

東京外国語大学 国際日本学プログラム—文部科学省「国立大学の機能強化」事業—  
TUFS Program for Japan Studies in Global Context,  
supported by Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology(MEXT)

# 東京外国語大学 国際日本学研究 報告 X



前川喜久雄

(国立国語研究所)

*Kikuo Maekawa (NINJAL)*

*in TUFS, 2018~2020*

東京外国語大学 大学院  
国際日本学研究院

Institute of Japan Studies,  
Tokyo University of Foreign Studies

# 東京外国語大学 国際日本学研究 報告 X

前川喜久雄 (国立国語研究所)  
in TUFS, 2018年~2020年

『東京外国語大学 国際日本学研究報告』 .....	1
講演1 「音韻論の瘦身化：条件異音の批判的再検討」 .....	9
講演2 「リアルタイムMRI動画データベースによる日本語調音音声学の再構築」 .....	51

## 『東京外国語大学 国際日本学研究報告』

前川 喜久雄（国立国語研究所）

### はじめに

この報告書は、筆者が東京外国語大学にクロスアポイントメントで赴任していた2018-19年度に行った2回の講演会の内容を、講演時のスライドを用いて記録したものである。講演の内容は、筆者がおこなった音声学・音声科学関係の研究の紹介であるが、東京外大でおこなった講義の内容と重なる部分も少なくない。2018年度の講演は、2019年3月2日に国際日本研究センター対照日本語部門主催の『外国語と日本語との対照言語学的研究』第27回研究会におけるものであり、主に学内の教員・学生を対象とした講演である。2019年度の講演は、2019年11月8日に国際日本学研究院主催で開催した講演会「リアルタイムMRI動画による音声研究の可能性」におけるもので、こちらは日本音声学会の後援も受けた公開講演会であり、聴衆には学外からの来訪者も含まれていた。以下ふたつの講演の内容について手短かに解説する。

### 講演1

近年、筆者がとりくんでいる課題のひとつは、いわゆる条件異音の再検討である。条件異音は、言語学の教科書では必ずとりあげられる現象であり、いわば言語学の基礎中の基礎に属する概念である。ある音素に複数の異音が認められるときに、各異音の生起環境が隣接する分節的ないし韻律的な音韻環境によって例外なく規定されているのが条件異音であり、そうでない異音は自由異音であるとみなされる。

条件異音の例としては、日本語の場合、イ段モーラにおける子音の硬口蓋化、ハ行子音の調音位置、撥音・促音の調音位置、ザ行子音の調音様式、狭母音の無声化、アクセント句頭のFo上昇などが挙げられることが多い。しかし、この講演で証拠を示しつつ述べたように、これらの異音現象のなかには、上に述べた条件異音の規定にあてはまらないものが多数含まれていると思われる。筆者がこの問題を意識しはじめたのは大学院生のころ（1980～83年）からであるが、この問題を実証的に検討することができるようになったのは、2000年代に入ってからである。研究進展の大きな契機となったのは、『日本語話し言葉コーパス』（CSJ）の構築と公開（2004年春）であった。

講演1で具体的な分析例として最初にとりあげたのは日本語ザ行子音/z/の調音様式の変異である（スライド番号13-27）。/z/が摩擦音としても破擦音としても実現され

ることはよく知られているとおりであるが、従来、これを語中の位置によって決定される条件異音（つまり語頭では破擦音となり、語中では摩擦音となる）として記述する文献が多い。しかし実際に CSJ のコア部分(CSJ-Core, 約 44 時間, 50 万語)に記録された大量の/z/を分析すると、上述のような二分法で/z/の調音位置の変異を記述することは不可能であることが判明した。摩擦音と破擦音は語中の位置を問わずに生起しており、従来の記述は、単なる傾向の相違（つまり語頭では破擦音が多く、語中では摩擦音が多い）を確定的な条件と誤認していると考えられる。

実際に調音様式の変異の原因となっているのは、子音/z/の調音に利用することのできる時間長の絶対値（筆者はこれを TACA と呼んでいる）である。スライド 20 に示されているように、TACA の増加に伴って、/z/が破擦音として実現される比率はほぼ 5%から 95%までの範囲で変動するのに対し、語中位置の効果はたかだか 20%程度にとどまっている。TACA は/z/だけでなく/b, d, g/の有声閉鎖音が弱体化して有声摩擦音として実現される現象（これも条件異音として記述されることがある）も正確に予測することができることをスライド 21-27 で示している。

結論として/z/の変異は記号的要因によって制御された条件変異ではない。ただし、/z, b, d, g/の四者を比較すると、TACA と声道閉鎖の実現率の間に、調音位置にしたがった組織的な変動が観察される。音韻の対立が多い調音位置とそうでない位置を比較すると、前者においては声道閉鎖の実現を可能にする TACA が後者よりも顕著に小さい。このような形で/z/等の変異には音韻体系の影響が観察されることもまた新しい発見であった。

第二にとりあげたのは、東京方言における母音の無声化現象である。この現象は筆者がもっとも早くから分析に着手した変異現象である。1983 年に印刷された第一報以来、母音の無声化には大幅な確率的な変動がともなうこと（つまり無声化の条件を確定的に決めることができないこと）、その確率の変動要因としては、母音を挟む子音の調音様式の組み合わせが重要であること、後続する促音は無声化の確率を顕著に低下させることなどを、いくつかのまとまったデータを分析することで繰り返し報告してきた。しかし、近年刊行された『日本語学大辞典』（日本語学会編、東京堂）のなかでも母音の無声化が条件異音の例として使われており、おおいに失望させられたところである。この講演では、CSJ の構築過程で執筆した菊池英明氏との共著論文(2005)をもとに確率変動要因を分析した後、その変動の背後には無声化によって生じる音声的な子音連鎖におけるモーラ境界の知覚しやすさという、知覚的な要因が潜んでいることを指摘している（スライド 36-37）。



第三にとりあげたのは、撥音の調音位置の問題である。撥音の調音位置が直後の分節音（子音ないし母音）の調音位置に同化することは日本語学上の常識であるが、語末（正確には発話末）に促音が位置する場合、後続子音は存在しない。多くの文献は、この場合、撥音は口蓋垂音として実現されると述べている。この仮説の是非は従来直接検討されたことがなかった。その原因は、従来、声道後端における調音を客観的に観察する手法が普及していなかったことによる。しかし、近年、医療用 MRI 装置を特殊な設定で駆動させることによって調音運動をリアルタイムで記録することが可能になり、発話末撥音の問題を主観に縛られずに検討することができるようになった。実際にデータを分析すると、発話末調音における声道閉鎖の位置は、咽頭から後部歯茎にわたる広い領域に分散しており、その変動は主に撥音に先行する母音の影響によることが判明した。この発見は、条件異音における異音正規条件を精密化するものと解釈することもできないわけではないが、おそらくそうではなく、直前母音の調音時の舌位置からの移動量が最小となるような口蓋上の位置で閉鎖を形成している（したがって記号的な操作ではなく、連続的な数量計算にもとづく調音である）可能性が高いというのが結論である。この分析は、その後話者数を増やし、また撥音が鼻母音として実現されるケースの分析を含めて、現在某ジャーナルに投稿中である。

第四にとりあげたのは、日本語イ段モーラにおける子音の硬口蓋化現象である（スライド 52-59）。この問題もやはりリアルタイム MRI のデータを用いて検討した。ただし講演の時点でも、また現在においても、予備的な分析に留まっているので、解説は省略する。

最後に、日本語の韻律的な変異現象の位置例として、アクセント句頭における Fo 上昇の変異の問題をとりあげた。東京方言のアクセント句頭では Fo 上昇によって句境界が示されるが、その上昇量には大きな変動がみとめられる。従来、この変動の要因をアクセント句頭の音節による条件異音として分析し、句頭音節が共鳴的な重音節（つまり撥音・長母音・二重母音を第二要素として含む重音節）である場合には、句頭の上昇が生じないとする分析（あるいはそのような変異を示す話者がいるとする分析）が広く受容されてきている。一方、共鳴的な重音節の影響下にあっても、句頭の上昇は生じないのではなく、弱化しているだけであるとの分析も提案されている。

CSJ-Core のデータを詳細に分析すると、句頭の上昇量の変動は、句頭音節の特性だけで二分法的に説明できるものではないことがわかる。上述の音節二分法にとどまらず、アクセント句頭 2 モーラの境界を細かく分類して、Fo 上昇量との相関を検討すると、非常に滑らかな変動が観察されるからである。それでは Fo 上昇量を決定する要因

は何かが問題になるが、この講演の時点では確定的な解答を述べることができず、いくつかの推測を述べるにとどめた（スライド 69-75）。幸い、2020 年度に入ってから、この問題にほぼ満足のゆく解決を見つけることができた。近年のイントネーションの音韻論では、句頭の Fo 上昇の両端に 2 個の音韻論的 tone が位置していると考え、それらの時間的距離の変動が句頭の Fo 上昇量と強く相関しており、その相関が生み出されるメカニズムについての仮説も考案することができる。この分析もちかく投稿予定である。

以上の分析結果から導かれる結論のひとつは、与えられた音声変異が条件異音かどうかを決定することは、従来信じられていたほど簡単ではないということである。調音音声学的分析は情報として不十分であることが多く、大規模なデータベースの統計的分析によってはじめて明らかになる事実が多い。そのような分析を進めていった先にどのような結論が見えてくるかは興味津々であるが、ひょっとすると、純粋な記号的操作としての条件異音はほとんど存在しないのかもしれない。

## 講演 2

講演 2 は、講演 1 でもとりあげたリアルタイム MRI 動画を用いた音声研究の可能性についての講演である。先述のように一般向け公開講演会として企画されたもので、筆者の他に千葉工業大学の竹本浩典教授がリアルタイム MRI を含めた声道計測技術とその応用について、また斎藤純男教授（拓殖大学）がリアルタイム MRI データによる現代内モンゴル語の母音調和の分析結果について、それぞれ講演をおこない、聴衆との活発な意見交換があった。以下では筆者による講演だけに触れる。

この講演の前半では、音声学における調音運動観察の根本的な重要性と技術上の困難を指摘し、調音運動観測技術の歴史を概観した（スライド 89-97）。エックス線写真、エックス線映画、エックス線マイクロビーム装置、EMA 装置、超音波断層撮影装置について、各手法によって収集されたデータの紹介を交えながら、各手法の得失を指摘した。主要な問題として指摘したのは、①エックス線写真における運動情報の欠落、②エックス線映画における被曝の可能性の問題、③エックス線マイクロビーム装置と EMA 装置では限られた数のセンサーがもたらす点の情報だけが収集されること、④超音波断層撮影では舌の全体形状は把握できるが、唇・口蓋・咽頭壁・喉頭などの情報は対象外となること等である。リアルタイム MRI 法では、これらの問題をほぼすべて解消することができる。

一方、リアルタイム MRI 法の現下の問題点としては、(イ) 撮像速度が毎秒 14~27

フレーム程度で、ある種の音声研究には必ずしも十分な速度でないこと。(ロ) 画像からの情報抽出に多くの人出作業を要すること、(ハ) 撮像コストが高いこと(実質 40 分のデータを収集するのに 16~20 万円かかる)。(ニ) 日本国内で実施可能な組織が 1 か所に限定されていること、などが指摘できる。このうち(イ)については、毎秒 80 フレーム程度までの速度向上が可能であることが実証されているが、日本ではまだ実用には供されていない。(ロ)については、千葉工大竹本研究室において MRI 画像から音声器官の輪郭を自動抽出する技術が開発されている。近年、人手による作業と同等以上の精度を達成するようになってきており、近い将来、人手作業の軽減化につながるものと期待されている。

講演 2 の後半では、リアルタイム MRI 動画データを用いた研究例をふたつ紹介した。そのうちひとつは、講演 1 でも紹介した日本語の発話末撥音の調音位置の分析であり、(スライド 100-111)、もうひとつは、日本語ラ行子音の調音音声学的な実態のリアルタイム MRI データを用いた再検討である(スライド 112-134)。前者についての解説は省略に従い、後者についてだけ解説する。

国際音声学協会(International Phonetic Association, IPA)が刊行している Handbook には日本語を含む多くの言語の音声を国際音声記号(International Phonetic Alphabet, 省略形はやはり IPA)で転記した例が掲載されているが、日本語の転記例には多くの問題があることが知られており、ラ行子音の転記もその一部である。

IPA Handbook では日本語のラ行子音を voiced post-alveolar flap と記述している。この規定にはふたつの問題がある。ひとつは調音位置を post-alveolar (後部歯茎)に限定していることであり、もうひとつは、調音様式を flap (ある種の弾き音)に限定していることである。これが何故問題かという点、IPA の子音表では、閉鎖音や弾き音の調音位置としては歯茎から後部歯茎に至る広い領域を区別せず一括して扱っており、また、弾き音の下位区分としての tap と flap も一括して扱うこととしている。このような決定がおこなわれた背景には、多くの言語で上述の特徴が意味の対立と結びついた音声特徴とはなっていないという事実がある。そのため、日本語にラ行子音の調音上の特徴を上記のように規定すると、当該子音の調音位置からは歯茎が排除されていると理解されることになる。また調音様式についても、tap を排除した flap であるとの理解が生じるのが当然である。

IPA Handbook における日本語の転記例は故岡田秀穂氏(早稲田大学名誉教授)の手になるものである。岡田案には発表当時から批判があったが、十分な議論がおこなわれないまま現在に至っている。議論が進展しなかった原因は、ラ行子音を含む日本語の調

音運動を客観的に観察したデータが不足しており、客観的なデータがないままに行われる調音音声学上の議論は、ほぼ例外なく水掛け論におわることを関係者が予感していたからであろうと思われる。ちなみに、講演2の後半冒頭(スライド99)で、筆者は「見てきたような○○」という表現を用いており、同じ表現は講演2のまとめ部分(スライド137)にも登場する。このようなややどぎつい表現は、調音音声学における客観的な議論の不成立(そしてその結果として生じる名人芸への盲目的な信頼)に対して筆者が永年感じてきた不満を表明したものである。筆者が大学院時代から実験的な音声研究に軸足をおいてきたのも、そして近年リアルタイムMRI技術の可能性に強く惹かれていたのも、調音音声学が孕む科学としてのあやうさから逃れたいからに他ならない。

さて、リアルタイムMRIデータを用いて日本語ラ行子音の調音を分析するに際し、最初にtapとflapの調音上の相違点を明瞭化するための議論をおこなった。Catfordによる分析を参考として、tapでは舌尖が口蓋にむけて直線的に移動して閉鎖を形成するのに対し、flapでは舌尖がそりかえったのち下降する過程で舌尖の下面と口蓋が接触して閉鎖を形成する点に両者の相違点を求めることとした。次いで男性7名分のリアルタイムMRIデータを用いて、ラ行子音における声道閉鎖の位置と、閉鎖区間と舌尖の位置関係を測定した。その結果、調音位置に関しては、歯茎と後部歯茎の全体におよぶ広い領域で声道の閉鎖が行われており、調音位置を後部歯茎に限定するのは事実と反することが判明した。調音様式に関しても、上述の規定によってflapに分類できる調音はほとんど観察されず、ほぼすべてのサンプルがtapで調音されていることが判明した。このように、岡田案は日本語のラ行子音の特徴を正確に捉えたものとは言い難いことが判明した。日本語(東京語)のラ行子音をIPA方式で記述する場合、voiced alveolar tap or flap(音声記号は[r])とするのが最も妥当であると考えられる。ただしここでalveolarは、IPAの原則にしたがって、dental, alveolar, post-alveolarの全体をカバーする用語として用いられている。なお岡田氏は彼の提唱する日本語ラ行子音のための音声記号として[r]を提案しているが、この記号は典型的にはヒンディー語などで用いられる有声そり舌弾き音(voiced retroflex tap or flap)の記号である。

講演2の最後に、今後リアルタイムMRI動画データを用いて検討することが期待される日本語の音声特徴のリストを示した(スライド136)。そのうちワ行子音が二重調音音かどうかという問題については、2019年末に分析を行い、その成果を論文化しているので、興味のある方は以下を参照していただきたい。日本語のワ行子音には二重調音音音としての特徴はみあたらないというのが、この研究の結論である。Kikuo Maekawa. "Remarks on Japanese /w/". *ICU Working Papers in Linguistics (ICUWPL)*, 10, 45-52,



2020:03.

