

## 資料

## 聴覚障害乳幼児における補聴効果の検証手順について —インサートイヤホンを使用した visual reinforcement audiometry の応用—

富澤 晃文\*・加藤 靖佳\*\*

聴覚障害乳幼児における補聴器適合手順に聴力測定を応用する一手法について、その意義を検討した。聴覚障害乳幼児 37 名（0 歳 10 カ月～2 歳 5 カ月）を対象に、新たな試みとして、①インサートイヤホン装着下の VRA (visual reinforcement audiometry) を施行した。インサートイヤホンはほぼ全例において装着可能であり、同イヤホンの使用によって、半数以上の被検児の各周波数における反応閾値を、左右の耳ごとに測定できた。被検児の振り向き反応が保持されれば、再現性のある聴力測定が可能であり、被検児の反応閾値は発達に伴って下降しない傾向が示された。本手法によって得られた左右別のオーゾグラムは、補聴器の特性処方にも有用と思われた。②補聴器装用下の VRA においても、左右別の反応閾値の測定が可能であった。①と②の組み合わせは、聴覚障害乳幼児における補聴効果の検証法として有用であった。

キー・ワード：聴覚障害乳幼児 VRA インサートイヤホン 補聴効果

### I. はじめに

厚生省（現厚生労働省）は、1998 年に新生児聴覚スクリーニングと療育体制に関する研究班を発足させ、実践的な研究を進めてきた（子ども家庭総合研究事業，1999<sup>9)</sup>；2000<sup>7)</sup>；2001<sup>8)</sup>；2002<sup>9)</sup>）。現在、自動 ABR (auditory brainstem response：聴性脳幹反応) や OAE (otoacoustic emissions：耳音響放射) を利用したスクリーニング検査は、産科などの医療施設に急速に広まりつつあり、公的事業として取り組みを始めた自治体もある。米国では、すでに 38 州において新生児聴覚スクリーニングと療育の法制化がなされているが、今後、わが国においても難聴の診断は生後 6 カ月までになされるようになり、聴覚障害児の療育開始年齢は 0 歳代にまで早期

化すると見込まれる。

聴覚学習の立場から考えると、早期からの補聴器適合は、療育の土台として極めて重要である。今日の代表的なリニア補聴器の規定選択法の多くは、オーゾグラムの最小可聴閾値をベースに目標とする利得／周波数特性を算出する (Byrne & Dillon, 1986<sup>2)</sup>；Byrne & Parkinson, 1990<sup>3)</sup>；MacCandless & Lyregaard, 1983<sup>10)</sup>；Seewald, 1992<sup>17)</sup>；1995<sup>18)</sup>）。これまで、乳幼児の聴覚補償においては、子ども自身から得られる情報が限られているという困難点があったが、乳幼児においても信頼性の高い閾値情報を得ることができれば、成人に準じた補聴器の特性処方が可能となる。したがって、乳幼児聴力検査の信頼性を向上させることは、新生児聴覚スクリーニングの体制化が進む現在、まさに喫緊の課題であると思われる。これまで本邦で広く使用されてきた乳幼児の聴力検査法に、条件詮索反応聴力検査 (COR；conditioned

\*学校法人日本聾話学校（併設：難聴幼児通園施設ライシャワ・クレマ学園）

\*\*筑波大学心身障害学系

orientation response audiometry)がある(荻場, 1960<sup>13)</sup>; 1961<sup>14)</sup>)。CORは、被検児の音源への振り向き反応の条件づけ(条件詮索反応)を利用した方法で、3歳未満児の定量的な聴力測定を可能にした世界で最初の画期的な検査法であった。CORの原法は、被検児の左右にスピーカと視覚報酬を設置して、被検児の(音→光)への振り向き反応から反応閾値を判定する。被検児に対し、音の検知と音源定位を同時に求める検査法であるといえる。一方、欧米ではLiden and Kankkunen (1969)の報告を機に、CORの原理を基礎とした検査法が、visual reinforcement audiometry (以下、VRAとする)として発展してきた(Gravel, 2000<sup>4)</sup>; Widen, 1993<sup>21)</sup>)。VRAは提示音源をスピーカと限定せず、視覚報酬を被検児の90度の一方のみに設置するというシンプルな手続きをとることから、CORとは区別すべきであるとされている(Gravel, 2000<sup>4)</sup>)。VRAは、被検児に音源定位を求めずに純粋に反応閾値の測定のみを求めるため、音源定位が困難な場合がある聴覚障害児の聴力測定法として、より適切な手法と思われる。

