

日英語母音の音響音声学的考察

——Vowel Formants を中心に——

本 間 弥 生

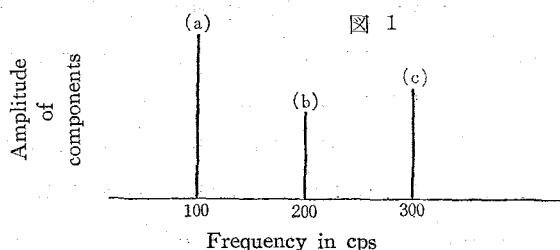
我々日本人が英語を学習する際に遭遇する大きな困難点の一つに、母音の相違がある。日本語（東京方言、京都方言等）の五母音体系¹⁾に対して、英語は、その分類の方法によって可成りの相違はあるが、我々の何倍かの母音の数を持っている。例えば Gimson はそれらを7つの短母音、5つの長母音、8つの二重母音に分類している²⁾。英語国民が英語の多くの母音を聞きわけ、発音しわけける技術を持っているのに対し、我々は5つの母音に馴れた耳、口でそれらを習わねばならない。狭い口の中の、それも極く限られた部分、硬口蓋から軟口蓋の間で調音される数多くの微妙な母音の違いを区別出来るには、余程の訓練を必要とする所以である。この paper で私は、日英語の母音の相違を spectrogram に現われた Vowel Formants を通してとらえ、比較してみたいと思う。

1. Vowel Formants の特性

音の高さ、大きさ、長さが如何に異なろうと、我々は様々な母音をその quality (音質)によって識別することが出来る。母音は他の多くの有声音と同じく、声帯を肺からの呼気で振動させる“Pulmonic Air-Stream Mechanism”³⁾によって発声され、声帯の上部にある喉頭と口むろの中で、独得の共鳴の仕方をする楽音である。その共鳴の仕方の相違が母音の音質を決定する。Peter Ladefoged は *Elements of Acoustic Phonetics* の中で、“Whenever sounds differ in quality we find that they have different wave shapes.”⁴⁾と述べ、彼の [ɔ:] [u:] [i:] の3つの wave shapes を示し

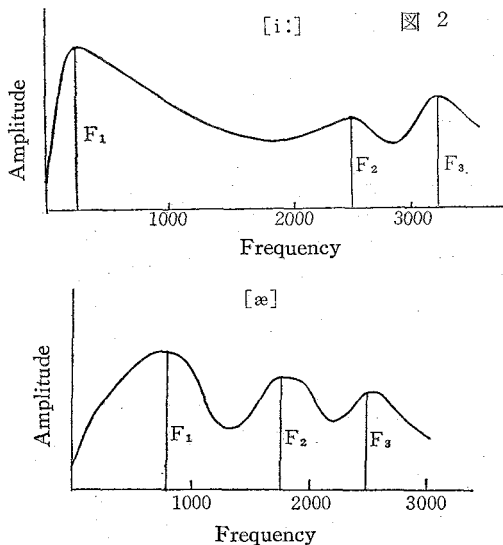
ている。単純なサイン曲線を持つ、純音に近い音叉の音とちがって、母音は極めて複雑な wave shape を持っている。これは振動数の最も小さい fundamental (基本音) に、その振動数の整数倍の振動数を持つ、無数の harmonics (倍音) が重なっているためである。従ってもし我々が、或る母音を構成している fundamental と harmonics の各々の振動数とその relative amplitude (相対的振幅) を知り、それら components (構成要素) を組み合わせるなら、その母音の複雑な wave shape を得ることが出来るはずである。しかしここで注意しなければならないのは、母音の音質にとって重要なのは、或る母音がどのような components から成立っているかということであって、wave shape そのものは音質に決定的な関係を持っていないということである。即ち、1つの母音はその components の組み合わせ方によって、様々な shape をとり得るということである。Ladefoged は、100 cps, 200 cps, 300 cps の3つの waves の2種類の組み合わせ方を図示⁶⁾し、それについて次の様に云っている。"The astonishing thing is that our ears can hear no difference between all these wave forms. As long as the components stay the same, the sound will be the same. ...the quality of a sound does not depend on the way in which the components are combined; it depends simply on the frequencies and the amplitudes of the component waves."⁷⁾

