

# 脳磁図による術前脳機能マッピング

瀬口達也<sup>1)\*</sup> 本郷一博<sup>1)</sup> 酒井圭一<sup>1)</sup> 奥寺 敬<sup>2)</sup>  
浅和照子<sup>3)</sup> 小口和浩<sup>4)</sup> 上田 仁<sup>4)</sup> 小林茂昭<sup>1)</sup>

- 1) 信州大学医学部脳神経外科学教室
- 2) 信州大学医学部附属病院救急部
- 3) 信州大学医学部附属病院中央検査部
- 4) 信州大学医学部放射線医学教室

## Functional Brain Mapping Using Magnetoencephalography

Tatsuya SEGUCHI<sup>1)</sup>, Kazuhiro HONGO<sup>1)</sup>, Keiichi SAKAI<sup>1)</sup>, Hiroshi OKUDERA<sup>2)</sup>  
Teruko ASAWA<sup>3)</sup>, Kazuhiro OGUCHI<sup>4)</sup>, Hitoshi UEDA<sup>4)</sup> and Shigeaki KOBAYASHI<sup>1)</sup>

- 1) *Department of Neurosurgery, Shinshu University School of Medicine*
- 2) *Division of Critical Care Medicine, Shinshu University School of Medicine*
- 3) *Division of Central Laboratory Medicine, Shinshu University School of Medicine*
- 4) *Department of Radiology, Shinshu University School of Medicine*

We present our early experiences of magnetoencephalography (MEG) especially on evaluating normal value. Various evoked fields including somatosensory, auditory and visual were measured in healthy adult volunteers with a NEUROMAG (ELEKTA, Sweden). The functional data were integrated with MR Images and then the central sulcus was clearly detected. It is a potentially useful device to accurately clarify the brain function and in planning neurosurgical strategy. *Shinshu Med J 48 : 323—327, 2000*

(Received for publication May 10, 2000 ; accepted in revised form June 27, 2000)

**Key words** : magnetoencephalography (MEG), evoked field, functional brain mapping

脳磁図, 誘発磁場, 脳機能マッピング

## I はじめに

脳神経外科手術において、治療方針の決定および手術実施にあたり、病巣部位と eloquent area との関係術前に正確に把握する脳の機能マッピングは極めて重要である。脳機能マッピングには、近年、感覚誘発電位、運動誘発電位などの電気神経生理学的手法や機能 Magnetic resonance (MR) 画像を用いた方法などが行われているが、脳磁図 (Magnetoencephalography: MEG) を用いた新たな方法が注目され始めている<sup>1)~3)</sup>。

MEG とは脳の神経が活動する際、周囲に発生する微弱磁場を頭皮上より非侵襲的に計測する脳機能検査法である<sup>4)~6)</sup>。基本的には脳内の電気活動をリアルタイムで捉えるという点では脳波と同じであるが、頭皮

や頭蓋骨の影響を受けず頭表面に表れた磁場分布と時間経過より信号発生源を探り、結果として脳機能の局在推定を精密に、かつ、簡易に測定でき、MR 画像と統合することにより機能情報を画像化できる。これが脳波では得られない MEG ならではの特徴である。具体的には対象検査となる神経機能に従い視覚や聴覚、体性感覚 (皮膚、身体感覚) などの刺激を与え、それにより活動した脳がどこであるか推定し、機能が営まれている領域の中心位置を MR 画像上 (解剖学的構造上) に点で表示する。さらに、もっと高次な機能であれば、文字を読むとか、単語を聞くと言った課題による機能診断も可能である。

1999年8月に脳磁図装置 Vector View (Neuromag Co., Finland) (204チャンネル) が信州大学に導入され、我々は10月より MEG の臨床応用に向け研究をすすめている。

