

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月15日現在

機関番号：32612

研究種目：若手研究（A）

研究期間：2009～2011

課題番号：21682002

研究課題名（和文） 音声知覚の発達と大脳半球の機能側性化

研究課題名（英文） Development of speech perception and functional cerebral lateralization

研究代表者

皆川 泰代（MINAGAWA YASUYO）

應義塾大学・社会学研究科・准教授

研究者番号：90521732

研究成果の概要（和文）：ヒト成人の大脳左半球に局在する言語機能が生後どのように発達するのかという知見は、言語の進化という観点からも意義深いにも係わらず、ほとんど明らかにされていない。本研究は多チャンネル近赤外分光法（NIRS）を用いて、各種音韻や音声言語の獲得に伴う大脳側頭部の左右半球機能差の発達的变化を明らかにし、モデル化することを目的としている。母語、非母語音声に対する脳活動や行動反応を0-1歳の乳児（日本人、フランス人）について計測し、その結果を「音声言語獲得の大脳半球側性化モデル」として提案し、論文に発表した。

研究成果の概要（英文）：Although the hemispheric asymmetries evidenced in language have long been well described in adult neuroimaging literature, the developmental process of that specialization in the brain remained unknown. By using Near-infrared Spectroscopy which allows us to localize the brain response, the present study aims to reveal the developmental changes in brain responses to different type of phonemes and speech characteristics. We have tested Japanese and French infants (0-1 year) using native and non-native speech stimuli as well as non-speech stimuli. Based on those data and previous studies, we have proposed a model of developmental cerebral lateralization associated with speech acquisition that is called “Developmental Scenario” (Minagawa-Kawai et al. 2011).

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	4,300,000	1,290,000	5,590,000
2010年度	3,600,000	1,080,000	4,680,000
2011年度	4,200,000	1,260,000	5,460,000
年度			
年度			
総計	12,100,000	3,630,000	15,730,000

研究分野：人文学

科研費の分科・細目：言語学・言語学

キーワード：音声獲得、左右機能差、機能側性化、NIRS、音韻、抑揚

1. 研究開始当初の背景

言語はあらゆる生物の中でヒトのみが持つ高次脳機能である。近年、fMRI（機能的磁気共鳴画像法）などによる機能的脳画像研究が

盛んになり、主に大脳左半球に局在する言語機能の部位、神経回路の詳細についても明らかになりつつある。一方、そのような脳機能が生後どのように発達し、言語にそして母語

に特化した機能化が進むのかという発達の知見は、言語の進化という観点からも意義深いにも係わらず、ほとんど明らかにされていない。これは乳幼児には fMRI の適用が困難であり、脳画像化手法が限られていたことによる。しかしながら、今世紀に入って、多チャンネル近赤外分光法 (Near infrared spectroscopy: NIRS) が普及し、乳幼児の脳機能研究に大きなパラダイムシフトが起こった。すなわち、従来からの脳波を中心とする研究ばかりでなく、NIRS を用い乳児の脳の活動部位を特定できるようになった。実際に NIRS を用い、乳児の音声知覚、顔や視線知覚の社会認知機能など多くの脳機能部位、機能について新しい知見が得られつつあり、申請者もこれまでに NIRS を用い乳幼児の音声言語獲得について基礎的な研究を積重ねてきた。本研究の仮説的モデルはその知見を基にしたものであるが、本研究はそのモデルを詳細に検証するために脳機能研究と行動的研究を行い、言語獲得と脳の側性化過程を検討する。異なる言語環境にある日本人乳児、フランス人乳児を対照することにより側性化に影響する言語の普遍性および母語特異性を検討する。

2. 研究の目的

本研究は音声獲得についての大脳半球機能側性化モデルを立証することを目的とする。そのために音韻など分節音、アクセント、プロソディーなどの超分節音の獲得過程を行動的手法と脳科学的手法を用いて検討し、獲得と左右半球の側性化の関係を明らかにする。仮説では発達初期には音響的特性が影響し、言語経験による音声言語特性の獲得の違いにより側性化過程が異なると仮定されるため、方法に示す実験 1)A,B, 2) ,3)の通りそれぞれの特性レベル別に検証を行う。また、行動的手法としては選好注視法を用い音韻、アクセント等の弁別能力を測る。脳機能測定法としては主に NIRS を使用する。

3. 研究の方法

1) 音響特性と左右半球優位性の検討 (新生児) 本実験では図 2 中の新生児における音響特性と半球優位性の関係を検討する。

(A. 時間特性、スペクトル特性と乳児の左右半球機能) 成人では時間、スペクトル特性が脳左右差に影響することが知られているが、生得的にそのような成熟した聴覚機構を乳児が持っているかを日本人乳児で検討する。(雑誌論文 2 Minagawa Kawai et al. 2011 で報告)

(B. 分節音、超分節音の音響特性と左右半球機能) 新生児を対象に分節音、超分節音特徴の音響要因を制御した刺激を用い左右差を明らかにする。(雑誌論文 4 Arimitsu et al.

