

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号
特開2023-94271
(P2023-94271A)

(43)公開日 令和5年7月5日(2023.7.5)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード (参考)
H 0 1 Q 19/06 (2006.01)	H 0 1 Q 19/06	5 J 0 2 0
H 0 1 Q 19/10 (2006.01)	H 0 1 Q 19/10	5 J 0 2 1
H 0 1 Q 3/44 (2006.01)	H 0 1 Q 3/44	
H 0 4 B 7/02 (2018.01)	H 0 4 B 7/02	

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全22頁)

(21)出願番号 特願2021-209654(P2021-209654)	(71)出願人 000005821 パナソニックホールディングス株式会社 大阪府門真市大字門真1 0 0 6 番地
(22)出願日 令和3年12月23日(2021.12.23) (出願人による申告) 令和3年度、総務省「HAPS を利用した無線通信システムに係る周波数有効利用技術 に関する研究開発」に関する委託事業、産業技術力強化 法第17条の適用を受ける特許出願	(74)代理人 110002952 弁理士法人鷲田国際特許事務所
	(72)発明者 大内 幹博 大阪府門真市大字門真1 0 0 6 番地 パ ナソニック株式会社内
	(72)発明者 木村 知弘 大阪府門真市大字門真1 0 0 6 番地 パ ナソニック株式会社内
	(72)発明者 外山 隆行 大阪府門真市大字門真1 0 0 6 番地 パ ナソニック株式会社内
	F ターム (参考) 5J020 AA02 AA03 BA10 BB00 最終頁に続く

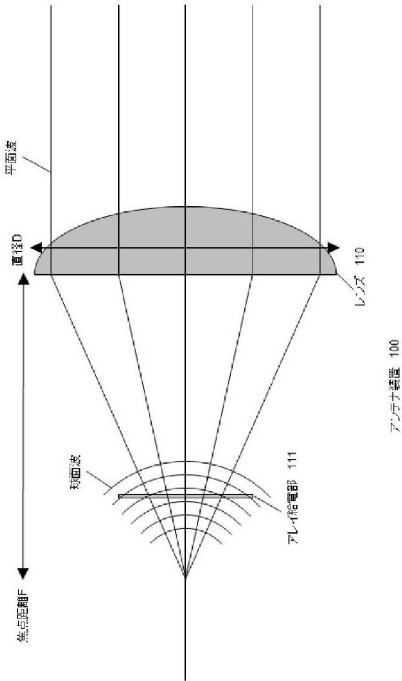
(54)【発明の名称】 アンテナ装置、ビームフォーミング方法及びプログラム

(57)【要約】 (修正有)

【課題】 レンズアンテナ又はパラボラアンテナとアレイ給電部又はアレイ受信部との組み合わせにおいて、アレイ給電部が生成する波面又はアレイ受信部が合成する波面の設計自由度を向上させることができるアンテナ装置及びビームフォーミング方法を提供する。

【解決手段】 アンテナ装置100は、電磁波を放射する複数のアンテナ素子が配列されたアレイ給電部111と、電磁波を屈折させるレンズ110と、を備える。アレイ給電部111は、電磁波がレンズ110によって屈折された後に所定方向への平面波として進行させられる複素励振振幅で複数のアンテナ素子を励振する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電磁波を放射する複数のアンテナ素子が配列されたアレイ給電部と、
前記電磁波を屈折させるレンズと、
を備え、
前記アレイ給電部は、前記電磁波が前記レンズによって屈折された後に所定の方向への平面波として進行させられる複素励振振幅で前記複数のアンテナ素子を励振する、
アンテナ装置。

【請求項 2】

予め計算又は測定された前記レンズの変換特性又は入射面での所定の波面特性に基づいて、前記複素励振振幅を算出する制御部
をさらに備え、
前記制御部は、前記複素励振振幅で前記複数のアンテナ素子を励振するように前記アレイ給電部を制御する、
請求項 1 に記載のアンテナ装置。 10

【請求項 3】

前記アレイ給電部は、前記レンズの焦点面からずれた位置に配置されている、
請求項 1 又は 2 に記載のアンテナ装置。

【請求項 4】

複数のアンテナ素子が配列されたアレイ受信部と、
到来した電磁波を屈折させて前記アレイ受信部に照射するレンズと、
を備え、
前記アレイ受信部は、前記レンズによって屈折される前の前記電磁波が所定の方向からの平面波として前記レンズに入射させられる複素振幅で前記複数のアンテナ素子を重みづけし、前記レンズによって屈折された後の前記電磁波の波面を合成する、
アンテナ装置。 20

【請求項 5】

電磁波を放射する複数のアンテナ素子が配列されたアレイ給電部と、
前記電磁波を反射させる反射鏡と、
を備え、
前記アレイ給電部は、前記電磁波が前記反射鏡によって反射された後に所定の方向への平面波として進行させられる複素励振振幅で前記複数のアンテナ素子を励振する、
アンテナ装置。 30

【請求項 6】

複数のアンテナ素子が配列されたアレイ受信部と、
到来した電磁波を反射させて前記アレイ受信部に照射する反射鏡と、
を備え、
前記アレイ受信部は、前記反射鏡によって反射される前の前記電磁波が所定の方向からの平面波として前記反射鏡に入射させられる複素振幅で前記複数のアンテナ素子を重みづけし、前記反射鏡によって反射された後の前記電磁波の波面を合成する、
アンテナ装置。 40

【請求項 7】

複数のアンテナ素子が配列されたアレイ給電部とレンズとを備えるアンテナ装置によるビームフォーミング方法であって、
前記複数のアンテナ素子が、電磁波を放射し、
前記アレイ給電部が、前記電磁波が前記レンズによって屈折された後に所定の方向への平面波として進行させられる複素励振振幅で前記複数のアンテナ素子を励振する、
ビームフォーミング方法。

【請求項 8】

複数のアンテナ素子が配列されたアレイ受信部とレンズとを備えるアンテナ装置による 50

ビームフォーミング方法であって、

前記アレイ受信部が、前記レンズによって屈折される前の到来した電磁波が所定の方向からの平面波として前記レンズに入射させられる複素振幅で前記複数のアンテナ素子を重みづけし、

前記アレイ受信部が、前記レンズによって屈折された後の前記電磁波の波面を合成する

、

ビームフォーミング方法。

【請求項 9】

複数のアンテナ素子が配列されたアレイ給電部と反射鏡とを備えるアンテナ装置によるビームフォーミング方法であって、

前記複数のアンテナ素子が、電磁波を放射し、

前記アレイ給電部が、前記電磁波が前記反射鏡によって反射された後に所定の方向への平面波として進行させられる複素励振振幅で前記複数のアンテナ素子を励振する、

ビームフォーミング方法。

【請求項 10】

複数のアンテナ素子が配列されたアレイ受信部と反射鏡とを備えるアンテナ装置によるビームフォーミング方法であって、

前記アレイ受信部が、前記反射鏡によって反射される前の到来した電磁波が所定の方向からの平面波として前記反射鏡に入射させられる複素振幅で前記複数のアンテナ素子を重みづけし、

前記アレイ受信部が、前記反射鏡によって反射された後の前記電磁波の波面を合成する

、

ビームフォーミング方法。

【請求項 11】

請求項 7 又は 9 に記載のビームフォーミング方法を実行するように前記アンテナ装置が備える制御部に前記複数のアンテナ素子及び前記アレイ給電部を制御させるためのプログラム。

【請求項 12】

請求項 8 又は 10 に記載のビームフォーミング方法を実行するように前記アンテナ装置が備える制御部に前記アレイ受信部を制御させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、アンテナ装置、ビームフォーミング方法及びプログラムに関し、より詳細には、ビームフォーミングを実行するためのアンテナ装置、ビームフォーミング方法及びプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

高高度プラットフォーム（HAPS：High-Altitude Platform Station）の事業化に向けて国際的に環境整備及び技術開発が進み、その普及拡大が見込まれている。特に HAPS を利用した固定通信システムに対しては、上空経路にてバックホール回線の冗長経路確保実現等への期待が高まっている。WRC-19（2019 年世界無線通信会議）にて HAPS に分配された 3.8 GHz 帯による 5G 網と連携した高速大容量の HAPS システムの実現が期待される（例えば、非特許文献 1）。HAPS は、高度 20 km 付近の成層圏で円周上を周回して飛行するため、地上局の方向にビーム（放射指向特性）が向くように、ビームフォーミングを行って追尾する必要がある。一方、地上局も HAPS の方向にビームが向くように、ビームフォーミングを行って追尾する必要がある。

