LN-002

英語学習者の英文読解時間に統語的要因が及ぼす影響

Effects of Syntactic Factors on EFL Learners' Reading Time

小谷 克則[†/‡]　吉見 毅彦[††/‡]　九津見 毅[‡‡]　佐田 いち子[‡‡]　井佐原 均[‡]
Katsunori Kotani　Takehiko Yoshimi　Takeshi Kutsumi　Ichiko Sata　Hitoshi Isahara

1. まえがき

第二言語の習得には，その言語が実際に使用されている環境における学習が重要であると考えられている［11，12］．最近のインターネットの普及に伴い，日常生活や大学生活で読まれている英文テキストや英語論文の入手が容易となった．日本で外国語として英語を学習する場合，学習者を英語使用環境に置く一つの方法として英文読解が重要である．また，第二言語の能力を学術的能力と対人的能力に分けた場合，言語の四技能の重要性が異なると考えられている［17］．前者では，読解能力，聴解能力，文章表現能力，口頭表現能力の順であるのに対し，後者では，聴解能力，口頭表現能力，読解能力，文章表現能力とされる［17］．日本における英語の使用環境を鑑みると，対人的能力の重要性も高くなりつつあるが，学術的能力の方が優先されると思われる．この学術的能力の必要性からも，英文読解能力の重要性がうかがえる．さらに，PISA（The Programme for International Student Assessment）調査（2003年度）の結果などから母語における読解能力の低下が明らかになり，母語における読解能力も向上が求められている［14］．このような言語教育における読解能力の重要性を背景として，本稿は，日常生活や大学生活において必要な英文読解能力とその評価法を検討した．

英文読解能力の評価法として，読解時間による評価法を取り上げ，この評価に必要な英語学習者の標準的な英文読解時間を予測するモデルを構築した．本稿は，英文標準読解時間予測モデルの構成要因として，語彙的要因，統語的要因，談話的要因といった様々な言語的要因の中から，統語的要因による影響を調査対象とした．文の構造が複雑になると読解時間が長くなると考えられ，これまで様々な構文の複雑性を示す要因が提案されてきた．既存の統語的要因は，心理言語学的な観点から支持されるが，その要因の抽出において言語処理技術を用いる場合，抽出において誤りが生じうる．そこで，言語学的観点に加え，言語処理技術の観点からも支持される要因として，構文木の節点数を要因として提案し，構文木の節点数を統語的要因とする読解時間予測モデルを構築し，その有効性を確認した．

2. 英文読解

2.1 多読式読解

日本人英語学習者の読解能力の低さの一つの原因は読解量の少なさにある．一年間に読む英語教科書に掲載されている英文テキストの量は，日常生活や大学生活で通常読む英文テキスト（例えば，英字新聞や英語論文）の量に比べ，非常に少ない．また，日本の高校生の多くが英字新聞を積極的に読んでいないことを示す調査結果［16］からも，授業以外で英語に触れる機会は少ない．読解能力を向上させるためには，英文読解量を増やす必要がある．

英文読解量を増加させる方略の一つとして，精読中心の読解技法から多読への移行が挙げられる［5］．精読が英文テキストの意味内容をくまなく理解することが目的であるのに対し，多読は，ある程度の理解度で，大量のテキストを読み進めることが目的である．

多読を重視した授業の特徴として，テキスト読解量の多さに加え，テキストの選定方法も挙げられる．一般に，多読を重視した授業では，教員が準備したいくつかの読解教材の中から学習者が自らの興味や動機に応じて読解教材を選定する．したがって，従来の教科書を中心とした授業形態と異なり，学習者によって異なる英語文章を読むことが許容される．日常生活や大学生活において必要とされる英文読解能力の育成に，このように学習者が自らテキストを選定し，大量のテキストを読み進める多読式の読解方略が役立つと思われる．

2.2 多読式読解の評価法

しかし，読解量を単に増加させても読解能力が向上するわけではない．学習者の未習得の語彙や表現を教員が把握して，それに対して指導を行う必要がある．未習得の語彙や表現の把握は，詳細は後述するが，読解時間に基づく評価法により可能である．

