

## 近似文字列マッチングによる英文の誤り検出・ 修正アルゴリズムの開発と英語CALLシステムへの応用

The Development of an Algorithm for Detecting Errors in  
English Sentences Written by Foreign Students and  
its Application to an English CALL System

谷口 雄祐<sup>i)</sup>

高橋 秀夫<sup>ii)</sup>

### 1. はじめに

ICT（情報通信技術：Information Communication Technology）の発展による情報端末の普及や通信網の整備は、我々の生活に多大な変容をもたらしている。それは言語教育の分野においても例外ではなく、ICTを用いたCALL（Computer-Assisted Language Learning）教材が広く普及し、パソコンや携帯端末の使用によって、映像や音声といったマルチメディア情報を伴う学習が場所や時間を問わず可能になっていると指摘されている（竹蓋他, 2005；CIEC外国語教育研究部会, 2008；杉村他, 2008）。

しかしながら、これら一般にCALL教材と呼ばれる学習システムの内容を見ると、そのほとんどが多肢選択式による出題であり、その評価形式もYes/Noを提示する正誤判定に終始している。多肢選択式による出題と評価は、学習者がすでに学習した事項が習得されているか否かを判定するための「テスト」であり、「経験の結果生じる比較的永続的な行動の変容（東他, 1991）」と定義される学習のプロセスとは異なるものである。また多肢選択式以外に少数見受けられる空所補充形式や文単位の解答を受け入れる形態においても、その評価は同様の正誤判定のみで、「学習者が自由に記述した解答に対して、正解とどこがどう異なるかというフィードバックを与える」といった形式は見当たらず、効果的な自律的学習が阻害されている。古くSheerin(1987)による「指導と称して、テストに終始している」との警鐘が、現在になっても活かされていないことは極めて遺憾と言える。

とくに中高生などの初級学習者にとって、模範となる例文や定型表現を記憶することは極めて重要で（池松, 2012）、そのような「定着」を目的とした学習には、多肢選択式に代表される「テスト」ではなく、学習者の解答と正解とを比較し、誤り箇所や誤り方を指摘するという形式が不可欠である。単語の不足・語順の間違い・スペルミスなどの指摘を受けながら修正を繰り返すことで、学習者が自らの解答を段階的に正解に近づけてゆくとい

i) 千葉大学工学研究科院生

ii) 千葉大学言語教育センター、工学研究科

うプロセスを踏むことが可能だからである。しかし前述のように、このような学習支援を行う機能を持ったCALL教材が実用されている例は現在ほとんど確認できない。

こういった現状に対して、本研究では、学習者の解答文中の誤りを分析し学習者へフィードバックを行う手法を提案する。さらに、実際に英語CALL教材へ応用し、初級学習者による試用と、アンケート調査を行う。さらに発展として、誤りパターンの分析結果を用いる自動採点手法についても検討する。

## 2. 研究目的

本研究は3つの要素からなる。第一は、学習者の解答文と正解文を比較して相違点の検出・分類を行う手法についての研究である。読み上げられる音声の書き取りなどに代表される1通りの正解文のみが存在する場合を対象として、正解文と学習者の解答とを比較してフィードバックを行う学習支援機能へ応用する。手順としては、まず配列アラインメント (Needleman 他, 1970) と呼ばれるアルゴリズムを用いて2つの英文を比較し、どこにどのような種類の誤りがあるかという分析を行う。

第二は、その学習支援機能を実装したCALL教材の作成である。作成したアプリケーションは実際に初級学習者に試用させ、使用感についてアンケート調査を行う。

第三は、誤りパターンの分析結果をもとに採点を施す手法についての検討である。誤りパターンごとに、どのような誤りならどの程度減点するといった割合または数値を定め、ある解答が正解文に対してどれだけ達成できているかを定量的に算出する。

