

た補聴器装用状態より明らかに改善していた。本児については、聴覚活用による療育を行ったにもかかわらず、言語発達は明らかに遅れた。コミュニケーション手段として、手話・指文字・かな文字を導入したが、これらの習得も円滑に進まなかった。

本児の 6 歳 1 ヶ月時点での WPPSI 知能検査によると、言語性 IQ は測定困難であり、動作性 IQ は 84 であった。本児の言語力の乏しさは内耳道狭窄だけでは説明困難であり、言語性学習障害を合併していると判定した。本児は低い言語力のためろう学校に就学した。

④ K.T. 男、聴力 114dB、

人工内耳装用

本児は出生後 3 日目に AABR で難聴が発見され、当方で生後 5 ヶ月より補聴器を装用しての療育が開始された。本児の聴力が重いことから、2 歳 9 ヶ月で人工内耳装用手術を受けた。スピーカ法による人工内耳装用閾値は 0.5~4kHz の範囲で 40~45dB であり、他の人工内耳装用児より閾値はやや悪いが、音への反応は確実にみられ、また補聴器装用状態より明らかに改善していた。本児については、聴覚活用による療育を行ったにもかかわらず、言語発達は明らかに遅れた。コミュニケーション手段として、手話・指文字・かな文字を導入したが、これらの習得も円滑に進まなかった。

本児の 6 歳 8 ヶ月時点での WPPSI 知能検査によると、言語性

IQ39 (推定値)・動作性 IQ107 であった。母親が日常生活で音声言語以外の手段(手話・指文字・かな文字)で本児とコミュニケーションをしても、音声言語より少し理解しやすく、表出しやすい程度であると報告を受けている。本児はろう学校に就学したものの、学校での本児への個別的対応が十分でない印象を母親は受けている。

6. 考察

難聴以外に合併症のない最重度の難聴児は、0 歳からの療育、2 歳での人工内耳装用により、6 歳時点で健常児と同レベルの言語力・会話力を習得できる。しかしながら、0 歳からの療育、必要に応じ 2 歳で人工内耳を装用した場合であっても、6 歳時点で明らかに言語力が遅れている難聴児がいることが示された。これらの難聴児に手話・指文字・かな文字によるコミュニケーション手段を習得させたものの、これらの手段による言語力を調べても、音声言語よりは少し理解しやすいもしくは表出しやすい程度で、コミュニケーション手段による言語力の差は認められなかった。

このことから、言語性学習障害を合併する難聴児の判定基準として、

「明らかな言語発達の遅れがあり、聴力、療育開始年齢、動作性 IQ レベル (PIQ>80)、親の教育力、療育者の技量、その他療育効果に影響を与える要因から説明がつかない場合、5 歳以降に判定する」ことは妥当と思われる。

ただし、同一条件で療育した難聴児と言語発達で差が明らかにあるものの、上記の事例ほど顕著でない事例については、現在のところ、「言語性学習障害の疑い」と判定することが穏当と思われる。

なお言語性学習障害の判定目的は、あくまでこのような難聴児への適切な療育プログラムを検討することであることを強調したい。

文献的には、Picard, M. (2004)によるとアメリカでは30～40%の難聴児に合併症あり、10%が知的障害、10%が学習障害としている。ただし、Schum, R., O'Connell, J. (2004)らは、難聴児に合併する軽度発達障害(PDD, ADHD, LD)の診断は容易ではないことを認めている。さらにPerigoe, C.B. (2004)は適切な教育方法は確立されていないと述べている。

難聴に言語性学習障害が合併する場合であっても、実践経験からは早期療育効果はあると思われる。今後の課題としては、より明確な療育プログラムの作成のためには、適切な発達評価方法と療育方法の検討が求められている。またこのような事例では、少々の教育

的関与で改善するとは思われないので、療育者の技量が適切な療育プログラムを作成する上でもっとも重要であると思われる。またこのような事例を小学校就学後、さらには中学・高校レベルで教科学習に問題が生じることが予想され、長期的な追跡の必要性がある。

7. 結論

言語性学習障害を合併する難聴児の判定基準として、「明らかな言語発達の遅れがあり、療育効果に影響を与える要因から説明がつかない場合、5歳以降に判定する」ことは妥当と思われる。ただし、言語発達の遅れがあるものの顕著でない場合には、現在のところ、「言語性学習障害の疑い」と判定することが穏当と思われる。

8. 研究発表

論文発表

なし

学会発表

なし

9. 知的財産権の出願・登録状況

なし

義務教育と高等教育での人工内耳患者の聴覚補償

研究分担者 城間将江 国際医療福祉大学保健医療学部言語聴覚学科 教授

研究要旨：通常学校の通常クラス在籍児の情報保障について、小学校から高校の人工内耳装用児が在籍している8校を訪問して授業参観したり、現場の教員と意見交換し、情報保障のありかたについて検討した。また、某小学校では小学3年生のクラス22名に対して疑似難聴体験を実際に行い、こども達の反応を観察すると同時に、きこないこと、きこえにくいことの影響について話し合った。その結果、情報保障提供者である成人と、受益者であるはずのこども達の情報保障のありかたに関する見解の乖離が明らかになり、成人が考える適切性とこどものニーズが一致しないこともあることが示された。

1. はじめに

人工内耳手術の適応ガイドライン（1998年）の改正によって手術年齢が生後18か月と低年齢化して以来、2歳前後で人工内耳手術となる事例が増加し、日本コクレア社の報告によると、約3000人以上の人工内耳装用児が存在することになる。一般に早期手術児は発話改善が顕著で、小学校就学時に聾学校ではなく通常学校通常クラスを選択するケースがほとんどである。しかし、義務教育に携わる教員のほとんどが難聴児に接したことがなく、人工内耳とは何か、あるいは人工内耳と補聴器の違いは何か理解していない状況でこどもを受け入れることになる。

人工内耳装用生徒・学生の聴覚補聴（以下、情報保障）については、物理的な環境に対する整備と人的な整備がある。難聴児のための特別支援学校（旧聾学校）における情報保障支援は十分になされていると考

えられるので、今回は通常学校の通常クラス在籍児の情報保障について、人工内耳装用児が在籍している学校訪問や教育委員会訪問を通して得た私見を述べ、情報保障のありかたについて考える。

2. 方法

通常学級在籍の人工内耳装用児の情報保障のありかたに関して実情を把握すると同時に、教員およびクラスメートの聴覚障害に対する理解を促進する目的で人工内耳装用児が在籍している8校を訪問した。各学校で、校長、担任教員、保健室の教員と面談し、各々の対象児に関して対応に困っていることや、難聴の状態、こどもの学校生活への適応、情報保障などについて話し合った（小学校6校、中学校1校、高校1校）。面談の他に、こどもの授業参観をすることができた。

2校については、クラスのこども達全員に対

して難聴や人工内耳について説明する時間を設定してくれた。特に、都心の某私立小学校では、3年生23名のクラス全員に対して、疑似難聴体験を行う機会を許可してくれた。聴取素材は、文が2文、単語5つ、単音節5、数5を用いて、ききとりを行った。方法はクラスを2グループに分け、一方は受信して聞き取ったとおりに書く、他方のグループは発信するというようにし、双方とも受信したり発信したりすることによって、ききとりだけではなく、発信する場合の話し方に関しても意識させるように意図した。検査に使った素材例を付録にしめす。なお、学習効果を避ける目的で、検査条件が異なる度に別の検査素材を用いた。

