

口の構えと舌の形が日本語母音明瞭度に

及ぼす影響について

高橋 宏明*, 苦 瓜 安彦**

Relation of Vowel Articulation to the Shape of Vocal Tract, with Special Reference to the Mouth Opening and the Tongue

It has been conventionally believed that a "standard" shape of the resonance cavity exists corresponding to each cardinal vowel.

The authors attempted to study the effect of the deviation of the shape of the mouth opening and the position of the tongue, which are the decisive and dynamic elements to form a resonance cavity, from the standard of each vowel, using the following method.

Combining the nine shapes of the mouth opening with the five positions of the tongue, forty-five kinds of resonance cavity were set.

The speech sounds which were pronounced through these cavities by one male speaker were recorded on tape. The vowel intelligibility of thus recorded speech sounds were investigated.

The conclusions were as follows:

1. The position of the tongue, generally, is more significant as the element of vowel articulation than the shape of the mouth opening.
2. The significance of the position of the tongue and the shape of the mouth opening, however, is different among the vowels. For example, in case of vowel /i/ the position of the tongue is essential to produce the vowel. In the other cases, the vowel articulation is more or less influenced by the shape of the mouth opening.
3. All five Japanese cardinal vowels are satisfactorily generated through the resonance cavity which has adjacent jaws and a mediate mouth opening. This fact indicates that the standard cavities which correspond to each vowel are unnecessary to produce the vowels.

*兵庫県立尼崎病院耳鼻咽喉科 Hiroaki Takahashi (From the E.N.T. Clinic, Hyogo Prefectural Hospital of Amagasaki)

**国立姫路病院耳鼻咽喉科 Yasuhiko Nigauri (From the E.N.T. Clinic, National Hospital of Himeji)

4. Compensation between the position of the tongue and the shape of the mouth opening is observed to exist.
5. In conclusion, among the elements which form the standard resonance cavity of a certain vowel there exist both the essential and the non-essential elements. Hence, the change of the non-essential element within a considerable range does not influence the vowel articulation.

Hiroaki TAKAHASHI and Yasuhiko NIGAURI

I. 緒 言

語学の初歩の教科書を見ると、最初に母音発音時の共鳴腔形態断面図が示されているのが通例である。これが、その言語に於ける、ある特定の母音構音に必要な標準的共鳴腔形態であると理解される。

ところで、ここに標準的というのは、果してどの程度の厳密性を有するものであろうか。換言すれば、個々の構音器官形態がこの標準から偏位した場合に、母音明瞭度は直ちに何らかの影響を受けるものであろうか。

共鳴腔の形成に直接関与し、然もその位置あるいは形態を変化し得る構音器官は、舌、下顎、口唇および軟口蓋である。いま日本語母音を問題にする限り、原則として鼻腔との交通は遮断されており、従って軟口蓋の形態はほぼ一定として差支えないから、結局、舌、下顎および口唇の3要素がその位置あるいは形態を変える事によって、種々の共鳴腔を形成する事になる。

なお、これらの3要素は、生理的に相互に影響を及ぼす。たとえば上下顎の開きが大きければ、当然口腔容積も口唇の開きも大きくなりやすく、又上下顎の開きが小さければその逆である。

日本語の母音はアイウエオ（以下本論文では /a/, /i/, /u/, /e/, /o/ と表記する）の5種類であって、これは我々が日常接する英、独、仏語などの母音数に比してかなり少い。この5母音について、やはり標準的共鳴腔形態というべきものが存在する。簡単に理解するには、いわゆる母音三角形を見るのが便利である。たとえば /i/ は、小開き前舌母音であるという。即ち上下顎および上下口唇の開きは小さく、舌は前方、即ち舌尖附近に於て硬口蓋に近接し、ここに狭窄部を形成する事を意味する。