そしてその components は次の様に spectrum で表わすことが出来る。例えば、上記3つの waves, 100 cps の fundamental (a) と、amplitude が、その $\frac{1}{2}$ の 200 cps の harmonic (b) と、 $\frac{2}{3}$ の amplitude, 300 cps の harmonic (c) がある場合、((b)



(c) は frequency が fundamental のそれぞれ 2 倍, 3 倍になっているので, second harmonic, third harmonic と呼ばれる。) その spectrum は図 1 の通りである。⁹

前述した様に, 母音は喉頭と口むろの中で共鳴する楽音である。口むろは主として, 唇, 舌, 軟口蓋の形, 位置を変えることによって色々の形をとることが出来る。そしてその形は, 丁度ピアノやバイオリン等の楽器の原理と同じく, それぞれ独特の共鳴現象をひきおこす。声帯で作られ出された waves の中, その時の喉頭, 口むろの basic frequency に一致する wave が増幅され, それが大きな amplitude を持つことになる。こうして作られた複合音を上記の方法で spectrum に表わすと, 我々はその中にいくつかのピークを発見する。このピークが, その時の喉頭, 口むろの basic frequency に相当する。従って各母音はそれ自身固有のピークを持っている。[i:] の場合それは, 280 cps, 2620 cps, 3380 cps のあたりに, 又 [æ] の場合は, 800 cps,



1760 cps, 2500 cps のあたりに現われる。⁹ このピークが母音の音質を決定するのに重要な関係を持つ Formants であり, 左から右へ第 1 Formant (F_1), 第 2 Formant (F_2), 第 3 Formant (F_3) ……と名づけられる。

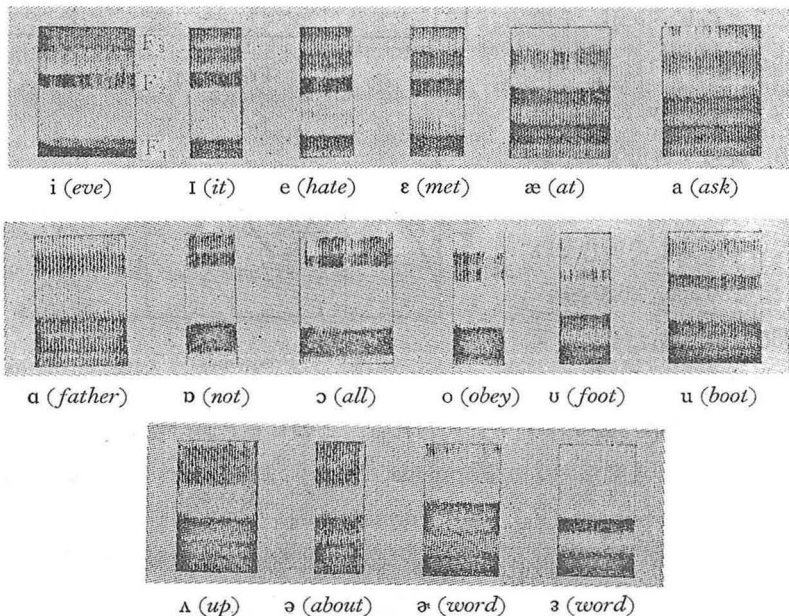
音声器官がその形を保ち, 又声帯が開閉毎に肺からの空気を送り続ける限り, 同じ Formants を持つ母音が続くわけである。

我々は男、女、成人、子供等一人一人すべて異なったサイズの音声器官を持っている。従って個人によって、Formants の分布範囲に多少の相違のあるのは当然である。しかし我々が母音の音質を問題にする場合、その複雑な wave shape ではなく、Formants のみを用いてそれを表わし得るのは、上記の様な Formants の特性によるものである。

2. Vowel Formants と調音の関係

Vowel Formants は spectrograph で測定することが出来る。図3の Potter, Kopp, Green の *Visible Speech* の英語の母音の例を見ると、例えば¹⁰ i (eve) の場合、下から F_1 , F_2 , F_3 である。この本では3500サイクルの機械を使っているために、せいぜいで F_4 までしか出ていないが、私の使った機械は8000サイクルであるため、更にその上の Formants も出て¹⁰いる。

