

E3 建造物倒壊による散乱行列の変化に関する検討

鶴巻 浩一 山口 芳雄 山田 寛喜 阿達 透

新潟大学 工学部

1. まえがき

災害により建造物が倒壊した場合、災害状況を迅速に把握するために航空機や人工衛星などによる調査が考えられる。その場合、電波を利用すれば雲や煙の影響、昼夜を問わず調査が可能である。

本稿では、ミニチュアモデルにより倒壊状況をモデル化し、FM-CWレーダで測定を行い得られた散乱行列を解析し、倒壊が進むにつれての傾向によって建造物の倒壊の程度が推定可能かどうかについて検討した。

2. 偏波

偏波とは、一定の周波数を持つ電波の進行方向後ろ側から電界ベクトルの先端を観測したとき、時間とともに描く軌跡のことであり一般に楕円形となる。物体に対しアンテナからある偏波を送信すると、受信される偏波は一般に送信波とは異なったものとなる。Jones vectorを用いて表現すると式(1)ようになる。このとき $[S]$ は 2×2 の複素行列であり散乱行列と呼ばれ、物体の偏波散乱情報を含んだものとなる。

$$\begin{bmatrix} E'_H \\ E'_V \end{bmatrix} = [S] \begin{bmatrix} E''_H \\ E''_V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{HH} & S_{HV} \\ S_{VH} & S_{VV} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E''_H \\ E''_V \end{bmatrix} \quad (1)$$

3. 3成分分解法[1]

Monostaticレーダにおける散乱行列は、式(2)に示すように3つの基準となる散乱行列(sphere, diplane, helix)の和の形に分解することができる。3つの行列は、sphere成分が奇数回反射による散乱、diplane成分が偶数回反射による散乱、helix成分が直線偏波を円偏波に変える散乱を表す。これらの係数 K_s 、 K_d 、 K_h よりターゲットの分類が可能となる。

$$[S] = e^{j\phi} \{ e^{j\theta} K_s [S]_{sphere} + K_d [S]_{diplane} + K_h [S]_{helix} \} \quad (2)$$

4. Polarimetric Entropy, α [2]

Polarimetric Entropyとは、ターゲットの散乱特性の複雑さを表す指標である。 $0 \leq H \leq 1$ の範囲の値をとり、散乱特性が複雑であるほど1に近い値を示す。また α とは、ターゲットの偏波依存性(ターゲットの傾き角により、散乱特性が変化する

性質)を示す指標であり、 $0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ の範囲の値をとる。

5. 実験

電波暗室内において倒壊状況をモデル化し実験を行った(図1)。下方45度に傾けたアンテナを高さ145cmにおいて水平に1cmずつ走査させ、計128点測定を行った。建造物モデルとして、電波の反射レベルを上げるためにアルミ箔を巻いた箱を用い、残骸モデルにはアルミ箔を適当な形に丸めたものを用いた。建造物モデルが9個ある状態を倒壊率0%とし、その状態から任意に建造物モデルを残骸モデルに置き換えていく。2個置き換えた時を倒壊率22%、4個置き換えた時を倒壊率44%、6個置き換えた時を倒壊率66%、全部置き換えた時を倒壊率100%として測定を行った。

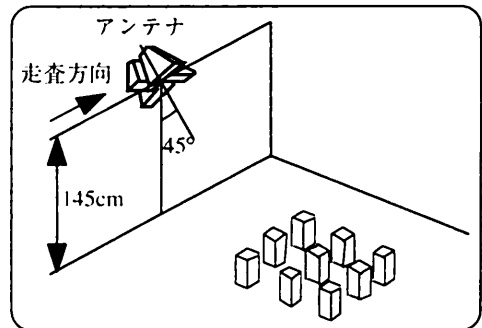


図1. 実験状況

表1. 測定パラメータ

中心周波数	10.0 GHz
掃引周波数幅	2.0 GHz
アンテナ角度	45 deg
走査点数	128
走査間隔	1.0 cm
アンテナの高さ	145 cm
使用偏波	HH, HV, VV

