特集

「最近の脳科学」

夢の精神生理学

内山 真¹⁾ 鈴木 博之²⁾¹⁾日本大学医学部精神医学系精神医学分野²⁾警視庁科学捜査研究所

Psychophysiological Aspects of Dreaming

Makoto UCHIYAMA¹⁾ and Hiroyuki SUZUKI²⁾¹⁾Department of Psychiatry, Nihon University School of Medicine²⁾Criminal Investigation Laboratory, Metropolitan Police Department

Origin of night dream has been an enigma through whole history of human race. Descriptions in the Bible have shown that the ancients regarded dream experiences as a consequence of the supernatural power outside. Since the early twentieth century, progresses of psychology have proposed that night dream comes from the unconscious mind inside. Finally in 1953, Aserinsky and Kleitman discovered human REM sleep and demonstrated that dream reports were obtained most frequently when subjects were awakened from REM sleep. Thereafter, many scientists conducted studies on dream and REM sleep, and found a robust association between electrophysiologic phenomena and subjective experiences during REM sleep. Here we reviewed articles on psychophysiological aspects of dream and REM sleep. To document mnemonic functions of REM sleep was of our particular interest. The authors expect that studying dream and REM sleep gives clues to an understanding on the mind-body relationship.

Key words: dream, electroencephalography, sleep, REM sleep, memory
夢, 脳波, 睡眠, レム睡眠, 記憶

(J. Nihon Univ. Med. Ass., 2011; 70 (3): 155–161)

はじめに

夢の起源を説明しようとさまざまな試みが、人類が出現して以来続けられてきた。夢で思いもよらない情景をみる。現実であり得ない体験をする。自分の夢が何を意味するのか誰もが興味を持つ。なぜ夢を見るのか、夢の意味することは何か、我々と同様に祖先たちも自らに問いかけてきたに違いない。

最も古い考え方として、外部からの超自然的な力が夢を起こしているというものがある。古代から、夢の内容が自らコントロールできないこと、あまりにも不思議な体験が起こるという理由で、夢の内容は神や悪魔からのメッセージととらえられていた¹⁾。このように夢を身体外の超自然的な力による現象であるとみなした例は、旧約聖書の中でヨセフがエジプト王ファラオの夢を、神が飢饉を伝えるためにみさせたメッセージであると解釈するエピソードにもあらわれている²⁾。この他にも夢が未来を予言するというストーリーが随所にみられ、宗教の形成過程でも夢が果たした役割は少なくないと思われる¹⁾。このような蒼古的な考え方は、夢占いなどの形で現在も生き続けている³⁾。

近世になって、夢が睡眠中の内界あるいは外界からの刺激により引き起こされる一種の精神活動であると考えられるようになった。これは、紀元前に Aristotle が指摘していたことである¹⁾。こうした中で、夢体験における個人の性格や睡眠中の外的刺激の重要性が認識された。睡

眠中の運動感覚や身体内外の刺激が夢内容の材料であると考えられるものの代表は Bergson であり、彼は夢見体験中の視覚像は睡眠中の外的刺激による網膜上の像であると考えた¹⁾。Freud の夢学説もこうした流れの中で登場したもののひとつである。Freud⁴⁾ は夢を睡眠中に起こる精神活動であるとみなし、この起源については覚醒時に無意識の中に閉じ込められた欲望が睡眠中に精神内界から形を変えて現れる現象であると考えた。これらの考え方では、睡眠は一様のもものとみなされ、睡眠中のどのような状態で夢が起こっているかということに関しては考慮されることがなかった¹⁾。

19 世紀には実験的研究により夢の時間性について新たな概念が示された。睡眠中の被験者を一定の間隔をおいて起こした場合に、夢報告が得られるときと得られないときがあることが報告された⁵⁾。これにより、夢見体験は睡眠中常に起こっているわけではなく、睡眠中の特定の生理学的状態変化に伴って起こると考えられるようになった。1920 年代にはヒト頭皮上脳波の発見により、睡眠状態をリアルタイムでモニターすることが可能となったが、睡眠状態と夢見体験に関する研究は 1950 年代まで大きな発展が見られなかった。その後 Aserinsky と Kleitman によるヒトのレム睡眠発見⁶⁾ により、夢が脳波、眼球運動、筋電図などにより特徴づけられる脳の特定の状態と関連していることが明らかになった。

