

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6372965号
(P6372965)

(45) 発行日 平成30年8月15日(2018.8.15)

(24) 登録日 平成30年7月27日(2018.7.27)

(51) Int.Cl.

F I

G O 1 S 13/34 (2006.01)

G O 1 S 13/34

請求項の数 12 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2017-518412 (P2017-518412)
 (86) (22) 出願日 平成27年4月23日 (2015.4.23)
 (65) 公表番号 特表2017-522575 (P2017-522575A)
 (43) 公表日 平成29年8月10日 (2017.8.10)
 (86) 国際出願番号 PCT/EP2015/058753
 (87) 国際公開番号 W02015/197223
 (87) 国際公開日 平成27年12月30日 (2015.12.30)
 審査請求日 平成28年12月20日 (2016.12.20)
 (31) 優先権主張番号 102014212281.3
 (32) 優先日 平成26年6月26日 (2014.6.26)
 (33) 優先権主張国 ドイツ (DE)

(73) 特許権者 501125231
 ローベルト ボッシュ ゲゼルシャフト
 ミット ベシュレンクテル ハフツング
 ドイツ連邦共和国 70442 シュトゥ
 ットガルト ポストファッハ 30 02
 20
 (74) 代理人 100177839
 弁理士 大場 玲児
 (74) 代理人 100172340
 弁理士 高橋 始
 (72) 発明者 ショール, ミヒャエル
 ドイツ連邦共和国 70195 シュトゥ
 ットガルト ショパーンシュトラッセ 9

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 複数の異なる視界を用いたレーダー測定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

視野角および/または検出距離の点で異なっている異なる複数の視界 (p) を備えた送信アンテナ (12; 15) を用いて FMCW レーダー測定を行い、受信した信号を混合させてベースバンド信号 (b) を形成するようにした、レーダー対象物 (18) の位置を決定するための方法において、次のステップ (a) ~ ステップ (e) を含むことを特徴とする方法、

ステップ (a) : 異なる視界 (p) に対する測定サイクルで、傾斜状に周波数変調された送信信号 (20) を送信するような測定をそれぞれ実施し、前記送信信号の変調モードが、複数の傾斜波 (24; 28; 34; 38; 41; 43; 45) の列 (22; 26; 32; 36; 40; 42; 44) を含み、該列 (22; 26; 32; 36; 40; 42; 44) は時間的に互いにインターリーブされており、前記傾斜波がそれぞれの前記列内でタイムインターバル (Tr 2r) で時間的に互いにずれて繰り返されており、

異なる視界 (p) による測定列が、時間的に互いにインターリーブされており、その際視界 (p) 間での規則的なパターンで交替し、

複数の視界 (p) のうちの少なくとも1つの視界に対し、測定が変調パターンを有し、該変調パターンが、それぞれの列内での傾斜波を数え上げる同じ傾斜波インデックス (j) を備えた異なる前記列 (22, 26; 32, 36) の前記傾斜波 (24, 28; 34, 38) の間で規則的に反復する少なくとも2つの異なるタイムオフセット (T12, 1; T12, 2) をそれぞれの前記列内に有し、これらタイムオフセット (T12, 1; T1

10

20

2, 2) は、それぞれ 1 つの列内で前記傾斜波が繰り返されている前記タイムインターバル (Tr 2 r) とは異なっていること、

ステップ (b) : 前記ベースバンド信号 (b) から、前記列 (2 2 ; 2 6 ; 3 2 ; 3 6 ; 4 0 ; 4 2 ; 4 4) のそれぞれとは別個に、2 次元フーリエ変換により、2 次元スペクトル (X) を算出し、第 1 次元で傾斜波ごとに変換を行い、第 2 次元で前記傾斜波インデックス (j) を介して変換を行うこと、

ステップ (c) : 複数の視界 (p) のうちの少なくとも 1 つの視界に対し、それぞれの視界の前記ベースバンド信号 (b) の少なくとも 1 つの 2 次元スペクトル (5 6) のピークの位置 (k, l) を用いて、それぞれの視界内で検出した、所定の速度周期とともに周期的であるような、レーダー対象物 (1 8) の相対速度 (v) に対する値を特定すること、

ステップ (d) : 複数の視界 (p) のうちの少なくとも 1 つの視界に対し、該視界 (p) の別個に算出した前記 2 次元スペクトル (X) 内でのそれぞれ同じ位置 (k, l) で得られるスペクトル値間の少なくとも 1 つの位相関係が、検出された前記レーダー対象物 (1 8) の前記相対速度 (v) の特定された複数の周期値に対し予想される位相関係 (a (v, m, p)) と一致しているかどうかをチェックすること、

ステップ (e) : 複数の視界 (p) のうちの少なくとも 1 つの視界に対し、前記相対速度 (v) の特定された前記複数の周期値から、前記チェックの結果に基づいて、それぞれの視界内で検出した前記レーダー対象物 (1 8) の前記相対速度 (v) に対する判定値を選定すること。

【請求項 2】

複数の視界 (p) のうちの少なくとも 1 つの視界に対し、測定が変調パターンを有し、該変調パターンが、前記列のうち少なくとも 3 つの列 (4 0 ; 4 2 ; 4 4) を含み、これらの列に対し、同じアンテナ (1 5) を送信用に使用し、

前記 3 つの列が、第 1 の列 (4 0) に関し、それぞれ他の列 (4 2 ; 4 4) に割り当てられる異なるタイムオフセット (T 1 2, m, p ; T 1 3, m, p) を互いに有している、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

複数の視界 (p) のうちの少なくとも 1 つの視界に対し、送信用に使用される複数のアンテナ (1 2) を用いて測定を実施し、その際に送信用に使用される前記アンテナ (1 2) の選定に関し異なっている少なくとも 2 つの異なる送信切換え状態 (m) を使用し、

これら送信切換え状態 (m) にそれぞれ少なくとも 2 つの前記列 (2 2 ; 2 6 ; 3 2 ; 3 6) が割り当てられ、これらの列が、時間的に互いにインターリーブされており、且つ第 1 の列 (2 2 ; 3 2) に関し、それぞれ他の列 (2 6 ; 3 6) に割り当てられるタイムオフセット (T 1 2, m, p) を互いに有し、

これら異なる送信切換え状態 (m) において、前記他の列 (2 6 ; 3 6) に異なるタイムオフセット (T 1 2, 1, p, T 1 2, 2, p) が割り当てられ、

異なる前記送信切換え状態 (m) が割り当てられている、前記測定の互いに連続する前記傾斜波 (2 4 ; 2 8 ; 3 4 ; 3 8) の間にして、当該送信切換え状態 (m) の間で切換えを行う、

請求項 1 または 2 に記載の方法。

【請求項 4】

複数の視界 (p) のうちの少なくとも 2 つの視界に対し、それぞれの測定が角度分解能測定であり、該角度分解能測定を、送信および / または受信に使用される複数のアンテナ (1 2, 1 5 ; 1 4) の選択を異ならせて実施し、

複数の前記視界 (p) で位置決定されたレーダー目標物 (1 8) の角度位置 () を、送信および / または受信に使用する前記アンテナ (1 2, 1 5 ; 1 4) の異なる選定に対し得られる前記複数の視界 (p) の測定の前記ベースバンド信号 (b) の 2 次元スペクトル (X) において前記レーダー目標物 (1 8) に対応するピークの位置 (k, l) での振幅および / または位相に基づいて特定する、請求項 1 から 3 のいずれか一つに記載の方法。

