

平成 21 年 5 月 29 日現在

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2007 ～ 2008

課題番号：19730474

研究課題名 (和文) 乳幼児の韻律的特徴処理における脳活動の発達的变化

研究課題名 (英文) Developmental changes of brain responses for processing of prosody in infants

研究代表者

佐藤 裕 (SATO YUTAKA)

独立行政法人理化学研究所・言語発達研究チーム・研究員

研究者番号：80415174

研究成果の概要：本研究では、語彙識別に寄与する韻律的特徴を含む音声言語処理の発達過程について、脳活動の左右側性化の面から明らかにすることを目的とし、近赤外分光法を用いて日本人乳児のピッチアクセント及び長短母音処理における脳活動を測定した。その結果、ピッチアクセント処理では生後 4 ヶ月から 10 ヶ月にかけて、長短母音処理では 10 ヶ月から 13 ヶ月にかけて、それらに対する脳内処理機構が左優位となるように変容していくことが示された。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	1,200,000	0	1,200,000
2008 年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,000,000	240,000	2,240,000

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：言語発達、プロソディ、ピッチアクセント、長短母音、大脳半球左右機能差、近赤外分光法 (NIRS)

1. 研究開始当初の背景

言語は人間に備わった複雑で高次の機能であり、乳幼児が生後数年で言語を獲得するメカニズムについて未だ不明な点が多い。この言語獲得メカニズムを明らかにするためには聴性言語処理の発達過程を把握することが重要である。その理由は、乳児は言語表出に先行して聴性言語処理を始めるからである。本研究では、乳幼児の聴性言語処理の発達過程を明らかにすることを究極の目標とするが、本研究の範囲では、語彙識別に寄

与する韻律的特徴を含む音声言語処理の発達過程について、脳機能側面から明らかにすることを目的とする。

言語音は分節音 (母音や子音) と超分節音 (韻律的特徴) に大別される。語を構成する分節音が異なればその語の意味が変化することから、乳幼児の言語獲得過程において、母国語に特異的な母音や子音の識別能力は言語獲得の基盤となる。分節音処理の発達的变化に関する研究は多数あり、母国語に存在する母音や子音に特化した知覚処理機構が生後約 1 年以内に獲得されることが報告され

ている (Best & McRoberts, 2003; Kuhl, 2004; Polka & Werker, 1994; Werker & Tees, 1984)。それに対して、超分節音 (以下、本研究では韻律的特徴と表す) は、発話に伴う声の高さ (ピッチ) や強弱、分節音の長さ等を指す。発達の初期段階にある新生児は、韻律的特徴をもとに音声入力を処理しているとの知見が得られており (Nazzi et al., 1998)、韻律的特徴の処理能力は言語獲得の初期に確立されていると考えられる。韻律的特徴はパラ言語的情報や非言語的情報を伝達するほか、日本語を含む幾つかの言語では、語の識別に寄与する場合がある。例えば日本語における「雨」と「飴」はそれぞれ高低と低高ピッチ (ピッチアクセント) により識別され、「おじさん」と「おじーさん」は「じ」の [i] の長短によって識別される。しかしながら、日本人の乳幼児における語彙識別に寄与する韻律的特徴処理の発達過程を調べた研究はほとんどなく、日本人以外のフランス人やアメリカ人の新生児、乳幼児の長短母音弁別能力や日本語の高低・低高ピッチ弁別能力を行動実験手法により調べた研究が散見されるのみである (Bertoncini et al., 1995; Eilers et al., 1984; Nazzi et al., 1998)。

語の識別に韻律的特徴を用いる言語を母国語とする乳幼児は、単純に韻律的特徴を弁別する能力を獲得するだけでなく、発達のいずれかで韻律的特徴が語彙識別の手がかりとして用いられ得ることを学習する必要がある。この発達過程を詳細に捉えるには行動実験手法のみでは不十分である。これを補うためには、脳機能測定法を適用することが有用であると考えられる。それは、大脳左右機能には分化があり、右利き成人では、音声言語の聴取や理解において、分節音や語彙、統語は左優位で処理され (Näätänen et al., 1997; Purves, 2001)、イントネーション等の語彙識別に寄与しない韻律処理では右優位もしくは左右同程度の脳活動が示され (Imaizumi et al., 1997; Zatorre et al., 1992)、韻律的特徴による語彙識別は左優位で処理される (Gandour et al., 2000) からである。よって、左右側性を指標とすることで、語彙識別に寄与する韻律的特徴処理における発達過程をより精緻に掌握することが可能となる。乳幼児を対象とした脳機能研究によると、生後1年以内に成人と同様の左右脳機能分化が確立されるとの知見が得られつつある (Dehaene-Lambertz & Dehaene, 1994; Dehaene-Lambertz et al., 2002; Homae et al., 2006; Peña et al., 2003)。しかしながら、乳幼児における語彙識別に寄与する韻律的特徴処理の発達過程を脳機能側面から明らかにした研究はない。韻律情報処理や意味処理発達、語彙獲得の観点から、この発達過程の解明は必須である。

