

日本語の語頭有声破裂音の無声音化が 知覚に及ぼす影響*

—日本語・台湾華語・台湾閩南語話者の比較を通して—

瞿 琦[†]

【要旨】本研究は、日本語の語頭有声音の無声音化が、台湾人初級日本語学習者の知覚弁別にどのような影響を及ぼすかという点について、母語の影響(日本語・台湾華語・台湾閩南語)を考慮しながら調査したものである。母語話者と学習者を対象に即時的正誤判断課題を実施した結果、無声音化した語頭有声音において、日本語・台湾閩南語話者が無声音に誤聴する傾向は見られなかったが、台湾華語話者には見られた。この結果から、母語の有声音の有無が、無声音化した語頭有声音の知覚に影響を与えている可能性があることが明らかとなった。このことは、これまであまり表立って議論されてこなかった日本語の語頭有声音の無声音化の現象の重要性を示している。

キーワード： 語頭有声破裂音、無声音化、日本語、台湾華語、台湾閩南語

1. はじめに

日本語の破裂音の音韻体系は、声帯振動の有無による有声音 (/b, d, g/) と無声音 (/p, t, k/) がある一方、北方方言¹においては、破裂の直後に呼気による摩擦の有無による無声有気音 (/p^h, t^h, k^h/) と無声無気音 (/p, t, k/) に分類されている。目標言語と母語の音韻体系に差異があることから、北方方言を母語とする日本語学習者は、日本語の有声音と無声音を混同してしまう。例えば、無声音である「カッコウ (格好)」と有声音である「ガッコウ (学校)」をよく聞き間違えることが挙げられる。先行研究では、北方方言話者は、特に語頭よりも語中での有聲・無声音の知覚が困難であることが指摘されている(鈴木 1985、朱 1994、2010、福岡 1995、2011、山本 2004、劉 2005、2008)。その一方で、北方方言話者は、語頭に現れる有聲・無声音の聞き取りに関して、初級レベルの段階から誤聴が少ないことが報告されている(福岡 1995、劉 2005)。

しかし近年、日本語の語頭有声音に関しては、従来の研究とは異なる VOT の実態が報告されている(高田 2004、2006、2008、2011)。VOT (Voice Onset time) とは、声道閉鎖の開放から声帯振動が始まるまでの時間差であり、声道閉鎖の開放前に声帯振動が始まる場合はマイナス (-) の値で、声道閉鎖の開放後に声帯振動が始まる場合はプラス (+) の値で表される (Lisker

*本稿は 2017 年度に台湾東呉大学大学院日本語文学科に提出された修士論文を加筆改訂したものである。

[†]神戸大学大学院国際文化学研究科博士後期課程

¹北方方言の代表とされるのは北京語であり、中華人民共和国の成立以来に普及した「普通話」は北方方言を基礎方言に北方方言音を標準語音としている。なお、日本語破裂音に関する習得研究では、中国の北方方言話者を対象にしているものが多い。そのため、文献を引用する際は、「中国語話者」ではなく、「北方方言話者」と明記する。

and Abramson 1964)。日本語では有声音がマイナス、無声音がプラスの値を取ると言われている (Homma 1980、清水 1993、杉藤 1996 等) が、高田の一連の研究 (2004、2006、2008、2011) によると、日本語の語頭有声音においては、VOT がマイナスではなくプラスの値を取ることがあるという。これには地域差と世代差が関わっていると指摘しており、地域差に関しては、東北地方において VOT がプラスの値を取ることが観察され、世代差に関しては、若い世代ほど VOT がプラスの値を取ることが観察されている。このように日本語の語頭有声音については、声帯振動が破裂の瞬間よりも前に始まる場合 (-VOT) から、声帯振動が破裂の瞬間よりも後に始まる場合 (+VOT) に変化しつつある。

北方方言話者による日本語の語頭有声音の知覚については、これまで多くの研究がなされているが、日本語の語頭有声音の VOT がプラスの値を取る場合、北方方言話者の有声・無声の弁別に影響が見られるかどうかを検証した研究はほとんど見られない。そこで本稿では、語頭有声音が音声的に無声音化する現象に着目し、台湾人日本語学習者 (台湾華語²話者と台湾閩南語³話者) による日本語の語頭有声音の知覚に関する特徴を考察する。

2. 先行研究

2.1 台湾における二重言語生活

現在台湾で使用されている言語については、「国語」とされる台湾華語の他、台湾閩南語、客家語、先住民諸語等がある。かつて多くの台湾人は台湾閩南語が L1 言語であったが、1956 年に台湾政府が打ち出した国語政策⁴によって、L1 が台湾華語で L2 が台湾閩南語等他の言語と変化していった (李 2010)。そのため、台湾社会はこれらの言語を併用し、いわゆる二重言語状態にある。しかし、台湾閩南語の使用状況は地域差と世代差が関わっている。台湾行政院主計總處 (2013) の 2010 年の国勢調査によると、家庭内で台湾閩南語を使用する割合は北部が 73.3%、南部が 91.9%であった。また、55 歳から 64 歳までの中高年層においては、家庭内で台湾閩南語を使用する割合が 85%であるのに対して、6 歳から 14 歳の若年層においては 70%であった。さらに、都市部への人口集中により、台北市等の都会で生まれ育った子供はさらに台湾閩南語に触れる機会が少なく、台湾閩南語の聞き取りは問題ないが流暢に話せない、或いは全く話せないといった人も増えてきている。特に首都の台北市出身の若年層においては、家庭内で台湾閩南語を使用する割合が 50%であった。そこで本稿では、家庭内で台湾閩南語を使用しない台湾華語のみ堪能である人を台湾華語話者とし、家庭内で基本台湾閩南語を中心に使用している台湾華語と台湾閩南語の両方に堪能である人を台湾閩南語話者として定義する。

2.2 日本語、北方方言 (北京語・台湾華語)、閩方言 (台湾閩南語) の破裂音

表 1 に日本語、北方方言 (北京語・台湾華語)、閩方言 (台湾閩南語) の破裂音の対照表を示す。3 言語間で音韻体系が異なることから弁別の特徴も異なっている。日本語は有声・無声の対立を持つのに対して、北方方言は無声領域による有気・無気の対立である。朱 (1994) によれば、北方方言の破裂音を区別する最も重要な素性は呼気の強さとそれによる調音器官の摩擦部

²台湾華語 (Taiwan Mandarin) とは、中国北方方言に基づいて北方方言音を標準語音とする言語であり、台湾で 60 年以上を経て他の言語からの影響を受けつつ変化していき、北方方言から独立して台湾社会に定着している (何 2009、王 2013)。

³台湾閩南語とは、閩方言に属しており、台語や閩南語とも呼ばれている。

⁴台湾では「説国語運動」といい、台湾に住む各民族の共通言語であった台湾閩南語を日常生活から排除し、国語とされる北方方言を普及するため、各機関や学校、映画など公共の場所での台湾閩南語の使用を一切禁止するものである。

