

## ■特集Ⅱ 〈これって本当に構音障害?〉

### 構音の獲得に潜む音響的側面を探る： 日本語ラ行音を中心に\*

荒井 隆行\*\*

日本語ラ行音に焦点を当てて、構音の獲得に潜む音響的側面を考察した。まず代表的な子音の音響分析を行った結果、ラ行音には異音が複数あることが再確認された。また声道模型によるラ行音産出実験から、ラ行音が構音上も難しい音であることがわかった。最後に、幼児音声に関するケーススタディーとして、2歳の双子におけるラ行子音に対する観察結果を考察した。これらの結果から、正常構音における実現形のバリエーションの多さ、音の知覚上の発達の問題、音韻規則の誤用、構音の難しさなどが複合的に音の獲得に影響を与えていることが示唆された。

**Key Words:** 日本語ラ行音, 構音獲得, 音響的特性, 声道模型, 幼児音声  
Japanese /r/ sounds, articulation acquisition, acoustic properties,  
vocal-tract model, children's speech

#### はじめに

日本語の /r/ 音 (ラ行音) は音声学上、はじき音 (flap) として分類されることが一般的である (服部, 1984; 川上, 1977; 斎藤, 1997; Vance, 1987)。しかし、このラ行音はその実現形においてバリエーションが多く、異音も複数存在することが知られている (Arai, 1999; Arai, Warner, Greenberg, 2007; 服部, 1984; 川上, 1977; 斎藤, 1997; Vance, 1987)。また、一般に子どもにとってその音を獲得する時期も他の子音よりも比較的遅い (船山, 阿部, 加藤, ほか, 1989)。同時に、第2言語習得者にとっても同様であることが指摘されており (田窪, 窪園, 白井, ほか, 1998; 窪園,

1999), 高齢者での異聴も多い (小林, 1958)。

このように、母音に挟まれた日本語ラ行音は通常、はじき音となることが多い。一方、語頭に現れたラ行音は (そり舌) 破裂音のように構音されることも知られている (Arai, 1999; Arai et al., 2007; 服部, 1984; 川上, 1977; 斎藤, 1997; Vance, 1987)。一方、英語の /r/ のような接近音や /l/ のような側面接近音に発音されることも少なくない (Arai, 1999; Arai et al., 2007; 川上, 1977; 斎藤, 1997; Vance, 1987)。また、自然発話など発話速度が速い場合、/r/ 音そのものが脱落することもある (Arai, 1999; Arai et al., 2007)。

そこで、本稿ではこのラ行音に焦点を当てて、まず代表的な子音の音響分析を行った結果、さらには関係する音響パラメータとそれを裏付ける聴取実験を紹介する (Arai, 2013b; 荒井, 2013c)。そして、ラ行音の典型例を産出する声道模型を設計し、それをを用いたラ行音産出実験から構音上の特性を考察する (Arai, 2013a; 荒井, 2013d, 2013e)。最後に、幼児音声に関するケーススタディーとして、同じ言語環境で育てられた男女の

\* Acoustic Properties of Japanese /r/ Sounds and Acquisition of their Articulation

本稿は、第39回日本コミュニケーション障害学会学術講演会 (2013年7月20~21日, 東京) におけるシンポジウム2の発表に加筆したものである。2013年11月16日受理。

\*\* Takayuki ARAI 上智大学理工学部 (〒102-8554 千代田区紀尾井町7-1). Sophia University, Faculty of Science and Technology (7-1, Kioicho, Chiyoda, Tokyo, 102-8554, Japan)

双子の発話において、ラ行子音に対する観察結果 (Arai, 2013b; 荒井, 2013c) をみながら、ラ行子音について考察する。

## 日本語ラ行音を取り巻く子音と その音響的特徴

### 1. 日本語ラ行子音 (Arai, 2013b; 荒井, 2013c)

本節では、日本語ラ行音の異音として指摘されている音、異音として存在するはずである音、あるいは混同されやすい音を国際音声声母 IPA (International Phonetic Alphabet) を交えてみることにする。

