

## 条件性抑制における US 持続時間の効果

山下 光・川合 伸幸  
今田 寛

電撃などの嫌悪刺激を使用した行動実験において、嫌悪刺激の持続時間は重要なパラメーターの一つである。特に、罰事態を用いた研究では嫌悪刺激の持続時間と反応抑制の程度が正の相関を示すことがたびたび示されて来た (e.g., Boe, 1966 ; Church, Raymond & Beauchamp, 1967 ; Seligman & Campbell, 1965)。また、Sidman 型回避学習でも、嫌悪刺激の持続時間が長いほど反応数が多くなることが報告されている (e.g., Riess, 1970 ; Riess & Farrar, 1972)。

ところが、嫌悪刺激を無条件刺激 (unconditioned stimulus ; US) として使用した古典的条件づけの研究においては、一致した結論が得られていない。罰事態と同じく、US の長さで条件反応 (conditioned response ; CR) の増大に正の相関関係を認めたという研究はほとんどなく、むしろ US の長さで CR の強さの間には相関がないという結果が多い (e.g., Ashton, Bitgood & Moore, 1969 [ウサギの眼瞼反応] ; Bitterman, Reed & Krauskopf, 1952 [ヒトの皮膚電気反応] ; Wegner & Zeaman, 1958 [ヒトの心臓血管反応])。また、US が短い方が強い CR を得たという結果さえ報告されている (Dufort, 1967 [ヒトの眼瞼反応] ; Runquist & Spence, 1959 [ヒトの眼瞼反応])。しかし、奇妙なことに嫌悪性 US を使用した古典的条件づけ技法として、現在広く使用されている条件性抑制 (conditioned suppression) 事態で、この問題を検討した研究はほとんど見あたらない。わずかに Riess & Farrar (1973) が、ラットの食餌性バー押し反応をベースラインとした研究を報告している。彼らは、VI 60秒のバー押し反応が確立された5群のラットに対して、1分間の赤色光 (CS) と、

その終結に同期させた 0.5 mA の電撃 (US) を対提示した。US の持続時間は群毎に 0.05 秒, 0.2 秒, 0.5 秒, 1.0 秒, 3.0 秒であった。その結果, 1.0 秒, 3.0 秒の US が提示された群は強い条件性抑制を獲得したが, 0.2 秒, 0.5 秒の 2 群は比較的弱い抑制にとどまった。また, 0.05 秒ではほとんど抑制が認められなかった。彼らの実験は条件性抑制事象において, US 持続時間の効果を示した点で注目に値するが, 消去過程の分析など不備な点も多い。

そこで本論文は, 摂水反応をベースとした条件性抑制事象において US 持続時間が条件性抑制に及ぼす効果を検討した実験を報告し, それによってこの領域では数少ない研究事例に一研究例を付加し, その結果について考察することを目的とする。

## 方 法

### 被験体

実験経験のない雄の Wistar 系アルビノラット 32 匹。実験開始時の平均体重は 295 g (271~315 g) であった。

### 装置

実験装置として摂水箱 6 台を使用した。摂水箱 (20 (L)×10 (W)×15 (H) cm) は内壁が白色, 天井部分は透明の亚克力製で, 床面は通電可能なグリッド床であった。ラットは, 摂水箱前壁中央の開口部から舌先を出すことによって, 外部に固定された給水管から摂水可能であった。摂水反応 (ラットの舌先が給水管に触れた回数) は, コンタクト・リレー回路によって検出された。実験室内は 4 個の白熱灯によって間接照明され, 換気扇の稼働音 (64 dB) がマスキング・ノイズとして用いられた。CS は, 1000 Hz, 84 dB (マスキング・ノイズに 20 dB 上乗せ) の純音で, 持続時間は 5 秒であった。US として 120 V の交流電撃が, 250 k $\Omega$  の保護抵抗と, スクランブラーを介してグリッド床から提示された。刺激制御および反応の記録は, 自家製のインターフェイスを介して, 隣室に設置されたパーソナルコンピューター (NEC PC9801VX21)

によって行われた。

#### 手続き

摂水訓練： 被験体は1日5分間のハンドリングを2日間受けた後、21日間にわたって1日5分間、摂水箱内での摂水訓練を受けた。全ての被験体は訓練終了後に飼育室内のホームケージに戻され、25分間給水された（23.5時間の絶水スケジュール）。この絶水スケジュールは実験終了日まで維持された。被験体は、訓練最終3日間の平均摂水反応数と体重をもとに4群（0.7S群、1.4S群、2.1S群、2.8S群）に割り当てられた。

