

子どもの大脳活動の変化に関する研究
——高次神経活動の型から——

西條修光*・森山剛一**・熨斗謙一***
熊野晃三****・村本和世***
阿部茂明***・正木健雄***

(昭和 55 年 12 月 1 日受付)

Experimental Analysis of the Changes on Cerebral
Activity of Children

——From Type of the Higher Nervous Activity——

By Osamitsu SAIJO, Goichi MORIYAMA, Ken-ichi NOSHI,
Kohso KUMANO, Kazuyo MURAMOTO,
Shigeaki ABE and Takeo MASAKI

The purpose of this study was to show how the cerebral activity of children changed for ten years. As its fundamental works, we provided types of the higher nervous activity of man coming from the theory of Pavlov and showed the changes of the distribution of children's types for ten years.

For this purpose we were made the formation of conditioned motor reflexes to grasp a rubber ball by verbal instruction and were studied under the following three different experimental conditions: a) grasping a rubber ball when light is on, b) differentiation on the red or bright light (positive stimulus) from yellow or dark light (negative stimulus) and c) reversal differentiation on the yellow or dark light (positive stimulus) from the red or bright light (negative stimulus). Subjects were 118 male and female students from the kindergarden to the junior high school in 1969, and 132 similar students in 1979.

The following results were obtained.

1) For this ten years the appearance rate of "melancholic" and "inhibitory" type increased, while "chololic" type decreased inversely.

2) Concerning the relation between the appearance rate of these types and increasing of age, their appearance rate showed a tendency to increase and decrease as children grew older ten years ago. After ten years, however, their appearance rate showed the distribution of an reversal U-curve reached the peak at fourth or fifth grade of elementary school.

3) We come to consider that the change in the distribution of these types was due to the changes of the social environment and the activity of children in themselves.

本研究の一部は第 31 回日本体育学会にて発表したものである。

* 体育研究所兼任所員 (体育心理学研究室)

** 東京理科大学

*** 体育研究所

**** 大学院生 (体育学専攻)

I. はじめに

筆者らは、共同研究者の一人正木が述べているように、子どもの発達の研究にとって、「それが今までとちがっているところに、とりあえず着目し、それを手掛りにして、発達と教育の課題を発見していく¹⁾」という方法論に立っている。それ故、父母、教師そして研究者のなかで、子どものからだの発達についての今までとちがってきているという実感をまず大切に、そこから事実を地域そして全国へと拡げ調査するという手法をとっている。しかしながら、この実感もそれが実感されていない場合には、当然のことながら調査の対象から漏れてしまう場合がある。それ故、今までの文部省をはじめとする体力や運動能力に関する横断調査を分析したり、筆者ら自身が横断調査を行ったりするという手法もとっている。

これら二つの手法を主な手掛りとして、これまで日本の子どものからだの「おかしさ」についての様々な結果を報告してきた²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾。その結果を概観すると以下ようになる。乳幼児のからだについて9割以上の保育園で「おかしい」と実感されているのは、「指吸い」、「虫歯」、「鼻血出やすい」であった³⁾。小学生では、「朝からあくび」、「背中ぐにゃ」、中学生では「朝からあくび」、「朝礼でバタン」、「貧血」、そして高校生では、「腰痛」、「貧血」、「高血圧」であった²⁾。また狩野式運動能発達検査を実施したところ、脳における自己受容・分析＝調節機能を見る「閉眼接指」という種目が、1961年での結果⁶⁾よりも合格率が顕著に低下し、その合格率が加齢に伴って向上していかないという傾向がみられた⁴⁾。さらに、脳の活動（覚醒）水準をみるフリッカー値の変化を加齢との関係でみたところ、その値が9歳頃から停滞する傾向がみられた⁵⁾。これら結果をみると、からだの「おかしさ」は乳幼児にみられるように脳ないし脳系の問題からはじまって、次第に

筋肉系の問題におよび、そして循環器系や骨系の問題へと進んでいることが推察される。さらに筋肉が十分に使われていないと、脳の活動（覚醒）水準や自己受容・分析＝調節機能も低下あるいは発達してこないという風な、悪循環が起きてきているのではないかと推察される⁷⁾。

