

ラグランジュ方程式を用いた日英語母音の緊張性の定量化¹ ～英語母音の指導におけるリファレンス・ターゲット枠組みと緊張力の検討～

石 崎 達 也

要約

本稿は、Ishizaki (2025a) “Quantification of Tenseness in English and Japanese Tense-Lax Vowels: A Lagrangian Model with Indicator θ_1 and Force of Tenseness Ftense(t)” におけるラグランジアンモデルの概略を提示した上で、日本語話者向けの英語母音の発音指導手法について検討し、両者の統合による発音教育への貢献の可能性について議論するものである。本手法は日本語母音を「リファレンス」、英語母音を「ターゲット」とし、指導項目として「緊張力」の導入を提案するものである。英語学習者が両者の違いを直感的に理解できるように「同一の母音四角形の図上で可視化する点」および「現実的で実現可能な発音手法を提示する点」を特徴とする。従来、日英語の母音に関する特性については別個に示される場合があるが、「学習者に使用する発音練習用の資料において、同一の母音四角形の図上で日英語の母音を対照可能となるように示すこと」は学習者の音声理解の促進に貢献すると考える。一般的に、学習者が「リファレンスとなる音声のない状態で英語母音の実現を試みること」は容易ではないと推測する。本手法は、日本語母音を基準としてターゲットとする英語母音との調音上の差異を「補正すべき差異」として学習者に認識させ、調音の補正を学術的な知識をもとに可能とすることを目指すものである。

はじめに

母音の緊張性は二つの状態「tense」と「lax」によって離散的に論じられることがあるが、言語学の分野においてその定量的な定義は確立されていない。Jakobson, Fant, and Halle (1951) や Chomsky and Halle (1968) などの先行研究をもとに、石崎 (2019, 2023) はフォルマント角 θ_1 および θF_1 とその導関数を用いることにより、緊張性を間接的に定量化する手法を提示した。具体的には、 $dZ_1(t)/dt = \lim \tan \theta_1(t)$ 、 $d^2Z_1(t)/dt^2 = d/dt \lim \tan \theta_1(t)$ で示される指標を導入し、緊張性を連続的な数値で捉える枠組みを提案している。さらに日本語長母音/uR/が緊張性を示すことを実証的に確認し、日本語においても Tense および Lax で表される緊張

¹ 本稿は、Ishizaki (2025a) “Quantification of Tenseness in English and Japanese Tense-Lax Vowels: A Lagrangian Model with Indicator θ_1 and Force of Tenseness Ftense(t)” の内容を基にした二次投稿である。当該論文の概略を日本語で提示し、さらに英語母音指導におけるリファレンス・ターゲット枠組みと緊張力の検討および両者の統合による教育的応用の可能性に関する検討を追加したものである。

性の対立が存在する可能性を示唆した。

本稿ではこの定量化の手法を発展させ、母音の音質を決定づける要因として力学的パラメータに注目している。具体的には、狭母音の調音時における舌と下顎の相互作用を記述するため、ラグランジュ方程式に基づく簡易モデルを導入する。このモデルは、口腔内で生じる調音運動を動的な運動系として捉え、母音産出に関わる力の推定を理論的に可能にする手法を提案するものである。本手法は、言語間における母音産出の差異を力学的な観点で考察することを可能とさせ、音声学および音韻論の研究に新たな考え方を提案するものである。

一方、日本語話者向けの英語母音の発音手法については、これまでに多くの議論がなされてきている。清水 (2011) は、「国際語としての英語」について検討し、「日本語の母語話者のためのガイドラインの作成」を行なった。清水 (2011) は「やみくもにNS並みの英語を目指すのではなく、発音指導に関するなんらかの現実的かつ達成可能な目標を見定めるべき時期が既に来ているのではないだろうか」と述べている (NSはnative speakerを指す)。

石崎 (2023, 2025b) は、日本語の母語話者による英語母音の発音を可能な限り英語母語話者に近づけることを目指し、日英語の母音の音声を物理学的に解析した。その結果、従来研究で既知の特性であるフォルマント周波数に加えて、「緊張力 (force of tenseness)」の概念の検討および高低アクセントを利用した発音手法の提示をしている。