CS 前提示： CS による非条件性の反応抑制を除去するために、2日にわたって後の条件づけと同じ刺激系列（300秒中3回）で、CS の単独提示が行われた。

条件づけ： 300秒のセッション中、3回の CS-US 対提示（CS 提示の終結と US 提示の開始が同期）が、4日間にわたって実施された。US の持続時間は各群毎に、0.7秒（0.7S）、1.4秒（1.4S）、2.1秒（2.1S）、2.8秒（2.8S）の4種類が用いられ、実際のセッション時間は300秒よりもその分だけ長くなっていた（0.7秒はわれわれの研究室での条件性抑制の実験で慣用的に用いられている US 持続時間であり、残りの3群はその倍数とした）。

ベースライン回復訓練： 消去テストに先だて、ベースライン反応の回復をはかるため、刺激が提示されない摂水訓練を5日間行った。

消去テスト： CS 単独提示（300秒中に3回）による消去テストが8日間にわたって行なわれた。

## 結 果

条件性抑制の測度としては、Annau & Kamin (1961) の抑制率（suppression ratio ; SR）を採用した。図1は各群の平均抑制率を示している。図1の左側は、各群の条件づけ期間中の抑制率を日毎に示している。横軸のPは、CS 前提示期第2日目の抑制率であり、群間でほとんど差がない。訓練の進行にともない、各群とも急速に条件性抑制を獲得しており、4日目にはほぼ完全

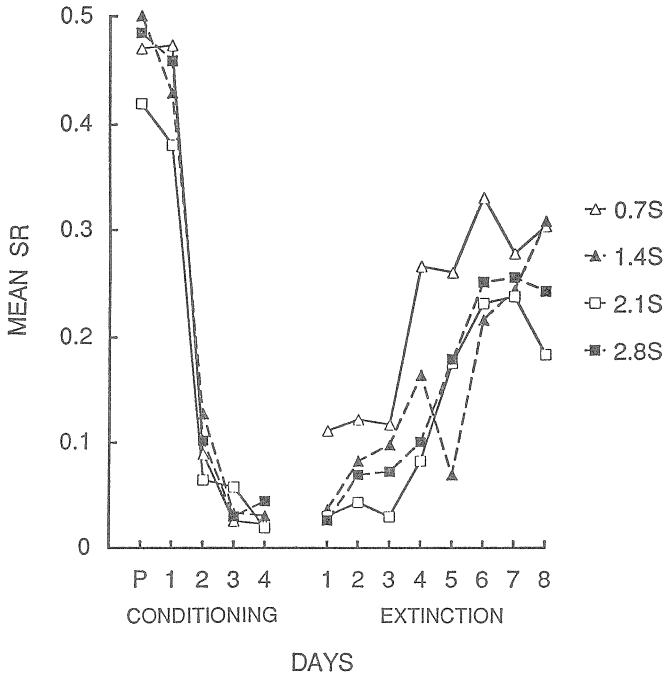


図1. 各群の条件づけ期（左側）と、消去テスト期（右側）の平均抑制率。

抑制に達しているが、群による違いはほとんどみられない。この抑制率に関して、群(4)×日(4)の分散分析を行なったところ、日の主効果のみ有意であった ( $F=308.40$ ,  $df=3/84$ ,  $p<0.001$ )。

しかし条件づけ期間中のベースライン反応については、群による違いが観察された。図2(左側)は各群の条件づけ期間中の摂水反応数(CS提示中を除く)を5秒あたりに換算して示したものである。USの持続時間の長い群ほど、ベースライン反応の低下が著しい。群(4)×日(4)の分散分析を行なったところ、群の主効果 ( $F=4.374$ ,  $df=3/28$ ,  $p<0.05$ ) と、日の主効果 ( $F=6.615$ ,  $df=3/84$ ,  $p<0.01$ ) がそれぞれ有意であった。交互作用は認められなかったため、各群毎に4日間を通した平均反応数を算出した(0.7S群から順に、それぞれ、18.4, 14.9, 11.3, 11.1)。分散分析後 ( $F=7.816$ ,  $df=3/124$ ,  $p<0.01$ ) の多

