

恒暗閉鎖環境に72時間隔離することの睡眠・ 覚醒リズムに及ぼす影響

堀 忠雄・林 光緒

広島大学総合科学部情報行動科学教室

(1987年10月31日受理)

The effects of 72hrs isolation to the constant dark and
silent environment on human sleep wake cycles.

Tadao HORI and Mitsuo HAYASHI

Abstract

In order to determine the effects of disentrainment environment on the human sleep/wake cycles, somnographies were recorded during 72 hrs of social isolation on 7 subjects. During disentrainment subject were confined individually in an isolation chamber under a condition of no time cues, constant darkness and silence. They could sleep, move, eat, drink and use the toilet facilities at any time. Singing, humming or any other vocal activity was also permitted. Subjects were asked to press the micro switch, bandaged on the left palm, whenever they have an experience of hallucination.

Two of 7 subjects gave up the experiment. One switched on the break out signal at 7 hr 35 min and another one at 35 hr 24 min after the start of disentrainment condition. The data of those 2 subjects were omitted from present analysis.

The patterns of sleep and wakefulness were clearly modified during the disentrainment period. Polyphasic sleep patterns and hypersomnia tendencies were observed. Eightytwo percent of waking periods and 72 percent of sleep period were less than 4 hrs duration (Table 1). The distribution of sleep onset times did not differ across the 24 hr-day and the over all experimental period (Table 3, Fig. 1&2). Average total sleep time increased to 41.6 hrs, accounting 57.8% of the 72 hrs. This hypersomnia tendency was remarkable in the first 24 hr-day and decreased gradually in following two 24 hr-day (Table 2, Fig. 2). An usual circadian pattern in the duration of sleep periods could be seen in the Day 3 (Fig.3). Even in the third 24 hr-day, the total sleep time still showed, however, a clear prolongation 48% over the normal standard value (Williams et al 1974). These data showed that an ontogenetic regression of sleep-wake pattern was observed under the constant dark and silent environment.

To demonstrate the changes of hemispheric dynamics, EEG laterality index score (LIS) was calculated every 30 min from C₃ and C₄ power via FFT. The trend component of alpha or theta band LIS tended to increase (positive shift) after 30-40 hrs from the start of disentrainment

condition (Fig.5). These positive shifts of LIS were observed in 3 of 5 Ss. Corresponding to this, the occurrence of hallucination signals increased from the first 24 hr-day to the third 24 hr-day. Most of signals appeared in the later half of the experiment (Fig.6). These behavioral tendency suggest that the right hemispheric activation increases in the later half of disentrainment period. It might be corresponded to the positive shifts of LIS initiated when a subjects past a half way point. Psychophysiological aspects of LIS shifts were discussed.

ヒトの生活リズムは24 hr周期に調整されており、特に睡眠・覚醒リズムは明瞭な周期性を示す。このリズムは、その人の住む環境の明暗周期や生活様式、所属集団の生活サイクルなど周囲の環境に同調 (entrain) している。同調因子 (time cue)は、(1)時刻を知ること、(2)日照などによる明暗の周期的交代、(3)就床・起床時刻の規則性、(4)食事時刻の規則性、(5)社会的接触の5つが主なものである。このような同調因子を急激に除去すると、睡眠・覚醒リズムは大巾に乱れるが、やがて約24時間周期のリズムが回復してくる。これがサーカディアン・リズム (circadian rhythm) である。サーカディアン・リズムの周期は24 hrより長いので、フリーラン状態 (free running: 自由継続) では少しずつ起床と就床の時刻がずればはじめ、やがて昼夜が逆転するなど社会生活のサイクルとに解離が発生する。自室に篋居する登校拒否児にはしばしばこのフリーラン現象がみられ、リズムの乱れと家庭内暴力の発生には関連性があることも指摘されている (Chiba 1984, Fukuda & Hozumi 1987)。しかし、他の同調因子が残存する限り、社会的接触を除去するだけではフリーラン現象は起こらない。森田療法の絶対臥褥は、安静にして外部からの刺激をできるだけ少なくして長時間の臥床をさせる治療法で、社会的接触の除去モデルとみなすことができる。一週間の臥褥期間中にフリーラン現象は認められない。しかし、過眠傾向が現れ、特に臥褥第一日目は一日の大半を眠ってすごすようになる (小松 1982, 大田1983, 奥山他1983, 増田1986)。成人の睡眠は一日に1回、夜間にまとめて眠るのが通常であるが、この単相性睡眠が崩れて幼児期にみられるような多相性睡眠を示すことは、睡眠の本態を考える上で極めて興味深い。

防音設備のある人工環境室を使って、さらに厳格な社会的隔離を行った場合には、この過眠傾向は一層強くなり、睡眠の多相性化が進行する (Campbell 1984)。臥床条件を緩和して、自由に歩行してよい条件としても、この過眠と多相性化はほとんど影響を受けない (Campbell & Zulley 1985)。このことは、臥床による運動制限あるいは拘束が主要因であるとは見せせない。社会的な時間手掛りの除去を徹底させることは、環境内の刺激を大巾に削減することになり、結果的には刺激欠乏環境 (sensory restriction environment, 杉本 1986) とよく似た状況を構成することになる。このような刺激変化の極端に少ない環境に突然孤立させると、初めに過眠がみられるが、孤立期間が長びくと逆に不眠が発生し、フリーラン現象を示す前に睡眠、覚醒リズムが崩壊してしまう (Solomon et al 1961)。やがて幻覚・妄想状態に陥り実験の続行が困難となっている。同調因子は睡眠・覚醒リズムを24 hrに調整し、フリーラン現象が発生するのを食い止める役割ばかりでなく、睡眠時間や出現パターンを単相性に維持する役目を果たし、適応行動の機構を最適状態に保つのに重要な役割を果していることがわかる。

都市の居住空間は高層化とともに遮光性・遮音性・防振性を備え、空調設備をもつことにより、人工的な快適空間を形成している。集合住宅や病院個室にも優れた環境維持設備が設置されている。これらの居住空間は、そのまま前述の人工閉鎖環境室と呼ぶにふさわしい性能をもっている。かって刺激欠乏状況は宇宙飛行のための基礎研究、あるいは災害等によって孤立した場合など、特異な事例のシミュレーションとして検討されてきた。今日の居住空間の変化は、

