

博士論文要旨 母音のフォルマント移動と緊張性
 東北大学大学院文学研究科言語科学専攻 石崎達也

本論文では、音声学における 2 つの重要な特性であるフォルマント移動と母音の緊張性について考察を行った。さらに、外国語の発音に関する教育分野で音声学の有用性は非常に高いことから、当該分野の発展への寄与の可能性について考察を行った。

まず、緊張母音と弛緩母音の定量的な定義について考察した。母音の緊張性については Jakobson, Fant and Halle (1951) 及び Chomsky and Halle (1968) が緊張性と声道空間との関連性を指摘し、声道の物理的な位置関係により緊張母音と弛緩母音の違いについて言及した。本論文では、彼らの考え方を踏襲し母音の緊張性を考察する上で、声道の鉛直方向の変動と関連性のある第 1 フォルマント移動を使用し、母音の持続時間内における緊張性の間接的な可視化の手法を確立した (表 42 参照)。緊張性の指標を第 1 フォルマント周波数の角度 θ_1 とし (Ferguson & Kewley-Port (2007) に基づく式 (11) にて $n=1$ を代入)、母音の緊張性を「緊張又は弛緩」の 2 通りで区別するのではなく「連続的な数値」で可視化できることを明らかにした (図 62 参照)。

表 42 母音の緊張性に関する定義

定義	時間依存的な母音の緊張性の変化は、第 1 フォルマント移動 (第 1 フォルマント周波数の時間経過に伴う変動) の観測により間接的に推定できる。
----	--

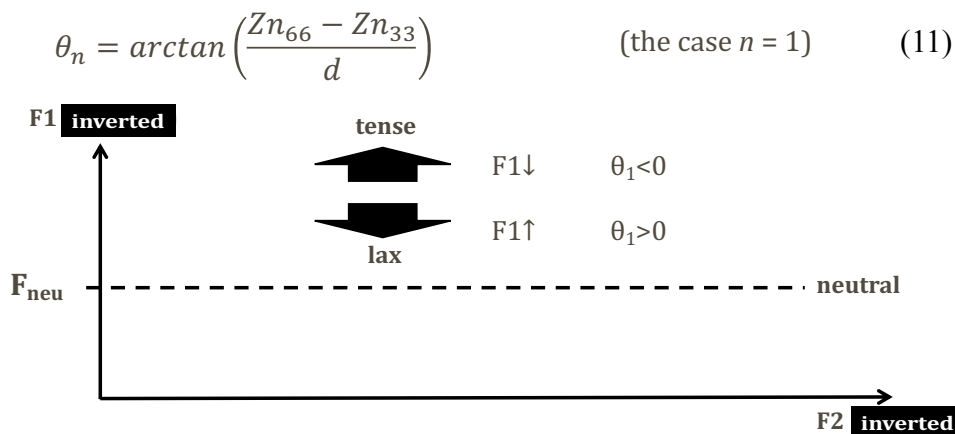


図 62 母音の緊張性と第 1 フォルマント移動の相関 (日本語母音「イー」など)

