

◎吉田幸生, 近藤和弘 (山形大)

1 はじめに

現在、屋外での測位では GPS (Global Positioning System) に代表されるような測位衛星を用いた手法が広く用いられている。しかし、測位衛星からの電波はコンクリート壁などに遮断されてしまい、屋内には届かない。

そのため、屋内で測位を行うためには屋内用の測位システムを用いる必要があるが、その手法は2022年現在も確立されていない。[1]

現在考えられている手法として、Bluetoothビーコンによる電波強度変化を用いた測位法や複数のスピーカーを用いた受信信号強度法などが挙げられているが、複数の機材を設置する必要があり、実用上の問題が生じる。

そこで、本研究ではスマートフォンと PC1 台のみを用い、超音波を用いた ToF (Time of Flight) を測定することによって端末間の距離、角度を推定し屋内における測位を行うことを目指す。

2 屋内測位法

2.1 ToF を用いた位置測定

本研究ではスマートフォンから短時間の超音波を再生し、PC を用いてその信号を検知し応答信号を再生することによって端末間距離による ToF の変化を観測し、距離の測定を行う。

また、これに加えてスマートフォンの上部と下部に搭載された2つのマイクを用いることによって、PC からの応答信号の到達時間差を測定し、音源位置の角度を推定する。

以上2つの項目を組み合わせることによって音源位置の推定がおこなえるため、屋内測位システムとして用いることができる。

3 屋内測位実験

3.1 距離測定実験の概要及び条件

図1に実験環境を図示する。

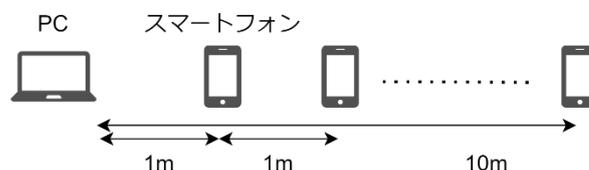


図1 距離測定実験の実験環境

図1のようにスマートフォンと PC を 1 m から 10 m まで 1m 間隔の距離を取り、それぞれの地点で各 5 回ずつ ToF の測定を行った。今回の実験では ToF の算出をリアルタイムで行うのではなく録音したデータから出力した。その他の条件については以下の通りになる

表1 条件

項目	条件
使用音	21 kHz sin 波 44.1kHz/16bit 100/44100 秒
スマート フォン	Sony XPERIA XZ Premium (G8142)
PC	FUJITSU UH75/B3
場所	山形大学7号館4階廊下

