



Title	発声・発語に関する実験的研究()
Author(s)	重永, 幸男
Citation	長崎大学教育学部教育科学研究報告, 50, pp.77-92; 1996
Issue Date	1996-03-21
URL	http://hdl.handle.net/10069/30950
Right	

This document is downloaded at: 2020-10-26T19:22:36Z

〈 遺 稿 〉

発声・発語に関する実験的研究 (Ⅱ)

重 永 幸 男

Experimental Studies in Utterance
and Pronunciation (Ⅱ)

Sachio SHIGENAGA

三 第1実験 健聴者と聾者の母音の比較

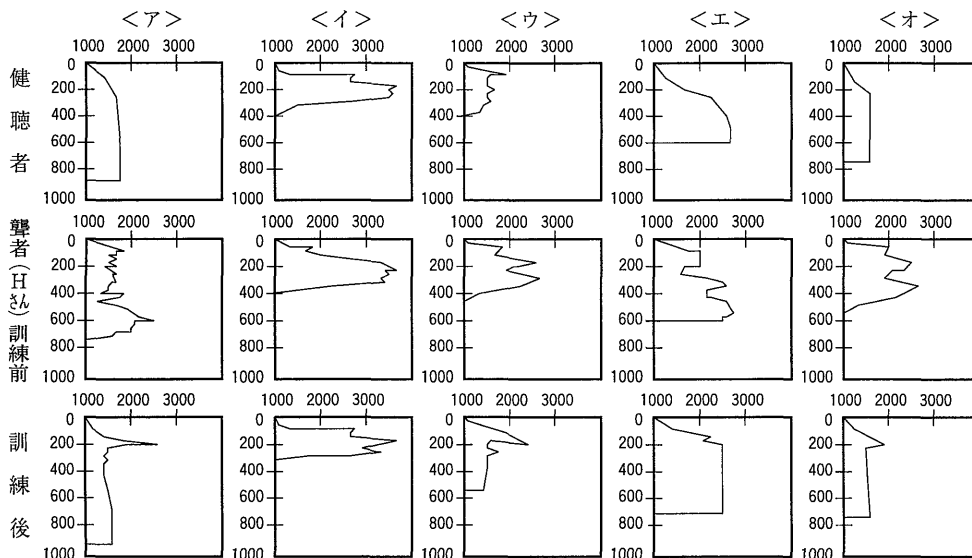
目 的

本研究は、声音の中から特定の周波数成分を、バンドパスフィルターによって二帯域 ($F_1 = 210\text{Hz} \sim 1,198\text{Hz}$; $F_2 = 620\text{Hz} \sim 3,650\text{Hz}$) (これらを第1フォルマントおよび第2フォルマントとよび後述する。)を抽出し、それぞれブラウン管上X軸、Y軸上にその合成出力をスポット表示し、これが音声特性に対応して移動する軌跡を、視覚的に確認して、再三のフィードバックをかけることにより、合理的波形に修正し、その結果、発音・息使いを矯正せんとするものである。

結 果

図15に示す健聴者と聾者の母音の比較から明らかなように聾者の波形はかなり凹凸が多い。これは息使いに問題がある。また視覚的フィードバックの手法による効果もあらわれ、訓練後の波形は健聴者のそれにかかなり近くなっている。

図15 健聴者と聾者の母音の比較



四 第1実験 色調と母音性

色聴現象に関する研究も古くは1911年 Charles Myers, 1929年には Herbert Sidney Langfeld, 同年 Mery Collins, 1934年には Lorrin Riggs および Theodora Karwoski, 1935年には George Dudycha, および Matha Dudycha, 1936年には内藤耕次郎, さらに1950年には Schles P.A.らの卓越した研究がある。

目的

本研究は、発声訓練過程に色聴現象を利用して学習効果を高める手法を検討し、あわせて本研究で明らかにした訓練方法相互間に転位効果が認められるか否かを研究する。

聴覚的手段が有効でない聾児の発声訓練にはどうしても視覚的手段に頼らなければならない面が多く、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、この法則を利用して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。

「ア」の声音が「ア」と聞こえるためには、かならず必要な音響成分（これをフォルマント、すなわち形成音と呼び、そのうちとくに重要なものは第1フォルマントと第2フォルマントである。）があるが、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が本研究の目的である。

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はない（すなわちア・カ・サ・タ・ナ・ハ・マ……は形態的には全く類似性がない）。しかし、音声的にはいずれも母音部が「ア」となり共通性がある。したが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」ができれば「ナ」もできやすいと考えられる。さらに声音の子音部にも特徴があり、（たとえば カ=42ms；タ=13ms；パ=10ms；ガ=113ms；ダ=94ms；バ=110ms）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で文字（発声のため）を作ることができる。

そのためには色聴保有者が種々なる高さの楽音（本研究の場合はピアノの音）を聞いた時、いかなる色彩をみるかの問題、またそれらに共通性があるかの問題、さらに音の周波数の変化と色彩明度との関係を検討しなければならない。

被験者

被験者は小学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な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。

手続き・方法

日本色彩社製新色名帖（200色）を一辺3cmの正方形にして台紙に貼付したもの（その各色紙の下部にそれぞれ番号がつけてある）を提示する。

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）、F[#]（45.83Hz）、D（73.42Hz）、c（130.81Hz）、e^b（158.40Hz）、g（196.00Hz）、C¹（261.63Hz）、f¹（349.23Hz）、a^{1#}（458.33Hz）、e²（659.26Hz）、b²（987.77Hz）、a^{3b}（1833.30Hz）、g⁴（3136.00Hz）、の各音刺激をピアノを用いて約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色の中から選ばせ番号を記入紙に記入さす。判断や選択に際して一切の時間的制限は加えない。

表 2

音 名	周波数(Hz)	平均 明 度
g ⁴	3,136.00	17.4
a ^{3b}	1,833.30	17.3
b ²	987.77	17.3
e ²	659.26	17.1
a ^{1#}	458.33	16.1
f ¹	349.23	16.2
c ¹	261.63	15.5
g	196.00	14.5
e ^b	158.40	14.5
c	130.81	15.1
D	73.42	14.1
F [#]	45.83	13.2
C ₁	32.70	12.4

