

バイノーラルマイク自作に関するマイク配置の検討 Placements of Hand-made In-ear Binaural Microphones

菱田 洋平[†] 平山 亮[‡]
Yohei Hishida Makoto J. Hirayama

1. はじめに

近年、臨場感や立体感を感じることでできるメディアコンテンツが普及している。音響分野では、映画館で使用されている Dolby Atmos や 8K スーパーハイビジョンの音響方式である、22.2ch 音響の開発などがある^[1]。2ch の場合は、ダミーヘッドを用いて収録された音声をヘッドフォンやイヤフォンで再生するバイノーラル方式があり、臨場感や立体感のある音声を楽しむことができる。商業用で使用されるサラウンドシステムはスピーカの数が多く、一般家庭には普及していない。バイノーラル音声の場合、ヘッドフォンやイヤフォンを用いた音響再生のため、とても安易である。ただし、音声を収録するダミーヘッドが高価なため、ダミーヘッドはあまり使われず、音声収録者の耳に自作マイクを装着されることが多い。だが、自作した場合、耳穴からマイクの位置が曖昧である。本研究では、耳穴とマイクとの距離により収録される音声にどのような変化があるかを調べ、実験結果から耳に装着する際の、最適なマイク位置の検討を行う。

1.1 バイノーラル録音

バイノーラル録音とは、人間の頭部とそっくりな模型であるダミーヘッドと呼ばれるものを用いた録音方法である。左右の耳の穴に、マイクロフォンが内蔵されているため、平均的なものではあるが頭部伝達関数が積み込まれた音声を収録することができる。また、収録された音声を、イヤフォンやヘッドフォンで再生する方法を、バイノーラル再生と呼ぶ^[2]。

2. バイノーラルマイクの製作

2.1 使用するコンデンサマイクロフォン

コンデンサマイクロフォンによる録音時に、正確な実験結果を得るため、本研究では、比較的周波数特性がフラットであり、周波数レンジが広い、SPL 社製コンデンサマイクロフォン「XCM6035」を使用する^[3]。また、マイクと録音機を繋ぐコードは、一般のイヤフォンに使用されているコードを使用する。

2.1.1 実験に用いるマイクの製作

バイノーラルマイクを自作する際、一般にあるイヤフォンのコードを使用する。最初に、イヤフォンからスピーカを取り出し、スピーカと同線を繋いでいるはんだを取り除く。スピーカに繋がっていた同線を、コンデンサマイクロフォンへはんだ付けを行う。

実験時、耳穴にマイクを固定する必要がある。本研究では、長さ 27mm の耳栓とマイクを図 1 のように接着し、収

録者の耳へ耳栓によるマイクの固定を行う。耳栓とマイクの合計の長さは、30.5mm である。



図 1 耳栓とコンデンサマイクの接着

3. 実験方法

製作したバイノーラルマイクを用いて、実験を行う。耳栓をカットし、4 つの耳栓の長さ（以下、距離と呼ぶ）、6mm, 10mm, 20mm, 30.5mm のものを用いて、マイクから耳穴までの、それぞれの距離での録音を行う。今回の研究では、図 2 のような耳介から外耳道への入り口のことを耳穴と表現する。

録音機は ZOOM 社製ハンディレコーダ「H1」を使用する。録音サンプリング周波数は 44.1kHz、量子化ビット数は 16 ビットである。外部ノイズの干渉を防ぐため部屋の照明をオフにし、マイク周辺には機械を配置しない。

周波数スペクトルの比較のため、収録する音声はサンプリング周波数 44.1kHz のホワイトノイズとする。ホワイトノイズは、YAMAHA 社製モニタースピーカ「MSP3」で再生を行う。周波数スペクトルの表示には、サウンド編集ソフトである「Audacity」を用いる^[4]。スペクトル表示の設定として、窓関数は Hanning を用いる。



図 2 外耳の模式図

[†] 大阪工業大学情報科学研究科

[‡] 大阪工業大学

3.1 評価実験

評価実験では、耳栓とマイクの合計の長さが、6mm のものと 30.5mm のものを比較する。私自身の耳で音声の収録を行う。収録された音声をイヤフォンで再生し、どちらがより立体感や臨場感を感じるかを比較する。より立体感や臨場感を感じた方を選択してもらい、コメントを受け付ける。

3.1.1 評価実験の結果と考察

今回 10 人の方に、比較と評価をお願いした。テスト音声は私自身の耳での収録のため、頭部伝達関数に誤差が生じるが、10 人中 10 人が 6mm を選択した。30.5mm より 6mm が、より立体感や臨場感を感じることができた、といった結果である。また、「距離が 30.5mm の場合、音源位置が前なのか後ろなのか分かり辛いが、6mm の場合、前か後ろか、といった音源位置の変化が分かる」といったコメントがあった。マイクの位置が外耳道の入り口に近いと、収録される音声はより臨場感や立体感を持つと考えられる。

3.2 音源位置変化による周波数スペクトルの比較

3.1.1 の評価実験の結果から、前後判定ができるか否かの際、周波数スペクトルにどのような違いがあるのかを比較する。スピーカと収録者が向かいあう場合と、収録者の背後にスピーカを設置させた二つの場合において音声収録し、周波数スペクトルの比較を行う。今回、比較を行う音声は Lch のみとする。スピーカと収録者の耳の距離は、1.3m である。収録者の頭の高さスピーカの高さは同じである。

