

## 研究論文

## 日中単母音の音響音声学的分析

Vowel Formantsの比較を中心として

楊 暁 安

## An Acoustics Study of Chinese and Japanese Vowels

YANG Xiaolan

## 1. はじめに

音声形成の過程は、肺の空気が気道を通り、口腔・鼻腔あるいは咽喉に入り、共鳴して生じるといふものである。音声形成の過程すべてにおいて、発音器官の様々な調節を経て、発音部位と発音方法で様々な異なる性質の音声構成される。肺から生じた空気は気道を通り、声帯にぶつかって音声を発する。この時、母音が声帯に強い振動を引き起こさせ、この振動が共鳴する部位を通り、音が拡大され、最終的に我々がはっきりと感じることのできる音声になる。子音の本質的な特性は、肺から吐き出された空気がある部位の妨げを受け、発せられたという点である。したがって、我々は比較的容易にその空気の流れを妨げた部位を感じられる。母音の空気の流れは妨げを受けていないが、その空気が通る道は、決して変化のない一本の直線ではない。実際、異なる母音の音質は、口腔中の

異なる部位の形状の変化によってもたらされる。母音の空気の流れが妨げを受けていないことから、異なる部位の接触は極めてわずかである。したがって、子音を用いた観察分類の方法で母音の音質を分析することはいっそう困難なことである。このためある人は、口腔内のX線撮影の方法を用いて、異なる母音が発せられる時の口腔内の舌の移動位置、口腔の大小の形状などを観察し、生理学方面で入手したものから、基本的な母音分布図を総括した。

その他、多くの人も物理学の方法を用いて、母音の音の各種音響学データを測定することを通じて、母音分布の総括的な状況を観察した。本文は、南開大学が開発した『桌上语音工作室』というソフトウェアを用いて、日中両言語の単母音について第1 フォーマント ( $F_1$ ) と第2 フォーマント ( $F_2$ ) のデータを抽出、推計し、そのスペクトルの差異を比較することで、中国語と日本語の単母音についてスペクトルの位置

と違いを分析した。

## 2. 基本母音図

我々は、まず様々な母音図を見てみた。Cardinal vowels (基本母音) この専門用語は、電話の発明者A.M.Bellの父が最も早く導入したものである<sup>1</sup>。現在に至るまで、種々の標準的な母音図は、基本的にすべてDaniel Jonesが製作したcardinal vowel diagramを出どころとしている。Daniel JonesはロンドンのSt.Bartholomew' Hospitalで、自ら発した四個の基本的母音をレントゲンで撮影した。舌に造影剤を塗って比較をすることで、舌の輪郭をはっきりと示すようにし、さらに彼は舌の中央に沿って前から後ろまで金属片をはめ込む方法を用いて、舌の位置と移動をさらにはっきりと目立つようにした。<sup>2</sup> 彼はこのような方法を用いることで [i] [u], [a], [ɑ] という四個の標準的な母音図を作り上げた。Daniel Jonesはその後、この四つの標準的な母音の位置に基づいて、前母音 [i] と [a] の間に、上から下まで等距離の位置に半高母音 [e] と半低母音 [ɛ] を入れた。後母音 [u] と [ɑ] の間に、等距離の位置に半高母音 [o] と半低母音 [ɔ] を入れた。彼は、この八個の母音を標準母音とし、そしてそれらに番号を付け、1号母音 [i], 2号母音 [e], 3号母音 [ɛ], 4号母音 [a], 5号母音 [ɑ], 6号母音 [ɔ], 7号母音 [o], 8号母音 [u] とした。Daniel Jonesはこの八個の母音の位置を直線でつなぎ (Figure 1), その包括する空間が人類の言語中にある母音の範囲を含む、すなわちいかなる言語の母音もみな、この範囲の中に呼応する位置を探し出すことができると考えた。

この後、ロンドン大学のA.C.Gimsonが現代イギリス英語の母音を研究するために、Jonesの母音図にわずかに手を加え、八個の基本母音の他に [i, æ, u, ɔ, ə, ʌ] などの母音を加えた<sup>4</sup>。そ

