

危険運転をする健常高齢ドライバの頭部 MRI 検査解析

— 平成 24 年度（中間報告） タカタ財団助成研究論文 —

ISSN 2185-8950

研究代表者 朴 啓彰

研究実施メンバー

研究代表者	高知工科大学地域連携機構 客員教授 地域交通医学研究室 室長	朴 啓彰
研究協力者	高知工科大学地域連携機構 教授	熊谷 靖彦
	交通事故総合分析センター 主任研究員	西田 泰
	高知県警交通部運転免許センター 課長補佐	中山 哲
	高知県警交通部運転免許センター 運転適性検査主任	寺村 一彦
	高知県指定自動車学校協会 会長	山口 隆朗
	高知県指定自動車学校協会 事務局長	中澤 恵三
	高知工科大学地域連携機構 助手	永原 三博
	高知工科大学地域連携機構 研究員	池 知絵里

報告書概要

「運転は脳がする．だから脳を調べる．」という研究方針のもと、我々は脳と運転との関係について頭部 MRI 検査機器を用いて精力的に調べている．この誰しも関心を持ち賛同する研究アプローチは、交通と医学の研究交流が十分には進んでいないために、必ずしも容易に実行できないのが実情である．しかしながら、研究代表者の朴は、医師という立場で脳ドック診療に携わり、一般ドライバーと同質であると考えられる脳ドック受診者を対象に運転事故歴を含めた運転挙動データと頭部 MRI データを照合できる研究環境から、本研究課題を遂行中である．第 1 章で研究背景とその意義、研究方法とその目的を述べ、第 2 章で脳疾患と運転との関わりについて、てんかんや脳卒中等の個々の疾患別に報告し、医学的・行政的見地からの脳と運転との関わりを俯瞰する．第 3 章では、一般ドライバーの約 30% 以上が罹患している無症候性白質病変と運転に関して、高知工科大学地域交通医学研究室から既に発表した知見を中心に報告する．第 4 章では本研究課題の進捗状況を報告する．

目次

第 1 章 はじめに

- 1.1 研究背景・意義
- 1.2 研究方法・目的

第 2 章 脳疾患と交通事故について

- 2.1 我が国の交通事情
- 2.2 脳疾患と交通事故の関連を示すデータ
 - 2.2.1 てんかんと運転について
 - 2.2.2 認知症と運転について
 - 2.2.3 統合失調症と運転について
 - 2.2.4 脳卒中と運転について
 - 2.2.5 睡眠障害と運転について
 - 2.2.6 パーキンソン病と運転について

第 3 章 白質病変と運転

- 3.1 大脳白質病変と警察庁方式 CRT 運転適性検査との関連について
- 3.2 大脳白質病変とハンドル角の振れの解析（ステアリングエントロピー法）
- 3.3 大脳白質病変と交通事故特性
- 3.4 大脳白質病変と高速道路逆行・逆走調査

第 4 章 本研究課題の進捗状況

第1章 はじめに

1.1 研究背景・意義

日本は人口の4人に1人以上が65歳以上に達し、高齢者はもはや身体的弱者というだけでなく、経済活動等でも重要な役割を期待されている。従って、高齢者が“生き生きと暮らせる”ことは豊かな社会の必須条件であり、その積極的な社会参加を保障するモビリティの維持・確保は不可欠である。公共交通手段の乏しい地方部では、これは安全・安心な自動車運転の継続と同義である。車は水道・ガス・電気と同じライフラインと見なされ、高齢ドライバーの運転支援は、生活基盤支援にもなっている。一方、近年、交通インフラ（道路、車両）の整備や事故防止対策により、全体の交通事故死亡者数は減少したにもかかわらず、65歳以上のドライバー事故死亡者の割合はこの10年間で32.6%から47.5%へ激増した。この状況を改善するには、自動車運転に高齢者の個人的な特性（ヒューマンファクター：意識状態や脳波活動・脈拍などの生体情報因子）を適切に活用する必要がある。

図1はともに健常者であるAとB（ともに60才）の頭部MRI水平断面画像を比較している。Aは正常な脳組織であるが、Bは白質病変（矢印）と脳萎縮（矢頭：脳室拡大や脳溝開大）を認める。白質病変は、健常中高年者の約30%に、脳萎縮は軽度なものを含めると約半数以上に見られ、Aのような正常所見は60歳以上では数%にしかすぎない。同年齢の健常者であっても脳組織変化には大きな個人差が存在する。すなわち、脳MRIデータは個人の特性を反映する適切なヒューマンファクターである。

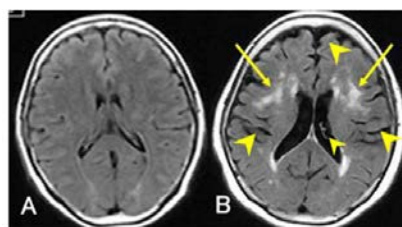


図1: 頭部MRI

同年齢の健常者であっても脳組織変化には大きな個人差が存在する。すなわち、脳MRIデータは個人の特性を反映する適切なヒューマンファクターである。

我々は、「運転は脳がする」という視点から検討を実施し、以下の知見を得ている。

①脳ドック受診者を対象に3,930人の健常中高年者の頭部MRIデータと過去の交通事故歴を照合し、白質病変グレードと交差点事故との有意の関連性を確認している。

➤ Leukoaraiosis, a Common Brain Magnetic Resonance Imaging Finding, as a Predictor of Traffic Crashes. PLoS ONE 8(2): e57255. doi:10.1371/journal.pone.0057255,2013

②脳ドック受診者に、警察庁方式CRT運転適性検査（アクセル・ブレーキ反応検査）を実施し、アクセルからブレーキへの右足移動における反応速度の変動率（バラツキ）の大きさと白質病変グレードとの有意な関連性を確認している。

大脳白質病変と警察庁方式CRT運転適性検査との関連性について、第10回ITSシンポジウム、CD-ROM,2011

③高知県警察運転免許センター内で、運転中に足し算計算をさせるマルチタスク負荷を行い、白質病変ドライバーでは右折時のハンドル角エントロピー量が増加すること、脳萎縮ドライバーでは左右確認や一時停止無視などの危険運転行動が増加することを確認している。

➤ 頭部MRIで評価される脳萎縮度が実車安全運転挙動に与える影響、第10回ITSシンポジウム、CD-ROM,2011

白質病変を持つ高齢者の運転能力の解析、自動車技術会 CD-ROM,2012

これらの知見は、**頭部MRIによる白質病変と脳萎縮の定量的評価**が、年齢以外の新たなドライバー属性になり得ることを示している。頭部MRIの定量的評価から、個々の高齢ドライバーに対する危険運転予測ができれば、高齢ドライバーに対する個人対応型の安全運転指導や安全

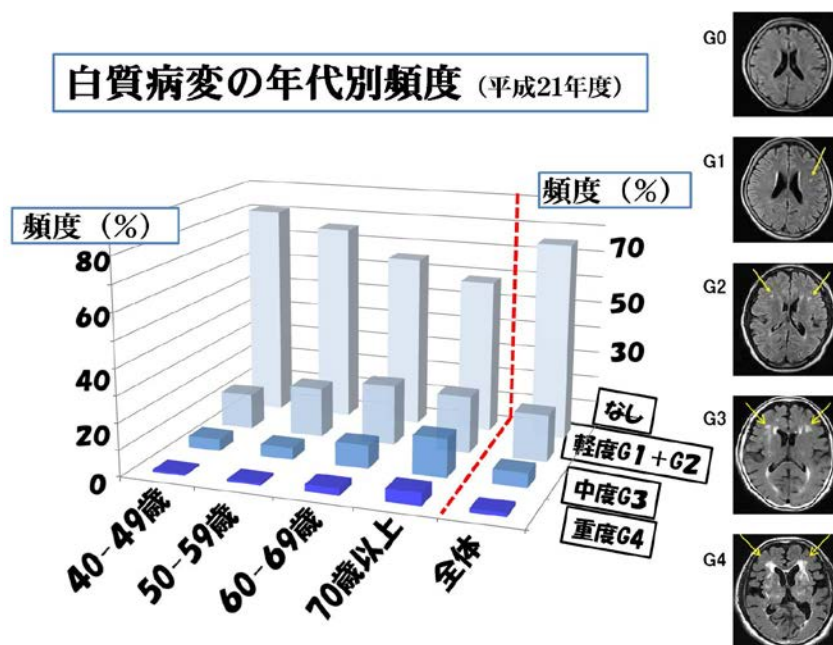
運転対策が可能となる。高齢ドライバーの安全安心な自動車運転を通じて、そのモビリティが維持確保できると、閉じこもりがちな高齢者が家の外へ、町中へ、郊外に出かけることが容易になる。高齢者が積極的に社会参加することは、医療的側面のみならず、経済的側面にも非常に望ましい効果を生む。さらに家族の介護負担を減らすことにも繋がり、国民全体の幸福度を向上させる点でその波及効果は絶大である。

1.2 研究方法・目的

本研究では、頭部 MRI データ、運転適性検査データ、過去 10 年間の交通事故歴を用いて健常高齢ドライバーを分類する。過去 10 年間における交通事故（交差点事故や追突事故などタイプ別事故分類を行う）の口頭調査対しては、医師が直接面接するため非常に信憑性の高い調査になると考えられる。健常者に対して MRI で認められる主要な脳組織変化は、白質病変と脳萎縮が 2 大所見である。そこで、高齢ドライバー 300 人に対して、研究代表者がセンター長を勤める高知検診クリニック脳ドックセンター内で MRI 検査を実施し、白質病変と脳萎縮のグレード評価から 4 つのカテゴリに（図 2）に分類する。過去 10 年間の交通事故歴や現行の重大ヒヤリハット調査結果を目的変数にして、性別・年齢・運転頻度・MRI 分類を説明変数にして多変量ロジスティック解析を行う。これらの解析データから脳 (Brain) と運転行動 (Driving Behaviors) に関する高齢ドライバー用のデータベース (BDB-DB) を構築する。

定量化分類	白質病変				
	0	1	2	3	4
脳萎縮	0	LL		HL	
	1	LL		HL	
	2	LL		HL	
	3	LH		HH	
	4	LH		HH	

図2 脳組織の変化に基づく分類

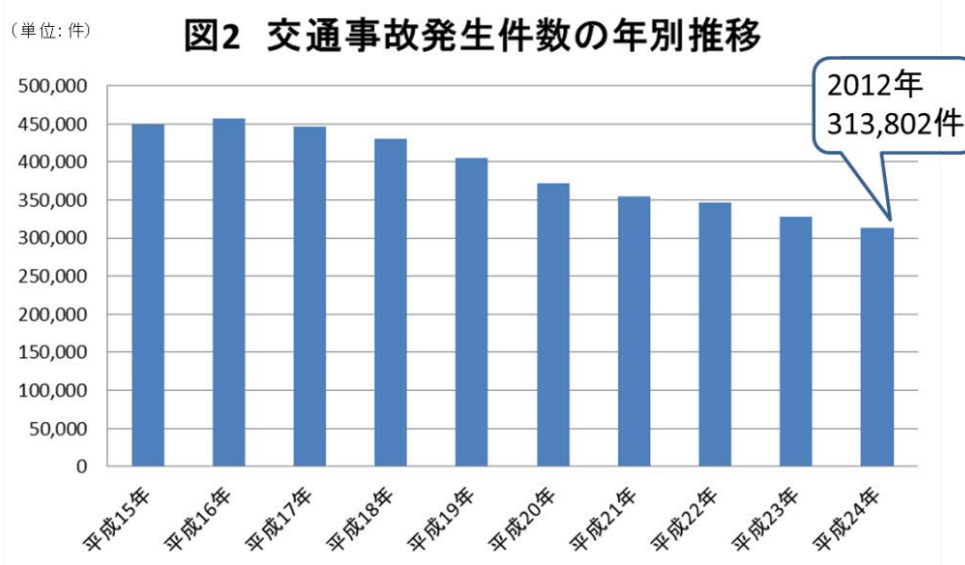
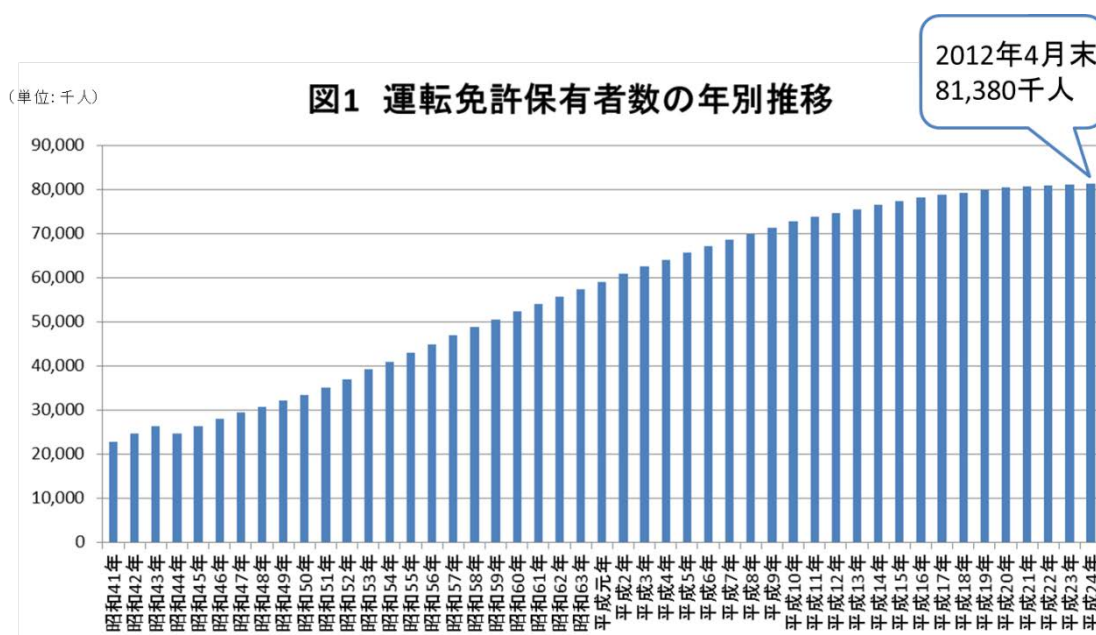


平成 21 年度医療法人高知検診クリニック脳ドックセンターの脳ドック受診者 3,241 名の白質病変の年代別頻度であるが、白質病変を 5 段階のグレードに分類 (G0 から G4 まで) すると、各グレードとも年代が増えると頻度も増え、40 歳以上の健常中高年者全体の白質病変頻度は約 30% となる。

第2章 脳疾患と交通事故について

2.1 我が国の交通事情

平成24年における警察庁の調べによると、現在の我が国の運転免許保有者数は8,138万人で総人口のおよそ6割を占めている（図1¹⁾）。運転免許保有者数は、年々増加傾向にあり、自動車がいかに我々の日常生活に不可欠であるかということが分かる。特に、高知県のように公共交通が衰退している地方部では、自動車が日常生活に欠かせない移動手段となっている。しかし、運転する人口が増加するということは、交通事故を起こす機会の増加につながる可能性は十分に考えられる。実際の交通事故の発生件数は、年々減少傾向にあるが（図2²⁾）、対策としてはまだまだ不十分な点がある。



交通事故の原因は、運転技術、情報処理能力、性別や年齢、その時の体調など様々な要

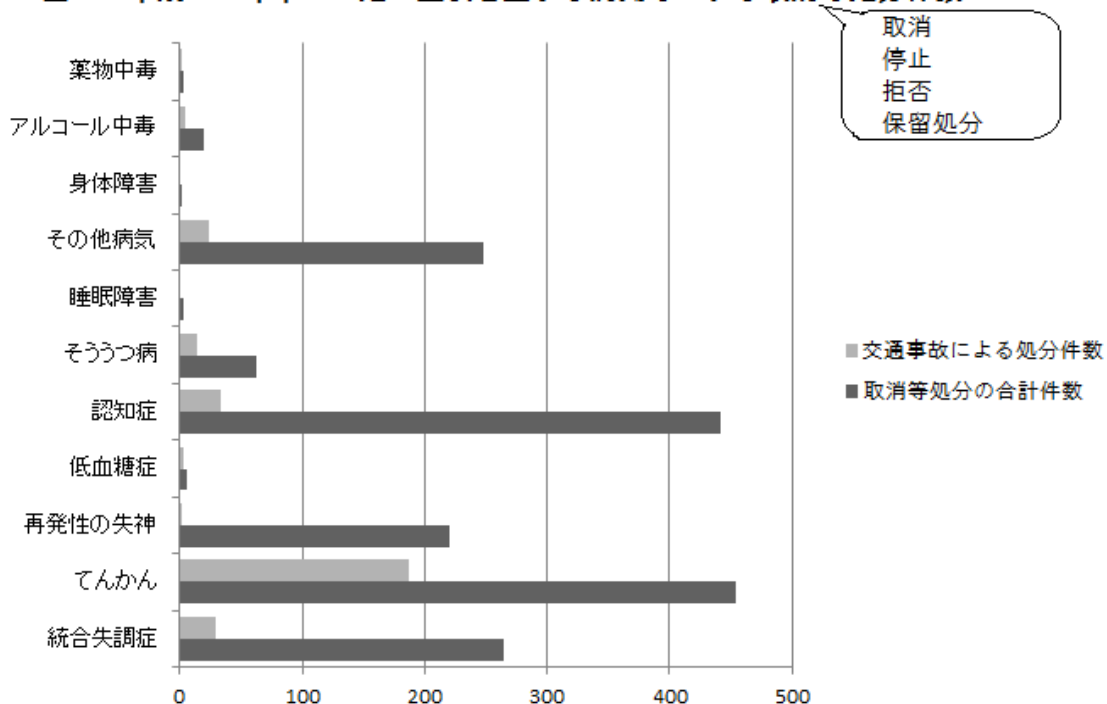
因が考えられる。ドライバの疾患や、疾患に伴う症状も運転に影響を及ぼす要因の1つであるといえる。そこで、脳疾患と交通事故の関連を示すデータと、代表的な脳疾患の詳細を述べる。

