

日本人学生の中国語有気音の発話評価に及ぼす 日本語閉鎖音の調音の効果

星野 朱美*

The Effect of Japanese Articulation of Stops on Chinese Aspiration Sounds Uttered by Japanese Students

Akemi HOSHINO

Abstract

A Chinese aspiration is generally considered to be very difficult to reproduce by Japanese students. We measured the voice on set time (VOT) and mean power during VOT, as the evaluation parameters, of single vowel sounds of alveolar [t] and velar [k] in Chinese aspirations uttered by 40 Japanese students. The sounds were evaluated by the listening test of 8 native Chinese speakers. Then we proved that the VOT was not the sole measure for evaluating the pronunciations but also the mean power during VOT was the other measure for evaluating them. Although we previously reported on the Chinese liberal sounds, we confirmed that the pronunciation with longer VOT was evaluated as being generally good. We found that the students got good marks and easily mastered pronouncing some of the sounds in the study. So we measured the evaluation parameters of the Japanese stop sounds, uttered by 10 Japanese who had not studied Chinese before. Although the VOT was shorter and the power was lower than those of the Chinese aspirations, such Japanese sounds have similar articulation to Chinese aspirations.

1. はじめに

中国語の音声体系は世界で最も複雑な体系の一つであり、その上、数多い発音のほとんどが日本語に無い音である。なかでも多くの学生は「有気音」の調音に困難さを感じている。また、多数の学生に対して発話の正確さを一人の教師が同時に評価するのは難しい。帰宅後の自習の発話に対しても正確な評価手段が無い。ここ数年、マルチメディア技術を用いた中国語発音教育のコンピュータ援助指導システム (CAI) の開発のため、中国語の発音を分析し、それらの特徴、評価法などの提案として、例えば、中国語の有気音と無気音の識別とスコアリング^[1]、前鼻母音 an と奥母音 ang の特徴^[2]などの報告がある。

中国語の有気音には閉鎖音の唇音、舌尖音、舌根音、破擦音の舌面音、捲舌音、舌歯音^[3]がある。著者らは先に唇音 [p'] について単母音 4 音節について日本人学生の発話の VOT とその期間中の相対平均パワーを求

め、各音節について、発話の正確さは VOT だけでなく、その期間中の平均パワーにも依存することを示した^[4]。発話の正確さを表す客観的評価基準を確立することにより、効果的な自習教材の開発を目指している。今回は閉鎖音の内、舌尖音の単母音の音節 ta[t'a], ti[t'i], te[t'ɛ], tu[t'u] (中国語の発音を表記するためのローマ字であるピンインと [] 内はその国際音声記号の表記であり、['] は有気音であることを示す^[3]) と舌根音 ka[k'a], ke[k'ɛ], ku[k'u] について、唇音と同様の傾向が見られることを示した。

また、日本人学生に対する発話訓練において有気音の唇音 pa[p'a], pi[p'i], po[p'o], pu[p'u], 舌尖音 ta[t'a], ti[t'i], 舌根音 ka[k'a], ku[k'u] は他の有気音に比べて修得が容易であった。これらの音節はそれぞれ日本語の両唇音、歯茎音と軟口蓋音とほぼ同じ調音点の「パ」、「ピ」、「ポ」、「プ」、「タ」、「ティ」、「カ」、「ク」があるので、前者の音節の中国語話者に

よる発話と後者の日本人による発話についてVOTとその期間中の平均パワーを比較した。その結果、これら物理量が互いに近い値を示すことがわかり、平均パワーが発話評価に有効であることが示された。

なお、「ティ」は本来日本語の音節には無い音であるが、「レモンティー」、「パーティー」、「シティー」など外来語の発音として馴染みのある音であるとして日本語に加えた。

2. 中国語と日本語の閉鎖音の比較

2.1 閉鎖音

中国語有気音の舌尖音と舌根音について述べる前に、まず、閉鎖音の有気音・無気音の生成について説明する。閉鎖音は声道の完全な閉鎖によって、口の中で空気が圧縮され、閉鎖を止めると、その圧縮された空気が一気に解放（破裂）される。閉鎖音のきわめて重要な調音の特徴は、声道の瞬間的な遮断である。これは調音的な閉鎖によるが、図-1に示す調音器官^[5]である両唇[p](labial)1)、歯茎[t](alveolar)4)、軟口蓋[k](velar)9)の三カ所のうちの一つを用いて行う^[6]。

閉鎖音の調音には閉鎖階段と解放階段がある。音響学的には、閉鎖段階では声道が閉鎖され、解放段階において、口の中に閉じ込められた空気が破裂後に氣息性の摩擦音を生成するか否かによって、「有気音」(aspirated)と「無気音」(unaspirated)に分類される^[6]。有気音は空気が部分的に閉じた声帯を通過して咽頭を通過するときに生み出される氣息性雑音(気音[h] [ʻ])であり、この氣息性雑音は解放(破裂)時に生成され、母音の振動はこれに遅れて始まる。無気音では破裂後に雑音がほとんど現れなく、解放と同時に母音の声帯振動が始まる^{[7][8]}。

この様子は図-2(有気音)と図-3(無気音)に示される。図-2に示す中国語閉鎖音の舌尖音の無気音da[ta]では^[8]、d[t]は閉鎖子音、a[a]は母音である。左側は閉鎖の段階、真中は閉鎖の持続時間で、この時

間の長さはさまざまである。右側の解放の段階では、閉鎖の解放と同時に声門における母音[a]の声帯振動が始まり、声門の開きは狭いことを示している。

図-3に示す中国語有気音の閉鎖音の舌尖音ta[t'a]では、左側の閉鎖の段階は殆ど無気音と同じで、異なるのは解放の段階に、閉鎖の破裂と同時に強い息が吐かれ、解放より遅れて、母音[a]の声帯振動が始まる。破裂から声帯振動開始時点までの時間を音響学的には有聲開始時間VOT(voice onset time)と言う^[6]。声門の開きは無気音より大きい。

2.2 中国語の閉鎖音

音声学では、図-1に示した調音器官の上位と下位が接触し、あるいは接近する場所を調音点(point of articulation)と言う。中国語の閉鎖音については、調音点はそれぞれ両唇、歯茎、軟口蓋であり、無気音と有気音の対としてそれぞれ唇音(labial)b[p](無気音)/p[p'](有気音)、舌尖音(alveolar)d[t](無気音)/t[t'](有気音)、舌根音(velar)g[k](無気音)/k[k'](有気音)と呼ばれる^{[2][9][10]}。本節では中国語の閉鎖音について分析する。

2.2.1 閉鎖音の調音点と調音方法について

唇音の有気音p[p']を調音する場合は、図-1の1)上唇と下唇を閉じ、同時に声門を閉じて喉頭を上昇させることにより、口腔内の気圧を高め、両唇を解放する時に、強く息を吐いて日本語の「パ」行音を出す。唇音の有気音は閉じ込められた空気が上唇と下唇の間を通過しながら摩擦することにより生成される。無気音b[p]を調音するときは、上唇と下唇を閉じ、解放するときに、息をおさえて日本語の「バ」行音を出せば良い。無気音の場合は、息を抑えて出すので、摩擦音を生じない^{[5][11][12]}。

