

発声・発語訓練過程における フィードバックと転移（第Ⅱ報告）^(※)

安部保子

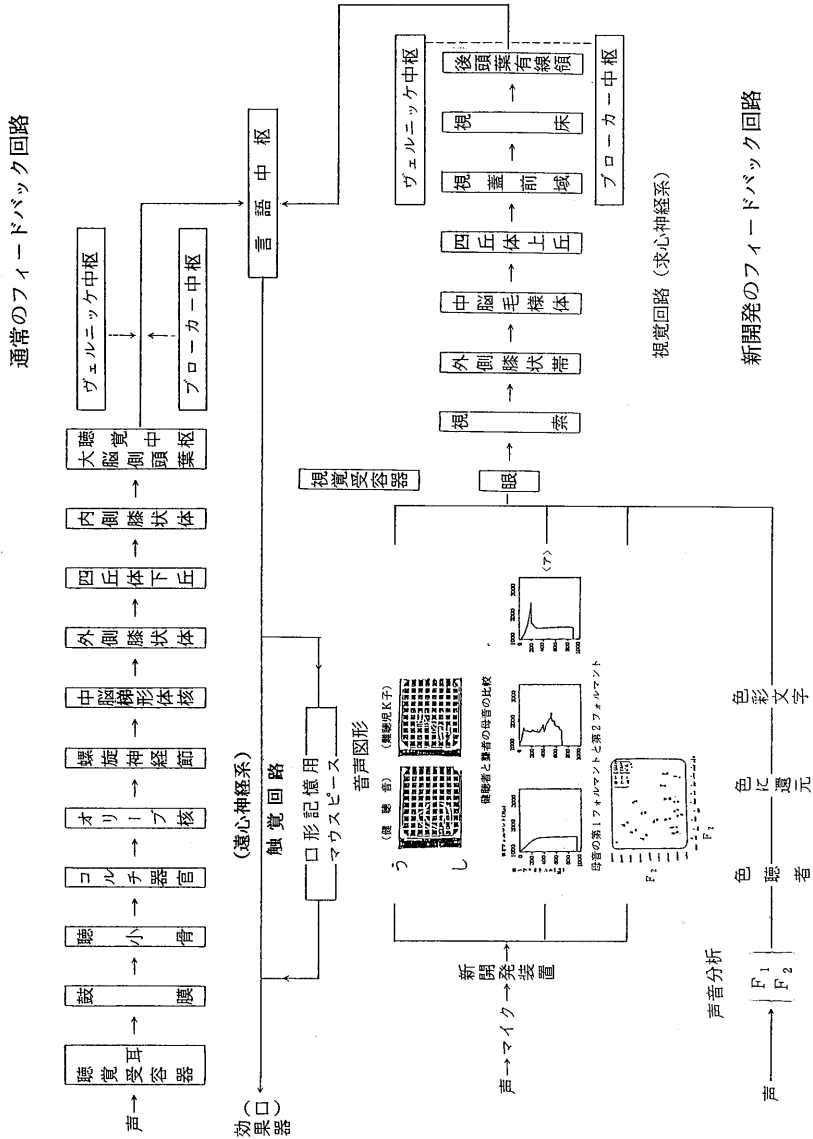
【はじめに】

最近の体育技術や体育的研究にはフィードバックの理論を無視することはできない。本研究は前回報告^{1) 2)}にひき続き言葉の訓練を通してフィードバックの研究をするものである。

普通言葉の訓練は、聴受容器すなわち耳で声を聞き修正する。具体的には口から出た声（言葉）である空気振動を聴受容器内の鼓膜で捕え、槌・砧・鎧という聴小骨を経たエネルギーは内耳に伝えられ、基底膜を上下に振動させることによりコルチ器管が振動し、その上にある被蓋膜にコルチ器管の有毛細胞が触れることにより脱分極をおこし、そのパルスは上位ニューロンに伝達される。これがいわゆる第8神経であってそのエネルギーはオリブ核を通り螺旋神経節・中脳の梯形体核・外側絨帯・四丘体下丘・内側膝状体さらに大脳の側頭葉にある聴覚中枢まで伝達され、ヴェルニッケ中枢(Wernicke's Area)・ブローカー中枢(Broca's Area)とのかかわりで意味がわかる。つまりこれが求心神経である。この過程で間違いが確認されれば言語中枢に伝達され、さらに遠心神経すなわちエフェレンツを通して効果器つまり口へ伝えられ発音の違いを矯正し、正しい発音をすることが一般的な聴覚を通しての回路(Channel)である。しかし聴覚障害者には聴覚回路を利用したの矯正は不可能であり、他の手段を利用して矯正することが必要である。本研究はフィードバックの研究をするために今回は聴覚障害者のための回路つま