検査条件は、①耳栓をした状態でのききとり、②耳栓をしない状態でのききとり、③雑音負荷時のききとり、④無音の状態での読話による「ことば」の読み取り、⑤小さい声で話されれば場合の聞き取りであった。それらの聞き取り実験の最後に、きこえないことによる焦燥感や怒り、孤立感などについて話し合い、きこえる、きこえない、きこえにくさなどについて話し合った。

さらに、各児に対して情報保障に関するインタビューを行った。1人は現在社会人であるが、高校時代の回想をしてもらった。

3. 結果・考察

1) 物理的環境整備について

聴覚障害者に対する情報保障は、情報が見えることが重要で、これは聴覚的情報と視覚的情報の両方とも必要である。学校の音響環境は聴覚障害児には過酷で、単にうるさいだけでなく、コンクリートの建物で音の反響や残響が一層「きこえない、きこ

えにくい」ことを悪化させる。

そのための物理的環境整備については、いかに背景雑音を小さくして信号を大きくするか（雑音・信号比：S/N比）が課題となり、一般的な対策として、①椅子やテーブルの脚部に古いテニスボールをつける、②FMシステムを使用する、③生徒の座席の位置を前の方に座らせる、などの方法がとられる。

①テニスボールの使用

訪問した学級では、このような方法は1校も実践していなかったが、その方法を知っているという教師が2名いた。他の教師はそのような方法があることに関する情報がなかった。

②FMシステムの使用

8名の人工内耳装用児のうち、6名がFMシステムを保持しているが、常時使用しているのは1名だけであった。たまたま・時々使うという児が3名で、他の2名は全く使用せずに自宅においてある、ということであった。常時使用の1名は保護者からの強い要請があることもあって担任も熱心に協力している様子であった。たまたま使用の教師に関しては、こどもから使ってほしいという要求がある、あるいは、特別な行事で教師からこどもに提案する（例：朝の朝礼、校長先生の講話、紙芝居、演劇会、英語の授業など）という状況で使用する程度であった。教師の中には、自分が一所懸命使用する努力をしても、生徒の方の受信機がOFFになっていることもあるということで、子どもから自主的に要請がないと無意味との意見もきかれた。また、ある教師は送信マイクを使用すると髪型が崩れるので、マイクの形状がどうにかならないかという要請もあ

った。さらに、常時使用という教師は学校ではジャージ姿であり、上着の襟にはさんだマイクがファスナーの開閉によって音声の変動があり、残念なことに、受信者が安定して音声情報を収集しているようには思えなかった。

③座席の位置

前方の端に座っていることが多かった。理由として、先生との距離が近いということ、大人のノートテーカーや補助の先生がいる場合は、他児の迷惑にならないようにという配慮ということであった。しかし、端の列だと廊下側の雑音（隣のクラスの先生の声やこどもの声、給食用エレベータの雑音など）が気になり、逆に反対側だと校庭の体育の授業に気をとられて心は窓の外、という情景も見られた。また、前方端の列だと、先生の顔や表情が横向きになることが多く、読話しづらい位置であることと感じた。また、某学校では教師に対して対面ではなく、コの字型になっている学習していて、子ども達がお互い向かい合って学習できやすいように配慮していた。しかし、この場合も人工内耳装用児が前列端っこに座っていて、教師の顔の表情や口の動きが見えない・見づらい状況であることがわかった。教師としては、難聴児に対する配慮からしたことであるが、きこえにくい子どもにとって、良い位置かどうかは、医師や言語聴覚士が訪問して指摘する必要があると感じた。

2) 人的環境の整備

8名の人工内耳装用児のうち、ノートテーカーか補助教師（以下、便宜的に補助員とする）をあてがっている学校が3校あった。どの補助員も懸命に担任のことを忠実

に書いていたが、話し言葉の速さには到底およばず要約になってしまうことが多々あり、この事実は仕方のないことながら情報保障になっているかどうか疑問が残った。成人であれば、キーワードから文脈を推測できることは可能であるが、主語や機能語が抜けてしまうために、日本語能力が乏しい低学年の聴覚障害児にとっては、単語から文意を汲み取るボトムアップ処理は困難ではないかと考えられた。

更に問題なことは、補助員がいることで、コミュニケーションが三角関係になり、子どもと担任教師との愛着関係が育ちにくいこと、子ども同士のコミュニケーションでさえも補助員を介した間接的なものになっていることである。小学校・中学校という仲間との帰属意識が高い時期に、補助員をつけることが、本人にとって必要な情報保障をしているのか疑問を感じると同時に、情報保障にこだわるあまり、情動の発達をおろそかにしているのではないかと気になった。

3) 難聴疑似体験結果

受信：耳栓をすることに対し、最初は喜んでしたが、耳栓をした状態で聴き取りを行うと、口々に「聞こえないから、もっと大きく言って」、「もう一回言って」という声が聞かれた。特に雑音下での聞き取りでは、「わかるわけないじゃん」という諦めが変わる子もいた。特に、読話だけになると、完全に諦めムードで、「お腹がすいた」、「もう止めたい」と言い出す子もいた。また、聴き取れない語が続くと怒ったり、鉛筆を投げたり、回答用紙に「？」を殴り書きする子もいて、子ども達のイライラ感が伝わってきた。

発信：受信するグループの子の要請があると、声を大きくする、口を大きく開けてはっきり話す、などの工夫をして、相手に伝えようと努力している様子が伺えた。

これらの体験が済んだ後でこども達の感想をきいたところ、きこえない・きこえにくい状態になると、イライラする、ムカつく、などの発言があり、人工内耳装用児Aちゃんが時々怒る気持ちがわかったという子もいた。これらの体験を通して、単に、ことばがきこえないから困るというだけではなく、きこえにくいことは気持ちの動きにも影響することが理解できたようであった。また、Aちゃんと時々口論するという正常聴力児は、それ以来Aちゃんに優しく接するようになった。

4) 情報保障を受けているこども達の意見

情報保障とか学校での友人関係、困っていることなど、こどもたちに直接インタビューしたところ、成人が考える情報保障が対象児にとって必ずしも益として受け止められているわけではない実態があきらかになった。

例えば、FMシステム使用については下記のような意見もあった。

- ・装用が面倒
- ・先生に頼みにくい
- ・FMシステムを使用しているとサボれない（居眠りもアルバイトもできない）

5) 某高校1年生時の回想

①作文タイトル：人工内耳について

「僕がよく耳のことで思うこと、ちゃんと耳が聞こえたら、そんなによいことはないだろうかということである。そのことは、人が話をしているときに特に思うことであり、自分の願望としての感じがある。人工

内耳は、少々のことにおいてはかなり信頼がおける。しかし、多人数においては役に立つことが少なく、かなり困っている。

だから、僕は、将来のこととなるときは、少々悲観していると思う。できれば、自分が得意そうなこと、例えば、コンピューターなどを仕事としている会社に勤めてみたいが、耳のことで自分がちゃんとできるのだろうかという不安感が付きまとっている。訓練によって多少は聞こえるようになるだろうが、人工内耳にも限界はあると思う。だから、僕は、人工内耳がもっと進歩して、多人数でも聞こえるようになったらどんなにいいだろうかと最近自分で思う」

