シロネズミの聴覚測定方法に関する試み

早稲田大学心理学研究室 小杉正太郎

1943年 HOVLAND, I. C. (1) はヒトを被験体とした一連の G. S. R. における刺激汎化実験に先だって, C. S. D. S を決定するにあたり, C. S. D. S として用いる音刺激の相対弁別閾を各被験者ごとに精神物理的方法で求めた。そして, 実験事態から得られた相対弁別閾と比較したところ, 口答による精神物理的方法によって得た閾値より, 一様にいく分ひくいことが明らかとなった。同様な報告は, 1939年 HUMPHRY, G. L. (2) によってもなされている。

1936年 NEET, C. (3) は, 反応として i] verbal report. ii] manual response iii] conditioned respiratory. iv] eyelid response の4種を用い, ヒトを被験体とした図型弁別学習実験を行った結果, 学習法による ii, iii, iv から得た弁別閾は, すべて口答による精神物理的測定法によって得た閾値より低いことを報告している。

一方, 動物を被験体とした場合, 精神物理的閾値測定が不可能なため, 従来, 条件づける方法「学習法」がとられてきた。

ところが, 1954年, THOMPSON & SOLOMON (4) は, 学習法によって, 弁別閾を測定することは, 純粋な感覚上の弁別能力の上に, その刺激と報酬とを連合する能力も加っているため, 被験体の純粋な感覚能力そのものを表わしていないと考えた。そこで, 学習法によらず動物の感覚能力を測定する方法について試みている。即ち, 実験群, 統制群ともに, Fig. 1-A の図型を呈示すると, 等しく両群ともこの図型に近づき探索する行動が現れる。

この行動量が時間経過とともに減少し, やがて両群ともほとんどゼロになる。この時期で, 実験群には Fig. 1-B の図形を呈示し, 統制群には前と同様 Fig. 1-A の図形を呈示しつづけると, 実験群はふたたび Fig. 1-B

Fig. 1-A
Fig. 1-A, B. Discrimination patterns of THOMPSON, R. W.'s experiment.

Fig. 1-B

への行動量が上昇し, Fig. 1-A への行動量と同程度まで達する。一方, 統制群には, この様な変化は全くみられない。

この実験報告は, 学習法を用いずに弁別実験をおこなった点に重要な要素がある。

そこで筆者は、活動量を指標として、条件づけの方法を用いず、可能な限り自然な自発的段階で、シロネズミの聴覚閾の測定方法の検討を試みた。この実験は、聴覚刺激（音刺激）をシロネズミに呈示すると、シロネズミの活動量が、呈示前と比較して有意な差を示して変化する事実に始まる。

まず、被験体の活動量が音刺激以外の要素、たとえば、実験装置内で探索行動などによって、変化することを防ぐため、予備実験として、被験体の装置に対する adaptation を、活動量を指標として行った。その結果、被験体を装置に 1 日 50 分ずつ入れた場合、5 日目の 50 分以後は、10 匹の被験体とも安定した平衡状態を示し、そこに、ほとんど変化が現れない結果を得た。そこで、この時期における被験体の活動量を「平常時の活動量」と決定し、本実験においては、すべての音刺激をこの時期に呈示することにした。

目的に従い、本実験は 3 段階に分けておこなわれた。実験 I は音刺激呈示による被験体の平常時の活動量の変化の有無の観察。実験 II は実験 I の結果から得た「音刺激による平常時の活動量の変化」を指標とし、上限、下限の弁別閾の測定実験。実験 III は条件づけの手續による測定結果と実験 II の結果との比較及び検討である。

