

MUレーダー全国・国際共同利用

1. 共同利用施設および活動の概要

信楽 MU 観測所は、滋賀県甲賀市信楽町神山の国有林に囲まれた山中に 1982 年に開設された。観測機器の中核を担う MU レーダー（中層・超高層大気観測用大型レーダー；Middle and Upper atmosphere radar）（図 1）は、アジア域最大の大気観測用大型レーダーであり、高度 2 km の対流圏から、高度 500 km の超高層大気（熱圏・電離圏）にいたる大気の運動、大気循環を観測する。1984 年の完成以来、全国共同利用に供され、超高層物理学、気象学・天文学・電気・電子工学、宇宙物理学、など広範な分野にわたる多くの成果を上げている。

MU レーダーの最大の特徴は、アンテナ素子毎に取り付けた小型半導体送受信機（合計 475 個）を個別制御することにより、1 秒間に 2500 回という高速でレーダービーム方向を変えることが可能であり、また、25 個のサブアレイアンテナに分割して使用することも可能である点である。こうした柔軟なシステム設計のため、大型大気レーダーとしての感度は世界 4-5 番目ではあるものの、開発後 25 年を経た今も世界で最も高機能な大型大気レーダーの一つとして活躍を続けている。

なお、MU レーダーシステムには、レーダー、計算機工学の進歩に合わせ最新のレーダー観測技術を導入しシステム拡充が行なわれている。すなわち 1992 年に「実時間データ処理システム」、1996 年に「高速並列レーダー制御システム」、2004 年に「MU レーダー観測強化システム」が導入された。

特に、最近導入された MU レーダー観測強化システムでは、空間領域及び周波数領域の柔軟なレーダーイメージング観測が可能となった。

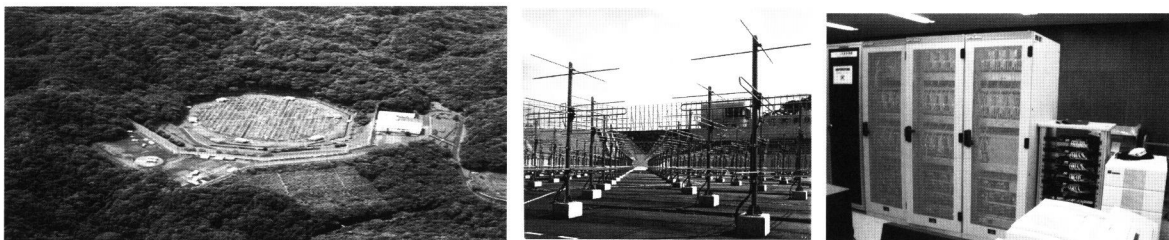


図 1: 信楽MU観測所全景（左）と MU レーダーアンテナアレイ（中）、MU レーダー観測強化システムで導入された超多チャンネルデジタル受信機（右）。

信楽 MU 観測所には、アイオノゾンデ、ラジオゾンデ受信機、レイリー・ラマンライダー装置、L 帯境界層レーダー、RASS 用音波発射装置等の機器が設置されている他、地上気象観測装置、高感度自記雨量計による地上の気圧・気温・湿度・風向・風速・降雨量の同時測定が行なわれ共同利用に供されている。アイオノゾンデは地上から送信電波周波数を変化させながら電波を発射し、電離層からの反射波を受信することで電子密度の高度分布を観測する。一方で、ラジオゾンデ観測は、ヘリウムを充填した小型気球に観測装置を取り付けて放球し、高度 30km 付近以下の気圧、気温、湿度、風向、風速分布を測定する。なお、

1999 年には「レーダー・ライダー複合計測システム」によりレイリー・ラマンライダーシステムおよび下部熱圏プロファイラレーダー(LTPR)が導入され、中層大気及び下部熱圏の観測体制が強化された。

信楽 MU 観測所は、MU レーダーと協同観測するさまざまな大気観測機器の開発フィールドとしても活用されている。例えば、MU レーダーが観測できない高度 2km 以下の風速を測定するために開発された下部対流圏レーダー(LTR)は、気象庁の全国 31 カ所の現業用ウインドプロファイラとして採用されている。

上記の通り、近年は信楽 MU 観測所に多くの関連観測装置が集積しつつあり、大気観測の一大拠点となりつつある、今後は MU レーダーの新機能や周辺観測装置を一層充実させこれらの共同利用を推進する。

なお信楽 MU 観測所には共同利用者のための研修室、宿泊施設が整っており、インターネット環境やテレビ会議システムも整備されており、利用者からの積極的な測定機器等の持ち込みや、研究会の開催などへの利便性も計られている。