分であり、強い呼気と摩擦の情報があれば有気音に聞こえ、なければ無気音に聞こえると報告された。すなわち、調音器官の摩擦の有無が有気・無気破裂音の弁別の手がかりとなる。さらに、閩方言に属する台湾閩南語には、有声音 (/d/の子音を除く) が存在し、無声有気音・無声無気音・有声音の3項対立となっている。

表1：日本語、北京語・台湾華語、台湾閩南語の破裂音

		日本語			北京語・台湾華語			台湾閩南語		
無声音	有気	p	t	k	p	t	k	p	t	k
	無気				p ^h	t ^h	k ^h	p ^h	t ^h	k ^h
有声音		b	d	g				b		g

さらに、朱 (1994、2010) では日本語と北方方言の破裂音の呼気流量について調査を行った。その結果、日本語の無声音は有声音よりピーク時の呼気流率の絶対値が大きく、語中よりも語頭の呼気流率が高くなる傾向がある一方、北方方言の場合では、有気音の呼気流率の平均値が無気音の2倍以上で後続母音にまでかぶさり、語頭よりも語中の呼気流率のほうが高くなる傾向があった。また、日本語と北方方言の呼気流率については、日本語の語頭有声音が北方方言の無気音と同等かやや低いと明らかにされ、更に日本語の破裂音が有声・無声ともに音声環境(語頭・語中)に関わらず、北方方言の有気音ほど強い気音を伴うことはないとも指摘された。

このように破裂音の音声的特徴においても、日本語と北方方言では大きく異なっており、特にこの点が中国語系話者の日本語の破裂音の習得が困難である大きな要因として挙げられる。つまり、中国語系話者にとっては、日本語の無声音が語頭にある際は、呼気が強いため有声音と混同する可能性は低いと考えられる。その一方で、日本語の無声音が語中にある際は、呼気が弱くなるため北方方言の無気音として知覚し、日本語の有声音と判断してしまう可能性があるということである。

2.3 中国語系学習者の日本語破裂音の習得研究

北方方言話者による日本語の破裂音の習得に関しては、これまで多くの研究結果が報告されている。前節でも述べたように日本語と北方方言の破裂音の音韻体系の差異に起因し、有声性対立が存在しない北方方言話者が日本語の有声・無声音を習得することは難しいとされてきた(蔡 1976、鈴木 1985、杉藤・神田 1987)。北方方言話者は日本語の無声音、特に語中の無声音を有声音と聞く誤聴が多いと報告されている(朱 1994、福岡 1995、山本 2004、劉 2005)。その理由について福岡 (1995:45) は「日本語の語中無声破裂音は帯気が弱く VOT 値も北京語の無声無気音と類似している」からだと指摘している。すなわち、北方方言話者は日本語の語中無声音を母語の無声無気音として識別した結果、日本語の有声音に聞き間違えるということである。一方、語頭に関しては、有声・無声にかかわらず、正聴率が高いことが報告されている(福岡 1995、山本 2004、劉 2005)。それは、呼気の強さが北方方言話者の主要な弁別の特徴で、日本語の無声音が語頭にある場合、北方方言の有気音程ではないが呼気が強いため、有声音と混同する確率が低く、正聴率が高くなると指摘された(朱 2010)。

さらに、北方方言以外の方言の差を考慮した研究も盛んに行われている。北方方言には有気・無気の対立しかないのに対して、呉方言（上海語⁵）には有声・無声と有気・無気の対立の両方があるということで、日本語有声・無声音の習得状況を母語別に比較検討する研究が行われてきた（福岡 1995、山本 1999、劉 2005、2008）。この両方言話者の日本語有声・無声音の習得状況に関して、福岡（1995）、山本（1999）の研究では、上海語話者の方が有声・無声音とも音声知覚に優れているという。

以上の先行研究から、日本語の破裂音を習得する際、母語からの「負の転移」を受ける北方方言話者よりも母語からの「正の転移」を受ける上海語話者の方が有利であることが伺える。これについては、上海語と同様に有声・無声と有気・無気の両方の対立を母語に持つ台湾閩南語話者にも当てはまる可能性がある。

2.4 語頭破裂音に関する音響的特徴

日本語や北方方言を含む多くの言語においては、VOT が破裂音の有声性・無声性を弁別する際の有効な尺度となることが明らかにされている（Lisker and Abramson 1964、清水 1993、Shimizu 1996）。Lisker and Abramson (1964:403) によると、無声有気音、無声無気音、有声音それぞれの VOT の値が +75 ms、+10 ms、-100 ms を中心に分布している。すなわち無声有気音 > 無声無気音 > 有声音の順に VOT 値が小さくなることが明らかになった。清水（1993）では、日本語話者（n=72）と北方方言話者（n=18）を対象に、それぞれの破裂音の VOT 値について調査を行った。清水（1993:167）の調査結果は、表 2 に示すとおりである。日本語では有声音がマイナスの値、無声音がプラスの値を取っており、Homma（1980）、小林（1981）の日本語語頭破裂音の VOT 値の結果とも一致している。さらに、両言語の VOT の値について、日本語の無声音は北方方言の無気音と類似している（朱 1994、2010）。

表 2：日本語、北方方言の破裂音

	日本語		北方方言		
有声音	b	-89 (-65~-125)			
	d	-75 (-40~-135)			
	k	-75 (-35~-125)			
無声音	p	41 (15~65)	無気音	p	7 (5~10)
				t	12 (10~15)
				k	19 (12~25)
	t	30 (15~50)	有気音	p ^h	96 (80~115)
				t ^h	98 (80~120)
				k ^h	112 (90~130)
k	66 (50~100)				

*括弧内は最小値と最大値

しかし、実際には日本語の語頭有声音の VOT 値のばらつきが大きく、音環境によって条件づけられない自由異音として出現することも報告されている（Homma 1980、清水 1993、2018、Shimizu 1996、高田 2004、朱 2010）。すなわち、日本語の語頭有声音の中にも、音韻的には有声

⁵上海語は呉方言に属し、破裂音の音韻体系は有声音 (/b、d、g/)、無声有気音 (/p^h、t^h、k^h/)、無声無気音 (/p、t、k/) の 3 項対立である。

音であるが、無声音化が起こることで破裂前に声帯振動を伴わない、VOT が+の値をとるものがあるということである。日本語の語頭有声音の無声音化現象については、高田の一連の研究(2004、2006、2008、2011)によれば、世代のみならず地域による方言上の変異にも関与されている。地域差に関しては、関東以西(近畿地方を中心として)ではマイナスのVOT値が観察されるのに対して、東北地方ではプラスのVOT値が観察されるという。一方、世代差に関しては、若い世代ほどVOTがプラスの値をとることが観察されている。

また、朱(1994)では日本語母語話者(n=20)を対象に日本語の語頭有声音/b/のVOT値について調査を行った。その結果、VOTがマイナスの値をとるもの、プラスの値を取るもの、0の値を取るものの3タイプが存在し、さらにVOTがプラスの値を取るものと0の値を取るものは、音響的スペクトログラムにおいて北方方言の無気音と類似していることが明らかとなった。また、日本語母語話者の有声音の聞き取りに影響を与えるかどうかを確かめるため知覚実験を行った。その結果、日本語母語話者は、無声音化した刺激音をほとんど聞き間違えることなく有声音として知覚することができたと報告している。この結果について、朱(1994)は日本語母語話者の語頭有声音は無声音化しているものが少なくないことから、これに応じて、無声音化した語頭有声音の容認度が高くなったと指摘している。

