

平成 21 年 5 月 27 日現在

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2007～2008

課題番号：19730424

研究課題名 (和文) 眼球運動計測による児童の文章理解能力の発達の検討

研究課題名 (英文) Japanese elementary school children's reading development:
An eye tracking study

研究代表者

神長 伸幸 (Jincho Nobuyuki)

独立行政法人理化学研究所・言語発達研究チーム・リサーチアソシエイト

研究者番号：90435652

研究成果の概要：

本研究は、小学校児童の読み理解の発達過程を眼球運動パターンの変化という視点で検討した。研究1では小学校3年生と5年生および成人に教科書の副読本より選出した文章を自然に理解しながら読むときの眼球運動を測定した。その結果、発達に伴って単語に停留する時間は短くなった。ただし、漢字表記語はひらがな表記語と比較して、発達による停留時間の短縮の度合いが低かった。研究2では小学校2年と4年生と成人を対象に、文章の分かち書きが読み理解に及ぼす影響を検討し、文を文節に分かち書きすることが読み理解の促進につながることを小学校児童でのみ示された。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,400,000	0	1,400,000
2008年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,000,000	180,000	2,180,000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：心理学・教育心理学

キーワード：文章理解 眼球運動 表記 日本語 分かち書き

1. 研究開始当初の背景

本研究では、テキストを読む状況における理解過程が読みの熟達化に伴って質的・量的にどのように発達するのかを眼球運動測定を用いて検討した。

(1) 文章理解能力の発達

文章理解能力の発達は、日本語の熟達化を意味するとともに、知識の獲得のための重要なスキルの向上をも意味する。数多くの複雑な処理の組み合わせによっ

て達成される児童の文章理解へ寄与する個別の要因の特定は重要である。実際に、高橋(1996)は、小学生の文章理解成績がワーキングメモリ容量、語彙数、領域固有の知識によって予測できることを示した。また、Ehri & Wilce(1983)は、小学生の読みの熟達化を単語・無意味綴りの読み時間と絵や数の認識時間の発達の变化の相違から示している。

(2) 文章理解能力の発達と眼球運動パ

ターンの関係

文章理解能力を反映する指標のひとつに、読解中の眼球運動がある。文章を読む際の眼球運動は、注視点が極狭い範囲に留まる「停留」と、停留の間に起きる飛躍的な運動である「サッカード」により特徴付けられる。多くの研究によって、停留が「どの位置」「どのくらいの時間」行われるかは、文の理解過程と密接に関係することが明らかになっている（レビューとして Rayner, 1998）。読みの眼球運動に関する発達の変化を検討した研究では、読みの熟達に伴い、停留時間が短くなり、一回のサッカード距離が増加することが示されている（Taylor, 1965）。従来の研究の大半は、英語圏を中心としたアルファベット表記の言語で検討されている。日本語は単語間に空白を挟まないことや表意文字（つまり漢字）と表音文字（つまりかな）を混在させて使用するなどアルファベット表記の言語とは明らかに異なる特徴を持っている。成人を対象とした先行研究は、このような表記の違いが読みの眼球運動パターンに違いをもたらすことを示している。例えば、日本語では、漢字が視覚的に際立ち、文節の先頭となる確率が高いことから、漢字を目印に停留位置が決定される（神部, 1998; Kajii, Nazir, & Osaka, 2001; Feng・馬塚・神長, 2005）。このように日本語の読みの眼球運動は、アルファベット表記の言語を対象とした研究の知見をすぐに取り入れられるとは限らないため、慎重な検討が求められる。

（3）日本語を対象とした先行研究

日本語を対象とした読みの眼球運動の発達過程を検討した研究に国立国語研究所（1960）がある。実験の結果、小学校児童の学年が上がるにつれて、全体的な読み時間、読み返しの回数、停留回数、一回あたりの停留時間がそれぞれ減少することを示した。このデータは、日本語を対象とした基礎資料として意義深い。しかし、この研究では、測定の空間解像度が低く、停留した単語を特定できていない。また、従来の研究では、眼球運動測定カメラを搭載したヘッドバンドをつけたり、あごのせ台やバイトバーによって被験者の頭部を固定したりする必要があり、眼球運動測定に伴う負担や疲労が大きく、幼児や児童を対象とした研究が行われることがなかった。近年の計測技術の発展により、頭部を拘束することなく、空間および時間的に精度の高い測定が可能になっている。つまり、最新の眼球運動測定技術によって、従来の研究にはない、読みの眼球運動の発達につ

