

明 細 書

発明の名称： 検知装置及び検知方法

技術分野

[0001] 本開示は、物体を検知する検知装置等に関する。

背景技術

[0002] 特許文献 1 において、三次元気象データを時間及び空間的に高解像度で確実に収集可能にするための気象レーダ装置が提案されている。特許文献 1 に記載の気象レーダ装置は、仰角方向に互いに異なる複数の領域に対して複数のビームを放射することによりレーダ電波を送信し、ビーム毎の反射波を受信する。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開 2 0 1 2 - 5 2 9 2 3 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、複数の送信器のそれぞれが波動を放射し、複数の受信器のそれぞれが波動を受信する場合、複数の送信器から放射された複数の波動が混ざり合って複数の受信器のそれぞれで受信される可能性がある。これにより、各受信器の受信データから波動の送信元を特定することが困難になり、波動の反射位置等を特定することが困難になる。

[0005] 複数の波動が混ざり合うことを抑制するため、各送信器が他の送信器とは異なるタイミングで波動を送信してもよい。しかしながら、この場合、最初の送信器が波動を送信し始めてから、最後の送信器が波動を送信し終わるまで、多大な時間がかかる。したがって、複数の送信器及び複数の受信器を用いて、高速に物体を検知することは容易ではない。

[0006] そこで、本開示は、複数の送信器及び複数の受信器を用いて、高速に物体を検知することができる検知装置等を提供する。

課題を解決するための手段

[0007] 本開示の一態様に係る検知装置は、複数の波動を生成する生成器と、前記複数の波動を放射する複数の送信器であって、それぞれが前記複数の波動の1つを放射する複数の送信器と、それぞれが前記複数の波動の1つ以上を合成波動として受信する複数の受信器と、前記複数の受信器のそれぞれの受信データから前記複数の送信器のそれぞれに対応する個別データを導出することにより、前記複数の送信器のそれぞれと前記複数の受信器のそれぞれとの組み合わせ毎に前記個別データを導出する導出器と、前記個別データに従って、前記複数の波動の少なくとも1つに影響を与える物体を検知する検知器とを備え、前記生成器は、それぞれが基準符号と1つ以上の個別符号とを有する互いに異なる複数の符号群に対応する複数のパルス列群、及び、少なくとも1つの搬送波を生成し、前記複数のパルス列群を前記少なくとも1つの搬送波で変調することにより複数の変調波を前記複数の波動として生成し、前記導出器は、前記複数の受信器のそれぞれの受信データから前記複数のパルス列群に対応する処理対象データを復調し、前記処理対象データから前記個別データを導出し、前記基準符号は、前記複数の符号群において同じであり、前記複数の符号群における複数の個別符号は、互いに異なる。

[0008] なお、これらの包括的又は具体的な態様は、システム、装置、方法、集積回路、コンピュータプログラム、又は、コンピュータ読み取り可能なＣＤ－ＲＯＭなどの非一時的な記録媒体で実現されてもよく、システム、装置、方法、集積回路、コンピュータプログラム、及び、記録媒体の任意な組み合わせで実現されてもよい。

発明の効果

[0009] 本開示の一態様によれば、複数の送信器及び複数の受信器を用いて、高速に物体を検知することが可能になる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]図1は、複数の送信器及び複数の受信器における複数の波動の同時送信及び同時受信を示す概念図である。

[図2]図2は、複数の送信器及び複数の受信器における複数の波動の同時送信及び同時受信で生じる混信を示す概念図である。

[図3]図3は、実施の形態に係る複数の送信器、複数の受信器及び導出器を示す概念図である。

[図4]図4は、実施の形態に係る検知装置の構成例を示すブロック図である。

[図5]図5は、検知装置の全体構成例を示すブロック図である。

[図6]図6は、生成器の構成例を示すブロック図である。

[図7]図7は、符号生成器の構成例を示すブロック図である。

[図8]図8は、符号生成器の別の構成例を示すブロック図である。

[図9]図9は、符号生成器のさらに別の構成例を示すブロック図である。

[図10]図10は、導出器の構成例を示すブロック図である。

[図11]図11は、搬送波が用いられる場合における生成器の構成例を示すブロック図である。

[図12]図12は、搬送波が用いられる場合における導出器の構成例を示すブロック図である。

[図13]図13は、搬送波が用いられる場合における導出器の別の構成例を示すブロック図である。

[図14]図14は、1対の搬送波が用いられる場合における生成器の構成例を示すブロック図である。

[図15]図15は、1対の搬送波が用いられる場合における符号生成器の構成例を示すブロック図である。

[図16]図16は、1対の搬送波が用いられる場合における符号生成器の別の構成例を示すブロック図である。

[図17]図17は、1対の搬送波が用いられる場合における符号生成器のさらに別の構成例を示すブロック図である。

[図18]図18は、1対の搬送波が用いられる場合における導出器の構成例を示すブロック図である。

[図19]図19は、1対の搬送波が用いられる場合における導出器の別の構成

例を示すブロック図である。

[図20]図20は、1対の搬送波が用いられる場合における導出器のさらに別の構成例を示すブロック図である。

[図21]図21は、1対の搬送波が用いられる場合における処理例を示す概念図である。

[図22]図22は、式(2-3-3)を示す図である。

[図23]図23は、式(2-3-4)を示す図である。

[図24]図24は、式(2-3-5)を示す図である。

[図25]図25は、式(2-4-4)を示す図である。

[図26]図26は、式(2-4-5)を示す図である。

[図27]図27は、式(2-4-6)を示す図である。

[図28]図28は、式(2-5-1)を示す図である。

[図29]図29は、式(2-5-2)を示す図である。

[図30]図30は、2対の搬送波が用いられる場合における生成器の構成例を示すブロック図である。

[図31]図31は、2対の搬送波が用いられる場合における符号生成器の構成例を示すブロック図である。

[図32]図32は、2対の搬送波が用いられる場合における符号生成器の別の構成例を示すブロック図である。

[図33]図33は、2対の搬送波が用いられる場合における符号生成器のさらに別の構成例を示すブロック図である。

[図34]図34は、2対の搬送波が用いられる場合における導出器の構成例を示すブロック図である。

[図35]図35は、2対の搬送波が用いられる場合における導出器の別の構成例を示すブロック図である。

[図36]図36は、2対の搬送波が用いられる場合における導出器のさらに別の構成例を示すブロック図である。

[図37]図37は、2対の搬送波が用いられる場合における処理例を示す概念

図である。

[図38]図38は、式(3-3-3)を示す図である。

[図39]図39は、式(3-4-4)を示す図である。

[図40]図40は、式(3-4-5)を示す図である。

[図41]図41は、式(3-4-6)を示す図である。

[図42]図42は、式(3-4-7)を示す図である。

[図43]図43は、複数の送信器及び複数の受信器の同期を示す概念図である。

[図44]図44は、実施の形態に係る検知装置の基本的な動作例を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0011] 図1は、複数の送信器及び複数の受信器における複数の波動の同時送信及び同時受信を示す概念図である。図1において、 n 台の送信器 T_1 、 T_2 、 $\dots$ 、 T_n 、及び、 n 台の受信器 R_1 、 R_2 、 $\dots$ 、 R_n が存在する。

[0012] 例えば、 n 個の波動が、 n 台の送信器 T_1 、 T_2 、 $\dots$ 、 T_n から同時に放射され、物体で反射し、 n 台の受信器 R_1 、 R_2 、 $\dots$ 、 R_n のいずれかに入射される。そして、 n 台の送信器 T_1 、 T_2 、 $\dots$ 、 T_n のそれぞれと n 台の受信器 R_1 、 R_2 、 $\dots$ 、 R_n のそれぞれとの組み合わせ毎にデータを取得することが可能であるなら、組み合わせ毎に取得されたデータに従って物体を効率的に検知することが可能である。

[0013] すなわち、 n 台の送信器 T_1 、 T_2 、 $\dots$ 、 T_n と、 n 台の受信器 R_1 、 R_2 、 $\dots$ 、 R_n との複数の組み合わせに対応する $n \times n$ 次元のデータを用いることが可能であれば、物体を効率的に検知することが可能である。

[0014] 図2は、複数の送信器及び複数の受信器における複数の波動の同時送信及び同時受信で生じる混信を示す概念図である。

[0015] 図2のように、例えば受信器 R_j に全ての送信器 T_1 、 T_2 、 $\dots$ 、 T_n から放射された波動の散乱波が入ってきて混信する。そのため、受信器 R_j で受信された波動が、どの送信器 T_i から送信された波動であるかを区別すること

が困難である。受信器 R_j で得られた受信データ（時間発展波形）から、送信器 T_i 及び受信器 R_j の組み合わせに対応する個別データ（時間発展波形）をどのように抽出するかは困難な課題である。

[0016] そこで、例えば、本開示の一態様に係る検知装置は、複数の波動を生成する生成器と、前記複数の波動を放射する複数の送信器であって、それぞれが前記複数の波動の1つを放射する複数の送信器と、それぞれが前記複数の波動の1つ以上を合成波動として受信する複数の受信器と、前記複数の受信器のそれぞれの受信データから前記複数の送信器のそれぞれに対応する個別データを導出することにより、前記複数の送信器のそれぞれと前記複数の受信器のそれぞれとの組み合わせ毎に前記個別データを導出する導出器と、前記個別データに従って、前記複数の波動の少なくとも1つに影響を与える物体を検知する検知器とを備え、前記生成器は、それぞれが基準符号と1つ以上の個別符号とを有する互いに異なる複数の符号群に対応する複数のパルス列群、及び、少なくとも1つの搬送波を生成し、前記複数のパルス列群を前記少なくとも1つの搬送波で変調することにより複数の変調波を前記複数の波動として生成し、前記導出器は、前記複数の受信器のそれぞれの受信データから前記複数のパルス列群に対応する処理対象データを復調し、前記処理対象データから前記個別データを導出し、前記基準符号は、前記複数の符号群において同じであり、前記複数の符号群における複数の個別符号は、互いに異なる。

[0017] これにより、検知装置は、複数の送信器及び複数の受信器が同時に用いられる場合でも、複数の波動が互いに異なる複数の符号群に対応するため、各送信器と各受信器との組み合わせ毎に個別データを取得することができる。したがって、検知装置は、高い分解能で高速に物体を検知することができる。そして、これにより、検知装置は、高速に移動する物体を適切に検知することができる。

[0018] また、例えば、前記生成器は、それぞれが前記基準符号と1つの個別符号とを2つの要素として有する互いに異なる複数の2次元ベクトル符号に対応

する複数対のパルス列、及び、位相が互いに直交する1対の搬送波を、前記複数のパルス列群、及び、前記少なくとも1つの搬送波として生成し、前記複数対のパルス列を前記1対の搬送波で変調することにより前記複数の変調波を生成し、前記導出器は、前記複数の受信器のそれぞれの受信データから前記複数対のパルス列に対応する前記処理対象データを復調し、前記基準符号は、前記複数の2次元ベクトル符号において同じであり、前記複数の2次元ベクトル符号における前記複数の個別符号は、互いに異なる。

[0019] これにより、検知装置は、1対の搬送波に従って、複数の2次元ベクトル符号に対応する複数の変調波を効率的に送信することができる。

[0020] また、例えば、前記基準符号及び前記複数の個別符号は、互いに直交する複数の直交符号である。

[0021] これにより、検知装置は、符号の直交性に従って、各送信器と各受信器との組み合わせ毎に個別データを効率的に取得することができる。

[0022] また、例えば、前記基準符号及び前記複数の個別符号は、シフト量が互いに異なる複数の巡回符号である。

[0023] これにより、検知装置は、シフト量の違いに従って、各送信器と各受信器との組み合わせ毎に個別データを効率的に取得することができる。

[0024] また、例えば、前記基準符号及び前記複数の個別符号は、互いに直交し、かつ、シフト量が互いに異なる複数のPN (Pseudo-Noise) 符号である。

[0025] これにより、検知装置は、PN符号の特性に従って、各送信器と各受信器との組み合わせ毎に個別データを効率的に取得することができる。

[0026] また、例えば、前記生成器は、条件が満たされる度に、前記基準符号及び前記複数の個別符号の集合を複数の集合候補の中から選択することにより、前記基準符号及び前記複数の個別符号を変更する。

[0027] これにより、検知装置は、複数の波動に関する複数の符号を適応的に変更することができる。そして、これにより、検知装置は、偶発的な識別性の低下を抑制することができ、各送信器と各受信器との組み合わせ毎に個別デー

タを適切に取得することができる。

[0028] また、例えば、前記生成器は、前記複数の集合候補の中からランダムに前記集合を選択する。

[0029] これにより、検知装置は、ランダム性に従って、偶発的な識別性の低下を抑制することができ、各送信器と各受信器との組み合わせ毎に個別データを適切に取得することができる。

[0030] また、例えば、前記導出器は、前記処理対象データに対して前記複数の2次元ベクトル符号のそれぞれでデコンボリューションを行うことで得られる演算結果に従って、前記個別データを導出する。

[0031] これにより、検知装置は、2次元ベクトル符号に対応するデコンボリューションに従って、各送信器と各受信器との組み合わせ毎に個別データを効率的に取得することができる。

[0032] また、例えば、前記導出器は、前記演算結果に対する行列式に従って、前記個別データを導出する。

[0033] これにより、検知装置は、2次元ベクトル符号に対応するデコンボリューション及び行列式に従って、各送信器と各受信器との組み合わせ毎に個別データを効率的に取得することができる。

[0034] また、例えば、前記生成器は、互いに異なる複数の第1の2次元ベクトル符号に対応する複数の第1パルス列、互いに異なる複数の第2の2次元ベクトル符号に対応する複数の第2パルス列、位相が互いに直交する1対の第1搬送波、及び、位相が互いに直交する1対の第2搬送波を、前記複数のパルス列群、及び、前記少なくとも1つの搬送波として生成し、前記複数の第1パルス列を前記1対の第1搬送波で変調することにより複数の第1変調波を生成し、前記複数の第2パルス列を前記1対の第1搬送波で変調することにより複数の第2変調波を生成し、前記複数の第1変調波及び前記複数の第2変調波を前記1対の第2搬送波で変調することにより前記複数の変調波を生成し、前記導出器は、前記複数の受信器のそれぞれの受信データから前記複数の第1変調波及び前記複数の第2変調波に対応する第1処理対象

データを復調し、前記第1処理対象データから前記複数対の第1パルス列及び前記複数対の第2パルス列に対応する第2処理対象データを前記処理対象データとして復調し、前記複数の第1の2次元ベクトル符号のそれぞれは、前記基準符号と第1個別符号とを2つの要素として有し、前記複数の第2の2次元ベクトル符号のそれぞれは、第2個別符号と第3個別符号とを2つの要素として有し、前記基準符号は、前記複数の第1の2次元ベクトル符号において同じであり、前記複数の第1の2次元ベクトル符号及び前記複数の第2の2次元ベクトル符号における複数の第1個別符号、複数の第2個別符号及び複数の第3個別符号は、互いに異なり、前記1対の第1搬送波の周波数と、前記1対の第2搬送波の周波数とは、互いに異なる。

[0035] これにより、検知装置は、2対の搬送波に従って、複数対の2次元ベクトル符号に対応する複数の変調波を効率的に送信することができる。

[0036] また、例えば、前記基準符号、前記複数の第1個別符号、前記複数の第2個別符号及び前記複数の第3個別符号は、互いに直交する複数の直交符号である。

[0037] これにより、検知装置は、符号の直交性に従って、各送信器と各受信器との組み合わせ毎に個別データを効率的に取得することができる。

[0038] また、例えば、前記基準符号、前記複数の第1個別符号、前記複数の第2個別符号及び前記複数の第3個別符号は、シフト量が互いに異なる複数の巡回符号である。

[0039] これにより、検知装置は、シフト量の違いに従って、各送信器と各受信器との組み合わせ毎に個別データを効率的に取得することができる。

[0040] また、例えば、前記基準符号、前記複数の第1個別符号、前記複数の第2個別符号及び前記複数の第3個別符号は、互いに直交し、かつ、シフト量が互いに異なる複数のPN (Pseudo-Noise) 符号である。

[0041] これにより、検知装置は、PN符号の特性に従って、各送信器と各受信器との組み合わせ毎に個別データを効率的に取得することができる。

[0042] また、例えば、前記生成器は、条件が満たされる度に、前記基準符号、前

記複数の第1個別符号、前記複数の第2個別符号及び前記複数の第3個別符号の集合を複数の集合候補の中から選択することにより、前記基準符号、前記複数の第1個別符号、前記複数の第2個別符号及び前記複数の第3個別符号を変更する。

[0043] これにより、検知装置は、複数の波動に関する複数の符号を適応的に変更することができる。そして、これにより、検知装置は、偶発的な識別性の低下を抑制することができ、各送信器と各受信器との組み合わせ毎に個別データを適切に取得することができる。

[0044] また、例えば、前記生成器は、前記複数の集合候補の中からランダムに前記集合を選択する。

[0045] これにより、検知装置は、ランダム性に従って、偶発的な識別性の低下を抑制することができ、各送信器と各受信器との組み合わせ毎に個別データを適切に取得することができる。