有声歯茎破裂音 (voiced alveolar plosive) [d] は、舌端と歯茎で閉鎖を作り、その後解放を伴う破裂音である。この音自身はラ行音の異音ではないが、特に語頭の位置でラ行音と間違えることが多い音である (窪田, 1999)。有声そり舌破裂音 (voiced retroflex plosive) [d̠] は、舌尖と後部歯茎で閉鎖を作り、その後解放を伴う破裂音である。語頭にラ行音がくると、この音になることがしばしばある (Arai, 1999; Arai et al., 2007)。これらの破裂音は、その閉鎖区間を時間的に引き延ばすことができる。

一方、有声歯茎はじき音 (voiced alveolar tap/flap) [ɾ] は、特に語中に現れる日本語ラ行音の典型的な場合に当たる。舌端と歯茎で1回だけ短い時間の閉鎖を作り、舌はすぐに戻る。有声そり舌はじき音 (voiced retroflex tap/flap) [ɽ] では、舌尖と後部歯茎で1回だけ短い時間の閉鎖が作られ、舌はすぐに戻る。いずれのはじき音においても閉鎖区間が例えば 20–50 ms などと極めて短い点が破裂音とは異なる。また、はじき音は語中(特に母音に挟まれた環境) でないと構音が難しい。

有声歯茎側面接近音 (voiced alveolar lateral approximant) [l] は、英語の /l/ にみられる音である。舌端が歯茎に接触し中央で閉鎖を形成するが、側方が開いているために気流はそこを通過する。この音は日本語ラ行音の異音として出現することが指摘されている (Arai, 1999; Arai et al., 2007) が、舌がさらに後ろに反った有声そり舌側面接近音 (voiced retroflex lateral approximant) [ɭ] も同様に日本語ラ行音の異音として出現する可能性がある音である。有声そり舌側面接近音

[ɭ] の場合、舌尖が後部歯茎に接触し中央で閉鎖を形成するが、[l] のときと同じように側方が開いているために気流はそこを通過する。いずれの側面接近音も、はじき音と違って舌が口蓋に接触する時間を引き延ばすことができることから、持続時間を長く持続的に産出することも可能である。また、事前に構音の構えを準備しておくことも可能であることから、語中のみならず語頭でも用いられる。有声歯茎接近音 (voiced alveolar approximant) [ɹ] は、英語の /r/ にみられる音である。自然発話など発話速度が速いときは特に はじき音 [r] を産出する際、舌が十分に歯茎に到達せずに接近音化することがある。そのような場合などにおいて、日本語ラ行音の異音としてこの音が出現する。極端な場合は、/r/ 音そのものが脱落することも報告されている (Arai, 1999; Arai et al., 2007)。以上の接近音に共通していえる音響的特徴としては、はじき音と違って口腔内で完全な閉鎖が作られないため音のエネルギーも持続的に出力され、子音部に音が途切れないことがあげられる。

最後に、有声歯茎側面接近音 [l̥] が短く構音された音として、有声歯茎側面はじき音 (voiced alveolar lateral tap/flap) [ɽ] というものがある。日本語ラ行音にもこれに近い音が現れるという指摘があり (斎藤, 1997)、側面接近音的な要素とはじき音的な要素の両方を合わせもつ子音といえる。

### 2. 音響分析 (Arai, 2013b; 荒井, 2013c)

前節であげた子音について、先行研究 (Arai, 2013b; 荒井, 2013c) では前後を日本語 5 母音で挟んで発話したものを録音し、音響分析を行った。発話は各子音を母音に挟んで /VCV/ の形とし、V は日本語 5 母音のいずれか (前後の V は常に同じもの)、C は対象としている子音である。

図 1 に、母音が /a/ の場合の時間波形とサウンドスペクトログラムを示す。この図をみるとわかるように、破裂音の [d] と [d̠] では閉鎖区間がはっきりとわかる。一方、はじき音の [ɾ] と [ɽ] では、極めて短い音の不連続が観測される。これは舌と歯茎で短い時間だけ閉鎖ができていたことを裏付けている (図の閉鎖区間は、約 20–30 ms と推定)。ところで [d] と [ɾ], [d̠] と [ɽ] では構音位置

