

「円唇性」生成の決定的要因は何か

TC model 共鳴管(T.Arai)による[i/y]の生成・知覚実験

朱 春躍 (神戸大学) 呉 琪 (神戸大学大学院)
 chunyuez@lion.kobe-u.ac.jp, wuqi920524@yahoo.co.jp

1. はじめに

母音の円唇性調音の生理的特徴について、これまでの先行研究では複数の言語に対する実験研究により、以下の3つが報告されている。a.唇の上下・左右の開き, b.唇の前方への突出 (Fromkin, V. 1964; Abry, C. et al. 1979), c.開口面積(Linker, W.1982)。

しかし、円唇性の重要な特徴の1つとされてきた上記のb「口唇の前突」について、中国語では「必ずしも必要ではない」との指摘があり (鲍怀翘 1989), 筆者のMRI データ (図1) やビデオ撮像のデータでもこれを支持する結果を得た。具体的には、円唇母音調音時に口唇前突をよくする話者とそうでない話者がおり、また、同一話者でも口唇前突をする場合としない場合がある。知覚的には、前突のあり/なしで音色の顕著な差異を感じさせることもほとんどない。この事実により、上記3要素のうち、bは絶対必要なものから排除されることになるが、すると、円唇性の生成において、a (口唇形状) とc (開口面積) のどちらがより重要なのか。つまり、「口唇形状を正円に近い形にする」ことがより重要なのか、それとも、「開口面積を十分に小さくすればよく、必ずしも円形にする必要はない」のか、の2点が要検討課題となる。この課題の究明は、音声学研究だけでなく、外国語教育においても価値があると思われる。

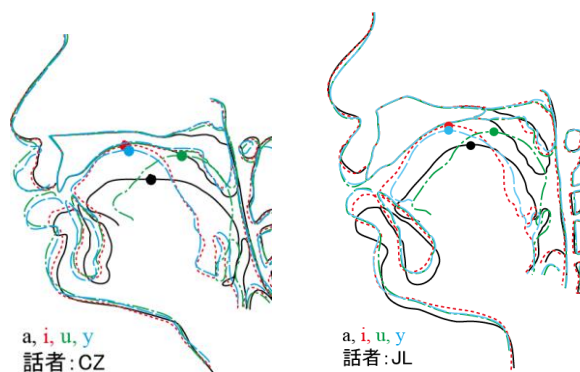


図1 「口唇突出」する話者・しない話者
 実線=a, 点線=i, 一点鎖=u, 破線=y
 図中の点=舌の最高点

そこで、今回は、T.Arai (2009)

のTC model 共鳴管/i/ (図2, 以下「イ共鳴管」と略称) を利用し、その開口部の形状や面積を変えて生成実験を行い、さらに、それぞれの刺激音が中国語母音[i]と[y]のどちらに聞こえるかの知覚実験を行った。結果、母音[i]の開口面積を 1/3 以下にした場合、開口部の形状と関係なく、高比率で同部位の円唇母音[y]に知覚される、とことが明らかになった。まだ初步的結論ではあるが、「円唇/非円唇」を決める最重要な調音的要因は「開口面積の大/小」であり、「口唇形状」の「丸口/平口」や「唇の前突」



図2 TC-model 共鳴管 /i/ (T.Arai)

ではないことが示唆された。以下、生成・知覚実験の詳細について報告する。

2. TC-model-/i/（イ共鳴管）を用いた生成実験

2.1. 開口部形状・面積の改変

「母音の円唇性に口唇形状と開口面積がどのような貢献をしているか」を検証するため、イ共鳴管の開口部（図2下段の共鳴管左端）を下記の4形状×4サイズ（図3）に変える「蓋」（厚さ1mmの樹脂製）16種を作成した。

開口部形状：以下の4種類（面積がほぼ等しい）

- 1) CI（circle, 正円）、2) EW（ellipse-Wide, 正円に近い楕円）、3) EN（ellipse-Narrow, 横軸の長い楕円）、4) CR（cross, 十文字）

