

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 6 日現在

機関番号：82401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24730564

研究課題名(和文) 幼児の文理解における逐次性と再解釈処理の検討

研究課題名(英文) A study of incrementality in children's sentence comprehension

研究代表者

神長 伸幸 (JINCHO, Nobuyuki)

独立行政法人理化学研究所・脳科学総合研究センター・研究員

研究者番号：90435652

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、幼児・児童の言語理解における処理の逐次性について、話し言葉理解、読み理解という2つの観点から検討した。音声刺激の指示対象を特定する課題およびテキストに空白を挿入した文章の理解課題の結果より幼児・児童は、成人と同様に言語情報を逐次的に処理していることが示唆された。また、逐次的な処理に伴う負荷は成人よりも高いことが示唆された。さらに、実行機能の発達過程と言語理解課題の関連性を検討するため、DCCS課題遂行時の眼球運動を測定した。その結果、眼球運動を指標とすることで、実行機能の発達の個人差を測定できることがわかり、言語理解の発達との関連性を検討可能であることがわかった。

研究成果の概要(英文)：This study investigated children's incremental (word-by-word) processing in sentence comprehension. A visual world paradigm experiment and a text reading task with eye tracking were conducted with 5- to 10-years-old children and adults. The results suggest that children showed incremental processing as adults do. However, processing cost for the incremental and reanalysis process are higher for young children than older children and adults. We also found that eye movement during DCCS task could be a good measure to investigate individual differences of cognitive control, suggesting that the eye movements in DCCS task might be related to the development of sentence comprehension.

研究分野：発達心理学

キーワード：言語理解 言語発達 読み 眼球運動

1. 研究開始当初の背景

人が言葉を理解する際、それぞれの単語は出現した直後から理解に向けて処理され始める。これを言語処理の逐次性という。先行研究では、成人の文理解処理の逐次性が繰り返し報告される一方で、幼児や児童を対象とした実証研究は数が少なく、逐次性の性質についてはわからないことが多い。また、幼児・児童期は、言語のみならず他の身体的・認知的要因も著しく発達する。過去の言語発達研究では、他の要因との関連性を検討した研究が数少なく、特に言語理解に他の認知的要因が及ぼす影響の詳細はわかっていない。検討が進まない原因の一つは、幼児から児童期で発達の程度が著しく、単一の課題の成否を指標に発達の個人差を捉えることが難しいことにあった。このような目的には、課題の成否に加えて、処理の効率を取り入れた指標を利用することが望ましいが、従来の研究では扱われてこなかった。

2. 研究の目的

(1) 本研究では、日本語習得中の幼児・児童を対象に話し言葉の理解、読み理解のそれぞれについて処理の逐次性の性質や逐次的に処理した結果として生じた誤りの修正に関して検討した。

(2) また本研究では、幼児期における言語以外の能力の発達と言語理解の発達の関連性を検討するための第一歩として、幼児の認知的な要因の発達の個人差を測定する課題を検討した。具体的には、実行機能（注意や行動の統制・モニタリングなどの認知的な機能の総称）の発達に注目し、言語発達と実行機能の発達の関連性を検討するための実行機能測定課題を検討した。

3. 研究の方法

(1) 被験者：5歳児（24名）、6歳児（24名）、および成人（24名）が実験に参加した。刺激と手続き：実験では、4種類の動物の絵で構成される視覚文脈を提示しながら「緑のリスはどれ。」のような形容詞句を含む文を聞いて、それに対応するオブジェクトを指し示すように教示した。4つのオブジェクトはピンク、緑、紫、オレンジのいずれかの色で塗られており、1画面には3種類の色が使われた。視覚文脈の要因として形容詞が単一のオブジェクトに一致する条件（以下単一致条件、図1(A)）と二つのオブジェクトに一致する条件（複数一致条件、図1(B)）を各10試行作成した。その他40試行では同様の刺激文に別の視覚文脈状況で実施された。単一致条件は形容詞を聞いた時点でターゲットを特定できるが、複数一致条件では名詞まで聞かなければターゲットを特定できない。そこで予測として、複数一致条件よりも単一致条件でターゲットの注視確率と瞳孔径は、より早く増加すると考えられた。