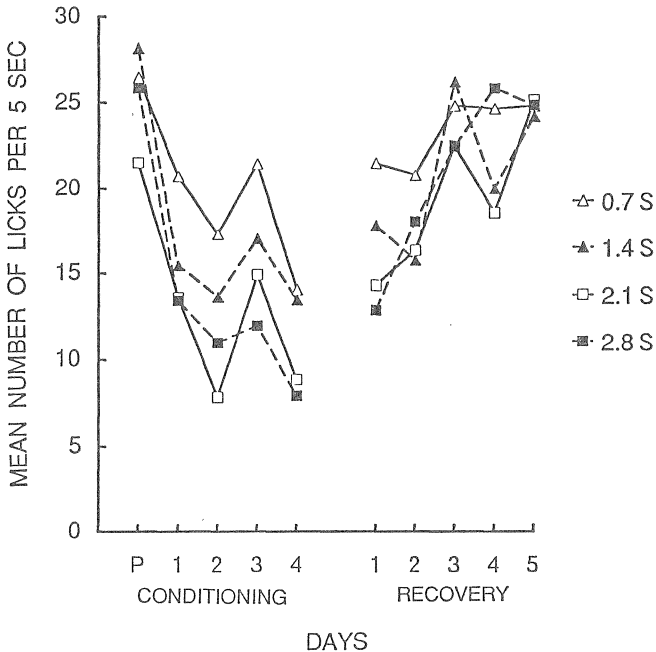


図2. 各群の条件づけ期（左側）と、ベースライン回復訓練期（右側）の平均摂水反応数（5秒あたりに換算）。

重比較（Duncan 法）で、2.1S 群と 2.8S 群間以外のすべての群間で有意差が認められた ( $p < 0.05$ )。参考までにベースライン回復訓練期の摂水反応数についても、図2の右側に示した。

各群の消去テスト時の平均抑制率は、図1の右側に示されている。0.7S 群が他の3群よりもやや弱い抑制を示しているが、それ以外には特に目立った群間の差は認められない。群(4)×日(8)の分散分析では、日の主効果のみ有意であった ( $F = 22.239$ ,  $df = 7/196$ ,  $p < 0.01$ )。

## 論 議

嫌悪刺激を使用した古典的条件づけにおける US の持続時間の効果について

は、理論的に異なる2つの立場がある。1つの考え方は、Hull (1943) の動因低減理論から派生したものである。US が終結すると動因の低減が速やかに訪れるが、US の持続時間が長い場合には、動因の低減が起こる位置と CS が時間的に離れてしまう。ゆえに CS と US 終結が接近している短い US の場合ほど、CS により強い恐怖が条件づけられるということ予測する (Miller, 1951)。しかし嫌悪刺激を US とする古典的条件づけに関する研究の多くは、本実験も含めて動因低減説を否定するものであり、この説についてここでこれ以上論ずる今日的価値はないと思われる。

いま1つの立場は、嫌悪刺激の持続時間が長くなるほど生体にとってその嫌悪性は高くなり、そのために喚起される CR (恐怖) も強くなるという考え方である (Riess & Farrar, 1973)。この立場では、US 持続時間の操作は、US 強度の操作と同じ効果を持つと仮定される。したがって条件性抑制場面においても、条件性抑制が US 強度の正の関数であることを示した諸研究 (e.g., Annau & Kamin, 1961; Ohki & Imada, 1984; Yoshida, Kai & Imada, 1969) と

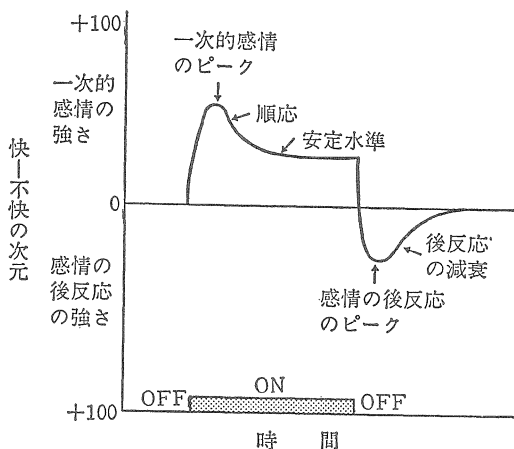


図3. 感情の動的变化の標準パターン。横軸上の網目の所で刺激が提示されている (今田 1988)。

同様の結果が、US の持続時間を長くした場合にも得られることを予測する。しかしながら本実験の結果はこの予測にも一致するものではない。

それではなぜ刺激の嫌悪性を強度によって操作した場合に得られる結果が、持続時間によって操作した場合には得られないのであろうか。この問題について考察するために図3に、情動喚起刺激（この場合は嫌悪刺激）の提示中と提示後に喚起される感情の時間的変化を、Solomon & Corbit (1974) の相反過程理論との関係で描いた図を今田 (1988) から引用した。