さらに、高田(2004)でも、日本語の語頭有声音の無声音化に着目して、語頭の有声音/d/を対象を絞り、VOTの値(+/-)が日本語母語話者(n=92)の有声音の聞き取りに影響を与えるかどうかを確かめるため知覚実験を行った。その結果、無声音化した刺激音の誤答率と-VOTの刺激音の誤答率との間に有意な差は確認されなかった。このことから高田(2004)では、日本語の語頭有声音/d/における無声音化の有無は、日本語母語話者の有声音の弁別に積極的に関わっていないと指摘している。

以上のことから、日本語母語話者は日本語の語頭有声音/b/、/d/に無声音化の現象が起こっても、有声音を無声音に聞き間違えることなく、無声音化した音声を有声音として知覚できるということである。しかし、この無声音化の現象が、日本語学習者の日本語の語頭有声音の知覚に影響を与えるかどうか検証した研究はほとんど見当たらない。北方方言話者を対象とした日本語の語頭有声音の習得研究では、初級の段階から問題なく知覚できるとされているが、どの先行研究も語頭有声音のVOT値がマイナスの値か、プラスの値かといったVOTの要素まで含めた研究はなされていない。そこで本研究では、台湾人日本語学習者を対象に、日本語の語頭有声音の知覚において、無声音化の有無と母語のタイプ(台湾華語・台湾閩南語)による影響が見られるのかどうかを確かめることを目的とし、特に次の2点を論点とする。

- (1) 台湾華語話者にとって、日本語の語頭有声音の知覚は容易であると言われているが、VOT値がプラスの値を取っても、VOT値がマイナスの値の場合と同様に、有声音と無声音を弁別できるのかどうか。
- (2) VOT値がプラスの値を取る日本語の語頭有声音の知覚において、母語に有声音・無声音の対立を持つ台湾閩南語話者と母語に有声音・無声音の対立を持たない台湾華語話者との間に差異があるのかどうか。

3. 音響分析

3.1 音響分析の方法

日本語語頭有声音のVOTの値が台湾人日本語学習者の知覚に影響を与えるかどうかを見るため、VOTが-の値と+の値をとる刺激語を用意する必要がある。そこで、日本語母語話者2

名を対象に、それぞれに録音した発話音声の音響分析を行い、全発話の VOT 値を測定する。以下に録音と分析の概要を記す。録音は、大学の防音室において行った。録音のサンプリング周波数は 44100 Hz、量子化ビット数は 16 bit、録音に使用した機材はポータブルリニア PCM レコーダー (SONY PCM-D50) である。発話してもらった語頭有声音は 2 拍の無意味語 13 個である (例. ガナ、ダナ等)。子音/b/と/g/の後続母音は/a、i、u、e、o/の 5 種、/d/の後続母音は/a、e、o/の 3 種とした。分析対象の有声音以外の 1 拍は/na/に統一した。発話者には、収録の手順、発話内容、発話スピードに関する説明を行った後、読み上げリストを渡し、5 回ずつ発話してもらった。話者にとって普通の速さで読み上げることを指示した。録音は 1 人ずつ 2 回以上行って、分析対象は 2 回目から 4 回目までの 3 発話である。

以上のようにして得られた発話について、音響分析ソフト Praat 6.0.16 を用い、音声波形と広帯域スペクトログラムを参考にして日本語の語頭有声音の VOT を測定した。具体的な判定例は、図 1、2、3 に示す。

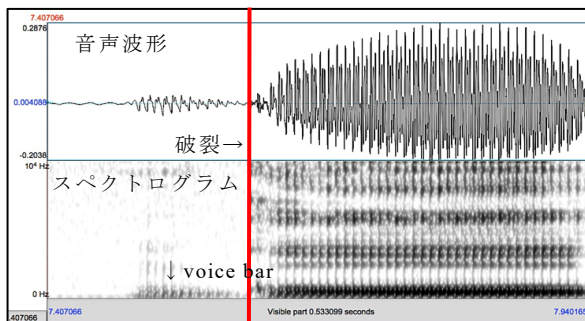


図 1 : -VOT の判定例 (日本語「ガ」の/g/)

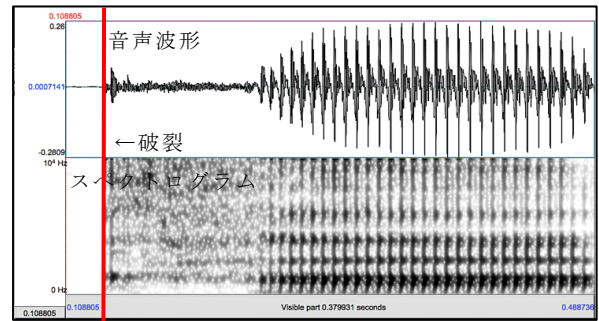


図 2 : +VOT の判定例 (日本語「カ」の/k/)

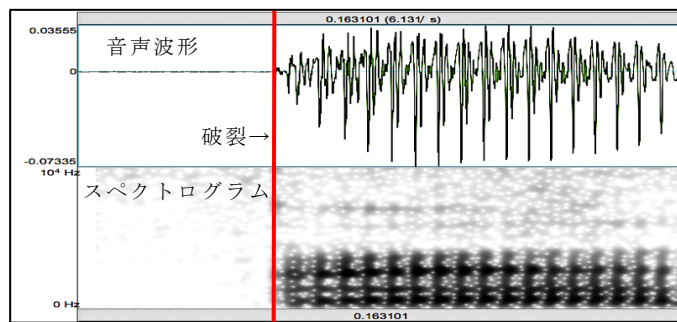


図 3 : 破裂直後から声帯振動が始まる無声音化の判定例 (日本語「ガ」の/g/)

図 1 から図 3 の上段は音声波形、下段はスペクトログラムの判定画面で、VOT の判定は破裂 (縦線で示したところ) の時点を基準点 0 とし、そこから声帯振動が開始するまでの時間の長さを測定した。音響分析では、有声性を示す音声波形と、スペクトログラム上で voice bar が破裂の瞬間より前に現れる場合は -VOT と判定した (図 1 参照)。破裂前に有声性を示す音声波形が見られない場合は +VOT と判定した (図 2 参照)。さらに、VOT 値が+の値のものに加えて、0 値のものを無声音化と判定した (図 3 参照)。なお、1 つの子音に破裂が複数回見られる場合、母音に最も近い破裂を採用した。

3.2 音響分析の結果

発話録音協力者 2 名の音響分析結果は表 3 に示すとおりである。発話者 1 (神戸市出身の 20 代男性) は、語頭有声音 /b、d、g/ とともに全て VOT 値がマイナスの値を取っていた一方、発話者 2 (仙台市出身の 20 代女性) は全ての VOT 値がプラスの値を取っていた。

表 3：話者別の語頭有声音の VOT (ms)

