

乳児期における発話知覚の機能およびメカニズムと その定型・非定型発達

今福 理博

はじめに

日常の対面コミュニケーションにおいて、私たちは多感覚情報を巧みに利用している。言語情報を含む場面では、音声などの聴覚情報のみならず、話者の表情や口の動きなどの視覚情報が重要な役割を果たす。ヒトは、新生児期から発話に含まれる視—聴覚情報の一致性（話者の口の動きと音声とが一致しているかどうか）を検出する能力をもち、月齢と共にその統合処理能力を精緻化させていく。さらに、発話知覚はヒトの言語獲得に寄与することが明らかになっており、発話知覚の脆弱性が言語獲得の困難さや遅れと関連する可能性も指摘されている。また、乳児期の発話知覚が音声産出と関連することや、社会的相互作用の質（例えば、大人の発話スタイル）の違いによって変化することが議論されている。

本稿では、(1) 新生児～乳児期の発話知覚の発達過程に関する研究をまとめる。さらに、生後初期からの言語獲得において、発話知覚が果たす役割（機能）についての先行研究を概観する。次に、(2) 発話知覚の発達に、音声産出および社会的相互作用が影響する可能性を示す知見をそれぞれ挙げ、乳児期における言語獲得の様相を体系的に明らかにする。最後に、(3) 発話知覚の脆弱性が報告されている自閉スペクトラム症を対象とした知見や、その脆弱性をもつ可能性のある早産児の知見を挙げ、発話知覚と言語獲得との関連、およびその定型・非定型発達について考察する。これら3点について考察することで、本稿は、生後初期からの発話知覚の発達、機能、メカニズム、およびその脆弱性について検討し、今後の言語発達研究について展望する。

1. 発話知覚の発達と言語獲得との関連

他者の発話に含まれる視—聴覚情報を統合的に処理する能力は、いつ、どのように発達するのだろうか。また、発話の知覚処理能力は、言語発達と関連するのだろうか。本章では、新生児～乳児期における発話知覚の発達過程について概観し、言語獲得との関連性を論じる。

1-1. 新生児～乳児期の発話知覚の発達

ヒトは、新生児期から発話に含まれる視—聴覚情報の一致性を検出することができる (Aldridge, Braga, Walton, & Bower, 1999)。Aldridge らは、生後4～33時間の新生児が発話に含まれる視—聴覚情報の一致した映像刺激（例えば、「/a/を発声する時の口形」と「母音音声/a/」）を、不一致した映像刺激（例えば、「/a/を発声する時の口形」と「母音音声/i/」）に比べて選好

することを、サッキングパラダイムを用いて示した。このように、発話に含まれる視—聴覚情報が一致、不一致していることを区別する能力は、すでに新生児期からみられる。さらに、視—聴覚情報を統合的に処理する能力は、月齢と共に発達する (Pons, Lewkowicz, Soto-Faraco, & Sebastián-Gallés, 2009)。2~4 ヶ月児は、発話に含まれる「口唇部の動き」と「音声」という視—聴覚情報が時間的に非同期する (ずれている) よりも、同期している話者の顔をより長く注視することが、選好注視法を用いた研究により示されている (Dodd, 1979)。さらに, Kuhl and Meltzoff (1982) は、生後 18~20 週の乳児が、/a/や/i/などの聴覚情報に一致した発話をしている話者を視覚的に選好する (長く注視する) ことを、選好注視法を用いて示した。同様の結果は、より低月齢の 2~4 ヶ月児においても示されている (Patterson & Werker, 1999; 2003)。さらに、乳児において、発話に含まれる視—聴覚情報の一致性の検出は人工音声ではなされず、ヒトの音声でのみ可能である (Kuhl & Meltzoff, 1984)。これは、ヒトの音声は、ヒトの顔にマッピングされるというような領域固有的な要素をもつことを示唆している。また、ヒトが発話に含まれる視—聴覚情報を統合処理していることの証拠として、マガー効果 (McGurk & MacDonald, 1976) が知られている。マガー効果は、視覚情報/ga/と聴覚情報/ba/が同時に提示された場合に、経験した聴覚情報とは異なる音韻/da/を知覚する現象である。これは、聴覚情報が視覚情報の影響を受けること、すなわち、視—聴覚情報が統合処理されていることに起因する現象であると考えられている。乳児においては、5 ヶ月児でマガー効果がみられる (Kushnerenko et al., 2008)。これらの知見は、ヒトが生後早期から発話に含まれる視—聴覚情報の一致性を検出する能力をもち、生後半年には視—聴覚情報を統合処理できるようになる可能性を示している。

1-2. 発話知覚と言語獲得との関連

発話が聴覚情報のみの場合よりも、視—聴覚情報の場合、つまり、発話に含まれる情報量が多いほど、言語獲得をより効率的にする可能性が議論されている (リダンダンシー効果; Bahrick, Hernandez-Reif, & Flom, 2005)。また、発話の視覚情報のみでも、乳児は言語 (母語であるかどうか) の弁別が可能であることから (Weikum et al., 2007)、発話の視覚情報には言語に関する重要な情報が含まれていると考えられる。では、視—聴覚情報を含む発話を知覚する過程でみられる個人差は、乳児期の言語獲得の個人差と関連するのだろうか。