その設備が故障した場合はもとより、正常に作動していたとしても、突然に刺激欠乏環境に孤立することが充分起こりうる。

従来の社会的隔離実験では恒明条件が採用されている (Campbell 1984, Campbell & Zulley 1985)。明暗が交代しなければ同調因子とならないわけであるが、視覚情報の遮断が行動に及ぼす影響を考慮すると恒暗条件の方が厳しい環境設定と言える。恒暗は必然的に行動範囲が制限され、各条件が相乗作用を持つものであれば、最も徹底した社会的孤立が形成されると考えられる。

そこで、本研究は社会的隔離 (social isolation) のメカニズムに関する臨床社会心理的研究の一環として、恒暗閉鎖環境に72 hr孤立させ、同調因子の急激な遮断が睡眠・覚醒リズムに及ぼす影響を測定した。さらに、刺激欠乏環境が被験者の認知に及ぼす影響を見るために、幻覚体験の有無を被験者のボタン押し行動から検討するとともに、脳波の左右差指数の時間変動から検討を加えた。

方 法

1. 被験者：男子大学生および大学院生7名 (21～26才, 平均23.0才), 全員右手利きの者を選抜した。全て心身ともに健全で睡眠障害の報告はなく、通常の睡眠時間が7～8 hrである者を選んだ。

2. 実験条件：実験室は有効寸法3100w×2680D×3300Hの調光・空調・防音・シールド室で、今回の実験では、消灯が実験開始、点灯が終了の合図とし、実験中は常に消灯状態とした。

実験室の室温は 22.5 ± 1 ℃を標準とした。室内観察は2台の赤外線カメラと超小型高感度マイクにより行った。排尿・排便は随時、フリーザートイレ (OSBY-Pannan AB, FT51A) を使用した。食料は常温で保存可能な食品を5日分、2つのダンボール箱に詰めて室内に入れた。主として、フランスパン、魚肉ソーセージ、カロリーメイト・カンパン、コーンフレーク、ポテトチップ、マヨネーズ、みかん等を、また被験者の希望に応じてセロリ、レタス、胡瓜を用意した。飲料水は1.5 l 入りのポリ容器10本に詰め、全体で15 l を用意した。他にティッシュペーパー、ぬれティッシュ、タオルは、食事の際にすぐ手のとどく場所に置いた。

床面はカーペット敷きになっており、そのまま横になってくつろぐことも可能であったが、今回の実験では、マットレスと枕、毛布を入れた。

不測の事態や健康上の理由により、被験者が実験の続行が不可能であると判断した場合の意志表示用として、入口のドアの横に非常用スイッチを設置した。このスイッチを入れると実験者のいる記録室でブザーが鳴るようになっており、これを実験中止の合図とした。

3. 実験手続：被験者は10:00に実験室前室 (記録室) に入り、時計・眼鏡・コンタクトレンズ等の所持品を取りまとめ、実験者が用意したトレーニング・ウェアに着替えた。ポリグラフ測定用の電極類を装着した後、実験室内に誘導し、室内の設備について全体的な説明を教示した。その後、目かくしをさせて、トイレ・食料箱、非常用スイッチを確認させた。以上の説明と確認終了後にAACL (Zuckerman 1960) とSTAI (Spielberger et al. 1970) を実施した。13:00に扉を閉じ、消灯を合図に実験を開始した。72時間経過後 (第4日目13:00) に、被験者が覚醒中、睡眠中を問わず開扉と点灯により実験終了を知らせた。眼を保護するため開扉は極く細めに開け、徐々に明るさに順応させながら5～6 minかけて室内灯を調光した。調光終了後に、実験者2名が入室し、利き脳テスト (小倉・八田1983)、AACL、STAIを実施した後、内省報告を聴取し、同時に録音した。内省報告の終了後、被験者を実験室前室に誘導し、電極の脱装

着を行った。

食事や睡眠は被験者の随意とし、行動にも特に制限は与えないが、激しい体操等の動作は禁止した。歌うことや独白等は一切自由とした。なお、今回の実験では幻覚体験の出現様相を調べるために、幻覚が発生したら速やかに左手に包帯で固定したマイクロスイッチを押すように教示した。幻覚は“～が見えたような気がした”という程度のものは含まず、明瞭な心像が体験された時に限定した。心像は視覚系ばかりでなく聴覚心像のみでも明瞭な場合はスイッチ押しをするように教示した。落下感や浮遊感等の身体感覚や、嗅覚系の心像が起きた時は、随時、つぶやく（言語化）こととした。また、睡眠から目覚めた時の時刻を推定させた。

4. 記録と分析：脳波と眼球運動を幻覚信号（スイッチ押下信号）、ボイス・キー、デジタルカレンダー信号（日電三栄製クロックカレンダー9D01型）とともに、万能型脳波計（三栄測器製1A57型）に紙記録し、同時に磁気記録（TEAC製SR-10）した。紙送り速度は1mm/secを標準とし、テープ速度は1.2cm/secとした。

脳波は10-20電極配置法に従い、前頭（Fz）、左右中心（C₃、C₄）、左右後頭（O₁、O₂）の5部位、およびウエルニッケ領に相当する側頭後部（W₁、W₂：側頭T₃、₄とP₃、₄の中間点）の2部位、計7部位を左右耳朵を規準部位として記録した。眼球運動は両眼角外1cmの位置から、水平眼球運動の検出用に同側耳朵を規準部位として記録した。導線は中継コネクターを介して2mの延長コードを使用した。これにより実験室内の全域が行動可動範囲となった。

睡眠段階はRechtschaffen & Kales (1968) の判定規準に従ってC₃脳波について1分毎に判定した。紙送り速度が1mm/secであるために判定が困難な場合は、磁気記録データを再生して補った。睡眠期と覚醒期の判別規準はCampbell (1984) に準じて、睡眠期は覚醒期に続く段階2の出現によって始まり、20min以上の段階0（覚醒）による中断がなく、30min以上持続した時とした。覚醒期は段階0が20min以上持続した時とした。また、初出の段階2に先行する段階1は全て覚醒期に含め、睡眠期に出現した場合に限って段階1を睡眠期として計算した。1回の睡眠期の長さは、段階2の開始から20min以上の覚醒期の開始点までとし、その間に20min未満の覚醒が続いても、睡眠期の長さの計算ではこれを無視することにした。また、入眠期REM睡眠（SOREMP, Czeisler et al. 1980）があった場合には、段階1-REMの開始から覚醒期の開始までを1睡眠期と算定した。