図 3



しかし通常下の2つの Formants か、多くとも F_3 まだが調音の際の音声器官の形と関係があるといわれている。例えば Gleason は “Various experiments have suggested that the two halves of the mouth are associated with the two lower formants. The first formant is apparently produced by resonance in the throat and back of the mouth; the second by resonance in the front of the mouth.”¹³⁾ といっている。Ladefoged も両者の関係は認めているが、Gleason の様な、口むろを二分する意見に対し、“In fact the air in the vocal tract vibrates as a whole, and we cannot treat the throat and mouth cavities as being in any way independent.”¹³⁾ と反論している。

母音の調音を説明するのに、次の6つの基準を用いることが出来る。(1)最も近い Cardinal vowel (基本母音) との比較、(2)舌の最高部の位置、(3)唇の形、(4)顎の開閉の程度、(5)軟口蓋が上っているか下っているか。これは鼻母音との区別を示す。(6)長さである。Ladefoged はこの中、(2)(3)と Formants との関係を論じている。

Ladefoged によれば、Formant frequency は次の3つの要素の影響を受ける。即ち(1)舌による最大限の圧縮の位置 (the position of the point of the maximum constriction)、(2)最大限の圧縮のサイズ (the size of the maximum constriction)、(3)唇の位置 (the position of the lips) である。前舌母音の場合、第1 Formant は(2)の圧縮のサイズに関係がある。即ち舌を下げてサイズが増加するに従って、第1 Formant の frequency が増加する。第2 Formant も、サイズと関係があるが丁度逆である。サイズの増加と共に第2 Formant の frequency は低下する。後舌母音の場合は、第1 Formant は(1)の圧縮の位置に関係する。即ち舌による圧縮の位置が声門から遠ざかるに従って、——後部から前部に移動するに従って——第1 Formant が低下する。この場合第2 Formant は舌の位置ではなく、(3)の唇の形にかかっている。唇のまるめが増すと、第2 Formant の

frequency₂が低下する。¹⁹⁾

今 Gimson の *An Introduction to the Pronunciation of English* の中の英国 RP (Received Pronunciation) English のデータ¹⁹⁾と舌の位置、唇の形を表に表わすと次の様になる。

表 1

	the highest point of the tongue		lips	F ₁	F ₂
/i:/	high	front	spread	280	2620
/I/	high	front	spread	360	2220
/e/	mid	front	spread	600	2060
/æ/	low	front	spread	800	1760
/ʌ/	low	central	neutral	760	1320
/ɑ:/	low	back	neutral	740	1180
/ɒ/	low	back	round	560	920
/ɔ:/	mid	back	round	480	760
/U/	high	back	round	380	940
/u:/	high	back	round	320	920
/ɜ:/	mid	central	neutral	560	1480

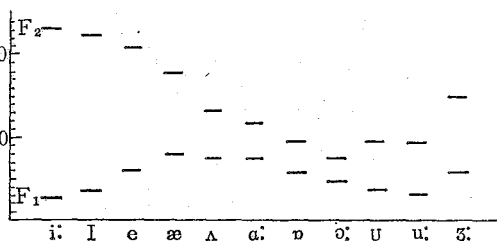
又比較をわかりやす

図 4

くするために上記の F₁, F₂ の Frequency chart をかくと図 4 の様になる。

以上 2 つの図表から

下記の様に云うことが出来る。



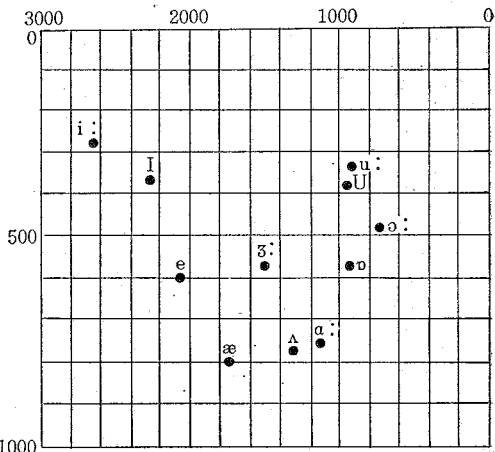
(1) high vowels は低い F₁ を持つ

(2) low vowels は高い F₁ を持つ

- (3) front vowels は高い F_2 を持つ
- (4) back vowels は低い F_2 を持つ
- (5) 唇のまるめのある母音は“比較的”低い F_2 を持つ¹⁰⁾