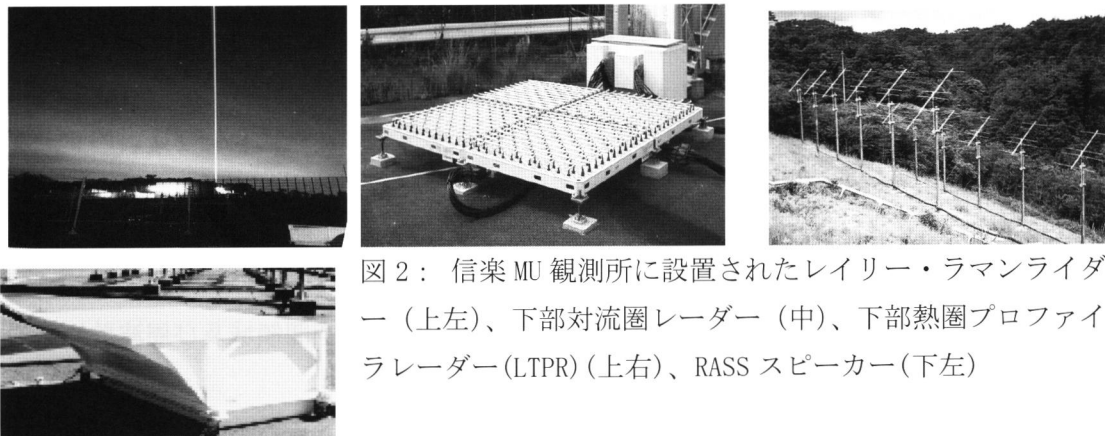


図 2： 信楽 MU 観測所に設置されたレイリー・ラマンライダー（上左）、下部対流圏レーダー（中）、下部熱圏プロファイラレーダー(LTPR)（上右）、RASS スピーカー(下左)

2. 共同利用研究の成果

平成 21 年度には 2 件のキャンペーン観測が実施された。その内容成果について概説する。

1. 「MU レーダーによる流星ヘッドエコーのキャンペーン観測」

研究代表者：国立極地研究所・中村卓司

地球外から流入してくる毎日 100t もの流星物質は、中間圏・下部熱圏の金属原子層のソースとなるだけでなく、スボラディック E 層などの電離層の変動にも流星起源の金属イオンが作用している。近年は流星物質のアブレーションによる大気への物質の流入が、金属元素毎に異なる高度分布を示すことがモデルや観測から明らかになり、中間圏の原子・イオン層構造形成に新たな視点を投げかけており、精密な観測が待望されている。このような観測には、近年大型レーダーが用いられているが、MU レーダーでの流星ヘッドエコー観測は、広いビーム（3.6 度）と干渉計による送信パルス毎の流星ヘッドプラズマの 3 次元位置の計測で他にはない特徴を有している。本キャンペーン観測では、2004 年に導入された MU レーダー新システムの 25ch 干渉計を用い、質量 10^{-9}kg から 10^{-5}kg 程度の流星について、高精度で軌道とレーダー断面積の変化を観測した。観測は 1 回 24 時間の観測を毎月継続し

で行なっている。

毎月のデータは順調に解析が進んでおり、輻射点精度が1度以内のものが毎回数千個にわたり高精度で軌道推定されている。また、受信位相を使った高精度の速度決定法により、加速度（減速）の時間変化まで求められていることは非常に意義が大きく、大気との相互作用や発光・電離プロセスの知見が大きく進展すると見込まれる。図4は、観測された流星のパラメータであり、図5は日心黄道座標における輻射点の分布であり散在流星の分布に交じって、水がめ座 δ 流星群が確認されている。

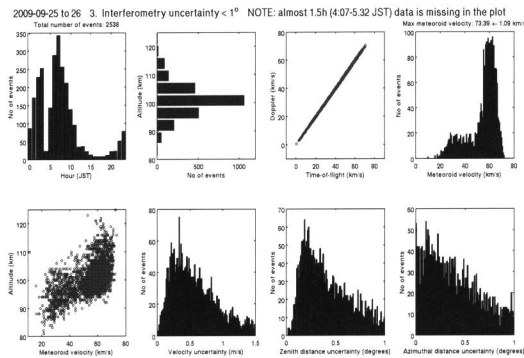


図4 上段左から：2009年9月25-26日のエコー数時間変化、エコー高度分布（平均高度）、速度のconsistensy、速度分布。下段左から：速度・高度分布、速度誤差ヒストグラム、輻射点天頂角誤差、輻射点方位誤差。

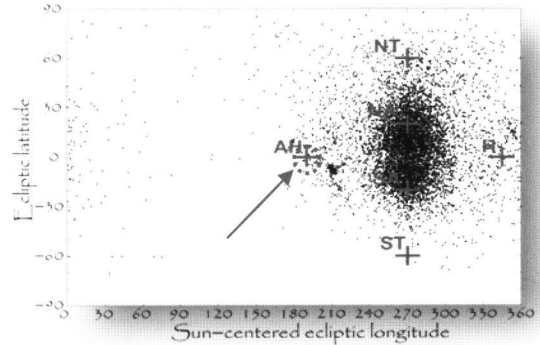


図5 2009年7月の観測による流星の輻射点分布。十文字は散在流星の6つのソース。→で示した輻射点は、水がめ座 δ 流星群のもの。

2. 「MU レーダー・新型気象レーダーを用いた降水領域における風速分布の観測的研究」

研究代表者：京都大学・山本 真之

洪水や土砂崩れなどの災害を引き起こす降水の本質解明には、風速・乱流変動が降水の諸過程に与える影響を知りこれらの効果を定量化する必要がある。本研究では、降水の発達・維持・消失メカニズムの本質解明を目指し、2009年10月～11月にMUレーダー、1.3GHz帯ウインドプロファイラと氷晶・雨滴を観測する9.8GHz帯及び35GHz気象レーダーの4台同時観測を実施した。降水時における各レーダーの周波数パワースペクトルの観測例(図3)によると、MUレーダーでは大気エコーが得られただけでなく高度4km以下でドップラー速