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、次にアットランダムに13種を提示、最後に高い音刺激から低い音刺激に順次提示する。

結果

表2に示す通り、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。

第2実験 フォルマントと色彩

通常、発声の訓練や矯正は聴覚的回路、すなわちコルチ器官や中脳梯形体核を通る回路から遠心神経を通して効果器、すなわち口へ伝達される方法で行われる。しかし、この回路にはすでに既成枠が成立しているため研究が困難である。そのため既成枠をくずした他の回路を利用する方が検討しやすい。

本研究は、生来的に聴覚回路を欠損する聾者やそれに準ずる難聴者を被験者として行う実験系列も多い。聾者や難聴者は聴覚的回路が利用できないため、視覚を通しての回路、すなわち網膜、視索、中脳毛様体を通り、遠心神経を経て効果器すなわち口へ伝達されて矯正される手段、換言すれば通常のフィードバック回路とは全く異なった回路を利用するものである。

これまでの実験では、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したものや色彩を手がかりにした認知をもとにしたフィードバックを検討した。

目 的

声音の第1フォルマント (F₁) 周波数および第2フォルマント (F₂) 周波数に対応する色彩を聴者によって選定された色彩をもとに色彩文字を作成する。

手続きおよび方法

被験者；男女大学生各20名、計40名。

F₁周波数およびF₂周波数に対応する色紙を、F₁紙を下部に、F₂紙を上部に台紙上に貼付し作成した色彩文字を、男子には男声フォルマントをもとに作成した「あ」「い」「う」「え」および「お」の母音に対応する5枚の母音色彩文字を提示し、女子には同様、女声フォルマントに対応する5枚の母音色彩文字を提示し、色彩的感覚が声音的母音感覚と類似性があるか否か検討する。

表 3 男声母音のフォルマント周波数と近似する音

(周波数) (Hz)

フォルマント \ 母音	あ	い	う	え	お
F ₂	1 4 2 0 f ^{3#} (1397)	2 5 1 3 d ^{4#} (2489)	1 0 3 0 c ³ (1047)	1 8 2 5 a ^{3#} (1847)	1 0 2 5 c ³ (1047)
F ₁	7 1 1 f ² (698)	3 1 0 d [#] (311)	2 9 6 d ¹ (294)	4 3 8 a ¹ (440)	4 6 7 d ^{1#} (466)

結果

結果として得られた色彩文字のうち、男声「あ」の色彩を一例として示す。

表4 男声「あ」の色彩

F ₂	2Y7.5/6	4G8.5/2.5	5Y8/13.5	9Y9/7	N9.5	N9.5
	2Y6.5/5.5	10BG7.5/4.5	2P6.5/4.5	2Y8/14	4YR7/13	9GY6.5/5
	8YR5/6	5B7/6	7R7/10	1R5.5/11.5	4R4.5/14	4G5.5/10.5
	4GY2/1.5	6P2/8.5	6P2/8.5	6P3/6	1R4/14	4G3/4.5
F ₁	4YR7/13	N9.5	4G9.5/0.5	5BG8.5/2.5	7R7/10	10R5.5/14
	4YR6.5/14	5Y8/13.5	4GY8.5/7	2Y8.5/7.5	7R6.5/12	6RP7/8
	4GY8/10	9GY6.5/11.5	4G4.5/8.5	4G5.5/10.5	2P5/10.5	3PB7/6
	3PB3/1	3PB3/1	4G3.5/2	6P2/8.5	6RP2.5/9.5	4R5/3

男声「あ」の色彩文字は「あ」として視覚的に認知される確率が高く ($x^2=13.67$, $P<.01$), また女声「あ」 ($x^2=22.67$, $P<.001$) と「お」 ($x^2=12.67$, $P<.02$) 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効果はみられなかった。

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て単色にして提示するとともに効果の結果が得られるかもしれない。(表4参照)。

