

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-156521

(P2005-156521A)

(43) 公開日 平成17年6月16日(2005.6.16)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

G01S 3/32

G01S 3/04

F I

G01S 3/32

G01S 3/04

テーマコード (参考)

C

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2004-59814 (P2004-59814)  
 (22) 出願日 平成16年3月3日 (2004.3.3)  
 (31) 優先権主張番号 特願2003-372028 (P2003-372028)  
 (32) 優先日 平成15年10月31日 (2003.10.31)  
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 800000068  
 学校法人東京電機大学  
 東京都千代田区神田錦町2-2  
 (74) 代理人 100101269  
 弁理士 飯塚 道夫  
 (72) 発明者 鈴木 克征  
 東京都千代田区神田錦町二丁目二番地 東京電機大学内  
 (72) 発明者 小林 岳彦  
 東京都千代田区神田錦町二丁目二番地 東京電機大学内

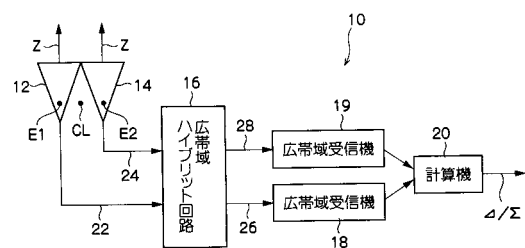
(54) 【発明の名称】 信号到来方向推定装置及び信号到来方向推定方法

(57) 【要約】

【課題】 信号の到来方向を直接的に高分解能で推定する。

【解決手段】 超広帯域信号の周波数帯域幅と同等以上に広い動作帯域幅を有する2基のリッジウェーブガイドホーンアンテナである開口面アンテナ12、14が配置される。2基の開口面アンテナ12、14が、超広帯域信号の周波数帯域幅と同等以上に広い動作帯域幅を有する広帯域ハイブリッド回路16の入力側にそれぞれ接続される。2基の開口面アンテナ12、14から広帯域ハイブリッド回路16に入力された一対のアンテナ出力信号22、24の和信号となる信号26及び差信号となる信号28をこの広帯域ハイブリッド回路16が出力する。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

信号の周波数帯域幅と同等以上に広い動作帯域幅を有する 2 基の開口面アンテナを相互に隣接して配置し、これら 2 基の開口面アンテナを、信号の周波数帯域幅と同等以上に広い動作帯域幅を有するハイブリッド回路の入力側にそれぞれ接続した信号到来方向推定装置であって、

2 基の開口面アンテナをそれぞれリジッドウェーブガイドホーンアンテナとし、

2 基の開口面アンテナからハイブリッド回路に入力された一对のアンテナ出力信号の和信号及び差信号をこのハイブリッド回路が出力することを特徴とする信号到来方向推定装置。

10

## 【請求項 2】

開口面アンテナとして、共通の反射鏡に対して給電を行う 2 基のリジッドウェーブガイドホーンアンテナを用いることを特徴とする請求項 1 記載の信号到来方向推定装置。

## 【請求項 3】

信号の周波数帯域幅と同等以上に広い動作帯域幅を有する 2 基の開口面アンテナを相互に隣接して配置し、これら 2 基の開口面アンテナを、信号の周波数帯域幅と同等以上に広い動作帯域幅を有するハイブリッド回路の入力側にそれぞれ接続し、

2 基の開口面アンテナをそれぞれリジッドウェーブガイドホーンアンテナとした信号到来方向推定装置を用いた信号到来方向推定方法であって、

2 基の開口面アンテナの最大放射方向を含む平面に垂直で、かつ該 2 基の開口面アンテナの電気中心の二等分点を通る直線を回転軸として 360 度回転させ、この 2 基の開口面アンテナから一对のアンテナ出力信号がハイブリッド回路に入力され、

20

次に、このハイブリッド回路が一对のアンテナ出力信号の和信号及び差信号を出力することを特徴とする信号到来方向推定方法。

## 【請求項 4】

信号の周波数帯域幅を複数の帯域に分割し、

分割された各帯域において、2 基の開口面アンテナの回転方向に沿った各角度毎に差信号を和信号で除して  $\frac{1}{\sin \theta}$  の絶対値を得ると共に、この  $\frac{1}{\sin \theta}$  の絶対値を基にして、この回転方向に沿った  $\frac{1}{\sin \theta}$  パターンをそれぞれ作成し、

各帯域における  $\frac{1}{\sin \theta}$  パターンが形成する曲線の落ち込みが一致する角度を信号の真の到来方向と推定したことを特徴とする請求項第 3 記載の信号到来方向推定方法。

30

## 【請求項 5】

分割数を逐次増やしていく形で、各回毎において信号の周波数帯域幅を複数の帯域にそれぞれ分割し、

分割された各帯域において、2 基の開口面アンテナの回転方向に沿った各角度毎に差信号を和信号で除して  $\frac{1}{\sin \theta}$  の絶対値を得ると共に、この  $\frac{1}{\sin \theta}$  の絶対値を基にして、この回転方向に沿った  $\frac{1}{\sin \theta}$  パターンをそれぞれ作成し、これを各回毎に繰り返し、

