

## 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 30 日現在

機関番号：13103

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010～2011

課題番号：22700269

研究課題名（和文） 幼児の社会的場面における抑制機能の発達とその脳内基盤

研究課題名（英文） Development of inhibitory control and its neural mechanism in social contexts during early childhood

研究代表者

森口 佑介 (MORIGUCHI YUSUKE)

上越教育大学・大学院学校教育研究科・講師

研究者番号：80546581

研究成果の概要（和文）：

本研究では、ある状況における優位な行動を抑制する能力（「抑制機能」）に着目し、社会的場面（他者のいる場面）における幼児の抑制機能の発達過程を行動実験と神経科学的手法を用いて検討した。その結果、(1)行動実験より、幼児が、他者の行動を観察した際に生じる自動的な模倣行動を抑制する能力（模倣抑制）を3歳から5歳くらいにかけて発達させること、(2)問題解決場面での抑制機能の発達（葛藤抑制）と、前頭前野腹外側部の活動には関連があること、また、課題の難易度に応じて、当該部位の活動が異なること、(3)幼児においては模倣抑制と葛藤抑制とは神経基盤が異なる可能性があること、が明らかになった。

研究成果の概要（英文）：

The present study examined development of inhibitory control in social contexts during early childhood using behavioral and neuroimaging method. The results revealed that (1) children developed an ability to inhibit imitating another person between 3 and 5 years of age, (2) the development of conflict inhibition was significantly correlated to the activations in ventrolateral prefrontal regions and the activations in the regions varied depending on the task difficulties of inhibitory control tasks, and (3) the neural basis of inhibiting imitation might be different from the basis of conflict inhibition.

交付決定額

(金額単位：円)

|        | 直接経費      | 間接経費    | 合計        |
|--------|-----------|---------|-----------|
| 2010年度 | 1,400,000 | 420,000 | 1,820,000 |
| 2011年度 | 1,200,000 | 360,000 | 1,560,000 |
| 年度     |           |         |           |
| 年度     |           |         |           |
| 年度     |           |         |           |
| 総計     | 2,600,000 | 780,000 | 3,380,000 |

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学，認知科学

キーワード：抑制機能，認知発達，前頭前野，模倣，幼児

## 1. 研究開始当初の背景

我々の住む世界では、状況は絶えず変わり続けている。目標の達成にある行動が有効であったとしても、状況が変わると、その行動を抑制しなければならないこともある。このような優位な行動を抑制する能力は、抑制機能と呼ばれる。成人には抑制機能が備わっているが、幼い子どもは優位な行動を抑制することに困難を示す。彼らはある行動を選択し、その行動が適切であることを知ると、状況が変わってその行動を抑止すべきときにも、最初の行動を選択し続けてしまう。

これまでの研究は、問題解決場面における抑制機能（葛藤抑制）の発達に焦点をあてていた。では、抑制機能の発達は、社会生活や社会的場面にいかに寄与するのだろうか。この点についてはほとんど検討されていないが、先行研究から、年少の幼児は、他者の行動を観察すると、自動的にその行動を模倣する（自動模倣）傾向があることが示されている(Lyons et al., 2007)。ヒトにとって他者の行動の模倣は極めて重要だが、全ての行動を模倣してしまうと社会生活に支障がでるため、抑制（模倣抑制）する必要があると考えられる(図1, Bien et al., 2009)。しかしながら、模倣抑制の発達メカニズムは未だ明らかではない。

また、近年抑制機能の脳内機構も検討されつつある。成人の研究から、抑制機能は大脳皮質の前頭前野腹外側部と関連していることが指摘されているが(Konishi et al., 1999)、幼児の脳内基盤を検討した研究はほとんど報告されていない。筆者は、先行研究で、幼児の葛藤抑制と前頭前野の活動との発達の関連を検討した。3歳児と5歳児に、抑制機能を測定する認知課題を与え、その課題中の脳活動を近赤外分光法(NIRS)で計測した。その結果、5歳児は、3歳児よりも、葛藤抑制の課題の成績が高く、前頭前野腹外側部の活動も強いことが示された(Moriguchi & Hiraki, 2009)。しかしながら、幼児の脳内機構を調べる研究は圧倒的に不足しており、知見の蓄積が急務になっている。

