研究概要報告書

（ / ）

研究題目	子供の聴覚認知機能の発達と音楽訓練の影響　ヒト聴覚誘発脳磁場を用いた検討	報告書作成者	藤岡孝子
研究従事者	藤岡孝子		
研究目的	ヒト聴覚機能は音楽や言語の認知メカニズムの基礎である。脳磁図（magnetoencephalogrpahy, MEG）は全く非侵襲的な検査法であり、優れた時間分解能と空間分解能を活かして、様々な音に対する精巧な聴覚脳内表現を探ることに適している。本研究では最近の成人ヒト聴覚野に対する研究成果に基づき、音の脳内表現が学齢期の子供においていかに発達するかに焦点をあてる。この発達過程についての研究は全く新規であり、さらに継続的な音楽訓練がこの発達過程に与える影響についても検討することが長期的な目的である。 聴覚誘発脳磁場は聴覚誘発脳波とともに各個人の脳内発達について重要な情報を含んでいる。一般に、成人の聴覚誘発脳磁場の典型的な反応パターンは 20 歳前後で獲得され、音刺激から 1 秒以内に陰性および陽性の電位が数回反転する様子が脳波および脳磁反応で記録される。この反応波形はどのような音刺激にたいしても全体的に保持されるが、それぞれ陰性陽性のピーク潜時と振幅は異なる音刺激に対して若干異なり、それぞれの音に対する認知過程や注意状態を反映していると考えられている。また、先行研究において、成人音楽家では訓練を行った楽器音に対する0.1秒以内の反応が訓練を受けなかった楽器音に比して特別に強化されていることが示されており、訓練効果は非常に個人の経験に特化していると考えられている。一方、子供の聴覚誘発反応は、成人のそれとはかなり異なり、年齢とともにゆるやかな発達過程をたどることが脳波研究により知られている。しかし年齢と誘発反応の関係が明らかになってはいるものの、短期間における特殊な音楽訓練が子供の誘発反応に与える影響についてはまったく知られていない。 本研究はロットマン研究所における研究従事者の日本および他研究者との長期共同研究プロジェクトの一部と位置づけることができ、音楽訓練を始めたばかりの前学齢期（4, 5、6歳児）と対照群児童を対象として、脳磁場記録を行った。特に短期間の音楽訓練により、年齢にともなう誘発反応の発達が何らかの形で加速される或いは対照群と異なる変化を示すのではないかとの仮説に基づき、訓練している楽器とそうでないノイズ音に対する聴覚誘発脳磁場反応を 1 年間で 4 回記録し、その経時的変化に着目したデータ解析を行った。ただし、研究の長期性に由来し、本報告時点では全ての記録を終えていないことから、報告内容は解析中のデータにもとづく。		

