

脳損傷者の自動車運転技能評価に有効な  
神経心理学的検査に関する研究

加藤 貴志

大分県立看護科学大学 大学院看護学研究科 健康科学専攻

主指導教員：稲垣 敦 教授  
副指導教員：品川 佳満 准教授

## 目次

### 序章

1. 研究背景
  - 1.1 諸言
  - 1.2 自動車運転の中断が脳損傷者の生活に及ぼす影響
  - 1.3 脳損傷者の自動車運転技能の特徴と事故率
  - 1.4 道路交通法における脳損傷者の自動車運転と医療機関の役割
2. 本研究の目的と意義
3. 本論分の構成  
図、表

### 第1章 神経心理学的検査を用いた脳損傷者の自動車運転技能評価に関する研究の現状～システマティックレビューとメタ分析～

1. 緒言
2. 研究方法
  - 2.1 対象文献と検索範囲
  - 2.2 文献収集手順
  - 2.3 分析方法
3. 結果
4. 考察
  - 4.1 収集文献全体からみた神経心理学的検査と脳損傷者の自動車運転技能評価との関連
  - 4.2 効果量からみた自動車運転技能評価に有効な神経心理学的検査
  - 4.3 オッズ比からみた自動車運転技能評価に有効な神経心理学的検査
  - 4.4 国内の道路交通環境からみた自動車運転技能評価に有効な神経心理学的検査
  - 4.5 本研究の限界
5. 結語  
図、表

### 第2章 脳損傷者の自動車運転技能に関与する認知機能について

1. 緒言
2. 研究方法
  - 2.1 対象者

- 2.2 神経心理学的検査の選択について
  - 2.3 研究デザイン
  - 2.4 実車評価方法
  - 2.5 倫理的配慮
  - 3. 結果
    - 3.1 運転可否群における一般情報と神経心理学的検査結果
    - 3.2 因子分析結果
    - 3.3 実車評価結果と因子および因子間の相関
  - 4. 考察
    - 4.1 各因子の解釈
    - 4.2 第1因子と自動車運転技能との関連
    - 4.3 第2因子と自動車運転技能との関連
    - 4.4 第3因子と自動車運転技能との関連
    - 4.5 年齢・発症後期間の影響について
    - 4.6 本研究の限界とまとめ
- 図、表

### 第3章 自動車運転技能評価に有効な神経心理学的検査について

- 1. 緒言
- 2. 研究方法
  - 2.1 対象者の受け入れ基準と除外基準
  - 2.2 本研究で用いた神経心理学的検査
  - 2.3 実車評価方法
  - 2.4 予測式開発手順
  - 2.5 倫理的配慮
- 3. 結果
  - 3.1 運転可群・不可群間における神経心理学的検査結果
  - 3.2 ロジスティック回帰分析結果
  - 3.3 妥当性検証結果
  - 3.4 予測式非的中群の特徴
- 4. 考察
  - 4.1 予測式の予測精度について
  - 4.2 自動車運転技能評価における TMT-A の有効性について
  - 4.3 自動車運転技能評価における KBDT の有効性について
  - 4.4 TMT-A と KBDT の組み合わせが自動車運転技能評価に有効であった要因について
  - 4.5 カットオフポイントについて
  - 4.6 予測式で運転不可との予測が非的中であった対象者について

#### 4.7 本研究の限界 図、表

### 第4章 予測式の臨床場面における実用可能性の検討

1. 諸言
2. 倫理的配慮
3. 結果
  - 3.1 症例 1
  - 3.2 症例 2
  - 3.3 症例 3
  - 3.4 症例 4
  - 3.5 症例 5
4. 考察
  - 4.1 症例 1
  - 4.2 症例 2
  - 4.3 症例 3
  - 4.4 症例 4
  - 4.5 症例 5
  - 4.6 5 症例を通じた考察

### 第5章 総括

1. 各章の総括
  - 第1章
  - 第2章
  - 第3章
  - 第4章
2. 本研究の意義
3. 本研究の限界と今後の課題

謝辞

引用文献

Appendix

## 本研究の副論文および研究発表

### I. 副論文

1. 加藤貴志, 岸本周作, 井野辺純一, 稲垣敦 (2016). 脳損傷者の実車運転技能に関連する神経心理学的検査について: システマティックレビューとメタ分析. 総合リハ 44 (12), 1087-1095.
2. 加藤貴志, 末綱隆史, 山崎理絵, 久保田直文, 井野辺純一, 稲垣敦 (2016). 脳損傷者の運転技能に関与する認知機能について. 日本臨床作業療法研究 4, 33-38.

### II. 書籍

1. 加藤貴志, 末綱隆史, 椎野恵美 (2014). 井野辺病院の取り組み. 蜂須賀研二 (編), 高次脳機能障害者の自動車運転再開とリハビリテーション 1, pp 68-73, 金芳堂, 京都

### III. 論文

1. 加藤貴志, 末綱隆史, 二宮恵美, 佐藤俊彦, 岸本周作, 井野辺純一 (2008). 脳損傷者の高次脳機能障害に対する自動車運転評価の取り組みー自動車学校との連携による評価 CARD について, 総合リハ 36 (10), 1003-1009.
2. 加藤貴志, 鈴木舞, 末綱隆史, 井野辺純一 (2009). 高次脳機能障害者に対するドライブレコーダーを用いた実生活上の運転状況評価. 総合リハ 37(10), 961-965.
3. 加藤貴志: 高次脳機能障害の方の運転教習はどのように行われているのでしょうか? (2012). リハビリナース 5(2), 198-201.
4. 加藤貴志 (2012). 脳損傷者の自動車運転をどのように支援するか 井野辺病院における自動車運転支援. 作業療法ジャーナル Vol. 46(5), 490-494.
5. 加藤貴志, 末綱隆史, 椎野恵美, 久保田直文 (2015). 脳損傷者に対する神経心理学的検査による運転技能予測ー国内の実践を中心にー. 作業療法ジャーナル 49 (2), 100-105.

6. 加藤貴志 (2017). 神経心理学的検査を用いた運転支援. 日本作業療法士協会誌 59, 印刷中.

#### IV. 学会発表

1. Kato T, Kishimoto S, Inobe J, Inagaki A (2014). Predictable neuropsychological test on driving ~Systematic review and meta-analysis~. 16th International Congress of the World Federation of Occupational Therapists.
2. Kato T, Suetsuna T, Kishimoto S (2014). Driving rehabilitation in Japan. 16th International Congress of the World Federation of Occupational Therapists.
3. Kato T, Suetsuna T, Yamazaki R, Kubota N, Inobe J (2016). Predictable neuropsychological tests on driving ability for patients with brain disorders. Asia Pacific Stroke Conference 2016.
4. 加藤貴志 (2012). これからの運転適性評価のありかた～井野辺病院での取り組みから～, 第5回運転と認知機能研究会, シンポジウム.
5. 加藤貴志 (2013). 脳損傷者の運転再開のための机上課題. 第1回運転再開とリハビリテーション研究会, パネルディスカッション.

#### V. 講演

1. 加藤貴志 (2013). 最近の障害者の自動車運転における話題～評価と実際の支援方法. 宮崎県作業療法士協会. 宮崎リハビリテーション学院
2. 加藤貴志 (2014). 第1回自動車運転支援研修会基本編. 運転と作業療法研究会. 大阪医療福祉専門学校
3. 加藤貴志 (2015). 脳損傷者に対する自動車運転支援について. 西大和リハビリテーション病院.
4. 加藤貴志 (2015). 作業療法士が行う自動車運転支援～脳損傷者を中心に～. 茨城県作業療法士協会第3回市民公開講座. つくば国際会議場

5. 加藤貴志 (2015). 高次脳機能障害者に対する自動車運転支援～脳血管障害を中心に. 鹿児島県作業療法士協会. 鹿児島大学.
6. 加藤貴志 (2015). 自動車運転再開に向けた取り組み～評価の流れと自動車学校との連携. 山口リハビリテーション病院.
7. 加藤貴志, 末綱隆史(2015). 高次脳機能障害に対する自動車運転支援 その2～実践例を中心に～. 鹿児島県作業療法士協会. 鹿児島大学.
8. 加藤貴志 (2015). 運転支援概論. 運転と作業療法研究会. 首都大学東京.
9. 加藤貴志 (2016). 自動車運転とリハビリテーション. 石川県リハビリテーションセンター.
10. 加藤貴志 (2016). 地域での移動手段と作業療法～運転再開への関わりと現状～. 広島市立リハビリテーション病院.
11. 加藤貴志 (2016). 第2回自動車運転支援研修会基本編. 運転と作業療法研究会.大阪医療福祉専門学校.

## 序章

### 1. 研究背景

#### 1.1 諸言

脳血管障害は 1951 年から 1980 年にかけて日本の死亡原因の第一位であり、1970 年には年間死亡者数は最多の人口 10 万人比 175.8 人と記録されている(厚生労働省 2006)。しかしその後、予防のための啓蒙活動や急性期医療の進歩等に伴いその数は徐々に減少し、2015 年には死亡原因の第 4 位(年間死亡者数約 11 万 1875 人)へと順位を下げている(厚生労働省 2016)。その一方、2013 年には脳血管障害は日本の介護が必要となる要因疾患の第一位となり(厚生労働省 2013)、急性期医療終了後、片麻痺等の後遺症を抱えた脳卒中患者の生活再建をいかに支援していくかは大きな問題となっている(表 1)。これらの支援には食事や歩行等の日常生活活動や継続的なリハビリテーション、さらに復職などの社会生活への復帰など、幅広い内容が含まれている。

一方、現代社会は交通社会ともよばれるように、自動車運転(以下運転)の普及が進んでいる。実際、国内の運転免許保有者数は約 8200 万人(警察庁 2015)と人口の過半数を上回っており、多くの人にとって運転は生活に密着した活動となっていると考えられる(図 1)。脳卒中や頭部外傷など、疾患や事故などの要因で脳に損傷を生じた脳損傷者においても運転中断により社会的役割の低下(Giffen et al 2009)や生活の質が低下する(Novack et al 2010)との報告もあり社会生活を営む上で運転の重要性が指摘されている。

脳損傷者の運転再開にあたっては個人の権利と公共の安全の両立を図る必要があることから、慎重な判断が求められる。道路交通法上、脳損傷者の運転免許更新の可否は公安委員会で行われる臨時適性検査によって判断が行われる。しかしこの臨時適性検査受検には、医師により運転再開可能との判断が記された診断書の提出が求められることがあり、医療機関には重要な責任が求められている(図 2)。しかし法律上、診断書作成にあたって運転再開可能と判断する基準は明示されておらず、その判断に苦慮しているのが現状である。

このような背景の中、序章では脳損傷者の運転再開に関して、①個人の権利の視点: 運転中断が脳損傷者の生活に及ぼす影響、②公共の安全の視点: 脳損傷者の運転技能の特徴と事故率、③道路交通法と医療機関の役割の 3 つの視点から現状をまとめる。そしてこれらの問題を解決するための本研究の意義を明確にし目的を設定する。また本研究で用いる脳損傷(Acquired Brain Injury)の定義には、米国脳損傷学会の定義である「遺伝性、先



天性、変性、分娩時の外傷、以外による脳の損傷(<http://www.biausa.org/about-brain-injury.htm#definitions>)」を用いた。

## 1.2 自動車運転の中断が脳損傷者の生活に及ぼす影響

これまでに脳損傷者の運転状況と社会生活や Quality of Life(以下 QOL)等との関連について幾つかの先行研究が報告されている。Raport et al (2008)は頭部外傷患者 261 名に現在の運転状況等に関するアンケート調査を実施している。その結果、56%が受傷後に運転を中断していることを報告し、運転中断群では就業率が有意に低下することを明らかにしている。また Raport et al (2006)は、頭部外傷患者において受傷後の運転状況と就業状態の間に-0.55 の有意な負の相関があることを報告している。脳損傷者では就業の有無が主観的幸福感と満足感に関与すること (Vestling M et al 2003)、また脳損傷者の家族の QOL にも関連することが示されており (Gabriele and Renate 2009)、運転継続の有無が発症後の人生に重要な意味を持つことが示唆されている。

このことを支持する先行研究として White et al (2012)の報告がある。White et al は脳卒中患者 90 名とその家族に対し運転再開の有無と主観的な幸福感が直接的な関連がみられるか質問紙法による調査を行っている。その結果、運転中断によって就労率が有意に低下していること、主観的に社会的役割の低下を感じている者が有意に多いことを報告している。特徴的な点として、家族の視点からは発症前後で社会的役割の低下は生じていないと回答した割合が有意に高かった点を報告している。また Finestone et al (2010)も同様に脳卒中患者 53 名に対し半構成面接法と質問紙法にて運転中断による影響を検討し、運転中断により社会参加率が低下すること、そして運転再開によって低下していた社会参加率が向上することを報告している。

以上のように運転中断が及ぼす影響は就業状態や移動能力など直接生活に及ぼす影響から、社会的な役割や社会参加率、主観的な幸福感など多岐に渡り、単に移動手段のみとしてではなく、その後の生活再建を考える上で非常に重要な活動であると考えられる。

## 1.3 脳損傷者の自動車運転技能の特徴と事故率

運転は瞬時の判断や距離感、危険情報への迅速な注視等、複雑な認知機能を要する作業でもあるが、脳損傷者では認知機能の中枢である脳に損傷を及ぼすことから、運転技能低下が生じる可能性が報告されている。

Cyr (2009)は、ドライビングシミュレーター (Driving Simulator、以下 DS)を用い、頭部外傷群 17 名と健常成人群 16 名の運転技能の比較を行っている

る。その結果、健常人が生じた事故回数は平均 9 件であったのに対し、頭部外傷群では 18 回と事故発生件数が 2 倍であったことを報告している。この要因として頭部外傷群では難易度の高い運転シナリオにおいて事故発生件数が高まることから、頭部外傷群における「注意の配分(2 つ以上の刺激の中でいくつかの要素に注意を向ける能力)」(加藤 1995)の低下が背景にあることが述べられている。

Lundqvist et al (2000)は、DS と実車評価によって脳卒中患者(30 名)と健常成人(30 名)の運転技能を比較している。この研究においても DS 上の運転技能において、脳卒中患者群の事故率が高いことが報告されている。また実車評価においても速度調整、操作能力、車輛位置、運転行動、注意において健常成人群と比較して脳卒中患者群に有意な低下がみられたことが報告されている。

以上のような実験環境下での検討に加え、実生活上での脳損傷者の事故率についての検討も行われている。Shanke et al (2008)は、93 名の脳損傷者に質問紙を用いて運転再開後の事故に関して調査を行っている。その結果走行距離数を調整した後の年間平均事故率は、脳卒中患者群では 5.2 件であり、ノルウェーの平均事故率 6.4 と著明な差はみられなかった。しかし頭部外傷群では 15.0 件と一般的なドライバーの 2 倍以上に増加していることを報告している。また Lundqvist et al (2008)は、運転再開から 10 年経過した脳損傷者 38 名とコントロール群として健常成人群 49 名に半構成面接法により現在の運転状況を聴取すると共に、自動車保険会社の記録から事故発生件数の調査を行っている。この調査では脳損傷者群の方が 10 年間の事故発生率が高かったことを報告しており、その背景として脳損傷者において情報処理速度や注意力の低下が生じていたことをあげている。さらに途中で運転を中断した群では運転継続群と比較して、10 年前の運転再開時の神経心理学的検査結果が有意に低下していたことを報告しており、運転再開時の認知機能の成績によって、運転再開後の危険性が異なることが示唆されていた。

日本でも脳損傷者の実生活上の運転技能について調査が行われており、脳損傷者の事故発生機序は健常人と異なる可能性が示唆されている。熊倉等 (2004)は国立障害者センターにて運転支援を行った脳損傷者 90 名に対して質問紙調査を行い、運転再開後の事故の有無と発生状況について調査を行っている。健常群において、事故の約 80%は発見の遅れ等の「認知」の問題に起因するといわれているが、熊倉等の調査では脳損傷者の事故は「認知」よりもその後の「予測」・「判断」の誤りで生じることを報告している。このことから脳損傷者の運転技能評価を行う上では事故が生じる要因が一般ドライバーとは異なることが示唆されており、この点を念頭に評価を行っていく必要がある。

運転再開後の脳損傷者の実際の運転技能に関しても報告が行われてお

り、Thompson et al (2011)はドライビングレコーダーを用いた検討を行っている。この研究では、運転を再開した脳損傷者 6 例の車輦に 90 日間ドライビングレコーダーを装着し、実際の運転技能の確認を行っている。その結果、6 例全例で赤信号無視、急な方向転換、一方通行路への進入、反対車線への進入、などの不適切な運転行動が確認されたと報告されている。日本においても、ドライビングレコーダーを用いて脳卒中患者の運転行動を調査した症例報告が行われており、車線内で過度に左寄りに走行を行った症例が報告されている(加藤他 2009)。

以上のように、脳損傷者では運転技能の低下が生じる可能性があり、その背景には注意や情報処理速度低下など認知機能の問題があることが示唆されている。また実生活上での事故率についても、健常人ドライバーより高まる可能性が報告されている。

このように脳損傷者の運転再開には慎重な判断が求められるため、運転再開に影響を及ぼす要因についても研究がなされている。Fisk et al (1998)は医療機関からの運転許可の有無を、Rapport et al (2008)は公式な運転評価の結果が運転再開の有無に重要な影響を及ぼすと報告している。これらの研究から医療機関での評価は直接的に脳損傷者の運転再開に影響を及ぼす可能性が示唆されており、医療機関にてどのような評価を行うか、そして運転再開可能とする判断基準をどのように設けるかが非常に重要と考えられる。

#### 1.4 道路交通法における脳損傷者の自動車運転と医療機関の役割

平成 13 年に道路交通法が一部改正され、それまで絶対的な欠格とされていた精神疾患を有する者等、一定の病気をもつ者の自動車運転が相対的な欠格事由へと変更された(<http://www.normanet.ne.jp/~ww100016/jouhou/koutuu/H13doukouhou.htm>)。このことは、改正前には免許取得不可とされていた一定の病気を持つ者(表 2)が、条件によっては運転可能となったことを意味する。この一定の病気に、個々の症状によっては脳損傷者も含まれる場合があることから、平成 13 年の道路交通法改正により脳損傷者の自動車免許取得の可能性が高められる結果となった。この改正では同時に、一定の病気にかかっている疑いのある者に対し、公安委員会で実施される臨時適正検査によって免許取消または停止を行うことができるとされた。この臨時適性検査の受検には公安委員会の判断によって医師の診断書が求められることが記されており、医療機関においても脳損傷者の運転再開に責任が求められることとなった。しかし道路交通法上、医療機関での検査手順や運転可能とする根拠については明示されておらず、個々の医療機関にその判断がゆだねられる結果となった。

平成 25 年に再度道路交通法が改正され、「医師による届出制度」と「質

問票への虚偽記載に対する罰則」が設けられた。届出制度とは医師が一定の病気に該当する者（運転が危険と思われる者）を診察した場合、公安委員会に任意で届出ることを可能とした制度であり、この場合守秘義務は解除される。一方、免許取得・更新時に一定の病気の有無に関する申告を行う用紙を質問票といい、この質問票に一定の病気であるにも関わらず、虚偽の記載をした者への罰則が定められた（1年以下の懲役又は30万円以下の罰金）。この罰則の規程により、免許取得・更新時に一定の病気が疑われた者は医療機関への受診を勧められ、医療機関は運転可否に関する診断書作成を求められる機会が増加した（表3）。結果的に平成25年度の道路交通法改正により、脳損傷者の運転再開に関する医療機関の役割は一層増加したが、診断書作成の指針は法律上も臨床的にも確立されておらず、医療機関の負担が増加しているのが現状と思われる。

## 2. 本研究の目的と意義

以上3つの視点からみた脳損傷者の運転支援の現状は、以下の4点にまとめられる。①脳損傷者の運転中断は単に移動手段の低下を示すのみではなく、社会生活や心理面等へ多大な影響を及ぼす。②認知機能障害の影響により、認知・予測・判断の低下が生じることがあり、健常人よりも事故率が高まる可能性が示唆されている。③医療機関からの助言や評価内容が脳損傷者の運転再開に直接的な影響を及ぼす可能性が示され、その責任は重大である。④道路交通法上、医療機関には一定の責任が求められているが、法律上も臨床的にも運転可否を判断する基準は明示されていない。

このような問題を解決するために、本研究では医療機関で簡便に行える神経心理学的検査を用いて、医療機関における脳損傷者の運転技能に関するスクリーニング検査を開発することを目的とした。目的達成による意義を「社会」、「臨床」、「作業療法科学」の3つの視点より述べる。

はじめに社会における意義について述べる。序章において、交通化社会の発展により自動車運転は生活の中で重要な活動であること、脳損傷者においてもその重要性は同様であり、運転中断により社会生活の低下が生じうることを述べた。しかし一方で脳損傷者において運転技能が低下する可能性についても提示し、公共の安全に影響を及ぼす社会的な問題であることを述べた。法律上、運転再開可能な脳損傷についての定義は明示されていないことから、運転再開の判断に関して医療機関の果たす役割は重要である。このため、医療機関において脳損傷者の運転技能評価に関するスクリーニング検査の確立を図ることは、公共の安全と個人の権利の両立を図るという、社会の問題にこたえるうえで意義があると考えられる。

次に臨床場面において、脳損傷者の運転技能評価が普及していない背景として、医療機関においてゴールドスタンダードとされる実車評価が困難

であることが一因であり、運転再開を希望される脳損傷者に対して、医療機関において運転可否を判断できないことが問題となっている。実車評価の代替手段として、運転に関与する認知機能を評価可能であることから、神経心理学的検査が用いられてきた。しかし神経心理学的検査と実車評価の関連についての研究は発展段階であり、神経心理学的検査を用いた運転技能評価方法も明らかとなっていない。このため、神経心理学的検査による脳損傷者の運転技能予測方法を開発することで、運転再開を希望される対象者が適切な判断を受けられる可能性が高まると考えられる。また評価に関わる医療スタッフにおいても、対象者の生活や公共の安全に重大な影響を及ぼす判断に関わることで、強い心理的負担が生じうられると思われる。適切な評価方法の確立は、関連医療スタッフの負担軽減にもつながると考えられる。以上より、神経心理学的検査による運転技能評価方法が開発され、医療機関におけるスクリーニング検査として用いることが可能となれば、臨床的な意義があると考えられる。

最後に作業療法科学における本研究の意義を述べる。リハビリテーションは医師、理学療法士、作業療法士、看護師など様々な医療スタッフの協業によって行われる。この中で運転技能評価は作業療法士が中心となっており行われることが多い。作業療法は、「身体または精神に障害のある者、またはそれが予測される者に対し、その主体的な生活の獲得を図るため、諸機能の回復、維持、および開発を促す作業活動を用いて治療、指導、および援助を行うこと」と定義づけられている。この定義で「主体的な生活の獲得を図るため、諸機能の回復を行う」と記されているように、生活で行われる活動とその活動に必要な機能の関連を明らかにすることは、体系だった作業療法を確立する上で非常に重要である。

脳損傷者の運転再開において、身体機能に関しては運転支援装置の適合など、代償手段に関する評価方法が普及している。しかし一方、運転技能の背景に集中力や気づきなどの認知機能が重要な役割を果たすことが知られているが、脳損傷者においてどの認知機能が運転に関与するのか、またその関与の程度などについては不明である。本研究において運転技能に関与する認知機能やその構造を明らかにすることは、運転支援に関する体系的な作業療法を確立する上で意義のある知見が得られると考えられる。

以上より、本研究目的達成により社会、臨床、作業療法科学の3つの視点において意義ある知見が得られると考えた。

### 3. 本論文の構成

目的達成のため、以下の構成にて本研究を実施した。

第1章、システマティックレビューとメタ分析：先ず第1章で脳損傷者の運転技能と神経心理学的検査に関する研究に対して、システマティック

レビューとメタ分析を行い、現状で運転技能との関連が報告されている神経心理学的検査と運転技能に関連する可能性のある認知機能について明らかにする。

第2章、運転技能の背景にある認知機能に関する検討：続いて第2章では、明らかになった運転技能と関連のある神経心理学的検査と認知機能の構造を分析し、脳損傷者の運転技能評価に有効な認知機能について分析を行う。自動車学校にて実際に自動車の運転を行うことで運転技能の評価を受けた(以下 実車評価)脳損傷者のデータを用い、実車評価と関連のある神経心理学的検査に関して因子分析を行う。

第3章、運転技能評価に有効な予測式開発：第3章では第1章、第2章で明らかになった運転技能と関連のある神経心理学的検査を用いて運転技能評価に有効な予測方法を開発する。その方法としてロジスティック回帰分析を用い、後方視的調査より得られた脳損傷者のデータから、運転技能評価に最適な神経心理学的検査の組み合わせを検討し、予測方法を開発する。その後、予測式開発に用いなかった症例のデータを基に妥当性検証を行う。

第4章、予測式の臨床場面における実用可能性の検討：第4章では開発された予測式を用いて運転技能評価を行った症例を通して、予測式の内容の妥当性や臨床的な実用性を検討する。加えて片麻痺や失語など、予測精度の低下を生じうる症状について考察を行い、予測式を用いる上での注意点などを検討する。

第5章、総括：最後に第5章において、各章の総括を通して本研究の意義を述べ、本研究の限界と今後の課題について考察を加える。

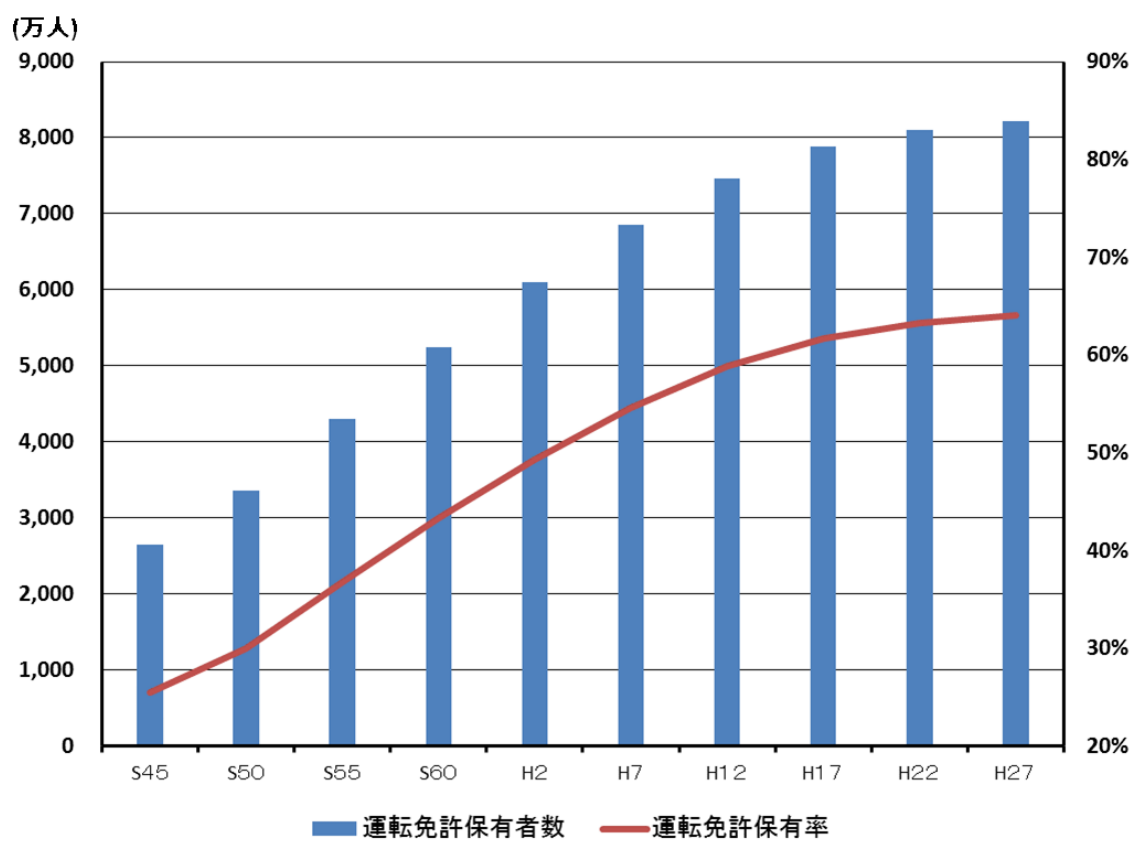


図 1 自動車運転免許保有者数・保有率の推移

警察庁の「運転免許統計」(2015)より作成。

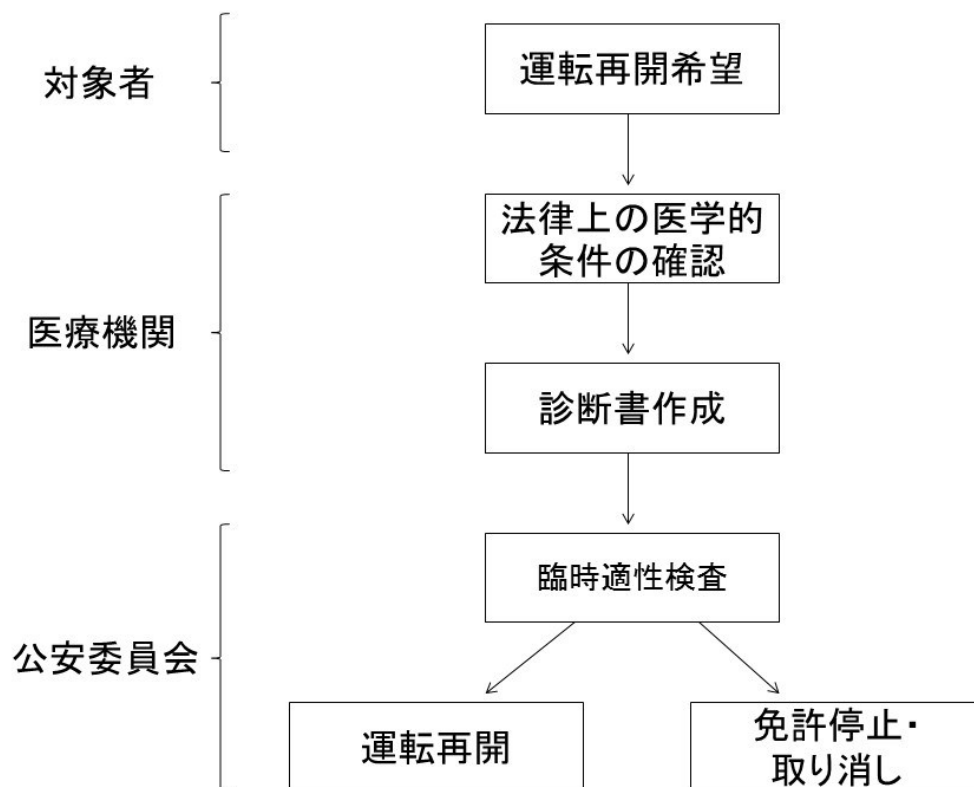


図 2 脳損傷者の運転再開までの手続き

脳損傷者が運転再開を希望された場合、医療機関にて視力やてんかん発作の既往など、法律上の医学的条件を満たしているか確認が行われ、診断書が作成される。そして公安委員会に診断書を提出した後、臨時適性検査が行われ、公安委員会により運転再開または免許停止・取り消しの判断が行われる。