多読式読解において，学習者が英文テキストをどの程度理解しているか，また理解の妨げになるような未習得の表現や苦手な表現（以下，未習得表現）が含まれているかをどのように評価すべきかを考える．英文読解用に開発された教科書の文章などであれば，未習得表現が単元毎に設定されていたり，未習得表現の中で多くの学習者が苦手とする表現は繰り返し利用されたりしている［13］．したがって，これらのテキストを利用するのであれば，理解度や未習得表現の有無は，英文テキストの内容を問う設問の正解率などにより評価できる．しかし，日常の英文テキストには未習得表現が必ず含まれているとはいえない．また，多読式読解では，学習者毎に読むテキストが異なり，その読解量の多さを考慮すると設問を付与することも困難である．

設問を用いずに読解能力を評価する手法として，学習者の読解過程に基づく評価法［1］がある．読解過程に基づく評価には，読解者自身の読解過程の主観報告による評価（リードアラウド方式）［7］や眼球運動，脳活動に基づく手法［10］や読解者が自分のペースで読解範囲を読むのに要した読解時間に基づく手法（セルフ･ペース方式）がある．本稿では，読解時間に基づく評価法としてコンピュータを利用したセルフ・ペース方式による評価法（読解時間評価法）を利用する．他の手法と比べ，読解時間評価法は計測機器としてコンピュータだけで良いことから，計測が簡便である．読解時間評価法では，学習者がテキスト中のある読解範囲を読解するのに要した時間を計測し，この読解時間データにおける読解時間の変化から学習者の読解過程中の処理負荷（未習得表現）の有無を推測する．

† 関西外国語大学
‡ 情報通信研究機構
†† 龍谷大学
‡‡ シャープ株式会社

読解中に未習得表現などが表出すると，文字認識に始まり，単語認識，統語解析，意味生成といった一連の処理過程［3，8］における負荷が大きくなり，余分に読解時間を費やすことになると考えられる［8］．読解処理過程において，メタ認知知識・メタ認知スキルの監視と呼ばれる過程が読解処理効率を制御している．このメタ認知知識・メタ認知スキルの監視により，未習得表現の表出により低下する処理精度を補うために，処理時間を増加させ精度の維持を図る．その結果，未習得表現の有無が読解時間により検出できると筆者らは考える．

本稿では，読解時間の変化を検出するために，実際の読解時間を英語学習者の標準的な読解時間と比較し，その差を読解時間の変化とする．一般に，読解時間を評価指標として英文読解能力を推定するというと，読解時間の単純な長短による評価が思い起こされる．速読といった速さに特化した読解技法を評価する場合であれば，読解時間の長短による評価も可能であろう．しかし，本稿が評価対象とするのは，単に速さではなく，未習得表現の有無といった読解能力の質的な側面である．このような読解能力の質的な側面を評価する方法として，学習者が適切な処理を行っていると想定できる読解時間を標準読解時間とし，学習者の実際の読解時間と標準読解時間の比較による評価法を採用する[1]．この評価法であれば，読解時間が短くなった場合，学習者が未習得表現を読解しなかったとも考えられ，未習得表現の存在を示す箇所として検出できる．

3. 読解時間予測モデル

3.1 読解時間予測モデルの概要

学習者の読解処理への負荷要因（未習得表現）を，実際の読解時間と標準読解時間との比較によって特定するためには，学習者が読む文の標準読解時間を設定する必要がある．この標準読解時間を得るために，本稿では英文テキストの言語学的特徴に基づいて文の標準読解時間を予測するモデル（読解時間予測モデル）を構築する．読解時間予測モデルは，英語学習者がある文の読解に要した読解時間を目的変数とし，英文テキストの言語学的特徴を説明変数とした重回帰分析によって得られる．

言語学的特徴は，語彙的特徴，統語的特徴，談話的特徴に分類できる．これまで読解過程への影響が確認されている語彙的特徴として，語彙難易度を示す単語長［4，19］，単語のコーパスでの出現頻度，言語使用者の単語親密度［20］などが挙げられる．統語的特徴としては，文長を始め，関係詞句の有無や分詞句の有無といった統語構造の複雑性を示す特徴が挙げられる．談話的特徴とは，照応表現の有無やテキストの結束性など談話構造の複雑性を示す特徴である．

