

平成22年6月1日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19500447
 研究課題名（和文）乳児に適用される補聴器の機能の選択・評価・推薦方略
 研究課題名（英文）Selection, Evaluation and Recommendation Strategies of hearing aid for infants
 研究代表者 立入 哉（TACHIIRI HAJIME）
 愛媛大学・教育学部・教授
 研究者番号：90294777

研究成果の概要（和文）：乳児期での聴覚障害児の発見ができるようになった。乳児に特有の外耳道の狭さに着目し、外耳道内の音圧をベースに聴力の把握を行い、また補聴器特性の評価を行う方法について実証的研究を行った。加えて、デジタル補聴器に特有の指向性マイク、雑音抑制機能の乳児への適用の可否について、音響的側面と明瞭度から評価を行った。

研究成果の概要（英文）：Children with hearing difficulty can be found in thier infancy. Focusing on specific narrow infant ear canal, we know based on the hearing of the ear canal sound pressure, empirical research conducted on how to evaluate hearing aid's performance. In addition, we evaluated directional microphone and noise reduction features on digital hearing aids in aspects of sound quality and word clarity.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	900,000	270,000	1,170,000
2008年度	500,000	150,000	650,000
2009年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	2,000,000	600,000	2,600,000

研究分野：聴覚障害児教育学

科研費の分科・細目：リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：補聴器，実耳，乳児

1. 研究開始当初の背景

近年、新生児聴覚スクリーニング検査が全国で行われるようになり、平成17年度では乳児の受検率は65%に達したことが報告されている

（三科;2006）。新生児聴覚スクリーニング検査の普及に伴って難聴の診断年齢が最早期化したことにより、0歳6ヵ月前から補聴器の装用を開始する子どもの数が急速に増え始めている。こ

の分野において先駆的試みを続けている米国コロラド州では、聴覚障害乳児に対して4カ月から補聴器の装用を開始し、10カ月までには安定して常時装用が可能な状態になるよう装用指導を行っている。対して、わが国においては未だ乳児の補聴器の選定手順が明確でなく、そのために補聴器の適切な装用効果が得られているか不明確な状況にある。

補聴器の選択にあたって、1.形の選択、2.周波数特性の選択、3.機能の選択の3つの選択が必要になる。1は立入(2004)、2はPhilip Newallらによって十分な検討がなされてきた。しかし3については機能の選択については、未だ十分な検討が行われていない。これらには、デジタル補聴器のデジタル信号処理機能の性能が年々向上されつつある一方で、この機能評価が十分に行われていないことも背景にある。

また乳児の補聴器選択において考慮すべき関連事項として、乳児のための左右耳別の純音聴力の測定法(富澤;2003)、乳児の小さな外耳道における音響変数、すなわち実耳特性によるRECD値(real-ear-to-coupler difference)の算入(Scollie and Seewald;2002)、さらに乳児の聴覚的発達評価を補聴器の適合評価に組み入れることが課題として挙げられる。

このように、乳児のデジタル補聴器の適合において必要となる聴力の評価、実耳特性の測定、補聴器装用による発達評価の観点を含めた機能の選択に関する、乳児のための推薦方略を開発することは、新生児聴覚スクリーニング後の乳児の聴覚的発達を保障する上できわめて重要と思われる。本研究の取り組みは、乳児へのデジタル補聴器の選択・推薦方略を提案することを主な目的とするものである。

2. 研究の目的

第一の目的として、乳児の実耳特性に応じた増幅特性の選択・検証を行うために、SPLフィッティング法を導入することを挙げ、以下の

(1)から(6)の研究を行った。

(1)乳児の純音聴力の音圧レベル(SPL)への換算法、(2)デジタル補聴器におけるRECDによるREAG推定の検証、(3)乳児のRECDの測定、(4)デジタル補聴器を装用した乳児のきこえの発達評価の開発である。

第二の目的として、デジタル補聴器の機能の推薦にあたって、(5)乳児が生活する環境でのデジタル補聴器の指向性と雑音抑制機能について評価を行い、特に、(6)生活環境音と雑音抑制機能に関する評価実験を通し、指向性と雑音抑制機能の使用と設定方略を明らかにした。

