THE STUDIES ON THE OBJECTIVE OLFACTORY TEST BY GALVANIC SKIN RESPONSE (REFLEX)

By

HIDEYO ASAKA

*From the Department of Oto-Rhino-Laryngology, Shōwa Univ. School of Medicine,
Tokyo Japan (Director: Prof. T. Yamamoto., M.D.)*

Experiments were made in order to examine the possibility of objective olfactory test, applying galvanic skin reflex and conditioned galvanic skin reflex.

Part I.

Galvanic skin reflex by olfactory stimulus

1) The experiments were performed in 50 cases with normal in smell sense and in 20 cases by those with disosmia.

2) The following four smell substances were used as the olfactory stimuli; strawberry essence, tomato flavour, amylacetic acid, and walnut flavour.

3) Whether to give the previous instruction or not had a strong influence upon the reaction. The persons who were given the previous instruction showed the reaction in 7 cases out of 10 cases (70.0 %); but those who had no instruction beforehand showed the reaction only in 2 cases out of 10 cases.

4) The adaption was easily developed, especially when the interval of time of stimulus became short, the frequency of response decreased. It was on the average 3.1 frequency in the interval of one minute, and 1.9 frequency in the interval of 20 seconds.

5) Various kind of experiments on olfactory stimulus were performed in 13 cases. The cases which did not utterly react were 3 cases out of 13 cases. The cases which did not react to some kinds of smell substances, that is, the cases of partial non-reaction were 4 cases out of 13 cases.

6) Relation to the order of olfactory stimulus with the frequent reaction and the difference of magnitude of reaction could not be observed.

7) In the comparison of the frequency of reaction by the pleasant smell (strawberry essence)

and unpleasant smell (tomato flavour), the unpleasant smell reacted slightly easier than the pleasant smell.

8) Other experiments by the various density of the substances were performed about 27 cases. Firstly distilled water was used and then strawberry essence as comparison.

The latter solution was at first diluted 6400 times and gradually made into higher concentration up to the original solution.

The subjective threshold was showed in all cases by 6400 times-diluted solution. As compared with the above results, 5 cases reacted with the response threshold with 6400 times-diluted solution, 3 cases with 400 times-diluted solution, 2 cases with the 100 times-diluted solution, and 10 cases did not react.

9) Under the above results, the subjective threshold was tested in the cases of disosmia, in which 11 cases reacted out of 15 cases of hyposmia. The difference between the subjective threshold and the response threshold was slightly less than that of people normal in olfactory sense.

10) All the cases did not react in the cases of anosmia.

Part II.

Conditioned Galvanic Skin Reflex

1) Experiments on 45 normal persons and 20 cases of disosmia by means of PAVLOV Type Conditioned Reflex was carried out.

2) As the conditioned stimuli, strawberry essence, amylacetic acid, walnut flavour were used; and as unconditioned stimulus, electric shock stimulus was used.

3) At reinforcement tests, the combination of

conditioned & unconditioned stimulus and the unconditioned stimulus were used each by 50 per cent.

4) At the experiments of reinforcement and extinction, 73.3% of all the cases were presented conditioning, and at extinction tests 81.1% were extinct at 7th to 10th trial.

5) In the comparison of the percentage of reinforcement by several kinds of smell substance, no difference was observed among the strawberry essence as pleasant smell, walnut flavour as unpleasant smell, and amylic acid as stimulative smell.

6) Similar results were obtained both by reinforcement by diluted solution and reinforcement by the original solution.

7) At the tests of threshold of normal persons 72.7% agreed with the subjective threshold, and 27.3% reacted at the one grade higher density, which can be determined as the better results than obtained in Part I.

8) At the threshold tests by the cases of hyposmia, 73.3% of them showed reaction, and difference from the subjective threshold was nearly the same as of normal persons.

In this percentage, the four cases which showed no reaction in Part I were contained, two of which showed reaction in this test.

9) None of the cases of marked hyposmia was reinforced.

10) According to the Objective Olfactory Test by means of Galvanic Skin Reflex, it was observed that the cases of non-reaction was minimized in the experiment as mentioned in the above Part II. as well as the experiment as mentioned in the above Part I.

Either method as specified in the above Part I and Part II. should be applicable to the objective olfactory test, and furthermore, in the cases of non-reaction by Galvanic skin reflex method, conditioned galvanic skin reflex method should be additionally executed.

皮膚電気反射による他覚的嗅覚検査法の研究

第1編 嗅刺激による皮膚電気反射

第2編 条件皮膚電気反射

昭和大学医学部耳鼻咽喉科学教室（主任：山本常市教授）

大学院学生 浅賀英世
あさ か ひで よ

目次

序 言

第1編 嗅刺激による皮膚電気反射

第1章 緒 言

第2章 正 常 者

第1項 実験材料並びに実験方法

第2項 実験成績並びに総括

① 嗅刺激事前教示の有無と反応出現の関係

② 嗅刺激の反復による順応の状態

a) 刺激間隔時間の長短

b) 嗅素の種類（不快臭と快臭の差）

③ 各種の嗅刺激による実験

④ 稀釈嗅素上昇法による実験（濃度別刺激実験）

第3章 病 的 者

第1項 実験材料並びに実験方法

第2項 実験成績並びに総括

第4章 考 按

第5章 結 語

第2編 条件皮膚電気反射

第1章 緒 言

第2章 正 常 者

第1項 実験材料並びに実験方法

第2項 実験成績並びに総括

- ① 強化の実験
- ② 消去の実験
- ③ 各種嗅素による強化の比較
- ④ 濃度別実験（閾値測定）

第3章 病的者

第1項 実験材料並びに実験方法

第2項 実験成績並びに総括

第4章 考 按

第5章 結 語

序 言

従来施行されている嗅覚検査法は専ら被検者の主観に基く応答によつて測定される自覚的検査法である。一

方、聴力の他覚的検査法に就いては現在迄に多数の報告が見られるが、嗅覚に関するものは脳波を利用する方法等が我々の報告も含めて2～3見られるのみであり、特に条件反射を応用したものは外国文献にも全く見られない。しかし、これ等は必ずしも真の意味の他覚的検査法ではなく、むしろ非自覚的検査法と呼ぶのが適當であるが、Goodhill 等は「現在本当の意味の他覚的方法と云うものは殆んど存在しない」と云っているので一般にこれら現行のものも他覚的検査法と呼んでいる。