3.2 読解時間予測モデルの関連研究

本稿の目的は，読解時間予測モデルにおける統語的特徴の読解時間への影響を調査することである．そこで，関連研究における統語的特徴の扱いを概観する．

文長以外の統語的特徴による読解過程への影響は，言語学や心理学の領域における様々な研究により確認されている［1］．また，読解時間予測モデルの先行研究［15］やテキストの読みやすさを予測するモデルの先行研究［18］でも，文長以外の統語的特徴を読解時間予測モデルの要因として利用している．

[1]母語においても，標準的な読解時間や速度があることが知られている［2，3，9］．研究［2，3］は英語母語話者にとって標準的な読解速度を 250WPM（Words Per Minute）程度であるとした．

読解時間予測モデルの先行研究［15］は，文を構成する単語の認識時間を算定し，読解対象のテキストに含まれる語彙的特徴，統語的特徴といった言語的特徴を説明変数とする重回帰分析によりテキストの読解時間を予測するモデルを構築した．この研究は読解時間予測モデルにおける統語的要因として，関係詞句，現在・過去分詞句，To 不定詞句といった特定の構造に関する特徴に着目した．これらの特定の構造は，統語的複雑性を示す句であり，読解時間に影響を及ぼすと考えられた．

重回帰分析のような統計的手法により読解時間予測モデルを構築する際，統語的特徴を特定の句に限定することには問題があると考えられる．まず，統語的特徴を特定の句に限定することにより，読解時間予測モデルには，その他の句（例えば，名詞句や動詞句）による影響が無視された結果となる．先行研究［15］では，関係詞句などの特定句以外には「その他」というラベルを付与することによりこの問題に対処している．しかし，この扱いにより「その他」の統語的特徴は読解時間に関して一様な影響を及ぼすとみなすことになる．しかし，先行研究［18］にもあるように，名詞句と動詞句といった句であってもその影響は異なると考えられる．

重回帰分析を用いて読解時間予測モデル構築するのであれば，先行研究［15］のように統語的特徴を特定の句に限定するのではなく，構文解析を通じて得られた句に関する情報を網羅的に要因として，モデルを構築すべきである．その結果，名詞句や動詞句といった特徴による影響が少なければ，読解時間予測モデルの構成要因から排除されるはずである．

また，先行研究［15］では，読解時間予測モデルに取り込む統語的特徴として関係詞句などの特定のラベルを持つ，構文木の節点に着目している．そして，これらの統語的特徴を抽出するために自然言語処理技術(構文解析器)を利用している．このため，先行研究では，構文解析における不適切なラベル付け(例えば，本来関係詞句である節点を関係詞句と認識しない誤りや本来関係詞句でない節点を関係詞句と認識してしまう誤り)の影響を受ける可能性がある．

先行研究［15］と同様の研究として，テキストの読みやすさを予測するモデルに関する研究［18］が挙げられる．この研究は語彙的要因や統語的要因を説明変数としている点で先行研究［15］と類似している．但し，目的変数が読解時間ではなく，テキストの読みやすさという点が先行研究［15］や本稿の研究と異なる．しかし，読解時間はある程度テキストの読みやすさを反映した指標であることから，本稿では先行研究［18］を関連研究として位置づける．

先行研究［18］は，英語を第二言語とする学習者に対する文章の読みやすさを予測するモデルを，先行研究［15］と同様に様々な言語的要因に基づいて構築した．この研究が着目した統語的要因は，構文木の高さ，名詞句の数や動詞句の数や従属接続詞の数といった特定の句に関する特徴であった．このため，このモデルにも，先行研究[15]と同様に，統語的特徴が特定の句に限定されているという問題と構文解析における不適切なラベル付けの影響を受けるという問題がある．

3.3 着目した統語的特徴

標準読解時間予測モデルの構築には，語彙的要因，統語的要因，談話的要因といった様々な言語的要因の影響を調査する必要があるが，本稿では統語的要因による影響に重点をおいて調査を行った．