舌尖音の有気音t[t']を調音する場合は、上の歯茎の4)に舌尖をあて、閉鎖を解放するとともに、強く息を

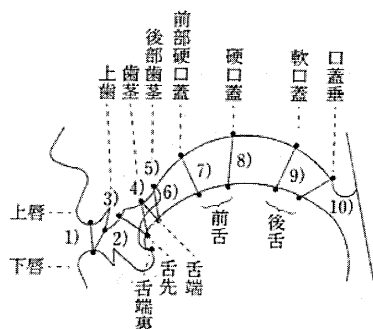


図-1 調音器官

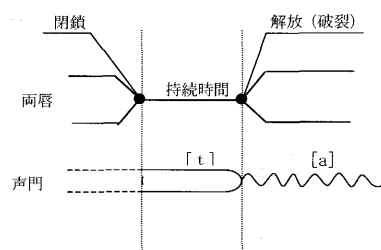


図-2 中国語の舌尖音無気音 da[ta]

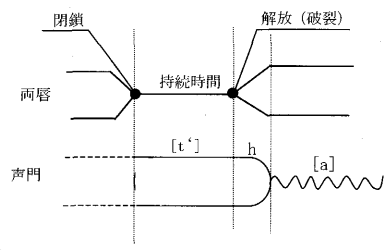


図-3 中国語の有気音の舌尖音 ta[t'a]

吐いて日本語の「タ」行音を出す。閉じ込められた空気が舌先と歯茎の間を通過しながら摩擦することにより生成される。無気音 d[t] を調音するときは、舌先を上歯茎にあて、閉鎖を解放する時に息を抑えて日本語の「タ」行音を出せば良い。息を抑えて出すので、摩擦音を生じない^{[11][12][13][14]}。

舌根音の有気音 k[k'] を調音する場合は、閉鎖の段階は 9) の部分で、後舌を持ち上げ、軟口蓋に接近させて、閉鎖を解放するときに、強く息を吐いて日本語の「カ」行音を出す。閉じ込められた空気が咽喉の奥を通過しながら軟口蓋と摩擦して生成される。無気音 g[k] を調音するときは、閉鎖の段階は有気音と同じで、相違は閉鎖の解放の際に息を抑えて日本語の「カ」行音を出す^{[12][13][14][15]}。

2.2.2 有気音と無気音について音響分析

図-4 は中国語話者の舌尖音の発話による無気音 de[te] (左) と有気音 te[t'e] (右) の音節のスペクトログラムを示す。分析の帯域幅は 161.5Hz、時間窓の形は Blackman で、ディスプレイ (Display) は 0%~80%、プリ・エンファシス・レベルは 0.8 である (以下同様)。

無気音 de[te] と有気音 te[t'e] は閉鎖の段階にはいずれも音が出ず、相違は解放の段階で現れる。左側の無気音 de[te] では閉鎖の段階が終わって、ほとんどすぐ声帯振動による調波構造が現れている。解放から声帯振動の開始までの時間は非常に短く、ほとんどゼロである。右側の有気音 te[t'e] の場合には、解放段階で息を強く吐くと、声帯振動が始まる前に調波構造が見えない区間が現れる。これは解放後の摩擦によって作られるもので、声帯振動開始時点までの時間を音響学的に有聲開始時間 VOT と言い^[6]、この図では

135ms である。摩擦が終わって、声帯振動が始まり、母音の共鳴が現れる。

図 5 は中国語話者の舌根音発話による無気音 g[k] (左) と有気音 k[k'] (右) の音節のスペクトログラムを示す。左側の無気音 g[k] は解放から声帯振動が始まる前に非常に短い VOT が現れて、そのあとすぐ母音の声帯振動による調波構造が現れている。無気音は吐く息が弱いから VOT が短く、パワーも弱く、摩擦音も生成しない。右側の有気音 k[k'] の場合には、解放の段階で強い息を吐くと、声帯振動が始まる前にかなり長い VOT が現れ、その長さは 100ms である。

2.3 日本語の閉鎖音

前節 2.2 で中国語の閉鎖音の有気音、無気音について、調音点、調音方法、相違点などをそれぞれ紹介した。閉鎖音は日本語にもあり、調音点は中国語とほぼ同じであるが、調音方法など少し異なっている。日本語の閉鎖音は声帯を震わさずに、口中で空気を一旦止めてから解放する。しかし、口中で空気を止める強さ、解放のときに吐く息の強さ、長さは発話人任せになる^[16]。調音の方法は人によって、微妙に異なる。例えば、「パン」を [paN] か [p'aN] と無気音と有気音のどちらで発音しても構わない。要するに、気音は弁別的ではなく、有気音と無気音は自由に入れ替えることができる。日本語の有気音と無気音は日本語で意味を区別する機能を持っていないが、中国語の有気音と無気音は意味の弁別機能を持っている^[14]。日本語の閉鎖音は中国語と同じように閉鎖の解放時に口内の空気を止める位置 (調音点) によって、両唇 [p]、歯茎 [t]、軟口蓋 [k] とに分けられる。次にこの三種類の音素を持っている中国語と日本語の閉鎖音 (表-1) の調音点と調音方法を比較する。

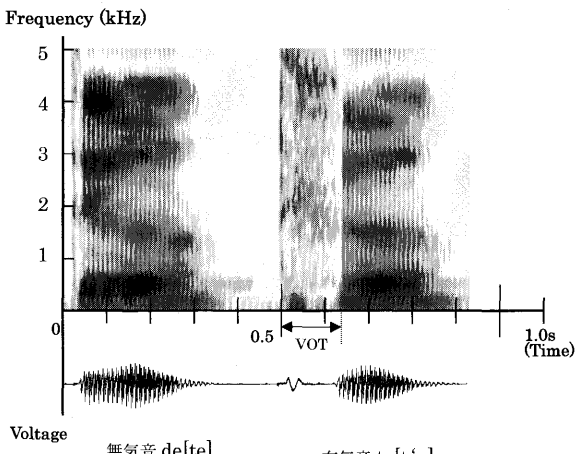


図-4 中国語話者の発音による無気音 de[te] (左) と有気音 te[t'e] (右) のスペクトログラム

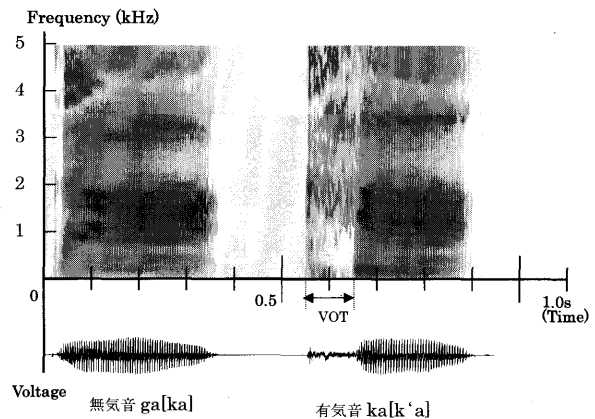


図-5 中国語話者の発話による無気音 ga[ka] (左) と有気音 ka[k'a] (右) のスペクトログラム

表-1 中国語と日本語の閉鎖音の調音点と調音方法

調音方法		調音点		
		両唇	歯茎	軟口蓋
中国語の閉鎖音	無気音	唇音 [p]	舌尖音 [t]	舌根音 [k]
	有気音	[pʰ]	[tʰ]	[kʰ]
日本語の閉鎖音	無気音	両唇音 [p]	歯茎音 [t]	軟口蓋音 [k]
	有気音	[pʰ]	[tʰ]	[kʰ]