一般的に、英語母音の発音手法が難解なものであれば、それは学習者にとって実現困難なものとなり得ることが考えられる。本稿では上述した清水 (2011) の提言に基づき、「学習者にとって実現可能な英語母音の発音手法」について考察するとともに、Ishizaki (2025a) が示すラグランジュ方程式に基づく緊張性の検討との統合的な考察を行う。

1. 従来研究

1.1. 緊張力：Force of Tenseness

石崎 (2023) は、母音の音質を決定する因子として「緊張力 = Force of Tenseness」を提案した (図1参照)。この図は英語の狭母音が産出される際の音声器官に関する動力学的モデルを示しており、x軸を設定していることが大きな特徴である。質量 m の質点が図中のx軸に沿って移動するという仮定の下に描かれており、チューブの左側は唇、右側は声門を表している。

質量 m の物体が速度 v で動く時の運動方程式は式 (1) で表される。当該母音の調音時での顎や舌の鉛直方向 (x軸) における加速度を a_{tense} とするとき、その値は第1フォルマント周波数のバーク係数 Z_n ($n=1$) の2階微分で表される (式 (2) 参照: $Z_n(t)$ を三次関数で近似した場合)。ヘルムホルツ共鳴を検討すると、当該母音の産出時における第1フォルマント周波数は式 (3) で示される。緊張力 (Force of Tenseness: $F_{\text{tense}}(t)$) は式 (4) で表すことができる。

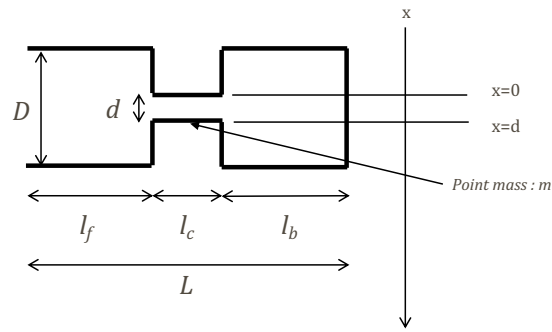


図1 Model of the Up-and-Down Motion of the Articulatory Organs (石崎2023)

$$F = m \frac{dv_x}{dt} \quad (1)$$

$$a_{tense}(t) = \frac{d^2 Z_n(t)}{dt^2} = \frac{d}{dt} \left(\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \tan \theta_n(t) \right) \quad (2)$$

$$= 6at+2b$$

(the case $Z_n(t) = at^3 + bt^2 + ct + d$)

$$f = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{A_c}{A_b l_b l_c}} = d \frac{c}{2\pi D \sqrt{l_b l_c}} \quad (3)$$

$$F_{tense}(t) = m k a_{tense}(t) \quad (4)$$

$$= m k \frac{d^2 Z_n(t)}{dt^2}$$

$$= m k \frac{d}{dt} \left(\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \tan \theta_n(t) \right)$$

$$= m k (6at+2b)$$

1.2. 英語母音の教授法に関する検討

石崎 (2025b) は英語母音 (特に単母音) の教授法に関する検討を行い、「単母音」 「schwa」 「音素を意識した学習」 「母語である日本語の音素の理解」 「緊張力『Force of Tenseness』の検討、多言語or多分野への展開の可能性」 について言及した。具体的には下記の通りである。

1.2.1. 単母音

石崎 (2025b) は、「『母語話者が区別している単母音の数』に両言語間で大きな違いがないこと」を指摘し、「英語の単母音に関する学習を正確に効率的に行う上で、まず知っておくべき事実」と言及した。「両言語間」は日英語間を意味する。

1.2.2. schwa

石崎 (2025b) は、「この母音は英語で最も頻繁に現れることで知られている。即ち、様々な単語の中に現れる音声である。英語を学習する日本語話者が英語の単母音に関する学

習を行う上で、schwaの重要性を理解しておくことは有益である」と指摘した。

1.2.3. 音素を意識した学習

石崎 (2025b) は、「音素を意識した学習を取り入れることにより、効率的に英語の単母音に関する発音の補正を行うことができる」と言及し、英語学習において重要な事項を次のように指摘した。

「ただ一つの単語 (例: Japan) を使用し /ə/ (schwa) を学習し習得することにより、/ə/ (schwa) を含むすべての英単語 (例: attempt, Americaなど) においてその英単語に含まれる /ə/ (schwa) を習得することができる」

