

乳児における数の認知能力

——男女比較——

児童学部児童学科 中野香苗

抄録：1980年代よりさまざまな研究分野の発展によって、言語獲得以前の乳児でも数の認知能力を持つことが徐々に明らかになってきている。本研究は、これまでの近年の研究をもとに、早期の乳児は1以上の数の計算はできるのか、乳児の数の認知には性差が存在するのか、これら2点のことについて期待違反法を用いて検討を行った。その結果、Wynn (1992) で報告されたものよりも、より高次の計算条件である $2+1 \cdot 1+2$ でも乳児は弁別できることが示された。これは、Wynn (1992) の仮定している数の認知能力が、より高次の数においても認められることを示唆している。

本研究では性差に関しての有意差は認められなかった。しかし、男児に比べ女児の方が、平均2秒から3秒長く刺激を注視するという結果が得られた。この結果は、数の認知能力に性差が見られることを示唆している。すなわち、乳児の認知能力に男女差が存在しているのではないかと推察される。

キーワード：数の認知、性差、乳児

問題と目的

乳児は、生得的に数の認知能力を持つのであろうか。言語獲得以前の乳児が大人のような数概念をもっているとは考えにくい。1980年代よりさまざまな研究分野の発展によって、言語獲得以前の乳児でも数の認知能力を持つことが徐々に明らかになってきている (Wynn, 1992; Simon, Hespos & Rochat 1995; Hauser & Carey, 2003; Kobayashi, Hiraki & Mugitani, 2004)。まだことばを話すことができない乳児の数の認知能力を解明することは非常に魅力的でもあるが、乳児と言うこともあり測定方法、研究方法などの問題があり、研究対象として乳児を対象にして調べることは非常に難しい。

Wynn (1992) は、期待違反法 (*violation-of-expectation procedure*) を用いて、乳児の数の認知能力を調べている。そして、 $x+y=z$ のように、1つの対象にもうひとつ別の対象を加算・減

算したときの初歩的計算を認知できると報告している。そして単純な算術的計算をするための生得的な能力を人間が持っているのではないかと仮定している。

それでは、この結果はどれだけ一般的で妥当なものなのであろうか。Simon, Hespos & Rochat (1995) や Kobayashi, Hiraki & Mugitani (2004) が条件を加えて追試した。その結果は、いずれも Wynn (1992) の結果と一致する結果である。これらの結果は、Wynn (1992) の見解を支持するものであり、この見解が妥当であり、一般的であることを示唆している。

また近年は霊長類などを対象とした研究もなされており、乳児の数量認知能力の多くは動物でも確認されてきている (Hauser & Carey, 2003)。この結果は、数の認知能力が人間固有のものでないこと、つまり人間以外であっても生得的に保持された認知能力であることを示唆している。

本研究は、これまでの近年の研究をもとに、認

知心理学の視点から、(1) 早期の乳児は1以上の数の計算はできるのか、(2) 乳児の数の認知には性差が存在するのかについての検討を行う。つまり、本研究の目的は、期待違反法を用いて、早期の乳児が数を認知できるかどうかを明らかにした上で、男女比較についての検討を行なうことである。

《乳児は1以上の数の計算はできるのか》

Wynn (1992) は、次にあげる期待違反法という方法を用いて、少量の対象の集合に、1つの対象を加算・減算したときの初歩的計算を乳児が検出できることを示唆するデータを報告している。まず、5か月児を対象にディスプレイの上にミッキーマウスの人形を1つ示し、次にそれを遮蔽物で隠し、もう1つミッキーマウスの人形を見せながら遮蔽物の背後に入れ、遮蔽物を取り除いた。この時、ミッキーマウスは1つまたは2つ現れる。つまり、 $1+1=1$ (不可能事象)、 $1+1=2$ (可能事象) の条件である。この可能事象、不可能事象はそれぞれ連続した試行において交互に呈示され、ここでは乳児の注視時間の記録が行われた。これは、1つの対象があるところにもう1つの対象が加わって2つになった、という基礎的な算術的原理が適用されているならば、起こり得る結果としては、生じるはずの結果に一致した1種類の結果のみである。しかし、1つの対象があるところにもう1つの対象が加わっても、対象は1つであるというような算術的に一致しないような起こり得ない結果が起こるようにも工夫されている。その結果、ミッキーマウスが一つまたは二つの場合の注視時間を比較すると、乳児が、可能事象よりも不可能事象の方を統計的に有意に長く見るという結果が示された。同様に減算も行われたが、結果は、不可能事象を長く注視するという結果に終わった。この結果から、Wynn (1992) は、単純な算術的計算をするための生得的な能力を人間が持っているのではないかと仮定した。