※) 本研究内容の1部は昭和62年度、日本体育学会第38回大会（大会号論文集p157・158）において共同発表したものである。

第1図 通常フィードバック回路と新開発したフィードバック回路



り本研究で開発した周波数 (Frequency) 成分と音強度 (Intensity) 成分分析器 (F-I 分析器)、第1フォルマントの音強度 (IF_1) と第2フォルマントの音強度 (IF_2) 分析器を通してブラウン管に声音を図形化し、合理的波形に修正することによって発音・息使いを矯正することを検討した。この手法は図形を視覚的に確認し、その図形を網膜に投影し、視細胞より視神経に伝達され視神経交叉をし視索・外側膝状体・中脳の毛様体・視蓋前域・視床・視覚野を通り後頭葉の有線領の鳥距溝すなわちブロードマン (Brodmann) の脳地図でいうと第17野相当領に達し、その後ヴェルニッケ中枢やブローカー中枢とかかわり図形の認知ができ、言語中枢に伝達される。これがいわゆる求心神経でその後効果器つまり口へ遠心神経を通して情報が伝達され「ア」・「エ」等の発音ができるのである(第1図)。いずれもブラウン管上に表出される種々なる図形の視覚的認知を手がかりに矯正する方法であったが、今回は声をもとにして声音分析し、色聴保有者にその音を聞かせ、その音を色に還元し、その色をもとに色彩文字を作りその色彩の視覚的認知をもとにしたフィードバック回路を検討する。本研究は母音に対する色彩を作るのに色聴現象を利用する。そして色彩を使い言葉を矯正する可能性について検討することを目的とする。Synesthesia つまり共感覚の利用ができないかということを考える。

刺激が感覚の一受容系に与えられたとき、直接その当該感覚系に本来的に属する反応以外の別の系統に属するはずの感性反応を同時に引き起す現象を共感覚と呼ぶがその中でももっとも代表的な現象が色聴 (Colour Hearing) である。すなわちそれは音刺激によって、聴受容器が刺激されたとき、その本来的反応である聴覚以外に色彩や光などが視覚的に感じられる現象である。つまり音を聞いた時、色が見えるという現象であり幼児や児童は楽音等を聞いた時、種々なる色彩を感じる者はめずらしくなく、幼児の場合色彩を感じる者は全体の3割から5割といわれる。これがいわゆる色聴と呼ばれる現象である。

【色聴現象の歴史的概観】

1. Mary Collins³⁾の研究

1929年 Mary Collins は被験者(女性)の協力を得て感覚諸分野に色彩との関係があるか否かの研究を行った。

① 味覚と色彩との関係

甘さはピンク・酸っぱさは緑色・塩からさは青色・にがさはアニリン赤・カレーの味は黄色であるとした。

② 嗅覚と色彩との関係

強刺激臭はアニリン赤・腐敗臭・不快な臭いは褐色・ラベンダーの匂いは青ざめたわらの黄色・オーデコロン匂いは緑色・ペパーミントの匂いは白・ヨウ素の臭いは青味がかったくらい緑色・石灰酸の臭いは輝くような黄色・バラの匂いは黒であるとした。

③ 皮膚感覚と色彩との関係

a) 温度感覚

寒さは白色・暑さは赤色・普通の温度は黄色であるとした。

b) 痛みの感覚

歯痛は緑色である。

④ 有機感覚と色彩との関係

飢えは緑色・渇きは色を持たず水のイメージである。

⑤ 運動感覚と色彩との関係

舞踏のポーズに色彩感覚が生じ、またその視覚的イメージにも色彩感覚が生じる。恐怖のポーズは黒・絶望のポーズは褐色・祈りのポーズは青色・高く跳ぶ動作は白色であるが視覚的イメージより運動感覚であり、これはその線と筋肉からの感覚によって生じるものであるとしている。

