

日本生理學雜誌

JOURNAL OF THE PHYSIOLOGICAL SOCIETY OF JAPAN

原 著

- 大木新平・品川嘉也：酵素反応速度理論に関する一考察……………521
吉村寿人・三好正人・藤井崇知：超微量体液の滲透圧測定法……………525
浅井 邦 二：視知覚特性の病態発達生理学的研究——特に聴力障害者に就いて……………532
江 原 貞 博：脊椎動物各種筋組織の Cholinoceptore に就いて……………564

Originals

- OHKI-Shinpei・SHINAGAWA-Yoshiya: Note on the kinetics of enzyme reaction……………521
YOSHIMURA-Hisato・MIYOSHI-Masato・FUGII-Takanori: Determination of osmotic
pressure with minute quantity of biological fluid ……………525
ASAI-Kuniji: Pathological physiology on the development of visual perception ——especially
in persons with hearing impaired ……………532
EBARA-Sadahiro: Investigation on the cholinoreceptors of various muscles of some
vertebrates ……………564
-

附：会 報

故田代四郎教授略歴

田代四郎先生の思い出

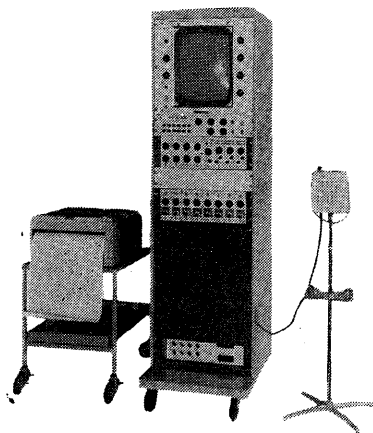
日 本 生 理 学 会

Physiological Society of Japan

POLYGRAPH

ポリグラフPG-801型

国産最高水準のエレクトロニクスを



ポリグラフは

脳波、心電図、血圧、心音、呼吸曲線、体温、脈波など多種類の生理現象を8素子まで同時に観測記録する総合的な監視装置です。

観測には残光性の16"モニターオシロスコープを用い、記録器には直記式のインク書きオシログラフが組み込まれ、増幅器はプラグイン式で測定対象に応じて種々の組み合わせができます。

主要製品

脳波計・脳波分析装置・ポリグラフ・ハートスコープ・ベッドモニター・筋電計・フィジオグラフ・医用テレメーター・各種刺激装置



販売 三栄測器商行株式会社

東京都新宿区柏木1-95 TEL (371) 7117~8・8114~5

製造 三栄測器株式会社

肝・副腎障害・結核薬の副作用防止

V.B群を大量添加して
効果の確実化を期した

パントテン酸製剤

パンカルG

☆組成(1g中)	パントテン酸カルシウム	100mg
	ビタミン B ₂	3mg
	ビタミン B ₆	30mg
	ニコチン酸アミド	15mg

☆薬価基準	1g	15円70
-------	----	-------

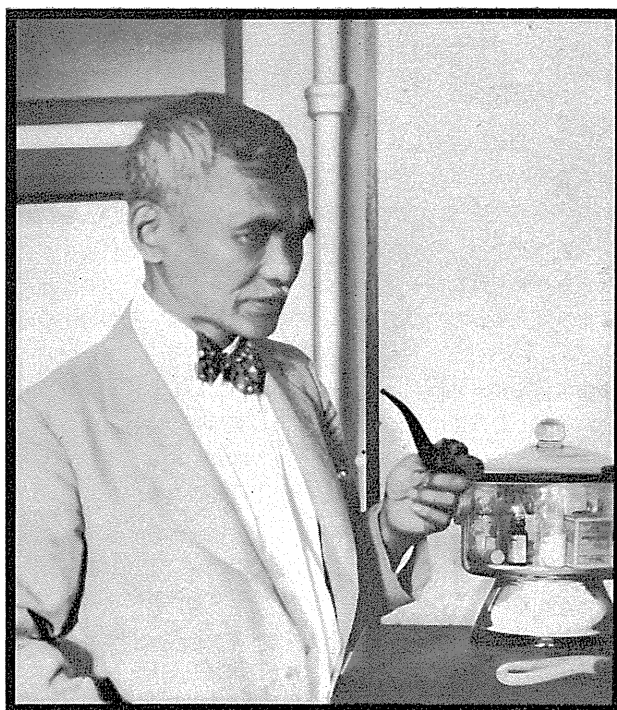


第一製薬
東京・日本橋

(包装) 顆粒 25g 100g 500g 1Kg

(外にパンカル散・注あり)

—文献進呈—



故 田 代 四 郎 教 授 略 歴

Dr. Shiro Tashiro, who is well-known among neurophysiologists and biochemists in the world, died on the 12th of June, 1963, at his home in Cincinnati, Ohio U. S. A. He was a pioneer in the field of neurochemistry. His success in 1911 in demonstrating production of carbon dioxide associated with repetitive activity of the nerve came as a surprise to many physiologists who considered nerve conduction as a purely physical phenomenon. Because a certain famous physiologist insisted at that time that there was no heat production during nervous conduction, Dr. Tashiro faced a serious difficulty in convincing his fellow investigators. Later, Dr. Tashiro showed further that there is production of ammonia during nervous activity. When his discoveries were recognized by the scientific world, a number of honors were awarded to him. He was appointed Professor of Biochemistry at University of Cincinnati in 1918 and taught biochemistry there until 1952. He was given the title of "Igaku-Hakushi" from Kyoto University in 1922. He was awarded "Gakushiin-Sho" in 1924 (大正13年). His motto was "精神一到何事かならざらん" which is now remaining in the library at University of Cincinnati. He is now buried near the Marine Biological Laboratory, Woods Hole, where he opened up a new field of investigation half a century ago. The following is a brief life history of this famous Japanese-American scientist :

Born in 1882 in Togo-Machi, Satsuma-Gun, Kagoshima-Ken

Graduated Kagoshima Dai-ichi Chugaku in 1904

Came to San Francisco in 1904

Graduated Hyde Park High School in 1908

Finished under- and post-graduate course at University of Chicago and awarded Ph. D. in 1912

Appointed instructor at University of Chicago in 1912

Married to Shizuka Kawasaki in 1915

Appointed Professor of Biochemistry at University of Cincinnati in 1918

Became Professor Emeritus of the same university in 1952

田代四郎先生の思い出

東京都立大学理学部 団 勝 磨

私が田代先生と Woods Hole で毎夏お会いしていたのはもう30年も昔のことである。その頃先生は大変な元気で、長い夕暮時を馬蹄を投げる Horse Shoe の遊びを散々した後、今度は徹夜でポーカーのお相手などをさせられたものだが、ここに記すこともその折々に先生からうかがったことである。

先生が鹿児島から出て何時渡米されたか私は知らないが、何でも前に移民した同郷の人がホテルの戸口にいるドアボーイになって立派なお仕着せ姿の写真を送ってきて、少年の先生を感服させたことも渡米の動機の一つであったように言っておられた。随分苦学して勉強されたらしいが、先生は困難を勇氣と機智で次々と乗り越えてゆかれた。

先生が特待生であったハイスクール当時は屢々零下20度にもなる Chicago で暖房なしの部屋を借りて儉約された。それでも凍死されなかったコツは「ヒーターの入っている環状線の電車で一晩中グルグル廻って勉強し、身体が冷えない内に帰って寝るのですよ。何しろ特待生で月謝免除にならない限り、学校に行けないので骨が折れた」と笑っておられた。

Chicago大学では有名な Prof. Nefの許で化学を専攻されたが、丁度卒業の時 Prof. Nef は欧州に旅行中で就職の世話をする人がなくて大変困られたそうだ。そこで当時細胞学者であった Dr. A. P. Mathewsが生化学を始めようとして人を捜していたので、生活のために已むなくその職をとられたらしいが、はしなくも Dr. Mathewsこそ田代先生の一生の保護者であり、且 Cincinatti 大学で田代先生は彼の後任者となられた人であった。

先生が神経衝戟に伴う炭酸瓦斯の発生を発見された当時の話は涙ぐましいものである。当時先生は依然として貧乏であったらしい。そこで Woods Hole の実験所滞在のためにも沢山アルバイトをされねばならなかった。第一が食堂の給仕さん。これは後片付けの皿洗いまで含めて1日3回であるが、これをすれば食費は只になる。第二はベットを直す chamber maid の役。これは朝食の片付けと昼食の仕度の間にやれて、これで寄宿の舍費がでる。まだ足りないから第三は午後薬品室掛りである。これは所謂煙草銭であったろうか？

それで1日からアルバイトの時間を引くと勉強は夕食の片付けの後しかなくなる。先生が予め炭酸瓦斯を除いた硝子管にかにの神経と管壁に一滴のバリタを封じ込んでから衝戟を通すとバリタの中に炭酸バリウムが沈澱が生ずることを初めてみられたのは、その地下の暗い薬品室の片隅であったのである。

しかしこれをデモンストレートされたときには薬品室の電灯は暗い顕微鏡はわるいし Dr. Mathews にはどうしても沈澱が見えなかったそうだ。そこで田代先生は方々を改良し自分で新しい硝子装置を吹こうと思ひ立たれたが、まだでき上らない中に夏も終りとなって Dr. Mathews は一家を伴って一週間程 Baston に遊びに行ってしまう。やっと装置が完成すると田代先生はそれを早く Dr. Mathewsに見せたくて仕方がない。何日何時の汽車で Dr. Mathews が Baston を立って Cincinatti に帰られるかは分っている。とうとう先生はなけなしの金を割いて Baston の駅までゆかれたが、Dr. Mathews が休養のとれた顔付きで一家に囲まれた悠々たる姿を遠望されたとき、穢い着物に硝子器を手にした自分の姿が余りに情けなくなって、柱の蔭に身をかくしてとうとう会わずに帰ってこられたそうだ。

先生のそうした苦心の結果が1913に発表されたとき英国の A. V. Hill との間に論争が起ったが、これこそ神経生理学の最初の大原理を打ち立てた仕事であったことは人も知る通りである。私がお会いしていた頃は1920年代の終りで、それまでには先生の第二の古典的業績である神経活動に伴うアムモニアの生成もすでに世に受け入れられていたが、先生の仕事はいつも議論を沸騰させるほど世に先立った独創性の強いものであった。丁度その頃 Nobel 賞をとって間もない A. V. Hill が Woods Hole に来たことがあった。私は全く迂闊に今晚は Hill の講演を聞きにゆきますと言ったら、先生はあんな話は聞いても無駄だと20年立った後でも機嫌が悪かった。

私は偶然のことで去年8月先生にお目にかかる機会をもったが、先生の写真もとらずに帰ってきたことが今となっては悔まれる次第である。

酵素反応速度理論に関する一考察 612.015.1:577.022

Note on the kinetics of enzyme reaction

大 木 新 平・品 川 嘉 也
(OHKI-Shinpei*・SHINAGAWA-Yoshiya**)

It is well known that the Michaelis-Menten formula of the initial velocity equation for enzyme reaction has the restrictive assumption, the reaction $E+S \rightleftharpoons X$ being in equilibrium.

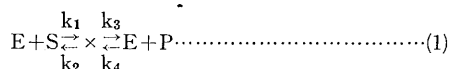
General formulation of the enzyme reaction, however, gives nonlinear differential equations. We introduced a simple physical model of the enzyme reaction, which can be solved by matrix method of relaxation spectre. The differential equations were linearized by the steady state scheme on intermediate complex, X or ES. The general character of the reaction process was discussed from the view point of nonlinear oscillation and relaxation.

酵素反応の解析によく用いられる Michaelis-Menten 式¹⁾が物理的にみて強い制限条件のもとでしか成り立たないことは、理論家の間ではよく知られているが実験結果を解析するにあたってはその注意が案外なされていないようである。これは1つには、代るべき精密な理論がないため元来実験式である Michaelis-Menten 式を拡張解釈する結果と考えられる。

このため Chance²⁾, Alberty³⁾ は、現象論的微分方程式をたててアナログ計算機で解く方法を用いているが、これでは理論的な見通しはつけられない。そこで本稿ではより一般的な仮定のもとに現象論的な模型をたて、その模型について厳密な解を与え、その結果を更に一般の場合に拡張することを試みた。

1. Michaelis-Menten 式の検討

Michaelis-Menten 式は酵素反応を、



と表わし、したがって速度定数に対して、

$$v = k_3 K(S)[E_0] / (1 + K(S)) \quad \dots\dots\dots (2)$$

の表現を与えるものであるが、このKを平衡定数として熱力学的解析を行なうことに問題がある(但し $K = k_1/k_2$)。 (1)式が理論的に成り立つためには、Xは活性複合体そのものであり、各段階の反応は只1個の素反応で進み、かつ平衡に達していなければならない。これらの条件が一般には成立しないことはよく知られている。Xは活性複合体とは異なるので絶対反応速度の理論では2つのポテンシャルの峠を仮定している⁴⁾。これは同時に素反応の仮定にも反することにもなる。

井上・品川⁵⁾⁶⁾ は平衡仮定が充されているときにも、素反応の仮定が充されない限り速度定数から平衡定数を求めることはできないことを示している。更に酵素化学の実験の多くは反応の初速度を測定するものであるから、平衡に達しているかどうか明らかなでない。これは k_4 を無視することにも現われている。従って (1) (2) 式は単なる実験式としての意味しかなく、論理的取扱いには不適當である。又Eyring ら⁴⁾の絶対反応速度式を用いても、これらの難点はそのまま残る。即ち Eyring 式は本質的には $K_m = (k_2 + k_3)/k_1$ に対して、

$$K_m = \kappa e^{-\Delta H^\ddagger/RT} e^{\Delta S^\ddagger/R} \quad \dots\dots\dots (3)$$

の表現を与えるものであるから Michaelis-Menten 式に含まれる諸仮定はそのままの形で残る。(3)式の形で理論的に正確に扱うためには

* 東京都立大学理学部物理学教室
Dept. Physics, Faculty of Science, Tokyo Metropolitan Univ.

** 京都大学医学部第2生理学教室
2nd Dept. Physiol., Med. School, Kyoto Univ.
〔昭和38年8月20日受付〕

本稿の一部は第38回日本生理学会総会において口演した。

活性中心の活性複合体における分配函数を考慮しなければならないが⁷⁾、これは実際の酵素反応については殆んど不可能であろう。

そこでより一般的な仮定の上に理論を組み立てねばならないが、そのために系の一部に対して定常反応の条件をおく。これは反応がXを充分速かに通過し、全系のEの濃度が時間によらず一定であることに相当するが、これは多くの反応において充されていると考えられる。

Ⅱ．現象論的模型の導入

前述の立場から物理的に取扱うことのできる現象論的モデルを導入する。(1)式で表わされる系は3つの状態(A) E+S, (X) Xおよび(B) E+P から成る。今、状態(A) から (X)、その逆、状態(X) から (B) およびその逆への遷移確率をそれぞれ a' , a , b および b' とすると、状態間の遷移を表わす行列は、

$$CN = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \text{ 不変}$$

$$CS = \begin{pmatrix} 1-a' & a & 0 \\ a' & 1-a & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} (A) \rightleftharpoons (X)$$

$$CR = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1-b & b' \\ 0 & b & 1-b' \end{pmatrix} (X) \rightleftharpoons (B)$$

で与えられる。単位時間当りのEとSの衝突数を μ 、EとPの衝突数を ν とすれば、全系に対する遷移行列は、

$$C = (1-\mu-\nu)CN + \mu CS + \nu CR$$

$$= \begin{pmatrix} 1-a'\mu & a\mu & 0 \\ a'\mu & 1-a\mu-b\nu & b'\nu \\ 0 & b\nu & 1-b'\nu \end{pmatrix}$$

で表わされる。もし分子衝突が一様に行われるとすれば、 μ , ν は活性中心の衝突断面積に比例する。即ち酵素蛋白中で活性中心の占める面積に対応する。初めの状態ベクトルを $\Psi(0)$ とおくと、これにCをt回作用させることによりt時間後の状態 $\Psi(t)$ が求められる、即ち、

$$\Psi(t) = C^t \Psi(0) \dots\dots\dots (4)$$

これはCを対角化することにより厳格に解き得る(数学的付録参照)。計算の詳細は別に発表するが、見通しをよくするため(4)式と同等な微分方程式を導き、(1)式の表現との対応をつけると、

$$\begin{cases} \dot{s} = -k_1se + k_2x \\ \dot{x} = k_1se - (k_2+k_3)x + k_4pe \\ \dot{p} = k_3x - k_4pe \end{cases} \dots\dots\dots (5)$$

となる。ただし S, X, P の濃度をそれぞれ s, x, p と書いた。定常条件を反映して $e=0$ である。その特性方程式の根はいずれも正でない実数であり、0, $-\kappa+\kappa'$, $-\kappa-\kappa'$ と表わされる。従って反応生成物の濃度は、

$$p = p_E \{ 1 - \alpha e^{-(\kappa-\kappa')t} - \beta e^{-(\kappa+\kappa')t} \} \dots\dots\dots (6)$$

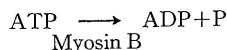
$$\alpha + \beta = 1$$

となり $t \rightarrow \infty$ の極限では $p \rightarrow p_E$ の平衡値に近づく。勿論、基質及び反応生成物に関しては常に定常ではない。すなわち2つの緩和時間を持ち、二段階的に反応が進む場合がある ($|\kappa'|$ が小さいときは単純な指数函数的反応となる) ことを示している、これが本理論の一つの特色である。

Ⅲ．実験値との検討

本理論の適用は活性複合体の過程を含む酵素反応のような場合になされる。ここでは ATP が Myosin B の下で分解する実験例⁸⁾をあげ、定性的にそれを説明することにする。

即ち、



Myosin B で ATP が分解しPを放出するのであるが、ATP が上述の Substrate に相当し、Myosin B が Enzyme に、Pが product に相当している。分解により放出されるPの量と Enzyme Myosin B の量との比例関係から、この反応が homogeneous (均質の) 反応であることがわかる (Fig. 1 より)。

又、図1, 2より明らかに放出されるPの量の時間的な変化が直線的でなくしかも曲線も二段階にわかれていることが見られる。即ち初期の initial phase とそれからかなり時間のおくれた steady phase とである。このような状況を我々は次のように説明することができよう。

この反応は二つの緩和過程からなり立っているということである。それは ATP が Myosin B の存在下で直接 ADP と P に分解するのではなく、酵素分子と共に或る準安定な活性複合体になり、それが分解していることによるのであ

る。定量的なことを議論するには (6) 式および付録 (iii) 式の各項にそれぞれの状態の値を代入すればよいのであるが、反応の初期に二つの phase の違いが現われることは、二つの過程の緩和時間の比が 1 からかなりはなれた値をとっていることを示している。

そのようになる一つの場合は、A-X-B の過

The relationship between the rate of the liberation of P from ATP by myosin B and the amount of the enzyme is shown in Fig. 1. It is clearly seen in this figure that the rates of P-liberation in both the steady and the initial phases are proportional to the concentration of the enzyme.

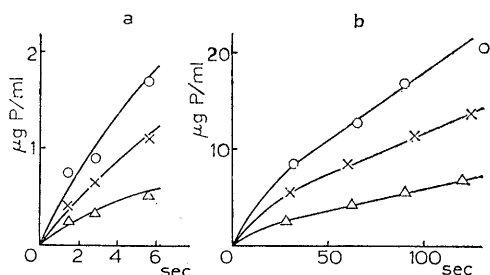


Fig. 1.

Dependence of rate of liberation of P on amount of enzyme. ○, 1.8 mg; ×, 1.2 mg; △, 0.6 mg dry-weight myosin B/ml. Reaction mixture: 1 *mM* ATP, 0.6 *M* KCl, 7 *mM* Ca⁺⁺. pH 6.7, 23° (a) initial phase; (b) steady phase.

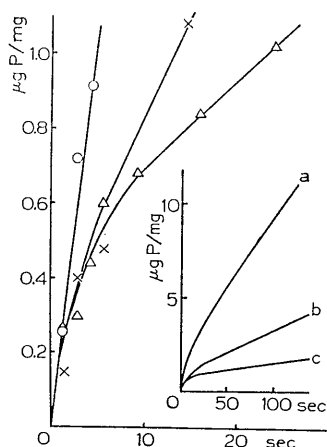


Fig. 2.

Effects of Mg⁺⁺ and Ca⁺⁺ on initial phase. ○, 7 *mM* Ca⁺⁺; △, 4.5 *mM* Mg⁺⁺; ×, no divalent cation. 1 *mM* ATP, 0.6 *M* KCl, pH 6.7, 22°. Inserted figure, (a) 7 *mM* Ca⁺⁺; (b) no divalent cation; (c) 4.5 *mM* Mg⁺⁺.

程において A-X 間の状態遷移の確率が X-B 間のそれに比べていちぢるしく速く行われる時にあらわれる。Substrate と Enzyme が共存している energy と Activated complex の状態の energy の差又は Activated complex energy と Product, Enzyme の共存している energy の差がわかり、それらの間の状態の遷移確率が知れば我々の Model に対応して各々の酵素反応についての定量的な議論をすることができるがそれについては別に発表する。

IV. 非定常状態への拡張

(5) 式の解は $t \rightarrow \infty$ において平衡値に近づくことを示している。すなわち平衡値はこの微分方程式の結節点になっている。非定常の場合は、方程式が非線型となるので正確な解は数値解法によらなければならないが、平衡値への接近のしかたは理論的に考察できる。

(5) 式の定常条件は e が定数である事により与えられる、今 e の変化が小さいとして $e + \Delta e$ で表わすと一般の場合の方程式は、

$$\begin{aligned} \dot{s} &= f(s, x) - k_1 s \Delta e \\ \dot{x} &= g(s, x, p) + k_1 s \Delta e + k_4 p \Delta e \\ \dot{p} &= h(x, p) - k_4 p \Delta e \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (7)$$

となる、但し f, g, h は線型部分を表わし、 Δe を含む項が摂動となる。更に (7) 式中の s, x, p を平衡値からの隔りと解釈しても方程式は (常数を除いては) 変らない、そして平衡点は原点となり線型系の単危点となる。線型方程式の特性方程式の根は前述のように総て負であるから、この単危点は安定結節点である。

非線型系についても、 $t \rightarrow \infty$ で総ての軌道は原点に近づくから、原点は単危点である。更に、 $s, x, p \rightarrow 0$ のとき摂動項は 2 次の無限小であるから、この単危点は線型系の単危点と同種のものでなければならない。

即ち (7) 式の平衡点は安定結節点となり、非定常の場合でも平衡への近づき方は定常系と変らないことが判る。本稿の論点の大綱は定常条件が充されていない場合にも変らない

V. 結 語

酵素反応の動力学について考察し

1. Michaelis-Menten 式を検討し、理論的

解析の用をなさないことを示した。

2. 現象論的模型を導入して、物理的に厳格に解き、定常過程に相当することを示した。

3. この過程は、2つの緩和時間をもって平衡点に近づく。

4. 定常条件の充されないときにも、平衡への接近の仕方は変らない。

5. 以上の理論を、実験値にあてはめ、検討を加えた。

数学的付録

状態ベクトル Ψ を次のように定義する。

$$\Psi \equiv (n(A), n(X), n(B)) \dots \dots \dots (i)$$

ここで $n(A)$, $n(B)$, $n(X)$ はベクトル Ψ の成分である。

(i) は状態Aに Substrates が $n(A)$ 個、状態

$$n(B)(t) = \left\{ \frac{e^{-E(b)/kT}}{e^{-E(a)/kT} + e^{-E(x)/kT} + e^{-E(b)/kT}} \right\} \times \left\{ 1 - C_1 e^{-(\kappa - \kappa')t} - C_2 e^{-(\kappa - \kappa')t} \right\} \dots \dots \dots (ii)$$

である。ここで、

$$C_1 = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{(a+a')\mu + (b+b')\nu}{\sqrt{[(a+a')\mu + (b+b')\nu]^2 - 4(a'b + ab' + a'b')\mu\nu}} \right),$$

$$C_2 = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{(a+a')\mu + (b+b')\nu}{\sqrt{[(a+a')\mu + (b+b')\nu]^2 - 4(a'b + ab' + a'b')\mu\nu}} \right),$$

μ , ν が1に比べて小さいとすると、

$$\frac{1}{\kappa - \kappa'} \equiv \lambda_1 = \frac{(a+a')\mu + (b+b')\nu}{2(a'b + ab' + a'b')\mu\nu}, \quad \frac{1}{\kappa + \kappa'} \equiv \lambda_2 = \frac{(a+a')\mu + (b+b')\nu}{[(a+a')\mu + (b+b')\nu]^2 - 2(a'b + ab' + a'b')\mu\nu}$$

である。

λ_1 , λ_2 をそれぞれの過程の緩和時間と定義する。

従って、

$$N(B)(t) = \frac{e^{-E(b)/kT} n_{0 \text{ sub}}}{e^{-E(a)/kT} + e^{-E(x)/kT} + e^{-E(b)/kT}} \left\{ 1 - C_1 e^{-\lambda_1 t} - C_2 e^{-\lambda_2 t} \right\} \dots \dots \dots (iii)$$

と書ける。

$N(B)$ は系全体の products の分子数, n_{sub} は反応前における系全体の substrates の分子数である。

御指導賜っている井上章教授、岡小天教授に感謝します。本研究の一部は学術振興会、流動研究費によった。

文 献

- 1) Michaelis, L. & Menten, M. L. (1913) Biochem. Z. **49**, 333
- 2) Chance, B. & Williams, G. R. (1956) Advances

Xに複合体が $n(X)$ 個、状態Bに products が $n(B)$ 個存在することを示している。

今、Enzymes と Substrates が homogeneous に反応すると考えると各分子一個についてそれが各状態に存在する fraction を問題にすればよいであろう。

反応前の状態をあらわすベクトルとしては $(1, 0, 0)$ を用いることができる。従って、反応を開始して t 時間後の状態は (4) 式より、

$$\Psi(t) = (C)(n(A)(t), n(X)(t), n(B)(t))$$

となる。遷移確率に対して詳細均合の定理が成り立つと仮定して $a = a' \exp\{(E(X) - E(A))/kT\}$ および $b = b' \exp\{(E(X) - E(B))/kT\}$ を利用すると、計算の結果、

分子一個が (B) の状態にある fraction は、

in Enzymology **17**, 65

- 3) Miller, W. G. & Alberty, R. A. (1958) J. Am. Chem. Soc. **80**, 5146
- Alberty, R. A. (1959) Rev. mod. Phys. **31**, 177
- 4) Johnson, F., Eyring, H. & Polissar, M. J. (1954) The Kinetic Basis of Molecular Biology, Wiley, New York
- 5) 井上 章・品川嘉也 (1960) 科学 **30**, 481
- 6) Inouye, A. & Shinagawa, Y. : Arch. int. Pharmacodyn (in press).
- 7) Horiuti, J. (1938) Bull. Chem. Soc. Japan, **13**, 210, (1953) Proc. Japan Acad. **29**, 164
- 8) Tonomura, Y. & Kitagawa, S. (1960) Biochim. Biophys. Acta **40**, 135

超微量体液の滲透圧測定法 612.014.462.1

Determination of osmotic pressure with minute quantity of biological fluid

吉村 寿人・三好 正人・藤井 崇知
(YOSIMURA-Hisato・MIYOSHI-Masato・FUJII-Takanori) *

Determinations of osmolar concentration of saliva, urine and blood were made with very small quantity of samples according to the procedure of freezing point depression of Ramsay and Brown. Some modifications were made for device of sampling.

