

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月31日現在

機関番号：82401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2009～2011

課題番号：21730537

研究課題名（和文） 幼児における抑制機能と言語理解の発達の関連性の検討

研究課題名（英文） Relationship between cognitive control and linguistic knowledge in 5 years old children

## 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・研究員

研究者番号：90435652

## 研究成果の概要（和文）：

本研究は幼児期の言語発達と実行機能、その中でも抑制機能の発達との関連性を検討した。研究1では5歳児を対象に言語知識の獲得と短期記憶課題、抑制機能測定課題の個人差の関連性を検討した。研究2では5・6歳児と成人の形容詞句の理解を視覚世界パラダイム（眼球運動測定実験）で調べた。研究3として成人の形容詞句の理解と視覚的注意による促進と妨害の影響を検討した。結果を総合すると、抑制機能課題の成績は知識の獲得ではなく運用に大きく影響することが示唆された。

## 研究成果の概要（英文）：

This study investigates whether development of executive function affects linguistic knowledge acquisition and utilization. Study 1 investigated individual differences of language-communication skills and executive functions (verbal working memory and inhibition function). Study 2 conducted a visual world paradigm experiment, where five- and six-years-old children and adults comprehended the color adjective phrases. In Study 3, adults participated a visual world paradigm experiment, where the visual attention was controlled by the visually contrastive objects and a sentence comprehension process. In summary, inhibition function primarily contributes to the development of language processing and its contribution to the knowledge acquisition is small.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

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：言語発達、実行機能、ワーキングメモリ、文理解、視覚的注意

## 1. 研究開始当初の背景

近年、乳幼児の言語発達研究において実行機能の発達と言語発達の関連性が様々な視点から検討されている。実行機能とは行動の

計画、情報処理内容の一時的な記憶（ワーキングメモリ）、文脈上不適切な行動の抑制など日常生活におけるあらゆる行動を統制するための機能を指す（Hill、2004）。実行機

能の発達には脳の中でも特に前頭葉の成熟による影響が確認されるとともに (Anderson, 2002)、実行機能を高める教育プログラムの効果も報告されている (Diamond, 2007)。本研究は実行機能の一つである抑制機能に注目する。成人を対象とした先行研究では、様々なタイプの抑制機能の測定課題の成績の関連性より知覚レベル・認知レベル・行動レベルの抑制は互いに関連しながらも独立した概念であることが示唆されている (Friedman & Miyake, 2004)。幼児の実行機能に関する知見も増えつつあり、前頭葉の比較的緩やかな発達過程と対応するように実行機能の発達も十代後半まで続くことが知られている。

このように実行機能の発達に関して様々な検討が行われているが、言語理解の発達を説明する要因として実行機能を扱った研究では、そのほとんどがワーキングメモリのみに注目してきた (Baddeley et al., 1998; Felsler et al., 2003)。よって抑制機能と言語理解の発達の関連性については十分な検討が行われていない。唯一例外的に抑制機能の影響が盛んに研究されているのは、バイリンガル児とモノリンガル児の実行機能の差異である。Bialystok (2001)は、バイリンガル児は一つ概念または事物へ複数の言語によって異なるラベルを関連付けることに加えて、現在使用中の言語に関連したラベルのみを想起し、それ以外のラベルを抑制する必要が生じると論じている。さらにこのような抑制を常に行うことで、抑制機能自体の発達が早められることが提案され実験によってこれを支持する証拠が得られている。この知見は、言語理解に関わる処理が抑制機能を発達させるという単一方向の影響を示唆するものであり興味深い。しかし、抑制機能の発達が言語知識の獲得を促進させるかどうかは明らかにされていない。

また、文理解処理研究の中には、幼児が統語的曖昧性を含む文を理解する際に、一つの解釈を一旦選択してしまうと後でそれが誤りであることが判明しても再解釈が行われないことが報告されている (Trueswell et al., 1999)。再解釈が適切に行われないという知見は、幼児の抑制機能が未成熟で、一度選んだ解釈をうまく抑制できないと説明できそうである。さらに、実行機能の中でも抑制機能の発達と文理解処理の発達は同時期 (4~10歳頃)であることも両者の関連性を示唆している (Mazuka et al., 2009)。これらの知見は、言語知識の運用段階において抑制機能の発達が影響することを示唆するものである。しかし、この仮定を直接的に検討した研究は今のところない。