2. Charles S. Myers⁴⁾の研究

1911年 Charles S. Myers は被験者 A (男性・30歳)の協力で、単音や和音の音刺激と色聴との関係に関する実験的研究を行っている。

① 単音提示の条件

(数字は毎秒の振動数を示し、括弧内の記号は、おおよその楽音記号をあてはめている。)

800 (a[#]b) — ベルの感じを与える。視覚心象なし。明るい青色。愉快な音。

1200 (e^mb) —バイオリンの高い音。白い銀灰色。あまり愉快的音ではない。

500 (c^o) —鐘 (gong) を連想。バラ色から褐色へと変化。

300 (e^b) —チャペルのベル。濃く豊かな褐色から朱色に変わる。心地よい音。

900 (a[#]) —青い音。明るい青色。楽しい感じ。

700 (f^o) —ピンクのガラスの finger bowl。

② 三音またはそれ以上の音刺激が同時に提示される条件

300・500・600の音刺激→紫色。

400・600・800の音刺激→褐色とにぶい青色。

600・800・1000・1200の音刺激→はっきりしたピンク。

300・800・1000・1200の音刺激→非常にはっきりした赤。

3. George J. Dudycha⁵⁾ と Martha M. Dudycha⁶⁾ の研究

1935年 George J. Dudycha と Martha M. Dudycha は苦痛と色聴について以下のことを明らかにした。

① 鋭い一時的痛み

痛みのある場所が、明るい赤色の針のような形に見える。

② 鋭く長びく痛み

端の方がより明るく輝いた青色のいなずまの形に見える。

③ 鋭い震える痛み

褐色がかった紫色で、球状のインクびんのように見える。

④ かなり鋭い腹部の痛み

赤みがかった黄橙色で、たつまきや水のうずまきの形。これは月経の痛みを伴う場合にとくに表われる。

⑤ 腹部の刺すような痛み

刺す痛みが腹部にある時は第2図に示されている線に見える。その線はいなずまに似ている。上半分は白。下半分は青である。月経の痛みの場合は上半分だけで白いこの縦の線は痛い場所に向かっていく。

⑥ けいれん痛

けいれんは「痛み (pain) というより、痛い (ache) という方に近い鋭い痛み」で灰色である。

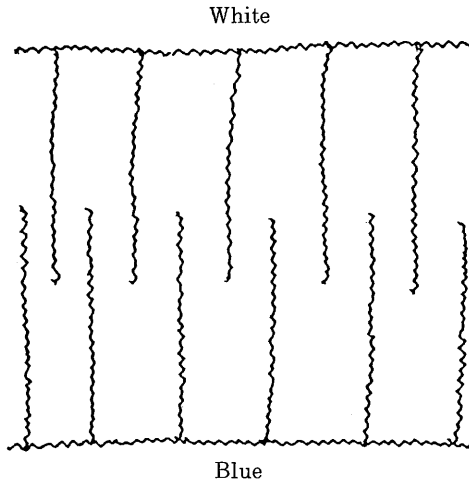
⑦ しびれ

白い輝いたあわに見える。

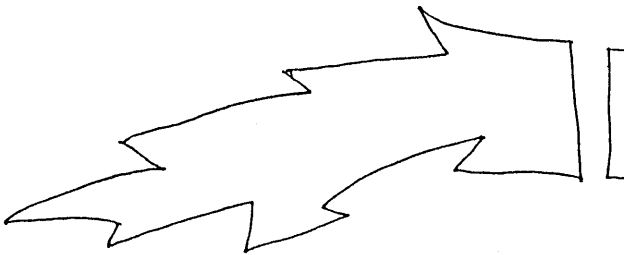
⑧ 頭痛

暗い青い矢の穂先に見える(第3図参照)。

第2図 腹部の刺すような痛み



第3図 頭痛



4. Lorrin A. Riggs⁷⁾ と Theodre Karwoski⁸⁾ の研究

1934年 Lorrin A. Riggs と Theodre Karwoski は共感覚についての理論的研究を確立するため、事例の少ない子供時代の共感覚についての実験的研究の重要性に着目し、被験者M（7歳6ヶ月・女兒）の協力を得て実験を行った結果、音の高さに対応して色調が決定されるという。低い音は明度が低く、高い音は明度が高い、複雑な音になるほど暗い色を示す。

