

日本人による英語の母音の認識について*

—誤答を周波数を用いて分析する—

野中 泉**
(1993年5月7日受理)

1 序論

日本語には母音が5つ存在するが、他にもスペイン語、スワヒリ語なども母音の数は5つである。一方英語は前舌母音だけ数えても、少なくとも5つあり、後舌母音としてさらに5つはある。図1から見ても明らかであるが、Ladefoged (1982)は母音の数の少ない言語においては、母音は等間隔に並ぶ傾向にあると述べている。

図1 日本語と英語の母音

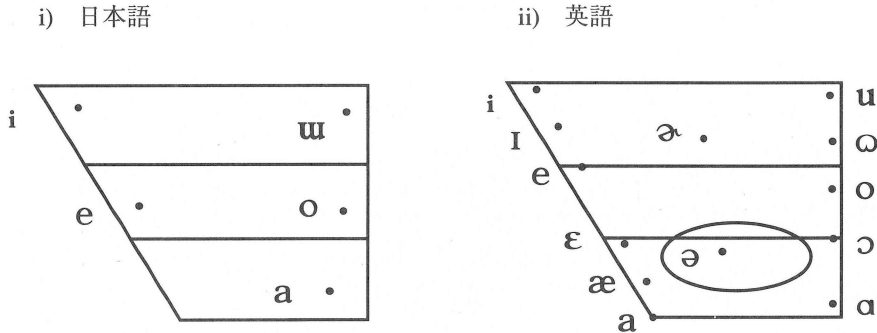


図1の日本語と英語の母音を比べると、日本語の母音と母音の間にあたる箇所にも、英語はさらに母音を持っていることがわかる。例えば日本語の/i/と/e/に相当する母音が英語にもあるが、さらにその2つの母音の間に英語では/I/が存在する。同じことが残りの前舌母音、後舌母音にも概ね当てはまる。つまり日本語の母音と母音の間にさらにもう一つずつ母音があるのが英語である。両言語の母音の数とその位置関係を音楽に例えると、日本語の母音は全音階的で、英語の母音は半音階的と言えるであろう。図2は全音階と半音階を表わしている。

図2

全音階 (日本語の母音体系)

半音階 (英語の母音体系)



*English Vowel Perception of Japanese Students : An Analysis of the Errors Using Frequencies

**Izumi NONAKA 文学科英語英文専攻

日本人学習者が英語のリスニング力を養う際に大きな障害を引き起こしている原因はここにあるのではないかという仮説がたえられる。つまり、全音階的な母音の仕組みに耳が慣れてしまっている日本人の英語学習者にとって、その中間に存在する半音の英語の母音を聞き分けるのは難しいのではないか、ということである。この論文ではこの日本語の母音は全音階的で、英語は半音階的である、という仮説を証明し、さらにそのことから日本人学習者の英語母音の認識力に関する問題を解決する糸口を見い出すために、まずそれぞれの母音についての分析を行う。分析は周波数を用いてなされる。周波数は音響学上、それぞれの音のもつ特性を表わし、空気の粒子が一秒間に繰り返す前後運動の度合をいう。周波数はヘルツで表わされ、通例 Hz. という省略記号を用いる。

日本語の /あ/ を例にとってみる。図1の2つの母音分布を重ねあわせてみると、日本語の /あ/ にあたる音の近辺には、英語は少なくとも6つの母音、つまり / $\epsilon, \text{æ}, \text{a}, \text{ɔ}, \text{ə}$ / がある。日本人学習者はこの6つの微妙に異なった音をどのように聴きわけるのであろうか。もしその違いを認識できないなら、その原因は何であろうか。この論文では母音の中でも特に日本語の /あ/ と上記 / $\epsilon, \text{æ}, \text{a}, \text{ɔ}, \text{ə}$ / の5つの英語の母音に焦点を絞った。(チョムスキーをはじめ多くの学者は / a / と / ɔ / の2つをほとんど区別しないのでこの論文においても区別しないこととする。) この5つの母音のミニマル・ペアを使ったテストを行い、その結果を周波数を用い解明してゆく。

2 方法

2. 1 被験者

被験者199人中143人は恵泉女学園短期大学の英語を専門とする学生で、英語音声学を学んだことがあるか、テスト実施当時履修中のどちらかである。残りの54人の被験者は桜美林大学の経済学専攻の学生で音声学的知識は全くない。199人は全て一年生である。