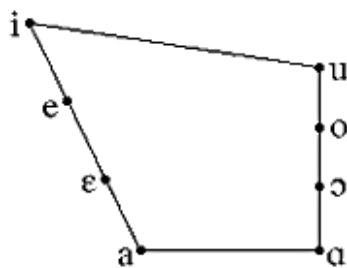


Figure 1

の後、多くの言語学者たちが相次いで異なる母音図を作った。たとえば、Claude Merton Wiseのカンラン型基本母音図<sup>5</sup>, J.C.Catfordの口腔内における舌の位置を示したもの<sup>6</sup>などで、それらはすべて、何らかの言語の母音を研究するために案出されたもので、具体的な位置にJonesの標準的な母音図とは異なる部分がある。

## 3. 母音の可聴周波数の性質

我々はしばしば音声の高低・強弱・長短の変化をよりどころに異なる母音を識別している。母音とその他の音声は同じで、空気が声帯にぶつかることで振動が引き起こされ発せられた楽音である。この種の楽音は、咽喉・口腔と鼻腔の共鳴により大きくなり、聞き手の耳に伝わる。一般的に、異なる音色は共鳴器の形状によって決められるものである。口腔は最も主要な共鳴器であり、その開閉の大小・舌の具体的な位置など様々な共鳴器の形状を変化したり形成したりでき、異なる母音の音質を作り出すことができる。声帯から伝わってきた音波は、決まった周波数を持っており、その周波数は喉頭・口腔あるいは鼻腔内で大きくされ、それに相応する振幅を持つ。いかなる母音もすべて、多くの異なる周波数の音波によって構成されており、その中で最も小さなひとつの周波数の音波を基音といい、それは音声の高低を決定する。その他の多くの周波数の音波は倍音と呼ばれ、基音と

倍音の関係は音声の音色を決定する。

二次元スペクトル中のそれぞれの諧波が代表する周波数は、平均して基音の整数倍になり、その中で比較的強いいくつかの組諧波は、代表的な音色特性のフォーマントを構成する。音声のフォーマントは、主として節回しによって自然と周波数が決定される。それは強諧波の周波数と一致するとは限らないかもしれないが、第1フォーマント( $F_1$ )と第2フォーマント( $F_2$ )のデータの抽出は、我々が異なる母音の音声上の特徴を見分け、異なる母音の音声特徴を識別する助けになる。

異なる母音を比較分析する時、普通以下の六個の面から考えられる<sup>7</sup>。

- (1) 基本母音との比較
- (2) 舌の位置の高低
- (3) 唇の形
- (4) 顎の開閉程度
- (5) 軟口蓋の上向きか下向きか
- (6) 長短

Ladefoged (1962) は、上の(2)(3)と周波数は関係があると考えた。彼は、およそ三個の面が周波数構成に影響をもたらすと言った。(1)舌が形成する圧縮位置、(2)舌が形成する圧縮空間、(3)両唇の位置。母音が前母音である時、第1フォーマント( $F_1$ )と圧縮空間は関係がある。つまり舌の位置が下降することで空間が増大

し、それによって第1フォーマント( $F_1$ )の周波数も増加するということである。第2フォーマント( $F_2$ )がちょうど正反対である。空間の増加に伴って、第2フォーマント( $F_2$ )の周波数は低下する。母音が後母音である時、第1フォーマントと圧縮位置は関係がある。舌によって形成される圧縮位置が声門を遠く離れることに伴って(後ろから前に移動する)、第1フォーマントの周波数は下降する。この時、第2フォーマント( $F_2$ )と舌の位置とは関係がなく、両唇の形状とは関係がある。唇の形が丸くなるのに伴って、第2フォーマント( $F_2$ )の周波数は下降する。

以下は、我々が中国語母音の舌の位置・唇の形および $F_1$ と $F_2$ のスペクトルデータをTable 1を通じて、以下のように帰納したものである。そのデータ資料は呉宗済先生が1864年に分析抽出したものである<sup>9</sup>。我々がこの中で用いた $F_1$ と $F_2$ の数値は、呉先生の文中の男性・女性・児童の平均数値にさらに平均を加え得たものである。

スペクトルと発音部位の関係についてさらにはっきり見るために、我々は、Figure 2で中国語母音の $F_1$ 、 $F_2$ の関係を帰納した。

Figure 2より我々は以下のことを見出すことができる。

- (1) 高母音は普通、第1フォーマント( $F_1$ )が低くなり、低母音は普通、第1フォーマン

Table 1

	舌の位置		唇の形	$F_1$	$F_2$
/a/	前	低	非円唇	1140	1255
/i/	前	高	非円唇	305	2625
/o/	後	中	円唇	625	800
/ə/	中	半低	非円唇	645	1130
/u/	後	高	円唇	350	545
/y/	前	高	円唇	305	2370
/ɥ/	中	高	非円唇	380	2000
/ɥ/	中	高	非円唇	400	1505