2.2 脳疾患と交通事故の関連を示すデータ

警察庁による“一定の症状を呈する病気等に係る運転免許制度の在り方に関する提言”の資料の統計によると、一定の症状を呈する病気等によって免許を取消・停止・拒否・保留のいずれかの処分を受けた件数は合計1,731件（平成23年）であった。上記いずれかの処分を受けた合計件数を比較すると、1. てんかん（454件）、2. 認知症（442件）、3. 統合失調症（265件）、4. その他病気（248件）の順番が多かった。その中で、交通事故によって何らかの行政処分を受けたものの件数を比較すると、1. てんかん（187件）、2. 認知症（33件）、3. 統合失調症（30件）、4. その他病気（24件）の順番が高かった（図3）。しかし、警察庁が交通事故件数等を把握しているものの、詳細な医学的検討に基づく統計ではなく、脳疾患と交通事故の関連性を示す正確なデータを得ることはまだまだ容易ではない³⁾。

次に、運転能力に影響を及ぼす可能性がある疾患の中でも特に多い、てんかん、認知症、統合失調症、脳卒中、睡眠障害、パーキンソン病について詳しく述べる。

図3 平成23年中の一定の症状を呈する病気等による取消等処分件数



2.2.1 てんかんと運転について

てんかんとは：

人の行動は神経細胞活動の興奮と抑制のバランスで成り立っている。興奮は常に伝えられるわけではなく、伝達に抑制がかけられることもある。しかし、何らかの理由で、ある特

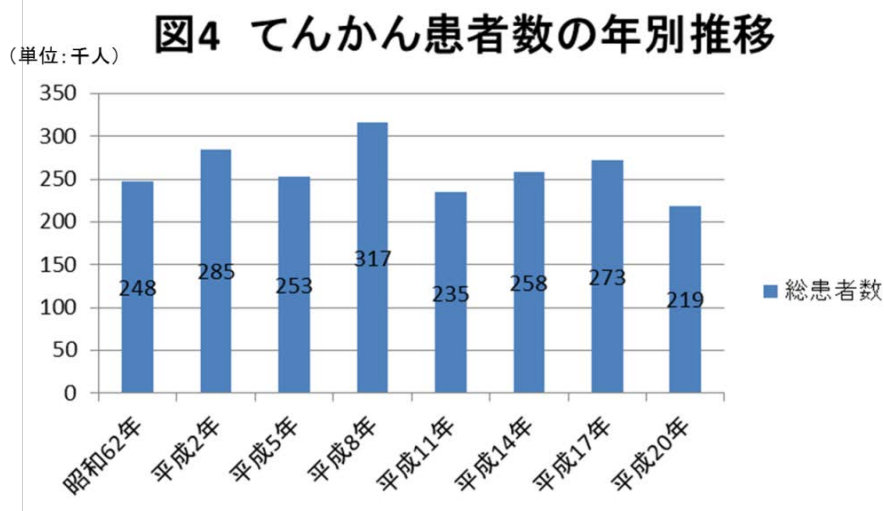
定の神経伝達回路を形成する神経細胞に、抑制がうまくはたらかなくなることがある。神経細胞の過剰興奮は、筋肉の痙攣や異常硬直、意識障害、失神などを引き起こす。このような疾患をてんかんという。

てんかんの発作型について以下の表 1⁴⁾に示す。

表1 てんかんの発作型		
部分発作 (脳の一部に過剰な興奮が起こる)	単純部分発作	意識を失わない発作。 片側の顔面や手足だけの痙攣やしびれ、発汗など
	複雑部分発作	意識を失う発作。 一定の動作を繰り返す自動症などを伴う
全般発作 (脳全体が興奮を引き起こす)	欠神発作	意識を失う発作。 その他の症状を併せ持つ複雑欠神発作もある
	強直発作	体を強ばらせ、手足をつっぱるなどの強直けいれんが 起こるもの
	間代発作	体がガタガタと震える間代痙攣が起こるもの
	強直-間代発作	強直発作に続き、間代発作が起こり、呼吸が 一時的に止まるもの
	ミオクローニー発作	手足や顔面などが一瞬びくりと痙攣するもの
	脱力発作	体の筋肉の緊張が失われるもの

疫学：

有病率：0.4～1.0%，罹患率は、24～190人（一年間人口10万人あたり）で、年齢層は全年齢層にわたる。てんかんの総患者数の推移を図4⁵⁾に示す。欧米の文献によると、てんかん患者が交通事故を起こす率は健常人の1.5～1.95倍との報告がなされていたが、現在は治療が進歩し、健常人と変わらないとの報告もなされている⁶⁾。

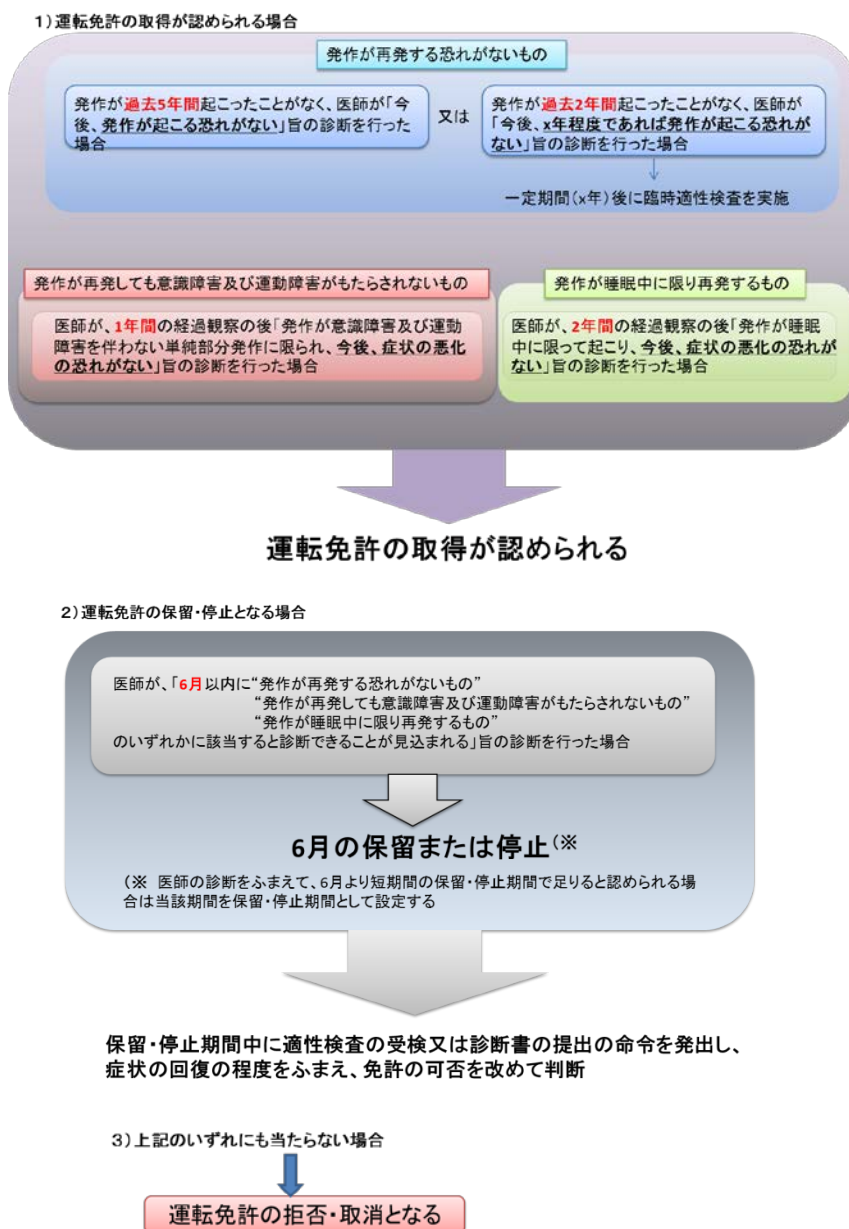


てんかん患者の運転における制限：

てんかんによる交通事故は、まだ記憶にも新しいが、2011年4月18日、栃木県の鹿沼市にて登校中の小学生の列にクレーン車が突っ込み、6人が死亡するという悲惨な事故があった。当時26歳の容疑者の男性は、てんかんを患っており、てんかん発作で意識をなくしたのが事故原因と断定された⁷⁾。図3からも分かるように、交通事故による運転免許取消等処分件数は、他の脳疾患と比較しても圧倒的に多い。てんかんは、病因や発作型から非常に個人差が大きく、てんかんと診断されていてもある一定の条件を満たしていれば免

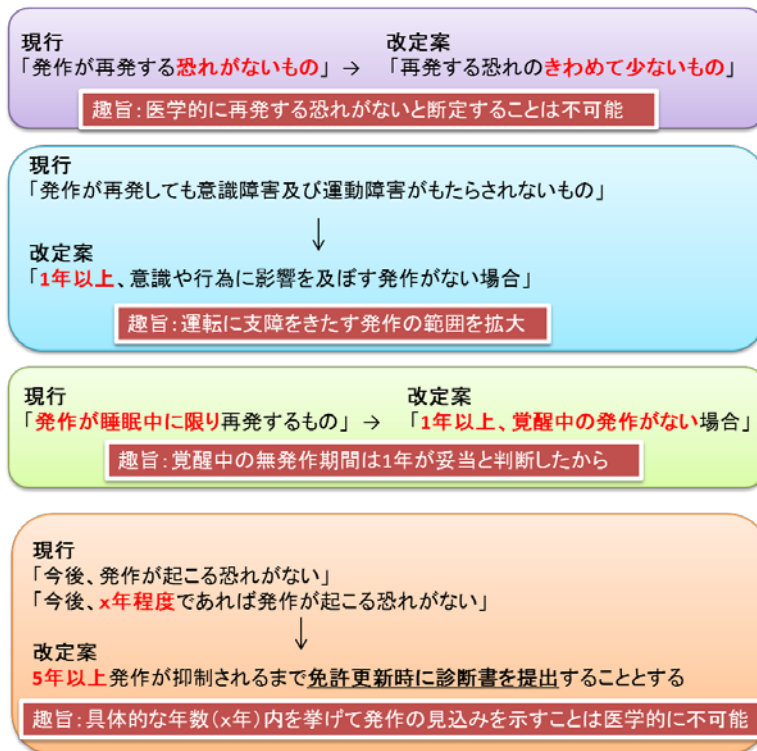
許も取れてしまうのが現状だ。詳しいてんかんの運転適性に関する現行の運用基準については、下記の表²⁾に示す。

表2 てんかんに係る免許の可否等の運用基準（原文を参考に作成）



また、日本てんかん学会において、“てんかんと運転に関する提言 2012”が提案された。(表³⁾) 改定案における主要な4つのポイントをまとめた。(詳しくは、日本てんかん学会のホームページを参照 <http://square.umin.ac.jp/jes/>) しかし、あくまで提案であり、実際の運用には至っていない。事故リスクが低い大部分の人の生活を守りつつ、ごく一部の事故リスクの高い人の潜在化を防ぐことを目的に作成されており、免許を更新する時などの申告率が高まる効果を期待している。

表3 「てんかんと運転に関する提言 2012」の改定案とその趣旨



てんかん患者の運転における注意点：

てんかんの発作型の中でも、複雑部分発作や欠神発作などのような意識障害のあるものには注意が必要である。また、運動障害も運転の妨げになる場合があるので注意が必要である。てんかん患者の内、大体60～70%の患者が薬物治療によって発作は抑制されるが、中でも薬剤抵抗性の難治てんかんで、薬物治療による発作の抑制が難しい患者や、服薬のコンプライアンスが悪い患者、外傷性脳損傷、脳血管障害、脳腫瘍などが原因で、運転免許を取得後ある程度の年数を経てからてんかんになった患者などは、運転に慣れているという自信からリスクを軽視しがちであるので、注意が必要である¹⁰⁾。現在は医療が発展し、薬物治療によって発作が抑えられるようになったが、事故が起こらない可能性はゼロではないので、医師による家族・患者への適切な指導と、運用基準の見直し等の対策が急がれる。

2.2.2 認知症と運転について

認知症とは：

認知症とは、後天的な原因によって正常に発達していた知的能力が低下して、生活に支障が出ている状態をいう。

認知症には、4大認知症（アルツハイマー型認知症、脳血管性認知症、レビー小体型認知症、前頭側頭型認知症）と、その他の認知症（甲状腺機能低下症、脳腫瘍、慢性硬膜下血腫、正常圧水頭症、頭部外傷後遺症等）に大別される。日本人の老年性認知症では、アルツハイマー型認知症が最も多く、およそ半数を占めている。

認知症の症状は初期～末期と、程度によって個人差がある。直前のことも忘れてしまう記憶力障害，“いつ”“どこ”がわからなくなる見当識障害，道筋を立てた思考ができなくなる判断力の低下などは，認知症患者に一般的に現れる中核症状である。それに伴って起こる徘徊や妄想，睡眠障害などは周辺症状と呼ばれ，患者の身体状況や環境によって現れ方が異なる。具体的な認知症症状について表 4¹¹⁾にまとめた。

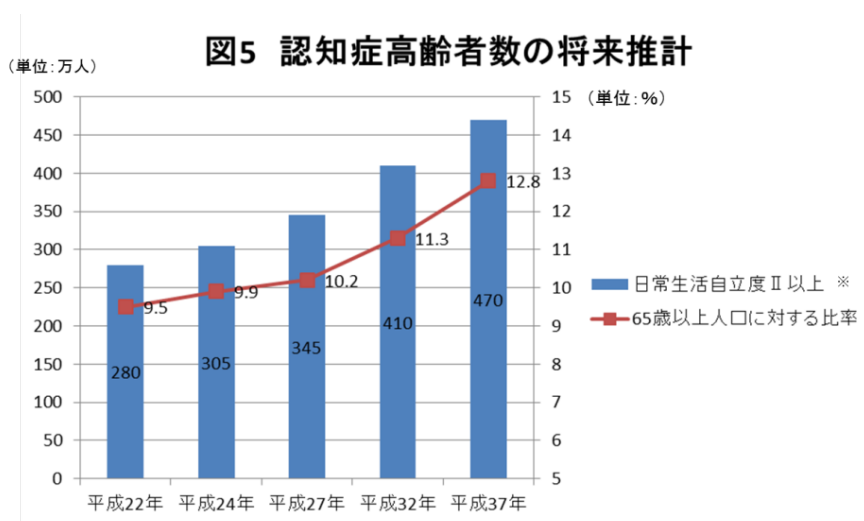
表 4 認知症症状

	初期	中期		末期	
記憶力・知的能力	・紹介されたばかりの人の名前や、見聞きしたばかりのニュースを忘れる	・話は理解できるが、内容を半日後には忘れている ・社会の出来事のつながりがあやふやになる	・聞いた話や体験を30分後には忘れている ・孫の名前を、緊張した場面では思い出せない	・時々配偶者や子供の名前を忘れる ・最近の記憶がほとんどなく、昔の記憶も薄れている	・言語能力をほとんど失う
場所や時間の認識	・日付や曜日を間違える ・初めての場所に行くと迷うことがある	・ひとりで乗り物を利用して外出するのが徐々に難しくなる	・季節がわからなくなる ・迷子になることがある	・今いる場所がわからなくなる ・時々徘徊する	
社会・家庭生活	・新しい作業の習熟が困難になる	・料理など、複雑な作業が困難になったり、効率が悪くなる	・炊事作業をしなくなる ・井戸端会議ができなくなる	・食事・入浴にも援助や介助が必要になる	・日常生活をする上で、全面的に介助が必要になる

