

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 9 日現在

機関番号：22604

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2019

課題番号：16K12449

研究課題名（和文）音声の予測的文節化による言語獲得の促進

研究課題名（英文）Advancement of language acquisition by predictive segmentation of speech

研究代表者

保前 文高（Homae, Fumitaka）

首都大学東京・人文科学研究科・准教授

研究者番号：20533417

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、乳児が母語の音声をどのようにとらえているかを調べ、その上で、句や文末の区切りが現れることを事前に予測しながら聞いているのではないかという仮説を検証することを目的とした。言語発達質問紙を用いて獲得語彙数を調査し、また、乳幼児が音声情報を聞きながら話者の顔の映像を見ている際の視線と脳波を計測した。生後6から22か月齢の乳幼児には、口に注目して映像を見る傾向があること、また、そのような傾向と語彙数には関係があることを明らかにした。母語の音声と、母語の特徴を減じている音声とでは、脳波の現れ方に違いがあることも見いだした。得られた結果から、音声知覚が言語獲得に果たす役割について考察した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、語彙数が急速に増加する2歳になるまでの期間において、母語の音声を聞く際に目よりも口を見る傾向が高まり続けることを初めて明らかにした。また、6から22か月齢の広い月齢を通して、音声を時間的に逆にして再生した場合に、順再生よりも瞳孔径が大きくなり、順再生と逆再生とでは音声提示開始から2000ミリ秒ほど経過した後の脳波に違いが現れることも見いだした。これらの結果は、母語の音声に含まれる超分節的特徴の聴覚情報と口の動きを捉える視覚情報とを統合することが、単語の獲得を促進することを示唆している。

研究成果の概要（英文）：The purpose of the present study is to examine how infants perceive the speech in their native language, and to test the hypothesis that they might be listening while predicting the appearance of clauses and sentence endings in advance. We investigated the number of words acquired using a language development questionnaire, and simultaneously measured the gaze position and EEG when an infant watched the video of the speaker's face while listening to the voice. The results showed that infants aged 6 to 22 months were more likely to watch the video with a focus on the speaker's mouth than her eyes, and that this tendency was related to the age and the number of words acquired. We also found that there is a difference in the appearance of EEG between the mother-tongue voice and the voice with reduced features of the mother tongue. Based on the results obtained, we discussed the role of speech perception in language acquisition.

研究分野：発達脳科学

キーワード：認知神経科学 発達脳科学 音声知覚 語彙 視線計測 脳波

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

乳幼児が母語を聞き取り、話し始めるようになる過程は、めざましい速さで進む (Jusczyk, 1997; Kuhl, 2004)。馴化・脱馴化法を用いた研究によって、乳児は個別言語がもつリズムの体系に敏感であり、リズム体系の異なる言語間の区別ができるという説が主張されている (Nazzi et al., 1998)。このようなリズムは、抑揚、強弱、音の長さ、間などにより構成される。句と句の間には、直前に音程が下がり、音が途切れる間が生じるような韻律的な手がかかりがある。神経活動としては、このような境界をとらえたときに脳波の陽性成分 (CPS: closure positive shift) が現れることが報告されている (Steinhauer et al., 1999; Pannekamp et al., 2005)。生後 8 か月の乳児においても、潜時は遅くなりながらも、CPS が観察される (Pannekamp et al., 2006)。文節や句の区切りをとらえることは、音声情報のまとまりを作る上で極めて重要になり、言語を獲得する手がかかりになると考えられる (Morgan & Demuth, 1996)。乳児が抑揚情報に敏感であることから、実際に文末や句の区切りが生じる前に、間などの区切りが生じることを予測しながら音声を聞いて、順次文節化をしているのではないかとの仮説を立てるに至った。この文節化ができると、区切りの前後に現れる単語に対しては音の特徴を捉えやすくなるため、語彙の獲得が促進されると予想する。

