

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 8 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2010～2011

課題番号：22651062

研究課題名（和文） プラスチック地雷可視化システムのための低相互結合アレイアンテナの実現への挑戦

研究課題名（英文） Low direction-coupling array antenna for use in plastic landmine visualization system

研究代表者

廣瀬 明 (HIROSE AKIRA)

東京大学・大学院工学系研究科・教授

研究者番号：70199115

研究成果の概要（和文）：

以前にわれわれが提案した Walled LTSA はその開口面での壁面が、導波管を単純に切断したものと同等であった。そこに、次の 2 つの新構造を導入した。(a)開口端の方形終端形状を自由な曲線とし、特に漸近的な開口として等価的な開口面積の増大を図る。(b)金属壁に溝（トレンチ）をつけ曲線開口と滑らかにつなぐ。これらの構造によって、8-12GHz の広い帯域にわたって 5dB 程度以上の直接結合の低減を実現した。またアンテナのスケーリングによって、同様の構造がさまざまな周波数帯における直接結合低減に役立つことも示した。

研究成果の概要（英文）：

Direct coupling among antenna elements is one of the critical problems of array antennas in near-field imaging systems. To mitigate the coupling, we propose taper-walled linearly tapered slot antenna (taper-walled LTSA) to be used in our adaptive ground penetrating radar (GPR) system for visualization of plastic landmines. It is based on the conventional walled LTSA, but the sidewall edges are curved at the aperture and connected to side slits. We analyze the characteristics of the proposed antenna in simulation, and demonstrate in experiment the reduction of the direct coupling in a wideband from 7.2 to 12 GHz which covers the observation frequency of our stepped-frequency adaptive landmine visualization system. The idea is directly usable also in other frequency bands.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,600,000	0	1,600,000
2011年度	1,500,000	450,000	1,950,000
総計	3,100,000	450,000	3,550,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・計測工学

キーワード：テーパ・スロット・アンテナ、マイクロ波、超高帯域（UWB）、イメージング、アレイアンテナ、地中レーダ、直接結合

## 1. 研究開始当初の背景

プラスチック地雷除去の既存技術は 2 つあり、ブラシュカッター（巨大な回転ブラシを

有する重機）と金属探知器である。それらのうち金属探知器は、見逃し率が非常に低いという長所を持つ。しかし、戦場に広く散乱し

ている金属片などから地雷を区別することが難しく、作業の効率化の大きな妨げとなっている。ここで、波長の短い電波を利用する地中レーダ (Ground penetrating radar: GPR) を併用すると、地雷と金属片の区別ができる可能性が大きく向上するため、地雷可視化システムの実現に向けて活発に研究が行われている。現在、パルス型 GPR が実用化されようとしているが、分別性能には改善の余地が残る。第2世代のとして期待されているものが、周波数ステップ型 GPR である。このタイプのレーダは、パルス型地中レーダに比べて、ダイナミックレンジを極めて広く取ることが可能である。土塊等によるクラッタ (散乱雑音) が大きい地中レーダでは、地雷を他の金属片や石から効果的に分離するために、広いダイナミックレンジが不可欠である。特に周波数ステップ型レーダにアレイアンテナを利用すると、高速なデータ取得と広いダイナミックレンジを、高い水準で両立できる。申請者らはこれまでに、"Walled LTSA (linearly tapered slot antenna)" と名づけたアンテナ要素 (エレメント) を提案・開発している。このアンテナは広い帯域を有し、かつ高密度のアレイ化のために開口面積を狭くできる工夫を施した独自のものである (詳細は後述)。このエレメントをアレイ化して周波数ステップ型 GPR システムを構築し、地雷可視化の研究室基礎実験や図1のようにカンボジア等におけるフィールド実験を実施した。地雷被埋設国の地雷除去組織から、その性能について高い評価を受けており、早い実用化が望まれている。しかしフィールド実験では、含水率が大きい時のラテライト土質 (誘電率、透磁率とも非常に高い) で可視化実験を行う場合に、可視化性能が劣化することも確認された。

## 2. 研究の目的

上記の劣化を克服できれば、分別率が高く、短時間で計測可能な周波数ステップ型 GPR が実現される。本研究は、エレメント間の相互結合を除去し、ダイナミックレンジを極めて広く取ることが可能なアンテナエレメントおよびアレイアンテナを開発することを目的とする。地雷用レーダでは、高速観測のために高密度のアレイ化が不可欠である。従来、アレイアンテナは相互結合の影響が十分小さくできる程度に、要素アンテナ間に適切な間隔を挟んで構成することが常識であった。本研究は、この常識をやぶり、高密度アレイアンテナを実現しようとする挑戦的萌芽研究である。

## 3. 研究の方法

次の2つの点に焦点を絞り、この順番に順次、研究を進めた。

- (1) シミュレーションによる直接結合を最小化する構造の発見
- (2) 直接結合 最小化構造のアレイアンテナの作製
- (3) 設計されたアレイアンテナを用いた地雷可視化システムの構築と性能評価

## 4. 研究成果

以前にわれわれが提案した Walled LTSA (図1(a)) はその開口面での壁面が、導波管を単純に切断したものと同等であった。そこに、次の2つの新構造を導入した。(a) 開口端の方形終端形状を自由な曲線とし、特に漸近的な開口として等価的な開口面積の増大を図る。(b) 金属壁に溝 (トレンチ) をつけ曲線開口と滑らかにつなぐ (図1(b))。これらの構造によって、8-12GHz の広い帯域にわたって 5dB 程度以上の直接結合の低減を実現した (図2)。またアンテナのスケールングによって、同様の構造がさまざまな周波数帯における直接結合低減に役立つことも示した。



