騒音の睡眠への影響

第3報 3水準の間歇音曝露による睡眠脳波上の変化の1事例

Effects of Noise on Sleep

Part 3 A case report of the effects of three levels
of intermittent sound on sleep parameters

群馬大学医学部公衆衛生学教室

川 田 智 之・鈴 木 庄 亮・青 木 繁 伸
小 川 正 行・木 村 康 一Tomoyuki Kawada, Shosuke Suzuki, Shigenobu Aoki,
Masayuki Ogawa and Koichi Kimura*Department of Public Health, Gunma University School of Medicine, Maebashi*

One healthy twenty-eight-year old man was exposed allnight to intermittent, rectangular pink noise of 5 and 10 seconds' duration 9 times per hour. The peak levels prepared were 40, 50 and 60 dB(A). One level of the noise was exposed throughout a single night. Ten non-exposed control nights were also prepared. The sleep electroencephalogram was analysed by a microcomputer system of the authors' devising.

Increases of sleep latency and stage W, and decreases of the REM stage and mean sleep depth, especially in the early sleep hours, were confirmed in the sleep polygraph of the 60 dB(A) exposure but not in that of the control, 40, and 50 dB(A) exposures. It was concluded from these results that the intermittent 60 dB(A) pink noise exposure clearly disturbed sleep, and that the threshold of the effect should exist between 50 and 60 dB(A) exposure.

Key words: Sleep electroencephalogram, Intermittent pink noise, Sleep latency, Sleep stage, Average sleep depth, Sleep disturbance

睡眠脳波, 間歇ピンクノイズ, 入眠潜時, 睡眠ステージ, 平均睡眠深度, 睡眠妨害

結 言

第2報で著者らは、被検者1名の合計24夜の定常音曝露レベルと睡眠脳波のパラメータの量-影響関係の実験について報告し、定常騒音レベルの上昇に従い、入眠潜時の短縮、2期の増加とREM期の減少、睡眠深度の時間に対する回帰式の勾配の減少とy切片の増加、睡眠段階移行回数の減少および平均睡眠深度の増加を認めた¹⁾。これらの結果の多くは定常音曝露による睡眠の質の改善を意味する脳波上の変化であり、定常騒音の催眠効果を

認めたScottの報告も挙げて、この種の影響が脳生理解しうる変化である事を報告した²⁾。騒音の睡眠への影響は、定常音と間歇音では全く別の取扱が必要であることが示唆されたが、これを確かめるため本報では、第2報と同一レベルのピンクノイズをランダムな間歇音として終夜曝露して、睡眠への影響を量-影響関係として把握することを試みた。

これまでの間歇騒音曝露の調査研究を見ると、騒音レベルと睡眠妨害度の量-反応関係の把握には、音曝露に対する体動(ここでいう体動とは睡眠脳波のチャート紙

上で判定されるものではなく、実際の体動である)、覚醒および浅睡眠ステージへの移行の割合を指標とした報告が多い。Thiessen は16~77歳の男女35名に対して一晚7台のトラック通過音を聞かせ、浅い睡眠ステージへの移行および覚醒の割合とA特性騒音ピークレベルとの関係を調べた。その結果、80 dB(A)までは両者の間に右上がりのほぼ直線的な関係を認めている²⁾。また Öhrström らは18~30歳(平均24歳)の医学生延べ18名に対して一晚37台のトラック通過音の再生音を曝露し、主観的睡眠の良否および体動回数と騒音ピークレベルとの関係を調べた。その結果、体動回数は対照夜(Leq 34 dB)に比べて60 dBで40%、70 dBで54%、80 dBで63%増加し、量-影響関係があると述べている³⁾。さらに Muzet, Horonjeff, Thiessen は、それぞれ別個に覚醒割合を指標とした航空機騒音曝露実験を室内で行っているが、60~100 dB(A)の範囲でA特性騒音ピークレベルとの間に直線的な関係を認めている⁴⁾。

一方、Steinicke は20~70歳の343名に対して、睡眠中に3分間の連続音曝露を1回行い、騒音レベルと覚醒割合の関係を調べた。その結果、35~50 dBでは騒音ピークレベルと覚醒割合との間にほぼ直線的な関係を認めているが、60, 70 dBでは延長線上からやや下にずれると述べている⁵⁾。また Vallet らは過去一年間毎晩12回の航空機騒音にさらされている20~55歳の男性40名に対して、騒音による覚醒割合を指標としたフィールド実験を行った。その結果、ピークレベルが65 dB(A)までは覚醒の確率が漸増しているが、65 dB(A)以上では逆に減少している⁶⁾。