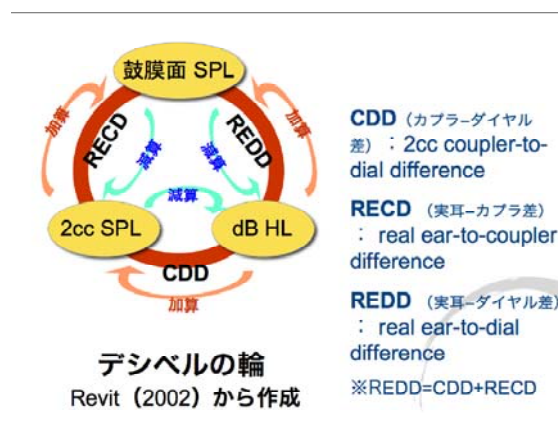


図1. デシベル換算の図

3. 研究の方法

(1) 乳児の実耳特性に対応した聴力閾値を測定し、補聴器の出力レベルとの直接比較を行うため、図1のデシベル換算理論(Revit;2002)に基づいて純音閾値の音圧レベルへの換算を行った。

聴覚障害をもつ1~2歳児23名を対象に、3Aインサートイヤホンを使用した聴力測定法(VRA; Visual Reinforcement Audiometry)を施行し、左右耳別の反応閾値(dBHL; オーディオメータのダイヤル値)を測定した。反応閾値にはCDD値(2cc coupler-to-dial difference)を加算し、2ccカプラ内音圧レベルへ換算を行った。換算された反応閾値をノンリニア補聴器の

周波数特性図に重ね合わせることで、反応閾値上の補聴器の増幅特性の検証を試みた。

(2) デジタル補聴器の外耳道内の増幅特性を推定する新たな手法として、実測したRECD値を用いたカプラ利得換算により、実耳利得(REAG:real-ear aided gain)を信頼性高く推定できるか、複合音信号を入力信号に用いて実験的に検証した。

(3) 乳児と成人では外耳道容積が大きく異なるため、乳児へのデジタル補聴器の特性処方においてはRECD値を組み入れることで、実耳特性の影響値を知ることができると予測される。インサートイヤホンと実耳測定用プローブチューブマイクロホンシステム (Frye electronics社 FP35) を組み合わせて、0歳児4名のRECDの実測を試みた。

(4) 補聴器を装着した乳児の聴覚的発達を追跡的に評価することを目的に「0歳からの聴覚発達質問紙; 日本語版EASD(early auditory skill development for special populations)質問紙」を作成し、補聴器を装着した乳幼児に適用した。

(5) 予め8カ月から6歳までの乳幼児15名の保護者に対し、日常生活上で気になる雑音または音のレベルが強い環境はどのような環境・場面であるかを尋ねた。その場面のうち、もっとも騒音レベルが高かった3環境を設定し、この環境下で5場面を設定した。これらの場面に、45° 間隔で8本のマイクを環状にセットし、8チャンネルデジタルレコーダに収録し、これを実験用テープとした。防音室内に、45° 間隔で8ヶのスピーカを環状にセットし、8チャンネルデジタルレコーダに収録された実験用テープを再生し、この環の中心に評価用補聴器をセットした。補聴器は、指向性/雑音抑制機能をそれぞれ、OFF/OFF, ON/OFF, OFF/強, ON/強の4設定とした。これら4設定条件下での補聴器再生音をデジタルテープレコーダで録音した。

