

声道の形態的特徴と調音動作の制御*

中 村 光 宏

1. はじめに

話しことばにおける音声実現は話者や文脈等によって変動する。この音声的変動の実態を捉えるために、調音・音響・知覚に関わる特徴や、言語学的・社会言語学的要因が調査分析されてきた。本論は、音声実現の変動とその要因を明らかにすることを目標とした進行中の研究の一部である。近年、新しい音声分析機器の導入によって、調音器官の形態や調音動態を詳細に観測できるようになった。この影響は音声的変動の研究にも波及し、言語学的・社会言語学的要因に加えて、生物学的要因を探る試みが進展しており、興味深い知見が得られている。

本論の目的は、音声的変動に関連する生物学的要因に焦点を絞り、主要な先行研究を復習することを通して、声道の形態的特徴と調音動作の制御との関係についての理解を深め、今後の課題を探ることである。生物学的要因に限定するのは、音声的変動を理解するための新しい事実を学ぶためであり、他の要因を軽視しているわけでは決してない。本論は次のように構成されている。次節では、まず、音声学研究における声道の個人差の位置付けを確認する。次に、第3節では、声道の全体的形状と調音動作の関係、口蓋¹⁾の形状と母音調音、子音調音との関係を検討する。今後の課題を第4節で探り、第5節では本論を総括する。

2. 声道の個人差と音声学研究

声道の個人差は音声学研究にどのように関連しているのだろうか。こ

の問いに取り組むにあたって、Laver (1994: 27f) が挙げる音声分析の2つのレベルを確認することから始めよう。ひとつは音声器官に関するレベル (organic level) で、音声を生み出す身体器官のサイズや形状に関わるものである。もうひとつは、音声学的レベル (phonetic level) で、話者がことばを発する際に用いる音声器官の習慣的な制御の仕方である。音声器官に関するレベルは生得的であるが、音声学的レベルには学習可能な音声的活動という側面が含まれている²⁾。

音声器官に関するレベルについて、Laver (1994: 27) は形態的個人差が観察される項目を挙げている。

...Speakers differ organically from each other in anatomical factors such as the dimensions, mass and geometry of their vocal organs. They will differ in such details as the overall length of the vocal tract; the volume and shape of the pharynx, mouth and nasal cavities; the nature of dentition, the size and shape of the lips, tongue and lower jaw; the three-dimensional geometry of the structures in the larynx; and the volume and power of the respiratory system.

音声器官のサイズや形状は話者ごとに異なるものである。しかし、音声学研究では、音声学的レベルの検討に重点が置かれ、音声器官に関する話者間の差異はほとんど無視されてきた (Laver, 1991: 211)。これには音声学研究を遂行する上での基本的仮説が関係していると思われる。この点について、個人差が観察される項目のひとつに挙げられている声道を例に考えてみよう。

喉頭よりも上の呼気の通り道を声道 (vocal tract) と呼ぶ (Ladefoged & Johnson 2015)。声道は口腔、鼻腔、咽頭腔という3つの空間で構成されており、喉頭を通過した呼気を響かせる共鳴室の役割をもつ。私たちが音声に様々な変化を与えることができるのは、上下の唇、舌、軟口

蓋、喉頭、そして顎を動かすことによって、3つの空間、すなわち声道全体を独特な形と長さに変化させているからである。このような特徴をもつ声道は、音声学研究において、次のように位置付けられている。

All human vocal tracts are built on the same general plan. Consequently, to a very large extent all human beings have the same sound-producing potential. (Catford, 1977: 21)

We can...regard the human vocal tract as, essentially, a universal. It is this that enables us to describe and classify all vocal sounds by means of a single limited set of parameters. (Catford, 1977: 23)

「ヒトの声道は一般的構成要素とその配置が共通し、本質的に普遍性をもつと仮定することによって、私たちは単一の限られたパラメタに基づいて全ての言語音を記述し分類できるようになる。」これは音声学研究を实践する上での理論的仮説である。したがって、私たちは次のような事例に出会うことがあるかもしれない：2人の別々の話者の発話が言語学的・パラ言語学的観点から同一であると判断されたとしても、その2人の音声器官のサイズや形状が、ほぼ必ず異なっていることもあり得る（事例は Laver (1994: 28) より）。

声道が3つの空間から構成されることは先に述べた。この空間は様々な調音体（articulators）に囲まれているので、声道の動きは、上下の唇、舌（舌尖・舌端、舌背、舌根）、軟口蓋、喉頭という能動的調音器官の運動に分解して捉えられると言える³⁾。しかし、声道の動きは能動的調音器官のみで構成されているわけではなく、上下の歯、歯茎、硬口蓋、軟口蓋、咽頭壁という受動的調音器官も関与していることを忘れてはならない。例えば、最も動的な調音体と言われる舌は、特定の形状（構え）の形成、呼気流の調整、舌の動きを顎の動きに協調させるという3つの

