

TR - A - 0169

母音における音声と口唇形状の視聴覚に関する研究  
(その1. 母音口形連続体における視知覚)

河野 淳 栗田 知好 本多 清志

1993. 3.23

## ATR 視聴覚機構研究所

〒619-02 京都府相楽郡精華町光台 2-2 ☎07749-5-1411

**ATR Auditory and Visual Perception Research Laboratories**

2-2, Hikaridai, Seika-cho, Soraku-gun, Kyoto 619-02 Japan

Telephone: +81-7749-5-1411

Facsimile: +81-7749-5-1408

# 母音における音声と口唇形状の視聴覚に関する研究\*

## (その1. 母音口形連続体における視知覚)

河野 淳 (ATR視聴覚機構研究所、東京医科大学耳鼻咽喉科)

栗田 知好 (ATR視聴覚機構研究所、金沢工業大学大学院)

本多 清志 (ATR視聴覚機構研究所)

### 概要:

発話における口唇の形状変化は、音声の生成過程と視聴覚統合による音声知覚との関連性を理解するうえで重要な研究対象を提供している。聴覚障害者や騒音雑音下における音声知覚においては、聴覚を通しての音声の音響的な情報を十分に伝達することができないので、主に視覚を通して言語情報を補足的あるいは代行的に伝達することが必要となる。これらの補助手段は、情報の伝達に関してはそれ自体では不完全なものであるが、決して無視できるほど小さいものでもない。本研究は、視覚による語音認知能を検討するための口唇モデルの作成および視覚による語音認知能検査の予備的研究として、基準となる母音の口形および口形連続体を作成し、健聴者75名を対象にそれぞれの知覚検査を行ない、母音口形の視覚による知覚能について検討した。

20歳代男性3名の母音発声時のビデオ画面より各母音の口唇の外形の輪郭線を抽出し、7箇所測定部位を定め、各部位の平均より基準となる5母音の口形を作成した。さらに、口形の上下幅、左右幅によりG1: /a/-/e/-/i/, G2: /a/-/o/-/u/, G3: /e/-/o/, G4: /i/-/u/のグループごとに、各基準母音間に5個の連続口形の作成および各基準母音の外側に2個ずつの連続口形を作成し、それぞれの口形を二者択一および五者択一で視覚により知覚させた。二者択一、五者択一ともに同様の傾向が見られたが、/a/, /u/, /i/では高い範疇知覚がなされ、/e/, /o/において範疇知覚は不完全であった。つまり、口形のみ情報でも、/i/においては約90%、/a/, /u/においては約60%以上、/e/で約50%が知覚可能であった。/u/では/o/への、/a/では/o/, /e/への、/e/では/a/への誤知覚が多くみられた。/o/では、/u/, /a/, /e/への誤知覚が約20%みられ、口形のみ情報では正しい知覚は困難であった。しかし全般的に見て、基準口形の作成の意義、母音口形における視知覚の有効性が示唆された。

(\*本研究は1992年10月から1992年12月の期間に行なわれた。)

## 1. はじめに

高度難聴者が音声を知覚する場合、聴覚の情報に加えて視覚による情報が重要であることは、よく知られている。しかし、中等度難聴者を対象にしたビデオ教材による視聴覚の知覚検査結果<sup>1)</sup>をみると、視覚情報の意義は高度難聴者に限らず中等度難聴者においても大きいと言え、同様のことは健聴者でも可能性が高いと考えられる。

今回我々は、視覚による語音認知能を検討するための口唇モデルの作成、および視覚による語音認知能検査の予備的研究として、基準となる母音の口形および口形連続体を作成し、健聴者を対象にそれぞれの知覚検査を行ない、母音口形における視覚による知覚能について検討したので報告する。

## 2. 刺激口形の作成と検査方法

### 2.1 基準口形の作成

基準となる日本語5母音の口形は、3名の男性のビデオ画像より作成した。作成法を以下のごとくである。3名の男性の母音発声時の口唇の外形の輪郭線を図1および図2のごとく抽出し、それぞれの口唇輪郭線のうち図3のように7箇所的位置を測定し3名の平均を求めた。測定部位として左口角をp4および上口唇、下口唇の中央をそれぞれp1、p7とする。左右の口角を結ぶ線をX軸、p1とp7を結ぶ線をY軸として、その交点をp0(X,Y座標の原点)とし、p0とp4を三等分する線と口唇輪郭線との交点を上より順にp2、p3、p5、p6としてそれぞれX,Y座標を求め、3名についての平均値を計算して基準口形の座標値とした。さらに、一部輪郭線の滑らかでないところや不自然なところは多少のトリミングを行ない、基準となる5母音を作成した(図4参照)。この図で、各点の座標はp1のY座標を100.0として表してある。

### 2.2 口形連続体の作成

次に基準母音を縦の長さや横の長さに注目して、p1のY座標とp4のX座標およびp7のY座標とp4のX座標の関係をみると図5に示すごとくなる。/a/は大きく開き、最も上下の幅が広く、横幅も広いほうである。/i/は平らに開き、最も上下の幅が狭く、横幅が逆に広がっている。/u/は口がすぼまり、横幅が最も狭く、上下の幅も狭くなっている。/e/は横幅は/a/と同じぐらいだがやや狭く、上下の幅では/a/に比べ下唇はそう変わらないが上唇がかなり狭くなっている。/o/は少し口を丸めて上下の幅、横幅とも/a//u/の中間の広さとなっている。ここで、/a/-/e/-/i/, /a/-/o/-/u/, /e/-/o/, /i/-/u/の列に注目し、グループ(それぞれG1、G2、G3、G4)とし、検査用の口形を作成することとした。図6に検査用連続口形の作成の概略を示すが、まず各母音の間に5等分した口形を作成した。たとえば、G3を例にとると、/e/, /o/2者の口形を図3の測定部位7箇所において、5等分し7箇所をそれぞれ結んで作成した5個の口形を/e/, /o/の間の検査用口形とし、/e//o/を含めて/e/から/o/まで順に、e0o, e1o, e2o, e3o, e4o, e5o, e6oで表した。さらに同じ変化率で/e/, /o/の外側