評価用テープから各機能が十分に働いている区間にある特定の音が含まれる共通の一定

時間区間を、各設定条件について切り出した。その後、波形を絶対振幅で比較後、1/3オクターブ分析平均化処理を行った。

(6) 田中・白石 (2009) の研究で分類された音をもとに、4環境音を設定し、これらの場面に、45度間隔で8本のマイクを環状にセットし、8チャンネルデジタルレコーダを用いて環境音を録音した。67式語音聴力検査用語表の中から、「ア〇ア〇」という4単音の無意味単語になるように無作為にカナを選び、単語リストを16個作成した。作成されたテープを同時に再生して、8チャンネルデジタルレコーダを用いて語音をch1に録音し、環境音をch2~8に録音し、語音と環境音が共に録音されたテープを作成した。防音室内に45度間隔で8個のスピーカを環状にセットし、作成された音源を再生し、この環の中心に評価用補聴器をセットした。雑音抑制をoff・弱・中・強の4つの設定条件で補聴器を設定し、各設定条件下での補聴器再生音をリニアPCMレコーダで録音した。録音されたテープを防音室内のスピーカから再生し、10人を対象に語音の明瞭度の検査を行った。

4. 研究成果

(1) インサートイヤホンによって測定した各耳の反応閾値を、2ccカプラ内音圧レベルに換算することにより、反応閾値とノンリニア増幅を行うデジタル補聴器の出力特性を直接、比較することが可能となった (図2)。

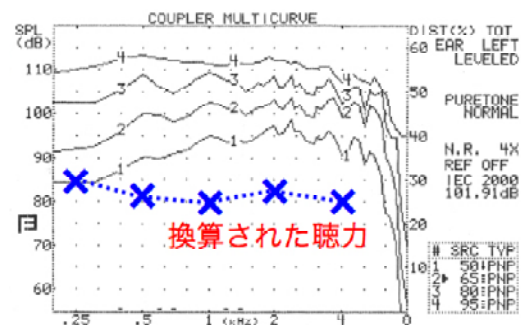


図2.カプラ内音圧レベルへの聴力閾値の換算

補聴器装着時とインサートイヤホン装着時のイヤモードによる実耳特性は同一とみなせる。本手法は、乳幼児のRECD値の大小に関わらず、反応閾値と補聴器の出力特性を同じデシベル尺度上での比較を可能にした（図3）。

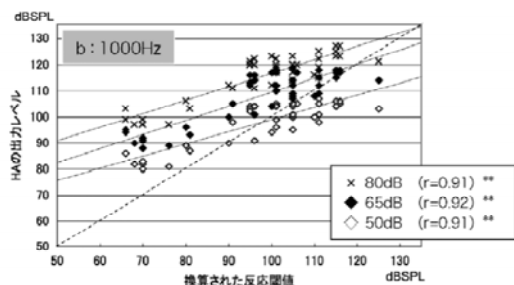


図3. 換算された聴力閾値と補聴器の出力レベル

(2) 実測したRECD値により、4000Hzまではデジタル補聴器によるREAGをカプラ利得から換算によって推定できることが明らかとなった。

(3) 本手法によるRECD測定法が、乳児に適用可能であることが示された（図4）。RECD値は、500Hzから4000Hzにかけて増す傾向がみられた。



図4. 実測された乳児のRECD

(4) EASD質問紙は、0～2歳代の聴覚的発達を5つの発達段階によって評価する全39項目の質問紙である。

発達段階1として、「大きな音に対するはっきりとした反応（驚く、動きをとめる、声を出す、目を大きく見開く、まばたきをする）がある」「養育者の声に対するはっきりとした反応がある」などの聴性反応の項目が含まれる。発達段階3には、「もっとあそんでほしい、楽しいことを続けてほしいときに、養育者に声を発す