本稿では、レム睡眠の生理学、夢見体験と脳波的睡眠段階、夢あるいは睡眠と記憶に関する研究を展望する。

I. 夢の生理学

1) レム睡眠

レム睡眠は、急速眼球運動の出現と骨格筋（抗重力筋）の筋活動の低下を特徴とする睡眠段階である。脳波からみると睡眠第 1 段階（寝つきぎわの入眠期）と類似した低振幅パターンを示し脳の活動水準は比較的高い³⁾。瞳孔は縮瞳し、耳小骨筋の弛緩により耳小骨がたるみ鼓膜でとらえた振動が内耳へと伝達されない。脊髄レベルで感覚神経細胞からの上行性の伝達も抑制され、外界からの感覚入力全般に絶たれた状態にある (Fig. 1)。さらに、レム睡眠中は、心拍・呼吸が乱れるなど自律神経系が不安定になり、陰茎・陰核の勃起がみられる (Fig. 2)。通常、夜間睡眠ではノンレム睡眠を経過した後に出現し、ノンレム-レム睡眠周期は 90-120 分で、朝方になるにしたがって持続が長くなり、一夜の睡眠全体の約 20% を占める。レム睡眠中に夢見を体験するが、これは報告により差はあるが 80~100% とされている。動物では、Pont-geniculo-occipital waves (PGO 波) というスパイクが橋網様体を中心に出現する⁷⁾。

レム睡眠中の状態をこれら生理学的所見から考えると、自覚的にはまどろんだ程度の睡眠第 1 段階と皮質機能のレベルは同程度であるが、外界からの感覚入力遮断され、脳からの運動出力が脊髄運動細胞の前で遮断された状態である。これが夢見を支える脳の環境である。レム睡眠中、外界から脳への入力は絶たれているが、記憶に関連する大脳辺縁系の活動は活発で、夢の素材となる材料は長期記憶から取り出される。大熊⁷⁾、Hobson と McCarley⁸⁾ によれば、レム睡眠中、PGO 波などによる脳幹からの一過性の興奮刺激が長期記憶の貯蔵庫から感覚・運動に関連する情報を呼び出し、これらが合成されて夢が構成されるという仮説を唱えた。すなわち、こうした脳幹からの刺激に由来する大脳のランダムな興奮を脳が体験しているのが夢ということになる。長期記憶からの素材以外に夢内容に影響を与えうるものとしては、レム睡眠中の短い覚醒反応に伴う外界からの刺激や尿意や疼痛などがある。

ヒトのレム睡眠中の神経回路網が次第に明らかになりつつある。Maquet ら⁹⁾ は、 $H_2^{15}O$ を用いたポジトロン CT 画像からレム睡眠中の脳血流を解析した。この結果、レム睡眠中には橋被蓋、左視床、両側扁桃体複合、前帯状回の活動が高まり、前頭前野、後帯状回、楔前部などでは活動が低下していることを明らかにした (Fig. 3)。このようにレム睡眠中の皮質の賦活は均一でなく、主に扁桃体複合と神経連絡の緊密な皮質領域が活性化され、この部位と神経連絡の密でない皮質領域で活動が低下していることから、レム睡眠中の扁桃体の果たす役割の重要性が示唆された。扁桃体複合は感情変化を伴った記憶の形成強化に重要な働きをしていることが考えられるた

Fig. 1 覚醒時とレム睡眠時の神経機構の模式図 (内山と高山 1998)

Fig. 2 レム睡眠中に夢見た意見が出現する仕組み (大熊, 1994)

Fig. 3 レム睡眠中に血流量の相対的増加がみられた部位 statistical parametric mapping を用いた機能画像 (Maquet ら 1996)。

