

資 料

聴覚障害者の音源定位に関する研究の展望

小林 優子*・原島 恒夫**・堅田 明義***

音源定位とは、音が発せられたときにその音源の方向や距離を知覚することを言う。音源定位は人間にとって、様々な音が混在する中で聞きたい音をより明瞭に聴くために役立つなど、環境認知において重要な側面をもつ。一方、聴覚障害者は音源定位に必要な音響的な情報入力に制限があるため、それによって様々な困難があると考えられる。そこで本論文では、聴覚障害者の音源定位に関する先行研究をいくつかに分類し検討を加え、さらに聴覚障害者の音源定位を高める点において重要と思われる、頭部運動に関する研究についても概観した。

キー・ワード：聴覚障害者 片側難聴者 音源定位 頭部運動

I. はじめに

音源から音が発せられたとき、その音源の方向や距離を知覚することを音源定位という。音源定位は人間だけでなく、生物全般においても危険の察知などの環境認知に関して重要であるが、人間では、自己に関係のある音響事象のききとりをより良くするために役立つ。例えば、騒音の激しい場所や大勢人がいる場面など、自分のききたい音のほかにも多くの雑音があるような場面において、目的の音を明瞭にきくための様々な知覚的な機構がはたらく。そこで、きこうとする音と背景音のそれぞれの音源を区別できることにより、注意を向けやすくなり背景音から分離することができる（カクテルパーティー効果）。

また、音源定位には音源の音響的な情報が重要な手がかりとなるため、そうした情報入力に制限がある聴覚障害者においては、音源定位に困難さを有する。一方、一般的に聴覚障害者のきこえの困難さは、言語音に関する内容につい

て言及されることが多く、音源定位の問題が比較的軽視される傾向がある。しかし言語音を含めて、我々が日常生活で接する音は多種多様存在し、それらの音に気づきその音源がどこにあるかわかることは、音声言語の内容をききとることの基礎と思われる。

そこで本稿では聴覚障害者の音源定位に関する研究を(1)日常生活における音源定位についての問題点(2)単耳聴(片耳聴)下と両耳聴下での音源定位(3)障害部位による音源定位への影響(4)障害発症時期の違いによる音源定位への影響(5)補聴器や人工内耳装用下の聴覚障害者の音源定位に分類して概観する。また、聴覚障害者を対象とした研究は現在のところほとんどみられないが、音源定位における能動的な情報獲得行動のひとつとして頭部運動についての研究を紹介し、聴覚障害者の音源定位の向上のための一方略としての可能性を述べる。

II. 日常生活における音源定位についての問題点

Klamer らは聴覚障害者を対象に、日常生活でのきこえの制限によるハンディキャップの状況

*筑波大学人間総合科学研究科

**筑波大学心身障害学系

***金城大学社会福祉学部

について質問紙調査を行った (Klamer, Kapteyn, Festen & Tobi, 1995; Klamer, Kapteyn, & Festen, 1998)。その結果、ハンディキャップの内容を(1)騒音下での受聴明瞭度(2)静かな状況での受聴明瞭度(3)音源定位(4)音の識別(5)音の検知の5つに分類できると述べた。また、この5分類に基づいて具体的なきこえの困難さの状況を調べるための質問項目を作成し、普段の生活で該当することが多いか否かについて再度質問紙を実施した。そして、最も該当する頻度が高かった項目は、音源定位と騒音下での受聴明瞭度であり、聴覚障害者はこの2点に関して、日常生活上で最も頻繁に不便さを感じているのではないかという見解を示した。また、コミュニケーションやスピーチの聞き取りなど、言語音のきこえについて困難な状況が多いと思われがちだが、非言語音の知覚の困難さについても多く報告されており、スピーチ以外の音源定位や知覚についても考慮する必要があると述べている。

また、片側の耳の聴力が正常である聴覚障害者(以下片側難聴者)は、両方の耳に聴覚障害をもつ者に比べ日常生活上の問題が少ないと思われやすい。Hartford and Barry (1965)やGiolas and Wark (1967)は、片側難聴者のきこえに関する問題について述べており、それは(1)患側からのききとりやスピーチの理解の困難(2)ノイズ下でのスピーチ理解の困難(3)音源定位の困難に集約される。人間の生理機構は両耳からの情報入力に対応するようになっており、片側からの入力のみでは両耳聴と同じようなきこえが得られない。そのため、先ほど挙げたようなきこえに関する問題が生じてくる。