なお、講演では触れなかったが、筆者らの研究グループは、2017 年以来、リアルタイム MRI 動画で日本語調音運動を組織的に記録したデータベースの構築を続けてきており、今年度末にはその一部を公開する予定であることを記しておきたい。

### おわりに

筆者は、東京外国語大学で 2 年間の講義をおこなうに際して、ひとつの方針をたてた。それは、自分が大学院入学以降 40 年にわたって行ってきた音声学に関する研究内容を総括するような講義をおこない、同時に現在進行中の分析結果をも報告するという欲張った方針であった。この方針に従って講義を準備するには、毎回かなりの労力を要したが、それによって得られたものも大きかった。上に紹介したふたつの講演の内容のうち、発話末撥音の調音位置の分析、イ段モーラにおける子音の硬口蓋化の分析、アクセント句頭の Fo 上昇の変異に関する分析、ラ行子音の調音の実態に関する分析は、東京外大における講義と並行して実施し、講義の材料として利用したものである。

2018, 2019 の両年度に毎週東京外大のオフィスで過ごした木曜日は、国立国語研究所における本務で研究管理業務に多くの時間を割いていた当時の私にとって、自分の研究にたちかえる貴重な機会となった。ただし、その結果、私の講義は音声研究の先端部分をあつかうものとなってしまう、音声学に格別の興味をもっていない学生にとっては、かなり受講上の負担が大きかったのではないかとも思う。毎回、独りよがり気味の講義に耳を傾けてくれた学生と聴講生（そして教員）のみなさんにお礼とお詫びを申しあげる。また、国際化拠点室 CAAS & NINJAL ユニットの右崎有希さん、菊池直子さんのお二人には事務の面で大変お世話になった。記して感謝の言葉としたい。

2020 年 8 月 27 日記

前川喜久雄

講演 1 「音韻論の瘦身化：条件異音の批判的再検討」



# 講演 1

東京外国語大学国際日本研究センター対照日  
本語部門主催 『外国語と日本語との対照言語  
学的研究』第27回研究会(2019年3月2日)



## 音韻論の瘦身化：条件異音の 批判的再検討

前川 喜久雄  
国立国語研究所  
(音声言語研究領域・コーパス開発センター)

## 自己紹介

音声学が専門ですが、自発音声の研究のために『日本語話し言葉コーパス』（CSJ）の開発に携わったことがきっかけとなって、1999年来コーパスの設計と実装に深く関係するようになりました。そのため、最近では第二の専門として言語資源学をなめています。

音声学の領域で最近書いた論文では、自発音声における音声変異の問題か韻律構造の問題、あるいは両者の関係をあつかっています。実験的統制をくわえていない自発音声のデータは一見救いようがないほど乱雑にみえますが、統計的な手法を活用しながら大量のデータを組織的に解析していると、実験研究では把握することのできない現象の本質が見えてくる瞬間があり、研究の醍醐味を感じます。

[https://researchmap.jp/MAEKAWA\\_Kikuo/](https://researchmap.jp/MAEKAWA_Kikuo/)

1997年からは、リアルタイムMRI動画による日本語音声の調音運動データベースの構築と分析も進めています。

3

## 今日の講演の内容

- I. 導入
- II. 分析
  1. /z/の調音様式
  2. 母音の無声化
  3. 発話末撥音の調音位置
  4. イ段モーラ子音の口蓋化
  5. アクセント句頭のピッチ上昇
- III. 議論と結論

何箇所か未発表（投稿中）のデータを使います。該当箇所ではその旨を表示しますので、写真撮影や引用は御遠慮ください

4

# I. 導 入

## なぜ条件異音の再検討か

- 個人的には単なるなりゆき  
研究者として出発したときから母音の無声化や母音の融合など、音声変異現象に興味があった（前川1983, 1984, 1989, Maekawa 1989）。それから30年間、いろいろな現象を分析するにつれ、純粋な条件異音（後述）はほとんどみあたらないのではないかと思えてきた
- 言語学の出発点
  - 物理的な音声と記号である音韻が会う場所
  - 言語の「規則」が始まる場所
- 環境整備  
昔から多くの研究があるが、ほぼすべてが観念的な分析（cf. 服部1950=1979, 1955, 1979など）。大規模音声コーパスやMRIによる調音運動観測などによって、実証的にこの問題を扱える環境が整ってきたのは最近

## 日本語の異音の例

- 条件異音
  - 狭母音の無声化 : /V<sub>n</sub>/ --> [V<sub>o</sub>] / C<sub>o</sub>\_\_C<sub>o</sub>
  - イ段子音の硬口蓋化 : /C/ --> [C<sub>j</sub>] / \_\_i
  - ハ行子音の調音位置 : /h/ --> [F] / \_\_u etc.
  - /z/の調音様式 : /z/ --> [dz] / \$\_\_
  - 発話末撥音の調音位置 : /N/ --> [N] / \_\_\$
  - アクセント句頭の上昇 : /%L/ --> [Lw] / #σ is heavy & sonorant
- 自由異音（今日は話題にしない）
  - /u/の円唇性・前後位置
  - /a/の前後位置
  - ハ・ヘ・ホの子音 ([h]~[x])
  - /r/の調音様式（弾き音~側面音~そり舌音）
  - 歯茎音の調音（apical~laminal）

7

## 異音の何が問題か

- 物理現象なのか記号操作なのか
- 異音(allophony)は音韻論の概念であり書き換え規則（あるいは音声実現規則）

/X/ --> [Y] / A\_\_B (A, Bは種々の環境。nullも可)

で表される

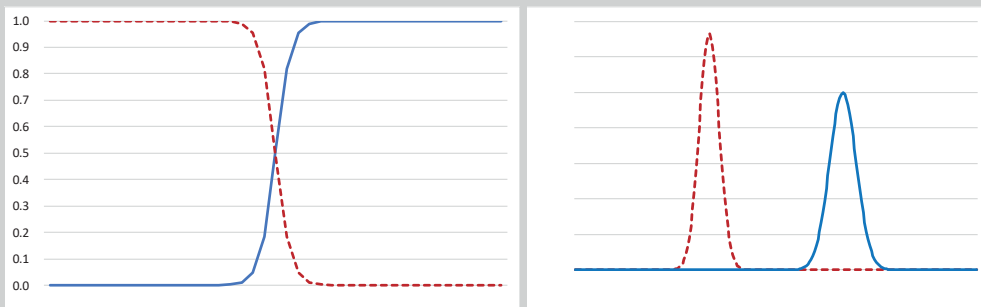
- 書き換え規則の性格
  - ① 現象の本質を表現しているのか（脳内でこのような認知的操作が生じているのか）
  - ② 物理現象を近似しているだけなのか
- ⇒ 多くの言語学者は①の立場をとっていると思われるが、観念的な議論に立脚しており、実証的な分析が欠けている。この問題にきちんとケリをつけられないか

8

## ケリのつけかた

### 条件異音の必要条件：

- 環境 (A\_\_B) の変化に応じて、2 種類の異音の生起確率が急峻に変化する (左図)
- 2 種類の異音を区別する物理特徴が急峻な二峰性の分布をなし、裾野がほとんど重ならない (右図)

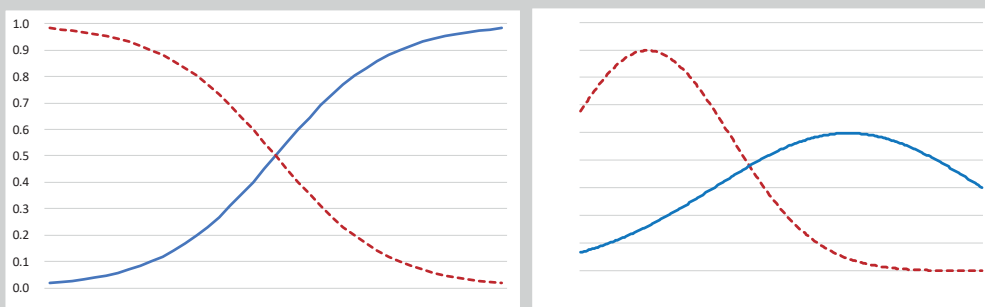


9

## ケリのつけかた

### 条件異音でない変異の十分条件：

- 言語環境 (A\_\_B) の変化に応じて、2 種類の異音の生起確率が漸進的に変化する (左図)
  - 2 種類の異音を区別する物理特徴の分布の裾野が大幅に重なる (右図)
- ⇒ 物理的な調音結合(coarticulation)現象とみるのが自然



10

## ケリのつけかた

### 補遺：変異規則について

アメリカの社会言語学で多用される変異規則は、確率的に生じる言語変異を説明するための道具。ロジスティック回帰と等価（ただし交互作用項を認めない）

$$\Pr(X \rightarrow Y) \sim \text{inv\_logit}(A\_B)$$

変異規則は前ページに例示したような漸進的な変異を記述することができる。ただし上式の左辺はあくまで記号の書き換え規則であり、音韻規則の一種である

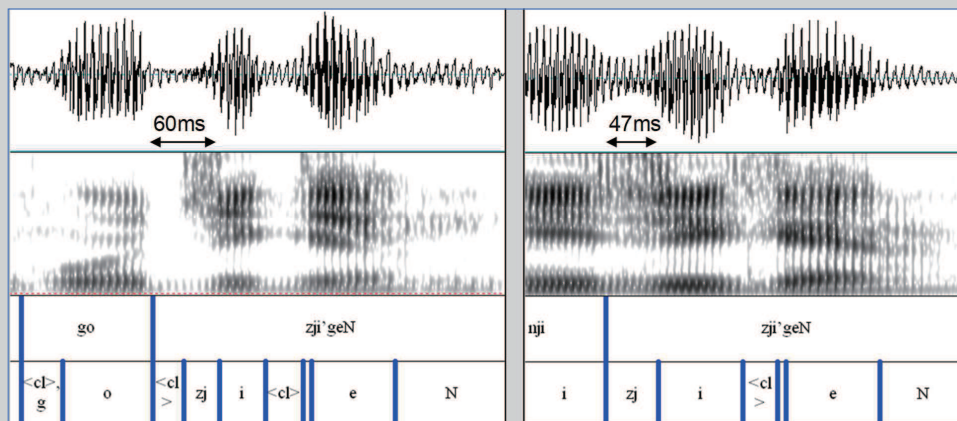
Cf. Sankoff and Labov (1979)

## II. 分 析



# 1. /z/の調音様式

## 破擦音と摩擦音の変異



同一話者による「五次元」（破擦音,左）と「十二次元」（摩擦音,右）



## 従来の説明

- 語頭では破擦音[dz]、語中では摩擦音[z]という条件変異とみる説明  
 天沼・大坪・水谷(1978) ほか多数  
 ⇒ 服部(1951)の影響か？
- もう少し精密な観察  
 川上(1977) 撥音に先行されるとしばしば破擦音  
 Vance(1987) ポーズがないと語頭でもときに摩擦音  
 ⇒ 何故そうなのかの説明がない
- 『日本語話し言葉コーパス』(Maekawa, et al 2000)  
 CSJコア (50万語, 44時間) のラベル付データの分析

15

## 「語頭」位置の効果

### 短単位(SUW)

モーラ位置	摩擦音	破擦音	破擦率 (RAA)
1	3333	3482	51.1%
2	2869	334	10.4%
3	2851	1195	29.5%
4	274	52	16.0%
5	99	34	25.6%
5<	72	8	10.0%

### 長単位(LUW)

モーラ位置	摩擦音	破擦音	破擦率 (RAA)
1	2047	2856	58.3%
2	2505	298	10.6%
3	2477	1070	30.2%
4	259	49	15.9%
5	92	28	23.3%
5<	66	8	10.8%

短単位： 国立+国語+研究+所+に+おい+て

長単位： 国立国語研究所+において

いずれの単位の「語頭」においても、破擦率 (RAA)は100%には遠く及ばない。また語中でも0%よりずっと高い

16

## 音声環境の効果

### 直前の分節音

分節音	摩擦音	破擦音	破擦率 (RAA)
/a/	1847	983	34.7%
/e/	562	387	40.8%
/i/	2279	404	15.1%
/o/	1292	881	40.5%
/u/	980	280	22.2%
/H/	1655	822	33.2%
/N/	877	1329	60.2%
/Q/	5	14	73.7%

### 直前のポーズ

ポーズ	摩擦音	破擦音 4327	破擦率 (RAA)
有	193	778	80.1%
無	9305	4327	31.7%

川上、Vanceの指摘は正しい。さらに促音の直後でも破擦率が高い。しかし長母音の直後では低い。何故か？

17

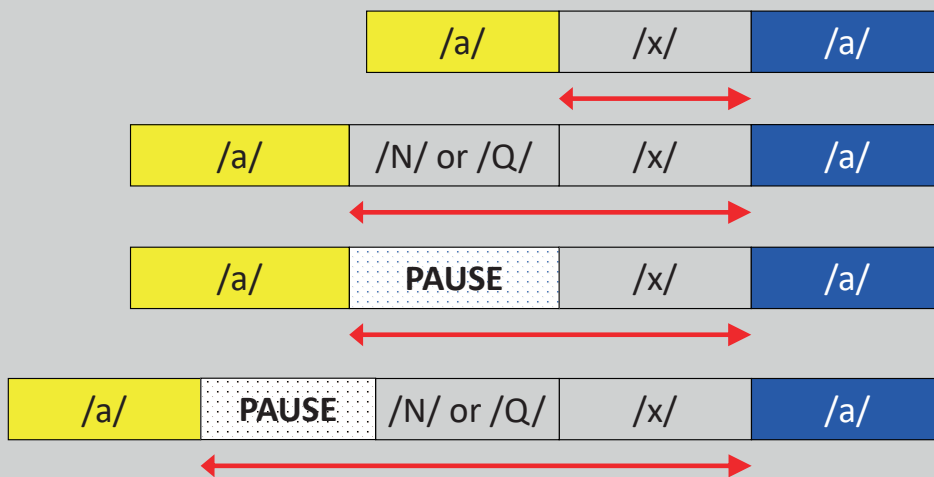
## TACAによる説明

- 撥音と促音とポーズに認められ長母音に認められない特徴は？
  - ⇒ 舌に関する調音運動の様式が指定されていないこと
  - ⇒ 先行する撥音、促音、ポーズの時間は/z/の調音に利用可
  - ⇒ 要するに十分な時間があれば破擦音になる
- 子音の調音に利用可能な時間の測度を考案する
  - ⇒ TACA (Time Allotted for Consonant Articulation)
  - ⇒ /z/そのものの持続時間長に先行ポーズ、撥音、促音の持続時間長を加算する
  - ⇒ ポーズは時に長すぎるので最長で/z/の時間長までとする

18

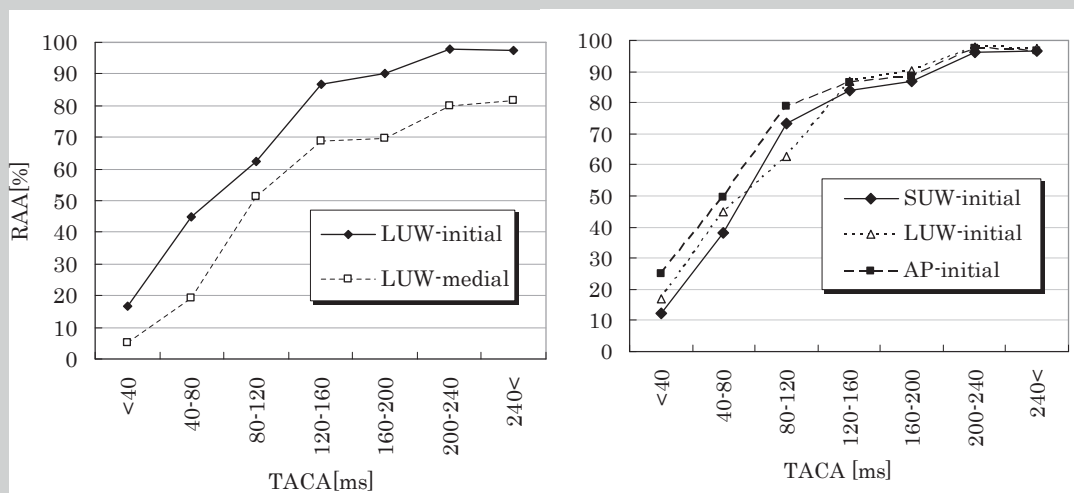
# TACAとは

TACA = duration of /x/ + duration of preceding pause (if any) + duration of /N/ and /Q/ (if any).



19

# 語中位置効果のTACAによる再解釈



いずれの単位の「語頭」においても、破擦率 (RAA)は TACAの変化に従って10~20%から95%あたりまで変動する  
 ⇒ 位置よりもTACAの方が指標としてはるかに有効

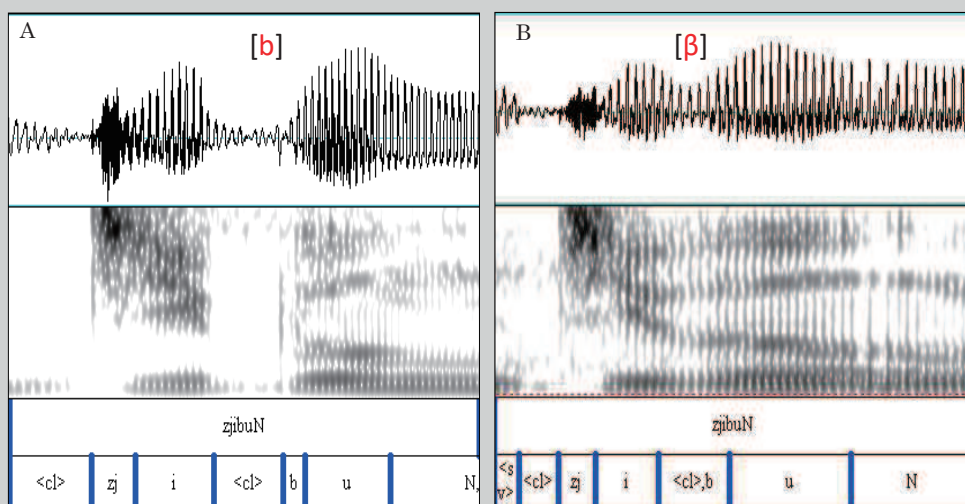
20

## TACAの応用：破裂音の分析

- TACAは何を反映しているのか。調音運動の生理学的な限界とも考えられるが、その当否を知るためには/z/以外の音素の検討が必要
- 日本語では有声破裂音素/b/, /d/, /g/に閉鎖が生じず、有声摩擦音[β], [ð], [ɣ]のように発音されることがある
- この現象もまたTACAで説明できる可能性がある
- /b/(9,771個), /d/(35,716個), /g/(23,414個)のサンプルを分析して、明瞭な破裂が生じているものと、そうでないものに分類し、破裂率 (RSA: Rate of Stop Articulation)をもとめ、TACAとの関係を検討