補聴効果の検証<sup>註1)</sup>において、最も重要な情報は鼓膜面における増幅量である。この検証法には、a) インサージョンゲイン(挿入利得)を測定する方法、b) ファンクショナルゲインを測定する方法(大沼, 1984<sup>15)</sup>; 1996<sup>16)</sup>)、および、c) 音響カプラ内の増幅特性を基本として、「実耳-音響カプラ間の周波数特性の差(RECD: real-ear to coupler difference)」と「マイクロホンの位置による影響」によって補正する方法(Seewald, 1992<sup>17)</sup>; 1995<sup>18)</sup>)の3つがある。a)とc)が物理学的測定法であるのに対し、b)は、音場における補聴器装着下の最小可聴閾値と裸耳聴力との差を、心理学的な聴力測定によって各周波数ごとに求める方法であり、わが国では広く用いられている。

本研究は、乳幼児における補聴効果の検証を取り上げ、ファンクショナルゲインの算出に必要な「インサートイヤホン装着下のVRA」と

「補聴器装着下のVRA」の2点について重点的に論じる。インサートイヤホン(insert ear-phones)は、気導受話器との互換性を考慮したチューブ型イヤホンであり、ANSIとISOで規格が定められている。同イヤホンは気導受話器に比べて軽量であり、低年齢児への装着の負担が少ないことが知られており(Fig. 1)、スピーカによる検査法と比べると、1)左右の耳に別々に刺激音を提示できる、2)提示音圧が、距離・頭位・周辺物の影響を受けない、3)高度難聴児を被検児とした場合に条件づけに必要な閾値上の高出力音を提示しやすい、また気導受話器と比べると、4)両耳間移行減衰量が大いという特徴がある。よって、乳幼児聴力検査におけるインサートイヤホンの導入は、補聴器の特性処方とともに補聴効果の検証においても有用であろう。わが国では、インサートイヤホンを使用した乳幼児聴力検査について、筆者らの報告(富澤・加藤・木下・宮川・中川, 1999<sup>20)</sup>)があるのみで、補聴器フィッティングの観点から論じた報告は少ない。そこで本研究は、VRAを補聴器適合手順に応用する一手法について、その意義を検討することを目的とした。特に、インサートイヤホン装着下のVRAによって反応閾値を測定する方法、および補聴器装着下のVRAとの組み合わせによって補聴効果を検証する方法について考察する。



Fig. 1 インサートイヤホンを装着した2歳児

Table 1 当施設におけるインサートイヤホンの出力値と較正值の比較

周波数	125	250	500	1000	2000	4000	8000	(Hz)
較正值	96.5	84.5	76.0	70.0	72.5	70.0	66.5	(dB SPL)
出力値(R)	110.7	89.4	74.3	72.8	74.5	72.7	65.3	"
" (L)	109.8	88.0	73.2	71.1	75.5	73.2	62.4	"

※ 較正值は、ANSI S3.6-1996 and ISO 389-2 1994による、当施設におけるオーディオメータ (Interacoustics, AC-30) によるダイヤル値 70dB 時のインサートイヤホンの出力値を、FONIX-6500CX で 2 cc HA-1 カプラ内にて測定した。

Table 2 当施設におけるインサートイヤホンの最大出力値

周波数	125	250	500	1000	2000	4000	8000	(Hz)
ダイヤル値	85	105	115	125	120	120	85	(dB HL)
出力値(R)	123.8	124.5	115.8	127.0	124.3	122.2	80.3	(dB SPL)
" (L)	123.7	123.0	114.8	125.5	125.0	122.2	77.2	"

※ 当施設のオーディオメータ (Interacoustics, AC-30) によるインサートイヤホンの最大出力値を、FONIX-6500CX で 2 cc HA-1 カプラ内にて測定した。上記以上のダイヤル値では、入出力の線形性が失われ、歪みが生じた。