開口部面積：以下の4サイズ（R=各グループ中正円形の半径 mm）

- R10（イ共鳴管 open 時開口面積の約 0.35 倍）、R7（同約 0.17 倍）、R5（同約 0.09 倍）、R3.5（同約 0.04 倍）

TC model の中で「母音/i/」を用いた理由は、中国語の非円唇/円唇母音に[i]と[y]の対立があり、知覚実験が比較的容易に行えるためである。また、面積が等しい場合、開口部の形状が母音の音色にどのような影響を及ぼすかを検証するため、開口部を4種類の異なる形状にした。特に、人間の調音ではありえないcrossでも音響的パラメータと知覚判定で他の形状と差が出なければ、開口形状は円唇性に貢献しないことが確実となる。

2.2. 生成実験

まず、TC-model 付属のリード（図2上段）を用いて、イ共鳴管をそのままの形で（開口部を open にして）音を発し、その音を録音した。次に、イ共鳴管の開口部を図3に示した16種の「蓋」をしたうえ、リードを複数回吹いて発声させ、その音を収録した。リードを吹くときは、なるべく呼気圧を一定にするよう留意した。録音機材は、TASCAM DR-44WL（デジタル・オーディオレコーダー）と SHURE BETA58A（ダイナミック式マイク）を用いた。

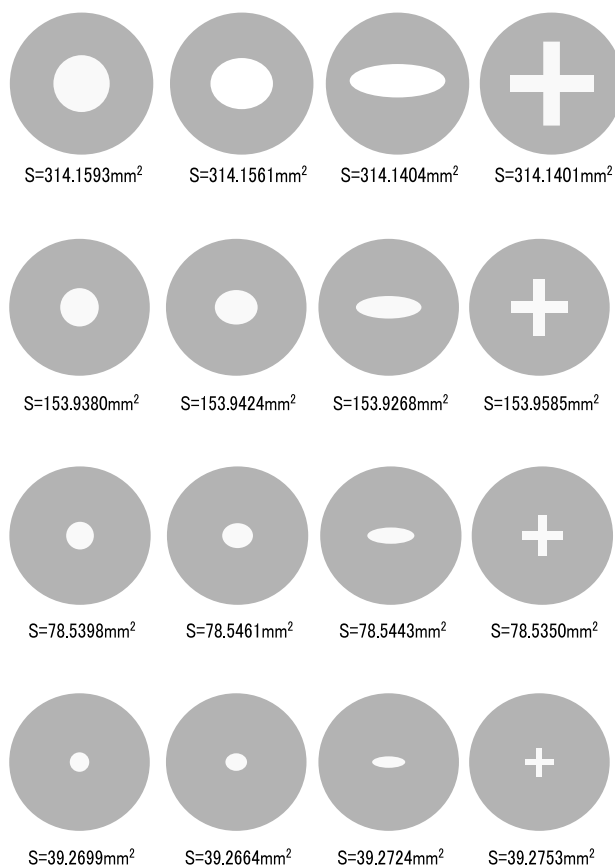


図3 開口部の形状4種類と開口面積4サイズ

また、開口部形状・面積を変えたイ共鳴管の機械音と人間発声と比較するため、中国語母語話者男女各 1 名の母音[i]と[y]の音声も録音した。その後、人間発声と共鳴管発声の比較的安定した部分をそれぞれ 1000ms 切り出し、Praat を用いて F3 までのフォルマントデータを分析し・記録した。

2.3. 生成実験の結果

人間発声とイ共鳴管発声の F1～F3 の実測値（平均値）は表 1 のとおりである。また、これらの数値情報を視覚的にとらえやすいように、図 4 のグラフを作成した。

表 1 と図 4 から分かるように、中国語[i]と[y]の人間発声では、[i]に比べて[y]は F2 と F3 とともに周波数が低くなり、とくに F3 は比較的大きく下がり、F2 への接近が観察された。

表 1 人間発声とイ共鳴管発声のフォルマント (Hz)