	/b/		/d/		/g/	
	平均値	範囲	平均値	範囲	平均値	範囲
発話者 1	-67 (37.32)	-144 ~ -32	-72 (38.19)	-105 ~ -44	-56 (28.25)	-95 ~ -38
発話者 2	28 (18.78)	10 ~ 57	17 (8.30)	10 ~ 23	40 (22.13)	22 ~ 70

*括弧内は標準偏差

VOT がすべてプラスの値を取った発話者 2 の結果、特に語頭有声音 /d/ の VOT 値 (範囲：+10 ~ +23 ms) については、清水 (1993:167) で報告された北方方言の無声無気音の VOT 値 (範囲：+5 ~ +25 ms) に類似していることが分かる。さらに、この結果は朱 (2010:65) が日本語の語頭有声音が無声音化した場合、破裂前に声帯振動を伴わない北方方言の無気音と類似しているという主張とも一致している。

以上のように、発話者 1 は、全発話において VOT がマイナスの値を取っていることから、「-VOT」の刺激語とし、発話者 2 は、全発話において VOT がプラスの値を取っていることから、「無声音化」の刺激語として本実験で用いることとする。

4. 本調査

4.1 調査対象者

本調査を行う前に音声知覚確認を行った。音声知覚実験に参加していない日本語母語話者(名古屋大学の大学生・大学院生)6名に実験で使用する音声を聞かせ、破裂音の部分を仮名表記で書いてもらい、録音が刺激語リストのとおりに正確に発音されていることを確認してもらった。

調査対象者は日本語母語話者(名古屋大学の大学生・大学院生)20名と台湾人日本語学習者40名、計60名である。台湾人日本語学習者の内訳は、台湾華語話者20名、台湾閩南語話者20名で、台湾の高雄市に位置する高等教育機関の5年生専門コースに在籍し、入学するまで日本語の学習経験がない日本語専攻の初級学習者で、全員16-17歳である。大学での日本語科目に関する授業は週9コマ(1コマ50分)で、実験を実施するまでの日本語学習歴は約6ヶ月であることから、日本語の習熟度は低いと言える。

また、母語の影響を見るため、両言語の学習者の習熟度に有意な差がないように統制しなければならない。調査対象者の習熟度を測定するために、SPOTバージョン2⁶を本調査に参加してもらう日本語学習者全員に実施した。SPOTは実施する前に十分な説明を行い、練習問題(10問)を解いてもらってから、教室内で音声を流して一斉に受けてもらった。母語別のSPOTの結果は表4に示すとおりである。

⁶SPOTはSimple Performance-Oriented Testの略語である。SPOTはただ聞き取るだけのテストではなく、文字を追い、意味を捉え、文字を記入することが求められる。また、日本語の即時的な処理を測るため、総合的な日本語能力を反映したテストであると考えられる(小林他1996)。

表 4 : SPOT の結果

	最大値	最小値	平均
台湾華語話者	30	9	18.65 (7.33)
台湾閩南語話者	28	10	19.00 (5.09)

*括弧内は標準偏差

台湾華語話者と台湾閩南語話者の得点に差があるかどうかを確かめるために、独立したサンプルの t 検定を行った。その結果、台湾華語話者と台湾閩南語話者との間に有意な差は見られなかった ($t(38)=-.175, p=.862$)。したがって、SPOT において、両言語話者の間に習熟度の差はないことが確認された。

4.2 刺激語

被験者が語の意味的制約により音響的特徴を無視する可能性があるため、無意味語を刺激語として用いた。語頭有声音 [b]、[d]、[g] の無意味語の内、無声音化の刺激語 13 個、-VOT の刺激語 13 個、合計 26 個選択した。アクセント型は平板型に統一した。刺激語 26 個の他に、26 個のフィラー語 (例. アナ、マナ等) を混ぜ込み、最終的に計 52 個の刺激語はタイプに関わらず、コンピュータからランダムに音声提示された。

反応時間の測定は、音声提示から始まるので、刺激語の音声継続時間が反応時間に含まれる。無声音化の刺激語の音声継続時間の平均は 592 ms (SD=28.67 ms)、-VOT の場合は 590 ms (SD=24.08 ms) である。また、独立したサンプルの t 検定を行って、互いに有意な差が見られなかった ($t(24)=.163, p=.872$)。以上のように、音声継続時間は刺激語の聴覚提示による反応時間および誤答率に影響しないはずである。

4.3 実験手順

実験にはノートパソコン (lenovo G500 15.6 型)、ヘッドフォン (SONY MDR-10RNC、Audio-technica ATH-ANC9) を用いて、刺激音毎の反応時間を計測する聞き取りによる即時的正誤判断課題を実施した。実験制御ソフトとして、Hot Soup Processor (HSP) Ver.3.411 を使用し、調査対象者の所属する学校内にある雑音のない図書館で個別に行った。実験の流れは図 4 のとおりである。コンピュータの画面中央に凝視点「*」を 600 ms 視覚提示し (図 4 の①)、凝視点が消えると同時に、刺激語と音声提示された (図 4 の②)。被験者には、ヘッドフォンを通して聴覚提示された音声画面に現れた単語であるかどうかをできるだけ速く、かつ正確に判断するよう求めた。当該の音声提示された語と一致している場合は「○」のボタンを、一致していない場合は「×」のボタンをクリックするように指示した。ボタンをクリックすると、図 4 の③に示すように、1 問の判定が終了し、次の問題提示のサイクルが始まる。各語が聴覚提示されてからボタンがクリックされるまでの時間を反応時間とし、その判断の正誤を誤答率として測定した。なお、調査対象者に本実験を始める前に操作に慣れてもらうため、10 問の練習問題を行った。所要時間は日本語母語話者が約 5 分、日本語学習者が約 8 分であった。

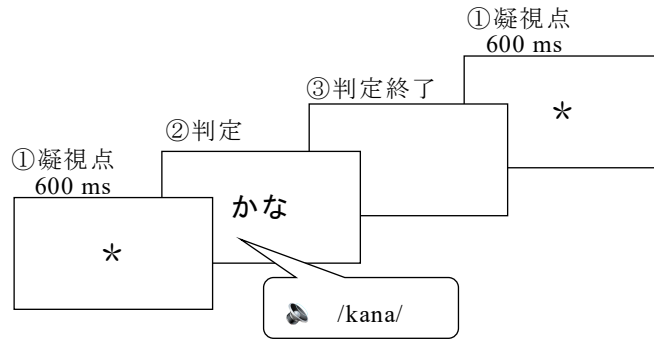


図 4：実験の流れ

4.4 分析結果

刺激音に関する正誤判断課題の平均誤答率について日本語母語話者が 3.5%、台湾華語話者が 19.8%、台湾閩南語話者が 15.2%であった。反応時間に関しては、調査対象者が刺激音に対して誤って答えたデータを分析から除外した。また、条件毎の反応時間の平均値から標準偏差 3 倍を超える反応についても外れ値⁷ (outlier) として、分析から除外した。この操作によって除外されたデータは 4.2%であった。