## II. 方法

聴覚障害乳幼児を対象に、①インサートイヤホン装着下の VRA を施行し、裸耳聴力のアセスメントを左右の耳ごとに行った。①で得られた反応閾値に基づき、音声レベルを閾値上の快適レベルに増幅することを目標に、補聴器の電気音響的諸特性の仮設定を音響カプラ (2 cc coupler) 上で行った。続いてファンクショナルゲインの検証のために、②補聴器装着下の VRA を施行した。

### 1. 対象児

A 難聴幼児通園施設に通園する 2 歳 6 カ月以下の聴覚障害乳幼児のうち、重複障害を伴わない 37 名 74 耳 (男児 18 名, 女児 19 名) を分析対象とした。VRA による初回検査時年齢は 0 歳 10 カ月～2 歳 5 カ月 (平均=1 歳 8 カ月, SD=6.3 カ月) まで分布しており、この時点で 23 名はすでに補聴器の装用を開始していた。

### 2. 検査手続き

1) ①インサートイヤホン装着下の VRA : 検査は、防音室内で保護者同室の下、検査者 2 名 (測定者 1 名, 測定補助者 1 名) にて行った。JIS で較正されたオーディオメータ (Inter-

acoustics, AC-30) にインサートイヤホン (E-A-RTONE™ 3 A insert earphones) を接続し、被検児の耳内に挿入したフォーム材イヤチップ (あるいは耳かけ形補聴器用イヤモールド) を通して検査音を提示した。インサートイヤホンの出力値は、予め補聴器特性検査装置 (Frye Electronics, FONIX-6500 CX) を用いて 2 cc カプラ (HA-1) 内で測定し、ANSI / ISO の示す較正值との差を確認し (Table 1)、被検児の反応閾値をオーディオグラム上に記録できるようにした。刺激周波数は、初期の聴力の評価において重要となる 250～4000 Hz とした。Table 2 に、各周波数におけるインサートイヤホンの最大出力値を示した。視覚報酬は被検児の右 90 度の一方向に設置した。測定者はオーディオメータを操作し、被検児の視覚報酬への振り向き反応を指標に反応閾値を判定した。測定補助者はオモチャ等で被検児の注意を引き、検査音が提示されていない間、被検児が視覚報酬の方向を見続けられないようにした。なお初回の検査開始前には、測定補助者が被検児と 15 分ほどあそび、レポートの形成に努めた。Fig. 2・Fig. 3 に、インサートイヤホン装着下の VRA の検査場面の

様子を示した。

2) ②補聴器装着下のVRA:オーディオメータからの出力信号を、被検児の前方1mに設置したスピーカから提示した。検査音源には、オーディオメータ付属の振音(warble tone)を使用した。スピーカからの出力音圧は騒音計(C特性)で予め測定し、ISO.R-226に従って音圧レベル(dBSPL)から聴力レベル(dBHL)へ換算し、反応閾値をオーディオグラム上に表記できるようにした。反応閾値測定のための基本的な検査手順は、1)に従った。

### 3. 分析項目

①インサートイヤホン装着下のVRAについて、検査法としての実用性を評価するため、「インサートイヤホンの装着可能率」、「測定可能率」、「反応閾値の経時的変化」を検討した。「インサートイヤホンの装着可能率」は、測定終了時まで、被検児がイヤホンを嫌がらずに装着できた場合を「装着可能」とした。「測定可能率」は、初回から検査音と視覚報酬との条件付けが成立し、安定した反応閾値が3点以上測定できた者を「(条件づけ)成立群」とし、検査回数の積み重ねによっても、条件付けが成立しなかった者を「不成立群」とした。それ以外の者を「準成立群」とした。「反応閾値の経時的変化」は、1kHzにおけるVRAの反応閾値を、遊戯聴力検査による聴力確定時の値と比較した。

②補聴器装着下のVRAについては、①と同様に「測定可能率」を検討した。また、音場で



Fig. 2 インサートイヤホン装着下のVRA(1)

の検査においては、被検児の近距離に位置する保護者・測定補助者が提示音圧に影響を与えると思われる。そこで、「検査場面における同室者が音圧に与える影響」の大きさを知るために、模擬的に検査場面を再現して騒音計で測定を行った。