その他共感覚については1929年 Herbert Sedney Langfeld⁹⁾、1936年内藤耕次郎、1950年 Schles P. A.、1971年雫石礼子等の卓越した研究がある。

【目的】

本研究は前回にひきつづき発声訓練過程に色聴現象を利用して学習効果を高める方法を検討しあわせて本研究で明らかにした訓練方法相互間に転移効果が認められるか否かを研究するものである。

「ア」の声音が「ア」と聞えるためにはかならず必要な音響成分があり、これをフォルマント (Formant) すなわち形成音と呼び、そのうち重要なものは第1フォルマントと第2フォルマントであることはすでに前回報告している。このフォルマント周波数と色彩明度との関係を明らかにすることも本研究の目的の一つである。

聴覚的手段が有効でない聾児・難聴児の発声訓練には視覚的手段に頼らなければならない。声音のフォルマント周波数と色彩明度との対応が明らかになれば、この法則で発声訓練過程に色彩を利用して、学習効果をあげることが期待できるはずである。

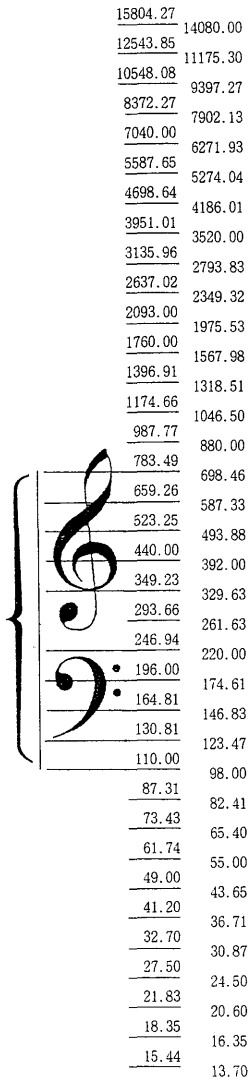
盲児に対して「点字」が有効なように聾児・難聴児に色彩文字があってもよいと考えられる。

普通文字 (すみ字) は視覚を通して認知するものであるが現用中の文字の形には共通性がない (すなわちア、カ、サ、タ、ナ、ハ、マは形態的には類似性がない)。しかし文字そのものの類似性はないが音声的にはいずれも母音部が「アー (ア)」・「カー (ア)」・「サー (ア)」となり発音に共通性がある。従って共通的な色彩や形を利用すれば、ある文字の発音たとえば「ター (ア)」が出来れば「ナー (ア)」もできやすいと考えられる。さらに子音部の時間的長さにも特徴があり、たとえばカ=42ms・タ=13ms・パ=10ms・ガ=113ms・ダ=94ms・バ=110msである。これらも必然的に「色彩文字」の形成に特徴づけられるものと考えられる。母音や子音の声音を性格づけるフォルマント周波数がそれぞれ特定の色彩明度に対応するものであれば、特定の明度を有する色彩文字で発声のための文字を作ることができるはずである。そのためには色聴保有者が種々なる高さの楽音 (本研究ではピアノの音) を聞いた時、どんな色が見えるかまたそれらに共通性があるかについての問題、さらに楽音の周波数の変化と色彩明度との関係を検討する。

【被験者】

小学校2年生から5年生までの児童13名。これらの被験者はあらかじめ行った予備質問において色聴の経験があると答えた児童である。

第5図 楽譜と周波数



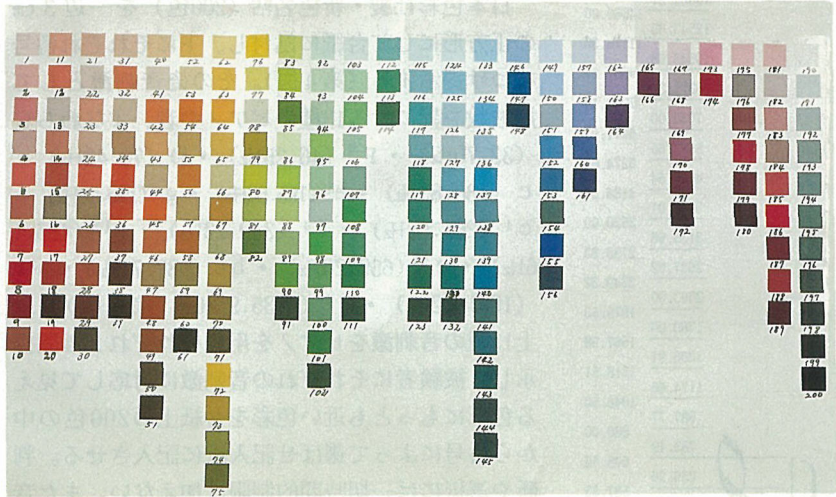
平均率演奏会調

(a' = 440.00Hz)

