継時一対比較法によるデンシヨバト のオペラント色光刺激般化*

慶応義塾大学 文学部 中 村 正 純

GUTTMAN and KALISH (3) はハトのオペラント条件づけによる色光刺激般化の研究において、有色光の単一刺激提示のもとに、若干の暗間隔 (blackout) を挿入して、変間隔スケジュール (VI) で条件づけの訓練後、原刺激を含む数種の色光刺激を無作為に交替提示する実験的消去の手続きにより、般化勾配を吟味した。その結果は、般化勾配は物理的距離、すなわち波長 (nm) の関数となり、HAMILTON (4) のスペクトル弁別曲線との間に、何等直接的な関係がみられなかった**。

一方、小川・佐藤 (9, 10)、佐藤 (12, 13)、中村・佐藤 (8) らは、同じくデンシヨバトの色光般化を、種々の手続きで吟味したところ、般化勾配は手続きの相違により、必ずしも一義的には定まらないが、多くの場合、単に物理的距離もしくは jnd 単位の関数ではなく、特定の波長帯 (例えば 580 nm—600 nm, 520 nm—540 nm) において勾配に急激な変曲がみられることを見出した。これらの波長帯は、HAMILTON が弁別曲線の変曲点を基にして3原色の感性過程を予想した点と対応していることを示しており、色系についての一種の範疇化が示されている。

このような GUTTMAN らと相反する結果は、手続き上の相違と考えられ、それが習得手続あるいは消去手続のいずれに主として依存するのかという問題が生じてくる。

しかるに、GUTTMAN の流れをくむアメリカのその後の諸研究は、原刺激を 550 nm 附近に限定し、習得手続は GUTTMAN and KALISH (13) の方法を踏襲し、弁別後の般化勾配をみる場合は HANSON (5) を踏襲するといった具合に、範疇化の問題はまったく考慮されていない。しかし、この問題を考慮すれば、HANSON (5) の弁別訓練後の般化勾配 (postdiscrimination gradient, PDG) における peak shift の問題、TERRACE (15) の errorless discrimination 訓練後の PDG の問題等に新たな解釈を可能とし、新しい知見を加えられよう。

本実験は、このような目的の一環としてなされたものであるが、その直接の示唆を与えたのは HONIG (6) の実験である。彼は、単一刺激条件づけ、同時弁別及び継時弁別条件づけの訓練後、テスト期において一対のたがいに異なる般化刺激を同時提示する手続きで

* 本研究に際して、いろいろ御指導いただきました慶応義塾大学小川隆教授、佐藤方哉助教授、河嶋孝助手に、心からのお礼を申し上げます。

** この結果は、MEDNICK and FREEDMAN (7) の単位説 (unit hypothesis) から予測されるが、FRIEDMAN (2) の実験結果はこの単位説を否定している。

般化勾配を吟味したが（但し、般化刺激のすべての組合せはとっていない）、結果は、単一刺激条件づけ、同時弁別条件づけの訓練後の般化勾配は、GUTTMAN らの結果と同様であるが、継時弁別条件づけの訓練後のそれでは peak shift が生じることをみいだした。

以上の結果を参照し本実験で問題としたのは、単一刺激条件づけで訓練し、テスト期において二種の刺激光の継時提示で消去した場合のデンショバトの刺激般化を吟味することである。

即ち、次の二点が問題とされる。

1. テスト場面における総反応数とその場面に用いられる刺激によって影響されるかどうか。
2. このような手続きにおいても特定の波長帯における般化勾配の変曲という現象があらわれるかどうか。

方 法

装 置

修飾ハト用スキナー箱（30×30×26 cm、竹井機器製）を使用する。内部の壁面の一方にハトのほぼ眼高に円形のベッキングキー（直径約 3 cm の光学用硝子）が一個あり、ここに外部から任意の色光が照射される。キーの下端約 9 cm 下に開口部があり、ハトがベッキングキーをつつくと、ここに餌箱が自動的に上昇し、4 秒間 C 光源光照射下に餌をついばむことができる（強化子はすべて麻の実である）。またベッキングキーの反対側の壁面に換気扇があり、実験中はこれを作動させる。反応数、強化数、時間経過は、それぞれ箱の外にある記録器（東測工業製）に自動的に記録される。