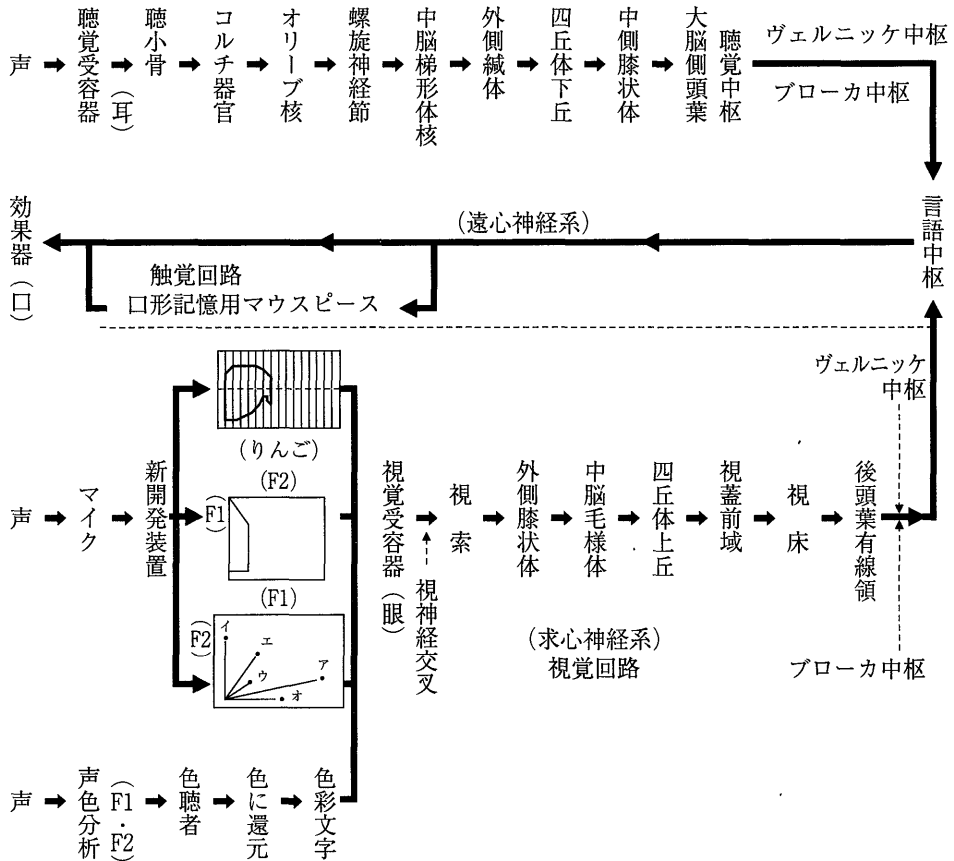
第3実験 フォルマントと母音性

目的

本研究は言語訓練の過程を通してその中に内在するフィードバックのメカニズムを検討し、あわせて各種のフィードバック回路間に転移効果があるか否かを研究することを目的とする。古来言語訓練やその矯正は聴覚回路に基づく訓練効果のみに頼っていたが、それらの手法のみでは訓練効果に限界があり多くを期待することができない。そのため本研究はこれらの聴覚回路に基づく訓練過程のほかに新たに4種の視覚を利用する訓練過程を開発し(図形によるもの3種, 色彩によるもの1種, 計4種) そのうちブラウン管の図形表示による訓練方法やその効果についてはすでに報告した。

本研究は新開発した第4番目の系列として色彩の認知が母音訓練過程におよぼす効果について検討するものである。

図16 通常フィードバック回路 (上部) と新開発フィードバック回路 (下部)



手続き

発声される声音のうち母音を色彩として表現するため音を聞くと色覚を生ずる色聴者を利用する。色聴者には、音の高さが高くなるにつれて、見える色の色彩明度が明るく感じる者 (これが最も多く、第1グループ [I] とする)、音高と色彩明度が関連がない者 (これを第2グループ [II] とする)、さらに音高が高くなるにつれて見える色彩明度が低くなる者 (これを第3グループ [III] とする) がある。そのためグループ3種、母音が5種構成フォルマント3種 (第1フォルマント [F₁] のみ、第2フォルマント [F₂] のみ、および第1と第2フォルマント [F₁+F₂] 対応の色彩を利用するもの) および性別2種をそれぞれ組み合わせた都合90枚の色彩文字を作製した。

表5 色彩文字“お” (男声, I. $F_1 + F_2$)

N9.5	N9.5					
20Y 8.5/11.5	4.0YR 8.5/6	1.0R 8.5/3.5	1.0R 9.0/2	1.0R 9.0/2	4.0GY 9.0/3	4.0GY 9.0/3
10.0R 7.5/5	4.0YR 8.0/2	5.0B 8.0/3	5.0B 8.5/2	5.0BG 8.5/2.5	4.0GY 8.5/7	5.0Y 8.0/13.5
9.0GY 6.5/5	9.0GY 6.5/5	9.0G 7.0/3.5	9.0PB 7.0/6	1.0RP 7.0/8	1.0R 7.0/2	4.0YR 7.0/2
9.0GY 5.0/8.5	1.0R 5.5/11.5	1.0RP 5.5/11	1.0RP 5.5/11	6.0P 2.0/8.5	10.0R 6.5/3	5.0BG 6.5/7
4.0YR 3.5/3	4.0YR 3.5/3	4.0G 3.5/7.5	5.0BG 4.0/10	4.0R 4.0/14	4.0R 5.0/7.5	9.0GY 5.0/1.0
8.0YR 2.0/2	10.0P 2.0/2	10.0R 2.0/2	6.0P 3.0/6	4.0R 3.5/9.5	4.0R 3.5/3	4.0R 3.5/3

被験者

成人男女各20名, 計40名。

男子には男声フォルマントによって作成した色彩文字, 女子には女声によるそれらを提示する。従って1人の被験者は, グループ3種 (I, II, III) × 構成フォルマント3種 (F_1 , F_2 , $F_1 + F_2$) で9種の色彩文字を提示される。

結果

意図した色とは別の色紙を選んだ者が多く, かなり顕著な偏りがみられた。有意な差が認められたもののみをあげると次の通り。

男性	$F_1 + F_2$	I	う→お	II	い→お, う→あ	III	い→あ, う→お
	F_1	II	あ→う, い→え, え→お, お→あ				
		III	あ→お, い→あ, う→う				
	F_2	I	あ→お	II	あ→い, い→お, え→あ	III	い→あ
女性	$F_1 + F_2$	II	あ→お, い→お, う→あ				
	F_1	I	う→あ	II	い→お, う→あ	III	あ→い, う→あ
	F_2	I	あ→お, う→い, お→あ				
		II	あ→お, え→あ	III	あ→お		

以上のように, “あ” “お” と感じられた色紙については特に高い割合で選ばれている。また明度・彩度についてみると, “あ” は明度・彩度が最も高く, “お” はどちらも最も低い傾向にある。これらの結果から明らかなように意図して作った色彩文字にかならずしもその母音として見られずその偏りが一定の傾向をあらわす。

これらの色彩文字は多色であるため, 単色で提示する目的でこれらの色彩を用いて回転円板を30枚作り, 混色機により単色とする。

結果

表6 最も多く選ばれた色彩文字（色紙）と割合

（％）

母音 \ 順位	1 位		2 位		3 位		明 度	彩 度
あ	男Ⅲい	46.1	男Ⅲあ	44.7	女Ⅱう	43.4	6.10	7.50
い	女Ⅰえ	43.4	女Ⅱお	39.5	男Ⅰあ	36.8	6.26	7.61
う	男Ⅱい	39.5	女Ⅰお	38.2	女Ⅱえ	36.8	6.10	6.62
え	女Ⅲお	36.8	女Ⅱい	31.6	女Ⅱあ	30.3	5.95	4.96
お	男Ⅲう	42.1	女Ⅲあ	26.3	女Ⅲえ	25.0	5.46	6.60

第2実験の結果と同様、高い確率で偏りが認められる。いわゆるヒステリシス（hysteresis）現象である。

明度と彩度は“い”が高く、“お”が低い、単色表示することによって、特徴がでたとと思われる。

第4実験 無彩色と母音性

前回報告までに、多くの新しい手段・方法を開発し、順次報告してきた。今回の報告はその方法の一部である色彩を用いて、色聴者の協力を得て母音のフォルマントに対応する色彩文字を構成し、色を用い、視覚を通して母音訓練の可能性を検討した。この報告では色彩の飽和度（彩度）を重視した研究であったが、色彩も厳密に分析すれば、飽和度および明度の合成によるわけで、これらの多くの結果が、飽和度に基づくものかあるいは明度に基づくものかが明確でない。従って、これらの色彩円盤の中から飽和度を除き無彩色の円盤に変換しても、なお母音性が得られるか否かは重要な問題である。