【0003】

地上局に用いるアンテナ装置には開口面アンテナやフェーズドアレイアンテナ等が考えられる。開口面アンテナは、導波路を用いたホーンアンテナ、反射を用いたパラボラアン

10

20

30

40

50

テナ、屈折を用いたレンズアンテナ等に大別される。開口面アンテナは、大きな開口面を形成して高利得アンテナを構成することが容易であるが、HAPSを追尾するためにアンテナ装置の向きを常に機械的に駆動する必要があり、駆動のための消費電力が大きいという課題を有する。一方で、フェーズドアレイアンテナは、アンテナ素子の励振位相を制御することでビームの方向を制御してHAPSを追尾することが容易であるが、開口面を大きくして高利得アンテナを構成するためには多数のアンテナ素子が必要になるという課題を有する。

【0004】

非特許文献2では、レンズアンテナと電子制御可能なアレイ給電部とを組み合わせ、更に全体を機械駆動ジンバルで制御する方式を採用し、他の無線との干渉を軽減するためのサイドローブの抑制と追尾制御の際の消費電力の低減とを図っている。

10

【0005】

特許文献1には、OAM (Orbital Angular Momentum) の各モードに対して各々円形アレイを具備し、レンズと組み合わせることで、各モードの最大利得の放射角が同じになるようにするアンテナ装置が開示されている。

【0006】

特許文献2には、アレイ状に配置された複数のレンズセットを具備し、各レンズセットが1つのレンズと複数の給電素子とを組み合わせる構成をとるアンテナシステムが開示されている。各レンズセットにおいて、給電素子毎にビームが異なり、アンテナシステムは、どの給電素子に給電するかにより粗いビーム制御を行う。また、アンテナシステムは、複数のレンズセットの給電素子に給電する信号を各々制御することにより、精密なビーム制御を行う。

20

【0007】

特許文献3には、静止衛星に搭載されるパラボラアンテナに関して、降雨減衰時等において特定地域の放射利得を変更するための設計及び製造フローが示されている。パラボラアンテナと組み合わせるアレイ給電部の励振振幅や位相の変更で特定地域の放射利得変更が可能のように、パラボラアンテナ及びアレイ給電部を設計して製造を行う。製造後運用時に、降雨減衰時等において特定地域の放射利得を変更する際に、指示される各アレイ素子に対する励振振幅値及び／又は励振位相値に基づき、特定地域の放射利得を変更する。

【先行技術文献】

30

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開2017-228856号公報

【特許文献2】特開2019-220995号公報

【特許文献3】特開2014-143525号公報

【非特許文献】

【0009】

【非特許文献1】鈴木他，“高高度プラットフォーム(HAPS)による5G網と連携した38GHz帯の無線通信システム開発－5G網の高速大容量バックホール回線に係る検討－”，2021年電子情報通信学会総合大会，B-3-1(2021年3月)

40

【非特許文献2】辻他，“高高度プラットフォーム(HAPS)による5G網と連携した38GHz帯の無線通信システム開発－HAPS向け38GHz帯地上局アンテナシステムの検討－”，2021年電子情報通信学会総合大会，B-3-4(2021年3月)

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかしながら、前述の従来技術では、これらの組み合わせにおいて、アンテナ装置(レンズアンテナ又はパラボラアンテナ及びアレイ給電部)の設計自由度を向上させる波面の生成方法について示されていないという点で、改善の余地がある。

【0011】

50

本開示の非限定的な実施例は、レンズアンテナ又はパラボラアンテナとアレイ給電部又はアレイ受信部との組み合わせにおいて、アレイ給電部が生成する波面又はアレイ受信部が合成する波面の設計自由度を向上させることができるアンテナ装置及びビームフォーミング方法の提供に資する。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本開示の一実施例に係るアンテナ装置は、電磁波を放射する複数のアンテナ素子が配列されたアレイ給電部と、前記電磁波を屈折させるレンズと、を備え、前記アレイ給電部は、前記電磁波が前記レンズによって屈折された後に所定方向への平面波として進行させられる複素励振振幅で前記複数のアンテナ素子を励振する。

10

【0013】

本開示の一実施例に係るアンテナ装置は、複数のアンテナ素子が配列されたアレイ受信部と、到来した電磁波を屈折させて前記アレイ受信部に照射するレンズと、を備え、前記アレイ受信部は、前記レンズによって屈折される前の前記電磁波が所定方向からの平面波として前記レンズに入射させられる複素振幅で前記複数のアンテナ素子を重みづけし、前記レンズによって屈折された後の前記電磁波の波面を合成する。

【0014】

本開示の一実施例に係るアンテナ装置は、電磁波を放射する複数のアンテナ素子が配列されたアレイ給電部と、前記電磁波を反射させる反射鏡と、を備え、前記アレイ給電部は、前記電磁波が前記反射鏡によって反射された後に所定方向への平面波として進行させられる複素励振振幅で前記複数のアンテナ素子を励振する。

20

【0015】

本開示の一実施例に係るアンテナ装置は、複数のアンテナ素子が配列されたアレイ受信部と、到来した電磁波を反射させて前記アレイ受信部に照射する反射鏡と、を備え、前記アレイ受信部は、前記反射鏡によって反射される前の前記電磁波が所定方向からの平面波として前記反射鏡に入射させられる複素振幅で前記複数のアンテナ素子を重みづけし、前記反射鏡によって反射された後の前記電磁波の波面を合成する。

【0016】

本開示の一実施例に係るビームフォーミング方法は、複数のアンテナ素子が配列されたアレイ給電部とレンズとを備えるアンテナ装置によるビームフォーミング方法であって、前記複数のアンテナ素子が、電磁波を放射し、前記アレイ給電部が、前記電磁波が前記レンズによって屈折された後に所定方向への平面波として進行させられる複素励振振幅で前記複数のアンテナ素子を励振する。

30

【0017】

本開示の一実施例に係るビームフォーミング方法は、複数のアンテナ素子が配列されたアレイ受信部とレンズとを備えるアンテナ装置によるビームフォーミング方法であって、前記アレイ受信部が、前記レンズによって屈折される前の到来した電磁波が所定方向からの平面波として前記レンズに入射させられる複素振幅で前記複数のアンテナ素子を重みづけし、前記アレイ受信部が、前記レンズによって屈折された後の前記電磁波の波面を合成する。

40

【0018】

本開示の一実施例に係るビームフォーミング方法は、複数のアンテナ素子が配列されたアレイ給電部と反射鏡とを備えるアンテナ装置によるビームフォーミング方法であって、前記複数のアンテナ素子が、電磁波を放射し、前記アレイ給電部が、前記電磁波が前記反射鏡によって反射された後に所定方向への平面波として進行させられる複素励振振幅で前記複数のアンテナ素子を励振する。

【0019】

本開示の一実施例に係るビームフォーミング方法は、複数のアンテナ素子が配列されたアレイ受信部と反射鏡とを備えるアンテナ装置によるビームフォーミング方法であって、前記アレイ受信部が、前記反射鏡によって反射される前の到来した電磁波が所定方向か

50

らの平面波として前記反射鏡に入射させられる複素振幅で前記複数のアンテナ素子を重みづけし、前記アレイ受信部が、前記反射鏡によって反射された後の前記電磁波の波面を合成する。

【0020】

なお、これらの包括的または具体的な態様は、システム、装置、方法、集積回路、コンピュータプログラム、または、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および記録媒体の任意の組み合わせで実現されてもよい。

【発明の効果】

【0021】

本開示の一実施例によれば、アレイ給電部は、電磁波がレンズによって屈折された後に所定の方向への平面波として進行させられる複素励振振幅で複数のアンテナ素子を励振する。これにより、放射される電力がレンズ内に収まるようにビーム整形（ビーム形成と称されてもよい）を行い、開口効率の向上及びレンズ外への放射の抑圧が可能となり、レンズとアレイ給電部との組み合わせにおいて、アレイ給電部が生成する波面の設計自由度を向上させることができる。

