

(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
2010年12月16日(16.12.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/143462 A1

- (51) 国際特許分類:
G01S 13/44 (2006.01) G01S 13/34 (2006.01)
G01S 7/02 (2006.01) G01S 13/93 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/054837
- (22) 国際出願日: 2010年3月19日(19.03.2010)
- (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 2009-137311 2009年6月8日(08.06.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社 東芝 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目1番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 竹谷 晋一 (TAKEYA, Shinichi) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝 知的財産部内 Tokyo (JP). 川端 一彰 (KAWABATA, Kazuaki) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝 知的財産部内

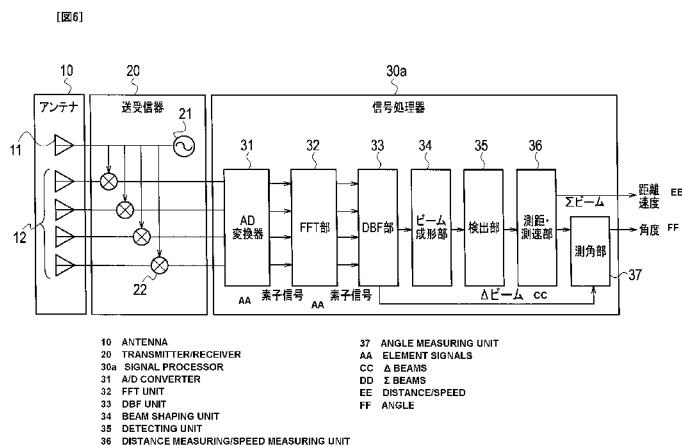
Tokyo (JP). 大須賀 万城 (OOSUGA, Kazuki) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝 知的財産部内 Tokyo (JP). 吉田 卓司 (YOSHIDA, Takuji) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝 知的財産部内 Tokyo (JP). 吉田 大広 (YOSHIDA, Tomohiro) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝 知的財産部内 Tokyo (JP). 丹羽 雅人 (NIWA, Masato) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝 知的財産部内 Tokyo (JP). 後藤 秀人 (GOTO, Hideto) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝 知的財産部内 Tokyo (JP).

- (74) 代理人: 三好 秀和, 外 (MIYOSHI, Hidekazu et al.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門一丁目2番8号 虎ノ門琴平タワー 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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS,

[続葉有]

(54) Title: RADAR APPARATUS

(54) 発明の名称: レーダ装置



(57) Abstract: A radar apparatus comprises: an antenna (10) including a transmitting/receiving element (11a), which has been divided into first and second transmitting/receiving elements, and further including a receive-only element (12a), which has been divided into first and second receive-only elements; a beam shaping unit (34) that divides an observation angle range into a plurality of divisional angle ranges and uses elements of the antenna to form transmission beams covering the respective divisional angle ranges and that, during reception, sets the beam orientations of the elements of the antenna to be the same as those of the first and second transmitting/receiving elements, uses the first transmitting/receiving element and first receive-only element and the second transmitting/receiving element and second receive-only element to form Σ and Δ phase mono-pulse beams covering the respective ones of the plurality of angle ranges, and uses the first and second transmitting/receiving elements and first and second receive-only elements to form beams having narrow beam widths; and an angle measuring unit (37) that performs a mono-pulse angle measurement based on the beams formed by the beam shaping unit.

(57) 要約:

[続葉有]



LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

- (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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

本発明は、第 1 送受信兼用素子と第 2 送受信兼用素子とに分割された送受信兼用素子 1 1 a と、第 1 受信専用素子と第 2 受信専用素子に分割された受信専用素子 1 2 a を備えたアンテナ 1 0 と、観測角度範囲を複数に分割して、アンテナの各素子により、分割した角度範囲の各々を覆うように送信ビームを形成し、受信では、アンテナの各素子のビーム指向方向を第 1 送受信兼用素子と第 2 送受信兼用素子と同じ方向にして、第 1 送受信兼用素子と第 1 受信専用素子、第 2 送受信兼用素子と第 2 受信専用素子により、 Σ と Δ の位相モノパルスビームを形成して複数の角度範囲の各々を覆い、第 1 送受信兼用素子、第 2 送受信兼用素子、第 1 受信専用素子および第 2 受信専用素子により、狭ビーム幅のビームを形成するビーム成形部 3 4 と、ビーム成形部で形成されたビームに基づきモノパルス測角を行う測角部 3 7 を備える。

明 細 書

発明の名称：レーダ装置

技術分野

[0001] 本発明は、車両等の方向（角度）を観測するレーダ装置に関する。

背景技術

[0002] 道路を走行する車両がレーダ装置で観測される場合、小型のアンテナが用いられる。図 1 は、従来のレーダ装置の構成を示す系統図である。図 2 は、このレーダ装置の動作を示すフローチャートである。このレーダ装置は、アンテナ 10、送受信器 20 および信号処理器 30 を備えている。

[0003] 送受信器 20 の内部の送信器 21 でスイープされた信号は、アンテナ送信素子 11 から送信される。一方、複数のアンテナ受信素子 12 で受信された信号は、複数のミキサ 22 によりそれぞれ周波数変換されて、信号処理器 30 に送られる。信号処理器 30 では、送受信器 20 からの信号が入力され（ステップ S 201）、信号は A/D 変換器 31 によりデジタル信号に変換され、素子信号として FFT 部 32 に送られる。

[0004] FFT 部 32 は、A/D 変換器 31 から送られてくる信号を高速フーリエ変換して周波数軸上の素子信号に変換し、DBF（Digital Beam Forming：デジタルビーム形成）部 34 に送る。DBF 部 33 は、FFT 部 32 から送られてくる周波数軸上の素子信号を用いて、 Σ ビームと Δ ビームを形成する。DBF 部 33 で形成された Σ ビームは検出部 35 に送られ、 Δ ビームは測角部 37 に送られる。検出部 35 は、DBF 部 33 から送られてくる Σ ビームに基づき目標を検出し、検出結果を測距・測速部 36 に送る。

[0005] 次いで、距離および速度が算出される（ステップ S 202）。すなわち、測距・測速部 36 は、検出部 35 からの検出結果に基づき目標までの距離および目標の速度を測定し、外部に送出するとともに、 Σ ビームを測角部 37 に送る。

[0006] 次いで、角度が算出される（ステップ S 203）。すなわち、測角部 37

は、測距・測速部 36 から送られてくる Σ ビームと DBF 部 33 から送られてくる Δ ビームとを用いて、図 3 に示すようなモノパルス方式により測角を行う。モノパルス方式は、非特許文献 1 に説明されている。測角部 37 における測角により得られた角度は、外部に送出される。

[0007] 次いで、相関追尾が行われる（ステップ S 204）。すなわち、外部の図示しない相関追尾部は、信号処理器 30 から送られてくる距離、速度および角度に基づき相関追尾処理を行って目標の位置および速度を算出する。その後、サイクルが終了したかどうか調べられる（ステップ S 205）。ステップ S 205 において、サイクルが終了していないことが判断されると、次のサイクルを処理対象とするための処理が行われる（ステップ S 206）。その後、処理はステップ S 201 に戻り、上述した処理が繰り返される。一方、ステップ S 205 において、サイクルが終了したことが判断されると、このレーダ装置の追尾処理は終了する。

[0008] ここで、アンテナ素子間に誤差が存在する場合を考える。この誤差は、図 4 に示すように、ライン長やミキサの温度変化や経時変化等により発生する振幅および位相誤差である。この場合、図 5 に示すように、利得低下、指向方向のずれ等が生じ、その影響により検知能力や測角性能が低下する。

先行技術文献

非特許文献

[0009] 非特許文献 1：吉田孝監修、‘改訂レーダ技術’、電子情報通信学会、pp. 260-264 (1996)

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] 上述したように、従来のレーダ装置では、次の問題がある。すなわち、道路を走行する車両がレーダにより観測される場合には、素子数が少ない小型のアンテナが用いられる。このため、一般的にサイドローブが高くなり、誤検出が発生したり測角精度が劣化したりするという問題がある。また、アン

テナ素子間の振幅および位相は、温度変化や経時変化等によって変化し、ビーム合成後の利得や測角性能が劣化するという問題がある。

- [0011] 本発明の課題は、サイドローブに起因する誤検出および測角精度の劣化を防止し、また、温度変化や経時変化等に起因する検知能力や測角性能の低下を防止して高精度に目標を観測できるレーダ装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

- [0012] 上記課題を解決するために、第1の発明は、第1送受信兼用素子と第2送受信兼用素子とに分割された送受信兼用素子と、第1受信専用素子と第2受信専用素子に分割された受信専用素子を備えたアンテナと、観測すべき角度範囲を複数に分割して、アンテナの各素子により、分割した角度範囲の各々を覆うように送信ビームを形成し、受信では、アンテナの各素子のビーム指向方向を第1送受信兼用素子と第2送受信兼用素子と同じ方向にして、第1送受信兼用素子と第1受信専用素子、第2送受信兼用素子と第2受信兼用素子により、 Σ と Δ の位相モノパルスビームを形成して複数の角度範囲の各々を覆い、第1送受信兼用素子、第2送受信兼用素子、第1受信専用素子および第2受信専用素子により、狭ビーム幅のビームを形成するビーム成形部と、ビーム成形部で形成されたビームに基づきモノパルス測角を行う測角部を備える。
- [0013] 第2の発明は、複数の素子を有するアンテナと、アンテナからの複数の信号に基づき形成された複数の受信ビームの絶対値に所定の係数を乗算して加算することにより成形したビームを形成するビーム成形部と、ビーム成形部で形成されたビームのうち、所定のスレシヨルドを超えたビームに対してモノパルス測角を行う測角部とを備える。
- [0014] 第3の発明は、複数の素子を有するアンテナと、アンテナからの複数の信号に基づき形成された複数の受信ビームの絶対値に所定の係数を乗算して加算することにより成形した第1ビームを形成する第1ビーム成形部と、アンテナからの複数の信号に基づき形成された複数の受信ビームの絶対値に所定の係数を乗算して加算することにより成形した第2ビームを形成する第2ビ

ーム成形部と、第1ビーム成形部で形成された第1ビームのうち、所定のスレシヨルドを超えたビームに対して、該第1ビームおよび第2ビーム成形部で形成された第2ビームを用いてモノパルス測角を行う測角部を備える。

[0015] 第4の発明は、複数の素子を有するアンテナと、FMCW変調された周波数スイープ信号を送信するか、対向車からの干渉波を受信したアンテナからの信号をサンプルして高速フーリエ変換するFFT部と、FFT部の出力が所定のスレシヨルドを超えた場合に、各素子に対する位相を1次式で最小2乗フィッティングし、直線の勾配に合わせるように、位相面を合わせる補正を行い、または、FFT部の出力が所定のスレシヨルドを超えた場合に、モノパルス測角を行い、該モノパルス測角により得られた測角値に応じた位相勾配に合わせるように位相面を合わせる補正を行う補正回路と、補正回路による補正の後にモノパルス測角を行う測角部を備える。

[0016] 第5の発明は、複数の素子を有するアンテナと、FMCW変調された周波数スイープ信号を送信し、該送信した信号を復調したビート周波数軸で、同一周波数バンクの複数のビームの出力のうち、最大値または最大値と2番目の出力レベルが所定レベル差以上になるビーム、または、1ビーム以上離隔した2つのビーム出力レベルが、所定レベル差以下のビームを検出する検出部と、検出部で検出されたビームを用いて複数の周波数バンクについて、測距および測速を行う測距・測速部と、検出部で検出されたビームを用いて複数の周波数バンクについて、測角を行う測角部を備える。

発明の効果

[0017] 本発明によれば、車両搭載等の小型のアンテナであっても、サイドローブを低減し、温度変化や経時変化がある場合であっても、誤差を補正して誤検出を低減し、測角精度の高いレーダ装置を実現できる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1] 図1は従来のレーダ装置の構成を示す系統図である。

[図2] 図2は従来のレーダ装置の動作を示すフローチャートである。

[図3] 図3は従来のレーダ装置で行われるモノパルス方式の測角を説明するた

めの図である。

[図4] 図4は従来のレーダ装置において発生するアンテナ素子間の誤差を説明するための図である。

[図5] 図5は従来のレーダ装置において発生するアンテナ素子間の誤差による利得低下および指向方向の影響を説明するための図である。

[図6] 図6は本発明の実施例1に係るレーダ装置の構成を示す系統図である。

[図7] 図7は本発明の実施例1に係るレーダ装置の動作を示すフローチャートである。

[図8] 図8は本発明の実施例2に係るレーダ装置の構成を示す系統図である。

[図9] 図9は本発明の実施例2に係るレーダ装置の動作を示すフローチャートである。

[図10] 図10は本発明の実施例1および実施例2に係るレーダ装置の動作を説明するための図である。

[図11] 図11は本発明の実施例1に係るレーダ装置の動作を説明するための図である。

[図12] 図12は本発明の実施例2に係るレーダ装置の動作を説明するための図である。

[図13] 図13は本発明の実施例2に係るレーダ装置の動作を説明するための図である。

[図14] 図14は本発明の実施例3に係るレーダ装置の動作を説明するための図である。

[図15] 図15は本発明の実施例3に係るレーダ装置の動作を示すフローチャートである。

[図16] 図16は本発明の実施例4に係るレーダ装置の構成を示す系統図である。

[図17] 図17は本発明の実施例4に係るレーダ装置の動作を示すフローチャートである。

[図18] 図18は本発明の実施例3および実施例4に係るレーダ装置の動作を

説明するための図である。

[図19] 図 19 は本発明の実施例 3 および実施例 4 に係るレーダ装置の動作を説明するための図である。

[図20] 図 20 は本発明の実施例 3 および実施例 4 に係るレーダ装置の動作を説明するための図である。

[図21] 図 21 は本発明の実施例 3 および実施例 4 に係るレーダ装置の動作を説明するための図である。

[図22] 図 22 は本発明の実施例 3 および実施例 4 に係るレーダ装置の動作を説明するための図である。

[図23] 図 23 は本発明の実施例 3 および実施例 4 に係るレーダ装置の動作を説明するための図である。

[図24] 図 24 は本発明の実施例 5 に係るレーダ装置の動作を示すフローチャートである。

[図25] 図 25 は本発明の実施例 5 の変形例に係るレーダ装置の動作を示すフローチャートである。

[図26] 図 26 は本発明の実施例 5 に係るレーダ装置の動作を説明するための図である。

[図27] 図 27 は本発明の実施例 6 に係るレーダ装置の動作を示すフローチャートである。

[図28] 図 28 は本発明の実施例 6 に係るレーダ装置の動作を説明するための図である。

[図29] 図 29 は本発明の実施例 7 に係るレーダ装置の構成を示す系統図である。

[図30] 図 30 は本発明の実施例 7 に係るレーダ装置の動作を説明するための図である。

[図31] 図 31 は本発明の実施例 7 に係るレーダ装置の動作を説明するための図である。

発明を実施するための形態

[0019] 以下、本発明の実施の形態のレーダ装置が図面を参照しながら詳細に説明される。

実施例 1

[0020] 図 6 は、本発明の実施例 1 に係るレーダ装置の構成を示す系統図である。このレーダ装置は、アンテナ 10、送受信器 20 および信号処理器 30a を備えている。

[0021] アンテナ 10 は、アンテナ送信素子 11 と複数のアンテナ受信素子 12 とから構成されている。アンテナ送信素子 11 は、送受信器 20 から電気信号として送られてくる送信信号を電波に変換して外部に送出する。複数のアンテナ受信素子 12 は、外部からの電波を受信して電気信号に変換し、受信信号として送受信器 20 に送る。

[0022] 送受信器 20 は、送信器 21 と複数のミキサ 22 を備えており、複数のミキサ 22 は、複数のアンテナ受信素子 12 にそれぞれ対応して設けられている。送信器 21 は、送信信号を生成し、アンテナ送信素子 11 および複数のミキサ 22 に送る。複数のミキサ 22 は、複数のアンテナ受信素子 12 からそれぞれ受け取った受信信号を、送信器 21 からの信号に応じて周波数変換し、信号処理器 30 に送る。

[0023] 信号処理器 30a は、AD変換器 31、FFT部 32、DBF部 33、ビーム成形部 34、検出部 35、測距・測速部 36 および測角部 37 を備えている。

[0024] AD変換器 31 は、送受信器 20 から送られてくるアナログ信号をデジタル信号に変換し、素子信号として FFT部 32 に送る。FFT部 32 は、AD変換器 31 から送られてくる素子信号を高速フーリエ変換により周波数軸上の素子信号に変換し、DBF部 33 に送る。

[0025] DBF部 33 は、FFT部 32 から送られてくる周波数軸上の素子信号を用いて、 Σ ビームと Δ ビームを形成する。DBF部 33 で形成された Σ ビームはビーム成形部 34 に送られ、 Δ ビームは測角部 37 に送られる。