さて、共鳴腔形態は生理的に多種多様であり得るから、これにより生じた音声も、音響学的には無数の種類があり、かつ連続的な系列を形成している。然るに我々の有する母音

体系の中には5種の母音しかない故に、かかる多種の音声（voice）を、不連続的な5種に分類して聴く事になる。勿論いずれの母音ともきかれず、或は2種以上の母音の中間的なものとしてきかれる音もあるが、なおかなり多種の音声がある特定の母音としてきかれ得るのである。換言すれば、ある母音を発音するには、かなり「非標準的」な共鳴腔形態からでも可能である。たとえば我々耳鼻咽喉科医は、構音器官の種々の病変によって、標準的構音を行ない得ないにも拘わらず、少くとも母音明瞭度は全く損なわれていない患者に接する事が少なくない。例示すれば、口唇の欠損あるいは瘢痕収縮による口唇運動不能、又は咬筋群の強直等による開口不能などがこれに当る。

この理由として考えられるのは、ある構音器官の機能不全が、他の器官の働きによって代償されているのか、それともいわゆる標準的構音というものの中には本質的要素と従属的要素とがあり、後者の障害は母音明瞭度には大した影響をもたらさないのか、何れかであろう。そこで、ある母音を構成するために最低限に必要な構音要素は何であるかが問題となって来る。

この問題を研究するには種々の方法がある。たとえば近年米国に於て発達した Electrical Vocal Tract による研究もその1つであって、かなり精細な成果を挙げている。然し簡単には、口唇と上下顎の開き、および舌の形を種々に組合わせた構音を行ない、その結果生ずる音声の母音としての明瞭度を検討してもよい。この方法は Electrical Vocal Tract のような器械的正確さに於ては劣るものの、他方生理的であり、より実際的であるという長所を有する。

我々は今回この方法を用いて実験し、本問題の概要を把握し得たので報告する。

II. 実験方法

我々が英語のæという音の発音を学ぶ際には、アの口の構えでエと発音せよと教えられる。又ドイツ語のö (ø) を学ぶには、オの口の構えでエと発音すればよい。ここに口の構えとは、上下顎と上下口唇の開きを意味するのは明らかであるが、ある口の構えで他の母音を発音するというのは如何なる事を意味するのであろうか。

Fig. 1～5はそれぞれ /a/ /i/ /u/ /e/ /o/ を構音した際の高圧レ線撮影側面像である。これらの写真では口唇は表われていないが、上下顎の開きと舌の形が各母音で特徴的である事がわかる。次に Fig. 6～9は、/a/ の口の構えで /i/ /u/ /e/ /o/ と発音したものである（各図の符号については後述）。上下顎の開きは Fig. 1 と等しく、舌の形はそれぞれ

Fig. 2～5 とほぼ等しい。又 Fig. 10 は /u/ の構えで /a/ を, Fig. 11 は /e/ の構えで /u/ を発音したもので, やはり上下顎の開きは構えを規定する原母音のそれと等しく, 舌の形は発音しようとした母音のそれと等しい, 即ちある口の構えで他の母音を発音しようとする



Fig. 1 Aa



Fig. 2 Ii



Fig. 3 Uu



Fig. 4 Ee



Fig. 5 Oo



Fig. 6 Ai



Fig. 7 Au



Fig. 8 Ae



Fig. 9 Ao



Fig. 10 Ua



Fig. 11 Eu

Fig. 1~13 show high voltage radiographs of resonance cavity.

A, I, U, E, O : mouth openings which correspond to five Japanese cardinal vowels /a/, /i/, /u/, /e/, and /o/, respectively. Measured values are shown in Table 1.

a, i, u, e, o : shapes of tongue which correspond to the five vowels respectively.

X₁, Y₁, X₂, Y₂ are special mouth openings, details of which are shown in Table 1.

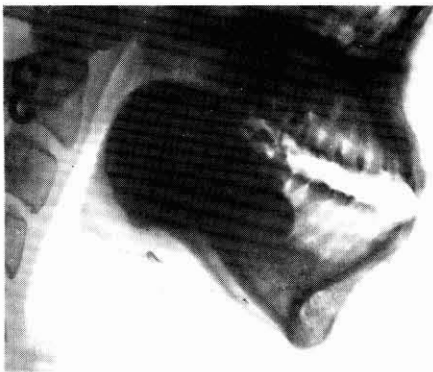
Combination of those nine mouth openings with five shapes of the tongue results forty-five kinds of resonance cavity. For example, Aa (Fig. 1) is a standard resonance cavity of /a/, while Ai (Fig. 6) means a combination of the mouth opening of /a/ with the shape of the tongue of /i/.