2. 3. 1 日本語の閉鎖音の調音点と調音方法について

日本語の閉鎖音の唇音[p]は日本語の「パ」行音であり、調音点は図-1の1)を示すように基本的に中国語の唇音の調音点と同じであるが、調音方法には少し違いがある。閉鎖の段階は上唇と下唇を閉じ、口腔内の気圧を高める^{[5][17]}。しかし、有気音を調音するとき中国語ほど両唇を緊張させない。閉鎖を解放する時に、息が強く流れない。

日本語の閉鎖音の歯茎音[t]は日本語の「タ」行の音であり、中国語の舌尖音[t]に対応するが、調音点と調音方法に若干違いがある。中国語の舌尖音は、調音点は歯茎であり、舌尖を上歯茎にあてて発音する^[18]。有気音の場合は発音する時に強く息を吐いて、口内に閉じ込められた空気が舌尖と歯茎の間を通過しながら摩擦することにより生成される。これに対して、日本語の[t]の調音点は歯茎と歯の両方で、中国語と違って舌の前方のかなり広い部分を歯茎にあて、先端を歯につけて発音する。この点から中国語の有気音と異なり、解放後には摩擦音を作りにくい^[19]。

日本語の閉鎖音の軟口蓋音[k]は日本語の「カ」行の音であり、基本的に中国語の舌根音[k]の調音点図-1の9)と同じであるが、調音方法は少し異なり、中国語の有気音ほど舌と喉頭を緊張させない。閉鎖を解放する時に、息を強く流さない^[20]。

2. 3. 2 日本語の閉鎖音に関する音響分析

今回の閉鎖音の調査では、日本語の両唇音、軟口蓋音の調音点は中国語の唇音、舌根音と同じであるが、日本語の歯茎音は両唇音、軟口蓋音と比較して、気音を生成し難く、無気音で発音する人が多いが、有気音で発音する人もいる。日本語の閉鎖音は調音するとき有気音と無気音のどちらで調音しても構わなく、発話人に任せられ、VOTの長さにはかなりばらつきがある。

図-6は日本人の発話による無気音「パ」[pa]と有

気音「パ」[pʰa]のスペクトログラムである。左側の発話は、閉鎖の段階が終わって調波構造が現れる前に非常に短い25msのVOTが現れ、これは無気音である。右側の発話は解放の段階で破裂後に声帯振動が始

図-6 日本人の発話による日本語の無気音「パ」[pa]と有気音「パ」[pʰa]のスペクトログラム

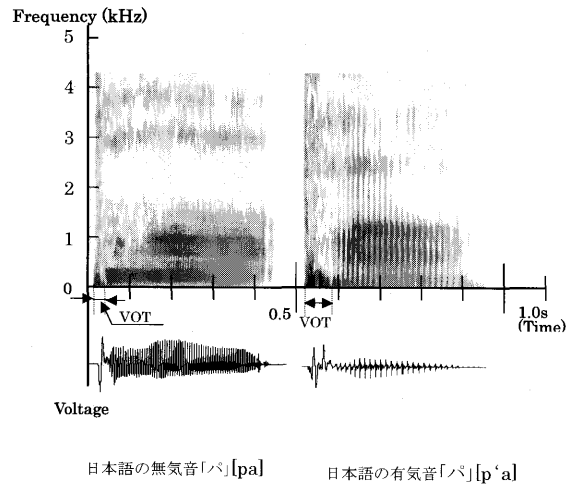


図-7 日本人の発話による日本語の無気音「タ」[ta]と有気音「タ」[tʰa]のスペクトログラム

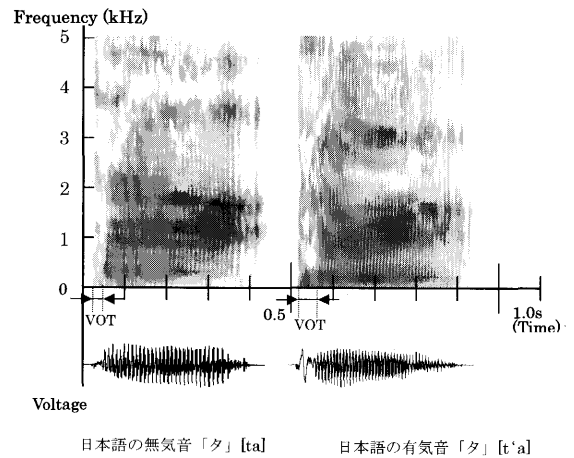
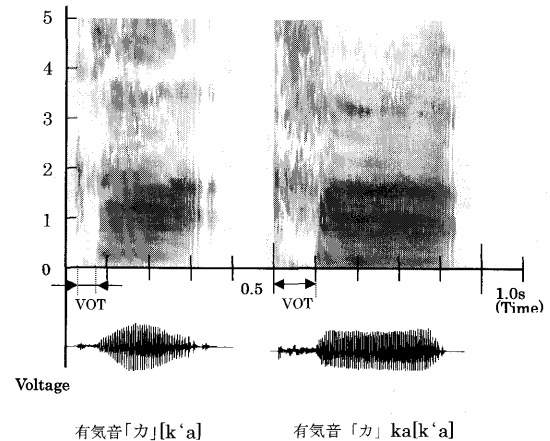


図-8 日本人の発話による軟口蓋破裂音の「カ」ka[kʰa]のスペクトログラム



まるまでに70msのVOTが現れ、この発話は有気音である。

図-7は日本人の発話による無気音「タ」[ta]と有気音「タ」[t'a]のスペクトログラムである。左側の発話は、VOTは短く21msで、無気音である。右側の発話は解放の段階で破裂後に声帯振動が始まるまでに55msのVOTが現れる。この発話は有気音である。

図-8は日本人の発話による軟口蓋音の「カ」[k'a]のスペクトログラムである。日本語の軟口蓋音の「カ」の調音点は中国語の舌根音と同じで、調音方法もほぼ同じである。この二つの発話は両方とも有気音で、左側の発話は、吐いた息が弱く、VOTはやや短く42msである。右側の発話は、閉鎖の破裂と同時に強い息が吐かれて、VOTは100msである。

3. 調査対象, 評価関数および評価方法

本研究では中国語閉鎖音の有気音の唇音pa[p'a], pi[p'i], po[p'o], pu[p'u], 舌尖音ta[t'a], ti[t'i], te[t'ɿ], tu[t'u], 舌根音ka[k'a], ke[k'ɛ], ku[k'u]と日本語の閉鎖音の(表-2)両唇音「パ」, 「ピ」, 「ポ」, 「プ」, 歯茎音「タ」, 「ティ」, 軟口蓋音「カ」, 「ク」と調査対象とした。中国語を週2コマ、約1年間学習した日本人学生35名、中国語話者9名、中国語を勉強したことがない日本人10名で、各発話のスペクトログラムを採取し、評価変数として、VOTの測

表-2 中国語の閉鎖音の有気音と日本語の閉鎖音の比較

調音点		母音			
		[a]	[o]	[i]	[u]
両唇	唇音	pa[p'a]	po[p'o]	pi[p'i]	pu[p'u]
	両唇音	「パ」	「ポ」	「ピ」	「プ」
歯茎	舌尖音	ta[t'a]		ti[t'i]	
	歯茎音	「タ」		「ティ」	
軟口蓋	舌根音	ka[k'a]			ku[k'u]
	軟口蓋音	「カ」			「ク」