【手続き・方法】

日本色彩社製・新色名帖（200色）を一辺 3 cm の正方形にして台紙に貼付し、下にそれぞれ番号をつけ提示する（第4図）。その後音刺激として周波数を異にする13種のピアノの音、すなわちC（32.70Hz）・F₁[#]（46.25Hz）・D（73.42Hz）・c（130.81Hz）・e^b（155.56Hz）・g（196.00Hz）・c¹（261.63Hz）・f¹（349.23Hz）・a¹[#]（466.16Hz）・e²（659.26Hz）・b²（987.77Hz）・a³^b（1661.22Hz）・g⁴（3135.96Hz）（第5図）。以上13種の音刺激をピアノを用いそれぞれ2秒間提示し、被験者にそれぞれの音刺激に対応して見える色彩にもっとも近い色彩を台紙上の200色の中から番号によって選ばせ記入紙に記入させる。判断や選択には一切時間的制限は加えない。また音刺激の提示順序は最初低い周波数から高い周波数へ順次提示。すなわち上昇系列で行う。次にアットランダムに13音提示。最後に高い音刺激から低い音刺激に順次提示。すなわち下降系列で提示する。

第4図 提示200色



第6図 結果

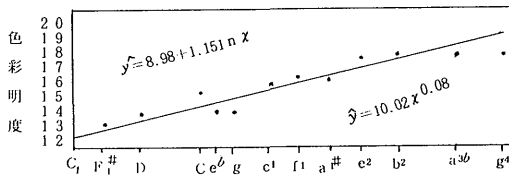


第6図被験者各自が選んだ色彩を三列で表示している。左側は上昇系列、中央の列はアットランダム、右側は下降系列で実験を行った結果である。また右側の数字は色紙の色彩の平均明度を表わす。左側の記号は音刺激の音名を表わしている。この図で明らかなように、音刺激の周波数が高くなるにつれて、それに対応する色彩明度が明るくなっている。しかも各被験者の結果には共通の結果が認められる。上記の結果を表にしたものが第1表である。またグラフに横軸周波数・縦軸音名で図示したものが第7図である。

第1表 音刺激周波数（音名）と色彩明度との関係

音名	g ⁴	a ^{3b}	b ²	e ²	a [#]	f ¹	c ¹	g	e ^b	C	D	F [#]	C ₁
周波数	$\frac{96}{3135}$	$\frac{22}{1661}$	$\frac{77}{987}$	$\frac{26}{659}$	$\frac{16}{466}$	$\frac{23}{349}$	$\frac{63}{261}$	$\frac{00}{196}$	$\frac{56}{155}$	$\frac{81}{130}$	$\frac{42}{73}$	$\frac{25}{46}$	$\frac{70}{32}$
色彩明度	17.4	17.3	17.3	17.1	16.1	16.2	15.5	14.5	14.5	15.1	14.1	13.2	12.4

第7図 第1表のデータ対図示



上記データ対を対数曲線で回帰させると

$$y = 8.98 + 1.15 \ln x \text{ となる}$$

(但し x = 周波数, y = 色彩明度である)

(註) 回帰式は $y = a + b \ln x$

$$a = \frac{1}{n} (\sum y_i - b \sum \ln x_i) = 8.98$$

$$b = \frac{\sum y_i \ln x_i - \frac{1}{n} \sum \ln x_i \sum y_i}{\sum (\ln x_i)^2 - \frac{1}{n} (\sum \ln x_i)^2} = 1.15$$

$$\text{決定係数 } r^2 = \frac{[\sum y_i \ln x_i - \frac{1}{n} \sum \ln x_i \sum y_i]^2}{[\sum (\ln x_i)^2 - \frac{1}{n} (\sum \ln x_i)^2] [\sum y_i^2 - \frac{1}{n} (\sum y_i)^2]} = 0.92$$