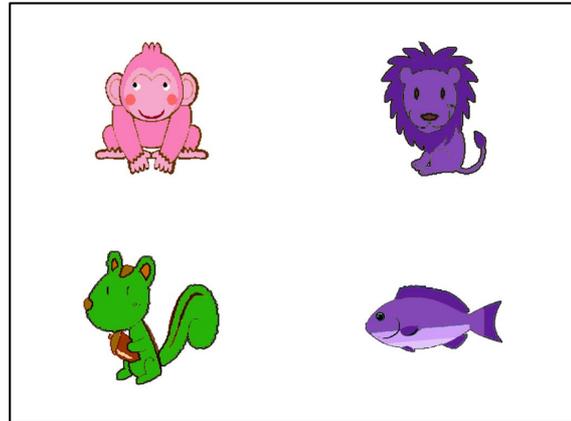


図1(A) 単一致条件の視覚刺激例

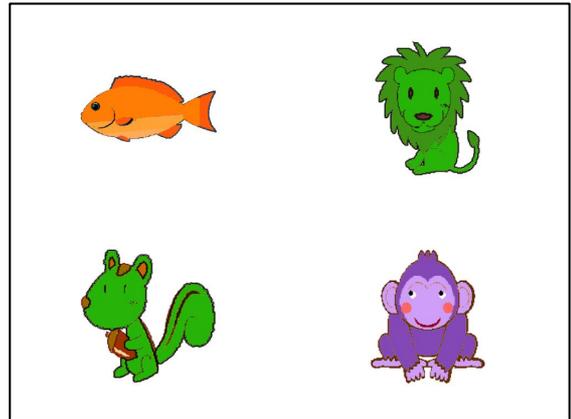


図1(B) 複数一致条件の視覚刺激例

被験者：小学校2年生22名（平均8.5歳）、4年生25名（平均9.9歳）、成人23名（平均31.3歳）が実験に参加した。

刺激 刺激文章として9つの文章を用意した。文章は、小学校2年生の理科に関する副読本から選択し、小学校2年生までに習う漢字のみを使用した。文章の表記に関して分かち書きなし条件、分かち書きあり条件、ランダム空白条件を設けた。ランダム空白条件の空白の数は、分かち書きあり条件と一致するように統制した。

手続き：実験は防音室で被験者ごとに実施した。眼球運動測定装置（Tobii1750）のキャリブレーション後、被験者は文章を読んで内容に関する問題に答えるよう教示された。被験者の読書中に注視点の停留の位置と時間を計測した。文章を読み終えるごとに2題の多肢選択問題に答えた。表記条件は文章を3つ読むごとに切り替えた。表記条件の提示順序と各文章への割り振りは被験者間でカウンターバランスした。

(2)被験者：5歳児（24名）、6歳児（25名）、7歳児（25名）、8歳児（24名）が実験に参加した。刺激：動物（猿と猫）と乗り物（飛行機とバス）の二種類のカードを用いた。例えば動物のカード分類課題では、画面内に分類したカードを入れる二つの箱が描かれ、それぞれ猿または猫の絵が、黒または緑で塗り分けられていた。分類するテストカードは画面下半分の中央に提示された。テストカードは、箱に描かれた動物/乗り物とは異なる色の組み合わせで塗られていた。画面の例を 図2 に示