疫学：

有病率：およそ 10%（65 歳以上の高齢者）

高齢者の増加に伴い，認知症患者数の増加が予想される。日常生活自立度Ⅱ以上と診断された認知症高齢者数の過去・現在・将来推計を図 5¹²⁾に示す。

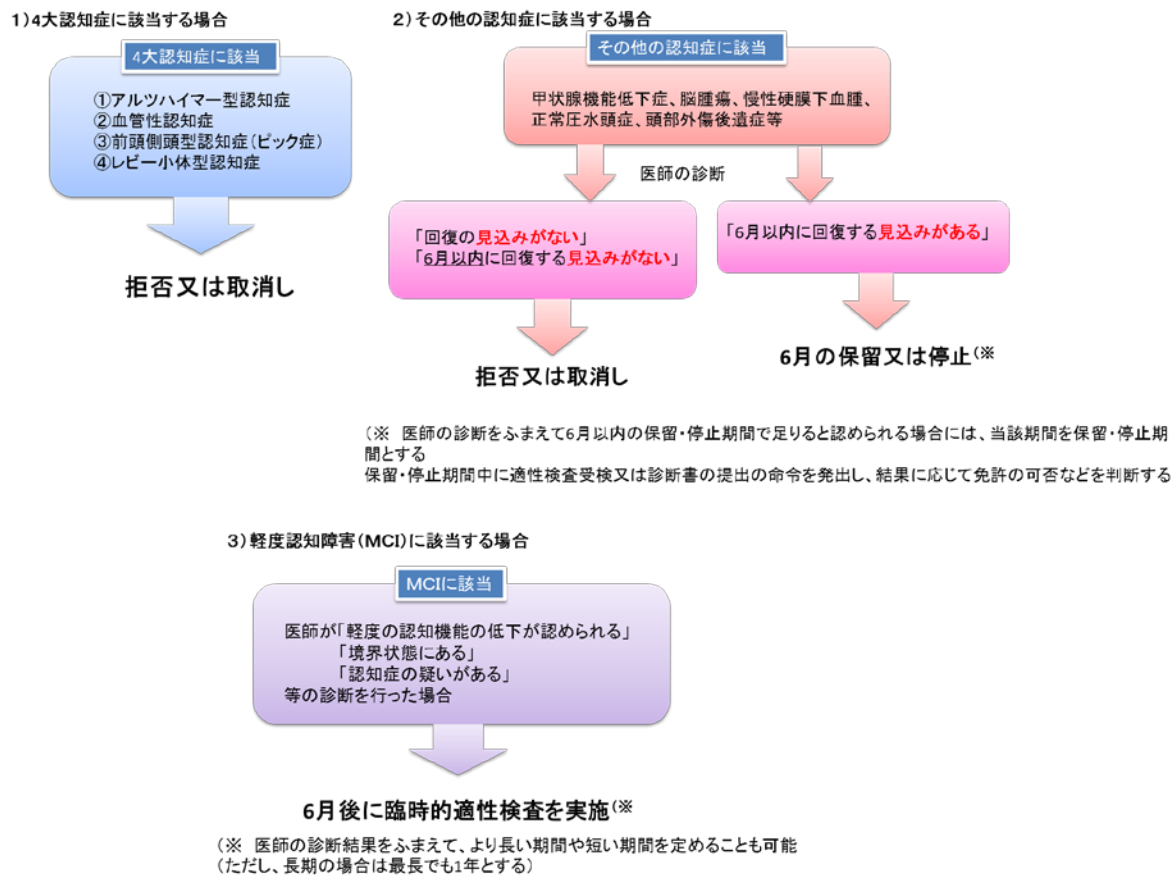


※日常生活自立度Ⅱとは、日常生活に支障を来すような症状・行動や意思疎通の困難さが多少見られても、誰かが注意すれば自立できる状態

認知症患者の運転における制限：

運用基準は，4 大認知症，それ以外の認知症，軽度認知障害（MC I）と，大きく 3 つに分類される。認知症に関する詳しい運用基準は，下記の表 5¹³⁾に示す。

表5 認知症に係る免許の可否等の運用基準（原文を参考に作成）



運用基準からも分かるように、本来であれば重症度に関わらず、4大認知症のいずれかと診断された場合は免許交付の拒否又は取消しの対象であるが、精神科病院外来を受診した60歳以上のドライバ90人とその家族を対象に行われたアンケート調査の結果、アルツハイマー型認知症でも買い物などの目的で毎日30分～1時間程度運転している人が多い、アルツハイマー型認知症の患者本人に運転中止の判断を委ねてしまうと、判断が遅れ事故につながる確率が高い、危険を認識しながらも交通手段がなくやむを得なく運転を続けている患者がいることなどが分かった。

また、京都府域高速道路等立入者・逆走車防止対策連絡協議会によると、平成19年の高速道路への立入者進入理由の中でもおよそ2割の事案が認知症の疑いのあるものによる進入であることが分かった。現在、高速道路における逆走事故でも高齢者の運転が目立ち、認知症や、認知症の疑いがある運転者もいる¹⁴⁾。高速道路での逆走は重大な事故につながるケースが多く、認知症のためか自分の走行していた道路が高速道路であることすら認識していない運転者もいるようで、認知症患者の運転には特に注意が必要だと考えられる。

認知症患者の運転における注意点：

認知症は、様々な認知症症状（中核症状＋周辺症状）が運転に影響を及ぼすと考えられる。主に、運転の支障となるような具体例を表6¹⁵⁾に示す。

表 6 運転の支障となりうる認知症患者の行動例

中核症状	記憶障害	行先を忘れる、車をぶつけたりこまったりした過去の経験を忘れる
	見当識障害	曲がる場所が分からなくなり迷走する
	注意障害	信号を見落とす、人が出てくることに気付かない
	視覚認知障害	見違い(錯視)があると事故を起こしやすくなる
	遂行機能障害	カーナビの操作ができない、予定の経路を通れないとき、次にとるべき行動の判断ができない
周辺症状	失語	事故を起こした際に、状況説明ができない
	幻覚	幻視は危険運転につながる
	妄想	統合失調症に似た妄想がある場合は注意
	脱抑制	自分の目的のみに気をとられ、信号を無視する

認知症の分類の中でも、四大認知症で、中等度以上の症状が認められ、主治医が明らかに運転上の危険があると判断した場合は、運転をやめるように指導すべきである。

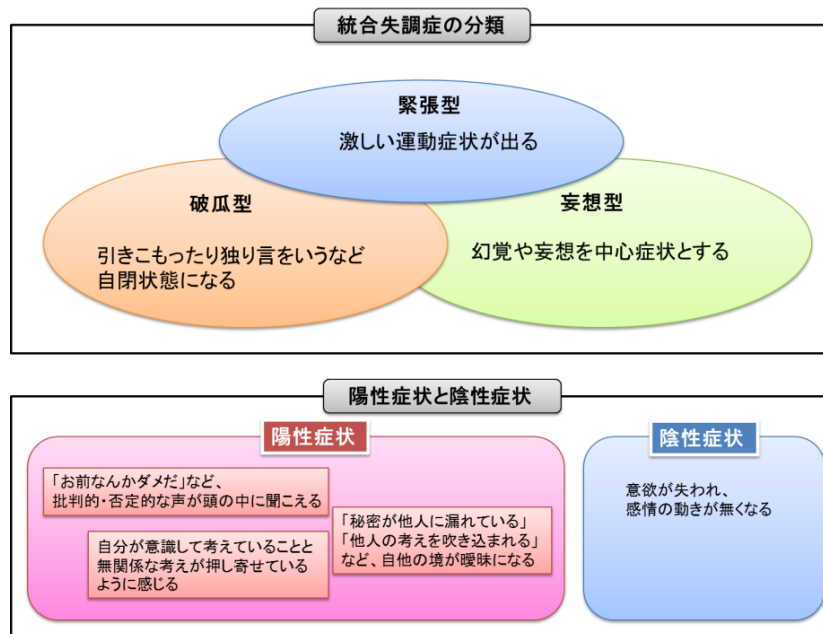
また、認知機能の低下は見られるが認知症とは診断されていない軽度認知障害（MCI）に該当する患者さんでも、事故を起こすリスクは十分にあるので、担当医師は検査などを入念に行い、運転に関する的確な指導を行うべきである。

2.2.3 統合失調症と運転について

統合失調症とは：

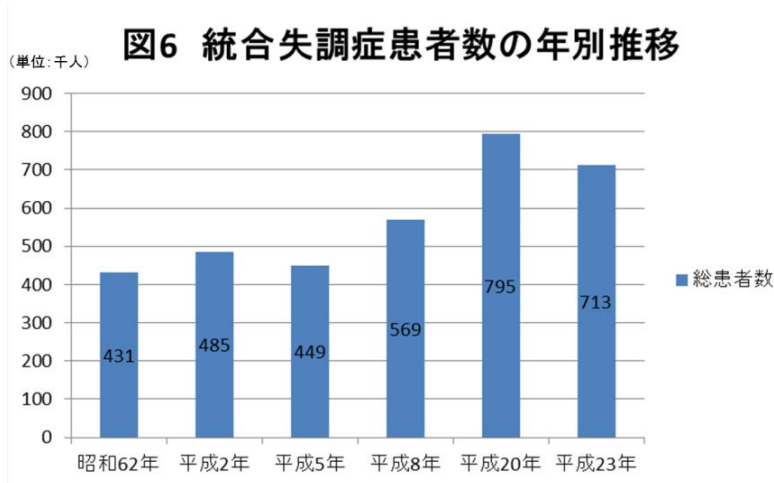
幻覚や妄想に支配されて、一般生活を営むことが困難になる病気。遺伝的な素質を持っている人がストレス状態を経験することで発病するといわれているが、いまだ不明点は多い疾患である。分類と、症状について表 7¹⁶⁾に示す。

表 7 統合失調症の分類と、陽性症状、陰性症状



疫学：

有病率：0.19～1.79%，性差は特いない。図 6¹⁷⁾に統合失調症患者の年別推移を示す。



統合失調症患者における運転の制限：

統合失調症に関する免許の運用基準は、統合失調症、躁鬱病、その他精神障害に係る免許の可否等の運用基準として定められている。現行の運用基準を表8¹⁸⁾に示す。

表8 統合失調症・躁鬱病・その他精神障害に係る免許の可否等の運用基準（原文を参考に作成）

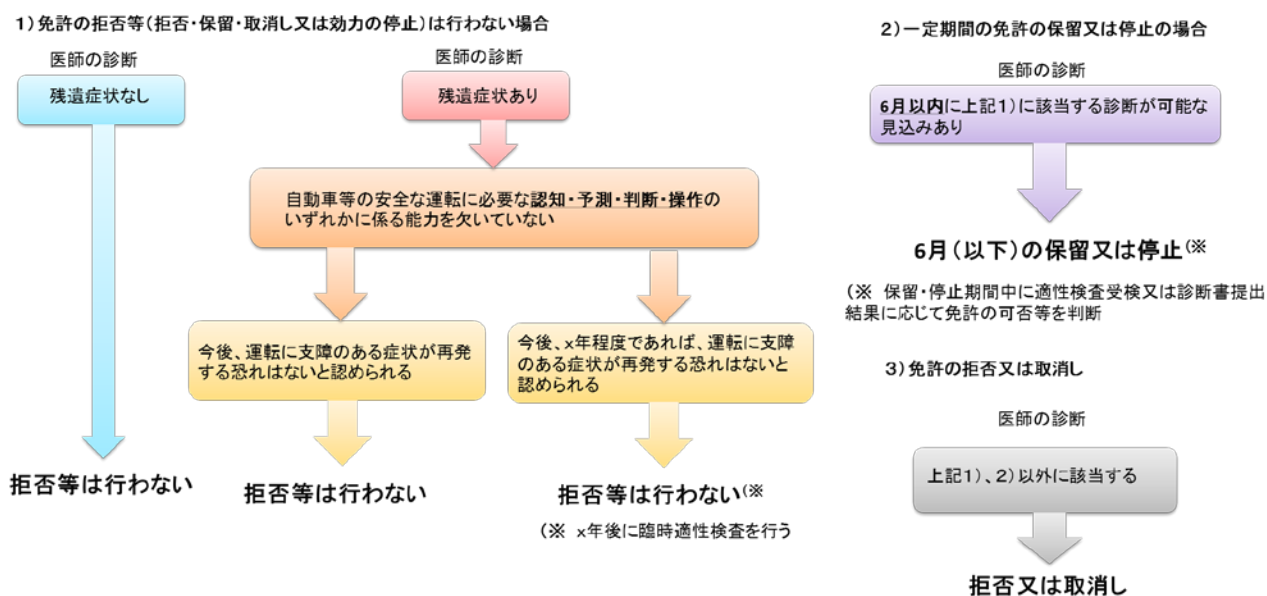


表8からもわかるように、残遺症状があっても一定の条件を満たせば免許取得が可能なのが現状である。てんかんと同様に、予後の再発の可能性や、期間の予測は困難であるため、運用基準の見直しが必要とされる。

統合失調症患者の運転における注意点：

特に、下記の①～④の精神症状が運転の支障となりうる可能性があるため注意が必要と考えられる。

① 幻覚：統合失調症患者では、特に幻聴に注意が必要。幻聴の指示や言葉が、安全な運転

を妨げる場合がある。

- ② **妄想**：統合失調症患者では、世界没落体験（自分の足下が崩れ落ち、世界全体が崩壊してしまうように感じる/妄想する）、誇大妄想（自分は価値の高い人間[高貴、天才]などと思い込む）などの症状に注意が必要。運転中に患者が妄想を起こした場合、安全な運転は困難と思われる。
- ③ **精神運動興奮**：統合失調症患者では、特に急性期に注意が必要。過剰な行動が昂じて、危険な運転をする可能性がある。
- ④ **その他**：爽快気分（躁状態）や抑うつなどの精神症状にも注意が必要。
上記の①～④以外にも、特に統合失調症患者は病識に乏しい傾向があり、「自分は病気ではない。運転できる」と思い込んでしまうことや、不安・焦燥感により、運転に影響を及ぼしたりする。また、服薬中は、眠気などの副作用が運転に影響を及ぼす可能性があるため、服薬のタイミングなどの正確な指導が必要とされる。¹⁹⁾

2.2.4 脳卒中と運転について

脳卒中とは：

急激に発症する脳血管障害を脳血管発作または脳卒中と呼ぶ。脳卒中には大きく3つのタイプがあり、①脳梗塞②脳内出血③クモ膜下出血に分けられる。

- ① **脳梗塞**：栄養や酸素を運ぶ動脈が閉塞または狭窄を起こす。脳梗塞は、アテローム血栓性脳梗塞、心原性脳塞栓、ラクナ梗塞の3つに大きく分けられる。
 - ・**アテローム血栓性脳梗塞**：脳梗塞全体の約4割を占めており、これは動脈硬化などの影響で、脳内の血管が異常に狭くなることで起こる。
 - ・**心原性脳塞栓**：心臓疾患でできた塞栓が脳の血管を詰まらせて起こるもので、大梗塞を起こしやすいと言われている。
 - ・**ラクナ梗塞**：高血圧によって脳内の細い血管に小さな梗塞が起こる。いずれも、脳が虚血状態となり、神経細胞に十分な酸素や栄養が届けられなくなることで、麻痺やしびれなどの神経症状が急激に現れる。虚血により神経細胞が壊死した場合には、その部分の機能が失われるため、さまざまな後遺症が残ることになる。
- ② **脳内出血**：脳内の血管が破れて出血する。脳内出血は長年にわたる高血圧や栄養不足などで血管壁がもろくなると起こりやすい。脳血管の内部にこびりついた異常なたんぱく質で血管がもろくなり、出血する場合もある。出血部位により大きく症状が変わるため、出血部位の特定は治療・リハビリなど、以降の生活に重要である。
- ③ **クモ膜下出血**：クモ膜と軟膜の間にある脳脊髄液内（クモ膜下腔）に出血が起こる。脳動脈瘤の破裂によるものが多く、頭痛、意識障害、片麻痺、失語症などを生じ、死亡率も高い²⁰⁾。

疫学：

脳卒中患者数と、タイプ別患者数の年別推移を以下に示す。（**図7**、**図8**²¹⁾）タイプ別に見ると、脳梗塞が圧倒的に多いのが分かる。

図7 脳卒中患者数の年別推移

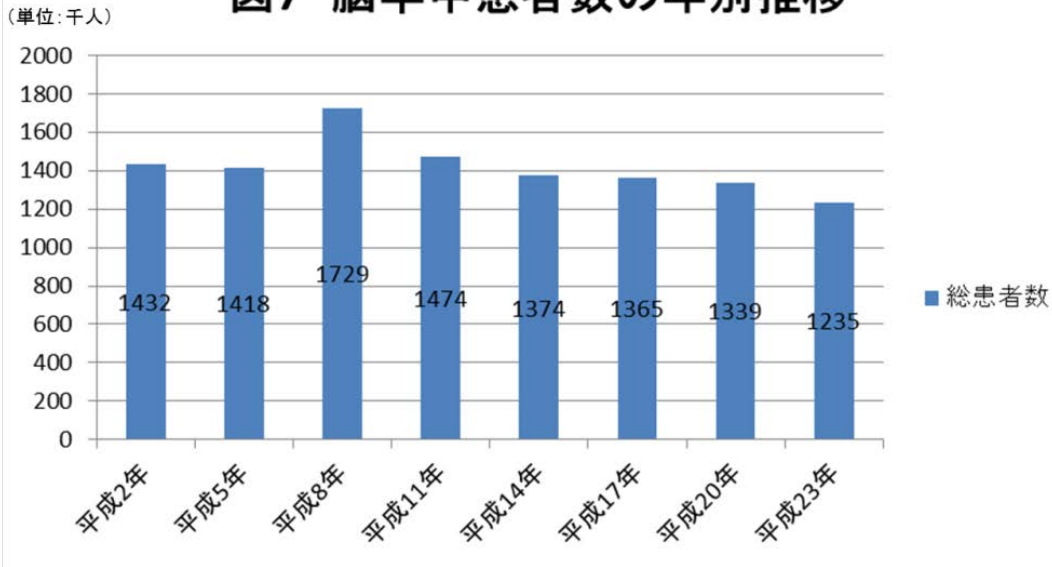
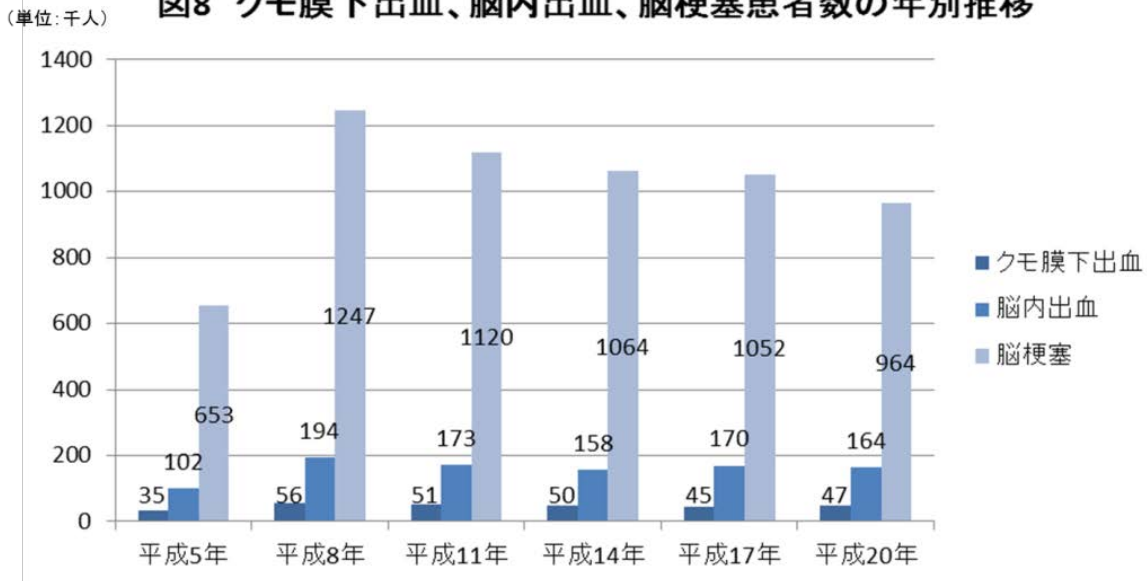