刺激は 200 W 映写用電球（富士フィルム社製、A 光源）を光源とし零分散ダブルモノクロメーター（ナルミ商会製）を通して得られる単色光であり、刺激光の強度調整は出射スリット前に附着された補償光楔によりなされ、出射スリットの開閉により任意に暗間隔を挿入することができる。

被 験 動 物

実験経験のない生後 1—2 年前後のデンショバト 60 羽（4 羽×15 群）を用いた。平均体重 426 g、個別飼育のもとで飼料として、玉蜀黍、麻の実、水、塩土が十分に給与され、三日間同一体重が連続したときをもって安定体重とし、次いで 24 時間周期で 1 日 5 g の麻の実と十分な水、塩土を与えるという制限給与条件で安定体重の 80% に至らしめた。この間約 2 週間を要した。実験中はこの体重を保つため、毎日の実験終了後、適量の麻の実が給与された。

手 続

刺激として 480 nm、510 nm、540 nm、570 nm、600 nm、630 nm の単色光 6 種を使用した。刺激光の強度は BLOUGH (1) のオペラント弁別による photopic vision の刺激閾データにもとづき調整された。いずれの被験体も原刺激として 480 nm の波長を用いた。

習得手続 第1日…キーへ原刺激(480nm)を連続照射しペッキング反応のオペラント条件づけをおこなった。すなわちまづ上昇する餌箱から餌をついばむ訓練をなし、次にハトがキーの方に向いた時に強化し、徐々にペッキング反応を条件づけるいわゆる接近法(approximation method)を用い、自発的に5回の反応を生じた時をもって条件づけ完成とみなし、引き続き連続50強化をおこなった*。なお室内灯は餌箱訓練時のみ点灯し、以後は全実験期を通じ点灯しない。

第2日…連続50強化。

第3日—7日…原刺激50秒暗間隔10秒がくりかえし交替提示され、原刺激50秒の間の任意の1反応にのみ強化する一種の変間隔スケジュール訓練(VI-1分)をおこなった。これを15強化おこなって1日の訓練とする。

実験的消去 第8—9日…第7日目の訓練終了の翌日に被験体を4羽ずつ無作為に15群にわけ消去の条件下で般化テストをおこなった(Table 1)。即ち、6種の刺激光(480nm, 510nm, 540nm, 570nm, 600nm, 630nm)の一对の組合せ、15対(群)のいずれかのもでテストをおこなったが、この2つの刺激光は50秒毎に暗間隔10秒が挿入され無作為な順序で6回ずつ計12回交替提示された(実験時間12分)。提示順序は、GELLERMAN系列により、同一刺激が3回連続しないようにされた。一对の刺激光が例えば480nmと510nmならば、480—510—480—480—510—510—480—510—510—480—480—510nmとなるが、この時1群4羽のうち2羽はこの順序で提示され、他の2羽はこれとは逆の順序で提示された。第9日目は、第8日と逆の提示順序でテストされた。

Table 1 Experimental groups.

Group	Test stimuli	
A	480nm	510nm
B	480	540
C	480	570
D	480	600
E	480	630
F	510	540
G	510	570
H	510	600
I	510	630
J	540	570
K	540	600
L	540	630
M	570	600
N	570	630
O	600	630

結 果

習得時における反応水準の等質性

各群において反応水準が等質であるかを検討するため、訓練最終日(実験第7日)の反応数をもとに分散分析をおこなった結果、群間に有意差は認められなかった($F < 1$)。習得期において、訓練の進行に伴う潜時及び反応数の変化をみると、潜時に関しては短くなること(第2日 4秒—16分54秒, 中央値1分47秒; 第7日 1秒—4分35秒, 中央値12秒)。反応数では次第に増加し一定の水準に安定することがうかがわれる(第3日 77—573, 平均283; 第7日 211—1130, 平均455)。

消去反応水準

* 自発的な5回の反応を開始するまでに要する時間には個体差がある(2分1秒—25分30秒; 中央値7分14秒)。

Table 2 Mean number of responses during extinction.