[0026] ビーム成形部 34 は、DBF部 33 から送られてくる Σ ビームを合成し、

検出部 35 に送る。検出部 35 は、ビーム成形部 34 から送られてくる合成された Σ ビームに基づき目標を検出し、この検出結果を測距・測速部 36 に送る。

[0027] 測距・測速部 36 は、検出部 35 から送られてくる検出結果に基づき測距および測速を行う。測距・測速部 36 における測距および測速により得られた距離および速度は、外部に出力される。

[0028] 測角部 37 は、DBF 部 33 からビーム成形部 34、検出部 35 および測距・測速部 36 を経由して送られてくる Σ ビームおよび DBF 部 33 から送られてくる Δ ビームに基づき測角を行う。測角部 37 における測角により得られた角度は、外部に出力される。

[0029] 次に、このように構成される本発明の実施例 1 に係るレーダ装置の動作が、図 7 に示すフローチャートを参照しながら説明される。

[0030] サイクルが開始されると、まず、高速フーリエ変換 (FFT) が行われる (ステップ S 11)。すなわち、周波数が連続的に変化する (FM 変調された) スweep 信号がアンテナ送信素子 11 から送信され、送信された信号が複数のアンテナ受信素子 12 で受信される。受信された信号は、送受信器 20 で周波数変換されて信号処理器 30 の AD 変換器 31 に送られる。

[0031] AD 変換器 31 は、送受信器 20 から送られてくるアナログ信号をデジタル信号に変換し、素子信号として FFT 部 32 に送る。FFT 部 32 は、AD 変換器 31 から送られてくる素子信号を高速フーリエ変換する。これにより、周波数軸上の素子信号が得られる。FFT 部 32 で得られた周波数軸上の素子信号は、DBF 部 33 に送られる。

[0032] 次に、DBF 処理が行われる (ステップ S 12)。すなわち、DBF 部 33 は、FFT 部 32 から送られてくる周波数軸上の素子信号を用いて、 Σ ビームおよび Δ ビームを形成する。DBF 部 33 で形成された Σ ビームはビーム成形部 34 に送られ、 Δ ビームは測角部 37 に送られる。

[0033] 次に、 Σ 絶対値演算が行われる (ステップ S 13)。すなわち、ビーム成形部 34 は、DBF 部 33 から送られてくる Σ ビームの絶対値を算出する

。次いで、スイープが終了であるかどうか調べられる（ステップS 1 4）。すなわち、全てのスイープに対する処理が終了したかどうか調べられる。ステップS 1 4において、スイープが終了でない場合には、処理はステップS 1 1に戻り、次のスイープ信号について、上述した処理が繰り返される。

[0034] 一方、ステップS 1 4において、スイープが終了である場合には、ビーム合成が行われる（ステップS 1 5）。すなわち、ビーム成形部3 4は、ステップS 1 3で算出した Σ ビームの絶対値に所定の係数を乗算して加算することにより、ビームを形成（合成）し、検出部3 5に送る。

[0035] 次いで、検出処理が行われる（ステップS 1 6）。すなわち、検出部3 5は、ビーム成形部3 4から送られてくる合成された Σ ビームに基づき目標を検出し、検出結果を測距・測速部3 6に送る。測距・測速部3 6は、検出部3 5から送られてくる検出結果に基づき測距および測速を行い、これら測距および測速によって得られた距離および速度を外部に出力する。

[0036] 次いで、モノパルス測角が行われる（ステップS 1 7）。すなわち、測角部3 7は、DBF部3 3からビーム成形部3 4、検出部3 5および測距・測速部3 6を経由して送られてくる Σ ビームおよびDBF部3 3から送られてくる Δ ビームに基づき、モノパルス測角（振幅モノパルス測角、位相モノパルス測角またはスクイントモノパルス測角など）を行い、この測角により得られた角度を外部に出力する。

[0037] 次いで、目標が終了したかどうか調べられる（ステップS 1 8）。すなわち、全ての目標に対する処理が終了したかどうか調べられる。ステップS 1 8において、目標が終了していない場合には、目標が次の目標に変更され（ステップS 1 9）、その後、処理はステップS 1 6に戻って上述した処理が繰り返し実行される。一方、ステップS 2 1において、目標が終了した場合には、処理は終了する。

[0038] 上述したレーダ装置が、さらに、説明される。N素子のアンテナで構成されるフェーズドアレイにおいて、M本の受信ビーム $b_1 \sim b_M$ が形成される

ものとする。素子数Nが多い場合にはサイドローブが低下しやすいが、素子数が少ない場合には、振幅ウェイトの制御が困難となり、サイドローブが高くなりやすい。

[0039] この対策として、振幅位相ウェイトを制御することによりサイドローブを低減する方法も存在する。しかし、位相誤差の影響を受けやすいため、本発明の実施例1に係るレーダ装置は、図10に示すように、 $b_1 \sim b_M$ ($M > 1$ の整数)の絶対値に所定の係数を乗算して加算することにより成形された $b_{a1} \sim b_{aM}$ を形成する。この成形されたビーム出力がスレシヨルドを超えた信号に対して、モノパルス測角(位相モノパルス、振幅モノパルスまたはスクイントモノパルス測角など)が実施される。振幅モノパルス測角の場合の検出用ビームおよび測角用ビームの様子が図11に示される。検出用ビームは次式で表現できる。

[数1]

$$bm(\theta) = \sum_{n=1}^N Wm(n) \cdot E(\theta) \cdot \exp(j \cdot \frac{2\pi}{\lambda} \cdot d(n-1 - \frac{N-1}{2})) \quad \dots (1)$$

[0040] ここで、

$b_m(\theta)$; M本の Σ ビーム出力 ($m = 1 \sim M$)

$E(\theta)$; 素子パターン

$W(n)$; 複素ウェイト ($n = 1 \sim N$)

n ; 素子番号 ($n = 1 \sim N$)

λ ; 波長

成形ビーム(b_{am} ビームである Σ ビーム)は、次式となる。

[数2]

$$bam(\theta) = \sum_{m=1}^M Km \cdot abs(bm(\theta)) \quad \dots (2)$$

[0041] ここで、

$b_{am}(\theta)$; 成形ビーム ($m = 1 \sim M$)

$\text{abs} [\]$; 絶対値

K_m ; 係数 ($m = 1 \sim M$)

係数 K_m は、 b_{ma} のサイドローブが低下するように決められる。

[0042] また、例えば、位相モノパルス測角の場合には、次式の Δ ビームを用いて測角することができる。

[数3]

$$\Delta(\theta) = \sum_{n=1}^{N/2} W_m(n) \cdot E(\theta) \cdot \exp(j \cdot \frac{2\pi}{\lambda} \cdot d(n-1 - \frac{N-1}{2})) \\ - \sum_{n=N/2+1}^N W_m(n) \cdot E(\theta) \cdot \exp(j \cdot \frac{2\pi}{\lambda} \cdot d(n-1 - \frac{N-1}{2})) \quad \dots (3)$$

[0043] b_{am} と Δ を用いて、誤差電圧は、次式で表すことができる。

[数4]

$$\text{位相モノパルス}; \quad \varepsilon = \text{Re}[\frac{b_{am} \cdot \Delta^*}{b_{am} \cdot b_{am}^*}] \dots (4)$$

[0044] ここで、

$*$: 複素共役

この ε とあらかじめ保存されている誤差電圧 ε と θ との対応テーブル（または、多項式近似値）を用いて、測角値 θ が算出される。

[0045] 振幅モノパルスの場合には、 b_{am} ビーム (Σ ビーム) と指向方向をずらせた b_2 ビーム (Σ_2 ビーム) を用いて、次式で表現できる。

[数5]

$$b_2(\theta) = \sum_{n=1}^N W_{m2}(n) \cdot E(\theta) \cdot \exp(j \cdot \frac{2\pi}{\lambda} \cdot d(n-1 - \frac{N-1}{2})) \quad \dots (5)$$

[0046] ここで、

$W_{m2}(n)$; チルトさせるための複素ウェイト ($n = 1 \sim N$)

b_{am} と b_2 を用いて、誤差電圧は、次式で表すことができる。

[数6]

$$\text{振幅モノパルス;} \quad \varepsilon = \frac{|b_2|}{|b_{am}|} \cdots (6)$$

[0047] ここで、

* : 複素共役

b_2 : b_{am} に対してチルトしたビーム

この ε とあらかじめ保存されている ε と θ との対応テーブル（または、多項式近似値）を用いて、測角値 θ を算出できる。

[0048] 以上説明したように、本発明の実施例1に係るレーダ装置によれば、素子数が少ない小型のアンテナでサイドローブが高い場合に、M本のビームを用いて、係数を乗算することで、サイドローブを低減し、誤検出を低減することができる。

実施例 2

[0049] 図12(a)に示すように、検出用 Σ ビーム内に同一レンジの複数反射点が存在する場合に、測角用ビームも複数反射点を含むと、測角値の誤差が大きくなる場合がある。この対策として、本発明の実施例2に係るレーダ装置は、図12(b)、図12(c)に示すように、測角用ビームには複数反射点が含まれないようにビームを成形するとともに、指向方向を変えたものである。図13は、測角用ビーム(Σ ビーム、 $\Sigma 2$ ビーム)を成形した場合の測角範囲の様子を示す。

[0050] 図8は、本発明の実施例2に係るレーダ装置の構成を示す系統図である。このレーダ装置は、実施例1に係るレーダ装置の信号処理器30aにビーム成形部38が追加されて構成されている。ビーム成形部38は、DBF部33から送られてくる Σ ビームに基づき $\Sigma 2$ ビームを形成し、測角部37に送る。実施例2に係るレーダ装置の場合、ビーム成形部34は、本発明の第1ビーム成形部に対応し、ビーム成形部38は、本発明の第2ビーム成形部に対応する。また、ビーム成形部34の出力は、本発明の第1ビームに対応し

、ビーム成形部 38 の出力である Σ 2 ビームは、本発明の第 2 ビームに対応する。

[0051] 次に、このように構成される本発明の実施例 2 に係るレーダ装置の動作を、図 9 に示すフローチャートを参照しながら説明する。なお、実施例 1 に係るレーダ装置と同一または相当する処理が行われるステップには、図 7 のフローチャートで使用した符号と同じ符号を付して説明が簡略化される。

[0052] サイクルが開始されると、まず、高速フーリエ変換 (FFT) が行われる (ステップ S 1 1)。次いで、DBF 処理が行われる (ステップ S 2 1)。すなわち、DBF 部 33 は、FFT 部 32 から送られてくる周波数軸上の素子信号を用いて、 Σ ビームを形成する。この DBF 部 33 で形成された Σ ビームはビーム成形部 34 およびビーム成形部 38 に送られる。次いで、 Σ 絶対値演算が行われる (ステップ S 1 3)。次いで、スイープが終了であるかどうか調べられる (ステップ S 1 4)。ステップ S 1 4 において、スイープが終了でない場合には、処理はステップ S 1 1 に戻り、次のスイープ信号について、上述した処理が繰り返される。

[0053] 一方、ステップ S 1 3 において、スイープが終了である場合には、ビーム合成が行われる (ステップ S 1 5)。次いで、検出処理が行われる (ステップ S 1 6)。次いで、 Σ 2 絶対値演算処理が行われる (ステップ S 2 2)。すなわち、ビーム成形部 38 は、DBF 部 33 から送られてくる Σ ビームの絶対値を算出し、この絶対値に所定の係数を乗算して加算することにより Σ 2 ビームを形成し、測角部 37 に送る。

[0054] 次いで、スクイント成形ビーム形成が行われる (ステップ S 2 3)。次いで、振幅比較測角が行われる (ステップ S 2 4)。すなわち、測角部 37 は、成形されたビーム出力がスレシヨルドを超えた信号に対して、測角処理を実施する。

[0055] 次いで、目標が終了したかどうか調べられる (ステップ S 1 8)。ステップ S 1 8 において、目標が終了していない場合には、目標が次の目標に変更され (ステップ S 1 9)、その後、処理はステップ S 1 6 に戻って上述し

た処理が繰り返し実行される。一方、ステップS 18において、目標が終了した場合には、処理は終了する。

[0056] 以下に、上述した処理が定式化される。まず、検出用のビームは実施例1の場合と同様に、(1)式および(2)式で表現でき、測角用のビームは次式となる。

[数7]

$$bsm(\theta) = \sum_{n=1}^N Wsm(n) \cdot E(\theta) \cdot \exp(j \cdot \frac{2\pi}{\lambda} \cdot d(n-1 - \frac{N-1}{2})) \quad \dots (7)$$

[0057] ここで、

$b s m (\theta)$; M本のΣ2ビーム出力 ($m=1 \sim M$)

$E (\theta)$; 素子パターン

$W s m (n)$; 複素ウェイト ($n=1 \sim N$)

n ; 素子番号 ($n=1 \sim N$)

λ ; 波長

成形ビームは、次式となる。

[数8]

$$bsam(\theta) = \sum_{m=1}^M Ksm \cdot abs(bsm(\theta)) \quad \dots (8)$$

[0058] ここで、

$b s m a (\theta)$; 成形ビーム ($m=1 \sim M$)

$a b s [\quad]$; 絶対値

$K s m$; 係数 ($m=1 \sim M$)

係数 $K s m$ は、 $b s m a$ のサイドローブが低下するように決めることができる。 $b a m$ と $b s a m 2$ を用いて、誤差電圧は、次式で表すことができる。

[数9]

$$\text{振幅モノパルス} \quad ; \quad \varepsilon = \frac{|bsam|}{|bam|} \cdots (9)$$

[0059] ここで、

* : 複素共役

$bsam$: bam に対してチルトしたビーム

この ε とあらかじめ保存されている ε と θ との対応テーブル（または、多項式近似値）を用いて、測角値 θ が算出される。

[0060] 測角用のビームは、図13に示すように、 bam のうち中心ビームに対しては、左右にビーム走査したビームを用いることにより、 bam ビームの両側の反射点を、他方の影響を減らして、精度よく測角できる。

[0061] 以上説明したように、本発明の実施例2に係るレーダ装置によれば、素子数が少ない小型のアンテナでサイドローブが高い場合に、 M 本のビームを用いて、係数を乗算することで、サイドローブを低減し、誤検出を低減するとともに、測角用ビームにおいても、ビーム成形によりサイドローブを低減して、測角精度を向上させることができる。

実施例 3

[0062] 図14は、本発明の実施例3に係るレーダ装置の構成を示す系統図である。このレーダ装置は、上述した実施例2に係るレーダ装置の信号処理器30bに補正回路39が追加されて構成されている。補正回路39は、FFT部32から出力される信号に基づき補正係数を計算し、DBF部33に送る。

[0063] 図15は、本発明の実施例3に係るレーダ装置の動作を示すフローチャートである。このフローチャートは、図9に示した実施例2に係るレーダ装置の動作を示すフローチャートのステップS11とステップS12との間に、補正係数算出処理（ステップS31）が追加されて構成されている。以下では、上述した実施例2に係るレーダ装置と同一または相当する処理が行われ

るステップには、図 9 のフローチャートで使用した符号と同じ符号を付して説明は省略する。

[0064] ステップ S 3 1 の補正係数算出処理では、補正回路 3 9 は、FFT 部 3 2 から出力される信号に基づき補正係数を計算し、DBF 部 3 3 に送る。DBF 部 3 3 は、FFT 部 3 2 から送られてくる周波数軸上の素子信号および補正回路 3 9 から送られてくる補正係数を用いて、Σ ビームを形成する。

[0065] 素子信号の振幅および位相補正の手順は次の通りである。図 1 8 に示すように送信では観測範囲に信号を送信し受信では観測範囲を 4 分割して信号を受信する送受信があるいは、図 2 1 に示すように観測範囲を 4 分割して信号の受信のみを行う場合について、S/N の高い目標の送受信信号が用いられる。

[0066] (1) 所定のスレシヨルドを超える S/N の高い目標の送受信データ $E(n)$ が抽出される (図 1 9 および図 2 2 参照)。

[0067] (2) アンテナ素子の位相 $\phi_e(n)$ が抽出される。

[数10]

$$\phi_e(n) = \text{ang}[e(n)] \dots (10)$$

[0068] (3) 素子信号より、最小 2 乗直線が演算され、勾配係数 a が所定の値以下である場合には、正面目標と判定して、以降の処理が進められる (図 2 0)。

[数11]

$$\phi_e(n) = a \cdot n + b \dots (11)$$

[0069] ここで、

a, b : 勾配係数、定数

$n = 1 \sim N$ (N ; 素子数)