2. 研究の目的

話者の顔を見ている時に、話者の目を見ているのか、それとも、口の動きを見て音声情報と対応づけをしているのかを検討するために、生後 6 か月から 23 か月齢の乳児を対象として視線と脳波の同時計測を行う。その上で、自然な超分節的特徴を含む音声に対する脳波の変化をそのような特徴を減らした音声に対する変化と比較して捉えて、音声の文節化をしていることを示す新たな脳波の指標を探る。このような計測から得られた指標が獲得している語彙数と関係すると予想して、相関関係を示すか否かを明らかにする。

3. 研究の方法

3.1 研究参加者

首都大学東京研究安全倫理委員会の承認を得た上で、首都大学東京南大沢キャンパス近隣に在住する生後 6 か月から 23 か月の乳幼児とその保護者をボランティアで募集した。保護者から書面で同意を得たのちに、研究に協力して頂いた。4 年間の研究期間で、延べ 397 名の乳幼児 (男児 207 名、女児 190 名) に研究に協力して頂いた (表 1)。

表 1

月齢	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
人数	62	40	34	22	20	8	47	21	10	15	5	19	25	14	19	10	19	7

3.2 獲得語彙数の調査

対象児の保護者には、日本語マッカーサー乳幼児言語発達質問紙 (上「語と身振り」、京都国際社会福祉センター、小椋・綿巻、2004) に協力して頂いた。第一部ことばの IV 語彙に挙げられた 448 語の理解語彙数と表出語彙数を解析の対象とした。

3.3 視線・脳波同時計測時に提示する視聴覚刺激の作成

3~5 秒程度ごとに文の区切りが含まれる日本語の文章を選び、対乳児発話ではなく、対成人発話で女性話者が発話している様子を収録した。背景や服装を黒として、顔が見やすい映像とした。この映像と音声について、時間的に逆に再生をした逆再生刺激も作成した。順

再生の刺激と話者の顔の形や音声の大きさ、含まれる空間周波数や時間周波数は同等でありながらも、日本語の韻律情報、語彙意味情報の大半と、子音に関する音韻情報がなくなる。

3.4 視聴覚刺激の提示方法、計測方法、および、解析方法

トビー・テクノロジー・ジャパン社の tobii TX300 と tobii studio を用いて、乳児の視線位置と瞳孔径を 120 Hz で計測しながら、同時に脳波を計測した (SynAmps, Neuroscan)。24 インチのモニターの中央に、順再生と逆再生の音声を含む映像をランダムに並べた動画を刺激として提示した。動画は 4 分間で、2 分以上の計測が行えた場合を解析の対象とした。Lewkowicz and Hansen-Tift (2012) に従って、目の周囲の領域を解析対象領域とした。口の周囲にも目の周囲と面積を持つ解析対象領域を設定した。視線がそれぞれの解析対象領域内で停留した時間を求めて、目と口のどちらをより長く見ていたかを次の指標で表した。

$$\text{eye-mouth ratio (EMR)} = \frac{\text{目の周囲領域における停留時間} - \text{口の周囲領域における停留時間}}{\text{目の周囲領域における停留時間} + \text{口の周囲領域における停留時間}}$$

脳波キャップは Waveguard (ANTneuro) を用いて、M1 を基準電極、FCz を接地電極、Fp1、Fp2、Fz、Cz、Pz、M2 を探査電極として、1,000 Hz で計測した。解析には Analyzer 2.0 (Brain Products) と MATLAB (R2019a, MathWorks) によるプログラムを用いた。M1 と M2 の平均による再基準化、500 Hz へのダウンサンプリング、帯域通過フィルター (1~30 Hz) の処理をした後に、1 ms に 50 μ V 以上、もしくは、200 ms 以内に 200 μ V 以上の変動が生じた場合を、体動等を含むデータとして除外した。各条件で 7 回以上のデータがある場合を解析に含めた。音声を提示する 200 ms 前から提示後 2,000 ms までを切り出して試行間で平均し、提示前の信号の平均値で基準線の補正をした。質問紙調査と視線計測についての解析対象児は 163 名 (男児 79 名、女児 84 名、日齢 182~687)、質問紙調査、視線計測、脳波についての解析対象児は 48 名 (男児 28 名、女児 20 名、日齢 182~669) であった。