実 験 I

本実験は平常時の活動量を示すシロネズミに、音刺激を呈示した場合、その活動量が、いかに変化するかを観察することを目的とする。

方 法

装置 i) ハカリ式活動量測定器および、それに接続するサイクル、カウンター、ii) 防音箱、iii) audio frequency oscillator および 12 cm スピーカー。上記の oscillator とスピーカーは、次の特性をもっている。〔1〕高音部では、19,000cps (45dB) 以上は発振しない。〔2〕低音部は 30cps (37.4dB) 以下は発振しない。〔3〕発振音が低下および上昇するにつれて、dB は減少する。そこで、この実験において上限絶対弁別閾は 19,000cps (45dB) を最高音、下限絶対弁別閾は 30cps (37.4dB) を最低音と定めた。したがって、ここで得た実験結果はシロネズミの上限、下限弁別閾値を示すものでなく、上限、下限弁別閾という言葉は便宜上用いたものである。なお、測定に使用した音刺激は 20,000cps (22dB)^{註1}、19,000cps (45dB)、18,000cps (62.5dB)、17,000cps (62dB)、16,000cps (62.5dB)、15,000cps (63dB)、14,000 cps (63dB)、13,000cps (62dB)、12,000cps (72.5dB)、10,000cps (79dB)、150cps (77.5dB)、100cps (76.5dB)、90cps (76.2dB)、80cps (76.5dB)、70cps (78dB)、60cps (58dB)、50cps (58dB)、40cps (37.2dB)、30cps (37.2dB)、20cps (26dB)^{註2}、2,000cps (100dB)、1,500cps (94.7dB)、1,000cps (88dB)、500cps (87.

註 1,2. 20,000cps と 20cps はそれぞれ、理論上音は出ているが、実際にはスピーカーの発振する雑音にかくれて、消えてしまっている。なお、この測定は早稲田大学音響実験室の豊島氏によるものである。

5dB), の24音であった。

被験体をハカリ式測定器に入れると, 被験体のわずかな左, 右, 上, 下動も, すべてハカリ針の振動に代り, そこに接続するサイクル・カウンタに数値となって現われる。

被験体 雑種シロネズミ 4 匹。すべて雄で, 体重平均は 230.4 g, 生後 8 カ月のものであった。餌は実験終了後30分間あたえた。

手続 i) 予備実験にもとづき, 被験体を 1 日50分間ずつ 5 日間装置に入れ, この間を adaptation 期間とした。そして 5 日目の 50 分目以降の各被験体の活動量を平常時の活動量とみなした。ii) 5 日目の 53 分目から, 実験群の S_1 には 500cps (87.5dB), S_2 は 1,000 cps (88dB), S_3 には 2,000cps (100dB), の音刺激をつぎの順序で 10 日間くりかえて, 各被験体に呈示した。すなわち, 被験体を装置に入れる。つぎに, 被験体を装置に入れてから 50 分目から 53 分目までの 3 分間の活動量を測定し, 続いて 53 分目から 56 分までの 3 分の間その被験体に定められた音刺激を呈示し, 同時に活動量を測定する。iii) 統制被験体 S_4 は, 音刺激呈示がない以外は, すべての条件を実験群と同一にした。iv) 音刺激の呈示による平常時の活動量の変化量を算出する数式はつぎのとうりである。

$$R = \frac{\text{音刺激呈示中 3 分間の活動量}}{\text{音刺激呈示前 3 分間の活動量}} \times 100$$

この数式にもとづき, $R=100$ の場合は音刺激によって平常時の活動量に変化, 影響がなかったことを示し, $R \neq 100$ の場合は変化, 影響があったことを示すとした。したがって, $R > 100$ は音刺激による活動量の増加, $R < 100$ は減少を, それぞれ示すことになる。

Fig. 2. Changes of general activity by auditory stimuli during 10 days in percentage [General activity is decreased by auditory stimuli, in changes less than 100%, while increased in changes more than 100%]

結 果 と 結 論

Fig. 2 は各被験体の R 値の10日間の変動を示す。すべての実験群被験体は、音刺激呈示第1日、2日目のR値が、 $R < 100$ となる。つまり、音刺激によって活動量が減少するのである。音刺激の種類に関しては、500cps (87.5dB) を呈示した S_1 に $R < 100$ の現象が最も長く見られ、第6日目まで続いている。つぎが 1,000cps (88dB)、2,000cps (100dB) の順序である。また、実験群の3被験体とも、 $R < 100$ の現象は日数の経過にともない、しだいに $R = 100$ 、 $R > 100$ と変移する。このような現象は統制被験体には全くみられない。