【0022】

本開示の一実施例における更なる利点および効果は、明細書および図面から明らかにされる。かかる利点および／または効果は、いくつかの実施形態並びに明細書および図面に記載された特徴によってそれぞれ提供されるが、1つまたはそれ以上の同一の特徴を得るために必ずしも全てが提供される必要はない。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】本開示の実施の形態1におけるアンテナ装置の基本構成及び基本動作の一例を示す図

【図2】実施の形態1におけるアレイ給電部のビームシフト方法の一例を示す図

【図3】実施の形態1における理想的なレンズの集光特性を仮定した場合のアンテナ装置の基本動作の詳細の一例を示す図

【図4】実施の形態1におけるアレイ給電部の励振振幅の一例を説明するための図

【図5】実施の形態1におけるアレイ給電部がビームシフトを行うための波面整形の一例を説明するための図

【図6】実施の形態1における2次元平面アレイによる波面整形の開口効率に対する効果の一例を示す図

【図7】実施の形態1における2次元平面アレイによる波面整形のF/D比（焦点距離／直径）の自由度向上に対する効果の一例を示す図

【図8】実施の形態1におけるアレイ給電部の構成の一例を示す図

【図9】実施の形態1における受信機能についてのアレイ受信部の構成の一例を示す図

【図10A】本開示の実施の形態2におけるアレイ給電部の配置をレンズの焦点面からずらした場合の効果の一例を示す図

【図10B】本開示の実施の形態2におけるアレイ給電部の配置をレンズの焦点面からずらした場合の効果の一例を示す図

【図11】本開示の実施の形態3におけるアンテナ装置の基本構成及び基本動作の一例を示す図

【発明を実施するための形態】

【0024】

以下、図面を適宜参照して、本開示の実施の形態について、詳細に説明する。但し、必要以上に詳細な説明は省略する場合がある。例えば、既によく知られた事項の詳細説明や実質的に同一の構成に対する重複説明を省略する場合がある。これは、以下の説明が不必要に冗長になるのを避け、当業者の理解を容易にするためである。

【0025】

なお、添付図面および以下の説明は、当業者が本開示を十分に理解するために、提供されるのであって、これらにより特許請求の範囲に記載の主題を限定することは意図されていない。

【0026】

(実施の形態1)

図1は、本開示の実施の形態1におけるアンテナ装置100の基本構成及び基本動作の一例を示す図である。アンテナ装置100は、レンズ110と、アレイ給電部111と、を備える。

【0027】

レンズ110は、アレイ給電部111によって放射された電磁波を屈折させる。

10

【0028】

アレイ給電部111は、電磁波を放射する2次元に配列されたアンテナ素子を含み、送信ビームを生成して(レンズ110に向けて)放射する。

【0029】

図1に示すように、アレイ給電部111の基本動作は、例えば、レンズ110の仮想的な放射位置から放射される波面を生成し、放射される電力がレンズ110内に収まるようにビーム整形を行うことである。

【0030】

図2は、実施の形態1におけるアンテナ装置100におけるアレイ給電部111のビームシフト方法を示す図である。

20

【0031】

アレイ給電部111は、アレイ給電部111が備える制御部(例えば、後述する制御部129)が、アンテナ素子の励振位相を制御することによって、図2に示すように放射位置を仮想的にシフトした波面を生成し、放射される電力がレンズ110内に収まるようにビーム整形を行い、これにより、ビームシフトを実現する。

【0032】

以降、アンテナ装置100の動作原理を説明するために、まず理想的なレンズの集光特性を仮定して、アレイ給電部111の励振振幅について説明する。次いで、一般的なレンズ特性について説明する。ここで、理想的な集光特性とは、焦点から放射された球面波がレンズを通過することで平面波に変換される位相変換特性を指す。また、レンズは、厚み

30

【0033】

図3は、アンテナ装置100において理想的なレンズの集光特性を仮定した場合のアンテナ装置100の基本動作の詳細の一例を示す図である。

【0034】

図3において、理想的な集光特性を有するレンズは、レンズ110aとして示されている。図3に示すように、直交座標系においてレンズ110aの焦点を原点とし、レンズ110aの主軸をz軸とし、レンズ面をx-y平面に対して平行に配置する。レンズの直径をDとし、焦点距離をFとすると、レンズ面の座標 (x_l, y_l, z_l) は、式(1)のように表される。

40

【数1】

$$x_l^2 + y_l^2 \leq \left(\frac{D}{2}\right)^2, z_l = F \quad \cdots \text{式(1)}$$

【0035】

レンズ110aは、焦点から放射された球面波 $s(x, y, z)$ を屈折させてz軸方向に進行する平面波 $p(x, y, z)$ に変換する。球面波 $s(x, y, z)$ 及び平面波 $p(x, y, z)$ は各々、式(2)及び式(3)のように表される。

【数2】

50

$$s(x, y, z) = e^{-jk\sqrt{x^2+y^2+z^2}} \quad \cdots \text{式 (2)}$$

【数 3】

$$p(x, y, z) = e^{-jkz-j\psi} \quad \cdots \text{式 (3)}$$

ここで、 k は波数であり、 ψ は位相遅れである。

10

【0036】

レンズ面 (x_l, y_l, z_l) におけるレンズの変換特性 $f(x_l, y_l, z_l)$ は、式 (4) のように表される。

【数 4】

$$f(x_l, y_l, z_l) = \frac{p(x_l, y_l, z_l)}{s(x_l, y_l, z_l)} = e^{jk\sqrt{x_l^2+y_l^2+z_l^2}-jz_l-j\psi} \quad \cdots \text{式 (4)}$$

20

ここでは位相遅れを考慮する必要がないため、式 (5) に示すように式 (4) に含まれる位相遅れの項を 0 として省略してもよい。

【数 5】

$$-jz_l - j\psi = 0 \quad \cdots \text{式 (5)}$$

【0037】

図 4 は、アンテナ装置 100 におけるアレイ給電部 111 の励振振幅を説明するための図である。

30

【0038】

アレイ給電部 111 として、例えば、上述したように、アンテナ素子を 2 次元に等間隔に配置した平面アレイアンテナが用いられてよい。1 つのアンテナ素子から放射される電磁波の電界 $E(r, \theta, \phi)$ は、球面座標を用いて式 (6) のように表される。

【数 6】

$$E(r, \theta, \phi) = E_0 g_e(\theta, \phi) \frac{e^{-jkr}}{r} = E_0 g(r, \theta, \phi) \quad \cdots \text{式 (6)}$$

ここで、 E_0 は、複素励振振幅であり、 $g_e(\theta, \phi)$ は、アンテナ素子の放射指向特性であり、 $g(r, \theta, \phi)$ は、距離による減衰と位相遅延とを含む、アンテナ素子の放射指向特性である。また、 r は、放射半径であり、 θ は、 z 軸からの天頂角であり、 ϕ は、 $x-y$ 平面上の x 軸を基準とする方位角である。放射半径 r 、天頂角 θ 及び方位角 ϕ は各々、式 (7)、式 (8) 及び (9) として直交座標 (x, y, z) で表される。また、式 (6) の電界を直交座標系で $E(x, y, z)$ と表す。

40

【数 7】

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad \cdots \text{式 (7)}$$

50

【数 8】

$$\theta = \tan^{-1} \frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{z} \quad \cdots \text{式 (8)}$$

【数 9】

$$\phi = \tan^{-1} \frac{y}{x} \quad \cdots \text{式 (9)}$$

10

【0039】

位置 (x_e, y_e, z_e) におけるアンテナ素子の複素励振振幅を $E_0(x_e, y_e, z_e)$ とする。アレイ給電部 111 から放射される電磁波の位置 (x, y, z) における電界 $E(x, y, z)$ は、全アンテナ素子から放射された電磁波の電界の和として、式 (10) のように表される。

【数 10】

$$E(x, y, z) = \sum_{x_e, y_e, z_e} E_0(x_e, y_e, z_e) g(x - x_e, y - y_e, z - z_e) \quad \cdots \text{式 (10)}$$

20

式 (10) の畳み込み演算は、フーリエ領域の積として演算することが可能であり、式 (10) は、式 (11) のように変換可能である。

【数 11】

$$\mathcal{F}[E(x, y, z)] = \mathcal{F}[E_0(x_e, y_e, z_e)] \mathcal{F}[g(x, y, z)] \quad \cdots \text{式 (11)}$$