に2つずつそれぞれの口形を強調したものを作成し、これを/e/の外側に順に1eo,2eo、/o/の外側に順にeo1,eo2とした。口形の強調は、G1、G2においては、それぞれ/a/、/i/、/a/、/u/の強調したものだけとした。よって検査用口形の数、G1、G2、G3、G4それぞれ18、18、11、11の計58である。また、図6のa0e,a0oは/a/そのものであり、同じくe6i,i0uは/i/、o6u,i6uは/u/、a6e,e0i,e0oは/e/、a6o,o0u,e6oは/o/である。図7に各グループ毎の検査口形の重ね書きを示したが、G1、G2ではそれぞれ前半(/a/-e/、/a/-o/)と後半(/e/-i/、/o/-u/)に分けてある。

### 2.3 実験方法

検査は18～30歳の健聴者75名を対象として、A4用紙に描画されたいくつかの口形に対して回答を求める方法で行なった。先ず図8のごとく練習として、先ず/a/と/e/、/a/と/o/、/e/と/o/、/i/と/u/、/i/と/e/、/u/と/o/の基準口形についてそれぞれ両者の二者択一方式で回答をもとめた。次に5母音について五者択一で回答を求めた。この際敢えて正解は教えなかった。その後、58個の検査用口形をそれぞれランダムに並べ、最初はA：二者択一、次にB：五者択一の順序で回答させた。

## 3. 結果

75名中1名において五者択一の一部の回答を得られなかった。

### 3.1 二者択一課題に対する回答

図9に二者択一の結果を示す。

G1グループ：/a/-e/については、2aeからa2eまでは約80～90%が/a/と知覚しているが、a3eからは/e/の知覚が増加し、/a/の知覚が約60%と急減した。しかし、ae6でも依然/a/の知覚が約50%あった。/e/-i/については、e2iまでは約80%が/e/と知覚し、e3iからは約70%が、さらにe6iからは約90%が/i/と知覚した。

G2グループ：/a/-o/については、a0oまでは約90%が/a/と知覚しているが、a1oから/o/の知覚が急増したが、a6oでも約40%が/a/と知覚されていた。/o/-u/については、o0u,o1uでは約50%が/u/と知覚されており、o2uからは/u/の知覚が増加したがo6u～ou2でも約30%が/o/と知覚された。

G3グループ：/e/-o/については、e2oまでは80%以上が/e/と知覚され、e3oから/o/の知覚が増加したが、e6o～eo2にかけても約40-50%が/e/と知覚されていた。

G4グループ：/i/-u/については、i1uまでは95%以上が、i3uまでは80%以上が/i/と知覚され、i4uを境に、i5uで86%、i6uからは90%以上が/u/と知覚されていた。

### 3.2 五者択一課題に対する回答

図10に五者択一の結果を示す。

G1グループ：/a/-e/-i/については、2aeからa4eまでは約70～80%が/a/と知覚され、a3eからは/e/の知覚が増加した。a6e～e4iまでは約60%が/e/と知覚され、e2iから/i/の知覚が

増加した。また、e5iからは約80%以上が/i/と知覚されていた。また、lae~aleで10数%が/o/と知覚されていた。

G2グループ：/a/-/o/-/u/については、a2oまでは約70%以上が/a/と知覚され、a4o~o4uでは/a/、/e/、/o/、/u/の知覚がほとんど同じであったが、あえて言えば前記の順で徐々に知覚が移動していた。o5uからは/u/の知覚が増加し60%以上に認められ、約30%が/o/と知覚されていた。

G3グループ：/e/-/o/については、e5oまでは約40~50%が/e/と知覚され、/a/の知覚も約30~40%みられた。e4oあたりから/o/の知覚が増加したが約20%に過ぎず、eo1、eo2ではむしろ/u/の知覚が多かった。

G4グループ：/i/-/u/については、i0uまでは80%以上が/i/と知覚され、i1uあたりから/e/の増加にともない、/i/の知覚は減少した。/e/の知覚はi1u~i4uでは約40%におよんだ。i4uあたりから/u/の知覚が増加し、i6u~iu2では60%以上が/u/と知覚されたが、一方iu1、iu2では/o/の知覚も約40%みられた。

また、基準5母音の知覚について見ると、図11のごとくなる。最も正しく（今回作成した基準母音を正解として）知覚されたのは/i/であり、約90%であった。次に/u/、/a/が約60~70%、/e/では約50%で、/o/では最も多い知覚ではあったが、/u/、/a/、/e/とほとんど同じであった。/u/では/o/への、/a/では/o/、/e/への、/e/では/a/への誤りが多く見られた。

## 4. 考察

### 4.1 今回の実験背景について

聴覚障害者では聴覚を通しての音声の音響的な情報を十分に伝達することができない場合、視覚や触覚を通して言語情報を補足的にあるいは代行的に伝達することが必要となる。それらの補助手段には読話、指文字、手話などの視覚を介する場合と主に手首の触覚を介する場合があるが、これらの補助手段は、情報の伝達に関してはそれ自体では不完全なもので、残存聴能の活用が必要である。我々は、1985年以来聾の治療法として既に50例以上の人工内耳の臨床応用を行なっている<sup>2) 3)</sup>。日常生活で音声の聴取に使用する場合、人工内耳のみで支障ない人も約10~20%存在する<sup>4)</sup>が、一般的には人工内耳を通して得られる情報は十分とは言えず、このような時読話を併用すると非常に有効となる。また高度難聴者で、特に幼小児から難聴がある人では、日常生活での会話が読話のみで十分に成されている人もいる<sup>5)</sup>。さらに中等度難聴者を対象にしたビデオ教材による視聴覚の知覚検査結果<sup>1)</sup>をみると、視覚の意義は高度難聴者に限らず中等度難聴者においても大きいと言え、同様のことは健聴者でも可能性が高いと考えられる。

難聴者における視覚による語音認知能の検討は、我が国では1973年、1975年に田中ら<sup>6,7)</sup>によりテレビやVTRを用いて行なわれ、その後福田ら<sup>8)</sup>により主に人工内耳装用者を中心に検討されてきたが、いずれもビデオ教材を用いるものであった。一方、諸外国では1976年McGurk & MacDonald<sup>9)</sup>の"McGurk効果"についての発表などビデオを用いた

検査が一般である。Allenら<sup>10)</sup>は、中等度難聴者を対象に2名の検査者による単音節のビデオ教材による知覚検査を行なった。Lindaら<sup>11)</sup>は、文章を教材として子音成分を口唇と舌に分けさらに母音成分を口唇の外形、その変化、顎の動きに分けて検討している。さらに、Summerfield<sup>12)</sup>はコンピューターアニメーションを用いて読話能の検査を行なっている。