このような方法を用いて、Wynn (1992) をはじめ多くの研究では、 $1+1=2$ もしくは $1+1=1$ など1を基本とする数の計算について検討してきた。しかし、このような結果は、より高次の数においても得られるのであろうか。これまでの仮説が正しいのであれば、足す数・足される数を増やし、また機械操作による呈示方法から実際に具体物を用いた条件に変えても、乳児は算術的に正しくない方 (不可能事象) を長く注視し、乳児の数的能力を示すことができるはずである。

そこで本研究では、 $2+1 \cdot 1+2$ など1以上の数の計算について検討を行い、視覚刺激に対する反応の差異を検討することによって、乳児の数的な認知能力をさらに明らかにしていく。もしも、乳児が高次の数においても認知能力を獲得しているのであれば、 $2+1 \cdot 1+2$ など1以上の数の計算についても、乳児は可能事象よりも不可能事象をより長く注視するだろう。

《乳児の数の認知には性差が存在するのか》

乳児の数の認知に男女の間に性差は見られるだろうか。19世紀後半「性差」が科学的研究の対象となり、性差研究の最初の発見は、Darwinの従弟で「優生学」の祖として知られるGalton, Fによるものであるといわれている (有賀, 1992)。一般には、女性は言語機能に優れ、男性は地図を読むなどの視空間認知機能に優れているという報告は数多く存在する。しかし、必ずしもすべての研究で明確に性差が認められていないため、一方では否定的な見解もあり、男女差についての論争が続いている (河内, 1989)。また、乳児の認知に関する研究は、これまででも多岐にわたりさまざまな研究分野でなされてきているが、乳児の性差に関する研究はほとんどなされてきていない。そこで、本研究は乳児の性差について「数認知」に焦点を絞り性差が存在するのかどうか、ということについて検討する。

《乳児の認知する“数”とは何か》

前述したが、言語をまだ獲得していない乳児が、数を理解できるとするのは、そもそも無理があるように思われる。これは乳児の認知能力を調べるにあたって、言語反応を用いた方法では検証できないためである。そこで、研究者の間では、乳児が数を言葉で表現できなくとも、それに相当する行動や反応を示す場合には、数が“弁別できる”と考えられている。この場合の「数」とは、大人や子どもで見られる数とは明らかに異なるので、研究者はそれらを数 (number) とは区別して、“numerosity” や “numerousness” といった用語を用いることがある。研究社 新英和大辞典 (1980) によると「numerous」とは、「多数から成る、多数の、大勢の」とあるが、これは「かぞえる」という段階を全く経ることなく、「数のセンス」と呼ばれているような「多さ」がどの程度であるかを、かなりの精度で類推する能力、そして時に他の刺激の「多さ」と比べることも可能にする能力のことである。つまり、本研究で扱う「数」とは、量感覚で捉えている「量的把握による数」と定義づけられる。

《乳児の数の認知の測定》

乳児のカテゴリー化に関する研究の多くは、視覚選好パラダイムである。このパラダイムの代表的なものに「馴化法」がある。「馴化法とは、ある刺激への注視時間があらかじめ定められた水準 (馴化基準) に低下するまでその刺激を繰り返し呈示し、その後の検査試行時にそれまでに呈示された刺激 (熟知刺激¹⁾) あるいは呈示されたことのない刺激 (新奇刺激) が継続的に呈示され、それぞれへの注視時間が測定される。そこで、新奇刺激への注視時間が熟知刺激へのそれよりも長い (脱馴化が見られる) と、乳児がそれらの刺激を