2011 で報告)

2) 分節音、超分節音に対する側性化の発達変化

3, 6, 9, 12 ヶ月児を対象に 1) B と同じ刺激を用いて縦断的な脳反応変化を検討する。

3) 音素配列規則獲得

音素配列規則は言語によって異なるので、母語にその規則があるかないかで左の言語回路にその音列処理機構が組み込まれるかどうか決定される。これを検討するために、/abuna/, /abna/, /abuuna/ の 3 種の刺激に対する脳反応に発達変化を日本、フランス語圏の乳児 6-14 ヶ月で検討する。

4. 研究成果

上記の実験結果と先行研究の実験結果を図 1 にまとめる。図 1 は側頭部 (後部言語野近傍) の左右半球の側性化を側化指数 (Laterality Index) で示している。ゼロより上が左優位、下が右優位であることを示す。側化指数の発達の变化を横軸の月齢として示す。

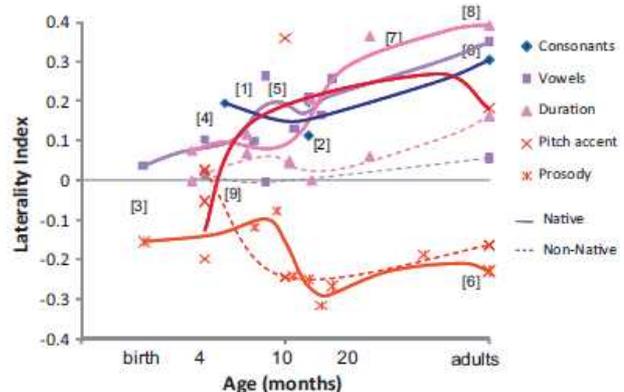


図 1 発達に伴う側化指数の変化

音声の種類別に発達の变化の傾向をまとめると、まず音韻 (母音、子音) については母音、子音という種類によって異なる傾向が見られるが、母音では新生児、6 ヶ月程度まで LI がゼロ近辺の両側性の反応がみられ、その後、発達と共に左半球へ側性化してゆく過程が認められる。但し同じ母音であっても非母語の母音対立については左への側化が見られず、両側性の反応が続いている。これは音韻の入力がある母語の音韻にだけ、その処理に特化した回路が側頭部の聴覚性言語野で構築されたことを示唆するといえよう。子音は研究が限られているが、4, 5 ヶ月の早い時期でも左の優位性がみられ、母音とは異なっている。音韻と側性化について対極にある韻律 (prosody) 対立では、出生当初から右側頭部の優位性がみられ、その右優位性は成人になるまで同一である。音響的には韻律と同じくゆっくりした音変化を持つ日本語ピッチアクセント (例、「雨」は高低、「飴」は低

高のピッチパターン)に対する側性化過程は非常に興味深く、発達初期は比較的右半球よりに反応があるのに対し、発達と共に母語のピッチ変化のみ左へ機能分化し、母語にないピッチ変化(この場合非言語ピッチ変化)は右優位傾向な処理が行われる。以上の本研究での実験結果を含めたメタ解析の結果から図2のモデルを提案した。

図2は縦軸、横軸が図1とほぼ同じであり、月齢と共に側性化がどのように変化するかを表した図である。このモデルでは発達初期は音声言語の音響特性が主に側性化を決定すると仮定する(Signal Driven lateralization)。その音響特性にそって音声言語を区分すると半球優位性は次の様にまとめられる。抑揚変化のようなゆっくりした音変化である Global prosody は右優位であり、逆に素早いスペクトル変化(Dynamic spectral contrast)を伴う子音変化は左優位な処理が行われる。子音ほど素早く変化せず比較的定常なスペクトル変化(Steady state spectral contrast)である母音は両側よりの反応が得られる。

