

(様式第9 別紙2：公開版)

養成技術者の研究・研修成果等

1．養成技術者氏名： 原田 暢善

2．養成カリキュラム名： 大脳高次機能の脳磁図計による計測および解析

3．養成カリキュラムの達成状況

平成15年度における研究状況は、前年の研究成果をふまえ、本養成技術者プログラム「大脳高次機能の脳磁図計による計測および解析」の計測対象としての大脳高次機能としてのGO/NOGO反応に対する環境の規則性・不規則性の影響について研究を発展させた。

前年度までの成果として、大きく2点を上げることができる。

第一として、聴覚刺激によるミスマッチ反応の二乗平均値の、ゆらぎのべき乗の増加による増加。すまわち、メモリートレースの形成が亢進。

第二として、左後頭領域での、20Hz 付近の 帯域の周波数帯で、ゆらぎのべき乗の増加にともなう、刺激に同期した、パワーの減少すなわちディシンクロニゼーション(非同期化)の持続時間の増加。すまわち、左後頭の活動が亢進、である。

15年度の過程で取り組んだ中心的課題は、「左後頭部の活動の性質および活動部位の推定」であった。15年度の過程の成果として、

1) タッピングで加算した運動関連脳磁図反応において、 帯域非同期化が観察されたチャンネルと同じチャンネルで、頭頂の運動関連脳磁図反応と同期した、小さな成分の発見。

2) 小さな成分は、タッピングの指を右から左に帰ると、発生チャンネルが、反対側に移動するこ

との発見。

3) 60 キューで加算平均した波形において、上記の小さな成分が存在している事に確認、および、この成分が、ゆらぎのべき乗の増加とともに振幅が増加することの発見。

4) タッピングで加算平均した波形において、小さな成分のアイソカウターマップの磁場の吹き出しと吸い込みの境目が、帯域で非同期化を確認できたチャンネルの上に位置することの確認。小さな成分でダイポール推定を行い、被験者の約半数で、有意な推定が成功し、そのダイポールの位置が、小脳および小脳表面に推定されることの見。

5) 上記の位置および方向に、ダイポールを固定して、60 キューで加算平均した波形で活動を推定した場合、ダイポール強度はべき乗の増加とともに、増加することの発見。

以上、1) 2) 3) 4) 5) により、ゆらぎのべき乗に増加とともに、小脳の活動が増加する傾向があることが示唆された。

さらに、上記の成果に加え、タッピングによる加算平均波形を観察する過程で、頭頂部における運動関連脳磁図反応における、体性感覚関連成分の振幅が、ゆらぎのべき乗の増加とともに、減少することを確認し、さらに、活動のダイポール推定を行った結果、活動は一次体性感覚野に位置し、ダイポール強度も、振幅同様、ゆらぎのべき乗の増加に伴い、統計的に有意に減少することを見した。

15年度の本養成プログラムは、当初予定していた、外部環境の規則性にたいする大脳機能、とくに後頭領域の脳活動の計測と解析の予定した過程を終了する事ができた。

また、さらにその成果に加え、随意過程における感覚反応における、外部刺激キューの規則性が、随意運動により引き起こされる一次体性感覚反応の抑制、すなわち、ゲーティングを発見することができた。

本養成プログラムの成果として満足すべき結果であると考えられる。

4 . 成果

目的：近年、人間をとりまく環境において、人工的な環境の比率が増大しているが、その中で、過度の制御、過度の定常性（秩序性）が問題となっている。例えば、単調労働とはある意味で極端な定常的環境である。御存知と思うが、チャップリンが主演した、映画「モダン・タイムス」では、チャップリン演じる労働者チャーリーの仕事は、一日中ナットをしめる単調労働で、その結果、何もかもがナットに見えてしまい、精神錯乱寸前になってしまうのだった。これまでの研究で、主観的に扱われるだけであった複雑さ・単調さは、 $1/fn$ ゆらぎの n 、すなわち変動量をフーリエ解析した場合のパワースペクトル密度の分布の傾きとして数学的基盤を持ち、また各種実験において連続的に変化させることも可能となった。本研究においては、 $1/fn$ ゆらぎの生体に対する影響のうち、随意運動に対する被験者の課題遂行ストラテジーの形成への影響を検討するため、GO/NO-GO 反応に基づいた実験を行った。NO-GO 反応は、指示されたシグナルの時だけ動作を行わないという運動課題で、この維持のためには、提示頻度および刺激間隔時間などから構成される GO 刺激の冗長性が、一定以上必要であると考えられている。本実験は、聴覚刺激間隔の規則性、すなわち $1/fn$ ゆらぎのべき乗 n を変化させ、冗長性を変化させた場合、NO-GO 反応の成立、すなわち課題遂行ストラテジーの形成に対する影響を検討した。