方法で、口蓋を利用していると解釈できる (Stone, 1995)。口蓋は受動的な影響を与えているのである。

先に挙げた Laver (1994) の事例に戻って考えてみたい。その事例を声道に焦点を絞って言い換えると、「2 人の話者には調音器官に形態的差異が存在するけれども、生成された音に違いはないと判断できる」となる。この記述には矛盾が感じられるけれども、その解消を目指した仮説を導き出すこともできるだろう。話者は生成される言語音を適切な聴覚範囲内に収め、意図した音が正しく伝達されるように、話者自身の声道形態に合わせて調音動作を調整している。この仮説は、声道の形態的特徴と調音動作の制御との関係を追究する全ての研究に共通するものである。次節では、様々な調音観測機器を利用した先行研究を取り上げ、上の仮説を念頭において、明らかにされた事実を確認し、どのような知見が得られているかを探究する。

3. 声道の形態的特徴と調音動作の制御との関係

本節では、まず、声道全体を特徴づける試みを取り上げる (3.1 節)。その後、声道内の受動的調音器官である歯茎・硬口蓋の形状と母音調音 (3.2 節)、子音調音 (3.3 節) との関係を取り上げる。

3.1 形態的調音空間

Honda *et al.* (1996) は、様々な声道形状を記録するために形態的調音空間という枠組みを提案した。図 1 は形態的調音空間 (破線の平行四辺形) と計測点を模式的に示したものである³⁾。

調音空間の上部の境界は口蓋平面で、前鼻棘 (ANS, anterior nasal spine) と後鼻棘 (PNS, posterior nasal spine) に基づいて決められる。前鼻棘とオトガイ下点 (menton; 下顎結合の最も低い位置) を結ぶ線と咽頭後壁の輪郭線は、それぞれ調音空間の前後の境界となる。オトガイ下点から口蓋平面と平行に引いた線は調音空間の下部の境界である。

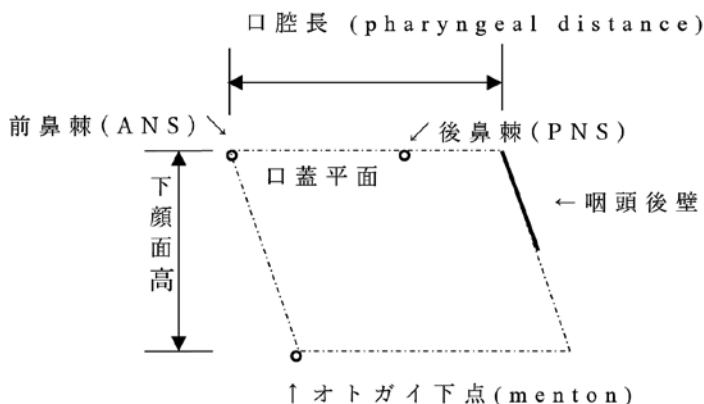


図 1：形態的調音空間と計測点

このような形態的調音空間に基づき、Honda *et al.* (1996) は日本語母語話者 10 名と英語母語話者 10 名（日英語ともに男性 5 名、女性 5 名の構成）の声道形状を X 線透過画像に基づいて観測すると共に、X 線マイクロビーム⁴⁾で記録された母音の単独発話と /aCa/ 形式の無意味語（C = 子音）の調音データを合わせて検討した。主要な結果は次の 4 点にまとめられる。①言語を問わず、口腔長（pharyngeal distance）と下顔面高は相互に関係しており、口腔長が長い話者は下顔面高が短い傾向がみられた。②口蓋の形状は上顎切歯の位置に影響を受けており、口蓋の大きさは口腔長と下顔面高に依存する。③母音調音は声道の形態的特徴の影響を幾分受けており、口腔長が短い話者や下顎後退の話者は舌の縦の移動量が多い。④子音調音には、形態的調音空間との明確な関係は認められなかった。このような結果に基づき、ある話者の調音上の母音空間は、当該話者のもつ声道の形態的特徴によって（ある程度）決められるという仮説を提案している。

Honda *et al.* (1996) の仮説は、Winkler *et al.* (2006) と Fuchs *et al.* (2008) によって検証されている。図 2⁵⁾ を使って、Honda *et al.* (1996) の観測結果と Winkler *et al.* (2006) の仮説をまとめておこう。