生体液の滲透圧を測定法としてはフェロシアン化銅沈澱膜による直接測定法、Beckmann 温度計による氷点降下度の測定法等の方法が用いられたが、液量が少量に必要なことより、近年 Thermistor による微量測定法が考案された (浦上・吉村¹⁾)。併しこの場合にも液量として 0.3-0.5 cc を要し細胞内液とか、其他微量体液の測定には困難である。

最近 Wirz¹⁾, Ramsay²⁾ 等は従来 Drucker and Schreiner⁴⁾ が用いた結氷点測定を応用し、これによって 10^{-4} cc の単位の微量液の氷点降下度を測定する事に成功した。今回我々の教室では, Rockfeller 研究資金と Solomon 教授の好意によってこの超微量体液氷点降下度測定装置を入手し得たので、これに一部改良を加えて生体液に応用し、満足しうる成績を得た。この方法は被検液が 0.001 mm^3 以下でも可なり正確に測り得ることが断然すぐれた点であって、滲透圧測定の必要性を感じつつも果し得ない人々への参考としてその方法の概要と成績を報告する。

実験方法

1) 原理

内径約 100μ の硬質ガラス管内に被検液を封入し、これをドライアイスを入れてあらかじめ冷却しておいたメチルアルコール槽中に投

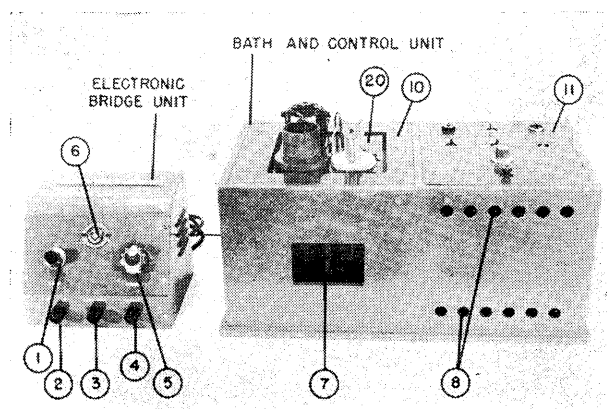


Fig. 1.
Detecting unit and bath and electric control unit.

入して被検液を結氷せしめた後、その結氷を顕微鏡下で観察しつつ槽中の温度を徐々に上昇せしめて、被検液の結氷が消失した時の冷却槽中の温度を Thermistor を用いて測定するのである。Thermistor による温度測定はその電気抵抗が温度により敏感に変化する事を利用して、その抵抗値を Wheatstone bridge 法にて測定し、これを温度に換算する。

2) 測定装置

この装置は第 1 図の如く冷却槽とその調節器および検体保持器、光源装置が一所にセットせられた Bath and control unit と温度測定装置 (Electronic bridge unit) とよりなっている。

a) 温度測定装置

Thermistor (Fig. 2, 24) 及び交流用の Detector unit (交流式 Bridge) よりなっている。この Thermistor は、外側冷却槽の一部に挿入して (Fig. 3 参照), その中の温度を測定する。Detector unit は American Instrument Co., Inc. 製を使

* 京都府立医科大学第 1 生理学教室

1st Dept. of Physiol., Kyoto Prefectural School of Med.

[昭和38年 8 月20日受付]

用した. Thermistor は Victory Engineering Corporation 製のものを使用した.

b) 冷却槽

i) 外側冷却槽 (第2及び3図)

プラスチックで出来た $17 \times 17 \times 18 \text{ cm}^3$ の槽がプラスチックと金網 (Heater 用電線) によって4つの相互に連絡せる部屋に分割せられていて, その中に攪拌装置 (Fig. 2, 23), Sample 保持器 (Fig. 2, 27), Microscope (29), 内側冷却槽

(20, 21, 22, 30) 及び電熱器 (25) が収められている. 外側冷却槽中には 30% メチールアルコール 4 l を入れ, ここにドライアイスを投入してアルコールを被検液の予想される氷点より $-1 \sim -2^\circ\text{C}$ 低めに冷却せしめる. この際ドライアイスは金網の筒に入れて内側冷却槽の所へ挿入するが便利である (必要ある時は何時でも取出せる).

ii) 内側冷却槽

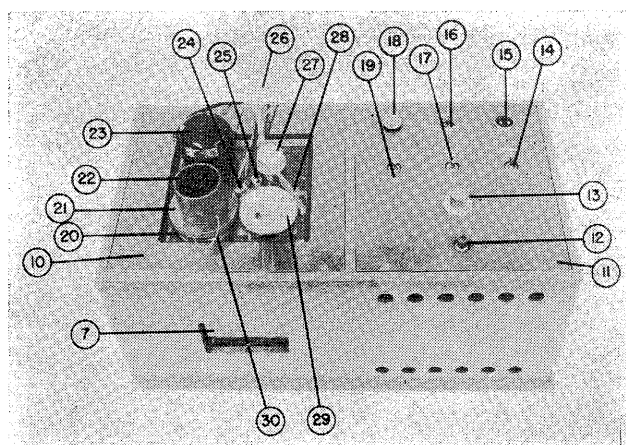


Fig. 2. Bath and electric control unit.

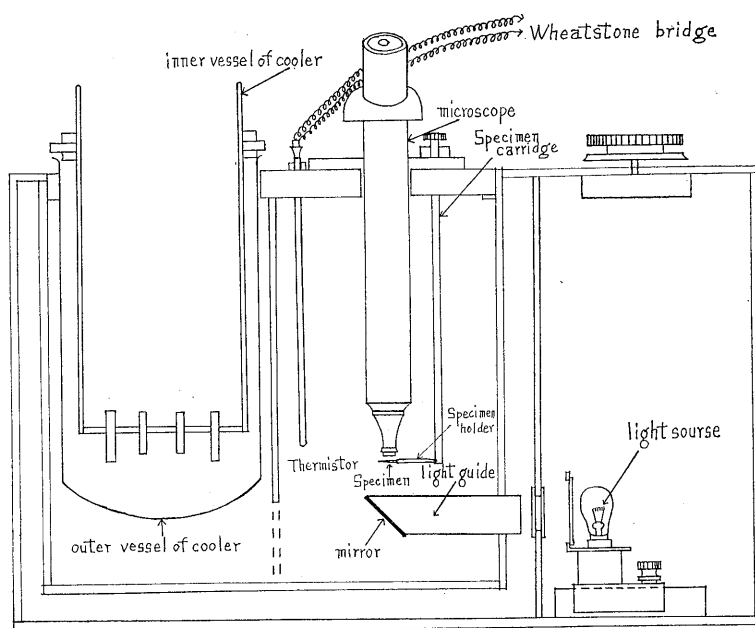


Fig. 3. Schematic representation of micro freez. apparatus.

フラスコ型のガラス製の円筒 (20) に、ベークライト製の内筒 (22) を挿入したものであって、両者には 99.5% メチールアルコールを入れ、内筒には更にドライアイスを入れて -20 – -30°C に冷却する。ベークライト製の内筒はその底面より数本のスチールの棒がでて外側の円筒中のメチールアルコールに接触する。この外筒は場合によっては取除く事があり、その場合にはこの棒によって外側冷却槽中のメチールアルコールが冷却せられる (第3図参照)。

元来外側冷却槽中のメチールアルコールはドライアイスによってある程度冷却せられているが、これを所要の温度に合わせるための微調節の為にこの筒型の冷却器を使用するのである。又これは外気温の高い時に、外側冷却槽中の温度が急激に上昇するのを防ぐためのものであって、ガラス製のものとベークライト製のものは、適宜その時の状況に応じ抜き差しして冷却の程度を調節することが出来る。この方法により外側冷却槽は可なり正確にその温度を調節する事が出来る。

o) Microscope (第3図)

接眼レンズ $6\times$ 、対物レンズ $10\times$ 、を附属し外側冷却槽中にあり、Sample 保持器につけたガラス管の真上にくるように位置し、Sample内の氷結の有様を観察する。実際の使用にあたってはこの顕微鏡の位置の調節は必ずしも容易ではないので、著者は普通の顕微鏡の検体板微動装置を外して、これを結氷観察用の顕微鏡の挿入口の所 (第2図29) に取付けネジを動かして、この顕微鏡の位置を調節する事にした。又この顕微鏡の対物レンズは、冷却せるメチールアルコール中にあるため、曇りやすく、Sampleの氷結がみにくいため曇りどめのためにサンスクリーンを塗布した。

d) 攪拌装置

これは直径 7.5 cm の回転翼でモーター (第2図23) に直結している。これは外冷却槽中のメチールアルコールを絶えず同温度に保つために使用するものであり、測定中に回転せしめる。

e) 温度上昇装置

外側冷却槽中のヒーターによりメチールアルコールの温度を上昇させる事ができ、調節装置 (第2図12, 13, 19) により 24–4.8 W の範囲内で6段階にヒーターの電力を調節しうる。

f) 光源装置 (第3図)

外冷却槽中の Sample を Microscope で見る際横から Sample に光をあてる必要があり、そのための装置が附属している。併しアメリカ製のランプは 118 V で使用しなければならない為に市販の電力では電圧が低くて暗い。それ故に市販の電源より導いた (第2図25) 電圧をスライダックを使用して 118 V に上昇して使用した。スライダックは、東芝電子 Type 110-A を使用した。

3) 被検液のガラス管内への封入操作

Sample 作製に当っては Rarusay et al. が報告した方法を大巾に改良した。彼等は Sample の封入された毛細管が折れ易いことより、これをひとまわり太い毛細管に流動パラフィンを入れその中に Sample の封入された毛細管を浮かせ、これを装置にとりつける事を考えた。併しこの様な保護用毛細管に Sample を封入した毛細管を入れた時に、しばしばゴミが附着したり又保護管内の流動パラフィンが微粒子化して毛細管壁に付着して、氷片と誤り易く、透過光線が暗くなる。その上保護管をつくる為に Sample 作製操作が手間取る等の不利が有る。改良方法ではそれらの点が除かれる代り、毛細管を不注意に扱うと破壊されやすい欠点がある。

当教室の方法は第4図に示されているが、先ず洗滌された硬質ガラス管をバーナーを利用して内径約 1 mm の太さの毛細管に引き、次に再び普通のバーナーの (a) 焰を 1 cm 程に小さくして [マイクロバーナーは使用しない方がよい] 一端を内径 (b) 約 50–100 μ の太さに引く。これにはガラス管の溶けた頃を見測らって手で引く、1回の操作で細い部分の長さが 3–4 cm の毛細管が2本出来る事になる。少しの練習でそのコツは体得出来る。この様にして (c) 作製した毛細管の太い端にシリコンラバー00番のゴム管をつなぎ、これをスポイトに連絡する。そし

て毛細管の細い方の先端をあらかじめ流動パラフィン中に入れてある被検液につけ、初め流動パラフィンを、次に被検液を吸引して被検液を流動パラフィンと流動パラフィンの間にはさみ、図 (d) の如く被検液が正方形になる様にする。この様な毛細管に被検液と流パラを交互にすばやく入れること、これを数回繰り返すことにより Sample 入り毛細管が作製される。そのコツも練習により容易に出来る様になる。出来上った Sample 作製の様子を顕微鏡で確認すると良い。

次に封蠟で毛細管の両端を封じておいてこの毛細管をステンレスのパイプに封蠟で固定する (e)。これを被検液ホルダー (第3図) につけて外側冷却槽中に挿入するのである。この様にして流動パラフィンの間にはさんだ被検液の量は 10^{-3} – 10^{-4} mm³ である。又この Sample 作製に要する時間は約 10–15 分である。

4) 測定操作

外側冷却槽中のメチールアルコールをドライアイスにて -2 – -3°C に冷却し、一方内側フ

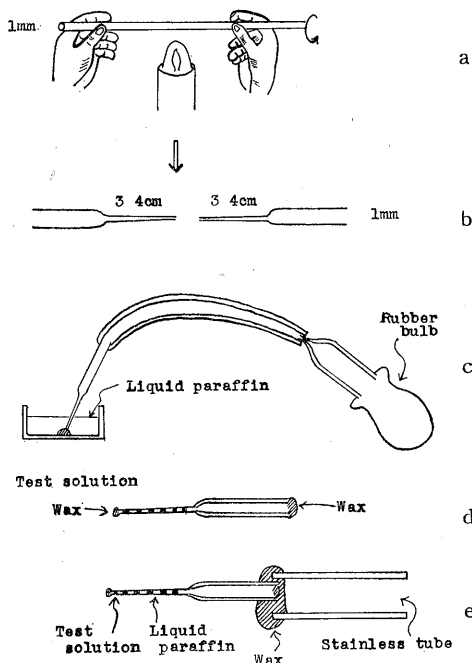


Fig. 4.

Schematic representation of sampling.

ラスコ中のメチールアルコールを同様にして -25 – -30°C にて冷却する。Sample 保持装置に固定したままの Sample を約 10 秒間内側冷却槽のメチールアルコールに浸して被検液を凍結させた後、すばやく外側冷却槽に移し、保持器の位置を動かして、Sample を顕微鏡下に移し、硬質ガラス管内の被検液が氷結しているのを確認する。そしてここで始めて、温度調節装置のヒーターのスイッチ (第2図19) を入れて液槽の温度を徐々に上昇させる。かくして顕微鏡で見ながら、毛細管内の氷片がとけ、被検液の $1/2$ 程度になった時、外側冷却槽中にドライアイスを少しずつ追加し乍ら、外側冷却槽の温度上昇の速度をおさえて、 0.01 – $0.02^{\circ}\text{C}/\text{min}$ の割合にする。そうする事によって、毛細管内の Sample 温度と外側冷却槽の温度の差は殆んどなくなり、両者が相平衡したまま徐々に上昇することになる。この時 Thermistor に連結せる Detector unit のダイヤルを調節して、外液温度が直ちに読みとれる様に用意する：かくして、Microscope の視野下に被検液中の最後の氷片が消失せる瞬間に Detector unit の数値を読みとり、その時の Thermistor の抵抗値を求め温度に換算する。もし最後の氷片が消失する時の抵抗値を読みとる事が出来なかった場合には、再度被検液を氷結せしめて、同様の操作を行う。1 回の測定に要する時間は約 30 分である。

氷点温度測定の実際

(Detecting unit の使用法)

Detecting unit を使用するにあたり、まず第一に測定しようとする被験液と氷点既知の基準液とが、同一の Range (図1の①) 内で測定できる様に Zero temperature adjust を調節しなければならない。

まず Detecting unit の裏部 (第5図) の Lock nut をゆるめておいた後、前述した方法で蒸留水を Capillary に封入し、結氷せしめて Sample 保持器に取付けて顕微鏡下に持来し、然る後、冷却槽の温度を上昇せしめその結氷が消失した時、Detecting unit の前部の Range 及び Balance

(Fig. 1 の①及び⑤) の目盛が夫々 Below 10及び 1-2 を指せる時に Magic eye が最大に開く様に Zero temperature adjust (Fig. 5) を調節し、調節出来たら Lock nut をしめて固定する。この Zero temperature adjust は、測定中には動かしてはならない。また常に Magic eye ⑥ が最大に開いた点が Wheatstone bridge の Balance がとれた点と認めてよい。Range below 10, Balance 1-2 にしておくと我々の使用した Thermistor では $0-1.0^{\circ}\text{C}$ の範囲を測定出来る(1つの Range で測りうる抵抗の範囲は約 $30\text{ k}\Omega$)。従って生体液では氷点 -1.0°C 以下のものが多いから、1つの Range 内での測定が可能であり、基準液としては $50-200\text{ mM}$ のものを使用すればよいわけである。

Fig. 6 は Thermistor のかわりに可変抵抗を使用して Range の範囲をみたもので、前述の如く $30\text{ k}\Omega$ の範囲がこの直線で測定できる。Detecting unit にて被験液を測定するには以上の準備が必要である。

さて次に被験液の測定は次の操作にて行う。電源 Switch (Fig. 1 ②) を on にして約15分間器械が安定するのを待つ。冷却槽内の Thermistor を Detecting unit につなぎ冷却槽の温度を上記の Range 内にとどめるように下げる。

Sensitivity (Fig. 1 ③) を Magic eye ⑥ が丁度開きはじめる程度までおとす。次に Balance dial ⑤ をまわして Magic eye が開く様に調節する。Sensitivity を次第に上げていき最高にまでもっていく。そして Magic eye が最大に開いて安定した時の Balance dial ⑤ の読みをとる。Balance dial と Sensitivity を調節しても

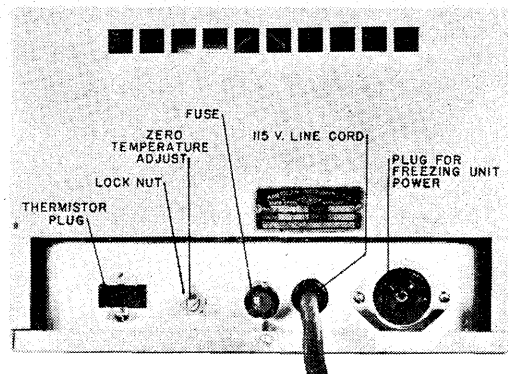


Fig. 5. Detecting unit.

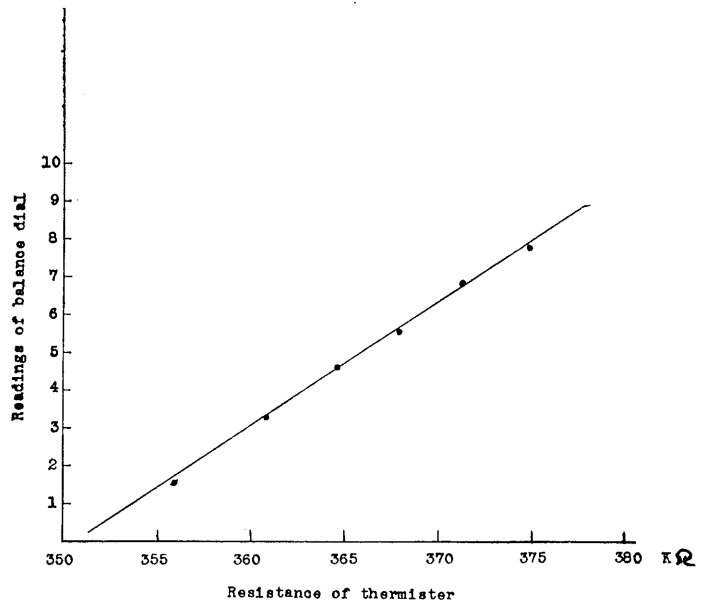


Fig. 6. Resistances of thermistor and readings of dial.

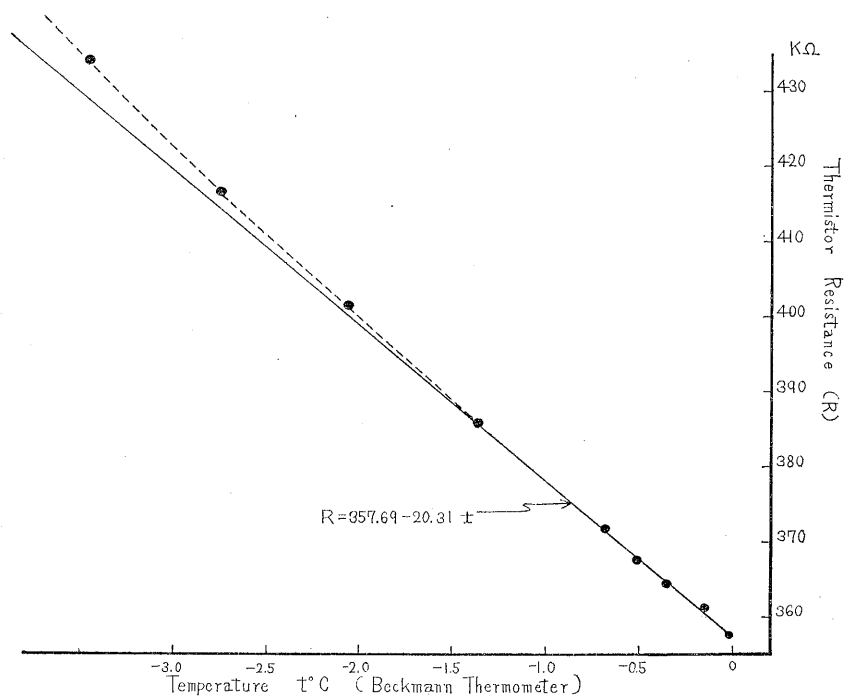
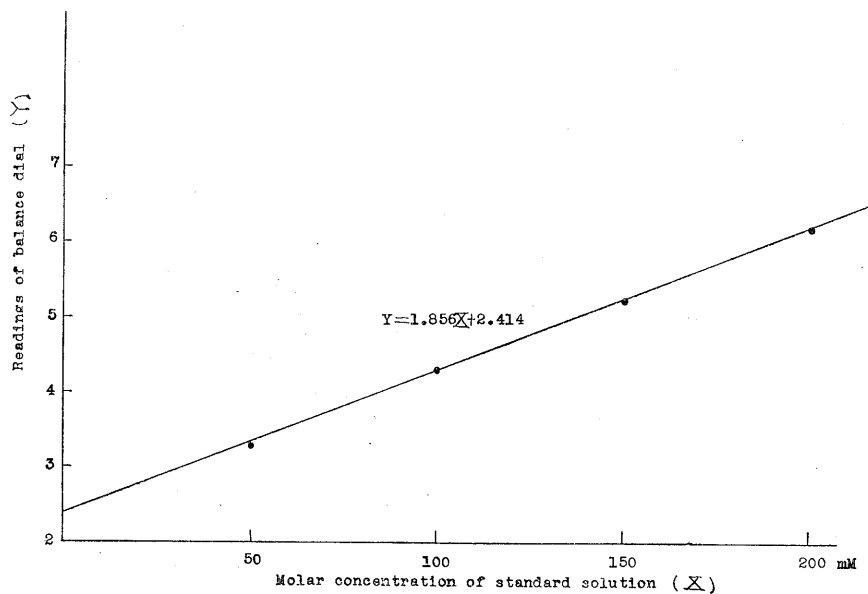
Magic eye が十分開かない場合には Capacity dial ④ を調節して Magic eye が開く様にする。Capacity dial は同じ Thermistor を使用している場合には一度調節したら後は動かさない方が望ましい。

測定にあたっては、前述したように $0, 50, 100, 150, 200\text{ mM}$ の NaCl 基準液にて氷点を測定し、基準直線をかき (Fig. 7) その後、被験液を測定して基準直線より計算して滲透圧濃度を求める (この器械で測定するには、アースを完全にし、かつ Thermistor のリード線には高抵抗のシールド線を使用する事が必要である)。

実験成績及び考案

以上の方法により 50 mM-2 M 迄の各種の NaCl 基準液について氷点を測定し、その

Balance dial の目盛より Fig. 6 を利用し、Thermistor の抵抗を求め、一方この溶液について Beckmann 寒暖計を用いて氷点を測定しこの氷点を抵抗値との関係を求めると略直線的な回



帰線の得られるのを見た(第8図). 氷点 -1.5°C 以下の部では全く直線であるので, この直線を引のぼして見ると図の直線が得られ, 実測値をつなぎ合せた点線とはやや外れて来る. これは Thermistor の抵抗自身が温度の広い範囲に於ては温度に直線的に比例しなくなるからである(浦上, 吉村参照). そこでこの様な実験誤差のない氷点 -1.00°C 以下の $200\text{--}50\text{ mM}$ の範囲の4つの基準溶液について Van't Hoff 式により夫々氷点を算出し, 又一方これを Beckmann 寒暖計にて氷点を求めて実測値と理論値の誤差範囲を見ておいて次にこの4つの溶液について微量氷点測定法にて何回もこの基準液の氷点を測定して, これを平均して, その値を Beckmann 測定値に比較するに第1表に示した様に差は最大 0.07°C であって, 浦上, 吉村等の Thermistor 法にて求めた場合の Beckmann 法との差 $-0.006\text{--}+0.015$ よりも更に小さい差しか見出されない. 又これは Beckmann 法と理論値の最大偏差 0.007°C に匹敵したものである. 従って本法は Beckmann 寒暖計による測定法に匹敵する程度の精度を有するものと考えられる事が出来る. 次に本法を用いて微量の生体液, 血清, 尿, 唾液について測定し, Beckmann 温度計による値と比較した. その成績は第2表に示した(ここには氷

点を示したが, この値を分子氷点降下度で割れば滲透圧濃度が得られる). この場合にはやや両者の差は大きくなったけれども, それでも最大 0.04°C (約 2 mM 相当) の差であって, かなり正確な測定の可能な事が示されている. 尚この回の測定時間は $20\text{--}30$ 分, Sample 作製には 10 分程を要する.

総 括

1) Wirz等に従って超微量体液 (10^{-3} mm^3 以下) の氷点測定による滲透圧濃度測定を試み滲透圧濃度にて Beckmann 法による測定値と 2 mM の差以内にてよく一致した成績が得られた.

2) 本法実施に当って最も面倒なのはサンプルの作製であるが, これに多少工夫をこらして, 簡便な方法をあみ出した.

文 献

- 1) 浦上芳達・吉村寿人(1958)生化学 **30**, 515
- 2) Hargitay, B., Kuhn, W., & Wirz, H. (1951) Experimentaria **7**, 276
- 3) Ramsay, J. A. (1949) J. Exp. Biol. **26**, 57
- 4) Drucher, C. & Schreiner, E. (1958) Biol. Zbl., **33**, 99
- 5) Ramsay, M. A. & R. H. J. Brown (1955) J. Scient. Inst. **32**, 372

Table 1. Freezing points of body fluid.
Freezing points ($^{\circ}\text{C}$)

NaCl Conc. (m mol/L)	Theoretical	Beckman	Micro freezing apparatus		Thermistor	
			Temp. (Cases)	Diff. Beck-M. F. A.	Temp.	Diff. Beck-Ther.
50	0.172°	0.174°	0.167 SD ± 0.0133 (3.80 mM)	0.007°	0.180°	0.006°
100	0.344	0.353	0.353 SD ± 0.0170 (4.88 mM)	0.000	0.353	0.000
150	0.516	0.509	0.511 SD ± 0.0076 (2.17 mM)	0.002	0.503	0.006
200	0.688	0.688	0.687 SD ± 0.0102 (2.92 mM)	0.001	0.703	0.015

Table 2. Freezing points of saline solution.

(Cases)	Dog serum (6)	Humann urine I (5)	Humann urine II (6)	Dog saliva (5)
Beckman ($^{\circ}\text{C}$)	-0.564	-1.976	-1.809	-0.435
Micro freez. apparatus ($^{\circ}\text{C}$)	-0.574 ± 0.0100	-2.013 ± 0.0165	-1.777 ± 0.0074	-0.465 ± 0.0065
Diff. Beck-M. F. A	+0.010	+0.037	-0.022	+0.030

視知覚特性の病態発達生理学的研究 617.7-001.15:616.28-008.1

——特に聴力障害者に就いて——

Pathological physiology on the development of visual perception
——especially in persons with hearing impaired——

浅井 邦二 (Asai-Kuniji)*

The present work is intended as an investigation of the visual perception, especially in persons with hearing impaired, from a developmental standpoint by using the dot-pattern test principally.

In the dot-pattern test, constructed under the study of visual number and dot-pattern, and under the psychological studies on persons with hearing impaired, an instrument was used to give a few dots of light for a short time. Subjects were 2269 children with hearing impaired and 600 normal ones.

The results are as follows ;

- 1) In grasping dots the visual perception of the impaired develops with age, but the rate of the development is lower than that of the normal.
- 2) The fact that the grasping of dots has some relation with intelligence shows that hearing impairment produces a damaging effect on the development of intelligence.
- 3) Ability to grasp dots is affected more by the age when the impairment came about than by the cause and degree of the impairment. Judging from the development of the visual perception, this fact deserves some notice.
- 4) It is recognized, though in a few subjects, that children with hearing impairment caused by streptomycin are superior in grasping dots and in intelligence to those caused by the others.

