

# 乳幼児の言語理解能力の他 覚的検査法の開発

小山 幸子 [北海道大学電子科学研究所／准教授]  
竹内 文也 [北海道大学医学部保健学科／准教授]  
白石 秀明 [北海道大学病院小児科／医員]  
香坂 忍 [北海道大学病院小児科／医員]  
中根 進児 [北海道大学病院検査・輸血部／臨床検査技師]  
桑野 晃希 [北海道立工業試験場製品技術部／研究職員]  
板倉 昭二 [京都大学大学院文学研究科心理学研究室／准教授]  
竹市 博臣 [独立行政法人理化学研究所和光研究所産業連携チーム／専任研究員]

## 背景・目的

言葉獲得は幼児期の重要な発達課題である。遅滞が認められる場合には、主たる原因が受容(理解)にあるのか、表出(発話)にあるのかを明らかにすることが有用である。脳波(事象関連脳電位)を用いた従来の言語能力の評価では、1) 検査時間が長い、2) 体の動きなどのアーチファクトによる影響が大きい、という理由で乳幼児の言語理解能力検査法として広範に適用することには困難がある。本研究では、これらの問題に対応するために我々が開発した脳波検査法(Takeichi et al., 2007)をてんかんを持つ児童に適用した。

## 内容・方法

北海道大学病院小児科の外来を受診し、定期的に脳波検査を実施しているてんかんを持つ9名の児童を対象とした。刺激として「かさ地蔵」および「はちすけいなり」の朗読音声を用い、インサートフォンを介して児童の両耳に呈示した。児童が興味を示す無音のビデオの鑑賞時に計測を行い、音刺激に対する課題を与えなかった。音刺激にはすべて m 系列(2値の擬似乱数)による変調を施した劣化音声を用いた。すなわち、擬似乱数できまるタイミングで、刺激談話の一部を無音区間(ギャップ)に置き換えた。ギャップは、単語・音素・モーラといった言語的な単位とは無関係に置換挿入した。刺激の50%の部分がギャップに置換されたが、成人では全体としての意味を理解することはできる。理解不可能な音声の逆再生呈示も行い、順再生時における結果と比較することで談話理解に関連する脳活動の成分の抽出を試みた。実験者が把握しているギャップを挿入したタイミングにあわせて、誘発反応を記録可能であると考えた。

## 結果・成果

信号の検出にあたっては、劣化音声を聴取させながら計測した脳波と、ギャップのタイミングをきめる m 系列の相関を計算してギャップに対する応答成分を検出した。これは逆相関(reverse-correlation)ないしは相

互相関(cross-correlation)とよばれる方法にあたり、ギャップごとに意味処理に関する信号がでていれば高い相関、そうでなければ低い相関となることに基づく。談話理解関連信号が、ギャップに対してある一定の時間遅れすなわち潜時をもって得られる場合は、m 系列と脳波の間に潜時に対応するずれ(遅延時間)を設けて計算したときに高相関となる。したがって、m 系列と脳波の遅延時間を連続的に変化させながら相関を計算すると、遅延時間がちょうど信号の潜時に対応するところで相関が極大となってピークができ、逆に頂点での m 系列と脳波の遅延時間から反応の潜時がわかる。このように計算される相関の時系列を相関関数というが、相関関数は談話理解関連信号の時間的な変化を表すと考えられる。ここでは循環相互相関関数を求めた。

知能、生活年齢の違いによるデータの分散を抑えるために4から8歳の5名(男児4名、女児1名)の児童のデータを解析対象とした。記録された脳波と m 系列との循環相互相関を各被験者で求めた。次に、循環相互相関を被験者間で加算をし、AMUSE アルゴリズムを用いて独立成分分析を施し、19個の成分の頭皮上における相関分布および相関波形を求めた。その結果、相関の時間遅れ700ms に順再生と逆再生の間に差を有する独立成分が得られた。頭皮上分布は前頭部、中心部、および右後頭部に優位なピークが認められた。成分得点の相対的な大きさ、および、600ms 付近まで順再生と逆再生の間に差が小さいことから、眼球運動等のアーチファクトではなく、脳由来の信号と考えた。てんかん部位の異なる5名の参加者の加算平均を行っているために特定の参加者のてんかん波を反映した成分とも考えにくい。ただし、得られた差が200ms の時間帯にわたっているのは解析対象となった児童に年齢あるいは知能レベルのばらつきによる影響の可能性があり、今後の検討が必要である。

これまでに我々が成人で得た知見では相関の時間遅れ400ms に理解関連成分が得られ(Takeichi et al., 2007)、成分の再現性も確認している(竹市ら, 2008)。700ms の時間遅れは児童の談話処理が成人よりも時間を要することを反映している可能性がある。健常児童は成人と比較して P300 などの認知機能に関する事象関連電位成分の潜時が遅れて出現することが報告されている(Fuchigami et al., 1995; Polich et al., 1990)。本研究の参加者の年齢は4から8歳で比較的低く、知能指数が正常の範囲にない児童も含まれているために、成人とは異なる談話理解をしていた可能性もあるため、この点については今後の検討が必要である。

本研究では、脳波検査を定期的に行うにもかかわらず、てんかん波は健常の脳波よりも大きいために脳波による認知機能検査が困難なてんかん児童を対象として、意味理解の成否に関する独立成分を得た。これは、短時間に高いノイズ耐性を持つ脳波検査が実施できる可能性を示している。

## 今後の展望

現在、他覚的に乳児の言語理解を検査する方法は確立されていない。言語発達の遅延は早期介入が有効なために、本手法による臨床検査を確立すると、児童の言語発達障害の改善に大きく貢献できる可能性がある。今後、人数、症例の蓄積が望まれる。個々人の理解能力を検討することが必要となるために、アーチファクト除去方法を検討する必要がある。また、電極間のコヒーレンス解析および非線形解析を実施し、複数の解析結果を組み合わせることで結果の信頼性を高めたい。本手法は新たな設備および教育投資が不要であるために臨床検査として国内外への広範な普及が期待できる。