脳波の左右差指数を計算するために、左右中心部の脳波を高速フーリエ変換（FFT）してパワスペクトルを求めた。サンプリング間隔8msecでAD変換した1024個のサンプルにFFTを実行し、これを7回単純加算平均して平滑化を行った。従って1回の抽出標本長は約57secで、周波数分解能は0.122Hz、最高分析周波数は31.25Hzである。標本脳波の抽出は第1日目の13:30から第4日目の13:00まで30min毎に144回行った。左右差指数は〔(左中心パワ) - (右中心パワ)] / [(左中心パワ) + (右中心パワ)] から求め、 α 帯域（7.5~12.5Hz）と θ 帯域（3.5~7.5Hz）の各帯域について計算した。

結 果

7名のうち2名は非常用スイッチを入れて実験中止の意志表示をしたので、直ちに開扉して実験を中止した。開扉までの経過時間は、1名が開始後32hr 24min、他1名が7hr 35minの時点であった。従って今回の実験中断率は28.6%で、以下の結果は5名の成績をまとめたものである。

睡眠期と覚醒期の判別に際して規準を満さなかったものは、覚醒期に発生した短い睡眠状態

が3回 (平均 13.7 min), 睡眠期に発生した短い覚醒が2回 (平均 27.0 min) で, これらは睡眠あるいは覚醒として扱わず前後の状態が維持されていたとみなすことにした。

1. 睡眠期と覚醒期の出現パターン

Table 1. は5名の睡眠期と覚醒期の発現回数を持続時間とに関連させてまとめたものである。覚醒期と睡眠期のいずれもが持続の短いものが多く, 持続が4時間未満のもの占める割合は, 覚醒期では82%, 睡眠期では72%を占めていた。最長の睡眠期は2日目に得られた11.52 hrであり, 最長の覚醒期は3日目に得られた8.73 hrであった。このことは, 外的要因を除去しても, 睡眠時間や覚醒時間が無制限に延長されることはないことを示している。3日

Table 1. Frequency distribution of sleep and waking periods by hrs durations and by days (24 hrs) of occurrence

Duration (hrs)	Number of Sleep and Waking Periods							
	Over All Exp. Periods		Each 24hrs		Periods		3rd	
	Waking	Sleep	1st	2nd	Waking	Sleep	Waking	Sleep
<1	20	14	10	3	4	2	6	9
1-2	16	16	6	6	5	6	5	4
2-3	14	10	4	4	7	4	3	2
3-4	4	9	2	4	0	1	2	4
4-5	6	5	1	2	3	1	2	2
5-6	2	2	0	2	1	0	1	0
6-7	2	3	0	1	1	0	1	2
7-8	0	1	0	0	0	1	0	0
8-9	2	3	0	2	0	1	2	0
>9	0	3	0	1	0	2	0	0
Total	66	66	23	25	21	18	22	23

Table 2. Average total time for over all disentrainment period and for each of three 24 hrs periods

Subjects	Total Sleep Period Length (hrs)			
	Over All Exp. Periods	1st	Each 24hrs 2nd	Periods 3rd
1	43.8 (60.8%)	18.3	14.0	11.5
2	41.8 (58.1%)	15.7	15.7	10.4
3	39.9 (55.4%)	16.2	11.6	9.1
4	39.9 (55.4%)	16.6	13.1	10.1
5	42.5 (59.0%)	17.2	13.9	11.4
MEAN	41.6 (57.8%)	16.7	13.7	10.5***
S D	1.51	0.92	1.33	0.89

***p < .001, 1st 24hrs vs. 3rd 24hrs

間を通した日別の睡眠期と覚醒期の合計発現数は3日間でそれ程の変化はみられない。一方、持続時間の分布をみると、いずれも第1日目から第3日目へと持続の長いもの出現数が増加しており、特に覚醒期にその傾向が強いことがわかる。

Table 3. Number of sleep period onsets for over all period and for thirds of the 72 hrs disentrainment

Subjects	Total Number Over All Exp Periods	Sleep Onsets		
		Each 1st	24hrs 2nd	Periods 3rd
1	14	4	5	5
2	15	5	4	6
3	13	6	3	4
4	10	4	2	4
5	14	6	4	4
MEAN	13.4	5.0	3.6	4.6

各被験者の合計睡眠時間と24 hrごとに区切って集計したものをTable 2. に示した。5名の被験者全員が、全実験期間中にほぼ40 hr (39.9~43.8 hr)を睡眠期として過しており、これは全実験期間 (72 hr) の50%以上 (55.4~60.8%) に相当する。24 hrごとに分けて集計すると、3日間にわたって均等に分布しているわけではないことがわかる。分散分析を行ったところ、経過時間の主効果 ($F(2/8) = 54.21, P < .001$; conservative $df F_{0.01}(1/4) = 16.26$) が得られ、下位検定の結果、1日目から3日目への減少が有意 ($P < .001$) であることがわ

った。

Table 3. は睡眠期の発生回数を、Table 2の区切り方と同様にして集計したものである。どの被験者からも10回以上 (10~15回) の睡眠期の発生が記録された。24 hrごとのデータに対してフリードマン検定を行ったところ有意差はみられず、3日間の睡眠発生回数には差がないことがわかった。1 hr毎に睡眠期の発現回数を棒グラフで示したものが Fig. 1である。このグラフを見る限り、睡眠期の発生しやすい時間帯としにくい時間帯というものは特になんことがわかる。つまり、このような恒暗閉鎖環境に孤立すると、どの時間帯でも入眠可能な状態になることがわかる。

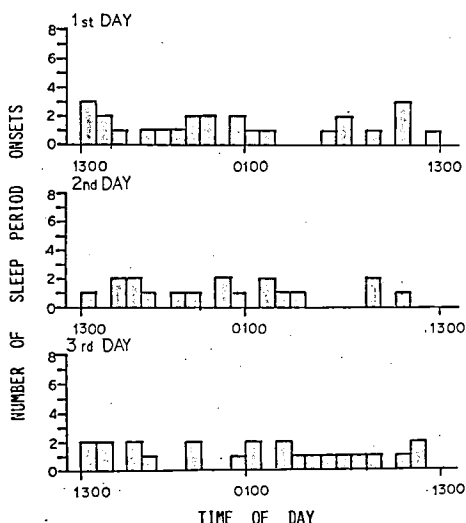


Fig. 1. Frequency distribution of sleep period onsets during the 72 hrs disentrainment.

