



# 骨導音を用いた誘導案内システムに関する基礎的検討

高井一希<sup>1)</sup>, 朝倉巧<sup>2)</sup>

1) 東京理科大学 理工学研究科 機械工学専攻 (〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641, 7518533@ed.tus.ac.jp)

2) 東京理科大学 (〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641, t\_asakura@rs.tus.ac.jp)

**概要:** 近年、音声を用いた誘導案内が利用されているが、誘導案内のための音声とユーザの周辺環境で生じている環境音を同時聴取する事は難しく、その場の適切な状況認識が阻害される恐れがある。骨導音は気導音と異なる伝達経路を介する為、音声による誘導案内に対して有効であると考えられる。本研究では定位感を伴った再生音を利用した音声誘導案内システム構築を目的として、頭部伝達関数 (HRTF, Head-related Transfer Function) が畳み込まれた骨導音による誘導案内システムを作成し、その有効性について検討を行った。

**キーワード:** 骨導音, 頭部伝達関数, 音声誘導案内

## 1. はじめに

骨導音技術がさまざまな分野で利用されている。人が骨導音を利用する場合には、一般に気導音と骨導音の 2 種類の音響伝達経路を介して情報を同時に受け取り、最終的に振動刺激を音として知覚している。骨導音分野における立体音場再生技術は、気導音と比較して、未だ確立していない状況といえる。

視覚障害者を含めた人の誘導案内において、骨導音再生技術を用いることで、耳を塞がずに周囲の情報を取得することができるため、有益と考えられる。そこで本研究では定位感を伴った再生音を利用した音声誘導案内を目的として、HRTF が畳み込まれた骨導音による誘導案内システムを作成し、その有効性について検討を行った。

## 2. 骨導音再生システムの構築

本研究で使用した骨伝導素子、当素子と頭部表面の接触位置、素子の固定器具を Fig. 1 に示す。素子と頭部表面の接触位置は耳介軟骨 (P1)、頬骨弓周辺の 2 か所 (P2,P3)、乳様突起上 (P4) である。固定器具としては、Fig. 1(c) のようなヘアバンド状の器具を用いる (接触圧の小さい順に J1~J4 とする)。

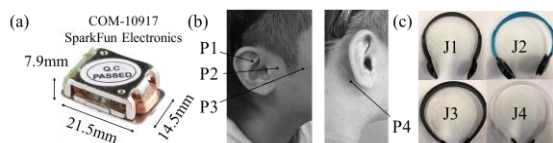


Fig. 1 (a)Bone-conducted element, (b)Presentation position, (c)Fixture.

## 3. 骨導音再生システムの性能評価

### 3.1 素子を固定する圧力の測定

骨伝導素子の接触圧によって、加振の周波数特性が変化することが報告されている[1]。本検討では、頭部を模した単純な模型 (アクリル製) を作成し、Fig. 2 に示すように J1~J4 の固定器具を装着させた際に生じる接触圧を測定した。本模型におけるアクリル板 (顔側部の骨を模したもの) 間の距離を、青年男女の顔幅の平均[2]の 15.7 cm とした。固定器具と本模型の接触部は、人肌を模したゲル (厚さ 1mm, 硬度 15°) を用いた。接触圧はダイヤルテンションゲージ (TECLOCK, DTN-300) を用いて測定した。上記のゲル表面に J1~J4 の固定器具で骨伝導素子を接触させ、各器具において同等の駆動力でホワイトノイズを再生した。このとき、アクリル板の内側に加速度ピックアップ (B&K, Type-4518-002) を取り付け、当箇所での振動加速度を測定した。J1~J4 を用いた際の接触圧と振動特性を Fig. 3 に示す。接触圧を有する J3, J4 の条件では、接触圧の比較的小さい J1, J2 と比較して、高周波数域において、より高い振動加速度レベルが観測された。

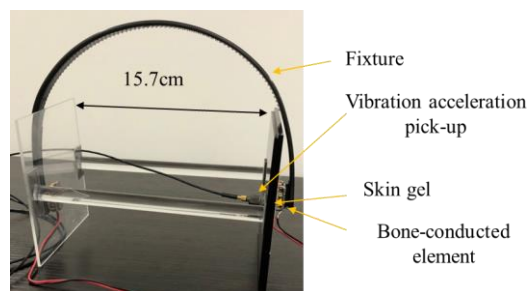


Fig. 2 Measurement situation.