近年、話者の顔に対する乳児の注視行動が、言語獲得と関連することが明らかになってきた。Lewkowicz and Hansen-Tift (2012) は、4, 6, 8, 10, 12 ヶ月児および成人が、物語の一節を朗読している話者を観察時の視線反応を、視線追跡装置を用いて計測した。その結果、4 ヶ月児は話者の目を長く注視した一方で、6 ヶ月児から 10 ヶ月児にかけて乳児は話者の目よりも口を長く注視するようになること、母語を獲得しつつある 12 ヶ月児では口注視が少なくなることが明らかになった。このことは、ヒトが母語を急激に獲得していく生後 1 年間で、話者の口に対する注視の割合を増加させる時期があることを示している。さらに、Young, Merin, Rogers, and Ozonoff (2009) は、生後 6 ヶ月の時点で、母子相互作用中に母親の目に比べて口を注視した乳児は、24 ヶ月時点での言語産出能力が高かったことを明らかにした。同様に、6 ヶ月児時点で画面に提示された話者の口を長く注視した児ほど、12 ヶ月時点で言語理解能力が高かった (Imafuku & Myowa-Yamakoshi, 2012)。以上の知見は、乳児期に話者の口唇部を注視する傾向が、

言語獲得を促進する可能性を示している。では、乳児の発話知覚の発達は、どのような要因に影響を受けるのだろうか。

2. 発話知覚と音声産出の関連

乳児期における発話知覚は、音声産出の発達と関連している可能性が議論されている (e.g., Lewkowicz & Hansen-Tift, 2012)。本章では、新生児～乳児期にかけての音声産出の発達過程について概観し、発話知覚との関連性を検討する。

2-1. 新生児～乳児期の音声産出の発達

音声産出の発達段階は、下記の5つの段階にまとめられる (Stoel-Gammon & Menn, 1997)。
①発声期 (0～2ヶ月): せき、くしゃみ、泣きなどの反射的な音を出す時期、②クーイング期 (1～4ヶ月): 母音に類似した発声をする時期、③拡張期 (3～8ヶ月): 共鳴のはっきりした母音、音声レパートリーが増加する時期、④喃語期 (5～10ヶ月): 子音+母音を組み合わせた音節 (/bababa/や/mamama/など) を発声する時期、⑤意味発話期 (10～18ヶ月): 長いイントネーションで、バブリングや意味を含む発話をする時期。Kuhl (2004) のレビュー論文では、乳児は生後3ヶ月で母語に存在する母音に類似した音声を産出するようになり、およそ生後10ヶ月で母語に特化した音素 (子音, 母音) の発声を始め、生後12ヶ月で初語を発話するようになることを示した (図1)。

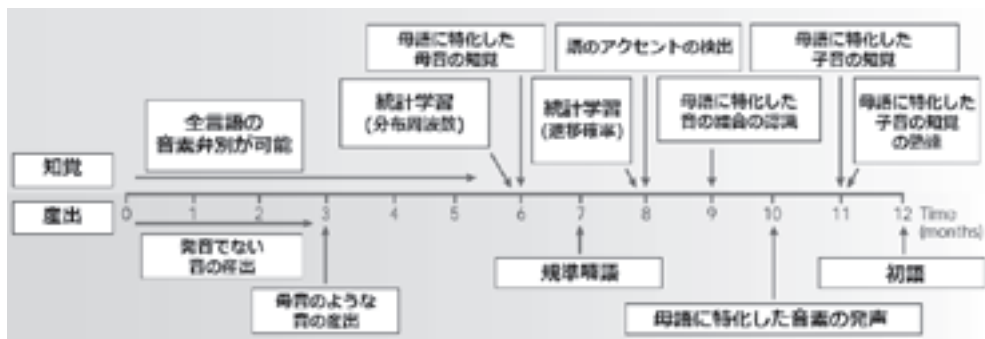


図1. 生後1年の発話知覚—産出能力の発達過程 (Kuhl, 2004 を一部改変)

2-2. 発話知覚と音声産出の関連

乳児が、発話に含まれる視—聴覚情報を統合して知覚できるようになる背景には、どのようなメカニズムが関与しているのだろうか。1つの仮説として、視—聴覚情報の統合処理は、外部の視—聴覚情報を自己の調音運動表象にマッピングすることでなされる可能性が考えられている (Kent & Vorperian, 2007; Kuhl & Meltzoff, 1984)。この仮説を支持する理論には、音声知覚の運動理論 (motor theory of speech perception) がある (Liberman & Mattingly, 1985)。

これに関連して、乳児を対象に発話知覚と音声産出との関連が検討されている。興味深いことに、自身の口形が知覚する音素と同じ状態 (/i/なら口を横に開いた状態、/u/なら唇を突き出した状態) で発話映像を観察した場合に、4.5ヶ月児は、自身の口形と一致した音素を発話する

話者に比べて、不一致した音素を発話する話者をより長く注視した (Yeung & Werker, 2013)。また、日常生活において発声の頻度が多い6ヶ月児ほど、母音の視—聴覚情報が一致した話者を選好した (Altwater-Mackensen & Grossmann, 2015)。10.5～12ヶ月児を対象とした研究では、養育者との相互作用場面において子音を発声する頻度の多かった乳児ほど、子音の弁別スコアが高い傾向にあることが示されている (DePaolis, Vihman, & Nakai, 2013)。これらの知見は、自身の調音運動 (音声産出) が、発話知覚に影響することを示唆する。一方で、発話知覚が自身の調音運動に影響する可能性を示した知見は皆無である。今後はこの点に着目した研究を進める必要があろう。

2-3. 音声模倣

母語の音素体系や語彙を獲得するためには、乳児期における音声模倣が重要な役割を果たすと考えられている (e.g., Goldstein, King, & West, 2003; Goldstein & Schwade, 2008)。音声模倣をするためには、知覚した他者の発話情報を自身の運動情報に変換する必要がある。今福 (2015) は、感覚と運動を比較照合するシステム (感覚—運動システム) が音声模倣の背景にあるメカニズムである可能性を示している。