Number of onsets were grouped in one hour blocks.

次に、睡眠期と覚醒期の持続状態についての情報を付加して、3日間の推移を示したのが Fig. 2. である。それぞれの被験者の睡眠期と覚醒期の交代を1 minごとに、睡眠期を黒、覚醒期を白として帯グラフにして示したのが下の

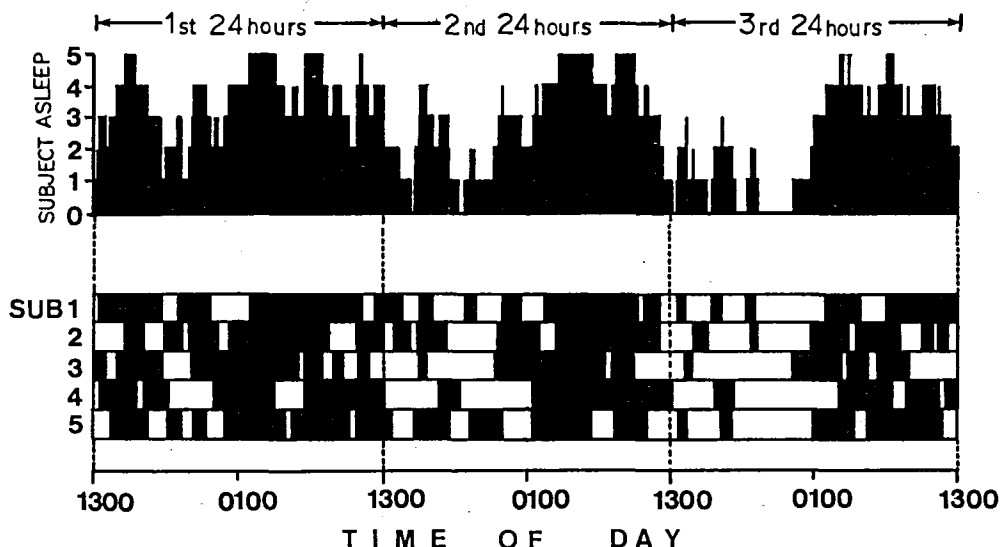


Fig. 2. The alternations of sleep and waking periods for all subjects.

Histogram at top shows total number of subjects asleep during any portion of each hour in disentrainment. Black bars represent sleep periods, white bars represent waking period for each subject.

図である。実験時間の進行につれて、覚醒期と睡眠期が分化してゆくのわかる。上段の図は睡眠期のヒストグラムを示したものである。第1日目は多峰性のパターンを示し、多相性睡眠であることを示している。2日目から3日目になると夜間に持続の比較的最長い睡眠期が出現するようになり、単相性睡眠への移行あるいは回復がみられている。分析単位を1分とすると変動が複雑になりすぎるので、2時間ごとに平均睡眠時間を求めてプロットしたものがFig. 3である。このデータに対して分散分析を行ったところ、時間経過の主効果 ($F(2/8) = 54.22, P < .001$; conservative $df F_{0.01}(1/4) = 16.26$) と日内変動の主効果 ($F(11/44) = 4.846, P < .001$; conservative $df F_{0.01}(1/4) = 16.26$ NS) が得られた。下位検定の結果、13:00 から 0:00 の間で睡眠時間が有意に低下 ($P < .05$) するのが確かめられた。一方 0:00 から 13:00 までの間には有意差はみられなかった。恒暗閉鎖環境に急激に暴露されたことによる影響は 13:00 から 0:00 の過眠傾向として現れ、時間の進行に伴ってこの影響は漸次減衰してゆくのわかる。一方、0:00 から 13:00 の期間に経時変化がなかったことはこの時期が通常の主睡眠相の出現期に相当することと対応しているのかもしれない。しかし、9:00 から 13:00 の間は通常の覚醒期に相当し、この時期に3日間ともほぼ同じ程度に眠っているということは、主睡眠相の延長化という強固な傾眠傾向が、維持されていることを示すように思われる。日内変動についての下位検定の結果は、第1日目には有意な変動が認められていない。2日目は 18:00 から 19:00 と 3:00 から 6:00 の間に有意差 ($P < .05$) がみられ、3日目にな

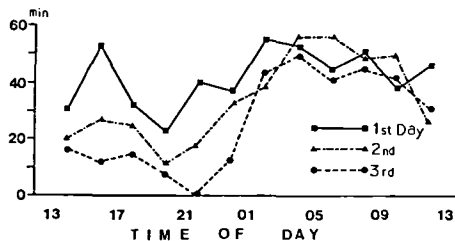


Fig. 3. Comparisons of average duration of sleep episodes among the three days.

