

#### 4.3. 運転経験と危険走行回数との相関

つづいて、被験者の運転経験と危険走行回数との相関について解析した。運転経験を定量的に把握しうる被験者が健常者に限られたため、健常者20名（男性15名、女性5名）を対象とする。運転経験は、週間推定運転距離として数値化した。一般ドライバーについては、交通需要推計検討資料<sup>4)</sup>をもとにフェイスシートの回答と照らし合わせて算出し、職業ドライバーについては、都市計画実習交通班(2004)<sup>5)</sup>による関東鉄道バス車両の平均走行距離136km/日をもとに週休2日制という仮定のもと算出した。相関分析の結果を表5に示す。また、運転経験と危険走行回数との関係を示す散布図を図3に示す。

表5 運転経験と危険走行回数との相関分析

	危険走行回数		
	相関係数	有意確率	サンプル数
週間推定運転距離	-0.305	0.191	20

この分析では有意といえる結果が得られなかった。原因として職業ドライバー5名の週間推定走行距離が一定であることが考えられた。そこで、対象を一般ドライバー15名に絞って再度分析を行った。分析結果を表6に示す。

表6 運転経験と危険走行回数との相関分析（職業ドライバーを除外して）

	危険走行回数		
	相関係数	有意確率	サンプル数
週間推定運転距離	-0.492	0.062	15

一般ドライバーのみを対象とすると、危険走行回数と週間推定運転距離との間に有意傾向な中位の相関を得ることができた。有意とはいいがたい結果であるが、先ほどよりも有意確率が低下し、相関係数の絶対値が大きい値を示した。

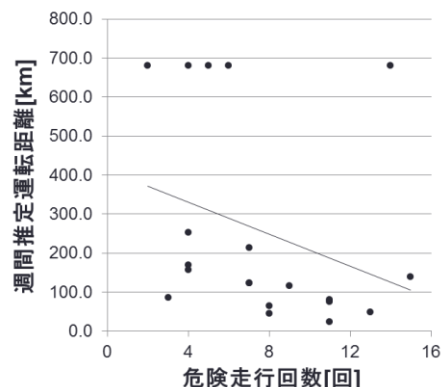


図3 運転経験と危険走行回数との相関分析

#### 4.4. 年齢と危険走行回数との相関

さらに、被験者の年齢と危険走行回数との相関について解析した。高次脳機能障害やその他疾患による影響を排除するとともに、運転技術に長けた被験者の影響を排除するため、職業運転経験のない一般ドライバー13名（男性8名、女性5名）を対象とする。相関分析の結果を表7に示す。また、年齢と危険走行回数との関係を示す散布図を図4に示す。この分析では、有意といえる結果は得られなかった。

表7 年齢と危険走行回数との相関分析

	危険走行回数		
	相関係数	有意確率	サンプル数
年齢	0.326	0.277	13

#### 4.5. 運転経験と高次脳機能検査との相関

最後に、被験者の運転経験と危険走行回数との相関について

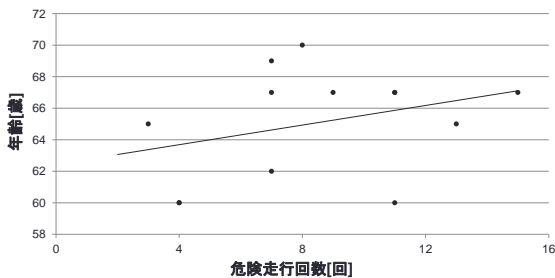


図4 年齢と危険走行回数との相関分析

て解析した。運転経験を定量的に把握しうる被験者が健常者に限られたため、健常者20名（男性15名、女性5名）を対象とする。運転経験の定量化については、4.3節に則った。相関分析の結果を表8に示す。また、運転経験と高次脳機能検査との関係を示す散布図を図5に示す。

表8 運転経験と高次脳機能検査との相関

	週間推定運転距離		
	相関係数	有意確率	サンプル数
TMT Part A	-0.369	0.110	20
TMT Part B	-0.386	0.093	20
WAIS-III 符号 得点	0.354	0.125	20
BADS 動物園地図 得点	0.323	0.165	20

