

# 幼児におけるスケールエラーと抑制能力の関係 —NIRS を用いた検討— (中間報告)

お茶の水女子大学大学院人間文化創成科学研究科 石橋 美香子

## Children's scale error with tools and inhibitory control ability: NIRS study

Department of Psychology, Ochanomizu University, ISHIBASHI, Mikako

### 要 約

スケールエラーとは、幼児が極端に小さな対象に無理やり自分の体や道具を当てはめようとする行動を指す (DeLoache et al., 2004)。スケールエラーが生じる要因の一つとして、幼児期の抑制能力の未熟さとの関連性が示唆されている。具体的には、スケールエラーを示す幼児は、活性化した通常サイズの表象を抑制することができず、通常サイズの表象のまま、ミニチュア対象への行為を実行してしまうという。しかしながら、これまでの研究では、スケールエラーおよび他の認知課題間の相関関係しか調べられておらず、スケールエラーと抑制能力との関連性を幼児の脳活動から調べた研究はなされてこなかった。本研究では、近赤外分光法 (NIRS, Near Infra-Red Spectroscopy) を用いて、道具を用いた際のスケールエラーを示す幼児と示さない幼児の前頭葉の活動を調べることを目的とした。これにより、スケールエラーが生じる背景にある脳内機構を明らかにする。

**【キー・ワード】** スケールエラー, NIRS, 道具使用, 抑制制御能力, 幼児

### Abstract

The scale error is a phenomenon where young children attempt to perform size-inappropriate actions on extremely tiny objects. Previous studies suggest that the scale error may be related to the immaturity of inhibitory control. Thus, children may fail to inhibit the activated general-sized object category, leading to a scale error. However, to date, no study has explored the relationship between scale error and inhibitory control using neuroimaging techniques. Here we explored whether children's scale error stems from the immaturity of the prefrontal cortex (an area associated with inhibitory control) using the Near Infra-Red Spectroscopy. We measured the activation of the prefrontal cortex when engaging in a tool-based scale error task. We hypothesized that children who show scale error exhibit less activation in the prefrontal area than those who do not show scale error.

**[Key words]** Scale error, NIRS, Tool, inhibitory control, young children

## 問題と目的

知覚された情報をどのように行為へと結びつけるのか、そのプロセスとメカニズムについて、乳幼児研究においては多くの関心がもたれている (Southgate, Csibra, Kaufman, & Johnson, 2008)。乳幼児期において、知覚した情報を処理する領域とその情報をもとに行為を実行する領域は、それぞれ発達する時期が異なることが示されている (Kaufman, Mareschal, & Johnson, 2003; Street, James, Jones, & Smith, 2011)。例えば、4 か月の乳児は物体の知覚的情報(例えば色)と行為の実行に関連する空間的情報(例えば位置)を同時に保持することができない (Mareschal & Johnson, 2003; Wilcox & Schweinle, 2002)。こうした知覚と行為に関する発達のずれは、18 か月以降の幼児のリーチングによる探索課題においてもみられ (Nardini et al., 2008)、発達とともに徐々に統合されていくとされる (Kaufman et al., 2003)。しかしながら、物体の知覚およびその行為の選択の統合に至る段階を検討することは乳幼児期の物体処理の保持および生成過程を探るうえで非常に重要であるとされているが (Johnson, 2011)、乳幼児期においてそれらの統合がいかになされていくのかについては不明な点が多い。

乳幼児期の対象の知覚とその行為の統合の未熟さを顕著に反映している現象として、2 歳頃に見られるスケールエラーが報告されている (DeLoache, Uttal, & Rosengren, 2004 ; Goodale & Milner, 1992)。スケールエラーとは、対象の大きさが明らかに適さない物体に対して、自分の体または道具を無理やり当てはめようとする行動を指す。例えば、非常に小さな道具に対して、通常サイズの道具で使用したときと同様に、その道具を何度も装置に対して適用しようと試みようとする (Casler, Eshleman, Greene, & Terziyan, 2011)。このように、知覚された対象に対する行為の不適切さがスケールエラーの特徴とされる。

スケールエラーが生じる原因としては、対象の大きさに関連したカテゴリー表象の選択過程にあるとされている (Ware et al., 2006; DeLoache & Uttal, 2011)。具体的には、スケールエラーを示す幼児は、ミニチュアを見たときに、通常サイズおよびミニチュアサイズのカテゴリー表象が活性化するが、その際に、その活性化した通常サイズのカテゴリー表象を抑制することができず、通常サイズの表象のまま行為をしてしまうという (DeLoache et al., 2004)。つまり、対象の大きさに適した行為には、適切ではないカテゴリー表象(通常サイズの対象)の抑制と適切なカテゴリー表象(ミニチュアサイズの対象)の選択が求められるが、スケールエラーを示す幼児は適切ではないカテゴリー表象の抑制ができないという。こうしたことから、スケールエラーは、幼児期の抑制能力の未成熟さとの関連性が示唆されている (DeLoache & Uttal, 2011)。

