

空中電位による降雨予測

豊田 めぐみ 三木 綾夏

【概要】

地球のあちこちで発生する雷雲に伴う雷放電などで、上空がプラスに、地上がマイナスに帯電するため、地表と上空の間で電位差が生じている。この電位差は空中電位と呼ばれる。

地表から同じ高さで測定を行っても、電位の値が大きいときと小さいときがあり、さらに降雨の前後で電位の値も大きく変化することを確認した。そして空中電位を測定し、降雨の前後で電位はどのように変化するのかを調べた。テザードローンと自作の発射台を用いて、地表から2m地点と4m地点の電位を計測し、天気とともに記録し、比較した。結果、晴れの日には参考文献の値(100m/V)と近似した値が観測され、電位が大幅に下がると雨が降り、雨が上がると電位は晴れの日とほぼ近い値まで戻ることがわかった。電位が下がった後は100%雨が降った。

We wanted to measure the amount of rain with a laser. We can know the amount of rain from the laser attenuation rate, but the apparatus has instrumental error from there light sources. We built a compact. We made a new custom sensor part, to block external light. We improved the apparatus by increasing the distance the laser travels to increase exposure to rain and therefore attenuation. We also made the apparatus more compact and portable. After these improvements, data become more stable. The correlation between precipitation and attenuation rate was measured more precisely. We will continue to improve the apparatus.

【研究動機・目的】

理科の実験書である「いきいき物理 わくわく実験」を読んでいる際、はく検電器と釣竿を使った、空中にある電子をはく検電器に流すという実験を見つけた。(図1)そこで、学校で何度か同じ予備実験をしているうちに、晴れているときと雲が多いときで、はく検電器のはくの開き具合に違いがあることに気づいた。なぜ同じ高さで実験しているのに、天気によってはくが大きく開くときと小さく開くときがあるのか不思議に思い、研究することにした。

そこで起こったのが、首相官邸へのドローン落下事件であった。私たちはニュースを見て、ドローンが空中電位測定に使えるのではないかと考えた。この実験ではそれほど高さを必要としないため、大型の気球は必要ない。また、ヘリウムガスを用いた気球では準備が大変で、多くのデータを集めるために何度も気球を揚げるにはヘリウムガス購入などで運用コストもかかってしまう。小型のドローンなら比較的安価で入

手でき、運用コストもほとんどかからず、高度を変えた測定も短時間で複数行うことができる、また、私たちの学校はグラウンドが広く、グラウンドの中央付近なら建物の影響を抑え、さらに万が一の落下による人への危険も防ぐことができると思った。なお、ドローンと地上をケーブルでつなぐので、ひも付きの人工衛星にちなんで「テザードローン」と呼ぶことにした。



図1 ひも付きの人工衛星 (テザー衛星)

また、空中電位についてはあまり研究が行われておらず、天気との関連性も見つかっていないため、空中電位を測定し何らかの気象条件の変化を知ることができれば、今後の天気予報に貢献できるのではないかと考えた。

【研究の仮説】

はく検電器と釣り竿で実験を行った際は、晴れているときには、はくは大きく開き、雲が多いときには、はくはあまり開かなかった。これにより、天気の変化に伴って空中電位も変化するのではないかと考えた。

空中電位とは：地表と上空との電子の数の差である。また、1 m上昇することにより約 100V 電圧が上がる。

【実験器具】

テザードローン (Holy Stone Toy 製 6 軸ジャイロマルチコプター F182)

針金

脱脂綿

脚立

チャッカマン

ピンセット

燃料用アルコール

ビーカー

静電電位測定器 (シンド静電気株式会社製)

プラスチック釣竿 (予備実験用)

エナメル線 (2 m・4 m に切り取ったもの)

目玉クリップ



図2 実験器具



図3 ドローン

【発射台の製作】

〈材料〉

- ① 静電電位測定器
- ② イレクターパイプ
- ③ テザードローン
- ④ 木製板
- ⑤ アース

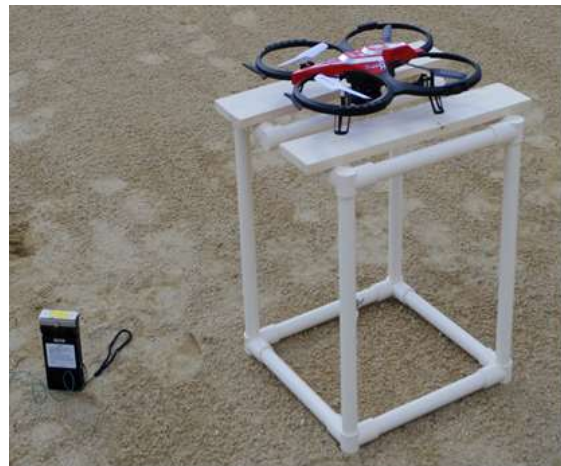


図4 (全体)