Ⅰ. 序 論

A. 序

聴力障害児は、ろう児として18世紀末までは憐みの対象にこそなれ、教育の対象として考えられることは少なかった。さらにそれが心理学的背景をもって研究対象として考えられるようになってきたのは古いことではなく、20世紀に入ってからのことである。

「ろう」はわが国ではろうあ（聾啞）と称し、「つんぼ」と「おし」と区別しないで呼称されてきたが、ろう者は大部分耳が聴えなかったため、あるいは聴えなくなったため、話すことが

不自由になっている者で、現に教育によって話すことができるようになることから、これをろう者と称し、ろうあ者と呼ばないようになった。したがって、従来ろうあ学校と称してきた学校も1948年より、ろう学校と改めている。このようにわが国ではろう者に対する認識も一般に不足であり、その本質も十分理解されないまま過ごされてきたといえる。このことは、また、たとえろう児の就学義務制定が第二次大戦後の1947年になってからであり、1948年より施行されるといったことからうかがえる（なお英国は1893年に、米国マサチューセッツ州では1906年に就学義務制を採用している）。このような状況でろう児に対する研究もまだ多くなく、今後に残されているものが多い。

ろう者に関して必要とされる心理学的研究に次のような分野がある。すなわち、1) 人間の発達における聴覚の果たす心理学的役割、2)

* 早稲田大学心理学教室
東京歯科大学生理学教室
Dept. Psychol., Waseda Univ.
Dept. Physiol., Tokyo Dental College
〔昭和38年7月20日受付〕

ろう者の人格と適応に関する問題, 3) ろう教育の課程や教育方法に関する問題, 4) ろう者の精神衛生に関する問題, 5) 職業指導に関する問題, 6) ろう者のための諸教材, 検査に関する問題などをあげることができる。

このうち, 本論文では 1) に含まれる問題の一つをとりあげたものであるが, これを主として視知覚特性の面からとりあげ, これを発達的に検討したものである。

本論文の研究対象となった被験者のうち, 聴力障害児は約 2,300 名で, ほぼ全国的なものであり, 研究の中心となる検査の実施は1957年から1960年にわたった。

なお, 点形態把握をとりあげたのは, これが視知覚特性を示すものであり, visual number の研究にもとづくものであるからである。

B. 研究史

本論文に関連する研究は三つの面にわたる。第一は visual number に関する研究であり, 第二は点形態検査に関する研究があり, 第三は聴力障害児に関する心理学的諸研究がある。そして本論文に直接関連する聴力障害児の視知覚特性を点形態把握によって発達的にみるというような研究は見当らないので, ここでは, 前記三つの面の研究について概観することにする。

1. visual number に関する研究史

この問題に関しては, 注意の範囲に関する実験として, Jevons (1871)²³⁾が白い盆に黒豆を投げ入れ, 被験者に躊躇なく, その数を一つ一つ数えることなく推定させる実験を行なったことがまずあげられる。Jevons の結果では5個のときにすら実際の数との間にずれが見られ, 誤りは投げ入れる黒豆の数が増すにつれて多くなったし, 推定数は平均9個以上は過小に推定され, 推定数の分布(標準偏差)も実際の数が増すにつれて大となった。なお, この推定しうる範囲は一種の閾で, 恒常法など精神物理的方法で求むべきであると, Fernberger (1921)⁹⁾は指摘している。Oberly (1924)⁴²⁾の実験では, 1/10秒内外の瞬間露出で直接知覚できる点の数は6個を超えることがなかったが, それらの点をグ

ループに分け数えることによって, さらに多くの点の数を知覚することを示した。さらに点の数が10個以上ではどんな方法でも, ほとんど正しく数えられないとした。これらの実験においての点のグループ分けは, 刺激自体のもつ客観的なグループ分けの条件と被験者がこれらの点をグループに分けてとらえる能力とによる。この能力には学習の要因が密接に関係し, 練習によってその範囲を増すことが多くの研究に示されている。Hunter & Sigler (1940)¹⁸⁾は点の提示の条件として, 照明と露出時間を種々変えて点の数の知覚できる範囲を検討し, それが両者の積に関係することを見出した。ただ点の数が9個以上では長い露出時間が必要条件となっていることも知られた。点の数を数えることのできる指標の一つに, 提示後いくつと答えるまでの反応時間を Warren (1897)⁶⁰⁾は用いており, 点の数の少ないほど反応時間が短いことを確かめ, Von Szeliski (1924)⁵⁹⁾も点の数が正確に把握できるまで露出してその時間を測定し, 9個までは点の数が増すにつれ, その時間が次第に増加することを確認し, 同様の実験で Hunter (1942)¹⁹⁾は18個まで, その関係を確認した。Saltzman & Garner (1948)⁴⁹⁾の実験では, 1個から10個までは被験者が点の数を確かめる過程は同じであると, その所要時間の曲線から結論している。

前述の諸実験のように, ある集合の正確な個数を確認することを求めないで, 瞬間露出でその数の推定が求められることがある。Stevens (1939)⁵³⁾はこのようにその数を一つ一つ数えることなくその個数を推定する時, われわれが識別する対象の特性を Numerousness と名付けている。同種の実験で Taves (1941)⁵⁷⁾は2個から180個にわたる点の集まりを1/5秒露出し, 被験者にその数を推定させ, 併せてその推定の正確さに対する自信の程度を評定させた。その結果6個まではその推定はほとんどすべて正しく, その自信の程度は完璧だった。6-7個以上の点となると推定は実際と違うようになり, 自信も急速に低下した。

Taves のもう一つの実験では 6-8 個で不連続(関係の「とぎれ」)が明らかに現われた。点の数の多いものと少ないものとを交互に提示し、被験者に少ない方を多い方の半分と見えるまで調整させた。その結果、6-8 個までは正しく半分かを選んだが、それ以上になると推定された半分は約20%過大評価であった。半分にされる点の集まりが8個附近になると、すべての関数に「とぎれ」が示される。数える時間を与えない短い露出で、被験者の方式は少ない数の正確な知覚から、多い数のおおよその推定に変わるのである。

この方面の研究は、Reese, Volkman らによってさらに発展させられた。かれらは数えることや推定することや subtizing と呼ばれることの研究のため、反応時間と瞬間露出法とを組み合わせさせた。subtizing という新造語は「急な」というラテン語を語源とし、非常に短く露出された小さい数の敏速な知覚を示すのに用いられた。Kaufman, Lord, Leese & Volkman (1949)²⁴ による実験では 1-210 個にわたる範囲のサンプルとなる点の集まりがわずか 1/5 秒間露出された。クロノスコープ(微小時間測定器)は光点がスクリーンに投写された時から始動し、被験者がマイクrophon に報告を答えた時に止まった。予期されたように、その報告はほとんど5個までは正しかったが、それ以上になると誤りは次第に数多くなった。反応時間の曲線は Saltzman & Garner の曲線と一致し、それゆえ 1 個とか 2 個と報告するより 5 個と報告する方が長くかかった。しかし 6 個以上になるとこの短い露出で提示した点の数は反応時間に目立った影響を与えなかった。これは一つの関数が 6 個の点まで保持され、そこでむしろ急に異なる他の関数に屈服するという二つの関数をわれわれが持っている事を明らかにした。同様の「とぎれ」は点を数えることの正確さに対する自信の程度の評定にも発見された。

もし被験者が判断後その点の集まりの真の点の数を知らされると誤りは急速にその大きさを減じ、多い点の数で過大評価をしてきた被験者

はその傾向を補正したり、過剰補償したりさえするし、過小評価する被験者についても同様である。しかしこの訓練も subtizing と推定との区別をなくさないし、「とぎれ」の生ずる点を上昇させもしない。誤りが出始めるのも同じ数の点からである。このように Minturn & Reese (1951)³⁵ は報告している。

この系列の別の実験では Jensen, Reese & Reese (1950)²² は、被験者がその数を報告するまでスクリーンに光点を投写したままにしておくという、前述の実験とは大きな違いを持つ時間調整法を用いた。この方法では被験者は数える機会を持った。6 個の点までの結果は 6 個の点で不連続を示した最初の実験の結果と似ていたが、大きい数に関する関数は全く異なり、前のように同じ水準に止まらないで点の数が増すにつれて加速的に上昇した。この差には意味がある。というのは 25 個と同じように容易に 50 個を推定しうるが、しかし一層大きい数を数える方が長い時間を必要とし、計算の余地を失なうので不釣合な長ささえ必要としたりするからであるとした。

Gill & Dallenbach (1926)¹² は同時に提示される多くの点を数えるため、それをグループに分けることの難易が、点の配置という客観的な条件より被験者の態度という主観的条件に多く依存するものであるとした。

多くの点をグループに分けて数をかぞえる能力は年齢とともに増すことについて、Brownell (1928)⁵ は点をグループに分けうる人の比率が、幼児の 18% から約 12 才の 80% に増加することを見出し、Freeman (1911)¹⁰ によれば、点が多く不規則な時、数を推定するのは成人が子供よりまさること、数の推定がグループに分ける能力に大いに依存することを見出した。

以上のような visual number に関する諸研究は、瞬間露出における点の数の把握についての特性をうかがい知ることのできるものである。

2. 点形態検査に関する研究

McDougall (1905)³⁴ およびその他のイギリスの心理学者によって Spot-Pattern Test として

行なわれたものは、正方形の枠組の中に9本の縦と横の線があり、その交叉点に点を不規則に配置し、これを瞬間的に提示し、提示後それらの位置を用紙に再生させるといふ、複雑な視覚的要求を定位する能力を検査するテストである。

この点形態検査は McDougall 以後、何人かによって試みられたが、その共通の基本的事項は次のようなものであった。

1) 点を不規則に配置し、点の数を7-10個に制限する。

2) その点の数を被験者に知らせておく。

3) それらの点は1/4インチ(約6.4mm)の想像上の十字線の交叉点にあるようにする。

4) 被験者はこれを1/4インチの方眼紙上にその位置の再生を求められる。

5) 提示はその点が完全に再生されるまで反復する。

このような条件のもとに、従来いくつかの実験がなされている。Burt (1909)⁹⁾はこの検査の成績と知能検査成績との相関を求めて、 $+0.75$ - $+0.76$ という相関係数を得ており、また小学校の男子の学業成績を優、中、劣の3段階に分類して、この検査での完全再生の試行数の平均を求めた結果では、優19.5回、中41.0回、劣71.6回という関連を示している。Shuster も Oxford 大学の学生についてこの検査を施行し、Burt と同様の結果を得た。

Goudge は瞬間露出器を用いて、カレッジの学生を被験者としてこの検査を施行し、点が8個の時に完全に再生するまでに要する試行数は平均3.93回、9個の時は平均4.96回、10個の時は平均6.13回を得た。このように試行数は刺激材料である点の数によるほか、点の配置の条件によることももちろんであった。なお、この検査でも点をグループに分けてとらえる能力が関与し、それが学習に依存することが確かめられた。

Krech と Colvin (1953)²⁹⁾ はハーバート式瞬間露出器を用いて点形態の把握に関する実験をカリフォルニア大学とテキサス大学において行ない、知覚の機構にハイレキシー的順序があ

り、このような順序を通じての発達の容易さは知能と関係があること、その速度の差は根本的な個人差の要素であることなどの結論を導いた。

French (1953)¹¹⁾ は点形態間の差異の弁別を点の数と点の分離の平均を関数として研究した。すなわち2-7個の点に対し、1系列120の異なったパターンを提示用として用意し、2回のパターン提示で、同じパターンの二度提示と一つのパターンは点の1個をわずかに置き換えての提示とを組み合わせて、被験者に同じか異なるかを答えさせた。実験結果からわかったことは、2個の点とか、3個の点を除いた7個までの点の相対的な位置のわずかな違いよりも3個の点の相対的な位置のわずかな違いの方をよりよく見分けることができたし、点の位置が広く分離すればするほど、一定の置換を見分ける正確さは減少した。もう一つの実験は記憶により点形態を同一と認めることをそのパターンの複雑さの関数とする研究で行なった。実験結果は6個から8個の点で表わされる複雑さの程度が点形態を同一と認めることに最も適当な条件であること、点の釣合いがよいとか、直線のように整列しているパターンは容易に同一と認められることなどが見出された。

点形態に対する認知が識別における情報伝達の問題としてとりあげられるようになったのは1949年以降であるが、その主なものには次のような実験がある。

Klemmer & Frick (1953)²⁸⁾ はスクリーンに枠の数 3×3 から 20×20 までの正方形または長方形の枠のいくつかに点を記したものを投写し、0.03秒の露出後、被験者にその点の位置を解答用紙の対応する枠の中へ書き込ませた。結果は刺激情報量 H と刺激から反応への伝達情報量 T との関係を、二者択一的課題に対して正答を得た場合にうる情報量 1 bit として評価することで、これを単位としてみている。点が1個の場合、 H が約 4 bit ぐらいまでは T は H に等しいが、それより先は頭打ちになり、約 5 bit の近くに上限があるとし、点が4個、枠が9の場

合の上限は $H=6.9$ bit に対し、 $T=6.6$ bit と結果を報告している。

Attneave (1955)³⁾ の実験では、12, 20, 35の枠に $1/2$ の確率で点が配置されており、これをスクリーンに1秒投写し、被験者はこれを解答用紙の対応する位置に再生するものである。パターンのうち20の枠と35の枠のものはパターンの左上に12の枠のものと同じ点の配置を含んでいる。反応の測定に際してはこの共通部分の誤の反応数がとられた。実験結果は枠の数の多いほど、誤反応数の多いことが見られた。また、12の枠の点の配置を左右上下に相対的に繰返すことによって H を一定にし、枠の数を異にするパターンをつくり、このパターンに対する反応を調べたところ、枠の数が増大するにつれて誤の反応が増加するが、増加の割合は枠の数の増加に伴って H も増加するときほど著しくないことが見出された。

情報理論的研究は現在のところ、パターンの統制および測定結果の比較の容易といったことから利用されている段階から出ていない。

点形態検査を再生法の形でなく、一種の再認法で反応を求めるものに、Strauss (1947)⁵⁴⁾ の実験がある。これは Werner と Strauss が点形態把握における特性を精神薄弱児における外因性と内因性の差の研究に用いたもので、小さい点を多く配した背景に丸い大きい点のいくつかをおいたパターンを $1/2$ 秒、瞬間露出器で提示し、後から背景だけのパターン、大きな点の異なった配置のパターン、大きな点の同じ配置のパターンという3枚の選択カードから選びとらせるものである。かれらの結果では外因型精神薄弱児は背景への反応が多かった。

以上のような点形態検査に関する諸研究は、単なる視覚面における特性に関する研究から出発し、それが発達的な面の研究、個人差の研究へと進み、さらにその視知覚特性を形成するパーソナリティの面への手がかりとしての研究に進んでいく傾向がうかがわれる。

3. 聴力障害児に関する心理学的諸研究

聴力障害児に関する心理学的研究は古くない

とはいえ、多方面にわたるので、ここでは点形態把握に関係のある視知覚の研究、および点形態把握が知能に関連があること（後述）から知能に関する研究について概観しよう。なお、聴力障害児はろう児、難聴児を含むものであるが、一般にはこれを単にろう児の名称で呼ぶことが多い。したがって以下の研究史でもそのような意味で「ろう児」が用いられているものも多い。

視知覚の研究では、中村 (1952)⁴⁰⁾ は図と地の分節に関する実験を行ない、ろう児42名 (14-17才) と正常児 (中学生、幼児) とを比較した。結果はろう児は図を過大視し、地を濃密視する傾向を示し、過大視傾向は幼児に近く、濃密視傾向は幼児と中学生の中間にあった。したがって、ろう児は正常児より知覚作用においても未発達を示したわけである。同じく中村 (1953)⁴¹⁾ は Müller-Lyer の錯視図形の錯視量がろう児は正常児より大となり、所要時間はろう児の方が短く、錯視量が恒常であるものはろう児に極めて少ないと報告している。

点形態把握に関係のある研究では、前述の Werner-Strauss のテストを Myklebust & Brutten (1953)³⁹⁾ がろう児に対して施行し、正常児と比較したものがある。その結果はろう児も前述の外因性精神薄弱児と同様、背景を再認するものが多いことを示した。

ろう児の知能に関する研究については、ビネー・シモン検査が発表される以前は、標準化されない課題を行わせたり、身体計測を行なったりする程度で、たとえば Mott (1899)³⁸⁾ は9才のろう児と正常児 (聴児) について、身体計測、感覚-運動検査、記憶と観察の課題、運動的課題などを行なって比較している。しかし、ビネー・シモン検査が発表されると、Kilpatrick (1912)²⁷⁾ はこれのろう児への適用を提案し、さらに、Pintner & Paterson (1915)⁴⁴⁾ はゴダード改訂のビネー検査を22名のろう児に適用し、平均満12.5才のかれらの精神年齢の平均が7.9才であるとしたが、結論としては言語を使用することの多いビネー検査のろう児への適用は不適当で

あるとした。そこで動作検査をもってこれに代えることを提案し、作られたのが Pintner-Paterson Performance Scale (1917)⁴⁵⁾である。これ以後もう児用知能検査には非言語式検査、動作検査が多く以下にそれを記すこととする。

Goodenough Draw-a-Man Test (1926)¹⁵⁾

The Arthur Point Scale of Performance Tests (1930)²⁾

Cornell-Coxe Performance Ability Scale (1934)⁷⁾

Drever-Collins Performance Scale (1936)⁸⁾

Ontario School Ability Examination (1936)¹⁾

Leiter International Performance Scale (1940)³¹⁾

Chicago Non-verbal Examination (1940)⁴⁾

Nebraska Test of Learning Aptitude (1941)¹⁷⁾

Pintner General Ability Tests, Non-Language Series (1945)⁴⁷⁾

Wechsler Intelligence Scale for Children, WISC Performance Scale (1949)⁶¹⁾

これらが諸外国に知られているものであるが、これらの検査を用いた研究から若干、例を示すと、Pintner, Day & Fushfeld (1928)⁴⁶⁾はピントナー非言語検査を用い、12-21 才のろう児 4,400 名を検査し、平均 IQ 86 を得た。Shirley & Meyer (1932)⁵¹⁾はろう児にグッドイナフの人物描画検査とピントナー非言語検査を行ない、前者には平均 IQ 87.7、後者に平均 IQ 98.4 を得た。Mackane (1933)³³⁾は 10-12 才のろう児と正常児とにピントナー・パターンソン動作検査、ドレーバー・コリンズ動作検査、アーサー動作性尺度、ピントナー非言語検査を行なって比較した。そのうちピントナーの動作検査では、ろう児は 6-7 月精神年齢が低く、IQ は 86-92 で、平均 IQ は 88.5 であった。Schick (1933)⁵⁰⁾ が就学前ら児にたいする標準化された動作検査 (Randall's Island Performance Scale) の結果では正常児と大差なかった。Springer (1938)⁵²⁾ がグッドイナフの人物描画検査をろう児、正常児各 300 名について行なった結果では、ろう児の平均 IQ 96.2、正常児の平均 102.2 であった。

Glowatsky (1953)¹⁴⁾がろう児に施行した WISC の結果では、動作性の平均 IQ が 97.33、言語性の平均 IQ が 67.00、全検査での平均 IQ は 79.46 であった。

わが国のろう児の知能に関する研究では、今田 (1924)²¹⁾がろうあ者の計算能力を検査したことが記録されているのをはじめとし、労働科学研究所 (1941)⁴⁸⁾で東京聾啞学校の生徒に種々の検査を行なっている。その図形分割、迷路および図形探索の 3 種目の検査で、「ろうあ者は男女共、いずれの検査においても、普通者と著しい差異は見られなかった。低年齢 (11才以下) では普通者と比べて、同等あるいはやや劣った成績を示したが、それも決定的傾向とはいいいにくく、かれらの精神発達が遅れているというよりも、検査において説明の了得がやや困難であったことを想起して恐らくその影響によるのではないかと思う。14才以上においては普通者と同等あるいは優れた結果をしめし、この結果より見て、ろうあ者の知能が普通者に比して劣っているとはいえないことは明らかである。」と断言している。

池田 (1949)²⁰⁾はグッドイナフの人物描画検査をろう児 (4-14才、男女) に施行したところ、IQ は 80-89 において最大頻度を示す正規曲線を示し、女子は男子より優っていた。倉橋 (1952)³⁰⁾は田中 B 式知能検査とウェクスラー・ベルビュー法改訂知能診断テストとをろう者に施行して比較し、田中 B 式の成績はウェクスラーの言語性検査の成績よりよいが、動作性検査の成績よりは劣る。そして言語性と動作性の全検査の成績よりはよいことをしめした。田中 (1957)⁵⁶⁾が WISC の動作性検査をろう児 99 名に施行した結果は平均 IQ 96.05 を示し、下位検査では、絵画完成、積木模様、組み合わせ問題がよく、絵画配列、符号問題が悪かった。吉田 (1956)⁶³⁾は B 式知能検査の実施結果をまとめ、小学 3 年から高等 3 年の 359 名の知能偏差値の平均が各学年および全体も大体 40 を示し、正常児より約 1 標準偏差低いと報告している。三島・服部 (1959)³⁶⁾は点を用いた形態把握が知能と相関の高いとこ

ろから、これがろう者の知能の程度を予測する指標となりうるとしている。林 (1958)¹⁶⁾ は Nebraska Test に示唆を得てわが国ろう児の個人知能検査の標準化を試みている。

以上、ろう児に関する心理学的諸研究のうち、その視知覚に関する研究および知能に関する研究について若干記したが、ろう児のこのような方面に関してはほとんど十分解明されていないのが現状である。

C. 問題の提起

点形態把握は視知覚における特性をみるものとして、一つには visual number に関する研究に見られるように、瞬間露出での数の推定という面を持ち、一つにはその位置の把握という空間的な形態知覚の面を持つという、二つの性格を結合して持つものである。したがってこれを視知覚の研究にとりあげるのは意味のあることと思う。さらに、これを聴力障害児の研究にとりあげようとするのは、聴力に障害のあることが他の面にどのような影響を持つか、ことに聴覚に直接関係のない視知覚特性においてどうかを研究することが、視知覚特性を通じて聴力障害児の本質を究明するものと思われるからである。またそれは同時に視知覚が精神的発達に果たす役割を、聴力障害児における点形態把握の年齢的推移を通じて明らかにするもの、という見方にも通じるものと云えよう。点形態把握が視知覚特性の発達の指標となり、その上、それが精神的発達の一面である知能の発達にも関連するということになれば、問題はさらにすすんで、聴力障害児をその聴力損失の程度、失聴時期、原因と細かく分けて、この点形態把握との関連を検討することにより、その本質の究明へと一步をすすめることになる。

II. 点形態把握に関する実験的研究

A. 形態把握にみられる年齢的発達

1. 目的

一定空間に配置されたいくつかの点の位置及び形態の把握に関しては、前述のように visual number の実験として知覚の問題としてとりあ

げられると共に、その把握の仕方が個人差の研究としてとりあげられてきた。ここでは、この形態把握が年齢的にどのように発達するかについて検討することを目的とした。

2. 対象および方法

対象は、聴力障害児 2,269 名 (小学部 4 年-高等部 3 年の児童生徒)、正常児 (聴児) 600 名 (小学校 4 年-高校 1 年の児童生徒) で、その被験者一覧と実験時期は、以下に示す通りである。

聴力障害児

- a. 山形県立酒田ろう学校
58名 (1958年 6 月)
- b. 山形県立山形ろう学校
129名 (1958年 7 月)
- c. 宮城県立ろう学校 (仙台)
263名 (1958年 7 月)
- d. 静岡県立沼津ろう学校
136名 (1958年 7 月)
- e. 静岡県立静岡ろう学校
106名 (1958年 7 月)
- f. 静岡県立浜松ろう学校
124名 (1958年 7 月)
- g. 新潟県立新潟ろう学校
145名 (1957年 7 月)
- h. 新潟県立長岡ろう学校
190名 (1957年 7 月)
- i. 富山県立ろう学校 (富山)
143名 (1960年10月)
- j. 富山県立ろう学校高岡分校
37名 (1960年10月)
- k. 石川県立ろう学校 (金沢)
143名 (1960年10月)
- l. 福井県立ろう学校 (福井)
87名 (1960年10月)
- m. 京都府立ろう学校 (京都)
166名 (1959年 7 月)
- n. 大阪市立ろう学校
192名 (1959年 7 月)
- o. 香川県立ろう学校 (高松)
159名 (1960年 6 月)
- p. 愛媛県立松山ろう学校

191名 (1960年 6 月)

正常児 (聴児)

v. 立教女学院初等部, 中等部

212名 (1957年 9 月)

w. 東京女子学院高校

102名 (1957年 4 月)

x. 東京都世田谷区東大原小学校

150名 (1960年11月)

y. 東京都世田谷区桜木中学校

42名 (1960年11月)

z. 東京都中野区第一中学校

94名 (1960年12月)

(なお、予備実験には上記以外に、東京都立大塚ろう学校78名、東京女子学院高校80名を被験者とした。)

実験に用いた器械は点形態図形発生器Ⅰ型、または同Ⅱ型である。

点形態図形発生器Ⅰ型は、縦10個×横10個の計100個の豆電球が予め決められた配線で、その中のいくつかが点滅するように作られたものである。露出時間は1/2秒、または1秒に調整できる。

点形態図形発生器Ⅱ型は、電球の前に白色ガラスをおき、その前に予め穿孔した黒い紙を写真機のフィルムのように巻き取りながら通す方式で、豆電球の点滅の代わりに、黒い紙にあけられた孔を通して光点が点滅する器械である。これはⅠ型が断線その他の故障が起り易いため改良したものである。

実験は5-10名の被験者に対し同時に行なう集団検査の形をとるものである。検査場所は教室を用い、被験者は机を前に坐らせ、図形発生器はやや高くにおいて、どの被験者からもよく見えるようにする。教室の明るさは被験者が解答を用紙に記入できる程度で、図形発生器の側を暗幕を使って暗くする。検査に要する時間はインストラクションを含め、約20分である。

この実施で特に注意すべき点は、検査をどのように理解させ徹底させるかということであったが、検査には検査補助者をつけ、本検査の前に練習を行ない、その間に十分了解させるよう

にした。

実施された検査の内容は、点形態図形発生器の前面に提示された光点の数と位置を再生し、解答用紙の同じ場所に記入するものである。光点の提示は1/2秒の露出(点燈)を、約1/2秒間隔で10回与え、解答用紙には10回提示してから記入させる。光点がいくつ提示されるかは事前に教えない。提示する光点の数は1個から始まり、問題がすすむにつれてその個数を増す。インストラクションには言語的要因をできるだけ少くし、練習を行なうことによってジェスチュアのみで十分了解できるよう考慮した。実際には次のように行なう。

インストラクション

1) よく見ましょう(机をトントン叩いて注意をひき、図形発生器で指で示す。)

2) (光点を1個10回つけてから、終ったことを合図し) どこについたでしょうか。

3) (黒板に図形発生器の前面、光点のつきうる位置を例示しておき、わざと間違った個所を指さし) ここですか。(皆が首をふったら) だれか前に出て正しく書いてください。

4) (正しく書けたら) よくできました。(誤ったら) これでよいでしょうか。だれか代って出てきて書いてください。

5) もう一度練習[おけいこ]をしましょう。

6) (練習2の光点2個を10回提示してから、終りの合図をし) 紙に書きましょう。(検査者は検査補助者とともに机間を廻って正しくできているかを調べて廻る。)

7) これから本検査を始めます[おけいこをやめて、ほんとうの検査をこれから始めます。] (『No. 1』と黒板に書き、検査開始。1問ごとに次が何番かを黒板に記す。)

(以下略)

なお、本検査の問題は点形態図形発生器Ⅰ型とⅡ型とで異なるが本質は同じものであり、インストラクションも同じである。異なるのは前者(形態把握検査Ⅰと呼ぶ)が10×10の100個の点灯しうる豆電球を使用し、問題数が練習2問、本検査13問であるのに対し

し、後者（形態把握検査Ⅱと呼ぶ）では4×4の16個の光点を使用し、問題数が練習2問、本検査10問であることである。したがって粗点は直接比較できないが、露出された光点の位置（数も含め）の把握ということでは変わりないものである。

形態把握検査Ⅰは第1問から第13問まで、問題がすすむにつれて難しくなるよう配列するため、次のような予備検査を行なった。

被験者は東京女子学院高校1年生80名である。まず第1予備検査は10問で行なったが、その各問の平均正答率は第1表に示す通りである。第1図はこれを図示したものである。

次に第2予備検査では問題数を13問にし、困難度を修正して行なったが、その各問の平均正答率は第2表に示す通りである。第2図はそれを図示したものである。

形態把握検査Ⅱも同じく予備検査を行ない、その困難度、配列を検討した。

被験者は東京都立大塚ろう学校小学部4年-中学部2年の計78

Table 1.

First pre-test (G_I test*).

Difficulty of each item (%).

Item No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mean
%	90.4	91.5	82.1	80.9	72.6	75.0	53.5	33.3	16.6	11.8	60.8

* G test.....Grasping dot-pattern test.

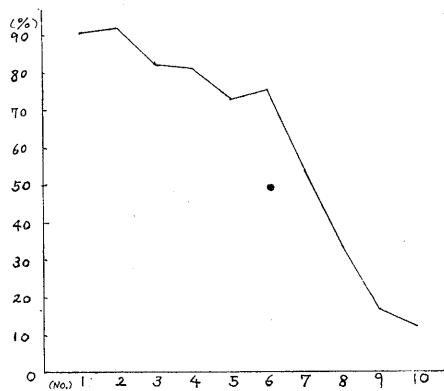


Fig. 1.

