Arousal Level と 暗 記 学 習 と の 関 係

滋賀医科大学 金 光 義 弘¹

THE RELATIONSHIP BETWEEN AROUSAL LEVEL AND HUMAN ROTE LEARNING

YOSHIHIRO KANEMITSU

Shiga University of Medical Science

This experiment aimed at to analyse the effects of "arousal" on both performance level and physiological index during human rote learning with a premise that white-noise and task-difficulty would serve as "physical" and "cognitive" arousers respectively. Forty subjects were randomly assigned to 4 experimental groups varying on 2 noise levels and 2 task difficulties. Results obtained were as follows. First, there was a trend of interaction between the physical and cognitive arousers, i.e., the administration of white-noise increased the performance level under the easy task conditions while it decreased under the difficult conditions. Secondly, the heart rate increased during the rote learning, reflecting its highest arousal level at the recall periods.

有機体の行動における動機づけの要因の1つとして、動因に類似した arousal という概念がある。この2つは主として学習心理学の体系の中で詳細に比較検討がなされてきた (Hebb, 1955; Malmö, 1959; 室伏, 1962)。一方、動因とは異なった役割を arousal に求めようとする試みや主張も数多くなされてきた (Bindra, 1959; Berlyne, 1960; Duffy, 1962; Burgess & Hokanson, 1964; Berlyne, Borsa, & Craw, 1965; Routenberg, 1968; Hokanson, 1969; Obrist, Webb, & Suttner, 1969; Lacey & Lacey, 1970)。しかし、これらは動機づけや刺激受容の段階における有機体の脳内活動水準を微視的な生理的指標で捉えうることと、生理学的観点から中枢神経系における情報処理過程をモデル化しうることを示しはしたが、行動科学に著しく有効な知見を提供したものは数少ない。その背景には、arousal の機構や機能に含まれる巨視的に単純明解な要素と、微視的には複雑多様な要素とが共存しているようである。ここでは arousal の基本的特性に含まれる若干の問題を検討する。

arousal の基本的特性として次の2点が考えられている。(a) 大脳生理学のレベルでは、あらゆる入力刺激は大脳網様体の非特殊の賦活作用によって、ある覚醒水準 (arousal level) をもって大脳皮質に汎性的に投射され

る。(b) 行動遂行の側面では、arousal の最適値を中心とした arousal level と遂行量との間に、いわゆる逆U字型の関数関係が存在する。ところで、この2点はそれぞれ別個に扱かいうるものではなく、あくまでも上記の (a) と (b) との関係が重要なのである。したがって、(a) と (b) との対応関係を検討するとき、次のような点が具体的な問題となるであろう。

1. arousal level に影響を及ぼすあらゆる入力刺激 (以下 arouser と呼ぶ) とは、全く non-specific (非特殊) なものであろうか。Malmö (1966) のように cognitive な arouser を他のいわば physical なものと区別すべきであるという主張もある。

2. arousal level の指標として用いられる生理的諸変化 (例えば、脳波、GSR、心拍、呼吸、血圧、瞳孔サイズ、等) の間には規則的な一致または対応が恒常的に得られない事実があり、arousal における従属変数としての信頼性に問題が残されている。

3. 1. と 2. との総合として、もしも2種類の異質な arouser が同時に実験変数として導入され、両者が non-specific に機能しなかった場合には、生理的指標間の不一致と、arousal level と行動遂行水準との関係はどのように解決されるのか。

そこで、本実験ではまず 1. の問題を中心に、操作的定義に基づいて cognitive な arouser と physical なものとを同時に導入し、行動遂行成績および生理的指標への反映の仕方に特殊性が認められるかどうかを確かめる。有機体の遂行場面を人の暗記学習とし、cognitive arous-

¹ 本研究は主に京都大学在籍中に実験したものを表記所属機関においてまとめたものである。本論文の作成に当り有益な助言をいただいた京都大学文学部本吉良治教授に感謝します。なお筆者の現所属機関は岡山大学文学部である。

er として学習課題の難易性, physical arouser として白色雑音 (white noise) をそれぞれ操作する. Malmö 等によれば, 暗記学習遂行成績では 2 種の arouser は単純加算されて一元的に働くのではなく, 二元的効果, すなわち両者の間の交互作用が認められるはずである.

