

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 26 日現在

機関番号：13901

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2014

課題番号：25770203

研究課題名(和文) 眼球運動計測を用いた英語学習者の読解プロセスに関する研究

研究課題名(英文) An Eye Movement Study on the Reading Process of EFL Learners

研究代表者

梁 志鋭 (Leung, Chi Yui)

名古屋大学・国際開発研究科・研究員

研究者番号：80648262

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、読解時の眼球運動および傍中心窩視による情報処理に焦点を当て、英語学習者が英文読解する際の単語処理が直列的(1語ずつ順に処理する)であるか、それとも並列的(複数の単語を同時に処理する)であるかを検証するため、眼球運動計測実験を行った。研究成果として挙げられる点は、1) 学習者は母語話者と比べ、傍中心窩視での情報処理に払う注意は少ないものの、読解時に傍中心窩視の言語情報を利用していることが明らかになったこと、2) 眼球運動データによるcorpus-based分析では、学習者の英文読解時において、並列処理の立場を支持する語彙的なparafoveal-on-foveal効果を確認したことである。

研究成果の概要(英文)：This study examined whether word identification during L2 reading is serial (only one word is processed at a time) or parallel (multiple words are processed at a time) in nature with a focus on eye movements and parafoveal processing during reading. The results of a series of eye-tracking experiments revealed that 1) L2 readers do make use of parafoveal information during reading, although the amount of attention allocated to parafoveal processing during L2 reading is less than that during L1 reading, and 2) based on corpus-based analyses of eye movement data, lexical parafoveal-on-foveal effects were identified not only among L1 but also among L2 readers, suggesting that parallel processing may be possible in word identification during L2 reading.

研究分野：第2言語習得

キーワード：第2言語読解 眼球運動 傍中心窩 parafoveal-on-foveal 効果 直列処理 並列処理

1. 研究開始当初の背景

読みの眼球運動の研究において、単語処理が直列的 (serial) であるか、それとも並列的 (parallel) であるかについては大きな論争となっている。

直列処理の陣営に立つ代表的な眼球運動モデルは E-Z Reader モデルである (Reichle, Pollatsek, Fisher, & Rayner, 1998)。このモデルでは、読み手は最も視力が高い中心窩視 (foveal vision) で注視している単語の語彙アクセスを行ってから次の単語に注意を移し、単語を 1 つずつ直列的に処理していくと考えられている。このような直列処理の観点では、注視している単語 N における注視時間は、次の単語 N+1 の語彙情報に影響されないと考えられている。

一方、並列処理を主張する代表的なモデルである SWIFT モデル (Engbert, Longtin, & Kliegl, 2005) では、読み手は中心窩視で注視している単語のみではなく、視力が比較的劣っている傍中心窩視 (parafoveal vision) で捉えている単語にも同時に注意を当て、2 語以上の単語を同時に処理していると考えられている。従って、並列処理の観点では、注視している単語 N の注視時間は、次の単語 N+1 を含む複数の単語の語彙情報に影響されると考えられている。このような注視している単語 N に単語 N+1 が及ぼす影響は、parafoveal-on-foveal 効果 (PoF 効果) と呼ばれている (Kennedy & Pynte 2005)。

これら 2 つの対立的な考え方を巡り、理論面から実験の方法論まで広く議論されている。たとえば、「Corpus-based 分析」という実験材料に対する操作・統制を厳密に行わず、大量なテキストを読む際の眼球運動データを単語単位で分析する手法を用いた研究では、N+1 の出現頻度のような語彙的情報において PoF 効果が観察されており、母語話者の読解プロセスは並列的であることを支持する結果が多く報告されている (例: Kennedy & Pynte, 2005; Kliegl, Nuthmann, & Engbert, 2006)。

一方、直列処理を支持する側は、単語 N+1 の語彙的情報による PoF 効果に関する証拠は少ないとしている (Schotter, Angele, & Rayner, 2012)。

第 2 言語の読解研究では、視線および眼球運動計測を研究手法としては近年用いられるようになってきているものの、読解時の眼球運動と傍中心窩視による情報処理、それに、上述の直列処理と並列処理の議論については、本研究の開始当時には日本国内・国外においてもほぼ行われていない。

