

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月15日現在

機関番号：32657

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21613008

研究課題名（和文） 脳磁図および脳波を併用した大脳感覚野の共鳴現象の解明

研究課題名（英文） A phenomena of resonance of MEG and EEG signal in sensory cortexes

研究代表者

内川 義則（UCHIKAWA YOSHINORI）

東京電機大学・理工学部・教授

研究者番号：90147455

研究成果の概要（和文）：本研究は、感覚野（聴覚野）における確率共鳴現象の有無を確認するため、振幅変調音の雑音対信号比(N/S)を変化させた聴覚刺激時の脳磁界聴性定常応答(ASSR)を計測し、その40Hz成分のパワーと位相同期を評価した。40Hz成分の刺激に対する同期の指標として位相コヒーレンスを用いた。ASSRの各被験者のパワーと位相コヒーレンスの結果に最適な雑音強度が存在しているように見られたが、全体のデータに対して、統計処理(最大値検定とダネットの多重比較)を行った結果、パワーと位相コヒーレンスの結果に有意な雑音の効果が得られた。このことからASSRのパワーか位相コヒーレンスのどちらかに確率共鳴現象が見られることを示唆する。

研究成果の概要（英文）：We measured auditory steady state responses (ASSRs) in magnetoencephalogram to the sinusoidal amplitude modulated tone superimposed with ongoing white noise of various intensities. The power and phase coherence of the ASSR were investigated and stochastic resonance (SR) was indicated by increased synchrony to the stimulus and by increase in power of the ASSR when there was certain amount of noise compared with those measured without the noise. We also measured the hearing threshold for the noise alone and found that the optimum noise intensity for SR was slightly larger than the threshold for most of the subjects. As the power and coherence curves plotted against the noise to signal ratio varied considerably among subjects, we used the maximum values of power and phase coherence as test statistics for testing the group data.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	900,000	270,000	1,170,000
2010年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：時限

科研費の分科・細目：非侵襲的イメージング

キーワード：生物・生体工学，脳・神経

1. 研究開始当初の背景

Grayらはネコの視覚野を用いた実験結果により、視覚野における多くのニューロンが、

方向選択性に対応した局在ニューロン集団として興奮するが、無刺激時に振動子として振る舞っていた、これら個々のニューロンが

ばらばらに興奮するのではなく、互いに同期(協調)して繰り返し興奮(集団振動)することを示した。このことは視覚情報処理の初歩的な段階に関する限り、生体内にて引き込み現象が行われていること、さらに振動子の位相同期が重要な役割を果たすことを示唆している。申請者らはこれまで、体性感覚野の応答特性を明らかにするために、刺激周波数一位相特性を報告した。更に、脳から発生する磁界(脳磁界:MEG)のガンマ帯域(30-80Hz)の位相同期の機構を、将来的に解明することを目的として、位相の変化に対して微分方程式モデルを提案し、このモデルがヒトの脳磁界の変化に対して適用できることを確かめた。更に聴覚刺激により得られる脳の誘発反応(聴性定常応答)の発生に、自発活動のガンマ成分の刺激に対する位相同期が寄与する可能性をこのモデルにより示した。加えて本研究に先駆け、聴覚皮質において、無刺激時にランダムに振る舞い、聴覚刺激が入力されることによりガンマ帯域付近で共振する振動子が存在するならば、確率共鳴現象がみられると仮定の下、聴覚応答の脳磁界聴性定常応答(ASSR)の40Hz成分の位相同期における確率共鳴現象を確認した。

2. 研究の目的

本研究の目的は、音のパターン(単語やメロディーの断片)認知や視覚認知(物体認知や空間認知)、更に体性感覚認知をする際、部位間にもどのような同期現象が生ずるのか、ということ振動子の位相の振る舞いから明らかにすることであり、具体的に内容を以下に示す。

