REM 睡眠と NREM 睡眠の時刻的出現分布

Temporal Distributions of REM and Stage 4 Sleep in Different Time Periods

杏林大学医学部衛生学教室

松 本 一 弥

Kazuya Matsumoto

Department of Hygiene, Kyorin University School of Medicine

Twenty-four hour polygraphs were performed to obtain distributions of REM and stage 4 sleep during 2-hour sleep periods in eight different time zones. The time zones differed on the basis of time when sleep onset occurred and the length of preceding awakeness. Eight healthy males, averaging 23.3 years old, were studied. The experiments ran after the end of a usual night's sleep (00:00-07:00). The eight periods were divided into 4 advanced and 4 delayed shifts based on time of retiring-i. e., A₄-10:00, A₃-15:00, A₂-20:00, A₁-22:00, D₁-02:00, D₂-04:00, D₃-06:00, D₄-10:00.

- 1) Total sleep time was shorter for the advanced, and longer for the delayed shifts.
- 2) REM latency was longest for A₂, and shorter in A₄, A₃ and D₁₋₄. It became more significant for the periods farther away from A₂ in either direction, with an inverse tendency observed for initial REM duration.
- 3) REM at onset (SOREMp) was observed only for early morning periods, A₄, D₃ and D₄.
- 4) The amount of REM sleep was greatest in A₄ and considerably less in the order of A₃ and A₂. It then increased in the following order, A₁, D₁, D₂, D₃ and D₄. Mean rectal temperature during sleep was found to be in an inverse order.
- 5) Stage 4 sleep increased as follows: A₄ < A₃ < A₂ < A₁ < D₁ < D₂ < D₃ < D₄, with significant differences between each two periods.

The above findings indicate the presence of a conspicuous circadian rhythm in REM sleep, and the dependence of stage 4 sleep on the length of the preceding period of wakefulness.

I. は じ め に

自然の夜間睡眠では、睡眠前半で S₃ や S₄ の NREM 睡眠が優位に出現し、REM 睡眠は逆に睡眠前半で最も少なくその中期から後期にかけて増加することが知られている¹⁾。最近、このような現象が日中時にも存在しているかどうかを検討するため、各種の昼間睡眠の研究がなされてきている²⁻⁵⁾。これらによると、REM 睡眠の出現量は朝方の昼間睡眠が最も多く、正午から夕方方の昼間睡眠にかけて順次減少するのに対して、S₃ や S₄ の NREM 睡眠は朝方の昼間睡眠が最も少なく、夕方にかけて増加することが明らかにされている。

今回の実験は、24時間にわたって入眠時刻を変えた各種睡眠期におけるポリグラムを記録することによって、主として S₄ および REM 睡眠の時間的な出現分布について検討した。この種の研究は、夜勤・交代勤務者の夜勤時における仮眠や夜勤後の昼間睡眠対策を考慮してい

く上で、重要な示唆が得られるものと考えた。

II. 実験対象および方法

本研究の対象者は、某大学医学部および某大学文学部の男子学生のなかから、心身ともに健康な者 8 名を選出した。これらの者の年齢は 20~24 歳、平均年齢は 23.3 歳である。

全ての対象者は、実験環境への順応のために連続して 4 夜実験室での睡眠 (0 時~7 時) をとり、このうち第 3 夜目と第 4 夜目を基準夜 (Baseline night sleep, 以下 BL と記す) とした。その後、各対象者には、実験室での正常な夜間睡眠 (0 時~7 時) に引きつづき就寝時刻を変えた 8 条件の短時間睡眠を与えた。これらの睡眠は各各 4 種の位相進み睡眠 (Advanced shift sleep) と位相遅れ睡眠 (Delayed shift sleep) に大別される。それぞれの就寝時刻は、位相進み睡眠が 10 時 (以下 A₄ と記す)、15 時 (A₃)、20 時 (A₂)、22 時 (A₁) であり、位相遅れ睡

眠が2時(D₁), 4時(D₂), 6時(D₃), および10時(D₄)である。各条件の就寝時間については、A₄, A₃ および A₂ 条件は各就寝時よりいずれも3時間とし、この間各条件とも各人2回毎のポリグラム記録を行った。また、A₁, D₁, D₂ および D₃ 条件の就寝時間は各々の就寝時より2時間として、この間各人1回毎のポリグラム記録を行った。さらに、D₄ 条件は1晩徹夜後の10時から17時までの間、各人1回毎の記録とした。このように、睡眠中の NREM-REM cycle を考慮し、条件間で就寝時間を変えたが、今回分析に供した記録はいずれの条件でも就寝後2時間とした。これらの8条件はランダムに配置し、各人とも約1週間の間隔をおいて実験を遂行した。