ここで刺激が提示されている間だけを問題にすると、この図は、まず嫌悪刺激が提示されると不快は急速にピークに達し、その後やや減弱しつつ、刺激が終結するまである安定水準を維持することを示している。嫌悪刺激の持続時間を長くすると、この安定水準の期間が刺激の長さに応じて長くなり、刺激の強度を強くすると不快のピーク値が高くなると考えられる。条件性抑制が US 強度には影響を受けるが、その持続時間には影響を受けないことをこの図を用いて表現すれば、条件性抑制はピークの高さによっては影響を受けるが、基線と曲線の間の面積の積分値によっては影響を受けないことを意味している。もしこのような表現が一般化できるのであれば、この図を用いて次のような演繹ができるのではないだろうか。すなわち、もし刺激の持続時間が非常に短くて、当該刺激強度のピークに達する以前に終結すれば、刺激の長さの問題はピークの高さに還元して考えることができ、この範囲では US の持続時間が条件性抑制に影響する可能性はある。しかしこの範囲をこえると条件性抑制の程度を規定するのはピークの高さのみとなる。興味深いことに、0.05, 0.2, 0.5, 1.0, 3.0 秒の US を用いた Riess & Farrar (1973) の実験では、条件性抑制は 1.0 秒まではほぼ持続時間の関数として強くなるが、1.0 秒と 3.0 秒には差がなく、本研究では 0.7 秒でやや条件性抑制は弱いようであるが、1.4 秒以上では差が見られていない。上の演繹に当てはめれば、このことはピークの位置が US 開始後 1.0 秒周辺にある可能性を示唆している。もっともこの比較は両研究においてほぼ同強度の US が用いられていることを前提にして成り立つ比較であって、もし US 強度によってピークの時間的位置が変化するのであれば、問

題はさらに複雑になる。もしこの問題が解決すれば、US 強度の操作に対応する異なるピーク値をもついくつかの曲線を重ね描きし、その図の上に横軸に平行な線を引く。それがピークより左側であれば、異なる強度と異なる持続時間の US についての心理的あるいは行動的等価点を求めることができるはずである。このように、より組織的研究を行なうにあたって図 3 は多くの示唆を与えてくれるように思われる。ただ一つこの考察に矛盾する事実は、Mowrer & Solomon (1954) が、3 秒と 10 秒の US を用いて（テストの方法に罰手法を用いた特殊なものであるが）、恐怖の条件づけの程度が異なる傾向を得ていることである。すなわち US 開始の 3 秒後であってもまだ不快がピークに達していないという、ありそうにもない仮定をしなければ、彼らの事実は説明され得ない。したがって図 3 を用いての説明の妥当性に関しては、今後より詳細な検討が必要とされる。

ところで今回初めて確認された事実は、US の持続時間が、条件性抑制よりもむしろ CS 提示中以外の摂水反応のレベルに顕著な影響を及ぼしているということである。今田 (1975) はこの摂水反応の水準によって表わされる情動水準を BEL（基線情動水準）と呼び、実験者が意図的に与えた CS に条件づけられた情動反応 CER と区別して、CS のないときの持続的な生体の情動レベルを反映していると考えた。この用語で本実験の結果を表わせば、嫌悪刺激の持続時間は CER と BEL に対して異なった影響の仕方をしているということになる。しかし、BEL とは実験事態あるいは文脈刺激に条件づけられた恐怖に他ならないという考え方に立てば、それは事態刺激に対する CR ということになり、今回みられた BEL の違いは、US 持続時間が長いほど CR の強度が強いということにもなる。著者のひとりである川合の未発表の実験でも、無信号で与えられた嫌悪刺激の持続時間が長いほど摂水反応が全体的に抑制される（BEL が高い）という結果を得ている。しかし、電撃の持続時間が長いと嫌悪性は高いということが、独立に証明されているにもかかわらず、なぜ CS と対提示した場合にはより強い恐怖の条件づけが起こらないのかという、原点の素朴な疑問が再び起こってくる。