またデータ対をべき(冪)乗回帰を用いて回帰させると

$$y = 10.02 x^{0.08} \text{ となり}$$

(x = 周波数, y = 色彩明度である)

指数回帰計算に帰着させると

$$\ln y = 0.08 \ln x + \ln 10.02 \text{となる。}$$

(註) $y = ax^b$, $\ln y = b \ln x + \ln a$

$$a = \exp \left[\frac{\sum \ln y_i}{n} - b \frac{\sum \ln x_i}{n} \right] = 10.02$$

$$b = \frac{\sum (\ln x_i) (\ln y_i) - \frac{(\sum \ln x_i) (\sum \ln y_i)}{n}}{\sum (\ln x_i)^2 - \frac{(\sum \ln x_i)^2}{n}} = 0.08$$

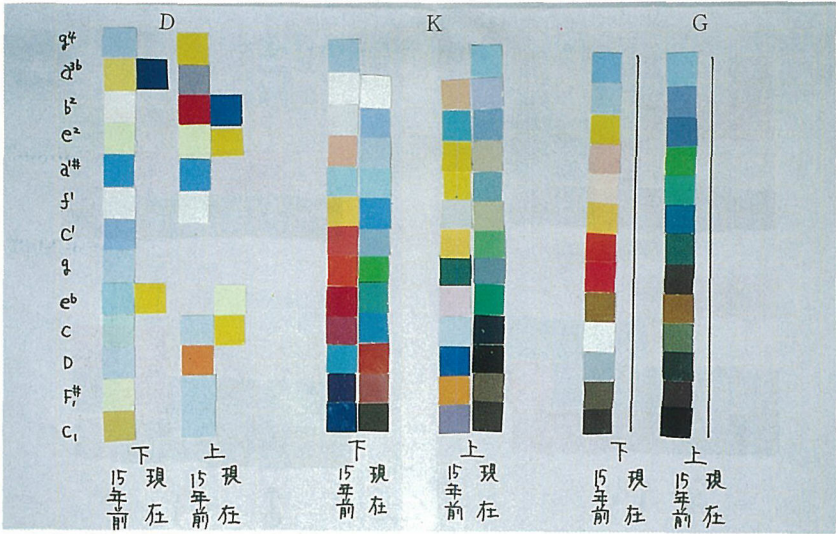
$$\text{決定係数 } r^2 = \frac{\left[\sum (\ln x_i) (\ln y_i) - \frac{(\sum \ln x_i) (\sum \ln y_i)}{n} \right]^2}{\left[\sum (\ln x_i)^2 - \frac{(\sum \ln x_i)^2}{n} \right] \left[\sum (\ln y_i)^2 - \frac{(\sum \ln y_i)^2}{n} \right]} = 0.90 \text{ となる。}$$

第8図は15年後にも同様な結果の色聴現象が見られるか否かの実験を行った結果である。15年後にも被験者DおよびKは全く同一の色紙を選んだことは驚くべき結果である。また被験者Gは色聴現象が消えている。