本稿では、MEG 導入後の現時点における研究の第

\* 別刷請求先: 瀬口 達也 〒390-8621

松本市旭 3-1-1 信州大学医学部脳神経外科

一報として、MEGの測定方法、および健常者のデータを提示するとともに、初期臨床応用として、実際の脳神経外科患者に対する臨床例を紹介する。

## II 誘発磁場 (evoked field) について

誘発磁場〔磁界〕を得る方法として種々の刺激が行われている。

現在、誘発可能な磁場としては次のものがある<sup>6)~9)</sup>。

### A 体性感覚誘発磁場 (somatosensory evoked field: SEF)

SEFでは一次、二次体性感覚野が同定できるが、一次反応で得られる中心溝同定が臨床重要である。中心溝の前方が運動野で、後方が体性感覚野である。正中神経を電気刺激すると潜時約20msに反応が見られ、この潜時反応は再現性がよく、意識障害を有している場合でも反応を認める。

### B 運動誘発磁場 (motor evoked field: MEF)

手指、手首等の自発運動により磁界が生じ、運動、補足運動野の近傍に信号起源を認める。刺激の条件が一定しないこと、心理的要因の影響を受けることなどより、再現性に問題があり、現時点においてはまだ臨床応用が難しい。

### C 聴覚誘発磁場 (auditory evoked field: AEF)

一次聴覚野は両側の側頭葉上面後方 (Heschl 横回) に存在する。一側耳、もしくは両耳を純音刺激して得られる磁界は潜時約100msに認められる。

### D 視覚誘発磁場 (visual evoked field: VEF)

視覚野は後頭葉に存在する。VEFは白と黒のチェッカーボードが反転する刺激 (pattern reversal) が通常安定した結果が得られるが、他の視覚刺激を用いることもある。潜時は約75msから145msに三相波として認められる。信号源は鳥距溝の外側深部に推定される。

## III 対象および方法

現在我々は、成人健常者を測定対象とし、当大学附属病院倫理委員会の承認を得て、当院設置MEGのcontrol studyおよびMRI画像上への正確な合成のための方法論確立の研究を行っている。今回、測定対象者中の1例(35歳、男性)に対し誘発磁場として、SEF、AEF、VEFを行い、それにより得られる磁界につき検討した。また、得られた磁場データをMR画像と重ね合わせる(MRI Integration)ことにより、形態情報と機能情報の統合を行った。さらに運動野近

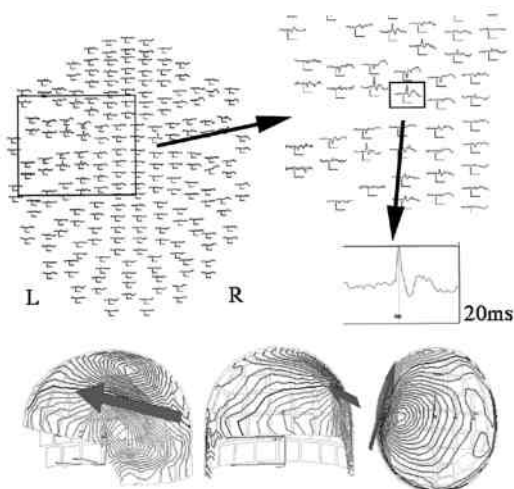


図1 a 正中神経刺激による体性感覚誘発磁場  
上段：頭頂から見下ろした204チャンネル全頭型脳磁計の波形。

左前頭頂部に反応を認め、刺激時点より20msに波形の頂点を認める。(横軸；潜時、縦軸；振幅)

下段：潜時20msに磁場を認める。等高線は磁場分布を表したものであり、矢印は磁場分布より推定される信号源を模式的に表したもので、神経細胞内を流れる電流の方向である。

