

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 13 日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19H01776

研究課題名（和文）レム睡眠とノンレム睡眠がエピソード記憶形成に果たす異なる役割の検証

研究課題名（英文）Different role of REM and NonREM sleep for episodic memory modification

## 研究代表者

甲斐田 幸佐（Kaida, Kosuke）

国立研究開発法人産業技術総合研究所・情報・人間工学領域・主任研究員

研究者番号：80586264

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、睡眠中の記憶形成について調べることであった。記憶の定着と変容を調べるために、夜間睡眠を前半（ノンレム睡眠優位）と後半（レム睡眠優位）に分ける睡眠折半法を用いた。記憶課題として、連合記憶課題と後知恵バイアス課題を作成した。後知恵バイアス課題を睡眠研究に用いた点は、本研究の独創である。研究の結果、ノンレム睡眠中に記憶の定着が生じやすく、レム睡眠中に記憶の変容が生じやすくなることが確かめられた。また、記憶の定着は、数時間のうちに生じるが、記憶の変容には数日程度の時間がかかることが分かった。睡眠中の記憶変容を後知恵バイアスとして定量化した研究は他になく、本研究の主要成果のひとつである。

## 研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の結果、レム睡眠中に記憶の変容が生じている可能性が高いことが明らかになった。記憶の変容は、誤った意思決定の原因となり得る一方で、自然環境や社会環境へ合わせて記憶を変化適応させ、精神状態を良好に保つためになくはない機能でもある。その重要な機能にレム睡眠が関与していることが明らかとなったことの学術的意義は大きい。また、本研究の結果は、記憶の変容を伴う心理療法（認知行動療法など）の効果を促進するためにもレム睡眠が重要であることを示唆しており、この知見が社会に及ぼす意義は深いと考えられる。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to investigate the process of memory formation during sleep. In order to examine the consolidation and modification of memory, we used the split-half method, which divides nighttime sleep into the first half (non-REM sleep dominant) and the second half (REM sleep dominant). As memory tasks, an associative memory task and a hindsight bias task were adopted. The use of the hindsight bias task in sleep research is original in this study. As a result of the research, it was confirmed that memory consolidation more occurred during non-REM sleep than REM sleep, and memory alteration more occurred during REM sleep than non-REM sleep. In addition, it was found that memory consolidation occurs within a few hours, but memory transformation takes several days. This is one of the main results of this study, as no other study has quantified memory modification during sleep as hindsight bias.

研究分野：実験心理学

キーワード：記憶 睡眠

### 1. 研究開始当初の背景

記憶は、記銘 (encoding)、固定 (consolidation)、再生 (recall) のサイクルを通して形成される。一方で、記憶は、再生されると変容することが知られている。特に、エピソード記憶は、経験したことにに関する口述可能な記憶であり、変容しやすい (Loftus, *Learning & Memory*, 2005, 12: 361-66)。動物実験では、エピソード記憶は、覚醒中だけでなく、睡眠中にも再生されることが知られている (Wilson et al., *Science*, 1994, 265: 676-9)。再生され、変容した記憶も、記憶形成サイクルに組み込まれることを考えると、エピソード記憶の変容は、覚醒中だけでなく、睡眠中にも生じている可能性が高い。しかし、睡眠中の記憶の「変容」については、分かっていないことが多い。

### 2. 研究の目的

ヒトの睡眠は、レム睡眠とノンレム睡眠と呼ばれる質的に異なる睡眠から構成されている。睡眠中の記憶の再生 (夢) は、ノンレム睡眠から目覚めた場合よりも (約 30%)、レム睡眠から目覚めた場合に多く報告される (約 80%) (掘, *睡眠環境学 睡眠の生理心理*, p.7-22)。そのため、記憶の変容量は、ノンレム睡眠中よりもレム睡眠中で大きい可能性がある。本研究では、睡眠中の記憶の変容について、ノンレム睡眠とレム睡眠を分けて検証する。本研究課題の核心をなす学術的問いは、記憶の変容はノンレム睡眠とレム睡眠のどちらでより大きく生じるか、である。

下表 1 に示すように、これまでの研究では、ノンレム睡眠 (特に、深いノンレム睡眠) は、エピソード記憶の固定に必須であることが分かっている (Drosopoulos et al., *Learning and Memory*, 2005, 12: 44-51)。一方で、レム睡眠は、エピソード記憶の固定には関係していないと考えられている (Rasch & Born, *Physiological Review*, 2013, 93:681-766)。本研究の狙いは、表中の「？」を明らかにすることである。