私はこの広義の他覚的嗅覚検査法を創製するために嗅刺激の無条件反射に属するものとして GSR 法、条件反射を利用したものとして Pavlov 型条件反射の実験を行つたので報告する。

第1編 嗅刺激による皮膚電気反射

第1章 緒 言

皮膚の2カ所につけた電極間に微小電流を流すときの抵抗が種々の刺激、即ち感覚的あるいは感情的な刺激により一時的に変化する現象を1888年 Féré が発見した。又、同様な刺激によつて皮膚上の2電極間に電位の変化の起る事を1890年 Tarchanoff が見出した。これ等の現象は Galvanic skin response or reflex (GSR) 即ち皮膚電気反応とか Psychogalvanic skin resistance (response) 略して PGSR と云う名称が附され、今日広く各方面に應用されている。例えば臨床面においても末梢交感神経機能検査、痛覚、睡眠、自律神経系緊張度、条件反射の研究等が挙げられるが特に吾科領域においては聴力の他覚的検査への応用の面で研究されている。

俟、我々は先に嗅刺激による脳波の諸反応の観察から嗅覚の他覚的検査法に関する研究を発表しているがここでは皮膚電気反応を応用した他覚的嗅覚検査法の可能性を検討するため正常者並びに病的者についての実験を行つたのでその成績を報告する。

第2章 正 常 者

第1項 実験材料並びに実験方法

被検者：鼻腔、副鼻腔に異常を認めず嗅覚障害を訴えないもので嗅覚の稀釈試験成績が正常値即ち 8 ± 1 (ストロベリー原液の6400倍溶液) を呈した成人50例を用いた。

装置：① 通電法：測定回路として第1図(写真)第

第1図

第2図

2図の如き単純回路を作成し抵抗測定のための通電電流は $30 \sim 80 \mu A$ となるように増減した。増幅器並びに記

録器としては日本光電製 ME-5D 型脳波計を使用し皮膚電気反射は脳波計の1つの Channel で記録した。時定数は4秒 (Low Cut 1) で 1mv に対し Pen writing の振れが 5mm であるように調整し記録紙の進行速度を 1cm/sec とした。誘導電極は直径 1cm の銀板電極2個を用い、1個を手掌に、他の1個を前腕手掌側の手関節附近に夫々飽和食塩水を浸した綿花を敷いた上からゴムバンドで密着固定した。

② 電位法：日本光電製 ME-5D 型脳波計を使用し、この1つの channel で記録した。時定数は4秒 (Low Cut 1) で 1mv に対して Pen の振れが 10cm になるように調節した。

実験方法：脳波検査室に被検者を入れ小卓子に両手を置かせ電極装置後、閉眼させて5分間安静を保たせてから、そのままの状態で実験を開始した。即ち嗅刺激として各種の嗅素（ストロベリーエッセンス、トマトソースフレーバー、ウォルナツトフレーバー、醋酸アルミ）並びに対照として蒸留水を綿棒に浸して鼻孔直下約 1cm のところに吸気時に一致させて差し出した。更に別に音刺激を C 音叉を用いて与えた。嗅素の濃度別刺激実験はストロベリーエッセンスによる稀釈試験用の嗅素系列（6400 倍、1600 倍、400 倍、100 倍、25 倍、原液）を用い、順序は低濃度のものから始めて上昇法に従った。刺激時間は3秒、間隔は1分（但し順応の実験では20秒と1分）とした。

なお、室温は 18°C～25°C を保つようにした。

第2項 実験成績並びに総括

実験に際して手掌電極が陰性の時に記録紙上で上向きのカーブを描くようにしたが、刺激を与えてから1～3秒後に上向きの単相性乃至2～3相性の波形が記録された場合これを反応曲線と見、陽性（+）とした。即ち反応曲線は第3図に1例を示した通りである。このような曲線が画した場合を（+）とし、全く動揺の認められない場合を（-）として成績を表示した。なお、実験は大

第3図 嗅刺激による GSR の1例

部分通電法によった。

① 嗅刺激事前指示の有無と反応出現の関係

ストロベリーエッセンス原液の嗅刺激を予め匂いに注意するようにとの事前指示を与えた場合と全く無警告で行った場合とを同一の10例について実験した。その成績は第1表に示す通り無警告の場合では10例中2例（20%）に（+）が得られたが事前指示を行なった場合では10例中7例（70%）に（+）が得られた。なお、以下の各実験においては事前指示を行った。

第1表

	反 応 出 現 %
無 警 告	10例中2例 (20%)
事 前 教 示	10例中7例 (70%)

② 嗅刺激の反復による順応の状態

刺激を繰り返えし与えると反応が減弱乃至消失するがこの順応について次の2要因別に実験した。

a) 刺激間隔時間の長短

ストロベリー嗅刺激を刺激時間3秒で間隔20秒とした場合と間隔1分とした場合の夫々について反応が連続して生ずる回数を求めた。その成績は第4図と第5図に示す通りで、間隔20秒の場合は10例中反応出現が2回返のものが8例で殆んど大半を占めたが間隔1分の場合

〔第4図〕

〔第5図〕

〔第6図〕

は反応回数の多いものの例数が増加している。平均回数は前者が1.9回、後者が3.1回となる。

b) 嗅素の種類（不快臭と快臭の差）

前記10例に快臭としてストロベリーエッセンス、不快臭としてトマトソースフレーバーを夫々嗅刺激に用い、間隔を20秒として、反応連続出現の回数を求める実験を施行した成績ではトマトソースフレーバーの場合も第6図の如くとなり、平均回数も1.9回で先のストロベリーエッセンスの成績（第4図）とほぼ類似していた。

③ 各種の嗅刺激による実験

4種の嗅素原液を用い13例に就て施行した。なお、本実験においては5例に同時に電位法も併行した。嗅素の刺激順序は一定にせず各例で異なるものもある。成績は第2表の通りで、13例中全く無反応であつたものが3例見られ、嗅素の種類によつてある種類に反応の出現しなかつた例、即ち部分的無反応例が4例あつたが反応出現の有無及び反応の大きさの差は刺激の順序と関係を認めず、ただトマトソースやウォルナツトの如き不快臭乃至