しかしながら、現象として報告されたスケールエラーは、幼児の特異的な行為そのものに関心がもたれ、スケールエラーの原因を実証的に検討した研究は僅少である。これまでのスケールエラー研究では、スケールエラーおよび他の認知課題間の相関関係しか調べられておらず、スケールエラーが生じる背景にある脳内機構は明らかになっていない。さらに、スケールエラーの個人差についての研究

が僅少であり、特に、スケールエラーを示さない幼児と示す幼児との間にみられる認知能力の違いについては、ほとんど明らかになっていない。

したがって本研究では、2歳から3歳までの幼児を対象に、近赤外分光法(NIRS, Near Infra-Red Spectroscopy)を用いて、スケールエラーを示す幼児と示さない幼児の課題従事時の外側前頭前野の活動を調べることで、スケールエラーの脳内機構を明らかにすることを目的とした。

NIRSは非侵襲的であり、乳幼児の脳活動を安全に計測できる手法である(Moriguchi & Hiraki, 2009)。また、幼児に実行機能に関わる認知課題を実施した際に、幼児の前頭葉に関わる領域(下前頭領域)が活動することがわかっている(Moriguchi & Hiraki, 2013)。

先述した通り、スケールエラーには抑制能力の未成熟さが関与している可能性が議論されており(DeLoache & Uttal, 2011)、その背景には、この時期の幼児にみられる前頭葉の未成熟さが優位な応答の抑制を難しくさせているという(DeLoache et al., 2004)。幼児の前頭葉に関わる領域(外側前頭前野)は、幼児に実行機能に関わる認知課題を実施した際に活動することがわかっており(Moriguchi & Hiraki, 2013)、幼児の外側前頭前野の活動パターンから、抑制能力の発達との関連性を調べることができる。

スケールエラー課題では、幼児が対象に適さない大きさの道具を選ぶことを抑え、対象の大きさに適した道具を選ぶ必要がある点で、幼児の抑制能力が必要とされると考えられる。仮にスケールエラーが、活性化したカテゴリー表象の抑制を失敗することによって生じるのであれば、スケールエラーを示さない幼児は、スケールエラーを示す幼児に比べて、道具が対象に適さないという葛藤状況下において、抑制能力に関わる外側前頭前野領域がより活動すると考えられる。

## 方 法

### 1. 調査参加児

2歳から3歳までの幼児約30名を参加児とする。調査時期は2018年9月から2019年5月までを予定している。調査は随時行い、京都大学森口研究室内のプレイルームにて行う。

### 2. 用いる刺激

机、椅子、スケールエラー課題で用いる道具、NIRS、ビデオカメラ2台を用意する。なお、スケールエラー課題は、先行研究(Casler et al., 2011)を参考に、申請者が作製した道具および装置を用いる(図1参照)。道具は装置に適した大きさのものと、ミニチュアサイズ(通常サイズの約4分の1)のものをそれぞれ用意する。課題従事時の幼児の様子を2台のビデオカメラにて撮影する。

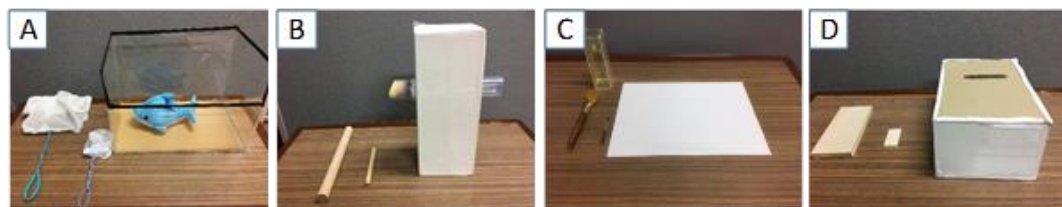


図 1 スケールエラー課題で用いる装置および道具（右：ミニチュアサイズ，左：通常サイズ）

A：ネット，B：棒（棒を筒の中に入れるとおもちゃが飛び出る仕組み），C：筆，D：板（板を穴の開いた箱に差し込むと音が鳴る仕組み）。

### 3. 調査手続き

来学した保護者には、調査内容、データの管理および匿名での公表などの説明を行う。了承が得られた場合に、研究協力同意書に署名をしてもらう。参加児が実験室および実験者に慣れたところで、椅子に座ってもらい、スケールエラー課題を実施する。

