

# Huffman 系列を用いた地中符号化ソナーの伝搬特性 Underground Propagation Characteristics of a Coded Sonar Using Huffman Sequence

棚田嘉博\* 井口正人\* 佐藤公則\*\* 豊平隆之\*\*\*

(\*京都大防災研)(\*\*鹿児島大)(\*\*\*鹿児島工業高専)

\* tanada.yoshihiro.2m@kyoto-u.ac.jp; \* iguchi.masato.6m@kyoto-u.ac.jp; \*\* kimi@ibe.kagoshima-u.ac.jp; \*\*\* toyohira@kagoshima-ct.ac.jp

## 1 はじめに

火山や地震の災害を軽減するには科学的データに基づいた対策を講じるのは論を待たない。特に、地殻の構造とその変化をリアルタイムで観測する技術は不可欠である。ここでは、地殻探査を目指した地中符号化ソナー[1]による桜島山麓表土の伝搬特性の実験結果を示す。

## 2 Huffman 系列を用いた地中符号化ソナー

### 2.1 システムの構成

Huffman 系列は自己相関関数が両端の小さな値を除いてインパルスになる有限長の実数値系列である。図 1 に実験システムの構成を示す。送信部で長さ 11822 の Huffman 系列の 1 チップごとに 8 周期のキャリアを掛け、PAM 符号の音波として送波器から地中に送り、受信部で音波センサからの信号を送信符号でデジタル相関処理しパルスを得る。符号は単発的に発生することも可能で、1 ショット当たり約 100 万個のサンプル値を扱う。搬送周波数/帯域幅は  $Q=8$ 、 $S/N$  改善の処理利得は  $G=40.7dB$  である。搬送波の周波数を可変して伝搬路の周波数特性が得られ、最適な搬送周波数を選ぶことができる。音波の地中への送出、地中からの音波の受信には大地との整合性が良い水を媒体に用いている。

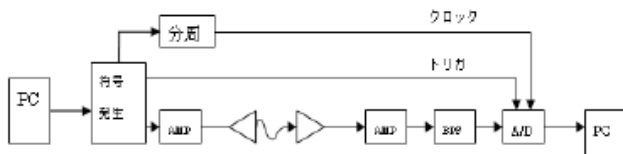


図1 システム構成

### 2.2 伝搬定数

地中音波の伝搬は損失のある媒体を伝わる電波伝搬に類似している。音圧  $p[N/m^2]$ 、ひずみ  $u[m/s]$  は

$$p = \frac{A_0}{r} e^{-\alpha r}, \quad u = \frac{p}{Z}$$

で与えられる。ここに  $r[m]$  は送受信間の距離である。

$Z[kgm^{-2}s^{-1}]$  は音響インピーダンスであり、減衰定数

$\alpha[Nep/m]$  とともに周波数の関数である。地震波の伝搬

に見られるように周波数が低ければ減衰定数は小さいと考えられている。

## 3 実験

水を入れたプラスチック容器それぞれに水中スピーカハイドロフォンを納め、間隔を 1m 離して地中 20cm に埋めて周囲を土で充填し、水中スピーカの送信パワー 0.25W 一定とし、搬送周波数を変えて相関パルスのピーク値を求めた。5kHz のときのピーク値 30.7 を 0dB として 50Hz か

ら 5kHz まで周波数伝送特性を図 2 に示す。400Hz で最大の伝送量 37dB を示した。図 3 に搬送周波数が 400Hz のときの相関パルスを示す。送受信間の距離を 4m、搬送周波数を 400Hz としたときの相関パルスを図 4 に示す。

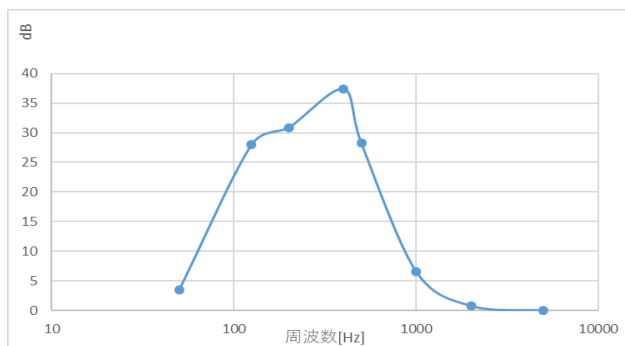


図2 周波数伝送特性

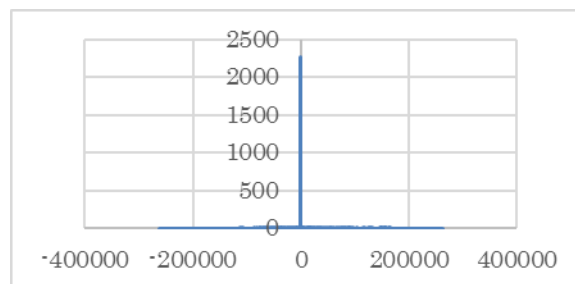


図3 400Hz-1m の相関出力

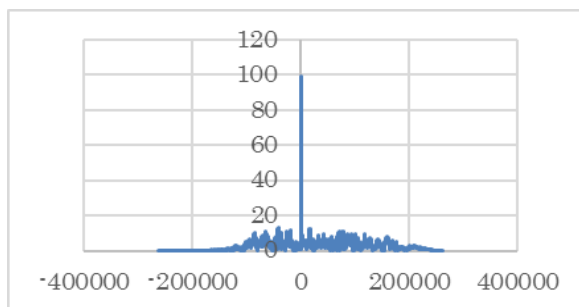


図4 400Hz-4m の相関出力

## 4 まとめ

Huffman 系列を用いた符号化ソナーで桜島山麓表土の地中伝搬特性を測定し、400Hz 付近で伝搬効率が高いことが示された。今後は他の地域の土質の伝搬特性を調べ、地殻探査に繋げたい。

## 謝辞

本研究の一部は文部科学省「災害の軽減に貢献するための地震火山研究計画」の経費を用いた。記して謝意を表す。

## 参考文献

- [1] 棚田ほか, 擬似雑音多重弾性波を用いた火山域の地下探査, 第 31 回センシングフォーラム資料, pp.324-329, 2014 年 9 月.