## 2. 研究の目的

本研究では、これまでの研究を進展させ、幼児の社会的場面の抑制機能の発達過程を行動実験と神経科学的手法を用いて解明することを目的とする。具体的には、(1)行動実験によって模倣抑制の発達メカニズムを明らかにする。また、(2) 幼児を対象に NIRS

を用いて、社会的場面における抑制機能の発達経路を明らかにする。本研究では特に、葛藤抑制と模倣抑制のそれぞれの発達メカニズムに焦点をあてた。成人の研究から、模倣抑制の神経基盤には、模倣行動と関連する運動野や運動前野、葛藤抑制と関連する前頭前野腹外側部が含まれていることが示されている(Bien et al., 2009)。これらの部位は模倣抑制の認知プロセスに図1のように対応すると考えられるが、本研究では特に前頭前野腹外側部の活動に焦点をあて、幼児における模倣抑制の脳内メカニズムを検討した。

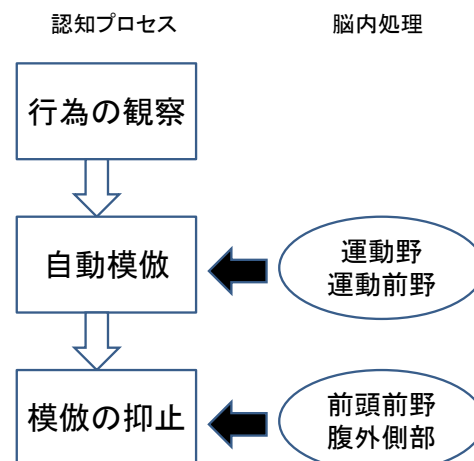


図1 模倣抑制の認知メカニズム

## 3. 研究の方法

### (1)行動実験による模倣抑制の発達メカニズムの検討

#### (A). カード分類課題

対象は、34名の3歳児と27名の4歳児であった。実験では、参加児がカードを分類する際の標的として用いるカード（以下、ターゲット）として「青い車」と「赤い家」を1枚ずつ、参加児が実際に分類するカード（以下、テストカード）として、「青い家」と「赤い車」を各3枚ずつ用いた。

実験は観察段階と分類段階の2段階から構成された。観察段階では、参加児は、デモンストレーターが、色と形の2つの属性のうち、1つの属性でテストカードを分類する様子を観察した。例えば、形属性でカードを分類した。分類段階では、参加児は、デモンストレーターが使用したのとは異なる属性でカードを分類するように教示された。例えば、デモンストレーターが形属性に基づいて分類した場合は、参加児は色属性に基づいてテストカードを分類するように教示された。参加

限は合計で5試行与えられ、4試行以上成功で課題通過とされた。

#### (B)白黒課題

対象は、68名の3・4歳児であった。黒カードと白カードが使用された。

実験は、観察段階と反応段階から構成された。実験前に参加児は、白カードを提示されたら「黒」、黒カードが提示されたら「白」と答えるように教示された。

観察段階では、成人のモデルが、課題を間違っ て遂行する様子を観察した。例えば、黒いカードを提示されると「黒」、白いカードを提示されると「白」と答えた。参加児はこれを計14試行観察した。

反応段階では、参加児は改めて課題のルールを教示され、テスト試行が与えられた。テスト試行は、黒カード7試行、白カード7試行、計14試行であった。試行順序は、黒、白、黒、白、白、黒、黒、白、黒、白、白、黒、白、黒の順序であった。参加児が正しく反応した試行数を指標とした。

この模倣群と、観察段階を含まない統制群を比較して、他者の行動の観察が課題の成績に及ぼす影響も検討した。

#### (2)社会的場面における抑制機能の脳内機構

デザイン：模倣抑制のメカニズムは、図1に示した通りであるが、本研究では、前頭前野腹外側部の活動に焦点をあてた。具体的には、(I) 幼児における葛藤抑制の脳内機構を詳細に検討し、そののちに(II) 幼児における模倣抑制時の脳内機構を検討した