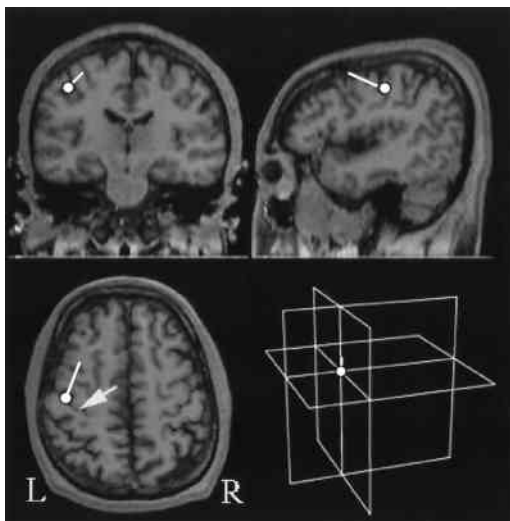


図1 b MRIとの合成

丸印は局在、線分は神経細胞内を流れる電流の方向を示す。

⇒は同定された中心溝を示す。

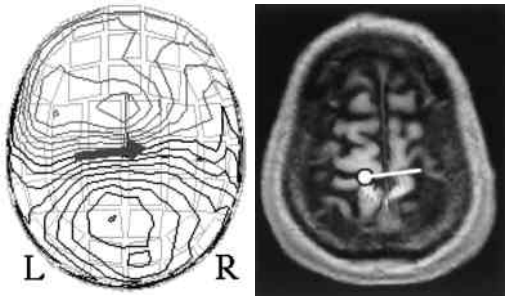


図2 右脛骨神経刺激による体性感覚誘発磁場  
左頭頂葉内側部に局在を認める。  
丸印は局在，線分は神経細胞内を流れる電流の方向  
を示す。

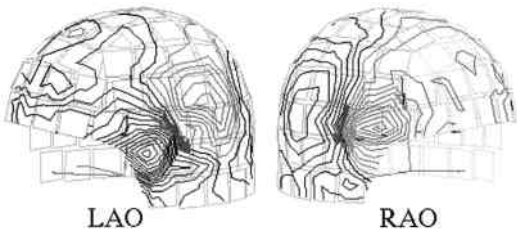


図3 聴覚刺激による聴覚誘発磁場  
両耳刺激により得られた純音聴覚誘発磁界。  
両側側頭葉に磁界を認める。  
LAO : left anterior oblique view  
RAO : right anterior oblique view

傍に病変を有すると考えられる患者2名に対し、SEFを施行して、中心溝の同定を行い、病変部との位置関係を検討した。

#### IV 結 果

##### A 中心溝の同定：体性感覚誘発磁場 (somatosensory evoked field : SEF)

右正中神経を電気刺激すると潜時約20msに反応が見られ、磁界を形成した(図1 a)。MRIとの合成を正確に行うことにより、中心溝同定が確実にできた(図1 a, b)。

右脛骨神経刺激においても潜時約40msに反応があり、左頭頂葉内側部に磁界を形成し、局在を同定できた(図2)。

##### B 聴覚野の同定：聴覚誘発磁場 (auditory evoked field : AEF)

図3は両耳に純音パルスを聞かせた際に得られた磁界である。潜時約100msで、両側側頭葉に磁界を有し、MRIと合成するとその局在は両側側頭葉上部に

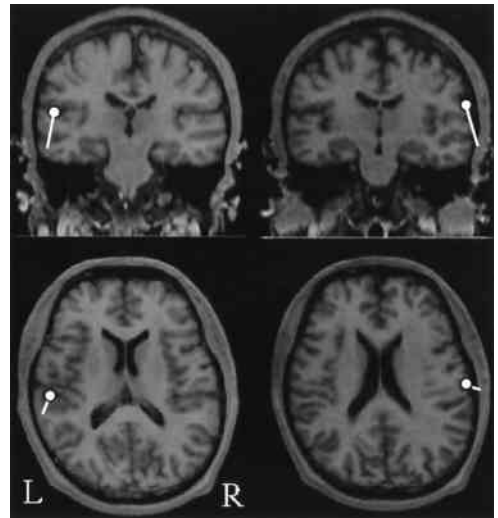


図4 MRIとの合成  
丸印は局在，線分は神経細胞内を流れる電流の方向  
を示す，Heschl 横回に推定される。

認めた(図4)。

##### C 視覚野の同定：視覚誘発磁場 (visual evoked field : VEF)

両眼にチェッカーボードが反転する刺激 (pattern reversal) を与えると、後頭葉に反応を認め、磁界を形成した。信号起源は鳥距溝近傍にあると推定された。(図5)。