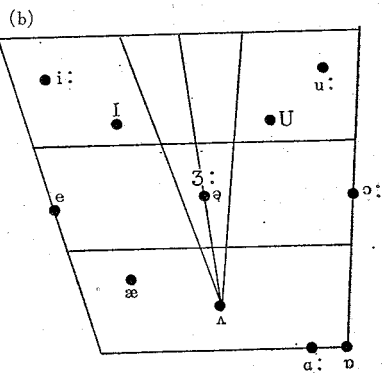
しかし Ladefoged の back vowels に於ける唇のまるめと F_2 との関係には、疑問点がある。彼によれば、唇のまるめが強まると F_2 が低下するはずであるが、英語母音の中最も唇のまるめの強い [u:] の F_2 は [ɔ:] のそれよりも高い。もっとも彼の¹⁰⁾本の表では [ɔ:] の F_2 の方が高いが、後述の *The Speech Chain* のデータでも、又 Daniel Jones の Cardinal Vowels のデータでも、Gimson の場合と同じく [u:] の方が高い。back vowels の F_2 に関しては、唇の形だけではなく何か他の

図 5 (a)



要素が働いていることが想像される。

今 F_1 を縦軸に、 F_2 を横軸にした表に formant frequency を書き込むと、興味深い結果が得られる。音響音声学の立場から書かれた図 5 vowel formant chart (a) と、調音音声学の立場からの vowel chart (b) が、非常に類似していることである。



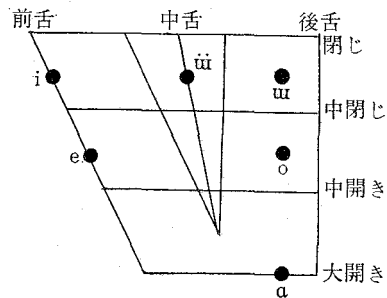
従って結論として、少なくとも F_1 と F_2 に関する限り、それらは調音の際の音声器官と極めて密接な関係のあることを認めることが出来る。

3. 日本語母音の Vowel Formant Chart

国語学辞典によれば、「東京語の母音にはおもなものが六つあり、それを基本母音の不等辺四角形に当てはめると、下の図のようになる。……[i] は前舌の、閉じたひらくち母音。

[e] は前舌の中開きに近い、ひらくち母音。[a] は後舌の大開き母音。[o] は後舌の中開きに近い、まるくち母音。[u] は後舌のやや閉じた、ひらくち母音。[ü] は中舌のやや閉じた、ひらくち母音。……東京語の六つの母音のうち、

図 6



東京語の母音

[u] と [ü] とは同一の音素に属すると認めることができ、全体で五つの音素となる。[ü] は「ス・ツ・ズ」の母音として、いつも、しかも、これらの母音としてのみ現われるから、音韻論的に [u] と分布を相補うわけである。¹⁹⁾

私は自分の声を使って、日本語の母音をたしかめてみた。厳密には、京都方言の母音ということになるが、しかし東京方言と京都方言の母音音素の体系は同じであり、母音の音に関しては著しい相違はない様に思われる。但し服部四郎は「音声学」の中で、二、三の相違を次の様に指摘している。

「東京方言の [ku: ki] (空気) の第一母音はこれとは異なり著しく前寄りであり唇の円めも普通ない。京都方言の [ku: ki] (空気) の第一母音はそれより奥であるが、基本母音よりは前である。」²⁰⁾「近畿方言などの「ウ」は円めがあるといわれるが、上下からの狭めが著しく左右からのそれは目立たず、突出しも極く少ないから、フランス語・ドイツ語・ロシア語・シナ

語（北京）・朝鮮語などの [u] の上下左右からつぼめ前へ突出す円めとは著しく異なる。²⁰⁾しかし私の「ウ」にはまるめはない。従って [ku: ki] ではなく [ku: ki]（むしろ [kúr: ki]）である。

先づ spectrogram をとるために次の様な準備をした。各母音に対する前後の音の影響をしらべるために、日本語の子音音素の中、/p/, /t/, /k/, /s/, /n/ と、半母音 [j] を選んだ。/p/ は両唇閉鎖音、/t/ は歯茎閉鎖音、/k/ は軟口蓋閉鎖音、/s/ は歯茎摩擦音、/n/ は歯茎鼻音を代表し、[j] は硬口蓋半母音である。子音を全部

