

## 脳損傷者の自動車運転中の脳血流動態—機能的近赤外分光法による計測—

渡邊 修<sup>1)</sup>, 武原 格<sup>2)</sup>, 一杉 正仁<sup>3)</sup>  
林 泰史<sup>2)</sup>, 米本 恭三<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>首都大学東京大学院人間健康科学研究科

<sup>2)</sup>東京都リハビリテーション病院

<sup>3)</sup>獨協医科大学法医学講座

(平成 23 年 3 月 17 日受付)

**要旨:**【目的】脳卒中や脳外傷等の脳損傷者にとって、社会復帰の際に自動車運転が再開できることの意義は大きい。本研究の目的は、ドライビングシミュレーターを使用し、健常者および脳損傷者の運転中の脳血流動態を機能的近赤外分光法 (fNIRS) にて測定し、運転に必須と考えられる脳神経基盤を明らかにし、脳損傷者の運転について考察することである。【対象および方法】健常成人 7 名および脳損傷者 9 名 (自動車運転を再開し事故経験のない 6 名および再開していない 3 名) を対象に、ドライビングシミュレーター (本田技研工業株式会社製) を用い、直線道路から左右のカーブを回る課題を行い、その間の脳血流動態 (酸素化ヘモグロビン濃度長) を、近赤外光イメージング装置 NIRStation (島津製作所製) を用い測定した。統計処理には多重検定 Bonferroni 法を用いた ( $p < 0.0001$ )。【結果】有意な活動を示した領域は、両側の前頭葉、側頭葉、頭頂葉に及び、左大脳半球よりも右大脳半球でより広範に活動した。運転を再開した脳損傷例では、健常者の活動パターンを維持していたが、運転を再開していない例では、頭部画像所見と照合し、損傷範囲と関連する大脳皮質の活動が低下していた。【考察および結論】自動車運転には、特に右前頭葉、右頭頂葉、左側頭頭頂葉の役割が重要である。脳損傷者においても、損傷部位に関連あるいは近接する大脳皮質領域の血流が低下していない (diaschisis や crossed cerebellar diaschisis の影響がない) 場合は、運転が再開できる可能性が示唆された。脳損傷者の運転再開にあたっては、まず損傷部位および範囲を確認することが重要と考えられる。

(日職災医誌, 59: 238—244, 2011)

### —キーワード—

ドライビングシミュレーター, 近赤外分光法, 脳血流動態, 脳損傷者

### はじめに

脳卒中や脳外傷などによる脳損傷者が社会復帰をしていく中で、そのひとつの手段として自動車を自ら運転できることの意義は大きい。しかし身体障害、視覚障害に加え、注意障害、遂行機能障害、記憶障害、空間認知障害、失語症、失行症、判断力の低下、視覚—運動変換の障害等の高次脳機能障害やてんかん発作の合併等により運転を断念せざるを得ない例が多い。武原らが東京都リハビリテーション病院に入院した脳卒中患者に行ったアンケートによると、病前に自動車を運転していた 118 人のうち、脳卒中後も運転を継続できた人はその 35.6% のみであった<sup>1)</sup>。また、Hawley らが行った脳外傷患者 (重症例が 2/3 を占める) へのインタビューによると、外傷

前に運転をしていた 381 人のうち、外傷後も運転が可能であった人は 139 人のみであった<sup>2)</sup>。自動車運転能力は、日常生活能力の範疇をはるかに超え、社会的に大きな影響を及ぼすことから法律的規制や運転開始のガイドラインを明確に示す国もある。わが国では、平成 19 年 6 月の改正道路交通法により、平成 21 年 6 月より、75 歳以上の高齢運転者の免許証更新時には、講習予備検査として認知機能検査が導入された。高齢者の免許保有率が増加し、しかも交通事故件数が加齢とともに急激に多発する事実が背景にあると思われる。したがって、自動車運転に必須と考えられる脳神経基盤を明らかにすることは、個々の脳損傷者や高齢者が安全に運転を再開できるかどうかを判断する上で有益な情報を提供すると思われる。