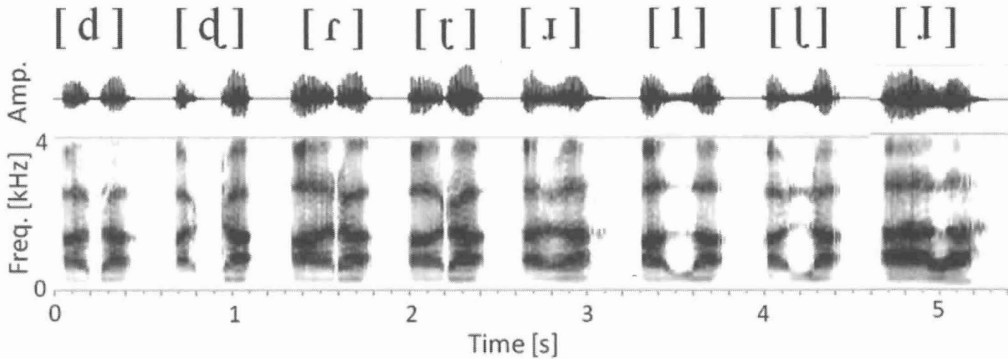


図1 日本語ラ行音に関連する子音に対する時間波形とサウンドスペクトログラム

が同じため、それぞれの対において類似したフォルマント遷移のようすを示す。共通して、Cに向かって第1フォルマント (F1) の下降と第2フォルマント (F2) の上昇が認められる。構音位置がそり舌である [d̥] と [ɾ] に共通してみられる音響的特徴としては、第3フォルマント (F3) が [d] と [r] に比べてよりCに向かって下降している点があげられる。簡単な実験として、[ada] と [aɖa] の閉鎖区間を人工的に削除して短くしてみると、それぞれ [ara] と [aɾa] に聞こえる。このことは、それぞれの対において閉鎖の持続時間が主な違いであって、舌の動きに伴うフォルマント遷移は類似していることの裏付けであると考えられる。

残りの接近音はいずれも閉鎖区間が存在せず、音が比較的つながっているようすがわかる。特に歯茎接近音 [ɹ] は子音部での波形振幅の落ち込みも少ないが、舌が歯茎に向かっているためにF1の下降とF2の上昇が(弱いものの)観測される。本来、この音を構音する際、舌が歯茎に向ったままその位置を変えずに持続することが可能である。しかし、ラ行音として産出される場合にはその持続時間は極力短くなければならない。

側面接近音では中央で閉鎖が形成されているため、気流は二股に分岐して側方を通過するため、子音部でのインテンシティの落ち込みも小さくはない。さらに、舌が歯茎に接触している時間もはじき音に比べて長いようすがみて取れる。歯茎に接触していた舌が比較的速いスピードで離れるため、急激なフォルマント遷移をもたらしているようすも観測された。ただ、歯茎側面接近音 [ɭ]

ではF2の遷移はほとんどなく平坦であった。それに対し、そり舌側面接近音 [ɭ] ではCに向かってF2が上昇するようすが確認された。なお、二股分岐管の結果、低い周波数において極が出現するようすも観測された。歯茎側面はじき音 [ɭ] については、[ɭ] を短く発話したときの音であることを考えると、[r] との大きな違いの1つはF2が遷移しているかないかであり、ともに子音部での短時間の不連続を有することになる。簡単な実験として、[ɭ] の時間波形において舌が接触している区間における持続時間を削除して人工的に短くすると、ラ行子音に聞こえる。これは、[ɭ] に似た音になった結果と考えることができる。

### 3. 聴取実験 (Arai, 2013b)

2節におけるVCV刺激、ならびに同じ刺激の第1母音を削除したCV刺激を用いて、Arai (2013b) ではラ行音らしさを聴取実験にて確認している。日本語を母語とする成人20名に対する、日本語ラ行音らしさをパーセントで表した結果を、表1に示す。この表をみるとわかるように、まずはじき音はVCVにおいて90%以上という高い値を示した。一方、CVでも少しだけ値は下がったものの依然として80%以上となった。

表1 各子音に対する日本語ラ行音らしさに関する聴取実験の結果

	Consonant							
	[d]	[d̥]	[r]	[ɾ]	[ɹ]	[l]	[l̥]	[ɭ]
/Ca/	60	82	86	83	21	81	91	38
/aCa/	44	43	93	96	26	62	75	35

(単位はパーセント)