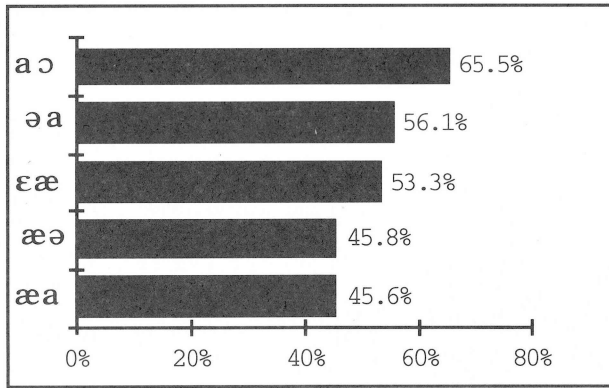
2. 2 テスト方法

5つの母音 / $\epsilon, \text{æ}, \text{a}, \text{ɔ}, \text{ə}$ / のミニマル・ペア (Appendix A 参照) が2つのルームスピーカーから流され、被験者は聞こえてきたと思う方の語に丸を付けていく。どちらが聞こえてきたか分からない時は『3』という項目に印をつけるように指示されている。選択肢の単語は2つとも同じ文のなかに入っていて、どちらでも意味は通るようになっているので、意味から類推せずに純粹に音からのみ判断するように被験者は指示されている。

3 結果

図3は5つのミニマル・ペアをテストの結果から最も間違いやすいものから順に並べたものである。その結果 / a / と / ɔ / が最も聞き分けにくく、以下 / ə / / a /、/ ϵ / / æ / の順序で識別が難しく、/ æ / / ə / と / æ / / a / は比較的その違いは明らかであることがわかった。

図3 ミニマル・ペアテストにおける誤答率



4 考察

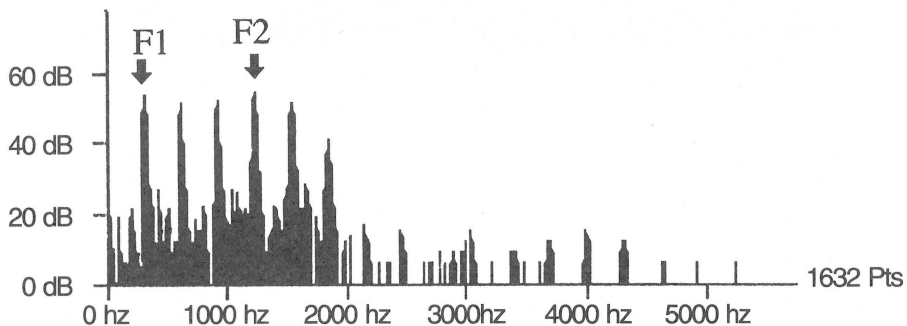
上記の結果は、表 1 - ii) のような母音分布図表上で、2 音がより近くに位置している程その違いを聞き取るのがますます困難になるということが大まかに言えるが、この実験結果にはもっと意義深い事実がある。

音響音声学の分野においては音をフォルマントを用いて分析する研究が進んでいる。複雑な形をした声道（鼻腔と口腔）は一度にいくつかの周波数帯で共鳴する。Mackey によるとフォルマントと呼ばれる 3 つの周波数帯によって言語音はそれぞれ特徴づけられる。(1987, p. 265) 最も低周波のフォルマントを F1、下から 2 番目を F2、下から 3 番目を F3 と言う。F1 の周波数は咽頭の筋肉を緊張させる事によって高くなり、前舌を緊張させると F2 が上がる、と Pickett (1980) は述べている。