第2表 各種の嗅素原液による GSR

症 例	氏 名	年 令	嗅 刺 激					音 刺 激	判 定	備考：嗅素原液略号 S＝ストロベリーエッセンス T＝トマトソースフレーバー W＝ウォルナツトフレーバー A＝醋酸アルミ 〔電 位 法〕 嗅 刺 激 1 2 3 4 5 音 刺 激
			1	2	3	4	5			
1	守	○	23	S+	T+	水-	A+	W+	+	+
2	浅	○	20	S++	S++	A++	水-		++	+
3	山	○	25	S+	水-	A++	T+	W+	++	+
4	湯	○	25	水-	S-	T-	A-	W-	-	-
5	山	○	25	S+	水-	A+	T-	W-	-	±
6	山	○	24	S+	水-	A+	T-	W-	+	±
7	平	○	27	A++	S++	水-	W+	T++	++	+
8	児	○	25	S++	水-	A++	T-	W+	++	±
9	高	○	23	S-	A-	水-	T+	W+	+	±
10	福	○	26	S+	水-	A+	T++	W++	++	+
11	森	○	29	S-	T-	水-	W-	A-	-	-
12	山	○	26	S+	水-	A+	T++	W++	++	+
13	森	○	28	水-	S-	W-	T-	A-	-	-
				S-	A-	水-	T++	W++	++	+
				S+	水-	A++	T++	W++	++	+
				S-	T-	水-	W-	A-	-	-
				S+	水-	A+	T++	W++	++	+
				水-	S-	W-	T-	A-	-	-

悪臭とされているものにやや反応の出現をきたし易い傾向があるかのように思われた。勿論、無臭である水の場合には全例共無反応であつた。通電法と電位法との成績の比較では両者はほぼ一致し特別の所見は得られなかつた。

④ 稀釈嗅素上昇法による実験（濃度別刺激実験）

27例に就て施行した。方法は通電法によつた。先ず対照としての蒸留水を用い続いてストロベリーエッセンスの6400倍溶液から順次高濃度に換え原液迄至つた。自覚閾値は全例6400倍であるので反応閾値を表示すると第3表の通りである。なお、無反応例の10例は除外してある。表から明らかな如く反応閾値が自覚閾値、即ち6400倍と一致したものは5例（29.4%）、1600倍のものは7例（41.2%）、400倍のものは3例（17.6%）、100倍のものは2例（11.8%）であつた。実験は全例に高濃度の嗅刺激負荷を行なつたがある濃度で反応が認められ

第3表 濃度別嗅刺激

症例	氏名	年令	GSR 閾値
14	藤 ○	24	6400×
15	福 ○	25	1600×
16	蓮 ○	24	1600×
17	名 ○ 山	24	1600×
18	丹 ○	25	400×
19	三 ○	25	1600×
20	北 ○	26	6400×
21	増 ○	24	6400×
22	前 ○	23	6400×
23	三 ○	25	1600×
24	今 ○	24	400×
25	阿 ○ 津	30	1600×
27	市 ○	25	6400×
32	及 ○	25	100×
34	岡 ○	26	400×
38	木 ○	29	1600×
40	熊 ○	25	100×

てもそれ以上のある高濃度で反応の起らない例があり、又、反応の大きさも必ずしも濃度の濃さに並行してはいなかつた。

第3章 病的者

第1項 実験材料並びに実験方法

被検者：嗅覚障害を主訴として当科に来院し稀釈試験で嗅覚減退を認められた者 15 例、並びに脱失と診断されたもの 5 例に就いて実験を行つた。実験方法は第2章、第2項④の実験と全く同じ方法によつた。

第2項 実験成績並びに総括

実験成績は第4表に示す通りで無反応であつたもの 4 例 (26.7%) で前述の正常者群より多少ではあるが反応の得られた例が高率となつている。又、反応を示した 11 例における自覚閾値との差が 0、即ち一致したもの 4 例 (36.4%)、自覚閾値より 1 段階高濃度で反応の認められたもの 5 例 (45.4%)、2 段階高濃度で反応の認められたもの 2 例 (18.2%) で、それ以上の差となつたものは 1 例も無かつた。

第4表

症例	氏 名	年令	自覚閾値	G S R 閾値	自 覚 閾 値 と の 差	
1	小	○	34	1600	1600	一 致
2	村	○	25	1600	1600	一 致
3	高	○	21	100	—	
4	道	○	24	400	100	1 段階
5	金	○	24	25	1	1 段階
6	大	○	30	400	25	2 段階
7	太	○	29	100	25	1 段階
8	加	○	54	100	100	一 致
9	井	○	20	100	—	
10	一	○	19	400	400	一 致
11	○	生	31	100	25	1 段階
12	上	○	25	1600	—	
13	秋	○	27	100	1	2 段階
14	山	○	19	400	100	1 段階
15	吉	○	36	25	—	

第5表

自覚閾値との差	正常者	病的者
一致したもの	29.4%	36.4%
自覚閾値より 1 段階高濃度	41.2%	45.4%
自覚閾値より 2 段階高濃度	17.6%	18.2%
自覚閾値より 3 段階高濃度	11.8%	0%

これと正常者群とを比較すると第5表の通りで、病的者群の方がわずかではあるが自覚閾値と一致した者の例数が多く見られ、又、自覚閾値との差においても正常者では 3 段階高濃度で反応を認めた者があつたのに対し病的者ではその差が 2 段階以内に全部入つていた。脱失例においては全例無反応であつた。

第4章 考 按

種々の刺激即ち感覚的乃至は感情的な刺激に応じて人の皮膚電気抵抗が変化する現象即ち皮膚電気反射は未だこの作用の本態が全く解明されたとは云えないが、大脳皮質前運動領及び視床下部に反射中枢を置き交感神経を遠心路とし、汗腺を反応器官とする自律神経性反射であるとされ交感神経が興奮して汗腺の腺細胞形質の分極性の低下が起り皮膚電気抵抗が減少するのを観察するものであると云われている。この現象を利用して耳科領域では音響刺激による反応の実験と他覚的聴力検査の試みが従来から幾つか報告されている。しかしながら他覚的検査法として用いるには無反応者が比較的多いこと、順応をきたし易いこと等の難点が存在する事で制約を受けるとされている。今回、私は先に述べた通り嗅刺激による皮膚電気反応を実験し他覚的嗅覚検査法への応用を検討した。先ず皮膚電気反応において被検者の心理的影響が大きいと云う事実の有無を嗅刺激事前指示の有無と反応出現の関係によつて実験した結果は既述の通りで事前指示を行なつた場合に遙かに反応が現れ易くなつている。又、正常者より病的者の方が無反応例が少なかつた事、及び自覚閾値と一致した者の例数が多い、換言すれば一致率が高かつた事、即ち正常者より嗅覚障害を主訴として来院した病的者の方が全体に反応が現れ易かつたと云う事も結局被検者の心理的影響が大きいと云う事実によるものと見るべきであらう。