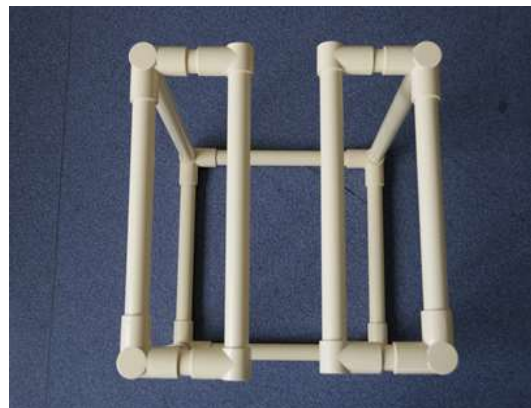


図5 イレクターパイプのみ



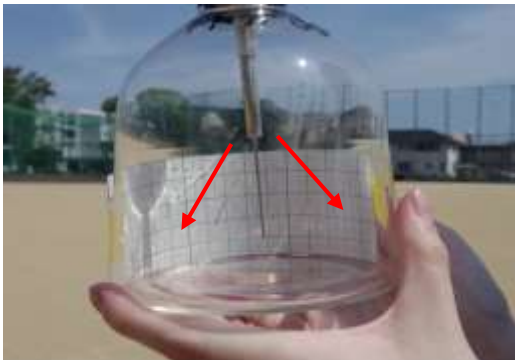
図6 木製板あり

【実験内容】

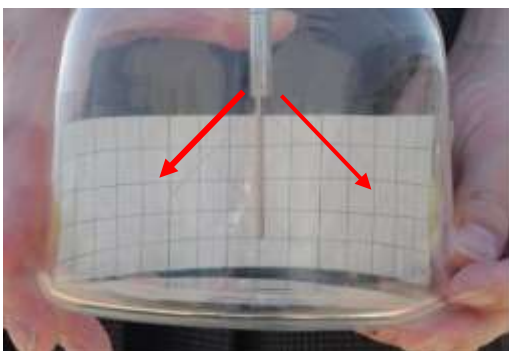
〈実験1〉現象の確認

(手順)

- ① 釣り竿に針金を付け、アルコールに浸した脱脂綿とエナメル線をつなぎ、エナメル線の先をはく検電器につなぐ。
- ② アルコールに浸した脱脂綿を燃やす
- ③ エナメル線を2mのものとは4mのものを使用して同様の実験を行う



2m地点ではくの開き具合 (図7)



4mのはく検電器の開き具合 (図8)

2m地点と4m地点では、はくの開き具合に大きな差が見られた。静電電位測定器で同様に実験を行ったところ、2m地点では186V、4m地

点では380Vという結果を得た。この結果は予測値(2mで200V 4mで400V)に近似した値である。

はく検電器を使用した実験では正確な電位の数値が出ないため、静電電位測定器に変更した。また、釣り竿では高さに限界があり、悪天候では計測が困難であるためドローンに変更し実験を行った。

〈実験2〉電位分布の調査I

実験場所を校舎内に変更し、静電電位測定器を用いて実験を行った。

	実験1	実験2
2m	186V	4V
4m	380V	4V

図9

2m地点、4m地点ともにおよそ0Vに近い値が観測された。

この結果から、電位0の基準面は建物に沿って分布しており、建物内では電位はほぼ存在しないことがわかる。

〈実験3〉電位分布の調査II

実験場所を校舎の屋上に変更し、静電電位測定器を用いて実験を行った。

	実験1	実験3
2m	186V	139V
4m	380V	317V

図10

2m地点でも4m地点でも〈1〉と同様の電位が観測された。

この結果から、電位0の基準面は建物に沿って分布しているため、屋上で実験を行ってもグラウンドで実験を行ったときと同様に電位が存在することがわかった。

〈実験4〉ドローンでの実験

実験場所はグラウンドで静電電位測定器を用いて実験を行った。

	予測値	晴れ(平均値)
2m	200V	171V
4m	400V	344V

図11

各地点の電位を測定し、平均値を出した結果各地点ともに予測値と近時した値になった。

	予測値	降雨前日	降雨後
2m	200V	67V	169V
4m	400V	62V	355V

図12

降雨前日では予測値よりも大幅に下がった。また、降雨後では予測値とほぼ同じ値まで戻ったことがわかる。

【考察】

空中電位は、予備実験の結果から、地表から1m上昇するごとに約100V上昇するという結果のもとに考察する。

実験1より、空中には電位が存在し、地表からの高さが高くなるほど電位は大きくなることがわかる。また、実験2と3の結果からわかるように、空中電位の電位0の基準面は、グラウンドなどの周囲に建物が無い場合は地表が基準面となり、ある場合は基準面が建物に沿うため、屋上で同様の実験を行うと2m地点、4m地点ともにグラウンドでの観測結果と類似した値が得られる。

実験4の晴れの日の観測データの平均値から、2m地点ではおよそ200V、4m地点ではおよそ400Vの電位が存在し、これは空中電位の性質に従っていることがわかった。また、降雨前後の観測データの平均値は、降雨前は各地点ともに電位が大幅に下がり、降雨後は晴れの日の観測

データの平均値にほぼ近い値に戻った。電位が大きく下がった後雨が降った確率は100%であった。雲があっても晴れている日は電位に変化がなく、降雨前にのみ変化がみられたことから、雨雲ができるときに雲の中に発生する静電気が電位に影響を与えるため、降雨前後で電位が大きく変化していると推測する。

【参考文献】

愛知・岐阜物理サークル編著

いきいき物理わくわく実験 新生出版 2011年
岡野大祐

解明カミナリの科学 オーム社 2009年

【謝辞】

終始ご協力していただきました地学科の秋山治彦先生、英語科の西山先生、ALTの先生方、本研究を支えてくださいましたSSH委員会の先生方、ありがとうございました。

【感想】

私たちは空中電位の測定というあまり先行実験が行われていないテーマで実験を行いました。そのため、天気との関連性を見つけることが困難でしたが、実験を開始して4ヶ月程で結果が出たときは地学室で先生と一緒に喜びました。この実験を通して諦めずに毎日実験を行うことが結果を生み出すことがわかりました。