2. 研究の目的

こうした背景の中で、本研究では、英語を第 2 言語とした日本人英語学習者の読解時の傍中心窩視による情報処理が直列的であるか、それとも並列的であるかについて、PoF 効果を検証することによって明らかにする

ことを主な目的とした。

また、傍中心窩視による単語 N+1 の処理は、注視している単語 N の難易度と、注意を向ける度合いに影響される (Henderson & Ferreira, 1990)。その一方、第 2 言語の単語処理は母語の場合と比べ、処理負荷が高いと従来考えられている (Favreau & Segalowitz, 1982)。したがって、PoF 効果を検証するためにまず、第 2 言語の読解における傍中心窩視による情報処理に関する基礎的知見を得る必要があった。そこで本研究期間内で、本実験 (PoF 効果の検証) を行う前に、予備実験として日本人英語学習者の読解時の「知覚範囲」(perceptual span) と、傍中心窩視による単語 N+1 処理の促進効果 (parafoveal preview benefit) を調べることにした。

3. 研究の方法

眼球運動計測はすべて SR Research 社の EyeLink1000 を用いて行った。

平成 25 年度

(1) 日本人英語学習者の読解時の知覚範囲

日本人英語学習者が読解時の 1 つの注視において、どれほど傍中心窩視に置かれるテキストの情報を利用しているかを調べるため、日本人英語学習者 42 名と英語母語話者 14 名を対象に、読み手の注視の位置とモニター上における視覚刺激の呈示を同期させて、文字・単語の数を操作する gaze-contingent moving window paradigm (McConkie & Rayner, 1975) を用いて眼球運動計測実験を行った。

Gaze-contingent moving paradigm では、窓 (window) のサイズおよび実験参加者が刺激呈示の画面上で見られる文字数を事前に操作することができる。たとえば、図 1 の gaze-contingent moving window paradigm では、実験参加者は注視する位置 (アスタリスクがその注視位置を示す) から左右対称に 8 文字を見ることができるようになっている (窓のサイズが 17 文字であり、窓の外のテキストは x となっている)。実験では、図 2 のように、窓のサイズが 5 文字 (5C)、11 文字 (11c)、17 文字 (17C)、23 文字 (23C) と 29 文字 (29C)

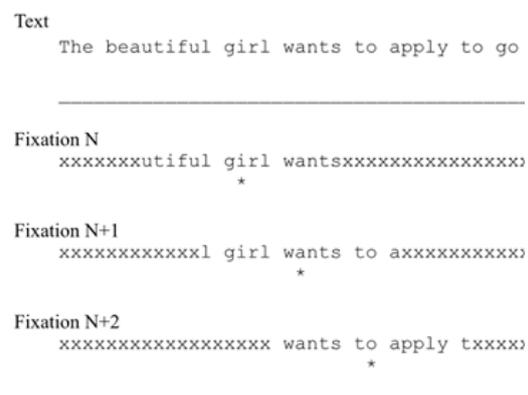


図 1. Gaze-contingent moving paradigm

5C
 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx wantxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx.
 *
 11C
 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxirl wants txxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx.
 *
 17C
 xxxxxxxxxxxxxxxxl girl wants to axxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx.
 *
 23C
 xxxxxxxxxxxxiful girl wants to applxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx.
 *
 29C
 xxxxxxxautiful girl wants to apply txxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx.
 *
 NW
 The beautiful girl wants to apply to go to a junior college.
 *

図 2. Gaze-contingent moving window paradigm による実験で設定した 6 つの条件

となる窓のある条件（各条件間で、注視位置から左右に見られる文字数は対称である）と窓のない条件（NW）を設定した。これらの条件における英語学習者と英語母語話者の読解速度と眼球運動を調べることで、学習者が傍中心窩視に置かれる英文の情報を利用する度合いを検証することができた。

