

K-50

地震発生前の大気中ラドン娘核種に起因する γ 線および大気電場のドローンを用いた観測

Observation of Gamma Rays and Atmospheric Electric Fields which caused by Atmospheric Radon Progeny Nuclides Before Earthquakes by using Drones

○仲澤一輝¹, 本山真², 山崎政彦³

*Ikki Nakazawa¹, Makoto Motoyama¹, Masahiko Yamazaki²

Abstract: In this research, there is a phenomenon in which an increase in electrical conductivity coincides with a decrease in the atmospheric electric field, which is considered as one of the preceding earthquake phenomena. It is thought that this phenomenon of increase in electrical conductivity is caused by radon Rn-222. By measuring the γ -ray dose emitted when Bi-214 is radioactively decayed at each altitude using a drone, we will elucidate the physical mechanism of whether there is a strong correlation there.

1. 研究背景および目的

近現代において巨大地震は人類にとって脅威であり、減災は大きな課題となっており、地震の先行現象として、近年地震発生の時間的・相関的相関が高いとみられる電離圏電子密度変動現象が注目されている。

2004年にフランスで打ち上げられた小型観測衛星「DEMETER」の観測結果により、地震発生前4時間以内に夜間VLF帯電磁波強度減少現象が生じるということが明らかになった。これは電離圏D領域の電子密度増加が原因と考えられている。Harrisonの見解によると、地震発生前に地下の応力変化により岩石内の間隙等から空気中に放出されるラドンの濃度変化により地表と電離圏D領域の間を流れる電流密度に変化を与え、電離圏電子密度変動が発生すると主張しており、電離圏電子密度変動の発生機構には地圏-大気圏-電離圏の間に因果関係があることを提唱している^[1]。この見解はLAIC(Lithosphere-Atmosphere-Ionosphere Coupling)と呼ばれており、地震に先行する電離圏電子密度変動現象は地殻のみに起因するものではなく、大気圏及び電離圏へと広く影響を与えていることを示唆している。Fig1.1にLAICモデルに関する図を載せる。

地球科学的な現象の観測に、機動的観測が可能なドローンを用いることが近年盛んになっている。ドローンには、気象観測データが不足している地域において安全かつ容易に気象観測ができるメリットがある^[2]。

しかしバッテリーの問題により長時間測定できないなどのデメリットもある。昨年石川県金沢大学敷地内でドローンを用いてガンマ線を測定した際に、想定したデータが取れなかったがその理由として計測時間の短さによるデータ不足が挙げられた。その問題に対処

するため、ガンマ線測定では係留システム(気球など)を使い長時間測定できるようにする。係留システムとは、波や風などの力を受けた際に、一定の位置にとどまるようにするシステムのことである。

本実験の目的はラドンが放射崩壊していく際に放出されるガンマ線スペクトル量と大気電場の関係性を示し、ドローンや係留システムによる観測方法を確立する。また「DEMETER」で統計的な優位性が評価された電離圏のVLF帯電磁波強度減少現象の物理機構解明に特化した超小型衛星「Prelude」で用いるハイブリッドセンサの実証実験を行う。Fig1.2にハイブリッドセンサの外図を載せる。

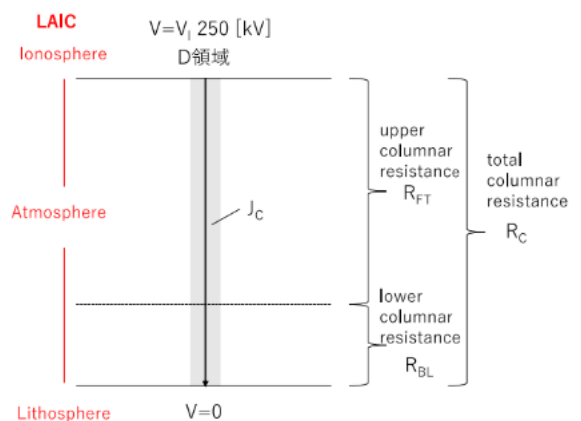


Figure1.1. Conceptual model of effect of surface layer air conductivity changes on the current flowing between the ionospheric and Earth's surface^[3]