目 的

本報告は、前回（第3実験）で用いた色彩円盤90枚の中から最も有効な結果を得た15枚を抽出し、これらは無彩色円盤に還元し、静止提示（回転しない）および回転提示（単色提示）の2条件で、母音性が認められるか否かを目的とする。

方 法

被験者 成人男女 各20名

色彩文字を混色機にかけ、単色であらわす実験で用いた色彩文字のうち「あ」、「い」、「う」、「え」、「お」の各上位3位までの色彩文字（計15枚）を無彩色に白黒還元する。白黒円盤を混色機にかける前（静止提示）と後の単色であらわしたもの（回転提示）を提示して、それぞれ「あ」、「い」、「う」、「え」、「お」のいずれの母音に、視覚認知されるかを問う。この時、制限時間と「あ」、「い」、「う」、「え」、「お」の母音の枚数に、一切制限はないことを強調する。

表7 (結果)

提示条件	判断	円盤番号	前回使用の色彩円盤	判断%	明度平均
静止提示	あ	3	男Ⅲう (お1)	25.0	5.12
		7	女Ⅰえ (い1)	25.0	6.31
	い	15	女Ⅱお (い2)	30.0	7.56
		う	1	女Ⅲえ (お3)	30.0
	え	7	女Ⅰえ (い1)	37.5	6.31
		お	10	男Ⅱあ (あ2)	32.5
回転提示	あ	2	男Ⅲい (あ1)	30.0	6.29
		い	13	男Ⅱい (う1)	30.0
	う	11	女Ⅱあ (え3)	30.0	5.81
	え	4	女Ⅱう (あ3)	30.0	7.63
		お	10	男Ⅲあ (あ2)	40.0

結果

全体的にみて「あ」と認知するものが少なく、「え」、「お」と認知する者が多い傾向にある。また静止提示では、「え」、回転提示では「お」が高い割合で認知されている。以上の結果から回転提示の効果が明確に表れている。静止提示では、残りは均等であるのに対し、回転提示では「あ」と認知した者は、少ない結果を得た。前回の、第3実験では3分の2に有意な差がみられたが、本研究では静止円盤No.3の「あ」は450中の15例でわずか3%の認知である。明度をみると、明度の一番高い円盤が静止提示で

は「い」に集中する傾向があり、回転提示では「え」に集中する傾向がみられた。前回の実験では、回転提示で「い」の明度が高く、「え」の明度が低い結果となっており、全く逆の結果を得たことになる。

考察

前回の実験では、多くの有意差が認められたのに反し、本研究においてはあまり有意差が認められなかった。原因としては、明度平均が5.12~7.56とあまり差がないために、区別がはっきりしなかったと思われる。前回の実験で母音発声訓練に色彩を補助的に有効に使えることを指差したが、白黒還元にした時は母音とのつながりがつきにくい。

このことは、言語発声訓練に用いる円盤は、有彩色である色彩盤を用いる方が有効であることを示している。

第5実験 第3フォルマントの有効性

目的

古来第3フォルマントは、周波数が類似したもので、特徴づけるものではないと無視されてきた。しかしながら、ピアノ音刺激による実験では、母音の構成要素として有効な第3フォルマントが数多くあったので、無視できないという結論を得た。そこで本研究では母音の構成要素を純音によって提示し、日本語の母音合成が、どの程度可能であるか、加えて第3フォルマントの有効性についても検討し、ピアノ音を用いた母音の合成効果と純音を用いた母音の合成の効果を比較検討するものである。

手続きおよび方法

被験者；正常な聴力を有する大学生男子20名，大学生女子20名，計40名。

装置・器具・材料；周波数測定器（KENCRAFT社製，TC-1500），低周波発振器（LEADER社製，LAG-120A），スピーカー（パイオニア社製，P-6・コロンビア社製，8 VS1B），精密級指示騒音計（リオン株式会社製，NA-51）。

手続きおよび方法；母音を構成するF₁（第1フォルマント）F₂（第2フォルマント）およびF₃（第3フォルマント）を算出し決定した。刺激音として、3台の低周波発振器を用いて発振させ、3台のスピーカーで刺激音を提示する。この時の音強度（Intensity）は、スピーカー前方30センチメートルの距離において60dB（S・P・L）に設定する。刺激音はF₁およびF₂のみで構成する男声対応の母音5種、女声対応の母音5種、計10種。さらにF₁、F₂およびF₃の音構成要素に基づくもの男声対応の母音5種、女声対応の同一音構成要素に基づく母音5種、計10種、総計20刺激音である。提示順序は、アットランダムである。

結果および考察

結果は表8および表9の通りである。

本研究の結果は、性差は認められない。全体としてみると、意図した母音を最も多く選ぶ割合は45%であった。これは四・第1実験で報告のピアノ音刺激を用いた実験において40%の割合を示したのに対して高くなっている。ピアノ音提示条件よりよい結果が得られたのはピアノ音は基本音以外に多くの倍音を含んでいるためであると考えられる。四・第1実験で報告のピアノ音提示条件の実験結果はF₃の有効性は10刺激音中、5刺激音に有意差が認められたのに対し、本研究における純音提示条件においては、10刺激音中、3刺激音にF₃の有効性に、有意差（5%以下の危険率）が認められた。従ってF₃は、無視できないが四・第1実験ほど重要でないことが明らかになった。以上のことを総合的に考慮すると、ピアノ音提示条件より、純音提示条件の方が、母音を合成する上で、はるかに有効であるといえる。

