

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 1 日現在

機関番号：16101

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2015

課題番号：25580104

研究課題名(和文) 特殊モーラの弁別能力及び脳機能発達に基づく音声知覚発達指標の構築

研究課題名(英文) Developmental changes of brain responses and discrimination ability for Japanese special morae in infants

研究代表者

佐藤 裕 (Sato, Yutaka)

徳島大学・大学院ソシオ・アーツ・アンド・サイエンス研究部・准教授

研究者番号：80415174

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、日本人乳児を対象に、日本語の特殊モーラを含む音韻対立に対する弁別能力と脳反応の発達過程を調べ、既知の発達過程を拡張した包括的な音声知覚に関する発達指標の構築を目指す研究である。行動実験により、長短母音や促音/非促音の弁別能力が生後10ヶ月程度で獲得されるのに対し、撥音や二重母音を含む対立の弁別能力は10ヶ月以前に獲得されることが示された。また、脳機能測定により、刺激に対する左右聴覚野の反応が特殊モーラごとに異なり、弁別能力の獲得に概ねそって左優位性が獲得されることが示唆された。これらの結果は、新たな発達指標構築の基礎データとなり得る。

研究成果の概要(英文)：Japanese has special morae as components of its language-specific phonemic repertory to distinguish word meanings. In this study, we measured the neural and behavioral development of Japanese infants for the distinction of special morae. The results showed that Japanese infants acquired discrimination ability for long-short vowel contrasts and single/geminate obstruents at around 10 months of age, and that they did for other contrasts at earlier than 10 months of age. The results of the measurement of brain responses indicated that the timing of the left-shift varies according to the special morae. These results suggest that the developmental course differs among the moraic phonemes.

研究分野：認知心理学

キーワード：言語発達 特殊モーラ 弁別 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。

音韻対立弁別能力を調べた従来の発達研究により、乳児は生後半年以降、母語の音韻体系に沿った言語処理機構に基づき音声を知覚するようになるとの発達過程が確立されつつある。ただし、これは主に欧米諸語の分節音に対する行動研究結果に基づくものであり、この発達過程が他の言語のすべての音韻対立に合致するとは限らない。また、生後半年以降に乳児の音声処理に言語機能が関与することを示す直接的な証拠はなく、その解明には脳活動測定が有効である。そこで本研究では、日本人乳児を対象に、日本語の特殊モーラを含む音韻対立に対する弁別能力と脳反応の発達過程を調べ、既知の発達過程を拡張した包括的な音声知覚発達指標の構築を目指す。

### 2. 研究の目的

音声は音韻情報と韻律情報に大別される。音韻は主に分節音(母音や子音)で識別され、音韻が異なると語意味変化が生じることから、母国語の母音や子音の弁別能力は言語獲得の基盤となる。乳児は生後数ヶ月間、世界の言語に存在する様々な音韻を弁別する能力を有しているが、生後半年以降、母語にない音韻対立に対する感受性は低下する。この変容は、乳児の言語処理様式における発達の变化を反映している想定されており、乳児は発達初期には、一般的な聴覚処理機構に基づいて音声を処理しているが、生後約半年以降では母語の音韻体系に沿った言語機能を反映した知覚機構により音声を処理するようになると考えられている(Kuhl, 2004; Polka & Werker, 1994; Werker & Tees, 1984)。この発達過程は生後1年内の音声知覚発達の指標として位置づけられている。しかし、これは主に欧米諸語を学ぶ乳児を対象とし、分節音に対する行動反応を調べた研究から確立されたものであり、次の2点において不十分である。(1)この発達過程が必ずしも他の言語の分節音以外の音韻対立に合致するとは限らず、(2)生後半年以降の音声知覚に言語機能が実際に関与しているかどうかを裏付ける直接的な証拠を、行動実験のみから示すのは困難である。この2点を考慮し、本研究では既知の音声知覚発達を拡張した、より包括的な視点からの発達指標を構築することを目的とする。