2. 研究の目的

本研究では、日本人の乳幼児における語彙識別に寄与する韻律的特徴処理の発達過程を脳活動の左右側性化の面から解明すべく、下記に示す2実験を実施し、以下の点を明らかにすることを目的とする。

(1) ピッチアクセント実験

日本語を獲得しつつある乳幼児を対象に、高低ピッチ単語と低高ピッチ単語を刺激とし、その弁別処理に伴う脳活動を近赤外分光法により測定し、ピッチアクセント処理が左側性化する時期及び左右側性化の発達の变化を明らかにする。

(2) 長短母音実験

上記実験と同様、日本語獲得乳幼児を対象に、長短母音を含む語を刺激とし、長短母音弁別処理における左側性化と左右側性化の発達の变化を明らかにする。

また、両実験で得られる結果を、研究代表者らが行っている行動実験の結果と照合し、行動反応と脳反応の対応関係を明らかにする。加えて、両実験で左側性化の時期が明確になった場合、既知である乳幼児の言語発達段階と照合し、左側性化が言語発達段階においていかなる意味をもつのかを検証する。さらに、両実験間で左側性化の時期に乖離が生じた場合には、その乖離の理由を議論する。

3. 研究の方法

(1) ピッチアクセント実験

①被験者

日本語を母国語として学習している乳幼児を対象とし、4ヶ月児23名、10ヶ月児56名が実験に参加した。このうち、37名分のデータは、実験中に泣いたことや多動により、データ解析から除外され、4ヶ月児18名、10ヶ月児24名分のデータを解析に用いた。この研究は理化学研究所研究倫理委員会において審査を受けており、それに基づき、保護者の同意を得た上で実施された。

②装置

多チャンネル近赤外分光法脳機能測定装置 (ETG-4000, 日立メディコ) を記録に用いた。近赤外光の照射 (5本) 及び検知プローブ (4本) を3 cm 間隔で左右側頭部を中心に配置し、中央列の最下プローブを左右それぞれ T3 と T4 付近 (脳波測定における国際 10-20 法) に合わせた (図1)。

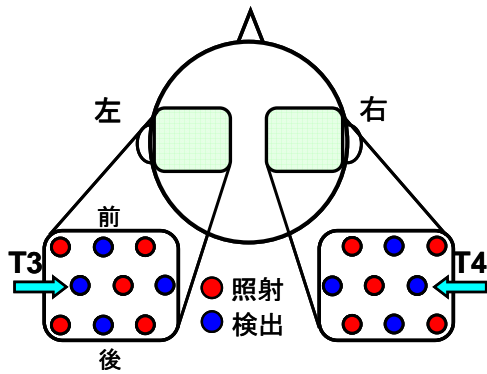


図1 プローブ配置

③刺激

刺激音として、ピッチアクセントが異なる2音節単語14組、及び単語刺激の基本周波数をもとに作成された、高低、低高ピッチパターンをもつ純音刺激が用いられた。単語は女性話者により発話された。

④実験手続き

単語刺激及び純音刺激の二条件下で実験が施行された。単語刺激条件では、ベースラインブロック(20 or 25 s)に高低もしくは低高ピッチパターンをもつ単語が繰り返し提示され、テストブロック(10 s)には高低ピッチ単語と低高ピッチ単語が等確率で疑似ランダム順に提示され、二つのブロックは交互に5~9回繰り返された。純音刺激条件では、純音刺激が用いられ、他の手続きは単語刺激条件と同様であった。二つの条件は被験者毎に異なる順序で施行された。

⑤データ処理

それぞれの条件毎にテストブロック中のオキシヘモグロビン(Oxy-Hb)の値をアーチファクトが混入した回を除いて加算平均した。左右側頭-頭頂領域における最大のオキシヘモグロビン変化量を統計解析に用いた。

(2) 長短母音実験

①被験者

日本語を母国語として学習している乳幼児を対象とし、10ヶ月児20名、13ヶ月児20名が実験に参加した。このうち、12名分のデータは、実験中に泣いたことや多動により、データ解析から除外され、10ヶ月児14名、13ヶ月児14名分のデータを解析に用いた。この研究は理化学研究所研究倫理委員会において審査を受けており、それに基づき、保護者の同意を得た上で実施された。