る努力は、無意識的に舌の形を規定するものであり、然もかなり正確に原母音の舌の形をとっている事がわかる。

さて、本実験では、前述の如く、口唇と上下顎の開きおよび舌の形を種々に組合わせて発音する事が必要である。それには上述の事実を応用すればよい。

日本語5母音のいわゆる標準的な口の構えを規定して、これらを A, I, U, E, O と表現する。一方、口の構えに無関係に5母音を発音しようとする努力、即ち各母音の舌の形をそれぞれ a, i, u, e, o と表わす。これらの組合わせは Aa, Ai, Au, … Ia, Ii … という風に表現される。組合わせは計25個であり、当然このうち Aa, Ii, Uu, Ee, Oo の5個は、標準の5母音そのものである。

更に、口の構えのうちで、口唇と顎の開きの意義を別個に検討するため、次の如き特殊な口の構えを規定する。即ち、口唇については、大開きの場合を1とし、小開きを2とする。顎については、門歯を咬合し、その結果臼歯間に間隙のある状態をXとし、又臼歯を咬合し、即ち上下顎が密着している状態をYとする。因に本実験の発声者の歯列はかなり高度の被蓋咬合であるため、上下門歯の尖端を咬合すると、臼歯間には著明な間隙を生ずるものである。Fig.12はX, Fig.13はYの上下顎の関係を示す。いずれも舌の形はoである。

Fig.12 X₁oFig.13 Y₁o

X, Yと1, 2を組合わせて、X₁, Y₁, X₂, Y₂の4種の口の構えが生じ、更にこれらと5母音の舌の形を組合わせると X₁a, X₁i …等の20個の共鳴腔形態を得る。

A, I, U, E, O および X₁, Y₁, X₂, Y₂の計9種の口の構えと、a, i, u, e, oの5種の舌の形を組合わせた計45個の共鳴腔形態で著者の1人が発声し、生じた音声をテープレコ

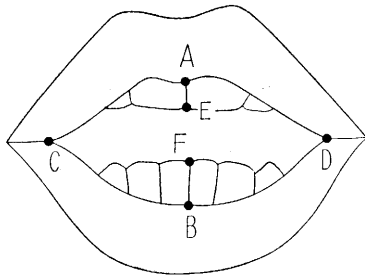


Fig. 14 Points of measurement.

AB : Opening of lips, vertical.
 CD : Opening of lips, horizontal.
 EF : Opening of incisors.

Table 1 Mouth opening (mm.)

	opening of lips		opening of jaws.	
	vertical	horizontal	molars	incisors
A	35mm	40mm	20mm	
I	15	45		small
U	5	20		small
E	20	45	5	
O	10	25	10	
X ₁	25	45	0	
Y ₁	25	45	0	
X ₂	5	40		0
Y ₂	5	40		0

ーダーに録音する。口の構えは変化しやすいので、1回の発音毎に計測を反覆して規定通りとする。このリストを random に並べかえて再録し、聴力正常者100名に free field できかせ、日本語母音としての明瞭度を forced choice により判定せしめる。

Fig.14は口の構えの計測点を、Table 1は各構えの計測値を示す。なお舌の形は前掲のFig. 1～5に示す通りである。

III. 実験結果

Table 2は口の構え A, I, U, E, O の結果である。欄外の文字は口の構えの種類を、左

Table 2

Confusion matrixs. Symbols outside of each diagram show the mouth openings. a, i, u, e, o in left row are the shapes of the tongue combined with each mouth opening. /a/, /i/, /u/, /e/, /o/ in upper row are responses. Figures in the diagrams are frequencies of judgements. As the total judgements are 100, those figures show percentages at the same time.