以上、間歌音は60あるいは65 dB(A)を境にその上と下では異なった影響があるようであるが、現実の生活では60 dB(A)以下の間歌音が問題になるので、本報では40, 50および60 dB(A)間歌騒音ピークレベルと各睡眠パラメータの量-影響関係を検討した。

対象および方法

被検者は28歳の一名の男子Kで、健康状態は良好かつ聴力も正常である。測定は昭和62年4月から7月にかけて

実験室で行った。騒音はノイズジェネレータ(リオン製SF-05)による短時間矩形ピンクノイズを録音編集して、ピークレベルを40, 50および60 dB(A)に設定し、1時間を1サイクルとしてFig. 1のようなスケジュールで曝露した。すなわち曝露騒音は1時間に9回、一回の持続時間が5および10秒の、ピークレベル40, 50および60 dB(A)間歌ピンクノイズである。曝露音の立ち上がり速度は、126 dB(A)/secである。各夜とも騒音曝露は被検者の左足方向1.5 m離れた枕の高さの点音源から、同一夜の騒音ピークレベルは変えずに各レベル3夜ずつ行った。また対照実験として、同一人に同室で騒音曝露をしない環境での終夜脳波測定を10日間連続して行った。実験室の夜間の暗騒音レベルはLeq 35 dB(A)である。測定の前日は被検者の行動に特別の制限はしなかったが、アルコール類の飲用や昼寝は控えた。電極装着の違和感の除去および通常の睡眠時刻を考慮して、午後9時に実験室に入り10時までに電極を取付け、午前1時から2時の間に就寝させ翌朝8時半頃に起床させた。起床後、被検者の睡眠感を知るためにアンケート調査を行った。

脳波は左中心(C₃)一右耳介(A₂)の単極誘導をとり、不関電極は正中額部に置いた。眼球運動は右眼窩外側縁一左耳介、左眼窩外側縁一左耳介の単極誘導、筋電図は頤正中中部と左頤筋のあいだの双極誘導をとった。これらは Rechtschaffen & Kales のアトラス⁷⁾に基づいたもので、導出した脳波、眼球運動および筋電図は、日本光電社製 EEG テレメトリーシステム WEE-6112 を用いて記録した。

睡眠ポリグラフィ-処理は著者らが開発したマイクロコンピュータによる波形および睡眠ステージ判定システム⁸⁾を利用した。ただし就寝後ステージ2期出現までのREM期、3期、4期はステージWとする視察による修正を加えた。コンピュータ判定の概略は、まず脳波2チャンネル(C₃-A₂, C₄-A₁; 判定には前者を使用)、眼球運動2チャンネル、筋電図1チャンネルそれぞれについて毎分0.00~20.48秒までを周波数100 Hzでサンプリングする。次にテレメトリーシステムから転送されるアナログデータをデジタル化してコンピュータのハードディス

Fig. 1 Time schedule of the intermittent pink noise exposure. One cycle took one hour and was repeated seven or eight times per night. Peak level, 40, 50 or 60 dB(A), did not change throughout an experimental night.

クに逐次格納する。ここから筋電図電位の積分値、脳波睡眠紡錘の有無、 α (アルファ) 波・高振幅徐波の占めるパーセントおよび急速眼球運動の有無を抽出し、各エポックについてステージ MT, 4, 3, 2, W, REM, 1 の順序で睡眠ステージの仮判定を行い、さらに脳波アトラスに従ってステージ 2 および REM の連続性の修正を加えた。このコンピュータ自動解析結果と肉眼判定の一致率は約80%である。

指標とした睡眠パラメータは、睡眠ステージ W (waking), 1, 2, 3, 4, REM (レム睡眠), MT (運動時間) の出現率 (%)；睡眠ステージ W, 1, REM, 2, 3, 4 をそれぞれ 0, 1, 1.5, 2, 3, 4 と数量化して求めた平均睡眠深度；睡眠深度の時間に対する回帰式の勾配と y 切片；入眠潜時；一時間あたりの睡眠段階移行回数；およびアンケートによる主観的睡眠感である。なお、統計学的有意性の検定にはノンパラメトリック法である Kruskal-Wallis および Mann-Whitney Test を用いた。