(4) 補正係数 $C(n)$ は、アップチャープ信号の場合とダウンチャープ信号の場合で共通であり、次の通りである。

[数12]

$$C(n) = \frac{1}{e(n)} = A_c(n) \cdot \exp(j \cdot \phi_c(n)) \dots (12)$$

[0070] ここで、

 ϕ_c ; 位相補正值 A_c ; 振幅補正值

この補正係数を用いて、ビームを形成する際には、素子信号に対して補正係数 $C(n)$ を乗算した後、次式によりビームを演算する。

[数13]

$$\begin{aligned} \Sigma(\theta) &= \sum_{n=1}^N W(n) \cdot C(n) \cdot E(\theta) \cdot \exp(j \cdot \frac{2\pi}{\lambda} \cdot d(n-1 - \frac{N-1}{2})) \\ \Delta(\theta) &= \sum_{n=1}^{N/2} W(n) \cdot C(n) \cdot E(\theta) \cdot \exp(j \cdot \frac{2\pi}{\lambda} \cdot d(n-1 - \frac{N-1}{2})) \\ &\quad - \sum_{n=N/2+1}^N W(n) \cdot C(n) \cdot E(\theta) \cdot \exp(j \cdot \frac{2\pi}{\lambda} \cdot d(n-1 - \frac{N-1}{2})) \dots (13) \end{aligned}$$

[0071] ここで、

 $\Sigma(\theta)$; Σ ビーム出力 $\Delta(\theta)$; Δ ビーム出力 $E(\theta)$; 素子パターン $C(n)$; 補正係数 ($n=1 \sim N$) $W(n)$; ウェイト ($n=1 \sim N$) n ; 素子番号 ($n=1 \sim N$) λ ; 波長

このビームを用いて、モノパルス測角が行われる。モノパルス測角には位相モノパルスと振幅モノパルスとがあり、誤差電圧は、次式で表すことができる。

[数14]

$$\text{位相モノパルス} \quad ; \quad \varepsilon = \text{Re} \left[\frac{\Sigma \cdot \Delta^*}{\Sigma \cdot \Sigma^*} \right] \dots (14)$$

$$\text{振幅モノパルス} \quad ; \quad \varepsilon = \frac{|\Sigma 2|}{|\Sigma|} \dots (15)$$

[0072] ここで、

* : 複素共役

$\Sigma 2$: Σ に対してチルトしたビーム

この ε とあらかじめ保存されている ε と θ の対応テーブル（または、多項式近似値）を用いて、測角値 θ が算出できる。

[0073] さらに、実施例1において、直線の勾配が所定の値以下であることより、目標が正面付近であることを判定した上で、補正係数を算出するように構成できる。この構成により、目標が正面方向からずれた場合に、補正誤差が大きくなるのを防ぐことができる。

[0074] 以上説明したように、本発明の実施例3に係るレーダ装置によれば、レーダ送受信波または干渉波による受信波を用いて位相面の勾配を観測し、位相面を合わせるようにアンテナ素子の振幅および位相面を合わせることができる。これにより、誤差により歪んだ形成ビームを誤差の影響の少ないシャープなビームを形成でき、さらにビーム成形することにより、サイドローブを低減し、誤検出を低減し、測角精度を向上させることができる。

実施例 4

[0075] 図16は、本発明の実施例4に係るレーダ装置の構成を示す系統図である。このレーダ装置は、上述した実施例2に係るレーダ装置の信号処理器30bに補正回路40が追加されて構成されている。補正回路40は、測角部37から出力される信号に基づき補正係数を計算し、DBF部33に送る。

[0076] 図17は、本発明の実施例4に係るレーダ装置の動作を示すフローチャートである。このフローチャートは、図9に示した実施例2に係るレーダ装置

の動作を示すフローチャートのステップS 2 4とステップS 1 8との間に、補正係数算出処理（ステップS 3 1）が追加されて構成されている。以下では、上述した実施例2に係るレーダ装置と同一または相当する処理が行われるステップには、図9のフローチャートで使用した符号と同じ符号を付して説明は省略する。

[0077] ステップS 3 1の補正係数算出処理では、補正回路4 0は、測角部3 7から送られてくる信号に基づき補正係数を計算し、DBF部3 3に送る。DBF部3 3は、FFT部3 2から送られてくる周波数軸上の素子信号および補正回路4 0から送られてくる補正係数を用いて、Σビームを形成する。

[0078] 素子信号の振幅および位相補正の手順は次の通りである。なお、パッシブ受信で対向車の送受信信号を用いて行われる。

[0079] （１）所定のスレシヨルドを超えるS/Nの高い目標の信号を用いて、対向車が検出、測角され、測角値 θ_k が得られる（図2 2）。

[0080] （２）測角値 θ_k により、波面の傾きが演算される（図2 3）。

[数15]

$$\phi_{ec}(n) = k \cdot d(n) \cdot \sin(\theta_k) \dots (16)$$

[0081] ここで、

$d(n)$: 素子位置

$n = 1 \sim N$ (N ; 素子数)

k : 波数 $2\pi/\lambda$ (λ ; 波長)

(3) アンテナ素子の位相 $\phi_e(n)$ が抽出される。 $\phi_e(n) = \text{ang}[e(n)]$

(4) 補正位相 $\Delta\phi(n)$ が演算される。 $\Delta\phi(n) = \text{ang}[e(n)]$

(5) 補正振幅 $\Delta A(n)$ が演算される。

[数16]

$$\Delta A(n) = \frac{1}{\text{abs}[e(n)]} \dots (17)$$

[0082] ここで、

abs ; 絶対値

(6) 複素補正係数 $C(n)$ は、アップチャープ信号の場合とダウンチャープ信号の場合で共通となり、次の通りである。

[数17]

$$C(n) = A \cdot \exp(j \cdot \Delta \phi(n)) \dots (18)$$

[0083] この補正係数を用いて、ビーム形成する際には、素子信号に対して補正係数 $C(n)$ が乗算された後、ビームが演算される。

[0084] さらに、実施例 1 において、測角値が 0 度付近であることより、目標が正面付近であることを判定した上で、補正係数を算出するように構成できる。この構成により、目標が正面方向からずれた場合に、補正誤差が大きくなるのを防ぐことができる。

[0085] 以上説明したように、本発明の実施例 4 に係るレーダ装置によれば、レーダ送受信波または干渉波による受信波を用いて測角し、測角値に応じてアンテナ素子の振幅および位相面を合わせることができる。これにより、誤差により歪んだ形成ビームを誤差の影響の少ないシャープなビームを形成でき、更にビーム成形することにより、サイドローブを低減し、誤検出を低減し、測角精度を向上させることができる。

実施例 5

[0086] レーダ装置は、FM CW (Frequency Modulated Continuous Wave) 変調された周波数スイープ信号を送信し、同じ送信信号をローカル信号に用いて復調してビート周波数を得る。N 素子のアンテナで M 本のビームが形成される場合、M 本のビームで同一ビート周波数に目標が観測される場合がある。3

本ビーム $b_1 \sim b_3$ の場合の様子が図 26 に示される。M 本のビームで目標を分離できるならば問題はない。しかし、ビームのサイドローブが高い場合には、目標が 1 目標であるにもかかわらず、複数のビームでスレシヨルドを超えて観測され、誤った測角をする可能性がある。

[0087] この対策として、本発明の実施例 5 に係るレーダ装置は、同じ周波数バンク間で、ビーム出力レベルが最大となるビーム b_1 のみを選定する。実施例 5 に係るレーダ装置の構成は、図 6 に示した実施例 1 に係るレーダ装置の構成と同じである。

[0088] 図 24 は、実施例 5 に係るレーダ装置の動作を示すフローチャートである。なお、上述した実施例 1 に係るレーダ装置と同一または相当する処理が行われるステップには、図 7 のフローチャートで使用した符号と同じ符号を付して説明を簡略化する。サイクルが開始されると、まず、高速フーリエ変換 (FFT) が行われる (ステップ S11)。次いで、DBF 処理が行われる (ステップ S12)。次いで、スイープ終了であるかどうか調べられる (ステップ S14)。ステップ S14 において、スイープが終了でない場合には、処理はステップ S11 に戻り、次のスイープ信号について、上述した処理が繰り返される。

[0089] 一方、ステップ S14 において、スイープが終了である場合には、ビーム合成が行われる (ステップ S15)。次いで、ビーム出力最大ビーム抽出が行われる (ステップ S41)。すなわち、検出部 35 は、ビーム成形部 34 から送られてくる合成された Σ ビームから、ビーム出力が最大のビームを抽出して測距・測速部 36 に送る。

[0090] 次いで、測距、測速および測角が行われる (ステップ S42)。すなわち、測距・測速部 36 は、検出部 35 から送られてくるビームに基づき測距および測速を行い、これら測距および測速によって得られた距離および速度を外部に出力する。また、測角部 37 は、DBF 部 33 からビーム成形部 34、検出部 35 および測距・測速部 36 を経由して送られてくる Σ ビームおよび DBF 部 33 から送られてくる Δ ビームに基づき位相モノパルス測角を行

い、この測角により得られた角度を外部に出力する。

[0091] 次いで、周波数バンクが終了したかどうか調べられる（ステップS 4 3）。すなわち、全ての周波数バンクに対する処理が終了したかどうか調べられる。ステップS 4 3において、周波数バンクが終了していない場合には、周波数バンクが次の周波数バンクに変更される（ステップS 4 4）。その後、処理はステップS 1 5に戻って上述した処理が繰り返し実行される。一方、ステップS 4 3において、周波数バンクが終了した場合には、処理は終了する。

[0092] なお、上述したようにビーム出力が最大であるビームのみが抽出されると、最大のビームと2番目のビーム出力レベルとの差が小さくなる。例えば隣接する2ビームにおいて、1目標を観測し、誤った測角値を出力する場合が考えられる。この対策として、同じ周波数バンク間で、ビーム出力レベルを大きい順に並べ替えて、ビームの中で1番目と2番目の差が所定の値以上になる1番目のビームを選定して、測角するように変形できる。

[0093] 図25は、この変形例に係るレーダ装置の処理を示すフローチャートである。なお、上述した実施例5に係るレーダ装置と同一または相当する処理が行われるステップには、図24のフローチャートで使用した符号と同じ符号を付して説明が簡略化される。

[0094] ステップS 1 4において、スイープが終了である場合には、ビーム合成が行われる（ステップS 1 5）。次いで、ビーム出力レベルソートが行われる（ステップS 5 1）。すなわち、検出部35は、ビーム成形部34から送られてくる合成された Σ ビームをソートして測距・測速部36に送る。

[0095] 次いで、ビーム出力レベルの1番目（最大出力レベル）と2番目とが所定レベル差以上であるかどうか調べられる（ステップS 5 2）。すなわち、検出部35は、ステップS 5 1でソートされたビームを参照し、ビームの中で1番目と2番目の差が所定の値以上になる1番目のビームであるか否かが調べられる。このステップS 5 2において、ビーム出力レベルの1番目と2番目とが所定レベル差以上である場合には、次いで、測距、測速および測角

が行われる（ステップS 4 2）。一方、ステップS 5 2において、そのビームが2番目と所定レベル差以上でない場合には、ステップS 4 2の処理はスキップされる。

[0096] 次いで、周波数バンクが終了したかどうか調べられる（ステップS 4 3）。ステップS 4 3において、周波数バンクが終了していない場合には、周波数バンクが次の周波数バンクに変更され（ステップS 4 4）、その後、処理はステップS 1 5に戻って上述した処理が繰り返し実行される。一方、ステップS 4 3において、周波数バンクが終了した場合には、処理は終了する。

[0097] 以上説明したように、本発明の実施例5に係るレーダ装置によれば、M本のビームにおける同一周波数バンクの信号があった場合に、最大出力のレベル（1番目）をもつか、または最大出力レベルと2番目とのビーム出力が所定のレベル差をもつビームを選定する。これにより、2番目以下のビームの測距・測速・測角値による観測値の乱れを抑圧することができる。

実施例 6

[0098] 上述した実施例5に係るレーダ装置では、同一周波数バンクで1目標しか存在しない場合には問題はない。しかし、2つ以上の目標が存在する場合には、2番目以降の目標が無視される。この対策のために、本発明の実施例6に係るレーダ装置では、1ビーム以上離隔された2ビームがスレシヨルドを超えた場合に、目標が検出されたものとして測角が行われる。

[0099] 実施例6に係るレーダ装置の構成は、図6に示した実施例1に係るレーダ装置の構成と同じである。図27は、実施例6に係るレーダ装置の動作を示すフローチャートである。なお、上述した実施例5の変形例に係るレーダ装置と同一または相当する処理が行われるステップには、図25のフローチャートで使用した符号と同じ符号を付して説明が簡略化される。

[0100] ステップS 1 4において、スイープが終了である場合には、ビーム合成が行われる（ステップS 1 5）。次いで、ビーム出力レベルソートが行われる（ステップS 5 1）。次いで、1番目と2番目とが所定レベル差以上である

かどうか調べられる（ステップS 5 2）。ステップS 5 2において、1番目と2番目とが所定レベル差以上である場合には、次いで、測距、測速および測角が行われる（ステップS 4 2）。一方、ステップS 5 2において、1番目と2番目とが所定レベル差以上でない場合には、ステップS 4 2の処理はスキップされる。

[0101] 次いで、1ビーム以上離隔した2ビームが所定レベル差以下であるかどうか調べられる（ステップS 6 1）。ステップS 6 1において、1ビーム以上離隔された2ビームが所定レベル差以下である場合には、次いで、測距、測速および測角が行われる（ステップS 6 2）。ステップS 6 2の処理は、ステップS 4 2の処理と同じである。一方、ステップS 6 1において、1ビーム以上離隔された2ビームが所定レベル差以下でない場合には、ステップS 6 2の処理はスキップされる。

[0102] 次いで、周波数バンクが終了したかどうか調べられる（ステップS 4 3）。ステップS 4 3において、周波数バンクが終了していないことが判断されると、周波数バンクが次の周波数バンクに変更され（ステップS 4 4）、その後、処理はステップS 1 5に戻って上述した処理が繰り返し実行される。一方、ステップS 4 3において、周波数バンクが終了した場合には、処理は終了する。

[0103] 図28は、実施例6に係るレーダ装置の2目標が存在する場合の動作を説明するための図である。N素子のアンテナでM本のビームを形成するフェーズドアレイにおいて、FMCW変調された周波数スイープ信号が送信され、同じ送信信号により復調されたビート周波数軸において、同一周波数バンク f_p のM本のビームの出力のうち、1ビーム以上離隔された b_{m1} と b_{m2} （図28に示す例では b_1 と b_3 ）のビーム出力レベルが、所定のスレシヨルド以下になる場合に、周波数バンク f_p について、 b_{m1} と b_{m2} のビームの測距・測速・測角を実施した結果を出力する。

[0104] 以上説明したように、本発明の実施例6に係るレーダ装置によれば、M本のビームにおける同一周波数バンクの信号があった場合に、1ビーム以上離

隔されたビーム出力の測距・測速・測角値を観測値とすることにより、同一周波数バンクの複数目標を検出することができる。

実施例 7

[0105] 図 29 は、本発明の実施例 7 に係るレーダ装置の構成を示す系統図である。このレーダ装置では、2 つに分割されたアンテナ受信アレイ 12 a, 12 a' と 2 つに分割されたアンテナ送受信アレイ 11 a, 11 a' を有するアンテナ 10 および送受信器 20 の内部の構成が、実施例 1 に係るレーダ装置のそれらと異なる。以下、実施例 1 に係るレーダ装置と異なる部分が中心に説明される。

[0106] 図 29 は、例えば、実施例 1 の M 本のビームを形成する場合に、送受信兼用素子が存在する場合の構成を示す系統図である。広い角度範囲が観測され、送信の移相器が使えない場合には、送信では角度範囲全体を覆う必要があり、送信のアンテナ開口長は大きくできない。このため、角度精度を確保するために狭いビーム幅の受信ビームを形成するためには、送受信器のチャンネル数を増やす必要があり、コストが高くなる。

[0107] この対策として、本発明の実施例 7 に係るレーダ装置は、観測角度範囲を分割して使用する。簡単のために、図 30 に示すように 4 個のサブアレイ（受信専用素子である 2 つのアンテナ受信アレイ 12 a, 12 a' と送受信兼用素子である 2 つのアンテナ送受信アレイ 11 a, 11 a'）が例示される。

[0108] ここで、アンテナ受信アレイ 12 a は、サブアレイビームパターン e1 を生成する。アンテナ送受信アレイ 11 a は、サブアレイビームパターン e2 を生成する。アンテナ送受信アレイ 11 a' は、サブアレイビームパターン e3 を生成する。アンテナ受信アレイ 12 a' は、サブアレイビームパターン e4 を生成する。