図8 クモ膜下出血、脳内出血、脳梗塞患者数の年別推移



脳卒中患者における運転の制限：

脳卒中患者における運転の可否等に関する基準では、脳卒中で注目されてきた高次脳機能障害についての規定はなく、認知症や運動障害、感覚障害等に相当する場合のみ規定されている。脳卒中に関する詳しい運用基準について表9²²⁾に示す。

表 9 脳卒中に係る免許の可否等の運用基準（原文を参考に作成）

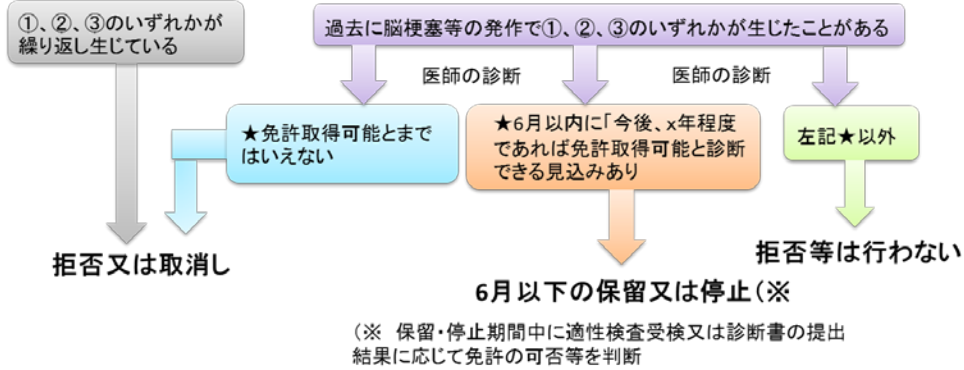
運用基準に記載されている症状

- ①見当識障害・記憶障害・判断障害・注意障害等: 認知症に相当する程度の障害
 - ②運動障害(麻痺)等
 - ③視覚障害(視力障害等)、聴覚障害
- : ②、③は免許の取消事由に検討する程度の障害
③の聴覚障害は1)慢性化した症状のみの記載

1)慢性化した症状

- ① → 「認知症」に係る規定等に準じる
- ② } → ②、③は「身体の障害」に係る規定等に準じる
- ③ }

2)発作により生ずる恐れがある症状



脳卒中患者の運転における注意点：

現在、脳卒中および高次脳機能障害の運転に対する影響を直接示すデータはない。脳卒中の症状は、病巣や損傷の部位と優位半球の関係により、現れ方が異なる（表 10）。

表10 病巣や損傷の部位と優位半球との関係により、現れ方の異なる症状

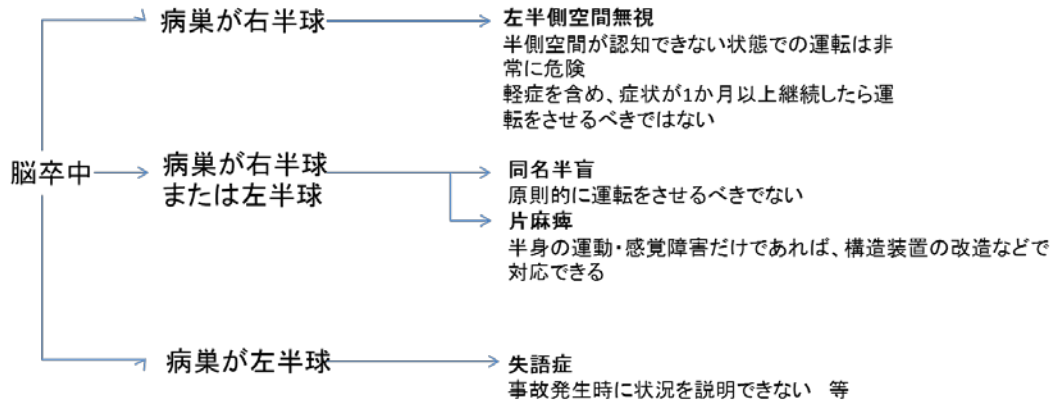


表 10 に示した症状以外に、地誌の見当識障害（見渡せる範囲を超えて屋内外を移動するときに道に迷う症状）などがある。また、損傷される半球の側に限定されず現れる可能性のある症状について表 11 にまとめた。病巣の部位で、特に右半球損傷においては全般的に注意が散漫で持続性に欠け、慣れない道や長時間の運転は難しいため、運転には注意が必要である²³⁾。

表11 損傷される半球の側に限定されず現れる可能性のある症状	
記憶障害	脳卒中中で運転できないほどの健忘を生じることはまれ
注意障害	臨床的に明らかな注意障害がある場合は安全運転が困難
遂行機能障害	2つのことを同時に処理できない、頭の切り替えがうまくいかない、柔軟性を欠くなどの症状が運転に影響する
病識の障害	自分の障害に気付かない、または軽くみる障害。 運転技能に影響のある症状があっても、 本人は意図せずに虚偽の申告をする可能性がある。

2.2.5 睡眠障害と運転について

睡眠障害とは：

睡眠障害とは、睡眠の適切な量・質・リズムの乱れ、睡眠中の異常な行動・運動などが生じる状態で、8 つに分類される。運転に特に影響を及ぼすと考えられているのが、日中に強い眠気が生じる睡眠障害に代表される、閉塞性睡眠時無呼吸症候群やナルコレプシーなどである。多くの場合、重度の眠気の主な原因は、睡眠不足・不規則な睡眠習慣・交代勤務などによる過労であり、睡眠の適正な量と質を保つための指導・アドバイスが必要である。

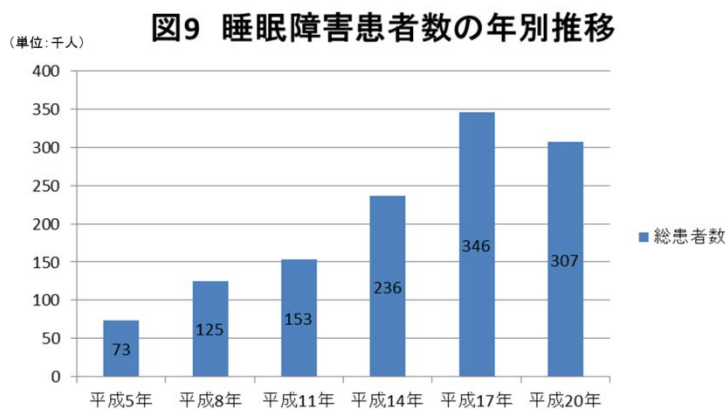
睡眠障害の分類と代表的な疾患を表 12 に示す²⁴⁾。

表12 睡眠障害の分類と代表的な疾患

- ①不眠症・・・精神生理性不眠等
- ②睡眠関連呼吸障害群・・・睡眠時無呼吸症候群等
- ③中枢性過眠症候群・・・ナルコレプシー、特発性過眠症等
- ④概日リズム睡眠障害群・・・睡眠相後退症候群等
- ⑤睡眠時随伴症群・・・レム睡眠行動障害等
- ⑥睡眠関連運動障害群・・・RLS等
- ⑦孤発性の諸症状、正常範囲と思われる異型症状、未解決の諸問題
- ⑧その他の睡眠障害

疫学：

重度の眠気を呈する睡眠障害は多岐にわたるので、罹患者数などの統計はない。睡眠障害患者数の年別推移を図 9²⁵⁾ に示す。



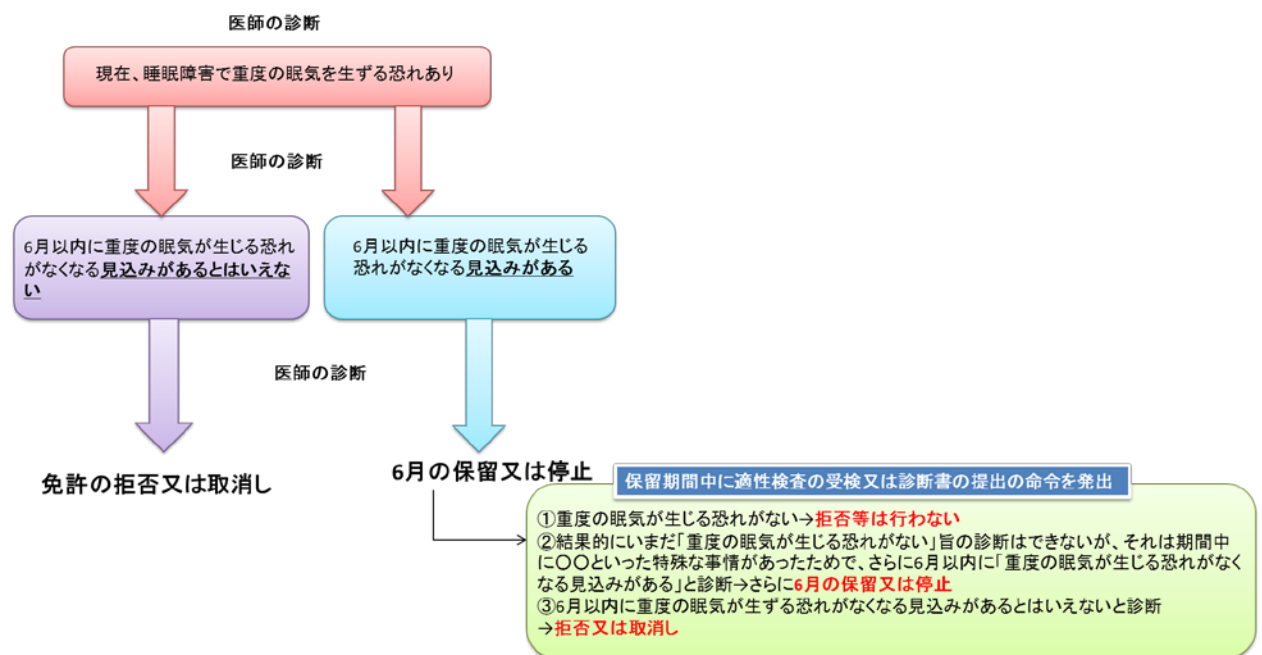
睡眠障害患者における運転の制限：

睡眠障害による事故などは、ニュースでも見かけたことがあるだろう。記憶に新しいの

は、2005年の名神高速道路で7人の死者が出た多重衝突事故で、弁護人が鑑定を求めた結果、睡眠時無呼吸症候群であったことが判明した。その他にも、睡眠時無呼吸症候群などの重度の眠気を呈する睡眠障害による事故は多々ある²⁶⁾。また、日中に強い眠気が生じる睡眠障害（睡眠関連呼吸障害群、中枢性過眠症群など）をもつドライバーは、健常人のドライバーに比べて事故リスクが1.5～4倍高いと言われている²⁷⁾。

「重度の眠気の症状を呈する睡眠障害」に関する運用基準を表13²⁸⁾に示す。

表13 重度の眠気の症状を呈する睡眠障害に係る免許の可否等の運用基準（原文を参考に作成）



睡眠障害患者の運転における注意点：

睡眠障害患者の場合、重要になってくるのは「重度の眠気」を出発点に原因を探ることが先決である。解明後、原因に応じた治療や指導・アドバイスを行う必要がある。睡眠障害患者の特徴として、眠気を感じる前に眠りに陥ってしまうことがある。それが運転中の強い眠気として現れると事故につながる可能性がある。眠気の原因解明のために夜間睡眠検査と眠気を測る検査を実施し、原因が何かを突き止め、治療・指導・運転に関するアドバイスを行う。また、治療への反応が不良な最重症の睡眠障害患者（睡眠発作が抑えられない、常に眠気にさらされている、など）は、特に運転には注意が必要である²⁹⁾。

2.2.6 パーキンソン病と運転について

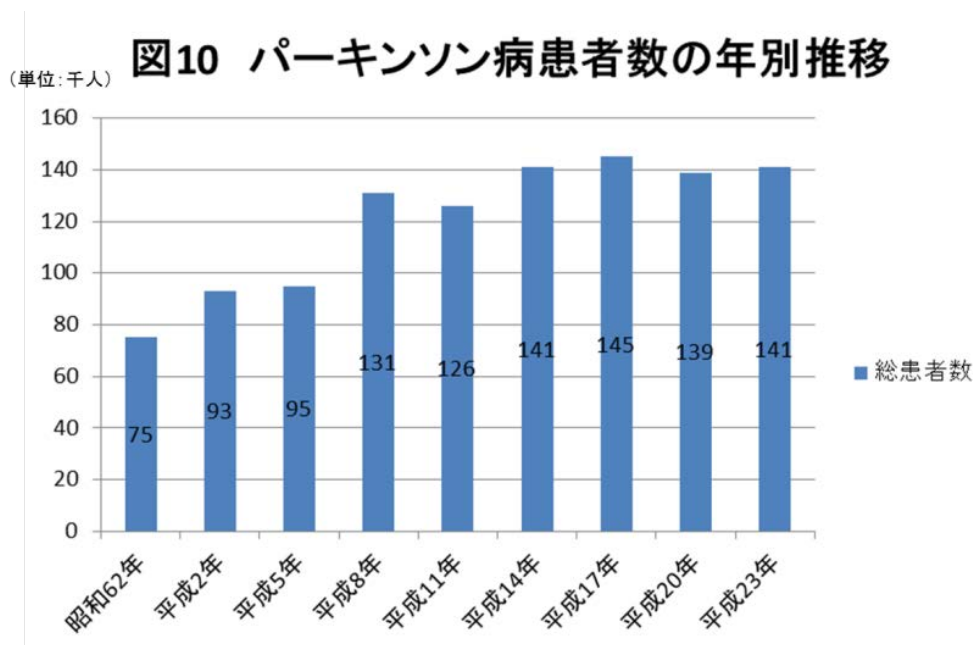
パーキンソン病とは：

パーキンソン病は、神経伝達物質ドーパミンの不足によって、様々な運動障害が引き起こされる疾患である。パーキンソン病の代表的な症状である4大徴候を表14³⁰⁾に示した。これらの運動障害を中心に、便秘や発汗などの自律神経症状も見られる。

表14 パーキンソン病の4大徴候	
静止時震戦	何もしていないときに手足が震える
筋強剛	肘など、関節にギコギコした感じがある(歯車現象)
無動・寡動	無駄な動作が少なく、表情に動きがない(仮面様顔貌)
姿勢と歩行障害	前のめりでちょこちょこした特徴的な歩き方

疫学：

平成 23 年度の患者調査では、国内のパーキンソン病患者数は 141 千人である。パーキンソン病患者数の年別推移を図 10³¹⁾ に示す。



パーキンソン病患者における運転の制限：

現在、パーキンソン病に係る免許の可否等の運用基準は定められていない。しかし、パーキンソン病の症状は、運動障害（4 大徴候）に加え、認知機能障害などの症状も見られるため、運転に影響を及ぼす可能性は十分に考えられる。特に注意が必要なのは、治療薬の副作用で突発性睡眠や傾眠などの症状が出ることもある。こういった副作用を経験した患者においては、運転など控えた方がよいとされる³²⁾。パーキンソン病患者が安全に運転できるようにするためにも、今後、細かく規定された運用基準の作成も視野に入れるべきである。

パーキンソン病患者の運転における注意点：

パーキンソン病患者が運転を希望した場合には、まず最初に運動機能と認知機能について評価する。運動障害と認知機能障害の 2 つに分けて、表 15³³⁾にそれぞれ具体例を示した。

表 15 運動障害・認知機能障害の具体例

運動障害	認知機能障害
<p style="text-align: center;">運動障害</p> <p>◎ハンドルを90度切るべきところで、45度程度までしかきれず、止まってしまったりぶつかったりする ◎ハンドルを切った後、手を緩めてハンドルを自然に戻すことができず、曲がりすぎてしまう 等</p> <p style="text-align: center;">2つの異なる動作の遂行障害</p> <p>◎ウインカーを意識するとブレーキが踏めない 等</p> <p style="text-align: center;">動作緩慢</p> <p>◎基本的なハンドル操作が遅い ◎アクセルからブレーキへの足の移動が遅い、または動作の途中で動かなくなる ◎ハンドルの切り返し動作ができない 等</p>	<p style="text-align: center;">周辺視野内の把握能力の低下</p> <p>◎視野が狭いだけでなく、注意障害が原因の可能性あり</p> <p style="text-align: center;">認知症に類似した認知機能の低下</p> <p>◎目的地までの行き方が分からない ◎集中力が途切れた時に事故を起こしがち 等</p> <p style="text-align: center;">視覚認知障害・幻覚</p> <p>◎錯視や、幻視は危険な運転につながる</p>

表 15 以外にも、病識がない患者や、治療薬によって副作用（脱抑制性の精神障害・突発性睡眠・傾眠等）が出る患者については運転を避けるよう指導すべきである。

2.2.7 まとめ

以上、運転に影響を及ぼすと考えられる主な脳疾患について述べてきた。道路交通法にて定められている一定の病気等に該当する人は、それぞれの疾患に関する運用基準に従って運転免許交付の可否等が判断されるが、疾患によって非常に詳しく規定されているものから非常にあやふやな言葉で規定されているものまで、内容についてはまだまだ見直さなければならないポイントが多々ある。パーキンソン病においては、他の脳疾患同様、運動障害や認知障害があるにも関わらず、現在運用基準は設けられていない。一刻も早く、運用基準を作成する必要がある。