表8 性差について

判断		男					女					判断		男					女						
		あ	い	う	え	お	あ	い	う	え	お			あ	い	う	え	お	あ	い	う	え	お		
F1 + F2 声	男	あ	15 (25)	2 (10)	2 (10)	5 (25)	6 (30)	5 (25)	1 (5)	5 (25)	5 (25)	4 (20)	F1 + F2 声	男	あ	4 (20)	7 (35)	5 (25)	2 (10)	2 (10)	3 (15)	4 (20)	7 (35)	3 (15)	3 (15)
		い	1 (5)	5 (25)	11 (55)	3 (15)	0 (0)	1 (5)	8 (40)	4 (20)	3 (15)	4 (20)			い	0 (0)	6 (30)	8 (40)	3 (15)	3 (15)	1 (5)	6 (30)	3 (15)	6 (30)	4 (20)
		う	4 (20)	1 (5)	6 (30)	6 (30)	3 (15)	3 (15)	0 (0)	6 (30)	8 (40)	3 (15)			う	2 (10)	3 (15)	8 (40)	5 (25)	2 (10)	1 (5)	0 (0)	8 (40)	6 (30)	5 (25)
		え	2 (10)	7 (35)	2 (10)	7 (35)	2 (10)	2 (10)	4 (20)	6 (30)	5 (25)	3 (15)			え	1 (5)	4 (20)	4 (20)	9 (45)	2 (10)	2 (10)	9 (45)	3 (15)	2 (10)	4 (20)
		お	0 (0)	1 (5)	7 (35)	2 (10)	10 (50)	1 (5)	1 (5)	10 (50)	1 (5)	7 (35)			お	0 (0)	2 (10)	3 (15)	5 (25)	10 (50)	1 (5)	0 (0)	8 (40)	5 (25)	6 (30)
	女	あ	9 (45)	1 (5)	6 (30)	1 (5)	3 (15)	6 (30)	5 (25)	4 (20)	2 (10)	3 (15)	F1 + F2 声	女	あ	9 (45)	1 (5)	4 (20)	4 (20)	2 (10)	9 (45)	1 (5)	5 (25)	5 (25)	0 (0)
		い	3 (15)	8 (40)	3 (15)	2 (10)	2 (10)	12 (60)	2 (10)	2 (10)	2 (10)	い			0 (0)	11 (55)	1 (5)	3 (15)	5 (25)	2 (10)	14 (70)	0 (0)	1 (5)	3 (15)	
		う	0 (0)	4 (20)	8 (40)	3 (15)	5 (25)	3 (15)	7 (35)	6 (30)	1 (5)	3 (15)			う	1 (5)	10 (50)	6 (30)	3 (15)	0 (0)	1 (5)	6 (30)	3 (15)	7 (35)	3 (15)
		え	5 (25)	6 (30)	2 (10)	4 (20)	3 (15)	5 (25)	3 (15)	4 (20)	6 (30)	2 (10)			え	10 (50)	6 (30)	0 (0)	2 (10)	2 (10)	5 (25)	7 (35)	1 (5)	5 (25)	2 (10)
		お	4 (20)	1 (5)	6 (30)	3 (15)	6 (30)	2 (10)	0 (0)	8 (40)	1 (5)	9 (45)			お	2 (10)	7 (35)	4 (20)	3 (15)	4 (20)	3 (15)	4 (20)	4 (20)	5 (25)	4 (20)

表9 F₃の有効性について

判断 刺激音		男 声					女 声					判断 刺激音		男 声					女 声				
		あ	い	う	え	お	あ	い	う	え	お			あ	い	う	え	お	あ	い	う	え	お
F1 +	あ	10 (25)	3 (18)	7 (18)	10 (25)	10 (25)	15 (38)	6 (15)	10 (25)	3 (8)	6 (15)	F1 +	あ	7 (18)	11 (28)	12 (30)	5 (13)	5 (13)	18 (45)	2 (5)	9 (23)	9 (23)	2 (5)
	い	2 (5)	13 (33)	15 (38)	6 (15)	4 (10)	5 (13)	20 (50)	5 (13)	4 (10)	6 (15)		い	1 (3)	12 (30)	11 (28)	9 (23)	7 (18)	2 (5)	25 (63)	1 (3)	4 (10)	8 (20)
	う	7 (18)	1 (3)	2 (5)	14 (35)	6 (15)	3 (8)	11 (28)	14 (35)	4 (10)	8 (20)		う	3 (8)	3 (8)	16 (40)	11 (28)	7 (18)	2 (5)	16 (40)	9 (23)	10 (25)	3 (8)
	え	4 (10)	13 (33)	8 (20)	12 (30)	5 (13)	10 (25)	9 (23)	6 (15)	10 (25)	5 (13)		え	3 (8)	13 (33)	7 (18)	11 (28)	6 (15)	15 (38)	13 (33)	1 (3)	7 (18)	4 (10)
	お	1 (3)	2 (5)	17 (43)	3 (8)	17 (43)	6 (15)	1 (3)	14 (35)	4 (10)	15 (38)		お	1 (3)	2 (5)	11 (28)	10 (25)	16 (40)	5 (13)	11 (28)	8 (20)	8 (20)	8 (20)
F2 +	あ	10 (25)	3 (18)	7 (18)	10 (25)	10 (25)	15 (38)	6 (15)	10 (25)	3 (8)	6 (15)	F2 +	あ	7 (18)	11 (28)	12 (30)	5 (13)	5 (13)	18 (45)	2 (5)	9 (23)	9 (23)	2 (5)
F2 +	い	2 (5)	13 (33)	15 (38)	6 (15)	4 (10)	5 (13)	20 (50)	5 (13)	4 (10)	6 (15)	い	1 (3)	12 (30)	11 (28)	9 (23)	7 (18)	2 (5)	25 (63)	1 (3)	4 (10)	8 (20)	
F2 +	う	7 (18)	1 (3)	2 (5)	14 (35)	6 (15)	3 (8)	11 (28)	14 (35)	4 (10)	8 (20)	う	3 (8)	3 (8)	16 (40)	11 (28)	7 (18)	2 (5)	16 (40)	9 (23)	10 (25)	3 (8)	
F2 +	え	4 (10)	13 (33)	8 (20)	12 (30)	5 (13)	10 (25)	9 (23)	6 (15)	10 (25)	5 (13)	え	3 (8)	13 (33)	7 (18)	11 (28)	6 (15)	15 (38)	13 (33)	1 (3)	7 (18)	4 (10)	
F2 +	お	1 (3)	2 (5)	17 (43)	3 (8)	17 (43)	6 (15)	1 (3)	14 (35)	4 (10)	15 (38)	お	1 (3)	2 (5)	11 (28)	10 (25)	16 (40)	5 (13)	11 (28)	8 (20)	8 (20)	8 (20)	