研究概要報告書

（ / ）

研究内容	音楽や言語の認知には複雑な脳内ネットワークが関与していると考えられているが、その基礎は耳から入ってきた音がどんな音であるか認識する聴覚メカニズムにある。特に、音楽認知に最も重要な音の特徴は音高と音色であり、これらは音信号の時間周期性と周波数特性に対応している。音高、音色、また言語音の脳内表現は左右両半球の聴覚野によって機能の統合と分化が行われていると一般に考えられているが、言語および音楽能力の獲得過程と脳の発達の相互関係についてのわれわれの知識は十分ではない。 本研究ではこれまでの文献および著者自身の研究成果における成人音楽家の聴覚機能が強化されている事実から出発し、音の脳内表現がいかに前学齢期および学齢期の子供において発達していくかを明らかにすることを試みた。3歳ごろから奨励される音楽英才教育ではしばしば早期の才能開花が認められるが、通常の子供では、その音楽認知能力は長い時間をかけて発達する（12歳前後）。しかるに継続的な音楽訓練が聴覚野の発達過程に与える影響は非常に大きいと考えられる。さらに、統合的な認知過程の発達は学校教育の影響および人格形成過程の影響をまぬかれない。したがって、理想的には音楽訓練効果と脳発達の関係は大きくわけて前学齢期（4－6歳）、早期学齢期（7－9歳）、後期学齢期（10－12歳）において研究されるべきである。現在著者はこのような長期計画にもとづき、共同研究を進めている。まず、第一段階としてカナダおよび日本における音楽教育が前学齢期（4～6歳）の子供を主に対象としていることから、今回の研究内容はこれらの被験者における聴覚誘発脳磁場の１年間における経時的変化と左右両半球間差についての脳磁場記録と解析結果を示す。 図１は脳磁場記録の風景を示す。文献では、児童の脳磁場誘発反応における基礎研究報告はてんかん患者に対する検査報告に比して非常にまれである。その主な理由は脳磁場記録には不可欠である長時間（数分以上）の記録時間中、静粛と不動を要求することが児童にとって比較的困難であることといえる。しかし、脳磁計は非侵襲であるうえ、稼動音および身体への物理的影響がゼロ、脳波に比して左右差が観察されやすいという児童発達研究にとっては有利な点を多く備えている。著者は子供および保護者にたいする事前のコンサルテーションおよび記録中のコミュニケーションを綿密に行い、また各被験者の好みの映像を見せて覚醒および注意状態をコントロールすることにより、子供における覚醒時の20分間4ブロックの脳磁記録を可能とした。 図2は一度のセッションにおける脳磁場誘発反応（4ブロックの記録）の一例である。150チャンネルの磁場信号を左右半球にわけて提示してある。このデータに基づき、聴覚反応起源を等価電流双極子法をもちいて求め、全チャンネルの磁場信号をこの反応起源で最大に説明するよう変換（Source Space Projection法）さらに左右両半球でのM100，200（および250）、M450におけるピーク潜時を各セッション各被験者に対して解析した。

研究概要報告書

（ / ）

研究のポイント	本研究では、子供の聴覚脳機能における音楽訓練効果の直接的な影響を生理学的に脳磁場計測をもちいて検証するという点が新規である。さらに、経時的変化を各個人にたいして追跡するといった研究デザインにより、他に報告されている児童期の誘発反応の多様性の影響をできるだけ排除するという工夫が特長である。 音楽訓練については、ただ一般に音楽教育とされているものをどれも採用するのではなく、スズキメソッド（日本においては才能教育と呼ばれている）の正規授業に参加している被験者のみを扱った。スズキメソッドは世界で3大音楽教育法のひとつに数えられ、日本の才能教育研究会が認定した教師が世界中で同一の教法、教本により訓練を行っていることが特長である。したがって、訓練方法および最初の1年間に児童が習得するあるいは経験する音楽の質および量は学校や教師による差が著しく少ないと考えられる。 データ解析では、誘発反応の経時変化を定量的に評価することが主な特徴としてあげられる。
研究結果	図3に音楽訓練中の児童の反応例、図4に対照群の1児童の反応例をあげる。聴覚誘発脳磁反応は現在も記録、解析が行われているが、図の解説に示したように、各個人におけるピークを左右聴覚反応別々に評価、追跡することが可能である。解析の終了した例がいまだ少ないことから（スズキ5例、対照3例）、群間の差は評価できていないが、音楽訓練中の児童で誘発反応ピークの経時変化が若干加速、また左右差が開くことが観察されている。
今後の課題	今後のデータ記録、解析により、グループ間あるいは音楽および認知能力との相関を調べ、総合的な成果発表を行いたい。 論文準備中 Fujioka T, Trainor LJ, Ross B, Kakigi R, Pantev C. tentative title “Developmental change and lateralization of auditory evoked responses to musical and non-musical stimuli”

説 明 書

図１：5 歳児における聴覚誘発脳磁場記録風景

解説：被験者はベッドに背を下にして横になり、頭部を全頭型脳磁計に差し込む。ヘッドフォン（透明プラスティックチューブとフォームからなり、チューブの終端はスピーカーにつながれているもの）を両耳に装着している。5分間の 1ブロックは 100回の音刺激（ヴァイオリン音またはノイズ音）からなり、各刺激に対し2ブロック、計４単位記録を行う。

