

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 30 日現在

機関番号：32402

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2015

課題番号：25580135

研究課題名(和文) 最新音声情報処理技術を活用した即応力を高める音読・英会話の自動評価システムの開発

研究課題名(英文) Development of an Automatic Evaluation System of Reading-aloud Performances by EFL Japanese Learners Using the Latest Speech Information Technologies

研究代表者

山内 豊 (Yamauchi, Yutaka)

東京国際大学・商学部・教授

研究者番号：30306245

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：日本人英語学習者の音読について、発音の正確性と流暢さに着目し、自動評価するシステムのプロトタイプの開発を行った。音声情報技術に基づき、発音の正確性にはGOPを、流暢さにはROUを使用した。初見の英文の音読は難しくても、同じ英文をくり返し音読することで、音読がどのくらい円滑になるかも調査した。音読の高速化・自動化を測定する指標として、GOPとROUのどちらが適切かを調査した結果、ROUの方が適切であることがわかった。さらに、自動化の度合いを示す変動係数CVを、音読の自動化プロセスにも当てはめられるかについて調査した結果、ROUに基づいたCVの変化が音読の自動化を反映できることがわかった。

研究成果の概要(英文)：Reading aloud is difficult for L2 learners. However, repeatedly reading aloud the same passage enables learners to enhance their automatized processing and produce more fluent performances. A new CALL system has been developed which can assess reading aloud both in terms of accuracy and fluency. The former is evaluated by one of the speech information technologies named GOP (Goodness of Pronunciation). The latter is assessed by automatic calculation of ROU (Rate of Utterance): the number of syllables per second. This system also calculates coefficient of variation (CV) which indicates the degree of automaticity of reading aloud. The results of the experiments in this study showed that ROU was more valid than GOP as an indicator of automatization in reading aloud and that CV could be used to measure the degree of automaticity in reading aloud, because the CVs significantly decreased as the repetition time went up and the proficiency levels of the participants increased.

研究分野：英語教育学

キーワード：音読 自動評価 発音の正確性 流暢さ 自動化 GOP ROU CV

1. 研究開始当初の背景

音読は、文字情報から音韻・統語・意味情報などを統合して英文の意味を理解する解読作業と、文脈に合うようにリズムやイントネーションを整えながら音声化していく産出作業を同時に行う必要がある。このように input と output に関わる複雑な情報処理を同時並行的に行うために認知負荷が高くなり、外国語学習者が初見の英文パッセージを円滑に音読することは難しいことが多い。しかし、同じ英文をくり返し音読することにより、音韻処理、意味処理、文脈処理、prosodic planning 処理、構音処理などが高速化・自動化され円滑に音読できるようになる (Someya 2014)。

言語処理の自動化の度合いを示す指標として変動係数(CV: coefficient of variance)が提唱されている (Segalowitz & Segalowitz 1993; Segalowitz, Segalowitz & Wood 1998; Harrington 2007)。

提示された単語が実在する単語かどうかを決める語彙判別課題 (lexical decision task)、および、提示された英文が文法的に正しいかどうかを決める文法性判別課題 (grammaticality judgment test) のような単純な認知課題では、英語力が高く処理の自動化が進んでいる学習者ほど、変動係数が小さくなることが報告されている。

ただし、さまざまな処理能力を統合する必要がある音読のような複雑な言語活動でも、変動係数が自動化の指標になるかどうかについては、今までの研究で十分に検証されているとはいえない。

2. 研究の目的

本研究では、

- (1) くり返しは音読の自動化にどのような影響を与えるか、
- (2) その影響を変動係数という指標でとらえることが可能か、
- (3) 英語学習者の熟達度によって音読が自動化する度合いはどのように変わるかを調査する。さらに、このような外国語の音読を、音声情報工学技術を用いて、自動的に評価するシステムのプロトタイプを構築する。