ここで、 $\mathcal{F}[\]$ はフーリエ変換である。

【0040】

30

アレイ給電によって所望の電界分布 $E(x, y, z)$ を得たい場合、アレイ給電部 111 は、式 (12) に従って各アンテナ素子の $E_0(x_e, y_e, z_e)$ を求めて（別言すれば、決定して又は算出して）、求められた $E_0(x_e, y_e, z_e)$ で各アンテナ素子を励振すればよい。

【数 12】

$$E_0(x_e, y_e, z_e) = \mathcal{F}^{-1} \left[\frac{\mathcal{F}[E(x, y, z)]}{\mathcal{F}[g(x, y, z)]} \right] \quad \cdots \text{式 (12)}$$

40

ここで、 $\mathcal{F}^{-1}[\]$ は逆フーリエ変換である。但し、 $\mathcal{F}[g(x, y, z)]$ が小さい値を持つ場合には除算は好ましくないため、近似的に式 (13) に従って各アンテナ素子の複素励振振幅 $E_0(x_e, y_e, z_e)$ を求めてもよい。

【数 13】

$$E_0(x_e, y_e, z_e) = \mathcal{F}^{-1}[\mathcal{F}[E(x, y, z)](\mathcal{F}[g(x, y, z)])^*] \quad \cdots \text{式 (13)}$$

ここで、 $(\)^*$ は複素共役演算である。

50

【 0 0 4 1 】

なお、上記で説明した演算は、アレイ給電部 1 1 1 が備える制御部（例えば、後述する制御部 1 2 9）によって行われてもよいし、別の機能部によって行われてもよい。

【 0 0 4 2 】

図 5 は、アンテナ装置 1 0 0 においてアレイ給電部 1 1 1 がビームシフトを行うための波面整形を説明するための図である。

【 0 0 4 3 】

図 5 に示すように、レンズ 1 1 0 a から放射される平面波（ビーム）を（ θ ， ϕ ）方向にビームフォーミングする場合を考える。ビーム方向の単位ベクトルを式（1 4）のように表すと、式（1 5）で示される座標ベクトルを用いて、（ θ ， ϕ ）方向に進行する平面波は、式（1 6）又は式（1 7）のように表すことができる。

10

【数 1 4】

$$\vec{b} = (b_x, b_y, b_z) = (\sin \theta \cos \phi, \sin \theta \sin \phi, \cos \theta) \quad \cdots \text{式 (1 4)}$$

【数 1 5】

$$\vec{v} = (x, y, z) \quad \cdots \text{式 (1 5)}$$

20

【数 1 6】

$$p_{\theta, \phi}(\vec{v}) = e^{-jk(\vec{b} \cdot \vec{v}) - j\psi} \quad \cdots \text{式 (1 6)}$$

【数 1 7】

30

$$p_{\theta, \phi}(x, y, z) = e^{-jk(b_x x + b_y y + b_z z) - j\psi} \quad \cdots \text{式 (1 7)}$$

ここで、「 $\cdot$ 」はベクトルの内積である。

【 0 0 4 4 】

レンズ面（ x_l ， y_l ， z_l ）において、（ θ ， ϕ ）方向に進行する平面波 $p_{\theta, \phi}(x_l, y_l, z_l)$ を放射するためには、レンズに対して式（1 8）のように表される波面 $s_{\theta, \phi}(x_l, y_l, z_l)$ を入射すればよい。

40

【数 1 8】

$$s_{\theta, \phi}(x_l, y_l, z_l) = \frac{p_{\theta, \phi}(x_l, y_l, z_l)}{f(x_l, y_l, z_l)} \quad \cdots \text{式 (1 8)}$$

【 0 0 4 5 】

入射波面 $s_{\theta, \phi}(x_l, y_l, z_l)$ を得るためには、アレイ給電部 1 1 1 は、式（1 9）で得られる複素励振振幅 $E_0(x_e, y_e, z_e)$ で各アンテナ素子を励振すれば

50

よい。但し、式(19)で得られる励振振幅 $E_0(x_e, y_e, z_e)$ は、アンテナ素子間の相対的な値であるため、全アンテナ素子の送信電力の総和が所定の送信電力になるように各アンテナ素子の送信電力を正規化することが望ましい。

【数19】

$$E_0(x_e, y_e, z_e) = \mathcal{F}^{-1}[\mathcal{F}[s_{\theta, \phi}(x_l, y_l, z_l)](\mathcal{F}[g(x, y, z)])^*] \quad \dots \text{式 (19)}$$

10

【0046】

上記は、理想的なレンズ110aの集光特性を仮定した場合のアンテナ装置100の基本動作の詳細の一例である。収差や厚みがある一般的なレンズ110の場合は、レンズの変換特性 $f(x_l, y_l, z_l)$ を予め計算又は測定しておくか、レンズ110の入射面付近の入射平面 (x_l, y_l, z_l) での所望の波面特性 $s_{\theta, \phi}(x_l, y_l, z_l)$ を予め計算又は測定しておく等の手順によって、対応する複素励振振幅 $E_0(x_e, y_e, z_e)$ を求めることができる。

【0047】

図6は、2次元平面アレイ（アレイ給電部111）における波面整形の開口効率に対する効果の一例を示す図である。この例では、レンズの直径Dを600mmとし、焦点距離Fを750mmとしている。

20

【0048】

図6(a)は、32x32素子の2次元平面アレイに対して上記の波面整形を行った場合を示しており、図6(b)は、4x4素子の平面アレイに対して上記の波面整形を行わず等位相かつ等振幅で励振した場合を示している。

【0049】

図6の左側は各々、複素励振振幅の実数部の振幅値を表している。図6の右側は各々、放射特性を表しており、±20°付近の破線は、レンズ径の両端の位置を表している。上記の波面整形を行うことにより、レンズ径内の利得が高く、平坦であるため開口効率が向上し、アンテナ利得が向上することが分かる。また、上記の波面整形を行うことにより、

30

【0050】

以上により、レンズ110とアレイ給電部111との組み合わせにおいて、アレイ給電部111の複数のアンテナ素子を励振する複素励振振幅を適切に制御することで、レンズの変換特性に応じて所望のビーム形状を得ることができ、ビームフォーミングによる追尾が可能となる。さらに、アンテナ利得を向上させ、不要な放射を抑圧することができる。

【0051】

図7は、2次元平面アレイ（アレイ給電部111）における波面整形のF/D比（焦点距離／直径）の自由度向上に対する効果の一例を示す図である。

【0052】

図示するように、波面整形を行わず等位相かつ等振幅で励振した場合には、大きな利得が得られるF/D比の範囲が狭く、その範囲は、アンテナ素子数により異なる。一方、波面整形を行った場合には、大きな利得が得られる範囲が広く、F/D比が小さい領域（すなわちアンテナ装置100の小型化が可能）で高い利得を維持することが可能であり、特にアンテナ素子数が多い場合（32x32素子の場合）は、F/D比が大きい領域においても高い利得を維持することが可能である。以上より、波面整形によりF/D比の自由度向上が可能であることが分かる。

40

【0053】

図8は、アレイ給電部111の構成の一例を示す図である。アレイ給電部111は、N個の複素振幅乗算部120-1～120-Nと、N個の高周波変換部121-1～121

50

ーNと、N個のアンテナ素子125-1～125-Nと、制御部129と、を備える。複素振幅乗算部120-1～120-Nは各々、複素振幅励振部120-1～120-Nと称されてもよい。

【0054】

N個の複素振幅乗算部120-1～120-Nは各々、レンズ面 (x_l, y_l, z_l) において、 (θ, ϕ) 方向に進行する平面波 $p_{\theta, \phi}(x_l, y_l, z_l)$ を放射するように、送信ベースバンド信号に複素励振振幅 $E_0(x_e, y_e, z_e)$ を乗算して（すなわち、複素励振振幅 $E_0(x_e, y_e, z_e)$ で送信ベースバンド信号を励振して）N個の高周波変換部121-1～121-Nに出力する。

【0055】

N個の高周波変換部121-1～121-Nは各々、N個の複素振幅乗算部120-1～120-Nから入力された励振された送信ベースバンド信号を、送信する高周波信号に変換してN個のアンテナ素子125-1～125-Nに出力する。