いて詳細な検討が可能になったのである。

2. 研究の目的

上記1のような研究背景に基づき、小学校児童の読み理解の発達を検討するため、眼球運動計測実験を行った。研究1では、小学校教科書の副読本から選出した材料を用いて、普段目にする文章を読む際の眼球運動に関する基礎データの習得を目的とした。研究2では、小学校2年生までの教科書で用いられている文節ごとの分かち書きに注目した。分かち書きの有無によって、理解成績や読み時間に促進効果が見られるか否かを検討することを目的とした。

3. 研究の方法

（1）被験者

研究1には小学校3年生（25名）、5年生（23名）、成人（11名）が参加した。研究2には小学校2年生（24名）、4年生（24名）、成人（24名）が参加した。全ての被験者は裸眼または矯正により0.7以上の視力を持っていた。研究への参加に際して、各被験者に500円分の図書カードを謝金として支払った。

（2）刺激

研究1では、小学校3年生と5年生の国語教科書の副読本から材料を選出した。小学校3年生用の刺激文章の表題は「バスケットボール」、「ばかなロバ」、「船」、「魚のねむり方」、「なわやすし」だった。小学校5年生用の刺激文章の表題は：「イチョウのこうよう」、「モーツァルト」、「野口英世」だった。さらに小学校5年生には、3年生との直接比較を可能にするため「ばかなロバ」、「船」の刺激文章も提示した。各文章は、1画面6行で提示された。文章の長さは1ページから6ページで、最短126文字から最長1033文字と文章によってばらつきがあった。

研究2では、小学校2年生用の科学読み物の中から文章を九つ選出した。刺激文章の内容は「夜になると窓ガラスに顔が映るのはなぜか」や「電子レンジがものを温める仕組み」、「花火によって色が違うのはなぜか」などだった。文章は1画面6行で提示された。文章の長さは2ページまたは3ページで、最短319文字、最長379文字だった。また、研究2では文章の分かち書きの効果を検討するため、刺激文章はそれぞれ通常の文章のように分かち書きをしない場合（以下分かち書きなし条件）、文節ごとに分かち書きする場合（分かち書きあり条件）、文節とは関係なくランダムに空白が挿入される場合（ランダム空白条件）の三つの提示方法があった。各提示方法で表示される1行あたりの文字数は等しく、分かち書きあり条件とランダム空白条件で1行あたりに

挿入される空白の数は等しかった。各被験者は各提示条件で三つの文章を読んだ。

(3) 装置

研究1・研究2ともに、刺激の提示および反応の記録と眼球運動測定は全てTobii1750眼球運動測定装置と同装置に付属のソフトClearView2.7.1を使用した。Tobii1750の空間解像度は視角約0.5度（刺激文章の1文字に相当）、時間解像度は50Hzだった。眼球運動データから停留への変換はClearViewにデフォルトで組み込まれているアルゴリズムを使用して行われた。その際、一つの停留の最大半径は30ピクセル、停留時間の最少持続時間は40msに設定した。

(4) 手続き

実験では、パソコンのモニターにテキストを提示し、児童および成人に自分のペースで理解しながら読むように教示した。その際、被験児の注視点を眼球運動測定装置によって測定し、テキストのどの位置をどの程度の時間見ていたのかを記録する。文章を読み終えた後で、文章の内容に関する簡単な質問（多肢選択課題）を行い、被験者が注意して文章を読むことを動機付けると同時に、文章内容を理解していたことを確認した。

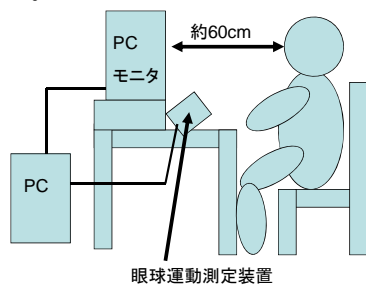


図1: 実験装置の設置方法

(5) 眼球運動データの解析

研究1では、読書中の眼球運動データより各単語の停留時間および単語内の停留位置を計算した。単語への停留時間は様々な指標が提案されているが、本研究では初停留時間（First fixation duration）と初回注視時間（First-pass gaze duration）を採用した。初停留時間は、ある単語に最初に停留した時の持続時間とした。図2では、Aの停留時間がこれに相当する。初回注視時間は、ある単語へ最初に停留してから別の単語に注視点が移動するまでの停留時間の合計とした。図2ではAとBの停留時間の合計がこれに相当する。先行研究により、初停留時間は語彙検索に影響を受け、初回注視時間は停留した単語と先行文脈の統合過程の影響を受けることが示唆されている（Rayner, 1998）。