②装置

(1)②と同様

③刺激

長母音と長母音を含む単語対(「まな」対「まーな」)18組と母音の質的变化(分節音的变化)を有する単語対(「まな」対「みな」)10組を刺激音として用いた。

④実験手続き

長短母音刺激及び母音の質的变化を含む刺激の二条件下で実験が施行された。長短母音刺激条件では、ベースラインブロック(20 or 25 s)に「まな」単語が繰り返し提示され、テストブロック(10 s)には「まな」と「まーな」単語が等確率で疑似ランダム順に提示され、二つのブロックは交互に5~9回繰り返された。同様に、母音の質的变化を含む刺激条件では、ベースラインブロックに「まな」が繰り返し提示され、テストブロックには「まな」と「みな」が提示された。二つの条件は被験者毎に異なる順序で施行された。

⑤データ処理

(1)⑤と同様

4. 研究成果

(1) ピッチアクセント実験

4ヶ月児群では、単語と純音のどちらに対しても、ピッチパターンの弁別に対する脳活動が左右同程度であった(図2)。それに対して、10ヶ月児群では、純音刺激におけるピッチパターン弁別では左右同程度の活動が示されたのに対し、単語刺激においては左の活動が右に比べて大きくなっていった(図3)。これらの結果は、1)10ヶ月児においては、単語に含まれるピッチパターン変化と純音に含まれる物理的なピッチパターン変化が、異なる脳内過程を経て処理される、2)ピッチアクセントに対する脳内処理過程が、生後4ヶ月から10ヶ月の間に発達的に変化すること示している。

本研究で用いられたピッチアクセント弁別能力を行動手法により調べた研究代表者らの研究では、日本人の4ヶ月児、10ヶ月児ともに弁別可能であることが示されている(Sato et al., 2006)。すなわち、行動手法のみでは、生後4ヶ月から10ヶ月の間におけるピッチアクセントに対する知覚的な変化を捉えることは困難である。しかしながら、本研究で示したように、脳機能測定法を用いることで当該月齢間におけるピッチアクセントに対する処理機構の変化を捉えることが可能となった。また、乳幼児の母語獲得、特に分節音に関して、生後約1年以内に、母語に特化した知覚様式を獲得することが知られており(Best & McRoberts, 2003; Kuhl, 2004; Polka & Werker, 1994; Werker & Tees, 1984)、本研究で示された韻律的特徴に対す

る脳機能の発達的变化が、上記の母語に対する知覚様式の変化に対応している可能性がある。

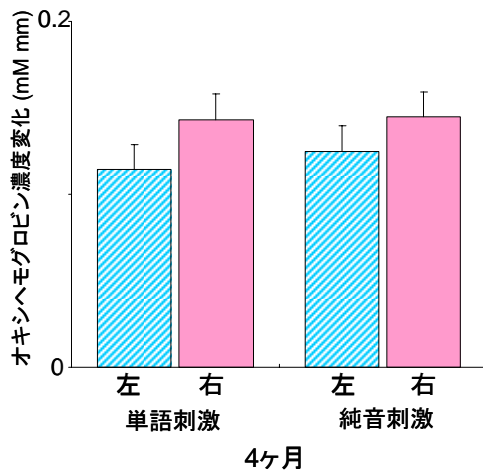


図2 両条件下における4ヶ月児のオキシヘモグロビン濃度変化値

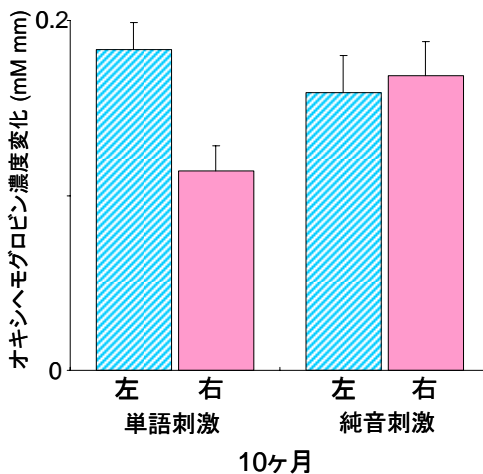


図3 両条件下における10ヶ月児のオキシヘモグロビン濃度変化値

(2) 長短母音実験

10ヶ月児における母音の質的变化の弁別では、左優位の脳活動が示されたのに対し、長短母音弁別では左右同程度の活動が示された(図4)。これに対して、13ヶ月児では、母音の質的变化の弁別及び長短母音弁別の両条件で、左により大きな反応が示された(図5)。これらの結果は、母音の質的变化に対する脳活動と長短母音の変化に対する脳活動が、10ヶ月児では異なっていることが示された。また、13ヶ月児になって、長短母音が、母音の質的变化と同様に処理されるようになることが示された。