次に, 生理的指標の問題は極めて複雑なので, ここでは測定対象を心拍率 (Heart Rate, 以下 HR と呼ぶ) だけに限定し, 行動遂行水準の場合と同様の観点から検討する. 加えて, 従来のように実験期間を通しての平均的測定ではなく, 実験経過に伴う詳細な時相的分析によって 2 種の arouser の特性の相違を明らかにしたい.

方 法

実験計画及び被験者 暗記学習として再生法対連合学習を用いた. その課題の難易性について 2 種類 (難 vs. 易) と, 遂行期における外挿的白色雑音について 2 種類 (有 vs. 無) とを実験変数として, 2×2 の要因分析法に従った. 大学生 40 名を無作為に 10 名ずつ 4 群に配した. 被験者の性別や年齢は特に考慮せず, この種の実験に関して全く経験がなく, したがって固有の学習セットもなく, かつ実験への自我関与度が等質とみなしうるナイーブな者であることを重視した. 類似の実験の経験による遂行水準への影響を排除し, 精神負荷の状態をできるだけ純粋に保つためであった.

学習材料 対連合学習の刺激項目としてローマ字を 12 個, 反応項目として清音 2 字音節の片仮名 2 字綴 (有意味度 220—270) を 12 個, それぞれ無作為に組み合わせ次のような学習リストを作成した. F-クモ, X-ヤミ, H-シタ, P-スミ, N-ウマ, L-ハナ, R-イロ, V-カネ, J-テツ, B-アサ, T-ソラ, D-キリ. なお, 系列位置効果を除くために 5 種類の呈示順序のリストを用意した.

装置及び手続 (a) 再生法対連合学習: 記銘期及び再生期のリスト呈示にはテープ式メモリードラムを用いた. 再生期には刺激項目だけを呈示し, 被験者には反応項目の言語再生を求めた. 記銘期の刺激-反応項目対の呈示時間と呈示間隔は共に, 困難条件の場合は 2 秒, 容易条件では 4 秒とした. また, 記銘試行終了後再生試行に移るまでの間隔は両条件とも 4 秒とした. 1 項目当りの再生時間は, 困難条件の場合は 4 秒, 容易条件では 8

FIG. 1. Sequence of experiment and periods of HR recording; (1) individual base level, (2) effects of instruction, (3) effects of white noise and/or headphone, (4) changes on acquisition phase, (5) changes on recall phase, and (6) level of the end of experiment.

秒とした. なお, 別の被験者を用いた予備実験の結果, 容易課題の場合に正答率が 90% に達するのも, 白色雑音への順応傾向が始まるのも記銘と再生の試行が 3 回目であったことから, 本実験でも 3 試行とした. (b) 白色雑音の操作: 実験群の被験者には, ヘッドホーンを通して 78 dB の白色雑音が与えられ (WN 群), 統制群にはヘッドホーンは装着されるが白色雑音は与えられなかった (NN 群). (c) 生理的変化の測定: 生理的変化の指標として採用した 1 分間の HR (bpm) は, 心電計標準肢誘導による心電図の R-R 棘波間隔から算出した. なお, 被験者の HR が基本水準に安定するまで十分な安静時間 (20—30 分) を置くように配慮した. その他, 生理的変化の測定時期を含めた実験経過は Fig. 1 の通りであった.

結 果

対連合学習の遂行成績 実験変数として白色雑音の有無による外挿的 arousal level の高低と, 課題の難易性に基づく認知的 arousal level の高低とからなる 4 条件群の再生正答数を求めた. 対連合学習の群別平均正答数を, 課題の難易に分けて 3 試行の学習曲線として図示したものが Fig. 2 である. 再生正答数についての分散分析の結果, 課題の難易性に関して主効果が認められた ($F_{(1,36)}=15.14, p<.001$). すなわち, 項目呈示速度と再生時間による課題の難易性の操作には成功したといえる. 一方, 白色雑音の要因の効果は認められなかった ($F_{(1,36)}=0.15$). 次に, 白色雑音の要因と課題の難易性要因との間に交互作用の傾向が見られた ($F_{(1,36)}=3.89, .05<p<.075$). つまり, Fig. 2 の学習曲線の様相から, 容易課題の場合は WN 群が NN 群より優れた成績

FIG. 2. Mean number of correct recalls as a function of trial for each condition.

