

携帯用コンピューターによる精神作業検査

松沢哲郎

京都大学霊長類研究所

新しい精神作業検査として、携帯用コンピューターをもちいて視空間認知・運動協応を評価する方法(略称VCPT)を開発した。通称「もぐら叩き」と称するコンピューターゲーム課題である。単純な労働作業ではなく認知的な負荷のかかった作業課題をあたえることによって、被験者の精神機能を自動的に客観的に評価することができる。ヒマラヤ高所における低酸素下の精神機能の劣化を評価する方法として、この精神作業検査が有効であることが示された。とくに以下の点において、従来の精神作業検査にはない画期的な利点がある。①被験者自身がテストをおこなうので、実験者を必要としない。②テストの制御と記録がコンピューターによって自動的になされるので、人為的なミスがなく大量のデータを処理できる。③携帯用コンピューターをもちいることによって、場所を選ばず野外でもテストを実施することができる。こうした利点は、VCPTがより汎用の精神作業検査として有効であることを示唆している。実際、低酸素による精神機能の劣化だけでなく、精神機能の加齢変化や、老人性痴呆の評定、麻酔からの覚醒度の評価といった場面において、携帯用コンピューターによる精神作業検査の有効性が示されている。

1 はじめに

低酸素にさらされることによって、人体の各器官の機能はさまざまな面で低下する。とくに大脳は、低酸素の影響をまともに受けやすい。意識障害、言語障害、記憶障害、中枢性の運動障害、感覚・運動の協応動作の鈍化など、低酸素による精神機能の障害はきわめて顕著である。にもかかわらず、こうした精神機能の劣化を客観的に評価する試みはきわめて少なかった。

理由は、大まかに言ってふたつある。①大脳の働きは多岐にわたるので、「精神機能」という言葉で一括される対象の実態を、一定の視点から明確に定義して捉えにくい。②精神機能の一側面を評価の対象にしたとしても、その機能を客観的に評価する洗練された方法が無い。

精神機能の程度を評価することが、臨床医学的に重要であることに異論はないだろう。一方で、精神機能の評価法それ自体は、きわめて実験心理学的な課題である。われわれの感覚や知覚や記憶といった精神機能を客観的な物理的世界と対応づけて理解するのは、19世紀のエルンスト・ウェ

ーバーやギュスターフ・フェヒナー以来の精神物理学(Psychophysics)の中心課題であった。ところが、実際には精神物理学的な測定法が臨床場面に応用されることはきわめて少ない。二つの学問領域の境界に横たわる問題だからである。

臨床医学の専門家は、ウェーバー・フェヒナーの法則を、感覚生理学の授業で聞き憶えている程度でしかない。他方、精神物理学ないし実験心理学の専門家は、実際の医療の場面で、どのような精神機能をどのような制約のもとで測る必要があるのかといった問題には頓着しない。

筆者は、1984年にネパール・ヒマラヤのカンチェンジュンガ峰(8598m)に登山する機会に、ヒマラヤ高所における精神機能の劣化を客観的に測定しようと考えた。「高所心理学」というまだ誰もそれを専門としていないような研究領域の開拓だった。もちろん、高所における正常な判断に基づく安全な行動を考えると、こうしたテストの実用性は高い。学問の境界領域にある、しかも具体的な場面での問題として、低酸素下における精神機能を客観的に評価する方法を開発して

みようと考えた。

わたしが考案したのは、ハンドヘルド・コンピューターを用いた精神作業検査(通称もぐら叩き)である。低酸素下で生じる判断力の低下を、視覚と運動の協応動作を必要とするコンピューターゲーム課題を与えることによって、自動的に測定しようという試みである。クレペリンの精神作業検査など、従来の精神作業検査は高所の低酸素下では役に立たない。実験者が面接し問診するのもダメである。被験者が質問紙に回答する方法も使えない。なぜなら、被験者だけでなく実験者も、低酸素の影響で自分の名前すら満足に書けない状況にまで追い込まれているからである。低酸素の影響を受けないコンピューターに検査の手順と記録を任せる。それが新しい精神作業検査の基本的なアイデアだった。幸い、この研究は成功した(松沢ら、1985)。

本稿では、携帯用コンピューターをもちいた精神作業検査(VCP T: Visuospatial Cognitive Performance Test)の考案された背景とその論理を明らかにしたい。精神作業検査としてのVCP Tが普及するにつれて、その方法論的背景を明確に書き残しておくことが、今後の発展に不可欠であると考えたからである。ついで、低酸素下における精神機能を評価するこうした試みが潜在的にもっている、精神機能の測定を要する他の場面への応用可能性について論じたい。

2. 高所における精神機能の低下

ヒマラヤの高所では、おもに低酸素の影響によって、精神機能が顕著に劣化する。重度の意識障害から死に到る場合も少なくない。人類史上初めて8000m峰の頂に達したモーリス・エルゾグは、そのアンナプルナの頂上から死線をさまよいつつ帰還している。ヒマラヤ8000m峰14座を完登し、しかもすべて無酸素で登頂したラインホルト・メスナーの本(「生きた、還った」、横川文雄訳、東京新聞出版局、1987年)には、低酸素の極限状態におけるヒトの意識と行動が描ききられている。実際、1970年のナンガパルバートのルパール壁初登頂のときには、8000mで無酸素のピバークをし、同行した弟のギュンターを雪崩で失い、3日間の彷徨の果てに、足指

6本を凍傷で失って帰還した。低酸素による視力障害、幻聴、意識の混濁などを、ヒマラヤの高所で経験した者は多い。そして、そのために帰還できなかった者もけっして少なくない。