各帯域における  $\frac{1}{\sin \theta}$  パターンが形成する曲線の落ち込む角度が一致したときに、分割を終了し、

各帯域における  $\frac{1}{\sin \theta}$  パターンが形成する曲線の落ち込みが一致する角度を信号の真の到来方向と推定したことを特徴とする請求項第 3 記載の信号到来方向推定方法。

40

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、複雑な信号処理を必要とせずに広帯域信号の到来方向を高分解能かつ直接的に推定する信号到来方向推定装置及び信号到来方向推定方法に関し、特に比帯域幅（帯域幅 / 中心周波数）が 0.2 以上或いは帯域幅が 500 MHz 以上の超広帯域（ウルトラワイドバンド）信号の到来方向の推定に好適なものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

50

モノパルス方式は原理的には、一つのビーム位置で一つのパルス（モノパルス）を処理することにより測角情報が得られる。従って、前者の方式に比べて時間的な変動を受けないため、高い測角精度を得ることができる。モノパルス方式には、振幅を検出する方式と位相を検出する方式があり、それぞれ、振幅比較モノパルス、位相比較モノパルスと呼ばれている。

#### 【0003】

振幅比較モノパルスは、一部が重なりあった2個のアンテナビームを一組として用い、角度誤差（アンテナ正面方向からのずれ）を検出する。方位、高低の両方について角度誤差を検出するときは、4個のアンテナビームを必要とする。

#### 【0004】

和信号（ ）と差信号（ ）によって角度誤差が検出できる。角度誤差電圧 は差信号（ ）を和信号（ ）で正規化して、すなわち、  $= \frac{\text{差信号}}{\text{和信号}}$  の形で演算される。角度誤差電圧は、おおむねS字の形状となり、アンテナの正面方向からのずれが検出できる。なお、差信号（ ）のみで測角しようとする場合、その信号強度は目標の大きさや距離によって変化するため正しい測角ができない。これを排除するため、差信号（ ）と同様の変化を受ける和信号（ ）で除す、すなわち正規化するという方法がとられる。

#### 【0005】

空間における信号到来方向推定の分解能は受信アンテナの指向性に依存するので、高分解能を得ることは、一般的に困難である。但し、狭帯域信号に対する信号到来方向推定方法としては、アレイアンテナを受信アンテナとして利用し、MUSIC (Multiple signal classification) アルゴリズムやESPRIT (Estimation of signal parameters via rotational invariance techniques) アルゴリズムと同程度の高分解能を示すSAGE (Space alternating generalized expectation maximization) アルゴリズムなどの角度分解能が高いアルゴリズムを採用したものがすでに開発されている。さらに、現在はSAGEアルゴリズムを採用した超広帯域（ウルトラワイドバンド）信号の到来方向推定法の検討もされている。

#### 【0006】

ここでMUSICアルゴリズムは、アレイアンテナの受信信号から得られる相関行列Rの固有値展開に基づいて、雑音成分に対応した固有値に対応する固有ベクトルと、信号の到来方向に対応する方向ベクトルとが、直交する性質を利用した方向推定アルゴリズムである。

#### 【0007】

ESPRITアルゴリズムは、同じアレイアンテナ（サブアレイ）を二つ用い、この二つのアレイアンテナに到来する信号の位相差から到来方向推定を行うアルゴリズムであるが、パラメータの最尤推定がインコヒーレント波を前提としているため、空間平均法などの前処理が必要であり、データ構造に制約がある。

#### 【0008】

SAGEアルゴリズムは、データモデルの観点においてESPRITのような厳しい条件を必要とせず、また座標系の設定により平面波だけでなく球面波の評価が出来る最尤推定に基づいた方向推定アルゴリズムである。

#### 【発明の開示】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0009】

これに伴い、アレイアンテナを用いると共にこれらのアルゴリズムを採用したものを、超広帯域信号の信号の到来方向を推定する信号到来方向推定装置及び信号到来方向推定方法に応用することが考えられるが、この場合には、信号の処理過程が複雑になって、膨大な計算量が必要となるだけでなく、信号処理過程における誤った解であるスプリアスが生じ易くなるというような欠点を有していた。

#### 【0010】

本発明は上記事実を考慮し、上記のアルゴリズムのように複雑な信号処理を必要とせず

10

20

30

40

50

、狭帯域レーダ技術で用いられているモノパルスパターン技術を超広帯域信号へ拡張することで、超広帯域信号の到来方向を直接的に高分解能で推定する信号到来方向推定装置及び信号到来方向推定方法を提供することが目的である。

【課題を解決するための手段】

【0011】

請求項1に係る信号到来方向推定装置は、信号の周波数帯域幅と同等以上に広い動作帯域幅を有する2基の開口面アンテナを相互に隣接して配置し、これら2基の開口面アンテナを、信号の周波数帯域幅と同等以上に広い動作帯域幅を有するハイブリッド回路の入力側にそれぞれ接続した信号到来方向推定装置であって、

2基の開口面アンテナをそれぞれリジッドウェーブガイドホーンアンテナとし、

10

2基の開口面アンテナからハイブリッド回路に入力された一对のアンテナ出力信号の和信号及び差信号をこのハイブリッド回路が出力することを特徴とする。

【0012】

請求項1に係る信号到来方向推定装置の作用を以下に説明する。

本請求項に係る信号到来方向推定装置は、超広帯域信号の周波数帯域幅と同等以上に広い動作帯域幅を有する2基の開口面アンテナと、超広帯域信号の周波数帯域幅と同等以上に広い動作帯域幅を有するハイブリッド回路とを用いたモノパルスアンテナである。さらに、これら2基の開口面アンテナを相互に隣接して配置すると共に、ハイブリッド回路の入力側にこれら2基の開口面アンテナをそれぞれ接続する構造とするだけでなく、2基の開口面アンテナをそれぞれリジッドウェーブガイドホーンアンテナとした。

