

身体運動による英語リズムの学習支援システムの開発

瀬川 りさ^{1,a)} 鈴木 優^{1,b)}

概要: 多くの人が第二言語として世界標準の言語とされる英語を学習する。その英語の発音指導の目標は、時代とともに変化しており、現在は明瞭性が重視される。発音の要素のうちリズムの学習では、母国語と異なるリズムである場合困難を伴う。本研究では、コンピュータを用いた方法による英語のリズムを身につけるために効果的な学習方法の実現を目指して、身体運動による英語リズムの学習支援システム「リズムワン」の開発を行った。リズムワンは、英語の音響的な非等時性に着目し、英文の音読とともにその強勢部分で身体の揺れの動きを連動することによって英語のリズムの学習支援を行う。

1. はじめに

世界の多くの人々は、母国語の他に第二言語を学習する。その中でも多くが第二言語として世界標準の言語とされる英語を学習する。その英語の発音指導の目標は、時代とともに変化してきた。かつての優先事項は「発音の正確さ」であった。しかしながら、その後、コミュニケーションのための用いるべきであるという考え方に基づき、発音指導の目標も「正確性」から「わかりやすさ」に変わった [1]。現在の発音指導の目標から、英語において、他者に話す内容が伝わりやすい発音を身につけることは重要である。

すべての言語は、リズム類型論上、音節拍 (syllable-timed) あるいは強勢拍 (stress-timed) のどちらかに分類できるとされる [2]。音声拍リズムにおいては、それぞれの音節が同じ時間で発話される [3]。一方、強勢拍リズムにおいては、強勢と強勢との間がほぼ同じ時間で発話される。日本語と英語とは、それぞれ音声拍と強勢拍とに分類される。日本語のリズムはモーラ拍 (mora-timed) と呼ばれるが、基本的には音節拍の一種である。音節拍を母語にもつ者が強勢拍リズムの外国語 (例えば英語) を学ぶと発音の習得でも苦勞するが、それには両言語間のリズム上の差異も大いに関与する [4]。

Rost [5] によると、聞きとることにしても、英語のリズムが理解できていないと困難を生じる。その理由は、強勢

の位置によって文章のリズムが決まるというこの強勢のリズムが、英語の音声に assimilation (同化) や reduction (縮約) や deletion (省略) などを起こさせる原因となっており、このような音の変化が理解できていないために聞き取りが困難になると説明した。

以上より、言語のリズムの学習をすることが発話の明瞭性を向上させるために有効であることがわかる。しかしながら、リズムが異なる言語を学ぶとき、リズムが同様である言語を学ぶ時に比べて発音の習得が難しい。

母国語とは異なるリズムを獲得するには、正しいリズムを単に知識として知るだけでなく、練習およびフィードバックの反復を必要とする。フィードバックを得るには、その言語の発音法に精通した教師に指導を受けるのがよい。しかしながら、指導を受ける場所および時間は限定される。このような課題を解決するために、本研究では指導者に依存しない、コンピュータを用いた方法を検討する。本研究の目的は、コンピュータを用いた方法による言語のリズムを身につけるために効果的な学習方法の実現である。

2. 英語の音響特性

2.1 言語のリズム

第1章で述べたように、英語と日本語とはそれぞれ異なるリズム体系に属する。英語は強勢拍リズムで、日本語は音声拍リズムの一種である。音声拍リズムにおいては、それぞれの音節が同じ時間で発話される [3]。一方、強勢拍リズムにおいては強勢と強勢との間がほぼ同じ時間で発話される [4]。日本語および英語のリズムの違いについて、例文を挙げて説明する。

