

富士山山頂における大気電気観測および超高層大気観測

鴨川仁¹、鳥居建男²、保田浩志³、三浦和彦⁴

1. 東京学芸大学物理学科、
2. 日本原子力研究開発機構、
3. 放射線医学総合研究所、
4. 東京理科大学物理学科

1. はじめに

2011年の富士山山頂では複数種の大気電気観測が行われた。それらの一部は宇宙線・放射線観測の補助的な役割として始まったものであるが、取得されたデータから大気電気研究を進展させる成果も得られた。それゆえその成果を総括するとともに、今後への課題を提示し、将来への発展的研究として超高層大気観測のプランを提示したい。

2. 雷雲・雷放電に起因する高エネルギー放射線

雷活動に起因すると考えられる放射線が、冬季雷をはじめ(最近では Torii et al., 2011)、さらには Terrestrial gamma-ray flash (TGF) (Fishman et al., 1994)と呼ばれる雷雲上空で観測される変動まで様々な時と場所で観測されている。これらの放射線には、雷雲中の高電場に起因すると考えられる10秒以上持続する長時間の放射線変動と、雷放電に起因すると考えられる1ミリ秒程度の短時間の放射線バースト(Moore et al., 2001)の2つのタイプが観測されている。特に、前者は冬季雷を代表として、放射線発生源と考えられる雷雲と観測地点の距離が短い場所で頻繁に観測されている。冬季雷活動時に地上で観測される事象は、落雷とほぼ同時に観測される短時間バーストの他に、落雷の数10秒程度前から上昇し、落雷発生とともに再び元の値に戻るような、放射線計数率の緩やかな変動が観測されている(Torii et al., 2011)。しかも、そのエネルギーは数MeVから10MeV超と高エネルギーである。このような事象は、雷雲の高度が高い夏季雷時では地上で観測された報告はなかった。そこで、雷雲中では夏季雷でも冬季雷と同様の事象が発生しているかどうかを調べるために、日本で最も高く、また雷活動が盛んな独立峰である富士山の山頂において雷活動時の放射線変動を観測し、冬季雷の事象同様に雷雲に伴う放射線変動を観測することに成功した(Torii et al., 2009; Kamogawa et al., 2011a; 片倉ら, 2012)。今後はこの雷雲活動に関連する高エネルギー放射線の発生メカニズムを解明するために多点多種観測を行う。

2. 晴天時の大気電気観測

富士山測候所での雷放電以外の大気電気現象の先駆的な研究は1957~1958年に行われた関川の研究であろう(関川, 1960)。関川は測候所において大気電場の通年観測を行い晴天時大気電場の季節ごとの平均日変化曲線を得た。それらは、春、夏、秋は地方時型だが、冬季は全く異なり世界時型になると報告している。一般に晴天時の日中、陸上における高度1~2km以下の混合層(mixing layer)では対流活動が盛んであり、大気電場に影響を与えるエアロゾル濃度が比較的高いと言われている。関川の解釈では、これらの晴天時電場の地方時型は、この混合層起源のエアロゾルの影響だとしている。この、地方時型日変化は世界各地の山岳で観測され、日の出日の入り効果ないしは山岳効果と呼ばれており、多くの仮説は提案されているがいまだ明瞭な答えは得られていない。我々が2009年および2010年度夏季に行った大気電場測定にて本現象が観測されたが、山頂気温との相関がよく、また気温変動のほうが大気電場変動より数十分先行することから、天頂は晴天時でも発達した雲海持つ僅かな電荷で日中増加する大気電場変動を形成している仮説を立てた。簡単な数値計算の結果からも、雲海上部が正に帯電、雲海下部が負になるときに現象が説明できることがわかった(Kamogawa et al., 2011b)。したがって2011年には、山頂から雲海を撮影するカメラ画像(富士宮方向は富士山測候所を活用する会、山梨方向は早稲田大学大河内研究室が撮影)を入手し、雲海下部になる太郎坊においても大気電場の測定を行った。検証の結果、仮説は支持され、山岳効果は雲海の発達と共に顕著に見られ、雲海上・下部は正・負に帯電していることが裏付けられた(阪井ら, 2012)。報告されたすべての日の出日の入り効果および山岳効果が本仮説と同様に説明できるとは限らないが、50年にもわたる諸問題について一歩前進させたといえよう。

3. 将来計画

宇宙線グループの副次的測定であった大気電気観測から思いがけない成果を得たことから、次年度から大気電気研究は独立したグループとして観測を推進する予定である。また、雷に関連する研究を行っていることから研究を発展させ、スプライト・エルブスという超高層での放電現象の測定および大気重力波検知を目的とした電離圏に向けた大気光観測をあわせて行い、大気電気・超高層大気グループとして発展したい。過去3年間の大気電気観測の経験から夏季の期間の山頂は天頂方向については晴天率が高く、超高層大気に向けたが光学測定に適していることが分った。また夏季時では気温が零下にはなることはなく、20度を超えることもまれであるため屋外における光学機器の装置の運用が比較的行きやすい。それゆえ、超高層大気分野への成果は十分期待できる。

参考文献

Torii, T., Sugita, T., Kamogawa, M., Watanabe, Y., Kusunoki, K. (2011), Migrating source of energetic radiation generated by thunderstorm activity, *Geophys. Res. Lett.*, 38, L24801, doi:10.1029/2011GL049731.

Fishman, G. J., Bhat, P. N., Mallozzi, R., Horack, J. M., Koshut, T., Kouveliotou, C., Pendleton, G. N., Meegan, C. A., Wilson, R. B., Paciesas, W. S., Goodman, S. J., Christian, H. J. (1994), Discovery of Intense Gamma-Ray Flashes of Atmospheric Origin, *Science*, 264, 1313-1316, DOI: 10.1126/science.264.5163.1313

Moore, C. B., K. B. Eack, G. D. Aulich, and W. Rison (2001), Energetic radiation associated with lightning stepped-leaders, *Geophys. Res. Lett.*, 28, 2141-2144.

Torii, T., T. Sugita, S. Tanabe, Y. Kimura, M. Kamogawa, K. Yajima, and H. Yasuda (2009), *Geophys. Res. Lett.*, 36, L13804.

Kamogawa, M., Torii, T., Tanaka, A., Sugita, T., Ikuta, M., Watanabe, Y., Hashimoto, S., Katakura, S., Yasuda, H., and Kusunoki, K., Energetic radiation associated with summer thunderstorm activity on Mt. Fuji, The 14th International Conference of Atmospheric Electricity, Rio de Janeiro, Brazil 8-12, August (2011a). 片倉翔, 鳥居建男, 杉田武志, 保田浩志, 楠研一, 鴨川仁, 富士山山頂における雷雲発生時における高エネルギー放射線の観測, *ibid.* (2011)

M. Kamogawa, H. Fujiwara, R. Sato, R. Sakai, S. Hashimoto, I. Yamamoto, T. Torii, and H. Yasuda, Local-time-dependent fair-weather daily variation of atmospheric electric field at the top of Mt. Fuji, The 14th International Conference of Atmospheric Electricity, Rio de Janeiro, Brazil 8-12, August (2011b).

阪井陸真, 鳥居建男, 保田浩志, 大河内博, 鴨川仁, 富士山における地方時型晴天時大気電気変動の観測, *ibid.* (2011)

*連絡先: 鴨川仁(Masashi KAMOGAWA)、kamogawa@u-gakugei.ac.jp