今回我々は、視覚による語音認知能を検討するための口唇モデルの作成、および視覚による語音認知能検査の予備的研究として、まず日本語の言語の基準である5母音について、固定した口形特に外形においてどの程度知覚が可能かを調べるため、基準となる母音の口形およびある母音間の口形連続体を作成し、健聴者を対象にそれぞれの知覚検査を行なった。

#### 4.2 口形作成について

今回の5母音の基準口形は、3名の20代男性が各母音発声時のビデオ画面のなかで最もその母音の口形を表しているときの口唇輪郭線を描き、さらにそのうちの7箇所(図3参照)の測定部位を設定することにより作成した。測定部位を7箇所にしたのは、今後口唇モデルの作成にあたり、同様の7箇所の部位において実際の口形のtracking、およびその作成を行なうことに合わせた訳である。実際の検査口形としては、不自然ではなく十分口形として使用できたと考える。

#### 4.3 回答結果について

二者択一、五者択一、基準5母音の知覚いずれにおいても全般的には同様の傾向がえられた。5母音の正答率では*/ɪ/*の知覚が最も良く約90%で、範疇知覚でもG1(*/a/-e/-i/*)、G4(*/i/-u/*)ともに良かった。これは、*/ɪ/*の口形が横に平べったくなり、他の4母音と大きく異なることに起因すると思われる。次に*/a/*が約60~70%と良く、G2(*/a/-o/*)の五者択一およびG1(*/a/-e/*)においては約30%が*/e/*と知覚されていた。これは*/a/*の口形が*/e/*に似ていることに起因すると思われる。*/u/*も約60~70%と良かったが、*/o/*への知覚が約30%みられた。これも*/u/*の口形が*/o/*に似ていることに起因するが、口形情報として口形の外側だけではなく、内側も重要な情報となることに起因すると思われる。*/e/*では約50%が知覚され、*/a/*への知覚が約50%にみられた。これも*/e/*の口形が*/a/*に似ていることに起因するが、*/a/*の*/e/*への知覚が約30%であったのと比較し、*/e/*から*/a/*への知覚が多いのは、今回の基準口形の問題や単に口形のみならず、*/e/*の場合左右への緊張が加わることなどによると思われる。最も正答率が低かったのは*/o/*であった。*/u/*、*/a/*、*/e/*の知覚とほとんど同じであり、今回の基準口形の問題もあろうが、むしろ*/o/*の口形が、上下の長さで*/e/*に近似しかつ*/a/*と*/u/*の中間にあり、横幅においても*/u/*より広く*/a/*や*/e/*より狭いこと、さらには*/u/*と同様に口形の外側だけではなく、内側の形状も重要な情報となることなどに起因すると思われる。

また、口形連続体についてみると、基準母音の正答率が高い*/a/*、*/u/*、*/ɪ/*では高い範疇

知覚がなされているが、正答率が低い/e/、/o/において範疇知覚は不十分である。さらに興味あることに、G4(/i/-/u/)の五者択一において、/i/から/u/への連続体の途中で/e/への知覚が約40%みられた。これは、明らかに口形の上下、左右の長さを目安に知覚していることを意味する。つまり、口形のみ情報でも/a/、/u/、/i/においては約60%以上が知覚可能であり、/e/で約50%知覚可能であった。/o/では、口形のみ情報では正しい知覚は困難であった。

## 5. まとめ

視覚による語音認知能を検討するための口唇モデルの作成、および視覚による語音認知能の予備的研究として、基準となる母音の口形および口形連続体を作成し、18～30歳の健聴者75名を対象に、知覚検査を行ない母音口形における視覚的知覚能について検討した。

/a/、/u/、/i/では高い範疇知覚がなされ、/e/、/o/において範疇知覚は不十分であった。つまり、口形のみ情報でも、/i/においては約90%、/a/、/u/においては約60%以上、/e/で約50%が知覚可能であった。/u/では/o/への、/a/では/o/、/e/への、/e/では/a/への知覚が多くみられた。/o/では、口形のみ情報では正しい知覚は困難であった。

母音口形における視覚的知覚の有効性が示唆された。

あとがき：本研究の実験にあたっては、東京医科大耳鼻咽喉科学教室、田中 豊先生、和歌山信愛女子短期大学、間 三千夫先生に御協力いただいた。ここに深謝致します。

## 参考文献

- 1) 間 三千夫、河野 淳、加藤朗夫、小泉理華子、船坂宗太郎：中等度難聴者における視覚情報の意義、Aud. Jpn. 33：691-692,1990.
- 2) 船坂宗太郎、細谷 陸、林原成子、高橋 整、湯川久美子ら：22チャンネルCochlear Implant-そのシステム紹介と本格的言語訓練前の話声聴取能について、日耳鼻 89：1070-1076,1986.
- 3) 城間将江、河野 淳、湯川久美子、熊川孝三、船坂宗太郎：人工内耳50例の語音聴取成績、Aud. Jap. 35 365-366,1992.
- 4) 河野 淳、城間将江、船坂宗太郎、熊川孝三、山中 昇：人工内耳装用者の聴こえ行動に関する調査、臨床耳科 17：104-111,1990.
- 5) 河野 淳：高度難聴者の補聴器による聴覚補償とその評価法、日耳鼻、印刷中（1993年3月号掲載予定）
- 6) 田中美郷、進藤美津子、本宮敏司：テレビを用いた読話テストと高度聴覚

障害者のコミュニケーション能力について、 Aud.Jpn. 16 : 109-119, 1973.

7) 田中美郷、千葉芙美子：VTRを用いた読話テストとその補聴器適応検査への応用、 Aud.Jpn. 18 : 195-202, 1975.

8) 福田友美子、四日市章：聴覚障害者の視覚と聴覚による音声知覚の評価。音声言語医学 33 : 177-185、1992.

9) McGurk H., and Mac Donald J. : Hearing lips and seeing voices. Nature, 264. 746-748, 1976.

10) Allen A. Montgomery, Brian E. Waldon, Robert A. Prosek : Effect of consonant context on vowel lipreading, Journal of speech and hearing research. 30 : 50-59, 1987.

11) Linda Bement, Josara Wallber, Carol DeFilippo, Joseph Bochner, and Wayne Garrison : A New Protocol for Assessing Visem Perception in Sentence Context : Ear & hearing. 9 : 33-40, 1988.