Bovo, Martini, Agnoletto, Beghi, Carmignoto, Milani, and Zangaglia (1988)は片側難聴の就学児童の学習場面における問題について、周囲の人々が難聴に気づきにくいため学業面でのサポートが遅れることになり、座席の配置など環境面での配慮も得られにくいと指摘している。この他に、音源定位の困難から生じるきこえの困難さに対して、困惑 (embarrassment) や無力さ (helplessness) のような否定的な感情を有

しているという報告もある (Bess, 1985)。

Ⅲ. 単耳聴(片耳聴)下と両耳聴下での音源定位

健聴者の場合、両耳聴下で音源定位を行うが、音源から発せられた音響的信号がそれぞれの耳に到達する際に、音源との距離的な違いから2つの耳の間に時間差や音圧差が生じる。この両耳間時間差 (Interaural Time Difference: 以下 ITD)、両耳間音圧差 (Interaural Intensity Difference: 以下 IID) が音源定位の重要な手がかりとなる。また複合音の定位においては入射方向によって変化するきこえ方の違いによる手がかり(スペクトラル・キュー)の役割も大きい。

しかし、片側難聴者は、片側の耳の聴力が低下しているため、健聴者と同様に ITD や IID といった手がかりを音源定位に活用することは困難となる。

片側からの音響的情報入力のみという状況下の音源定位に関する先行研究では、健聴者を対象として耳栓で片側の聴力を低下させた条件(単耳聴)と実際に片側難聴者を対象とした条件(片耳聴)と、両耳聴との条件間の比較が行われている。前者の場合は、片側難聴者を想定した条件比較というよりむしろ、両耳間時間差・音圧差が有効ではない状況においてどのような音響的情報が定位のために用いられるのか、という点について注目されている。

Butler は、単耳聴下での音源定位について、刺激音として呈示するノイズの周波数帯域を様々に変化させて検討している (Butler, 1986, 1987; Butler & Planert, 1976; Butler & Frannery, 1980)。これらの研究による知見は以下のようにまとめられる。(1)ある中心帯域のノイズでは実音源の方向に関わらず、ある一定の方向に間違えて定位されるような現象が見られ、呈示音の周波数と定位する音源方向に対応関係があった。(2)前方と後方においては、両耳条件が常に単耳条件よりも成績が上回り、またノイズの帯域が広くなるほど音源定位が向上した。側方については、帯域が広がるほど音源定位の

精度が高くなるが、両耳条件と単耳条件の差は少なかった。これらのことから、周波数成分を広く含むことが音源定位の精度を高める要素となることが示された。(3)広帯域雑音を用いた単耳聴での音源定位における学習効果を調べたところ、最初は音源の位置に関わらず定位が側方に偏るが、繰り返しフィードバックを行うことで定位が正確に行われるようになったため、練習による音源定位への効果が示唆された。

一方、実際に片耳難聴者を対象とした報告は少ないが、Slattery and Middlebrooks (1994) が実験的な検討を行っている。彼らは、先天性の片側感音性難聴者5名と、耳栓を装着して単耳聴条件を設定した健聴者を対象として水平面と垂直面の音源定位の比較を行った。健聴者の場合は、水平面の定位において、耳栓を装着していない側に極度に定位が偏るが、垂直面での定位は比較的保たれていた。先天性の片側難聴者は、健聴者の単耳聴条件と同じく健耳側に定位が偏る場合と、患耳側・健耳側ともに定位が正確に行える者に分けられた。別述した Butler (1986,1987 など) の先行研究に示されたように、健聴者に耳栓を装着させ単耳聴条件で定位を行った場合、いずれも側方へ大きく定位が偏ることが報告されている。しかし、Slattery and Middlebrooks (1994) の報告では、片側に大きく偏った定位をした片側難聴者は低音域に比べ高音域の聴力が低下しており、これは健聴者の耳栓装着条件と似たような聴力像であった。これらの者は、各周波数の聴力レベルが異なることで、周波数情報の両耳間のバランスに問題があったのではないかと推測されている。また、正確な音源定位が行えた者については、位置によるきこえ方の違い(こもったようにきこえる、など)、すなわちスペクトラル・キューを手がかりとし、位置との対応関係を学習していたのではないかと推測されている。

また、及川 (1990) も片側難聴者(患耳聴力レベル: 18.6~87.9dB)、片側聾者(患耳聴力レベル: 97.9~110.0dB)を対象として、健聴者との音の方向感の違いを報告している。音源定位