	変容	固定
ノンレム睡眠	?	○
レム睡眠	?	×

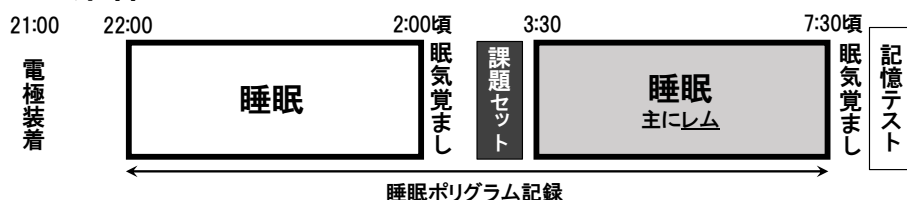
表 1 エピソード記憶と睡眠の関係について

睡眠中には記憶の変容が生じている可能性がある。ただし、この表は単純化されており、レム睡眠中の記憶固定についても様々な議論がある (例: Rasch and Born, *Neurobiology of Learning and Memory*, 2015, 122: 1-3)。

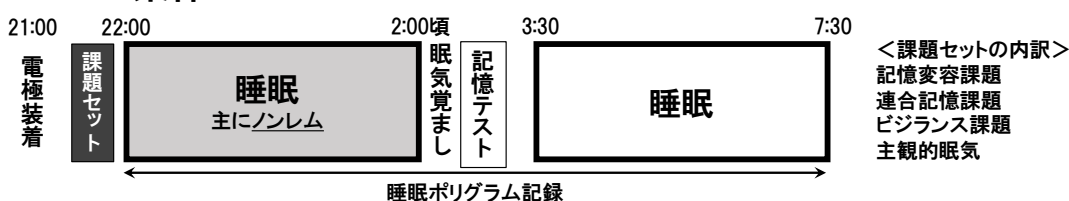
### 3. 研究の方法

本研究では、記憶の変容率は、ノンレム睡眠後よりも、レム睡眠後に大きいことを明らかにする。本研究では、レム睡眠とノンレム睡眠の効果を分けて検証するために、睡眠折半法 (図 2) を用いる。睡眠折半法では、睡眠の前半にノンレム睡眠、後半にレム睡眠が集中する特徴を利用して、それぞれの睡眠の効果を調べる。この方法の有効性は、先行研究で確認されており、薬物などによる方法と比べて、倫理的な問題もほとんどない (Plihal & Born, *Journal of Cognitive Neuroscience*, 1997, 9: 534-547)。なお、覚醒中に記憶した内容は、記憶してから 6-8 日後に夢として生じることが多い (P. Lavie, *The enchanted world of sleep*, 1996, p.65-p.75, Yale University Press, New Haven and London)。本研究では、長期的な記憶の変容を調べるため、記憶テストは 1 週間後にも行う。

#### レム条件



#### ノンレム条件



## 図2 睡眠折半法

睡眠の前半にはノンレム睡眠、後半にはレム睡眠が多く出現することを利用して、それぞれの睡眠が記憶を変容させる効果を調べる。両条件は、課題やテストを行う時刻以外はまったく同じ手続きである。実験参加者は、どちらかの条件に1回だけ参加する(実験参加者間比較計画)。ただし、実験日の前には、実験室に慣れるための準備夜を設ける。実験日前日の睡眠時間は、腕時計型の活動量計(アクチグラフ)のデータによって確認する。

### 記憶変容課題(記憶の変化量を定量化するための課題)

本研究では、独自に開発した記憶変容課題を用いて睡眠中の記憶の変化量とその方向を算出する。たとえば、「マザーテレサは何歳で亡くなったでしょう?」という質問に対して、実験参加者は75歳と推測したとする。次に、実験参加者は「正答」である87歳を記憶する。一定時間後に「あなたが最初に推測したマザーテレサの亡くなった年齢はいくつでしたか?」と訊ねると、実験参加者の回答は、あとで記憶した「正答」に近い値(順方向)に変容されることが分かっている(Bartlett, *British Journal of Educational Psychology*, 1933, 3: 187-192)。実際に、申請者が作成した質問紙を用いた予備実験によれば、記憶してから4時間後には、回答数50問のうち51%が変化し、しかも、そのうち約70%は正答に近い方向(自分に都合の良い方向)に変化することが確認された。なお、申請者は、この記憶のテスト自体も記憶の変容をもたらすことを認識している。しかし、その効果は条件間で等しく生じるため、本研究で知りたい結果(レム睡眠とノンレム睡眠の効果の差)に大きな影響を及ぼさないと考えている。この課題を、睡眠中の記憶変容の実証に用いるアイデアは、本研究独自のものである。