3. 研究の方法

- (1) 異なる英語熟達度の日本人英語学習者に、初見の英文を繰り返し音読録音してもらった。
- (2) 各文について、初めて音読と繰り返した後の音読とで、発話速度と発音の正確性がどのように変化するかを、発話速度と発音の正確性という2つの観点から調査した。音読の自動化について、発話速度だけでなく、発音の正確性も含めた理由は、いくら速い音読ができるようになったといっても、相手に通じないような不正確な発音で速く音読しては、適切な音読とはいえない

と判断したからである。

- (3) 音読活動が高速化・自動化していくにつれて、発話速度が上昇していくことが期待される (Cucchiari, Strik & Boves 2000; Therrien 2004)。発話速度の計算には1秒当たりの音節数 (syllables per second) を用い、これがどのように変化していくかを測定した。
- (4) 発音の正確性には、音声情報工学分野で用いられる GOP (Goodness of Pronunciation) を用いて分析した (Witt & Young 2000)。GOP は、学習者が音読した発音が、コンピュータに事前に格納された音響モデルと比べて、どのくらい隔たりがあるかを音素単位で計算するものである。
- (5) 変動係数は、反応速度のばらつき (variance) を平均速度で割って算出し、単位時間当たりのばらつきを示す。英語熟達度の低い学習者は、平易な問題は解答時間が短いですが、難しい問題では解答時間が長くなり、解答時間 (反応速度) にばらつきが出るので、変動係数が大きくなる。一方、熟達度の高い学習者になるほど、簡単な問題だけでなく難しい問題も迅速に解答できるようになるため、解答時間 (反応速度) のばらつきが少なくなる。この結果、熟達度の高い学習者ほど変動係数が小さくなる。本研究では、音読における発話速度 (1秒当たりの音節数) を反応速度として変動係数の計算を行った。一般に、熟達度の高い学習者ほど反応時間は短くなるが、本研究では、1秒当たりの音節数を反応時間としているため、熟達度の高い学習者ほど1秒当たりの音節数が多くなることが予想されるので、この点にも留意して計算を行った。

4. 研究成果

(1) 調査結果

発話速度、発音の正確性、変動係数、熟達度という4つの変数について分析した結果、以下のことが明らかになった。

図1のように、くり返しにより音読の発話速度 (1秒当たりの音節数) が上がるため、くり返しが音読の自動化に貢献する。

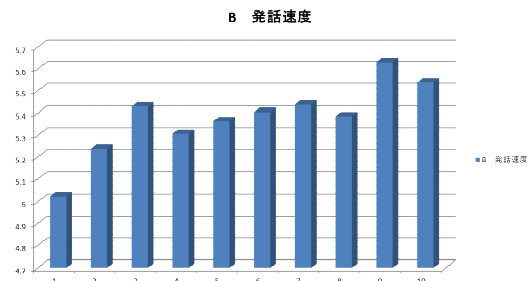


図1 くり返しの回数と発話速度 (1秒当たりの音節数) の関係

発音の正確性を示す GOP は、くり返しの影響を発話速度ほど受けない。

読みやすい英文については、熟達度の高い学習者ほど変動係数が縮小し、音読の自動化が進む傾向が見られた。熟達度の低い学習者では変動係数の縮小があまり見られなかった。

以上の結果は、英語力が高く処理の自動化が進んでいる学習者ほど変動係数が小さくなるという先行研究の結果と一致するため、変動係数を音読の自動化の指標として使用できる可能性が高い。

(2) 自動評価プロトタイプの開発

現在の教育現場ではタブレット PC の普及が飛躍的に進んでいる。文部科学省による全国調査では、タブレット型 PC の教育現場への普及について、平成 24 年度は 26,653 台、平成 25 年度は 36,285 台、平成 26 年度は 72,678 台（前年度の 2 倍）というように増加の一途をたどり、今後のタブレット PC 活用の重要性はますます大きくなっている（山内 2016）。文部科学省は、新学習指導要領が実施される平成 32 年（2020 年）には、タブレット PC などの情報端末が生徒一人に一台という学習環境が実現されることを目指している。