Kazuki TAKAI, Takumi ASAKURA

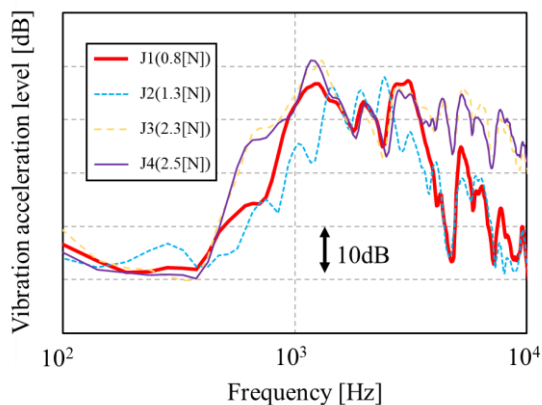


Fig. 3 Frequency characteristics.

### 3.2 骨導音による聴こえやすさの評価

骨伝導素子の接触位置によって音の聴こえ方が異なることが報告されている[3]。そのため、骨導音再生時における音の聴こえやすさを対象とした主観評価実験を行った。インナーイヤ型イヤホン(Etymotic research, ER4S)による再生音を評価基準3とし、骨導再生音の「聴こえやすさ」を5段階評価で評価させた。被験者は20代の男性7名である。試験音は各帯域成分を有するバンドノイズとする。なお、着脱の動作が主観的な印象へ与える影響をできるだけ軽減するため、イヤホンおよび骨伝導素子を装着したままの状態で行った。評価5を「かなり聴こえやすい」、評価1を「かなり聴こえにくい」とする。各1オクターブバンドノイズを用いた場合の主観評価結果をFig. 4に示す。P2の位置へ骨導音を呈示することが聴こえやすさの観点において適切であることが分かった。

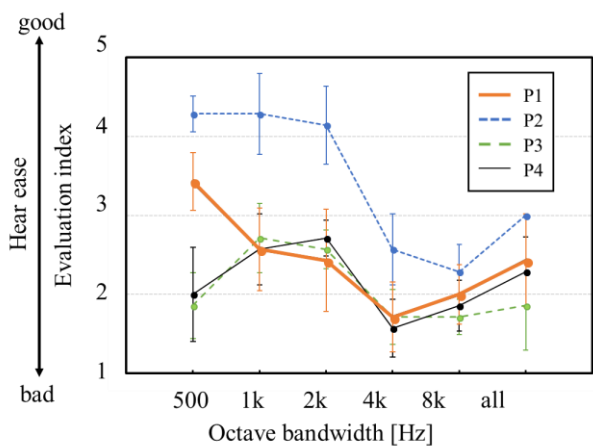


Fig.4 Result of subjective evaluation.

### 3.3 骨導音再生による音像定位性能の評価

HRTFを用いた検討内容について下記に示す。HRTFは、ダミーヘッド(アコー, TYPE 7828B)によって計測したデータを用いた。ダミーヘッドに対する音の入射角度が30°毎のHRTFをそれぞれ畳み込んだホワイトノイズを用いることとし、各入射角度の音をランダムな順序で呈

示した。被験者は20代の男性7名である。骨伝導素子の固定器具はJ1とJ4と、素子の接触位置はP2, P3とする。実験結果をFig. 5に示す。回答結果と正解が一致している条件がみられるものの、ダミーヘッドを用いて測定したHRTFを使用していることに起因する前後の誤判断もみられる[4]。P2, J4の条件では、他の条件と比べて90°, 270°の定位精度が向上した。

