

## Joint action coordination in 2½- and 3-year-old children

Meyer, M., Bekkering, H., Paulus, M., & Hunnius, S.

*Frontiers in Human Neuroscience*, Vol. 211, pp. 581-592, 2010.

### Introduction

- ・ Joint action : 他者との協調行為
  - 他者の行為をモニタリングし、他者の行為を自身の運動計画に組み入れる必要 (Sebanz et al., 2003; Tsai et al., 2006, 2008)
    - ▷ 個人で同様の行為を行う場合から追加で要求される
- ・ 先行研究では主に、他者が落とした物を拾うといった利他的行動に注目
  - 2才ごろに、同年代や大人と単純な課題を行う際、利他的行動が観察 (Brownell and Carriger, 1990; Brownell et al., 2006; Warneken et al., 2006; Hunnius et al., 2009)
    - ▷ 3才になると、劇的に利他的行動が観察 (Brownell et al., 2006)
      - » 複雑な課題においても観察 (Ashley and Tomasello, 1998)
  - 社会的認知スキルの発達に関連
    - ▷ 行為の理解, 行為の制御, 行為のモニタリング
  - 協調行為では、特に行為の制御, 行為のモニタリングが重要な役割 (Bekkering et al., 2009)
- ・ また、他者 (大人) との連続的な協調行為に関する先行研究 (Kirschner and Tomasello, 2009)
  - 協調行為は、2才半から4才半の間に発達
    - ▷ 子供が大人に合わせてドラムを叩く課題を用いて検討
  - この先行研究では、インタラクティブな協調行為について検討していない
    - ▷ 例：大人は子供とは独立してある一定のリズムでドラムを叩く
- ・ 本研究では、2才半と3才の子供にボタン押しゲームの課題を行わせる
  - 大人と、あるいは単独で課題を行わせる
    - ▷ インタラクティブな状況における協調行為の発達を検討
- ・ 予測
  - 2才半から3才にかけて、グループによる協調行為のパフォーマンスが向上
    - ▷ 例：ボタン押しのタイミングの正確性
    - ▷ 先行研究に基づく (Deutsch and Newell, 2005)

- 2才半から3才にかけてのパフォーマンスの向上は、グループの方が単独に比べて顕著
  - > 先行研究に基づく  
(Clark and Phillips, 1993; Clark et al., 1988; Brakke et al., 2007)

## Materials and Methods

### Participants

- ・ 23人の子供が分析対象
  - 2才半 10人
    - > 平均 30 か月
  - 3才 13人
    - > 平均 36 か月

### Design

- ・ 2要因混合計画で実験を実施
  - 年齢要因（参加者間要因）
    - > 2才半/3才
  - 課題要因（参加者内要因）
    - > 単独/グループ
      - » どちらを先に行うのかは、参加者間でカウンターバランス
      - » グループでは、全ての参加者で同一の実験者がパートナー

### Materials and Stimuli

- ・ ボタン押しゲームが課題 (Fig.1)
  - 一方のボタンを押すと、そのボタンが傾く
    - > もう一方のボタンを押さないと元の状態に戻らない (Fig.1B)
      - » 2つのボタンはシーソー関係
  - ボタンを押したタイミングが記録
- ・ 課題の詳細
  - 黒色と赤色のボタンを交互に押すことが要求
  - ボタンを押すとスクリーン上のキャラクター（カエル）がはしごに登る (Fig.1A)
    - > 左（黒色）のボタンを押すと、カエルがはしごに左手をかける
      - » 右（赤色）のボタンの場合は、はしごに右手をかける
    - > ボタンを押した際に 60 ms の間、それぞれのボタン特有の音が鳴る
  - 計 42 回ボタンを押して、カエルをはしごの一番まで登らせる

- ＞ 到達すると、右上のキャラクター（ブタ）が知らせてくれる
- » 加えて、2 s 間、音楽も流れる

### Procedure

- ・ ウォーミングアップ
  - 参加者と、実験者 2 名（E1, E2）に慣れるための時間
  - > E1 は課題を行う相手で、E2 は実験補助
- ・ 課題の説明
  - 参加者は親の膝の上に座って E1 から課題を聞く
- ・ 単独で課題を行う場合
  - 左手で黒のボタンを、右手で赤のボタンを交互に押す
  - E1 がデモとして、説明しながら 1 試行実施
  - その後、参加者は最大 4 試行実施
- ・ グループで課題を行う場合
  - E1 が左手で黒のボタンを、参加者が右手で赤のボタンを交互に押す
  - E1 と E2 がデモとして、説明しながら 1 試行実施
  - その後、参加者は E1 と最大 4 試行実施
  - > E1 は、参加者がボタンを押してから 1s 後にボタンを押す
  - » E1 は、自身のみで聴こえるビーブ音のタイミングでボタンを押す