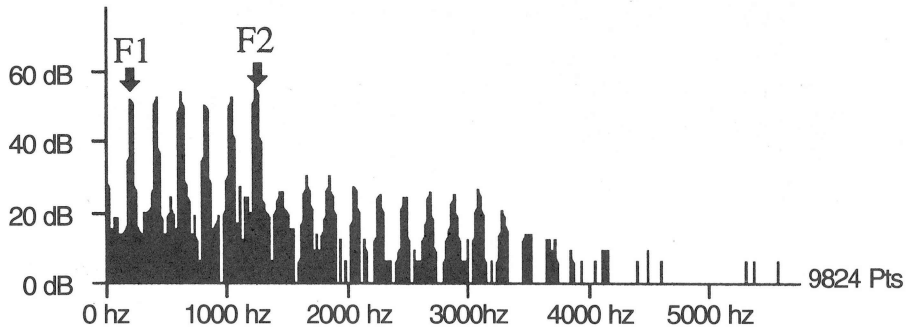
実験の結果、最も識別が難しかった /ɑ/ と /ɔ/ の周波数とその F1、F2 を次の表 4 のスペクトログラムは表わしている。/ɑ/ は "body" の下線部の音、/ɔ/ は "bawdy" の下線部の音で、実験の中で被験者が実際に聞いた語である。

図 4

"body" の中の /ɑ/ 音



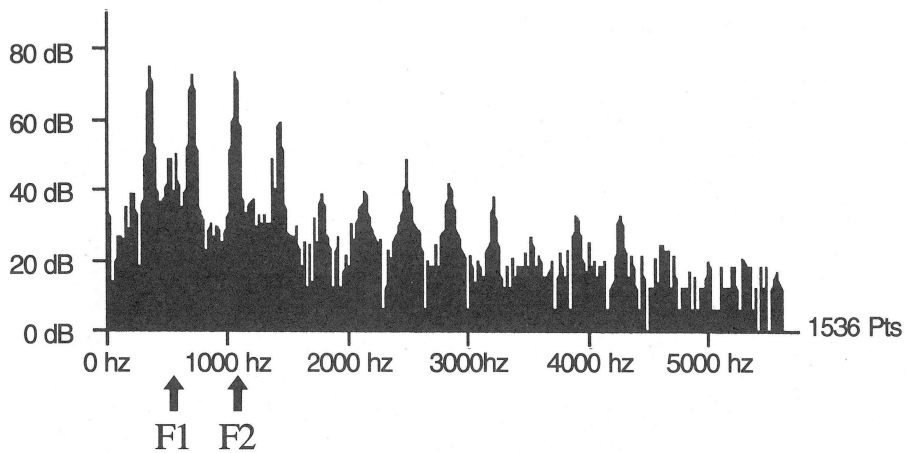
"bawdy" の中の /ɔ/ 音



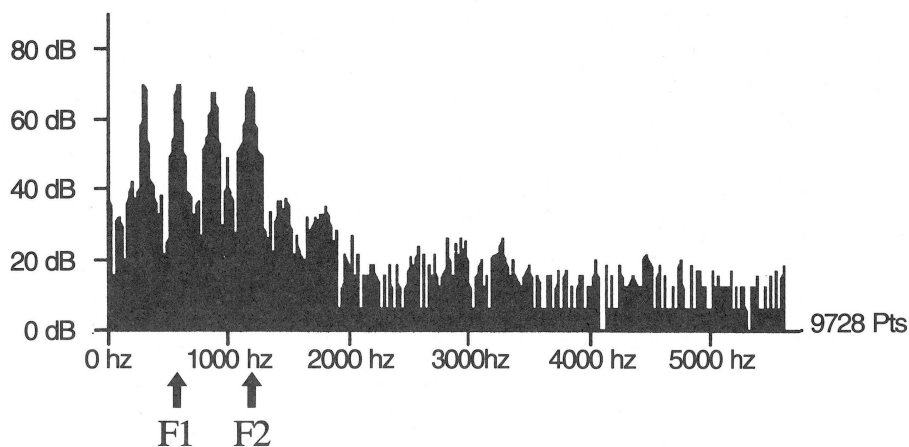
/ɑ/ と /ɔ/ はどちらも F1 は 500Hz、F2 は 1200Hz 位とほぼ同じである。図 5 は 5 つのミニマル・ペアのうち 2 番目に識別しにくいという結果の出た /ə/ と /ɑ/ の周波数と F1 および F2 を示したスペクトログラムである。/ə/ は "color" の下線部の音、/ɑ/ は "collar" の下線部の音である。

図 5

"color" の中の /ə/ 音



"collar"の中の/a/音



/ə/と/a/のF1および F2もほぼ同じ数値である。以上、識別困難なミニマル・ペアの上位2つに共通に言えることはF1および F2が近似なもの同士は被験者の耳にごく似通った音として聞こえ、聞き分けが難しいものとなるらしいということである。