Fig1.2 電場プラズマハイブリットセンサの外図

2. ガンマ線について

ラドン Rn-222 を始めとする放射性物質は放射崩壊しながら最終的には安定な鉛 Pb-206 になる。ラドン Rn-222 の崩壊系列核種のうちでガンマ線として計数へ寄与する核種は、ラドンの娘核種である鉛 Pb-214、ビスマス Bi-214 である。鉛 Pb-214 はエネルギーの相対強度が小さいため本実験ではビスマス Bi-214 から放出されるガンマ線のエネルギーのうち主に割合の大きい 609.3, 1120, 1764keV のガンマ線のみ評価し、親核種のラドン濃度を推定する。

3. 実験および測定について

3.1 能登半島での実験

地震群発地域である能登半島で、ガンマ線および大気電場を測定する。昨年測定したガンマ線のデータを Fig3.1 に示す。Fig3.1 で、高度 100m 及び 300m 地点での 609.3keV が上昇していないのが分かる。原因としてデータ不足が挙げられるため、ガンマ線の測定に関しては係留システムを用いる。ガンマ線は係留システムを用いて高度 100m 毎に 500m まで各 30 分測定し、電場はドローンで 1m/s で高度 500m まで測定する。

3.2 富士山中腹太郎坊での実験

太郎坊ではハイブリッドセンサの実証実験および電場の計測をする。ブームと呼ばれる、1.5m 伸展するものの両端に電極を付け、二点の空間電位を計測することで電場を測定する装置である。地上でブームを伸展させ、その状態で 3500m 上空までドローンで運び計測する。フィールドミルで 3500m まで測定しない理由として、測定するデータが粗くなってしまい細かいデータを取ることができないからという理由がある。

Table3.1 に観測器具を示す。

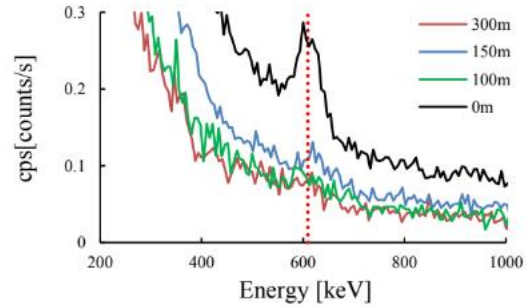


Fig3.1 高度 0, 100, 150, 300m における 609.3keV 周りのエネルギー比較

Table3.1 各観測器具

ガンマ線測定器	HDS-101G
大気電場計測器	フィールドミル

4. 結論

ガンマ線と大気電場の関係性を示すという理由で、能登学舎ではドローンで大気電場を 1m/s で高度 500m まで測定し、係留システムを用いてガンマ線を高度 100m 毎に 500m まで測定する計画を立てている。また、Prelude の観測センサを展開させたままドローンに搭載し、富士山太郎坊にて高度 3500m まで上昇させ計測を行う計画である。

5. 展望

本実験終了後、各高度でのガンマ線のデータからラドン濃度を推定およびどの高さまでラドンが影響しているかを考え、大気電場とラドンの関係性を評価する。またドローンや係留システムを用いた実験について、改善点などを見つけより良い実験方法を確立する。

6. 参考文献

[1]大村潤平・大山佳織・韓鵬ほか:「房総半島における大気電気パラメータの観測」, Journal of Atmosphere Electricity, Vol.38, No.1, pp.37-52, 2019
 [2]国立極地研究所:「安価なドローンで高精度気象観測を実現」, 2022 年
 [3] R.G. Harrison, K.L. Aplin and M.J. Rycroft: Atmospheric electricity coupling between earthquake regions and the ionosphere. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics 72, 2010, p3.