(2) 日本人英語学習者の読解時の parafoveal preview benefit

並列処理が可能となる前提としては、単語 N に注視が置かれる際、傍中心窩視に置かれる単語 N+1 の処理がすでに始まっていなければならない。したがって、英語学習者が単語 N を注視する際に、単語 N+1 の情報に注意を払っているかを調べるため、傍中心窩視での単語 N+1 処理による parafoveal preview benefit を調べることにした。

実験方法として、gaze-contingent boundary paradigm (Rayner, 1975) を使用した。この実験パラダイムも注視の位置と視覚刺激の呈示は同期される。図 3 のように、英文が画面上に呈示される際、目に見えない境界線をターゲット語 (“dance”) の前に設置しておき、注視がその境界線を越えるまでは、preview 語として、ターゲット語の代わりに別の単語あるいは文字列 (“music”) が画面上に呈示されるが、一旦注視がその境界線を右に越えると本来のターゲット語に変わるようになる。このように単語 N を注視する際の preview 語を操作することにより、実験参加者がどれほど傍中心窩視で単語 N+1 を処理しているかを調べることができる。

She hates modern music but is an expert at it.

 She hates modern dance but is an expert at it.


図 3. Gaze-contingent boundary paradigm

実験では、日本人英語学習者 40 名と英語母語話者 14 名を対象に、図 4 のように、英文 (We took a fast train to Tokyo yesterday.) に出現する 5 文字の単語をターゲット語 (“train”) とし、Identical (preview 語が

ターゲット語と同じ ; “train”) と、TL-Internal (ターゲット語の 3・4 番目の文字の位置を入れ替える ; “trian”)、TL-Initial (ターゲット語の 1・2 番目の文字の位置を入れ替える ; “rtain”)、Dissimilar (preview 語が非語でターゲット語にない文字から作られる ; “qsvml”) との 4 つの preview 条件を設定し実験を行った。Identical 条件と残りの preview 条件とでのターゲット語における注視時間を比較することにより、単語 N+1 の parafoveal preview benefit を調べることができるとされる。

Text	We took a fast train to Tokyo yesterday.
Identical	We took a fast train to Tokyo yesterday.
TL-Internal	We took a fast trian to Tokyo yesterday.
TL-Initial	We took a fast rtain to Tokyo yesterday.
Dissimilar	We took a fast qsvml to Tokyo yesterday.

図 4. Gaze-contingent boundary paradigm による実験で設定した 4 つの条件（赤字の preview 語の直前の語 “fast” の後に目に見えない境界線が設置されている）

平成 26 年度

26 年度では、日本人英語学習者の読解時の傍中心窩視による情報処理が直列的であるか、それとも並列的であるかについて、PoF 効果を検証するため、本実験を行った

本実験は、研究開始当初の時の実験計画を修正した。大きな変化点の 1 つは、文章の難易度および文脈影響の統制を考慮する必要性を予備調査で確認したため、パラグラフレベルでの英文テキストより、実験目的で作成したセンテンスレベルでの実験文を使用することにした。

また、実験参加者によって英語の読解タスクに大きく負担を感じる場合があり、個人差をより考慮する必要性を感じたため、研究開始当初時の実験計画に記した実験参加者の数と 1 人あたりが読むテキストの語数を変更した。その結果、変更前の計画より多くの眼球運動データを集めることができた。

さらに、研究開始当初の実験計画を立てる際には出版されていなかった最新の論文—Angele Schotter, Slattery, Tenenbaum, & Rayner (2015) 一での PoF 効果に関する指摘を考慮し、本実験は corpus-based 分析のみならず、要因計画による実験の実施も追加することにした。

(1) 実験参加者

日本人英語学習者 62 名と英語母語話者 13 名が複数の眼球運動計測実験に参加した。学習者の英語・読解力が眼球運動や傍中心窩視での処理に影響すると考えられるため、学習者の英語力や読解構成能力（例：語彙や文法能力）を複数のテストで測り、それらの効果を分析することにした。