以上をまとめると、言語知識の獲得と獲得した知識の運用という両側面に抑制機能の

発達が影響する可能性を指摘できるが、言語獲得または運用の発達と抑制機能との関連性を直接検討した研究がなく、知見が不足している。

## 2. 研究の目的

本研究では上記の研究背景に基づき、幼児期の言語発達と抑制機能との関連性を言語獲得の側面と言語運用の側面に分けて検討した。研究1では、言語知識の獲得と抑制機能の関連性を検証するため、言語・コミュニケーション能力を測定できる尺度の得点を知識獲得の程度と定義し、抑制機能を測定する課題、短期記憶容量を測定する課題の成績との相関係数から関連性を検証した。

研究2では色の形容詞を含む文 (例えば緑のサルはどれ。) を聞きながら対応するオブジェクトを含む視覚文脈を見るときの眼球運動を計測した。この研究では、特に聞き手が視覚文脈上にあるコントラスト情報を使って文の理解を促進または抑制させるかを検証し、さらに幼児と成人の結果を比較した。

研究3では、視覚文脈上に視覚的注意を特定の場所へ人為的に高める操作を行いながら、研究2と同様の形容詞を含む文の理解を検討した。この研究では、視覚文脈から生じる注意の変化によって、コントラスト情報の使い方が異なるかどうかを調べた。また、同一の被験者 (成人) に抑制機能測定課題を実施して、抑制機能課題と文理解課題成績の関連性を検討した。

## 3. 研究の方法

### (1) 研究1

被験者: 5歳児52名 (5歳0カ月から5歳10カ月) が参加した。本研究および以下の二つの研究は被験者または被験者の保護者へ研究参加前に目的、手続きなどを説明し、参加同意を得た上で実施した。参加者には謝礼として図書カードを贈呈した。

課題: 以下の課題を個別に実施した。課題実施にかかる時間は合計60分から90分だった。

数唱課題. WISC-IIIの順唱 (2~9桁) および逆唱 (2~8桁) 課題を実施した。

昼夜課題. 画面に太陽または月の絵を提示し、太陽に対して「夜」、月に対して「朝」と声に出して答えるよう教示した。画面の提示から発声までの時間を反応時間とした。

サイモン課題. 画面に提示された矢印の左右を判断して対応するボタンを押すように教示した。矢印は画面の左右半分のどちらかに提示された。矢印の向きと提示側が一致している場合の反応時間を基準に、それらが不一致のときの反応時間の変化量を記録した。

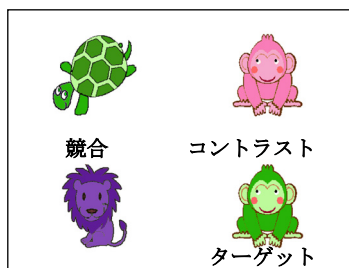
言語・コミュニケーション (LC) スケール乳幼児から就学児までの理解・表出・コミュニケーションといった多方面の言語発達を測定しているテストである。本研究には5歳児が参加したため発達前期および後期の課

題項目をテスト推奨の手続きで実施した。

## (2) 研究2

研究2では、視覚文脈がコントラスト情報を含んでいると、形容詞を含む文の理解時にコントラスト情報を利用した名詞の予測が行われるかどうかを眼球運動計測実験で検証した。

コントラスト情報の利用による予測の有無として以下の状況を設定した。図1 (A)では異なる色に塗られた同一種のオブジェクト(緑とピンクの猿)がコントラストを形成している。この状況で聞き手が形容詞(緑の)を聞くと、コントラストをなすオブジェクトの限定に形容詞を用いると仮定した。その場合、形容詞を聞いた時点で、二つの緑のオブジェクト(猿とカエル)の内、形容詞の意味と一致し、かつコントラストをなすオブジェクトの一つに聞き手の注視が偏ることが予測された。実験ではこのほかに、聞き手が上記のような予測に反する名詞(図1 (A)の例ではカエル)が提示される条件も実施した。もし聞き手が、上記の予測を行うならば、名詞の出現時に、解釈の修正に迫られるはずである。幼児は、解釈の修正により時間がかかるのでターゲットへの注視の偏りが遅れ