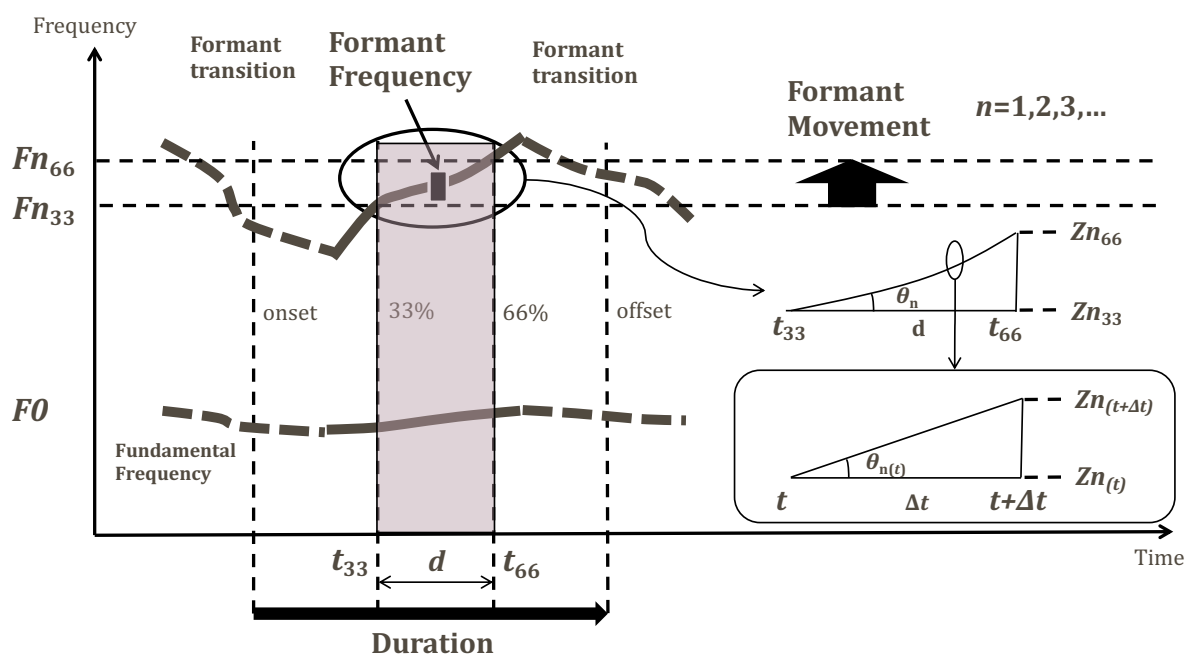


図 63 時刻 t における母音の緊張性を考察する際に使用する音響的特性

$$\frac{dZn(t)}{dt} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \tan \theta_n(t) \quad (\text{the case } n = 1) \quad (12)$$

$$\theta_n(t) = \arctan \left(\frac{Zn(t+\Delta t) - Zn(t)}{\Delta t} \right) \quad (\text{the case } n = 1) \quad (13)$$

また、有限時間における母音の緊張性の議論をさらに拡張し、時刻 t における母音の緊張性を考察した。その緊張性の指標として、第 1 フォルマント移動の近似曲線を $Z1(t)$ とした場合の導関数 $dZ1/dt$ ($=\lim \tan \theta_{1(t)}$) を使用した (式 (12) 及び式 (13) にて $n=1$ を代入、図 63 参照)。この導関数は時刻 t における母音の緊張性の「速度」と理解することが出来、緊張性の変動の目安を定量的に提示した。これにより、時刻 t における緊張性の速度の指標 (値や符号、変動の幅、曲線の形状) を複数の言語間で比較することが可能となる。また、産出した母音の導関数 $dZ1(t)/dt$ を逐次測定することにより、時刻 t における緊張性をリアルタイムに推定することも可能となる。このように、第 1 フォルマント移動の変動を 1 次や 2 次、高次の多項式を用いた近似曲線 $Z1(t)$ として表した上で、その導関数 $dZ1/dt$ ($=\lim \tan \theta_{1(t)}$) により時刻 t における母音の緊張性を間接的に数値化及び可視化できることを明らかにした。

さらに母音の緊張性については、角度 θ_1 が二分化しているかどうかにより決定される場合があると考えられる。図 64 に示すのは母音の緊張性の相対関係である。左図は 2 つの母音の θ_1 が正及び負の値をとる場合、中央図は θ_1 がおよそ 0 及び負の値をとる場合、右図は θ_1 がおよそ 0 及び正の値をとる場合を示している。これらではすべて、2 つの母音の緊張性の相対関係は緊張 (tense) と弛緩 (lax) を示すと考えられる。

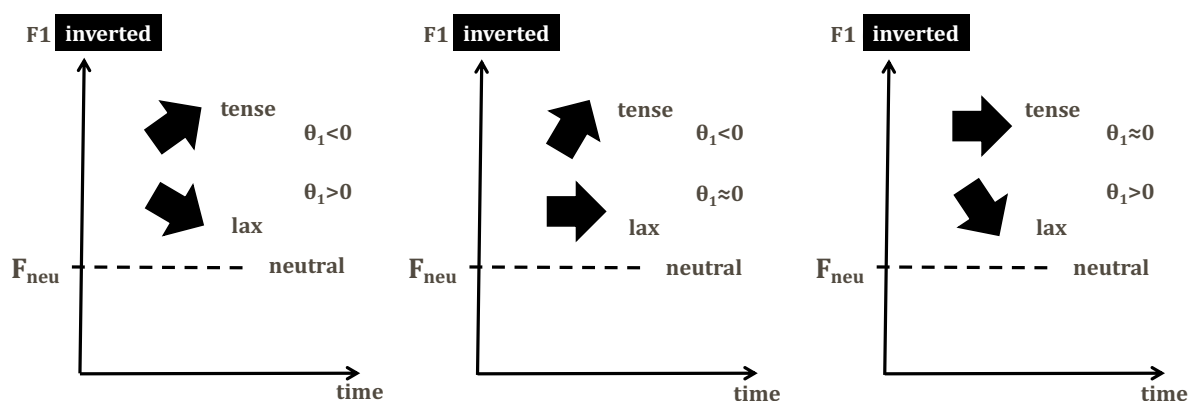


図 64 母音の緊張性の相対関係

(θ_1 の分布が二分化している場合、2 つの母音は「相対的に」緊張と弛緩状態に区分し得ると推測)

