

生存者探査システムにおける呼吸検出アルゴリズムの検討

平澤 一浩* (CAE ソリューションズ)、 荒井 郁男 (電気通信大学)

Examination of the breathing detection algorithm for Survivor Search Radar
Kazuhiro Hirasawa*(CAE Solutions), Ikuo Arai, (the University of Electro-Communications)

We developed the system that detects the vital signal of the survivor who had been buried in the earthquake rubble. This system senses survivor's minute movement of breathing as an extracted vital signal. This system receives the electric wave transmitted by the transmission antenna. The breathing detection algorithm extracts the signal corresponding to the breath from the received electric wave.

キーワード：呼吸検出, 生存者探査レーダ
(breathing detection, Survivor Search Radar)

1. はじめに

2008年に起きた四川省の震災に見られるように、震災時の家屋の倒壊などは、その建物の中で生活する人に避難の時間を与えられるとは限らない。一方で、倒壊した建物の内部から生存者が発見され救出されることが少なくない。しかし、救出作業からは生存者がいるかどうか、いたとしてもどこにいるかわからない状態での作業を行う必要がある。そして、瓦礫等に埋没した状態では、生存率は時間とともに低くなる。そのため、生存者がいる瓦礫等から除去作業を行うことが求められる。このように瓦礫等に埋没した状態の生存者の存在を瓦礫の外部からの探査により検出するシステムの開発にあたり、検出アルゴリズムの検討を行ったので、報告をする。

2. 生存者探査システムの概要

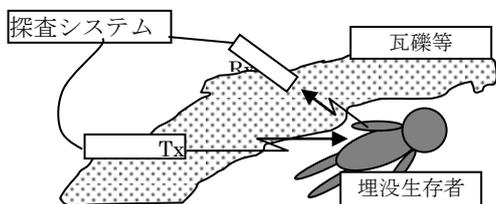


図1 生存者探査システムの運用形態

Fig.1 Operation form of Survivor Search

開発された生存者探査システムは、電波を送信し、その受信波から生存者の情報を抽出するシステムである。図1に探査システムを運用する例を示す。送信アンテナおよび受信アンテナを瓦礫等に設置し、受信アンテナより得られた信号を処理することで、生存者の存在の有無の検知を行

う。図2において、 R はターゲットまでの距離、 e_t は送信波を表し、 e_r は受信波を表す。また、 $E1, E2$ は直交検出器の出力信号を表す。

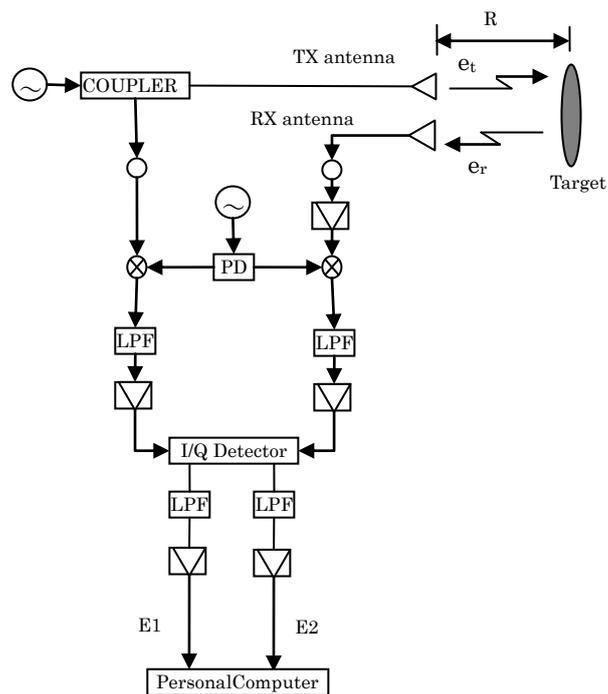


図2 システム構成

Fig.2 System configuration

3. 呼吸検出の原理

ここでは、図2のシステムにより得られた受信信号 $E1$ および $E2$ から生存者の情報を検出する原理を説明する。

e_t, e_r は次式で表される。

$$e_t = \cos \omega t \dots\dots\dots(1)$$

$$e_r = A \cos \omega(t - \tau) \dots\dots\dots(2)$$

ここで、 $\omega = 2\pi f, \tau = 2R/c, c = \text{velocity}$ である。

一方、検出装置からの出力 E_1 と E_2 の信号は、次のように表すことができる。

$$E_1 = A \cos \omega\tau = A \cos 2\beta R \dots\dots\dots(3)$$

$$E_2 = A \sin \omega\tau = A \sin 2\beta R \dots\dots\dots(4)$$

ここで $\beta = 2\pi/\lambda, \lambda = c/f$ である。ターゲットとの距離が一定であれば、(3)(4)式より図3のような円となる。