音刺激によって、シロネズミの平常時の活動量に抑圧の現象、つまり $R < 100$ の現象がみられることの原因については、ここで直接考察を加えない。しかし、音刺激を初めて呈示されたシロネズミの平常時の活動量は減少することが実験的に見出された。そこで、この現象を指標としてシロネズミの聴覚能力の実験的測定は試みられ得ると考える。そこでつぎの基準を設けた。

$R < 100$ では、その音刺激はシロネズミに知覚されたと認め、 $R \geq 100$ では知覚されないと認める。

実 験 II

本実験は実験 I の基準にもとづいて、シロネズミの上限、下限弁別閾を測定することを目的とする。

方 法

装置 すべての実験 I と同一であった。

被験体 雑種シロネズミ雄 152 匹体重平均 225g、生後 8 ヶ月のものであった。実験群として、上限弁別閾測定に、1 群 8 匹ずつ 9 群。下限弁別閾測定に同様な群を 9 群。統制群として 1 群 8 匹を、それぞれもうけた。

手続 i) 上限絶対弁別閾測定には、12,000cps (72.5dB) から 20,000cps (22dB) までを 1,000cps 間隔に 9 種の音刺激を設け、各群にあたえた。つまり第 1 群には 12,000cps、第 2 群には 13,000cps (62dB) … 第 9 群には 20,000cps を呈示したのである。下限絶対弁別閾測定は、100cps (76.5dB) から 20cps (26dB) までを 10cps 間隔に 9 種の音刺激をもうけ、それぞれの群に呈示した。ii) 実験順序 a) 予備段階として、実験群、統制群とも、1 日 50 分ずつ 4 日間、音刺激を呈示せず装置に入れる。b) 音刺激呈示の段階では、実験群は 5 日目の 50 分から 30sec 活動量を測定し、続いて 30sec、音刺激が呈示され、同時に活動量が測定される。この順序にしたがい、各群の各被験体は、一匹ずつそれぞれ定められた音刺激の呈示を受ける。統制群は、音刺激の呈示がないことを除き、他はすべて実験群と同一手続がとられた。

なお、general activity の音刺激による変化量を示す数式は前記の R 値を用いた。

結果と結論

Fig. 3, 4 の数値は、各群とも、その群内の各被験体の R 値の平均値である。Fig. 3 は下限弁別閾の測定結果を示し、Fig. 4 は上限弁別閾の測定結果を示す。

上限絶対弁別閾測定では、音刺激が上昇するにしたがい、R 値は $R=100$ に近づく傾向を示す。つまり、12,000cps (72.5dB) から 16,000cps (62.5dB) まではいずれの群も $R<33$ であるが、17000cps (62dB) では $R=85$ となり、それ以上になると $R=100$ となる。そして、統計的検定はしていないが、統制群との間に差がなくなる。一方、下限絶対弁別閾測定においても、音刺激が下降するにしたがって、R 値は $R=100$ に近づく。100cps (76.5dB) から 50cps (58dB) までは、いずれの群も $R<40$ だが、40cps (37.2dB) では $R=82$ となり、30cps (37.2dB), 20cps (26dB) では $R=100$

Fig. 3 Lower auditory threshold of experimental group

Fig. 4 Higher auditory threshold of experimental group

Fig. 3, 4 Changes of general activity by frequencies [General activity is increasing according to approach to both upper and the lowest frequencies]

となって、統制群との間に差がなくなる。なお、統制群の結果では、R 値の最大値は 109.5、最少値は 90.5 で、平均 R 値は 104.5 であった。

この結果を実験 I で設けた基準にあてはめると、シロネズミの上限絶対弁別閾は、18,000cps (62.5db) から 19,000cps (45dB) の間、下限絶対弁別閾は 40cps (37.2dB) から 30cps (37.2dB) の間に存在することになる。なお、群間比較によらないで、同一被