の正答率は、健聴者の全体平均が 94.3%であったのに対し、片側難聴者が健側 67.7%、患側 56.7%で、片側聾者は健側 61.8%、患側 16.1%であった。また片側難聴者を患耳の聴力レベルが 60dB 未満の群と 60dB 以上の群で分類し比較したところ、前者は健側・患側ともに 75.4%に対し、後者は健側 55.3%、患側 26.7%であった。これより患側の聴力レベルが低下するほど音源定位に影響がでると考えられる。しかし、少数例ではあるが、患耳の聴力レベルが低くても高い正答率を示した者がおり、彼らは両耳聴による手がかり以外の何らかを処理することによって高い音源定位能力を獲得しているのではないかと推測している。

さらに、Hausler, Colburn, and Marr (1983) は感音性片側難聴者の音源定位能力とノイズ下での受聴明瞭度に関係があるとし、音源のスペクトルパターンを知覚するための周波数弁別力が両者の精度に影響すると述べている。また、スペクトラル・キューの活用を学習することで、ITD や IID の差が出にくい垂直方向の音源定位に役立てているとしている。

以上の報告から、片側難聴者の音源定位の精度には(1)残存聴力の各周波数帯域における聴力レベル(2)先天性・後天性など罹患時期による違い、すなわち片側だけの聴覚情報入力の経験年数の長さ(3)周波数弁別力など、これらの要因が片耳聴下での音源定位の正確さに関係するのではないかと推測できる。このように片耳聴という聴覚情報入力の制限を補うには、両耳間差に拠らない手がかり、すなわちスペクトラル・キューをどれだけ音源定位に活用できるかということ、また活用の方法を学習するための十分な経験が必要と考えられる。

IV. 聴覚障害のタイプによる音源定位への影響

聴覚障害の原因が伝音系や感音系、上位中枢など、どの部位に存在するかによって異なるきこえへの影響を示す。そのため、聴覚障害のタイプによりそれぞれ音源定位の困難をもたらすメカニズムも違うのではないかと考えられる。

Noble, Byrne, and Lepage (1994) は、両側感音性難聴者の水平面・垂直面の音源定位を調査したところ、垂直面の定位の精度には高音域の聴力が、前後の識別には中～高音域の聴力レベルが関係していることを示唆し、感音性難聴と伝音性難聴の混合したタイプでは、感音性難聴のみを有する者に比べ低音域の聴力レベルが悪かったため、両耳間時間差の情報が得られにくいことから、音源定位がより困難になったとしている。

Hausler ら (1983) は、伝音性・感音性難聴者や両耳・片側難聴など様々なタイプの聴覚障害者を対象として、ITD、IID と最小弁別角度の特徴について調べ、障害の臨床像によって、音源定位の困難さをもたらす原因を推定した。伝音性難聴については、気導音に比べ骨導音では音源の位置によるスペクトラル・キューが少なくなること、また音源と反対側にある蝸牛にも骨導音が伝わることから、両側性・片側性ともに聴力レベルが 35dB 以上になると、音源定位に影響が出ると述べている。また、感音性難聴においては、両側性の場合において見られる特徴であるが、スペクトルパターンの識別の困難さが音源定位に影響があると考えられ、水平面側方や垂直方向の音源定位、騒音下での受聴明瞭度にも関係するとしている。片側性（特に難聴耳の聴力レベルが重度以上）の場合は、対象者によって ITD、IID などの値の差が大きく異なるが、患耳の高音域の聴力レベルや呈示刺激の周波数帯域が音源定位の精度に影響することを示唆している。

また、Hausler ら (1983) は聴神経腫瘍や中枢神経系障害による聴覚障害者の IID、IID、スペクトラル・キューの特徴についても調べており、このようなタイプにおける音源定位に困難を示す要因として、音響的信号の伝達や処理を行うシステムに問題があるためとしている。このように聴神経以降の聴覚経路に障害が生じる後迷路性難聴では左右耳からの時間差・音圧差などの情報の統合や、より詳細な周波数分析と方向を対応させる処理が行われるため、聴力レ