定およびその期間中のパワーの平均値Prelを算出した^[4]。発話評価は聴取試験により、各発話を中国語話者8人に聞かせて、正確な有気音に聞こえる場合は「3」を、はっきり有気音に聞こえない場合(有気音と無気音の中間の音)は「2」を、はっきり無気音に聞こえる場合は「1」をつけた^[4]。正確なデータを得るため、8人の中国語話者の評価が大きく割れた発話で標準偏差が0.64以上のもの(全体の約1/7)、また録音したときにマイクが口に近すぎて、音が割れた発話とマイクが口から遠すぎてS/Nが小さい発話(全体の約1/10)、VOTが充分長く(200ms以上)、良い評価の発話(全部で4個)のデータを除いた。なお、中国語話者については互いに発話評価し合った結果、いずれの音節も評価「3」であった。正しい発話の基準としては、「1」の評価が無く、過半数の中国語話者が「3」を付けた発話、すなわち平均評価「2.6」以上とした。各発話の評価変数VOT, Prelと発話評価を比較しながら、客観的な評価基準の確立を試みた。

4. 相対平均パワーと発話評価に関する考察

従来の有気音の研究では、VOTが短ければ発話は悪く、無気音に聞こえ、VOTが長ければその発話は正確な有気音であると言われていた^[21]が、前報^[4]中国語の閉鎖音三種類の内、有気音の唇音の調査で、有気音の発話の正確さはVOTの長さだけでなく、VOT中に吐かれた息のパワーにも依存することが分かった。今回は閉鎖音の有気音の舌尖音と舌根音について、同様の傾向が見られるかどうか調査する。

また、表-3~表-5に、中国語有気音の閉鎖音の音節とほぼ同じ調音点の日本語閉鎖音および日本語に無い調音点の中国語閉鎖音のVOT長さ、VOT中のパワーPrelおよび学生の発話評価について各調査対象集合の平均値を示す。学生の発話のVOTとPrelの平均値Pavは中国語話者との差がどれぐらいであるか、

表-3 中国語の舌尖音の有気音と日本語の歯茎音VOT(ms)とパワーの平均値の比較

中国語の舌尖音	ta[t'a]			ti[t'i]			te[t'ɿ]			tu[t'u]		
	VOT	Pav	評価	VOT	Pav	評価	VOT	Pav	評価	VOT	Pav	評価
学生	45.63	3.60	2.60	54.66	1.22	2.70	48.78	1.24	2.20	51.62	2.18	2.30
中国人	76.54	5.12		87.25	0.87		61.23	4.86		77.58	4.70	
日本語の歯茎音	タ			ティ								
	VOT	Pav		VOT	Pav							
日本人	23.33	0.25		21.10	0.05							

また、中国語の有気音とはほぼ同じ調音点の日本語のVOTとPrelはどれぐらいであるかを知ることが、中国語の発音の教育および発音訓練の教材の開発の参考になると考える。

4.1 日本語とほぼ同じ調音点の中国語有気音のVOTとその期間中のパワーと発話評価

学生たちの発話訓練においては舌尖音の有気音 ta [t'a], ti [t'i]と舌根音の有気音 ka [k'a], ku [k'u]の発話は他の種類の有気音より早く修得でき、良い評価が得られた。それらの発音の調音点は日本語の歯茎音「タ」、「ティ」と軟口蓋音「カ」、「ク」の調音点と殆ど同じである。

図-9～図-15は中国語有気音の舌尖音、舌根音と日本語の歯茎音と軟口蓋音について、相対平均パワーPrelを縦軸に、VOTを横軸に取った平面上のデータ分布を示す。一部の日本人学生の点にはデータ番号D××とそれに対応する平均評価値を付した。比較のため、中国語話者の発話と日本人の日本語の分布も示す。

図-9は中国語の有気音 ta [t'a]と調音点がほぼ等しい日本語「タ」に関するもので、中国語話者の発話のデータは、Prelが0.6より強く、VOTは40msより長く、図の右上に集まっている。日本語「タ」^{[20][22]}の場合は、有気音で調音するかそれとも無気音で調音する^[14]か、どちらでも構わなく、発話する人に任せられるから、データのVOTの長さにはばらつきがある。30ms以上のデータが約半分ぐらいである。しかしPrelは中国語より弱く、全て1以下である。日本語のデータは中央より左下に集まっている。学生の中国語の発話のPrelは0.01から50までばらついて、発話評価はVOTの一定区間ではパワーが高い発話の方が評価も高い。例えば、左下から2番目の点D6のVOTは25.0msであるが、Prelが弱く、発話評価は「2.4」である。その上のD2, D3, D4のVOTはD6と同じ長さで、いずれも25.0msであるが、平均評価がそれぞれ「3.0」、「2.9」、「3.0」と良い評価が得られている。また、左方最下段の点D1のPrelは0.01、VOTは30.0msで、1番上のD5より5ms長い、Prelは約1/1000と非常に弱く、評価も「2.0」と劣る。

この図において学生の有気音 ta [t'a]ではVOTが52ms以上の発話が多く、すべて「2.7」以上の評価である。また、VOTが25ms～50msであれば、パワーが強い方が発話の評価も良い。このVOT幅内にはパワーが大きい発話が多く、評価も高い。これらは表-3において学生の発話の平均パワーは中国語話者の約0.7倍で、合格点の平均評価値「2.6」が得られた大きな