[0046] また、例えば、前記導出器は、前記第2処理対象データに対して、前記複数の第1の2次元ベクトル符号及び前記複数の第2の2次元ベクトル符号において対応する第1の2次元ベクトル符号と第2の2次元ベクトル符号との各組み合わせで、デコンボリューションを行うことで得られる演算結果に従って、前記個別データを導出する。

[0047] これにより、検知装置は、1対の2次元ベクトル符号に対応するデコンボリューションに従って、各送信器と各受信器との組み合わせ毎に個別データを効率的に取得することができる。

[0048] また、例えば、前記導出器は、前記演算結果に対する行列式に従って、前記個別データを導出する。

[0049] これにより、検知装置は、1対の2次元ベクトル符号に対応するデコンボリューション及び行列式に従って、各送信器と各受信器との組み合わせ毎に個別データを効率的に取得することができる。

[0050] また、例えば、本開示の一態様に係る検知方法は、複数の波動を生成するステップと、複数の送信器のそれぞれから前記複数の波動の1つを放射する

ことにより、前記複数の送信器から前記複数の波動を放射するステップと、複数の受信器のそれぞれで前記複数の波動の1つ以上を合成波動として受信するステップと、前記複数の受信器のそれぞれの受信データから前記複数の送信器のそれぞれに対応する個別データを導出することにより、前記複数の送信器のそれぞれと前記複数の受信器のそれぞれとの組み合わせ毎に前記個別データを導出するステップと、前記個別データに従って、前記複数の波動の少なくとも1つに影響を与える物体を検知するステップとを含み、前記複数の波動を生成するステップでは、それぞれが基準符号と1つ以上の個別符号とを有する互いに異なる複数の符号群に対応する複数のパルス列群、及び、少なくとも1つの搬送波を生成し、前記複数のパルス列群を前記少なくとも1つの搬送波で変調することにより複数の変調波を前記複数の波動として生成し、前記個別データを導出するステップでは、前記複数の受信器のそれぞれの受信データから前記複数のパルス列群に対応する処理対象データを復調し、前記処理対象データから前記個別データを導出し、前記基準符号は、前記複数の符号群において同じであり、前記複数の符号群における複数の個別符号は、互いに異なる。

[0051] これにより、複数の送信器及び複数の受信器が同時に用いられる場合でも、複数の波動が互いに異なる複数の符号群に対応するため、各送信器と各受信器との組み合わせ毎に個別データを取得することが可能になる。したがって、高い分解能で高速に物体を検知することが可能になる。そして、これにより、高速に移動する物体を適切に検知することが可能になる。

[0052] 以下、図面を用いて、実施の形態について説明する。なお、以下で説明する実施の形態は、いずれも包括的又は具体的な例を示す。以下の実施の形態で示される数値、形状、材料、構成要素、構成要素の配置位置及び接続形態、ステップ、ステップの順序等は、一例であり、請求の範囲を限定する主旨ではない。

[0053] また、以下の説明では、主にマイクロ波等の電波が波動として想定されているが、波動は、マイクロ波等の電波に限られず、音又は光等でもよい。ま

た、主に航空機等の移動体が検知対象物体として想定されているが、検知対象物体は、静止している物体等でもよい。また、波動を放射することは、波動を送信すると表現される場合がある。

[0054] また、全体を各部分に分離することは、全体から各部分を分離すると表現される場合がある。また、以下の説明における符号は、符号語、又は、符号語の集合を意味する場合がある。また、以下の説明におけるPN符号ベクトルは、ベクトルPN符号と表現されてもよい。

[0055] (実施の形態)

＜基本的な構成例＞

図3は、本実施の形態に係る複数の送信器、複数の受信器及び導出器を示す概念図である。具体的には、図3に、複数の送信器 T_1 、 T_2 、 $\dots$ 、 T_n 、複数の受信器 R_1 、 R_2 、 $\dots$ 、 R_n 、及び、導出器104が示されている。導出器104は、複数の受信器 R_1 、 R_2 、 $\dots$ 、 R_n に対応して、分散して設けられてもよい。

[0056] 例えば、複数の送信器 T_1 、 T_2 、 $\dots$ 、 T_n 及び複数の受信器 R_1 、 R_2 、 $\dots$ 、 R_n がそれぞれ各一列に配置される。複数の波動が、複数の送信器 T_1 、 T_2 、 $\dots$ 、 T_n が同時に放射され、物体で反射し、複数の受信器 R_1 、 R_2 、 $\dots$ 、 R_n で同時に受信される。導出器104は、各受信器 R_j の受信データを送信器 T_i 毎の個別データ $s_{ij}(t)$ に分離する。そして、導出器104は、送信器 T_i と受信器 R_j との組み合わせ毎に個別データ $s_{ij}(t)$ を求める。

[0057] 図4は、検知装置100の構成例を示すブロック図である。検知装置100は、生成器101、複数の送信器102、複数の受信器103、導出器104及び検知器105を備える。

[0058] 本開示において、送信器102は、送信器 T と表現される場合があり、 i 番目の送信器102が、送信器 T_i と表現される場合がある。また、受信器103が、受信器 R と表現される場合があり、 i 番目の受信器103が、受信器 R_i と表現される場合がある。

- [0059] 生成器 101 は、互いに異なる複数の信号に対応する複数の波動を生成する。波動は、電波、光又は音等でもよい。例えば、生成器 101 は、 n 個の波動を生成する。ここで、 n は、複数の送信器 102 の数である。生成器 101 は、複数の送信器 102 に対応して、分散して設けられてもよい。
- [0060] 複数の送信器 102 は、生成器 101 で生成された複数の波動を放射する。その際、各送信器 102 は、生成器 101 で生成された複数の波動の 1 つを放射する。例えば、各送信器 102 は、媒質中に波動を放射する。媒質は、空気、水、土又は真空等であってもよい。各送信器 102 は、送信アンテナであってもよい。また、複数の送信器 102 は、一列に配置されていてもよいし、一列に配置されていなくてもよい。また、複数の送信器 102 は、等間隔に配置されていてもよいし、等間隔に配置されていなくてもよい。
- [0061] 複数の受信器 103 のそれぞれは、複数の送信器 102 から放射された複数の波動の 1 つ以上を合成波動として受信する。例えば、各受信器 103 は、波動が放射された媒質中から波動を受信する。各受信器 103 は、受信アンテナであってもよい。また、複数の受信器 103 は、一列に配置されていてもよいし、一列に配置されていなくてもよい。また、複数の受信器 103 は、等間隔に配置されていてもよいし、等間隔に配置されていなくてもよい。複数の受信器 103 の数は、複数の送信器 102 の数とは異なってもよい。
- [0062] 導出器 104 は、各受信器 103 の受信データから各送信器 102 に対応する個別データを当該送信器 102 から放射された波動の信号に従って導出する。これにより、導出器 104 は、複数の送信器 102 のそれぞれと複数の受信器 103 のそれぞれとの組み合わせ毎に個別データを導出する。導出器 104 は、複数の受信器 103 に対応して、分散して設けられてもよいし、分散して各受信器 103 と一体として設けられていてもよい。
- [0063] 検知器 105 は、導出器 104 で導出された個別データに従って、複数の送信器 102 から放射された複数の波動の少なくとも 1 つに影響を与える物体を検知する。例えば、検知器 105 は、波動が放射された媒質中の物体を

検知する。また、例えば、検知器 105 は、検知結果を出力する。検知器 105 は、検知結果をディスプレイ装置等に表示してもよい、検知結果を他の装置に通知してもよい。

[0064] 上記の構成により、検知装置 100 は、複数の送信器 102 及び複数の受信器 103 が同時に用いられる場合でも、各送信器 102 と各受信器 103 との組み合わせ毎に個別データを取得することができる。したがって、検知装置 100 は、高い分解能で高速に物体を検知することができる。そして、これにより、検知装置 100 は、高速に移動する物体を適切に検知することができる。

[0065] なお、生成器 101 は、複数の送信器 102 へ、無線で複数の波動を送信してもよいし、有線で複数の波動を送信してもよい。同様に、各受信器 103 は、導出器 104 へ、無線で受信データを送信してもよいし、有線で受信データを送信してもよい。同様に、導出器 104 は、検知器 105 へ、無線で個別データを送信してもよいし、有線で個別データを送信してもよい。

[0066] 図 5 は、検知装置 100 の全体構成例を示すブロック図である。この例において、検知装置 100 は、図 4 に示された生成器 101、複数の送信器 102、複数の受信器 103、導出器 104 及び検知器 105 に加えて、中継器 106、107 及び制御器 108 を備える。

[0067] 中継器 106 は、生成器 101 から複数の送信器 102 へ複数の波動を中継する。また、中継器 107 は、複数の受信器 103 から導出器 104 へ複数の波動を中継する。中継器 106、107 のそれぞれは、波動を電気信号として中継してもよい。電気信号は、アナログ信号であってもよいし、デジタル信号であってもよい。

[0068] 制御器 108 は、検知装置 100 に含まれる各構成要素の動作を制御する。具体的には、制御器 108 は、生成器 101、複数の送信器 102、複数の受信器 103、導出器 104、検知器 105、及び、中継器 106、107 の動作を制御する。制御器 108 は、各構成要素の動作の開始及び停止を制御してもよいし、各構成要素の動作モード又は動作パラメータを変更して

もよい。

[0069] なお、検知装置 100 を構成する複数の構成要素は、無線又は有線で、互いに通信可能であってもよい。また、中継器 106、107 及び制御器 108 のそれぞれは、検知装置 100 が用いられる環境に応じて、設けられてもよいし、設けられなくてもよい。

[0070] 図 6 は、生成器 101 の構成例を示すブロック図である。図 6 のように、生成器 101 は、符号生成器 121 を備えてもよい。

[0071] この例において、符号生成器 121 は、互いに異なる複数の符号に対応する複数のパルス列を生成する。例えば、符号生成器 121 は、互いに異なる n 個の符号に対応する n 個のパルス列を生成する。ここで、 n は、複数の送信器 102 の数である。生成器 101 は、符号生成器 121 で生成された複数のパルス列を互いに異なる複数の信号に対応する複数の波動として生成してもよい。

[0072] 互いに異なる複数の符号は、互いに直交する複数の直交符号であってもよい。互いに異なる複数の符号は、シフト量が互いに異なる複数の巡回符号であってもよい。互いに異なる複数の符号は、互いに直交し、かつ、シフト量が互いに異なる複数の PN (Pseudo-Noise) 符号であってもよい。

[0073] PN 符号は、ガロア体を基礎にした巡回符号である。巡回符号において、巡回符号の符号語を巡回置換（巡回シフト）することで得られる結果も巡回符号の符号語である。例えば、巡回符号の符号語は、次式 (1-1) のように表現される。

[0074] [数1]

$$c_1 = \{a_{n-1}, a_{n-2}, \dots, a_2, a_1, a_0\} \\ \dots (1-1)$$

[0075] 式 (1-1) の符号語を巡回置換することで、以下の式 (1-2) のように得られる結果も巡回符号の符号語である。

[0076]

[数2]

$$\begin{aligned} c_2 &= \{a_{n-2}, a_{n-3}, \dots, a_1, a_0, a_{n-1}\} \\ c_3 &= \{a_{n-3}, a_{n-4}, \dots, a_0, a_{n-1}, a_{n-2}\} \\ &\dots \dots \\ c_n &= \{a_0, a_{n-1}, \dots, a_3, a_2, a_1\} \\ &\dots (1-2) \end{aligned}$$

[0077] 次に、PN系列の定義及び性質について説明する。PN系列は、以下の（i）、（ii）及び（iii）のランダム性の性質を満足する符号と、定義され得る。

[0078] （i）平衡性（balance property）

系列の各1周期内で、「1」の出現する回数と、「0」の出現する回数とは、たかだか1しか違わない。

[0079] （ii）連なり性（run property）

1周期に含まれる複数の「1の連なり」と複数の「0の連なり」とのうち、それぞれの複数の連なりの半数について長さが「1」であり、1/4の数について長さが「2」であり、1/8の数について長さが「3」である。以降も同様の規則が満たされる。すなわち、長さがkである連なりは、1/2^kの割合で存在する。

[0080] （iii）相関性（correlation property）

系列を巡回させ、あらゆる状態で各項について符号語間の比較を行った場合、一致する項の数と、一致しない項の数とは、たかだか1しか違わない。

[0081] 詳しい説明は省略するが、PN系列の生成方法は次のように要約される。

なお、符号のサフィックスを逆順にすることが実用上は好まれている。

[0082] （i）まず、k次の原始多項式が求められる。

[0083] （ii）次に、原始多項式の係数から次式（1-3）のような線形回帰方程式が構築される。ここで、h_jは、係数に対応する。

[0084] [数3]

$$\begin{aligned} a_i &= \sum_{j=1}^k h_j a_{i-j} \pmod{2}, \quad i = k, k+1, k+2, \dots \\ &\dots (1-3) \end{aligned}$$

- [0085] (i i i) その後、 k 個の任意の初期値 ($a_0, a_1, a_2, \dots, a_{k-1}$) が与えられ、上式 (1-3) から ($a_k, a_{k+1}, a_{k+2}, \dots, a_{n-1}$) が計算される。
- [0086] PN 符号は、ある符号を巡回 (シフト) してできる符号は元の符号と直交する、という面白い性質を持っている。しかし、ある初期値 ($a_0, a_1, a_2, \dots, a_{k-1}$) から生成される符号は、別の初期値 ($a_0', a_1', a_2', \dots, a_{k-1}'$) から生成される符号とは直交しない。
- [0087] 図 7 は、符号生成器 121 の構成例を示すブロック図である。この例において、符号生成器 121 は、符号集合が記憶されたメモリ 131 を備える。符号集合は、互いに異なる複数の符号を含む。符号集合に含まれる複数の符号の特性は、図 6 を用いて説明した複数の符号の特性と同じである。
- [0088] また、この例において、符号生成器 121 は、メモリ 131 に記憶された符号集合に従って、符号集合に含まれる複数の符号にそれぞれ対応する複数のパルス列を生成してもよい。そして、生成器 101 は、符号生成器 121 で生成された複数のパルス列を放射対象の複数の波動として生成してもよい。そして、複数のパルス列が複数の送信器 102 からそれぞれ放射されてもよい。
- [0089] 符号集合に含まれる複数の符号の数は、複数の送信器 102 の数以上である。これらの数が複数の送信器 102 の数よりも大きい場合、これらの一部が波動の送信に用いられなくてもよい。
- [0090] 図 8 は、符号生成器 121 の別の構成例を示すブロック図である。この例において、符号生成器 121 は、図 7 に示されたメモリ 131 に加えて、選択器 132 を備える。また、この例において、メモリ 131 には、複数の符号集合候補が記憶されている。複数の符号集合候補は、互いに異なる。また、各符号集合候補に含まれる複数の符号の特性は、図 7 を用いて説明した符号集合に含まれる複数の符号の特性と同じである。
- [0091] また、この例において、選択器 132 は、複数の符号集合候補から符号集合を選択する。そして、選択器 132 は、選択された符号集合に含まれる複

数の符号に対応する複数のパルス列を生成する。

[0092] 例えば、選択器 1 3 2 は、放射対象の複数の波動に関連する複数の符号を変更するための条件が満たされる度に、複数の符号集合候補から符号集合を選択することにより、複数の符号を変更する。これにより、検知装置 1 0 0 は、放射対象の複数の波動に関連する複数の符号を適応的に変更することができる。したがって、検知装置 1 0 0 は、偶発的な識別性の低下を抑制することができ、各送信器 1 0 2 から放射された波動に対応するデータを適切に識別することができる。

[0093] 選択器 1 3 2 は、複数の送信器 1 0 2 から複数の波動が送信される度に、符号集合を選択することで複数の符号を変更してもよい。あるいは、選択器 1 3 2 は、一定期間毎に、符号集合を選択することで複数の符号を変更してもよい。あるいは、選択器 1 3 2 は、制御器 1 0 8 から制御信号を受ける度に、符号集合を選択することで複数の符号を変更してもよい。

[0094] 図 9 は、符号生成器 1 2 1 のさらに別の構成例を示すブロック図である。この例において、符号生成器 1 2 1 は、選択器 1 3 2 の内部に乱数生成器 1 3 3 を備える。

[0095] また、この例において、乱数生成器 1 3 3 は、乱数を生成する。選択器 1 3 2 は、乱数生成器 1 3 3 から得られる乱数に従って、複数の符号集合候補からランダムに符号集合を選択する。

[0096] 例えば、複数の符号集合候補の数の範囲で各符号集合候補に識別番号が割り当てられる。そして、乱数生成器 1 3 3 は、複数の符号集合候補の数の範囲で乱数を生成する。選択器 1 3 2 は、乱数生成器 1 3 3 から得られる乱数が識別番号として割り当てられた符号集合候補を符号集合として選択する。これにより、複数の符号集合候補からランダムに符号集合が選択される。

[0097] この場合、選択器 1 3 2 は、ランダムに選択された符号集合に含まれる複数の符号に対応する複数のパルス列を生成する。

[0098] 図 1 0 は、導出器 1 0 4 の構成例を示すブロック図である。この例において、導出器 1 0 4 は、デコンボリューション演算器 1 4 3 を備える。