レム睡眠中には、橋背側被蓋野 (a)、両側扁桃体 (b)、視床 (c)、右側頭頂葉弁蓋部 (d)、前部帯状回 (e) の活性化がみられる。

め、これらの所見はレム睡眠中に記憶機構が賦活されていることを示すものと考えた。

Braun ら¹⁰⁾ は、同様に $H_2^{15}O$ を用いたポジトロン CT を用いてヒトのレム睡眠中における脳機能の関連を調べ

Fig. 4 レム睡眠中と覚醒 (A), 深睡眠 (B) の比較, レム睡眠中の眼球運動と相関した部位 (C) (Braun ら 1998)

レム睡眠中の一次視覚野の活動は、覚醒時に比べて (A) も深睡眠に比べても (B) 低下しており、眼球運動数とも負の相関を示す (C)。一方、二次視覚野の活動は、覚醒時に比べて (A) も深睡眠に比べても (B) 上昇しており、眼球運動数とも正の相関を示す (C)。レム睡眠中では一次視覚野の抑制と二次視覚野の活性化が特徴である。

た。その結果、レム睡眠中では一次視覚野の抑制と二次視覚野の活性化が特徴であり、二次視覚野の活性化は辺縁系の活動上昇および前頭連合野の活動抑制と関連していた。これらから、レム睡眠は、網膜から伝達される外界の視覚情報を受け止める一次視覚野の活動が低下した状態で、視覚イメージを認識する二次視覚野が辺縁系と強く結びついて活動し、前頭連合野で行われる脳に貯蔵された記憶情報との照合が行われない状態であると推測した (Fig. 4)。

2) 夢見体験とレム睡眠およびノンレム睡眠

夢見体験と睡眠状態に関する実験的研究は Aserinsky と Kleitman⁶⁾ による睡眠中の急速眼球運動の発見によって大きく発展した。彼らは急速眼球運動を伴うレム睡眠時に被験者を覚醒させると 74% の確率で夢見体験を報告し、それ以外の睡眠段階からの覚醒時には 17% であることを示し、レム睡眠と夢見体験の対応関係をはじめて明らかにした。その後の報告¹¹⁻¹³⁾ でも同様にレム睡眠からの覚醒時に夢見体験の頻度が高かったことより、レム睡眠が夢を見ている睡眠であり、それ以外のノンレム睡眠は夢を見ない睡眠であるという考えが広まった。これらの考えは、主としてレム睡眠中の急速眼球運動と視覚体験の関係を重視する立場である。近年、レム睡眠中の眼球運動に伴って視覚情報処理時と類似した脳波活動が起こることが報告されており^{14, 15)}、この点からもレム睡

眠における夢見体験の出現については生理学的な裏づけが得られるようになってきている。

しかし、この考えに対して疑問を唱える者もある。Goodenough ら¹⁶⁾ はレム睡眠からの覚醒で 93% の夢再生率を得る一方、ノンレム睡眠からの覚醒においても 53% という高い確率で夢報告を得た。その他の研究においてもノンレム睡眠から被験者を覚醒させたときにも夢報告が得られることは指摘されており、Nielsen¹⁷⁾ のレビューによれば、最近の夢研究ではノンレム睡眠からの覚醒時における夢見体験率は 50% 前後とされ、レム睡眠よりも低いものの、夢見体験が起こっていることが示唆されている。

睡眠時に起こされた被験者が睡眠中に経験した夢見体験を報告しても、その夢見体験が実際に目覚める直前の睡眠時に起こったものか、連続するそれ以前の睡眠時に起こった体験の想起を行っているのか区別することができない。この点が、これまでの研究の方法論的な限界である。この点を明確にするため、我々は 1 時間のうち 20 分間だけ眠りをとらせ、残りの 40 分は確実に覚醒させておくスケジュールで 3 日間過ごさせた¹⁸⁾。覚醒で区切られた 20 分間の脳波的睡眠所見とその時の夢体験の関連を明らかにできる。その結果、20 分の睡眠中にノンレム睡眠だけしかとらない場合においても 17.9% で夢見体験が得られた。この時レム睡眠における夢見体験の率は 51.2% であった。こうした方法を用いることで、ノンレム睡眠だけを示す睡眠においても夢見体験が起こることが明らかにできた。ノンレム睡眠における夢見の機構については、まだ解明されていないが、Fig. 5 に示すように、早朝から午前中の時間帯に夢体験を伴ったノンレム睡眠が集中しており、体内時計との関連で一日の中で夢を見やすい時間帯があるのではないかと考えた。