るとさらにこの差は明瞭になり、19:00 から 20:00 の最低区間と 1:00 から 10:00 までの最高区間の間に有意差 ($P < .05$) が認められている。このことは持続の安定した睡眠期は 1:00 から 10:00 ごろに集中して出現し、10:00 から 20:00 ごろまでにみられる睡眠は、持続が短く仮眠としての性格を強く持っていることが推測される。

2. 左右差指数の72 hr の推移

Fig. 4. は左右の中心部脳波の α 帯域パワと左右差指数の、72 hr の変動を示したものである。指数の増大は相対的な右半球活性化、減少は左半球活性化を表わしている。指数曲線には 90 min から 120 min の周期性をもつ変動と、これより周期の長い 300 min 前後の揺ぎがみられる。

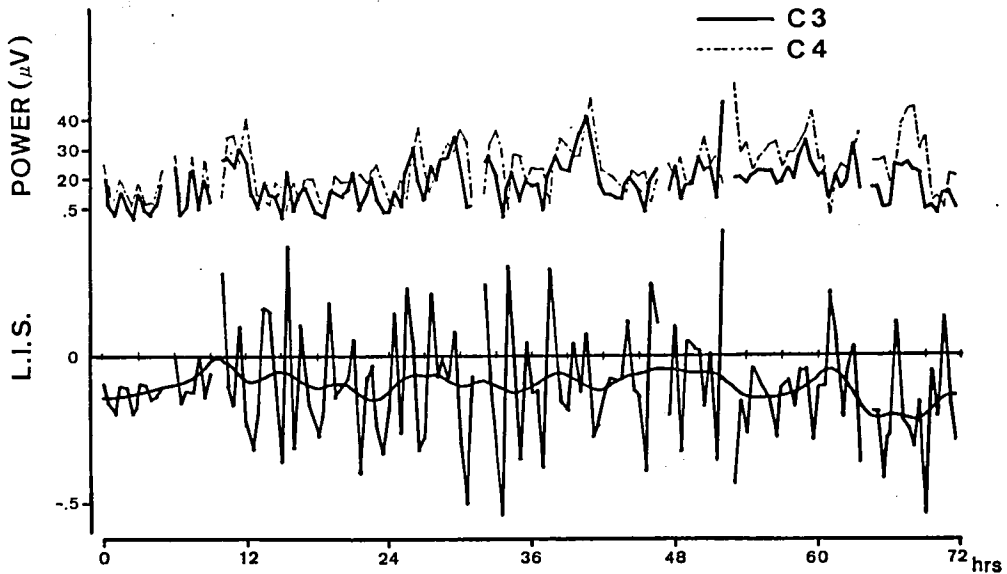


Fig. 4. An example of the fluctuation of the EEG laterality index scores for over all experimental periods.

Two curves above the LIS curve are the fluctuation of alpha band power (8-13Hz) from about 1 min EEG sample at every 30 min. The LISs were computed by $(L-R)/(L+R)$.

3 点の移動平均を 10 回繰返して得られたトレンド成分が、指数曲線のほぼメッサー付近にみられるなめらかな曲線である。最小二乗スペクトル法により周期を同定すると、114.6 min の周期成分が最大振幅となり適合度も $r = .438$ で有意 ($P < .001$) であった。この周期は従来、BRAC (Kleitman 1969) として記載される主要なウルトラディアン・リズムに相当するが、この成分の 72 hr の推移には目立った経時変化はみられない。トレンド成分には 213.3 min と 640 min の超低周期成分が優勢であることが解った。この被験者では実験後半部 (およそ 36 hr 経過以降) でトレンド成分の周期が延長する傾向が見られるが、やはり目立った経時変化は見られない。

Fig. 5. は同じ被験者の θ 帯域パワの左右差指数について 72 hr の変動を示したものである。トレンド成分を除去した後、周期同定すると 105.6 min (適合度 $r = .432$, $P < .001$) が優勢周期成分であることがわかった。一方、トレンド成分に注目すると、実験期間の前半は一貫して

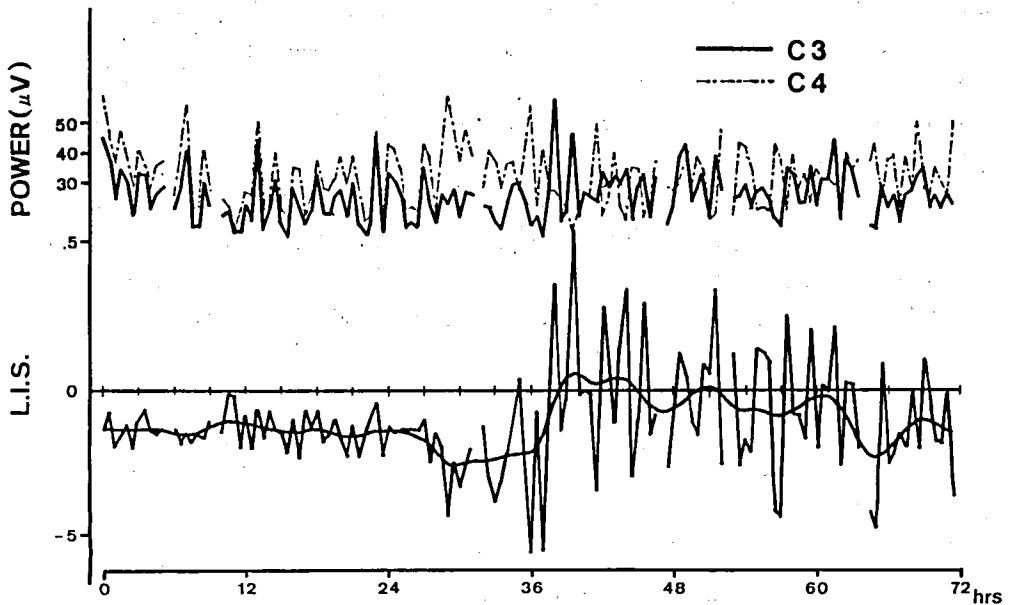


Fig. 5. An example of the temporal behavior of theta LISs for the 72 hrs disentrainment.

Note the trend of LISs fluctuation (smoothed mesor) tended to shift at the 36 hrs from the start of the disentrainment and remains at this level for the last half of the experimental period.