弁別しているとみなされる。」「検査時に熟知刺激と新奇刺激を対にして呈示する手続きが用いられることもある。」(落合・土居 2002) この馴化法は、どんな心理学的内容にもほぼ適応可能であると言われている。本研究では、この馴化研究を用いて、乳児の数の認知の検証を行ない、カウンターバランスによって実験条件の統制を行なう。このカウンターバランスでは、実験を行う上で、あらかじめ研究協力者をランダムに半数ずつ「1+1課題」群と「1+2課題」群の2つの実験群に分け、交互に行われる「可能事象」と「不可能事象」の呈示する順序を逆に示した。これは、呈示する物体の条件を変化させる以外に、実験に影響すると考えられる変数の影響を排除するために行ない、数値に偏りが出ないようにするためである。

方法

実験協力児：健常な5か月以上の0歳児 22名 (男児13名、女児9名、平均月齢 7.8か月) が実験協力児として実験に参加した。その他1名の乳児が参加したが、課題遂行に困難を示したため、実験を中止した。

実験計画：研究協力者はカウンターバランスをとるため、ランダムに2つの実験群に分けられ、2 (課題：1+1課題、1+2課題) × 2 (事象：可能事象、不可能事象) の2要因の研究計画で構成されたすなわち、各協力児には、合計4試行実施した (Table 1 参照)。

実験装置：次のような道具を用いて実験を行なった。

実験装置は、高さ97cm、横幅46cm、奥行24cmの長方形で底面・壁面の両側面は白色で覆われている。実験者が物を挿入したり取り除くため、装置の右サイドには縦20cm、横19cm、装置

1) 落合・土居 (2002) では熟知刺激となっている。しかし、この刺激は以前に呈示された刺激であるので、既知刺激とするのが妥当と思われるが、ここでは原典に従って熟知刺激とした。

の天井面には縦 18cm、横 39cm の穴が開けられている。不可能事象の条件をつくり出す際の人形を隠すため、壁面は 2 枚構造になっており、幅 12cm の隙間が存在している（隠し壁面）。装置の上には針金を通した緑色の布が両サイドに渡されており、実験中の装置を見せたり隠したりする遮蔽物としての役割と実験装置の上部から人形を挿入する手元を隠す役割を果たしている。実験装置の下に直径 5cm の穴を開け、その後ろにビデオカメラをセットし、実験中の乳児の顔はその穴を通してビデオカメラで記録された。このビデオカメラの画像を実験者は装置の裏から観察し、乳児が 2 秒以上装置から目を反らしたら次の試行に移った。乳児に呈示される物は、続けて実験を試行するため、興味を長時間引きつけておくために、光刺激で左右に頭が少し揺れる「のほほん族」のピンク色で、硬いプラスチック 9×11×9cm の人形（Figure. 1 参照）が使用された。

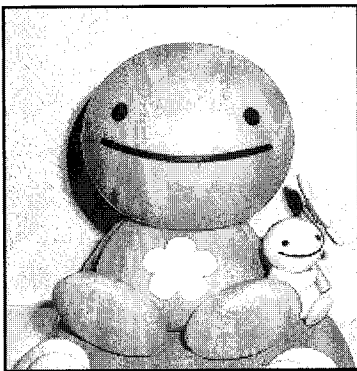


Figure 1. 呈示物

実験手続き：実験中、乳児は実験装置から約 70cm 離れた場所で保護者かそれに代わる人に試行が乳児の目の高さになるように膝の上で抱っこしてもらった。実験者は、遮蔽物を取り去る際に「ばあ」と声かけをし、実験装置の裏で乳児の視線を録画中のビデオカメラで確認しながら、2 秒以上装置から目が反らされた時点で「はい」とビデオカメラに声を録音し、次の試行に移った。馴致試行と