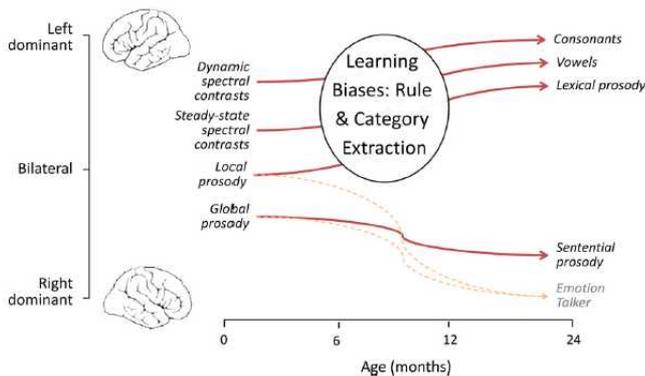


図2 機能側性化の発達モデル

モデルは発達初期、すなわち新生児 - 5, 6ヶ月においてはこのような音響特性にそった脳内処理が行われると仮定する、しかし、その後には乳児は母語の入力を受けて規則とカテゴリーの抽出を行う学習メカニズム(Learning Biases)によって母語の音韻カテゴリーを獲得し、その処理は左の言語野で行われるようになる。その結果として言語機能に特化した側性化(Domain Driven lateralization)が観察される。そのため、非母語の音韻カテゴリーは母語と異なった機能側性化がみられる。このモデルを説明する音声特徴の例がピッチアクセントという日本語の語彙アクセントである。ピッチアクセントはその音響特性から Signal Driven 仮説では右優位に処理されるものであるが、その機能側性化は韻律とは異なり、図2にも示される通り、発達と共に左へ分化して行くのである。これは語彙アクセントが左の言語野で

瞬時に行われるべき言語処理であることに関与していると考えられる。同様の語彙アクセントの左優位性は声調言語の声調(ピッチ)変化に対する成人の脳反応でも観察され、中国語やタイ語の声調言語の母語話者にも声調特性に対する左優位な脳活動が得られる(Gandour et al. 2009)。一方で、さほど言語の本質的な特性に関わらず、かつ瞬時的な処理を必要としない抑揚特性は左に分化しない(但し抑揚の内容や言語機能により左優位に処理されるものもある)。

上記に述べた規則抽出、カテゴリー抽出のメカニズムは主に左半球にある下前頭回(ブローカ野)、大脳基底核やシルヴィウス溝近傍の言語回路に関係していることが先行研究から考えられる(例 McNealy et al. 2006)。新生児において音節配列規則を抽出すると考えられる分節化過程の脳反応が左の前頭部で得られることが NIRS 研究から報告されている(Gervain et al. 2008)。但し、これは ABB パターンという配列規則の場合のみで得られる反応であり ABA のような他の規則パターンでは得られないので、新生児の学習メカニズムは未熟であるのかもしれない。単語の分節化や音韻配列規則に対する左優位な脳反応が6ヶ月齢以上の乳児で得られているので、音声学習メカニズムも脳の成熟と共に、そして言語入力と共に発達するのかもしれない。今後の研究ではその学習メカニズムがどの時点からどのような形で機能しているのか明らかにする必要がある。

(以上のメタ解析およびモデルは雑誌論文 1 Minagawa-Kawai et al. 2011 にて発表した。)

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11件)

1. Minagawa Kawai, Y., Cristià, A., Dupoux, E. "Cerebral lateralization and early speech acquisition: a developmental scenario." *Journal of Developmental Cognitive Neuroscience* 1(3), 217-232, 2011. 査読有 doi: [10.1016/j.dcn.2011.03.005](https://doi.org/10.1016/j.dcn.2011.03.005)
2. Minagawa Kawai, Y., Cristià, A., Vendelin, I., Cabrol C, Dupoux, E. "Assessing signal-driven mechanism in neonates: brain responses to temporally and spectrally different sounds." *Frontiers in Psychology*, 2: 125, 2011. 査読有 doi: [10.3389/fpsyg.](https://doi.org/10.3389/fpsyg.)