左半球優位であるのに対して、後半は36 hrを経過した頃から0水準へ移行しているのがわかる。これと同時に左右差指数の振動振幅が大きくなっているのがわかる。この左右差の基線動揺をパワの時系列曲線と対応させてみると、前半では左右のパワはほぼ同期して変動しており、左右差はパワの水準差を反映したものとみなすことができる。一方、後半では左右のパワの変動水準が接近するが、同期性が低下している。左右のパワ曲線間の直線相関をピアソンの相関係数を用いて調べると、前半（第2日目 13:00 まで）では $r = .842$ ($P < .001$) であるのに対して、後半では $r = .182$ となり相関関係はほとんど認めることはできない。左右差指数の動揺の周期性は後半でも保たれており、振幅はむしろ後半の方が大きい。従って直線相関は低い、全くランダムな変動であるとはみなせない。左右のパワ変動の位相差がおよそ36 hr ごろから大きくなったと考えられるが、今回は位相分析を行っていないので、この点は明らかではない。一方、パワの変動水準が後半では左右で接近し、前半と比べれば右半球パワの相対的な減少が認められる。基線の上昇は右半球パワの減少と位相差の増大によりもたらされた可能性が大きい。

同じような基線変動は他2名にみられ、35 hrから48 hr経過した時期に上昇するのが観察されたが、他2名ではこの変化は不明瞭であった。

3. 恒暗閉鎖環境下での行動的变化

実験開始からおよそ20 hrまで、被験者は軽躁状態を示し発語数が多いが、30 hrを経過するころから発語数も低下し、動作（移動）数も減少した。食事や飲水などの行動も実験の後半から減少し、脳波像は覚醒状態を示すにもかかわらず、何もせず座位あるいは横臥位のままじっとしている時間が多かった。発語数が減少しはじめる30 hrから40 hrの時期に、“だいたいこの

環境に慣れてきた”，“初めは緊張していたが，もう大丈夫と思う”という独語がどの被験者からも得られた。時刻推定の成績はいずれも正確で，30 min以上ずれた被験者はいなかった。35 hr前後にみられるこうした独語は，実験の折返し点を通じたという判断によるものか，孤立が心理過程に及ぼす影響が顕になったためかは内省のみでは決め難いが，この後，被験者は寡黙になり動作も緩慢になった。

Fig. 6. は1人の被験者の幻覚体験に対応したボタン押し反応の出現分布を示したものである。覚醒期では入眠期の緩徐眼球運動SEMの出現期に反応が集中しており，睡眠中ではREM睡眠期か，REM睡眠から覚醒した直後にボタン押しがみられた。長い覚醒期の中央部分には，ほとんどボタン押し反応はみられない。大部分の反応は入眠時幻覚と夢体験とに対応している

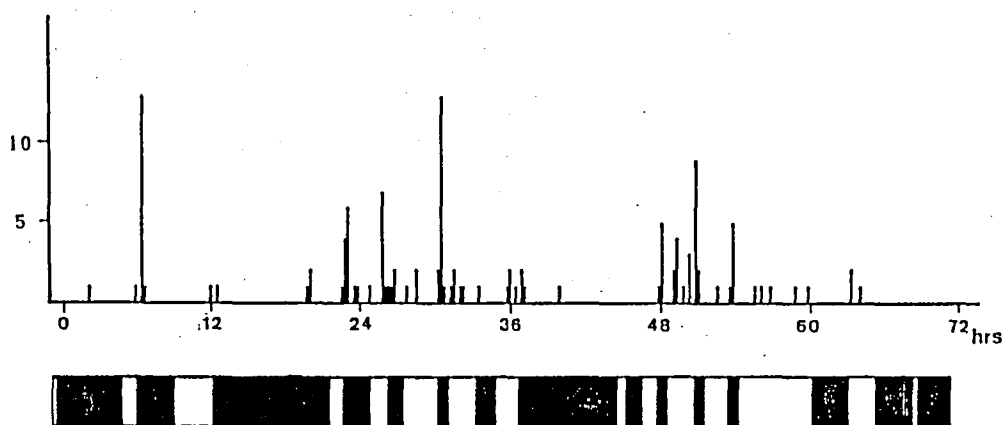


Fig. 6. Frequency distribution of hallucination signales during the 72 hrs disentrainment for one subject. Shown below the histogram are the sleep periods (black bars) and the waking periods (white bars).

のが観察された。しかし，今回は自発的にボタン押しをする条件であったため，押し忘れが多く（“さっき幻覚がみえたが，ボタンは押さなかった”という独語が多かった）情報遺漏が大きい。最もボタン押しの多かった被験者で112回の反応がみられたが，全くボタン押しのない被験者も1名認められた。実験後の面接で質問しても，この被験者は全く幻覚体験がないためにボタンを押さなかったと述べている。反応がある場合は，いずれも入眠期とREM期に集中しており，白昼夢と呼ぶべき時期にはほとんど反応は認められなかった。しかし，入眠期の回数は第1日目が多（Table 3）のにボタン押し反応はあまりみられず，むしろ第2日，第3日で増加する傾向がみられた。この幻覚体験に時間効果が関与していることを示している。体験内容の言語報告（独語）には相当の個人差がみられたが，3日目になると発語数が極端に減って，単に“見ていた”と答えることが多く，全期間を通じての比較には信頼性が乏しく使用に耐えなかった。

考 察

閉鎖環境で睡眠・覚醒リズムが乱れを示し，多相性睡眠のパターンを示すことは古くから指摘されされてきた (Solomon et al 1961)。恒明条件下でも社会的隔離の状況に置かれると，多相性

化し睡眠も覚醒も持続が短縮する。短縮化は運動を禁止した臥床条件 (Campbell 1984) の方が運動を認めた条件 (Campbell & Zulley 1985) よりも著明である。臥床条件では覚醒と睡眠のいずれも持続が4 hr未満のものが全体の80%を占めている。自由条件では4 hr未満の睡眠は全体の68%であり、覚醒期の中央値が4.9 hrであるところから、短縮化が緩和されていることがわかる。今回の成績では、4 hr未満の睡眠期が占める割合は72%、覚醒期が82%であった。この成績はCampbell (1984) の隔離臥床条件よりも短縮化は緩和されており、Campbell & Zulley (1985) の自由条件に近い。恒明と恒暗の次元よりも運動の可否という次元の方が、睡眠・覚醒の寸断化と多相化に強い影響力をもつことが推測される。

合計睡眠時間で比較すると、Campbellの臥床条件では平均28 hrで全期間 (60 hr) の47.6%に当る。Campbell & Zulleyの自由条件では平均31 hrで全期間 (72 hr) の43.1%を睡眠期が占めている。今回の恒暗・自由条件では平均41.6 hrで全期間 (72 hr) の57.8%を占めており、恒明条件と比較して、明らかな過眠傾向が認められる。睡眠時間の増大は恒暗と恒明の次元で最も大きな差を示しており、急激な視覚刺激の遮断は過眠傾向を一層強める効果があると言える。