20

【0013】

そして、2基の開口面アンテナからハイブリッド回路に一对のアンテナ出力信号が入力され、このハイブリッド回路でアンテナ出力信号を線形的な合成により変換して和信号である信号と差信号である信号とを得て、出力することができる。

【0014】

つまり、本請求項は、2基の開口面アンテナで受信された同位相信号をハイブリッド回路によって線形的に合成して信号と信号に変換し、これによって得られる2基の開口面アンテナの放射パターンであるパターン及びパターンからなるモノパルスパターンを利用するものであり、このパターンをパターンで除して正規化したときの値が極小値となる方向とされる、パターンの極大値とパターンの極小値とが一致する方向を到来方向と推定するようにした。

30

【0015】

以上より、モノパルスパターン技術を利用した点で本請求項の信号到来方向推定装置は、従来の狭帯域信号に対するものと同じであるが、本請求項ではこれを超広帯域信号へ拡張したものである。

【0016】

請求項2に係る信号到来方向推定装置の作用を以下に説明する。

本請求項に係る信号到来方向推定装置は請求項1と同一の作用を奏する。但し、本請求項では、開口面アンテナとして、共通の反射鏡に対して給電を行う2基のリジッドウェーブガイドホーンアンテナを用いるという構成を有している。つまり、共通の反射鏡に対して給電を行う2基のリジッドウェーブガイドホーンアンテナを開口面アンテナとして用いることで、信号の到来方向をより高分解能で推定可能となる。

40

【0017】

請求項3に係る信号到来方向推定方法は、信号の周波数帯域幅と同等以上に広い動作帯域幅を有する2基の開口面アンテナを相互に隣接して配置し、これら2基の開口面アンテナを、信号の周波数帯域幅と同等以上に広い動作帯域幅を有するハイブリッド回路の入力側にそれぞれ接続し、

2基の開口面アンテナをそれぞれリジッドウェーブガイドホーンアンテナとした信号到来方向推定装置を用いた信号到来方向推定方法であって、

2基の開口面アンテナの最大放射方向を含む平面に垂直で、かつ該2基の開口面アンテ

50

ナの電気中心の二等分点を通る直線を回転軸として360度回転させ、この2基の開口面アンテナから一对のアンテナ出力信号がハイブリッド回路に入力され、

次に、このハイブリッド回路が一对のアンテナ出力信号の和信号及び差信号を出力することを特徴とする。

【0018】

請求項4に係る信号到来方向推定方法の作用を以下に説明する。

本請求項に係る信号到来方向推定方法は請求項1と同一の作用を奏する。但し、本請求項では、信号の周波数帯域幅を複数の帯域に分割し、分割された各帯域において、2基の開口面アンテナの回転方向に沿った各角度毎に差信号を和信号で除して / の絶対値を得ると共に、この / の絶対値を基にして、この回転方向に沿った / パターンをそれぞれ作成し、各帯域における / パターンが形成する曲線の落ち込みが一致する角度を信号の真の到来方向と推定したという構成を有する。

10

【0019】

つまり、本請求項に係る信号到来方向推定方法によれば、信号の周波数帯域幅を分割し、分割された各帯域における / パターンが形成する曲線の落ち込みが一致する方向があれば、その方向が信号の真の到来方向と推定できるので、直接波のほかに反射波が生じた場合でも、スプリアス（間違っ了解）を解消して、信号の到来方向を確実に推定可能となる。

【0020】

請求項5に係る信号到来方向推定方法の作用を以下に説明する。

本請求項に係る信号到来方向推定方法は請求項1と同一の作用を奏する。但し、本請求項では、分割数を逐次増やしていく形で、各回毎において信号の周波数帯域幅を複数の帯域にそれぞれ分割し、分割された各帯域において、2基の開口面アンテナの回転方向に沿った各角度毎に差信号を和信号で除して / の絶対値を得ると共に、この / の絶対値を基にして、この回転方向に沿った / パターンをそれぞれ作成し、これを各回毎に繰り返し、各帯域における / パターンが形成する曲線の落ち込む角度が一致したときに、分割を終了し、各帯域における / パターンが形成する曲線の落ち込みが一致する角度を信号の真の到来方向と推定したという構成を有する。

20

【0021】

つまり、本請求項に係る信号到来方向推定方法によれば、請求項4と同様に、スプリアス（間違っ了解）を解消して、信号の到来方向を確実に推定可能となる。

30

【発明の効果】

【0022】

以上説明したように本発明の上記構成によれば、複雑なアルゴリズムによる信号処理を必要とせず、2基の開口面アンテナとハイブリッド回路を組み合わせた簡単なシステムで、超広帯域信号の到来方向の推定が可能な信号到来方向推定装置及び信号到来方向推定方法を提供でき、特に2基の開口面アンテナの最大放射方向を含む平面に垂直で、かつ該2基の開口面アンテナの電気中心の二等分点を通る直線を回転軸として360度回転させることにより、超広帯域信号の到来方向を簡易に推定できるという優れた効果を有する。