## 3. 誤りパターン分析について

### 3.1 手法

計算機による英文の分析方法として、文法構造や単語の意味などを考慮するものが知られており、1960年代より盛んに研究が行われてきた (長尾, 1995)。しかしこれらの手法は、文法的な誤りがあったり (投野, 2012)、1～2単語のみという部分的解答であったりする場合のある学習者の解答を分析するには不向きであると言える。また、ある既定の正解文に近づけていくことを支援するという本研究の目的を考慮すると、同意義の文への言い換えなどに対応する必要はなく、英文の意味的な分析はさほど重要性を持たない。このため、本研究では、品詞や単語の意味は考慮せず、解答文や正解文を単なる文字列として分析する手法を採用した。

本研究と類似の目的を持つ先行研究として、正解および学習者の解答を単語単位・文字単位に分割してマッチングを行う手法 (志村, 1986; Takahashi, 1992) が存在するが、本研究では、誤りの分析に配列アラインメントと呼ばれる手法を採用した。学習者の解答の誤り分析に配列アラインメントを用いた例として、学習者がどのような誤りをしやすい傾向にあるかの統計を目的とした研究 (投野, 2012) がある。本研究の第一目的である誤りパターンの分析については、この手法を学習支援という本研究の目的に合わせて改良することによって行う。

### 3.2 配列アラインメントについて

2つの文字列を比較する際によく用いられる手法の1つに配列アラインメントがある。配列アラインメントとは、比較したい2つの配列がもっとも都合よく重なるように空白を挿入するという処理である。配列とは、ある種の要素が複数並んでいるもののことを指す。単語を配列として考えたときには要素は文字であり、文を配列として考えたときには要素は単語となる。

配列アラインメントの例として、「ABCDEF」と「ACDEGF」という2つの配列を比較する場合について図1に示した。また、本報告においては空白をアンダーバーで表した。図1に示したように、配列アラインメントでは、なるべく同じ要素が同じ位置になるよう調整を行う。なお、この調整はあくまで空白の挿入によって行うものであり、要素の順序を入れ替えるといった操作はしない。本研究では、配列アラインメントを使用し、以下で述べる誤りパターンの分析を行うアルゴリズムを開発した。

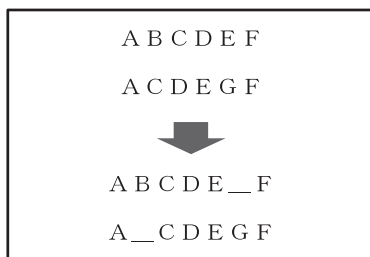


図1 配列アラインメントの例

### 3.3 文字的誤りの分類

英文を文字列として考える場合、文字的誤り（スペルミス）と単語的誤りに分けて考えることができる。表1に示したように、文字的誤りには欠落・誤挿入・置換・隣接交換の4通りがあり、これらで80%のスペルミスを説明できると言われている（Damerau, 1968）。ここで、置換については、欠落と誤挿入が隣接して発生しているとも考えることも可能であるが、欠落が1つ、誤挿入が1つという2つの誤りとしてカウントするのではなく、置換が1つとして判定する。隣接交換についても同様である。また、類似の先行研究（投野, 2012）においては、この4種のうちの隣接交換を定義しておらず、独立した欠落と誤挿入があるものとして、誤りが2箇所としてカウントしている。これに対し、本研究ではDamerau(1968)の研究に準拠した分類を採用した。

なお、本研究ではピリオドやカンマ、アポストロフィといった記号の有無については文字的誤りには分類せず、単語の長さに着目する際にも語長のカウントに含めない。また、大文字であるべき文字が小文字になっているような場合についても、文字的誤りとはしない。

表1 文字的誤りの分類と例

欠落	letter → leter
誤挿入	letter → lettere
置換	letter → lettat
隣接交換	letter → lettre

## 3.4 単語的誤りの分類

単語的誤りとは、表2に示した通り、欠落、誤挿入、置換、転移、交換の5種類である。下線部が誤りに関わっている単語である。

表2 単語的誤りの分類と例

欠落	正解 解答	What does Sam say <u>about</u> Nancy? What does Sam say Nancy?
誤挿入	正解 解答	What does Sam say about Nancy? What does Sam say about <u>of</u> Nancy?
置換	正解 解答	What does Sam <u>say</u> about Nancy? What does Sam <u>speak</u> about Nancy?
転移	正解 解答	What does Sam say <u>about</u> Nancy? What <u>about</u> does Sam say Nancy?
交換	正解 解答	What does <u>Sam</u> say about <u>Nancy</u> ? What does <u>Nancy</u> say about <u>Sam</u> ?

