

平成 23 年 5 月 27 日現在

機関番号： 82401

研究種目： 若手研究(B)

研究期間： 2009～2010

課題番号： 21730605

研究課題名（和文）

韻律的特徴が伝達する言語情報処理における乳幼児の脳反応

研究課題名（英文） Brain responses to speech and prosody processing 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（和文）：本研究では、韻律的情報が担う“語彙識別”と“パラ言語情報や非言語情報の伝達”の 2 つの役割を乳幼児がどのように分離して獲得するかを明らかにするため、単語に含まれるピッチパターン変化に対する脳反応を近赤外分光法により測定した。4 ヶ月児と 10 ヶ月児間で脳反応を比較したところ、遅くとも生後 10 ヶ月では、“語彙識別”と“パラ言語情報や非言語情報の伝達”に關与するピッチ情報処理に対する脳反応が異なっていることが示唆された。

研究成果の概要（英文）：The aim of this study was to investigate how Japanese infants acquire the two roles of prosodic information, 1) words distinction and 2) transmission of paralinguistic and non-linguistic information, in language processing. Using NIRS, I measured brain responses of 4- and 10 months infants to pitch pattern changes within words. The results demonstrated that 10-month-old infants show the different brain responses for the two roles of prosodic information.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2010 年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,200,000	660,000	2,860,000

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、韻律、近赤外分光法（NIRS）、大脳半球左右機能差

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、日本語の韻律的特徴処理に関して、韻律的情報が担う“語彙識別”と“パラ言語情報や非言語情報の伝達”の2つの役割を日本語獲得乳幼児がどのように分離して獲得するかについて脳機能測定装置を用いて明らかにすることを目的とする。

発話音声は分節音（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。分節音処理の発達の変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）、韻律的特徴の知覚能力は言語獲得の初期に確立されていると考えられる。韻律的特徴は話者の意図や感情等の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。従って、日本語を獲得しつつある乳幼児は、音声言語に含まれる音の高さや長さ等の物理的変化が、異なる用法で使用され得ることを学習する必要がある。しかし、日本人の乳幼児における韻律的特徴処理の発達過程を調べた研究は少なく、語を識別する役割とパラ言語情報等の伝達に関する役割との両側面から韻律情報処理の発達過程に焦点をあてた研究はほとんどない。

この発達過程を乳幼児で詳細に捉えるには、行動実験手法のみでは不十分であると考えられ、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、例えば、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）、感情や疑問の表現に関与する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（Buchanan et al., 2000; Imaizumi et al., 1997）、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。この左右側性を指標とし、ピッチアクセントや母

音の長短による単語の弁別処理が、1歳前後で左優位で処理されることが報告されている（Minagawa-Kawai et al., 2007; Sato et al., 2010）。ただし、これらの研究は、語彙識別の観点のみから韻律的特徴処理の発達の変化を調べており、韻律情報の変化によるパラ言語情報や非言語情報処理の発達との関連が不明である。これを明らかにするためには、語彙識別とパラ言語情報等の付与に寄与する韻律的情報の処理の脳内機構を直接比較することが必要である。しかしながら、日本語の韻律的特徴がもつ2種の役割の獲得過程を脳機能側面から明らかにした研究はない。韻律情報処理はもとより、語彙獲得、感情やコミュニケーション発達の観点からも、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、日本語における韻律的特徴がもつ、i) 語彙識別と ii) パラ言語情報や非言語情報の伝達との役割を乳幼児がいかに分離して学習するかについて、その発達過程を解明すべく、脳機能測定装置を用いて下記に示す実験を実施し、以下の点を明らかにすることを目的とした。

[ピッチ実験]

日本語を獲得しつつある乳幼児を対象に、自然に発話された単語（例えば、「アメ（飴）」）と、語末のピッチを上昇して発話された疑問形の単語（例えば、「アメ？（飴？）」）を用い、自然に発話された単語と疑問形単語の弁別に関与する脳反応を近赤外分光法脳機能測定装置により測定した。また、単語音声に対してローパスフィルタによる処理を施した音刺激（LP 刺激）を比較対照刺激として用い、この刺激に対する脳反応も同様に測定した。この対照刺激を用いることで、単なる物理的変化に対する反応でなく、パラ言語情報、非言語情報処理に特化した脳活動が明らかになる。

これらの脳反応を異なる月齢間で比較することで、パラ言語、非言語情報処理の発達過程が明らかになる。また、得られた結果を、申請者らが実施した韻律的特徴による語彙識別に対する脳反応結果と比較することで、ピッチ情報による i) 語彙識別と ii) パラ言語、非言語情報処理の発達過程の相違が脳活動の面から明らかになる。

[感情発話実験]

上記のピッチ実験では、ピッチの変化を対象としているが、ピッチのみならず多様な韻律情報を含む幾つかの種類の感情発話に対する脳反応が4ヶ月児ですでに異なるかどうかを確認するための実験を実施した。

3. 研究の方法

(1) ピッチ実験

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 20名、10ヶ月児 22名が実験に参加した。このうち、10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 15名、10ヶ月児 17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)。

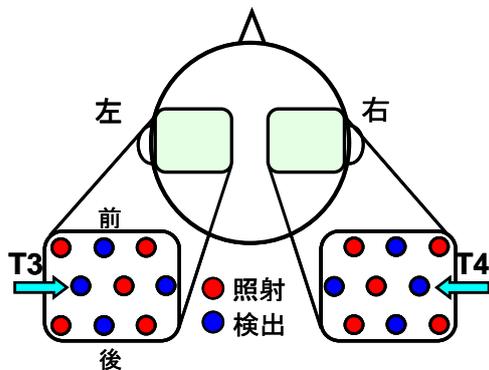


図 1 プローブ配置

③ 刺激

高低及び低高ピッチパターンをもつ 2 音節単語 14 組、及びこれらの単語が疑問形になるように語末のピッチを上昇させて発話された単語を刺激音として用いた。単語は女性話者により発話された。また、単語音声に対してローパスフィルタによる処理を施した音刺激 (LP 刺激) を比較対照刺激として用いた。

④ 実験手続き

単語刺激及び LP 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) には疑問形の高低ピッチ単語または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。高低あるいは低高ピッチパターン単語の使用は被験者毎に異なり、一人の被験者にはどちらかのピッチパターン単語のみが使用された。LP 刺激条件では、LP 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。左右聴覚野付近のチャンネルにおけるオキシヘモグロビン濃度長変化量の平均値を統計解析に用いた。

(2) 感情発話実験

① 被験者

ピッチ実験に参加した 4ヶ月児を対象とした。

② 装置

用いた装置及びプローブの配置はピッチ実験と同様であった。

③ 刺激

女性話者 1 名により発話された 16 の文章発話を刺激として用いた。これらは、4 種類の文章 (5-7 音節) からなり、それぞれの文章に対して、韻律情報を変えて発話することにより「中立」、「感心」、「落胆」、「疑念」の発話意図をもたせた。

④ 実験手続き

16 の文章発話を被験者毎にランダムに提示した。刺激は、約 15 秒間隔で提示された。

⑤ データ処理

4 つの発話意図条件毎に音声刺激開始後 0-10 秒間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。左右聴覚野付近のチャンネルにおけるオキシヘモグロビン濃度長変化量の平均値を統計解析に用いた。

4. 研究成果

(1) ピッチ実験

4ヶ月児の単語刺激及び LP 刺激に対する左右聴覚野付近のチャンネルにおけるオキシヘモグロビン濃度長変化量の平均値を図 2 に示す。4ヶ月児は、単語刺激及び LP 刺激に対する脳反応に関して有意な左右差を示さなかった。この結果は、Sato et al. (2010) によって報告された、4ヶ月児の語彙識別に関与するピッチパターン変化に対する脳機能と、左右差が明確にみられない点で合致していた。このことは、4ヶ月児は、ピッチ変化それ自体には敏感であるが、語彙識別に寄与するピッチ変化パターンもパラ言語情報や非言語情報の伝達に関与するピッチ変化パターンも同様に処理している可能性を示唆しており、4ヶ月児では韻律的特徴が担う 2 つの役割をまだ分離して獲得していないと推測され得る。

図 3 に、10ヶ月児における脳反応結果を示す。単語刺激に対する右の脳反応が増大しているものの、単語刺激条件及び LP 条件のいずれにおいても、4ヶ月児と同様、有意な左右差は示されなかった。ただし、10ヶ月児における単語刺激に対す

る右の反応は、ベースラインにおける脳反応より有意に増大しており、この点において4ヶ月児とは差異がみられた。このことは、4ヶ月児と10ヶ月児間で、疑問形に関するピッチ情報処理における右聴覚野付近の脳反応に差が生じつつあることを示している。

また、先行研究 (Sato et al., 2010) では語彙識別に関わるピッチ情報処理に対して、10ヶ月児が左優位の脳反応を示していたのに対して、本研究では10ヶ月児が、疑問の意図を示すピッチ変化に対して左右差を示さなかった。これは、遅くとも生後10ヶ月では、“語彙識別”と“パラ言語情報や非言語情報の伝達”に関するピッチ情報処理に対する脳反応が異なっていることを示し、この月齢では、日本語の韻律的特徴がもつ2種の役割が理解されている可能性を示唆する。

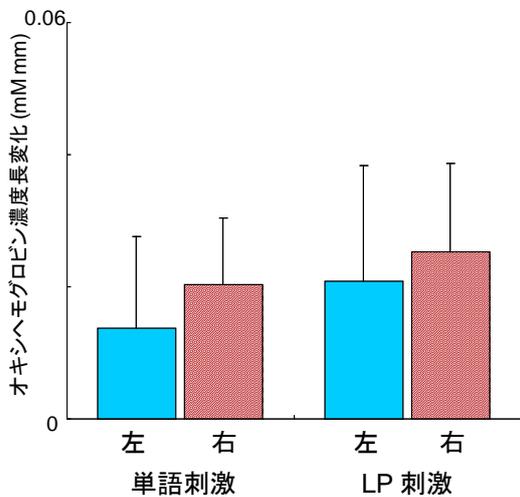


図2 両条件下における4ヶ月児のオキシヘモグロビン濃度長変化値

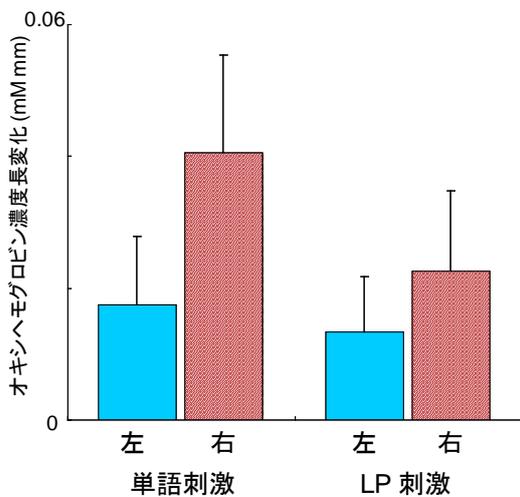


図3 両条件下における10ヶ月児のオキシヘモグロビン濃度長変化値

(2) 感情発話実験

ピッチ実験では、4ヶ月児が、韻律的特徴が担う2つの役割をまだ分離して獲得していないことが示唆されたものの、ピッチ情報による疑問形の発話のみが用いられていた。そこで、4ヶ月児が、ピッチ以外の韻律情報も含む感情発話の分類には感受性を有しているかどうかを検討するため、感情発話実験を4ヶ月児に施行した。

図4に、「中立」、「感心」、「落胆」、「疑念」の意図をもつ発話に対するオキシヘモグロビン濃度変化長の平均値を左右毎に示す。中立音声に比べて、感心、落胆、疑念音声聞いたときの脳反応は増大していたものの、それら3つの音声に対する反応間では有意な差がみられなかった。この結果は、4ヶ月児において、語彙識別とパラ言語情報等の付与に寄与する韻律的情報に対する脳反応が同様であるだけでなく、異なるパラ言語情報の処理における脳反応にも差異がないことを示しており、韻律情報により識別される感情の分化がまだ進んでいない可能性が示唆される。ただし、今回は聴覚野付近の反応しか対象としていないので、前頭部の測定を実施することで異なる結果が得られる可能性もある。

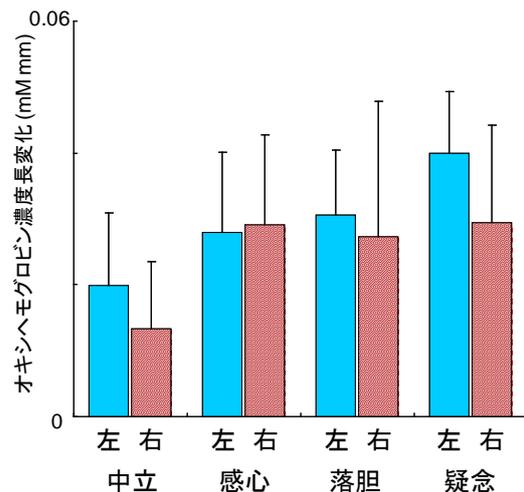


図4 異なる感情発話に対する4ヶ月児のオキシヘモグロビン濃度長変化値

本研究はピッチ情報処理あるいはパラ言語情報処理に焦点をあて、また、それらに対する4及び10ヶ月児の脳機能を明らかにした点で韻律的特徴処理の発達過程に関する重要な知見を提供した。本研究の結果は、発達心理学領域のみならず言語学領域や情動発達、コミュニケーション発達領域への貢献も大きいと考えられる。

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)

〔雑誌論文〕(計2件)

- ① Sato, Y., Sogabe, Y., & Mazuka, R.

Discrimination of phonemic vowel length
by Japanese infants.
Developmental Psychology, 46,
106-119,2010, 査読有

- ② Sato, Y., Sogabe, Y., & Mazuka, R..
Development of hemispheric
specialization for lexical pitch-accent in
Japanese infants.
Journal of Cognitive Neuroscience, 22,
2503-2513,2010, 査読有

〔学会発表〕（計 2 件）

- ① 佐藤裕, 山根直人, 馬塚れい子
乳幼児の長短母音弁別能力と脳反応、
日本音響学会 2010 年秋季研究発表会、
2010 年 9 月 14 日、関西大学
- ② 佐藤裕
乳幼児の言語発達と脳反応、
日立 光トポグラフィニューザ会、
2009 年 7 月 4 日、大阪国際会議場

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

80415174