[0099] また、この例において、デコンボリューション演算器 143 は、各受信器 103 の受信データに対して各送信器 102 によって放射された波動に対応する符号でデコンボリューションを行う。

[0100] これにより、デコンボリューション演算器 143 は、受信データから符号に対応する成分を取得することができる。したがって、検知装置 100 は、各受信器 103 の受信データから各送信器 102 に対応する個別データを導出することができ、各送信器 102 と各受信器 103 との組み合わせ毎に個別データを導出することができる。

[0101] <搬送波を用いる構成例>

図 11 は、搬送波が用いられる場合における生成器 101 の構成例を示すブロック図である。この例において、生成器 101 は、符号生成器 121、搬送波生成器 122、変調器 123 及び増幅器 124 を備える。符号生成器 121 は、図 6～9 のいずれかの例と同様の構成要素である。

[0102] また、この例において、搬送波生成器 122 は、搬送波を生成する。搬送波は、正弦波であってもよい。

[0103] また、この例において、変調器 123 は、符号生成器 121 で生成された複数のパルス列を搬送波生成器 122 で生成された搬送波で変調する。これにより、変調器 123 は、複数の変調波を生成する。

[0104] また、この例において、増幅器 124 は、変調器 123 で生成された複数の変調波を増幅する。

[0105] 生成器 101 は、この例において、複数のパルス列及び搬送波を生成し、複数のパルス列を搬送波で変調することにより複数の変調波を放射対象の複数の波動として生成する。例えば、生成器 101 は、 n 個のパルス列及び搬送波を生成し、 n 個のパルス列を搬送波で変調することにより n 個の変調波を放射対象の n 個の波動として生成する。そして、 n 個の変調波が n 個の送信器 102 からそれぞれ放射される。

[0106] 図 12 は、搬送波が用いられる場合における導出器 104 の構成例を示すブロック図である。この例において、導出器 104 は、局部波動生成器 14

1 及び復調器 1 4 2 を備える。

[0107] また、この例において、局部波動生成器 1 4 1 は、搬送波生成器 1 2 2 等で生成される搬送波に対応する局部波動を生成する。例えば、局部波動は、搬送波と同じ周波数を有する。局部波動の位相は、搬送波の位相に同期していてもよいし、同期していなくてもよい。

[0108] また、この例において、復調器 1 4 2 は、局部波動生成器 1 4 1 で生成された局部波動で、各受信器 1 0 3 の受信データから処理対象データを復調する。処理対象データは、複数のパルス列に対応する。そして、導出器 1 0 4 は、処理対象データから、各送信器 1 0 2 と各受信器 1 0 3 との組み合わせ毎に個別データを導出する。

[0109] 図 1 3 は、搬送波が用いられる場合における導出器 1 0 4 の別の構成例を示すブロック図である。この例において、導出器 1 0 4 は、図 1 2 に示された局部波動生成器 1 4 1 及び復調器 1 4 2 に加えて、デコンボリューション演算器 1 4 3 を備える。

[0110] また、この例において、デコンボリューション演算器 1 4 3 は、復調器 1 4 2 で復調された処理対象データに対して各送信器 1 0 2 によって放射された波動に対応する符号でデコンボリューションを行う。

[0111] これにより、デコンボリューション演算器 1 4 3 は、処理対象データから符号に対応する成分を取得することができる。したがって、検知装置 1 0 0 は、各受信器 1 0 3 の受信データから各送信器 1 0 2 に対応する個別データを導出することができ、各送信器 1 0 2 と各受信器 1 0 3 との組み合わせ毎に個別データを導出することができる。

[0112] < 1 対の搬送波を用いる構成例 >

図 1 4 は、1 対の搬送波が用いられる場合における生成器 1 0 1 の構成例を示すブロック図である。この例において、生成器 1 0 1 は、符号生成器 1 2 1、搬送波生成器 1 2 2、変調器 1 5 1、1 5 2、合成器 1 5 3 及び増幅器 1 2 4 を備える。

[0113] また、この例において、符号生成器 1 2 1 は、互いに異なる複数の 2 次元

ベクトル符号に対応する複数対のパルス列を生成する。例えば、符号生成器 1 2 1 は、互いに異なる n 個の 2 次元ベクトル符号に対応する n 対のパルス列を生成する。ここで、 n は、複数の送信器 1 0 2 の数である。各 2 次元ベクトル符号は、基準符号と個別符号とを 2 つの要素として有する。基準符号は、複数の 2 次元ベクトル符号において同じである。複数の 2 次元ベクトル符号における共通の基準符号及び複数の個別符号は、互いに異なる。

[0114] 共通の基準符号及び複数の個別符号は、互いに直交する複数の直交符号であってもよい。共通の基準符号及び複数の個別符号は、シフト量が互いに異なる複数の巡回符号であってもよい。共通の基準符号及び複数の個別符号は、互いに直交し、かつ、シフト量が互いに異なる複数の P N 符号であってもよい。

[0115] また、この例において、搬送波生成器 1 2 2 は、位相が互いに直交する 1 対の搬送波を生成する。

[0116] また、この例において、変調器 1 5 1 は、符号生成器 1 2 1 で生成された複数対のパルス列における一方側の複数のパルス列を搬送波生成器 1 2 2 で生成された 1 対の搬送波における一方の搬送波で変調する。具体的には、例えば、変調器 1 5 1 は、それぞれが共通の基準符号に対応する複数のパルス列を 1 対の搬送波における一方の搬送波で変調する。これにより、変調器 1 5 1 は、複数の変調波を生成する。

[0117] また、この例において、変調器 1 5 2 は、符号生成器 1 2 1 で生成された複数対のパルス列における他方側の複数のパルス列を搬送波生成器 1 2 2 で生成された 1 対の搬送波における他方の搬送波で変調する。具体的には、例えば、変調器 1 5 2 は、複数の個別符号に対応する複数のパルス列を他方の搬送波で変調する。これにより、変調器 1 5 2 は、複数の変調波を生成する。

[0118] また、この例において、合成器 1 5 3 は、変調器 1 5 1 で生成された複数の変調波と、変調器 1 5 2 で生成された複数の変調波とを合成する。これにより、合成器 1 5 3 は、新たに複数の変調波を生成する。例えば、合成器 1

5 3 は、変調器 1 5 1 で生成された n 個の変調波と、変調器 1 5 2 で生成された n 個の変調波とを合成することにより、新たに n 個の変調波を生成する。

[0119] また、この例において、増幅器 1 2 4 は、合成器 1 5 3 で生成された複数の変調波を増幅する。

[0120] 生成器 1 0 1 は、この例において、複数対のパルス列及び 1 対の搬送波を生成し、複数対のパルス列を 1 対の搬送波で変調することにより複数の変調波を放射対象の複数の波動として生成する。例えば、生成器 1 0 1 は、 n 対のパルス列及び 1 対の搬送波を生成し、 n 対のパルス列を 1 対の搬送波で変調することにより n 個の変調波を放射対象の n 個の波動として生成する。そして、 n 個の変調波が n 個の送信器 1 0 2 からそれぞれ放射される。

[0121] 図 1 5 は、1 対の搬送波が用いられる場合における符号生成器 1 2 1 の構成例を示すブロック図である。この例において、符号生成器 1 2 1 は、符号集合が記憶されたメモリ 1 3 1 を備える。符号集合は、互いに異なる複数の 2 次元ベクトル符号を含む。符号集合に含まれる複数の 2 次元ベクトル符号の特性は、図 1 4 を用いて説明した複数の 2 次元ベクトル符号の特性と同じである。

[0122] また、この例において、符号生成器 1 2 1 は、メモリ 1 3 1 に記憶された符号集合に従って、符号集合に含まれる複数の 2 次元ベクトル符号にそれぞれ対応する複数対のパルス列を生成してもよい。そして、生成器 1 0 1 は、符号生成器 1 2 1 で生成された複数対のパルス列を 1 対の搬送波で変調することにより複数の変調波を放射対象の複数の波動として生成してもよい。そして、複数の変調波が複数の送信器 1 0 2 からそれぞれ放射されてもよい。

[0123] 符号集合に含まれる複数の 2 次元ベクトル符号の数は、複数の送信器 1 0 2 の数以上である。これらの数が複数の送信器 1 0 2 の数よりも大きい場合、これらの一部が波動の送信に用いられなくてもよい。

[0124] 図 1 6 は、1 対の搬送波が用いられる場合における符号生成器 1 2 1 の別の構成例を示すブロック図である。この例において、符号生成器 1 2 1 は、

図 15 に示されたメモリ 131 に加えて、選択器 132 を備える。また、この例において、メモリ 131 には、複数の符号集合候補が記憶されている。複数の符号集合候補は、互いに異なる。また、各符号集合候補は、図 15 を用いて説明した符号集合に含まれる複数の 2 次元ベクトル符号の特性と同じ特性を有する複数の 2 次元ベクトル符号を含む。

[0125] また、この例において、選択器 132 は、複数の符号集合候補から符号集合を選択する。そして、選択器 132 は、選択された符号集合に含まれる複数の 2 次元ベクトル符号に対応する複数対のパルス列を生成する。

[0126] また、この例において、選択器 132 は、図 8 の例と同様に、放射対象の複数の波動に関連する複数の符号を変更するための条件が満たされる度に、複数の符号集合候補から符号集合を選択することにより、複数の 2 次元ベクトル符号を変更する。

[0127] 図 17 は、1 対の搬送波が用いられる場合における符号生成器 121 のさらに別の構成例を示すブロック図である。この例において、符号生成器 121 は、選択器 132 の内部に乱数生成器 133 を備える。そして、図 9 の例と同様に、乱数生成器 133 は、乱数を生成する。選択器 132 は、乱数生成器 133 から得られる乱数に従って、複数の符号集合候補からランダムに符号集合を選択する。

[0128] また、この例において、選択器 132 は、ランダムに選択された符号集合に含まれる複数の 2 次元ベクトル符号に対応する複数対のパルス列を生成する。

[0129] 図 18 は、1 対の搬送波が用いられる場合における導出器 104 の構成例を示すブロック図である。この例において、導出器 104 は、局部波動生成器 141 及び復調器 142 を備える。

[0130] また、この例において、局部波動生成器 141 は、搬送波生成器 122 等で生成される 1 対の搬送波に対応する 1 対の局部波動を生成する。例えば、1 対の局部波動は、1 対の搬送波と同じ周波数を有し、互いに直交する。1 対の局部波動の位相は、1 対の搬送波の位相に同期していてもよいし、同期

していなくてもよい。

[0131] また、この例において、復調器 142 は、局部波動生成器 141 で生成された 1 対の局部波動で、各受信器 103 の受信データから処理対象データを復調する。処理対象データは、複数対のパルス列に対応する。そして、導出器 104 は、処理対象データから、各送信器 102 と各受信器 103 との組み合わせ毎に個別データを導出する。

[0132] 図 19 は、1 対の搬送波が用いられる場合における導出器 104 の別の構成例を示すブロック図である。この例において、導出器 104 は、図 18 に示された局部波動生成器 141 及び復調器 142 に加えて、デコンボリューション演算器 143 を備える。

[0133] また、この例において、デコンボリューション演算器 143 は、復調器 142 で復調された処理対象データに対して各送信器 102 によって放射された波動に対応する 2 次元ベクトル符号でデコンボリューションを行う。

[0134] これにより、デコンボリューション演算器 143 は、処理対象データから 2 次元ベクトル符号に対応する成分を取得することができる。したがって、検知装置 100 は、各受信器 103 の受信データから各送信器 102 に対応する個別データを導出することができ、各送信器 102 と各受信器 103 との組み合わせ毎に個別データを導出することができる。

[0135] 図 20 は、1 対の搬送波が用いられる場合における導出器 104 のさらに別の構成例を示すブロック図である。この例において、導出器 104 は、図 19 に示された局部波動生成器 141、復調器 142 及びデコンボリューション演算器 143 に加えて、行列式演算器 144 を備える。

[0136] また、この例において、行列式演算器 144 は、デコンボリューション演算器 143 によって行われたデコンボリューションの演算結果に対して行列式の演算を行う。これにより、導出器 104 は、2 次元ベクトル符号に対応するデコンボリューション及び行列式に従って、各送信器 102 と各受信器 103 との組み合わせ毎に適切な形式で個別データを導出することができる。

- [0137] 図21は、1対の搬送波が用いられる場合における処理例を示す概念図である。この例において、符号生成器121、変調器154、送信器102、受信器103、復調器142及びデコンボリューション演算器143が、検知装置100の構成要素として示されている。これらの構成要素は、上述された構成要素に対応する。例えば、変調器154は、変調器151、152等に対応する。演算器145は、デコンボリューション演算器143及び行列式演算器144等に対応する。
- [0138] この例において、符号生成器121は、1対のPN符号に対応する1対のパルス列を生成し変調器154に入力する。変調器154は、1対のPN符号に対応する1対のパルス列を1対の搬送波（LO）で変調することにより変調波を生成する。ここでは、直交変調であるI/Q変調が用いられる。また、1対のパルス列のうち、一方が同相（I）成分として用いられ、他方が直交（Q）成分として用いられる。また、例えば、1対の搬送波の周波数は、10GHzである。
- [0139] そして、変調器154は、変調波を送信器102に入力する。送信器102は、変調波を放射する。その後、変調波は、物体で反射する。
- [0140] そして、受信器103が、変調波を受信し復調器142に入力する。この変調波には、複数の送信器102から放射され、物体で反射した複数の変調波が混入していると想定される。
- [0141] 復調器142は、1対の局部波動（LO）に従って変調波から同相（I）成分及び直交（Q）成分を復調する。そして、復調器142は、同相（I）成分及び直交（Q）成分を演算器145に入力する。演算器145は、同相（I）成分及び直交（Q）成分に対して1対のPN符号でデコンボリューションを行う。これにより、1対のPN符号に対する個別データが得られる。
- [0142] 例えば、同時送信及び同時受信の実現を容易化するため、ある符号を巡回（シフト）してできる符号は元の符号と直交する、というPN符号の性質が利用され得る。この方法に関して、次式（2-1-1）のような2次元PN符号を用いて説明を行う。

[0143] [数4]

$$\mathbf{c}^j = \begin{pmatrix} \mathbf{c}_I^j \\ \mathbf{c}_Q^j \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_j \\ a_{p_i+j} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_0, a_1, a_2, \dots, a_{M-1} \\ a_{p_i}, a_{p_i+1}, a_{p_i+2}, \dots, a_{p_i+M-1} \end{pmatrix} \\ (j=0, 1, 2, \dots, M-1) \\ \dots (2-1-1)$$

[0144] ここで、2行目の符号は、1行目の符号を p_i ビットずらした符号である。これらの符号が、変調されて、図21に示された変調器154のポートI及びポートQへ入力される。

[0145] QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) に基づく直交変調で変調された信号は、送信器102から次式(2-1-2)のような時系列信号として出力される。

[0146] [数5]

$$s(t) = c_I^j(t) \cos(2\pi f_c t) + c_Q^j(t) \sin(2\pi f_c t) \\ \dots (2-1-2)$$

[0147] ここで、 $c_I^j(t)$ 及び $c_Q^j(t)$ は、符号をデジタルで送信した場合の時間波形に対応するデジタル波形(デジタル時間波形)を表している。また、 f_c は、1対の搬送波の周波数である。この信号が、送信器102から放射され、物体で反射し、受信器103で受信される。受信器103で受信される信号の波形は、送信器102と受信器103との間で、周波数及び位相が同じである場合、次式(2-1-3)のように表現され得る。

[0148] [数6]

$$s_R(t) = f_I(t) \cos(2\pi f_c t) + g_Q(t) \sin(2\pi f_c t) \\ f_I(t) = \sum_j x_j c_I^j(t-t_j) \\ g_Q(t) = \sum_j y_j c_Q^j(t-t_j) \\ \dots (2-1-3)$$

[0149] ここで、 $f_I(t)$ 及び $g_Q(t)$ は、検波された中間周波数(IF)信号のI成分及びQ成分である。 $\{x_j, y_j\}$ は、 $t=t_j$ に戻ってきた信号の振幅である。また、式(2-1-3)において、 j は、 j 番目の反射点に対応

する。次に、 $f_I(t)$ 及び $g_Q(t)$ に対して符号 (c^{i_I}, c^{i_Q}) でデコンボリューションが行われる。

[0150] [数7]

$$F_I(t) = \int c^{i_I}(\tau - t) f_I(\tau) d\tau = \sum_j x_j \delta(t - t_j)$$

$$G_Q(t) = \int c^{i_Q}(\tau - t) g_Q(\tau) d\tau = \sum_j y_j \delta(t - t_j)$$

・・・(2-1-4)

[0151] この結果は、行列表示を用いて次式(2-1-5)のように表現される。
ここで、理想的には、 $x_j = y_j$ である。

[0152] [数8]

$$\begin{pmatrix} 0, 0, 0, x_1, 0, 0, x_2, 0, 0, 0, x_3, 0, 0, \dots \\ 0, 0, 0, y_1, 0, 0, y_2, 0, 0, 0, y_3, 0, 0, \dots \\ -, -, -, t_1, -, -, t_2, -, -, -, t_3, -, -, \dots \end{pmatrix}$$