ることが予測された。

図1 (A) コントラスト促進 (CF) 条件の例



図1 (B) コントラスト妨害 (CI) 条件の例

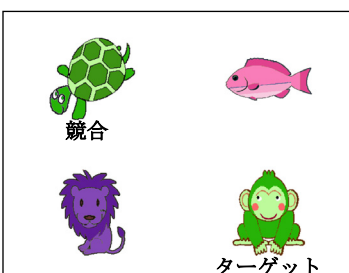


図1 (C) コントラストなし (NC) 条件の例

被験者: 5歳児 24名 (5歳0カ月から5歳11カ月)、6歳児 24名 (6歳0カ月から6歳11

カ月) および成人 18名 (平均年齢 27.6歳) が参加した。

刺激および手続き: 刺激文は「緑の猿はどれ」のように色名を示す形容詞の後に動物の名前を示す名詞と疑問詞が続いた。刺激文は日本語母語話者の発話を録音した。形容詞は緑・オレンジ・ピンク・紫の四種類、名詞は猿・猫・サカナ・リス・ウサギ・ライオン・カメ・カエルの八種類があった。形容詞句(緑の)、名詞句(猿は)、疑問詞(どれ)の平均持続時間はそれぞれ 553ms (SD 55ms)、491ms (SD 71ms)、314ms (SD 29ms) だった。

視覚刺激として三種類の画面(各10試行)を作成した。コントラスト促進条件(以下CF条件、図1 (B))では、三種類の動物が三色に塗り分けられていた。ターゲットとなるオブジェクトは、異なる色に塗られた同種のオブジェクトのうち、他のオブジェクトと色を共有しているオブジェクトだった。コントラスト妨害条件(以下CI条件、図1 (C))は、CF条件と同様のオブジェクトで構成されていた。ただし、名詞の提示によって特定されるターゲットはコントラストを形成していないオブジェクトだった。コントラストなし条件(以下NC条件、図1 (A))は四種類の動物が三色に塗り分けられていた。被験者の眼球運動測定には Tobii 1750 Eye Tracker (サンプリング周波数 50Hz、平均測定誤差視角 0.5°) を用いた。

## (3) 研究3

研究3では研究2に引き続き、形容詞を含む文の理解時にコントラスト情報を利用した予測が行われるかどうかを検討した。研究2との相違は、刺激文提示前に視覚的注意の誘導操作を行うと画面提示条件の効果が大きくなるかどうかを検討したことと同一の被験者にストループ課題を実施し、ストループ効果の大小が課題成績と関連性を持つかどうかを検討したことである。被験者: 成人 26名 (平均年齢 20.7歳) が参加した。

手続き: 研究2と同様の刺激文および視覚文脈を用いた。実験条件としてNC条件、CF条件、CI条件を20試行ずつ実施した。ただし、各条件の半数の試行では、被験者の視覚的注意の誘導操作として、音声の提示 500ms 前にオブジェクトを上下にわずかに揺らした。その際、NC条件ではターゲットでも競合オブジェクトでもないオブジェクトが揺らされ、CF・CI条件ではコントラストオブジェクトが揺らされた。次に、視覚刺激内のオブジェクトに対する注意の誘導操作に関してCF条件およびCI条件では、コントラストをなすオブジェクトのうち、ターゲットでも競合オブジェクトでもないオブジェクトをわずかに揺らした。揺らすタイミングは、刺激文を提示する直前にオブジェクトを揺らして、刺激

文を提示開始時に、コントラストなオブジェクトへの視覚的注意が高まっていると考えた。もし視覚的注意が視覚刺激の中のコントラストに集中することでコントラストをなす二つのオブジェクトの限定に形容詞を使う（傾向が高まるならば、視覚的注意を誘導する場合に上記で述べた視覚刺激の効果がより顕著に見られると予測した。

また、ストループ課題では画面に提示された色つきの文字（赤、青、緑）のフォント色（赤、青、緑）を口頭で答えることを被験者に求めた。ストループ効果の効果量として文字名とフォント色が一致しているときの反応時間を基準に不一致と黄の反応時間の変化量を求めた。

#### 4. 研究の成果

##### (1) 研究 1

各課題成績間の相関関係を求めた。表 1 が示すように、短期記憶の指標とした順唱および逆唱課題はどちらも LC スケールの総合得点および理解、表出、コミュニケーションといった全ての下位機能得点との高い正の相関を示した。この結果は、語彙の獲得と短期記憶の関係を指摘した先行研究から予想されるものである。