新生児を対象とした研究では、/a/と/m/の聴覚刺激をそれぞれ提示された場合に、新生児は聴取した音声に一致した口形運動 (/a/ならば口開け、/m/ならば口閉じ) を示すことが明らかになっている (Chen, Striano, & Rakoczy, 2004)。また、3ヶ月児～5ヶ月児を対象とした研究では、乳児が3種類の母音 (/a/, /i/, /u/) の音声を模倣することが示されている (Kuhl & Meltzoff, 1996)。しかし、新生児～乳児期の音声模倣の背後にある脳神経メカニズムに関する研究はこれまでのところ皆無である。この点を検討することで、発話知覚と音声産出との関連をより詳細に明らかにすることができると考える。

2-4. 発話知覚に関わる感覚—運動システム

上述した、Liberman and Mattingly (1985) の音声知覚の運動理論は、私たちが他者の発話を知覚する際に、外部から入力された感覚情報を自身の調音 (運動) 表象と照合している可能性を提唱している。近年、この理論を支持する神経科学的知見が数多く報告されている。

まず、発話知覚に関わる脳神経ネットワークについて概観する (Bernstein & Liebenthal, 2014; 図2)。発話の音声に関連する聴覚情報は前部上側頭回 (aSTG; anterior superior temporal gyrus) で処理され、顔や口の動きなどの視覚情報は後頭皮質 (OC; occipital cortex)、中側頭領域 (MT; middle temporal area)、紡錘状回 (FFA; fusiform face area) で処理される。その後、後部上側頭回/溝 (pSTG; posterior superior temporal gyrus/sulcus) で発話の視—聴覚情報が処理され、体性運動皮質 (SMC; somatomotor cortex) で視—聴覚情報間の一致性が照合、検出される。最後に、腹外側前頭皮質 (VLPFC; ventrolateral prefrontal cortex)、背外側前頭皮質 (DLPFC; dorsolateral prefrontal cortex) で感覚—運動情報の表象や調音のための運動指令が実行される。このように、発話知覚の際には、各脳部位が連結して情報処理を行っており、外部から入力された感覚情報を自己の調音 (運動) 表象と比較照合するプロセスも関与する。

また、発話知覚と産出の関係に関わる脳神経基盤に、ミラーニューロンシステム (MNS;

mirror neuron system) が関与している可能性が議論されている (e.g., Nishitani & Hari, 2002)。例えば、発話の観察時と実行 (模倣) 時には、脳の側頭領域、下頭頂葉、下前頭回が時系列的に活動することがわかっている (Nishitani & Hari, 2002)。さらに、発話に含まれる視覚情報 (口の動き)、又は聴覚情報 (音声) を視聴時に、観察者の口元の運動誘発電位が増幅した (Murakami, Restle, & Ziemann, 2011)。これらの神経生理学的な知見は、発話知覚に感覚―運動システムが関与する可能性を示す。

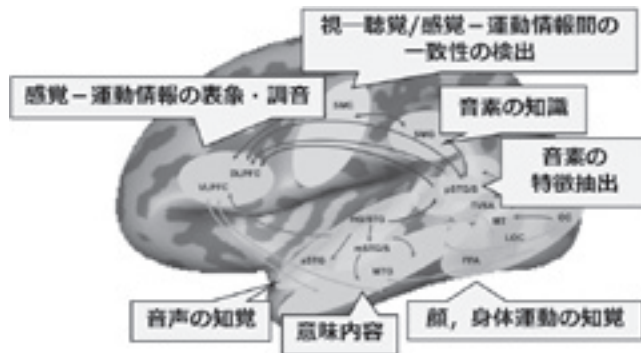


図2. 発話知覚に関わる脳神経ネットワーク (Bernstein & Liebenenthal, 2014 を一部改変)

ここまで、成人を対象とした研究を挙げたが、発話知覚に関わる感覚―運動システムはどのように発達するのだろうか。Imada et al. (2006) は、新生児、6ヶ月児、12ヶ月児が「母音/a」と「子音+母音/pa」を継時的に聴取した際の脳反応を、MEG (Magnetoencephalography) を用いてミスマッチ陰性電位 (MMN; mismatch negativity) を記録することで調べた。このMMNは、参加者が継時的に提示された2つの情報を区別していることを示す脳電位反応である。その結果、6ヶ月児、12ヶ月児は、音声産出を担うブローカ野において有意なMMNの反応を示した。6ヶ月児は、自身で子音+母音を組み合わせた音節を発声できるようになる時期である。したがって、Imadaらの研究は、音声産出経験が発話知覚時の情報処理に影響する可能性を示唆している。一方で、発話知覚の文脈ではないが、乳児において、視―聴覚情報を含む他者の行為観察経験が感覚―運動システムの発達に寄与している可能性も明らかになっている (Paulus, Hunnius, & Bekkering, 2013)。しかし、音声産出および発話知覚経験が、どのように感覚―運動システムの発達に影響しているかについては未だ不明な点が多い。今後、この可能性を加味して、発話知覚に関連する感覚―運動システムの発達過程を検証する必要があるだろう。

3. 社会的相互作用が乳児の発話知覚および音声産出に及ぼす影響

ここまで、新生児～乳児期における発話知覚の発達過程、および音声産出との関連についての知見を概観してきた。以降は、養育者や大人との相互作用 (社会的相互作用) が、乳児の発話知覚と音声産出にどのように影響しうるのかについて検討する。