・・・(2-1-5)

[0153] 送信に用いられた符号でデコンボリューションを行うことにより、同じ時間にほぼ等しい大きさのパルスが得られる。これを送信の符号とは異なる符号 (c^{k_I}, c^{k_Q}) でデコンボリューションが行われる場合、次式(2-1-6)及び(2-1-7)のような結果が得られる。簡単のため、送信の符号とは異なる符号 (c^{k_I}, c^{k_Q}) は、送信の符号 (c^{i_I}, c^{i_Q}) とは Q について1ビットずれている(つまり、 $p_k = p_i + 1$)と仮定されている。

[0154] [数9]

$$F_D(t) = \int c^{k_I}(\tau - t) f(\tau) d\tau = \sum_j x_j \delta(t - t_j)$$

$$G_D(t) = \int c^{k_Q}(\tau - t) g(\tau) d\tau = \sum_j y_j \delta(t - t_j - 1)$$

・・・(2-1-6)

[0155]

[数10]

$$\begin{pmatrix} 0, 0, 0, x_1, 0, 0, x_2, 0, 0, 0, x_3, 0, 0, \dots \\ 0, 0, 0, 0, y_1, 0, 0, y_2, 0, 0, 0, y_3, 0, \dots \\ (-, -, -, t_1, -, -, t_2, -, -, -, t_3, -, -, \dots) \\ \dots (2-1-7) \end{pmatrix}$$

[0156] 式(2-1-7)の1行目及び2行目において同じ時間にはパルスが無い。

[0157] 以上の2種類の結果に基づいて、複数の送信器102から1つの受信器103で混信して受信された信号が、送信器102ごとに分離され得る。この例では、異なる送信器102の符号 c_Q が1ビットだけずれている。実際には、符号 c_Q が数十ビット以上ずれるように設計される。

[0158] 搬送波の生成に高精度水晶発振器が用いられる場合、周波数精度が 10^{-10} 程度である。したがって、搬送波の周波数が10GHzである場合、1Hz程度の誤差が発生する。このため送信側と受信側とが同期されていないヘテロダイン検波が用いられる場合、位相が時間と共に緩やかに変化する。例えば、QPSKに基づく直交変調で変調された信号は、送信器102から次式(2-2-1)のような時系列信号で出力される。

[0159] [数11]

$$\begin{aligned} s(t) &= c_I^i(t) \cos(2\pi f_c t) + c_Q^i(t) \sin(2\pi f_c t) \\ &\dots (2-2-1) \end{aligned}$$

[0160] 以下では、検波用の搬送波が局部波動生成器141等によって生成され、送信側と受信側とで搬送波(つまりLO信号)の位相差が θ であると仮定される。この仮定において、受信信号 $s_R(t)$ は、次式(2-2-2)のように表現される。

[0161] [数12]

$$\begin{aligned} s_R(t) &= c_I^i(t) \cos(2\pi f_c t + \theta) + c_Q^i(t) \sin(2\pi f_c t + \theta) \\ &= \{c_I^i(t) \cos \theta + c_Q^i(t) \sin \theta\} \cos(2\pi f_c t) \\ &\quad + \{-c_I^i(t) \sin \theta + c_Q^i(t) \cos \theta\} \sin(2\pi f_c t) \\ &\dots (2-2-2) \end{aligned}$$

[0162] また、式（２－２－２）の受信信号 $s_R(t)$ について検波された I F 信号の I 成分及び Q 成分は、次式（２－２－３）のように表現される。

[0163] [数13]

$$\begin{pmatrix} f_I(t) \\ g_Q(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c_I^i(t) \\ c_Q^i(t) \end{pmatrix} \quad \dots (2-2-3)$$

[0164] 上記の式（２－２－３）は、元の信号 $\{c_I^i(t), c_Q^i(t)\}$ を角度 θ だけ回転することに対応する。次に、式（２－２－３）に対して、次式（２－２－４）で表現されるような２次元デコンボリューションが行われる。

[0165] [数14]

$$\begin{aligned} & \left[\int c_I^i(t) \otimes \begin{pmatrix} f_I(t) \\ g_Q(t) \end{pmatrix} \quad \int c_Q^i(t) \otimes \begin{pmatrix} f_I(t) \\ g_Q(t) \end{pmatrix} \right] \\ &= \begin{pmatrix} \int c_I^i(\tau-t) f_I(\tau) d\tau & \int c_Q^i(\tau-t) f_I(\tau) d\tau \\ \int c_I^i(\tau-t) g_Q(\tau) d\tau & \int c_Q^i(\tau-t) g_Q(\tau) d\tau \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} \delta(t) \cos \theta + \delta(t-p_i) \sin \theta & \delta(t+p_i) \cos \theta + \delta(t) \sin \theta \\ -\delta(t) \sin \theta + \delta(t-p_i) \cos \theta & -\delta(t+p_i) \sin \theta + \delta(t) \cos \theta \end{pmatrix} \\ & \dots (2-2-4) \end{aligned}$$

[0166] 式（２－２－４）の行列式を計算することにより、 p_i が 0 でない限り、次式（２－２－５）が得られる。

[0167] [数15]

$$\det \left[\int c_I^i(t) \otimes \begin{pmatrix} f_I(t) \\ g_Q(t) \end{pmatrix} \quad \int c_Q^i(t) \otimes \begin{pmatrix} f_I(t) \\ g_Q(t) \end{pmatrix} \right] = \delta(t)^2 \quad \dots (2-2-5)$$

[0168] つまり、結果は θ に依存しない。この結果は、行列の２つの固有値の積が回転不変量であるからであり、送信器 102 と受信器 103 との LO 信号の位相が変化しても（同期しなくても）デコンボリューションは可能であることを示す。

[0169] 次に、QPSK に基づく直交変調で変調された信号が、送信器 102 から次式（２－３－１）のような時系列信号として出力されると仮定する。

[0170]

[数16]

$$s(t) = c_I^i(t) \cos(2\pi f_c t) + c_Q^i(t) \sin(2\pi f_c t) \\ \dots (2-3-1)$$

[0171] ここで、 $c_I^i(t)$ 及び $c_Q^i(t)$ は、符号をデジタルで送信した場合の時間波形に対応するデジタル波形（デジタル時間波形）を表している。また、 f_c は、1 対の搬送波の周波数である。この信号が、送信器 102 から放射され、物体で反射し、受信器 103 で受信される。受信器 103 で受信される波形は、送信器 102 と受信器 103 との間で、周波数が同じで、位相が異なる場合、次式（2-3-2）のように表現され得る。

[0172] [数17]

$$s_R(t) = \sum_j x_j \{ c_I^j(t-t_j) \cos(2\pi f_c t + \theta_j) + c_Q^j(t-t_j) \sin(2\pi f_c t + \theta_j) \} \\ = \sum_j x_j \left[\{ c_I^j(t-t_j) \cos \theta_j + c_Q^j(t-t_j) \sin \theta_j \} \cos(2\pi f_c t) \right. \\ \left. + x_j \{ -c_I^j(t-t_j) \sin \theta_j + c_Q^j(t-t_j) \cos \theta_j \} \sin(2\pi f_c t) \right] \\ \dots (2-3-2)$$

[0173] 式（2-3-2）で表現されるような受信信号 $s_R(t)$ について検波された信号に対して、2次元デコンボリューションが行われる。

[0174] 例えば、固定の j について、図 22 の式（2-3-3）が成立する。式（2-3-3）の行列式を計算することにより、図 23 の式（2-3-4）のように、 θ に依存しない結果が得られる。

[0175] したがって、受信信号 $s_R(t)$ を搬送波で検波し、2次元PN符号を用いて2次元デコンボリューションを行い、行列式を計算することにより、図 24 の式（2-3-5）のような結果が得られる。

[0176] 例えば、QPSK直交変調された信号が、 i 番目の送信器 102 から次のような時系列信号で出力される。

[0177] [数18]

$$s(t) = c_I^i(t) \cos(2\pi f_c t) + c_Q^i(t) \sin(2\pi f_c t) \\ \dots (2-4-1)$$

[0178] 全ての送信器 102 から同時放射され、1つの受信器 103 で受信される

信号は次のように表現される。

[0179] [数19]

$$\begin{aligned}
 s_R(t) &= \sum_i \sum_j x_{i,j} \left\{ c_I^i(t-t_{i,j}) \cos(2\pi f_c t + \theta_{i,j}) + c_Q^i(t-t_{i,j}) \sin(2\pi f_c t + \theta_{i,j}) \right\} \\
 &= \sum_i \sum_j x_{i,j} \left[\left\{ c_I^i(t-t_{i,j}) \cos \theta_{i,j} + c_Q^i(t-t_{i,j}) \sin \theta_{i,j} \right\} \cos(2\pi f_c t) \right. \\
 &\quad \left. + x_{i,j} \left\{ -c_I^i(t-t_{i,j}) \sin \theta_{i,j} + c_Q^i(t-t_{i,j}) \cos \theta_{i,j} \right\} \sin(2\pi f_c t) \right] \\
 &\quad \dots (2-4-2)
 \end{aligned}$$

[0180] $x_{i,j}$ 、 $t_{i,j}$ 及び $\theta_{i,j}$ は、 i 番目の送信器 102 から放射され、 j 番目の反射点で反射し、受信器 103 で受信される信号に対応する反射振幅、到達時間及び位相差をそれぞれ表している。次式は、 i 番目の送信符号及び k 番目の送信符号を表す。

[0181] [数20]

$$\begin{aligned}
 \mathbf{c}^i &= \begin{pmatrix} c_I^i \\ c_Q^i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_j \\ a_{p_i+j} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_0, a_1, a_2, \dots, a_{M-1} \\ a_{p_i}, a_{p_i+1}, a_{p_i+2}, \dots, a_{p_i+M-1} \end{pmatrix} \\
 &\quad (j=0, 1, 2, \dots, M-1) \\
 \mathbf{c}^k &= \begin{pmatrix} c_I^k \\ c_Q^k \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_j \\ a_{p_k+j} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_0, a_1, a_2, \dots, a_{M-1} \\ a_{p_k}, a_{p_k+1}, a_{p_k+2}, \dots, a_{p_k+M-1} \end{pmatrix} \\
 &\quad (j=0, 1, 2, \dots, M-1) \\
 &\quad \dots (2-4-3)
 \end{aligned}$$

[0182] これらの符号を用いて式 (2-4-2) の 2 次元デコンボリューションが行われる。そのため、まず、図 25 の式 (2-4-4) のようなデコンボリューションが行われる。次に、時間 t における行列式の値が、図 26 の式 (2-4-5) に従って求められる。これらの結果を用いて、式 (2-4-2) の完全なデコンボリューション及び行列式は、図 27 の式 (2-4-6) のように表現される。

[0183] ここで、右辺の 1 行目以外において、各項の最初の因子に δ 関数が存在し、 δ 関数の引数が $t_{i,j}$ 、 p_i 及び p_k 等の定数のみで構成されており、変数 t が含まれていない。 $t_{i,j}$ は、 i 番目の送信器 102 から放射された波動が物

体（識別番号 j ）で反射して受信器 103 で受信されるまでの時間である。

この $t_{i,j}$ は、時間 t に関して連続的に変化する量である。一方、 p_i 、 p_k 等は、自由に決定され得る量である。

[0184] 例えば、式（2-4-6）の右辺のうち以下の式（2-4-7）に示す項が 0 でないことが偶然に起こり得る。しかしながら、 p_k が別の値になれば、この項は 0 になる。

[0185] [数21]

$$\delta(t_{i,j} - p_k - t_{i,j}) x_{i,j} x_{i,j} \cos \theta_{i,j} \sin \theta_{i,j} \delta(t - t_{i,j})$$

$$\cdots (2-4-7)$$

[0186] したがって、式（2-4-6）の右辺の 1 行目以外の項は、偶然混信項と表現され得る。これらに基づいて、符号を以下のように生成することが有用である。

[0187] 次式において、式（2-1-1）に示された 2 次元 PN 符号が示されている。

[0188] [数22]

$$\mathbf{c}^j = \begin{pmatrix} \mathbf{c}_I^j \\ \mathbf{c}_Q^j \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_j \\ a_{p_i+j} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_0, a_1, a_2, \dots, a_{M-1} \\ a_{p_i}, a_{p_i+1}, a_{p_i+2}, \dots, a_{p_i+M-1} \end{pmatrix}$$

$$(j=0, 1, 2, \dots, M-1)$$

$$\cdots (2-4-8)$$

[0189] $\mathbf{c}_{iQ}$ は、 $\mathbf{c}_{iI}$ を p_i ビットずらした符号である。符号生成器 121 は、このビット遅延量 p_i を固定ではなく符号が送信される毎にホッピングさせる。送信器 102 の数が n である場合、符号生成器 121 は、 p_i ($i=1, 2, 3, \dots, n$) を n 個の異なる整数値から選択する。そして、符号生成器 121 は、 i 番目の送信符号の遅延量 p_i を符号送信のトリガが発生する度に變化させ、 i 番目の送信器 102 の符号を次のように置き換える。

[0190] [数23]

$$\mathbf{c}_{iQ}^{\sigma_i(t)} (i=1, 2, \dots, n) (t=0, 1, 2, 3, \dots, t, \dots)$$

$$\cdots (2-4-9)$$

[0191] $\sigma_t(i)$ ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) は、トリガタイミング t における t 回の右へのシフトを表す。また、符号生成器 121 は、 t が一定数 N を超える場合、 $\text{mod}(N)$ を用いて巡回置換のように符号を変化させる。このような制御において、遅延量は、 $p_{\sigma_t(i)}$ である。これにより、偶然混信の発生確率を $1/N$ に下げることが可能になる。

[0192] 例えば、2つの異なる送信符号 $c_{i,q}$ 、 $c_{j,q}$ が、物体で反射して同じ受信器 103 へ入る。それらの符号の受信時刻の差が、最初に定義されたある符号 $c_{k,q}$ の遅延量 p_k と等しい場合に混信が発生する。このような混信の発生確率を上記の遅延量のホッピングにより $1/N$ に下げることが可能になる。

[0193] 上記では、ホッピングする遅延量を遅延量の標本から巡回的に選択することが仮定されている。しかしながら、もっと自由に大きな標本から遅延量が選択されてもよい。

[0194] したがって、受信信号 $s_R(t)$ を搬送波で検波し、2次元PN符号を用いて2次元デコンボリューションを行い、行列式を計算することにより、次式が得られる。

[0195] [数24]

$$\begin{aligned} \text{検波した受信信号}(T_k \rightarrow R) &= \sum_i \sum_j \delta_{k,i} x_{i,j}^2 \delta(t - t_{i,j})^2 \\ &= \sum_j x_{k,j}^2 \delta(t - t_{k,j})^2 \\ &\dots (2-4-10) \end{aligned}$$

[0196] よって、複数の送信器 102 が、互いに異なる2次元PN符号をQPSK直交変調で変調して同時に放射しても、事実上混信のない受信データが得られる。

[0197] 上記の結果は、搬送波の同期を必要としない場合の結果である。搬送波が同期している場合には、より精密な結果が得られる。

[0198] 例えば、受信信号 $s_R(t)$ を搬送波で検波し、受信信号 $s_R(t)$ に対して2次元PN符号で2次元デコンボリューションが行われる。この場合の2次元デコンボリューションは、行列表現を用いて、図28の式(2-5-1)のように表現される。この式に $t = t_{k,b}$ を代入することで、図29の式(

2-5-2) が得られる。

[0199] 式 (2-5-2) における 0 (時間平均) は、符号の周期に比べて長い時間における平均が 0 であることを意味する。送信器 102 から放射される信号は、式 (2-3-1) で表される。次式は、式 (2-3-1) と同じ式である。また、 f_c は、搬送波の周波数である。

[0200] [数25]

$$s(t) = c_I^j(t) \cos(2\pi f_c t) + c_Q^j(t) \sin(2\pi f_c t) \\ \dots (2-5-3)$$

[0201] 受信器 103 で得られる信号は一般に次式のように表される。

[0202] [数26]

$$s_R(t) = \sum_j x_j \{ c_I^j(t-t_j) \cos(2\pi f_c t + \theta_j) + c_Q^j(t-t_j) \sin(2\pi f_c t + \theta_j) \} \\ \dots (2-5-4)$$

[0203] x_j は反射率である。 θ_j は、送信器 102 と受信器 103 との間の伝搬における位相差であり、次のような物理的意味を持っている。

[0204] [数27]

$$\theta_j = \frac{2\pi(r_{T \rightarrow P} + r_{P \rightarrow R})}{\lambda_c} \\ \dots (2-5-5)$$

[0205] つまり、 θ_j は、送信点から物体 P で反射して受信点に至る距離を搬送波の波長で割ることで得られる位相差である。k 番目の送信器 102 から 1 つの受信器 103 で受信される信号は次のように表現される。

[0206] [数28]

$$\Phi_k = \sum_j x_{k,j} e^{-i\theta_{k,j}} \quad (\text{複素表示}) \\ \dots (2-5-6)$$

[0207] 式 (2-5-6) は、k 番目の送信器 102 から 1 つの受信器 103 で受信される信号の反射率と、搬送波の位相差とを示す。同時送信しても混信するようなこともなく搬送波の位相差を求めることができるので、各受信器 1