【0056】

制御部129は、アレイ給電部111の処理全般を制御する。例えば、制御部129は、上述した処理を実行するように、N個の複素振幅乗算部120-1～120-N、N個の高周波変換部121-1～121-N及びN個のアンテナ素子125-1～125-Nを制御する。例えば、制御部129は、記憶部（例えばメモリ；図示せず）に記憶されたプログラムを実行することによって、上述した処理を実行するように、N個の複素振幅乗算部120-1～120-N、N個の高周波変換部121-1～121-N及びN個のアンテナ素子125-1～125-Nを制御してもよい。別言すれば、このようなプログラムは、本開示に係るビームフォーミング方法を実行するように、制御部129に、N個のアンテナ素子135-1～135-Nを備えるアレイ給電部111を制御させてもよい。また、制御部129は、上述したように、各アンテナ素子の複素励振振幅 $E_0(x_e, y_e, z_e)$ を算出してもよい。

【0057】

このようにして、アレイ給電部111は、レンズ110で屈折された後の電磁波の放射特性が所望のビーム形状になるようにレンズ110へ入射する電磁波の波面を制御する。具体的には、アレイ給電部111は、電磁波がレンズ110によって屈折された後に平面波 $p_{\theta, \phi}(x_l, y_l, z_l)$ として所定方向への平面波として進行させられる複素励振振幅 $E_0(x_e, y_e, z_e)$ でN個のアンテナ素子125-1～125-Nを励振する。

【0058】

以上の構成により、レンズ110とアレイ給電部111との組み合わせにおいて、アレイ給電部111が生成する波面の設計自由度を向上させることを可能にするアンテナ装置100を提供することができる。

【0059】

上記は、アンテナ装置100の送信機能に関する説明であるが、同じ原理でアンテナ装置100の受信機能も実現できる。そのために、アンテナ装置100は、アレイ受信部112をさらに備えてよい。

【0060】

レンズ110は、到来した電磁波を屈折させてアレイ受信部112に照射する。

【0061】

アレイ受信部112は、アレイ給電部111と対応するように、レンズ110によって屈折された到来した電磁波を受ける2次元に配列されたアンテナ素子を含む。

【0062】

図9は、アレイ受信部112の構成の一例を示す図である。アレイ受信部112は、アレイ給電部111と対応するように、N個のアンテナ素子135-1～135-Nと、N個の高周波変換部131-1～131-Nと、N個の複素振幅乗算部130-1～130-Nと、加算部132と、制御部139と、を備える。

10

20

30

40

50

【0063】

N個のアンテナ素子135-1~135-Nは各々、電磁波（高周波信号）を受信してN個の高周波変換部131-1~131-Nに出力する。

【0064】

N個の高周波変換部131-1~131-Nは各々、N個のアンテナ素子135-1~135-Nから入力された高周波信号をベースバンド信号に変換してN個の複素振幅乗算部130-1~Nに出力する。

【0065】

N個の複素振幅乗算部130-1~Nは各々、レンズ面 (x_l, y_l, z_l) において、 (θ, ϕ) 方向から到来した平面波 $p_{\theta, \phi}(x_l, y_l, z_l)$ が入射するように、ベースバンド信号に対して複素振幅 $E_0(x_e, y_e, z_e)$ を乗算して（すなわち、送信機能における複素励振振幅 $E_0(x_e, y_e, z_e)$ をベースバンド信号に乗算して）加算部132に出力する。

10

【0066】

加算部132は、N個の複素振幅乗算部130-1~Nから入力された乗算されたN個のベースバンド信号を加算し（すなわち、レンズ110によって屈折された後の電磁波の波面を合成し）、これにより、アンテナ素子135-1~135-Nでの所望の波面特性 $s_{\theta, \phi}(x_l, y_l, z_l)$ を実現する。

【0067】

制御部139は、アレイ受信部112の処理全般を制御する。例えば、制御部139は、上述した処理を実行するように、N個のアンテナ素子135-1~135-N、N個の高周波変換部131-1~131-N、N個の複素振幅乗算部130-1~130-N及び加算部132を制御する。例えば、制御部139は、アンテナ装置100の記憶部（例えばメモリ；図示せず）に記憶されているプログラムを実行することによって、上述した処理を実行するように、N個のアンテナ素子135-1~135-N、N個の高周波変換部131-1~131-N、N個の複素振幅乗算部130-1~130-N及び加算部132を制御してもよい。別言すれば、このようなプログラムは、本開示に係るビームフォーミング方法を実行するように、制御部139に、N個のアンテナ素子135-1~135-Nを備えるアレイ受信部112を制御させてもよい。また、制御部139は、上述したように、各アンテナ素子の複素（励振）振幅 $E_0(x_e, y_e, z_e)$ を算出してもよい。

20

30

【0068】

このようにして、アレイ受信部112は、レンズ110で屈折される前の電磁波の受信特性が所望のビーム形状になるようにレンズ110から照射された電磁波の波面を合成する。具体的には、アレイ受信部112は、レンズ110によって屈折される前の電磁波が所定方向からの平面波 $p_{\theta, \phi}(x_l, y_l, z_l)$ としてレンズ110に入射させられるように、複素振幅 $E_0(x_e, y_e, z_e)$ でN個のアンテナ素子135-1~135-Nを介して受信したベースバンド信号を重みづけし（別言すれば、レンズ110によって屈折される前の電磁波が所定方向からの平面波 $p_{\theta, \phi}(x_l, y_l, z_l)$ としてレンズ110に入射させられる複素振幅 $E_0(x_e, y_e, z_e)$ でN個のアンテナ素子135-1~135-Nを重みづけし）、レンズ110によって屈折された後の電磁波の波面を合成する。

40

【0069】

以上の構成により、レンズ110とアレイ受信部112との組み合わせにおいて、アレイ受信部112が合成する波面の設計自由度を向上させることを可能にするアンテナ装置100を提供することができる。

【0070】

（実施の形態2）

図10A及び図10Bは、2次元平面アレイにおいてアレイ給電部111の配置をレンズ110の焦点面からずらした場合の効果の一例を示す図である。この例では、レンズ1

50

10の直径Dを600mmとし、焦点距離Fを300mmとしている。

【0071】

図10A(a)は、送信電力の総和に対する素子当たりの最大電力を示しており、図10A(b)は、利得を示している。本実施の形態では波面整形を行った場合のみが図示されている。図10A(a)及び図10A(b)の横軸は、アレイ給電部111が配置される位置を示している。横軸の0は、アレイ給電部111の配置がレンズ110の焦点面である場合を示しており、右方向(正の方向)は、レンズ110の焦点面からレンズ110に対して近付く場合を示しており、左方向(負の方向)は、レンズ110の焦点面からレンズ110に対して遠ざかる場合を示している。

【0072】

図10A(a)に示す通り、アンテナ素子数が4×4から32×32の全てで、アレイ給電部111の配置をレンズ110の焦点面からずらすにしたがって、素子当たりの最大電力を減少させることが可能であることが分かる。

【0073】

図10B(a)及び図10B(b)は各々、図10A(a)の横軸(オフセット値)が0mmにおけるアレイ給電の振幅及び図10A(a)の横軸(オフセット値)が30mmにおけるアレイ給電の振幅を示している。図10Bに示す通り、アレイ給電部111の配置をレンズ110の焦点面からずらすことにより一部の素子に電力が集中することを回避する様子が分かる。

【0074】

一方、図10A(b)に示す通り、利得を維持可能なオフセットの範囲は、アンテナ素子数によって異なるが、アンテナ素子数が多くなるにしたがってその範囲が拡大することが分かる。

【0075】

以上より、アレイ給電部111の配置をレンズ110の焦点面からずらした場合、実施の形態1と同様の処理を用いて、レンズ110とアレイ給電部111との組み合わせにおいて、利得を維持しながら一部の素子に電力が集中することを回避することを可能にするアンテナ装置100を提供することができる。

【0076】

また、アレイ受信部112の配置をレンズ110の焦点面からずらした場合も、実施の形態1と同様の処理を用いて、レンズ110とアレイ受信部112との組み合わせにおいて、利得を維持しながら一部の素子に電力が集中することを回避することを可能にするアンテナ装置100を提供することができる。

【0077】

(実施の形態3)

図11は、本開示の実施の形態3におけるアンテナ装置300の基本構成及び基本動作の一例を示す図である。アンテナ装置300は、実施の形態1におけるアンテナ装置100と同様の構成を有するため、同じ構成については説明を省略する。アンテナ装置300は、パラボラアンテナとして構成され、パラボラ反射鏡310と、アレイ給電部111と、を備える。