本児は慶応大学を卒業して某大企業に勤務している。本児の子ども時代、高校時代、大学での情報保障のエピソードを紹介する。

小学校時代：両親が教育熱心で、視覚的情報の重要性を認識し、文字情報を大切にしようと決める。土曜日の午前中は必ず近くの図書館で過ごす。どんな時間の過ごし方をしてもよく、選ぶ本も強制しない。母親あるいは父親も図書館で自分の時間を過ごす。コミュニケーションは音声・読話・空文字を組み合わせて用いる。学校では特別な情報保障に対する配慮はないが、先生方と緊密な連携をとりたいという希望で、母親がPTA役員をかってでる。こどもの様子をさりげなく見守るだけにする。

中学校時代：本人の希望と学校側の受け入れにより、社会（歴史小説が好きという理由）と英語の授業だけ母親が要約筆記に行く。

高校時代：進学校で、教科学習のスピードが追いつかない。本人の希望により、主要科目は要約筆記者に依頼してパソコン筆

記をしてもらう。家庭教師に難聴の大学生をつけ、精神面にも配慮する。

大学時代：手話サークルに入って仲間が増える。学生の要約筆記ボランティアやプロの要約筆記者などを活用する。（母親が本人と一緒に、受験前に複数の大学を訪問して情報保障について確認する）

4. 課題

情報保障については、施設によって様々な工夫をしているものの、情報保障を提供する大人側の観点と、情報保障してもらうこどものニーズとが一致していないことが多々あることが施設訪問を通して示された。

環境については、テニスボールは効果的だが、全ての教室で実施するとなると現実的ではないという学校が多かった。しかし、静かな環境は難聴児に限らず、正常聴力児にとっても良いことではないかと提案すると、考えてみると答えた学校もあった。厚手のカーテンで反響を和らげる提案に対しては、価格の高い厚手のカーテンのための予算がないという学校も少なからずあった。

座席については、中央から正面左右に45度くらいの範囲で、前から2・4列目くらいが先生の顔がみやすいことを話すと納得し、すぐに改善する先生もいた。FMシステムのマイクの位置にも問題点を指摘すると気をつけるようになった。

疑似難聴体験学習を通して、こども達の難聴に対する理解が深まり、人工内耳装用児に対する接し方を変えるこどももいて、そのことを通してこども間のコミュニケーションが改善されたことから、難聴に対する配慮の在り方については、大人だけでなく、こどもたちにも啓蒙していく必要がある

ことが示された。

5. まとめ

施設訪問を通し、通常学校・学級では難聴に対する知識や理解を深めるための啓蒙が必要で、協力してくれる教員が実際には多いが方法がわからないだけであることも明らかになった。更に、その啓蒙活動は成人を対象とするだけでは不十分で、クラスメートのこども達に行うことが効果的であることも示された。

結論として、環境、周囲の大人の難聴に対する意識と情報保障の必要性に関する感受性、人工内耳装用児本人の意識、家族の意識などのあり方が浮き彫りになり、今後具体的な対策を考える必要があると感じた。

6. 付録：

「課題1. 静かな部屋での聴き取り」

① 耳栓をつかわず、普通の状態できく

文：天気予報によると 夕方は雨がふるらしいから学校へかさを持っていこう。

単語：やすみ時間、音楽室、わくわく

単音：ま、に、よ、ぶ、りよ

数字：5, 46, 325, 6892, 76038

② 耳せんで外耳道をふさいだ状態できく

文：回転すし屋では いつも まぐろといくらと 卵やきを食べる

単語：掃除当番、給食、ふらふら

単音：か、ち、そ、ず、ひよ

数字：8, 11, 239, 5483, 31027

課題2. うるさい部屋でのききとり

課題3. 口型のよみとり

研究成果の刊行に関する一覧表

書籍

著者氏名	論文タイトル名	書籍全体の編集者名	書籍名	出版社名	出版地	出版年	ページ
加我君孝	二つの耳の不思議	日本学術協力財団	日学新書2 感覚器[視覚と聴覚]と社会とのつながり—見るよるこび、聞くよるこび—	日本学術協力財団	東京	2011	136-155
加我君孝	正しい検査で適切な治療・療育へ	母子衛生研究会	母子保健ハンドブック 2011	母子保健事業団	東京	2011	66-72
Hans J. Ten Donkelarr, Kaga K	The auditory system.	Clinical Neuro-anatomy	Hans J. ten Donkelarr	Springer		2011	305-29

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
加我君孝、 内山勉 他	新生児聴覚スクリーニング	小児科臨床	64(1)	52-55	2011
片岡祐子、福島邦博 他	岡山県の軽度および中等度難聴児の補聴器購入費用助成に向けての取り組み—軽度および中等度難聴児の補聴の現状と助成事業導入—	日耳鼻会報	114	731-736	2011
内山 勉	聴覚はどのように発達するのか？言語はどのように発達するのか？	JOHNS	28(3)	260-266	2011
内山 勉	言語発達と臨界期	JOHNS	27(8)	1185-1189	2011
内山 勉	人工内耳装用児の療育開始年齢と早期療育効果との関係について	音声言語医学	52(4)	329-335	2011
松永辰雄	Auditory Neuropathyの遺伝子	Clinical Neuroscience	29(2)	1409-1411	2011

二つの耳の不思議



国立病院機構東京医療センター・臨床研究(感覚器)センター名誉センター長

加我君孝

私のテーマは、「二つの耳の不思議」です。

まず、耳を考えるには、「地球は水と空気の惑星である」ということを考えることから始めます。太陽と水があつて生命が生まれて植物の光合成により酸素が生じ、いろいろな動物が発生し進化してきました。空気の中でコミュニケーションをするには、空気を振動させる声とそれを聞く耳が必要です。

空気は、音速が秒速340メートルですが、水はその5倍、骨の中はその10倍、鉄はその15倍も速く伝わります。空気の中の音の速度は大変遅いのです。「音は振動である」と言い出したのは、今から2500年前、ギリシャのピタゴラスです。ピタゴラスというと、学校で「ピタゴラスの定理」を習ったと思いますが、今考えても、こういう定理をよく当時発見したものであると感心します。ピタゴラ

スは、音は空気を震わすものであることを見抜きました。

ここで、動物の二つの耳と進化や方向感、カクテルパーティ効果やステレオ、最近の耳の病気とその治療、最後にヘレン・ケラーの言葉などを紹介します。

動物の進化は、水があり太陽によって生命活動が生まれて始まりました。最初は魚類で水の中にはいませんでした。進化の順序を進ると、次は、カエルなどの両生類ですが、水と空気の中の両方を行ったり来たりしています。次は、蛇などの爬虫類です。爬虫類の中には恐竜もいます。その次に、空を飛ぶ鳥が現れます。最後は哺乳類で私たち人類も含まれ、空気を吸いコミュニケーションをして生きています。

耳介は頭の左右にあります。パラボラアンテナのように音をキャッチして、外耳道を通り鼓膜を振動させ、「蝸牛」という渦を巻いたところにある感覚細胞で音を分析してその電気信号を脳に伝えます(図1)。