4.4.1 日本語母語話者

図 5 は日本語母語話者の誤答率と平均反応時間を表したものである。両刺激語の誤答率の差を確かめるために、対応ありのサンプルの t 検定を行った結果、その間に有意な差は見られなかった ($t(19)=1.656, p=.114$)。また反応時間について、対応ありのサンプルの t 検定を行った結果、両刺激語の反応時間の間に有意な差は見られなかった ($t(19)=1.198, p=.246$)。すなわち、日本語母語話者には誤答率と反応時間において無声音化の刺激語と -VOT の刺激語との間に、知覚の差異は確認されなかった。

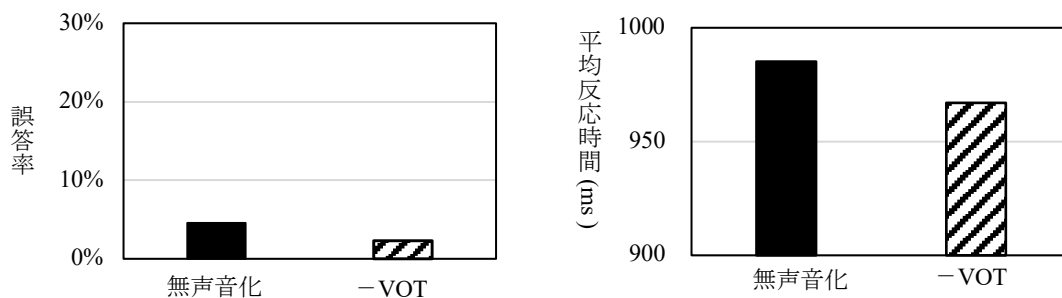


図 5：日本語母語話者の誤答率と平均反応時間

⁷ここでの外れ値とは、実験中のコンピュータの操作ミス、被験者自身の集中力低下、周りの突発的な騒音等が原因で生じる、極端に短い、あるいは極端に長い反応時間のことである (橋本 2010)。

4.4.2 日本語学習者

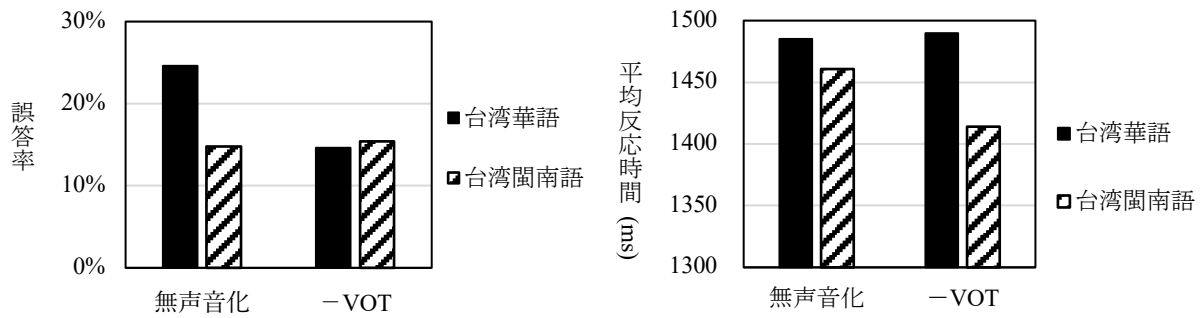


図 6：日本語学習者の誤答率と平均反応時間

表 5：日本語学習者の誤答率の分散分析の結果

要因	平方和	自由度	平均平方	F 値	有意確率
母語	248.904	1	248.904	2.183	.148
VOT	272.978	1	272.978	5.001	.031*
母語×VOT	370.756	1	370.756	6.792	.013*

*有意確率水準を.05 とする

図 6 は日本語学習者の誤答率を表したものである。誤答率に対して、2 元配置の反復測定による分散分析により VOT の効果 (2 水準) と母語の効果 (2 水準) を調べた。その結果、表 5 に示すように VOT の主効果 ($F(1, 38)=5.001, p=.031$)、VOT×母語の交互作用が有意であった ($F(1, 38)=6.792, p=.013$)。これに対して、母語の主効果 ($F(1, 38)=2.183, p=.148$) は有意ではなかった。VOT×母語の交互作用が有意であったので、それぞれの要因の単純主効果の検定を行った。その結果、無声音化の刺激語において、母語の単純主効果が有意であった ($F(1, 38)=4.336, p<.05$)。これは、無声音化の刺激語において、台湾華語話者の誤答率が台湾閩南語話者より有意に高かったためである。また、台湾華語話者において、VOT の単純主効果が有意であった ($F(1, 38)=10.394, p=.003$)。これは、台湾華語話者において、無声音化の刺激語の誤答率が -VOT よりも有意に高かったためである。

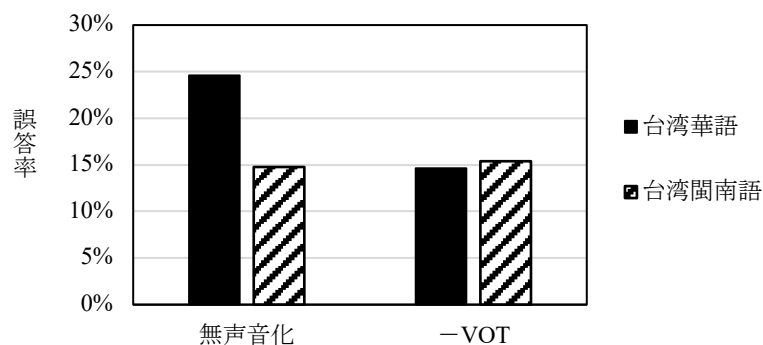


図 7：日本語学習者の平均反応時間

表 6：日本語学習者の反応時間の分散分析の結果

要因	平方和	自由度	平均平方	F 値	有意確率
母語	69537.191	1	69537.191	.224	.638
VOT	2496.070	1	2496.070	.107	.745
母語×VOT	24745.408	1	24745.408	1.062	.309

*有意確率水準を.05 とする

次に、日本語学習者の反応時間について、図 7 は日本語学習者の平均反応時間を示したもので、2 元配置の反復測定による分散分析により VOT の効果 (2 水準) と母語の効果 (2 水準) を調べた結果、表 6 に示すように母語の主効果 ($F(1, 38) = .224, p = .638$)、VOT の主効果 ($F(1, 38) = .107, p = .745$)、これらの交互作用 ($F(1, 38) = 1.062, p = .309$) に有意差は確認されなかった。すなわち、学習者の母語に関わらず、無声音化の刺激語の反応時間と -VOT の刺激語の反応時間に有意な差はなかったということである。

以上のように日本語話者と同様、台湾閩南語話者には誤答率と反応時間において無声音化の刺激語と -VOT の刺激語との間に知覚の差異は確認されなかった。一方、台湾華語話者は無声音化の刺激語の誤答率が -VOT の刺激語の誤答率よりも高く、台湾閩南語話者と比べても無声音化の刺激語の誤答率が有意に高い結果となった。

5. 考察

前節の結果は表 7 のようにまとめられる。誤答率と反応時間について、母語別に VOT の影響の有無を示す。そしてこれらの結果から、(1) のような結論を導くことができる。