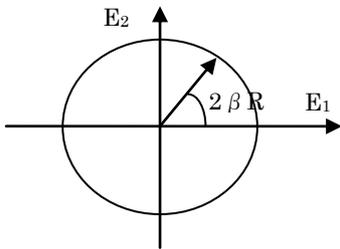


図3 検出器の出力信号

Fig. 3 Detector Output Signal

開発した探査システムで捉えようとしている生存者は、埋没しているためほとんど動くことができない状態であることを前提としている。これは、身動きがとれるような場合、声を出すなどの意思表示が可能と考えられ、救出作業者に存在を伝えることができるため、生存者探査システムを必ずしも必要としないからである。本検出アルゴリズムでは、呼吸の有無を生存者の定義とした。すなわち呼吸による動きを検出し、その動きの有無によって生存者の存在を認めることとした。

呼吸の動きはわずかであり、その変動 $m(t)$ は周期的であるという特徴がある。これは、検出装置の出力信号 E_1, E_2 は、図3の円周上のすべてを移動するのではなく、ある幅を持って一定の変動をすることを意味する。そこで、出力信号 E_1, E_2 から変動分、すなわち交流成分を抽出することとした。出力信号 E_1 と E_2 はおよそ次の式で書き換えることができる。

$$E_1 \approx \cos 2\beta R_0 - 2\beta m(t) \sin 2\beta R_0 \dots\dots\dots(5)$$

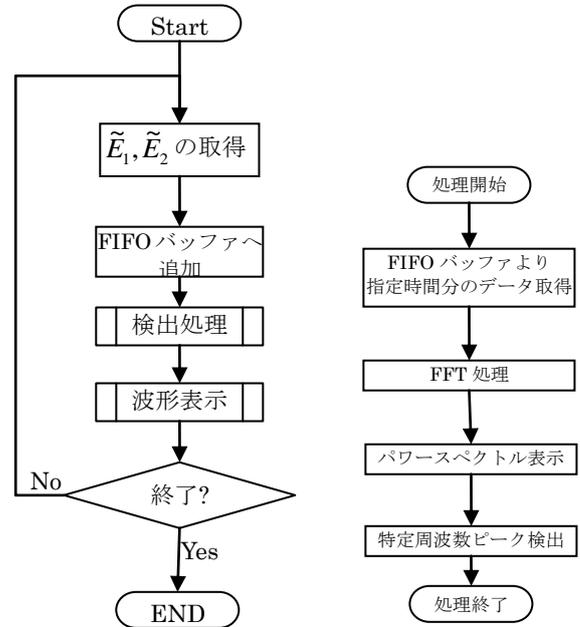
$$E_2 \approx \sin 2\beta R_0 + 2\beta m(t) \cos 2\beta R_0 \dots\dots\dots(6)$$

上式の第1項は平均的なターゲットの位置を表す直流成分であり、第2項はその位置からの変動を表す交流成分である。検出アルゴリズムでは、第2項の成分を扱う。なお、

(5)式および(6)式の第2項をそれぞれ \tilde{E}_1, \tilde{E}_2 とする。

4. ソフトウェア処理の流れ

\tilde{E}_1, \tilde{E}_2 を図4のようなソフトウェアによって処理をし、呼吸の特徴的な周波数成分の抽出を行った。



データ取得処理部分 (リアルタイム)

検出処理

図4 ソフトウェア概略フロー

Fig.4 Software outline flow

抽出する特徴的な周波数成分とは、0.1~0.5Hz までの間のみにひとつの成分が存在することである。ソフトウェアでは、取得している時間軸の波形データを表示しながら、さらにその波形のFFT処理後のパワースペクトルを表示している。

5. おわりに

受信した波形から呼吸の特徴成分を抽出するアルゴリズムを検討し、実際の生存者探査装置に実装した。現在は、生存者の存在だけではなく、位置の特定を行うアルゴリズムの開発が行われている。なお、検出後の波形の診断や心拍の検出機能については今後の課題である。

文 献

(1) Ikuo Arai: "Survivor Search Radar System for Persons Trapped under Earthquake Rubble", APMC2001, 2001 Asia-Pacific Microwave Conference, pp.663-668 (Dec.2001)"