

## 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14日現在

機関番号：94301

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：平成22年度～平成23年度

課題番号：22830136

研究課題名（和文） 睡眠時脳活動の計測および脳活動パターン解析手法の開発と検証

研究課題名（英文） Development and verification of acquisition and pattern analysis of brain activity during sleep.

## 研究代表者

玉置 應子 (TAMAKI MASAKO)

株式会社 国際電気通信基礎技術研究所・研究員

研究者番号：20586276

研究成果の概要（和文）： 夢見中の脳活動はどのようなもので、夢見のメカニズムは何か。これらの疑問を解く上では、システムティックに実験を実施し、データを蓄積してゆく必要がある。本研究では、夢見中の脳活動や夢見のメカニズムを探るための実験システムおよび脳活動パターン解析手法の開発と検証を、効果的かつ効率的におこなってきた。本研究において開発した実験システムを適用することで、将来的には、夢見発生メカニズム研究の発展にも貢献することが期待できる。

研究成果の概要（英文）： Dreaming is a subjective experience during sleep. However, the neural basis is still unknown. We developed an experimental and computational methods to obtain and analyze dream-related data (dream reports and brain activity during dreaming) efficiently and successively. In the near future, the introduced methods may work to externalize the vivid image of dreaming, and furthermore, may contribute to consolidate the theories of dreaming.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2011年度	1,070,000	321,000	1,391,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,270,000	681,000	2,951,000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：実験心理学

キーワード：睡眠、脳、夢、入眠期、REM睡眠

## 1. 研究開始当初の背景

睡眠とは、内部的必要から能動的に発生する一次的な意識の低下現象であり、高度の生理機能に支えられた適応行動である。睡眠中には、夢見という独特の主観的体験が生じる。

夢見は日常的に体験されるものであるにもかかわらず、夢見時の脳活動や夢見の発生メカニズムはいまだに解明されていない。その原因の1つとして、主観指標（夢見報告）と脳活動データを系統的に取得するシステムティックな実験手続きと脳活動の解析手法

の不足が挙げられる。従来の夢研究では、REM 睡眠をターゲットとした報告が多い。しかし、①REM 睡眠中の脳活動を計測しているものの主観的報告を聴取していないため、脳活動と夢見内容との対応関係が明らかではない、②REM 睡眠の出現には、入眠から1時間程度の時間を要するため、脳活動や主観的報告のデータを繰り返し取得するには非効率である、という問題があり、夢研究の進展は滞っているのが現状である。

## 2. 研究の目的

本研究では、夢見時の脳活動研究の基盤となる、系統的な実験手続きの開発と検証をおこなうことを目的とする。また、得られた脳活動データに対し適用可能なパタン解析方法の提案もおこなう。空間分解能の高いfMRIにより脳活動を計測すると同時に、脳波、眼電図、筋電図などから構成される睡眠ポリグラムを計測することにより、覚醒水準をモニタリングし、効率的で精度の高い手法を開発する。

これを実現するためにまず研究1では、REM 睡眠ではなく、覚醒から睡眠への移行期である入眠期に着目した。覚醒からの潜時が5~10分程度と短いため、短時間の周期で繰り返し入眠期を引き起こすことが可能である。入眠期における夢見の報告率はREM 睡眠における報告率に近いまたは同程度であるという報告もある(Foulkes 1982; Foulkes & Vogel, 1965; Foulkes et al., 1966; Vogel, 1978; Vogel et al., 1966)。また入眠期とREM 睡眠とでは夢の特徴にも類似がみられるとも言われている。なお、入眠期中でも、 $\theta$ 波の出現する時期に着目した。これは先行研究により夢見報告率が高いことが分かっており(Hori et al., 1994)かつ入眠期中でも持続性が高く安定した時期である(Tamaki et al., 2005)ためである。

次に研究2では、入眠期で開発した手法を、出現潜時が30分以内である入眠時REM 睡眠に適用し、REM 睡眠中の脳活動と夢見報告を効率的かつ効果的に取得することも目的とする。そしてREM 睡眠中の脳活動データとパタン解析手法を組み合わせ、夢見中の脳活動を探索的に調べる手法を提案する。

## 3. 研究の方法

### 研究1

実験参加者は睡眠障害のない健康な成人3名であった(27-39歳)。第一夜効果を統制するため(Tamaki et al., 2005)2日間の順応セ

ッションを実施した後、fMRIと睡眠ポリグラムの同時計測によるMultiple-awakeningセッションをおこなった。生体リズムに起因する午後の眠気(ポストラランチディップ)を利用し、午後1時から5時半までに睡眠実験を実施することで、効率的に睡眠データを取得した。これに加え、EEGに混入するfMRI由来のアーティファクト除去をオンラインでおこない(RecView使用、Brain Products GmbH, Munich)、覚醒水準をモニタリングしながら、シータ波が一波でも認められたらオペレータが声をかけて覚醒させた。覚醒ごとに、覚醒させる直前に何を見ていたかを自由に報告させた。その後、建物、道路、車、人などの具体的な対象についても質問した。視覚的対象の鮮明度と夢を思い出せた自信度を5段階評定で回答させ、夢を見ていたと感じられる主観的な時間についても回答させた。これを約3~5分程度の間隔をあけて、繰り返した。視覚的な報告が一名につき200サンプル以上取得できるまで、multiple-awakeningセッションを実施した。