本反応において重要な一つの性質とされている順応に就て嗅刺激に関してはいかなる様相を呈するかの実験を行つた結果は刺激間隔時間が 20 秒と 1 分とでは連続反応回数が前者で平均 1.9 回、後者で平均 3.1 回で間隔時間が長い方が順応をきたし憎い事が判り嗅素の種類別では順応状態に差を認めなかつた。

次に 4 種の嗅素原液を用いた反応実験では 13 例中 3 例 (23%) の無反応者があり、部分的無反応者即ちある種の嗅素では反応の出現しなかつたもの 4 例を加えると 7 例 (54%) のものは検査に適さなかつた事になる。嗅素の種類別では刺激の順序と反応出現の有無及び大きさとの間に関連を認めず、唯トマトソースフレーバーやウ

オルナット即ち不快臭乃至悪臭を発する嗅素の場合にやや反応が出現し易い傾向が認められた。これは不快臭乃至悪臭の方が、より感情的な刺激を与えるためと思われる、これが反応に心理的な影響を与えるためであろうと推考する。なお、先に述べた順応に関しては鈴木(篤郎)による音刺激の場合と比較し、嗅刺激の場合の方が順応をきたし易いようであるが、又、共に間隔時間が大きな要因となつている一方、刺激の質の種類(音では純音、1000cps と牛の鳴声)も音の場合には大きな要因となつているに反し嗅刺激では関連が認められなかつた事は一見不可解な成績であるが、これ等は本来、教室の小松の報告による通り嗅覚そのものが非常に疲労(順応)をきたし易い感覚であるためにこの順応が GSR の順応よりも大きく作用する結果と思考する。濃度別刺激実験では自覚閾値と反応閾値との関連を調べたがその成績は前述の通りであつて、自覚閾値と一致したものは 29.4%、1 段階高濃度の濃度番号 6 (1600 倍)であつたもの 41.2% を合計すると約 70% 強となり、かなりよく自覚閾値と反応閾値が接近している。この成績は前記、鈴木(篤郎)の聴力検査のための実験成績「両閾値差 $\pm 10\text{db}$ 以内のもの 92.1%」に比しやや劣るが相当の一致度を示すもので一応他覚的嗅覚閾値検査に応用できるように見える。但しこの成績は無反応者の 10 例 (37%) を除外したものであるので総数に対しては約 44% である事を考慮せねばならない。なお、ある濃度で反応が認められてもそれ以上のある高濃度で反応の起らない例があつた事は既述の通り順応が生じ易い事が一つの原因と考えられる。

刺激の強さ(濃度)と反応の大きさとの関係については Bijel, J. & Van Iterson, は刺激の強さに比例した皮膚電気反射が現れていると述べているが、私の実験では原液～6400 倍間の強さの差においては特にそのような傾向は見られず、又、これを定量的に正確に測定する

には非分極電極等を使用せねばならないが今回の実験では特に必要ではなかつたので施行しなかつた。

以上総括すると GSR にはその本態上相当の心理的関与があるため反応発現には個体差、刺激としての嗅素の種類差、刺激の負荷方法(被検者の意識を刺激に固定する事)等を考慮する必要がある事及び順応をきたし易い点から、刺激間隔を充分にとり弱刺激から強刺激に変換する方法、即ち上昇法を採用せねばならない事等を GSR を応用する上に不可欠の注意事項として挙げたい。なお、これ等の注意事項に忠実であつても、電極間抵抗の過大な場合、基線の動揺の激しい場合、全く反応しない場合等で不適当な者が相当数存するという障害があり、これが GSR を指標とする嗅覚閾値検査の限界となつているものである。

第5章 結 語

① 嗅覚正常者 50 例、病的者 20 例に就て嗅刺激による皮膚電気反応の実験を行なつた。

② 嗅刺激についての事前教示の有無が反応出現に大きな影響を示した。又正常者より病的者の方が反応が現れ易かつた。

③ 順応が起り易く特に刺激間隔時間が短いと反応出現回数が減少する。

④ 嗅刺激の種類別実験では 23% の無反応者があつたが、不快臭の方にやや反応出現をきたし易い傾向を認めた。

⑤ 濃度別刺激実験では正常者においては無反応者が 37% 存在したが、病的者では 27%、又自覚閾値と他覚閾値との差は前者では 70% において一致乃至近似したのに対し、後者は 82% において一致乃至近似 ほぼ同じ結果を得た。

⑥ 他覚的嗅覚検査には上記各項を考慮して施行せねばならない。

第2編 条件皮膚電気反射

第1章 結 言

Pavlov 型条件反射を利用した他覚的検査法は 1948 年 Bordley, Hardy, Richter が電気ショックによる皮膚電気反応を無条件反応とする研究を発表以来、多くの人々に取上げられてきた。しかしそのいずれもが聴覚的他覚的検査法に関するもので、この方法を他覚的嗅覚検査法に応用したものは全く無く、嗅覚に関してはわずかに

新美によつて嗅刺激による条件反射の可能性に付いての研究報告がなされているのみである。

私は第1編において皮膚電気反射を利用した他覚的嗅覚検査法に就いて述べたが 37% に無反応例が見られ、又、閾値検査において自覚閾値との差がわずかであるが見られた事等に対し前編の方法よりやや複雑ではあるができればぎりぎり測定不能例を少なくする事を期待して本

法を試みた所一応見るべき結果を得たので報告する。

第2章 正常者

第1項 実験材料並びに実験方法

被検者：鼻副鼻腔に異常を認めず嗅覚障害を訴えない者で嗅覚の稀釈試験成績が正常値、即ち、 8 ± 1 （ストロベリー原液の6400倍溶液）を呈した成人の中、しかも嗅刺激が無条件刺激となつて皮膚電気反射の起る例は除外し、又、第1編第2章の実験で無反応となつた者も本実験に使用した。合計45例である。

