

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年5月3日(03.05.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/079097 A1

(51) 国際特許分類:

G01S 7/02 (2006.01) H01Q 21/08 (2006.01)
G01S 13/34 (2006.01) G08G 1/16 (2006.01)
G01S 13/93 (2006.01)

ーセミコンダクタソリューションズ株式会
社内 Kanagawa (JP). 川崎 研一(KAWASAKI,
Kenichi); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁
目 1 4 番 1 号 ソニーセミコンダクタソリュ
ーションズ株式会社内 Kanagawa (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/032625

(22) 国際出願日: 2017年9月11日(11.09.2017)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2016-208483 2016年10月25日(25.10.2016) JP

(71) 出願人: ソニーセミコンダクタソリュ
ーションズ株式会社(SONY SEMICONDUCTOR SO-
LUTIONS CORPORATION) [JP/JP]; 〒2430014
神奈川県厚木市旭町四丁目 1 4 番
1 号 Kanagawa (JP).

(72) 発明者: 飯田 幸生(IIDA, Sachio); 〒2430014 神
奈川県厚木市旭町四丁目 1 4 番 1 号 ソニ

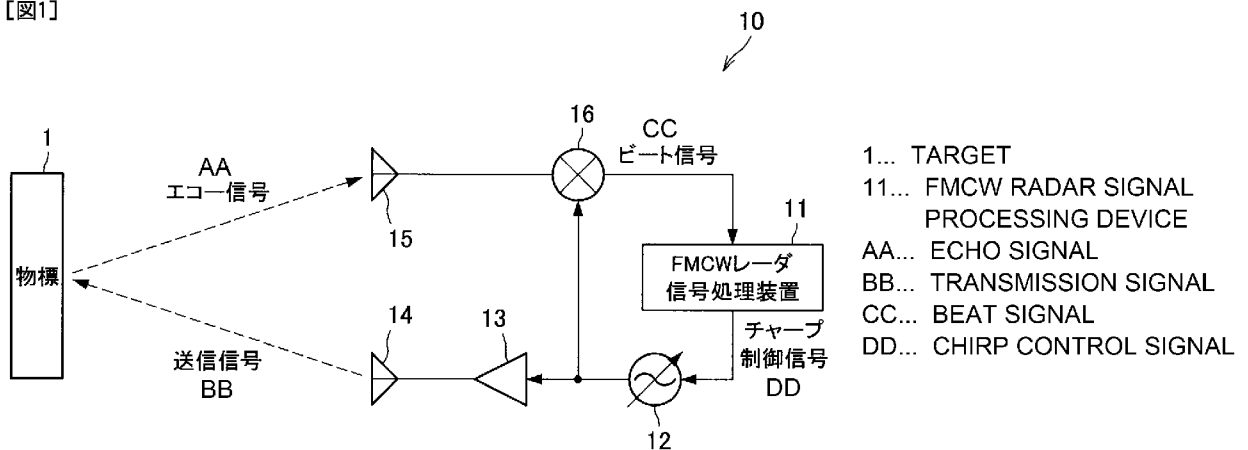
(74) 代理人: 亀谷 美明, 外(KAMEYA, Yoshiaki et
al.); 〒1600004 東京都新宿区四谷 3 - 1 -
3 第一富澤ビル はづき国際特許事務
所 四谷オフィス Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

(54) Title: RADAR DEVICE, SIGNAL PROCESSING DEVICE, AND SIGNAL PROCESSING METHOD

(54) 発明の名称: レーダ装置、信号処理装置及び信号処理方法

[図1]



(57) Abstract: [Problem] To provide a TDMA FMCW MIMO radar device that is capable of compensating for Doppler phase shifting of a moving target and improving the accuracy of estimating orientation. [Solution] Provided is a radar device that: switches in sequence so that the numbers of antenna elements have front-rear symmetry about a reference time, and carries out transmission from a transmission antenna; and synthesizes a beat signal at the reference time from a first beat signal received by a reception antenna at or before the reference time and a second beat signal received at or after the reference time.

[続葉有]

SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 【課題】 TDMA FMCW MIMOレーダ装置において、移動物標のドップラ位相シフトを補償して方位推定精度を向上することが可能なレーダ装置を提供する。 【解決手段】 基準時刻を中心としてアンテナ素子の番号が前後対称となるように順次切り替えて送信アンテナから送信を行い、基準時刻以前に受信アンテナが受信した第1のビート信号と、基準時刻以降に受信した第2のビート信号とから、基準時刻におけるビート信号を合成する、レーダ装置が提供される。

明 細 書

発明の名称：レーダ装置、信号処理装置及び信号処理方法

技術分野

[0001] 本開示は、レーダ装置、信号処理装置及び信号処理方法に関する。

背景技術

[0002] 自動車に搭載される車載レーダとして、TDMA (Time-Division Multiple-Access) FMCW (Frequency-Modulated Continuous-Wave) MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) レーダ装置が用いられることがある。

[0003] FMCW方式とは、時間とともに周波数を線形に増加または減少させたチャープ信号を送信信号として送信アンテナから放出し、物標で反射して戻ってきたエコー信号を受信アンテナで捉え、送信信号と同じ周波数のローカル信号とエコー信号とをミキサで乗算するときに、送信された信号が物標で反射して戻ってくるまでの往復時間の間にローカル信号の周波数が変化して、物標までの距離に比例した周波数のビート信号が生じることを利用して測距をおこなう方式である。そしてTDMA FMCW MIMO方式とは、FMCW方式による測距に加えて、M素子の送信アレーアンテナから一つのアンテナを順次選択してチャープ信号をM回送信し、N素子の受信アレーアンテナで同時に受信することにより $M \times N$ 素子の仮想アレーアンテナで受信するレーダ装置とみなすことができることを利用して、方位分解能を向上させた測角をおこなう方式である。

[0004] TDMA FMCW MIMOレーダ装置は、物標とレーダ装置とが相対的に移動している場合に、ドップラ位相シフトによって測角精度が劣化することが知られている、そのため、例えば非特許文献1では、少なくともL箇所のアンテナ素子が重複するように $M \times N - L$ 素子の仮想アレーアンテナを構成して、重複したアンテナ素子で受信したビート信号の位相差からドップラ位相シフトを求めて補償する技術が開示されている。

先行技術文献

非特許文献

- [0005] 非特許文献1: C. M. Schmid, R. Feger, C. Pfeffer, A. Stelzer, “Motion Compensation and Efficient Array Design for TDMA FMCW MIMO Radar Systems,” Eucap 2012.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0006] しかし非特許文献1で開示された方法では、重複させた数少ないアンテナ素子で受信したビート信号から仮想アレーアンテナ全体のドップラ位相シフトの補償をおこなうため僅かなノイズによって方位推定精度が大きく影響される。さらに、アンテナ素子を重複させたことで、仮想アレーアンテナの素子数が減少するため、方位分解能が低下する。
- [0007] そこで本開示では、TDMA FMCW MIMOレーダ装置において、移動物標のドップラ位相シフトを補償して方位推定精度を向上することが可能なことが可能な、新規かつ改良されたレーダ装置、信号処理装置及び信号処理方法を提案する。

課題を解決するための手段

- [0008] 本開示によれば、 M 個 ($M \geq 2$) の送信アンテナと、 N 個 ($N \geq 1$) の受信アンテナと、ローカル信号を発振するローカル発振器と、前記ローカル信号に基づく送信信号をいずれか一つの前記送信アンテナを選択して送信する送信処理部と、前記受信アンテナが受信した、前記送信信号の物標での反射によるエコー信号と、前記ローカル信号とから、ビート信号を出力する受信処理部と、前記ビート信号に対する信号処理を行う信号処理部と、を備え、前記送信処理部は、基準時刻を中心としてアンテナ素子の番号が前後対称となるように順次切り替えて前記送信アンテナから送信を行い、前記信号処理部は、前記基準時刻以前に前記受信アンテナが受信した第1のビート信号と、前記基準時刻以降に受信した第2のビート信号とから、前記基準時刻におけるビート信号を合成する、レーダ装置が提供される。

[0009] また本開示によれば、 M 個 ($M \geq 2$) の送信アンテナから送信された、ローカル信号に基づく送信信号の物標での反射によるエコー信号と、前記ローカル信号とから生成されるビート信号に対する信号処理を行う信号処理部を備え、前記信号処理部は、基準時刻を中心としてアンテナ素子の番号が前後対称となるように順次切り替えて前記送信アンテナから送信させ、前記基準時刻以前に前記受信アンテナが受信した第1のビート信号と、前記基準時刻以降に受信した第2のビート信号とから、前記基準時刻におけるビート信号を合成する、信号処理装置が提供される。

[0010] また本開示によれば、基準時刻を中心としてアンテナ素子の番号が前後対称となるように順次切り替えて M 個 ($M \geq 2$) の送信アンテナから、ローカル信号に基づく送信信号を送信させることと、前記送信アンテナから送信された前記送信信号の物標での反射によるエコー信号と、前記ローカル信号とから生成されるビート信号に対する信号処理を行うことと、を含み、前記信号処理を行うことは、前記基準時刻以前に前記受信アンテナが受信した第1のビート信号と、前記基準時刻以降に受信した第2のビート信号とから、前記基準時刻におけるビート信号を合成することを含む、信号処理方法が提供される。

発明の効果

[0011] 以上説明したように本開示によれば、TDMA FMCW MIMOレーダ装置において、移動物標のドップラ位相シフトを補償して方位推定精度を向上することが可能なことが可能な、新規かつ改良されたレーダ装置、信号処理装置及び信号処理方法を提供することが出来る。

[0012] なお、上記の効果は必ずしも限定的なものではなく、上記の効果とともに、または上記の効果に代えて、本明細書に示されたいずれかの効果、または本明細書から把握され得る他の効果が奏されてもよい。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]FMCWレーダ装置の構成例を示す説明図である。

[図2]時間とともに変化する、FMCWレーダ装置10が送信する送信信号の周波

数、エコー信号の周波数、ビート信号の周波数の例を示す説明図である。

[図3]MIMOレーダ装置のアレーアンテナの構成例を示す説明図である。

[図4]仮想アレーアンテナを示す説明図である。

[図5]FMCW TDMA MIMOレーダ装置の構成例を示す説明図である。

[図6]FMCW TDMA MIMOレーダ装置100のローカル発振器によるチャープと、スイッチ131a、131bで送信アンテナ140a、140bを選択するタイミングとの関係を示す説明図である。

[図7]物標の位置を座標軸上で示した説明図である。

[図8]FMCW TDMA MIMOレーダ装置100のローカル発振器によるチャープと、スイッチ131a、131bで送信アンテナ140a、140bを選択するタイミングとの関係を示す説明図である。

[図9]本開示の実施の形態に係るFMCW TDMA MIMOレーダ装置100の動作例を示す流れ図である。

[図10]本開示の実施の形態の第1実施例の効果を説明する説明図である。

[図11]本開示の実施の形態の第1実施例の効果を説明する説明図である。

[図12A]基準時刻を中心に前後対称になるような送信パターンの例を示す説明図である。

[図12B]基準時刻を中心に前後対称になるような送信パターンの例を示す説明図である。

[図12C]基準時刻を中心に前後対称になるような送信パターンの例を示す説明図である。

[図12D]基準時刻を中心に前後対称になるような送信パターンの例を示す説明図である。

[図12E]基準時刻を中心に前後対称になるような送信パターンの例を示す説明図である。

[図12F]基準時刻を中心に前後対称になるような送信パターンの例を示す説明図である。

[図13]本開示の実施の形態に係るFMCW TDMA MIMOレーダ装置100の動作

例を示す流れ図である。

[図14]本開示の実施の形態に係るFMCW TDMA MIMOレーダ装置100の動作例を示す流れ図である。

[図15]スイッチ131a、131bで送信アンテナ140a、140bを選択するタイミングの関係を示す説明図である。

[図16]FMCW TDMA MIMOレーダ装置100a～100fが搭載されている車両2の例を示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下に添付図面を参照しながら、本開示の好適な実施の形態について詳細に説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

[0015] なお、説明は以下の順序で行うものとする。

1. 本開示の実施の形態

1. 1. 概要

1. 2. 第1実施例

1. 3. 第2実施例

1. 4. 第3実施例

1. 5. 第4実施例

1. 6. 応用例

2. まとめ

[0016] <1. 本開示の実施の形態>

[1. 1. 概要]

本開示の実施の形態について詳細に説明する前に、まず本開示の実施の形態の概要について説明する。

[0017] 上述したように、自動車に搭載される車載レーダとして、TDMA FMCW MIMOレーダ装置が用いられることがある。まずはFMCW方式について説明する。

[0018] FMCW方式とは、時間とともに周波数を線形に増加または減少させたチャー

プ信号を送信信号として送信アンテナから放出し、物標で反射して戻ってきたエコー信号を受信アンテナで捉え、送信信号と同じ周波数のローカル信号とエコー信号とをミキサで乗算するときに、送信された信号が物標で反射して戻ってくるまでの往復時間の間にローカル信号の周波数が変化して、物標までの距離に比例した周波数のビート信号が生じることを利用して測距をおこなう方式である。

[0019] 図1は、FMCWレーダ装置の構成例を示す説明図である。図1に示したようにFMCWレーダ装置10において、ローカル発振器12は、FMCWレーダ信号処理装置11から送出されるチャープ制御信号に基づいて、時間とともに周波数が線形に増加または減少するローカル信号を出力する。ローカル発振器12が出力したローカル信号は、パワーアンプ13で増幅された後に、送信アンテナ14から送信信号として放出される。

[0020] 送信アンテナ14から放出された送信信号は、物標1で反射される。受信アンテナ15は、物標1で反射されて戻ってくるエコー信号を受信する。受信アンテナ15が受信したエコー信号は、ローカル発振器12が出力したローカル信号とミキサ16で乗算されてビート信号となる。ビート信号は、FMCWレーダ信号処理装置11に送られて、物標1までの測距に用いられる。