標準的な手続きに準拠し睡眠ポリグラムを測定した(脳波、眼電図、筋電図、心電図; EASYCAP、BrainAmp MR、BrainAmp ExG MRなどを使用。Brain Products GmbH, Munich)。fMRIデータは、3.0-Tesla Siemens MAGNETOM Trio A Tim scannerを用いた(T2\*-weighted gradient-EPI scan、TR, 3,000 ms; TE, 30 ms; flip angle, 80 deg; FOV, 192 x 192 mm; voxel size, 3 x 3 x 3 mm; slice gap, 0 mm; number of slices, 50)。実験終了後に、標準的な手続きに準拠しオフラインで睡眠段階判定をおこなった(Rechtschaffen & Kales, 1968; The American Academy of Sleep Medicine, 2007)。

### 研究2

研究2では、研究1で開発した実験手続きをベースにREM睡眠期に適用可能なものへと展開した。実験参加者は睡眠障害のない健康な成人2名であった。1夜目と2夜目には、実験参加者を実験環境に適応させるための順応セッションを実施した(Tamaki et al., 2005)。3夜目には、sleep interruptionおよびmultiple awakeningを実施しないコントロールセッションを実施した。4夜目以降から、sleep interruptionおよびmultiple awakeningを実施する実験セッションをおこなった。第4周期のNREM睡眠が終了してから9時までの期間にsleep interruptionをおこない、午前9時からmultiple awakeningを

施した。入眠時REM睡眠が出現したら覚醒させ、覚醒させる直前に何を見ていたか、主観的状态に関する調査をおこなった。この手続きを3時間実施した。

標準的な手続きに準拠し睡眠ポリグラムを測定した(脳波、眼電図、筋電図、心電図; EASYCAP、BrainAmp MR、BrainAmp ExG MRなどを使用。Brain Products GmbH, Munich)。fMRIデータは、3.0-Tesla Siemens MAGNETOM Trio A Tim scannerを用いた(T2\*-weighted gradient-EPI scan、TR、3,000 ms; TE、30 ms; flip angle、80 deg; FOV、192 x 192 mm; voxel size、3 x 3 x 3 mm; slice gap、0 mm; number of slices、50)。実験終了後に、標準的な手続きに準拠しオフラインで睡眠段階判定をおこなった(Rechtshaffen & Kales, 1968; The American Academy of Sleep Medicine, 2007)。

fMRIデータには、Miyawaki et al. (2008)による再構成技術を適用した。ランダム画像観察中の脳活動パターンをトレーニングデータとして用い(詳細はMiyawaki et al., 2008参照)、これを、文字画像ではなく、夢が得られたREM睡眠中の脳活動へと汎化させた。

#### 4. 研究成果

##### 研究1

Figure 1に視覚的な夢見報告の例、典型的な睡眠段階の遷移、およびθ波の波形の例を示した。橙部分が解析に使用した脳活動データの期間、グレー部分が夢報告を聴取している期間を示している。3名中2名では覚醒直前の睡眠段階の70%以上がN1であった。1名では、N2が最も多く60%強がN2であった。いずれの被験者についても、覚醒させる直前がWakeであったサンプルはほとんどなかった(10%未満)。

各被験者7-10回の実験を実施し、平均して79%の覚醒から視覚的な夢見報告が取得できた(Table 1)。先行研究では入眠期には平均して31.4%、θ波の出現する時期においても36.2%であり、本研究の報告率と比較するとかなり低い。本研究で開発したmultiple awakening法が効率的、効果的であることが分かる。夢見報告を伴う多くの脳活動データのサンプルにパターン解析を組み合わせることで、入眠期の主観的体験の脳内での表現様式やNREM睡眠中の夢見のメカニズムの解明に光明を投じたといえる。なおこれらの結果を含む研究成果は、原著論文として執筆中であり、高インパクトファクターの国際誌に投稿予定である。

Yes, um I think it was at a bus stop... Um, there weren't any buses but there were... several people. And I was already standing there, when 2 or 3 people came walking... err running from the other side. I'm not really sure if they were male or female, but I guess there were both present. A total of about 3 people. Also... buildings... I guess I saw some buildings around there.

Yes, um, I was watching "Waratte ii tomo", either on TV or on the actual set, and someone, I guess some entertainer or a person like that was singing a song. The entertainer was male. I'm not sure exactly who it was, but I just saw that kind of scene. There wasn't anybody else there.

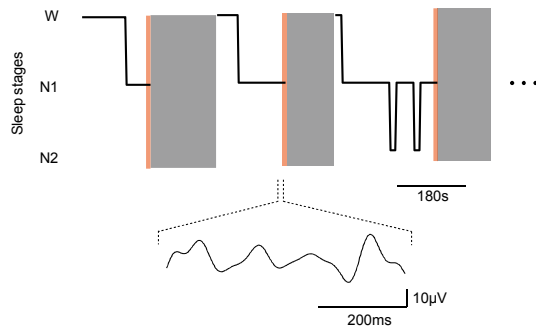


図1. 主観報告、睡眠段階の遷移、およびθ波の例

表1. 主観報告の統計

Subject	Visual dream	Others (non-visual dream, forgot, no dream etc)	Awakening	Experiment
S1	250	57	307	10
S2	222	59	281	7
S3	203	63	266	7
All	675	179	854	24
%	79.0	21.0	—	—

##### 研究2

2名の被験者で7回のREM睡眠版のmultiple-awakeningセッション実験を実施し、合計121回覚醒させ、REM睡眠が先行するawakeningから46の視覚的な夢見報告と脳活動データが得られた。つまり1つの実験で約7のデータが得られたことになる。通常の手続きでは多くても2回程度のREM睡眠しか得られない。このことから本研究の手続きの有効性が確認できる。Figure 2は、REM睡眠の先行する夢見ありのデータが合計9つ得られた際の実験データの再構成の結果を示す。ここでは合計15秒間のデータを示している。右端が最も覚醒に近いサンプルであり、左に向かうほど時間を遡る。1サンプルは3秒間(TRに対応)のfMRIデータの再構成結果である。各行のデータは各々の覚醒セッションのデータに相当する。最下段のデータは9つのデータの平均を示す。複雑なパターンを示すものの、最下段の平均パターンを観察すると、最も覚醒に近いパターンでは中心視周辺においてweightが高まっていることが分かる。今後はREM睡眠版のmultiple-awakeningをより洗練化さ

せ夢サンプルの数を増やし、複数の脳活動解析手法と組み合わせることで、夢のイメージの視覚化も可能となるかもしれない。

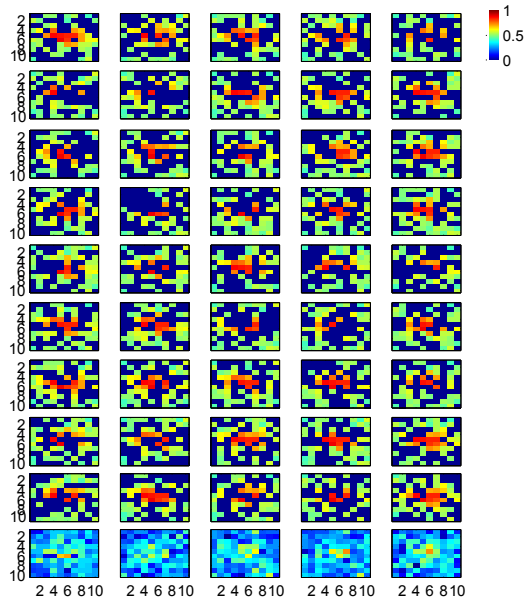


図 2. REM 睡眠中の脳活動の再構成結果

## 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)

[雑誌論文] (計 2 件)

① 玉置應子・神谷之康 fMRI 信号のデコーディングによる心的状態の解読. BRAIN and NERVE, 63, 1331-1338, 2011.

② Kishi A, Yasuda H, Matsumoto T, Inami Y, Horiguchi J, Tamaki M, Struzik ZR, Yamamoto Y. Non-REM Sleep Stage Transitions Control Ultradian REM Sleep Rhythm. Sleep, 34 (10), 1423-1432, 2011.

[学会発表] (計 6 件)

① Tamaki M, Watanabe T, Sasaki Y. MEG oscillatory activity during sleep correlated with improvement of a motor sequence learning. Frontiers in Behavioral Brain Science (FiBBS 2012), [19-4] Tokyo, 3/19/2012.

② Tamaki M, Huang TR, Lin FH, Hamalainen M, Yotsumoto Y, Watanabe T, Sasaki Y. Worldslepp2011, [PO-2-081] Kyoto, 10/19/2011.

③ Tamaki M, Huang TR, Lin FH, Hamalainen M, Yotsumoto Y, Watanabe T, Sasaki Y. Worldslepp2011, [Abstract symposium 32] Kyoto, 10/20/2011.

④ 玉置應子 視覚運動学習に關与する睡眠中の脳活動 第 50 回日本生体医工学会大会 東京, 04/30/2011.

⑤ 玉置應子 運動学習における睡眠の変動と安定 日本スポーツ心理学会第 37 回大会 福山, 11/20/2010.

⑥ Tamaki M, Huang TR, Lin FH, Hamalainen M, Watanabe T, Sasaki Y. Spontaneous MEG activity during sleep correlated with improvement of a motor sequence learning in motor related cortical areas. Neuroscience 2010, 11/14/2010.

[その他]

ホームページ等

<http://masacom.blogspot.jp/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

玉置 應子 (TAMAKI MASAKO)

株式会社 国際電気通信基礎技術研究所

脳情報通信総合研究所・研究員

研究者番号 : 20586276