音源		F1	F2	F3
発話者 M	/i/	250	2250	3150
	/y/	306	2100	2450
発話者 F	/i/	320	2900	3760
	/y/	330	2530	2890
イ共鳴管 open	/i/	236	2236	3000
開口面積 R10 (open 時の 0.35 倍)	CI	236	2260	2880
	CR	236	2320	2850
	EN	236	2370	2880
	EW	236	2320	2850
開口面積 R7 (open 時の 0.17 倍)	CI	236	2260	2890
	CR	236	2370	2880
	EN	236	2370	2870
	EW	236	2360	2860
開口面積 R5 (open 時の 0.09 倍)	CI	236	2360	2840
	CR	236	2370	2890
	EN	236	2330	2840
	EW	236	2330	2830
開口面積 R3.5 (open 時の 0.04 倍)	CI	236	2360	2860
	CR	236	2360	2850
	EN	236	2330	2840
	EW	236	2350	2860

イ共鳴管発声では、開口部が open の場合は F1～F3 までの周波数はいずれも男性発声/i/の数値に近い。しかし、開口面積を縮小した 4 グループ(R10, R7, R5, R3.5)では、F2 が open 時より下降しておらず、むしろ若干の上昇が見られた。また、F3 もわずかな下降は見られたものの、下降幅が小さく、人間発声と同様の F2 への接近は見られていない。さらに、開

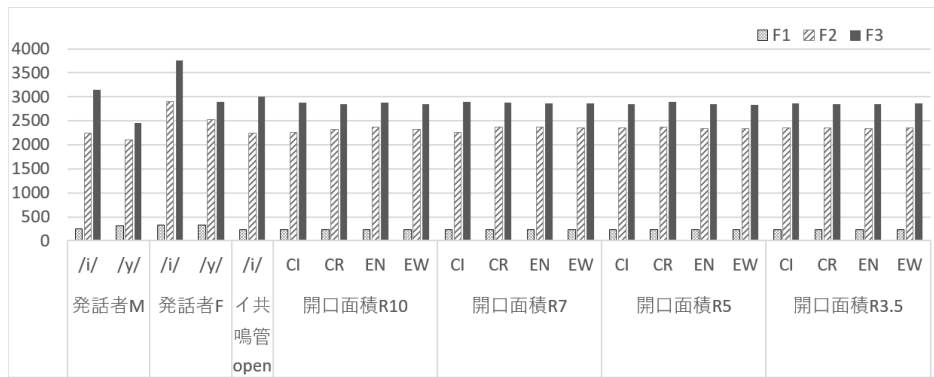


図 4 人間発声とイ共鳴管発声フォルマントの比較

口面積による 4 グループ間の相違ははっきり見られず, R10~R3.5 の各グループ内で開口部形状間のフォルマントの相違もはっきり見られない。そこで, イ共鳴管発声のデータに対し, 開口面積と開口部形状を独立変数, F2 と F3 を従属変数として分散分析を行った。その結果, 開口面積が F2 や F3 に及ぼす主効果は有意ではあるが, 開口部形状が F2 や F3 に及ぼす主効果は有意ではなかった (表 2)。この結果から, 開口部形状は音色の変化に貢献しておらず, 開口面積のみが母音の音色変化に貢献していると言える。

表 2 イ共鳴管発声の F2, F3 に対する分散分析の結果

	F2	F3
開口面積	$F(3, 48) = 30.812, p < .001.$	$F(3, 48) = 5.938, p < .01.$
開口部形状	$F(3, 48) = 1.587, n.s.$	$F(3, 48) = 1.498, n.s.$

3. 知覚実験

3.1. 方法

生成実験で得られたイ共鳴管発声 16 種 (開口面積 4 種類×4 形状) +1 (開口部 open) の計 17 種を各 1000ms 切り出し, さらに, 判定の際の参照音として女性中国語話者の [i][y] を各 1000ms 切り出し, 刺激音とした。

知覚実験は, それぞれ人間発声の [i][y] とイ共鳴管 open 時発声の音源を参照音とした 3 つのブロックに分かれて実施した。実験協力者は, 中国語の [i][y] を聞き分ける能力を持つ北京在住の中国人大学生 35 名である。