ベルに問題がない場合でも方向感の異常が症状のひとつとして現れる (Jenkins & Masterson, 1982; 神崎・古賀, 2002)。

V. 障害発症時期の違いによる音源定位への影響

Moore (1991) は新生児期に片耳難聴を呈した場合、ITD、IID の処理を行う脳幹部において、ニューロンの再構築の変化など、片耳聴による情報入力制限を補う現象があると述べている。この現象は成人期に発症した片側難聴者では見られないことから、音源定位に関する中枢処理系の可塑性を示している。また、Morrongiello (1989) は、生後 6～18 ヶ月に浸出性中耳炎による片側伝音性難聴に罹患した乳幼児の術前、術後の音への定位反応の比較を行ったところ、発症時には成人と同じく発症した側への正しい反応が困難であったが、治癒から 2 週間後には定位反応が改善しており、早期に片耳聴を経験しても、その時期がごく短いものであれば両耳聴のききとりを学習できるとしている。しかし、Wilmington, Gray, and Jahrsdoerger (1994) は、先天性の伝音性片側難聴者の両耳処理に関して、術前と術後 24 日後で比較したところ、純音聴力検査、両耳間時間差・音圧差の弁別閾値、受聴明瞭度は向上したが、音源定位（方向弁別能力）、ノイズ下での受聴明瞭度には術前術後の違いに有意差がなかった。このことから、発達早期に両耳聴の経験が失われてそのまま経過してしまうと、単純なレベルの両耳聴知覚については回復しうるが、両耳聴の様々な処理に関わると思われる側面については回復が困難になると述べている。しかし、音源定位についてはノイズ下での受聴明瞭度に比べ、正常範囲には達しないが、ほとんどの患者の方向弁別能力が向上しており、より長い期間での変化について追試していく必要もあるとしている。

一方、及川 (1990) の研究によると、発症時期を推定し片側聾者を先天性と後天性に分類してそれぞれの正答率を算出した結果、前者は健側の正答率が 62.2%、患側が 30.4%、前後方向

が66.7%に対し、後者は健側が60.0%、患側が4.2%、前後方向が27.5%であった。両者とも健側の正答率に違いはないが、患側、前後方向の正答率に大きな差がみられ、健側の定位の精度に差がないのに対し、その方向から少しでもずれてしまうと後天性片側聾者の定位の精度の低下がみられた。

このように、発達早期から片側難聴を経験することで、その状態で正確な音源定位を行うための方法を学習しうが、後天的に片側難聴者が手術により聴力が回復して両耳聴によるききとりの状態になったとしても、得られた両耳間差を手がかりとして役立てることが困難となる見解が示されている。このことから、聴覚障害の発症が先天性の場合よりも後天性の場合の方が、より音源定位の困難が生じやすいと考えられる。

VI. 補聴器・人工内耳装用下の聴覚障害者の音源定位

聴覚障害者は聴覚活用をするため、聴力を補う何らかの補聴手段を講じることが多い。最も多いのは、補聴器を両耳または片耳に装用し、音を増幅して入力する方法がある。また、蝸牛に音響的情報から変換した電気的な刺激を直接与える人工内耳の開発が進み、手術によって装用する人も増えている。近年は、人工内耳の手術を受ける聴覚障害者の数が増加し、またこれまでは障害が重いほうの耳のみに人工内耳を装用し、その耳での聞き取りに比重を置くことが多かった。しかし、もう片方の耳に補聴器を装用したり、両側の耳に人工内耳を装用するケースも増えている。それぞれの機器の特性の違いから、どのような補聴器や人工内耳を用いるか、またそれぞれの耳にどのように装用するかによって、音源定位に及ぼす影響も異なると考えられる。

Noble らは補聴器を両耳または片耳装用している聴覚障害者の音源定位の比較を行った (Noble & Byrne, 1990; Byrne, Noble, & Lepage, 1992)。その結果、音源定位能力には聴力レベ

ルにより違いが見られ、軽度の障害の場合は両耳・片耳装用における違いはなかったが、中度～重度の場合は両耳装用の方が有効であった。これは、軽度の場合は、非補聴側に音源がある場合でも、頭部を回折した音響的情報が十分に補聴耳に入力されるためとしている。一方、聴覚障害が重度の場合では非補聴側に音源がある場合は、裸耳に比べ補聴器によって増幅された方が音響的情報を有効に利用されるためと考えられる。また、耳掛け形補聴器、耳穴形補聴器など補聴器のタイプによる比較を行ったところ、耳穴形補聴器の装用者は耳掛け形補聴器など普段と異なる補聴器を装用した場合に音源定位能力が低下が見られた。このことから、補聴器のタイプによって入力される音響的情報が異なるため (集音マイクの位置の違いなど)、それぞれの補聴器から得られる手がかりを活用した音源定位の学習を行っているのではないかと報告している。