図1 両耳のしくみ

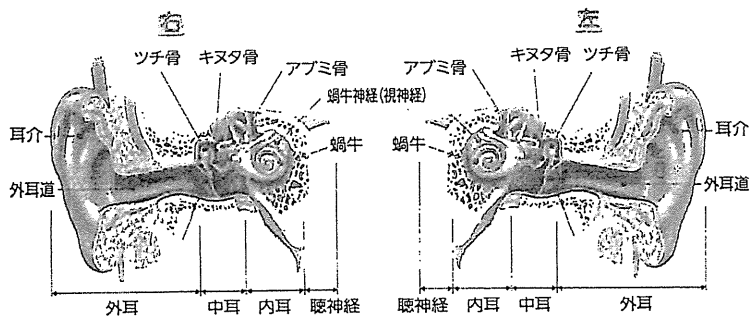
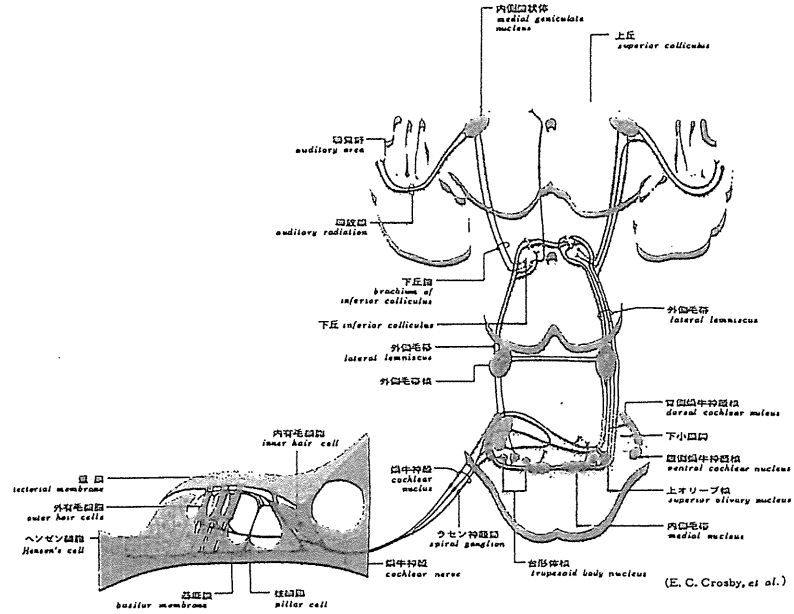


図2 脳の中で2つの耳に届いた音を分析してわかるしくみ



この渦巻きの中には、パイプオルガンのような毛のある感覚細胞が並んでいて、音が来るとパイプオルガンのパイプのような形をした毛が動き、両耳から脳に入っていきます。そして、脳幹という場所で初めて二つの耳の信号は一緒に、大脳皮質まで神経を5回も替えてやっとたどり着きます。その間、「今来た音はどっちから来たか」、「人の声は何を言っているか」ということを、何度も分析をしてわかっていくしくみになっています(図2)。

動物の目と耳の位置は、それぞれ随分違います。形やサイズも違います。私は学生に、「なぜ人間の耳はどのような音でも聞く必要があるのだろうか」、「象みたいに耳はなぜ大

きくならなかったのだろうか」とよく尋ねますが、同じ哺乳類でも随分違います。動物の特徴は、耳を動かすことができます。相手の動物や木の音がどこから聞こえるかを、耳を動かして聞くことができます。基本的に人はできませんが、まれにできる人おられますが役には立てておりません。

聴覚と視覚を比較すると、役割が随分違います。聴覚は、360度どこから音が聞こえても大雑把にわかります。例えばここに敵がいて、動く音や鳴き声が聞こえると、「この方向らしい」と気付き、「本当にそうか」と目で見て、「ここにいる」と確認します。「どのぐらい離れているか」、「逃げるか襲うか」、そのように判断するために両方の感覚は非常に違う特徴を持ちながら共同作業をして、私たちの行動を助けています。

フクロウには耳に見えるようなものがありますが、これは耳ではなくて単なる飾りのようなものです。その横を探ってみると小さな穴があって、それが短い外耳道と言います。私たちの耳は左右の耳が同じ高さにあります。フクロウは少し上下に差があり、音に対しての精度が大変強く、上下左右の音の方向がわかります。これは、フクロウだけにある性能です。では、人も手術でそのようにずらしたら便利だと思いませんか。これは、フクロウだけにある性能です。では、人も手術でそのようにずら

空を飛ぶユニークな動物はコウモリですが、これは鳥ではなく哺乳類です。特徴的な哺乳類で、のどを震わせると私たちに聞こえない超音波が生み出され、この音が相手にぶつかって反射波が生じま

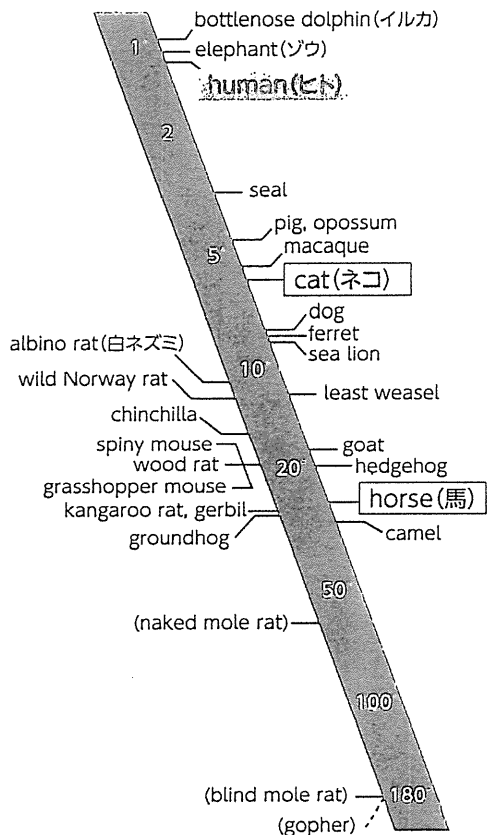
す。それを耳で聞いて分析して「ここにいる」ということがわかるので、夜飛んでもネズミや物体を同定ができるわけです。これは、レーダーや水中ソナーなどと同じです。

次に、「方向感」について二つの耳の役割を説明します。二つの耳を使って敵の位置を音で知る、逃げる、襲う、それから鳴き声でコミュニケーションをします。人の場合は、言語を身につけて言葉で会話をできるようになります。私たちはどのような音の方向がわかるのでしょうか。音には高い音と低い音があります。図3に示すように、左耳にたどり着いた音は、右耳よりも早く、かつ強く聞こえます。

これは、神経細胞一個の反応時間よりもっと短い反応ですから、神経がシステムになって初めて分析できる極めて高度な感覚で、このようなわずかな差は両耳の時間

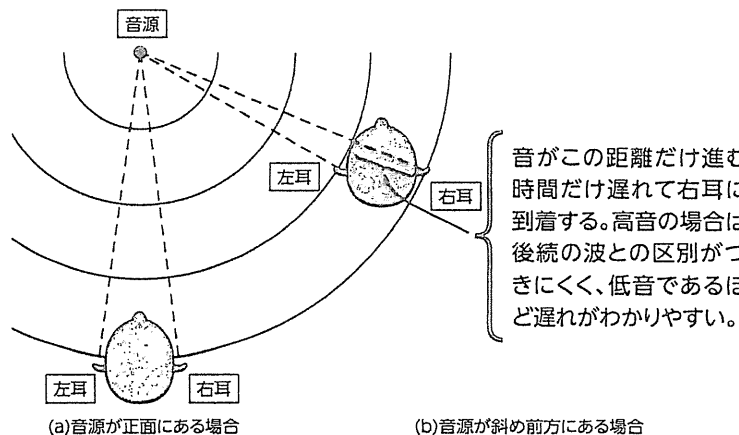
差、音圧差などでわかります(図3)。ですから、正中に音源があると差がないので真ん中だとわかり、横に音源があると差が生じるので、目をつぶっていても音がこちらにあるということがわかります。では、哺乳類はみんな音に敏感かというと、実はそうではありません。図4は、アメリカのヘフナー先生の