##### (I) 葛藤抑制課題時の前頭前野腹外側部の活動

対象は、成人10名と5歳の幼児11名であった。本研究では、課題の難易度の異なる2種類の葛藤抑制課題を用いた。いずれも葛藤抑制課題として広く用いられているルールシフト課題だが、1つの課題では(標準課題)、参加者は課題中に色と形のルールのうちいずれか一方を用いるように教示され、もう一方の課題では(ボーダー課題)、参加者は色と形の両方のルールを用いるように教示された。

##### <行動課題>

実験で用いられた課題は、図2の通り。標準課題では、参加者は、テスト段階では、分類カードを色ルールか形ルールのいずれかで分類するように教示された。その際の脳活動をNIRSを用いて計測した。1つのカード

刺激につき4試行カードを分類し、合計5セットのカードを分類した。テスト段階と参加者が白いカードを分類するだけのレスト段階を与えて、レスト段階に比べて、テスト段階において前頭前野腹外側部の活動が上昇するかを計測した。

ボーダー課題では、分類カードとして、ボーダーがあるカードとないカードが用意された。テスト段階において、参加者は、ボーダーがあるカードは色ルールで、ボーダーがないカードは形ルールで分類するように教示された。つまり、テスト段階において、標準課題とは異なり、色と形の両方のルールを使うことが求められた。

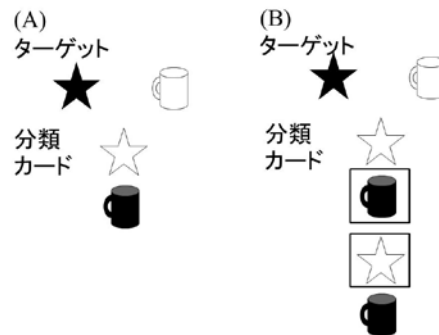


図2 用いられた刺激。(A)は標準課題、(B)はボーダー課題

##### <NIRSでのデータ取得および解析>

島津製作所製のNIRSシステム(OMM-1080S)を使用した。プローブの配置および脳計測部位は以下の通り。国際10-20法のF7、F8を含む左右の前頭前野腹外側部の活動を計測した(図3)。図5のとおり、左右の脳領域を空間的な配置に従って2つに分け、外側領域と内側領域に分けて分析を実施した。

NIRSには、酸化ヘモグロビン、脱酸化ヘモグロビン、およびそれらをあわせたトータルヘモグロビンの3つの指標があるが、酸化ヘモグロビンが脳活動を反映している可能性が高いという先行研究を踏まえて、酸化ヘモグロビンを指標として使用した。以下の研究ではすべて同様の解析を実施した。

レスト段階における平均の酸化ヘモグロビンの変化量と、観察段階および反応段階における酸化ヘモグロビンの変化量とを各領域において比較した。

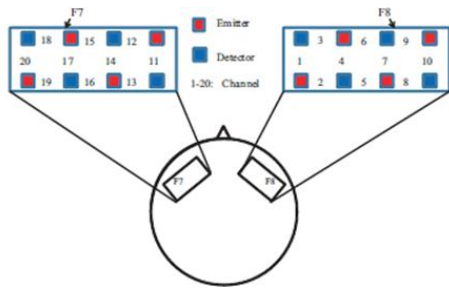


図3 抑制機能課題におけるプローブの配置

(II) 模倣抑制課題時の前頭前野腹外側部の活動

対象は、3-4歳児10名。模倣抑制課題は、(1)で用いた(A)カード分類課題と同じであった。参加者は、他者があるルールでカードを数試行分類した様子を観察したのちに(観察段階)、別のルールでカードを数試行分類するように教示された(分類段階)。これらの段階と参加者が何もせず座っているレスト段階とを与えて、レスト段階に比べて、テスト段階において前頭前野腹外側部の活動が上昇するかを計測した。

NIRSでのデータ取得および解析は、葛藤抑制課題と同じであった。

4. 研究成果

(1) 行動実験による模倣抑制の発達メカニズムの検討

カード分類課題において、3歳児の正答率は、40%程度であったのに対して、4歳児の正答率は80%を超えていた。3歳児は、他者のルール使用を真似してしまい、正しくカードを分類することができなかった。フィッシャーの直接確立検定の結果、3歳児と4歳児の正答率の差は有意であった。