[0021] 図2は、時間とともに変化する、FMCWレーダ装置10が送信する送信信号の周波数、エコー信号の周波数、ビート信号の周波数の例を示す説明図である。送信信号の周波数は、図2に示した例では、 f_0 から $f_0 + BW$ まで時間とともに線形に増加する。エコー信号は、送信信号が物標1で反射して戻ってくるまでの往復時間 τ だけ遅れている。ビート信号の周波数 f_B は、送信信号が物標で反射して戻ってくるまでの往復時間 τ に比例する。従ってFMCW方式は、ビート信号の周波数 f_B を知ること、測定周期 T における物標1までの距離を知ることが出来る方式と言える。

[0022] そしてTDMA FMCW MIMO方式とは、FMCW方式による測距に加えて、 M 素子の送信アレーアンテナから一つのアンテナを順次選択してチャープ信号を M 回送信し、 N 素子の受信アレーアンテナで同時に受信することにより $M \times N$

素子の仮想アレーアンテナで受信するレーダ装置とみなすことができることを利用して、方位分解能を向上させた測角をおこなう方式である。

[0023] 図3は、MIMOレーダ装置のアレーアンテナの構成例を示す説明図である。図3に示した例では、受信アレーアンテナはN素子で素子間隔がdであり、送信アレーアンテナはM素子で素子間隔が $N * d$ である。物標は、Z軸から角度 θ の方位にあり、図3では説明の便宜上アレーアンテナの近くを書いてあるが、実際は、車載レーダが使用する77GHz帯の波長3.9mmに対して1000倍以上の遠方に物標が位置している。従って、アレーアンテナと物標との間の電磁波の伝搬は平面波で近似することができる。

[0024] まず、送信アンテナTX1から送信を行なうと、送信信号が波面1から物標までを伝搬し、エコー信号は物標から受信アンテナRX1, RX2, RX3まで伝搬する。次に、送信アンテナTX2から送信を行なうと、送信信号は波面2から物標まで伝搬し、エコー信号は物標から受信アンテナRX1, RX2, RX3まで伝搬する。送信アンテナTX2から送信した場合は、物標までの伝搬距離が、波面1と波面2との距離 $N * d * \sin(\theta)$ だけ短くなる。図4は、仮想アレーアンテナを示す説明図であり、この波面1と波面2との距離は、図4に示すRX1とRX4の伝搬距離の差と同じである。つまり、送信アンテナTX2から送信した場合は、送信アンテナTX1から送信して受信アンテナRX4, RX5, RX6で受信したことに等価になる。従って、送信アンテナTX1, TX2からの送信で、受信アンテナRX1, RX2, RX3, RX4, RX5, RX6からなる仮想アレーアンテナが構成される。

[0025] ここで、図3の $M=2$, $N=3$ の場合に対応する送信アレーアンテナと受信アレーアンテナのモードベクトルを数式1と数式2に示す。 f_0 は送信信号の周波数、 d は受信アンテナの間、 θ は物標の方位、 c_0 は光速である。また、数式3は図4に対応する仮想アレーアンテナのモードベクトルであり、送信モードベクトルと受信モードベクトルのクロネッカー積になる。

[0026]

[数1]

$$\mathbf{a}_{TX}(\theta) = \begin{bmatrix} \exp\left(j2\pi f_0 \frac{0d \sin(\theta)}{c_0}\right) \\ \exp\left(j2\pi f_0 \frac{3d \sin(\theta)}{c_0}\right) \end{bmatrix} \quad \dots \text{(数式 1)}$$

[0027] [数2]

$$\mathbf{a}_{RX}(\theta) = \begin{bmatrix} \exp\left(j2\pi f_0 \frac{0d \sin(\theta)}{c_0}\right) \\ \exp\left(j2\pi f_0 \frac{1d \sin(\theta)}{c_0}\right) \\ \exp\left(j2\pi f_0 \frac{2d \sin(\theta)}{c_0}\right) \end{bmatrix} \quad \dots \text{(数式 2)}$$

[0028] [数3]

$$\mathbf{a}_{MIMO}(\theta) = \mathbf{a}_{TX}(\theta) \otimes \mathbf{a}_{RX}(\theta) = \begin{bmatrix} \exp\left(j2\pi f_0 \frac{0d \sin(\theta)}{c_0}\right) \\ \exp\left(j2\pi f_0 \frac{1d \sin(\theta)}{c_0}\right) \\ \exp\left(j2\pi f_0 \frac{2d \sin(\theta)}{c_0}\right) \\ \exp\left(j2\pi f_0 \frac{3d \sin(\theta)}{c_0}\right) \\ \exp\left(j2\pi f_0 \frac{4d \sin(\theta)}{c_0}\right) \\ \exp\left(j2\pi f_0 \frac{5d \sin(\theta)}{c_0}\right) \end{bmatrix} \quad \dots \text{(数式 3)}$$

[0029] このように、送信アレーアンテナと受信アレーアンテナを用いて、複数の素子からなる仮想アレーアンテナを構成するレーダ装置がMIMOレーダ装置である。特に、複数の送信アンテナを時分割で切り替えてFMCW方式のチャープ信号を順次送信して測距と測角をおこなうレーダ装置がFMCW TDMA MIMOレーダ装置である。

[0030] 図5は、FMCW TDMA MIMOレーダ装置の構成例を示す説明図である。図5

に示したFMCW TDMA MIMOレーダ装置100は、FMCW TDMA MIMOレーダ信号処理装置110と。ローカル発振器120と、送信処理部130と、送信アンテナ140a、140bと、受信アンテナ150a、150b、150cと、受信処理部160と、を含んで構成される。

[0031] FMCW TDMA MIMOレーダ信号処理装置110は、FMCW TDMA MIMOレーダ装置100の動作に際し様々な信号処理を実施する装置である。例えばFMCW

TDMA MIMOレーダ信号処理装置110は、ローカル発振器120に対してチャープ制御信号を送出したり、送信処理部130に対して送信信号の出力を制御するスイッチング制御信号を送出したりする。またFMCW TDMA MIMOレーダ信号処理装置110は、受信処理部160から出力されるビート信号を用いて物標までの測距を行う。

[0032] ローカル発振器120は、FMCW TDMA MIMOレーダ信号処理装置110から送出されるチャープ制御信号に基づいて、時間とともに周波数が線形に増加または減少するローカル信号を出力する。ローカル発振器120は、生成したローカル信号を送信処理部130及び受信処理部160に送る。

[0033] 送信処理部130は、ローカル発振器120から送られたローカル信号を、送信アンテナ140a、140bから送信信号として送出させるための処理を行う。送信処理部130は、スイッチ131a、131bと、パワーアンプ132a、132bと、を含んで構成される、スイッチ131a、131bは、FMCW TDMA MIMOレーダ信号処理装置110からの信号に応じてオン、オフするスイッチである。すなわち、スイッチ131a、131bがオンされていると、ローカル信号はパワーアンプ132a、132bに送られる。パワーアンプ132a、132bは、ローカル発振器120から送られたローカル信号を所定量増幅させる。

[0034] 送信アンテナ140a、140bは、それぞれ、パワーアンプ132a、132bで増幅されたローカル信号を、送信信号として空中に放出する。図5に示した例では2つの送信アンテナ140a、140bを示しており、送信処理部130におけるスイッチやパワーアンプの数は、この送信アンテナ

の数に対応している。

[0035] 受信アンテナ150a、150b、150cは、物標で反射して戻ってくるエコー信号を受信する。図5に示した例では3つの受信アンテナ150a、150b、150cを示している。

[0036] 受信処理部160は、受信アンテナ150a、150b、150cが受信したエコー信号と、ローカル発振器120が出力したローカル信号とを乗算してビート信号を生成する。受信処理部160は、エコー信号と、ローカル信号とを乗算するミキサ161a、161b、161cからなる。

[0037] 図6は、FMCW TDMA MIMOレーダ装置100のローカル発振器によるチャープと、スイッチ131a、131bで送信アンテナ140a、140bを選択するタイミングとの関係を示す説明図である。 T_{Chirp} はチャープの1周期、 T_{Ramp} はチャープのランプ時間、 f_0 はチャープ開始周波数、 B はチャープ帯域幅、 N_{Chirp} はチャープの前後関係をあらわすインデックスである。またTX1は送信アンテナ140aに対応し、TX2は送信アンテナ140bに対応する。

[0038] 一般に、物標が動いている場合は、ドップラ位相シフトが生じることが知られている。図7は、物標の位置を座標軸上で示した説明図である。図7の座標の原点はFMCW TDMA MIMOレーダ装置100の位置に相当する。図7に示すように、座標 (X_0, Z_0) 、方位 θ 、距離 R_0 に一つの物標があり、 θ 方向から速度 V でFMCW TDMA MIMOレーダ装置100に接近している場合を想定。この場合、FMCW TDMA MIMOレーダ装置100の仮想アレーアンテナで受信されるビート信号は数式4になる。 A はビート信号の振幅、 f_R は数式5に示すように距離 R_0 に比例するビート周波数、 f_D は数式6に示すように速度 V に比例するドップラ周波数である。

[0039] [数4]

$$S_B = A \cdot a_{TX}(\theta) \otimes a_{RX}(\theta) \cdot \exp \left[j2\pi \left\{ (f_R - f_D)t + f_0 \frac{2(R_0 - VT_{Chirp})}{c_0} \right\} \right] \quad \cdots (\text{数式4})$$

[0040] [数5]

$$f_R = \frac{B}{T_{Ramp}} \frac{2(R_0 - VT_{Chirp})}{c_0} \approx \frac{B}{T_{Ramp}} \frac{2R_0}{c_0} \quad \dots \text{(数式 5)}$$

[0041] [数6]

$$f_D = f_0 \frac{2V}{c_0} \quad \dots \text{(数式 6)}$$

[0042] 数式 4 における速度 V を含む項がドップラ位相シフトを表す項であり、 $TX1$ （送信アンテナ 140 a）と $TX2$ （送信アンテナ 140 b）で送信をおこなう時間差である T_{Chirp} の間、物標が速度 V で移動し、伝搬距離がわずかに変化したことで生じた位相差を表している。

[0043] なお、数式 5 の f_R にも速度 V を含む項があるが、仮に速度 V が 100 m/s （ $= 360 \text{ km/h}$ ）の高速であっても、 T_{Chirp} が 10 us 程度の短時間の場合では往復距離の変化は僅か 2 mm であり、FMCW TDMA MIMO レーダ装置 100 の測距分解能に比べて非常に小さいため、この項は無視できる。

[0044] 従って、数式 4 のドップラ位相シフトの項は、送信アレーアンテナのモードベクトルに移項して、数式 7 と数式 8 に示すように書き換えることができる。

[0045] [数7]

$$S_B \approx A \cdot a'_{TX}(\theta) \otimes a_{RX}(\theta) \cdot \exp \left[j2\pi \left\{ (f_R - f_D)t + f_0 \frac{2R_0}{c_0} \right\} \right] \quad \dots \text{(数式 7)}$$

[0046] [数8]

$$a'_{TX}(\theta) = \begin{bmatrix} \exp \left(-j4\pi f_0 \frac{0VT_{Chirp}}{c_0} \right) \exp \left(j2\pi f_0 \frac{0d \sin(\theta)}{c_0} \right) \\ \exp \left(-j4\pi f_0 \frac{1VT_{Chirp}}{c_0} \right) \exp \left(j2\pi f_0 \frac{3d \sin(\theta)}{c_0} \right) \end{bmatrix} \quad \dots \text{(数式 8)}$$

[0047] この数式 7 と数式 8 から、FMCW TDMA MIMO レーダ装置は、物標が動いて

いる場合に送信アレーアンテナのモードベクトルが速度に比例したドップラ位相シフトで変調されるため、方位の測角精度が劣化することが明らかである。

[0048] そのため、例えば非特許文献 1 では、少なくとも L 箇所のアンテナ素子が重複するように $M \times N - L$ 素子の仮想アレーアンテナを構成して、重複したアンテナ素子で受信したビート信号の位相差からドップラ位相シフトを求めて補償する技術が開示されている。しかし非特許文献 1 で開示された方法では、重複させた数少ないアンテナ素子で受信したビート信号から仮想アレーアンテナ全体のドップラ位相シフトの補償をおこなうため僅かなノイズによって方位推定精度が大きく影響される。さらに、アンテナ素子を重複させたことで、仮想アレーアンテナの素子数が減少するため、方位分解能が低下する。

[0049] そこで本件開示者は、上述した点に鑑みて、FMCW TDMA MIMOレーダ装置において簡易にかつ精度を落とすことなく、物標の動きに基づいた影響を除外することが可能な技術について鋭意検討を行った。その結果、本件開示者は、以下で説明するように、FMCW TDMA MIMOレーダ装置において、基準時刻を中心として送信アレーアンテナのアンテナ素子の番号が前後対称となるように繰り返し送信をおこない、基準時刻以前のビート信号と基準時刻以降のビート信号から、基準時刻におけるビート信号を合成することで物標の動きに基づいた影響を除外することが可能な技術を考案するに至った。

[0050] 以上、本開示の実施の形態の概要について説明した。続いて、本開示の実施の形態について詳細に説明する。

[0051] [1. 2. 第 1 実施例]

まず、本開示の実施の形態の第 1 実施例について説明する。第 1 実施例を説明するにあたり、FMCW TDMA MIMOレーダ装置の構成例は図 5 に示したものと同一ものを用いる。

[0052] 本開示の実施の形態の第 1 実施例では、FMCW TDMA MIMOレーダ信号処理装置 110 によるスイッチ 131 a、131 b のオン、オフのタイミングを

適切に設定することで、標の動きに基づいた影響を除外することを目的としている。より具体的には、基準時刻を中心として送信アレーアンテナのアンテナ素子の番号が前後対称となるように繰り返し送信をおこなうよう、FMCW TDMA MIMOレーダ信号処理装置 110 からスイッチ 131 a、131 b のオン、オフのタイミングを設定する。