次に、アクセントの変動を利用して緊張性を定量化する手法を考察した。日本語母音「イー」のアクセントと緊張性の相関性を利用することにより、角度 θ_1 と同様に母音の緊張性の指標とみなせる第 1 フォルマント周波数の角度 θ_{F1} を、基本周波数 F_0 を用いて式 (14) のように表す手法を確立した。これにより、母音の緊張性を第 1 フォルマント移動や基本周波数の変化量、持続時間を用いて数値化できることを明らかにした。音響的特性の時間依存的なパラメータを使用することが、日本語母音の緊張性、声帯振動及び声道空間の 3 つの媒体間の関連性を考察することに寄与し得ると考えられる。

$$\theta_{F1} = \arctan\left(\frac{F_{166}-F_{133}}{d}\right) = \arctan\left(a\frac{F_{066}-F_{033}}{d}\right) \quad (14)$$

発音教育への応用に関する研究（第 5 章）では、学習者が英語の緊張・弛緩母音のペア/i:/, /ɪ/の発音を学習する際に使用可能な緊張性の違いを評価する手法について考察した。

上述の通り、母音の緊張性を考察する上で時間依存の概念を導入し、その指標を第 1 フォルマント周波数の角度 θ_1 とする数理モデルを本論文で提示した。緊張性の時間依存、声道内の空間形状の変動、第 1 フォルマント移動及び第 1 フォルマント周波数の角度 θ_1 の相関から、英語の緊張母音/i:/と弛緩母音/ɪ/の緊張性が二分化している可能性があると考えられる。このモデルに基づき、学習者により産出された母音の緊張性を相対的に「緊張状態」または「弛緩状態」として識別することが可能である。このような緊張・弛緩母音の示す θ_1 特性を利用した緊張性の可視化フローは、発音教育における緊張性の定量的評価を音響的な観点でリアルタイムに実現することを可能にすることを明らかにした。

また、本論文で提示した緊張母音や弛緩母音が示す θ_1 の二分化現象は、学習者により産出される当該母音の緊張性を相対的に「緊張状態」または「弛緩状態」として識別する上で有用であり、 θ_1 の活用により緊張性を考慮しながら緊張母音/i:/と弛緩母音/ɪ/の発音方法を検討する際にも有用であると考えられる。フォルマント周波数のターゲットへの近似及び θ_1 の相対的な二分化を実現できるような発音方法を検討することにより、学習者により産出される当該母音の音質を最適化させることができる可能性があることを明らかにした。

論文審査結果の要旨および担当者

提出者	石崎 達也
論文審査担当者	(主査) 教授 後藤 斉 教授 小泉 政利 教授 島 越郎 准教授 木山 幸子
論文名	母音のフォルマント移動と緊張性
<p>本論文は、音声学において従来さまざまに論じられながら、その本質が解明されていなかった母音の緊張性について、時間依存性を考慮したフォルマント移動に着目して考察を行ってその可視化を試み、さらに外国語の発音教育への寄与の可能性について論じたものである。</p> <p>全体の導入である第1章「序論」に引き続いて、第2章でフォルマント移動を、第3章で緊張性を概観したのち、第4章の各節でさまざまな観点から行った音響分析について考察し、緊張性を可視化する方法を提案していく。第5章で発音教育への応用の可能性を論じ、第6章で全体の結論がまとめられる。</p> <p>第4章においては、従来定量的な定義がなされていなかった母音の緊張性について、時間依存性の概念を導入することで、母音の持続時間内における第1フォルマント周波数の移動として間接的に推定できることを示した。また、母音の緊張性の指標を第1フォルマント周波数の角度とすることで、母音の緊張性を緊張又は弛緩の2通りで区別するのではなく、連続的な数値で可視化できることを明らかにした。さらに、時刻 t における母音の緊張性を考察して、その緊張性の指標として第1フォルマント移動の近似曲線の導関数を使用し、緊張性の変動の目安を定量的に提示した。これにより、時刻 t における緊張性の速度の指標を複数の言語間で比較することが可能となる。また、産出した母音の導関数を逐次測定することにより、緊張性をリアルタイムに推定しうることを明らかにした。さらに、対応する2つの母音の第1フォルマント周波数の角度が二分化している場合に、それらの相対関係がそれぞれの緊張と弛緩の指標となると論じた。また、日本語母音の緊張性は、第1フォルマント移動や基本周波数の変化量、持続時間を用いて数値化できることを具体的に示している。</p> <p>発音教育への応用に関する第5章では、学習者が英語の緊張・弛緩母音のペアの発音を学習する際に使用可能な緊張性の違いを評価する手法について考察している。第4章で示されたモデルに基づき、学習者により産出された母音の緊張性を相対的に「緊張状態」または「弛緩状態」として可視化することができ、これを発音教育における緊張性の定量的評価を音響的な観点でリアルタイムに実現しうることを示した。フォルマント周波数のターゲットへの近似及び角度の相対的な二分化を実現できるような発音方法を検討することにより、学習者により産出される当該母音の音質を最適化させることができる可能性があることを論じた。</p> <p>以上のように、本論文はフォルマント移動を導入することで母音の緊張性に関して新たな知見を提示しており、その成果は斯学の発展に寄与するものである。よって、本論文の提出者は博士(文学)の学位を授与されるに十分な資格を有するものと認められる。</p>	