表 1 日本における死亡・介護原因となる疾患

	1位	2位	3位	4位	5位
死亡原因 (人)	悪性新生物 368103	心疾患 196925	肺炎 119650	脳血管疾患 114207	消化器疾患 47944
介護原因 (%)	脳血管障害 21.5	認知症 15.3	心疾患 13.7	関節疾患 10.9	骨折・転倒 10.2

厚生労働省「年次別にみた死亡順位の推移」(2013)と「国民生活基礎調査の概況」(2016)より作成。

表 2 道路交通法上の一定の病気

- 
- ・認知症
  - ・統合失調症
  - ・てんかん
  - ・再発性の失神
  - ・無自覚性の低血糖症
  - ・そううつ病
  - ・重度の眠気の状態を呈する睡眠障害
  - ・その他自動車等の安全な運転に必要な認知、予測、判断又は操作のいずれかに係る能力を欠くこととなるおそれがある症状を呈する病気
  - ・アルコール、麻薬、大麻、あへん又は覚せい剤の中毒
- 

警察庁ホームページ「安全快適な交通の確保」より作成。

<https://www.npa.go.jp/koutsuu/index.htm>

表 3 脳損傷者に関する道路交通法の変遷

年	内容	道路交通法
平成12年以前	・精神病患者等一定の病気を持つ者は絶対的な欠格とする(運転不可).	88条(改正前)
平成13年	<ul style="list-style-type: none"> <li>・一定の病気にかかっている者を相対的な欠格とする(場合によっては運転可能).</li> <li>・公安委員会は一定の病気が疑われる者に臨時適性検査を行なうことができる.</li> <li>・臨時適性検査の結果によっては, 免許の停止・取り消しを行なうことができる.</li> <li>・臨時適性検査の受検には医師の診断書を求める事ができる.</li> </ul>	90条
平成25年	<ul style="list-style-type: none"> <li>・免許取得・更新時に一定の病気の有無について、「質問票」の交付ができる.</li> <li>・また虚偽申告に対し, 1年以下の懲役・30万円以下の罰金が規定.</li> <li>・医師は一定の病気の者の診察結果を公安委員会に届け出ることができる(届け出制度).</li> </ul>	101条

## 第 1 章：神経心理学的検査を用いた脳損傷者の自動車運転技能評価に関する研究の現状～システマティックレビューとメタ分析～

### 1. 諸言

脳損傷者の運転技能評価においては実車評価がゴールドスタンダードとされている。しかし、実車評価は医療機関単独で行うことが困難であるなどの理由で、一般的な方法とは成り得ていない。このため医療機関で簡便に行えること、運転に関与するとされる認知機能が評価可能であること、などの理由で臨床場面において神経心理学的検査を用いた運転技能評価が用いられることが多い。しかし、神経心理学的検査による評価では用いるべき検査やその基準値は確立されていないため、研究の発展が待たれている。このため、現在の研究範囲で運転技能評価に有効な可能性のある検査や関連する認知機能の特徴を知ることが、本研究を進める上で極めて重要と考えられる。第 1 章では運転技能評価に有効な可能性のある検査とその特徴を明らかにすることを目的とし、運転技能に関する神経心理学的検査についてシステマティックレビューとメタ分析により検討を行った。

### 2. 研究方法

#### 2.1 対象文献と検索範囲

使用した検索サービス (設立年)は MEDLINE (1971)、Cochrane Library (1992)、OT seeker (2003)、PEDro (1999)、CINAHL (1977)、医学中央雑誌 (1903)、メディカルオンライン (2000)、CiNii (2005)とし、それぞれのデータベースの収録開始年から 2015 年 8 月までに収録された論文を対象にした。検索単語は英語データベースでは U.S.National Library of Medicine Medical Subject Heading を参考に Driving、Stroke、Brain、Brain injury、Brain disease、Cerebrovascular disease、Higher brain disorder、Traumatic brain injury Neuropsychological test とし、「”Driving”, “Stroke”」、「”Driving”, ”Brain”」、「”Driving”, ”Brain injury”」、「”Driving”, ”Brain disease”」、「”Driving”, ”Neuropsychological test”」、「”Driving”, ”Cerebrovasclar disease”」、「”Driving”, ”Higher brain disorder”」、「”Driving”, ”Traumatic brain injury”」の組み合わせで検索を行った。日本語データベースでは医学書院医学大辞典、英和医学用語大辞典 (日外アソシエーツ)、南山堂医学大辞典を基に英語検索単語と対応する日本語を確認し、「運転、脳卒中」、「運転、脳」、「運転、脳損傷」、「運転、脳疾患」、「運転、神経心理学的検査」、「運転、脳血管障害」、「運転、高次脳機能障害」、「運転、頭部外傷」の組み合わせで検索を行った。対象は神経心理学的検査と実車評価の関連を報告した研究とし、脳卒

中、頭部外傷等の脳損傷者を含む研究を組み入れた。運転技能レベルの判断に関しては路上での実車評価によって、教習指導員や作業療法士等の医療従事者が判定を行った研究を対象とした。該当研究より運転可否群毎の検査の平均値、オッズ比の記載があるか、または計算可能な研究を収集した。除外基準は症例数 10 例以下、運転可否群毎の人数が未記載または計算不可、対象に認知症や Parkinson 病等の神経難病患者のデータが含まれ、脳損傷者のデータのみを抽出不可能な研究とした。

## 2.2 文献収集手順

検索単語から得られた研究に対しタイトル・抄録の確認を実施した（一次検索）。一次検索より対象となる可能性があった研究に対し全文調査を実施し組入基準を満たした研究を抽出した。さらにそれらの研究の参考文献のタイトルと抄録を確認し調査対象となる可能性があった研究に対しても全文調査を実施した（二次検索）。最終的に二次検索で抽出された研究に対し Newcastle-Ottawa Scale (Stang 2010)にて研究の質を評価した。

## 2.3 分析方法

抽出された研究に対し、研究デザイン、対象者数、男女比、運転可否群毎の人数、用いられた検査、可否群毎の平均検査得点、またはオッズ比を記録した。そして 2 つ以上の研究で用いられており、統計処理により 1 つ以上の研究で運転可否群間に  $p=0.05$  未満の有意差がみられた検査に対し、メタ分析を実施した。統合するデータは実車評価結果の運転可・不可群の検査平均値またはオッズ比とし、結果が可群・境界群・不可群で記されていた研究では境界群のデータを分離することが可能な場合は可群・不可群データのみを用いて解析を行った。境界群データが可群・または不可群に編入されており、分離することが難しい場合には各研究の記述に従って可群・または不可群として扱い解析を行った。メタ分析にあたっては I<sup>2</sup> 統計量を用いて異質性の検定を行った後、DerSimonian-Laird 法による統合を実施し、標準化効果量または統合オッズ比と信頼区間を求めた。統合後に各検査毎のファンネルプロットを作成し、Egger 法により出版バイアスの有無を検討した。全ての統計処理は統計解析ソフト StatsDirect ver.2.0 (Stats Direct Ltd, Altrincham, イギリス)にて実施し、Egger 法による統計的有意水準は 10%未満とした。

## 3. 結果

検索単語より得られた全文献 は 11047 文献であった。一次検索で抽出

された 136 文献に全文調査を実施した結果、実車評価が行われていた 90 文献より、組入基準を満たした 20 文献(Nouri et al 1987, Nouri and Lincoln 1992, Nouri and Lincoln 1993, Mazer et al 1999, Korner-Bitensky et al 2000 Lundberg et al 2003, Radford et al 2004, Akinwuntan et al 2005, Bouillon et al, 2006, Mckenna and Bell 2007, Lundqvist and Alinder 2007, George et al 2008, Duquette et al 2010, Selander et al 2010, George and Crotty 2010 Hargrave et al 2012, Aslaksen et al 2013, 外川他 2013, 加藤他 2014, Barco et al 2014, 表 4)を最終的に分析対象とした (図 3)。これら 20 文献に含まれた 43 検査の内、効果量では 8 検査 12 項目 (図 4)、統合オッズ比 (図 5)では 2 検査がメタ分析可能であった (図 6)。これら検査の概要を付録に記す。各検査により測られる認知機能は、視覚的注意や視覚性短期記憶、交通状況の理解など多岐に渡っていた(表 5)。この内、統合可能な研究数が最大であったのは、オッズ比では Stroke Drivers' Screening Assessment (以下 SDSA)の 5 研究 (Nouri and Lincoln 1993, Lundberg et al 2003, Radford et al 2004, Akinwuntan et al 2005, George et al 2008)、257 名であり統合オッズ比=5.87、95%CI=[3.15, 10.95]が求められた。標準化効果量では、Trail Making Test-A (以下 TMT-A)所要時間にて 5 研究 (Mazer et al 1999, Duquette et al 2010, 外川他 2013, 加藤他 2014, Barco et al 2014)、382 名の結果から、標準化効果量  $d=-1.07$ 、95%CI=[-1.47, -0.66]であった。出版バイアスに関して Egger 法により SDSA とドット抹消、コンパススクエアマトリクス (以下コンパス)、道路標識、TMT-A/B にて解析が行え、TMT-A ( $p=.01$ ) B ( $p=.07$ )、ドット抹消お手つき数 ( $p=.09$ )に出版バイアスの影響が疑われた。他の検査は研究数が少なく解析が行えなかった。統合研究数が最大であった TMT-A(図 7)と SDSA(図 8)のファンネルプロットを記す。

#### 4. 考察

##### 4.1 収集文献全体からみた神経心理学的検査と脳損傷者の自動車運転技能評価との関連

本研究では脳損傷者の運転技能評価に有効な検査に関してメタ分析を実施し、組入基準を満たした 20 研究から現状で TMT-A、SDSA 等、9 検査が運転技能評価に有効である可能性が示唆された。これらの検査が主に評価する認知機能は注意「TMT-A/B、ドット抹消」、遂行機能「道路標識、コンパス」、視空間認知「Motor-free Visual Perception Test(以下 MVPT)」、視知覚「Cube copy」、視覚性短期記憶「Rey-Osterrieth 複雑図形(以下 ROCF)」である。Schatz et al (2009)は交通事故の人的要因に関する研究についてまとめている。その結果、事故要因は不注意や視覚探索、危険認知など多岐に渡り、背景にある認知機能も注意と知覚を中心に、情報処理、干渉刺激

の影響など多岐にわたると報告されている。本研究で選択された検査が測定する認知機能も、注意や遂行機能など様々であり、運転技能評価に有効な単一の認知機能があるわけではなく、様々な認知機能が運転技能評価に関与していることが示唆された。

#### 4.2 効果量からみた自動車運転技能評価に有効な神経心理学的検査

様々な神経心理学的検査による運転技能予測の有効性を比較する指標として効果量があげられる。効果量は2群間の差の大きさを表す指標であり0.8以上で群間差が大きいと考えられる(大久保・岡田 2012)ことから、弁別妥当性の点から効果量の高かった検査ほど運転技能予測に有効であると考えられる。本研究で Egger 法により出版バイアスの影響の検討が可能であった4つ以上の研究で用いられており、0.8以上の効果量がみられた神経心理学的検査は道路標識、コンパス、TMT-Aの3検査であった。道路標識、コンパスはSDSAのサブテストであり、Radford and Lincoln (2004)により基準関連妥当性が検討されている。それによると両検査ともストループ検査、TMT等との相関がみられており、遂行機能に関する検査であると述べられている。遂行機能は運転において危険性の予測や状況に応じた運転行動の調整に関与するといわれている(Engum and Thomas 1988)。このため、注意や視知覚等、他の認知機能低下による運転技能低下が生じた場合でも、遂行機能が保たれている場合には速度調整や車間距離の保持等の適応行動を行い、低下した運転技能を代償できる可能性がある。このような高次の適応行動に関わることから遂行機能に関する検査に高い効果量が得られたのではないかと考えられる。

また、TMT-Aは注意機能の検査であり、視覚的注意や柔軟性に関与するとされている。運転では常に変化する環境内で必要な情報への注意の切り換えが必要であることから、このような注意力の検査にも高い効果量が示された可能性が考えられる。しかし、同様に注意の検査であってもTMT-Aとドット抹消(所要時間)の効果量にて-1.07と-0.60と差が見られていた。ドット抹消は用紙上に25行×25列に印字された記号の中からターゲット記号を抹消する課題であり、最上段の左から右へ順を追ってターゲット記号の探索が求められる。TMTも同様に用紙上のターゲットを探索する課題であるが、探索方略に決まりはなく被験者の判断に委ねられている。このような自分の判断で視覚探索を行うという特徴がTMT-Aの効果量の高さとして現れた可能性が考えられ、運転技能予測において視覚探索を含む検査の有効性を示唆するものであった。

一方、遂行、注意機能と比較して統合可能な研究数は少なかったが国内の交通事故の人的要因の内、45.2%が発見の遅れで生じる(田久保 2005)ことから必要な情報の発見やその情報の保持に関与する視知覚と視覚性

短期記憶の検査も運転技能予測に有効な可能性がある。本研究結果からも視知覚の検査である Cube copy ( $d=1.45$ )、視覚性短期記憶に関する Rey-Osterrieth Complex Figure Test (以下 ROCF)即時再生 ( $d=1.03$ )は高い効果量を示しており、これらの認知機能の重要性を示唆する結果が得られた。

#### 4.3 オッズ比からみた自動車運転技能評価に有効な神経心理学的検査

統合オッズ比の結果からも視空間認知、視知覚の検査である MVPT と比較して、視空間認知や注意、遂行機能等の認知機能の評価する SDSA の統合オッズ比が高いという結果が得られており、複数の認知機能からの運転技能予測の有効性を示唆する結果であった。これらの結果をまとめると運転技能予測には、視覚探索を含む注意や遂行機能を中心に視知覚・視覚性短期記憶を含む複数の検査を組み合わせた予測が有効ではないかと考えられた。

#### 4.4 国内の道路交通環境からみた自動車運転技能評価に有効な神経心理学的検査

これまでに Devos et al (2012)が英語論文を対象に運転技能に関連のみられる検査についてメタ分析を行い、道路標識、コンパス、TMT-B において 0.8 以上の効果量がみられたと報告しており、注意・遂行機能の重要性が示唆されている。本研究ではこれらの検査に加え、日本語文献の追加により TMT-A、ROCF 即時再生で 0.8 以上の効果量が得られた。ROCF 即時再生は視覚性短期記憶の検査であり、TMT-A は主に視覚的注意と情報処理速度を測るとされている。国内の交通事故状況として、交差点への進入にて交通事故発生頻度が高い (田久保 2005)とされている。交差点への進入には素早い左右確認とその間の視覚情報保持が求められ、視覚的注意と視覚性短期記憶が重要であると考えられる。国内研究の追加で ROCF、TMT-A のメタ分析が可能であった背景には、このような国内の運転環境で重要な認知機能が反映された可能性が考えられる。

#### 4.5 本研究の限界

本研究の限界として、出版バイアスの影響がみられること、組み入れられた研究に国内研究が少ないことがあげられる。一般的に効果的な研究成果の方が否定的な研究よりも論文化されやすいと考えられている。このため、否定的な研究が論文化されなかったために解析に加えられず、メタ分析の結果が効果的な方向へ過大評価される可能性のことを出版バイアスとよばれている。本研究ではメタ分析において対象者数が最大であった



TMT-A においても出版バイアスの影響がみられたことや、統合可能であった研究数が最大でも 5 件と少数であることから、出版バイアスが生じていた可能性が考えられる。このため、TMT-A は運転技能予測に有効で無いとされた研究が、解析対象に加えられていない可能性が示されており、実際より高い効果量が算出された可能性が考えられる。

この出版バイアスが生じた要因として、除外基準に症例数 10 例以下の研究を設けたことが影響していた可能性が考えられる。2 群間の有意差の検出において、データ数が少ないほど有意差が生じにくいことが知られている。また効果量は 2 群間の差の大きさを表す指標のため、統計的有意差が検出されない場合、効果量も低いことが推測される。このため、症例数 10 例以下の除外基準を設けたことで、運転可否群間で有意差の生じにくかった研究が除外され、その結果、効果量の少ない研究が組み入れられにくかった可能性が考えられ、このことが出版バイアスの一因となった可能性が考えられる。解釈にあたってはこれらの点に注意が必要である。

また本研究の結果、解析に組み入れられた 20 研究中、国内研究はわずか 2 件であった。このことは用いた文献データベースの収録文献数の規模に起因した可能性が考えられる。各データベースの検索単語に対する検出文献数をみると、英語データベースで最大の検出数がみられた MEDLINE では、「Stroke, Driving : 658」、「Brain, Driving : 4019」など、5360 文献が検出された。これに対し、日本語データベースで最大の検出数がみられた医学中央雑誌では「脳卒中、運転 : 183」、「脳、運転 : 965」など 3268 文献と英語データベースよりも検出数が少ないという結果であった。このような英語圏と日本語圏でのデータベースの規模の違いが、組み入れられた研究に日本語研究が少ないという結果につながった可能性が考えられる。組み入れられた研究の報告年度においても海外研究が 1987 年からの研究が組み入れられたのに対し、国内研究は 2013 年と大きな開きがある。このことは、組み入れ基準に、実車評価を行った研究であることを加えた点が影響したのではないかと考えられた。日本では脳損傷者の自動車運転に関し、2002 年の道路交通法改正により運転再開への要件が緩和され、医療機関にて対応を求められる機会が拡大したと考えられる。それ以前には状態によっては絶対的欠格とされ、法律上運転再開が不可能とされていた。このため、2002 年以前では実車評価自体を行いにくい環境であったのではないかと考えられる。このような背景により、組み入れ基準に実車評価を行った研究を加えたことも、解析に加えられた日本語研究数の低下につながったのではないかと考えられた。以上のような要因により、本研究では海外研究の結果が多く組み入れられていることから、本研究の検査結果や数値を直ちに国内で応用することは難しい。このため今後国内の道路交通環境で運転技能予測に有効な神経心理学的検査の確立が必要である。

## 5. 結語

本研究の結果より脳損傷者の運転技能に關与する認知機能が「視覚的注意」、「視覚探索」、「視空間認知」、「視知覚」、「視覚性短期記憶」、「遂行機能」であることが示唆された。しかし同時に、国内での研究数はわずかであり、日本で運転技能予測に有効性が確立された神経心理学的検査は無いことが明らかとなった。また、解析に含まれた検査は注意や視空間認知などそれぞれ異なる認知機能を測定する検査であることから、運転技能予測に有効な検査を確立するためには、領域の異なる認知機能を測る複数の神経心理学的検査を組み合わせることが有効である可能性が考えられる。

第2章では第1章で明らかになった運転技能との関連が示唆された神経心理学的検査に関して、因子分析を用いて構造を分析することで運転技能予測に有効な認知機能について検討を行う。

本章は総合リハビリテーション 44 卷 12 号に掲載された、「脳損傷者の実車運転技能に關連する神経心理学的検査について—システムティックレビューとメタ分析」に加筆修正を加えたものである。

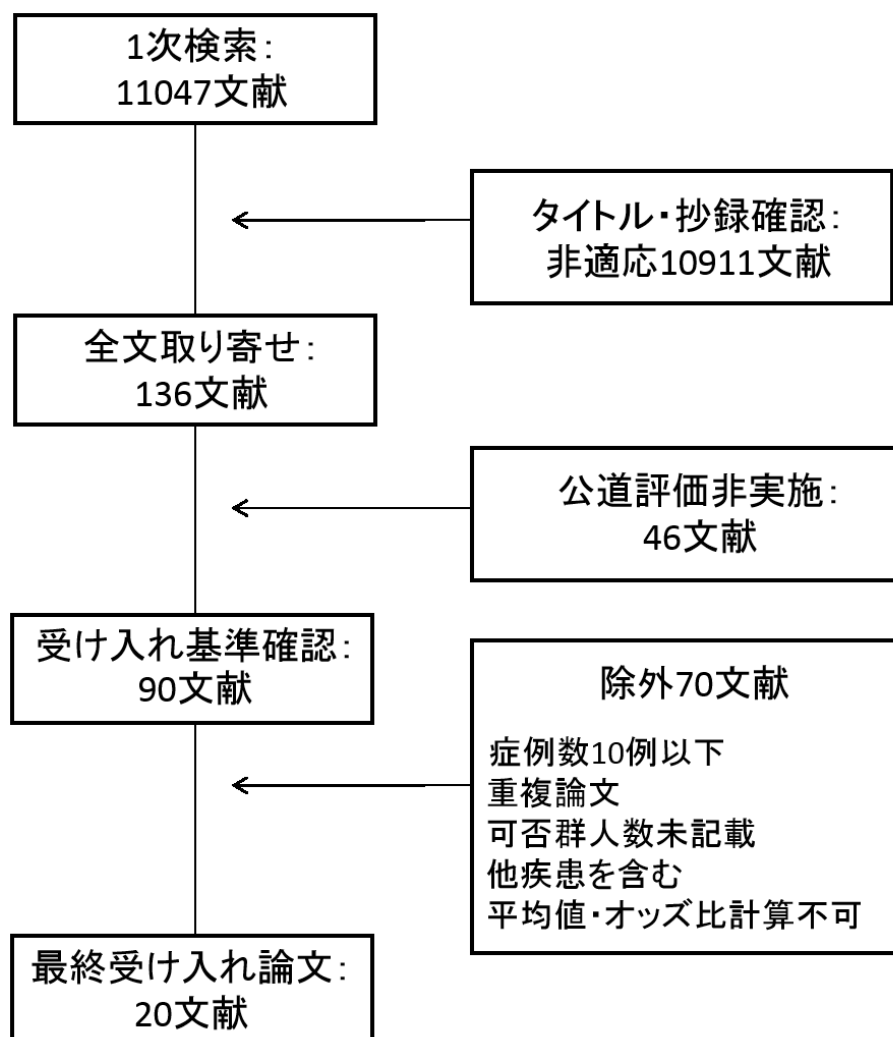


図 3 対象文献の抽出過程

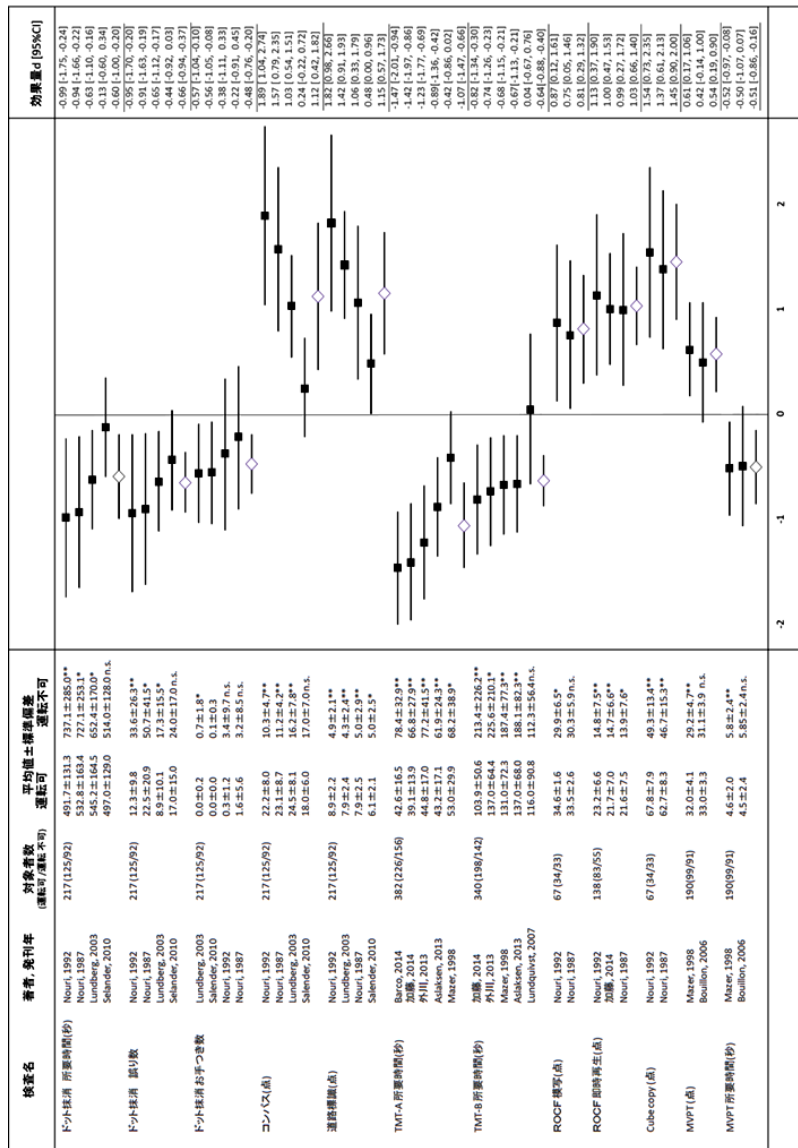


図4 効果量のフォレストプロット

効果量のフォレストプロットを記す。  
 究では実車評価結果が境界とされた対象者を不可群に編入して計算を行った。  
 、\*\*: $p < .01$ , n.s.:有意差なし