- [0053] 図 8 は、FMCW TDMA MIMOレーダ装置 100 のローカル発振器によるチャープと、スイッチ 131 a、131 b で送信アンテナ 140 a、140 b を選択するタイミングとの関係を示す説明図である。 T_{Chirp} はチャープの 1 周期、 T_{Ramp} はチャープのランプ時間、 f_0 はチャープ開始周波数、 B はチャープ帯域幅、 N_{Chirp} はチャープの前後関係をあらわすインデックスである。
- [0054] 図 8 に示したように、FMCW TDMA MIMOレーダ信号処理装置 110 は、ある基準時刻が中心となるように、送信アンテナ 140 b、140 a、140 a、140 b の順に選択して送信するようにスイッチ 131 a、131 b のオン、オフを制御する。このように基準時刻を中心として送信アレーアンテナのアンテナ素子の番号が前後対称となるように繰り返し送信をおこなうことで、物標の動きに基づいた影響を除外することができることを説明する。
- [0055] はじめに、基準時刻以前の $N_{\text{Chirp}} = -3/2$ と、 $N_{\text{Chirp}} = -1/2$ の 2 回の送信で構成された仮想アレーアンテナで受信したビート信号を第 1 のビート信号 S_{B1} とする。第 1 のビート信号 S_{B1} および第 1 のビート信号 S_{B1} の送信アレーアンテナのモードベクトルは、それぞれ数式 9 と数式 10 になる。 A_1 は振幅を表す。

[0056] [数 9]

$$S_{B1} \approx A_1 \cdot \mathbf{a}_{TX1}(\theta) \otimes \mathbf{a}_{RX}(\theta) \cdot \exp \left[j2\pi \left\{ (f_R - f_D)t + f_0 \frac{2R_0}{c_0} \right\} \right] \quad \cdots \text{(数式 9)}$$

[0057]

[数10]

$$\mathbf{a}_{TX1}(\theta) = \begin{bmatrix} \exp\left(j2\pi f_0 \frac{3VT_{Chirp}}{c_0}\right) \exp\left(j2\pi f_0 \frac{0d \sin(\theta)}{c_0}\right) \\ \exp\left(j2\pi f_0 \frac{1VT_{Chirp}}{c_0}\right) \exp\left(j2\pi f_0 \frac{3d \sin(\theta)}{c_0}\right) \end{bmatrix} \quad \dots \text{(数式 1 0)}$$

[0058] 次に、基準時刻以降の $N_{Chirp} = 1/2$ と $N_{Chirp} = 3/2$ の2回の送信で構成された仮想アレーアンテナで受信したビート信号を第2のビート信号 S_{B2} とする。第2のビート信号 S_{B2} および第2のビート信号 S_{B2} の送信アレーアンテナのモードベクトルは、それぞれ数式11と数式12になる。 $A2$ は振幅を表す。

[0059] [数11]

$$S_{B2} \approx A_2 \cdot \mathbf{a}_{TX2}(\theta) \otimes \mathbf{a}_{RX}(\theta) \cdot \exp\left[j2\pi \left\{ (f_R - f_D)t + f_0 \frac{2R_0}{c_0} \right\}\right] \quad \dots \text{(数式 1 1)}$$

[0060] [数12]

$$\mathbf{a}_{TX2}(\theta) = \begin{bmatrix} \exp\left(-j2\pi f_0 \frac{3VT_{Chirp}}{c_0}\right) \exp\left(j2\pi f_0 \frac{0d \sin(\theta)}{c_0}\right) \\ \exp\left(-j2\pi f_0 \frac{1VT_{Chirp}}{c_0}\right) \exp\left(j2\pi f_0 \frac{3d \sin(\theta)}{c_0}\right) \end{bmatrix} \quad \dots \text{(数式 1 2)}$$

[0061] FMCW TDMA MIMOレーダ信号処理装置110は、第1のビート信号 S_{B1} 及び第2のビート信号 S_{B2} を用いて、基準時刻におけるビート信号を合成する信号処理を行う。具体的には、FMCW TDMA MIMOレーダ信号処理装置110は、数式13に示すように、送信アンテナ毎に第1のビート信号 S_{B1} と第2のビート信号 S_{B2} の振幅の平均と、第1のビート信号 S_{B1} と第2のビート信号 S_{B2} の和の位相から、基準時刻におけるビート信号を合成する信号処理をおこなう。

[0062]

[数13]

$$\hat{S}_B = \frac{|S_{B1}| + |S_{B2}|}{2} \exp[j \arg(S_{B1} + S_{B2})] \quad \dots (\text{数式 1 3})$$

[0063] 第1のビート信号 S_{B1} と第2のビート信号 S_{B2} の振幅の平均と、第1のビート信号 S_{B1} と第2のビート信号 S_{B2} の和の位相から、基準時刻におけるビート信号を合成することで物標の動きの影響が除外される理由を説明する。

[0064] 数式13の S_{B1} と S_{B2} に、数式9と数式11をそれぞれ代入して整理すると、数式14および数式15になる。

[0065] [数14]

$$\hat{S}_B = \frac{A_1 + A_2}{2} \cdot \hat{a}_{TX}(\theta) \otimes a_{RX}(\theta) \cdot \exp \left[j2\pi \left\{ (f_R - f_D)t + f_0 \frac{2R_0}{c_0} \right\} \right] \quad \dots (\text{数式 1 4})$$

[0066] [数15]

$$\hat{a}_{TX}(\theta) = \exp[j \arg\{A_1 a_{TX1}(\theta) + A_2 a_{TX2}(\theta)\}] \quad \dots (\text{数式 1 5})$$

[0067] ここで数式15に含まれる振幅 A_1 、 A_2 は、短時間では変化しないために等しいとみなすことができる。そして、数式10と数式12は複素共役である。従って、数式16に示すように2つのモードベクトルの和をとると、ドップラ位相の虚部はキャンセルされて実部のコサイン成分だけが振幅に残る。

[0068] [数16]

$$a_{TX1}(\theta) + a_{TX2}(\theta) = \begin{bmatrix} 2 \cos \left(2\pi f_0 \frac{3VT_{Chirp}}{c_0} \right) \exp \left(j2\pi f_0 \frac{0d \sin(\theta)}{c_0} \right) \\ 2 \cos \left(2\pi f_0 \frac{1VT_{Chirp}}{c_0} \right) \exp \left(j2\pi f_0 \frac{3d \sin(\theta)}{c_0} \right) \end{bmatrix} \quad \dots (\text{数式 1 6})$$

[0069] 数式16のコサイン成分がゼロよりも大きければ、数式15の演算が可能である。従って、数式17に示す速度領域であれば、本実施形態に係るFMCW

TDMA MIMOレーダ信号処理装置 110 は、ドップラ位相を補償することができる。

[0070] [数17]

$$V < \frac{c_0}{4 \cdot 3 f_0 T_{Chirp}} \quad \dots (\text{数式 17})$$

[0071] 図9は、本開示の実施の形態に係るFMCW TDMA MIMOレーダ装置100の動作例を示す流れ図である。以下、図9を用いて本開示の実施の形態に係るFMCW TDMA MIMOレーダ装置100の動作例について説明する。

[0072] まず、FMCW TDMA MIMOレーダ装置100は、送信アンテナの番号が、基準時刻を中心に前後対象となるように送信する（ステップS101）。この送信処理は、送信処理部130がFMCW TDMA MIMOレーダ信号処理装置110からのスイッチング制御信号を受けて実行する。

[0073] 続いてFMCW TDMA MIMOレーダ装置100は、基準時刻以前の送信から仮想アレーアンテナを構成して、第1のビート信号 S_{B1} を求める（ステップS102）。またFMCW TDMA MIMOレーダ装置100は、基準時刻以降の送信から仮想アレーアンテナを構成して、第2のビート信号 S_{B2} を求める（ステップS103）。第1のビート信号 S_{B1} と第2のビート信号 S_{B2} を求める順序はもちろん逆でも良い。

[0074] 続いてFMCW TDMA MIMOレーダ装置100は、第1のビート信号 S_{B1} の振幅と第2のビート信号 S_{B2} の振幅を平均して、基準時刻におけるビート信号の振幅を求める（ステップS104）。またFMCW TDMA MIMOレーダ装置100は、第1のビート信号 S_{B1} と第2のビート信号 S_{B2} の和の位相から、基準時刻におけるビート信号の位相を求める（ステップS105）。基準時刻におけるビート信号の振幅と位相を求める順序はもちろん逆でも良い。

[0075] 本開示の実施の形態に係るFMCW TDMA MIMOレーダ装置100は、このような一連の動作を実行することで、ドップラ位相の補償を行って物標の動きの影響を除外することができる。

[0076] 以下の表 1 に示したパラメータを用いて、第 1 実施例の効果を説明する。

図 10、図 11 は、本開示の実施の形態の第 1 実施例の効果を説明する説明図である。図 10 は、ドップラ位相の補償が無い場合の方位スペクトルを示したものであり、図 11 は、本開示の実施の形態に係る FMCW TDMA MIMO レーダ装置 100 がドップラ位相の補償を行った場合の方位スペクトルを示したものである。

[0077] [表 1]

Parameters	value
f_0	76GHz
B	1GHz
T_{Chirp}	10us
M	2
N	16
d	0.65λ
V	20m/s
X_0	-5m
Z_0	30m

(表 1 : FMCW TDMA MIMO レーダ装置と移動物標のパラメータ)

[0078] 図 10 に示したように、ドップラ位相の補償が無い場合では、方位スペクトルの波形が乱れているのに対し、図 11 に示したように、ドップラ位相の補償がある場合では、方位スペクトルの波形が乱れていないのが分かる。従って、本開示の実施の形態に係る FMCW TDMA MIMO レーダ装置 100 は、ドップラ位相の補償を行って物標の動きの影響を除外することが出来る。

[0079] 図 12 A ~ 12 F は、送信アレーアンテナが 2 素子と 3 素子の場合に、基準時刻を中心に前後対称になるような送信パターンの例を示す説明図である。図 12 A ~ 12 D は送信アンテナが 2 素子の場合の送信パターンの例で有り、図 12 E ~ 12 F は送信アンテナが 3 素子の場合の送信パターンの例で有り。もちろん、送信パターンは図 12 A ~ 12 F に示したものに限定されるものではない。また、図 12 A ~ 12 B、図 12 E ~ 12 F に示したように、基準時刻を跨いでいずれかの送信アンテナから送信される送信パターン

であってもよく、図 1 2 C ~ 1 2 D に示したように基準時刻においてはいずれの送信アンテナからも送信されていないような送信パターンであってもよい。

[0080] [1 . 3 . 第 2 実施例]

続いて第 2 実施例について説明する。第 1 実施例で示したドップラ位相を除去する信号処理は、ビート信号 S_{B1} 、 S_{B2} を時間信号としているが、この信号処理は周波数スペクトルでも同様におこなうことが可能である。FMCW レーダ装置では、一般的な手順としてビート信号を離散フーリエ変換して周波数スペクトルに変換することが行われているので、周波数領域でドップラ位相を除去することは非常に好適である。

[0081] 周波数領域でドップラ位相を除去する場合、下記の数式 1 8 に示すようにビート信号 S_{B1} 、 S_{B2} を離散フーリエしてから信号処理を行う。

[0082] [数18]

$$F[\hat{S}_B] = \frac{1}{2} (F[S_{B1}] + F[S_{B2}]) \cdot \exp[j \arg(F[S_{B1}] + F[S_{B2}])] \quad \dots (数式 1 8)$$

[0083] 図 1 3 は、本開示の実施の形態に係る FMCW TDMA MIMO レーダ装置 1 0 0 の動作例を示す流れ図である。以下、図 1 3 を用いて本開示の実施の形態に係る FMCW TDMA MIMO レーダ装置 1 0 0 の動作例について説明する。

[0084] まず、FMCW TDMA MIMO レーダ装置 1 0 0 は、送信アンテナの番号が、基準時刻を中心に前後対象となるように送信する（ステップ S 1 1 1）。この送信処理は、送信処理部 1 3 0 が FMCW TDMA MIMO レーダ信号処理装置 1 1 0 からのスイッチング制御信号を受けて実行する。

[0085] 続いて FMCW TDMA MIMO レーダ装置 1 0 0 は、基準時刻以前の送信から仮想アレーアンテナを構成して、第 1 のビート信号 S_{B1} を求め、さらに離散フーリエ変換をおこなって周波数スペクトルに変換する（ステップ S 1 1 2）。また FMCW TDMA MIMO レーダ装置 1 0 0 は、基準時刻以降の送信から仮想アレーアンテナを構成して、第 2 のビート信号 S_{B2} を求め、さらに離散フー

リエ変換をおこなって周波数スペクトルに変換する（ステップS 1 1 3）。

第1のビート信号 S_{B1} と第2のビート信号 S_{B2} を求める順序はもちろん逆でも良い。

[0086] 続いてFMCW TDMA MIMOレーダ装置100は、第1のビート信号 S_{B1} の振幅と第2のビート信号 S_{B2} の周波数スペクトルの振幅を平均して、基準時刻におけるビート信号の周波数スペクトルの振幅を求める（ステップS 1 1 4）。またFMCW TDMA MIMOレーダ装置100は、第1のビート信号 S_{B1} と第2のビート信号 S_{B2} の周波数スペクトルの和の位相から、基準時刻におけるビート信号の周波数スペクトルの位相を求める（ステップS 1 1 5）。基準時刻におけるビート信号の周波数スペクトルの振幅と位相を求める順序はもちろん逆でも良い。

[0087] 本開示の実施の形態に係るFMCW TDMA MIMOレーダ装置100は、このような一連の動作を実行することで、周波数領域でドップラ位相の補償を行って物標の動きの影響を除外することができる。

[0088] [1. 4. 第3実施例]

第1実施例で示した信号処理は、数式16のコサイン成分がゼロになる場合に、数式15の角度を求める演算が不可能になり、基準時刻におけるビート信号を合成できなくなる。そこで第3実施例では、第1のビート信号 S_{B1} と第2のビート信号 S_{B2} を平均して第3のビート信号 S_{B3} を求めて、この第3のビート信号 S_{B3} の振幅と第1のビート信号 S_{B1} の振幅を比較して、振幅比が所定の閾値以下（例えば1/10以下）に小さくなる場合は信号処理をおこなわないことにする。

[0089] 図14は、本開示の実施の形態に係るFMCW TDMA MIMOレーダ装置100の動作例を示す流れ図である。以下、図14を用いて本開示の実施の形態に係るFMCW TDMA MIMOレーダ装置100の動作例について説明する。

[0090] まず、FMCW TDMA MIMOレーダ装置100は、送信アンテナの番号が、基準時刻を中心に前後対象となるように送信する（ステップS 1 2 1）。この送信処理は、送信処理部130がFMCW TDMA MIMOレーダ信号処理装置11