類似の先行研究（2012, 投野）においては、交換を定義しておらず、転移が2つとして判定している。本研究では、学習者への表示をより簡潔に行うため、転移の特殊な場合として新たに交換という分類を設けた。表2における交換の例で言えば、「Sam が6単語目に転移しており、かつ Nancy が3単語目に転移している」とするより、「Sam と Nancy が入れ替わっている」と表示したほうが学習者にとって自らの誤りがわかりやすく、正解へ向けての修正もしやすいと判断したことが主な理由である。

また、転移とも交換とも解釈できる場合について表3に例示した。この場合、「does が Sam と say の間に転移している」とも、「Sam が what と does の間に転移している」とも、「does と Sam が交換している」とも解釈できるが、本研究ではこのようなケースを「交換」として分類した。

表3 転移とも交換とも解釈できる場合の例

転移または交換	正解	What <u>does</u> <u>Sam</u> say about Nancy?
	解答	What <u>Sam</u> <u>does</u> say about Nancy?

### 3.5 文字的誤りの分析方法

本研究では、3.2 に述べた配列アラインメントを用いて、表1、表2に述べた各種の誤りの検出を行った。文字的誤りについて配列アラインメントを適用して考慮する場合には、配列は単語、要素は文字となる。表1の各場合に対して配列アラインメントをそれぞれ適用すると、表4のようになる。また、さらにその結果から誤りを判定する基準についても併せて示した。

表4 文字的誤りがある場合のアラインメント結果と誤り分類の判定基準

分類	アラインメント結果	判定基準
欠落	正解 letter	解答側において空白が1つ存在する場合
	解答 let_er	
誤挿入	正解 letter_	正解側において空白が1つ存在する場合
	解答 lettere	
置換	正解 lette_r	解答側の空白と正解側の空白が隣接している場合
	解答 lett_ar	
隣接交換	正解 letter_	両者に空白がひとつおきに存在しており、かつ、空白と同位置に同じ文字が存在している場合
	解答 lett_re	

### 3.6 単語的誤りの分析方法

前節と同様、表2に述べた単語的誤りの検出は配列アラインメントを用いて行った。単語的誤りについて配列アラインメントを適用して考慮する場合、配列は文、要素は単語となる。

前節においては配列の要素は文字であったため、要素同士を比較する際には同じ文字か異なる文字かという単純な処理を行っていた。しかし、文同士を比較する場合には、単語同士がどれだけ一致しているかという類似度について定めておく必要がある。以下に簡単な例を示した。

正解 : What does Sam say about Nancy?

解答A : What does Sam sai about Nancy?

解答B : What does Sam speak about Nancy?

解答A・Bとも、say が正しく解答できていないという点は共通であるが、解答Bのspeak は単語的誤りの置換に該当する。解答Aの sai も、別の単語に置き換わっているという意味では、単語的誤りの置換に当てはめることも可能である。しかし、これが単語的誤りではなく say の文字的誤りに過ぎないのは明らかである。このように、単語的誤りの分析にあたっては、単語同士が一致していない部分が、この場合の sai のように単なる文字的誤りによるものなのか、speak のように単語的誤りによるものなのか、どこかで線引きをする必要がある。本研究では、単語同士がどれだけ似ているかという尺度を導

入し、ある程度類似しているものを前者として扱った。ここで、類似度Sの算出式について(式1)に示した。本研究では、Sが0.65以上のものを「文字的誤りがあるものの、単語的には正解している単語」として定義した。