結 果

対照夜の各睡眠ステージ出現率をみると (Table 1, 2), 10日間を通じ 4 期の出現はなく, 3 期もほとんど出

現しない。2 期は睡眠時間の60%程度, REM 期は25%程度で安定している。その他の睡眠パラメータでは (Table 2, 3), 平均睡眠深度 1.69 ± 0.05 (平均値 ± 1 標準偏差, 以下同じ), 回帰式の y 切片 1.52 ± 0.16 で比較的安定しており, 一方回帰式の勾配は 0.047 ± 0.040 で変動が大きい。入眠潜時は最初の 3 日間のばらつきはあるものの, 33.8 ± 7.79 (分) で安定している。睡眠段階移行回数は 6.08 ± 1.39 (1 時間あたりの回数) である。なお, アンケートによる主観的睡眠感の良否「2. 普通」と「1. よく眠れた」で, 各睡眠パラメータに差異があるか否かを検討したが, 有意差のみられたパラメータは睡眠深度の時間に対する回帰式の勾配のみであった ($p < 0.05$)。これは終夜睡眠前半の睡眠の良否が主観的熟睡感に関与していることを示唆するものである。

対照夜を含めて 4 段階の騒音レベルについて各ステージ出現率の代表値を比較したが, 有意差を認めたものは 1 期出現率 ($p < 0.05$) であった (Table 1, Fig. 2)。また, 各騒音レベル 2 群間の睡眠パラメータの代表値に有意差を認めたものを列挙すると, 60 dB(A) 間歇音曝露夜の睡眠脳波の W 期出現率は対照夜, 50 dB(A) のそれに比べて有意に大きく ($p < 0.05$), 60 dB(A) のその REM 期出現率は 50 dB(A) に比べて有意に小さかった

Table 1 Comparison of sleep stage percentage of non noise-exposed and three levels of noise-exposed Electroencephalograms.

Experimental night		Exp. (—)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
S	W	3.1	8.4	2.2	9.2	5.2	4.0	2.8	3.3	3.6	4.7
T	1	6.3	14.3	7.6	7.3	3.9	7.2	8.2	7.1	14.5	10.0
A	2	63.0	58.2	64.1	56.3	55.6	59.4	57.8	59.7	55.6	61.0
G	3	0.0	0.2	0.0	0.3	0.2	0.4	0.0	0.5	0.2	0.0
E	REM	26.2	17.8	25.1	26.1	32.4	26.4	28.5	25.6	22.8	21.8
%	MT	1.1	1.1	1.0	0.8	2.8	2.5	2.8	3.8	3.2	2.5

Experimental night		40 dB(A) Exp.			50 dB(A) Exp.			60 dB(A) Exp.		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
S	W	10.3	2.4	3.1	7.0	2.3	5.1	23.7	23.3	9.0
T	1	4.1	10.1	4.0	3.1	4.8	2.8	5.7	6.6	3.6
A	2	53.4	50.3	64.8	54.7	61.4	62.3	50.7	44.8	58.5
G	3	0.0	0.7	1.7	0.0	0.7	0.2	0.0	0.2	0.5
E	REM	26.7	35.2	23.5	31.2	29.1	28.3	19.0	23.1	26.0
%	MT	5.5	1.3	2.9	4.0	1.6	1.4	0.9	1.9	2.5

W: waking, REM: rapid eye movement, MT: movement time, and Exp.: noise exposure Stage 4 was not found in this experiment.

Table 2 Mean value and standard deviation (S.D.) of each sleep parameter under the three levels of intermittent noise exposure, 40, 50, 60 dB(A), and the control.