3-1. 発話知覚への影響

養育者を含む大人が乳児と相互作用する場面で、言語獲得前の乳児に話しかけると、自然

に声のピッチが高くなり、抑揚のある韻律で話しかける (e.g., Fernald, 1992)。このような誇張した大人の発話スタイルは、「マザリーズ」と呼ばれている。マザリーズは、文法や語彙レベルが単純であり、ユニークな聴覚・視覚的特長をもつ。マザリーズの聴覚情報は、高いピッチ、遅いテンポ、誇張されたイントネーションなどの特徴をもち (Fernald, 1985; Grieser & Kuhl, 1988)、視覚情報は、調音ジェスチャーと社会的情動が誇張されるなどの特徴をもつ (Weikum et al., 2007)。では、マザリーズは、乳児の発達にどのような影響を及ぼすのだろうか。

マザリーズは、Natural pedagogy 理論 (Csibra & Gergely, 2009) においても取り上げられ、大人が乳児に対して自然に行う行動の代表例である。乳児は、大人の行動に含まれる顕示的シグナル (Ostensive signals) を知覚検出することで、他者から学習をする準備状態に入るとされる。顕示的シグナルの1つであるマザリーズが乳児の発話知覚に及ぼす影響については、主に聴覚刺激を用いて調べられてきた。乳児は、対成人発話 (ADS; Adult-directed speech) よりもマザリーズによる発話音声を選好し、9ヶ月児ではマザリーズ聴取時に心拍数の減速を示す (Fernald, 1985; Santesso, Schmidt, & Trainor, 2007)。この心拍数の減速は、マザリーズの発話音声に対する乳児の情動反応に伴う注意の増加を反映している可能性が考えられる。加えて、マザリーズによる発話音声は、新生児および4～13ヶ月の乳児の脳皮質活動を上昇させることも明らかになっている (Naoi et al., 2012; Saito et al., 2007)。しかし、マザリーズの視覚情報の影響に着目した研究は少ない。大人がマザリーズで乳児に話しかける際、発話の視覚情報も誇張されている点は重要である。大人が乳児に対してマザリーズで発話する際と、大人に対してADSで発話する際の、大人の口の動きを3Dモーションキャプチャで計測した研究からは、ADSに比べてマザリーズで発話する場合において、大人の口の運動量が顕著に多いことが示されている (Green, Nip, Wilson, Mefferd, & Yunusova, 2010)。マザリーズに伴う視覚情報の誇張は、乳児にどのような影響をもたらすのだろうか (今福・大橋・明和, 2016)。この点についても、今後の研究が待たれるところである。

マザリーズによる発話は、乳児の言語獲得に寄与することも明らかになりつつある。例えば、母親の使用するマザリーズの母音空間が聴覚的に誇張されているほど、乳児の子音音声の弁別能力が高くなる (Liu, Kuhl, & Tsao, 2003)。さらに、11ヶ月児または14ヶ月児と大人の1対1の日常場面において、周囲にいる大人が誇張した発話を乳児に対して長時間使用するほど、その後の乳児の語彙能力が高くなる (Ramírez-Esparza, García-Sierra, & Kuhl, 2014)。以上の知見は、大人が乳児との相互作用場面において自然に使用する発話スタイル (マザリーズ) が、乳児の発話知覚に影響し、言語発達を促進する可能性を示唆している。

3-2. 音声産出への影響

社会的相互作用は、乳児の音声産出にどのような影響を与えるのであろうか。現在までのところ、マザリーズの使用が乳児の音声産出を促すかどうかを直接的に検証した知見はない。ただし、先述したRamírez-Esparza et al. (2014) の研究は、乳児の周囲にいる大人が、乳児に対してマザリーズを使用する時間が長いほど、乳児の語彙能力が高いことを示している。マザリーズが、乳児の音声産出に即時的にどのような影響を及ぼすのかを実証的に明らかにすることも、今後の課題として重要である。

マザリーズではないが、養育者の社会的フィードバック（乳児の発声に随伴的に応答すること）が、乳児の音声産出の発達に影響する可能性が示唆されている点は興味深い（Goldstein et al., 2003; Goldstein & Schwade, 2008）。養育者が乳児の発声に対して共鳴して音声をフィードバックすると、8ヶ月児および9.5ヶ月児は音声産出の頻度を増加させて、養育者の発話に含まれる音節（母音または子音+母音を伴う音声）をより多く発声するようになる（Goldstein et al., 2003; Goldstein & Schwade, 2008）。これらの知見は、乳児の発声に対する養育者の社会的フィードバックが、乳児の音声産出を促進する可能性を示唆している。

4. 発話知覚の定型・非定型発達

発話知覚は、ヒトの言語獲得において重要な認知機能であることが示されてきた。では、発話知覚が脆弱である場合、言語獲得にはどのような影響が生じるのであろうか。本章では、発話知覚の脆弱性が報告されている対象である、自閉症スペクトラム症児および早産児の知見を挙げ、上記について検討する。

4-1. 自閉スペクトラム症における発話知覚および音声産出

自閉スペクトラム症（ASD; autistic spectrum disorder）とは、社会コミュニケーションの障害、限局した興味および常同行動の2つの主特性によって特徴づけられる発達障害である（APA, 2013）。ASD児は、発話に含まれる視－聴覚情報間の時間的一致性に対して敏感ではないことが報告されている（Bebko, Weiss, Demark, & Gomez, 2006）。Bebkoらは、社会生活適応年齢を統制した、4～6歳のASD児、1～4歳の定型発達児および4～6歳の発達遅延児を対象に、選好注視法を用いて、「ボールの動き」と「ボールが跳ねる音」、又は「口唇部の動き」と「音声」の視－聴覚情報が時間的に一致した動画および不一致した動画を画面の左右に提示し、その際の児の視線反応を記録、分析した。その結果、定型発達児と発達遅延児は、どちらの種類の映像の場合も、視－聴覚情報が一致した映像に対して視覚的な選好を示した。しかし、ASD児は、ボールの動きとボールが跳ねる音の一致性に対しては選好を示したが、口唇部の動きと音声の一致性に対しては選好を示さなかった。発話に含まれる視－聴覚統合処理の脆弱性は、青年期のASD者においても確認されている（Smith & Bennetto, 2007）。これらの結果は、ASD児が、身体運動に関連する口唇部の動きと音声という視－聴覚情報の統合処理に弱さを抱える可能性を示している。

