

学位論文題名

Development and Application of
a Continuous Measurement System
for Satellite Broadcasting Receivers

(衛星放送受信機の連続測定システム開発とその応用)

学位論文内容の要旨

1978年4月放送試験衛星が打ち上げられて以来、放送は衛星時代を迎えることとなった。その後、幾多の経緯を経て本放送が行われるに至っている。衛星放送の特徴は視聴者が、アンテナ、コンバータ、チューナ等から成る衛星放送受信機を設置し、衛星からの電磁波を直接受信することである。そのため、現在、多くの衛星放送受信機が生産・販売されている。従って、衛星放送受信機の特性評価システムを開発することは、より優れた受信機開発のために重要と言える。受信アンテナは一般に屋外に設置されているため、その表面に積雪や雨滴の付着が生じ、受信特性の劣化が生ずる。そのため、受信機の特性評価は長期間に渡って連続的、かつ、自動的に行えるものが望まれていた。

受信機の性能は一般的に G/T (受信アンテナ利得 (G) と受信システムの等価雑音温度 (T) の比) で評価される。従来から衛星放送受信機の G/T 測定法は知られていたが、雑音温度を測定するために、アンテナを天頂方向に向けるなど手動で行わなければならない過程があるため、先に述べた連続的な自動測定が不可能であった。

本論文の目的は二つある。その第一は、本研究によって開発された、衛星放送受信機の G/T 連続測定システムの詳細を明らかにすることである。 G/T の連続測定が従来困難とされていた理由は、衛星放送波が存在するため受信アンテナを衛星の方向に向けたままではそのチャンネル内の雑音電力測定を行うことが不可能であったことによる。本研究では、衛星放送受信機の雑音電力が周波数に対して、ほぼ線形に変化することに着目し、衛星放送チャンネル内の雑音電力を衛星放送波が存在しないチャンネル外の雑音電力から内挿する方式を提案している。また、受信アンテナの利得の規準となる標準アンテナへの着雪、雨滴の付着の影響を防ぐため、それを室内に設置している。本論文では、室内における衛星放送波レベルの低下を考慮に入れた、標準アンテナの実効的な利得を明らかにしている。

本論文の第二の目的は、本測定システムを応用し、各種のアンテナから成る受信機の長期連続測定を行うことによって、降雪、降雨による劣化の違いを明確にすることである。本測定システムを用いた連続測定は、過去約2年間、システムの保守期間を除き実施された。対象とした受信アンテナはセンターフィードパラボラアンテナ、オフセットパラボラアンテナ、スロットアレーを用いた平面アンテナの3種類である。長期連続測定の結果、センターフィードパラボラアンテナは鏡面下部に着雪を生ずるため冬期に著しい劣化を生ずることが分かった。また、オフセットパラボラアンテナは着雪、および、降雨の影響を受けにくいことが示された。一方、当初天候の影響を受けにくいと考えられていた平面アンテナが着雪と雨滴の付着のいずれによっても G/T の劣化を生ずることが明らかになった。

本論文は上述の研究成果を詳細に論じたものであり、8章から構成されている。

第1章は序論であり、本研究の背景を概括するとともに研究目的を論じている。

第2章では、従来から知られていた、衛星放送受信機の G/T 測定法の基本原理が概説されている。この方式では、FM 変調された約 27MHz の帯域幅の衛星放送波とその周波数移動を行った信号との混合を行い、正弦波成分を発生している。これを狭帯域なスペクトラムアナライザのフィルタを通すことにより、SN 比の良好な状態での信号電力レベル測定が可能であることが示されている。更に、衛星放送チャンネル内の雑音電力と標準雑音源出力を用いることによって、受信機の G/T 測定が可能であることを述べている。

第3章では、 G/T 測定を連続的に行うために必要となる標準アンテナについて考察を行っている。先に述べた通り、標準アンテナはアンテナ利得の規準として用いられるため、着雪や降雨によってその利得が変動してはならない。本研究では、標準アンテナを室内に設置することによって利得変動を避けている。しかし、標準アンテナが窓ガラス越しに衛星放送波を受信するため、受信電界強度の低下を生ずる。その影響を標準アンテナの利得に等価的に組み込むことを論じ、その実効的な利得の測定法を明確にしている。

第4章では、 G/T 測定に必要な衛星放送チャンネル内の雑音電力レベルの推定法を述べている。これは、衛星放送チャンネル帯域の外側の雑音電力レベル測定値から帯域内の雑音電力レベルを補間するものであり、衛星放送波が送信されている期間にもその帯域内の雑音電力の推定が可能となる。このことは G/T の連続測定を行う際に必要不可欠な技術である。

第5章では、 G/T 自動測定システムのハードウェア構成とそれを制御するソフトウェアを論じている。まず、測定に用いられている主要な部品、および、測定ユニットについて説明を行っている。次に、受信電力レベルと雑音レベルの測定に用いられるソフトウェアを明らかにしている。