「ただ一つの単語 (例: Japan) を使用し /æ/ (ash) を学習し習得することにより、/æ/ (ash) を含むすべての英単語 (例: apple, catなど) においてその英単語に含まれる /æ/ (ash) を習得することができる」

1.2.4. 母語である日本語の音素の理解

石崎 (2025b) は、referenceとtargetの概念を導入しながら、学習者が「openness, frontness-backness, lip roundingをどのように調整すればよいか、視覚的に理解すること」について言及した。「英語の音素の重要性を理解して『母語である日本語との対照』を可能とできるようにすることは有益である」と述べた。

1.2.5. 緊張力「Force of Tenseness」の検討、多言語or多分野への展開の可能性

石崎 (2025b) は、「英語を学習する日本語話者が英語の単母音を発音する際に、母語である日本語のそれを発音する場合よりも『口腔内に鉛直方向に働く力』を調整させる必要があり得ること」について言及した。また、音楽の分野で「『外国語の歌唱時や外国でつくられた楽曲の演奏時における、当該外国語話者によるパフォーマンスに関する、日本語話者による再現性の向上』に寄与する可能性についても指摘した。

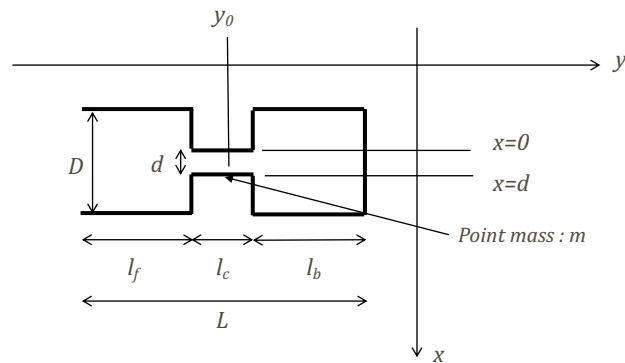
2. ラグランジュ方程式を用いた緊張力 (Force of Tenseness) の考察

Ishizaki (2025a) “Quantification of Tenseness in English and Japanese Tense-Lax Vowels: A Lagrangian Model with Indicator θ_1 and Force of Tenseness Ftense (t)” におけるラグランジアンモデルの概略を示す。

上述のモデル (図1) は、チューブモデルにx軸を採用したものである。しかしながら、より一般化したモデルとするためには、複数軸の採用や顎の回転運動などを考慮することが求められる。そこで、さらに複雑な系における緊張力 (Force of Tenseness) をモデル化するために、オイラー・ラグランジュ方程式を導入する。この一般化したモデルを使用

することにより、母音の産出時における「力」を系統的に検討し、エネルギーの解析と緊張力 (Force of Tenseness) の算出が可能となることを提案する。

本稿では、舌と下顎の相互作用を記述するため、オイラー・ラグランジュ方程式に基づく簡易モデルを導入することとする。新たなモデルでは、上述のx軸に加えてy軸を採用している (図2)。x軸は鉛直方向を表し、x=0は口蓋の位置、x=dは口蓋と舌の間の距離に対応する。y軸は水平方向を表し、y=0は舌のリファレンス点である。本考察に基づくラグランジアンモデル (式 (5) ~ (11)) は、複数の言語における母音の産出時の「力」を対照可能とするための初歩的な検討結果という位置づけとなる。今後さらなる検討を行い、より複雑なモデルの構築を行なっていく必要がある。



$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial L}{\partial q_i} = 0 \quad (5)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \dot{x}} = mk \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \tan \theta_{n(t)} \quad (\text{the case } n=1) \quad (6)$$

$$\theta_{n(t)} = \arctan \left(\frac{Z_{n(t+\Delta t)} - Z_{n(t)}}{\Delta t} \right) \quad (7)$$

The time-dependent angle of the formant variation, as derived from arctan, on the Bark scale.

$$L = \frac{1}{2} mk^2 \left(\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \tan \theta_{n(t)} \right)^2 \quad (8)$$

$$F_x = mk \frac{d}{dt} \left(\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \tan \theta_{n(t)} \right) \quad (9)$$

based on the observed relationship between x and Z_n .