展 望

本研究で純音提示条件は、ピアノ音提示条件より、はるかに有効であることが明らかにされた。今後は合成された純音の判定率がさらに高まるようにF₁、F₂、F₃の音強度や周波数の高低などを検討する必要がある。また今回の実験では、フォルマントだけに注目し、基本音として、「WHITE NOISE」を入れることで、さらにこの実験が、完全なものに近づくことが期待される。

第6実験 ホワイト ノイズの効果

目 的

本実験は、前回の報告にひきつづき、母音の合成についての研究である。前回報告の純音のみの提示条件と比較して、これらにホワイト ノイズ (WHITE NOISE) を加えた提示条件が母音性を高める効果があるか否かを明らかにすることを目的とする。

手続きおよび方法

被験者；聴覚正常な大学生男子20名，同女子20名，計40名。

装置・器具；前報告と同一であるが，ホワイト ノイズを提示するためFMラジオが加わった。(National社製，NO. RX-5060・SONY社製，PROFESSIONAL TAPECORDER 777-FB)。

手続きおよび方法；母音の構成要素のF₁ (第1フォルマント)，F₂ (第2フォルマント) およびF₃ (第3フォルマント) を算出し，決定した。ホワイト ノイズをFMラジオの同調をはずして録音した。刺激音は3台の低周波発振器を用いて発振させ，その刺激音を，それぞれ3回路の増幅器で増幅させ，3個のスピーカーで提示する。同時にホワイト ノイズをTAPECORDERで提示する。すべての音強度は，スピーカーの前方30cmの距離において60dBに設定する。この音刺激は，被験者の耳軸の中点の位置 (スピーカー前方170cmの距離) で54dBに減衰する。刺激音は，F₁，F₂およびホワイト ノイズの音構成要素に基づくもの，男声対応の母音5種，女声対応の母音5種，計10種。さらにF₁，F₂，F₃およびホワイト ノイズの音構成要素に基づくもの，男声対応の母音5種，女声対応の母音5種，計10種，総計20種の刺激音である。提示順序はアットランダムである。

結果および考察
結果は、表10の通りである。

表10 結果

判断 刺激音		男					女					判断 刺激音		男					女						
		あ	い	う	え	お	あ	い	う	え	お			あ	い	う	え	お	あ	い	う	え	お		
F1 + F2 + F3 + W	男 声	あ	11 (55)	2 (10)	3 (15)	2 (10)	2 (10)	14 (70)	1 (5)	2 (10)	0 (0)	3 (15)	F1	男 声	あ	6 (30)	0 (0)	2 (10)	8 (40)	4 (20)	9 (45)	0 (0)	2 (10)	3 (15)	6 (30)
		い	2 (10)	6 (30)	9 (45)	0 (0)	3 (15)	1 (5)	6 (30)	6 (30)	2 (10)	5 (25)	F2		い	1 (5)	10 (50)	6 (30)	0 (0)	3 (15)	2 (10)	8 (40)	2 (10)	2 (10)	6 (30)
		う	0 (0)	3 (15)	10 (50)	1 (5)	6 (30)	4 (20)	4 (20)	7 (35)	3 (15)	2 (10)	F3		う	0 (0)	2 (10)	10 (50)	5 (25)	3 (15)	1 (5)	2 (10)	7 (35)	3 (15)	7 (35)
		え	4 (20)	2 (10)	8 (40)	3 (15)	3 (15)	3 (15)	4 (20)	6 (30)	5 (25)	2 (10)	W		え	1 (5)	4 (20)	7 (35)	6 (30)	2 (10)	3 (15)	2 (10)	7 (35)	6 (30)	2 (10)
		お	5 (25)	2 (10)	6 (30)	4 (20)	3 (15)	4 (20)	2 (10)	2 (10)	7 (35)	5 (25)	W		お	6 (30)	3 (15)	2 (10)	5 (25)	4 (20)	2 (10)	2 (10)	3 (15)	9 (45)	4 (20)
F1 + F2 + F3 + W	女 声	あ	3 (15)	6 (30)	3 (15)	7 (35)	1 (5)	14 (70)	2 (10)	0 (0)	3 (15)	1 (5)	F1	女 声	あ	6 (30)	3 (15)	3 (15)	3 (15)	5 (25)	8 (40)	3 (15)	3 (15)	3 (15)	3 (15)
		い	1 (5)	9 (45)	3 (15)	4 (20)	3 (15)	1 (5)	12 (60)	2 (10)	1 (5)	4 (20)	F2		い	0 (0)	14 (70)	2 (10)	3 (15)	1 (5)	1 (5)	11 (55)	4 (20)	2 (10)	2 (10)
		う	1 (5)	6 (30)	5 (25)	6 (30)	2 (10)	1 (5)	7 (35)	4 (20)	6 (30)	2 (10)	F3		う	3 (15)	6 (30)	6 (30)	1 (5)	4 (20)	3 (15)	5 (25)	8 (40)	3 (15)	1 (5)
		え	5 (25)	6 (30)	1 (5)	3 (15)	5 (25)	4 (20)	7 (35)	1 (5)	8 (40)	0 (0)	W		え	3 (15)	8 (40)	4 (20)	4 (20)	1 (5)	5 (25)	8 (40)	1 (5)	6 (30)	0 (0)
		お	7 (35)	1 (5)	4 (20)	2 (10)	6 (30)	4 (20)	0 (0)	7 (35)	5 (25)	4 (20)	W		お	1 (5)	1 (5)	10 (50)	5 (25)	3 (15)	1 (5)	4 (20)	6 (30)	1 (5)	8 (40)