また、生後9ヶ月の自閉症ハイリスク児（ASDの診断を受けた兄弟がいる児）を対象とした研究では、ローリスク児に比べて、マザーク効果が生じにくいことが明らかとなっている（Guiraud et al., 2012）。この結果は、発話に含まれる視－聴覚情報を統合する能力が、ASD児において乳児期からすでに脆弱である可能性を示唆する。さらに、生後6ヶ月の自閉症ハイリスク児を対象とした研究では、後にASDと診断された児において、他者が発話している映像を観察時に顔の内部（目、鼻、口）への注視時間が少ないことが明らかになった（Shic, Macari, & Chawarska, 2014）。このことは、ASD者において、言語獲得に重要な乳児期に話者に対する注意の向け方が非定型である可能性を示す。

一方で、ASD児において、発話知覚のパターンが言語発達の程度と関連することが示されて

いる (Falck-Ytter, Fernell, Gillberg, & von Hofsten, 2010)。Falck-Ytter らは、5 歳前後の ASD 児を対象に、他者の表情を観察時の児の視線反応を視線追跡装置を用いて計測した。その結果、表情の口領域を長く注視した児は、言語コミュニケーションのスコアが高いことがわかった。さらに、成人の ASD 者において、話者の口に対する注視時間が長いほど、対人適応のスコアが高いことが示されている (Klin, Jones, Schultz, Volkmar, & Cohen, 2002)。ASD 者は、話者の口唇部の動きを、コミュニケーションを行う際の手掛かりとして利用している可能性がある。

発話知覚と同様に、音声産出の発達においても、ASD 児は乳児期からその遅れが報告されている。ASD ハイリスク児とローリスク児を対象に、6, 9, 12 ヶ月時点で 5 分間の母子間相互作用中の児の発声が調べられた。その結果、ハイリスク児はローリスク児に比べて、9 ヶ月の時点で子音の発声が少なく、12 ヶ月児の時点で母音や子音を含む発声が少なかった (Paul, Fuerst, Ramsay, Chawarska, & Klin, 2011)。乳児期の音声産出は、1) 母語の音素を発声するための運動パターンの獲得や、2) 周囲の大人との相互作用において非常に重要となる (Locke, 1989)。また、先述した音声知覚の運動理論から考えると、音声産出の発達の遅れは、発話知覚の脆弱性とも関連することが予想される。したがって、ASD 児の言語獲得の様相を明らかにしていく上で、発話知覚と音声産出の双方の発達過程を同時に検証していくことが重要であろう。

4-2. 早産児における発話知覚

早産児 (在胎週数 22~37 週未満で出産した児) は、およそ予定日までの期間を、新生児集中治療室 (NICU; neonatal intensive care unit) で過ごす。NICU 環境は、医療装置等からのノイズ音や静寂の時間が多く、言語入力機会が少ない (Caskey, Stephens, Tucker, & Vohr, 2014)。他方、満期産児はこの期間を主に母親声を聴取しながら胎内で過ごす。このように、胎内・胎外経験の大きく異なる早産児と満期産児では、言語発達の道筋は異なるのであろうか。

近年のコホート研究では、早産児は満期産児に比べて、ASD リスクが高いことが報告されている (e.g., D'Onofrio et al., 2013; Johnson et al., 2010)。1980~2001 年に出生した早産児では、満期産児と比べた場合に、ASD の疾病率のオッズ比は在胎週数が短いほど高くなる傾向にあり、在胎週数 23~27 週の児で 3.2 (95%信頼区間: 2.6~4.0) である (D'Onofrio et al., 2013)。また、1990~2009 年の間に英語圏の早産児の言語発達を調べた研究をまとめたレビュー論文によると、早産児は満期産児と比較して、言語を含む認知能力の発達が遅れるという報告が多くなされている (Barre, Morgan, Doyle, FRACP, & Anderson, 2011; Foster-Cohen, Edgin, Champion, & Woodward, 2007; Landry, Smith, Miller-Loncar, & Swank, 1997; Sansavini et al., 2011)。

では、言語発達に関与することが知られている発話知覚は、早産児ではどのように発達するのだろうか。早産児を対象に、発話知覚の発達過程を調べた研究は少ない。Field, Nawrocki, Martinez, Soutullo, and Gonzalez (1994) は、選択注視法を用いて、修正月齢 3, 5, 7 ヶ月の満期産児と早産児を対象に、話者の口唇部の動きと音声時間が時間的に一致した映像と不一致した映像に対する視覚的選好を調べた。その結果、満期産児は 3 ヶ月児および 7 ヶ月児の時点で、発話に含まれる視・聴覚情報が不一致した映像に比べて、一致した映像を長く注視することが示された。一方で、早産児はそのような選好を示さなかった。このことは、7 ヶ月児までの期間において、早産児は満期産児に比べて、発話に含まれる視・聴覚情報の一貫性を検出する能力が