- (1) 皮質内の確率共鳴現象の存在を確認することで、刺激により同期現象を引き起こす振動子の存在(確率共鳴現象)の確認と位相の振る舞いを明確にする。
- (2) 脳領域間の同期現象を調べることによる機能的関連性を明らかにする。

3. 研究の方法

上述の研究目的に対して、以下の事に取り組む。

- (1) 聴性定常応答の位相同期における確率共鳴現象の詳細な検討
- (2) 長短三和音を呈示したときの聴覚定常応答の検討
- (3) 好悪画像を呈示したときの、 α 波の位相解析
- (4) 迷路課題遂行時における複素コヒーレンス解析を用いた脳領域間の検討
- (5) 体性感覚誘発応答の刺激周波数一位相特性を検討

4. 研究成果

- (1) 正常な脳磁界(MEG)で比較的同期現象が

起きやすいことで知られる聴性定常応答において、図1に示すように個人差はあるものの刺激音に対する位相同期に確率共鳴現象が見られた。このことから、聴覚野における振動子の存在を明らかにした。このことは、聴性定常応答の発生機序の解明に繋がると考える。

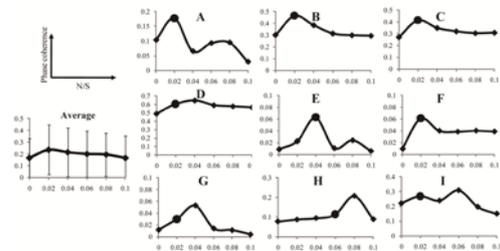


図1. 聴覚刺激音のSN比と聴性定常応答の位相同期の関係

- (2) 聴覚機能に関して、10Hzで変調した長短三和音を呈示したときの脳磁界反応(聴性定常応答)に対して、その信号波形を検討した結果(図2)、その振幅に有意な差が得られた。このことから聴覚機能における定常応答がパターン認識に関連することを示唆する。

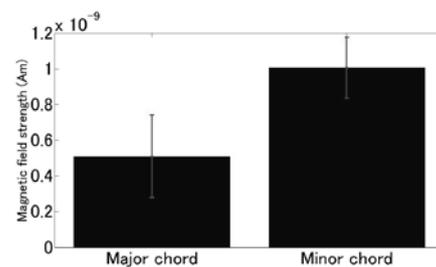


図2. 長短三和音を呈示したときの脳磁界反応(聴性定常応答)の振幅の比較

- (3) 視覚機能に関しては、好悪画像を呈示したときの、脳磁界を計測した。その結果に対して位相コヒーレンス解析を用いることで、ヒトの好悪判断と脳磁界アルファ波の関連を検討した。その結果、好悪判断時の脳磁界アルファ波の位相同期で異なる結果を示した。これらの結果は、脳磁界を計測することで好悪判断に対して脳活動の同期現象を捉えられる可能性を示唆する。

- (4) 体性感覚に関して、電気刺激の刺激周波数を変化させて、体性感覚誘発脳磁界反応(SI, SII)の刺激周波数一位相特性を検討した(図3)。その結果、刺激周波数により体性感覚野のSI, SIIの活動の違いや、刺激に

対して同側と対側部位の違いが明らかになり、その活動の違いを電気回路モデルにより定量的に示した。この回路には共振回路が含まれることから、体性感覚においても同期現象が生じることが分かる。

以上の結果より、ヒトの高次機能(パターン認識)に関して脳活動の同期現象が重要な役割を果たすことを示した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

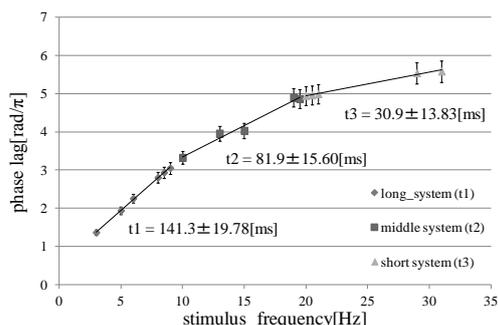


図3. 体性感覚誘発応答における刺激周波数一位相特性。数値は潜時を示す。

[雑誌論文] (計18件)