12) Summerfield Q. : Lipreading and audio-visual speech perception, philos trans R Soc Lond, 335 : 71-78, 1992.



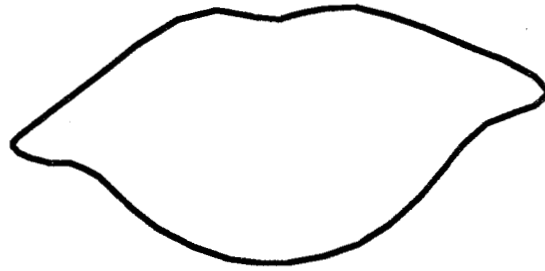
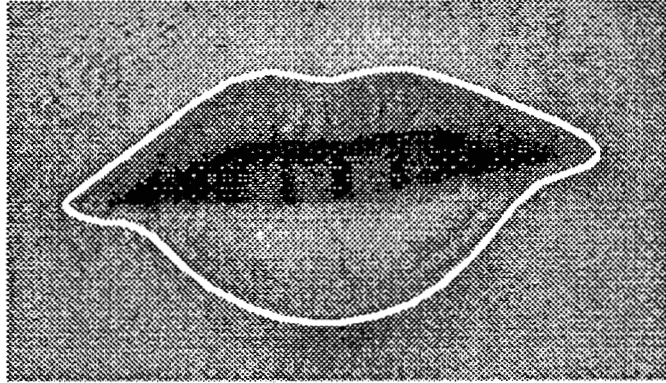