英語の例文1では、音節ごとに縦一本線で区切り、強勢が起こる音節は“○”で示す。強勢から次の強勢の直前ま

¹ 宮城大学
Miyagi University, 1-1 Gakuen, Taiwa-cho, Kurokawa-gun,
Miyagi 981-3298, Japan

a) p1720128@myu.ac.jp

b) suzu@myu.ac.jp

例文 1: 英語

音節	This	is	the	house	that	Jack	built.
強勢	○			○		○	○

例文 2: 日本語

音節	これはジャックがたてたいえだ
音節拍	○○○○○○○○○○○○○○○○

での、縦二重線で区切られたそれぞれの塊をフット (foot) と呼ぶ。英語はそれぞれのフットの発音に要する時間がほぼ同じになる傾向を持つ。英語の場合、各フットがほぼ等しい長さをもつため、長い音節と短い音節が混在する。

日本語の例文 2 では、すべてのモーラが持つ等しい拍を“○”で示す。モーラとは、日本語で単語を分節し、その長さを測る単位である [6]。日本語の場合、各モーラが等しくなる [7]。

2.1.1 英語の等時性

Abercrombie[2]によると、英語は発話時に強勢の生起が等間隔に繰り返される言語であるという知見は 18 世紀後半に生まれた。Abercrombie が等時性の生じる強勢間をフット (foot) と名付けたことで、言語である英語のリズム構造が音楽におけるリズム構造同様に理論的に説明されるようになった。音楽でいうところの小節 (measure) がフットにあたる。

2.1.2 音響的な非等時性と認知における等時性

Shen et al. [8] は、録音した英語発話のフット長を正確に測定した。測定したフット長は実際には極めて不均一であったことから、フットの等時性を否定した。実際は、英語母語話者はばらつきの見られる実際の物理的フット長を知覚の際に等間隔に認知することがわかった [9]。

英語においては、フット内の音節数の増加に伴って音節持続時間が短縮される。これを compensation effect と呼ぶ [10]。compensation effect が各フット内の音節の長さを調整するのは、一連のフット長をより等時的な状態に近づけるためであるといわれている [11]。このフット内で音節数が増えると全体を収縮 (squeeze) させようとする力が働く現象は、フット内で等時性を与えようとする心理が働くためである [4]。

実際の音響的なフット長は、フット内の音節数の他に、その音節が強勢音節であるか、あるいは非強勢音節であるか、音節を構成する音素の種類、発話スピード、および発話の方法 (例えば、はっきりと話しているか、あるいはリラックスして話しているか) などの複合的な要因によって決まる [12], [13]。したがって、完全に「正確な」フット長は存在しない。

2.2 チャンツ

チャンツとは、音楽やリズムに合わせて、英単語や英文を

繰り返し唱えるという練習法である。Celce-Murcia et al. [14]によると、強勢拍リズムの練習に焦点を当てた練習に着目したのがジャズチャンツである。チャンツを用いることによる強勢拍リズムの習得における効果は、Kawai[15]が立証した。一方、チャンツには、強勢拍リズムの音響的な非等間性に対応できないという問題がある。

2.2.1 音響的な非等時性によるチャンツの問題

チャンツを利用するリズム教育がよく知られるが、これらのリズム指導法はどちらも「英語はフットレベルで等時性が存在する」という前提に立つ [4]。しかしながら、英語は音響的には等時的ではないために、チャンツのリズムと英語の自然な発話のリズムとの間に違いがあることが問題となる。歌やチャンツの持つリズムが、必ずしも自然な発話のリズムと同じではないために、選曲に十分な配慮が必要だとする見解もある [16]。

また、松永 [17] は、実際の指導場面において、音節拍リズムに慣れた日本語母語話者である担任や児童だけでなく、英語母語話者である ALT (Assistant Language Teacher) もジャズ・チャンツに乗りづらそうにする場面が見受けられると述べた。このように、英語が音響的には等時的ではないことにチャンツが対応できないために、問題が起こることがある。

3. 関連研究

特別な教材を用いずに実践できる最も一般的な手法は、文章の音読である。MURAO [18] は、文章の音読を行うことによる言語のリズム学習の効果を検証した。「パラレルリーディング」という、対象のテキストの英文を音源の音声と同時に音読する方法および、「リピート」、つまり、対象のテキストの英文を音源の音声を読まれた後に音読する方法について検証した。実験の結果、いずれの方法を用いても言語のリズム学習には有効でないことがわかった。したがって、本研究では音読のみでなく、複数の方法を取り入れたアプローチを用いることとする。

真崎 [16] は、言語のリズム学習において、筋感覚と文強勢とを連動させる手法を提案した。身体運動における跳躍の動きの筋感覚と、言語のリズムにおける声の強弱とを連動させる。まず、指導者が扱う英文について説明を行う。その後、練習者は指導者の音声指導を受ける。指導の内容は、英文の音読を行いながら、英文における文強勢のタイミングで身体をスウィングする動きを行うものである。この手法において言語のリズム習得の効果が見られたが、この手法では、フィードバックを得られるのは指導者がいるときのみであり、指導を受ける場所、時間が限定されることが課題であるため、本研究では指導者を必要としないアプローチを用いる。

Lappe et al. [19]によると、リズムのトレーニングの際に、聴覚と運動とを用いることで、聴覚のみを用いるより

も習得が効率的になる。Lappe et al. は、被験者を、ピアノを弾くことでリズムを練習するという、聴覚と運動とを用いて練習を行うグループと、そのグループの練習するピアノの音を聞くことでリズムを身につけるグループとの2つに分けた。実験の結果、リズムの精度が高かったのはピアノを弾くことでリズムを練習したグループであった。

この結果には、「脳の可塑性」が関連する。脳の可塑性とは、脳の機能形成のために、柔軟にその構造を変化させる仕組みである。シナプスの可塑性のメカニズムが、一生にわたって持続し学習を可能にする [20]。聴覚と運動とを用いて練習を行ったグループは、脳の可塑的变化が大きかった。これは、リズムの習得が短期的ではなく、持続的なものであったことを示す。真崎 [16] の研究において身体運動が有効であったのは、聴覚と運動とを同時に用いたことで脳の可塑的变化が聴覚のみを用いるよりも大きく、そのためによりリズム習得の効果があつたと考察する。この結果を受け、本研究では聴覚と運動とを用いたアプローチを用いる。

4. アプローチとデザイン指針

4.1 アプローチ

3.2 節で用いた手法では指導者を必要とする。ゆえに、フィードバックを得られるのは指導者がいるときのみであり、指導を受ける場所および時間が限定されるため、本研究では指導者を必要としないことを目標とする。

3.1 節から、単純な音読ではリズム習得の効果が見られないことがわかる。3.2 節では、身体運動および音読を組み合わせ合わせた練習によってリズム習得の効果が見られたため、本研究ではアプローチに身体運動を取り入れる。

4.2 デザイン指針

第4章で述べる関連研究の各問題点を解決するために、本研究では以下の条件を満たす指針に沿う。

- 等時性を意識させる
- 音響的な等時性を求めない

前者について、2.2 節で述べたとおり、強勢拍リズムの言語においては強勢が周期的にあらわれる。英語話者は、この周期性を意識して発話を行う。したがって、本システムの学習コンテンツは、ユーザが発話の際に強勢を周期的に起こすことを意識できる内容であると同時に、ユーザがこの等時性は自然に起こるのではなく、発話の際に自発的に作るものであることを意識できる内容とする。

後者について、英語の等時性は知覚の際の印象であり、音響的に等時的ではないため。本システムの学習コンテンツは、ユーザは等時性を意識するが、厳密にそれぞれのフット長が同じであることは求められないことが伝わる内

容とする。

4.3 本システムの対象者

本研究で扱う学習内容を、英語の発音のうちリズムに限定するために、本研究の対象者は、英語の義務教育を終えた者とする。調音上の厳密さは求めないが、ユーザは対象の英文のうち、母音および子音の分節的音素をどのように発音するかを理解していることを前提とする。

5. 英語リズムの学習支援システム「リズワン」

5.1 システムの概要

「リズワン」は、身体を揺らす動きで犬のキャラクタを操作し、タイミングよくボールの垂直投げ上げを行うことで英語の強勢拍リズムを練習するシステムである。ユーザは与えられた英文を音読しながら、強勢を起すタイミングで身体を揺らすことで犬にボールをシュートさせる操作を行う。身体を揺れを取得するために、バランス Wii ボードを用いる。

5.2 システム構成

リズワンのシステムは、ディスプレイ、PC(Mac OS バージョン 11.6)、Unity(バージョン 2020.3.19f1)、Google Cloud Platform Speech-to-Text、有線マイクおよびバランス Wii ボードで構成される (図 1)。

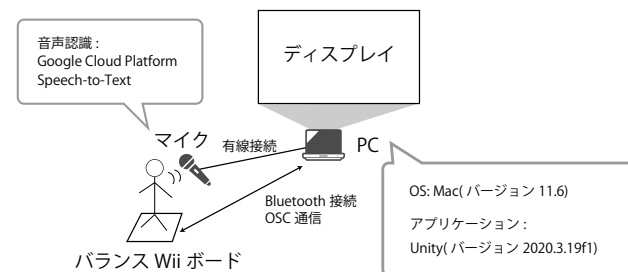


図 1: システム構成

バランス Wii ボードは、ユーザの身体を揺れを取得するために用い、コンピュータとの接続は Bluetooth で行う。PC へのデータの送信には OSC 通信を用いる。マイクはユーザの音読する音声の取得のために用いる。取得した音声を Google Cloud Platform の Speech-to-Text を用いて文字に起こし、そのテキストデータをシステム上の音読判定に用いる。ユーザが揺れながら画面を見やすいように、大きなスクリーンを用いて画面を表示する。システムの開発は Unity で行った。

5.3 使用方法

システムには、①および②の2つの段階がある。

- ① 対象となる英文の音読練習をする段階 (図 2(a))
- ② 対象となる英文の音読を、身体を揺れを用いて練習す

る段階(図2(b))

①の段階では、モデルとなるネイティブスピーカーによる読み上げ音声再生された後、ユーザはマイクに向かって対象の英文の音読を行う。任意の回数音読を繰り返した後②の段階へ進む。②の段階では、①と同様の読み上げ音声がはじめに再生された後、ユーザは画面に表示された英文、犬およびボールを見ながら音読および揺れの操作を行う。画面に表示された英文を音読しながら、その文で強勢が起こるタイミングで身体を揺らす動作によって犬を操作し、ボールを打つ。

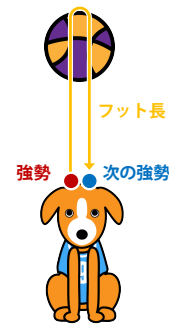


図3: 等時性の表現



(a) 音読練習の段階



(b) 英文の音読を身体揺れを用いて練習する段階

図2: ユーザが学習を行う画面

強勢が起こる音節のタイミングでボールが犬の頭上に来る。そのタイミングでボールを打つとボールが垂直に空中に上がる。ボールが空中に上がってから再び犬の頭上に戻るまでの間がフット長を表す。つまり、フット長が長いほどボールが高く飛び、ボールの滞空時間が長くなる。

例えば、例文1においては“this”, “house”, “Jack”, および “bulit” がそれぞれ文強勢をもつ。ユーザは、この英文を音読しながら、これらの音節を音読するタイミングで身体を揺らす動作を行う(図3)。

5.4 音声データセット

本システムで使用するネイティブスピーカーによる読み上げ音声は、日本人学生による読み上げ英語音声データベー

ス(UME-ERJ)[21]のうち、米語母語話者を対象として収録されたデータセットを使用した。

5.5 機能

5.5.1 ユーザの発話速度に基づくフット長計算機能

本システムでは、ユーザの発話速度に基づいてフット長を算出する。まず、対象の英文のそれぞれのフット長の比を求める。フット長は、2.1.2節で述べたように一意に決まることがないため、あらかじめ音声ファイルのうち、それぞれの音節が何秒時点で発音されたかを手で記録し、それをもとにフットの比を求めて記録する。次に、5.3節で述べた①の段階において、システムはユーザの音読練習時の音声から、一文の音読にかかった時間を取得する(図2)。音読にかかった時間とあらかじめ求めたフット長の比を用いて、対象の英文に含まれるそれぞれのフットのフット長を計算する。

(フット長) = (一文の音読にかかった時間) × (対象英文の音声ファイルにおいて特定のフットの発音にかかった時間) / (対象英文の音声ファイル全体の時間)

例えば、ユーザが例文1を音読するのにかかった時間が5.00秒であるとすると、“This is the” からなる最初のフットのフット長は、以下のように計算する。次のフットの一つ最初の音節 “house” は0.75秒時点で発音が開始されるため、それまでは、対象のフットの最後の音節である “the” の発音が継続すると考える。つまり、「対象英文の音声ファイルにおいて特定のフットの発音にかかった時間」は、“house” の発音が開始されるまでの0.75である。

各音節発音開始時の音声ファイルの経過時間

0.00, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00, 1.25

音声ファイル全体の時間 1.50

フット長 $5.00 \times 0.75 / 1.50 = 2.50$

①の段階から②の段階に移行する際に、計算したフット長をボールが上がる高さに反映させる。

5.5.2 身体の揺れを取得してシステムを操作する機能

身体の揺れを取得するためにバランス Wii ボードを用いる。バランス Wii ボードは、4 つ角それぞれにストレインゲージ式フォースセンサを内蔵しており、ユーザの重心を取得できる。

身体を揺らすと重心が大きく変わるため、毎フレーム取得する重心の数値についてフレーム間で差をとり、その値が任意のしきい値を超えた時に揺れの判定を行う。重心は、縦方向および横方向の二次元座標で表されるが、横方向の揺れと比較して縦方向の揺れの方が身体の動きとして自然であるため、縦方向の数値を対象に判定を行う。判定した身体の揺れによって犬がボールを打つ操作を行う。

5.5.3 ユーザの強勢タイミングの判定機能

ユーザが強勢を起こしたタイミングについては、以下を用いて判定を行う。

(A) 揺れ判定を行なった時のボールと犬の頭上との距離

(B) 犬の頭の頭上にボールが触れていた時間

揺れのタイミングが適切な強勢のタイミングよりも早かった場合、すなわち、まだボールが犬の頭上にとどかないうちに揺れの操作を行った場合に (A) の判定を用いる。前述のとおり、ボールが犬の頭上を離れてから垂直投げ上げを経て再び犬の頭上に戻ってくるまでの間がフット長を表すため、ボールと犬の頭上との距離から、タイミングの適切さを計算することができる。

揺れのタイミングが適切な強勢のタイミングよりも遅かった場合に (B) の判定を用いる。すなわち、ボールが犬の頭上に触れてから時間が経過した場合である。ボールが犬の頭に触れてからの時間経過を保持し、判定に用いる。

(A) あるいは (B) の判定を行い、適切であった場合および適切でなかった場合を、それぞれ異なるエフェクトを表示することによってユーザにフィードバックを行う。

6. おわりに

本研究では、英語の等時性と音響的非等時性および身体によるリズム習得の効果に着目し、身体運動による英語のリズムの学習支援デバイス開発を行った。バランス Wii ボードを用いて身体の揺れを取得し、英文を音読しながら、強勢が起きるタイミングで身体を揺らすことで英語のリズム学習を行うシステムを開発した。