[0109] サブアレイビームパターン e1 ~ e4 について、e1 と e2、また、e3 と e4 が同じ指向方向になるように、サブアレイの RF（高周波）給電回路の位相が設定され、それぞれ分割された観測角度範囲を覆うように送信ビー

ムが形成される。給電回路の位相は、サブアレイの位置を考慮することにより、ビーム指向方向に対して同相になるようにすることができる。

[0110] 受信では、DBFの複素ウェイトがビーム指向方向に対して同相になるように制御されて、e 1とe 2により、b 1のビームが形成され、e 3とe 4によりb 2のビームが形成される。また、e 1～e 4により、狭いビーム幅を持つb 3が形成される。b 1、b 2、b 3のビームは、図3 1に示すように、測角のために Σ と Δ の位相モノパルスビームを形成してもよい。

[0111] このb 1、b 2、b 3のうち、特に狭いビーム幅のb 3では、RF給電回路の位相面がずれているため、サイドローブが上昇しやすい。この対策のために、b 1およびb 2を用いて、実施例1で説明した方法によりサイドローブを低減する。

[0112] 以上説明したように、本発明の実施例7に係るレーダ装置によれば、送受信兼用と受信専用の素子（サブアレイ）により構成されるアレイアンテナにおいて、少ない素子（サブアレイ）により、広い角度範囲に信号を送信し、一部の素子（サブアレイ）により広いビーム幅のビームにより広い角度範囲を観測する。また、全体の素子（サブアレイ）を用いて、狭いビーム幅のビームにより狭い角度範囲を精度よく観測する際に、ビーム成形により、サイドローブを低減して不要波の影響を少なくして、誤検出を低減できる。

産業上の利用可能性

[0113] 本発明は、車両などの方向を高精度で計測するレーダ装置に利用することができる。

符号の説明

- [0114] 1 0 アンテナ
1 1 アンテナ送信素子
1 1 a アンテナ送受信アレイ
1 2 アンテナ受信素子
1 2 a アンテナ受信アレイ
2 0 送受信器

- 2 1 送信器
- 2 2 ミキサ
- 3 0 信号処理器
- 3 1 A D 変換器
- 3 2 F F T 部
- 3 3 D B F 部
- 3 4、3 8 ビーム成形部
- 3 5 検出部
- 3 6 測距・測速部
- 3 7 測角部
- 3 9、4 0 補正回路

請求の範囲

[請求項1]

第1送受信兼用素子と第2送受信兼用素子とに分割された送受信兼用素子と、第1受信専用素子と第2受信専用素子に分割された受信専用素子を備えたアンテナと、

観測すべき角度範囲を複数に分割して、前記アンテナの各素子により、分割された角度範囲の各々を覆うように送信ビームを形成し、受信では、前記アンテナの各素子のビーム指向方向を前記第1送受信兼用素子と前記第2送受信兼用素子と同じ方向にして、前記第1送受信兼用素子と前記第1受信専用素子、前記第2送受信兼用素子と前記第2受信専用素子により、 Σ と Δ の位相モノパルスビームを形成して複数の角度範囲の各々を覆い、前記第1送受信兼用素子、前記第2送受信兼用素子、前記第1受信専用素子および前記第2受信専用素子により、狭ビーム幅のビームを形成するビーム成形部と、

前記ビーム成形部で形成された前記ビームに基づきモノパルス測角を行う測角部と、
を備えるレーダ装置。

[請求項2]

複数の素子を有するアンテナと、

前記アンテナからの複数の信号に基づき形成された複数の受信ビームの絶対値に所定の係数を乗算して加算することにより成形したビームを形成するビーム成形部と、

前記ビーム成形部で形成されたビームのうち、所定のスレシヨルドを超えたビームに対してモノパルス測角を行う測角部と、
を備えるレーダ装置。

[請求項3]

複数の素子を有するアンテナと、

前記アンテナからの複数の信号に基づき形成された複数の受信ビームの絶対値に所定の係数を乗算して加算することにより成形した第1ビームを形成する第1ビーム成形部と、

前記アンテナからの複数の信号に基づき形成された複数の受信ビー

ムの絶対値に所定の係数を乗算して加算することにより成形した第2ビームを形成する第2ビーム成形部と、

前記第1ビーム成形部で形成された第1ビームのうち、所定のスレシヨルドを超えたビームに対して、該第1ビームおよび前記第2ビーム成形部で形成された第2ビームを用いてモノパルス測角を行う測角部と、

を備えるレーダ装置。

[請求項4]

複数の素子を有するアンテナと、

FMCW変調された周波数スイープ信号を送信するか、対向車からの干渉波を受信したアンテナからの信号をサンプルして高速フーリエ変換するFFT部と、

前記FFT部の出力が所定のスレシヨルドを超えた場合に、各素子に対する位相を1次式で最小2乗フィッティングし、直線の勾配に合わせるように、位相面を合わせる補正を行い、または、前記FFT部の出力が所定のスレシヨルドを超えた場合に、モノパルス測角を行い、該モノパルス測角により得られた測角値に応じた位相勾配に合わせるように、位相面を合わせる補正を行う補正回路と、

前記補正回路による補正の後にモノパルス測角を行う測角部と、を備えるレーダ装置。

[請求項5]

複数の素子を有するアンテナと、

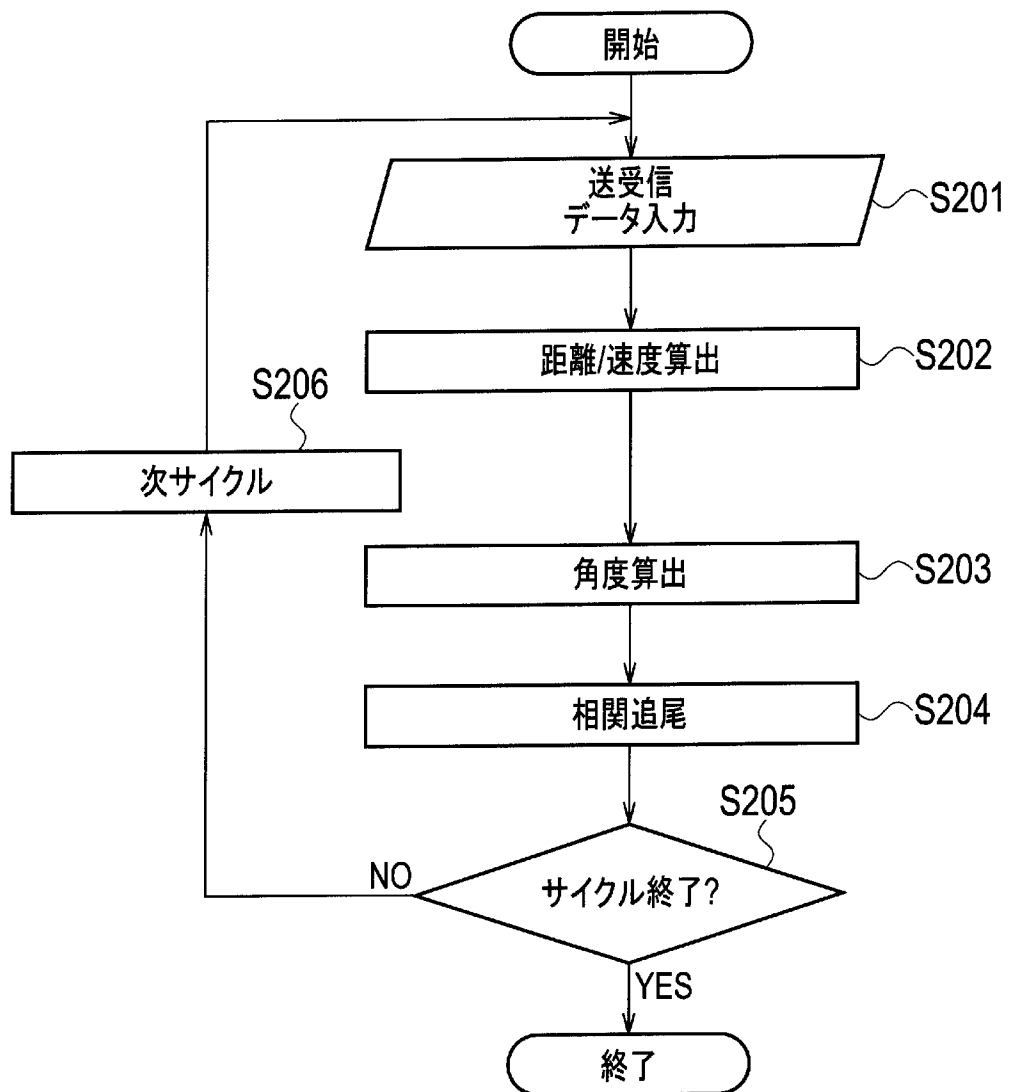
FMCW変調された周波数スイープ信号を送信し、該送信した信号を復調したビート周波数軸において同一周波数バンクの複数のビームの出力のうち、最大値または最大値と2番目の出力レベルが所定レベル差以上になるビーム、または、1ビーム以上離隔した2つのビーム出力レベルが、所定レベル差以下のビームを検出する検出部と、

前記検出部で検出されたビームを用いて複数の周波数バンクについて、測距および測速を行う測距・測速部と、

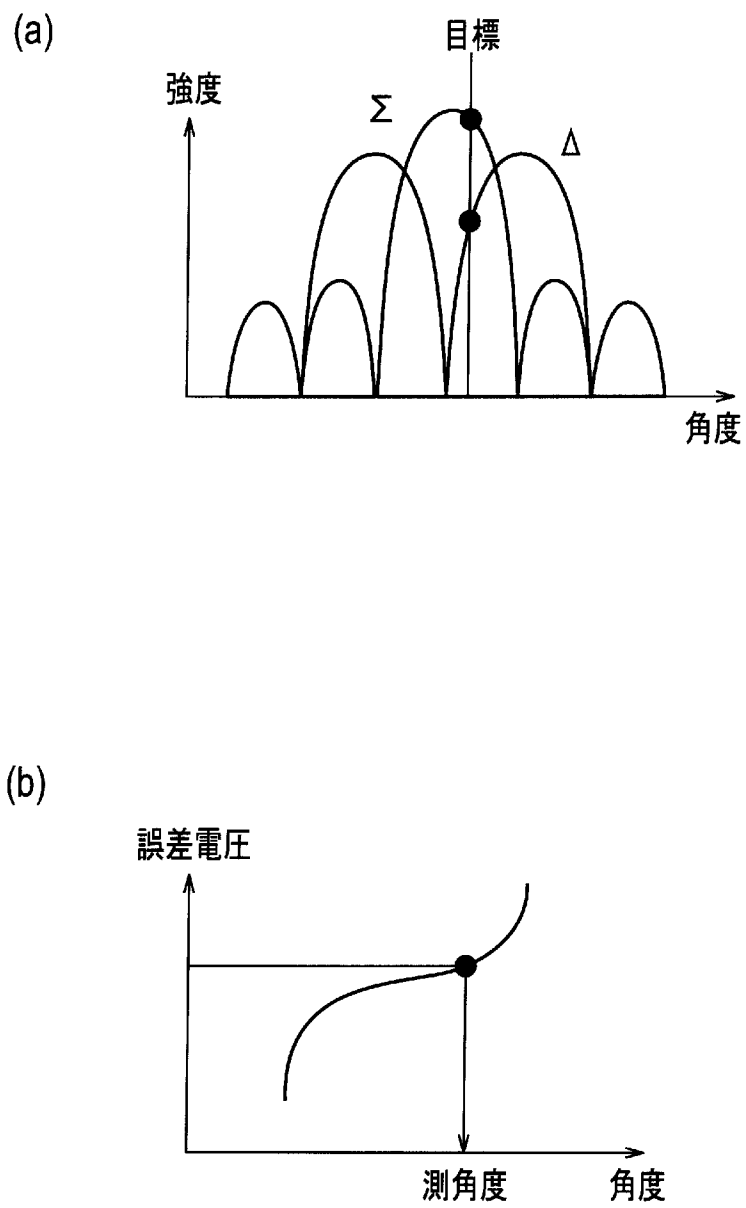
前記検出部で検出されたビームを用いて複数の周波数バンクについ

て、測角を行う測角部と、
を備えるレーダ装置。

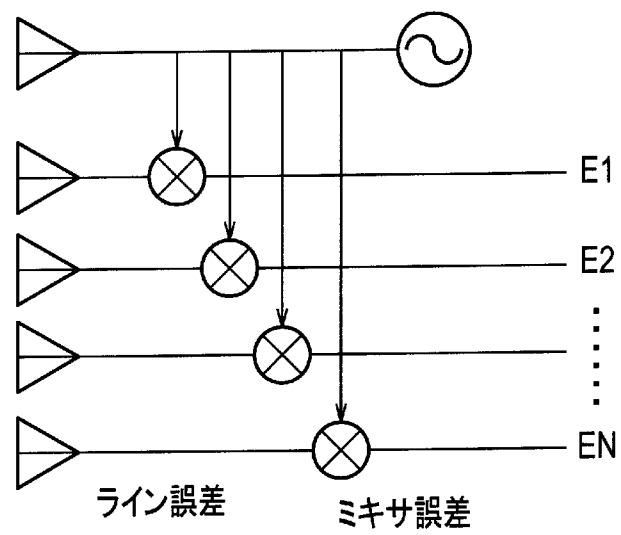
[図2]



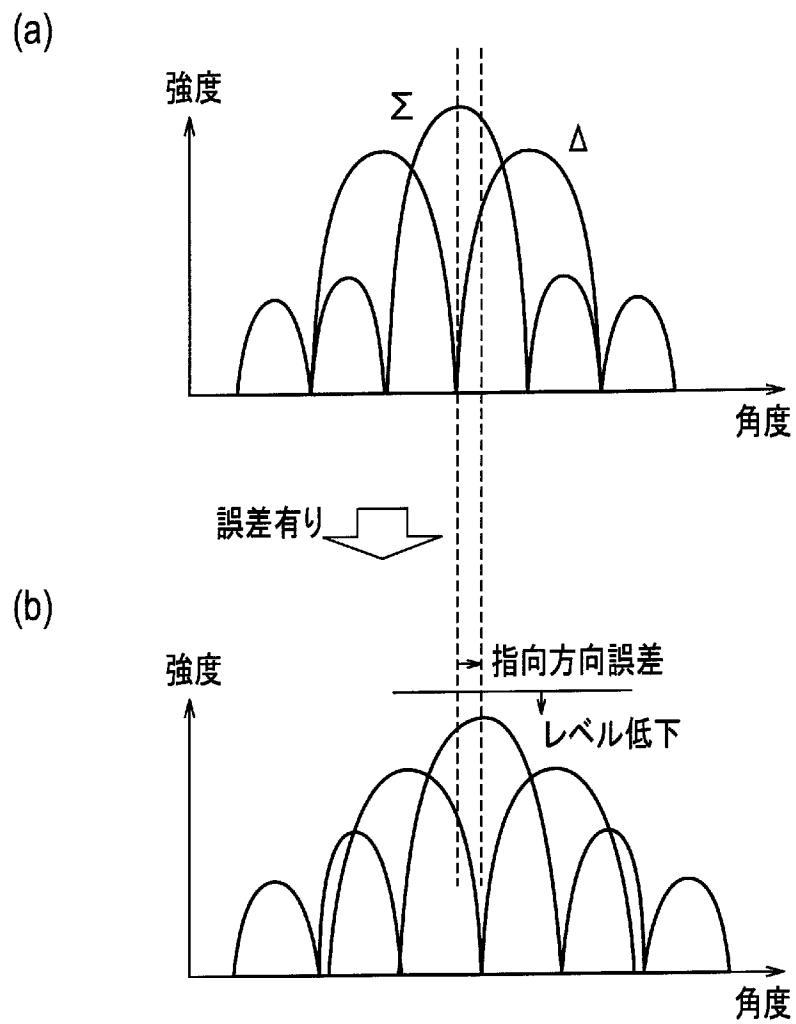
[図3]