近年、ポジトロン放射断層撮影法 (Positron Emission

表 1 脳損傷者のプロフィール

	年齢	性	病名	発症からの経過期間 (日)	発症後の運転期間 (日)	運動麻痺
No.1	59	男	右視床出血	81	50	左片麻痺 (6-6-6)
No.2	54	男	右橋梗塞	34	14	左片麻痺 (6-6-6)
No.3	60	男	右視床出血	84	30	左片麻痺 (6-6-6)
No.4	29	男	脳梗塞	116	65	なし
No.5	75	男	脳梗塞	56	20	右片麻痺 (6-6-6)
No.6	29	男	脳梗塞	207	95	右片麻痺 (6-6-6)
No.7	31	男	左脳出血 (AVM)	3,680	(-)	右片麻痺 (4-4-6)
No.8	52	男	脳外傷	3,285	(-)	なし
No.9	33	男	脳外傷	3,165	(-)	右片麻痺 (5-5-5)

Tomography : PET) や機能的 MRI (functional-MRI : fMRI) などの脳機能を視覚的にとらえようとするニューロイメージングの技術が急速に発展し、様々な課題遂行時の局所神経活動が明らかとなってきた。運転技術においても数編の研究報告があり、視覚情報を運動機能に変換するネットワークとして後頭葉—運動野連関<sup>3)</sup>や頭頂葉—後頭葉および小脳とのネットワーク<sup>4)</sup>、視運動協調に関連する前運動野—頭頂葉連関<sup>5)</sup>などの重要性を報告した研究があるが、これらはいずれも機能的 MRI での撮像のため臥位姿勢であり、運転操作もジョイスティックやボタン押しなどの本来の運転技術とは異なる状況での測定が大半であった。また実際に自動車運転を屋外で行い、その間の脳神経活動を PET で計測している研究<sup>6)</sup>があるが、時間分解能が低い。そこで、本研究では、6 輪モーションベースを装備し円筒型のワイドスクリーンによるドライビングシミュレーターを使用し、実車さながらの臨場感の高い運転場面における脳神経活動を、機能的近赤外分光法 (functional near-infrared spectroscopy : fNIRS) によって計測し、実際の運転場面における脳神経活動を、健常者および脳損傷者において測定した。本研究の目的は、健常者における自動車運転時の大脳皮質の活動パターンを明らかにすること、および脳損傷者において、自動車運転を再開した例と再開できない例を比較し、脳損傷部位との関連を考察することにある。

## 対 象

対象は健常成人 7 名 (男 4 名, 女 3 名, 年齢  $28.6 \pm 9.9$  歳, 平均運転歴  $7.7 \pm 6.7$  年, 全員右利き) および自動車運転を再開し事故の経験のない脳損傷者 6 名 (男性 6 名, 年齢  $51 \pm 18.4$  歳, 全員右利き, No. 1~6) および再開していない脳損傷者 3 名 (男性 3 名, 年齢  $38.7 \pm 11.6$  歳, 全員右利き, No. 7~9) である。脳損傷者 9 名はいずれも日常生活動作および歩行は自立し, mini-mental state examination において 28 点以上の例である。表 1 に脳損傷者の内訳 (年齢, 性別, 疾患名, 発症からの経過日数, 発症後の運転期間, 運動麻痺の程度) をまとめた。

## 方 法

オートマチック普通車用の自動車運転シミュレーター (Honda Driving Simulator, 本田技研工業株式会社製) を用い、直線道路から左右のカーブをそれぞれ運転する課題を施行し、その間の脳血流動態 (酸素化ヘモグロビン濃度長 : 酸素化 Hb 濃度長) を測定した。すなわち、閉眼座位の安静状態をベースラインとし 10 秒間を設定し、直線道路から緩やかに右に曲がる運転 (右回り) を 60 秒間および直線道路から緩やかに左に曲がる運転 (左回り) を 60 秒間行い、それぞれ 2 回繰り返す。酸素化 Hb 濃度長の加算平均値を求めた。いずれも上限速度は 30km/h に設定し、運転中の酸素化 Hb 濃度長をベースラインと比較した。