2011. 00135
3. Minagawa Kawai, Y., Sato, Y., Mazuka, R., Ramus, F., Dupoux, E. "Optical brain imaging reveals auditory general and language specific processing in early infant development." *Cerebral Cortex*. 21(2), pp. 254-261, 2011. 査読有
[doi: 10.1093/cercor/bhq082](https://doi.org/10.1093/cercor/bhq082)
 4. Arimitsu, T., Uchida-Ota, M., Yagihashi, T., Kojima, S., Watanabe, S., Hokuto, I., Ikeda, K., Takahashi, T., Minagawa Kawai, Y. "Functional hemispheric specialization in processing phonemic and prosodic auditory changes in neonates" *Frontiers in Psychology*, 2: 202, 2011. 査読有 [doi: 10.3389/fpsyg.2011.00202](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00202)
 5. Sato, Y., Mori, K., Koizumi, T., Minagawa Kawai, Y., Tanaka, A., Ozawa, E., Wakaba, Y. "Functional lateralization of speech processing in adults and children who stutter." *Frontiers in Psychology*, 2: 70, 2011. 査読有
[doi: 10.3389/fpsyg.2011.00070](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00070)
 6. Miyata, H., Watanabe, S., Minagawa Kawai, Y., "Two successive neurocognitive processes captured by near-infrared spectroscopy: Prefrontal activation during a computerized plus-shaped maze task." *Brain Research*. 1374: pp. 90-99, 2011. 査読有
[doi: 10.1016/j.brainres.2010.12.047](https://doi.org/10.1016/j.brainres.2010.12.047)
 7. Miyata, H., Watanabe, S., Minagawa Kawai, Y. "Prefrontal activation during and before solution of an eight-arm shuriken-shaped maze task presented on a touch screen: A near-infrared spectroscopy study." *Inquiries into humans and societies*. Studies in sociology, psychology and education, 70, 2010 査読有.
 8. Minagawa Kawai, Y., Vendelin, I., Cristia, A., Dupoux E. "The emergence of language specific hemispheric lateralization." 17th Intl Conf Infant Studies, (4-014). Baltimore. 2010. 査読有
 9. Minagawa Kawai, Y., Naoi, N., Kikuchi, N., Yamamoto, J. and Kojima, S. "Cerebral laterality for phonemic and prosodic cue decoding in children with autism." *Neuroreport* 20(13), pp.1219-1224, 2009. 査読有
[doi: 10.1097/WNR.0b013e32832fa65f](https://doi.org/10.1097/WNR.0b013e32832fa65f)
 10. Minagawa Kawai, Y., Matsuoka, S., Dan, I. Naoi, N. Nakamura, K. and Kojima, S. "Prefrontal responses associated with social attachment: facial emotion recognition in mothers and infants." *Cerebral Cortex* 19 (2), pp. 284-292, 2009. 査読有
[doi: 10.1093/cercor/bhn081](https://doi.org/10.1093/cercor/bhn081)
 11. Naoi, N., Minagawa Kawai, Y., Yamamoto, J., Nakamura, K., Kojima, S. "Cerebral responses to infant-directed speech and the effect of talker familiarity." *Neuroimage*, 59(2):1735-1744, 2012. 査読有
[doi:10.1016/j.neuroimage.2011.07.093](https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.07.093)
- 〔学会発表〕(計17件)
1. 皆川泰代(2011)「学際性で広げる未来の赤ちゃん研究：発達脳科学・心理学の立場から」第11回日本赤ちゃん学会学術集会、シンポジウム "Baby Science for the Next Decade" (5月8日)
 2. 有光威志, 柳橋達彦, 三輪雅之, 松崎陽平, 北東功, 太田真理子, 皆川泰代, 池

- 田一成 . (2011) 「在胎週数による新生児の音声誘発脳反応の変化」第 56 回日本未熟児新生児学会 .
3. 森澤範子, 白野陽子, 皆川泰代 (2011) 「乳児の母親・他者顔の認知における視覚と聴覚の役割 顔の部位に注目して」第 11 回日本赤ちゃん学会, P-14
 4. 白野陽子, 大森貴秀, 山本淳一, 皆川泰代 (2011) 「乳児における単語分節化と語意獲得: 社会的相互作用が果たす役割」第 11 回日本赤ちゃん学会, P-18
 5. 今福理博, 太田真理子, 山本淳一, 皆川泰代 (2011) 「乳児における自己の名前に対する脳反応: 近赤外分光法 (NIRS) と行動指標による検討」第 11 回日本赤ちゃん学会, P-48
 6. Minagawa Kawai, Y., Cristia A. and Dupoux E. “Investigating the cerebral bases of language acquisition with NIRS.” Lecture series of Max Planck Institute, Department of Neuropsychology. Leipzig, Germany, 2011 (4月13日)
 7. Minagawa Kawai, Y., Arimitsu, T., Uchida Ota, M., Yagihashi, T., Hokuto, I., Ikeda, K., Takahashi, T. “Cerebral bases of linguistic and non-linguistic cue decoding in neonates.” Neuroscience Research 58. (S1) P3-p19. 2011. (Yokohama)
 8. 皆川泰代 (2010) 「近赤外分光法による発達脳機能研究: 母子間コミュニケーション」学術フロンティア推進事業特別講演会、名城大学 (7月2日)
 9. 皆川泰代 (2010) 「プロソディ処理の脳機能: 発達とその障害」第 15 回認知神経科学会学術集会、シンポジウム「コミュニケーション障害」(7月17日)
 10. 有光威志, 柳橋達彦, 三輪雅之, 置塩絵美, 松崎陽平, 北東功, 太田真理子, 皆川泰代, 池田一成 . (2010) 「近赤外分光法による新生児の音声誘発脳反応」第 55 回日本未熟児新生児学会 .
 11. 皆川泰代, 小林愛, 直井望, 小嶋祥三 (2010) 「乳児の単語学習・分節化における脳内機構と行動指標」第 10 回日本赤ちゃん学会 .
 12. Minagawa Kawai, Y., and Kobayashi, A. “Cerebral correlates of word segmentation in infants.” Neuroscience Research 57. (S1) 02-9-2-2. 2010. (Kobe)
 13. 皆川泰代 (2009) 「乳児にとっての母親声・非母親声そして母語・非母語」玉川大学リベラルアーツ学科 (12月15日)
 14. 皆川泰代 (2009) 「光イメージングによるコミュニケーション脳機能の研究 - 発達とその障害を考える - 」広島県立大学コミュニケーション障害学科 (10月23日)
 15. 皆川泰代 (2009) 「音韻の獲得・習得とその脳内基盤: 効率的な脳内回路」玉川大学脳科学研究所 Tamagawa InForum2009 (11月20日)
 16. 皆川泰代 (2009) 「音声の「飽きる 飽きない」とその脳内基盤: 言語獲得の観点から」第 73 回日本心理学会大会ワークショップ「赤ちゃんはなぜ「飽きる 飽きない」のか? 情動・認知の発達神経心