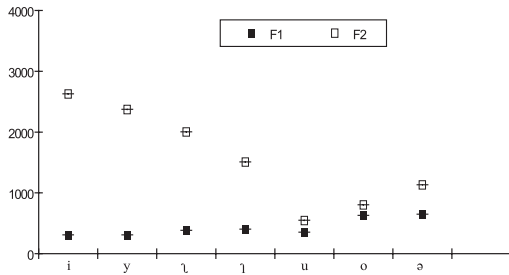


Figure 2

- ト (F<sub>1</sub>) が高くなる。すなわち、第1 フォーモント (F<sub>1</sub>) の周波数の高低と舌の位置の高低 (tongue height) は相対関係になる。
- (2) 前母音は普通、第2 フォーモント (F<sub>2</sub>) が高くなり、後母音は普通、第2 フォーモント (F<sub>2</sub>) が低くなる。すなわち、第2 フォーモント (F<sub>2</sub>) の周波数と舌の位置の前後 (tongue advancement) は関係がある。
- (3) 一般的に、周波数と気道の長短は関係があり、気道が長くなれば長くなるほど周波数は低くなる。両唇が丸くなる時気道の長さは伸びる傾向にあり、したがって円唇の母音と呼応する非円唇の母音と比較すると、普通、第2 フォーモント (F<sub>2</sub>) は比較的低くなる。

#### 4. 日本語母音のスペクトル分析

日本『国語学辞典』では、東京方言を代表とした標準語の中には六つの単母音があると言われており、もしそれらを不等辺四角形で表すと、このようなひとつの舌位図 (Figure 3) になる。[i] は、舌が前で高い位置にあり、唇が丸くない母音である。[a] は、舌が後ろで低い位置にある母音で、その開口度は非常に大きい。[o] は、舌が後ろにあり、唇が中くらいで丸い母音である。[e] は、舌が前にあり、唇が中くらいで丸くない母音である。[u] は、舌が後ろで高い位置にあり、唇が丸くない母音である。[ü] は、

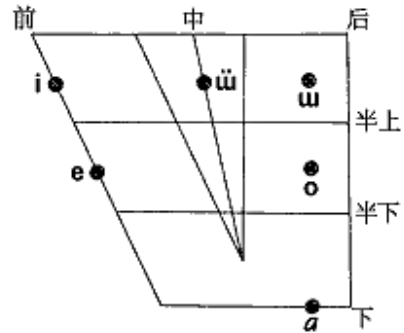


Figure 3

舌が中間の高い位置にあり、唇が丸くない母音である。東京語の六つの母音では [ü] は「ス・ツ・ズ」中の母音のみで、母音分布上 [u] とは互いに補い合う関係にあることから、日本語は五つの母音であるといえるはずである。[ü] と [u] は、普通常用的な [u] が代わりに用いられる。

本間弥生 (1969) は、動態の角度から前後の子音が母音に対する影響をはっきりとさせるために、[p] [t] [k] [s] [n] [j] など六個の子音 (半母音) を選んだ。彼は、この六個の子音を縦横の表に入れ、呼応する日本語に入れて、前後の子音の影響を受ける母音スペクトルの性質を考えた。彼がすべて無声音を選んだのは、清濁が母音の位置に何の影響もないと考えためである。

本間は、この実験時「イ」25語、「エ」18語、「ア」39語、「オ」44語、「ウ」29語、合計175語を選んだ。次の図は、その中の一例である。Figure 4はその1例で、Figure 5はTable 2がその測定の結果である。

Table 3は、本間弥生が測定した日本語CVC構造中の短母音の第1 フォーモント (F<sub>1</sub>) と第2 フォーモント (F<sub>2</sub>) の平均数値である。Figure 6は、我々が彼の測定したF<sub>1</sub>とF<sub>2</sub>を描きだした日本語短母音スペクトルの位置図である。

Table 2

	P	T[tʃ]	k	s[ʃ]	n	j	ϕ
p	/	piti	ippiki	pisi	/	pijano	happi
t[tʃ]	Tippu	titi	tiki	tisiki	itini	tiju	keti
⋮							

