

FFT 解析を用いた携帯型音源方向推定装置（CASH-H）の開発

Development of Portable Sound Source Detector (CASH-H) using FFT analysis

内田敬久（愛知工業大学大学院）○ 御苗航大（愛知工業大学大学院）

早川洋平（愛知工業大学）

澤井 雄輝（愛知工業大学）

鈴木綾（愛知工業大学）

Yoshihisa UCHIDA, Aichi Institute of Technology graduate school

Kouki MINAE, Aichi Institute of Technology graduate school

Youhei HAYAKAWA, Aichi Institute of Technology

Yuuki SAWAI, Aichi Institute of Technology

Ryo SUZUKI, Aichi Institute of Technology

**Abstract:** The sound information is an important for the safety. However, it is difficult to receive the sound information for the deaf and hard of hearing and the elderly. Thus the sound information processing and communication device is need. In this paper, portable sound source direction detector, named CASH-H, is proposed. CASH-H consists of two microphones, control unit and two vibrators to detect the sound source direction. The detection method of the sound source direction is using difference in the time of sound from two microphones. FFT analysis is used to identify the warning sound such as a buzzer and a horn. The experimental results showed that the sound source detection is performed correctly. The average error is less than 5 degree at present conditions.

**Key Words:** Sound source detection, CASH-H, FFT analysis

1. 諸言

現在日本には聴覚障がいを持つ人が大勢おり、高齢化社会を迎え加齢等による軽度の難聴者を加えればその人数は人口の約11.3%いると推定されている。<sup>[1]</sup>このような聴覚に障がいがある人に対して、交通機関、地域社会、職場、テレビや電話などの生活の場でのコミュニケーションの保証や緊急災害時の伝達方法など社会的対応が推し進められている。しかしながら、まだ十分に対策が行われているとはいえない。特に人に危険が及ぶ場合の対応策が必要である。例えば、自動車のクラクションなどの警告音を認識し人に知らせることができれば、危険を回避することが可能となる。

そこで本論文では、高齢者や聴覚障がい者を支援するツールとして、危険回避を目的とした携帯型の音源方向推定装置「CASH-H」を提案する。CASH-Hは危険を知らせる音に対して2つのマイクの信号から音源方向を推定し使用者に知らせる装置である。FFT解析を用いて周波数により音源の簡易判別を行い、ブザーなどの危険音のみを取り出し、音源方向推定精度の向上を実現する。CASH-Hによる音源方向推定の有効性を実験的に検証する。

2. CASH-H

開発したCASH-Hの概念図を図1に示す。CASH-Hは主に本体である制御ユニット、音声信号を受信するための2つのマイクロホン、使用者に音源方向を伝えるバイブレータから構成されている。図2にCASH-Hの各部の写真を示し、表1に制御ユニットの仕様を示す。各部品は目立たなくかつ小型のため、使用者はほとんど違和感なく使用することができるよう設計している。制御ユニットは図1のように首にかけたり、そのままポケットやカバンの中に入れて使用したりすることができる。2つのマイクロホンはイヤホンのように耳に装着したり、クリップにより服の襟などに自由に取付けたりすることが可能である。2つのリストバンド型バイブ

レータは音源方向に近いバイブレータを強く振動させることで使用者に音源方向を知らせることが可能である。また、バイブレータと制御ユニットは無線により通信を行っている。

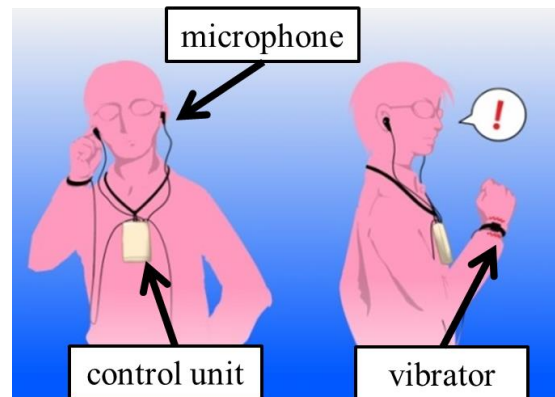


Fig.1 Schematics of CASH-H

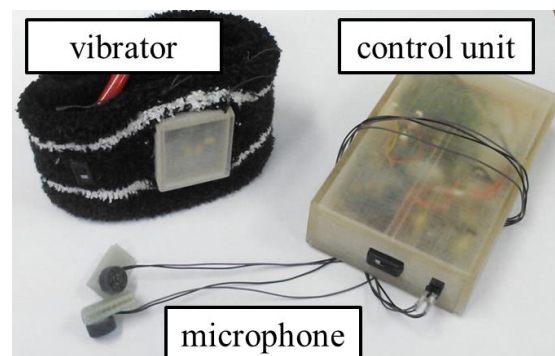


Fig.2 Photograph of CASH-H

Table 1 Specification of control unit

size[mm](W×D×H)	105.5×60.5×28
weight[g]	171
communication	Radio serial communication
power source	Lithium polymer battery