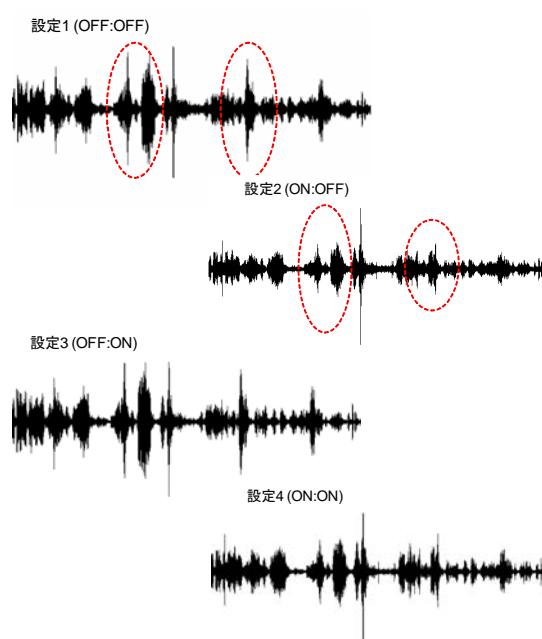


図5. 各設定下における補聴器再生音

る」「周囲の音の状況に変化があると、何が起きたのか気にする」「音あそび（拍手パチパチ、手をふる、おもちゃをたたく、簡単な声あそびなど）を繰り返し楽しむ」などの前言語期の項目が含まれる。発達段階5には、「身振りなしで、ことばによる簡単な指示を理解できる」「ところどころに指さしや身振りなどを交えながら、文らしきことばを話す」「目の前にない物について、その物の名前を挙げて話す」などの言語期の項目が含まれる。

補聴器装用児を含めた乳児に本質問紙を実施したところ、継時的な聴覚的発達を評価する上で有用であることが示された。

(5) 図5は公園のブランコ近くで子どもが遊んでいる場面を設定を変えて測定した例である。設定2（ON/OFF）では、指向性機能により側方からの音が抑制されていることがわかり、設定3では（OFF/ON）では静音時の定常ノイズが抑制されていることが観察できた。また設定4（ON/ON）は相乗効果が観察できた。それぞれの機能について、生活環境下でも抑制が働いていることが観察できたが、その抑制の程

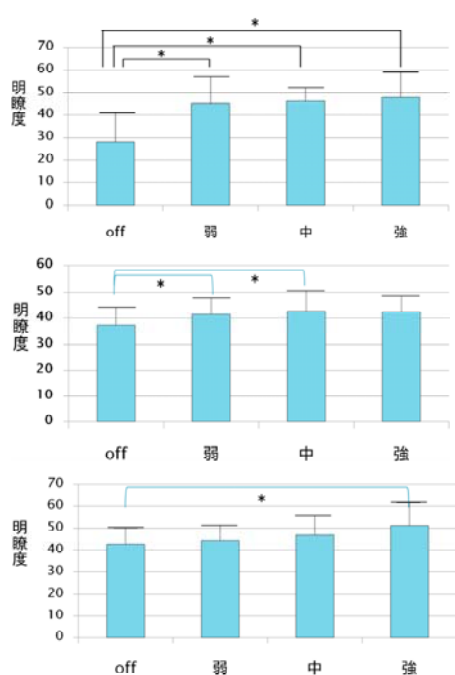


図6.音環境による雑音抑制機能の効果

度は僅かであり、騒音抑制機能については極めて限られた音源が特定の環境下でのみ機能していることが観察できた。

(6)図6に設定した音環境下について、雑音抑制機能の設定を変えた時の明瞭度の変化（一部）を掲載した。これらより、雑音抑制機能は音環境によって、明瞭度に対する貢献があると言えるが、音源や設定の状態などによって効果が有意とは言えない状態もあることが観察できた。生活環境音では特定条件で明瞭度に有意差ありと言えるが、装用者の主観的感想も含めると、明瞭度より、装用者の「快適性」に対する貢献が観察され、「快適性」「装用感」を指標とした評価は今後の課題とした。

本研究が推奨する手順は、乳児期の閾値測定からデジタル補聴器の増幅効果の検証、聴覚的発達面の評価までの一連の過程を含む。インサートイヤホンによるSPLフィッティングを中核とするもので、2ccカプラ内音圧レベル上で聴力閾値と補聴器の出力特性を比較することによって、補聴効果を検証する理論を基礎におく。

特にノンリニア増幅によるデジタル補聴器の適合において、従来の補聴器装用下の閾値測定からは読み取ることができない閾値上の増幅特性を評価可能にした点において臨床上的意義がみとめられる。

また今回、RECD値の実測により乳児の実耳特性の影響値を把握し、さらに質問紙によって0歳時から発達的变化を記述できることが示された。乳児に特有な外耳道の小ささに伴う音響変数の把握した上で、0歳段階から聴覚的発達を追跡可能にした本手順は、乳児期の補聴器適合の曖昧さや増幅不足を回避する上で有用と思われる。

