

# Drone ionospheric potential measurement providing surface temperature

## ドローン計測電離圏電位から 地表表面温度を知る

2023/09/30

第12回気象文化大賞  
アジア・太平洋研究助成  
報告書

認定NPO法人富士山測候所を活用する会  
富士山環境研究センター  
長尾年恭

1

## 研究目的

過去1世紀半の間に、地球の表面平均気温は約1度上昇した。気温が1度上昇するだけでも、世界中で雷の発生数は大幅に増加する。このような気候変動による雷の増加の結果、私たちは何を懸念すべきなのだろうか？まず、雷による死者は米国で年間30人、日本では年間約10人に上る。雷は発電所、送電線、鉄道などのインフラに影響を与える。日本では、特に北陸地方での冬の雷雨の影響が大きい。雷による停電は、アメリカでは全停電の30%、日本では50%以上を占める。このような影響から、気候変動による雷の変化を懸念する必要がある。地球温暖化と世界の雷の発生件数を把握するために、雷の発生件数に関係する電離圏電位をドローンで計測したい。

2

# ドローンを使う理由

電離圏電位とは、地球の地上と宇宙空間（電離圏）の電位差のこと。電位差は地球規模の落雷によって維持されている。地上と宇宙空間の電位差は、一般的な電圧計では測定できない。そのため、垂直方向の大気電場を高度ごとに測定し、積分して電位差を求める。一般に、各高度の大気電場は、少なくとも高度約10kmまでは気球や航空機で測定される。米国マサチューセッツ工科大学のラルフ・マークソン博士は、数十年以上にわたって航空機で電離圏電位を測定してきた。2022年マークソン博士が亡くなり、電離圏電位を定期的に測定する人が国内外でいなくなった。そこで、米国MITのアール・ウィリアムズ博士らが、電離圏電位測定に参加する研究者を募っている。しかし、気球や航空機による観測は、さまざまな理由から定期的に行うにはまだ難しい。しかし、ドローンによって観測が容易になることが期待されている。

3

## 研究メンバー（富士山環境研究センター）

- 長尾年恭（シニアリサーチフェロー：研究総括）
- 藤原博伸（研究員：ドローン用フィールドミル開発）
- 鴨川仁（共同研究員：ドローン測定）
- 源泰拓（特任研究員：校正用地表フィールドミル運用）
- 三浦和彦（シニアリサーチフェロー：ノイズ源となるエアロゾルの測定）
- 小室悠紀（特任研究員：ノイズ源となる雲粒の測定）

## 国外研究者

Earle Williams (MIT, USA)

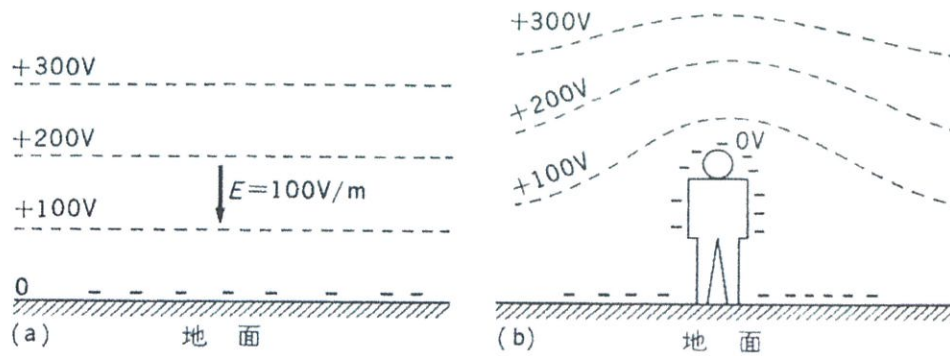
Corin Price (Tel Aviv Univ., Israel)