高所における低酸素が精神機能に及ぼす影響を、平地の低圧実験室で模擬的に経験することができる。自覚症状としては、だるい、ねむい、顔がほてる、眼がしょぼつく、息苦しい、頭がぼんやりして考えごとがまとまらない。個人差もあって、ほろ酔い気分で、多弁になる人もいる。ただ一様に言えることは、判断力が低下して平常なんでもないような動作が困難になることである。

まず自分自身の例からあげよう。低圧実験室で高度0mから4000mまで減圧し、さらに高度8000mまで「登った」時の例(1984年1月27日)である。低圧室では、急性低圧実験にならざるをえないので、通常は、8000mといった超高所まで行くことはない。通常は、だいたい6000mくらいを限度に下降する。危険が大きすぎるからである。

このときは、繰り返し低圧体験をした後に、志願して極低圧・低酸素状況を自身で体験してみた。8000mでの自覚症状として印象深かったのは、急に部屋が暗くなったように感じられ、視野が狭くなり、音がぐもって良く聞こえなくなり、ろれつがまわらずしゃべりにくくなったことである。もちろんかなり息苦しい。爪は紫色に変色して、チアノーゼをおこしている。自覚的には、意識は清明だった。

各高度で、低圧実験の症状チェックリストに自覚症状を記入するのだが、実験後にその氏名欄への記入だけを比較してみた(図1)。明らかに、わたしの場合、7000mから書字の乱れが顕著に認められる。①書きなおしや書き損じがある。②所定欄に納まらず欄外にはみ出して書く。③すでに何万回も書いて書き慣れているはずの自分の姓名を正しく書くことができない。

自覚的には意識は清明だったはずなのに、高所における精神機能の低下はきわめて明瞭に書字の乱れとして示された。ここにおいて注目すべき点は、自覚症状と他覚症状とのあいだのギャップである。本人はまだまだ正常だと思っけていても、他人の眼には尋常でなく見える。「自分のことは自

低圧実験・症状チェックリスト (名古屋大学環境医学研究所)

No.

高度	4000 m	年月日	84年1月27日	時刻	12時17分	氏名	松沢哲郎
----	--------	-----	----------	----	--------	----	------

高度	5000 m	年月日	84年1月27日	時刻	12時53分	氏名	松沢哲郎
----	--------	-----	----------	----	--------	----	------

高度	6000 m	年月日	84年1月27日	時刻	13時28分	氏名	松沢哲郎
----	--------	-----	----------	----	--------	----	------

高度	7000 m	年月日	84年1月27日	時刻	14時02分	氏名	松沢哲郎 松沢哲郎
----	--------	-----	----------	----	--------	----	----------------------

高度	8000 m	年月日	84年1月27日	時刻	14時30分	氏名	松沢哲郎
----	--------	-----	----------	----	--------	----	------

図1 低酸素による書字の乱れ

分が一番良く知っている」という一見自明なテーマが、低酸素環境下では成り立たないということをもまず認識する必要があるだろう。

ついで、こうした低酸素による障害が、「姓名を書く」といったきわめて簡単な作業によって客観的にとりだせるという事実も重要である。

3 面接法・質問紙法の限界

臨床場面では、医師が患者に面接し問診することによって、患者の精神機能についての多くの情報を得ることができる。心理学の用語では、面接法とか、質問紙法と呼ばれる方法である。低圧実験室で用いられている症状チェックリストはその一例である(名古屋大学環境医学研究所で利用されている症状チェックリスト、図2参照)。

ところが、低酸素環境下では、自覚症状の申告はほとんど意味をなさない場合がある。質問紙に対して自覚症状の程度を記入していく図2の例を見てみよう。この事例の被験者は、高度7000mを模擬した低酸素下で、著しい精神機能の低下を示している。前述のわたし自身の例と同様に、姓名すら満足に書くことができない。

被験者は、岩坪五郎さん、実験時の年齢は55歳。20歳台から過去5回のヒマラヤ登山を経験したベテランの登山家である。ヒマラヤでの最高到達高度7479m。本人の名誉のために申し添えると、急性低圧実験でいきなり7000mまで55歳の男性が登った場合、上述の障害はきわめ

て当然な結果だといえる。

さて、被験者にどのような自覚症状があるか。この症状チェックリストから読み取れるだろうか。答はノーである。まず、チェックの○印が欄外にはみでている。それだけではない。そもそも、項目と印が対応していない。しかも、すべてが中程度を示す欄にチェックされている。したがって、症状チェックリストがもたらす自覚症状にかんする情報はほとんどゼロに等しい。

もちろん質問紙には、当該の質問のレベルを越えた、いわばメタ・レベルの利用の仕方もある。たとえば、①姓名が書けない。②項目と印が対応しているのは第1・第2項目までで以後は第50項目までしだいで対応が乱れている。③しだいに○印すら書けなくなっている。こうした特徴からつぎのような精神機能の異常を診断できる。まず、書字のような長期記憶の障害が認められる。一対一の対応といった基本的な認知機能の障害がある。欄内に納めたり、丸をちゃんと丸く書くといった、視覚と運動の協応動作が困難になっている。

さらに興味深い行動が観察された。症状チェックをしたあと、氏名を書くように教示したところ、被験者は、自分の氏名を書き続けて止まらなかった。岩坪五郎岩坪五郎岩坪五郎と、欄をはみ出して書き続けた。そこで「五郎さん、五郎さん、もういいですよ」と声をかけたところ、改行して下の余白に再度、岩坪五郎岩坪五郎岩坪五郎・・・と、際限なく書き始めた。その冒頭の「岩」の字

低圧実験・症状チェックリスト (名古屋大学環境医学研究所)

No.