このような結果の分析から、筆者らは子どものからだの「おかしさ」はそれだけにとどまらず、脳の活動にまで影響を与えているのではないかと考えた。そこで本研究では、脳活動の変化を明らかにする第1次近似として、ここ10年間における高次神経活動^{注1)}の型の変化を明らかにすることにした。

II. 方 法

脳活動の変化を明らかにするために、パプロフ理論⁸⁾に基づき高次神経活動の型（以下型と略）決定を行なった。

型決定の方法として、①不随意的反応（GSR、脈波、脳波など）、②随意的反応（運動反射）などがある。本研究では、随意的反応である把握運動条件反射（にぎり反応）を用いて行った。その理由は、①子どもが実験をいやがらないこと、②実験に要する時間が短くてすみ、現場調査が可能なこと、③ルリヤ⁹⁾、ルボウスキー¹⁰⁾の研究があり、データの分析や比較が可能なことなどである。

実験手続は以下の如くであった^{注2)}。

- 1) あらかじめ指示係の「にぎって」という指示によってゴム球をにぎる練習をした。
- 2) ついで「この光（赤い光）がつくと、ゴム球をにぎってね」という指示を与えて、陽性運動条件反射を形成した。刺激は3～6秒間隔で、0.5～1.5秒間ずつ5回呈示した。
- 3) 陽性運動条件反射の形成実験が終ると、直ちに運動条件反射の分化実験に入った。ここでは、「この光（赤い光）のときはゴム球をにぎってね、この光（黄色い光）のときはにぎら

注 1) 高次神経活動とは、人間の脳新皮質の働きのこと。

注 2) 以下のべる実験手続、方法は1969年、1979年ともほぼ同様である。但し対象者と調査地域は異っている。

ないでね」という指示を与えた。刺激は 3～6 秒間隔で、赤い光、黄色い光ともランダムに 0.5～1.5 秒間ずつ、それぞれ 10 回呈示した。

4) 運動条件反射の分化実験が終ると、直ちに逆転分化実験に入った。ここでは、「さきほどと反対に、この光（黄色い光）のときはゴム球をにぎってね、この光（赤い光）のときはにぎらないでね」という指示を与えた。各々の刺激の時間や間隔そして回数は、分化実験の場合と同様であった。

なお条件刺激は、幼児・小学生ではランプ色の区別（赤と黄色い光）とし、中学生では明暗の区別（170 nit^{注3)}と 30 nit）とした。その理由は、本実験に先だって行った予備実験で、色の区別が中学生にとって容易な課題であり、そのため型分類が困難であるということが判明したので、本実験では明暗の区別とした。

以上のような 2)～4) の実験を行うことによって、どれくらい指示がまもれるかという条件結合の強さ、どれくらい刺激の意味に従って反応が区別できるかという平衡性の程度、そして刺激の意味を変えても、それに応じて反応ができるかという易動性の程度を明らかにした。これら型を構成している 3 つの特性の結果をもとにして、①弱い型（興奮および抑制の両神経過程が弱い）、②③興奮または抑制過程が優位な型、④⑤易動性のある型、欠ける型という 5 つの型を決定した。なお、型の決定に当って①まちがいの数、②潜時（刺激から反応までの時間）、③反応の形などの指標を用いた^{注4)}。

実験装置は図 1 に示すように配置し、それらは①ゴム球、②ランプ、③内省や刺激順序を記録したテープレコーダ、④電源、⑤運動条件反射を記録するための記録器（三栄測器製 RA-101、紙送り速度 10 mm/sec、時定数は無限）であった。なおランプは小箱の中に入れて、被験者の前方約 1m、ほぼ目の高さのところに設置した。

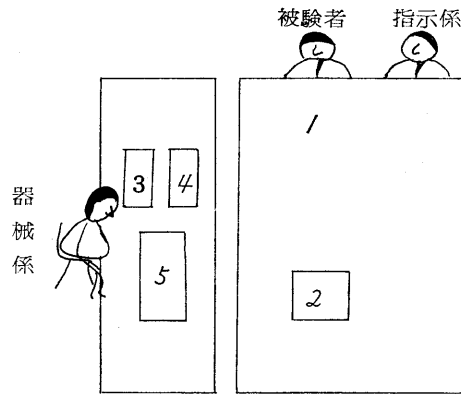


図 1 器具の配置

表 1 対象者の内訳

	幼児	小学生						中学生	計
		1	2	3	4	5	6		
1969年	24		20		20	20	20	14	118
1979年	24	12	12	12	12	12	12	36	132