図 7

	p	t	k	s	n	j	φ
p							
t							
k							
s							
n							
j							
φ							

無声音にしたのは、spectrogram の場合、有声、無声の違いは base line の上の voice bar の有無に現われるのみで、他は全部同じだからである。次に各母音毎に図 7 の様な表を作りそれに相当する日本語の言葉を入れた。φ は無を示す。縦の p, t, …φ はそれらの音が母音の前に来た場合横の p, t, …φ は母音の後に来た場合を示す。「イ」を例にとると次の様になる。

図 8

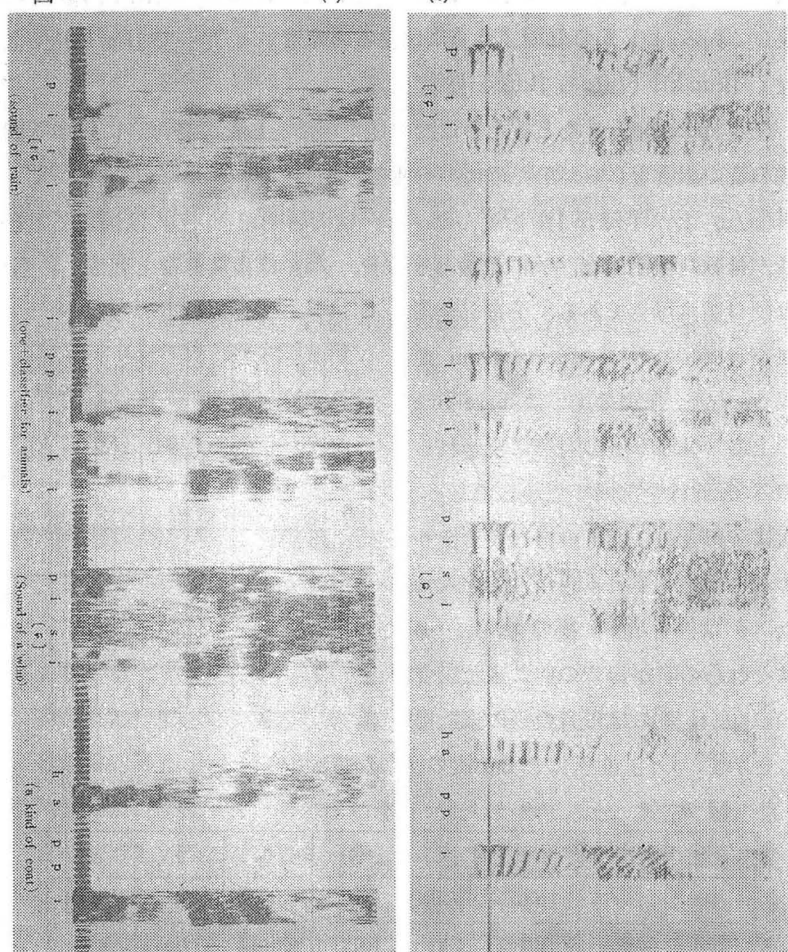
	p	t[tɛ]	k	s[sɛ]	n	j	φ
p		piti	ippiki	pisi		pijano	happi
t[tɛ]	tippu	titi	tiki	tisiki	itini	tiju	keti
⋮							

斜線は該当する言葉がないか、又は適当な言葉がみあたらなかった場合を示す。例えば、p—n の場合、ピンの“n”は歯茎音ではなく、後部軟口蓋音 [N] であるためここには入れていない。この様にして、「イ」25語、「エ」18語、「ア」39語、「オ」44語、「ウ」29語の単語表を作り spectro-

図 9

(a)

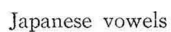
(b)



graph にかけた。図9はその一例であるが、女声であるために Formants をとらえるのが非常にむずかしい。男声ならばもっとはっきりと出るはずである。(a)は wide band で。(b)は同じ言葉「ピチ」[pitçi]等を narrow band でとったものである。

図10, 表2がその測定の結果である。後述のアメリカ英語の Formant

図 10	before	L (p)	after	○
		D (t, s, n)		□
		P (j)		△
		V (k)		◇



- / i / : [i]
 / e / : [e] or [ɛ]
 / a / : [ä]
 / o / : [ɔ] or [ɒ]
 / u / : { [ü] or [i] after dentals /t/, /s/, /n/ and palatal [j]
 [ʊ]