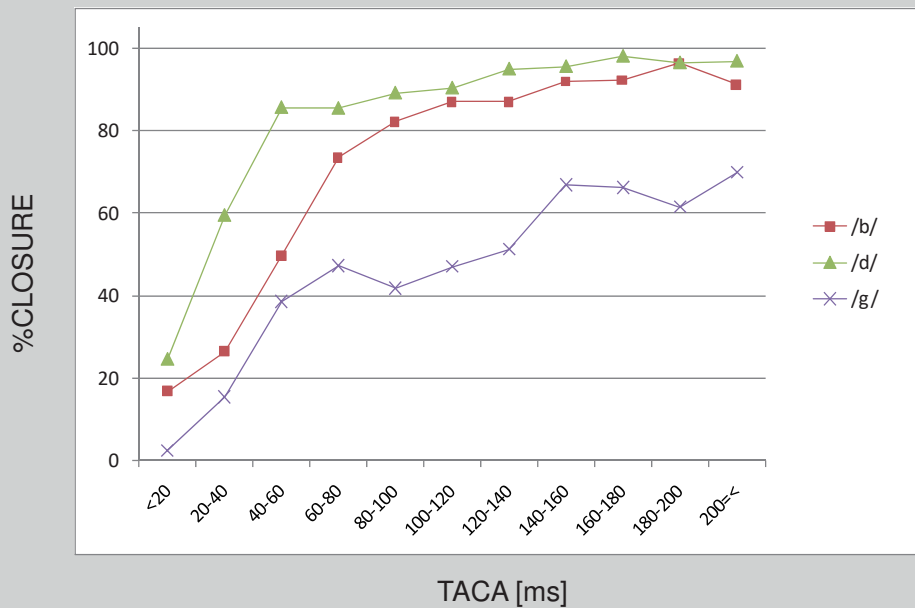
21

## 破裂音（閉鎖音）の分析

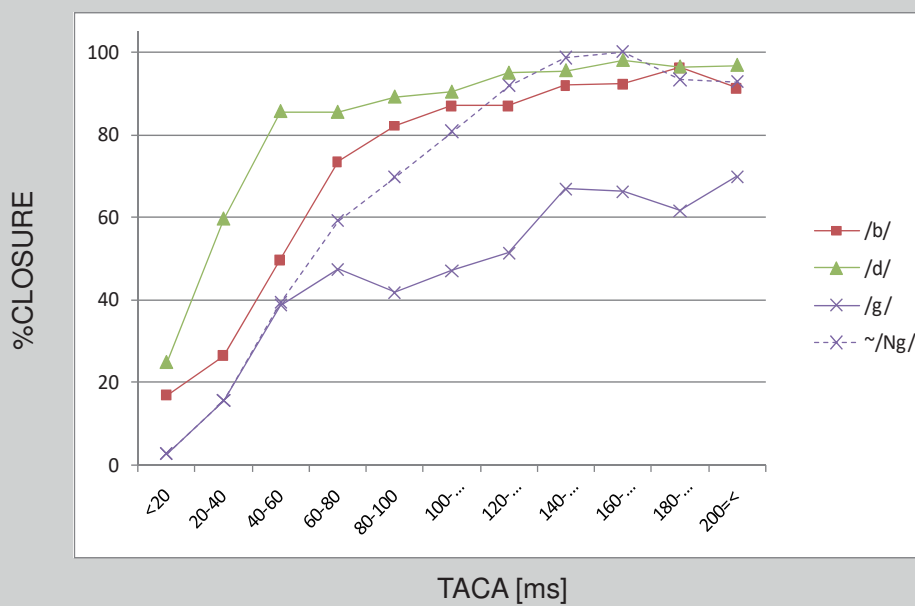


22

## /b, d, g/の破裂率とTACA

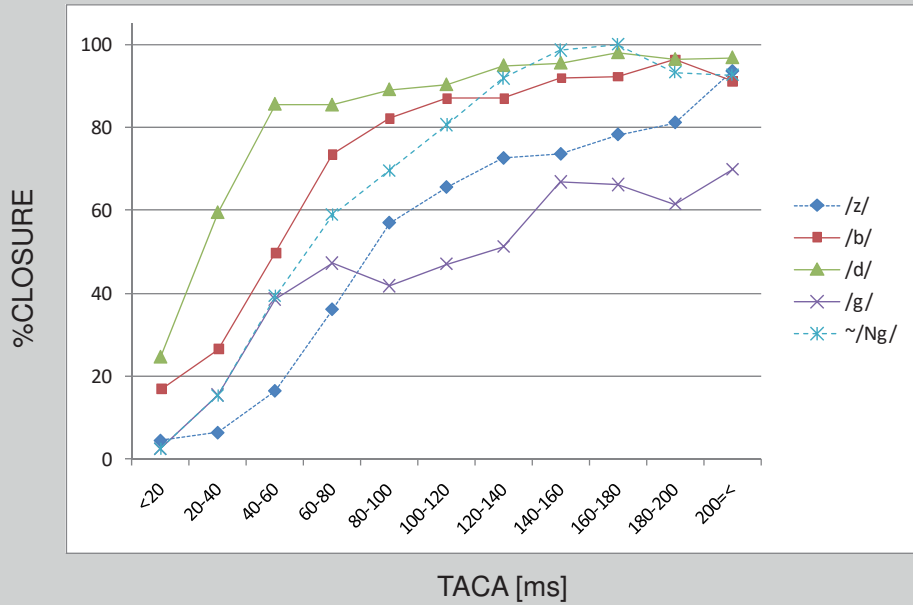


## /g/の特異性は撥音の後での鼻濁音化の影響



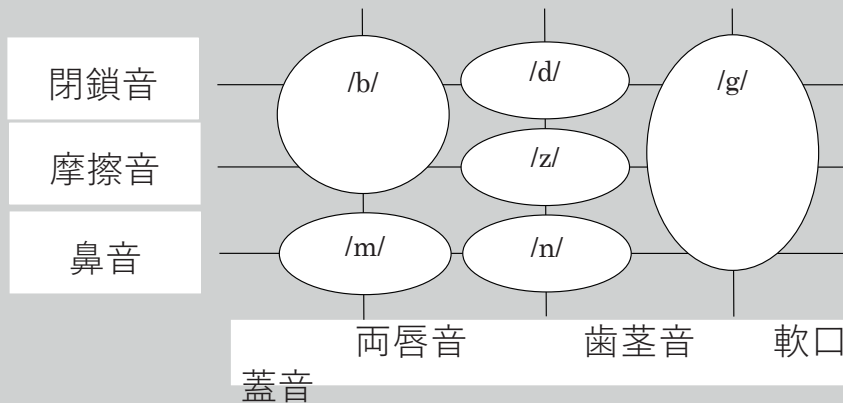


## /d/と/z/ではTACA値が大きく異なる



25

## 日本語の有声子音体系



音素の対立が多い位置では短いTACAで閉鎖が実現される（すばやく正確な調音）。一方、対立が少ない位置では、TACAが大ききな値をとらないと閉鎖が実現されない（なまけた調音）

⇒ *Principle of Sufficient Contrast* (Björn Lindblom)

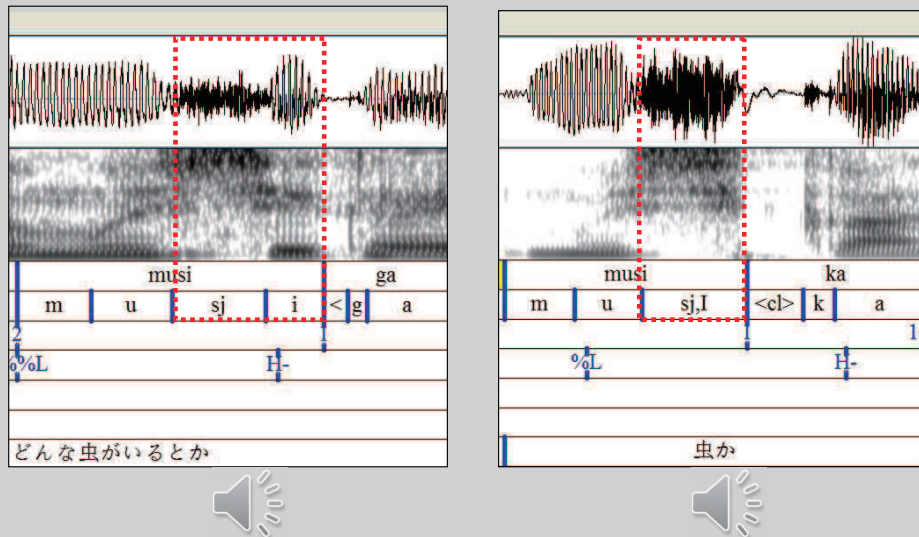
26

## /z, b, d, g/の変異に関する結論

- /z/の変異は音韻環境によって決定される条件異音ではなく、音声的な条件（TACA）によって定まる調音結合現象。
- /b, d, g/についても同様。
- ただし音韻体系の影響が皆無ではない。TACAと破擦調音、閉鎖調音との関係には音韻体系の影響がみてとれる

## 2. 母音の無声化

## 母音の無声化の例



29

## 母音の無声化

『日本語学大辞典』(2018)の音韻論の項に以下の記載がある

$\left[ \begin{array}{l} + \text{音節主音} \\ + \text{高} \end{array} \right] \rightarrow \left[ - \text{有声} \right] / \left[ \begin{array}{l} - \text{音節主音} \\ - \text{有声} \end{array} \right] \_ \left[ \begin{array}{l} - \text{音節主音} \\ - \text{有声} \end{array} \right]$

言うまでもなく、狭母音が無声子音間で無声化する条件異音現象を記述した音韻規則である

しかし実際の音声データを分析すれば、この規則の例外となるサンプルが大量にみつかると

30

C1: 先行子音  
C2: 後続子音  
C<sub>0</sub>: 無声子音  
C<sub>v</sub>: 有声子音

CSJ-Coreを用いて測定した日本語5母音の無声化率と前後の子音の関係

⇒ 典型的な環境でも確率1.0にはならず、非典型的な環境でも0.0にはならない

VOWEL	C1	C2	VOICED	DEVOICED	%DEVOICED
a	C <sub>0</sub>	C <sub>0</sub>	12214	262	2.10
	C <sub>0</sub>	C <sub>v</sub>	18570	92	0.49
	C <sub>v</sub>	C <sub>0</sub>	24943	481	1.89
	C <sub>v</sub>	C <sub>v</sub>	19867	29	0.15
e	C <sub>0</sub>	C <sub>0</sub>	5550	190	3.31
	C <sub>0</sub>	C <sub>v</sub>	10890	116	1.05
	C <sub>v</sub>	C <sub>0</sub>	11552	323	2.72
	C <sub>v</sub>	C <sub>v</sub>	11388	29	0.25
i	C <sub>0</sub>	C <sub>0</sub>	1475	12124	89.15
	C <sub>0</sub>	C <sub>v</sub>	10556	2219	17.37
	C <sub>v</sub>	C <sub>0</sub>	9200	126	1.35
	C <sub>v</sub>	C <sub>v</sub>	12072	133	1.09
o	C <sub>0</sub>	C <sub>0</sub>	12247	437	3.45
	C <sub>0</sub>	C <sub>v</sub>	19752	365	1.81
	C <sub>v</sub>	C <sub>0</sub>	14650	13	0.09
	C <sub>v</sub>	C <sub>v</sub>	16802	14	0.08
u	C <sub>0</sub>	C <sub>0</sub>	1732	9267	84.25
	C <sub>0</sub>	C <sub>v</sub>	11851	3133	20.91
	C <sub>v</sub>	C <sub>0</sub>	5562	127	2.23
	C <sub>v</sub>	C <sub>v</sub>	7748	61	0.78

Maekawa and Kikuchi (2005)

いわゆる典型的な無声化環境における/i/の無声化率を前後子音の組み合わせで検討

⇒ 環境に依存して確率変動

VOWEL	C1	C2	VOICED	DEVOICED	%DEVOICED
i	c	C	16	73	82.02
		H	35	7	16.67
		K	31	358	92.03
		P	7	44	86.27
		Q	16	16	50.00
		s	64	41	39.05
	h	t	32	181	84.98
		c	5	80	94.12
		h	22	9	29.03
		k	15	342	95.80
		Q	21	39	65.00
		s	11	3	21.43
	k	t	21	883	97.68
		c	19	62	76.54
h		167	65	28.02	
k		73	476	86.70	
Q		32	51	61.45	
s		144	262	64.53	
p	t	53	791	93.72	
	Q	118	9	7.09	
s	c	7	259	97.37	
	h	47	14	22.95	
	k	50	1102	95.66	
	Q	25	92	78.63	
	s	259	178	40.73	
	t	49	6507	99.25	
t	k	11	0	0.00	
	Q	13	0	0.00	

## 前後子音の調音様式との関係

/i/

		C2			
		Affricate	Fricative	Stop	
C1	Affricate	81.1	33.3	89.4	78.3
	Fricative	96.3	38.1	98.4	94.6
	Stop	80.2	51.5	89.3	77.3
		91.0	43.8	47.7	

/u/

		C2			
		Affricate	Fricative	Stop	
C1	Affricate	77.2	48.1	94.5	83.6
	Fricative	95.1	61.2	97.5	93.5
	Stop	80.8	74.0	80.1	77.1
		84.4	68.8	35.9	

F/A, F/S, A/Sが最も高く、F/F, A/Fが最も低い。

33

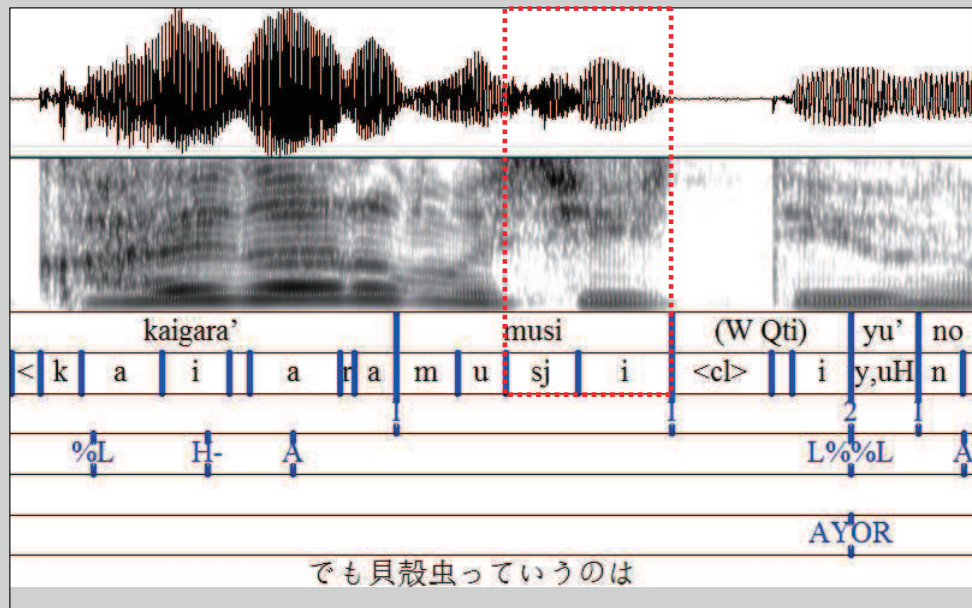
## 促音の影響

C1	C2 non /Q/			C2 /Q/		
	Voiced	Devoiced	%Devoiced	Voiced	Devoiced	%Devoiced
Affricate	454	2021	81.7	29	49	62.8
Fricative	860	14099	94.3	112	181	61.8
Stop	1464	4954	77.2	282	87	23.6

先行子音の調音様式によらず、後続子音が促音の場合には無声化率が顕著に低下する（/i/と/u/をプールして計算した結果）。

34

## 促音を含む例



35

## なぜ確率的な変動が生じるのか

- 日本語の狭母音の場合、母音が無声化しても、モーラ境界さえ知覚できれば、母音の情報は容易に推測できる
- F/F, A/Fに無声化が生じると摩擦音が隣接するために、モーラ境界を知覚しにくい
- 一方、F/A, F/S, A/Sでは、モーラ境界に摩擦ノイズと閉鎖調音に起因する無音区間が継起することでモーラ境界を知覚しやすい
- C2が促音であると（例「ピッチ」[p<sup>ht</sup>:ʃi]）、モーラ境界が2個連続して不明瞭化する
- モーラ境界知覚に困難が生じ易い場合は無声化を回避していると考えられる

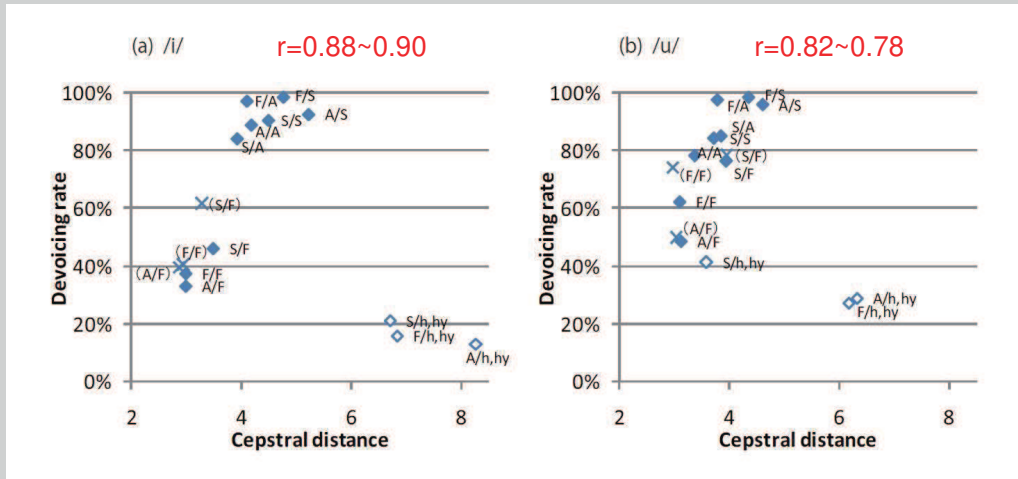
⇒ 仮説：無声化によって隣接する子音どうしの音響距離の大小が無声化確率の大小と相関する

36



# 隣接子音間の音響距離との関係

河津・前川 (2009)



- メルケプストラム, 16kHz/16bit, Hamming窓, フレーム長16ms, シフト幅8ms
- 後続子音が/h/以外では仮説が成立 (×は/h/を除外して計算)
- /h/は母音間で有声化することがあり、多くの場合無声子音ではない

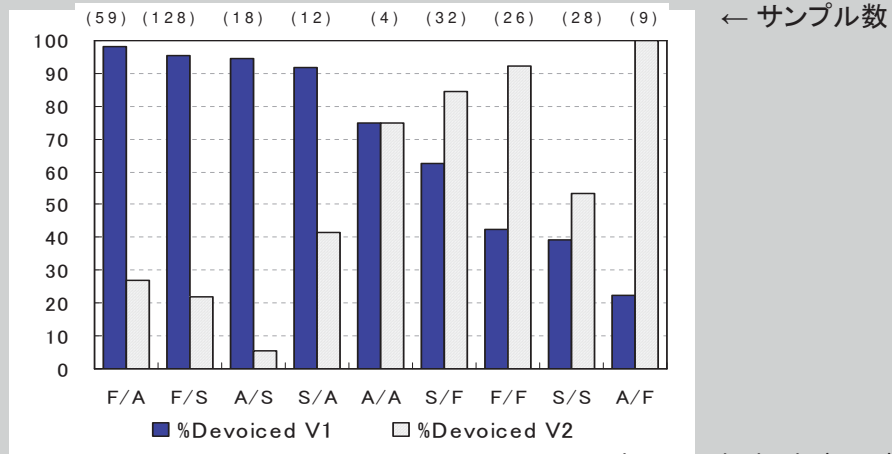
37

## 応用：母音無声化の連鎖

- 無声化の環境が連続することがある。  
「福助靴下」 /hukusu~~ke~~ku~~cu~~sita/  
「複式機器」 /hukusi~~ki~~ki/
- そのとき、すべての母音が無声化することは稀であり、無声化の連鎖が回避されると古くからいられている。
- 無声化回避の原則はなにか？

38

# CSJ-Coreの分析結果



Maekawa and Kikuchi (2005)