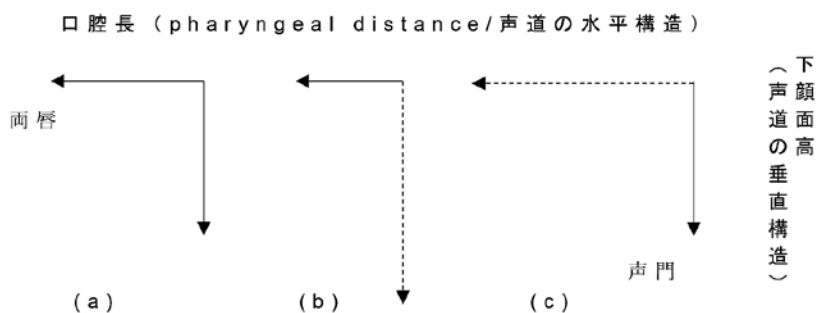


図 2：形態的調音空間における口腔長と下顔面高の関係

図 2 は形態的調音空間を簡略的に示したもので、左向き矢印の先端は両唇を示し、下向き矢印の先端は声門を示す。Honda *et al.* は口腔長（声道の横の長さ）と下顔面高（声道の縦の長さ）には相関関係があり、(b) のように、声道の水平構造が短い話者は垂直構造が長い傾向があり、その逆の傾向(c)もあると述べている。そして、声道の水平構造が短い話者は（これは男性話者の特徴である）舌動作の垂直方向への移動量が大いことを明らかにしている。

Winkler *et al.* (2006) は、声道の形態的特徴が異なる場合、同質の音響出力を得るために、話者の舌配置と舌動作は独特に異なるはずであると仮定した。と言うのは、図 2(b)(c) のように、声道の水平構造と垂直構造の関係が異なると、声道の前方と後方の長さ割合に影響するためである。このような仮説を検証するため、フランス語話者 9 名による 10 種類の母音調音を磁気共鳴画像法 (Magnetic Resonance Imaging, 以下 MRI とする) で記録し、咽頭後壁の長さと大きさを分析した。

その結果、声道の水平構造が垂直構造に比較して長い話者では、前舌母音と後舌母音における咽頭域サイズの差異がより大きくなる傾向があり、一方、声道の垂直構造が相対的に長い話者では、高母音と低母音の差異の方が、前舌母音と後舌母音の差異よりも大きくなることが分かった。同様の結果は Fuchs *et al.* (2008) においても報告されている。この

ような研究結果は、母音調音の個人差を検討するに当たって、話者ごとに異なる声道の水平構造と垂直構造の割合を考慮する必要があることを示唆している。

3.2 口蓋の形状と母音の調音

前節では、形態的調音空間の観点から、声道の全体的形状と調音動作の関係をとり上げた。本節では、形態的調音空間の水平構造を構成する口蓋と母音調音との関係を検討したい。母音は声道全体を特定の形に整える運動、すなわち声道形成運動（shaping (Gracco, 1990)）によって生み出される。私たちは両唇の形状や舌の盛上る位置と度合い、ひいては声道形状全体を調整することによって、様々な音質の母音を区別している。口蓋形状と母音調音は、どのように関連しているのだろうか。

Johnson *et al.* (1993) は、「相対的に少数の調音素性が言語の音声体系に普遍的に使用されている」という仮説を検証する過程において個人差を検討している。X 線マイクロビームを使用して、5 名のアメリカ英語話者の母音調音を観測した結果、生成された単語は同じであったが、調音パターンは話者ごとに異なることが分かった。つまり、同じ母音を生成しているにもかかわらず、調音の構えは話者ごとに異なっていたのである。特に、発話速度、tense/lax の区別、調音の全体的パターンは話者に固有のものであった。そこで、Johnson *et al.* (1993) は、声道形態の個人差に着目し、機能的に同一の出力を得るために、話者は調音動作を独特に制御し、それには口蓋形状が影響していると推定した。

口蓋形状には個人差があり、「口蓋の高さと幅、歯列の形は、人種の違いも反映する（本多, 1998a : 102）」と言われている。Johnson *et al.* (1993) は、母音調音において、口蓋の高さの違いは舌の移動量の違いに連動すると考え、高い口蓋をもつ話者は舌を独立して制御するが、平らな口蓋をもつ話者は顎と舌を合わせて制御すると仮定した。X 線映画（cinéfluorogram）で記録された顎の動きと口蓋の高さとの相関関係

を分析した結果、平らな口蓋をもつ話者の方が各母音に対する顎の位置の変動が大きいことが分かった。*Johnson et al.* は声道形態の個人差が調音動作の話者間変動に関係すると述べているが、同様の分析を X 線マイクロビームで収集したデータに対して実施したところ、口蓋の高さと顎の動きとの間に有意義な相関は得られなかった。そのため、*Johnson et al.* は口蓋形状と調音動作の関係が重要課題であることを認めつつ、更なる研究の必要性を述べるに留まっている。