$$S = 1 - \frac{\text{文字的誤りの数}}{\text{比較する2単語のうち長い方の語長}} \quad (\text{式1})$$

表2の各場合に対して配列アラインメントをそれぞれ適用した結果を表5に示した。また、さらにその結果から誤りを判定する基準についても併せて示した。

表5 単語的誤りがある場合のアラインメント結果と誤り分類の判定基準

分類	アラインメント結果	判定基準
欠落	正解 What does Sam say about Nancy? 解答 What does Sam say _____ Nancy?	解答側において空白が1つ存在する場合
誤挿入	正解 What does Sam say about _____ Nancy? 解答 What does Sam say about of Nancy?	正解側において空白が1つ存在する場合
置換	正解 What does Sam say _____ about Nancy? 解答 What does Sam _____ speak about Nancy?	解答側の空白と正解側の空白が隣接している場合
転移	正解 What _____ does Sam say about Nancy? 解答 What about does Sam say _____ Nancy?	ある位置で欠落している単語が、別の位置で誤挿入されている場合
交換	正解 What does Sam _____ say about Nancy? _____ 解答 What does _____ Nancy say about _____ Sam?	ある位置で置換している単語のペアが、別の位置で逆向きに置換している場合

次に、1つの解答に複数の誤りが含まれている場合の例を以下に示した。

正解：What does Sam say about Nancy?

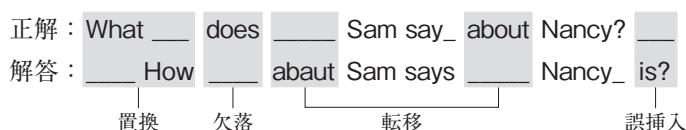
解答：How about Sam says Nancy is?

この組み合わせにアラインメント処理を加えると、

正解：What \_\_\_\_ does \_\_\_\_\_ Sam say\_ about Nancy? \_\_\_\_

解答：\_\_\_\_ How \_\_\_\_ about Sam says \_\_\_\_\_ Nancy\_ is?

となる。さらに、表5に示した通りの分析を行うと、以下のように誤りが分類できる。



ここで、say に文字的誤りがある点については、単語的誤りとしては考慮せず、学習者へ支援情報を提供する際に文字的誤りとして表示するのみに留める。また、about については、正しい単語でなくとも正解の語との類似度Sが0.65以上であるため転移として対応させた。

また、上記の例では How は What の置換として判定しているが、does の置換と解釈することもできる。その場合は What が欠落しているということになる。こういった場合については、便宜上、文頭に近い方と対応させた。発展としては、単語の意味が近い方や、品詞が同じである方と対応させるということも考えられるが、どちらにせよ「How を削除してから What と does を入力する」という修正が必要であることは変わらない点や、膨大な辞書データが必要になる点を考慮し、本研究ではそこまでの処理は導入しなかった。

#### 4. Flashアプリケーションについて

##### 4.1 アプリケーション概要

3. で述べた研究をもとに、初級学習者用CALL教材用ソフトウェアを作成した。開発は Adobe 社が提供する Adobe Flash Professional CS5.5 によって行った。実行環境は Windows 7 Professional Service Pack 1 を用いた。研究内容である誤りパターンの分析手法については ActionScript3.0 によって記述した。基本的な画面構成等は本学で用いられている聴解力養成用CALL教材と同様であるが、学習者が自らの解答を正解に近づけていくことを支援するための機能を備えており、それを用いた出題形式を複数種類追加している。使用者として想定したのは、本学の入学試験において英語を受験科目として課されていない学生へ向けた講義である「基礎英語」の受講者である。

本アプリケーションの学習画面などで表示される文字・画像・音声は、「基礎英語」で用いられているテキスト“Life and Culture in the UK” (Jenks他, 2013) に準拠しており、同講義の予習・復習に用いることを想定している。起動画面、メニュー画面の例をそれぞれ図2, 3に示した。

コースウェアは xml 形式のファイルに記述した。xml とはマークアップ言語の1つであり、タグと呼ばれる文字列を定義しておくことで、問題文などの文字情報や音声・画像ファイルの名前などといった各種データを管理するデータベースを記述できる。コースウェアがFlashによるプログラムとは独立した xml ファイルとして存在していることにより、プログラムの実行内容の刷新が xml ファイルの差し替えのみで可能になる。さらに xml ファイルの作成は Flash やプログラミングについての専門知識を必要としないため、コースウェアの変更・追加も容易である。