実験は 1969 年 8 月^{注5)}と 1979 年 12 月に行われた。その時の対象は、1969 年では東京都内の、1979 年では岐阜県中津川市内のそれぞれ幼稚園児、小学生、中学生であり、その内訳は表 1 に示した通りであった。

III. 結 果

1. 各型の 10 年間の変化について

図 2 から図 6 は、5 つの型の加齢に伴う変化をみたものである。図中の縦軸はそれぞれの型の出現率を、横軸は各年令集団を示したものである。

図 2 では、弱い型がいずれの年令においても 1979 年の方が多く出現していることがわかる。また 1969 年には、加齢に伴って弱い型の出現率が減少し、中学生でそれが 0 となっていたのが、1979 年ではそれが小学 5 年以降で停滞がみられる。

注 3) nit とは輝度の単位のこと。

注 4) 型決定のための各指標の分析法およびその基準については、参考文献 11) 12) にのべられている。

注 5) 1969 年の結果は参考文献 12) に報告されている。

図3の興奮が優位な型をみると、1969年には幼児から小学4年生までは40%前後の出現率であったのが、1979年には20%以下の出現率と減少の傾向がみられる。

図4の抑制が優位な型をみると、1969年には全く出現していなかったのが、1979年では小学4年生から6年生を除いて、いずれの年令でも出現していることがわかる。

図5の易動性のある型をみると、1969年では幼児において10%程度出現率であったのが、その後加齢に伴って増加していることがわかる。ところが、1979年では小学4年生での66.7%の出現率をピークとした、逆U字型の変化を描いていることがわかる。

図6の易動性に欠ける型をみると、1969年では各年令間で大きな変化がみられなかったのが、1979年では小学6年生の場合を除いて加齢とともにその出現率に幾分増加の傾向がみられる。

2. 各型の出現率と加齢との関係について

図7は、図2から図6でみてきた各型がそれぞれどのような出現率を示しながら、加齢とともに変化をとげていくのかをみたものである。これをみると、1969年と1979年の間には、各型の出現率と加齢との間に異なった変化のパターンがあることに気付く。1969年では易動