口蓋形状、特にその高さが調音動作の制御に影響を与えることを示す幾つかの研究がある。*Perkell* (1997) は、口蓋の高さが異なる 6 名の話者が発話した母音 /i, ɪ, e/ を、ダイレクトパラトグラフィ (direct palatography) を使用して比較し、その結果、平らな (浅い) 口蓋の話者では 3 種類の母音を区別するための舌の高さの調整幅が相対的に小さく、高い (深い) 口蓋の話者では相対的に大きいことを明らかにした。同様の結果は、*Mooshammer et al.* (2004) が行ったドイツ語母音の分析でも得られている。

では、口蓋がどのような形状であったとしても、音響的変動に違いはないのだろうか。そして、高い (深い) 口蓋をもつ話者の方が、平らな (浅い) 口蓋をもつ話者よりも、調音的変動が大きいのだろうか。これらの問いを探究するために、*Brunner et al.* (2009) は、32 名の話者を対象として、動的パラトグラフィ (electropalatography; 以下、EPG とする)⁶⁾ と音響録音を利用した実験を行った。被験者の母語は、ブルガリア語、ポーランド語、英語、ドイツ語、ノルウェー語であった。その結果、口蓋が平らな (浅い) 話者は、高い (深い) 話者に比べて調音的変動が少ないことが分かった。舌位置がわずかに変化しただけでも声道断面面積への影響が大きいため、音響出力を一定に保つためには変動幅を抑える必要があると *Brunner et al.* は考えている。そして、音響的変動を適切な知覚範囲内に収めるため、話者は口蓋形状に合わせて舌動作と舌位置を正確に制御していると結論している。

これまでに紹介した研究は、口蓋形状が調音動作の制御に影響を与えることを示しているが、口蓋形状の差異自体を捉える方法は十分に開発されてこなかった。この状況を改善するために、Lammert *et al.* (2013) は、口蓋と咽頭後壁の形態的変動性を計測する方法を提案している。被験者 36 名（アメリカ英語話者 22 名、ドイツ語話者 8 名、標準中国語話者 5 名、ヒンディ語話者 1 名）が口を閉じてリラックスし、鼻で呼吸している状態をリアルタイム MRI で収録し、口蓋と咽頭後壁を計測して主成分分析を行った。その結果、口蓋形状の変動の主要因は、口蓋面の凹面性（concavity）、口蓋面の最高点の前後位置（anterior/posterior position of the apex of the palatal dome）、口蓋曲線の鋭さ（sharpness/flatness of the palate）であり、口蓋面の凹面性（高い / 平らな口蓋）が最も寄与率が高いことが分かった。咽頭後壁の変動には、その凹面性の程度（the degree of concavity）が圧倒的な影響力をもち、微弱な影響度が咽頭後壁の傾き（the inclination of the pharyngeal wall；ほぼ垂直から前傾）に見られた。このような結果は、口蓋の凹面性（高さ）を形態的変動の主要因とする先行研究の結果を支持するものである。

3.3 口蓋の形状と子音の調音

子音は、調音器官を開けたり閉めたり、声道に狭めを作ったりして呼吸を調整するバルブ運動（valving (Gracco, 1990)）によって生成される。本節で取り上げる研究は、舌動作により調音される子音（lingual consonants）を対象としている。Stone (1995: 147) は、このグループの子音は、母音よりも舌・硬口蓋の接触量が多く、より精確な協調動作が必要とされことに加え、母音と子音では口蓋の使い方が異なるため、子音調音における舌形状を調音位置に基づいて予測することは難しいと述べている。これに関連する事例を検討することから始めよう。

舌頂性子音（coronal consonants）の調音では、狭窄における舌・硬口蓋の接触パターンに個人差があり、舌尖を歯茎に接触させる舌尖調音

(tip-up、apical) と、舌尖を下げ舌端を歯茎に接触させる舌端調音 (tip-down、laminal) に大別される。Dart (1998) は、英語話者 20 名とフランス語話者 21 名が発話した /t, d, s, z, n, l/ を、舌面図 (linguogram) と口蓋図 (palatogram) に基づいて分析した。その結果、舌面図に基づく、フランス語の /t, d, n/ は歯音で舌尖・舌端調音 (apicolaminal)、一方、英語の /t, d, n/ では歯茎音で舌尖調音という一般的傾向を発見した。更に、/l/ は両言語において歯茎音で舌尖調音、/s, z/ は両言語において歯茎音で舌端調音の傾向があることが分かった。Dart (1998) は、口蓋図を調音位置に基づいて分類し、口蓋全体の形状については明確には触れていないが、同じ調音位置であっても、舌・硬口蓋の接触パターンは大きく異なることが分かる。