次に破裂音の場合、[d] だけは80%以上の高い値を示した。興味深いことに、この同じ音がCVではなくVCVで提示された際には値が高くない。つまり、これはそり舌破裂音が語頭に現れることが多いことの裏付けであると考えられる。同じCVでも[d]の場合は60%と[d]に比べて下がる。これは日本語では[d]は音素であり、ダ行音として認識されるからである。しかし、60%という値自身が決して低くはないことから、これはダ行音がラ行音と混同して聴取あるいは発話されることの裏付けになっていると考えられる。そして側面接近音であるが、CVでは80%以上、VCVでも60%以上を示した。特に構音位置が歯茎よりもそり舌の場合に10%以上高い値を示した。このことから、側面接近音は語中でも語頭でも現れること、特に語頭では現れやすいこと、そして構音位置はそり舌がよりラ行音らしいことを裏付けていると考えられる。

#### 4. まとめ

以上から、ラ行子音の特徴をまとめると、いくつかの側面が浮かび上がってくる。まず異音が多く存在し、大まかにはじき音、破裂音、接近音に分類される。はじき音の場合、主に語中に現れることが多く、短い閉鎖区間に伴ってインテンシティの短時間における落ち込みが特徴的である。破裂音は主に語頭や撥音の直後に観測され、閉鎖区間は長くなることもある。はじき音においても破裂音においても舌と口蓋で閉鎖が作られることから、舌の動きに伴うフォルマント遷移としてF1の下降およびF2の上昇がみられる。舌の「はじき」が弱い場合には接近音になることもある

が、その場合には短い時間での舌の動きを伴ってフォルマントも遷移する。ただし、自然発話などの速い発話では/r/音そのものが脱落することもある。側面接近音は語頭、語中ともに現れる。子音の持続時間は長くなることもあるが、持続時間の長い・短いに関係なく接近音の場合、口腔での完全な閉鎖は伴わないためにインテンシティは極端に小さくはならず、音が完全には途切れない。

これらの音響特徴は、選ばれたパラメータを用いた音声合成による聴取実験の結果(Arai, 2013b)からも裏付けられている。

### 声道模型による日本語ラ行音

本節では、日本語ラ行子音の産出過程をモデル化することにより、その難しさの根本を探ることとする。そのために、Arai (2013a) や荒井 (2013d, 2013e) にて開発された声道の物理模型を考察する。前節までの議論でわかるように、日本語ラ行音にははじき音以外に接近音などの異音が存在する。そこで、本節でははじき音と接近音を対象とする。

#### 1. はじき音のための声道模型

(Arai, 2013a ; 荒井, 2013d)

図2(a)に、はじき音用の声道模型を示す。この図をみるとわかるように、この模型には「舌をはじく」ための機構が備わっている。この模型で舌がresting positionにあるとき、声道形状は母音/e/になっている。舌の上面から10mmの部分がアルミ製の板で作られており、その両側部は上歯の歯列に接している。そして、レバーを倒すことによって舌の前方部だけ回転軸を介して上方に

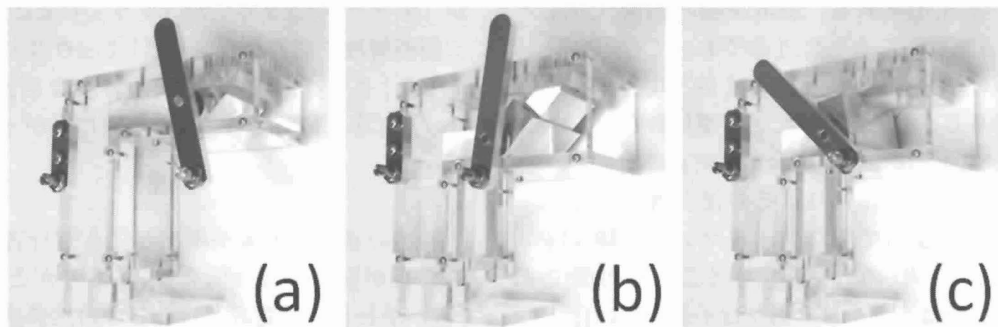


図2 日本語ラ行音のための声道模型  
(a)はじき音, (b)側面接近音, (c)接近音

起き上がるように設計されている。舌尖が口蓋に接触する際、側方が上の歯列で囲まれていることから、完全な閉鎖が形成される。

はじき音を産出するためには、かなり短い閉鎖区間を作る必要がある。そのため、手でレバーを操作することだけでその短い閉鎖を実現するためには、かなりレバー操作を素早くしなければならない。この模型では、バネやゴムの力を利用してレバーが戻る動作を助ける工夫もされている。これにより、50 ms 程度の閉鎖を実現することが可能であり、そのときにはじめて日本語ラ行音らしい音として聞こえることが聴取実験の結果 (Arai, 2013a, 2013b) からも裏付けられている。