高度	7000 m	年月日		年月日		時刻		時		分		氏名	松沢哲郎
----	--------	-----	--	-----	--	----	--	---	--	---	--	----	------

症 状	程 度				症 状	程 度				症 状	程 度			
	無	軽	中	重		無	軽	中	重		無	軽	中	重
1 全身がだるい。			○		21 聴力が低下した。			○		41 ほろ酔い気分である。			○	
2 ねむくなる。			○		22 舌がもつれる。			○		42 よくしゃべるようになった。			○	
3 頭がぼんやりする。			○		23 手足がしびれる。			○		43 憂うつな気分である。			○	
4 あくびがでる。			○		24 手がふるえる。			○		44 いつもより黙っている。			○	
5 冷汗がでる。			○		25 手指がこわばる。			○		45 イライラする。			○	
6 顔がはてる。			○		26 手足がつかたい。			○		46 細かいことが気になる。			○	
7 顔や手足がむくむ。			○		27 爪が紫色である。			○		47 集中力が低下した。			○	
8 口がかわく。			○		28 動作が鈍くなった。			○		48 いろいろなことが頭にうかぶ。			○	
9 のどが痛い。			○		29 動悸がする。			○		49 物忘れをする。			○	
10 歯が痛い。			○		30 呼吸が早くなった。			○		50 考え事がまとまらない。			○	
11 頭が重い。			○		31 息苦しい。			○		51			○	
12 頭が痛い。			○		32 胸が痛い。			○		52			○	
13 周囲がまわる感じがする。			○		33 せきがでる。			○		53			○	
14 立ちくらみする。			○		34 タンがでる。			○		54			○	
15 足もとがふらつく。			○		35 食欲がない。			○		55			○	
16 目がしょしょぼする。			○		36 はき気がする。			○		56			○	
17 視界がせまくなった。			○		37 嘔吐した。			○		57			○	
18 物が見にくくなった。			○		38 腹がはる。			○		58			○	
19 周囲が暗くなった。			○		39 腹が痛い。			○		59			○	
20 耳がボンとする。			○		40 ほがらかな気分である。			○		60			○	

図2 低酸素下の自覚症状チェックリスト記入例

だけが鮮明なことからもわかるように、実験者が声をかけたときだけ、一瞬、被験者は「正気にかえっている」のだが、またすぐに意識は混濁している。これ以上の実験の継続は危険であると判断して、強制的に酸素吸入をおこなった。

氏名を書かなければならない。上述の事例でも、そうした意思は持続している点が興味深い。精神機能に及ぼす低酸素の影響を断片的な資料や経験に基づいて考察してみると、「・・・しなくてはならない」という意識は強固に残るのだが、適切に実行に移すことができなくなっている場合が多い。

もちろん質問紙にも効能はある。しかしそれは、質問紙それ自体のもつ効能ではない。質問自体への答ではなく、字を書かせるとか、印をつけさせるといった課題の中に含まれている精神作業検査が有効な情報をもたらしているのである。精神機能の低下を検査するためには、書字、模写、要素を対応させる課題などで調べるこそ重要なのである。だるいですか、ねむいですか、ぼんやり

しますか・・・と、ぼんやりした人に質問することは意味が無い。何かあることをやらせてみて、そのパフォーマンスによって、ぼんやりの程度を評価すべきだろう。

臨床場面では、医師がいて患者に問診したり検査したりする。そこには実験者がいて、被験者がいる。そして、医師であり実験者である側に、つねに客観的な真実がある。ところが、低酸素環境下ではそうはいかない。実験者もまた低酸素にさらされているのである。だるいですか、ねむいですか、ぼんやりしていますか・・・と、たずねている本人自身が、だるくて、ねむくて、ぼんやりしている。これでは二重に真実から遠ざかってしまう。被験者自身がその内観を適切に記述できないのに加えて、被験者から聞き取ったことを実験者が適切に記述できないからである。

したがって、質問紙を用いる方法や面接による問診では、高所の低酸素環境下の精神機能の低下を評定することはきわめてむずかしい。頭がぼんやりしている、集中力が低下した、物忘れをする、

考えごとがまとまらない。そうした症状の有無や程度を知るには、質問によるのではなく、精神的な作業をさせて、そのパフォーマンスで評価すべきだろう。どの程度ぼんやりしているのか、どの程度物忘れをするのかは、実際に被験者の行動を観察し測ってみればよい。ここに、精神作業検査という方法の立脚点がある。そして、コンピューターを用いた自動化された精神作業検査の利点は、実験者を廃してすべてをコンピューターに計測させるところにある。コンピューターは、低酸素にさらされて、だるくなったり、眠くなったり、物忘れをすることはないからである。

低酸素下での精神機能の低下を評定するシステムとして、携帯用コンピューターを利用した精神作業検査VCPTを考案した。通称「もぐら叩き」と呼ばれるこのコンピューターゲームは、「瞬時の判断」とか「注意力の持続」とか「覚醒水準」といった精神機能の一面を評価するために考案されたものである。もちろんこうした機能は、実際の高所での登山活動において生死の鍵を握っている。この検査は、1983年に考案されて以来、数次のヒマラヤ遠征で使用された。その後、コンピューターの技術的進歩により、使用機種や細部の手続きは異なってきたが、基本的な原理や効用に変化はない。そこで以下では、原型となったオリジナルな課題について、その原理と基本的な成果について詳述したい。