図2 起動画面



図3 メニュー画面

## 4.2 コースウェアの構成

1つのコースウェアは10個の学習 UNIT からなり、1つの UNIT は3段階の STEP からなる。各 STEP は三ラウンド・システム（竹蓋,1997）に準じており、STEP 1 は述べられていることのおおまかな理解、STEP 2 は詳細な理解、STEP 3 は述べられていないことの推測という構成である。また、STEP 2 はさらに3つの SECTION に分かれる。STEP 1, 2 は予習、STEP 3 は復習として行う。UNIT の構成の一部（UNIT 1, 2 のみ）を表6に示した。

## 4.3 学習支援機能を備えた出題形式

### 4.3.1 キーセンテンス

この出題形式は STEP 1 において出題されるもので、実際の画面例を図4に示した。その UNIT における重要な表現などが含まれる文をキーセンテンスとして5つ定めておき、空所を設けた上で学習者に表示する。学習者は英語音声と対訳からその空所に解答を入力する。1つのキーセンテンスにつき、空所は事前に定めてある1箇所のみであるが、その空所に入るのは1単語のみとは限らない。また、キーセンテンスの訳文の一部を空所にした出題も行う。その場合は解答も日本語で入力することになるが、英語の場合と同様のアルゴリズムを用いて処理を行う。なお、この形式による出題はあくまで学習すべき英文の導入指導が行われた後の「定着」のプロセスとして実施されるものであり、「テスト」の意味を持つものではない。



表6 UNITの構成

UNIT 1				
STEP 1				理解度 確認 テスト
STEP 2	SECTION 1	SECTION 2	SECTION 3	
STEP 3				
UNIT 2				
STEP 1				理解度 確認 テスト
STEP 2	SECTION 1	SECTION 2	SECTION 3	
STEP 3				

⋮



図4 キーセンテンスの画面例

#### 4.3.2 確認定着

STEP 2 において出題される出題形式について、実際の画面例を図5に示した。STEP 2 内のタスクは UNIT の内容について日本語で問う形式が主であるが、正誤判定については日本語で正解例が表示されるのみであり、解答の入力を受け入れ、評価することはない。しかし、本教材では、“次のように言われていることを確認しよう”という形で、正解に関連する英文の空所を補充させ、定着の効果を高めるプロセスを導入した。該当する英文があらかじめ設定しておいた箇所に空所を設けて表示され、学習者が英語音声を頼りにその空所に解答を入力するという形態である。空所は1つの間につき1箇所とは限らず、また、1つの空所に入るのが1単語とも限らない。

#### 4.3.3 空所補充

空所補充式タスクは STEP 2 の各 SECTION で1度出題される形式である。実際の画面例を図6に示した。空所の位置は次の2通りで決定され、2回繰り返して学習を行う。1つの空所に入るのは1単語である。

- (1) 1語目から7語目までのどれかをランダムに空所にし、それ以降はその空所から6語おきに空所を設ける
- (2) 1語目から7語目までのどれかをランダムに空所にし、それ以降もランダムに0～6語の間隔で空所を設ける



図5 確認定着の画面例



図6 空所補充の画面例

#### 4.3.4 ディクテーション

ディクテーションはSTEP 3の最後で出題される形式で、実際の画面例を図7に示した。各SECTIONの英文を、音声聞きながらすべて書き取るという出題を行う。これは比較的高い水準の能力が要求される形式であるため、意欲のある者が任意で取り組む課題として通知してある。また、解答の入力の際には、ヒントとしてCtrlキーを押すことで一時的に原文を確認できるようにしてある。

#### 4.3.5 理解度確認テスト

各UNITのすべてのタスクを終了すると、そのUNITの学習内容の理解度を確認するためのクイズが出題される。実際の画面例を図8に示した。UNITから抽出された5つの英文が空所とともに表示され、学習者は、それまでの学習とその英文の音声と対訳を頼りに空所に解答を入力する。



図7 ディクテーションの画面例



図8 理解度確認テストの画面例

#### 4.4 誤りの指摘方法について

ここまで述べてきた各種の出題形式では、空所や解答欄に解答を入力した後、エンターキーを押すことで解答の分析結果の表示が行われる。入力された解答に誤りがあれば、表5に述べた誤りパターンの分析結果から、正解に近づけてゆくための指標になるような処理を加えて表示する。現時点で実装されている7種類の処理を表7に示した。