【0078】

パラボラ反射鏡310は、アレイ給電部111によって放射された電磁波を反射させる。

【0079】

本実施の形態におけるアレイ給電部111は、実施の形態1におけるアレイ給電部111と同じである。但し、アレイ給電部111は、電磁波を放射する2次元に配列されたアンテナ素子を含み、送信ビームを生成して(レンズ110の代わりにパラボラ反射鏡310に向けて)放射する。

【0080】

パラボラ反射鏡310は、反射による変換特性 $f(x_l, y_l, z_l)$ を有し、アレイ

10

20

30

40

50

給電部 111 が生成する波面 $s(x, y, z)$ を、 z 軸方向に進行する平面波 $p(x, y, z)$ に変換する。

【0081】

実施の形態 1 と同様にして、本実施の形態でも、アレイ給電部 111 は、パラボラ反射鏡 310 で反射された後の電磁波の放射特性が所望のビーム形状になるようにパラボラ反射鏡 310 へ入射する電磁波の波面を制御する。具体的には、アレイ給電部 111 は、電磁波がパラボラ反射鏡 310 によって反射された後に所定方向（例えば、 z 軸に平行な方向等）への平面波 $p_{\theta, \phi}(x_l, y_l, z_l)$ として進行させられる複素励振振幅 $E_0(x_e, y_e, z_e)$ で N 個のアンテナ素子 125-1 ~ 125-N を励振する。

【0082】

また、アンテナ装置 300 は、アレイ受信部 112 をさらに備えてよい。

【0083】

パラボラ反射鏡 310 は、到来した電磁波を反射させてアレイ受信部 112 に照射する。

【0084】

本実施の形態におけるアレイ受信部 112 は、実施の形態 1 におけるアレイ受信部 112 と同じである。但し、アレイ受信部 112 は、レンズ 110 の代わりに、パラボラ反射鏡 310 によって反射された到来した電磁波を受ける 2 次元に配列されたアンテナ素子を含む。

【0085】

実施の形態 1 と同様にして、本実施の形態でも、アレイ受信部 112 は、パラボラ反射鏡 310 で反射される前の電磁波の受信特性が所望のビーム形状になるようにパラボラ反射鏡 310 から照射された電磁波の波面を合成する。具体的には、アレイ受信部 112 は、パラボラ反射鏡 310 によって反射される前の電磁波が所定方向からの平面波 $p_{\theta, \phi}(x_l, y_l, z_l)$ としてパラボラ反射鏡 310 に入射させられる複素振幅 $E_0(x_e, y_e, z_e)$ で N 個のアンテナ素子 135-1 ~ 135-N を重みづけし、パラボラ反射鏡 310 によって反射された後の電磁波の波面を合成する。

【0086】

よって、図 11 に示すアンテナ装置 300 の構成により、実施の形態 1 と同様にして、パラボラ反射鏡 310 とアレイ給電部 111 との組み合わせにおいて、アレイ給電部 111 が生成する波面の設計自由度を向上させることを可能にするアンテナ装置 300 を提供することができる。また、実施の形態 1 と同様にして、パラボラ反射鏡 310 とアレイ受信部 112 との組み合わせにおいて、アレイ受信部 112 が合成する波面の設計自由度を向上させることを可能にするアンテナ装置 300 を提供することができる。また、実施の形態 2 と同様にして、パラボラ反射鏡 310 とアレイ給電部 111 との組み合わせにおいて、利得を維持しながら一部の素子に電力が集中することを回避することを可能にするアンテナ装置 300 を提供することができる。また、実施の形態 2 と同様にして、パラボラ反射鏡 310 とアレイ受信部 112 との組み合わせにおいて、利得を維持しながら一部の素子に電力が集中することを回避することを可能にするアンテナ装置 300 を提供することができる。

【0087】

(1) 実施の形態 1 ~ 3 において、図 8 に示す通り、フルデジタルビームフォーミングの構成としたが、本開示はこれに限られず、ハイブリッドビームフォーミングやフルデジタルビームフォーミングの構成でもよい。これらの場合でも、上記の効果と同様の効果を得ることができる。

【0088】

(2) 実施の形態 1 ~ 3 において、アレイ給電部 111 が制御部 129 を備え、アレイ受信部 112 が制御部 139 を備える例について説明したが、本開示はこの例に限られない。例えば、アレイ給電部 111 が制御部 129 を備え、アレイ受信部 112 が制御部 139 を備える代わりに、アンテナ装置 100 及び 300 は、アレイ給電部 111 及びアレイ

10

20

30

40

50

イ受信部 1 1 2 の外部に制御部 1 2 9 及び制御部 1 3 9 を備えてもよい。この場合、制御部 1 2 9 及び制御部 1 3 9 は、統合された制御部であってもよい。これらの制御部は、一例として、プロセッサであってもよい。

【0089】

(3) 実施の形態 1 ~ 3 において、各構成要素に用いる「・・・部」という表記は、「・・・回路 (circuitry)」、「・・・アッセンブリ」、「・・・デバイス」、「・・・ユニット」、又は、「・・・モジュール」といった他の表記に置換されてもよい。

【0090】

(4) 本開示は、ハードウェアとソフトウェアを使った実装に関するものであってもよい。上記の実施の形態はコンピューティングデバイス (プロセッサ) を使って実装又は実行されてもよい。コンピューティングデバイスまたはプロセッサは、例えば、メインプロセッサ / 汎用プロセッサ (general purpose processor)、デジタル信号プロセッサ (DSP)、ASIC (application specific integrated circuit)、FPGA (field programmable gate array)、他のプログラマブル論理デバイスなどであってよい。上記の実施の形態は、これらのデバイスの結合によって実行され、あるいは、実現されてもよい。

【0091】

(5) 実施の形態 1 ~ 3 は、プロセッサによって、または、直接ハードウェアによって実行される、ソフトウェアモジュールの仕組みによって実現されてもよい。また、ソフトウェアモジュールとハードウェア実装の組み合わせも可能である。ソフトウェアモジュールは、様々な種類のコンピュータ読み取り可能なストレージメディア、例えば、RAM、EPROM、EEPROM、フラッシュメモリ、レジスタ、ハードディスク、CD-ROM、DVD など、に保存されてもよい。

【0092】

(実施の形態のまとめ)

本開示の一実施例に係るアンテナ装置は、電磁波を放射する複数のアンテナ素子が配列されたアレイ給電部と、前記電磁波を屈折させるレンズと、を備え、前記アレイ給電部は、前記電磁波が前記レンズによって屈折された後に所定の方向への平面波として進行させられる複素励振振幅で前記複数のアンテナ素子を励振する。

【0093】

本開示の一実施例に係るビームフォーミング方法は、複数のアンテナ素子が配列されたアレイ給電部とレンズとを備えるアンテナ装置によるビームフォーミング方法であって、前記複数のアンテナ素子が、電磁波を放射し、前記アレイ給電部が、前記電磁波が前記レンズによって屈折された後に所定の方向への平面波として進行させられる複素励振振幅で前記複数のアンテナ素子を励振する。

【0094】

上記の構成により、アレイ給電部は、電磁波がレンズによって屈折された後に所定の方向への平面波として進行させられる複素励振振幅で複数のアンテナ素子を励振する。これにより、放射される電力がレンズ内に収まるようにビーム整形を行い、開口効率の向上及びレンズ外への放射の抑圧が可能となり、レンズとアレイ給電部との組み合わせにおいて、アレイ給電部が生成する波面の設計自由度を向上させることができる。

【0095】

本開示の一実施例に係るアンテナ装置は、電磁波を放射する複数のアンテナ素子が配列されたアレイ給電部と、前記電磁波を反射させる反射鏡と、を備え、前記アレイ給電部は、前記電磁波が前記反射鏡によって反射された後に所定の方向への平面波として進行させられる複素励振振幅で前記複数のアンテナ素子を励振する。

【0096】

本開示の一実施例に係るビームフォーミング方法は、複数のアンテナ素子が配列されたアレイ給電部と反射鏡とを備えるアンテナ装置によるビームフォーミング方法であって、前記複数のアンテナ素子が、電磁波を放射し、前記アレイ給電部が、前記電磁波が前記反