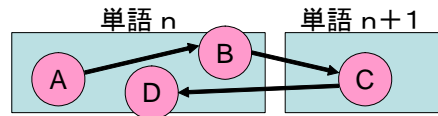


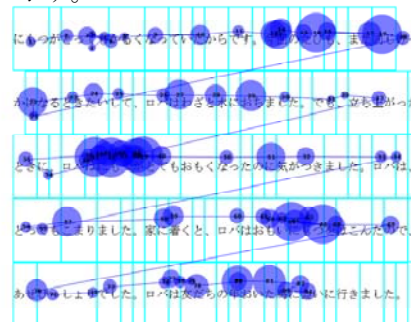
図2: 停留点の推移の例

研究2では、各条件の平均停留時間および停留回数を指標とした。

4. 研究成果

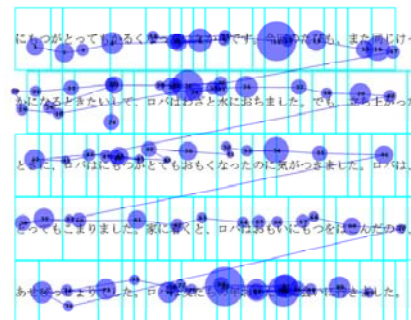
(1) 研究1

小学校3年生、5年生および成人が同じ文章を読むときの典型的な眼球運動パターンを図3に示す。



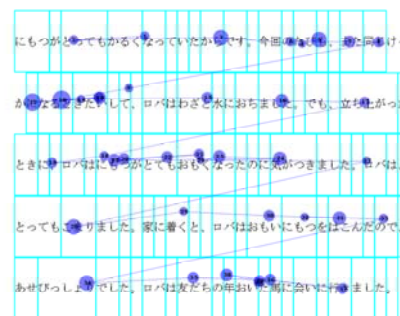
STUDY: 1648reading01n1 STIMULUS: reading_01n1_jp01n1_01n1_01n1 RECORDING: 011 FRAME: 004_jp002.gif
TIME SEGMENT: Only include fixations inside internal [11420,19894] ms

3年生



STUDY: 1648reading01n1 STIMULUS: reading_01n1_jp01n1_01n1_01n1 RECORDING: 005 FRAME: 004_jp002.gif
TIME SEGMENT: Only include fixations inside internal [8900,22050] ms

5年生



STUDY: 1648reading01n1 STIMULUS: reading_01n1_jp01n1_01n1_01n1 RECORDING: 005 FRAME: 004_jp002.gif
TIME SEGMENT: Only include fixations inside internal [8900,22050] ms

成人

図3: 各群の典型的な眼球運動パターン

図3では、各停留が青い丸で示されており、大きな丸ほど停留時間が長いことを示している。一見して分かるように、3年生から5年生・成人へと発達するに伴って、1回当たりの停留時間が短くなり（丸が小さくなる）、サッカーの距離が長くなった（丸と丸の間の距離が長くなる）。

次に、各グループの停留時間について、停留された単語の種類別（漢字表記内容語、ひらがな表記内容語、ひらがな表記機能語）に初停留時間と初回注視時間の分布を求めた（初停留時間：図4、初回注視時間：図5）。なお内容語は、名詞、動詞、形容詞、形容動詞から構成され、機能語は助詞、助動詞、接続詞から構成されていた。漢字表記語は、少なくとも1文字以上漢字を含む単語とし、すべてひらがなで表記されている単語のみひらがな表記語とした。

図4と図5は停留時間の累積生存率を示しており、右肩下がりの傾斜がきつくなるほど、その停留時間の頻度が高いことを示す。全体的なパターンとして3年生では右肩下がりの傾向が比較的緩やかであり、発達に伴い右肩下がりの傾向が徐々に急になる。これは長い停留時間が減少していること示しており、図中に埋め込まれた停留時間の中央値も同様の結果を示している。

