

## 2) 刺激部位の違いによる興奮伝播の違い

刺激部位には、側頭部と後頭頂葉での刺激の伝播の違いを比べるため図4に示す Point A, Point B を刺激した脳波を測定した。その後、左右間の違いを見るため Point A と Point B の左右対称部位である Point C と Point D を刺激した脳波を測定した。刺激部位をより正確に特定するために MRI 画像により TMS コイルの位置を決めた。刺激した脳波から頭部全体の電位分布のトポグラフィと電流密度分布を求めた。刺激強度は運動閾値の 80% とした。運動閾値は、一次運動野を刺激したとき親指の動きを目視することにより確認した。

刺激部位 A, C を刺激したときのトポグラフィ、電流密度分布を図5、図6に示す。刺激後約 11 ms で、どちらも刺激部位の辺りで周りの部位に比べ電流密度が高くなっているのがわかる。刺激部位 A の刺激では、刺激後約 20ms ほどで反対半球へ刺激が伝播した様子が電流密度分布により観察された。この結果は、Ilmoniemi らの示した結果とも一致する。それに対して、刺激部位 C を刺激では、刺激部位 A を刺激したような反対半球への伝播は見られず、そのまま反応が小さくなっていく様子が見られた。このデータは四人のデータのグランドアベレージであるが、個々のデータにおいても同様の傾向が見られた。同様の実験を反対半球である刺激部位 B と刺激部位 D においても行った。図7、図8に、その電流密度分布を示した。刺激部位 B でも、刺激部位 A を刺激したような反対半球への伝播が約 21 ms で見られ、刺激部位 D では刺激部位 B を刺激したときのように反対半球への伝播は見られなかった。

これらの結果から、刺激部位 A や刺激部位 B の一次運動野では、左右間の脳のつながりが強く信号が伝播しやすいと考えられる。しかし、刺激部位 C や刺激部位 D の P3 付近では左右間のつながりが弱く信号の伝播があまり見られないのではないかと考えられる。

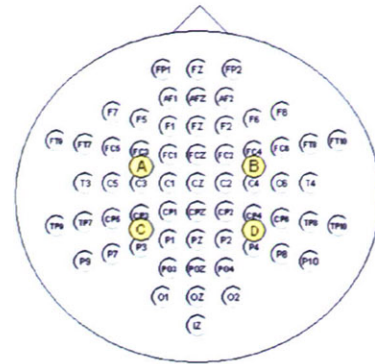


図4 60チャンネルの測定位置と刺激部位

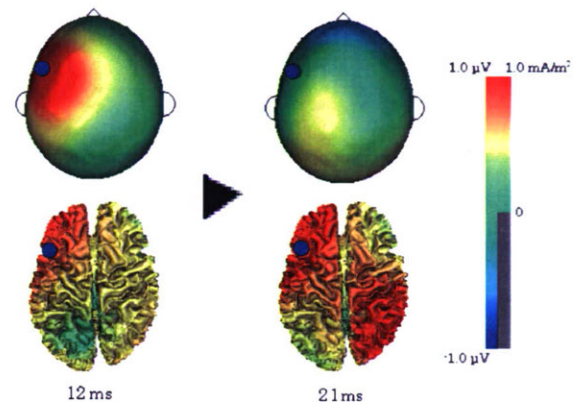


図5 刺激部位 A の脳波トポグラフィ(上)と野表上電流密度分布(下)の推移

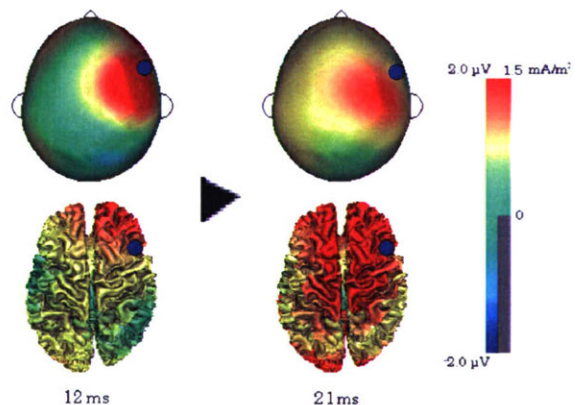


図6 刺激部位 B の脳波トポグラフィ(上)と野表上電流密度分布(下)の推移

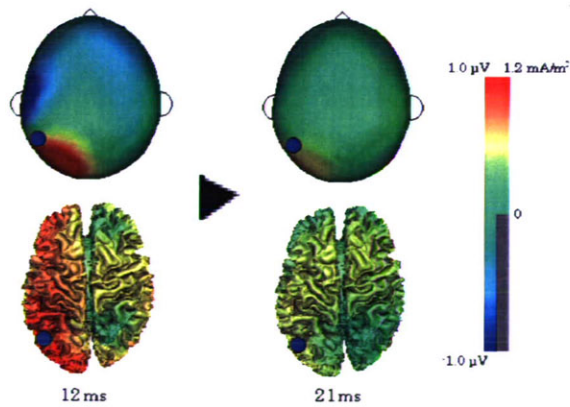


図7 刺激部位 C の脳波トポグラフィー(上)と野表上電流密度分布(下)の推移

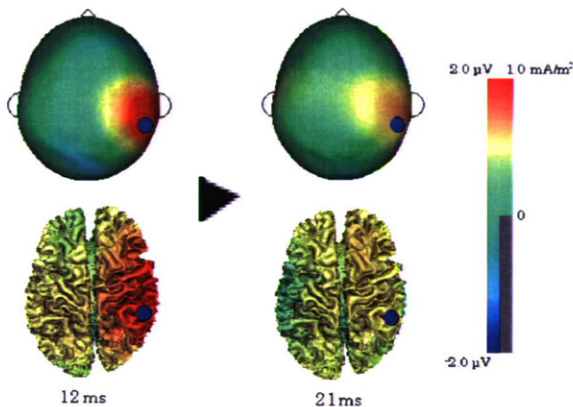


図8 刺激部位 D の脳波トポグラフィー(上)と野表上電流密度分布(下)の推移

TMS と脳波の同時計測により、TMS 刺激時の脳内の反応を評価することができるようになった。これにより、さまざまな TMS を使った実験において新たな見方ができるようになった。しかし、神経の伝達には早い潜時での記録が必要になってくるが、Sample and Hold 回路を使った測定だけでは刺激直後の大きなアーチファクトまで取り除くことは難しかった。独立成分分析を用いたアーチファクトの除去では、大きなアーチファクトを複数の成分に分解しそこから大きなピークが現れた成分を除去することでアーチファクト成分を取り除くことができた。

一次運動野の刺激では、過去に Ilmoniemi らによって示された 20ms 付近での反対半球への

伝播が観測され同様の結果が得られたが、今回は P3 付近においても刺激を行いこの部位では反対半球への伝播は見られなかった。これは、一次運動野に比べ P3 付近では、左右間のつながりが弱く左右間での信号の伝播が見られないといえる。また、左右対称での刺激に少しだけ反応部位の違いが見られたのは、脳の大きさや頭の形、また脳機能に左右差が見られるためだと考えられる。