03について式(2-5-6)のデータを求めることにより、高分解能のデータを得ることができる。

[0208] <2対の搬送波を用いる構成例>

図30は、2対の搬送波が用いられる場合における生成器101の構成例を示すブロック図である。この例において、生成器101は、符号生成器121、搬送波生成器122、変調器161～166、合成器167～169及び増幅器124を備える。

[0209] また、この例において、符号生成器121は、互いに異なる複数の第1の2次元ベクトル符号に対応する複数対の第1パルス列、及び、互いに異なる複数の第2の2次元ベクトル符号に対応する複数対の第2パルス列を生成する。例えば、符号生成器121は、互いに異なる n 個の第1の2次元ベクトル符号に対応する n 対の第1パルス列、及び、互いに異なる n 個の第2の2次元ベクトル符号に対応する n 対の第2パルス列を生成する。ここで、 n は、複数の送信器102の数である。

[0210] 各第1の2次元ベクトル符号は、基準符号と第1個別符号とを2つの要素として有する。各第2の2次元ベクトル符号は、第2個別符号と第3個別符号とを2つの要素として有する。基準符号は、複数の第1の2次元ベクトル符号において同じである。複数の第1の2次元ベクトル符号及び複数の第2の2次元ベクトル符号における共通の基準符号、複数の第1個別符号、複数の第2個別符号及び複数の第3個別符号は、互いに異なる。

[0211] 共通の基準符号、複数の第1個別符号、複数の第2個別符号及び複数の第3個別符号は、互いに直交する複数の直交符号であってもよい。共通の基準符号、複数の第1個別符号、複数の第2個別符号及び複数の第3個別符号は、シフト量が互いに異なる複数の巡回符号であってもよい。共通の基準符号、複数の第1個別符号、複数の第2個別符号及び複数の第3個別符号は、互いに直交し、かつ、シフト量が互いに異なる複数のPN符号であってもよい。

[0212] また、この例において、搬送波生成器122は、位相が互いに直交する1

対の第1搬送波、及び、位相が互いに直交する1対の第2搬送波を生成する。
。1対の第1搬送波の周波数と、1対の第2搬送波の周波数とは、互いに異なる。

[0213] また、この例において、変調器161は、符号生成器121で生成された複数対の第1パルス列における一方側の複数のパルス列を搬送波生成器122で生成された1対の第1搬送波における一方の搬送波で変調する。具体的には、例えば、変調器161は、それぞれが基準符号に対応する複数のパルス列を1対の第1搬送波における一方の搬送波で変調する。これにより、変調器161は、複数の変調波を生成する。

[0214] また、この例において、変調器162は、符号生成器121で生成された複数対の第1パルス列における他方側の複数のパルス列を搬送波生成器122で生成された1対の第1搬送波における他方の搬送波で変調する。具体的には、例えば、変調器162は、複数の第1の2次元ベクトル符号における複数の第1個別符号に対応する複数のパルス列を1対の第1搬送波における他方の搬送波で変調する。これにより、変調器162は、複数の変調波を生成する。

[0215] また、この例において、合成器167は、変調器161で生成された複数の変調波と、変調器162で生成された複数の変調波とを合成する。これにより、合成器167は、新たに複数の変調波を生成する。例えば、合成器167は、変調器161で生成されたn個の変調波と、変調器162で生成されたn個の変調波とを合成することにより、新たにn個の変調波を生成する。

[0216] また、この例において、変調器163は、符号生成器121で生成された複数対の第2パルス列における一方側の複数のパルス列を搬送波生成器122で生成された1対の第1搬送波における一方の搬送波で変調する。具体的には、例えば、変調器163は、複数の第2の2次元ベクトル符号における複数の第2個別符号に対応する複数のパルス列を1対の第1搬送波における一方の搬送波で変調する。これにより、変調器163は、複数の変調波を生

成する。

[0217] また、この例において、変調器 1 6 4 は、符号生成器 1 2 1 で生成された複数対の第 2 パルス列における他方側の複数のパルス列を搬送波生成器 1 2 2 で生成された 1 対の第 1 搬送波における他方の搬送波で変調する。具体的には、例えば、変調器 1 6 4 は、複数の第 2 の 2 次元ベクトル符号における複数の第 3 個別符号に対応する複数のパルス列を 1 対の第 1 搬送波における他方の搬送波で変調する。これにより、変調器 1 6 4 は、複数の変調波を生成する。

[0218] また、この例において、合成器 1 6 8 は、変調器 1 6 3 で生成された複数の変調波と、変調器 1 6 4 で生成された複数の変調波とを合成する。これにより、合成器 1 6 8 は、新たに複数の変調波を生成する。例えば、合成器 1 6 8 は、変調器 1 6 3 で生成された n 個の変調波と、変調器 1 6 4 で生成された n 個の変調波とを合成することにより、新たに n 個の変調波を生成する。

[0219] また、この例において、変調器 1 6 5 は、合成器 1 6 7 で生成された複数の変調波を搬送波生成器 1 2 2 で生成された 1 対の第 2 搬送波における一方の搬送波で変調する。これにより、変調器 1 6 5 は、新たに複数の変調波を生成する。

[0220] また、この例において、変調器 1 6 6 は、合成器 1 6 8 で生成された複数の変調波を搬送波生成器 1 2 2 で生成された 1 対の第 2 搬送波における他方の搬送波で変調する。これにより、変調器 1 6 6 は、新たに複数の変調波を生成する。

[0221] また、この例において、合成器 1 6 9 は、変調器 1 6 5 で生成された複数の変調波と、変調器 1 6 6 で生成された複数の変調波とを合成する。これにより、合成器 1 6 9 は、新たに複数の変調波を生成する。例えば、合成器 1 6 9 は、変調器 1 6 5 で生成された n 個の変調波と、変調器 1 6 6 で生成された n 個の変調波とを合成することにより、新たに n 個の変調波を生成する。

- [0222] また、この例において、増幅器 124 は、合成器 169 で生成された複数の変調波を増幅する。
- [0223] 上記の動作によって、生成器 101 は、複数対の第 1 パルス列、複数対の第 2 パルス列、1 対の第 1 搬送波、及び、1 対の第 2 搬送波を生成する。そして、生成器 101 は、複数対の第 1 パルス列を 1 対の第 1 搬送波で変調することにより複数の第 1 変調波を生成し、複数対の第 2 パルス列を 1 対の第 1 搬送波で変調することにより複数の第 2 変調波を生成する。そして、生成器 101 は、複数の第 1 変調波及び複数の第 2 変調波を 1 対の第 2 搬送波で変調することにより複数の変調波を放射対象の複数の波動として生成する。
- [0224] 例えば、生成器 101 は、 n 対の第 1 パルス列、 n 対の第 2 パルス列、1 対の第 1 搬送波、及び、1 対の第 2 搬送波を生成する。そして、生成器 101 は、 n 対の第 1 パルス列、 n 対の第 2 パルス列、1 対の第 1 搬送波、及び、1 対の第 2 搬送波に従って、 n 個の変調波を放射対象の n 個の波動として生成する。そして、 n 個の変調波が n 個の送信器 102 からそれぞれ放射される。
- [0225] なお、第 1 の 2 次元ベクトル符号と、第 2 の 2 次元ベクトル符号とは、4 次元ベクトル符号とも解釈され得る。
- [0226] 図 31 は、2 対の搬送波が用いられる場合における符号生成器 121 の構成例を示すブロック図である。この例において、符号生成器 121 は、符号集合が記憶されたメモリ 131 を備える。符号集合は、複数の第 1 の 2 次元ベクトル符号及び複数の第 2 の 2 次元ベクトル符号を含む。符号集合に含まれる複数の第 1 の 2 次元ベクトル符号及び複数の第 2 の 2 次元ベクトル符号の特性は、図 30 を用いて説明した複数の第 1 の 2 次元ベクトル符号及び複数の第 2 の 2 次元ベクトル符号の特性と同じである。
- [0227] また、この例において、符号生成器 121 は、メモリ 131 に記憶された符号集合に従って、符号集合に含まれる複数の第 1 の 2 次元ベクトル符号及び複数の第 2 の 2 次元ベクトル符号に対応する複数対の第 1 パルス列及び複数対の第 2 パルス列を生成してもよい。

- [0228] そして、生成器 1 0 1 は、符号生成器 1 2 1 で生成された複数対の第 1 パルス列及び複数対の第 2 パルス列を 1 対の第 1 搬送波及び 1 対の第 2 搬送波を用いて変調することにより複数の変調波を複数の波動として生成してもよい。そして、複数の変調波は複数の送信器 1 0 2 からそれぞれ放射されてもよい。
- [0229] 符号集合に含まれる複数の第 1 の 2 次元ベクトル符号の数、及び、符号集合に含まれる複数の第 2 の 2 次元ベクトル符号の数は、複数の送信器 1 0 2 の数以上である。これらの数が複数の送信器 1 0 2 の数よりも大きい場合、これらの一部が波動の送信に用いられなくてもよい。
- [0230] 図 3 2 は、2 対の搬送波が用いられる場合における符号生成器 1 2 1 の別の構成例を示すブロック図である。この例において、符号生成器 1 2 1 は、図 3 1 に示されたメモリ 1 3 1 に加えて、選択器 1 3 2 を備える。また、この例において、メモリ 1 3 1 には、複数の符号集合候補が記憶されている。複数の符号集合候補は、互いに異なる。
- [0231] また、各符号集合候補は、図 3 1 を用いて説明した符号集合に含まれる複数の第 1 の 2 次元ベクトル符号及び複数の第 2 の 2 次元ベクトル符号の特性と同じ特性を有する複数の第 1 の 2 次元ベクトル符号及び複数の第 2 の 2 次元ベクトル符号を含む。
- [0232] また、この例において、選択器 1 3 2 は、複数の符号集合候補から符号集合を選択する。そして、選択器 1 3 2 は、選択された符号集合に含まれる複数の第 1 の 2 次元ベクトル符号及び複数の第 2 の 2 次元ベクトル符号に対応する複数対の第 1 パルス列及び複数対の第 2 パルス列を生成する。
- [0233] また、この例において、選択器 1 3 2 は、図 8 の例と同様に、放射対象の複数の波動に関連する複数の符号を変更するための条件が満たされる度に、複数の符号集合候補から符号集合を選択することにより、複数の 2 次元ベクトル符号を変更する。
- [0234] 図 3 3 は、2 対の搬送波が用いられる場合における符号生成器 1 2 1 のさらに別の構成例を示すブロック図である。この例において、符号生成器 1 2

1 は、選択器 1 3 2 の内部に乱数生成器 1 3 3 を備える。そして、図 9 の例と同様に、乱数生成器 1 3 3 は、乱数を生成する。選択器 1 3 2 は、乱数生成器 1 3 3 から得られる乱数に従って、複数の符号集合候補からランダムに符号集合を選択する。

[0235] また、この例において、選択器 1 3 2 は、ランダムに選択された符号集合に含まれる複数の第 1 の 2 次元ベクトル符号及び複数の第 2 の 2 次元ベクトル符号に対応する複数対の第 1 パルス列及び複数対の第 2 パルス列を生成する。

[0236] 図 3 4 は、2 対の搬送波が用いられる場合における導出器 1 0 4 の構成例を示すブロック図である。この例において、導出器 1 0 4 は、局部波動生成器 1 4 1 及び復調器 1 7 1 ~ 1 7 3 を備える。

[0237] また、この例において、局部波動生成器 1 4 1 は、図 3 0 に示された搬送波生成器 1 2 2 で生成される 1 対の第 1 搬送波及び 1 対の第 2 搬送波にそれぞれ対応する 1 対の第 1 局部波動及び 1 対の第 2 局部波動を生成する。

[0238] 例えば、1 対の第 1 局部波動は、1 対の第 1 搬送波と同じ周波数を有し、互いに直交する。また、1 対の第 2 局部波動は、1 対の第 2 搬送波と同じ周波数を有し互いに直交する。1 対の第 1 局部波動の位相及び 1 対の第 2 局部波動の位相は、1 対の第 1 搬送波の位相及び 1 対の第 2 搬送波の位相に同期していてもよいし、同期していなくてもよい。

[0239] また、この例において、復調器 1 7 1 は、局部波動生成器 1 4 1 で生成された 1 対の第 2 局部波動で、各受信器 1 0 3 の受信データから第 1 処理対象データを復調する。第 1 処理対象データは、複数の第 1 変調波及び複数の第 2 変調波に対応する。また、復調された第 1 処理対象データは、同相成分と直交成分との 2 つの成分を含む。そして、復調器 1 7 2、1 7 3 は、局部波動生成器 1 4 1 で生成された 1 対の第 1 局部波動で、第 1 処理対象データの 2 つの成分から、複数対の第 1 パルス列及び複数対の第 2 パルス列に対応する第 2 処理対象データを復調する。

[0240] これにより、1 対の第 1 搬送波及び 1 対の第 2 搬送波で変調された複数の

第1の2次元ベクトル符号（複数対の第1パルス列）及び複数の第2の2次元ベクトル符号（複数対の第2パルス列）に対応する第2処理対象データが得られる。そして、導出器104は、第2処理対象データから、各送信器102と各受信器103との組み合わせ毎に個別データを導出する。

[0241] 図35は、2対の搬送波が用いられる場合における導出器104の別の構成例を示すブロック図である。この例において、導出器104は、図34に示された局部波動生成器141及び復調器171～173に加えて、デコンボリューション演算器143を備える。

[0242] また、この例において、デコンボリューション演算器143は、復調器172及び173で復調された第2処理対象データに対して各送信器102に対応する第1の2次元ベクトル符号及び第2の2次元ベクトル符号でデコンボリューションを行う。

[0243] これにより、デコンボリューション演算器143は、第2処理対象データから2次元ベクトル符号に対応する成分を取得することができる。したがって、検知装置100は、各受信器103の受信データから各送信器102に対応する個別データを導出することができ、各送信器102と各受信器103との組み合わせ毎に個別データを導出することができる。

[0244] 図36は、2対の搬送波が用いられる場合における導出器104のさらに別の構成例を示すブロック図である。この例において、導出器104は、図35に示された局部波動生成器141、復調器171～173及びデコンボリューション演算器143に加えて、行列式演算器144を備える。

[0245] また、この例において、行列式演算器144は、デコンボリューション演算器143によって行われたデコンボリューションの演算結果に対して行列式の演算を行う。これにより、導出器104は、第1の2次元ベクトル符号及び第2の2次元ベクトル符号に対応するデコンボリューション及び行列式に従って、各送信器102と各受信器103との組み合わせ毎に適切な形式で個別データを導出することができる。

[0246] 図37は、2対の搬送波が用いられる場合における処理例を示す概念図で

ある。この例において、符号生成器 121、変調器 181～183、送信器 102、受信器 103、復調器 171～173 及び演算器 145 が、検知装置 100 の構成要素として示されている。これらの構成要素は、上述された構成要素に対応する。例えば、変調器 181～183 は、変調器 161～166 等に対応する。演算器 145 は、デコンボリューション演算器 143 及び行列式演算器 144 等に対応する。

[0247] この例において、符号生成器 121 は、4 つの PN 符号に対応する 4 つのパルス列を生成し、第 1 PN 符号及び第 2 PN 符号に対応する 1 対のパルス列を変調器 182 に入力し、第 3 PN 符号及び第 4 PN 符号に対応する 1 対のパルス列を変調器 183 に入力する。

[0248] 変調器 182 は、第 1 PN 符号及び第 2 PN 符号に対応する 1 対のパルス列を 1 対の第 1 搬送波で変調することにより変調波を生成する。変調器 183 は、第 3 PN 符号及び第 4 PN 符号に対応する 1 対のパルス列を 1 対の第 1 搬送波で変調することにより変調波を生成する。ここでは、直交変調である I/Q 変調が用いられる。また、1 対のパルス列のうち、一方が同相 (I) 成分として用いられ、他方が直交 (Q) 成分として用いられる。また、例えば、1 対の第 1 搬送波の周波数は、6 GHz である。

[0249] 変調器 181 は、変調器 182 で生成された変調波、及び、変調器 183 で生成された変調波を 1 対の第 2 搬送波で変調することにより、新たに変調波を生成する。ここでも、直交変調である I/Q 変調が用いられる。また、2 つの変調波のうち、一方が同相 (I) 成分として用いられ、他方が直交 (Q) 成分として用いられる。また、例えば、1 対の第 2 搬送波の周波数は、40 GHz である。

[0250] そして、変調器 181 は、変調波を送信器 102 に入力する。送信器 102 は、変調波を放射する。その後、変調波は、物体で反射する。

[0251] そして、受信器 103 が、変調波を受信し復調器 171 に入力する。この変調波には、複数の送信器 102 から放射され、物体で反射した複数の変調波が混入していると想定される。

[0252] 復調器 171 は、1 対の第 2 局部波動に従って変調波から同相 (I) 成分及び直交 (Q) 成分を復調する。そして、復調器 171 は、同相 (I) 成分を復調器 172 に入力し、直交 (Q) 成分を復調器 173 に入力する。復調器 172 は、復調器 171 で復調された同相 (I) 成分から II 成分及び IQ 成分を 1 対の第 1 局部波動に従って復調する。復調器 173 は、復調器 171 で復調された直交 (Q) から QI 成分及び QQ 成分を 1 対の第 1 局部波動に従って復調する。