表 7：誤答率と反応時間における VOT の影響

	誤答率	反応時間
日本語話者	無声音化の刺激語と -VOT の刺激語に有意差なし	無声音化の刺激語と -VOT の刺激語に有意差なし
台湾華語話者	①無声音化の刺激語と -VOT の刺激語に有意差あり ②無声音化の刺激語において、台湾閩南語話者との間に有意差あり	無声音化の刺激語と -VOT の刺激語に有意差なし
台湾閩南語話者	無声音化の刺激語と -VOT の刺激語に有意差なし	無声音化の刺激語と -VOT の刺激語に有意差なし

- (1) a. 母語に有声音を持つ日本語話者と台湾閩南語話者には、無声音化の語頭有声音と -VOT の語頭有声音の知覚に差は見られない。
- b. 母語に有声音を持たない台湾華語話者は、-VOT の語頭有声音の知覚よりも無声音化の語頭有声音を知覚する方が困難である。

- c. 無声音化の語頭有声音の場合、台湾華語話者の誤答率が台湾閩南語話者の誤答率よりも高いことから、母語の音韻体系の違いが影響していると考えられる。

5.1 日本語の語頭有声音の知覚

本研究では、日本語の語頭有声音の習得に関して、従来の先行研究では十分に取り上げられてこなかった VOT の変化に着目し、破裂前の声帯振動の有無が台湾人日本語学習者の知覚に及ぼす影響を検証し、その結果、日本語話者と台湾閩南語話者ともに誤答率と反応時間において、VOT による影響は見られなかった (表 7)。すなわち、日本語の語頭有声音の無声音化が起こっても、日本語話者と台湾閩南語話者ともに有声音を無声音と識別する傾向は観察されなかった。また、母語に有声音が存在しているため、語頭有声音の無声音化の有無が有声性の弁別に大きく関わらないことを示唆している。この結果について、無声音化によって破裂前に声帯振動を伴わなくても、日本語話者は有声音として知覚できるという朱 (1994、2010) と高田 (2004) の結果とも一致している。

一方、表 7 に示したとおり、台湾華語話者は誤答率において、VOT による影響がみられた。すなわち、台湾華語話者には、日本語の語頭有声音の無声音化が起きると、有声音を無声音と識別する傾向が確認された。また、母語に有声音が存在しない台湾華語話者にとって、無声音化の有無が有声性の弁別に少なからず関わっていることを示唆している。

5.2 語頭有声音における母語の影響

無声音化の有無による日本語の語頭有声音の知覚調査では、母語に有声音を持つ日本語話者と台湾閩南語話者は、無声音化の有無に関わらず、有声音をよく聞き取っていたのに対して、母語に有声音を持たない台湾華語話者は、無声音化の影響を受けて有声音を無声音と聞き間違える傾向が見られた。以上の結果を踏まえると、台湾閩南語に有声・無声と有気・無気の両方の対立があるため、台湾閩南語話者は母語からの正の転移が原因で混同が少なかったと考えられるのに対して、台湾華語に有声・無声の対立がないため、台湾華語話者は母語からの負の転移が原因で混同が多かったと考えられる。

一方で、北方方言話者は、母語に有気・無気の対立を持つため、呼気の強さが異なる日本語の語頭有声音と語頭無声音の知覚は問題ないとされている (朱 1994)。しかし、今回のように日本語の語頭有声音でも VOT がプラスの値を取る場合、台湾華語話者は、VOT がマイナスの値を取る日本語の語頭有声音と同じように知覚することはできなかった。その理由としては、まず台湾華語話者は呼気の強さを有声性の弁別の手掛かりとしていることが挙げられる。日本語の語頭有声音が無声音化すると、有声音の音響的特徴は無声音と類似していることが報告されており (朱 2010)、呼気の強さに関しても無声音化した有声音の方が -VOT の有声音よりも強くなることが予測される。このことから、台湾華語話者は、無声音化した有声音を呼気の強い無声音と誤聴する傾向が見られた可能性がある。さらに、Major (1987) や Flege (1987、1992) が提唱する類似性仮説では、目標言語を習得する際、母語とは異なる目標言語の新たな項目よりも、母語と類似する目標言語の項目の方が習得困難であるとしている。朱 (2010) では、日本語の語頭有声音 /b/ が無声音化した場合、その VOT 値が破裂前に声帯振動を伴わない北方方言の無声無気音と類似していることを報告している。本実験で得られた無声音化した有声音 /d/ の VOT 値と清水 (1993 : 167) の北方方言の無声無気音 /t/ の VOT 値を比較しても、北方方言の無声無気音は日本語の語頭有声音と類似する子音であることが分かる (表 8 参照)。これらの結果

を踏まえると、音響的特徴である VOT 値において、日本語は無声音化した有声音の方が、-VOT の有声音よりも北方方言の無声無気音と類似しているため、北方方言話者・台湾華語話者は、日本語の無声音化した有声音を無声音と誤聴する傾向が見られたとも考えられる。

表 8：日本語の語頭有声音（無声音化）・北方方言の語頭無声無気音の VOT の平均値と分布

日本語の語頭有声音 (無声音化)		北方方言の語頭無声無気音 〔清水 (1993) より作成〕	
/b/	28 (10 ~ 57)	/p/	7 (5 ~ 10)
/d/	17 (10 ~ 23)	/t/	12 (10 ~ 15)
/g/	40 (22 ~ 70)	/k/	19 (12 ~ 25)

5.3 台湾閩南語の語頭有声音

上述したように母語に有声音を持つ台湾閩南語話者は、母語からの正の転移を受けて、日本語の語頭有声音に無声音化が起こっても、有声音を無声音と混同する割合が低かった。また、無声音化した有声音と-VOT の有声音を比べても知覚の差異は見られなかった。しかし、台湾閩南語の語頭有声音の VOT がマイナスの値を取るものしかなければ、台湾閩南語話者は母語からの負の転移を受ける可能性も考えられた。すなわち母語と異なる VOT がプラスの値を取る日本語の語頭有声音の場合、台湾閩南語話者の容認度が低くなることも予測できたということである。

一方、張 (2001) が台湾閩南語を含めた 4 つの言語の語頭破裂音の VOT について調査を行った結果、1970 年代生まれの台湾閩南語話者 6 名中 1 名の被験者が、台湾閩南語の有声音の VOT 値がプラスの値を取っていたことを報告している。この結果は、台湾閩南語話者は多少なりとも VOT がプラスの値を取る台湾閩南語の語頭有声音を普段から聞いている可能性を示唆している。このことから、台湾閩南語話者は、日本語の語頭有声音がプラスの値を取っても、有声音を無声音と混同することなく、知覚できたと推測できる。この点を明らかにするために、追実験として台湾閩南語の語頭有声音の VOT に関する実態調査を行った。

5.3.1 音響分析の方法

追実験では、台湾閩南語の語頭有声音において、無声音化の現象が見られるかどうかを確認するため、台湾閩南語話者の発話の音響分析を行う。調査対象者は 1981 年から 1994 年生まれの若い世代の台湾閩南語話者 25 名である。分析対象は、家庭内で主に台湾閩南語を使用する台湾閩南語話者による、発話「肉酥 bah-soo」、「味素 bī-sò」、「霧嘎嘎 bū-sà-sà」、「麥仔茶 bēh-á-tē」、「帽仔 bō-á」の語頭の有声音/b/である。収録手順、使用機材、音響分析方法は 3.1 音響分析の方法と同様で、録音は 8 回発話してもらった。ただし、分析対象としたのは 2 回目から 7 回目までの 6 発話である。