### 3) 磁気刺激時事象関連電位 P300 の計測

fMRI を使った P300 の発生源を検討した研究では、縁上回、視床、島回、内側前頭回での P300 の関与が示唆されている。また、P3a に関連する脳部位として頭頂部から側頭部があげられ、P3b に関連する脳部位として前頭皮質、島回などがあげられている。しかし、fMRI は高い空間分解能をもつが、時間分解能が低く ms 単位での計測ができない。また、fMRI で計測している BOLD 効果と P300 の電気活動との関連性が明らかではないという問題点もある。

EEG は、時間分解能が高く ms 単位での計測が可能であり、また、P300 を直接計測しその波形を観察することができる。しかし、空間分解能が低いため発生源の検討が難しいという欠点がある。TMS は、局所的な部位をさまざまな潜時で刺激できるという利点があるため、TMS 刺激時の EEG を計測することで事象関連電位をさらに詳しく調べることができ、それにより高次脳機能について調べることができると考えている。ここでは、P300 の課題中に TMS で右縁上回を刺激したときの P300 の波形の変化を調べた。また、標的刺激と TMS 刺激の時間間隔を変えたときの P300 の波形について比較検討した。

P300 課題での標的刺激には、2kHz の純音を使用し、非標的刺激は 1kHz の純音とした。提示頻度は、標的刺激が 20%、非標的刺激が 80%とした。被験者は、標的刺激にのみ注意を払ってもらい、TMS 刺激を標的刺激から 100ms、150ms、200ms 後に行った実験と TMS 刺激を行わない



実験を計約 400 回 (約 100 回の刺激×4 パターン) 行った。

図 9 に TMS なしの P300 波形と TMS を標的  
刺激後 100ms,150ms,200ms に与えた P300 波形  
を示す。図 10 には P300 のピーク時のトポグラ  
フィーと電流密度分布を示した。ICA を使ってア  
ーチファクト成分を取り除くことにより観測し  
にくかった P300 のピークが見られ潜時を観測す  
ることができた。観測した P300 の潜時から刺激  
時間の違いによる潜時の違いが確認できた。また、  
電流密度に大きな違いが観察された。

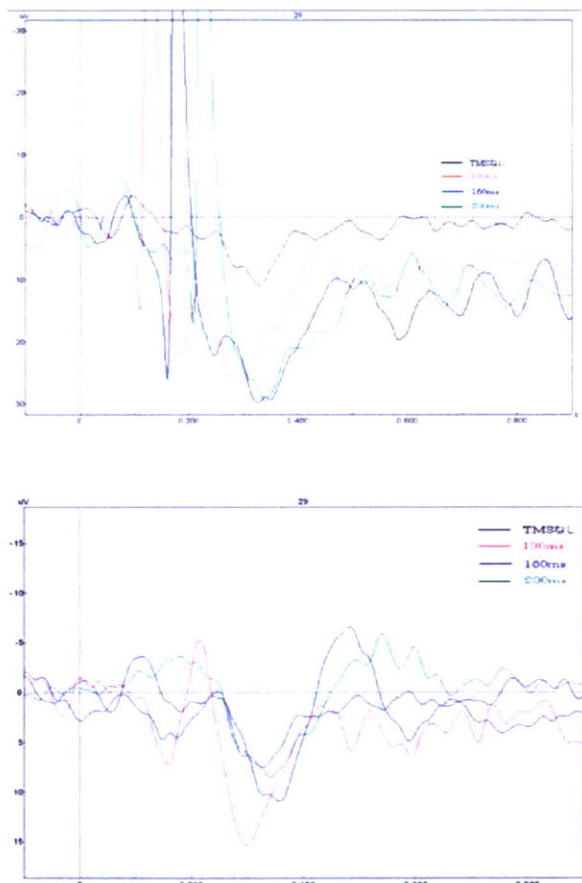
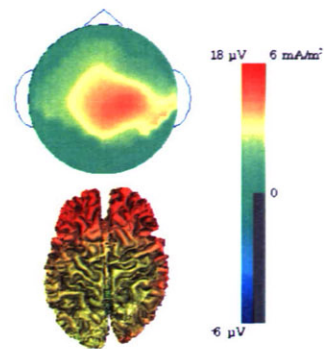
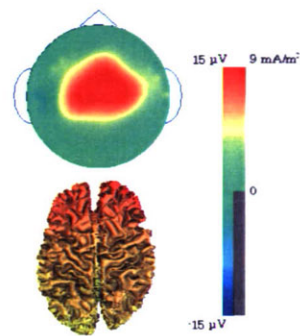


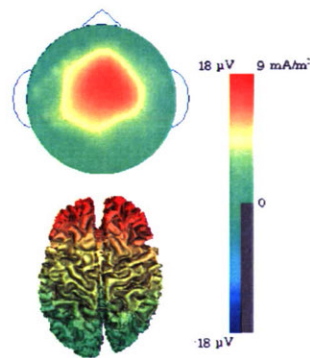
図 9 磁気刺激後の P300 波形(上)と ICA により  
アーチファクト成分を取り除いた頭頂(Cz)  
の波形 刺激提示後 100ms(赤), 150ms(青),  
200ms(緑)に磁気刺激を与えている。



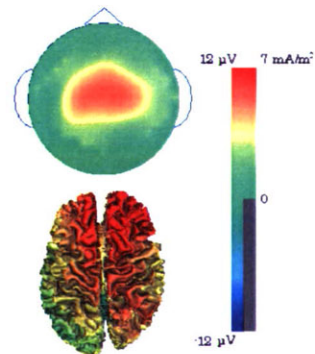
(a) TMS なし



(b) 100ms



(c) 150ms



(d) 200ms

図 10 各刺激時間における P300 のピーク時  
のトポグラフィー(上)と電流密度分布(下)

#### D. 結論

TMS と脳波の同時計測により, TMS 刺激時の脳内の反応を評価することができるようになった。これにより, さまざまな TMS を使った実験において新たな見方ができるようになった。しかし, 神経の伝達には早い潜時での記録が必要になってくるが, Sample and Hold 回路を使った測定だけでは刺激直後の大きなアーチファクトまで取り除くことは難しかった。独立成分分析を用いたアーチファクトの除去では, 大きなアーチファクトを複数の成分に分解しそこから大きなピークが現れた成分を除去することでアーチファクト成分を取り除くことができた。

#### E. 健康危険情報

特になし

#### F. 研究発表

##### 1. 論文発表

K. Iramina, T. Hyami, G. Sheng, Effect of Transcranial Magnetic Stimulation on Visual Perception, Proceedings of the International Symposium on Biological and Physiological Engineering, 50-53, 2008

伊良皆啓治 松岡彬 葛 盛 早見武人, 経頭蓋磁気刺激を用いた視覚探索課題の時間特性, 認知神経科学, Vol.9, No.3, 241-245, 2007

Sheng Ge, Akira Matsuoka, Shoogo Ueno, Keiji Iramina, A Study of Temporal Aspect of Posterior Parietal Cortex in Visual Search Using Transcranial Magnetic Stimulation, IEEJ Trans EIS, Vol.127, No. 10, 1651-1657, 2007

Takeshi Arimatsu, Hideyuki Sato, Sheng Ge, Shoogo Ueno, Keiji Iramina, Measurements of EEG Evoked by