【発明を実施するための最良の形態】

40

【0023】

以下、本発明に係る信号到来方向推定装置及び信号到来方向推定方法の一実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。

図1は、本実施の形態に係る信号到来方向推定装置10を示すブロック図であり、この図1に示すように、超広帯域信号の周波数帯域幅と同等以上に広い動作帯域幅を有する2基の開口面アンテナ12、14が、中心軸CL廻りに回転されるように、配置されている。

【0024】

尚、これら2基の開口面アンテナ12、14は、信号の周波数帯域幅内における電圧定在波比が1.5以下のリジドウェーブガイドホーンアンテナとそれぞれされている。ま

50

た、中心軸 C L は、これら 2 基の開口面アンテナ 1 2、1 4 の最大放射方向 Z を含む平面に垂直に伸び且つ、これら 2 基の開口面アンテナ 1 2、1 4 の電気中心 E 1、E 2 を二等分する点を通る直線とされる。

**【0025】**

また、これら 2 基の開口面アンテナ 1 2、1 4 は、超広帯域信号の周波数帯域幅と同等以上に広い動作帯域幅を有する 180°ハイブリッド回路である広帯域ハイブリッド回路 16 の入力側にそれぞれ接続されており、これら 2 基の開口面アンテナ 1 2、1 4 から各々出力されるアンテナ出力信号 2 2、2 4 の図 2 に示す開口面アンテナ 1 2 の放射パターン W 1 及び開口面アンテナ 1 4 の放射パターン W 2 をこの広帯域ハイブリッド回路 16 が線形的に合成するようになっている。

10

**【0026】**

つまり、アンテナ出力信号 2 2、2 4 を線形的に合成した結果として、この広帯域ハイブリッド回路 16 は、2 基の開口面アンテナ 1 2、1 4 のアンテナ出力信号 2 2、2 4 を相互に加え合わせた和信号となる 信号 2 6 と、2 基の開口面アンテナ 1 2、1 4 のアンテナ出力信号 2 2、2 4 間を相互に差し引いた差信号となる 信号 2 8 とを、出力側から出力するようになっている。

**【0027】**

以上より、本実施の形態では、2 基の開口面アンテナ 1 2、1 4 から一对のアンテナ出力信号 2 2、2 4 が広帯域ハイブリッド回路 16 に入力された後、この広帯域ハイブリッド回路 16 が一对のアンテナ出力信号 2 2、2 4 の和信号となる 信号 2 6 及び差信号となる 信号 2 8 を出力することになる。

20

**【0028】**

さらに、この広帯域ハイブリッド回路 16 は、広帯域受信機 1 8、1 9 に接続されており、広帯域ハイブリッド回路 16 がこれら 信号 2 6 及び 信号 2 8 を広帯域受信機 1 8、1 9 に出力することで、信号 2 6 に基づいて角度 に沿った パターン P 1 と 信号 2 8 に基づいて角度 に沿った パターン P 2 とを図 3 に示すように得ることができる。

**【0029】**

そして、この パターン P 2 の値を パターン P 1 の値で除して正規化したときの値が極小値となる方向とされる、図 3 に示す パターン P 1 の極大値と パターン P 2 の極小値とが一致する方向を、図 4 に示すように例えば 0°の角度 として、広帯域信号源 3 0 からの信号が到来する到来方向と推定する。

30

**【0030】**

具体的には、信号到来方向推定装置 1 0 の 2 基の開口面アンテナ 1 2、1 4 を中心軸 C L 廻りで回転させ、各角度において時間領域または周波数領域におけるデータを和信号出力と差信号出力を別個の広帯域受信機 1 8、1 9 に接続することによって測定し、このデータを時間領域または周波数領域で積分することで各々の角度における総受信電力を求め、超広帯域信号に対する パターン P 1 と パターン P 2 を広帯域受信機 1 8、1 9 で得る。

**【0031】**

そして、このようにして得られた パターン P 1 及び パターン P 2 を基にして、広帯域受信機 1 8、1 9 に接続された計算機 2 0 によって / の絶対値を算出し、また、パターン P 1 の極大値と パターン P 2 の極小値とが一致してこの図 3 に示すグラフにおいて極小値となる方向が、信号の到来方向と推定できる。

40

**【0032】**

次に、単一波源からの広帯域信号の到来方向を推定する為に、図 5 に示すように、単一波源となる広帯域信号源 3 0 と信号到来方向推定装置 1 0 との間の距離 L を 3000 mm とし、角度 が -4 度となる方向から直接波 T S が到来するように設置した実施環境での推定結果を以下に説明する。

**【0033】**

この際、まず信号到来方向推定装置 1 0 の 2 基の開口面アンテナ 1 2、1 4 を中心軸 C

50

L 廻りで 360 度回転させて、1 度ごとにおける周波数領域のデータを測定し、周波数についてこのデータを積分することで、各々の角度における総受信電力を求める。

【0034】

図 5 で示す実施環境で得られた広帯域信号におけるパターン P 1 の特性曲線及びパターン P 2 の特性曲線を図 6 のグラフに示す。このグラフにおいて、横軸は角度を示し、縦軸は総受信電力（アンテナゲイン）を示す。この図 6 のグラフでは、パターン P 1 の極大値となる箇所 X 1 とのパターン P 2 の極小となる箇所 X 2 とが、角度  $\theta$  を -4 度とした方向で一致しているので、-4 度の方向から超広帯域信号が到来していると推定できる。