また、近年では Bone-Anchored Hearing Aid (埋め込み形骨導補聴器) など重度の伝音性難聴に適用されるものが普及しており、これらの音源定位に関する能力についてもいくつか報告されている。Van der Pooe, Snik, and Cremers (1998) は音源定位を含む埋め込み形骨導補聴器のきこえの評価について、両耳装用と片耳装用 (バイクロス装用) で比較を行った。音源定位については、片耳装用よりも両耳装用下で有意に定位の精度が向上しており、両耳の近くの二箇所を音を集音しても、それを統合して片方の耳だけに入れても正確な音源定位がもたらされるわけではなく、二箇所を集められた音がそれぞれの耳に個別に入力されることが重要であることが示唆された。

人工内耳装用者を対象としたものとしては、Tyler, Parkinson, Wilson, Witt, Preece, and Noble (2002) の報告があり、彼らは片側の耳に人工内耳を、もう一方に補聴器を装用する3名の聴覚障害者の音源定位について調べている。この場合、人工内耳の側からは電気生理的な刺激が、補聴器の側からは音響的な刺激が入力され

るため両耳聴ではあるが、性質の異なる知覚の統合という問題が含まれている。その結果、内省報告では3名中2名は両耳に補聴器と人工内耳を装用することで聞き取りが向上し、人工内耳と補聴器の音がうまく統合されていると述べているが、1名は人工内耳側の音が補聴器側に比べ時間的な遅れて入力されるためにうまく統合されていないと述べている。また、音源定位については、2名が補聴器または人工内耳のみより、両耳装用することで定位が向上していたが、1名は人工内耳のみと両耳装用に差が見られなかった（先述した人工内耳と補聴器の音の統合がうまくいかない1名とは別であった）。音源定位が向上した2名は、人工内耳装用前の聴力レベルがほぼ両耳とも同程度であったのに対し、向上しなかった1名は片側聴覚障害の罹患歴が長く、両耳聴の経験が少ないことが考えられる。Van Hoesel, Ramsden, and O'Driscoll (2002) は両耳に人工内耳を装用した聴覚障害者1名を対象として、両耳間時間差や音源定位について調べた。その結果、人工内耳の特性のため、入力される音が70dB以上になると自動的に音の入力を抑えてしまうため、呈示音圧が70dB以下の方が音源定位の精度は高くなった。また、音を両耳に入力する際に片耳への入力を時間的に遅らせる特性があるため、両耳間時間差は正確に知覚されていないと思われるが、音源定位の精度にはあまり影響がなかった。

現在のところ、補聴器や人工内耳の装用（特に両耳装用）下での音源定位については良好な成果が得られていると報告しているものが多い。しかし、人工内耳の場合は長期間の装用例によるきこえへの影響など、検討すべき点が多く残されており、さらなる報告が待たれるところである。

Ⅶ. 音源定位への頭部運動の影響

通常、人は受動的に音響的な情報を取り入れるだけでは、聞こうとする音の情報を十分に得ることはできない。我々は能動的に情報を獲得することでより正確に音源定位を行うと考えら

れる。能動的な情報獲得の行動のひとつとして頭部運動があげられる。頭部運動には、音のきこえる方向に反射的に頭を向けるものと、音源の音響的情報が曖昧であるような場合でかつ視覚的にも確認できないようなときに、頭を動かすことで音源の位置を探索する運動がある。

Fisch (1983) は音源定位に関して、聴覚系の発達と随意運動の発達が必要であると述べており、脳幹部位で行われる定位反射のレベルから、自身で音の探索を随意的に行えるレベルへと自己学習していくことが必要不可欠であると考えている。

頭部運動によって、耳へ入る音の音圧に変化が生じ、その変化は音源の三次元的な空間座標に対応している。そのため、頭部運動によって獲得された聴覚情報を処理することで方向定位の精度が向上すると考えられる。Wallach (1940) は、頭部運動による ITD、IID が変化しないような条件を設定したところ、それらが生じないような方向、すなわち真上に音源を知覚したことを報告し、頭部運動による音源情報が方向知覚に手がかりを与えるという結果を示した。この他にも、水平面上における音源定位への頭部運動の効果を述べた報告がある (Thurlow & Runge, 1967; 朝日・松岡, 1976)。一方、Pollack and Rose (1967) は、刺激音の持続時間が短い場合 (30ms) は、頭部運動を行っても音源定位の精度が低く、1s 以上になると定位が向上することを報告しており、音の持続時間が頭部を音源に向けるために十分な長さであることが必要だとしている。