図4 哺乳類の音源定位の閾値



100msecあるいは400msecのノイズバーストによる反応 (Heffner RS, et al:1994より)

図3 音源の方向を知る両耳の効果



研究で非常に有名なものですが、「ピー」という音を使っているいろいろな動物に聞かせました。その結果を、それぞれの動物が音の方向を何度ずらすとわかるかを角度で示しました。人は、象やイルカと同じように1度程度の差でわかりますが、猫は人よりも少し鈍く6度ぐらいです。さらに馬は20度です。競馬でも両方の目を横にそれないようにやっていますが、音に関しては鈍感なので、恐らく、馬は目を生かして行動していると思われれます。

次に、音の方向について話します。花火がドンと遠くで鳴ると、どこで鳴っているか近くにいるとわかりますが、遠くにいるとなかなかわかりません。花火は低音なので両耳に届く時間の差でわかりますが、距離も重要であるということです。風鈴は音が高いので、両耳の音圧差でわかります。家中でも近くにあると聞いて方向がわかりますが、少し離れるとどこからかわかりません。電子音も同じで、どこで鳴っているかわからないことがあります。それは、距離が離れていて音が小さいからです。電子音は、音圧差でわかります。

さて、小さな音は非常に弱くても両耳では聞こえますが、片耳では少し強くないと聞こえません。電子音がどこで鳴っているかわからないとき、その音は10ないし20デシベルという小さな音とされます。

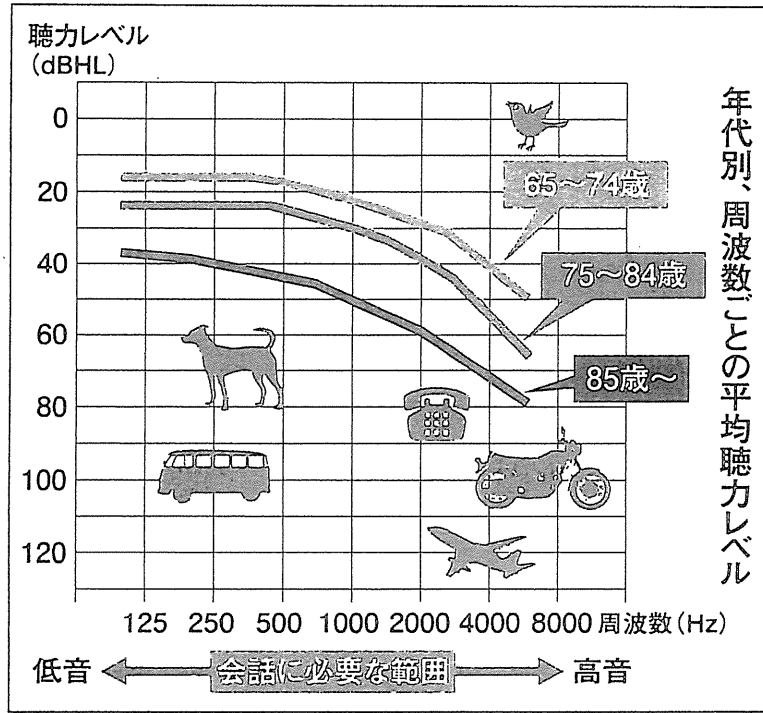
私がマイクに話しかける声は、50から60デシベルと大きい音です。また、ジェット機や新幹線、ロックコンサートなど、うるさい音があります。新幹線は、今、時速270キロで走っていますが、音速に近いためすごい騒音が生じます。どんなに速くても440キロが限界だそうです。日本の技術では現在よりもっと速く走らせることができます。しかし、騒音を伴うために周辺の住民から反対運動が起きるということで、今ぐらいになっています。周囲に何もない大平原を走るのであれば、440キロでも可能でしょう。

最近、話題になっているものに、プリウスというトヨタ（自動車）のハイブリッド車があります。これは、「音が小さくて近づいて来たことがわからないので、非常に危険だ」と言われています。この前、私も実際に運転をしてみました。低速では電気自動車なので、電機のモーターは本当に音が小さいのです。しかし、少しスピードを速くするとエンジンに変わりますから、普通の自動車と同じぐらいのさくなってきました。モーターのときだけ確かに音が低いので、音が静かになれば、周りの人は車が来たことがわからなくて危ないということになります。

次に、目に障害がある人たちはほかの感覚が鋭いかについて、「盲目の演奏家と聴覚」というテーマで述べます。

第13回ヴァン・クライバーン国際ピアノコンクールで辻井伸行というピアニストが優勝したニュースは、多くの皆さんが知っていると思います。日本にはほかに、バイオリニストの川嶋成道、和波た

図6 老化と聴力



成長とともに鋭く、老化とともに鈍感になる

音、高音はバイオリンの高い音だと思ってください。この図の見方は、「失われたものがゼロ」ということは「正常」ということで、「20」失われた、「40」失われた、「60」失われた、「80」失われた」ということになります。

真中の線は後期高齢者のグループ（75〜84歳）ですが、耳の正常な成人よりもひどく悪いことがわかります。ただ、85歳以上になると、60代の人と同じ人もいれば、もつと悪い人もいて、この範囲が大変広いのです。いずれにしても、音の方向を感じる力が弱くなるの

かよし、昔は琴でも有名な宮城道雄がいました。彼らは、本当に私たちよりも聴覚が鋭いのかという謎がありました。検査をしてみると実際に鋭いことがわかりました。

図5は私どもの研究ですが、時間差を見るテストで、14歳から15歳の子どもたちを調べました。正常な子どもたちは、左右に一定の振幅差がつかます。しかし、目の見えない子どもたちはこの振幅が非常に小さくて、それをグラフで表すと、音の方向の時間差に対して1.5倍鋭いことがわかります。音圧差についてはそれほど変わりませんが、実は、時間差というものは時間分解能という聴覚の本質と関係があり、その本質的な能力に対して大変たけていることがわかります。

音の方向がわかるということは、生活上は大変重要ですが、子どもは成長とともに10歳ぐらいで大変方向感が鋭くなり、60歳代になると、だれでも加齢変化のため少しずつ悪くなります。次に聴力についてです。図6の横軸は音の周波数で、低音は太鼓のような