【0035】

さらに、各角度毎に差信号となる信号 28 を和信号となる信号 26 で除して各角度毎に  $\theta$  の絶対値を得ると共に、この  $\theta$  の絶対値を基にして、開口面アンテナ 12、14 の回転方向に沿った  $\theta$  パターンをそれぞれ作成し、この  $\theta$  の絶対値の特性曲線となる  $\theta$  パターンを図 7 に示す。

【0036】

この図 7 のグラフにおいて、 $\theta$  パターンが形成する特性曲線の落ち込み部分が角度  $\theta$  を -4 度とした方向に発生している為、-4 度の方向から超広帯域信号が到来していると、このグラフから推定できる。尚、この図 7 のグラフでは、角度  $\theta$  を +45 度付近とした箇所及び -53 度付近とした箇所にも落ち込みが発生しているものの、これはスプリアス（間違っただけ）であり、正しい到来方向ではない。

【0037】

そこで、このスプリアスと真の到来方向を見わける為に、図 9 のフローチャートに示すような手順を採用し、以下にこの手順を説明する。

まず、ステップ S 1 において信号到来方向推定装置 10 の広帯域受信機 18、19 が信号 26 及び信号 28 を得た後、ステップ S 2 において n を 2 と設定する。さらに、ステップ S 3 において、これら信号 26 及び信号 28 の周波数帯域幅を n 個である 2 個の帯域であるサブバンドに等分割する。

【0038】

この後、ステップ S 4 で、各サブバンドにおいて周波数について積分して、各サブバンドにおける総受信電力を計算機 20 で計算することで、各サブバンドにおける  $\theta$  の絶対値をこの計算機 20 によってそれぞれ算出し、この  $\theta$  の絶対値を基にして  $\theta$  パターンを作成する。

【0039】

次に、ステップ S 5 では、各サブバンドの開口面アンテナ 12、14 の回転方向に沿って  $\theta$  パターンが形成する曲線の落ち込む部分が一致しているかを判断し、一致していなければ、ステップ S 6 に移って n に 1 を加えた値を新たに n として、ステップ S 3 以下の処理を再実行する。

【0040】

そして、各サブバンドの  $\theta$  パターンが形成する曲線における落ち込み部分及びその数が一致して、落ち込み部分に変化がなくなる結果、ステップ S 5 でこの落ち込み部分が一致していると判断されるまで、周波数帯域幅を逐次分割する。この後、ステップ S 7 に移って、 $\theta$  パターンが形成する曲線の落ち込み部分が最終的に一致する方向を超広帯域信号の真の到来方向と推定する。

【0041】

図 8 は、各周波数における  $\theta$  パターンを示したグラフであり、超広帯域信号の真の到来方向では周波数が変化しても、角度  $\theta$  が -4 度の方向で  $\theta$  パターンの極小値の位置は変化しないことがこの図 8 により確認できる。この為、複数のサブバンドに等分割したときの  $\theta$  パターンが形成する各曲線の落ち込み部分も真の到来方向では変化しないことになる。よって、複数のサブバンドに分割することで、到来方向を推定可能なことが理解できる。

10

20

30

40

50

## 【0042】

一方、図10は、信号の周波数帯域を2つのサブバンドに分割したときの  $\Gamma$  の絶対値に基づく  $\Gamma$  パターンのグラフであり、図11は、信号の周波数帯域を3つのサブバンドに分割した時の  $\Gamma$  の絶対値に基づく  $\Gamma$  パターンのグラフである。図10に示す2つのサブバンドに分割した場合から図11に示す3つのサブバンドに分割数を増やした場合でも、それぞれ落ち込み部分が角度  $\theta$  を  $-4$  度とした方向の一箇所で、落ち込み部分の数に変化がなかった。

## 【0043】

つまり、この際の信号の周波数帯域幅をサブバンドに分割するときの分割数は、2つ或いは3つとなるが、それぞれの場合において、これら各サブバンドの  $\Gamma$  パターンが形成する曲線の落ち込み部分は、角度  $\theta$  を  $-4$  度とした方向でそれぞれ一致している為、この方向を超広帯域信号の真の到来方向と推定できる。

10

## 【0044】

次に、図12に示す反射板32を設置した実施環境における反射波HSと直接波TSの到来方向の推定を前述と同様の測定方法で行った。尚、この際の広帯域信号源30と信号到来方向推定装置10との間の距離Lを3000mmとし、角度  $\theta$  が0度となる方向から直接波TSが到来すると共に、反射板32からの反射による反射波HSの到来方向の角度  $\theta$  を  $+36$  度となるように設定した。さらに、本実施環境でも上記と同様に360度分の測定することで、超広帯域信号における  $\Gamma$  パターンと  $\Gamma$  パターンが前述と同様に得られる。

20

## 【0045】

ここで、この図12に示す実施環境において、信号の周波数帯域を2つのサブバンドに分割したときの  $\Gamma$  の絶対値に基づく  $\Gamma$  パターンのグラフを図13に示し、同じく図12に示す実施環境において、信号の周波数帯域を3つのサブバンドに分割したときの  $\Gamma$  の絶対値に基づく  $\Gamma$  パターンのグラフを図14に示す。