	/a/	/i/	/u/	/e/	/o/
A	100				
a	100				
i		96		4	
u	9		87	4	
e				100	
o	100				0
	209	96	87	108	0

	/a/	/i/	/u/	/e/	/o/
I	100				
a	100				
i		100			
u			100		
e				100	
o	4				96
	104	100	100	100	96

	/a/	/i/	/u/	/e/	/o/
U	4		2		94
a	4		2		94
i		100			
u			100		
e		82	4	14	
o			56		44
	4	182	162	14	138

	/a/	/i/	/u/	/e/	/o/
E					
a	100				
i		100			
u	12		50	38	
e				100	
o	5				95
	117	100	50	138	95

	/a/	/i/	/u/	/e/	/o/
O					
a	17				83
i		100			
u			100		
e				100	
o					100
	17	100	100	100	183

側の a, i, u, e, o は舌の形を, 上段の /a/, /i/, /u/, /e/, /o/ の符号は, 結果としてきか
れた母音種を示している. 5×5 欄内の数は実数であり, 聴取者が 100 名であるから % を
も示す. 又下段の数は, ある母音としてきかれた数の合計である.

たとえば口の構え A の時, 舌の形 a, i, u, e, o に対する各母音の明瞭度は左上から右
下に到る対角線上に示され, 即ち /a/, /e/ は 100%, /i/, /u/ も 96% と 87% で明瞭度が高い
のに反し, /o/ は 0 % で, 全部 /a/ ときかかれている事がわかる. 又全体として /a/ ときか
れた数は 209 で, これは総数 500 個の判定数に対して 42% に当る.

Table 3 は口の構え X₁, Y₁, X₂, Y₂ の結果を示す. 符号は Table 2 と同様である. た
えば口の構え X₁ に於ては, 舌の形 a, i, u, e, に対してはそれぞれ /a/, /i/, /u/, /e/ と
しての明瞭度が 100% であるが, 舌の形 o のみは /o/ としては 49% の低率であって, 残り

Table 3

Confusion matrixs in case of the mouth openings X₁, Y₁, X₂ and Y₂. Conditions are the
same as in Table 2.

	/a/	/i/	/u/	/e/	/o/
X ₁					
a	100				
i		100			
u			100		
e				100	
o	51	100			49
	151	100	100	100	49

	/a/	/i/	/u/	/e/	/o/
Y ₁					
a	100				
i		100			
u			100		
e			2	98	
o					100
	100	100	102	98	100

	/a/	/i/	/u/	/e/	/o/
X ₂					
a	16	82			2
i		100			
u			100		
e			2	98	
o	2				98
	18	182	102	98	100

	/a/	/i/	/u/	/e/	/o/
Y ₂					
a	0		66		34
i		90	10		
u			100		
e	2		74	24	
o			4		96
	2	90	254	24	130

Table 4

Summary diagram of Table 2 and 3. Symbols in upper row are mouth openings and in left row are shapes of the tongue. For each cell, upper left hand figures refer to percentages judged as the vowel which corresponds to the shape of the tongue, while lower right hand figures refer to what corresponds to the mouth opening. Average 1 shows average percentages of lower right-hand figures and Average 2 shows those of upper left-hand figures.

	A	I	U	E	O	Average 2	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂
a	100 100	100 0	4 2	100 0	17 83	64%	100	100	16	0
i	96 0	100 100	100 0	100 0	100 0	99%	100	100	100	90
u	87 9	100 0	100 100	50 38	100 0	88%	100	100	100	100
e	100 0	100 0	14 4	100 100	100 0	83%	100	98	98	24
o	0 100	96 0	44 56	95 0	100 100	67%	49	100	98	96
Average 1	42%	20%	32%	28%	37%					

51%は /a/ としかれていている事がわかる。

これら 9 種類の口の構え全体の結果は Table 4 の如くまとめられる。上段の符号は口の構え、左側の符号は舌の形の種類を示す。又、各欄の中で、右上の数字は、ある口の構えとある舌の形の組合わせに於て、舌の形を規定する母音としての明瞭度を示し、一方左下の数字は、口の構えを規定する母音としての明瞭度を示す。やや難解な表であるから説明を加える。