一方、抑制機能の指標とした課題は、昼夜課題の反応時間がコミュニケーション課題の成績と弱い負の相関を示すにとどまった。昼夜課題と LC スケールの各項目の成績との相関を調べたところ、ジャンケンのルールの説明 ( $r = -.33, p = .02$ )、音韻的意識 ( $r = -.34, p = .02$ )、状況の推論 ( $r = -.39, p = .01$ ) との負の相関が見られた。これらの結果から 5 歳児においては抑制機能の発達と言語知識の発達との関連性は低いと考えられる。しかし、抑制機能が高い幼児は、推論課題や音韻意識課題で表面的な言語情報以上の理解を求められると、抑制機能が低い幼児に比べて高い成績を示した。したがって、意識的な処理を必要とするような言語運用の発達と抑制機能の発達は、何らかの関連性を持つと考えられる。

表 1 : LC スケール全体および下位検査得点と抑制課題・短期記憶課題との相関係数

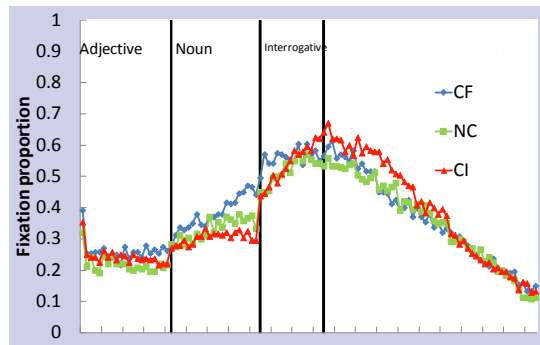
	LC全体	LC表出	LC理解	LCコミュニケーション
順唱	.68***	.70***	.60***	.35*
逆唱	.57***	.57***	.46**	.39*
サイモン	-.02	.04	.01	-.22
昼夜	.19	-.16	-.12	-.27†

†  $p < .10$ , \*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$  ( $n = 52$ )

##### (2) 研究 2

刺激文の提示開始から 20ms 毎のターゲットオブジェクトおよび競合オブジェクト（形

容詞は一致するが名詞まで聞くとターゲットではないことが判明するオブジェクト）の注視確率を図 2 および図 3 に示す。また、形容詞の提示中（刺激文の提示開始から 200ms 後および 200ms 後から 400ms）、名詞の提示中（提示開始から 200ms および 200ms から 400ms 後）、疑問詞提示中（提示開始から 200ms 後）の五つの時間窓を設定し、ターゲットオブジェクトおよび競合オブジェクトの注視確率を従属変数とする分散分析を年



齢群ごとに実施した。

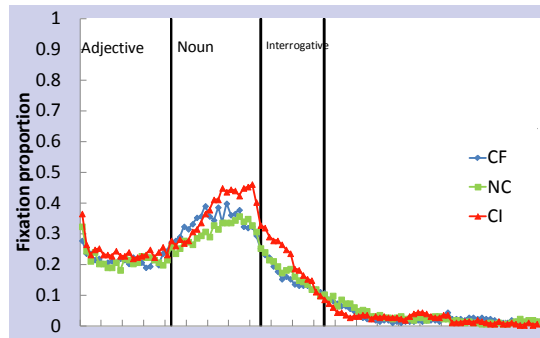


図 2 (A) ターゲットオブジェクトの注視確率 (6 歳児)

図 2 (B) 競合オブジェクトの注視確率 (6 歳児)

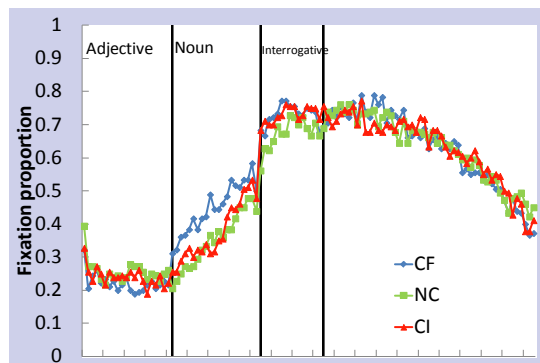


図 3 ターゲットオブジェクトの注視確率 (成人)

その結果、6 歳児では名詞提示後 200ms から 400ms の間で提示条件の効果が有意だった。多重比較の結果、CF 条件は他の 2 条件と比較してターゲットオブジェクトの注視確率が高かった (図 2 (A) を参照)。また同一の時間窓で競合オブジェクトの注視確率を従属変数としたときの分散分析でも提示条件の効果が有意だった。これは CI 条件での競合オブジェクトの注視確率が他の 2 条件よりも