第6章では、本研究で構築した G/T 測定システムの測定精度について論じている。まず、第3章で述べた、室内に設置された標準アンテナの実効的な利得の測定結果を明らかにしている。次に、第4章で述べた雑音電力の推定精度を明らかにするため、衛星が食となり、衛星放送波が送信されていない期間に実測された帯域内雑音電力レベルと推定値を比較した。その結果、本推定法は 0.3dB 以内の誤差で雑音レベルを求めることが可能であることが明らかとなった。更に、受信アンテナの利得の仕様値とコンバータ内の増幅器の雑音指数から計算される受信システムの G/T の推定値と本研究で構築された測定システムを用いて得られた G/T を比較した。その結果、本システムは G/T を十分高い精度で測定可能であることが明らかとなった。

第7章では、本測定システムを用いた、各種のアンテナから成る受信機の長期連続測定結果を論じている。ここでは、衛星放送受信用に用いられている、センターフィードパラボラアンテナ、オフセットパラボラアンテナ、スロットアレーを用いた平面アンテナから成る受信機を対象とした。その結果、センターフィードパラボラアンテナは冬季における着雪のため受信信号電力レベルが低下し、 G/T が劣化することが分かった。平面アンテナは着雪と降雨により、信号電力レベルの低下と雑音電力レベルの上昇を生ずるため、全ての季節において G/T の劣化が生じること、また、オフセットパラボラアンテナは着雪、および、降雨による G/T の劣化が少ないことが明らかとなった。更に、各受信機毎の G/T の累積分布を示し、その系統的評価を行った。

第8章では、本研究から得られた結果の総括を行っている。

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 朝 倉 利 光
副 査 助 教 授 小 川 恭 孝

学 位 論 文 題 名

Development and Application of a Continuous Measurement System for Satellite Broadcasting Receivers

(衛星放送受信機の連続測定システム開発とその応用)

我が国では衛星放送が定着するに至っており、今後、諸外国においても広く実用化されることが予想されている。衛星放送の特徴は視聴者が、アンテナ、コンバータ、チューナー等から成る衛星放送受信機を設置し、衛星からの電磁波を直接受信することである。

受信アンテナは一般に屋外に設置されているため、その表面に積雪や雨滴の付着が生じ、受信特性の劣化が生ずる。そのため、受信機の特性を長期間に渡って連続的、かつ、自動的に測定できるシステムを構築することは、よりすぐれた受信機開発のため重要といえる。

受信機の性能は一般に G/T (受信アンテナ利得 (G) と受信システムの等価雑音温度 (T) の比) で評価される。 G/T を用いることによって降雨減衰など、伝搬路における気象条件の影響を除き、受信アンテナ系に対する影響のみを評価することが可能となる。従来から衛星放送受信機の G/T 測定法は知られていたが、雑音温度を測定するために、アンテナを天頂方向に向けるなど手動で行なわなければならない過程があるため、先に述べた連続的な自動測定が不可能であった。

本研究においては、衛星放送受信機の G/T を自動連続測定可能なシステムを開発し、それをを用いることによって各種の受信アンテナの長期特性評価を行った。

主要な研究成果をまとめると以下の通りである。

1. G/T の連続測定が従来困難とされていた理由は、衛星放送波が存在するため受信アンテナを衛星の方向に向けたままではそのチャンネル内の雑音電力測定を行うことが不可能であったことによる。本研究では、衛星チャンネル内の雑音電力を衛星放送波が存在しないチャンネル外の雑音電力から内挿する方式を提案している。衛星が食となり、衛星放送波が送信されていない期間に実測された帯域内雑音レベルと比較することによって本方式が約 0.3dB 以内の誤差で雑音電力レベルを推定できることを明らかにした。

2. 受信アンテナの利得の規準となる標準アンテナへの着雪、雨滴の付着の影響を防ぐため、それを室内に設置することを提案している。室内においては窓ガラスを通して衛星放送波を受信するため、受信レベルの低下を生ずる。そのレベルの低下を標準アンテナの実効的な利得に換算することを提案している。
3. 受信アンテナの利得の仕様値とコンバータ内の増幅器の雑音指数から計算される、受信システムの G/T の推定値と本測定システムを用いて求められた G/T を比較し、本測定システムは G/T を十分高い確度で測定可能であることを示した。
4. 本測定システムを応用し、各種のアンテナから成る受信機の長期連続測定を行うことによって、降雪、降雨による劣化の違いを明確にした。本測定システムを用いた連続測定は、過去約2年間、システムの保守期間を除き実施された。対象とした受信アンテナはセンターフィードパラボラアンテナ、オフセットパラボラアンテナ、スロットアレーを用いた平面アンテナの3種類である。各アンテナの測定結果を用いて、降雨時、および、降雪時の受信信号電力レベル、雑音電力レベル、 G/T の24時間変化を観察するとともに、各季節毎の G/T の時間率分布を求め、長期的評価を行なった。センターフィードパラボラアンテナは鏡面下部に着雪を生ずるため冬季においては1%の時間率で8dBもの G/T の低下をきたすことが分かった。また、オフセットパラボラアンテナは着雪、および、降雨の影響を受けにくいことが示された。一方、当初天候の影響を受けにくいと考えられていた平面アンテナは着雪と雨滴の付着のいずれによっても受信信号レベルの低下と雑音電力レベルの上昇をきたし、その結果として G/T の劣化を生ずることが明らかになった。

これを要するに著者は衛星放送受信機の G/T 自動連続測定システムの構成法を提案するとともにそれを用いた受信アンテナ系の長期測定結果を明らかにしたもので、高周波測定技術、アンテナ工学の進展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。