また、白黒課題の結果は図4に示した。年齢を中央値で年少群と年長群で分けて分析した。模倣群においては、年少群の正答率は40%程度であったのに対して、年長群の正答率は70%程度であった。一方、統制群では、年少群の正答率は60%程度であり、年長群は80%を超えていた。年齢群(年少vs年長)と条件(統制群vs模倣群)の2要因の分散分析を実施したところ、年齢の主効果と条件の主効果が有意であった。交互作用は見られなかった。

これらの結果は、いずれの課題においても、模倣抑制の能力が幼児期に著しく発達することを示している。年少の幼児は、他者の行

動を模倣してしまい、その傾向を抑制できないが、年長の幼児は抑制が可能であるという共通した発達パターンが得られた。この結果から、模倣抑制の発達メカニズムが一部明らかになったと言える。

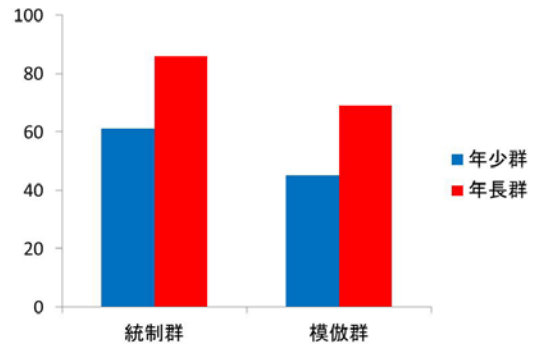


図4 白黒課題の結果

(2) 抑制機能課題時の前頭前野腹外側部の活動

(I) 葛藤抑制課題時の前頭前野腹外側部の活動

まず、葛藤抑制課題時の脳活動について報告する。行動レベルでは、成人、幼児ともに、ボーダー課題の成績は、標準課題の成績よりも有意に悪かった。

脳活動においては、いずれの課題においても、成人・幼児ともに、テスト段階において、レスト段階よりも、左右の前頭前野腹外側部を優位に活動させていた。さらに、標準課題とボーダー課題のいずれにおいてそれらの脳領域の活動が強いかを比較した。その結果を図5に示す。図から明らかなように、成人においては、左右の前頭前野腹外側部において、ボーダー課題の脳活動が強かった。一方、幼児においては、ボーダー課題では左の前頭前野腹外側部の活動が強かったが、標準課題では右の前頭前野腹外側部の活動が強かった。

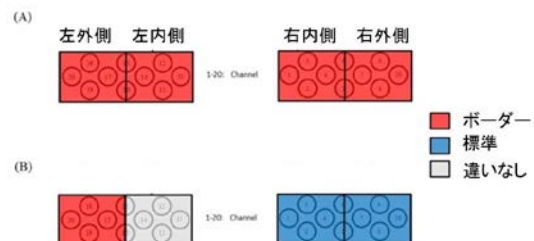


図5 葛藤抑制課題時の脳活動。(A)成人、(B)幼児の結果。赤い部分は、ボーダー課題での脳活動が標準課題よりも、青い部分は標準版

の脳活動がボーダー課題よりも強かったことを意味する。

これらの結果から、葛藤抑制課題における左右の前頭前野腹外側部の重要性が示された。成人においてはボーダー課題中の脳活動が左右の前頭前野腹外側部において強かったのに対して、幼児では異なった結果が得られた。この脳活動の違いを解釈するのは容易ではないが、幼児の前頭前野が十分に発達していないことによるかもしれない。また、これらの違いは、成人と幼児とで課題中のストラテジーが違ふことによる可能性もある。

## (II) 模倣抑制課題時の前頭前野腹外側部の活動

次に、模倣抑制時の脳活動について報告する。行動レベルでは、参加児は観察段階においてモデルの行動を注視し、反応段階においては、教示通りに正しくカードを分類することができた。つまり、行動レベルでは、正しく模倣抑制することができた。

