

審査の結果の要旨

論文提出氏名 前田 崇

本論文は、「マイクロ波衛星観測データ解析システムの構築とそれに基づく地震・火山噴火探知の研究」と題し、岩石破壊に起因するマイクロ波放射現象の発見を踏まえ、実際に運用されている人工衛星搭載マイクロ波放射計データを解析するシステムの構築によって、地震・火山噴火によって発生するマイクロ波の特徴を抽出し、さらに人工衛星による地震・火山噴火検出システムの検討を行うもので、7章より成る。

第1章「序論」では、本研究の背景と目的を述べている。自然災害を探知・予知することに対する社会的な要請は大きい。それに対し、世界で初めて実験的に確認された岩石破壊に起因するマイクロ波放射現象によって、地震や火山噴火といった岩石破壊を伴う自然現象においても同様のマイクロ波が放射されていることが示唆される。本研究ではこれらの状況を踏まえ、人工衛星搭載マイクロ波受信機のデータから地震・火山噴火に伴うマイクロ波放射の特徴を抽出することを目的としている。また、本研究の流れ、および本論文の構成を述べている。

第2章「地震電磁気現象研究の現状」では、地震に関連する電磁放射(地震電磁気現象)研究の現状を述べている。従来の地震電磁気現象研究には、ケーススタディとして、観測結果と地震との因果関係を主張するものが多くある。しかし、観測結果の背後にある物理現象を説明できないため、複数の研究で得られた結果を連携させて、地震電磁気現象を統一的に理解するには程遠い状況にある。

第3章「リモートセンシング」では、輝度温度を観測値として用いるマイクロ波放射計の測定原理と、マイクロ波放射計の観測データに見られる一般的な特徴を観測対象別にまとめている。従来のマイクロ波リモートセンシング分野では、陸域の局所的な輝度温度変化を捉える試みはほとんど行われていない。

第4章「岩石破壊に伴うマイクロ波放射現象」では、岩石破壊実験の概要と実験結果、そしてこの実験結果を踏まえ、人工衛星による地震関連マイクロ波の検出可能性を検討している。検討の結果、地中が単一組成で水分を含まないと仮定した場合、震源の深さ10km、マグニチュード4程度の地震でも衛星によるマイクロ波放射の検出が可能であることが示された。また、このマイクロ波による輝度温度の増分は数 K 程度と見積もられることが示された。

第5章「マイクロ波放射計 AMSR-E 輝度温度データの解析」では、リモートセンシング衛星 Aqua に搭載のマイクロ波放射計 AMSR-E のデータ解析による地震関連マイクロ波の特徴抽出について述べている。地表面から放射されたマイクロ波は、AMSR-E に届くまでの間に様々な自然現象の影響を受けて観測データが揺らぐ。しかしながら、この変動要因の影響を同一視できる

近接した2つの観測点(着目点と基準点)の差分輝度温度を求めることにより、地中からの放射の差を取り出せると考えられる。この観測点に立ち、観測データの内挿法を開発した。この方法を適用すると、観測機器本来のサンプリング間隔に左右されることなく、任意の分解能で測定データの分布を取得することができる。この上で、着目点と基準点の距離(なす角)を 0.05° とすることによって、モロッコで発生した地震について、地震に関連したマイクロ波放射の特徴抽出に成功した。また、ここで開発した手法をエクアドルで発生した火山噴火やそのほかの地震に適用した場合にも、現象の発生に際してのみ見られる特徴抽出に成功した。本研究で開発したこのデータ処理方法は、従来のリモートセンシングで取り扱われてこなかった陸域からの放射の局所的かつ微小な変化を捉えることができ、リモートセンシング技術の更なる発展にも寄与するものである。本データの解析を行う過程で、高速処理を実現するために複数の計算機による並列処理が行われている。

第6章「科学衛星 S バンド受信系データの解析」では、ISAS が過去に打ち上げた複数の科学衛星に搭載されている S バンド(2GHz 帯)受信機の受信レベルデータから地震関連マイクロ波を抽出することについて述べている。この受信機は本来、地上局との通信のために供されるが、地上局から上り回線を送信していない間に地震関連マイクロ波が受信されている可能性がある。そのため、任意時刻における衛星直下点を導出するための新しい手法、震央が衛星から可視となる区間を切り出す手法を開発した。データ解析の結果、まず、受信機の温度特性の変化に起因すると考えられる 0.2dBm 程度のわずかな変化を伴う応答が観測された。また、グアムで発生した地震に関連するとして切り出された受信レベルデータの中に、強いパルス状の変化を示すものが見出された。ところが、このパルス状の変化は広大な領域で観測され、時間とともに地球を半周していることが明らかになった。このような応答の原因は追求しなかったが、人工衛星が地上局との通信を行っていない間に、S バンド受信機が示す異常状態が明らかになった。

上記の内容全体を、第7章でまとめている。

以上これを要するに本論文は、衛星搭載のマイクロ波放射計の解析データから地震・火山噴火に関連するマイクロ波の特徴抽出に適したデータ処理法と、それに合わせたハードウェア・ソフトウェアの設計方法を確立し、抽出された特徴を詳細に解析して、地震・火山噴火検出システムの可能性を示し、リモートセンシングや宇宙通信工学を中心とする電気工学あるいは情報工学に貢献し、さらに宇宙工学や地震・火山学への波及効果も少なくない。よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として、合格と認められる。