

## MUレーダー全国国際共同利用専門委員会

### 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 400 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 28 年を経た今も世界で最も高機能な大型大気レーダーとして活躍を続けている。なお、2010 年 9 月 3-4 日には MU レーダー 25 周年記念祝賀式典および 25 周年記念国際シンポジウムが京都大学宇治キャンパス宇治黄檗プラザにおいて開催された。

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。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。

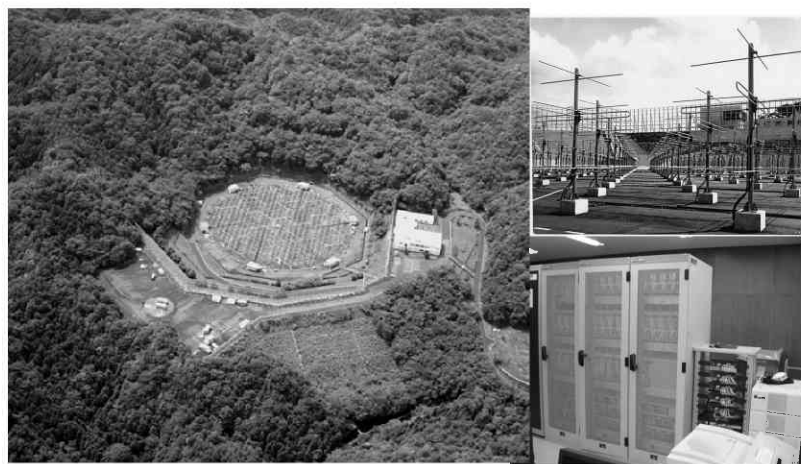


図 1: 信楽MU観測所全景（左）と MU レーダーアンテナアレイ(右上)、MU レーダー観測強化システムで導入された超多チャンネルデジタル受信機（右下）。

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、雨滴粒径分布測定装置による地上の気圧・気温・湿度・風向・風速・降雨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 33 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図られている。

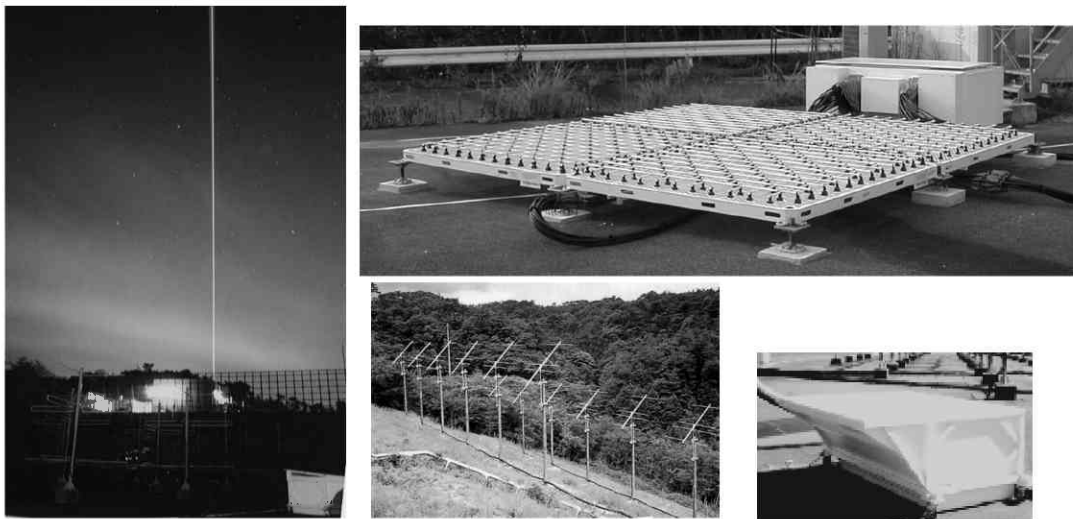


図 2： 信楽 MU 観測所に設置されたレイリー・ラマンライダー (左)、下部対流圏レーダー (右上)、下部熱圏プロファイラレーダー(LTPR)(下中)、RASS スピーカー(下右)

## 2. 共同利用研究の成果

下記に、近年の共同利用研究の成果を記述する。また主な修士論文、博士論文のリスト、共同利用研究の成果による学術賞および学術論文誌に発表された論文リストを文末に示す。