5.3.2 音響分析の結果と考察

音響分析によって得られた結果を表 9 に示す。発話者の情報 (性別、生年、出身地)、各話者内での VOT 範囲、平均値 (-VOT・無声音化)、無声音化の割合を共に示す。性別欄に示した m は男性を、f は女性を示す。

その結果、表 9 に示すように、地域差に関わらず、若い世代においては、無声音化が観察された。無声音化の割合が 40% を超えたものが 2 名と決して多くはないが、普段から若い世代においては、無声音化した台湾閩南語の語頭有声音を聞いていることが伺える。これにより、台湾閩南語話者は、日本語の無声音化した語頭有声音の容認度が高かったと考えられる。

表9：話者別無声音化結果 (単位：ms)

No.	性別	生年	出身	VOT 範囲	-VOT の平均値	無声音化 の平均値	無声音化 割合
1	m	1982	基隆市	-108~-36; 13~33	-65.0 (15.8)	20.8 (7.8)	13.3%
2	f	1989	基隆市	-102~-29	-49.9 (13.8)		0%
3	f	1989	台北市	-52~-19; 8~23	-35.4 (7.8)	13.7 (4.9)	20.0%
4	f	1990	台北市	-123~-31; 6~62	-59.5 (21.2)	19.2 (13.8)	40.0%
5	f	1982	新北新莊	-165~-22; 0~7	-79.4 (36.0)	3.5 (3.0)	13.3%
6	f	1986	新北永和	-99~-30; 16	-61.9 (20.0)	16.0 (0)	3.3%
7	f	1989	新竹市	-114~-42; 13~18	-83.7 (14.6)	15.5 (2.5)	6.7%
8	f	1988	台中大甲	-104~-11; 10~21	-48.6 (21.0)	14.2 (3.2)	36.7%
9	m	1990	台中潭子	-121~-22; 0~7	-52.9 (23.8)	2.3 (3.3)	10.0%
10	f	1990	南投草屯	-74~-12; 9~21	-39.4 (16.3)	15.4 (3.6)	36.7%
11	f	1989	彰化埔心	-129~-34; 12~21	-60.7 (24.0)	16.5 (4.5)	6.7%
12	f	1989	彰化鹿港	-111~-13; 12	-61.7 (25.4)	12.0 (0)	3.3%
13	f	1991	彰化鹿港	-78~-17; 8~113	-44.6 (16.1)	27.3 (38.3)	20.0%
14	m	1981	嘉義市	-81~-24	-46.9 (14.2)		0%
15	m	1984	嘉義市	-142~-27; 17~45	-78.9 (28.1)	28.5 (11.7)	13.3%
16	f	1989	台南市	-195~-35; 7~154	-95.3 (45.1)	72.9 (61.0)	30.0%
17	f	1990	台南市	-90~-19; 0	-49.9 (14.5)	0.0 (0.0)	6.7%
18	f	1994	台南市	-86~-14; 7	-44.5 (14.6)	7.0 (0)	3.3%
19	f	1984	高雄市	-63~-18; 10~25	-42.1 (13.9)	18.1 (4.7)	46.7%
20	m	1987	高雄市	-90~-14	-46.5 (15.8)		0%
21	f	1991	高雄市	-142~-57; 0~18	-95.0 (27.0)	9.6 (4.9)	26.7%
22	f	1992	高雄市	-141~-38; 0~23	-67.2 (30.7)	12.4 (7.0)	26.7%
23	m	1985	高雄市	-80~-30; 13~63	-58.3 (13.1)	27.7 (16.6)	20.0%
24	f	1989	高雄市	-142~-47	-80.4 (21.8)		0%
25	f	1989	高雄市	-100~-19; 11~16	-64.9 (17.0)	13.5 (2.5)	6.7%

* 括弧内は標準偏差

6. 結論

6.1 本研究のまとめ

本研究では、日本語の語頭有声音に無声音化の現象が起こると、日本語話者・台湾華語話者・台湾閩南語話者の知覚にどのような影響を及ぼすかについて論じた。その結果、日本語話者と台湾閩南語話者は、無声音化の有無に関わらず、有声音を知覚する際、無声音と誤聴する傾向は見られなかった。一方、台湾華語話者は、無声音化が起こると、有声音を知覚する際、無声音と誤聴する傾向が確認され、台湾閩南語話者と比べても誤答率が高かった。この結果は、日本語と台湾閩南語には、有聲・無聲の対立があるのに対して、台湾華語には有氣・無氣の対立しかないことから母語の影響が原因であることを示唆している。

従来の先行研究では、台湾華語を含む北方方言話者は、初級の段階から日本語の語頭有声音の知覚は問題ないとされており、そういった理由からか、日本語の語頭有声音の無声音化の現象が北方方言話者の有声音の知覚に及ぼす影響について検証したものはほとんど見られない。その意味でも、本研究によって明らかとなった、母語に有声音を持たない台湾華語は、日本語の語頭有声音に無声音化の現象が起こると、有声音を無声音に聞き間違えることが多くなるという事実は、これまであまり表だって議論されてこなかった日本語の語頭有声音の変化である無声音化という現象の重要性を示すものである。

6.2 北方方言話者・台湾華語話者への提言

上述したように、台湾華語話者にとって日本語の語頭有声音に無声音化の現象が起こると、有声音を無声音と聞き間違えやすくなるという事実は、日本語教育の現場においても意味のある知見である。実際、20名中3名の台湾華語話者は、語頭有声音がマイナスの値を取る場合、誤答率が0%ですべて知覚できていたのに対して、語頭有声音がプラスの値を取る場合、誤答率が30%前後と高くなった。おそらく、この3名の台湾華語話者は、母語に有声音がないことに加え、授業などで普段から聞き慣れている-VOTの語頭有声音とは異なっていたことから、無声音化した語頭有声音の容認度が低くなり、知覚混同を起こしたと考えられる。

現在、日本語の語頭有声音の無声音化の現象は、日本の若い世代においては、頻繁に見られるものであり、決して珍しい現象ではない。そういった実態を踏まえると、北方方言話者や台湾華語話者には、破裂前に声帯振動を伴わない、日本語の無声音化した語頭有声音のインプットを授業の中で与える必要があると考える。

6.3 今後の課題

最後に、本研究で残された課題について言及する。本研究では、日本語の語頭有声音の無声音化に着目して、日本語話者・台湾華語話者・台湾閩南語話者を対象に、聴取実験を行い無声音化が3言語話者の有声音の知覚にどのような影響を及ぼすか検証した。その結果、日本語の語頭有声音に無声音化の現象が起こると、台湾華語話者は知覚しにくくなるのに対して、日本語話者と同様台湾閩南語話者は-VOTの語頭有声音と同じように知覚することができると分かった。この結果については、母語に有聲・無聲の対立を持つかどうかの影響していると結論付けた。