### III. 結果と考察

#### 1. インサートイヤホン装着下のVRAについて

インサートイヤホンの装着可能率を、Fig. 4に示した。「装着可能」が25名(68%)、「(当初は嫌がっていたが)検査継続によって装着可能」が10名(27%)、「装着不可(嫌がる)」が1名(3%)、「当初から気導受話器が装着可能」が1名(3%)みられた。インサートイヤホンは、被検児の検査者・検査環境への慣れにしたがって、装着可能となることが示された。

インサートイヤホン装着下のVRAの測定可能率を、(音→光)の振り向き反応の観点から「(条件づけ)成立群」「準成立群」「不成立群」の3群に分けて、Fig. 5に示した。「成立群」19名(51%)は、振り向き反応が保持し、安定した反応閾値の測定が可能であった。「準成立群」13名(35%)には、振り向き反応が保持しなかった者が4名、振り向き反応が過度に頻繁であり、反応閾値の判定が困難であった者が2名みられ



Fig. 3 インサートイヤホン装着下のVRA(2) 聴取可能な検査音が提示されると、被検児は視覚報酬の方向へ振り向いた。

た。また、検査回数の積み重ねによって次第に条件づけが成立するようになった者が7名みられた。この7名については、検査者・検査環境への慣れと補聴器装用によって聴覚学習の経験が積まれたことが、輻輳して条件づけ形成に貢献したと推察された。一方で、「不成立群」5名(14%)には、全例において100 dBHL以上の聴力レベルが推測され、このうち2名は長期にわたって中耳炎を併発していた。また、視覚報酬を怖がったために検査が成立しなかった者が、1名みられた。一般に、難聴の程度が重度であるほど、補聴器装用による音情報の受容には厳しさが増すと考えられるが、実生活上での音を受容する経験の少なさと、検査場面において閾値よりも十分に強い刺激音圧が提示されにくい状況は、条件づけ形成に不利に影響すると思われた。

以上から、全体のおよそ半数の被検児は、初回から安定した反応閾値の測定が可能であり、

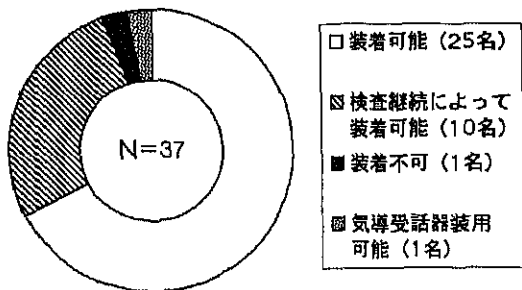


Fig. 4 インサートイヤホンの装着可能率

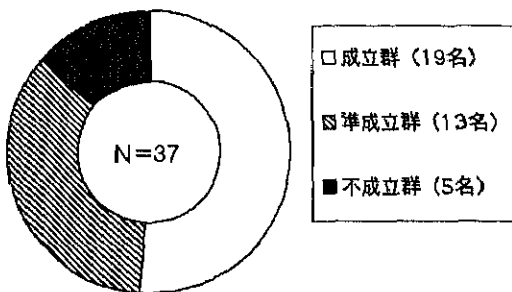


Fig. 5 VRAの測定可能率(インサートイヤホン装着下)  
条件付けの成立/不成立を示した。

さらに検査回数の積み重ねによって測定可能となる者が増していくことが示された。本手法によって得られたオージオグラムの例を、Fig. 6・Fig. 7に示した。インサートイヤホンは、

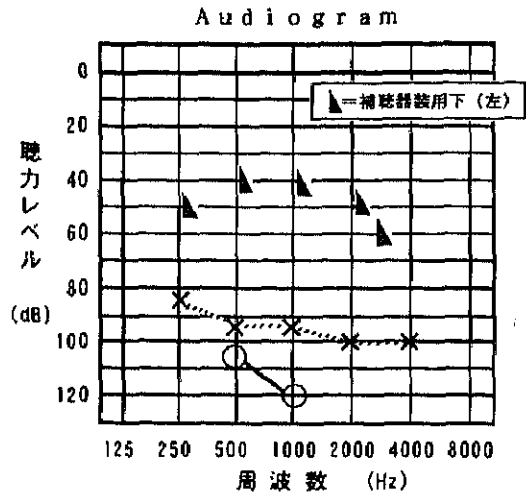


Fig. 6 A児(0歳11カ月、女児)のオージオグラム  
裸耳と補聴器装用下の検査を、同日に施行した。黒の三角印は、左補聴器装用下の反応閾値を示す。右耳は外耳の炎症のため、補聴器の装用を休止している。