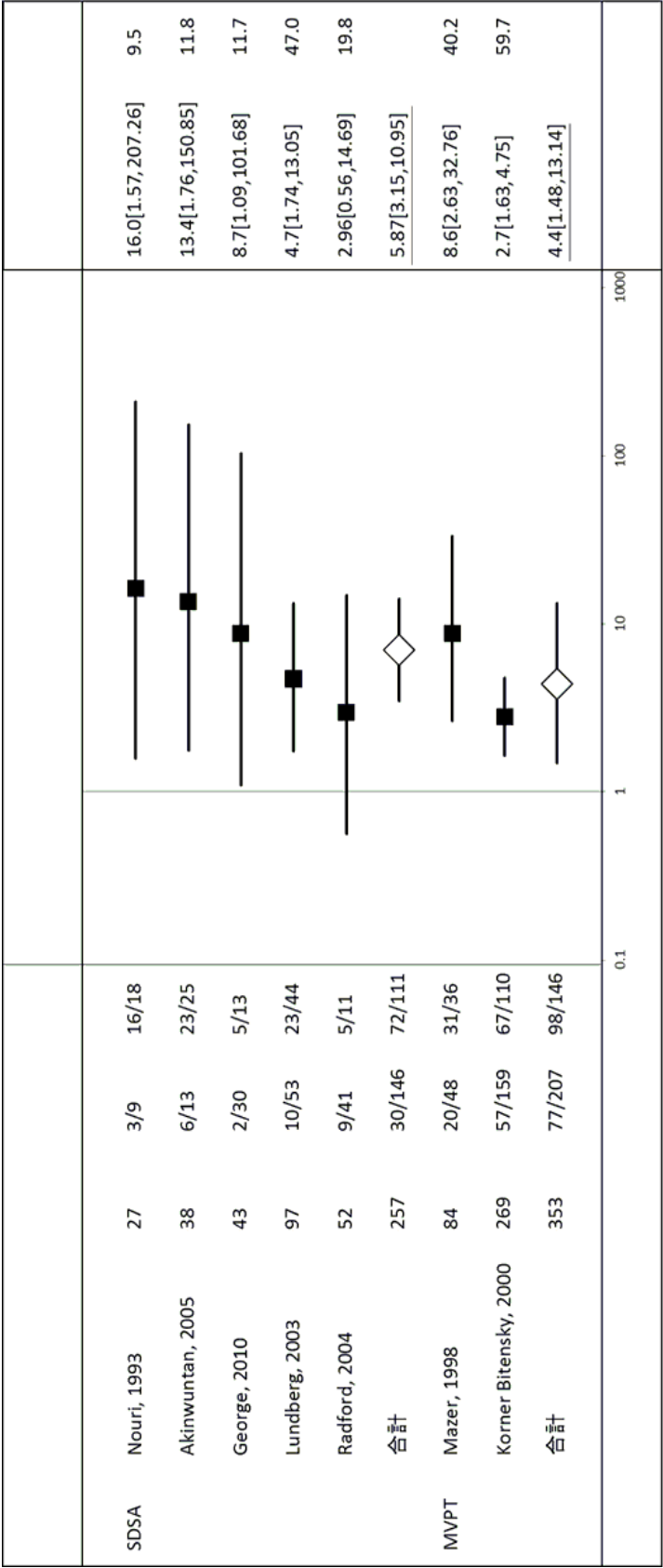


図 5 オッズ比のフォレストプロット

各検査のオッズ比のフォレストプロットを記す。

Lundberg の研究では実車評価結果が境界可・境界不可であった対象者をそれぞれ可群・不可群に編入して計算を行った。

MVPT の予測はカットオフ値を 30 点以上として計算を行った

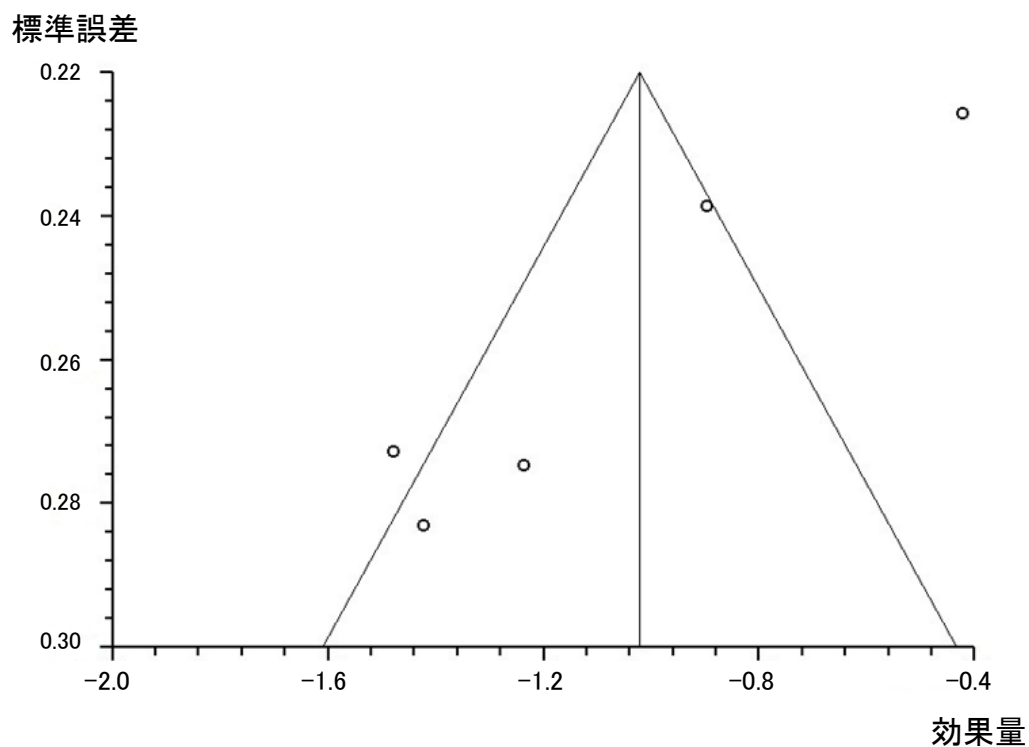


図 6 TMT-A のファンネルプロット

TMT-A のファンネルプロットを記す。

ファンネルプロットでは縦軸に標準誤差、横軸に検査の治療効果や予測精度(本研究では効果量またはオッズ比)をとり、各研究結果が表示される。通常症例数の多い研究ほど標準誤差が少なくなることから、症例数の多い研究は図上部に、逆に少ない研究は下部に表示される。予測精度が低い研究や症例数の少ない研究では出版されにくいと考えられることから、各研究結果が左右非対称、特に図下部を中心に非対称性がみられる場合には出版バイアスの影響が疑れると解釈される。



図 7 SDSA のファンネルプロット

表 4 受け入れ論文一覧

著者	発刊年	国	研究デザイン	対象者数	平均年齢±標準偏差	男/女	病側	発症後期間	検査名	運転技能判定 可/境界/不可	NOS得点
Nouri	1987	イギリス	前向き研究	CVA 39	59±10	36/3	右23 左16	6(週) - 4(年)	Cube copy ドット抹消 ROCF 方向スクエアマトリクス コンバスクエアマトリクス Token test 道路標識 Recognition memory test	22/4/13	5
Nouri	1992	イギリス	前向き研究	CVA 40	61±14	36/4	右20 左20	33±40(週)	Cube copy ドット抹消 ROCF 方向スクエアマトリクス コンバスクエアマトリクス Token test 道路標識 Recognition memory test	12/8/20	5
Nouri	1993	イギリス	比較対照研究	CVA 27	58	23/4	右14 左13	44(週)	SDSA	8/19*	7
Mazer	1998	カナダ	前向き研究	CVA 84	60±11	63/21	右38 左45 両側1	10±15(月)	MVPT Single letter cancellation Double letter cancellation MRMT TMT-A/B Bell test The charron test	33/51*	5
Kornerl-Bitensky	2000	カナダ	前向き研究	CVA 269	63	215/54	右156 左113	6±11(月)	MVPT	145/124*	5
Lundberg	2003	スウェーデン	前向き研究	CVA 97	63±12	87/10	右40 左49 両側1 不明7	1±1(年)	SDSA	41/23/33	5
Radford	2004	イギリス	前向き研究	TBI 52	39±12	44/8	不明	27±20(月)	SDSA PASAT Stroop test AMIPB	38/14*	5
Akinwuntan	2005	ベルギー	前向き研究	CVA 38	53±12	31/7	右20 左16 両側2	不明	SDSA	9/29*	5
Bouillon	2006	カナダ	後ろ向き研究	CVA 48 TBI 58	不明	不明	右20 左28 不明58	不明	CBDI MVPT Bell test	66/40*	5
Mckenna	2007	イギリス	後ろ向き研究	CVA 129 TBI 41	不明	不明	右70 左59 不明41	不明	RDB	123/47*	3
Lundqvist	2007	スウェーデン	横断研究	CVA 19 TBI 5 その他 6	51±11	不明	不明	21±16(月)	TMT-B Listening span test	17/13*	5
Geroge	2008	オーストラリア	前向き研究	CVA 26	65±13	24/2	右15 左7 その他4	83(日, med)	VRST	8/8/8	5
Duquette	2010	カナダ	後ろ向き研究	CVA 95 TBI 92	52	143/44	不明	1(年)	CBDI	120/67*	4
Selander	2010	スウェーデン	前向き研究	CVA 76	65.3±9.8	68/8	右35 左28 両側12 不明1	6ヵ月以上	SDSA	50/26*	5
Geroge	2010	オーストラリア	前向き研究	CVA 43	不明	不明	不明	不明	SDSA UFOV	36/7*	5
Hargrave	2012	アメリカ	後ろ向き研究	Stroke 48 TBI 28	57±17	58/18	不明	不明	TMT-B FAB	37/39*	5



外川	2013	日本	後ろ向き研究	CVA 67 TBI 6 その他 4	54	67/10	右24 左40 不明13	272(日)	WAIS-III TMT-A/B BIT BADS	56/21*	5
Aslaksen	2013	ノルウェー	後ろ向き研究	CVA 55 TBI 23	78	65/13	不明	6-20(月)	Picture completion Block design Visual span forward/backward TMT-A/B WCST Letter cancellation Line bisection Star cancellation CalCap	43/35*	4
Barco	2014	アメリカ	横断研究	CVA 72	59±13	39/33	不明	8±10(月)	Short blessed test Clock drawing test Snifflewcw Maze Test TMT-A/B UFOV MVPT	45/27*	5
加藤	2014	日本	後ろ向き研究	CVA 66 TBI 3 その他 2	61±11	61/10	右35 左27 両側9	169±256(日)	TMT-A/B ROCF KBDT RCPM	49/22*	5

表 4: 受け入れ文献を記す。AMIPB: Adult Memory and Information Processing Battery、BADS: 日本版 BADS 遂行機能障害症候群の行動評価、BIT: BIT 行動性無視検査日本版、CalCap: California Computerized Assessment Package、CBDI: Cognitive Behavioral Driver's Inventory、CVA: 脳血管障害、FAB: Frontal Assessment Battery、KBDT: コース立方体組み合わせテスト、med: 中央値、MRMT: Money Road Map Test、MVPT: Motor-free Visual Perception Test、NOS: Newcastle-Ottawa Scale、PASAT: Paced Auditory Serial Addition Test、RCPM: レイブン色彩マトリックス検査、RDB: Rockwood Driving Battery、ROCF: Rey-Osterrieth 複雑図形、SDSA: Stroke Drivers Screening Assessment、TBI: 頭部外傷、TMT: Trail-Making Test、UFOV: Useful Field of View、VRST: Visual Recognition Slide Test、WAIS-III: Wechsler Adult Intelligence Scale-Third Edition、WCST: Wisconsin Card Sorting Test

\*: 運転技能判定結果が「運転可」「運転不可」のみで行われ「境界」を含まない研究。

表 5 メタ分析に含まれた検査と測定される認知機能

認知機能	主な検査
視覚的注意・視覚探索	TMT-A/B ドット抹消
視空間認知・視知覚	MVPT Cube copy
視覚性短期記憶	ROCF
遂行機能	コンパス 道路標識

## 第2章：脳損傷者の自動車運転技能に関与する認知機能について

### 1. 諸言

日本の年間交通事故発生件数は2004年の952709件以降年々減少を続け、2014年には573842件に減少している（内閣府 2015）。この背景には交通事故要因に関する研究が重ねられ、道路交通環境や関連法規、車輛安全性等、事故発生に関する様々な要因に対策が講じられたことが一因と考えられる。これら事故要因の中でも人的エラーは事故原因の約90%を占めるとも報告されており（Fell 1977）、運転に関する認知機能を知ることは事故予防に役立つ知見となると考えられる。脳損傷者の運転再開においても健常人同様、認知機能は重要な役割を果たすことが報告されているが（加藤他 2013）、脳損傷の影響から認知機能が低下することもあるため運転再開には慎重な判断が求められる。

第1章において、先行研究のメタ分析から神経心理学的検査と運転技能の間に関連がみられることを明らかにした。また運転技能と関連がみられた神経心理学的検査の特徴から、運転技能に関与する単一の認知機能があるのではなく、注意、視視空間認知、遂行機能、視覚性短期記憶等、複数の認知機能が運転技能に関与している可能性が示された。しかし、これら複数の認知機能において、運転技能への影響度合いに差がみられるのか、また、各認知機能間の関連等については明らかにされていない。さらに先行研究の大半が海外の研究であったことから、国内の道路交通環境において運転技能と関連する認知機能の構造を検討することは、運転技能予測に有効な神経心理学的検査を明らかにする上で必要である。

第2章では、脳損傷者の運転技能に関連する認知機能に関して、実車評価を受けた脳損傷者の神経心理学的検査データを基に因子分析を適用し、脳損傷者の運転技能の背景にある認知機能の構造について検討を行う。

### 2. 研究方法

#### 2.1 対象者

2006年4月から2015年12月の間にA病院で実車評価を行った脳損傷者に対し、後方視的にカルテ調査を実施した。対象者の受け入れ基準は、1)MRI または CT によって脳血管障害、頭部外傷、脳腫瘍、脳炎の診断を受けた者、2)発症時点で運転免許を有しており1年以上の運転経験のある者とした。また、除外基準として1)小脳性運動失調を有する、2)指示理解が困難な程の失語症を有する、3)認知症、Parkinson 病、多発性硬化症等、他の神経疾患を合併しているを設け、該当する者は除外した。最終的に基

準を満たした対象者は 116 名であった (表 6)。これら対象者のうち、9 名に関して研究責任者が神経心理学的検査と実車評価を実施していた。

## 2.2 神経心理学的検査の選択について

神経心理学的検査の選択にあたっては、第 1 章で運転技能との関連が示唆された認知機能領域、「視覚的注意」、「視覚探索」、「視覚性短期記憶」、「視空間認知」、「遂行機能」を網羅可能な検査を選択した。まず視覚的注意では、メタ分析にて統合可能研究数が最大であった TMT-A/B を選択した。TMT-A/B は国内の多数の研究で視覚的注意の検査として取り上げられており(山田他 2013、外川他 2013)、臨床場面での普及も進んでいることから国内での使用が容易であると考えられる。次に視覚性短期記憶においても、診療報酬上保険点数の算定が可能であり、臨床での普及が進んでいるなどの理由から、メタ分析に組み入れられた ROCF を取り入れた。しかし一方、遂行機能の検査としてメタ分析に組み入れられたコンパス、道路標識は国内で一般的な検査となり得ていない。このため国内で遂行機能の代表的な検査である慶應版ウィスコンシンカード分類検査(以下 KWCST)により遂行機能の検査を代替した。遂行機能同様、視空間認知においてもメタ分析に含まれた MVPT、Cube copy は国内にて一般的な検査となり得ていない。このため、国内で視空間認知の検査として用いられているレーヴン色彩マトリクス (以下 RCPM)と国内で運転技能との関連が示唆されている(前田 1994)コース立方体組み合わせテスト(以下 KBDT)を用いた。メタ分析に加えられた検査以外に、星印抹消検査(以下 SCT)についても分析を行なうこととした。星印抹消検査は半側空間無視のスクリーニング検査用紙である。半側空間無視が生じると、左または右側空間からの刺激を知覚できないという、特異的な症状をきたすことから安全運転の重要な阻害因子となりうる。このため、半側無視の影響についても検討すべく星印抹消検査についても分析を実施した。

## 2.3 研究デザイン

対象者のカルテから、一般情報として年齢、性別、診断名、損傷半球、発症から実車評価までの期間、実車評価結果 (運転可・不可)を記録し、各項目で運転可群と不可群間における統計的有意差を検討した。検定には連続変数については Kolmogorov-Smirnov 検定にてデータの正規性を確認し、t 検定または U 検定を用いた。名義変数に対しては  $\chi^2$  検定を用いた。

そして以下の神経心理学的検査結果を抽出した。①TMT-A/B、②KBDT、③ROCF、④RCPM、⑤SCT、⑥KWCST。以下に各検査の概要を述べる。

①TMT-A/B:TMT は視覚走査、注意の転換、選択、配分等の視覚的注意

の検査とされている(Reiten 1958)。達成までの検査所要時間(秒)と誤り数を抽出した。

②KBDT: KBDTは視空間認知と遂行機能の検査である(Kohs 1923)。結果は課題達成数を基に視空間性IQとして算出される。この視空間性IQを抽出した。

③ROCF: ROCFは書面上に描画された複雑な形状の図形の模写を行なうことで空間構成力を測る検査とされている(Osterrish 1944、Corwin and Bylsma 1993)。また模写後に見本の複雑図形を取り除いた後に、再度複雑図形の描画を促す再生課題を行なうことで視覚性短期記憶の評価も可能とされている。結果は見本の図形と対象者の描画した図形を比較し、整合箇所によって最大36点満点で採点される。模写・再生課題それぞれの得点を抽出した。

④RCPM: RCPMは視空間認知能力と非言語性推測力の検査である(Raven and Court 1985)。全36問の課題よりなり正答数に応じて1点が加算され、合計36点満点で採点される。合計得点を抽出した。

⑤SCT: SCTは半側空間無視のスクリーニング検査である(Halligan et al 1990)。課題達成までの所要時間(秒)と見落とし数を記録した。

⑥KWCST: KWCSTは遂行機能と思考の柔軟性の検査であり、専用ソフトウェアをインストールしたパソコンを用いて行われる。課題は全48試行行われ、回答パターンや正答数などから思考の柔軟性に関する保続の有無など、前頭葉機能を中心とした認知機能の評価が行われる。

抽出された情報を実車評価結果より運転可群と不可群に分類し、2群間の差を検討した。統計的検定にはKolmogorov-Smirnov検定で正規性を確認した後、正規分布の項目が却下されなかった項目は対応のないt検定、正規性が却下された項目はマンホイットニーのU検定を用いた。

次に可群・不可群間で有意差のみられた検査データを変数とした因子分析を実施した。因子の抽出には主因子法を用い、因子の回転にはプロマックス法を用いた。各検査で欠損値がみられた場合はペア単位で削除した上で解析を行った。因子の抽出は固有値1.0以上の因子を採用した。分析の妥当性検証にはKaiser-Meyer-Olkinの標本妥当性測度(以下KMO測度)を用いた。得られた因子に命名し、症例毎の因子得点を算出し各因子と実車評価の関連性をスピアマンの順位相関係数で評価した。統計解析はSPSS Ver.19で行い、有意水準は5%未満とした。本研究は平成28年6月～8月にかけて実施した。

## 2.4 実車評価方法

実車評価は自動車学校にて教習指導員の指導の下行われた。車輛は助手席ブレーキ付の教習車を用い、対象者の身体状況に応じてハンドル旋回装

置、左足用ブレーキ等の運転支援装置を設置した。評価は場内コースより開始し、ハンドル操作等の基本的な運転技能を確認した後、安全と判断された場合に路上での評価を行った。評価時間は 1 回約 60 分間であり、対象者の状態に応じて 1~3 回の評価後に教習指導員より、可:運転再開可能、不可:数回の練習後に再評価が必要、または現時点では運転再開を勧めないの 2 段階で判定された。

## 2.5 倫理的配慮

本研究は平成 28 年度大分県立看護科学大学の研究倫理・安全委員会の承認を得て実施した(承認番号 16-5)。得られたデータは無作為に ID 番号を振り分け連続不可能匿名化し、個人の特定ができないよう操作を加え解析を行った。

## 3. 結果

### 3.1 運転可否群における一般情報と神経心理学的検査結果

運転可群・不可群の一般情報において年齢 ( $p=.01$ )、発症後期間 ( $p=.00$ ) において有意差がみられ、運転不可群において有意に発症後期間が長く高齢であることが示された。その他、性別( $p=.05$ )、診断名( $p=.92$ )、損傷半球( $p=.46$ )では 2 群間で有意差はみられなかった。

次に運転可能群・不可群毎の検査結果を記す(表 7)。運転可群・不可群間で有意差が見られた検査は TMT-A 所要時間、TMT-B 所要時間、誤り数、KBDT、ROCF 模写、即時再生、RCPM 得点、SCT 所要時間、見落とし数、KWCST カテゴリー達成数、保属性エラーであり、検討を行った 12 項目中、TMT-A 誤り数を除く 11 項目において有意差がみられていた。これら有意差の見られた検査全てにおいて、運転不可群の検査成績が低値であり、このことから運転不可群において検査で測定された視覚的注意、視空間認知、視覚性短期記憶、遂行機能の認知機能が運転可群と比較して低下しているという結果が得られた。

### 3.2 因子分析結果

因子分析の結果、3 因子が抽出され、累積寄与率は 57.8%であった。KMO 測度では  $p=.79$  と分析の妥当性が確認された。プロマックス回転後の因子構造行列(表 8)と因子パターン行列(表 9)を記す。

### 3.3 実車評価結果と因子および因子間の相関

抽出された因子間の相関(点双列相関、相関比)では、因子 1 と 2 ( $\eta=0.62$ ) に中等度の相関が、因子 1 と 3 ( $\eta=0.26$ )、因子 2 と 3 ( $\eta=0.43$ ) に弱い相関がみられた (表 10)。各因子と実車評価結果間の相関では第 1 因子 ( $\eta=0.47$ 、 $p < .01$ )、第 2 因子 ( $\eta=0.52$ 、 $p < .01$ ) に有意な相関がみられたが、第 3 因子ではみられなかった ( $\eta=0.18$ 、 $p = .10$ )。

## 4. 考察

### 4.1 各因子の解釈

主因子法の結果、固有値が 1 以上の因子が 3 つ抽出された。3 つの因子と各検査の因子負荷量より、各因子の解釈を述べる。

先ず第 1 因子の因子負荷量は TMT-B 所要時間と誤り数、SCT 所要時間の負荷が高いという結果であった。TMT は視覚的注意や視覚探索を反映し、TMT-B では注意の転換と配分に関与(高岡・尾崎 2009)しながら素早い視覚探索を行うことが求められる。また、処理速度やワーキングメモリにも関与するとされること(眞田他 2012) から、第 1 因子を「視覚的注意と情報処理速度」と命名した。

次に第 2 因子では、KBDT、RCPM、SCT 見落とし数の負荷量が高いという結果であった。KBDT と RCPM は視空間認知に関与することが知られている。SCT もまた BIT 行動性無視検査日本版の構成課題であり、半側空間無視の検出に優れることから視空間認知能力を反映すると考えられる。このため第 2 因子は視空間認知の影響が強い因子と考えられる。加えて RCPM では論理的思考を(Golden 2004)、KBDT では視覚-運動の協調性が求められる (Groth-Marnat and Teal 2000) など、視空間認知情報の操作が含まれる検査でもある。このため第 2 因子を「視空間認知とその操作能力」とした。

第 3 因子では、KWCST 達成カテゴリー数と保続性エラー数の因子負荷量が高いという結果であった。WCST は因子分析を用いた先行研究にて思考の転換や問題解決等、全般的な遂行機能を反映すると報告されている (Greve et al 2005)。このため第 3 因子は「遂行機能」と命名した。

以上 3 因子の解釈より、視覚的注意、視空間認知、遂行機能を中心とする 3 つの認知機能が脳損傷者の運転技能に関与していることが示唆された。次に得られた結果から各因子と運転技能の関連について考察を述べる。

#### 4.2 第 1 因子と自動車運転技能との関連

運転における視覚的注意の重要性については多くの研究がなされており、事故の大部分は視覚情報獲得の問題で生じるという報告がある (Hills 1980)。運転時には環境からの様々な刺激へ同時に注意を振り分けると共に、必要な情報の選択や他の刺激への注意の転換等、多様な視覚的注意を伴った探索が必要とされる。Lana et al (2008)は運転中の視覚探索について、無意識的に行われる探索と意識下で行われる探索に分類されるとしている。このうち TMT で行われるような意識的な視覚探索能力が高齢者の事故予測に有効であることが報告されており (Ball and Owsley 1991)、運転における意識下の視覚探索の重要性が指摘されている。脳損傷者においても運転技能の低下がみられる者は選択性注意や視覚情報処理速度の低下が生じることが報告されており (George and Crotty 2010、Lundqvist 2001)、意識的に必要な情報へ瞬時に注意を転換する能力は重要である。TMT はこのような運転時に必要な視覚探索の切り替えや注意力、瞬時の情報処理等を反映していると考えられる。特に TMT-B 所要時間の因子負荷量が高かったことは、TMT-B が脳損傷者の運転技能予測に有効であることを報告した先行研究 (Mazer et al 1998、Hargrave et al 2012) を支持する結果であった。

Moore (1969)は運転者の知覚と判断過程に関するモデルにて運転時の情報処理過程を記している。それによると環境からの情報が「知覚」された後、その情報が自車輛の運転にどのような影響を及ぼすか「予測」し、安全運転に必要な「判断」がなされるとされている。このモデルにおいて運転技能の背景にある認知過程として、視覚探索、視覚的注意が含まれており、第 1 因子で抽出された認知機能との合致がみられた。また実車評価結果との間に  $\eta = 0.47$  の有意な相関がみられたことも、第一因子の妥当性を支持する結果であった。

#### 4.3 第 2 因子と自動車運転技能との関連

視空間認知に障害が生じると対象までの距離や方向性の判断に誤りが生じることが報告されている (Bryer et al 2006)。前述の Moore のモデルに基づくと、視空間認知に障害が生じた場合、自車輛と他車輛等との位置関係や距離感の把握が困難となることから「予測」の過程で誤差が生じ、その後の判断に誤りが生じる。また「予測」を行う上で、得られた視空間認知情報を基に判断を行う際には RCPM が反映する論理的思考力に表されるような遂行機能が、その後のハンドル等の操作において KBDT で測られる視覚－運動協調性が必要である。このため視空間認知能力は単独での作用に加え、遂行機能等、視空間認知情報の操作に関する認知機能と協調することでより運転技能への関与が高められる可能性が考えられた。また第 2



因子では実車評価結果との相関比が  $\eta = 0.52$  と他の 2 因子よりも高い相関がみられたことから、自動車運転技能に視空間認知は重要であり妥当な因子が抽出されたと考えられる。

#### 4.4 第 3 因子と自動車運転技能との関連

第 3 因子は KWCST の因子負荷量が高かったことから遂行機能に関与すると考えられた。KWCST は WCST の短縮版であることから WCST と同様の認知機能を測ると考えられるが、WCST は思考の転換に関与すると共に全般的な遂行機能の検査であると報告されている (Greve et al 2005、Snyder et al 2015)。TMT-B も同様に思考の転換に関与するが、今回の結果では第 3 因子への TMT-B の負荷量は低いという結果であった。このことは第 3 因子は TMT-B と KWCST で共に測られる思考の転換より、KWCST でより反映されやすい問題解決や計画性等、全般的な遂行機能が強く反映されたためではないかと考えられる。脳損傷者では遂行機能は実生活での事故率と関連するとの報告もあり (Coleman et al 2002)、その重要性が報告されている。実生活での運転には運転経路や時間管理等、運転全体に影響を及ぼす計画性が求められることから、これらに関与する全般的な遂行機能は重要と考えられる。しかし、実車評価結果と第 3 因子の間には有意な相関がみられなかった。今回用いた実車評価では、運転経路は教習指導員により予め定められており対象者自身で運転計画の立案は行わず、運転時も教習指導員の指示に従いながらの運転が求められていた。このため第 3 因子で表されるような運転経路の計画や状況に応じた変更等に関わる全般的な遂行機能の関与が少なかったと考えられる。このことが全般的な遂行機能を表す第 3 因子と、実車結果に有意な相関が認められなかった一因となったのではないかと考えられる。遂行機能は「目的設定」、「計画立案」、「計画実行」、「効果的遂行」よりなるとされ (Lezak 1982)、計画立案から抑制、自己監視など広範な認知機能を含む概念である。今後遂行機能を構成する各要素毎に、運転技能との関連を検討する必要がある。

#### 4.5 年齢・発症後期間の影響について

本研究では検査と運転技能との関連に注目して因子分析を実施したが、年齢と発症後期間においても運転可群・不可群間で有意差がみられており、これらの要因も重要であった可能性が考えられる。加齢が運転技能に関連する認知機能へ及ぼす影響として、一点を注視した際の視認範囲である有効視野が低下することが報告されており (藤田他 2012)、加齢も運転技能低下に関連する重要な要因であることが知られている。今後脳損傷者の運転技能評価においても加齢の影響について検討を行う必要がある。

また運転不可群では発症から検査までの期間が長期化していた点に関しても注意が必要である。この要因として、運転不可群において初期の認知機能の状態が比較的重度であった点が一因ではないかと考えられる。このような対象者では、自然回復やリハビリテーションによる機能回復に要する期間が長期化する可能性が考えられ、そのことが発症から実車評価を受けるまでの期間の長期化につながったのではないかと考えられる。また、自動車運転再開に向けた標準的な支援方法は確立されておらず、各医療機関で独自の取り組みが行われているのが現状である。このため、対象者の入院先などの地理的要因も発症後期間に影響を及ぼしていた可能性が考えられる。今後、運転不可群で発症後期間が長期化していた要因を明らかにすると共に、脳損傷者の運転技能との関連についても検討を行う必要がある。

#### 4.6 本研究の限界とまとめ

以上の結果より、運転技能には複数の認知機能が関与しており、それらは「視覚的注意」、「視空間認知」、「遂行機能」に分けられることが示唆された。各因子間と実車評価の関連では、第2因子において最も高い相関がみられ ( $\eta=0.52$ )、第1因子においても第2因子の値と近い相関がみられた ( $\eta=0.47$ )。

また本研究で明らかになった因子は運転技能と関連がみられる神経心理学的検査の構造であり、直接的に運転技能に関与する認知機能の構造を明らかにしたとはいえない。このため今後これら3因子に含まれた認知機能を測る神経心理学的検査が運転技能予測に有効となりうるか検討が必要である。

また本研究では因子分析の対象を認知機能としたが、年齢や身体機能など運転可否群間で有意差のみられた、認知機能以外の要因も加えた包括的な因子分析を行うことで、より脳損傷者の運転技能に関する能力の構造が明らかになる可能性が考えられる。今後症例数を増やして検討を行う必要がある。

以上の限界はあるものの、本研究により運転技能予測式を開発する上で参考となる、運転技能の背景にある認知機能に関する知見が得られた。次章ではこれらの認知機能に関わる検査から脳損傷者の運転技能予測式を開発する。