4. 研究成果

4.1 質問紙調査

解析対象とした 163 名について、図 1 に理解語数と表出語数を視線計測実施日の日齢とともに示した。調査に用いた質問紙は、8 か月から 18 か月齢を対象としているが、日齢が 540 日を過ぎても、語数が多い理解語について獲得語数が上限である 448 語になることはなく、また、横断的なデータを日齢に伴う変化と見なした場合の増加速度は頭打ちになることなく増加し続けている。この質問紙調査が、少なくとも 23 か月までは使用できる可能性を示している。450 日齢以降では、理解語数の増加が顕著であり、また、単語数の個人による違いが多いこともわかる。表出語数も 450 日を超えると 0 ではない人数が増えて、特に 500 日以降では、50 語を超える場合が多く見られた。

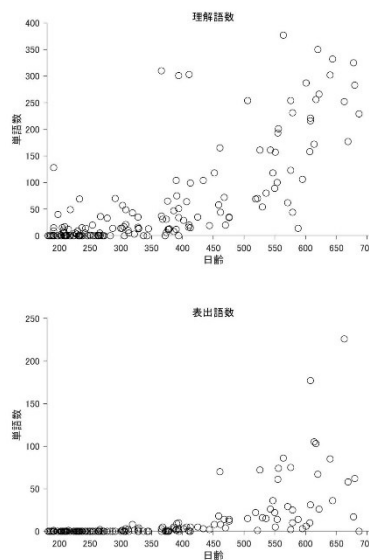


図 1

4.2 視線位置

視線の停留位置から EMR を求めたところ、平均値は -0.117 であり、平均的には目よりも口を長く見る傾向があった。EMR は個人差が大きいですが、日齢が進むにつれて、負の値を

とる人数が増えることも明らかになった。また、日齢によらずに、個人において EMR が 0 付近になることは少なく、口か目かのどちらかに選好があることが示唆される結果であった。語数と EMR の間の関係を調べたところ、理解語数が 200 語を超える場合、また、表出語数は 50 語を超える場合には、EMR が負になり、口を見る割合が高い傾向にある (図 2)。一方で、理解語数と表出語数のいずれにおいても、語数が 0 に近い場合には、EMR が正の値をとることが多く見受けられる。月齢と EMR の関係をさらに調べるために、163 名のデータを 8 つの群に分けて (表 2)、平均値を求めた。

表 2

月齢	6	7	8	9~11	12~14	15~17	18・19	20~22
人数	25	25	15	25	29	14	15	15

8 つの月齢群を、6、7、8、10、13、16、19、21 か月に代表させて、月齢と EMR の平均値との関係を順再生と逆再生に分けて図 3 に示した。全体を通じて、月齢とともに負に大きくなる傾向があることが明らかになった。10 か月までに口を見る割合が多くなる傾向は、Lewkowicz and Hansen-Tift (2012) が報告している結果と一致している。ただし、この先行研究では、12 か月児では口を見る割合が再び少なくなると報告しており、今回の結果とは傾向が異なる。一方で、同じグループが、14 か月児は対乳児発話に対して、また、18 か月児は対乳児発話と対成人発話のどちらに対しても、口を見る割合が高くなることを報告した (de Boisferon et al., 2018)。今回の結果は、この結果と同じ傾向であり、さらに、この傾向が 22 か月になると強まることを新たに示している。8 か月齢以降は、すべての月齢群において順再生の方が逆再生よりも負に大きく、口を見る割合が高いことが見いだされた。順再生が自然な発話の状況であるとする