First pre-test (G_I test).

Difficulty level of each item (%).

Table 2.

Second pre-test (G_I test).

Difficulty of each item (%).

Item No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Mean
%	98.7	95.0	90.0	83.7	81.2	71.2	60.0	43.9	27.5	16.2	6.2	5.0	0	50.7

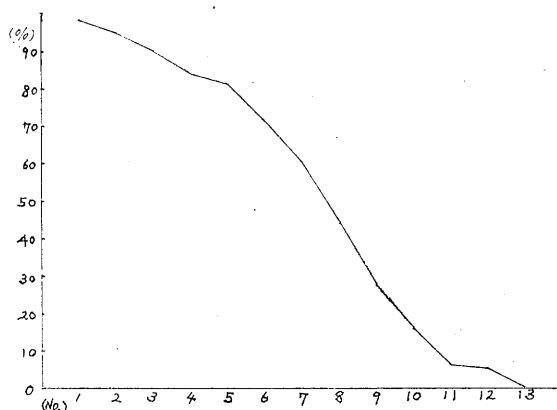


Fig. 2.

Second pre-test (G_I test).

Difficulty level of each item (%).

Table 3.

Pre-test (G_{II} test).

Difficulty level of each item (%).

Item No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mean
%	98.5	92.2	84.5	70.4	55.1	39.7	32.0	24.3	12.8	2.6	50.1

名である。その各問の平均正答率は第3表の通りである。第3図はこれを図示したものである。

以上のような予備検査により、問題の困難度

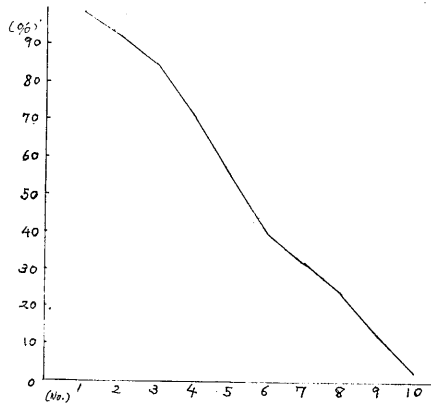


Fig. 3.
Pre-test (G_{II} test).
Difficulty level of each item (%).

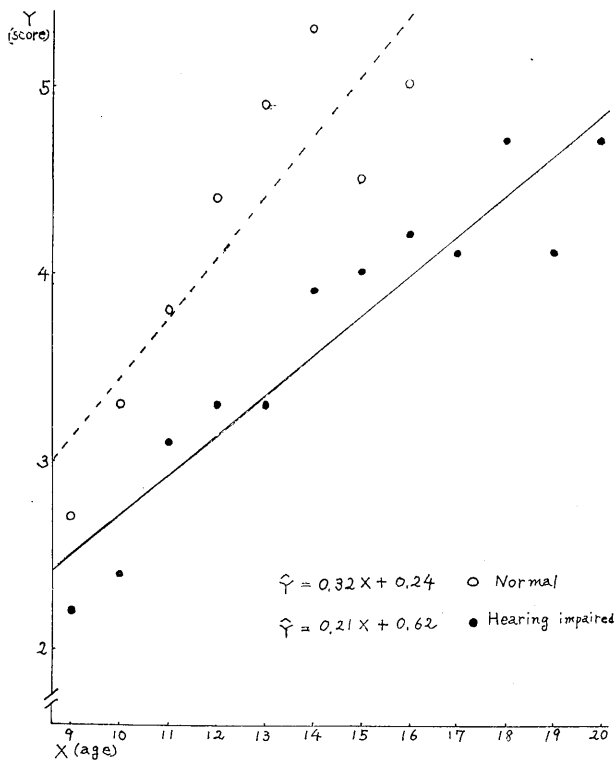


Fig. 4.
Mean of G_I test by age.

が問題がすすむほど難しくなることを確かめ、これにより本検査の問題を決定した。

3. 結果

点形態把握に関する実験の結果は、形態把握検査Ⅰ、形態把握検査Ⅱとに分けて検討する。

a. 形態把握検査Ⅰの結果

形態把握検査Ⅰの被験者は聴力障害児 1,151 名 (537ページ被験者一覧の a-h) と正常児 (同被験者一覧の v, w) である。

聴力障害児と正常児の年齢別の平均得点を示せば、第4表(聴力障害児)と第5表(正常児)の通りである。(聴力障害児21才以上および正常児17, 18才は少数のため除く)。

Table 4.
Mean of G_I test by age (Hearing impaired).

Age	N	X	(SD)
9	87	2.2	(1.07)
10	116	2.4	(1.08)
11	91	3.1	(1.11)
12	92	3.3	(1.73)
13	132	3.3	(1.59)
14	168	3.9	(1.65)
15	119	4.0	(1.67)
16	114	4.2	(1.91)
17	78	4.1	(2.00)
18	57	4.7	(2.12)
19	41	4.1	(2.19)
20	32	4.7	(1.96)

Table 5.
Mean of G_I test by age (Normal).

Age	N	X	(SD)
9	39	2.7	(1.65)
10	31	3.3	(1.23)
11	39	3.8	(1.60)
12	30	4.4	(1.28)
13	43	4.9	(1.82)
14	30	5.3	(1.80)
15	67	4.5	(1.85)
16	33	5.0	(2.16)

この形態把握検査Ⅰの年齢による成績上昇の傾向をさらにはっきりさせるため図示したものが、第4図である。図の直線はそれぞれ最小二乗法により当てはめたものである。

この図から聴力障害児、正常児ともに、その発達を示す上昇傾向は明らか

であるが、その有意性の検定については傾向分析を行なった。検定は各年齢間の平均値の比較でなく、聴力障害児、正常児とも、年齢段階に対する形態把握検査Ⅰの得点の回帰が直線的であるとの仮定が可能であるとし、この回帰がないという帰無仮説を検定したところ、共に 1% 以下の危険率でこれを棄てることができた。

また、聴力障害児と正常児の年齢的上昇の傾向を比較すると、聴力障害児と正常児は低い年齢での差が小さいにも拘らず、年齢の上昇と共にその差は大となる傾向が見られる。すなわち正常児に比して聴力障害児の上昇傾向が小さいことがわかる。この両者の回帰の差についての検定では 1% 水準で有意な差と認めた。

b. 形態把握検査Ⅱの結果

形態把握検査Ⅱの被験者は聴力障害児 1,118 名 (537 ページの被験者一覧 i-p) と正常児 286 名 (同被験者一覧の x-z) である。

聴力障害児と正常児の年齢別平均得点一覧表を示せば、第 6 表 (聴力障害児) と第 7 表 (正常児) の通りである。

この形態把握検査Ⅱの年齢による成績上昇の傾向を、さらにはっきりさせるため図示したものが第 5 図である。図の中の直線は最小二乗法により当てはめたものである。この図から聴力障害児、正常児ともに、その発達を示し上昇傾向は明らかであるが、その有意性の検定を行なったところ、1% 以下の危険率で、形態把握検査Ⅱの得点の回帰が直線的であることを確かめた。

この聴力障害児と正常児の年齢的上昇の傾向は、形態把握検査Ⅰの場合と同様、その度合に差があり、低い年齢では差が小さいにも拘らず、年齢の上昇とともにその差は大となる傾向が見られる。この両者の回帰の差の検定では 1% 水準で有意差を確かめ得た。

4. 考 察

Table 6.

Mean of GⅡ test by age (Hearing impaired).

Age	N	$\bar{X}$	(SD)
9	58	3.0	(1.22)
10	104	3.5	(1.17)
11	130	3.9	(1.77)
12	158	4.5	(1.92)
13	110	4.7	(1.93)
14	81	4.9	(2.60)
15	108	4.4	(2.00)
16	117	5.4	(1.83)
17	98	5.2	(2.16)
18	82	5.2	(1.87)
19	43	4.6	(1.93)
20	28	4.6	(2.03)

Table 7.

Mean of GⅡ test by age (Normal)†

Age	N	$\bar{X}$	(SD)
9	18	3.5	(1.28)
10	47	5.0	(1.81)
11	52	5.1	(2.11)
12	45	5.3	(1.83)
13	60	6.5	(2.62)
14	31	6.9	(2.01)
15	33	6.2	(1.94)

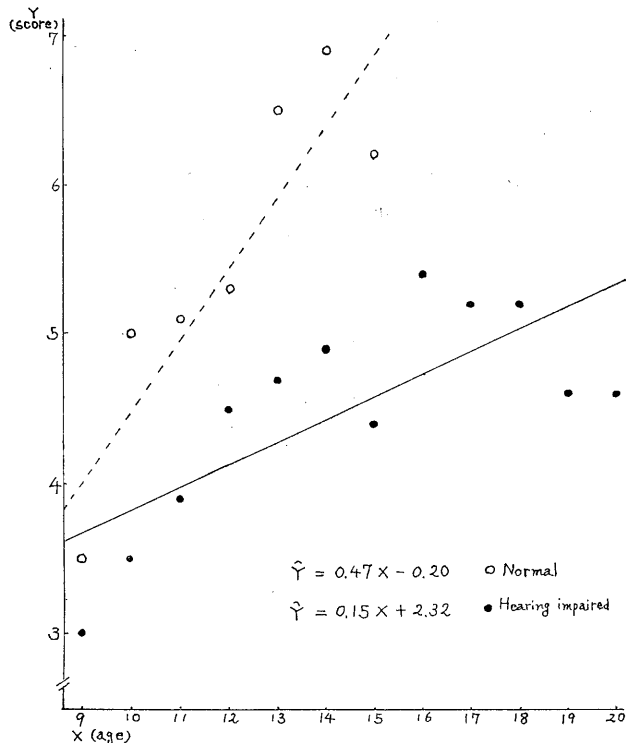


Fig. 5.
Mean of GⅡ test by age.

上記の形態把握検査Ⅰ, Ⅱの結果から, 正常児と聴力障害児とはともに視知覚特性において年齢的発達を示すことを確かめ得たのであるが, その発達の度合においても両者の間にははっきり差のあることも確かめ得た。すなわち聴力障害児と正常児とは低年齢において聴力のハンディキャップの影響を受けることがほとんどなく, 視知覚特性をみる点形態把握においてはほぼ同程度であったのに対し, 年齢の上昇とともにその差が開いていくことが確かめられた。この結果は, 点形態把握という視知覚特性の一面を示すと思われるものが, 他の能力とどのような関係にあるかの疑問, さらに知能との関係についての疑問を派生的に伴ってくるものである。それはまた聴力障害が視知覚面にどのような影響を与えるかという本質的な問題への第一歩でもある。

B. 形態把握と他の能力および一般知能との関係

1. 目的

点形態把握が他の能力, すなわち加算, 推理, 記憶, 知覚速度とどのような関連をもつか, また点形態把握が一般知能とどのような関連をもつか, について検討することを目的とする。

2. 対象および方法

対象は537ページの被験者一覧表の聴力障害児2,269名(小学部4年-高等部3年), 正常児600名(小学校4年-高校1年)であるが, 検討すべき課題によってそのうちの一部を対象とし, あるいはサンプルを抽出して検討した。

実験に用いた器械は点形態図形発生器Ⅰ型, または同Ⅱ型である。

加算, 推理, 記憶, 知覚速度という能力は, 次のような検査形式でテストした。

加算検査の内容は, 図形発生器の前面に次々に提示される光点の数を暗算で加算し, 終わった合図があってから答だけを解答用紙に記入するものである。光点の提示は1秒の露出(点燈)で約1秒間隔で, 2個の数の加算から始まり, 問題がすすむにつれて個数を増す。

インストラクションは, 形態把握と同様, 言

語的要因をできるだけ少くし, 練習を行なうことによって, ジェスチャーのみで十分了解できるもので, 次のように行なった。

インストラクション

1) よく見ましょう(机をトントン叩いて注意をひき, 図形発生器を指で示す。)

2) (光点1個をつけて消してから) いくつきましたか。(皆で答えさせる。)

3) (光点2個をつけて消してから) いくつきましたか。(皆で答えさせる。)

4) 合わせていくつですか。

5) 答だけを書いてください。式はいりません。(検査者は検査補助者とともに机間を廻って正しくできているかを調べて廻る。)

(もう1回練習を行なう。)

6) これから本検査を始めます[おけいこを止めて, 本当の検査をこれからはじめます。]

(「No. 1」)と黒板に書き, 検査開始。1問ごとに次が何番か, 何個の数を加えるかを黒板に記す。)

(以下略)

推理検査の内容は, ある規則に従ってつく光点の順番を見せて, その規則どおりに次もつくとするれば, 次につく光点はどこかを考えさせ, それを解答用紙に記入させるものである。数系列や図形系列などの問題と同じ性質をもつものである。光点の提示は1秒の露出(点燈)で1秒間隔で, 次々に位置または位置と数の異なっていく5つのパターンの光点を提示し, 6番目に提示されるパターンを推理させることになり, 問題がすすむにつれて困難度を増す。

インストラクション

1) よく見ましょう(机をトントン叩いて注意をひき, 図形発生器を指で示す。)

2) (最初の光点をつけて消してから) どこにつきましたか。(黒板に図形発生器の前面, 光点をつきうる位置を例示しておき, ついた位置を示させる。)

3) (2番目の光点をつけて消してから) どこにつきましたか。(以下5番目の光点まで同様に行なってから)

4) 次はどこにつくと思いますか。

5) つくと思うところを紙に書きましょう。

(検査者は検査補助者とともに机間を廻って正しくできているかを調べて廻る)

(練習を5番まで行なう。)

6) これから本検査を始めます〔おけいこを止めて、本当の検査をこれから始めます。〕

(「No. 1」 と黒板に書き、検査開始。1問ごとに次が何番かを黒板に記す。)

(以下略)

記憶検査の内容は、次々に提示される光点の数について、いくつといくつがついたか記憶しておき、提示が終ってから解答用紙に記入させる。光点の提示は1秒の露出(点燈)で約1秒間隔で、次々に数の異なる光点をいくつか提示する。数詞の復唱の問題に類似し、数詞に代わり光点の数が提示され、復唱の代わりに解答用紙に記入するものである。問題は提示する数の個数を2個から次第に増すことによって困難度を増す。

インストラクション

1) よく見ましょう(机をトントン叩いて注意をひき、図形発生器を指で示す。)

2) (最初の光点をつけて消してから)いくつきましたか。だまって覚えておいてください。

3) (2番目の光点をつけて消してから)いくつきましたか。

4) はい。(手で大きく合図し)今ついた数をはじめのは1の欄に、2番目のは2の欄に書いてください。(黒板に解答用紙と同じ記入欄を例示し、そこに答を書いて見せる。)

5) もう一度練習〔おけいこ〕をしましょう。(練習2を行なうが、途中で記入しないよう注意する。)

(検査者は検査補助者とともに机間を廻って正しくできているかを調べて廻る)

6) これから本検査を始めます〔おけいこをやめて、本当の検査をこれから始めます。〕

(「No. 1」 と黒板に書き、検査開始。1問ごとに次が何番か、何個の数を覚えるかを黒板に記

す。)

(以下略)

(なお点形態図形発生器Ⅰ型を用いたときは、「数と方向」即ち上下左右どの方向にいくつの光点が提示されたかを記憶する方式を用いた。)

知覚速度検査の内容は、形態把握検査と同じやり方だが、提示させる光点の数は同じで(位置は異なる)、露出(点燈)を約1/2秒の間隔で、最初15回の提示から次第に回数を減らし、正しく点形態を把握できる提示回数が、それを知覚する速度を示すものとしてとりあげたものである。

インストラクション

1) よく見ましょう(机をトントン叩いて注意をひき、図形発生器を指で示す。)

2) (光点5個を13回つけてから、終ったことを合図し)どこについたでしょうか。

3) 前にやったと同じように、紙についたところを書いてください。

4) もう一度練習〔おけいこ〕をしましょう。

5) (練習の光点5個を7回つけてから、終ったことを合図し)どこがついたか、紙についたところを書いてください。

(提示の途中で記入しないよう注意する。)

(検査者は検査補助者とともに机間を廻って正しくできているかを調べて廻る)

6) これから本検査を始めます〔おけいこを止めて、本当の検査をこれから始めます。〕

(「No. 1」 と黒板に書き、検査開始。1問ごとに次が何番かを黒板に記す。しかし光点が何回提示されるかは事前に教えない。)

(以下略)

(なお知覚速度検査は点形態図形発生器Ⅱ型を使用して施行した。)

これらの各検査は新たに作成したものであり、そのうち加算、推理、記憶の3検査は、点形態図形発生器Ⅰ型を用い、次のような予備検査によって検討した。

被験者は東京女子学院高校1年生80名である。まず、第1予備検査は各検査とも10問で行なったが、その各問の平均正答率は第8表に示

Table 8.
First pre-test (A, R and M test*) (by I type).
Difficulty level of each item (%).

Item No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mean
A	96.3	81.4	86.4	81.4	67.9	59.2	44.4	45.6	27.1	14.8	60.5
R	69.0	69.0	60.7	53.5	44.0	41.6	30.9	20.2	14.2	9.0	41.2
M	58.0	51.0	58.0	48.0	29.0	20.0	8.0	4.0	4.0	1.0	24.1

*A test.....Arithmetic test.

R test.....Reasoning test.

M test.....Memory test.

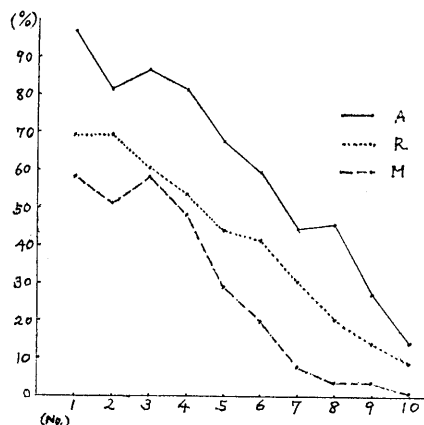


Fig. 6.
First pre-test (A, R and M test).
Difficulty level of each item (%).

Table 9.
Second pre-test (A, R and M test) (by I type).
Difficulty level of each item (%).

Item No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Mean
A	98.7	92.5	83.7	77.5	71.2	61.2	53.8	46.2	38.7	32.5	23.7	12.5	3.7	53.5
R	92.5	80.0	71.2	60.0	48.7	40.0	33.7	28.7	22.5	15.0	10.0	2.5	1.2	38.9
M	95.0	83.7	75.0	62.5	56.2	52.5	45.0	36.2	26.2	17.5	8.7	2.5	1.2	43.2

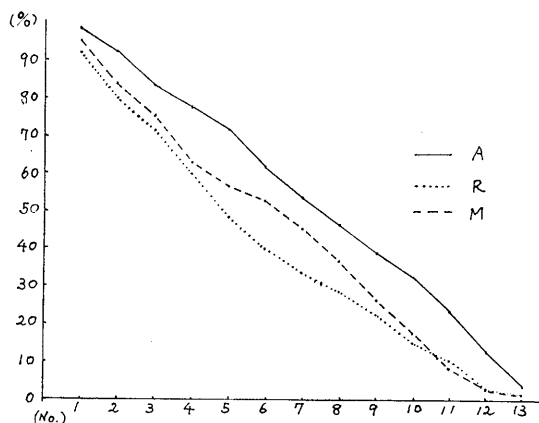


Fig. 7.
Second pre-test (A, R and M test).
Difficulty level of each item (%).

す通りである。なお第6図はこれを図示したものである。

次に第2予備検査では、各検査とも13問にし、困難度を修正して行なったが、その各問の平均正答率は第9表に示す通りであり、第7図はこれを図示したものである。

点形態図形発生器Ⅱ型を用いた場合、知覚速度検査は形態把握検査Ⅱと同じ、 4×4 の16個のつきうる光点を使用したのに対し、加算、記憶、推理の各検査は 2×10 の20個のつきうる光点を使用した。検査内容は原理的には図形発生器Ⅰ型を用いた場合と変らない。

この予備検査の被験者は東京都立大塚ろう学校小学部4年-中学部2年の計78名である。その各問の平均正答率は第10表の通りである。第8図はこれを図示したものである。

一般知能に関しては、他の知能検査(たとえば田中B式知能検査)結果を利用し、また間接的ではあるが一般知能と若干関連があるとみなされる学業成績も利用した。

3) 結果

点形態図形発生器Ⅰ型により、形態把握と他の能力、すなわち加算、推理、記憶との関連を、各検査間の相関係数 (Pearson) (r) に求めた。

この検討は、聴力障害児 749 名 (537 ページ被験者一覧の a-f) から、地域別、年齢別に比例抽出したサンプル 400 名と、正常児 314 名 (同被験者一覧の v, w) とに対する各検査結果により行なった。第11表 (聴力障害児) と第12表 (正常児) に示す通りである。

点形態図形発生器Ⅱ型により、形態把握と他の能力、すなわち加算、推理、記憶、知覚速度との関連を、各検査間の相関係数 (Pearson) を求めることで検討した。聴力障害児 166 名 (537 ページ被験者一覧の m) に対する各検査結果により行なったものは、第13表に示す通りである。

以上の結果のうち、聴力障害児 (第11表) と正常児 (第12表) との比較で、形態把握検査Ⅰと加算検査との関連にのみ、二つの相関係数の差は 1% の水準で有意と認められ、他の

Table 10.
Pre-test (A, R, M and P* test) (by Ⅱ type).
Difficulty level of each item (%).

Item No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mean
A	85.1	81.4	81.7	59.7	52.3	47.4	40.3	31.1	24.3	15.4	51.9
R	73.4	61.4	53.5	42.3	39.1	37.4	36.0	33.1	31.4	24.6	43.2
M	89.7	88.9	61.4	62.9	48.3	28.6	15.1	7.7	1.7	0.9	40.5
P	78.0	65.7	54.9	46.0	44.3	33.1	29.1	22.6	16.9	13.7	40.4

*P test.....Peceptual speed test.

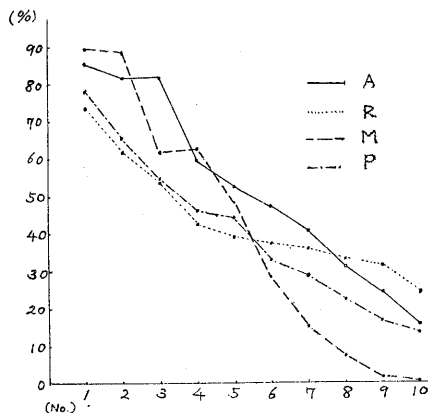


Fig. 8.

Pre-test (A, R, M and P) (by Ⅱ type).
Difficulty level of each item (%).

Table 11.
Correlations between tests (by type Ⅰ).
(Hearing impaired).

	A	R	M	(N = 400)
G _I	+0.38 (+0.30-0.46)	+0.38 (+0.30-0.46)	+0.42 (+0.34-0.50)	
(for reference)	A	M	() ...confidence interval of ρ .	
R	+0.41 (+0.33-0.49)	+0.34 (+0.25-0.42)	95% coefficient of confidence.	
M	+0.24 (+0.15-0.33)			

Table 12.
Correlation between tests (by type Ⅰ).
(Normal).

	A	R	M	(N = 315)
G _I	+0.63 (+0.56-0.69)	+0.42 (+0.33-0.51)	+0.45 (+0.36-0.53)	
(for reference)	A	M	() ...confidence interval of ρ .	
R	+0.42 (+0.33-0.51)	+0.41 (+0.31-0.50)	95% coefficient of confidence.	
M	+0.34 (+0.24-0.43)			

検査間, すなわち形態把握Ⅰと推理, 形態把握Ⅰと記憶, の相関係数の差は有意と認められなかった。

また聴力障害児において, 点形態図形発生器Ⅰ型(第11表)と同Ⅱ型(第13表)とによる形態把握と加算, 形態把握と推理, 形態把握と記憶という各検査間の相関係数のそれぞれ二つの間に有意な差は認められなかった。

なお, 各表の相関係数には95%の信頼水準で母相関係数の信頼限界を附記したが, 一般的に云えば形態把握検査は他の検査と低い正の相関があると云った程度を示した。

次に点形態図形発生器Ⅰ型による形態把握と新田中B式知能検査による一般知能との関連を, 両検査間の相関係数に求めた。

この検討は, 聴力障害児 335 名(537 ページ被験者一覧の g, h) と正常児 314 名(同被験者一覧の v, w) とに対する両検査結果により行なった。

その結果, 形態把握検査Ⅰと新田中B式知能検査との相関係数は次の通りである。

聴力障害児 $r = +0.84$ $N = 335$
(+0.81-0.87)

正常児 $r = +0.68$ $N = 314$
(+0.62-0.74)

() は ρ の信頼限界
(信頼水準95%)

なお, この二つの相関係数の差は1%の水準で有意と認められた。

一般知能そのものではないが, 間接的な関連をもつものとして学業成績をとりあげ, 聴力障害児84名(537 ページ被験者一覧の g, h のうちの中学2年, 3年), 正常児 102 名(同被験者一覧の w, 高校1年)について, 形態把握検査Ⅰと教師の評価による上(H)・中(M)・下(L)の3段階に区分する学業成績との関係を求めた。

Table 13.
Correlations between tests (by type Ⅱ).
(Hearing impaired).

	A	R	M	P
GⅠ	+0.44 (+0.31-0.56)	+0.36 (+0.22-0.49)	+0.38 (+0.24-0.50)	+0.51 (+0.39-0.62)
(for reference)	R	M	P	
A	+0.34 (+0.20-0.47)	+0.44 (+0.31-0.56)	+0.28 (+0.13-0.42)	
P	+0.38 (+0.24-0.50)	+0.44 (+0.31-0.56)		
M	+0.51 (+0.39-0.62)			

Table 14.

Mean of GⅠ test by school achievement (Hearing impaired).

School achievement	N	$\bar{X}$	(SD)
H	25	9.2	(2.08)
M	41	7.9	(2.72)
L	18	4.6	(1.33)

$r_{tr}^* = +0.66$

r_{tr}^* triserial correlation.

Table 15.

Mean of GⅠ test by school achievement (Normal).

School achievement	N	$\bar{X}$	(SD)
R	30	9.0	(1.51)
M	45	8.2	(2.29)
L	27	6.3	(2.80)

$r_{tr} = +0.45$

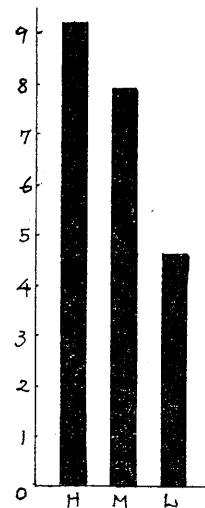


Fig. 9.

Mean of GⅠ test by school achievement (Hearing impaired).

その結果は第14表(聴力障害児)と第15表(正常児), および第9図(聴力障害児)と第10図(正常児)に示される。

聴力障害児では, 形態把握検査Ⅰと学業成績との三系列相関係数(r_{tr})はかなりの正の相関を示し, 上・中・下別の平均得点の間の差の検定では, 上と中と下のそれぞれの間の差に1%水準で有意な差を示した。

正常児での三系列相関係数はやや低い正の相関を示し, 上・中・下別の平均得点の間の差の検定では, 中と下, 上と下の間の差に1%水準で有意な差を示した。(なお, この r_{tr} の有意性検定についてまだ考えられていないので, 聴力障害児と正常児との差についての検定については触れない。)

4. 考 察

まず形態把握検査と加算, 推理, 記憶, 知覚速度の各検査との間の相関係数により, 点形態把握という視知覚面における要因が, 数的な要因(加算), 帰納的要因(推理), 記憶的要因(記憶), 知覚の速度の要因(知覚速度)とやや低いが正の相関を示すことが知られた。このような事実は点形態把握というものが単なる視覚面だけの特性を示すものでないことを示唆するものである。

これらの関係のうち, 聴力障害児と正常児の差を示したものに, 形態把握検査Ⅰと加算検査との相関係数の差がある。これは正常児では形態把握検査においても光点の把握に数的要因が大きな割合を占めていることが推定され, それに対して聴力障害児では, 何かその把握方式に本質的な差があるのではないかと推察される。光点の数の把握の仕方によらず, 聴力損失の影響がうかがわれるといえよう。

なお, 形態把握と加算, 形態把握と推理, 形態把握と記憶という三つの相関係数について, 点形態図形発生器Ⅰ型と同Ⅱ型による相関係数に有意な差を示さなかったことは, 両者が装置の差で, 内容の本質的な差を有しないとする考えを支持するものと云えよう。

次に形態把握検査と新田中B式知能検査との

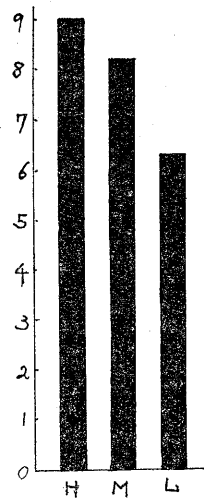


Fig. 10.