舌尖調音と舌端調音の違いは、接触する舌の領域だけではなく、舌の全体的形状にも及んでいる。Narayanan *et al.* (1997) は MRI を使用した研究において、舌尖調音の /l/ では、舌の前方あるいは中程にくぼみが形成され舌全体が凹面状となること、そして舌端調音の /l/ では、概して、舌全体は平坦あるいは弱く凸面状となることを明らかにしている。同様の観測結果は、リアルタイム MRI データベースを利用した Nakamura (2019) においても報告されている。

日本語子音における舌尖調音と舌端調音、そして口蓋形状との関係は、本多 (1998b, 2000) によって探究されている。日本語話者とアメリカ英語話者が発話した [t] と [s] を、X 線マイクロビームで収録し比較した結果、日本語 [t] は前歯あるいは歯茎前部を調音位置とする舌端調音が多く、英語 [t] は歯茎頂付近で舌尖調音の傾向がみられた。一方 [s] では、日英語ともに舌尖調音が多く、調音位置は日本語では歯茎前部、英語では歯茎後部が多かった。声道形態との関連性については、舌端調音話者のグループでは口蓋の横幅が広く、舌尖調音話者では狭い傾向があると述べている。

舌尖調音・舌端調音の区別と口蓋形状との関係について、Stone *et*

al. (2019) は興味深い結果を報告している。歯茎摩擦音 /s/ を研究対象とし、舌の曲度 (tongue curvature) の計測方法を提案すると共に、口蓋形状を歯科模型に基づいて測定し、2 種類の調音と口蓋形状との関係を検討したのである。その結果、舌端調音の舌形状は比較的凸型で、口蓋前方は比較的急な傾斜をもち、舌尖調音は口蓋前方が比較的平らな傾斜であることが分かった。*Stone et al* は、/s/ における 2 種類の調音がひとえに口蓋形状に依存すると言いたいところであるが、口蓋形状の条件は義務的ではないと結論している。

次に、子音調音における舌位置の目標と口蓋形状との関係を考えてみよう。*Yunusova et al.* (2012) は、カナダ英語話者 19 名 (女性 9 名; 男性 10 名) が発話した母音 1 + 子音 + 母音 2 の音節 (VCV 音節: 母音 1 と母音 2 は同一) を含むテスト文を、3 次元エレクトロマグネティック・アティキュログラフィ (electromagnetic articulography, 以下 EMA とする)⁷⁾ を使用して収録した。VCV 音節は子音 /t, d, s, z, ʃ, k, g/ と母音 /i, a, u/ で構成され、強勢は母音 2 に置かれた。口蓋形状の特徴は、口蓋の高さ、幅、長さ、前方部の傾斜 (palatal slope)、深さ (palatal curvature) を設定して観測され、舌の垂直配置における最高到達点は 3 次元の座標空間に特定された。その結果、同族子音ペア /s-z/, /t-d/, /k-g/ と後部歯茎音 /ʃ, tʃ/ では、それぞれのペア内において調音目標の領域が重複し、歯茎摩擦音は歯茎破裂音よりも前方で低い目標領域を占めていた。子音調音の目標領域と口蓋形状の関係を分析した結果、平らな口蓋をもつ話者の方が、高い口蓋をもつ話者よりも、目標領域が狭くなる (領域同士が重なり合うことがない) 傾向を示した。すなわち、前節で述べた口蓋形状と母音調音の関係と同様に、平らな口蓋をもつ話者では、調音動作の変動幅が制限されていると言える。

これまで取り上げた先行研究は、舌の配置に焦点を当てて分析したものであったが、*Weirich & Fuchs* (2013) は、ドイツ語の /s/-/ʃ/ を対象として、音韻対立の実現と声道形態の個人差との関係を検討している。歯

茎摩擦音 /s/ と後部歯茎摩擦音 /ʃ/ は調音位置が異なり、/s/ では呼気を放出する溝 (groove) は歯茎に形成され、/ʃ/ では硬口蓋の前方 (後部歯茎) に形成される。どちらも歯擦音であるため、下顎は比較的高い位置に保たれる。Weirich & Fuchs は、この /s/-/ʃ/ の調音に伴う触覚情報は歯茎・硬口蓋形状の影響を受け、2 音を区別するための舌配置にも影響を与えると推定した。そして、歯茎から硬口蓋への傾斜が少ない (平らな) 口蓋をもつ話者では、舌尖を水平に後退させて /s/ と /ʃ/ を区別するが、一方、歯茎から硬口蓋への傾斜が急な (高い) 口蓋をもつ話者は、舌を水平に後退させることに加えて、垂直に上昇させると仮定している。

この仮説を検証するために、Weirich & Fuchs は 4 組の一卵性双生児と 2 組の二卵性双生児を被験者とする、EMA を使用した実験を実施した。口蓋の高さ、口蓋の傾斜、歯茎・口蓋の傾斜を口蓋形状の変数とし、調音動作の制御パターンとの関係を分析した。結果は仮説を支持するもので、/s/-/ʃ/ の音韻対立に関する舌の移動は、歯茎・硬口蓋の傾斜の度合いと硬口蓋の高さに依存することが分かった。同様の結果は、12 名の遺伝的に無関係な話者を被験者とした EPG の実験でも得られた。