たとえば Ai の欄には、右上に 96、左下に 0 と記されている。これは、A の口の構えと i の舌の形で発音した場合の音声は、舌の形 i を規定する母音即ち /i/ としては 96% の明瞭度があるのに、口の構え A を規定する母音即ち /a/ としては明瞭度 0 % である事を示している。即ちこの場合には舌の形の方が母音構成に対して優位である事がわかる。又 Ao という組合わせでは、/o/ として 0 %、/a/ として 100% であり、ここでは口の構えの方が優位である。

X₁, Y₁, X₂, Y₂ では、もともとこれらの構えによって規定される母音は存在しないから、数字は上段のみ、即ち舌の形を規定する母音としての明瞭度のみが示されている。

次に Average 1 は、A, I, U, E, O の口の構え各々の場合に、5 種類の舌の形を通じ

て、口の構えを規定する母音としてきかれた数の、全判定数に対する%を示している。たとえば口の構え I では、すべての舌の形を通じて /i/ としての明瞭度は20%である。逆に Average 2 は、5種の舌の形各々の場合に、口の構え A, I, U, E, O を通じて、舌の形を規定する母音としてきかれた数の全判定数に対する%である。たとえば舌の形 i では、5種類の口の構えを通じて /i/ としての明瞭度が99%に達する。即ち /I/ を構音するためには舌の形の方が口の構えより圧倒的に優位である事がわかる。

通覧すると、先ず口の構え I と Y₁ では、上述の如くすべての母音が舌の形によって決定され、明瞭度が高い。然しその他の構えでは、舌の形に規定されない何れかの母音が存在する。たとえば口の構え A では /o/ を発音出来ず、逆に口の構え O では /a/ を発音する事が困難である。

又舌の形から見ると、i では、上述の如くすべての口の構えに於て /i/ としての明瞭度が高い。然し他の舌の形の場合は、口の構えによって明瞭度に影響を受ける。たとえば a の場合は、口の構え U, O, X₂, Y₂ に於て明瞭度が低く、/a/ と聞こえない。

全体としては、舌の形が母音を規定する率が高いのに反し、口の構えが母音を規定する率は低い。Average 1 と 2 の比較によって明瞭である。

IV. 総括および考按

我々は9種類の口の構えと5種類の舌の形を設定し、これらを組合わせた計45種類の共鳴腔より生ずる音声について、その母音明瞭度を検討した。このうち、いわゆる標準的な構音は Aa, Ii, Uu, Ee, Oo の5種であり、これらは勿論いずれも100%の明瞭度でそれぞれの母音としてきかれている。これ以外の40種は、すべて何らかの点に於て非標準的なものであるが、その中には、ある母音としての明瞭度が非常に高いものが存在する。これを分析するのが本論文の要点である。

先ず母音を構成するための要素としては、舌の形が口の構えより優位である。中でも /i/ は、すべての口の構えに於て明瞭度が極めて高い。

然し個々の母音についてみれば、口の構えによって決定的な影響を受けるものがある。たとえば Ao では 100% /a/ と聞こえ、逆に Oa では83%が /o/ と聞こえている。即ち /a/ と /o/ とは舌の形に無関係に、口の開きによって互に移行する。(勿論前述した如く、舌の形と口の開きには相互関係があるので、全く独立した2要素として考えるわけ

には行かないが). なお /a/, /o/ の両者共に口の構え U では明瞭度が低い, この際必ずしも /u/ とはきこえない. 即ち /a/, /o/ と /u/ との間には移行関係は著明でない.

/u/ は口唇間が広い場合には歪む. たとえば Au, Eu などでは明瞭度が低下している. 然したとえ口唇間が広くても, 上下顎が近接していれば代償され, X_1u , Y_1u では明瞭度が100%となっている.

/e/ は /u/ と逆に, 口唇間が狭い Ue , Y_2e では歪む. 然し上下顎が開けば代償され, X_2e では明瞭度が高い.

X_1 と Y_1 とは口唇の開きは等しい. ただ門歯を咬合するか, 臼歯を咬合するかの相違であるが, これによって /o/ は著しい影響を受けている. 又 X_2 と Y_2 も同様な関係にあるが, /e/ の明瞭度はこれによって著しく変化する. 即ち本質的な要素については, その僅な変化でも明瞭度に鋭敏な影響を与える.