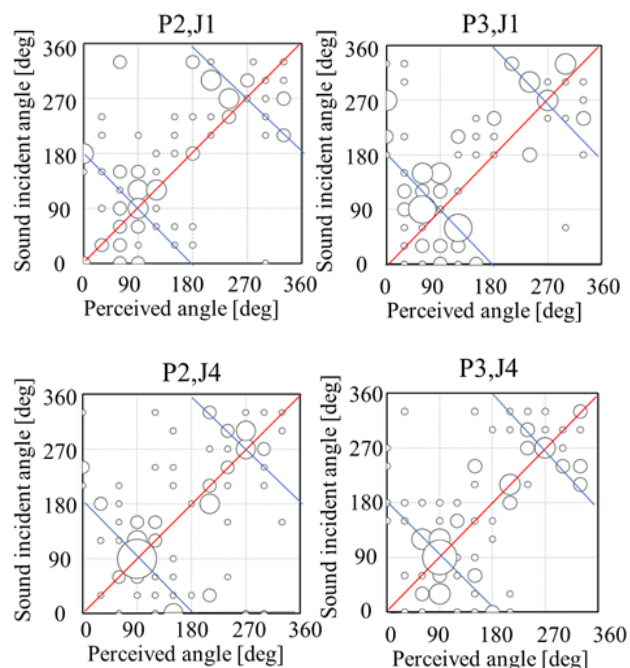


Fig.5 Results of sound localization test under each condition.

## 4. 骨導音を用いた音声ナビゲーション実験

### 4.1 実験方法

視覚障害者のための音声ナビゲーション実験を行った。案内音声の情報量と音量が経路案内に及ぼす影響を、事前に設定した誘導経路を移動するために要した移動時間により評価した。案内音声の情報量と音量の実験条件はTable 1の3条件で行った。誘導経路は視覚障害者が普段不安を感じるという、階段、坂道、カーブ、細い道、スロープなどが含まれた東京理科大学野田キャンパス内の経路(Fig. 6)を採用した。骨導音再生システムは上記のP2, J4の条件で行った。また、再生音の種別としては誘導内容を表す音声と移動方向を示す点滅音を採用し、案内誘導の一部においてHRTFを畳み込んだ点滅音を使用した。HRTFは、ダミーヘッド(アコー, TYPE 7828B)によって計測したデータを用いた。被験者は6名である。被験者は視覚障害者を模擬するため、晴眼者にアイマスクを装着し、白状を使用した状態で実験を行った。実験風景をFig. 7に示す。また、被験者6名のうち2名(被験者5, 6)は慣れによる影響を確認するため、同じ条件3で3日間実験を行った。残りの4名に関しても差が出ないよう2人ずつ条件の順番を変えて行った(被験者1, 2:条件2→1→3/被験者3, 4:条件1→2→3)。

Table 1 Experimental condition.

Experimental Condition	Guide Voice	Volume
1	A little	Normal
2	Normal	A little
3	Normal	Normal

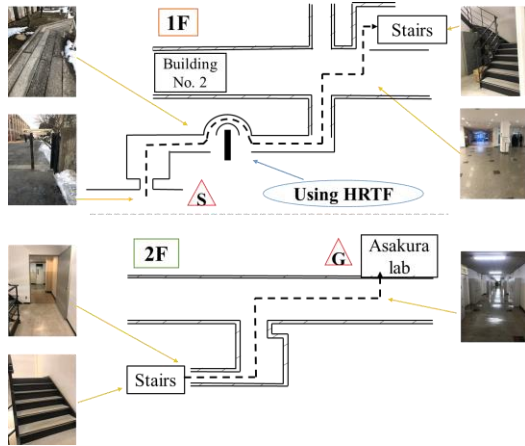


Fig. 6 Navigation route.

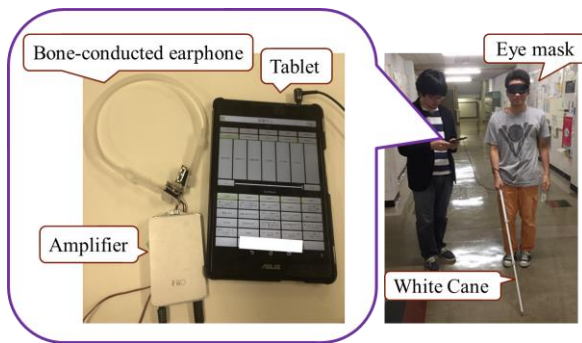


Fig. 7 Experimental landscape.