- “F”は無声摩擦音、“A”は無声破擦音、“S”は無声閉鎖音
- かなりの程度まで、先述の仮説による説明が可能と考えられる。

# 母音の無声化についての結論

- 母音の無声化は条件異音ではなく、調音結合現象（近接する音素間の相互作用によって生じる調音運動の変化）
- ただし知覚的要素が重要な役割を果たしている



Ecute大宮内の店舗  
2005年頃

### 3. 発話末撥音の調音位置 (To appear, ICPHS 2019)

## 発話末撥音の調音位置

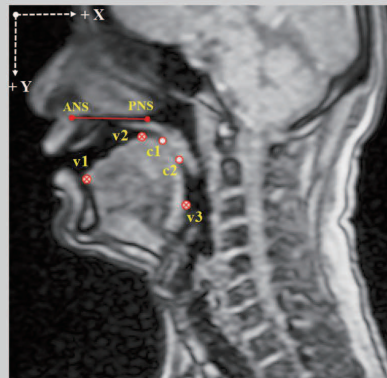
- 諸家の意見が一致しない  
口蓋垂鼻音[n] (川上1977, 猪塚・猪塚2003, Iwasaki 2013) とする記述が多いが, 軟口蓋[ŋ]との指摘もあり (Vance 2008)、鼻母音の可能性も指摘されている (前川2009)。また前舌母音の直後では軟口蓋、奥舌母音の直後では口蓋垂という下位区分を導入する説明もある (斎藤2006)
- 観測データの不在  
軟口蓋から咽頭にかけての調音は観測が困難  
X線マイクロビーム・EMA・WAVE等でも観測できない  
Cf. 吐師ほか(2004)

## 発話末撥音の調音位置

観測技術の進歩：リアルタイムMRI動画 (rtMRI)



rtMRI動画：14 frame/sec. で正中矢状面の動画を撮像。スライス厚は10mm

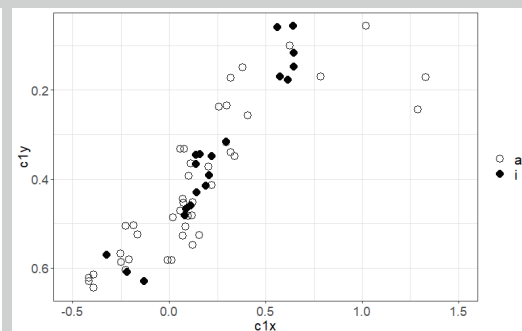
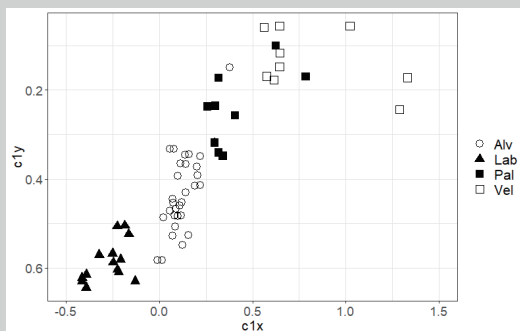


測定点：c1,c2は撥音に該当する子音の閉鎖の開始・終了点。v1,v2,v3は舌の先端、最高点、最奥点。ANS, PNSは前鼻棘と後鼻棘 **Maekawa (To appear)**

43

## 発話末撥音の調音位置

語中撥音（後続音が子音）のc1の分析

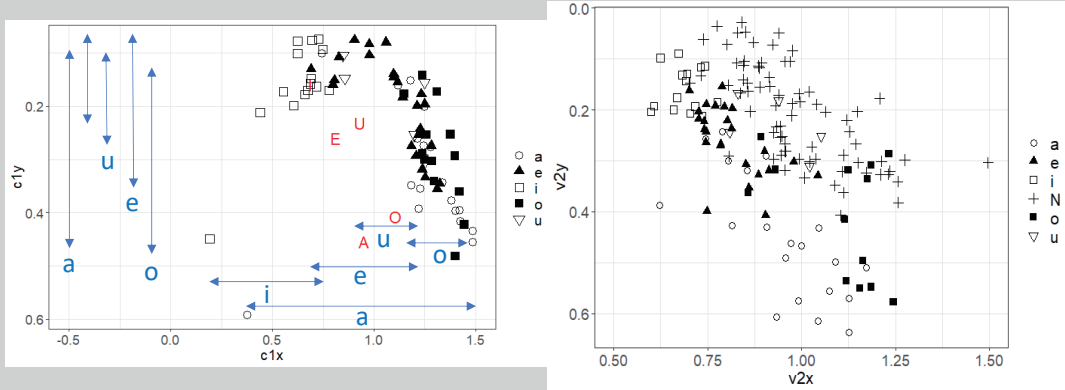


- 東京語男性話者3名のデータの声道サイズを正規化してプロット
- 後続子音の調音位置に従ってサンプルはほぼ完全に分離（左図）
- 先行母音の影響は観察されない（右図）
- 条件異音の必要条件は満たされている

44

# 発話末撥音の調音位置

発話末撥音のc1の分析

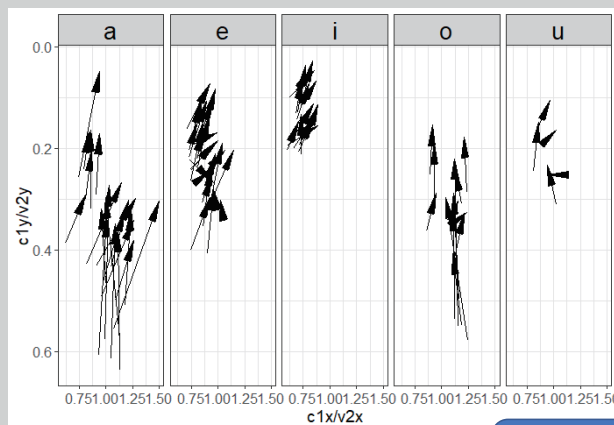


- 閉鎖は主に軟口蓋（含口蓋垂）に分布（左図）  
 ※赤い記号は先行母音のv2の平均値
- 先行母音の調音位置との間に明瞭な相関（右図）
- ただし先行母音別の/N/の分布には大幅な重複（左図青線）

45

# 発話末撥音の調音位置

先行母音のv2（最高点）から撥音のc1へのベクトル



- /i/, /u/ではほとんど移動がない
- /e/, /o/ではほぼ垂直に上昇
- /a/は垂直に上昇するグループと斜め後方に移動するグループに分かれる

先行母音からの移動量が最小となるような口蓋上の位置で閉鎖を形成しているらしい

46

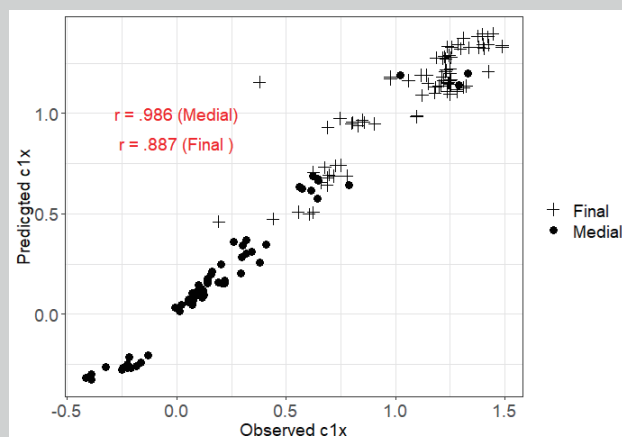
## 発話末撥音の調音位置

- 先行母音からの移動量が最小となるような口蓋上の位置で閉鎖を形成しているらしい
  - ⇒ [ŋ][ŋ̠][ŋ̟]などの記号を選択しているのではなく、数量計算をしている可能性が高い
- 実際、どの程度の予測が可能かGLMM（一般化線形混合効果モデル）で試してみる

47

## 発話末撥音の調音位置

先行母音（発話末の場合）、後続子音（語中の場合）を説明変数とし、話者と単語をランダム変数としたGLMMで撥音のc1を予測



- c1のX座標の観測値（横軸）と予測値（縦軸）の散布図
- 語中(medial)でも発話末(final)でも相関は非常に高い

48

## 発話末撥音の調音位置

### 現段階でのまとめ：

1. 発話末撥音子音の閉鎖位置には先行母音の強い影響が認められる
2. ただし条件異音とみるには、各母音に対応する撥音の分布の裾野が重なりすぎている
3. 先行母音の種別情報が与えられ、ランダム効果として話者と単語の情報が与えられれば、高い精度で撥音の閉鎖位置（観測値）を予測できる
4. 条件異音ではなく調音結合と考えるのが自然

49

## 補遺：語中撥音の分析

先にみたように語中撥音の調音位置は後続子音に従って、カテゴリーカルなグルーピングを示していた。その点で条件異音としての必要条件を満たしている。しかし同時に、調音結合（音声実現規則）による説明も可能である。語中撥音を調音結合で説明するとすれば、以下のようになる。

50

## 補遺：語中撥音の分析

1. 撥音は長子音(long consonant)として調音され、その前半部分が鼻音化される。
2. その証拠として、ラ行子音直前の撥音では、撥音に該当する時間区分の冒頭において、すでに弾き音のためのそり舌調音が実現されていることが挙げられる（/N/ → [n] / \_\_/r/)ではない）。
3. また子音/h/（ハヘホに生じる[h]ないし[x]）が鼻母音として実現されることも、証拠であると考えられる。
- 4.

51

## 4. イ段モーラ子音の硬口蓋化 (一部未発表)

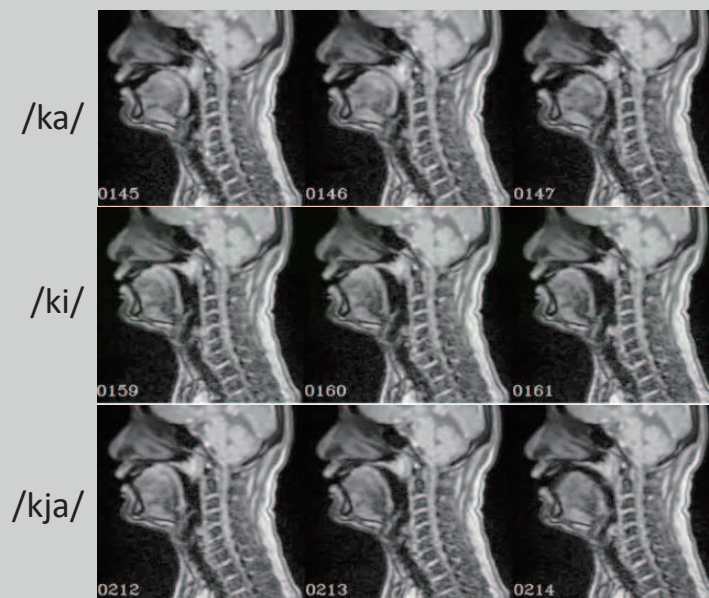


## イ段モーラ子音の口蓋化

- 日本語の子音は（外来音を例外として）母音/i/と結合すると硬口蓋化される
- 諸家の意見は一致
- しかし観測データは僅少
- やはりrtMRIによる観測が有効と考えられる
- とりあえずデータがとれるようになった段階

53

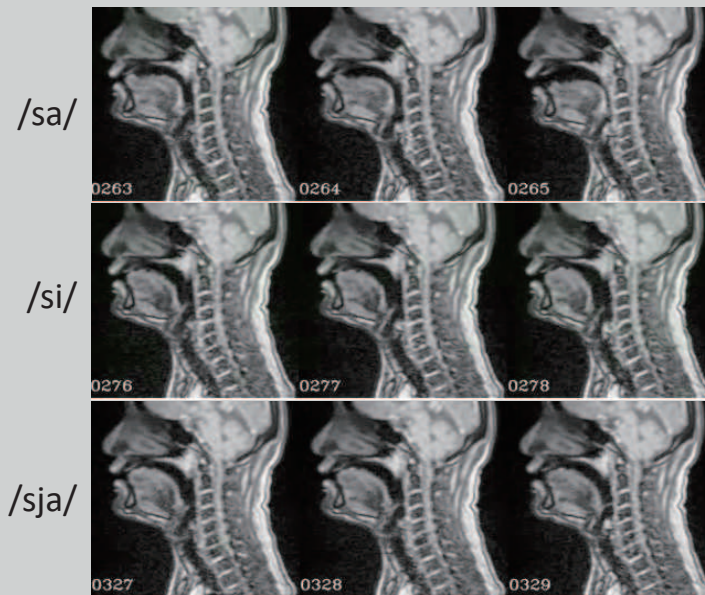
## イ段モーラ子音の口蓋化



子音閉鎖開放（右端）までの連続する3フレーム（約70ms間隔）  
イ段の子音が拗音に類似していることがわかる

54

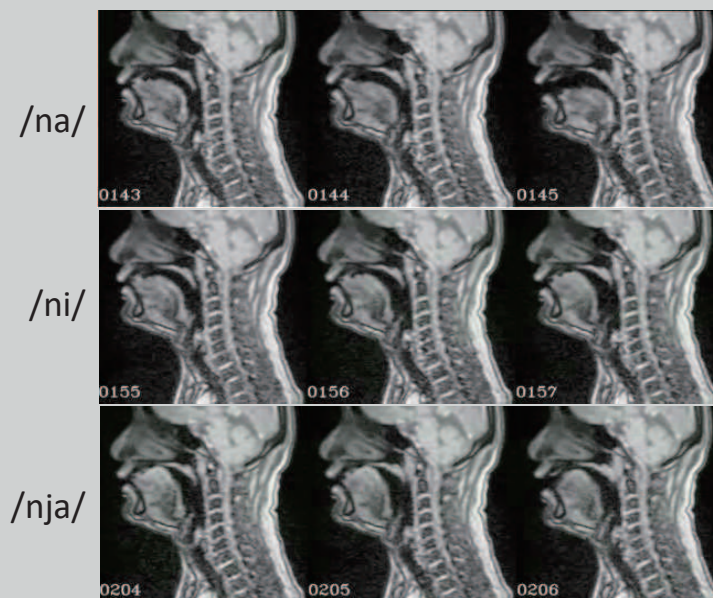
## イ段モーラ子音の口蓋化



子音閉鎖開放（右端）までの連続する3フレーム（約70ms間隔）  
イ段の子音が拗音に類似していることがわかる

55

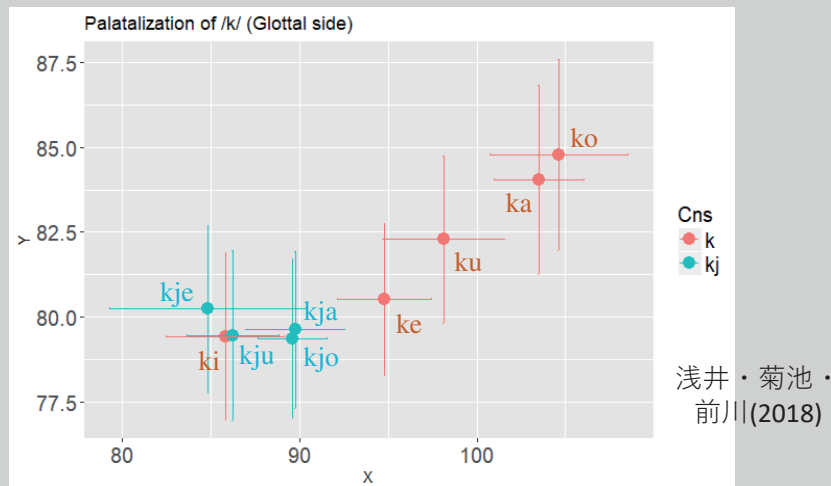
## イ段モーラ子音の口蓋化



子音閉鎖開放（右端）までの連続する3フレーム（約70ms間隔）  
イ段の子音が拗音に類似していることがわかる

56

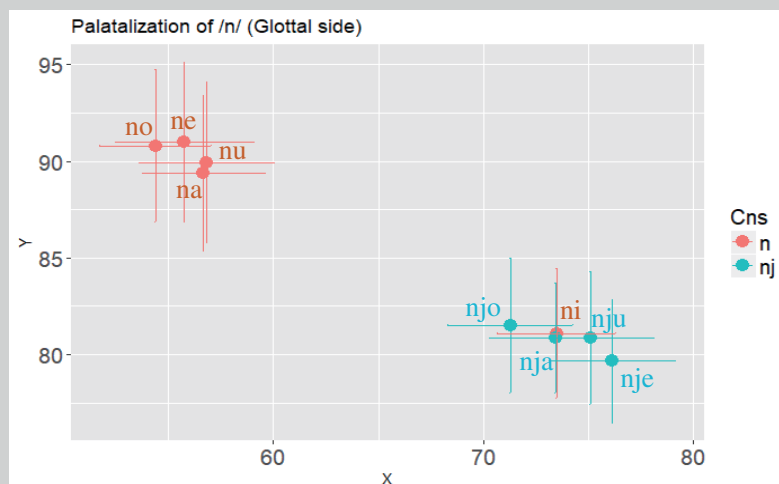
## イ段モーラ子音の口蓋化



- カ行子音のc2平均値散布図。話者男性6名。エラーバーは標準誤差
- /ki/の子音が拗音と同じグループに属するのは従来の予想どおり
- /ke/の子音が拗音と直音の間に位置しているのが注目される

57

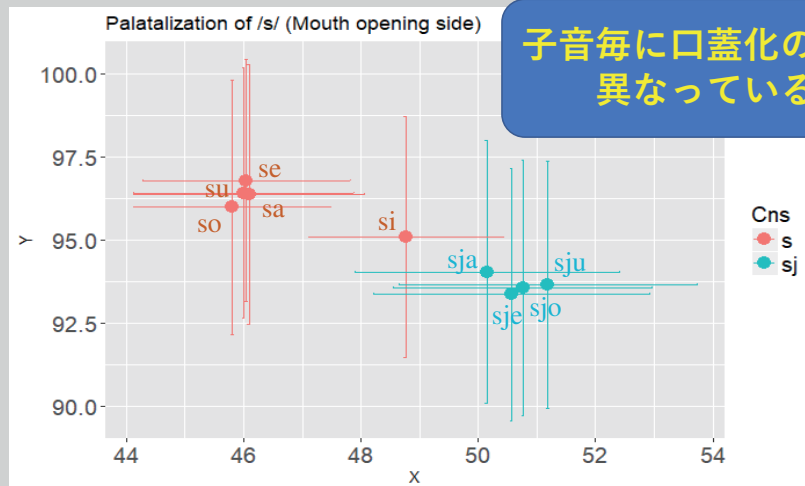
## イ段モーラ子音の口蓋化 (未発表)



- ナ行モーラ子音のc2平均値散布図
- /ni/の子音が拗音と同じグループに属するのは従来の予想どおり
- /ne/の子音も明らかに直音グループに属している

58

## イ段モーラ子音の口蓋化（未発表）



- サ行モーラ子音のc2平均値散布図
- 直音と拗音のグループは明瞭に分離される。しかし、
- /si/の子音が拗音と直音の中間に位置している

59

## 5. アクセント句頭のピッチ上昇

## アクセント句(AP)

- アクセント句：日本語イントネーション記述の基本単位

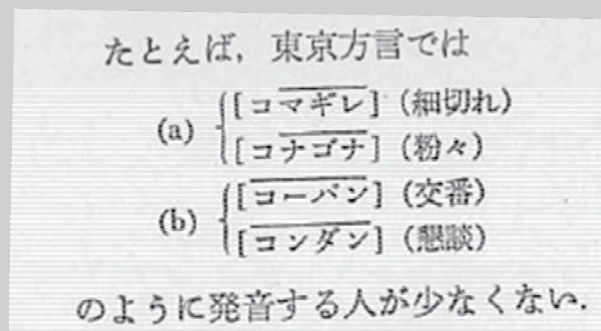
川上 夔	「句」
服部 四郎	「アクセント素」
McCawley, Poser	“minor phrase”
Beckman & Pierrehumbert	“accentual phrase”