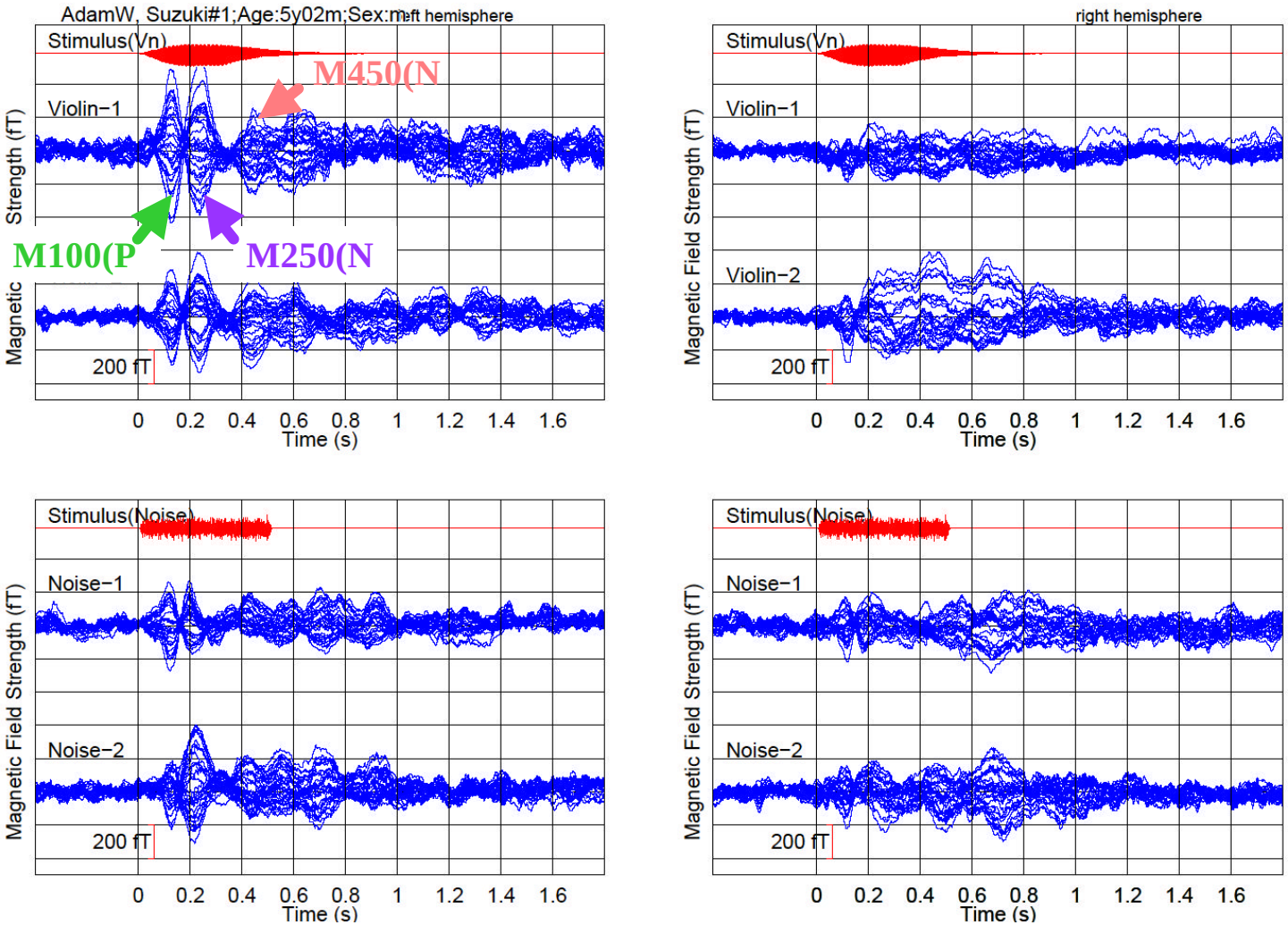


図 2:1 度の脳磁場記録セッションにおける平均波形（150 チャンネル脳磁計の各信号を重ね書きしたもの）

解説：ヴァイオリン音刺激およびノイズ音刺激を 2 ブロックにわけて記録。M100(P)ピークは陽性極性、M250(N)陰性、M450(N)陰性を示す。

これらのピークをすべて最適に表現する聴覚反応起源を左右半球に各一つずつ Equivalent Current Dipole 法によって求め、その時間経過を示すものを 150 チャンネルデータからSource Space Projection 信号空間投影法によって変換して求める。