0歳8〜9ヵ月時には、インサートイヤホンによって左右耳別に聴力閾値を測定可能となることを考え合わせると、満1歳前には、デジタル補聴器選択から適切な増幅効果が得られているか否か、左右耳別に検証できる可能性が示唆されたことになる。本手順は、補聴器装用による聴覚的発達を含め、新生児聴覚スクリーニング検査後の乳児のデジタル補聴器の選択手順としての利用が期待される。

補聴器の機能の選定と調整については、指向性と雑音抑制の2機能とも、音響的にも明瞭度の点でも効果があることが確認できた。

これらの機能の利用と設定については、聴覚情報処理のそもそも保有している機能を補完する機能であるから積極的に利用すべきであるとの考えと、乳幼児の音環境の学習には、抑制される音の中にも「意味ある音」が含まれており、使用を控えるべきだとの消極論が存在する。

今回の実験から、指向性機能には明確な効果があること、しかし、それは後方からの音が聞こえなくなるほどの効果ではないとの結果が得られたこと、雑音抑制機能については、すべての生活環境音を抑制するわけではなく、効果がある雑音は設定にもよるが限定的であり、効果がある設定と雑音であれば明瞭度が向上することが明らかになった。つまり、日常生活

音の学習を阻害する可能性は低いと思われ、
両機能とも、利用に対して消極的であるべきと
の論を肯定する結果ではなかった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計2件)

- ①富澤晃文、加藤大典、聴覚障害乳幼児におけるノンリニア補聴器の特性評価の一手順—カプラ内音圧レベルへの閾値換算を用いて—、Audiology Japan、査読有、51(5),2008,648-655
②立入 哉、青木弘依、乳児に適用される補聴器の形の選択と入出力特性の設定について、Audiology Japan、査読有、51(4),2008,235-240

〔学会発表〕(計8件)

- ①堀内直貴、立入 哉、生活環境下における雑音抑制機能について、愛媛ヒアリング研究会、2010.3.7、愛媛大学
②立入 哉、新しい補聴器、調整とその機能、愛媛ヒアリング研究会、2010.3.7、愛媛大学
③富澤晃文、小児に対する補聴器のフィッティング、小児難聴に対する診断・治療の最前線、厚生労働科学研究・研究成果等普及啓発による成果発表会、2010.2.20、東京大学
④富澤晃文、0歳からの障害児教育のための聴覚発達質問紙—EASD日本語化の試み—、日本教育オーディオロジー研究会総会、2010.1.11、愛媛大学
⑤富澤晃文、坂田英明、デジタル補聴器の外耳道内利得推定法の検討—複合音信号を入力音源にしたREAG推定の試み—、日本聴覚医学会、2009.10.23、新横浜プリンスホテル
⑥富澤晃文、木下眞理、富澤文子、加藤大典、坂田英明、外耳道内における補聴器の利得推定法の検討—カプラ利得とRECD・MLEによるREAGの推定—、日本聴覚医学会、2008.10.2、明治記念館
⑦立入 哉、音響補償が必要な子どもたち：その支援法の現状、日本音響学会2008年秋季研究発表会スペシャルセッション、2008.9.11、九

州大学

- ⑧富澤晃文、木下眞理、富澤文子、加藤大典、乳幼児の装用するノンリニア補聴器の利得特性の検証—2ccカプラ内音圧レベルに換算された反応閾値との関連から—、日本聴覚医学会、2007.10.4、名古屋国際会議場

〔図書〕(計1件)

- 立入 哉、フォナック・ジャパン、教師のためのガイドブック、学校生活ときこえ、2009、5ページ

6. 研究組織

(1)研究代表者

立入 哉 (TACHIIRI HAJIME)
愛媛大学・教育学部・教授
研究者番号：90294777

(2)研究分担者

富澤 晃文 (TOMIZAWA AKIFUMI)
目白大学・保健医療学部・専任講師
研究者番号：80433671

三科 潤 (MISHINA JYUN)
東京女子医科大学・医学部・准教授
研究者番号：602777192
(H20～H21；連携研究者)