4 VCPTの原理

装置

ハンドヘルドコンピューターを用いた。オリジナルのハードウェアは、エプソン社HC-20型である。バッテリーによって作動するため外部電源を必要としない。いわゆるオールインワンタイプのハンドヘルドコンピューターである。入力装置（標準キーボード）、画像出力装置（LCD：液晶表示パネル、4行x20字）、プリント出力装置（マイクロプリンター、20桁）、記憶装置（マイクロカセットあるいはROMパッケージ）がA4版の大きさの本体に一体化されている。

また5つのプログラム領域をもち、RAMが電池で保護されているため電源を切ってもプログラムが消失しないという特徴もっている。したが

って、電源スイッチを入れ、精神作業検査のプログラムが内蔵された領域を示す数字を1文字押すだけで、検査は自動的に実行される。

その後のハードウェアの進歩により、使用機種には変遷がある。いわゆるラップトップ型パソコン（エプソン社PC286LE型）を使ったもの（三上ら、1990）、NEC日本電気のPC98シリーズやそのノート型パソコンを使ったもの（Matsubayashi et al., in press）といったバリエーションがある。

検査課題

この精神作業検査は、より一般的にはビジランス・タスク（vigilance task：Mackworth, 1956）と称される課題の変型で、視覚・運動の協応動作を検査する。そのパフォーマンスをみることによって、注意の持続・集中力や、瞬時の判断と適切な動作が、疲労や低圧負荷によってどのように変化するかを測るものである。通称「もぐら叩き」と称した。

ハンドヘルドコンピューターのディスプレイである液晶パネル（LCD）上に、図3のように、

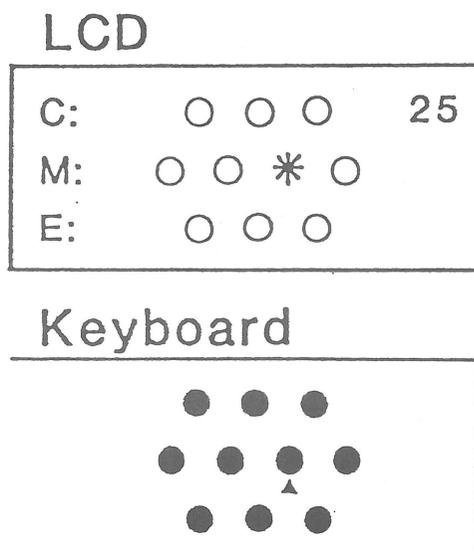


図3 「もぐら叩き」検査課題の概要

10個の○印が表示される。数秒の不定期な時間間隔において、突然そのうちの1ヶ所がピツという音とともに○印から*印に変化する。LCDの下のキーボード上には、10個の○印に対応した配列で、10個のキー(上段左よりY・U・I、中段G・H・J・K、下段B・N・Mの位置)に○印のシールがはられている。被験者に与えられた課題は、10個のキーのなかから、○から*に変化した位置に対応するキーをすばやく押すことである。

*印をモグラ、○印をその10個の巢穴にたとえて考えると、課題のしくみがわかりやすいだろう。いつ、どの巢穴から出現するかわからないモグラを、常時見張っていて、頭を出したらすばやく叩かなければならない。うまく叩けた場合(C: Correct、正答)には、ポツという音が鳴って次の試行でのモグラ(*印)の出現時間が一段階短くなる。

叩くのが遅いとモグラは消えてしまう。この場合、何のフィードバック音もない。言い換えると、無音が、「遅い」を意味するフィードバックとなつて、*印はもとの○印に戻ってしまう。

叩く位置がまちがっていると、やはりモグラは消えてしまう。この場合は、ブツという音が鳴るようにプログラムした。

叩くのが遅かったり(M: Miss、取り逃し)、違う位置を叩いたり(E: Error、誤打)した場合には、次の試行でのモグラの出現時間が一段階長くなる。うまく叩ければ一段階むずかしくし、うまく叩けなければ一段階やさしくする。これは、精神物理学でいうところの上下法(Up-down method、上下移動比1:1)という閾値測定法である。

上下法は、もともとヒトの聴覚の可聴閾の下限を測るために、フォン・ベケシー(von Békésy)が開発した方法である(和田ほか、1969)。感覚閾値の測定法には、上下法の他に、恒常法、上昇極限法、下降極限法、調整法などがある。しかし、上下法がもっとも洗練された測定法といえるだろう。

上述のようなフィードバックシステム(上下法)を導入すると、被験者のパフォーマンスは、正答率50%の水準を保持して小刻みに上下するようになる。このときのモグラの出現時間が、50%

閾値である。言い換えると、平均して2回に1回の割合で正答するのに必要最小限の時間である。

上下法の特徴として、50%閾値に限らず、任意の精度での閾値を測定できる。つまり、上昇と下降の比を1:1にすれば50%閾値になり、この上下比を2:1にすれば67%閾値が得られる。ここにおいて、上下比2:1とは、2回連続正答によって初めて1段階前進し、1回でもまちがえたと1段階後退するような手続きを意味している。

予備実験から、モグラの出現時間の初期値を、100ループ・タイムとした。BASICプログラムのFOR-NEXTループの通過1回をループと称し、そのループの回数で測った時間をループ・タイムと称する。この機械では、100ループ・タイムが、約1.8秒だった。出現時間の増減は5ループ・タイムとした。