TMT Part Bにおいて有意傾向な中位の相関が見られたほかは、有意な相関は得られなかった。やはり、職業ドライバーの週間推定運転距離が一定であるため、対象を一般ドライバー15名に絞って再度分析を行った。分析結果を表9に示す。

表9 運転経験と高次脳機能検査との相関（職業ドライバーを除外して）

	週間推定運転距離		
	相関係数	有意確率	サンプル数
TMT Part A	-0.452	0.090	15
TMT Part B	-0.325	0.237	15
WAIS-III 符号 得点	0.270	0.330	15
BADS 動物園地図 得点	0.572	0.026	15

TMT Part Aにおいて有意傾向な中位の相関が、BADS 動物園地図検査において有意な中位の相関が表れたが、その他の検査については有意な相関は得られなかった。

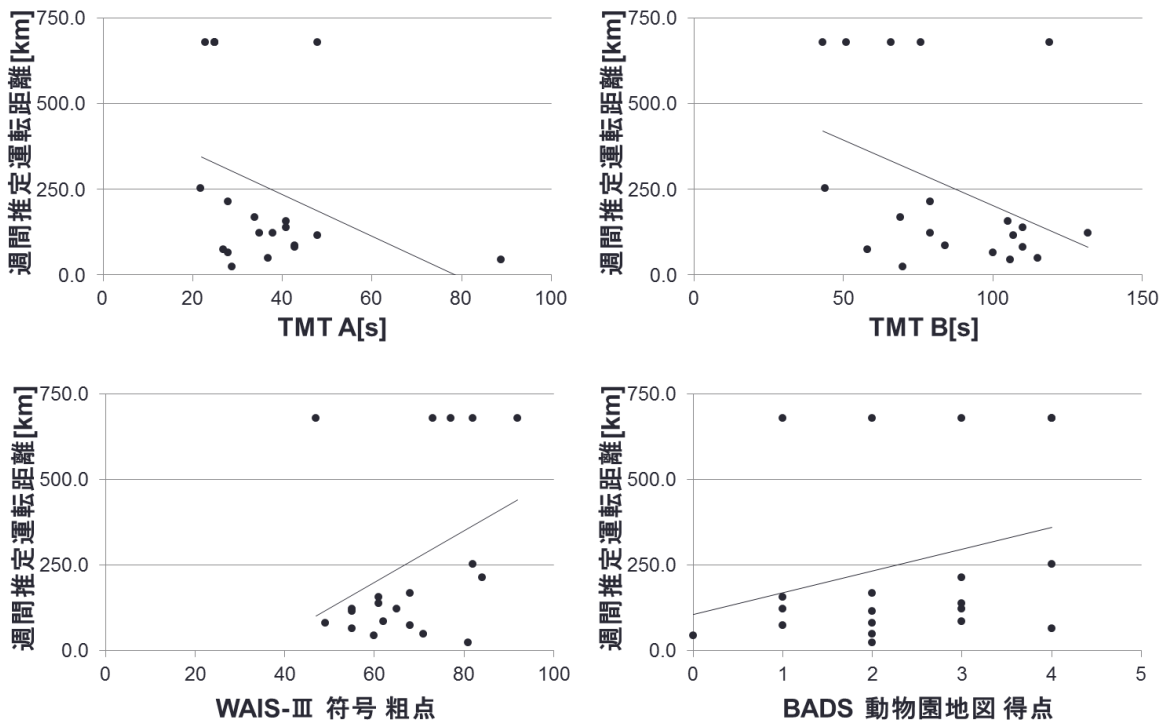


図5 運転経験と高次脳機能検査との関係

## 5. 結果に対する考察

### 5.1. TMT

TMT と危険走行回数の相関分析において、Part A では Pearson の相関係数は 0.420 で中位の相関があり、かつ 5% 水準で有意であるという結果になった。Part B では Pearson の相関係数は 0.193 でほとんど相関がないという結果であったが、この結果の有意確率（両側）は 0.289 であるため、有意でないと考えられる。TMT Part A では有意な中位の相関が見られたことから、TMT と危険走行回数の相関が得られた小倉らの研究<sup>2)</sup>を概ね支持する結果であると言える。