を示したのに対し、困難課題の時には両群の関係が逆転したことがうかがえる。また、3回の再生試行の主効果も認められ ($F_{(2,72)}=204.95, p<.001$)、単調増加過程を示した。

生理的指標の変化 全被験者について Fig. 1 の実験経過に示された6種類の測定時期に基づいて HR 変化量を求めた (これは被験者毎に各時期の測定値から (1) の基本値を減じたもので、すべての値は0以上であり HR 増加量ともいえる)。各測定時期における群別の平均 HR 変化量を課題の難易に分けて Fig. 3 に図示した。分散分析の結果、白色雑音の要因と測定時期の要因とに主効果が認められた (それぞれ $F_{(1,108)}=6.21, p<.05$, $F_{(2,108)}=25.81, p<.01$)。すなわち、WN 群の HR 変化量は NN 群に比べて有意に優り、白色雑音が arousal level の上昇に寄与していることと、暗記学習遂行中の HR 変化量が他の時期に比べて有意に高いのは遂行中の精神負荷量の差が反映していることを示唆している。さらに、白色雑音の要因と測定時期の要因との交互作用 ($F_{(2,108)}=4.56, p<.05$)、および白色雑音と測定時期と課題の難易性の要因との交互作用 ($F_{(2,108)}=6.07, p<.05$) も認められた。Fig. 3 からうかがえるように、白色雑音が与えられた時期 (3) から、暗記学習遂行中 (4, 5) にかけてのみ WN 群が NN 群より高い HR 変化を示し、しかも、(4) と (5) における両群の関係が課題の難易性によって相異している。困難課題では記録期と再生期を通じて WN 群が NN 群よりも高い HR 変化を示すが、その傾向は容易課題の記録期では見られなかった。

FIG. 3. Mean value of HR change on six recorded periods for each condition (bpm).

考 察

arousal level を規定する操作として、2種類の arousal を実験変数として導入し、暗記学習における arousal の効果を遂行成績と生理的指標との側面から検討しようとしてきた。まず、遂行成績の側面から議論すれば、白色雑音の要因と課題の要因との交互作用の傾向が認められたことから、課題の難易度によって外挿的 arousal の効果は相異することが示唆された。これは遂行成績に効果をおよぼす要因として、cognitive arouser と physical arouser とが存在し、互いにダイナミックな関係を保っているものと解釈される。すなわち、実験背景の1.で設問した arousal の二元性を支持することになる。しかし、この結論に至るまでには、個体内で一方を固定し他方をバリエーションにする実験の結果も待たなければならぬ。

白色雑音による arousal level の高低の影響が課題の難易度によって異なるという傾向は、anxiety drive level という一般動因 (D) の強度の効果が、課題の困難度によって異なるとする Spence, Farber, & McFann (1956) 等の暗記学習での結果と一致する。arousal の機能の解明とともに、改めて一般動因との関係も吟味されてよい。

一方、行動遂行と arousal の関係については、arousal の非特殊的功能に対して cognitive arouser を想定しながら、具体的な特殊機能を確める試みもなされている。たとえば Blum, Gewitz, & Stewart (1967) は特に cognitive arouser は特殊なフィードバック回路を持った入力刺激情報のフィルター機能を果たすことをモデルによって示している。今後 arousal と行動遂行の問題を検討する場合、このような arousal の機能の質的側面からのアプローチも必要であろう。

次に、この実験からは2種類の arouser の操作が生理的指標にどの程度の信頼性をもって反映したかは明らかにされないが、HR 変化の現象で見限り白色雑音による physical arousal は明確に反映したといえる。さらに HR の測定時期に基づく時相的分析の結果、測定時期と白色雑音要因との交互作用が認められたのも興味ある結果であった。暗記学習中 (記録期と再生期) の arousal level が精神的作業にともなう精神負荷のために、他の測定時期に比べて高いのは当然としても、白色雑音の導入による HR の増加が著しくなるのもこの学習中に限られることを示しているのである。これは、暗記学習という精神負荷の強い状態が敏感に HR に反映した上に、こうした精神負荷がある水準以上にあるときに別の arouser の効果が増幅されることを意味していると考えられる。この解釈は HR 変化量において、困難課題の学習中の WN 群が NN 群より優り、容易課題ではその傾

向が再生期に見られた結果からも支持されよう。すなわち、容易課題の記憶期を除いて、その再生期や、困難課題における学習中の精神負荷量は著しく大きいために、白色雑音による arousal level が一層増幅されたとみなしうるからである。