協力者には, 静かな部屋でヘッドホンを着用し, 参照音を聞き比べながら共鳴管発声の 1 つを聞き, 後者が「i/y/その他」のどれに聞こえるかをパソコン画面で選択してもらった。参照音声と刺激音の再生回数はとくに制限していない。なお, 「その他」を選んだ場合, なにに聞こえたかをパソコン画面にローマ字で具体的に書いてもらった。実験の所要時間は協力者 1 名につき約 30 分であった。

3.2. 結果

図 5 に, 17 種のイ共鳴管発声に対する中国の大学生 35 名の判定結果を示す。「その他」

を選択した場合の判定はさまざまで、/e, ei, en, em, eng, m, u, un, n, ng /など、全部で 10 種類あった。実験協力者に対する事後調査によると、「その他」の欄に記入したものはあくまでもその時の聴覚印象をローマ字で示したものであるが、ローマ字では必ずしも聴覚印象を正確に反映しうるものではなかったという。

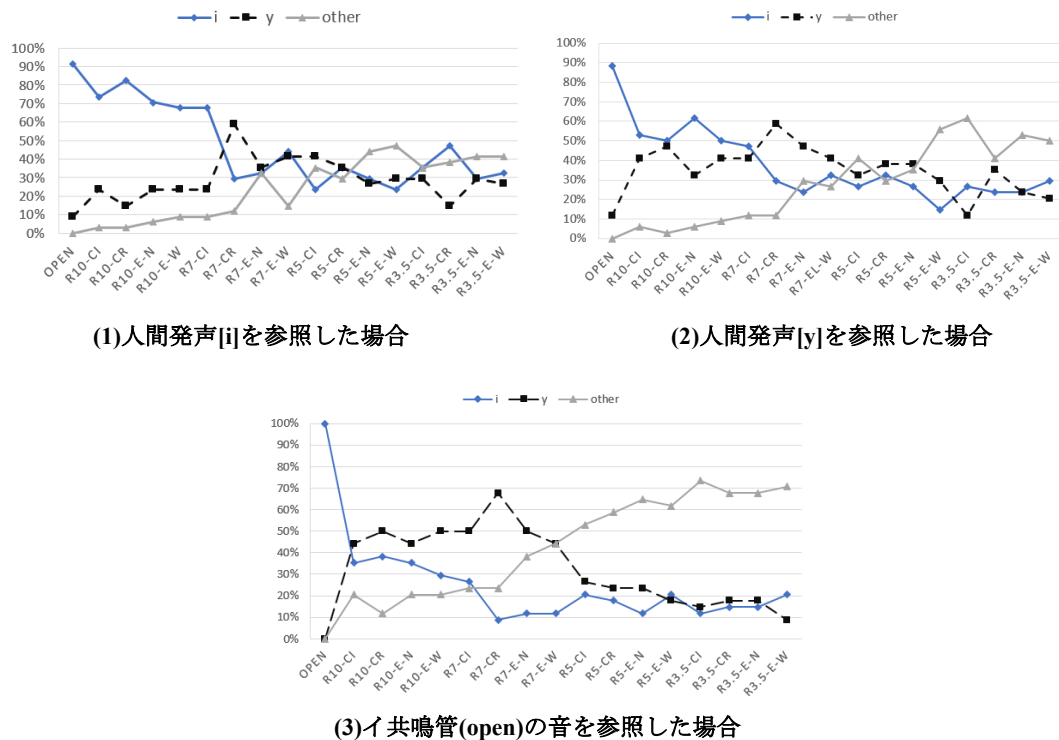


図 5 参照音が異なる 3 ブロックでのイ共鳴管発声の判定結果

3.3. 考察

以上の知覚実験の結果から、以下の 6 点が言えると思われる。

(1) 人間発声の[i]と[y]を参照音として聞き比べた場合（図 5 の(1)と(2)），イ共鳴管 open 時の音はいずれも高い比率で[i]に聞こえたが，100%[i]に知覚するわけではなかった。これは，人間の自然発声に比べて，共鳴管発声では機械音のある程度の不自然さが判断の妨げになったと推測される。