Transcranial Magnetic Stimulation at Various Stimulus Points on the Head, Proc. of the Noninvasive Functional Source Imaging of the Brain and Heart and the International Conference on Functional Biomedical Imaging, 334-337, 2007

Akira Matsuoka, Yuuji Kawamura, Sheng Ge, Shoogo Ueno, Keiji Iramina, Temporal aspect of three visual search tasks by using TMS, Proc. of the 29th IEEE EMBS Annual International Conference, pp.4751-4754, 2007

Sheng Ge, Shoogo Ueno and Keiji Iramina, The rTMS Effect on Perceptual Reversal of Ambiguous Figures, Proc. of the 29th IEEE EMBS Annual International Conference, pp.4743-4746, 2007

Sheng GE, Shoogo UENO, Keiji IRAMINA, Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation Effect on Perceptual Reversals of Ambiguous Figures, Proceedings of 2007 IEEEICME International Conference on Complex Medical Engineering, 1425-1428, 2007

Sheng Ge, Shoogo Ueno, and Keiji Iramina, 18 Temporal Analysis of Visual Search Task by Transcranial Magnetic Stimulation, Proceedings of PIERS 2007, 241-243, 2007

##### 2. 学会発表

伊良皆啓治, 経頭蓋磁気刺激の脳機能研究, 臨床応用への可能性, 平成 20 年電気学会全国大会, 2008.03.

齊藤智昭, 松岡 彬, 伊良皆啓治, TMS による視覚探索脳内活動部位の検討, 平成 19 年度

日本生体医工学会九州支部学術講演会,  
2008.03.

有松 孟, 佐藤秀之, 上野照剛, 伊良皆啓治,  
経頭蓋磁気刺激時の P300 脳波測定, 平成 19  
年度日本生体医工学会九州支部学術講演会,  
2008.03.

松岡 彬, 齊藤智昭, 葛 盛, 上野照剛, 伊良  
皆啓治, 経頭蓋磁気刺激時の視覚探索反応時間,  
ME とバイオサイバネティックス研究会,  
2008.01.

佐藤秀之, 有松孟, 早見武人, 上野照剛, 伊良  
皆啓治, 経頭蓋磁気刺激時の P300 の測定, ME  
とバイオサイバネティックス研究会,  
2008.01.

K. Iramina, T. Hayami, G. Sheng, Effect of  
Transcranial Magnetic Stimulation on Visual  
Perception, International Symposium on  
Biological and Physiological Engineering,  
2008.01.

有松崇, 佐藤秀之, 上野照剛, 伊良皆啓治, 経  
頭蓋磁気刺激時誘発脳波の伝播, 電気学会  
医用生体工学研究会, 2007.12.

齊藤智昭, 松岡彬, 葛 盛, 上野照剛, 伊良皆  
啓治, 経頭蓋磁気刺激を用いた視覚探索脳内  
活動部位の検討, 電気学会 医用生体工学研究  
会, 2007.12.

Keiji Iramina, Akira Matsuoka, Yuji Kawamura,  
Akira Hyodo, Takehito Hayami, Ge Sheng and  
Shoogo Ueno, Interference in Visual Search Task  
by Transcranial Magnetic Stimulation, 52nd Annual  
Conference on Magnetism and Magnetic Materials,  
2007.11.

Takeshi Arimatsu, Hideyuki Sato, Sheng Ge,  
Shoogo Ueno, Keiji Iramina, Measurements of  
EEG evoked by Transcranial Magnetic Stimulation  
at Various Stimulus Points on the Head, 2007 Joint  
Meeting of the 6th International Symposium on  
Noninvasive Functional Source Imaging of the  
Brain and Heart and the International Conference  
on Functional Biomedical Imaging, 2007.10.

Ge Sheng and K. Iramina, The Long-duration  
rTMS Effect on Perceptual Reversals, 第 60 回電  
気関係学会九州支部大会, 2007.09.

葛 盛, 上野照剛, 伊良皆啓治, 反復経頭蓋  
磁気刺激による知覚交替の影響, 第 31 回日本応  
用磁気学会学術講演会, 2007.09.

佐藤秀之, 有松孟, 葛 盛, 上野照剛, 早見武  
人, 伊良皆啓治, 経頭蓋磁気刺激時の脳内誘  
発反応, 第 31 回日本応用磁気学会学術講演  
会, 2007.09.

Sheng Ge, Shoogo Ueno, Keiji Iramina, The  
rTMS Effect on Perceptual Reversal of Ambiguous  
Figures, 29th IEEE EMBS Annual International  
Conference, 2007.08.

Akira Matsuoka, Yuuji Kawamura, Sheng Ge,  
Shoogo Ueno, Keiji Iramina, Temporal aspect of  
three visual search tasks by using TMS, 29th  
IEEE EMBS Annual International  
Conference, 2007.08.

伊良皆啓治 葛盛, 経頭蓋磁気刺激を用いた  
視覚探索課題の時間特性, 認知神経科学会学術  
集会, 2007.07.

葛 盛, 上野照剛, 伊良皆啓治, 反復経頭蓋

磁気刺激による多義図形の知覚交替についての研究,第 22 回日本生体磁気学会, 2007.06.

松岡彬, 葛 盛, 上野照剛, 伊良皆啓治, 経頭蓋磁気刺激による視覚探索課題時の時間特性,第 22 回日本生体磁気学会, 2007.06.

佐藤秀之, 有松孟, 葛 盛, 上野照剛, 伊良皆啓治, 刺激部位の違いによる経頭蓋磁気刺激時の誘発脳波計測,第 22 回日本生体磁気学会, 2007.06.

Sheng Ge, Shoogo Ueno, Keiji Iramina, Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation Effects on Perceptual Reversals of Ambiguous Figures, 2007 IEEE/IECE International Conference on Complex Medical Engineering, 2007.05.

伊良皆啓治 葛 盛 上野照剛, 経頭蓋磁気刺激を用いた視覚認知機能計測,第 46 回日本生

体医工学会大会, 2007.04.

葛 盛 上野照剛 伊良皆啓治, 多義図形における知覚交替に及ぼす反復経頭蓋磁気刺激の影響,第 46 回日本生体医工学会大会, 2007.04

佐藤秀之 有松 孟 葛 盛 上野照剛 伊良皆啓治, 経頭蓋磁気刺激時の脳波計測,第 46 回日本生体医工学会大会, 2007.04

松岡 彬 葛 盛 伊良皆啓治 上野照剛, 経頭蓋磁気刺激による視覚探索時の右後頭頂葉の時間特性, 第 46 回日本生体医工学会大会, 2007.04

#### G. 知的財産権の出願・登録状況

##### 1. 特許取得

なし

##### 2. 実用新案登録

なし

## 分担研究年度終了報告書

### 磁気刺激に対応可能なマルチチャネル誘発脳波計の開発

分担研究者 鎗田 勝 日本光電工業株式会社 フロンティアオフィス 所長

**研究要旨** この研究は経頭蓋磁気刺激（Transcranial Magnetic Stimulation：以下 TMS）による脳誘発反応を測定可能なマルチチャネル誘発脳波計の量産設計並びに製作を目的とする。本年度は 32 チャネル誘発脳波計の量産設計並びに製作を行った。これまでの知見に基づき、アーチファクトの回路内伝播を防ぐため、増幅器回路内の容量性結合を極力排除したプリント基板設計とし、また、アーチファクト振幅緩和のための高域遮断フィルタと組合せたアーチファクト遮断回路を採用した。性能試験の結果、誘発脳波計単体のアーチファクト除去性能は目的の性能を達成していることが確認できた。しかしながら、平成 17 年度報告の通り、磁気刺激の誘導起電力により電極、ペースト、生体の系で長時定数のアーチファクトが発生することが分かり、これについては誘発脳波計側での対処ができないため、実環境における測定の問題として残る。