10

20

30

40

50

【請求項 5】

複数の視界 (p) のうちの少なくとも 2 つの視界に対し、それぞれの測定が角度分解能測定であり、該角度分解能測定を、送信および / または受信に使用される複数のアンテナ (12 , 15 ; 14) の選択を異ならせて実施し、

レーダー目標物 (18) の位置を決定するため、それぞれの視界 (p) の測定の前記ベースバンド信号 (b) の 2 次元スペクトル (56 ; 57) においてピークを求め、

それぞれの視界 (p) で位置決定されるレーダー目標物 (18) の角度位置 () を、前記ベースバンド信号 (b) の 2 次元スペクトル (X) で前記レーダー目標物 (18) に対応するピークの位置 (k , l) での振幅および / または位相に基づいて特定し、前記ベースバンド信号が送信および / または受信に使用する前記アンテナ (12 , 15 ; 14) の異なる選定に対し得られるようにした、請求項 1 から 4 のいずれか一つに記載の方法において、

前記複数の視界 (p) のうちの少なくとも 1 つの視界において、その距離 (d) および / またはその角度位置 () が当該視界 (p) と前記レーダー目標物 (18) の位置が決定されなかった他の視界 (p) とのオーバーラップ領域にあるような位置 (d ,) で、1 つのレーダー目標物 (18) の位置が決定された場合、前記他の視界 (p) の測定の前記ベースバンド信号の 2 次元スペクトル (X) において前記レーダー目標物 (18) に対応する位置 (k , l) での振幅および / または位相を補助的に関連付けて、前記角度位置 () の特定または修正を行う方法。

【請求項 6】

それぞれの列 (22 ; 26 ; 32 ; 36 ; 40 ; 42 ; 44) 内で連続している傾斜波 (24 ; 28 ; 34 ; 38 ; 41 ; 43 ; 45) が、同じ傾斜勾配 (F / T) を有し、且つ同じ傾斜波平均周波数の差を有し、

前記傾斜波平均周波数の前記差がゼロでなく、

測定のそれぞれの前記列 (22 ; 26 ; 32 ; 36 ; 40 ; 42 ; 44) 内で同じ前記傾斜波インデックス (j) を持つ傾斜波 (24 ; 28 ; 34 ; 38 ; 41 ; 43 ; 45) が、同じ前記傾斜勾配 (F / T) と同じ前記傾斜波平均周波数とを有している、請求項 1 から 5 のいずれか一つに記載の方法。

【請求項 7】

前記測定列の前記傾斜波 (24 ; 28 ; 34 ; 38 ; 41 ; 43 ; 45) が、同じ周波数偏移 (F) を有している、請求項 1 から 6 のいずれか一つに記載の方法。

【請求項 8】

前記複数の視界 (p) のうちの少なくとも 1 つの視界に対し、それぞれの視界 (p) に対するのとは別個に、前記列 (22 ; 26 ; 32 ; 36 ; 40 ; 42 ; 44) のそれぞれに対し別個に算出した 2 次元スペクトル (X) をひとまとめにして前記ベースバンド信号 (b) の 2 次元スペクトル (56) を形成し、該 2 次元スペクトルを、前記相対速度 (v) に対する値を特定する前記ステップ (c) で使用する、請求項 1 から 7 のいずれか一つに記載の方法。

【請求項 9】

前記位相関係をチェックする際、以下の式

【数 1】

$$\Delta\varphi_{12} = 2\pi \frac{2}{c} f_0 T_{12} v$$

による関係を使用し、この式は、他の列 (26) のそれぞれのスペクトル (X) のスペクトル値の位相と、第 1 の列 (22) の前記スペクトル (X) のスペクトル値の位相との間の予想される位相差 φ_{12} を、前記他の列 (26) に割り当てられる前記タイムオフセット T_{12} および前記相対速度 v に関連付けるものであり、ここで c は光速、 f_0 は平均送信周波数である、請求項 1 から 8 のいずれか一つに記載の方法。

【請求項 10】

前記位相関係が予想される位相関係と一致しているかどうかをチェックする際、それぞれの視界（ p ）に対し、前記相対速度の値 v に依存する制御ベクトル $a(v)$ と測定ベクトル $a_{k,1}$ との複素スカラー積 $a_{k,1}^H a(v)$ の絶対量の 2 乗を算出し、前記測定ベクトル $a_{k,1}$ の成分が、前記ピークの位置（ $k, 1$ ）で前記列に対し別個に算出した前記スペクトル（ X ）のスペクトル値であり、ここで $a_{k,1}^H$ は $a_{k,1}$ に対するヘルメチックな随伴ベクトルであり、前記制御ベクトル $a(v)$ が、相対速度 v を持つレーダー目標物に対する理想的な測定の制御ベクトルであり、前記制御ベクトル $a(v)$ の成分が、共通の正規化因子を除いて、それぞれの前記列（26；36；42；44）に割り当てられる前記タイムオフセット（ $T12$ ）に対し予想される、第 1 の列（22；32；40）に対する位相差（ ϕ_{12} ）であり、前記制御ベクトル $a(v)$ の第 1 の成分が、前記共通の正規化因子を除いて、1 に等しい、請求項 1 から 9 のいずれか一つに記載の方法。

10

【請求項 11】

前記位相関係が予想される位相関係と一致しているかどうかをチェックする際、それぞれの一致の度合い $S(v)$ を以下の式にしたがって特定し、

【数 2】

$$S(v) = \frac{1}{\sum_{(m,n) \in MN} |a_{k,l}^H(n,m)|^2} \sum_{(m,n) \in MN} |a_{k,l}^H(n,m)a(v,m)|^2$$

20

ここで MN は、受信チャネル n と、送信のために使用されるアンテナ（12）の選択によっては異なっている送信切換え状態 m との組み合わせであり、 $a_{k,1}(n,m)$ は測定ベクトルで、その成分は、前記送信切換え状態 m の個々の前記列（22；26；32；36）の前記ベースバンド信号（ b ）に対して、および、個々の受信チャネル n に対してそれぞれ別個に算出した、前記ピークの位置（ $k, 1$ ）でのスペクトル（ X ）であり、 $a_{k,1}^H(n,m)$ は $a_{k,1}(n,m)$ に対するヘルメチックな随伴ベクトルであり、 $a(v,m)$ は、相対速度 v を持つレーダー目標物に対する、前記送信切換え状態 m による理想的な測定の制御ベクトルである、請求項 1 から 10 のいずれか一つに記載の方法。

30

【請求項 12】

請求項 1 から 11 までのいずれか一つに記載の方法が実現されている制御・評価装置（16）を備えた FMCW レーダーセンサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、視野角および／または検出距離の点で異なっている異なる複数の視界を備えた送信アンテナを用いて FMCW レーダー測定を行い、受信した信号を混合させてベースバンド信号を形成するようにした、レーダー対象物の位置を決定するための方法に関するものである。