高いためだった (図 2 (B) を参照)。このような結果は、6 歳児がコントラスト情報を利用してターゲットとして可能性の高い名詞に一致するオブジェクトを予測的に注視したと説明できる。同様の効果は成人でも見られた。ターゲットオブジェクトの注視確率を従属変数としたところ名詞提示 200ms 後から 400ms 後までで、CF 条件は他の 2 条件よりも注視確率が高かった (図 3 を参照)。ただし成人では競合オブジェクトに提示条件の有意な効果は見られなかった。5 歳児では CF および CI 条件は NC 条件よりも注視確率の上昇が遅れる傾向が見られたが、統計的に有意でなかった。このように年齢群により提示条件の効果の現れ方が異なっていた。6 歳児と成人の結果の違いは、コントラスト情報を利用した予測に反する名詞が提示された後のターゲットの切り替えに幼児の方が高い困難度を示すためであると説明できる。すなわち幼児と成人の文理解過程の違いが解釈を修正する際に顕著になることを示した。

### (3) 研究 3

刺激文の提示開始から 20ms 毎のターゲットオブジェクトおよび競合オブジェクトの注視確率を図 4 および図 5 に示す。また、形容詞の提示中 (提示開始から 560ms 後)、名詞の提示中 (刺激文提示開始 560ms 後から 1060ms 後)、および疑問詞提示中 (刺激文提示開始 1060ms から 1360ms 後) の三つの時間窓のターゲットオブジェクトおよび競合オブジェクトの注視確率を混合ロジットモデルで解析した。視覚的注意の誘導 (あり、なし) と視覚刺激のコントラスト (CF、NC、CI) を被験者内要因、被験者をランダム要因とした。図 4(A) は視覚的注意の誘導を行なった場合のターゲットの注視確率である。名詞の提示開始から終了まで CF 条件の注視確率が最も高く、CI 条件の注視確率が最も低かった。混合ロジットモデルでは CF 条件と CI 条件の差が有意であり、CF 条件と NC 条件の差が有意傾向だった。図 4 (B) に示されている競合オブジェクトの注視確率は、この結果と対照的だった。名詞提示中、注視確率は CI 条件、NC 条件、CF 条件の順に高かった。混合ロジットモデルでは CF 条件と CI 条件の差が有意だった。