WはWHITE NOISE, 上段の単位は「人」, 下段は「%」

意図した音の母音性が、有意にみられるものは、F₁+F₂+ホワイト ノイズの組合せの男声の「あ」、「う」、女声の「あ」、「い」、F₁+F₂+F₃+ホワイト ノイズの組合せの男声「あ」、「い」、「う」、女声の「あ」、「い」、「う」の計10種の刺激音である。

F₁+F₂+ホワイト ノイズの組合せの、女声の「あ」においては、女声のみで母音性がみられ性差が認められた。

ホワイト ノイズの有効性については、四・第4実験の結果と比較したところ F₁+F₂+ホワイト ノイズの組合せの男声の「あ」、「う」、「お」、女声の「あ」、F₁+F₂+F₃+ホワイト ノイズの組合せの、男声の「あ」、「お」の計6種の刺激音に有意差が認められた。

ホワイト ノイズを加えたことで、母音性が高まったものは、6種の刺激音である。逆にホワイト ノイズを加えることで母音性が弱まったものは、7種の刺激音である。

F₁+F₂+ホワイト ノイズの組合せの、男声の「あ」のように、ホワイト ノイズを加えることにより、加えない条件と比較すると2.5倍の確率で母音性が高まるものも認められる。

この結果から、前回の実験で有意差がでなかったもののうち、ホワイト ノイズを入れることによって5種で有意差がみられたことは、ホワイト ノイズの有効性を示している

が、逆に有意差が、認められなくなったものも5種ある。ただ女声の「い」については、いずれも高い確率で選ばれ、母音性も高いことから、有効に母音の合成ができているといえる。

展 望

本研究でホワイト ノイズは、特定の刺激条件下では、有効であることが明らかになったが、もっと理想的な値を追求し、意図した母音の判定率が高まるようすべての条件を変える必要がある。通常オーバーオールといわれる紙雷管使用のスタートピストルの音は、ホワイト ノイズとほぼ同じであるが音強度が急に減衰するため、本研究には使用しなかったが、今後有効に利用できる可能性も充分考えられる。

副論文

山の端にかかる お月さまの大きさ

The Apparent Size of the Moon Coming out
from the Edge of a Mountain.

この論文は視空間の規準に関する。

わが国では昔から地平線や山の端にかかる月の直径は1尺2～3寸、天空の月は直径が5～6寸といわれ、直径にして約半分、面積にして約 $\frac{1}{4}$ となると言われた。

目的：種々なる高度にある月の主観的大きさを測定し、視空間の規準系が如何なる特性を有しているかを明らかにし、あわせて視覚欠陥等の程度の測定基準として応用することを目的とする。

地平線上や水平線上にある月や山の端にかかる月が大きく見える現象は古くから問題とされ、Aristotleはその著、*Proflemata*で水平面上の月の見えの大きさが大きくなることを、月がそれを通して観察されるところの地表近くの水蒸気やチリやモヤの層によると説明した。またPtolemyは、地平線上は多くの物体で満ちあふれ、そのため見えの距離が増大し、その結果、月を一層遠くにあるものと知覚させ、月の直径にはる視覚が一定であるのでより大きく知覚されるという。

この問題は多くの研究者に興味をもたれ、Kepler, Descartes, Helmholtz, Lambert, Gauss, Wundt, Schur, Boring, Békésy 等の研究がある。わが国にも盛永四郎 (1935), 荻阪良二 (1947), 大野晋一 (1951) 等の研究が見られる。とくにHarvard大学のBékésyは1949年に、他の感性領域間の特性との関係で検討し卓越した業績をあげた。

これら諸家の研究から、数多くの仮説や学説が生まれ、古いものはObject - Contrast Theory (物体対比説), Apparent - Distance Theory (見えの距離説), 後に上を見上げるとき眼球筋肉の張力が錯視の原因になるとするConvergence Theory (輻輳説・視線説), 眼球が横方向へ動く (Shiftする) とき、眼球の回転筋肉の補償によるとするRotation Theory (回転説), 網膜像の明るさに依存し、これが方位によって異なるとするIllumination Theory (照明説), 眼球運動に基因する神經過程に原因するとするInhibition Theory (禁止説), また大きさの恒常性を基礎として考え、人間は横方向に動き、大きさの恒常性の成り立つ範囲を横方向には修正し広げるが垂直方向には動いて多くのものを観察する機会をもたないので、大きさの恒常性をひきおこす基礎を作る過程は垂直方向では発達さすことはないとするSize - Constancy Theory (大きさの恒常性説) 等多くのものがある。

さらに月の大きさを視覚障害や単眼条件との関係で検討した研究 (Eissler 1932, Holway と Boring 1941, Taylor と Boring 1942) もみられ、いずれも大きさの恒常性は著しく減衰することを明らかにした。

装置・手続：（第1実験）

被験者は長崎大学教育学部学生14名（男子10名，女子4名）。比較刺激は1cm間隔で直径1cm～15cmまでの夜光塗料により黄色に着色された円板15枚。その他，角度計，セオドライト（日本光学製；NT-5型），鉛直計，巻尺，サーチライト，羅針盤，椅子。

実験期間；昭和54年11月30日～12月9日。

実験場所；長崎市文教町1-14，長崎大学教育学部（6F）屋上（N32°47′；E129°52′）。

月（月齢10.4～19.4）方位70°の行仙岳（456m）頂上附近より上昇し，方位285°の岩屋山（475.2m）頂上附近に下降する。

比較刺激の提示位置は被験者より距離7m，月の方位より左方30°，被験者の眼の高さ。

（第2実験）

山，建物等の介在物の存在が月の錯視にどの程度影響するかを検討するため，全く介在物の存在しない海上，水平線上5°（±1°）に昇る月を観察し，山の端にかかる同高度に上昇した月と比較する。

被験者は長崎大学教育学部学生9名（男子5名，女子4名）。装置，手続き等実験1に同じ。

（実験日）昭和54年12月14日，月齢24.4。

（実験場所）長崎県西彼杵郡川原海水浴場海岸

比較刺激は実験1と同様にして作られた半円板。

（第3実験）

山の端にかかった月と天空にある月の大きさのイメージを調査するため，小学生と大学生を対象に山（行仙岳）の絵を一部に画いた用紙を配布して，月の大きさを丸で画かせ，その直径を比較して，両月（山の端と天空）の大きさのイメージに発達的变化がみられるか否かを検討した。