特に、本発明は、複数の視界のうちの少なくとも 2 つの視界に対し、それぞれの測定が角度分解能測定であり、該角度分解能測定を、送信および／または受信に使用される複数のアンテナの選択を異ならせて実施し、レーダー目標物の位置を決定するため、それぞれの視界の測定のベースバンド信号の 2 次元スペクトルにおいてピークを求め、それぞれの視界で位置決定されるレーダー目標物の角度位置を、前記ベースバンド信号の 2 次元スペクトルで前記レーダー目標物に対応するピークの位置での振幅および／または位相に基づいて特定し、前記ベースバンド信号が送信および／または受信に使用する前記アンテナの異なる選定に対し得られるようにした方法に関する。

40

さらに、本発明は、上記方法を実施するために構成された、特に自動車用のレーダーセンサに関する。

【背景技術】

50

【 0 0 0 2 】

自動車では、交通環境を検知するため、特に他車の位置を検出するために F M C M レーダーセンサが使用される。位置検出結果は種々のアシスト機能のために利用でき、たとえば自動車間距離制御、自動衝突警告、或いは、実際に衝突の危険がある場合に緊急ブレーキ過程を自動的に起動させるためにも利用できる。

【 0 0 0 3 】

F M C W (Frequency Modulated Continuous Wave) レーダーセンサの場合、周波数を傾斜状に変調させた送信信号が使用される。信号は、傾斜波が推移している間に連続的に送信される。受信信号から、送信信号との混合によりベースバンド信号が生成され、該ベースバンド信号はサンプリングされ、評価される。

10

【 0 0 0 4 】

ベースバンド信号の周波数は、所定時点で送信される信号と、同じ時点で受信された信号との間の周波数差に対応している。送信信号の周波数変調に基づき、この周波数差は、レーダーセンサから対象物まで、およびその逆の方向での信号のランニングタイムに、したがって対象物との距離に依存している。しかしながら、周波数差は、ドップラー効果により、対象物の相対速度によって発生した成分をも含んでいる。それ故、個々の傾斜波での周波数差の測定は、まだ距離および相対速度の特定を可能にするものではなく、これらの量の間での線形的関係を提供しているにすぎない。この関係は、距離・速度グラフ (d - v グラフ) で直線として表示される。

【 0 0 0 5 】

20

比較的短い同一の傾斜波、いわゆる「ラピッドチャープRapid Chirps」の列で作動させるようにした F M C W レーダーセンサが知られている。これらの傾斜波はその継続時間に比べて高い周波数シフトを有し、それ故ベースバンド信号内で周波数偏移の距離依存成分が優勢になり、他方ドップラー偏移が傾斜波の列によってサンプリングされるほどに急傾斜である。それ故、相対速度の所望の測定範囲内で該相対速度の一義的な特定を可能にするためには、短い傾斜波の十分高い反復率が必要である。特に、互いに連続している短い傾斜波の間のタイムオフセットは、ドップラー周波数の周期の半分よりも短くなければならない。

【 0 0 0 6 】

ほとんどの場合、レーダーセンサは複数のアンテナを有し、これらのアンテナは互いに間隔をもって線上に配置され、たとえば水平線上に配置され、その結果、位置決定される対象物の方位角が異なっているために、レーダー信号を対象物からそれぞれのアンテナまで伝送させねばならないランニング長さに差が発生する。このランニング長さの差のために、アンテナによって受信されて付属の評価チャンネル内で評価される信号の位相に対応的に差が発生する。異なるチャンネル内に受信された(複素)振幅を、アンテナグラフの対応する振幅で調整することにより、レーダー信号の入射角を、よって位置決定される対象物の方位角を特定することができる。

30

【 0 0 0 7 】

M I M O レーダー (Multiple Input/Multiple Output) の場合には、複数の受信アンテナだけでなく、複数の送信アンテナを用いて作動させることによって、より大きな角度分解能が達成される。この場合、送信アンテナと受信アンテナとの種々の組み合わせが評価されるが、これらの組み合わせは反射信号のランニング長さに差を発生させる。

40

【 0 0 0 8 】

M I M O レーダーの場合、送信アンテナを種々に選定して送信される信号は、互いに直交しているか、或いは、時間的に互いに切り離し可能でなければならない。これはたとえば符号多重化、周波数多重化、または時間多重化によって達成できる。しかしながら、符号多重化方式は高コストを必要とし、信号の直交性は制限的にしか可能でない。周波数多重化方式の場合は、位相とドップラー偏移とがそれぞれの波長に依存しているという欠点がある。時間多重化方式では、切換え状態が異なる測定間の時間差と関連して位置決定される対象物の相対速度が位相差を発生させて、次の角度判定を困難にさせるという問題が

50

ある。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

本発明の課題は、種々の視界をサンプリングするために使用するサイクル時間のより好適な活用を可能にする、冒頭で述べた種類の方法を提供することである。

【0010】

もし対象物が異なる視界であって、しかし互いに重なっている視界で位置決定される場合には、たとえば視野角が比較的大きく検出距離が制限されているような視界、および、検出距離が比較的大きく視野角が制限されているような視界で対象物の位置を決定する場合
10

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記課題は、本発明によれば、冒頭で述べた種類の方法において、以下のようにして解決される。

【0012】

(a) 異なる視界に対する測定サイクルで、傾斜状に周波数変調された送信信号を送信するような測定をそれぞれ実施し、前記送信信号の変調モードが、複数の傾斜波の列を含み、該列は時間的に互いにインターリーブされており、前記傾斜波がそれぞれの前記列内で
20

異なる視界による測定列が、時間的に互いにインターリーブされており、その際視界間での規則的なパターンで交替し、

複数の視界のうちの少なくとも1つの視界に対し、測定が変調パターンを有し、該変調パターンが、それぞれの列内での傾斜波を数え上げる同じ傾斜波インデックスを備えた異なる前記列の前記傾斜波の間で規則的に反復する少なくとも2つの異なるタイムオフセットをそれぞれの前記列内に有し、これらタイムオフセットは、それぞれ1つの前記列内で前記傾斜波が繰り返されている前記タイムインターバルとは異なっていること、

(b) 前記ベースバンド信号から、前記列のそれぞれとは別個に、2次元フーリエ変換により、2次元スペクトルを算出し、第1次元で傾斜波ごとに変換を行い、第2次元で前記
30

傾斜波インデックスを介して変換を行うこと、
(c) 複数の視界のうちの少なくとも1つの視界に対し、それぞれの視界の前記ベースバンド信号の少なくとも1つの2次元スペクトルのピーク的位置を用いて、それぞれの視界内で検出した、所定の速度周期とともに周期的であるような、レーダー対象物の相対速度に対する値を特定すること、

(d) 複数の視界のうちの少なくとも1つの視界に対し、該視界の別個に算出した前記2次元スペクトル内でのそれぞれ同じ位置で得られるスペクトル値間の少なくとも1つの位相関係が、検出された前記レーダー対象物の前記相対速度の特定された複数の周期値に対し予想される位相関係と一致しているかどうかをチェックすること、

