

## 瓦礫の下の生存者位置検出のためのレスキューレーダーシステム

村上 太一† 植松 裕子† 斉藤 英雄† 秋山 いわき† 後藤 慎二\* 片岡 裕雄† 青木 義満†

†慶應義塾大学理工学部 †湘南工科大学 \*株式会社タウ技研

## 1 研究目的

近年,世界各地で非常に大きな地震が頻発している。地震により倒壊した家屋に生き埋めになった人は地震発生から3日を経過すると生存が絶望的となる。そのため瓦礫に埋もれた生存者を素早く探索するシステムが模索され,レスキューレーダ,音響探知システムなどさまざまなシステムが開発されている[1]。

従来のレスキュー用レーダとしては,主に 1.2GHz の CW レーダが用いられている。CW レーダは生存者の呼吸や心拍を検知することができるが,生存者の位置情報を知ることができず,円滑な救助活動が行えないという問題がある。[2] そのため,生存者の有無のみならず位置情報も特定できるシステムに対する期待が高まっている。

本研究では5つアンテナからなるレーダモジュール(以下モジュールと呼称する)を9つ作成し,合計45個のアンテナを用いて,生存者の呼吸を検知し,その3次元位置を推定する手法を提案する。また本システムの有効性を示すために,地上3m,縦横4mの室内実験棟を構築し,施設上部から生存者を模したスピーカを用いた位置検出実験及び評価を行い,提案手法の有効性を確認した。

## 2 処理の流れ

## 2.1 取得データ

レーダから取得されるデータはパルスの時間遅れとパルス繰り返し回数の2次元データとなる。パルスの時間遅れとは送信から受信までの時間であり,電波が反射して受信アンテナに到達するまでの光路長と等価である。

“Rescue system for survivor under the rubble using 2D array antenna”

Taichi MURAKAMI†

†Keio University Science and Technology

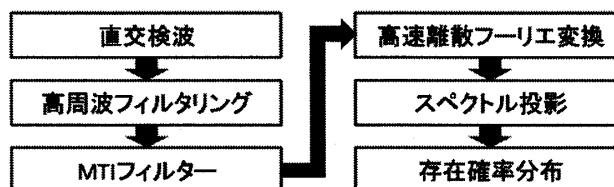


図1. 処理フロー

## 2.2 処理内容

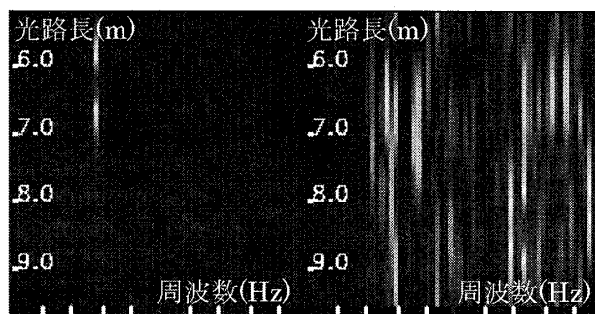
9つレーダから得られたデータはそれぞれ直交検波,ローパスフィルタ,MTIフィルタを経てフーリエ変換により距離-周波数の2次元データへ変換される。(図1参照)。使用した UWB レーダの帯域は 500MHz から 8GHz であるため,その周波数より大きな成分はノイズとみなしローパスフィルタによって遮断する。

MTI(Moving Target Indicator)フィルタはレーダ信号から静止物体からの反射波(クラッタ)を除去し,移動体からの反射波のみを抽出するフィルタであり,移動平均値差分と同等の処理である。

これらの処理を経た信号に対し,呼吸による胸部の周期振動を検出するために,フーリエ変換にてスペクトル解析を行う。瓦礫の下に生存者がいる場合はその距離(光路長)と呼吸周波数の位置に強いピークが観察される(図2参照)。図2(a)は光路長 6.0m の位置に 0.3Hz で振動する物体があることを示している。図2(b)はノイズが多くピーク値も生存者がいる場合に比べて小さい。

9つのモジュールからのスペクトルを,レーダシステムを中心とした空間に対して投影することで存在確率分布を算出する。フーリエ変換にて得られるデータは距離・周波数の2次元データであるため,各距離における周波数振幅から呼吸の周波数に一致するデータ(今回の実験では呼吸の周波数は 0.3Hz~0.5Hz 程度と仮定)の最大値を抽出し,各レーダの実空間で

の位置を中心とした同心円状に投影を行う。この操作を複数のレーダスペクトルについて行うことで、生存者の位置を推定することができる。



(a) 生存者あり (b) 生存者なし

図2. スペクトル解析図

### 3 実験

実験では疑似的に瓦礫を再現するために、木造4階建ての檣にて測定を行った。檣の縦横は4m×4m、檣の各階層の高さは1mである。レーダは4階に図3のように格子状に配置する。これにより0mから3m下の測定を行うことができる。また外部からの電波の侵入を防ぐために檣の周囲には厚さ 2~5mm の電磁シールドを設置した。

図2におけるレーダモジュール4の下3mの位置に生存者を模したスピーカを設置し、0.3Hzで振動させた状態で測定を行った。レーダとスピーカの間には木造の床及び家具を障害物として設置した。計算結果のうち、スピーカを置いた平面(3m下)における存在確率分布図の結果を図4に示す。

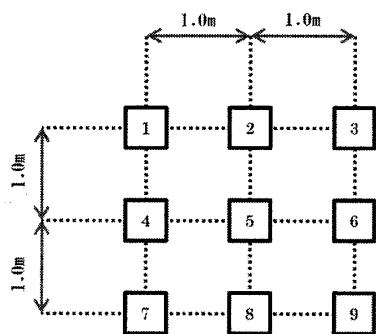


図3. レーダの配置図

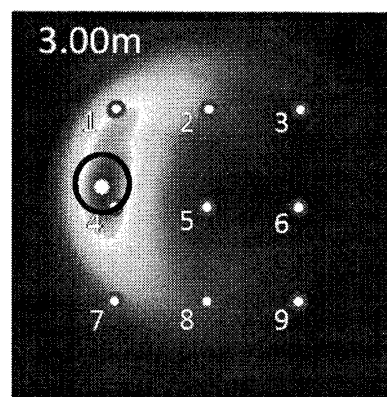


図4. 3m下の存在確率分布図

図4により、モジュール4の位置に大きなピークを観察することができた。他の箇所ではこのようなピークは検出されておらず、正しい位置を推定できているといえる。

### 4 まとめと今後の課題

9つのレーダを用いて3m下の生存者を模したスピーカの振動を検出し、その位置を推定することに成功した。

レスキューレーダとしての使用を考慮すると、より精度が高く、ノイズに強いシステムの構築、またレーダ数の減少などが求められており、今後の課題となっている。

#### 参考文献

- [1]"Sound detector using microphone array and local area network"電子情報通信学会技術研究報告,EA,音響108(491) pp,55-60
- [2]"Proposal of the exploratory device for survivors"労働の科学 Vol.53 No.5 Page.316-317
- [3]"Rescue Radar System with Array Antenna" Toshio TAKEUCHI, Transactions of the Society of Instrument and Control Engineers 44(12),962-969