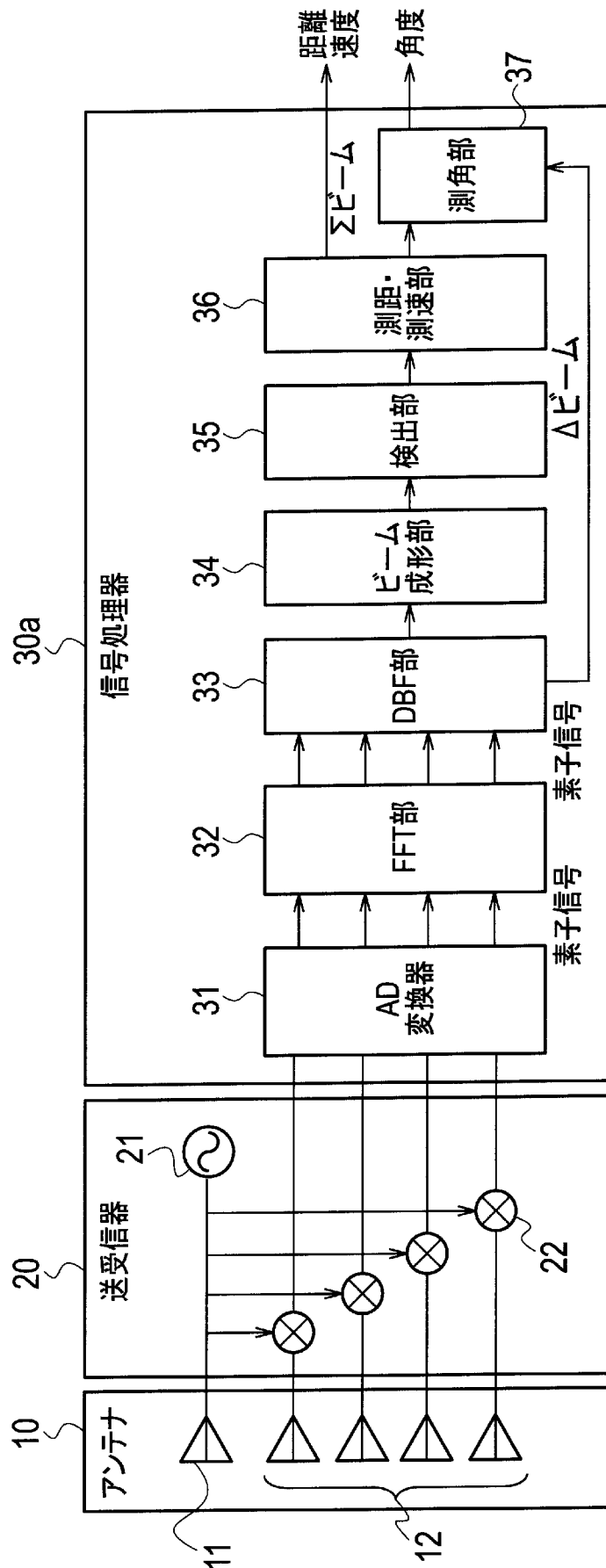
[図4]



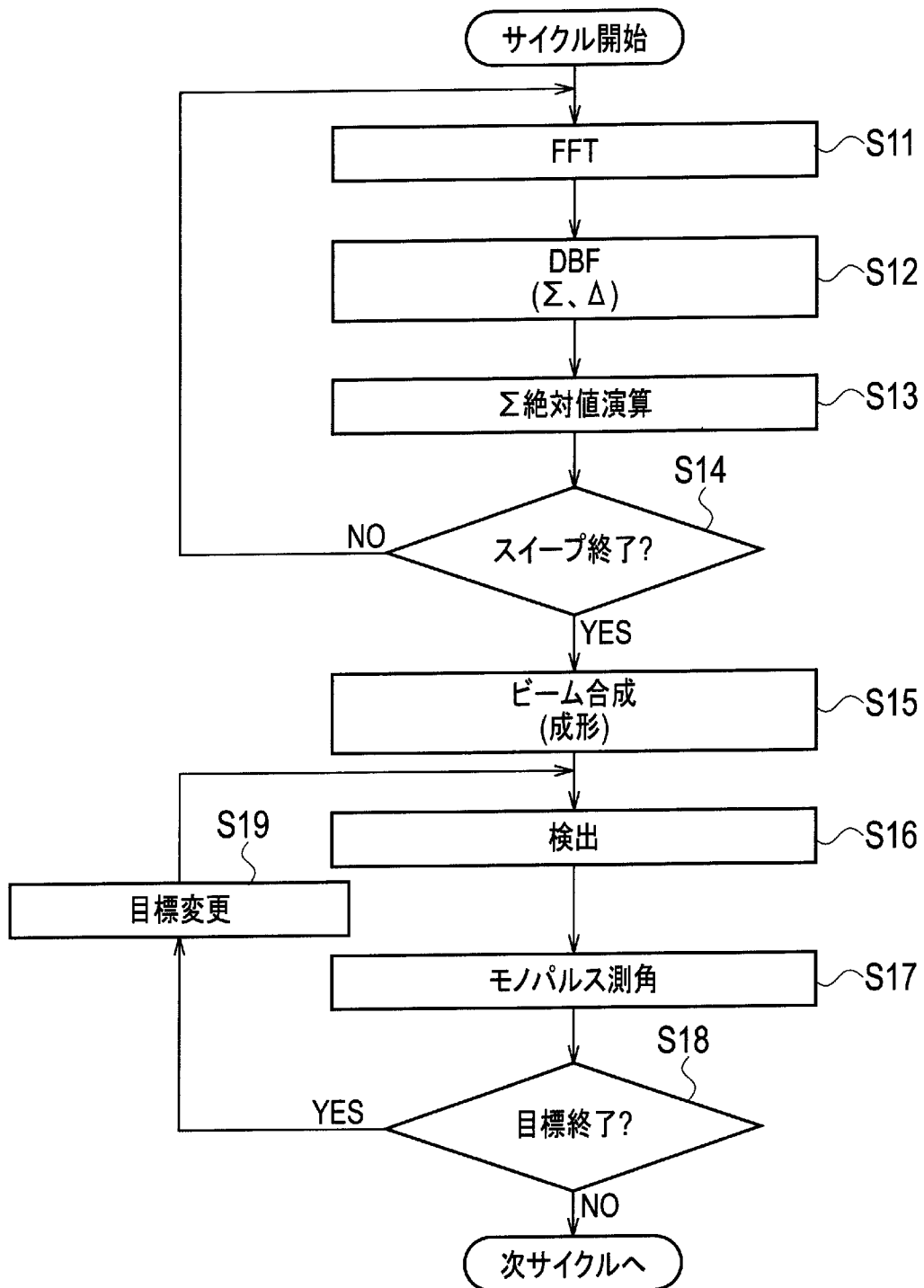
[図5]



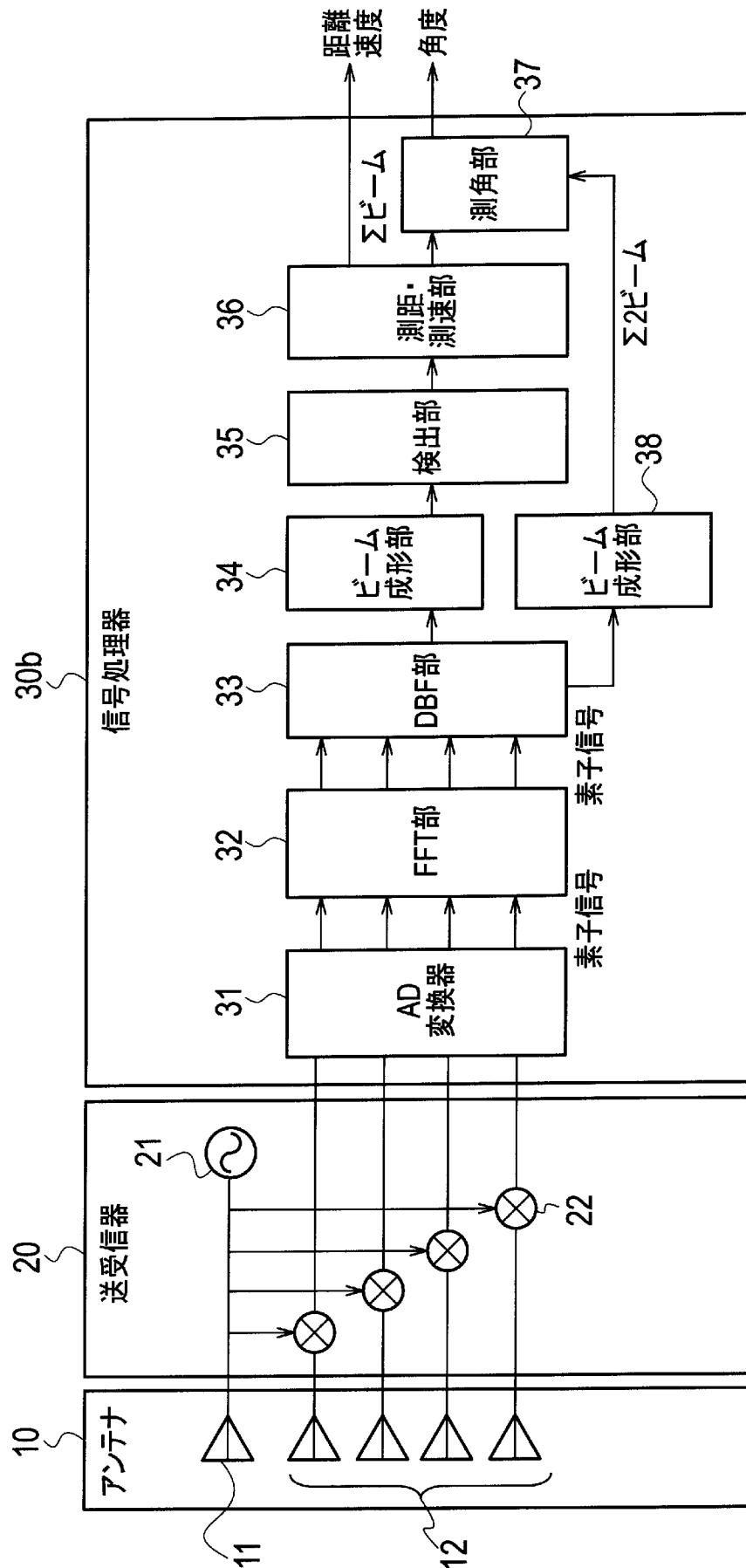
[図6]



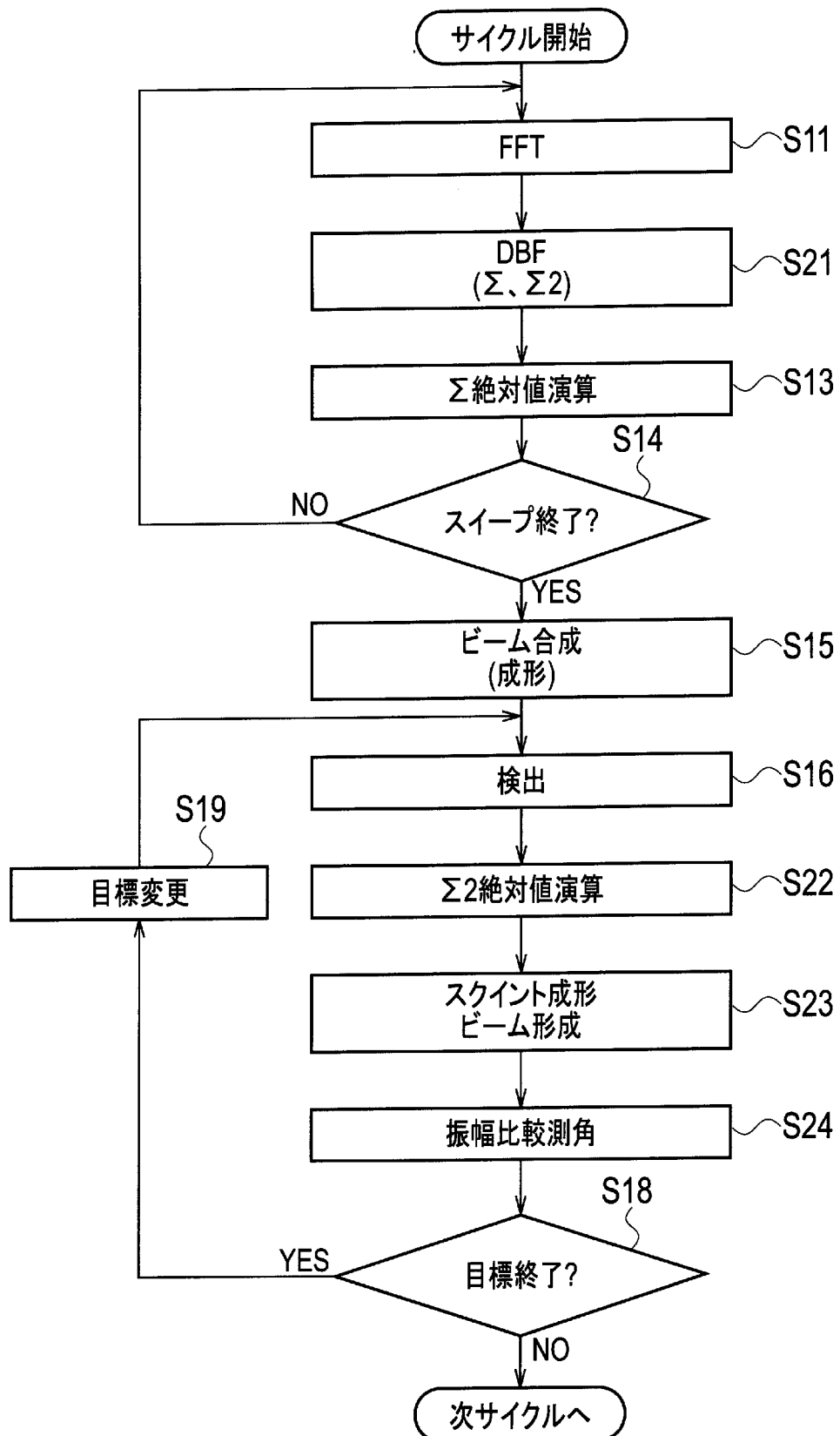
[図7]



[図8]

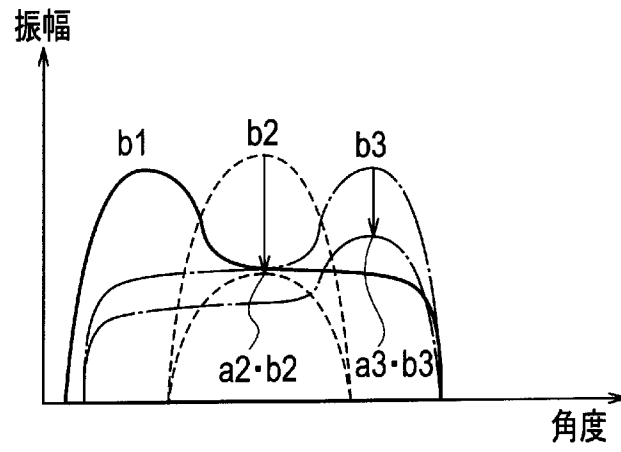


[図9]



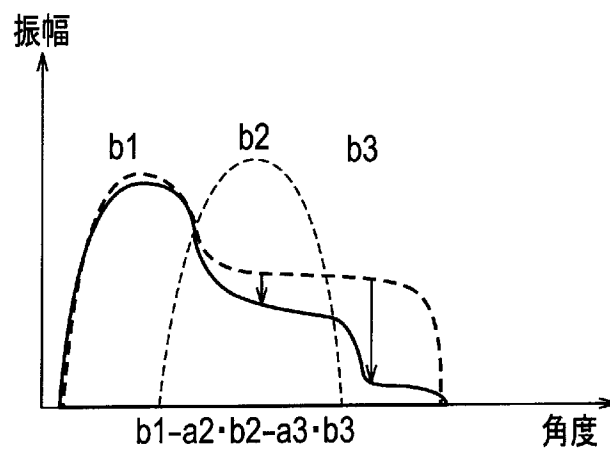
[図10]

(a)

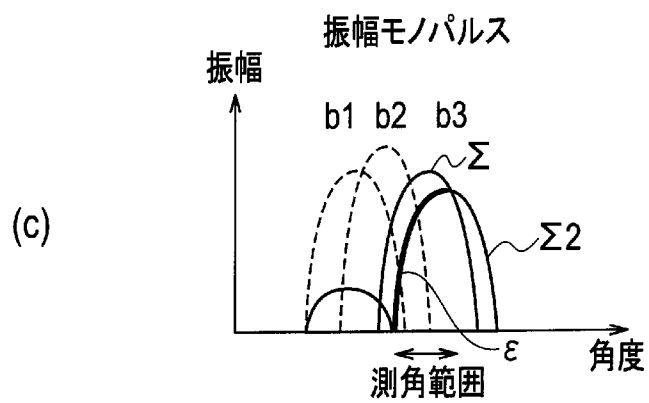
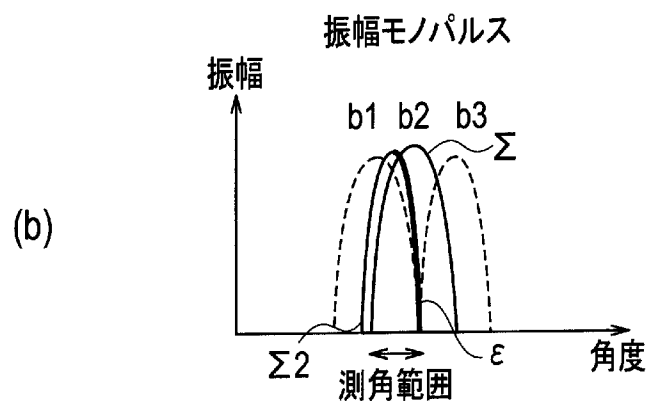
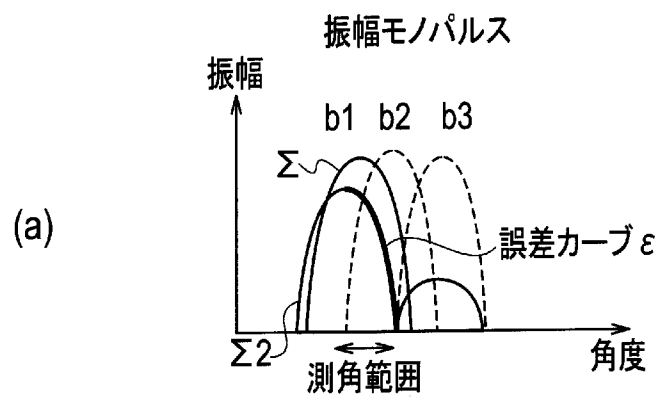