装置：GSR 記録装置。第1編の通電法に関する装置をそのまま使用した。

電気刺激発生装置。第7図の如き $8\mu\text{F}$ コンデンサー放電による直流刺激を用い、電源は90V 積層乾電池とし可変抵抗器により電圧を変化させ刺激の強さを調節した。ショック電極はGSR記録用と同様のものをGSR測定と反対側の手掌及び前腕手掌側の手関節附近に夫々飽和食塩水を浸した綿花を敷いた上からゴムバンドで密着固定した。

実験方法：第1編と同じく脳波検査室を使用、室温は $18^{\circ}\text{C} \sim 25^{\circ}\text{C}$ に保つようにし、被検者には目かくしをし、電極装着後、5分間の安静を保たせた後、実験を開始した。

検者の1人が嗅素を浸した綿棒を呼吸に一致させて鼻孔直下約1cmの所にさし出す作業並びに電気刺激用の押ボタンを押した。

強化方法は第6表に示す通りで50%部分強化とし16回をもつて条件形成の様相を観察した。16回の施行によつても条件形成できなかったものに対しては最初にもどつてもう16回強化を行つた。32回の施行にても条件形成できなかったものは不能例とした。

第6表中、間隔時間は25～40secの間でat randomに選びG+S（嗅刺激+電気ショック）とG嗅刺激だけの順序は不同にしてある。

条件刺激としては強化及び消去の実験ではストロベリ

第6表

No.	間隔(秒)	刺激	No.	間隔(秒)	刺激
1	—	G + S	9	35	G + S
2	40	G	10	30	G
3	30	G + S	11	25	G + S
4	35	G + S	12	35	G + S
5	25	G	13	25	G
6	30	G	14	25	G
7	40	G + S	15	30	G + S
8	25	G	16	25	G
				35	

ー原液を使用し、各種嗅刺激による強化の比較実験では快臭としてストロベリー原液、不快臭としてウォールナツトフレーバー原液、刺激臭として醋酸アルミを使用した。稀釈嗅素による強化実験並びに閾値測定実験ではストロベリー原液の倍数稀釈系列より6番、4番すなわち1600倍、400倍を使用した。

無条件刺激である電気ショックは条件刺激が与えられてから0.5sec遅れて与えられるのが最適であるが、嗅素が嗅粘膜に達する時間等を正確に知り得ないので逆行性条件付けとなるのを極力さけ、しかもできるだけ0.5secに近ずけるように心掛けた。電気ショックの強度決定は電極装着後に固有電気抵抗を測定し、それにより一応の強度を決定、強化過程に入ってから適宜調節した。

第2項 実験成績並びに総括

反応（条件皮膚電気反射）の有無の決定の規準は第1編と同様とした。条件形成の決定はG（嗅刺激だけ）で上記規準の反応が2回以上見られた場合とし、条件形成までの刺激回数は反応の見られたGの前のG+Sまでの回数と見なし、これをもつて現わした。

① 強化の実験

30例に就いてストロベリー原液による強化を行つた結果は第7表に示す通りで、条件形成されたものは73.3%であり、条件形成までの回数の分布は第8図に見られるごとくで大部分が16回までに条件形成が成立している。

不能8例（26.7%）中6例は電気ショックによつても皮膚電気反射の起らないもので残り2例がG+Sでは反応が現れるが条件形成のできなかつたもので32回以上の強化を施行することによりあるいは条件形成ができたかもしれないと考えられる。

第7表

症例	条件形成までの回数	消去までの回数	症例	条件形成までの回数	消去までの回数
1 土 ○	7	11	16 田 ○	15	4
2 鄭 ○	7	8	17 野 ○	7	7
3 長 ○	12	7	18 川 ○	—	—
4 服 ○	—	—	19 名 ○	9	8
5 松 ○	9	8	20 中 ○	—	—
6 藤 ○	—	—	21 ○ 岐	15	5
7 横 ○	—	—	22 高 ○	12	6
8 宗 ○	4	10	23 武 ○	7	11
9 近 ○	12	9	24 ○ 持	9	10
10 稲 ○	7	11	25 内 ○	9	7
11 生 ○	12	8	26 ○ 井	23	6
12 上 ○	4	7	27 一 ○	7	11
13 江 ○	12	10	28 谷 ○	—	—
14 太 ○	—	—	29 吉 ○	—	—
15 大 ○	20	5	30 山 ○	9	7

② 消去の実験

強化の実験において条件形成のできたもの22例に対し続いて消去実験を施行した。嗅刺激は強化と同様ストロベリーエッセンス原液を使用し間隔時間は第6表に示したものと同じにした（すなわち第6表中のGSはGとなる）。

反応が連続して3回現れなくなった時、消去されたものと判定した。その結果は第7表に示す通りで最も早く消去されたものは4回で消去されており、又、11回以上のものが4例あり、その中には20回以上のものが2例あった。又、消去までの回数は7回から10回までのものが比較的多く81.8%であった。第11図。

③ 各種嗅素による強化の比較

①の実験ではストロベリー原液による強化を行った

が、他の種類の嗅素による条件形成率を検べるために、快臭であるストロベリーエッセンスに対し不快臭であるウォルナットフレーバーを、又、刺激臭としては酢酸アルミを、いずれも原液で用い強化を行った。実験方法は①と全く同様で消去過程も同時に実験した。

実験成績は第9図、第10図に示す通りで、①の実験で行ったストロベリー原液による強化との比較ではその形成率にはほとんど差が認められず（第8表）、わずかに刺激臭である酢酸アルミが高率を示した。消去までの回数もストロベリーエッセンス原液によるものと比較して特に差は認められなかった（第12、13図）。

第8表 各種嗅素原液による強化率の比較

刺激嗅素の種類	強化率
ストロベリー原液	73.3%
ウォルナットフレーバー原液	73.3%
酢酸アルミ	80.0%

④ 濃度別実験（閾値測定）

先の実験では嗅素原液による強化を行ったが、稀釈嗅素による強化の方が閾値測定には有利であるので被検者の自覚閾値（本実験では全例6400倍）より倍数稀釈系列で2番及び4番高濃度（1600倍、400倍）を使用し、

同一人に対し日を異にして強化過程を行つた。結果は第9表の通りで1600倍でも400倍でも特に差異を認めず、又、形成率も73.3%で原液によるものと同様であつた。以上の実験で強化成立した被検者には続いて閾値測定を