脆弱である可能性を示唆している。また、早産児は、新生児期から音声（聴覚）情報処理が脳機能レベルで満期産児と異なる可能性が報告されている。明和らの研究チームは、早産児と満期産児の新生児を対象に、ヒトの発話音声を聴取している際の脳血流動態反応を、近赤外分光法（NIRS; near-infrared spectroscopy）を用いて計測した。その結果、早産児は満期産児に比べて、音声刺激に対する脳血流動態反応の上昇が少ないことがわかった（Naoi et al., 2013）。今後は、早産児を対象に、1) 生後早期の音声知覚や発話知覚の能力がどのように発達していくのか、2) 乳児期の発話知覚が言語発達の予後とどのように関連するのかを、縦断的に慎重に検証していく必要がある。他方、早産児の音声産出の発達過程に関する研究は、著者の知る限り行われてこなかった。この点についても、今後の検討課題である。

おわりに

本稿で議論してきた事項を3点にまとめ、最後に今後の発話知覚研究および言語獲得との関連に関する研究について展望する。第1に、新生児～乳児期の発話知覚の発達に関する研究、および発話知覚と言語獲得との関連について知見をまとめた。その結果、生後一年間で発話知覚が発達し、それに伴い今度は話者の口唇部を注視するようになることがわかった。さらに、生後6ヶ月の時点での話者の口唇部に対する注視傾向が、後の言語発達の程度と関連することが明らかになった。これは、聴覚情報に加えて、話者の口唇部という視覚情報を巧みに利用することが、乳児の言語獲得に有益である可能性が考えられる。第2に、発話知覚の発達に関連する要因として、自身の音声産出および社会的相互作用が果たす役割について検討した。その結果、乳児期においては、調音運動（音声産出）が発話知覚に影響することを示した知見がある一方で、発話知覚が自身の調音運動に影響する可能性を示した知見はない。また、発話知覚と音声産出との関連性の背後にある脳神経メカニズムについて明らかにした知見は限定的であることがわかった。また、社会的相互作用については、大人の発話スタイルが乳児の発話知覚に及ぼす影響を調べる必要がある。第3に、発話知覚に脆弱性をもつ可能性のあるASD児とASDハイリスク児、および早産児の知見を挙げ、発話知覚と言語獲得との関連性について考察した。その結果、ASD児および早産児において、発話に含まれる視－聴覚情報を知覚処理する能力が乳児期から脆弱である可能性が示唆された。

従来の乳児期における言語獲得研究は、発話に含まれる聴覚情報の知覚のみに焦点を当てた研究がほとんどであった。しかし、日常生活における乳児－大人の対面相互作用は、多感覚情報を含んでいる。その中でも本稿は、乳児期における言語獲得を、視－聴覚情報の統合処理というダイナミックな視点から検討した。さらに、発話知覚と音声産出との関連性について、脳神経科学的知見を含めて検討することで、感覚－運動システムという感覚と運動を比較照合するシステムが両者の関係性を説明する重要な鍵となる可能性を示唆した。この感覚－運動システムの発達が、乳児期以降の言語獲得にどのように寄与しているのかについては、今後検証していきたい。また、ASD児や早産児を対象に、発話知覚と音声産出の関係性やメカニズムを調べることで、彼らの言語獲得の困難さや遅れについてより一層の理解を得られる可能性がある。様々なプロフィールをもつ児を縦断的に観察することで、発話知覚および音声産出と言語獲得との関連を明らかにすると共に、脳機能計測法を用いることで脳神経メカニズムを踏まえて、乳児期の言語獲得研究を展開する必要がある。

謝辞

本論文の執筆にあたりご指導を賜りました、京都大学大学院教育学研究科の明和政子先生に心より御礼を申し上げます。また、本論文は、平成25年度日本学術振興会科学研究費補助金(特別研究員奨励費 13J04767)の助成を受けた。

引用文献

- Aldridge, M. A., Braga, E. S., Walton, G. E., & Bower, T. G. B. (1999). The intermodal representation of speech in newborns. *Developmental Science*, 2, 42-46.
- Altwater-Mackensen, N., & Grossmann, T. (2015). Learning to match auditory and visual speech cues: social influences on acquisition of phonological categories. *Child Development*, 86, 362-378.
- American Psychiatric Association (APA). (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders: DSM-V*, 5th Edn. Washington, DC: American Psychiatric Association.
- Bahrack, L. E., Hernandez-Reif, M., & Flom, R. (2005). The development of infant learning about specific face-voice relations. *Developmental Psychology*, 41, 541-552.
- Barre, N., Morgan, A., Doyle, L. W., FRACP., & Anderson, P. J. (2011). Language abilities in children who were very preterm and/or very birth: a meta-analysis. *The Journal of Pediatrics*, 158, 766-774.
- Bebko, J. M., Weiss, J. A., Demark, J. L., & Gomez, P. (2006). Discrimination of temporal synchrony in intermodal events by children with autism and children with developmental disabilities without autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 47, 88-98.
- Bernstein, L. E., & Liebenenthal, E. (2014). Neural pathways for visual speech perception. *Frontiers of Neuroscience*, 8:386.
- Caskey, M., Stephens, B., Tucker, R., & Vohr, B. (2011). Importance of parent talk on the development of preterm infant vocalizations. *Pediatrics*, 128, 910-916.
- Chen, X., Striano, T., & Rakoczy, H. (2004). Auditory-oral matching behavior in newborns. *Developmental Science*, 7, 42-47.
- Csibra, G., & Gergely, G. (2009). Natural pedagogy. *Trends in Cognitive Science*, 13, 148-153.
- DePaolis, R. A., Vihman, M. M., & Nakai, S. (2013). The influence of babbling patterns on the processing of speech. *Infant Behavior and Development*, 36, 642-649.
- D'Onofrio, B. M., Class, Q. S., Rickert, M. E., Larsson, H., Långström, N., et al. (2013). Preterm birth and mortality and morbidity: a population-based quasi-experimental study. *Formerly Archives of General Psychiatry*, 70, 1-10.
- Falck-Ytter, T., Fernell, E., Gillberg, C., & von Hofsten, C. (2010). Face scanning distinguishes social from communication impairments in autism. *Developmental Science*, 13, 864-875.
- Fernald, A. (1985). Four-month-old infants prefer to listen to motherese. *Infant Behavior and Development*, 8, 181-195.
- Fernald, A. (1992). Human maternal vocalizations to infants as biologically relevant signals: An evolutionary perspective. In *The Adapted Mind*; Barkow, J.H., Cosmides, L., Tooby, J., Eds.; Oxford University Press: New York, UK, pp. 391-428.
- Field, T., Nawrocki, H., Martinez, A., Soutullo, D., & Gonzalez, J. (1994). Full-term and preterm infants' perception of face-voice synchrony. *Infant Behavior and Development*, 17, 447-455.
- Foster-Cohen, S., Edgin, J. O., Champion, P. R., & Woodward, L. J. (2007). Early delayed language development in very preterm infants: evidence from the MacArthur-Bates CDI. *Journal of Child Language*, 34, 655-675.
- Goldstein, M.H., King, A.P., & West, M.J. (2003). Social interaction shapes babbling: testing parallels between birdsong and speech. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100, 8030-8035.