脳血流動態は、780mm, 805mm, 830mm の 3 波長の光を用いる近赤外光イメージング装置 FOIRE-3000 (島津製作所製, 日本) を用い、酸素化ヘモグロビン濃度の変化として測定した。プローブを装着するためのホルダーは、フレキシブルホルダー (島津製作所製) を使用し、12 のプローブを  $3 \times 4$  の長方形格子 (投光受光間距離 3 cm) に交互配列させ、左右の頭部に、プローブ下段の中央を国際 10-20 法の T3 に合わせ、 $3 \times 4$  の長方形格子の縦中央を T3-C3-Cz の曲線上に設置した。左右それぞれのプローブの配置から、各々 17 カ所 (17 channels) で酸素化 Hb 濃度長の測定が可能となる (図 1)。その結果、概略、右大脳半球は、前方から、Ch.7, 14, 3, 10, 17, 6 は前頭葉を、後方から、ch.4, 11, 1, 8 は頭頂葉を、ch.15, 16 は側頭葉の血流動態を測定していると考えた。同様に、左大脳半球は、前方から ch.21, 28, 18, 25, 32, 22 は前頭葉を、後方から、ch.24, 31, 20, 27 は頭頂葉を、ch.34, 33 は側頭葉の酸素化 Hb 濃度長を測定していると想定した。サンプリングレートは 100ms で、得られた波形から線形のトレンド成分を除去し、移動平均を 25 点行い、これを 3 回施行した。なお、独立成分分析を用いて信号成分を分離し、共通成分は排除した。また、ガウシアン定理に従い、時間遅れ (神経活動に伴う酸素化ヘモグロビンの上昇を検出する時間) を先行文献<sup>6)</sup>より 4 秒に

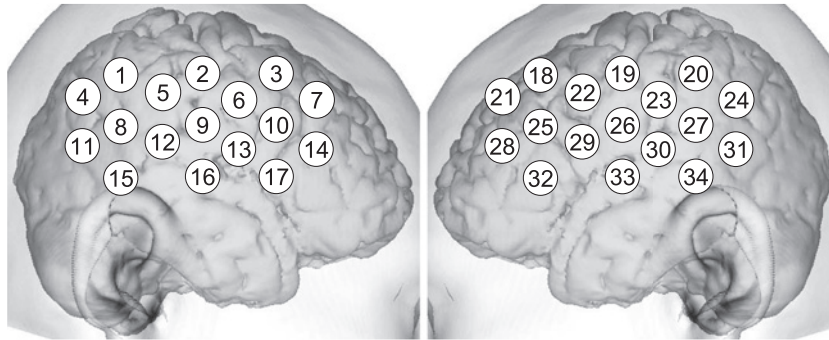


図1 プローブの装着位置とチャンネル番号との関係

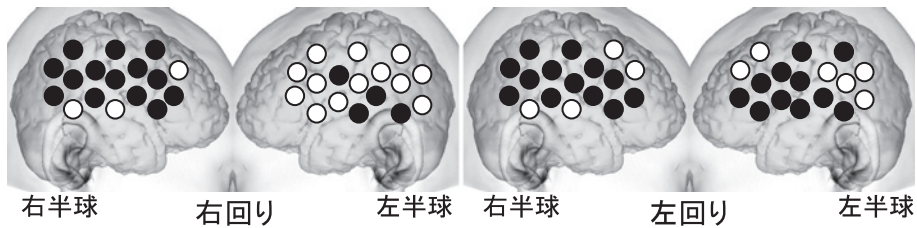


図2 健常者7名の自動運転中の脳賦活部位 (平均加算) ( $p < 0.0001$ )