3. 音源方向推定方法

音源方向推定は、①音声信号の取得、②周波数解析、③時間差の算出、④音源方向推定の順で行う。

①音声信号の取得

音声信号は2つのマイクロホンにより取得する。

②周波数解析

音声信号をFFT解析により複数音源や雑音から危険音の周波数を取り出し、振幅及び位相を算出する。

③時間差の算出

2つのマイクロホンの音声信号位相差からの時間差を求める。

④音源方向推定

図3に示すように2つのマイクロホンと音源の関係があるとすると、音声信号の時間差と音源方向の関係は、式(1)で表すことができる。

$$t_d = \frac{a}{c} \sin \theta \quad (1)$$

ここで、 $t_d$ は時間差、 $a$ はマイクロホン間距離、 $c$ は音速である。したがって、式(1)を用いて音源方向を推定することができる。

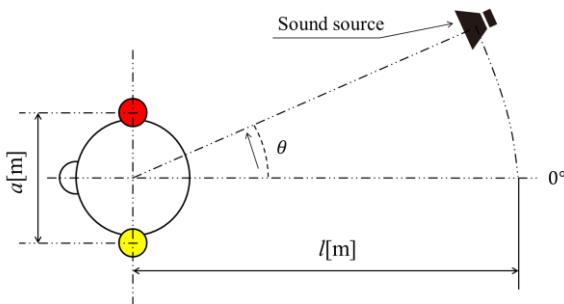


Fig.3 Schematics of sound source detection principle

4. 音源方向推定実験

時間差と音源方向の関係を明らかにする。実験では、ダミー人形の両側面にマイクロホンを取り付ける。2つのマイクロホンの距離 $a$ は0.17mである。危険音として、周波数3,200Hzの電子ブザーを用い、ダミー人形までの距離 $l$ は5.00mである。外部環境の影響を除くため、電子ブザーを固定し、ダミー人形を回転させることで音源方向 $\theta$ を調整する。図3のようにダミー人形の真後ろ方向が基準 $\theta=0^\circ$ とし、 $\pm 90^\circ$ の範囲で $15^\circ$ 毎に10回ずつ測定する。

図4に音声信号の時間差と音源方向との関係の実験結果を示す。理論曲線は、式(1)に条件を与えた結果である。プロット点は、10回の測定の平均値を示し、三角関数により近似曲線を求めた。理論曲線と近似曲線は振幅にわずかに差があるもののほぼ一致しているのがわかる。本音源方向推定法は、三角関数の特徴から $\theta=0^\circ$ 付近の精度が高く、 $\pm 90^\circ$ 付近の精度は低くなる特性となった。以上より今後の実験ではこの近似曲線を用いて音源方向推定することとする。

次に、未知の音源方向からの音源方向を推定する。このとき、ブザーである危険音とは別に人の声をノイズとして

別方向から発生させ、FFT解析による簡易音源判別の有効性を検証する。実験条件は、人の声を $l=2.0m$ 、 $\theta=-45^\circ$ の位置で連続的に発生させている状態でブザーを鳴らし、ブザーと人の声を同時に収録する。ブザー位置は $l=5.00m$ 、 $\theta=-15^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $75^\circ$ の3点とし、各点5回ずつ計測する。また、比較のため人の声がないブザーのみの実験を行う。

図5に実際の音源方向の角度に対する本装置で推定した角度の結果を示す。図中の実線は理想の直線であり、この直線に近いほど正確に音源方向推定が行えていることを示している。実験結果より人の声の有無にかかわらず音源方向推定が可能であることがわかった。平均音源方向推定誤差は約5度であった。また、FFT解析による簡易音源判別が有効な手段であることがわかった。

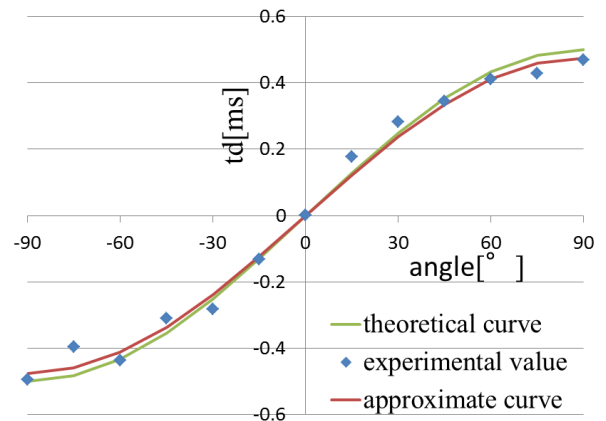


Fig.4 Time difference as a function of sound source angle

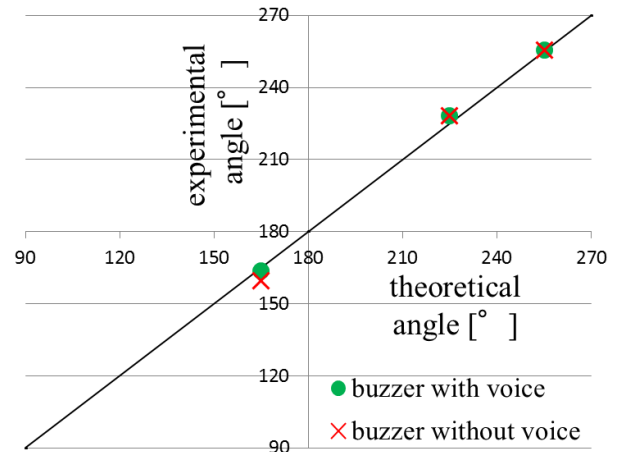


Fig.5 Accuracy of sound source direction detection

5. まとめ

FFT解析を用いた携帯型音源方向推定装置（CASH-H）を提案しその有効性を実験により検証した。危険回避を目的としCASH-Hを開発した。目立たない外観と低コストを目指した設計とした。実験結果より危険音の音源方向推定を実現した。以上より、危険回避を補助するツールとしての有効性を示した。

参考文献

[1] 一般社団法人日本補聴器工業会 Japan Trak 2015, [http://www.hochouki.com/files/JAPAN\\_Trak\\_2015\\_reportv3.pdf](http://www.hochouki.com/files/JAPAN_Trak_2015_reportv3.pdf)