図5

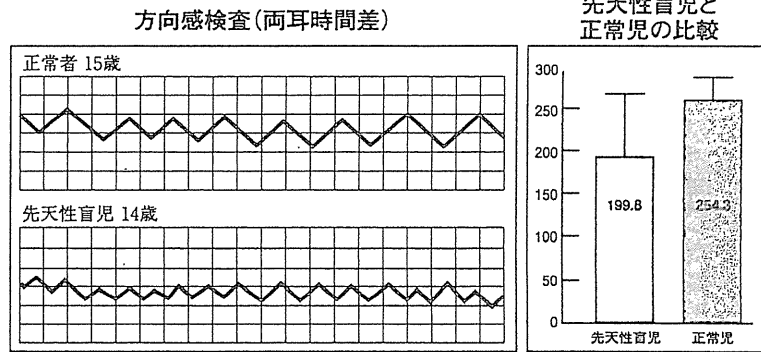
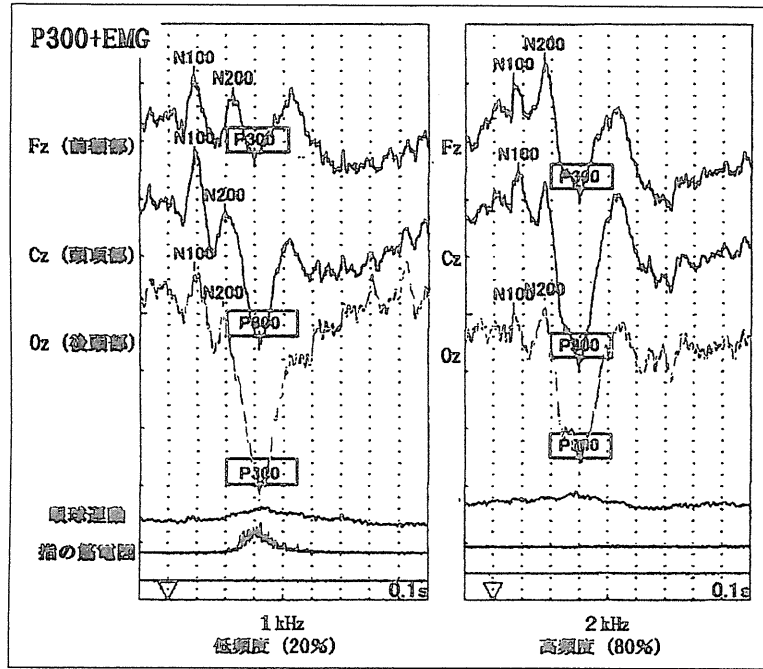


図8 カクテル・パーティの脳波誘発電位の例

2kHzの音の中で1kHzの音を判断して選択する課題。
1kHzに対して大きな反応(P300)が出現する。



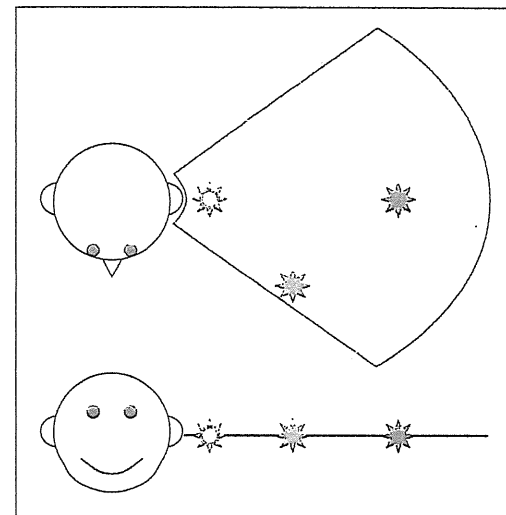
で、補聴器を使うなどして補って、鋭い感覚を維持することが重要です。

次は、「カクテルパーティ効果」と言われる現象についてです。これを脳の科学では「選択的注意」と言います。私たちも普段の生活で、いろいろな人がいるときに、「あの人と話したい」というときは、耳をそばだてるとその人の言葉が聞こえてきます。それが「選択的注意」、すなわち「カクテルパーティ効果」です。

ミュージカル「CATS」の台本を書いたイギリスの詩人T・S・エリオットが、詩劇「カクテル・

パーティ」を書きました。彼はその中で、カクテルパーティの大勢のお客さんの中に4人の登場人物を設定し、それぞれの関係をレンズで間近に見られるようにクローズアップして、その人たちの話が聞こえてくるように表現しました。それを脳の科学者が「カクテルパーティ効果」と言ったわけです。カクテルパーティは、日本では「宴会効果」と言うのが一番いいと私は思います。

図7 聴空間の解説



左の音の拡がりや左の音源の距離感を示す

次に、「聴空間」と「選択的な注意」です。私たちの耳は、片方だけで図7が示す範囲はわかります。音の距離やどの方向にあるか、また、全体の音の広がりもわかります。純粹に片耳だけだと、音が横に並んで同じ方向にあるように聞こえますが、両耳を使うとどこにあるのかわかるようになります。これを「聴空間」と言って、空間的な音の広がりも両耳を使うことでよくわかります。そういうことを脳に関連して考えてみます。図8にある「P300」という誘発電位は脳からとれる大きい電位です。1キロヘルツ20%と2

キロヘルツ80%の音を順不同に混ぜて被験者に聞いてもらい、「1キロヘルツが聞こえたときだけボタンを押さない」と言うと、指の筋電図から「押した」ことがわかるようにしてあります。このようなやり方で選ばせると、300ミリセカンドという潜時のところに非常に大きな波が出てきます。すなわち、私たちが音の方向に注意して相手の話を聞こうとするときは、脳の中でも大きな脳の電気的な反応が起きているということです。

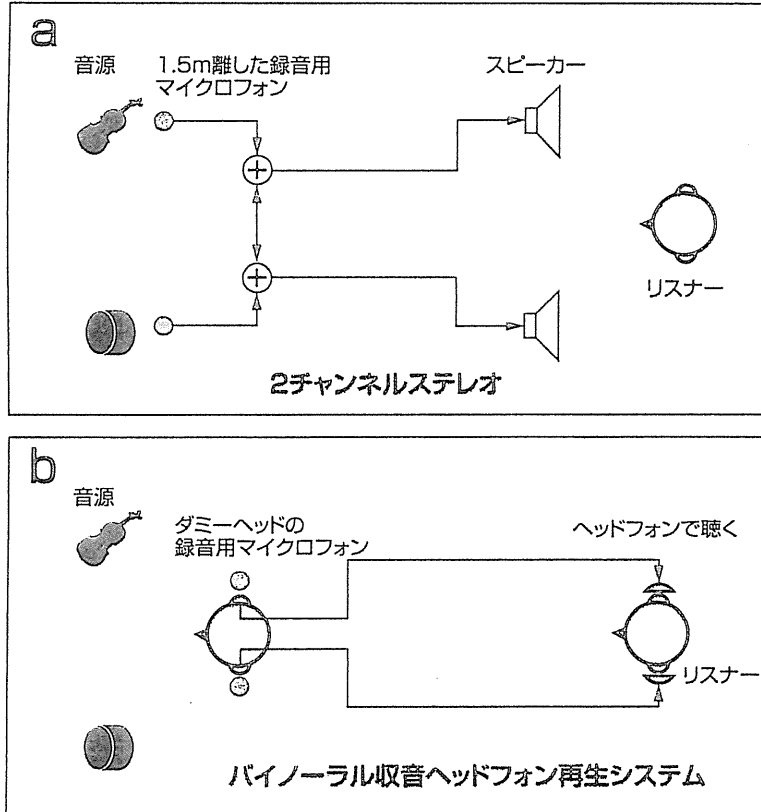
この被験者の場合、80%のほうにもこの反応が出ていますが、20%の方に比べると小さいことがわかります。二つの耳の活動は脳の大変重要な活動であり、脳波で知ることができるのです。

次に、ステレオとバイノーラルステレオについて述べます。「ステレオ録音と再生」は、二つの耳と大変関係があります。皆さんはほとんど、通常、ステレオ録音されたものをスピーカーで聞か、ヘッドホンで再生して聞いていると思います。実は、もつと臨場感が著しい録音の方式がバイノーラル録音で、ヘッドホンで聞くものです(図9-a)。