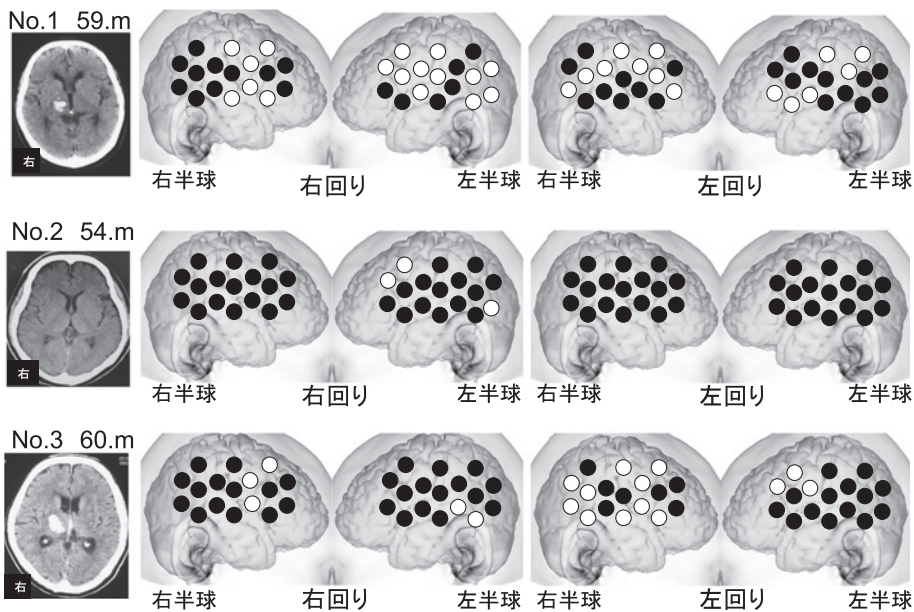


図3 No. 1, 2, 3の頭部画像および運転中の脳賦活部位 ( $p < 0.0001$ )

設定した。

有意に酸素化 Hb 濃度長が増加したチャンネルの統計処理は、多重検定 Bonferoni 法を使用し、有意水準は、0.0001 とした。なお、脳損傷者に対しては、頭部 CT もしくは MRI を撮像し、脳損傷部位と NIRS によって得られた運転中の脳血流動態との比較を行った。

**結 果**

図2に、健常成人7名の課題施行中の平均化した酸素

化 Hb 濃度長において、ベースラインに比し有意に上昇したチャンネルを黒で示した(Bonferoni 法,  $p < 0.0001$ )。直線から右回りへの運転では、右前頭葉、右頭頂葉、右側頭葉、左側頭葉の活動が、直線から左回りへの運転では、右前頭葉、右頭頂葉、右側頭葉、左側頭葉に加えて、左前頭葉、左頭頂葉の活動が有意に上昇した。

図3、図4は脳卒中例で、いずれも自動車運転を再開し、しかも事故経験のない脳損傷者、図5は脳動静脈奇形の破裂例および重度脳外傷例(受傷時の意識レベルが

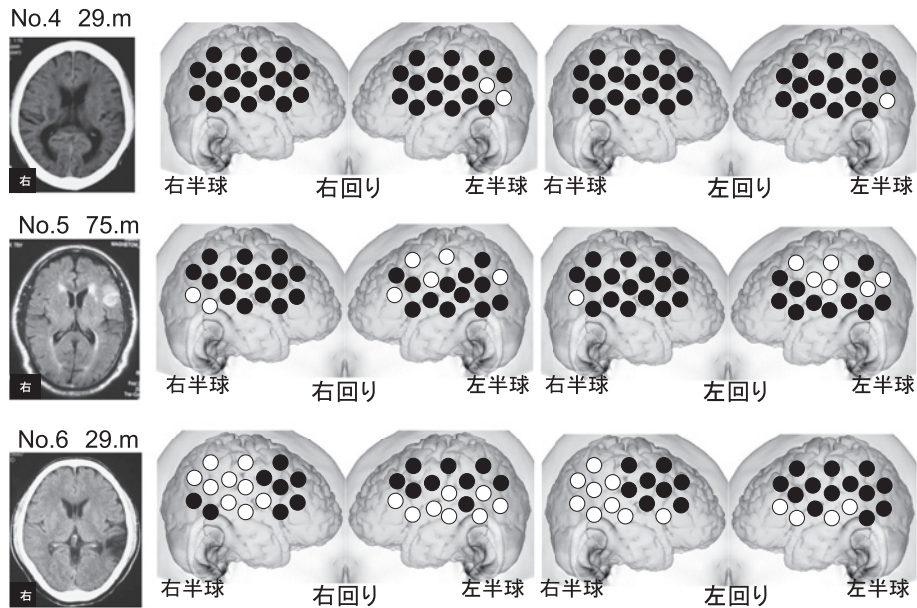


図4 No. 4, 5, 6の頭部画像および運転中の脳賦活部位 (p<0.0001)