理学的アプローチ。(8月26日)

17. Minagawa Kawai, Y., Vendelin, I., Dupoux E. "Hemispheric specialization in neonates to temporally and spectrally different sounds." Neuroscience Research 56. (S1) 01-J2-1. 2009. (Nagoya)

〔図書〕(計8件)

1. 皆川泰代, 直井望, 小嶋祥三, 山本淳一 (2011)「プロソディー処理の聴覚野機能: 発達とその障害」認知神経科学会誌 13(1), pp.56-63.
2. Minagawa Kawai, Y., Arimitsu, T., Uchida-Ota, M., Yagihashi, T., Hokuto, I., Ikeda, K., Takahashi, T. "Early cerebral bases of phonemic and prosodic cue decoding assessed with neonate NIRS" pp.165-175 in CARLS series of advanced research Vol. 4, Keio University Press. 2011.
3. Uchida-Ota, M., Imafuku, M., Minagawa Kawai, Y. "Changes in causal relationship between cerebral hemodynamics and electroencephalography Theta rhythm during habituation to auditory stimuli: a preliminary report." pp.177-182 in CARLS series of advanced research Vol. 4, Keio University Press. 2011.
4. Minagawa Kawai, Y., Kobayashi, A. Naoi, N. and Kojima, S. "Toward understanding infants' cerebral basis for word segmentation" pp. 131-138 in CARLS series of advanced research Vol. 3, Keio University Press. 2010.
5. 皆川泰代 (2009)「Aslin モデルをこえて: 日本語の音声獲得研究が拓くもの」ベビーサイエンス 8, pp53-55.

6. 渡辺茂, 皆川泰代, 辻井岳雄. (2009) 「ここまでわかる高次脳機能」小児内科 「小児疾患診療のための病体生理 2」 41, pp. 45-49, 東京医学社.

7. Minagawa Kawai, Y., Shestakova, A., van der Lely H., Kushnerenko, E. and Dupoux, E. "Cerebral responses to temporally and spectrally different sound changes in neonates: a preliminary report." pp. 69-78 in CARLS series of advanced research, Keio University Press. 2009.

8. Minagawa Kawai, Y., Naoi, N. and Kojima, S. (2009) "New approach to functional neuroimaging: Near Infrared Spectroscopy." pp. 140, Keio University Press.

9. 皆川泰代 (印刷中)「第20章 脳科学からの示唆」田島信元・岩立志津夫・長崎勤編『新・発達心理学ハンドブック』福村出版社.

10. 皆川泰代 (印刷中)「第29章 脳科学の考え方」田島信元・南徹弘編集『発達科学ハンドブック』新曜社.

11. 皆川泰代 (2012)「乳児の脳機能発達」酒谷薫編『NIRSの基礎と臨床』pp.187-192. 新興医学出版社.

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://duallife.web.fc2.com/i/next.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

皆川 泰代 (MINAGAWA YASUYO)

慶應義塾大学・社会学研究科・准教授

研究者番号: 90521732