また、運用基準が定められているにも関わらず、コンプライアンスの悪い患者がいるのもまた事実である。この点においては、適切な医師の指導、家族の理解・協力、患者の理解を得ることなどが大切になってくる。しかし、地方部など公共交通が整備されておらず、自動車しか移動手段がないようなところでは、ちょっとだけ運転する位なら大丈夫だろう、という軽視した考えが事故につながる可能性も十分にある。

まだまだ運転と疾患に関するデータは不十分なため、今後も更にデータを集め、運転と疾患の関連性を調査し、運転に影響を及ぼすと考えられている疾患を持った患者が安全に運転できる、または運転しなくても便利な環境を一刻も早く整えるべきである。

参考文献

- 1) 警察庁交通局運転免許課「運転免許統計平成 23 年版」, p1 (2011)
- 2) 高知県警察本部交通企画課「平成 24 年 [上半期] 交通事故の実態」, p1 (2012)
- 3) 警察庁「一定の症状を呈する病気等に係る運転免許制度の在り方に関する提言」一定の病気等に係る運転免許制度の在り方に関する有識者検討会, p27 資料 3 (2012)

- 4) 岩田誠監修「プロが教える脳のすべてがわかる本」株式会社ナツメ社, pp. 234～235 (2011)
- 5) 厚生労働省「平成 20 年患者調査 (傷病分類編)」(2008)
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/kanja/10syoubu/suihyo20.html#03>
- 6) 株式会社 Medical Tribune「CNS today」『CNS 疾患と自動車運転』Vol. 3 No. 1, p8 (2013)
- 7) 47NEWS「捜査資料にてんかん疑い示すメモ, 3 年前, クレーン車事故」(2011)
<http://www.47news.jp/CN/201105/CN2011050601000949.html>
- 8) 株式会社 Medical Tribune「CNS today」『CNS 疾患と自動車運転』Vol. 3 No. 1, p26 (2013)
- 9) 株式会社 Medical Tribune「CNS today」『CNS 疾患と自動車運転』Vol. 3 No. 1, p8 (2013)
- 10) 株式会社 Medical Tribune「CNS today」『CNS 疾患と自動車運転』Vol. 3 No. 1, p9 (2013)
- 11) 岩田誠監修「プロが教える脳のすべてがわかる本」株式会社ナツメ社, pp. 220～221 (2011)
- 12) 日本生活習慣病予防協会「認知症が急増 65 歳以上の 1 割 厚労省推計」(2013)
<http://www.seikatsusyukanbyo.com/calendar/2012/002135.php>
- 13) 株式会社 Medical Tribune「CNS today」『CNS 疾患と自動車運転』Vol. 3 No. 1 2013, p27 (2013)
- 14) 高速道路調査会「高速道路と自動車」第 51 巻 1 号, p51 (2008)
- 15) 株式会社 Medical Tribune「CNS today」『CNS 疾患と自動車運転』Vol. 3 No. 1 2013, p11 (2013)
- 16) 岩田誠監修「プロが教える脳のすべてがわかる本」株式会社ナツメ社, p230 (2011)
- 17) 厚生労働省「平成 20 年患者調査 (傷病分類編)」(2008)
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/kanja/10syoubu/suihyo18.html>
- 18) 株式会社 Medical Tribune「CNS today」『CNS 疾患と自動車運転』Vol. 3 No. 1 2013, p26 (2013)
- 19) 株式会社 Medical Tribune「CNS today」『CNS 疾患と自動車運転』Vol. 3 No. 1 2013, p19 (2013)
- 20) 岩田誠監修「プロが教える脳のすべてがわかる本」株式会社ナツメ社, pp. 236-239 (2011)
- 21) 厚生労働省「平成 20 年患者調査 (傷病分類編)」(2008)
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/kanja/10syoubu/suihyo26.html#05>
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/kanja/10syoubu/suihyo27.html>
- 22) 株式会社 Medical Tribune「CNS today」『CNS 疾患と自動車運転』Vol. 3 No. 1 2013, p27 (2013)
- 23) 株式会社 Medical Tribune「CNS today」『CNS 疾患と自動車運転』Vol. 3 No. 1 2013, p14 (2013)
- 24) 株式会社 Medical Tribune「CNS today」『CNS 疾患と自動車運転』Vol. 3 No. 1, p20 (2013)
- 25) 厚生労働省「平成 20 年患者調査 (傷病分類編)」(2008)
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/kanja/10syoubu/suihyo20.html#05>
- 26) 菊岡内科医院「SAS による事故」

<http://homepage3.nifty.com/kikuokahospital/sub9.html>

- 27) 株式会社 Medical Tribune 「CNS today」『CNS 疾患と自動車運転』Vol.3 No.1 2013, p20 (2013)
- 28) 株式会社 Medical Tribune 「CNS today」『CNS 疾患と自動車運転』Vol.3 No.1 2013, p27 (2013)
- 29) 株式会社 Medical Tribune「CNS today」『CNS 疾患と自動車運転』Vol.3 No.1, p21 (2013)
- 30) 岩田誠監修「プロが教える脳のすべてがわかる本」株式会社ナツメ社, pp224-225 (2011)
- 31) 厚生労働省 「平成 20 年患者調査（傷病分類編）」 (2008)
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/kanja/10syoubyo/suiihyo19.html#07>
- 32) 株式会社 Medical Tribune「CNS today」『CNS 疾患と自動車運転』Vol.3 No.1, p16 (2013)
- 33) 株式会社 Medical Tribune 「CNS today」『CNS 疾患と自動車運転』Vol.3 No.1, pp. 16-17 (2013)

第3章 白質病変と運転

3.1 大脳白質病変と警察庁方式 CRT 運転適性検査との関連について

3.1.1 はじめに

白質病変は、中高年者に高頻度に認められ、加齢や高血圧などの動脈硬化性疾患と関連していることが知られている¹⁾。白質病変は加齢とともに増大するが、高齢者において広範囲に広がる白質病変は脳血管障害や高次脳機能障害の危険因子として知られている²⁾。一方、健常中高年者の軽度な白質病変の病的意義はほとんど報告されていない。近年はMRI診断能力が向上し微細な白質病変をも診断できるようになっている。研究代表者らは、健常中高年者の20%以上に白質病変は認められ、特に軽度な白質病変においても動脈硬化性疾患の予備群であるメタボリック症候群と有意の高い関連性があり^{3),4)}、さらに、軽度な白質病変でも両側性に存在すれば、視覚情報処理能力や注意機能の反応速度が有意に低下することを報告した^{5),6),7)}。白質病変によるこれらの高次脳機能低下が、白質病変ドライバと交通事故との因果関係を説明するものと推察されるが、警察行政や自動車学校等で導入されている運転適性検査に対して、白質病変がおよぼす影響は調べられていない。今回、脳ドック受診を対象に、警察庁方式 CRT 運転適性検査のアクセル・ブレーキ反応検査結果と白質病変との関連性を調べた。

3.1.2 研究対象・方法

平成23年5月から9月まで、高知検診クリニック脳ドックセンターで脳ドック検診を受けた健常中高年者1150名（男性642名、女性508名、平均年齢52.1±8.9歳）に対して、十分なインフォームド・コンセントと同意のもとに脳ドックの高次脳機能検査の一環として CRT 運転適性検査（アクセル・ブレーキ検査）を施行した。アクセル・ブレーキ検査は、無作為な時間間隔および無作為な順序で示される円状の青色、黄色、赤色の刺激に対して、右足のみで反応動作を行い（青色はアクセルペダルを踏み続け、黄色はアクセルペダルを離し、赤色はブレーキペダルに踏み替える動作を計50回施行）、選択的反応動作の速さ、反応むら、反応動作の正確さを測定する検査である。大脳白質病変の診断とグレード評価は、MRI（日立メディコ ECHOLON Vega 1.5T）の T1 強調画像・T2 強調画像・フレア画像を用いて、専門医によって行われた。白質病変グレードは、1) 全く無し、2) 大脳半球の片側のみ存在、3) 大脳半球の両側に存在の3段階にグレード（LA0・LA1・LA2）分類した。

3.1.3 結果

白質病変の割合では、LA0は876名、LA1は75名、LA2は199名であり、白質病変は全体の23.7%であった。アクセル・ブレーキ検査では、表1の4検査項目について調べた。4検査項目とも、白質病変有無に対して t 検定を行うと5%以下で有意の関連性を示した。

因みに、平均反応は、アクセルを離すまでの時間とアクセルを離してからブレーキを踏むまでの時間の和の平均値である。反応幅は、アクセルを離すまでの時間とアクセルを離してからブレーキを踏むまでの時間の和の最大値と最小値の差である。変動率は、100X 標

標準偏差／平均値である。

表 1

	白質病変なし	白質病変あり	<i>P</i>
誤反応数	1.86±1.74	2.42±2.14	0.000
平均反応	831±143	854±144	0.034
反応幅	447±233	518±318	0.004
変動率	16.18±7.60	19.73±8.73	0.013

見落としや間違えた誤反応数は3を、平均反応、反応幅、変動率はROC曲線から各々840、400、15をカットオフ値にして、白質病変の有無とのオッズ比を求めると、誤反応数と変動率のみが有意であった。誤反応数では、オッズ比1.530（95%信頼区間；1.094-2.140，有意確率0.013）であり、変動率では、オッズ比1.348（95%信頼区間；0.991-1.834，有意確率0.013）であった。白質病変をブレード別に多変量ロジスティック解析を行うと表2に示す通りに、誤反応数と変動率のみが有意であった。

表 2

	白質病変 グレード	調整 オッズ比	95% 信頼区間	<i>P</i>
誤反応数	LA0	(-)		
	LA1	1.77	1.021-3.068	0.042
	LA2	1.44	0.979-2.125	0.064
変動率	LA0	(-)		
	LA1	0.86	0.530-1.386	0.529
	LA2	1.37	0.994-1.889	0.054

誤反応数では、LA2で有意性がやや低下し、片側・両側で評価した白質病変の広がりとは関連性は低いと推測される。また、変動率ではLA1では有意でなく、LA2で有意性が示された。

3.1.4 考察

自動車安全運転には、周囲の交通状況を認知し、その状況に応じた判断、さらにはアクセルやブレーキ・ハンドルといった一連の運転操作を行う高次の脳機能である遂行機能が大きいに関わっていると考えられている。今回の研究対象となったCRT運転適性検査のうちのアクセル・ブレーキ検査は青・黄・赤の3刺激選択反応であり、単純かつ簡便に遂行機能の正確さ、速さ、反応むら进行评估できる。白質病変があると、誤反応数が3以上の割合

が有意に高いことが示されたが、平均反応では白質病変とは関連性は無かった。しかしながら、変動率で表される反応むらが有意に大きいことが示された。反応むらでは、片側病変では有意でなく、両側病変で有意となったが、先行研究では両側の白質病変で交差点での衝突事故が有意に高いことが報告されている。すなわち、誤反応に反応むらが加算される両側病変が、交通事故ハザードの境界点になる可能性が示唆される。本研究のように、脳ドック診療中に診断医師が確認する事故歴アンケート調査は、非常に信憑性の高いアンケート調査であると考えているが、交差点での衝突事故の頻度はおおよそ 1%前後となっている。今後は、サンプル数を増やして事故歴との照合も併せて行う予定である。

3.1.5 結語

健常中高年ドライバ 1150 名を対象に、警察庁方式 CRT 運転適性検査（アクセル・ブレーキ反応検査）結果と大脳皮質下白質病変との関連性を解析した。アクセル・ブレーキ反応検査では、誤反応数ならび変動率が白質病変と有意に関連した。白質病変が交通事故ハザードになりうる可能性が示唆された。

3.2 大脳白質病変とハンドル角の振れの解析（ステアリングエントロピー法）

3.2.1 はじめに

カーナビゲーションシステムの様な車内に設置された運転支援システムに関しては運転手の前方視野を確保するために、音声によるものが主流である。しかし、脳内で音声情報を処理する際に、視覚情報の処理などにも影響を与えることが知られている⁹⁾。また、3.1 で報告したように、白質病変と信号の見逃し率ならび反応速度の変動率の有意の上昇、即ち白質病変と前頭葉機能の低下の関連性がある。

本研究では、年齢以外のドライバ属性を考える上で、MRI (Magnetic Resonance Imaging) データによってドライバの脳組織変化を定量化分類し、白質病変がある人と白質病変がない人を研究対象とし、白質病変の程度によって運転行動に与える影響を実車実験により調べた。

3.2.2 研究対象・方法

3.2.2.1 実験協力者

高齢者の中でも、運転能力の低下の度合いには個人差がある。本研究では白質病変に着目する。今回我々は、日本脳ドック学会ガイドラインに準拠して、白質病変を 5 段階のグレードに (G0, G1, G2, G3, G4) 分類した。G1 は片側病変であり、G2 から両側病変となる。脳ドック受診者の中から MRI 画像により、白質病変の進行度を調べた。高齢者の白質病変 G0 の人 4 名、その対象群同世代で白質病変 G2 の人 8 名、および 20 代の G0 の人 4 名、計 16 名の人を実験協力者に選んだ。実験協力者は全員男性である。なお、実験協力者に対しては、実験を行う前に、十分な事前説明を行った後に、実験参加への同意を書面にて得ている。実験協力者の情報を表 1 に示す。16 名の実験協力者を 8 名ずつ 2 回に分けて実験を行った。

3.2.2.2 走行コース

実車実験は、高知県警察本部交通部運転免許センター内で行われた。図1は運転免許センターコースの全体図である。この中に、第1回目実験で使った走行コースを赤い矢印で示す。START から始め、矢印に従って運転し、END に戻るとコースの一周である。ここで、高齢ドライバーによる事故が多いと言われている右折、一時停止、優先通行、交差点を含むようにコースを設定している¹²⁾。なお、中央にある片側2車線道路同士の交差点には、信号機が設置されている。また、速度制限を設け、直線部分の速度は30km/hとした。

Table 1 Properties of the Subjects.

ID	Age	Grade	Driving frequency (Times/month)
1	24	G0	2
2	24	G0	2
3	23	G0	30
4	24	G0	2
5	51	G0	8-12
6	59	G2	30
7	55	G2	30
8	63	G0	30
9	63	G0	30
10	67	G2	3
11	63	G2	28
12	64	G2	30
13	65	G2	30
14	74	G0	30
15	78	G2	30
16	73	G2	30

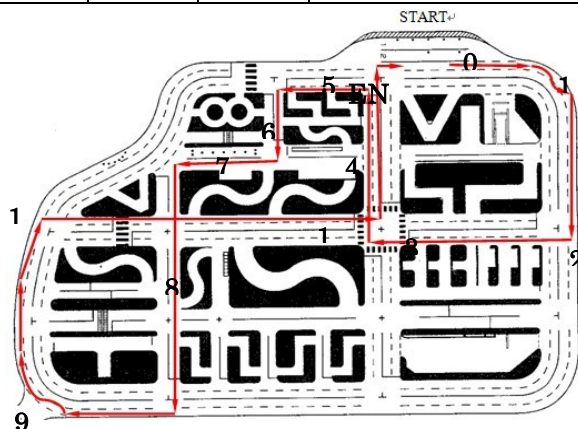


Fig.1 Driving Course.

実験時は、2車線の道路においては、左側を通行するよう実験協力者に指示する。また、実験協力者全員は、「場所1から曲がったら、左車線から右車線に車線変更し、場所2から曲がったらそのまま右車線に入り、場所9のカーブ後に左車線から右車線に車線変更するよう」運転試験教官から説明を受けた。実験協力者に走行コースを知らせるために、目印としてパイロンをコースに置いた。図2に交差点を通過した時の様子を示す。



Fig.2 Experimental Scene.