#### A. 研究目的

磁気刺激装置は強い変動磁場を発生することにより生体を刺激する装置であるが、この変動磁場が非常に大きなアーチファクト源となる。頭部を磁気刺激し、同じ頭部から脳誘発反応を測定する本研究の測定系では、大振幅のアーチファクトが誘発脳波計に入力されるため、従来、この測定は困難とされてきた。経頭蓋磁気刺激下においても、このアーチファクトを除去し脳誘発反応を測定可能な誘発脳波計の開発が本分担研究課題である。

#### B. 研究方法

平成 16 年度の研究で、誘発脳波計の入力増幅回路内容量性結合が、磁気刺激アーチファクト除去の障害となっていることが分かった。このため、本年度は増幅器回路内の容量性結合を極力排除したプリント基板設計

とし、また、アーチファクト遮断回路にアーチファクト振幅緩和のための高域遮断フィルタを組合せた設計で、32 チャネル誘発脳波計の量産設計及び製作を行った。

#### C. 研究結果

##### 1. 32 チャネル誘発脳波計の量産設計と製作

設計・製作した 32 チャネル誘発脳波計のブロックダイアグラムを Fig.1 に示す。増幅器入力部に磁気刺激に同期して動作するアーチファクト遮断回路を設けた。この遮断回路はアーチファクト振幅緩和のための高域遮断フィルタを組合せた構成とした。磁気刺激が発生する磁場・電場のパルス幅は約 1ms であるため、アーチファクト遮断回路の遮断時間はこのパルス幅よりも充分長い 2ms とした。



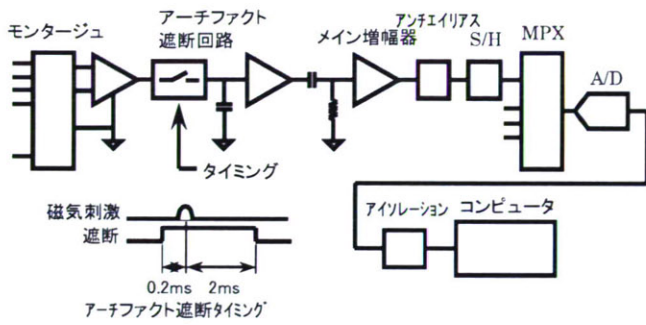


Fig.1 32チャンネル誘発脳波計ブロックダイアグラム

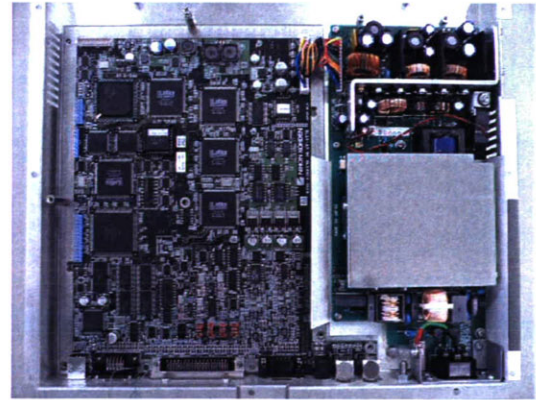


Fig.3(c) 制御回路／電源回路プリント基板

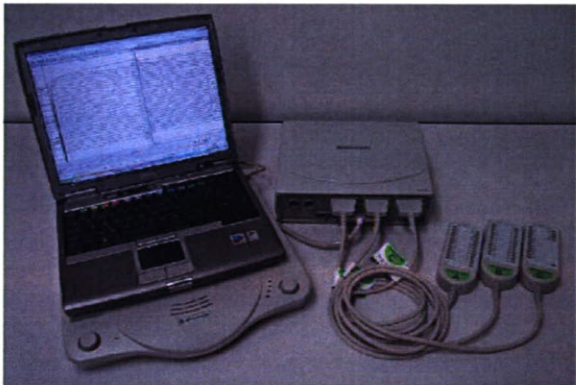


Fig.2 32チャンネル誘発脳波計

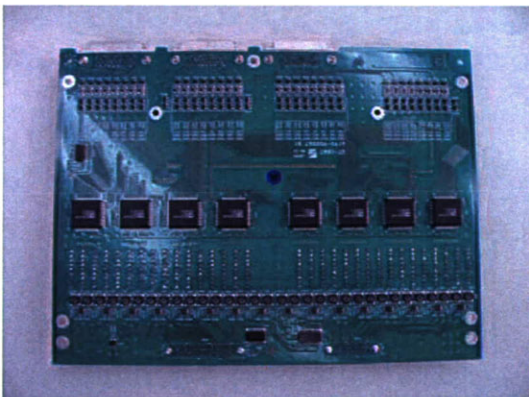


Fig.3 (a) 32チャンネルモンタージュ回路  
プリント基板

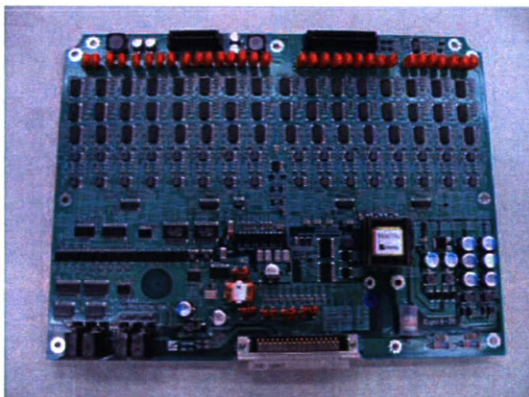


Fig.3 (b) 32チャンネル増幅回路プリント基板

Fig.2 は32チャンネル誘発脳波計外観を示す。電極リード線を接続する電極接続箱、及び、増幅器、本体、コンピュータからなる。増幅器には増幅回路が内蔵され、本体には電源回路及びコンピュータからの制御信号を受け取り、増幅器を制御する制御回路が内蔵される。コンピュータは装置の操作部と表示部を構成し、また、装置全体を制御する。Fig.3(a)、(b)、(c)は装置内部のプリント基板を示し、それぞれ32チャンネルモンタージュ回路、32チャンネル増幅回路、制御回路／電源回路のプリント基板である。32チャンネルモンタージュ回路は測定電極と増幅回路を接続するための回路。32チャンネル増幅器は検出した脳誘発反応を増幅する回路、制御回路／電源回路はモンタージュ回路と増幅器を制御する回路と電源回路である。32チャンネル増幅回路はアーチファクトの回路内伝播を極力防ぐため、増幅回路内の容量性結合を極力排除したプリント基板設計とした。