す。

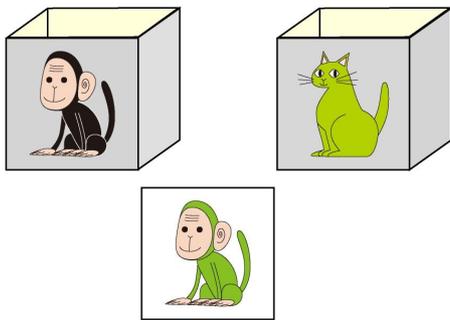


図 2 : DCCS課題の刺激例

手続き: 実験者は、被験者にカードを色または形に応じて分類するよう教示した。一つの試行は、画面中央の点を被験者が注視するのを確認してから、テストカードが提示された。被験者の指差し後、箱にカードが入るアニメーションが提示された。最初の6試行を終えた後で、実験者は被験者に最初の6試行とは異なるルールで分類するように教示した。この際、箱の絵やテストカードは同一のものを使用した。12試行を終えたところで、もう一種類のカードを使用し、もう一度、色と形による分類課題を実施した。後半の12試行では、ルールの適用順序が前半12試行と逆だった。

4. 研究成果

(1) 第一の指標であるオブジェクトの注視確率の時系列変化を計算したところ、全ての群で単一致条件は複数一致条件よりも注視確率が早く増加する傾向が見られた(図3の実線参照)。ただし500msの時間窓を作りターゲットの注視確率を従属変数、提示条件を固定要因、被験者と刺激文をランダム要因とするロジスティック混合モデルで解析した結果、条件差が有意になったのは成人群だけだった。次に瞳孔径の変化量に関して、刺激文の提示開始前500ms間の瞳孔径の平均値をベースラインとし文の開始からの変化量を求めた(図3の点線を参照)。全ての群で瞳孔径は文の提示中に増加した。注視確率と同様に瞳孔径を従属変数とする線形混合モデルで解析した。その結果、提示条件の差は6歳児群でのみ見られ、文の開始後500msから1000msで単一致条件が複数一致条件より増加量が大きかった。また、図3(B)で示されるように瞳孔径の変化は注視確率に比べて条件差が早いタイミングで見られた。

これらの結果から少なくとも6歳児は成人と同じく、指示対象の曖昧性解消が逐次的に行われることが明らかになった。ただし、眼球運動統制や視覚探索の困難さが加わるために、注視確率で検出するのは難しいと考えられる。さらに瞳孔径の変化量は指示対象の特定のタイミングを注視確率よりも敏感かつ早い時点で反映する可能性が示された。今後、注視確率と瞳孔径を互いに補完的な指標とすることで話し言葉の理解過程をより