今後は英文字幕部分の改良が課題となる。その後に効果を実証する実験を行う。

参考文献

- [1] 川井一枝. 英語発音指導におけるチャンツの有効性. いわき明星大学人文学部研究紀要, Vol. 28, pp. 202–203, 2015.
- [2] David Abercrombie. *Syllable quantity and enclitics in English*, pp. 216–222. London : Longmans, Green, 1964.
- [3] 中野秀子, 奥田裕司, Rodger Williamson. コンピュータを利用した英語リズムパターン学習におけるリズム提示の

- 視覚・聴覚効果の分析. *Computer & Education*, Vol. 16, pp. 95–101, 2004.
- [4] 大高博美, 神谷厚徳. 英語のリズムにおけるフットの等時性 : 等時性仮説の真偽検証. *言語と文化*, 16 号, pp. 17–23, 2013.
 - [5] M. A. Rost. 話されている英語は「速さ」によってどう変化しているのか, pp. 114–119. アルク, 1983.
 - [6] 窪菌晴夫. モーラと音節の普遍性. *音声研究*, 第 2 巻, 第 1 号, p. 6, 1998.
 - [7] 服部義弘. 朝倉日英対照言語シリーズ 2 音声学. 株式会社朝倉書店, 2012.
 - [8] Y. Shen and G. G. Peterson. *Isochronism in English*, Vol. 9 of *Studies in linguistics*, pp. 1–36. Buffalo, Department of Anthropology and Linguistics, University of Buffalo, 1962.
 - [9] I. Lehiste. Isochrony reconsidered. *Jour. of Phonetics*, Vol. 5, pp. 253–263, 1977.
 - [10] C. A. Fowler. *Timing control in speech production*. Indiana University Linguistics Club, 1977.
 - [11] C. Hoequist Jr. Durational correlates of linguistic rhythm categories. *Phonetica*, Vol. 40, No. 1, pp. 19–31, 1983.
 - [12] Alice Turk and Stefanie Shattuck-Hufnagel. Timing in talking: what is it used for, and how is it controlled? *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.*, Vol. 19, No. 369(1658), p. 2, 2014.
 - [13] Hosung Nam, Elliot Saltzman, Jelena Krivokapic, and Louis Goldstein. Modeling the durational difference of stressed vs. unstressed syllables. In *Proceedings of the 8th Phonetic Conference of China*, 2008.
 - [14] Celce-Murcia M. and D. M Brinton. Teaching pronunciation: A reference for teachers of english to speakers of other languages. *Cambridge University Press*, 1996.
 - [15] K. Kawai. Effects of chant practice on acquisition of stress-timed rhythm: a comparison of three english proficiency levels. *JACET 東北支部紀要*, 第 5 号, pp. 12–26, 2014.
 - [16] 真崎克彦. 英語活動でチャンツを用いて指導した効果の研究. *小学校英語教育学会誌*, Vol. 13, No. 0, pp. 179–194, 2013.
 - [17] 松永健治. 英語と日本語のリズムの違いに着目した音声指導—強勢拍リズムを身に付ける英語活動—. *STEP BULLETIN*, Vol. 17, pp. 221–234, 2005.
 - [18] Remi MURAO and Tsunehisa ISAJI, Shunsuke TANE-MURA, Hiroshi SHIRONO, Junko YAMANAKA, Junko ISHIKAWA, Tadashi NORO, and ARELE. Does reading-aloud training facilitate the improvement of english stress-timed rhythm? a comparison between repeating and parallel reading. *Annual Review of English Language Education in Japan*, Vol. 29, pp. 289–304, 2018.
 - [19] Claudia Lappe, Laurel J. Trainor, Sibylle C. Herholz, and Christo Pantev. Cortical plasticity induced by short-term multimodal musical rhythm training. *PLoS ONE*, Vol. 6, No. 6, pp. 1–8, 2011.
 - [20] 塚田稔. 芸術脳の科学 脳の可塑性と創造性のメカニズム, p. 40. 株式会社講談社, 2015.
 - [21] 音声資源コンソーシアム. Ume-erj. <https://research.nii.ac.jp/src/UME-ERJ.html>.