3.4 今後の方向性と課題

これまでのところ、話しことばに観察される調音動作の変動性を声道形態の個人差の観点から検討し、調音動作の制御との関係を考察してきた。前節までに取り上げた先行研究に共通する仮説「話者は生成される言語音を適切な聴覚範囲内に収め、意図した音が正しく伝達されるように、話者自身の声道形態に合わせて調音動作を調整している」は色々な観点から検討され、この仮説を支持する証拠が蓄積されてきていると言えるだろう。しかし、仮説を立証する決定的結果はまだ得られておらず、多様な音声事実の集積や計測方法の開発など研究の余地はかなり残されている。

音声的変動の生物学的要因を探る試みによって得られた事実は、音声

学・音韻論研究に対しても、様々な問題を提起することが予期される。そのひとつとして、次のような疑問を挙げることができる。声道形態の個人差やそれに関連する調音動作の制御は、(言語学的) 音声生成モデルにおいてどのように位置付けられるだろうか。調音動作を最小識別単位とし、音韻表示と音声表示を区別しない理論 (Saltzman & Munhall 1989; Browman & Goldstein, 1992; Goldstein *et al.* 2006) の観点から、Johnson *et al.* (1993) は母音調音の個人差の分析結果について (3.2 節を参照)、調音目標、速度、調音動作の協調パターンは話者ごとに異なるという解釈を示し、音声生成タスクの目標は調音動作ではなく、音響出力であることを提案している。この見解は調音目標の本質について述べたもので、個人差の位置づけの問題を結果的に回避している。本論で検討した先行研究の多くは、声道の形態的特徴が異なる話者が、適切な音響的出力を生み出すために、調音タスクを学習しているという可能性を示唆している。この可能性は、調音の基底 (articulatory settings)⁸⁾ に関する研究によっても支持されるものと思われる (例えば、第 2 言語としての英語については Benítez (2014); 第 1 言語としての英語については Ramanarayanan (2013) を参照されたい)。(言語学的) 音声生成モデルにおける調音タスクの話者間変動性は、興味深い課題のひとつとなり得るだろう。

もうひとつの課題は、次の疑問文で示すことができる。ヒトの声道が解剖生理学的に異なることは、言語の音体系に何らかの影響を与えているのだろうか。個人レベルの変動性の問題を、音体系の差異の問題へと発展させ、Moisik & Dediu (2017) は、独特な口蓋形状がコイサン諸語 (Khoisan) の吸着音 (click) の発達において、系統的バイアスとして機能したことを論じている。Moisik & Dediu は、コン語 (!Xóõ、コイサン諸語のひとつ) 話者には明白な歯茎がないとする先行研究に基づき、生体力学的モデルを使って、吸着音の生成に対する歯茎サイズの影響を調査した。その結果、歯茎形状が滑らかな (歯槽弓がない) 場合には調音

の労力が減少し、吸着音の音響的性質に影響する体積変化率は大きく、速くなることが分かった。この結果は、話ことばの生物学的基礎が音体系の限界や枠組みに対する決定要因となり、当該言語の発達の流れを特定するという提案 (Fuchs *et al.* 2007) を支持するものであろう。このような方向性をもつ研究には、Dediu *et al.* (2017) や Dediu *et al.* (2019) があり、声道の形態的特徴と調音動作の制御という主題を異なる領域に拡張しているものと位置付けられる。

4. まとめ

本論の目的は、調音機構における話者間の変動性について、生物学的要因を探る主要な先行研究の成果を検討し、声道の形態的特徴と調音動作の制御の関係についての理解を深めることであった。近年の音声研究において、話者ごとに異なる音声実現は、もはや音声運用上の問題あるいは不規則な雑音として片づけることはできない状況にある。それは新しい事実を提供して調音音声学研究や音声生成研究に貢献するだけではなく、音声学・音韻論インターフェイスに関わる興味深い問題を提起している。今後、話者間の変動性研究と音韻論の生物学的基礎についての研究が更に発展することが望まれる。

注

- * 本論は令和2年度科学研究費補助金（基盤研究（C））「調音動作の組織化と声道形態の個人差：RfMRIと3D-MRIデータに基づく研究（課題番号：18K00548）」の助成を受けている。
- 1) 口蓋 (palate) という用語は、それを構成する3つの部分「歯槽弓 (alveolar arch)、硬口蓋 (bony hard palate)、軟口蓋 (muscular soft palate)」を指す (Zemlin, 1988: 261)。
- 2) 学習可能な音声的活動の例として、話者は生まれ育った共同体で使用されている音声的規範に照合して、社会的文脈において自身の発音習慣を獲得することが挙げられている (Laver, 1994: 28)。
- 3) Gracco (1990) は、声道を話しことばにおける最小機能単位とする見方を提案し、様々な調音体が時間軸に沿って構成されること、すなわち声道の全体的変化が重