4



# 大気電場

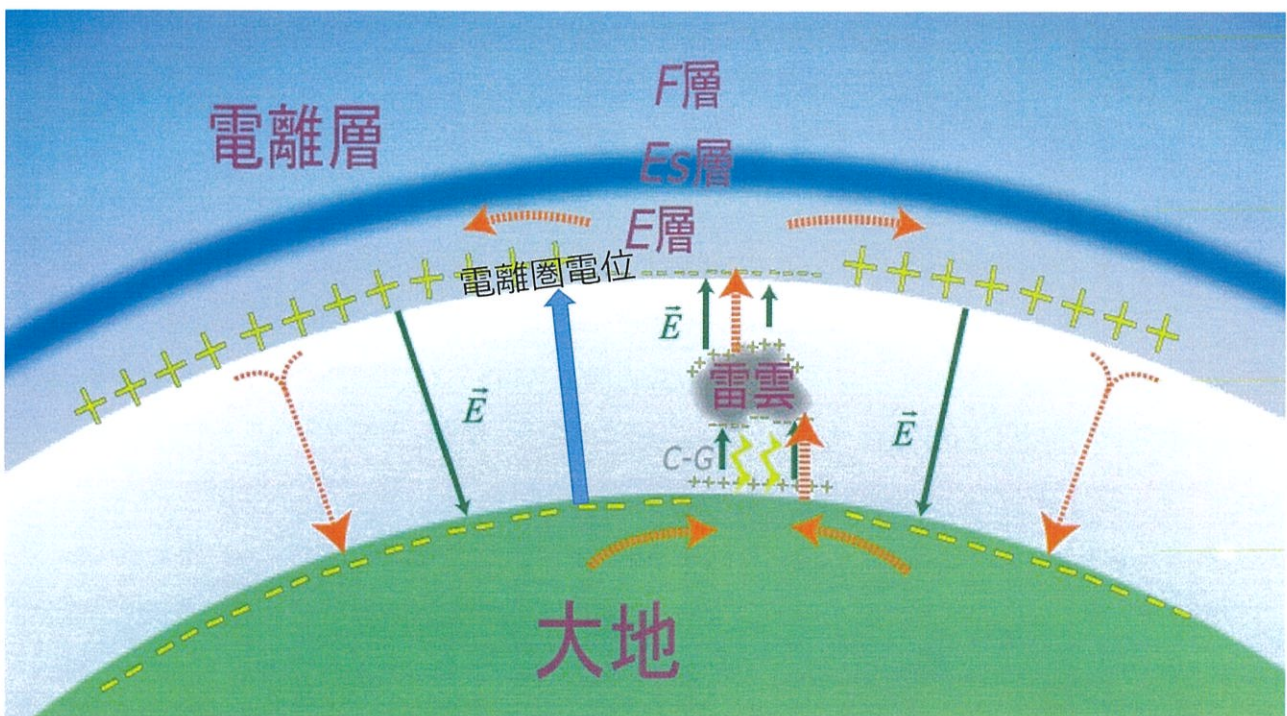
- 大気には地面に対して垂直に電場がある。
- 大気電場はフィールドミルとい機器