本章は日本臨床作業療法研究3巻に掲載された「脳損傷者の運転技能に関与する認知機能について」に加筆修正を加えたものである。

表 6 対象者の特性

基本情報		全対象者(n=116)	可群(n=86)	不可群(n=30)	p値
年齢	平均(標準偏差)	60.9 (10.5)	59.4 (8.5)	65.5 (19.2)	.01
性別	男性(%)	101 (87.8)	78 (90.6)	23 (63.8)	.05
診断名	梗塞(%)	69 (59.4)	50 (58.1)	19 (52.7)	.92
	出血(%)	36 (31.0)	27 (31.3)	9 (25.0)	
	頭部外傷(%)	4 (3.4)	3 (3.3)	1 (2.7)	
	その他(%)	7 (6.0)	4 (4.6)	1 (2.7)	
損傷半球	右(%)	43 (37.0)	29 (33.7)	14 (38.8)	.46
	左(%)	57 (49.1)	44 (51.1)	13 (36.1)	
	両側(%)	5 (4.3)	2 (2.3)	2 (5.5)	
	脳幹(%)	8 (6.8)	2 (2.3)	1 (2.7)	
	不明(%)	3 (2.5)	1 (1.1)	0 (0.0)	
発症後期間	月(標準偏差)	18.6 (33.8)	14.1 (23.9)	31.6 (51.1)	.00

対象者 116 名の特性を記す。

診断名がその他の者の内訳は、くも膜下出血 2 名、脳炎 4 名、脳腫瘍 1 名であった。

表7 対象者の神経心理学的検査結果

検査名(欠損値数 可群/不可群)	全対象者 n = 116	可群 n = 86	不可群 n = 30	p 値	95%信頼区間	効果量 d [95%信頼区間]
TMT-A						
所要時間 (0/0)	43.1 ± 20.2	37.5 ± 12.3	59.2 ± 28.8	< .01 b	[-25, -9]	-1.19 [-1.64, -0.75]
誤り数 (2/1)	0.1 ± 0.4	0.1 ± 0.4	0.2 ± 0.4	.38 b	[0, 0]	-0.24 [-0.66, -0.16]
TMT-B						
所要時間 (1/3)	120.4 ± 108.0	100.0 ± 43.4	184.6 ± 195.1	< .01 b	[-63, -18]	-0.79 [-1.22, -0.37]
誤り数 (3/5)	0.8 ± 1.3	0.6 ± 1.1	1.4 ± 1.7	.02 b	[-1, 0]	-0.62 [-1.04, -0.19]
KBDT						
IQ (1/0)	92.3 ± 19.1	97.8 ± 16.9	77.0 ± 16.4	< .01 a	[13.6, 27.7]	1.23 [0.78, 1.67]
ROCF						
模写 (2/0)	34.6 ± 1.9	35.0 ± 1.4	33.6 ± 2.6	< .01 b	[0, 2]	0.77 [0.35, 1.20]
即時再生 (2/0)	20.9 ± 7.3	22.4 ± 7.1	16.9 ± 6.2	< .01 a	[7.6, 8.4]	0.79 [0.36, 1.22]
ROPM						
得点 (3/0)	30.9 ± 4.5	32.3 ± 3.4	27.2 ± 5.3	< .01 b	[1.11, 1.28]	1.27 [0.82, 1.72]
SCT						
所要時間 (10/4)	69.6 ± 37.0	62.6 ± 23.3	90.3 ± 57.6	< .01 b	[0, 0]	-0.77 [-1.20, -0.35]
見落とし数 (3/2)	0.4 ± 0.9	0.3 ± 0.8	0.7 ± 1.2	.04 b	[-29, -8]	-0.43 [-0.85, -0.01]
KWCST						
カテゴリー達成数 (10/5)	2.7 ± 2.2	3.4 ± 4.1	1.9 ± 1.7	< .01 b	[0, 2]	0.40 [-0.00, 0.82]
保続性エラー数 (10/6)	7.3 ± 8.4	6.3 ± 8.5	8.7 ± 6.7	< .01 b	[-5, -1]	-0.29 [-0.71, 0.12]

全対象者、可群、不可群毎の神経心理学的検査結果を記す。

TMT: Trail Making Test

KBDT: Kohs block design test

ROCF: Rey-Osterrieth Complex Figure Test

RCPM: Raven's Colored Progressive Matrices

SCT: Star cancellation test

a: t 検定、b: U 検定

表 8 因子構造行列

	F1	F2	F3	共通性
TMT-B所要時間	-0.78	-0.41	-0.05	0.63
TMT-B誤り数	-0.65	-0.39	-0.14	0.42
SCT所要時間	-0.63	-0.37	-0.24	0.40
TMT-A所要時間	-0.57	-0.47	-0.24	0.35
ROCF模写	0.50	0.48	0.21	0.29
KBDT	0.48	0.78	0.39	0.61
RCPM	0.61	0.74	0.32	0.59
SCT見落とし数	-0.22	-0.43	-0.12	0.20
KWCSTエラー数	-0.21	-0.25	-0.81	0.68
KWCST達成数	0.07	0.31	0.55	0.34
ROCF再生	0.30	0.39	0.37	0.21
寄与率(%)	34.4	13.6	9.7	—
実車評価との相関	0.47**	0.52**	0.18	—

プロマックス回転後の因子構造行列と共通性を記す。

F1 は解釈しやすいように符号を反転してある。

F1:視空間注意と情報処理速度、 F2:視空間認知とその操作能力、

F3:遂行機能

\*  $p < .05$ 、 \*\*  $p < .01$

表 9 因子パターン行列

	F1	F2	F3	共通性
TMT-B所要時間	-0.85	0.05	0.14	0.63
TMT-B誤り数	-0.66	0.01	0.02	0.42
SCT所要時間	-0.64	0.07	-0.10	0.40
TMT-A所要時間	-0.46	-0.15	-0.06	0.35
ROCF模写	0.32	0.28	0.00	0.29
KBDT	0.00	0.75	0.06	0.61
RCPM	0.24	0.58	0.00	0.59
SCT見落とし数	0.08	-0.52	0.07	0.20
KWCSTエラー数	-0.10	0.18	-0.87	0.68
KWCST達成数	-0.18	-0.20	0.52	0.34
ROCF再生	0.10	0.22	0.24	0.21
寄与率(%)	34.4	13.6	9.7	—
実車評価との相関	0.47**	0.52**	0.18	—

プロマックス回転後の各検査の因子負荷量を記す。

F1:視空間注意と情報処理速度、 F2:視空間認知とその操作能力、 F3:遂行機能

\*  $p < .05$ 、 \*\*  $p < .01$

表 10 各因子間の相関比

	F1	F2	F3
F1	1	0.62	0.26
F2		1	0.43
F3			1
実車評価結果	0.47**	0.52**	0.18

各因子と実車評価結果の相関比を記す。

\*  $p < .05$ 、 \*\*  $p < .01$

### 第3章：自動車運転技能評価に有効な神経心理学的検査について

#### 1. 諸言

第1章、2章を通して、運転技能予測に関連する認知機能に関して検討を行ってきた。第1章ではメタ分析の結果から、運転技能予測に有効な単一の認知機能があるわけではなく、「視覚的注意」、「視覚探索」、「視空間認知」、「視知覚」、「視覚性短期記憶」、「遂行機能」など、様々な認知機能が運転技能に関与していることが明らかになった。次に第2章では、運転技能評価に有効な認知機能の分析を進めるべく、因子分析を用いてこれら認知機能の構造を分析した。実車評価を行った脳損傷者の神経心理学的検査結果から、運転技能予測に関連がみられる神経心理学的検査について主因子法を用いて検討した結果、「視覚的注意」、「視空間認知」、「遂行機能」の3つの認知機能が運転技能に関連しており、特に「視覚的注意」と「視空間認知」の関与が高い可能性が示唆された(図8)。

第3章では前章までに明らかとなった運転技能と関連する認知機能の知見を基に、運転技能評価に有効な予測式を開発した。はじめに後方視的調査から実車評価を行った脳損傷者のデータを抽出する。そして「視覚的注意」と「視空間認知」を測定可能な神経心理学的検査を中心に、運転技能予測式の開発と妥当性の検証を行った。

通常、疾病の発見を目的にした検査を開発する場合、疾病発見が対象者の健康維持に寄与することから有病者の発見に関わる感度が重要となる。本研究においても公共の安全の視点から、事故を生じる恐れのある対象者を判別するために感度の高さが重要と考えられる。しかし感度の高いカットオフポイントを設定した場合、偽陽性率の増加を引き起こしうることになり注意が必要となる。序章で述べたように、脳損傷者の運転中断では就労率(White et al 2012)や社会参加率の低下(Finestone et al 2010)を生じるなどの問題が報告されており、個人の権利の視点からは偽陽性率の値は重要となる。このような背景のため、本研究では予測式開発に当たっては公共の安全と個人の権利が最大限に両立可能なカットオフポイントについて検討を行った。この際、対象者が事故を生じた場合、公共の安全に加えて当事者である対象者自身の不利益にもつながることから、全体的な予測精度よりも若干、感度を高めることが可能な値を重視する事とした。

本予測式の役割としては、運転再開に必要とされる医師の診断書作成のためのスクリーニング検査であることを意図している。このため、最終的な判断は視機能や片麻痺など運転技能に関連するほかの要因も考慮した包括的な判断にて行われることが望ましい。また予測式で運転技能低下の可能性が考えられた場合には、実車評価などの専門的な検査により精査を行った後、最終的な判断を行う必要があると考える。本研究の最終的な目



的は包括的な運転技能評価の中で有効な、初期のスクリーニング検査の開発である。

## 2. 研究方法

### 2.1 対象者の受け入れ基準と除外基準

2006年4月から2015年9月までにA病院にて実車評価を行った脳損傷者のカルテを対象に後方視的調査を実施した。情報の記載は研究協力施設の作業療法士が医師の指示の下で実施した作業療法記録として記載された。対象者の受け入れにあたって以下の基準を設けた。1)CT または MRIにより脳血管障害、頭部外傷、脳腫瘍、脳炎の診断を受けた者。2)検査時点で2年以内にてんかん発作の既往がなかった者。3)自動車運転免許を保有しており、1年以上の自動車運転の経験を持つ者。また対象者の除外基準として以下を設けた。1)心疾患等、安全運転に影響を及ぼす疾患を持つ者で状態が医学的に安定していない者。2)指示理解が困難な程の失語症を有する者。3)日常生活に支障をきたす程の失行症を有する者。4)運転操作に影響を及ぼす程の運動・前庭失調をきたしている者。5)Parkinson病、多発性硬化症等、他の神経疾患を合併している者。

実車評価を行っていた128名のカルテに対し調査を実施し、受け入れ・除外基準を確認した。この内4名が脳損傷以外の疾患であったため除外された(上肢切断1名、ギランバレー症候群2名、下肢骨折1名)。残りの124名のカルテの内、除外基準を基に6名のカルテを除外した(重度の失行症1名、運動失調3名、発症時点で運転経験1年以下、他の神経疾患を合併1名)。続いて神経心理学的検査に関する情報に欠損が多くみられた2名のカルテを除外した。この結果、最終的に116名のカルテに対して調査を実施した。本研究の実施期間は平成25年9月~平成26年3月並びに平成28年6月~平成28年10月の期間に実施した。

### 2.2 本研究で用いた神経心理学的検査

第1章・2章の結果を基に、視覚的注意、視空間認知に関する神経心理学的検査を中心に5つの神経心理学的検査、11項目の情報を収集した。それらの検査は、①TMT-A/B: 所要時間、誤り数、②KBDT: IQ、③ROCF: 模写得点、即時再生得点、④RCPM: 得点、⑤SCT: 所要時間、見落とし数であった。(各検査の概要に関しては第2章、2.3 研究デザイン参照)。

## 2.3 実車評価方法

実車評価は大分自動車学校にて教習指導員の指示の下、助手席ブレーキ付きの教習車輦を用いて実施された(図 9)。片麻痺など身体に障害がある対象者に対しては身体障害による操作技能低下を補えるよう、片手用ハンドル旋回装置、左足用ブレーキペダル、左手用方向指示器等が装着された身体障害者用車輦を用いて評価を行った。実車評価は教習所場内コースと路上コースの 2 つのコースにて行われ、初めに場内コースにてハンドルやブレーキ等、基本的な運転技能について評価を実施した。そして基本的な操作に問題がみられなかった場合、教習指導員の判断により路上コースでの評価が実施された。路上コースは比較的交通量の少ない大分市中心部近郊より開始し、徐々に市内中心部での評価へと進められた。評価後に教習指導員により、「運転可」または「運転不可」のいずれかに運転技能が判定された。神経心理学的検査の結果は教習指導員には知らされずに評価を行った。

## 2.4 予測式開発手順

全対象者 116 名の年齢、診断名、発症後期間等の一般情報、神経心理学的検査、実車評価結果の情報を記録した。その後、予測式開発のため全対象者より無作為に 80 名を抽出し、抽出された対象者を予測式開発群とした。残りの 36 名のデータは妥当性検証群として開発した予測式の妥当性検証の際に用いられた。先ず抽出した 80 名と妥当性検証群 36 名において一般情報と神経心理学的検査結果、実車評価結果を記録し、統計的有意差の有無を確認した。その後、抽出した 80 名のデータを実車評価結果から運転可群・不可群の 2 群に振り分け、年齢や診断名等の一般情報と神経心理学的検査結果を可群・不可群間毎に記録した。そして 2 群間で統計的有意差の有無を検討した。これらの検定では連続変数については Kolmogorov-Smirnov 検定にてデータの正規性を確認し、t 検定または U 検定を用いた。名義変数に対しては  $\chi^2$  検定を用いた。また効果量 Cohen's d を用いて群間差の大きさについて検討を行った。

次に 2 項ロジスティック回帰分析により運転技能予測に有効な神経心理学的検査の組み合わせについて検討を行った。独立変数には運転可・不可群間で有意差のみられた神経心理学的検査を、従属変数として実車評価結果を投入した。変数の選択に当たっては変数増加法を用いた。各神経心理学的検査結果に欠損値がみられた場合には、多重代入法により欠損値処理を行った後解析を実施した。また多重共線性の問題を防ぐため、解析前に各神経心理学的検査結果の相関係数を求め、0.8 以上の相関がみられた神経心理学的検査は両者の効果量を比較し、低い方を除外した。

予測式の作成後、Receiver Operating Curve 分析 (以下 ROC 分析)を行い、感度・特異度が最大となる最適なカットオフ値を求めた。最終的に得られた予測式とカットオフ値により妥当性検証群 36 名の予測を行い、実車評価結果との一致率から、予測精度を求め妥当性検証を行った。統計解析には多重代入法には R (アメリカ)を用い、それ以外の解析は SPSS Ver. 17 を用いた。統計的有意差の検定は  $\alpha = .05$  未満の場合に有意差ありとした。

## 2.5 倫理的配慮

本研究は平成 25 年度および平成 28 年度大分県立看護科学大学の研究倫理・安全委員会の承認を得て実施した(受付番号 765、承認番号 16-5)。得られたデータは無作為に ID 番号を振り分け連続不可能匿名化し、個人の特定が不可能となるよう操作を加えた上で解析を行った。

## 3. 結果

### 3.1 運転可群・不可群間における神経心理学的検査結果

全対象者と予測式開発群、妥当性検証群の一般情報と神経心理学的検査平均値を表 11 に記す。一般情報および神経心理学的検査共に予測式開発群、妥当性検証群間で有意差はみられなかった。表 12 に予測式開発群の神経心理学的検査結果を記す。予測式開発群 80 名中 60 名が運転可群とされ(男性 55 名、平均年齢 $\pm$ 標準偏差 59.3 $\pm$ 8.6 才)、20 名が運転不可群とされた(男性 13 名、平均年齢 $\pm$ 標準偏差 64.3 $\pm$ 16.6 才)。運転可群と不可群間において、TMT-A 所要時間 ( $p < .01$ )、B ( $p < .01$ )、KBDT ( $p < .01$ )、ROCF 模写 ( $p = .04$ )、即時再生 ( $p = .04$ )、RCPM ( $p = .01$ )、SCT 所要時間 ( $p < .01$ )において有意差がみられた。

### 3.2 ロジスティック回帰分析結果

各神経心理学的検査間の相関を検討した結果、 $r = 0.8$ 以上の相関を示す神経心理学的検査はみられなかった(表 13)。このため、運転可群・不可群間で有意差の見られた神経心理学的検査を独立変数としてロジスティック回帰分析を実施した。分析前に欠損値について確認した結果、KBDT (1)、ROCF 模写 (1)、TMT-B 所要時間 (2)、SCT 所要時間 (8)において欠損値が生じていた。これら欠損値に関して多重代入法により欠損値処理を行った後、ロジスティック回帰分析を実施した。表 14 にロジスティック回帰分析の結果を記す。変数増加法によって、TMT-A 所要時間と KBDT IQ が運転技能予測に最適な組み合わせとして選択された。モデルの適合度は Hos

mer-Lemeshow goodness of fit 検定を用いて検討を行った。Hosmer-Lemeshow goodness of fit 検定では、対象者を同数の複数の集団に分類し、観測値(予測式の予測結果)と実数値(実車評価結果)を  $\chi^2$  検定によってモデルの適合度が判定される。結果は  $p > .05$  の際にモデルの適合度が良いと解釈される。本予測式の適合度は検定の結果  $p = .10$  であり、モデルの適合性を支持する結果が得られた。また Nagelkerke  $R^2$  は 0.436 であった。

最終的に、 $\text{logit } Y = \text{TMT-A (秒)} \times 0.059 - \text{KBDT (IQ)} \times 0.066 + 2.056$  の予測式が得られた。この式を用いて対象者 80 名の運転技能予測を実施したところ、カットオフポイントを 0.5 とした場合、予測精度 86.2%、感度 60%、特異度 95%という結果であった。本研究では公共の安全と個人の権利の両立を図るという観点から、感度と特異度が最大となるカットオフポイントについて ROC 分析を用いて検討を実施した(図 10)。ROC 分析の結果、曲線下面積は 0.84 であり、感度・特異度が最大となるカットオフポイントとして 0.26 が得られた。このカットオフポイント 0.26 を用いて対象者の運転技能予測を行った結果、予測精度 81.2%、感度 75.0%、特異度 83.3%、オッズ比 15.0 という結果が得られた(表 15)。

### 3.3 妥当性検証結果

開発した予測式の妥当性を検証するため、妥当性検証群を対象に予測式の予測と実車評価結果を比較した。カットオフポイント 0.26 を用いた場合、対象者 36 名中 28 名において予測が的中し、予測精度 77.8%、感度 80.0%、特異度 76.9%、オッズ比 13.3 という結果が得られた(表 16)。またカットオフポイント 0.5 を用いた場合では、36 名中 32 名が的中し、予測精度 88.8%、感度 60%、特異度 100%であった(表 17)。

### 3.4 予測式非的中群の特徴

表 18 に予測的中・非的中毎に分類した妥当性検証群の神経心理学的検査結果を記す。両群間で有意差の生じていた神経心理学的検査はみられなかった。予測にて運転可能とされ、実車評価にて運転不可能とされた者は 36 名中 2 名であった。これらの症例はいずれも右片麻痺を呈しており、症例 1 では軽度の失語が生じていた。神経心理学的検査では症例 1、2 ともに TMT-A 32 秒、25 秒と妥当性検証群の運転可群の平均値よりも高成績を示していた。KBDT では症例 2 では IQ125 と高得点であったが、症例 2 では IQ84 と運転可群の平均値より低下していた。その他の神経心理学的検査では症例 2 において ROCF 即時再生が 17 点であり、視覚性短期記憶の低下を示していた。

また予測式において運転不可と予測されながら、実車評価において運転

可能であった対象者は 6 例であった (表 19)。

## 4. 考察

### 4.1 予測式の予測精度について

第 1 章の調査から、先行研究において運転技能との関連がみられた神経心理学的検査のうち MVPT(4.40)と SDSA(5.87)の 2 検査においてオッズ比が算出可能であった。MVPT は主に視空間認知の検査とされている。運転技能には視空間認知以外にも視覚的注意や判断に関わる遂行機能など、多様な認知機能の関与が必要とされる (Moore 1969)。開発された予測式が MVPT と比較して高いオッズ比が得られた要因として、TMT-A と KBDT の組み合わせにより運転技能に関与する幅広い認知機能を測定可能であった点が挙げられる。

一方、本予測式と同様に SDSA においても 3 つのサブテストの総合結果から運転技能予測が行われる。SDSA の各サブテストに関して基準関連妥当性が検討されており (Radford 2004)、その結果から SDSA で測られる認知機能は主に視覚的注意、視空間認知、遂行機能であることが報告されている。これらの認知機能は本予測式で測られる認知機能と同様であったが、オッズ比では SDSA と比較して本予測式では高い値が得られた。このことは、本予測式と SDSA で共に視覚的注意を測るとされる TMT-A と SDSA のサブテスト、ドット抹消の特徴に起因しているのかもしれない。両検査共に紙面上のターゲット記号の抹消が求められるが、ドット抹消では検査用紙の左上段から右下段に向けた抹消が求められる。TMT-A ではターゲット記号の抹消方法に規則は無く、自分の判断による視覚走査が必要とされ、視覚的注意に加え遂行機能の要素も求められる。このような検査の特徴の違いがオッズ比の差として表れたのではないかと考えられた。

### 4.2 自動車運転技能評価における TMT-A の有効性について

本研究の結果、脳損傷者の運転技能予測式として TMT-A と KBDT が選択された。Lundqvist et al (1997)は脳損傷者の運転技能の特徴をドライビングシミュレーターを用いて分析している。その結果、脳損傷者が安全運転を行う上で最も重要な認知機能として、情報処理速度とその正確さを挙げている。また脳損傷者へ実車評価を行った研究では、運転技能が優れていた者と低下していた者の間では TMT-A の成績に有意差がみられたとの報告がある (Barco et al 2014、Mazer et al 1998)。運転技能予測式に TMT-A が組み入れられたことは、これら TMT-A と運転技能との関連を報告した先行研究の結果と一致するものであった。運転時には変化する環境の中で、

安全運転に必要な刺激へ素早く注意を転換し続けることが求められる。このような状況では TMT-A で測られる情報処理速度や視覚探索の能力が重要と考えられ、このことが予測的に TMT-A が選択された要因ではないかと考えられる。

#### 4.3 自動車運転技能評価における KBDT の有効性について

情報処理速度と同様に、車線内での適正位置保持や前方車との車間距離等を適切に保つ為に、視空間認知能力も運転において重要な認知機能であると考えられる。脳損傷者の運転技能予測に KBDT を用いた研究は無いが、KBDT に類似した Block design test (以下 BDT) に関する研究が幾つか報告されている。BDT は Wechsler Adult Intelligence Scale (以下 WAIS) のサブテストであり、KBDT を基に作成されている (Wechsler 1981)。脳損傷者の運転技能予測における BDT の有効性は研究によって相違がみられている。Brooke et al (1992) は実車評価を行った脳損傷者の結果から、運転可群と不可群間では BDT の成績に有意な差はみられなかったと報告している。一方、Galski et al (1992) は実車評価を行った脳損傷者において実車評価結果と BDT の間に  $r=0.60$  ( $p < .001$ ) の有意な相関がみられたと報告している。

本研究の結果は KBDT は運転技能予測に有効であることを支持する結果であった。KBDT が運転技能予測に有効である可能性の背景には、KBDT では BDT と比較して課題数が多いことから難易度に幅があり、視空間認知能力の低下に対する感度が高かったことが関連しているのではないかと考えられる。また効果量においても KBDT は 1.06 と高いとされる 0.8 以上の値を示しており、単独の検査としても運転技能予測に有効である可能性が示唆された。

KBDT には視空間認知能力に加えて、試行錯誤による問題解決といった遂行機能の要素も求められる (Kohs 1923)。Michon は運転技能は 3 つの別々の能力群からなる階層をなしているとする階層性モデルを報告している (Michon 1985)。この階層性モデルでは運転技能は「戦略レベル：全体的な運転計画の策定等」、「戦術レベル：個々の運転状況への適切な対応」、「操作レベル：自動的な車輛操作」の 3 階層に分かれ、上位階層の決定が下位階層で求められる能力へ影響を及ぼすことから、戦略レベルに関与する遂行機能は運転技能に重要な影響を及ぼすことが示唆されている。このモデルは健常成人のみに当てはまるのではなく、脳損傷者の運転においても適合可能であることが報告されている (Dickerson and Bédard 2014)。KBDT が予測的に組み入れられた背景には、視空間認知と遂行機能という運転に重要な 2 つの認知領域を評価可能であったことも要因であったのではないかと考えられる。

#### 4.4 TMT-A と KBDT の組み合わせが運転技能評価に有効であった要因について

危険運転が生じる背景の認知過程としてハザード知覚（通行人等の危険情報）を適切に処理することの重要性が指摘されている（Renge 1998, Brown and Groeger 1998）。安全運転を維持するためには運転者は急に飛び出す恐れのある歩行者や対向車の進行方向など、交通状況から事故につながる可能性のある情報を素早く知覚する必要がある。そして認知されたハザード知覚に対して、自車両との距離や進行速度等の情報から、危険性の程度に関する予測が行われる。その後、最終的に減速を行う等、運転行動を変化することでハザード知覚への対処が行われる。TMT-A は視覚的注意や情報処理速度を測ることから、このハザード知覚の発見に関わる認知機能を評価している。また KBDT は視空間認知を測る検査であり、対象物との距離の見積もりや自車両と他車両の位置関係の把握等に関与していると考えられる。同様に最終的な判断に関与する遂行機能も測られる検査でもある。このように TMT-A と KBDT はハザードの知覚から自車両への影響の予測、最終的な判断と安全運転に関わる情報処理過程に広く関与する認知機能を測ることで、運転技能予測に有効な組み合わせとして選択されたのではないかと考えられる。

#### 4.5 カットオフポイントについて

ロジスティック回帰分析を用いた予測式では、計算結果は 0-1 の値をとり数値に応じて疾病を持つ可能性が 0-100%の範囲で表される。このため本研究では予測式の値が高いほど、運転技能が低下している可能性が高いと解釈される。運転技能が低下している可能性を 50%以上と未満で判別する場合、カットオフポイントは 0.5 に設定される。本研究では ROC 分析から算出されたカットオフポイントは 0.26 であり、妥当性検証群における予測結果をカットオフポイント 0.5 と比較した場合、予測精度と特異度において低下がみられていた（カットオフポイント 0.26：予測精度＝77.8%、特異度＝76.9%、カットオフポイント 0.5：予測精度＝88.8%、特異度＝100%）。一方、感度ではカットオフポイント 0.26 では 80%に対し、0.5 では 60%であり、カットオフポイント 0.26 において高いという結果が得られた。このことから、カットオフポイント 0.26 は全体的な予測精度と引き換えに、若干公共の安全を重視した値であると考えられる。事故を生じた場合、公共の安全に加え当事者となる対象者にも不利益が生じることから、感度の高いカットオフポイントの設定は重要と考えられる。また ROC 分析の結果、曲線下面積 0.84 が算出されたことから、カットオフポイント 0.26 を用いた際の予測式の当てはまりの良さが示唆された。

事故を生じる恐れのある対象者を判別するうえでは、特異度の高いカットオフポイントの設定が重要となる。カットオフポイントを 0.5 とした場合、特異度は 100%と高い値が得られた。このため予測式の結果が 0.5 以上の値を示した対象者では、運転技能が低下している可能性が高いと考えられ、特に注意が必要である。このように、予測式を用いる際には最終的な可否判定に加え、対象者個々の数値を検討する事も重要と考えられる。

#### 4.6 予測式で運転不可との予測が非的中であった対象者について

予測式で運転不可とされながら、実車評価で運転が可能であった者は 6 名であった。序章で述べたように、脳損傷者において運転中断により就労率や社会的役割の低下をきたす可能性が示唆されていることから、このような誤判別は最小限に抑える必要がある。6 例の神経心理学的検査結果では、予測式に用いられた TMT-A と KBDT の低下がみられるものの、ROCF 模写得点が良好である点が特徴としてみられた。ROCF 模写は複雑な幾何学図形の模写を行う課題であり、空間構成力を測るとされている(Osterrish 1944、Corwin and Bylsma 1993)ことから、視空間認知を反映すると考えられる。また時間制限は設けられておらず、例題図形を正確に模写するほど高得点となる。このため集中力や注意の持続力、性格としては慎重などが求められる。6 例の KBDT IQ 平均は 81.9 と運転可能群の平均 97.4 を下回っていたことから、視空間認知の低下が生じていたと考えられるが、ROCF 模写の平均得点は 35.1 点であり、運転可群平均 34.9 点をわずかに上回っていた。このことは、6 例において視空間認知能力の低下を ROCF 模写に求められる、集中力や慎重さなどで代償していた可能性が考えられる。自動車運転において、衝動性の高い者ほど危険運転を行いやすいとの報告(Deffenbacher et al 2000)や、集中力の重要性が報告されている(Roge J et al 2002)ことから、6 例の予測が非的中であった背景には、このような視覚的注意と視空間認知以外の要因によって運転技能が代償されていた可能性があったのではないかと考えられる。予測式による誤判別を防ぐためには他の検査結果を軽視することなく、数値結果に加えて検査場面の観察などの質的評価も考慮したうえで最終的な判断を行う必要がある。