Group	A		B		C		D		E	
Stimuli	480nm	510nm	480nm	540nm	480nm	570nm	480nm	600nm	480nm	630nm
Test 1	173	188	248	129	251	98	281	91	183	18
Test 2	63	88	163	21	236	26	178	7	89	0
All Test	118	138	206	75	244	62	230	49	136	9

Group	F		G		H		I		J	
Stimuli	510nm	540nm	510nm	570nm	510nm	600nm	510nm	630nm	540nm	570nm
Test 1	162	108	287	106	321	161	144	26	247	199
Test 2	106	49	154	22	220	26	106	7	70	80
All Test	134	79	221	64	271	94	125	17	159	140

Group	K		L		M		N		O	
Stimuli	540nm	600nm	540nm	630nm	570nm	600nm	570nm	630nm	600nm	630nm
Test 1	175	189	186	101	157	153	109	67	98	77
Test 2	78	46	103	23	19	56	68	18	56	41
All Test	127	118	145	62	88	105	89	43	77	59

Table 3 Results of H and U tests.

	Test	
A. B. C. D. E	H	$p(.02) < H = 12.59 < p(.01)$
A. F. J. M. O	H	$p(.02) < H = 4.86 < p(.01)$
B. C. D. E	H	$p(.70) < H = 2.01 < p(.50)$
F. G. H. I	H	$p(.30) < H = 5.63 < p(.20)$
B. G. N	H	$p(.001) > H = 33.81$
J. K. L	H	$p(.70) < H = 1.04 < p(.50)$
A. O	U	$p = 0.243$
A. B	U	$p = 0.014$
A. F	U	$p = 0.014$
F. J	U	$p = 0.171$
B. N	U	$p = 0.029$
B. G	U	$p = 0.443$

各群のテスト期における1日当りの平均反応数が Table 2 で示される。Table 2 の上段がテスト1日目、中段が2日目、下段が全テスト期にわたる反応数である。これを見ても明らかなように、各群とも原刺激、及び原刺激により近い刺激により多数の反応がなされている。各群のテスト期における総反応数の差は分散分析の結果有意差は認められなかった ($F=1.420$; $df=14, 45$)。また提示順序による差も検出されなかった ($F<1$)。

般化勾配

各群のテスト期における総反応数を1として、各群の2刺激に対する相対反応率を1日当りの平均をとって図示したのが Fig. 1, 2 である。Table 2, Fig. 1, 2 から知られるように、テスト1日目よりも2日目の方が反応水準は低下し、般化勾配の傾きはより急となる。各群における般化勾配は一樣でなく、一般には波長差が拡がると勾配の傾きは急になるが、ある特定の波長帯 (510 nm—540 nm) を境いにして、異なった勾配を示しており、明らかに変曲の存在をしめしている。また 600 nm—630 nm の所にもその傾向がうかがわれるが必ずしも明らかではない。以上の事を検定するため、各群の一对の刺激のうち、原刺激及びそれにより近い刺激に対する反応数から他方の刺激に対する反応数を引いた反応数の差をもとにして、MANN—WHITNIG の U 検定と KRUSKAL—WALEIS の H 検定をおこなった結果が Table 3 である。

この結果、特定の波長帯 510 nm—540 nm を含まない群間には有意差がなく、含む群間にも有意差がなく、含む群と含まない群間においてのみ有意差が認められた。

また、各群の反応数及び反応率をまとめて図示した平均般化勾配が Fig. 3, 4 であり、これからも 510 nm—540 nm の波長帯における変曲が明らかである。600 nm—630 nm の

Fig. 1. Generalization gradients of response rates to wavelength pairs.

Fig. 2. Generalization gradients of response rates to wavelength pairs.