して、人形が装置に入り遮蔽物を下ろし、取り去るとその人形が再び現れるという試行を 2 回程度行なった。この馴致試行が終わり次第、実験を開始した。

本課題は、以下のような Outcome3 課題と Outcome2 課題の 2 課題で構成されていた。

【Outcome3 課題】：① 2+1=3（可能事象）

② 1+1=3（不可能事象）

Outcome3 課題は、可能事象と不可能事象が含まれていた。実験装置にまず人形を 2 個（可能事象）または 1 個（不可能事象）置き、次にそれを遮蔽物で覆い隠す。その状態で、さらに遮蔽物の背後へ右サイドの穴から人形を研究協力児に呈示しながら 1 個挿入する。この時不可能事象の場合は、左手で 1 個乳児に呈示しながら挿入し、同時に右手でも実験装置の天井部分の穴から分からないように 1 個挿入する。遮蔽物を取り去ると現れる物体の数はいずれも 3 個である。（Figure. 2 参照）

【Outcome2 課題】③ 1+1=2（可能事象）

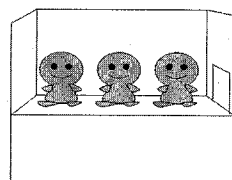
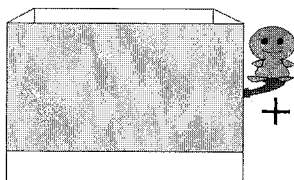
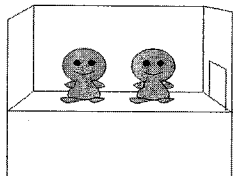
④ 1+2=2（不可能事象）

Outcome2 課題では、まず人形を 1 個置き、次にそれを遮蔽物で覆い隠す。その状態で、遮蔽物の背後へ人形を 1 個（可能事象）、または 2 個（不可能事象）挿入する。この時不可能事象の場合は 2 個乳児に呈示しながらも、挿入する際には隠し壁面の前後に 1 個ずつ挿入する。その後、覆い隠している遮蔽物を取り除くと人形の現れる数はいずれの場合も 2 個である。（Figure. 3 参照）

測定方法：注視時間は、実験者がビデオカメラに録音している「ばあ」から研究協力児が 2 秒以上装置を注視しなくなる「はい」までの時間と定義して実験者が測定した。この基準は、これまでの先行研究を参考にし、定義づけた。（Wynn 1992; Simon ほか 1996）。注視時間計測の際には、その実験が可能事象であるのか、不可能事象であるのか、どちらか分からない状態で測定が行なわれた。

可能事象

1. 箱の中に人形を2個置く
2. 布で隠し、人形を1個追加
3. 布を取ると人形が3個現れる



不可能事象

1. 箱の中に人形を1個置く
2. 布で隠し、人形を1個追加
3. 布を取ると人形が3個現れる

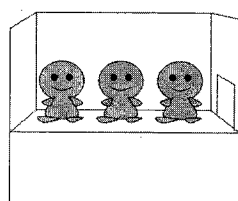
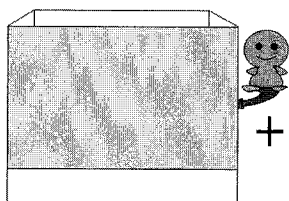
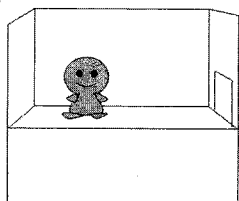
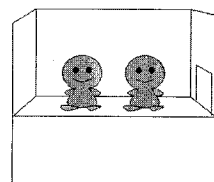
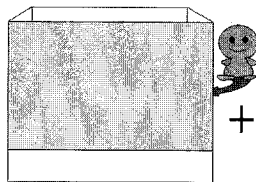
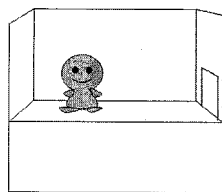


Figure. 2 Outcome3 課題の呈示順序

可能事象

1. 箱の中に人形を1個置く
2. 布で隠し、人形を1個追加
3. 布を取ると人形が2個現れる



不可能事象

1. 箱の中に人形を1個置く
2. 布で隠し、人形を2個追加
3. 布を取ると人形が2個現れる

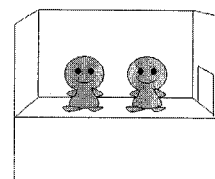
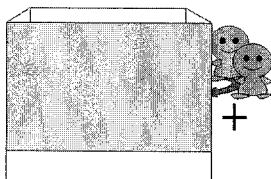
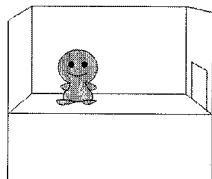


Figure. 3 Outcome2 課題の呈示順序

Table 1. 実験計画

実験回数	1回目	2回目
1	①→②→③→④→	②→①→④→③
2	②→①→④→③→	①→②→③→④

結果

男女のカテゴリ（女児9名，男児13名）に分類し比較・分析を行ったところ，以下のような結果が得られた。なお，本研究で測定された注視時間は，以下のような3つの観点から分析された。

【Outcome3分析】Outcome3分析では，乳児が視覚刺激を使って初歩的計算を理解することができるかどうかを検討した。「2つの物+1つの物=3つの物」であることがわかるかどうかについて，男女の注視時間の差を比較検討した。

【Outcome2分析】Outcome2分析では，Outcome3分析の問題をさらに検討し，足す数を増やしても初歩的計算が理解できるかどうかを検討した。「1つの物+2つの物（同時に挿入）=2つの物」でないことがわかるかどうかをについて，男女の注視時間の差を比較検討した。

【1+1課題分析】「1+1課題分析」においてはWynn (1992)の結果をさらに検証するために，1+1=2（可能事象）と1+1=3（不可能事象）について，男女の注視時間の差を比較検討した。

Outcome3分析・Outcome2分析については，

かを検討した上で，乳児の数の認知には，男女差が存在するののかについて検討を行った。

そこで，これらの結果について，2（事象）×2（性差）×2（条件）の3要因の混合型の分散分析を行った。その結果，事象の主効果が有意であった（ $F(1,20)=23.75, P<.001$ ）。すなわち，可能事象よりも不可能事象をより長く注視したことを示している。しかし，その他の主効果及び交互作用は有意でなかった。そこで，試みに各事象における性差についてt検定を用いて有意性を検定した。

【Outcome3分析】

Figure. 4は，「2+1=3（可能事象）」と「1+1=3（不可能事象）」の注視時間を男女ごとに示したものである。

可能事象の場合は女児（ $M=9.86, SD=4.33$ ），男児（ $M=8.10, SD=3.82$ ）であった。不可能事象の場合は女児（ $M=13.32, SD=6.55$ ），男児（ $M=9.62, SD=4.16$ ）であった。平均値では男児より女児の方が注視時間は長い，有意な差は認められなかった。