3.2.1 周波数スペクトルの結果と考察

収録した音声から周波数スペクトルを表示し、縦軸がデシベル(dB)、横軸が周波数(Hz)を表す。比較すると、図 3 のように距離が 6mm の場合では大きな差が見られる。一番大きな差は 13kHz である。スピーカが背後の場合、-87dB であるのに対し、前の場合、-60dB である。また、2kHz 周辺での差も確認できる。スピーカが背後の場合、-48dB に対し、前の場合、-57dB であった。

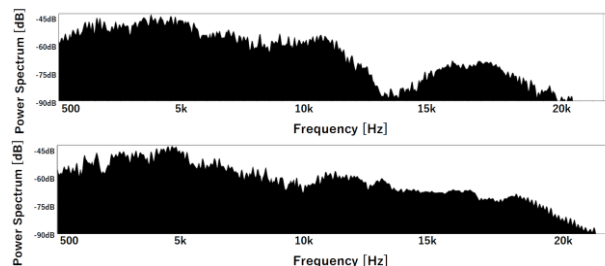


図 3 スピーカが背後(上)と前(下)の比較 (距離 6mm)

しかし、図 4 のように距離が 30.5mm の場合、6mm 同様 2kHz に差が見られるものの、大きな差が見られない。6mm の結果から、外耳道の入り口からマイクが近いほど、音源位置が変化した場合、周波数スペクトルの変化も大きくみられる。この周波数スペクトルの変化が、音源位置の前後判定を可能にしていると考えられる。スピーカが背後の場合、6mm では周波数スペクトルに大きな変化が確認できるが、30.5mm ではほとんど確認できない。外耳道の入り口からマイクが遠くなると、音源位置が変化した場合、周波数スペクトルの変化があまり見られない。6mm と 30.5mm では、

音源位置が変化した場合、周波数スペクトルの変化に大きな差があることが確認できる。

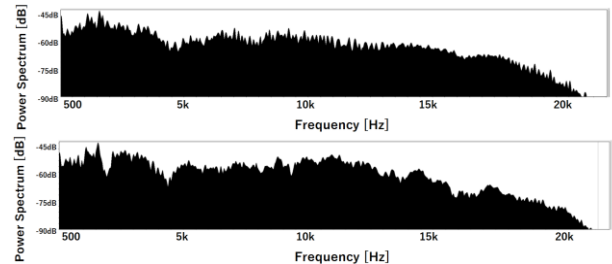


図 4 スピーカが背後(上)と前(下)の比較 (距離 30.5mm)

3.3 各距離による周波数スペクトルの比較

3.2.1 の結果の中で、スピーカが収録者の背後にある場合、周波数スペクトルに大きな差があることが確認できた。スピーカが収録者の背後にある場合、距離が変化していくことで周波数スペクトルがどのように変化するか、6mm と 30.5mm の間をとった、10mm と 20mm の音声を収録し、それぞれの周波数スペクトルを比較する。今回も、比較を行う音声は Lch のみとする。

3.3.1 各距離での周波数スペクトルの結果

図 5 の距離 10mm と図 6 の 20mm を比較すると、10mm の方が周波数スペクトルの山と谷を明確に確認できる。しかし、図 3 の 6mm のような大きな谷は確認できない。また、10mm の場合、谷が 9kHz~10kHz(-69dB) と 12kHz~13kHz(-69dB) に存在するが、20mm では、谷が 6kHz~7kHz(-63dB) と 13kHz~14kHz(-69dB) に存在している。マイク位置の変化により、山や谷となる周波数も変化することがわかる。

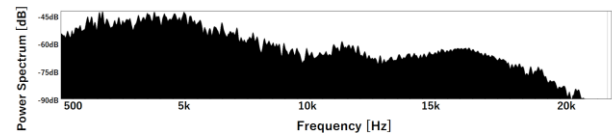


図 5 距離 10mm

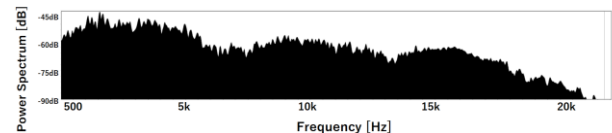


図 6 距離 20mm

4. おわりに

実験から、耳栓とマイクの合計の長さが 6mm の場合、より周波数スペクトルの変化が大きくなり、臨場感や立体感を感じることができた。6mm や 30.5mm の比較から、周波数スペクトルの変化の差は大きいことが確認できた。

参考文献

- [1] 松井 健太郎, 大石 諭, 杉本 岳大, 森田 雄一, 足立 修一, “22.2 マルチチャンネル音響の枠型スピーカによるバイノーラル再生法の開発”, 映像情報目メディア学会誌, Vol.70, No.1, pp.J37~J46(2016).
- [2] 日本音響学会, 『音のなんでも小事典』, pp334, 講談社, (2004).
- [3] SPL(Hong Kong) Limited, 「Electret Condenser Microphone XCM-6035」, <<http://akizukidenshi.com/download/ds/spl/XCM6035-2022-354R.PDF>>, (2016/06/24 アクセス).
- [4] 「Audacity」, <<http://www.audacityteam.org/>>, (2016/06/24 アクセス).