研究概要：メモリートレースの形成と随意運動の変化は、オーバーラップしている、

”予測”が成立すると考えられる時間領域において、明瞭な対応関係があると考えられる。環境と生体の相互作用を考える場合、外的な環境および刺激により、受動的に引き起こされる非随意的な反応、および、外的な環境および刺激にを行動のキューとして扱いそれに対し能動的に活動を惹起させる随意的な反応がある。ミスマッチ反応およびメモリートレースの形成は、非随意的過程、タッピングのタイミングの誤差の分布は、随意的過程であると考えられる。このように、非随意および随意と異なったプロセスの分類される反応ではあるが、実際の環境においては、双方が同時に

進行していると考えられる。これまで、ゆらぎのべき乗の影響を非随意的過程について検討を進めてきたが、本研究において、さらに進め、随意的過程に対する影響について検討を行った。これまでの研究結果をもとに、1/f ゆらぎの随意運動(GO/NOGO 反応)に対する影響についての検討を行った。1/fnゆらぎの生体に対する影響のうち、随意運動に対する被験者の課題遂行プロセスの形成、すなわちタイミングを予測し、運動を準備し、それを実行する一連のプロセスの形成への影響を検討するため、GO/NO-GO 反応に基づいた実験を行った。NO-GO 反応は、指示されたシグナルの時だけ動作を行わないという運動課題で、このNO-GO キューの提示により課題遂行プロセスの形成が中断および変更されるため、この形成の強度の大小によりNO-GO 反応が変化すると考えられる。この維持のためには、提示頻度および刺激間隔時間などから構成される GO 刺激の冗長性が、一定以上必要であると考えられる。聴覚刺激間隔の規則性、すなわち1/fn ゆらぎのべき乗 n を変化させ、冗長性を変化させた場合、NO-GO 反応の成立、すなわち課題遂行プロセスの形成に対する影響を検討した。

結果(成果): これまでの、成果をまとめると、大きく分けて、3つのポイントとなる。

- 1) 外部刺激にたいする、ミスマッチ反応の成立の確認。および、ミスマッチ反応のゆらぎのべき乗の増加とともに増加することの確認。
- 2) 刺激に同期した、左後頭領域チャンネルにおける 帯域の非同期化および同チャンネルにおけるタッピングに同期した小さな成分の確認。および、非同期化時間と小さな成分の振幅のゆらぎのべき乗の増加にともなう増加の確認。
- 3) タッピングで加算平均した、頭頂領域の運動関連脳磁図反応の振幅のべき乗の増加に伴う減少の確認。本波形のダイポールが一次体性感覚野に推定され、ダイポール強度がゆらぎのべき乗の増加に伴う減少することの確認。

1) および 2) の 帯域の非同期化のデータは、前年までに報告した。

15年度の研究成果として以下、2) 加算平均波形における左後頭領域の活動、および 3) 頭頂領

域の運動関連脳磁図反応についての成果について述べる。

2) に該当する15年度の過程の成果として、5点、(1、2、3、4、5)があげられる。

(1)タッピングで加算した運動関連脳磁図反応において、帯域非同期化が観察されたチャンネルと同じチャンネルで、頭頂の運動関連脳磁図反応と同期した、小さな成分が、右手タッピング条件において左後頭チャンネルCH76、CH82において確認された。