第9表 稀釈嗅素による強化

	症 例	ST 400×	ST 1600×
1	内 〇	4	7
2	吉 〇	15	12
3	秋 〇	—	—
4	上 〇	7	7
5	一 〇	—	—
6	稲 〇	7	9
7	市 〇	12	15
8	加 〇	7	15
9	太 〇	7	4
10	大 〇	15	15
11	平 〇	—	—
12	中 〇	12	12
13	宮 〇	9	12
14	重 〇	—	—
15	服 〇	9	7
形 成 率		73.3%	73.3%

第10表 閾 値 測 定

	症 例	ST 6400×	ST 6400×	ST 1600×	ST 1600×
1	内 〇	—	—	++	++
2	吉 〇	—	—	+	+
3	秋 〇	++	++		
4	上 〇	—	++		
6	稲 〇	+	—	+	
7	市 〇	++	++	(6400×)	
9	太 〇	++	++		
10	大 〇	—	—	+	+
12	中 〇	+	++		
13	宮 〇	++	+		
15	服 〇	—	+	+	
				(6400×)	

第11表 自覚閾値との関係

6400×で自覚閾値と一致したもの	8 例	72.7%
1600×で反応の見られたもの	3 例	27.3%

行つた。嗅刺激の与え方は6400倍から上昇法にしたがつて行い、同一濃度で2回確実に反応の現れた濃度をもつて閾値とした。この結果は第10表に示す通りであり、自覚閾値と一致したもの8例(72.7%)、1段階高濃度(1600倍)で反応を示したもの3例(27.3%) (第11表)で自覚閾値との差が2段階以上であつたものは1例も見られなかつた。

第3章 病的者

第1項 実験材料並びに実験方法

被検者：嗅覚障害を主訴として当科に来院し、稀釈試験(自覚的検査法)の結果明らかに嗅覚減退と認められた者で、しかも第2章の実験同様、嗅刺激で無条件反射が成立する例は除外し、15例に就いて実験を行つた。特にこの中には第1編第3章の実験において無反応を示した4例が含まれている。

嗅覚脱失者は他に5例だけ行つた。

実験方法は条件形成に使用した嗅素濃度以外は第2章④の実験と同様とし、刺激嗅素濃度の決定は自覚閾値の1/16倍(倍数稀釈系列で4番高濃度)を使用した。脱失者はストロベリー原液を用いて強化を試みた。

第2項 実験成績並びに総括

条件形成率は脱失者を対照としたものをのぞくと73.3%で正常者の場合と同率であり、第1編で無反応であつた者に対する強化では2例において条件形成ができた。

脱失者は全例全く条件形成が見られなかつた。閾値測定では第12表に示すごとくで自覚閾値と一致したもの7例(63.7%)、1段階高濃度で反応を示したもの4例(36.3%)で、それ以上自覚閾値との差を示したものは全く見られなかつた。

第12表

症例	氏 名	年 令	自 覚 閾 値	強化嗅 素濃度	他 覚 閾 値	自覚閾値 との 差
1	高 〇	21	100	原液	100	一 致
2	井 〇	20	100	原液	100	一 致
3	上 〇	25	1600	100	1600	一 致
4	吉 〇	36	25	原液	原液	1 段階
5	大 〇	30	400	25	400	一 致
6	武 〇	28	400	25	100	1 階段
7	〇 島	28	400	25	100	1 階段
8	土 〇	45	25	原液	25	一 致
9	中 〇	37	100	原液	100	一 致
10	内 〇	41	400	25	100	1 階段
11	田 〇	17	400	25	400	一 致

第4章 考 按

条件反射を応用した他覚的検査法は耳鼻科領域では特に聴力の他覚的検査法に関して多くの研究がなされており、その大部分が本法と同じく電気ショックによつて誘発される皮膚電気反射を無条件反射系とするもので、単に GSR 法と云えばこの方法を指す程である。しかるに、いまだ聴力検査法においても臨床的に使用される段階には至っていない。

今日まで発表されてきた多くの他覚的検査法（聴力、嗅覚）は、そのほとんどが感覚刺激に対する非特異性の反応を利用したものであり、本法の場合も矢張りその通りである。しかし臨床的に簡単にこなせる方法としては、それ以外に適当な方法の存在しない現状ではこのような方法を十分に検討し、詐病者、その他の診断に役立てるようにする事が必要である。

1916年 Watson, J. B. が条件皮膚電気反射についての研究を発表以来、これに関する論文は多数見られるようになったが、嗅刺激を条件刺激とするものは1958年新美によつて報告された、嗅刺激による人間の条件皮膚電気反射の形成の可能性並びに汎化、分化に就いての論文が見られるのみであり、他覚的嗅覚検査法に応用したものは現在迄に全く見られない。これは嗅覚に関する研究が種々の困難な面を持つているために見るべき進歩がなかったこと、嗅刺激が皮膚電気反射に対し、容易に無条件刺激として作用すること、更に具体的に嗅刺激負荷の方法的な困難性が存在する事等が主な理由であろう。

私は今回、他覚的検査法への応用を主たる目的として次にのべるような諸点については詳細に検討した。

先づ、無条件刺激となり得るものは種々存在するが、その中、電気ショックが強度の調節、刺激時間の決定等全ての点で非常に有利であるのでこれを使用した。只、刺激強度の決定には注意が必要であり、新美の論文に見られる Psoude-Conditioned-Reflex の出現をきたさないうために強度決定段階を省略し、固有電気抵抗を参考にして一応の強度を決め強化過程に入ってから適宜調節した。その強度は not painful but unpleasant と云われているが、これも個人差がはなはだしく、その表現も各人各様であるので、この点を見い出すのは簡単ではない。

条件刺激と無条件刺激との間隔は所謂延滞の条件形成法より、同時的形形成法の方が形成率が良いのであるが、聴力検査の場合と違つて嗅刺激では逆行性条件付とならないように非常な注意をはらわなくては、かえつて形

成率を悪くする。即ち条件刺激である嗅刺激が、嗅粘膜並びに嗅中枢に達した時期を正確に知り得ず、吸気の始まつた直後をもつて嗅感の有つたものと認めざるを得ず、これより 0.5sec 遅れて電気ショックを与えるのが最も強化率（形成率）が良いのであるが、実際には、この点で正確であるのは困難であるので、逆行性条件付となるのを避けるために、寧ろ 0.5sec よりも遅れるようにしたが多い。