図10の上部にある8つの記号を用いてそれ		表 2 平均値	
を組み合わせて、前後の音を示した。例えば、		F ₁	F ₂
△の場合、P は palatal の P で [j] が母音	[i]	354	2886
の後に来たことを示し、△ は [j] が母音の	[e]	655	2209
前に来たことを示す。(j-j)。又⑩の場合、D	[a]	1046	2075
は dental の D で /t/, /s/, /n/ に属する	[ɔ]	659	977
歯茎音のいずれかが、母音の後に来たことを	[u]	367	2060
示し、○は [p] が母音の前に来たことを示す。(p— ^t _n)。又Ⅴの場合、V	[w]	375	1730
は velar の V で、[k] が母音の後に来たことを示し、□は歯茎音が前に	[ü]	363	2187
来たことを示す。(s— ^t _n k)。◇の場合は、[k] が母音の前に来て、母音の後			
には何も来ないことを示す。(k—φ)。又 L は labial の L である。			

上の Formant Chart から次のことが観察される。

(1) 「イ」、「エ」、「ア」、「オ」の分布範囲は狭く、前後の音によってその分布が影響を受けることはない。

(2) それに対して、「ウ」は分布範囲が極めて広く、一部「イ」と重なっている。又前の音によってその分布が影響を受ける。即ちF₂ 1900 以上は一例を除いて全部、硬口蓋音か歯茎音が前に来る場合である。しかしその後にはいずれの音も続き得る。これは日本語の母音が、前の子音又は半母音の影響は受けるが、後の子音又は半母音の影響はあまり受けないことを示していると思われる。又 F₂ 1900 以下には、歯茎音、硬口蓋音が前に来る例は全くない。このことは「ウ」が相補う分布を持つ2つの allophones (異音) を持っていることを示している。先に引用した国語学辞典の「[ü] は「ス・ツ・ズ」の母音として云々」は「ス・ツ・ズ」の他に、「ヌ・ユ」も加えるのが適当と思われる。

(3) 私の chart によれば、「ア」は「後舌の大開き母音」ではなく、それよりずっと前、むしろ前舌の大開き母音である。F₂ が男声の場合より高いということもあるが、「ア」は前舌と中舌の間と考えるのが適当で

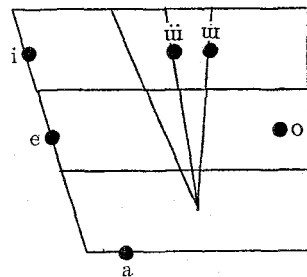
はないだろうか。

(4) 「ウ」は [u] と [ü] で表わしてもよいが、服部四郎が指摘する様に、²³⁾ 基本母音にくらべ、著しく前寄りであるため、[ü] と [i] の方がより適当であるかもしれない。唇のまるめのない母音が、まるめのあるものより F_2 が高くなるということを考慮に入れねばならないが、私の表に関する限り、「ウ」の [u] は中舌の音で、[ü] はそれより更に前寄りである。

(5) 以上のことを考えて基本母音の不等辺四角形にあてはめると図11の様になる。

図 11

尚 *The Principles of the International Phonetic Association* には、日本語の母音は次の様に記されている。“i_T, e_T, a₋, o_T, u+c (a variety of u)” 図10で私が使った diacritics (補助符号) は別種のものであるが、上記をそれで示すと、i_T=i, e_T=e, a₋=ä, o_T=o である。



4. 日本語，英語，基本母音の Vowel Formants の比較

2. で RP English, 3. で私の日本語の Formant frequency の数字を出したので、ここでは前述の *The Speech Chain* の中のアメリカ英語の男女別の数字(表3)と、Daniel Jones のレコードの Cardinal Vowels の数字(表4)を示し、それらを一枚の Formant Chart (図12)に記して比較したい。