これまでの報告は全て両耳聴下での報告であるが、Perrott, Ambersoom, and Tucker (1987) は、視覚的な音源方向の手がかりがない状況で、頭部正面を音源方向に向ける課題を行い、両耳聴と単耳聴(耳栓装用)について比較している。その結果、呈示音が短い場合 (100ms) においては単耳聴条件で耳栓を装用していない側に定位が偏り、持続時間が短い音に対する音源定位の困難さが明らかであったが、音を長く持続して呈示した場合には再び精度が上がった。そし

て、音源が側方にあるほど定位に要する頭部運動の持続時間の長さも増加していた。彼らは単耳聴下で視覚的な手がかりが無いという、音源定位が困難な条件においても、頭部運動によって付加的情報を得ることで、正面方向の定位が向上することを示唆した。

しかし、実際に聴覚障害者を対象とした研究で頭部運動に焦点を当てたものはほとんどみられず、例えば片側難聴者や片側聾者に同じ実験を行ったとして、同様の結果が得られるか否かは明らかではない。Byrne ら (1992) は、異なるタイプの補聴器を装着している聴覚障害者について音源定位の実験を行ったが、先行研究 (Noble & Byrne, 1990 ; 1991) と異なる結果が得られた。これについては、定位の際に頭部運動の制限の有無が影響しているのではないかと考察しているが、頭部運動そのものに焦点を当てて研究を行ったものはほとんど見られない。

小林 (2002) は一側聾者を含む片側難聴者と健聴者の単耳聴条件を比較して、水平面上の音源定位における頭部回旋運動の効果について検証を行った。その結果、一側聾者は頭部を動かさない場合では、健聴者の単耳聴下よりも音源定位の成績が低下したが、頭部回旋運動を行う条件では、成績は健聴者の単耳聴下と同程度まで向上した。また、健聴者の単耳聴条件と一側聾者の頭部運動について検討したところ、前者においては、音が呈示されると、音源付近の方向に頭部を回旋させてから耳栓を装着していない耳を音源に向けて方向を決定していた。一方後者では、健聴者の単耳聴条件に比べ音刺激へ素早く反応し、回旋運動もより長く大きい角度で行われ、健聴者よりも探索的な行動が見られており、健聴者の単耳聴条件と一側聾者では、片側からの聴覚的情報入力が一時的な場合と、長期間にわたる場合の違いによって頭部運動の違いが現れたと考察している。また、一側聾者は内省報告においても、日常生活において音源定位のために、音源と思われる方向に手をかざし音色を変えるなどの方略を用いていると述べている。

VII. おわりに

本稿では聴覚障害者の音源定位に関する研究について概観してきた。そこで、これらの研究で得られた知見をまとめると以下ようになる。

1. 日常生活における音源定位についての問題点

Klamer ら (1995 ; 1998) は聴力レベルの左右差が様々な聴覚障害者を対象とし、Hartford and Barry (1965) や Giolas and Wark (1967) は片側難聴者を対象としているが、日常生活での問題点は音源定位と騒音下でのききとりに集約される。

2. 単耳聴 (片耳聴) 下と両耳聴下での音源定位

健聴者の耳栓装着による単耳聴下での音源定位において、ITD や IID が手がかりとして使にくい状況では呈示音の周波数帯域が音源定位の正確さに重要な要素となり、また学習による音源定位への効果も示唆された。片側難聴者を対象とした場合は、正確に定位できる者と困難な者が存在し、周波数ごとの残存聴力や片耳聴の経験の長さなどが影響していると思われる。

3. 聴覚障害のタイプによる音源定位への影響

障害がある聴覚経路の部位によって、周波数分析や ITD、IID の統合など、音源定位への影響もそれぞれ異なることが示唆される。

4. 障害発症時期の違いによる音源定位への影響

難聴の発症時期と、その状態でのききとりの経験の長さが、音源定位を行う際に用いる手がかりやその活用方法に影響すると考えられる。

5. 補聴器・人工内耳装用下の聴覚障害者の音源定位

近年人工内耳や埋め込み形補聴器などさまざまなタイプの補聴器・人工内耳等が開発され普及し始めているが、特に両耳装用の場合に音源定位への効果が期待できるのではないかと。

