

## 第2章 筆記支援システム技術の検討

### 2.1 音響フィードバック技術の現状と筆記支援システムへの応用

#### (1) 盲人の筆記支援に必要な音響フィードバック技術

文字を書くという技術は、人間にとってかなり高度な知的活動に属するものである。手本を見ながら、繰り返し書き取り練習をした経験を大多数の人がもっている。文字の形、書き順等を認識して、紙面の適当な位置に、適当な大きさの文字を筆記するためには、視覚のフィードバックと手の運動機能の連携が必要である。このフィードバックがないと、福笑いのゲームに見られるように、紙面の所定の位置に、正しい形で文字を筆記することがかなり困難になる。視覚フィードバックを失うと筆記が思うようにできなくなる現象は、文字を筆記した経験のある中途失明者についてもみられる。また書いた線が浮き出して触覚で分るようにしたレーズライタ(第1章1.4節参照)などを用いて墨字を練習したことのある先天盲については触覚フィードバックが不可欠である。したがって、すでに文字を周知している盲人の筆記を支援するためには、視覚に代わる他の正常な感覚である聴覚あるいは触覚を利用すればよい。

聴覚と触覚のいずれを用いるかは議論のあるところであり、両者の併用も当然考えられる。ここでは、文字の筆記を、室内で座って机上で行う個人的な作業と考え、また手が自由になることを考慮して聴覚を利用する方法を提案することにする。

ところで、音響信号を用いた視覚障害補助に関する試みは多く、文字情報の伝達、画像情報の伝達、歩行補助など目的もさまざまである。その代表的なものは盲人の読書機にみられるような音声合成技術を利用したものである。文字情報の伝達を目的とした初期のものには、オプトホン(Optophone)、レキシホン(Lexiphone)にみられるような文字を音の符号に変換したものが多く、また、画像情報の伝達および歩行補助のように歩行前方の情景を伝達するものでは、聴覚における音像定位を利用したものが有効と考えられている。伊東、米沢はヘッドホン受聴による音像定位を利用して、聴覚を通して画像情報を伝達する方法を提案して、その可能性と限界について詳細に検討している。

視覚が空間情報の受容を主とするのに対して、聴覚は時間情報の受容が主であり、また、聴覚の情報受容能力は視覚に比べて百分の一程度である。これらのことから明らかなように、画像情報を音響情報に変換して聴覚を通して伝達する場合には、画素数、伝達時間などに大きな制約があり、複雑な画像の伝達は望めない。

しかし、文字の筆記においては、視覚フィードバックがなくても、何等かの方法で、筆

記する場所、筆記具の先端の位置などを知ることができれば、ある程度良好な筆記が行えるので、筆記支援においては筆記に必要な位置に関する情報を効率良く伝達することが最も重要であると考えられる。そこで、このような位置情報を伝達できる可能性を有する方法として、音像定位を利用した音響フィードバック法を盲人の筆記支援システムに採用することが適当と思われる。この方法によれば音響信号により文字の書き順や形を教育することも可能で、さらに文字の筆記に限らず図形や絵の筆記の可能性も考えられる。また、筆記にあたって、必要に応じて音声合成による教示も現在の技術では可能である。