### 連合記憶課題(ノンレム睡眠中の記憶の固定を検証するための統制課題)

エピソード記憶は、レム睡眠ではなく、ノンレム睡眠中に「固定」されると考えられている(Plihal & Born, *Journal of Cognitive Neuroscience*, 1997, 9: 534-547)。本研究では、先行研究の結果を追試するために、連合記憶課題を用いる(表1のマトリックスの右側を検証する)。連合記憶課題では、関連性のない単語の組み合わせ60対(例:「キリン」と「キク」)を一定時間かけてまず覚え、テストを繰り返しながら、正答率が100%になるまで記憶していく。たとえば、記憶テストでは、実験者が「キリン」と言うと、実験参加者は「キク」と答えなければならない。連合記憶課題で用いる単語は、感情価(快・不快)と覚醒度が「中性(どちらでもない)」に統制された単語のストック(本田, *愛知工業大学研究報告*, 2014, 49: 13-24)から選定して用いる。すでに実施した予備検討によれば、4時間後(記憶10:00-11:00, テスト15:00)の忘却率は24.5%であった。先行研究に従えば、記憶後にノンレム睡眠をとると、記憶は固定されるため、この忘却率は低下することが予想される。

## 4. 研究成果

解析の結果、記憶の変容(hindsight bias index)は、睡眠直後(3.5 hrs later)と比較して、1週間後(1w)に大きくなっていることが分かった。その差は、レム睡眠条件だけで統計的に有意であった(対応のあるt検定:  $t(23)=3.95, d=0.81, p<0.01$ )。また、記憶の変容は、1週間後(1w)後でのみ、ノンレム睡眠条件と比較して、レム睡眠条件で大きいことが分かった(対応のないt検定:  $t(46)=2.28, d=0.66, p=0.03$ )。さらに、記憶の変容は、レム睡眠の量と有意に相関した。これらの結果から、レム睡眠中に記憶の変容が生じやすく、また、記憶の変容には時間がかかることが分かった。

エピソード記憶は、睡眠直後(3.5 hrs later)と比較して、1週間後(1w)に、すべての条件において有意に減少していることが分かった( $ps<0.01$ )。睡眠直後(3.5 hrs later)および1週間後(1w)をそれぞれ単独で比較したところ、エピソード記憶は、レム睡眠条件において、他の2条件よりも有意に減少していた( $ps<0.01$ )。さらに、エピソード記憶は、レム睡眠やノンレム睡眠の量とは相関しなかった。これらの結果は、エピソード記憶はレム睡眠中に忘却されやすいことを示唆している。

以上の結果から、記憶の変容はレム睡眠中に生じやすく、また、エピソード記憶の忘却もレム睡眠中に生じやすいことが示唆され、本研究の目的は達成されたと考えられる。本研究の結果、レム睡眠中に記憶の変容が生じている可能性が高いことが明らかになった。記憶の変容は、誤った意思決定の原因となり得る一方で、自然環境や社会環境へ合わせて記憶を変化適応させ、精神状態を良好に保つためになくてはならない機能でもある。その重要な機能にレム睡眠が関与していることが明らかとなったことの学術的意義は大きい。また、本研究の結果は、記憶の変容を伴う心理療法(認知行動療法など)の効果を促進するためにもレム睡眠が重要であることを示唆しており、この知見が社会に及ぼす意義は深いと考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Kosuke Kaida, Naoko Kaida	4. 巻 125
2. 論文標題 Discrepancies between beliefs and practices on sleep as a factor of insomnia and negative feelings.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Psychological Reports	6. 最初と最後の頁 2029-2051
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kosuke Kaida, Naoko Kaida	4. 巻 18
2. 論文標題 Memory load of information encoded amplifies the magnitude of hindsight bias.	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Plos One	6. 最初と最後の頁 e0283969
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Kosuke KAIDA, Takashi ABE, Sunao IWAKI	4. 巻 58
2. 論文標題 Counteracting effect of verbal ratings of sleepiness on dual task interference.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Industrial Health	6. 最初と最後の頁 443-450
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 甲斐田幸佐
2. 発表標題 記憶の変容量を計測するための「記憶変容課題」の開発と妥当性の検討
3. 学会等名 日本心理学会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 甲斐田幸佐	4. 発行年 2022年
2. 出版社 全日本病院出版会	5. 総ページ数 398
3. 書名 健康・医療・福祉のための睡眠検定ハンドブック up to date (10章 睡眠と記憶・学習)	

1. 著者名 甲斐田幸佐	4. 発行年 2020年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 712
3. 書名 睡眠学「8章 精神運動機能」	

1. 著者名 甲斐田幸佐	4. 発行年 2020年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 712
3. 書名 睡眠学「10章 睡眠と記憶・学習」	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	甲斐田 直子  (Kaida Naoko)	筑波大学・システム情報系・社会工学域  (12102)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	岩木 直  (Iwaki Sunao)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・情報・人間工学研究 領域・人間情報インタラクション研究部門  (82626)	
研究協力者	阿部 高志  (Abe Takashi)	筑波大学・国際統合睡眠医科学研究機構  (12102)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関