

論文の内容の要旨

論文題目 **Numerical cognition in infants and young children:
Equivalence and arithmetic among auditory-visual intermodal sets**

(日本語訳タイトル: 乳幼児における数量認知能力:
視聴覚モダリティ間で提示された刺激に対する数的等価性および操作性)

氏名 小林哲生

乳児認知研究の新たな発展の中で、言語獲得以前の乳児が数量認知能力をもつことがわかってきた。注視時間を指標とした一連の研究から、視聴覚いずれの刺激でも同一感覚モダリティ内で提示された刺激については、数量に基づいた弁別が可能であることが示された。だが、どういったレベルで数量を認知しているかについては明らかではない。本研究では、乳幼児の数量認知能力の性質をより明らかにするために、以下の3つの実験を行った。実験1では、乳児が異なるモダリティで提示された刺激について数量の点から対応づけできるかどうかを検討した。実験2では、実験1の結果をもとに、乳児が異なるモダリティで提示された刺激についてそれらを足し合わせできるかどうかを検討した。実験3では、乳児で見られたモダリティ間の数量対応づけ能力(実験1の結果)が、3〜4歳児においても一貫して見られるかどうかを検討した。これらの一連の実験により、乳幼児の数量認知がモダリティを超えたレベルでなされているのかどうかを明らかにする。

実験1

期待違反法を用いて、6か月齢児が視聴覚モダリティのそれぞれの刺激を数量の点から対応づけられるかどうかを検討した。物体が落下して音が鳴るという場면을提示した後に、それらの物体の動きを遮蔽物で覆い隠し、音を2回もしくは3回提示した。次に遮蔽物が下降して、物体が2個もしくは3個現れた。もし彼らが音の回数と現れる物体の個数を対応づけられるならば、それらの数が一致する試行(可能事象)よりも、一致しない試行(不可能事象)の方をより長く注視すると考えられる。

方法：6か月齢児16名（平均月齢6か月15日齢）を被験児とした。実験は大学内のプレールームで行われた。被験児は母親の膝に抱えられ、スクリーンから1.5m離れた位置に座ってもらった。スクリーン下方に設置されたビデオカメラによって視線方向が撮影された。馴致試行として、物体（2か3個）が落下し地面に衝突すると同時に音がするというアニメーション刺激を4試行提示した。このアニメーション刺激は、液晶プロジェクターでスクリーン上に提示された。テスト試行では、被験者は2条件（Two条件とThree条件）にランダムに分けられ、可能事象と不可能事象を交互に2試行ずつ計4試行提示された。物体の動きを遮蔽物で完全に覆い隠した状態で、音を2回（Two条件の可能事象；Three条件の不可能事象）もしくは3回（Two条件の不可能事象；Three条件の可能事象）提示した。その後、遮蔽物が下降し、物体が2個（Two条件）もしくは3個（Three条件）現れた。注視時間は、物体が現れてから測定し始め、被験児が2秒間以上ディスプレイから目をそらすまでの時間とした（上限は30秒）。

結果：Two条件、Three条件いずれにおいても、被験児は可能事象（Two： $M = 13.5s$, $SD 7.7$, Three： $M = 10.6s$, $SD 6.0$ ）よりも不可能事象（Two： $M = 20.2s$, $SD 7.6$, Three： $M = 16.0s$, $SD 8.4$ ）を有意に長く注視した（ $F [1, 14] = 19.74$, $p = .001$ ）。この結果は、6か月齢児が、聞いた聴覚刺激の回数に基づいて、遮蔽物の背後にある視覚対象の個数を正確に期待できるということを示唆している。

実験2

先行研究から、乳児が視覚対象で提示される計算課題（足し算・引き算）に正しく反応できることが示唆されている。実験2では、この問題をさらに検討し、彼らが異なるモダリティからの刺激を足し合わせできるかどうかを検討した。実験1と同様の実験設定のもとで、まず物体が1個現れて、次にそれが遮蔽物で覆われた。その状態で、音が1回もしくは2回提示された。その後遮蔽物が下降し、物体が2個もしくは3個現れた。もし彼らが物体の個数と音の回数を足し合わせて、現れる物体の個数を正確に予測できるならば、可能な計算事象よりも不可能な計算事象の方をより長く注視すると考えられる。