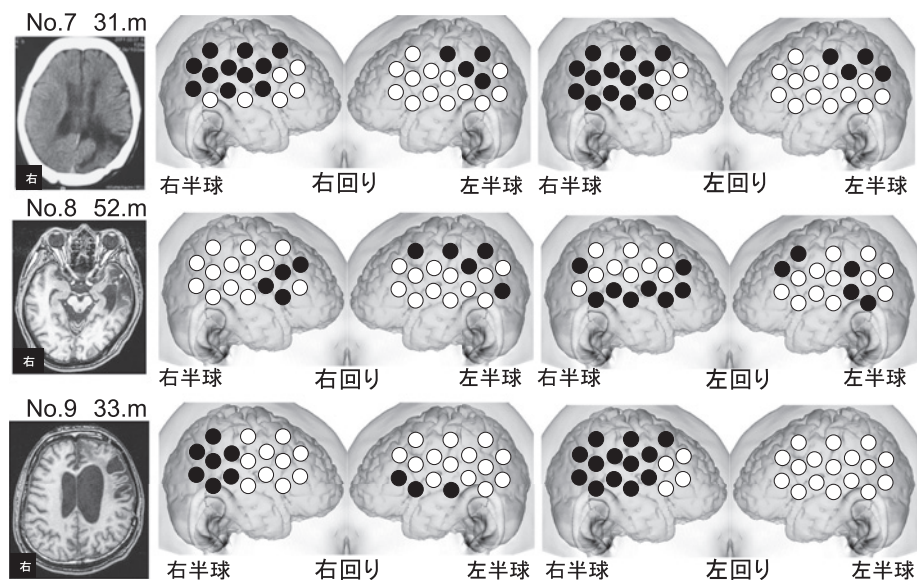


図5 No. 7, 8, 9の頭部画像および運転中の脳賦活部位 (p<0.0001)

Glasgow coma scale で8点以下)で、いずれも運転を再開していない脳損傷者の、脳画像および課題施行中に有意に酸素化Hb濃度長が増加した部位を示している。

No.1は右視床に局限する出血例であるが、右前頭葉、右頭頂葉、右側頭葉を含む血流の増加が見られた。No.2は右橋出梗塞例で、大脳半球には病巣はみられず、課題中、左右大脳半球に広範な血流の増加を見た。No.3は脳室穿破を伴う右視床出血例であるが、右前頭葉、右頭頂葉、右側頭葉を含む血流の増加が見られた。No.4は右放線冠の梗塞であるが、左右の大脳半球全体に血流の増加を見た。No.5は左前頭葉に局限する梗塞であるが、同部の血流の増加とともに左右大脳半球の血流の増加が見ら

れた。No.6は左側頭頭頂葉の梗塞であったが、左右の前頭葉を中心に血流の増加を見た。

一方、No.7は左脳動静脈奇形の破裂例である。左前頭葉、頭頂葉に血流の増加が見られなかった。No.8,9はいずれも重度の脳外傷例でMRIでは左前頭葉、側頭葉に挫傷巣が見られる。No.8は右頭頂葉、左前頭葉の血流が、No.9は、左半球の広範な血流低下、右前頭葉の血流が有意に増加しなかった。

### 考 察

本研究の目的は、自動車運転中の左右大脳半球の血流動態を把握することであった。実車での測定は困難なこ

とから、ハンドル、ブレーキ、アクセルなど実際の自動車さながらの運転操作ができる環境を再現でき、フロントガラスに現われる景色、運転中の座面の傾斜、音響等に臨場感のあるドライビングシミュレーターを使用した。また、脳血流動態の測定は、拘束性のきわめて低い機能的近赤外分光法 (fNIRS) を選択した。