↓ ビーム成形

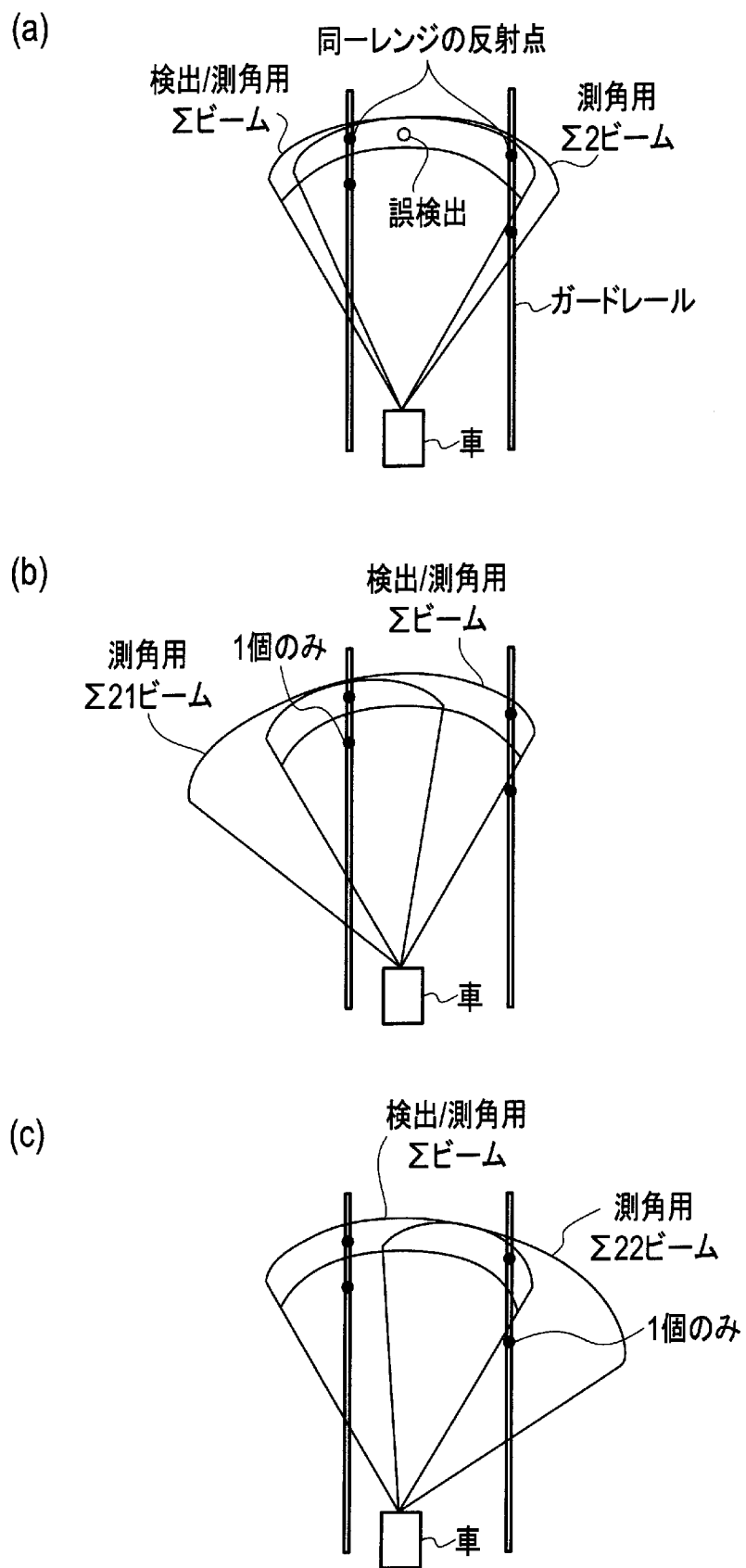
(b)



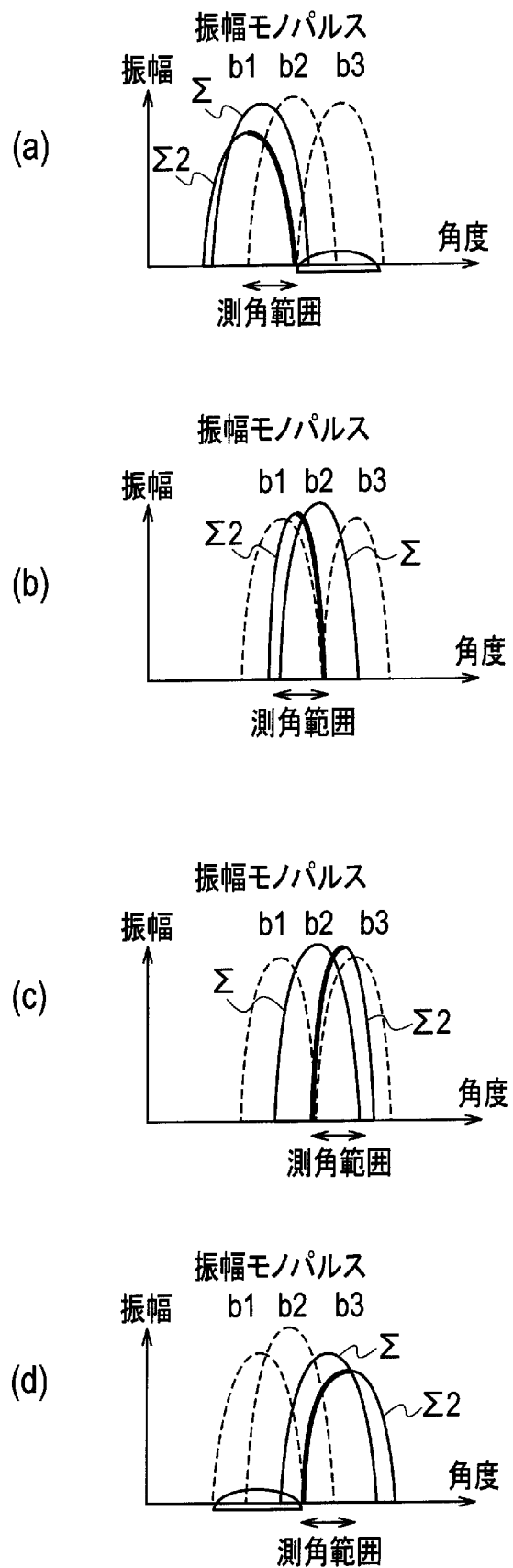
[図11]



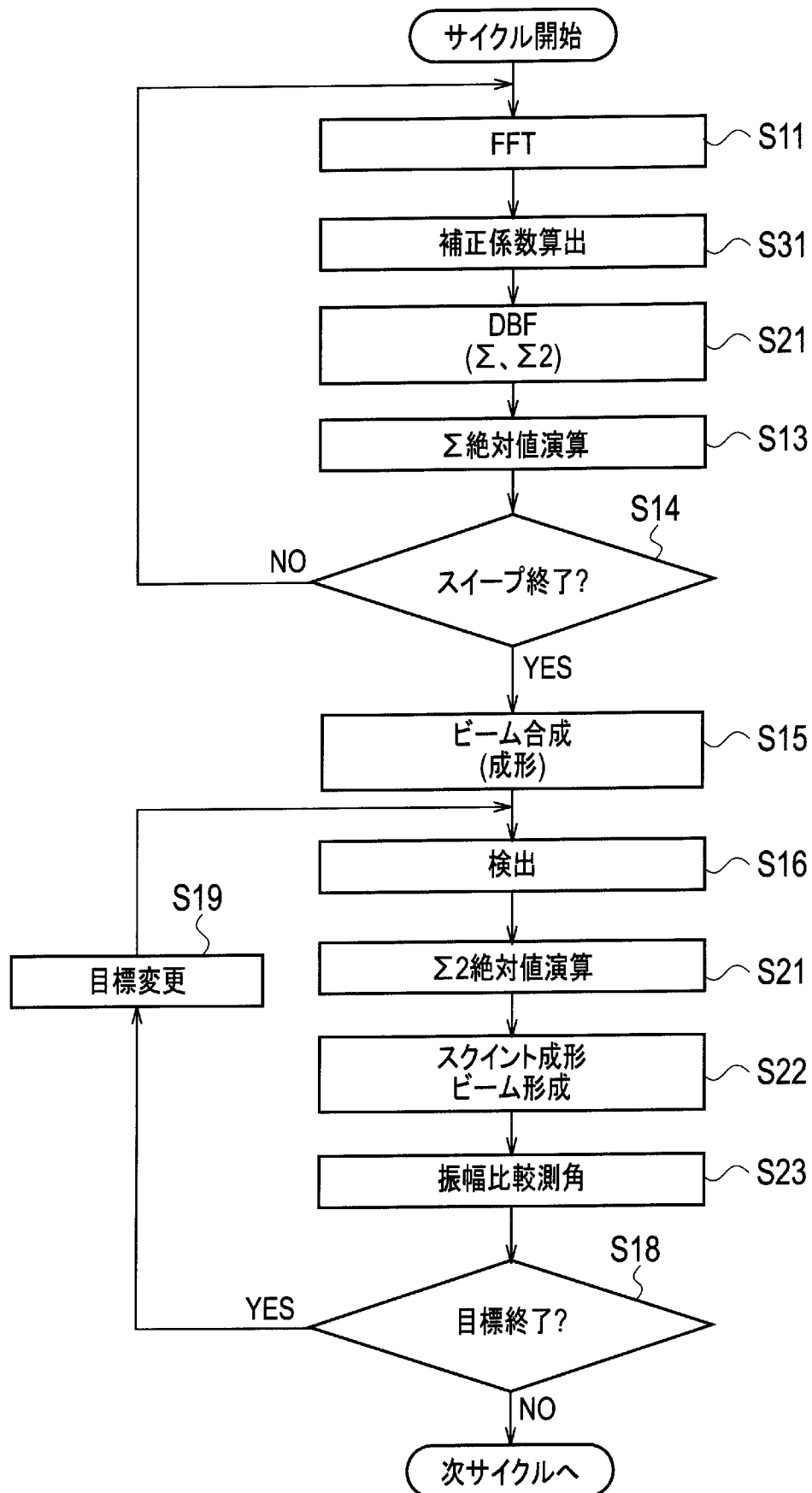
[図12]



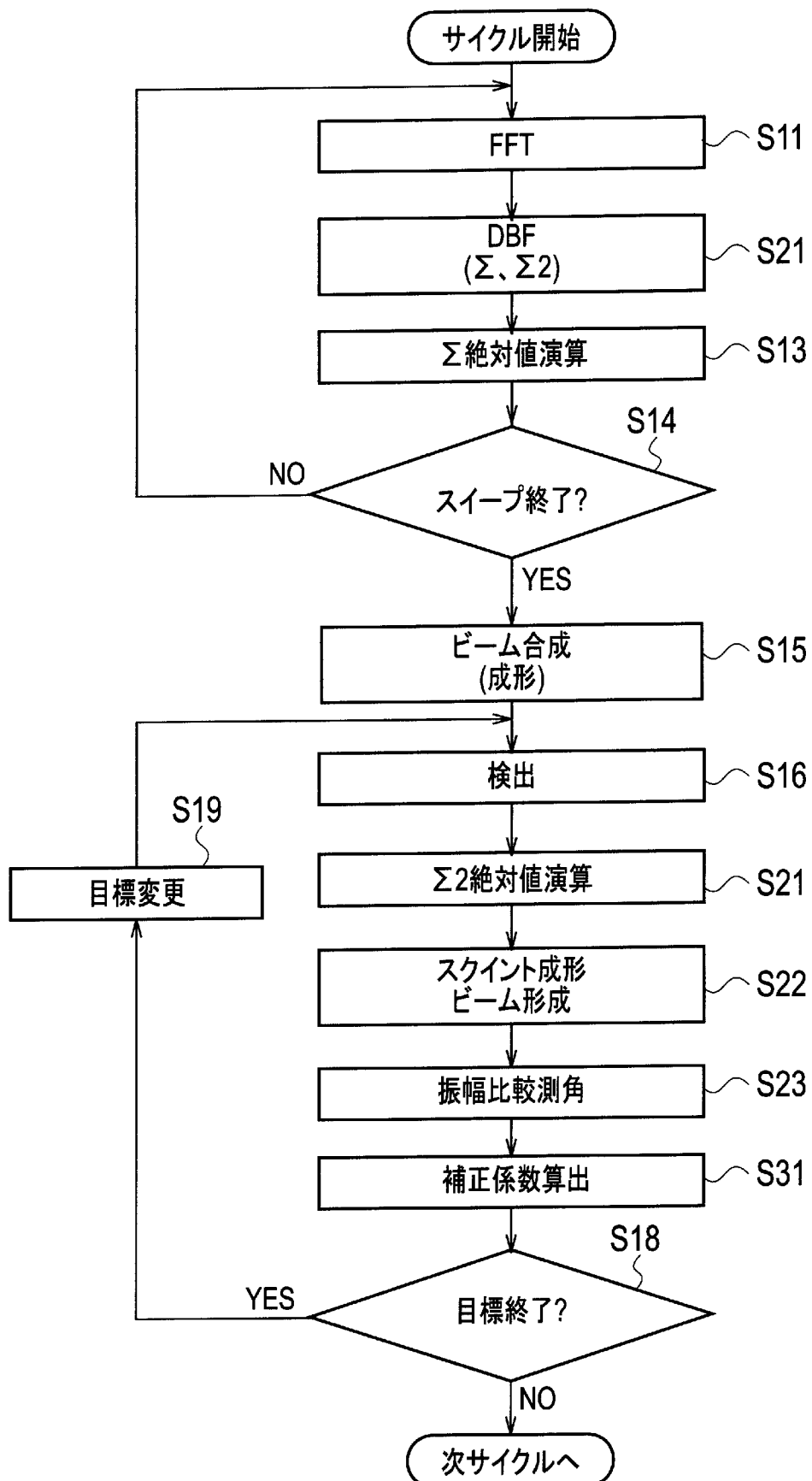
[図13]



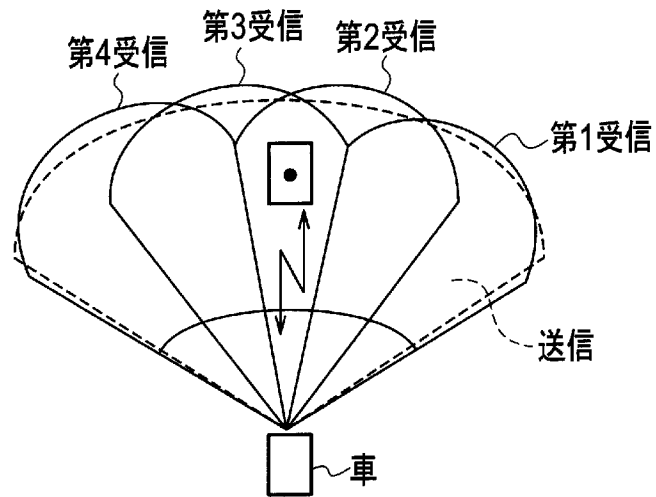
[図15]