更に口の構えの側から見ると, I と Y_1 では, すべての母音が舌の形によって規定され, 明瞭度が高い. 両種の構えに共通な点は, 上下顎は極めて近接するかあるいは密着しており, 口唇は軽度~中等度に開いている事である. この様な構えに固定しておけば, 舌のみを動かす事によって, 5 母音はすべて明瞭に発音出来る事を意味する.

いま本研究を, Massachusetts Institute of Technology の Stevens & House の研究と対比すると興味深い. 彼等は Electrical Vocal Tract を用いて, 母音構音の研究を行っている. この際の変要素として 1. 舌背口蓋間の近接による狭窄部の位置, 2. その断面積, 3. 開口部の音響インピーダンスの3つを問題にしている. 狭窄部の断面積は, 我々の生理実験では可変要素となっていないから別として, 他の2要素について見れば, やはり /i/ は開口度の変化には比較的無関係であるが, 狭窄部の位置には鋭敏に影響されており, 即ち /i/ が主として舌の形によって決定される事を示している. これに反し, /u/ は狭窄部の位置変化には比較的 insensitive であるが, 開口度には sensitive であり, 開口度さえ適当なら狭窄の位置がかなり変動しても構音出来るという.

又, 彼等は, 狭窄の位置と開口度の2種類の組合せに於て同じ母音を構音出来る事もある事実を指摘している. 同様な事実は我々の実験結果にも見られる. たとえば Ua に於ては94%が /o/ ときこえている. 反面 Uo の場合には /o/ は44%に過ぎない. 即ち U の構えで /o/ を構音するためには, 舌の形は a であった方がよい事を意味し, 換言すれば /o/ を構音するには, Oo , Io , Eo 等の舌の形に規定されるものの外に, Ua という, もともと /o/ に無関係な要素同志の組合せによっても可能である事を示すもので

ある。

我々の実験内容から見て, Ua が常に /o/ と聞こえるとは断言出来ないにしても, 構音する際には, いわゆる標準的共鳴腔形態のみが絶対的なものでない事を示唆する事実と言えよう。

因に, 著者の1人苦瓜は, 構音器官模型による実験によって, 母音構成に対する口腔と咽頭腔との関与性を研究し, /a/, /o/ は口腔部のみでも十分に構成され, 咽頭腔の存在は必要ない事を立証している。即ちこれらの場合の咽頭腔は従属的なものであって, 主たる口腔を形成するための舌の形に附随して生じたものに過ぎないと言える。この事実も又, ある共鳴腔のすべての要素が必ずしも必要でない事を示唆している。

V. 結 論

9種類の口の構えと5種類の舌の形を組合わせて発音し, それらの音声の母音明瞭度を検討する事により次の結論を得た。

1. 母音構音の要素として, 一般的には舌の形が口の構えに比して, より重要な意義を有する。

2. 然し, この両者の意義は母音種によって異なる。たとえば /i/ を構音するためには舌の形が決定的であるが, 他の母音では口の構えによって多少の影響を受ける。

3. 上下顎を近接せしめ, 口唇を中等度に開いた口の構えをとれば, 5母音はすべて明瞭に構音出来る。各母音毎に特有な口の構えは, 絶対的なものではない。

4. なお, 各要素間には代償作用も見られ, ある要素の偏位は他の要素によっておぎなわれ得る。

5. まとめて言えば, 各母音のいわゆる標準的共鳴腔形態の要素中には, 本質的なものと従属的なものがあり, 従属的要素を変化させても母音明瞭度は影響を受けない。

参 考 文 献

- Stevens, K.N. et al. : An Electrical Analog of the Vocal Tract J.A.S.A. Vol.25, P.734, 1953.
 Stevens, K.N. & House, A.S. : Development of a Quantitative Description of Vocal Articulation. J.A.S.A. Vol.27, P.484, 1955.
 Stevens, K.N. & House, A.S. : Studies of Formant Transitions Using a Vocal Tract Analog. J.A.S.A. Vol.28, P.578, 1956.

苦瓜安彦: 構音器官模型による日本語母音構成に関する実験的研究, 耳鼻臨床, 53巻, 566頁, 昭35