初停留時間に関して、条件間の等分布性の検定をグループごとに行った。その結果、3年生および5年生においては、漢字内容語、ひらがな内容語、ひらがな機能語は異なる分布を持っていた。しかし成人において、漢字内容語とひらがな内容語の分布は異なるが、ひらがな内容語とひらがな機能語の分布は等しかった。

ひらがな表記の内容語と機能語の結果に関して、一般に機能語は内容語に比べて種類が少なく、頻度が高い。これを考慮すると、3年生と5年生で、内容語と機能語の初停留時間の分布に差が生じたのは、非常に頻度の高い機能語は内容語に比べて語彙検索が早いためであると考えられる。一方、成人は小学生用の刺激を読んでいることから、機能語に加えて、内容語についても十分な処理経験を持っていると考えられるので、天井効果によってひらがな表記の内容語と機能語で分布に差が生じなかったと考えられる。

また、漢字内容語とひらがな内容語の違いは児童と成人の両群で見られた。漢字はひらがなに比べて視覚的な複雑性が高い。この視覚的複雑性の違いは、言語発達とは独立しているため、児童と成人の両者で表記の違いが語彙検索の効率に影響したと考えられる。

次に初回注視時間について、条件間の等分散性の検定を行った。その結果、3年生と成人では、ひらがな機能語が漢字内容語とひらがな内容語と異なる分布を持っていた。5年

生では、漢字内容語、ひらがな内容語、ひら

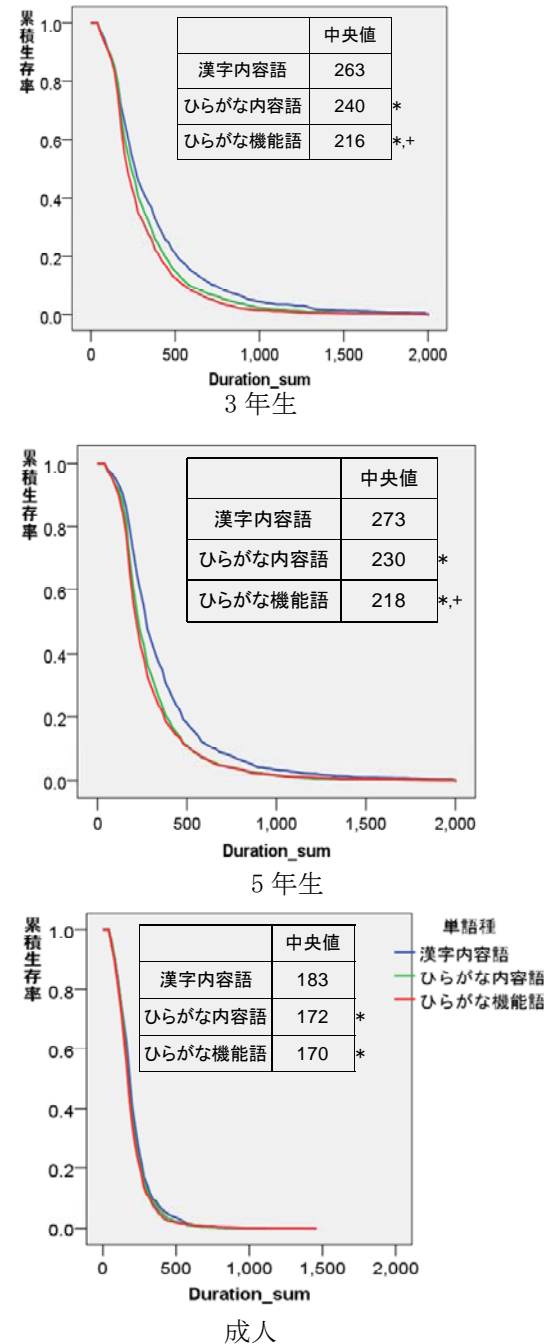


図4：初停留時間の分布と中央値

*：漢字内容語の分布と異なることを示す。
+：ひらがな内容語の分布と異なることを示す。

ひらがな機能語は互いに分布が異なっていた。

これらの結果は、漢字内容語とひらがな表記語の意味を先行文脈に統合する過程における発達の速度が異なることを示唆するものである。中央値の結果もこれを支持しており、3年生と5年生で漢字内容語の初回注視時間が等しかった。一方、ひらがな内容語については3年生よりも5年生で短かった。つまり、意味検索の困難度がより高いと考えられる漢字内容語の意味を先行文脈に統合す