fNIRS は、近赤外光を照射し、酸素化 Hb、脱酸素化 Hb それぞれ光の吸収量の差から、受光量より、直下脳内の酸素化 Hb、脱酸素化 Hb の変化量を求めている。すなわち、吸収量の変化を測定することにより、吸光物質である酸素化 Hb、脱酸素化 Hb の濃度変化を求めている。この過程で注意すべきことは、吸収量は、吸光物質の濃度とともに光の通過距離 (光路長) に依存することである (修正 Lambert-Beer 則)。ところが、光路長はわからない。fNIRS でイメージされる画像は、脳内の Hb 濃度ではなく、光路長と濃度変化の積の分布であり、ここで、光路長はどのチャンネルでも一定であるという仮定から、光路長と濃度変化の積を脳血流変化の指標として使用している。実際は、各チャンネルで光を吸収する頭皮、頭蓋骨の厚さ、光路長は異なることから、チャンネル間、個人間でイメージングの濃淡 (光路長と濃度変化の積) を比較することには慎重でなくてはならない<sup>7)</sup>。そのため、本研究でも、チャンネル間の比較は行わず、各チャンネルにおける変化を統計学的に分析した。また、酸素化 Hb が局所脳血流との関連が強いと報告されており<sup>8)</sup>、本研究においても酸素化 Hb を解析の対象とし、neurovascular coupling を前提<sup>6)</sup>とし、脳神経活動の指標とした。

課題は、直線道路から右および左にカーブする運転課題である。健常者 7 名において、統計学的に有意な活動を示した領域は、左大脳半球よりも右大脳半球において広く、いずれの半球でも、前頭葉から側頭葉、頭頂葉に及んだ。Horikawa ら<sup>9)</sup>は、PET を用いて臥位姿勢にてパソコン上でハンドル、ペダルを用いてドライブ操作を行ったとき、小脳、後頭葉、頭頂葉で血流の増加があり、視床、脳幹、小脳の脳血流は運転時間と比例したと報告した。一方、Francis らも、運転を想定した景色画面をゴーグルで見ながら、標的物を発見したらボタンを押す際の脳血流動態を機能的 MRI にて調べたところ、運転中の注意を感知し反応する神経機構として前頭葉、頭頂葉、帯状回、小脳のネットワークの重要性を報告している<sup>4)</sup>。また、Spiers らは、ロンドン市内を 2 つの joystick で運転する課題を機能的 MRI にて調べたところ、運転準備には、前運動野、頭頂葉、小脳が、予期せぬ状況では、後頭葉外側、頭頂葉、島が、プランには上頭頂葉、後頭葉外側、小脳、前補足運動野が、交通規則の遂行には右前頭前野が関連すると述べ、交通規則の遂行という限られた状況について前頭前野における右側の優位性を報告した<sup>10)</sup>。本研究でも、単純な直線からカーブへの運転操作において、大脳は前頭部から頭頂部にかけて、特に右優位

に活動することが示唆されており、Spier らの結果と符合した。

従来、視空間認知機能が、左大脳半球よりも右大脳半球に優位に偏在している事実は、さまざまな脳損傷事例や大脳電気刺激実験、分離脳研究、ニューロイメージング研究などより報告されてきた。またワーキングメモリに関しても、主に視覚の手がかりを用いた空間的要素が強い場合は、前頭葉の背外側皮質の主に右側が賦活することが知られている<sup>11)</sup>。これらの事実より、本研究における運転操作では、右大脳半球が対側に比しより広く活動したのではないかと思われた。

前頭葉は従来、課題遂行に対し注意を集中し維持する機能に大きく関わるといわれてきた。また Wisconsin Card Sorting Test に代表されるような、ある課題に対し反応を抑制する能力にも関わっている。さらに近年、前頭葉の深部に位置する前部帯状回は、注意機能のなかでも特に反応選択・反応抑制や誤差のモニタリングに重要な役割をもつといわれており、Calhoun らは、機能的 MRI にてボタン操作による運転ゲームでスピードを上げると前部帯状回の活動が特異的に変化すると報告した<sup>12)</sup>。本研究で使用した近赤外分光法は前述したように前部帯状回の深さまでを計測することはできないが、本研究結果は、前頭部を中心とした注意機構の重要性を示唆するものと思われた。