上記の目的のため、本研究では日本人乳児における日本語に特異的な特殊モーラ(長母音、促音、撥音及び二重母音)による音韻対

立の弁別能力と脳活動を発達的に測定し、いつ各音韻対立の弁別が可能となるか、またいつ左優位の脳反応が出現するかを明らかにする。

### 3. 研究の方法

#### (1) 弁別行動実験

##### 被験者

日本語を母国語として学習している乳幼児とし、対象月齢は4ヶ月児とした。弁別を示さない場合には、適宜測定年齢を上げて測定を追加した。

##### 刺激

特殊モーラ音韻対立：先行研究(Sato et al., 2010)で用いられた刺激(長短母音対立:「まな」対「まーな」と容易に比較可能な下記の刺激を作成し実験に用いた。

・撥音を含む対立:「まな」対「まんな」

・二重母音を含む対立:「まな」対「まいな」  
なお、長短母音対立と促音/非促音対立(「ぱた」対「ぱった」)に関しては、それぞれ生後約10ヶ月で弁別可能であることをすでに示している。

##### 実験手法

弁別能力の測定には、視覚的馴化 脱馴化法(図1)を用いた。

馴化段階において、ある音声刺激を繰り返し乳児に提示するとともに、乳児(及び養育者)の前に置かれたモニタに格子模様を表示しモニタ画面への注視時間を測定する。繰り返し提示される音声刺激に飽きた乳児は画面を見る時間が減少する(馴化)。画面への注視時間があらかじめ設定した基準より減少した際に、それまで聞かせていた刺激とは異なる音声刺激を提示する。刺激の相違に気付いた乳児は画面への注視時間が回復する(脱馴化)。モニタへの注視時間を指標として、乳児が2種類の音を弁別できたかどうかを判断する。



図1 視覚的馴化 脱馴化法の測定

#### (2) 脳反応測定実験

##### 被験者

日本語を母国語として学習している乳幼児とし、対象月齢は4、6(5.5)、10ヶ月児とした。結果を分析したうえで、必要に応じて、

測定年齢を上げて測定を追加した。

#### 刺激

弁別行動実験と同様に下記対立刺激を用いた。

- ・長短母音対立：「まな」対「まーな」
- ・促音/非促音対立：「ぱた」対「ぱった」
- ・撥音を含む対立：「まな」対「まんな」
- ・二重母音を含む対立：「まな」対「まいな」

#### 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 2)。

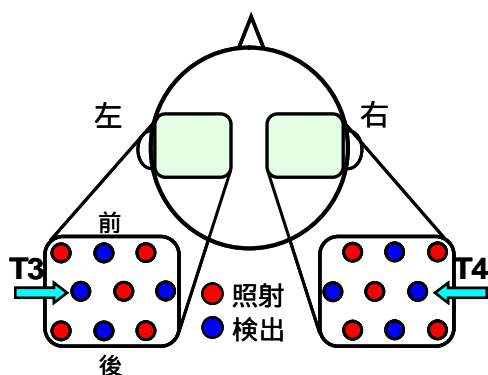


図 2 プローブ配置

#### 実験手続き

実験では、ベースラインブロック (20 or 25 s) に各対立のいずれかの単語が繰り返し提示され、テストブロック (10 s) には対立の二つの単語が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。

#### 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。

### 4. 研究成果

#### (1) 弁別行動実験

先行研究から、音や空白部分の音の長さを含んだ、長短母音対立 (「まな」対「まーな」) と促音/非促音対立 (「ぱた」対「ぱった」) の弁別は生後 10 ヶ月以降で可能となることが示されている。

撥音を含む対立 (「まな」対「まんな」) を用いた 4 ヶ月児における弁別実験の結果を図 3 に示す。この、撥音の対立も鼻子音 [n] の持続時間対立に相当するものの、長短母音

対立や促音/非促音対立と異なり、生後 4 ヶ月で弁別が可能となることが示された。

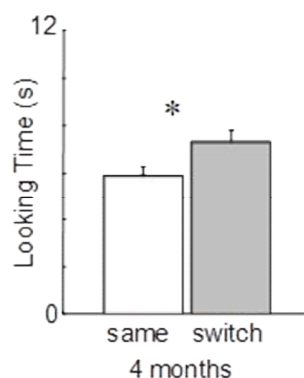


図 3 「まな」と「まんな」刺激 (撥音) に対する same、switch 条件における 4 ヶ月児の平均注視時間。条件間で注視時間に有意差があり、4 ヶ月児が「まな」と「まんな」を弁別できることを示している。