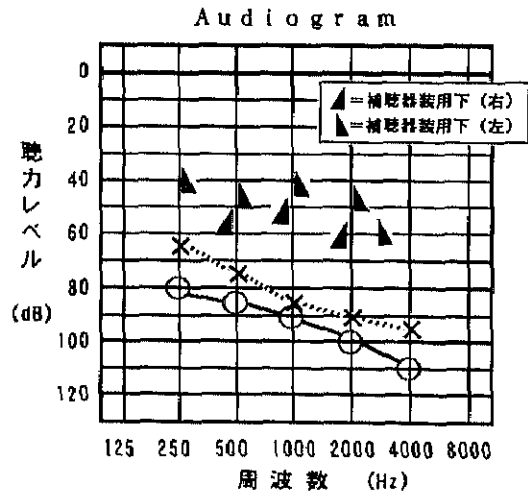


Fig. 7 B児(2歳3カ月、男児)のオージオグラム  
裸耳と補聴器装用下のVRAを、別日に施行した。黒の三角印は、左右の補聴器装用下の反応閾値を表す。本児のティンパノグラムは、両側ともA型(正常型)であった。

気導受話器の装着が困難な3歳未満の聴覚障害乳幼児においても装着可能であり、被検児の振り向き反応が保持すれば、左右の耳ごとに、各周波数における裸耳聴力の反応閾値を測定できることが明らかとなった。インサートイヤホン装着下のVRAは、これまで我が国で広く行われてきたスピーカを用いた音源提示法に比べ、左右別に反応閾値を測定できた点に加えて、音場での測定に伴う距離・頭位・周辺物の影響による誤差を全て解消できた点においても、その有用性が示されたといえる。一方で、インサートイヤホンの使用によって、スピーカに比べて強い音圧を提示可能となったにも関わらず、「不成立群」が5名みられたことも留意すべきと思われる。VRAにおける条件づけ形成のプロセスには、予備測定時に閾値よりも強い刺激音圧が必要とされるだけでなく、被検児自身が実生活を通して聴覚を活用する経験が重要であり、検査機器上の工夫のみによって、被検児から正反応を引き出し得ないと考えられた。

## 2. 聴覚障害乳幼児における反応閾値の経時的变化について

「(条件づけ) 成立群」のうち、すでに遊戯聴力検査によって聴力が確定した14名28耳について、1 kHzにおける反応閾値の経時的变化を検討した (Fig. 8)。1・2歳時の反応閾値を、3～4歳時の気導受話器による確定時聴力と比

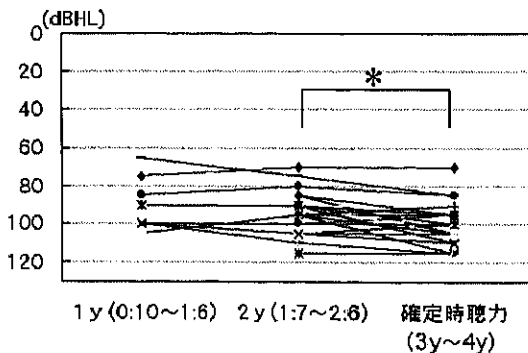


Fig. 8 1 kHzにおける反応閾値の経時的变化  
「(条件づけ) 成立群」のうち、すでに遊戯聴力検査によって聴力が確定した14名28耳による、(\*  $t=3.5$   $p<.01$ )

較した。健聴児を対象とした先行研究 (Gravel, 2000<sup>9)</sup>; 加我・田中, 1978<sup>5)</sup>; 荻場, 1961<sup>13)</sup>) は、子どもの発達に伴って反応閾値が下降することを報告しているが、聴覚障害乳幼児における反応閾値は大きく変化しないか、あるいは上昇する傾向がみとめられた。t検定の結果、確定時聴力(平均=99.8 dBHL)は、2歳時(1:7~2:6)の反応閾値(平均=94.6 dBHL)に比べて有意に閾値が高かった( $t=3.5$   $p<.01$ )。発達に伴って反応閾値が下降しなかったという今回の結果は、感音難聴児59名の反応閾値を追跡調査した青木らの報告(青木・小林, 1987<sup>11)</sup>)と同様の傾向であった。