験体に恒常法によって、1日に1音刺激を呈示した実験結果からも、ほぼ同様な結果が得られた。

実 験 III

本実験は条件づけの方法（学習法）によって閾値測定を行い、実験IIとの比較をおこなうことを目的とする。

方 法

装置 i) BROGDEN 式回転カゴ回避学習装置。ii) 防音箱, oscillator などはずべて実験IIと等しいもので、回転カゴは活動量測定器と同じ状態で防音箱に入れられた。iii) UCS 呈示用の定電流装置, および刺激器。

被験体 雑種シロネズミ雄45匹。体重平均 219g, 生後約8カ月であった。

手続 CS として用いた音刺激の種類及びそれによる群分けは以下の通りである。上限弁別閾値測定の音刺激として、10,000cps (79dB), 12,000cps (72.5dB), 16,000cps (62.5dB), 20,000cps (22dB) の4音をCSとして1群5匹の各群にそれぞれあたえた。下限弁別閾値測定の音刺激は 150cps (77.5dB), 100cps (76.5dB), 50cps (58dB), 20cps (26dB) の4音をCSとして1群5匹の各群に上限弁別閾値測定の場合と同様な方法で各群に呈示した。統制群の第9群には、回避学習で最も多く用いられている。2,000cps (10.0dB)をCSとして用いた。

実験開始から2日間は adaptation 期間として、各群の被験体を1日10分間装置内に入れた。第3日目から第12日目までの10日間は、各群とも1日20試行の強化過程に入った。条件づけの形は CS・UCS 間隔が5secの遅延条件づけであった。UCSはD.C 160V, 0.6 mmAの電流。被験体が回転カゴを1/2回転するまでUCS, CSは呈示された。なお、UCS呈示後40sec経過してもURがない場合はCS, UCSの呈示を中止した。試行間隔は40secから80secの間でランダムにとった。

結 果 と 結 論

各日ごとの正反応パーセントを学習曲線に現わしたものが Fig. 5, Fig. 6 である。なお、統制群 2,000cps (100dB) の学習曲線は両図に記してある。各群の学習成立の是非を統計的に測定するため、強化開始第1日目と第2日目の正反応数の合計と、第9日目と第10日目の正反応数の合計との間の有意差検定を行った結果は Table 1 に示されている。この結果、上限弁別閾値測定の4群のうち、CS 10,000cps (79dB) [第1群], CS 12,000cps (72.5dB) [第2群], CS 16,000cps (62.5dB) [第3群] の3群には、それぞれ有意差が認められ、CS 20,000cps (22dB) [第4群] には有意差が認められなかった。下限弁別

閾測定 の 4 群のうち, CS 150cps (77.5dB) [第 5 群], CS 100cps (76.5dB) [第 6 群] CS 50cps (58dB) [第 7 群], の 3 群には有意差が認められ, CS 20cps (26dB) [第 8 群] には認められなかった。また, 統制群 CS 2,000cps (100dB) [第 9 群] には有意差が認められた。

Fig. 5,6 Learning curves of avoidance learning according to difference of auditory conditioned stimuli, during 10 days. [Learning curves become horizontal according to approach to both upper and the lowest frequencies as conditioned stimuli]

したがって、10,000cps (79dB), 12,000cps (72.5dB), 16,000cps (62.5dB), 150cps

Table 1 *t* test for correct response between 1st, 2nd and 9th, 10th day. $t > 2.101 \rightarrow P < .05$

	CS	t
Experimental Group	10,000cps	3.24
	12,000	3.17
	16,000	6.33
	20,000	0.20
	150	10.86
	100	2.80
	50	3.29
	20	0.69
Control Group	20,000	4.97

(77.5dB), 100cps (76.5dB), 及び

2,000cps (100dB) を CS とした時

には、回避学習が成立することが明

らかになった。回避学習が成立する

条件の1つとして、CS が被験体に

知覚されねばならないことを考える

と、10,000cps (79dB), 12,000cps

(72.5dB), 16,000cps (62.5dB),

150cps (77.5dB), 100cps (76.5dB)