就寝環境は室温21.0±1.0°C, 室内騒音レベル40~50

dB (A) の半防音シールド・ルームとした。脳波は、国際式10-20法の主としてC₃-A₂, C₄-A₁ と O₁-A₂, O₂-A₁ の4素子を用い、眼球運動は左右の眼窩外側縁から、筋電図は頤部より、その他心電図および呼吸曲線を万能型脳波計(三栄測器 K. K. 製)によって同時記録した。また、直腸温をサーミスター温度計(日本光電 K. K. 製)によって各睡眠中10分毎に測定した。睡眠段階の判定は、Rechtschaffen and Kales⁹⁾の基準に従った。

III. 結 果

全条件の記録総数は延88例となるが、設定した時間帯で入眠できなかった4例(A₄ 条件2例, A₃ 条件2例)と、入眠後30分以上の中途覚醒があった3例(A₄ 条件2

Fig. 1 Means and standard deviations (in minutes) of total sleep time during sleep periods and the first 120 minutes of baseline sleep

Table 1 Latency, REM duration, and sleep cycle length

	Advanced shifts				Baseline sleep	Delayed shifts			
	A4 10:00- 12:00	A3 15:00- 17:00	A2 20:00- 22:00	A1 22:00- 00:00		D1 02:00- 04:00	D2 04:00- 06:00	D3 06:00- 08:00	D4 10:00- 12:00
Latency (min)	21.6 ⁺ (6.0) [*]	21.1 [*] (2.6) [*]	24.4 [*] (12.8) [*]	11.6 (10.6)	13.3 (8.7)	3.5 ^{**} (2.2)	4.7 [*] (3.2)	3.1 ^{**} (1.5)	2.9 ^{**} (1.0)
S4 latency (min)	53.9 ^{***} (8.8)	44.7 ^{**} (6.8)	45.9 ^{**} (12.4)	34.6 (17.0)	32.1 (10.7)	19.0 ^{**} (6.0)	16.6 ^{***} (4.1)	19.8 ^{**} (9.6)	15.5 ^{***} (7.9)
REM latency (min)	51.1 [*] (34.6)	80.7 (18.4)	119.9 (43.7)	90.9 (19.7)	94.1 (28.8)	80.0 (20.6)	71.1 [*] (7.5)	53.2 (21.2)	49.7 ^{***} (29.8)
First REM duration (min)	33.2 ^{**} (16.9)	19.6 (5.7)	5.8 [*] (3.2)	13.1 (6.3)	16.3 (10.8)	18.1 (1.3)	23.2 (10.0)	23.9 (7.1)	25.1 [*] (10.5)
First sleep cycle length (min)	59.2 ^{**} (35.5)	81.7 (18.0)	108.3 (31.9)	83.4 (26.6)	101.9 (29.5)	69.5 (13.3)	67.0 ^{**} (8.1)	51.2 ^{***} (21.2)	68.0 ^{**} (34.7)

Significant difference (t-test) from baseline sleep

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

+ Values represent the means (±SD)

例, A₃ 条件 1 例) については, 今回の成績から除外し, 計 81 例について検討した。

8 条件の睡眠と BL における就寝時より 120 分間の全睡眠時間を一括して示したのが Fig. 1 である。これによると, 平均全睡眠時間はいずれも 4 条件の位相進み睡眠で短縮し, また 4 条件の位相遅れ睡眠で延長傾向を示していた。A₁ 条件を除いた 3 条件の位相進み睡眠と 4 条件の位相遅れ睡眠との間には, t 検定でいずれも有意差が認められた。

Fig. 2 Sleep stage distributions and mean rectal temperatures for sleep periods and the first 120 minutes of baseline sleep