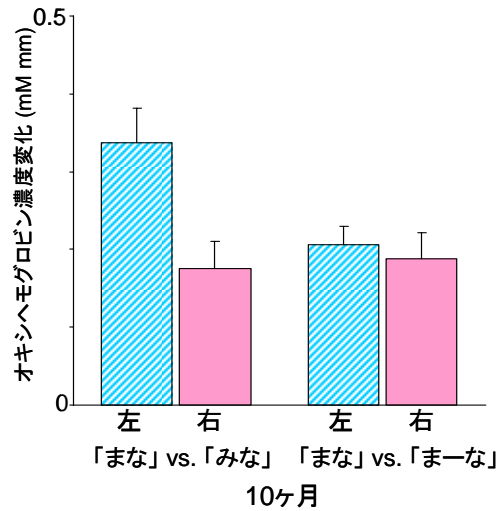


図4 両条件下における10ヶ月児のオキシヘモグロビン濃度変化値

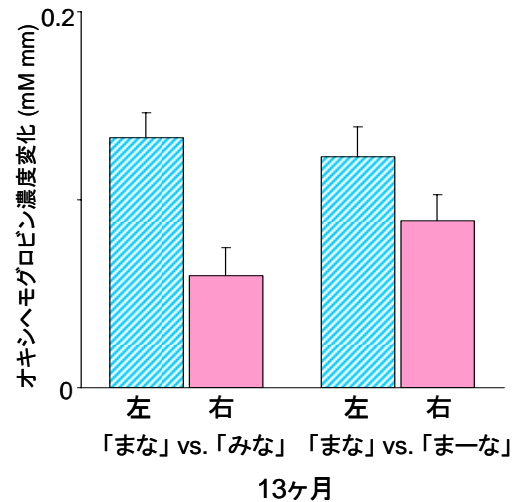


図5 両条件下における13ヶ月児のオキシヘモグロビン濃度変化値

本実験で用いられた長短母音刺激及び母音の質的变化に対する弁別を行動的に調べた実験では、母音の質的变化は4ヶ月児で、長短母音の弁別は10ヶ月児で弁別が可能であることが報告されている(Sato et al., in press)。この行動実験の結果と本研究の結果を合わせると、長短母音弁別において、行動的に弁別可能となる時期と左優位に処理される時期に関して議論することが可能となる。すなわち、本研究で用いられた長短母音刺激に関して、行動的に弁別が可能となる時期(10ヶ月)と左優位に活動する時期(13ヶ月)が異なっており両者が時期的に乖離していることが示された。従って、言語発達研究

において、行動的手法と脳機能計測の両面から言語発達を調べることが重要であることが示唆される。

また、(1)と(2)の実験を合わせて考えると、ピッチアクセントと長短母音の脳内処理が、10ヶ月児では異なっていることが示唆される。このことは、韻律的特徴に含まれる音の高さ変化と長さ変化の知覚の発達過程が異なることを示している。また、新生児を対象とした研究において、ピッチアクセントの弁別は可能であるのに対して、長短母音を含む語の弁別はできないということが報告されている (Bertoncini et al., 1995; Nazzi et al., 1998)。従って、本研究におけるピッチアクセントと長短母音に対する発達の相違は、両者に対する感受性の生得的な差異を反映しているかもしれない。

従来、乳幼児の言語発達は主に行動実験手法により探索されてきたが、本研究では聴性言語処理の発達段階が脳機能測定により区分され得ることが示され、本研究は言語発達研究に脳機能測定が有効であることを示唆する意義をもつ。また、日本語の韻律的特徴処理の発達的变化を調べた研究は少なく、本研究はピッチアクセント及び長短母音を用いた点でこの分野に対して貢献し、かつ、日本語におけるピッチアクセントと長短母音の獲得に関する重要な知見を提供した。これらの成果は、韻律的特徴に関連する言語発達が分節音によるものと異なること及び脳機能測定の有用性を示した点で、今後の言語発達研究に新たなアプローチ法を示すものであると考えられる。

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)

[学会発表] (計3件)

- ① 佐藤裕、曾我部優子、馬塚れい子：
「ピッチアクセント知覚の脳反応」
日本音響学会 2007 年秋季研究発表会、
2007 年 9 月、山梨大学
- ② Sato, Y., Sogabe, Y., & Mazuka, R.：
“Cortical responses to lexical
pitch-accent in Japanese infants.”
16th International Conference on Infant
Studies by International Society of
Infant Studies, March, 2008, Vancouver
- ③ 佐藤裕、曾我部優子、馬塚れい子：
「日本語話者におけるピッチアクセント変
化に対する脳反応」

第 53 回日本音声言語医学会総会・学術研究会、2008 年 10 月、三原市芸術文化センター
ポポロ

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐藤 裕 (SATO YUTAKA)

独立行政法人理化学研究所・言語発達研究
チーム・研究員

研究者番号：80415174