(e) 複数の視界のうちの少なくとも1つの視界に対し、前記相対速度の特定された前記
40

複数の周期値から、前記チェックの結果に基づいて、それぞれの視界内で検出した前記レーダー対象物の前記相対速度に対する判定値を選定する。
【0013】
列は時間的に互いにインターリーブされている。すなわち、1つの列の傾斜波の間の隙間にそれぞれ他の列の傾斜波が配置されている。「互いにインターリーブされている (in einander verschachtelt)」という概念は、「互いに噛み合っている (miteinander verzahnt)」または「互いに織り込まれている (miteinander verwoben)」という概念と同義で使用する。

【0014】

好ましくは、ステップ(c)で、少なくとも1つの2次元スペクトルの第1次元でのピ
50

ークの位置に基づいて、レーダー目標物の距離と相対速度との間の線形関係を特定し、少なくとも1つの2次元スペクトルの第2次元でのピークの位置に基づいて、少なくとも、レーダー目標物の相対速度の値を特定する。この値は所定の速度周期とともに周期的である。

【0015】

傾斜波の列を介して、ドップラー偏移周波数のアンダーサンプリングを行い、その結果、相対速度に関して得られる情報は多義性を持っている。特に、相対速度の値は速度インターバル

【0016】

【数1】

$$\Delta v = \frac{c}{2f_0 T_{r2r}} \quad (1)$$

【0017】

とともに周期的であり、ここでcは光速、 f_0 は平均送信周波数、 T_{r2r} は1つの列内部での傾斜波間のタイムインターバルである。したがって、サンプリングされたベースバンド信号の2次元スペクトル内でレーダー目標物に関連付けられるピークの位置から、多義性を持った、レーダー目標物の相対速度の値が特定される。この多義性は、相対速度のそれぞれの値に対し予想される、列の信号間の位相関係が、測定された位相関係とどの程度一致しているかを調べることで、解消することができる。予想される位相関係は、相対速度と該当する列の間のタイムオフセットとに依存している。

【0018】

すべての視界のすべての列に対し等しいタイムインターバル T_{r2r} とは異なっている、列の間の少なくとも2つのタイムオフセットに基づき、速度測定範囲内で相対速度の一義的な判定を可能にすることができる。速度測定範囲は、傾斜波の複数の列のうち1つの列のみを用いた測定の一義性範囲の少なくとも複数倍である。これにより、1つの列の傾斜波の間に、すなわち傾斜波中心点の間に、比較的大きなタイムインターバルが可能になり、その結果異なる視界に対する測定を時間的に互いにインターリーブさせることができ、同じハードウェアコストでより正確な位置決定が可能になる。

【0019】

変調パターンの周期（その長さはタイムインターバル T_{r2r} に対応している）内に、傾斜波は好ましくは不規則な間隔で配置され、その結果変調パターンは、規則的なタイムインターバル T_{r2r} にもかかわらず、対称性は可能な限り少ない。統一的なタイムインターバル T_{r2r} により、異なる列の傾斜波間のタイムオフセットは周期ごとに反復する。

【0020】

好ましくは、相対速度に対する判定値を選定するステップ(e)で、相対速度に対する1つの測定範囲で判定値を一義的に特定し、その際測定範囲の上側最大値 v_{max} は、1つの列内での傾斜波中心点のタイムインターバル T_{r2r} に対し以下のような関係にある。

【0021】

$$T_{r2r} > c / (4 f_0 v_{max})$$

【0022】

ここでcは光速であり、 f_0 は平均送信周波数である。これは、1つの列のタイムインターバル T_{r2r} で連続している傾斜波により最大に検出されるレーダー目標物の相対速度 v_{max} のアンダーサンプリングに相当している。好ましくは、 T_{r2r} は上記式の右辺で取り上げた量の少なくとも複数倍である。

【0023】

好ましくは、相対速度に対する判定値を選定するステップ(e)で、相対速度に対する1つの測定範囲で判定値を一義的に特定し、その際測定範囲の上側最大値 v_{max} は、異

10

20

30

40

50

なる列の傾斜波間のそれぞれのタイムオフセット T_{1i} に対し以下のような関係にある。

【0024】

$$T_{1i} > c / (4 f_0 v_{max})$$

【0025】

好ましくは、 T_{1i} は上記式の右辺で取り上げた量の少なくとも複数倍である。

【0026】

好ましくは、異なる視界を用いた複数の測定はそれぞれ、異なる列の傾斜波間で規則的に反復する少なくとも2つの異なるタイムオフセットを有する変調パターンを有している。

【0027】

本発明の有利な構成は、従属請求項に記載されている。

【0028】

1つの視界の列の間での異なるタイムオフセットは、種々の態様で設けることができる。

【0029】

たとえば、複数の視界のうちの少なくとも1つの視界に対し、測定が変調パターンを有し、該変調パターンは、列のうち少なくとも3つの列を含み、これらの列に対し、同じアンテナを送信用に使用し、これら3つの列は、第1の列に関し、それぞれ他の列に割り当てられる異なるタイムオフセットを互いに有している。これは、1つの視界に対し1つの送信アンテナのみを使用する場合に有用である。

【0030】

たとえば、複数の視界のうちの少なくとも1つの視界に対し、送信用に使用される複数のアンテナを用いて測定を実施し、その際に送信用に使用されるアンテナの選定に関し異なっている少なくとも2つの異なる送信切換え状態を使用し、

【0031】

これら送信切換え状態にそれぞれ少なくとも2つの列が割り当てられ、これらの列が、時間的に互いにインターリーブされており、且つ第1の列に関し、それぞれ他の列に割り当てられるタイムオフセットを互いに有し、

【0032】

これら異なる送信切換え状態において、他の列に異なるタイムオフセットが割り当てられ、

【0033】

異なる送信切換え状態が割り当てられている、測定の互いに連続する傾斜波の間にして、当該送信切換え状態の間で切換えを行う。

【0034】

この測定は、たとえばMIMO-FMCW測定であってよく、すなわち位置決定されるレーダー目標物の角度位置は、送信および受信用に使用されるレーダーセンサの複数のアンテナの異なる選定に対して得られるベースバンド信号の間の振幅および/または位相関係に基づいて特定される。

【0035】

たとえば、複数の視界のうちの少なくとも1つの視界に対し、変調パターンを有する最初に述べた測定を実施することができ、すなわち上記変調パターンは、列のうち少なくとも3つの列を含み、これらの列に対し、同じアンテナを送信用に使用し、少なくとも1つの他の視界に対しては、送信用に使用される複数のアンテナを用いた、最後に挙げた測定を実施することができる。

【0036】

角度分解能測定の場合には、複数のアンテナは、レーダーセンサが角度分解能を有する方向において異なる位置に配置されている。たとえば、複数のアンテナが受信用に使用される。それぞれの角度位置でほぼ点状の理想的なレーダー目標物の場合には、異なるアンテナで受信された信号の間には特徴的な位相関係および振幅関係が存在する。受信した信

10

20

30

40

50

号間の振幅関係は、アンテナの方向角度と受信曲線とに依存している。位相関係の評価および/または振幅関係の評価によって、位置決定されるレーダー対象物の角度位置を特定することが可能である。