二重母音を含む対立 (「まな」対「まいな」) における弁別実験の結果を図 4 に示す。この、二重母音の対立は、中央の母音部の量的な差異に加えて音響的なスペクトル変動を含む対立となる。実験の結果、4 ヶ月ではこの対立の弁別ができなかったため、さらに、5.5 ヶ月児を対象に行動実験を追加したところ、この月齢では二重母音の弁別が可能であった。

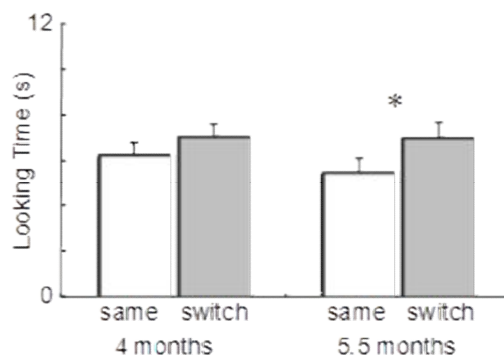


図 4 二重母音対立を用いた実験の結果

5.5 ヶ月児で条件間に有意差がみられ、5.5 ヶ月児で二重母音の弁別が可能であることが示された。

これらの実験の結果から、日本人乳児は生後 4 ヶ月で撥音を含む対立の弁別能力を有しており、5.5 ヶ月児では二重母音を含む対立の弁別が可能となることが示され、長短母音や促音/非促音の対立より早く、撥音や二重母音への感受性が高まることが示された。この結果は、特殊モーラが一律に獲得されるのではなく、その種類により発達軌跡が異なることを示唆する。

## (2) 脳反応測定実験

### 長短母音実験

長短母音の弁別が 10 ヶ月で可能になることを考慮し、4 ヶ月児、9.5 ヶ月児に加えて、12.5 ヶ月児も測定対象とした。図 5 に結果を示す。

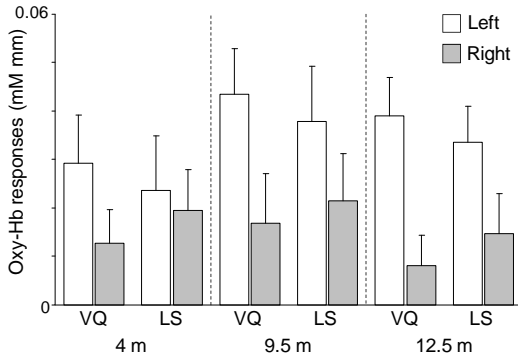


図 5 長短母音対立に対する脳反応

図中の縦軸はオキシヘモグロビン濃度長変化量、VL が長短母音対立、VQ は「まな」対「みな」の分節音変化対立に対する脳反応を示す。Left、Right は、それぞれ左右聴覚野反応を示す。

長短母音対立に対する左右聴覚野の反応に関して、4 ヶ月児では左右差がなく、9.5 ヶ月～12.5 ヶ月にかけて左優位性が確立されていくことが観察された。

### 促音/非促音対立実験

4、6、10 ヶ月児で測定した結果、いずれの月齢においても左優位性を確認できなかった。ただし、6 ヶ月児と比較すると 10 ヶ月児においては左の反応が大きくなる可能性が示された。