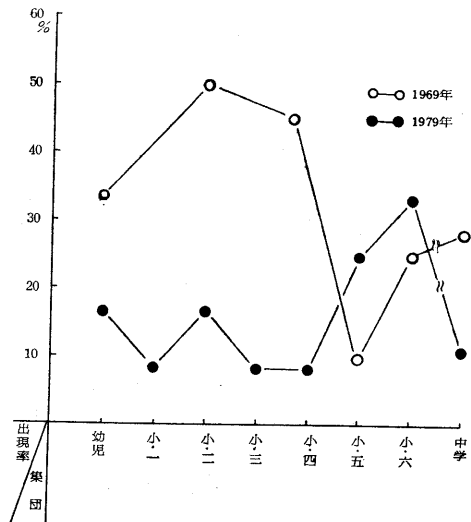


図3 興奮が優位な型の年令分布

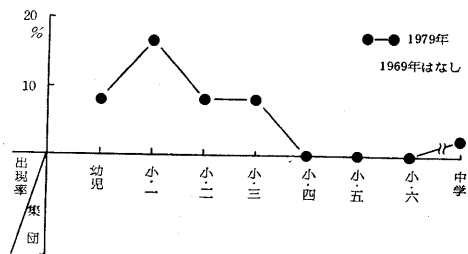


図4 抑制が優位な型の年令分布

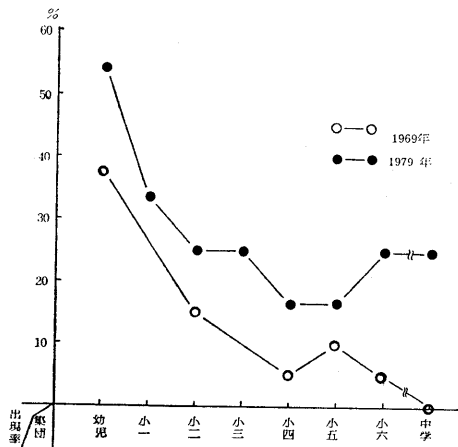


図2 弱い型の年令分布

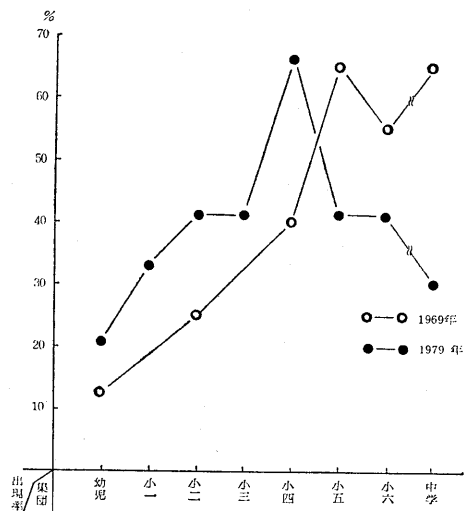


図5 易動性のある型の年令分布

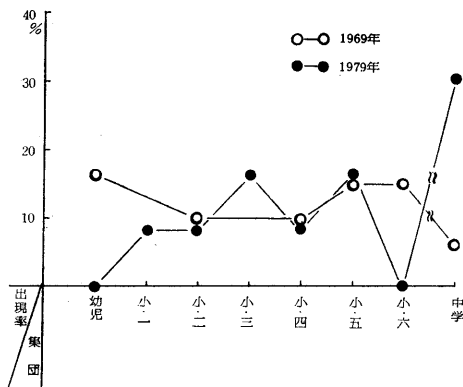


図6 易動性に欠ける型の年令分布

性に欠ける型を除いて、3つの型はそれぞれその出現率が加齢とともに増加あるいは減少のパターンを描いている。これに対して、1979年では易動性に欠ける型を除いて、4つの型はそれぞれその出現率が小学4年生、5年生のところをピークにした逆U字型のパターンを描いている。

3. 分化および逆転分化実験におけるまちがいの割合について

図8、図9は、分化実験におけるまちがいの割合を示したものである。ここでいうまちがい

とは、図8の陽性運動条件反射では「にぎり忘れ」のことであり、図9の陰性運動条件反射では「にぎる」ことである。まず図8の陽性運動条件反射のまちがいの割合をみると、1969年よりも1979年の方が幾分まちがいの割合が高い傾向がみられる。図9の陰性運動条件反射では、1969年の方が1979年よりも小学1年生から4年生の間、まちがいの割合が高い。しかしながら、この割合を加齢との関係でみると、1969年では加齢とともに減少の傾向がみられるのに、1979年ではそれがいずれの年令でも30%前後で停滞の傾向がみられる。

図10、図11は逆転分化実験でのまちがいの割合を示したものである。図10の陽性運動条件反射でのまちがいの割合は、1969年と1979年の間で差異がみられなかった。図11の陰性運動条件反射でのまちがいの割合をみると、分化実験での結果と同様に、1969年の方が1979年よりも幼児から小学5年生まで20%前後高い。しかしながら、この割合を加齢との関係でみると、1969年では分化実験での結果と同様に加齢とともに減少の傾向がみられるのに、1979年では小学5年生から増加の傾向がみられる。