したがって、モグラの出現時間をはじめ100ループ・タイムに設定しておき、うまく叩ければ、5ループ・タイム減らして、次回は95ループ・タイムの出現時間にする。誤打(E)や取り逃がし(M)に対しては、次回の出現時間を5ループ・タイムだけ長くして叩きやすくする。そういう手続きである。

40試行をもって検査を終了した。終了後ただちに、被験者の作業効率を評価した一連のデータが自動的に打ち出されるしくみになっている。所要時間約5分。

原型となった検査課題について、プログラムのソース・リストと出力例を図示した(図4)。

検査の手続き

各人にハンドヘルドコンピューターが1台渡されて、氏名等のメモを入力したのちリターンキーを叩くと自動的に検査が開始される。被験者には検査の要領にかんする教示が与えられた。以下に、低圧実験室での実験の進行手続きを示す。

まず、常圧条件で3回の練習試行をおこなった。ついで、常圧の高度0mから、4000mに高度を上げた。上昇速度は、毎分100m。以後は、1000mステップで上昇しては、しばらく停留して検査をおこなった。高度障害にかんする自覚症状チェックリストの記入ののち、ハンドヘルド

コンピューターによる精神作業検査をおこなった。最終的には8000mまで、同一の作業をおこなった。各高度での滞留時間は約40分とした。

なお、精神作業検査と平行して、心電図を同時記録するとともに、テレビモニターなどを通して、被験者の安全を実験室外から監視した(図5)。

ヒマラヤでの検査手続き

ヒマラヤ高所での、検査方法としては、検査の実施を完全に被験者に委ねてみた(松沢ら、1985)。1984年のカンチェンジュンガ遠征(日本山岳会主催)では、4台のハンドヘルドコンピューターを用意して、各キャンプに1台ずつ荷上げた。

電源としては、ソーラーバッテリー(京都セラミック社SB-II型、142グラム)を持参した。コンピューターには防湿用のカバーをかけた。ソーラーバッテリーと予備のプリント用紙を加えて、システム一式をプラスチック製のカバンに入れた。全重量は約2.5kgである。

各キャンプで、隊員は、自分の好きなときに、自分の好きなだけ、この「もぐら叩きゲーム」を

楽しんでよい(図6)。温度計で体温を測り、血圧計で血圧を知るのと同様に、コンピューター・ゲームでその日の精神的な面での調子を自分で知ることができる。実際に1984年のカンチェンジュンガ遠征では、全25名の隊員のうちの23名が自発的に検査をおこない、合計186回の検査資料が集まった。

同様にして、1989年のムズターグアタ遠征(出水ら、1990)では、7名の全隊員から、合計184回の検査資料が集まった。この場合は、ノートを用意しておいて、プリント・アウトされた検査資料を各自がノートに貼っておくようにした。こうして、検査の実施から記録の整理までを、被験者の自発性に基づいておこなってみた。結果は期待以上に、日常の検査ルーチンとして活用されたといえるだろう。