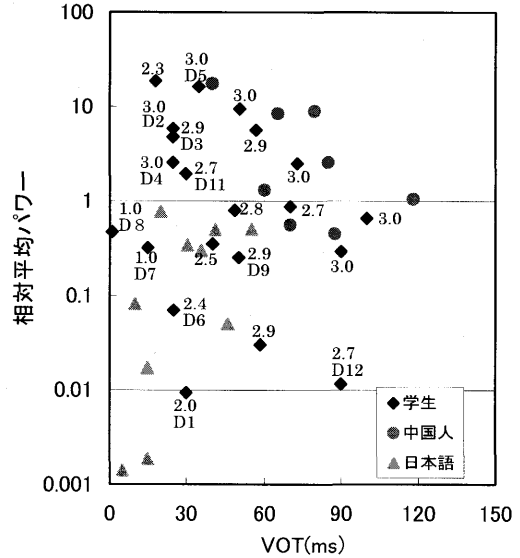


図-9 ta [t'a]と「タ」のVOTとVOT中の相対平均パワー平面上のデータの分布

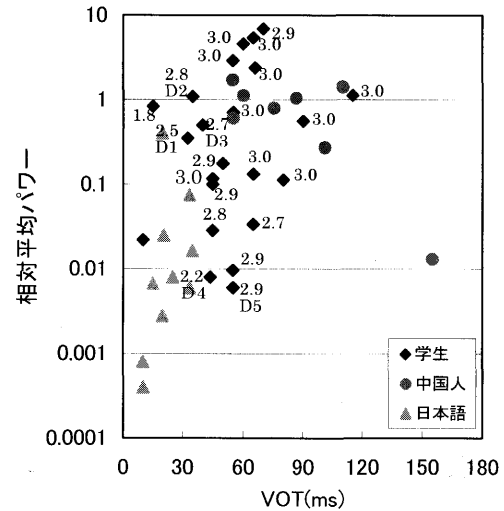


図-10 ti [t'i]と「ティ」のVOTとVOT中の相対平均パワー平面上のデータの分布

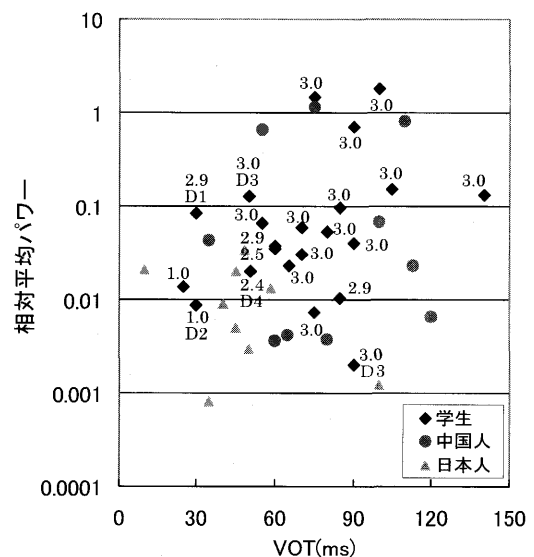


図-11 ka [k'a]と「カ」のVOTとVOT中の相対平均パワー平面上のデータの分布

理由と考えられる。

図-10は中国語の有気音 ti[tʰi]と日本語の外来語「ティ」に関するものである。中国語話者の発話のデータは、VOTは55msから155msまで、Prelはかなり強く、ほとんど図の中央上方に集まっている。中国語の有気音 ti[tʰi]とはほぼ同じ調音点の日本語の外来語「ティ」の発話は、もともと英語から来ている。調音点と調音方法は2.3節で述べたように、日本語の歯茎音[t]と中国語の有気音 ti[tʰi]とはすこし異なる^[12]が、日本人の学生にとってはいずれも親しみがある。日本人による「ティ」の発話のVOTは中国語話者のものより短く、Prelもばらついている。学生の有気音 ti[tʰi]のパワーはかなり強く、1/2以上のデータは0.1より強い。Prelの目盛1の線付、近左から2番目の点D2のVOTは34ms、発話評価は「2.8」で、パワーも強く1.1である。この下の点D1のVOTは32msで、D2より2ms短いだけなのに、発話評価が低く「2.5」となっている。また、D2のやや斜め右下の点D3のVOTは40ms、パワーは強く0.7、評価は「2.7」である。その下方で下から2番目の点D4のVOTは44msで、D3より長いのに、発話評価は低く「2.2」となっている。

この図の有気音 ti[tʰi]の場合はVOT幅が33ms～50msであれば、パワーが強い方が発話評価も良い。この幅内ではPrelが強い発話が多く、また、VOTが

充分長いデータも多く、高い評価が得られた。表-3に示すように学生の Pav は1.2で、中国語話者のものよりも1.4倍強いことが発話の平均評価「2.7」の高い評価となっている一因であろう。

図-11は中国語の舌根音の有気音 ka[kʰa]と日本語の軟口蓋音「カ」に関するものである。中国語話者のものは、VOTは30ms～120msまで、相対パワー Prel は0.005～2までばらついている。一番左の中国語話者の点はVOTは30msで、決して長いとは言えない。中国語話者の1番下の点のパワーは弱く0.006である。中国語の ka[kʰa]と同じ調音点の日本語「カ」は1番左の点と1番下の点を除いて、VOTは34ms～100msで、パワー0.002～0.034の範囲に入っている。学生の有気音 ka[kʰa]のVOTは30ms～140ms、Prelは0.002～1.2の範囲に集まっている。これらの幅は中国語話者のものとあまり変わらない。VOTが短いのに、高い評価を得たパターンもある。例えば、左から2番目の学生のデータD1のVOTは30.0ms、Prelは0.09である。その下のデータD2のVOTはD1と同じであるが、発話評価は「2.9」と「1.0」と大きく異なっている。また、D3、D4のVOTは50msで、Prelはそれぞれ0.13と0.02、発話評価は「3.0」と「2.4」となっている。パワーの強い方が発話評価が良い。

この図でVOTの幅が30ms～55msであれば、パワーが強い方がその評価も高い。またVOTが60msより

表-4 中国語の舌根音の有気音と日本語の軟口蓋音 VOT(ms) とパワーの平均値の比較

中国語の舌根音	ka[kʰa]			ke[kʰɤ]			ku[kʰu]		
	VOT	Pav	評価	VOT	Pav	評価	VOT	Pav	評価
学生	71.37	0.23	2.80	77.6	0.08	2.40	85.53	0.07	2.60
中国人	81.90	0.27		99.51	0.14		90.00	0.82	
日本語の軟口蓋音	カ			ク					
	VOT	Pav		VOT	Pav		VOT	Pav	
日本人	46.25	0.01					54.66	0.007	

表-5 中国語の有気音の唇音と日本語の両唇音 VOT(ms) とパワーの平均値の比較

中国語の唇音	pa[pʰa]			pi[pʰi]			po[pʰo]			pu[pʰu]		
	VOT	Pav	評価	VOT	Pav	評価	VOT	Pav	評価	VOT	Pav	評価
学生	31.58	32.24	2.70	37.19	42.57	2.60	43.88	15.47	2.60	59.58	20.70	2.60
中国人	71.12	38.70		78.09	16.28		67.12	24.78		59.91	47.56	
日本語の両唇音	パ			ピ			ポ			プ		
	VOT	Pav		VOT	Pav		VOT	Pav		VOT	Pav	
日本人	26.68	49.84		34.28	12.48		30.11	15.52		28.75	27.98	

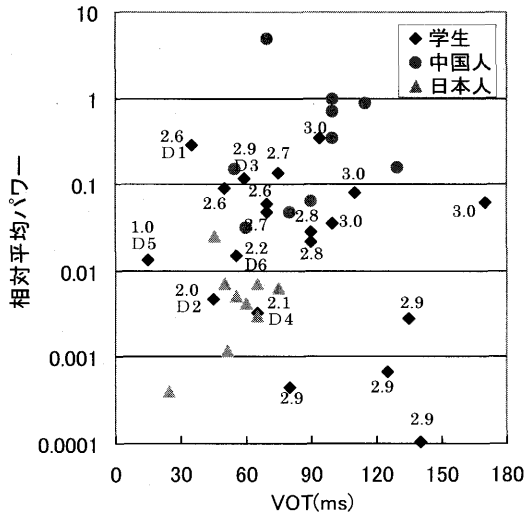


図-12 ku[k'u]と「ク」のVOTとVOT中の相対平均パワー平面上のデータの分布

長い場合はすべて「3.0」と高い評価が得られている。学生のデータが集まっているVOTの範囲も、Prelの範囲も、中国語話者の範囲とほとんど同じで、表-4に示すように学生の[k'a]のPavとVOTの平均値は中国語話者とあまり変わらないから、平均評価は「2.8」と高い評価が得られた。