Picket (1980, p. 176) によるとアメリカ英語5つの母音のフォルマントは図6に示される通りである。

図6 /ε, æ, ə, a, ɔ/のF1, F2, F3

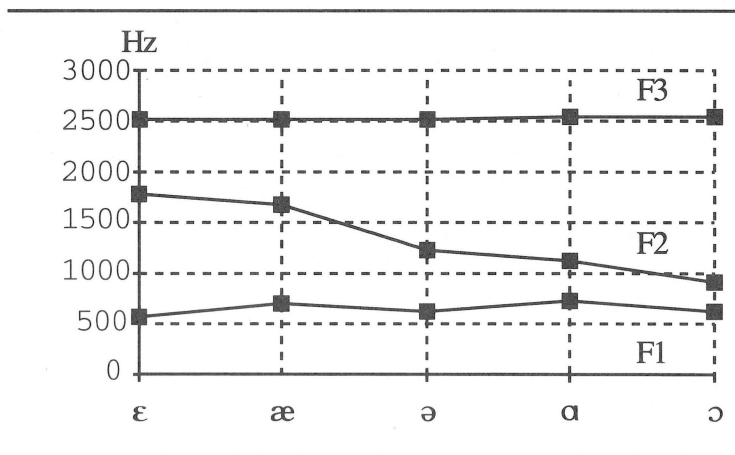


図6を数値で表わすと表1のようになる。

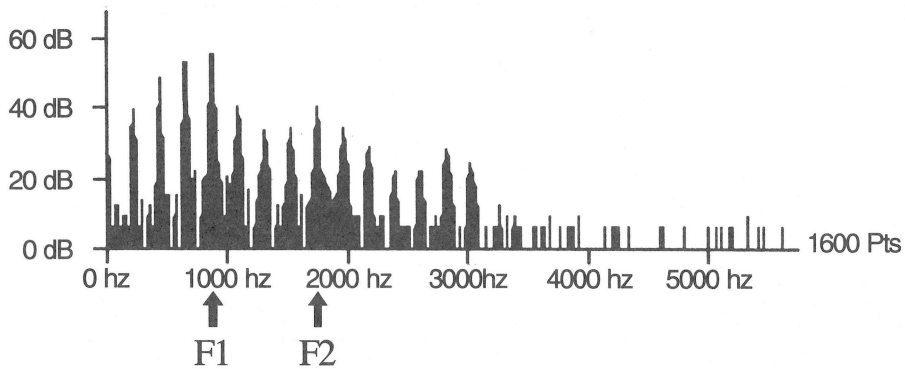
表1 /ε//æ//ə//ɑ//ɔ/のフォルマント

	/ε/	/æ/	/ə/	/ɑ/	/ɔ/
F3	2490	2490	2510	2540	2540
F2	1770	1660	1210	1100	880
F1	550	690	610	710	590
F0	120	134	103	97	136

Mackeyとは異なりPicket は母音の音としての特徴を形成するのはF1とF2であり、認識にはこの2つだけで十分であると述べている。とすると/ɑ/と/ɔ/、/ə/と/ɑ/のようにF1とF2が最も接近したものから間違いを引き起こしやすいのは当然の結果となる。では実験の結果最も識別しやすかった/æ/と/ɔ/はどうであろうか。両者の周波数と、F1およびF2を示すスペクトログラムを見てみよう。