5 VCPTの結果の処理と解釈

見本事例

低圧実験室で、低酸素環境に順応するために1カ月間に5回連続して入室した被験者の第5回目の事例を図7に示した。被験者は筆者自身(当時



図5 低圧実験室での検査風景



図6 ヒマラヤ7200mの高所キャンプでの検査風景

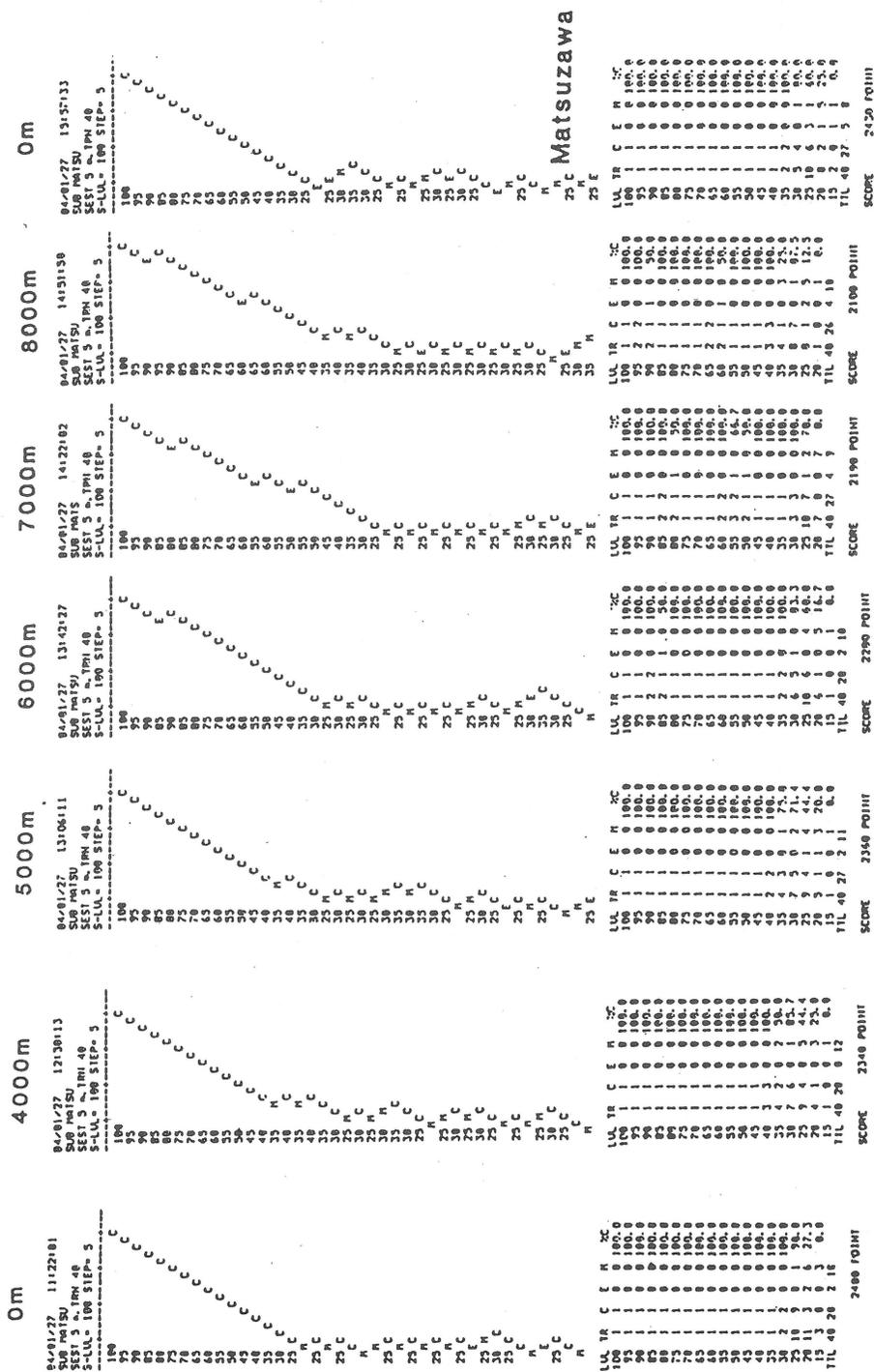


図7 低圧実験室での検査結果の出力例

33歳)である。

上述の手順にしたがって実施した各高度における精神作業検査の検査結果を、実施順に左から右へと配列した。各出力例では、はじめに実験条件やメモが表示され、次に40試行の各試行ごとの刺激出現時間と成績(C:正答、M:取り逃がし、E:誤打)が逐次表示された。さらに出現時間ごとに集計した成績(正答率)が表示され、最後に総合得点(SCORE)が表示される。

成績の指標

各出力例に描かれた出現時間の増減の軌跡が検査結果の原資料であり、この軌跡パターン自体が最も重要な情報になっている。

一般的には、上下法の採用により出現時間は単調に減少したのち、50%閾値付近でこまかく上下動することが期待される。0mでの健常者の資料は、ほぼ例外なく常にこのパターンである。

しかし高度をあげると、正常パターンからの逸脱が生じる。

- ①出現時間が単調に減少しなくなる。すなわち、ふつうはまちがえない(取り逃しや誤打のない)出現時間でもまちがいをおかすようになる(図7の、6000、7000、8000mの事例)。これは50%閾値水準に到達するのに必要な試行数の増大としてもあらわれる(図7の7000、8000mの事例でとくに顕著といえる)。
- ②出現時間の上下動の幅が大きくなる。すなわち、成績がよくなったり悪くなったりゆれ動く。そのゆれ動きの幅が大きい。
- ③上下動の一定する水準や最短出現時間が、0mにくらべて長くなる。すなわち、できるだけすばやくモグラを叩こうとしてもはや叩けなくなる出現時間の値が長くなる(図7の8000m)。

これら軌跡パターンの変化は、①ボカをしやすくなる、②注意力が持続しない、③努力しても瞬時の判断・動作ができにくい、といった精神機能の低下と対応していると考えられる。

この軌跡パターンをより簡便な数値によって代表させ、高度(低酸素)による影響を比較するために、精神作業のパフォーマンスの程度を示すいくつかの成績の指標を考案した。以下に、「総合得点」と「閾値」について詳述する。

<総合得点>

出現時間の初期値(100ループ・タイム)を規準として、どれだけ出現時間を短くすることに成功したかを総合的に評価する。定義としては、初期値からの出現時間の短縮を、毎試行ごとに累積した合計がこの総合得点である。上述の①②③の要因は、すべて総合得点の減少に結びつくことになる。

<閾値>

モグラ叩きのパフォーマンスがある一定の水準となったときの出現時間をもって閾値と定めた。以下の4種類の閾値は、それぞれの意義が認められる基準といえるだろう。

①100%閾値(厳規準:100S)

つねに100%正しくモグラを叩けた、その出現時間の最小値。ここで、100%正しいという規準を厳しく採ると(Strict criterion)、出現時間ごとの正答率の変化において、初めて100%から逸脱し始める直前の値をもって閾値とする。図7の6000mの事例では90ループ・タイムとなる。

②100%閾値(緩規準:100L)

100%正しくモグラを叩けた、その出現時間の最小値。ここで、100%正しいという規準を緩く採ると(Loose criterion)、出現時間ごとの正答率の変化において、最後に100%から逸脱し始める直前の値をもって閾値とする。上記事例では35ループ・タイムとなる。なお、図4の出力例では、100Lも100Sも、ともに35ループ・タイムという値になって、両者に差がない。

③50%閾値

上下移動比1:1のこの検査法では、1回正答すると下降(すなわちモグラの出現時間が1ステップ短縮)し、1回誤答すると上昇(すなわち出現時間が1ステップ増大)する。こうして上下に波動するパフォーマンスの平均水準が50%閾値となる。正確な算出法としては、出現時間ごとの正答率の表をもとに、50%正答率となる値を、閾値をはさむ二点の回帰式から求めた。上記の図7の6000mの事例では、25ループ・タイムでの正答率が60%で、20ループ・タイムでの正答率は16.7%であるから、50%閾値は約23.8ループ・タイムとなる。図4の事例では、