3.2.2.3 音声課題

本研究では、音声刺激が運転行動への影響を調べるために、PASAT (Paced Auditory Serial Addition Test) という音声負荷を用いた。PASATとは、図3に示す通り、音声による作業であり、音声で一桁の数字が連続的に提示され、数字を聞いた直後に先に聞いた数字と加算して解答する作業である。数字は3秒ごと (PASAT-3)、もしくは2秒ごと (PASAT-2) に提示され、注意散漫を誘導する効果がある¹³⁾。

ただし、予備実験を行ったところ高齢者にとって、運転中の課題としては難易度が高く、途中で諦める傾向が見られた。そこで、本研究では高齢者に対して負荷が大きくなりすぎないように解答が一桁になるように調整して提示した。

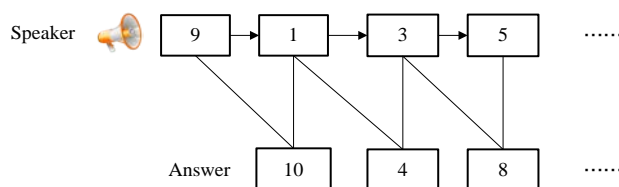


Fig.3 Flow of PASAT

この2回の実験の実施法について述べる。最初に、設定されたコースにPASAT無、有で一週ずつ走行練習をしてもらい、その後、試験に入り、PASAT無 → PASAT有 → PASAT無 → PASAT有の順で合計4週の走行をしてもらうことにした。ここで、PASAT音声課題

は 3 秒ごとにランダムに数字が発声され (PASAT-3), 車内オーディオで放送した。コース内の信号機は, 予め設定された時間間隔で点灯させる。

3.2.2.4 DVC 検査

運転行動と認知能力の相関を調べるために, 実験協力者全員に DVC 検査を行った。DVC (Dynamic Vigilance Checker) 検査とは, 追跡課題と突発課題二つの課題が含まれている動体認知能力を測定する手法である。

追跡課題とは, 移動しながら変化している車や人の状況を見極めて判断する検査であり, 突発課題とは, 突然飛び出してくる車や人に早く, 正確に発見できるかの検査である。前者は, 一辺が欠けた八角形がパソコンの画面に移動しながら変化し, この図形が完全な八角形になったと判断した時に手元のボタンを押し, 後者は何もないパソコンの画面上に一辺欠けた八角形, あるいは完全な八角形が突然現れ, 画面上の図形が完全な八角形である時のみにボタンを押し試験である。

3.2.2.5 計測項目

自動車運転中のドライバの状態の計測手法としては各種のイベントによる主観的評価と, 作業成績や生体信号による客観的評価の 2 種類に大きく分けられる。さらに作業成績には, 車線内の横位置変動や車速変動, ステアリングエントロピー法によるメインタスクの成績測定と, 暗算課題や音声などの各種刺激への反応課題などのサブタスクの成績測定の 2 種類の方法に分けられる¹⁴⁾。生体計測法は実験協力者に実験を認識させてしまう。そこで, 実際の車を運転している状態に実験環境を近づけるため, 本研究では, 「作業成績」「車両状態量」の二つを取り上げる。以下に各回実験の計測項目について述べる。

3.2.2.6 作業成績

運転を正確に行っているかを調べるために, 実際の運転試験を担当している高知県警の運転試験教官に採点表に従って運転技能の採点を行って頂いた。採点は, 運転技能の各項目について, 運転ミス大きさによってそれぞれ 4, 2, 1 点をつける。また, 重大な運転ミスは別途記載した。なお, 運転ミスを起こした場所も記録するようにしている。採点基準は被験者によって差が生じないようにしているが, 基準そのものは本実験用に作成したものであり, 実際の運転免許試験等で用いられているものとは必ずしも一致しない。

3.2.2.7 車両状態量

走行中の操舵角を解析することで程度の異なる白質病変ドライバの運転特性を調べることとした。第 1 回目の実験では, 図 4 に示している株式会社日立オートパーツ&サービス製の日立ダイアグモニタ HDM-3000 (Controller Area Network-CAN) を使用した。これは自動車故障診断ツールとして用いられ, エンジン情報や運転情報などを計測することができる。第 2 回目の実験では, 図 5 に示している株式会社 ATR-Sensetech が開発したオブジェ (Objet) を使用した。実験で使用したセンサは 6 軸加速度センサであり, X, Y, Z

軸の加速度と、X, Y, Z軸の角速度を計測することができる。実験は図5(a)に示している車用センサを車体に固定し、地面に対する車両の回転角を計測し、図5(b)に示しているハンドル用センサをハンドルの中心に固定しハンドルの回転角を計測した。図6に各センサを試験車に貼り付けた位置を示す。

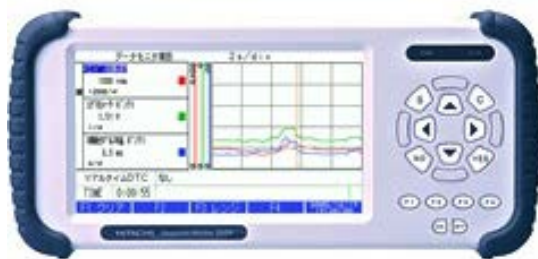


Fig. 4 Controller Area Network



(a)

(b)

Fig. 5 Object used in the experiment: (a) Used for car and (b) Used for handle

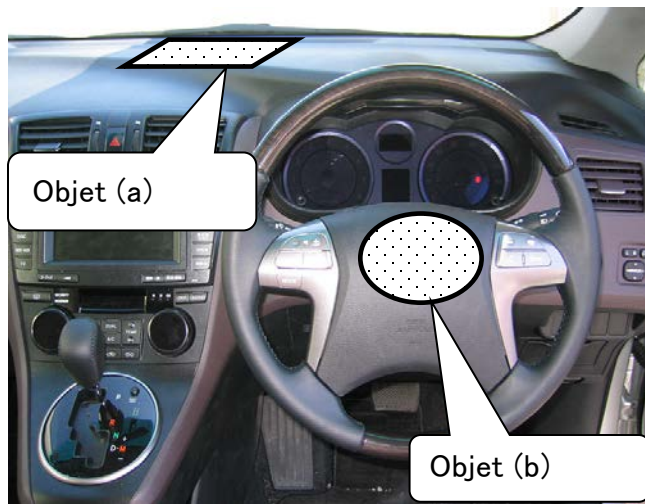


Fig. 6 Positions of the Sensors in the Car

3.2.3 実験結果

3.2.3.1 DVC 検査の結果

16名の実験協力者の2回の実験に対して、追跡課題と突発課題において、それぞれの安全度の平均の結果を図7, 図8に示す。加齢とともに、認知率は低下する傾向が見られる。また、例外はあるものの、同世代間で比較した場合、白質病変のグレードが高い方が、認

知力が低下する傾向も見られる。

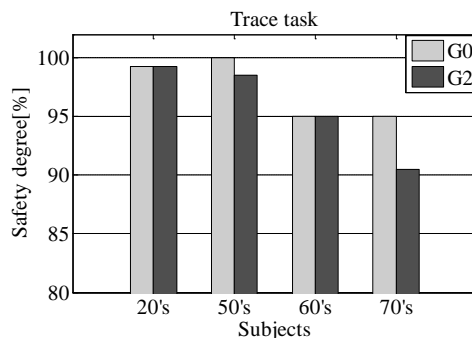


Fig.7 Safety Degree for Trace Task

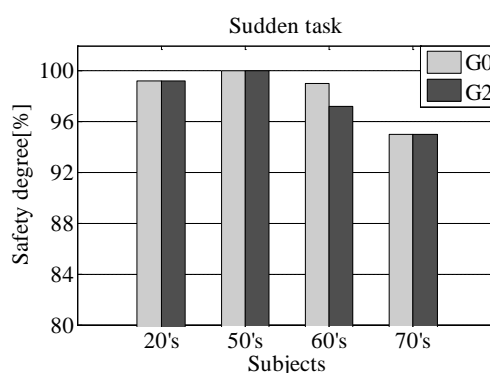


Fig.8 Safety Degree for Sudden

3.2.3.2 運転技能採点の結果

実験では、運転試験教官による運転技能採点を行った。この内、実験協力者 3 は一般乗用車に慣れてないため、運転ミス解析から除く。図 9 に残り 15 名の実験協力者に対して採点の結果を示す。高い点数が運転ミスは多かったことを表す。

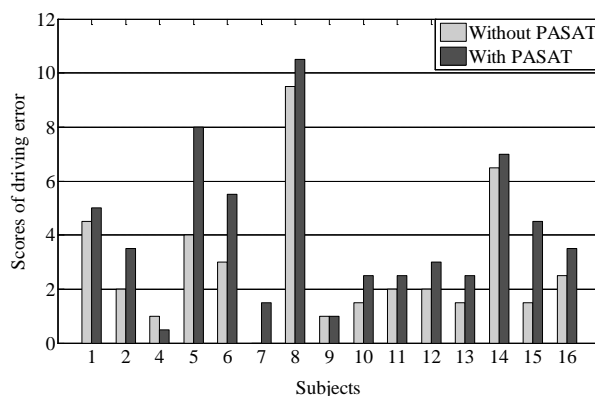


Fig.9 Scores of Driving Error for All Subjects

図 9 から、PASAT 有の時、運転ミスの数が有意に増えることが分かった (T-test: $n=15$ and $P<0.001$). また、運転ミスの点数と重大ミスの回数に対して、それぞれ PASAT 有の時と PASAT

無の時の差を，20代 (n=3)，高齢者 G0 (n=4)，G2 (n=8) の平均値を求めた結果を表 2 に示す．若者より高齢者 G0，高齢者 G0 より高齢者 G2 の方が，PASAT 有，無により運転ミスの差の平均が大きい傾向が見られた．

Table 2 Differences of Driving Skill Scores between with and without PASAT.

	20' s	G0	G2
Driving skill scores	0.5	1.38	1.44
Number of critical error	1	1.25	1.5

3.2.3.3 操舵解析

PASAT 有の場合，車に対しての操作が粗くなると考えられる．たとえば，あるカーブにおいて，普段運転する時に綺麗に曲がることに対して，注意力を分散された時ふらつきが生じることを考えられる．本研究ではステアリングエントロピー法を用いて操舵に現れるふらつきの大きさを評価する．ステアリングエントロピー法により運転時の負荷の度合いを評価することが可能である¹⁵⁾．ステアリングエントロピー法とは，運転者の操舵の滑らかさを，時系列舵角データから計算される情報エントロピー値として数値化するものである．例えば，計測したデータの時間間隔は 50ms の場合，これに対して 3 つのデータの平均値を求めると，人間の最短制御間隔とされる 150ms 毎の舵角値を得る．ここで，ある n 時点に着目し，過去 3 点の舵角を用いて (n-1) を中心とする 2 次テイラー展開により n 時点の予測舵角値 $\theta_p(n)$ を算出する． $\theta_p(n)$ と実際 n 時点の舵角値 $\theta(n)$ の差を予測誤差 $e(n)$ とする (図 10)．

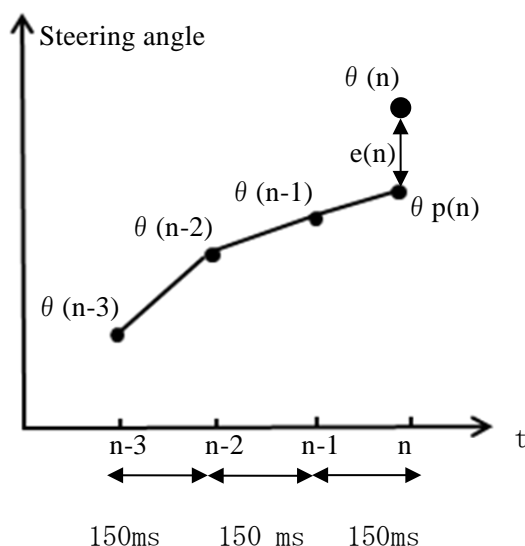


Fig.10 Prediction Errors in Steering Entropy Method

実験協力者に無負荷状態で数分間走行してもらい， $e(n)$ の度数分布を得る．この分布に

おける 90% タイル値 α を算出する．ここで，運転操作が滑らかであればある程，得られた度数分布は中心への鋭さが増した形になり， α 値も小さくなる特徴がある．この α は各個人の運転特性の基準を示す値であり，以降，同一実験協力者に負荷が与えられた際，算出の基準として用いる．この α 値に基づき，度数分布を 9 つのセルに分け，各セルに入る割合 P_1, P_2, \dots, P_9 を求め，エントロピー値 HP を次の式で計算される．

$$HP = - \sum P_i \log_9 P_i \quad (i=1 \sim 9)$$

負荷以外はまったく同じ条件で実験協力者に走行してもらい，同様に得られる度数分布データと無負荷状態で求められた α ，セルに基づき，負荷の HP を算出する．通常，負荷を加えると，実験協力者のハンドル操作は滑らかさを欠き，度数分布は鋭さを欠いた形状となり， HP は増大するという特徴がある．図 11 は高齢者と若者の比較の一例である．若者の方は，予測誤差の度数分布図のシャープさが大きく，ハンドル操作は高齢者より滑らかであることを表している．

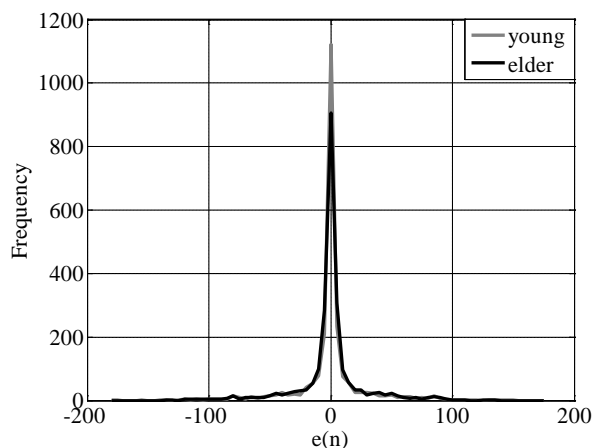


Fig.11 Comparisons of Young and Elder' s Subjects

図 12 に示す走行コース内の右折と左折に対して，ステアリングエントロピー値を求めた結果を図 13 と図 14 に示す．PASAT 有の時に，ステアリングエントロピー値が増加する傾向が見られ，有意に操舵の滑らかさが欠けていることが分かった (t -test: $n=16, P<0.001$)．すなわち，無負荷時は，ハンドル操作は先の状況を予測した滑らかな操作であるのに対し，負荷を加えると，程度に応じ，滑らかさを失い，非連続性が増大することが分かる．ある実験協力者の無負荷状態で算出されたステアリングエントロピー値はその被験者の運転特性を表している．個人個人の運転習慣が違ったり，運転時のスピードにも影響されたりするため無負荷時のステアリングエントロピー値は比較しない．しかし，若者と比べて，高齢者の方が外部の影響を受けやすく，同じ年齢層の被験者には，白質病変のグレードが高い方が外部の影響を受けやすいと考えられる．そこで，上記 16 名の被験者に年齢と白質病変程度により 3 つのグループ 20 代 ($n=4$) ，高齢者 G0 ($n=4$) ，高齢者 G2 ($n=8$) に分類し，

各実験協力者のPASAT 有の時のステアリングエントロピー値をPASAT 無の時の値で割った後の平均値を求めて、t 検定を行った結果を図 15 と図 16 に示す。20 代と高齢者 G0、高齢者 G0 と高齢者 G2 それぞれに有意差検定(t-test)を行った結果、右折に対しては、20 代と高齢者 G0、高齢者 G0 と高齢者 G2 どちらでも有意差が見られる。左折に対して、20 代と高齢者 G0 に有意差が見られているが、高齢者 G0 と高齢者 G2 には有意差が見られなかった。これは、設定されたコースの中の左折の回転半径が小さく、曲がりにくいことが原因と思われる。

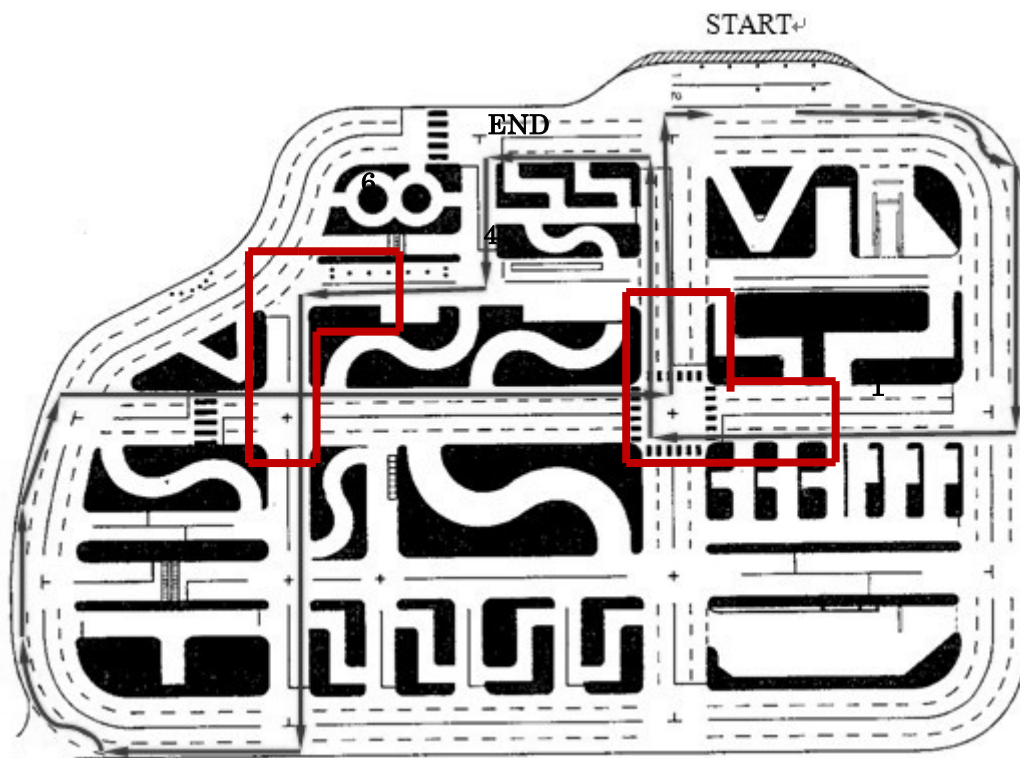


Fig.12 Objective Courses for Steering Entropy Analysis

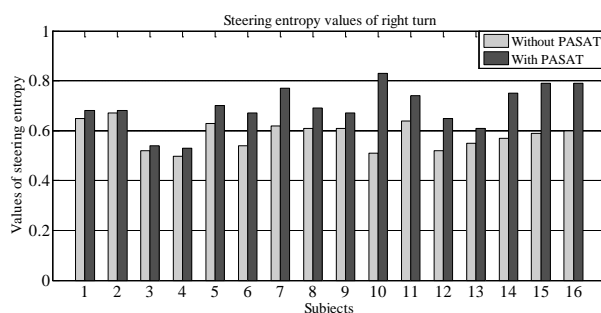


Fig.13 Results for the Right Turning

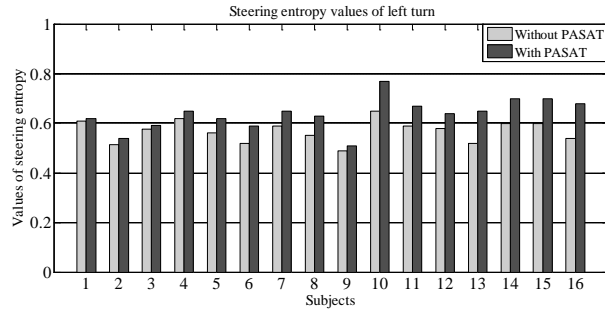


Fig.14 Results for Left Turning

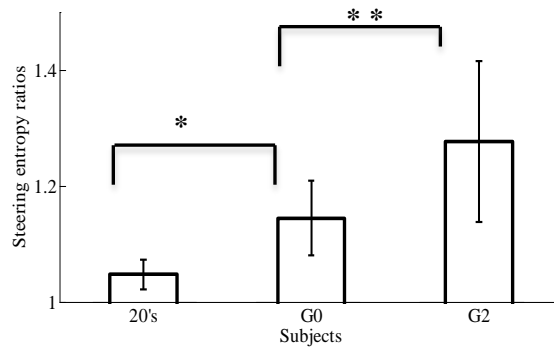


Fig.15 Steering Entropy Ratios for Right Turning (t-test: * $p < 0.05$ and ** $p < 0.05$)