## 【0046】

この実施環境においても、信号の周波数帯域を図13に示す2つのサブバンドから図14に示す3つのサブバンドに分割数を逐次増やしていく形で、各回毎において信号の周波数帯域幅を複数の帯域にそれぞれ等分割したとき、各サブバンドの  $\Gamma$  パターンが形成する曲線における落ち込み部分の角度  $\theta$  及び数に変化がなかった。この為、サブバンドへの逐次分割は図14に示す3つまでとした。

30

## 【0047】

この際の各帯域である各サブバンドの  $\Gamma$  パターンが形成する曲線における落ち込み部分を具体的に見たとき、0度及び  $+36$  度とした角度  $\theta$  の方向で一致する形でそれぞれ落ち込んでいる。この二つの落ち込みを比較したとき、0度方向の落ち込みのほうが  $+36$  度よりも大きい。これは0度方向から到来する信号強度が強いため、 $\Gamma$  パターンの落ち込みが急峻となり、 $\Gamma$  パターンの落ち込みが大きくなる。これより、0度方向は直接波TS、そして  $+36$  度方向からは0度からの到来波の光路長よりも長い光路長を経由した為、信号強度が直接波TSよりも弱くなった反射板32からの反射波HSの到来方向と推定できる。つまり、本実施環境のように直接波TSのほかに反射波HSが生じる場合においても、上記のようにサブバンドに逐次分割することで、信号の到来方向を正確に推定できることになる。

40

## 【0048】

尚、図13に示す2つのサブバンドに分割した際に、角度  $\theta$  が  $-40$  度とされる付近で各サブバンドの  $\Gamma$  パターンが形成する曲線が落ち込んでいるものの、図14に示す3つのサブバンドに分割した際には、 $\Gamma$  パターンが形成する曲線がこの部分で全て落ち込んでいるわけでないので、スプリアス(間違っ了解)と解釈できる。そして、上記実施の形態では、信号の周波数帯域幅を複数の帯域であるサブバンドにそれぞれ等分割したが、等分割でなく単に複数の帯域に分割するのみであっても良い。

## 【0049】

50



この一方、本実施の形態の変形例として、開口面アンテナ 12、14 をそれぞれリジッドウェーブガイドホーンアンテナとするだけでなく、これら開口面アンテナ 12、14 に共通の反射鏡であるパラボラアンテナ等を取り付けて、この反射鏡に対して給電を行うような構造を採用しても良い。

【0050】

つまりこの結果として、共通の反射鏡に対して給電を行う 2 基のリジッドウェーブガイドホーンアンテナを開口面アンテナ 12、14 として用いたことで、信号の到来方向をより高分解能で推定可能となる。

【0051】

さらに、横に 2 列、縦に 2 列配列した信号の周波数帯域幅と同等以上に広い動作帯域幅を有する計 4 基の開口面アンテナと、このアンテナと同等の動作帯域幅を有する 4 つのハイブリッド回路を図 15 に示す形で接続した信号到来方向推定装置を用いれば、水平方向と垂直方向の 2 次元における超広帯域信号の到来方向推定が可能となる。

10

【図面の簡単な説明】

【0052】

【図 1】本発明の一実施の形態に係る信号到来方向推定装置を示すブロック図である。

【図 2】本発明の一実施の形態に係る信号到来方向推定装置により得られた放射パターンの重ね合わせを示す図である。

【図 3】本発明の一実施の形態に係る信号到来方向推定装置によるパターン及びパターンを示す図である。

20

【図 4】パターンをパターンで正規化 ( / ) した特性曲線を表すグラフを示す図である。

【図 5】単一波源からの広帯域信号の到来方向推定の実施環境を示す図である。

【図 6】図 5 の実施環境でのパターン及びパターンを表すグラフを示す図である。

【図 7】図 5 の実施環境でのパターン及びパターンより求められた / パターンを表すグラフを示す図である。

【図 8】各周波数におけるパターンを表すグラフを示す図である。

【図 9】信号の周波数帯域幅をサブバンドに逐次分割する手順を表したフローチャートである。

【図 10】図 5 の実施環境において、信号の周波数帯域幅を 2 つのサブバンドに分割したもののパターンのパターン及びパターンより求められた / パターンを表すグラフを示す図である。

30

【図 11】図 5 の実施環境において、信号の周波数帯域幅を 3 つのサブバンドに分割したもののパターンのパターン及びパターンより求められた / パターンを表すグラフを示す図である。

【図 12】反射波と直接波の到来方向推定の実施環境を示す図である。

【図 13】図 12 の実施環境において、信号の周波数帯域幅を 2 つのサブバンドに分割したもののパターンのパターン及びパターンより求められた / パターンを表すグラフを示す図である。

【図 14】図 12 の実施環境において、信号の周波数帯域幅を 2 つのサブバンドに分割したもののパターンのパターン及びパターンより求められた / パターンを表すグラフを示す図である。