【0037】

1つのアンテナから送信されてレーダー目標物で反射した後に1つのアンテナで受信される信号の振幅および位相の、位置決定されるレーダー目標物の角度位置に対する依存性は、スタンダードな対象物に対しては、与えられた距離および与えられた反射強度でアンテナグラフに表示することができる。レーダー目標物の角度位置はたとえば次のようにして特定することができ、すなわち異なるアンテナから得られる振幅および/または位相を、或いは(MIMO測定の場合には)、送信用に使用するアンテナと受信用に使用するアンテナとを種々選定するために同じレーダー目標物に対し得られた振幅および/または位相を、対応するアンテナグラフを用いて調整する。

10

【0038】

異なる視界の測定は時間的にインターリーブされているので、これらの測定はほぼ同時にサンプリングされる。異なる視界のスペクトルから得られるスペクトル値、すなわち振幅および/または位相は、レーダー目標物が視界のオーバーラップ領域で位置決定される場合に、レーダー目標物の共通の角度判定に使用することができる。複数の視界に対し別個に作成される、位置決定されるレーダー目標物または該レーダー目標物が関連付けられる対象物のリストを、調整することができる。

【0039】

20

請求項4および請求項5には、角度判定のために有利な方法上の構成が記載されている。

【0040】

好ましくは、それぞれの列内で連続している傾斜波は、同じ傾斜勾配を有し、且つ同じ傾斜波平均周波数の差を有し、特に有利には同じ周波数偏移をも有し、傾斜波平均周波数の前記差は最適にはゼロでなく、測定のそれぞれの列内で同じ傾斜波インデックスを持つ傾斜波は、同じ傾斜波勾配と同じ傾斜波平均周波数と、特に有利には同じ周波数偏移とを有している。最適にはゼロでないように傾斜波ごとに選定された周波数を除いて、すべての測定のすべての列のすべての傾斜波の周波数推移が同一であれば、レーダー目標物の相対速度から得られる位相関係を特に正確に測定することができる。

30

【0041】

列の間のタイムオフセットと1つの列内での傾斜波のタイムインターバルとが同じオーダーであれば、使用する測定時間を特に好適に活用することができる。さらに、個々の列のベースバンド信号間の位相関係に対する対象物の加速度影響を可能な限り小さくすることができる。また、1つの列内での傾斜波の列とタイムインターバルとの間のタイムオフセットに対し好ましい値を選定することができ、これらの好ましい値は可能な限り「通約できない」値であり、すなわち互いにほぼ倍数ではない。これに対応して、変調パターンは傾斜波の間に休止時間を含んでいる。特に、変調パターンは、好ましくは少なくとも1つの休止時間を有し、休止時間は、1つの列のそれぞれ2つの連続する傾斜波の間で規則的に反復し、休止時間ごとにタイムインターバルを備え、すなわち1つの列の傾斜波の間のタイムインターバルに等しいタイムインターバルを備えている。

40

【0042】

好ましくは、変調パターンの大部分の時間の間、それぞれの列の傾斜波が交互に配置され、すなわち複数の列が時間的に十分オーバーラップしている。好ましくは、列の間のそれぞれのタイムオフセットは、それぞれの列内での傾斜波の間のタイムインターバルの2倍よりも小さく、特に有利にはこのタイムインターバルよりも小さい。後者は、第1列の連続する2つの傾斜波の間での1つの視界の測定で、傾斜波のそれぞれ他の列のそれぞれの傾斜波が常に送信されることと同義である。

【0043】

好ましくは、それぞれの視界に対して、列のそれぞれに対し別個に算出した2次元スベ

50

クトルをひとまとめにしてベースバンド信号の２次元スペクトルを形成し、特にパワースペクトルを形成し、該２次元スペクトルを、相対速度に対する値を特定する前記ステップ（ｃ）で使用する。ひとまとめにすることは、たとえば非位相コヒーレントであり、好ましくはスペクトル値の絶対量の２乗を非位相コヒーレントに合算してパワースペクトルを形成させる。これによって、ピークの検出を改善させることができる。

【００４４】

好ましくは、位相関係をチェックする際、以下の式

【００４５】

【数２】

$$\Delta\phi_{12} = 2\pi \frac{2}{c} f_0 T_{12} v \quad (2)$$

10

【００４６】

による関係を使用し、この式は、視界の測定の他の列のそれぞれのスペクトルのスペクトル値の位相と、第１の列のスペクトルのスペクトル値の位相との間の予想される位相差

ϕ_{12} を、前記他の列に割り当てられるタイムオフセット T_{12} および相対速度 v に関連付けるものであり、ここで c は光速、 f_0 は平均送信周波数である。第２の列に対する T_{12} および ϕ_{12} の代わりに、一般には i 番目の列（ $i > 1$ ）に対して、場合によっては m 番目の送信切換え状態および p 番目の視界に対して、 T_{1i} 、 m 、 p または $\phi_{i,m,p}$ を記述することができる。

20

【００４７】

好ましくは、位相関係をチェックする際、相対速度 v に依存する制御ベクトル $a(v)$ を次の式に従って測定に使用し、

【００４８】

【数３】

$$a(v) = \frac{1}{\sqrt{I}} \begin{bmatrix} 1 \\ M \\ e^{2\pi j \frac{2}{c} f_0 T_{1i} v} \end{bmatrix} \quad (3)$$

30

【００４９】

ここで I は列の数量（ $i = 1, \dots, I$ ）で、列をカウントしたものであり、ベクトルの i 番目の成分において T_{1i} （ $i > 1$ ）は、 i 番目の列に割り当てられる、第１の列に対するタイムオフセットである。この記述法において、制御ベクトル $a(v)$ は、その成分がそれぞれ第１の列の部分測定に対する i 番目の列の予想される位相差を記述するような列ベクトルである。この場合、予想される位相差はそれぞれ複素指数関数の位相として特定されている。ベクトルの成分の数量は I である。共通の前因子は正規化因子である。指数関数内の指数において、 j は、特に記載しない限り、虚数単位を表している。 $a(v)$ および T_{1i} の代わりに、一般に、場合によっては m 番目の送信切換え状態および p 番目の視界に対し $a(v, m, p)$ または $T_{1i, m, p}$ を記述でき、この場合それぞれの視界 p に対する I を数量 I_p に置き換える。

40

【００５０】

制御ベクトル $a(v)$ を認知することにより、レーダー目標物の相対速度と、ピークの位置で受信された複素スペクトル値との間の（適当な条件の下で一義的な）関係を形成することが可能になり、受信信号の位相関係からレーダー目標物の相対速度 v を推定することが可能になる。しかしながら、実際には受信信号には多少ノイズが含まれているので、速度を正確に算出することはできず、単にたとえば最大値・尤度判定を用いて判定することしかできない。これは、異なる視界に対し別個に実施される。

【００５１】

測定ベクトルは、たとえば受信チャネル n に対し、場合によっては送信切換え状態 m お

50

よび視界 p に対し次のように定義される。

【 0 0 5 2 】

【 数 4 】

$$a_{k,l}(n,m,p) = \begin{bmatrix} x_1(n,m,p) \\ \vdots \\ M \\ x_{I_p}(n,m,p) \end{bmatrix} \quad (4)$$

【 0 0 5 3 】

ここで $i = 1, \dots, I_p$ は、ベクトル $x_i(n)$ の i 番目の成分において、受信チャネル n の傾斜波の i 番目の列のサンプリングされたベースバンド信号の 2 次元スペクトルの複素スペクトル値を表しており、ここで n は、 N 個の受信チャネルにおいて $n = 1, \dots, N$ で受信チャネルをカウントしたものである。