(2) 音像定位と音響スクリーンの構成

図 2.1.1 に示すように、頭上を飛ぶ航空機の音によって、その航空機の位置を認識できるのはしばしば経験することである。

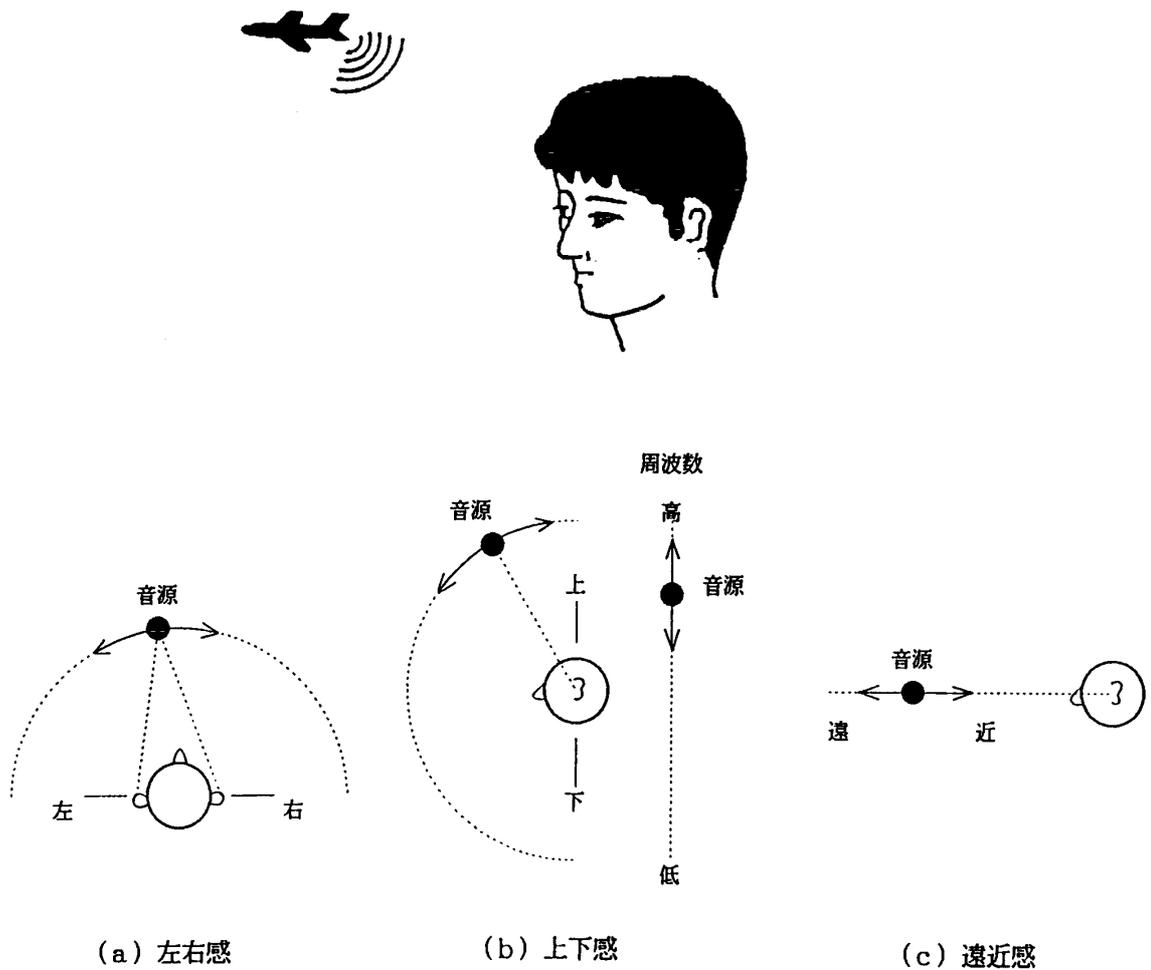


図 2.1.1 聴覚における音像定位と聴覚空間の3感覚

このように音像の方向を知覚できる現象を音像定位と呼んでいる。音像定位は両耳聴の現象の中で最も重要なものであり、音響心理および聴覚生理の両面から精力的に研究が続けられている。古い研究ほぼ100年前に遡ることができ、これまでに、音像定位の要因についてはさまざまな説が登場しているが、まだ不明な点も多い。ここでは、聴覚空間を図2.1.1のように頭部を中心として(a)左右、(b)上下、(c)遠近のそれぞれの感覚に分解してその要因を概説するとともに、位置情報を有する点音像の形成について述べる。