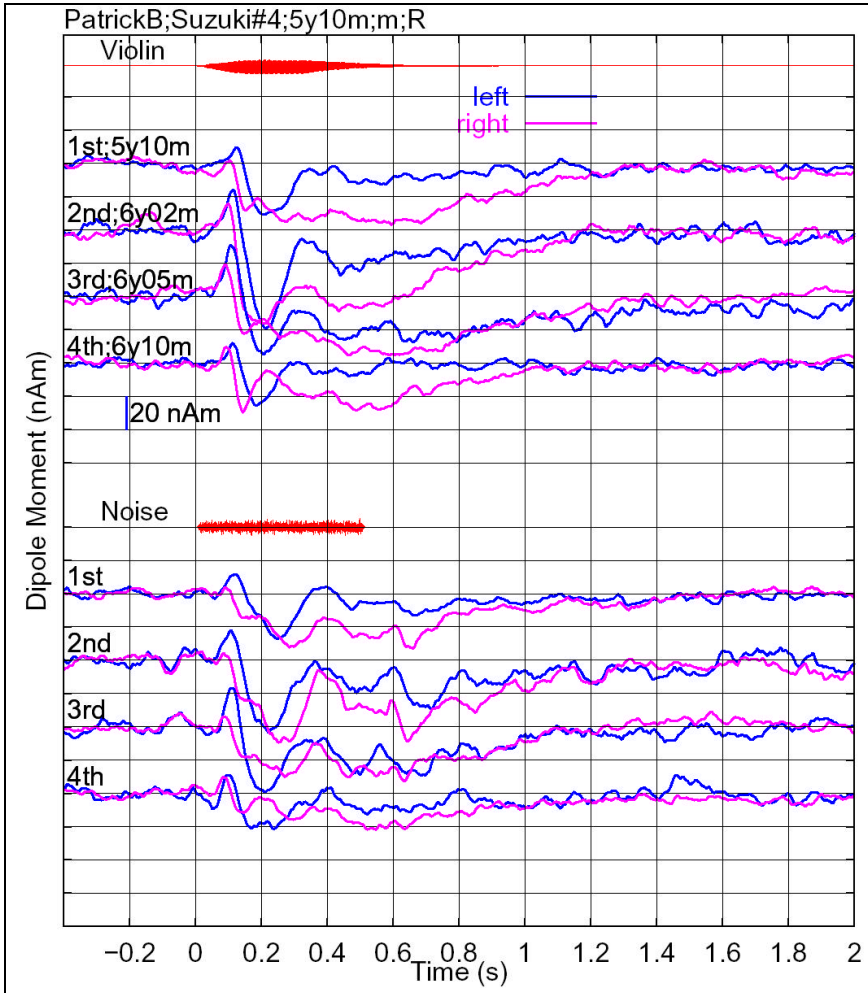


図３: 音楽訓練中の５歳児の１年間における聴覚誘発脳磁場の発達事例 被験者 PB :才能教育スズキメソッドでヴァイオリンを習得中）

赤 :脳磁場を誘発する音刺激（上部　ヴァイオリンの音、下部 :ノイズ音）

ブルー :左半球聴覚野、 ピンク:右半球　それぞれ4回の脳磁場記録における反応

解説： 脳波を用いた文献にみられる典型的な５歳児の聴覚反応に全体的に相似、そのうえ各潜時のピークとその極性が左右半球間で非常に差があることが脳磁記録によって明らかに見て取れる。この例では左右半球間差が軽微ではあるが１年間内に広がっていく様子が見られる。