詳細に検討できると考えられる。

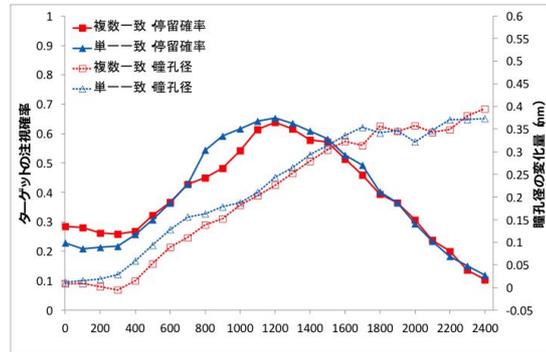


図 3 (A) 5 歳児群のターゲットの注視確率と瞳孔径の変化量

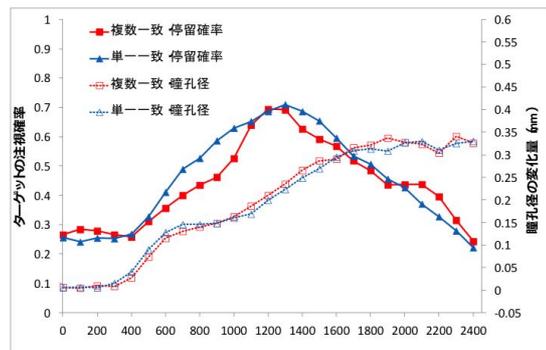


図 3 (B) 6 歳児群のターゲットの注視確率と瞳孔径の変化量

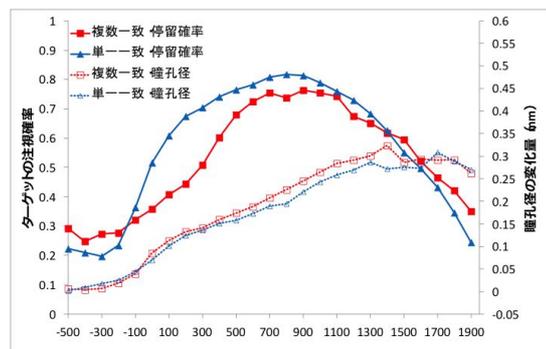


図 3 (C) 成人群のターゲットの注視確率と瞳孔径の変化量

理解問題の正答率、一文節当たりの読み時間、平均停留時間のそれぞれを従属変数として、年齢群(2年生, 4年生, 成人)と分かち書きありおよびランダム空白を固定要因、被験者と刺激項目をランダム要因とする混合モデル分析を実施した(表1を参照)。正答率は二項分布、読み時間と停留時間はガウス分布を仮定し、分かち書きありとランダム空白の効果は分かち書きなし条件をベースラインとしたダミーコーディングを用いて推定した。読み時間と停留時間の分析における固定効果の有意性はt値の絶対値が2以上となるかを基準とした。また、被験者群のコーディングについて中心化処理を施した。その結果、正答率については、年齢群の主効果のみが有意であり(Estimate = 1.02, z = 4.275, p < .001), 年齢の高い群ほど理解成績が高かった。一文節当たりの読み時間については、年齢群の主効果(Estimate = -188.73, t = -7.16)に加えてランダム空白の主効果

(Estimate = 144.4, t = 8.33) が有意で、ランダムな空白によって読み時間が増加したが、年齢群とランダム空白の交互作用 (Estimate = -61.87, t = -4.24) も有意であり、ランダムな空白の妨害効果は年齢群が上がるにつれて小さくなった。平均停留時間を指標とすると、年齢群の主効果 (Estimate = -49.54, t = -5.63), 分かち書きありの主効果 (Estimate = -19.74, t = -4.83) および年齢群と分かち書きありの交互作用 (Estimate = 7.30, t = 1.99) が有意だった。分かち書きによって停留時間は減少したが、その促進効果は年齢が上がるほど小さかった。以上をまとめると、空白の挿入によって、読みが促進されたり、妨害されたりするのは、小学校2年生で顕著であり、年齢が上がるごとに空白挿入の影響が減少した。この知見より、日本語の読みの習熟に伴って、読み手は次の停留位置の手掛かりを空白の位置から漢字の位置へと変化させていることが示唆された。

表1 各条件の理解問題の正答率、一文節当たりの読み時間、および平均停留時間

		2年生	4年生	成人
理解問題 正答率	分かち書きあり	0.77	0.88	0.92
	分かち書きなし	0.77	0.88	0.92
	ランダム空白	0.82	0.90	0.92
文節当たり 読み時間	分かち書きあり	852	637	434
	分かち書きなし	892	628	436
	ランダム空白	1106	765	502
平均停留 時間	分かち書きあり	334	273	214
	分かち書きなし	369	301	227
	ランダム空白	375	300	229

(2) 実験者が指定したルールによるカードの分類を正答とした。また、テストカードの提示から正答の箱を最初に注視までの時間を反応時間と定義した。正答率と反応時間について年齢群およびスイッチ条件(ルールのスイッチ前, スイッチ後)の効果は混合モデルで解析した(表2を参照)。正答率についての一般化線形混合モデル分析ではスイッチ条件の効果が有意傾向だった $z = -1.78, p = .075$ 。年齢群の主効果と交互作用は有意ではなかった。平均正答率は、予測通り全体的に高く、6歳から8歳群ではほぼ100%だった。5歳群ではスイッチ条件の効果が有意だった $z = -4.214, p < .001$ 。正答試行の反応時間についての線形混合モデル分析では、スイッチ条件 $2(1) = 10.9, p < .001$ と年齢群 $2(1) = 33.7, p < .001$ の主効果が有意だった。スイッチ条件と年齢群の交互作用は有意でなかったが、各年齢群でスイッチ条件の効果を検証したところ、5歳児群ではスイッチ条件の効果は有意ではなく $2(1) = 1.76$ 、6歳児と7歳児ではスイッチ後はスイッチ前よりも反応時間が意に長かった6歳児: $2(1) = 8.72, p < .01$ 、7歳児: $2(1) = 14.7, p < .001$ 。また、8歳児群では条件の効