$$L = \frac{1}{2} mv_y^2 - \frac{1}{2} p (y - y_0)^2 \quad (10)$$

$$F_y = -p (y - y_0) \quad (11)$$

For a simple harmonic oscillator, p represents the spring constant, and y_0 denotes the equilibrium position. (assumed)

図2 Generalized Lagrangian Model for Estimating Energy and Forces in Vowel Production. (Ishizaki 2025a)

3. 日本語話者向けの英語母音の発音手法に関する考察

清水（2011）の提言に基づき、「学習者にとって実現可能な英語母音の発音手法」について考察した。本稿で提示する手法では、主に「開口度」（一部の母音は「円唇性」も含む）に注目する²。さらに、日本語母音をリファレンス、英語母音をターゲットとする。学習の対象となる母音については、全ての母音を一括表示するのではなく、いくつかの母音を取り上げ同一の母音四角形の図上で可視化する点を特徴とする。これは、学習者が日英語の違いを直感的に理解し易くするための提案である。

従来、日英語の母音に関する当該特性については別個に示される場合があった。本案では同一図上で対照可能とし、学習者の理解促進に貢献させる。本手法は、英語母音との調音上の差異を「補正すべき差異として学習者に認識」させ、「母音調音の原理を理解」した上で、「学術的な知識をもとに調音の補正」を可能とすることを旨とするものである。

図3は、石崎（2025b）が示した「日本語と一般米語（General American）の単母音」である³。音素の数については、日本語で5であり一般米語で9又は8であるが、区別されている単母音自体の数は日本語で10であり一般米語で9又は8であり、ほぼ同じであることがわかる⁴。

本稿では、英語の8つの単母音（/ɔ:/を除く）に関して「日本語話者である学習者にとって実現可能な英語母音の発音手法」を検討する。

Note that Japanese has five pairs of **short** and **long** monophthongs with almost the same quality. Pitch accents and geminate consonants are used with the five vowels.

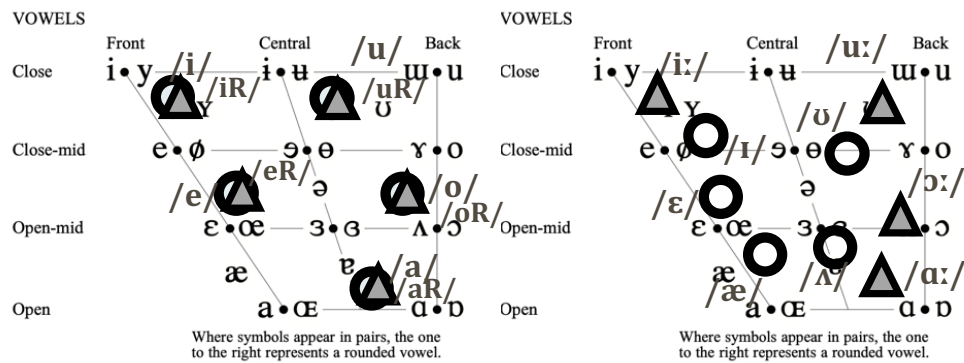


図3 日本語と一般米語（General American）の単母音（石崎 2025b）

図4に日本語母音/i/と英語母音/i:/, /ɪ/の音質に関する決定因子を示す。この図は、当該母音に関する学習者向けの資料案である。日本語母音/i/と英語母音/i:/の音質は近似

² 本稿では、舌の前後位置については学習者が音声聴きながら時間をかけて補正するのが現実的である、という判断をした。

³ International Phonetic Association (<https://www.internationalphoneticassociation.org/>)の資料をもとに作成。

⁴ /ɑ:/と/ɔ:/については、アメリカ西部やカナダではmergeする場合があることが知られる。本稿で発音手法の検討対象とする英語母音は、/ɔ:/を除いた8つとしている。