(2)小さな成分は、タッピングの指を右から左に帰ると、小さな成分の確認されたチャンネルが、左後頭チャンネルCH76、CH82から反対側の右後頭チャンネルCH106、CH102に移動することが明らかになった。

(3)G0キューで加算平均した波形において、上記の小さな成分が存在している事に確認された。この成分が、ゆらぎのべき乗の増加とともに左後頭チャンネルCH76の振幅が増加することが明らかになった。

(4)タッピングで加算平均した波形において、小さな成分のアイソカウターマップの磁場の吹き出しと吸い込みの境目が、帯域で非同期化を確認できたチャンネルの上に位置することの確認された。小さな成分においてダイポール推定を行い、被験者の約半数で、有意な推定が成功し、そのダイポールの位置が、小脳および小脳表面に推定された。

(5)上記の位置および方向に、ダイポールを固定して、G0キューで加算平均した波形で活動を推定した場合、ダイポール強度はべき乗の増加とともに、統計的に有意($F(3/9)=4.14$, $p=0.042$)に増加することが明らかになった。

以上、(1、2、3、4、5)により、ゆらぎのべき乗に増加とともに、小脳の活動が増加する傾向があることが示唆された。

3) に該当する15年度の頭頂領域の運動関連脳磁図反応についての成果として、タッピングによる加算平均波形を観察する過程で、頭頂部における運動関連脳磁図反応における、体性感覚関連性の振幅が、ゆらぎのべき乗の増加とともに、減少しすることを確認された。頭頂部における運

動関連脳磁図反応のダイポール推定を行った結果、活動は一次体性感覚野に位置し、ダイポール強度は、振幅同様、ゆらぎのべき乗の増加に伴い、統計的に有意($F(3/15)=4.49$; $p=0.019$)に減少することが明らかになった。

以上のことから、非随意的な、外部の規則性による内的なメモリトレースの形成、それに伴う Habituation の現象に加え、規則的な外部キューに対する、随意運動に伴う感覚反応における感覚抑制、すなわち感覚のゲーティングが存在することが明らかになった。

環境設計において、外部刺激に対する、感覚反応において、考慮されなければならない大脳機能システムとして、従来から議論されてきた非随意的な感覚過程のみならず、随意的な感覚過程が存在することが明らかになった。

成果の産業への活用と貢献：以上の事を、日常的な言い方で表現すれば、「見たり、聞いたりするときに、その環境が、規則的であるか不規則的かで、感じ方が変わる」ということと、「実際に何かをやってみた時、その感じが、それを行おうとした対象が、規則的か不規則的かで変わる」ということになる。この事は、非随意過程のみならず随意過程においても、感覚入力において、外部環境の規則性で、惹起する感覚量をコントロールできると言うことを意味する。バーチャルリアリティーなどを含めたヒューマンインターフェースにおいて、外部からの感覚入力は重要なファクターであり、特に随意過程の感覚入力は、リアリティーの創出および操作感の作出において重要なファクターとなる。従来は、随意活動を促す外部キュー、そして、随意的な働きかけと感覚としての応答は、規則的な関係を前提にインターフェース設計が行われてきた。しかし、規則的は外部キュー、および、規則的な応答関係は、非随意過程における「慣れ」および随意過程における「感覚入力阻害(ゲーティング)」を引き起こすことが明らかになった。ここで、これまでは、エラーを引き起こすファクターとしての避けられてきた、外部キューの不規則性を感覚入力量の増加法として利用できるのではないかということを提案したい。時間的にある程度制約が少ない条件で、注意の喚起、覚醒水準の維持が必要な状況において、感覚入力量を増加させる手段として、随意活動を促す外部

キューの不規則性を利用できるのではないかと考えられる。さらに、ゆらぎのべき乗を状況に対し最適化することで、状況に対してもっとも適した不規則状態を設計することができる。また、さらに、各個人レベルにおいても、その個人に適した不規則さのレベルも設計可能であると考えられる。

5. 成果の対外的発表等

(1) 論文発表 (論文掲載済、または査読済を対象。)