本研究では、運転操作を、右カーブと左カーブを区別して、大脳の神経活動を捉えようと試みた。森らは、警察庁の所有する交通事故統計データと国土交通省の所有する道路交通センサデータを結合した交通事故統合データベースをもとに分析した結果、正面衝突、追突ともに、右カーブと比較し左カーブの事故率が顕著に高いことを報告した<sup>13)</sup>。また、一般に、カーブを走行するときは、運転者の視線はカーブの内側に向けられやすいとする研究<sup>14)15)</sup>があることから、両者において神経活動に差が生ずるのではないかと仮定したのであるが、7 名の被験者間の結果では、両者に顕著な差はなかった。しかし右大脳半球の方が活動範囲が広がったのは共通した現象であった。

以上より、先行研究を踏まえると、自動車運転において、右側優位ながらも、左右の大脳半球が前頭葉—頭頂葉—側頭葉にわたって関与することが示唆された。本結果をもとに、脳損傷者の運転中の脳血流動態を損傷範囲と対照し、各々検討した (図 3~5)。

図 3, 4 は脳卒中後に運転を再開している 6 例である。いずれも、左右の前頭葉を中心に血流の有意な増加がみられ、損傷部位の大脳皮質への影響は少ないと考えられた。一般に、大脳皮質下の損傷部位が、慢性期においても大脳皮質に影響を及ぼす現象は、diaschisis<sup>16)</sup>として知られているが、これらの 6 例は損傷範囲が局限しており、運転に必須となる顕著な高次脳機能障害は残存しなかつ

たとえられた。一方、図5にみる3例は運転を行っていない例であるが、損傷部位に一致して同部皮質の血流の増加が見られない(No.7)、あるいは、びまん性脳損傷によると思われる両側大脳皮質の血流増加が検出されなかった(No.8, 9)。運転を再開していない例が、必ずしも運転を再開する能力に満たないとは言えないので、結論を導くことには慎重でなくてはならないが、健常者にみられた両側の大脳半球の血流増加のパターンは見られなかった。

本研究で施行した自動車運転課題は直線からカーブの運転という単純な課題を設定した。しかし、大脳の活動領域は、左右の前頭葉から頭頂葉にいたる広範な領域であった。したがって、市街地のような混雑する状況ではさらに広範な神経活動が動員されると予測される。Michonは、自動車の運転に関わる認知能力は、単に運転技術のみではなく、運転ルートを選択し、交通ルールを遵守する能力や他の車や運転者を考慮した行動選択などさらに高次な認知機能が必要であると述べている<sup>17)</sup>。単純な自動車の運転操作においても脳の多領域を必要とすることから、脳損傷者の運転の再開にあたっては、まず、損傷部位および範囲を十分に確認することが重要と考えられた。

謝辞：本研究に際し多大なるご支援を賜りました島津製作所の今井 豊氏、井上正雄氏に深謝申し上げます。

## 文 献

- 1) 武原 格, 林 泰史, 一杉正仁, 他：脳卒中患者の自動車運転再開についての実態調査. 日本交通科学協議会誌 9 : 51—55, 2009.
- 2) Hawley CA, Stilwell J, Davis C, Stilwell P: A National Multicentre Study of Post-Acute Rehabilitation for Adults After Traumatic Brain Injury. *British Journal of Therapy and Rehabilitation* 7 (3): 116—122, 2000.
- 3) Walter H, Vetter SC, Grothe J, et al: The neural correlates of driving. *Neuroreport* 12 (8): 1763—1767, 2001.
- 4) Francis X, Graydon FX, Young R, et al: Visual event detection during simulated driving: Identifying the neural correlates with functional neuroimaging. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* 7 (4-5): 271—286, 2004.