また、今回は日本語の習熟度が低い台湾華語話者を対象としたため、無声音化の影響が台湾華語話者全体に及ぶのかどうかについては、幅広い習熟度の学習者を取り込んだ今後の研究が必要であると言えよう。

【参考文献】

- 張月琴 (2001) 「塞音、鼻元音和元音鼻化的跨語言研究」 行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告 (編號: NSC89-2411-H-007-047-). 未出版.
- Flege, James Emil (1987) The production of ‘new’ and ‘similar’ phones in a foreign language: evidence for the effect of equivalence classification. *Journal of Phonetics* 15: 47-65.
- Flege, James Emil (1992) Speech learning in a second language. In: Fergusonm, C. A., L. Menn and C. Stoel-Gammon (eds). *Phonological development: models, research, implications*, 565-604. Timonium, MD: York Press.
- 福岡昌子 (1995) 「北京語・上海語を母語とする日本語学習者の有声・無声破裂音の横断的および縦断的習得研究」 『日本語教育』 87: 40-53.
- 福岡昌子 (2011) 「中国 (北京・上海方言) および韓国 (ソウル方言) 日本語学習者の破裂音習得: 知覚と生成における共通性と相違性」 『三重大学国際交流センター紀要』 6: 11-29.
- 橋本健一 (2010) 「反応時間計測実験における外れ値の取扱い: L2 心理言語実験の場合」 『より良い外国語教育研究のための方法』 外国語教育メディア学会 (LET) 関西支部メソドロジー研究部会 2010 年度報告論集 133-145.
- 何萬順 (2009) 「語言與族群認同: 從臺灣外省族群的母語與台灣華語談起」 『語言暨語言學』 10 (2): 375-419.
- Homma, Yayoi (1980) Voice-onset time in Japanese stops. *Bulletin of the Phonetic Society of Japan* 163: 7-9.
- 小林崇 (1981) 「日本語の語頭破裂音の VOT」 大阪大学言語文化部 『言語文化研究』 7: 149-157.
- 小林典子・フォード順子・山元啓史 (1996) 「日本語能力の新しい測定法<SPOT>」 『世界の日本語教育』 6: 201-218.
- 李淑鳳 (2010) 「台、華語接觸所引起的台語語音的變化趨勢」 『台語研究』 2 (1): 56-71.
- Lisker, Leigh and Arthur S. Abramson (1964) A cross-language study of voicing in initial stops: acoustical measurements. *Word* 20: 384-422.
- 劉佳琦 (2005) 「中国 (北方・上海) 方言話者による日本語有声・無声破裂音の知覚に関する一考察: 初級学習者を対象として」 『早稲田大学日本語教育研究』 6: 79-90.
- 劉佳琦 (2008) 「中国語母語話者における日本語の有声・無声破裂音の混同」 『日本語教育と音声』 141-162. くろしお出版.
- Major, Roy C. (1987) A model of interlanguage phonology. In Georgette Ioup and Steven H. Weinberger (eds.), *Interlanguage phonology: the acquisition of a second language sound system*, 101-124. New York: Newbury House/Harper & Row.
- 清水克正 (1993) 「閉鎖子音の音声的特徴: 有声性・無声性の言語間比較について」 『アジア・アフリカ言語文化研究』 45: 163-175.
- Shimizu, Katsumasa (1996) *A Cross-language study of voicing contrasts of stop consonants in Asian languages*. Tokyo: Seibido Publishing Co.
- 清水克正 (2018) 「閉鎖子音の有声性・無声性の音声的特徴に関する考察」 『音声研究』 22 (2): 69-80.
- 杉藤美代子 (1996) 『日本語の音』 和泉書院.
- 杉藤美代子・神田靖子 (1987) 「日本語と中国語話者の発話による日本語の無声および有声破裂子音の音響的特徴」 『大阪樟蔭女子大学論集』 24: 1-17.
- 鈴木義昭 (1985) 「中国語教育と日本語教育: 中国語教育の視点から」 『日本語教育』 55: 59-70.

- 高田三枝子 (2004) 「日本語の語頭の有声歯茎破裂音/d/における +VOT 化と世代差」 『音声研究』 8 (3): 57-66.
- 高田三枝子 (2006) 「語頭有声破裂音における VOT の地域差と世代差：東北から関東の分析」 『日本語の研究』 2 (2): 34-45.
- 高田三枝子 (2008) 「日本語語頭有声閉鎖音の VOT に関する全国的分布パターン」 『日本語の研究』 4 (4): 48-62.
- 高田三枝子 (2011) 『日本語の語頭閉鎖音の研究：VOT の共時的分布と通時的変化』 くろしお出版.
- 台湾行政院主計總處 (2013) 「2010 年 6 歳以上本國籍常住人口在家使用語言情形」 2013 年 5 月 15 日 発表. 行政院主計總處 Homepage (<http://ebas1.ebas.gov.tw/phc2010/chinese/rchome.htm>) (2017 年 5 月 検索).
- 蔡茂豐 (1976) 『中国人に対する日本語教育の理論と実践：音声教育篇』 東呉大学日本文化研究所.
- 王育徳 (2013) 『王育徳の台湾語講座』 東方書店.
- 山本富美子 (1999) 「中国人日本語学習者の有声・無声破裂音の弁別能力について：北京語・上海語話者に対する聴取テストの誤聴比較分析より」 『平成 11 年度第 13 回日本音声学会全国大会予稿集』 179-184. 日本音声学会.
- 山本富美子 (2004) 「日本語談話の聴解率と破裂音の知覚との関係：中国語北方方言話者と上海方言話者に対する比較調査より」 『音声研究』 8 (3): 67-79.
- 朱春躍 (1994) 「中国語の有気・無気子音と日本語の無声・有声子音の生理的・音響的・知覚的特徴と教育」 『音声学会会報』 205: 34-62.
- 朱春躍 (2010) 『中国語・日本語音声の実験的研究』 くろしお出版.

The influence of the devoicing on perception of word-initial voiced plosives in Japanese:

Through a comparison of Japanese speakers, Taiwanese Hokkien speakers
and Taiwanese Mandarin speakers

CHU Chi†

This study explores whether and how the devoicing of word-initial plosives in Japanese influences perception of the voicing contrast by Japanese speakers, Taiwanese Hokkien speakers, and Taiwanese Mandarin speakers. The results of perception experiment suggest that the devoicing does not influence the perception of Japanese speakers nor Taiwanese Hokkien speakers, while does influence that of Taiwanese Mandarin speakers. This study argues that the difference between Taiwanese Hokkien speakers and Taiwanese Mandarin speakers is due to the difference in their native phonological systems: the former has the voicing contrast while the latter does not. Overall, this study highlights the impact of the ongoing devoicing phenomenon on Japanese learning, as well as the influence of the native phonology on perception of non-native voicing contrast.

†*Doctoral Course in Intercultural Studies*

Kobe University

1-2-1 Tsurukabuto, Nada Ward, Kobe, Hyogo 657-8501, Japan

E-mail: judychu0724@gmail.com