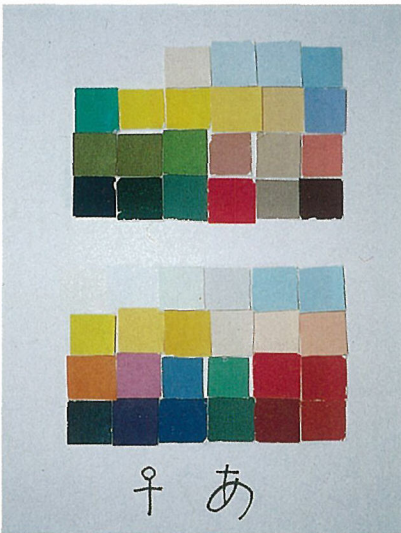
【展望】

以上の結果を基礎に考えた色彩文字は、男声「ア」(第9図)・女声「ア」(第10図)・男声「イ」(第11図)・女声「イ」(第12図)・男声「ウ」(第13図)・女声「ウ」(第14図)・男声「エ」(第15図)・女声「エ」(第16図)・男声「オ」(第17図)・女声「オ」(第18図)である。これは「ア」等の色彩文字を作成するための材料で、現在実験中である。これ等の材料だけでも、男声「ア」は「ア」として視覚的に認知される確率が高く、($\chi_0^2 = 13.67$, $P < .01$)。また女声「ア」($\chi_0^2 = 22.67$, $P < .001$)と女声「オ」($\chi_0^2 = 12.67$, $P < .02$)にも有意差が認められた。その他の色彩文字については、顕著な結果は認められなかった。今後これらの色彩の配列方法を再構成するか、混色機を用い、単色にして提示するともっと効果的な結果が得られるのではないと思われる。又以上の色彩文字の作成の過程において実験の結果のある条件では、特定の色彩文字(たとえば「ウ」)を作成してそれを提示した時、それとは別の認知(たとえば「エ」)が起る。これはいわゆるヒステリシス(hystersis)現象で電気通信工学などでは有名な理論であり、往路と復路が異なる現象である。本研究においてもこのヒステリシス現象が認められるようである。また体育実技(競技)の中でも多く確認されており今後経路の変化によって力が異なる現象についても検討したい。