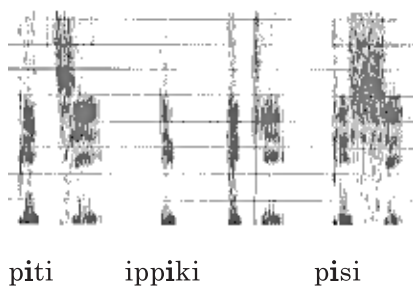


Figure 4

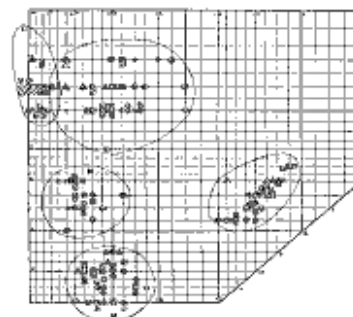


Figure 5

Table 3

		F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>
①	a	1046	2075
②	i	354	2886
③	u	367	2060
④	e	655	2209
⑤	o	659	977

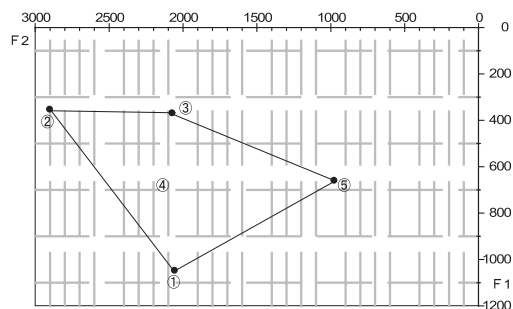


Figure 6

以上の母音分布関係に基づいて、本間弥生は、日本語短母音の以下の特徴を帰納した。

- (1) [a i i e i o] 四個の母音分布の範囲は比較的小さく、前後の子音はその分布位置に対してほとんど影響がないに近い。
- (2) [u]の分布範囲は比較的広く、その中の一部分と[i]は重なり合う。さらに、それは明らかに前につながる子音の影響を受け、1例を除いて、F<sub>2</sub>が1900Hz以上の時、すべて硬口蓋音・歯音・歯頸音となり前に移動するが、後ろに何の子音あるいは半母音をつなげ

ても関係ない。これは、日本語母音が前の子音の影響を受けるが、後ろの子音の影響はあまり受けないということをはっきりと表している。これ以外にF<sub>2</sub>が1900Hzより低くなる時、歯音・歯頸音・硬口蓋音はみな前に移動しない。これは、日本語の[u]の互いに補う関係にある二つの変体に存在する状況を証明しており、それはすなわち「ズ・ツ・ス」後の[ü]とその他の位置にある[u]のことである。

- (3) 本間弥生の実験に基づいて、[a]は舌が後

るで低い位置にある母音というよりはむしろ、舌が前で低い位置にある母音といえる。舌は前と中間の間にあると考えることが望ましい。

- (4) [u]は、当然 [ɯ] と [ü] の二つの音を含むが、標準母音の [u] と比較すると、位置は非常に前に接近している。したがって中間に据えるのが良いのかもしれない。唇が丸くない音が唇の丸い音より  $F_2$  が高いということは考えざるを得ないが、本間は依然として [u] 中の [ü] を舌の中間に据え、[ɯ] と [ü] よりわずかに後ろに近づけた。

以上のような考えに基づいて、本間は日本語のいくつかの母音位置図は Figure 7 の形式であるべきだと考えた。

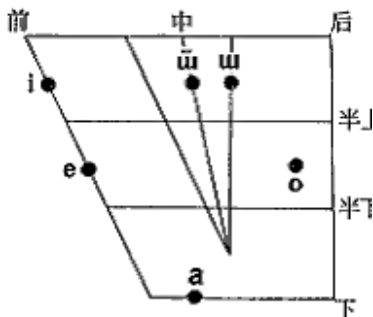


Figure 7

## 5. 中国語単母音のスペクトル分析

現在、比較的一致している見解は、中国語の単母音は合わせて八個あり、その中の舌面の単母音は六個で、舌尖の単母音は二個であるということである。一部の人々は、中国語の単母音には [ê] と [ə] を加えて十個にするべきだと考えている。しかし我々は [ê] は決して単独でなく、その他の音と組み合わせると考え、それは実際音声の組み合わせの中で音の変化が発生し、臨時の音が現れる。[ə] については、ひとつの単