6. 音源定位への頭部運動の影響

健聴者を対象とした音源定位への頭部運動の効果についての研究は数多く存在する一方、聴

覚障害者を対象とした、付加的情報獲得行動としての頭部運動に焦点を当てた研究は、現在ではほとんどみられない。小林(2002)によれば、一側聾者において音源定位への効果が期待できる結果が得られている。

聴覚障害者の音源定位に関する先行研究の多くは、ITD や IID といった音響的手がかりへの知覚の特徴に焦点を当てたものや、補聴器・人工内耳の装用効果の一側面として対象としたものに大別される。前者は人間の音源定位の機構について基礎的なデータをもたらすものであり、後者は聴覚情報を補償した状態でどれだけ利得が得られるかということを示すと考えられる。

しかし、聴覚障害者の日常生活上の問題については、Klamer ら(1995; 1998)が述べたような音源定位や騒音下での聞き取り、音の検知などに関する困難さは、音に気づきにくいため音源定位が困難になったり、音源定位が困難なために、騒音下でのききとりが悪くなるなど、それぞれの問題が関係し合うことで問題が複雑化していると思われる。また、それらを解決するために聴覚障害者は様々な方略を学習し実施していると推測できる。Giolas and Wark (1967)は、片側難聴者はきこえに関する困難さによってコミュニケーションにも影響を受けるが、視覚的な手がかりや環境へのはたらきかけを行うなどの努力を行っているとして述べている。音源定位に関する問題もそれを解決するため何らかの方略が用いられていることや、逆に音源定位が異なる側面のきこえの問題を解決する糸口となっていると予測される。今後の研究は、少ない聴覚情報から環境認識を行うための方法のひとつとして音源定位を考えていくことが重要であると思われる。

文献

朝日 伸光・松岡 進 (1976) 音の方向定位における頭部水平回転運動の効果, 日本音響学会聴覚研究会資料, H-37-1, 12-17.
Bess, F. H. (1985) The Minimally Hearing-Impaired

Child. Ear and Hearing, 6 (1), 43-46.
Bovo, R., Martini, A., Agnoletto, M., Beghi, D., Carmignoto, D., Milani, M. & Zangaglia, M. (1988) Auditory and Academic Performance of Children with Unilateral Hearing Loss. Scandinavian Audiology Supplement, 30, 71-74.
Butler, R. (1986) The Bandwidth Effect on Monaural and Binaural Localization, Hearing Research, 21, 67-73.
Butler, R. (1987) An Analysis of the Monaural displacement of Sound in Space. Perception and Psychophysics, 41(1), 1-7.
Butler, R. & Planert, N. (1976) The Influence of Stimulus Bandwidth on Localization of sound in Space. Perception and Psychophysics, 19(1), 103-108.
Butler, R. & Frannery, R. (1980) The Spatial Attributes of Stimulus Frequency and Their Role in Monaural Localization of Sound in the Horizontal Plane. Perception and Psychophysics, 28(5), 449-457.
Byrne, D., Noble, W., & Lepage, B. (1992) Effects of Long-Term Bilateral and Unilateral Fitting of Different Hearing Aid Types on the Ability to Locate Sounds. Journal of the American Academy of Audiology, 3 (6), 369-382.
Fisch, L. (1983) Integrated Development and Maturation of the Hearing System. British Journal of Audiology, 17, 137-154.
Giolas, T. G. & Wark, D. J. (1967) Communication Problems Associated with Unilateral Hearing Loss. Journal of Speech and Hearing Disorders, 32 (4), 336-342.
Hartford, E. & Barry, J. (1965) A Rehabilitative Approach to the Problem of Unilateral Hearing Impairment: The Contralateral Routing of Signals (CROS). Journal of Speech and Hearing Disorders, 30 (2), 121-138.
Hausler, R., Colburn, S., & Marr, E. (1983) Sound Localization in Subjects with Impaired Hearing Spatial-Discrimination and Interaural-Discrimination Tests. Acta Oto-Laryngologica Supplement, 400, 5-62.
Jenkins, W. M. & Masterson, R. B. (1982) Sound Localization: Effect of Unilateral Lesions in Central Auditory System. Journal of Neurophysiology, 47,