図1.口唇輪郭線の抽出

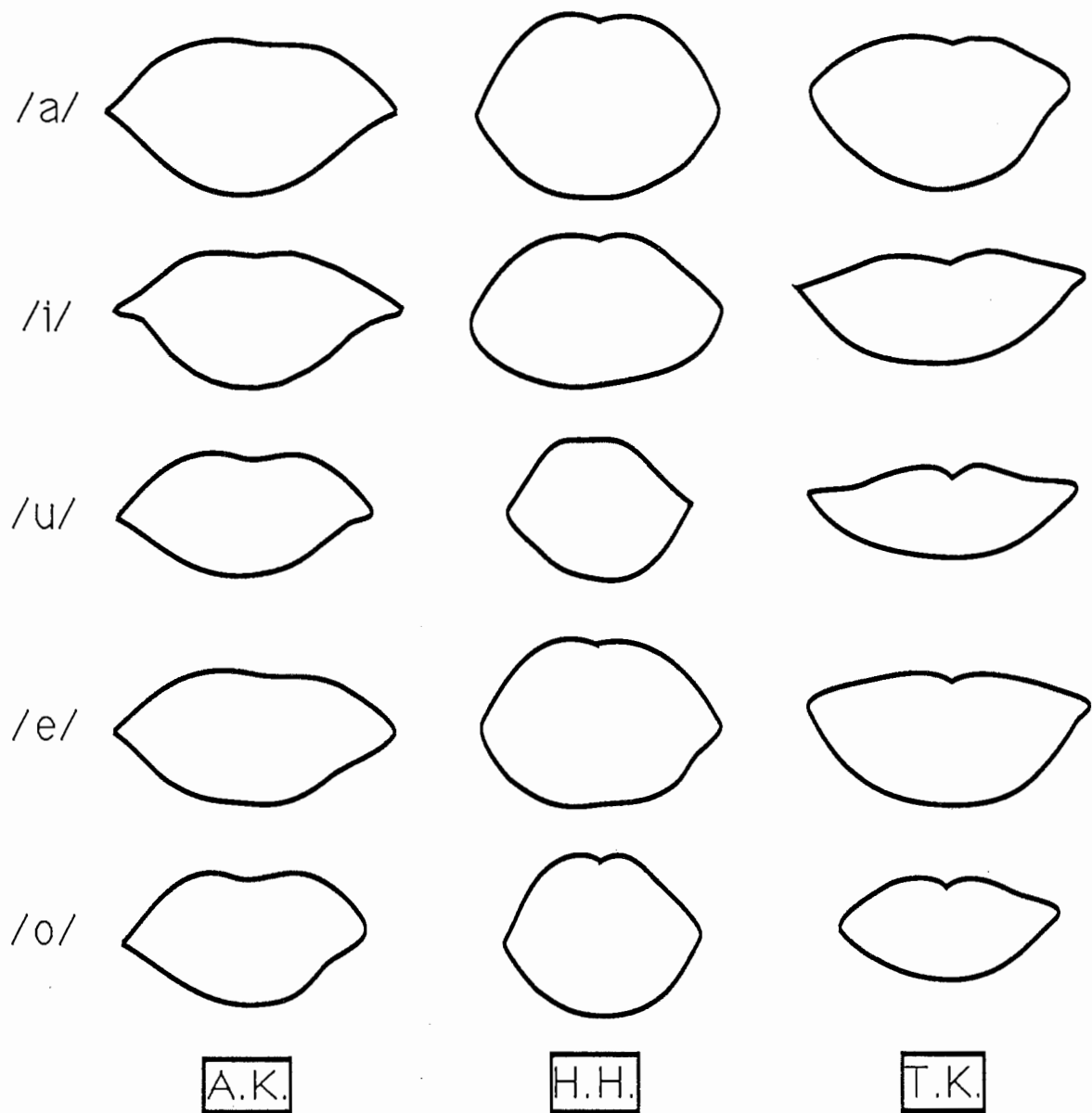


図2. 3名の口唇輪郭線

H.H.は上下に広がるタイプ、T.K.は横に広がるタイプ、A.K.はその中間。

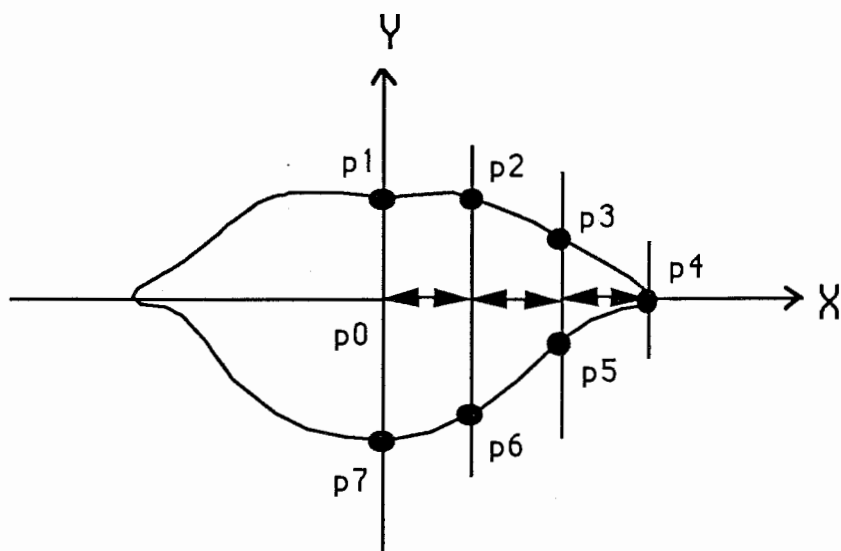


図3. 口形輪郭の測定部位

左口角をp4、上口唇、下口唇の中央をそれぞれp1,p7とする。左右の口角を結ぶ線をX軸、p1とp7を結ぶ線をY軸として、その交点をp0(X、Y座標の原点)とする。さらに、p0とp4とを三等分する線と口唇輪郭線との交点を上より順にp2,p3,p5,p6として、計7箇所を測定部位とする。

母音	基準口形	3名の各部位の平均座標			各母音の特徴
		部位	x座標	y座標	
/a/		1	0.0	100.0	5母音の中で、 上下の幅が最も広い。
		2	60.5	99.2	
		3	121.0	71.5	
		4	181.4	0.0	
		5	121.0	-70.9	
		6	60.5	-110.4	
		7	0.0	-123.8	
/i/		1	0.0	67.2	5母音の中で、 上下の幅が最も狭く、 左右の幅が最も広い。
		2	64.8	67.2	
		3	130.6	43.2	
		4	194.6	0.0	
		5	130.6	-57.6	
		6	64.8	-83.5	
		7	0.0	-86.4	
/u/		1	0.0	68.5	5母音の中で、 上下の幅、左右の幅 ともに最も狭い。 口がすぼまり、口唇が 突き出ている。
		2	45.1	70.4	
		3	94.1	43.5	
		4	134.4	0.0	
		5	94.1	-56.6	
		6	45.1	-85.8	
		7	0.0	-89.0	
/e/		1	0.0	80.5	/a/に比べ、下口唇が やや丸まっている。
		2	62.0	84.3	
		3	123.9	58.9	
		4	185.9	0.0	
		5	123.9	-71.7	
		6	62.0	-110.7	
		7	0.0	-118.4	
/o/		1	0.0	81.9	上下の幅、横幅ともに /a/と/u/の間である。
		2	52.3	81.9	
		3	104.5	58.2	
		4	156.8	0.0	
		5	104.5	-58.2	
		6	52.3	-93.4	
		7	0.0	-99.8	