Mean of G1 test by school achievement (Normal).

相関係数により, 点形態把握という視知覚面における要因が一般知能とかなり高い正の相関を示すことが知られたが, とくに聴力障害児の方が正常児より高い相関係数を示すことが注目される。

また形態把握検査と学業成績との相関係数により, 一種の知能的関連をもつと見なされる学業成績ともかなりの正の相関を示すことが知られ, 有意差については不明であるが, 聴力障害児の方が正常児より高い相関がみられ, これも知能検査での結果からしてほぼ確かといえよう。

上記のように点形態把握が一般知能と関連が深いこと, とくに聴力障害児が正常児より高い相関を示すことは, 点形態把握にみられる視知覚特性が前述の諸能力ばかりでなく, さらに広く一般知能とも密接な関係をもつものであり, 聴力損失が諸能力や一般知能に及ぼす影響から, 視知覚の面にも影響を与えることを示すものである。このように点形態把握にみられる特徴は, 前記の年齢的発達をも考えるとき, 知能の尺度としての利用もまた考えられるものである。

C. 形態把握の因子分析的検討

1. 目 的

点形態把握の特性について, 形態把握検査

1. 迷路, 2. 立方体の分析, 3. 置換,
4. 異同弁別, 5. 数系列完成, 6. 図形抹
消, 7. 図形完成

3. 結果

各検査成績により相互に相関係数を求めたものが、第16表である。

4. 考察

因子の解釈としては、第Ⅰ因子が新田中B式知能検査の迷路、置換、異同弁別、図形抹消の下位検査に高い因子負荷量を示すことから、知覚的速度の因子と思われた。(これが点形態図形発生器Ⅱ型の検査に知覚速度の検査を加えた理由の一つである。)

- 第Ⅱ因子は記憶検査，新田中A式知能検査の

Table 16. Correlation matrix.

7...Picture completion.

分類法, 類比推理, 混乱文整理, 算数的推理, 論理的推理, 新田中B式知能検査の異同弁別の下位検査に高い因子負荷量を示す。記憶検査をのぞき, 他は言語を材料としているという共通性を持ち, その辺に解釈の手がかりがあるようだが, はっきりした解釈は難しい因子である。

第Ⅲ因子は形態把握検査, 新田中B式知能検査の迷路, 立方体の分析, 図形完成の下位検査に高いところから, 空間的因子と名付けられるものと思う。

第Ⅳ因子, 第Ⅴ因子については, こじつけ解釈になることを恐れ, 解釈を保留する。

以上の因子の解釈より, 点形態把握の特性を検討してみるに, 空間的因子と見られる第Ⅲ因子の負荷量が高いことから, 点形態把握が空間的な図形の把握, 位置の把握という要因を多く持っていることが推定される。なおほかに第Ⅴ因子の因子負荷量が高く, この因子は記憶検査, 新田中B式知能検査の数系列完成に高いことがあげられるが, 点形態把握のどのような要因を示すかの解釈は難しい。

D. 形態把握を中心としたろう児用知能検査

1. 目的

形態把握が知能と関連があり, 加算, 推理, 記憶, 知覚速度などの諸能力ともある程度の関連があることから, 形態把握を中心としてこれらを総合するものが, ろう児用知能検査として用いようかどうかを検討し, 可能となればその標準化についても検討することを目的とする。

2. 対象および方法

対象は前記の聴力障害児 2,269 名 (小学部 4 年-高等部 3 年), 正常児 (聴児) 600 名 (小学校 4 年-高校 1 年) で, 537 ページ被験者一覧に示したものであるが, 検討すべき課題によって, その一部を対象とした。なお, 上記以外に東京都立大塚ろう学校の小学部 4 年-中学部 3 年の生徒 116 名を各検査の信頼性検討のための対象とした。

使用した器械は点形態図形発生器Ⅰ型または同Ⅱ型で, 検査としてはⅠ型では, 形態把握, 加算, 推理, 記憶の各検査型, Ⅱ型ではさらに

Table 17.
Rotated factor matrix.

	I	II	III	IV	V
GI	.12	.08	.43	.16	.54
A	.08	.24	.32	.46	.15
R	.24	-.03	.18	.03	.34
M	.02	.41	.11	-.08	.61
A 1	.09	.01	-.02	.84	.38
A 2	.07	.03	.00	.59	.11
A 3	.05	.45	.26	.81	.18
A 4	-.02	.49	.10	.34	.26
A 5	.35	.50	.37	.25	.36
A 6	-.04	.66	.02	.28	.32
A 7	.28	.47	.00	-.15	.04
B 1	.49	.38	.70	.13	-.03
B 2	.16	.02	.64	-.05	.29
B 3	.80	.04	.07	.34	.08
B 4	.52	.48	.05	.40	-.06
B 5	.30	.24	.12	.43	.75
B 6	.73	-.06	.09	.46	.21
B 7	-.11	.11	.49	.27	.22

("Gothic" indicates factor loading above .40.)

Table 18.
Reliability coefficient by test-retest method.

test	rtt	N
GI	+0.74(+0.64-0.84)	116
A	+0.86(+0.79-0.91)	89
R	+0.74(+0.62-0.82)	81
M	+0.82(+0.75-0.86)	4

GI test	rtt	N
Between 2nd and 3rd	+0.75(+0.66-0.82)	116
Between 1st and 3rd	+0.74(+0.64-0.81)	

()...confidence interval of ρ .

95% coefficient of confidence.

これに加えて知覚速度検査を行なった。各検査の内容, およびインストラクションは前述の通りである。

知能検査として考える場合は, 形態把握をはじめ各検査を一つの知能検査 (Dots-Pattern Test, DPT と呼ぶ) の下位検査と見なし, その総計点をもって一種の知能点とした。(なお点形態図形発生器Ⅰ型による場合は DPTⅠ, 同じくⅡ型による場合は DPTⅡ と呼ぶことにする。)

3. 結果

知能検査としての検討という観点から行われる結果分析は, 信頼性の検討と妥当性の検討という二つの面があげられる。

信頼性の検討では, 再検査法と折半法により行なった。

再検査法による信頼性の検討は, 聴力障害児

116 名 (東京都立大塚ろう学校) を用い, 1958 年12月-1959年 3 月に, DPT I の各下位検査を 20日の間隔をおいて同一対象に 2 回実施し (な

Table 19.
Reliability coefficient by split-half method.
N=400

test	rtt
G I	+0.70(+0.65-0.75)
A	+0.78(+0.74-0.82)
R	+0.83(+0.80-0.86)
M	+0.77(+0.73-0.81)

Table 20.
Correlation to intelligence test.

	Hearing impaired (N=335)	Normal (N=314)
	Intelligence Test (Shin-Tanaka B type)	Intelligence Test (Shin-Tanaka B type)
DPT I	+0.91(+0.89-0.93)	+0.80(+0.76-0.84)
(for reference) Intelligence Test		Intelligence Test
A	+0.79(+0.75-0.83)	+0.69(+0.63-0.74)
R	+0.82(+0.78-0.85)	+0.54(+0.46-0.61)
M	+0.85(+0.82-0.88)	+0.60(+0.52-0.67)

()...confidence interval of ρ .
95% coefficient of confidence.

Table 21.

Mean of DPT _I by school achievement (Hearing impaired).									
School achievement	S. I - III		J. II, III		J. I & P. VI		P. IV, V		
	N	$\bar{X}$ (SD)	N	$\bar{X}$ (SD)	N	$\bar{X}$ (SD)	N	$\bar{X}$ (SD)	
H	14	40.1(7.87)	25	30.2(7.15)	17	34.1(6.71)	29	22.6(6.68)	
M	28	32.7(7.40)	41	26.6(4.51)	53	22.9(8.70)	43	13.7(3.90)	
L	11	25.1(8.69)	18	17.4(4.61)	24	12.3(6.79)	32	7.1(2.95)	
P>0.05			H>M>L			H>M>L			H>M>L
S...Senior High School.					H...High.				
J...Junior High School.					M...Middle.				
P...Primary School.					L...Low.				
>... P<0.05					>... P<0.01				

Table 22.

Mean of DPT I by school achievement (Normal).						
School achievement	J. II		P. VI		P. IV	
	N	$\bar{X}$ (SD)	N	$\bar{X}$ (SD)	N	$\bar{X}$ (SD)
H	20	39.1(5.31)	19	33.2(4.07)	19	25.5(2.97)
M	33	33.1(3.69)	38	26.2(5.38)	34	19.0(3.13)
L	20	25.1(3.67)	12	18.7(3.35)	17	11.6(4.52)
	H>M>L		H>M>L		H>M>L	
>...	P<0.01		H...High.			
J...	Junior High School.		M...Middle.			
P...	Primary School.		L...Low.			

お, 形態把握検査についてはさらに20日の間を おいて 3 回目も実施した), その相関を求め, 信頼性係数とした. 結果は第18表の通りである.

折半法による信頼性の検討は, 聴力障害児 (537ページ被験者一覧の a-f の 816 名より地域, 年齢別により比例抽出したサンプル) を用い, 各検査の問題番号を奇数, 偶数に折半し, 両者の得点間の相関係数を Spearman-Brown の式で修正し, 信頼性係数を求めた. 結果は第19表の通りである.

妥当性の検討では, この四つの下位検査よりなる DPT I, または五つの下位検査よりなる DPT II の総計点と基準との関連によって行なわれた. 基準としては, 間接的なものであるが, 他の知能検査成績 (新田中 B 式知能検査知能点), 学業成績, 年齢, 学歴 (学年) が用いられた.

新田中 B 式知能検査との相関は, 聴力障害児 335 名 (537 ページ被験者一覧の g, h), 正常児 314 名 (同被験者一覧の v, w) について求め, 第20表に示すような相関係数を得た.

学業成績との関連は教師によって個々の被験者の学業成績を大きく上・中・下の 3 段階に評価して貰い, それとこの DPT の総計点との関係で検討した.

この検討はまず点形態図形発生器 I 型による DPT I で, 聴力障害児 333 名 (537 ページ被験者一覧の g, h, 21才以上の 2 名をのぞく), 正常児 314 名 (同被験者一覧 v) について, 学業成績上・中・下別に DPT I の総計点の平均値の差の検定を行なった. 結果は第21表 (聴力障害児) と第22表 (正常児) および第11図 (聴力障害児) と第12図 (正常児) にしめす通りである.

平均値の差の検定では, 聴力障害児の高等部で上・中・下に

よる有意差を示さなかったが、それ以外は聴力障害児、正常児とも上・中・下間に1%水準で有意差を示し、上中下間の対の差の検定でも、聴力障害児中学2、3年の上と中の間のみ5%水準であったほかは、全部1%水準で有意差を示した。

同様の検討を点形態図形発生器Ⅱ型によるDPTⅡの総計点で、聴力障害児166名(537ページ被験者一覧のj)について、学業成績上・中・下別に平均値の差の検定を行なった。結果は第23表と第13図に示した。

(なお、人数の関係で小学5、6年、中学1年と中学2、3年と高等1、2、3年の三つのグループにまとめて検討した。)

平均値の差の検定では、いずれも上・中・下間に1%の水準で有意差を示し、上・中・下間の対の差の検定でも、小5、6、中1のグループの中と下の間、中2、3のグループの上と中の間に有意差を示さなかったほかは、それぞれ1%水準または5%水準で有意差を示した。

年齢との関係は、知能が年齢とともに発達することを前提とし、DPTの総計点が年齢とともに上昇すれば、その妥当性を認めうとするものである。

この検討は、まず点形態図形発生器Ⅰ型によるDPTⅠの総計点で、聴力障害児333名(537ページ被験者一覧g, h, 21才以上の2名をのぞく)、正常児312名(同被験者一覧v, w, 17才以上の2名をのぞく)について、年齢別に平均を求めた。

結果は第24表(聴力障害児)、第25表(正常児)の通りである。

このDPTⅠの総計点の年齢による上昇を図示したものが第14図である。図の直線はそれぞれ最小二乗法によりあてはめられたものである。

この図から総計点の年齢による上昇傾向は明らかに認められるが、その有意性について傾向分析を行なったところ、聴力障

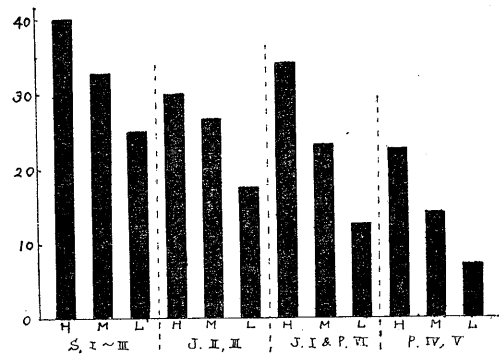


Fig. 11.

Mean of DPT I by school achievement (Hearing impaired).

S...Senior High School.

J...Junior High School.

P...Primary School.

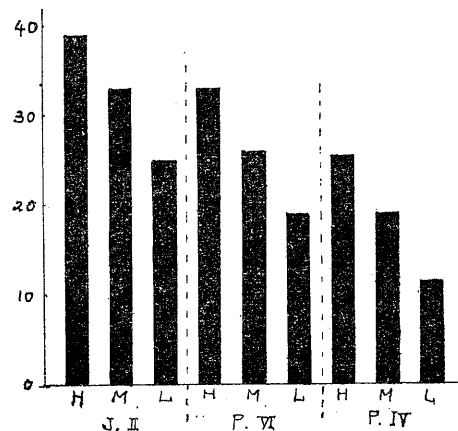


Fig. 12.

Mean of DPT I by school achievement (Normal).

J...Junior High School.

P...Primary School.

Table 23.

Mean of DPT II by school achievement (Hearing impaired).

School achievement	H. I-III		J. II-III		J. I & P. VI	
	N	$\bar{X}$ (SD)	N	$\bar{X}$ (SD)	N	$\bar{X}$ (SD)
H	11	25.7(5.0)	15	18.2(5.0)	13	16.1(6.8)
M	28	19.3(7.1)	22	16.6(4.6)	22	10.1(3.7)
L	14	14.1(8.0)	16	9.2(4.9)	25	7.0(4.9)

$H > M > L$, $H \gg L$ $M \gg L$, $H \gg L$ $H \gg M$, $H \gg L$

$\gg \dots P < 0.01$

$> \dots P < 0.05$

S...Senior High School.

J...Junior High School.

P...Primary School.

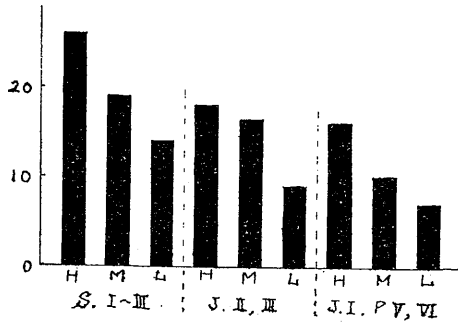


Fig. 13.

Mean of DPT_I by school achievement (Hearing impaired).

S...Senior High School.

J...Junior High School.

P...Primary School.

Table 24.

Mean of DPT_I by age (Hearing impaired).

Age	N	$\bar{X}$ (SD)
9	36	13.8(7.31)
10	31	14.0(7.29)
11	20	19.0(8.34)
12	39	19.8(10.72)
13	47	20.5(9.43)
14	48	23.1(8.42)
15	30	24.2(10.89)
16	29	25.8(13.29)
17	16	27.8(10.67)
18	15	36.3(7.93)
19	12	33.2(6.42)
20	10	36.7(10.09)

Table 25.

Mean of DPT_I by age (Normal).

Age	N	$\bar{X}$ (SD)
9	39	17.4(5.90)
10	31	21.0(5.75)
11	39	25.2(6.10)
12	30	29.2(4.95)
13	43	31.5(6.12)
14	30	34.0(6.46)
15	67	29.1(6.76)
16	33	31.1(7.67)

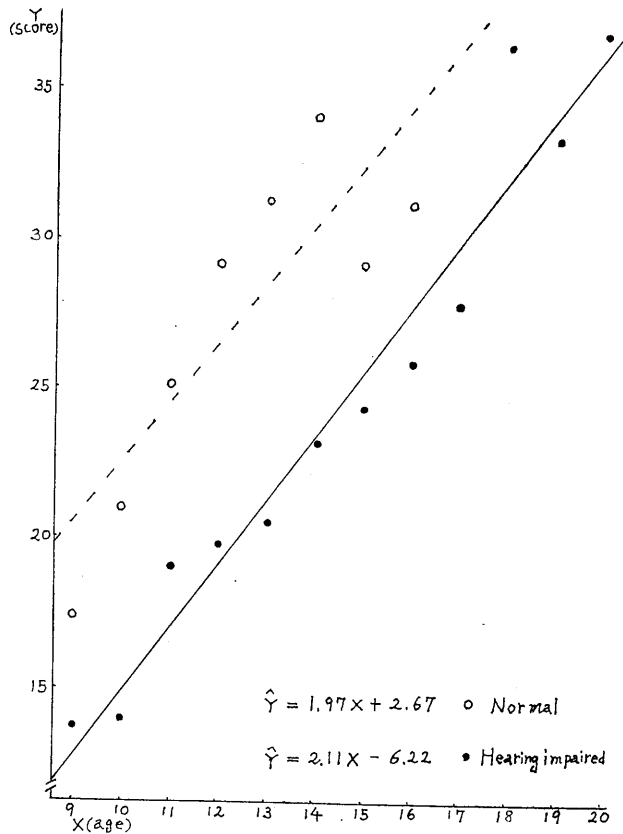


Fig. 14. Mean of DPT_I by age.

害児，正常児とも年齢に対する総計点の回帰が直線的であることを1%以下の危険率で確かめることができた。

次に同様の検討を，点形態図発生器Ⅱ型によるDPTⅡの総計点で行なった。すなわち，聴力障害児716名（537ページ被験者一覧のk-p，19才以上略），正常児286名（同被験者一覧x-z）について，年齢別に平均得点を求めた。

結果は第26表（聴力障害児），第27表（正常児）の通りである。

このDPTⅡ総計点の年齢による上昇を図示したものが第15図である。図の直線はそれぞれ最小二乗法により，あてはめたものである。これについても，総計点の上昇傾向について，傾向分析を行なって有意性の検定をしたところ，聴力障害児，正常児とも年齢に対する総計点の回帰が直線的であることを1%以下の危険率で確かめることができた。

学歴との関係は，学歴を所属学年によってみることとし，上級学年の方が平均的に見れば知

能が高いことを前提とし，DPTの総計点で差があれば，その妥当性を間接的に確かめ得たとするものである。

この検討はまず点形態図発生器Ⅰ型による

Table 26.

Mean of DPTⅡ by age (Hearing impaired).

Age	N	$\bar{X}$ (SD)
9	34	16.9(4.50)
10	73	18.7(5.17)
11	96	20.8(5.66)
12	112	23.2(6.81)
13	78	23.8(7.07)
14	51	24.1(7.73)
15	72	22.6(7.49)
16	76	25.3(7.15)
17	68	25.2(7.57)
18	56	26.0(6.40)

Table 27.

Mean of DPTⅡ by age.

Age	N	$\bar{X}$ (SD)
9	18	19.1(5.57)
10	47	21.9(6.89)
11	52	23.9(6.79)
12	45	24.7(5.82)
13	60	29.0(5.17)
14	31	29.5(7.56)
15	33	27.6(7.52)

Table 28.

Mean of DPTⅠ by grade (Hearing impaired).

Grade	N	$\bar{X}$ (SD)
Primary School		
Ⅳ	112	6.8(2.98)
Ⅴ	117	8.9(3.07)
Ⅵ	61	10.3(2.63)
Junior High School		
Ⅰ	136	10.5(4.38)
Ⅱ	116	11.9(4.98)
Ⅲ	113	13.5(5.00)
Senior High School		
Ⅰ	81	15.9(6.70)
Ⅱ	47	14.9(4.33)
Ⅲ	28	16.2(7.20)

Table 29.

Mean of DPTⅡ by grade (Hearing impaired).

Grade	N	$\bar{X}$ (SD)
Primary School		
Ⅳ	38	7.1(4.15)
Ⅴ	47	9.0(4.90)
Ⅵ	48	11.5(5.86)
Junior High School		
Ⅰ	31	13.6(5.92)
Ⅱ	35	15.7(5.66)
Ⅲ	58	14.1(5.55)
Senior High School		
Ⅰ	38	17.7(8.29)
Ⅱ	33	16.5(6.82)
Ⅲ	30	21.7(6.76)

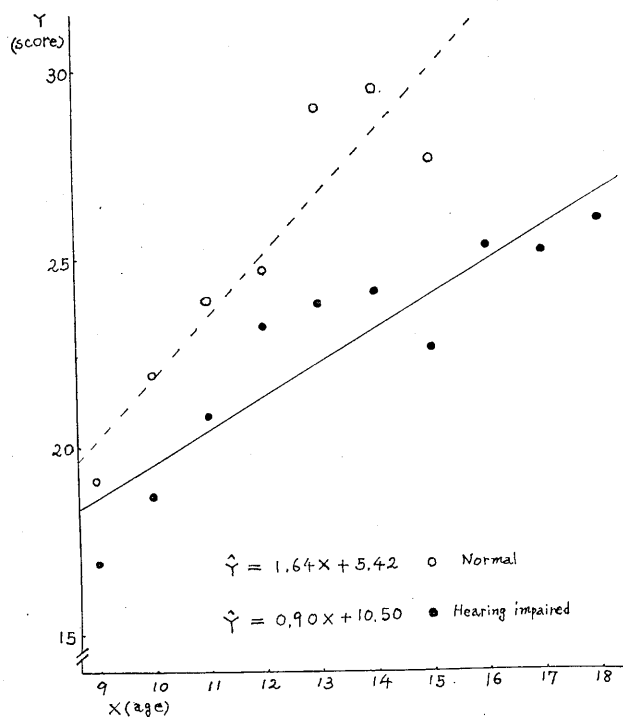


Fig. 15.
Mean of DPTⅡ by age

DPT I の総計点で、聴力障害児 811 名 (537 ページ被験者一覧の a-f のうち、専攻科をのぞく) について、学年別に平均得点を求めた。

Table 30.
Transmutation table for each sub-test (C-score).

Raw score	C-score				
	G II	P	A	M	R
10	10	9	9	10	8
9	9	8	8	9	8
8	8	7	7	8	7
7	7	7	7	7	6
6	6	6	6	6	6
5	5	5	5	5	5
4	4	5	4	4	4
3	3	4	3	4	4
2	2	3	3	3	3
1	1	2	2	2	2
0	0	2	1	1	2

Table 31.
Transmutation table by age (T-score).

T-score	Age									
	9	10	11	12	13	14	15	16	17-20	
46				81	77	75	74	74	73	
45				79	75	74	73	72	72	
44				78	74	72	71	71	71	
43				76	73	70	70	70	69	
42				75	72	69	69	68	68	
41			81	73	70	68	67	67	67	
40			79	72	69	66	66	66	65	
39			78	70	67	65	65	64	64	
38			76	69	66	64	63	63	63	
37		81	74	67	64	62	62	62	61	
36		79	72	66	63	61	61	60	60	
35		77	71	64	61	60	59	59	59	
34		75	69	63	60	58	58	58	57	
33	82	73	67	61	59	57	57	56	56	
32	80	72	65	60	57	56	55	55	55	
31	78	70	64	58	56	55	54	54	53	
30	76	68	62	57	54	53	53	52	52	
29	74	66	60	55	53	52	51	51	51	
28	71	64	58	54	52	51	50	50	49	
27	69	62	57	52	51	49	49	48	48	
26	67	60	55	51	49	48	47	47	47	
25	65	58	53	49	47	47	46	46	45	
24	62	56	51	48	46	45	45	44	44	
23	60	54	50	46	44	44	43	43	43	
22	58	52	48	45	43	43	42	42	41	
21	56	50	46	44	42	41	41	40	40	
20	54	48	44	42	40	40	39	39	39	
19	51	47	43	41	39	39	38	38	37	
18	49	45	41	39	38	37	37	36	36	
17	47	43	39	38	36	36	35	35	35	
16	45	41	37	36	35	35	34	34	33	
15	42	39	36	35	34	33	33	32	32	
14	40	37	34	33	32	32	31	31	31	
13	38	35	33	32	31	31	30	30	29	
12	36	33	32	31	30	30	29	28	28	
11	34	31	30	29	29	28	27	27	27	
10	31	29	28	27	27	27	26	26	25	
9	29	27	26	26	26	25	25	24	24	
8	27	26	25	24	24	24	23	23	23	
7	25	24	23	23	23	22	22	22	21	
6	23	22	22	22	21	21	20	20	20	

結果は第28表に示す通りである。

同様の検討は、点形態図形発生器 II 型による DPT II の総計点で、聴力障害児 358 名 (537 ページ被験者一覧の m, n) について、学年別に平均得点を求めた。

結果は第29表に示す通りである。

以上の DPT I, DPT II の総計点の学年別平均は若干部分的にずれを認めたが、大勢は学年に従って高くなる傾向を示した。

4. 考 察

検査に必要とされる条件である信頼性と妥当性の検討の結果は前記の通りである。

まず信頼性については、再検査法と折半法のいずれの結果でも各下位検査の信頼性係数は +0.70-0.86 というかなりの係数を示し、その問題数、対象から考えて、この DPT の信頼性はかなり高いと云えよう。

次に妥当性について、その間接的な基準を他の知能検査成績、学業成績、年齢、学歴 (学年) にとり検討したが、新田中 B 式知能検査成績とでは高い正の相関を示し、学業成績の上・中・下の別ともはっきりした関連を示し、年齢とともに成績の上昇傾向を示し、学年の上の方が高い得点を示すなど、いずれも間接的ではあるが、その妥当性を検証するものであった。

このように点形態把握を中心とし、いずれも光点提示による各下位検査より構成された DPT (Dots-Pattern Test) が、知能検査として信頼性、妥当性をもつものと確かめ得たことは、点形態把握のもつ知的な要因、あるいは知能以前の要因といった特性を考えさせるものである。そしてこのことは聴力障害児の視知覚特性について点形態把握を取りあげる意味に加えるものがあると云えよう。

なお、この DPT の標準化には点形態図形発生器 II 型により、検討をすすめ、各下位検査の粗点は C 得点に換算し、その換算点の合計は各年齢ごとに知能偏差値に換算できるよう、第30表粗点換算表、第31表知能偏差値換算表を作成している (年齢は12カ月未満切り捨て)。

Ⅲ. 聴力障害と形態把握との関係についての研究

A. 聴力損失の程度と形態把握との関係

聴力障害児にも聴力の損失の程度に差があり、聴力損失が 80 db 以上のものを「ろう者」、聴力損失が 80 db 以下のものを「難聴」という判別基準³⁷⁾も存在するが、ここではこの聴力損失の程度が、視知覚特性にどのような影響をおよぼすかを形態把握により検討することを目的とする。

被験者は聴力障害児 542 名（富山県立ろう学校、石川県立ろう学校、愛媛県立松山ろう学校の各小学部 4 年-高等部 3 年の児童、生徒）である。

聴力損失の程度は、各ろう学校において実施されている聴力検査結果資料にもとづき、三つの段階に区分した。すなわち、聴力損失 95 db 以上のもの、聴力損失 80 db 以上 95 db 未満のもの、聴力損失 80 db 未満のもの、の三つであり、以下これを便宜上、「全ろう」「ろう」「難聴」と呼ぶことにする。

形態把握に関しては、点形態図形発生器Ⅱ型により、前章に記したような形態把握検査Ⅱを行ない、さらにこれと共に DPTⅡの下位検査である知覚速度、加算、記憶、推理の各検査を行なった。

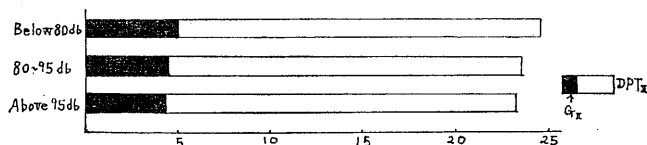
三つのグループ別の形態把握検査Ⅱ、DPTⅡの平均点は第32表の通りである。

なお第16図はこれを図示したものであるが、聴力損失の程度に平均点は低くなっているとはいえ、図に明らかなように、「ろう」と「全ろう」とはほとんど差がなく、統計的検定においても、三つのグループ間に有意差をみとめなかった。

前述のように、形態把握は聴力の損失の程度のもっとも少ない「難聴」グループがすぐれ、

Table 32.
Mean of GⅡ test and DPTⅡ by degree of the impairment.