- 共通した定義： 句頭でのピッチ上昇
- 共通しない定義： 複数のアクセント核の許容

61

## 句頭のピッチ上昇 前川 (2018)

- 句頭のピッチ上昇と句頭音節の音節構造との相関
- 服部(1955)「音韻論からみた国語のアクセント」



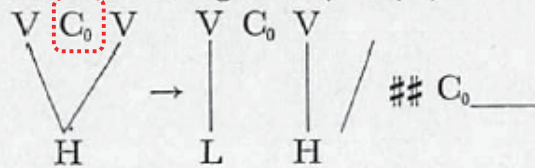
- 長母音や撥音を含む重たい音節 (sonorantな重音節) が句頭にあるとピッチ上昇が消えるか著しく弱化する

62

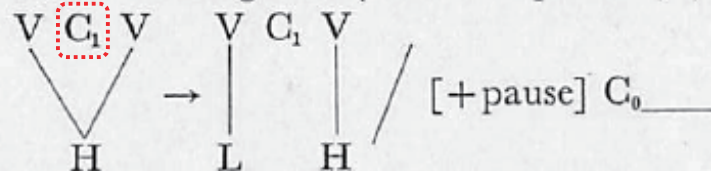
## 問題のありか

- 服部による指摘はその後、内外の研究に広く受容
- Haraguchi (1977)における処理

(18) *Initial Lowering Rule* (Tôkyô):



(41) *Initial Lowering Rule* (for some speakers) (Tôkyô):



63

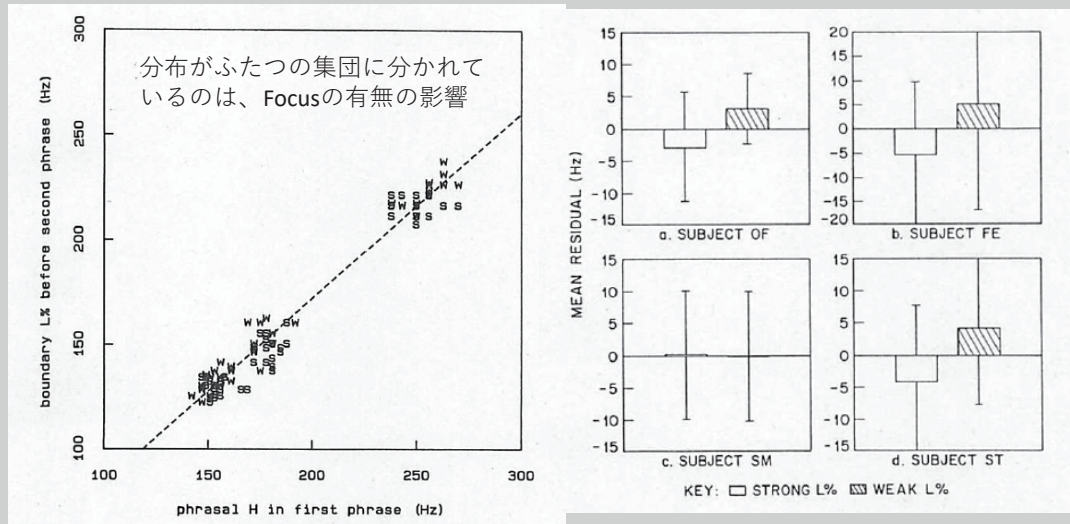
## 問題のありか

- Haraguchi (1977)の処理は音韻の書き換え H->L
- Pierrehumbert & Beckman (1988)はこれを批判
  - 音韻の書き換えではなく、同一音素(L)の条件による異音
  - つまり条件異音
  - 音韻の操作ではなくなったが、依然カテゴリーカル

64



## P&Bによる分析



横軸の同じ位置においては、Strong L (“s”)の方が weak L (“w”)よりも低い値をとる

全体の回帰直線への平均残差は strong L が負の値、weak L が正の値をとる

65

## P&Bによる分析の問題点

- 句頭のFo上昇量が句頭音節の特性によって変化することは確実
- しかしそれがただちに異音変異(allophonic variation)であるとは限らない
- 句頭音節を、sonorantな重音節とそれ以外の二種類にしか分類していないので、連続的な変化が明瞭な変異に見えているだけかもしれない
- 音節をより細かく分類した場合にも明瞭な変化が観察されるかを確認する必要がある
- 平均残差の符号の比較という間接的な手法ではなく、大量のデータを使って直接的に上昇量を比較することが望まれる

66

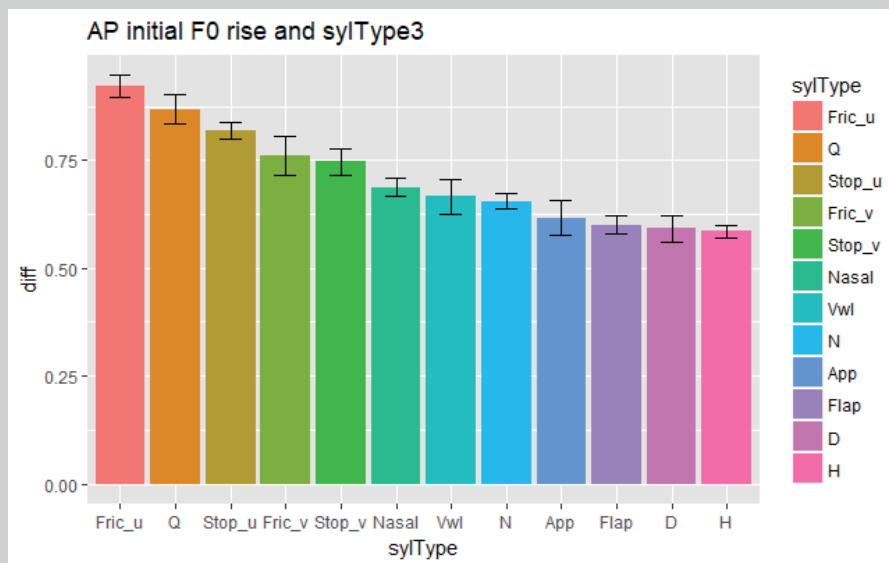
## 軽音節の細分化

記号	説明	該当するAPの例	N
Q	促音	発表します／実験を通して	1,787
N	撥音	音楽を／弁別が	3,965
H	長母音	乳児が／報告が	4,944
D	二重母音	海外の／対象とした	1,171
Vwl	母音連鎖	変えた／ニオクターブ	857
App	接近音	では／というより	877
Nasal	鼻音	どのように／つまり	3,560
Fric_u	無声摩擦音・無声破擦音	一段階の／マスキング用の	3,194
Fric_v	有声摩擦音・有声破擦音	気づいて／馴染みがあると	939
Stop_u	無声閉鎖音	聞き分けに／求めました	5,657
Stop_v	有声閉鎖音	普段から／全ての	1,794
Flap	弾き音	あるいは／彼らは	3,483

- 軽音節を細分化
- 主に第2モーラの頭子音の特性によって分類
- 第2モーラが母音モーラの場合は一括

67

## 細分化の結果

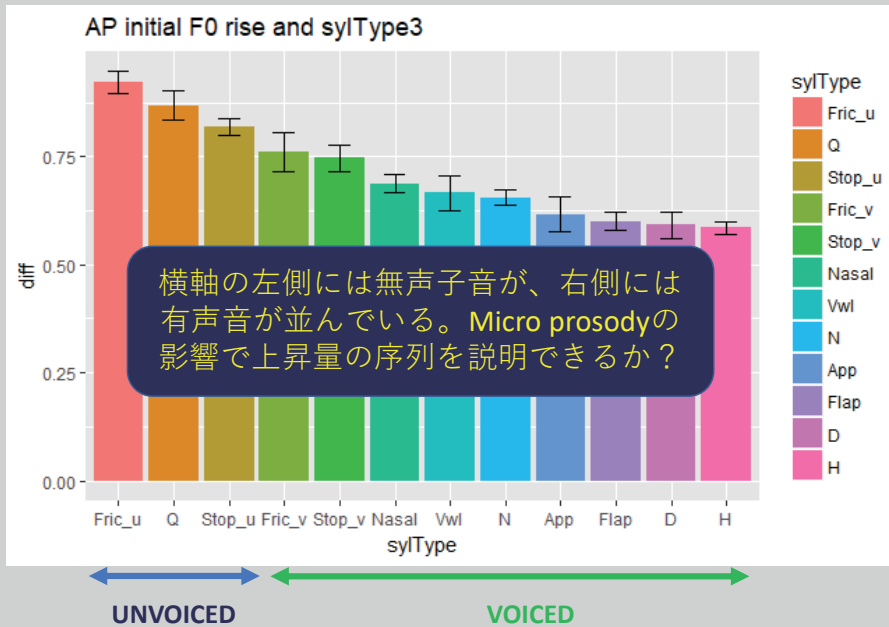


- やはり急峻な変化はどこにも生じていない

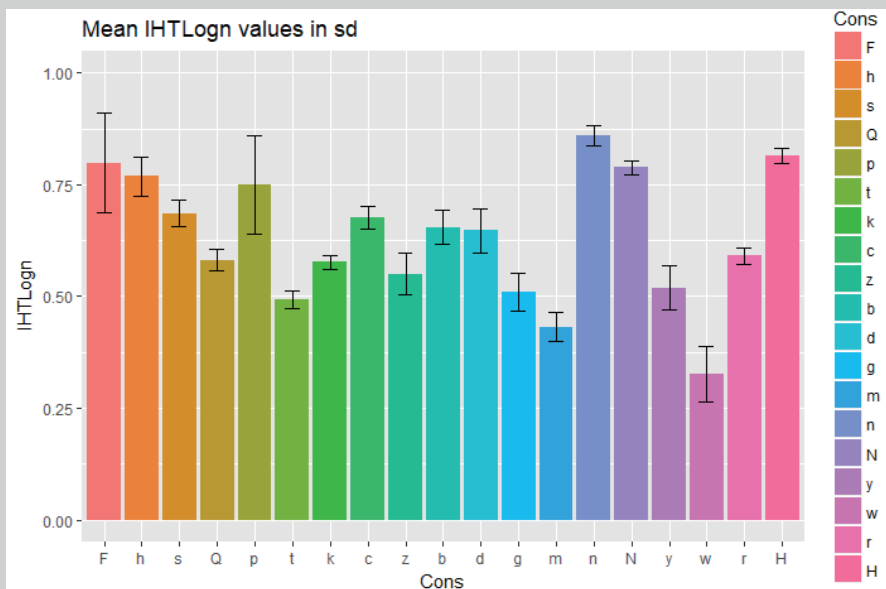
68



# Micro prosody?

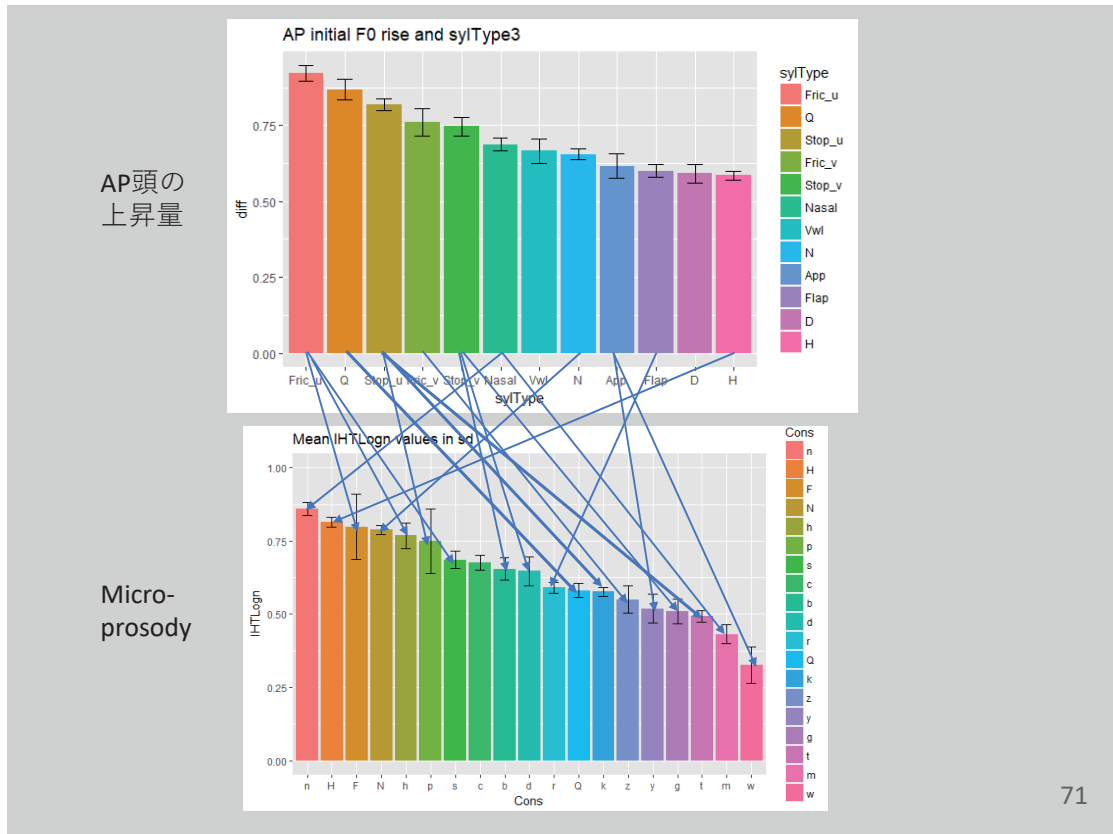


69

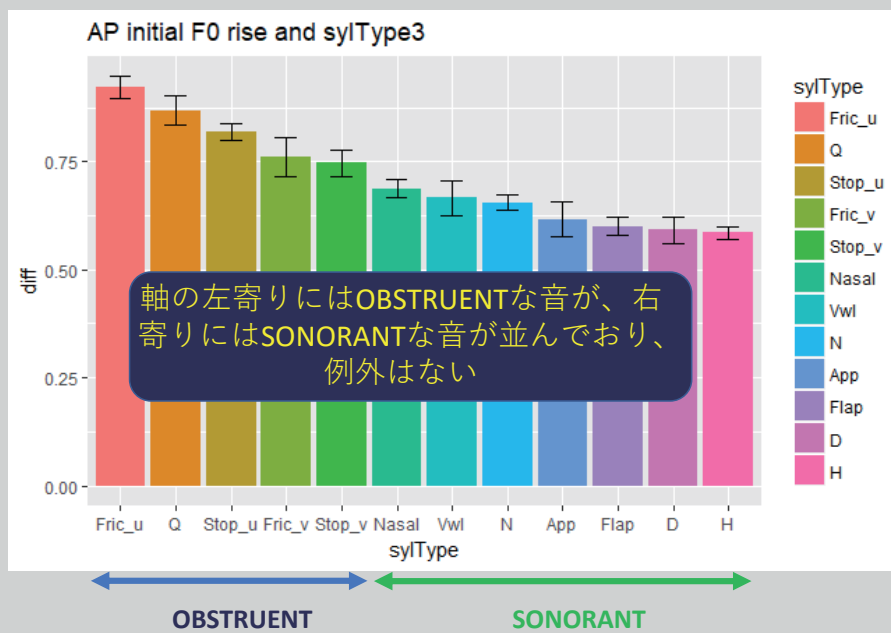


- 第2モーラの子音ごとにIHT(H-)の平均値を計算、前図と同じ順に子音を配置
- 直前のILT(%L)の平均値はほぼ0.0なので、これが子音毎の上昇量と見てよい
- 前図に見られた右下がりの傾向は観察されない
- Micro prosodyによる説明は困難

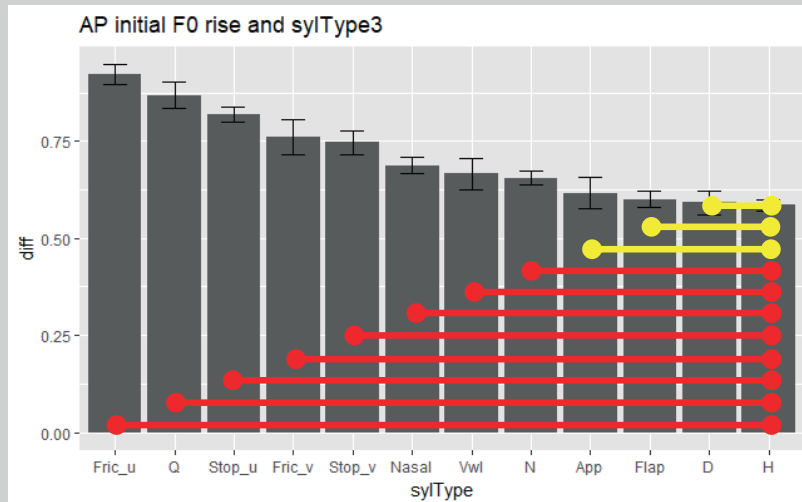
70



## 障害性と共鳴性



しかし阻害音と共鳴音のクラス間に有意差があるわけではない：H（長母音）



- 赤い線で結ばれた対には5%水準の有意差あり (Tukey法で下位検定)
- 黄色の線は有意差無し
  - ⇒ 長母音と弾き音・接近音の間には有意差無し
  - ⇒ 長母音と撥音の間には有意差有り

73

## では何が問題なのか？

- おそらく、アクセント句の第1・第2モーラ境界の音声学的な明瞭性の問題
- ピッチは基本的に第1モーラから第2モーラにかけて上昇
- 境界の明瞭性と上昇量が相関する調音結合の可能性
  - 長母音は明瞭性が皆無
  - 二重母音・弾き音・接近音・撥音などは不明瞭
  - モーラ境界に阻害音があれば。共鳴音よりも明瞭
  - 無声阻害音は有声阻害音よりも明瞭
  - 摩擦音は閉鎖音よりも明瞭 (Sonorityとの相違点)

74

## 暫定的なまとめ

- アクセント句頭のピッチ上昇はHaraguchiが提案したようなtoneの書き換えでもなければ、P&Bが提案したような条件異音でもない
- 句頭のピッチ上昇量は句頭2モーラ間の境界の音声学的明瞭性と相関した連続的変化であり、調音結合現象として説明すべき現象と思われる。
- ただし、何故そのような調音結合が生じるのかを説明するアイデアが見つからない 😞