図4. 5母音の基準口形と座標およびその特徴

座標の値はp1のY座標を100.00として表わしてある。  
口形の特徴は図5を参照のこと。

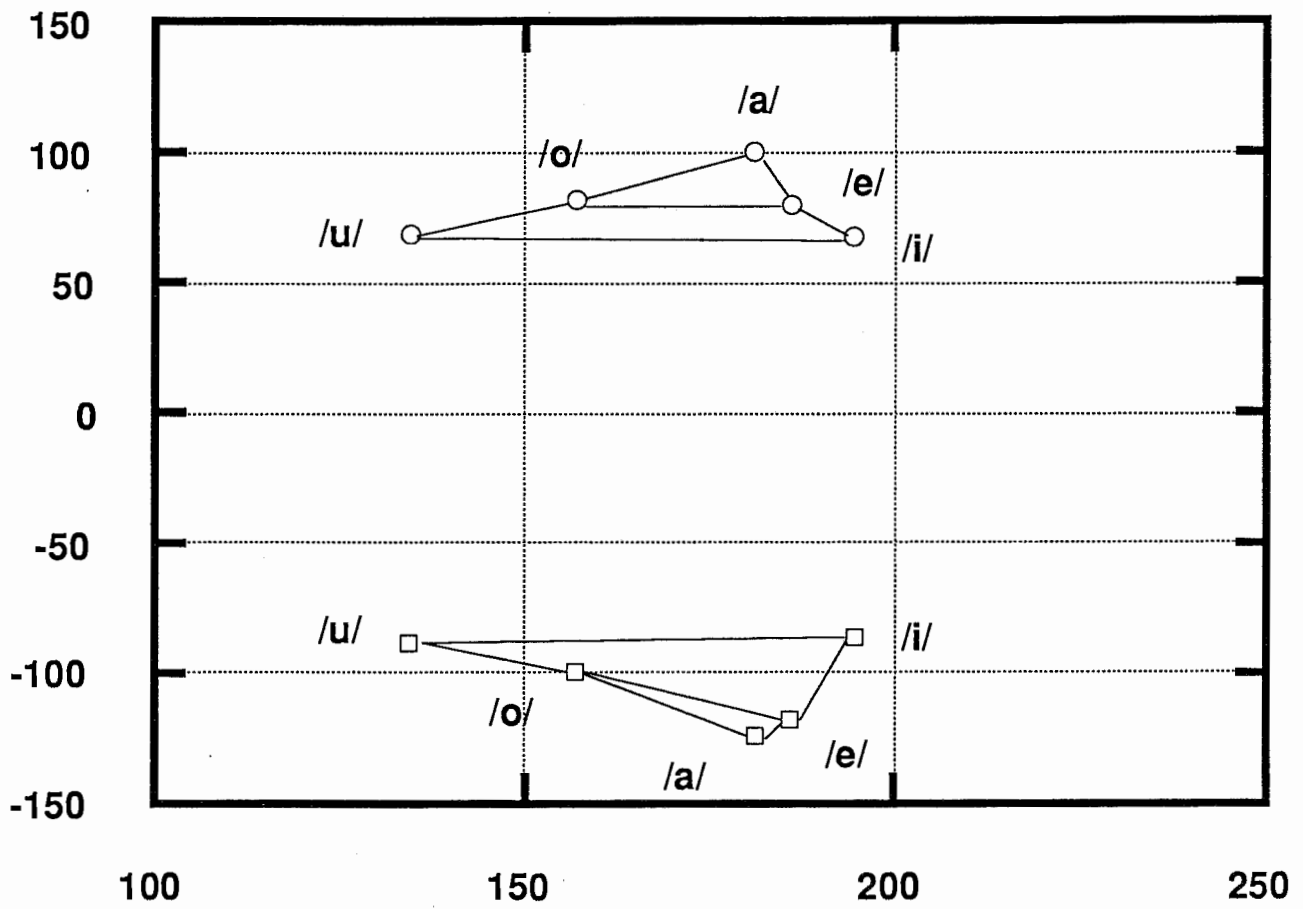


図 5. 基本母音の口形の縦と横の関係

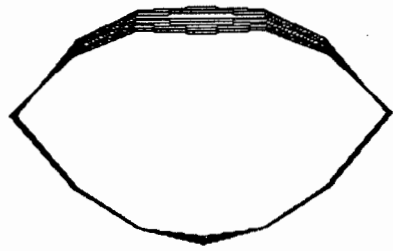
- G1 /a/-/e/-/i/ : 2ae 1ae a0e a1e a2e a3e a4e a5e a6e /a/ /e/
- e0i e1i e2i e3i e4i e5i e6i ei1 ei2 /e/ /i/
- G2 /a/-/o/-/u/ : 2ao 1ao a0o a1o a2o a3o a4o a5o a6o /a/ /o/
- o0u o1u o2u o3u o4u o5u o6u ou1 ou2 /o/ /u/
- G3 /e/-/o/ : 2eo 1eo e0o e1o e2o e3o e4o e5o e6o eo1 eo2 /e/ /o/
- G4 /i/-/u/ : 2iu 1iu i0u i1u i2u i3u i4u i5u i6u iu1 iu2 /i/ /u/

## 図6. 検査用口形の作成

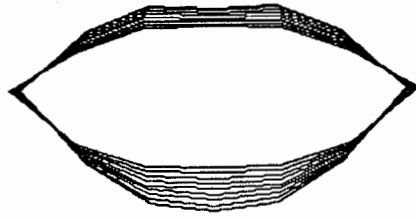
/e/-/o/では/e/, /o/2者の口形を図3の測定部位7箇所において、5等分したものをそれぞれの口形の間での刺激とし、/e//o/を含めて/e/から/o/まで順に、e0o, e1o, e2o, e3o, e4o, e5o, e6oで表し、同じ変化率で/e/, /o/の外側に2つずつそれぞれの口形を強調したものを作成し、これを/e/の外側に順に1eo, 2eo、/o/の外側に順にeo1, 2eoとした。/a/-/e/-/i/、/a/-/o/-/u/においては、それぞれ/a/, /i/、/a/, /u/の強調したものだけとした。

上記のa0e, a0oは/a/そのものであり、同じくe6i, i0uは/i/、o6u, i6uは/u/、a6e, e0i, e0oは/e/、a6o, o0u, e6oは/o/である。

よって検査口形はG1:18、G2:18、G3:11、G4:11の58である。

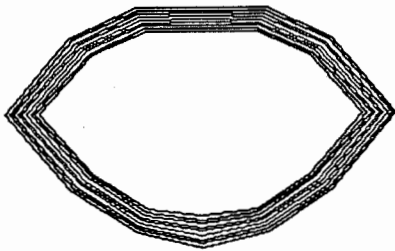


*/a/-/e/*

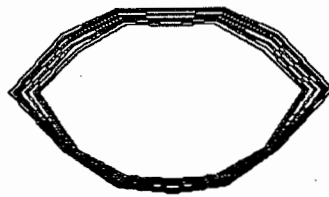


*/e/-/i/*

G1

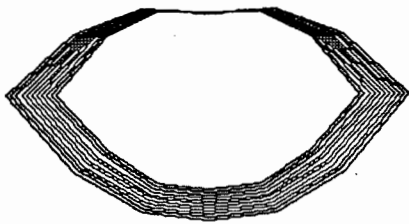


*/a/-/o/*



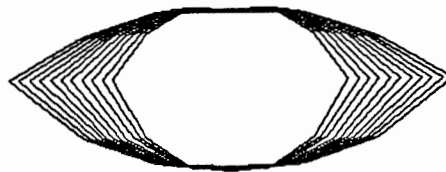
*/o/-/u/*

G2



*/e/-/o/*

G3

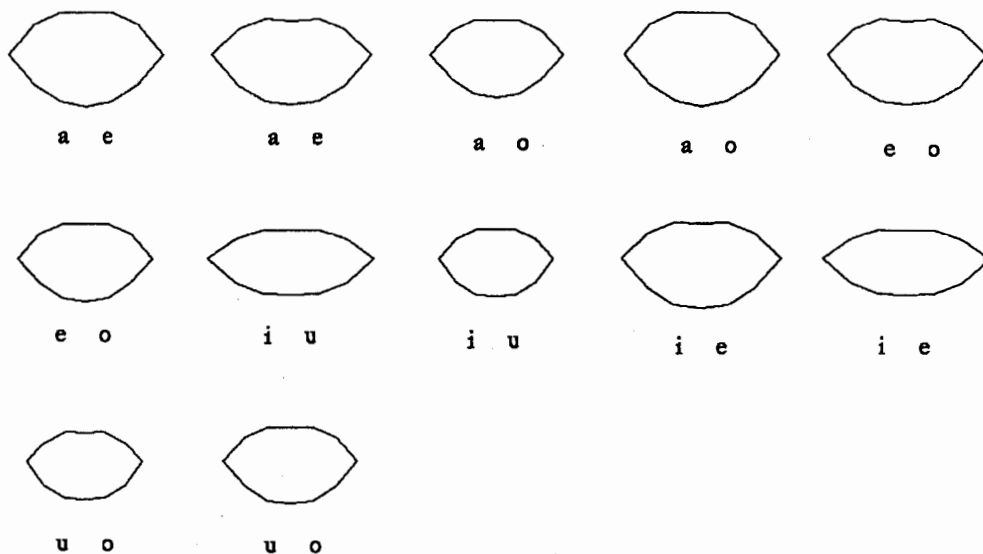


*/i/-/u/*

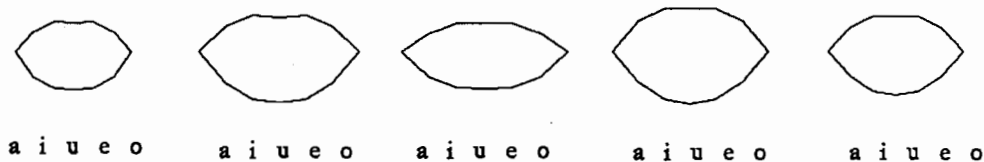
G4

図7.各グループ毎の検査用口形の重ね合わせ

練習. 次の口型 - 唇の外側の型 - は母音 (a i u e o) の型を表わしています。  
それぞれの口型は、下記のどれに当たりますか? ○をして下さい。