#### 4.7 本研究の限界

本研究には幾つかの限界がある。まず対象者数によって、ロジスティック回帰分析に投入可能な変数が限られていた点が挙げられる。また脳卒中患者と頭部外傷患者を分けたサブグループ解析が行えていない点も限界である。頭部外傷患者では自己の運転技能への過剰な自信など、脳卒中患者とは異なった問題により危険運転が生じているとの報告もあり



(Schanke et al 2008)、実際に事故率も脳卒中患者よりも高いことが報告されている。今後、頭部外傷・脳卒中患者を分けたサブグループ解析を行なう必要がある。

妥当性検証に用いた対象者群が、同一の医療機関での後ろ向き調査から得られていた点も限界であった。妥当性検証にあたり、予測式の一般化可能性を検証するためには、研究協力施設以外の医療機関より収集されたデータを用いる事が望ましいと考えられる。今後、他の医療機関の脳損傷者を対象に予測式の精度について検討を行う必要がある。

また運転技能評価が同一の自動車学校で行われていた点も限界としてあげられる。脳損傷者の実車評価に関して、教習指導員間で標準化された評価方法は確立されておらず、各自動車学校で独自の方法を行っているのが現状である(小倉 2014、加藤他 2014)。このため、開発された予測式の妥当性を検証する上では、予測式開発群とは別の自動車学校での実車評価においても同様の結果が得られるか検証が必要である。

加えて、損傷領域と運転技能との関連について検討を行えていない点も本研究の限界である。近年、頭頂葉領域の損傷では他の領域と比較して、車線内適性位置保持などの運転技能が低下する(Devos et al 2015)など、損傷領域も運転技能予測に影響を及ぼす可能性が示唆されている。このような損傷領域によって特異的に低下する運転技能が明らかとなれば、対象者の実生活での運転場面を想定した運転支援が、より容易になると考えられる。損傷領域が運転技能予測に及ぼす影響についても今後検討が必要である。

最後に開発された予測式を臨床で用いる際には、式の予測精度は 100%ではないため、あくまでスクリーニング検査として用い、最終的な判断は視機能や身体麻痺など他の医学的状态を考慮して包括的に行われるべきである。特に公共の安全の観点からは、予測式で運転可能とされた者が実際には運転技能の低下を生じていることが問題となる。本研究の妥当性件検証群において 2 症例にて、運転可能との予測が非的中であった。今後予測式的中群と非的中群毎に症例の特徴を分析することで、予測精度低下につながる要因について検討を行う必要がある。

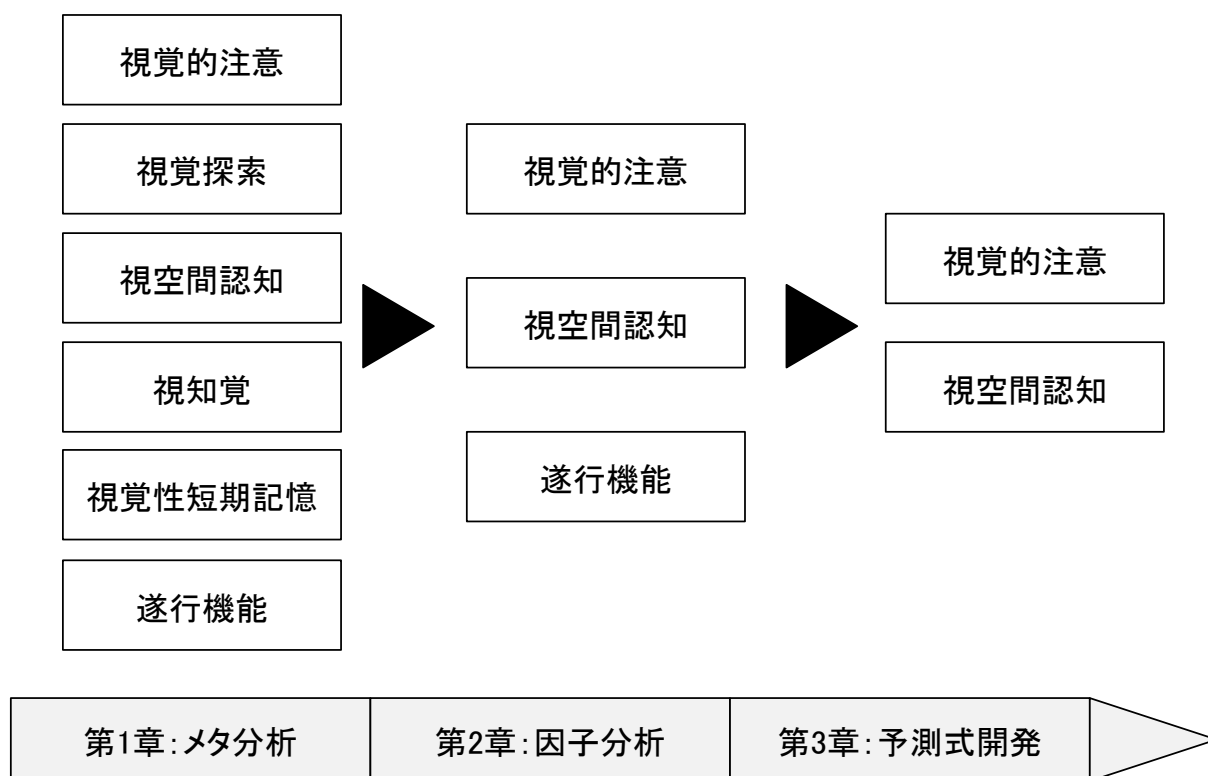


図 8：運転技能と関連のある認知機能の選択過程

各章で検討を行った運転技能と関連のある認知機能を記す。  
 第 1 章で先行研究より明らかになった運転技能と関連する認知機能に対し、  
 第 2 章で因子分析により構造を分析し、最終的に視覚的注意と視空間認知  
 の重要性が示唆された。



図 9 実車評価場面

実車評価は自動車学校にて行われた。教習指導員の指示のもと、助手席ブレーキを備えた教習車両が用いられた。

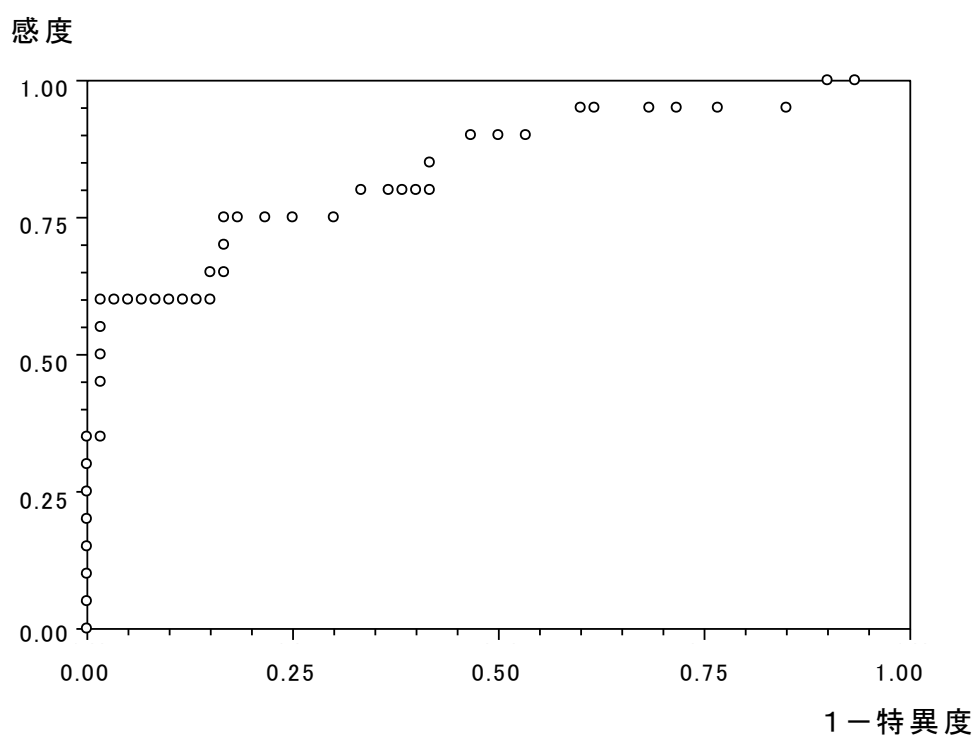


図 10 ROC 分析結果

予測式開発群における ROC 分析結果を記す。  
AUC (Area Under the Curve) = 0.84 であった。

表 11 対象者の一般情報と神経心理学的検査結果

		全対象者 (N = 116)	開発群 (N = 80)	検証群 (N = 36)	p 値
一般情報					
年齢	M (SD)	60.9 (10.5)	60.5 (11.2)	61.9 (9)	.49
男性	N (%)	101 (87.8)	68 (85.0)	33 (91.6)	.32
診断名	梗塞, N (%)	69 (59.4)	48 (60.0)	21 (58.3)	.58
	出血, N (%)	36 (31.0)	23 (28.8)	13 (36.1)	
	頭部外傷, N (%)	4 (3.4)	4 (5.0)	0 (0.0)	
	その他, N (%)	7 (6.0)	4 (5.0)	2 (5.5)	
障害部位	右半球, N (%)	43 (37.0)	28 (35.0)	15 (41.6)	.08
	左半球, N (%)	57 (49.1)	38 (47.5)	19 (52.7)	
	両側半球, N (%)	5 (4.3)	5 (6.2)	0 (5.5)	
	脳幹, N (%)	8 (6.8)	8 (10)	0 (0.0)	
	不明, N (%)	3 (2.5)	1 (1.2)	2 (5.5)	
発症後日数	mo, M (SD)	18.6 (33.8)	16.1 (26.4)	24.1 (46.0)	.17
実車評価結果	可, N (%)	86 (74.1)	60 (75.0)	26 (72.2)	.75
神経心理学的検査					
TMT-A	所要時間(秒)	43.1 (20.2)	43.1 (19.5)	43.0 (22.0)	.83
	誤り数	0.1 (0.3)	0.1 (0.3)	0.1 (0.3)	.81
TMT-B	所要時間(秒)	120.3 (108.2)	128.2 (126.2)	102.2 (39.9)	.24
	誤り数	0.7 (1.3)	0.7 (1.3)	0.9 (1.3)	.24
KBDT	IQ	92.3 (19.0)	92.8 (18.2)	91.4 (20.9)	.96
ROCF	模写(得点)	34.6 (1.8)	34.5 (1.7)	34.6 (2.1)	.77
	即時再生(得点)	20.9 (7.2)	20.7 (7.3)	21.4 (7.0)	.80
RCPM	得点	30.9 (4.5)	30.8 (4.5)	22.2 (7.1)	.87
SCT	所要時間(秒)	69.6 (37.0)	68.3 (29.1)	72.8 (51.6)	.69
	見落とし数	0.4 (0.9)	0.3 (0.8)	0.5 (1.0)	.20

全対象者、予測式開発群、妥当性検証群毎の一般情報と神経心理学的検査結果を記す。

開発群：予測式開発群、検証群：妥当性検証群、N：対象者数、

M (SD)：平均値±標準偏差、mo：月、

TMT: Trail Making Test、KBDT: Kohs block design test、

ROCF: Rey-Osterrieth Complex Figure Test、

RCPM: Raven's Colored Progressive Matrices、

SCT: Star cancellation test

診断名がその他の者の内訳は、くも膜下出血 2 名、脳炎 4 名、脳腫瘍 1 名であった。

表 12 予測式開発群における可群・不可群毎の神経心理学的検査結果

	検査	可 (N = 60)	不可 (N = 20)	p値	効果量 d
TMT-A	所要時間(秒)	37.9 (11.3)	59.0 (29.1)	< .01	-1.02
	誤り数	0.1 (0.4)	0.2 (0.4)	.76	-0.24
TMT-B	所要時間(秒)	102.2 (45.5)	209.1 (222.4)	< .01	-0.9
	誤り数	0.6 (1.2)	1.2 (1.5)	.19	-0.46
KBDT	IQ	97.4 (16.9)	79.3 (15.2)	< .01	1.08
ROCF	模写(得点)	34.9 (1.5)	33.8 (2.3)	.04	0.62
	即時再生(得点)	21.7 (7.5)	18.1 (6.2)	.04	0.49
RCPM	得点	32.1 (3.5)	27.4 (5.3)	< .01	1.15
SCT	所要時間(秒)	63.6 (24.6)	84.2 (32.3)	.01	-0.76
	見落とし数	0.3 (0.7)	0.6 (1.0)	.07	-0.37

N: 対象者数、M (SD): 平均値±標準偏差、mo: 月、  
TMT: Trail Making Test、KBDT: Kohs block design test、  
ROCF: Rey-Osterrieth Complex Figure Test、  
RCPM: Raven's Colored Progressive Matrices、  
SCT: Star cancellation test

表 13 各神経心理検査間の相関

	TMT-A 所要時間 (秒)	TMT-A 誤り数	TMT-B 所要時間 (秒)	TMT-B 誤り数	KBDT (IQ)	ROCF模写 (点)	ROCF即時 (点)	RCPM (点)	SCT 誤り数	SCT 所要時間 (秒)
TMT-A 所要時間 (秒)	1.00									
TMT-A 誤り数	0.12	1.00								
TMT-B 所要時間 (秒)	0.52**	0.05	1.00							
TMT-B 誤り数	0.45**	0.17	0.65**	1.00						
KBDT (IQ)	-0.34**	-0.03	-0.34**	-0.26*	1.00					
ROCF模写 (点)	-0.30**	0.05	-0.36	-0.14	0.28**	1.00				
ROCF即時 (点)	-0.19	-0.23*	-0.09	-0.07	0.32**	0.07	1.00			
RCPM (点)	-0.43**	0.02	-0.46**	-0.36**	0.58**	0.28*	<b>0.14</b>	1.00		
SCT誤り数	0.11	-0.07	0.31**	0.15	-0.30**	-0.22*	0.10	-0.26*	1.00	
SCT所要時間 (秒)	0.36**	0.24*	0.44**	0.52**	-0.34**	-0.25*	-0.30**	-0.18	0.13	1.00

\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$

表 14 ロジスティック回帰分析結果

	B	Wald Test	オッズ比	p値	95%CI
TMT-A 所要時間	0.059	7.39	1.06	< .01	1.01, 1.10
KBDT IQ	-0.066	7.9	0.93	< .01	0.89, 0.98
定数	2.038	0.86	7.67	.36	



表 15 予測式開発群における予測式の予測精度(カットオフポイント 0.26)

		予測式による予測結果		合計, n
		可, n	不可, n	
実車評価結果	可	50	10	60
	不可	5	15	20
合計		55	25	80
的中率, %		90.9	60.0	81.2

カットオフポイントを 0.26 とした場合の予測式開発群における予測結果を記す。

表 16 妥当性検証群における予測式の予測精度 (カットオフポイント 0.26)

		予測式による予測結果		合計, n
		可, n	不可, n	
実車評価結果	可	20	6	26
	不可	2	8	10
合計		22	14	36
的中率, %		90.9	57.1	77.8

カットオフポイントを 0.26 とした場合の妥当性検証群における予測結果を記す。

表 17 妥当性検証群における予測式の予測精度 (カットオフポイント 0.5)

		予測式による予測結果		合計, n
		可, n	不可, n	
実車評価結果	可	26	0	26
	不可	4	6	10
合計		30	6	36
的中率, %		86.6	100.0	88.8

カットオフポイントを 0.5 とした場合の妥当性検証群における予測結果を記す。

表 18 予測的中・非的中群毎の神経心理学的検査結果

神経心理学的検査		的中 n=28	非的中 n=8	p
TMT-A	所要時間(秒)	43.7 (24.5)	40.2 (9.7)	< .01
	誤り数	0.1 (0.4)	0.0 (0.0)	.76
TMT-B	所要時間(秒)	100.5 (42.8)	110.6 (27.4)	< .01
	誤り数	0.8 (1.2)	1.2 (1.4)	.19
KBDT	IQ	92.5 (22.5)	87.3 (11.5)	< .01
ROCF	模写(得点)	34.4 (2.3)	35.2 (1.3)	.04
	即時(得点)	21.9 (7.1)	20.2 (7.2)	.04
RCPM	得点	30.9 (5.1)	31.8 (3.2)	< .01
SCT	所要時間(秒)	74.0 (58.3)	72.7 (19.2)	.01
	見落とし数	0.7 (1.1)	0.2 (0.6)	.07

予測的中・非的中群毎の神経心理学的検査 平均値 (標準偏差)を記す。

表 19 運転可予測が非的中であった 6 症例の一般情報と神経心理学的検査結果

ID	一般情報			身体機能			神経心理学的検査						
	性別	年齢 (才)	診断名	障害半球	発症後日数 (日)	grade 上肢	grade 下肢	TMT-A (秒)	TMT-B (秒)	KBDT (IQ)	ROCF模写 (点)	ROCF即時 (点)	RCPM (点)
1	男	59	脳梗塞	右	79	11	8	50	101	86	36	28	36
2	男	67	脳梗塞	右	50	11	11	45	157	82	36	21	31
3	男	73	脳出血	右	50	12	12	55	84	87	36	28.5	29
4	男	53	脳出血	左	177	11	11	46	89	82	36	19.5	33
5	女	54	クモ膜下出血	脳幹	50	12	12	38	89	80	35	7.5	-
6	男	67	脳梗塞	右	39	12	12	40	142	75	32	24	27
平均± 標準偏差		62.1			74.1±52.1	11.5±0.5	11±1.5	45.6±6.3	110.3±31.2	81.9±4.3	35.1±1.6	21.4±7.7	31.2±3.5

身体機能は上田の 12 段階 **grade** を用いて、**1**：最重度～**12**：最大限の回復として評価を行った。

「-」：欠損値

## 第 4 章 予測式の臨床場面における実用可能性の検討

### 1. 諸言

第 3 章において脳損傷者に対する運転技能予測式を開発し、予測精度や妥当性などの特性を検討した。実際の臨床場面では片麻痺など、認知機能以外の後遺症や対象者個々の社会的背景など、様々な要因が運転技能予測に関与することが考えられる。このため開発した予測式を臨床で用いるためには、これら複雑な要因が予測を行う上でどのような影響を及ぼすかについて検討を行う必要がある。第 4 章では臨床場面で実際に予測式を用いた症例報告を通して、予測式を臨床で用いる際の注意点や将来的な改善点を明らかにする。はじめに新たに運転評価を行った 2 症例の予測式の結果と実車運転技能の特徴を検討する。次に他施設での運転技能評価実施後に当院で評価を受けた症例 3 を提示する。そして第 3 章の妥当性検証群にて運転可能と予測されながら、実車評価で運転不可とされた症例 4・5 の特徴から予測式を用いる際の注意点を述べる。第 4 章では、これら 5 症例の報告を通して、予測式の内容妥当性の検証、開発した予測式の精度低下を及ぼす要因、式の予測結果を解釈する上で考慮すべき要因など、予測式の実用性に関する要因を明らかにすることを目的とした。

### 2. 倫理的配慮

本研究は平成 28 年度大分県立看護科学大学の研究倫理・安全委員会の承認を得て実施した(承認番号 16-5)。実施に当たってカルテ番号、氏名、生年月日などの個人識別情報を削除し ID 番号を用いて連結不可能匿名化したデータを用いることで個人情報の保護につとめた。

### 3. 結果

#### 3.1 症例 1

50 代女性。発症から約 4 ヶ月経過した脳梗塞患者。A 病院での急性期医療を経た後、B 病院回復期病棟へ入院。生活上の必要性と復職のため、運転再開を希望されていた。身体機能面では左半身に上田の 12 段階片麻痺 grade (以下 grade) 上肢 10、手指 7、下肢 9 と上肢・下肢に軽度、手指に中等度の片麻痺を呈していた。その他運転の阻害因子になりうる視野障害、眼球運動障害、失語症等はみられなかった。

神経心理学的検査では TMT-A 26 秒、B 81 秒と視覚的注意力や注意の切り替えは保たれていた。視空間認知においても KBDT IQ93、ROCF 模写 36

点と低下はみられなかった。その他 ROCF 即時再生 23 点、SCT 89 秒、見落とし数 0 と視覚性短期記憶の低下や半側空間無視を疑う症状はみられなかった。予測式の計算結果は 0.04 であり運転可能と予測された。このため、実車評価実施となった。

実車評価では、はじめに左麻痺に対する運転支援装置の適応について評価を実施した。麻痺の影響はあるものの左手でのハンドル把持が可能であったため、ハンドル旋回装置は用いなかった。ブレーキ・アクセル操作は右下肢にて可能であった。このため場内教習にて基本的な操作や交通法規の遵守の確認を実施した。ハンドル旋回速度やブレーキ・アクセルの踏み換えなど基本的な操作技能に問題はみられなかった。また一時停止などの交通標識の確認、車線変更時の合図のタイミングなど交通法規を遵守した運転が可能であり、場内コースでは問題がみられなかった。

このため、路上にて実車評価を実施した。路上評価においても場内で行っていた運転技能が保たれており、他車輛などの刺激が増えた環境下でも運転技能に問題がみられなかった。最終的に教習指導員より「運転技能に問題はみられません」との教示を得て評価終了となった。その後、主治医より運転可能との診断書を作成し、公安委員会の臨時適性検査を受検し合格。法的に運転再開可能となり復職を果たした。

### 3.2 症例 2

症例 2 は 70 代男性、脳梗塞患者。MRI 上脳幹に梗塞巣を呈していた。急性期医療を経て A 病院回復期病棟へ入院。通院や買い物など生活上の必要性から自動車運転再開を希望されていた。医師の判断により回復期病棟入院中は高次脳機能障害の回復を待つこととし、退院後に外来リハビリにて運転評価を行なうこととなる。回復期病棟退院後、発症後 7 か月目に外来リハビリでの運転評価開始となった。

外来リハビリ開始時、身体機能は右半身 **grade** 上肢 11、手指 11、下肢 11 と右半身に軽度の筋力低下様の右片麻痺を呈していたが、日常生活への影響はみられなかった。

神経心理学的検査では TMT-A 32 秒、KBDT IQ79 であり、予測式の予測は運転可能であった。他の神経心理学的検査では TMT-B 88 秒、ROCF 模写 36 点、即時再生 27 点、RCPM35 点と視覚的注意、視覚性短期記憶、非言語性推論に低下はみられなかった。KWCST では達成カテゴリー 3、保続性エラー 5 と遂行機能障害の影響は疑われなかった。しかし SCT において所要時間 228 秒、見落とし数 7 と、全対象者平均±標準偏差  $69.6 \pm 37.0$  秒、 $0.4 \pm 0.7$  個と比較して成績の低下が生じていた。SCT は半側空間無視のスクリーニング検査であり、空間的能力の指標とも考えられることから車線変更など視空間認知が関与する運転技能の低下が危惧された。このことは

予測式で運転可能と予測されたものの、KBDT IQ の値が 79 と低値であったことから示唆された。

実車評価では場内教習開始直後に 2 車線区間進入時に対向車線に進入しようとして、教習指導員より制止される場面がみられた。それ以外にも全体的な速度の速さと安全運転意識の低さが指摘された。このため、場内での外周走行や S 字クランク等を中心に基本的なハンドル・ブレーキ操作と交通法規の確認を中心に評価を実施した。対向車線への進入などの大きな問題点は、指摘後に再びみられることはなかったが、1 度の評価で安全運転可能とは判断しがたいと考えられた。教習指導員より「病気になってから半年以上運転していなかったため、その影響があるのかもしれない。また自分の車ではないことから再評価が必要」との教示を得た。

このため 2 週間後に 2 度目の実車評価を実施。再評価では初回に指摘された「対向車線への進入」や「適切な速度」などを中心に確認を実施し、これらの運転技能が保たれていることが確認された。これをうけて、路上での運転技能評価を実施した結果、教習指導員より「交差点への進入や交通量の多い車線であっても状況判断を適切に行えている。運転再開可能な技能を有している」との教示を得た。その後、主治医より運転再開可能との診断書を作成。公安委員会による臨時適性検査を受検し、合格した後運転再開となった。

### 3.3. 症例 3

症例 3 は 40 代男性、脳梗塞患者。急性期医療を経て A 病院回復期病棟へ入院。回復期病棟入院中に麻痺の改善がみられ、身体機能は病前の状態へと回復がみられていた。日常生活も自立レベルへ改善したため、復職のため自動車運転再開を希望されていた。しかし入院時のドライビングシミュレーターによる運転技能評価にて運転再開可能なレベルに達していないと判断され、A 病院では運転再開を勧められなかった。

このため A 病院退院後に、地元の B 病院を受診し運転再開のために必要な診断書作成を希望された。しかし B 病院での診察では、A 病院からの紹介状の内容より、当院では判断できないとされ、診断書の作成を拒否された。この間、運転再開の見通しが立たないことから職場との話し合いにより退職となったこともあり、再就職のため自動車運転免許の必要性を強く感じられていた。

その後、知人の紹介により当院外来を受診し、発症から約 8 ヶ月目より自動車運転評価を開始となった。

神経心理学的検査では TMT-A 41 秒、KBDT IQ95 であり、予測式の予測は運転可能であった。他の神経心理学的検査では TMT-B 70 秒、ROCF 模写 32 点、即時再生 25 点、RCPM32 点と視覚的注意、視覚性短期記憶、非



言語性推論に著明な低下はみられなかった。KWCST では達成カテゴリー4、保続性エラー0 と遂行機能障害の影響は疑われなかった。半側空間無視のスクリーニングテストである SCT においても所要時間 100 秒、見落とし数 0 と半側空間無視を疑う所見はみられなかった。検査時の観察では、若干の緊張がみられたものの集中して取り組まれていた。全体的に神経心理学的検査からは運転再開を危ぶまれる数値や症状はみられなかった。

このため実車評価を実施したところ、評価全体を通して運転態度が慎重であり、時に慎重さのあまり速度の遅さや確認回数の多さが指摘される場面がみられた。しかし、場内評価にてハンドルやブレーキなどの基本的な操作の問題はみられず、S 字クランクや駐車などの運転技能も可能であった。これらの運転技能は他車輛や通行人など、情報量が増える路上評価でも保たれており、車線変更や他車輛の動きの予測など、路上で必要な運転技能にも問題はみられなかった。最終的に教習指導員より運転技能上の問題はみられないと判断され、運転再開を勧められた。このため主治医より診断書を作成し、臨時適性検査を受検し合格。運転再開となった。その後、採用条件に普通自動車免許取得者をあげていた会社に再就職を果たした。

### 3.4 症例 4

70 代、男性。発症から約 8 年半経過した脳梗塞後遺症による右片麻痺患者。発症後、A 病院、B 病院において急性期・回復期リハビリを行い自宅へ退院。退院後、リハビリ継続目的で C 病院を受診し外来リハビリを継続していた。C 病院外来リハビリ開始時、既に運転を再開しており、それまでに事故なく運転継続されていた。しかし発症約 8 年目に右上肢の違和感を感じられ、C 病院にて検査を希望。その際 MRI にて新たな脳梗塞が確認され D 病院へ入院。急性期医療により新たな脳梗塞の治療を実施した。退院後、自動車運転の可否について本人の希望により再度 C 病院外来リハビリにて評価を実施した。

身体機能は grade にて上肢 10、手指 4、下肢 11。右手指に中等度の麻痺を呈しており、ハンドル操作は左手で行う必要が生じていた。下肢麻痺は軽度で歩行可能であったが右下肢での素早いアクセル・ブレーキ操作は困難であり、左下肢でのアクセル・ブレーキ操作が必要とされた。

神経心理学的検査の結果から、注意力では TMT-A 31 秒、B 84 秒と著明な低下はみられず視覚的注意や情報処理速度は保たれていた。KBDT において視空間 IQ84 と若干低下しており、運転再開の目安と報告されている IQ90 (前田 1994)を下回っていた。ROCF では模写 36/36 点と視空間構成力は保たれていたが、即時再生 10.5 点と低下が観られ、視覚性短期記憶の障害が生じていた。また失語症状を有しており、Boston Diagnostic Aphasia Examination 失語症重症度尺度にて 2 点であった。日常生活では身近な事柄

は聞き手の援助により可能なレベルであった。しかし難しい事柄や失語症状を理解していない人とのコミュニケーションでは意思疎通に失敗が生じる場面がみられた。失語症の影響もあり、KWCST は指示理解困難により実施不可。その他 SCT 所要時間 97 秒、見落とし数 0、RCPM33 点と半側空間無視の影響や非言語性推論能力にて低下はみられなかった。予測式の計算結果は 0.11 とカットオフ値 0.26 を下回っており運転可能と予測された。このため実車評価実施となった。