母音であるというよりは、それそのものはひとつの複合音、あるいはひとつの音節形式と言ったほうがよく、その従属性は著しく低い。現在母音の舌の位置図には、舌面の六個のみが示されており、二つの舌尖の単母音は入っていない (Figure 8)。

しかし、もし我々がそれらの  $F_1$  と  $F_2$  のデータを測定することを通じて、この八個の単母音を書くこととすると、それらの音声は図上にはっきりとした位置がある。

我々は、本間弥生の分析方法を採用して [p] [pʰ] [t] [tʰ] [k] [kʰ] [s] [z] [n] [ŋ] [tɕ] [tɕʰ] [ç] [ʃ] [ʃʰ] [ʒ] [ʒʰ] [ts] [tsʰ] [s] 十九個の子音を選択し、表を作り、313語 ([a] 3語, [i] 1語, [u] 4語, [ə] 3語, [o] 17語, [y] 29語, [ɿ] 37語, [ɨ] 30語) を選んだ。男性一名、女性一名の二名の発音者に発音させ、音を録音して、再び音声分析のソフトウェアを用いて単母音の  $F_1$  と  $F_2$  を抽出した。我々は、これらの語句中にはめ込まれた単母音のフォーモントの分析を通じて、前後の子音の影響を受ける中国語単母音の性質を帰納したいと思う。Table 4は、語句表中の子音 [p] を頭としたものの一例で、Figure 9は清塞音 [p] を頭とした1例である。

Figure 9から、我々は単母音 [a] の後ろにつながる子音の異なる音声上に一定の差異があると見ることができ、すなわち後ろにつながる子音は明らかに母音の音質に対して一定の影響が

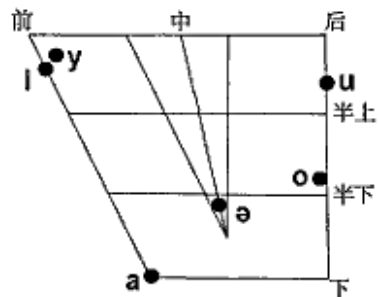


Figure 8



Table 4

	p	p'	t	t'	k	k'	s	z	n	
p	a	爸爸	扒皮	巴豆	拔腿	八哥	罢课	巴松	靶子	
	i	鄙薄	比配	笔答	鼻涕	逼供	鼻孔	逼死	鼻子	比拟
	u	补办	补品	补丁	不太	不敢	不快	补色	不足	捕拿
	o	伯伯	波谱	拨动	薄田	拨给	拨款	播撒	脖子	拨弄
:										

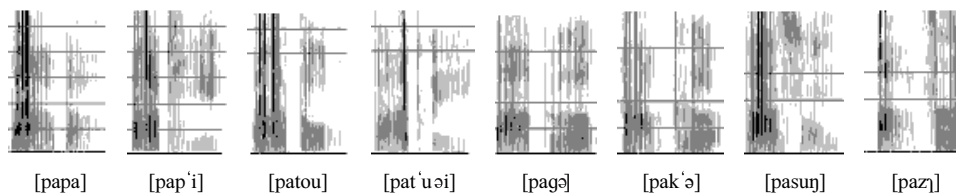


Figure 9

ある。

Figure 10は、我々が発音者の言語材料の中から抽出した、中国語CVC構造の八個の単母音のF<sub>1</sub>とF<sub>2</sub>分布図である。この図の中から我々は、中国語の八個の単母音がスペクトルの位置上で非常に集中しており、母音間の区別が相当明らかであることを見ることができる。我々は、さらにそれらの平均数値 (Table 5) を求め出し、以下のようなCVC構造中の中国語単母音位置図を得た (Figure 11)。

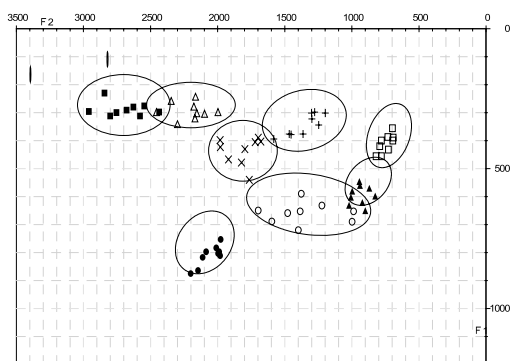


Figure 10

Figure 11と単母音の舌の位置図を比較して、我々は以下の特徴を見出した。

Table 5

		F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>
1	/a/	818	2110
2	/i/	280	2627
3	/o/	560	840
4	/ə/	653	1507
5	/u/	387	732
6	/y/	258	2347
7	/ɥ/	403	1679
8	/ɨ/	344	1248