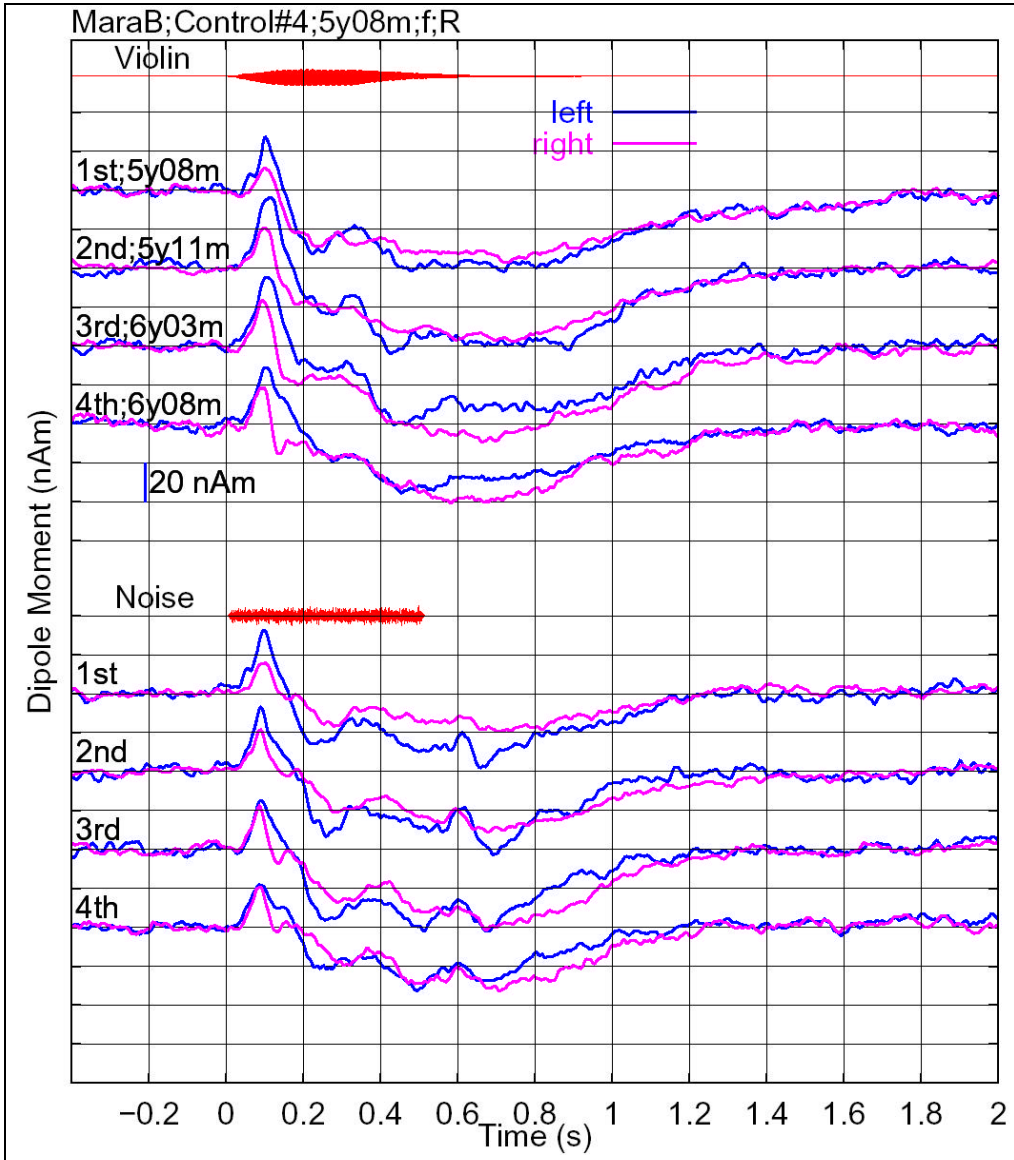
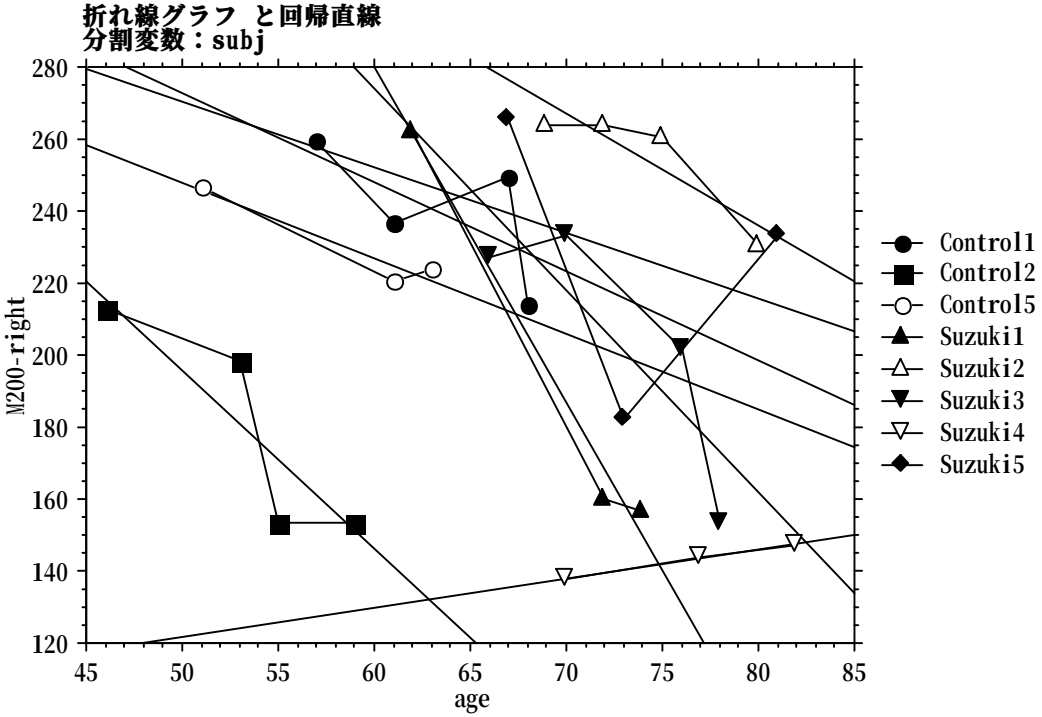