なお、HR 変化量において、課題の難易性の主効果が認められなかったことについて留意しておかなければならない。課題の難易性は cognitive arouser として独立な個体間で操作されているが、刺激項目の呈示時間と呈示間隔によって、いわば絶対的な課題に対する難易の認知の差異が期待された。しかしながら、先述の一般的精神負荷の強度とも関連して個人差が大きく（特に測定時期（4,5）における SD は NN 群についてみても 8.8—13.3 のように大きかった）、群間の差としては HR に反映しなかったものと思われる。この点に関して金光（1970）は、同一被験者に難易両課題を交互に課して、課題の難易性をいわば相対的に認知経験させたところ、困難課題遂行中の HR が容易課題の場合よりも有意に高いことを確めている。したがって、cognitive arouser として課題の難易性を導入する場合には、その相対的認知の経験を考慮する工夫も必要であろう。

また、本実験では HR をもって arousal level の生理的指標としたが、Lacey & Lacey (1970) の報告によれば HR が環境刺激を遮断するという特殊な機構を含んでいること等とも関連して、HR が最適な指標であるかどうかの検討もなされなければならない。ただ、実験を通しての経験的所見を記せば、④ 刺激が与えられてから自律反応が生じるまでの潜時が短かいこと、⑤ その自律反応が一過性に富み、順応現象が比較的少ないこと、⑥ 反応の数量化が容易であること、等から HR は比較的良好い arousal level の指標になりうるといえよう。

この実験では、実験背景で述べた 2. と 3. の生理的指標間の不一致の問題は解決されないが、今後は中枢神経系の機構の見地から、求心性の arouser と、遠心性の生理的变化との対応関係が組織的に検討されなければならないであろう。

引 用 文 献

- Berlyne, D. E. 1960 *Conflict, arousal, and curiosity*. New York: McGraw-Hill.
- Berlyne, D. E., Borsa, D. M., & Craw, M. A. 1965 Effects of stimulus complexity and induced arousal on paired-associate learning. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 4, 291-299.
- Bindra, D. 1959 Arousal and behavior. *Motivation: A systematic reinterpretation*. New York: Ronald Press. Pp. 210-257.
- Blum, G. S., Gewitz, P. J., & Stewart, C. G. 1967 Cognitive arousal: the evolution of model. *Journal of Personality and Social Psychology*, 5, 138-151.
- Burgess, M., & Hokanson, J. E. 1964 Effects of increased heart rate on intellectual performance. *Journal of Abnormal and Social Psychology*, 68, 85-91.
- Duffy, E. 1962 *Activation and behavior*. New York: Wiley.
- Hebb, D. O. 1955 Drives and the C. N. S. (conceptual nervous system). *Psychological Review*, 62, 243-254.
- Hokanson, J. E. 1969 The concepts of physiological arousal. *The physiological bases of motivation*. New York: John Wiley & Sons, Inc. Pp. 12-32.
- 金光義弘 1970 覚醒 (Arousal) と学習及び記憶に関する研究 京都大学大学院博士課程論文要旨 (昭和 44 年度) 京都大学大学院文学研究科, Pp. 57-62.
- Lacey, J. I., & Lacey, B. C. 1970 Some autonomic-central nervous system interrelationships. In P. Black (Ed.), *Physiological correlates of emotion*. New York: Academic Press. Pp. 205-227.
- Malmö, R. B. 1959 Activation: A neuropsychological dimension. *Psychological Review*, 66, 367-386.
- Malmö, R. B. 1966 Cognitive factors in impairment: A neuropsychological study of divided set. *Journal of Experimental Psychology*, 71, 184-189.
- 室伏靖子 1962 Arousal と動因 心理学評論, 6, 175-185.
- Obrist, P. A., Webb, R. A., & Sutterer, J. R. 1969 Cardiac deceleration and reaction time: An evaluation of two hypotheses. *Psychophysiology*, 6, 695-706.
- Routenberg, A. 1968 The two-arousal hypotheses: Reticular formation and limbic system. *Psychological Review*, 75, 51-80.
- Spence, K. W., Farber, I. E., & McFann, H. H. 1956 The relation of anxiety (drive) level of performance in competition and non-competition paired-associates learning. *Journal of Experimental Psychology*, 52, 296-310.