また、本研究で定義した誤りの分類とは異なるが、大文字になっているべき文字が小文字になっている場合や、その逆の場合については、エンターキーを押した時点で自動的に修正される。これは、大文字と小文字の誤りがDemarau(1968)の分類に定められていなかったことが主な理由である。

表7 修正支援のための誤り指摘の方法

	解答文中の誤り	誤り指摘の方法
(a)	ある単語に文字的誤りが1つある	誤っている文字を赤字で表示する
(b)	ある単語に文字的誤りが2つ以上ある	その単語を削除する
(c)	ある単語が欠落している	その単語の文字数分のスペースを挿入する
(d)	ある単語が誤挿入されている	その単語を削除する
(e)	ある単語が別の単語に置換している	その単語を削除する
(f)	ある単語が別の位置に転移している	正しい位置に自動的に修正する
(g)	ある単語とある単語が交換している	双方とも正しい位置に自動的に修正する

誤り指摘の例として、正解文、学習者が解答欄に解答を入力した状態、及び修正支援のための結果表示を表8にまとめて示した。

表8 誤り指摘の例

正解文	[Have you read any good books recently ]?
学習者の入力	[have you raed any book resently ]?
結果表示	[Have you r <del>ae</del> d any book <del> </del> resently ]?

3単語目の read における a と e の隣接交換は赤く表示される。なお、紙面の都合上赤字の代わりに網掛けで表した。また、books において末尾の s が欠落している部分には、空白を意味するアンダーバーが赤く表示される。recently の c が s に置換している箇所も赤く表示される。これらはすべて表7(a)による処理である。さらに、表7(b)~(d)の処理があることによって、正解している単語（文字的誤りがあるものも含む）が正解文における本来の位置と同じ位置に移動する。表8の1行目と3行目を見比べると、単語が欠落している箇所などにはその単語の語長と同数のスペースが挿入されており、books と re-

cently が同じ位置から始まっていることがわかる。これにより、このケースで言えば book\_ の前に4文字程度の単語を入れるべきであることが直感的に理解できる。

なお、ディクテーションにおいては表7(a)の処理は施さず、1つでも文字的誤りがある単語は削除することで、その単語を正しく入力し直すよう促している。スペリングの誤りを指摘することも可能であるが、この学習が最後の仕上げ段階であることを考慮し、あえてこのように設定した。

#### 4.5 アンケート調査と結果の考察

開発したCALL教材は、平成25年度前期において基礎英語の受講生に1学期間試用され、最終的に9名に使用感に関するアンケート調査が行われた。アンケート内容と結果を表9に示した。質問番号1)~7)はアプリケーション全体についての設問で、8)~14)は研究内容を用いた出題形式についての設問である。「はい」から「いいえ」までの間を5段階に分割した5段階評定で、「はい」を5、「いいえ」を1として集計した。

表9の通り、特に本研究の目的であった学習支援の効果を測定する設問である8)・9)で4.9という平均値が出ているなど、非常に高い評価を確認できたと考える。さらに、自由回答である15)においては、「とても新鮮で英語に対する意欲がわいた」「とても使いやすく、記憶に残る教材だった」「講義は終了するが、今後も活用して基礎を復習したい」といった回答も多く見られた。

表9 アンケート調査の内容と結果

質問内容	中央値	平均値
1) 見やすい画面構成だった	4	4.3
2) 操作のしかたはすぐわかった	4	4.2
3) ボタンの配置などは使いやすかった	4	4.2
4) 文字の表示のされかたは適切だった	5	4.7
5) 音声の再生のされかたは適切だった	4	4.2
6) ボタンなどのデザインや、表示される写真はきれいだった	5	4.6
7) このソフトをスマートフォンやタブレットでも使いたい	5	4.7
8) 選択肢の中から選ぶという形式より記憶に残る	5	4.9
9) スペルミス指摘してくれるので学習しやすい	5	4.9
10) スペルミスが2つ以上ある単語が削除されるのは適切だった	1	1.1
11) どんな種類のスペルミスでも赤字で表示されるのは適切だった	3	2.6
12) 語順が間違っても正解とされるので学習しやすい	2	2.0
13) DICTATIONでスペルミスのある単語が削除されるのは適切だった	1	1.0
14) 今後もこの機能のあるソフトで英語を学習したい	5	4.9
15) このソフトに対する意見・ご感想を自由に記入してください		