10

20

30

40

50

射鏡によって反射された後に所定の方向への平面波として進行させられる複素励振振幅で前記複数のアンテナ素子を励振する。

【0097】

上記の構成により、アレイ給電部は、電磁波が反射鏡によって反射された後に所定の方向への平面波として進行させられる複素励振振幅で複数のアンテナ素子を励振する。これにより、放射される電力が反射鏡内に収まるようにビーム整形を行い、開口効率の向上及び反射鏡外への放射の抑圧が可能となり、反射鏡とアレイ給電部との組み合わせにおいて、アレイ給電部が生成する波面の設計自由度を向上させることができる。

【0098】

本開示の一実施例に係るアンテナ装置は、複数のアンテナ素子が配列されたアレイ受信部と、到来した電磁波を屈折させて前記アレイ受信部に照射するレンズと、を備え、前記アレイ受信部は、前記レンズによって屈折される前の前記電磁波が所定の方向からの平面波として前記レンズに入射させられる複素振幅で前記複数のアンテナ素子を重みづけし、前記レンズによって屈折された後の前記電磁波の波面を合成する。

10

【0099】

本開示の一実施例に係るビームフォーミング方法は、複数のアンテナ素子が配列されたアレイ受信部とレンズとを備えるアンテナ装置によるビームフォーミング方法であって、前記アレイ受信部が、前記レンズによって屈折される前の到来した電磁波が所定の方向からの平面波として前記レンズに入射させられる複素振幅で前記複数のアンテナ素子を重みづけし、前記アレイ受信部が、前記レンズによって屈折された後の前記電磁波の波面を合

20

【0100】

上記の構成により、アレイ受信部は、電磁波がレンズによって屈折される前の到来した電磁波が所定の方向からの平面波としてレンズに入射させられる複素振幅で複数のアンテナ素子を重みづけし、レンズによって屈折された後の電磁波の波面を合成する。これにより、入射される電力がレンズ内に収まるようにビーム整形を行い、開口効率の向上及びレンズ外からの入射の抑圧が可能となり、レンズとアレイ受信部との組み合わせにおいて、アレイ受信部が合成する波面の設計自由度を向上させることができる。

【0101】

本開示の一実施例に係るアンテナ装置は、複数のアンテナ素子が配列されたアレイ受信部と、到来した電磁波を反射させて前記アレイ受信部に照射する反射鏡と、を備え、前記アレイ受信部は、前記反射鏡によって反射される前の前記電磁波が所定の方向からの平面波として前記反射鏡に入射させられる複素振幅で前記複数のアンテナ素子を重みづけし、前記反射鏡によって反射された後の前記電磁波の波面を合成する。

30

【0102】

本開示の一実施例に係るビームフォーミング方法は、複数のアンテナ素子が配列されたアレイ受信部と反射鏡とを備えるアンテナ装置によるビームフォーミング方法であって、前記アレイ受信部が、前記反射鏡によって反射される前の到来した電磁波が所定の方向からの平面波として前記反射鏡に入射させられる複素振幅で前記複数のアンテナ素子を重みづけし、前記アレイ受信部が、前記反射鏡によって反射された後の前記電磁波の波面を合

40

【0103】

上記の構成により、アレイ受信部は、電磁波が反射鏡によって反射される前の到来した電磁波が所定の方向からの平面波として反射鏡に入射させられる複素振幅で複数のアンテナ素子を重みづけし、反射鏡によって反射された後の電磁波の波面を合成する。これにより、入射される電力が反射鏡内に収まるようにビーム整形を行い、開口効率の向上及び反射鏡外からの入射の抑圧が可能となり、反射鏡とアレイ受信部との組み合わせにおいて、アレイ受信部が合成する波面の設計自由度を向上させることができる。

【産業上の利用可能性】

【0104】

50

本開示は、HAPSに限らず、無線伝送におけるビームフォーミング技術に適用することができる。

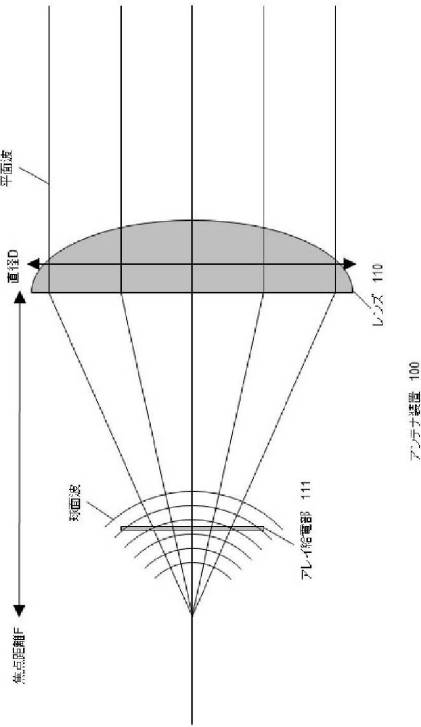
【符号の説明】

【0105】

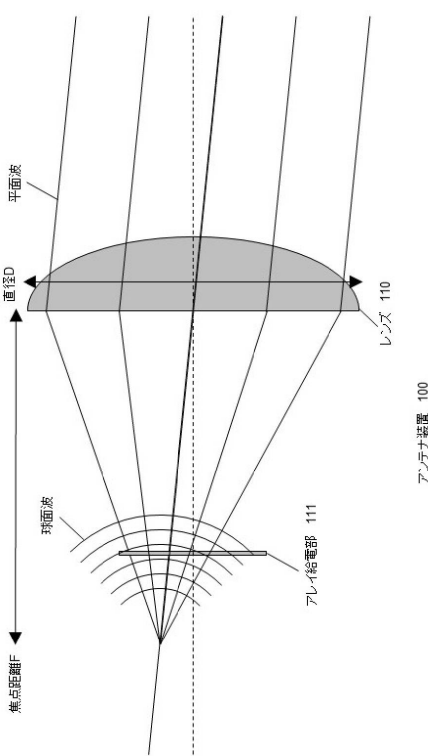
- 100、300 アンテナ装置
- 110 レンズ
- 111 アレイ給電部
- 112 アレイ受信部
- 120、130 複素振幅乗算部
- 121、131 高周波変換部
- 125、135 アンテナ素子
- 129、139 制御部
- 132 加算部
- 310 パラボラ反射鏡