図7

"black" 中の /æ/ 音



"block" 中の /ɔ/ 音

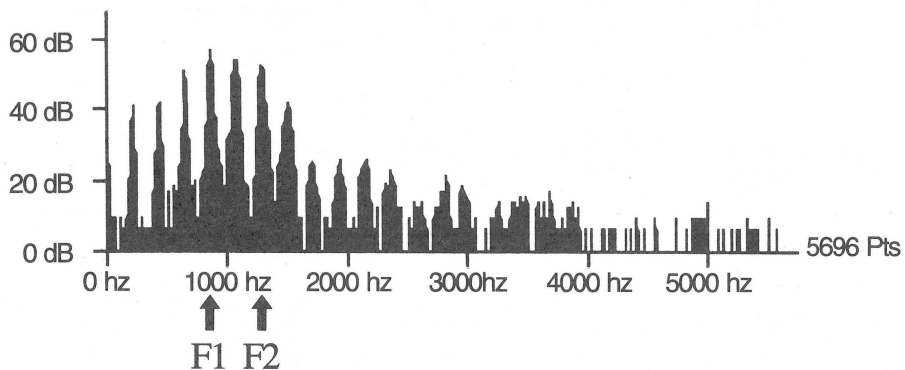


図 8

どちらもF1は900Hz位で大差ないが、F2に関しては/æ/は約1800Hz、/ɑ/はおよそ1200Hzと大きく違う。この大きな違いのために被験者の耳に明らかに違う音として聞こえ、聞き取りやすくしていると考えられる。では母音の識別に最も大きく影響を与える要素は何なのであろうか。この間の元に多方面より考察の結果、興味深い事実が判明した。

それぞれの母音のF2の値からF1の値をひく。例えば/ɔ/の場合は図8が示すように290、/ɑ/は390である。この2つの母音は一番識別が困難なペアであるが、390と290の差は100である。

このようにミニマル・ペアの一方の(F2-F1)と、他方の(F2-F1)の差を求めると結果は以下ようになった。

$$\{ / \varepsilon / \text{の } (F2-F1) \} - \{ / \text{æ} / \text{の } (F2-F1) \} = 250$$

$$\{ / \text{æ} / \text{の } (F2-F1) \} - \{ / \text{ə} / \text{の } (F2-F1) \} = 370$$

$$\{ / \text{ə} / \text{の } (F2-F1) \} - \{ / \text{ɑ} / \text{の } (F2-F1) \} = 210$$

$$\{ / \text{ɑ} / \text{の } (F2-F1) \} - \{ / \text{ɔ} / \text{の } (F2-F1) \} = 100$$

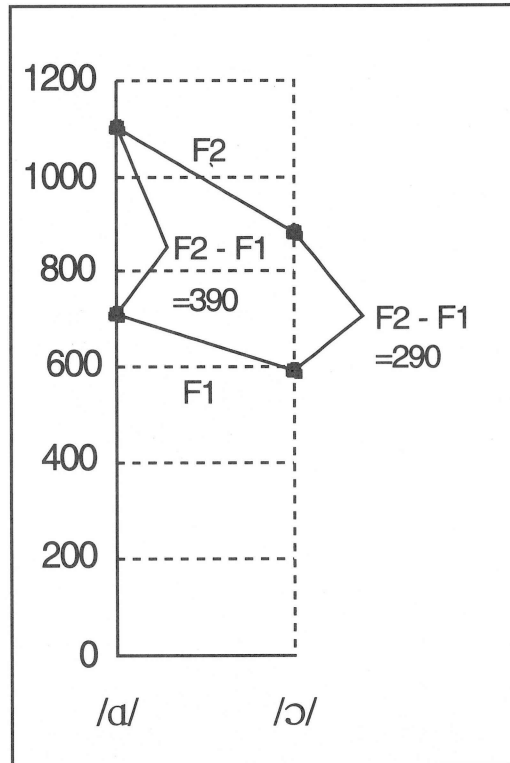
$$\{ / \text{æ} / \text{の } (F2-F1) \} - \{ / \text{ɑ} / \text{の } (F2-F1) \} = 580$$

上記の結果を値の小さい順序に並べ変えると次のようになる。

表 2

1. /ɑ//ɔ/
2. /ə//ɑ/
3. /ε//æ/
4. /æ//ə/
5. /æ//ɑ/

この順序はミニマル・ペアテストの誤答率の高い順序と完全に一致する。(図2参照)。以上のことより、ミニマル・ペアの2つの母音の(F2-F1)値が近ければ近い程識別困難の度合は増し、誤答しやすくなるという結論が導きだされる。では Pickett の指摘通りF1とF2だけが母音の知覚を決定する要素でF3は関係ないのだろうか。そこで試みられたのが以下の実験である。



