

K-21

LAICモデルに基づく地震先行電離圏変動現象の検討に向けた大気電場・ラドン濃度観測装置の開発および評価

Development and Evaluation of Atmospheric Electric Field and Radon Concentration Monitoring Equipment for Investigating Earthquake-Precursor Ionospheric Variations Based on the LAIC Model

○鈴木健斗¹, 曾根風紗², モンダル デブルパ³, 鴨川仁⁴, 山崎政彦⁵

*Kento Suzuki¹, Nagisa Sone², Mondal Debrupa³, Masashi Kamogawa⁴, Masahiko Yamazaki⁵

Abstract : In recent years, electrical phenomena occurring during earthquakes (ionospheric electron density fluctuations) have been viewed as promising indicators. If the causal relationship between these reported results and earthquakes can be quantitatively evaluated, it may lead to the realization of short-term earthquake prediction. However, the underlying physical mechanism remains unexplained. One of the leading hypotheses proposed in recent years regarding earthquakes and electron density fluctuations in the D-region of the ionosphere is the LAIC (Lithosphere-Atmosphere-Ionosphere Coupling) model suggested by Harrison et al. This study evaluates the validity of the LAIC model by incorporating the altitude distribution of radon concentration, a factor not considered in Harrison et al.'s model.

1. 地震先行電離圏変動現象

巨大地震を起因とした災害は現代社会において人類の脅威であり短期地震予測の実現が望まれている。近年地震発生時における電磁学的現象が有望視されているが、地震と当該現象を統計的有意に説明し得るメカニズムは未だに確立されていなく、地震の短期予測に活用できる段階には至っていないのが現状である^[1]。

2. LAICモデルによる研究とその課題

2009年イタリア地震^[2]では地震の前に地中および大気中のラドン濃度の上昇が報告されており、地震とラドン濃度変動の間には因果関係が強く示唆されている。Harrisonらはこれら地震発生前の地圏、大気圏、電離圏の現象を結びつけるLAIC(Lithosphere-Atmosphere-Ionosphere-Coupling)モデルを提唱している。Fig. 1はそのモデルの概略図である。

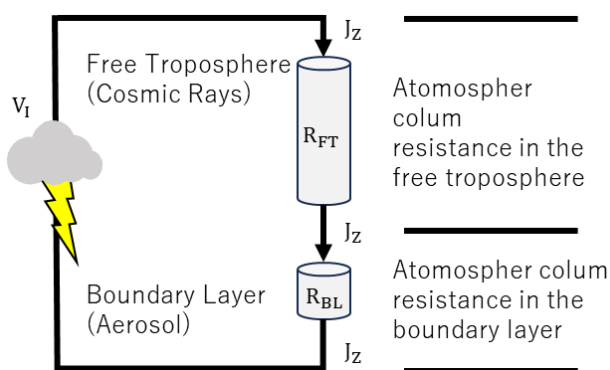


Figure 1. Conceptual Diagram of the LAIC Model^[3]

電離圏を+極、地球表面を-極とみなし、両者の間の大気を誘電体として地球全体を巨大なコンデンサに見立てた構造を示している。Fig. 1に示した大気柱状抵抗には対流圏下層と自由対流圏の二つの層から構成されている。対流圏下層の抵抗は地表面から放出されるラドンの影響により減少する。これに伴い電離圏への電荷移動が変動し地震先行電離圏変動現象として観測される可能性が指摘されており、Harrisonらによるとラドン濃度と電流密度 J_z に正の相関があることが示されている。しかしこれらの観測は地表定点に限られている^[3]。ラドンは高度方向に濃度分布を持つため、地表のみの観測では上空での電離状態を正確に反映できず、実際の大气中の状態を過小評価または過大評価してしまうという課題がある。

3. 研究目的

本研究では、Harrisonらのモデルでは考慮していないラドン濃度の高度分布を考慮したLAICモデルの妥当性を評価することを目的とし、ドローンを用いた観測システムを開発し観測を行う。具体的には大気電場およびラドンが崩壊されるときに放出する γ 線を観測し、その関係性を評価する。またFig. 1に示した自由対流圏の寄与は全体に比べて7%と小さいため、高高度まで観測は行わず対流圏下層の観測のみを行う。ラドンは高度により変化するためなるべく高精度でその場に係留可能な観測手段が望ましく、本研究ではこの要求を満たすドローンを採用した。なおここでは大気電場観測装置の校正を行うことで、その分解能について示し大気電場の観測に必要な性能を有することを示す。

1: 日大理工・院(前)・航宇 2: 日大理工・院(前)・航宇 3: 日大理工・教員・航宇 4: 静岡県立大・教員・グローバル研究センター 5: 日大理工・教員・航宇

4. ドローンを用いた大気電場及びγ線の観測

大気電場およびγ線計測の実験条件の概要図をFig. 2に示す。観測装置のハウジングには大気電場の観測に静電気や帯電といった外的要因を受けないように導電性を用いた鋼体を作成する。またドローン本体にはアース線を接続し、電位差をGNDに落としドローン本体の帯電により計測に与える影響を防ぐ。