精神分析などで問題になる夢内容は日中に想起されたものである。こうした日中に語られる夢は、睡眠中の夢体験のうち記憶に固定されたものを日中になって言語的に表現したものである。夢自体がひとつの非言語的なイメージとして記憶に残っていることから考え、日中に夢を語る場合には、このイメージを想起し、さらにこれを言語で説明していくという作業が行われているものと思われる。したがって、日中に夢を想起して語る時に行っているのは、頭に浮かんだ像を言語的に説明解釈する過程である。これは、ロールシャッハテストなどの投影法の心理テストでランダムな像を呈示してこれが何にみえるかを語る場合と同様に、その時の心理状態が大きく影響するものと考えられる。こうした観点からすれば、日中に想起された夢を精神分析などで素材として用いることは、投影法の心理テストと同様に覚醒中の心理状態をとらえるのに有用である可能性は高く、夢見が睡眠を起こさせる神経学的機構により、生み出されていることは矛盾しないものと思われる³⁾。

Fig. 5 レム睡眠ノンレム睡眠と夢体験 (Suzuki ら 2005 より) 8名の若年健康成人における時間帯ごとの、ノンレム睡眠 (A)、レム睡眠 (B)、レム睡眠およびノンレム睡眠中の夢見体験 (C)、レム睡眠中の夢見体験 (D)、ノンレム睡眠中の夢見体験 (E) を示す。午前8時をピークにノンレム睡眠でも夢見体験が起こっているのがわかる。

II. 記憶と睡眠の機能

1) レム睡眠と記憶の消去

DNAの二重らせん構造を発見したCrickは、Mitchisonとともに¹⁹⁾レム睡眠の機能は不要な記憶情報の除去にあるという説を唱えた。これによれば、記憶情報の保存は、高次脳機能に関与する新皮質において自己興奮性の機能的神経回路網が形成されることで行われているとされる。こうした神経回路網に包含されるどの神経細胞が興奮しても一定したパターンの反応が起こり、記憶情報の

利用が行われることになる。この時、あるひとつのシナプスが、記憶情報を保存する複数の神経回路網に包含されることがあるため、一部のシステムに過大な負荷がかかる事態がしばしば起こりうる。こうした事態を防ぐために、レム睡眠という特殊な状態が働くことになる。すなわちレム睡眠中には、感覚入力と運動出力遮断され、脳が脳幹からの信号によりランダムに賦活される。この時、脳はクラッチを切った状態でエンジンを吹かすのと同様な状態にある。これによりシナプス間の連絡が緩み、神経回路網にある不必要な情報が除去されるという。この過程は、逆学習 (reverse learning) とも呼ばれる。

この仮説を支持する事実として、CrickとMitchison¹⁹⁾は、レム睡眠を持たないハリモグラやカモノハシなどの動物では大脳新皮質が異常に発達していることを挙げている。これらの動物ではレム睡眠中の逆学習が行われなため、記憶の効率が悪く大きな記憶容量を必要すると説明される。こうした観点から、夢は忘れるべきものであるため、これを思い出すことは勧められないとしている。

この仮説は、提唱者が有名なノーベル賞学者であるばかりでなく、最近の神経科学における記憶理論を取り入れている点でレム睡眠に関する仮説としてインパクトの強いものであったと考えられる。実証的な裏づけが今のところ欠如しているが、今後の夢理論を方向づけるもののひとつと思われる。