【図面】

【図1】



【図2】



10

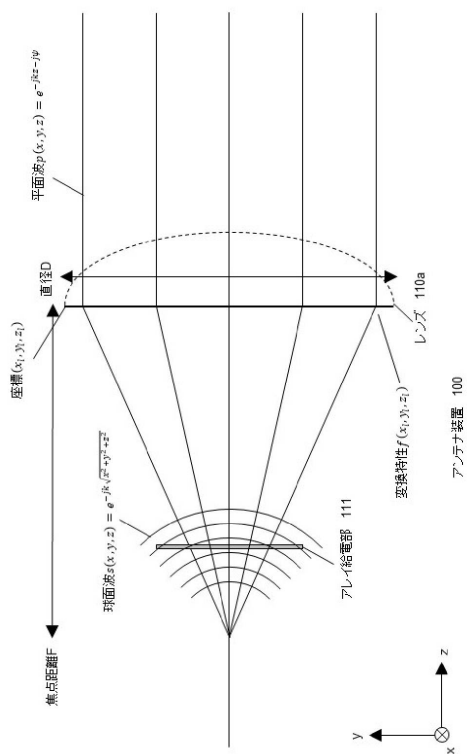
20

30

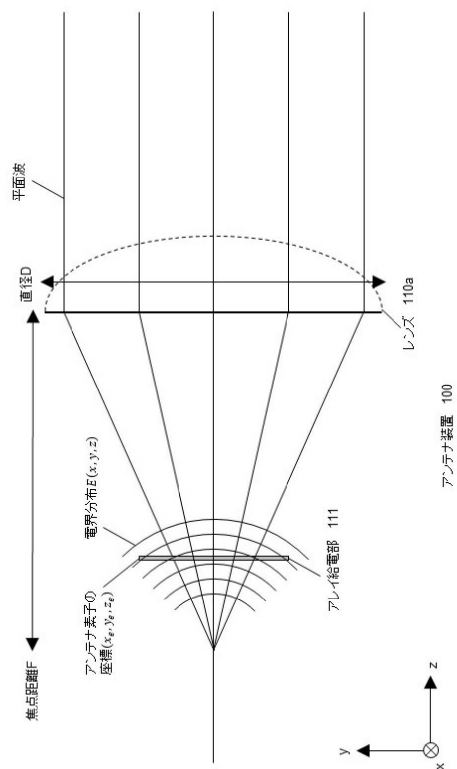
40

50

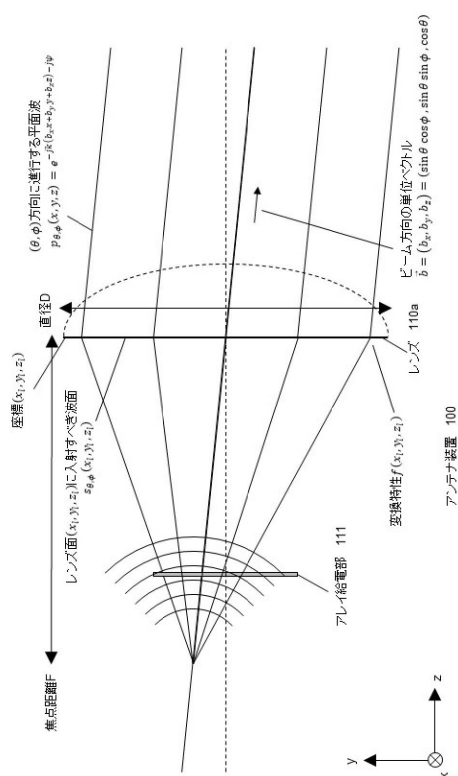
【図 3】



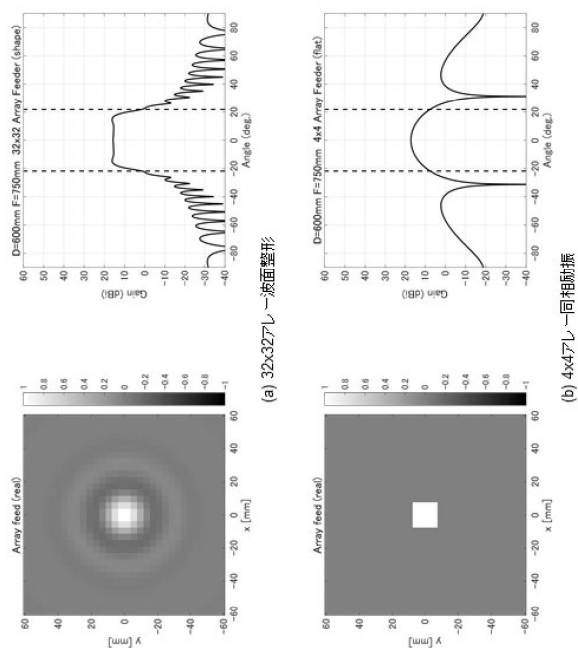
【図 4】



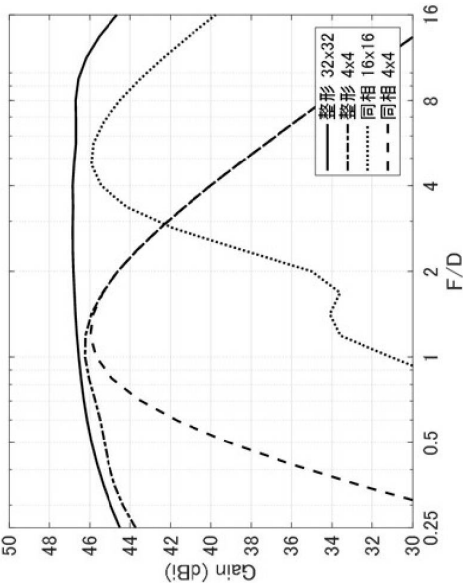
【図 5】



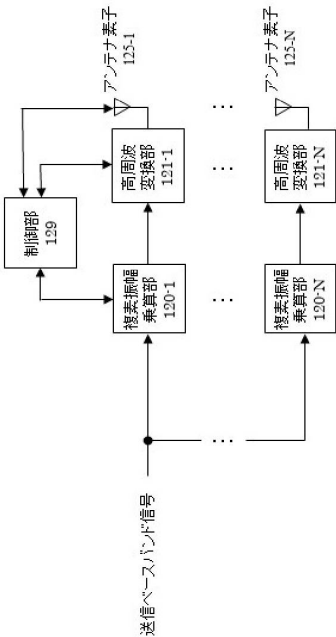
【図 6】



【図 7】

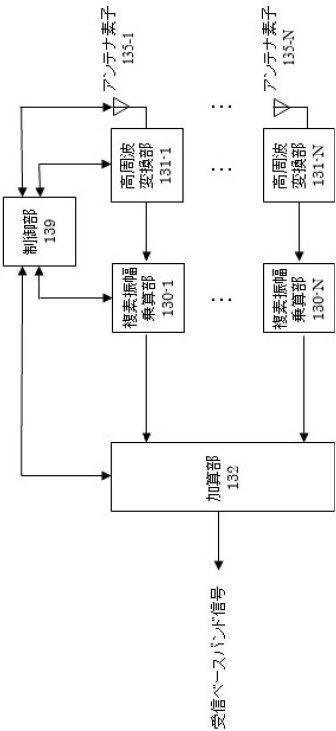


【図 8】



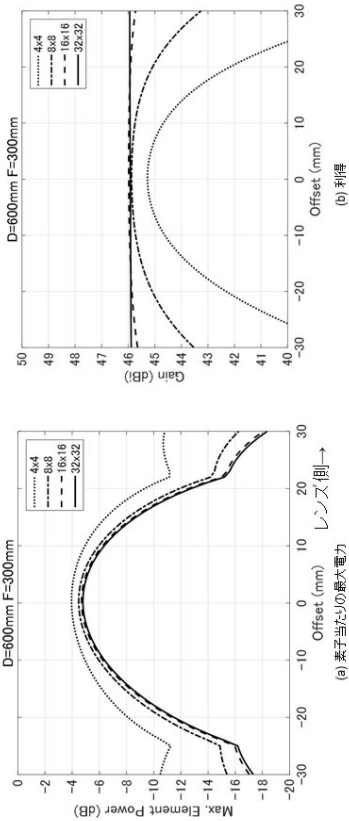
アレイ給電部 111

【図 9】



アレイ受信部 112

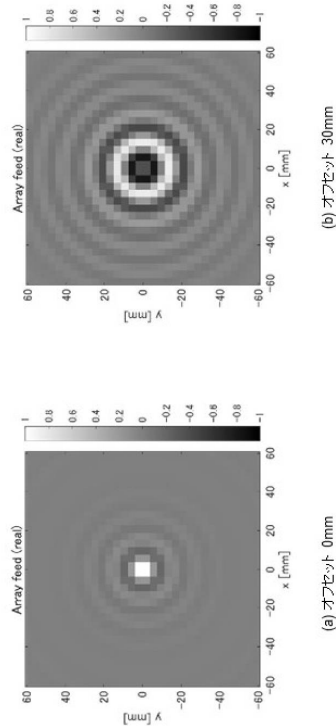
【図 10 A】



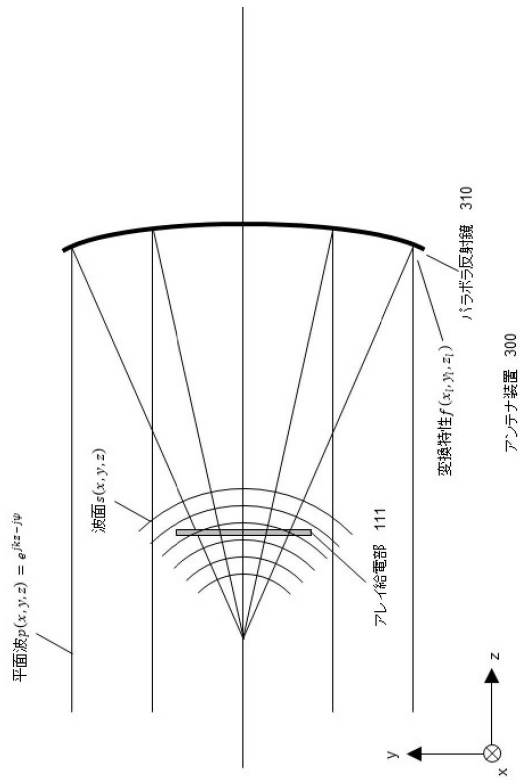
(a) 素子当たりの最大電力

(b) 利得

【図 10 B】



【図 11】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

Fターム (参考)	BC04 DA02 DA10
5J021	AA09 BA01 BA03 GA02