果が有意傾向だった $2(1) = 3.67, p = 0.055$ 。この結果より、ルールの切り替えに関わる処理負荷の推定を目的とした眼球運動測定の有効性が示された。また、DCCS課題の遂行には、発達に伴う反応時間の全体的な短縮だけでなく、ルールの切り替えの処理負荷に発達による低下が見られた。よって、ルールの切り替えを行えるようになった児童も、切り替えに伴う負荷を発達とともに次第に低下させていくことが示唆された。

表2 平均正答率(%)と平均反応時間(ms)

	5歳	6歳	7歳	8歳
正答率				
スイッチ前	99	100	100	100
スイッチ後	76	94	96	97
反応時間				
スイッチ前	1036(78)	888(41)	729(22)	710(24)
スイッチ後	1229(137)	982(40)	830(31)	774(35)

() は標準誤差

以上のように、幼児の話し言葉理解では、逐次性自体は6歳児で確認できるものの、成人と異なる指標に効果が現れたことから、5歳から6歳の時期では、処理様式がまだ発達の途上にあることが示された。児童を対象とした読み理解の検討では、年齢の低い群の方が、テキスト内の空白のようなボトムアップの視覚情報を忠実に使いながら読み理解を進めていることが示唆された。また、小学校2年時では、視覚情報を利用したために起きた停留位置のずれを修正するには、大きなコストがかかるが、発達とともにそのコストは無視できる程度にまで縮小されることも示唆された。これらの知見をまとめると、幼児・児童も成人と同じように入力された言語情報を遅延なく利用することが示唆された。その一方で、逐次的な処理には多大な負荷がかかり、成人とは異なる指標に処理負荷の影響が見られるという相違点も示された。最後に、眼球運動をベースとした測度を用いることで、幼児・児童の実行機能の発達の程度を単一の尺度で測定できることがわかった。今後、言語理解課題成績との相関をとることにより、言語発達と他の認知要因と発達の関連性を詳細に検討できることがわかった。

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 1 件)

Jincho, N. et al., Development of text reading in Japanese: An eye movement study. Reading and Writing, 査読有, 27, 1437-1465
DOI 10.1007/s11145-014-9500-9

〔学会発表〕(計 5 件)

神長伸幸・馬塚れい子, ルールの学習と切り替えの発達の变化, DCCS課題遂行時

の眼球運動データの検討，日本心理学会
第78回大会，2014年11月7日，神
戸国際会議場（兵庫県神戸）

神長伸幸，馬塚れい子 日本語文章読解
における分かち書きの効果の発達的変
化，日本心理学会第77回大会，2013年
9月19日～21日，札幌コンベンション
センター（北海道札幌）

Jincho, N., & Mazuka, R. Inserting
spaces in Japanese text affects
reading speed both positively and
negatively in children but only
positively in adults. 17th European
Conference on Eye Movements, 2013年
8月13日，Lund University, Lund,
Sweden

神長伸幸，線形混合モデルの基礎と有用
性，日本認知科学会第29回大会，2012
年12月15日，仙台国際センター（宮城
県仙台）

神長伸幸 他，文理解における指示対象
の曖昧性解消の発達過程：眼球運動と瞳
孔径の変化による検討，日本認知科学会
第29回大会，2012年12月13日，仙台
国際センター（宮城県仙台）

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

出願状況（計 0 件）

取得状況（計 0 件）

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

神長 伸幸（JINCHO Nobuyuki）

独立行政法人理化学研究所・脳科学総合研
究センター・研究員

研究者番号：90435652

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし