

平成 26 年 6 月 3 日現在

機関番号：32641

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2009～2013

課題番号：21243041

研究課題名(和文) 乳児における能動的な知覚認知機能の解明

研究課題名(英文) Developments of various kind of three dimensional information processing in infants

研究代表者

山口 真美 (YAMAGUCHI K, MASAMI)

中央大学・文学部・教授

研究者番号：50282257

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 34,200,000円、(間接経費) 10,260,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、能動的な知覚認知機能の発達の解明を目的として研究を行い、乳児の知覚実験および脳活動の計測から、脳機能発達に関する多くの基礎的データを蓄積した。たとえば、単眼と両眼の選好注視の違いを測定することを利用して、乳児の奥行き知覚を検討するための新しい手法を提案した。また、NIRS(近赤外分光法)による脳計測の結果より、乳児が3次元の奥行きを持つ顔画像を見ているときに視線方向により脳活動が異なることを初めて明らかにした。以上のような研究成果に基づき、奥行きや運動情報の処理に関わる乳児の視知覚の発達過程を明らかにすることに貢献した。

研究成果の概要(英文)：During their first year of life, infants' perceptual world undergoes dramatically change, especially in three-dimensional perception, which is important for survival in our environment. We investigated the developments of various kinds of three-dimensional information processing in infants. To perceive the three-dimensional world, horizontal and vertical binocular disparities are important. We showed that the properties in processing horizontal and vertical disparities are different, and that sensitivity to horizontal disparity is still premature at 27 weeks of age. To examine infants' sensitivity to a pictorial depth cue, we compared monocular and binocular preferential looking for objects with a depth specified by height-in-the-picture-plane. This showed that 4- and 5-month-old infants fixated on the lower, apparently closer, figure more often under the monocular than the binocular presentation, providing evidence of their sensitivity to the pictorial depth cue.

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：心理学・実験心理学

キーワード：感覚・知覚 知覚発達 注意 アクティブな知覚

## 1. 研究開始当初の背景

研究代表者はこれまで、乳児を対象にした視覚機能の発達に関する研究を行ってきた。視覚機能の発達は、視覚機能を支える脳機能の発達、特に視覚野のシナプスの発達から見ると、出生後8ヶ月までが大きな変化の期間となる。この期間に、動きから形、形から空間、そして顔認知へと発達が進むプロセスについて、これまで一連の研究を発表してきた。

視覚を司る脳機能の発達からいうと、二つの経路の発達を考えることが重要である。第一次視覚野から頭頂へと流れる「背側(dorsal)経路」と、逆に下に流れる「腹側(ventral)経路」である(図1)。前者が動きを見ることに関連するのに対し、後者は形を見ることに関連する。発達の順番からいうと、「動き」にかかわる「背側経路」が早く完成されるといわれる。つまり「形」と「動き」とを比べると、「動き」を見る機能の方が先に発達するのである。

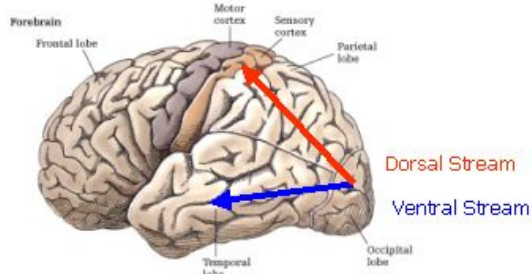


図1 大脳皮質における2つの視覚経路  
(Bloom et al. 2001 より一部改変)

これまでの研究代表者グループの研究から、視覚野を含む大脳皮質がまだ十分に発達していないとされる生後2ヶ月の乳児でも、接近する運動を識別することを発見した。さらに「形」を見る能力についていえば、「主観的輪郭」の知覚は、「動き」を加えることにより促進され、より低月齢の乳児でも主観的輪郭を知覚することを発見した。顔学習においても、同様の動きによる促進効果があることを発見し、動きを加えることで顔学習に要する時間を短縮できることを証明した。

こうした発達の中で、先に発達するのは「背側経路」は、発達段階で壊れやすいという特性をもつ。さまざまな発達障害の中でも特に研究の多いウィリアムズ症候群では、「背側経路」で伝わる能力である空間視に選択的に障害がある。家の中でも迷うくらい低い空間認識能力である一方で「腹側経路」にかかわる能力や言語能力などは高い。

本研究課題ではこうした発達の先にある、より高次に統合された視覚認知機能を実験的に検討する。これまで研究代表者が解明してきた視知覚機能が、生後5ヶ月までの動かない乳児を対象とした「受動的な知覚」であるとすれば、その後の発達である、抑制と制御により自己の身体機能を有効に利用した「能動的な知覚」を対象とする。外界にアクティブにかかわる能力である。

その一つが空間を見る能力であり、「両眼

立体視」と「単眼と両眼」で空間を見る能力の発達を検討した。

次に、視覚的な情報を用いて自分の身体を連動して動かすことや目の前の注意すべきものに注意を配分する注意の機能の発達を扱う。これは乳児から幼児期を経て学齢期となり、能動的に外界にかかわるために必要な能力であり、こうした機能の統合過程は、後々の認知発達に必要な能力であると考えられる。本研究課題では、視覚から運動発達・言語発達へと続く、発達過程を解明するための基礎的な研究を行うことを目指した。

## 2. 研究の目的

本研究は、乳児を対象として「アクティブな知覚」である、能動的な知覚認知機能の発達の解明を目的とする研究を行うため、「背側経路」と「腹側経路」の発達と、その後の統合過程を調べることを目的とした実験を行った。

発達障害のメカニズムを考える一つの立場に、「背側経路」の壊れやすさがある。この考えをもととして、現在ウィリアムズ症候群を筆頭として自閉症児などを対象とした実験研究が欧米で数多く行われている。これらの研究では「背側経路」と「腹側経路」の初期発達がターゲットとされ、比較的低次の感覚機能の検討を行っている。それに対し、これまでの研究代表者の研究が比較的高次の知覚機能を扱うことを特色としていることを生かして、比較的高次のレベルからさらに高次の視覚認知機能の統合過程を調べることとする。こうした点において、国内外の視覚認知という当該分野において新たな視点からの知見を提供できる。さらに発達心理学的な観点からいうと、視覚から運動発達・言語発達へと続く、アクティブに外界にかかわる乳幼児の発達過程を最新の視点から解明することが可能となる。また本研究を行うことにより、認知機能の発達を予測する乳幼児向けの発達診断尺度の作成を視野に入れた社会貢献を考える。

本研究ではまず、「両眼立体視」と「単眼と両眼」に関する実験により、空間を見る能力の発達を検討した。次に、視覚的な情報を用いて自分の身体を連動して動かすことや目の前の注意すべきものに注意を配分する注意の機能の発達を検討した。さらに、動きを伴う知覚の発達、視覚に誘発される身体揺動などについても検討した。

以上の実験を総合し、乳児が能動的に外界にかかわっていくプロセスを探った。こうした高次の知覚統合過程は、近年社会的に問題とされる「発達障害」を解明するための足がかりとなる基礎研究となる。

なお、本研究を進める上では、各領域のプロフェッショナルである専門機関との連携を行いつつ実験計画を行い、乳児を対象とした実験についてはこれまでの実績のある中央大学の実験室で行うこととした。

### 3. 研究の方法

本申請では5種類の実験を計画し、人員は以下のように配置した。

(1) 両眼立体視における水平視差と垂直視差の発達の検討：これまで乳児を対象とした立体視力は「水平視差」に関して数多くの研究が行われている。しかしながら空間を見る上では、水平方向での両眼像の差と質的に異なる垂直視差の役割を調べることにより、空間を見る能力の機能的な違いから、その発達過程を探ることができる。

(2) 単眼と両眼による空間の見えのの違いの検討：単眼で見る空間は「腹側経路」を主に経由し、両眼で見る空間は「背側経路」を経由するといわれる。単眼と両眼で空間を見る能力の発達を検討することにより、この二つの経路の発達過程をダイレクトに調べる。

(3) 視覚に誘発される身体の動揺の発達：視覚的な情報に合わせて、自分の身体を連動して動かす「背側経路」の発達を探る実験的研究を行った。

(4) 注意の発達：目の前の注意すべきものに注意を向け、無視するべきものには注意を向けずに、必要な情報を効率よく選択する情報選択過程としての「注意」機能の発達を探った。

(5) 動きを伴う知覚と伴わない知覚の脳内活動の計測：「腹側経路」と「背側経路」の分化が見られるかを、近赤外分光法(NIRS)を用いて乳児の脳活動から調べた。乳児は近くのものを選好注視し手を伸ばすリーチングをするという性質を利用し、これらの行動を行っているときの脳内活動を計測した。

大型の機械を使用し比較的高月齢の乳児を扱う身体の動揺の実験は日本女子大学にて行い、単眼の実験についてはこれまでの実績のあるMinnesota大学にてAlbert Yonas教授の指導のもと実験を行った。その他の実験は中央大学にて行い、研究代表者である山口が総括を行った。それぞれの実験計画はそれぞれの分野を担う研究者が行った。立体視は金子寛彦准教授(東京工業大学)、注意機能は熊田孝恒グループ長(産業総合研究所)および研究協力者である日比優子専任研究員(中央大学)、身体動揺は北崎充晃准教授(豊橋技術科学大学)に分かれて行うこととした(所属は研究実施時のもの)。研究組織を構成する研究者は、これまでも共同研究を行なったことがあり、互いに協力して研究計画を進められる関係にあった。

### 4. 研究成果

本研究課題では、「アクティブな知覚」である、能動的な知覚認知機能の発達の解明を目的として研究を行ってきた。

2009年度は、単眼と両眼の選好注視の違いは4ヶ月児の絵画的奥行き手がかりへの感受性を調べるのに有効であることを示し、若い乳児の奥行き知覚を検討するための新し

い手法を提案した。この成果はDevelopmental Psychobiologyに掲載され、International Conference on Infant Studies(2012)、European Conference on Visual Perception(2010)などの学会で発表された。

2010年度は、生後6-7ヶ月の乳児が、内側の線の描かれ方(line-junction)と陰影という異なる絵画の手がかりから共通して三次元的な立体を知覚できる可能性を示した。この成果は国際学術雑誌Journal of Visionに掲載され、International Conference on Infant Studiesなどいくつかの学会で発表された。

2011年度は、大きな画面全体が動く映像を乳児に呈示し、乳児の身体の動揺を測定した。静止している映像を呈示した場合と比較し、身体の安定感が異なるかを検討した。また、生後6ヶ月の乳児が、左右眼の像の垂直方向のずれである「垂直視差」を用いて奥行きを知覚できる可能性を世界で初めて実験的に明らかにした。得られた結果はOptical Reviewに掲載され、Vision Sciences Society(2011)などの学会で発表された。

2012年度は動きを伴う場合の顔知覚について検討した。特に、直視が乳児の3次元の顔認知を促進するかを検討した。その結果、乳児は8ヶ月までに、視線が直視のときのみ既知化した顔と新奇な顔を弁別できることを示した。なお、近赤外分光法(NIRS)による脳計測の結果、視線がそれている顔を見ているときに側頭の活動の上昇が見られた。本研究は、乳児が3次元の奥行きを持つ顔画像を見ているときに視線方向により脳活動が異なることを初めて明らかにした。以上の成果は、NeuroReport、Vision Researchなどの国際学術雑誌に掲載され、International Conference on Infant Studies(ICIS)など、いくつかの学会で発表した。

2013年度は、運動情報を付加した主観的輪郭図形の知覚について検討した。乳児が運動情報を付加した主観的輪郭図形を知覚できるかを検討した。カニツツア図形を構成する4つのパックマン図形について、上下で動きの位相をずらした際に、弾力感や剛体性が知覚されることが成人実験より明らかになっているが、同様の図形を乳児に見せた際に、主観的輪郭が知覚できる図形を選好することが示された。この成果はInfant Behavior and Developmentに掲載された。

以上のように、本研究は、乳児の注視行動を指標とした知覚実験の研究成果に基づき、奥行きや運動情報の処理に関わる乳児の視知覚の発達過程を明らかにすることに貢献した。こうした高次な知覚統合過程は、近年社会的に問題とされる「発達障害」を解明するための足がかりとなる基礎研究となる。発達障害のメカニズムを考える一つの立場に、「背側経路」の壊れやすさがある。この観点から、「背側経路」と「腹側経路」の初期発達に注目し、自閉症児やウィリアムズ症候群

を対象に、比較的低次の感覚機能の検討が行われている。本研究の成果に基づき、発達障害の早期発見ツールの開発に発展させることを計画している。

#### 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 55 件)

Tsuruhara, A., Kaneko, H., Kanazawa, S., Otsuka, Y., Shirai, N. & Yamaguchi, M. K. Infants' sensitivity to vertical disparity for depth perception. *Optical Review*, 査読有, 20, 2013, 277-281.

DOI: 10.1007/s10043-013-0050-1.

Kobayashi, M., Otsuka, Y., Kanazawa, S., Yamaguchi, M. K., & Kakigi, R. Size-invariant representation of face in infant brain: fNIRS- adaptation study, *NeuroReport*, 査読有, 23(17), 2012, 984-988.

DOI: 10.1097/WNR.0b013e32835a4b86

Yamashita, W., Kanazawa, S., & Yamaguchi, M. K. The effect of gaze direction on three-dimensional face recognition in infants. *Vision Research*, 査読有, 68, 2012, 14-18.

DOI: 10.1016/j.visres.2012.06.022

Yamashita, W., Kanazawa, S., Yamaguchi, M. K., & Kakigi, R. The effect of gaze direction on three-dimensional face recognition in infant brain activity. *NeuroReport*, 査読有, vol. 23(13), 2012, 799-803.

DOI: 10.1097/WNR.0b013e32835734a8

Tsuruhara, A., Sawada, T., Kanazawa, S., Yamaguchi, M. K., Corrow, S. & Yonas, A. The development of the ability of infants to utilize static cues to create and access representations of object shape. *Journal of Vision*, 査読有, vol. 10(12):2, 2010, 1-11.

DOI: 10.1167/10.12.2

##### [学会発表](計 125 件)

Tsuruhara, A., Corrow, S. L., Kanazawa, S., Yamaguchi, M. K., & Yonas, A. Young infants' perception of depth from a pictorial cue: Comparing monocular and binocular preferential-looking. 18th Biennial International Conference on Infant Studies. June 7, 2012 (Minneapolis, USA).

Yamashita, W., Kanazawa, S., & Yamaguchi, M. K. The effect of gaze direction on three-dimensional face recognition in infants. 18th Biennial

International Conference on Infant Studies. June 7, 2012 (Minneapolis, USA).

Tsuruhara, A., Kaneko, H., Kanazawa, S., Otsuka, Y., Shirai, N., & Yamaguchi, M. K. Infants' ability to perceive depth produced by vertical disparity. *Vision Sciences Society 11th Annual Meeting*. May 8, 2011 (Florida, USA).

Yamashita, W., Kanazawa, S., & Yamaguchi, M. K. The effect of gaze direction on 3D face learning in infants. *Vision Sciences Society 11th Annual Meeting*. May 10, 2011 (Florida, USA).

Tsuruhara, A., Corrow, S., Kanazawa, S., Yamaguchi, M. K. & Yonas, A. Infants' perception of depth from a pictorial cue: Comparing monocular and binocular preferential-looking. *The 33rd European Conference on Visual Perception*. Aug 24, 2010 (Lausanne, Switzerland).

##### [図書](計 8 件)

山口真美・柿木隆介(編著) 東京大学出版会、顔を科学する 適応と障害の脳科学、2013、342

大塚由美子・山口真美、世界思想社赤ちゃんが見ている「ヒト」の世界、小西行郎・遠藤利彦(編著) 赤ちゃん学を学ぶ人のために、2012、42-57

山口真美・金沢創(編著) 放送大学教育振興会、乳幼児心理学、2012、267

山口真美、東京大学出版会、認知：顔の知覚、無藤隆・子安増生(編) 発達心理学、2011、188-193(分担執筆)

山口真美・金沢創(編著) 大山正(監修) 誠信書房、心理学研究法 4 発達、2011、272

市川寛子・高島翠・山口真美、勁草書房、知覚発達心理学、河原純一郎・坂上貴之(編著) 心理学の実験倫理 「被験者」実験の現状と展望、2010、119-138(分担執筆)

山口真美、北大路書房、知覚と感性の発達、日本認知心理学会(監修) 三浦佳世(編) 現代の認知心理学 1 知覚と感性、2010、69-100(分担執筆)

山口真美、新潮社、センスのいい脳、2009、187

##### [その他]

ホームページ

<http://c-faculty.chuo-u.ac.jp/~ymasa/index.html>

報道・マスコミ協力(計 17 件)

NIKKEI プラス 1 にコメント掲載

2013 年 3 月 23 日(土) NIKKEI プラスワンの顔認知にかかわる記事に研究代表

者のコメントが掲載された。  
読売新聞関西版にコメント掲載  
2012年11月15日(木)読売新聞関西版、  
顔認知にかかわる記事に研究代表者のコ  
メントが掲載された。  
「Baby-mo」に協力  
「Baby-mo」11・12月合併号(発売日:  
10月15日)の記事(p34-35)に研究代表  
者が取材に協力した記事が掲載された。  
読売新聞夕刊にインタビュー掲載  
研究代表者のインタビュー記事が 2012  
年8月30日(木)読売新聞夕刊に掲載され  
た。(「科学コラム」欄での掲載)  
「AERA with Baby」に協力  
「AERA with Baby」2012年スペシャル  
保存版(発売日:6月15日)の記事「大  
人とはまったく違う 赤ちゃんの視覚の  
世界」(p.30-33)に研究代表者が協力し  
た。  
研究代表者がTBS ラジオ番組に出演  
2012年2月25日(土)、研究代表者がTBS  
ラジオ「夢夢エンジン」(24時30分~25  
時、AM954kHz)に出演した。  
「Chuo Online」で研究紹介  
山口研究室の研究が「Chuo Online」で  
紹介された。  
研究代表者がベネッセ「こどもめがね」  
に協力  
研究代表者がベネッセ「こどもめがね」  
の取材に協力した記事の掲載継続が決ま  
った。  
NHK スペシャル「HUMAN」で研究紹  
介  
山口研究室の研究が NHK スペシャル  
「HUMAN」で紹介された。放送時間は  
2012年1月22日(日)午後9時00分~9  
時54分。  
研究成果がNature Japan で紹介  
自然科学研究機構生理学研究所との共同  
研究で、研究室で行なった赤ちゃんの脳  
活動に関する研究がNature Japan2011  
年3月17日号の日本語版 FOCUS「人体  
や病気を見る・調べる・治す ヒト用の  
イメージング技術」で紹介された。  
研究成果が「日経サイエンス」で紹介  
自然科学研究機構生理学研究所との共同  
研究で、研究室の赤ちゃん研究の成果が  
雑誌「日経サイエンス」(2011年02月号  
p.20. NEWS SCAN 「赤ちゃんの顔認  
識」)に掲載された。  
「AERA with Baby」に協力  
「AERA with Baby」2010年4月号の記  
事「赤ちゃんの視覚世界」に研究室の研  
究内容が紹介された。  
「赤ちゃんボンジュール1月号」で研究  
代表者の著書を紹介  
赤ちゃん本舗で配られているフリーマガ  
ジン「赤ちゃんボンジュール1月号」で  
研究代表者の著書が紹介された。  
研究代表者が東京 MX の科学番組に出演

研究代表者が東京 MX の科学番組「ガリ  
レオチャンネル」に出演した(2009年  
11月21日夜7時~)  
「Baby Life」の取材に協力  
榎(えい)出版社「Baby Life (no.11)」の  
「我が子の、才能の見つけ方と伸ばし方」  
に、研究代表者の記事が掲載された。  
<Ability>「才能に気づき、育てるため  
には、親に心の余裕が必要です」  
(pp.58-59)  
高校生向けのシンポジウムで研究内容を  
発表 日本基礎心理学会が開催する一般  
向け(高校生向け)公開シンポジウムで、  
赤ちゃん実験の成果を発表した(2009年  
10月10日(土)14:00~18:00、東京  
大学本郷キャンパス)  
「サイエンス ZERO」に協力  
研究代表者が NHK の番組「サイエンス  
ZERO」に協力した「シリーズ人の謎に  
せまる(8) 表情に隠された進化の道」  
(2009年5月23日放送)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

山口 真美 (MASAMI K YAMAGUCHI)  
中央大学・文学部・教授  
研究者番号: 50282257

### (2) 研究分担者

金沢 創 (SO KANAZAWA)  
日本女子大学・人間社会学部・教授  
研究者番号: 80337691

### (3) 連携研究者

金子 寛彦 (HIROHIKO KANEKO)  
東京工業大学・総合理工学研究科(研究院)・  
准教授  
研究者番号: 60323804

鶴原 亜紀 (AKI TSURUHARA)  
航空自衛隊・航空医学実験隊・防衛技官  
研究者番号: 40342688

北崎 充晃 (MICHITERU KITAZAKI)  
豊橋技術科学大学・工学(系)研究科(研究  
院)・准教授  
研究者番号: 90292739

熊田 孝恒 (TAKATSUNE KUMADA)  
京都大学・大学院・情報学研究科・教授  
研究者番号: 70221942