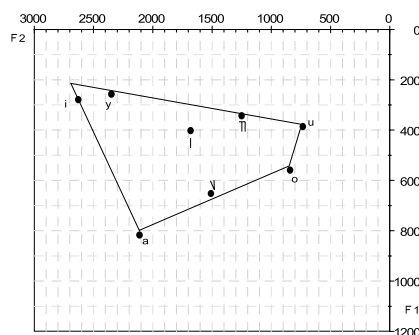


Figure 11

- (1) 可聴周波数の図の[ a ]には、著しく明らかに高くなり、前に向かう傾向があり、図から見ると、舌の位置図の[ a ]は中央後ろ寄りの低母音であるが、実際にそれと各種の子音の組み合わせ状況を考えてみると、実際の位置はまったくそのように低くはない。分布上では、その範囲は比較的小さく、前後の音の影響をあまり受けない。
- (2) [ ə ]の分布範囲は最も大きく、一部分と[ o ]は重なり合い、前後の各種子音がそれに与える影響もそれほど大きくはない。位置はおおよそ集中しており、舌面図の位置は比較的一致している。
- (3) [ i ]と[ y ]の分布範囲も相対的に集中しているが、一部分は重複している。これは、それらそのものの舌の位置Figure 12と同様な原因で、口の形の丸さ開きは周波数図上に明らかに反映されているが、実際の発音中では、その他の子音の影響によって互いに位置変化がある。
- (4) [ u ]と[ o ]を舌の位置図に近づいて比較すると、[ o ]は[ u ]よりわずかに前に寄っている。
- (5) 舌の位置図は舌面母音のみに限るが、可聴周波数図は $F_1$ と $F_2$ の関連しているデータを通じて、舌先母音も舌の位置に反映することができる。具体的な位置と我々が発音した時の感覚には多少の食い違いがある。我々が発

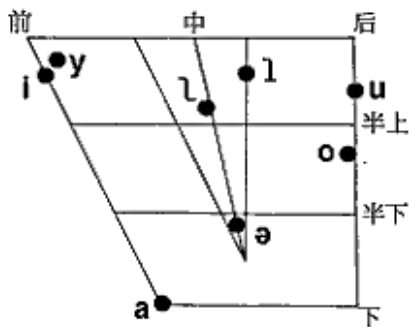


Figure 12

音した時、[ɨ]或[ɥ]より後ろに寄っていると感じられるが、可聴周波数図中では[ɨ]或[ɥ]よりわずかに前にあるといえる。

我々は、以上の中国語CVC構造上の単母音 $F_1$ と $F_2$ の平均データに基づいて、中国語の舌の位置図はFigure 12のような状況であるべきだと考えられる。

## 6. 日中単母音のスペクトル比較

まずTable 6を見てみよう。これは、先で我々が調査を通じて得た中国語単母音のデータ (Table 5) と本間弥生が調査して得た日本語単母音のデータ (Table 3) を一緒にし、作り上げた表である。

中国語と日本語単母音の $F_1$ 、 $F_2$ 数値の比較を通じて、Figure 13中の日中共有のa, i, o, u四個の母音位置図を結合すると、我々は以下の特徴を見出すことができた。

- (1) 中国語[ a ]は日本語よりも明らかに高くなり、わずかに前に寄っている。
- (2) 中国語[ i ]は日本語よりもわずかに後ろで、わずかに高くなっている。
- (3) 中国語[ u ]と日本語の高低はほぼ一致しているが、前後の相違が非常に大きい。中国語[ u ]は完全に後母音であり、日本語の[ u ]の舌の位置は相当前に寄っていて、それは舌中音である。そのものの発音位置の違い以外に、[ u ]の丸い唇であるかどうかに関係しており、中国語の[ u ]は丸い唇の母音で、日本語は丸くない唇の母音である。したがって中国語の[ u ]の第2 フォーマント ( $F_2$ ) は日本語よりわずかに低くなり、位置も後ろ寄りになる。
- (4) 中国語と日本語の[ o ]の位置は比較的寄っており、中国語のみがわずかに高く、わずかに後ろである。その前後の差異も唇の丸い程度と関係している。