0からのスイッチング制御信号を受けて実行する。

- [0091] 続いてFMCW TDMA MIMOレーダ装置100は、基準時刻以前の送信から仮想アレーアンテナを構成して、第1のビート信号 S_{B1} を求める（ステップS122）。またFMCW TDMA MIMOレーダ装置100は、基準時刻以降の送信から仮想アレーアンテナを構成して、第2のビート信号 S_{B2} を求める（ステップS123）。第1のビート信号 S_{B1} と第2のビート信号 S_{B2} を求める順序はもちろん逆でも良い。
- [0092] 続いてFMCW TDMA MIMOレーダ装置100は、第1のビート信号 S_{B1} と第2のビート信号 S_{B2} を平均して第3のビート信号 S_{B3} を求める（ステップS124）。
- [0093] 続いてFMCW TDMA MIMOレーダ装置100は、第3のビート信号 S_{B3} の振幅が、第1のビート信号 S_{B1} の振幅の X 倍（ X は所定の閾値）以下かどうか判断する（ステップS125）。
- [0094] ステップS125の判断の結果、続いて第3のビート信号 S_{B3} の振幅が、第1のビート信号 S_{B1} の振幅の X 倍（ X は所定の閾値）以下でなければ（ステップS125、No）、続いてFMCW TDMA MIMOレーダ装置100は、第1のビート信号 S_{B1} の振幅と第2のビート信号 S_{B2} の振幅を平均して、基準時刻におけるビート信号の振幅を求める（ステップS126）。またFMCW TDMA MIMOレーダ装置100は、第1のビート信号 S_{B1} と第2のビート信号 S_{B2} の和の位相から、基準時刻におけるビート信号の位相を求める（ステップS127）。基準時刻におけるビート信号の振幅と位相を求める順序はもちろん逆でも良い。
- [0095] 一方、ステップS125の判断の結果、続いて第3のビート信号 S_{B3} の振幅が、第1のビート信号 S_{B1} の振幅の X 倍（ X は所定の閾値）以下であれば（ステップS125、Yes）、FMCW TDMA MIMOレーダ装置100は、第1のビート信号 S_{B1} または第2のビート信号 S_{B2} のいずれかを、基準時刻におけるビート信号として処理を進める（ステップS128）。
- [0096] [1.5. 第4実施例]

第1実施例で示した信号処理は、例えば図8に示すように4回の送信で基準時刻におけるビート信号が得られる。一方、従来のFMCW TDMA MIMOレーダ装置は、図6に示したように2回の送信でビート信号が得られる。従って、第1実施例で示した信号処理は従来の信号処理に比べて2倍の時間を必要とする。

[0097] そこで、この第4実施例では、信号処理に要する時間を短縮する例を示す。図15は、スイッチ131a、131bで送信アンテナ140a、140bを選択するタイミングの関係を示す説明図である。図15に示すように、FMCW TDMA MIMOレーダ装置100は、 $N_{\text{Chirp}}=0, 1, 2, 3$ から基準時刻0におけるビート信号を合成し、続いて $N_{\text{Chirp}}=2, 3, 4, 5$ から基準時刻1におけるビート信号を合成し、さらに続いて $N_{\text{Chirp}}=4, 5, 6, 7$ から基準時刻2におけるビート信号を合成する。

[0098] このようにことでビート信号を合成することで、本開示の実施の形態に係るFMCW TDMA MIMOレーダ装置100は、従来と同じ時間間隔でビート信号を出力することが可能になる。

[0099] [1.6. 応用例]

本開示の実施の形態に係るFMCW TDMA MIMOレーダ装置100は、物標の動きに基づいた影響を除外することができるため、高い精度での測距が求められる、自動車の安全な走行を支援するシステムのレーダ装置に好適に適用することが可能である。

[0100] 図16は、FMCW TDMA MIMOレーダ装置100a~100fが搭載されている車両2の例を示す説明図である。図16に示したFMCW TDMA MIMOレーダ装置100a~100fは、上述した本開示の実施の形態に係るFMCW TDMA MIMOレーダ装置100のいずれかであるとする。FMCW TDMA MIMOレーダ装置100a~100fは、短距離、中距離、長距離用のいずれかのレーダ装置であり、車両2の周囲の物体などの検知に用いられる。

[0101] このような、自動車の安全な走行を支援するシステムのレーダ装置として、本開示の実施の形態に係るFMCW TDMA MIMOレーダ装置100を適用する

ことで、上記システムの高性能化に寄与することができる。

[0102] <2. まとめ>

以上説明したように本開示の実施の形態によれば、所定の基準時刻を中心として送信アレーアンテナのアンテナ素子の番号が前後対称となるように繰り返し送信をおこない、基準時刻以前のビート信号と基準時刻以降のビート信号から、基準時刻におけるビート信号を合成することで物標の動きに基づいた影響を除外することが可能なFMCW TDMA MIMOレーダ装置100を提供することが出来る。

[0103] 本明細書の各装置が実行する処理における各ステップは、必ずしもシーケンス図またはフローチャートとして記載された順序に沿って時系列に処理する必要はない。例えば、各装置が実行する処理における各ステップは、フローチャートとして記載した順序と異なる順序で処理されても、並列的に処理されてもよい。

[0104] また、各装置に内蔵されるCPU、ROMおよびRAMなどのハードウェアを、上述した各装置の構成と同等の機能を発揮させるためのコンピュータプログラムも作成可能である。また、該コンピュータプログラムを記憶させた記憶媒体も提供されることが可能である。また、機能ブロック図で示したそれぞれの機能ブロックをハードウェアまたはハードウェア回路で構成することで、一連の処理をハードウェアまたはハードウェア回路で実現することもできる。

[0105] 以上、添付図面を参照しながら本開示の好適な実施形態について詳細に説明したが、本開示の技術的範囲はかかる例に限定されない。本開示の技術分野における通常の知識を有する者であれば、特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、これらについても、当然に本開示の技術的範囲に属するものと了解される。

[0106] また、本明細書に記載された効果は、あくまで説明的または例示的なものであって限定的ではない。つまり、本開示に係る技術は、上記の効果とともに

に、または上記の効果に代えて、本明細書の記載から当業者には明らかな他の効果を奏しうる。

[0107] なお、以下のような構成も本開示の技術的範囲に属する。

(1)

M個 ($M \geq 2$) の送信アンテナと、

N個 ($N \geq 1$) の受信アンテナと、

ローカル信号を発振するローカル発振器と、

前記ローカル信号に基づく送信信号をいずれか一つの前記送信アンテナを選択して送信する送信処理部と、

前記受信アンテナが受信した、前記送信信号の物標での反射によるエコー信号と、前記ローカル信号とから、ビート信号を出力する受信処理部と、

前記ビート信号に対する信号処理を行う信号処理部と、

を備え、

前記送信処理部は、基準時刻を中心としてアンテナ素子の番号が前後対称となるように順次切り替えて前記送信アンテナから送信を行い、

前記信号処理部は、前記基準時刻以前に前記受信アンテナが受信した第1のビート信号と、前記基準時刻以降に受信した第2のビート信号とから、前記基準時刻におけるビート信号を合成する、レーダ装置。

(2)

前記信号処理部は、前記第1のビート信号の振幅と前記第2のビート信号の振幅とを平均して前記基準時刻におけるビート信号の振幅を求め、前記第1のビート信号の位相と前記第2のビート信号の位相とを加算して前記基準時刻におけるビート信号の位相を求める、前記(1)に記載のレーダ装置。

(3)

前記信号処理部は、前記第1のビート信号を離散フーリエ変換した第1の周波数スペクトルと、前記第2のビート信号を離散フーリエ変換した第2の周波数スペクトルとから、前記基準時刻におけるビート信号の周波数スペクトルを合成する、前記(1)に記載のレーダ装置。

(4)

前記信号処理部は、前記第1のビート信号の振幅と前記第2のビート信号の振幅との平均が所定値以下であれば、前記第1のビート信号または前記第2のビート信号を前記基準時刻におけるビート信号とする、前記(1)～(3)のいずれかに記載のレーダ装置。

(5)

前記所定値は、前記第1のビート信号の振幅または前記第2のビート信号の振幅の所定の割合である、前記(4)に記載のレーダ装置。

(6)

車両に搭載される、前記(1)～(5)のいずれかに記載のレーダ装置。

(7)

M個($M \geq 2$)の送信アンテナから送信された、ローカル信号に基づく送信信号の物標での反射によるエコー信号と、前記ローカル信号とから生成されるビート信号に対する信号処理を行う信号処理部を備え、

前記信号処理部は、基準時刻を中心としてアンテナ素子の番号が前後対称となるように順次切り替えて前記送信アンテナから送信させ、

前記基準時刻以前に前記受信アンテナが受信した第1のビート信号と、前記基準時刻以降に受信した第2のビート信号とから、前記基準時刻におけるビート信号を合成する、信号処理装置。

(8)

基準時刻を中心としてアンテナ素子の番号が前後対称となるように順次切り替えてM個($M \geq 2$)の送信アンテナから、ローカル信号に基づく送信信号を送信させることと、

前記送信アンテナから送信された前記送信信号の物標での反射によるエコー信号と、前記ローカル信号とから生成されるビート信号に対する信号処理を行うことと、

を含み、

前記信号処理を行うことは、前記基準時刻以前に前記受信アンテナが受信

した第1のビート信号と、前記基準時刻以降に受信した第2のビート信号とから、前記基準時刻におけるビート信号を合成することを含む、信号処理方法。

符号の説明

[0108] 1 0 0 FMCW TDMA MIMOレーダ装置

請求の範囲

- [請求項1] M個 ($M \geq 2$) の送信アンテナと、
N個 ($N \geq 1$) の受信アンテナと、
ローカル信号を発振するローカル発振器と、
前記ローカル信号に基づく送信信号をいずれか一つの前記送信アンテナを選択して送信する送信処理部と、
前記受信アンテナが受信した、前記送信信号の物標での反射によるエコー信号と、前記ローカル信号とから、ビート信号を出力する受信処理部と、
前記ビート信号に対する信号処理を行う信号処理部と、
を備え、
前記送信処理部は、基準時刻を中心としてアンテナ素子の番号が前後対称となるように順次切り替えて前記送信アンテナから送信を行い、
前記信号処理部は、前記基準時刻以前に前記受信アンテナが受信した第1のビート信号と、前記基準時刻以降に受信した第2のビート信号とから、前記基準時刻におけるビート信号を合成する、レーダ装置。
- [請求項2] 前記信号処理部は、前記第1のビート信号の振幅と前記第2のビート信号の振幅とを平均して前記基準時刻におけるビート信号の振幅を求め、前記第1のビート信号の位相と前記第2のビート信号の位相とを加算して前記基準時刻におけるビート信号の位相を求める、請求項1に記載のレーダ装置。
- [請求項3] 前記信号処理部は、前記第1のビート信号を離散フーリエ変換した第1の周波数スペクトルと、前記第2のビート信号を離散フーリエ変換した第2の周波数スペクトルとから、前記基準時刻におけるビート信号の周波数スペクトルを合成する、請求項1に記載のレーダ装置。
- [請求項4] 前記信号処理部は、前記第1のビート信号の振幅と前記第2のビー

ト信号の振幅との平均が所定値以下であれば、前記第1のビート信号または前記第2のビート信号を前記基準時刻におけるビート信号とする、請求項1に記載のレーダ装置。

[請求項5] 前記所定値は、前記第1のビート信号の振幅または前記第2のビート信号の振幅の所定の割合である、請求項4に記載のレーダ装置。

[請求項6] 車両に搭載される、請求項1に記載のレーダ装置。

[請求項7] M個 ($M \geq 2$) の送信アンテナから送信された、ローカル信号に基づく送信信号の物標での反射によるエコー信号と、前記ローカル信号とから生成されるビート信号に対する信号処理を行う信号処理部を備え、

前記信号処理部は、基準時刻を中心としてアンテナ素子の番号が前後対称となるように順次切り替えて前記送信アンテナから送信させ、

前記基準時刻以前に前記受信アンテナが受信した第1のビート信号と、前記基準時刻以降に受信した第2のビート信号とから、前記基準時刻におけるビート信号を合成する、信号処理装置。

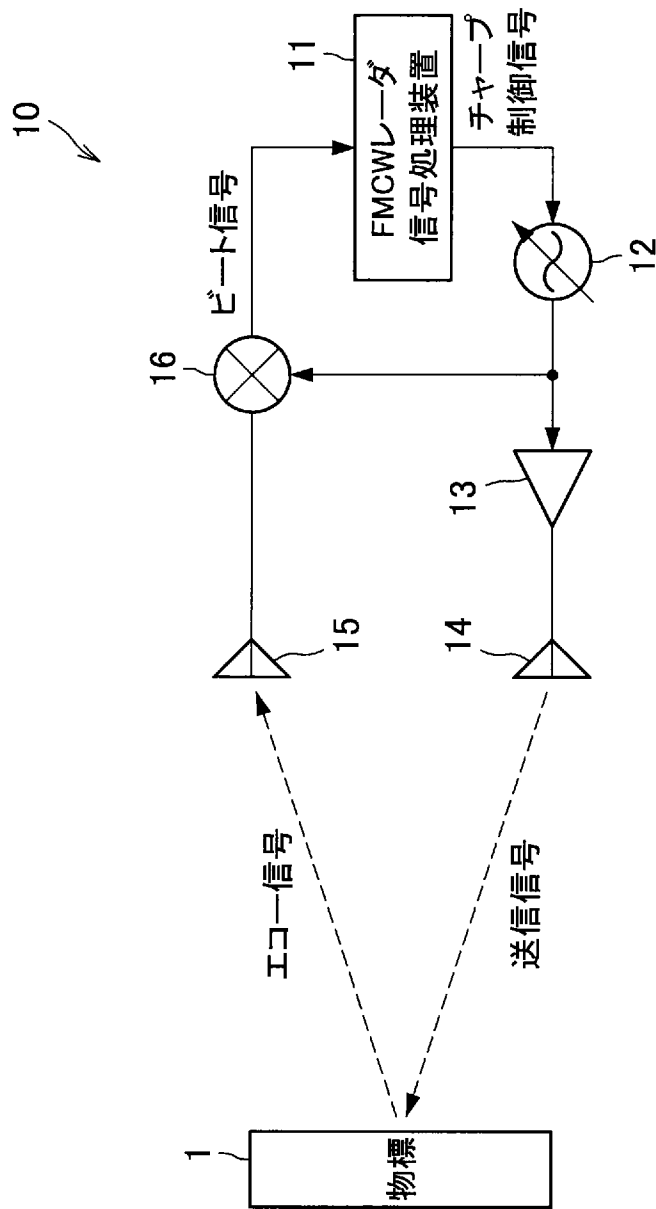
[請求項8] 基準時刻を中心としてアンテナ素子の番号が前後対称となるように順次切り替えてM個 ($M \geq 2$) の送信アンテナから、ローカル信号に基づく送信信号を送信させることと、