30ループ・タイムで正答率が一度は50%を割って、25ループ・タイムでまた50%以上に復帰している。こういう場合は、最後に50%ラインを交差する二点で回帰式を求めるのが妥当だろう。したがってこの場合の50%閾値は23.6ループ・タイムとなる。

④0%閾値

けっして正答することのない出現時間の値。この出現時間では、必ずモグラを取り逃すかあるいは誤って叩く。図4の事例では15ループ・タイムになる。

以上の閾値のうち、100%閾値（厳規準）は上述の要因「ボカのしやすさ」を反映している。他の閾値は100%、50%、0%と段階を区切って、要因「瞬時の判断・動作の困難さ」の程度を反映しているといつてよいだろう。

図9は、のべ21名が低圧実験室でテストされた例（松沢ら、1985）の、平均値を示したものである。高度の上昇とともに、パフォーマンスは低下し、各閾値が上昇していることがわかる。

6 検査の信頼性と妥当性

この検査の信頼性は、最初の0mの検査と、高度を上げて検査したのち再度0mでおこなう検査との比較によって測られる。平均値としての図9や、個別の事例としての図7からも明らかのように、0mでの再検査結果は、変化がない。つまり、繰り返し検査することによる練習効果はきわめて小さいといえる。

同一人物の0mでの検査成績（たとえば総合得点）を日を変えて比較しても、その変動は小さい。高い信頼性をもっているといえる。

経験的に言うと、だいたい3回の練習で成績はほぼ安定したレベルに到達し、10回以上の経験を強制的につませても、もはや成績が改善されることはない。

高度の影響による精神機能の低下を反映しているという検査の妥当性については、すでに成績の指標の項で述べたとおりである。高度があがるにつれて、精神機能の特定面を反映した指標がそれぞれ低下の傾向を示している。以下では、高度による精神機能の低下の様相を詳しくみてみよう。

7 低酸素の影響を受けやすい精神機能の側面

この「モグラ叩き」と称した精神作業検査は、精神機能のいくつかの側面と関連している。総合得点という全般的な指標のかわりに各段階の閾値を指標とすることで、どのような側面がもっとも高度の影響を受けやすいかを考察してみよう。

①閾値の分析から

図8は各高度における各閾値の平均値である。高度が高くなるにつれて閾値も高くなっている。すなわち瞬時の判断・動作は、どんなに努力しても、高度が高くなるにつれて徐々に低下している。ただしその差は約10ループ・タイムでしかない。0%、50%、100%（緩規準、図8の100L）閾値はほぼ平行関係にある。

しかし100%閾値であっても緩規準と厳規準（図8の100S）閾値とでは、高度が高くなるにつれて大きな差を生じている。

厳規準の100%閾値とは、これ以上短くすると適切な反応ができなくなるという最長の出現時間といつてよい。一方、緩規準の100%閾値とは、たとえ長い出現時間で誤反応など不適切な反応があっても、100%正反応が生じた最短の出現時間である。

この2つの閾値のあいだに生じる不適切反応とは、「ふつうならば起こりえないような誤反応」

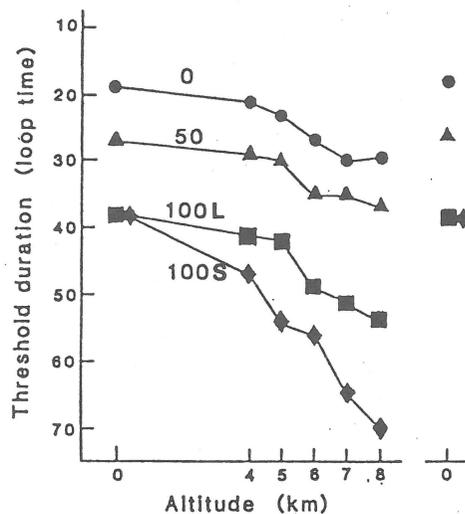


図8 各高度における精神作業検査の閾値の変化

すなわち「ボカ (careless mistake)」と呼ぶことができる。実際に0mの高度では2つの100%閾値は一致しており、ボカは生じない。高度が高くなるにつれて2つの閾値の差は大になる。高度の影響、すなわち低酸素負荷によって、ボカが生じるようになり、より高くなるにつれてより多くのボカが生じるといえるであろう。

0%閾値が示すように、所与の課題の中で発揮しうる最大限の能力としてみるならば、瞬時の判断や動作は、高度によってそう大きな影響は受けない。しかし100%閾値が示すように、数分の課題の中で注意を持続し最大限の能力を発揮し続けることができないのである。

②不正反応の分析から

高度が高くなるにつれて精神機能は低下し、とくに「ボカ」と呼ぶべき反応が生じやすいことがわかった。ではボカの中身は一体何だろうか。低圧下でみられる不正反応には、尚早反応、遅延反応、無反応、誤反応などあげることができるが、この課題での不正反応には、「取り逃がし:M」と「誤打:E」の2種類がある。

閾値から遠く離れた長い出現時間で生じる不正反応の場合、取り逃がしとは「ついぼんやりしていて、すべきことができなかつた」という状態だろう。誤打とは「ついうっかりしていて、ちがうことをしてしまった」という状態だろう。上下法というフィードバック機構を採用しているので、どれくらいすばやくモグラを叩けようがゆっくりしか叩けなからうが、不正反応の生起率はほぼ一定の水準に保たれている。つまり、上下比を1:1に設定すれば、長期的には正答率は50%に近づき、不正反応が半分を占めるようになる。