75

## III. 議論と結論

## 議論と結論 1/3

- 今回検討した5種類の「条件異音」現象のうち、条件異音の必要条件を満たすと一応判断できたのはイ段子音の口蓋化と語中の撥音だけ
- 他の現象は、定量的に分析すると、離散性を認めることが困難で、むしろ調音結合現象とみなすのが自然
- 更に分析対象を拡大する必要があるが、真正な条件異音は従来考えられてきたよりもはるかに少ないと推測される（ひょっとすると条件異音という概念を全廃できるかもしれない！）
- いずれにせよ、現在の音韻論は、本来の守備範囲（記号操作）を越えて不当に拡張されており、これをスリム化する必要がある

77

## 議論と結論 2/3

- 一方、音声学の守備範囲は拡張する必要がある。ただし調音結合に音韻体系の影響や聴きとりやすさへの配慮が関係していたことからわかるように、音声学も純粹に物理・生理的な過程ではなく、言語依存の認知的プロセスである
- また、これを日本語だけの問題と考える必然性はない。英語のdark vs. clear /l/ なども条件異音ではないとみなす分析がある。Cf. Sproat and Fujimura 1993
- 認知的な音声学の体系を構築することが今後の音声学の重要な課題である。Articulatory phonology (Browman and Goldstein 1989), Window model (Keating 1990), C/D model (Fujimura 1992) などの、いわゆる音声実現規則に関わる研究の一層の発展が期待される

78

## 議論と結論 3/3

- 音韻論と音声学の関係を再考するにあたっては、両者の守備範囲だけでなく、両者の順序関係も再考する必要があるのではないか
- 従来、音声生成過程では、記号操作（音韻論）が時間的に先行して始まり、その後に音声実現過程が続くと考えられてきているが、そのような線型順序を保持したモデル（情報が一方にだけ流れるモデル）で、今日紹介したような音声現象を説明するのは相当困難に思われる
- 発話中で時間的に先行して実現された音声の特性が、それに続く音韻操作に影響を及ぼすようなモデルを考えることは、音声科学的には全然ナンセンスではない

79

## References

- Lindblom, Björn (1998) "Explaining phonetic variation: A sketch of H&H theory." In W. J. Hardcastle and A. Marchal (eds.) *Speech production and speech modelling*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Browman, C. P. and L. M. Goldstein (1986) "Towards an articulatory phonology." *Phonology Yearbook*, 3, pp. 219-252.
- Fujimura, Osamu (1992) "Phonology and phonetics — A syllable-based model of articulatory organization. *J. Acoust. Soc. Jpn. (E)*, 13 (1), pp. 39-48.
- Haraguchi, Shosuke (1977). *The Tone Pattern of Japanese: An Autosegmental Theory of Tonology*. Tokyo: Kaitakusha.
- Iwasaki, Shoichi (2013) *Japanese*. Revised ed. Amsterdam: John Benjamin.
- Keating, Patricia (1990) "The window model of coarticulation: Articulatory evidence." In Kingston & Beckman (eds.) *Papers in Laboratory Phonology*. Cambridge Univ. Press, pp. 451-470.
- Maekawa, K. (1989) "Statistical tests for the study of vowel merger". *Quantitative Linguistics*, 39, pp.200-219.
- Maekawa, K. (2010) "Coarticulatory reinterpretation of allophonic variation: Corpus-based analysis of /z/ in spontaneous Japanese". *Journal of Phonetics*, 38 (3), pp.360-374.
- Maekawa, K. (To appear). A real-time MRI study of Japanese moraic nasal in utterance-final position. Proc. ICPHS 2019.

80

## References

- Maekawa, K. and Takayuki Kagomiya (2000) "Influence of paralinguistic information on segmental articulation". *Proc. ICSLP2000*, Beijing, 3, pp.349-352.
- Maekawa, K. and Hideaki Kikuchi (2005) "Corpus-based analysis of vowel devoicing in spontaneous Japanese: an interim report". In J. van de Weijer, K. Nanjo, and T. Nishihara, eds., *Voicing in Japanese*, Mouton de Gruyter, pp.205-228.
- Maekawa, K., Hanae Koiso, Sadaoki Furui and Hitoshi Isahara (2000) "Spontaneous speech corpus of Japanese". *Proc. 2<sup>nd</sup> LREC*, Athens, pp.947-952.
- Pierrehumbert, J. and M. Beckman (1988). *Japanese Tone Structure*. MIT Press.
- Sankoff, David and William Labov (1979). "On the use of variable rules". *Language in Society*, 8 (2), pp. 189-222.
- Sproat, Richard and Osamu Fujimura (1993) "Allophonic variation in English /l/ and its implications for phonetic implementation". *Journal of Phonetics*, 21, 291-311.
- Vance, Timothy (1987). *An introduction to Japanese phonology*. Albany: SUNY Press.
- Vance, Timothy (2008). *The Sounds of Japanese*. Cambridge Univ. Press.
- 浅井拓也・菊池英明・前川喜久雄 (2018) 「調音運動動画アノテーションシステムの開発と応用」日本音声学会第32回全国大会予稿集, pp.201-206.
- 天沼寧・大坪一夫・水谷修(1978)『日本語音声学』くろしお出版.
- 猪塚元・猪塚恵美子(2003)『日本語の音声入門 解説と演習』(全面改訂版 日本語教師トレーニングマニュアル) バベルプレス.

81

## References

- 川上夔(1977)『日本語音声学概説』桜楓社.
- 河津宏美,前川喜久雄 (2009).「子音の調音様式が母音の無声化におよぼす影響 — 『日本語話し言葉コーパス』 の分析一,日本音響学会2009年春季研究発表会講演論文集,pp.443-444.
- 斎藤純男(2006)『日本語音声学入門【改訂版】』三省堂.
- 日本語学会編(2018)『日本語学大辞典』東京堂出版.
- 吐師道子・小玉明菜・三浦貴生・大門太郎・高倉祐樹・林良子(2003)「日本語語尾撥音の調音実体：X線マイクロビーム日本語発音データベースを用いて」音声研究, 18 (2), pp. 95-105.
- 服部四郎(1950)「国語の音韻体系」服部(1979) 所載。
- 服部四郎(1951)『音声学』岩波書店.
- 服部四郎 (1955)「音韻論から見た国語のアクセント」国語研究, 2.
- 服部四郎(1979)『音韻論と正書法』大修館.
- 前川喜久雄 (1983)「共通語における母音の無声化の確率について」, *Gengono Sekai*, 1(2).
- 前川喜久雄(1984)「母音の合一と混同の理論 - 津軽, 出雲方言を例として -」*計量国語学*, 14(4), pp.149-162.
- 前川喜久雄 (1989)「母音の無声化」, 講座日本語と日本語教育 2 日本語の音声・音韻, 明治書院, pp.135-153.

82



## References

- 前川喜久雄 (2009) 「日本語音声学」 今泉 (編) 『言語聴覚士のための基礎知識 音声学・言語学』 pp. 61-75, 医学書院.
- 前川喜久雄(2010) 「日本語有声破裂音における閉鎖調音の弱化」 音声研究, 14 (2), pp.1-15.
- 前川喜久雄(2018) 「アクセント句頭のFo上昇は条件異音ではない」 日本音声学 会第32回全国大会予稿集, pp.78-83.
- 前川喜久雄・能田由紀子・北村達也・竹本浩典・石本祐一(2018) 「日本語撥音 の調音音声学的記述の精緻化：rtMRIデータによる試み」 日本音響学会2018 年春季研究発表会講演論文集, pp.1247-1248.
- 森大毅・前川喜久雄・粕谷英樹 (2014) 『音声は何を伝えているか：感情・パラ 言語情報・個人性の音声科学』 (日本音響学会編 音響サイエンスシリーズ 12) コロナ社.

## 講演 2

東外大国際日本学研究所講演会  
リアルタイムMRI動画による音声研究の可能性  
(2019.11.08 於東京外国語大学)



# リアルタイムMRI動画データ ベースによる日本語調音音声学 の再構築

人間文化研究機構国立国語研究所 &  
東京外国語大学大学院国際日本学研究所  
前川 喜久雄

## 調音音声学の方法

- ▶ 音声器官（唇・舌・口蓋・喉頭・声帯など）は人種を問わず全人類に共通
  - ⇒ 音声器官の形状と運動を観察することで音声を分類できる
  - ⇒ 音声学（調音音声学）

87

## 科学としての調音音声学の根本問題

- ▶ 音声器官の大部分は外部から直接観察できない
- ▶ 声道の奥（喉頭より）にいくほど困難
- ▶ 研究者間で意見が対立したらどうなるか？
- ▶ 音響的な分析で解決できることもあるが常にではない
- ▶ 結局、声大きい方が有利ということになりかねない

88

## 客観的観測手段の開発

- ▶ エックス線写真 1930年代～
- ▶ エックス線映画 1960年代～
- ▶ エックス線マイクロビーム装置 1970年代～
- ▶ EMA装置（電磁誘導による観察） 1980年代～
- ▶ 超音波断層撮影 1990年代～

89

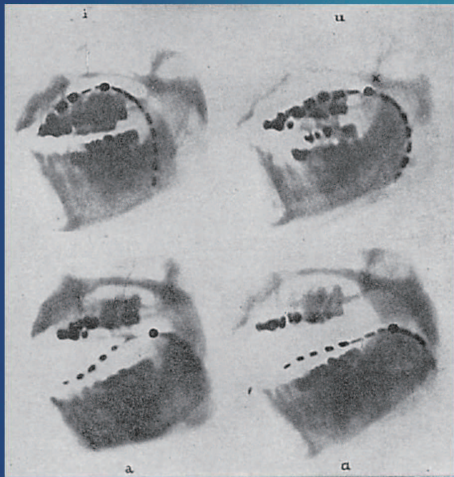
## 客観的観測手段の開発

- ▶ エックス線写真 1930年代～
- ▶ エックス線映画 1960年代～
- ▶ エックス線マイクロビーム装置 1970年代～
- ▶ EMA装置（電磁誘導による観察） 1980年代～
- ▶ 超音波断層撮影 1990年代～

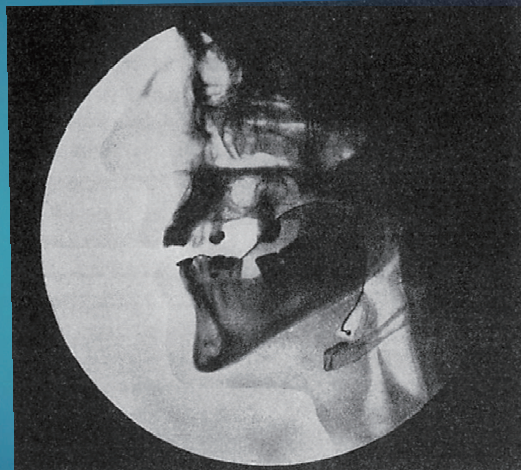
90



## エックス線写真



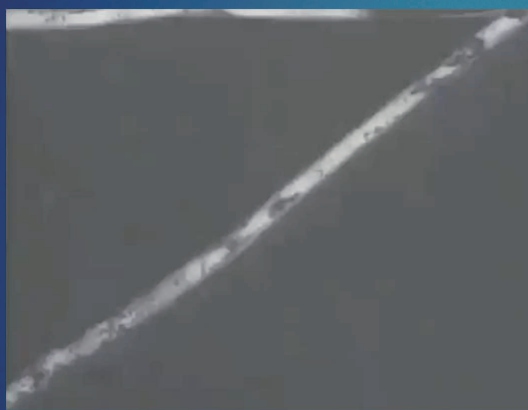
1918年にロンドン大学の S. Jones  
が発表した舌の輪郭



1942年に東京外国語学校の千葉勉と梶  
山正登が発表した声道全体のX線写真

91

## エックス線映画



1962年に K. Stevens (MIT) がストック  
ホルムで撮影したX線映画

製作  
国立国語研究所  
話しことば研究室実験室  
Produced by  
the Speech Laboratory  
of  
the National Language Research Institute

1965年に国立国語研究所が撮影した日  
本語のX線映画

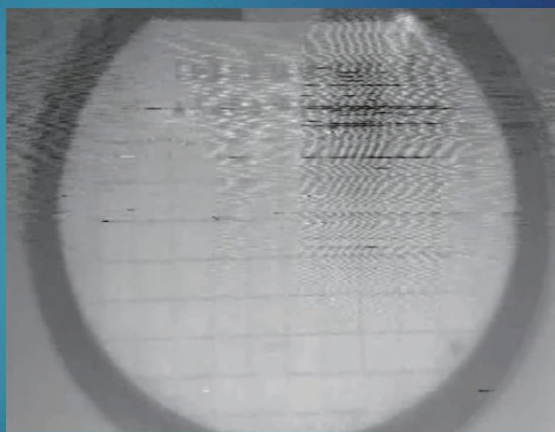
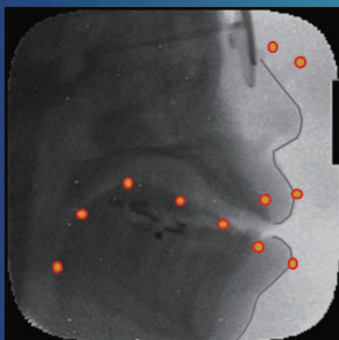
92

## 客観的観測手段の開発

- |                    |         |         |
|--------------------|---------|---------|
| ▶ エックス線写真          | 1930年代～ | 被曝の問題あり |
| ▶ エックス線映画          | 1960年代～ |         |
| ▶ エックス線マイクロビーム装置   | 1970年代～ |         |
| ▶ EMA装置（電磁誘導による観察） | 1980年代～ |         |
| ▶ 超音波断層撮影          | 1990年代～ |         |

93

## エックス線マイクロビーム装置



1970年前後に東大医学部音声言語医学研究施設が開発したX線マイクロビーム装置。舌や唇の表面に接着した微小な金属球の位置を髪の毛よりも細く絞ったX線で予測して追跡し、記録する。被曝量は劇的に軽減されるが、点の情報しか得られない（資料提供：今川博氏・本多清志氏）

94



## 客観的観測手段の開発

- |                     |         |         |
|---------------------|---------|---------|
| ▶ エックス線写真           | 1930年代～ | 被曝の問題あり |
| ▶ エックス線映画           | 1960年代～ |         |
| ▶ エックス線マイクロビーム装置    | 1970年代～ | 点の情報のみ  |
| ▶ EMA 装置（電磁誘導による観察） | 1980年代～ |         |
| ▶ 超音波断層撮影           | 1990年代～ |         |

95

## 超音波断層撮影



超音波が筋肉は通過し、骨には吸収され、空気との境界面で反射される性質を利用したイメージング技術。舌の全体形状が観察できる

資料は <https://www.youtube.com/watch?v=SMF62sWmR0w>より引用

96



## 客観的観測手段の開発

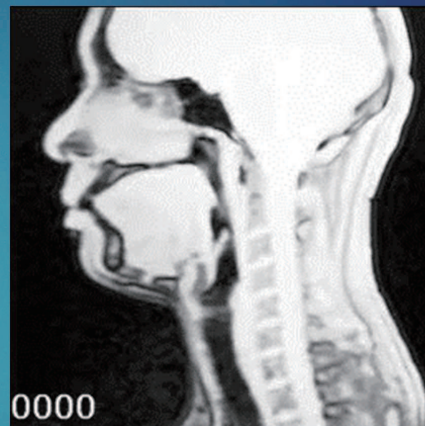
- |                    |         |          |
|--------------------|---------|----------|
| ▶ エックス線写真          | 1930年代～ | 被曝の問題あり  |
| ▶ エックス線映画          | 1960年代～ |          |
| ▶ エックス線マイクロビーム装置   | 1970年代～ | 点の情報のみ   |
| ▶ EMA装置（電磁誘導による観察） | 1980年代～ |          |
| ▶ 超音波断層撮影          | 1990年代～ | 舌輪郭の情報のみ |



- **リアルタイムMRI 動画** 2010年代～ 被曝無し  
音声器官の全体像

97

## リアルタイムMRI 動画



- 正中矢状断面の画像を毎秒14～25フレームで撮像
- 最大で37秒の連続発話を撮像可能
- 画像の質をおとせば毎秒50～80フレームの撮像も可能
- 「喉の奥」まで鮮明な空間情報がえられる
- 音声学者にとって夢のデータ  
⇒ 「みてきたような〇〇」かどうかを検証可能

98

リアルタイムMRIデータを用いた  
「見てきたような○○」の検討  
－撥音とラ行子音－

日本語撥音の調音位置



## 日本語の撥音：「ん」

- ▶ かならず鼻音
- ▶ 直後に子音があると、その子音と同じ場所で調音される（逆行同化）

### ■ 語中の撥音の場合

「幹部」 ka\_bu 直後が両唇音/b/ ⇒ 「ん」も唇鼻音の[m]

「簡単」 ka\_tan 直後が歯茎音/t/ ⇒ 「ん」も歯茎鼻音の[n]

「冠婚」 ka\_kon 直後が軟口蓋音/k/ ⇒ 「ん」も軟口蓋鼻音の[ŋ]

### ■ 語末の撥音の場合

「ミカン」 mika\_ 直後はポーズ（無音）⇒ 「ん」は口蓋垂鼻音の[N]

服部四郎『音声学』岩波書店, 1951=1981.

川上素『日本語音声概説』桜楓社, 1977.