(2) 実験材料

500 以上の英文（1 文における平均語数：11.3）を実験文として使用した。75 名の実験参加者に対し、合計約 30 万語の英文読解時

の眼球運動データを収集した。単語の使用頻度 (word frequency) については、British National Corpus (BNC) と Balota et al. (2007) を参照し 2 種類の頻度情報を用いた。また、単語の予測度 (word predictability) については、局所的かつ語彙的予測度 (ある単語とその直前・直後の単語との結び付き) として、BNC の頻度情報によって計算した bigram の遷移確率 (transitional probability) を使用した一方 (McDonald & Shillcock, 2003)、ある単語が出現するまでの全文脈に関しては、BNC に基づき “Surprisal” (Hale, 2001) を計算し利用した。さらに、英語学習者が実験文に出現している単語をどれほど知っているかについて、親密度調査を行った。

なお、上述したように、要因計画による実験も行う必要があったため、一部の実験文の呈示は、要因 (例：単語の使用頻度) によって被験者間でカウンターバランスを取って行った。

(3) 分析

分析は、主に線形混合モデルを利用した。実験の要因 (例：窓のサイズ、preview の種類など)、実験参加者の特性 (例：母語、語学力、読解構成能力) および単語・英文の特性 (例：単語の使用頻度や予測度など) と眼球運動測定値の関連を調べることにより、学習者の読解時の知覚範囲、parafoveal preview benefit と PoE 効果について明らかにする。

4. 研究成果

平成 25 年度

(1) 日本人英語学習者の読解時の知覚範囲

実験の結果、英語母語話者に関しては、図 5 で示すように、窓のサイズ条件が 5C (注視位置から右へ 2 文字まで見られる) から 29C (注視位置から右へ 14 文字まで見られる) まで読解速度 (reading rate) が増加したため、英語母語話者はおよそ注視位置より右へ 14 文字までの情報を利用しているという先行研究 (例：Rayner, 1986) と同じ結果を得た。それに比べ、日本人英語学習者の読解速度の増加は、17C の窓で止まっているため、日本人英語学習者は注視位置より右へ 8 文字までのテキスト情報しか使えないと考えられる。このように、日本人英語学習者は英語母語話者より、読解時の知覚範囲が小さいことが示唆された。また、読解速度が速い学習者は、読解速度が遅い学習者よりも、読解速度が窓のサイズの変化に、より敏感であったことが示された。これは、読解速度によって傍中心窩視での情報の利用度合いが異なることを示している。

(2) 日本人英語学習者の読解時の parafoveal preview benefit

図 6 で示しているように、全体的に、学習

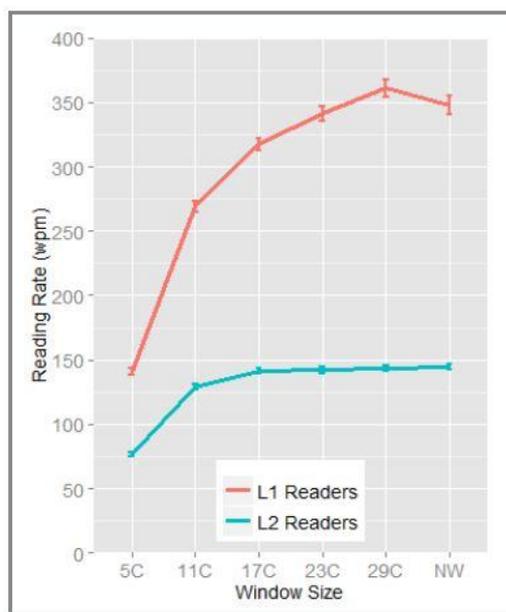


図 5. 知覚範囲に関する実験結果

者 (IntL2：中級学習者； AdvL2：上級学習者) と母語話者 (L1) においても、ターゲット語における注視時間 (gaze duration) は Identical 条件と Dissimilar 条件で有意差が確認された。これは、学習者でも母語話者でも単語 N を注視する際に傍中心窩視に置かれる単語 N+1 の書記情報をすでに処理していることを示唆した。ただし、母語話者は学習者に比べ、Identical、TL-Internal および TL-Initial のような本来のターゲット語と共通している書記情報がある 3 条件と、まったくターゲット語と書記情報を共有していない Dissimilar 条件との注視時間の差が大きかった。これは母語話者の読解時の parafoveal preview benefit がより大きかったと解釈できる。また、TL-Internal 条件に関して、本実験結果は学習者の熟達度によって parafoveal preview benefit の大きさが異なる可能性を示している。