Sound level		Exp. (—) (n=10)	40 dB(A) (n=3)	50 dB(A) (n=3)	60 dB(A) (n=3)
		Mean±S.D.	Mean±S.D.	Mean±S.D.	Mean±S.D.
S	W	4.65 ± 2.36* ↓	5.27 ± 4.37	4.80 ± 2.36* ↓	<u>18.67 ± 8.37</u>
T	1	<u>8.64 ± 3.39</u>	6.07 ± 3.49	3.57 ± 1.08* ↓	5.30 ± 1.54* ↓
A	2	59.07 ± 2.96	56.17 ± 7.64	59.47 ± 4.15	51.33 ± 6.87
G	3	0.18 ± 0.18	0.80 ± 0.85	0.30 ± 0.36	0.23 ± 0.25
E	REM	25.27 ± 3.92	28.47 ± 6.05	<u>29.53 ± 1.50</u>	22.70 ± 3.52* ↓
%	MT	2.16 ± 1.07	3.23 ± 2.12	2.33 ± 1.45	1.77 ± 0.81
Gradient, a		0.047 ± 0.040 ↓	0.068 ± 0.077	0.049 ± 0.027* ↓	<u>0.22 ± 0.10</u>
Intercept, b		1.52 ± 0.16 ↑	1.44 ± 0.37	1.53 ± 0.15* ↑	<u>0.66 ± 0.51</u>
Mean sleep depth		1.69 ± 0.05* ↑	1.69 ± 0.095	1.72 ± 0.05* ↑	<u>1.45 ± 0.17</u>
Sleep latency, min		33.8 ± 7.79* ↓	39.0 ± 28.9	30.3 ± 17.2* ↓	<u>92.7 ± 37.0</u>
Stage shift, /hour		6.08 ± 1.39	<u>7.57 ± 0.49</u>	6.21 ± 0.84* ↓	5.85 ± 1.54* ↓

W : waking, REM : rapid eye movement, MT : movement time, and Exp. : noise exposure. Stage 4 was not found in this experiment. *A linear regression, $y = ax + b$, was calculated ; y is sleep depth and x is time in minutes. For the calculation of sleep depth at a given time, stages W, 1, REM, 2 and 3 were weighted to be 0, 1, 1.5, 2 and 3, respectively. The direction of the arrow shows the test of significance compared with the underlined value.

*... $p < 0.05$, **... $p < 0.01$, and ***... $p < 0.005$.

Table 3 Number of epochs per night, formula of regression line ($y = ax + b$), mean sleep depth and subjective sleep of all-night sleep under the three levels of intermittent noise exposure, 40, 50, 60 dB(A), and the control.

Experimental night	Exp. (—)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Number of epochs	446	467	498	368	543	552	502	367	496	472
*Gradient, a	0.025	0.068	0.010	0.149	0.043	0.022	0.024	0.056	0.032	0.040
*Intercept, b	1.65	1.33	1.71	1.15	1.49	1.61	1.61	1.56	1.52	1.53
Mean sleep depth	1.74	1.60	1.75	1.61	1.69	1.71	1.71	1.73	1.66	1.69
Sleep latency, min	23	44	23	45	41	32	30	33	31	36
Stage shift, /hour	4.57	6.42	4.22	4.40	6.63	7.07	6.33	7.85	7.98	5.34
*Subjective sleep	2.	2.	1.	2.	2.	1.	1.	2.	1.	1.

	40 dB(A) Exp.			50 dB(A) Exp.			60 dB(A) Exp.		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Number of epochs	416	457	421	426	433	435	422	424	443
*Gradient, a	0.153	0.047	0.0027	0.076	0.021	0.050	0.281	0.282	0.107
*Intercept, b	1.04	1.50	1.78	1.38	1.68	1.54	0.38	0.34	1.25
Mean sleep depth	1.60	1.68	1.79	1.66	1.76	1.73	1.37	1.34	1.65
Sleep latency, min	72	27	18	49	15	27	116	112	50
Stage shift, /hour	7.36	7.22	8.12	6.20	7.07	5.38	4.12	7.08	6.36
*Subjective sleep	2.	2.	2.	1.	2.	2.	2.	3.	2.

* A linear regression $y = ax + b$, was calculated ; y is sleep depth and x is time in minutes. For the calculation of sleep depth at a given time, stages W, 1, REM, 2 and 3 were weighted to be 0, 1, 1.5, 2 and 3, respectively.

* Grade of the subjective sleep 1. good, 2. moderate, and 3. poor.