2) 学習とレム睡眠

学習による記憶の形成期にレム睡眠が一過性に増加することが指摘されている。動物実験では、ラットの迷路学習の形成過程での睡眠の研究から以下のようなことが報告されている²⁰⁾。学習が達成できるようにした群では、学習が成立する直前にレム睡眠の持続が長くなり、学習が完全に成立すると通常の長さに戻る。学習が成立しないようにした群ではこうした変化はみられず、学習期間中にレム睡眠を選択的に遮断すると学習の成立が妨害される。

ヒトにおいても同様の観察がなされているが、これについては反論もあり未解決な点も残されている。6カ月児に顔向け反応を学習させると、学習完成時にレム睡眠が増加し、学習に飽きてく頃になると基準値に戻ることが観察されている。成人が外国語を学習する過程でも学習により成績の向上した学生ではレム睡眠が増加し、成績が向上しなかった学生ではレム睡眠の増加がみられなかったことが報告されている²¹⁾。一方、無意味綴りの記憶課題では、学習が完成してもレム睡眠に変化はみられないという。

日常的に前日に練習したことが一晩眠ると次の日にしっかり身についているという経験を持つことがある。ピアノを練習する際に、前日いくら練習してもスムーズに指が運ばなかったのが、一晩眠って次の日にうまく弾

けるようになったりする．バッティングの練習をする場合でも集中的な練習中にはなかなか効果があがらなくても，2～3日すると自然に向上することがある．このような広い意味での手続き記憶の修得にも，長期増強過程が関与していることが指摘されている．こうした長期的な過程を考えない限り，集中的な練習による技能の記憶は時間経過で減衰するはずである．

こうした点に Karni ら²²⁾ は注目し，睡眠により長期増強過程が賦活されるのではないかと考え，選択的レム睡眠断眠（レム睡眠をとらせない条件），および選択的ノンレム睡眠断眠（ノンレム睡眠をとらせない条件）の実験手法を用いてこれを確かめた．彼らは，ポップアップ課題という，ランダムな背景の図柄から特定のパターンを素早く見つける課題を用いた．これは，野球のバッティングやテニスなどのスポーツで，練習を重ねていくとボールがよく見えるようになってくるのに近い技能を測定する視覚認知課題である．新たに学習したポップアップ刺激を用いた視覚認知課題の成績が，一晩眠ると向上することを見出した．さらに選択的ノンレム睡眠断眠を行った場合には次の朝の成績向上がみられるが，選択的レム睡眠断眠の場合には成績の向上がみられないことを発見した．このことから，睡眠中に賦活される記憶の長期増強はレム睡眠中に行われると考えた．

Karni ら²²⁾ の先駆的研究に刺激され，練習後の睡眠により種々の高次機能が向上することが明らかになり，2000 年以降多くの研究が行われるようになった．こうした研究の中では，レム睡眠による記憶の向上を示唆するデータはむしろ少なく，最近ではノンレム睡眠の重要性が指摘されるようになっている²³⁾．

視覚認知課題以外にもこうした睡眠による技能向上が観察されるものとして，ピアノやパソコンのキーボード操作などで用いられる手指の運動学習にも睡眠の効果が認められている．Walker ら²⁴⁾ はパソコンのキーボードを用いたタイピング課題を，朝・昼・夕・夜（睡眠無し），朝・夜・朝，夜・朝・夜の 3 条件で行った．その結果，日中から夜にかけての向上よりも，睡眠をはさんだ夜から朝にかけての向上が大きいことが示された．この結果は日中グローブをつけて手指の動きを統制した条件でも確認されたことから昼間の活動による干渉の影響は小さいと考えられる．Kuriyama ら²⁵⁾ によると，睡眠による向上効果は両手でタイピングタスクを行ったときの方がより大きいことから，課題中に活性化される皮質領域の大きさと関係するのではないかと考えられている．これらの課題における技能向上は，ノンレム睡眠と関係していることが報告されている²⁴⁾．