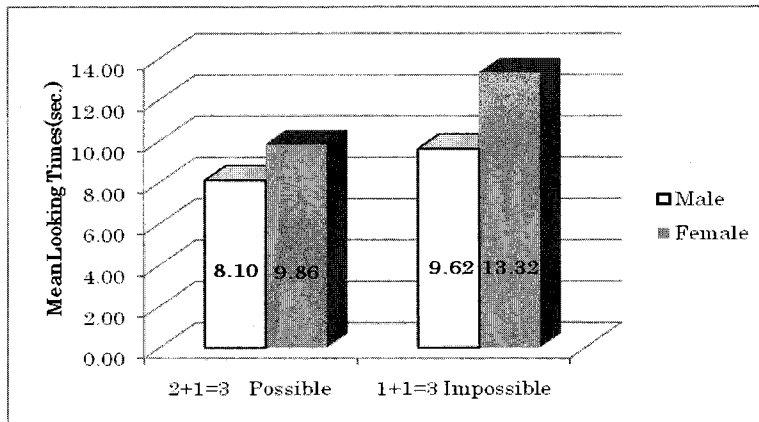


Figure. 4 2+1=3（可能事象）と1+1=3（不可能事象）の注視時間

「既知刺激への選好反応」を避けるため可能事象と不可能事象の答えをそれぞれ統一している。以上の調査により，初歩的計算が理解できるかどうか

【Outcome2分析】「1+1=2（可能事象）」と「1+2=2（不可能事象）」の結果および男女比較をFigure. 5に示した。

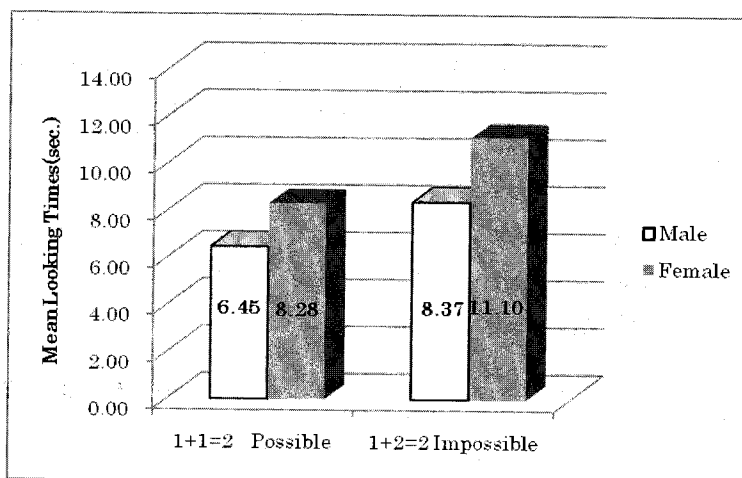


Figure. 5 1+1=2 (可能事象) と 1+2=2 (不可能事象) における注視時間

可能事象の場合は女兒 (M=8.28, SD=4.01), 男児 (M=6.45, SD=2.10) であった。不可能事象の場合は女兒 (M=11.10, SD=5.60), 男児 (M=8.37, SD=3.88) であった。Outcome2 分析においても平均値では男児より女兒の方が注視時間は長い, 有意な差は認められなかった。

不可能事象の場合は女兒 (M=13.32, SD=6.55) に対し, 男児 (M=9.62, SD=4.16) であった。平均値では男児より女兒の方が注視時間は長い, 有意な差は認められなかった。

考 察

【1+1 課題分析】「1+1=2 (可能事象)」と「1+1=3 (不可能事象)」の結果および男女比較を Figure. 6 に示した。

可能事象の場合は女兒 (M=8.28, SD=4.01) に対し, 男児 (M=6.45, SD=2.10) であった。

本研究では, 可能事象よりも不可能事象を有意により長く注視したことが明らかになった。この結果は, Wynn (1992) で報告されたものよりも, より高次の計算条件である $2+1 \cdot 1+2$ でも乳児は弁別できるという事実を示している。また,

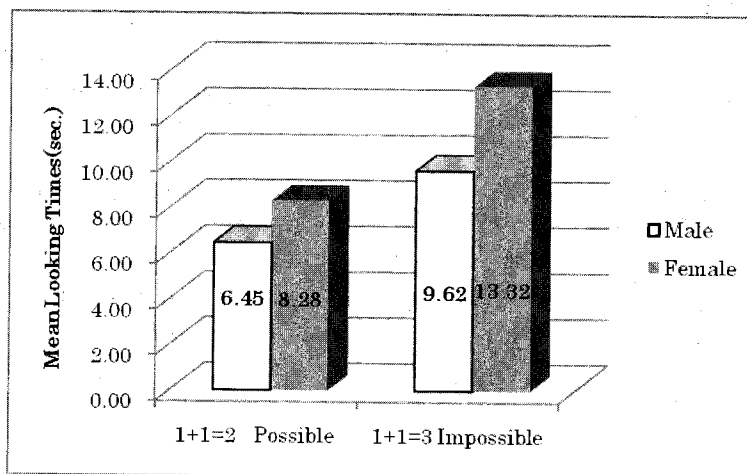


Figure. 6 1+1=2 (可能事象) と 1+1=3 (不可能事象) における注視時間

1+1の条件がどの条件よりも明確に弁別できていることも証明された。この結果は、Wynn (1992)の仮定している数の認知能力が、より高次の数においても認められることを示唆している。