- ① H. Ohta, T. Matsui, Y. Uchikawa: Studies on response of human hippocampus to random somatosensory stimuli by a SQUID system in a superconducting magnetic shield, IEEE Trans. Superconductivity, 21-3, pp. 469-472 (2011) 査読有
DOI: 10.1109/TASC.2010.2086411
- ② M. De Melis, Y. Uchikawa: Discussion of source reconstruction models using 3D MCG data, IEEJ Trans. ELS, 131-1, pp. 83-90, (2011) 査読有
DOI:10.1541/ieejjeiss.131.83
- ③ 岩崎秀明, 田中慶太, 片山翔太, 内川義則, 小林宏一郎: 三次元生体磁界に対する周波数及び位相解析を用いた複数信号源の弁別, Journal of the Magnetics Society of Japan, 35-3, pp. 312-318 (2011) 査読有
DOI:10.3379/msjmag.1104R017
- ④ 宮村昂宏, 栗城真也, 田中慶太, 内川義則: 好悪画像呈示時におけるMEGの位相解析, Journal of the Magnetics Society of Japan, 35-3, pp. 319-324 (2011) 査読有
DOI:10.3379/msjmag.1104R018
- ⑤ 佐藤嘉輝, 小林宏一郎, 福島明宗, 吉澤正人, 内川義則: 胎児心磁図における独立成分分析とWiner filterを用いたノイズ除去, Journal of the Magnetics Society of Japan, 35-3, pp. 308-311 (2010) 査読有
DOI:10.3379/msjmag.1104R016
- ⑥ M. De Melis, K. Tanaka, Y. Uchikawa: Magnetocardiography signal reconstruction with reduced source space based on current source variance, IEEE Trans. Magnetics, 46-5 pp. 1203-1207 (2010) 査読有
DOI:10.1109/TMAG.2009.2039578
- ⑦ 渡辺理, 田中慶太, 大貫和仁, 宮村昂宏, 内川義則, 小林宏一郎: 電子回路モデルを用いた体性感覚誘発脳磁界応答の一考察, Journal of the Magnetics Society of Japan, 34-3, pp. 431-435 (2010) 査読有
DOI: 103379/msjmag.1003R062
- ⑧ 藤村和也, 田中慶太, 栗野真太郎, 岩崎秀明, 内川義則, 小林宏一郎: 複素コヒーレンシー解析を用いたMCG解析の有用性の検討, Journal of the Magnetics Society of Japan, 34-3, pp. 463-468 (2010) 査読有
DOI: 103379/msmag.1003R046
- ⑨ M. De Melis, K. Tanaka, Y. Uchikawa: Single and distributed dipole models analysis of cardiac source activation using MCG signals, Journal of the Magnetics Society of Japan, 34-3, pp. 453-458 (2010) 査読有
DOI: 10.3379/msjmag.1003R034
- ⑩ 栗野真太郎, 田中慶太, 藤村和也, 岩崎秀明, 内川義則, 小林宏一郎: 安静および運動負荷における三次元心磁図の周波数成分の比較, Journal of the Magnetics Society of Japan, 34-2, pp. 151-155 (2010) 査読有
DOI: 10.3379/msjmag.1003R006
- ⑪ 石原慎一, 田中慶太, 内川義則, 小林宏一郎: 体性感覚誘発脳磁界の電気回路モデルによる検討, 電気学会論文誌C, 130-2, pp. 242-248 (2010) 査読有
DOI: 10.1541/ieejjeiss.130.242
- ⑫ K. Tanaka, Y. Uchikawa, M. Kawakatsu, I. Nemoto: Stochastic resonance within auditory system observed when signal and noise were delivered to the opposite ears, IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering, 5-1, pp. 73-78 (2010) 査読有
DOI: 10.1002/tee.20495
- ⑬ 小林宏一郎, 小山田健太, 吉澤正人, 内川義則: 心磁図における独立成分分析を用いた環境磁気ノイズ除去一成分選択