[0253] そして、演算器 145 は、復調された II 成分、IQ 成分、QI 成分及び QQ 成分に対して第 1 PN 符号、第 2 PN 符号、第 1 PN 符号及び第 2 PN 符号でデコンボリューションを行う。これにより、第 1 PN 符号、第 2 PN 符号、第 1 PN 符号及び第 2 PN 符号に対する個別データが得られる。

[0254] 次に、2 対の搬送波が用いられる場合における PN 符号ベクトルを説明する。まず、1 つの PN 符号が選択される。この PN 符号は、次式 (3-1-1) のように表現される。

[0255] [数29]

$$\mathbf{c} = (a_j) = (a_0, a_1, a_2, \dots, a_{M-1}) \quad (j = 0, 1, 2, \dots, M-1) \\ \dots (3-1-1)$$

[0256] 以下では、式 (3-1-1) の符号を巡回シフトすることで得られる符号が用いられる。次に、次式 (3-1-2) のような 2 組の 2 次元 PN 符号が定められる。

[0257] [数30]

$$\mathbf{c}_I^j = \begin{pmatrix} \mathbf{c}_{II}^j \\ \mathbf{c}_{IQ}^j \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{p_{II}+j} \\ a_{p_{IQ}+j} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{p_{II}}, a_{p_{II}+1}, a_{p_{II}+2}, \dots, a_{p_{II}+M-1} \\ a_{p_{IQ}}, a_{p_{IQ}+1}, a_{p_{IQ}+2}, \dots, a_{p_{IQ}+M-1} \end{pmatrix} \\ (j = 0, 1, 2, \dots, M-1) \\ \mathbf{c}_Q^j = \begin{pmatrix} \mathbf{c}_{QI}^j \\ \mathbf{c}_{QQ}^j \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{p_{QI}+j} \\ a_{p_{QQ}+j} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{p_{QI}}, a_{p_{QI}+1}, a_{p_{QI}+2}, \dots, a_{p_{QI}+M-1} \\ a_{p_{QQ}}, a_{p_{QQ}+1}, a_{p_{QQ}+2}, \dots, a_{p_{QQ}+M-1} \end{pmatrix} \\ (j = 0, 1, 2, \dots, M-1) \\ \dots (3-1-2)$$

[0258] サフィックスは、図 37 に対応しており、 $\mathbf{c}_{iAB}$ の i は、 i 番目の送信器 1

02に対応し、Aは、変調器181のIポート又はQポートに対応し、Bは、変調器182及び183のIポート又はQポートに対応する。

[0259] また、ここで、 p_{11i} は、0と定められる。残りの p_{ABi} ($AB=IQ, QI, QQ$)は、正の整数値である。また、 p_{ABi} ($AB=II, IQ, QI, QQ$)について、ABが変われば、 p_{ABi} も変わる。また、 $AB=II$ を除いて、送信器102に対応するiが変われば、 p_{ABi} も変わる。 $AB=II$ を除いて、ABとiとの組み合わせごとに異なる値が p_{ABi} として選択されてもよい。

[0260] 上記の条件を満たすように符号生成器121から、2次元PN符号 c_{iI} が変調器182のIポート及びQポートへ入力され、2次元PN符号 c_{iQ} が変調器183のIポート及びQポートへ入力される。

[0261] そして、変調器182は、2次元PN符号 c_{iI} に基づいて、以下の式(3-1-3)に示される6GHzの変調信号 $s_I(t)$ を生成し、変調器181のIポートに入力する。また、変調器183は、2次元PN符号 c_{iQ} に基づいて、以下の式(3-1-4)に示される6GHzの変調信号 $s_Q(t)$ を生成し、変調器181のQポートに入力する。なお、式(3-1-3)及び(3-1-4)における f_{c2} は、6GHzである。

[0262] [数31]

$$s_I(t) = c_{II}^i(t) \cos(2\pi f_{c2} t) + c_{IQ}^i(t) \sin(2\pi f_{c2} t) \\ \dots (3-1-3)$$

[0263] [数32]

$$s_Q(t) = c_{QI}^i(t) \cos(2\pi f_{c2} t) + c_{QQ}^i(t) \sin(2\pi f_{c2} t) \\ \dots (3-1-4)$$

[0264] 変調器181は、6GHzの変調信号 $s_I(t)$ 及び $s_Q(t)$ に基づいて、40GHzの変調信号を生成し、出力する。これにより、QPSKに基づく直交変調で変調された信号として、送信器102から40GHzの搬送波で、次式(3-1-5)のような時系列信号が出力される。なお、式(3-1-5)における f_{c1} は、40GHzである。

[0265] [数33]

$$\begin{aligned}
s(t) &= s_I(t) \cos(2\pi f_{c1} t) + s_Q(t) \sin(2\pi f_{c1} t) \\
&= \left\{ c_{II}^i(t) \cos(2\pi f_{c2} t) + c_{IQ}^i(t) \sin(2\pi f_{c2} t) \right\} \cos(2\pi f_{c1} t) \\
&\quad + \left\{ c_{QI}^i(t) \cos(2\pi f_{c2} t) + c_{QQ}^i(t) \sin(2\pi f_{c2} t) \right\} \sin(2\pi f_{c1} t) \\
&= \left\{ \cos(2\pi f_{c2} t) \cos(2\pi f_{c1} t) \right\} c_{II}^i(t) + \left\{ \sin(2\pi f_{c2} t) \cos(2\pi f_{c1} t) \right\} c_{IQ}^i(t) \\
&\quad + \left\{ \cos(2\pi f_{c2} t) \sin(2\pi f_{c1} t) \right\} c_{QI}^i(t) + \left\{ \sin(2\pi f_{c2} t) \sin(2\pi f_{c1} t) \right\} c_{QQ}^i(t) \\
&\quad \cdot \cdot \cdot (3-1-5)
\end{aligned}$$

[0266] 搬送波の生成に高精度水晶発振器が用いられる場合、周波数精度が 10^{-10} 程度である。したがって、搬送波の周波数が 40 GHz である場合、 4 Hz 程度の誤差が発生する。このため送信側と受信側とが同期されていないヘテロダイン検波が用いられる場合、位相が時間と共に緩やかに変化する。例えば、QPSKに基づく直交変調で変調された信号は、送信器102から上記の式(3-1-5)のような時系列信号で出力される。

[0267] 以下では、送信器102と受信器103とで搬送波(つまりLO信号)の位相が異なると仮定される。具体的には、 40 GHz の検波用の発信器(局部波動生成器141)の位相が、送信器102用の発信器(搬送波生成器122)の位相と β だけ異なり、 6 GHz の検波用の発信器の位相が送信器102用の発信器の位相と α だけ異なると仮定される。この仮定において、送信器102と同一点にある受信器103に入力される信号は次式(3-2-1)のように表現される。

[0268]

[数34]

$$\begin{aligned}
s_R(t) &= \{\cos(2\pi f_{c2} t + \beta) \cos(2\pi f_{c1} t + \alpha)\} c_{II}^i(t) \\
&\quad + \{\sin(2\pi f_{c2} t + \beta) \cos(2\pi f_{c1} t + \alpha)\} c_{IQ}^i(t) \\
&\quad + \{\cos(2\pi f_{c2} t + \beta) \sin(2\pi f_{c1} t + \alpha)\} c_{QI}^i(t) \\
&\quad + \{\sin(2\pi f_{c2} t + \beta) \sin(2\pi f_{c1} t + \alpha)\} c_{QQ}^i(t) \\
&= \{\cos(2\pi f_{c2} t) \cos(\beta) - \sin(2\pi f_{c2} t) \sin(\beta)\} \\
&\quad \cdot \{\cos(2\pi f_{c1} t) \cos(\alpha) - \sin(2\pi f_{c1} t) \sin(\alpha)\} c_{II}^i(t) \\
&\quad + \{\sin(2\pi f_{c2} t) \cos(\beta) + \cos(2\pi f_{c2} t) \sin(\beta)\} \\
&\quad \cdot \{\cos(2\pi f_{c1} t) \cos(\alpha) - \sin(2\pi f_{c1} t) \sin(\alpha)\} c_{IQ}^i(t) \\
&\quad + \{\cos(2\pi f_{c2} t) \cos(\beta) - \sin(2\pi f_{c2} t) \sin(\beta)\} \\
&\quad \cdot \{\sin(2\pi f_{c1} t) \cos(\alpha) + \cos(2\pi f_{c1} t) \sin(\alpha)\} c_{QI}^i(t) \\
&\quad + \{\sin(2\pi f_{c2} t) \cos(\beta) + \cos(2\pi f_{c2} t) \sin(\beta)\} \\
&\quad \cdot \{\sin(2\pi f_{c1} t) \cos(\alpha) + \cos(2\pi f_{c1} t) \sin(\alpha)\} c_{QQ}^i(t) \\
&\quad \dots (3-2-1)
\end{aligned}$$

[0269] 6 GHz の 2 つの検波器（復調器 1 7 2 及び 1 7 3）から出力されるベースバンドの信号は次式（3-2-2）のように表現される。サフィックスの意味は、次のように定義される。R は、受信を意味する。R の次の I 又は Q は、40 GHz の検波器（復調器 1 7 1）の I ポート又は Q ポートを意味し、3 番目のサフィックスは、6 GHz 検波器（復調器 1 7 2 又は 1 7 3）の I ポート又は Q ポートを意味する。

[0270] [数35]

$$\begin{aligned}
s_{RII}(t) &= \cos(\beta) \cos(\alpha) c_{II}^i(t) + \sin(\beta) \cos(\alpha) c_{IQ}^i(t) \\
&\quad + \cos(\beta) \sin(\alpha) c_{QI}^i(t) + \sin(\beta) \sin(\alpha) c_{QQ}^i(t) \\
s_{RIQ}(t) &= -\sin(\beta) \cos(\alpha) c_{II}^i(t) + \cos(\beta) \cos(\alpha) c_{IQ}^i(t) \\
&\quad - \sin(\beta) \sin(\alpha) c_{QI}^i(t) + \cos(\beta) \sin(\alpha) c_{QQ}^i(t) \\
s_{RQI}(t) &= -\cos(\beta) \sin(\alpha) c_{II}^i(t) - \sin(\beta) \sin(\alpha) c_{IQ}^i(t) \\
&\quad + \cos(\beta) \cos(\alpha) c_{QI}^i(t) + \sin(\beta) \cos(\alpha) c_{QQ}^i(t) \\
s_{RQQ}(t) &= \sin(\beta) \sin(\alpha) c_{II}^i(t) - \cos(\beta) \sin(\alpha) c_{IQ}^i(t) \\
&\quad - \sin(\beta) \cos(\alpha) c_{QI}^i(t) + \cos(\beta) \cos(\alpha) c_{QQ}^i(t) \\
&\quad \dots (3-2-2)
\end{aligned}$$

[0271] 式(3-2-2)は、行列表示を用いて、次式(3-2-3)のように表現される。

[0272] [数36]

$$\begin{pmatrix} s_{RII}(t) \\ s_{RIQ}(t) \\ s_{RQI}(t) \\ s_{RQQ}(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(\beta)\cos(\alpha) & \sin(\beta)\cos(\alpha) & \cos(\beta)\sin(\alpha) & \sin(\beta)\sin(\alpha) \\ -\sin(\beta)\cos(\alpha) & \cos(\beta)\cos(\alpha) & -\sin(\beta)\sin(\alpha) & \cos(\beta)\sin(\alpha) \\ -\cos(\beta)\sin(\alpha) & -\sin(\beta)\sin(\alpha) & \cos(\beta)\cos(\alpha) & \sin(\beta)\cos(\alpha) \\ \sin(\beta)\sin(\alpha) & -\cos(\beta)\sin(\alpha) & -\sin(\beta)\cos(\alpha) & \cos(\beta)\cos(\alpha) \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} c_{II}^i(t) \\ c_{IQ}^i(t) \\ c_{QI}^i(t) \\ c_{QQ}^i(t) \end{pmatrix} \dots (3-2-3)$$

[0273] 式(3-2-3)の右辺の行列に関して次式(3-2-4)が成立する。

[0274] [数37]

$$\begin{pmatrix} \cos(\beta)\cos(\alpha) & \sin(\beta)\cos(\alpha) & \cos(\beta)\sin(\alpha) & \sin(\beta)\sin(\alpha) \\ -\sin(\beta)\cos(\alpha) & \cos(\beta)\cos(\alpha) & -\sin(\beta)\sin(\alpha) & \cos(\beta)\sin(\alpha) \\ -\cos(\beta)\sin(\alpha) & -\sin(\beta)\sin(\alpha) & \cos(\beta)\cos(\alpha) & \sin(\beta)\cos(\alpha) \\ \sin(\beta)\sin(\alpha) & -\cos(\beta)\sin(\alpha) & -\sin(\beta)\cos(\alpha) & \cos(\beta)\cos(\alpha) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(\alpha) & 0 & \sin(\alpha) & 0 \\ 0 & \cos(\alpha) & 0 & \sin(\alpha) \\ -\sin(\alpha) & 0 & \cos(\alpha) & 0 \\ 0 & -\sin(\alpha) & 0 & \cos(\alpha) \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \cos(\beta) & \sin(\beta) & 0 & 0 \\ -\sin(\beta) & \cos(\beta) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \cos(\beta) & \sin(\beta) \\ 0 & 0 & -\sin(\beta) & \cos(\beta) \end{pmatrix} \dots (3-2-4)$$

[0275] 式(3-2-4)のような分解によって、容易に次式(3-2-5)が成立することが導き出される。

[0276] [数38]

$$\det \begin{pmatrix} \cos(\beta)\cos(\alpha) & \sin(\beta)\cos(\alpha) & \cos(\beta)\sin(\alpha) & \sin(\beta)\sin(\alpha) \\ -\sin(\beta)\cos(\alpha) & \cos(\beta)\cos(\alpha) & -\sin(\beta)\sin(\alpha) & \cos(\beta)\sin(\alpha) \\ -\cos(\beta)\sin(\alpha) & -\sin(\beta)\sin(\alpha) & \cos(\beta)\cos(\alpha) & \sin(\beta)\cos(\alpha) \\ \sin(\beta)\sin(\alpha) & -\cos(\beta)\sin(\alpha) & -\sin(\beta)\cos(\alpha) & \cos(\beta)\cos(\alpha) \end{pmatrix} = 1$$

・・・(3-2-5)

[0277] ここで、送信器102が1つである場合が想定される。式(3-2-3)は、以下の式(3-3-1)及び(3-3-2)のように表現され得る。

[0278] [数39]

$$\begin{pmatrix} s_{RII}(t) \\ s_{RIQ}(t) \\ s_{RQI}(t) \\ s_{RQQ}(t) \end{pmatrix} = \mathbf{A} \begin{pmatrix} c_{II}^i(t) \\ c_{IQ}^i(t) \\ c_{QI}^i(t) \\ c_{QQ}^i(t) \end{pmatrix}$$

・・・(3-3-1)

[0279] [数40]

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} \cos(\beta)\cos(\alpha) & \sin(\beta)\cos(\alpha) & \cos(\beta)\sin(\alpha) & \sin(\beta)\sin(\alpha) \\ -\sin(\beta)\cos(\alpha) & \cos(\beta)\cos(\alpha) & -\sin(\beta)\sin(\alpha) & \cos(\beta)\sin(\alpha) \\ -\cos(\beta)\sin(\alpha) & -\sin(\beta)\sin(\alpha) & \cos(\beta)\cos(\alpha) & \sin(\beta)\cos(\alpha) \\ \sin(\beta)\sin(\alpha) & -\cos(\beta)\sin(\alpha) & -\sin(\beta)\cos(\alpha) & \cos(\beta)\cos(\alpha) \end{pmatrix}$$

・・・(3-3-2)

[0280] 式(3-1-2)で定義した符号で式(3-3-1)に対して行われるデコンボリューションは、図38の式(3-3-3)のように表現される。式(3-3-3)の左辺の行列がXで表現される場合、次式(3-3-4)が得られる。

[0281] [数41]

$$\mathbf{X} = \mathbf{A} \begin{pmatrix} \delta(t) & \delta(t-p_{IQk}) & \delta(t-p_{QIk}) & \delta(t-p_{QQk}) \\ \delta(t+p_{IQi}) & \delta_{k,i}\delta(t) & \delta(t-p_{QIk}+p_{IQi}) & \delta(t-p_{QQk}+p_{IQi}) \\ \delta(t+p_{QIi}) & \delta(t-p_{IQk}+p_{QIi}) & \delta_{k,i}\delta(t) & \delta(t-p_{QQk}+p_{QIi}) \\ \delta(t+p_{QQi}) & \delta(t-p_{IQk}+p_{QQi}) & \delta(t-p_{QIk}+p_{QQi}) & \delta_{k,i}\delta(t) \end{pmatrix}$$

・・・(3-3-4)