10)については、複数のスペルミスも許容してほしいという意見が強いことがわかったものの、この意見を尊重すると、どんなでたらめな文字列についても修正指示を出すことになり、実用的ではなくなる。そのため、許容する1単語内のスペルミス数については、現状通り1つか、せいぜい2つが妥当だと考えられる。14)については、ディクテーションにおいても表7の(a)の処理を適用させてほしいという結果を得た。しかし、4.4で述べたように、この学習が最後の仕上げ段階であるという理由から、この点についての見直しは不要と判断した。また、改善点としては、12)で低い数値が得られたことから、転移と交換が起きている単語を元の位置に修正する機能(表7における(f), (g)の処理)に関しては一考の余地があることが確認された。

## 5. 自動採点手法について

### 5.1 自動採点とは

本研究では、学習者が自らの解答を正解文に徐々に近づけてゆくというプロセスに着目している。もしこの際に、その解答が正解に対してどれだけ達成できているかという情報を提示することができれば、学習者の動機づけに役立てることも可能であるし、解答を評価するプロセスにも応用できる。このような観点から、正解文に対する解答文の達成度を割合として算出する手法について検討を行った。

自動採点は主に単語的誤りの分析結果を用いて行う。どのような単語的誤りがどれだけあるかによって点数を算出する。その際に、どのような誤りをどの程度減点するかなどといった割合を調整することで、複数のパターンを検討中である。

### 5.2 提案手法

検討中の手法について具体例をあげて以下に示した。採点は一文を100点満点として算出される。

正解：What does Sam say about Nancy?

入力：How about Sam says Nancy is?

- (1) 1単語あたりの配分点を(100/正解文の単語数)として規定する。上記の例では1単語あたりの配分点は $100/6=16.7$ 点となる。
- (2) 正解文と解答文に配列アラインメント処理を行う。
- (3) 正しい位置に解答できている単語の数だけ、配分点を加算する。この際、文字的誤りがあれば、3.6で述べた類似度 $S$ を単語の配分点に乗算して加算する。この例では、SamとNancyは正答できているので $16.7 \times 2 = 33.4$ 点加算する。また、sayとsaysの類似度 $S$ は0.75なので $16.7 \times 0.75 = 12.5$ 点加算する。
- (4) 転移・交換が起きている単語は、配分点のすべてではなく係数 $\alpha$ ( $0 \leq \alpha < 1$ )を乗算した部分点を加算する。(式2)に示した通り、 $\alpha$ はその単語が本来あるべき位置から離れ

るほど小さくなる。さらに文字的誤りがあれば類似度Sを乗算する。about と about の間には2単語分の距離があり、また文の長さは6単語なので、 $\alpha$ は0.67となる。さらに類似度Sは0.8なので、 $16.7 \times 0.67 \times 0.8 = 9.0$ 点加算する。

$$\alpha = 1 - \frac{\text{転移・交換の修正に必要な移動語数}}{\text{単語数が多い方の単語数}} \quad (\text{式2})$$

(5) 誤挿入されている単語は、1単語あたりの配分点のぶんだけ減点する。is が誤挿入されているので、16.7点減点する。

(6) (1)～(5)までの合算値を得点とする。この際、小数点以下は切り捨てる。 $33.4 + 12.5 + 9.0 - 16.7 = 38.2$ 点となるので、38点として学習者に表示する。

## 6. まとめと今後の課題・展望

本研究の目的は、(1)学習者の解答の誤りを分析する手法の開発、(2)その手法を導入した学習用CALL教材の作成、及び(3)自動採点手法の検討であった。研究の結果、それぞれの目的について以下のように確認・検証された。