本稿は読解過程における処理量を示す文長を読解時間予測モデルの必須構成要因とする．先行研究［15，18］が示すように，文長以外の統語的特徴も読解時間予測モデルの

構成要因として機能していると考えられる．そこで，特定の句や統語現象だけに限定することなく，利用できる統語的特徴として，本稿は構文木の節点数を読解時間予測モデルの構成要因とする[2]．構文木の節点数とは，構文解析の結果得られた構文木上の分岐点の数である．

構文木の節点数を利用することにした理由は三点ある．第一点は，節点数が名詞句などの特定のラベルを表さない汎用的な要因であるため，構文解析の誤りに対してより頑健であるからである．すなわち，先行研究［15，18］のように特定の句を対象としないことから，構文解析における不適切なラベル付けの影響を受けない．

第二点は，構文木の節点数が，先行研究［15，18］で確認された統語的特徴による影響を（ある程度）表現できると考えられるからである[3]．例えば，例（1-2）に示されるように，関係詞句を含む（1a）の節点数と含まない（1b）の節点数を比較すると，前者の節点数は（2a）からわかるように 25 個，後者の節点数は（2b）のように 18 個である．このことから，関係詞の存在により統語的複雑性が高くなることは，節点数により表現できると考えられる．

（1）a. He is using a pen which is too large for his hand.
　　b. He is using a too big pen for his hand.

（2）a. ($_{S1}$ ($_{NPL2}$ ($_{PRP3}$ He)) ($_{VP4}$ ($_{VBP5}$ is) ($_{VP6}$ ($_{VBG7}$ using) ($_{NP8}$ ($_{NPL9}$ ($_{DT10}$ a) ($_{NN11}$ pen)) ($_{SBAR12}$ ($_{WHNP13}$ ($_{WDT14}$ which)) ($_{SS15}$ ($_{VP16}$ ($_{VBP17}$ is) ($_{ADJP18}$ ($_{RB19}$ too) ($_{JJ20}$ large)) ($_{PP21}$ ($_{IN22}$ for) ($_{NPL23}$ ($_{PRP\$24}$ his) ($_{@NUNIT25}$ hand)))))))))
　　b. ($_{S1}$ ($_{NPL2}$ ($_{PRP3}$ He)) ($_{VP4}$ ($_{VBP5}$ is) ($_{VP6}$ ($_{VBG7}$ using) ($_{NPL8}$ ($_{DT9}$ a) ($_{ADJP10}$ ($_{RB11}$ too) ($_{JJ12}$ large)) ($_{NN13}$ pen)) ($_{PP14}$ ($_{IN15}$ for) ($_{NPL16}$ ($_{PRP\$17}$ his) ($_{@NUNIT18}$ hand))))))

第三点は，構文木の節点数が読解に影響を及ぼすことがガーデンパス文の研究［6］などによって確認されているからである[4]．

4. 読解時間予測モデルの検証実験

4.1 実験の概要

読解時間予測モデルの構成要因として，構文木の節点数の有効性を確認する検証実験を行った．実験では，英語を第二言語とする日本語母語話者を対象に，読解時間データを収集し，そのデータから読解時間を目的変数とする読解時間予測モデルを構築した．以下，実験参加者，データ収集の実施方法，読解テキストの構成を説明する．

読解時間予測モデルの検証実験には，関西近郊在住で TOEIC の受験経験を有する英語学習者 104 名が参加した．参加者には日当による謝礼が与えられることがあらかじめ教示されていた．実験説明では，文読解時間の計測を告げることによる読みへの影響を排除するために，「一文毎に提示した場合の英文テキストの理解度を測定するための実験である」という偽の説明を行った．実験では，コンピュータ画面上に文を表示し，その文毎の読解時間を計測するツール［21］を利用した．参加者は画面上に表示された文を読み進め，読解終了後に英文テキストの内容を問う設問に対する解答を行うよう教示された．計測ツールにより，参加者の解答データも収集した．

読解時間データの収集において，TOEIC 準拠テキストから抜粋した 80 の英文テキストを参加者に 7 テキスト，あるいは 14 テキストを割り当て，文毎の読解時間の計測を行った．収集したデータから，（1）設問への解答に対する正答率が 70%未満であった参加者のデータと（2）読解速度が 60WPM（Words Per Minute）以下か 200WPM 以上であるデータを除外した[5]．その結果，各参加者が読んだ各文の読解時間を読解時間データ 1 件とカウントして，2916 件の読解時間データが得られた．このデータに含まれるテキスト数は 80 テキスト，文数は 469 文，参加者数は 101 名であった．