## 2. 32チャンネル誘発脳波計の性能確認

電極、ペーストを使わず、電極リード線をステンレスボールにネジ止めして接続し、ここに磁気刺激を行った。Fig.4(a)はアーチファクト遮断回路を動作させない状態で磁気刺激を行った場合の結果を示す。磁気刺激で大振幅のアー



チファクトの混入と基線変動が起こり、これらが測定に影響を与える。Fig.4(b)はアーチファクト遮断回路を動作させた時の結果を示す。磁気刺激アーチファクトの混入は僅かであり、また、基線変動も起こらず、目的の性能を達成できた。

Fig.4(c)はステンレスボールにペースト、電極を用いて接続した時の結果である。アーチファクト遮断回路が動作しているにも関わらず、数10ms 幅の大振幅のアーチファクトが混入した。平成16年度報告書で報告したが、このアーチファクトは、磁気刺激の誘導起電力によってペーストや生体等の電解質が電気分解を起こし、それがゆっくりと放電することにより発生するアーチファクトであると推測される。このアーチファクトに対しては、誘発脳波計側での対処ができないため、実環境における測定の問題として残った。

D. 健康危険情報  
なし

E. 研究発表  
1. 論文発表  
なし  
2. 学会発表

野中幸夫、中島八十一、鎗田勝、ら：磁気刺激に対応可能なマルチチャンネル誘発反応測定装置の開発。第37回日本臨床神経生理学学会学術大会，臨床神経生理学35巻5号：384，2007。

F. 知的財産権の出願・登録状況  
1. 特許取得  
なし  
2. 実用新案登録  
なし

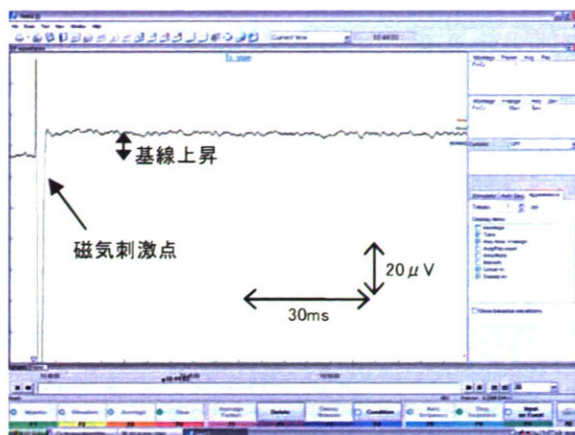


Fig.4 (a) アーチファクト遮断回路がない場合  
(電極、ペースト無しの環境)

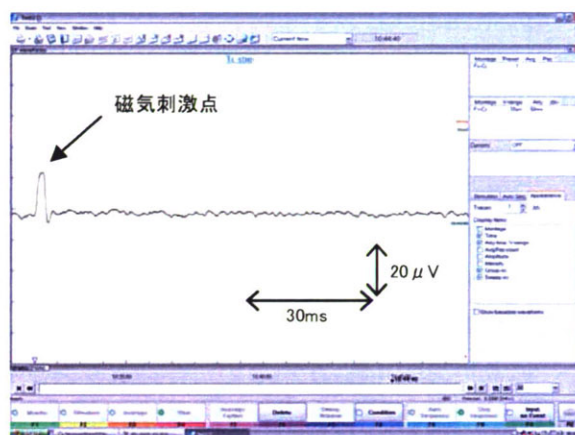


Fig.4 (b) アーチファクト遮断回路を動作させた場合  
(電極、ペースト無しの環境)

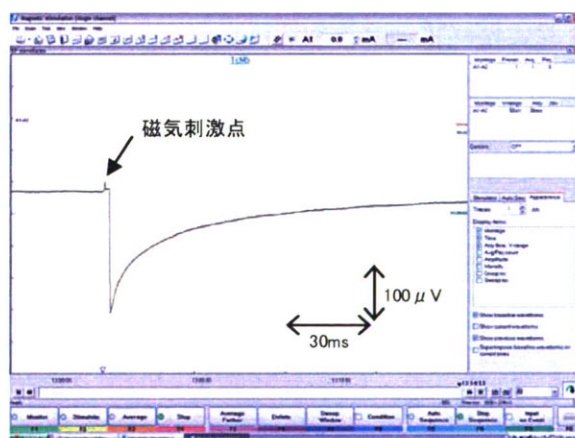


Fig.4 (c) 電極、ペーストを使用した場合

厚生労働科学研究費補助金（医療機器開発推進研究事業）

分担研究19年度終了報告書

「分担研究課題名：拡散テンソルMRI法を用いた、高次脳機能障害診断に必要な白質の解剖生理学的研究」

分担研究者：三木幸雄

京都大学大学院医学研究科放射線医学講座（画像診断学・核医学） 准教授

研究要旨：3テスラの臨床研究用高磁場MRI装置を使用し、脳腫瘍・脳動静脈奇形などの脳占拠性病変においてさらに症例を追加し、錐体路や視放線などの重要な神経線維束のtractographyを拡散テンソル画像を利用して作成し、臨床応用および有用性を確認した。また、拡散テンソル画像による定量値が3テスラのMRI装置と1.5テスラのMR装置とで相違があるかどうかを検討した。さらに、モヤモヤ病患者において、全脳拡散テンソルヒストグラム解析を施行し、梗塞を伴う症例と伴わない症例や健常者との間で、全脳拡散テンソルヒストグラムに差が見られるかどうかを検討した。

A. 研究目的

拡散テンソルMRI法を用いた、高次脳機能障害診断に必要な白質の解剖生理学的研究を分担課題目的としている。

B. 研究方法

3テスラの臨床研究用高磁場MRI装置を使用し、拡散テンソル画像による定量値が3テスラのMRI装置と1.5テスラのMR装置とで相違があるかどうかを検討した。さらに、モヤモヤ病患者において、全脳拡散テンソルヒストグラム解析を施行し、梗塞を伴う症例と伴わない症例や健常者との間で、全脳拡散テンソルヒストグラムに差が見られるかどうかを検討した。

C. 研究結果

3テスラMRI装置を使った場合と1.5テスラMRI装置を使った場合とで、拡散テンソル画像法による定量値(fractional anisotropy; FA [拡散異方性指標]やmean diffusivity; MD [平均拡散能])が

若干異なることを見いだした (NMR in Biomed, 2007;20(8):743-8)。また、梗塞を伴うモヤモヤ病患者群は、梗塞を伴わないモヤモヤ病患者群および対照健常者群との間で、拡散テンソル画像による定量値(FAおよびMD)のヒストグラムのピーク高及び平均値に、有意差があることを明らかにした (Magn Reson Imaging, in press)。

(倫理面への配慮)

脳3T MRIの研究内容は、医学研究科・医の倫理委員会の承認を得ている。被検者には研究内容を文書にて説明し、同意を得た後に、同意書に署名の上、検査を施行した

D. 考察

高次脳機能障害モデルとしてのモヤモヤ病において、全脳拡散テンソルヒストグラム解析が、病態を定量化できることが示唆された。今後、他の疾患についても同様の応用ができる可能性があることが示唆される。また、拡