40

【図 15】本発明の一実施の形態に係る信号到来方向推定装置の変形例を示すブロック図である。

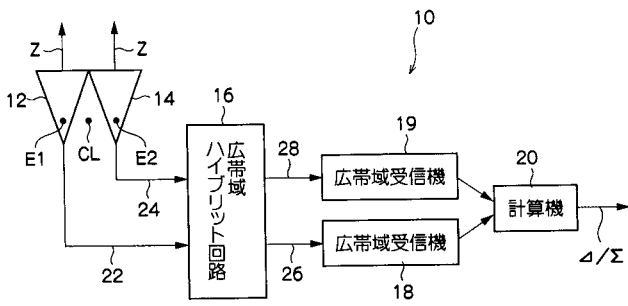
【符号の説明】

【0053】

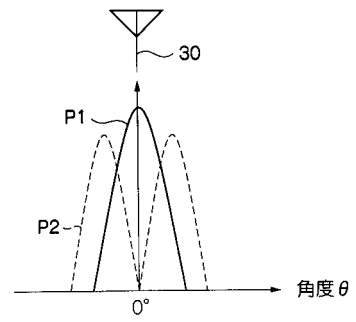
- 10 信号到来方向推定装置
- 12 開口面アンテナ
- 14 開口面アンテナ
- 16 広帯域ハイブリッド回路