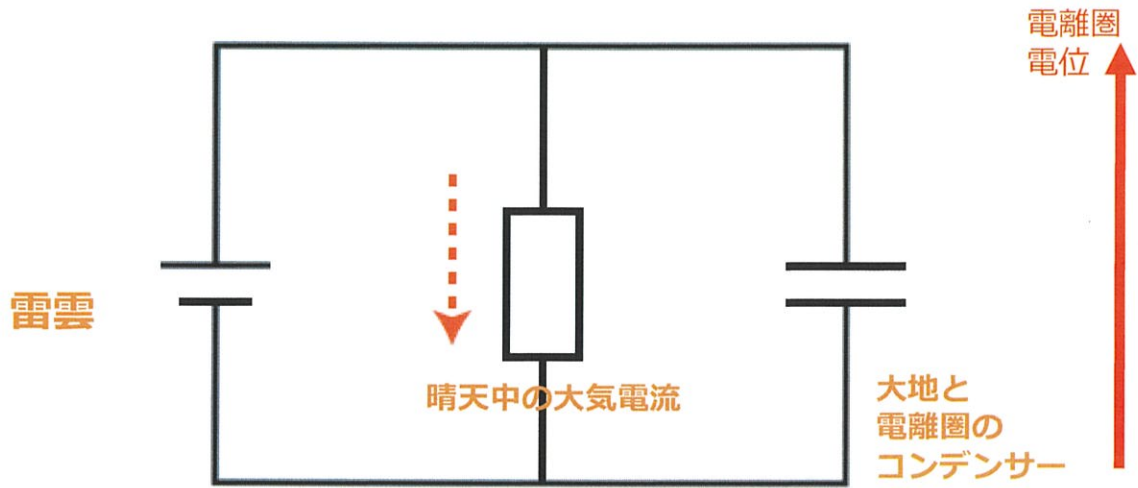
ファインマン物理学・電磁気学 第9章「空中電気」から

5

# 全地球電気回路



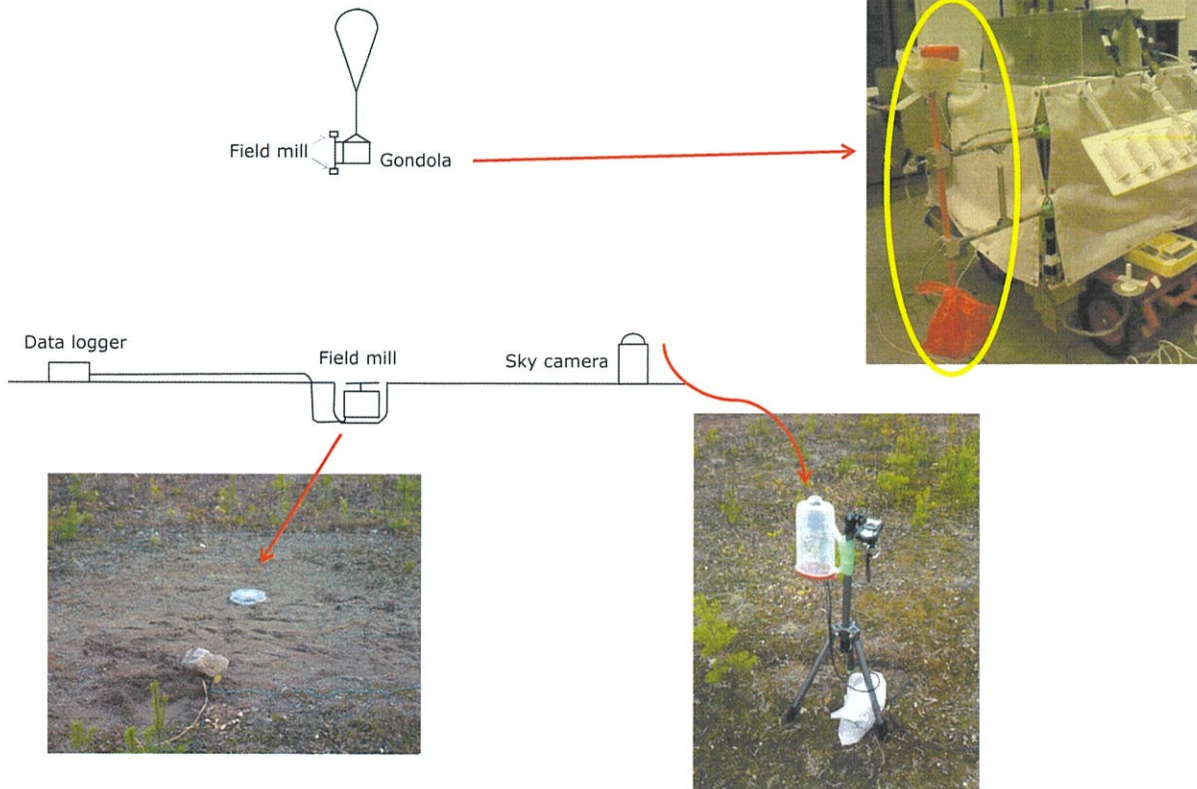
# 等価回路図



7

## 電離圏電位の測定方法

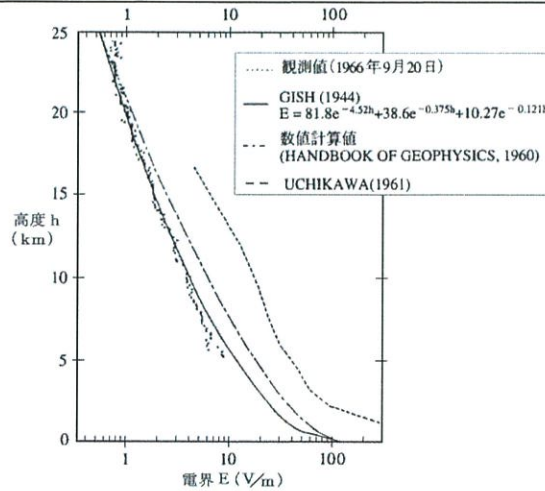
～気球等で高度ごとの大気電場を測定し積分





# 高高度の大気電場値

～地表から離れると値は小さくなる



大気電界の高度分布 (Ogawa and Tanaka, 1967)

(北川信一郎 編著「大気電気学」東海大学出版会 より)

- ✓ 高度方向の大気電場の積分で電離圏電位が得られる
- ✓ 地表付近だけ大気電場が大きいので、高度5 km程度まで測定し、さらなる高高度の電場は推定するのが一般的。

## 電離圏電位は何に役に立つか？

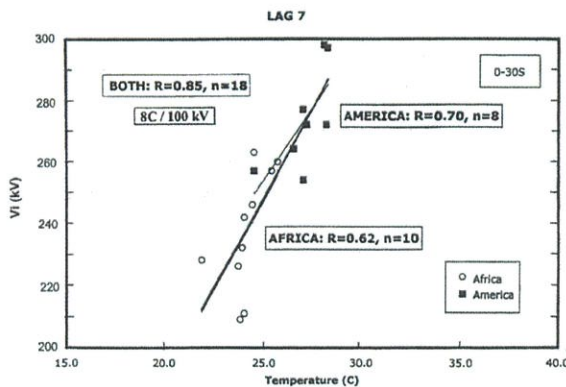


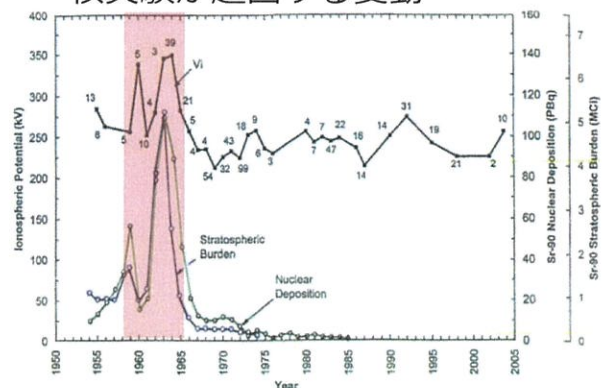
FIG. 10. Correlation of the variation of temperature with  $V_i$  for lag 7 h (temperature earlier than the sounding). The slopes of the lines of regression for Africa, America, and both continents combined are similar and indicate that a 1% change in temperature leads to a 16% increase in  $V_i$ . (Note: The line of regression for the African soundings is almost coincident with the one for the combined data.)

地表温度と電離圏電位  
～温暖化研究

[Markson, 2007]

Markson (2007)