前記送信アンテナから送信された前記送信信号の物標での反射によるエコー信号と、前記ローカル信号とから生成されるビート信号に対する信号処理を行うことと、

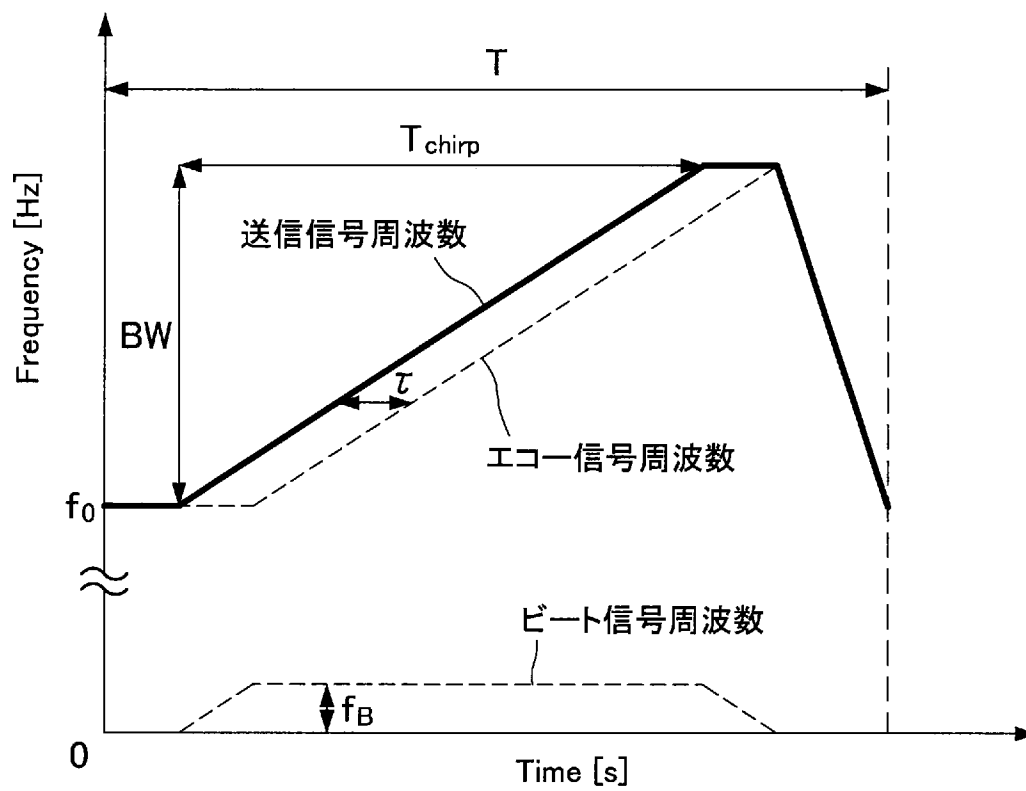
を含み、

前記信号処理を行うことは、前記基準時刻以前に前記受信アンテナが受信した第1のビート信号と、前記基準時刻以降に受信した第2のビート信号とから、前記基準時刻におけるビート信号を合成することを含む、信号処理方法。

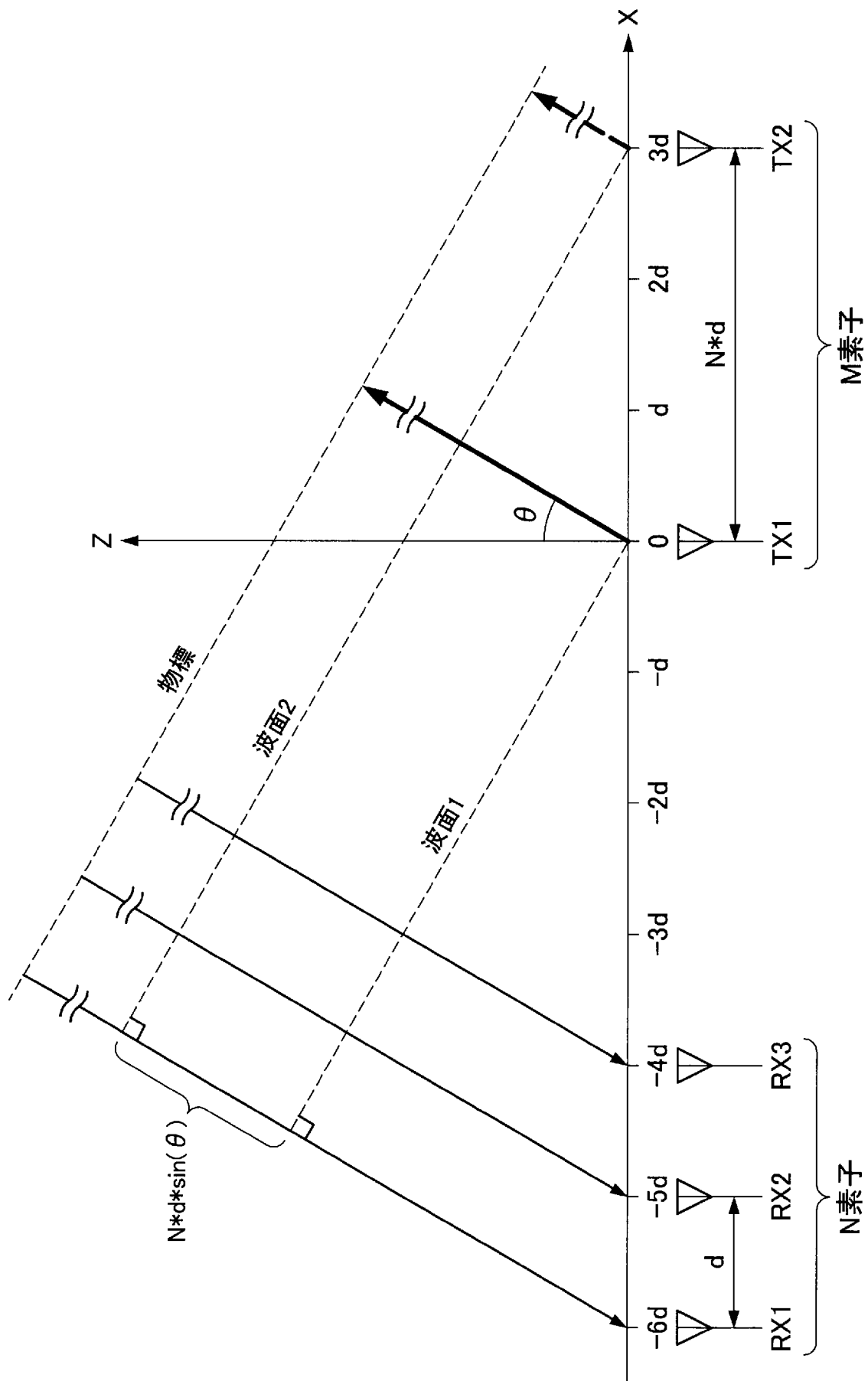
[図1]



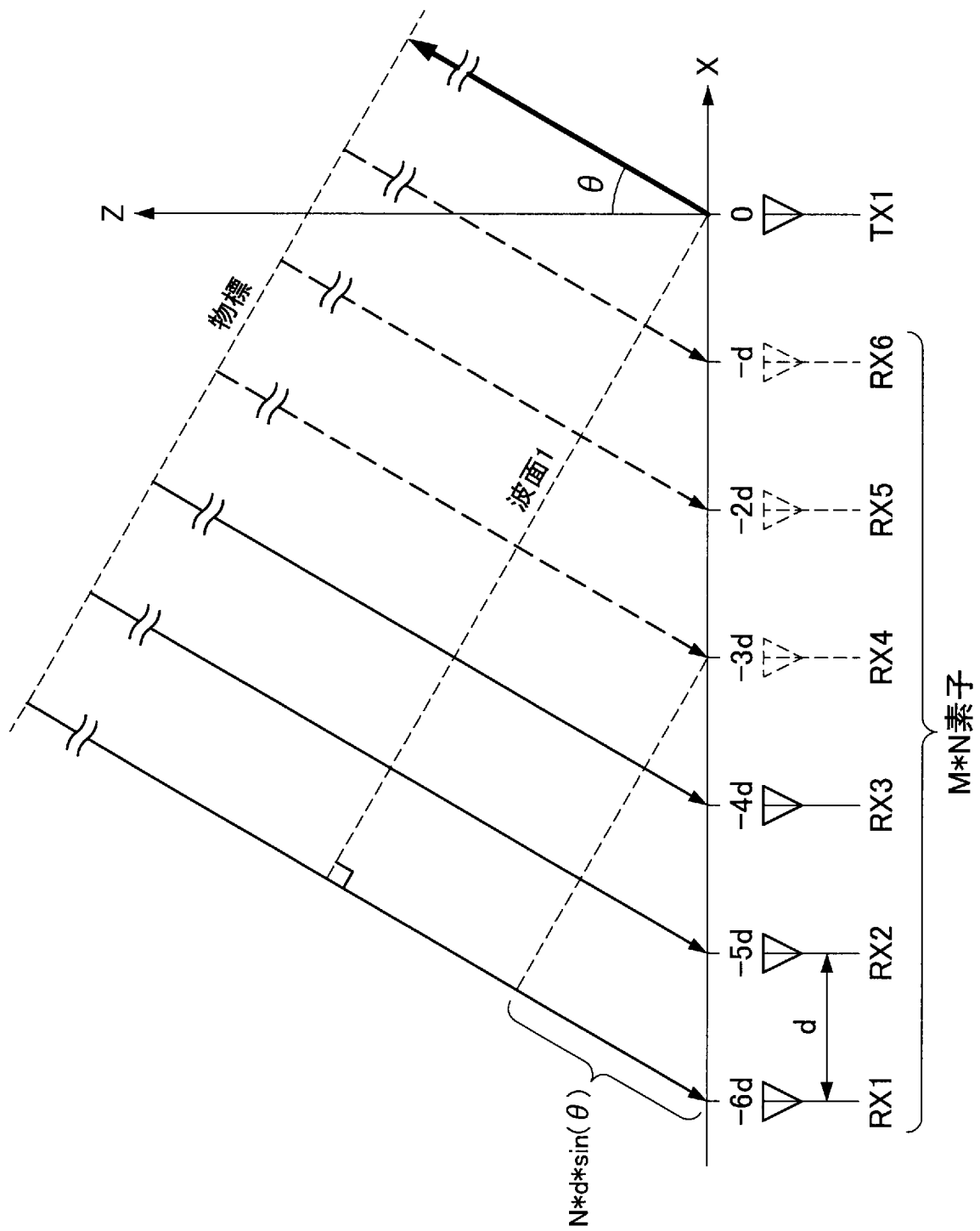
[図2]



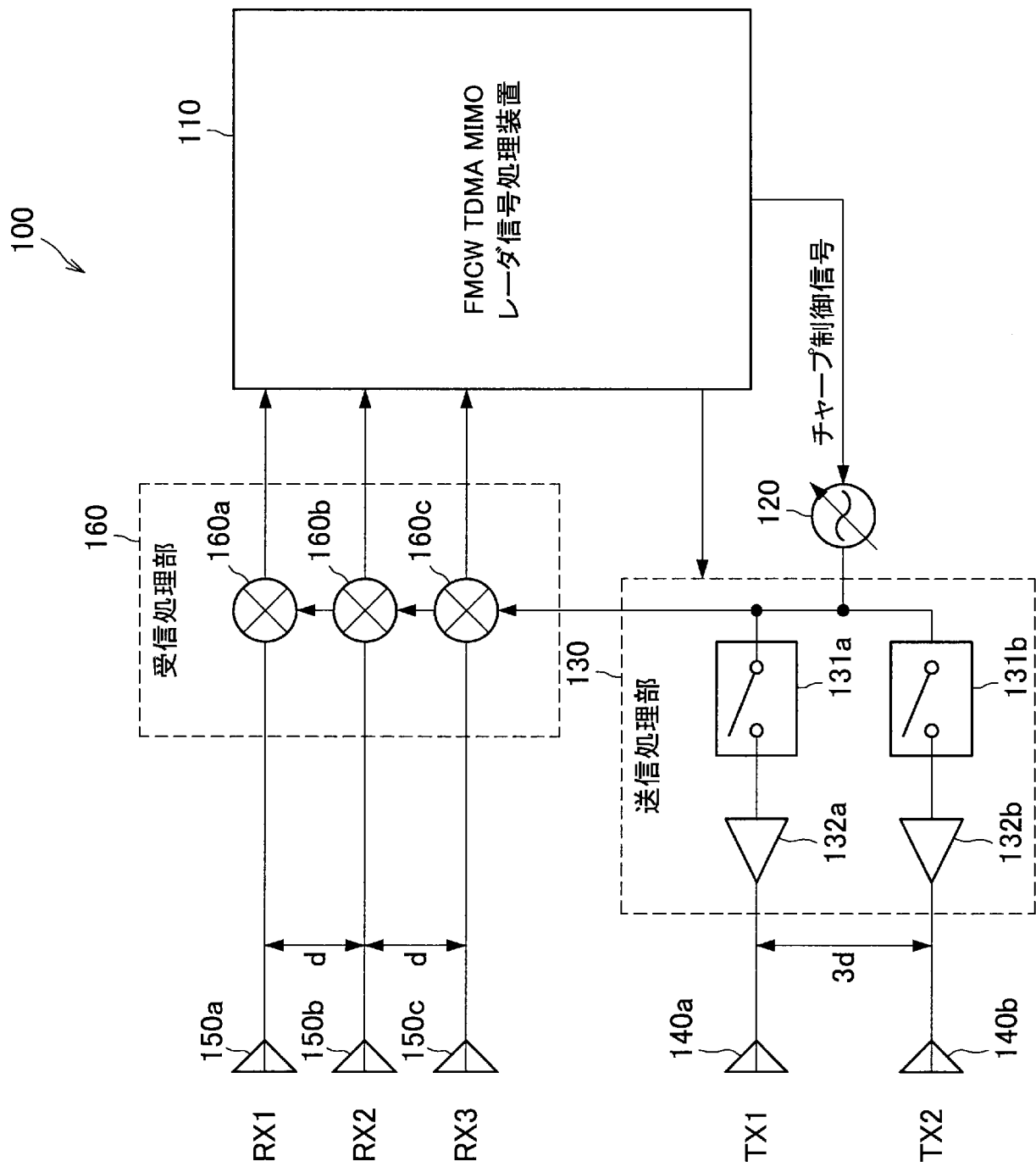
[図3]