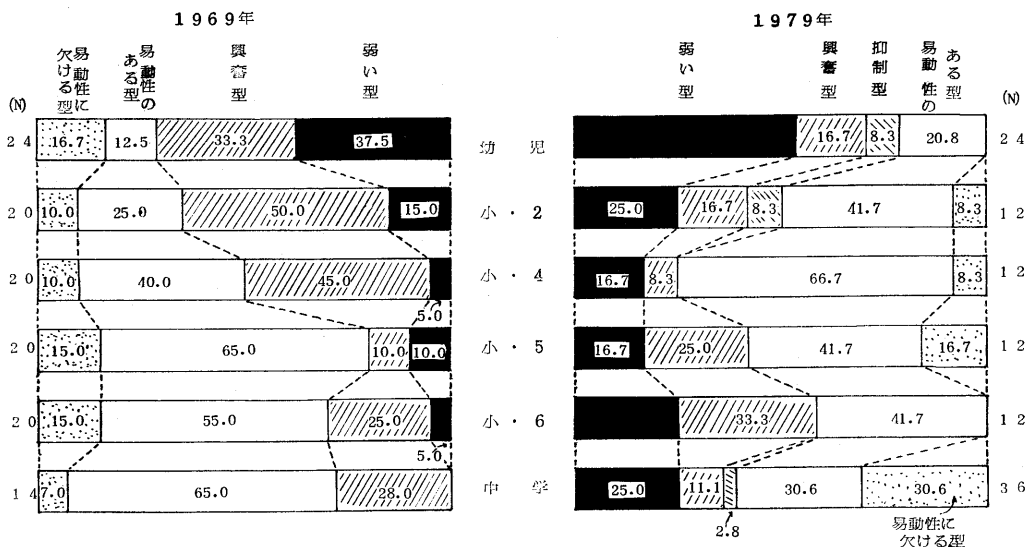


図7 各型の10年の変化 (%)

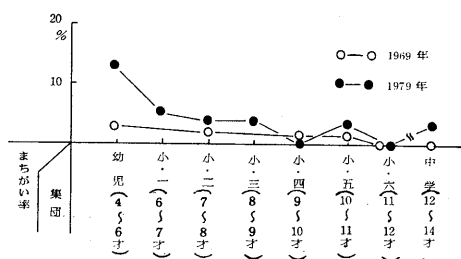


図8 分化実験における陽性条件反射のまちがいの割合

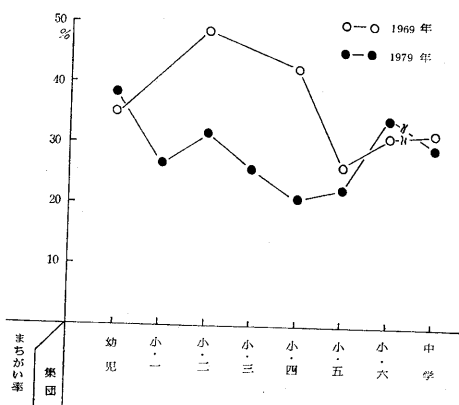


図9 分化実験における陰性条件反射のまちがいの割合

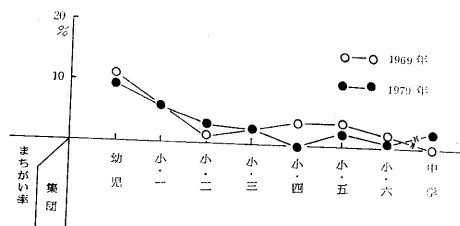


図10 逆転分化実験における陽性条件反射のまちがいの割合

IV. 考 察

1. 1969年と1979年の5つの型の出現率を比較したところ、1979年の方が弱い型や抑制の優位な型が増加し、逆に興奮の優位な型が減少していた。これらの型の出現率の変化のなかで弱い型の増加がとくに注目される。

弱い型とは、パプロフによると型を構成する神経系の強さ、平衡性、易動性という3つの特性のなかで、強さの特性についての「弱さ」か

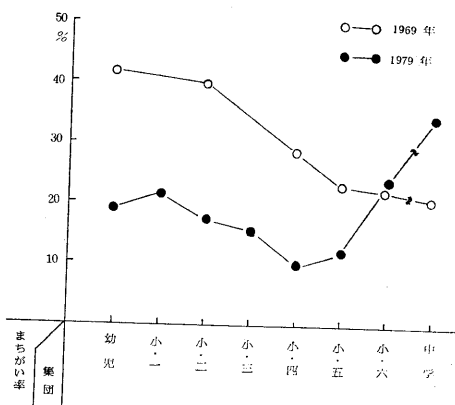


図11 逆転分化実験における陰性条件反射のまちがいの割合

らくるものとされている⁸⁾。強さという特性は、「皮質細胞の活動能力または機能的持久力¹³⁾」あるいは「皮質の活性化と強く関係した脳幹の上行網様体賦活系の活動準位(覚醒水準)¹⁴⁾」をみる指標とされている。それ故、この特性は、神経系の型を構成する3つの特性のなかで、最も基本(標準)的な特性といわれている^{8), 18)}。