同様に, 全条件における各睡眠段階潜時, 初回 REM 期持続時間および睡眠周期の長さを示したのが Table 1 である。入眠潜時および S₄ 睡眠潜時は, A₁ および BL に比しいずれも A₂, A₃, A₄ 条件で有意に延長し, D₁, D₂, D₃ および D₄ 条件で有意な短縮が認められた。また, REM 睡眠潜時は A₂ 条件が最も長く, ついで BL, A₁ 条件の順であったが, 全体的に見て A₄, A₃ 条件の位相進みおよび位相遅れ睡眠ほど REM 睡眠潜時が短縮する傾向にあった。しかし, BL に比して統計学的に有意差が認められたのは A₄, D₂, D₃ および D₄ の 4 条件であった。なお, 入眠時に REM 睡眠が突然出現する現象, すなわち Sleep onset REM periods (SOREMP) は, A₄ 条件で 12 例中 6 例 (出現率 50%), D₃ および D₄ 条件で 8 例中それぞれ 1 例 (12.5%), 2 例 (25.0%) にのみ観察された。さらに, 初回 REM 期持続時間については REM 睡眠潜時と逆の傾向がみられ, A₂ 条件を境にして位相進みおよび位相遅れの睡眠ほど延長する傾向が見られた。初回睡眠周期の長さについては, BL に比して A₄, D₂, D₃ および D₄ 条件のみ有意な短縮が認められた。

全条件とも就寝時より 120 分間における各睡眠段階の出現量と, 各睡眠期の平均直腸温の成績を示したのが Fig. 2 である。直腸温は, A₄ 条件で比較的低値を示し, A₃, A₂ および A₁ 条件で高い水準にあるが, その後夜間から早朝にかけての睡眠期, すなわち BL, D₁, D₂, D₃ 条件の順に低下し, 再び D₄ 条件で上昇し, circadian rhythm を反映していた。つぎに, 各睡眠段階の時間的な出現分布をみると, REM 睡眠の平均出現量は全条件中 A₄ 条件が最も多く, ついで A₃, A₂ の順に減少したのち, 再び A₁, BL, D₁, D₂, D₃ および D₄ 条件の順に増加する傾向にあり, 上記の直腸温とは相反する出現分布がみられた。なお, REM 睡眠の平均出現量は BL に比して, A₂ 条件で有意な減少 ($P < 0.05$), D₂ ($P < 0.05$), D₃ ($P < 0.01$), D₄ ($P < 0.001$) および A₄ 条件 ($P < 0.001$) で各各有意な増加が認められた。一方, S₃ 睡眠および S₃+S₄ 睡眠の出現量は, いずれも $A_4 < A_3 < A_2 < A_1 < D_1 < D_2 < D_3 < D_4$ の順に増加する傾向が明らかである。このうち, S₄ の出現量は BL に比して位相進み睡眠の A₄ ($P < 0.001$), A₃ 条件 ($P < 0.05$) で有意な減少, 位相遅れ睡眠の D₁ ($P < 0.05$), D₂ ($P < 0.05$), D₃ ($P < 0.01$) および D₄ 条件 ($P < 0.001$) でそれぞれ有意な増加が認められた。さらに, S₁+S₂ 睡眠については, 位相進み睡眠でその出現量が多いのに対して, 位相遅れ睡眠では D₁, D₂, D₃, D₄ 条件の順に減少する傾向にあった。

IV. 考 察

脳波をはじめとする夜間睡眠のポリグラムの研究は、Dement and Kleitman⁷⁾以来多くの成績が報告されているが、入眠時刻を変えてその睡眠パターンを検討した研究は比較的少ない。この種の昼間睡眠の研究については、Maron ら²⁾以来、Webb ら³⁾、Karacan ら⁴⁾、遠藤ら⁵⁾によって報告されている。これらは、平常の夜間睡眠をとったのち午前中から夕方にかけて入眠時刻を変えた昼間睡眠について検討したものであるが、報告者によって入眠時間に多少の相違がみられる。また、就寝時間についても若干異なるが、その殆どは NREM-REM 睡眠の1周期をカバーする2時間の睡眠期について検討したものである。それらの成績をみると、 S_3 や S_4 のNREM睡眠は午前中の昼間睡眠で少なく、正午から夕方にかけて多くなり、REM睡眠は逆に午前中に多く、夕方の昼間睡眠にかけて減少する傾向がみられる。これらの時間帯にほぼ相当する今回の位相進み睡眠にあっても、REM睡眠の出現量は A_4 条件で最も多く、 A_3 、 A_2 条件の順に減少するが、 S_4 の出現量は逆に $A_4 \rightarrow A_3 \rightarrow A_2$ 条件の順に多くなる傾向がみられ、Webb ら³⁾、Karacan ら⁴⁾、遠藤ら⁵⁾の結果と類似していた。このような昼間睡眠の研究から、Karacan ら⁴⁾はREM睡眠は午前中に多く、 S_4 睡眠は午後になる circadian rhythm があるものとみている。また、入眠時刻を変えた昼間睡眠に引き続いた夜間睡眠の研究から、Karacan ら⁴⁾は S_4 の出現量には一定の充足量があり、それが満たされるとそれ以上の出現がなくなるという Need-fulfillment hypothesis を提起している。これに対して、Webb ら^{3,9)}、Endo ら¹⁰⁾は S_4 の出現量については入眠前の覚醒時間の長さに比例して増加するが、REM睡眠は clock dependency があるものと考えている。Taub and Berger は¹¹⁾、夜間睡眠(0時～8時)と20時～4時、22時～6時、2時～10時および4時～12時と、睡眠時間は8時間と一定にして急激に入眠時刻を変えた実験を行っている。これによると、 S_4 の出現量は各条件とも睡眠の前半1/3で優勢であるが、その全体の出現量は睡眠前の覚醒時間が長くなるほど増加するとしている。また、REM睡眠については、20時～4時の睡眠期から2時間づつ入眠時刻を移動した睡眠期ほど、REM睡眠潜時の短縮とその出現量の増加がみられたことを報告している。