- と縮約次元数決定の自動化一, Journal of the Magnetics Society of Japan, 34-2, pp. 156-160 (2010) 査読有
DOI:10.3379/msjmag.1002R0010
- ⑭ 小山田健太, 小林宏一郎, 吉澤正人, 内川義則: 心磁図の ICA を用いた環境磁気ノイズ除去におけるパラメータ決定の検討, Journal of the Magnetics Society of Japan, 34-2, pp. 146-150 (2010) 査読有
DOI:10.3379/msjmag.1002R0009
- ⑮ 王力群, 栗城真也, 内川義則: 事象関連 fMRI と EEG の同時測定による視覚性 P300 の脳内過程の観察, 生体医工学, 48-2, pp. 213-219, (2010) 査読有
<http://ci.nii.ac.jp/naid/40017144086>
- ⑯ 上原康明, 田中慶太, 内川義則, 金鳳洙: 迷路課題遂行中の Fm θ 波の時空間解析, 電気学会論文誌 C, 129-10, pp.1778-1784 (2009) 査読有
DOI: 10.1541/ieejeiss.129.1778
- ⑰ 佐野充, 田中慶太, 内川義則, 桜井瞬, 渡辺理, 金鳳洙, 小林宏一郎: 時間-周波数解析を用いた脳磁界計測の複数信号成分の弁別, Journal of the Magnetics Society of Japan, 33-3, pp.341-346 (2009) 査読有
DOI: 10.3379/msjmag.0903RH8074
- ⑱ 星野裕介, 田中慶太, 栗野真太郎, 飯島健太, 藤村和也, 内川義則, 小林宏一郎: 安静および運動負荷における三次元心磁図と体表面電位図の特異値分解を用いた解析, Journal of the Magnetics Society of Japan, 33-3, pp.347-352 (2009) 査読有
DOI: 10.3379/msjmag.0903RH18079

[学会発表] (計 5 件)

- ① K. Tanaka, I. Nemoto, M. Kawakatsu, Y. Uchikawa: Magnetoencephalogram narrowing down the possible sites of the generation of stochastic resonance in the human auditory neural system, 5th European Conference of the International Federation for Medical and Biological Engineering, Budapest, Hungary, IFMBE Proceedings 37, pp. 1186-1189 (2011) 2011年9月15日
- ② K. Tanaka, I. Nemoto, M. Kawakatsu, Y. Uchikawa: Stochastic resonance in connectivity between both auditory areas obtained by auditory stimuli, 32th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Buenos Aires, Argentina, pp. 166-169 (2010) 2010

年9月1日

- ③ K. Tanaka, M. Kawakatsu, Y. Uchikawa, G. Wang: Neuromagnetic responses related to the recognition of three-dimensional objects, Brain Topography and Multimodal Imaging, Kyoto, Japan, pp. 89-94 (2009) 2009年10月1日
- ④ K. Tanaka, I. Nemoto, M. Kawakatsu, Y. Uchikawa: Stochastic resonance in brain activity elicited by auditory stimuli, 31th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Minneapolis, USA, pp. 6300-6303 (2009) 2009年9月5日
- ⑤ K. Tanaka, Y. Uehara, Y. Uchikawa: Coherence analysis of frontal midline theta rhythm in EEG during 3-D maze task, World Congress 2009 Medical Physics and Biomedical Engineering, Munich, Germany, pp. 1375-1376 (2009) 2009年9月8日

6. 研究組織

(1) 研究代表者

内川 義則 (UCHIKAWA YOSHINORI)
東京電機大学・理工学部・教授
研究者番号: 90147455

(2) 研究分担者

田中 慶太 (TANAKA KEITA)
東京電機大学・理工学部・助教
研究者番号: 10366403