##### 臨床症例提示

症例1：17歳，男性。右利き。診断：脳動静脈奇形。

MR画像上、病変部は左前中心回に主座をおくと推定され、SEFの測定を行った。右正中神経を電気刺激して、得られた反応から信号源を推定した。MR画像との合成を行い局在と中心溝を同定した(図6)。機能的な診断においても脳動静脈奇形の主座は前中心回にあると推定された。無症状であること、外科的摘出術では運動野の機能温存が難しいことより、ガンマナイフによる治療法が選択された。

症例2：21歳，男性。右利き。診断：星細胞腫。

MR画像上、左運動野に存在する腫瘍。右正中神経刺激によるSEFにより、腫瘍の主座は前運動皮質に認められた(図7)。術前の脳機能マッピングにより、運動野は腫瘍後方に存在することになるため、腫瘍摘出術時に注意深く手術操作を行った結果、麻痺等の神経症状を出すことなく腫瘍全摘出できた。

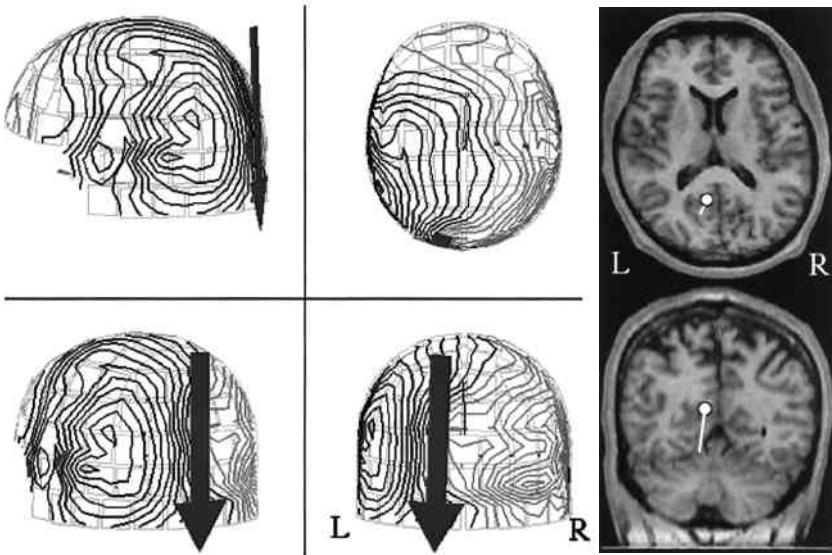


図5 視覚誘発磁場

両眼刺激（チェッカーボード）により得られた磁界を後頭葉に認める。  
鳥距溝の外側最新部に局在を認める。  
丸印は、局在、線分は神経細胞内を流れる電流の方向を示す。



図6 17歳，男性，動静脈奇形

MRI との合成により，病変部（矢印）は前中心回にあると推定された。

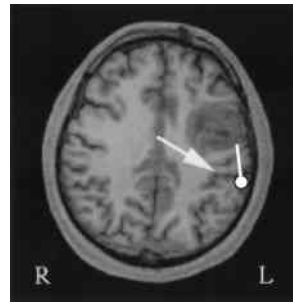


図7 21歳，男性，星細胞種

前運動皮質に病変部を認め，中心溝（矢印）が推定された。

## V 考 察

現在，初期臨床研究施行中であるが，SEF，AEF および VEF などの誘発磁場より得られたデータは MR 画像と integration することにより，中心溝，聴覚野および視覚野などの局在を同定することができ，脳機能マッピングとしての評価が可能であると同時に，臨床症例において治療方針決定のための重要な検査になりうる事が示唆された。