脳活動については、観察段階、反応段階それぞれについて報告する。図6から明らかのように、観察段階においては、レスト段階と比べて、右の前頭前野腹外側部において有意な活動が認められたが、反応段階では有意な活動が認められなかった。

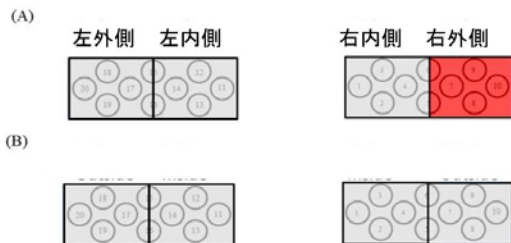


図6 模倣抑制課題時の脳活動。(A)観察段階、(B)反応段階の結果。赤い部分はレスト段階よりも脳活動が強かったことを意味する

この結果から、少なくとも今回用いた模倣抑制課題においては、模倣抑制と前頭前野腹外側部の活動には関連が認められなかったことになる。また、この脳領域は、葛藤抑制課題においては有意な活動を示したことから、幼児においては、葛藤抑制と模倣抑制では、神経基盤が異なる可能性も示された。今後も様々な課題で検討することにより、模倣抑制の神経基盤を特定する必要がある。

## 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6件)

- ① Moriguchi, Y., Evans, A.D., Hiraki, K., Itakura, S., & Lee, K. (2012). Cultural differences in the development of cognitive shifting: East-West comparison. *Journal of Experimental Child Psychology*, 111, 156-163. (査読有)  
DOI: 10.1016/j.jecp.2011.09.001
- ② Moriguchi, Y., Tanaka, & Itakura, S. (2011). Executive function in young children and chimpanzees (Pan troglodytes): Evidence from a non-verbal Dimensional Change Card Sort task. *Journal of Genetic Psychology*, 172, 252-265. (査読有)  
DOI: 10.1080/00221325.2010.534828
- ③ Moriguchi, Y., & Hiraki, K. (2011). Longitudinal development of prefrontal function during early childhood. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 1, 153-162. (査読有)
- ④ 森口佑介 (2011) 児童期における実行機能の発達 上越教育大研究学紀要, 30, 115-122. (査読無)
- ⑤ Moriguchi, Y., Minato, T., Ishiguro, H., Shinohara, I. & Itakura, S. (2010). Cues that trigger social transmission of disinhibition in young children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 107, 181-187. (査読有)
- ⑥ 森口佑介 (2010) 乳幼児期における抑制機能の発達とその神経基盤 ベビーサイエンス, 26-37. (査読無)

[学会発表] (計6件)

- ① 森口佑介 (2012) 認知的抑制の発達と脳内機構 第23回発達心理学会大会企画シンポジウム「情動制御の発達-多面的な視座から-」, 名古屋国際会議場 2012,3,10.
- ② Moriguchi, Y. (2012) . Neural basis of executive function in young children. 第23回日本発達心理学会学会企画シンポジウム「第二世代に向かう『心の理論』の発達研究」, 名古屋国際会議場, 名古屋 2012,3,9.
- ③ 森口佑介・開一夫 (2011). 幼児における課題遂行時と観察時の前頭領域の活動: NIRSを用いた検討. 日本心理学会第75回大会 於 日本大学 2011.9.15
- ④ 森口佑介 (2011) 認知的抑制の発達と脳内機構 第22回発達心理学会大会企画シンポジウム「情動制御の発達-関係性, 自己の視点から-」, 東京学芸大学 2011,3,27.
- ⑤ Moriguchi, Y. (2010年10月14日) . Neural basis of cognitive control in young children. Workshop on Developmental Science, University of Tokyo, Tokyo.

- ⑥ Moriguchi, Y. (2010) Social and neural origin of executive function in young children. ICD Bag Lunch Colloquium, University of Minnesota, September, 10..

〔図書〕 (計 1 件)

- ① 森口 佑介 (2012). わたしを律するわたし：子どもの抑制機能の発達. 京都大学学術出版会(ページ数 180)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.juen.ac.jp/lab/moriguchi/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

森口 佑介 (MORIGUCHI YUSUKE)

上越教育大学・大学院学校教育研究科・  
講師

研究者番号：80546581