[0282] 式(3-3-4)の両辺に対して行列式を求めることにより、次式(3-3-5)が得られる。

[0283] [数42]

$$\begin{aligned} \det \mathbf{X} &= (\det \mathbf{A}) \det \begin{pmatrix} \delta(t) & \delta(t-p_{IQk}) & \delta(t-p_{QIk}) & \delta(t-p_{QQk}) \\ \delta(t+p_{IQi}) & \delta_{k,i}\delta(t) & \delta(t-p_{QIk}+p_{IQi}) & \delta(t-p_{QQk}+p_{IQi}) \\ \delta(t+p_{QIi}) & \delta(t-p_{IQk}+p_{QIi}) & \delta_{k,i}\delta(t) & \delta(t-p_{QQk}+p_{QIi}) \\ \delta(t+p_{QQi}) & \delta(t-p_{IQk}+p_{QQi}) & \delta(t-p_{QIk}+p_{QQi}) & \delta_{k,i}\delta(t) \end{pmatrix} \\ &= \delta_{k,i}\delta(t)^4 \\ &\quad \dots (3-3-5) \end{aligned}$$

[0284] 式(3-3-5)の結果は、式(3-1-2)の符号の定義で述べられた制約を用いて得られる。したがって、送信器102が異なる場合、 $\det \mathbf{X}$ は0になる。

[0285] 次に、式(3-1-5)のような信号が、複数の送信器102のそれぞれから出力され、複数の物体で反射し、受信器103で受信されることが仮定される。そして、例えば、 i 番目の送信器102から送信された信号は、次式(3-4-1)のように表現される。

[0286] [数43]

$$\begin{aligned} s^i(t) &= s_{I'}^i(t) \cos(2\pi f_{c1} t) + s_{Q'}^i(t) \sin(2\pi f_{c1} t) \\ &= \{c_{II'}^i(t) \cos(2\pi f_{c2} t) + c_{IQ'}^i(t) \sin(2\pi f_{c2} t)\} \cos(2\pi f_{c1} t) \\ &\quad + \{c_{QI'}^i(t) \cos(2\pi f_{c2} t) + c_{QQ'}^i(t) \sin(2\pi f_{c2} t)\} \sin(2\pi f_{c1} t) \\ &\quad \dots (3-4-1) \end{aligned}$$

[0287] 反射信号は、次式(3-4-2)のように表現される。式(3-4-2)において、 j は、 j 番目の反射点に対応する。

[0288] [数44]

$$\begin{aligned} s_r(t) &= \sum_{i=1}^N \sum_j x_{i,j} s^i(t-t_{i,j}) \\ &\quad \dots (3-4-2) \end{aligned}$$

[0289] 1つの受信器103が受信し検波した4つの時系列信号は、次式(3-4

－ 3) のように表現される。

[0290] [数45]

$$\begin{aligned}
 s_{RII}(t) &= \sum_{i=1}^N \sum_j x_{i,j} \left\{ \cos(\beta) \cos(\alpha) c_{II}^i(t-t_{i,j}) + \sin(\beta) \cos(\alpha) c_{IQ}^i(t-t_{i,j}) \right. \\
 &\quad \left. + \cos(\beta) \sin(\alpha) c_{QI}^i(t-t_{i,j}) + \sin(\beta) \sin(\alpha) c_{QQ}^i(t-t_{i,j}) \right\} \\
 s_{RIQ}(t) &= \sum_{i=1}^N \sum_j x_{i,j} \left\{ -\sin(\beta) \cos(\alpha) c_{II}^i(t-t_{i,j}) + \cos(\beta) \cos(\alpha) c_{IQ}^i(t-t_{i,j}) \right. \\
 &\quad \left. - \sin(\beta) \sin(\alpha) c_{QI}^i(t-t_{i,j}) + \cos(\beta) \sin(\alpha) c_{QQ}^i(t-t_{i,j}) \right\} \\
 s_{RQI}(t) &= \sum_{i=1}^N \sum_j x_{i,j} \left\{ -\cos(\beta) \sin(\alpha) c_{II}^i(t-t_{i,j}) - \sin(\beta) \sin(\alpha) c_{IQ}^i(t-t_{i,j}) \right. \\
 &\quad \left. + \cos(\beta) \cos(\alpha) c_{QI}^i(t-t_{i,j}) + \sin(\beta) \cos(\alpha) c_{QQ}^i(t-t_{i,j}) \right\} \\
 s_{RQQ}(t) &= \sum_{i=1}^N \sum_j x_{i,j} \left\{ \sin(\beta) \sin(\alpha) c_{II}^i(t-t_{i,j}) - \cos(\beta) \sin(\alpha) c_{IQ}^i(t-t_{i,j}) \right. \\
 &\quad \left. - \sin(\beta) \cos(\alpha) c_{QI}^i(t-t_{i,j}) + \cos(\beta) \cos(\alpha) c_{QQ}^i(t-t_{i,j}) \right\} \\
 &\dots (3-4-3)
 \end{aligned}$$

[0291] 式 (3-4-3) は、行列で表示される場合、図 39 の式 (3-4-4) のように表現される。

[0292] 式 (3-1-2) で定義した符号で式 (3-4-4) に対して行われるデコンボリューションは、図 40 の式 (3-4-5) に示す $A_{i,j}$ を用いて、図 41 の式 (3-4-6) のように表現される。後述のデコンボリューションの計算を参照して、式 (3-4-6) を計算し、左辺の行列を X で表現することにより、図 42 の式 (3-4-7) が得られる。

[0293] 各時間に対する行列式の計算結果を $\det X$ と表現することにより、次式 (3-4-8) が得られる。

[0294] [数46]

$$\begin{aligned}
 \det \mathbf{X} &= \sum_{i=1}^N \sum_j \delta_{k,i} x_{i,j}^4 \delta(t-t_{i,j})^4 + [\text{偶然混信項}] \\
 &\dots (3-4-8)
 \end{aligned}$$

[0295] ここで、偶然混信項は、式 (2-5-7) と同様に時間 t を含まない δ 関数を因子として含む項で構成される。例えば、偶然混信項は、次式のような

項を含む。

[0296] [数47]

$$\begin{aligned} & x_{o,o} x_{o,o} x_{o,o} x_{o,o} A_{oo} A_{oo} A_{oo} A_{oo} \\ & \cdot \delta(t_{i1,j1} - p_{IQi1} - t_{i2,j2} - p_{IQk} + p_{Qn2}) \\ & \cdot \delta(t_{i3,j3} + p_{Qlk} - p_{QQi3} - t_{i4,j4} - p_{QQk})(t - t_{o,o}) \\ & \cdot \cdot \cdot (3 - 4 - 9) \end{aligned}$$

[0297] $t_{i,j}$ は、 i 番目の送信器 102 から放射された波動が物体（識別番号 j ）で反射して受信器 103 で受信されるまでの時間である。この $t_{i,j}$ は、時間 t に関して連続的に変化する量である。一方、 p_{Qi} 、 p_{Qk} 等は、自由に決定され得る量である。

[0298] 例えば、式（3-4-9）に示す項が 0 でないことが偶然に起こり得る。しかしながら、 p_{Qi} 、 p_{Qk} 等が別の値になれば、この項は 0 になる。

[0299] この偶然混信項は、符号送信のトリガ毎に p_{ABi} （ $AB = IQ, QI, QQ$ ）を変化させる符号ホッピングを用いることで、時間平均 0 に収束させることができる。したがって、次式が得られる。

[0300] [数48]

$$\begin{aligned} \text{検波した受信信号}(T_k \rightarrow R) &= \sum_i \sum_j \delta_{k,i} x_{i,j}^4 \delta(t - t_{i,j})^4 \\ &= \sum_j x_{k,j}^4 \delta(t - t_{k,j})^4 \\ & \cdot \cdot \cdot (3 - 4 - 10) \end{aligned}$$

[0301] 受信器 103 が M 個ある場合、各受信器 103 において、以上に述べたデコンボリューション処理を同時並列に行うことが可能である。また、ここでは、2 段階の変調が適用されているが、3 段階以上の変調が適用されてもよい。

[0302] 図 4-3 は、複数の送信器 T_1 、 T_2 、 $\dots$ 、 T_n 及び複数の受信器 R_1 、 R_2 、 $\dots$ 、 R_n における同期を示す概念図である。

[0303] 複数の送信器 T_1 、 T_2 、 $\dots$ 、 T_n は、光信号に変換して通信を行うための E/O コンバータ及び O/E コンバータを用いて光ファイバーケーブルで結ばれている。例えば、送信器 T_2 は、送信器 T_1 から光ファイバー経由でパ

ルスが到着すると直ちにアンテナからマイクロ波を放射する。同時に、送信器 T_2 は、送信器 T_3 へ光ファイバー経由で同期信号を送信する。

[0304] 受信器 R_1 、 R_2 、 $\dots$ 、 R_n も同様である。ただし、送信器 T_1 が受信器 R_1 へ同期信号を送り、受信器 R_1 がパルスを受信してからカスケード動作がスタートする。受信信号の同期パルスによって、各受信器 R_i がデータを受信し始める。

[0305] 例えば、各受信器 R_i に対応する分散処理回路 191 において、当該受信器 R_i で得られた受信データに対してデコンボリューションが行われることで、送信器 T_i 毎に個別データが導出されてもよい。また、集中処理回路 192 において、各送信器 T_i と各受信器 R_i との組み合わせ毎の個別データが取得され、個別データに従って、物体が検知されてもよい。例えば、導出器 104 が分散処理回路 191 に含まれ、検知器 105 が集中処理回路 192 に含まれてもよい。

[0306] 分散処理回路 191 は、CPU 又は GPU 等に対応する情報処理回路であってもよい。集中処理回路 192 は、PC クラスタ又はホストコンピュータ等に対応する情報処理回路であってもよい。

[0307] 上述された方法において、デコンボリューションの計算には次式 (4-1) の積分が現れる。ここで、 A 及び B のそれぞれは、 I (同相成分) 又は Q (直交成分) を表す。 C 及び D も同様である。

[0308] [数49]

$$\int c_{AB}(\tau-t) s_{CD}(\tau-t_a) d\tau$$

$$\dots (4-1)$$

[0309] 式 (3-1-1) の基本符号が $c(t)$ と表現される場合、上式 (4-1) は、次式 (4-2) のように表現される。 P_{AB} 及び P_{CD} は、巡回シフトのビット数に対応する。

[0310] [数50]

$$\int c(\tau+P_{AB}-t) c(\tau+P_{CD}-t_a) d\tau$$

$$\dots (4-2)$$

[0311] 符号の性質から、以下の式（４－３）が成立する場合のみ、式（４－２）の積分は０でない。

[0312] [数51]

$$\begin{aligned} \tau + P_{AB} - t &= \tau + P_{CD} - t_a \\ \cdots (4-3) \end{aligned}$$

[0313] したがって、次式（４－４）が得られる。

[0314] [数52]

$$\begin{aligned} \int c(\tau + P_{AB} - t) c(\tau + P_{CD} - t_a) d\tau &= \delta(t - P_{AB} + P_{CD} - t_a) \\ \cdots (4-4) \end{aligned}$$

[0315] 具体的には、上記に基づいて、次式（４－５）が、デコンボリューションの計算に用いられる。

[0316] [数53]

$$\begin{aligned} A=I, B=I &: \int c(\tau - t) c(\tau - t_a) d\tau = \delta(t - t_a) \\ A=I, B=Q &: \int c(\tau - t) c(\tau + P_{CD} - t_a) d\tau = \delta(t + P_{CD} - t_a) \\ A=Q, B=I &: \int c(\tau + P_{AB} - t) c(\tau - t_a) d\tau = \delta(t - P_{AB} - t_a) \\ A=Q, B=Q &: \int c(\tau + P_{AB} - t) c(\tau + P_{CD} - t_a) d\tau = \delta(t - P_{AB} + P_{CD} - t_a) \\ \cdots (4-5) \end{aligned}$$

[0317] <基本的な動作例>

図４４は、図４等にも示された検知装置１００の基本的な動作例を示すフローチャートである。

[0318] まず、生成器１０１は、複数の波動を生成する（Ｓ１０１）。その際、生成器１０１は、互いに異なる複数の符号群に対応する複数のパルス列群、及び、少なくとも１つの搬送波を生成する。

[0319] ここで、各符号群は、基準符号と１つ以上の個別符号とを有する。基準符号は、複数の符号群において同じである。複数の符号群における複数の個別符号は、互いに異なる。そして、生成器１０１は、複数のパルス列群を少なくとも１つの搬送波で変調することにより複数の変調波を複数の波動として生成する。

- [0320] 次に、複数の送信器 102 は、生成器 101 で生成された複数の波動を放射する (S102)。その際、各送信器 102 は、生成器 101 で生成された複数の波動の 1 つを放射する。そして、各受信器 103 は、複数の送信器 102 から放射された複数の波動の 1 つ以上を合成波動として受信する (S103)。
- [0321] 次に、導出器 104 は、各受信器 103 の受信データから各送信器 102 に対応する個別データを導出することにより、各送信器 102 と各受信器 103 との組み合わせ毎に個別データを導出する (S104)。その際、導出器 104 は、各受信器 103 の受信データから複数のパルス列群に対応する処理対象データを復調し、処理対象データから個別データを導出する。そして、検知器 105 は、個別データに従って、複数の波動の少なくとも 1 つに影響を与える物体を検知する (S105)。
- [0322] これにより、検知装置 100 は、複数の送信器 102 及び複数の受信器 103 が同時に用いられる場合でも、複数の波動の複数の信号が互いに異なる複数の符号群に対応するため、各送信器 102 と各受信器 103 との組み合わせ毎に個別データを取得することができる。したがって、検知装置 100 は、高い分解能で高速に物体を検知することができる。そして、これにより、検知装置 100 は、高速に移動する物体を適切に検知することができる。
- [0323] ここで、各符号群は、例えば、1 対の符号を有する 2 次元ベクトル符号であってよいし、それぞれが 1 対の符号を有する 2 つの 2 次元ベクトル符号であってもよい。また、各パルス列群は、例えば、1 対のパルス列にであってもよいし、2 対のパルス列にであってもよい。少なくとも 1 つの搬送波は、1 対の搬送波であってもよいし、2 対の搬送波であってもよい。
- [0324] また、例えば、生成器 101 は、互いに異なる複数の 2 次元ベクトル符号に対応する複数対のパルス列、及び、位相が互いに直交する 1 対の搬送波を、複数のパルス列群、及び、少なくとも 1 つの搬送波として生成してもよい。ここで、各 2 次元ベクトル符号は、基準符号と個別符号とを 2 つの要素として有する。基準符号は、複数の 2 次元ベクトル符号において同じである。

複数の２次元ベクトル符号における複数の個別符号は、互いに異なる。

- [0325] そして、生成器１０１は、複数対のパルス列を１対の搬送波で変調することにより複数の変調波を生成してもよい。そして、導出器１０４は、各受信器１０３の受信データから複数対のパルス列に対応する処理対象データを復調してもよい。
- [0326] これにより、検知装置１００は、１対の搬送波に従って、複数の２次元ベクトル符号に対応する複数の変調波を効率的に送信することができる。
- [0327] また、例えば、基準符号及び複数の個別符号は、互いに直交する複数の直交符号であってもよい。これにより、検知装置１００は、符号の直交性に従って、各送信器１０２と各受信器１０３との組み合わせ毎に個別データを効率的に取得することができる。
- [0328] また、例えば、基準符号及び複数の個別符号は、シフト量が互いに異なる複数の巡回符号であってもよい。これにより、検知装置１００は、シフト量の違いに従って、各送信器１０２と各受信器１０３との組み合わせ毎に個別データを効率的に取得することができる。
- [0329] また、例えば、基準符号及び複数の個別符号は、互いに直交し、かつ、シフト量が互いに異なる複数のPN (Pseudo-Noise) 符号であってもよい。これにより、検知装置１００は、PN符号の特性に従って、各送信器１０２と各受信器１０３との組み合わせ毎に個別データを効率的に取得することができる。
- [0330] また、例えば、生成器１０１は、条件が満たされる度に、基準符号及び複数の個別符号の集合を複数の集合候補の中から選択することにより、基準符号及び複数の個別符号を変更してもよい。これにより、検知装置１００は、複数の波動に関する複数の符号を適応的に変更することができる。そして、これにより、検知装置１００は、偶発的な識別性の低下を抑制することができ、各送信器１０２と各受信器１０３との組み合わせ毎に個別データを適切に取得することができる。
- [0331] また、例えば、生成器１０１は、複数の集合候補の中からランダムに集合

を選択してもよい。これにより、検知装置 100 は、ランダム性に従って、偶発的な識別性の低下を抑制することができ、各送信器 102 と各受信器 103 との組み合わせ毎に個別データを適切に取得することができる。

[0332] また、例えば、導出器 104 は、処理対象データに対して各 2 次元ベクトル符号でデコンボリューションを行うことで得られる演算結果に従って、個別データを導出してもよい。これにより、検知装置 100 は、2 次元ベクトル符号に対応するデコンボリューションに従って、各送信器 102 と各受信器 103 との組み合わせ毎に個別データを効率的に取得することができる。

[0333] また、例えば、導出器 104 は、演算結果に対する行列式に従って、個別データを導出してもよい。これにより、検知装置 100 は、2 次元ベクトル符号に対応するデコンボリューション及び行列式に従って、各送信器 102 と各受信器 103 との組み合わせ毎に個別データを効率的に取得することができる。