実車評価は、場内コースにてハンドル旋回装置 (以下旋回装置)、左手用方向指示器を装着した教習車輦を用いて実施した。ハンドル操作は旋回装置使用により問題なく行えていた。しかし左下肢での円滑なブレーキ操作が困難であり、アクセル操作においても一定の踏み込みの維持に問題がみられた。特にカーブへの進入時の速度調整が難しく、教習指導員より補助ブレーキを用いた指導が必要とされた。また交差点進入時に周囲への確認不足が指摘され、特に速度調整を行いながらの進入時に確認不足が強まる傾向がみられた。また一時停止標識を見落とす場面や、車線変更時の方向指示器操作のタイミングの遅れ等から交通法規の遵守においても確認が必要と指摘された。教習指導員の判断として、現時点では運転再開を勧められないとの教示を得た。その後、3 回 (合計 3 時間) の実車評価を通して運転練習を行うも、運転技能の著明な改善はみられなかった。このため、本人・家族に教習指導員の判定と神経心理学的検査結果を説明し運転中断を行うこととなった。

### 3.5 症例 5

60 代男性。発症後約 3 年半経過した脳出血右片麻痺患者。病前よりドライブが趣味であり、運転再開の希望を強くもたれていた。前医では運転再開可否の判断が行えないとの説明を受けていた。A 病院での回復期リハビリ終了後、自宅へ退院。その後、運転を中断されていたが再開の希望が日に日に強まり、家族の付き添いにより運転評価目的で B 病院外来リハビリを受診し、運転評価を行うこととなった。

身体機能として軽度の右片麻痺を呈しており、grade 上肢 10、手指 10、下肢 10 であった。右上肢はハンドル操作が可能であり、ハンドル旋回装置等の使用は必要とされなかった。下肢は右下肢でのブレーキ・アクセル操作は可能ではあったものの、咄嗟の反応が求められる場面での反応に不安が残るため、左下肢でのブレーキ・アクセル操作が勧められた。その他、失語や視野欠損、眼球運動障害など運転の阻害因子となる症状はみられなかった。

神経心理学的検査結果から、注意障害では TMT-A25 秒、TMT-B129 秒と著明な低下はみられなかった。しかし TMT-B 誤り数 4 と注意の切り替えの

低下が疑われた。視空間認知では KBDT IQ112、ROCF 模写 36 点、RCPM30 点と機能が保たれていた。しかし ROCF 即時再生 19 点と軽度の視覚性短期記憶の低下が疑われた。KWCST では達成カテゴリー3、保続性エラー1と遂行機能障害はみられなかった。予測式の計算結果は 0.01 であり運転可能と予測された。

実車評価場面では、直進走行や右左折等の基本的な技能から交通法規の遵守等、全体的な運転技能低下が指摘された。またこれらの拙劣さは 60 分の実車評価時間内に改善の徴候がみられなかった。特に左下肢によるアクセル・ブレーキの踏み込みとその切り替えが難しく、信号停車や右左折等、ブレーキ操作が求められる場面で運転技能の低下が顕著であった。また車線内適正位置での直進走行にも運転技能低下がみられ、教習指導員よりハンドル・補助ブレーキを用いて適正位置走行を指導する場面がみられた。最終的に教習指導員より「基本的な操作が難しく、改善の徴候がみられなかった。可能であれば運転中断がすすめられる」との評価を受けた。その後、医師より教習指導員の教示を基に本人・ご家族へ現状の運転技能について説明を実施。運転再開の判断は延期することとなった。

#### 4. 考察

先ずはじめに症例毎の考察を述べた後、全 5 症例を通して予測式の実用性と精度低下をきたす要因、限界と今後の課題について述べる。

##### 4.1 症例 1

症例 1 では予測式の予測と実車結果が一致するという結果が得られた。実車評価での教習指導員の評価においても問題を指摘されることは無く、運転技能の低下はみられないとの教示を得た。本症例のように予測式で運転可と予測され、TMT-A、KBDT で測られる「視覚的注意・情報処理速度」、「視空間認知」以外の高次脳機能に低下がみられない場合には予測式の予測精度は高まるのではないかと考えられる。加えて本症例においてみられた片麻痺が左半身に出現しており、通常行われる右足でのブレーキ・アクセル操作が保たれていたこと、失語や視野障害など高次脳機能以外の阻害因子がみられなかったことも予測精度の向上に寄与していたのではないかと考えられた。

##### 4.2 症例 2

症例 2 では予測式では運転可と予測されたものの、TMT-A の高成績と比較し KBDT では IQ79 と低値を示しており、視空間注意と視空間認知能力

の間に乖離が生じていた可能性が考えられた。最終的な実車評価では運転再開可能とされたものの、実車評価場面において対向車線への進入等、視空間認知の低下が関連したと考えられる運転技能の低下がみられ、実質的な運転技能は境界域であったと考えられた。

このような境界域の症例に対して、例えば本症例であれば、複数車線での運転は避ける、家族同乗での運転を行うなどの、安全性を高めるための運転条件について、助言を行なうことが重要ではないかと考えられる。このような助言を考える際に、最終的な可否予測に加えて TMT-A、KBDT それぞれの数値を分析し、視覚的注意と視空間認知の低下により生じうる個々の運転技能の問題についても考慮することで、より対象者の生活状況に応じた運転技能予測が可能となる可能性が考えられた。

### 4.3 症例 3

症例 3 は A、B、2 つの医療機関にて運転再開を勧められないとの判断をなされていた。その判断根拠は、A 病院では回復期期間中に行われたドライビングシミュレーターであった。現状で、国内で市販されているドライビングシミュレーターにおいて、脳損傷者の実車評価結果との関連が報告されている機種はない。また B 病院では A 病院での判断を基に診察のみで診断書の作成を断られている。このように、医療機関において脳損傷者の運転技能評価は確立されていないのが現状である。

また運転評価の時期に関して、脳損傷後の認知機能の回復は 1 年から 3 年継続するとの報告がある(永吉 2005)。このため、回復期病棟入院期間である発症後 6 カ月以内に運転可否の判断を終了することは、その後の運転再開への道を閉ざす可能性がある。このことより、外来リハビリなどで、退院後も運転評価を受けられる体制を構築することが望ましいと考えられる。しかし、外来リハビリの実施時間は年々短縮されてきており、近年の制度では発症後 180 日以上経過した脳損傷者が 1 月に受けられるリハビリ時間は 260 分であり、平均的に 1 週あたり 1 回 40 分のリハビリが 1.5 回可能な計算となる。このため、限られた時間内で運転評価を行うためには簡便でどこでも医療機関でも実施可能な方法の普及が望ましい。

本研究で開発した予測式では、本症例は運転可能と予測され、実際に実車評価でも運転可能と判断された。本予測式の実施時間は約 30 分程度であり、限られた外来リハビリの時間内でも実施しやすいと考えられる。またドライビングシミュレーターのような高額な機器を要さず簡便に実施可能な点も、外来リハビリで運転評価を行う上で利点であると考えられる。

最後に本症例は運転再開によって就労が可能となった。脳損傷者では、失職により社会参加が低下するとの報告がある(Rapport et al 2008)。また脳卒中患者の経済的損失の多くは失職による生産所得の消失であるとの報

告もあり(Taylor et al 1996)、就労は患者個人、社会の両視点から非常に重要である。今後、運転支援が脳損傷者の就労に及ぼす影響を考える上でも示唆を得られた症例であった。

#### 4.4 症例 4

症例 4 では予測式の予測が不的中という結果が得られた。本症例の予測が不的中であった背景には、右片麻痺を中心に、予測式に含まれた TMT-A、KBDT で測られた視覚的注意、視空間認知以外の認知機能の低下が生じていたこと、失語症の影響があったためではないかと考えられる。

運転技能は最終的にはブレーキやハンドルなどの操作により制御されることから、認知機能に問題が無い対象者でも片麻痺などの身体機能障害により操作の遅れが生じうる。このため認知機能が保たれた症例であっても、片麻痺を生じた対象者の運転技能予測を行う際にはこのことを考慮する必要がある。

次に ROCF 即時再生の低下でみられた視覚性短期記憶の障害が生じると、左右確認が必要となる交差点への進入等の交通状況で運転技能低下が生じる可能性が考えられる。TMT-A、KBDT においても例題図形の把握など、課題遂行に視覚性短期記憶が求められるが、ROCF のように視覚性短期記憶の評価に特化した検査ではない。このため、TMT-A、KBDT が高成績であった場合でも、ROCF にて顕著な低得点を示す場合には注意が必要である。

加えて実車評価が教習指導員の指示の下で行われるという特殊な環境を考慮すると、失語症の影響も考慮する必要がある。失語症が生じると、言語理解や発話、交通標識の理解などに低下が生じると考えられている。実車評価では「信号を通り過ぎたら 2 つ目の道を左折してください」などのように、教習指導員の指示に従って運転を行なうことが求められる。このため失語症による指示理解の遅れが生じると、車輛操作の遅れにつながり、運転技能の低下が生じる可能性がある。失語症を有する対象者の実車評価にあたっては、運転技能の低下が認知機能低下に由来するものか、失語症による指示理解の遅延によるものか判別する必要がある。

#### 4.5 症例 5

本症例は神経心理学的検査上、視覚的注意、情報処理速度、視空間認知、遂行機能に問題はみられなかったものの、TMT-B 誤り数で示されたように選択的注意の切り替えに障害が疑われた。我々の知る限り TMT-B 誤り数の健常人データは報告されていないが、第 2 章の調査で得られた脳損傷者 116 名のデータでは TMT-B 誤り数の平均±標準偏差は  $0.7 \pm 1.3$  であった。この

数値と比較すると本症例の誤り数 4 つは著名な低下を示していたと考えられる。TMT-B は筆記課題であり、A4 用紙上に印字された 1~13 までの数字と「あ」～「し」までの平仮名を交互に結ぶよう求められる（例:1⇒あ⇒2⇒い）。TMT-B の誤り数は注意の切り替え能力の指標とされる。本症例の運転技能低下において特徴的であったアクセル・ブレーキの踏み換えには、状況に応じた注意の切り替えが求められる。このため TMT-B 誤り数増加にみられた注意の切り替えの低下により、本症例のアクセル・ブレーキの踏み換えの困難さが生じていた可能性が考えられる。このように全体的に認知機能が保たれている場合でも、顕著な低下を示した認知機能が 1 つでも生じている場合には運転技能の低下が生じる可能性があると考えられ、注意が必要である。

#### 4.6 5 症例を通した考察

本章では開発した予測式の妥当性と実用性、予測式の精度低下をきたす要因を検討することを目的に、予測式を用いて運転支援を行った 5 症例の報告を行った。これら 5 症例の認知機能などの情報と実車評価結果を表 20 に記す。

予測式作成後に評価を行った 2 例において、式の予測「運転可」と最終的な実車評価結果が一致するという結果を得た。これら 2 症例では利き手・利き足である右半身の機能が保たれており、予測式に組み入れられた TMT-A、KBDT 以外の神経心理学的検査結果に著明な低下がみられなかった。このような症例では予測式の精度が保たれる可能性が示唆された。しかし症例 2 では場内評価開始時に対向車線への進入などの運転技能低下がみられ「境界」ともいうべき状態であり、症例 1 と比較して運転技能低下が生じていた。神経心理学的検査では症例 1 の TMT-A26 秒、KBDT IQ93 と比較して、症例 2 では TMT-A 32 秒、KBDT IQ79 と低値であった。また予測式の最終的な数値も症例 1 の  $\log Y=0.04$  と比較し、症例 2 の  $\log Y=0.18$  と症例 2 の運転技能低下が示唆されており、予測式の妥当性を支持する結果であった。臨床場面での予測式使用において最終的な可否予測に加え、算出された数値の情報を考慮する事も運転技能予測に有用な情報となりうることを示唆された。

また本式は、運転技能には複数の認知機能が関与することから、単一の検査よりも複数の検査を組み合わせた予測が有効ではないかとの仮定に基づいて開発された。症例 2 の KBDT IQ79 は予測式作成に用いられた 80 名の運転可群平均値を下回っており、KBDT の値のみを考慮すると、運転不可と予測された可能性があった。しかし、TMT-A と組み合わせた予測式として用いることで実車評価結果を予測する事が可能であったことも、本式の妥当性を支持する結果と考えられた。

さらに本式の臨床場面での利用に関して、症例 3 で示されたように実車評価との妥当性が検討された運転技能評価を行える施設は、限られているのが現状である。本式は高額な機材や複雑な手法を要せず、簡便に行える点が特徴である。このため臨床場面、特に外来リハビリなど時間的制約のある状況において本式の利用可能性があるのではないかと考えられた。

しかし一方、症例 4、5 では予測が不的中という結果を得た。不的中であった要因として、片麻痺、失語、予測式で測られない認知機能の低下が影響を及ぼしていた可能性が考えられた。以下にそれぞれが予測精度低下に及ぼす影響を述べる。

先ず片麻痺を合併した対象者では、麻痺による操作の遅れに加えて、運転支援装置の操作自体に注意を割かれる場合がある。このような場合、注意力には容量が限られていることから、周囲の交通状況へ振り分ける注意量が減少すると考えられる。このため神経心理学的検査にて注意力が保たれている対象者であっても、片麻痺を呈する対象者では周囲の環境への注意力低下が生じる可能性を考慮して予測を行う必要がある。特に右片麻痺では利き手、利き足の機能が低下するため、予測式を用いる上で注意が必要である。

脳損傷者の実車評価と訓練時間に関して、田丸の報告では運転可能となった脳損傷者の実車訓練時間の平均は 14.7 時間であったと報告している(田丸 2004)。症例 4、5 の実車評価時間は症例 4 で 3 時間、症例 5 では 1 時間であった。これは田丸の報告と比較して短いことから、左半身での車輛操作に習熟する練習時間が不足していた可能性が考えられる。今後運転可否判定を行うまでに必要な実車練習時間についても検討が必要である。

2 点目に、予測式以外の神経心理学的検査で顕著な低下が生じた場合にも注意が必要である。予測式に組み入れられた TMT-A では視覚的注意と情報処理速度を、KBDT では視空間認知と遂行機能が主に評価される。これらは運転に関する重要な認知機能であるが、運転に関与する認知機能の全てを網羅できているわけではなく、視覚性短期記憶など他にも運転に関連する認知機能はみられる。このため症例 5 の TMT-B 誤り数でみられた注意の切り替えの低下のように、TMT-A・KBDT の結果が高成績であっても、他の神経心理学的検査に顕著な低下をきたした場合、予測が非的中となる可能性があることに注意すべきである。

3 点目に、失語症の影響が考えられる。失語症が生じると指示理解の遅れが生じる可能性がある。実車評価は教習指導員の指示の下で行われることから、実車評価で運転技能低下が生じた場合、その低下が認知機能低下が原因で生じているのか、失語による指示理解低下が原因で生じたものかに判別が必要となる点に注意が必要である。

以上のように予測式を用いる際にはその予測精度は 100%では無いことに留意し、予測精度低下につながる要因を把握したうえで用いることが重

要である。また最終的な可否予測に加え、TMT-A、KBDT それぞれの検査数値から運転技能上の問題点を予測することで、より詳細な評価が行える可能性があると考えられる。

予測式の特性として感度 80%、特異度 76.4%が示されていたが、この感度 80.0%からは実車評価で運転不可とされる者の内、20%は予測式で運転可能とされることを示している。同時に特異度の値から実車評価で運転可能な者の内、23.6%が運転不可能と予測される。これらの数値から、5 症例の結果をもって統計的に妥当性の有無を検討できたと考えることは難しい。このため、本章で行われた妥当性に対する考察は、臨床場面での観察を通じた内容的妥当性である点に留意が必要であり、今後他の対象者集団に対して予測式を用いることでその再現性を検討する等の方法で妥当性を検討する必要がある。

本章で用いた症例報告について、McLeod and Elliot (2011)が実験デザインとしての特徴を検討している。それによると、対象者毎の文脈の影響や複数の要因間の関連を検討する上で有効であるとしており、予測式の臨床場面での使用上の注意点や実用性を検討する上で有効な方法であったのではないかと考えられる。しかし、症例報告の欠点として、1 事例から得られた知見が他の対象者にも一般化可能かどうか検討が必要である点が指摘されている (Barlow 1988)。このため今後対象者数を増やし、予測式の実用可能性や、片麻痺や失語など予測精度低下をきたす要因についてさらなる検討を行い、予測式の精度向上を図る必要がある。



表 20 5 症例の結果

ID	一般情報			身体機能			神経心理学的検査					実測結果		
	性別	年齢 (代)	診断名	障害半球	発症後期間 (月)	grade 上肢	grade 下肢	TMT-A (秒)	TMT-B (秒)	KBDT (IQ)	ROCF模写 (点)		ROCF即時 (点)	RCPM (点)
1	女	50	脳出血	右	3.5	10	9	26	81	93	36	23	34	可
2	男	70	脳梗塞	脳幹	3.5	11	11	32	88	79	36	27	35	境界
3	男	40	脳梗塞	左	8.5	12	12	41	70	95	32	25	32	可
4	男	70	脳梗塞	左	102	10	11	31	84	84	36	10.5	33	不可
5	男	60	脳出血	左	44.6	10	10	25	129	112	36	19	30	不可

5 症例の一般情報、身体機能、神経心理学的検査結果と実測評価結果を記す。

TMT: Trail Making Test、KBDT: Kohs block design test、

ROCF: Rey-Osterrieth Complex Figure Test、

KBDT: Kohs Block Design Test、

RCPM: Raven's Colored Progressive Matrices、

SCT: Star cancellation test

## 第 5 章 総括

### 1. 各章の総括

本論文では神経心理学的検査を用いて、脳損傷者の運転技能予測に有効な方法を開発することを目的に研究を実施した。現状では脳損傷者の運転再開において、医療現場で診断書作成を行う際に、運転可否の判断基準は確立されていない。このため、本研究で開発した予測式の用途として、医療機関での診断書作成のためのスクリーニング検査となることを意図していた。以下に各章の総括を述べる。

#### 第 1 章

第 1 章において脳損傷者の運転技能予測に有効な神経心理学的検査についてシステマティックレビューとメタ分析を行い、現在の研究状況を明らかにした。その結果、運転技能予測に有効な単一の認知機能があるわけではなく、視覚的注意や視空間認知、視覚性短期記憶等、複数の認知機能が運転技能予測に関与している可能性が示唆された。しかし妥当性やカットオフ値に関して検証した研究は十分ではなく、運転技能予測に関する神経心理学的検査の有効性は確立されていないことが明らかとなった。またメタ分析に加えられた国内研究は 2 研究と少数であり、国内の交通環境での研究数蓄積の必要性も明らかになった。

#### 第 2 章

第 1 章において運転技能予測との関連が示唆される複数の認知機能が明らかとなった。第 2 章では因子分析によって、これら認知機能間の構造や実車評価との相関を検討した。実車評価を実施した脳損傷者 116 名のデータより、運転技能予測との関連が示された 7 つの神経心理学的検査結果を用いて因子分析を実施した。その結果、固有値法により 3 因子が既定され、それぞれ「視覚的注意と情報処理速度」、「視空間認知とその操作能力」、「遂行機能」と命名された。これら因子の寄与率は因子 1: 34.4%、因子 2: 13.6%、因子 3: 9.7%であり、累積寄与率は 57.8%であった。各因子間の相関比は因子 1 と 2 : 0.62、1 と 3 : 0.26、2 と 3 : 0.43 であり、実車評価結果との相関は因子 1 = 0.47、2 = 0.52、3 = 0.18 であり、因子 1 と 2 に中等度の相関がみられたが、因子 3 は相関が低いという結果であった。以上結果より、運転技能予測に有効な認知機能として「視覚的注意」、「視空間認知」の重要性が示唆された。

### 第 3 章

第 1 章・2 章にて運転技能と関連する認知機能について検討を行ってきた。その結果、「視覚的注意」「視空間認知」の重要性が明らかになった。第 3 章では「視覚的注意」「視空間認知」を測る神経心理学的検査を中心に、運転技能予測に有効な方法を開発した。

後方視的に抽出した脳損傷者 80 名のデータを実車評価をもとに運転可群・不可群に分類した。この 2 群間の神経心理学的検査を比較したところ、TMT-A/B、KBDT、ROCF、RCPM、SCT において有意差が確認された。これら有意差のみられた神経心理学的検査結果を独立変数、実車評価を従属変数としてロジスティック回帰分析を実施した結果、TMT-A、KBDT の組み合わせが運転可否予測に最適であるとの結果を得た。

危険運転が生じる際の背景の認知過程としてハザード知覚(通行人等の危険情報)の適切な処理と知覚されたハザードに対して、自車との距離や進行速度等の情報から、危険性の推測が行われ、最終的に減速を行う等の判断を行うことでハザードへの対処が行われる。TMT-A は視覚的注意等に関わることからハザード知覚に関与している。また KBDT は視空間認知を測る検査であることから自車と他車との位置関係の把握等に関与していると考えられる。また同様に最終的な判断に関与する遂行機能も求められる検査でもある。このように TMT-A と KBDT はハザードの知覚から安全運転への判断に関する全過程に関与する認知機能を測ることで、運転技能予測に有効な組み合わせとして選択されたのではないかと考えられる。

### 第 4 章

第 4 章では 5 症例を通して予測式の実用性、妥当性と臨床で用いる際の注意点を検討した。新たに予測を行った 2 症例の比較から、症例 1 と比較して運転技能低下が予測された症例 2 において、実車評価にて運転技能が低下していたことなどから、本予測式の内容妥当性が示唆された。また、他施設で適切な評価を受けられなかった症例を通して、本式の臨床場面での実用性について検討を行った。

予測式の精度低下をきたす要因として、片麻痺、失語、視覚性短期記憶、注意の切り替え能力の低下等があげられた。予測式を用いる際にはその予測精度は 100%では無いことに留意し、これら予測精度低下につながる要因を把握したうえで用いることが重要と考えられた。

## 2. 本研究の意義

脳損傷者の運転技能評価において実車評価はゴールドスタンダードとされているが、実施可能な医療機関は限られており、一般的な方法とはなり得ていない。また法律上、脳損傷者が運転再開可能と判断される基準も明確にされていないなどの理由で、医療機関において確立された脳損傷者の運転可否評価がないことが問題とされていた。

本研究によって開発された予測式は、医療機関にて実施可能な神経心理学的検査を用いることが特徴である。予測式の開発により医療機関において、脳損傷者の運転技能予測に関するスクリーニング検査の実施が現状より容易となるのではないかと考える。これによって、実車評価を行なうことが困難な医療機関においても、脳損傷者の運転技能に関するスクリーニング評価が行えるようになるという点で、本研究は意義があるのではないかと考えられる。

## 3. 本研究の限界と今後の課題

本研究で用いた実車評価は検査時間約1時間であり、実生活上の交通状況で起こりうる問題点全てを評価可能であったわけではない。このため今後の研究では運転再開後の事故率やドライビングレコーダーによる運転状況記録の確認などを用いて、運転再開後の安全性との関連についても検討が必要である。

加えて、本研究では対象者を脳損傷者とし、脳卒中と頭部外傷を同一の集団としたことも限界であった。頭部外傷では運転再開後の事故率が脳卒中患者より高いとの報告や、自身の運転技能への過剰な自信が生じる等、脳卒中とは運転技能の特徴が異なる可能性が報告されている。今後、症例数を増やし各疾患ごとの運転技能予測に有効な神経心理学的検査についても検討が必要である。

開発した予測式はその精度などから、運転可否の判断指標とすることは難しい。このため、予測式はあくまでもスクリーニング検査としての活用が望まれ、予測式において判断が難しい対象者に対しては、他の検査結果と組み合わせた包括的な評価を行なうことが必要である。このような包括的評価の一部として本予測式が有効かどうか、研究協力機関以外での予測式使用を通して、検討される必要がある。

また年齢や性別、発症後期間や麻痺側の左右差等の要因も運転技能予測に影響を及ぼす可能性がある。今後、症例数を増やしこのような神経心理学的検査以外の要因を含めた解析を行い、より精度の高い予測式の開発を行う必要がある。

## 謝辞

本研究を行うにあたり、長きにわたり御指導頂いた大分県立看護科学大学 看護学研究科 人間科学講座 健康運動学研究室の稲垣敦教授に心より感謝申し上げます。遅々として進まぬ研究を根気強くご指導頂いたこと、学生の成長を第一に考えたご指導から、研究はもとより多くのことを教えて頂きました。深謝申し上げます。

副指導教員の品川佳満准教授に心より感謝申し上げます。いつも親身な御指導を頂いたおかげで、本稿提出まで辿り着けました。長期にわたり副指導教員として御指導頂いたこと、改めて感謝申し上げます。

本学大学院への進学にあたってご助言を頂きました健康情報科学研究室の佐伯圭一郎教授に心より感謝申し上げます。入学前に御指導頂いた統計相談での懇切丁寧なご指導が、私の大学院進学の契機となりました。この場を借りて御礼申し上げます。

在学中に大分県立看護科学大学の多くの先生方にご指導を頂きました。宮内信治准教授をはじめ、授業の枠を超えたお願いに対しても真摯なご指導を頂いた先生方に深く感謝申し上げます。

本研究を続けるにあたり、井野辺病院リハビリテーション部 岸本周作部長、末綱隆史主任、井野辺純一理事長をはじめスタッフの皆様に感謝申し上げます。職場の支援が無ければ研究を続けることはできませんでした。今後の業務でご迷惑をおかけした分をお返ししたいと考えております。

最後に学べることのありがたさを教えてくれた両親と祖父母、研究を支えてくれた妻子、そして医療人としての目標である弟に感謝いたします。

## 引用文献

- Akinwuntan AE, De Weerd W, Feys H et al (2005). The validity of a road test after stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 86(3), 421-426.
- Aslaksen PM, Ørbo M, Elvestad R et al (2013). Prediction of on-road driving ability after traumatic brain injury and stroke. *Eur J Neurol* 20(9), 1227-1233.
- Ball K, Owsley C (1991). Identifying correlates of accident involvement for the older driver. *Hum Factors* 33(5), 583-595.
- Barco P, Wallendorf MJ, Snellgrove et al (2014). Predicting road test performance in drivers with stroke. *Am J Occup Ther* 68(2), 221-229.
- Barlow DH, Hersen M (1988). 一事例の実験デザイン. 高木俊一郎、佐久間徹(監訳), pp1-17.
- Bouillon L, Mazer B, Gelinas I et al (2006). Validity of the cognitive behavioral driver's inventory in predicting driving outcome. *Am J Occup Ther* 60 (4), 420-427.
- Brooke MM, Questad KA, Patterson DR et al (1992). Driving evaluation after traumatic brain injury. *Am J Phys Med Rehabil* 71(3), 177-82.
- Brown, I.D, Groeger, J.A (1988). Risk perception and decision taking during the transition between novice and experienced driver status. *Ergonomics* 31(4), 585-597.
- Bryer RC, Rapport LJ, Hanks RA (2006). Determining fitness to drive:neuropsychological and psychological considerations. In Joseph MP (Ed). *Driver rehabilitation and community mobility*, pp165-184. Elsevier, Philadelphia.
- Coleman RD, Rapport LJ, Ergh TC et al (2002). Predictors of driving outcome after traumatic brain injury. *Arch phys med rehabil* 83(10), 1415-1422.
- Corwin J, Bylsma FW (1993). Translations of excerpts from André Rey's Psychological examination of trauma encephalopathy and P. A. Osterreith's The Complex Figure Copy Test. *The Clinical Neuropsychologist* 7(1), 3-15.

- Cyr AA, Stinchcombe A, Gagnon S et al (2009). Driving difficulties of brain-injured drivers in reaction to high-crash-risk simulated road events: a question of impaired divided attention? *Clin Exp Neuropsychol* 31(4), 472-482
- Deffebacher JL, Huff ME, Lynch RS et al (2000). Characteristics and treatment of high anger drivers. *Journal of Counselling Psychology* 47, 5-17.
- Devos H, Akinwuntan AE, Nieuwboer A et al (2012). Screening for fitness to drive after stroke: A systematic review and meta-analysis. *Neurology* 76(8) , 747-756.
- Devos H, Verheyden G, Van Gils A et al (2015). Association between site of lesion and driving performance after ischemic stroke. *Top stroke rehabil* 22(4), 246-252.
- Dickerson AE, Bédard M (2014). Decision tool for clients with medical issues: a framework for identifying driving risk and potential to return to driving. *Occup Ther Health Care*, 28(2), 194-202.
- Duquette J, McKinley P, Mazer B et al (2010). Impact of partial administration of the Cognitive Behavioral Driver's Inventory on concurrent validity for people with brain injury. *Am J Occup Ther* 64(2), 279-287.
- Engum ES, Thomas M, Pendergrass et al (1988). Cognitive behavioral driver's inventory. *J Cogn Rehabil* 6, 177-193.
- Fell JC (1977). A motor vehicle accident causal system: The human element. *Human Factors* 18(1), 85-94, 1977.
- Finestone HM, Guo M, O'Hara P et al (2010). Driving and reintegration into the community in patients after stroke. *PM R* 2(6), 497-503.
- Fisk GD, Schneider JJ, Novack TA (1998). Driving following traumatic brain injury: prevalence, exposure, advice and evaluations. *Brain Inj* 12 (8), 683-695.
- 藤田佳男, 三村將, 飯島節 (2012). 高齢者の運転適性と有効視野. *作業療法* 31(3), 233-244.