聴覚障害乳幼児の反応閾値が発達に伴って下降しなかった点について、いくつかの要因が影響したと考えられる。第一に、内耳性難聴によってダイナミック・レンジが狭小化していることの影響が推察される。正常耳と感音難聴耳では、刺激音の提示レベルが等しい感覚レベル(dBSL)であってもラウドネスが異なる (Moore, 1989<sup>12)</sup>)。つまり、難聴耳では提示音圧が弱い感覚レベルであっても高いラウドネスが得られやすい。この聴感上の特性から、感音難聴をもつ乳幼児においては、健聴児の場合に比べより真の閾値に近い反応閾値が得られやすいと思われる。第二に、低年齢児の外耳道容積が成人のものに比べて小さいことが、検査音の音圧に影響した可能性である。オーゾグラムの縦軸にあたる聴力レベル(dBHL)は、耳介全体を覆う気導受話器によって測定した、聴力正常成人の最小可聴閾値の平均を基準値としている。インサートイヤホンは、成人の外耳道内に装着した場合に、聴力レベル尺度と互換性を持つよう較正値が定められている。今回の手法のように、外耳道容積の小さい低年齢児の耳内にインサートイヤホンを挿入し、密閉した外耳道内で鼓膜面により近い位置から検査音を提示した場合、実際に鼓膜面に到達した音圧は基準値よりも強くなっていたと考えられる (Moodie, Sinclair, Fisk & Seewald, 2000<sup>11)</sup>)。第三に、対象児に聴力低下例が含まれていた可能性であ

る。聴力測定者は子どもの反応の不安定さを熟慮する一方、医師との緊密な連携を保ちながら測定に従事する必要がある。

### 3. VRAを利用した補聴効果の検証について

補聴器装着下のVRAによって得られた反応閾値の例を、Fig. 6・Fig. 7に併せて示した。VRAによって補聴器装着下の反応閾値を左右別に測定可能であり、インサートイヤホン装着下の反応閾値との差からファンクショナルゲインを推定できることが示された。補聴器装着下のVRAにおける測定可能率(Fig. 9)は、Fig. 5と同様の傾向を示した。インサートイヤホン装着下において条件付けが良好に形成された者は、補聴器装着下においても安定した測定が可能であった。一方、インサートイヤホン装着下のVRAにおいて条件付けが困難であった5名は、補聴器装着下においても測定が困難であった。

次に、検査場面における同室者が提示音圧に与える影響を、Fig. 10に示した。音場における提示音圧の乱れは、どの周波数においても±5 dB以内におさまっていた。補聴器装着下のVRAは、補聴器の微細な特性変更のための材料とするには精度と信頼性を欠くが、被検児から大まかな反応閾値を得る上では有効な方法と考えられた。

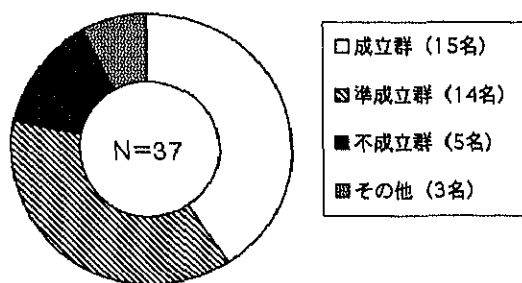


Fig. 9 VRAの測定可能率(補聴器装着下)  
「その他」には、遊戯聴力検査による閾値測定の練習を始めた2歳児3名が該当した。

### IV. まとめ

本研究は、聴覚障害乳幼児37名を対象として、VRAを補聴器適合手順に応用する一手法について、その意義を検討した。本研究の見解は、次の4点にまとめられる。

(1) インサートイヤホンは、気導受話器の装着が困難な1歳未満～2歳代の聴覚障害乳幼児においても、被検児の検査者・検査環境への慣れに従って装着が可能となった。インサートイヤホン装着下のVRAによって、被検児の振り向き反応が保持されれば、各周波数における反応閾値を左右の耳ごとに測定できることが明らかとなった。また本手法は、従来からのスピーカを使用した測定法に伴う、距離・頭位・周辺物の影響による誤差を解消し、検査法としての信頼性を向上させた。本法によって得られた左右別のオージオグラムは、補聴器の特性処方の上で有用性が高いといえた。