音の特徴は周波数によって決定されるとすれば、ある音の周波数（ピッチ）を変えてみたなら違う音として知覚されると仮定できる。前述のミニマル・ペアテストを受けた恵泉女学園短大の学生のうちの74人に、以下の実験を受けてもらった。まず被験者は真ん中のCと同じピッチ(261.625566Hz.)で録音再生された"body"という語を聞く。その時この音が"body"であるとはっきり知らされる。その後でピッチをコンピューターで変えられた"body"を6回聞かされる。6回のうち2回はCより半音下、つまりB(246.941652Hz..)の音と同じピッチに変えられた"body"を聞き、もう2回はCより全音下、つまりBb(233.081882Hz..)の音と同じピッチに変えられた"body"を聞いた。残りの2回は元の音を聞いた。(図9参照)他の4つのミニマル・ペア(colorとcollar、menとman、ragとrug、cadとcod)についても同様の手順で被験者に聞かされた。(Appendix B参照)音を聞く度に、3つの選択肢のうち被験者の耳に聞こえたと思うものをマークする。例えば、1.body, 2. bawdy, 3.わからない、という選択肢が与えられている。次の表3は上記の実験の結果をまとめたものである。

表3

元の音	元の音を全音分低くした場合に ()内の音、つまり ミニマル・ペアのもう一方と 聞き違えた率	元の音を半音分低くした場合に ()内の音、つまり ミニマル・ペアのもう一方と 聞き違えた率
/ɑ/	77% (/ɔ/)	26% (/ɔ/)
/ɑ/	54% (/ə/)	45% (/ə/)
/æ/	45% (/ɛ/)	29% (/ɛ/)
/ə/	71% (/æ/)	51% (/æ/)
/ɑ/	28% (/æ/)	23% (/æ/)

全音低くした音をミニマル・ペアのもう一方と聞き違えた率の平均は55%、半音低いものをもう一方と聞き違えた率の平均は34.8%であった。特に確率の高かったものとしては、被験者のうちの77%、つまり4分の3以上が全音下にピッチの変えられた/ɑ/を/ɔ/として聞いている。つまり仮説通り周波数を変えられた音(ここでは母音)は他の音として聞こえるのである。ここでピッチ調整の基準となったC、B及びBbについて詳細にみってみる必要があるだろう。

音符はそれぞれ決まった周波数からできている。真ん中のCのすぐ上のAの音は440Hzに定められていて、その倍が1オクターブ上のAとなっている。西洋音楽では1オクターブが12の音符の半音階で成り立っている。次に挙げる表4は音符とそれらの周波数を表わしている。

表 4

音符	周波数 (Hz.)	音符	周波数 (Hz.)
C	130.812784	C	261.625566
(真ん中のCより 1 オクターブ下のC)		(真ん中のC)	
C#, Db	138.591317	C#, Db	277.182632
D	146.832385	D	293.664769
D#, Eb	155.563497	D#, Eb	311.126984
F	174.614117	F	349.228232
F#, Gb	184.997212	F#, Gb	369.994423
G	195.997212	G	391.995436
G#, Ab	207.652350	G#, Ab	415.304698
A	220.000000	A	440.000000
A#, Bb	233.081882	A#, Bb	466.163761
B	246.941652	B	493.883301

図 9



図 9 より C と B および Bb の関係を次の数式で表わすことができる。

$$C (261.625566\text{Hz.}) \times 0.94 = B (246.941652\text{Hz.})$$

$$C (261.625566\text{Hz.}) \times 0.89 = Bb (233.081882\text{Hz.})$$

ではそれぞれのミニマル・ペアの周波数の比率をみてみる。シュワに関しては図 1 が示すように話し手や状況によって発音が変わるのでここでは省略するが、実際数値を入れてみると次のような計算結果が得られた。

$$1830 (\text{/}\sigma\text{/}) \div 1950 (\text{/}\alpha\text{/}) = 0.93$$

$$1800 (\text{/}\text{æ}\text{/}) \div 1940 (\text{/}\text{ɛ}\text{/}) = 0.92$$

$$1950 (\text{/}\alpha\text{/}) \div 1800 (\text{/}\text{æ}\text{/}) = 1.08$$

0.93 と 0.92 はどちらも 0.94 (C と B の周波数の比) に非常に近い。故に /a/ と /ɔ/ 或いは /æ/ と /ɛ/ は半音の関係にあるといえる。そしてこの半音の違いしかないこの /a/ と /ɔ/、/æ/ と /ɛ/ が今回の実験では最も識別に際して誤答率が高かったのである。それに反して、誤答率の最も低かった /a/ と /æ/ を参考のために見てみると、この2つの母音の周波数の比は 1.08 である。これは約全音上の D の音に匹敵する周波数であるから、明らかな違いとして知覚されたと解釈することができるだろう。更にこの2音は他のミニマル・ペアと異なり前舌母音と後舌母音という組み合わせであったことも識別を容易にした要因の一つとして考えられる。上記の計算における各々の母音を表わす数値は以下のようにして算出されている。