と、逆再生のように母語の特徴が減じられた音声に対しては、目を見る割合が高くなると考えられる。このような状況では音声と口の動きのそれぞれから得られる聴覚情報と視覚情報を合わせて、より豊かな情報を得ようとするよりも、音声の聴覚情報と話者の視覚情報を照合することに処理の中心が移ることを示唆している。乳幼児にとって、逆再生が順再生の音声とは異なる聴覚情報になっていることを確かめるために、正再生と逆再生を提示している間に、目、もしくは、口の解析領域に視線が停留している際の瞳孔径を解析した。

4.3 瞳孔径

EMR の解析と同様に、解析対象児を 8 つの月齢群に分けて、群ごとに左右の瞳孔径の最大値から平均値を求めた (図 4)。8 か月以降では、月齢とともに、順再生と逆再生のどちらに対しても瞳孔径が大きくなった。瞳孔径は発達とともに大きくなるため、この傾向だけからは、成長による要因なのか、認知的要因によって散瞳しているのかは明らかにはできない。

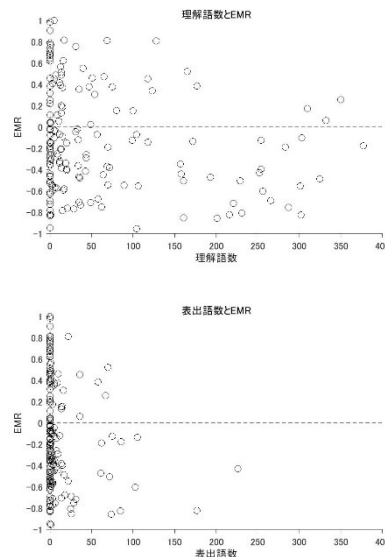


図 2

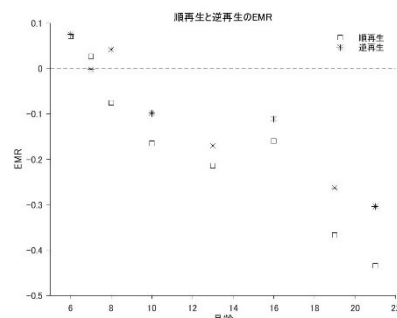


図 3

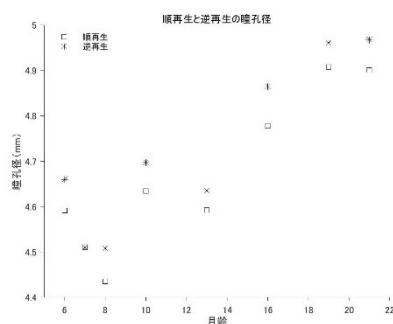


図 4

ない。一方で、6か月児では8か月児よりも瞳孔径の平均値が大きいのは、散瞳を反映している可能性はある。6か月では、EMRの平均値が順再生と逆再生では同程度に正であることを考えると、順再生と逆再生の音声の違いを捉えながらも、いずれに対しても目を見る割合が高いことになる。順再生と逆再生の間の違いを見てみると、7か月で同程度の値になっていることを除けば、他の全ての群において、逆再生において順再生よりも瞳孔径が大きくなっている。このことから、逆再生が順再生とは異なることを、6か月から22か月までの広い月齢で捉えることができおり、さらに、逆再生の方が順再生よりも注意をひくか、処理の負荷が高いことが明らかになった。母語の情報が豊かにある順再生では、音韻情報と超分節的情報の情報間で相互に補完しあう作用によって情報の処理が進められやすくなる。一方で、逆再生は母語の特徴が減じられており、特に抑揚や強弱などの超分節的情報が句や文末の区切りと対応しなくなるために、音声情報をもとにしてその内容である言語情報を捉えることが難しくなっていると考えられる。月齢によって捉えている情報が異なる可能性については、さらなる検討が必要である。