24時間の時間帯にわたって入眠時刻を変化させた今回の成績によると、 $S_3 + S_4$ や S_4 睡眠の出現量は $A_4 < A_3 < A_2 < A_1 < D_1 < D_2 < D_3 < D_4$ 条件の順に多くなることか

らも、Webb ら^{3,9)}や Endo ら¹⁰⁾が指摘したように入眠前の覚醒時間の長さに関連していたものと推測された。ことに、入眠時刻が同じである A_4 条件と D_4 条件の S_4 睡眠の成績からも、両者の関係が明らかといえよう。一方、REM睡眠の出現量は、午前の昼間睡眠(A_4 条件)で最も多く、午後(A_3 条件)から夕方の睡眠(A_2 条件)で少なくなり、その後夜間から早朝時、すなわち A_3 条件から D_4 条件にかけて漸次多くなる出現傾向がみられた。この出現分布は、各睡眠中の平均直腸温と相反する circadian rhythm を示していた。このような現象は、REM睡眠潜時やREM期持続時間についても同様であった。すなわち、REM睡眠潜時は、20時～22時の睡眠(A_2 条件)で最も長く、この睡眠期を境にして位相進みおよび位相遅れの睡眠期ほど短縮し、またREM期持続時間についても A_2 条件から位相進みおよび位相遅れの睡眠ほど延長する傾向にあった。最近、Weitzman ら¹²⁾は、正常者を恒常条件下で25～105日間にわたって連続して生活させ、この間に種種の生理機能や睡眠ポリグラムを記録している。これによると、実験の進行にともなってREM睡眠潜時は短縮し、睡眠開始やREM睡眠の発生しやすい時刻が体温と密接に関連していることから、REM睡眠には内因性の circadian rhythm があることを指摘した。

さらに、こうしたREM睡眠の出現は、睡眠-覚醒サイクルを変更した各種の実験からも明らかにされている。Weitzman ら¹³⁾は、健康成人に60分間睡眠-120分間覚醒の ultradian rhythm を1日に8回繰り返し、これを10日間にわたって連続した実験を行っている。これによると、基準夜に比して全睡眠時間は、6時～7時と9時～10時に最も多く、REM睡眠の出現量もこれらの時間帯に多い circadian rhythm が実験の10日間にわたって持続することを指摘している。また、直腸温や血中コルチゾールもこの10日間にわたって平常時の circadian rhythm を保持していたという。Moses ら¹⁴⁾も60分-160分の sleep-wakefulness schedule を40時間にわたって連続したところ、REM睡眠の出現量は2時から10時の間に最も多く、舌下温との間で全睡眠時間($r = -0.40$, $p < 0.02$)およびREM睡眠($r = -0.41$, $p < 0.02$)で各各有意な負の相関関係がみられたことを報告している。また、Carskadon and Dement¹⁵⁾は、30分-60分の sleep-wake schedule から、REM睡眠には体温の上昇時に多く出現する circadian rhythm があることをみている。このような睡眠-覚醒リズムを急速に変化させた場合であっても、REM睡眠の出現量には平常時の circadian rhythm

