

脳磁図を用いた親子同時脳計測装置の開発 Hyperscanning MEG system for understanding parent-child cerebral interactions

池田尊司^(1,2), 平田雅之⁽²⁾, 菊知充⁽³⁾, 木村友哉⁽⁴⁾, 平石博敏⁽³⁾, 吉村優子⁽³⁾, 浅田稔⁽¹⁾

(1)大阪大学大学院工学研究科 (2)大阪大学大学院医学系研究科

(3)金沢大学子どものこころの発達研究センター (4) 横河電機株式会社

Takashi Ikeda (1,2), Masayuki Hirata (2), Mitsuru Kikuchi (3), Tomoya Kimura (4), Hirotochi Hiraishi (3), Yuko Yoshimura (3) and Minoru Asada (1)

(1) Osaka University, Graduate School of Engineering

(2) Osaka University, Graduate School of Medicine

(3) Kanazawa University, Research Center for Child Mental Development

(4) Yokogawa Electric Corporation

Abstract. The underlying neural mechanism for parent-child interactions has not yet been revealed. We introduced a magneto-encephalographic (MEG) hyperscanning system to examine brain-to-brain interactions. We used two whole-head MEG systems placed in the same magnetically-shielded room. One is a 160-channel gradiometer system for an adult and the other is a 151-channel gradiometer system for a child. Moreover, We developed an audio-visual presentation system. From the result of assessment of delay in presentation, this system enabled a parent-child interaction in real time.

1. 目的

子どもは養育者との社会的相互作用によって影響を受け、社会性を身につけていく。我々のグループではビデオカメラを通して親子の社会的随伴性を調べた行動実験^[1]の手法を参考に、脳磁図 (MEG) を用いて対面状態にある親子の脳機能を同時に計測する装置を開発した^[2]。

複数名の脳活動を同時に計測する手法は Hyperscanning^[3]と呼ばれ、脳波・fMRI・NIRS を用いて2名以上の成人を対象としている研究が報告されている^[4]。また、MEGによる Hyperscanning 装置については1例報告されている^[5]。しかしこれは遠隔地に別個に設置された脳磁計を接続した、聴覚情報の共有に特化した装置であり、視覚を通じたコミュニケーションを研究対象とできる装置

は未だ実現されていない。

そして、子どもを対象とした研究においては実施のために装置の工夫が不可欠である。MEGは閉塞感が少なく頭皮上に多数の電極およびプローブを装着する必要がない。また、時間・空間解像度ともに優れる手法であるため、様々な脳領域が関わる社会的相互作用の様子を精度良く調べる手法として適している。本稿では、開発した装置とその評価について述べる。

2. 方法

本研究では、1つのシールド室内に2台の脳磁計を併置して同時に2名の脳機能を計測する装置を構築した。そのうちの1台は小児の脳機能計測用にデュワーのヘルメットサイズの小さい脳磁計 (横河電機株式会社製 PQ1151R) を使用した。成人用脳磁計 (横河電機株式会社製 MEG vision NEO) は160 ch、小児用脳磁計は151 chのセンサーを持ち、ほぼ全脳を計測可能であった。また、CCDカメラとプロジェクタを用いた画像呈示システムを構築し、計測中に互いの表情をリアルタイムに観察することを可能にした。表情の撮影には30Hzで撮像するCCDカメラ (ミルズ・システムズ社製 AS-808SP) を用いた。2台のカメラは1台の画像処理用パーソナルコンピュータへ接続され、Visual Basic 2010 (Microsoft社製) で作成されたソフトウェアで画像を左右に併置して統合した後、プロジェクタ (リコー社製 IPSiO PJWX6170N)

を用いて投影した。そして鏡で画像を左右に分離し、成人用・小児用のカメラからの映像を相手のスクリーンに映す仕組みを構築した。図1は同時計測中の親子の様子を示しており、左列にはそれぞれ相手に投影されている画像を、右列には代表的な5チャンネルを抜き出して波形を表示したものである。2台の脳磁計には共通のトリガ信号を入力し、同期させた。