4.4 脳波

順再生と逆再生に対する違いが神経活動に現れるかを、脳波を用いて検討した。48名のデータから正中の3電極を平均して事象関連電位を求めた。順再生条件と逆再生条件のいずれに対しても、刺激提示開始から400ms程度後までは陽性にふれて、約1,000msにかけて陰性に向かったのちに、プラトーである間までは、両条件で同様の変化である(図5)。その後、約2,000msからは、順再生では陰性に大きく振れるのに対して、逆再生では、陰性に向かうのが遅れるために、両者の間で差が生じた。2,110msから20msの時間窓を設定して、対応のあるt検定を行ったところ、有意な差が認められた($t = -2.16$, $p = 0.036$)。遅い時間において有意な差が現れたのは、正再生の音声に含まれる音韻情報よりも、超分節的情報に対する処理が行われた結果として活動が高まったためと考えられる。

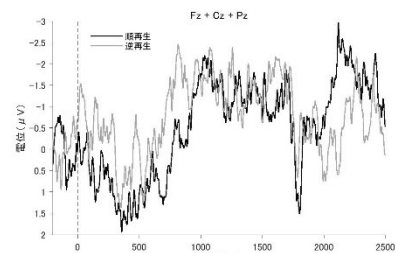


図5

4.5 考察

順再生では、聴覚で超分節的情報を含む音声の言語情報を、また、視覚で口の動きを、それぞれ捉えてその情報を統合する処理が行われていると考えられる。瞳孔径は、6か月齢から順再生と逆再生の間に違いがあるが、8か月齢以降に順再生に対して口を見る割合が高くなることを考慮に入れると、生後8か月以降に視聴覚情報を統合して、音声からの言語情報が捉えやすくなる可能性がある。EMRと瞳孔径の条件間の違いが、19、21か月の両群に見られるため、視聴覚情報の統合が語彙獲得開始のトリガーとなるだけでなく、持続的に語彙獲得を促進する情報源になると予想される。月齢の要因を考慮する必要はあるが、獲得語数が多い児はEMRが負になる割合が高い。de Boisferonら(2018)は、18か月齢で目と口のどちらを見る割合が高いかと表出語数の間に関係性は認められないと報告したが、本研究では月齢が大きい群を設定しているために、両者の関係が見いだされたと考えられる。目と口のどちらをより見るかは、個人内で一貫した傾向があることから(Tenenbaum et al., 2013)、縦断的研究によってEMRと獲得語数の関係を脳波における遅い時間帯の成分とともに明らかにすることが、語彙獲得のプロセスを明らかにするためにも、さらには、語彙獲得に対する個人ごとの特徴を表す客観的な指標を開発するためにも、今後重要な課題となる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 保前文高
2. 発表標題 ことばが繋ぐ多様な脳
3. 学会等名 日本学会議主催学術フォーラム「乳幼児の多様性に迫る：発達保育実践政策学の躍動」（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 保前文高
2. 発表標題 個人ごとのコミュニケーション発達
3. 学会等名 日本赤ちゃん学会第18回学術集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 保前文高
2. 発表標題 脳のつながり
3. 学会等名 首都大学東京言語科学教室第4回発達脳フォーラム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 保前文高
2. 発表標題 発達期における脳と言語 普遍性と固有性の共存
3. 学会等名 日本言語学会第154回大会シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 保前 文高
2. 発表標題 眼が映し出す乳幼児の単語認知
3. 学会等名 国立障害者リハビリテーションセンター研究所講演会（招待講演）
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 保前文高（分担執筆）	4. 発行年 2019年
2. 出版社 コロナ社	5. 総ページ数 254
3. 書名 こどもの音声	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>首都大学東京 人文科学研究科 言語科学教室 言語発達脳科学研究室 http://www.comp.tmu.ac.jp/homae/homae_lab/Home.html</p>
--

6. 研究組織		
氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考