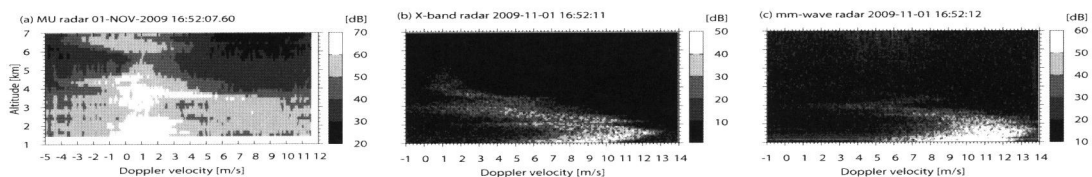


図3：層状性降水における、(a) MUレーダー、(b) 9.8GHz帯気象レーダー、(c) 35GHz帯気象レーダーで観測された周波数パワースペクトルの高度プロファイル。地面に向かって落下する方向を正としている。

度 3m/s 以上の降水エコーを捉えている。一方、9.8GHz 帯及び 35GHz 気象レーダーでは降水粒子の落下速度分布を捉えることに成功し、風速・乱流・降水粒子の落下速度（粒径）分布を同時に得ることに成功した。

3. 共同利用状況

MU レーダー観測全国国際共同利用の公募は年間 2 回（前期(4～9 月)と後期(10～3 月)）にわけて実施している。応募課題は「MU レーダー全国国際共同利用専門委員会」によって審査され観測スケジュールが決定されている。MU レーダーの観測時間は年間約 3,000 時間以上であるが、申請される観測延べ時間は共同利用観測に供することのできる合計を上回るため、「大気圏」および「電離圏」の標準的観測を定期的に設けて、複数の研究課題が同じ標準観測データを共用している。また、観測時間を重点的に割り当てる「キャンペーン観測」も行なわれている。これまでの共同利用課題数と観測時間の推移を図 6 に示す。

観測データのうち標準観測については観測後直ちに、その他の観測については 1 年を経過したデータを「生存圏データベース共同利用」の一環として共同利用に供している。

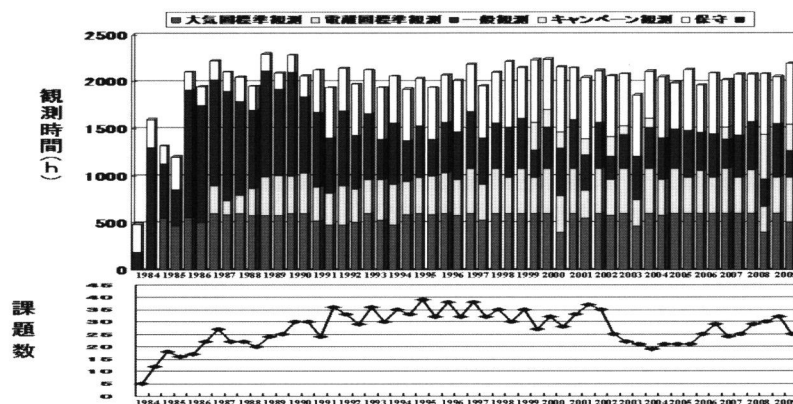


図 6 MU レーダー観測共同利用の観測時間及び課題数の年次推移

4. 専門委員会の構成及び開催状況（平成 21 年度）

○委員会開催実績：

第 1 回委員会 2009 年 9 月 7 日 10:00-12:00、第 2 回委員会 2010 年 1 月 19 日 12:45-14:00

第 3 回委員会 2010 年 2 月 24 日 14:00-16:00

○委員会構成：

藤吉康志（北大）、岡野章一（東北大）、高橋正明（東大）、塩川和夫（名大）廣岡俊彦（九大）、丸山隆（情報通信研究機構）、山中大学（海洋研究開発機構）、中村卓司（国立極地研究所）、Robert D. Palmer（オクラホマ大）、A. K. Patra（NARL）、家森俊彦（京大理学）、佐藤亨（京大情報学）、橋本弘藏（京大 RISH）、津田敏隆（委員長・京大 RISH）、塩谷雅人（京大 RISH）、山本衛（京大 RISH）、吉村剛（京大 RISH）、橋口浩之（京大 RISH）、山本真之（京大 RISH）、古本淳一（京大 RISH）