$$(F2 - F1) + (F3 - F2)$$

つまり母音の音としての特徴は Mackey の示す通り F1 F2 F3 の3つで決定され、知覚されるということがわかる。さらに興味をひく結果として、全音低くした音をミニマル・ペアのもう一方と聞き違えた率の平均は 55%、半音低いものをもう一方と聞き違えた率の平均は 34.8% であった、というデータである。/a/ と /ɔ/ を例にとると、実際は /a/ と /ɔ/ は半音の関係にあるのだから半音下げた /a/ を /ɔ/ として聞き取る率の方が高いであろうと予測していたが、実験の結果、それは 26% で全音下げたものを違う音と聞き取った率の方がはるかに高く、77%、全体の 4 分の 3 にも上った。他のペアを見てもいずれも全音下がったものを違う音として聞き取る傾向が強いことがわかる。(表3参照) このデータから日本語の母音体系が全音階的であるだけでなく、日本人の耳そのものが全音階向けにできていると推測できる。

5 結論

周波数が音を特徴づけ、さらに F1、F2、F3 の3つのフォルマントが等しく母音の音声学的性質の決定に関わり、聞き手側の認識に直接影響を与えていることが明らかになった。そして全音階的な日本語の母音体系に対して、英語の母音は半音階的であることがわかり、半音の関係にある母音同志の識別が日本人学習者には特に難しいこともわかった。この半音の差は微妙ではあるが、母音一つで全く意味が変わり、コミュニケーションに支障を来す恐れのあることを考えると、半音の差を認識できないところに日本人学習者の弱点があるといえるであろう。半音違いの音を自分の知っている音にすり替えて認識したり発音しては、いつまでも英語学習の一つの壁を超えることができない。教える側としてはもっと深く英語と日本語の母音体系、日本人の耳についての認識を深め、リスニングや発音の指導にあたる方がさらに効果的な指導を行えるであろう。

Reference

- Akmajian, Adrian, Richard A. Demers, Ann K. Farmer, Robert M. Harnish.
(1982). *Linguistics: An Introduction to Language and Communication*. 3rd. ed.
Cambridge, Massachusetts : The MIT Press.
- Bowen, J. Donald. (1975). *Patterns of English Pronunciation*. NY.: Newbury House
- Ladefoged, Peter. (1982). *A Course in Phonetics*, 2nd ed. Fort Worth: Harcourt Brace
Jovanovich College Publisher.
- Mackey, Ian. R. A. (1987). *Phonetics: Science of Speech Production*, 2nd ed. Austin, Texas;
pro. ed.
- Martin, Frederick. N. (1991). *Introduction to Audiology*, 4th ed. New Jersey: Prentice Hall.
- Sloboda, John, A. (1983). *The Musical Mind: The Cognitive Psychology of Music*. Oxford:
Oxford Science Publication.
- Pickett, J. M. (1980). *The Sounds of Speech Communication: A primer of Acoustic
Phonetics and Speech Perception*. Boston: Allyn and Bacon.
- Tiffany, William, R. and Carrell, James. (1987). *Phonetics: Theory and Application*.
McGrow Hill International Editions.

Appendix A

1. I heard a roar over the (1. din, 2. den, 3. ?).
2. He (1. pinned, 2. penned, 3. ?) a note on her desk.
3. Take the (1. lift, 2. left, 3. ?) to get to the office.
4. Let's have a big (1. cheer, 2. chair, 3. ?) for Dick.
5. To spank some children makes them (1. bitter, better, 3. ?).
6. Will the (1. men, 2. man, 3. ?) come?
7. This (1. pen, 2. pan, 3. ?) leaks.
8. Don't (1. pet, 2. pat, 3. ?) the dog.
9. I hope you will (1. lend, 2. land, 3. ?) me a fish.
10. After the play the audience (1. left, 2. laughed, 3. ?).
11. The old (1. cad, 2. cod, 3.?) looked terrible.
12. Darwin fell on the (1. rack, 2. rock, 3. ?).
13. The farmer lost his (1. axe, 2. ox, 3.?).
14. The soldiers (1. blacked, 2. blocked, 3. ?) out the camp.
15. The (1. racket, 2. rocket, 3. ?) was deafening.
16. My (1. damn, 2. dumb, 3. ?) teacher said so.
17. Throw that old (1. rag, 2. rug, 3. ?) out.
18. He stumbled and tore his (1. calf, 2. cuff, 3. ?)
19. The horse (1. backed, 2. bucked, 3. ?) unexpectedly.
20. My (1. ankle, 2. uncle, 3. ?) is broke.