表3 アメリカ英語

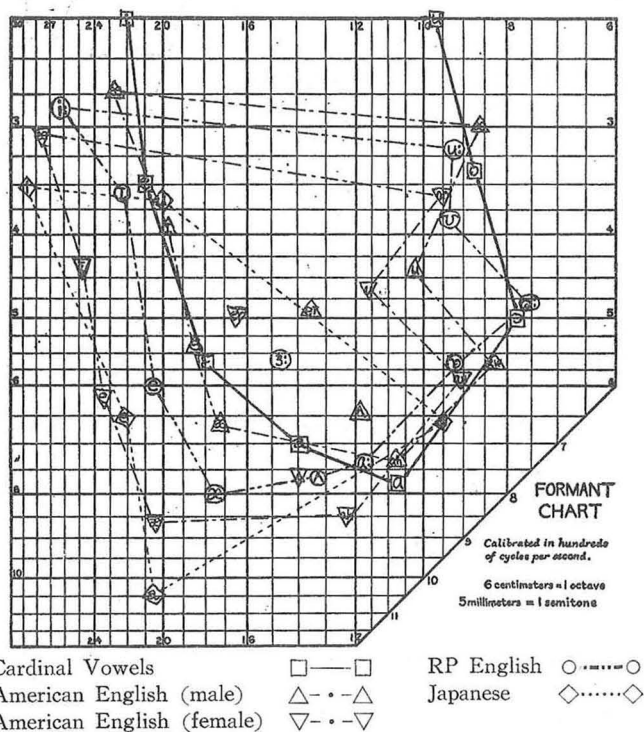
		F_1			F_2		
		男	女	(男女差)	男	女	(男女差)
ee	(i:)	270	310	(30)	2290	2790	(500)
I	(I)	390	430	(40)	1990	2480	(490)
e	(e)	530	610	(80)	1840	2330	(490)
æ	(æ)	660	860	(200)	1720	2050	(330)
ah	(a:)	730	850	(80)	1090	1220	(130)
aw	(o:)	570	590	(20)	840	920	(80)

u	(ʊ)	440	470	(30)	1020	1160	(140)
oo	(u:)	300	370	(70)	870	950	(80)
Λ	(ʌ)	640	760	(120)	1190	1400	(210)
er	(ɜ:)	490	500	(10)	1350	1640	(290)

表4 Daniel Jones の Cardinal Vowels

	F ₁	F ₂
i	200	2300
e	350	2100
ɛ	570	1800
a	700	1400
ɑ	780	1080
ɔ	500	780
o	330	880
u	200	970

図 12



RP の数字に関して、Gimson の本には詳しい説明がないので、男声なのか女声なのか、或いはその平均値なのかかわからないが、母音の限界ぎりぎりを発音している Jones のものより、 F_1 , F_2 が高いためおそらく両声の平均値であると思われる。

先づ英語と米語に関して、次の様な特徴がみられる。

(1) [i:] と [ɪ] ([ee] と [I]), [u:] と [ʊ] ([oo] と [u]) は明らかに音質が異なる。

(2) [ɪ], [ʊ] は RP の方が高い。

(3) [ɪ] は Cardinal [e] に非常に近い。私にとってこの2つの音の区別が極めてむずかしいのは、[ɪ] そのものが日本人にはむずかしい上に、両者の音質が似ているからであろう。

(4) [ʌ] は RP よりも米語の方が高い。

(5) RP [ɒ] と米語 [ɑw] は非常に近い。RP “hot” の母音と米語 “jaw” の母音が殆ど同じ音質を持つわけである。

日本語と米語の女声を比べると、

(1) 前述した様に、[ɪ] は日本語にはないので、“sit” の [ɪ] を舌の位置の高い「イ」で代用しがちである。

(2) 「ア」は [æ] の真下にあり非常に前寄りになっている。又 Cardinal vowel との差が大きいので、他の informant のデータが必要である。しかし Jones の [a] は、[ɑ] より F_1 が低い、インディアナ大学の Householder 教授による Cardinal [a] は F_1 が 900 F_2 が 1600²⁰⁾である。

(3) [er], [ʊ], [oo] の音は日本語には全くない。殊に r のひびきを持つ米語の中舌母音 [er] ([ɜ] [ə]) はその発音が極めてむずかしい。

(4) 我々は [u:], [ʊ] をひらくちでやりがちである。又音質の区別でなく、音の長短で区別しがちである。これは [i:], [ɪ] の場合も同じであるが、舌の位置を下げることによって異なった音を出さねばならない。この意味で現在日本の大部分の辞書に採用されている Jones の表記法、即ち異なっ