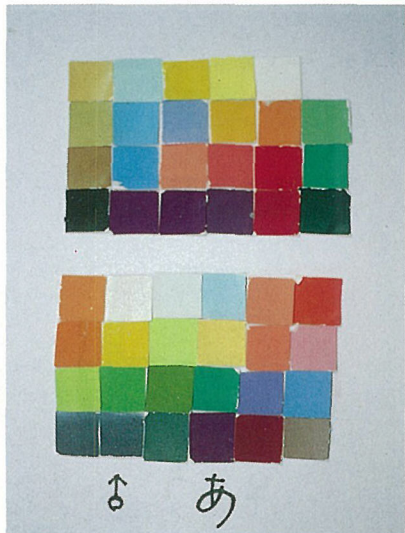
第8図 15年後の結果



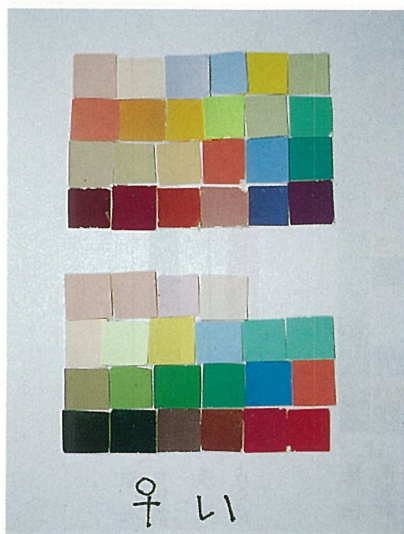
第9図 女声「あ」の色彩文字



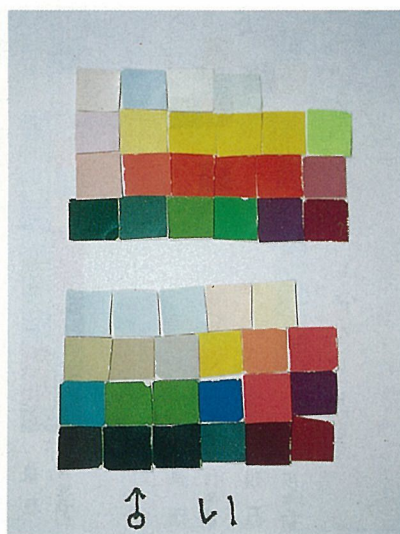
第10図 男声「あ」の色彩文字



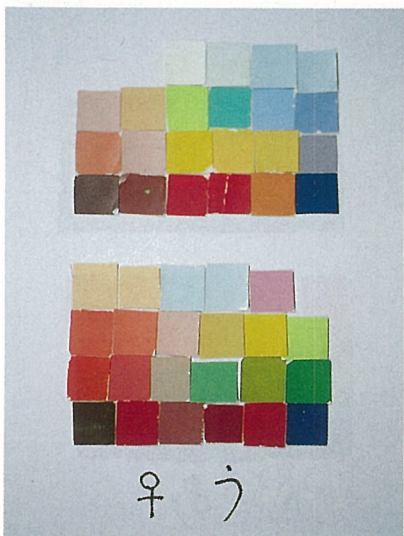
第11図 女声「い」の色彩文字



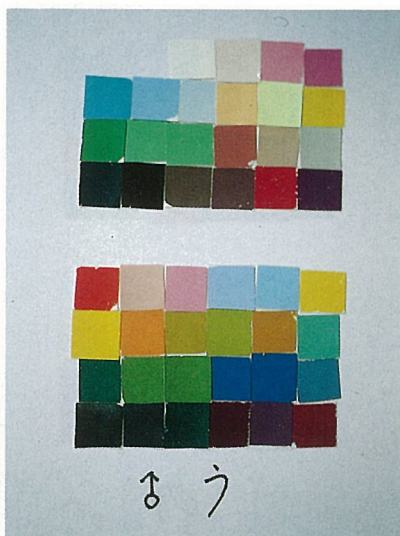
第12図 男声「い」の色彩文字



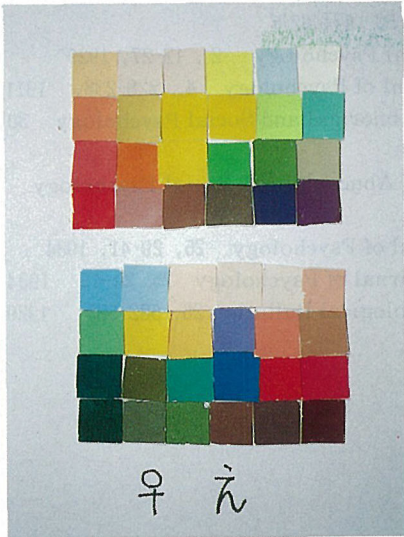
第13図 女声「う」の色彩文字



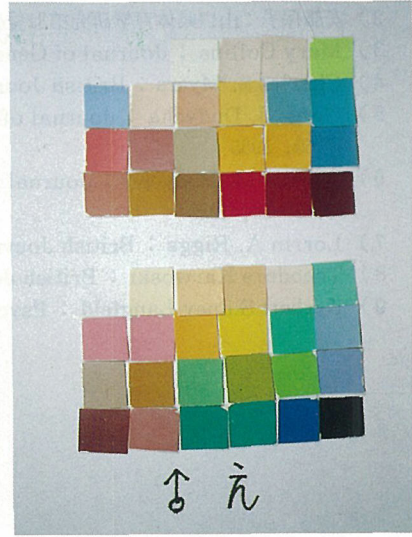
第14図 男声「う」の色彩文字



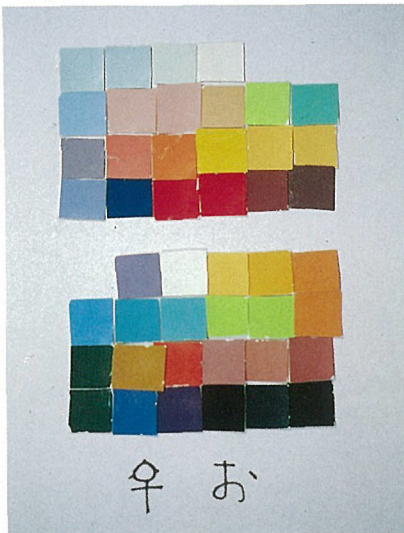
第15図 女声「え」の色彩文字



第16図 男声「え」の色彩文字



第17図 女声「お」の色彩文字



第18図 男声「お」の色彩文字



参考文献

- 1) 安部保子：梅光女学院大学論集第19号29-43 昭和61年
- 2) 安部保子：山口県体育学研究第31号45-50 昭和62年
- 3) Mary Collins : Journal of General Psychology 2, 12-27, 1929
- 4) Charles S. Myers : British Journal of Psychology 4, 228-238, 1911
- 5) Gerge J. Dudycha : Journal of Abnormal and Social Psychology 30, 57-69, 1935
- 6) Martha M. Dudycha : Journal of Abnormal and Social Psychology 30, 57-69, 1935
- 7) Lorrin A. Riggs : British Journal of Psychology 25, 29-41, 1934
- 8) Theodore Karwoski : British Journal of Psychology 25, 29-41, 1934
- 9) Herbert Sidney Langfeld : Psychological Bullutin 26, 582-585, 1929