

報告番号 ^{*} 乙第 3664 号

主論文の要旨

題名

電波干渉計による
太陽電波の計測法に関する研究

氏名 西尾正則

主論文の要旨

報告番号	※乙第	号	氏名	西尾正則
<p>太陽の上層には、100万度K以上に達する高温で低密度のプラズマ状態の大気が広がっている。太陽から放射される電波を観測すると、通常、光では観測できない太陽上層の大気の状態を知ることができる。電波干渉計による太陽電波写真の撮影は、電波を放射している領域を空間的に分離して求めることができることから、電波の放射に寄与している電子の空間的な分布、太陽大気の構造や太陽大気中における電子の加速、加熱などのエネルギーの流れを調べる場合に有効な手段の1つである。</p> <p>電波干渉計で太陽の電波写真を撮影する場合、</p> <ol style="list-style-type: none">1) 画像のダイナミックレンジが広いこと、2) 短時間で撮影できること、 <p>という点において、電波銀河や星間ガスなどから放射される、いわゆる、宇宙電波の電波源の電波写真を撮影する場合と異なっている。本論文は、この観点に立って、太陽電波写真の撮影を目的とした電波干渉計の1つである国立天文台豊川観測所の波長8cm太陽電波写真儀の性能向上のために行った一連の研究について述べたものである。本研究の対象とした波長8cm太陽電波写真儀は、直径3mのパラボラアンテナを東西方向に32+2素子、南北方向に16+2素子並べたT字形のアンテナ配列を持ち、素子アンテナを結び合わせてできる干渉ビームを電氣的に掃引することにより一次元および二次元の太陽電波写真を比較的短時間に撮影できるように設計された多素子電波干渉計である。</p> <p>本論文は7章から構成されている。</p> <p>第1章の序論では、マイクロ波帯における太陽電波の特性について概説し、本研究の意義および目的について明らかにした。</p> <p>第2章では、第3章および第4章で述べる内容に関して必要となるビーム走査方式の電波干渉計の原理について概説し、研究の理論的背景について述べた。</p> <p>第3章では、波長8cm太陽電波写真儀の感度の向上および干渉ビームの歪みの低減のために行った受信システムの開発および改良について述べた。干渉ビームの歪みおよび受信システムの感度は、画像のダイナミックレンジと密接に関連しており、こららを改善することにより画像のダイナミックレンジの向上が期待</p>				

主論文の要旨

報告番号	※乙第	号	氏名	西尾正則
<p>できる。干渉ビームの歪みを低減するためには、素子アンテナ間の相対利得変動および相対位相変動を小さくすることが重要となる。受信システムの主な変更点は、(1)それまで用いていた導波管による信号伝送回路を前置増幅部、高位相安定度・低損失同軸ケーブルに置き換え、位相変動を抑えた、(2)前置増幅器を恒温槽内に設置するとともに同軸ケーブルを地下1.5 mに埋設し、外気温の変化による位相変動を抑えた、(3)各アンテナ系統ごとに設置した中間周波増幅部にデジタル移相器および信号切換器を取り付け、アンテナ間の利得および位相の較正が容易に行えるようにした、(4)前置増幅部に低雑音増幅器、周波数変換器、位相ロック発信器を組み込み、受信信号を一旦増幅し、中間周波信号に変換してから干渉計のアンテナアレイの位相中心に伝送するようにして、信号伝送路における損失を抑えた等である。これにより、受信システム全体として、受信器の等価雑音温度900 K以下、素子アンテナ間の相対利得変動2.5%以下、素子アンテナ間の相対位相変動4カ月あたり6度以下を達成した。以上の結果、波長8 cm太陽電波写真儀の感度を1.8倍に向上させることができ、グレーティング干渉計モードでの干渉パターンの歪みを0.5%以下、複合干渉計モードでの干渉ビームの歪みを2%以下に抑えることができた。</p> <p>第4章では、ビーム走査型の複合電波干渉計に適した素子アンテナの利得・相対位相自己較正法を提案し、シミュレーション実験および波長8 cm太陽電波写真儀による観測データを用いた実験から、その有効性について述べた。本論文で提案した方法は、石黒によって提案されたアンテナ配列の冗長性を利用した多素子干渉計の素子アンテナの利得・位相自己較正法とアメリカ国立電波天文台で開発された画像の特徴抽出を利用した素子アンテナの利得・位相自己較正法を組み合わせたものであり、ビーム走査方式の複合干渉計に適用した場合、素子アンテナ間の相対利得および相対位相を、それぞれの方法を単独で用いるときに比べて、高い精度で、かつ高速に推定できるという特徴を持っている。本論文で提案した方法を波長8 cm太陽電波写真儀の東西一次元複合干渉計モードに適用し、素子アンテナの利得誤差と位相誤差の推定および画像の補正を行なった結果、本方法の精度の高さおよび処理速度の速さが確認できた。</p>				

