

1 はじめに

本研究では音波だけを使い単独測位のシミュレーションを行う。図1に示すようにM系列による擬似乱数から音波を発生させスピーカーから発信する。この音波を受信し、自己相関関数によりスピーカーとマイク間の距離を求める。

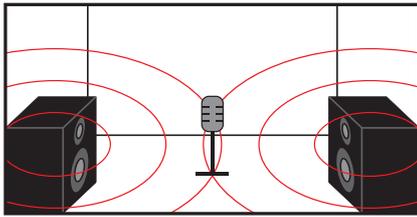


図1 実験環境

2 M系列と自己相関関数

M系列(Maximum length sequence)とは、最大長系列または最大周期列といわれる擬似不規則信号の一つである。M系列は、簡単な規則によって作られるために周期があるが、その周期のなかでは不規則性があり擬似乱数として用いることができる。

図2のような、 n 段のシフトレジスタにフィードバックをかけた回路を考える。シフトレジスタの各段の内容 a_i に係数 f_i をかけ、排他的論理和(exclusive OR)をとった値が次の値となる。このシフトレジスタの値 a_i と係数 f_i は0または1の2値をとる。シフトレジスタの各段の初期値が全て0でない限り、フィードバック回路によって次々に a_i が生成される。このとき f_i の値によって系列 a_i の周期が長くなったり短くなったりする。この f_i に適当な値を入れることにより得られる最大周期 $2^n - 1$ の系列 a_i をM系列という。

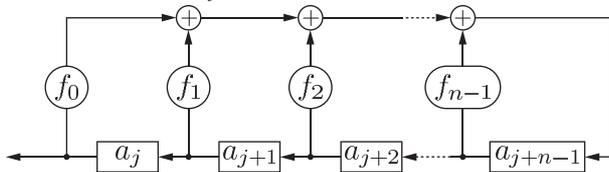


図2 M系列生成回路

図中の \oplus は排他的論理和(exclusive OR)を表す。なお、本研究において f_i は文献[1]であげられている値を使用する。M系列は0か1をとるので本研究では0を-1に置き換えて振幅とし、音に変換する。

シフトさせた信号と元信号との相互相関を求め、ノイズから周期的信号を検出する。

ある信号を標本化したものを $x[n]$ 、データ数を $2N$ とすると自己相関関数 $\gamma_{xx}[m]$ は式(1)のようになる。

$$\gamma_{xx}[m] = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x[n] \cdot x[n+m] \quad (1)$$

このとき m はシフト量である。

3 音波を用いた測位シミュレーション

A点とB点との距離を測る実験を行う。A点にマイクとスピーカーを置き、3m離れたB地点にもう一つスピーカーを置く。それぞれのスピーカーから同時に、M系列より生成された音を出力する。それらの音をマイクで録音し、式(1)より $\gamma_{xx}[m]$ を計算する。これにより2音の時間差が求まり、以下に示す音速 C を用いて距離を導く。

$$C = 331.5 + 0.6t \text{ [m/s]} \quad t: \text{温度 } [^{\circ}\text{C}] \quad (2)$$

以下の実験ではサンプリングレートは44,100Hzとする。

2点間の距離を測定する実験の結果を図3に示す。この実験時の気温は22 $^{\circ}\text{C}$ であったので、音速は344.7 m/sとなる。この時のグラフのピークは4013と4397であり、この差を音を取り込んだときのサンプリングレートで割り音速をかけると距離が求まる。

$$(4397 - 4013) \div 44100 \times 344.7 = 3.0015 \text{ [m]} \quad (3)$$

ここから0.04%程度の誤差で求めることができることがわかる。

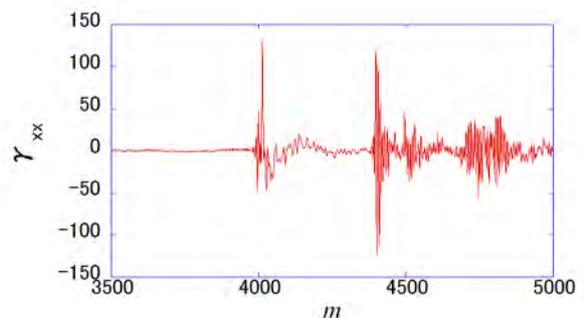


図3 位相差

4 まとめ

M系列による音波を使って位相差から距離を計算した結果、0.04%程度の誤差で測位が可能であることがわかった。

本研究では5m以上離れたところの音をとることができない。その理由はマイクの集音率が悪かったと考えられる。

本稿では3つの音源を用いて座標を求める測位シミュレーションは示すことができなかったが、これは本論文に示す。

参考文献

- [1] 柏木潤: M系列とその応用, 昭晃堂, 東京, 1996
- [2] 伏見正則: 乱数, 東京大学出版会, 東京, 2004
- [3] 鈴木重行: 音波を用いたGPSのシミュレーション, 中央大学理工学部情報工学科, 1999