作動記憶とは，情報を一時的に保ちながら操作するための記憶過程をさす²⁶⁾．典型的には，数字の順唱や逆唱時，100 から 7 を順次引いていく課題などで評価される機能であり，日常生活の中では，電話帳で瞬間的に確認

Fig. 6 トレーニング後の睡眠で作動記憶容量が拡張する (Kuriyama ら 2008)

訓練後に睡眠をとらない場合は作動記憶の容量 (NL) は大きくならない (Group A および Group B のリテスト 1)．訓練後に睡眠をとると作動記憶の容量 (NL) が大きくなり (Group B のリテスト 2 および Group C のリテスト 1)，これはその後も保持される (Group C のリテスト 2)．一方，反応時間における有意な変化はない．

した電話番号を直ちにかけるときなどに使われる．作動記憶の容量は，個人差はあるが個人において不変であり，数字やものの名前などでは 5 から 7 個くらいが平均的とされ，この容量は個人内で概ね一定していると考えられてきた²⁶⁾．しかし近年の研究成果から，繰り返し鍛錬することで，作動記憶容量を向上させることがわかってきた²⁷⁾．さらに，機能画像研究により，訓練により作動記憶容量が向上すると，前頭葉の作動記憶機能関連領域と考えられている部位および周辺領域の活動性が上昇することが報告されている²⁷⁾．我々は，睡眠による作動記憶容量の変化を検討するため，作動記憶容量を数量的に評価できる n-back 課題を繰り返し行い，課題と課題の間に睡眠をとった場合とそうでない場合について比較した²⁸⁾．この結果，作動記憶課題を一定の間隔において繰り返し負荷した場合，課題と課題の間に睡眠をとった群では作動記憶容量が向上したが，課題と課題の間で睡眠をとらなかった場合にはこの向上がみられなかった (Fig. 6)．これは，作動記憶の向上にも訓練と睡眠が必要であることを示唆する．

練習によって段階的に上達していく学習ではなく、多くの情報や選択肢の中から法則性を発見して突然問題の解決方法をひらめくことを洞察 (insight) と呼ぶ。この洞察獲得を睡眠が促進するという報告がある。Wagnerら²⁹⁾は、数字合わせ課題の成績を夜間睡眠条件、断眠条件、昼間覚醒条件の3条件間で比較した。この課題は数字の組み合わせに隠されたルールが存在し、そのルールに気づくと課題遂行時間に大幅な減少が見られ、洞察が起こったことが確認できる。実験の結果、睡眠条件ではその他の条件と比べて洞察が起こった人の比率が2倍以上であった。このような統合的な問題処理能力も睡眠によって活性化される。科学的な発見とは、法則性の抽出であることから考えると、科学にとって、科学者の睡眠は大きく影響するということになる。

3) レム睡眠と心的形質

一卵性双生児においては、生育環境が異なっても、性格が似ているだけでなく、生涯にわたり同様の行動パターンをとることが知られている。これは、遺伝的にプログラムされた心的形質が生涯変わらず保存されていることを示す。このことは、経験により神経回路網が変容するという事実と相入れない。Jouvet^{1,30)}によれば、経験で神経回路網が機能的変容を起こす一方で、性格などの遺伝的形質が生涯保たれるのはレム睡眠中にくり返しプログラミングが行われているからだと考えた。この傍証として、レム睡眠中に神経細胞のレセプター蛋白合成が活発に行われることを挙げている。これによって、脳幹部の遺伝的なプログラムにしたがって、PGO波により皮質が賦活される度に神経回路網の修復や形成が行われるのだという³⁰⁾。こうした考え方は、生得主義 (nativism) と経験主義 (empiricism) の二分法に新たな回答を与えるものとして注目していいと思う。

ネコにおいて脳幹にあるレム睡眠抑制機構を破壊すると、レム睡眠になる度に夢幻様行動をくり返すようになる³¹⁾。レム睡眠中の行動は、身構える、飛びかかる、など捕食や逃走に関連したものであった。これが、外界と関連なく起こっていることは、目からの視覚入力が無く、周りにえさをおいても全く認識せず、こうしたステレオタイプな行動を繰り返したことから明らかであった。このため Jouvet³¹⁾は、レム睡眠中には、危機に対処する行動をリハーサルし、いつでも行動できるよう練習していると考えた (Fig. 7)。