散テンソル画像法による定量値は磁場強度によって若干異なることが明らかになったが、拡散テンソル画像法による定量化の際には、磁場強度による差異を考慮する必要があることが判明した。

#### E. 結論

拡散テンソル画像が高次脳機能障害における顕微鏡的な脳病態を解析するのに有用な手法であることが証明され、高次脳機能障害を来す種々の疾患において、ナビゲーションシステム、各種モニタリング、臨床症状など複数の情報の組み合わせを用いて、脳機能病理に対して電気生理学的アプローチ、拡散テンソル画像によるアプローチの両面から相補的な病態解析が今後さらに進むものと期待される。

#### F. 健康危険情報

MRIの安全性は広く認められており、特になし。

#### G. 研究発表

##### 1. 論文発表(英文のみを記す)

1. Mikuni N, Okada T, Taki J, Matsumoto R, Nishida N, Enatsu R, Hanakawa T, Ikeda A, Miki Y, Fukuyama H, Hashimoto N. Fibers from the dorsal premotor cortex elicit motor evoked potential in a cortical dysplasia. *Neuroimage* 2007; 34(1):12-18.
2. Matsui M, Mizutani K, Ohtake H, Miki Y, Ishizu K, Fukuyama H, Shimohata T, Onodera O, Nishizawa M, Takayama Y, Shibasaki H. Novel Mutation in EIF2B Gene in a Case of Adult-Onset Leukoencephalopathy with Vanishing White Matter. *Eur Neurol* 2007;57(1):57-58
3. Mikuni N, Okada T, Nishida N, Taki J, Enatsu R, Ikeda A, Miki Y, Hanakawa T, Fukuyama H, Hashimoto N. Comparison between motor evoked potential recording and fiber tracking for estimating pyramidal tracts near brain tumors. *J Neurosurg.* 2007;106:128-133.
4. Yamamoto A, Miki Y, Urayama S, Fushimi Y, Okada T, Hanakawa T, Fukuyama H, Togashi K. Diffusion tensor fiber tractography of the optic radiation: analysis with 6-, 12-, 40- and 81-directional motion probing gradients; a preliminary study. *AJNR Am J Neuroradiol* 2007; 28:92-96.
5. Sato N, Yagishita A, Oba H, Miki Y, Nakata Y, Yamashita F, Nemoto K, Sugai K, Sasaki M. Hemigalencephaly: a study of abnormalities occurring outside of the involved hemisphere. *AJNR Am J Neuroradiol* 2007;28:678-682.
6. Miki Y, Kanagaki M, Takahashi JA, Ishizu K, Nakagawa M, Yamamoto A, Fushimi Y, Okada T, Mikuni N, Kikuta K, Hashimoto N, Togashi K. Evaluation of pituitary macroadenomas with multidetector-row CT (MDCT): comparison with MR imaging. *Neuroradiology* 2007;49(4):327-33.
7. Mikuni N, Okada T, Enatsu R, Miki Y, Hanakawa T, Urayama S-I, Kikuta K, Takahashi JA, Nozaki K, Fukuyama H, Hashimoto N. Clinical impact of integrated functional neuronavigation and subcortical electrical stimulation to preserve motor function during resection of brain tumors. *J Neurosurg.* 2007;106(4):593-8.
8. Isoda H, Kataoka M, Maetani Y, Kido A, Umeoka S, Tamai K, Koyama T, Nakamoto Y, Miki Y, Saga T, Togashi K. MRCP imaging at 3.0 T vs. 1.5T: preliminary experience in healthy volunteers. *J Magn Reson Imaging* 2007;25(5):1000-6.
9. Mikuni N, Okadate T, Enatsu R, Miki Y,



- Urayama S-I, Takahashi JA, Nozaki K, Fukuyama H, Hashimoto N. Clinical significance of preoperative fiber-tracking to preserve the affected pyramidal tracts during the resection of brain tumors in patients with preoperative motor weakness. **Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry** 2007;78(7):128-33.
10. Okada T, Miki Y, Kikuta K-I, Mikuni N, Urayama S-I, Fushimi Y, Yamamoto A, Mori N, Fukuyama H, Hashimoto N, Togashi K. Diffusion tensor fiber tractography for arteriovenous malformations: quantitative analyses to evaluate the corticospinal tract and optic radiation. **AJNR Am J Neuroradiol** 2007;28(6):1107-1113.
11. Fushimi Y, Miki Y, Urayama S-I, Okada T, Mori N, Hanakawa T, Fukuyama H, Togashi K. Gray matter-white matter contrast on spin-echo T1-weighted images at 3T and 1.5T: a quantitative comparison study. **European Radiology** 2007;17(11):2921-2925.
12. Miyata J, Hirao K, Namiki C, Fukuyama H, Okada T, Miki Y, Hayashi T, Murai T. Interfrontal Commissural Abnormality in Schizophrenia: Tractography-Assisted Callosal Parcellation. **Schizophrenia Research** 2007;97:236-41
13. Fushimi Y, Miki Y, Okada T, Yamamoto A, Mori N, Hanakawa T, Urayama S, Aso T, Fukuyama H, Kikuta K, Togashi K. Fractional Anisotropy and Mean Diffusivity; Comparison between 3.0-T and 1.5-T Diffusion Tensor Imaging with Parallel Imaging Using Histogram and ROI Analysis. **NMR in Biomed**, 2007;20(8):743-8.
14. Tomimoto H, Lin J-X, Ihara M, Ohtani R, Matsuo A, Miki Y. Subinsular vascular lesions; an analysis of 119 consecutive autopsied brains. **European Journal of Neurology**, in press.
15. Mori N, Miki Y, Kikuta K-I, Fushimi Y, Okada T, Urayama S-I, Fukuyama H, Hashimoto N, Togashi K. Microbleeds in moyamoya disease: susceptibility-weighted imaging vs. T2\*-weighted imaging at 3T. **Investigative Radiology**, in press.
16. Sato N, Ota M, Yagishita A, Miki Y, Takahashi T, Adachi Y, Nakata Y, Sugai K, Sasaki M. Aberrant midsagittal fiber tracts in patients with hemimegalencephaly. **AJNR Am J Neuroradiol**, in press.
17. Mori N, Miki Y, Fushimi Y, Kikuta K-I, Urayama S-I, Okada T, Fukuyama H, Hashimoto N, Togashi K. Moyamoya Disease: Histogram-based Quantitative Analysis of Diffusion Tensor Imaging. **Magn Reson Imaging**, in press.
18. Fushimi Y, Miki Y, Kikuta K-I, Hashimoto N, Fukuyama H, Togashi K. A developmental venous anomaly presenting atypical findings on susceptibility weighted imaging. **AJNR Am J Neuroradiol**, in press.
19. Kitamura E, Miki Y, Kawai M, Itoh H, Yura S, Mori N, Sugimura K, Togashi K. T1-signal intensity and height of the anterior pituitary in neonates: correlation with postnatal time. **AJNR Am J Neuroradiol**, in press
2. 学会発表 (国際学会のみ記す)