波長帯における差は統計的に有意ではないが、変曲らしきものがあらわれている。

以上の結果を要約すると、

1. テスト期において、各群の総反応数には差は認められない。
2. 提示順序による差は認められない。
3. 2 刺激提示法でテストされた時、反応は原刺激及びそれにより近い刺激に多くなされるが、2 日目には反応数の減少とともに、般化勾配の傾斜は急になる。
4. 2 刺激の間の反応数の差には、

Fig. 3. Mean generalization gradients of response rates.

Fig. 4. Mean generalization gradients of number of responses.

刺激間の物理的距離と直線的な対応関係が認められない。

5. 般化勾配には特定の波長帯 510 nm—540 nm における変曲が存在する。

考 察

テスト期において原刺激を含む群と含まない群の間に総反応数の差がみられないという事実は、反応数は原刺激から遠ざかるにつれ減少するという事と一見矛盾するようにみえるが、これは次のように理解することも可能である。

即ち、被験体は、訓練期において原刺激に条件づけられた際に、ある一定の反応をすること自体、あるいは反応をする力を貯えらるゝと考えられる。そしてテストに入ると、その場面に提示される刺激に対して（必ずしも原刺激を含まなくてもよい）、その貯えた反応力を費すまで反応を続けるものと思われる。そして、その反応の割合は、場面における刺激の差により分布されるのであり、テスト刺激に対する反応数を加算すれば、用いられたテスト刺激の如何にかかわらず同じ程度の水準になると考えられるであろう。

この説明は SKINNER (14) の反射貯蔵 (reflex reserve) の概念を拡張したものといえるが、佐藤 (12) における一被験体は一刺激のみで消去をうけた際の般化勾配が平坦になるという結果もこの仮説から説明されよう。

提示順序による差が認められない事実は、テスト場面に使用される刺激のくりかえし交替提示ということが大きな役割をはたしていると考えられる。

般化勾配における変曲の発生個所については、従来の研究においては、560 nm を原刺激とし、無色光との多次元弁別条件づけ訓練後、一個の有色光と無色光との継時提示による実験的消去をおこなった結果は 520 nm—540 nm (9)、同じく無色光のかわりに暗間隔を挿入した結果は 520 nm—540 nm (10)、480 nm 原刺激として、本実験と同じ訓練を施し、多数個の刺激でテストをした結果は 510 nm—540 nm (13)、540 nm、570 nm を各々原刺激とし、同上のテストした結果は 510 nm—540 nm (8) であった。以上の結果は、本実験の波長帯とも一致し、本実験の手続きがハトの色光刺激般化に関しての 1 つの有力な方法として利用できることをしめしている。

勾配の変曲という現象から、RAZDAN (11) の刺激般化における範疇化にあたるものとして本実験の場合、原刺激を中心として3つに分けて考える事ができるのではないだろうか。すなわち“非常に似ている”“似ていない”“全く似ていない”という範疇化は、480 nm—510 nm (青の範囲)、540 nm—570 nm (緑の範囲)、600 nm—630 nm (赤の範囲) の三原色と対応していると思われる。そして、テスト場面にもちいられる刺激がどの範疇に属するかによって反応の分布が決まってくるのであろう。すなわち、同範疇内の刺激が用いられた時は反応は同程度の水準となり、異なる範疇の刺激が用いられると変曲があらわれるわけである。しかし“似ていない”“全く似ていない”という範疇からとられた刺激が用いられた時の結果は、はっきりしておらず、さらに検討する必要がある (Table 2, Fig. 1, 2)。このように色系における一種の範疇化がみられることから、範疇内の弁別は可能であるが、その刺激がどの範疇に入るかにより般化勾配がきまるのであろう。

要 約

4羽×15群=60羽のデンショバトを使用し、ハト用スキナー箱で、若干の暗間隔を挿入した単一刺激（単色光）で条件づけ、消去時において一対の色光刺激の継時提示でテストされた時の反応数を尺度として、色光刺激般化を吟味した。