練習. 次の口型 - 唇の外側の型 - は母音 (a i u e o) の型を表わしています。  
それぞれの口型は、下記のどれに当たりますか? ○をして下さい。

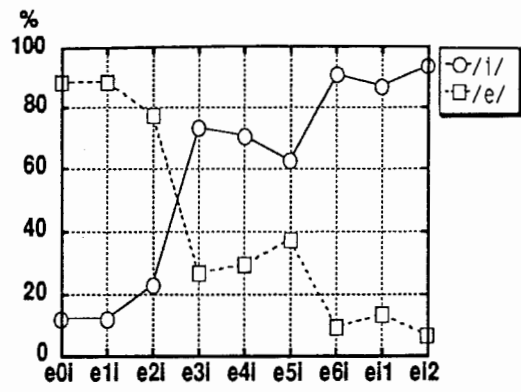
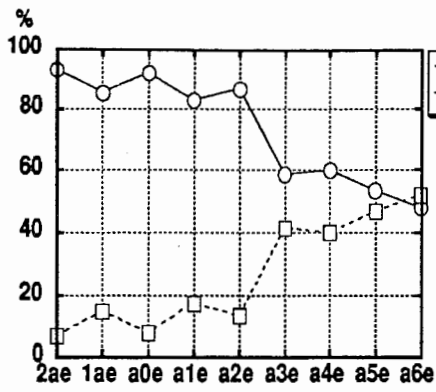


## 図 8. 練習内容

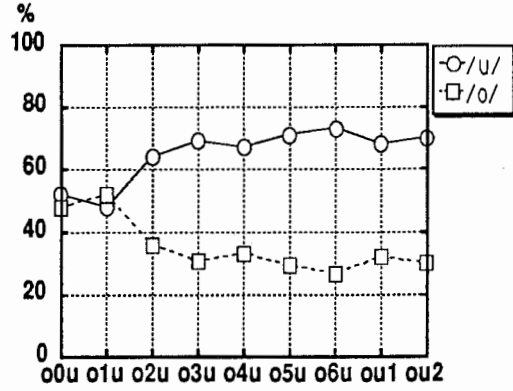
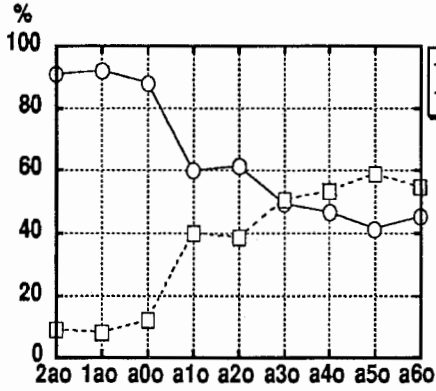
検査に先立ち、練習を行なった。上段は/a/と/e/, /a/と/o/, /e/と/o/, /i/と/u/, /i/と/e/, /a/と/o/の2者択一である。  
下段は/a/, /i/, /u/, /e/, /o/の5者択一である。