OBSERVATION OF OCCIPITAL MAGNETIC FIELD ON A GO/NO-GO RESPONSE WITH 1/fⁿ FLUCTUATION IN INTER-STIMULUS INTERVALS

N. Harada, S. Nakagawa, S. Iwaki, Tom Holroyd, M. Yamaguchi, M. Tonoike, T. Moriya
Neuroscience Research, Vol. 46, 1, p49, JULY, 2003

Effect of 1/fⁿ fluctuation in Inter Stimulus Intervals on The Elicitation of GO/NOGO Responce

N. Harada, S. Nakagawa, S. Iwaki, Tom Holroyd, M. Yamaguchi, M. Tonoike, T. Moriya
Neuroscience Research, Supplement 26, s127, JULY, 2003

刺激間隔における1/fⁿゆらぎのGO/NO-GO反応によるベータ帯域非同期化に対する影響についての
検討

原田 暢善、中川 誠司、岩木 直、Tom Holroyd、山口 雅彦、外池 光雄、守谷 哲郎

臨床神経生理学

Vol. 31, No. 2, P187, 2003 年 04 月

刺激間隔における1/fⁿ ゆらぎのミスマッチフィールド (MMF) およびN100m 成分に及ぼす影響

原田 暢善、増田 正、遠藤 博史、中村 亨弥、外池 光雄、守谷 哲郎、武田 常広

臨床神経生理学

Vol. 30, No.2, p188, 2002 年 04 月

(2) 口頭発表 (発表済を対象。)

OBSERVATION OF OCCIPITAL MAGNETICFIELD ON A GO/NO-GO RESPONSE WITH $1/f_n$ FLUCTUATION IN
INTER-STIMULUS INTERVALS

N. Harada, S. Nakagawa, S. Iwaki, Tom Holroyd, M. Yamaguchi, M.Tonoike, T. Moriya

Proceeding of 33 th Annual Meeting, Society for Neuroscience

(Neuroscience2003),

Vol.33, 401.12, CD-ROM, November, 2003

OBSERVATION OF OCCIPITAL MAGNETICFIELD ON A GO/NO-GO RESPONSE WITH $1/ f_n$ FLUCTUATION IN
INTER-STIMULUS INTERVALS

N. Harada, S. Nakagawa, S. Iwaki, Tom Holroyd, M. Yamaguchi, M.Tonoike, T. Moriya

NeuroImage, Vol.19, 2, 424, CD-ROM, June, 2003

単語親密度の視覚誘発脳磁図反応に対する影響についての検討

原田 暢善、中川 誠司、岩木 直、山口 雅彦、外池 光雄

Vol.6, p99, 2004年 3 月

後頭脳磁図反応と頭頂運動関連脳磁図反応のGO/NOGO 反応における $1/f_n$ ゆらぎのべき乗 n の影響

の検討

原田 暢善、中川 誠司、岩木 直、山口 雅彦、外池 光雄、守谷 哲郎

脳磁図ニューロイメージング

Vol.4、p29、2003年12月

環境の規則性・不規則性の脳機能への影響の1/fn ゆらぎによる検討：形式的環境から象徴的環境

へ

ことば工学研究会(第15回): テーマ: ことばの感性/ことばと芸術、

原田 暢善、中川 誠司、岩木 直、山口 雅彦、外池 光雄、守谷 哲郎

Vol.15、pp9-10、2003年12月

刺激間隔の1/fnゆらぎのGO/NO-GO 反応における後頭脳磁図反応に対する影響についての検討

原田 暢善、中川 誠司、岩木 直、Tom Holroyd、山口 雅彦、外池 光雄、守谷 哲郎

第33回臨床神経生理学学会・学術大会予稿集, K1A1-01, p240, 2003年10月

刺激間隔の1/fnゆらぎのGO/NO-GO 反応における後頭脳磁図反応に対する影響についての検討

原田 暢善、中川 誠司、岩木 直、Tom Holroyd、山口 雅彦、外池 光雄、守谷 哲郎

第18回日本生体磁気学会大会論文集

Vol. 16, No. 1, P114-115, 2003年05月

(3) 特許等の出願件数

なし