すること、英語母音 /ɪ/ は日本語母音 /i/ よりも開口度が若干異なることを示している（舌の前後位置も異なる）。

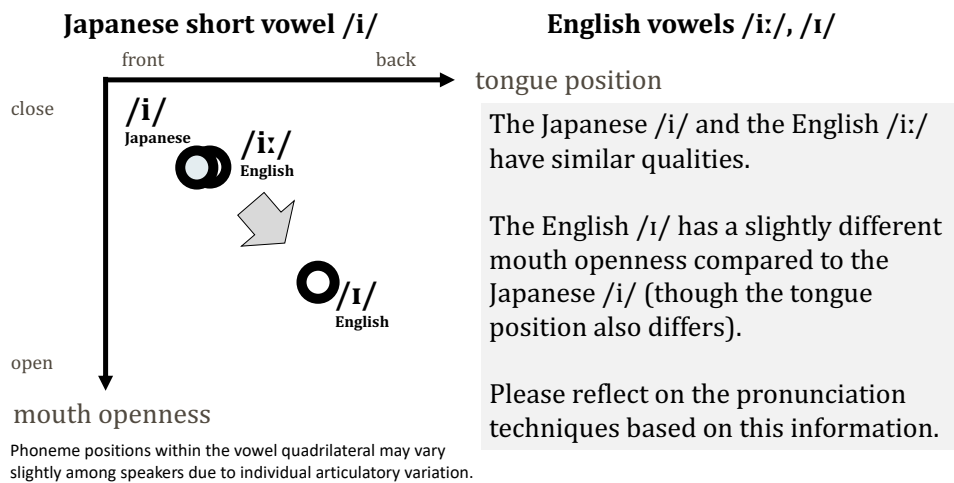


図4 日本語母音 /i/ と英語母音 /i:/, /ɪ/ の音質に関する決定因子
学習者向けの資料案

本稿で提案する手法では、当該図をもとに学習者に日本語母音 /i/ をリファレンス、英語母音 /i:/, /ɪ/ をターゲットと認識させる。学習者には、英語母音 /i:/ を日本語母音 /i/ とほぼ同様な開口度で発音可能なこと、英語母音 /ɪ/ を日本語母音 /i/ よりも開口度を変化させる必要があることを認識させる。ターゲットである英語母音 /i:/, /ɪ/ とリファレンスである日本語母音 /i/ との調音上の差異を「補正すべき差異」として認識させる。「母音調音の原理を理解した上で、学術的な知識をもとに英語母音 /i:/, /ɪ/ の調音補正を可能とすること」を目指すものである。

図5に日本語母音 /u/ と英語母音 /u:/, /ʊ/ の音質に関する決定因子を示す。この図は当該母音に関する学習者向けの資料案である。日本語母音 /u/ は [u] の音質を持つこと、英語母音 /u:/ と /ʊ/ は円唇性を持つことが知られる。特に、英語母音 /ʊ/ については、日本

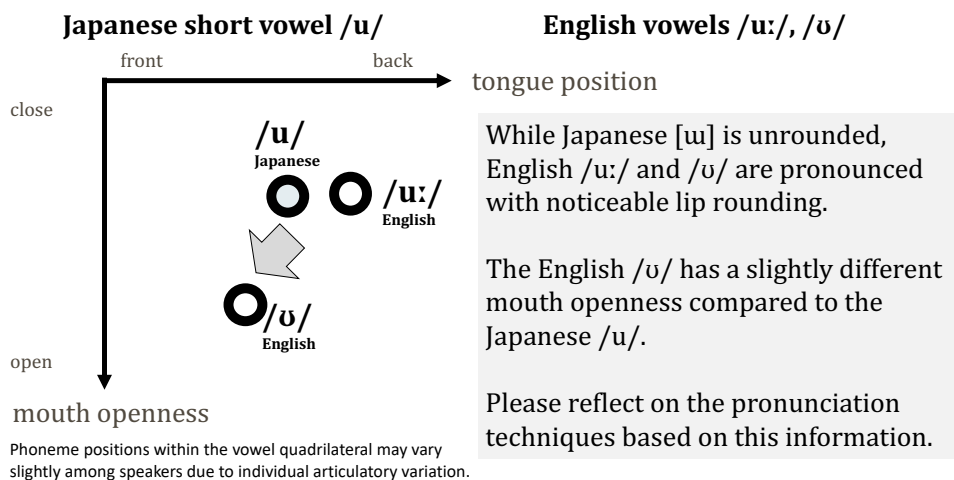


図5 日本語母音 /u/ と英語母音 /u:/, /ʊ/ の音質に関する決定因子
学習者向けの資料案

語母音/u/と比較して若干異なる開口度を持つ。

本稿で提案する手法では、当該図をもとに学習者に日本語母音/u/をリファレンス、英語母音/u:/と/ʊ/をターゲットと認識させる。学習者には、英語母音/u:/を日本語母音/u/と大きく異ならない開口度で発音可能なこと、英語母音/ʊ/を日本語母音/u/よりも開口度を変化させる必要があることを認識させる。また、英語母音/u:/と/ʊ/は円唇性を持つことを認識させる。さらに、ターゲットである英語母音/u:/、/ʊ/とリファレンスである日本語母音/u/との調音上の差異を「補正すべき差異」として認識させる。「母音調音の原理を理解した上で、学術的な知識をもとに英語母音/u:/と/ʊ/の調音補正を可能とすること」を目指すものである。

図6に日本語母音/a/, /e/と英語母音/æ/, /ʌ/の音質に関する決定因子を示す。この図は当該母音に関する学習者向けの資料案である。日本語母音/a/と英語母音/ʌ/の音質は凡そ近似すること、英語母音/æ/は日本語母音/e/と開口度が異なることを示している（舌の前後位置も異なる）。

本稿で提案する手法では、当該図をもとに学習者に日本語母音/a/, /e/をリファレンス、英語母音/æ/, /ʌ/をターゲットと認識させる。学習者には、英語母音/ʌ/の発音が日本語母音/a/を使用することでほぼ可能なこと⁵、英語母音/æ/については日本語母音/e/よりも開口度を変化させる必要があることを認識させる。ターゲットである英語母音/æ/, /ʌ/とリファレンスである日本語母音/a/, /e/との調音上の差異を「補正すべき差異」として学習者に認識させる。「母音調音の原理を理解した上で、学術的な知識をもとに英語母音/æ/, /ʌ/の調音補正を可能とすること」を目指すものである。

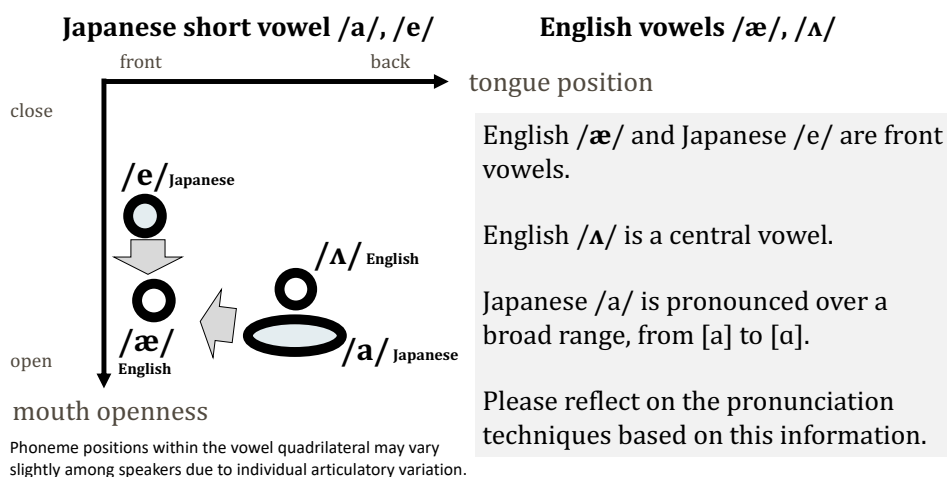


図6 日本語母音/a/, /e/と英語母音/æ/, /ʌ/の音質に関する決定因子
学習者向けの資料案

⁵ 石崎 (2025b) は、英語母音/ʌ/の発音を日本語母音/a/によりほぼ実現できる可能性がある、と主張している。

図7に日本語母音/o/, /e/と英語母音/a:/, /e/の音質に関する決定因子を示す。この図は当該母音に関する学習者向けの資料案である。日本語母音/e/と英語母音/e/の音質は近似すること、英語母音/a:/は日本語母音/o/と開口度が異なることを示している（舌の前後位置も異なる）。

本稿で提案する手法では、当該図をもとに学習者に日本語母音/o/, /e/をリファレンス、英語母音/a:/, /e/をターゲットと認識させる。学習者には、英語母音/e/の発音が日本語母音/e/を使用することでほぼ可能なこと、英語母音/a:/については日本語母音/o/よりも開口度を変化させる必要があることを認識させる。ターゲットである英語母音/a:/, /e/とリファレンスである日本語母音/o/, /e/との調音上の差異を「補正すべき差異」として学習者に認識させる。「母音調音の原理を理解した上で、学術的な知識をもとに英語母音/a:/, /e/の調音補正を可能とすること」を目指すものである。