皆さんが聞いているステレオは、マイクが二つあって、その幅は約1.5メートルで耳の幅よりほかに離れています。このマイクを通して、録音をしたものを二つのスピーカーで再生します。ラジカセだと左右のスピーカーの幅が約20センチしか離れていませんが、ステレオコンポだとスピーカーの位置を自由に換えられるので、やはり、それを聞くと立体的に聞くことができます。

バイノーラル録音は、全く違うやり方です。両耳のそばにマイクを置いて録音します。そして、録音されたものは部屋の中の空気を振動させることなく、ヘッドホンで直接アンプから聞きます。例えば、私の髪を切ろうとはさみをカチカチする音を録音したとします。それを再生して聞くと、皆さんは自分の髪の毛が切られそうに感じるぐらいの臨場感がある録音の仕方です(図9-b)。

図9 2チャンネルの録音再生方式



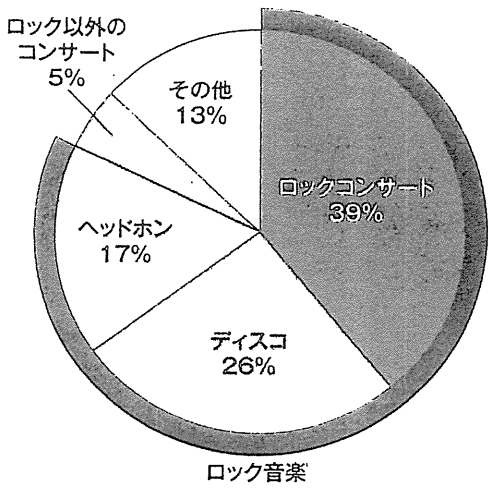
らすと、部屋のあらゆる角度に音は行き、反射して聞こえるので、特殊な環境とも言えます。しかし、この方法でも、ヘッドホンで直接聞くと、反射や反対の耳から聞くものがないので、かなり臨場感があります。「高額なスピーカーを買うよりも、ヘッドホンのほうがこんなによく聞こえるのか」と言われるのは、このような原理によります。

一方、バイノーラル録音は、実物大の人形の外耳道の入口部分に超小型マイクロフォンを設置して録音します。それを再生してヘッドホンで聞くと、すばらしい音の3D体験をすることができます。アメリカでは「3D映画館」がたくさんあります。最近、日本でも少しずつ増え始めて、東京でもウォルト・ディズニー社の放送などもその予定があるそうです。音響については、スピーカー法でなくバイノーラル録音、すなわち、ヘッドホンで聞くシステムにしているところがあり、目のほうは立体視、聞くほうはバイノーラル録音の立体音で、本当に映画の中に吸い込まれるような体験をすることができます。

最後に、病気について説明します。片耳の難聴と両耳の難聴の違いですが、「片方の耳の聞こえが悪くなったので歌手生命も終わりである」などと、新聞やテレビなどが報道するのを見たことがあると思います。実は、聴覚は、片方に障害があっても、もう片方に問題がなければ、音楽活動はこれまでと同様に活躍できます。

宇崎竜童さんはロック歌
手でしたが、両耳の聞こえ
えがかなり悪くなったとの
ことです。ロックは「音響
曝露」と言って、騒音性難
聴が起きやすいのです。昔
は、工事現場や工場で大き
な音が出る環境で仕事をし
ている人たちが難聴になり
ましたが、そういう職場は
管理されてだんだん少なく
なってきました。しかし、
ロックコンサートで難聴が
割合起きていることを図10のグ
ラフは表しています。昔は

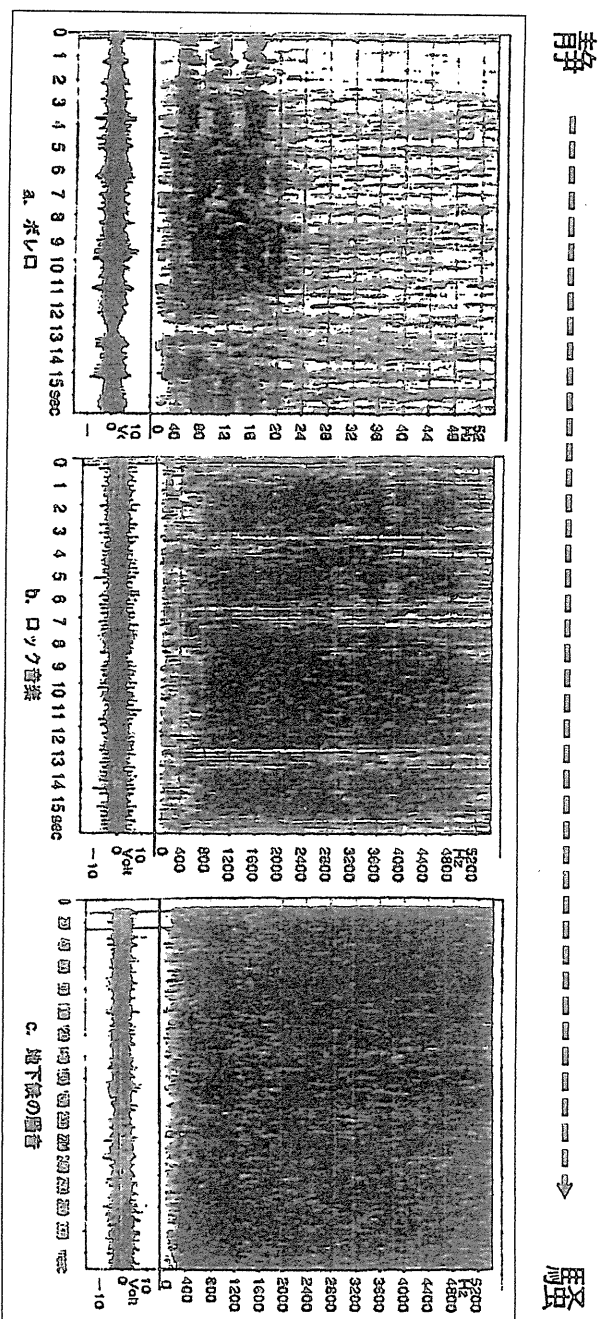
図10 音響曝露の種類



ロック難聴の予防と対策

1. 過労などの誘因のある場合、特に30歳以上の場合には、ロックコンサート、ディスコへの参加は慎重にする
2. スピーカーの直前の席は特に注意
3. 演奏途中に耳閉感、耳鳴、難聴を自覚したら、直ちに退出する
4. ラジカセ、CD、MDなどは地下鉄など環境騒音の大きい場所では聴取しない。ヘッドフォン装着のまま寝込まない
5. ロックバンド、ブラスバンドなどの練習の際は小休止を頻繁に入れる
6. 防護耳栓の使用

図11 音の分析(サウンドスペクトログラム)



ディスコ難聴というのもありました。

音を絵で見る方法を「サウンド・スペクトロ・グラフ」と言います(図11)。例えば、ラヴェルの「ボレロ」は音が「しま」のようになっていきます。音のエネルギーが強くと黒く出ます。ロック音楽は、真つ黒に近いのです。参考のために、地下鉄丸ノ内線で録音して分析してみると似ていることがわかります。そのぐらいうるさいのです。従って、地下鉄の中でヘッドホンでロックを聞くのは、聴覚医学の立場からすると、騒音性難聴を起こしかねないところがあり、注意が必要です。