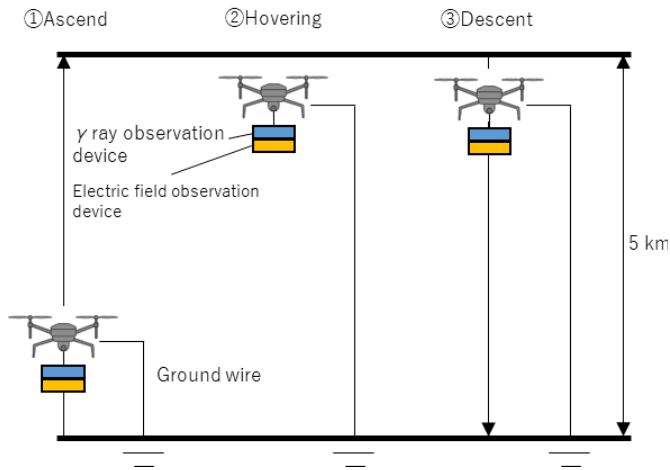


Figure 2. Overview Diagram of Drone Observations

5. 大気電場観測装置

大気電場は地表付近でおよそ 100 V/m, 高度 5 km でおよそ 10 V/m となり, 高度の上昇に伴い指数関数的に減少する。大気電場の鉛直分布を適切に評価するため, 本研究では必要な分解能を 1 V/m と設定した。この要求を満足するかを確認するため, 大気電場観測装置(以下, フィールドミル) の出力電圧と大気電場の対応関係を求める校正を行った。機器配置を Fig. 3 に示す。

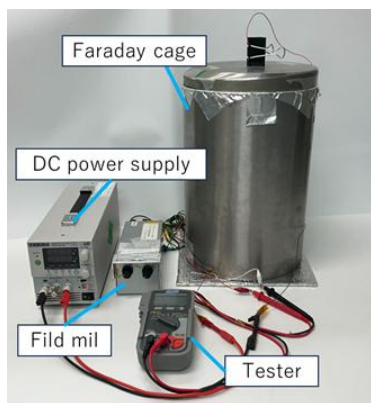


Figure 3. Field Mill Calibration Equipment Layout

またファラデーケージの内部には銅板が吊るされており, 銅板が正極, ファラデーケージ内部の下に設置さ

れたフィールドミルセンサ部が負極として大きなコンデンサとなる。直流安定化電源を操作することにより, 任意の値で電圧を印加し, Fig. 4 に示すフィールドミルの出力電圧と大気電場の校正曲線を得る。

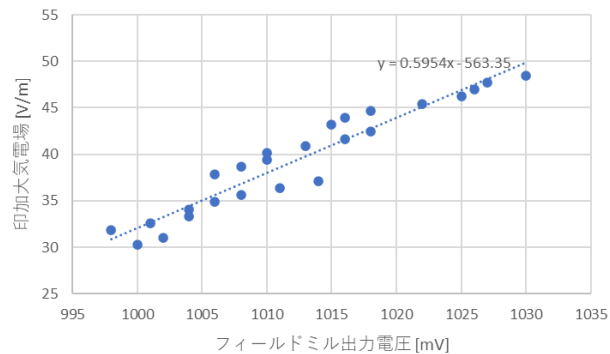


Figure 4. Calibration line of the field mill

Fig. 4 の結果より, フィールドミルの最小出力電圧変化 1 mV に対して大気電場 0.5954 V/m を計測できることが確認された。したがって, 本装置は観測要求である 1 V/m の分解能を満足していることが示された。

6. 結論および今後の展望

LAICモデルを用いた研究概要とフィールドミルの分解能について示した。校正の結果, 本装置は 1 V/m の分解能を満足し, 対流圏下層の大気電場の観測を行えることが分かった。また過去の実験結果ではドローン本体が帯電してしまう懸念が示されており, その対策として, ドローンにアースを付けた状態で行う測定を行う方法以外にドローン周囲にファラデーケージ構造を設ける方法など, 複数の案を検討している。

参考文献

[1] R.G. Harrison : Atmospheric electricity coupling between earthquake regions and the ionosphere, *J. Atmos Solar Terr Physics* 72, 376-381, 2010
 [2] Giuliani, G. G., Giuliani, R., Totani, G., Eusani, G., Totani, F.: Radon observations by Gamma Detectors “PM-4 and PM-2” during the seismic period (January-April 2009) in L’Aquila Basin, American Geophysical Union, Fall Meeting 2009 abstract id U14A-03.
 [3] R.G. Harrison and A.J.Bennet : Multi-station synthesis of early twentieth century surface atmospheric electricity measurements for upper tropospheric properties, *Advances in Geosciences*, Vol. 13, No.1, pp. 17-23, 2007