今福：乳児期における発話知覚の機能およびメカニズムとその定型・非定型発達

- Goldstein, M. H., & Schwade, J. A. (2008). Social feedback to infants' babbling facilitates rapid phonological learning. *Psychological Science*, 19, 515-523.
- Green, J. R., Nip, I. S. B., Wilson, A. M., Mefferd, A. S., & Yunusova, Y. (2010). Lip movement exaggerations during infant-directed speech. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 53, 1529-1542.
- Guiraud, J. A., Tomalski, P., Kushnerenko, E., Ribeiro, H., Davies, K., Charman, T., et al. (2012). Atypical audiovisual speech integration in infants at risk for autism. *Plos One*, 7, 1-6.
- Imada, T., Zhang, Y., Cheour, M., Taulu, S., Ahonen, A., & Kuhl, P. K. (2006). Infant speech perception activates broca's area: a developmental magnetoencephalography study. *Neuroreport*, 17, 957-962.
- 今福理博. (2015). 乳児期における音声模倣のメカニズムとその発達過程. 京都大学大学院教育学研究科紀要, 61, 229-241.
- Imafuku, M., & Myowa-Yamakoshi, M. (2012). Action-scanning and language-acquisition patterns in human infants. XVIII Biennial International Conference on Infant Studies, Minneapolis, Minnesota, USA.
- 今福理博・大橋喜美子・明和政子. (2016). 大人の発話スタイルが乳児の顔注視行動に与える影響：歌いかけ（Infant-Directed Singing）に着目して：音声研究.
- Johnson, S., Hollis, C., Kochhar, P., Hennessy, E., Wolke, D., & Marlow, N. (2010). Autism spectrum disorders in extremely preterm children. *The Journal of Pediatrics*, 156, 525-531.e2.
- Kent, R. D., & Vorperian, H. K. (2007). In the mouths of babes: Anatomic, motor, and sensory foundations of speech development in children. In R. Paul (Ed.), *Language disorders from a developmental perspective: Essays in honor of Robin S. Chapman* (pp. 55-81). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Klin, A., Jones, W., Schultz, R. T., Volkmar, F. R., & Cohen, D. J. (2002). Visual fixation patterns during viewing of naturalistic social situations as predictors of social competence in individuals with autism. *Archives of General Psychiatry*, 59, 809-816.
- Kuhl, P. K. (2004). Early language acquisition: cracking the speech code. *Nature Reviews Neuroscience*, 5, 831-843.
- Kuhl, P., & Meltzoff, A. N. (1982). The bimodal perception of speech in infancy. *Science*, 218, 1138-1141.
- Kuhl, P. K., & Meltzoff, A. N. (1984). The intermodal representation of speech in infants. *Infant Behavior and Development*, 7, 361-381.
- Kuhl, P. K., & Meltzoff, A. N. (1996). Infant vocalization in response to speech: vocal imitation and developmental change. *Journal of the Acoustical Society of America*, 100, 2425-2438.
- Kushnerenko, E., Teinonen, T., Volein, A., & Csibra, G. (2008). Electrophysiological evidence of illusory audiovisual speech percept in human infants. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105, 11442-11445.
- Landry, S. H., Smith, K. E., Miller-Loncar, C. L., & Swank, P. R. (1997). Predicting cognitive-language and social growth curves from early maternal behaviors in children at varying degrees of biological risk. *Developmental Psychology*, 33, 1040-1053.
- Lewkowicz, D. J., & Hansen-Tift, A. M. (2012). Infants deploy selective attention to the mouth of a talking face when leaning speech. *Proceedings of the National Academy of the United States of America*, 109, 1-6.
- Liberman, A. M., & Mattingly, I. G. (1985). The motor theory of speech perception revised. *Cognition*, 21, 1-36.
- Liu, H.-M., Kuhl, P. K., & Tsao, F.-M. (2003). An association between mothers' speech clarity and infants' speech discrimination skills. *Developmental Science*, 6, F1-F10.
- Locke, J. L. (1989). Babbling and early speech: continuity and individual differences. *First Language*, 9, 191-205.
- McGurk, H., & MacDonald, J. (1976). Hearing lips and seeing voices. *Nature*, 264, 746-748.
- Murakami, T., Restle, J., & Ziemann, U. (2011). Observation-execution matching and action inhibition in human primary motor cortex during viewing of speech-related lip movements or listening to speech. *Neuropsychologia*, 49, 2045-2054.
- Naoi, N., Fuchino, Y., Shibata, M., Niwa, F., Kawai, M., Konishi, Y., et al. (2013). Decreased right temporal activation and increased