50

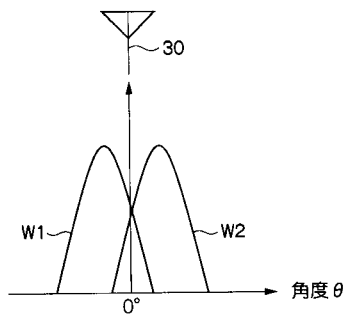
【 図 1 】



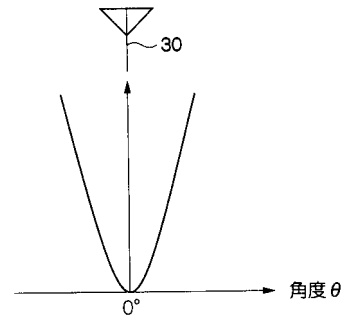
【 図 3 】



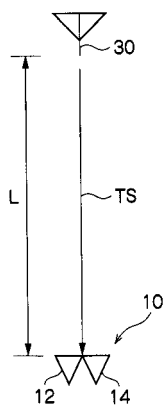
【 図 2 】



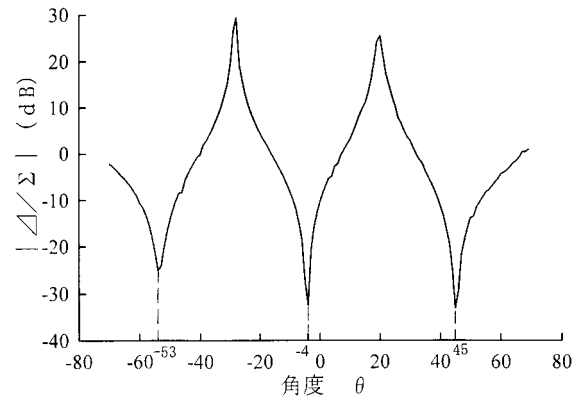
【 図 4 】



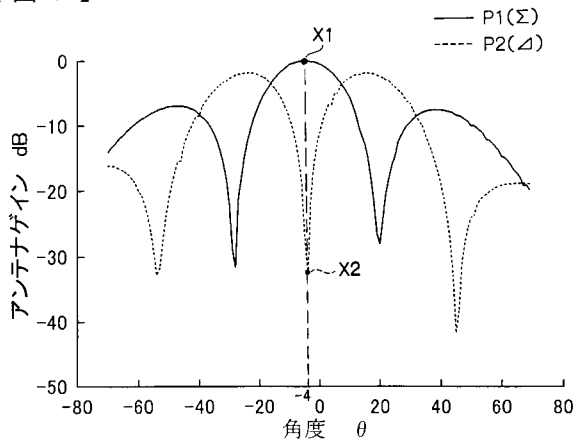
【 図 5 】



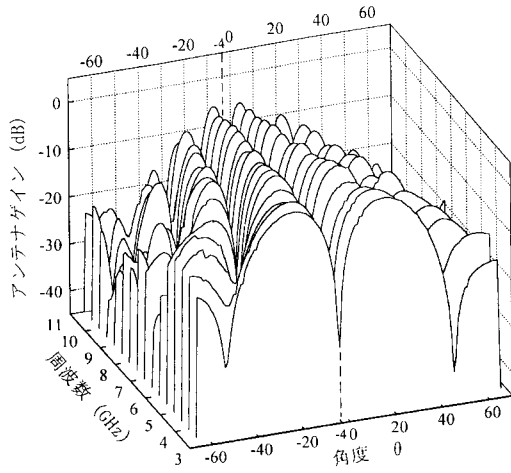
【 図 7 】



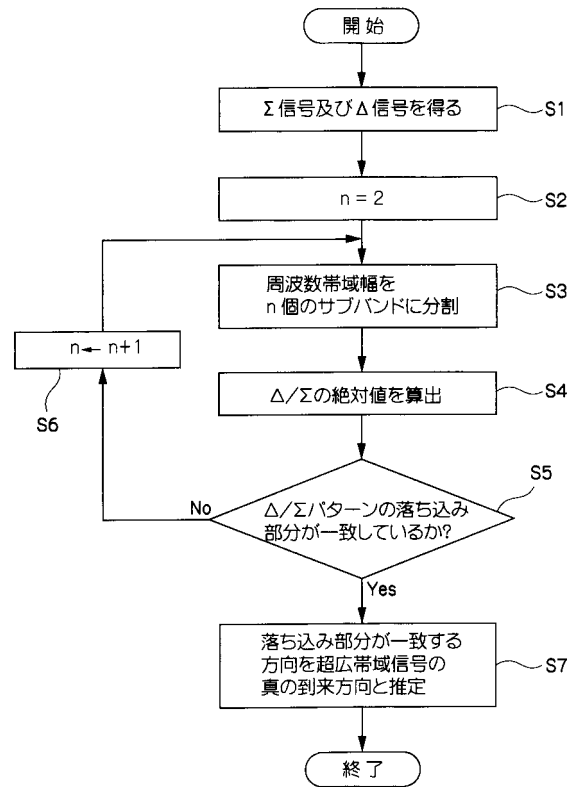
【 図 6 】



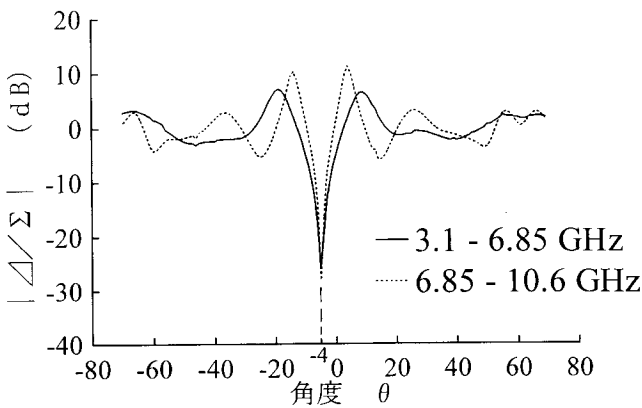
【図8】



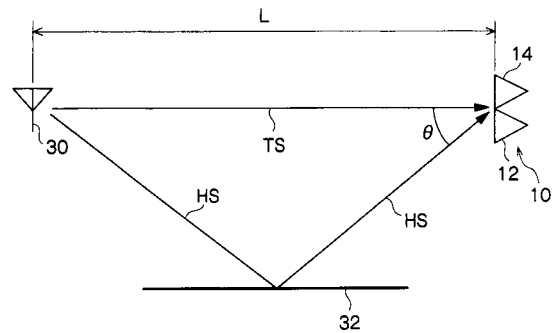
【図9】



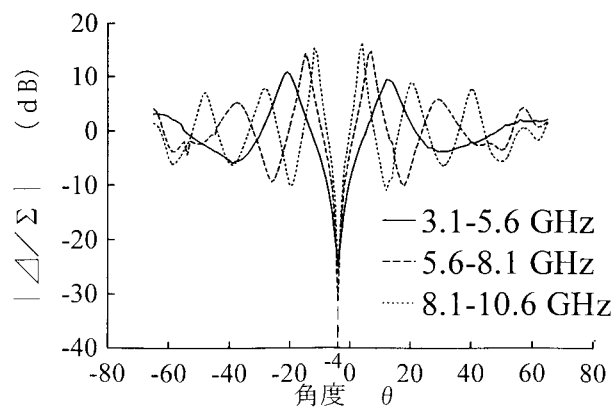
【図10】



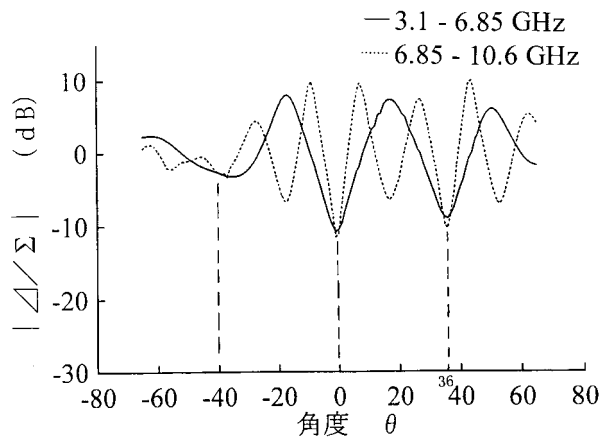
【図12】



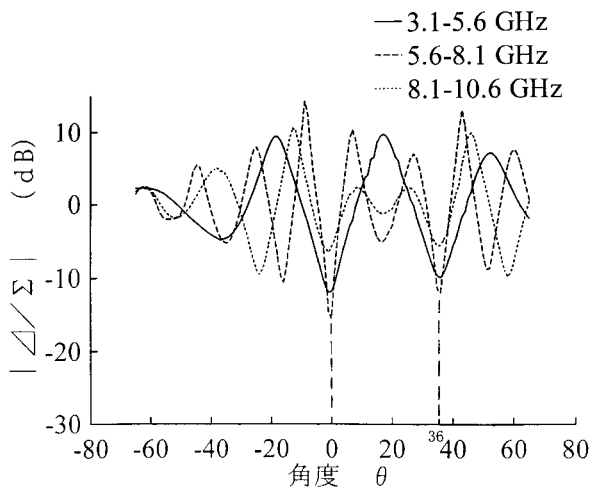
【図11】



【図13】



【 図 1 4 】



【 図 1 5 】