6. 実験結果及び考察

実験により取得されたデータに対し、走査方向の分解能を上げるために合成開口処理を施し散乱行列を得た。その散乱行列を3成分分解し、倒壊率と3成分の分類比率をグラフにした(図2)。倒壊が進むにつれてdiplane成分の減少、sphere成分の増加の傾向がある。これは、建造物モデルを残骸モデルに置き換えていくことによる、建造物モデルと地面とのdiplane成分(偶数回反射成分)が減少していき、その代わりに残骸モデルからのsphere成分(奇数回反射成分)が増加したためと考えられる。

次に得られた散乱行列からPolarimetric Entropyと α を求めた(図3)。倒壊が進むにつれてEntropyが1に近い値をとるようになる。これは、建造物モデルを残骸モデルと置き換えることにより、散乱特性がよりランダムになった結果といえる。また α については、90度付近に近い値(diplane)をとっていたものが45度に近い値(wire)をとるようになる。3成分分解の結果からもわかるように、倒壊率0%の時、建造物モデルと地面とのdiplane成分が強く、残骸モデルと置き換えていくことによってsphere成分が増加し、diplane成分とsphere成分が同様な強さになったためwire成分が検出されるようになったと考えられる。

7. まとめ

本稿ではミニチュアモデルによる実験により、建造物の倒壊による散乱行列の変化について3成分分解法、Polarimetric Entropy、 α による解析法を用いてその変化の傾向を示した。今後、より現実に近い状況での実験、解析による検討が必要である。

謝辞

この研究の一部は文部省科研費によるものである。

参考文献

- [1] E. Krogager, Z. H. Czyz, "Properties of the sphere, diplane, helix decomposition," in *Proc. 3rd Int. Workshop Radar polarimetry*, Mar. 1995, vol. 1, pp. 106 - 114.
- [2] S. R. Cloude and E. Pottier, "An entropy based classification scheme for land applications of polarimetric SAR," *IEEE Trans. Geosci Remote Sensing*, vol. 35, pp. 68-78, Jan. 1997.

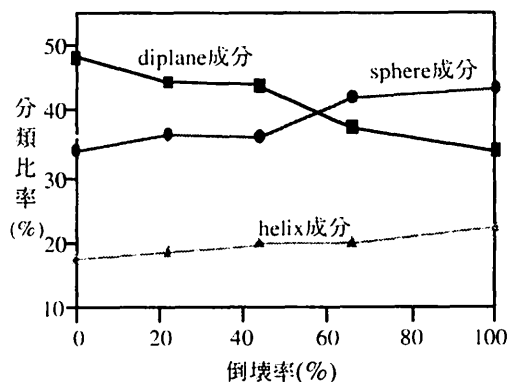
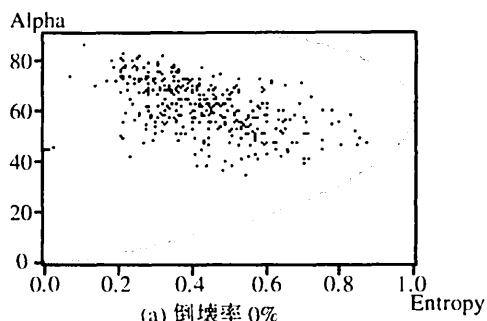
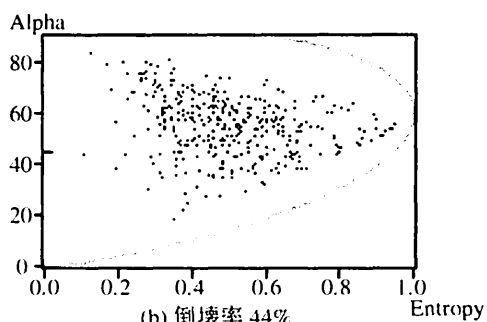


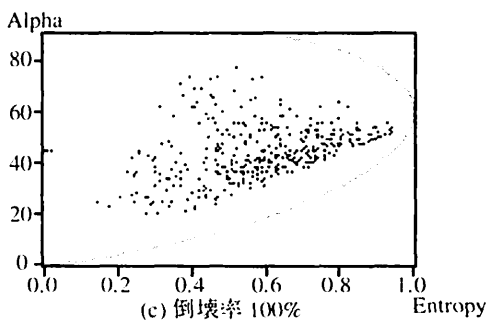
図2 倒壊率と3成分の分類比率



(a) 倒壊率 0%



(b) 倒壊率 44%



(c) 倒壊率 100%

図3 Entropyと α