1. Fushimi Y, Miki Y, Mori N, Okada T, Urayama S, Sawamoto N, Fukuyama, Togashi K. Signal changes of the brain in susceptibility-weighted imaging under low cerebral blood flow. 15th Annual Meeting of **International Society for Magnetic Resonance in Medicine (ISMRM)**, Berlin, Germany, 2007.5.19-242.
2. Mori N, Miki Y, Kikuta K-I, Fushimi Y, Okada T, Urayama S-I, Fukuyama H, Hashimoto N, Togashi K. Microbleeds in moyamoya disease: susceptibility-weighted imaging versus T2\*-weighted imaging at 3T. **93<sup>rd</sup> Scientific Assembly and Annual Meeting, Radiological Society of North America (RSNA)**, Chicago, USA, 2007.11.25-11.303.
3. Umeoka S, Koyama T, Tamai, K, Miki Y, Akai M, Tsutsui K, et al. Pictorial review of tuberous sclerosis in various organs. **93<sup>rd</sup> Scientific Assembly and Annual Meeting, Radiological Society of North America (RSNA)**, Chicago, USA, 2007.11.25-11.30

H. 知的財産権の出願・登録状況(予定を含む)

1. 特許取得  
なし
2. 実用新案登録  
なし
3. その他  
特になし

図1 1.5T と 3T MRIでの、拡散異方性(fractional anisotropy; FA)の相違

(3Tは1.5Tと比べ、白質のFAはより高く、灰白質のFAはより低くなる  
→つまり、3TではFAコントラストが改善することが明らかになった)

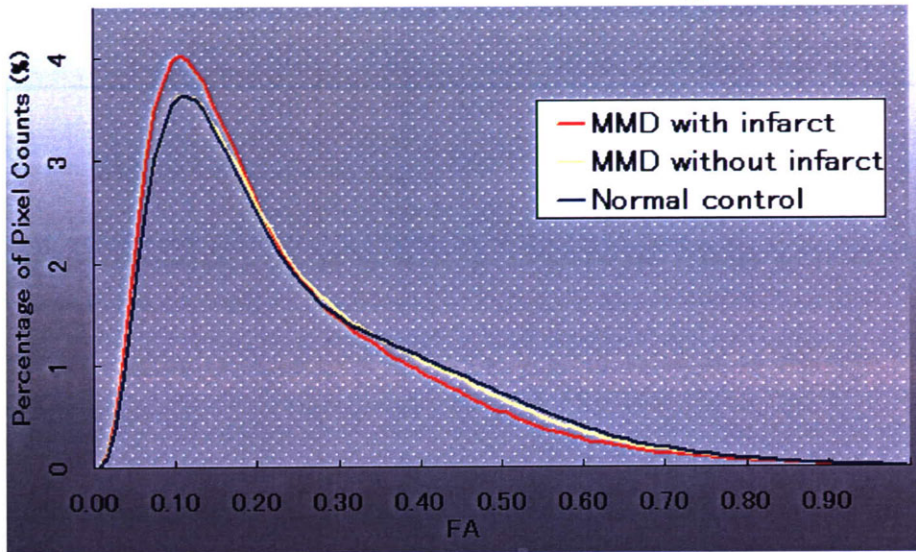
	1.5 T	3.0 T	p value
被殻	0.165 ± 0.018	0.150 ± 0.012	< 0.001
淡蒼球	0.235 ± 0.039	0.197 ± 0.038	< 0.001
視床	0.295 ± 0.032	0.286 ± 0.021	0.17
半卵円中心	0.477 ± 0.041	0.551 ± 0.040	< 0.001
中小脳脚	0.566 ± 0.058	0.615 ± 0.041	< 0.001
大脳脚	0.644 ± 0.067	0.682 ± 0.049	0.006
内包後脚	0.682 ± 0.040	0.701 ± 0.037	0.007
脳梁膝部	0.766 ± 0.052	0.821 ± 0.041	< 0.001
脳梁膨大部	0.799 ± 0.037	0.847 ± 0.033	< 0.001



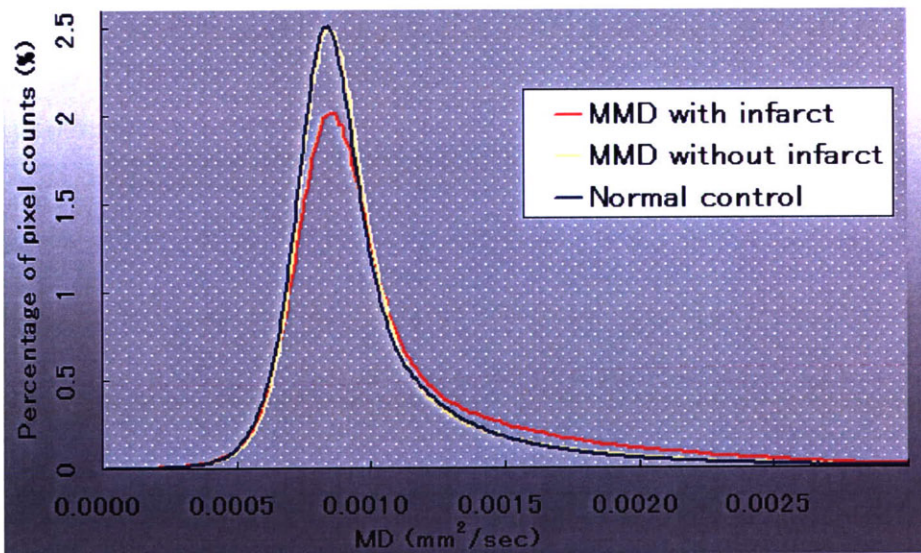
図2 もやもや病における全脳拡散テンソルヒストグラム解析

(梗塞を伴うモヤモヤ病患者群は、梗塞を伴わないモヤモヤ病患者群および健常者群との間に、拡散テンソル画像による定量値 (fractional anisotropy [FA], mean diffusivity [MD]) のヒストグラムのピーク高および平均値に優位差があることが明らかになった。全脳における病態の定量化には、今後の有用性が期待される。)

### Whole brain FA histogram



### Whole brain MD histogram



### Ⅲ. 研究成果の刊行に関する一覧表

研究成果の刊行に関する一覧表

書籍

著者氏名	論文タイトル名	書籍全体の編集者名	書籍名	出版社名	出版地	出版年	ページ
Kanagaki M, Sato N, Miki Y	Pituitary gland and parasellar region	Reiser MF, Semmler W, Hricak H	Magnetic Resonance Tomography	Springer	Heidelberg	2007	399-432