(1)については、誤りパターン分析のアルゴリズムについて、定型的な各種の誤りへの分析を行う手法を開発した。また、次に述べる通り、CALL教材の学習支援機能や自動採点手法への応用を行った。

(2)の英語CALL教材については、実際に初級学習者へ提供し、高い評価を得ることができた。課題としては、アンケート調査の結果わかった通り、表7に述べた誤りの指摘方法について再考する余地がある点である。具体的には、語順が誤っている単語に対して、自動的に正解の位置へ修正するのではなく、学習者へなんらかの修正指示を与えることを検討している。例としては、その単語が正しい位置より前にあれば青、後ろにあれば緑で表示するといった形式が挙げられる。

(3)については、いくつかの自動採点手法を考案した。発展として、それらがネイティブスピーカへの施した採点にどれだけ近い結果を出せるかという評価をいかに行うかについて検討中である。評価によって妥当性が確認でき次第、CALL教材へ実装し、理解度確認テストで解答の点数として表示するなどの応用を行う。

## 7. 参考文献

- 東洋, 大山正, 詫摩武俊, 藤永保, 『心理用語の基礎知識』, 有斐閣, 東京, 1973.
- Damerau, Frederick. J. "A Technique for Computer Detection and Correction of Spelling Errors," *Comm. ACM*, Vol.7, No.3, 1964, pp.171-176.
- Jenks, Daniel, 久保田正人, 『Life and Culture in the UK』, 千葉大学言語教育センター, 2013.
- 池松峰男, 「高専における英語教育のあり方に関する一考察 — スクリプト暗記の効果とクラスデザイン」, 『茨城工業高等専門学校研究彙報』, 47, 2012, pp.1-4.

- 池松峰男, 「高専における英語教育のあり方に関する一考察(2) スクリプト暗記・シャドーイング・筆記指導の効果」, 『茨城工業高等専門学校研究彙報』, 48, 2012, pp.1-4.
- 川合慧, 「英文綴り検査法」, 『情報処理』, Vol.24, No.4, 1983, pp.507-513.
- Kleinberg, J. and Tardos, E. (浅野孝夫, 浅野泰仁, 小野孝男, 平田富夫訳), 『アルゴリズムデザイン』, 共立出版, 東京, 2008
- 長尾真, 牧野武則, 『コンピュータで翻訳する』, 共立出版, 東京, 1995.
- 浪平博人, 『学習 コンピュータアルゴリズム』, 技術評論社, 東京, 1989.
- Needleman, Saul B. and Christian D. Wunsch, "A General Method Applicable to the Search for Similarities in the Amino Acid Sequence of Two Proteins", *Journal of Molecular Biology*, 48, 1970, pp.443-453
- 西井裕人, 『Flashを利用した英語コミュニケーション能力養成用CALLアプリケーションの開発』, 千葉大学工学研究科修士論文, 2012.
- Sheerin, S., "Listening Comprehension: Teaching or Testing?", *ELT Journal*, Vol.41, No 2, 1987, pp.126-131.
- 志村義樹, 「TELP-CAIにおける学習者の意識調査」, 『東海大学短期大学紀要』, 40, 1986, pp.99-111.
- 杉村藍, 竹岡さおり, 尾崎正弘, 「英語教育におけるCALL利用の課題と解決への取り組み」, 『名古屋女子大学紀要』, 54, 2008, pp.95-105
- Takahashi, Hideo, "A CAI System for English Listening Practice with an Audio Output Device," *Journal of the College of Arts and Sciences*, B-25, 1992, pp.173-184.
- 竹蓋幸生, 『英語教育の科学』, アルク, 東京, 1997.
- 竹蓋幸生, 水光雅則, 『これからの大学英語教育』, 岩波書店, 東京, 2005.
- 投野由紀夫, 望月源, 「編集距離を用いた英文自動エラータグ付与ツールの開発と評価」, 『コーパスに基づく言語学教育研究報告』, No.9, 2012, pp.71-92.
- 吉田晴世, 松田憲, 上村隆一, 野澤和典編, 『ICTを活用した外国語教育』, 東京電機大学出版局, 東京, 2008.