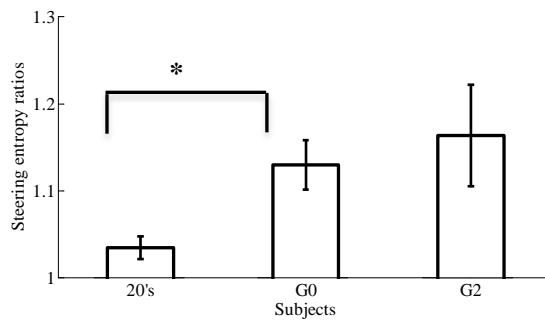


Fig.16 Steering Entropy Ratios for Left Turning (t-test: * $p < 0.05$)

3.2.4 結論

本研究では、実車実験によって以下の結論を得た。

- (1) 年齢に応じて、認知能力が低下する。また、同じ年齢代の人であっても、白質病変のグレードに応じて認知能力が低下する。
- (2) 運転以外のタスクが求められた時に、注意力が分散される。若者より高齢者 G0、高齢者 G0 より G2 の方が影響を受けやすく、運転ミスを起こしやすい傾向があることが分かった。
- (3) 同様に、若者より高齢者 G0、高齢者 G0 より高齢者 G2 の方が、運転以外のタスクが求められた時に車をうまく操作できず、操舵の滑らかさが失われていることが分かった。

3.3 大脳白質病変と交通事故特性

3.3.1 はじめに

視覚認知の一つである視覚補間力（隠れているものを認知する能力，具体的には部分欠損したアルファベット文字を見せて正答する視覚認知力）が軽度白質病変でも有意に低下していることや^{16,17)}，警察庁方式 CRT 運転適性検査から，信号の見落とし率ならび反応速度の変動率の有意の上昇が白質病変に相関することから，安全運転に必要とされる瞬時の予測，判断，ハンドル・アクセル・ブレーキ操作に至る一連の遂行機能に及ぼす白質病変の影響，即ち交通事故と白質病変の関連性が推察され，脳ドック受診者を対象にして過去の交通事故歴と白質病変との関連性を先行研究として調べた．駐車所や車庫内での自損事故等の「小さな事故」と走行中の衝突事故等の「大きな事故」に対して，白質病変は大きな事故のみに有意の関連性を示した¹⁸⁾．今回，被験者数を 3435 名とした大規模調査を行い，事故タイプ別に白質病変との関連性を，多変量ロジステック解析法を用いて調べた．事故タイプでは，唯一交差点事故のみが白質病変との有意の関連性を示したので報告する．

3.3.2 研究対象・方法

3.3.2.1 被験者

一般ドライバーと同質サンプリングと考えられる脳ドック受診者を対象とした．平成 23 年から高知検診クリニック脳ドックセンターで脳ドック診療を受けた 35 から 64 歳までの健常中高年 3435 名（男 1752 名，女性 1683 名，平均年齢 52.4 ± 4.6 ）を被験者に，35-44・45-54・55-64 歳の年代別に 3 グループに分けた．全員車を運転していて，運転頻度については，週に 2 時間以内，週に 2-5 時間運転，週に 5-10 時間運転，週に 10 時間以上運転の計 4 グループに分類した．脳ドック検査結果の説明時に，担当医師から直接口頭にて過去 10 年間での事故歴の有無と事故タイプを質問した．先行研究として，交通事故歴と白質病変との関連性について脳ドック受診者を対象に調査したが¹⁸⁾，その結果から自動車交通事故を 4 つのタイプに分類した．事故タイプでは，駐車所や車庫内での自損事故（type I），出会い頭や右折・左折時の交差点事故（type II），追突事故（追突させられた場合は除く）（type III），その他事故（スピードの出し過ぎによるガードレール等への衝突事故など）（type IV）の 4 種類の事故タイプ別に 1 名当たり 1 件として集計した．被験者全員に，本研究内容を文書にて説明し，個人情報に対する秘密保持について十分な同意を得て本研究を行った．過去 10 年間における事故タイプ別の事故歴の有無を目的変数にして，性別，年齢グループ，運転頻度，白質病変グレードを説明変数にして多変量ロジステック解析を行った．統計ソフトは，SPSS（ver16.0）を用いた．

3.3.2.2 白質病変の診断

MRI 機器は 1.5 テスラの超伝導型機種（日立メディコ ECHELON）を用いて T1，T2 強調画像やフレア画像から白質病変を診断した．白質病変は 3 段階にグレード分類（G0，G1，G2）した．G0 は全く白質病変なし，G1 は微細な点状の片側病変（片側の大脳半球のみに存在する病変）である．G2 は，Figure1 に示す通りに左右の大脳半球に存在する両側病変となる．

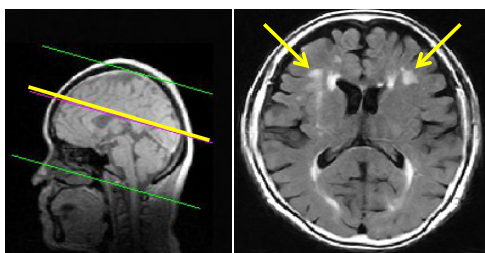


Figure 1 *right*; MR image of white matter lesions (yellow arrows) is defined as grade 2 (G2). *left*; the sagittal image of the brain whose yellow line indicates the section of the right MR image.

3.3.3 結果

3.3.3.1 白質病変の頻度

被験者 3435 名の年代別毎の白質病変(WML, white matter lesions) の診断頻度を Figure 2 に表す. 35-64 歳全体では, G0 は約 75%, G1 は約 8%, G2 は約 17%であり, 以前の報告と概ね一致している. 年代別では, 年齢区分が上がるほど白質病変の割合が増加する. 55-64 歳では, 白質病変は約 40%頻度になる.

3.3.3.2 白質病変と交通事故との相互の% 分布

白質病変と交通事故分類との度数分布 (Table 1 参照) から各々の事故分類に対する白質病変グレードの%分布を Figure 3 に, 各白質病変グレードに対する各々の事故分類の%分布を Figure 4 に表示する. 明らかに, 白質病変 G2 は type II 事故で, すなわち交差点事故で高頻度に出現しており, 逆に type II 事故は白質病変 G2 で高頻度に出現していることがわかる. 他のグレード分類と事故分類の組み合わせでは, このような関連性を見出すことはできなかった.

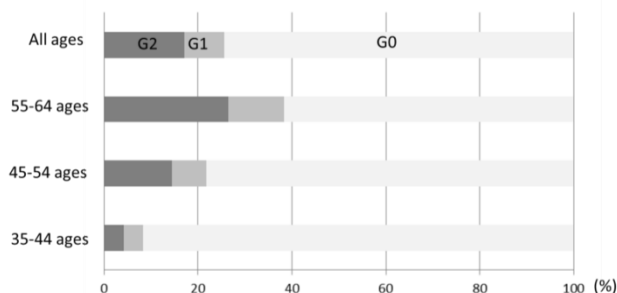


Figure 2 The distribution of white matter lesion grade(G0-2) in the middle ages (Gray column,G2; light gray column,G1; white column,G0)

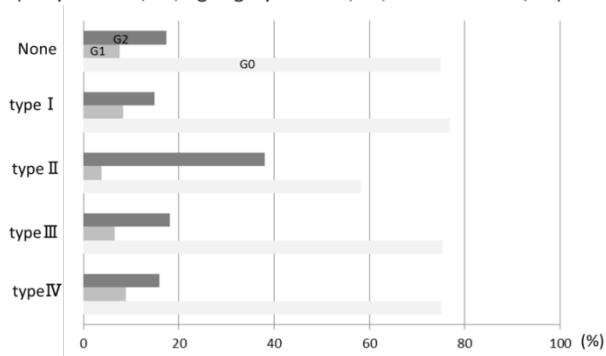


Figure 3 The distribution of white matter lesion grade (G0-2)in each type(I -IV)of traffic accident involvements. (type I ,at parking lots; type II ,at cross sections; type III,head-on collisions; typeIV,the other one)

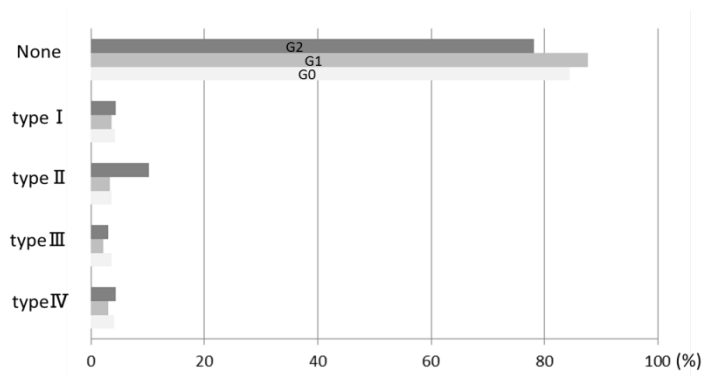


Figure 4 The distribution of traffic accident involvement types according to the white matter lesion grade(G0-2).
Type I -IV are the same as those of Figure 3

3.3.3.3 白質病変と交通事故の関連性について

上記の関連性について、過去 10 年間における事故タイプ別の事故歴の有無を目的変数に、白質病変グレードを説明変数として、さらに交絡すると考えられる性別、三つの年齢群 (35-44, 45-54, 55-64) 運転頻度も説明変数に加えて、多変量ロジスティック解析を行った (Table1).

3.3.3.3.1 性別

女性を reference として解析すると、事故分類に関係せず全ての事故に対して、性別の違いによる有意な調整オッズ比は見当たらなかった。すなわち、今回の調査結果では男女差における交通事故発生の違いはなかった。

3.3.3.3.2 年齢群

35-44 歳を reference として解析すると、全事故では 45-54, 55-64 歳群とも、調整オッズ比・95%信頼区間ともに 1 以下となり、35-44 歳群に比べて 45-54, 55-64 歳群とも事故発生では有意に下がっていた。事故別では、前方の衝突事故が 55-64 歳群で事故発生は有意に下がっていた。駐車所・車庫内での自損事故や交差点事故は年齢とは関連性がなかった。

3.3.3.3.3 運転頻度

週に 2 時間以下の運転頻度を reference として解析すると、全事故では、週に 5 時間以上で有意の調整オッズ比を認めた。事故別では、交差点事故が同様の傾向を示した。どのタイプの事故であれ、運転頻度が増加するにつれて事故件数が増加することが推察される一方、交差点事故以外は有意の調整オッズ比を認めなかった。今回の解析では、事故件数ではなく事故の有無を目的変数にしていることがその一因かも知れない。

Table 1 Logistic regression analyses results

Explanatory Variables	Involvement in Accidents of All Types		Involvement in Accidents at Parking Lots		Involvement in Accidents at Cross Sections		Involvement in Head-On Collisions		Involvement in Accidents of The Other Types	
	Cases/ Participants	Adjusted OR (95% CI)	Cases/ Participants	Adjusted OR (95% CI)	Cases/ Participants	Adjusted OR (95% CI)	Cases/ Participants	Adjusted OR (95% CI)	Cases/ Participants	Adjusted OR (95% CI)
Gender										
Women	274/1683	1 [Reference]	60/1683	1 [Reference]	77/1683	1 [Reference]	60/1683	1 [Reference]	76/1683	1 [Reference]
Men	287/1752	0.98 (0.82-1.18)	78/1752	1.22 (0.87-1.73)	81/1752	0.94 (0.68-1.30)	61/1752	0.95 (0.66-1.37)	68/1752	0.63 (0.62-1.21)
Age										
35-44	137/688	1 [Reference]	28/688	1 [Reference]	36/688	1 [Reference]	33/688	1 [Reference]	40/688	1 [Reference]
45-54	215/1404	0.68 (0.54-0.87)*	55/1404	0.97 (0.61-1.55)	53/1404	0.59 (0.38-0.91)*	48/1404	0.71(0.46-1.13)	59/1404	0.69 (0.46-1.04)
55-64	209/1343	0.66(0.52-0.85)*	55/1343	1.02 (0.63-1.65)	69/1343	0.69 (0.44-1.08)	40/343	0.62 (0.38-1.00)*	45/1343	0.54 (0.34-0.85)*
The grade of WML^a										
G0	397/2556	1 [Reference]	104/2556	1 [Reference]	92/2556	1 [Reference]	93/2556	1 [Reference]	108/2556	1 [Reference]
G1	36/292	0.82(0.57-1.19)	9/292	0.75(0.37-1.50)	6/292	0.60(0.26-1.39)	10/292	1.02(0.52-2.00)	11/292	1.01(0.53-1.91)
G2	128/587	1.67(1.32-2.10)*	25/587	1.03(0.65-1.64)	60/587	3.31 (2.30-4.76)*	18/587	0.93 (0.55-1.59)	25/587	1.19 (0.85-1.90)
Driving Exposure^b										
1	219/1570	1 [Reference]	54/1570	1 [Reference]	57/1570	1 [Reference]	47/1570	1 [Reference]	61/1570	1 [Reference]
2	137/821	1.23 (0.97-1.55)	33/821	1.17 (0.75-1.82)	38/821	1.25 (0.83-2.19)	37/821	1.53 (0.99-2.40)	29/821	0.91 (0.57-1.43)
3	135/679	1.54(1.21-1.95)*	30/679	1.29(0.82-2.04)	40/679	1.68(1.11-2.55)*	26/679	1.92(0.78-2.10)	39/679	1.51(1.00-2.28)*
4	70/365	1.47 (1.09-1.99)*	21/365	1.66 (0.87-1.73)	23/365	1.82 (1.10-3.02)*	11/365	1.01(0.52-1.97)	15/365	1.08 (0.60-2.08)

Notes: ^a: white matter lesions; ^b: Driving time per week (1 = less than two hours, 2 = from two hours to ten hours, 3 = More than ten hours); *p<0.05 OR:odds ratio, CI:confidence interval

3.3.3.3.4 白質病変グレード

G0 を reference として解析すると、全事故では G2 で有意の調整オッズ比 1.67 (95%CI: 1.32-2.10) を認めた。事故別では、交差点事故のみが G2 で有意の高い調整オッズ比 3.31 (95%CI: 2.30-4.76) を認めた。白質病変と交差点事故の有意の関連性については、まず交差点事故が他の分類された事故と比べて、例えば駐車所内での非走行中の自損事故や前後方向のみの追突事故と比べて、交差点事故は前後左右の4方向に人・自転車・車などの種々の移動体に注意を払わなければいけない。一般的に、脳のほぼ半分量を占める前頭葉に白質病変が最も多く存在していると思われる。前頭葉の前頭前野に注意機能や遂行機能の中枢があるとされている¹⁹⁾。神経線維が密集している大脳白質内の神経線維束解析の最新知見より白質病変と神経ネットワーク機能障害との関連性が注目されている²⁰⁾。さらに、先行研究の CRT 運転適性検査では、注意機能の低下と反応速度変動率(バラツキ度)の増大が白質病変と有意に関連している事を報告している。これらより、白質病変が他の事故分類より注意機能との関わりが大きいと推察される交差点事故との有意な関連性を持つ理由を説明しているのかも知れない。今後はさらにサンプル数を増やして、白質病変が存在する部位と注意機能ならび交通事故分類との関係を調査する予定である。

3.3.4 考察

交通事故総合分析センター (ITARDA) は、事故に繋がるミスを操作・行動ミス、判断・予測ミス、認知ミスの3要素に分類し、過去の597件の事故調査から2282のミスを抽出して、種々の事故予防安全装置がどのミスを補助できるか詳細に解析した。その解析結果から、操作・行動ミスはABSやブレーキアシストなどの、認知ミスは追突警報や車線逸脱警報などの事故予防安全装置で補助できる一方、判断・予測ミスは既存の装置では補助できていないと報告した²¹⁾。従って、交通事故防止の抜本的対策には、この判断・予測ミス対策が鍵になる。ところが、判断・予測は年齢と共に低下するが、個人差が大きい。この個人差をどのように克服するかが問題であり、年齢以外のヒューマンファクターを見出すことは困難であった。ところが、MRIで観察される脳組織変化、代表例として白質病変は正しく個人の特性を表すヒューマンファクターである。白質病変は、健常中高年者のMRI所見では高頻度に認められる common finding であり、特に中年者の場合には、片側病変のG1や両側病変のG2であっても軽度なものがほとんどである。しかしながら、G2のような軽度な脳組織変化である白質病変でも交通事故と言ったマクロの社会現象に大きく影響するエビデンスが得られたことは、ヒューマンファクターを扱う人間工学にとって、極めて意義深いことであると思われる。脳MRIが人間工学の新たな研究ツールになり得ることを示した点で画期的であると言える。

本研究は脳ドック受診者からMRIデータを得ているためのバイアスが存在している。すなわち、被験者が団体加入している公務員・銀行マン・教職員組合・警察等の組合保険加入者とその家族であるため65才未満がほとんどであり、限定された職種と年齢幅を考慮しなければいけない。このバイアスを解消するために、高知県警の協力のもと、高齢者講習を受講する高齢ドライバーから被験者を募り、脳MRIデータの収集を現在進めている。65歳