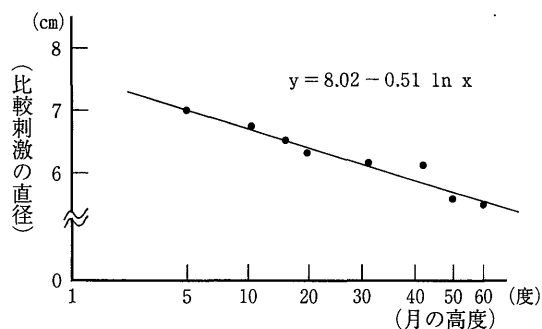
（被験者）長崎大学附属小学校5年生40名（男子20名，女子20名）および長崎大学教育学部学生40名（男子20名，女子20名）。

（実験日）昭和54年12月3日～同年12月10日。

（結果と考察）

（実験1）上昇条件・下降条件の実測値の結果は図1の通りである。

図1 上昇・下降こみの対数回帰と実測値



次に，クラスター分析を行なった結果，実測値において，人の分類構成・月の高度の分類構成が違うので，上昇条件と下降条件とにおいて，パターンの違いが見られる。このパターンの違いにより上昇条件と下降条件をそれぞれグラフ化したところ上昇条件の方は， $y = 8.30 - 0.60 \ln x$ ($r^2 = 0.92$) という対数回帰9に近く，下降条件

は、 $y = 6.98 - 0.01856x$ という直線回帰に近いものであった。(図2・図3参照)

図2 上昇条件における対数回帰と実測値

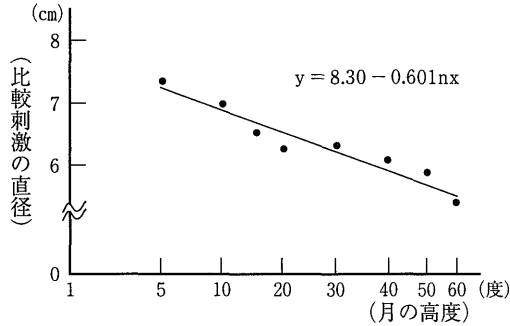
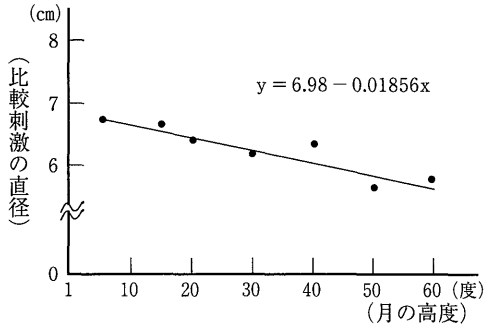


図3 下降条件における直線回帰と実測値



ここで、上昇条件における実測値の平均、下降条件における実測値の平均、実測値全体の平均について示す。(表1参照)

表1 月の高度の実測値の平均

月の高度	5°	10°	15°	20°	30°	40°	50°	60°
上昇の平均(cm)	7.41	7.00	6.46	6.26	6.39	6.18	6.02	5.71
下降の平均(cm)	6.89	6.79	6.82	6.54	6.25	6.48	5.80	5.99
全体の平均(cm)	7.15	6.90	6.64	6.40	6.32	6.33	5.91	5.85

上述のパターンの違いは、被験者が月を観察する際、先行した月の高度のイメージが被験者に影響をおよぼすからだと考えられる。

本実験によると、月の高度の増大にともない、見えの大きさは漸的に減少したが、これは、Boringの結果と一致するものである。

クラスター分析の結果によると、上昇条件の10°～20°で変異点が見られる。また、30°～40°においては、上昇下降両条件において、関連性の減少が見られる。このことは、30°～40°に月のみえの大きさの知覚の変異点があると考えられる。

(実験2) 介在物の有無による効果を調べるため、山の端にかかる月(5°)と水平線上(5°)の月との実測値をt検定したところ、有意差は見出せなかった($t_0 = 1.484$, $\alpha f = 8$) (表2参照)

表2 月の高度5°における対象物有無での平均値と標準偏差

すなわち被験者と月との間の対象物の有無が月の大きさの知覚に影響をおよぼさないということが明らかになった。これは Contrast Theory を支持

対象物の有無	有	無
\bar{x}	7.28	7.64
S.D. (n-1)	0.51	0.66

しないものである。

(実験3) 大学生と小学校5年生とにおいて、すべて分散は等質であった。そこで、2要因の分散分析を行なった結果、年齢と月の高さのみに交互作用が有意であった。(表3参照)

表3 年齢と上方 下方の2要因分散分析表

変 動 因	平方和	自由度	平均平方	F	P
A(年 齢)	1.56	1	1.56	1.88	NS
B(上・下)	0.10	1	0.10	0.28	NS
交互 AB	3.32	1	3.32	9.22	**
C(個 人)	64.55	78	0.83		
B C	28.26	78	0.36		
全 体	97.79	159			

これは、大学生と小学校5年生とで、月の高さによる月の大きさのイメージが同じでないことを示している。この違いを検討するために、上方、下方での大きさについて、各々検定を行なったところ、大学生では、下方が上方に比べて、有意に大きいことがわかった

($t=2.43$, $df=39$, $P<0.05$)。一方、小学校5年生では、上方の方が大きくなる傾向が認められた($t=1.803$, $df=39$, $0.05<P<0.01$)。また、上方と下方における月の大きさのイメージの違いについて、検定を行なった結果、上方では、小学校5年生の方が大学生より有意に大きく($t=3.871$)、下方では有意な差は見出されなかった($t=0.54$)。

参考文献

- 秋重義治編 1972, 知覚的世界の恒常性—認知心理学IV, PP.496~554, 以文社 東京
- BÉKÉSY 1949, 月の錯視と類似の聴覚現象, The American Journal of Psychology, 62, 540~552
- BORING 1943, The Moon Illusion American Journal of Physics, 11. 55~60
- HOLWAY and BORING 1941, Determinants of apparent visual size with distance variant, American Journal of Psychology, 54, 21~37