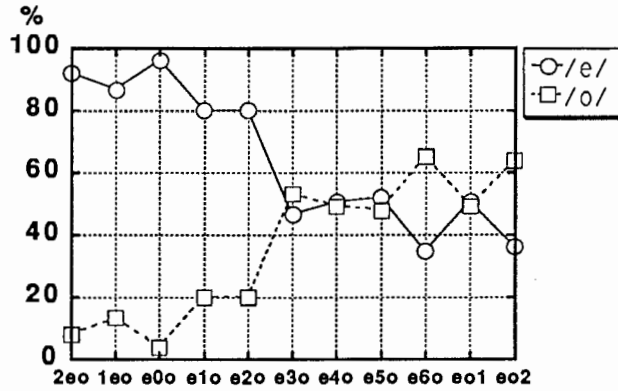
G1



G2



G3



G4

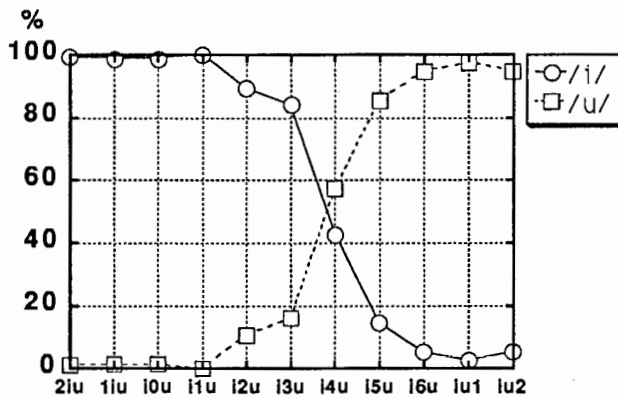


図9. 2者択一の検査結果

上段よりG1, G2, G3, G4の結果を示す。  
横軸は各検査用口形、縦軸はそれぞれ選択した視認率を示してある。

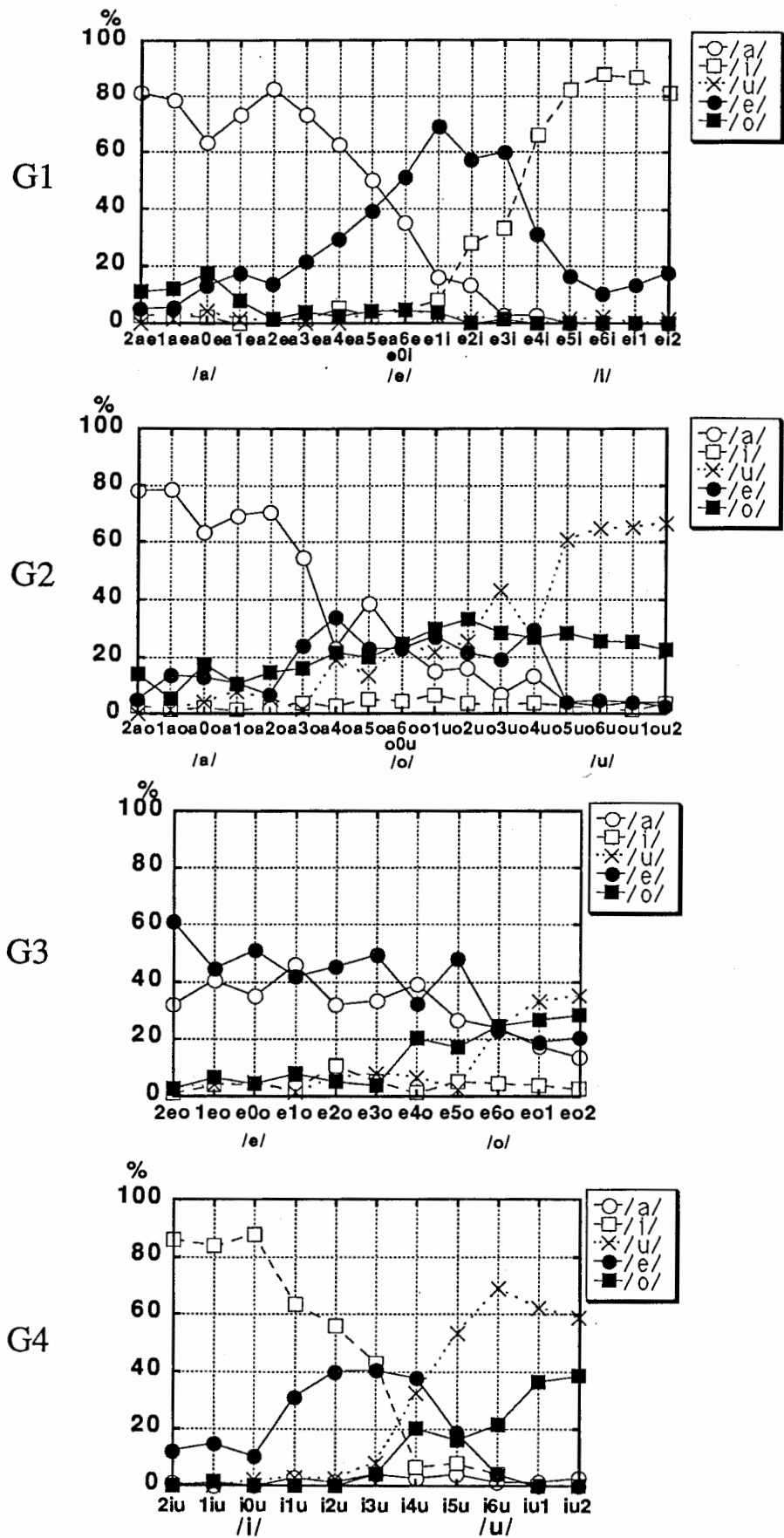


図10. 5者択一の検査結果

上段よりG1, G2, G3, G4の結果を示す。

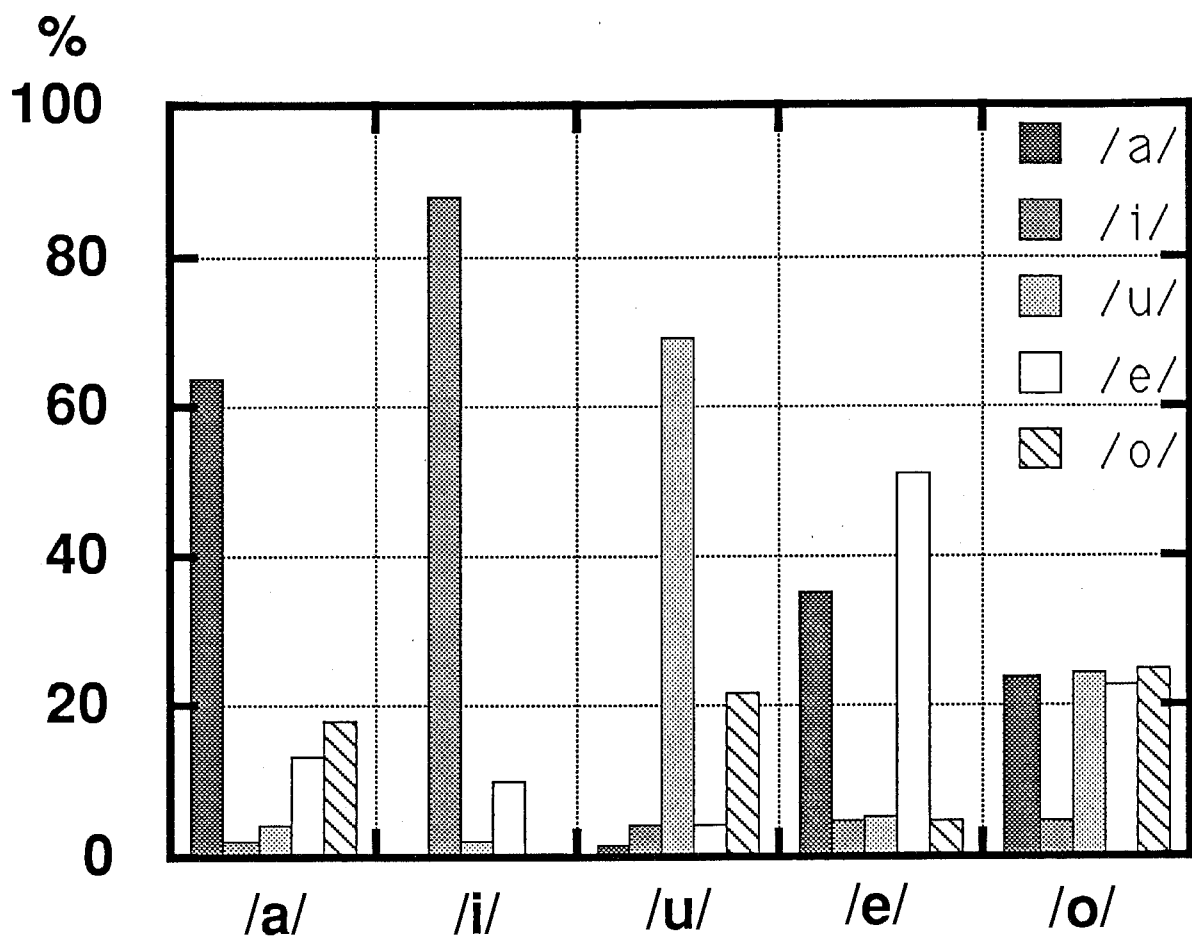


図 1 1. 基本口形の 5 者択一の結果