Degree of the impairment	N	GⅡ $\bar{X}$ (SD)	DPTⅡ $\bar{X}$ (SD)
Below 80 db	144	5.1(1.83)	24.6(6.27)
80-95 db	152	4.5(2.20)	22.6(8.44)
Above 95 db	246	4.4(1.89)	22.3(6.66)



Fi. 16.

Classified by degree of the impairment (GⅡ test and DPTⅡ).

「ろう」「全ろう」と劣るという平均値を示したが、「ろう」「全ろう」はほぼ同じであり、「難聴」と「ろう」「全ろう」との間の差も有意と結論できるほどではなかった。この点についてはさらに検討を必要とするが、この結果以前の問題として、各ろう学校の聴力測定結果の信頼性の問題があり、同じ基準、手続で行なわれた聴力検査結果でないだけに疑問が残るところである。

なお、同時に求めた DPTⅡの総計点についても、形態把握で得たと同様の結果を得たが、DPTとしては、すなわち、ろう児用知能検査としては、この聴力損失の程度により有意差を示さなかったことは一つの特徴とも考えられるものである。

B. 聴力障害の原因、失聴時期と形態把握との関係

聴力障害は、外耳道、中耳など伝音系に障害あるもの (conduction deafness)、内耳に障害のあるもの (perceptive deafness)、聴神経、聴覚中枢など感音系に障害のあるもの (cortical deafness)、及びいわゆる心因性のもの (psychogenic deafness) などがある。

聴力障害の原因は、

1) 内因性のもの

いわゆる遺伝によるもの。血族結婚などにより家族発生をみる場合。

2) 外因性のもの

a. 出生前の原因によるもの。

母親が妊娠初期にかかった病気（風疹，耳下腺炎，インフルエンザなど）

母親が妊娠中に用いた薬品（キニーネなど）

母親の梅毒など

b. 出産時の原因によるもの。

酸素欠乏

外傷

早産など

c. 出生後の原因によるもの。

伝染病的疾患（髄膜炎，耳下腺炎，はしか，百日咳，猩紅熱など）

幼児期における高熱

ストレプトマイシンの副作用

肺炎

脳打撲

中耳炎など

があげられる。

ここでは，この失聴原因の別が視知覚特性にどのような影響をおよぼすかを形態把握により検討することを目的とする。

被験者は聴力障害児 455 名（山形県立酒田ろう学校，宮城県立ろう学校，静岡県立沼津ろう学校，静岡県立静岡ろう学校の各小学部 4 年-高等部 3 年の児童，生徒のうち失聴原因が先天性か，後天かも不明の者を除く）である。

失聴原因は，各ろう学校に記録されている資料にもとづいたもので，前述のような詳細な区分が不可能であり，出生以前を先天的とし，出生時以後を後天的とし，後天的を，中耳炎，髄膜炎，肺炎，ストレプトマイシン副作用，高熱，小児麻痺，麻疹，百日咳，その他（外傷を含む），不明（後天的ではあるが原因不明）と分類した。

形態把握に関しては，点形態図形発生器Ⅰ型により，形態把握検査Ⅰを行ない，さらに DPTⅠの各下位検査である加算，推理，記憶の各検査も併わせて行ない，DPTⅠの総計点を求めた。

失聴原因別の形態把握検査Ⅰ，および DPTⅠの平均点は第33表の通りである。

なお第17図はこれを図示したものであるが，形態把握Ⅰ，DPTⅠとも，いずれもストレプトマイシンの副作用による失聴がもっとも高い得点を示し，低いのは形態把握Ⅰでは，はし

Table 33.
Mean of G_I test and DPT_I by cause of impaired hearing.

Cause	N	G _I $\bar{X}$ (SD)	DPT _I $\bar{X}$ (SD)
I. Inherent	268	2.16(1.04)	11.3(4.80)
II. Acquired			
a. Otis media	52	2.40(1.12)	12.3(4.86)
b. Meningitis & Encephalitis	41	2.54(1.10)	11.7(5.09)
c. Pneumonia	19	1.95(1.09)	9.7(4.62)
d. Streptomycin	12	2.67(1.10)	16.3(8.13)
e. Hyperpyrexia	12	2.25(0.72)	12.1(3.22)
f. Poliomyelitis	9	2.33(0.95)	13.9(2.91)
g. Morbilli	8	1.88(0.58)	12.3(4.27)
h. Whooping-cough	7	2.29(0.43)	10.7(3.24)
i. The rest△	17	2.41(1.18)	12.5(4.84)
j. Uncertainty	10	2.00(1.26)	11.6(6.48)

△The rest involve Traumatic injuries, Disease of digestive organ, etc.

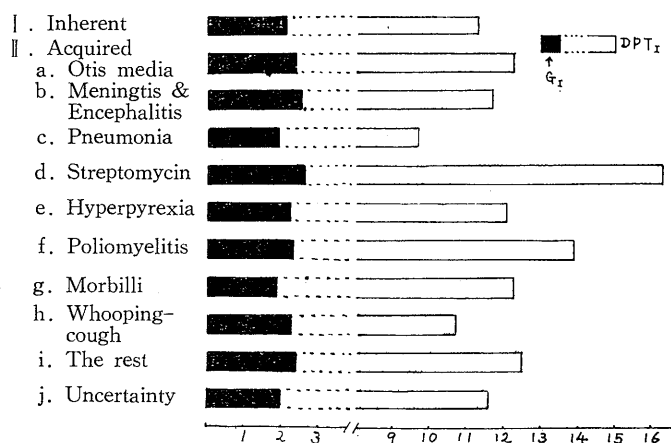


Fig. 17.

Classified by cause of impaired hearing (G_I test and DPT_I).

か、DPT I の総計点では肺炎となっている。

次にこの失聴原因別に平均得点の差を分散分析により検定したところ、形態把握 I では有意な差を認めなかったが、DPT I の総計点では 1% 水準で有意と認められた。

これらの結果から、失聴原因の別が視知覚特性におよぼす影響を明らかにするには至らなかったが、DPT の総計点を一種の知能程度の指標と見なせば、失聴原因の別によって知能に差があることが知られた。しかしながら、この差と失聴原因とに直ちに因果関係を考えるのは問題があり、両者に関連を持つ他の要因についても検討しなければならない。

このような観点から検討の対象としたのは失聴時期の問題である。すなわち、後天性の失聴の中で、失聴時期により形態把握に影響が見られるかを検討することを目的とした。

この検討は前述の被験者のうち、先天性をのぞき、後天性のものの中で、失聴時期の明記されている者 107 名を、3 才未満での失聴、3 才以上 6 才未満の失聴、6 才以上になってからの失聴の三グループに分けた。

失聴時期別の形態把握検査 I、および DPT I の平均点は第 34 表の通りである。

なお第 18 図はこれを図示したものであるが、失聴年齢の高いグループほど、形態把握 I、DPT I とともに高い得点を示している。

次にこの失聴時期別に平均得点の差を分散分析により検定したところ、形態把握 I、DPT I とともに、1% の水準で有意と認められた。

さらに個々の平均対の差で、形態把握 I では、失聴年齢 3 才未満と 3 才以上 6 才未満との差に 5% の水準で、また 3 才未満と 6 才以上との差に 1% の水準で有意差を認めた。また DPT I の総計点では、3 才以上 6 才未満と 6 才以上との差、および 3 才未満と 6 才以上との差にそれぞれ 1% の水準で有意差を認めた。

これらの結果から失聴年齢が視知覚特性に大

Table 34.

Mean of G I test and DPT I by time of hearing loss.

Time of hearing loss	N	G I $\bar{X}$ (SD)	DPT I $\bar{X}$ (SD)
Below 3 years	75	2.08(0.86)	10.6(3.39)
3-6 years	20	2.65(1.31)	12.5(4.83)
Above 6 years	12	3.08(1.12)	18.2(5.92)

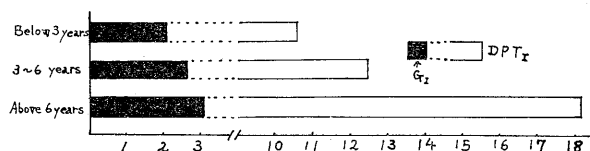


Fig. 18.

Classified by time of hearing loss.

きく影響していることが知られ、それは 3 才未満の失聴と 3 才以後の失聴との形態把握の差となって示された。また DPT I の総計点を知能の指標と見なせば、6 才未満の失聴と 6 才以後の失聴との差に見られるように、知能的な面にも失聴年齢が大きく影響していることが知られた。

なお失聴原因と失聴年齢のいずれが大きく形態把握に影響し、知能に影響するかについては、失聴年齢のはっきりしている前記の資料を失聴原因別に区分し検討した。以下の通りである。

失聴年齢 6 才以上 (12名)

髄膜炎、脳炎 4、中耳炎 4、ストマイ 3、肺炎 1

失聴年齢 3 才以上 6 才未満 (20名)

髄膜炎、脳炎 7、中耳炎 5、消化不良 4、ストマイ、肺炎、熱病、耳だれ各 1

失聴年齢 3 才未満 (75名)

中耳炎 19、髄膜炎、脳炎 14、肺炎 13、百日咳 7、麻疹 5、高熱 4、小児マヒ 4、ストマイ 2、その他 7

上記の資料を参考に、再び第 33 表、第 34 表を見てみると、失聴原因より失聴時期の方が影響が大であるように思われるが、ある失聴原因が低い年齢に多いから成績が劣るか、その失聴の原因のため成績が劣るのかは、この資料だけでは決定できない。

この聴力障害の原因、および失聴時期と形態把握との関係についての検討では、得られた資料の信頼性について若干の疑点がないでもない。というのは、乳児期に原因があっても、その聴力障害に気がついたのは大分後のことでそこに時間的ずれがあったり、その記憶に誤りがあったり、乳幼児期の失聴原因として記されている病名が果して真に聴力障害の原因となったものかどうかについてははっきりしなかったりする場合なども考えられるからである。したがって、ここでの検討も若干の誤差を含む資料によってのことという制約があり、限界をもつものといえよう。

C. ストレプトマイシン副作用による聴力障害と形態把握との関係

ストレプトマイシンは1944年の発見以来、結核治療剤として広く世界的に使用され、結核以外にも髄膜炎、細菌性赤痢などにも適用された

Table 35.

Mean of G_I and DPT_I (Children with hearing impairment caused by streptomycin and those caused by the others).

	By streptomycin (N = 12)	By the others (N = 443)
	$\bar{X}$ (SD)	$\bar{X}$ (SD)
G_I	2.67(1.10)	2.22(1.10)
DPT_I	16.33(8.13)	11.48(4.92)
(for reference)		
A	5.25**(2.65)	3.69(1.89)
R	4.58**(2.96)	2.04(1.79)
M	5.17**(2.14)	3.74(1.80)

**... $P < 0.01$

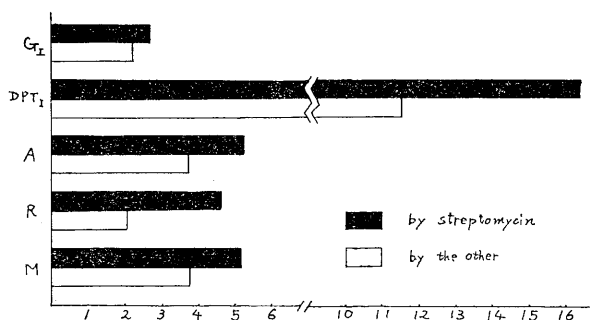


Fig. 19.

Children with hearing impairment caused by streptomycin (G_I test, DPT_I , etc.).

が、その連用の副作用として、第8脳神経の障害により、聴力障害が起ることで問題となった。これに対し副作用を少なくするための研究も進められ、現在は当初ほど聴力障害児を出すことはないようだが、ろう学校にはある時期にストレプトマイシンの副作用によって聴力障害児となった者がいる。

薬品による聴力障害は他にもキニーネなどによるものなど例があるが、いわゆる「ストマイつんぼ」として知られるこの例はわが国でも時期的にかたまって出現し、注目を浴びたものである。そこでこのストレプトマイシン副作用による聴力障害児の形態把握の特徴を検討することを目的とした。

対象となった被験者は失聴原因別の検討の対象となった聴力障害児 455 名の中でストレプトマイシン副作用を原因とする12名と、聴力損失程度別の検討の対象となった聴力障害児 542 名の中での同じ原因の13名である。

前者の12名には点形態図形発生器Ⅰ型により、形態把握検査Ⅰを行ない、さらにこれに DPT_I の下位検査である加算、推理、記憶の各検査をも併わせて行ない、 DPT_I の総計点を求めた。後者の13名には点形態図形発生器Ⅱ型により、形態把握検査Ⅱを行ない、さらにこれに DPT_{II} の下位検査である知覚速度、加算、記憶、推理の各検査をも併わせて行なった。

点形態図形発生器Ⅰ型での12名に対する結果は、第34表失聴原因別形態把握検査Ⅰおよび

DPT_I に示したが、他の原因の聴力障害児との比較のため、加算、推理、記憶の各検査と共に、それぞれの平均点で並記したものが第36表であり、第19図はこれを図示したものである。

統計的検定では、形態把握Ⅰ、 DPT_I ともストレプトマイシン副作用による聴力障害児は、他の原因の聴力障害児との間に平均点の有意差を示さなかったが、加算、推理、記憶の各検査の平均点では1%水準

で有意差を示した。

点形態図形発生器Ⅱ型での13名に対する結果は、形態把握検査Ⅱ、DPTⅡの総計点、および知覚速度、加算、記憶、推理の各検査について、他の原因の聴力障害児529名の結果と比較するため、それぞれ平均点で示した。第36表がそれであり、第20図はそれを図示したものである。

統計的検定では、形態把握Ⅱ、DPTⅡとも、ストレプトマイシン副作用による聴力障害児は他の原因による聴力障害児との間に、その平均点に1%水準で有意差を示した。なお、DPTⅡの他の下位検査でもいずれも5%水準で有意差を示した。

ストレプトマイシン副作用による聴力障害児と他の失聴原因による聴力障害児とを、形態把握およびDPTの総計点で比較すると共に、それぞれの下位検査についても比較した。結果に示したように、いずれもストレプトマイシン副作用による聴力障害児の方が高い成績で、点形態図形発生器Ⅰ型による形態把握およびDPTⅠの総計点では有意と認められなかったが、同じくⅡ型による形態把握およびDPTⅡの総計点では有意差を認めた。またDPTの他の下位検査ではⅠ型、Ⅱ型ともいずれも有意差を認めた。このような結果をストレプトマイシン副作用による聴力障害の特徴と見るには、失聴年齢の条件も考慮されねばならない。

この点については、ストレプトマイシン副作用による聴力障害児のうち失聴年齢のはっきりしている者の中に、満3才未満に失聴したものがあ、またはっきりしていない者でも満3才未満と推定される者があるので、必ずしもこの高い得点が失聴年齢が大であることから生じたとはいえない。したがって、この点形態把握による視知覚特性において、ストレプトマイシン副作用による聴力障害児は、他の失聴原因による聴力障害児と異なる点を持つものと考えられ

Table 36.

Mean of GⅡ and DPTⅡ (Children with hearing impairment caused by streptomycin and those caused by the others).

	By streptomycin (N=13)	By the others (N=529)
	$\bar{X}$ (SD)	$\bar{X}$ (SD)
GⅡ	6.54** (2.17)	4.62(1.80)
DPTⅡ	28.54** (5.02)	22.90(6.96)
(for reference)		
P	6.46* (2.63)	4.42(2.91)
A	5.75* (2.55)	4.48(2.54)
M	4.92* (1.70)	4.07(1.72)
R	5.54* (2.81)	4.14(3.01)

**** $P < 0.01$

*... $P < 0.05$

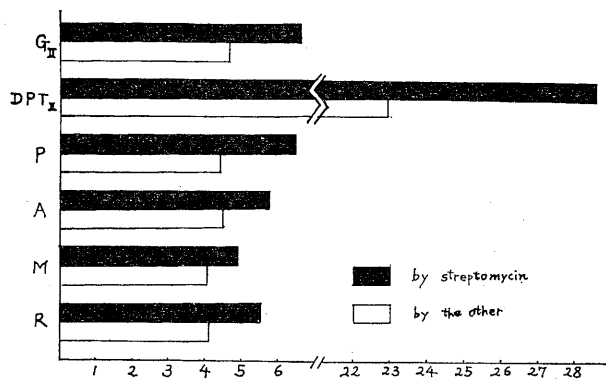


Fig. 20.

Children with hearing impairment caused by streptomycin (GⅡ test, DPTⅡ, etc.).

る。

Ⅳ. 結論および摘要

結 論

聴力障害児における視知覚特性を点形態把握の面から検討したところ、これに年齢的発達を認め、正常児（聴児）より低い上昇の度合を確かめた。

点形態把握が単なる視覚の面に限られた問題でなく、知能にも関係があることから、聴力障害が知能の発達にも影響を与えていることが推論された。また逆に点形態把握という空間的な因子を中心とした測定が聴力障害児の知能の測定的手段として利用できる見通しを得た。

聴力障害と点形態把握との関係からでは、聴

力損失の程度より失聴原因，とくに失聴時期によって点形態把握に差のあることを見出した。とくに失聴年齢3才未満と3才以上に差のあることは聴力障害児の視知覚特性の発達において注目される点である。

なお，失聴原因中，ストレプトマイシン副作用による聴力障害児は他の失聴原因の聴力障害児より，点形態把握，およびそれを中心とする諸検査による知能の面にすぐれていることを，少数例ではあるが，おおむね確かめ得た。

摘 要

本論文は visual number に関する研究をもとに，点形態把握検査を中心とする一連の検査により聴力障害児の視知覚特性を検討しようとしたものである。

研究の中心となる光点の提示による諸検査は，点形態図形発生器によって行われ，そのⅠ型，Ⅱ型は装置上の差で本質的に相違はなく，これらの検査は visual number に関する研究，点形態検査に関する研究，聴力障害児に関する心理学的諸研究（主として視知覚，知能に関する）などを基礎に構成された。

研究の対象となった被験者はほぼ全国的にわたる聴力障害児 2,269 名（小学部4年-高等部3年）と正常児（聴児）600 名であり，研究の課題によってはその一部がとりあげられた。

上記の対象に対する形態把握をはじめ諸検査の実施は1957年から1960年に行なわれた。

研究は二つに分けられ，一つは点形態把握に関する実験的研究であり，もう一つは聴力障害と形態把握との関係についての研究である。

点形態把握に関する実験的研究では，

1. 形態把握における年齢の発達，を聴力障害児および正常児について検討し，点形態把握にみられる視知覚特性が年齢とともに発達すること，その上昇の度合は聴力障害児の方が正常児より劣ることを確かめ得た。

2. 形態把握と他の能力および一般知能との関係，の検討は，形態把握検査と加算，推理，記憶，知覚速度の各検査との間の相関，形態把握検査と他の知能検査との相関，同じく学業成

績との相関などで行われたが，加算などの諸能力とやや低いが正の相関を示し，知能との関連もかなり高いことが，知能検査，学業成績との関係から知られた。とくに聴力障害児が正常児よりこれらに高い相関を示したことは，聴力損失というものが諸能力や一般知能に及ぼす影響のため，視知覚の面にも影響を与えることを示した。

3. 形態把握の因子分析的検討，では，形態把握検査Ⅰ，加算，推理，記憶の各検査，および新田中A式知能検査，新田中B式知能検査の各下位検査を同一対象に実施し，その相関表により Thurstone の重因子分析を行なった。これにより形態把握が図形の把握，位置の把握という空間的な因子を持つことが推定された。

4. 形態把握を中心とした「ろう児用知能検査」の研究では，Dots-Pattern Test, DPT は信頼性も妥当性もかなり高いことが知られた。すなわち，信頼性係数は再検査法と折半法により各下位検査に $+0.70-0.86$ という値を示し，妥当性については，その間接的な基準を他の知能検査成績，学業成績，年齢，学歴（学年）によって検討したが，いずれも高い相関，または関連を示し，その妥当性を検証した。この結果は点形態把握のもつ知的な要因，あるいは知能以前の要因といった特性を推定させるものであった。

聴力障害と形態把握との関係についての研究では，

1. 聴力損失の程度と形態把握との関係は，聴力障害児を聴力損失 95 db 以上のもの，聴力損失 80 db 以上 95 db 未満のもの，聴力損失 80 db 未満のものという三群に分けて，形態把握との関係をみたが，その成績に有意差を確かめ得なかった。

2. 聴力障害の原因，失聴時期と形態把握との関係は，出生以前を先天的，出産時以後を後天的とし，後天的を中耳炎ほかの原因別に分類し，形態把握検査との関係をみたところ，失聴原因間に有意差を認めなかった。なお DPT Ⅰの総計点では失聴原因別のグループ間に有意差

が見られた。

上記の聴力障害児のうち後天性の者を失聴時期により、3才未満での失聴、3才以上6才未満の失聴、6才以上の失聴の三群に分けて、形態把握検査との関係をみたところ、失聴時期によって有意差を示し、ことに満3才未満と3才以後の失聴にはっきりした差となってしめされた。なお、DPT も同じく失聴時期が関係したが、その差のはっきりしているのは満6才未満と6才以後とであり、形態把握より時期的にやや後にずれた。

3. ストレプトマイシン副作用による聴力障害と形態把握との関係は、該当する聴力障害児12名と他の原因による聴力障害児443名とを点形態図形発生器Ⅰ型により、同じく該当する13名と他の原因による529名とを同Ⅱ型により、形態把握とDPTおよびその下位検査の成績で比較した。両者ともストマイによる聴力障害児の方がまさり、Ⅰ型での結果では形態把握、DPT に有意差を示すほどではなかったが、Ⅱ型での結果では、はっきりした差を示した。また加算などの下位検査もⅠ型、Ⅱ型ともストマイによる聴力障害児の方が高かった。

稿を終るにあたり御校閲にいただいた神戸医科大学須田勇教授、御指導にいただいた三島二郎教授、伊藤秀三郎教授に厚く感謝致します。

文 献

- 1) Amoss, H. (1936) Ontario School Ability Examination. Canada The Ryerson Press. Cited from 32
- 2) Arthur, G. (1930) A Point Scale of Performance Tests, Vol. 1. Clinical Manual N. Y., The Commonwealth Fund. Cited from 32
- 3) Attneave, F. (1955) Symmetry, information and memory for patterns. *Am. J. Psychol.* **68**, 209-222
- 4) Brown, A. W. (1940) The Development and Standardization of the Chicago Non-Verbal Examination. *J. Appl. Psychol.* **24**, 36-47, 122-129. Cited from 32
- 5) Brownell, W. A. (1928) *Suppl. Educ. Monogs.* No. **35**. Cited from 58
- 6) Burt, C. (1909) Experimental test of general intelligence. *Brit. J. Psychol.* **3**, 94-177
- 7) Cornell, E. L. & W. W. Cox (1934) A Performance Ability Scale : Examination Manual. N. Y., World Book Co. Cited from 32
- 8) Drever, J. & M. Collins (1936) *Performance Tests of Intelligence*, 2d ed. Edinburgh Oliver & Boyd. Cited from 32
- 9) Fernberger, S. W. (1919) An introspective analysis of the process of comparing. *Psychol. Monogr.* **117**, Cited from 62
- 10) Freeman, F. N. (1911) *Psychol. Bull.* **8**, 43. Cited from 58
- 11) French, R. S. (1953) The discrimination of dot patterns as a function of number and average separation of dots. *J. Exp. Psychol.* **46**, 1-9
- 12) Gill, N. F. & K. M. Dallenbach (1926) A preliminary study of the range of attention. *Am. J. Psychol.* **37**, 247-256
- 13) Glanville, A. D. & K. M. Dallenbach (1929) The range of attention. *Am. J. Psychol.* **41**, 207-236
- 14) Glowatsky, E. (1953) The Verbal Element in the Intelligence Scores of Congenitally Deaf and Hard-of-Heaving Children. *Am. Annals Deaf* **98**, 328-335. Cited from 55
- 15) Goodenough, F. L. (1926) Measurement of Intelligence by Drawings. Cited from 32 N. Y. World Book Co.
- 16) 林 重政 (1958) ろう児用知能検査 教育心理学研究 **5**, (2)
- 17) Hiskey, M. S. (1941) Nebraska Test of Learning Aptitude for Young Deaf Children. Univ. of Nebraska. Cited from 32
- 18) Hunter, W. S. & M. Sigler (1940) The span of visual discrimination as a function of time and intensity of stimulation. *J. Exp. Psychol.* **26**, 160-179
- 19) Hunter, W. S. (1942) Visually controlled learning as a function of time and intensity of stimulation. *J. Exp. Psychol.* **31**, 423-429
- 20) 池田一郎 (1949) ろう児の教育心理学的考察実験序説抄 (未発表). 55より
- 21) 今田 恵 (1924) ろうあ者の計算能力検査 児童研究所紀要合輯第2冊. 26より
- 22) Jensen, E. M., Reese, E. P. & T. W. Reese (1950) The subitizing and counting of visually presented field of dots. *J. Psychol.* **30**, 363-392
- 23) Jevons, W. S. (1871) The power of numerical discrimination. *Nature* **3**, 281-282. Cited from 62
- 24) Kaufman, E. L., Lord, M. W., Reese, T. W. & J. Volkman (1949) The discrimination of visual number. *Am. J. Psychol.* **62**, 498-525
- 25) 川本宇之介 (1951) ろう児および難聴児 教育大学講座29巻特殊教育 金子書房
- 26) 川本宇之介 (1954) 総説特殊教育 青鳥会そう書3号 青鳥会
- 27) Kilpatrick, W. (1914) Mentality Tests. *Am. Annals Deaf* **54**, 394-398. Cited from 32

- 28) Klemmer, E. T. & F. C. Frick (1953) Assimilation of information from dot and matrix patterns. *J. Exp. Psychol.* **45**, 15-19
- 29) Krech, D. & A. Calvin (1953) Level of Perceptual Organization and Cognition. *J. Abnor. Soc. Psychol.* **48**, 394-400
- 30) 倉橋 克(1952)ろう者の知能測定, ウェクスラーベルビュー法改訂知能診断テストによる児童心理と精神衛生 **2**, (5)
- 31) Leiter, R. G. (1940) The Leiter International Performance Scale, Vol. I : Directions for the Application and Scoring of Individual Tests. California Santa Barbara State College Press. Cited from 32
- 32) Levine, E. S. (1960) The Psychology of Deafness. N. Y. Columbia University Press.
- 33) MacKane, K. (1933) A Comparison of the Intelligence of Deaf and Hearing Children. Teachers College Contributions to Education No. 585. Columbia University, N. Y.
- 34) McDougall, W. (1905) Physiological Psychology. London : J. M. Dent & Sons 129-134
- 35) Minturn, A. L. & T. W. Reese (1951) The effect of differential reinforcement on the discrimination of visual number. *J. Psychol.* **31**, 201-231
- 36) 三島二郎・服部広子(1957)ろう者の知能の測定に関する実験的研究 教育心理学研究 **5**, (1)
- 37) 文部省(1953) 特殊児童判別基準とその解説 光風出版
- 38) Mott, A. J. (1899) A Comparison of Deaf and Hearing Children in Their Ninth Year. *Am. Annals Deaf* **44**, 401-412. Cited from 32
- 39) Myklebust, H. R. & M. Brutten (1953) A Study of the visual perception of deaf children. Cited from 55. *Acta Oto-laryngologica Supplementum*.
- 40) 中村 秀(1952)ろう児の知覚, 最近心理学の諸問題 千輪先生還暦記念論文集
- 41) 中村 秀(1953)ろう児の研究, その6——錯視について 日本心理学会第17回大会発表
- 42) Oberly, H. S. (1924) The range for visual attention, cognition and apprehension. *Am. J. Psychol.* **35**, 332-352
- 43) 尾島傾心(1958) 聾(難聴をふくむ)現代教育心理学大系14巻 特殊教育 金子書房
- 44) Pintner, R. & D. G. Paterson (1915) The Binet Scale and the Deaf Child. *J. Educ. Psychol.* **6**, 201-210
- 45) Pintner, R. & D. G. Paterson (1917) A Scale of Performance Tests. N. Y. Appleton. Cited from 32
- 46) Pintner, R., Day, H. E. & I. S. Fusfeld (1928) A Study of American Schools for the Deaf. National Research Council. Washington
- 47) Pintner, R. (1945) Pintner General Ability Tests, Non-Language Series. N. Y. World Book Co. Cited from 32
- 48) 労働科学研究所(1941) 東京聾啞学校紀要第3輯 25より
- 49) Saltzman, I. J. & W. R. Garner (1948) Reaction time as a measure of span of attention. *J. Psychol.* **25**, 227-241
- 50) Schick, H. F. (1933) The Use of a Standardized Performance Test for Pre-School Age Children with a Language Handicap. Proceedings of the International Congress on the Education of the Deaf. 526-533
- 51) Shirley, M. & F. L. Goodenough (1932) A Survey of Deaf Children in Minnesota Schools. *Am. Annals Deaf* **77**, 238-247
- 52) Springer, N. N. (1938) A Comparative Study of the Intelligence of a Group of Deaf and Hearing Children. *Am. Annals Deaf* **83**, 138-152. Cited from 55
- 53) Stevens, S. S. (1939) On the problem of scales for the measurement of psychological magnitudes. *J. Unified Science* **9**, 94-99. Cited from 62
- 54) Strauss, A. A. & M. A. Lehtinen (1947) Psychopathology and Education of the Brain-Injured Child. Cited from 55
- 55) 住 宏平(1959)ろう・聾 児童心理学ハンドブック 707-749 金子書房
- 56) 田中和子(1957)奈良女子大 卒業論文. 55より
- 57) Taves, E. H. (1941) Two mechanisms for the perception of visual numerosness. *Arch. Psychol.* **37**, 265. 1-47
- 58) Vernon, M. D. (1952) A further study of visual perception IV. The determination of form. Cambridge Univ.
- 59) Von Szeliski, V. (1924) Relation between the quantity perceived and the time of perception. *J. Exp. Psychol.* **7**, 135-147. Cited from 62
- 60) Warren, H. C. (1897) The reaction time of counting. *Psychol. Rev.* **4**, 569-591. Cited from 62
- 61) Wechsler, D. (1949) Wechsler Intelligence Scale for Children. Performance Scale. Manual. N. Y. Psychological Corporation.
- 62) Woodworth, R. S. & H. Schlosberg (1954) Experimental Psychology (revised ed.) Henry Holt & Company N. Y.
- 63) 吉田専吉(1956)ろう児の知的社会的適応性の心理学的研究 新潟県ろう教育総合研究会「ろう児の特異性と指導」第2年次報

脊椎動物各種筋組織の Cholinoceptors に就いて 612.744.2

Investigation on the cholinoceptors of various muscles of some vertebrates

江 原 貞 博 (EBARA-Sadahiro) *

Using the toad auricular muscle, rat gastric longitudinal muscle, guinea-pig ileum and toad rectus muscle, the characteristic differences between various cholinoceptors were pharmacologically investigated.