(2) インサートイヤホン装着下のVRAは、初回から被検児全体の約半数において施行が可能であった。また、検査回数・積み重ねによって、(音→光)の条件づけが形成された人数が増した一方、最重度の難聴をもつ乳幼児において、条件づけ形成に困難を示した者が5名みられた。

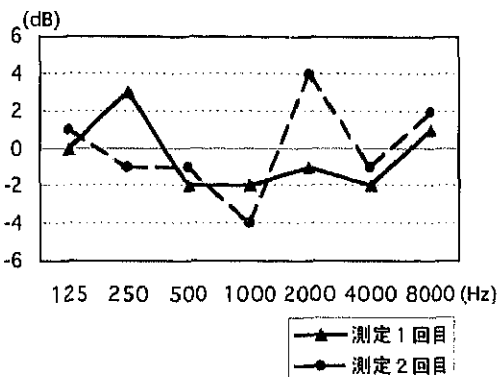


Fig. 10 検査場面における同室者が音圧に与える影響  
検査場面において被検児の付近に位置する保護者と測定補助者が提示音圧に与える影響について、検査場면을模擬的に再現して、騒音計で測定した。測定は、人を入れ替えて2回行った。

(3) 条件づけが成立した被検児のうち、すでに遊戯聴力検査によって聴力が確定した14名について1kHzの反応閾値の経時的变化を検討した結果、聴覚障害乳幼児の反応閾値は発達に伴って下降しない傾向が示された。

(4) 補聴器装用下のVRAにおいては、音場での測定に伴う誤差が生じやすいことが示唆されたが、VRAによって補聴器装用下の大きな反応閾値の測定が可能であった。インサートイヤホン装着下と補聴器装用下のVRAの組み合わせは、ファンクショナルゲインの検証に有効であった。

本研究は、インサートイヤホン装着下、および補聴器装用下のVRAの組み合わせによって、聴覚障害乳幼児における補聴効果を左右の耳ごとに検証しうることを明らかにした。本検査法が1歳未満児においても適応可能であり、難聴診断後の乳幼児のオーディオロジー上のフォローとして早期から活用しうる点は、新生児聴覚スクリーニングと早期療育の体制化を課題とするわが国において、大きな意義を持つと思われる。

#### 謝辞

本研究の試みは、日本聾話学校オーディオロジー部の加藤大典先生とともに取り組ませていただきました。また校医の平松耳鼻咽喉科医院・平松義郎先生には、医療面から大変にお世話をいただきました。ここに記して、深謝申し上げます。

#### 註

- 1) 米国の小児難聴の聴覚補償に関する研究班(1996)は、乳幼児の補聴器フィッティングのより根拠に基づいた体系化を目指し、一連の手順を「①アセスメント(assessment)→②選択(selection)→③検証(verification)→④確証(validation)」の4段階に順序づけるガイドラインを提案した(the pediatric working group conference on amplification for children with auditory

deficits, 1996<sup>16)</sup>。③検証(verification)とは、実耳における補聴効果を検証する作業のことをいう。④確証(validation)には、語音聴取成績や実生活における聴性行動の変化などの評価判定が含まれる。③と④は、本邦では「評価」として一括りにされることが多いが、ここでは区別して扱う。

#### 文献

- 1) 青木記美恵・小林潔子(1987) 追跡調査によるCOR audiometryとplay audiometryの比較検討. *Audiology Japan*, 30, 296-300.
- 2) Byrne, D., Dillon, H. (1986) The National Acoustic Laboratories' (NAL) new procedure for selecting the gain and frequency response of hearing aid. *Ear and Hearing*, 7, 257-265.
- 3) Byrne, D., Parkinson, A. & Newall, A. (1990) Hearing aid gain and frequency response requirements for the severely/profoundly hearing impaired. *Ear and Hearing*, 11, 40-49.
- 4) Gravel, J.S. (2000) Audiologic assessment for the fitting of hearing instruments: Big challenges from tiny ears. Seewald, R.C. (Ed.), *A sound foundation through early amplification*. Switzerland: Phonak, AG., 33-46.
- 5) 加我君孝・田中美郷(1978) 乳幼児の聴性脳幹反応と行動観察による聴力検査からみた発達的变化. *脳と発達*, 10, 284-290.
- 6) 子ども家庭総合研究事業(主任研究者:三科潤)(1999) 新生児期の効果的な聴覚スクリーニング方法と療育体制に関する研究. 平成10年度厚生科学研究報告書.
- 7) 子ども家庭総合研究事業(主任研究者:三科潤)(2000) 新生児期の効果的な聴覚スクリーニング方法と療育体制に関する研究. 平成11年度厚生科学研究報告書.
- 8) 子ども家庭総合研究事業(主任研究者:三科潤)(2001) 新生児期の効果的な聴覚スクリーニング方法と療育体制に関する研究. 平成12年度厚生科学研究報告書.
- 9) 子ども家庭総合研究事業(主任研究者:三科潤)(2002) 全出生児を対象とした新生児聴