## VI 今後の展望

MEG は時間的分解能と空間的分解能ともすぐれた非侵襲的な脳機能測定装置であり，さまざまな脳機能に関連した脳部位を同定し，その経時的变化をも捉えることができる。当院に導入された MEG はチャンネル数が204と多く，全国に設置されている機種の中でも特に空間分解能に優れている。研究目的での設置が多い中で，大学病院内に設置された意義は大きく，

今後、多分野に渡る臨床応用への期待が高まる<sup>10)</sup>。

将来的には、てんかんの局在、重傷頭部外傷における脳機能判定への運用、言語、認識、記憶、判断などの高次機能、また、味覚、嗅覚などさまざまな脳機能の解明などを行うことを視野に入れていきたいと考えている。

## Ⅶ おわりに

MEGによる誘発刺激を用いた脳機能マッピングの概要について述べたが、現在、我々は、関係各科協力のもと、臨床的な診断、治療にMEGを使用していく

上で基本となるcontrol studyを行っている。Studyの内容は、脳磁図機種や設置環境により潜時などの違いが生じるため、当機種における標準潜時の確立、刺激を行い誘発磁場を記録するにあたっての刺激条件の確立、さらに、得られたデータをMRI解剖画像と正確に重ね合わせる(MRI Integration)ための方法の確立である。

特に脳神経外科医にとっては治療方針と手術戦略を構築する際、その正確性が重要であると考え、その早期確立を目指している。

## 文 献

- 1) Sobel DF, Gallen CC, Schwartz BJ, Waltz TA, Copeland B, Yamada S, Hirschkoﬀ EC, Bloom FE: Locating the central sulcus: Comparison of MR anatomic and magnetoencephalographic functional methods. AJNR 14: 915-925, 1993
- 2) Gallen CC, Schwartz BJ, Bucholz RD, Malik G, Barkley GL, Smith J, Tung H, Copeland B, Bruno L, Assam S, Hirschkoﬀ E, Bloom F: Presurgical localization of functional cortex magnetic source imaging. J Neurosurg 82: 988-994, 1995
- 3) Ganslandt O, Fahlbusch R, Christopher N, Kober H, Moller M, Steinmeier R, Romstock J, Vieth J: Functional neuronavigation with magnetoencephalography. Outcome in 50 patients around the motor cortex. J Neurosurg 91: 73-79, 1999
- 4) Cohen D: Magnetoencephalography: Evidence of magnetic fields produced by alphas rhythm currents. Science 161: 784-786, 1968
- 5) 今田俊昭: 脳磁界の計測と解析. 電子情報通信学会誌 74: 1298-1306, 1991
- 6) 中里信和, 関 薫, 川村 強, 清水宏明, 藤原 悟, 吉本高志: MRI 連結型ヘルメット脳磁計による大脳機能マッピング. Neurosurgeons 14: 19-25, 1995
- 7) 吉本高志, 中里信和, 溝井和夫: 前頭葉・頭頂葉の機能局在とその同定法: 脳磁図を用いた同定法. 佐藤潔(編), 図説脳神経外科 New Approach 4, 前頭葉・頭頂葉, pp 44-49, メジカルビュー社, 東京, 1998
- 8) Hatanaka K, Nakasato N, Seki K, Kanno A, Mizoi K, Yoshimoto T: Striate cortical generators of the N75, P100 and N145 components localized by pattern reversal visual magnetic fields. Tohoku J Exp Med 182: 9-14, 1997
- 9) 三國信啓: 脳磁図(MEG) —最近の動向. 脳神経外科速報 5: 495-499, 1995
- 10) 奥寺 敬, 本田孝行, 浅和照子: 重傷脳障害の病態把握を目的とした脳磁図装置の導入. 日本脳死・脳蘇生研究会誌 14: (印刷中), 2000

(H 12. 5. 10 受稿; H 12. 6. 27 受理)