強化法のプログラムは、実験方法でのべた通りで50%強化法により行つた。全部強化より、部分強化の方が消去に対して抵抗があり、閾値測定のためには、この方が有利である。しかも50%強化法でも数試行乃至十数試行で条件形成され、部分強化のためGのみの時に条件形成されたか否かが判定できるので、本法には好都合である。又、十数試行以内に条件形成された事は試験開始より20分以内に条件形成された事であつて条件唾液反射などのように条件形成までに時日を要するのに比較しその点でも本法は有利である。

条件皮膚電気反射の反応は第1編と全く同じ形で現れてくるもので、それが条件皮膚電気反射によるものか単に嗅刺激によつて起つた皮膚電気反射であるかは反応曲線だけでは区別がつかないが、部分強化法によつて最初Gのみでは反応が現れずG+Sの後のGに反応の現れた状況によつて判定を下す事ができるわけである。

刺激嗅素は、まづストロベリーエッセンス原液を使用し、嗅刺激による条件皮膚電気反射の形成を実証し、次に快臭、不快臭、刺激臭による形成率の比較を行つた。不快臭及び刺激臭の方が快臭よりも形成率が高いと予想したが、実験成績からこの3者間に極めて僅少の差異しか認められず、この結果いかなる嗅素を使用しても、形成率には大差がないものと推考する。又、形成率が第1編と比較してやや良かった事は、第1編の方法よりは複雑ではあるが有用な方法であると言える。特に第1編の方法で、全く反応の現れなかつた者でも、本法によつて条件付できた事は看過できない点である。

次に閾値測定にあたり、原液嗅素による強化より稀釈嗅素による強化の方が順応（疲労）の発現し難い点から有利であるので、稀釈嗅素による強化も原液による強化と同じ形成率を示すならばそれを利用すべきであり、その実験を行つた。稀釈嗅素の濃度は自覚閾値より2番及び4番高濃度のもを使用した。聴力検査においては閾値上30～40dbで強化を行つたと報告（鈴木等）があるが、私は自覚閾値±1段階の範囲に他覚的検査閾値がく

ると想定した結果、前記濃度のものを使用し、形成率は原液 400 倍、1600 倍間に差は認められず、閾値測定には稀釈嗅素を使用する事とした。

閾値測定にあたり次に問題となるのは消去であり、あまり簡単に消去されてしまったのでは閾値測定は不可能である。各種原液それぞれについて行つた消去の結果は前述の通りで、最も早く消去されたものでも 4 回であり大部分は 7～8 回以上で、上昇法にて閾値測定を行なえば特に問題とはならない。稀釈嗅素によつて強化されたものの消去に就いても、実際に閾値測定を行つた結果から見て、特に早いと思われるものはなかつた。

閾値測定の結果は第 11 表の通りで、自覚閾値との差から見て、第 1 編の場合よりわずかではあるが好成绩であり、聴力検査(鈴木篤郎)とはほぼ同じ結果を得ている。

次に病的者を対象としたものについて 2, 3 の考察を加えると、まず刺激嗅素濃度の決定であるが、自覚閾値が不明(あるいは測定不能)の場合には正常者に使用した 400 倍で強化を行い、条件形成できなかつた場合には漸次高濃度のものを使用する方法、あるいは原液で強化を行い、それによつて一応他覚的閾値を測定し、その他覚的閾値から強化濃度を決定し、あらためて閾値を測定すると云う 2 段階に分けた方法(この方法によれば先にのべた順応(疲労)の問題から起る検査成績の不正確が除かれる)が考えられる。

又、病的者の場合の条件形成率及び測定閾値の一致度が、正常者群のそれと比較して大差なかつた事から、本法の検査法の有用性が認められる。

なお、脱失者に就いては、本法では条件刺激として使用する嗅刺激を、全く感ずる事のできない脱失者にとつて、条件形成が成立しなかつたのは当然であると考ええる。又、被検者は全く臭いはないと云っているにもかかわらず、本法で明らかに条件形成が成立したとするならば、それは多少なりとも臭つていたと考えるべきで、この事実は詐病検査に利用できる。

以上総括すると、いかなる嗅素を用いても、強化率には大差はないが、逆行性条件付けとならないように注意が必要であり、閾値測定にあつてはできるだけ低濃度の嗅素による強化が良く、そのために強化率が悪くなることはない。しかし上昇法によれば、特に消去を問題とする事はない。又、病的者群の実験成績からも他覚的嗅覚検査法として本法が有利な方法であると云える。

第 5 章 結 語

① 嗅覚正常者 45 例、病的者 20 例について嗅刺激を

条件刺激とする条件反射の実験を行い他覚的嗅覚検査法の応用を検討した。

② 各種嗅素原液間における形成率の差は認められなかつた。又、稀釈嗅素による強化も原液による強化と同率の形成率を示したので閾値測定には稀釈嗅素を使用する事とした。

③ 消去までの回数が閾値測定に不便をきたすほど少ないものはなかつた。

④ 第 1 編で無反応であつた者も本法で反応(条件形成できたもの)を示した例があつた。

⑤ 正常者と病的者の間において形成率、自覚閾値との差に有意の差を認めなかつた。

⑥ 脱失者は全例、条件形成ができなかつた。

⑦ 第 1 編と同様不能例は比較的少なかつた。本法も前法(第 1 編)と並んで他覚的嗅覚検査法に応用すべきであり、特に前法にて無反応であつた者に対しては更に本法を施行すべきである。