以上の高齢ドライバーに対しても、64歳以下の場合と同様に、白質病変と交差点事故との有意の関連性が存在するのを目下調査中である。

個々人の運転行動に関する情報量には下記の4種類が考えられる。①車両センシング情報：車間距離・CANデータ（速度・加速度・ハンドル舵角など）・GPS位置情報など、②運転者の確認行動センシング情報：モーションキャプチャーセンサを用いた頭部や右足の速度・角速度・位置情報と赤外線カメラによる両眼平均視線方向ベクトルや瞳孔・まぶたの開きの大きさなど、③生体系のセンシング情報：脳波、脳血流、心拍数、血圧、発汗量など、④高次脳機能情報：注意機能や遂行機能などである。①-③の情報は、瞬時に変化して膨大な情報量を生み出す。④の運転適性検査等から評価する高次脳機能情報は、そもそも被験者の恣意性や体調によって大きなバラツキを生じさせる。すなわち、これらはいずれも変動する情報量であり、年齢という唯一のドライバー属性に立脚した個人の運転特性解析を困難にしてきた。白質病変グレードは少なくとも数週間は変化しないと考えるので、不変因子と見なせる。年齢に加えて、白質病変グレードを個人特有の不変因子として、先述の変動する情報量を新たに分類することで、膨大かつ変動する運転行動情報量から個人の運転特性を導き出せる可能性が考えられる。この分類化により、年齢に隠された個人差を取り込むことが可能になり、交通事故リスク因子のセンシング技術開発が進展するものと考えられる。

3.3.5 結論

本研究では以下の結論を得た。

- (1) 3,435名の中老年ドライバーの約25%に白質病変を認め、G1が約5%、G2が約20%の頻度であった。
- (2) 過去10年間の交通事故歴と白質病変グレードとの関連性を多変量ロジスティック解析にて求めたが、G2で有意の調整オッズ比1.67（95%CI：1.32-2.10）を認めた。
- (3) 交通事故タイプ別の解析では、G2で交差点事故のみが有意の高い調整オッズ比3.31（95%CI：2.30-4.76）を認めた。
- (4) 交通事故原因となるヒューマンファクターを解析する上で、脳MRIは非常に有用な研究手法ツールになり得ることが示された。

3.4 大脳白質病変と高速道路逆行・逆走調査

3.4.1 はじめに

近年、認知機能検査の義務化で免許取消や自主返納も増えているが²²⁾、特に地方部では危険性を感じていながら実際運転免許を返納すれば生活できない高齢者も数多いと考えられる²³⁾。最近の交通事故統計の傾向として、全体の事故件数は減少しているが高齢者による事故発生比率の増加が懸念されている。しかし地方部では公共交通が行き届いておらず、買い物や通院のため運転免許を返納できない高齢者も数多いと考えられる。特に高齢者が引き起こす事故として増加傾向にあり懸念されているものに高速道路逆走事故がある。高速道路会社6社と地方公社3社が管理する高速道路で確認された逆走件数は、高速道路調

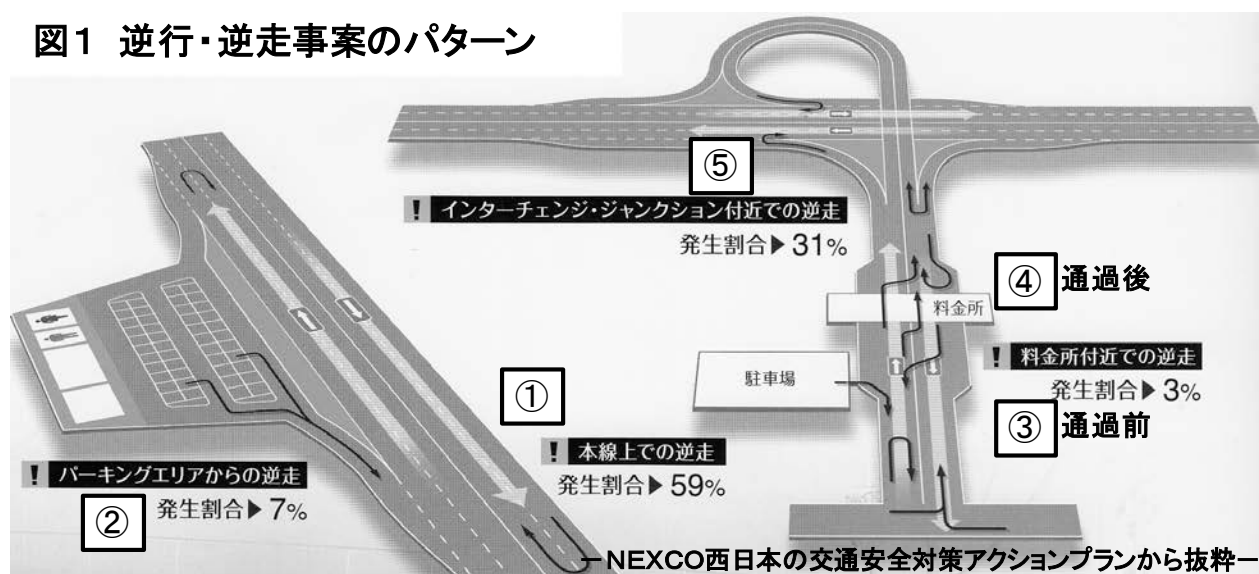
査会の報告から、平成 17 から 21 年の 5 年間では計 4769 件確認されており、連日のように全国で逆走事故が発生している。

本研究では白質病変ドライバと逆行・逆走事案のとの関連性について、脳ドック受診者 4514 名を対象に調査した。10 件と少数ではあるが、逆行・逆走事案について詳細なアンケート調査ならび白質病変と照合した結果について報告する。

3.4.2 研究対象・方法

高知検診クリニック脳ドックセンターの協力のもと、脳ドック受診者 4514 名（男性 2358 名，女性 2156 名，年齢範囲 25-78 歳：平均年齢 53.4±9.7）を対象に、高速道路での逆行・逆走の経験の有無について、文書によるアンケート調査を行った。逆走とは、高速道路や片側 2 車線以上の幹線道路等において、流入ランプや交差点で間違えて進入し走行することであるが、今回は高速道路での逆走に限定した。文書によるアンケート調査であることと回答者の心理的圧迫を考慮して、料金所前後等での誤進入後に、短距離のバック走行や U ターン走行をする逆行も含めて、逆行・逆走の経験の有無を問うた。アンケート調査項目には、年齢・性別・住所・運転頻度・発生日時・発生場所・逆行・逆走事案のパターン・原因の考察などを含めた。逆行・逆走事案のパターンは、①本線上での逆行・逆走 ②パーキングエリアからの逆行・逆走 ③料金所通過前での逆行・逆走 ④料金所通過後での逆行・逆走 ⑤インターチェンジ・ジャンクション付近での逆行・逆走の 5 つに分類した（図 1）。

図1 逆行・逆走事案のパターン



3.4.3 結果

アンケート調査票の最初の集計では、38 件に「逆行・逆走の経験の有り」を認めた。確認と詳細な調査の為に、再度郵送にてアンケート調査を行ったところ、返信があったのは 22 件であった。この 22 件のうち、6 件は「逆行・逆走の経験はない」、4 件は「一般幹線道路を逆走した」、2 件は「降り口を間違えたが、そのまま走行した」と回答した。即ち、逆行・逆走を確認できたのは 10 件であった。その内訳は表 1 に示す通りであるが、男性 4

名・女性6名・年齢範囲40-70歳・平均年齢53.4歳（中央値：61.5歳）であった。逆行・逆走パターンでは、料金所通過前が8件、料金所通過後が1件、本線上での逆走が1件であった。白質病変は、10件中8件に認めているが、片側病変が2件と両側病変が6件であった。当事者が考える原因としては、初めての場所で勘違いが4件、初めてではないが標識がわかりにくいのが3件、一般道と勘違いが1件、話しに夢中が1件、回答なしが1件であった。

No	性別	年齢	逆行・逆走パターン	白質病変	当事者が考える原因
1	女	62	3	あり*	県外・はじめての場所
2	男	64	3	あり*	県外・はじめての場所
3	男	60	3	なし	県外・はじめての場所
4	女	40	3	なし	県内・一般道と勘違い
5	女	63	4	あり+	県外・はじめての場所
6	男	70	1	あり*	回答無し
7	男	63	3	あり+	県内・標識わかりにくい
8	女	61	3	あり*	県内・標識わかりにくい
9	女	57	3	あり*	県内・標識わかりにくい
10	女	57	3	あり*	県内・話しに夢中

あり+;片側病変 あり*;両側病変

3.4.4 考察

逆行・逆走対策研究では、交通工学的あるいは交通心理学的アプローチが主体であり、本研究のように脳を直接調査対象にした試みは前例が無く、貴重な知見を提供するものと考えられる。一般健常ドライバにおいて、年齢が同程度なら脳組織変化もほぼ同等であるという間違った認識があるために調査する意味が無いと考えられてきたからであるが、我々が既に報告しているように、白質病変は約30%の高頻度で健常中高年ドライバに存在する。本研究では、逆行・逆走事案が10件と余りにも少なく、統計学に有意の解析ができるサンプル数ではないが、10件中の8件が白質病変ドライバであり、今後とも継続して白質病変ドライバの逆行・逆走調査を続ける意義があると思われる。図1に見られるように、NEXCO西日本が提供する逆行・逆走パターンでは、本線上の事案が59%の最も高い頻度である。我々の調査では、サンプル数が少ないとは言え、料金所前が最も高い頻度である。警察当局やNEXCOが把握できた逆行・逆走事案は、事故を起こし通報されたケースやドライバ等により確認され連絡を受けたケースが殆どであり、本研究のような直ぐに逆行・逆走に気づき、事故に至らなかったケースは、警察当局やNEXCOでは調査できていない可能性があると思われる。ただし、本研究でも事案例1は、料金所で誤進入しそのまま逆走して、途中のサービスエリアでUターンして元の料金所から出たケースであり、幸い事故には至らず警察やNEXCOにも通報されていないが、本研究ではこのように非常に危険な運転行動も含まれている。因って、本研究は通常では見逃されている逆行・逆走事案を調査しているので、一層意義深いと思われる。

自閉症や多動症等のコミュニケーション障害や注意機能障害は、大脳皮質の障害ではなく、大脳白質内の神経線維ネットワークが器質的に障害され、機能低下が生じていることも一因であるとされている^{24),25)}。中高年ドライバの白質病変は、まさしく大脳白質内に存

在する器質的・組織学的ダメージである。我々が注目している軽度な白質病変が及ぼす注意機能等の高次脳機能への影響は、通常の神経心理学的検査法では感知しにくいレベルである可能性があり、長期間における大規模サンプル調査による安全運転行動の破綻、即ち交通事故現象として如実に捉えられるのではないかと考えている。その一環として、高速道路での逆行・逆走事案に注目したが、今後は対象を広げて一般幹線道路での逆走事案も調査対象にすることを予定している。また、今回は文書でのアンケート調査を行い、再度詳細を尋ねるといったデータ収集法であったが無回答例も多く、今後は脳ドック診断を説明している医師から問い質す形式、即ち直接面談によるアンケート調査を行う予定である。逆行・逆走事案の全てを網羅できると期待される。

交通工学や交通心理学の研究では、ヒヤリハットや交通事故歴などの個人情報扱うことはややもすれば困難を伴ったが、医学分野では病歴など個人情報を比較的抵抗なく扱うことができる。本研究のように交通工学と脳医学が癒合することで、新たな学際的研究分野が構築できる可能性があると思われる。

3.4.5 結論

一般健常ドライバ 4514 名を対象に、高速道路逆行・逆走調査を行い、10 件の逆行・逆走事案を見出したが、そのうち 8 件には白質病変を認めた。白質病変と逆行・逆走事案との関連性は、さらにサンプル数を増やして検証する必要性がある。

参考文献

- 1) 朴 啓彰, 片岡源宗, 永原三博, 熊谷靖彦「健常人の脳白質病変と運転挙動との関連性について」第 9 回 ITS シンポジウムプロシーディングス, pp. 303-305 (2010)
- 2) Yilkoski R Arch Neurol 50:pp. 818-824(1993)
- 3) Mosley TH et al., Neurology 64:pp. 2056-2062(2005)
- 4) Park K, et al., Neurology 69:pp. 974-978, (2007)
- 5) Park K, Yasuda N. Stroke 40(1):e5(2009)
- 6) Park K, et al., Relationship between visual interpolation ability and leukoaraiosis in healthy subjects; Early Detection and Rehabilitation Technologies for Dementia: Neuroscience and Biomedical Applications, Jinglog Wu, editor, IGI global, pp. 1-10, (2010)
- 7) 朴啓彰ら. 第 20 回日本脳ドック学会総会, 抄録集 p56(2010)
- 8) 朴啓彰ら. 第 29 回日本認知症学会学術集会, 抄録集 p144(2010)
- 9) 畔柳有希, 長瀬洋輔, 沼山達哉, 山本修身, 山崎初夫, 山田宗男, 山本新, 中野倫明「運転シミュレータでの運転行動による高齢ドライバの認知機能低下の検出法」第 9 回 ITS シンポジウム, pp. 251-256 (2010)
- 10) 朴啓彰, 片岡源宗, 永原三博, 熊谷靖彦:「脳ドックデータと運転挙動との関連性について」第 8 回 ITS シンポジウム, pp. 347-348 (2009)
- 11) 朴啓彰, 片岡源宗, 永原三博, 熊谷靖彦「健常人の脳白質病変と運転挙動との関連

- 性について」第9回 ITS シンポジウム, pp.303-305 (2010)
- 12) 所正文「高齢ドライバ・激増時代」学文社, pp.19-20 (2007)
 - 13) E. Y. Uc, M. Rizzo, S. W. Anderson, J. D. Sparks, R. L. Rodnitzky and J. D. Dawson: Driving with Distraction in Parkinson Disease, *Neurology*, Vol.67, pp.1774-1780 (2006)
 - 14) 柳瀬徹夫, 柳島孝幸, 広瀬悟「高齢ドライバのワークロード計測負荷原因把握方法」自動車技術会学術秋季講演会前刷集, No.102-11, pp.7-10 (2011)
 - 15) 中山沖彦, 二見徹, 中村友一, アーウィン ボアー『運転者負荷定量化手法「ステアリングエントロピー法」の開発』自動車技術会学術春季講演会前刷集, No.45-99, pp.5-8 (1999)
 - 16) 朴啓彰, 姜銀来, 王碩玉「視覚補間力と無症候性白質病変との関連性」福祉工学シンポジウム講演論文集, pp.209~210 (2009)
 - 17) K Park, Y Jiang, S Wang “Relationship between visual interpolation ability and leukoaraiosis in healthy subjects; Early Detection and Rehabilitation Technologies for Dementia” in Jinglog Wu, eds., *Neuroscience and Biomedical Applications*, IGI global, pp.1-4 (2010)
 - 18) 朴啓彰, 片岡源宗, 永原三博, 熊谷靖彦「健常人の脳白質病変と運転挙動との関連性について」第9回 ITS シンポジウム, pp.303-305 (2010)
 - 19) Miller EK, Cohen JD “An integrative theory of prefrontal cortex function”. *Annu Rev Neurosci* 24, pp. 167-202 (2001)
 - 20) M O’ Sullivan, R G Morris, B Huckstep, D K Jones, S C R Williams, H S Markus, “Diffusion tensor MRI correlates with executive dysfunction in patients with ischaemic leukoaraiosis” *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 75, pp.441-447 (2004)
 - 21) 吉田伸一ほか「事故に遭わないようにする ITS, ITS 新時代」日経 BP 社, pp.54-57 (2007)
 - 22) 運転免許統計「申請による運転免許の取消し件数年別推移」警察庁 (2009)
 - 23) 「平成 23 年版 高齢社会白書」内閣府 (2012)
 - 24) Stigler KA, McDonald BC, Anand A, Saykin AJ, McDougale CJ. Structural and functional magnetic resonance imaging of autism spectrum disorders. *Brain Res* (2011)
 - 25) Konrad K, Eickhoff SB. Is the ADHD brain wired differently? A review on structural and functional connectivity in attention deficit hyperactivity disorder. *Hum Brain Mapp* (2010)

第4章 本研究課題の進捗状況

研究代表者が兼務する高知検診クリニック脳ドックセンターでは、受信者の多くは公務員や金融マン等のホワイトカラーであり、65歳以下がほとんどある。因って、本研究課題の研究対象となる高齢ドライバ被験者を集めるために、高知県警察ならび高知県指定自動車学校協会の全面的な協力を得て、高知県下の県指定自動車学校11校から高齢者講習を受講した高齢ドライバから被験者を募っている。

平成25年2月末までに、84名の被験者を集め、頭部MRIデータならび運転適性検査データを収集した。残り214名(計300名)の高齢ドライバのデータは、平成25年度内に収集する計画である。これらのデータから脳(Brain)と運転行動(Driving Behaviors)に関する高齢ドライバ用のデータベース(BDB-DB)を構築する。

謝辞

本研究につきましては、タカタ財団様の研究助成を使用して行いました。茲に深く謝意を表します。被験者の募集に対して下記の自動車学校から全面的協力を得ることができました。茲に深く謝意を表します。また、本報告書の作成には井村由貴氏の多大な貢献に謝意を表します。

● 研究協力参加の自動車学校一覧

高知県自動車学校
高知中央自動車学校
高知自動車学校
東部自動車学校
須崎自動車学校
四万十自動車学校
宿毛自動車学校
安芸自動車学校
南国自動車学校
高知ニュードライバ学院
新土佐自動車学校