る過程は、小学校5年生においても発達の途上にあると考えられる。

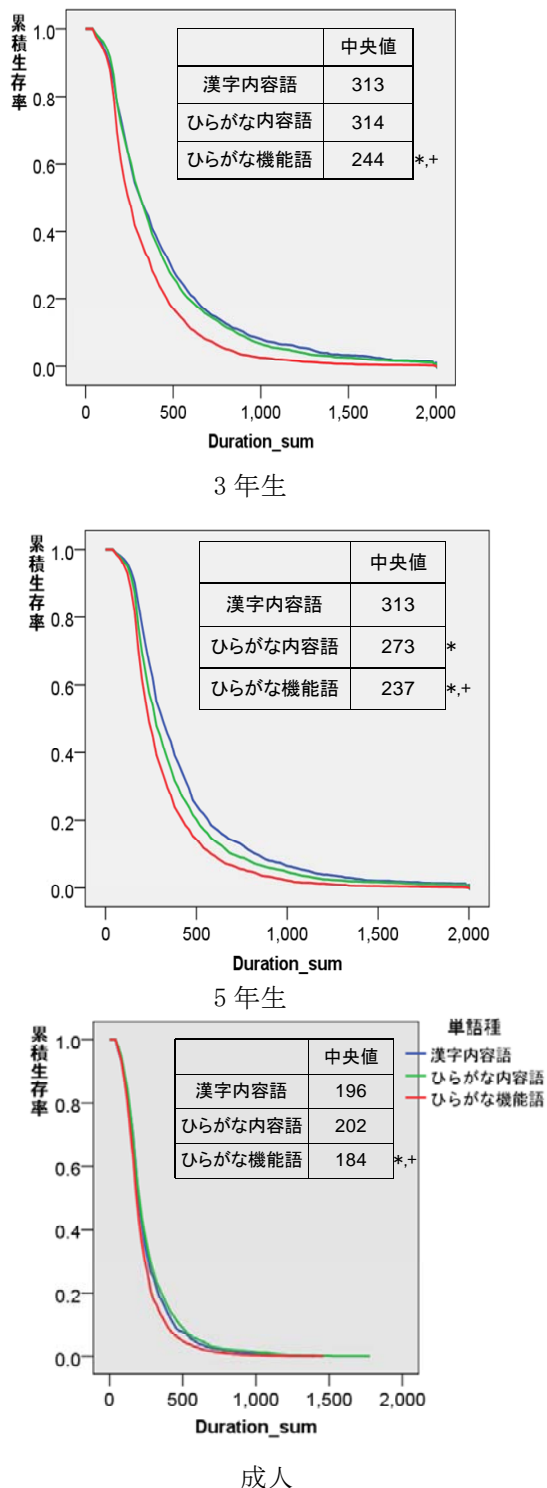


図5：初回注視時間の分布と中央値

*：漢字内容語の分布と異なることを示す。
 +：ひらがな内容語の分布と異なることを示す。

(2) 研究2

研究2では、グループごとに分かち書きの有無の効果が異なるかどうかを理解問題の

成績、文章の一行あたりの読み時間（反応時間）、平均停留時間、停留回数を指標に検討した。

理解問題の成績と読み時間：各文章を読んだ後の理解問題の成績について、提示条件とグループの2要因分散分析を行った。その結果、グループの主効果のみが有意であり、2年生と比較して4年生、成人となるにつれて正答率は有意に上昇した。しかし、条件の効果は有意ではなく、いずれのグループにおいても提示方法による差が見られなかった。次に1行あたりの読み時間を解析したところ、提示条件およびグループの主効果と、提示条件とグループの交互作用が全て有意だった。多重比較の結果、いずれのグループにおいてもランダム空白条件は、他の二条件よりも読み時間が有意に長かった。しかし、分かち書きあり条件と分かち書きなし条件の間には有意差が見られなかった。この結果は、ランダムに空白を挿入すると文章の理解を妨害するが、文節を区切る形で空白を挿入しても読み理解を促進するとは言えない。