### Data processing

- ・ 参加者のボタン押しに関する以下の指標を分析
  - パフォーマンスの正確性
    - > E1 がボタンを押すまでに誤ってボタンを押した回数
  - タイミングの変動
    - > E1 がボタンを押してから、自身がボタンを押すまでの時間間隔の変動
- ・ 初期状態の影響が現れるボタン押し最初の 2 回分は分析から除外  
(cf. Drewing et al., 2006)
  - また、ルールに従っていない行為（例：ボタンを引く）が観察された場合
    - > 影響を受ける時間間隔については、変動を求める際の分析から除外
  - ただし、試行内で半数以上、ルールに従っていない行為が観察された場合
    - > その試行は分析から除外

### 指標 1 : Performance accuracy

- ・ 誤ってボタンを押したエラー率を評価
  - 2才半と3才の単独とグループでそれぞれ算出して比較

### 指標 2 : Timing variability

- ・ E1がボタンを押してから、参加者がボタンを押すまでの時間間隔の平均を評価
  - さらに、時間間隔の変動係数を評価<sup>1</sup>
    - > 2才半と3才の単独とグループでそれぞれ算出して比較

### Stability of Experimenter's Performance

- ・ 参加者がボタンを押してから1s後にE1がボタンを押しているか確認するための予備分析
  - 参加者がボタンを押してから、E1がボタンを押すまでの時間間隔の平均を算出
    - > 加えて、時間間隔の変動係数を算出
  - 時間間隔の平均と変動係数について、2才半と3才の間で有意差は確認されず
    - > 平均： $t(21) = 1.45, p > 0.05$
    - > 変動係数： $t(21) = 0.21, p > 0.05$

## Results

### Mean percentage of errors (Fig.2)

- ・ エラー率について2要因の分散分析
  - 年齢要因
  - 課題要因
- ・ 両要因の主効果を確認
  - 年齢要因： $F(1,21) = 12.56, p < 0.05$ 
    - > 2才半 > 3才
  - 課題要因： $F(1,21) = 5.48, p < 0.05$ 
    - > 単独 > グループ
- ・ 交互作用を確認 ( $F(1,21) = 5.64, p < 0.05$ )
  - 下位検定より、以下を確認
    - > グループ：2才半 > 3才
    - > 単独：2才半  $\approx$  3才
  - 単独の場合のみ、2才半の子供は3才児と同程度にボタン押しを適切に行う

---

<sup>1</sup> 変動係数は、標準偏差を平均値で割ることで求まる。

## Timing Variability

### Average time interval

- ・ 参加者がボタンを押すまでの時間間隔について 2 要因の分散分析
  - 年齢要因
  - 課題要因
- ・ 両要因の主効果を確認
  - 年齢要因： $F(1,21) = 13.28, p < 0.05$ 
    - > 2才半 > 3才
      - » 2才半：870 ms, 3才：650 ms
  - 課題要因： $F(1,21) = 10.71, p < 0.05$ .
    - > グループ > 単独
      - » グループ：899 ms, 単独：630 ms
- ・ 交互作用は確認されず ( $F(1,21) = 0.14, p > 0.05$ )

### Coefficient of variation (Fig.3)

- ・ 参加者がボタンを押すまでの時間間隔の変動係数について 2 要因の分散分析
  - 年齢要因
  - 課題要因
- ・ 両要因の主効果は確認されず ( $ps > 0.05$ )
- ・ 交互作用を確認 ( $F(1,21) = 4.45, p < 0.05$ )
  - 下位検定より、以下を確認
    - > グループ：2才半 > 3才
    - > 単独：2才半  $\simeq$  3才
  - 単独の場合のみ、2才半の子供は3才児と同程度の時間間隔の安定性でボタン押しを行う

## Discussion

- ・ 実験結果は、2才半から3才にかけて他者との協調行為が発達する可能性を示唆
- ・ グループにおいて、2才半の子供は3才児よりも課題のエラー率が高い
  - 自身の行為を抑制する「行為制御」が十分に機能していない (Diamond, 2002)
  - 他者の行為を踏まえた最適な行為のプランニングをしていない

- ・ グループにおいて、2才半の子供は3才児よりも行為を行うタイミングが安定しない
  - 行為を行うリズムの生成が、他者との協調行為を確立
    - ＞ 「行為の抑制→行為の活性化」という制御が十分ではない可能性
  - 他者の行為に対して自身の行為を適応させることが、他者との協調行為では重要
    - ＞ 適応させるタイミングに関するプランニングが十分ではない可能性
- ・ 2才半の子供と3才児いずれも、グループで課題を行うとボタンを押す時間間隔がより長くなる
  - 他者の行為に対する自身の行為の適応に関するストラテジーを示唆 (cf. Kirschner and Tomasello, 2009)
  - より高いレベルでの認知が要求されることを示唆
- ・ 本実験で、子供は大人と課題を行った
  - 子供にとって、大人の行為は予測がしやすく、信頼できる
    - ＞ 行為の予測がしづらい子供の場合に、同じ結果になるかは今後の課題
      - » より現実に近い状況
- ・ 他者と同じタイミングで行為を行うことを要求される課題の場合
  - 2才で、協調行為の発達が観察される (e.g., Warneken et al., 2006)
  - 本課題は交互で行為を行うことが要求
    - ＞ 同時ではない協調行為の発達は、より時間がかかる可能性