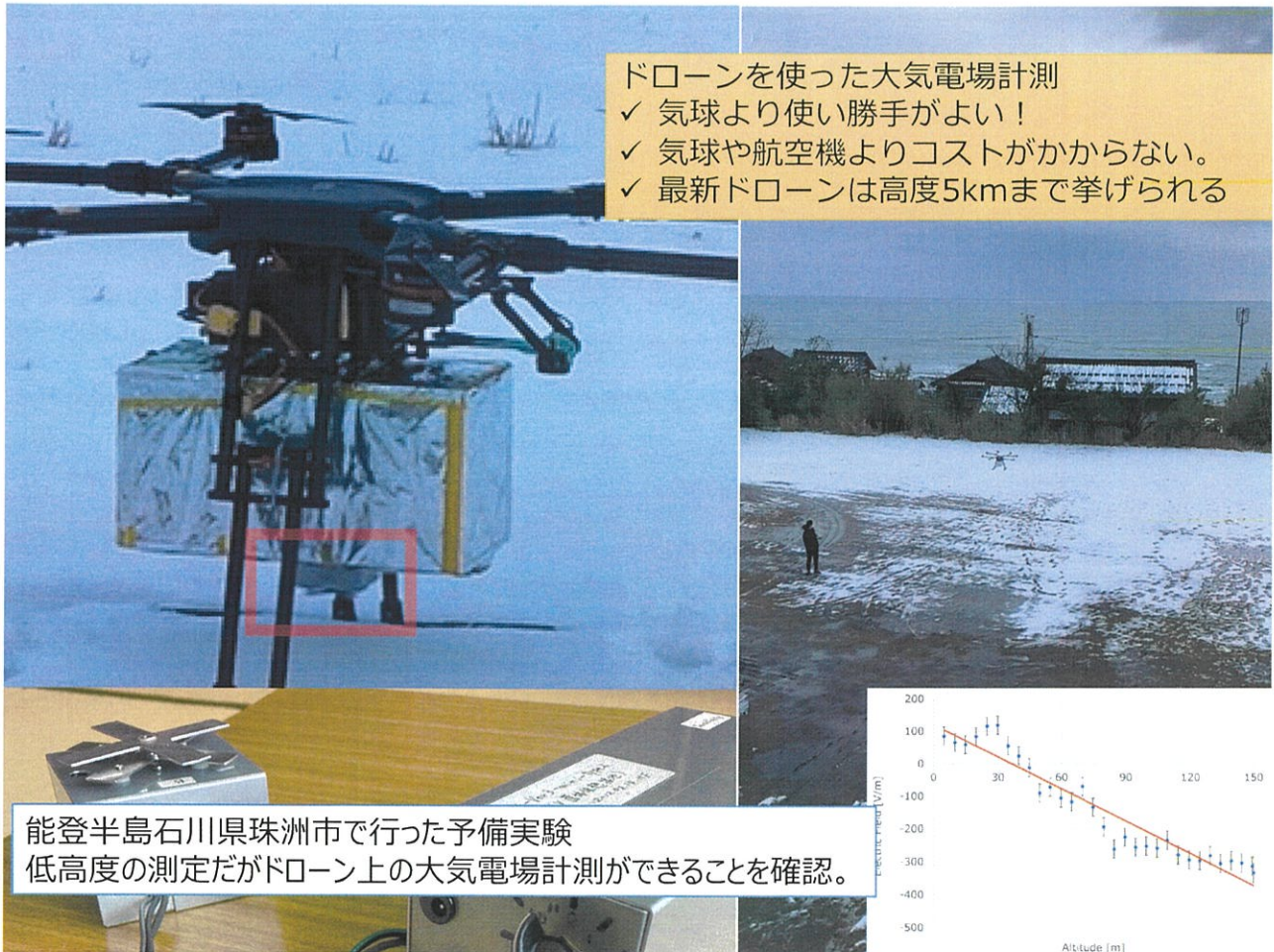
## 核実験が起因する変動



## 地球の放射線環境

本研究の将来は温暖化研究に貢献する地表面温度推定も目指したい。 10





## 富士山・太郎坊でのドローン打ち上げのメリット

- ✓ 地表高度が1200m（初期高度を稼げる）
- ✓ 近くに飛行場がないことから4200mまでのフライトが可能（日本で高高度あげられるところは限られている）
- ✓ 富士山の存在で地表電場が歪められて、他の平面領域に比べて、すくない高度変化で大きな電場変化を得られる（必要以上にドローンをあげなくてよい）。
- ✓ 大気電場のノイズ源となる鉛直の大気化学関連観測が充実している（ノイズとシグナルの区別が付きやすい）
- ✓ 数多くのドローン観測がなされている（ドローン運用のノウハウがある）



1年近くかけて準備した地表関連観測も万全にし、半年程度かかった航空法に基づく許可取得後に、晴天静穏日となる2023年5月17日～18日において、ついに実験が行える環境となった。しかし、設定ミスがあり、ドローンのプロペラを破損させてしまったため、要修理となり実験は10月以降に延期。

## 太郎坊での打ち上げの再準備

- 破損したドローンの修理（8月下旬に完了）
- ペイロードを搭載させたときにドローンの重心がくずれないように、搭載用ハウジングを再設計した（現在進行中）
- 体育館内での動作テストを予定（10月上旬）
- 晴天が期待される10月下旬に再計測予定。