10

【 0 0 5 4 】

好ましくは、ステップ (d) で、前記スペクトル値の間の位相関係に障害が生じた場合、すなわち相対速度が異なる 2 つのレーダー目標物が少なくとも 1 つの 2 次元スペクトル内で同じ位置を占めるような状況に相当する障害が生じた場合、位相関係と予想される位相関係との一致の予想度合いが達成されないことで、障害が存在することを検知する。

【 0 0 5 5 】

次に、いくつかの実施例を図面を用いて詳細に説明する。

20

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 5 6 】

【 図 1 】 MIMO レーダー測定用の 2 つの送信アンテナおよび 4 つの受信アンテナと他の送信アンテナとを備えた FMCW レーダーセンサのグラフである。

【 図 2 】 反復して送信される同種の傾斜波の 7 つの列を備えた変調パターンを示す図である。

【 図 3 】 レーダー目標物の相対速度の、所定のインターバルを持つ周期的な値を示す、速度 / 距離図である。

【 図 4 】 FMCW レーダーセンサの評価装置の詳細ブロック図である。

【 発明を実施するための形態 】

30

【 0 0 5 7 】

図 1 には、(MIMO) FMCW レーダーセンサ 10 の簡潔な実施例がグラフで図示されている。この実施例では、(MIMO) FMCW レーダーセンサは、第 1 の視界で MIMO 測定を行うための 2 つの送信アンテナ 12 および 4 つの受信アンテナ 14 と、他の視界を備えた他のアンテナ 15 とを有している。実際には、より多くの数量のアンテナが可能である。送信アンテナ 12, 15 は制御・評価ユニット 16 から給電され、対象物 18 によって反射されて受信アンテナ 14 のそれぞれによって受信されるレーダー信号を放出する。送信アンテナの 15 の視界は、送信アンテナ 12 の視界よりも、大きな検出距離と狭い視野角とを持つ。送受信アンテナはそれぞれパッチアンテナアレイから成っていてよい。

40

【 0 0 5 8 】

受信信号は互いに混合されてベースバンド信号が形成され、制御・評価ユニット 16 内で評価される。レーダーセンサ 10 はたとえば自動車内の前部に組み込まれ、対象物 18 の、たとえば先行車両の距離 d 、角度、相対速度 v を測定するために用いる。送信信号の周波数は、レーダー測定中に、上昇傾斜波または下降傾斜波の列を用いて変調される。

【 0 0 5 9 】

単に図を見やすくするという理由だけから、ここではバイスタティックアンテナシステムが図示されている。バイスタティックアンテナシステムの場合、送信アンテナ 12, 15 は受信アンテナ 14 とは異なっている。実際には、送信と受信とのためにそれぞれ同じアンテナを利用するようにしたモノスタティックアンテナコンセプトを利用してもよい。

50

【 0 0 6 0 】

アンテナ 1 2 , 1 4 は 1 つの方向において、すなわちレーダーセンサ 1 0 が角度分解能に優れている方向において、異なる位置に配置されている。この実施例では、受信アンテナ 1 4 は直線上に等間隔で配置されている (ULA ; Uniform Linear Array)。同様のことは送信アンテナ 1 2 に対しても適用され、この場合送受信アンテナを必ずしも同じ直線上に配置する必要はない。レーダーセンサが対象物の方位角の測定のために使用される場合には、アンテナを配置する直線は水平に延びている。これに対し、仰角を測定するためのセンサの場合には、アンテナは鉛直線上に配置される。方位角と仰角との双方を測定できる 2 次元アンテナアレイも考えられる。

【 0 0 6 1 】

10

図示した実施例では、レーダーセンサ 1 0 を時分割多重方法で説明する。この場合、異なる視界を持つ複数の測定が時間的に互いに インターリーブ されている。各時点で、最大で、送信アンテナ 1 2 , 1 5 の 1 つが動作しており、送信信号を送信する。個々のアンテナ 1 2 , 1 5 の動作段階は互いに周期的に交替する。図 1 では、2 つの送信アンテナ 1 2 のうちの下部アンテナのみが動作しているケースが図示されている。

【 0 0 6 2 】

図 2 は、時間 t に対してプロットした送信信号 2 0 の送信周波数 f を示している。

【 0 0 6 3 】

送信アンテナ 1 2 の視界に対する測定の場合、各送信アンテナ 1 2 を用いて、時間的に互いに インターリーブ されている同一の傾斜波パラメータを備えた傾斜波 2 4 , 2 8 または 3 4 , 3 8 の 2 つの列 2 2 , 2 6 または 3 2 , 3 6 が送信される。同じ傾斜波インデックス j を備えた傾斜波 2 4 , 2 8 は、列 2 2 , 2 6 の間にタイムオフセット $T_{12, 1, 1}$ を有している。同じ傾斜波インデックス j を備えた傾斜波 3 4 , 3 8 は、列 3 2 , 3 6 の間にタイムオフセット $T_{12, 2, 1}$ を有している。列 2 2 内では、同じ傾斜波インデックス j を備えた傾斜波 2 4 , 2 8 がタイムオフセット $T_{12, 1, 1}$ を有している。

20

【 0 0 6 4 】

送信アンテナ 1 5 の視界に対する測定の場合、送信アンテナ 1 5 を用いて、互いに時間的に インターリーブ されている傾斜波 4 1 , 4 3 または 4 5 の 3 つの列 4 0 , 4 2 , 4 4 が送信される。列 4 0 , 4 2 , 4 4 の間に、傾斜波 4 3 は、同じ傾斜波インデックス j を備えた傾斜波 4 1 に対しそれぞれタイムオフセット $T_{12, 1, 2}$ を有し、傾斜波 4 5 は、それぞれタイムオフセット $T_{13, 1, 2}$ を有している。

30

【 0 0 6 5 】

一般に、視界 p および送信切換え状態 m に対しては、1 つの送信アンテナの選択に応じて、第 1 の列に対する他の列 i のタイムオフセットが採用され、これを以下では $T_{1i, m, p}$ と記すことにする。送信アンテナ 1 5 ($p = 2$) に対しては常に $m = 1$ である。

【 0 0 6 6 】

各列内では、連続している傾斜波は互いにタイムインターバル T_{r2r} だけシフトされている。タイムインターバル T_{r2r} はすべての視界のすべての列に対し等しい。休止時間 P は、それぞれ 1 つの列の連続する 2 つの傾斜波の間にある。

【 0 0 6 7 】

40

図 2 に示した実施例では、1 つの列の内部で連続している傾斜波の傾斜波平均周波数の差は、ゼロに等しい。それ故、すべての傾斜波は同じ周波数推移を持っている。傾斜波平均周波数は、ここでは平均送信周波数 f_0 に対応している。

【 0 0 6 8 】

図 4 は、制御・評価ユニット 1 6 によって実施される、相対速度 v 、距離 d 、対象物角度 を特定するためのオペレーションの、詳細ブロック図である。図を簡単にするため、1 つの受信チャンネル n に対する処理のみが図示されており、それぞれ 1 つのアンテナ 1 4 に相当している。

