

学位論文題名

衛星放送受信アンテナシステムの長期連続測定に関する研究

学位論文内容の要旨

本論文は、衛星放送受信アンテナシステムの連続測定法、および、それを用いた長期に渡る測定結果をまとめたものである。

従来、気象条件による電波伝搬特性の変化が多く研究されてきたが、気象条件がアンテナシステムにどのような影響を与えるかについての研究は少なかった。衛星放送受信アンテナシステムは通常屋外に設置されるため、様々な気象条件にさらされることになる。降雨や降雪によりアンテナ表面に雨や雪が付着すると受信アンテナシステムの性能が劣化することは一般に避けられない。衛星放送の高品質受信のためには、気象条件による性能劣化が発生しない、あるいは発生しにくい、より優れた受信アンテナシステムが望ましい。

受信アンテナシステムの性能はアンテナ利得 G とシステム雑音温度 T の比である G/T により評価される。衛星放送受信アンテナシステムの G/T 測定を長期間に渡って続けると、気象条件による影響を明白に把握することができる。従って、気象条件に影響されずに高品質に受信できる衛星放送受信アンテナシステムの開発に資することになる。このように、衛星放送受信アンテナシステムの G/T 長期連続測定に関する研究は重要である。

本論文では、まず、衛星放送受信アンテナシステムを長期に渡って連続的に測定するための G/T 連続測定方法に関して検討した。次に、それを用いて長期間に渡って得られた測定結果について論じた。

以下、本論文によって得られた結果、および、考察を各章に分けて要約し、その意義を述べる。

第1章では、本論文の背景ならびに概要を述べた。

第2章では、アンテナシステムの性能の良さを表す指数 G/T の直接測定方法について述べた。まず、 G/T 直接測定法概念を説明し、実用的な G/T 直接測定法の測定原理を明らかにした。続いて、受信点での大地および周囲の建造物による反射波に影響されず、測定誤差の少ない衛星放送波による G/T 直接測定方法を論じた。同測定法は、受信した衛星放送波の変調成分を打消して無変調波に変換し、狭帯域バンドパスフィルタを通すことにより CN 比を大きくし、微弱な信号も測定することを可能とする。また、同測定法では、被測定アンテナの受信電力の絶対値を測定する代わりに、参照アンテナと呼ばれる補助アンテナで受信した参照信号の電力との相対値を測定することにより、衛星放送波の電界強度が衛星の姿勢変動や大気中の伝搬定数の変動によって時間的に変化する場合にも G/T の直接測定を高精度で行うことができる。最後に、室内に設置された通常の衛星放送受信アンテナを利得基準アンテナとして用いる場合の較正法について論じた。

第3章では、 G/T の連続測定方法に関して検討した。主として、 G/T の連続測定を実現するための重要な手段である雑音電力推定法について論じた。この雑音電力推定方法は、まず、受信アンテナシステムの出力スペクトルにおいて、衛星放送信号が存在しない周波数帯域での雑

音電力スペクトルに最小自乗近似法を適用し、衛星放送受信帯域内の雑音電力の第一近似を求める。次に、その近似誤差を補正することにより、衛星放送信号帯域における雑音電力を高い精度で推定するものである。この補正値は受信アンテナシステムの雑音電力スペクトルの周波数依存性により得られるものである。これについて、受信アンテナシステムの雑音電力スペクトルの実験データに基づいて検討した。雑音電力スペクトルの周波数依存性は長い期間に渡って変動しないこと、および、アンテナ方向、気象条件、温度の変化などの測定条件によらないことが分かった。また、雑音電力スペクトルの周波数依存性は主に受信アンテナシステムの給電系損失とコンバータ利得が周波数に依存することに起因すると指摘した。本章ではまた、任意の時点で受信アンテナシステム雑音電力スペクトルの周波数依存性を考察するための有効な手法として、疑似食実験を提案した。これは、衛星放送受信アンテナシステムの雑音電力スペクトルを乱すことなく衛星放送波を遮蔽することにより受信アンテナシステムの出カスペクトルを測定して、その周波数依存性を求める実験である。衛星放送波の遮蔽材料について検討し、疑似食を実現するためにはアルミ板に電波吸収材を貼り付けた電波遮蔽体構造が良いことを述べた。

第4章では、G/T連続測定システムについて具体的にハードウェアとソフトウェアの面から述べた。G/T連続測定システムのハードウェアは測定系と制御系からなる。測定系については、アンテナ利得測定および雑音電力測定のための測定器、信号の変換、増幅を行う装置、給電源などを述べた。その中で最も重要な測定装置は参照信号同時表示装置である。これにより衛星放送波によるG/Tの直接測定が実現できる。制御系は、複数の被測定受信アンテナシステムの選択、測定条件の設定、および、測定データの収集などを自動的に行う装置である。G/T連続測定システムのソフトウェアについては、主にアンテナ利得に関する測定、雑音電力に関する測定、および、周囲環境に関する測定に分けてそれぞれの手順を説明した。これらの手順により、G/T連続測定システムのハードウェアを自動的に操作することができる。これらのハードウェアとソフトウェアにより、G/Tの連続測定が実現できた。