参考文献

- 1) *Albrecht, W.*: Die Trennung der nicht Organischen von der Organischen Hörstörung mit Hilfe des Psychogalvanisches Reflex, Arch. Ohren- usw. HLK. 101,1 (1918).
- 2) *Avakyan, P. V.*: The use of conditioned blinking reflexes for the investigation of the activity of the auditory analyzer in man (abstr.), Exp. med. (sect. XI) II, 220(1958)
- 3) *Berino, S.*: Eine neue Methode der Klinischen Anwendung auropalpebralen Reflexes (Bechterew), Mschr. Ohrenhlk. 52, 423 (1918)
- 4) *Bijtel, J. & van Iterson, C. J. A.*: Recherches sur le réflexe psychogalvanique, en particulier comme réaction aux excitations olfactives, Arch. néerl. physiol. 10, 447-448 (Cited by Landis, C. & Be Wick, H.N.)
- 5) *Bordley, J. E. and Hardy, W. G.*: A study in objective audiometry with the use of a psychogalvanometric response, Ann. Otol. 58, 751. (1949)
- 6) *Bordley, J. E. and Haskins, H. L.*: The role of the cerebrum in hearing, Ann. Otol. 64, 370 (1955)
- 7) *Campbell, R. K.*: Some difficulties in conditioning galvanic skin responses, Psychol. Bull. 33, 618 (1936)
- 8) *Campbell, A. A. and Hilgard, E. R.*: Individual differences in case of conditioning, J. exp. Psychol. 19, 561 (1936)
- 9) *Catlin, F. L.*: Stimulators for psychogalvanic testing with special

reference to clinical audometry, : Acta oto-laryng. 48, 374 (1957) 10) *Coombs, C.H.*: Adaptation of galvanic response to auditory stimuli, J. exp. Psychol. 22, 244 (1938) 11) *Demes, P. and Neame, J.H.*: Psychogalvanic audiometry, J. Laryng. 73, 690 (1959) 12) *Freeman, G. L.*: The galvanic phenomenon and conditioned responses, J. gener. Psychol. 3, 529 (1930) 13) 藤森: 生理学講座, 精神電流現象, 中山書店, 65頁. 14) 福島: 幼児の聴力検査法に関する研究, 第2編 PGSR-Audiometry, 日耳鼻, 63巻8号, 1847頁. 15) *Golds-stein, R., Ludwig, H. and Naunton, R.F.*: Difficulty in conditioning galvanic skin responses: Its possible significance in clinical audiometry. Acta. oto-laryng. 44, 67 (1954) 16) 後藤: 人体の電気現象とその応用, 永井書店, (1957) 17) *Grant, D. A. and Schneider, D. E.*: Intensity of the conditioned stimulus and strength of conditioning. II, The conditioned galvanic skin response to an auditory stimulus, J. exp. Psychol. 39, 35 (1949) 18) *Hilgard, E. R. and Campbell, A. A.*: The course of acquisition and retention of conditioned eyelid responses in man, J. exp. Psychol. 19, 227 (1936) 19) *Hovland, C.*: The generalization of conditioned responses. IV. The effect of varying amounts of reinforcement upon the degree of conditioned responses, J. exp. Psychol. 21, 261 (1937) 20) *Hovland, C.*: The generalization of conditioned responses. I. The sensory generalization of conditioned responses with varying frequencies of tone, J. gener. Psychol. 17, 125 (1937) 21) *Hovland, C.*: The generalization of condition responses. II. The sensory generalization of conditioned responses with varying intensities of tone, J. genet. Psychol. 51, 279 (1937) 22) *Hovland, C.*: The generalization of conditioned responses. III. Extinction, spontaneous recovery, and disinhibition of conditioned and of generalized responses, J. exp. Psychol. 21, 47 (1937) 23) 市原: 嗅覚の臨床, 金原出版 (1963) 24) *Knapp, P. H. and Gold, B.H.*: The galvanic skin response and diagnosis of hearing disorders, Psychosomatic Med. 12, 6 (1950) 25) *Landis, C. and Dewick, H. N.*: The electrical phenomena of the

skin, Psychol. Bull. 26, 64 (1929) 26) *Landis, G. and Hunt, W. A.*: The conscious correlation of the galvanic response, J. exp. Psychol. 18, 506 (1935) 27) *Laskiewicz, A.*: Clinical considerations on the aural reflexes of Bechtrew and Kisch, Acta oto-laryng. 45, 355 (1955) 28) *Lehrhoff, I. and Hills, B.*: An experimental study of auditory threshold acuity in children with cerebral palsy by P.G.S.R. and other techniques, Ann. Otol. 67, 643 (1958) 29) *Michels, M. W. and Randt, C.T.*: Galvanic skin response in the differential diagnosis of deafness, Arch. Oto-Laryng. 45, 302 (1947) 30) 操担道, 他: 医学エレクトロニクス, 南山堂 (1956) 31) *Misbach, L. E.*: Effect of pitch of tone stimuli upon body resistance and cardiovascular phenomena, J. exp. Psychol. 15, 167 (1932) 32) 本川: 電気生理学, 岩波全書 (1957) 33) *Neet, C.C.*: A comparison of verbal, manual and conditioned response methods in the determination of auditory intensity thresholds, J. exp. Psychol. 19, 401 (1936) 34) 新美: 嗅覚刺激を条件刺激とした人間の条件皮膚電気反射 (第1報), 形成の可能性の実証, 歯科学報, 58巻, 11号 (1958) 35) *Pavlov, I. P.*: 条件反射学, 三省堂 (1937) 36) *Richter, C. P.*: Physiological factors involved in the electrical resistance of the skin, Amer. J. Physiol. 88, 596 (1929) 37) 下平: 音響刺激による無条件皮膚反応とその聴力測定への応用, 日耳鼻, 65巻, 9号, 1066頁 (1962) 38) *Strauss, H., Landis, C. and Hunt, W. A.*: Acoustic motor reactions especially the cochleopalpebral reflex, Arch. Otolaryng. 28, 941 (1938) 39) 鈴木(篤), 他: 他覚的聴力測定, 日耳鼻第61回総会宿題報告 (1960) 40) 間田: 新生理学 (上巻) 動物の機能編, 医学書院 (1960) 41) *Van Iterson, C. J. A.*: Psychic-galvanic-reflex-phenomenon in ear examination, Acta Oto-Laryng. 2, 174 (1921) 42) *W. Waemann.*: Geruchssin, S. 39 H. N. O. HLK. Bd 1 (1964) 43) *Wotzilka, G.*: Eine neue Art von Hörprüfung bei hochgradiger Schwerhörigkeit und Taubheit, Mschr. Ohrenhk. 57, 880 (1923) 44) 山田: Psychogalvanic Skin Responses による他覚的聴力検査法について, 日耳鼻, 63巻, 6号 (1960).

終稿に当り恩師山本教授の御指導並びに御校閲に深謝すると共に, 終始御教導を戴いた市原助教授に感謝する。

本論文の要旨は第65回日本耳鼻咽喉科学会総会において発表した。

(原稿到着＝昭和39.8.24日)