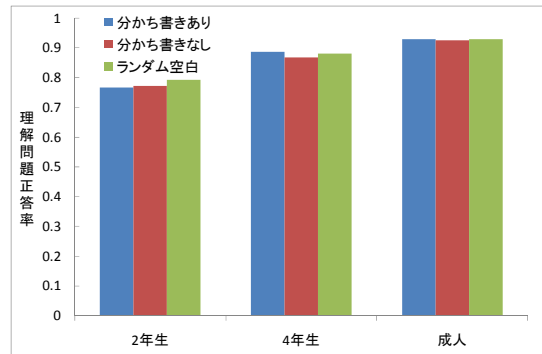


図6：理解問題の正答率

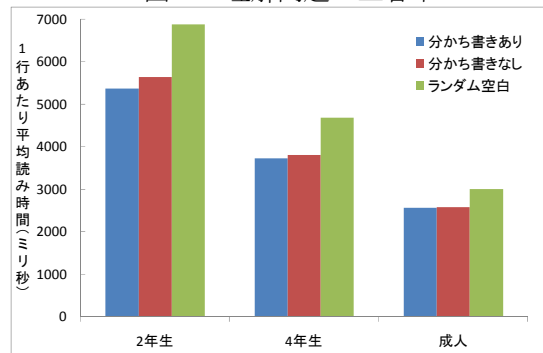


図7：1行あたりの平均読み時間

眼球運動データ：平均停留時間についてグループと提示条件の2要因分散分析を行った。その結果、グループと提示条件の主効果が有意だった。また、交互作用は有意ではなかったが、各グループで提示条件を比較したところ、2年生と4年生において分かち書きあり条件の停留時間は他の2条件と比較して有意に短かった。しかし、成人では提示条件による差は有意でなかった。次に1文章あたりの

停留回数についてグループと提示条件の2要因分散分析を行った。その結果、グループと提示条件の主効果および二つの要因の交互作用が有意だった。各グループで提示条件の効果を比較したところ、いずれのグループにおいてもランダム空白条件の停留回数は他の条件よりも多かった。

停留時間を理解の指標とした場合、文節ごとの分かち書きは理解の促進要因となることが示された。ただし、この結果は小学校児童でのみ有意だった。成人を対象とした場合、分かち書きが促進要因とならないことは従来の研究結果 (Matsuda, 1998; Sainio et al, 2007) とも一致する。成人において分かち書きが促進要因とならないのは、成人が文章を読む際の眼球運動の制御に使用する方略が分かち書きの影響を受けないものであることを示唆している例えば Kajii et al. (2001) や Feng et al. (2005) は漢字を目標とした眼球運動制御が行われることを実証的に示している。漢字は文節の先頭に出現する可能性が高い。これを利用すると、成人は漢字をサッカーの目標とすることで、結果的に文節の先頭を間接的に知ることができる。このような方略が用いられていれば、文節ごとの分かち書きの有無は停留時間にそれほど影響しないと考えられる。一方、小学校児童ではこのような方略がまだ定着しておらず、分かち書きがなければ文節の先頭に関する情報を得ることができない。よって、分かち書きによって文節の先頭や終点を知ることによって眼球運動制御が言語処理にとってより効率的に行われる。その結果として短い停留時間で情報を処理することができると考えられる。また、全てのグループにおいて文章内に空白をランダムに挟むことは、停留時間を延ばすのではなく、停留回数を増やした。つまり、上述した1行あたりの読み時間におけるランダムな空白の妨害効果は、停留回数の増加を反映していると考えられる。

(3) まとめ

研究1および研究2を通して、日本語の読みを習得中の小学生は、単に成人に比べて処理速度が遅いのではなく、成人とは異なる方略を用いながら文章を読んでいることが示唆された。今後、それがどのような方略であるのかを探り、どのようにして方略を変化させていくのかを検討することで日本における児童の読みの発達過程を明らかにすることができると考えられる。

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計2件)

(1) Jincho, N., & Mazuka, R.

Individual differences in on-line sentence comprehension: Effects of

working memory capacity and cumulative linguistic knowledge. International Conference on Processing Head-final Structures, 2007年9月21日, Rochester Institute of Technology, Rochester, NY.

(2) 神長伸幸・Gary Feng・馬塚れい子

・近藤公久児童の文章理解能力の発達：眼球運動測定による検討, 日本教育心理学会第49回総会, 2007年9月16日, 文教大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

神長伸幸 (JINCHO NOBUYUKI)

独立行政法人理化学研究所・言語発達研究チーム・リサーチアソシエイト

研究者番号：90435652