- interhemispheric connectivity in response to speech in preterm infants at term-equivalent age. *Frontiers in Psychology*, 4, 1-13.
- Naoi, N., Minagawa-Kawai, Y., Kobayashi, A., Takeuchi, K., Nakamura, K., Yamamoto, J., et al. (2012). Cerebral responses to infant-directed speech and the effect of talker familiarity. *NeuroImage*, 59, 1735-1744.
- Nishitani, N., & Hari, R. (2002). Viewing lip forms: cortical dynamics. *Neuron*, 36, 1211-1220.
- Patterson, M. L., & Werker, J. F. (1999). Matching phonetic information in lips and voice is robust in 4.5-month-old infants. *Infant Behavior and Development*, 22, 237-247.
- Patterson, M. L., & Werker, J. F. (2003). Two-month-old infants match phonetic information in lips and voice. *Developmental Science*, 6, 191-196.
- Paul, R., Fuerst, Y., Ramsay, G., Chawarska, K., & Klin, A. (2011). Out of the mouths of babes: vocal production in infant siblings of children with ASD. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 52, 588-598.
- Paulus, M., Hunnius, S., & Bekkering, H. (2013). Neurocognitive mechanisms subserving social learning in infancy: Infants' neural processing of the effects of others' actions. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 8, 774-779.
- Pons, F., Lewkowicz, D. J., Soto-Faraco, S., & Sebastián-Gallés, N. (2009). Narrowing of intersensory speech perception in infancy. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106, 10598-10602.
- Ramírez-Esparza, N., García-Sierra, A., & Kuhl, P. K. (2014). Look who's talking: speech style and social context in language input to infants are linked to concurrent and future speech development. *Developmental Science*, 17, 880-891.
- Saito, Y., Kondo, T., Aoyama, S., Fukumoto, R., Konishi, N., Nakamura, K., et al. (2007). The function of the frontal lobe in neonates for response to a prosodic voice. *Early Human Development*, 83, 225-230.
- Sansavini, A., Guarini, A., Savini, S., Broccoli, S., Justice, L., Alessandrini, R., & Faldella, G. (2011). Longitudinal trajectories of gestural and linguistic abilities in very preterm infants in the second year of life. *Neuropsychology*, 49, 3677-3688.
- Santesso, D. L., Schmidt, L. A., & Trainor, L. J. (2007). Frontal brain electrical activity (EEG) and heart rate in response to affective infant-directed (ID) speech in 9-month-old infants. *Brain and Cognition*, 65, 14-21.
- Shic, F., Macari, S., & Chawarska, K. (2014). Speech disturbs face scanning in 6-month-old infants who develop autism spectrum disorder. *Biological Psychiatry*, 75, 231-237.
- Smith, E. G., & Bennetto, L. (2007). Audiovisual speech integration and lipreading in autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 48, 813-821.
- Stoel-Gammon, C., & Menn, L. (1997). Phonological development: learning sounds and sound patterns. In: Gleason, JB., editor. *The Development of Language* (pp. 69-121). Needham Heights, MA: Allyn & Bacon.
- Weikum, W. M., Vouloumanos, A., Nawarra, J., Soto-Faraco, S., Sebastián-Gallés, N., & Werker, J. F. (2007). Visual language discrimination in infancy. *Science*, 316, 1159.
- Yeung, H. H., & Werker, J. F. (2013). Lip movements affect infants' audiovisual speech perception. *Psychological Science*, 24, 603-612.
- Young, G. S., Merin, N., Rogers, S. J., & Ozonoff, S. (2009). Gaze behavior and affect at 6 months: predicting clinical outcomes and language development in typically developing infants and infants at risk for autism. *Developmental Science*, 12, 798-814.

(日本学術振興会特別研究員 教育方法学講座 博士後期課程 3 回生)

(受稿 2015 年 9 月 1 日、改稿 2015 年 11 月 4 日、受理 2015 年 12 月 24 日)

乳児期における発話知覚の機能およびメカニズムと その定型・非定型発達

今福 理博

発話知覚はヒトの言語獲得に寄与することが明らかになりつつある。また、発話知覚の脆弱性と、言語獲得の困難さが関連している可能性も指摘されている。さらに、発話知覚は、音声産出と関連することや、社会的相互作用の違いによって変化することが議論されている。ヒトの発話知覚は、いつ、どのように発達するのだろうか。本稿は、(1) 新生児～乳児期の発話知覚の発達および言語獲得との関連についての研究、(2) 発話知覚の発達に影響しうる要因を検証した研究、および(3) 発話知覚の脆弱性についての研究をまとめ、今後の研究の方向性について論じた。

Functions and Mechanisms of Speech Perception in Infants and the Typical and Atypical Development

IMAFUKU Masahiro

It is becoming clear that speech perception contributes to language acquisition in humans. In addition, relationships have been noted between speech perception vulnerabilities and difficulties of language acquisition. Furthermore, speech perception was shown to be associated with vocal production and to vary with social interaction. When and how does speech perception develop in humans? This paper presents a summary of (1) research on the relationship between development of speech perception from the neonatal period to infancy and language acquisition, (2) research on factors affecting development of speech perception, and (3) research on speech perception vulnerabilities, along with a discussion of the directions for future research.

キーワード： 発話知覚、言語獲得、音声産出、感覚—運動システム、乳児期

Keywords: Speech perception, Language acquisition, Vocal production, Sensory-motor system, Infancy