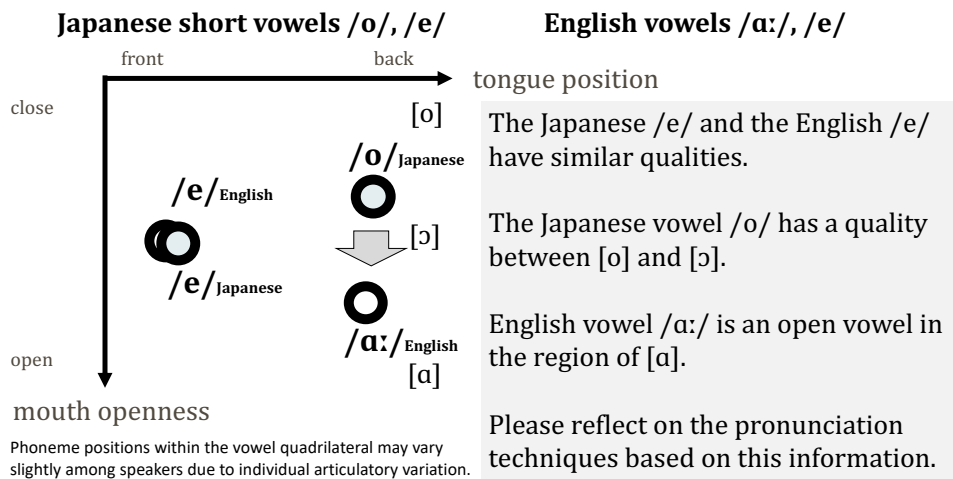


図7 日本語母音/o/, /e/と英語母音/a:/, /e/の音質に関する決定因子
学習者向けの資料案

ここで、Ishizaki (2025a) が示すラグランジュ方程式に基づく緊張性の検討との統合的な考察を行う。当該検討において、英語母音/u:/については日本語母音/u/よりも「口腔内の鉛直方向に発生する力（Force of Tenseness）が大きい可能性」が示されている。今後の更なる研究により、「力の関与」が日英語の様々な母音の産出の仕分けにおいて重要な要素であることが検証された場合、上述の「学習者向けの資料案」に付加することにより、学習者の英語発音に関する能力の向上に寄与するものとなり得ると考えている⁶。

上述の検討をもとに、表1に英語の単母音に関する「学習者にとって実現可能な発音

⁶ 「母音産出の際に口腔内の鉛直方向に必要な力」（Force of Tenseness）に関する「現実的な指導手法」の検討が必要となる。日本語話者による英語の発音が英語母語話者のそれに容易に近似できない理由の一つは「力とエネルギーの差異」である可能性があるかどうか、言語学と物理学の観点で検討に値すると考えている。

手法」案を示す⁷。清水（2011）の提言に賛同し、現実的な発音手法を検討したものである。英語母音の発音指導に際し、「日本語の母音」「開口度」「円唇性」に加えて「緊張力」を用いることを提案するものであり、可能な限り複雑な言及を避けた。上述の通り、「舌の前後位置」については実際に学習者が音声を聴きながら時間をかけて補正することが現実的ではないか、と考えている。今後、言語学および物理学的な検討を重ねていき、さらに現実的で効果的な発音手法の考察を行なっていく。

表1 英語の単母音に関する「学習者にとって実現可能な発音手法」案
(緊張力の必要性の議論は継続して行う必要がある。本案では暫定的に提示)

tense vowels (English)	lax vowels (English)	発音手法
/i:/	日本語「イ」	
	/ɪ/	日本語「イ」 (開口度+)
/u:/	日本語「ウ」	(円唇性+) (緊張力+)
	/ʊ/	日本語「ウ」 (開口度+) (円唇性+)
	/ɛ/	日本語「エ」
	/æ/	日本語「エ」 (開口度+)
	/ʌ/	日本語「ア」
/ɑ:/	日本語「オ」	(開口度+)