- 5) Uchiyama Y, Ebe K, Kozato A, et al: The neural substrates of driving at a safe distance: a functional MRI study. *Neurosci Lett* 352 (3): 199—202, 2003.
- 6) Jasdzewski G, Strangman G, Wagner J, et al: Differences in the hemodynamic response to event-related motor and visual paradigms as measured by near-infrared spectroscopy. *Neuroimage* 20 (1): 479—488, 2003.
- 7) 星 詳子：機能的近赤外分光法：限界と可能性. *THE JOURNAL of JAPANESE COLLEGE of ANGIOLOGY* 45 : 61—67, 2004.
- 8) Hoshi Y, Kobayashi N, Tamura M: Interpretation of nearinfrared spectroscopy signals: a study with a newly developed perfused rat brain model. *J Apply Physiol* 90: 1657—1662, 2001.
- 9) Horikawa E, Okamura N, Tashiro M, et al: The neural correlates of driving performance identified using positron emission tomography. *Brain Cogn* 58 (2): 166—171, 2005.
- 10) Spiers HJ, Maguire EA: Neural substrates of driving behaviour. *Neuroimage* 36 (1): 245—255, 2007.
- 11) Fuster JM：第7章 ニューロイメージング, 前頭前皮質 前頭葉の解剖学, 生理学, 神経心理学. 福居顯二監訳. 東京, 新興医学出版社, 平成18年, pp 234—265.
- 12) Calhoun VD, Pekar JJ, McGinty VB, et al: Different activation dynamics in multiple neural systems during simulated driving. *Hum Brain Mapp* 16 (3): 158—167, 2002.
- 13) 森 望, 池田武司：交通事故データに基づく安全施設等整備に関する調査 国土技術政策総合研究所資料 JST 資料番号：L4536A ISSN: 1346-7328 No. 117: 130—131, 2003.
- 14) 三井達郎：自発光式中央線鋸がカーブにおける運転行動に及ぼす影響. *科学警察研究所報告* 39(1) : 1—13, 1998.
- 15) Land MF, Lee DN: Where we look when we seer. *Nature* 369: 742—744, 1994.
- 16) Nguyen DK, Botez MI: Diaschisis and neurobehavior. *Can J Neurol Sci* 25 (1): 5—12, 1998.
- 17) Michon JA: Explanatory pitfalls and rule-based driver models. *Accid Anal Prev* 21: 341—353, 1989.

別刷請求先 〒116-8551 東京都荒川区東尾久7-2-10  
首都大学東京大学院人間健康科学研究科  
渡邊 修

## Reprint request:

Shu Watanabe  
Graduate Schools of Human Health Science, Tokyo Metropolitan University, 7-2-10, Higashiogu, Arakawaku, Tokyo, 116-8551, Japan

## Cerebral Activation Patterns of Patients Operating a Driving Simulator after Brain Injury: A Functional Near-infrared Spectroscopy Study

Shu Watanabe<sup>1)</sup>, Itaru Takehara<sup>2)</sup>, Masahito Hitosugi<sup>3)</sup>, Yasuhumi Hayashi<sup>2)</sup> and Kyozo Yonemoto<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Graduate Schools of Human Health Science, Tokyo Metropolitan University

<sup>2)</sup>Tokyo Metropolitan Rehabilitation Hospital

<sup>3)</sup>Department of Legal Medicine, Dokkyo Medical University School of Medicine

Driving is an important activity of daily living. However, the ability to drive is often affected after brain injury. The aim of this study was to investigate the fundamental region of neural activity in healthy subjects, which is believed to be necessary for driving ability and to examine the effect of brain injury on driving safety. Experimental studies were performed on 7 normal right-handed adults and 9 patients with brain injury (6; resumed driving, 3; did not resume driving). The participants were asked to turn to the left or right from a straight road in the driving simulator. During driving, changes in oxy-Hb levels were measured using functional near-infrared spectroscopy at 34 sites including both hemispheres. The areas measured included the dorso-lateral frontal cortex in the anterior region, inferior parietal lobule in the posterior region, and superior temporal gyrus in the inferior region. The areas that showed significant activity in healthy subjects spanned from the frontal region to the temporal and parietal regions, and were more prominent in the right cerebral hemisphere than in the left. Patients who resumed driving showed similar patterns as healthy subjects; cortical activations near damaged regions were retained as seen on CT or MRI. However, the patients who could not resume driving showed no cortical activations near the lesions. Our results provide further evidence that driving a car is a complex cognitive skill, and we believe that it is important to check the site of brain injury and the brain region where the damage has occurred before providing sufficient real car driving practice to patients with brain injury.

(JJOMT, 59: 238—244, 2011)