T. Vance *The Sounds of Japanese*. Cambridge Univ. Press, 2008.

101



「幹部」



「簡単」

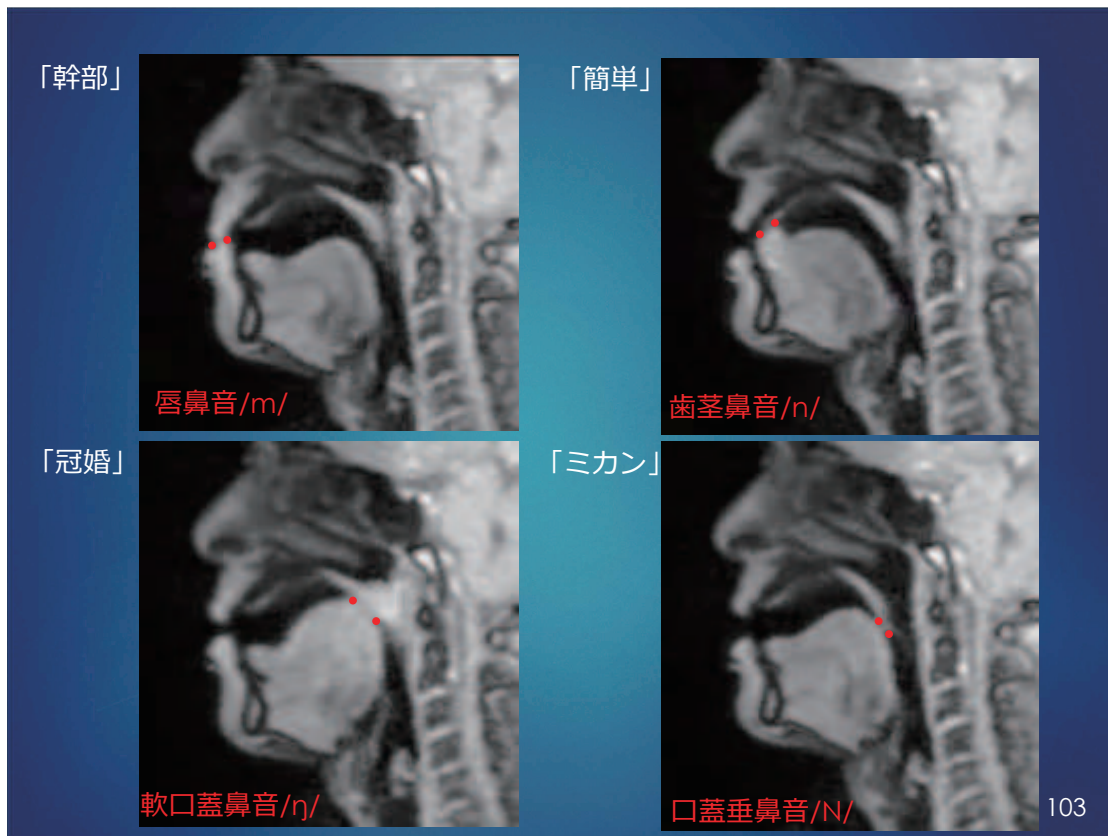


「冠婚」

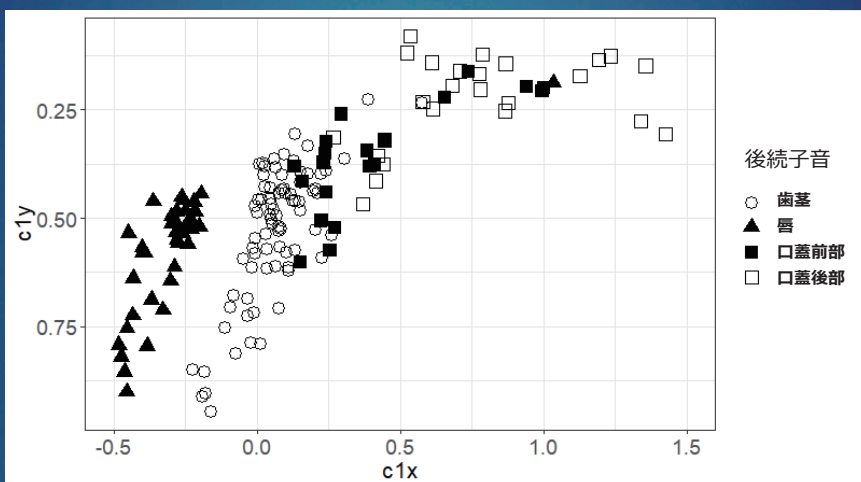


「ミカン」

102

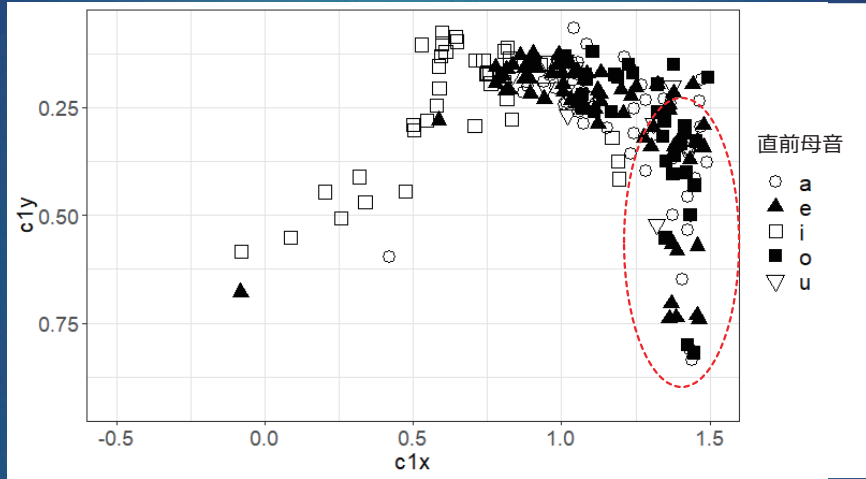


## 語中の撥音（話者7名）



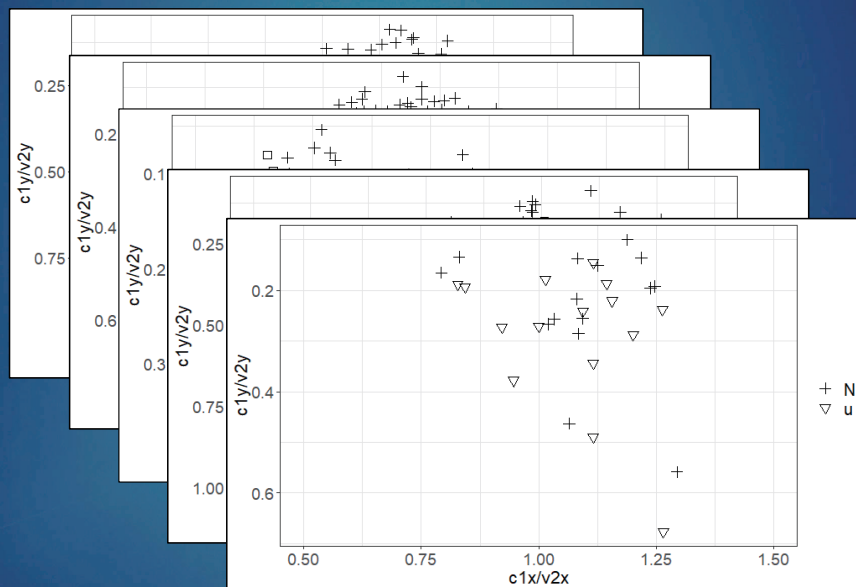
従来言われてきたように、後続子音ごとに調音の位置が変化しており、唇から軟口蓋にかけて分布している

## 語末の撥音（話者7名）

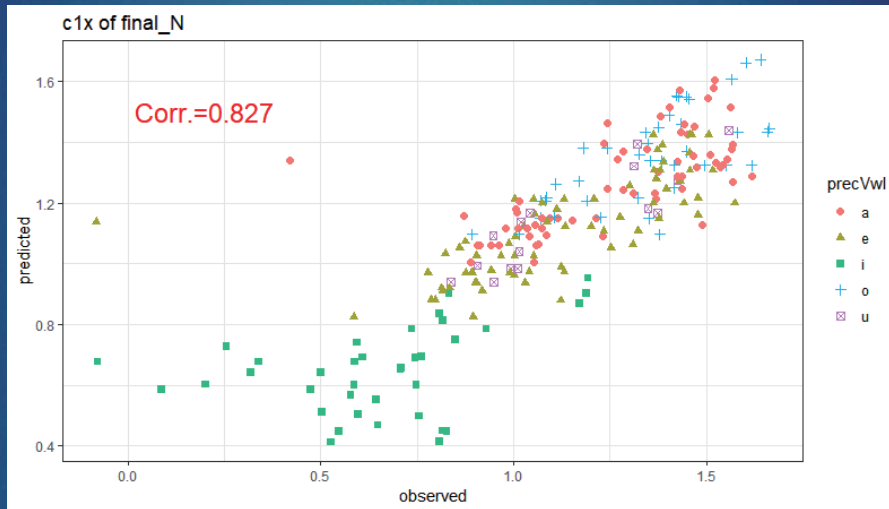


口蓋垂鼻音（赤い楕円）もあるが、それだけではない  
直前の母音によって位置が変化しているように見える

## 語末の撥音（先行母音ごとの散布図）



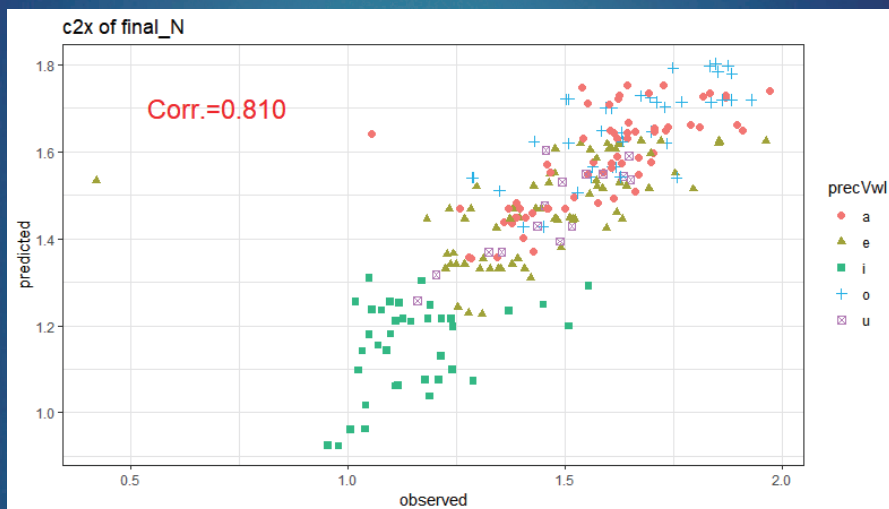
## 直前母音の種類による撥音調音の予測



直前の母音が何かという情報と話者の個人差の情報だけで、かなり正確に撥音が調音される位置を予測できる

107

## 直前母音の種類による撥音調音の予測



直前の母音が何かという情報と話者の個人差の情報だけで、かなり正確に撥音が調音される位置を予測できる

108



## 撥音に関する分析のまとめ

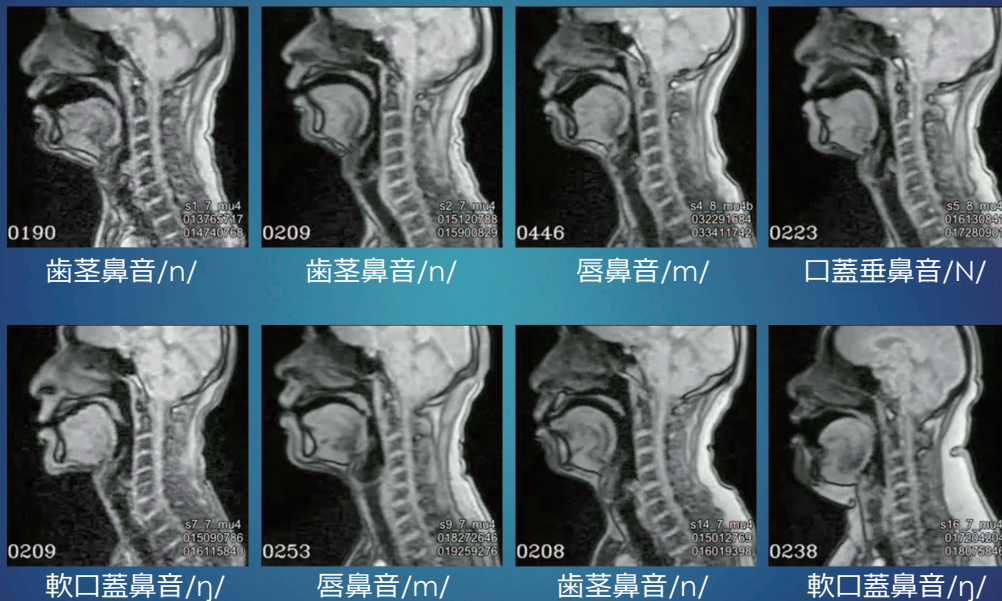
- ▶ 語中の撥音に関しては、従来の記述はほぼ正しい
- ▶ 語末の撥音に関しては、従来の記述は不正確



- ▶ 単独の「ん」（語頭であり語末でもある）は？  
※口蓋垂鼻音とする教科書が多い

109

## 単独の撥音（話者8名）



110

## 撥音に関する分析のまとめ

- ▶ 語中の撥音に関しては、従来の記述はほぼ正しい
- ▶ 語末の撥音に関しては、従来の記述は不正確



- ▶ 単独の「ん」（語頭であり語末でもある）は？  
※口蓋垂鼻音とする教科書が多い



話者によりバラバラ ⇒ 教科書の記述は不正確

111

## 日本語ラ行子音の調音



## 問題のありか

- ▶ IPAのHandbook (IPA, 1999)の日本語のillustrationには問題が多い
- ▶ 就中ラ行子音に記号[ɾ]を充て、voiced post-alveolar flap（声後部歯茎はたき音）と説明している点は当惑をまねく
- ▶ しかし従来、正面切って批判されたことはない
- ▶ おそらく水かけ論を避けたものと思われる
- ▶ 最新の調音運動可視化技術がもたらすデータでこの問題をきちんと検討したい

113

## 岡田秀穂氏の案の問題点

	Bilabial	Dental	Alveolar	Post-alveolar	Palatal	Velar	Uvular	Glottal
Plosive	p b	t d				k g		
Affricate			tʰ					
Nasal	m	n					ŋ	
Flap				ɾ				
Fricative			s z					h
Approximant					j	w		

- Post-alveolar限定であること
- Flap限定であること
- Retroflexの記号を用いていること
- ちなみに他にもいろいろ問題がある

114

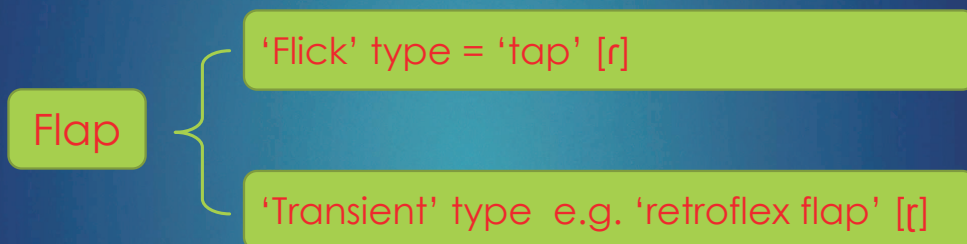
## Tap（たたき音）とflap（はたき音）

- ▶ IPAでは両者を区別しない
  - ▶ 明確な定義もあたえていない
- ⇒ 本稿ではCatford(1977)の説明から出発する

J. C. Catford. *Fundamental Problems in Phonetics*. Edinburgh Univ. Press, 1977.

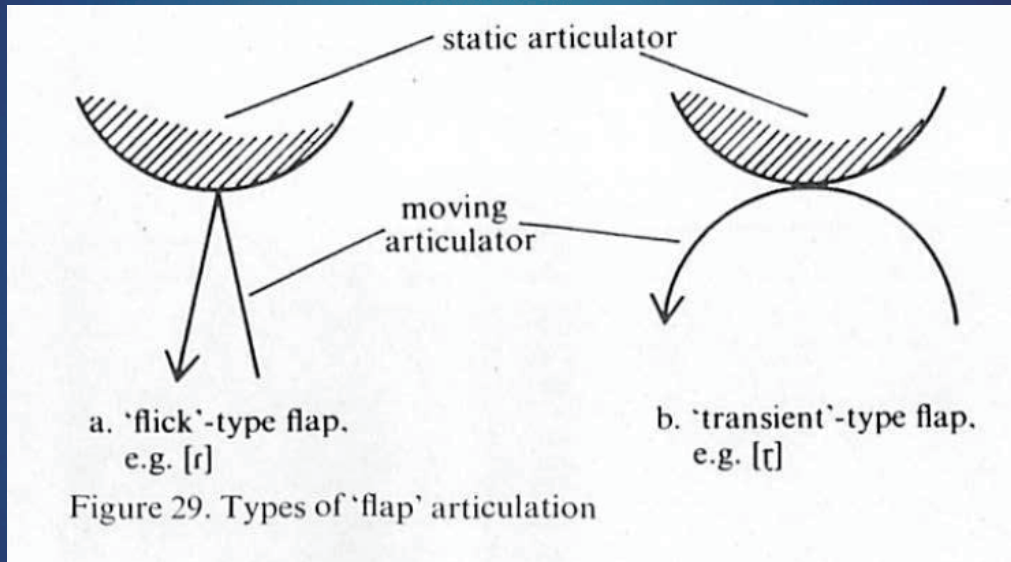
115

## Catfordによる分類



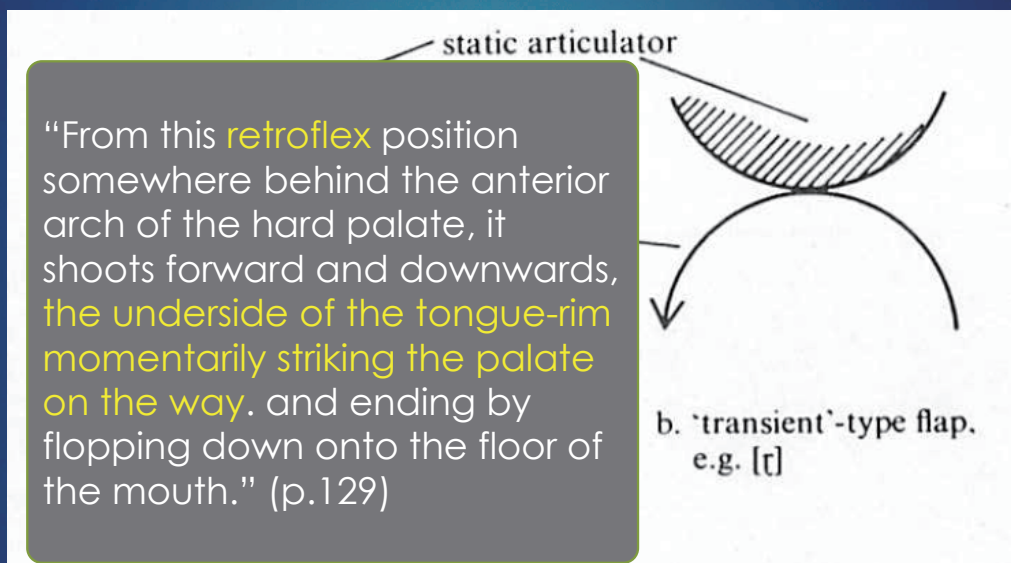
116

## Catfordによる分類



117

## Catfordによる分類



岡田案はこのような調音運動を想定しているのだと解釈する



# データ

## 観測手法とデータ

▶ 知る必要があるのは

- ① /r/の声道閉鎖はupper articulatorのどの位置にあるか
- ② 閉鎖の形成に関わるlower articulator は何か
- ③ Lower articulator はどのように運動しているか

⇒音響分析での議論は困難

⇒リアルタイムMRI(rtMRI)データでの観測

## rtMRI動画データ

『リアルタイムMRI日本語調音運動データベース』

(仮称, 構築中)