一方、オーケストラも問題になっています。モーツァルトやベートーヴェンのころのオーケストラは小さい編成でしたが、現在は大編成になり大音量が出るようになりました。すると、金管楽器の前のほうで演奏しているバイオリンの人たちにとっては、騒音性難聴にならないように耳を大切にすることがあります。そのために、金管楽器との間に透明の衝立を立てることが時々あるそうです。このオーケストラの人たちのことをもう少し調べて研究したいのですが、なかなかチャンスがなくて残念です。

両耳が聞こえない作曲家として、ベートーヴェンやスメタナがいますが、この時代は補聴器もありませんでした。医療も全然進歩していないために悪徳医者にかかって、全然治らないどころかさらに悪くなったりしました。しかし、途中で聞こえなくなったとしても、脳の中には音楽脳ができていて

作曲が可能だったのです。

一方で、難聴の演奏家もいます。ピアニストのフジ子・ヘミングよりさらに驚くべき存在は、エヴェリン・グレニーという英国の女性打楽器奏者です。彼女は子どものときにピアノを習っていましたが、13歳のときに全く聞こえなくなりました。その後、日本のマリンバ奏者の安倍圭子さんに打楽器演奏を習いました。これまで日本に何度も来てコンサートをを行い、ある銀行のテレビコマーシャルの音楽を担当したこともあります。

彼女は、「音楽は耳ではなく体で聴きます。体に伝わる振動で音楽を感じることができます。例えばマリンバの場合、低音域は床を通じて下半身で、中音域は胴体で、そして、高音域は頭部、つまり頬骨で感じます」と言っています。

最後に、耳の病気です。私たちは、先天性の病気の治療をいろいろしています。例えば、両方の耳がなく生まれる小耳症外耳道閉鎖症の子どもが10万人に約1人います。こういう子どもたちには形成外科と組んで手術で、耳の形を作り、外耳道と鼓膜を作ります。そうすると、本人も非常に自信を持つようになります。

また、生まれつき聞こえが悪い子どもたちには、補聴器を使ってその分を補うようにして、聞いて話す聴覚口話法という教育とタイアップしています。それでも聞こえない子どもたちがいるので、その場合は「人工内耳」という画期的な手術があります。日本の開発でないのが残念ですが、耳の中らせん形のところに電極を埋め込む手術です。手術後の教育で良く聴き話すようになります。

最後に、ヘレン・ケラーの言葉をご紹介します。ヘレン・ケラーは、1歳過ぎに目と耳に障害が起きましたが、「もう一度生まれることがあるなら、私は聞こえる耳が欲しい」と書き残しています。彼女は言語に関してもかなり力があつたので、言語をもって自由に活動してみたいということから、「聞いて話すことができるようになりたい」と言ったと思われれます。

当然ながら、耳も目も重要で、私が彼女だったら、「どっちも欲しい」と言っただと思います。

加我君孝

(かが きみたか)

日本学術会議連携会員、国立病院機構東京医療センター・臨床研究(感覚器)センター名誉センター長、日本学術会議感覚器分科会委員長、東京大学名誉教授

専門：耳鼻咽喉科学

◎インタビュー

正しい検査で適切な治療・療育へ

東京医療センター臨床研究(感覚器)センター 名誉センター長

東京大学名誉教授 加我 君孝

新生児聴覚スクリーニングは、生まれたばかりの赤ちゃんを対象に、多くは出産した病院で、聴力に異常や障害がないかを調べる検査です。ことばの発達やコミュニケーション能力の獲得に深く関わる、先天性難聴などの障害を早期に発見し、適切な治療や療育に結びつけるための重要な検査ですが、実施率は自治体によってさまざまだとか。

東京医療センター・臨床研究センターの名誉センター長で難聴児の治療と療育に詳しい加我君孝先生に、新生児聴覚スクリーニングの意味と難聴児を早期発見する大切さについてお話を聞きました。

新生児聴覚スクリーニングは「リファー」の幅が広い

—— 新生児聴覚スクリーニングとはどのようなものですか。改めてご説明ください。

加我 アメリカで1998年に始まったものですが、日本に導入されたのは2000年です。生後1週間くらいまでの赤ちゃんを対象にコンピューターを使って行うもので、2種類の検査法があります。ひとつは自動ABR(聴性脳幹反応)といって、脳幹の脳波や誘発電位によって聴力を調べる検査です。もうひとつはOAE(耳音響放射)といって、内耳に音が入ると反射音が出る現象を用いて検査する方法です。しかし「スクリーニング」であるため、どちらも結果は詳細には表れず、「パス」(pass/合格)と「リファー」(refer/要精密聴力検査)として示されます。

—— 親が赤ちゃんの「耳の聞こえ」に関心を持つ余裕や手がかりがない新生児期に、聴力に障害のある「可能性のある」赤ちゃんを発見してしまうということですね。

加我 ただ、注意すべき点があります。まず、スクリーニングであるために「パス」と「リ

ファー」を分ける音圧レベルを低くしてあることです。自動ABRは35dBに設定されていますし、OAEも20~30dB以上の難聴があると無反応になるので、少しでも中耳や内耳に問題があると「リファー」(要精密聴力検査)になってしまいます。つまり、一時的な軽い聞こえの悪さも「問題あり」と出てしまう、大雑把な検査だということです。

—— そういうことを知らないまま、生まれたばかりの赤ちゃんが「聴覚に問題がある」と言われたら、親は大変なショックを受けますね。

加我 その通りです。それに、まだ新生児の段階ではその後の経緯もいろいろな可能性があり、軽々しく「耳が聞こえない」などと言うべきではありません。「聞こえが悪い」というとき、中等度の難聴では50~70dB以上、重い難聴は90dB以上です(表1)。そうした重い障害も一時的なものも、等しく「問題あり」と出てしまう可能性が高いのです。また、検査をするのが産科やNICUの医師で、聴力検査や難聴についてよく知らないことが多いのも問題のひとつです。

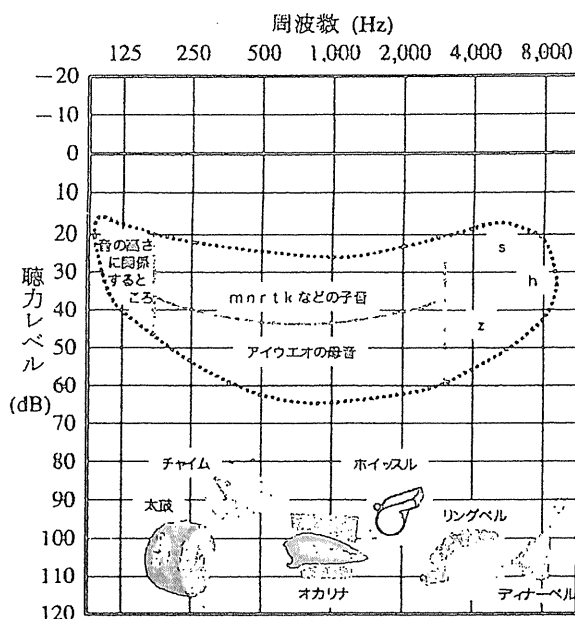
—— するとどんな問題が起こりますか。

加我 生まれたばかりの赤ちゃんの「耳が聞こえない」と言われて、ショックのあまりうつ状態になるお母さんがたくさんいます。しかし、日本耳鼻咽喉科学会の大規模な調

新生児聴覚スクリーニングと難聴児の早期発見

表1 聴力レベル

音の大きさ・デシベル dB	聴力レベル
~20dB以内	正常聴力
20~50	軽度難聴
50~70	中等度難聴
70~90	高度難聴
90dB以上	ろう



提供：加我 君幸