ヒトにおいても、ネコで報告されているレム睡眠中の夢幻様行動に相当する病態が同定されレム睡眠行動障害と呼ばれている。このような状態では、悪夢が頻回となり、レム睡眠になる度に暴力的な異常行動をくり返す。夢の内容は「猛獣に追いかける」「暴徒おそわれる」などの危機的な状況における恐怖や怒りを表すものがほとんどである点が特徴的である³²⁾。生物が比較的安定した状況に暮らしている場合には、遺伝的にプログラムさ

Fig. 7 橋被蓋のレム睡眠中枢の一部を破壊した猫のレム睡眠中にみられた夢幻様行動 (Jouvet ら 1981)

れた危機回避反応が再学習される機会は少ない。しかし、個体の保存のためには危機的状况に対応できる能力を保持することは重要である。著者は、レム睡眠中にこうした本能的なプログラムがくり返されている可能性があるのではないかと考える。こうした意味で Jouvet¹⁾の仮説は、やはり実証性は乏しいものの生物の適応という観点から考え魅力的と思われる。

おわりに

本稿では、最近発展のめざましいレム睡眠の生理学、夢見体験と脳波の睡眠段階、夢あるいは睡眠と記憶に関する研究を展望した。こうした研究から夢を知ることには、人間を脳機能の面と心の面から考えるのに大きな力になると考える。

文 献

- 1) Jouvet M. *Le sommeil et le reve*. Paris: Editions Odile Jacob. (1992); ジュヴェ・北浜邦夫訳「睡眠と夢」, 紀伊国屋書店, 1997.
- 2) 関根正雄訳. 旧約聖書 創世記. 岩波書店, 1956.
- 3) 内山 真, 高山 豊. 睡眠と記憶, 高橋 徹, 設楽信行, 清水輝夫編集, 記憶とその障害の最前線, 最新 脳と神経科学シリーズ (8), メジカルビュー社, 1998; pp. 132-141.
- 4) Freud S. *Die Traumdeutung*. Gesammelte Werke, Bd 2 und 3, S. Fisher Verlag, Frankfurt am Main. (1900); フロイト S. 高橋義孝訳「夢判断 (上)」, 新潮文庫, 1969.
- 5) Hobson JA. *The Dreaming Brain*. New York: Basic Books, Inc., 1988.
- 6) Aserinsky E, Kleitman N. Regularly occurring periods of eye motility, and concomitant phenomena during sleep. *Science* 1953; **118**: 273-274.
- 7) 大熊輝雄. 夢の生理学. 睡眠学ハンドブック (日本睡眠学会編集), 朝倉書店, 東京, 1994; pp. 66-70.
- 8) Hobson A, McGarley R. The brain as a dream state generator: An activation-synthesis hypothesis of the dream process. *Am J Psychiatry* 1977; **134**: 1335-1348.
- 9) Maquet P, Peters JM, Aerts J, Delfiore G, Degueldre C, Luxen A, Franck G. Functional neuroanatomy of human rapid-eye-movement sleep and dreaming. *Nature* 1996; **383**: 163-166.
- 10) Braun AR, Balkin TJ, Wesensten NJ, Gwadrty F, Carson RE, Varga M, Baldwin P, Belenky G, Herscovitch P. Dissociated pattern of activity in visual cortices and their projections during