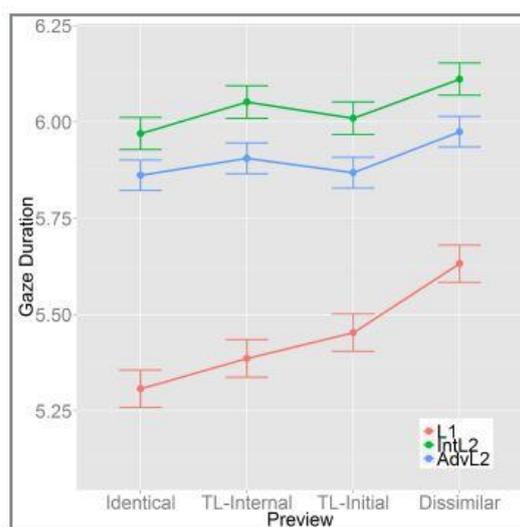


図 6. Parafoveal preview benefit に関する実験結果 (gaze duration の単位はミリ秒であったが、対数変換された)

まとめ

英文読解時の傍中心窩視による情報処理に関する2つの実験結果から、学習者は母語話者と比べ知覚範囲のサイズと parafoveal preview benefit が小さく、読解において傍中心窩視に置かれる情報に払う注意が少ない傾向があることが明らかとなった。これは学習者の単語処理は母語話者のと比べ負荷がよりかかり、処理過程が自動化されていないという第2言語習得の研究による知見(例: Favreau & Segalowitz, 1982) から、学習者が中心窩視で注視している単語Nに注意を払うのではないかと考察される。ただし、傍中心窩視に払う注意が少ないとはいえ、これら2つの実験によって英語学習者が読解において傍中心窩視における情報を利用してることが明らかとなった。

平成26年度

Corpus-based 分析の結果から、日本人英語学習者は英語母語話者と同じように単語Nにおける注視時間 (first fixation duration および gaze duration) が、単語N+1の使用頻度によって影響されることから、語彙的なPoF 効果を確認した。さらに、このPoF 効果は、学習者の読解能力とテキストの特性にも影響されることもわかった。

こうした結果は、corpus-based 分析法を用いた先行研究の知見と一致し、日本人英語学習者の読解プロセスは、同時に2語を処理する並列処理であると解釈できる(例: Kliegl, Nuthmann, & Engbert, 2006)。

この成果によって、研究開始当初の目的は計画通りに達成しているが、上述したように、研究開始当初の実験計画を立てる際には出版されていなかった最新の論文 (Angele et al., 2015) である指摘があった。その指摘とは、corpus-based 分析のみならず、要因計画による実験データの分析を含む多方面の方法論で眼球運動データを分析する必要性であった。そこで本実験はその指摘に対応するために、実験の数を増やした。追加した要因計画による実験のデータ分析は最終年度にまだ完了していないが、今後、データ分析を終え次第、本実験の研究成果を発表し、実験の詳細(実験材料と眼球運動データ)をインターネット上に公開する予定である。

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)

1. Leung, C.Y., Sugiura, M., Abe, D., & Yoshikawa, L. (2014). The perceptual span in second language reading: An eye-tracking study using a gaze-contingent moving window paradigm. *Open Journal of Modern Linguistics*,

4(5), 585-594. 査読あり

2. Yoshikawa, L., & Leung, C.Y. (2014). Use of lexical stress during oral reading among Japanese learners of English. *Open Journal of Modern Linguistics*, 4(5), 573-584. 査読あり
3. Leung, C.Y. (2014). Can Japanese EFL learners "see" before they "read"? Reports of 2014 Studies in Japan Association for Language Education and Technology, Kansai Chapter, Methodology Special Interest Groups (SIG), 5, 16-27. 査読なし

[学会発表] (計14件)