図-12の舌根音の有気音ku[k'u]と日本語の軟口蓋音「ク」の調音点もほぼ同じである。中国語話者のデータは、VOTは55ms~130ms、Prelは0.03~4.8に集まっている。「ク」のデータは、VOTは「タ」、「ティ」、「カ」より長く、25ms~71msであるが、Prelは中国語話者のものより弱く、0.0004~0.025で、図のやや中央下に集まっている。学生のデータは1番左のものを除いて、VOTは35ms~170ms、パワーは1番下のデータを除いて、0.0004~0.35に集まっている。日本語「ク」の発話のVOTが長いことから、学生の中国語有気音ku[k'u]のVOTも長く、65msより長いデータは全データの2/3であり、これらはすべて「2.6」以上の評価を得た。これが表-4に示しているように学生のVOTの平均値は中国語話者と殆ど同じであることが、発話の平均評価として合格点である「2.6」が得られた理由と考えられる。また、35ms~60msの範囲ではパワーが強い方が良い評価を得ている。図の左から2番目の学生のデータD1のVOTは35.0msで、Prelは強く0.3、評価は「2.6」となっている。その下のデータD2のVOTはD1より10ms長いのに、評価は低く「2.0」となっている。また、上から4番目のD3のVOTは60msで、評価は「2.9」である。その下のD4のVOTは65msで、D3より長いのに、PrelはD3の0.025と弱く、その評価は「2.1」しか無い。これらのことから有気音ku[k'u]のVOTが35ms~60ms

であれば、発話のパワーが強い方が評価も高いことが分かる。

以上で述べた中国語有気音の舌尖音ta[t'a], ti[t'i]と舌根音ka[k'a], ku[k'u]は日本語の歯茎音「タ」、「ティ」と軟口蓋音「カ」、「ク」の調音点と同じかあるいはほぼ同じであることが、高い発話評価が得られている理由であると考えられる。また、一定のVOT幅であれば、有気音の正確さはVOTの長さだけではなく、VOT中に吐いた息のパワーにも依存することが示された。

中国語有気音の唇音の正確さと評価についてはすでに報告した^[4]が、同じ調音点の日本語の両唇音については触れていない。表-5は同じ調音点の中国語有気音の唇音と日本語の両唇音のVOTの平均値と相対平均パワーPrelの平均値Pavを示している。

学生のpa[p'a]のVOTの平均値は同じ調音点の日本語「パ」より少し長い、中国語話者と比較してかなり短く、1/2にも満たない。「パ」のPavは中国語のものより強く49.8で、日本人もこの発話は強く息を吐くから、学生としては調音し易く、中国語話者とのPavの差は6.5しか無い。これは学生の発話の平均値が「2.7」と高い評価を得た主な理由と考えられる。pi[p'i]は、学生のPavは中国語話者のものより大きく、同様の傾向が見られ、「2.6」の合格評価が得られた。

日本語の「ポ」のVOTの平均値とPavは同じ調音点の中国語話者のpo[p'o]のものと同様で、両方とも小さい。学生のVOTの平均値は中国語話者の0.65倍で、Pavは中国語話者の0.23倍である。学生の発話はVOTが十分長いデータが多く、また、一定範囲のVOTでPavの強いデータが多いから、「2.6」の良い平均評価が得られた。

pu[p'u]の場合は、学生のPavは中国語話者よりかなり小さいが、VOTの平均値は中国語話者の値と同じである。この発話はVOTが十分長いデータが多いので、良い平均評価「2.6」が得られたと考えられる。

4.2 日本語に無い調音点の中国語有気音のVOTとその期間中のパワーと発話評価

前節で日本語とほぼ同じ調音点の中国語有気音のVOTとその期間中の相対平均パワーPrelを示し、それらの発話の平均評価が「2.6」以上の合格点であったことが分かった。本節で日本語に無い調音点の舌尖音の有気音te[t'e], tu[t'u]と舌根音の有気音ke[k'e]について、VOTとその期間中のパワーと発話評価の関係を考察する。

図-13は中国語有気音の舌尖音 $te[t'ɿ]$ に関するものである。中国語話者のデータの VOT は 35ms~90ms, パワーは強く 0.14~34 である。データは図の真中より右上に集まっている。学生のデータの VOT は 20ms~95ms, Prel は 0.007~9 までばらついている。28msより短いデータは全体の 1/3 であり, 特に, 29ms~45msのデータはパワーが弱いものが多く, いずれの発話も評価が悪い。これらが表-3において学生の平均パワーが中国語話者のものよりかなり小さく, VOTの平均値も小さく, 平均評価値が「2.2」と評価が悪くなっている原因と考えられる。例えば, 真中一番下の点 D1 の VOT は 44ms, Prel は 0.022 で, 発話評価は低く「1.3」となっている。D4 の VOT は 30ms で, D1 より短い, パワーは強く, 発話評価が「2.5」となっている。また, D2, D3 の VOT は同じ長さで 40msなのに, 同様に発話評価は「2.3」と「2.7」と

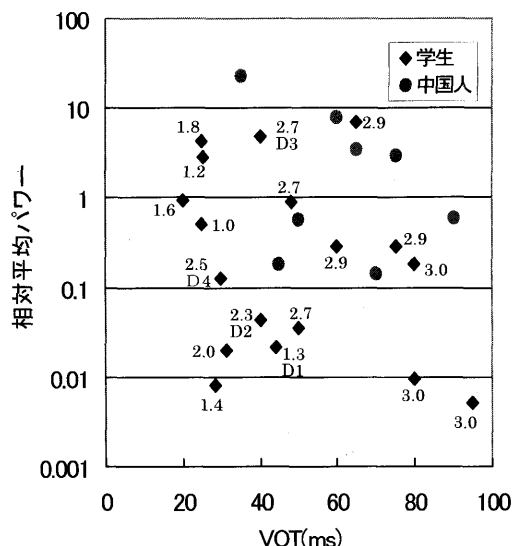


図-13 $te[t'ɿ]$ の VOT と VOT 中の相対平均パワーの面上のデータの分布

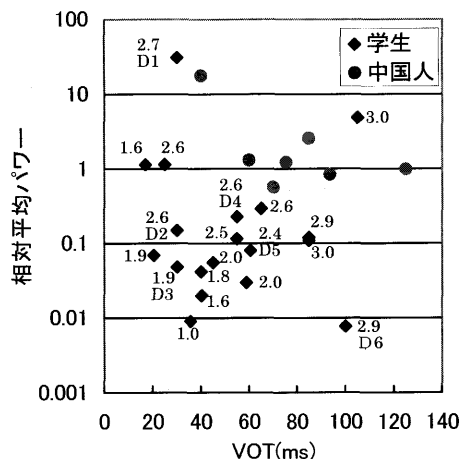


図-14 $tu[t'u]$ の VOT と VOT 中の相対平均パワーの面上のデータの分布

異なっている。パワーが強い方が評価も高い。有気音 $te[t'ɿ]$ の調音点は日本語に無いもので, 学生達にとって調音が難しく, 発話の評価も悪いといえる。

図-14は中国語の有気音 $tu[t'u]$ に関するもので, この音節の調音点も日本語に無いものである。学生のデータの Prel は 4 個のデータ以外はほとんど 0.4 より弱く, 図の左下に集まっているが, 中国語話者のデータの Prel はすべて 0.5 より強く, 右上に集まっている。学生のパワーは中国語話者のものより弱いことが明らかである。このことが有気音 $tu[t'u]$ の発話評価が低い原因と考えられる。VOT の時間幅が 21ms~55ms 間にあればパワーが強い発話の方が評価も良い。例えば, 1 番上の点 D1 の VOT は 30ms, Prel も強く 30.7 である。その下の D2, D3 の VOT は D1 と同じ 30ms であるが, Prel はかなり弱く 1.2 と 0.77 で, 発話評価は「2.6」, 「1.9」と低くなっている。全体的にパワーが低いことと VOT が十分長いデータが少ないので, 表-3 に示すように学生の VOT とパワーの平均値は中国語話者のものより小さく, 平均評価値「2.3」という低い評価となっている。

図-15は中国語舌根音の有気音 $ke[k'ɿ]$ のもので, この音節の調音点も日本語に無い。中国語話者のデータは VOT が 60ms より右に集まっている。学生のデータで 60ms より長いものは「2.6」以上の評価を得たが, データ数が全体の 1/2 しか無い。残りの 1/2 は 60ms より短く, 評価も低い。これが表-4において平均評価値「2.4」になっている理由であると考えられる。また, VOT が 35ms~60ms であれば, パワーの強い方が評価が高い。例えば, Prel が 0.01 の線付近一番左の点 D4 の VOT は 60ms で, Prel は 0.007 である。その上の D1, D2 (重なっている), D3 の VOT は同じ 55ms で, Prel はそれぞれ 0.074, 0.071, 0.051 である。D4 の VOT は D1, D2, D3 より 5ms しか変わらないのに, 評価は「2.1」と「2.5」, 「2.4」, 「2.3」と異なっている。パワーが強い方が発話の評価は高い。

有気音 $te[t'ɿ]$, $tu[t'u]$, $ke[k'ɿ]$ は発話の平均評価は低く, 表-3 と表-4 に示したようにそれぞれ「2.2」, 「2.3」, 「2.4」となっているのは調音点が日本語と異なるからと考えられる。

4.3 VOT が短すぎる場合と十分に長い場合

4.1, 4.2 節に VOT がわずかに長いだけかむしろ短いのに, 相対平均パワーが強い方が良い発話評価が得られたことを述べた。また有気音の正確さは VOT 期間中に吐いた息のパワーにも依存すると述べた。しかし, その依存性はすべてのデータに当てはめられるの

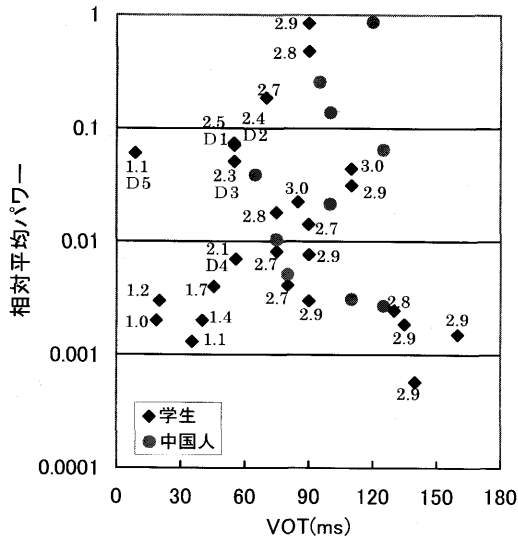


図-15 ke[k'ɤ] の VOT と VOT 中の相対平均パワーの平面上のデータの分布

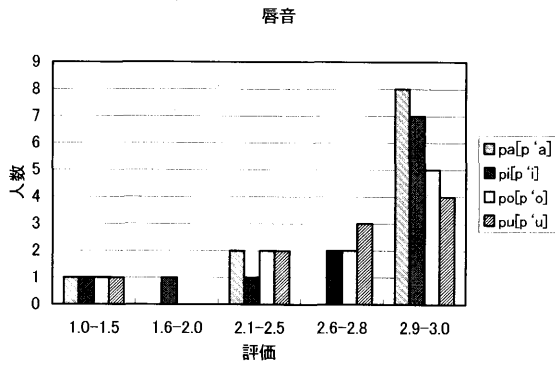


図-16 唇音の発話評価とデータ数の分布

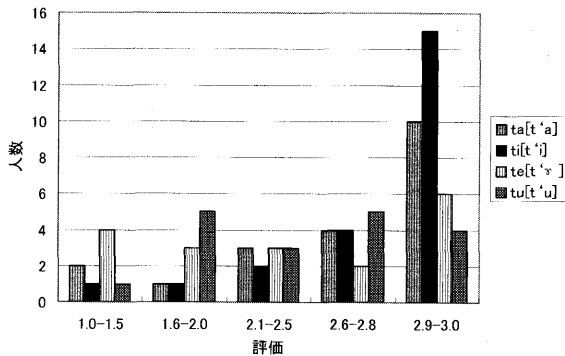


図-17 舌尖音の発話評価とデータ数の分布

ではない。図-9の有気音 ta[t'a]の左方D8, D7のVOTはそれぞれ短く1ms, 15msで、パワーは右側のD9より強いのに、D9の「2.9」に対して、発話評価は低く「1.0」である。図-12の舌根音の有気音 ku[k'u]の1番左D5のVOTは15ms、パワーは0.013である。その右のD6とパワーは大体同じだが、D6の評価は「2.2」に対して「1.0」と大きく異なっている。

一方、VOTが一定値以上であれば、発話の正確さはVOT中に吐いた息の相対平均パワーPrelに依存しなく、発話評価が高いことが分かった。すなわち図-10の有気音 ti[t'i]の下から2番目のデータD5のVOTは52ms、パワーは最も弱いだが、発話評価は「2.9」が得られた。図-14の tu[t'u]のD6のVOTは100ms、評価は「2.9」であるが、そのパワーはかなり弱く0.009しかない。

考察の結果、舌尖音 ta[t'a], ti[t'i], te[t'ɤ], tu[t'u]と舌根音 ka[k'a], ku[k'u], ke[k'ɤ]の発話において、VOTの幅がそれぞれ概ね51ms, 52ms, 50ms, 80ms, 60ms, 75ms, 70ms以上であれば、発話の正確さはVOT中に吐いた息のパワーの強さには関係なく良い評価が得られることが分かった。これは前報^[4]の唇音の場合と同様の傾向である。

4. 4. 有気音の評価とデータ数の分布

図-16は唇音の発話評価とデータ数の分布である。横軸は発話評価で、縦軸はデータ数である。左から右までの棒はそれぞれ pa[p'a], pi[p'i], po[p'o], pu[p'u]で、「2.6」以上の合格発話のデータが多く、それぞれ8, 9, 7, 7個で、全データの73%, 75%, 70%, 70%を占めている。発話評価「2.1」から「2.5」までのデータは pi[p'i]は1個で、他の音節はすべて2個である。「2.0」以下の低い評価の発話は少なく、pi[p'i]は2個で、他の音節はすべて1個で、それぞれ全データの9%, 17%, 10%, 10%である。

図-17は舌尖音の発話評価とデータ数の分布である。1番左の棒は ta[t'a]で、合格点「2.6」以上のデータは全部で14個である。「2.0」以下の低い評価の発話は少なく全部で3個である。発話評価「2.1」から「2.5」までのデータは3個である。2番目の棒の ti[t'i]は「2.6」以上の評価のデータ数はかなり多く21個、「2.0」以下の評価のデータは2個しかない。ta[t'a], ti[t'i]の調音点は日本語の「タ」「ティ」とほぼ同じ調音点があるから、合格点のデータはそれぞれ70%, 84%を占めている。低い発話評価「1.0」から「2.0」のデータはそれぞれ15%, 8%である。3, 4番目の棒の te[t'ɤ]と tu[t'u]の調音点は日本語と同じ調音点が無いから、合格点「2.6」以上のデータ数は少なくそれぞれ8個と9個、データの40%, 50%に過ぎない。「2.0」以下のデータ数は多く、それぞれ39%, 33%を占めている。