Ryback & Lewis (1971) は連続5週間の臥床実験を行い、臥床期の11日目から17日目と19日目から27日目の期間に各1回ずつ夜間睡眠を記録している。平均睡眠時間は383.3 minと390.1 minで、これは基準夜の404.5 min、2回に分けて記録した回復夜の397.91 min、400.8 minと有意な差は認められていない。この実験では日中の睡眠は禁止され、23:00 消灯 6:00 起床の生活リズムが保たれていた。ただし特殊なプリズム眼鏡を使用してテレビを見ることができるようになっている。従って臥床だけの単純条件では過眠や睡眠の多相化は発生しない。しかし、Ryback & Lewisの成績は臥床開始期の記録が全くないので、急に臥床を続けることの影響はとらえていない。この点については、森田療法の絶対臥褥状態のポリグラフィが参考になる。臥褥期では食事や用便を除いて臥床が要求されているが、消灯・起床時刻は決められており、食事等の同調因子も規則正しく保たれている。ただ社会的な接触と運動が禁止されていることが制限条件である。このような状況下でも過眠は発生する。絶対臥褥期のポリグラフィ研究では7日間連続記録することが多いが、初めの3日間の睡眠時間を今回の成績と比較すると、奥山ら (1983) の健常者6名の平均は、1日目が575.3 min (40%)、2日目が465.5 min (32.3%)、3日目が455.2 min (31.6%) で3日間の合計は1496 min (24.9 hr) で72 hrの34.6%が睡眠期である。増田 (1986) の健常者4名の場合も1日目が682.3 min (47.4%)、2日目が615.3 min (42.7%)、3日目が614.3 min (42.7%) で、3日間の合計は1911.9 min (31.9 hr) となり72 hrの44.3%に相当する。過眠傾向が最も明瞭な太田 (1983) の4名の健常者では、1日目が875.8 min (60.8%)、2日目が680.3 min (47.2%)、3日目が545.3 min (37.9%) で、3日間の合計は2101.4 min (35.0 hr) で72 hrの48.6%を占めている。報告間で睡眠時間は相当大巾な動きを示しているが、これは採血等の検査や心理検査などの手続きの違いや、臥褥室の環境条件の違いによるものと考えられる。このような相違があるにせよ、臥褥期に過眠が起こることは認めてよいだろう。いずれの報告も1日目の過眠が最も著明で、2日目から3日目にかけて減少し、3日目以降はほぼ安定した経過をたどると述べている。太田はこの現象を、主として環境との接触の急激な減少と、臥床の体位を急にとることによって一過性の睡眠過剰 (hyper somnia) が起こり、その後一定量まで減少するためであろうとしている。安定期でもWilliams et al (1974) の同年令の平均値より20.7% (512 min vs 424 min) 多く、10才代前半の年齢に相当する。この過眠の残留は生体固有の最大睡眠量に相当し、日常が、生活と生命維持に影響を与えない程度の慢性的な、部分断眠の状態にあると考察している。今

回の成績を同じように並べてみると、1日目が1002 min (69.6%)、2日目が882 min (57.1%)、3日目が630 min (43.8%)となり、3日間の合計は2496 min (41.6hr) で72 hrの57.8%に達している。3日目でもWilliams et alの平均値よりも48.6%も多い値を示しており、太田の3日目以降の平均値よりもさらに23%多い値である。社会的接触を遮断すると約20%の睡眠過剰が発生する。すでにみたように恒明隔離条件では臥床を要求した場合 (Campbell 1984) としない場合 (Campbell & Zulley 1985) での差は5%程度であるから、臥床効果 (あるいは運動制限の効果) はそれ程の影響力はもっておらず、社会的情報の遮断が過眠をもたらしたものと考えることができる。隔離環境を恒明とするか恒暗とするかの差は14.7%であり、恒明臥床と比べても10.2%多い。恒暗条件が2次的にもたらす運動制限の効果を考慮しても、今回の睡眠過剰は恒暗隔離条件がもたらしたものであると言ってよいであろう。今回の成績では24 hrごとに合計した睡眠時間は漸減傾向を維持したままであり、太田の推定する平常値に20%程度加えた水準 (固有の最大睡眠量) まで漸減が続くのか、それよりも多い水準に滞まるかは明らかではない。

今回、実験期間の中間点に相当する30 hrから40 hr経過した時点で、被験者が実験を完遂できそうな見通しを持ったという報告 (独語) をすることが多かった。この時点で脳波の左右差指数の基線動揺が負の水準から0ないし正の水準に上昇するのが観察された。今回の演算式では指数が負の時は左半球活性の状態、正の時は右半球活性の状態と解釈するのが一般的である (Wiet 1981, Tucker & Dawson 1984)。実験前半は言語報告が多く、このことは指数が負の領域で動揺していたことと対応性がみられる。指数が負から零ないし正の領域へシフトしたことは、右半球の活性化による場合と、左半球の活性度が低減した場合のいずれでも生起する。右活性は空間課題の遂行中ばかりでなく、情動課題でも生起する。実験後半は内省も乏しく無気力無表情な状態が続き、情動性の亢進をうかがわせるものはほとんどない。幻覚ボタンの出現数は後半に多いが左右差指数の曲線がシフトする以前にも幻覚体験は出ているので、右活性を主張するには根拠に乏しい。むしろ、言語活動の低減がこの時期から進行することを考えると、およそ30 hr程度経過すると、左半球機能が低下し、その結果指数曲線がシフトし、言語報告が途絶えたと考える方が妥当のように思われる。シフト時点が主観的な実験期間の中間点と対応したものか、脱同調環境の効果がこの時間帯で顕在化したものかは、今回の結果からは明らかではない。しかし、今回の実験で実験放棄した被験者は、非常用スイッチを入れる30 min程前から、拳で床や壁を打つ、手の平を拳で叩く、舌打ちをする、荒々しく溜息を吐く等の情動興奮を示し、やがて耐えられなくなってスイッチの絆を引いている。このような情動興奮は他5名には見られなかった。興奮時は筋電図の混入が激しく、ほとんど分析することはできなかったが、1名が放棄した時間は32 hr経過したところであり、シフトの発生時間帯に相当している。仮に、30 hr程経過すると情動興奮が発生するとして、その情動を表出させた者は耐えられずに放棄するに至り、情出を抑え、もっぱら無為無策に徹した場合には恒暗の孤独に耐えられたと考えることはできないであろうか。こうした考えが可能であれば、実験後半は顕在行動と心理的内容に解離が生じていたことを推測させる。つまり、刺激飢餓から逃避する対処行動として睡眠と軽躁状態の多弁といった一見矛盾した行動がとられたが、刺激欠乏状況が賦活系機能を低減させ、皮質機能の低下と皮質抑制の解除による辺縁系等の皮質下活動の亢進が生じ、潜在的に情動状態に陥ったものと考えられる。退行や攻撃行動では苦痛は解除できないから、幼児のように泣きわめいたり、拳を使うなどの方略に依った場合には行動の統制がきかなくなってしまう。自己の内面に発生した情動興奮に対してもひたすら逃避方略で対処したものが、実験を完遂できたと思われる。絶対臥褥を続けると不眠が発生する (小松1982) という報