左右感すなわち水平面内の定位要因は、両耳に入る音響信号の差異で、両耳間レベル差および両耳間時間差と呼ばれるものである。これは音源に近い耳には大きな音が、一方、遠い耳には小さい音が入り、また、音源に近い耳の方が遠い耳に比べて早く音が届くことを意味している。両耳間レベル差は音響信号の周波数が高い方が一般に大きく、最大で20dB程度である。また両耳間時間差は最大でも8msecほどのわずかな時間である。実空間ではそれぞれの要因が組み合わされて音像の方向を決定しているが、ヘッドホン受聴の場合には、これらの要因を単独に扱うことができるので、点音像の形成が容易である。この場合、両耳間時間差による点音像は両耳間レベル差による点音像に比べて、短時間の呈示でも正確な定位ができる。しかし、両耳間時間差で表示できる音響信号の周波数の上限が約1500Hzであること。また、点音像が次々に呈示された場合に後続の点音像が先行する点音像の影響を受け易く、後続の点音像の定位があいまいになることなどが知られている。したがって、左右感の点音像は30msec以上の呈示時間を必要とするが、音響信号の周波数範囲が広く、先行する点音像の影響を受けにくい両耳間レベル差で形成するのがよい。

上下感すなわち正中面内の定位は、耳介での音の反射、散乱が重要な鍵を握っていると考えられている。最近ではデジタル信号処理の進歩に伴い、音源から放射された音波が耳介に入射して鼓膜に達するまでの音の伝搬経路である頭部音響伝達関数を推定して、上下感の要因を探ろうとする試みが多い。ところで、音源の位置によらず我々の聴覚は高い周波数の音は高い位置に、低い周波数の音は低い位置に音像を知覚する傾向がある。この現象は音響信号の周波数によって上下感の音像方向が決まるもので、方向決定帯域と呼ばれている。したがって、上下感の点音像の形成には後者の音響信号の周波数による方法が容易である。

遠近感すは音像の距離の知覚に関連しており、音のラウンドネスが重要な定位要因である。すなわち近い音は大きく、遠い音は小さく聴こえるものである。さらに、直接音と間接音のエネルギー比、スペクトル変化なども定位に関係していると考えられている。そこで、遠近感の点音像の形成には音のラウドネスが考えられる。

以上、それぞれの感覚について音像定位の要因と点音像を形成する可能性のある要因を示したが、ヘッドホン受聴によって実空間の音源を完全に模擬することは音像定位の要因

が明確になるまで待たねばならない。現在のところ、頭部音響伝達関数を推定して、音源信号に畳み込む方法が最も有力と考えられているが、そのためには複雑なデジタル信号処理が必要である。

ところで、筆記を支援するための音響フィードバックは筆記面に相当する音響スクリーンを形成することにより行われる。この音響スクリーンには筆記する枠の大きさ、筆記具であるペンの先端の位置など筆記に必要な種々の情報が投影される。したがって、上記の3種類の感覚の中から位置情報を正確に伝達できる音像定位の要因を選択する必要がある。そこで、定位精度、伝達速度などを考慮して、筆記支援のための基本的な音響スクリーンは左右を両耳間レベル差、上下を音響信号の周波数の要因で設定することにする。

なお、将来的には頭部音響伝達関数を考慮した音響スクリーンの構成法について、DSP (Digital Signal Processor) を用いて検討する必要があるだろう。

## 文 献

1. 保原 信 (1974) 手書き過程の実験的分析．医用電子と生体工学、12, 2, 25 - 36 .
2. 市川 宏、大頭 仁、鳥居修晃、和気典二 (1984) 視覚障害とその代行技術．名古屋大学出版会 .
3. 伊東一典、城戸健一、米沢義道 (1986) 点音像による情報伝達の基礎的検討．電子通信学会論文誌 (A) J69 - A, 9, 1133 - 1143 .
4. 伊東一典 (1986) 聴覚における音像定位による画像情報伝達に関する研究．東北大学学位論文 .
5. Jens Blauert, 森本政之、後藤敏幸 (1986) 空間音響．鹿島出版会 .
6. 伊東一典、若林 隆、米沢義道 (1988) 音響フィードバックによる文字手書き支援システム．電子情報通信学会技術研究報告、EA88 - 51, 1-6 .
7. Kazunori Itoh and Yoshimichi Yonezawa (1990) Support system for handwriting characters and drawing figures for the blind using feedback of sound imaging signals, Journal of Microcomputer Applications, 13, 2, 177 - 183 .
8. 若林 隆、伊東一典、米沢義道 (1990) 音響フィードバックを用いた盲人用筆記支援システム．第11回バイオメカニズム学術講演会論文集、69 - 72 .