図-18は舌根音の評価とデータ数の分布である。1番左と2番目の棒の ka[k'a]と ku[k'u]は日本語の「カ」「ク」とほぼ同じ調音点があるから、学生の発

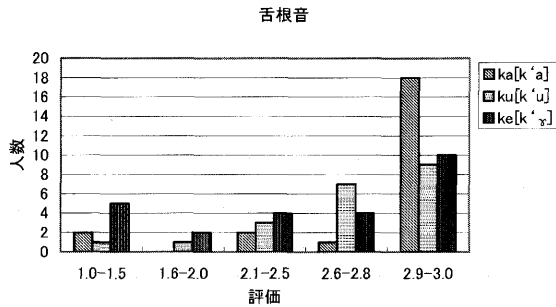


図-18 舌根音の発話評価とデータ数の分布

表-6 評価が平均パワーに依存する範囲内における対 VOT, 相対パワーの各相関係数

音節	VOTの範囲	データ	対VOT相関	対パワー相関
ta[t'a]	25-48ms	11	0.19	0.60
ti[t'i]	33-50ms	9	0.23	0.44
te[t'ɤ]	29-44ms	8	0.40	0.77
tu[t'u]	21-55ms	11	0.12	0.49
ka[k'a]	30-55ms	8	0.52	0.86
ku[k'u]	35-60ms	5	0.56	0.77
ke[k'ɤ]	35-60ms	8	0.16	0.65

話評価が良く、「2.6」以上のデータはそれぞれ83%、80%を占める。「2.0」以下のデータ数は少なくそれぞれ9%、10%である。3番目の棒 ke[k'ɤ] は、日本語に同じ調音点が無いから、「2.6」以上のデータは ka[k'a] と ku[k'u] と比べて少なく、61%に過ぎない。「2.0」以下のデータ数は多く30%もある。

これらのことから中国語有気音の唇音、舌尖音、舌根音は日本語の両唇音、歯茎音、軟口蓋音と同じ調音点あるいはほぼ同じ調音点の場合は、良い発話評価が得られることが分かった。

5. 各種評価変数に対する相関解析

中国語有気音の各音節について VOT の一定区間では、発話の正確さは VOT のみに依存しないことを4節で述べた。これらの区間内のデータに対して、発話評価と VOT, VOT 中の平均パワー Prel (対数) の評価変数に対する相関を求め、表-6 にその結果を示している。いずれもこの区間内では対 Prel 相関の方が対 VOT 相関よりも高い。音節 ti[t'i] と tu[t'u] の評価はパワーに対する相関係数が 0.44 と 0.49 でやや小さいが、ti[t'i] については、全体的にデータの発話評価が高く、Prel が弱いデータが少ないことから、また tu[t'u] については Prel の極端に大きなデータ (パワーの極端に大きな二つのデータを除けば、相関係数は 0.91 となる) が係数を小さくしている。その二つの音節以外では対平均パワー相関は対 VOT 相関よりも明らかに大きい。

6. まとめ

本論文では中国語有気音の舌尖音 ta[t'a], ti[t'i], te[t'ɤ], tu[t'u], と舌根音 ka[k'a], ke[k'ɤ], ku[k'u] の発話の客観的評価基準を確立すべく、日本人学生35名の発話の VOT とその期間中の相対平均パワー Prel を求めた。発話の良否は中国語話者 8 名による聴取試験により判定し、VOT と Prel との相関を求めた。また同時に、模範となる中国語話者 8 名の発話についても VOT と Prel を求め、学生のもものと比較した。その結果、唇音に対する発話評価^[4]と同様に、VOT が十分に長い場合はパワーに関係なく良い評価が得られること、VOT が短すぎる場合はパワーに関係なく評価が低いこと、特定の VOT の区間ではパワーが強い方が VOT に関わらず評価が高いことが分かった。

また、比較的良い評価が得られた中国語閉鎖音の有気音の唇音 pa[p'a], pi[p'i], po[p'o], pu[p'u], 舌尖音 ta[t'a], ti[t'i], 舌根音 ka[k'a], ku[k'u] と調音点に近い日本語の両唇音「パ」、「ピ」、「ポ」、「プ」、歯茎音「タ」、「ティ」、軟口蓋音「カ」、「ク」の日本人10名の発話について VOT と Prel を求め、学生のもものと比較した。その結果、日本語と同じ調音点あるいはほぼ同じ調音点の中国語有気音の発話については、日本人学生の VOT の平均値と VOT 中の Prel は中国語話者との差が小さく、発話は「2.6」以上の平均評価を得た。

本研究では、中国語の閉鎖音を考察することによって、中国語の有気音と無気音を決めるのは VOT の長さだけではなく、VOT 中のパワーも重要な要素であることが分かった。今後、それらの結果を用い、日本語の閉鎖音のデータを参考にしながら、学生用の発音訓練教材の作成に役に立てたい。

文 献

- [1] 田嘉嶋, 三輪譲二「中国語発音教育のための有気音と無気音の識別とスコアリング」電子情報通信学会論文誌 D-II Vol. No.5 pp.842-850, 2002年5月
- [2] 金森康和他「日本語話者の中国語は発声の音声特徴 韻母 an と ang について」電子情報通信学会技術研究報告 sp2003-94~102 pp.29-30, 2003年9月30日
- [3] 大石智良: ポイント学習 (東方商店, 東京, 1999), 付表
- [4] 星野朱美他「日本人学生による中国語有気音発話の VOT とパワーによる評価」日本音響学会58巻11号 pp.689-695, 2002年11月

- [5] 小泉保：音声学入門（株式会社大学書材，東京，2003），pp.39-41.
- [6] レイ・D・ケント，チャールズ・リード：音声の音響分析。（海文堂出版社，東京，1996），pp.129-132.
- [7] 小泉保：音声学入門（株式会社大学書材，東京，2003），pp.9-11.
- [8] 小泉保：音声学入門（株式会社大学書材，東京，2003），pp.70-72.
- [9] 王延平：実用中国語（金星堂，東京，1999），付表
- [10] J.-S. Zhang et: Chinese Speech Recognition Based on Clustered Acoustic Units. The 2001 Spring meeting of The Acoustical society of Japan, Mar. 2001. pp187-188
- [11] 輿水優：L L 中国語入門（大修館商店，東京，1998），p.28
- [12] 朱川：外国学生汉语语音学习对策（語文出版社，中国，1997），pp.66-74，
- [13] 小泉保：音声学入門（株式会社大学書材，東京，2003），pp.42.
- [14] 小泉保：音声学入門（株式会社大学書材，東京，2003），pp.73-74，
- [15] 輿水優：L L 中国語入門（大修館商店，東京，1998），pp.32.
- [16] 榎本正嗣：日英語話し言葉の音声学（玉川大学出版部，東京，2000），pp.44-48.
- [17] 川上夔：日本語発音概説（(株)おうふう，東京，2002）pp.30-32.
- [18] 川上夔：日本語発音概説（(株)おうふう，東京，2002）pp.26-34.
- [19] 榎本正嗣：日英語話し言葉の音声学（玉川大学出版部，東京，2000）pp.95-97.
- [20] 川上夔：日本語発音概説（(株)おうふう，東京，2002）pp.34-35.
- [21] 朱川：外国学生汉语语音学习对策（語文出版社，中国，1997），pp.63-71.
- [22] 天沼寧，大坪一夫，水谷修：日本語音声学（くろしお出版，東京，2003）pp.67-68.