方法：5か月齢児32名（平均月齢5か月25日齢）を被験者とした。被験者は2条件（Outcome2条件とOutcome3条件）にランダムに分けられた。Outcome2条件では、物1 + 音1 = 物2（可能事象）と物1 + 音2 = 物2（不可能事象）を、Outcome3条件では、物1 + 音2 = 物3（可能事象）と物1 + 音1 = 物3（不可能事象）を交互に提示された（計4試行）。実験1と同様の馴致試行を行った後に、テスト試行を行った。まず物体が1つ現れ、その後に遮蔽物が上昇し、それを覆い隠した。その状態で、音が1回（Outcome2条件の可能事象；Outcome3条件の不可能事象）、もしくは2回（Outcome2条件の不可能事象；Outcome3条件の可能事象）提示された。その後遮蔽物が下降し、2個（Outcome2条件）もしくは3個（Outcome3条件）の物体が現れた。他の手続きは、実験1とほぼ同様に行われた。

結果：Outcome2条件、Outcome3条件いずれにおいても、被験児は、可能事象（Outcome2条件： $M = 11.7s$, $SD 8.5$, Outcome3条件： $M = 9.7s$, $SD 7.3$ ）よりも不可能事象（Outcome2条件： $M = 17.8$

s, SD 9.2, Outcome3 条件: $M = 13.9$ s, SD 8.0) の方を有意に長く注視した ($F [1, 30] = 33.680$, $p = 0.0001$). この結果は、5 か月齢児が、目撃した視覚対象の個数と聞いた聴覚刺激の回数を足し合わせて、遮蔽物の背後にある視覚対象の個数を正確に期待できるということを示唆している。

実験 3

言語的カウンティング能力を獲得する (3 歳後半～4 歳) 以前の幼児は、視聴覚モダリティ間の数量を対応づけできないといった先行研究があり、モダリティを超える数量認知にはカウンティングが必要だといった主張がなされている。この問題を検討するために、実験 1 と同様のアニメーション刺激を用いて、3～4 歳児が視聴覚モダリティ間の刺激を数量の点から対応づけられるかどうか、そしてその能力とカウンティング能力との関連について見本合わせ法を用いて検討した。

方法：3 歳前半 ($N=16$; 平均年齢 3 歳 1 か月齢), 3 歳後半 ($N=16$; 平均年齢 3 歳 10 か月齢), 4 歳 ($N=16$; 平均年齢 4 歳 6 か月齢) からなる 3 つの年齢群, 計 48 名の幼児を対象にした。実験は各家庭もしくは保育園の一室で行われた。被験児はノート型パソコンの前に座り、アニメーション刺激を提示された。実験 1 と同様の馴致試行を行った後に、テスト試行を行った。遮蔽物が上昇し物体の動きが完全に遮蔽された状態で、音の系列が提示された (見本刺激)。その後、5 枚のカード (0～4) を被験児の前に並べて、遮蔽物の背後にある物体の個数と一致するカードを選んでもらった。見本刺激は、聴覚刺激の提示速度、および間隔が異なる 2 種類のものを用意した (等速度条件 [実験 3a] と等間隔条件 [実験 3b])。カードを選択後、遮蔽物が下降し物体が現れた。テスト試行は、5 種類の聴覚刺激 (0～4) を 2 試行ずつ計 10 試行行われた。提示された音の数と一致するカードを選んだ場合、正試行とした (得点範囲: 0～10 点)。テスト終了後、彼らのカウンティング能力の獲得の有無を判定した。

結果：すべての年齢群の幼児がこの課題を有意に解決した (3 歳前半: $M = 5.69$, $SD 2.7$, $t [15] = 5.563$, $p < .0001$; 3 歳後半: $M = 6.50$, $SD 2.6$, $t [15] = 6.903$, $p < .0001$; 4 歳: $M = 7.875$, $SD 2.3$, $t [15] = 10.192$, $p < .0001$)。また、2 種類の聴覚刺激の間に有意な差は見られなかった。さらに 3 歳児において、この課題の成績と、カウンティング能力の獲得の有無の間に有意な差は見られなかった。これらのことから、3, 4 歳児が、聞いた聴覚刺激の回数に基づいて、遮蔽物の背後にある視覚対象の個数を正確に予測し、選択することができることがわかる。

総合考察

以上の結果から、5, 6 か月齢児が、異なるモダリティで提示された刺激について数量の点から対応づけたり (実験 1), それらの刺激について足し合わせしたり (実験 2) できることがわかった。また、乳児で見られた、こうしたモダリティ間の数量対応づけ能力 (実験 1 の結果) が、3～4 歳児においても一貫して見られることを確認した (実験 3)。したがって、乳児は言語を獲得する以前から、モダリティに限定されないレベルで数量を認知できることが示唆される。こ

うした能力が、幼児におけるカウンティング能力の獲得有無に関係なく、存在することも示唆された。これらの数量対応づけや演算に関する能力は、算数の基本法則である「等価性 equivalence」や「操作 operation」を基礎にしており、これらの法則が「原初的」な形であれ、より早い発達段階で獲得されていることが示唆される。