[0334] また、例えば、生成器 101 は、複数対の第 1 パルス列、複数対の第 2 パルス列、1 対の第 1 搬送波、及び、1 対の第 2 搬送波を、複数のパルス列群、及び、少なくとも 1 つの搬送波として生成してもよい。複数対の第 1 パルス列は、互いに異なる複数の第 1 の 2 次元ベクトル符号に対応する。複数対の第 2 パルス列は、互いに異なる複数の第 2 の 2 次元ベクトル符号に対応する。1 対の第 1 搬送波は、位相が互いに直交する。1 対の第 2 搬送波は、位相が互いに直交する。

[0335] また、各第 1 の 2 次元ベクトル符号は、基準符号と第 1 個別符号とを 2 つの要素として有する。各第 2 の 2 次元ベクトル符号は、第 2 個別符号と第 3 個別符号とを 2 つの要素として有する。基準符号は、複数の第 1 の 2 次元ベクトル符号において同じである。複数の第 1 の 2 次元ベクトル符号及び複数の第 2 の 2 次元ベクトル符号における複数の第 1 個別符号、複数の第 2 個別符号及び複数の第 3 個別符号は、互いに異なる。また、1 対の第 1 搬送波の周波数と、1 対の第 2 搬送波の周波数とは、互いに異なる。

[0336] そして、生成器 101 は、複数対の第 1 パルス列を 1 対の第 1 搬送波で変

調することにより複数の第1変調波を生成してもよい。また、生成器101は、複数対の第2パルス列を1対の第1搬送波で変調することにより複数の第2変調波を生成してもよい。そして、複数の第1変調波及び複数の第2変調波を1対の第2搬送波で変調することにより複数の変調波を生成してもよい。

[0337] そして、導出器104は、各受信器103の受信データから複数の第1変調波及び複数の第2変調波に対応する第1処理対象データを復調してもよい。また、導出器104は、第1処理対象データから複数対の第1パルス列及び複数対の第2パルス列に対応する第2処理対象データを処理対象データとして復調してもよい。

[0338] これにより、検知装置100は、2対の搬送波に従って、複数対の2次元ベクトル符号に対応する複数の変調波を効率的に送信することができる。

[0339] また、例えば、基準符号、複数の第1個別符号、複数の第2個別符号及び複数の第3個別符号は、互いに直交する複数の直交符号であってもよい。これにより、検知装置100は、符号の直交性に従って、各送信器102と各受信器103との組み合わせ毎に個別データを効率的に取得することができる。

[0340] また、例えば、基準符号、複数の第1個別符号、複数の第2個別符号及び複数の第3個別符号は、シフト量が互いに異なる複数の巡回符号であってもよい。これにより、検知装置100は、シフト量の違いに従って、各送信器102と各受信器103との組み合わせ毎に個別データを効率的に取得することができる。

[0341] また、例えば、基準符号、複数の第1個別符号、複数の第2個別符号及び複数の第3個別符号は、互いに直交し、かつ、シフト量が互いに異なる複数のPN(Pseudo-Noise)符号であってもよい。これにより、検知装置100は、PN符号の特性に従って、各送信器102と各受信器103との組み合わせ毎に個別データを効率的に取得することができる。

[0342] また、例えば、生成器101は、条件が満たされる度に、基準符号、複数

の第1個別符号、複数の第2個別符号及び複数の第3個別符号の集合を複数の集合候補の中から選択してもよい。そして、生成器101は、これにより、基準符号、複数の第1個別符号、複数の第2個別符号及び複数の第3個別符号を変更してもよい。

[0343] これにより、検知装置100は、複数の波動に関する複数の符号を適応的に変更することができる。そして、これにより、検知装置100は、偶発的な識別性の低下を抑制することができ、各送信器102と各受信器103との組み合わせ毎に個別データを適切に取得することができる。

[0344] また、例えば、生成器101は、複数の集合候補の中からランダムに集合を選択してもよい。これにより、検知装置100は、ランダム性に従って、偶発的な識別性の低下を抑制することができ、各送信器102と各受信器103との組み合わせ毎に個別データを適切に取得することができる。

[0345] また、例えば、導出器104は、第2処理対象データに対して、対応する第1の2次元ベクトル符号と第2の2次元ベクトル符号との各組み合わせで、デコンボリューションを行うことで得られる演算結果に従って、個別データを導出してもよい。これにより、検知装置100は、1対の2次元ベクトル符号に対応するデコンボリューションに従って、各送信器102と各受信器103との組み合わせ毎に個別データを効率的に取得することができる。

[0346] また、例えば、導出器104は、演算結果に対する行列式に従って、個別データを導出してもよい。これにより、検知装置100は、1対の2次元ベクトル符号に対応するデコンボリューション及び行列式に従って、各送信器102と各受信器103との組み合わせ毎に個別データを効率的に取得することができる。

[0347] 以上、検知装置の態様を実施の形態に基づいて説明したが、検知装置の態様は、実施の形態に限定されない。実施の形態に対して当業者が思いつく変形が施されてもよいし、実施の形態における複数の構成要素が任意に組み合わせられてもよい。例えば、実施の形態において特定の構成要素によって実行される処理を特定の構成要素の代わりに別の構成要素が実行してもよい。ま

た、複数の処理の順序が変更されてもよいし、複数の処理が並行して実行されてもよい。

[0348] また、本実施の形態において示された数式等は、適宜変形して用いられてもよい。例えば、上述された数式と実質的に同じ内容を他の表現で示す数式が用いられてもよいし、上述された理論に基づいて導出される他の数式が用いられてもよい。

[0349] また、上記の説明において示された複数の構成要素のうち一部の構成要素は実装されなくてもよい。特に、上記の説明において第1構成要素に含まれる第2構成要素によって行われる処理は、第1構成要素によって行われる処理とも解釈され、例として示された第2構成要素に限定されることなく、第1構成要素によって行われてもよい。また、上記の説明において示された一部の処理が実行されなくてもよい。

[0350] また、説明に用いられた第1及び第2等の序数は、適宜、付け替えられてもよいし、取り除かれてもよいし、新たに付与されてもよい。これらの序数は、意味のある順序に必ずしも対応せず、要素の識別に用いられてもよい。

[0351] また、検知装置の各構成要素で行われるステップを含む検知方法が、任意の装置又はシステムによって実行されてもよい。例えば、検知方法の一部又は全部が、プロセッサ、メモリ及び入出力回路等を備えるコンピュータによって実行されてもよい。その際、コンピュータに検知方法を実行させるためのプログラムがコンピュータによって実行されることにより、検知方法が実行されてもよい。

[0352] また、非一時的なコンピュータ読み取り可能な記録媒体に、上記のプログラムが記録されていてもよい。

[0353] また、検知装置の各構成要素は、専用のハードウェアで構成されてもよいし、上記のプログラム等を実行する汎用のハードウェアで構成されてもよいし、これらの組み合わせで構成されてもよい。また、汎用のハードウェアは、プログラムが記録されたメモリ、及び、メモリからプログラムを読み出して実行する汎用のプロセッサ等で構成されてもよい。ここで、メモリは、半

導体メモリ又はハードディスク等でもよいし、汎用のプロセッサは、CPU等でもよい。

[0354] また、専用のハードウェアが、メモリ及び専用のプロセッサ等で構成されてもよい。例えば、専用のプロセッサが、受信データ及び個別データを記録するためのメモリを用いて、上記の検知方法を実行してもよい。

[0355] また、検知装置の各構成要素は、電気回路であってもよい。これらの電気回路は、全体として1つの電気回路を構成してもよいし、それぞれ別々の電気回路であってもよい。また、これらの電気回路は、専用のハードウェアに対応していてもよいし、上記のプログラム等を実行する汎用のハードウェアに対応していてもよい。

[0356] また、検知装置は、物理的に一体の装置であることに限られず、分散して配置された複数のサブ装置を備えていてもよい。また、検知装置は、検知システムと表現されてもよい。

産業上の利用可能性

[0357] 本開示の一態様は、波動を用いて物体を検知する検知装置に有用であり、移動物体の検知等に適用可能である。

符号の説明

- [0358]
- 100 検知装置
 - 101 生成器
 - 102 送信器
 - 103 受信器
 - 104 導出器
 - 105 検知器
 - 106、107 中継器
 - 108 制御器
 - 121 符号生成器
 - 122 搬送波生成器
 - 123、151、152、154、161、162、163、164、

1 6 5、1 6 6、1 8 1、1 8 2、1 8 3 変調器

1 2 4 増幅器

1 3 1 メモリ

1 3 2 選択器

1 3 3 乱数生成器

1 4 1 局部波動生成器

1 4 2、1 7 1、1 7 2、1 7 3 復調器

1 4 3 デコンボリューション演算器

1 4 4 行列式演算器

1 4 5 演算器

1 5 3、1 6 7、1 6 8、1 6 9 合成器

1 9 1 分散処理回路

1 9 2 集中処理回路

請求の範囲

[請求項1]

複数の波動を生成する生成器と、
前記複数の波動を放射する複数の送信器であって、それぞれが前記複数の波動の1つを放射する複数の送信器と、
それぞれが前記複数の波動の1つ以上を合成波動として受信する複数の受信器と、
前記複数の受信器のそれぞれの受信データから前記複数の送信器のそれぞれに対応する個別データを導出することにより、前記複数の送信器のそれぞれと前記複数の受信器のそれぞれとの組み合わせ毎に前記個別データを導出する導出器と、
前記個別データに従って、前記複数の波動の少なくとも1つに影響を与える物体を検知する検知器とを備え、
前記生成器は、
それぞれが基準符号と1つ以上の個別符号とを有する互いに異なる複数の符号群に対応する複数のパルス列群、及び、少なくとも1つの搬送波を生成し、
前記複数のパルス列群を前記少なくとも1つの搬送波で変調することにより複数の変調波を前記複数の波動として生成し、
前記導出器は、
前記複数の受信器のそれぞれの受信データから前記複数のパルス列群に対応する処理対象データを復調し、
前記処理対象データから前記個別データを導出し、
前記基準符号は、前記複数の符号群において同じであり、
前記複数の符号群における複数の個別符号は、互いに異なる検知装置。

[請求項2]

前記生成器は、
それぞれが前記基準符号と1つの個別符号とを2つの要素として有する互いに異なる複数の2次元ベクトル符号に対応する複数対のパル

ス列、及び、位相が互いに直交する 1 対の搬送波を、前記複数のパルス列群、及び、前記少なくとも 1 つの搬送波として生成し、

前記複数対のパルス列を前記 1 対の搬送波で変調することにより前記複数の変調波を生成し、

前記導出器は、

前記複数の受信器のそれぞれの受信データから前記複数対のパルス列に対応する前記処理対象データを復調し、

前記基準符号は、前記複数の 2 次元ベクトル符号において同じであり、

前記複数の 2 次元ベクトル符号における前記複数の個別符号は、互いに異なる

請求項 1 に記載の検知装置。

[請求項3] 前記基準符号及び前記複数の個別符号は、互いに直交する複数の直交符号である

請求項 2 に記載の検知装置。

[請求項4] 前記基準符号及び前記複数の個別符号は、シフト量が互いに異なる複数の巡回符号である

請求項 2 に記載の検知装置。

[請求項5] 前記基準符号及び前記複数の個別符号は、互いに直交し、かつ、シフト量が互いに異なる複数の PN (Pseudo-Noise) 符号である

請求項 2 に記載の検知装置。

[請求項6] 前記生成器は、条件が満たされる度に、前記基準符号及び前記複数の個別符号の集合を複数の集合候補の中から選択することにより、前記基準符号及び前記複数の個別符号を変更する

請求項 2 に記載の検知装置。

[請求項7] 前記生成器は、前記複数の集合候補の中からランダムに前記集合を選択する

請求項 6 に記載の検知装置。

[請求項 8] 前記導出器は、前記処理対象データに対して前記複数の 2 次元ベクトル符号のそれぞれでデコンボリューションを行うことで得られる演算結果に従って、前記個別データを導出する

請求項 2 ～ 7 のいずれか 1 項に記載の検知装置。

[請求項 9] 前記導出器は、前記演算結果に対する行列式に従って、前記個別データを導出する

請求項 8 に記載の検知装置。

[請求項 10] 前記生成器は、

互いに異なる複数の第 1 の 2 次元ベクトル符号に対応する複数対の第 1 パルス列、互いに異なる複数の第 2 の 2 次元ベクトル符号に対応する複数対の第 2 パルス列、位相が互いに直交する 1 対の第 1 搬送波、及び、位相が互いに直交する 1 対の第 2 搬送波を、前記複数のパルス列群、及び、前記少なくとも 1 つの搬送波として生成し、

前記複数対の第 1 パルス列を前記 1 対の第 1 搬送波で変調することにより複数の第 1 変調波を生成し、

前記複数対の第 2 パルス列を前記 1 対の第 1 搬送波で変調することにより複数の第 2 変調波を生成し、

前記複数の第 1 変調波及び前記複数の第 2 変調波を前記 1 対の第 2 搬送波で変調することにより前記複数の変調波を生成し、

前記導出器は、

前記複数の受信器のそれぞれの受信データから前記複数の第 1 変調波及び前記複数の第 2 変調波に対応する第 1 処理対象データを復調し、

前記第 1 処理対象データから前記複数対の第 1 パルス列及び前記複数対の第 2 パルス列に対応する第 2 処理対象データを前記処理対象データとして復調し、

前記複数の第 1 の 2 次元ベクトル符号のそれぞれは、前記基準符号

と第1個別符号とを2つの要素として有し、

前記複数の第2の2次元ベクトル符号のそれぞれは、第2個別符号と第3個別符号とを2つの要素として有し、

前記基準符号は、前記複数の第1の2次元ベクトル符号において同じであり、

前記複数の第1の2次元ベクトル符号及び前記複数の第2の2次元ベクトル符号における複数の第1個別符号、複数の第2個別符号及び複数の第3個別符号は、互いに異なり、

前記1対の第1搬送波の周波数と、前記1対の第2搬送波の周波数とは、互いに異なる

請求項1に記載の検知装置。

[請求項11] 前記基準符号、前記複数の第1個別符号、前記複数の第2個別符号及び前記複数の第3個別符号は、互いに直交する複数の直交符号である

請求項10に記載の検知装置。

[請求項12] 前記基準符号、前記複数の第1個別符号、前記複数の第2個別符号及び前記複数の第3個別符号は、シフト量が互いに異なる複数の巡回符号である

請求項10に記載の検知装置。

[請求項13] 前記基準符号、前記複数の第1個別符号、前記複数の第2個別符号及び前記複数の第3個別符号は、互いに直交し、かつ、シフト量が互いに異なる複数のPN (Pseudo-Noise) 符号である

請求項10に記載の検知装置。

[請求項14] 前記生成器は、条件が満たされる度に、前記基準符号、前記複数の第1個別符号、前記複数の第2個別符号及び前記複数の第3個別符号の集合を複数の集合候補の中から選択することにより、前記基準符号、前記複数の第1個別符号、前記複数の第2個別符号及び前記複数の第3個別符号を変更する

請求項 10 に記載の検知装置。

[請求項15] 前記生成器は、前記複数の集合候補の中からランダムに前記集合を選択する

請求項 14 に記載の検知装置。

[請求項16] 前記導出器は、前記第2 処理対象データに対して、前記複数の第1 の2次元ベクトル符号及び前記複数の第2 の2次元ベクトル符号において対応する第1 の2次元ベクトル符号と第2 の2次元ベクトル符号との各組み合わせで、デコンボリューションを行うことで得られる演算結果に従って、前記個別データを導出する

請求項 10 ～ 15 のいずれか1 項に記載の検知装置。

[請求項17] 前記導出器は、前記演算結果に対する行列式に従って、前記個別データを導出する

請求項 16 に記載の検知装置。

[請求項18] 複数の波動を生成するステップと、
複数の送信器のそれぞれから前記複数の波動の1つを放射することにより、前記複数の送信器から前記複数の波動を放射するステップと、
、

複数の受信器のそれぞれで前記複数の波動の1つ以上を合成波動として受信するステップと、

前記複数の受信器のそれぞれの受信データから前記複数の送信器のそれぞれに対応する個別データを導出することにより、前記複数の送信器のそれぞれと前記複数の受信器のそれぞれとの組み合わせ毎に前記個別データを導出するステップと、

前記個別データに従って、前記複数の波動の少なくとも1つに影響を与える物体を検知するステップとを含み、

前記複数の波動を生成するステップでは、

それぞれが基準符号と1つ以上の個別符号とを有する互いに異なる複数の符号群に対応する複数のパルス列群、及び、少なくとも1つの

搬送波を生成し、

前記複数のパルス列群を前記少なくとも 1 つの搬送波で変調することにより複数の変調波を前記複数の波動として生成し、

前記個別データを導出するステップでは、

前記複数の受信器のそれぞれの受信データから前記複数のパルス列群に対応する処理対象データを復調し、

前記処理対象データから前記個別データを導出し、

前記基準符号は、前記複数の符号群において同じであり、

前記複数の符号群における複数の個別符号は、互いに異なる

検知方法。