50cps (58dB) の6音はシロネズミ

に知覚できる聴覚刺激となる。した

がって、条件づけの方法を用いたシ

ロネズミの聴覚刺激の弁別閾は上限

において16,000cps (62.8dB) から 20,000cps (26dB) の中間、下限においては 100cps (76.5dB) から 50cps (58dB) の中間にそれぞれ存在すると思われる。

総 括 的 考 察

従来、動物の聴覚閾値測定法は条件づけの方法がとられている。そこで実験Ⅲでは回避学習を利用して聴覚閾値を測定したところ、その結果から上限弁別閾は 16,000cps (62.5dB) から 20,000cps (22dB) の間、下限弁別閾は 100cps (76.5dB) から 50cps (58dB) の間とそれぞれ予想された。実験Ⅱの平常時の活動量を指標とした測定方法では、上限絶対弁別閾は 18,000cps (62.5dB) から 19,000cps (45dB) の間、下限絶対弁別閾は 40cps (37.2dB) から 30cps (37.2dB) の間に閾値が存在することが予想された。この2つの実験結果は Hovland 等の結果のように学習法と精神物理学的方法との不一致という結果とはことになったが、とにかく活動量を指標にした測定方法は聴覚閾値測定に使用できることが明らかになった。また、スピーカー特性と活動量方法による測定結果を示す曲線 (Fig. 3, 4) との一致も、方法が聴覚閾値測定に使用できることを示すものといえる。すなわち、実験Ⅰから音刺激呈示によって平常時の活動量の低下がみられることは明らかであったが、上記の一致性も、スピーカーが発振している限り、活動量の低下がみられることを示すものであるといえるからである。したがって活動量を指標とした聴覚測定方法は、かなり敏感な測定を可能にすると考えられる。

この実験においては、装置の特性上、上限弁別閾測定は 19,000cps (45dB) を最高音、下限弁別閾測定は 30cps (37.2dB) を最低音と定め、使用した音刺激は cps と dB の両要素が混合したものであった。したがって、この実験結果はシロネズミの上限、下限弁別閾を示すものでなく、あくまで測定方法の是非を検討するための手段として便宜上用いた言葉であることをあらためて記しておく。

REFERENCES

1. HOVLAND, I. C. The generalization of conditioned response. II *J. genet. Psychol.*, 1937, 51, 279—291.
2. HUMPHREYS, G. L. Generalization as a function of method of reinforcement. *J. exp. Psychol.*, 1939, 25, 361—372
3. NEET, C. C. A comparison of verbal, manual, and conditioned response methods in the determination of auditory intensity threshold. *J. exp. Psychol.*, 1936, 19, 401—416.
4. THOMPSON, R. W., & SOLOMON, M. L. Spontaneous pattern discrimination in the rat. *J. comp. physiol. Psychol.*, 1954, 47, 104—107.

(1963年7月10日原稿受付)

Abstract

An Experimental Analysis on a Method
Measuring Auditory Threshold in the White Rat

SHOTARO KOSUGI

Department of Psychology, Waseda University

Auditory thresholds of animals have been measured all by the conditioning methods.

In 1936, NEET, C. reported that the verbal report yielded lower auditory discrimination threshold than the conditioned response. In 1937, HOVLAND, C. reported the similar results.

The writer investigated whether the spontaneous activity level could be used as an index to determine the upper and the lower auditory thresholds of the white rat. The general activity decreased on the presentation of auditory stimuli. It was assumed that the auditory stimulus was perceived by the rat when the general activity decreased on presentation of an auditory stimulus.

The upper and lower auditory thresholds of the white rat were determined using the general activity as an index. The upper one was estimated within the range of 18,000 and 19,000 cps and the lower one was within 40 to 30 cps.

The results were compared with these obtained by the method of avoidance learning to examine the hypothesis mentioned above. It was found out that both results are almost the same.