#### 3.1 スケールエラー課題の手続きおよび課題従事時の脳活動の計測

まず参加児に通常サイズの道具および装置を提示し、4つの道具および装置の使い方を教示する。その後、NIRSを装着し、実験手続きを開始する。前頭領域の活動の差異を調べるために、15秒のレスト（対象を提示しない時間）、30秒の対象提示を計8試行繰り返す。具体的には、15秒間（この値を基準値とする）の待機後、30秒間装置および通常サイズの道具を提示し、参加児にそれらで自由に遊んでもらう。その後、参加児には再び15秒間の待機時間を設け、参加児がみていない間に通常サイズとミニチュアサイズの道具を2つ用意する。参加児は30秒間装置および道具（ミニチュア・通常サイズ）を提示され、この時の参加児がどちらの道具を選ぶのかを観察する。この際に装置の大きさに適さない大きさの道具を選んだ場合をスケールエラーありとする。参加児は、装置の大きさに適した道具を選択する必要がある。その際に、形の情報だけではなく大きさの情報を処理する必要がある。装置の大きさに適さない道具を選ぶことを抑えて、装置の大きさに適した道具を選ぶ点において、前頭領域の活動がみられると考えられる。参加児が通常サイズの道具を選択した場合と、ミニチュアサイズの道具を選択した場合とで、基準値に比べて、参加児の前頭領域の活動の変化を比較する。

## 進捗報告

現在 30名の幼児への調査を終えており、解析を行っていく予定である。

## 引用文献

Casler, K., Eshleman, A., Greene, K., & Terziyan, T. (2011). Children's scale errors with tools. *Developmental Psychology*, 47(3), 857.

- DeLoache, J. S., LoBue, V., Vanderborcht, M., & Chiong, C. (2013). On the validity and robustness of the scale error phenomenon in early childhood. *Infant Behavior and Development, 36*(1), 63–70. doi:10.1016/j.infbeh.2012.10.007
- DeLoache, J. S., & Uttal, D. H. (2011). 4 Gulliver, Goliath and Goldilocks: young children and scale errors. In Slaughter, V., & Brownell, C. A. (Eds.), *Early development of body representations* (Vol. 13, pp. 59–67). Cambridge University Press.
- DeLoache, J. S., Uttal, D. H., & Rosengren, K. S. (2004). Scale errors offer evidence for a perception-action dissociation early in life. *Science, 304*, 1027–1029. doi:10.1126/science.1093567
- Goodale, M. A., & Milner, A. D. (1992). Separate visual pathways for perception and action. *Trends in Neurosciences, 15*(1), 20-25.
- Grzyb, B. J., Cangelosi, A., Cattani, A., & Floccia, C. (2017). Decreased attention to object size information in scale errors performers. *Infant Behavior and Development, 47*, 72-82.
- Grzyb, B. J., Cangelosi, A., Cattani, A., & Floccia, C. (2018). Children's scale errors: A by-product of lexical development?. *Developmental Science*, e12741.
- Johnson, M. H. (2001). Functional brain development in humans. *Nature Reviews Neuroscience, 2*(7), 475.
- Kaufman, J., Mareschal, D., & Johnson, M. H. (2003). Graspability and object processing in infants. *Infant Behavior and Development, 26*(4), 516-528.
- Mareschal, D., & Johnson, M. H. (2003). The “what” and “where” of object representations in infancy. *Cognition, 88*(3), 259-276.
- Moriguchi, Y., & Hiraki, K. (2009). Neural origin of cognitive shifting in young children. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 106*(14), 6017-6021.
- Moriguchi, Y., & Hiraki, K. (2013). Prefrontal cortex and executive function in young children: a review of NIRS studies. *Frontiers in Human Neuroscience, 7*, 867.
- Nardini, M., Braddick, O., Atkinson, J., Cowie, D. A., Ahmed, T., & Reidy, H. (2008). Uneven integration for perception and action cues in children's working memory. *Cognitive Neuropsychology, 25*(7-8), 968-984.
- Rosengren, K. S., Carmichael, C., Schein, S. S., Anderson, K. N., & Gutiérrez, I. T. (2009). A method for eliciting scale errors in preschool classrooms. *Infant Behavior and Development, 32*, 286–290. doi:10.1016/j.infbeh.2009.03.001
- Southgate, V., Csibra, G., Kaufman, J., & Johnson, M. H. (2008). Distinct processing of objects and faces in the infant brain. *Journal of Cognitive Neuroscience, 20*(4), 741-749.
- Street, S. Y., James, K. H., Jones, S. S., & Smith, L. B. (2011). Vision for action in toddlers: The posting task. *Child Development, 82*(6), 2083-2094.
- Ware, E. a., Uttal, D. H., Wetter, E. K., & DeLoache, J. S. (2006). Young children make scale errors

when playing with dolls. *Developmental Science*, 9, 40–45. doi:10.1111/j.1467-7687.2005.00461.x

Wilcox, T., & Schweinle, A. (2002). Object individuation and event mapping: Developmental changes in infants' use of featural information. *Developmental Science*, 5(1), 132–150.