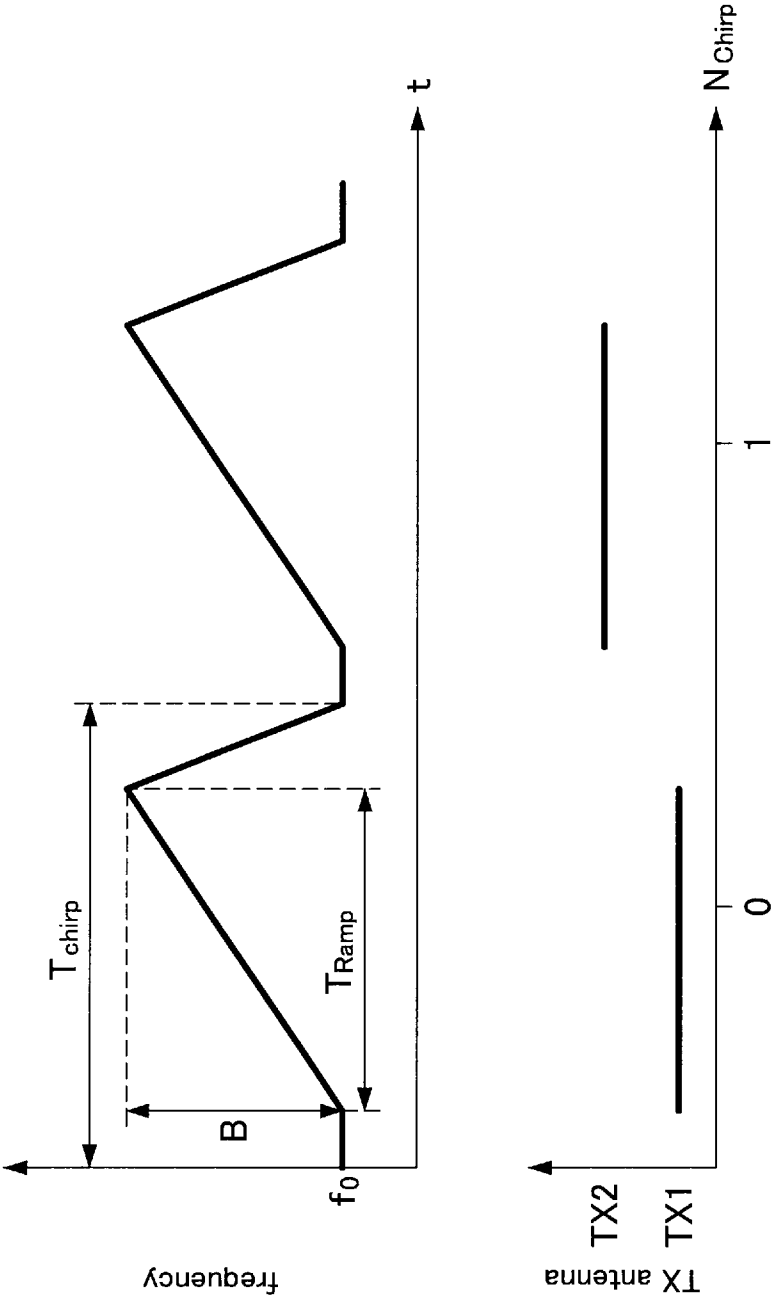
[図4]



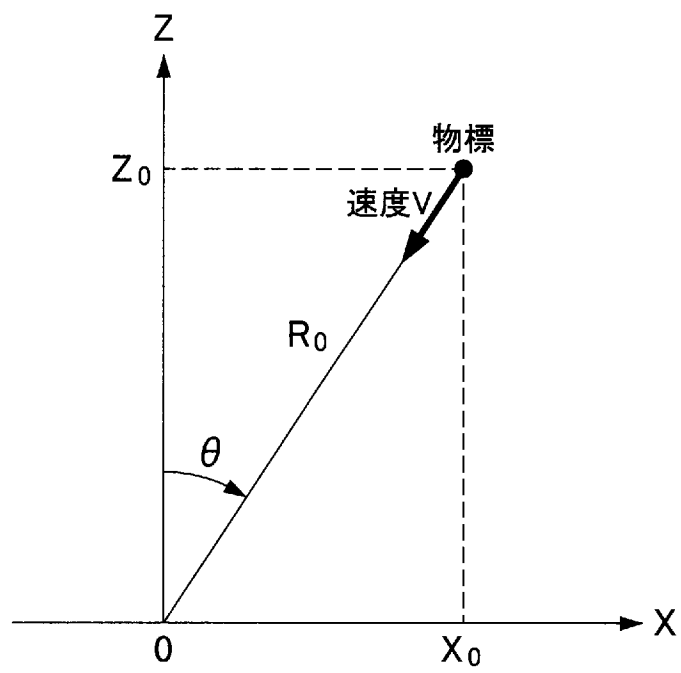
[図5]



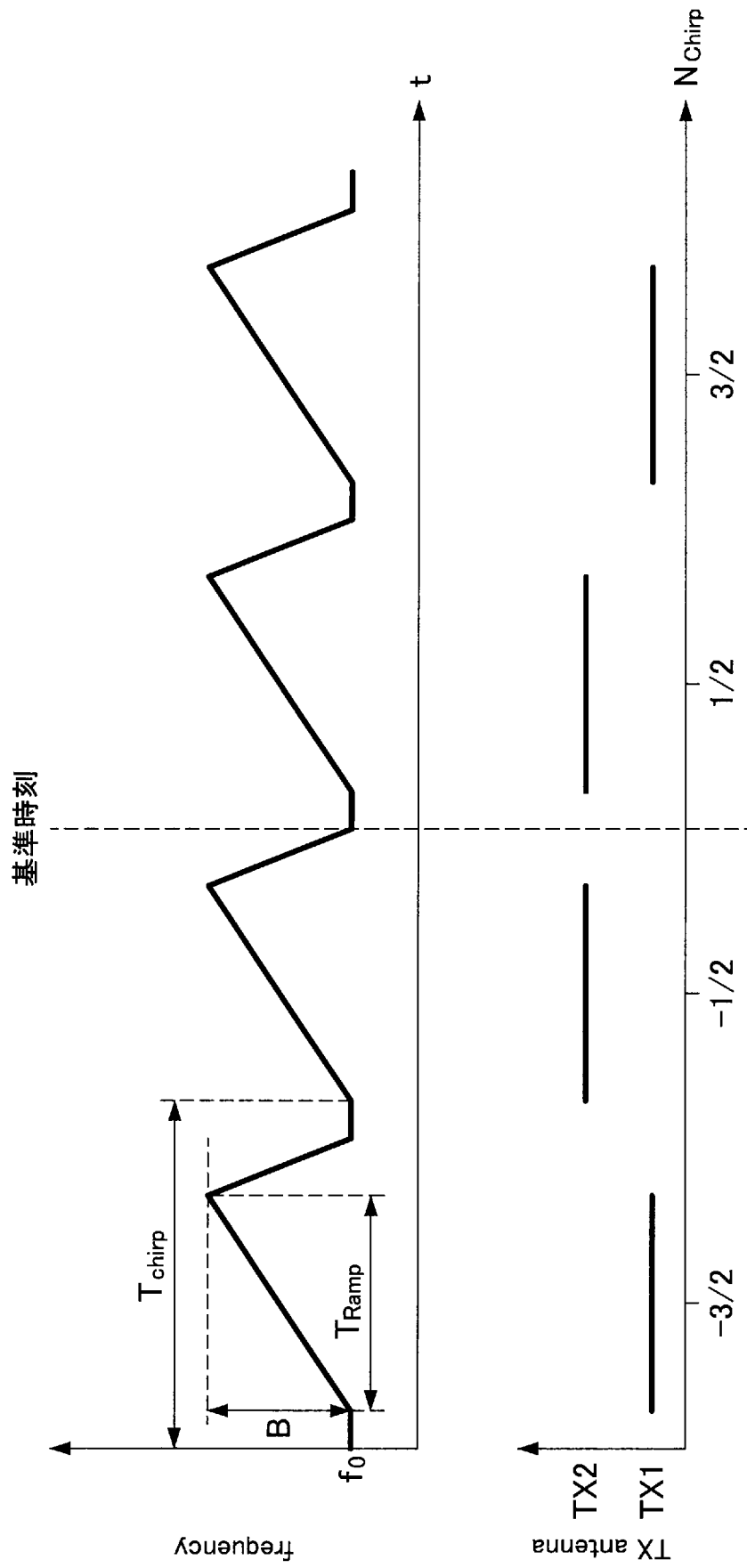
[図6]



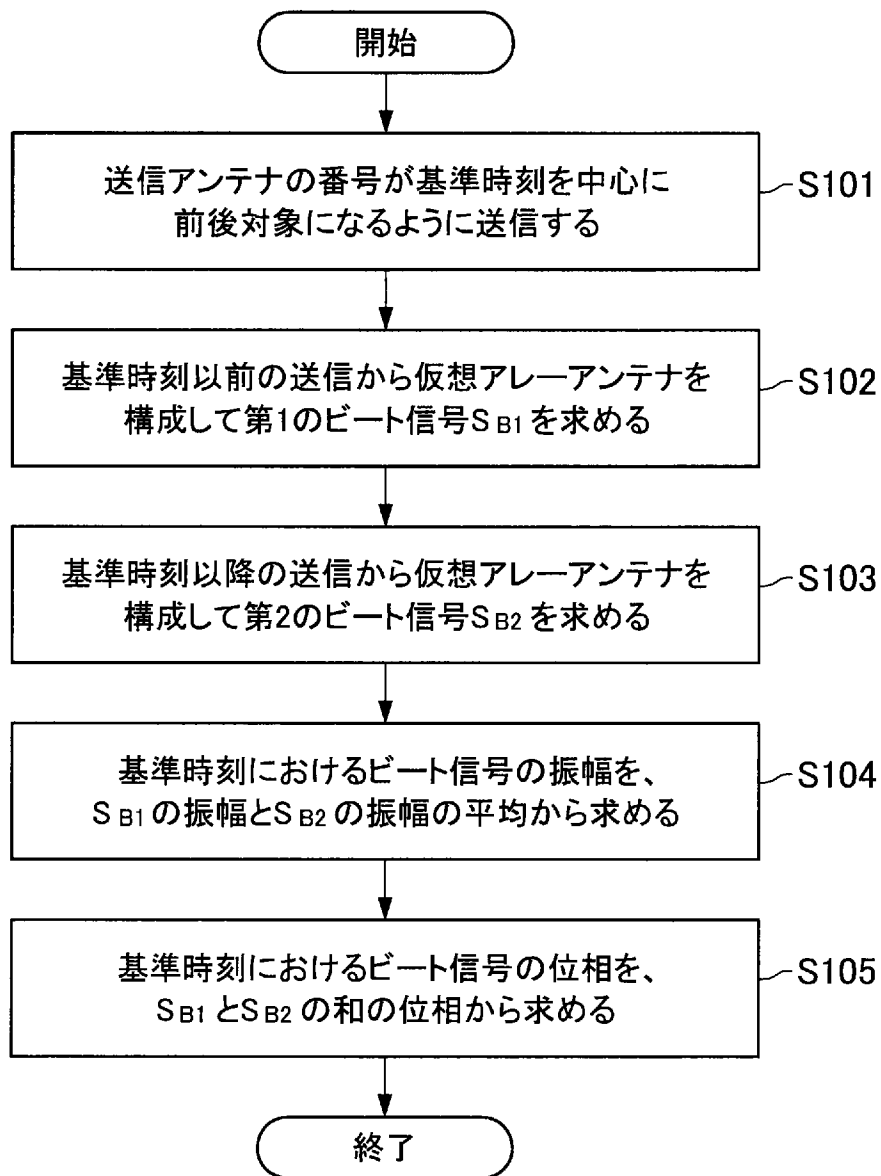
[図7]