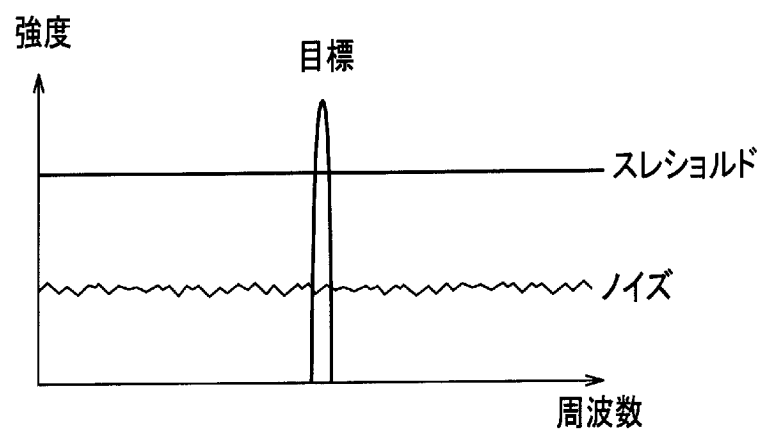
[図17]



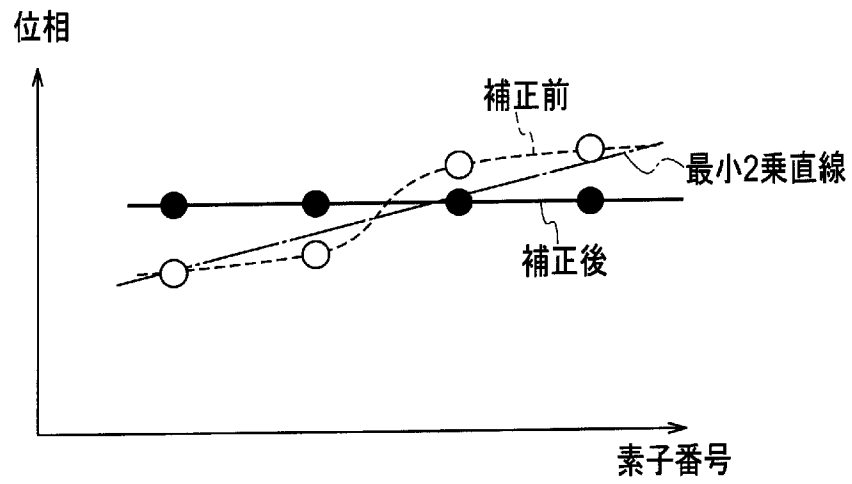
[図18]



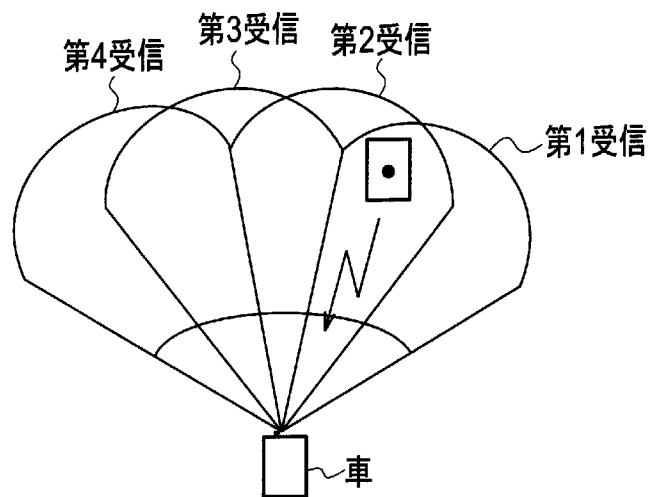
[図19]



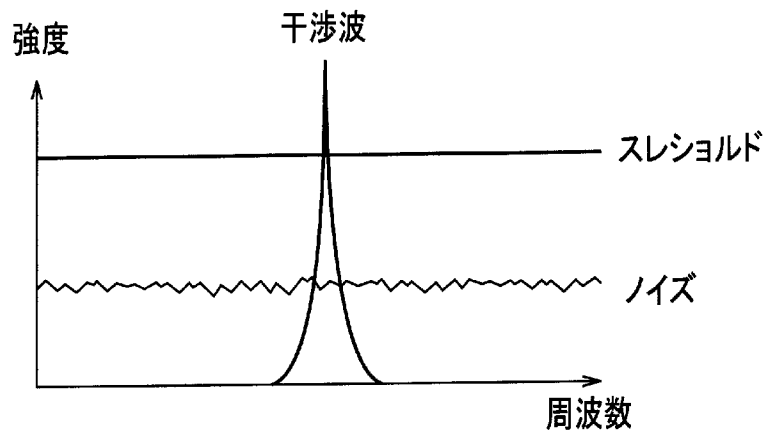
[図20]



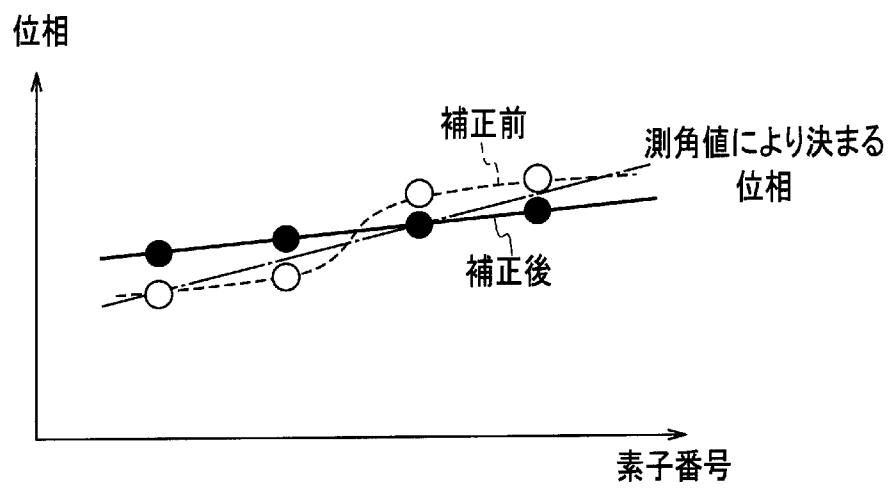
[図21]



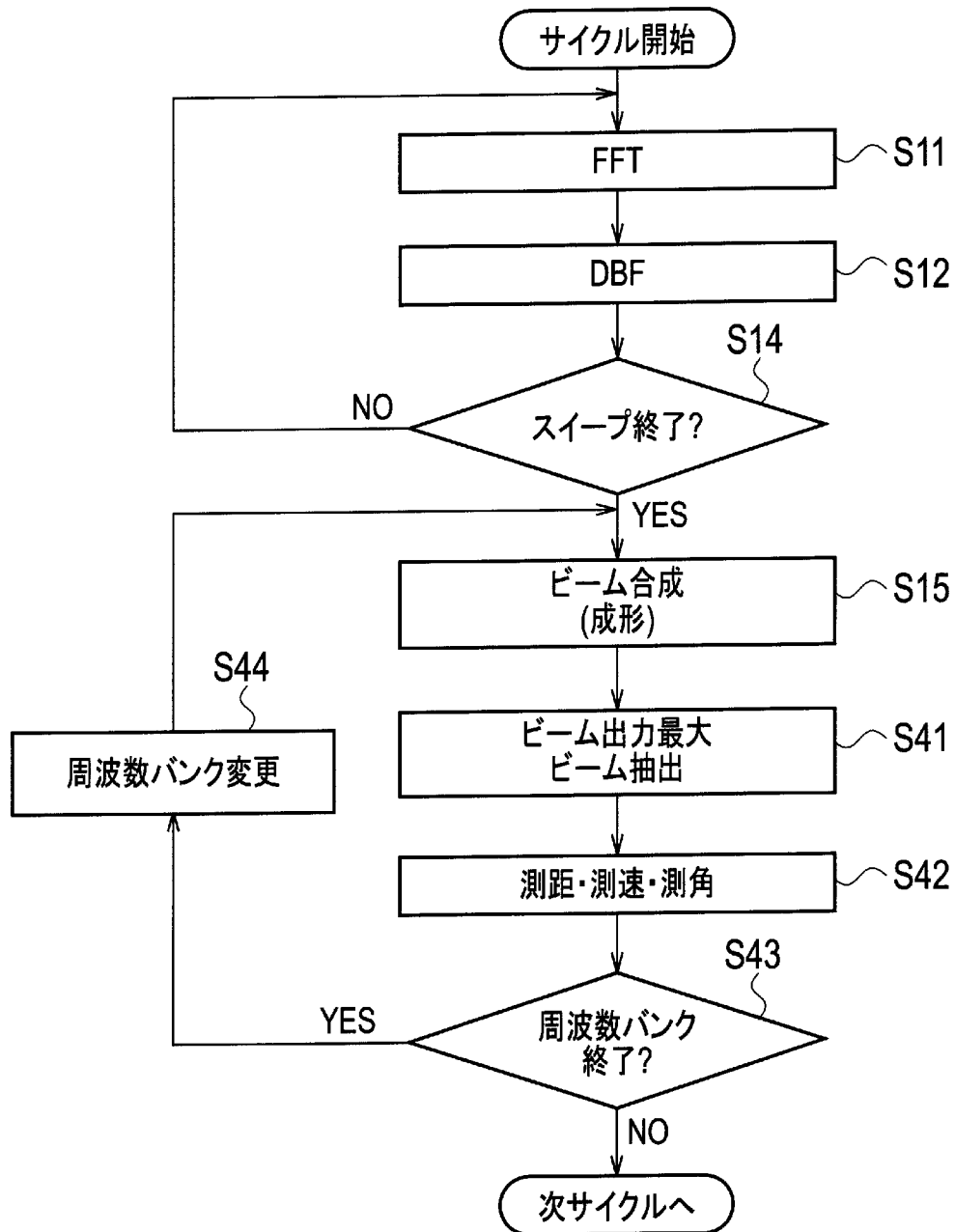
[図22]



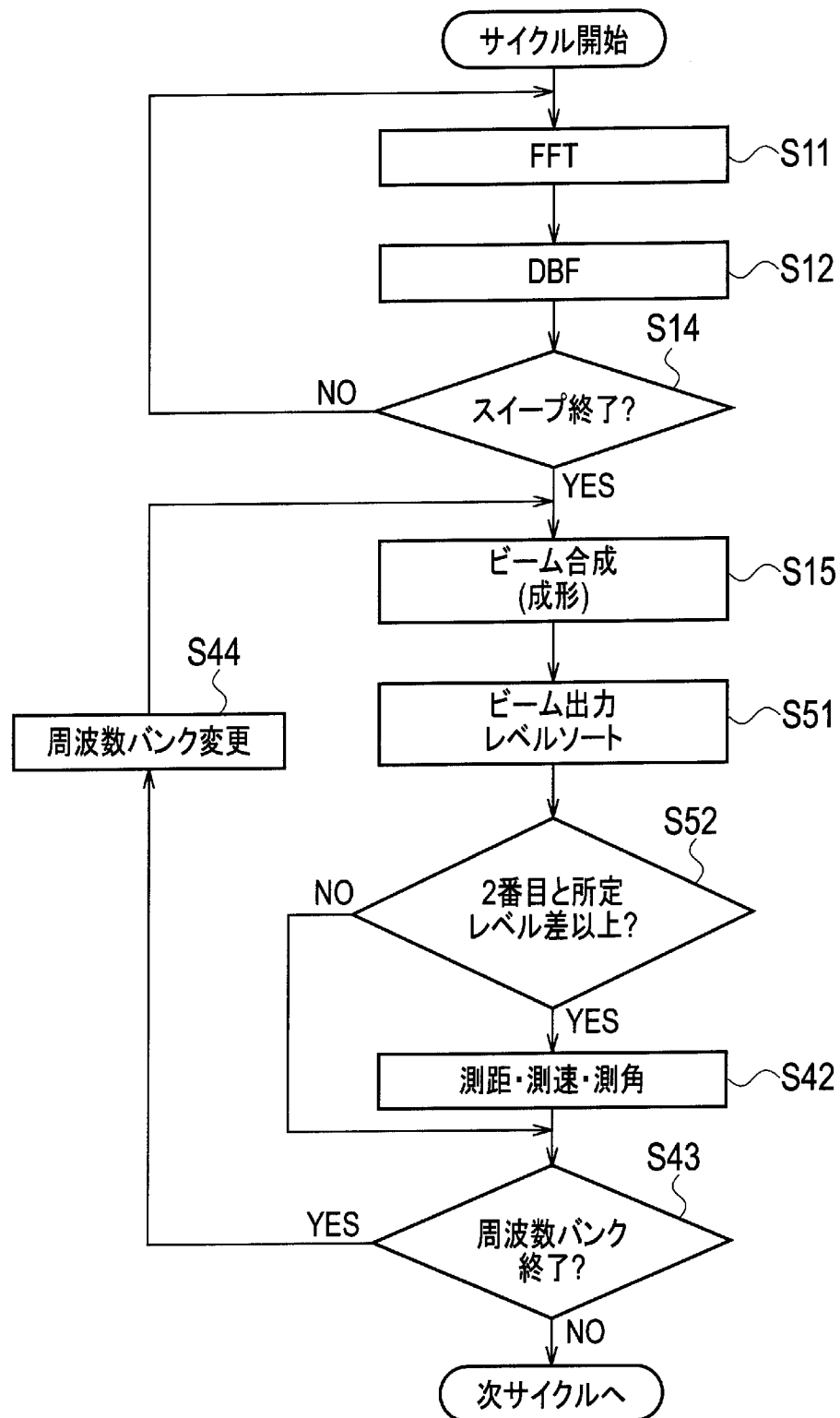
[図23]



[図24]

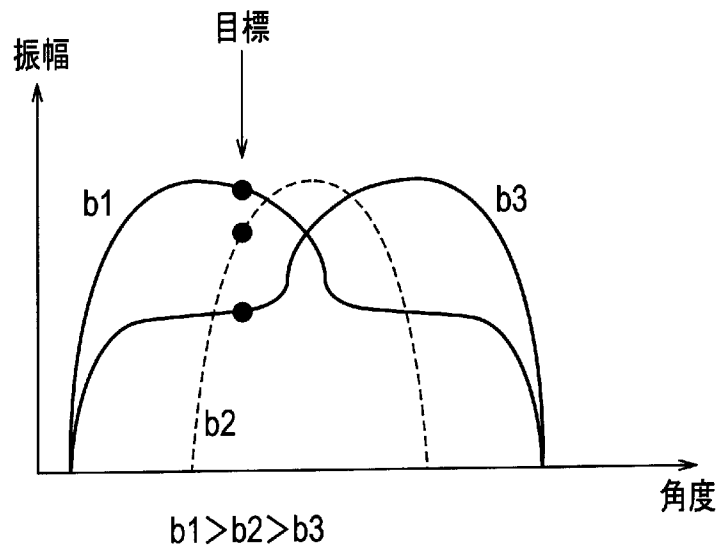


[図25]

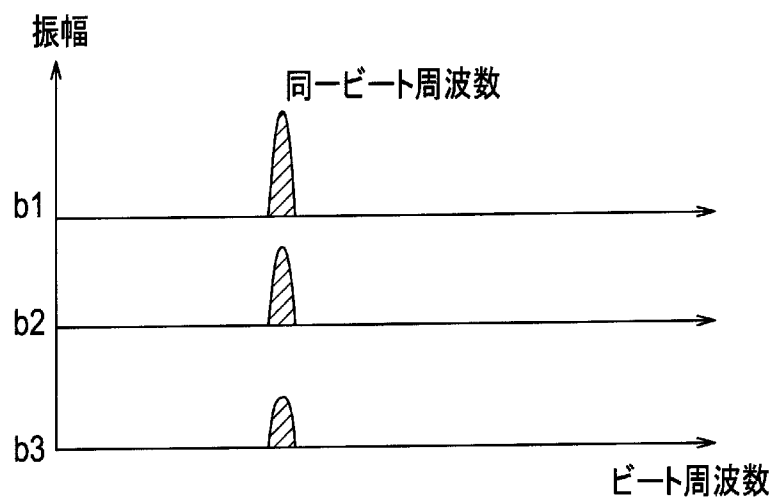


[図26]