最後に本実験のデータを離れ、US の持続時間が最近の学習理論の中でどの様に扱われているのか整理してみることにする。まず学習の様々なモデルのなかで、US の持続時間は一体どの様な位置にあるのか、現在この分野で最も有名で、かつ影響力のある Rescorla-Wagner モデル (Rescorla & Wagner, 1972) を例にとる。参考までに、一つの CS と一つの US が対提示された場合の Rescorla-Wagner の公式を Pearce (1987) に従って示す。

$$\Delta V = \alpha (\lambda - V)$$

このモデルではそれぞれの項を次のように定義している。まず  $V$  というのは CU-US の連合強度を示し、 $\Delta V$  はある試行での連合強度の増量 (変化量) である。 $\alpha$  は CS の明瞭度 (salience) で条件づけ中は一定 ( $0 \leq \alpha \leq 1$ ) と仮定されている。そして  $\lambda$  という項は、US によって決定されるところの漸近値である。このモデルでは、連合強度 ( $V$ ) は負の増加曲線を描いて漸近値 ( $\lambda$ ) まで増加する。さらに連合強度の変化量  $\Delta V$  は、その時点における連合強度  $V$  と  $\lambda$  の差 (discrepancy) によって決定されるということを表している。

このモデルに刺激されてその後登場した他の多くの理論 (e.g., Mackintosh, 1975; Mazur & Wagner, 1982; Pearce & Hall, 1980) でも、 $\lambda$  は US 強度によって影響されると考えられているが、それにとどまらず、 $\lambda$  は US 強度そのものであるとする研究者もいる。表 1 に各研究者別の  $\lambda$  の記述をまとめた。

表 1. 学習理論の代表的研究者による  $\lambda$  の記述。

Rescorla & Wagner	1972	US により決定されるところの漸近値のレベル
Mackintosh	1975	強化子の大きさによって決定される
Pearce & Hall	1980	US 強度によって決定されるところの条件づけにおける漸近値
Mazur & Wagner	1982	US 強度によって決定されるある決まった値
Pearce	1987	US によって決定される条件づけの漸近値

$\lambda$  のことを US の強度 (US intensity) と表現すれば、US 持続時間の入り込む余地はない。

しかし、もし US の大きさ (US magnitude) という表現を用いれば、US の持続時間を条件づけの重要なパラメーターの一つとして考える余地が残る。この立場をとっているのが、Church ら (1967) である。Church らが罰の嫌悪性 (severity) という表現を用いる場合には、電撃の強度と持続時間の積としてこれを考えているようである。

入について、“生活体に知覚されたところの漸近値である”，とか“US の大きさである”と記述するにとどめるか，“US の強度で決定される”と言いきってしまうか、この辺りの微妙な表現の違いが研究者の立場を反映している。また、この領域での代表的教科書である Mackintosh (1974) では、古典的条件づけに影響を及ぼす US のパラメーターとして、強度と頻度のみをとりあげ、持続時間についてはほとんどふれていないが、このことも US の持続時間の延長が、US 強度を増加させることと同一の効果をもたないというこれまでの実験事実を背景にしたものであろう。

このように嫌悪性 US の持続時間の効果の問題を、学習理論全般の問題として考えれば、いま一つ考えなければならない問題は、食餌性強化子を用いた場合の餌に対する予期の古典的条件づけにおいて、US 持続時間の操作に対応する操作は何であり、そこではどのような事実が得られているかという問題である。単純に考えれば、US 持続時間を長くすることは、与える餌の分量を多くし、その摂取に長い時間がかかるようにする操作に対応し、US 強度を強くする操作は、与える報酬の分量は一定で、たとえば液体報酬の甘さを甘くし、その魅力度を高くする操作に対応する。この問題についてここでこれ以上論ずる紙面をもたないが、食餌に対する予期の古典的条件づけにおいては報酬の量と質の両方が重要なパラメーターのようであり、この点、嫌悪性刺激の場合と異なっている。