【 0 0 6 9 】

1 つの視界 p の 1 つの送信アンテナ m の各列 i に対し、受信されサンプリングされたベ

50

ースバンド信号 $b_{i, m, p}$ はそれぞれ 2 次元フーリエ変換 (2D-FFT) される。第 1 次元は、個々の傾斜波に対し得られたベースバンド信号の変換に対応している。第 2 次元は、傾斜波の列に関する変換、すなわち傾斜波インデックス j に関する変換に相当している。したがって、各列 i に対しては、受信チャンネル n 内で 2 次元スペクトル $X_i(n, m, p)$ が得られる。それぞれの視界に対するそれぞれの変換のサイズ、すなわち $b_{i, n}$ (サンプリング点または支持部位) のそれぞれの数量は、好ましくは、第 1 次元に対しすべてのスペクトルに対し一致しており、且つ第 2 次元に対しすべてのスペクトルに対し一致している。

【0070】

レーダー目標物 18 の相対速度 v と、個々の列に対応する部分測定のためのタイムオフセット $T_{1i, m, p}$ とにより、2 次元スペクトルにおいて同じ位置 (k, l) で発生する 1 つのピーク $X_1(n, m, p)(k, l)$, $X_i(n, m, p)(k, l)$ の複素振幅 (スペクトル値) の間に位相差が得られる。この位相差 $\phi_{1i, m, p}$ はたとえば式 (2) に記載されている。比較的大きなタイムオフセット $T_{1i, m, p}$ により、同じ送受信アンテナを用いた 2 つの部分測定の間で位相差を特定しても、相対速度 v をダイレクトに推定することはできない。というのは、位相の周期性のために、位相差 (または、 $p = 2$ の場合 2 つの位相差) から、相対速度 v の付属値に対し多義性が生じるからである。

各視界 p に対し、得られたスペクトル $X_i(n, m, p)$ から、第 1 の機能ブロック 54 において、それぞれのスペクトル値の絶対量の 2 乗を形成することにより、それぞれのパワースペクトルを算出する。パワースペクトルは、合算または平均化によって、1 つの統合された 2 次元パワースペクトル 56, 57 に点状にまとめられる。

【0071】

レーダー目標物 18 に対応するパワースペクトル 56, 57 内部のピークの位置 (ここでは $B_{i, n, k, l}$ として記載される) は、個々のスペクトル $X_i(n, m, p)$ 内でのピークの位置に対応している。ピークの位置の $B_{i, n, k}$ に対応する第 1 次元から、FM CW 方程式 $k = 2/c(dF + f_0 v t)$ にしたがって、相対速度 v とレーダー目標物の距離 d との間に線形関係が得られる。ここで c は光速、 F は傾斜波偏移、 T は個々の傾斜波の傾斜波継続時間、 f_0 は平均送信周波数である。1 つの列の連続する傾斜波の周波数差がゼロに等しければ、第 2 次元 l におけるピーク位置はレーダー目標物の相対速度 v に関する情報だけを得る。

【0072】

図 3 は、相対速度 v を距離 d に対しプロットしたグラフである。 v と d の線形関係は直線として記入されている。この例では、ドップラー周波数のサンプリングから得られる、レーダー目標物の相対速度に関する情報は、式 (1) による所定のインターバルによれば多義性を伴っている。周波数 $b_{i, n, k}$ に従って生じる $v-d$ 直線に加えて、周波数 $b_{i, n, l}$ から特定される、相対速度 v の周期値が、破線によって図示されている。 $v-d$ 直線との交点が強調されている。これらの交点は、レーダー目標物 18 の相対速度と距離との可能なペア値 (v, d) に対応している。速度 v が特定されるはずの実際の目標物は、ばつ印 X によって強調されている。

【0073】

検出された速度 v の多義性は、視界 p に対する多義性とは別個に、以下に説明するようにして解消される。相対速度 v の、問題になっている周期値に関する情報 v^* を、部分測定のための複素 2 次元スペクトル $X_i(n, m, p)$ をも含んでいる第 2 の機能ブロック 58 へ送る。

【0074】

測定された位相差を評価するため、 v に依存する理想的な測定の制御ベクトル $a(v)$ を式 (3) に従って算出する。ここでは、式 (3) は $l = 2$ 列に対し適用される。

【0075】

【数 5】

$$a(v, m, p) = \frac{1}{\sqrt{2}} \left(e^{2\pi j \frac{2}{c} f_0 T_{12, m, p} v} \right)$$

【0076】

測定ベクトル $a_{k, 1}(n, m, p)$ は適当に定義されており、この場合速度に依存する予想複素値の代わりに、部分測定 of 2次元スペクトルのピークの位置 $k, 1$ における複素振幅（スペクトル値）を、式（4）に記載されているようなベクトル成分として使用する。正規化は、公算関数の定義で行う。

10

【0077】

測定ベクトルと制御ベクトルとに基づいて、正規化公算関数を相対速度スペクトル $S(v, p)$ の形で次のものとして定義する。

【0078】

【数 6】

$$S(v, p) = \frac{1}{\sum_{m=1}^{M_p} \sum_{n=1}^{N_p} |a_{k,l}^H(n, m, p)|^2} \sum_{m=1}^{M_p} \sum_{n=1}^{N_p} |a_{k,l}^H(n, m, p) a(v, m, p)|^2$$

【0079】

20

ここで $a_{k, 1}^H(n, m, p)$ は測定ベクトル $a_{k, 1}(n, m, p)$ に対するヘルメチックな随伴ベクトルであり、すなわち個々の成分がベクトル $a_{k, 1}(n, m, p)$ の成分に対し複素共役であるような行ベクトルである。したがって、公算関数は、測定ベクトルと伝送チャネルの制御ベクトルとの間の（複素）スカラー積の絶対量の2乗の正規化合算値に相当している。この場合この合算は異なる伝送チャネルを介して実施され、その際1つの伝送チャネルは受信チャネル n と送信切換え状態 m のそれぞれ1つの組み合わせを意味している。

【0080】

相対速度スペクトル $S(v, p)$ は、一般に、相対速度 v の周期関数の重ね合わせに対応している。公算関数の最大値は、パラメータ v の確率値に対応している。単独で考えると、相対速度スペクトル $S(v, p)$ は多義的である。最大値は、 v という当該値に対し得られる理想的な位相シフトが、測定ベクトルに従って測定された位相シフトと平均して最適に一致していることに対応している。しかしながら、関数 $S(v, p)$ の評価は、 $B_{in}(k, 1)$ のピーク位置に従った評価から得られた相対速度 v の周期値に対応する個所でのみ必要である。本例では、実際の相対速度が $v = 0 \text{ m/s}$ のときに最大限の一致が生じると仮定している。このとき関数 $S(v, p)$ は予想最大値1を占める。

30

【0081】

したがって、ピークの位置から生じる多義性は、位相関係からの付加情報によって解消することができる。線形関係に基づいて、相対速度 v に対する選定判定値に属する、間隔 d に対する判定値が特定される。

40

【0082】

第2の機能ブロック58は、相対速度 v および距離 d に対し検出した判定値と、2つの視界 p に対するピークの複素振幅 X とを角度判定器60へ出力する。たとえば、判定された相対速度 v は、相対速度 v によって生じる、参照列に対する個々の列のスペクトル値の位相シフトを補償するために利用することができる。