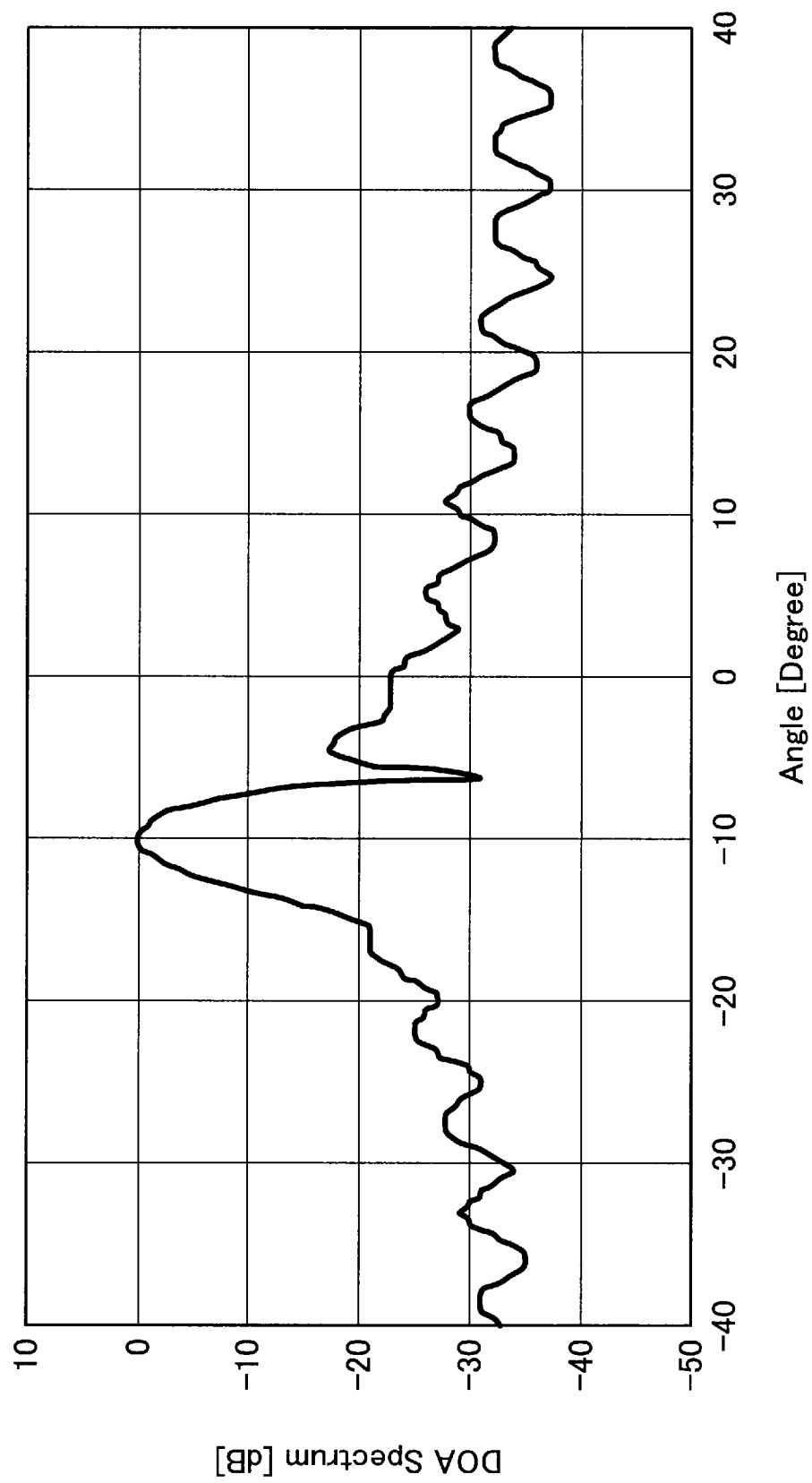
[図8]



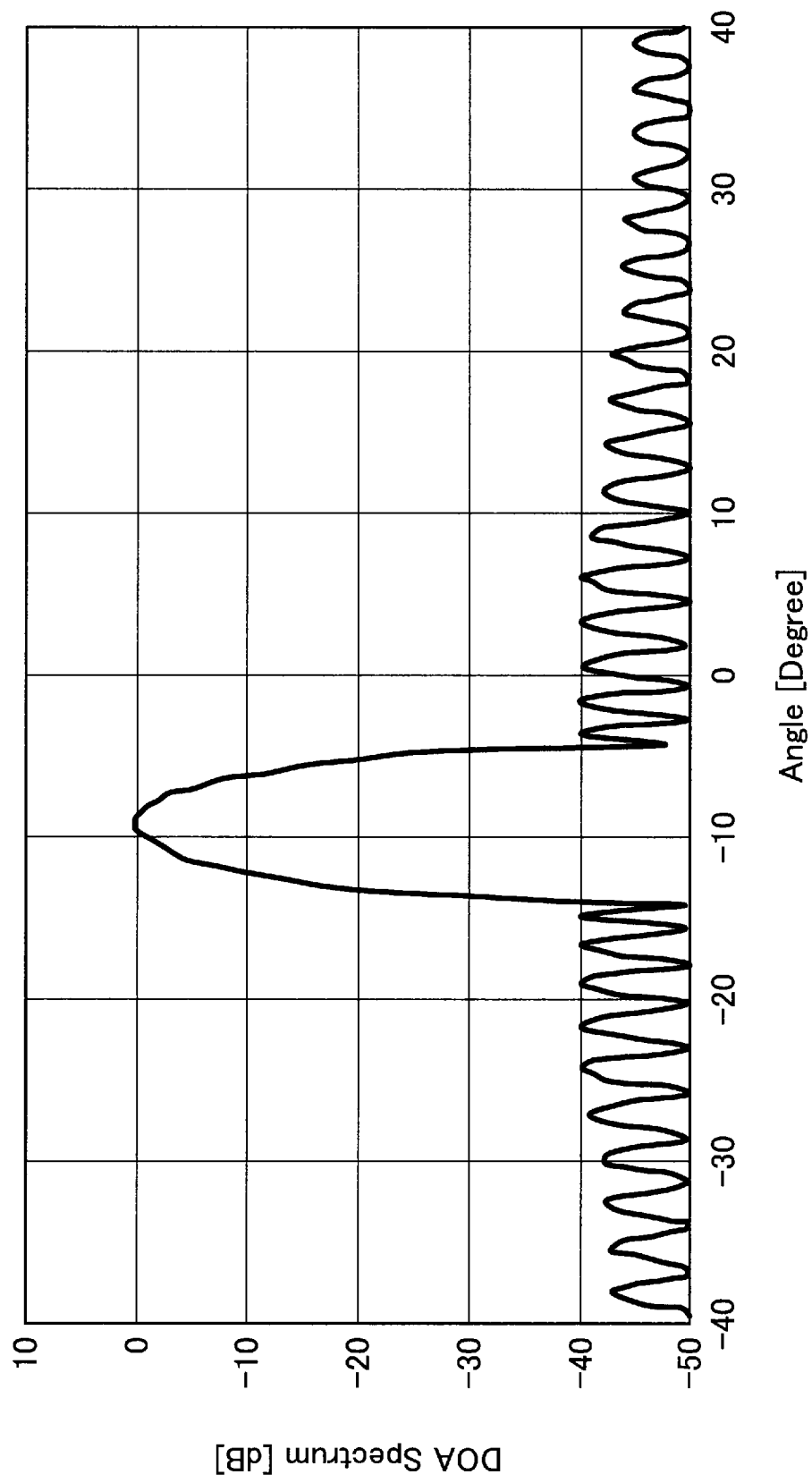
[図9]



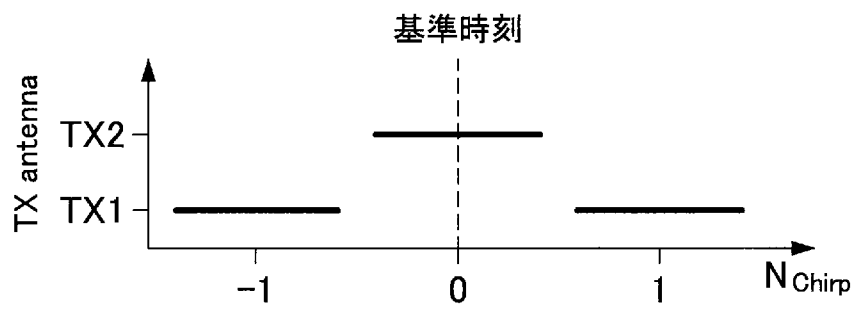
[図10]



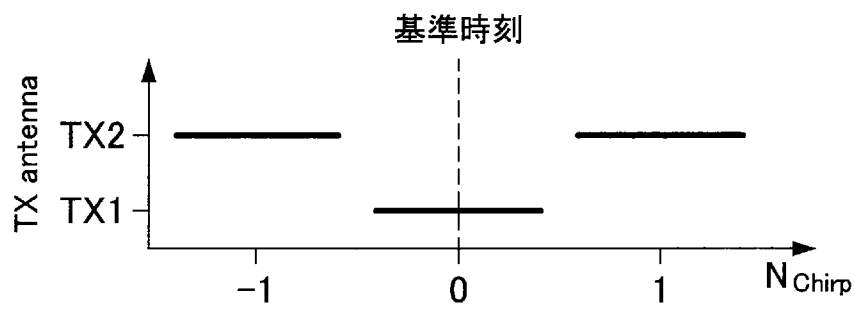
[図11]



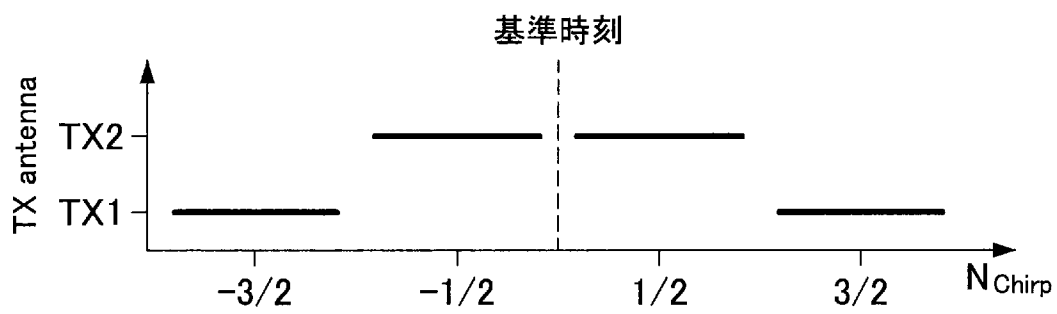
[図12A]



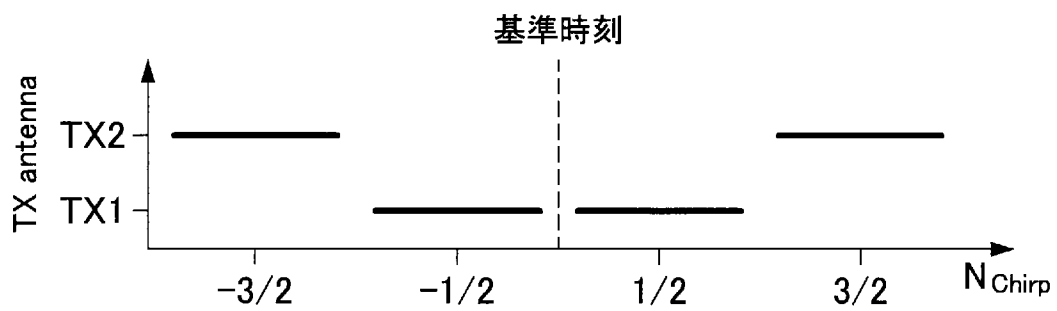
[図12B]



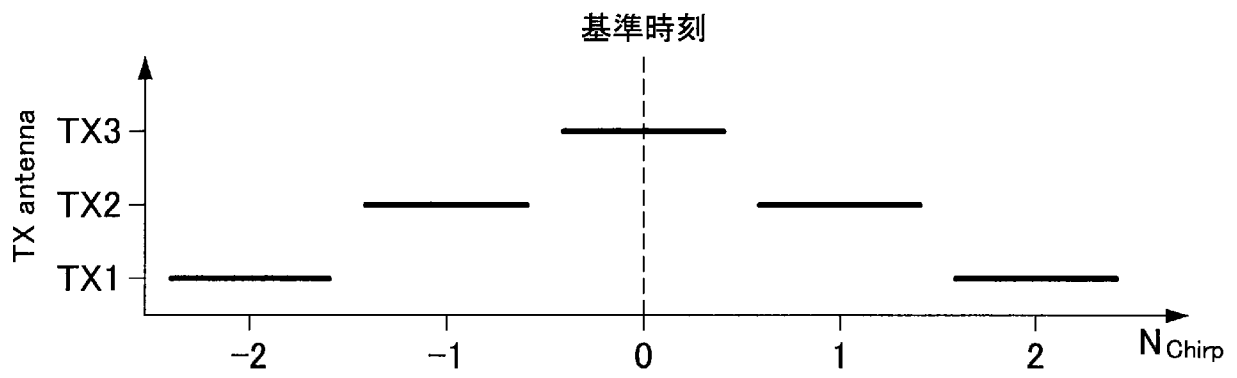
[図12C]



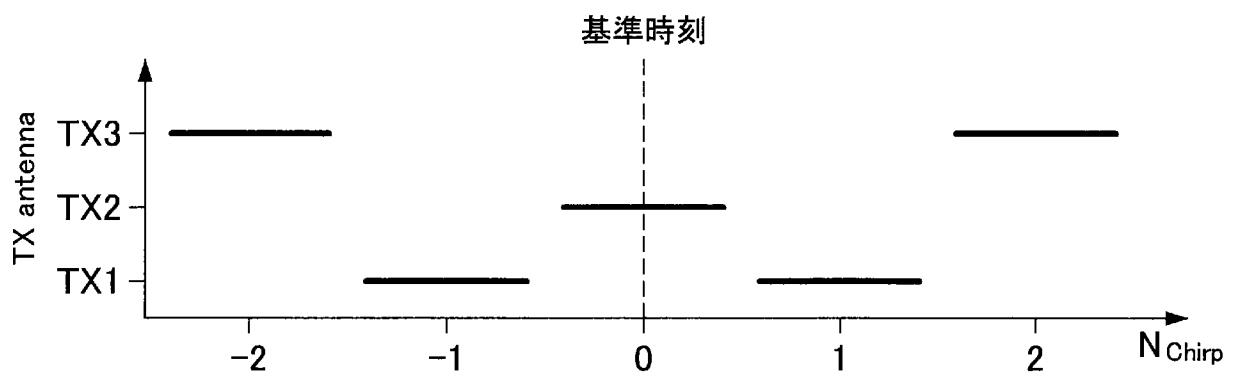
[図12D]