そこで、不正反応に占める取り逃がしと誤打の相対的な割合を、各高度で比較してみよう。図8に示したのべ21人の全資料について、各高度ごとに、不正反応に占める誤打の割合をみてみた。すると、0mで5.7%だった。以下、4000m:11%、5000m:10%、6000m:18%、7000m:18%、8000m:18%、再度戻った0mで11%という値がでた。再度の0mでの値が最初の0mとくい違うのは、高度影響の後効果と思われる。

ここではっきりいえることは、高度が高くなる

につれて誤打が増えるということである。第1不正反応だけをみると誤打の割合は0mで約20%、6000m以上では約40%にも達している。

すなわち高度が高くなるにつれて「ボカ」が多くなり、しかも「ついうっかり、ふだんならけっしてしないような類の誤りをおかしてしまう」といえる。けっして「ぼんやりしていてできなかった」のではなく、この課題でいえば「叩く」ことは忘れていない。叩かなければいけないという気構えは保持されている。

興味深いエピソードを付け加えよう。はじめて低圧実験室に入った被験者の例である。7000mの高度で、「まちがってばかりだけれど、機械がこわれているんじゃないですか」という訴えをした。実際に行動を観察しているわたしにはよくわかるのだが、彼は、モグラの出現時間はどんどん長くなっていくのにあせって誤打を繰り返していた。このように、高度が精神機能に及ぼす影響は、「何々をしなくてはいけないと気ばかりあせるが、ついうっかり、ふだんならけっしてしないような類の誤りをおかしてしまう」というような表現に要約できるかも知れない。

8 結論

コンピューターを用いた精神作業検査VCPTを考案した。その原理を解説し、その検査で評価できる精神機能の側面について考察した。ここでは、ヒマラヤの高所と、それをシミュレートする低圧実験室での検査事例をもとに、この検査の効用を説いた。

コンピューターを用いた精神作業検査は、何も低酸素環境の影響を評価する目的にしばられない。

VCPTを用いて、松林ら (Matsubayashi et al in press) は、加齢による精神機能の低下を評価した。三上ら (1990) は、3歳から12歳までの子どもの運動視と反応時間の発達研究において、この検査を用いた。出水ら (私信) は、ペンタゾシン静注投与後の中枢神経系副作用の評価としてこの課題を用いている。

低酸素、加齢、発達、鎮痛薬投与などによる精神機能の変化を、コンピューターを用いて自動化した検査が、閾値やスコアとして定量的に評価し

てくれる。この検査法は、今後も、さらに広い分野に応用されて行くだろう。

与えられる課題も、必ずしも「もぐら叩き」である必要はない。実際に、数字列の記憶課題によって短期記憶容量の変化を見たり、乱数発生プログラムをもとに行動の固着傾向・ステレオタイプ化を評価したりするプログラムが開発されている。1990年のシシャパンマ遠征では、こうしたコンピューターを利用したVCP T以外の各種の精神作業検査によって、低酸素が精神機能に及ぼす影響を多面的に評価した。こうした最新の成果については、また改めて報告したい。

本稿では、そうした近年の発展の基礎にある、コンピューターを用いた精神作業検査の原理と構想の背景について詳述した。臨床医学と実験心理学の境界領域、さらには異文化間の比較研究や発達・加齢の研究までを含んだ研究領域で、今後もさらに新しい試みがなされるだろう。携帯用コンピューターを利用した精神作業検査というこの新しい種子が、定着することを願ってやまない。

謝辞

本研究を実施するにあたり、多くの方々にお世話になった。名古屋大学環境医学研究所には、低圧実験室を利用させていただいた。とくに、荻阪良二、木田光郎先生はじめ、第6部門の諸先生・技官の方々には実験の実施にご協力いただいた。1984年(カンチェンジュンガ)・1990年

(シシャパンマ)の2度の遠征において、携帯用コンピューターはエプソン社の好意により寄贈いただいた。故・西堀栄三郎博士からは、終始、励ましのことばと助成の手をいただいた。「もぐら叩き」のプログラムの作成は、主として、京都大学霊長類研究所の藤田和生博士の手によっている。南雲純治技官、長谷川芳典研究員(現、岡山大学助教授)には、プログラムの改編にあたって貴重な助言を賜った。上記の方々と機関に対して、感謝の意を捧げたい。

引用文献

出水明・瀬戸嗣郎・松沢哲郎(1990)低酸素環境における人体の順応機構：生理学的研究。ヒマラヤ学誌、1:11-30。

Mackworth, N. (1956) Vigilance. *Nature*, 178:1375-1377.

Matsubayashi, K., Kawamoto, A., Shimada, K., Kimura, S., Takeuchi, K., & Matsuzawa, T. (in press) A new computer-aided simple neuropsychological test useful for assessment of geriatric neurobehavioral function and detection of dementia: Visuospatial Cognitive Performance Test.

松沢哲郎(1985)ヒマラヤ8000mにおける精神機能：ハンドヘルドコンピューターを用いた精神作業検査。名古屋大学環境医学研究所年報、36:238-248。

三上章充・久保田競・藤田和生・長田佳久・三上文江(1990)運動視機能の発達過程の研究。近藤四郎(編)「変動する社会の家族にみられる文化と身体の相互作用」、科学研究費補助金特定研究研究成果報告書。

和田陽平・大山正・今井省吾(1969)感覚・知覚ハンドブック。誠信書房。