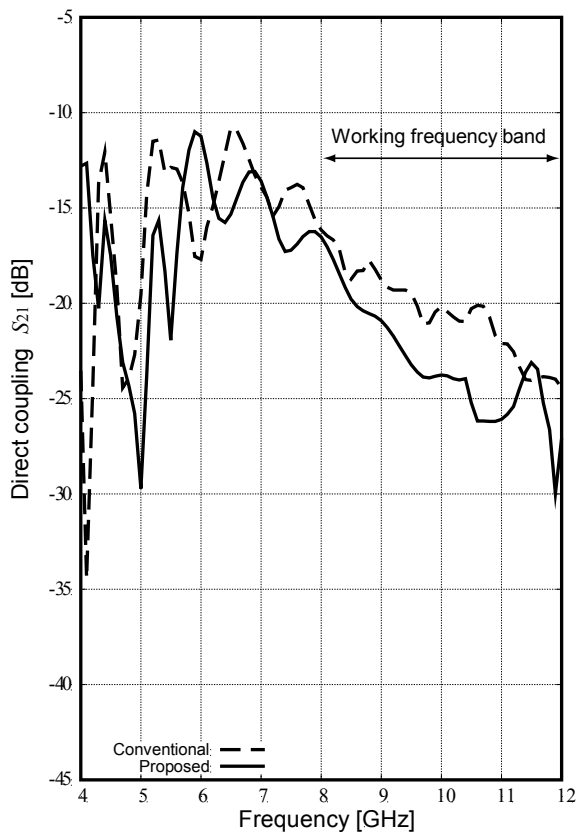
(a)



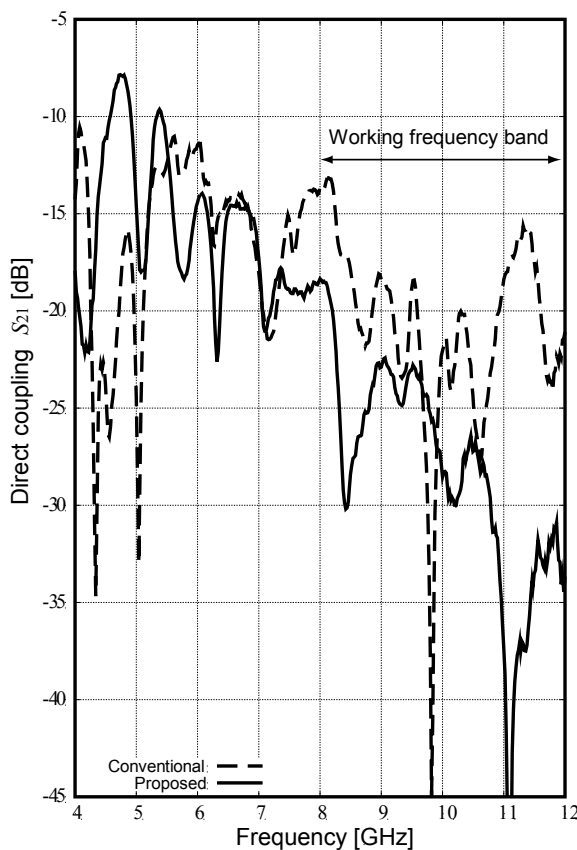
(b)

図1 (a)従来型 Walled LTSA と(b)新提案の Taper-walled LTSA の写真。それぞれ2エレ

メントずつ隣り合わせには位置した場合の様子[文献②]。



(a)



(b)

図 2 (a)数値計算および(b)実測による、従来型 Walled LTSA (破線) および新提案の Taper-walled LTSA (実践) の直接結合の周波数特性。8-12GHz の目的動作周波数帯域のほとんどで 5dB 以上の低減を図ることができた[文献②]。

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

- ① D. Radenamad, T. Aoyagi and A. Hirose, High-Sensitivity Millimeter-Wave Imaging Front-End Using a Low-Impedance Tapered Slot Antenna, IEEE Trans. on Antennas and Propagation, 査読有, Vol.59, 2011, 4868-4872, DOI:10.1109/TAP.2011.2165504
- ② Y. Nakano and A. Hirose, Taper-walled linearly tapered slot antenna, IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 査読有, Vol.4, 2011, 779-784, DOI:10.1109/JSTARS.2011.2106482
- ③ D. Radenamad, T. Aoyagi and A. Hirose, Low impedance bulk LTSA, Electronics Letters, Vol.46, 2010, 882-883, DOI:10.1049/el.2010.1006

[学会発表] (計 3 件)

- ① 馬場貴弘、廣瀬明、放射状に配置された銀杏型フィンによる平面広帯域指向性アンテナ、2011 電子情報通信学会総合大会、2011 年 3 月 14-17 日、東京
- ② T. Baba and A. Hirose, Planar wideband adaptive antenna consisting of radially arrayed multiple taper-slot antenna elements having wide fins, Asia-Pacific Microwave Conference (APMC 2010), 2010/12/7-10, Yokohama
- ③ Y. Nakano and A. Hirose, Taper-walled LTSA: A low direct-coupling antenna for subsurface imaging, Int'l Conf. on Ground Penetrating Radar (GPR 2010), 2010/6/21-25, Lecce, Italy

[その他]

ホームページ等

<http://www.eis.t.u-tokyo.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

廣瀬 明 (HIROSE AKIRA)

東京大学・大学院工学系研究科・教授

研究者番号：70199115

(2) 研究分担者 なし

(3) 連携研究者 なし