#### 4.2 実験結果

条件ごとの被験者 1~4 の結果を Fig. 8 に、日にちごとの被験者 1~4 の結果を Fig. 9 に、被験者 5, 6 の結果を Fig. 10 に示す。どの被験者においても条件 3 で移動時間長が短くなる傾向が確認された。条件を変えていない被験者 5, 6 に関しては、慣れによる移動時間長の変動は多少みられたが、計測日に起因する大きな差異はみられなかった。被験者 1~4 に関しては、条件 2 より条件 1 の方が到着までに要する移動時間長が短くなった。この結果より、音声の情報量よりも音量の方が誘導案内において重要性が高いことが示唆された。

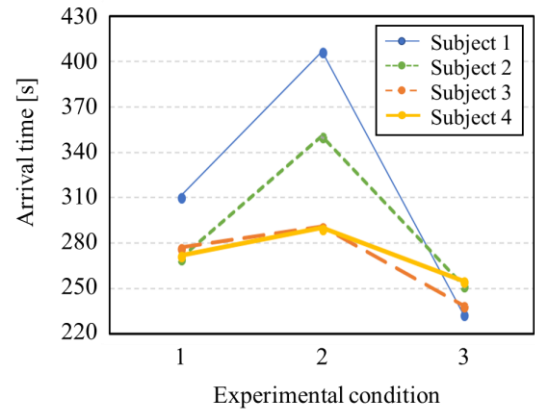


Fig. 8 Experimental results under each condition.

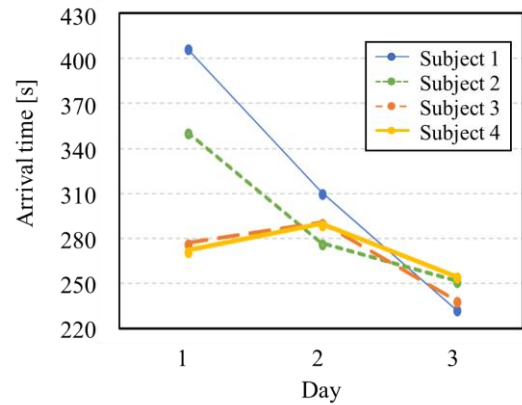


Fig. 9 Daily experimental results (Subject 1~4).

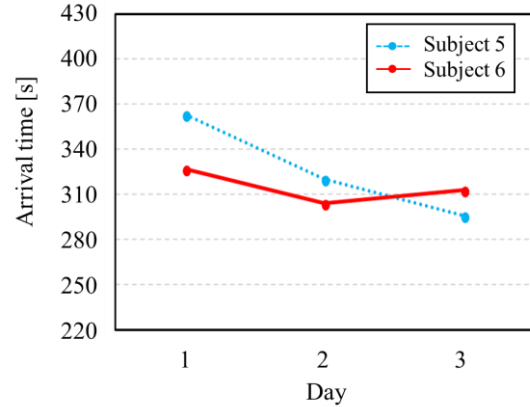


Fig. 10 Daily experimental results (Subject 5,6).

#### 5. まとめ

本研究では定位感を利用した音声誘導案内を目的として、骨伝導素子の接触方法等を考慮した骨導音再生システムを構築し、評価を行った。音声ナビゲーション実験では視覚障害者を模擬して行い、経路案内の一部で HRTF を畳み込んだ音を再生した。音声案内の情報量と音量が誘導案内に及ぼす影響を移動時間で評価することにより、重要性を確認した。今後は、音声誘導ナビゲーションの質をより向上させるための諸検討を実施予定である。

## 参考文献

- [1] 稲垣, 武藤, 音講論(秋), 647-648, 2017.
- [2] AIST 頭部寸法データベース 2001,  
<https://www.dh.aist.go.jp/database/head/index.html>.
- [3] 西村ら, 軟骨伝導補聴器の開発(第4報) - 耳栓による軟骨伝導閾値の変化と呈示部位 -, 2011.
- [4] 飯田, 頭部伝達関数の基礎と 3次元音響システムへの応用, p74-77, コロナ社.