を示すことは注目される。さらに、これらの実験で Weitzman¹³⁾は、実験期全体で196回の REM 期があり、そのうち半数以上に入眠時 REM 睡眠があり、特に実験後半に SOREMP の出現が多い事実から、その出現は REM 睡眠の奪取と断眠によるものと考えている。Moses¹⁴⁾の実験にあっても、80回の睡眠期のうち REM 睡眠が34回に出現し、このうち21回に SOREMP の出現を認めている。しかし、その出現と時刻的な関連性がなく、むしろ REM 睡眠は覚醒時に停止し、眠ることによって再び駆動するという仮説を提起している。Carskadon and Dement¹⁵⁾は、全期で110回の REM 睡眠があり、このうち79回に SOREMP の出現をみている。こうしたことから、REM 睡眠には90分周期ごとに繰り返して出現する傾向があるものとみている。松本¹⁷⁾は夜間時の仮眠に引きつづいた昼間睡眠の研究から、SOREMP の出現は入眠前および入眠直後の体温リズムと関連性があり、その出現がみられない場合に比して直腸温が低い事実を指摘している。このように SOREMP の出現については、断眠にともなう REM 睡眠の need の増加、REM 睡眠の circadian rhythm、や Kleitman¹⁸⁾の Basic rest-activity cycle (BRAC) としての REM 睡眠の出現等に原因をもとめる見解があり、いまだ研究者間で一致していない。今回の成績にあって、SOREMP の出現は朝方の A₄, D₃ および D₄ 条件の3条件にのみ観察されたことや、これらの睡眠期の就寝前や入眠直後の直腸温レベルがその出現がみられなかった場合に比して低いことから circadian rhythm によってその出現が基本的に左右されているものと考えられた。しかし、同じ入眠時刻でありながら A₄ 条件に比して D₄ 条件で SOREMP の出現が少ないことは、REM 睡眠の circadian rhythm と S₄ の必要充足量⁹⁾または S₄ の欲求度との微妙な相互関係によって、SOREMP の出現が決定されていることも考えられるので、今後更に検討を深める必要がある。

一方、睡眠機能が人間の心身活動にいかなる役割を荷っているかについて、十分明らかにされているとはいいがたいが、この点について現在までいくつかの仮説が提起¹⁹⁻²¹⁾されている。この仮説のいずれも S₃ や S₄ の NREM 睡眠と REM 睡眠を重視し、これらが心身活動の回復機能に重要な役割を果たしているものとみている。このような視点から、夜勤・交代勤務者の睡眠対策、とくに夜勤時の仮眠対策を検討すると、S₄ や REM 睡眠の出現量が多く、しかも各睡眠段階潜時の短縮等を示した D₁, D₂, D₃ 条件が心身の疲労回復や睡眠効率という点か

らも、その効果が大きいものと考えられる。今後、さらに夜勤・交代勤務者の負担を軽減するためにも、睡眠を配置すべき時間帯やその長さについて、睡眠ポリグラムの方法とあわせて生理・生化学的方法による検討を進める必要があろう。

V. ま と め

今回の研究目的は、24時間にわたって入眠時刻を変えた8条件における睡眠期のポリグラムを記録することによって、主として S₄ と REM 睡眠の時間的な出現分布を検討した。対象者は、健康な男子8名で、その平均年齢は23.3歳であった。これら対象者には、いずれも平常時の夜間睡眠に引き続き、各各4種の位相進み睡眠と位相遅れ睡眠を与えた。これらの就寝時刻は、位相進み睡眠が10時 (A₄)、15時 (A₃)、20時 (A₂)、22時 (A₁) であり、位相遅れ睡眠は2時 (D₁)、4時 (D₂)、6時 (D₃)、および一晩徹夜後の10時 (D₄) である。分析に供した記録は、いずれの条件も各就寝時より2時間とした。

その概要は次のとおりである。

- 1) 全睡眠時間は、いずれも位相進み睡眠で短縮し、位相遅れ睡眠で延長傾向がみられた。
 - 2) REM 睡眠潜時は、A₂ 条件が最も長く、これに比して A₄, A₃ 条件の位相進みおよび4条件の位相遅れ睡眠ほど有意に短縮する傾向がみられた。また、REM 期持続時間については A₂ 条件から位相進みおよび位相遅れ睡眠ほど延長する傾向が示された。
 - 3) Sleep onset REM periods の出現は、早朝時の睡眠である A₄, D₃ および D₄ 条件にのみ観察された。
 - 4) REM 睡眠の出現量は、8条件中 A₄ 条件が最も多く、ついで A₃, A₂ 条件の順に急激に減少し、再び A₁, D₁, D₂, D₃ および D₄ 条件の順に多くなる傾向がみられた。この出現分布は、各睡眠中の平均直腸温と相反する circadian rhythm を示していた。
 - 5) S₄ 睡眠および S₃+S₄ 睡眠の出現量は、A₄<A₃<A₂<A₁<D₁<D₂<D₃<D₄ の順に多い傾向が示された。
- これらのことから、REM 睡眠には明らかな circadian rhythm があり、S₄ 睡眠は入眠前の覚醒時間の長さに依存して出現するものと推測された。