### 航空機と MU レーダーによる鉛直風速の同時観測

研究代表者：東京大学大学院理学系研究科・小池真

鉛直風速度は、エアロゾルから雲粒への活性化を決める重要な要素であり、近年の航空機によるエアロゾル-雲観測においても航空機上において鉛直風速計測が実施され始めている。しかしながら秒速 100m/s 程度で飛行する航空機上において、良い精度で鉛直風速を測定することは容易ではない。そこで本研究では、信楽の MU レーダー上空において航空機により鉛直風速度を測定し、これを MU レーダーの観測値と比較し、その精度の検証を試みる。

2012 年 2 月に 2 回程度、観測機を用いて MU レーダー上空を観測飛行し、MU レーダーとの同時の風速度観測を試みる。MU レーダー直上を機体が通過すると MU レーダーのデータに影響を及ぼす可能性があるため、1km 程度離れた場所を 4 回通過した。高度は 5km であった。

このデータを用いて鉛直風速度は時空間変動が大きいため、その大きさの頻度分布 (probability density function, PDF) などでの比較を実施する。これらの研究により、これまで地上観測との比較があまり試みられたことがない航空機からの鉛直風速度の比較手法が開発できることが期待される。また意味のある比較が実現できれば、航空機観測手法の検証としてその科学的価値が高いと期待される。

## 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 (6~11 月期と 12~5 月期) 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。その運用時間は年間約 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」も行われている。表 1 に過去 8 年間の採択課題数および共同利用者数の推移を示す。またこれまでの共同利用課題数と観測時間の推移を図 4 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。

表 1: 過去 8 年間の採択課題数、共同利用者数

| 年度<br>(平成)    | 16     | 17     | 18     | 19     | 20     | 21      | 22                      | 23                      |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|-------------------------|-------------------------|
| 採択<br>課題数*    | 48 (0) | 48 (2) | 54 (6) | 49 (2) | 59 (8) | 54 (10) | 51 (5)                  | 52(8)                   |
| 共同利用<br>者数 ** | 223    | 162    | 102    | 215    | 310    | 261     | 292<br>学内 103<br>学外 189 | 267<br>学内 122<br>学外 145 |

\* ( )内数字は国際共同利用課題数、\*\* 研究代表者および研究協力者の延べ人数

4. 専門委員会の構成及び開催状況 (平成 23 年度)

○委員会開催実績:

第 1 回委員会 2011 年 9 月 5 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)、山中大学 (海洋研究開発機構)、廣岡俊彦 (九大)、中村卓司 (国立極地研究所)、村山泰啓 (情報通信研究機構)、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)、津田敏隆 (京大 RISH)、塩谷雅人 (京大 RISH)、山本衛 (委員長・京大 RISH)、橋口浩之 (京大 RISH)、吉村剛 (京大 RISH)、高橋けんし (京大 RISH)、山本真之 (京大 RISH)、古本淳一 (京大 RISH)

なお、共同利用の更なる発展を図るため、平成 24 年 6 月から MU レーダー／赤道大気レーダー全国国際共同利用専門委員会として統合することとした。

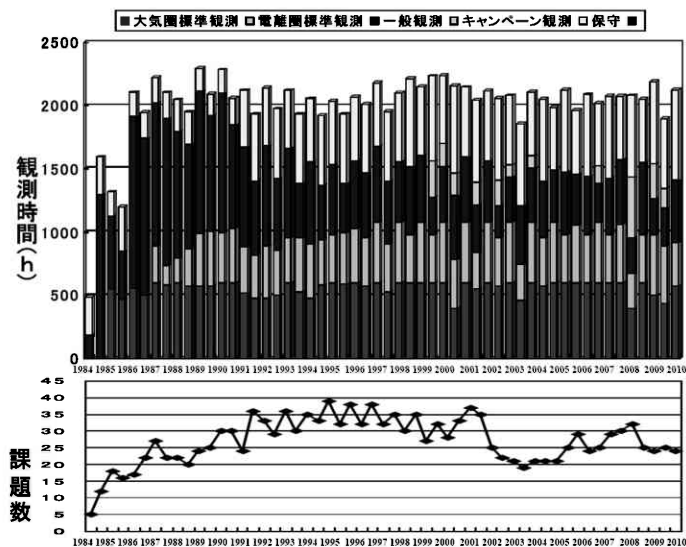


図 6: MU レーダー観測共同利用の観測時間及び課題数の年次推移

#### 修士論文

- 橋本 大志、「南極大気レーダートレーニングシステムを用いた航空機クラッター抑圧」、  
京都大学大学院情報学研究科修士論文、2012.
- 宮脇力、「水蒸気・エアロゾル観測のための紫外・可視域ラマンライダーに関する研究」、  
京都大学大学院情報学研究科修士論文、2012.
- 池野伸幸、「可搬型 X 帯及び Ka 帯気象レーダーの開発に関する研究」、京都大学大学院情  
報学研究科修士論文、2011.
- 脇阪洋平、「ソフトウェア無線技術を用いたウィンドプロファイラー用デジタル受信機の  
開発」、京都大学大学院情報学研究科修士論文、2011.