($p < 0.05$)。また、50および60 dB(A)間歇音曝露夜の睡眠脳波の1期出現率は対照夜のそれに比べて有意に小さかった ($p < 0.05$)。

睡眠ステージ以外の睡眠指標について、各騒音レベル間で比較すると (Table 2, Fig. 2), 60 dB(A)間歇音曝露夜の睡眠脳波の平均睡眠深度および回帰直線の y 切片は対照夜および50 dB(A)のそれに比べて有意に小さく ($p < 0.05$), 60 dB(A)間歇音曝露夜の睡眠脳波の入眠

潜時および回帰直線の勾配は対照夜および50 dB(A)のそれに比べて有意に大きかった ($p < 0.05$)。また、40 dB(A)間歇音曝露夜の睡眠脳波の睡眠段階移行回数は50および60 dB(A)のそれに比べて有意に大きかった ($p < 0.05$)。主観的睡眠妨害は60 dB(A)間歇音曝露夜の睡眠脳波のみで認めた。

なお、騒音ピークレベルと睡眠パラメータ間の量-影響関係は、一定の増減傾向はなかったが、60 dB(A)間歇

Fig. 2 The relationship between intermittent peak level and sleep stage percent or other sleep parameters. The precise values and abbreviations are in Tables 1 and 3.

音曝露夜の睡眠脳波ではステージWの著増、入眠潜時の延長、睡眠深度の時間に対する回帰式の勾配の増加とy切片の減少など、他の騒音ピークレベルに比べて多くのパラメータで有意差のある影響を認めた。従って、この騒音曝露条件下では、ピークレベル50と60 dB(A)の間に、多くのパラメータの睡眠影響閾値のあることが言える。

考 察

対照夜、40, 50および60 dB(A)のピンクノイズ間歇音終夜曝露環境下での騒音レベルと各睡眠パラメータの量一影響関係を検討した。

本報被検者Kのステージ3, 4期の出現率は、Williamsの報告した20代男子のそれ⁹⁾と大きなずれがある(Williamsはステージ3, 4期平均出現率の平均値をそれぞれ7.72, 13.18%としている)。Williamsのステージ判定基準は、DementとKleitmanの方法¹⁰⁾に修正を加えたもので、1分を1エポックとしてそのうち周波数3 Hz以下、振幅20 μ V以上の徐波が20%を越えると3期、50%を越えると4期としている。本報の判定は周波数2 Hz、振幅75 μ Vが境界値であり、本報3, 4期出現率とのずれの原因の一つと推測される。一方でK以外の他の3名の男子被検者について同一の方法による正常睡眠脳波を得たが、ステージ3は5~10%認めたものの4期はほとんどなく、徐波睡眠の出現割合はWilliamsらの報告に比べて低いものであった(著者未発表資料)。睡眠バタンの個人差に関連して、Webbら¹¹⁾は睡眠時間の長短により対象者を3群に分け、長時間睡眠者では前半の深睡眠が後半に分散される傾向にあるというが、本報での睡眠時間約7時間半は被検者Kの通常の睡眠時間であり、長時間睡眠者ゆえの深睡眠ステージの低下とは考えにくい。

著者らの第2報の定常ピンクノイズの量一影響関係の実験¹⁾では、60 dB(A)定常音曝露夜の睡眠脳波のステージ2期出現率が他の騒音レベルでのそれよりも有意に大きく、逆にREM期の出現率が対照夜、40 dB(A)のそれに比べて有意に小さかった。また平均睡眠深度では、60 dB(A)が対照夜および40 dB(A)よりも有意に大きかった。本報の曝露音は、音の立ち上がりが急峻(126 dB(A)/sec)で、刺激の強い終夜間歇音である。定常音の場合と比較してみると、本報では有意差はなかったが2期出現率が60 dB(A)でもっとも小さく、また平均睡眠深度は対照夜、50 dB(A)に比べて有意に小さかった。これらは定常音の量一影響関係で認められた事項と逆の変化である。

以上、各睡眠パラメータおよび主観的熟睡感から、50 dB(A)までは睡眠にはほぼ無影響だが、60 dB(A)の間歇騒音により入眠潜時の延長、W期の増加、平均睡眠深度の低下および主観的睡眠妨害等を認め、睡眠に悪影響を及ぼすことが明らかである。なお、回帰式の勾配の増大およびy切片の減少を考慮すると、睡眠妨害は特に睡眠前半部で大きいと考えられ、60 dB(A)で入眠潜時の著しい延長を認めたこともこの事実を裏付けていると言える。