要であると述べている。

- 4) この模式図は Honda *et al.* (1996) の Fig.1 と本多 (2001) の図-2 に基づいて作成したものである。
- 5) X線マイクロビーム (X-ray Microbeam System) は、上下の唇、下顎門歯、舌面などにペレットと呼ばれる金属球をはりつけて、それらの動きを記録する音声分析機器である。詳しくは、本多 (1998) を参照されたい。
- 6) この図は Winkler *et al.* (2006) の Figure 1 に基づいて作成したものである。図中の (a) (b) (c) は、元の Figure 1 では使用されていないが、彼らの仮説を説明する上で必要と判断し加筆した。
- 7) 動的パラトグラフィあるいはエレクトロ・パラトグラフィ (electropalatography; 動的人工口蓋) は、舌と硬口蓋との空間的・時間的な接触を記録する音声分析機器である。
- 8) エレクトロマグネティック・アティキュログラフィ (electromagnetic articulography) は、両唇、舌、顎、軟口蓋の活動を時間的・空間的に記録する音声分析機器である。
- 9) 先に取り上げた Dart (1998) は、英語とフランス語に関する調音の基底に取り組んだ研究でもある。Honikman (1964: 73) は調音の基底について、自然な発話を達成するための調音体の全体的配置とそれらを複合した動作であるとしている。本論で取り上げた先行研究では、調音の基底を、目標とする調音の構えとして特定することができれば、当該言語の音韻論において獲得しなければならない知識と位置づけられるという仮説が提案されている。

参考文献

- Benítez, Andres, Vikram Ramanarayanan, Louis Goldstein, and Shrikanth Narayanan. (2014) 'A Real time MRI Study of Articulatory Setting in Second Language Speech.' *Proceedings of Interspeech 2014*, pp. 701-705.
- Brunner, Jana, Susanne Fuchs, and Pascal Perrier. (2005) 'The influence of the palate shape on articulatory token-to-token variability.' *The Leibniz-Zentrum Allgemeine Sprachwissenschaft (ZAS) Papers in Linguistics*, 42, pp. 43-67.
- Brunner, Jana, Susanne Fuchs, and Pascal Perrier. (2009) 'On the relationship between palate shape and articulatory behavior.' *Journal of the Acoustical Society of America*, 125(6), pp. 3936-3949.
- Browman, Catherine and Louis Goldstein. (1992) 'Articulatory Phonology: An overview.' *Phonetica*, 49, pp. 155-180.
- Dart, Sarah N. (1998) 'Comparing French and English coronal consonant articulation.' *Journal of Phonetics*, 26, pp. 71-94.
- Dediu, Dan, Rick Janssen, and Scott R. Moisik. (2017) 'Language is not isolated from its wider environment: Vocal tract influences on the evolution of speech and language.' *Language & Communication*, 54, pp. 9-20.