### 撥音・二重母音対立実験

4 ヶ月児の撥音・二重母音弁別時の左右聴覚野付近におけるオキシヘモグロビン反応値を図 6 に示す。

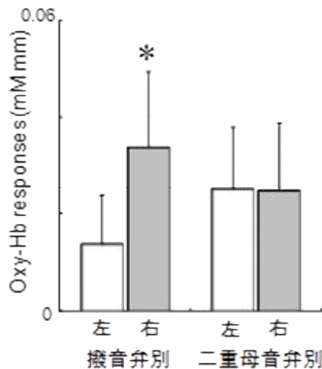


図 6 4 ヶ月児の撥音・二重母音弁別時の左右聴覚野付近におけるオキシヘモグロビン反応値

撥音弁別時に右の聴覚野付近の反応がベースラインと比較して有意に大きかった。それに対して、二重母音弁別に対しては有意な脳反応は見られなかった。

また、5.5 ヶ月児、10 ヶ月児で測定した結果、5.5 ヶ月児では左右のどちらの反応も大きく、10 ヶ月児ではいずれの対立においても左優位の反応が獲得されつつあった。

これらの結果を合わせてまとめると、「行動実験により、長短母音や促音/非促音の弁別能力が生後 10 ヶ月程度で獲得されるのに対し、撥音や二重母音を含む対立の弁別能力は 10 ヶ月以前に獲得される」ことが示され、「脳機能測定により、刺激に対する左右聴覚野の反応が特殊モーラごとに異なり、弁別能力の獲得に概ねそって左優位性が獲得される」ことが示唆された。

## 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 3 件)

山根直人:

乳幼児の発達 赤ちゃん学&音楽的見地から実験研究で分かった赤ちゃんと言語の関わり、『保育ナビ』、フレーベル館、2015 年 1 月号、70-71. 査読なし

佐藤裕: 日本語音声獲得における行動反応と脳反応の発達の变化-ピッチアクセントと長短母音を中心に、音声研究、17、3、65-76、2013. 査読有

Sato, Y., Utsugi, A., Yamane, N., Koizumi, S., and Mazuka, R.:

Dialectal differences in hemispheric specialization for Japanese lexical pitch accent.,

Brain and Language, 127, 3, 475-483, 2013. 査読有(DOI: 10.1016/j.bandl.2013.09.008)

(学会発表)(計 7 件)

Chen, H., Yamane, N., Nan Xu Rattanasone, N. X., Demuth, K., and Mazuka, R.:

Japanese Infants are Aware of Phonemic Vowel Length in Novel Words at 18 months.,

BUCLD, Boston, USA, 2015.11.12-15.

佐藤裕, 山根直人, 加藤真帆子, 秋元頼孝, 馬塚れい子:

日本人乳児における撥音・二重母音知覚の発達の变化.,

日本赤ちゃん学会 第 15 回学術集会, かがわ国際会議場(香川県高松市), 2015.6.27.

Nam, M., Choi, Y., Yamane, N., & Mazuka, R.:  
Discrimination of Lenis and Aspirated Stop Contrasts among Korean infants.  
Workshop on Infant Language Development, StockHolm, Sweden, 2015.6.10-12.

志村洋子, 今川恭子, 丸山慎, 麦谷綾子, 山根直人, 根ヶ山光一:  
音楽性を「育む環境」を捉えなおす.,  
日本発達心理学会(ラウンドテーブル), 東京大学(東京都文京区), 2015.3.21.

Yamane, N.:  
Musical Development from infancy to childhood.,  
第4回玉川大学脳科学研究所リトリート  
箱根湯本富士屋ホテル(神奈川県箱根町),  
2015.2.25-27.

Yamane, N., Johnson, K., Ruba, A., Hatano, Y., and Mazuka, R.:  
Sensitivity to emotional vocalization in infant: A cross-linguistic study with Japanese and English learning infants.,  
IASCL, Amsterdam (The Netherlands)  
2014.7.18-19.

Miyake, Y., Sato, Y., and Kumano, H. :  
Are the Neural Correlates for Inferring Symmetry Independent on Stimulus Modality?,  
The 4th Asian Cognitive Behavior Therapy (CBT) Conference, Teikyo-Heisei University (Toshima-ku, Tokyo),  
2013.8.23-25.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

佐藤 裕 (SATO YUTAKA)  
徳島大学・大学院ソシオ・アーツ・アンド・サイエンス研究部・准教授  
研究者番号：80415174

### (2) 研究分担者

山根 直人 (YAMANE NAOTO)  
国立研究開発法人理化学研究所・BSI・研究員  
研究者番号：60550192