図４：音楽訓練に従事しない５歳児の１年間における聴覚誘発脳磁場の発達事例（被験者 MB）

解説：この例では左右半球間差が存在するが１年間内にはあまり変化がない様子が見られる。



M200-right = 396.791 - 2.48 * age; R^2 = .433 (Control1)
M200-right = 443.84 - 4.962 * age; R^2 = .778 (Control2)
M200-right = 352.335 - 2.09 * age; R^2 = .928 (Control5)
M200-right = 484.424 - 3.103 * age; R^2 = .794 (Suzuki2)
M200-right = 81.306 + .807 * age; R^2 = .991 (Suzuki4)
M200-right = 835.406 - 9.265 * age; R^2 = .983 (Suzuki1)
M200-right = 610.637 - 5.609 * age; R^2 = .723 (Suzuki3)
M200-right = 360.995 - 1.816 * age; R^2 = .092 (Suzuki5)

図５:回帰直線グラフ例（右半球 M200 ピーク潜時のデータ） 各被験者のピーク潜時をプロットし、回帰直線をそれぞれ求めている。

解説：このグラフでは１例を除く7 名で有意な回帰直線が求められている。詳細を解析中ではあるが、M200 潜時が 1年間で早くなっていく様子、またスズキヴァイオリン習得中の被験者についてそのスロープが若干早い様子が見て取れる。グループ間差の有意性は今後の記録と解析を待たねばならない。

（注：フローチャート図，ブロック図，構成図，写真，データ表，グラフ等 研究内容の補足説明にご使用下さい。）