Part A では有意でやや低い相関が得られたが、小倉らの研究<sup>2)</sup>と比べて相関係数が低く、Part B では有意な結果が得られなかった。その理由としては、図 1 における a の結果が影響を与えていると考える。高次脳機能障害患者は TMT、危険走行回数とともに悪くなるはずであるが a は高次脳機能障害患者であるのにも関わらず、危険走行回数が比較的良いためである。

a は遂行機能障害、半側空間失認、注意障害、記憶障害を有し、特に「概念ないし“セット”の転換の障害」を持つ重度の高次脳機能障害患者であることによって、Part A の結果が非常に悪くなったと考えられる。Part A の危険走行回数が比較的良い理由としては、高次脳機能障害や「概念ないし“セット”の転換の障害」を有していても運転自体全くできなくないという特異な状態にあるためだと考えられる。そこで、a を除いて相関分析を行ったところ、Part A では相関係数が 0.651 と高い相関があり、かつ 1% 水準で有意となった。Part B では相関係数が 0.757 と高い相関があり、かつ 1% 水準で有意となったことから、非常に有意な相関が得られた。

図 1 から障害別の傾向を見てみると b、c において TMT の結果または危険走行回数が大きいと分かる。この 2 名は注意障害をもち、身体麻痺をもつことが共通している。注意障害を有すことに加え、麻痺の症状をもつために危険走行回数が多くなったとも考えられる。一方、図 1 の d で示した領域では一般患者 4 人が分布している。これら 4 人に共通するのは麻痺等の身体的障害を持っていることである。TMT は「手の運動と視覚の協調性」を要し、運転においても同様のことを言えることから、身体的障害も TMT および危険走行回数の結果に影響を及ぼすことが考えられる。前述の a が特異なデータであったことから、障害の数やその種類、度合いによって TMT 検査および危険走行回数の結果が大きくなる可能性がある。したがって、幅広い障害の数やその種類、度合いのデータとなるように蓄積することでより精度の高い運転可否判断の研究になると考えられる。

### 5.2. WAIS-III 符号検査

WAIS-III 符号検査と危険走行回数の相関分析において、Pearson の相関係数は -0.546 で中位の相関があり、かつ 1% 水準で有意であるという結果になった。相関係数はやや低いものの、概ね小倉らの研究<sup>2)</sup>を支持する結果となった。小倉ら研究と比較して相関係数が低くなっていることとして、年齢や運転経験など個人の属性が分散していることが考えられる。

また、他の高次脳機能検査と比較すると相関係数は高い値

を示したが、これは WAIS-III が評価するもののひとつとして視覚探索の速さがあることが原因として考えられる。危険運転回数を計測した DS の危険予測運転コースでは、予め被験者に市街地走行中に発生しうる外部からの危険を予測しつつ事故を回避して運転することを要求した。このことから、周囲の危険を探索するべく視覚探索能力ならびにその速さが、危険走行回数という結果に如実に表れたものと考えられる。

### 5.3. BADS 動物園地図検査

BADS 動物園地図検査と危険走行回数の相関分析において、Pearson の相関係数は -0.295 と低く、有意な結果は得られなかった。この理由として、被験者数の問題と検査方法の問題が考えられる。

動物園地図検査は本来、遂行機能を測る検査であるが、今回被験者とした高次脳機能障害患者のうち、遂行機能障害を持つ被験者は 1 名のみであった。つまり、解析対象とするデータ数が不十分であったことが危険運転回数との相関が得られなかった理由の 1 つであると考えられる。

また、今回のグループ内で行った健常者を対象にした実験において、検査の説明と時間計測の方法を完全に統一できていなかったことにも問題があると考えられる。結果としてそれが原因となり、健常者については正確な動物園地図の得点が算出できていない可能性がある。

以上の理由から動物園地図検査については実験と解析をやり直す必要があるだろう。

### 5.4. その他の相関分析

高次脳機能検査に対する年齢および運転経験の影響を調べるために、健常者全体を対象に相関分析を行った。年齢と高次脳機能検査との相関分析では BADS 動物園地図検査を除いたすべての検査でやや強い、または強い相関があり、かついずれも 5% 水準で有意となった。相関は TMT 両パートにおいては正、WAIS-III 符号検査においては負を示している。これは、高次脳機能検査に必要とされる能力が加齢によって低下することが原因と考えられる。