【0083】

したがって、傾斜波の異なる列に対応する時間信号（ベースバンド信号）は、当初別々に処理される。その後、非コヒーレント積分によって得られるパワースペクトル56でレーダー目標物18の検出を行う。その後、この検出と、ピークの位置での複素振幅とに基づいて、速度 v の多義性を解消させる。

50

【 0 0 8 4 】

好ましくは、前述したように、パワースペクトル 5 6 へのスペクトルの非コヒーレントな併合は、すべての受信チャネルおよびすべての送信チャネルに対し共通に実施される。これはピーク検出を改善させる。

【 0 0 8 5 】

個々のケースでは、異なる距離と異なる速度の 2 つのレーダー目標物がスペクトル 5 6 , 5 7 に同じピーク位置 (k , l) を占めることがある。この場合、測定した位相関係を 1 つのレーダー目標物の 1 つの相対速度に割り当てることはできない。評価装置 1 6 は、閾値を越えるほどに最大一致がずれたことに基づき、すなわち相対速度スペクトル $S (v , p)$ の極大値が予想される極大値 1 からずれたことに基づき、測定のこのような障害を検知するように設置されていてよい。このとき、評価装置 1 6 は障害信号を出力することができる。しかしながら、スペクトル 5 6 , 5 7 で主に発生するピークの多重占有は、レーダー目標物 1 8 の v と d の判定値に基づいて実施される、検出された対象物のトラッキングの際に、評価装置 1 6 が複数の測定周期にわたって誤検出を検知することにも認められる。

10

【 0 0 8 6 】

好ましくは、互いに連続して実施される複数のレーダー測定に対し、傾斜波の異なる変調パラメータを使用する。たとえば異なる平均周波数、傾斜波勾配、タイムインターバル T_{r2r} および / またはタイムオフセット T_{1i} , m , p を使用する。これによって、不意のピーク位置多重占有を個々のケースで制限することができる。

20

【 0 0 8 7 】

個々のスペクトルをパワースペクトル 5 6 または 5 7 に非コヒーレントに併合する代わりに、複数の受信チャネル n を、デジタルビーム形成 (beam forming) により 1 つの受信チャネルに統合することが考えられる。その際、たとえばそれぞれの視角 p および場合によっては送信切換え状態 m に対して、 N 個の受信チャネルのスペクトルまたは測定ベクトルがコヒーレントになり、すなわち位相を考慮して、それぞれの速度因子と合算する。この場合、対応的に、 $S (v , p)$ に対する関係において、 n に関する加算は省略する。

【 0 0 8 8 】

ベースバンド信号のスペクトル X に加えて、または、これの代わりに、ベースバンド信号 b をダイレクトに角度判定器 6 0 へ出力させるか、或いは、ベースバンド信号 b から別個に算出したスペクトルを角度判定器へ出力させてもよい。

30

【 符号の説明 】

【 0 0 8 9 】

1 2 , 1 5 送信アンテナ

1 8 レーダー目標物

2 0 送信信号

2 2 , 2 6 , 3 2 , 3 6 , 4 0 , 4 2 , 4 4 傾斜波の列

2 4 , 2 8 , 3 4 , 3 8 , 4 1 , 4 3 , 4 5 傾斜波

5 6 ベースバンド信号のスペクトル

$a (v , m , p)$ 位相関係

40

b ベースバンド信号

j 傾斜波インデックス

k , l 2 次元スペクトルでの位置

p 視界

$T_{12,1} ; T_{12,2}$ タイムオフセット

T_{r2r} タイムインターバル

v 相対速度

X 2 次元スペクトル

【 図 1 】

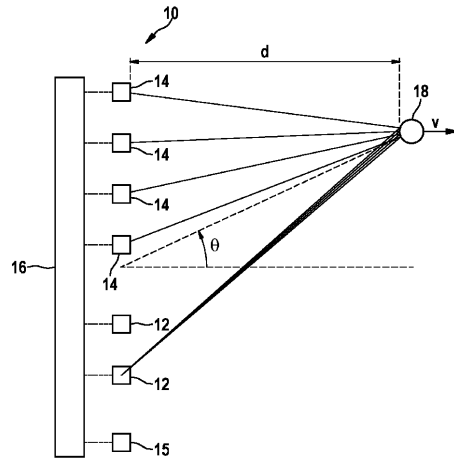


Fig. 1

【 図 2 】

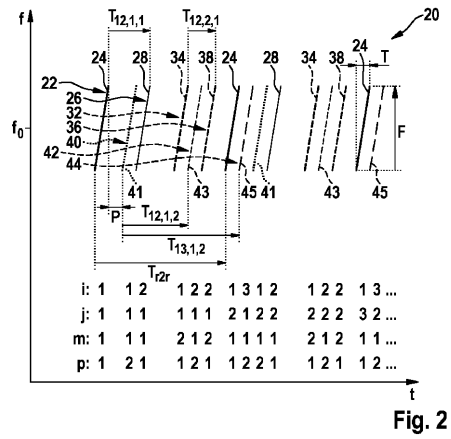


Fig. 2

【 図 3 】

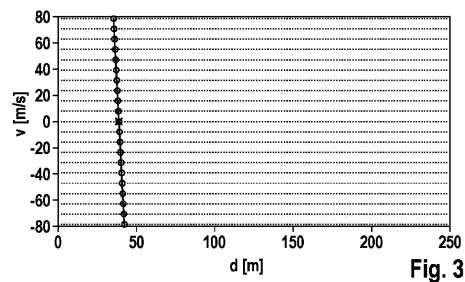


Fig. 3

【 図 4 】

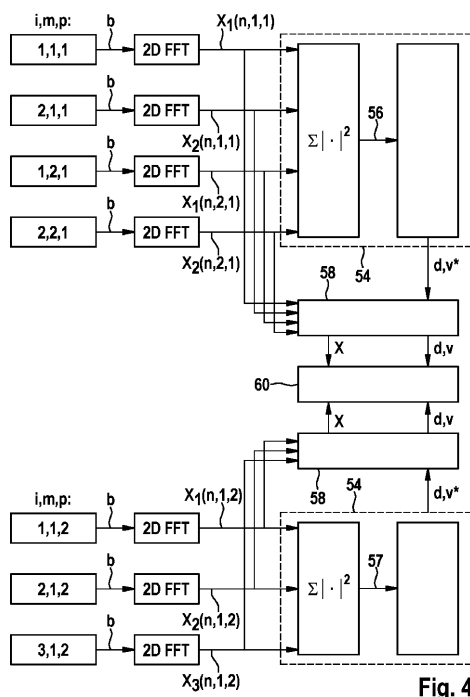


Fig. 4

フロントページの続き

(72)発明者 レーシュ, ベネディクト

ドイツ連邦共和国 70195 シュトゥットガルト ヘンデルシュトラッセ 38

審査官 東 治企

(56)参考文献 特開2010-271115(JP, A)

特開平08-136647(JP, A)

特表2012-522972(JP, A)

特開2009-288223(JP, A)

米国特許出願公開第2012/0235857(US, A1)

欧州特許出願公開第00730166(EP, A1)

独国特許出願公開第102012008350(DE, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01S 7/00 - 7/42

G01S 13/00 - 13/95