告や、感覚遮断の初期に過眠が発生した後、やがて不眠が発生する (Solomon et al 1961) という報告は、この見解を支持するように思われる。つまり、逃避方略を維持できなかったか、あるいは、皮質下機能の亢進が進行して、情動興奮が限界を越えたために不眠が発生したと、説明することができる。この点を確かめるには、自律神経系活動など皮質下活動を反映する指標群の解析や、睡眠段階の推移、覚醒期脳波の推移をさらに検討する必要がある。

今回の結果をまとめると、恒暗閉鎖環境に孤立すると、ヒトは成人でも幼児のような多相性睡眠と長時間睡眠を示すようになり、睡眠・覚醒パターンに明らかな退行現象が認められた。この現象は恒暗条件が主要な要因で、次いで社会的隔離と運動制限が関与していることがわかった。実験開始から30 hrから40 hrで脳波の半球間力動性に変化がみられ、この変化の発生が持つ精神生理学的意義について若干の考察を加えた。

本研究は、昭和61・62年度文部省科学研究費補助金 (一般研究B.課題番号61450016, 代表者 黒川正流) の助成を受けて行われたものである。また、実験の実施から資料の整理に至るまで教室の大塚 洋君, 森川俊雄君の協力を得た。記して感謝の意を表します。

引用文献

- Campbell, S. S. 1984 Duration and placement of sleep in a "disentrained" environment. *Psychophysiology* 21 : 106-113.
- Campbell, S. S. & Zullay, J. 1985 Ultradian componets of human sleep/wake patterns during disenatrinment. *Experimental Brain Research. Suppl. 12.* [H. Schulz & P. Lavie (Eds) , *Ultradian Rhythms in Physiology and Behavior*, Spring-Verlag, Berlin Heidelberg, P.234-255.]
- Chiba, Y. 1984 A school refuser : his rest-activity rhythm involved multiple circadian components. *Chronobiologia* 11 : 21-27.
- Czeisler, C. A., Borbély, A., Hume, K. I., Kobayashi, T., Kronauer, R. E., Schulz, H., Weitzman, E. D., Zimmerman, J. C. & Zullay, J. 1980 Glossary of standardized terminology for sleep-biological rhythm research. *Sleep*, 2 : 287-288.
- Fukuda, K. & Hozumi, N. 1987 A case of mild school refusal: rest-activity cycle and filial violence. *Psychological Reprints* 60 : 683-689.
- Kleitman, N. 1969 Basic rest-activity cycle in relation to sleep and wakefulness. In A. Kales (Ed.) *Sleep, Physiology and Pathology. A symposium.* J.B. Lippincott, Philadelphia. P.33-38.
- 小松順一 1982 森田療法絶対臥褥期の精神生理学的・臨床的研究 慈恵医大誌 97 : 505-521
- 増田直樹 1986 森田療法絶対臥褥期における神経症者の睡眠覚醒リズム 慈恵医大誌 101 : 467-492.
- 小倉啓子・八田武志 1983 きき脳テスト作成の試み 心理学的研究 54 : 36-42.
- 奥山哲雄・川口浩司・大原健士郎 1983 絶対臥褥下の睡眠検討 ポリグラフ, 直腸温, 血漿ホルモン動態をめぐって 臨床脳波 7 : 472-478.
- 太田龍朗 1983 一週間の絶対臥褥条件下における健常者の睡眠・覚醒リズム 精神誌 85 : 302-330.
- Rechtschaffen, A. & Kales, A. (Eds.) 1968 *A manual standardized terminology, techniques and scoring system for sleep stages of human subjects.* Washington D. C. Public Health Service, U.

S. Government Printing Office.

- Ryback, R. S. & Lewis, O. F. 1971 Effects of prolonged bed rest on EEG sleep patterns in young, healthy volunteers. *Electroenceph Clin Neurophysiol.* 31 : 395-399.
- Solomon, P. & Kubzansky, P.E., Leiderman, P.H., Mendelsen, J., Trumbull, R. & Wexler, D. 1961 *Sensory deprivation : Introduction*. Harvard Univ. Press. Cambridge, Mass.
- Spielberger, C. D., Gorsuch, R.L., & Lushene, R. E. 1970 *Manual for the state-trait anxiety inventory*. New York : Consulting Psychologists Press.
- 杉本助男 1986 感覚遮断環境下の人の心的過程 社会心理学研究 1 : 27-34.
- Tucher, D. M. & Dawson, S. L. 1984 Asymmetric EEG changes as method actors generated emotions. *Biological Psychology* 19 : 64-75.
- Wiet, S. G. 1981 Some quantitative hemispheric EEG measures reflecting the affective profile of students differing in university academic success. *Biological Psychology* 12 : 25-42.
- Williams, R. L., Karacan, I. & Hirsch, C. 1974 *Electroencephalography (EEG) of human sleep : Clinical Applications*. John Wiley & Sons, New York.
- Zuckerman, M. 1960 The development of an affect adjective check list for the measurement of anxiety. *J. Consult. Psychol.*, 24 : 457-462.