- ▶ リアルタイム (≠同期法)
- ▶ 256\*256 pixel, 14 frame/sec
- ▶ 正中矢状断面 (スライス厚 10 mm)
- ▶ 標準語話者 男性12名、女性 4名

⇒ この発表では男性7名分を分析

⇒ラ行音モーラ (ラリルレロリャリュリョリエ) およびサ行モーラ (サシスセソシャシュショシエスイ)

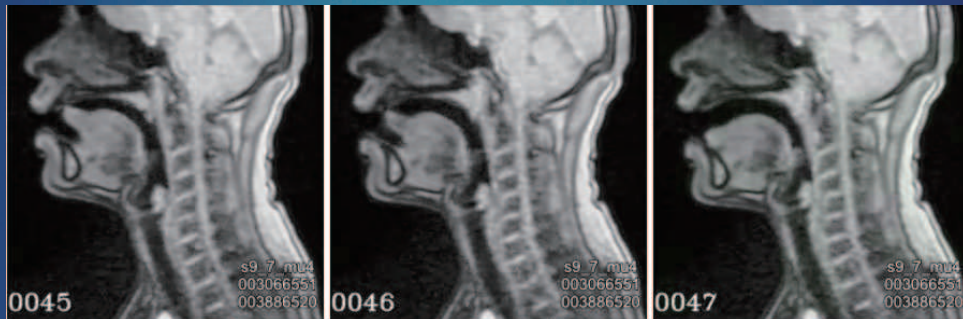
121

## ラ行モーラのrtMRI動画



122

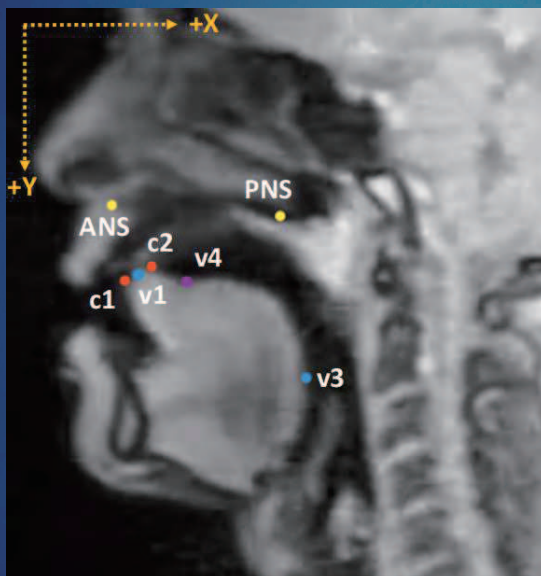
## MRI画像の測定タイミング



- ・ラ行子音による閉鎖の開放が視認されるフレームを決定（本図では右端）
- ・そのフレーム直前の2フレームのうち、声道の閉鎖がより明瞭に観察されるフレームを測定対象フレームとして採用（本図では左端）

123

## 測定対象フレーム上の測定点



- c1 : 子音による閉鎖の前端
- c2 : 子音による閉鎖の後端
- v1 : 舌尖の先端
- v2 : 舌の最高点
- v3 : 舌の最奥点
- v4 : 舌端 (舌の屈曲点)
- ANS : 前鼻棘
- PNS : 後尾棘

※この例では  $v2=c2$  のため  $c2$  だけを示している

124

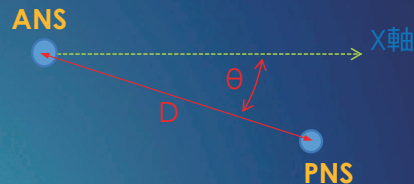


話者: S1

測定点  
 C1: 声道狭窄前端  
 C2: 声道狭窄後端  
 V1: 舌尖  
 V2: 舌最高点  
 V3: 舌最奥点  
 V4: 舌端

125

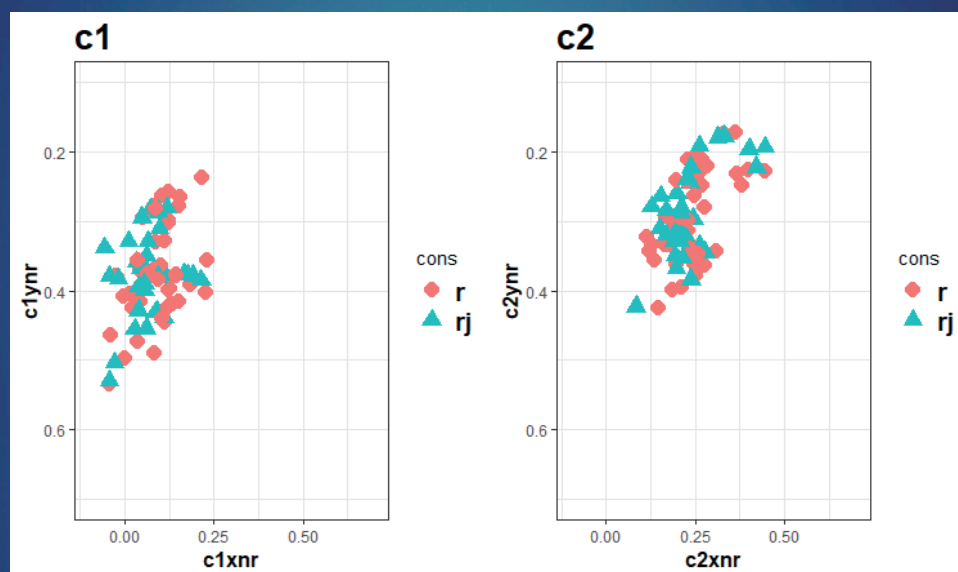
## 測定値の正規化



- ▶ ANSとPNSの直線距離をDとする
- ▶ ANSとPNSを結ぶ直線がX軸となす角度を $\theta$ とする
  - ① 座標原点をANSに移動
  - ② 原点の周りにマイナス $\theta$ 回転
  - ③ X軸、Y軸ともDで割る (Dを単位とする)
- ▶ 完全ではないが、ある程度、個人差を正規化できる。ただし、X軸方向の方がうまく正規化でき、Y軸方向には個人差が残りやすい

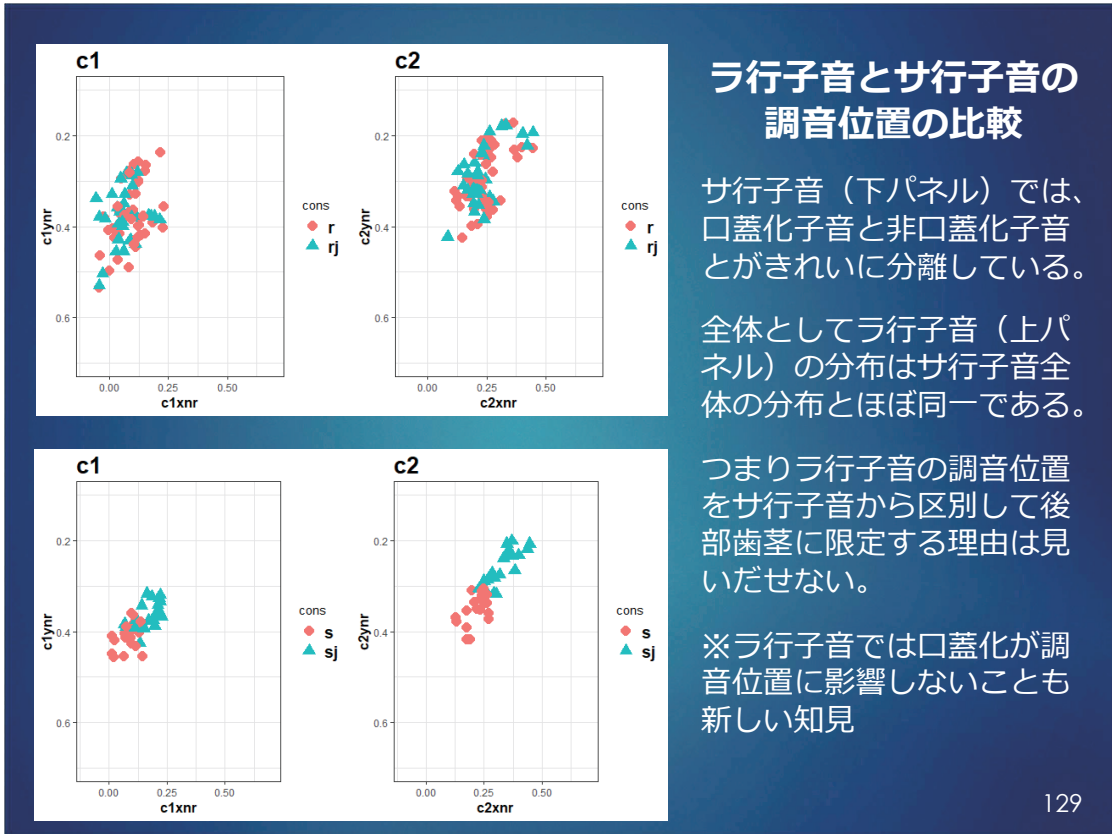
# 分析

## 調音位置



/r/の閉鎖の前端(c1)と後端(c2)の正規化座標で分布。▲は非口蓋化モーラ、●は口蓋化モーラのサンプル

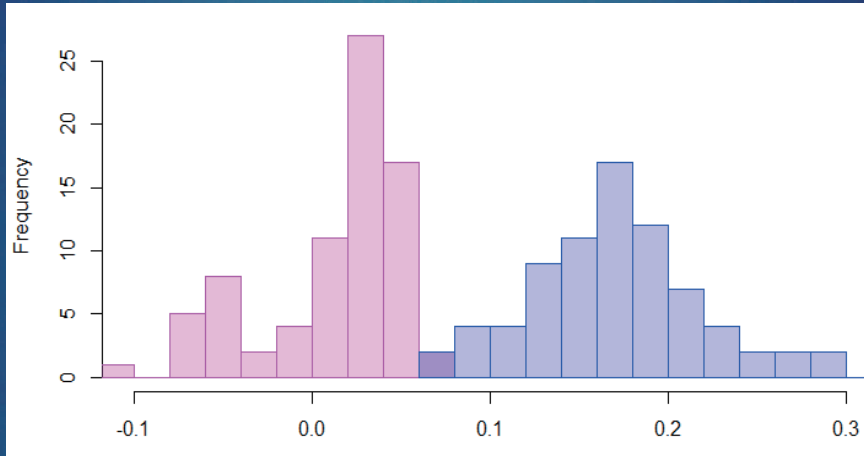




## 調音様式

- ▶ 動画を視察する限りCatfordが記述するような形での調音はおこなわれていない
- ▶ その事実を定量的に示すために c1, c2 と v1 の関係、および v1 と v4 の関係を分析した

## c1xn - v1xn (ピンク) と c2xn - v1xn (青)

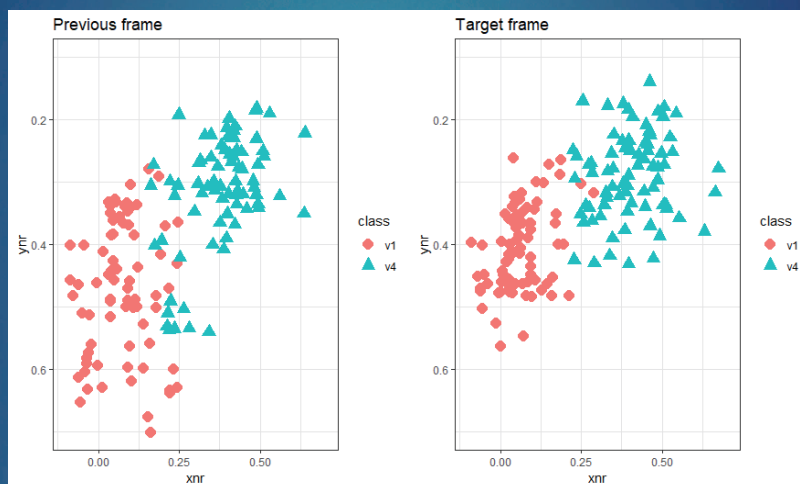


c2は常にv1 (舌尖) よりも奥にあり、c1とv1の前後関係は一定していない。

⇒ Catfordが指摘している舌尖下面(underside of the tongue-rim)での調音は行われていない

131

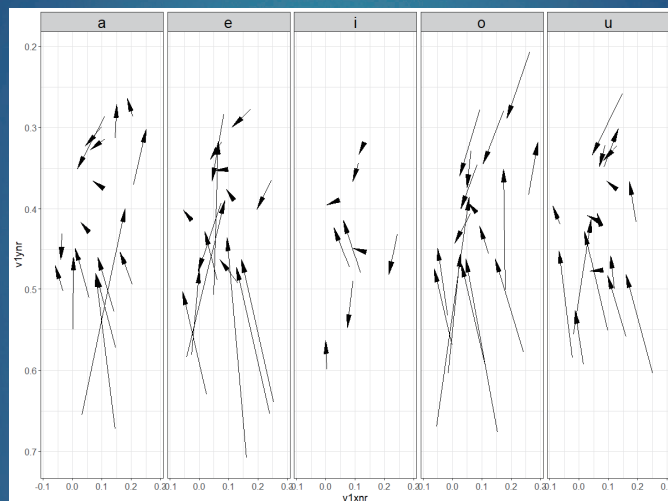
## 直前フレーム (左) と測定対象フレーム (右) におけるv1 (●), v4 (▲)



Catfordが想定するそり舌的な調音では、v4よりもv1の方が高い位置をとる（本図ではY座標値が小さい）ことが期待されるが、いずれのフレームにおいてもそのような傾向は確認できない

132

## 後続母音別に示した直前フレームから測定対象フレームにかけてのv1の運動



大部分は上昇運動であり、Catfordが想定している下降運動ではない。下降運動を示すサンプルを視認しても、典型的なそり舌的な調音は認められなかった。

133

## ラ行子音に関する結論

- ▶ 岡田案は調音位置（post-alveolar限定）についても、調音様式（flap限定）においても正しくない
- ▶ 日本語（標準語）のラ行子音はIPAが規定する意味での[r]で記述するのが妥当と考えられる
- ▶ 今後の課題としては、母音間のラ行子音の分析が望まれる。これについては今回の話者7名中2名分のデータが取得済みである

134

## 結論

### 今後検討すべき日本語音声学の問題

- ▶ 口蓋化と子音の調音位置
- ▶ 八行子音の変異の範囲（[x], [χ], [h]の分布）
- ▶ フ行子音の調音（二重調音か）
- ▶ 母音のいわゆる円唇化（余剰的特徴か）
- ▶ /u/の前後位置（後舌とする根拠）
- ▶ /a/の前後位置（前舌か後舌か無指定か）
- ▶ 母音の無声化（無声化母音か子音の延長か）
- ▶ etc.



## 全体のまとめ

- ▶ リアルタイムMRIイメージング技術によって従来の音声学的記述の問題点を客観的に検討できるようになった
- ▶ 「みてきたような〇〇」が言えない時代になりつつあるし、そうならなければならない
- ▶ リアルタイムMRIが明らかにする新事実は音声の言語学的解釈（音韻論）にも非常に大きな影響を及ぼすと予想される
- ▶ 今後の課題は、リアルタイムMRIを撮像できる研究拠点を増やし、データの利用環境を整えることと、撮像されたデータの共有化をすすめること

137

## 参考文献

- ▶ 前川喜久雄「日本語ラ行子音の調音：リアルタイムMRIによる観察」日本音声学会第33回全国大会予稿集, pp.98-103, 2019.09.29.
- ▶ Hironori Takemoto, Tsubasa Goto, Yuya Hagihara, Sayaka Hamanaka, Tatsuya Kitamura, Yukiko Nota and Kikuo Maekawa. "Speech organ contour extraction using real-time MRI and machine learning method." *Proc. INTERSPEECH 2019*, Graz, pp.904-908, 2019.09.16.
- ▶ Kikuo Maekawa. "A real-time MRI study of Japanese moraic nasal in utterance-final position." *Proc. ICPhS 2019*, Melbourne, pp.1987-1991. 2019.09.09.

いずれも講師のHPからダウンロードできます

<https://www2.ninjal.ac.jp/kikuo/AllPublicationKM.html>

138

## ご清聴に感謝します

- JSPS科研費(17H02339, 19K21641)の支援による研究です
- リアルタイムMRIデータは(株)ATR Promotions, ATR脳活動イメージングセンタにて実施しました。センタ長の正木信夫博士をはじめとするスタッフの皆さまに感謝します



## 編集後記

前川 喜久雄 教授（国立国語研究所）

研究分野：言語学 / 音声学

前川喜久雄教授は、国立国語研究所（NINJAL）とのクロスアポイントメント制度により、2018年4月～2020年3月まで東京外国語大学大学院国際日本学研究院に在職されました。その間の担当科目（教育活動）ならびに講演会は以下のとおりです。

① 担当科目：大学院総合国際学研究科 博士前期課程

- 2018年度春学期 [科目名] Japan Studies 1  
[講義題目] 日本語の韻律
- 2018年度秋学期 [科目名] Japan Studies 2  
[講義題目] 日本語の韻律 2
- 2019年度春学期 [科目名] Japan Studies 1  
[講義題目] 日本語分節音の特徴
- 2019年度秋学期 [科目名] Japan Studies 2  
[講義題目] 日本語の韻律的特徴

② 特別講演会

- 2018年4月26日（於東京外国語大学 語学研究所 LUNCHEON LINGUISTICS）  
題目「自発音声の分析：特に発話を領域として生じる現象について」
- 2019年3月2日（於東京外国語大学 国際日本研究センター 対照日本語部門主催研究会）  
題目「音韻論の瘦身化：条件異音の批判的再検討」
- 2019年11月8日（於東京外国語大学 語学研究所）  
題目「リアルタイムMRI 動画データベースによる日本語調音音声学の再構築」



東京外国語大学 国際日本学研究所 報告 X

Print: ISSN 2432-5708  
Online: ISSN 2433-9830

前川喜久雄（国立国語研究所）

Kikuo Maekawa (NINJAL) in TUFUS, 2018 年～ 2020 年

---

発行：2020 年 9 月 30 日

編集：東京外国語大学 大学院国際日本学研究所 CAAS&NINJAL ユニット事務局

発行者：東京外国語大学 大学院国際日本学研究所 研究院長 川村大

〒183-8534 東京都府中市朝日町 3-11-1 アゴラ・グローバル 2 階 国際化拠点室

TEL 042-330-5534

FAX 042-330-5822

Email [caas\\_admin@tufs.ac.jp](mailto:caas_admin@tufs.ac.jp)

©Tokyo University of Foreign Studies, Institute of Japan Studies



東京外国語大学 大学院  
国際日本学研究院

Institute of Japan Studies,  
Tokyo University of Foreign Studies