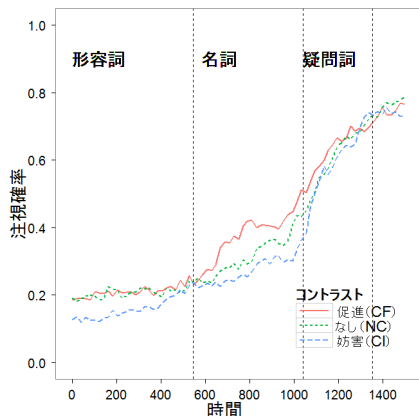


図 4 (A) 視覚的注意の誘導ありの場合のターゲットの注視確率

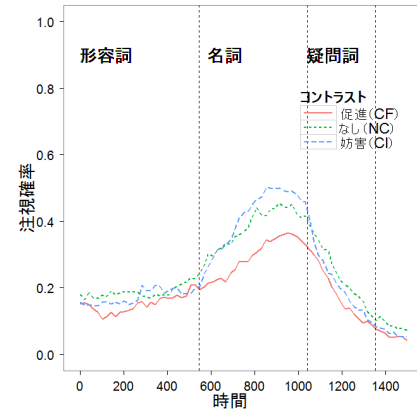


図 4 (B) 視覚的注意の誘導ありの場合の競合オブジェクトの注視確率

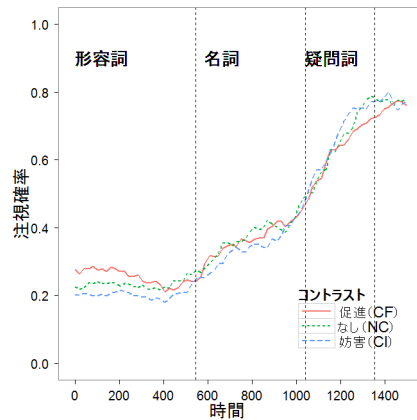


図 5 (A) 視覚的注意の誘導なしの場合のターゲットの注視確率

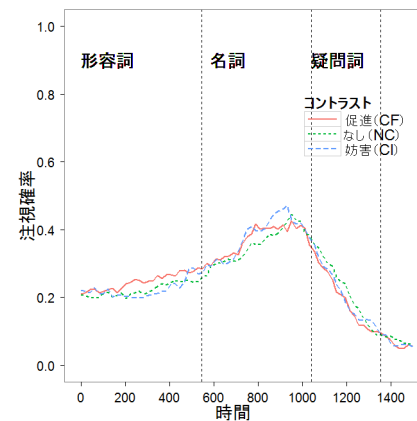


図 5 (B) 視覚的注意の誘導なしの場合の競合オブジェクトの注視確率

これらの結果は、本研究が仮定したように聞き手がコントラスト情報を利用しながら形容詞に続く名詞を予測していることを示

唆するものである。つまり、形容詞を聞いた後でコントラストの一方に注視が偏り、それがCF条件ではターゲットと一致するため促進的に働いたと考えられる。一方、CI条件では、競合オブジェクトと一致するためにターゲットの注視には妨害的に働いている。

図5(A)(B)は、視覚的注意の誘導なしの場合のターゲットおよび競合オブジェクトの注視確率である。この場合、名詞提示中のターゲットの注視確率は条件間で差がなかった。つまり、視覚的注意の誘導がない場合には、聞き手はコントラスト情報を利用した予測を行うとは言えなかった。

次にストループ効果量と注視確率について相関分析を実施したところ、ストループ効果量は視覚的注意を誘導した場合のターゲットの注視確率(形容詞提示中CF条件で-0.37、CI条件で-0.43、名詞提示中CI条件で-0.37)との負の相関が有意であり、競合オブジェクトの注視確率(名詞提示中CI条件で0.49、疑問詞提示中CI条件で0.47)との正の相関が有意だった。つまりストループ課題において文字からの干渉効果が大きい人ほど、コントラストがある状況での競合オブジェクトからターゲットへ注視点を移動させるのにより時間がかかることが示唆される。よって文理解中の解釈の柔軟な切り替えには抑制機能が効率的に働くことが重要であると考えられる。

#### (4) 研究の総括

研究1から研究3までを総合すると、幼児の言語獲得の発達には抑制機能の関与が小さいものの、蓄積した知識を効率的に運用する段階では抑制機能が影響することが示唆された。また、抑制機能の個人差の影響は、幼児だけでなく成人になっても見られることが分かった。今後、言語運用の中でも特にどのような場合に抑制機能の関与が重要になるのかをさらに検討することで、幼児の言語発達の様相の詳細が明らかになると考えられる。

#### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計1件)

- ① Jincho, N., Oishi, H., & Mazuka, R. (2011). Effects of vision and language on attention during sentence comprehension: A visual world study. 信学技法 IEICE Technical Report, 2011-16, 49-52. 査読無

[学会発表] (計5件)

- ① 神長伸幸・大石衡聴・馬塚れい子. 形容詞の語用論的解釈の使用に対する視覚注意の誘導効果 日本認知科学会第28回大会 2011.9.24 (東京)
- ② 神長伸幸・馬塚れい子. 言語コミュニケーション能力の発達に対するワーキング

メモリ容量と抑制機能の寄与 日本心理学会第75回大会 2011.9.17 (東京)

- ③ Jincho, N., Oishi, H., & Mazuka, R.. Effects of vision and language during sentence comprehension: A visual world study. 電子情報通信学会 思考と言語研究会 2011.8.5 (広島県)
- ④ Jincho, N., Oishi, H., & Mazuka, R.. Children can access pragmatic contexts immediately during on-line sentence comprehension, but they cannot suppress interfering ones selectively. The 34th Annual Boston University Conference on Language Development 2009.11.7 (Boston, USA)
- ⑤ 神長伸幸. 文理解におけるプロソディ情報の影響とその発達の变化. 日本心理学会第73回大会 ワークショップ「言語認知研究再考 (3) 視覚世界パラダイムを用いたアイトラッキング」2009.8.28 (京都)

[図書] (計0件)

[産業財産権]

- 出願状況 (計0件)
- 取得状況 (計0件)

[その他]

#### 8. 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・研究員

研究者番号: 90435652