本研究では、GOP と ROU を用いて音読を自動評価するシステムをタブレット PC 上で実現した。学習者が提示された英文をマイクに向かって音読すると、その音声自動的に録音される。音読をしている最中、読み間違いや咳などをして、音読に失敗した場合には、同じ英文を再度録音することができる。学習者が 1 つの英文の音読を完了すると、次の英文が提示され、前の文と同様に音読が録音される。このような手順で英文パッセージの音読がタブレット内に収録される。続いて、タブレット上に収録した音声ファイルが、定められた手順で、自動評価サーバにアップされる。自動評価サーバでは、学習者の音読について、発話速度（ROU）、発音の正確性（GOP）という 2 つの観点から評価が行われ、学習者にフィードバックされる。このような自動評価は、タブレット PC 上でも行うことができるが、各々の学習者の音読ファイルと自動評価結果をサーバにデータとして保存し、日本人英語者の音読音声データベースを構築する目的もあり、このようなアップロード作業を採用している。

<謝辞>

自動評価サーバの開発を担当した國越晶さん（McRoberts B.V.）に謝意を表したい。

<引用文献>

Cucchiari C., Strik, H., & Boves, L. (2000). Quantitative assessment of second language learners' fluency by means of automatic speech recognition

technology, *The Journal of the Acoustical Society of America*, 107, 2, 989-999.

Harrington, M. (2007). The coefficient of variation as an index of L2 lexical processing skill. School of English, Media Studies and Art History, The University of Queensland.

Segalowitz, N. & Segalowitz, S. (1993). Skilled performance, practice, and the differentiation of speed-up from automatization effects: Evidence from second language word recognition. *Applied Psycholinguistics*, 14, 369-385.

Segalowitz, N., Segalowitz, S. & Wood, A. (1998). Assessing the development of automaticity in second language word recognition. *Applied Psycholinguistics*, 13, 369-385.

Someya, Y. (2014). *Introduction to Interpreter Training*. Kansai University.

Therrien, W.J. (2004). Fluency and Comprehension Gains as a Result of Repeated Reading: A Meta-Analysis, *Remedial and Special Education*, 25, 252-261.

山内 豊.(2016) 「『どうなる？教科書のデジタル化：連載第 2 回デジタル教科書に期待される効果』英語教育 6 月号, 67.

Witt, S. & Young, S. (2000). Phone-level pronunciation scoring and assessment for interactive language learning. *Speech Communication* 30, 95-108.

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕(計 3 件)

川村明美, 山内豊, ケイ・ハスキー 「英語コミュニケーションの即応力を高める語彙力測定システムの開発」『東京国際大学論叢言語コミュニケーション学部編』9, 13-24, 2013. 査読有.

加藤集平, 鈴木雅之, 峯松信明, 広瀬啓吉, 山内 豊, 西川 恵, 「識別モデルを用いた英文読み上げ音声からの強勢自動検出」『電子情報通信学会講演論文集』112, 450, SP2012-117, 13-18, 2013. 査読有.

川村明美, 山内 豊, Husky Kay 「英語シャドーイングの自動評価システムの総合的熟達度評価への応用に関する実証的研究」『東京国際大学言語コミュニケーション学部論叢』11 号, 125-135, 2015, 査読有.

〔学会発表〕(計 12 件)

Yutaka Yamauchi "The relationship between auditory vocabulary size, recognition rate and EFL listening comprehension skills," The fourth WorldCALL Conference, 2013 年 7 月 12 日, イギリス・グラスゴー (スコットランド国際会議場)

山内豊, 川村明美, 西川恵, 峯松信明, 加藤集平 「変動係数 (CV) に着目した速読力と語彙力と総合的熟達度の関係に関する実証的研究」外国語教育メディア学会 第 53 回全国研究大会 2013 年 8 月 9 日 文京学院大学 (本郷キャンパス)。

加藤集平, 峯松信明, 山内豊, 西川恵, 川村明美, 藤田雅也。「コンピュータで自動韻律評価はどこまで可能か：強勢・弱勢リズムに着目して」外国語教育メディア学会第 53 回全国研究大会, 2013 年 8 月 8 日 文京学院大学 (本郷キャンパス)。