収集した読解時間データに基づいて，統語的特徴を説明変数とし，文読解時間を目的変数とする重回帰分析を一括投入法により行った．

本稿の目的は，読解時間予測モデルにおける統語的特徴の読解時間への影響を調査することである．このような目的の下，統語的特徴が異なる四種類の読解時間予測モデルを構築した．モデル 1 は，文長のみを要因とする．モデル 2a は，文長に加えて，先行研究［18］で提案された構文木の高さ，名詞句の数，動詞句の数，従属接続詞の数を要因とする．モデル 2b は，文長に加えて，先行研究［15］で提案された関係詞句の数，分詞句の数，To 不定詞句の数を要因とする．モデル 3 は，文長に加えて，本稿で提案する構文木の節点数を要因とする．これらの読解時間予測モデルにおける説明率（自由度調整済み重相関係数の二乗）と各変数の標準偏回帰係数を比較して，読解時間予測モデルの有効性の検証と，そのモデルにおける統語的特徴による影響を分析する．

4.2 結果と考察

重回帰分析の結果，表 1 に示す各モデルにおける変数の標準化偏回帰係数，自由度調整済み説明率が得られた．表 1 より以下のことがわかる．文長の標準偏回帰係数は，どのモデルにおいても有意水準 0.1%において有意であることから読解時間は，文長が長くなると読解時間も長くなる．モデル 2a において名詞句の数と動詞句の数の標準化偏回帰係数が有意であったことから，これらは読解時間に影響する．しかし，構文木の高さと従属接続詞の数の標準化偏回帰係数が有意でなかったことから，これらは読解時間に影響を及ぼさない．モデル 2b において関係詞の数と To 不定詞句の数の標準化編回帰係数が有意であったことから，これらは読解時間に影響を及ぼす．しかし，分詞句の数の標準化偏回帰係数が有意でなかったことから，分詞句の数は読解時間に影響を及ぼさない．モデル 3 において構文木の節点数の標準化偏回帰係数が有意であったことから構文木の節点数は読解時間に影響を及ぼす．

全モデルの説明率は有意水準 0.1%において有意であった．文長のみを変数とするモデル 1 は，文長以外の統語的特徴を加えたモデル 2a，2b，3 と比べ，説明率が.613 と低かった．このことから，文長以外の統語的特徴を変数として投入することは，読解時間予測モデルの構築において有用であると考えられる．本稿が提案する統語的特徴を利用したモデル 3 は説明率が.640 であり，モデル 1，2b と比べ多少説明率が高く，モデル 2a と同程度の説明率であった．

---

[2] 構文木の作成には“Apple Pie Parser”（http://nlp.cs.nyu.edu/app）を利用した．

[3] 構文木の節点数によりどの程度先行研究で提案されている特徴を再現できているかの検証は今後の課題とする．

[4] 構文木の節点数を要因とすることで，文長が同じであっても節点数が異なる次のような文における読解過程の違いを考慮できる．（Ia）と（Ib）の文字数はともに 32 文字であるのに対し，節点数は 14 節点と 9 節点と異なる．

（I）a. He has bought and used the big pencils.
　　b. He purchased the mechanical pencils.

[5] 60WPM 以下であるデータを除外した理由は，読解テキストに関する設問の解答を必要以上に慎重に行ったと考えられるためであり，200WPM 以上であるデータの除外は英語母語話者の平均読解速度が 200WPM から 300WPM 程度であること［3］を参考にした．

表 1：各モデルにおける変数の標準化偏回帰係数，自由度調整済み説明率

	モデル 1	モデル 2a	モデル 2b	モデル 3
文長	0.783***	0.578***	0.763***	0.558***
構文木の高さ		0.034		
名詞句の数		0.179***		
動詞句の数		0.080***		
従属接続詞の数		0.019		
関係詞句の数			0.048***	
分詞句の数			0.017	
To 不定詞句の数			0.041***	
構文木の節点数				0.277***
自由度調整済み説明率	.613***	.636***	.617***	.640***