ところで、本研究では性差に関して有意差は認められなかった。しかし、男児に比べ女児の方が、平均2秒から3秒長く刺激を注視するという結果が得られた。この結果は、数の認知能力に性差が見られることを示唆している。すなわち、乳児の認知能力に男女差が存在しているのではないかと推察される。

ところで、なぜ本研究では性差が有意でなかったのであろうか。その理由として、2つのことが考えられる。第1の可能性は、乳児における数の認知能力に性差がないという可能性である。これまで大人対象の性差については、脳の構造に男女差が仮定されている。このことは、最近の研究ではヒトの脳梁の形に男女差がありことが報告されている(平山・保野2003)。この結果は、大人の場合、処理能力に男女差が存在することを示唆し、第1の可能性を否定している。

第2の可能性は、乳児における数の認知能力に性差があるという可能性である。すなわち、本研究の手続き上の問題かもしれない。調査協力児の数が少ないこと、注視時間の測定の精度の問題、課題の困難性などの要因が挙げられる。今後これらの要因について検討していく必要があるだろう。

まとめ

乳児が早期に数を認知する能力を獲得していることは、大人と比較するとまだまだ未熟な認知能力であると思われる乳児にとって、外界を効率的に把握していくにあたっての効果的な手がかりとなっているのではないかと推測される。保育を行

う上で知識の面において、乳児のさまざまな能力を知っているということは大切である。これまでも乳児の認知能力はさまざまな方向から研究されてきているが、その中でも乳児は期待や予期などを活性化させながらどのように外界を認知しようとしているのかについて、今後も明らかにしていきたいと考えている。

引用文献

- 有賀美和子 (1992) 性差研究の変遷と最近の動向 東京女子大学紀要論集 Vol. 43 No. 1
- Hauser, M. D., & Carey, S. (2003) Spontaneous representations of small numbers of objects by rhesus macaques: Examinations of content and format *Cognitive Psychology* 47 p. 367-401
- 平山 諭・保野孝弘 編者 (2003) 脳科学からみた機能の発達 ミネルヴァ書房
- 河内十郎 (1989) 大脳機能の性差 バイオメカニズム学会誌 Vol. 13 No. 3
- Kobayashi, T., Hiraki, K., & Mugitani, R. (2004) Baby arithmetic: One object plus one tone *Cognition* 91 p. 23-34
- 小林哲生 (2006) 乳幼児における数量認知能力の発達 児童心理学の進歩 2006年版 p. 229-254
- 小稲義男 編者代表 (1980) Kenkyusha's new English-Japanese dictionary 研究社 新英和大辞典株式会社 研究社
- 中野香苗・武田俊昭 (2007) 乳児における数の表象 聖和大学論集 第35号 A・B p. 113-118
- Simon, T. J., Hespos, S. J., & Rochat, P. (1995) Do infants understand simple arithmetic? A replication of Wynn (1992) *Cognitive Development* 10 p. 253-269
- 梅本堯夫 監修 落合正行・土居道栄 共著 (2002) 認知発達心理学 表象と知識の起源と発達 培風館
- Wynn, K. (1992) Addition and subtraction by human infants *Nature* Vol. 358 p. 749-75

Sex differences of infants' arithmetical ability: Do infants count the number of objects?

Osaka Shoin Women's University
Kanae NAKANO

ABSTRACT

Sex difference in infants' arithmetical ability were assessed. Using a violation-of-expectation task, infants from 5 to 11 month-old were presented alternatively with two types of arithmetical events: the possible, correct outcomes of operations (2 objects + 1 object = 3 objects or 1 object + 1 object = 3 objects) and the impossible, incorrect ones (1 object + 1 object = 2 objects or 1 object + 2 objects = 2 objects). The results showed that girls had boys looking times than boys was suggesting that there may be sex differences in the cognition.

Keywords: arithmetical ability, sex differences, infant