## 2. 接近音のための声道模型

(Arai, 2013a; 荒井, 2013d, 2013e)

図 2 (b) と図 2 (c) に接近音用の声道模型を示す。この図をみるとわかるように、図 2 (a) 同様、この模型には舌の前部が回転軸を介して反り上がる機構が備わっている。図 2 (b), 2 (c) の場合、舌が resting position にあるとき、母音の /a/ が産出されるように設計されている。この模型の場合、舌の長さを変えることができるようになっている。図 2 (b) のように舌が長いときは舌尖が口蓋に接するが、舌側方において両側から気流が流れることから歯茎側面接近音が産出される。一方、図 2 (c) のように舌が短いとき、舌尖が口蓋に接することなく反り返り続け、歯茎接近音やそり舌接近音が産出される。

接近音が日本語ラ行子音として聞こえるためには、短い時間の間に舌が反り返りまた戻る必要がある。このとき、舌が長ければ歯茎側面はじき音に、舌が短ければ歯茎接近音 (あるいはそり舌接近音) が産出される。聴取実験の結果 (Arai, 2013a, 2013b) からも、接近音であっても短い時間内におけるフォルマント遷移を伴う場合、日本語ラ行音らしさをもたらすことが裏付けられている。また、語頭については舌尖が歯茎に接している時間を少し長めにとり、その後、急激に舌を下げることによって急なフォルマント遷移 (特に F1) を伴う /l/ の音を産出することが可能である。この音はまた、日本語ラ行子音らしい音として日本語母語話者には知覚される (Arai, 2013a, 2013b)。

## 幼児音声に関するケーススタディー

今までみたように、ラ行音はこれだけの音の幅をもった子音であり、またそのことがこの音を獲得する時期が他の子音よりも遅くなっていることの 1 つの原因になっている可能性がある。また、ラ行音にはとても速い舌の動きが必要なため、その構音が難しいことも考えられる。本節では、幼児音声を対象にしてラ行音に関する speech error を含む構音のようすを確認するために、実際の幼児による音声を観察した結果 (Arai, 2013b; 荒井, 2013c) を紹介する。

対象は同じ言語環境の中で育った男女の双子で、観察時に 2 歳前後であった。観察の結果、①破裂音化、②接近音化、③子音の脱落、④拗音化、⑤側面解放・側音化構音などに大別された。①破裂音化は、語頭あるいは撥音の直後のラ行子音で頻発した。例えば「リンゴ」が「ギンゴ」、「オンリ」が「オンギ」になるなどで、男児・女児ともに観察されたものの、女児のほうが幾分その頻度が多かった。②接近音化は語中が主で、「ブランコ」が「ブリヤンコ」、「カエル」が「カエリュ」などであった。接近音化は女児に圧倒的に多かった。しかし、1 年後の女児のようすを観察した結果、もともとヤ行音で発音されていた音は、側面接近音として実現されているケースが比較的多いようであった。③子音の脱落は健常成人であっても、自然発話など速い発話で起きうる。2 歳児の観察結果からは、「ベルト」が「ベウト」、「ミドリ」が「ミドイ」などが観測された。④拗音化はラ行子音に限ったものではなく、他の子音でも観察された。ラ行子音で観察された例は、「オソラ」が「オソリヤ」、「クル」が「クリュ」などである。⑤側面解放や側音化構音は、「キュウリ」や「ミドリ」、「クリ」、「オシリ」、「キレイ」など /ri/ (や /re/) に多く観察され、また男児に多かった。

## 考 察

前述の通り、大人が産出してラ行音は多くの異音が存在する。例えば、「ありがとう」を「あいがとう」と発音することは自然発話ではめずらしいことではない (Arai, 1999; Arai et al., 2007)。このように、そもそも大人のラ行音にお

