

氏 名	エイ ケイ エム バキ A. K. M. Baki
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 2756 号
学位授与の日付	平 成 19 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	工 学 研 究 科 電 気 工 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	Study on Beam Forming and Direction-of-Arrival Measurement for Solar Power Satellite (宇宙太陽光発電所のためのビーム形成と到来方向測定法に関する研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 橋 本 弘 藏 教 授 和 田 修 己 教 授 大 村 善 治

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は宇宙太陽発電所（SPS）で用いられるべきマイクロ波送電ビームの形成と受電点に電力ビームを正しく向けるために、受電点から送られるパイロット信号の到来方向測定に関して、新しい方式を提案したものであって、6つの章からなっている。

第1章は序論であり、SPSの概要を説明し、SPSでは、送電ビームを効率よく地上に伝送するためにサイドローブを抑制し、メインローブにエネルギーを集中させる必要があること、通常は送電部のアレイアンテナの各素子の電力分布を中心に高く周辺で低くする必要があることや既存の方式について述べている。また、受電点に正しくビームを向けるためのレトロディレクティブ方式についても述べている。

第2章では、高いビーム収集効率で低サイドローブである、送電部の電力分布を台形とした方式を提案している。アレイアンテナの各素子の出力電力を中心に強く、周りほど弱くすることにより、サイドローブを抑制することができる。SPSでは、ガウス分布にすることが想定されている。この新方式は、中心の大半の部分を一定電力としても目的が達成できることを示している。電力を変化する部分が少なくなり、システムを簡略化できる。また従来の方式に比べて、最大以外のサイドローブレベルが低く、収集効率も高いことを示している。また従来は電力が大きい中心部の放熱が困難であったが、中心部の最大電力も低くなるなどの優位性がある。また12素子のアレイで実験的にも実証している。

第3章は、送電電力を一定とした素子を、等間隔に間隔を広げて素子数を減らした場合、グレーティングローブが生じる。そこで素子の決定論的な配置とランダムさを併用して配置することにより、従来の方式よりも、グレーティングローブやサイドローブを抑制でき、とりわけ主ビーム付近のサイドローブの抑制度が高く、高い収集効率を得る方式を示している。さらに周辺部の電力を減らすことにより、ビーム収集効率がより向上することを示している。

第4章は、第2章の台形方式において、周辺部のアレイの配置を不等間隔にする方式を提案し、評価している。配置法はランダムではなく、数式で示せる、外に行くほど間隔を広く取る決定論的な方法であるので、配置が容易である。今までの方式とも比較を行っており、より少ない素子数で最大サイドローブも含めて従来よりも抑制でき、収集効率も高い、より優れた方式であることを示した。量子化誤差による影響を軽減できることも示している。100素子程度のみならず、5万素子程度でも同様であることや、2次元アレイでも同様であることを確かめている。

第5章はTime Frequency (TF) MUSIC法を応用した到来方向測定法である。送電ビームの方向を決定する基本となるのが、受電点からのパイロット信号の到来方向計測である。先ずアンテナの素子間隔の誤差が到来方向計測やビーム収集効率に与える影響や電離層の影響を評価している。高精度で到来方向を測定するためにMUSIC法が広く用いられているが、受信素子の利得や位相に誤差がある場合や信号対雑音比が低い場合、正確さが発揮できなくなる。そこで、雑音に強いTF-MUSIC法の導入を提案している。2方向からのパイロット信号を用い、到来方向だけでなく素子の特性も含めたMUSIC法による信号処理により素子の誤差を校正し、TF-MUSIC法で到来方向を求めることにより、従来法に比して正

しく測定できることをシミュレーションや実験で示した。

第6章は結論であり、本論文で得られた成果について要約するとともに、今後の課題を示している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、宇宙太陽発電所（SPS）で用いられるべきアレイアンテナにおけるマイクロ波送電ビームの形成、ならびに受電点に電力ビームを正しく向けるために受電点から送られるパイロット信号の到来方向測定に関して、新しい方式を提案したものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 送電部の電力分布を台形にする新しい方式を提案している。この方式は、従来のアレイ全体に電力分布を与える方法に比して、中心の大半の部分を一定電力にできるため、電力を変化させる部分が少なくなり、システムを簡略化でき、かつ、最大以外のサイドローブレベルが低く、ビーム収集効率も高いことを示した。
2. 本方式は、従来は電力が大きい中心部の放熱が困難であったが、中心部の電力も低くなる等の優位性がある。また12素子のアレイで実験的にも実証している。
3. 送電電力を一定とした素子を、間隔を広げて素子数を減らし、決定論的な配置とランダムさを併用した配置することによって、グレーティングローブやサイドローブを抑制しつつ高い収集効率を得る方式を示した。
4. 台形方式の周辺部のアレイの配置についても決定論的に不等間隔にする新しい方式を提案し、評価している。より少ない素子数で最大サイドローブも含めて従来よりも抑制でき、かつ効率も高い、より優れた方式であることを示した。実際的にもランダムな配置よりも配置が容易である。
5. 高精度で到来方向を測定するために MUSIC 法が広く用いられているが、受信素子の利得や位相に誤差がある場合や信号対雑音比が低い場合、正確さが発揮できなくなる。2方向からのパイロット信号を使って、到来方向だけでなく素子の特性も含めた MUSIC 法を用いた信号処理により素子の誤差を校正し、Time Frequency (TF) MUSIC 法で到来方向を求めることにより、従来法に比して正しく測定できることをシミュレーションと実験で示した。

以上、要するに、本論文は、新しい低サイドローブで高効率なビーム形成法と高精度到来方向測定法を示したもので、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成19年1月23日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。