

動的バイノーラル技術

Dynamic-Binaural Technology

平原達也

Tatsuya Hirahara

富山県立大学 工学部

Faculty of Engineering, Toyama Prefectural University

1. はじめに

日常の生活空間では、音は四方八方・上下左右から聴こえ、私たちは気になった音が聴こえる方向に注意を振りむける。音が立体的に聴こえていることはあまりにも普通のことであるが、イヤホンから再生した音は立体的には聴こえず、耳元か頭の中からしか聴こえてこない。バイノーラル再生方式を利用すると立体音を再生できるが、頭部伝達関数 (HRTF) と再生系に求められる音響的な制約条件を満たさないと、その再生音像はしばしば空間的に歪むことが知られている。本稿では、このバイノーラル再生方式の音響的な制約条件を大幅に緩和する動的バイノーラル信号について述べる。

2. バイノーラル再生方式の問題

市販のダミーヘッドや他人の頭部で収録したバイノーラル信号や、それらで測った HRTF を用いて合成したバイノーラル信号を使うと、再生音像は空間的に歪む。前方にあるはずの音が頭内や後方から聴こえたり、本来の方向からずれた方向から聴こえたりする。HRTF は頭部と耳介の形状によって定まるので個人差が大きいため、受聴者自身の HRTF を使わねばならない。

バイノーラル信号を再生するイヤホンは音響的に正しいものでなければならない。すなわち、イヤホンの実耳応答特性は平坦でなければならないし、イヤホンを装着したときに外耳道入り口から外側を見た音響インピーダンスはイヤホンを装着しないときと同じでなければならない。市販のイヤホンは音響的に正しくないため、それらでバイノーラル信号を再生すると、再生音像は空間的に歪む。

正確な HRTF と音響的に正しいイヤホンを用いねばならないということは、バイノーラル再生方式は使えないということに等しい。幸いこれは、受聴者の頭部運動を反映しない静的バイノーラル信号に限定した問題である。

3. 動的バイノーラル信号の有効性

受聴者の頭部の動きに応じて時々刻々と変化する動的バイノーラル信号を用いると、再生音像の空間的な歪が減り音像を定位しやすくなる^[1,2]。

自分の頭部形状とは多少異なるダミーヘッドや、耳介の無い単純ダミーヘッドや、後頭部に大きな穴が空いた不完全なダミーヘッドや、70%程度に縮小したダミーヘッドや、さらには、マイク間隔 300 mm のステレオマイクを用いて収録したバイノーラル信号であっても、他人の HRTF で合成したバイノーラル信号であっても、それが受聴者の頭部運動に追従した動的バイノーラル信号であれ

ば、静的バイノーラル信号の再生音像よりも音像を定位しやすくなる^[2]。

自分の頭部形状とは多少異なるダミーヘッドで収録した動的バイノーラル信号を用いる場合、必ずしも受聴者の頭部運動を正確に追従する必要はない。ダミーヘッドの追従速度が受聴者の頭部運動の 10% であっても、ダミーヘッドの頭部運動が受聴者の頭部運動から 200 ms 程度まで遅延していても、それらの再生音像は静的バイノーラル信号よりも定位しやすくなる。さらに、追従する運動は頭部運動である必要はなく、手腕部の運動であってもかまわない^[3]。

自分の頭部形状とは多少異なるダミーヘッドで収録した動的バイノーラル信号や他人の HRTF で合成した動的バイノーラル信号を用いる場合、必ずしも音響的に正しいイヤホンを用いる必要はない。密閉型の耳覆い型イヤホンを用いても、イントラコンカ型イヤホンを用いても、挿入型イヤホンを用いても、動的バイノーラル信号の再生音像は静的バイノーラル信号の再生音像よりも音像を定位しやすくなる。これは、水平面だけのことでなく、正中面の音像についても同じである。

頭部を動かしても音像を定位しやすくないのは、単耳受聴する場合だけである。

4. 動的バイノーラル信号が有効な理由

再生音像が空間的に歪むというバイノーラル再生方式の問題は静的バイノーラル信号の問題であり、動的バイノーラル信号の再生音像の空間的な歪は少ない。

頭部を動かすことにより、両耳に届く音の両耳間時間差・音圧差と単耳のスペクトルの特徴は全て時変となり、脳が音像定位に利用できる音響的情報が増える。これに加えて、脳は、頭部運動に伴う前庭感覚情報、頭部を動かす頸部筋肉に対する指令、筋肉からフィードバックされる運動情報も利用できる。そのため、頭部を動かしながら動的バイノーラル音を聴く場合、脳が音像位置を計算するための整合が取れた情報が増え、音像位置の多義性が解消されるのだろう。この多感覚情報処理の仕組みの解明は今後の課題である。

謝辞 本研究の一部は科研費(22300061, 25330203)による。

参考文献

- [1] 平原 他, "頭部伝達関数の計測とバイノーラル再生にかかわる諸問題," *Fundamentals Review* 2(4), 68-85, (2009).
- [2] 平原, 森川, "動けよ、さらば定位されん," 音講論, 585-588, (2014.03).
- [3] T. Hirahara, *et al.*, "Impact of dynamic binaural signal associated with listener's voluntary movement in auditory spatial perception," *POMA* 19, 050130 (2013).