21. My (1. pup, 2. pop, 3. ?) is very good natured.
22. The (1. one, 2. wan, 3. ?) boy looks sick.
23. He (1. shut, 2. shot, 3. ?) up the consul.
24. Somebody (1. rubbed, 2. robbed, 3. ?) the paint on the table.
25. Her (1. color, 2. collar, 3. ?) is just not right.
26. When will (1. Don, 2. dawn, 3. ?) come?
27. William thinks he'll have to (1. hock, 2. hawk, 3. ?) his watch.
28. He paid too much for the (1. stocks, 2. stalks, 3. ?).
29. This looks like a (1. body, 2. bawdy, 3. ?) shop.
30. That's really a (1. knotty, 2. naughty, 3. ?) problem.
31. I lost a (1. buck, 2. book, 3. ?) yesterday.
32. He'll have to (1. putt, 2. put, 3. ?) the ball in the cap.
33. The girls (1. tuck, 2. took, 3. ?) up the hem.
34. He gave me this awful (1. luck, 2. look, 3. ?).
35. These are (1. Huck's, 2. hooks, 3. ?).

Appendix B

1. body or bawdy

(1) = body

- (2) 1. body, 2. bawdy, 3. ?
- (3) 1. body, 2. bawdy, 3. ?
- (4) 1. body, 2. bawdy, 3. ?
- (5) 1. body, 2. bawdy, 3. ?
- (6) 1. body, 2. bawdy, 3. ?
- (7) 1. body, 2. bawdy, 3. ?

2. color or collar,

(1) = color,

- (2) 1. color, 2. collar, 3. ?
- (3) 1. color, 2. collar, 3. ?
- (4) 1. color, 2. collar, 3. ?
- (5) 1. color, 2. collar, 3. ?
- (6) 1. color, 2. collar, 3. ?
- (7) 1. color, 2. collar, 3. ?

3. men or man

(1) = men,

- (2) 1. men, 2. man, 3. ?
- (3) 1. men, 2. man, 3. ?
- (4) 1. men, 2. man, 3. ?

(5) 1. men, 2. man, 3. ?

(6) 1. men, 2. man, 3. ?

(7) 1. men, 2. man, 3. ?

4. rag or rug

(1)= rag

(2) 1. rag, 2. rug, 3. ?

(3) 1. rag, 2. rug, 3. ?

(4) 1. rag, 2. rug, 3. ?

(5) 1. rag, 2. rug, 3. ?

(6) 1. rag, 2. rug, 3. ?

(7) 1. rag, 2. rug, 3. ?

5. cad or cod

(1) = cad

(2) 1. cad, 2. cod, 3. ?

(3) 1. cad, 2. cod, 3. ?

(4) 1. cad, 2. cod, 3. ?

(5) 1. cad, 2. cod, 3. ?

(6) 1. cad, 2. cod, 3. ?

(7) 1. cad, 2. cod, 3. ?

Abstract

English Vowel Perception of Japanese Students
- An Analysis of the Errors Using Frequencies -
Izumi Nonaka

Compared with the Japanese vowel system, English vowels are classified into more than twice as many as Japanese vowels. If each language's vowel system is compared to a musical scale, the Japanese vowel system might be the whole-note scale, and the English vowel system a half-note scale. We can assume that native speakers of Japanese learning English may have some difficulty in distinguishing English vowels that fall in between two Japanese vowels.

To demonstrate all mentioned above, Japanese learners of English heard some minimal pairs, and I analyzed the result using frequencies, Hz.. I could find a rule which could govern all the errors.

In the second experiment, I prove that F1, F2 and F3 equally play a considerable role in determining the vowel quality. Moreover, I could find the significant difference between Japanese vowel system and that of English. As such a experiment made on Japanese learners has been very few, this study will be of great importance.