#### 学術論文

- Luce, H., N. Nishi, J. L. Caccia, S. Fukao, M. K. Yamamoto, T. Mega, H. Hashiguchi, T. Tajiri, and  
M. Nakazato, Kelvin-Helmholtz billows generated at a cirrus cloud base within a tropopause  
fold/upper-level frontal system, *Geophys. Res. Lett.*, 39, L04807, doi: 10.1029/2011GL050120,  
2012.
- Ueda, H., T. Fukui, M. Kajino, M., Horiguchi, H. Hashiguchi, and S. Fukao, Eddy Diffusivities for  
Momentum and Heat in the Upper Troposphere and Lower Stratosphere Measured by MU Radar  
and RASS, and a Comparison of Turbulence Model Predictions, *J. Atmos. Sci.* 69, 1, 323-337,  
doi: 10.1175/JAS-D-11-023.1, 2012.
- Chen, J.S. and J. Furumoto, A Novel Approach to Mitigation of Radar Beam Weighting Effect on  
Coherent Radar Imaging Using VHF Atmospheric Radar, *IEEE Trans. on Geosci. Remote  
Sensing.*, 49, 3059-3070, 2011.
- Fukao, S., H. Luce, T. Mega, and M.K. Yamamoto, Extensive studies of large-amplitude  
Kelvin-Helmholtz billows in the lower atmosphere with VHF middle and upper atmosphere radar,  
*Q. J. Royal Meteor. Soc.*, 137, 657, 1019-1041, doi: 10.1002/qj.807, 2011.
- Furumoto, J., T. Shinoda, A. Matsugatani, and T. Tsuda, Measurement of detailed temperature  
profile within the radar range gate using range imaging technique, *J. Atmos. Ocean. Tech.*, 28,  
22-36, 2011
- Fritts, D. C., D. Janches, W. K. Hocking, N. J. Mitchell, and M. J. Taylor, Assessment of gravity  
wave momentum flux measurement capabilities by meteor radars having different transmitter  
power and antenna configurations, *J. Geophys. Res.*, 117, doi:10.1029/2011JD017174, 2012.
- Kero, J., C. Szasz, T. Nakamura, T. Terasawa, H. Miyamoto, and K. Nishimura, A meteor head echo  
analysis algorithm for the lower VHF band, *Annal. Geophys.*, 30, 639-659, 2011.
- Kero, J., C. Szasz, T. Nakamura, D. D. Meisel, M. Ueda, Y. Fujiwara, T. Terasawa, H. Miyamoto,  
and K. Nishimura, First results from the 2009-2010 MU radar head echo observation programme  
for sporadic and shower meteors: the Orionids 2009, *Mon. Notice Roy. Astro. Soc.*, 416 , 4,

2550-2559, doi: 10.1111/j.1365-2966.2011.19146.x, 2011.

Yamamoto, M.K., T. Mega, N. Ikeno, T. Shimomai, H. Hashiguchi, M. Yamamoto, M. Nakazato, T. Tajiri, and Y. Ohigashi, Assessment of radar reflectivity and Doppler velocity measured by Ka-band FMCW Doppler weather radar, *J. Atmos. Elect.*, 31, 2, 85-94, 2011.

Yamamoto, M. K., T. Mega, N. Ikeno, T. Shimomai, H. Hashiguchi, M. Yamamoto, M. Nakazato, T. Tajiri, and T. Ichiyama, Doppler Velocity Measurement of Portable X-Band Weather Radar Equipped with Magnetron Transmitter and IF Digital Receiver, *IEICE Trans. On Comm. E94B*, 6, 1716-1724, doi: 10.1587/transcom.E94.B.1716, 2011.

Unnikrishnan, K., S. Kawamura, A. Saito, T. Yokoyama, and S. Fukao, Multi-instrumental observation of weak magnetic storms occurred during the period, 18-21 March 2002, *J. Atmos. Solar-Terr. Phys.*, 73, 13, 1653-1664, doi: 10.1016/j.jastp.2011.02.019, 2011.