このような強さの特性のもっている意味から、1979年に弱い型が増加しているということは、最近の子どもたちの大脳活動のなかで、とくに皮質の活動能力や機能的持久力の低下が起こっていることを示唆しているものと考えられる。皮質の活動能力や機能的持久力の低下という問題は、最近目立つからだの「おかしさ」についての実感調査での「保育(授業)時間中ボー」、「朝からあくび^{2), 3)}」という項目や、機能検査での閉眼接指の合格率⁴⁾、フリッカー値の低下といった問題⁵⁾と、何らかの関連があるものと考えられる。また、強さの特性と「注意力」と関連があるという最近の知見^{10), 17)}からみて、子どもたちのなかで「注意力」や「集中維持」が低下してきているのではないかと予想される。

2. 型の出現率の変化を加齢との関係でみたところ、1969年では加齢とともにその出現率が増加、あるいは減少の傾向がみられた。ところが、1979年ではほとんどの型の出現率が小学4年、5年生のところをピークとした逆U

字型の変化を描いている傾向がみられた。

1969 年での型の出現率と加令との関係は、かつて 1930 年にソビエトの 7 才から 17 才までの子どもたちについて調査を行ったロバーチュとシャピロの結果¹⁵⁾と同様であった。

しかるに、なぜ 1979 年では異なったのであろうか。かつてパプロフは、型というものは遺伝型 (geno-type) と表現型 (pheno-type) との合金であり、しかもそれが高度の可塑性をもつものであると、型の分布の変化の原因を考えるうえで重要な提案をしている^{8), 18)}。つまり、型が生まれつきもってきたものに、その個体として生存の全期間を通じて生体にいまも作用しつづけている諸影響 (ひろい意味の養育や教育) や、主体のそれらに対する行動や行為によって形成されていくものと考え、この 10 年の間にこれら諸刺激の量や質、そしてそれらに対する子どもの側の働きかけに大きな変化が生じてきたのであろう。そのために、この 10 年の間に型の分布が大きくことなってきたものと考えられる。

3. ところで、今日の子どもの型の出現率がなぜ小学 4 年、5 年生のところをピークとした逆 U 字型の変化を描いたのであろうか。この点を検討するために、両神経過程の平衡性をみる分化実験、および易動性をみる逆転分化実験での陽性、陰性運動条件反射のまちがいの割合と加令との関係をみた。陽性運動条件反射のまちがいの割合は、分化実験で 1979 年の方が 1969 年よりも幾分高い傾向がみられ、逆転分化実験では、両年の間に差異がみられなかった。陰性運動条件反射のまちがいの割合は、分化および逆転分化実験とも 1969 年の方が高い傾向がみられた。しかしながら、この割合を加令との関係でみたところ、1969 年では減少の傾向が、1979 年では停滞あるいは増加の傾向がみられた。

このような結果から、1969 年の場合、はじめ神経系の興奮過程が相対的に強く、そのためまちがいの多かったのが、加令とともに抑制過程も強くなり、平衡性がとれ、しかも易動性が

獲得、形成されていくような諸刺激や生活が子どもたちのなかにあったものと考えられる。ところが、1979 年の場合、まちがいの割合が 1969 年のように加令とともに減少しないで、停滞あるいは増加しているところから、加令とともに神経系の働きそのものが強く、平衡性そして易動性が獲得、形成されていくような諸刺激や生活が不十分なものとなっていることが考えられる。そして、とくに小学 4 年、5 年生のところで型の出現率がピークとなっている点を考えてみると、幼児期から神経系の働きそのものを強くしていくことが必要と考えられる。というのは、考察の 1 でものべたように神経系の強さという特性は、型を構成する 3 つの特性のなかで、最も基本的な特性といわれているからである^{8), 18)}。そしてこの強さが十分にあってはじめて、両神経過程の平衡性や易動性が獲得、形成されていくと考えられるからである。つまり、神経系の強さそのものを、幼児期から十分に強固にしておくことが、発達の 1 つの節である小学 4 年、5 年生のところを突破していくことにつながっていくのではないかと考えられる。

4. 最後に今後の課題をのべたい。これまでみてきた結果とその考察は、1969 年と 1979 年での調査を行った地域のちがいを考慮に入れないうてみてきたものであった。今後、1969 年と同一の地域で再調査を行ってみる必要があろう。また型の形成が子どもたちの家庭、地域そして学校といった生活との深い係りが予想される。それ故、型と子どもたちの生活との関連や、子ども自身の生育史との関連についても明らかにしていく必要があろう。