最後に、御指導・御校閲をいただいた本学医学部勝沼晴雄教授に深く感謝の意を表します。

文 献

- 1) Webb, W. B. and Agnew, H. W. Jr.: Sleep cycling

- within twentyfour hour periods, *J. Exp. Psychol.*, **74**, 158-160 (1967).
- 2) Maron, L. and Rechtschaffen, A. and Wolpert, E. A.: Sleep cycle during napping, *Arch. Gen. Psychiat.*, **11**, 503-508 (1964).
- 3) Webb, W. B., Agnew, H. W. Jr. and Sternthal, H.: Sleep during the early morning, *Psychon. Sci.*, **6**, 277-278 (1966).
- 4) Karacan, I., Finey, W. W., Williams, R. L. and Hirsch, C. J.: Changes in stage 1-REM and stage 4 sleep during naps, *Biol. Psychiat.*, **2**, 261-265 (1970).
- 5) 遠藤四郎, 西原京子, 相沢一郎, 小田 潤: 健康成人の昼間睡眠と入眠時刻の影響, *臨床脳波*, **18**, 1-10 (1976).
- 6) Rechtschaffen, A. and Kales, A. (eds): A manual of standardized terminology, technique and scoring system for sleep stages of human subjects, Public Health Service, US Government Printing Office, Washington, DC (1968).
- 7) Dement, W. C. and Kleitman, N.: The relation of eye movements during sleep to dream activity. An objective method for the study of dreaming, *J. Exp. Psychol.*, **53**, 339-346 (1957).
- 8) Karacan, I., Williams, R. L., Finley, W. W.: The effects of naps on nocturnal sleep: Influence on the need for stage 1-REM and stage 4 sleep, *Biol. Psychiat.*, **2**, 391-399 (1970).
- 9) Webb, W. C. and Agnew, H. W. Jr.: Stage 4 sleep: Influence of time course variables, *Sci.*, **174**, 1354-1356 (1971).
- 10) Endo, S., Koga, E. and Fukuda, H.: The effects of total sleep deprivation on naps, *Sleep Res.*, **7**, 157 (1978).
- 11) Taub, J. M. and Berger, R. J.: Sleep stage patterns associated with acute shift in the sleep-wakefulness cycle, *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, **35**, 613-619 (1973).
- 12) Weitzman, E. D., Czeisler, C. A., Zimmerman, J. C., Moore-Ede, M. C. and Ronda, J. M.: The timing of REM and stages 3+4 sleep during temporal isolation in man, *Sleep*, **2**, 391-407 (1980).
- 13) Weitzman, E. D., Nogueira, C., Perlow, M., Fukushima, D., Sassin, J., McGregor, P., Gallagher, T. F. and Hellman, L.: Effects of a prolonged 3-hour sleep-wake cycle on sleep stages, plasma cortisol, growth hormone and body temperature in man, *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, **38**, 1018-1030 (1974).
- 14) Moses, J. M., Hord, D. J., Lubin, A., Johnson, L. C. and Naitoh, P.: Dynamics of nap sleep during a 40 hour period, *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, **39**, 627-633 (1975).
- 15) Carskadon, M. A. and Dement, W. C.: Distribution of REM sleep on a 90 minute sleep-wake schedule, *Sleep*, **2**, 309-317 (1980).
- 16) Carskadon, M. A. and Dement, W. C.: Sleep studies on a 90 minute day, *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, **39** (1975).
- 17) 松本一弥: 夜間時における仮眠がその後の昼間睡眠と体温に及ぼす影響, *脳波と筋電図*, **10**(4), 266-275 (1982).
- 18) Kleitman, N.: The basic rest-activity cycle and physiological correlates of dreaming, *Exp. Neurol.*, **4**, 2-4 (1967).
- 19) Hartman, E. L.: The functions of sleep, Yale Univ. Press, New Haven (1973). (鳥居鎮夫訳, 紀伊国屋書店, 1976)
- 20) Shapiro, C. M., Griesel, R. D., Bartel, P. R., and Jooste, P. L.: Sleep patterns after graded exercise, *J. Applied Physiol.*, **39**(2), 187-190 (1975).
- 21) 遠藤四郎, 奥平進之編: 不眠症, p. 6-15, 有斐閣, 東京 (1981).

(受付 1982年 9月16日)