- 987-1016.
- 神崎 仁・古賀慶次郎 (2002) 難聴の病態生理と診断・治療. 大衆医学撰書.52-60
- Klamer, S. E., Kapteyn, T. S., Festen, J. M., & Tobi, H. (1995) Factors in Subjective Hearing Disability. *Audiology*, 34, 311-320.
- Klamer, S. E., Kapteyn, T. S., & Festen, J. M. (1998) The Self-reported Handicapping Effect of Hearing Disabilities. *Audiology*, 37, 302-312.
- 小林優子 (2002) 聴覚障害者の音源定位における頭部運動の効果に関する一考察. 平成13年度筑波大学大学院修士課程教育研究科障害児教育専攻修士論文.
- Moore, D. R. (1991) Anatomy and Physiology of Binaural Hearing. *Audiology*, 30, 125-134.
- Morrongiello, B. A. (1989) Infants' Monaural Localization of Sounds: Effects of Unilateral Ear Infection. *Journal of Acoustical Society of America*, 86 (2), 597-602.
- Noble, W. & Byrne, D (1990) A Comparison of Different Binaural Hearing Aid Systems for Sound Localization in the Horizontal and Vertical Planes. *British Journal of Audiology*, 24, 335-346.
- Noble, W. & Byrne, D. (1994) Auditory Localization under Conditions of Unilateral Fitting of Different Hearing Aid Systems. *British Journal of Audiology*, 25, 237-250.
- Noble, W., Byrne, D., & Lepage, B. (1994) Effects on Sound Localization of Configuration and Type of Hearing Impairment. *Journal of Acoustical Society of America*, 95 (2), 992-1005.
- 及川 尚 (1990) 音方向感の研究 —特に一側難聴、一側聾について—. 日本耳鼻咽喉学会, 93, 361-372.
- Perrott, D. R., Ambersoom, H., & Tucker, J. (1987) Changes in Head Position as a Measure of Auditory Localization Performance: Auditory Psychomotor Coordination under Monaural and Binaural Listening Conditions. *Journal of Acoustical Society of America*, 82, 1637-1645.
- Pollack, I. & Rose, M. (1967) Effect of Head Movement on the Localization of Sounds in the Equatorial Plane. *Perception and Psychophysics*, 2, 591-596.
- Slattery, W. H. & Middlebrooks, J. C. (1994) Monaural Sound Localization: Acute versus Chronic Unilateral Impairment. *Hearing Research*, 75, 38-46.
- Tyler, R. S., Parkinson, A. J., Wilson, B. S., Witt, S., Preece, J. P., & Noble, W. (2002) Patients Utilizing a Hearing Aid and a Cochlear Implant: Speech Perception and Localization. *Ear and Hearing*, 23 (2), 98-105.
- Thurlow, W. R. & Runge, P. S. (1967) Effect of Induced Head Movements on Localization of Direction Sounds. *Journal of Acoustical Society of America*, 42, 480-487.
- Van Hoesel, R., Ramsden, R., & O'Driscoll, M. (2002) Sound-Direction Identification, Interaural Time Delay Discrimination, and Speech Intelligibility Advantages in Noise for a Bilateral Cochlear Implant User. *Ear and Hearing*, 23 (2), 137-149.
- Van der Poue, K., Snik, A., & Cremers, C. (1998) Audiometric Results of Bilateral Bone-Anchored Hearing Aid Application in Patients with Bilateral Congenital Aural Atresia. *The Laryngoscope*, 108, 548-553.
- Wallach, H. (1940) Role of Head Movement and Vestibular and Visual Cues in Sound Localization. *Journal of Experimental Psychology*, 27, 339-368.
- Wilmington, D., Gray, L., & Jahrsdoerger, R. (1994) Binaural Processing after Corrected Congenital Unilateral Conductive Hearing Loss. *Hearing Research*, 74, 99-114.

—— 2003.9.1 受稿、2003.12.3 受理 ——

The Literature Survey of Studies on Sound Localization of Persons with Hearing Impairment

Yuko KOBAYASHI, Tsuneo HARASHIMA, and Akiyoshi KATADA

Sound localization is the perception of direction and distance of a sound source when a sound is emitted. For humans, It plays an important role in environment recognition, such as when one is trying to clearly listen to specific sound among a mix of various sound. Since the persons with hearing impairment are limited in the input of acoustical information acquired by sound localization, they may experience many kinds of difficulties. This paper considers and classifies sound localization studies of the persons with hearing impairment, and overviews the research of head movement, which is considered to be important in improving the sound localization of them.

Key Words : Hearing Impaired People, Unilateral Hearing Impaired People,
Sound Localization, Head Movement