***0.1%有意水準

このことから，構文木の節点数は読解時間予測モデルの変数としてモデル 2a と同程度に有用であると考えられる．

5. まとめと今後の課題

本稿は，英語を第二言語とする学習者の読解時間を予測する読解時間予測モデルにおける統語的特徴として，構文木の節点数を提案し，節点数を構成要因とする読解時間予測モデルを構築した．また，提案モデルを先行研究において提案された統語的特徴から構成されるモデルと比較した．その結果，構文木の節点数は，汎用性が高い言語的特徴として言語学的に有用なだけではなく，実際のモデル構築においてその説明率の向上に貢献することが確認できた．

今後の課題は，語彙的特徴の影響を調べ，次に語彙的特徴と統語的特徴の複合的な影響を分析する．語彙的特徴としては，例えば単語の難易度［4，19］などが挙げられる．

参考文献

1．Alderson, J. C. 2000. *Assessing Reading*. Cambridge: Cambridge University Press.

2．Carver, R. P. 1982. Optimal rate of reading prose. *Reading Research Quarterly* 18(1), 56-88.

3．Carver, R. P. 1992. Effect of prediction activities, prior knowledge, and text type upon amount comprehend: Using rauding theory to critique schema theory research. *Reading Research Quarterly* 27(2), 165-174.

4．Chall, J. S. & Dale, E. 1995. *Readability Revisited: The New Dale-Chall Readability Formula*. Cambridge, Mass.: Brookline Books.

5．Day, R. & Banford, J. 1998. *Extensive Reading in the Second Language Classroom*. New York: Cambridge University Press.

6．Frazier, L. & Rayner, K. 1982. Making and correcting errors during sentence comprehension: Eye movements in the analysis of structurally ambiguous sentences. *Cognitive Psychology* 14, 178-210.

7．Goodmanm J, S, 1969. Analysis of oral reading miscues: Applied psycholinguistics. *Reading Research Quarterly* 5, 9-30.

8．Grabe, W. 1991. Current developments in second-language reading research. *TESOL Quarterly* 25(3), 375-406.

9．Graesser, A. C. & Riha, J. R. 1984. An application of multiple regression techniques to sentence reading times. In D. E. Kieras & M. Just (Eds.), *New Methods in Reading Comprehension Research*. pp. 183–218. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

10．Gullberg, M. & Indefrey, P. (Eds.) 2006. *The Cognitive Neuroscience of Second Language Acquisition*. Malden, Mass: Blackwell.

11．Kramsch, C. (Ed.) 2002. *Language Acquisition and Language Socialization: Ecological Perspectives*. New York: Continuum Internal Publishing Group.

12．Krashen, S. D. & Terell, T. D. 1998. *The Natural Approach: Language Acquisition in the Classroom*. New York: Prentice Hall.

13．McDonough, J. & Shaw, C. 2003. *Materials and Methods in ELT: A Teacher's Guide*. Malden: Blackwell Publishing.

14．文部科学省 2006 データからみる日本の教育 2006．東京：国立印刷局．

15．永田亮，桝井文人，河合敦夫，椎野務．2002．英文読解力の自動評価法－リーディングスピードを用いた英文読解力の詳細な評価－．コンピュータ＆エデュケーション．12，99-103.

16．根岸雅史，森本勝則，吉池陽子 2005 リーディングの Can-do statements の妥当性の検証：自己評価と実際のパフォーマンスとの関係について．外国語教育学会第 9 回研究報告大会．

17．Saville-Troike, M. 2006. *Introducing Second Language Acquisition*. Cambridge: Cambridge University Press.

18．Schwarm, S. E. & Ostendorf, M. 2005. Reading level assessment using support vector machines and statistical language models. In *Proceedings of the 43rd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*. pp. 523-530.

19．Stenner, A. J. 1996. *Measuring Reading Comprehension with the Lexile Framework*. In *Proceedings of the North American Conference on Adolscent/Adult Literacy*.

20．横川博一（編著）．日本人英語学習者の英単語親密度文字編．東京：くろしお出版．

21．吉見毅彦，小谷克則，九津見毅，佐田いち子，井佐原均．2005．英語学習者の読解能力推定のための読解時間測定法．教育システム情報学会誌，22(1)，24-29.