主論文の要旨

報告番号	※乙第	号	氏名	西尾正則
<p>第5章では、波長8 cm太陽電波写真儀の時間分解能を向上させるために開発したフーリエ合成方式の受信機バックエンド装置について述べた。ビーム走査方式の電波干渉計では、電波写真の1画面あたりの時間分解を上げようとするとその写真の中の各画素あたりの積分時間が短くなり、最小検出感度が低下してしまう。フーリエ合成方式の電波干渉計では、間隔の異なるの様々な素子アンテナ間に対して相関値を同時に測定することにより、最小感度を低下させることなく、時間分解能を向上させることができる。新たに開発したフーリエ合成方式の受信機バックエンド装置には、2161チャンネルの相関モジュールから成る多チャンネル相関器を組み込み、像合成に必要な相関値をすべて同時に測定できるようにした。これにより、時間分解として1画像/秒を達成した。一方、高速フーリエ変換のために専用の装置を組み込み、10秒に1枚の割合で観測データから電波写真を合成して画面に表示するようにした。これにより、太陽活動の実時間での監視を可能にした。相関計算には1ビット相関方式を用い、装置の簡略化および動作速度の向上をはかった。1ビット相関方式を用いたことにより、汎用のTTL集積回路により相関器を構成したにもかかわらず相関器全体の大きさをラック4本に圧縮することができた。波長8 cm太陽電波写真儀に本受信システムを取り付けて太陽を観測し、画像のダイナミックレンジとして15 dB以上を得ることができた。また、時間分解能がビーム走査方式の受信システムによる観測に比べて1000倍以上に向上しているという結果を得ることができた。</p> <p>第6章では、波長8 cm太陽電波写真儀への応用を目的とした小型多チャンネル相関器の開発について述べた。高速の信号を処理するデジタル回路において、装置の小型化は信号線間の伝播遅延時間のばらつきやクロストークによる誤動作を低減する上で重要である。新たに開発した小型多チャンネル相関器は、オーストラリア電波望遠鏡 (Australia Telescope) の相関器用に作られたVLSIを用いて構成することにより、第5章で述べた汎用のTTL集積回路を用いた相関器に比べて容積を約13分の1に縮小することができた。これにより、相関器内部の信号線長を短縮でき、相関器の誤動作によって発生する雑音を低減することができた。波長8 cm太陽電波写真儀にこの相関器を取り付けて太陽の観測を行な</p>				

主論文の要旨

報告番号	※乙第	号	氏名	西尾正則
<p>った結果、相関器内部で発生する雑音のレベルが従来用いていた相関器に比べて低く、時間分解を0.1秒にして撮影を行っても、長時間安定した画質の電波写真が得られることが確認できた。また、汎用のTTL集積回路を用いた相関器に比べて消費電力を約8分の1にすることができた。以上、第3章から第6章までの改良を行った波長8cm太陽電波写真儀により、1987年9月24日の部分日食の観測を行い、0.1秒の時間分解で部分日食の連続写真の撮影に成功した。これは、マイクロ波帯における日食の二次元電波写真としては、これまでで最も時間分解の高いデータである。</p>				
<p>第7章では、本研究全体をまとめ、本研究の応用および今後の問題点について述べた。本研究の結果、波長8cm太陽電波写真儀はマイクロ波帯の二次元太陽像を現在稼働中の電波干渉計の中で最も高速に撮影できる装置に位置付けられた。本研究の成果は、現在、国立天文台において建設が計画されている電波ヘリオグラフ（空間分解約10秒角、時間分解50ミリ秒）に直接応用することができる。また、本研究で扱っている問題は、基本的には、開口合成レーダーなどの電波天文以外の分野における計測技術にも共通の問題であり、これらの分野における研究にも応用可能と考えられる。</p>				