- human rapid eye movement sleep. *Science* 1998; **279**: 91–95.
- 11) Dement W, Kleitman N. The relationship of eye movements during sleep to dream activity. An objective method for the study of dreaming. *J Exp Psychol* 1957; **53**: 339–346.
 - 12) Hobson JA, Goldfrank F, Snyder F. Respiration and mental activity in sleep. *J Psychiatry Res* 1965; **3**: 79–90.
 - 13) Rechtschaffen A, Verdone P, Wheaton J. Reports of mental activity during sleep. *Can Psychiatry Association Journal* 1963; **8**: 409–414.
 - 14) Miyauchi S, Takino R, Fukuda H, Torii S. Electrophysiological evidence for dreaming: human cerebral potentials associated with rapid eye movement during REM sleep. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1987; **66**: 383–390.
 - 15) Ogawa K, Nittono H, Hori T. Topography of the lambda-like response in rapid eye movement sleep: A current source-density analysis. *Sleep and Biological Rhythms* 2003; **1**: 153.
 - 16) Goodenough DR, Shapiro A, Holden M, Steinschreiber L. A comparison of dreamers and nondreamers: eye movements, electroencephalograms, and the recall of dreams. *J Abnorm Soc Psychol* 1959; **59**: 295–302.
 - 17) Nielsen TA. Chronobiological features of dream production. *Sleep Med Rev* 2004; **8**: 403–424.
 - 18) Suzuki H, Uchiyama M, Tagaya H, Ozaki A, Kuriyama K, Aritake S, Shibui K, Tan X, Kamei Y, Kuga R. Dreaming during non-rapid eye movement sleep in the absence of prior rapid eye movement sleep. *Sleep* 2004; **27**: 1486–1490.
 - 19) Crick C, Mitchison G. The function of dream sleep. *Nature* 1983; **304**: 1335–1348.
 - 20) Bloch V, Hennevin E, Leconte P. Relationship between paradoxical sleep and memory processes. In Brazier MAB (Ed): *Brain Mechanisms in Memory and Learning*. Raven Press, 1979; 329–343.
 - 21) 堀 忠雄. 睡眠と記憶. 睡眠学ハンドブック (日本睡眠学会編集), 朝倉書店, 東京, 1994; pp. 78–83.
 - 22) Karni A, Tanne D, Rubenstein BS, Askenasy JJM, Sagi D. Dependence on REM sleep of overnight improvement of a perceptual skill. *Science* 1994; **265**: 679–682.
 - 23) Stickgold R. Sleep-dependent memory consolidation. *Nature* 2005; **437**: 1272–1278.
 - 24) Walker MP, Brakefield T, Morgan A, Hobson JA, Stickgold R. Practice with sleep makes perfect: sleep-dependent motor skill learning. *Neuron* 2002; **35**: 205–211.
 - 25) Kuriyama K, Stickgold R, Walker MP. Sleep-dependent learning and motor-skill complexity. *Learn Mem* 2004; **11**: 705–713.
 - 26) Hulme C, Roodenrys S, Brown G, Mercer R. The role of long-term memory mechanisms in memory span. *British Journal of Psychology* 1995; **86**: 527–536.
 - 27) Olesen PJ, Westerberg H, Klingberg T. Increase prefrontal and parietal activity after training of working memory. *Nat Neurosci* 2003; **7**: 75–79.
 - 28) Kuriyama K, Mishima K, Suzuki H, Aritake S, Uchiyama M. Sleep accelerates the improvement in working memory performance. *J Neurosci* 2008; **28**: 10145–10150.
 - 29) Wagner U, Gais S, Haider H, Verleger R, Born J. Sleep inspires insight. *Nature* 2004; **427**: 352–355.
 - 30) Jouvet M. Paradoxical sleep and the nature-nurture controversy. Adaptive Capabilities of Nervous System. in McConnel, Boer Ronijn Van de Poll, Corner, eds. *Progress in Brain Research*, Elsevier, Amsterdam, 1980; pp. 331–346.
 - 31) Jouvet M, Sastre JP, Sakai K. Toward an etho-ethnology of dreaming. In Karacan I, ed. *Psychophysiological aspects of sleep*. Noyes Medical Publications. New Jersey 1981; pp. 204–214.
 - 32) Uchiyama M, Isse K, Tanaka K, Yokota N, Hamamoto M, Aida S, Ito Y, Yoshimura M, Okawa M. Incidental Lewy body disease in a patient with REM sleep behavior disorder. *Neurology* 1995; **45**: 709–712.