緒 言

動物界に於ては、接合部の興奮伝達を化学物質によって行くと云う様式が、高等動物、下等動物を問わず広く採用されている。そして、高等動物、下等動物のいずれを問わず所謂 "Chemical transmitter substance" が重要な役割を演じている。かかる Chemical transmitters としては、種々の物質が同定、或は仮定されてきた。近時下等動物の Chemical transmitters の研究が徐々に成功をおさめてきた結果、下等動物に於ける Chemical transmitters が、高等動物に於ても、多少の修飾の下に使用されていると云う興味ある事実が明らかにされて来た。かかる Chemical transmitter の一つにアセチルコリン (Ach) がある。

Ach が興奮性細胞膜に作用するには、まず膜表層に存在する Ach と結合する巨大分子が仮定され、この受容物質は一般に Cholinergic receptor 又は Cholinoceptor の名で呼ばれている。下等動物から高等動物にかけて、Ach がいろいろ変化にとんだ目的のために、Chemical transmitter として使用される事を可能としているのは、実はこの Cholinoceptor が多様な構造を有し、多様な機能分化に対応しているからである。従って、Cholinoceptor の比較生理学的研究の必要性は、ここに詳述するまでもないことである。

著者は本論文に於て、当教室に於て新らしく合成された Cholinergic substances と Anticholinergic substances をも利用して、脊椎動物の筋組織に存在する Cholinoceptors の構造の差異を薬理学的に検討した。

実 験 方 法

実験材料としては、蟾心房筋片、ラットの胃 Fundus 縦走筋片、モルモットの剔出回腸片、蟾及び蛙の腹直筋、坐骨神経-縫工筋を使用した。

蟾心を体外に剔出し、心房より自発性興奮のない約 5×5 mm の筋片を切り取り、小さなペトリ皿に固定したゴム栓上にピンで固定した。ペトリ皿を適量の Ringer 氏液で充たし、酸素を絶えず供給した。活動電位を記録する場合には、心房筋片を毎分 10-15 回の頻度で刺戟し、刺戟部位より数 mm はなれた処から伝導性の活動電位を細胞内電極により誘導した。

ラットの胃 Fundus の縦走筋片の作製は Vane¹⁾ の方法によった。縦走筋を 37°C Tyrode 液中につるし、絶えず酸素を供給した状態で実験を行った。

モルモット回腸片に就いても同様の状態で実験を行った。

腹直筋、坐骨神経-縫工筋標本の実験は、筋を Ringer 液中につるし、酸素を絶えず供給しながら、室温で行った。

静止電位、活動電位は 3 M KCl を充たした超微細ガラス電極により、細胞内誘導を行って記録した。

筋収縮は、等張性槓杆で記録した。

* 東京医科大学第1生理学教室

1st Dept. of Physiol., Tokyo Med. College (Prof. M. Kubo)

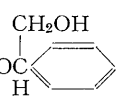
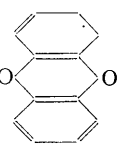
[昭和37年11月24日受付]

試験物質は、心房筋の場合は必要な濃度の試験液で浴槽の Ringer 液を置換し、他の場合は濃度の高い試験液を少量附加し、浴槽内の濃度を望むものにする方法によって適用した。

Tetraethylammonium (TEA), Hexamethonium (C_6), Succinylcholine (Suc), Bethanecol (Beth) は市販のものを使用した。Probanthine は大目

本製薬株式会社、ファイナリンは山之内製薬株式会社の好意により純品を提供された。他の物質は全て第一製薬株式会社研究所との協力により特に合成したものである。

本研究に使用した物質の化学名、本文の記載に使用した略称又は商品名、化学構造式の一覧表を以下に示した。

化 学 名, 略 称	化 学 構 造
Acetylcholine, (Ach)	$(CH_3)_3N^+CH_2CH_2OCOCH_3$
Acetyl- β -methylcholine, Methacholine, Mecholyl, (β -Methyl-Ach)	$(CH_3)_3N^+CH_2CHOC(=O)CH_3$ CH ₃
Carbaminoyl- β -methyl-choline, Bethanecol	$(CH_3)_3N^+CH_2CHOC(=O)NH_2$ CH ₃
γ -Aminobutyryl-methylester, (GABA-ME)	$NH_2CH_2CH_2CH_2COOCH_3$
N-Methyl- γ -aminobutyryl-methylester, (M-GABA-ME)	$CH_3NHCH_2CH_2CH_2COOCH_3$
N-Dimethyl- γ -aminobutyryl-methylester, (D-GABA-ME)	$(CH_3)_2NCH_2CH_2CH_2COOCH_3$
N-Trimethyl- γ -aminobutyryl-methylester, (T-GABA-ME)	$(CH_3)_3N^+CH_2CH_2CH_2COOCH_3$
β -Alanylcholine	$(CH_3)_3N^+CH_2CH_2OOCCH_2CH_2NH_2$
γ -Aminobutyryl-choline, (GABA-Choline)	$(CH_3)_3N^+CH_2CH_2OOCCH_2CH_2CH_2NH_2$
ϵ -Aminocapronyl-choline, (ϵ -Choline)	$(CH_3)_3N^+CH_2CH_2OOCCH_2CH_2CH_2CH_2CH_2NH_2$
Tetraethylammonium, (TEA)	$(C_2H_5)_4N^+$
Hexamethonium, (C_6)	$(CH_3)_3N^+CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2N^+(CH_3)_3$
Succinylcholine	$(CH_3)_3N^+CH_2CH_2OCOCH_2CH_2COOCH_2CH_2N^+(CH_3)_3$
Atropine	$H_2C-CH-CH_2$ $\begin{array}{c} \\ N \cdot CH_3 \end{array}$ $\begin{array}{c} \\ CHOC(=O) \end{array}$ $\begin{array}{c} \\ CH_2OH \end{array}$  $H_2C-CH-CH_2$
Propantheline, (Probanthine)	$(CH_3)_2CH$ $\begin{array}{c} \\ (CH_3)_2CH \end{array}$ $\begin{array}{c} \\ CH_3 \end{array}$ $\begin{array}{c} \\ N^+ \end{array}$ $\cdot CH_2CH_2OCO$ 

実 験 成 績

A. 各Cholinoceptorsに対するCholinergic drugsの作用の差異

墓心房筋

墓心房筋に対する Ach の作用を電気生理学的に検討した。Ach は心房筋の静止電位に対しては、殆ど影響がなかった。第 1 表には対照の

Table 1.	
Effect of Ach on the resting potential.	
	Resting potential
Control	77.6 $\pm$ 2.82 mV
Ach 10 ⁻⁶ mole/l	80.0 $\pm$ 1.86 mV

静止電位と種々の濃度の Ach を作用させた時の静止電位の平均値を示した。

併し、Ach の活動電位に対する作用は、極め

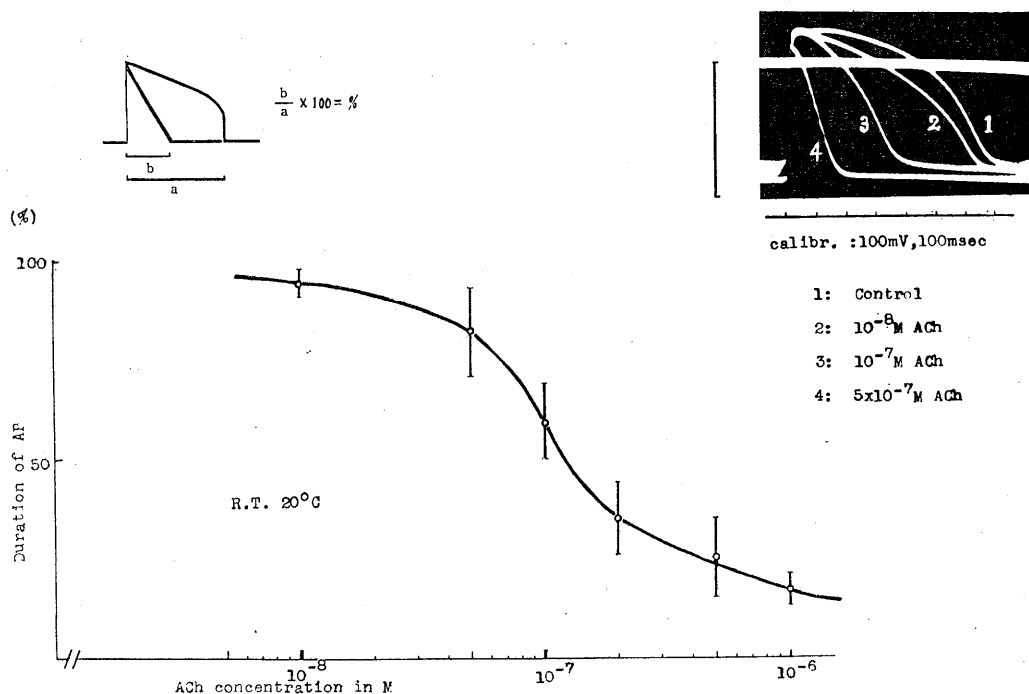


Fig. 1.

Dose-effect relationship of ACh on the action potential of toad's auricle.

て著明であった。AChの活動電位に対する作用は低濃度に於ては、Overshoot或はPeak voltageに変化を与えず、Plateauの著明な短縮を生じた。OvershootはAChの濃度がかなり高くなって、初めて減少し、遂には活動電位の発生が認められなくなった(第1図)。

AChのPlateau短縮作用は同一標本に於ては筋線維が異なってもあまり変らなかったが、標本による変動はかなり大きかった。活動電位の持続時間を1/2に短縮するAChの濃度は、平均 1.5×10^{-7} mole/l であった。

墓心房筋の特徴とも思われるのは、この筋の活動電位のPlateauがAChによって極めて著明に短縮するにもかかわらず、Eserineによっては何等の影響も認められないことであった。又、AChの作用はEserinizationによって増強されることもなかった。

AChの β 位にMethyl基を置換した β -Methyl-Ach (Mecholyl)のPlateau短縮作用はAChに劣り、MecholylのAcetyl基をCarbamyl基で

置換した β -Methyl-carbamylcholine (Bethanecol)の作用は遙かに劣る。N-Trimethyl- γ -Aminobutyric acidとMethanolのEsterであるN-Trimethyl- γ -aminobutyryl-methylester (T-GABA-ME)もAChと同様のCholinergic actionを有し、その作用強度はMecholylよりもかなり劣り、Bethanecolよりは少し大であった(第2図)。

前述の如く、Cholinergic drugsの心房筋に対する作用は、標本による変動がかなり大きいので、同一標本で比較した結果を、第2表に示した。

β -Methyl-Ach, T-GABA-ME, BethanecolもAChと同様に静止電位に対しては、有意の変動を生じなかった。

次に、墓心房筋の活動電位Plateauに対する γ -Aminobutyric acid (GABA)の一連のReversed carboxyl compoundsの作用と物質構造の関係を追究した。最初にGABAの作用を検討したが、心房電位に対してこの物質は何等のCho-

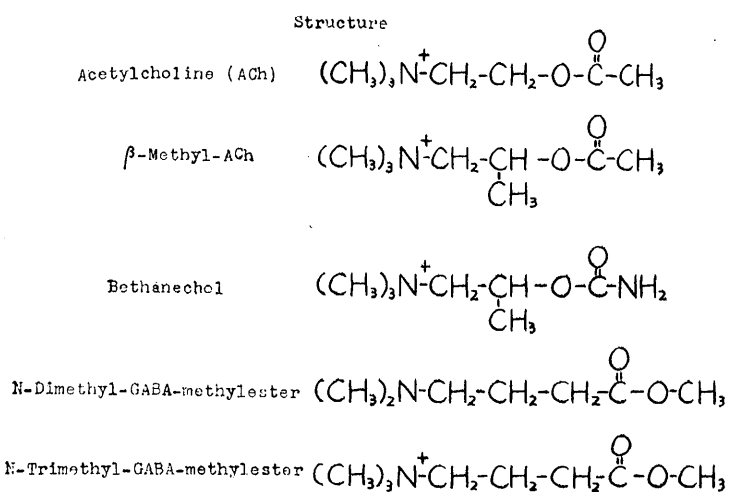
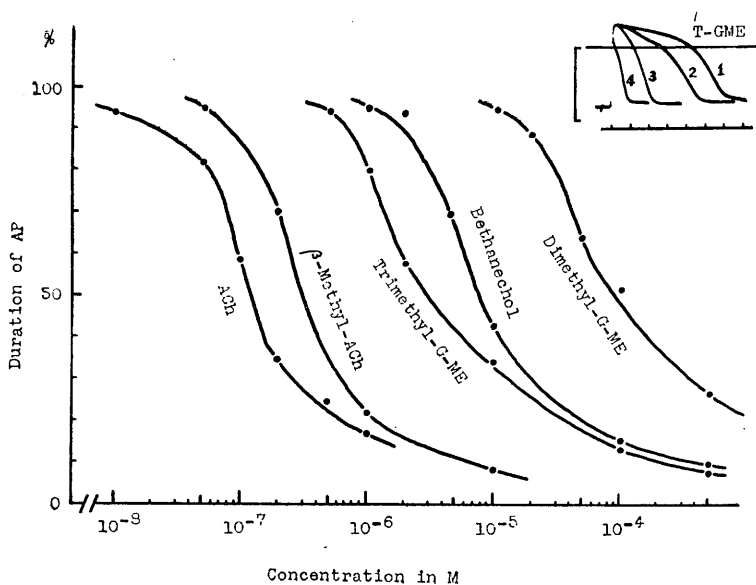


Fig. 2. Structure-activity relationship of the cholinergic drugs on the toad's auricular action potential.

linergic action も Anticholinergic action も示さなかった。

処が、これを Methylalcohol でエステル化した GABA-methylester は、弱い Cholinergic action をしめす。更に、N-Methyl 置換体の N-Methyl-GABA-methylester は弱いながら、却って心房筋の活動電位の持続時間を延長し、完全に ACh とは逆の作用を示した。この点は極めて理解に苦しむことであったが、これに就いては、他の論文で詳細に分析する事にして、こ

Table 2.
Effect of various cholinergic drugs on the electrical activity of one and the same auricular strip preparation.

	Conc. (mole/l)	RP (mV)	Duration (msec)
Control		79.1±2.51	465±19.8
ACh	(10 ⁻⁸)	78.8	409
	(10 ⁻⁷)	80.5	167
	(10 ⁻⁶)	81.5±1.80	42± 3.6
T-GABA-ME	(10 ⁻⁶)	79.0	372
	(10 ⁻⁶)	80.0	175
	(10 ⁻⁴)	81.0±1.95	70± 7.3
Bethanechol	(10 ⁻⁶)	79.0	414
	(10 ⁻⁵)	79.0	314
	(10 ⁻⁴)	80.8±2.02	84± 7.0

い、以上の成績を第3表に総括して示した。

上述の Cholinergic drugs の作用を検討すると、作用と構造の関係が必ずしも明瞭でない。この理由の一つとして、縦走筋に存在するコリンエステラーゼが問題となる。

コリンエステラーゼの阻害剤 Eserine を作用させると、 10^{-7} – 10^{-6} mole/l で、既に明らかな短縮を生じた。

抗コリンエステラーゼの Eserine を作用させた時には、Cholinergic drugs の作用は、コリンエステラーゼの作用を受け易いものほど増強されることが当然予想される。従って、同一標本に於て、上述の Cholinergic drugs の作用を測定した後、Eserine と各 Cholinergic drugs を、前者を与えて30秒後に後者を加えると云う方法で作用させ、Eserine と共存の場合の作用を測定した。事実 Eserine による各 Cholinergic drugs の作用増強にはかなりの相異が認められた。作用増強は $Ach \gg \beta$ -Methyl-Ach $>$ Bethanecol $>$ T-GABA-ME の順であった。従って、コリンエステラーゼによる分解も $Ach \gg \beta$ -Methyl-Ach $>$ Bethanecol $>$ T-GABA-ME の順であることが予想される。従って、T-GABA-ME は最も作用持続時間が長いと思われる。

かかる実験成績から、胃縦走筋の Cholinoceptor に対する各 Cholinergic drugs の作用と構造の関係は、コリンエステラーゼの関与を考慮して、補正する必要が生ずる。かかる補正を加えた場合には、胃縦走筋と心房筋の Cholinoceptor と Cholinergic drugs の関係は、あまり変わらないものとなる。

コリンエステラーゼの作用を比較的受け難い所謂 Reversed carboxyl compounds を使用し、Cationic head と作用の関係を検討した。 γ -Aminobutyryl-methylester から出発し、N-Methyl- γ -aminobutyryl-methylester, N-Dimethyl- γ -aminobutyryl-methylester, N-Trimethyl- γ -aminobutyryl-methylester の各作用強度を比較した。 γ -Aminobutyryl-methylester の作用は N-Monomethylation では強まらないが、N-Dimethylation により飛躍的に強化され、N-Trime-

Table 3.

Potency of the effect of various cholinergic drugs on the gastric longitudinal muscle.

Drug No. of exper.	Ach	β -Methyl- Ach	Bethanecol	T-GABA- ME
1 st	1		1/4.3	1/2
2 nd	1		1/2	1
3 rd	1		1/3	1
4 th	1		1/2.5	1
5 th	1		1/5	1/1.7
6 th	1	2	1/6	1/1.2
7 th	1	1		
8 th	1	1		
9 th	1	1.7		
Average	1	1.4	1/4	1/1.4

Table 4.

Effect of GABA-methylester, N-methyl GABA-methylester, N-dimethyl-GABA-methylester and N-trimethyl-GABA-methylester on the gastric longitudinal muscle.

Drng No. of ME exper.	GABA- GABA-ME	N-Methyl- GABA-ME	N-Dimethyl- GABA-ME	N-Trimethyl- GABA-ME
1 st	1/83	1/100	1/8.3	1
2 nd		1/96	1/8	1
3 rd	1/38	1/68	1/4	1
4 th	1/270	1/378	1/6	1
Average	1/130	1/160	1/6.6	1

thylation によりさらに強まる。第4表には N-Trimethyl- γ -aminobutyryl-methylester の強度を1として各物質の作用強度を比較した値を示した。

ラッテ胃Fundus縦走筋の場合にも、Atropine, Probanthin, ファイナリンは強力な Anticholinergic action を示した。この点、墓心房筋の場合と同様であった。

モルモット回腸の Cholinoceptor

モルモット回腸に対しても、Ach, β -Methyl-Ach (Mecholyl), Bethanecol, N-Trimethyl- γ -aminobutyryl-methylester は、著明な筋緊張昇進作用をしめした。その作用強度は、 $Ach > \beta$ -Methyl-Ach $\gg$ T-GABA-ME $>$ Bethanecol の順であった。その作用比は墓心房筋の場合とかなり似ていた。

回腸に対するGABA-methylester, N-Methyl-GABA-methylester, N-Dimethyl-GABA-methylester, N-Trimethyl-GABA-methylesterの作

用に就いては既に報告された²⁾。これらの作用強度比は、胃縦走筋の場合と同様、N-Dimethyl 化合物で飛躍的に増大し、N-Trimethyl 化合物で更に強化される。GABA-methylester と N-Methyl 化合物間の作用差は小さい。

Atropine, Probanthine, フェイナリン等は強力な Anticholinergic action を示した。

膈腹直筋

膈腹直筋に対して Ach が著明な短縮作用を呈する事は衆知の事実である。この Ach の作用は β -位に Methyl 基を導入する事により、著しく減少 (β -Methyl-Ach) するか、全く消失 (Bethanecol) した。又、一ツ炭素鎖の長い Reversed carboxyl compound の T-GABA-ME も Ach に比して非常に弱い作用しか示さなかった。

腹直筋は Eserine に敏感で、Eserinization による Ach の作用の増強も著明な事はよく知られている。T-GABA-ME 等は Eserine の存在によっても、作用増強は殆ど認められなかった。

N-Dimethyl-GABA-methylester, N-Methyl-GABA-methylester, GABA-methylester には何等の Cholinergic action も認められなかった。

Ach $1-5 \times 10^{-6}$ mols/l の作用後 30 秒して Atropine, Probanthine, フェイナリン各 $10^{-6}-10^{-4}$ mole/l を附加して、Ach 痙縮に対する影響を観察した。各物質の Anticholinergic action は殆ど認め難く、時に 10^{-4} mole/l Probanthine で軽度の弛緩が生ずる事もあった。いずれにしても、各物質を Ach に先行して与えた場合の方が作用が生じ易かった。墓心房筋活動電位 Plateau,

ラッテ胃底縦走筋、モルモット回腸、膈腹直筋に対する各 Cholinergic drugs の作用強度の比較を第 5 表に綜括して示した。Ach に対する各物質の作用比は墓心房筋の場合をのぞいた他の組織に於ては、コリンエステラーゼの存在を考慮すると、更に大きな差となる筈である。

B. 各 Cholinoceptors に対する四級アミン化合物の作用の差異

墓心房筋

Ach 等の四級アミン類は著明な Plateau 短縮作用を有するが、TEA の如く単なる四級アンモニウムには Cholinergic action は全く無く、却って極めて弱いものであるが、Anticholinergic action が認められた。

この Anticholinergic action は Bisquaternary compounds 中にも認められる。併し、この場合は両端の四級アミン間の距離が作用強度と深い関係があり、C₆ では TEA より強い Anticholinergic action があるが、更に距離の長い Succinylcholine には Cholinergic action も Anticholinergic action も認められなかった。

一方、この程度の Anticholinergic action は、choline と ω -アミノ酸の Ester 中にも認められた。この Ester 類は一端に四級アミン、他端に一級アミンを有する化合物であるが、その作用は Bisquaternary compounds とは大部趣を異にした。

β -Alanylcholine には Cholinergic action も Anticholinergic action もないが、 γ -Aminobutyrylcholine (GABA-Ch) には C₆ とほぼ同程度の Anticholinergic action が認められた。この Anti-

cholinergic action は両端の N の距離が更に長い ϵ -Aminocapronylcholine (ϵ -Ch) では著しく強くなった。即ち、GABA-Ch は通常 Plateau を約 60% 短縮する $2 \times 10^{-7} M$ の Ach の作用を $2 \times 10^{-3} M$ で約 1/3 に減少させたが、 ϵ -Ch は同濃度では完全に Ach に拮抗出来た (第 4 図, 第 5 図)。

Table 5.

Comparison between the actions of various cholinergic drugs on several tissues.

Tissue Drug	Toad Curtailling action on the plateau of action poten- tial	Rat Shortening action on the gastric longitudinal muscle	Guinea-pig Shortening action on the ileum	Toad Shortening action on the rectus muscle
Ach	1	1	1	1
β -Methyl-Ach	1/3	1.4	1/2	1/200
Bethanecol	1/65	1/4	1/30	0
T-GABA-ME	1/12	1/1.4	1/13	1/36

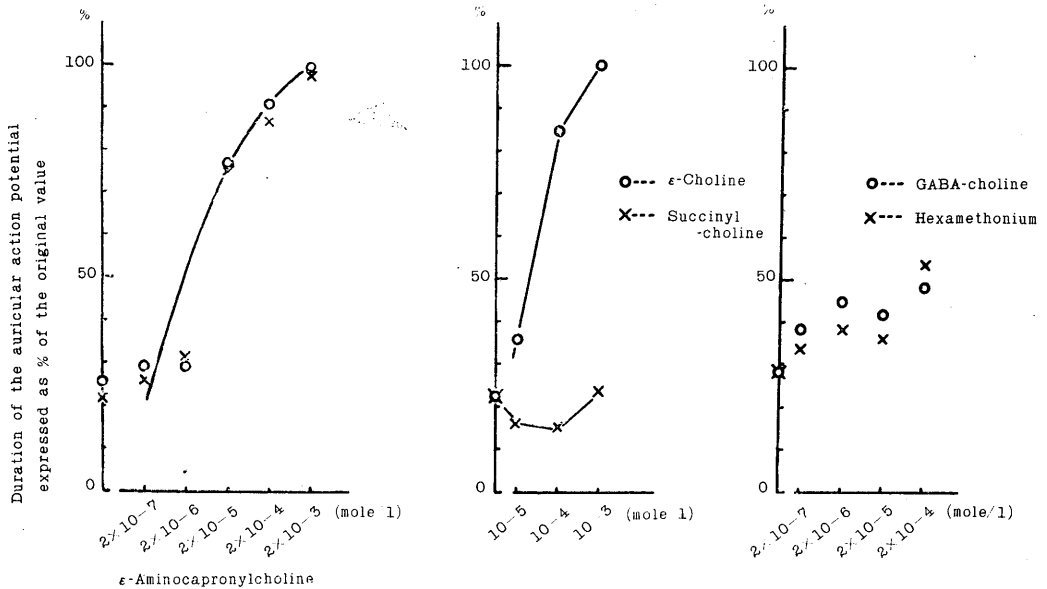


Fig. 4. Comparison of action on the auricular action potential between various cholinesters.