その結果は、

1. テスト期における継時一対比較法的方法を用いても般化勾配は検証されうる。
2. 反応数は、原刺激及び原刺激により近い刺激において多くなされる。
3. テスト期の総反応数に関して差はみられない。
4. 般化勾配は単に物理的距離の関数ではない。
5. 510nm—540nm に変曲がみられ、一種の範疇化をしめした。

これらの結果から、一対比較法的方法がデンシヨバトの色光刺激般化の研究において有効を方法となりうるといえよう。

REFERENCES

1. BLOUGH, D. S. Spectral sensitivity in the pigeon. *J. opt. Soc. Amer.*, 1957, 47, 827-833.
2. FRIEDMAN, H. Wave-length generalization as a function of test stimuli. *J. exp. Psychol.*, 1963, 65, 334-338.
3. GUTTMAN, N., and KALISH, H. I. Discriminability and stimulus generalization. *J. exp. Psychol.*, 1956, 51, 79-88.
4. HAMILTON, W. F., and COLEMAN, T. B. Trichromatic vision in the pigeon as illustrated by the spectral discrimination curve. *J. comp. physiol. Psychol.*, 1933, 15, 153-191.
5. HANSON, H. M. Effects of discrimination training on stimulus generalization. *J. exp. Psychol.*, 1959, 58, 321-334.
6. HONIG, W. K. Prediction of preference, transposition, and transposition-reversal from generalization gradient. *J. exp. Psychol.*, 1962, 64, 239-248.
7. MEDNICK, S. A., and FREEDMAN, J. L. Stimulus generalization. *Psychol. Bull.*, 57, 169-200.
8. 中村正純・佐藤方哉 デンシヨバトのオペラント条件づけにおける色光刺激般化 日本動物心理学会第25回大会報告, 1965.
9. 小川 隆・佐藤方哉 デンシヨバトのオペラント弁別における色光刺激般化 日本心理学会第21回大会報告, 1957.
10. 小川 隆・佐藤方哉 デンシヨバトのオペラント弁別一色光刺激般化に及ぼす暗間隔の吟味 横山松三郎先生古稀記念論文集, 1960, 135-145.
11. RAZRAN, G. H. S. Stimulus generalization of conditioned responses. *Psychol. Bull.*, 1949, 46, 337-365.
12. 佐藤方哉 デンシヨバトのオペラント条件づけ一単一刺激に条件づけられた色光刺激般化 動物心理学年報, 1960, 10, 43-54.
13. 佐藤方哉 デンシヨバトのオペラント条件づけにおける色光刺激般化一消去刺激間隔の吟味 日本心理学会第27回大会報告, 1963.
14. SKINNER, B. F. *The behavior of organisms*. Appleton-Century-Crofts. 1938.
15. TERRACE, H. S. Wavelength generalization after discrimination learning with and without errors. *Science*, 1964, 144, 78-80.

(1969年10月24日 原稿受付)

Abstract**Wavelength Generalization by the Method of Successive
Paired Comprison in Pigeons**

Masazumi NAKAMURA

Keio University

In the present experiment an attempt was made to study wavelength generalization, employing the key-pecking response in the pigeon. Sixty experimentally naive pigeons (fifteen groups) were trained on a single monochromatic light stimulus (480nm). One hundred continuous reinforcements for two days and seventy five one minute variable interval reinforcements for the following five days were given to each S. On the eighth and ninth day, the generalization test was carried out under extinction. Each S was successively presented one pair of stimulus ranging from 480nm to 630nm by the step of 30nm. The following results were obtained:

- 1) Generalization gradients were also obtained through this successive-paired-comparison like method.
- 2) Number of responses for a pair of stimuli at the extinction of each group was increasing at the CS and stimuli near CS
- 3) No difference was found between groups in the number of total responses in the test period.
- 4) Generalization gradients were not a mere function of physical distance.
- 5) Comparison of the slope of generalization gradients obtained from the groups whose two test stimuli were separated by the range of 510mm-540mm with that obtained from the groups whose two test stimuli were not revealed that the former is steeper than the latter. This might be taken to suggest the existence of the categorization in the pigeon.

This study shows that the method of paired comparison was a very efficient one in the study of wavelength generalization in pigeons.