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
Sekiguchi H., Takeuchi S., Kadota H., Kohno Y., Nakajima Y.	Evoked brain potentials were changed by coil orientation of transcranial magnetic stimulation	Clinical Neurophysiology	(Web abstract; accepted)		2008
Mikuni N, Okada T, Taki J, Matsumoto R, Nishida N, Enatsu R, Hanakawa T, Ikeda A, Miki Y, Fukuyama H, Hashimoto N.	Fibers from the dorsal premotor cortex elicit motor evoked potential in a cortical dysplasia.	Neuroimage	34(1)	12-18	2007
Matsui M, Mizutani K, Ohtake H, Miki Y, Ishizu K, Fukuyama H, Shimohata T, Onodera O, Nishizawa M, Takayama Y, Shibasaki H.	Novel Mutation in EIF2B Gene in a Case of Adult-Onset Leukoencephalopathy with Vanishing White Matter.	Eur Neurol	57(1)	57-58	2007
Mikuni N, Okada T, Nishida N, Taki J, Enatsu R, Ikeda A, Miki Y, Hanakawa T, Fukuyama H, Hashimoto N.	Comparison between motor evoked potential recording and fiber tracking for estimating pyramidal tracts near brain tumors.	J Neurosurg	106	128-133	2007
Yamamoto A, Miki Y, Urayama S, Fushimi Y, Okada T, Hanakawa T, Fukuyama H, Togashi K.	Diffusion tensor fiber tractography of the optic radiation: analysis with 6-, 12-, 40- and 81-directional motion probing gradients; a preliminary study.	AJNR Am J Neuroradiol	28	92-96	2007



Sato N, Yagishita A, Oba H, Miki Y, Nakata Y, Yamashita F, Nemoto K, Sugai K, Sasaki M.	Hemigalencephaly: a study of abnormalities occurring outside of the involved hemisphere.	AJNR Am J Neuroradiol	28	678-682	2007
Miki Y, Kanagaki M, Takahashi JA, Ishizu K, Nakagawa M, Yamamoto A, Fushimi Y, Okada T, Mikuni N, Kikuta K, Hashimoto N, Togashi K.	Evaluation of pituitary macroadenomas with multidetector-row CT (MDCT): comparison with MR imaging.	Neuroradiology	49(4)	327-33	2007
Mikuni N, Okada T, Enatsu R, Miki Y, Hanakawa T, Urayama S-I, Kikuta K, Takahashi JA, Nozaki K, Fukuyama H, Hashimoto N.	Clinical impact of integrated functional neuronavigation and subcortical electrical stimulation to preserve motor function during resection of brain tumors.	J Neurosurg	106(4)	593-598	2007
Isoda H, Kataoka M, Maetani Y, Kido A, Umeoka S, Tamai K, Koyama T, Nakamoto Y, Miki Y, Saga T, Togashi K.	MRCP imaging at 3.0 T vs. 1.5T: preliminary experience in healthy volunteers.	J Magn Reson Imaging	25(5)	1000-1006	2007
Mikuni N, Okadate T, Enatsu R, Miki Y, Urayama S-I, Takahashi JA, Nozaki K, Fukuyama H, Hashimoto N.	Clinical significance of preoperative fiber-tracking to preserve the affected pyramidal tracts during the resection of brain tumors in patients with preoperative motor weakness.	Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry	78(7)	128-133	2007
Okada T, Miki Y, Kikuta K-I, Mikuni N, Urayama S-I, Fushimi Y, Yamamoto A, Mori N, Fukuyama H, Hashimoto N, Togashi K.	Diffusion tensor fiber tractography for arteriovenous malformations: quantitative analyses to evaluate the corticospinal tract and optic radiation.	AJNR Am J Neuroradiol	28(6)	1107-1113	2007
Fushimi Y, Miki Y, Urayama S-I, Okada T, Mori N, Hanakawa T, Fukuyama H, Togashi K.	Gray matter-white matter contrast on spin-echo T1-weighted images at 3T and 1.5T: a quantitative comparison study.	European Radiology	17(11)	2921-2925	2007

Miyata J, Hirao K, Namiki C, Fukuyama H, Okada T, Miki Y, Hayashi T, Murai T.	Interfrontal Commissural Abnormality in Schizophrenia: Tractography-Assisted Callosal Parcellation.	Schizophrenia Research	97	236-241	2007
Fushimi Y, Miki Y, Okada T, Yamamoto A, Mori N, Hanakawa T, Urayama S, Aso T, Fukuyama H, Kikuta K, Togashi K.	Fractional Anisotropy and Mean Diffusivity; Comparison between 3.0-T and 1.5-T Diffusion Tensor Imaging with Parallel Imaging Using Histogram and ROI Analysis.	NMR in Biomed	20(8)	743-748	2007
Tomimoto H, Lin J-X, Ihara M, Ohtani R, Matsuo A, Miki Y.	Subinsular vascular lesions; an analysis of 119 consecutive autopsied brains.	European Journal of Neurology			in press
Mori N, Miki Y, Kikuta K-I, Fushimi Y, Okada T, Urayama S-I, Fukuyama H, Hashimoto N, Togashi K.	Microbleeds in moyamoya disease: susceptibility-weighted imaging vs. T2*-weighted imaging at 3T.	Investigative Radiology			in press
Sato N, Ota M, Yagishita A, Miki Y, Takahashi T, Adachi Y, Nakata Y, Sugai K, Sasaki M.	Aberrant midsagittal fiber tracts in patients with hemimegalencephaly.	AJNR Am J Neuroradiol			in press
Mori N, Miki Y, Fushimi Y, Kikuta K-I, Urayama S-I, Okada T, Fukuyama H, Hashimoto N, Togashi K.	Moyamoya Disease: Histogram-based Quantitative Analysis of Diffusion Tensor Imaging.	Magn Reson Imaging			in press
Fushimi Y, Miki Y, Kikuta K-I, Hashimoto N, Fukuyama H, Togashi K.	A developmental venous anomaly presenting atypical findings on susceptibility weighted imaging.	AJNR Am J Neuroradiol			in press
Kitamura E, Miki Y, Kawai M, Itoh H, Yura S, Mori N, Sugimura K, Togashi K.	T1-signal intensity and height of the anterior pituitary in neonates: correlation with postnatal time.	AJNR Am J Neuroradiol			in press

K. Iramina, T. Hyami, G. Sheng	Effect of Transcranial Magnetic Stimulation on Visual Perception	Proceedings of the International Symposium on Biological and Physiological Engineering		50-53	2008
伊良皆啓治 松岡 彬 葛 盛 早見 武人	経頭蓋磁気刺激を用い た視覚探索課題の時間 特性	認知神経科学	Vol.9	241-245	2007
Sheng Ge, Akira Matsuoka, Shoogo Ueno, Keiji Iramina	A Study of Temporal Aspect of Posterior Parietal Cortex in Visual Search Using Transcranial Magnetic Stimulation,	IEEJ Trans EIS	Vol.127, No. 10	1651-165 7	2007
Takeshi Arimatsu, Hideyuki Sato, Sheng Ge, Shoogo Ueno, Keiji Iramina	Measurements of EEG Evoked by Transcranial Magnetic Stimulation at Various Stimulus Points on the Head	Proc. of the Noninvasive Functional Source Imaging of the Brain and Heart and the International Conference on Functional Biomedical Imaging		334-337	2007
Akira Matsuoka, Yuuji Kawamura, Sheng Ge, Shoogo Ueno, Keiji Iramina	A study on some optical illusions based upon the theory of inducing field	Proc. of the 29th IEEE EMBS Annual International Conference		4751-475 4	2007
Sheng Ge, Shoogo Ueno, Keiji Iramina	Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation Effect on Perceptual Reversals of Ambiguous Figures	Proceedings of 2007 IEEE/ICME International Coferece on Complex Medical Engineering		1425-142 8,	2007