PC における信号応答用 FFT プログラムの作成は Matlab R2022b を用いて行った。

ToF の測定における処理の流れは図2のとおりである。

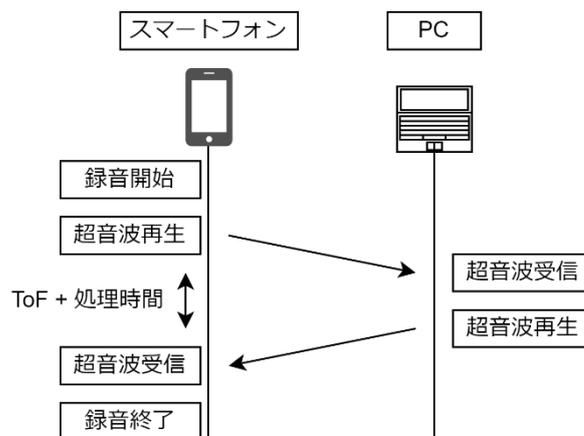


図2 処理の流れ

図2のように実際に測定できる時間は、ToF と PC での処理時間を加算したものとなる。

3.2 角度測定実験の概要及び条件

図3に実験環境を図示する。

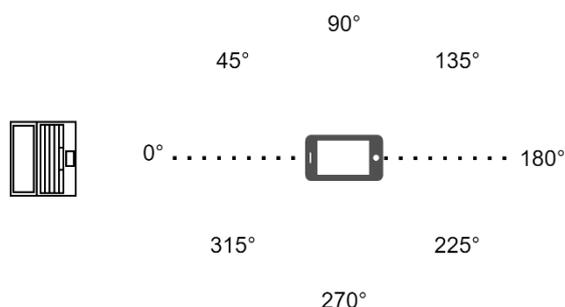


図3 角度測定実験の実験環境

図3のようにスマートフォンの上部から右回りに360°と角度を定め、45度ずつ回転させることによって8方向でのデータを得る。ここで各地点において10回ずつ3.1と同様の条件でToFについての実験を行い、応答信号の各マイクへの入力時間の差を算出した。算出した時間差から以下の式を用い、音源方向の推定を行った。

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{c\tau}{d}\right)$$

c:音速 τ:到達時間差 d:マイク同士の距離

3.3 距離測定実験の結果及び考察

距離測定の実験結果は以下の図4のとおりである。

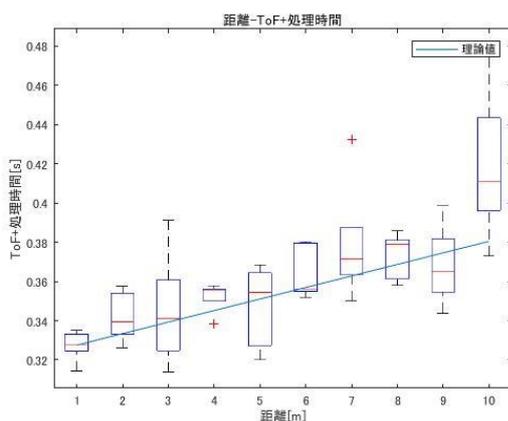


図4 距離別 ToF+処理時間

図4のように ToF と処理時間の合計時間は距離によって増加の傾向を示している。また、理論値と比較しても同様の変化をしていることがわかる。しかし、時間のばらつきが大きく10 m地点ではより大きなブレが生じている。時間のばらつきについては、応答用に作

成したプログラムの処理時間が想定よりも遅くなってしまった点が挙げられる。

10 m地点での時間のブレについては再生された信号の減衰が大きいいため、最初に到達した音が検知されず、反響によって生じた音によって信号の検知が行われたためと考える。

3.4 角度推定実験の結果及び考察

角度推定の実験結果は以下の図5のとおりである。

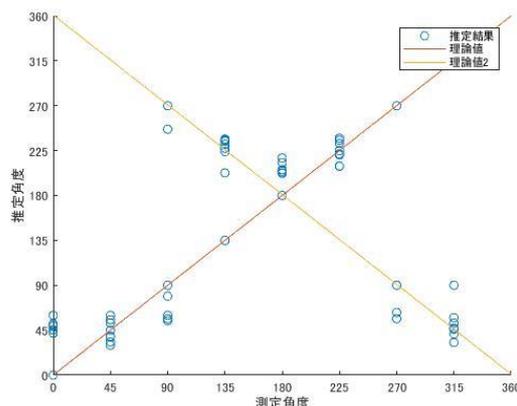


図5 角度推定結果

図5から角度推定については、殆どの測定点で理論値に近い値を得ることができた。しかし、ステレオマイクを用いているため、音源位置を一箇所に絞ることができなかった。そのため、今後の改善としてマイク感度の差などを用いた信号分類の必要性が挙げられる。

4 まとめ

以上の結果から、屋内測位システムとして実用に耐えうる設計にするには、応答の高速化や信号識別の必要性があると考えられる。今後の展望として、C++などを用いた処理の高速化や信号識別用のシステム開発などを行っていききたい。

参考文献

[1] 橋爪宏達, 日本音響学会誌, 76 巻 5 号, 304-311, 2020.

【連絡先】 近藤和弘 (山形大学)

〒992-8510 山形県米沢市城南4丁目3-16

Tel / Fax : 0238-26-3312

E-mail : kkondo@yz.yamagata-u.ac.jp