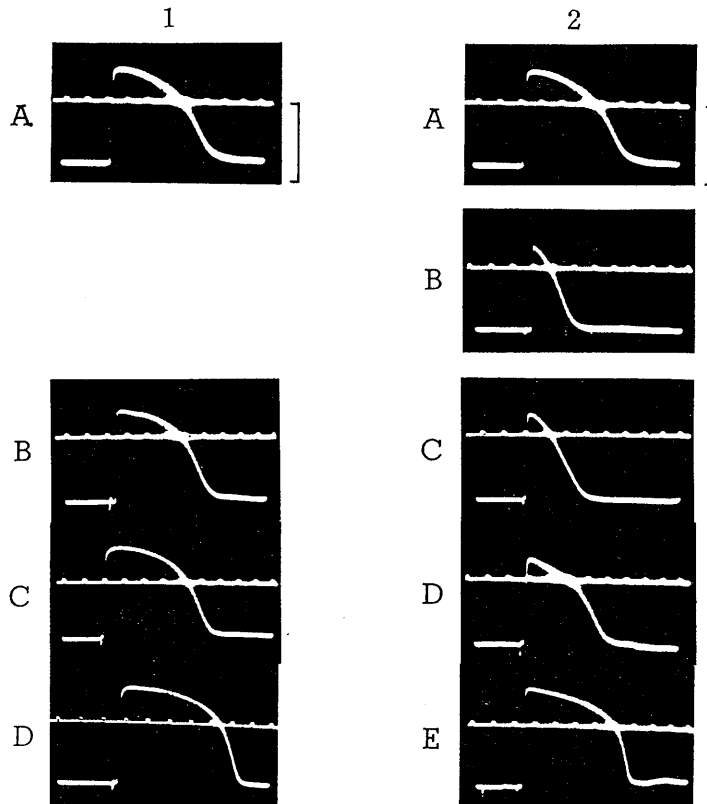


Fig. 5. Anticholinergic action of cholinesters of ω -amino acids on the auricular action potential. Column 1: A...Control, B... β -Alanylcholine 2×10^{-3} M, C... γ -Aminobutyrylcholine 2×10^{-3} M, D... ϵ -Aminocaprolylcholine 2×10^{-3} M. Column 2: A...Control, B...Acetylcholine 2×10^{-7} M, C... β -Alanylcholine 2×10^{-3} M + Acetylcholine 2×10^{-7} M, D... γ -Aminobutyrylcholine 2×10^{-3} M + Acetylcholine 2×10^{-7} M, E... ϵ -Aminocaprolylcholine 2×10^{-3} M + Acetylcholine 2×10^{-7} M. Calibration 100 mV, Time 100 msec.

GABA-Ch, ϵ -Ch 自体は心房筋の Plateau を多少延長する作用を有する。これらの物質の心房筋活動電位に対する作用は、第5図に示した。この Plateau 延長作用は、 β -Alanylcholine には認められないが、GABA-Ch よりも ϵ -Ch の方が遙かに強い。

併し、Anticholinergic action は一端に四級アミンを有し、Ach の Acetyl 基と同様の距離の処に分子量の比較的大きな Radical を有する化合物では飛躍的に強力となる。胃潰瘍の治療剤として使用されているファイナリンや Probanthine はその例である。又、Atropine の如きも、これに類する。

モルモット回腸

回腸に低濃度の Ach を作用させ、緊張が一定値に達した後（通常30秒間観察した）、TEA, C_6 , Succinylcholine をそれぞれ 10^{-9} - 10^{-4} mole/l の濃度で附加した場合には、何等の Anticholinergic action も認められず、高濃度の場合むしろ軽度ながら緊張増加が認められた。

ω -アミノ酸のコリンエステルの回腸に対する作用はかなり複雑であった。 β -Alanylcholine は 10^{-4} - 10^{-3} mole/l 以上で、比較的急速に経過する一過性の緊張増加を生じた。一方、GABA-choline は同様な濃度で、時に緊張弛緩、或は緊張増加とそれに続く弛緩を生じた。 ϵ -Choline では同様の濃度で一過性の緊張増加とそれに続く多少とも持続性の弛緩が生じた。いずれにしてもこれらのコリンエステルの作用は弱いもので、 10^{-6} - 10^{-4} mole/l では何等の作用も認められなかった。又、一過性の緊張増加作用は、むしろ β -Alanylcholine が最も強い。

β -Alanylcholine には殆ど Anticholinergic action は認められず、Ach にこれを附加した場合には、 β -Alanylcholine の緊張増加作用は著明な増強を示した。又、Ach を作用させた後、Ach を完全に洗除したと思われるにもかかわらず、2-3分後に β -Alanylcholine を作用させると、著明な緊張増加が生じた。即ち、 α -Alanylcholine と Ach 間には多少の Potentiation が存在するらしい。

一方、GABA-choline, ϵ -Choline は共に低濃度で Anticholinergic action を示した。 ϵ -Choline は 10^{-8} mole/l の Ach の緊張増加作用を 10^{-5} mole/l で完全に拮抗出来た。GABA-choline の作用は ϵ -Choline の約 1/120 程度であった。Atropine は 10^{-9} - 10^{-8} mole/l で Ach に完全に拮抗するので、いずれにしても、あまり強い作用ではない。

10^{-4} mole/l 以上の高濃度の ϵ -Choline を Ach に附加した場合には、Ach 短縮は一過性に完全に抑制されるが、それに続いて、 ϵ -Choline 自体の短縮作用がかなり著明に増強されて出現する。

高濃度の β -Alanylcholine, ϵ -Choline の緊張増加作用は、不安定で、標本によってはあまり明瞭でない場合もあり、生じて一過性のものであるため、分析が困難であった。Atropine により部分的に拮抗される事は確実であるが、Atropine の拮抗は Ach に対する場合の如くには強力でないと言う印象を受けた。

ω -アミノ酸のコリンエステルの作用が、Cholinoceptor と関係することを確かめるために、抗 Histamin 作用を検討した。 ω -アミノ酸のコリンエステルには抗 Histamin 作用はなく、Histamin によって、 ω -アミノ酸のコリンエステルの緊張増加作用の補強も認められなかった。

鼯鼠腹直筋

腹直筋の場合には、TEA, C_6 は Cholinergic action も Anticholinergic action も示さないが、Succinylcholine の Cholinergic action はかなり著明で、Ach の 1/5 の強さであった。

一方、 ω -アミノ酸のコリンエステルは、いずれも多少とも Cholinergic action を示した。その強さは GABA-choline < β -Alanylcholine < ϵ -Choline の順で、 ϵ -Choline は Ach の約 1/10 の強さであった。第6表には、 ω -アミノ酸のコリンエステルの外、Succinylcholine, Glutamylcholine も参考として記載した。Glutamylcholine には何等の作用も認められなかった。

心房筋、回腸、腹直筋に対する四級アミン類の作用を総括すると第7表の如くなる。

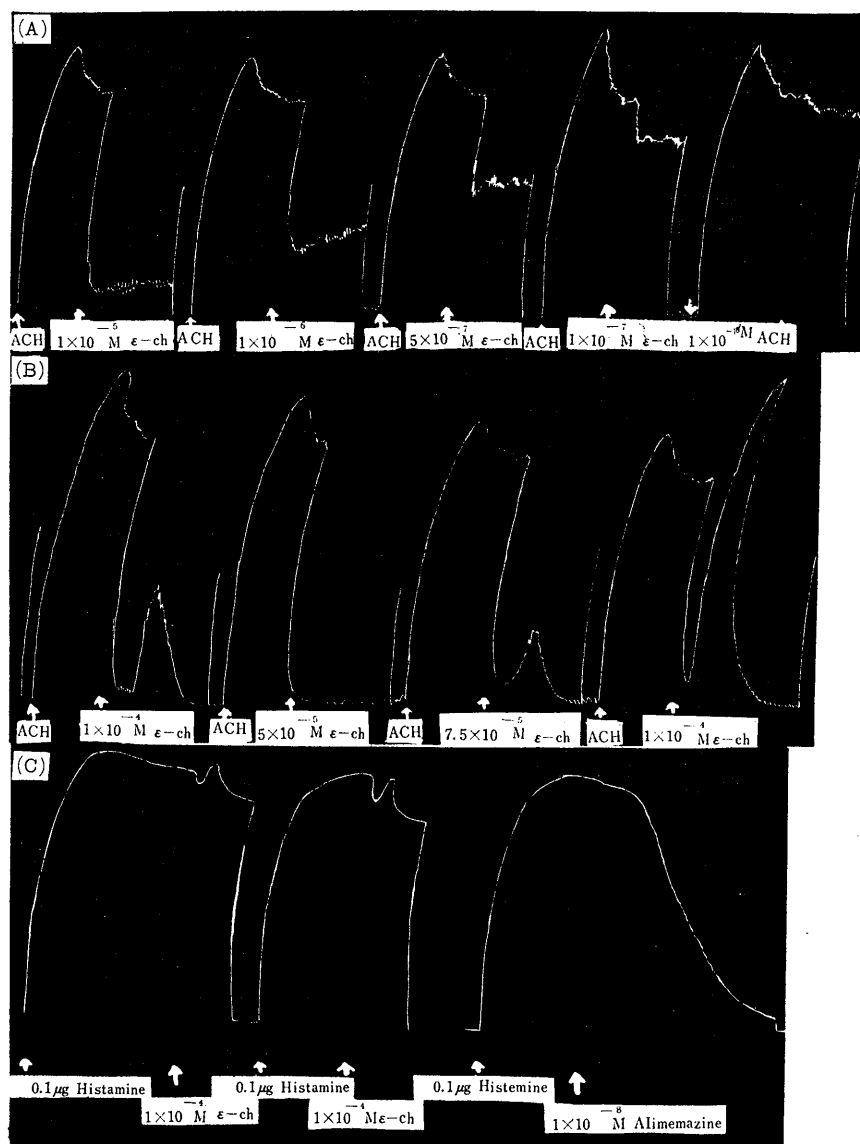
Fig. 6. Anticholinergic action of ϵ -aminocapronylcholine on the guinea-pig ileum.

Table 6.

Potencies of action of various cholinesters of ω -amino acids on the toads rectus muscle.

Drug	Ratio of potency
Ach	1
β -Alanylcholine	1/180
GABA-choline	1/440
ϵ -Aminocapronylcholine	1/10
Succinylcholine	1/5
Glutamylcholine	0

Table 7.

Sensitivity and pattern of reaction of various cholinoreceptors to quaternary ammonium compounds.

Tissue Drug	Toad auricular muscle	Guinea-pig ileum	Toad rectus muscle
Ach	Inhibition	Excitation	Excitation
TEA	Anti-Ach+	—	—
C ₆	Anti-Ach+	—	—
Succinylcholine	—	—	Cholinergic++
GABA-Ch	Anti-Ach+	Anti-Ach+	Cholinergic+
ϵ -Ch	Anti-Ach++	Anti-Ach++	Cholinergic+
Probanthine	Anti-Ach+++	Anti-Ach+++	—

— indicates that the drug had neither cholinergic nor anticholinergic action.

考

察

理論的並びに実用的理由から、各種組織の Cholinoceptor にたいする Cholinergic drugs と Anticholinergic drugs の作用に就いて莫大な研究が行なわれている。Cholinoceptor と Ach の結合に就いては、

1) 正荷電の N と Cholinoceptor の分子の負荷電の基との間にイオンの結合が生ずる。

2) この結合は Cationic head に存在する Methyl 基と Receptor 分子の間の Van der Waals 結合によって強化される。この強化は Methyl 基 2 ヶ以上の存在で飛躍的に増大する。

3) Ach と Receptor の結合は Carbonyl 基との間でも生ずる。

と云う見解が一般に支持されている。

Cholinoceptor と Ach との結合様式をしらべるには多数の Ach 類縁物質を合成し、その作用を検討する方法がとられている。この場合、問題になるのは、組織のコリンエステラーゼの存在である。これが作用強度を大きく変化させるからである。Welsh 等³⁾ は、コリンエステラーゼの活性の低い *Venus mercenaria* の心臓を使用して、Ach と Cholinoceptor の結合には Carbonyl 基が必要かくべからざるものでないにしろ、重要な意義を有し、四級 N との最大距離 7 Å の位置に存在すべき事を結論した。

又、Bass 等⁴⁾ は Methyl-(β -Trimethylammonium) Propionate を合成し、これが Ach とほぼ同じ強さの作用を呈するにかかわらず、コリンエステラーゼには抵抗性大なる事を発見し、Cholinoceptor とコリンエステラーゼの差異の一面を明らかにした。この所謂 Ach の Reversed carboxyl (RC) analogue は、生体に存在する β -Alanine と関係づけうる化合物である。

著者は生化学物質である GABA に関係ある更に炭素鎖の一ヶ長い N-Trimethyl-GABA-methylester の作用を本論文に於て追究した。この化合物の作用は、他の Cholinergic drugs に比し、特にラッテ胃底縦走筋に対する作用が大で、これには、Ach とほぼ同程度の強さであっ

たが、墓心房筋、モルモット回腸では遙かに作用が弱い事を見た。

ラッテ胃縦走筋にたいする Ach, β -Methyl-Ach, T-GABA-ME, Bethanecol の作用に対する Eserinization の影響に関する実験成績から見ると、T-GABA-ME はコリンエステラーゼに比較的 Fest であるらしい。これは RC 化合物として予想されることであった。Bethanecol は Carbaminoylecholine の β -Methyl 誘導体であるが、この種の Cholinester がコリンエステラーゼに Fest なことが知られている^{5,6)}。

墓心房筋の場合は、少くとも活動電位を示標とする限り、コリンエステラーゼの干渉を考慮する必要がなかった。従って、コリンエステラーゼ活性の高い胃縦走筋との差異の全部ではなくとも一部はこの事で説明がつく。

併し、N-Trimethyl-GABA-methylester が腹直筋に対しては、Ach に比し著しく作用の劣ることは、ここではコリンエステラーゼ活性が高いのだから、その差はこの活性を排除した時、更に大となる筈で、コリンエステラーゼの干渉では全く説明出来ない。

心、腸の Cholinoceptor と骨骼筋端板の Cholinoceptor の差異に就いては、古くより注意され、前者が Atropine に敏感であるにひきかえ、後者はこれに影響されず、d-Tubocurarine (DTC) に敏感であることは、教科書的事実である。又、近年、Ach の β -位を Methyl-基で置換すると、端板に対する作用が撰択的に喪失されることが知られた。又、 β -位の Methyl-基置換は、自律神経節に対する Ach の作用をも喪失させる。併し、N-Trimethyl-GABA-methylester の自律神経節細胞に対する作用は、所謂 Nicotine 作用として見た限りでは有効であった⁷⁾。

Cholinoceptor を分類するには、三つの方法があろう。一つは機能的な分類である。即ち、Ach 等と結合して、K イオンにたいする細胞膜の透過性を撰択的に増大し、機能抑制を生ずる型⁸⁾とイオン一般の透過性を増大し、機能興奮を生ずる型⁹⁾の二つに分けられる。もう一つの分類の仕方は解剖学的な分類である。併し、本

当は, Cholinoceptor の化学構造の差異によって分類するのが正しい筈である。

Cholinoceptor の化合構造の差異に就いては, 今の処, 多様な Cholinergic drugs と Anticholinergic drugs を合成し, これらの各 Cholinoceptors にたいする結合→作用発現の差異を検討するのが, 普通にとられている方法である。かかる研究から各 Cholinoceptors 間に, 1) TEA, Atropine, DTC にたいする感

受性の差異, 2) Bisquaternary ammonium 化合物の Alkyl 炭素鎖数の変化による感受性の差異¹⁰⁾¹¹⁾, 3) Cholinergic agents の β -Methyl 置換体に対する感受性の差異等の著明な事が判明した。

Decamethonium, Succinylcholine 等の C_{10} Bisquaternary ammonium compound はコリンエステラーゼに比較的 Fest で, 安定した脱分極を端板に生ずる¹²⁾¹³⁾。然も, これらは端板興奮伝達を中断するので, Depolarizing block agents とよばれている。併し, これらが端板興奮伝達中断を生ずるのは, 持続的脱分極に由来するのではなく, Cholinoceptor の Ach にたいする Desensitization を生ずるによるらしい¹³⁾。

著者は一端に四級アミン, 他端に一級アミンを有する一連の化合物の作用を, これら両端が四級アミンの直鎖化合物に作用に対比して検討した。Bisquaternary compounds, ω -アミノ酸の Choline esters, 所謂抗潰瘍型の Anticholinergic drugs の作用の比較を第 8 表に示した。

両端が一級アミンの一連の化合物 $NH_2(CH_2)_nNH_2$ のモルモット回腸の Histamine 短縮に対する影響は Mongar¹⁴⁾により検討され, $n=5$ で Potentiation が最大に達すると云う結論が出された。 ω -アミノ酸の Cholinester には, Histamine に対して拮抗作用も協力作用も認められなかった。GABA-choline の Anticholinergic action に就いては, つとに栗秋等¹⁵⁾により報告されてい

Table 8.

Difference of the anticholinergic action between quaternary ammonium compounds.

Radical	Examples of compounds	Atropine like action	Depolarizing block action on the endplate
Quaternary amine at both end	C_{10} , Succinylcholine	weak	strong
Quaternary amine at one end and Primary amine at the other	ϵ -Aminocapronyl choline	strong	weak
Quaternary amine at one end and non-specific radical at the other	※ Banthine, Probanthine	stronger	weaker

※ The distance between both radicals has also an important significance.

綜 括

墓心房筋, ラッテ胃 Fundus 縦走筋, モルモット回腸, 墓腹直筋を使用して, 自律神経支配下の組織の Cholinoceptor と骨骼筋端板の Cholinoceptor の性質の差異を薬理学的方法により検討した。

1) 墓心房筋に対して, Ach, β -Methyl-Ach, N-Trimethyl-GABA-methylester, Bethanecol は静止電位には殆ど変化を与えず, 活動電位を短縮した。活動電位プラトー短縮作用の強さは $Ach > \beta$ -Methyl-Ach $>$ T-GABA-ME $>$ Bethanecol の順であった。

2. GABA-methylester にも弱い Cholinergic action が認められるが, この作用は N-Dimethyl 化合物になると飛躍的に強まり, N-Trimethyl 誘導体で更に強化される。

3. Atropine, Probanthine, フェイナリンには強い Anticholinergic action が認められた。

4. ラッテ胃底縦走筋では $Ach \rightleftharpoons \beta$ -Methyl-Ach $\rightleftharpoons$ T-GABA-ME $>$ Bethanecol の作用強度であった。これは, 墓心房筋ではコリンエステラーゼの活性が低い, 胃縦走筋では活性が高い事によるらしい。

5. 胃縦走筋に於ても, Atropine, Probanthine, フェイナリンは強力な Anticholinergic action を示した。

6. モルモット回腸に於ては、各 Cholinergic drugs の作用強度の順位は墓心房筋に対する場合と一致した。又、Atropine, Probanthine, フェイナリンは強力な Anticholinergic action を示した。

7. 墓腹直筋に対しては、 β -Methyl-Ach, Bethanecol は殆ど作用を呈しなくなるばかりでなく、Ach に比し、T-GABA-ME の作用も著しく弱い。又、Atropine, Probanthine, フェイナリンの Anticholinergic action も著しく弱かった。

8. 四級アンモニウム化合物の墓心房筋、モルモット回腸、墓腹直筋に対する作用を検討した。

TEA, Hexamethonium (C_6) は墓心房筋活動電位に対して弱い Anticholinergic action を示した。一方 Succinylcholine には、何等の作用も認められなかった。一方、一端に四級アミンを有し、他端に一級アミンを有する一連の化合物では、 β -Alanylcholine には殆ど作用がないが、GABA-choline は C_6 と同程度の Anticholinergic action を示し、 ϵ -Aminocapronylcholine には遙かに強い作用が認められた。

9. モルモット回腸では TEA, C_6 , Succinylcholine は全て作用がないが、GABA-choline, ϵ -Aminocapronylcholine にはかなりの anticholinergic action が見られた。

10. 墓腹直筋では、Succinylcholine はかなり強い Cholinergic action をしめすが、 ϵ -Aminocapronylcholine もその半分程の作用がみとめられた。

11. 以上の成績より、各組織に存在する Cholinoceptor の性質の差異とそれによる分類に就いて論じた。

稿を終るにあたり、久保教授、高橋助教授の御指導に深く感謝致します。

文 献

- 1) Vane, J. R. (1957) A sensitive method for the assay of 5-hydroxytryptamine. *Brit. J. Pharmacol. and Chemoth.* **12**, 344-349
- 2) Takahashi, H., K. Uchikura, H. Takahashi and O. Ikeda (1961) Relationship between pharmacological actions on the mammalian ileum and chemical structure of γ -aminobutyric acid. *Jap. J. Physiol.* **11**, 229-237
- 3) Welsh, J. H. and R. Taub (1951) The significance of the carbonyl group and ether oxygen in the reaction of acetylcholine with receptor substance. *J. pharmacol. and exper. Therap.* **103**, 62-73
- 4) Bass, W. M. B., F. W. Schueler, R. M. Featherstone and E. G. Gross (1950) Preliminary studies on the "reversed carboxyl" analogue of acetylcholine. *J. pharmacol. and exper. Therap.* **100**, 465-481
- 5) Kreitmair, H. (1932) Eine neue Klasse Cholinester. *Arch. exp. Path. Pharmacol.* **164**, 346-356
- 6) Noell, H. (1932) Eine neue Klasse Cholinester (Carbaminoylcholin order Lentin) II. Mitteilung: Wirkung auf Blutdruck, Darm, Verdauungsdrüsen und Schicksal in Organismus. *Arch. exp. Path. Pharmacol.* **167**, 158-170
- 7) Takahashi, H., C. Koshino and O. Ikeda (1962) Relationship between the hypotensive activity and chemical structure of γ -aminobutyric acid in the rabbit. *Jap. J. physiol.* **12**, 97-105
- 8) Trautwein, W. and J. Dudel (1958) Zum Mechanismus der Membranwirkung des Acetylcholin an der Herzmuskelfaser. *Pflüg. Arch. ges. physiol.* **266**, 324-334
- 9) Del Castillo, J. and B. Katz (1954) The membrane change produced by the neuromuscular transmitter. *J. physiol.* **125**, 546-565
- 10) Paton, W. D. M. and E. J. Zaimis (1952) The methonium compounds. *Pharmacol. Revs.* **4**, 219-253
- 11) Zaimis, E. J. (1954) Transmission and block at the motor endplate and in autonomic ganglia. The interruption of neuromuscular transmission and some of its problems. *Pharmacol. Revs.* **6**, 53-57
- 12) Del Castillo, J. and B. Katz (1957) A comparison of acetylcholine and stable depolarizing agents. *Proc. Roy. Soc. B.* **146**, 362-368
- 13) Thesleff, S. (1955) The mode of neuromuscular block caused by acetylcholine, nicotine, decamethonium and succinylcholine. *Acta physiol. Scand.* **34**, 218-231
- 14) Mongar, J. L. (1957) Effect of chain length of aliphatic amines on histamine potentiation and release. *Brit. J. Pharmacol.* **12**, 140-148
- 15) Kuriaki, K., T. Yakushiji, T. Noro and Sh. Saji (1958) Gamma-aminobutyrylcholine. *Nature*, **181**, 1336-1337

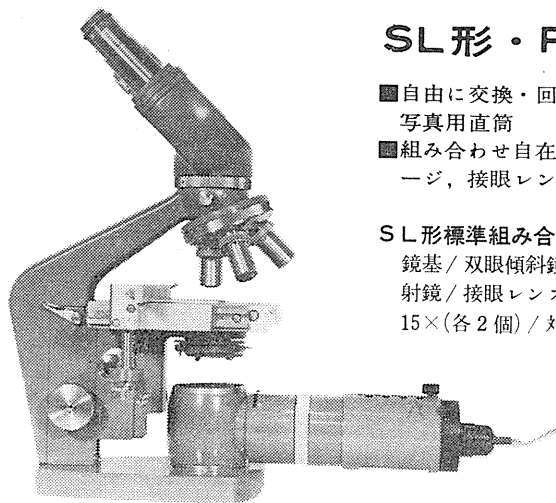
* 世界に進出する



島津大形顕微鏡



Shimadzu



SL-Bi2形

SL形・PL形 〈50~1,500×〉

- 自由に交換・回転できる / 単眼・双眼45°傾斜鏡筒, 3眼 および写真用直筒
- 組み合わせ自在の豊富な交換部品 / 角形・丸形メカニカルステージ, 接眼レンズ12種, 対物レンズ7種, 照光ランプほか

SL形標準組み合わせ SLB形

鏡基 / 双眼傾斜鏡筒 / 角形載物ステージ S3形 / 直射照光ランプ / 反射鏡 / 接眼レンズ(ペリプラン)P5×, 接眼レンズ(広視野)WF10, WF15×(各2個) / 対物レンズ(アクロマート)10, 40, HI100× / 双眼用

〈カタログ進呈〉

本社 京都市中京区河原町二条南 京都23-6161 支社 東京・支店 大阪・福岡・名古屋・広島・札幌

島津製作所

各科領域における

健保適用

37.10.1より

耐性

ブドウ球菌感染症に



医薬は萬有

内服用・注射用・新合成ペニシリン

スタフシリン-V

STAPHICILLIN-V (メチルフェニルイソキサゾリルペニシリンナトリウム)

内服用 (錠剤・カプセル)・筋注用

製造発売元 萬有製薬株式会社 東京都中央区日本橋本町 2-7

世界に躍進する



医用電子機器

昭和三十八年十月二十日印刷

編集兼
発行人

東京都文京区本郷三丁目
東京大学医学部生理学教室内

戸塚武彦

印刷者
印刷所

中村作右衛門
鶴岡印刷株式会社

発行所

日本生理学会

振替東京六〇四三〇
定価百五拾円

主要製品

脳波計
脳波分析装置
光・音刺激装置
筋電計
心電計
電気脳内(眼底)血圧計
電気血圧計
電子管刺激装置
多用途監視記録装置
磁気記録再生装置
ブラウン管オシロスコープ
直記式オシログラフ

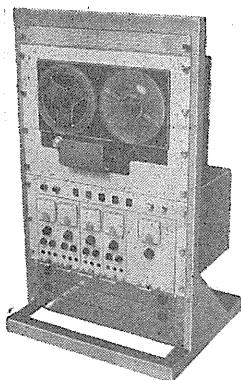
磁気記録再生装置

SDR-41 (ラックタイプ)
SVR-21 (ラックタイプ)
SPR-30A (可搬型)

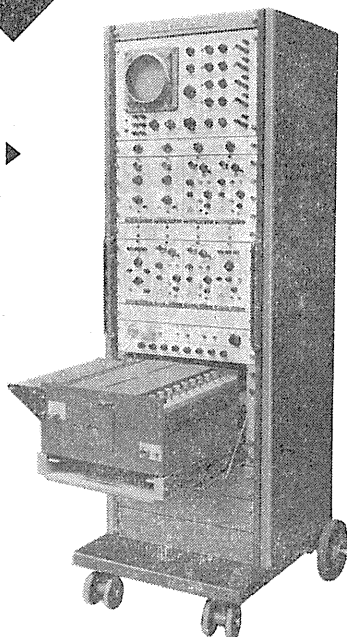
1/4"テープ使用、各ユニットの差し換えにより多用途に応用できます。記録波形の再現、波形の解析に最適です。

多用途監視記録装置 ▶

各部をユニット化し、目的に合
わせて選択構成できる4〜8素
子のポリグラフ



型名	SDR-41	SVR-21	SPR-30A
外形	ラックタイプ		可搬型
トラック数	4	2	3
テープ速度	19.5cm/S	9.5, 19.5 及び55cm/S	19.5cm/S
モード	PW-1 PD-2 FM-1 AR-1		
特性	DC-100% DC-40% 1KC	100% 5KC	0.35% 3RC DC-100%
S/N	40dB	35dB	35dB
点線性	1%	1%	2%



日本光電工業株式会社

東京営業所 東京都港区角田2-6-4 三井ビル TEL (371) 8241-5, 4864

大阪営業所 大阪府北区東山町1-1 第一ビル TEL (351) 2531-7

名古屋営業所 名古屋市中区堂山町7-1 田代ビル TEL (75) 7068

仙台営業所 仙台市東3番丁7-0 山一會館 TEL (25) 1395

福岡営業所 福岡市東区小戸 小戸ビル TEL (3) 7931-4

札幌営業所 札幌市豊平三条3-12 美好ビル TEL (81) 5706