いずれにせよ条件性抑制に及ぼす US 持続時間の効果についての体系的な研究はまだきわめて数が少なく、事実および理論の両面でさらなる研究が待たれている。

本実験の結果の一部は、1989年の日本基礎心理学会第8回大会（於関西学院大学）で発表された。

## 文 献

- Annau, Z. & Kamin, L. J. The conditioned emotional response as a function of intensity of the US. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 1961, 54, 428-432.
- Ashton, A. B., Bitgood, S. C., & Moore, J. W. Auditory differential conditioning of the rabbit nictitating membrane response : III. : Effects of US shock intensity and duration. *Psychonomic Science*, 1969, 15, 127-128.
- Bitterman, M. E., Reed, P., & Krauskopf, J. The effect of duration of the unconditioned stimulus upon conditioning and extinction. *American Journal of Psychology*, 1952, 65, 256-262.
- Boe, E. E. The effect of punishment duration and intensity on the extinction of an instrumental response. *Journal of Experimental Psychology*, 1966, 72, 125-131.
- Church, R. M., Raymond, G. A., & Beauchamp, R. D. Response suppression as a function of intensity and duration of punishment. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 1967, 63, 39-44.
- Dufort, R. H. Eyelid conditioning as a function of UCS duration with drive equated. *Journal of Experimental Psychology*, 1967, 73, 321-323.
- Hull, C. L. *Principles of Behavior*. New York : Appleton-Century-Crofts, 1943.
- 今田 寛 恐怖と不安（感情心理学3） 誠信書房 1975.
- 今田 寛 獲得性動機に関する相反過程理論について（その1） 関西学院大学人文論究 1988, 38, 45-62.
- Mackintosh, N. J. *The psychology of animal learning*. London : Academic Press, 1974.
- Mackintosh, N. J. A theory of attention : Variations in the associability of stimuli with reinforcement. *Psychological Review*, 1975, 82, 276-298.
- Mazur, J. E. & Wagner, A. R. An episodic model of associative learning. In M. L. Commons, R. J. Herrnstein & A. R. Wagner (Eds.), *Quantitative analyses of behavior : Acquisition* (Vol. III, pp. 3-39), Cambridge, MA : Ballinger, 1982.
- Miller, N. E. Comments on multiple-process conceptions of learning. *Psychological Review*, 1951, 58, 375-381.

- Mowrer, O. H. & Solomon, L. N. Contiguity vs. drive-reduction in conditioned fear : The proximity and abruptness of drive-reduction. *American Journal of Psychology*, 1954, 67, 15-25.
- Ohki, Y. & Imada, H. The effects of intensities of shock and thirst on licking conditioned suppression. *Japanese Psychological Research*, 1984, 26, 32-41.
- Pearce, J. M. *An introduction to animal cognition*. London : Lawrence Erlbaum Associates, 1987.
- Pearce, J. M. & Hall, G. A model for Pavlovian learning : Variations in the effectiveness of conditioned but not of unconditioned stimuli. *Psychological Review*, 1980, 87, 532-552.
- Rescorla, R. A. & Wagner, A. R. A theory of Pavlovian conditioning : Variations in the effectiveness of reinforcement and nonreinforcement. In A. H. Black & W. F. Prokasy (Eds.), *Classical conditioning II : Current research and theory*, pp. 64-99. New York : Appleton-Century-Crofts, 1972.
- Riess, D. Sidman avoidance in rats as a function of shock intensity and duration. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 1970, 73, 481-485.
- Riess, D. & Farrar, C. H. Shock intensity, shock duration, Sidman avoidance acquisition, and the "all or nothing" principle in rats. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 1972, 81, 347-355.
- Riess, D. & Farrar, C. H. UCS duration and conditioned suppression : Acquisition and extinction between-groups and terminal performance within-subjects. *Learning & Motivation*, 1973, 4, 366-373.
- Runquist, W. N. & Spence, K. W. Performance in eyelid conditioning as a function of UCS duration. *Journal of Experimental Psychology*, 1959, 57, 249-252.
- Seligman, M. E. P. & Campbell, B. A. Effect of intensity and duration of punishment on extinction of an avoidance response. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 1965, 59, 295-297.
- Solomon, R. L. & Corbit, J. D. An opponent-process theory of theory of motivation : I. Temporal dynamics of affect. *Psychological Review*, 1974, 81, 118-145.
- Yoshida, T., Kai, M., & Imada, H. A methodological study of CER in rats with 'licking' as the criterion response. *Japanese Psychological Research*, 1969, 11, 66-75.
- Wegner, N. & Zeaman, D. Strength of cardiac conditioned responses with varying unconditioned stimulus durations. *Psychological Review*, 1958, 65, 238-241.

—山下 光 大学院研究員—

—川合 伸幸 大学院博士課程前期課程—

—今田 寛 文学部教授—