た音質を同じ記号で表わす [i:], [i], [u:], [u] よりも、イギリスの Gimson の [i:], [I]; [u:], [U], 或いはアメリカの²⁹⁾ kenyon, knott の [i], [I]; [u], [U] の方がより適当であると考える。

以上、私は母音の音質に於ける Formants の重要性と、調音との関係を考察し、それを英語、米語、日本語、基本母音の中でたしかめ比較してみた。そしてその結果、特に「ウ」に於いて、私の予想以上に大きな variety と英語との相違を発見した。日本語母音の更に客観的なデータを得るためには、私の声だけではなく他の声を、又男声もとるべきであったと思う。更に日本語子音の /r/ も加えるべきであったと思う。その他 Ladefoged の back vowels に於ける F_2 と唇のまるめとの関係については、問題を提起しただけで、私自身不明である。この点を更に検討するためには、Jones の Primary Cardinal Vowels だけではなく、前者とは唇のまるめに於いて弁別の特徴を持つ、Secondary Cardinal Vowels の Formants を得ることが必要かもしれない。

思い残すことは色々あるが、この paper で私は日英語母音の特性とその相違を通して、我々日本人が、英語母音を或いは米語母音を学ぶむずかしさを、主観的にではなく客観的にとらえてみようを試みたのである。

注

- 1) 国語学会編、「国語学辞典」(東京堂出版, 1966), p. 848.
- 2) Gimson, A. C., *An Introduction to the Pronunciation of English*, (London, Edward Arnold Ltd., 1962), p. 93.
- 3) Pike, K. L., *Phonetics*, (Ann Arbor, The University of Michigan Press, 1966), p. 89.
- 4) Ladefoged, P., *Elements of Acoustic Phonetics*, (Chicago, The University of Chicago Press, 1967), p. 24.
- 5) *Ibid.*, p. 25.
- 6) *Ibid.*, p. 35, p. 40.

- 7) *Ibid.*, p. 41.
- 8) *Ibid.*, p. 37.
- 9) Gimson, A. C., *op. cit.*, p. 94.
- 10) Potter, R. K., Kopp, G. A., and Green, H. C., *Visible Speech*, (New York, D. Van Nostrand Co., 1947), p. 55.
- 11) 本文 p. 34.
- 12) Gleason, H. A., *An Introduction to Descriptive Linguistics*, (New York, Holt, Rinehart and Winston Inc., 1961), p. 368.
- 13) Ladefoged, P., *op. cit.*, p. 103.
- 14) *Ibid.*, pp. 104-5.
- 15) Gimson, A. C., *op. cit.*, p. 94.
- 16) ここにある英語のデータだけではあきらかではないが, [u], [w]; [i], [y] の様に唇のまるめを弁別の特徴とする。1組の母音は, 唇のまるめのある母音の方がまるめのないものより低い F_2 を持つ。
- 17) Ladefoged, P., *op. cit.*, p. 102.
- 18) Gimson, A. C., *op. cit.*, pp. 95-119, Jones, D., *An Outline of English Phonetics*, (Cambridge, W. Heffer & Sons Ltd., 1964), p. 64, 及び私のとったインディアナ大学 C. Painter 教授の *Practical Phonetics* の講義資料を参考にした。
- 19) 「国語学辞典」, *op. cit.*, p. 847.
- 20) 服部四郎, 「音声学」 (岩波全書, 1968), p. 161.
- 21) *Ibid.*, p. 90.
- 22) 実験にはインディアナ大学 Phonetic Laboratory の Sona Graph を使った。
- 23) 服部四郎, *op. cit.*, pp. 115~6, 161, 162.
- 24) International Phonetic Association, *The Principles of the International Phonetic Association*, (London, Department of Phonetics, University College, London, 1966), p. 44.
- 25) Denes, P. B., and Pinson, E. N., *The Speech Chain*, (Baltimore, Waverly Press, Inc., 1964), p. 118.
- 26) インディアナ大学言語学部 F. W. Householder 教授の測定による。
- 27) 同教授の Seminar in Acoustic Phonetics の講義資料による。
- 28) Kenyon, J. S. and Knott, T. A., *A Pronouncing Dictionary of American English*, (Springfield, Mass., G. & C. Merriam Co., 1953)