(2) イ共鳴管 open 時の音と比較して聞いた場合，開口面積が open 時の音は 100%[i]と判定されている。共鳴管発声音同士で聞き比べた時は，参照音も機械音なので，音色の判断が他の要素に邪魔されることがなく，判定しやすかったのであろう。その意味において，図 5 の(3)の判定結果は(1)と(2)よりも信頼性が高いと言える。

(3) イ共鳴管 open 時の音と比較して聞いた場合（図 5 の(3)），開口面積が open 時の 0.35 倍以下になった R10, R7, R5, R3.5 のいずれの場合も[i]に聞こえる比率が大幅に低下し，R10 と R7 グループでは，[y]に判定される比率はチャンスレベル（この実験では 33.3%）を超える結果となった。

(4) 開口面積が小さすぎる場合 (0.09 倍の R5 と 0.04 倍の R3.5), [i]と[y]の判定率がどちらも低下し,「その他」の判定率が大きく上昇した(図 5 の(3)) ところを見れば, 開口面積を必要以上に小さくすると, 音色が不明瞭になってしまうことが示唆されている。

(5) 開口面積が[i] (open) の 0.2 倍~0.3 倍程度に縮小した場合の[y]への判定が 50%近くに達しており,「その他」(つまり[i]ではない) の判定も 20%台であるところを見れば,「開口面積の適度の縮小が円唇化の顕著な特徴」と判断してほぼ間違いないと思われる。

(6) 開口面積を縮小したイ共鳴管発声の[y]への判定が現段階でまだそれほど高い判定率に達していない理由は, 人間の自然発声の場合, [y]の調音は上下の唇を接近させる際, 狭くなっているのは「声道の出口」だけではなく, 図 1 に見られたように, 声道の開口部(唇)付近に 10mm 前後の狭窄がある。今回の実験でイ共鳴管開口面積の縮小はあくまでも「開口部のみ」であり, 共鳴管の先端付近は直径 34mm と広いまま 20mm の長さを持っている(T.Arai, 2009)。2.3 節のフォルマント分析の結果,「人間発声と比べて F2 の下降がやや不十分で, また, F3 の F2 への接近が足りない」との音響的結果もそのことが反映されていると思う。

4. まとめ

母音の円唇性調音の生理的特徴について, 複数の言語に対する実験研究により, a.唇の上下・左右の開き, b.唇の前方への突出, c.開口面積の 3 つが報告されている。しかし, そのうち「口唇の前突」については, 中国語では「必ずしも必要ではない」との実験報告があり, 筆者の MRI 動画やビデオデータもそれを支持している。これにより, 上記 3 要素のうち「b 唇の前突」は排除されることになるが, すると, 円唇性の生成において, a と c のどちらがより重要なのか。筆者らは, T.Arai (2009) の TC model 共鳴管/i/の正円形開口部に対し, 形状や開口面積を変えた 16 種のツールを用いて発声し, その音響的特徴を人間発声と比較した。また, [i]と[y]を聞き分ける能力を持つ北京在住の中国人大学生 35 名を被験者とする知覚実験を行った。結果, 円唇性の最重要な調音的特徴は開口部の形状ではなく, 開口面積であることがほぼ証明できた。今後は, 実験器具の改良や実験方法を改善したうえ, 再度検証する予定である。

参考文献

- Abry, C. et al.1979, La geometrie des levres en francais – protrusion vocalique et protrusion consonantique. 10èmes Journées D'Etude sur la Parole.
- Linker W.1982, Articulatory and Acoustic Correlates of Labial Activity in Vowels: A Cross-linguistic Study, MCLA Working Paper in Phonetics, 60, pp.59-83.
- Takayuki Arai. 2009, Simple Physical Models of the Vocal Tract for Education in Speech Science, INTERSPEECH 2009 BRIGHTON.
- Victoria Fromkin. 1964, Lip Positions in American English Vowels, Language and Speech, 7, 215-225.
- 鲍怀翘.1989,《实验语音学概要》(吴宗济·林茂灿主编)第 5 章, 北京: 高等教育出版社, 80-81.