- Gabriele W, Renate S (2009). Work loss following stroke. *Disabil Rehabil* 31 (18), 1487-93.
- Galski T, Bruno RL, Ehle HT (1992). Driving after cerebral damage: a model with implications for evaluation. *Am J Occup Ther* 46(4), 324-32.
- George S, Clark M, Crotty M (2008). Validation of the visual recognition slide test with stroke: a component of the New South Wales occupational therapy off-road driver rehabilitation program. *Aust Occup Ther J* 55(3), 172-179.
- George S, Crotty M (2010). Establishing criterion validity of the Useful Field of View assessment and Stroke Drivers' Screening Assessment: comparison to the result of on-road assessment. *Am J Occup Ther* 64(1), 114-22.
- Golden CJ (2004). レーヴンマトリシス. 櫻井正人(訳), 高次脳機能検査の解釈過程, pp88-94. 共同医書出版, 東京.
- Greve KW, Stickler TR, Love JM et al (2005). Latent structure of the Wisconsin Card Sorting Test: a confirmatory factor analytic study. *Arch Clin Neuropsychol* 20(3), 355-364.
- Griffen JA, Rapport LJ, Bryer RC et al (2009). Driving status and community integration after stroke. *Top Stroke Rehabil*, 16, 212-221.
- Groth-Marnat G, Teal M (2000). Block design as a measure of everyday spatial ability: a study of ecological validity. *Percept Mot Skills*. 90(2), 522-526.
- Halligan P, Wilson B, Cockburn J (1990). A short screening test for visual neglect in stroke patients. *Int Disabil Stud* 12(3), 95-99.
- Hargrave DD, Nupp JM, Erickson RJ (2012). Two brief measures of executive function in the prediction of driving ability after acquired brain injury. *Neuropsychol Rehabil* 22(4), 489-500.
- Hills BL: Vision, visibility, and perception in driving. *Perception* 9(2), 183-216.
- Kohs SC (1923). Intelligence measurement: a psychological and statistical study based upon the Block-Design Test. Macmillan, New York.



- 加藤元一郎 (1995). 注意障害 - 臨床的理解とリハビリテーション. 江藤文夫, 原寛美, 坂東充秋, 本田哲三 (編), 高次脳機能障害のリハビリテーション, pp 24-29. 医歯薬出版, 東京.
- 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. リハビリテーション医学 50(2), 105-112.
- 加藤貴志, 鈴木舞, 末綱隆史, 他 (2009). 高次脳機能障害者に対するドライブレコーダーを用いた実生活上の運転状況評価. 総合リハ 37(10), 961-965.
- 加藤貴志, 末綱隆史, 椎野恵美 (2014). 井野辺病院の取り組み. 蜂須賀研二 (編), 高次脳機能障害者の自動車運転再開とリハビリテーション 1, pp 68-73. 金芳堂, 京都.
- 警察庁 (2015). 運転免許統計. <https://www.npa.go.jp/toukei/menkyo/index.htm>
- Korner-Bitensky N, Mazer BL, Sofer S et al (2000). Visual Testing for readiness to drive after stroke. Am J Phys Med Rehabil 79(3), 253-259.
- 厚生労働省 (2006). 年次別にみた死亡順位の年次推移. 心疾患-脳血管死亡統計の概況.  
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/tokusyu/sinno05/index.html>
- 厚生労働省 (2013). 介護の状況. 国民生活基礎調査の概況.  
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa13/dl/05.pdf>
- 厚生労働省 (2016). 平成 27 年人口動態統計月報年計の概況.  
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/geppo/nengai15/dl/gaikyou27.pdf>
- 熊倉良雄, 並木勉, 菊屋喜与雄 (2004). 脳疾患を有する者の自動車運転状況と交通事故状況－国立身体障害者リハビリテーションセンター自動車訓練終了者について－. 国際交通安全学会誌 29(2), 60-68.

- Lana M, Enns JT (2008). A two-dimensional framework for understanding the role of attentional selection in driving. In Castro C(Ed). Human factors of visual and cognitive performance in driving, pp63-73. CRC Press, Boca Raton.
- Lezak MD (1982). The problem of assessing executive functions. *Int J Psychol* 17(2/3), 281-297.
- Lundberg C, Caneman G, Samuelsson SM et al (2003). The assessment of fitness to drive after a stroke: The Nordic Stroke Driver Screening Assessment. *Scand J Psychol* 44(1) 23-30.
- Lundqvist A, Alinder J, Alm H et al (1997). Neuropsychological aspects of driving after brain lesion: simulator study and on-road driving. *Appl Neuropsychol* 4(4), 220-30.
- Lundqvist A, Gerdle B, Rönnerberg J (2000). Neuropsychological aspects of driving after a stroke—in the simulator and on the road. *Applied Cognitive Psychology* 14(2), 135-150.
- Lundqvist A (2001). Neuropsychological aspects of driving characteristics. *Brain Inj* 15(11), 981-994.
- Lundqvist A, Alinder J (2007). Driving after brain injury: Self-awareness and coping at the tactical level of control. *Brain Inj* 21(11), 1109-1117.
- Lundqvist A, Alinder J, Rönnerberg J (2008). Factors influencing driving 10 years after brain injury. *Brain Inj* 22(4), 295-304.
- 前田守, 窪田俊夫, 前田三和子他 (1994). 高次脳障害患者における自動車運転の問題点. *総合リハ* 22(2), 127-132.
- Mazer BL, Korner-Bitensky NA, Sofer S (1998). Predicting ability to drive after stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 79(7), 743-750.
- McKenna P, Bell V (2007). Fitness to drive following cerebral pathology: The Roocwood driving battery as a tool for predicting on-road driving performance. *J Neuropsychol* 1, 85-100.

- McLeod J, Elliott R (2011). Systematic case study research : a practice-oriented introduction to building an evidence base for counselling and psychotherapy. *Counselling and Psychotherapy Research* 11(1), 1-10.
- Michon J. A (1985). A Critical View of Driver Behavior Models: What Do We Know, What Should We Do? In Evans L, Schwing RC (Ed). *Human Behavior and Traffic Safety*, pp485-520. Plenum Press, New York.
- Moore, RL (1969). Some human factors affecting the design of vehicles and roads. *Journal of the institute of highway engineers*.16(8) 13-22.
- 永吉美砂子, 黒木俊秀, 上田幸彦他 (2005). 脳外傷の包括的・全体論的リハビリテーションプログラムの試み. *認知リハビリテーション* 2005, 34-43.
- 内閣府 (2015). 交通安全白書.  
[http://www8.cao.go.jp/koutu/taisaku/h27kou\\_haku/index\\_pdf.html](http://www8.cao.go.jp/koutu/taisaku/h27kou_haku/index_pdf.html)
- Nouri FM, Tinson DJ, Lincoln NB (1987). Cognitive ability and driving after stroke. *Int Disabil Stud* 9(3), 110-115.
- Nouri FM, Lincoln NB (1992). Validation of a cognitive assessment predicting driving performance after stroke. *Clin Rehabil* 6(4), 275-281.
- Nouri FM, Lincoln NB (1993). Predicting driving performance after stroke. *BMJ* 307(6902), 482-483.
- Novack TA, Labbe D, Grote M et al (2010). Return to driving within 5 years of moderate-severe traumatic brain injury. *Brain Inj* 24(3), 464-471.
- 小倉由紀 (2014). 千葉県千葉リハビリテーションの取り組み. 蜂須賀研二 (編), *高次脳機能障害者の自動車運転再開とリハビリテーション* 1, pp 61-67. 金芳堂, 京都.
- 大久保街亜, 岡田謙介 (2012). 伝えるための心理統計. pp92-96, 勁草書房, 東京.
- Osterrish PA (1944). Le test de copie d'une figure complexe. *Archives de Psychologie* 30, 206-356.

- Radford KA, Lincoln NB (2004). Concurrent validity of the stroke drivers screening assessment. *Arch Phys Med Rehabil* 85(2), 324-328.
- Radford KA, Lincoln NB, Murray-Leslie C (2004). Validation of the stroke drivers screening assessment for people with traumatic brain injury. *Brain Inj* 18(8), 775-786.
- Rapport LJ, Hanks RA, Bryer RC (2006). Barriers to driving and community integration after traumatic brain injury. *J Head Trauma Rehabil* 21(1), 34-44.
- Rapport LJ, Bryer RC, Hanks RA (2008). Driving and community integration after traumatic brain injury. *Arch Phys Med Rehabil* 89(5), 922-930.
- Raven, J. C., Court, J.H (1985). *Manual for Raven's Progressive Matrices and Vocabulary Scales*. H. K. Lewis Ltd, London.
- Reiten, R.M (1958). Validity of the Trail Making Test as an indication of organic brain damage. *Perceptual and Motor Skills* 8, 272-276.
- Renge, K (1988). Drivers hazard and risk perception, confidence in safe driving, and choice of speed. *IATSS Research* 22(2), 103-110.
- Roge J, Pebayle T, Kiehn L et al (2002). Alteration of the useful visual field as a function of state of vigilance in simulated car driving. *Transportation Research Part F* 5(3), 189-200.
- 眞田敏, 新谷真以, 福田あやこ也 (2012). Trail Making Test 指標の発達の變化の検討. *岡山大学大学院教育学研究科研究収録集* 150, 9-16.
- Schanke AK, Rike PO, Mølmen A et al (2008). Driving behaviour after brain injury: a follow-up of accident rate and driving patterns 6-9 years post-injury. *J Rehabil Med* 40(9), 733-736.
- Schatz P, Hillary FG (2009): Human factor considerations in motor vehicle collisions. In:Schulthesis M, Deluca J, Chute D (Ed). *Handbook for the assessment of driving capacity*, pp59-69, Isevier, San Diego.

- Selander H, Johansson K, Lundberg C et al (2010). The Nordic Stroke Driver Screening Assessment as predictor for the outcome of an on-road test. *Scand J Occup Ther* 17(1), 10-17.
- Snyder HR, Miyake A, Hankin BL (2015). Advancing understanding of executive function impairments and psychopathology: bridging the gap between clinical and cognitive approaches. *Front Psychol* 6, 1-24.
- 外川佑, 小田俊昌, 山倉宏美他 (2013). 自動車運転再開プログラムにおける神経心理学的検査判断基準についての検討. *総合リハ* 41(4), 373-378.
- Stang A (2010). Critical evaluation of the Newcastle-Ottawa scale for the assessment of the quality of nonrandomized studies in meta-analyses. *Eur J Epidemiol* 25(9), 603-605.
- 高岡徹, 尾崎浩子 (2009). Trail Making Test. *臨床リハ* 18(3), 246-250.
- 田久保宣晃 (2005). 交通事故データによる運転者のヒューマンエラーと心的負荷の一考察. *IATSS Review* 30(3), 299-308.
- 田丸冬彦 (2004). 身体障害とモーターライフ--高次脳機能障害と自動車運転. *作業療法* 23(5), 420-424.
- Taylor TN, Davis PH, Torner JC et al (1996). Lifetime cost of stroke in the United States. *Stroke* 27(9), 1459 -1466.
- Thompson K, Read K, Anderson S et al (2011). Systematic analysis of real-world driving behavior following focal brain lesions. *Proc Int Driv Symp Hum Factors Driv Assess Train Veh Des*, 576-582.
- Vestling M, Tufvesson B, Iwarsson S (2003). Indicators for return to work after stroke and the importance of work for subjective well-being and life satisfaction. *J Rehabil Med* 35(3), 127-31.
- Wechsler, D (1981). *WAIS-R manual: Wechsler Adult Intelligence Scale-Revised*. Jovanovich HB. Psychological Corporation, New York.

White JH, Miller B, Magin P et al (2012). Access and participation in the community: a prospective qualitative study of driving post-stroke. *Disabil Rehabil* 34(10), 831-838.

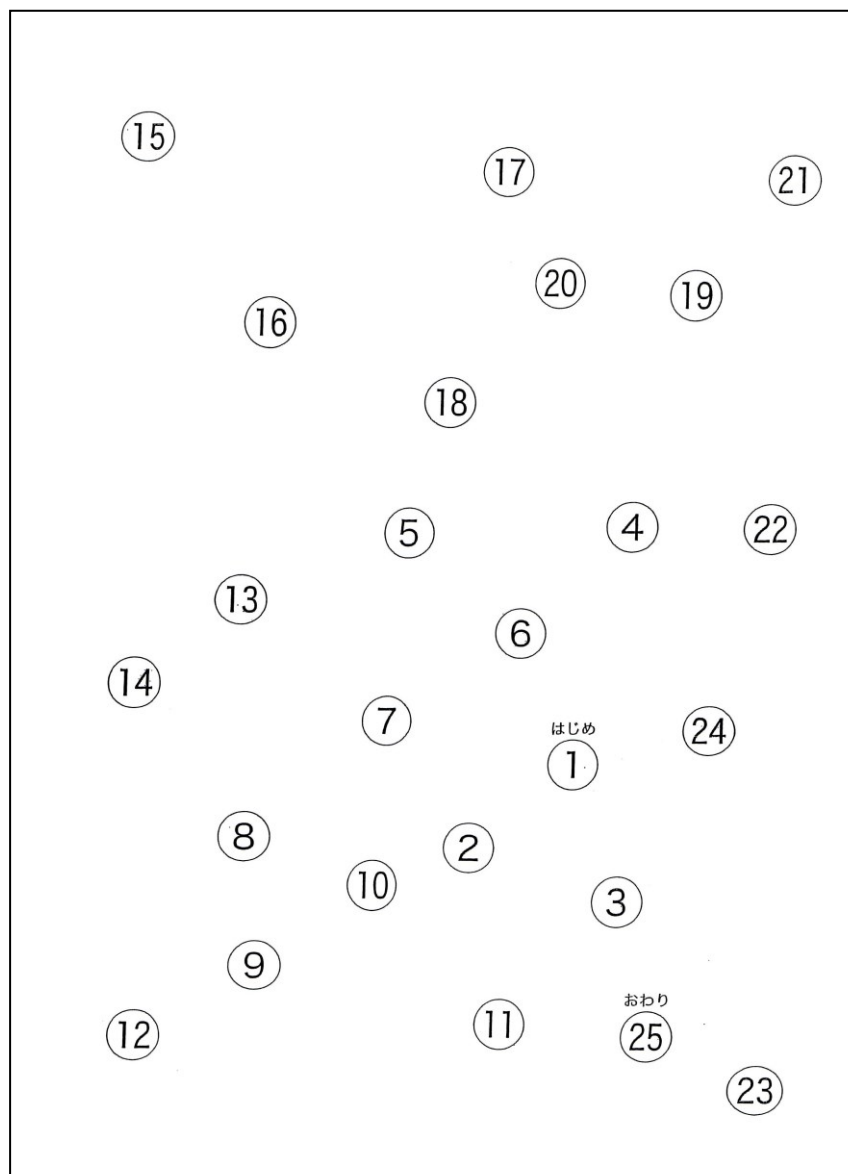
山田恭平, 佐々木努, 工藤章他 (2013). 脳血管障害者における神経心理学的検査と実車評価との関連性. *高次脳機能研究* 33(2) 270-275.

## Appendix: 本研究で用いた神経心理学的検査

### 1, Trail Making Test-A (TMT-A)

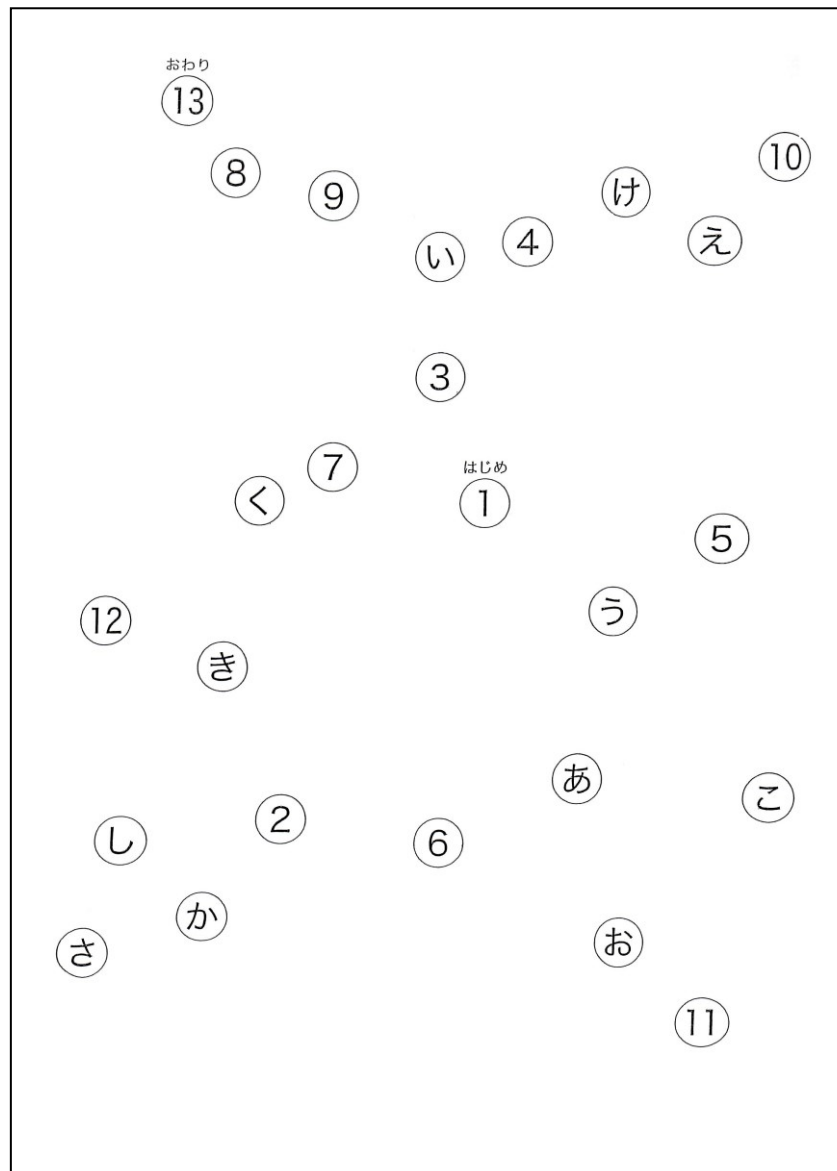
Trail Making Test は視覚走査、注意の転換、選択、配分等の視覚的注意の検査とされている。A と B の 2 種類の用紙があり、A では注意の柔軟性や情報処理速度を測るとされる。

被験者は用紙上に描画された 1 から 25 までの数字を可能な限り早く順番に結ぶよう求められる。達成までの検査所要時間 (秒) と誤り数が記録される。



## 2, Trail Making Test-B (TMT-B)

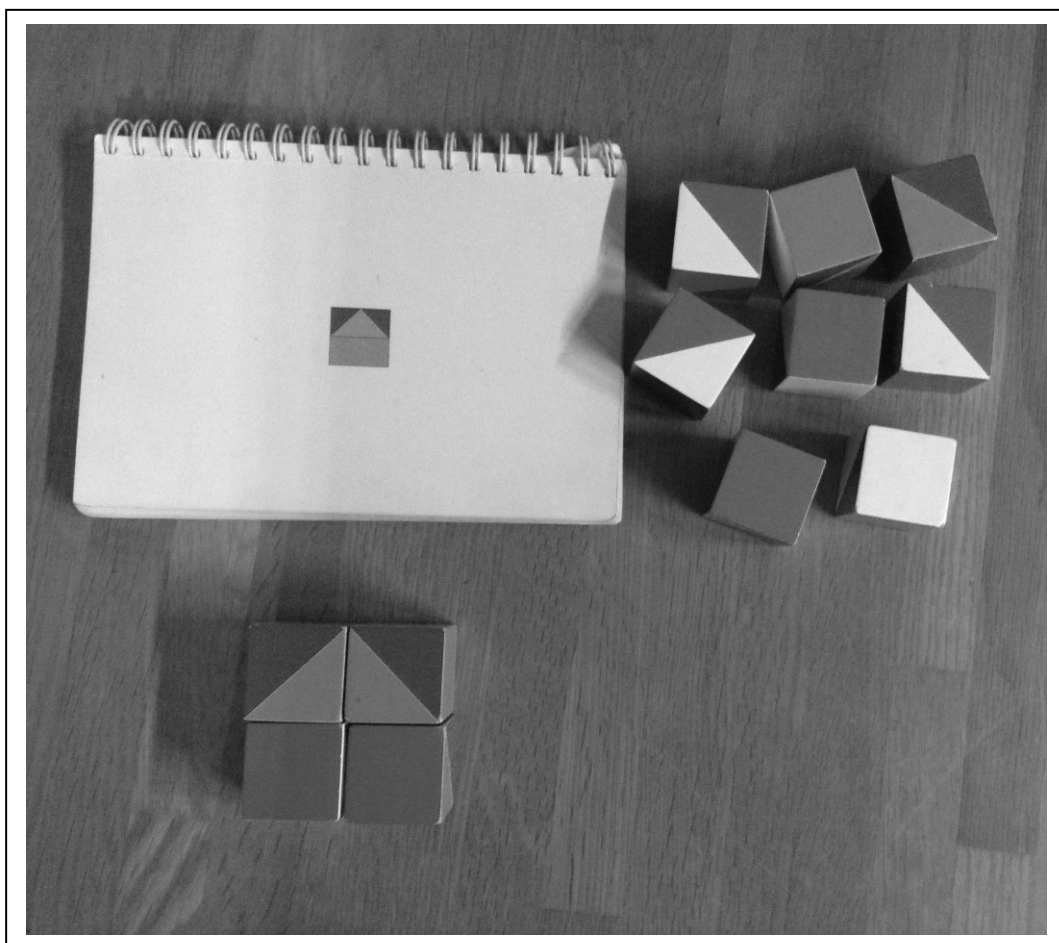
TMT-B では用紙上に「1」から「13」までの数字と「あ」から「し」までの平仮名が描画されている。被験者は「1」→「あ」→「2」→「い」のように数字と平仮名を交互にできるだけ早く結ぶよう求められる。注意の切り替えなどが測られる。





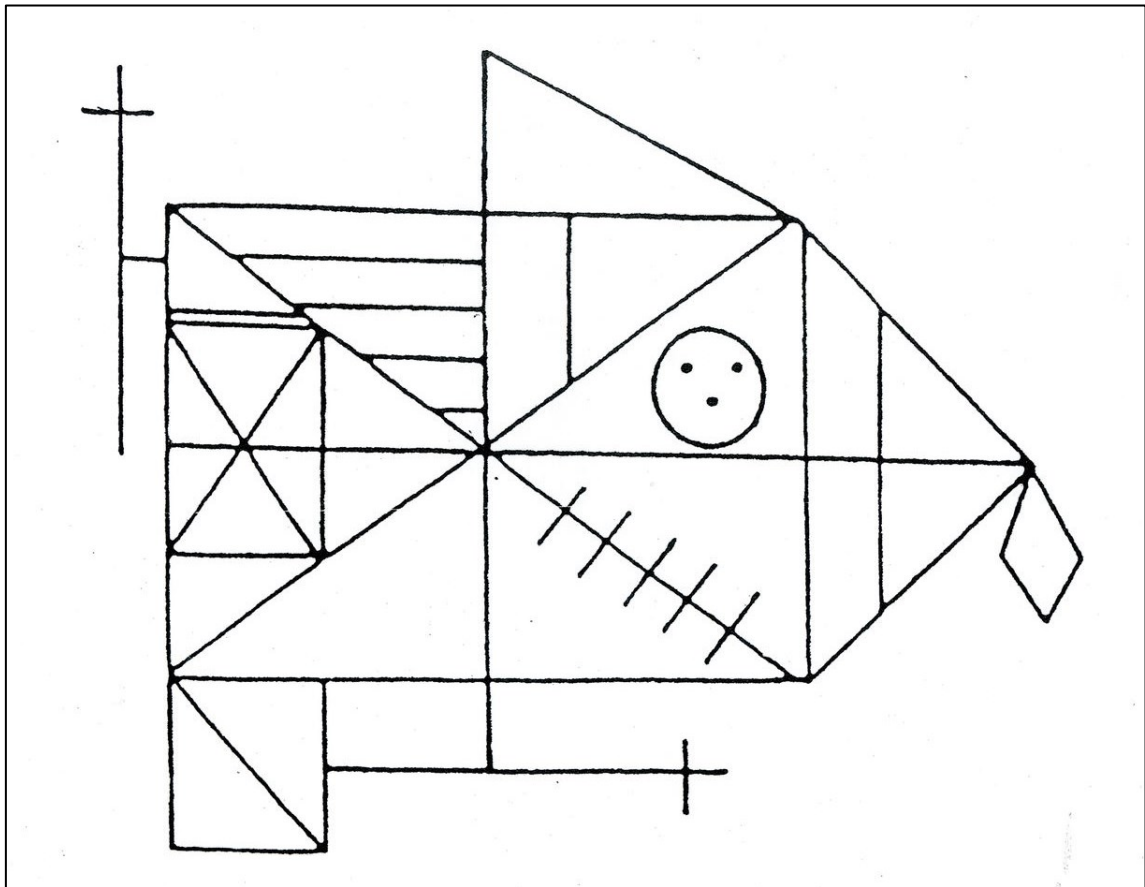
### 3, コース立方体組み合わせテスト (KBDT)

KBDT は視空間認知と遂行機能の検査である。検査にはそれぞれの面が「赤」「青」「黄」「白」「白と赤」「黄と青」に着色された正方形の積み木が用いられる。被験者は提示された例題と同じ模様になるように積み木を配列するよう求められえる。結果は課題達成数を基に視空間性 IQ として算出される。



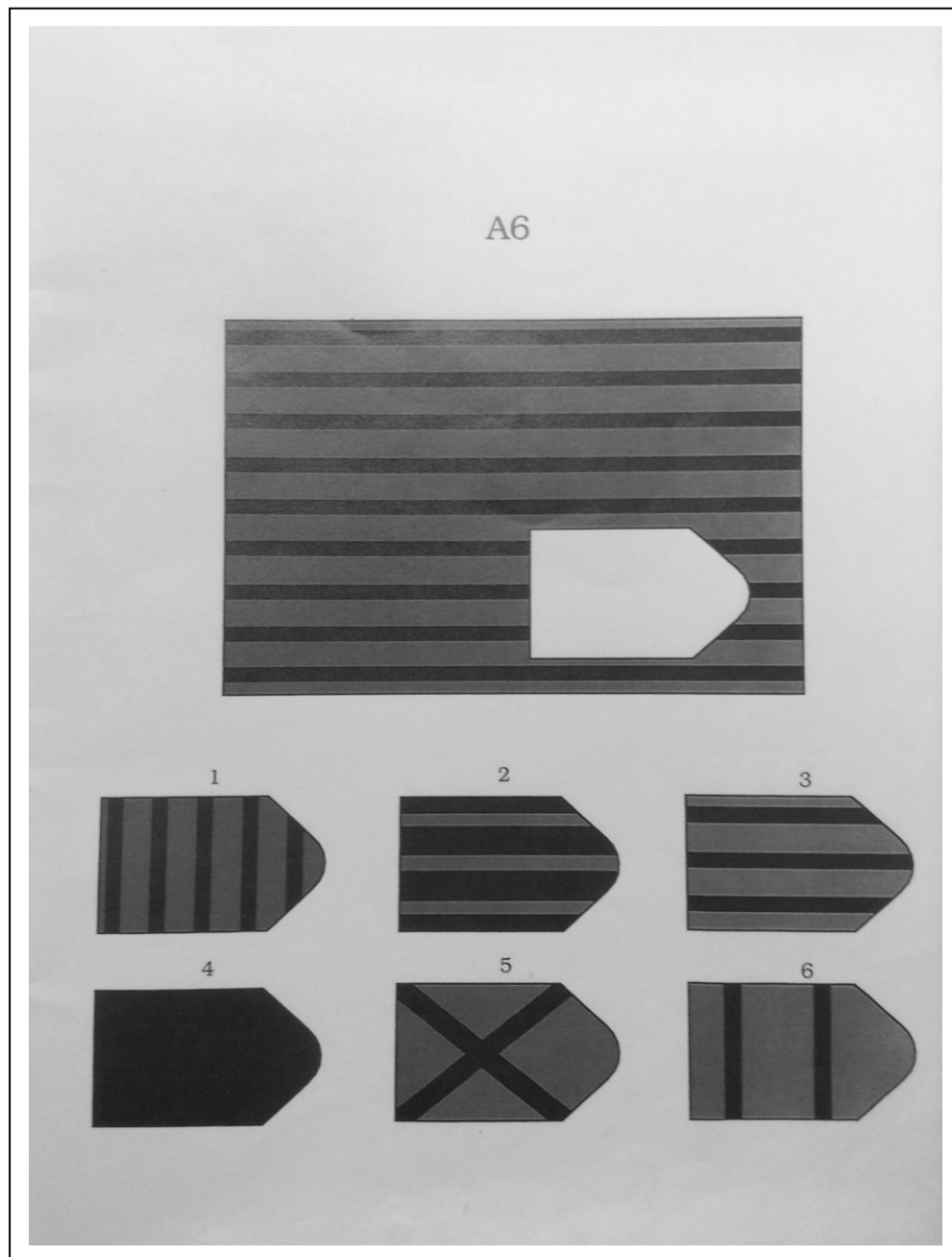
#### 4, Rey-Osterrieth 複雑図形 (ROCF)