1. Leung, C.Y. (2015 ; 発表確定). Individual differences in eye movements and the perceptual span during second language reading. Poster presented at the 22nd Annual Conference of the Society for the Scientific Study of Reading (SSSR2015), Hawaii, U.S.A. (July 15-18)
2. Sugiura, M., & Leung, C.Y., (2015). Phrase-frequency effects of multiword sequences during L2 processing. Paper presented at the 2015 conference of the American Association for Applied Linguistics (AAAL2015), Toronto, Canada. (March 21-24)
3. Leung, C.Y., & Yoshikawa, L. (2015). What does the coefficient of variation computed from eye-movement measures tell us about automatization in L2 sentence reading? Paper presented at the 2015 conference of the American Association for Applied Linguistics (AAAL2015), Toronto, Canada. (March 21-24)
4. 梁志鋭 (2015). 「学習者の英語力が読解プロセスにどう影響するか: 読解力構成技能と眼球運動データの統合的分析」. 外国語教育メディア学会関西支部メソドロジー研究部会 2014年度第4回研究会, 高橋ビルヂング (千代田区神田神保町・貸し会議室), 東京 (3月14日)
5. 梁志鋭 (2015). 「英文の文脈情報は英単語の処理を促進するか?—読解時の眼球運動データをもとに—」2014年度 JACET 中部支部春季定例研究会, 名古屋工業大学 (2月28日)
6. 梁志鋭・阿部大輔 (2014). 「Corpus-Based 分析法による英語学習者の読解プロセス

の解明—読解時の眼球運動データのコーパス化に向けて—」. 外国語教育メディア学会(LET)中部支部第84回研究大会, 静岡大学浜松キャンパス (11月22日)

7. 吉川りさ・梁志鋭 (2014). 「英語学習者の読解プロセスにおける構成能力の役割について」. 眼球運動データをもとに—外国語教育メディア学会中部支部第84回研究大会, 静岡大学浜松キャンパス (11月22日)
8. Leung, C.Y., & Sugiura, M. (2014). Parafoveal preview benefit during second language reading. Poster presented at the 20th Architecture and Mechanisms of Language Processing Conference (AMLaP2014), Edinburgh, Britain. (September 4-6)
9. Yoshikawa, L., Leung, C.Y., & Yamashita, J. (2014). Implicit processing of prosodic information during silent reading among L2 learners: Evidence from eye movement data. Paper presented at the 17th Annual International Conference of the Society for Language Sciences (JSLS2014). Saitama, Japan. (June 18-19)
10. Yoshikawa, L., & Leung, C.Y. (2014). What does RAN tell us about the reading abilities of Japanese learners of English? Poster presented at the 14th annual conference of the Japan Second Language Association (J-SLA2014), Kwansei Gakuin University (May 31-June 1)
11. Leung, C.Y., Sugiura, M., Abe, D., & Yoshikawa, L. (2014). The perceptual span in second language reading: An eye-tracking study using a gaze-contingent moving window paradigm. Paper presented at the 2014 conference of the American Association for Applied Linguistics (AAAL2014), Portland, Oregon, U.S.A. (March 22-25)
12. Sugiura, M., Leung, C.Y., & Yoshikawa, L. (2014). Syntactic computation of Japanese EFL learners during online sentence processing. Poster presented at the 2014 conference of the American Association for Applied Linguistics (AAAL2014), Portland, Oregon, U.S.A. (March 22-25)
13. 梁志鋭 (2014). 「眼球運動計測について: 第2言語習得研究への応用の観点か

ら」. 外国語教育メディア学会関西支部メソドロジー研究部会 2013年度第3回研究会, 早稲田大学 (3月15日)

14. 梁志鋭・杉浦正利・阿部大輔・吉川りさ (2013). 「日本人英語学習者の読解における知覚範囲の測定: 眼球運動計測を用いた研究」外国語教育メディア学会中部支部第82回研究大会, 中部大学春日井キャンパス (11月9日)

〔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:
出願年月日:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕
ホームページ等

<http://chiyuileung.com>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

梁 志鋭 (LEUNG CHIYUI)

名古屋大学・大学院国際開発研究科・研究員

研究者番号: 80648262

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号: