

適応的な意思決定に及ぼすレム睡眠の効果に関する 睡眠心理学的研究

阿部高志

広島大学大学院生物圏科学研究科，東広島市 739-8521

Effects of REM sleep on adaptive decision-making: A sleep psychology study

Takashi ABE

*Graduate School of Biosphere Sciences, Hiroshima University,
1-7-1 Kagamiyama, Higashi-Hiroshima, 739-8521, Japan*

Abstract: Although the notion that sleep reduces stress has been proposed, it has not been investigated systematically whether sleep promotes adaptation or not. This study is intended to demonstrate that advantageous decision-making, a foundation of adaptive behavior, is promoted by brain activity during sleep. Chapter 1 presents a review of the relevant literature of sleep and adaptation. Chapter 2 demonstrates that advantageous decision-making is achieved better after sleep than after prolonged wakefulness. Chapter 3 explains that rapid-eye-movement density is higher at night after decision-making tasks than at night after a control task. Moreover, the increment of rapid-eye-movement density is correlated with improvement of advantageous decision-making. Chapters 4 and 5 present investigations of brain activity associated with rapid-eye-movements to clarify the fundamental promotion effect of REM sleep on advantageous decision-making. Chapter 4 shows that current sources of brain potential before rapid eye movements (pre-REM negativity) were

estimated in the amygdala, insular and ventromedial prefrontal cortices. Previous studies have shown that these regions are associated with adaptive decision-making during wakefulness. Chapter 5 explains that gamma band EEG activity, which is thought to be associated with cognitive process during wakefulness, is enhanced following the onset of rapid eye movement. Chapter 6 proposes a process model related to effects of REM sleep on advantageous decision-making. This model demonstrates that brain activity associated with rapid-eye-movements functions to promote advantageous decision-making.

Key words: REM sleep, rapid eye movements, advantageous decision making, pre-rapid-eye-movement negativity (pre-REM negativity: PRN), gamma band EEG activity, sLORETA

第1章 睡眠と適応に関する研究の現状

睡眠のストレス低減効果はこれまでも指摘されている (Cartwright et al., 1998)。しかし、この

指摘は、睡眠はただ単にストレスを下げるという消極説であった。一方、睡眠は、ストレスとなる出来事を積極的に解消し、より適応的な状態を導くという知見は提案されていない。本研究では、睡眠がストレス事態に対して積極的に働きかけ、適応的な状態に到達するという適応行動促進現象の存在を提案する。これは、単に睡眠は記憶成績を良くする (Stickgold, 2005) ということに留まらず、睡眠は生活の質を高め、適応性を高めるということを提案する。本論文では、適応行動の基礎となる意思決定の学習過程に焦点をあて、睡眠は適応的意思決定に対して促進的な効果を持つという仮説を検証する。また、その機能を支える睡眠中の脳活動を検討する。

第2章 適応的な意思決定に及ぼす睡眠の効果

睡眠が適応的意思決定に及ぼす効果を検討した。健常な大学生・大学院生を、睡眠群12名(女性6名, 男性6名, 平均22.8歳, 20-27歳)と覚醒群12名(女性6名, 男性6名, 平均22.1歳, 20-24歳)にランダムに割り振った。意思決定課題として、利得は小さいが損失も小さく、最終的には利得が得られる選択肢と、利得は大きいが損失はさらに大きく、最終的には損失が残る選択肢から、一回につき一枚を選択する課題 (Bechara et al., 1994) を用いた。できるだけ多くのポイントを獲得するように参加者に教示した。また、実験を通して、選択肢の性質と配置は変わらないことを教示した。睡眠群は学習セッションを午後9時に、テストセッションを午前9時に行い、セッション間に自宅で睡眠をとった。覚醒群は学習セッションを午前9時に、テストセッションを午後9時に行い、セッション間では仮眠やメンタルリハーサルは行わないように教示した。その結果、学習セッションの成績は両群で変わらないが、テストセッションでは、睡眠群の方が覚醒群よりも成績が向上していた。これは、睡眠が適応的な意思決定を促進させる可能性を示唆している。

第3章 意思決定課題とレム睡眠中の急速眼球運動との関連性

意思決定課題に関する記憶が睡眠中に処理され、その結果、成績が向上するのかどうかを検討した。実験には、健常な大学生・大学院生8名(女性6名, 男性2名, 平均21.9歳, 20-24歳)が参加した。そして、第2章で用いた意思決定課題を行った後(実験条件)と、利得や損失が生じない統制課題後(統制条件)の睡眠ポリグラフ記録を比較した。統制課題は、全ての選択肢の性質が同じであるため、最適な選択肢を学習する必要がない課題とした。実験条件と統制条件の間には、総就床時間・総睡眠時間・各睡眠段階出現率に有意な差は認められなかった。しかし、急速眼球運動密度は、実験条件の方が統制条件よりも、有意に増大していた。また、急速眼球運動密度の増加と、意思決定課題の成績向上数の間に有意な正の相関が認められた。この結果から、レム睡眠中の急速眼球運動と関連して、適応的意思決定を促進させる情報処理が生じていることが示唆される。

第4章 レム睡眠中の急速眼球運動に先行する脳活動の検討

睡眠前の意思決定課題がレム睡眠中の急速眼球運動密度の増加に及ぼす機序を明らかにする前段階として、急速眼球運動の発生に関与する脳活動を検討した。実験には、健常な大学生・大学院生22名(女性11名, 男性11名, 平均22.5歳, 20-25歳)が参加し、正常終夜睡眠のポリグラフ記録を行った。レム睡眠中の急速眼球運動に先行して出現する脳電位 (Abe et al., 2004a, 2004b) の電位発生源を、sLORETA (Pascual-Marqui, 2002) を用いて分析した。その結果、急速眼球運動前には、情動・感情(腹内側前頭前皮質・扁桃体・前帯状回・島)と記憶(海馬傍回)に関連する脳活動が生じていることが示された。この結果は、急速眼球運動前の情動や記憶に関する脳活動の活性化が、急速眼球運動の発生に影響を及ぼす可能性を示唆している。(Abe et al., 2008a)

第5章 レム睡眠中の急速眼球運動後に増大する脳波活動の検討

急速眼球運動の発生と情報処理活動の活性化の関連性を検討した。実験には、健常な大学生・大学院生8名（女性4名，男性4名，平均21.9歳，22-24歳）が参加し，正常終夜睡眠のポリグラフ記録を行った。高次情報処理活動を反映するガンマ帯域脳波活動（gamma band EEG activity）の振幅に着目し，急速眼球運動前1秒間と，開始後1秒間のガンマ帯域（35-44 Hz）脳波を比較した。その結果，急速眼球運動前と比較して急速眼球運動後には，ガンマ帯域脳波活動の振幅が増大することが示された。この結果は，急速眼球運動後に情報処理活動が活性化していることを示唆している。（Abe et al., 2008b）

第6章 総合考察

本論文の一連の結果から，適応的意思決定の学習過程における睡眠の適応行動促進現象の発現モデルを構築した。適応的意思決定には，情動が重要な役割を担っている（Damasio, 1994）。第2・3章から，睡眠前の意思決定課題は，急速眼球運動密度を増加させた。これは，睡眠前の経験がレム睡眠中の情動・感情や記憶の過程を活性化させた結果，急速眼球運動の発生が促進された可能性が考えられる。急速眼球運動が発生すると，それに伴って情報処理活動が活性化される。この過程と関連して，意思決定に関する記憶が固定され，適応的バイアスを獲得すると考えられる。今後は，意思決定課題と眼球運動関連脳電位との関連性を検討する必要がある。また，適応行動促進現象の存在を実証するために，意思決定以外においても睡眠が適応行動を促進する機能があることを検討する。

引用文献

- Abe, T., Ogawa, K., Nittono, H., & Hori, T. (2004a). Lack of presaccadic positivity before rapid eye movements in human REM sleep. *Neuroreport*, 15, 735-738.
- Abe, T., Nittono, H., & Hori, T. (2004b). Current sources of the brain potentials before rapid eye movements in human REM sleep. *International Congress Series* 1270, 241-244.
- Abe, T., Ogawa, K., Nittono, H., & Hori, T. (2008a). Neural generators of brain potentials before rapid eye movements during human REM sleep: A study using sLORETA. *Clinical Neurophysiology*, 119, 2044-2053.
- Abe, T., Matsuoka, T., Ogawa, K., Nittono, H., & Hori, T. (2008b). Gamma band EEG activity is enhanced after the occurrence of rapid eye movement during human REM sleep. *Sleep and Biological Rhythms*, 6, 26-33.
- Bechara, A., Damasio, A. R., Damasio, H., & Anderson, S. W. (1994). Insensitivity to future consequences following damage to human prefrontal cortex. *Cognition*, 50, 7-15.
- Cartwright, R., Luten, A., Young, M., Mercer, P., & Bears, M. (1998). Role of REM sleep and dream affect in overnight mood regulation: a study of normal volunteers. *Psychiatry Research*, 81, 1-8.
- Damasio, A. R. (1994). *Descartes' error: emotion, reason, and the human brain*. New York: Grosset/Putnam.
- Pascual-Marqui, R. D. (2002). Standardized low-resolution brain electromagnetic tomography (sLORETA): technical details. *Methods and Findings in Experimental and Clinical Pharmacology*, 24 Suppl D, 5-12.
- Stickgold, R. (2005). Sleep-dependent memory consolidation. *Nature*, 437, 1272-1278.