- Dediu, Dan, Rick Janssen, and Scott R. Moisik. (2019) 'Weak biases emerging from vocal tract anatomy shape the repeated transmission of vowels.' *Nature Human Behaviour*, vol. 3, October, pp. 1107-1115.
- Fuchs, Susanne, B. Pompino-Marschall, and Pascal Perrier. (2007) 'Is There a Biological Grounding of Phonology?: Determining Factors, Optimization, and Communicative Usage.' In *Proceedings of the Sixteenth International Congress of Phonetic Science, Saarbrücken, Germany*, pp. 219-223.
- Goldstein, Louis, Dani Byrd, and Elliot Saltzman. (2006) 'The role of vocal tract gestural action units in understanding the evolution of phonology.' In Arbibi, Michael A. (ed.) *Action to language via the mirror neuron system*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 215-249.
- Gracco, Vincent L. (1990) 'Characteristics of Speech as a Motor Control System.' In Hammond, G. E. (ed.) *Cerebral Control of Speech and Limb Movements*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, pp. 3-28.
- 本多清志 (1998a) 「音声の生物学的基礎」『音声：岩波講座言語の科学 2』, pp. 93-125.
- 本多清志 (1998b) 「X 線マイクロビームによる調音運動研究の動向」『音声研究』第 2 巻, 第 2 号, pp. 8-18.
- 本多清志 (2000) 「X 線マイクロビームによる子音調音時の舌位置の分析。」『音声言語医学』41, pp. 154-158.
- 本多清志 (2001) 「人の顔形と声質。」『日本音響学会誌。』57 巻 4 号, pp. 308-313.
- Honda, Kiyoshi, Shinji Maeda, Michiko Hashi, Jim S. Dembowski and John R. Westbury. (1996) 'Human Palate and Related Structures: Their Articulatory Consequences.' *Proceedings of the Fourth International Conference on Spoken Language Processing (ICSLP 96)*, Philadelphia, PA, USA, October 3-6, pp. 784-787.
- Honda, Kiyoshi and Mark K. Tiede. (1998) 'An MRI Study on the Relationship between Oral Cavity and Larynx Position.' In *Proceedings of the Fifth International Conference on Spoken Language Processing*, pp. 437-440.
- Honikman, Beatrice. (1964) 'Articulatory Settings.' In Abercrombie, David, Dennis B. Fry, F. A. D. MacCarthy, N. C. Scott, and J. L. M. Trim (eds.) *In Honour of Daniel Jones: Papers contributed on the occasion of his eightieth birthday 12 September 1961*. London: Longmans, pp. 73-84.
- Johnson, Keith, Peter Ladefoged, and Mona Lindau. (1993) 'Individual differences in vowel production.' *Journal of the Acoustical Society of America*, 94(2), pp. 701-714.
- Ladefoged, Peter and Keith Johnson. (2015) *A Course in Phonetics*. Seventh Edition. Stamford. CT: Cengage Learning.
- Lammert, Adam, Michael Proctor, and Shrikanth Narayanan. (2013) 'Morphological Variation in the Adult Hard Palate and Posterior Pharyngeal Wall.' *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, vol. 56, pp. 521-530.

- Laver, John. (1991) 'Describing the Normal Voice.' In his *The Gift of Speech*. Edinburgh: Edinburgh University Press, pp. 209-234.
- Laver, John. (1994) *Principles of phonetics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Moisik, Scott R. and Dan Dediu. (2017) 'Anatomical biasing and clicks: Evidence from bio-mechanical modeling.' *Journal of Language Evolution*, vol. 2, No. 1, pp. 37-51.
- Mooshammer, Christine, Pascal Perrier, Susanne Fuchs, Christian Geng and Daniel Pape. (2004) 'An EMMA and EPG study on token-to-token variability.' *Arbeitsberichte des Instituts für Phonetik und digitale Sprachverarbeitung der Universität Kiel*, 36, pp. 46-63.
- Nakamura, Mitsuhiro. (2019) 'Exploring temporal characteristics of lingual gestures in American English /l/. ' In Calhoun, Sasha, Paola Escudero, Marija Tabain and Paul Warren. (eds.) *Proceedings of the 19th International Congress of Phonetic Sciences, Melbourne, Australia 2019*, pp. 2806-2810.
- Narayanan, Shrikans, Abeer A. Alwan, and Katherine Haker. (1997) 'Toward articulatory-acoustic models for liquid approximants based on MRI and EPG data. Part I. The laterals.' *Journal of the Acoustical Society of America*, 101(2), pp. 1064-1077.
- Perkell, Joseph. (1997) 'Articulatory Processes.' In Hardcastle, W. J. and J. Laver (eds.) *The Handbook of Phonetic Sciences*. The First Edition. Oxford: Blackwell Publishers Ltd., pp. 333-370.
- Ramanarayanan, Vikram, Louis Goldstein, Dani Byrd, and Shrikanth Narayanan. (2013) 'An investigation of articulatory setting using real-time magnetic resonance imaging.' *Journal of the Acoustical Society of America*, 134(1), pp. 510-519.
- Stone, Maureen. (1995) 'How the Tongue Takes Advantage of the Palate During Speech.' In Bell-Berti, Frederika and Lawrence J. Raphael. (eds.) *Producing Speech: Contemporary Issues*. New York: AIP Press, pp. 143-153.
- Stone, Maureen, Arnold D. Gomez, Jiachen Zhuo, Ange L. Tchouaga, and Jerry L. Prince. (2019) 'Quantifying Tongue Tip Shape in Apical and Laminal /s/: Contributions of Palate Shape.' *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, vol. 62, pp. 3149-3159.
- Weirich, Melanie and Susanne Fuchs. (2013) 'Palatal Morphology Can Influence Speaker-Specific Realizations of Phonemic Contrasts.' *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, vol. 56, S1894-S1908.
- Yunusova, Yana, Jeffrey S. Rosenthal, Krista Rudy, Melanie Baljko, and John Daskalogiannakis. (2012) 'Positional targets for lingual consonants defined using electromagnetic articulography.' *Journal of the Acoustical Society of America*, 132(2), pp. 1027-1038.
- Zemlin, Willard R. (1988) *Speech and Hearing Science: Anatomy and Physiology*. Third Edition New Jersey: Prentice Hall.