- 覚スクリーニングの有効な方法及びフォローアップ, 家族支援に関する研究. 平成13年度厚生科学研究報告書.
- 10) MacCandless, G.A.& Lyregaard, P.E. (1983) Prescription of gain/output (POGO) for hearing aids, *Hearing Instruments*, 34, 16-21.
  - 11) Moodie, K.S., Sinclair, S.T., Fisk, T.& Seewald, R.C. (2000) Individualizing hearing instrument fitting for infants. Seewald, R.C. (Ed.), *A sound foundation through early amplification*. Switzerland: Phonak, A.G., 213-217.
  - 12) Moore, B.C.J. (1989) *An Introduction to the Psychology of Hearing*, 3rd Ed. 大串健吾監訳 (1994) 聴覚心理学概論. 誠信書房, 81-86.
  - 13) 荻場芳雄 (1960) 3歳未満の幼児に対する純音聴力測定法, 条件詮索反射聴力測定 (COR-audiometry). *耳鼻咽喉科*, 32, 809-814.
  - 14) 荻場芳雄 (1961) 条件詮索反応聴力測定法の検討. *日耳鼻*, 64, 855-870.
  - 15) 大沼直紀 (1984) 音場測定による試用補聴器の特性処方手順. *Audiology Japan*, 27, 153-158.
  - 16) 大沼直紀 (1996) 実耳測定によるフィッティングと評価. 小寺一興(編), *補聴器の選択と評価*. メジカルビュー社, 90-98.
  - 17) Seewald, R.C. (1992) The desired sensation level method selecting for fitting children: Version 3.0. *Hearing Journal*, 45, 36-41.
  - 18) Seewald, R.C. (1995) The desired sensation level method selecting for hearing aid fitting in infants and children. *Phonak Focus*, 20, 4-18.
  - 19) The pediatric working group conference on amplification for young children with auditory deficits. (1996) *Amplification for infants and children with hearing loss*. *American Journal of Audiology*, 5, 53-68.
  - 20) 富澤晃文・加藤大典・木下眞理・宮川孝昭, 中川永弘 (1999) インサートイヤホンを使用したVRAの有効性の検討. *Audiology Japan*, 42, 431-432.
  - 21) Widen, J.E. (1993) Adding objectivity to infant behavioral audiometry. *Ear and Hearing*, 14, 49-59.

## **Verifying Hearing Aid Gain and Frequency Response in Infants : Application of Visual Reinforcement Audiometry with Insert Earphones**

**Akifumi Tomizawa and Yasuyoshi Kato**

The purpose of this study was to evaluate the procedure for verifying amplification in hearing-impaired infants, especially focusing on visual reinforcement audiometry (VRA). For 37 infants (the ages ranged from 0: 10 to 2: 5), VRA with 3A insert earphones and aided VRA were performed to examine functional gain. Most of infants could wear insert earphones, and more than half of them learned to give head turning to visual reinforcers according to acoustic stimuli. As long as an infant kept conditioned, hearing thresholds were measured in both ears separately across frequencies. In longitudinal monitoring to 3 or 4 years old, it was showed that hearing thresholds at 1 kHz did not improve as infants grew. Aided thresholds could be measured by aided VRA. In conclusion, VRA with insert earphones provided a useful audiogram for prescribing hearing aid characteristics in infants, and the combination of these audiometries was available for verifying functional gain in each ear.

**Key Words :** hearing-impaired infants, visual reinforcement audiometry, insert earphones, functional gain.