次に、画像呈示システムの遅延評価実験を行い、CCDカメラ・画像処理用コンピュータ・プロジェクタを経由することで、どのくらいの遅延が生じるかを検証した。2台のCCDカメラにフラッシュ光を同時に入力したとき、画像処理用コンピュータの液晶モニターおよび成人用・小児用スクリーンに光が到達する時間を、それぞれの画面上に設置された光センサを用いて100回計測した。

3. 結果

遅延評価実験の結果を図2に示した。それぞれの平均遅延時間は、画像処理用コンピュータでは72.9 ms ($SD = 10.9$ ms)、小児用スクリーンでは144.7 ms ($SD = 11.0$ ms)、成人用スクリーンでは140.8 ms ($SD = 12.6$ ms)であった。

4. 考察

本研究で構築したシステムを介してコミュニケーションを行う場合、映像はおよそ140 ms遅延することがわかった。装置は同一室内にあるため、音声の遅延は存在せず映像がやや遅れて呈示されることとなる。視聴覚のずれがどの程度まで許容されるかを成人と幼児で調べた実験からは、映像が150 ms遅れる条件では約7割の試行で同時に呈

示されたように感じ、同時と感ずる時間窓は成人より幼児のほうが広いことが示されている^[6]。そのため、本研究の装置はほぼリアルタイムでのコミュニケーションを達成しているといえるであろう。また、画像処理用コンピュータからプロジェクタによる呈示までおよそ70 msの時間を要しているため、画像処理プログラムの改良によって更なる高速化が可能になると考えられる。

謝辞

本研究はJSPS 科研費 24000012 の助成を受けた。

参考文献

- [1] Nadel J et al., 1999. Expectancies for social contingency in 2-month-olds. *Dev. Sci.* 2: 164-173.
- [2] Hirata M et al., 2014. Hyperscanning MEG for understanding mother-child cerebral interactions. *Front. Hum. Neurosci.* 8, 118.
- [3] Montague P R et al., 2002. Hyperscanning: simultaneous fMRI during linked social interactions. *Neuroimage* 16: 1159-1164.
- [4] Babiloni F & Astolfi L, in press. Social neuroscience and hyperscanning techniques: Past, present and future. *Neurosci. Biobehav. Rev.*
- [5] Baess P et al., 2012. MEG dual scanning: a procedure to study real-time auditory interaction between two persons. *Front. Hum. Neurosci.* 6: 83.
- [6] Hillock-Dunn A & Wallace M T, 2012. Developmental changes in the multisensory temporal binding window persist into adolescence. *Dev. Sci.* 15: 688-696.

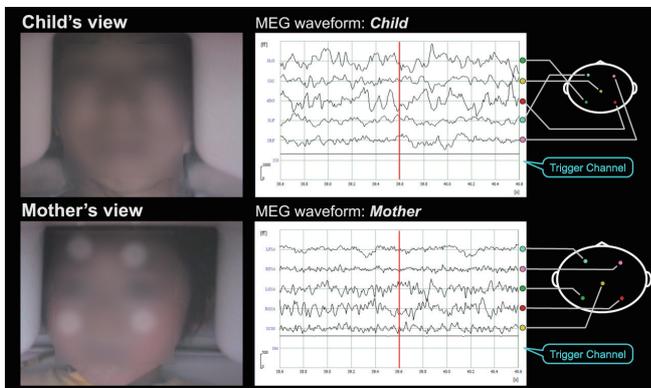


図1 親子同時計測の様子

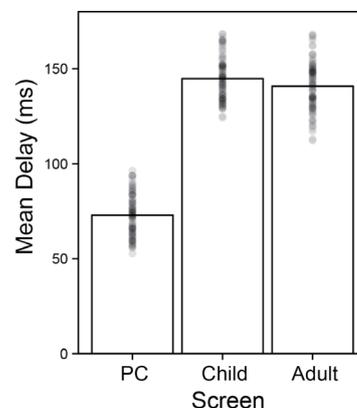


図2 各画面上における呈示遅延時間