おわりに

Ishizaki (2025a) “Quantification of Tenseness in English and Japanese Tense-Lax Vowels: A Lagrangian Model with Indicator θ_1 and Force of Tenseness $F_{tense}(t)$ ” におけるラグランジアンモデルの概略を提示した。これは、母音の調音運動に関する動力学モデルを検討する上で、オイラー・ラグランジュ方程式を導入し、物理学的にエネルギーと力を考察することを試みたものである。

また、日本語話者向けの英語母音の「現実的な発音指導手法」について検討した。本手法では、日本語母音をリファレンス、英語母音をターゲットとし、同一の母音四角形の図上で可視化させた。学習の対象となる母音については、全ての母音を一括表示するのではなく、いくつかの母音を取り上げ同一の母音四角形の図上で可視化した。学習者が日英語の違いを理解し易くするための提案である。

学習者の一部は「英語母音には何があるのかよく分からない状態で」英語母音の実現を試みる場合があると推定している。その場合、発音の能力を向上することは容易ではない。本手法は、学習者が「英語母音には何があるのか」を理解した上で、日本語母音（リファレンス）と英語母音（ターゲット）との調音上の差異を「補正すべき差異」として

⁷ 英語母音/u:/の発音手法「緊張力+」は、石崎（2025b）の検討結果をもとに記載した。本稿で発音手法の検討対象とする英語母音は、アメリカ西部などでのmergeにより発音されないことのある母音/ɔ:/を除いた8つとしている。

認識し、調音の補正を学術的な知識をもとに自ら可能とすることを旨とするものである。

本稿では、英語の単母音に関する「学習者にとって実現可能な発音手法」案を提示した。言語学および物理学的な考察をもとに、英語母音の発音を「日本語の母音」「開口度」「円唇性」に加えて「緊張力」で実現しようと試み、可能な限り簡略化して理解しやすいように工夫した。

言語学において、ラグランジュ方程式を用いた物理学的な検討は音声産出における「力とエネルギー」を明らかにする上で必要となると考えている。日本語話者による英語の発音が英語母語話者のそれに容易に近似できない理由の一つは「力とエネルギーの差異」である可能性もある。言語学と物理学の観点で言語に関する考察を行う必要性はあると考えている。今後さらなる検討を進め、日英語の母音産出に関する「力とエネルギー」の解明および日本語話者向けの英語母音の発音手法の考察を行っていく。

謝辞

本研究は、J S P S 日本学術振興会 科学研究費助成事業 若手研究（JP23K12151, 代表: 石崎達也, 「英語母音の緊張性に関する定量的な解析」）、研究活動スタート支援（JP21K19976, 代表: 石崎達也, 「日本語母音 /uR/ の緊張性に関する定量的な考察」）の助成を受けたものです。助成頂いた事に心より感謝申し上げます。

References

CHOMSKY, N. and HALLE, M. (1968). *The sound pattern of English*, New York: Harper & Row.

INTERNATIONAL PHONETIC ASSOCIATION

<https://www.internationalphoneticassociation.org/> [accessed March 2026].

石崎達也 (2019) 「時刻 t における母音の緊張性の可視化 — フォルマント周波数の時間依存性に注目して —」, 『東北大学言語学論集』, 28, 45-58.

石崎達也 (2023) 「英語母音 /u:/, /ʊ/ の新たな発音手法の考察 — 日本語母音 /uR/ の緊張性 θ_1 と緊張力 $F_{tense}(t)$ に基づく検討 —」, 『外国語教育研究』, 26, 1-19.

ISHIZAKI, T. (2025a). Quantification of Tenseness in English and Japanese Tense-Lax Vowels: A Lagrangian Model with Indicator θ_1 and Force of Tenseness $F_{tense}(t)$. *The journal of Utsunomiya Kyowa University*, 26, 42-61.

石崎達也 (2025b) 「英語母音 /æ/, /ʌ/ の緊張性の定量化と発音手法の考察、AI翻訳を用いた実践的検証 — 日本語母音 /a/, 母音+促音 /aq/ の緊張性の分布特性 —」, 『宇都宮共和大学シティライフ学研究』, 26, 62-82.

JAKOBSON, R., FANT, C. G. and HALLE, M. (1951). *Preliminaries to speech analysis: The distinctive features and their correlates*, Cambridge: The MIT Press.

清水あつ子 (2011) 「国際語としての英語と発音教育」, 『音声研究』, 15 (1), 44-62.