いても一定の許容範囲で許されるぶれが広い。これは特に日本語の場合、音響的に近い別の子音が少ないことにも関係している。その大人が発するラ行音を子どもが知覚し、それを模倣して子どもが発する。その結果、子どもが産出するラ行子音を観察すると、大人と同様の音のバリエーションを含むようすが同える。例えば、はじき音が語中でうまく産出される一方、語頭や撥音に後続する場合には破裂音化する場合も多い。側面接近音は語頭にも語中にも観察され、特に語中で完全な「はじき」が実現されずに接近音化される場合もみられる。脱落するケースもある。子どもは知覚面でもまだ発達段階にあることから、健常成人とも異なる聴取結果を示すとともに、音を模倣して発する際、音韻規則を健常成人と異なって用いる結果、間違った音が使われることにもなる。

一方、ラ行子音は同時に産出面でも難しい音である。その1つの理由としては、ラ行子音らしさを担う舌の素早い動作があげられる。ラ行音らしく聞こえるためには、舌を高速に動かす必要がある。特に /ri/ の音が破裂音化したり側音化構音になる理由として、母音 /i/ においてすでに舌の位置が高く、その位置から口蓋に向かって素早くはじくという動作がかなり難しいことが考えられる。

### おわりに

以上のように、本稿では日本語ラ行音について考察した。成人の発話にはもともといくつもの異音が含まれており、そのバリエーションが多い。それを聞く幼児は知覚面、そして音素体系の確立が発達段階であり、また音韻規則を誤って使うこともある。さらには産出面での未熟さが構音の困難さをも生み出していると考えられる。しかし、ある音素がもともとある一定の範囲をもって実現される場合、そこから逸脱していなければ必ずしも構音障害とはならない。ラ行音は他の音素よりもその範囲が広い。音素によって正常の範囲が異なる上、その範囲も月齢とともに変化するため、その範囲をきちんと把握しておくことも大事であると考えられる。そして、正常構音の範囲内であれば、より構音しやすい異音を用いることも、言語治療をする上で意味のあることかも知れない。

### 謝 辞

内容の一部は日本学術振興会の科学研究費(24501063)による。

### 文 献

- Arai, T. (1999). A case study of spontaneous speech in Japanese. *Proc. of the International Congress of Phonetic Sciences (ICPhS)*, 1, 615-618.
- Arai, T., Warner, N. and Greenberg, S. (2007). Analysis of spontaneous Japanese in a multi-language telephone-speech corpus. *Acoustical Science and Technology*, 28 (1), 46-48.
- Arai, T. (2013a). Physical models of the vocal tract with a flapping tongue for flap and liquid sounds. *Proc. of INTERSPEECH*, 2019-2023.
- Arai, T. (2013b). On why Japanese /r/ sounds are difficulty for children to acquire. *Proc. of INTERSPEECH*, 2445-2449.
- 荒井隆行. (2013c). 日本語 /r/ 音の音響特性と幼児音声にみられる speech error. 日本音響学会春季研究発表会講演論文集, 349-352.
- 荒井隆行. (2013d). はじき音を生成する声道模型の開発. 日本音響学会秋季研究発表会講演論文集, 295-298.
- 荒井隆行. (2013e). 英語 /r/-/l/ 音に対する物理模型の試作—音声教育のための新しい教材の提案—. 日本音声学会全国大会予稿集, 53-58.
- 船山美奈子, 阿部雅子, 加藤正子, ほか. (1989). 構音検査法に関する追加報告. 音声言語医学, 30, 285-292.
- 服部四郎. (1984). 音声学, 岩波書店.
- Kato, M., Okazaki, K., Suzuki, N., et al., (1981). Five cases with lateral articulation. *The Japan Journal of Logopedics and Phoniatrics*, 22, 293-303.
- 川上肇. (1977). 日本語音声概説. 桜楓社.
- 小林恒久. (1958). 老人性難聴に関する研究. 日本耳鼻咽喉科学会会報, 61, 157-212.
- 窪蘭晴夫. (1999). 現代言語学入門 2 日本語の音声. 岩波書店.
- 斎藤純男. (1997). 日本語音声学入門. 三省堂.
- 田窪行則, 窪蘭晴夫, 白井克彦, ほか. (1998). 岩波講座 言語の科学 <2> 音声. 岩波書店.
- Vance, T. J. (1987). *An Introduction to Japanese Phonology*. State University of New York Press.