ROCF は紙面上に描画された複雑な形状の図形の模写を行なうことで空間構成力を測る検査とされている。また模写後に見本の複雑図形を取り除いた後に、再度図形の描画を促す再生課題を行なうことで視覚性短期記憶の評価も可能とされている。結果は見本の図形と描画された図形を比較し、整合箇所によって最大 36 点満点で採点される。模写・再生課題それぞれの得点を抽出した。



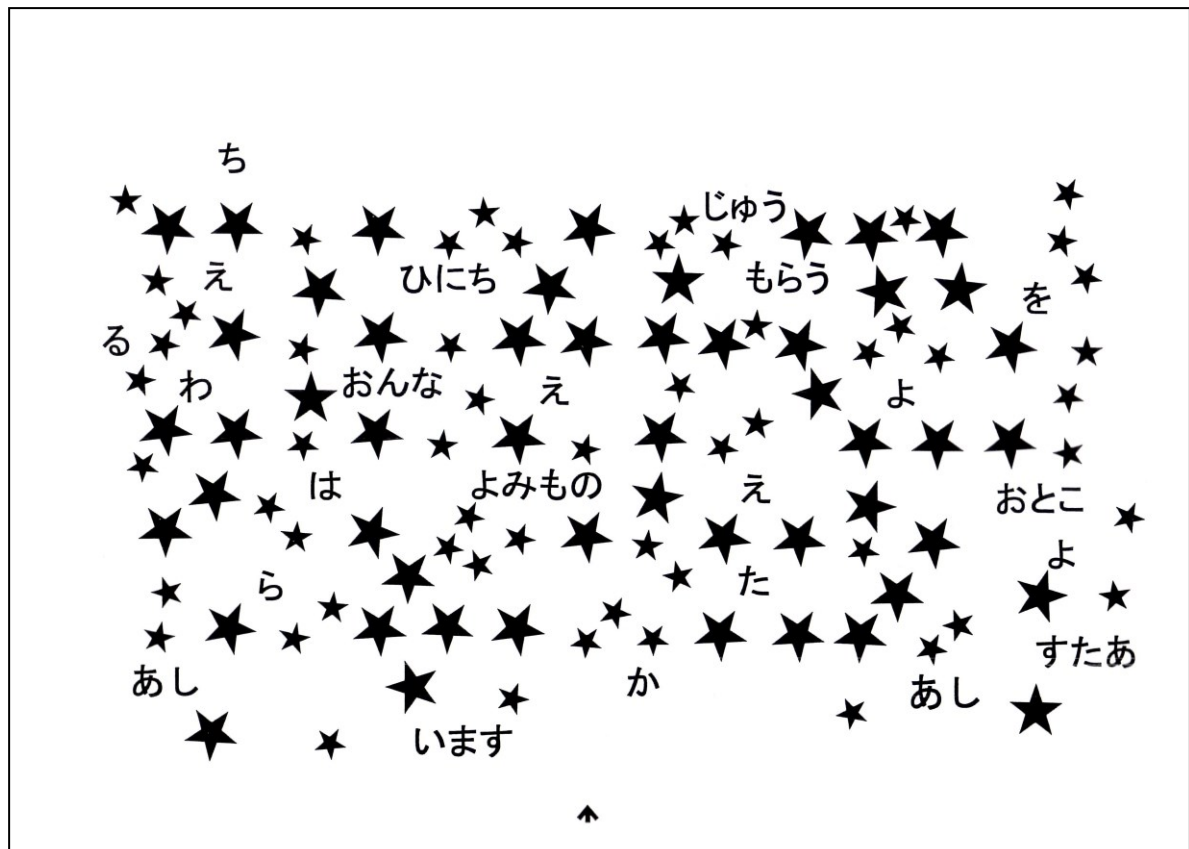
## 5, レーヴン色彩マトリックス検査 (RCPM)

RCPM は視空間認知能力と非言語性推測力の検査である (Raven and Court 1985)。試行時には、被験者へ幾何学図形など一定のパターンの模様が記されたテスト図形が提示される。テスト図形の一部は空欄となっており、用紙下部には同様に様々な模様が記された 6 種類の図形が提示される。被験者はテスト図形の空欄に合致するパターンの図形を下部の 6 種類の図形から選択するよう求められる。全 36 問の課題よりなり正答数に応じて 1 点が加算され合計 36 点満点で採点される。合計得点を抽出した。



## 6, 星印抹消試験 (SCT)

SCT は半側空間無視のスクリーニング検査である (Halligan 1990)。紙面上に大小の星印と平仮名が描画されており、被験者は小さい星印のみ印をつけるよう求められる。課題達成までの所要時間(秒)と見落としし数を記録した。



## 7, 慶応版ウィスコンシンカード分類検査 (KWCST)

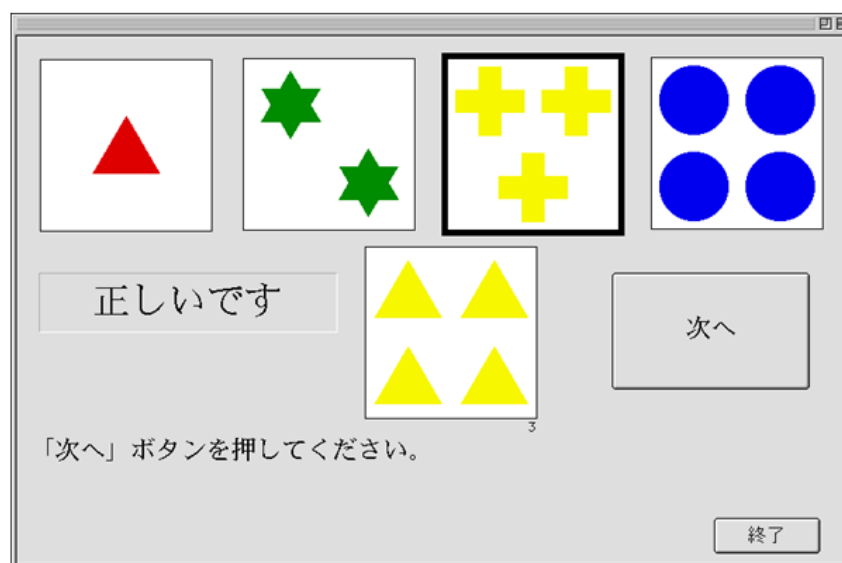
KWCST は遂行機能と思考の柔軟性の検査であり、専用ソフトウェアをインストールしたパソコンを用いて行われる。

課題は「三角」「星」「十字」「丸」の異なる形の図形が描画された 4 種類のカードを用いて行われる。各カードの図形は無作為に 1 - 4 つ描画される。そしてこれらの図形の色も同様に無作為に 4 色 (赤、緑、黄、青) で表示される。

まず画面中央に 1 枚のカードが提示される。そして画面上段には 4 枚のカードが提示される。これらのカードは「形」「数」「色」のいずれかの法則で分類化されている。分類の法則は無作為に決められており、対象者には知らされないまま検査が行われる。

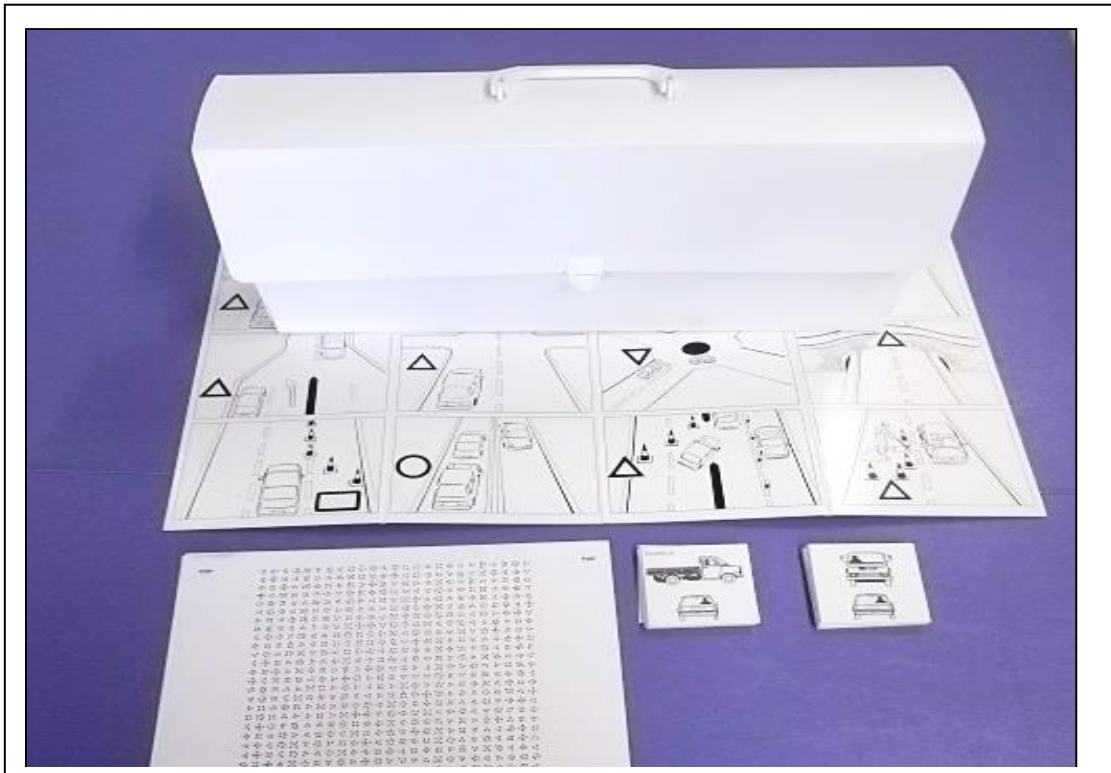
被験者は画面中央に提示されたカードと同じ分類と思うカードを画面上段より推測して選択することが求められる。例えば、下図では画面中央のカードに「黄色の三角形が 4 つ」描画されている。「色」の分類ルールと推測した場合には上段の黄色の十字のカードを選択する。「数」と推測した場合には右の青丸が描画されたカードを選択する。「形」の場合は同様に左の赤い三角が描画されたカードを選択する。

各選択ごとに正解・非正解がフィードバックされる。被験者はフィードバックの結果を参考にカードが「形」「数」「色」のどの法則で分類されているか推測を続ける。被験者が連続して 8 回正答した場合、それまでの法則から別の法則にカードの分類ルールが変更される(例:「色」→「数」→「形」など)。全 48 試行行われ、達成カテゴリー数(連続 8 回正答した数)と保続性エラー (フィードバックを無視して誤った分類を選択し続けた数)が記録される。



## 8, Stroke Drivers' Screening Assessment (SDSA)

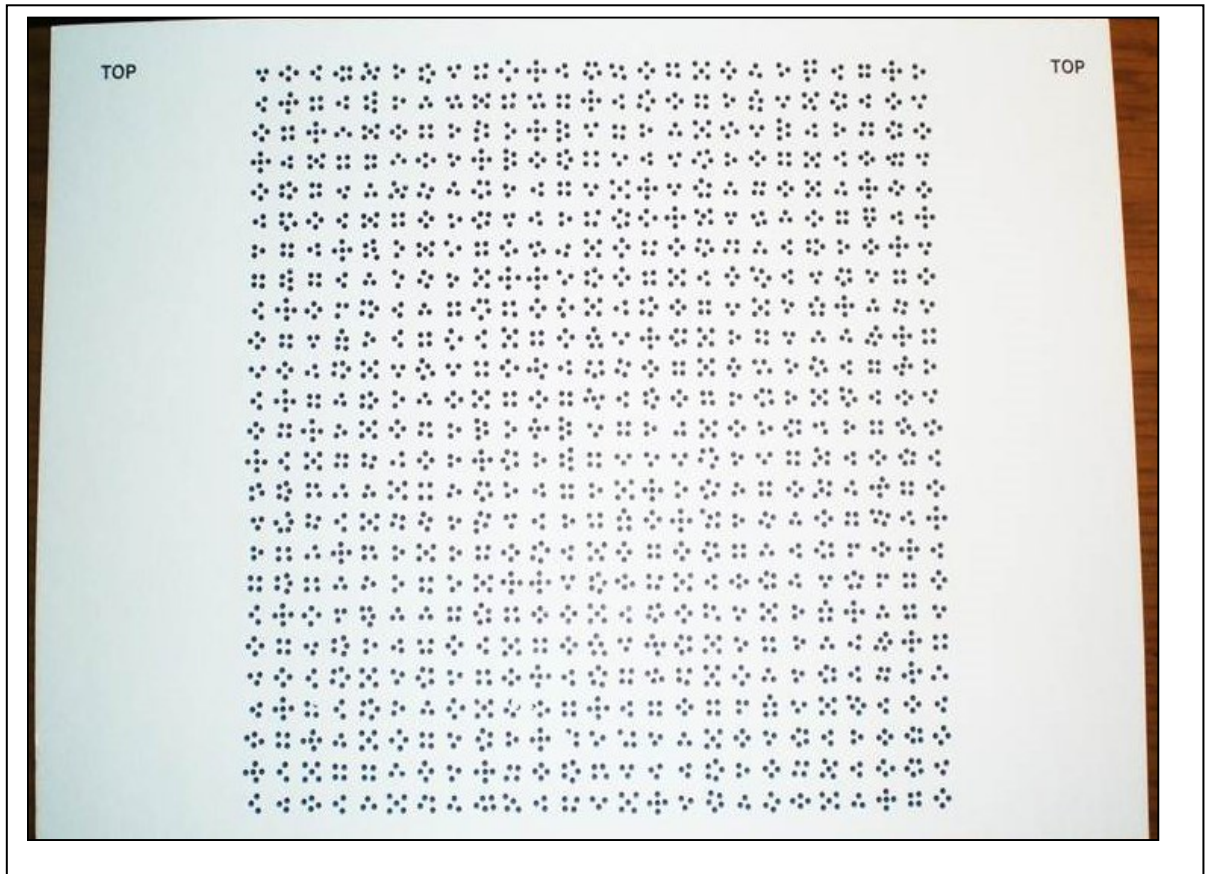
SDSA は脳卒中患者の運転技能予測に特化した検査バッテリーである。その構成は「ドット抹消」、「方向スクエアマトリクス」、「コンパススクエアマトリクス」、「道路標識」の4種類のサブテストよりなる。各サブテストの検査結果を判別分析を基に作成された予測式に当てはめ、運転可否を予測する。





## 9, ドット抹消

ドット末梢は検査用紙と筆記具を用いる机上課題であり、SDSA のサブテストである。用紙上には何種類かの点線からなる記号が描画されている。記号はそれぞれ 3 つ・4 つ・5 つの点からなっており、非検者は 4 つの点からなる記号のみに印をつけるよう求められる。結果は終了までの所要時間、正答数、お手つき数(正答以外の記号に印をつけた数)を記録する。



## 10, 方向スクエアマトリクス

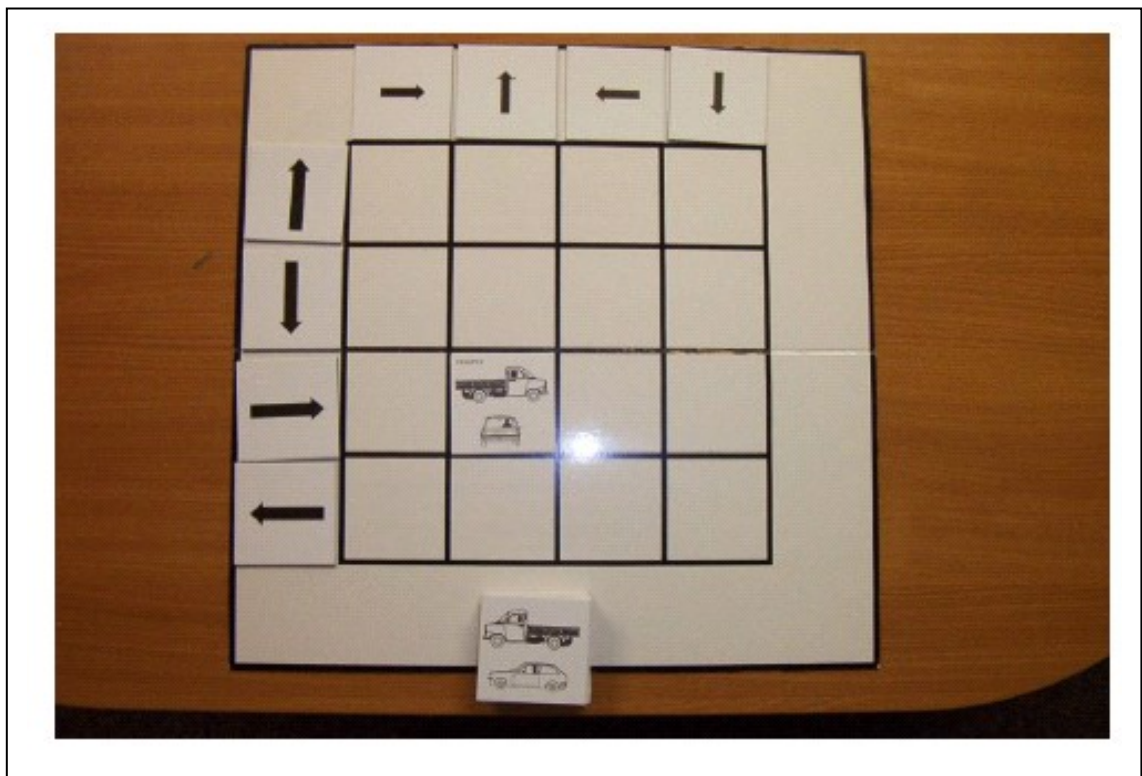
方向スクエアマトリクスは SDSA のサブテストであり、空間認知、視覚性短期記憶の検査とされている。その構成は専用の検査ボード(マトリクスボード)とカード(車輛カード)よりなる。

マトリクスボードには 4×4 の格子とその格子の上・左側に上下左右方向へ向かう矢印が描画されている。矢印は上側と左側で太さが異なり、格子上側の矢印は細く、左側の矢印は太く描画されている。

車輛カードにはトラックと普通車が描画されており、それぞれ前後左右いずれかへ進行するよう描かれている。

被検者は、車輛カードのトラックの進行方向とボード上側の太い矢印の方向、普通車の進行方向とボード左側の細い矢印の進行方向の両者が合致するマス目上に車輛カードを配置するよう求められる。

検査結果は、正しく配置されたカードに応じた得点で表され最高得点は 32 点である。

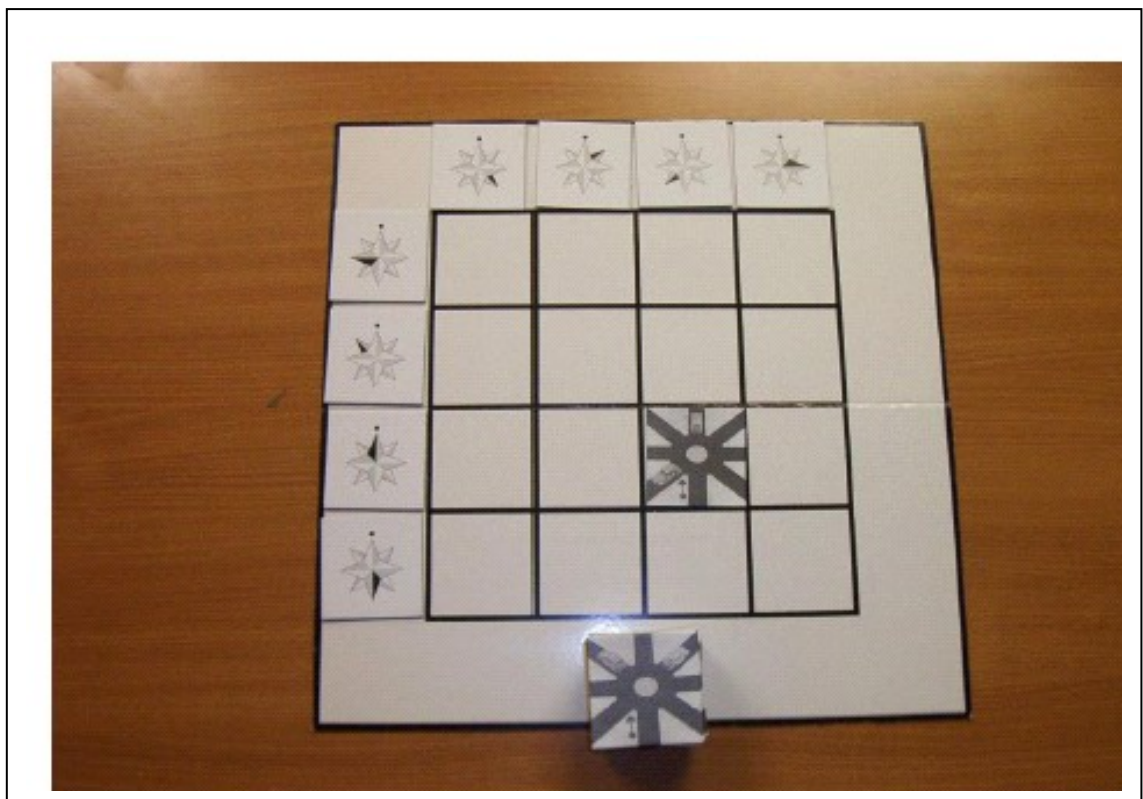




## 11, コンパススクエアマトリクス

コンパススクエアマトリクスは SDSA のサブテストであり、方向マトリクスの難易度を高めた検査である。主に視空間認知と遂行機能を測る検査とされている。マトリクスボードと車輛カードを用いる点は方向スクエアマトリクスと同様であるが、コンパススクエアマトリクスでは車輛の進行方向が 8 方向へ増加している点と、正答以外のダミーカードが含まれていることで、難易度が高められている。

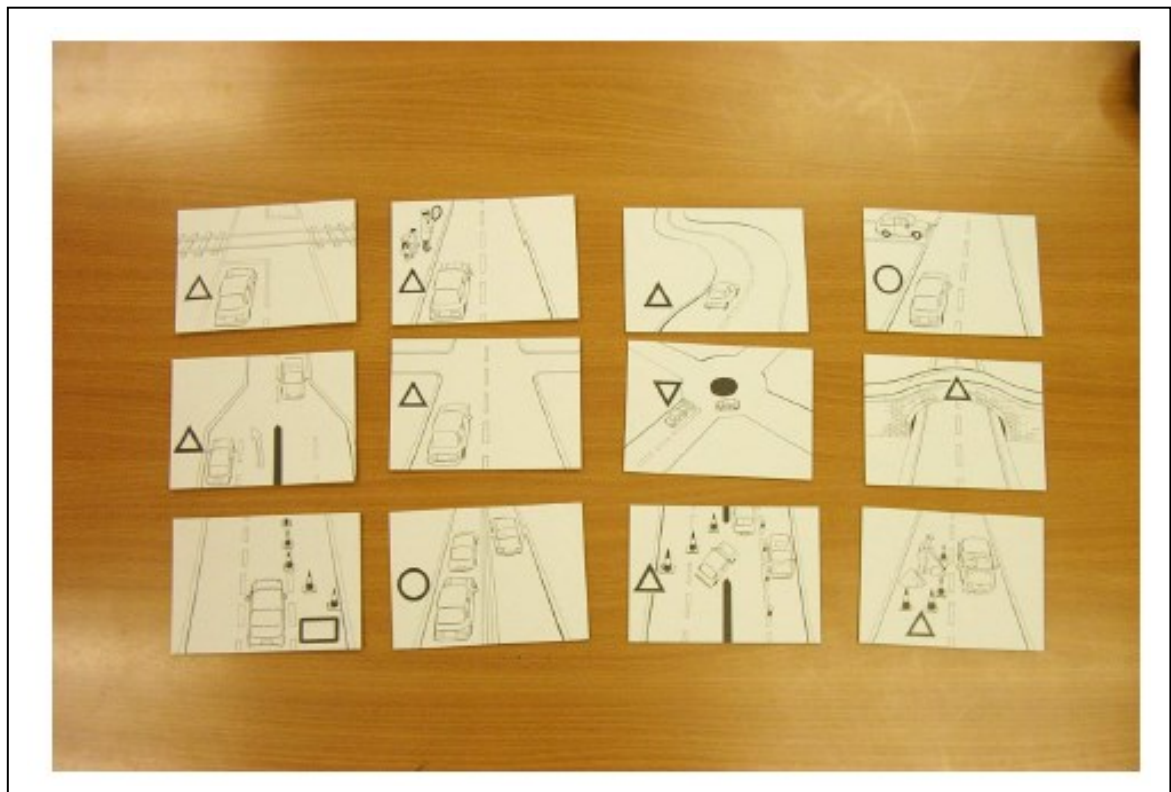
検査結果は方向スクエアマトリクス同様、正しく配置されたカードに応じた得点で表され最高得点は 32 点である。



## 12, 道路標識

道路標識は SDSA のサブテストの 1 つであり、交通状況の理解と遂行機能を測る検査とされている。検査は交通状況ボードと道路標識カードからなる。交通状況ボードには 12 通りの交通状況のイラストが描画されている。そして道路標識カードには 1 枚ごとに異なった道路標識が描画されている。

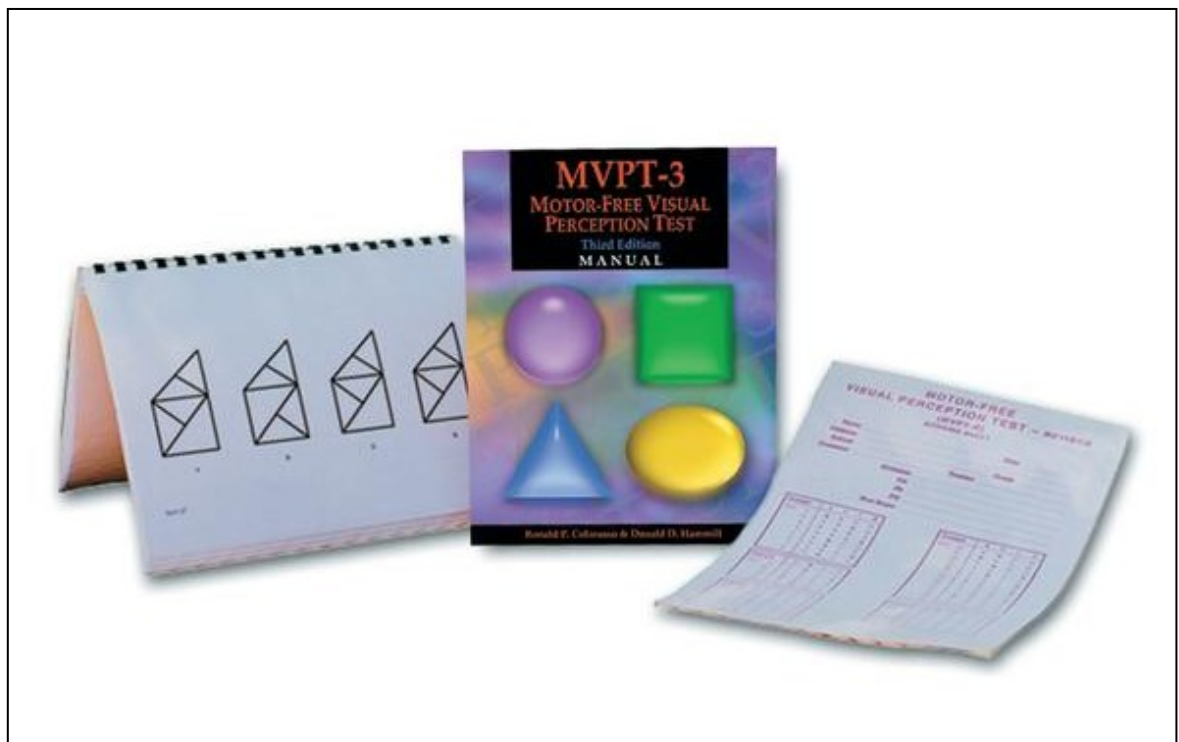
被検者は交通状況ボードの各交通状況に対応するよう道路標識カードを設置するよう求められる。結果は得点で表され、最高得点は 12 点である。



### 13, Motor free visual perception test (MVPT)

MVPT は視知覚の検査であり、運動能力の影響を除いて視知覚を測ることが特徴である。元々は小児用に開発されたが、現在では成人に対しても用いられるようになってきており、最新版では 3 歳－95 歳までの年齢に適用可能である。視知覚に関する「視覚的識別」、「背景と物体の識別」、「視覚的記憶」、「視覚形態完成」、「視空間」の 5 領域の能力測定が可能である。

被験者は一部が空欄となっているテスト図形を提示される。同時に空欄と同形状の 6 種類の図形が提示され、テスト図形の空欄に合致する図形を選択するよう求められる。結果は得点で表され、最高得点は 36 点である。



#### 14, Cube copy

Cube copy はリバミード知覚検査のサブテストであり、視知覚機能の検査とされている。実際の検査では、被検者は複数の立方体を積み重ねた例題図形を提示される。そして手元に置かれた例題と同数の立方体を操作して、例題と同形状となるよう立方体を積み重ねるよう求められる。

リバミード知覚検査の成績は配膳など、視知覚を要する日常生活場面での行動と関連していることが明らかにされている。