山内豊, 峯松信明, 川村明美, 西川恵, 藤田雅也, 加藤集平 「シャドーイングが英文音読活動に与える影響：発音の正確性と流暢さからの分析」外国語教育メディア学会関東支部第 132 回研究大会, 2014 年 6 月 14 日. 明治学院大学 (白金キャンパス)。

Yutaka Yamauchi, Akemi Kawamura, Yasumasa Someya, Nobuaki Minematsu, Megumi Nishikawa, Kay Husky." Development of an automatic evaluation system of reading aloud focusing on accuracy and fluency," AILA World Congress 2014, 2014 年 8 月 14 日. オーストラリア・ブリスベン国際会議場。

山内豊, 峯松信明, 川村明美, 西川恵, 加藤集平, 藤田雅也 「くり返し音読の自動化に与える影響：熟達度と変動係数の関係に着目して」外国語教育メディア学会関東支部研究大会 2014 年 11 月 15 日 高崎健康福祉大学。

Yutaka Yamauchi " Validity of Coefficient of Variance (CV) as a Measurement of Automatized Processing in Repetitious L2 Reading-Aloud Performance, " the American Association for Applied Linguistics (AAAL), 2015 年 3 月 22 日. カナダ・トロント。

山内豊, 峯松信明, 川村明美, 西川恵, 加藤集平, 藤田雅也 「語彙認識の自動化を測定するオンライン英語語彙テスト

の開発と検証」外国語教育メディア学会 第 55 回全国研究大会, 2015 年 8 月 6 日, 千里ライフセンター。

Yutaka Yamauchi & Akemi Kawamura " Development and Validation of a New CALL System Evaluating Automaticity of L2 Reading Aloud Performance " Foreign Language Education and Technology Conference (FLEAT) , 2015 年 8 月 14 日. アメリカ・ボストン・ハーバード大学。

山内豊, 峯松信明, 加藤集平, 川村明美, 西川恵 「英語音読における発話速度と発音正確性・自然さのトレードオフの関係についての実証的考察 - 」外国語教育メディア学会関東支部第 134 回研究大会, 2015 年 6 月 13 日. 慶應義塾大学日吉キャンパス。

T. Pongkittiphan, N. Minematsu, T. Makino, D. Saito, K. Hirose, "Automatic prediction of intelligibility of English words spoken with Japanese accents," Speech and Language Technology in Education, 2015 年 9 月 5 日. ドイツ・ライプツィヒ。

山内豊, 峯松信明, 川村明美, 西川恵, 加藤集平 「タブレット PC を使った英文音読の自動評価システムの開発 『外国語教育メディア学会関東支部第 136 回研究大会発表要項』2016 年 6 月 18 日. 早稲田大学戸山キャンパス。

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山内 豊 (YAMAUCHI, Yutaka)
東京国際大学・商学部・教授
研究者番号：30306245

(2) 研究分担者

峯松信明 (MINEMATSU, Nobuaki)
東京大学・大学院工学系研究科・教授
研究者番号：90273333

染谷泰正 (SOMEYA, Yasumasa)
関西大学・外国語学部・教授
研究者番号：40348454

川村明美 (KAWAMURA, Akemi)
東京国際大学・言語コミュニケーション
学部・教授
研究者番号：30326996

西川恵 (NISHIKAWA, Megumi)
東海大学・外国語教育センター・准教授
研究者番号：10453705

ハスキー・ケイ (Husky, Kay)
東京国際大学・商学部・准教授
研究者番号：50237955

(3) 研究協力者

加藤集平 (KATO, Shuhei)
HOYA サービス株式会社・音声ソリューション事業部 CS 技術・研究員

藤田雅也 (FUJITA, Masaya)
HOYA サービス株式会社・音声ソリューション事業部 CS 営業グループ・マネージャー

國越晶 (KUNIKOSHI, Aki)
McRoberts B.V. 研究員