第5章では、センターフィードパラボラアンテナシステム、オフセットパラボラアンテナシステム、および、平面アンテナシステムに対して、G/T連続測定法の適用結果を述べた。降雨、降雪、および、太陽雑音は衛星放送受信アンテナシステムの性能にどのように影響するかについて実際の測定結果に基づいて検討した。被測定受信アンテナシステムの気象条件による長期特性を比較するために、降雨期間、降雪期間に分けて、各受信アンテナシステムのG/Tの測定結果を時間累積分布率としてまとめた。これを用いて、アンテナ、コンバータなど構造が異なる受信アンテナシステムの間で比較を行い、気象条件に対して良い性能を示す受信アンテナについて述べた。本研究の結論から、開口が小さいオフセットパラボラアンテナが気象条件の影響を受けにくいことが明らかになった。コンバータの雑音指数(NF)を低くすることにより、小さい開口で所要のG/Tが得られる。このような小型のオフセットパラボラアンテナが着雪、降雨による劣化を受けにくいと言える。

第6章では、結論を述べ、論文全体の成果を要約した。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 伊 藤 精 彦
副 査 教 授 小 柴 正 則
副 査 教 授 小 川 恭 孝
副 査 教 授 宮 永 喜 一

学位論文題名

衛星放送受信アンテナシステムの長期連続測定に関する研究

現在、衛星放送は広く普及しており、各種の受信アンテナシステムの開発が行われている。

これまでに、衛星からの電波伝搬に対する気象条件の影響については多く研究されてきたが、気象条件がアンテナシステムにどのような影響を与えるかについての報告は少ない。衛星放送受信アンテナシステムは通常屋外に設置されるため、様々な気象条件にさらされることになる。降雨や降雪によりアンテナ表面に雨や雪が付着すると受信アンテナシステムの性能が劣化することは一般に避けられない。衛星放送の高品質受信のためには、気象条件による性能劣化が発生しない、あるいは発生しにくい、より優れた受信アンテナシステムが望ましい。

受信アンテナシステムの性能はアンテナ利得 G とシステム雑音温度 T の比である G/T により評価される。衛星放送受信アンテナシステムの G/T 測定を長期間に渡って続けると、気象条件による影響を把握することができる。従って、気象条件に影響されずに受信できる衛星放送受信アンテナシステムの開発に資することになる。このように、衛星放送受信アンテナシステムの G/T 長期連続測定に関する研究は重要である。

本論文は、衛星放送受信アンテナシステムを長期に渡って連続的に測定するための G/T 連続測定方法とそれを用いた測定結果について論じたものであり、主要な成果は以下のように要約される。

- (1) G/T の連続測定を行うためには衛星放送帯域内の雑音電力を求めなければならない。しかし、その帯域内には衛星放送信号が常時存在し、雑音電力を直接測定することができない。本論文では帯域内の雑音電力推定法を提案している。この方法では、まず、受信アンテナシステムの出力スペクトルにおいて、衛星放送信号が存在しない周波数帯域での雑音電力スペクトルに最小自乗近似法を適用し、衛星放送受信帯域内の雑音電力の第一近似を求める。次に、その近似誤差を補正することにより、衛星放送信号帯域における雑音電力を高い精度で

推定するものである。この補正值は受信アンテナシステムの雑音電力スペクトルの周波数依存性により得られるものであるので、それについて、受信アンテナシステムの雑音電力スペクトルの実験データに基づいて検討した。雑音電力スペクトルの周波数依存性は長い期間に渡って変動しないこと、および、アンテナ方向、気象条件、温度の変化などの測定条件によらないことが分かった。また、雑音電力スペクトルの周波数依存性は主に受信アンテナシステムの給電系損失とコンバータ利得が周波数に依存することに起因すると指摘した。さらに、任意の時点で受信アンテナシステム雑音電力スペクトルの周波数依存性を考察するための有効な手法として、疑似食実験を提案した。これは、衛星放送受信アンテナシステムの雑音電力スペクトルを乱すことなく衛星放送波を遮蔽することにより受信アンテナシステムの出力スペクトルを測定して、その周波数依存性を求める実験である。衛星放送波の遮蔽材料について検討し、疑似食を実現するためにはアルミ板に電波吸収材を貼り付けた構造が良いことを明らかにした。次に、このような雑音電力推定法を用いたG/Tの長期連続測定システムの構成を詳細に論じた。

- (2) 上述の測定法を用いてセンターフィードパラボラアンテナシステム、オフセットパラボラアンテナシステム、および、平面アンテナシステムについてのG/T連続測定結果を明確にした。すなわち、降雨、降雪は衛星放送受信アンテナシステムの性能にどのように影響するかについて実際の測定結果に基づいて検討した。被測定受信アンテナシステムの気象条件による長期特性を比較するために、降雨期間、降雪期間に分けて、各受信アンテナシステムのG/Tの測定結果を時間累積分布率としてまとめた。これを用いて、構造が異なる受信アンテナシステムの間で比較を行い、良好な性能を示す受信アンテナについて述べた。本研究の結論から、開口が小さいオフセットパラボラアンテナが気象条件の影響を受けにくいことが明らかになった。コンバータの雑音指数(NF)を低くすることにより、小さい開口で所要のG/Tが得られる。このような小型のオフセットパラボラアンテナが降雨、着雪による劣化を受けにくいと言える。

これを要するに、著者は衛星放送受信アンテナシステムの長期測定法の開発を行うとともにそれを用いた気象条件の影響を明らかにするなど、アンテナ計測技術に関して有益な新知見を得たものであり、アンテナ工学の進歩に貢献するところ大なるものがある。

よって、著者は北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。