本報の結果と著者らの第2報¹⁾の結果を意味づけてみると、60 dB(A)定常音曝露では、継続する曝露信号により大脳の聴覚回路を通して脳幹網様体賦活系への強い反応抑制がかかっている可能性があり、そのために部分的に睡眠深度が深くなる変化が脳波に表現されていると推測され、そのメカニズムについては第2報に記載した。一方、間歇音曝露では定常音曝露で推測された覚醒系の抑制は起っていないとみなされ、特に60 dB(A)では間歇音曝露の度毎に覚醒系が刺激されるものと今のところ考えておきたい。

要 約

間歇騒音ピークレベルと睡眠パラメータの量一影響関係を、以前報告した定常音の量一影響関係の場合と比較・検討した。曝露騒音は1時間に9回、一回の持続時間が5および10秒の、ピークレベル40, 50および60 dB(A)間歇ピンクノイズ(立ち上がり速度126 dB(A)/sec)で、各レベル3夜ずつ曝露し、その時の終夜脳波を測定し、対照夜は10夜測定した。指標とした睡眠パラメータは、睡眠深度のステージW(waking), 1, 2, 3, 4, REM(レム睡眠), MT(運動時間)の出現率、睡眠ステージを数量化して求めた平均睡眠深度、睡眠深度の時間に対する回帰式の勾配とy切片、入眠潜時、一時間当りの睡眠段階移行回数および主観的睡眠感である。各睡眠パラメータの抽出には、著者らが新たに開発したマイクロコンピュータによる睡眠ポリグラフィー分析システムを利用した。

その結果、各睡眠パラメータの変化は対照夜に比べて40および50 dB(A)ではほとんど認められなかった。しかし、60 dB(A)では入眠潜時の延長、W期の増加、平均睡眠深度の低下、睡眠深度の時間に対する回帰直線の勾配の増大およびy切片の減少を認め、睡眠への悪影響と評価された。この事実、定常人工音の60 dB(A)終夜曝露で認められた入眠の促進や平均睡眠深度の増加と反対の結果であり、騒音レベルのみでは評価できない立上りの速い間歇音の刺激性が睡眠に大きな影響を及ぼすこと、

および影響の閾値がこの騒音のピークレベル50と60 dB (A)の間にあることが明らかにされた。

文 献

- 1) 川田智之, 鈴木庄亮, 青木繁伸, 小川正行, 木村康一: 騒音の睡眠への影響 第2報 3水準の定常音曝露による睡眠脳波上の変化の1事例, 日衛誌, **43**, 1102-1108 (1989).
- 2) Thiessen, G.J.: Disturbance of sleep by noise, J. Acoust. Soc. Am., **64**, 216-222 (1978).
- 3) Öhrström, E. and Rylander, R.: Sleep disturbance effects of traffic noise — a laboratory study on after effects, J. Sound Vib., **84**, 87-103 (1982).
- 4) Kryter, K.D.: The Effect of Noise on Man, Second Ed. Academic Press, 1985, 446 Fig. 10.37.
- 5) Steinicke, G.: Die Wirkung von Lärm auf den Schlaf des Menschen, Forschungsber. Wirtsch. und Verkehrsmitt. Westdeutscher Verlag, Köln (1957). (from ref. 2)
- 6) Vallet, M., Gagneux, J.M. and Simonnet, F.: Effects of aircraft noise on sleep: in situ experience, American Speech and Hearing Association, **10**, 391-396 (1980).
- 7) Rechtschaffen, A. and Kales, A.: A manual of standardized terminology, techniques and scoring system for sleep stages of human subjects, U.S. Government Printing Office, Washington. D.C. (1968).
- 8) 青木繁伸, 川田智之, 竹内一夫, 小川正行, 鈴木庄亮: 騒音の睡眠への影響 第1報 マイクロコンピュータによる睡眠ポリグラフィ解析システムの開発, 日衛誌, **43**, 1092-1101 (1989).
- 9) Williams, R.L., Agnew, H.W., Jr. and Webb, W. B.: Sleep patterns in young adults: An EEG study, Electroenceph. Clin. Neurophysiol., **17**, 376-381 (1974).
- 10) Dement, W. and Kleitman, N.: Cyclic variations in EEG during sleep and their relation to eye movements, body motility, and dreaming, Electroenceph. Clin. Neurophysiol., **9**, 673-690 (1957).
- 11) Webb, W.B. and Agnew, H.W., Jr.: Sleep stage characteristics of long and short sleepers, Science, **168**, 146-147 (1970).

(受付 1988年5月28日 受理 1988年8月19日)