V. 要 約

子どもの大脳活動の変化を明らかにする基礎作業として、パプロフ理論に基づき人間の高次神経活動の型を決定し、10 年間の型分布の変化を明らかにすることを目的とした。

そのために、ルリヤらが行なった先行言語指示法による把握運動条件反射の実験を①形成、

②分化, ③逆転分化の3系列について行った。被験者は1969年では幼児から中学生までの118名であり, 1979年では同じく132名であった。

その結果

1) この10年間に弱い型や抑制の優位な型の出現率が増加し, 逆に興奮の優位な型が減少していた。

2) 型の出現率と加齢との関係をみたところ, 10年前には加齢とともにその出現率が増加あるいは減少といった傾向がみられ, 10年後には小学4年, 5年生をピークとした逆U字型の分布がみられた。

3) これら型の分布の変化は, 環境や子どもたち自身の活動の変化によるものであろうことが予想された。

本研究の調査に御協力下さった現場の先生, 子どもたちに感謝いたします。

(本研究は昭和54年度文部省科研費による研究の一部である。)

参考文献

- 1) 正木健雄, 村本和世, 熨斗謙一, 阿部茂明: 日本の子どものからだの研究 (その1) 経過と方法論, 日本体育学会第30回大会号, 451, 1979.
- 2) 日本体育大学体育研究所: 体育研究所資料 A-5, 1978.
- 3) 阿部茂明, 正木健雄, 熨斗謙一, 村本和世: 日本の子どものからだの研究 (その7) 乳幼児のからだについての実感と「事実」の調査, 日本体育学会第31回大会号, 507, 1980.
- 4) 村本和世, 正木健雄, 熨斗謙一, 阿部茂明: 同上 (その8) 閉眼接指テストからみて, 日本体育学会第31回大会号, 508, 1980.
- 5) 熨斗謙一, 村本和世, 阿部茂明, 正木健雄, 西條修光, 水野真佐夫: 同上 (その4) フリッカ一値の加齢的推移について, 日本体育学会第30回大会号, 454, 1979.
- 6) 正木健雄: 狩野式運動能発達検査法における運動能指数の検討, 体育学研究, 9, 1, 13, 1964.
- 7) 円田善英: 運動と頭脳明晰度との関係 (1) 運動中のフリッカー融合閾値の変動, 日本体育大学紀要, 2, 19~28, 1972.
- 8) コシトヤンツ編: 「パブロフ選集 (上)」蒼樹社, 1955.
- 9) ルリヤ: 「精神薄弱児」, 三一書房, 1971.
- 10) ルボウスキー, ペプズネル: 「精神薄弱児の発達過程」, 三一書房, 1971.
- 11) 西條修光: 3才児における運動条件反射の形成について, 日本体育大学紀要, 2, 29-38, 1972.
- 12) 正木健雄, 森山剛一: 人間の高度神経活動の型に関する研究, 東京理科大学紀要 (教養編), 4, 69-81, 1971.
- 13) Teplov, B. M.: Typological properties of the nervous system and their psychological manifestation, *Resent Soviet Psychology*, 21-51, Pergamon Press, 1961.
- 14) Strelau, J.: Temperament as an expression of energy level and temporal features of behavior, *Polish Psychological Bulletin*, 5, 119-127, 1974.
- 15) コロブコフ: 「0才から100才までの身体づくり」, 講談社, 1968.
- 16) Rozhdestvenskaya, V. I., et al.: Attentions in functional state as affected by different kind of activity and strength of the nervous system, *Biological Bases of Individual Behavior* (eds: Nebylitsyn, V. D. & Gray, J. A.) 291-309 Academic Press, 1972.
- 17) Yermolayeva-Tomina, L. B.: Concentration of attention and strength of the nervous system, *Pavlov's Typology* (eds: Gray, J. A.), 446-464, Pergamon Press, 1964.
- 18) Teplov, B. M.: Problems in the study of general type of higher nervous activity in man and animals, *Pavlov's Typology* (eds: Gray, J. A.), 3-153, Pergamon Press, 1964.