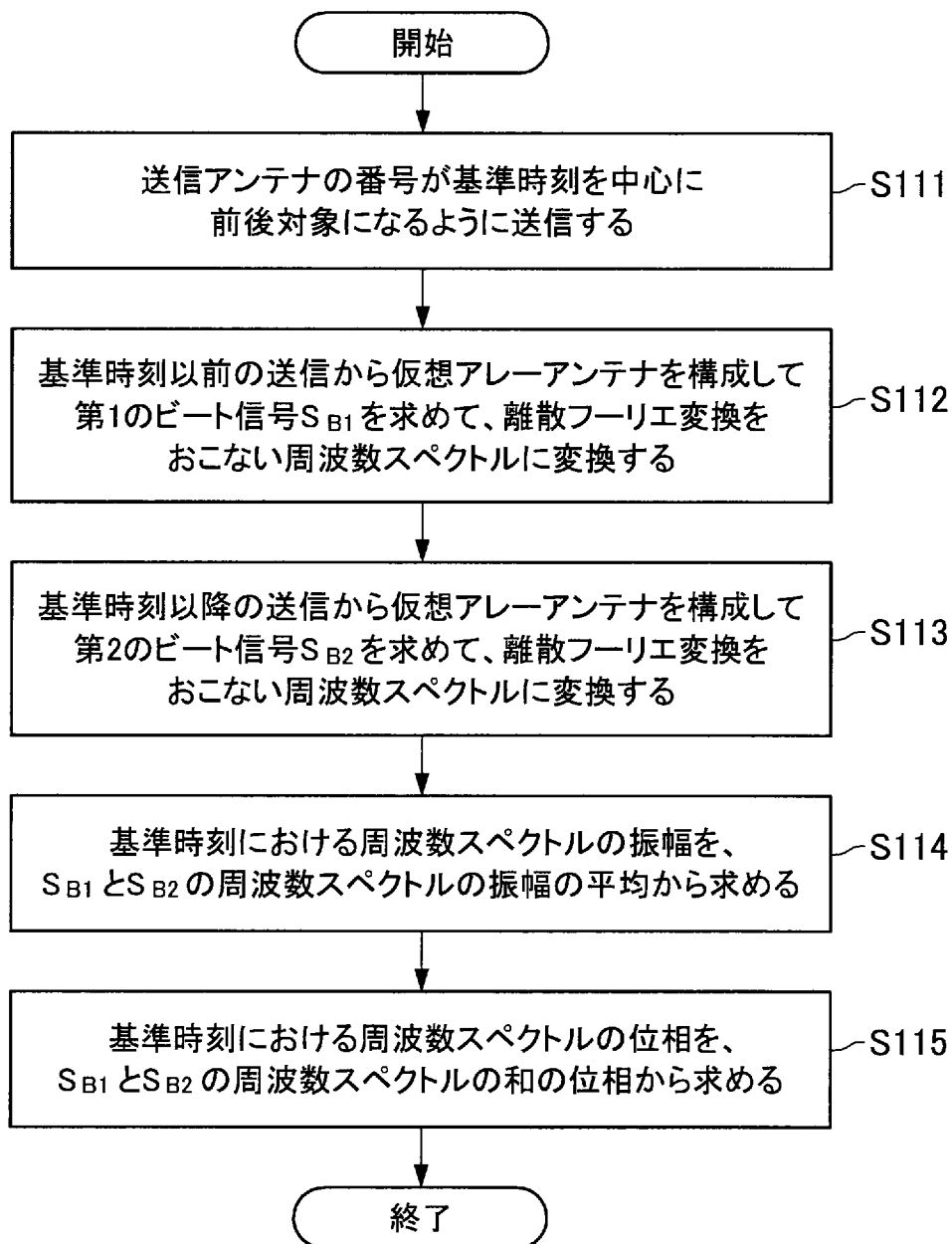
[図12E]



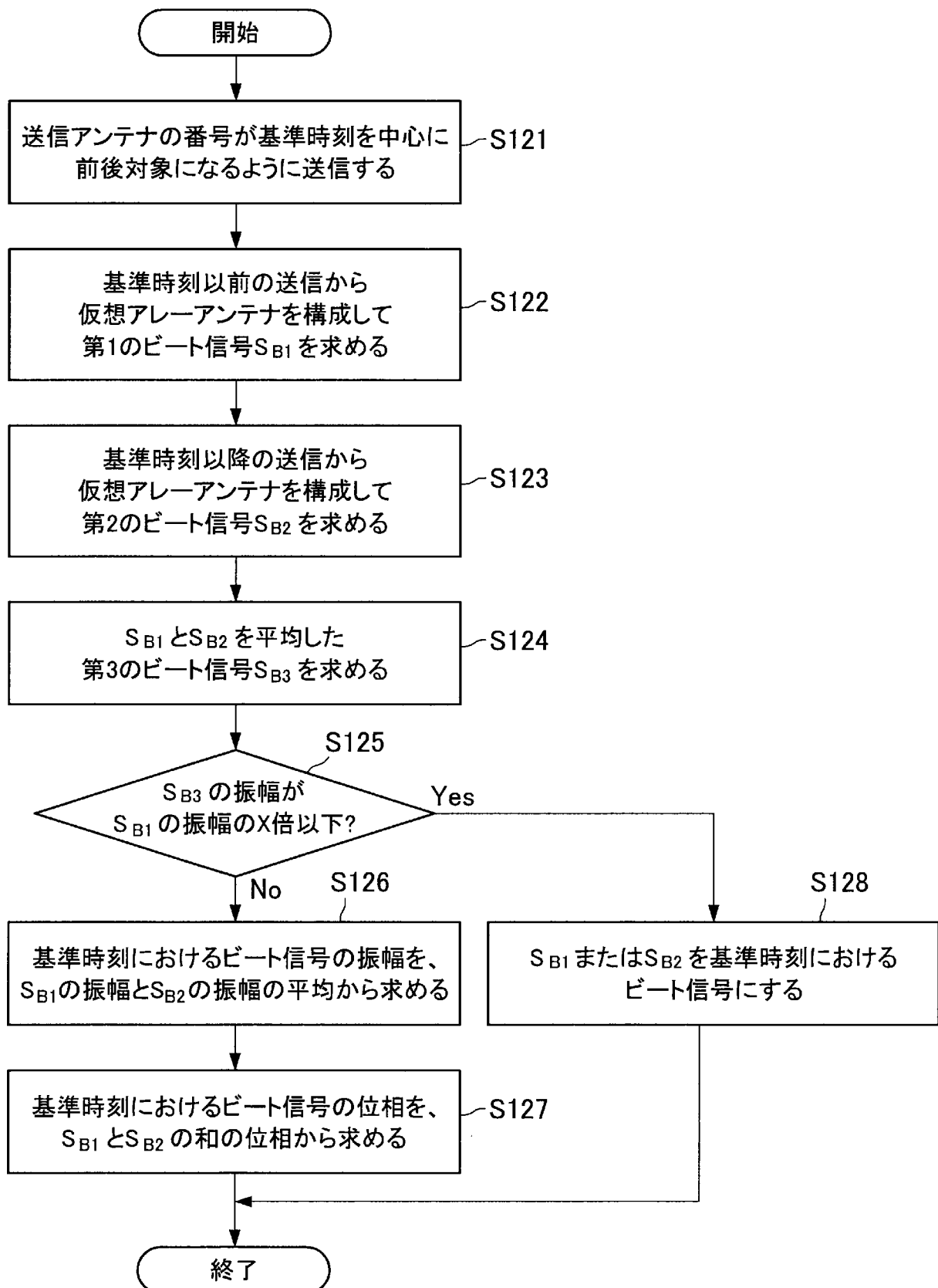
[図12F]



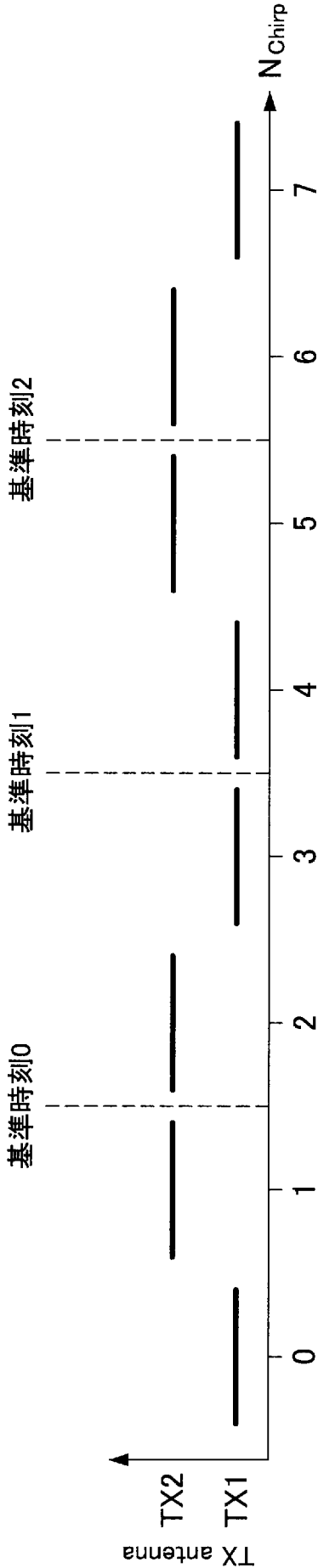
[図13]



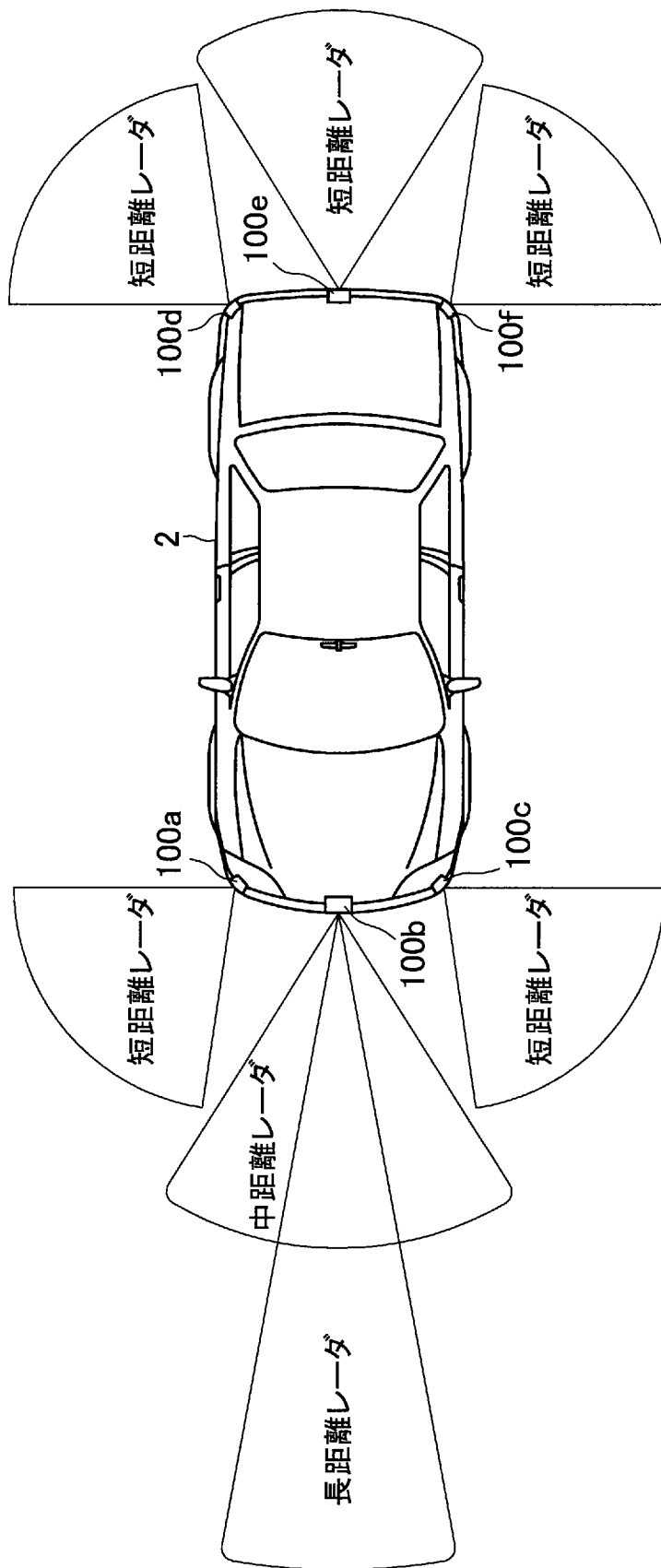
[図14]



[図15]



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/032625

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01S7/02(2006.01)i, G01S13/34(2006.01)i, G01S13/93(2006.01)i, H01Q21/08(2006.01)i, G08G1/16(2006.01)n

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01S7/02, G01S13/34, G01S13/93, H01Q21/08, G08G1/16

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2014/0347211 A1 (ROBERT BOSCH GMBH), 27 November 2014 (27.11.2014), entire text; all drawings & DE 102013209708 A1 & CN 104181517 A	1-8
A	US 2015/0295628 A1 (ROBERT BOSCH GMBH), 15 October 2015 (15.10.2015), entire text; all drawings & DE 102014206927 A1 & CN 104977568 A	1-8
A	JP 8-136647 A (Honda Motor Co., Ltd.), 31 May 1996 (31.05.1996), entire text; all drawings & US 5652589 A	1-8

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
27 September 2017 (27.09.17)

Date of mailing of the international search report
10 October 2017 (10.10.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/032625

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2008/015883 A1 (Murata Mfg. Co., Ltd.), 07 February 2008 (07.02.2008), entire text; all drawings & US 2009/0231182 A1 & EP 2048514 A1	1-8

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01S7/02(2006.01)i, G01S13/34(2006.01)i, G01S13/93(2006.01)i, H01Q21/08(2006.01)i,
G08G1/16(2006.01)n

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01S7/02, G01S13/34, G01S13/93, H01Q21/08, G08G1/16

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	US 2014/0347211 A1 (ROBERT BOSCH GMBH) 2014.11.27, 全文、全図 & DE 102013209708 A1 & CN 104181517 A	1-8
A	US 2015/0295628 A1 (ROBERT BOSCH GMBH) 2015.10.15, 全文、全図 & DE 102014206927 A1 & CN 104977568 A	1-8
A	JP 8-136647 A (本田技研工業株式会社) 1996.05.31, 全文、全図 & US 5652589 A	1-8

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

27.09.2017

国際調査報告の発送日

10.10.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

大▲瀬▼ 裕久

2S

3808

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	WO 2008/015883 A1 (株式会社村田製作所) 2008.02.07, 全文、全図 & US 2009/0231182 A1 & EP 2048514 A1	1-8