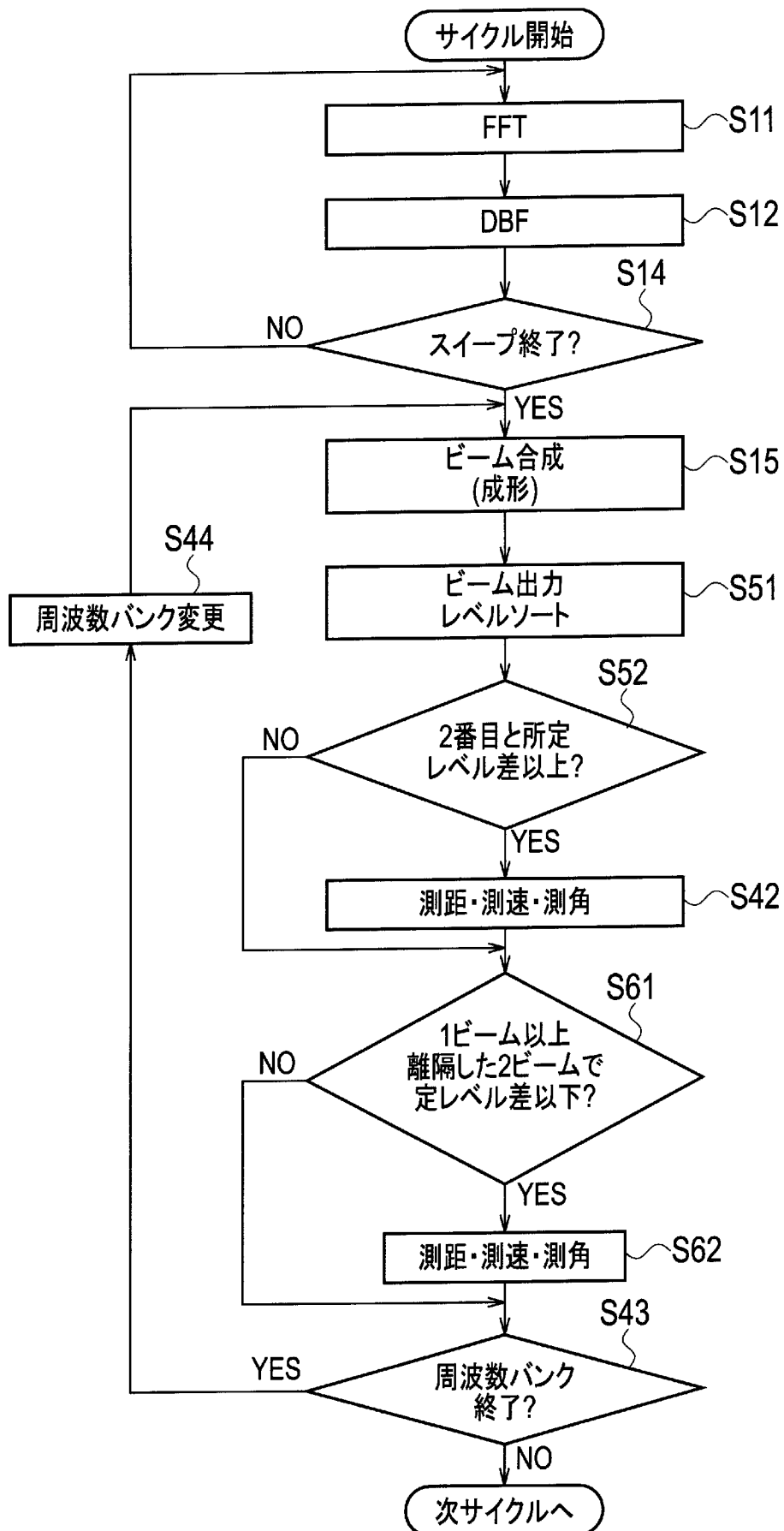
(a)



(b)

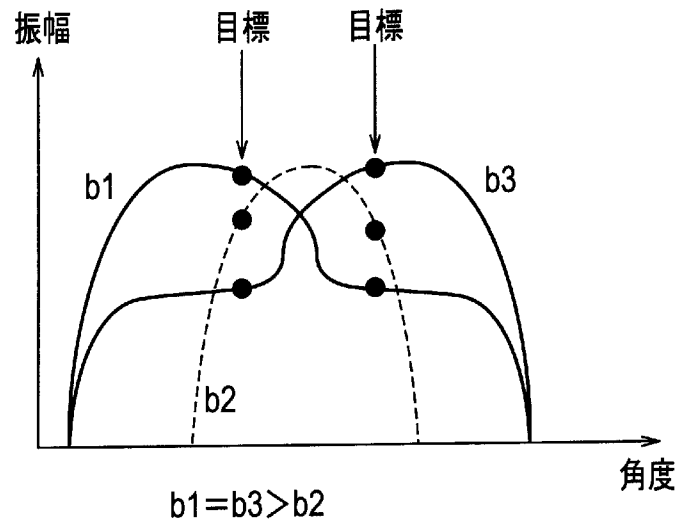


[図27]

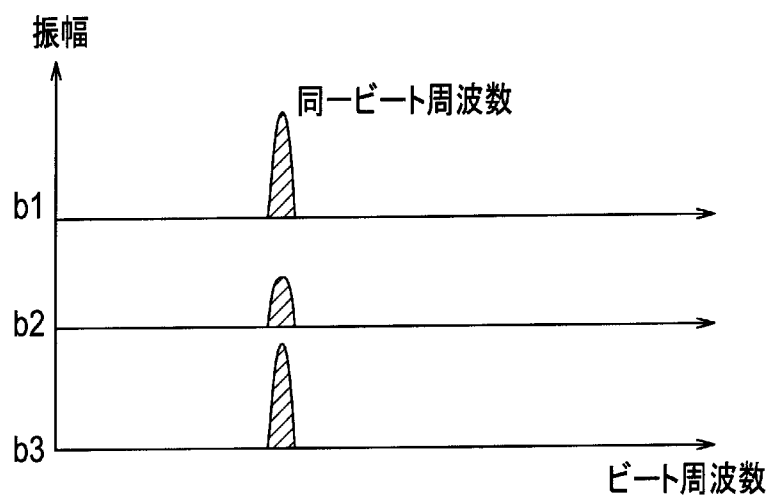


[図28]

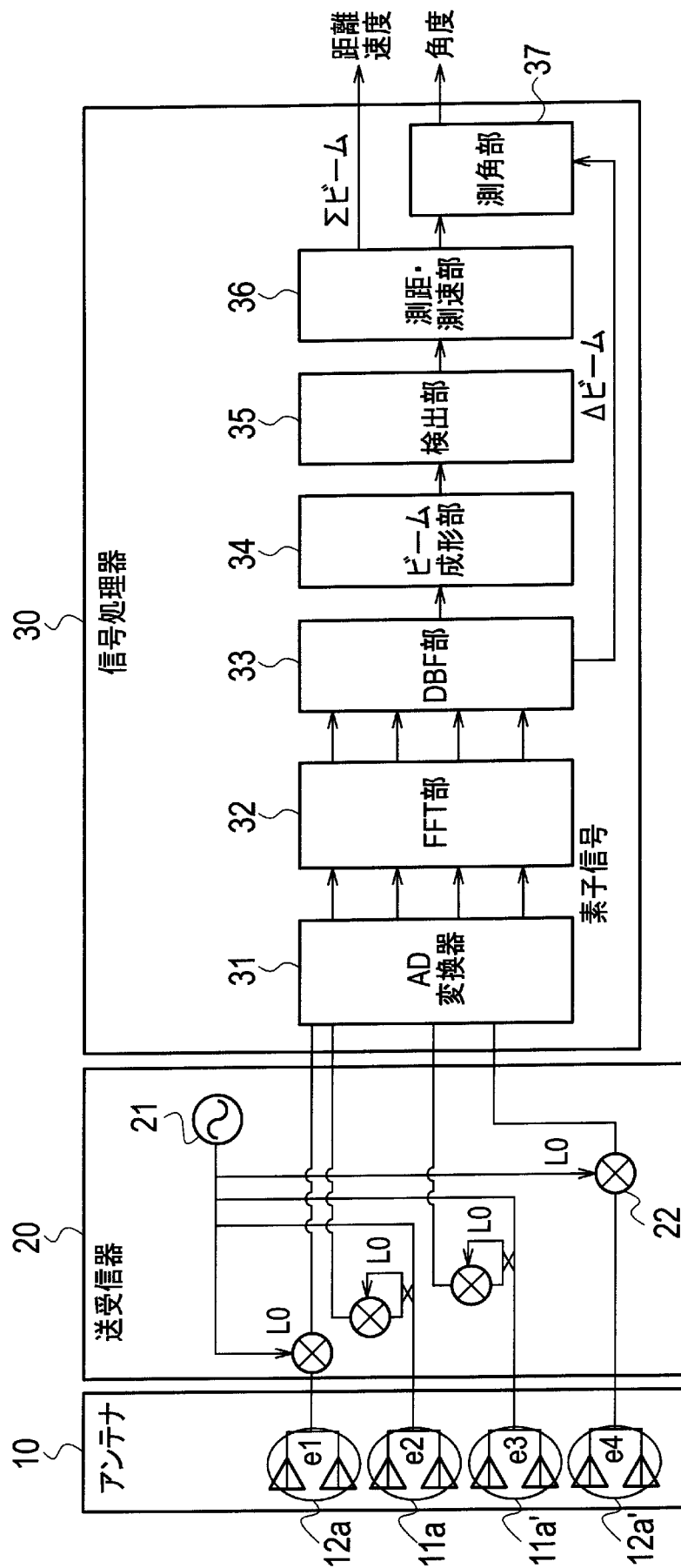
(a)



(b)

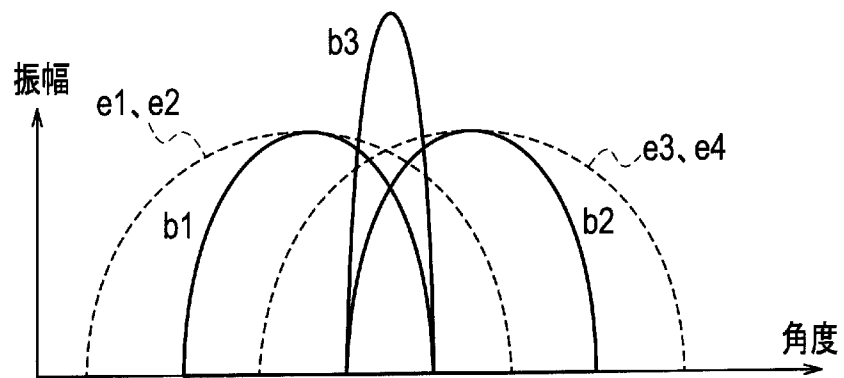


[図29]

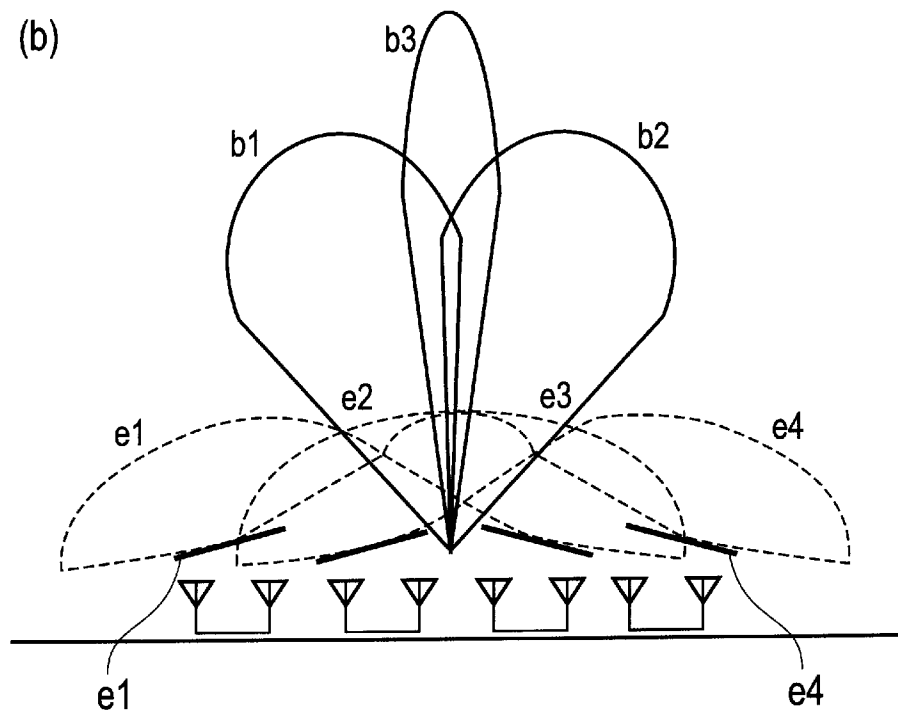


[図30]

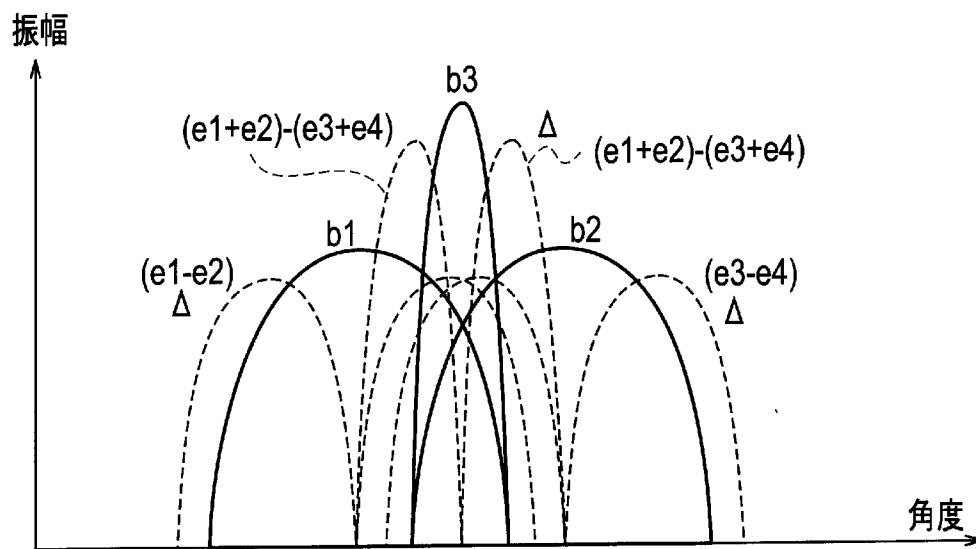
(a)



(b)



[図31]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/054837

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01S13/44(2006.01)i, G01S7/02(2006.01)i, G01S13/34(2006.01)i, G01S13/93(2006.01)i

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)

G01S3/00-3/86, 7/00-17/95

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	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 11-27043 A (Director General of Technical Research and Development Institute of Defense Agency), 29 January 1999 (29.01.1999), entire text; all drawings (Family: none)	1
X	JP 5-180932 A (NEC Corp.),	2
Y	23 July 1993 (23.07.1993), paragraphs [0001] to [0015]; fig. 1 (Family: none)	3
Y	JP 2006-29959 A (Toshiba Corp.), 02 February 2006 (02.02.2006), entire text; all drawings (Family: none)	3

☒ 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
15 June, 2010 (15.06.10)Date of mailing of the international search report
29 June, 2010 (29.06.10)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/054837

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 63-187181 A (Mitsubishi Electric Corp.), 02 August 1988 (02.08.1988), page 4, upper right column (Family: none)	4
X	JP 2003-139849 A (Mitsubishi Electric Corp.), 14 May 2003 (14.05.2003), paragraphs [0011] to [0028], [0044] to [0051] (Family: none)	5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/054837

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Claim 1 and claims 2 - 4 have a common point in a well-known technique such as a radar apparatus wherein monopulse angle measurement is carried out with respect to an object in which a beam is formed by reception by means of an antenna including a plurality of elements.

Claim 1 and claim 5 have a common point in only the well-known technique such as a radar apparatus wherein angle measurement is carried out using a beam formed by reception by means of an antenna including a plurality of elements.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01S13/44(2006.01)i, G01S7/02(2006.01)i, G01S13/34(2006.01)i, G01S13/93(2006.01)i

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（I P C））

Int.Cl. G01S3/00-3/86, 7/00-17/95

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 0 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 0 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 0 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）

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
X	JP 11-27043 A (防衛庁技術研究本部長) 1999.01.29, 全文、全図（ファミリーなし）	1
X Y	JP 5-180932 A (日本電気株式会社) 1993.07.23, 段落 0001-0015, 図 1（ファミリーなし）	2 3
Y	JP 2006-29959 A (株式会社東芝) 2006.02.02, 全文、全図（ファミリーなし）	3

☒ 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

1 5 . 0 6 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

2 9 . 0 6 . 2 0 1 0

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

山下 雅人

2 S

9 3 0 3

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 8

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
X	JP 63-187181 A (三菱電機株式会社) 1988. 08. 02, 第 4 頁右上欄 (ファミリーなし)	4
X	JP 2003-139849 A (三菱電機株式会社) 2003. 05. 14, 段落 0011-0028, 0044-0051 (ファミリーなし)	5

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

請求項1と請求項2-4とは複数の素子を有するアンテナの受信によりビームを形成したものについてモノパルス測角を行うレーダ装置という周知な技術についてのみ共通点を有するものである。

請求項1と請求項5とは、複数の素子を有するアンテナの受信によるビームを用いて測角を行うレーダ装置という周知な技術についてのみ共通点を有するものである。

また、請求項2-3、請求項4、請求項5のそれぞれの間においても、周知な技術についてのみ共通点を有するものである。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。