Table 6

		舌の位置		唇の形	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>
中国語	a	前	低	非円唇	818	2110
	i	前	高	非円唇	280	2627
	o	後	中	円唇	560	840
	ə	中	半低	非円唇	653	1507
	u	後	高	円唇	387	732
	y	前	高	円唇	258	2347
	ɿ	中	高	非円唇	403	1679
	ɤ	中	高	非円唇	344	1248
日本語	a	前	低	非円唇	1046	2075
	i	前	高	非円唇	354	2886
	u	中	高	非円唇	367	2060
	e	前	中	非円唇	655	2209
	o	後	中	円唇	657	977

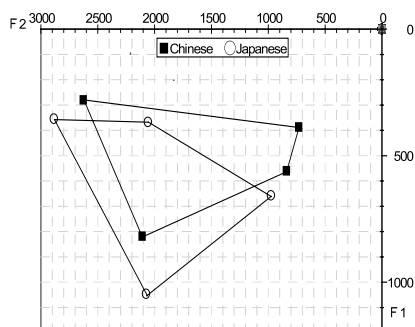


Figure 13

(5) 中国語には[e]がなく、また[ə, y, ɿ, ɤ]は日本語にはなく、互いに双方の発音の難点を作り上げている。

以上、我々はまず単母音の可聴周波数の重要性および可聴周波数と発音の関係を考え、引き続き、中国語の八個の単母音がCVC構造中でF<sub>1</sub>とF<sub>2</sub>に関係があるかを分析し、中国語の八個の単母音の可聴周波数について位置図を帰納した。また本間弥生の研究データを使用し、日本語の五個の単母音の可聴周波数について位置

を観察した。さらに、我々は中国語と日本語の単母音のF<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>データを中心として、二種類の言語について単母音の差異、特に[a], [i], [u], [o]四個の単母音の違いを比較し、その結果、二種類の言語について単母音スペクトルの明らかな位置の差異を見出した。

注

- 1 J.C.Catford, *Fundamental Problems in Phonetics* (Edinburgh Univ., 1977) pp.13.
- 2 Daniel Jones, *An Outline of English Phonetics* (Cambridge: Heffer & Sons-Tokyo: Marruzen Company, 19609) i.
- 3 Daniel Jones, *An Outline of English Phonetics*, pp36.
- 4 Daniel Jones, *English Pronouncing Dictionary*, 13<sup>th</sup> Edition, edited by A.C.Gimson (London: J.M.Dent & Sons Ltd-New York: E.P.Dutton & Co.Inc., 1967) iv.
- 5 C.M.Wise, *Introduction to Phonetics* (Englewood Cliffs, NJ.:Prentice-Hall) pp81.

6 J.C.Catford, *Fundamental Problems in Phonetics*, pp.173

7 本間弥生 (1992) 『日英語の音響音声学』 pp.8, 山口書店

9 吴宗济 (1964) 《普通话元音和辅音的频谱分析及共振峰的测算》,《吴宗济语言学论文集》 pp.9 商务印书馆, 2004

### 参考文献

吴宗济 (2004) 《吴宗济语言学论文集》, 商务印书馆

林焘 (2001) 《林焘语言学论文集》, 商务印书馆  
レイ・D・ケント／チャールズ・リード著, 荒井隆行／菅原勉監訳 (1996) 『音声の音響分析』, KAIBUNDO

本間弥生 (1992) 『日英語の音響音声学』, 山口書店

田村光規 (2001) 『英語音声の研究』, 光明社

### Abstract

It may be said that one of the greatest difficulties for Chinese and Japanese in learning each others' language, especially in spoken Chinese and Japanese, exists in the differences between Chinese and Japanese vowels. While Japanese has a five-vowel system, /a/, /i/, /u/, /e/, /o/, Chinese has a much larger number of vowel sounds, an eight-vowel system, /a/, /i/, /o/, /u/, /y/, /ə/, /ɿ/, /ʊ/. In this paper, first, I observed the quality of Chinese vowels by the vowel formants. Second, I compared them with Yayoi Homma's recording of cardinal Japanese vowels. After comparing, I not only investigated the acoustical characteristics of Chinese and Japanese vowels, but expounded the difference of acoustical characteristics by comparing Chinese vowels with Japanese vowels.