一方で、運転経験と高次脳機能検査との相関分析では、TMT Part B において有意傾向な低い相関が見られたほかは有意な相関は得られなかった。職業ドライバーの週間推定運転距離が一定であることを考慮して行った一般ドライバーのみでの相関分析でも、TMT Part A において有意傾向な中位の相関が、BADS 動物園地図検査において有意な中位の相関が見られたほかは有意な相関は得られなかった。このことから、高次脳機能検査は運転経験よりも年齢に比較的強く依存することが示される。

次に、危険走行回数に対する年齢および運転経験の影響を調べるために、健常者全体を対象に相関分析を行った。

運転経験と危険走行回数の相関分析では、健常者全体を対象とした場合には有意な結果は得られなかったが、職業ドライバーの週間推定運転距離が一定であることを考慮して行った一般ドライバーのみでの相関分析では、有意傾向な中位の相関を得られた。

一方、職業経験のない一般ドライバーを対象とした年齢と危険走行回数の相関分析では、相関係数が 0.326 とやや低く、



有意確率も 0.277 と有意とはいえない結果となり、危険走行回数は年齢よりも運転経験に依存することが示された。

以上より、高次脳機能検査には年齢の影響があり、危険走行回数には運転経験の影響があることが示された。つまり、小倉らの研究結果<sup>2)</sup>やわれわれの実験結果から机上の検査により高次脳機能障害患者の運転可否判断を行える可能性があるといえるものの、高次脳機能検査と年齢に、危険走行回数と運転経験に相関があることから、高次脳機能検査のみならず、年齢や運転経験を加味することでより精度の高い運転可否判断が行えると考えられる。

## 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対する新たな知見を得ることを目的として、高齢健常者、職業ドライバー、高次脳機能障害患者対象とした高次脳機能検査、運転技能検査を行い、データの蓄積および解析を行った。データの解析により、TMT および WAIS-III 符号検査の結果と危険走行回数の相関が得られたことから、これらの高次脳機能検査で運転技能評価が可能であるとした小倉らの研究結果<sup>2)</sup>は支持されると考える。

高次脳機能検査および危険走行回数の結果に対して年齢や運転経験が与える影響を評価するために、相関分析を行った。それにより、各高次脳機能検査と年齢には有意な相関があることが示唆された。また、危険走行回数は年齢よりも運転経験と相関があることが示唆された。

今後、このテーマに取り組んでいく上で考えられる課題として、幅広い年齢層と運転経験層のデータの蓄積が挙げられる。また、運転適否判断を行う為に年齢と運転経験を考慮した分析を行うことが挙げられる。

## 謝辞

本研究のアドバイザー教員である伊藤誠准教授、DS のご提供及び実験に関するご意見を頂いた株式会社本田技研工業の小野浩様、そして、病院での見学の機会を与えてくださり、本研究に不可欠なデータを提供していただいた岡田真明先生をはじめとする公立阿伎留医療センターの皆様へ深く感謝申し上げます。

また、被験者実験に協力して下さった、関東鉄道自動車部のバス乗務員の皆様、公益社団法人つくば市シルバー人材センターの皆様にもお礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) 渡邊修ほか、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), pp.118-125, 2009
- 2) 小倉雄一・池田恭敏ほか、高次脳機能障害患者のための運転能力評価の検討。茨城県立医療大学附属病院研究誌 (1348-8988)10 号, pp.59-64,2007
- 3) 広田千賀ほか、地域高齢者を対象とした Trail Making Test の意義—身体機能と Trail Making Test の成績についての横断分析から—, 日老医誌 2008, 45 巻, pp.647-654
- 4) 「交通需要推計検討資料」, <http://www.mlit.go.jp/road/kan>

[ren/suikei/juyou.html](http://www.mlit.go.jp/road/kan) (2012 年 9 月 22 日最終閲覧)

- 5) 筑波大学社会工学類都市計画実習交通班(2004)「学内バス廃止に伴う代価案の検討」
- 6) 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
- 7) 佐藤真登・辻竜佳・日暮一太, 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—, 筑波大学大学院システム情報工学研究科リスク工学専攻グループ演習第 8 班, 2011
- 8) 山田規敏子, 壊れた脳 生存する知, 講談社, 2004