

7 落雷制御・充電 / 宇宙放射線バリア

人類の安心・安全な暮らしを実現する プロアクティブ環境適応技術

NTT 宇宙環境エネルギー研究所では、地上さらには宇宙においても人類が安心・安全に暮らせるように、極端な自然現象に対してプロアクティブに適應できる技術の創出に取り組んでいる。これまでに、落雷や宇宙放射線から通信装置を守る技術を開発してきた。本稿では、培った技術を応用しつつ、従来の対策を根本から変える落雷制御・充電技術と宇宙放射線バリア技術について紹介する。

雷から街を守りつつ雷エネルギーを利用する落雷制御・充電技術の実現にむけた取り組み

雷は人類社会に大きな被害をもたらす自然現象の一つである。そこでNTT 宇宙環境エネルギー研究所では、これまでに培ってきた通信設備を雷から守る技術を大きく発展させ、建物などに雷が落ちること自体を防止するとともに、雷のエネルギーを利用する「落雷制御・充電技術」の研究を進めている。

図1に落雷制御・充電技術の実現イメージを示す。雷雲襲来を事前に予測し、保護したい対象物の上空に、地上からワイヤを引いたドローンを飛行させる。すなわち、建物などを必要としない「空飛ぶ避雷針」を構成するのである。雷はより高い

構造物に落ちやすい性質があるため、発生した雷はドローンに落ち、ワイヤ経由で安全な場所に導かれる。このようにして、重要インフラやその周辺、および屋外イベントなど避雷針の設置が困難な場所への雷の

直撃を防止する。さらには、雷電流を充電車などに導き、そのエネルギーを充電・変換・利用する。

このような技術の実現に向け、落雷を受けても故障しないドローン、通称耐雷ドローンの研究開発を進めている。ファラデーケージと呼ばれる金属製のシールドによって、雷電流や、雷電流によって発生する磁界からドローン本体を守る。図2に耐雷ドローンへの人工雷印加試験の例を示す。

雷をファラデーケージが受け止め、ドローン本体に放電させることなく大地に逃している様子がわかる。平均的な雷の5倍、120 kAの人工雷にも誤作動などもなく飛行継続できる



日本電信電話株式会社
宇宙環境エネルギー研究所
プロアクティブ環境適応技術グループ
(左から) 研究主任 榎田 俊久氏、主任研究員 丸山 雅人氏
主任研究員 岩下 秀徳氏、主幹研究員 池田 高志氏

ことを確認した。

現在、この耐雷ドローンが自然の雷にも耐えることを実証するため、冬季に雷雲が頻発する石川県の海岸にて、ドローンを利用して人工的に落雷を誘発する世界初の実験を岐阜大学と共同で実施中である。図3に誘雷実験の様態を示す。雷雲下で耐雷ドローンを飛行させ、雷雲による電界が高まったタイミングでドローンから導電性のワイヤを投下することで落雷を誘発させる。これま

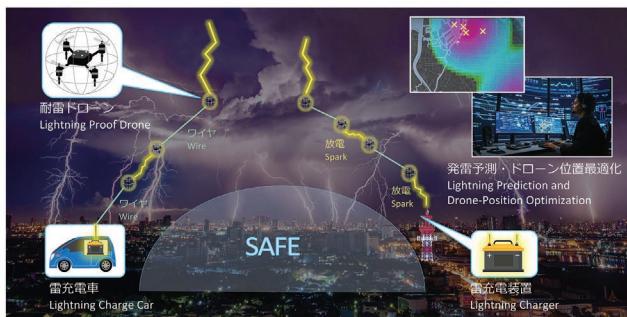


図1 落雷制御・充電技術の実現イメージ



図2 耐雷ドローンへの人工雷印加試験の例



図3 誘雷実験模様

で、ワイヤ下端と海面間との放電現象を確認した^{※1}。本事象は誘雷に至るプロセスとして事前に予想していたものであり、誘雷成功まであと一歩である。

このような研究と並行して、発雷の高精度予測技術や、雷電流を他のエネルギーに変換して効率よく充電する技術などの研究も進めている。

宇宙放射線から宇宙インフラを守るバリアの実現にむけた取り組み

今後人類が発展していくためには、宇宙への進出が鍵となってきているが、難しい問題も多くある。その1つが宇宙環境特有の強力な宇宙放射線である。宇宙には、太陽や太陽系外の銀河から飛来する宇宙放射線が飛び交っており、人体や電子機器の半導体などに悪影響を及ぼす。人体は放射線を受けると細胞中のDNAの一部が損傷するため、宇宙での長期滞在が難しくなる。例えば、月面で長期滞在をするためには、現状では地下に基地を建設する必要がある。また、電子機器の半導体は、放射線を受けると、メモリ内のデータ（ビット）が書き換わるソフトウェアによる誤動作や半導体の諸特性の劣化などの影響が起きる。また、特に11年周期で活発化する太陽活動も、電子機器を多用した近年の社会インフラに対しては大きな懸念と

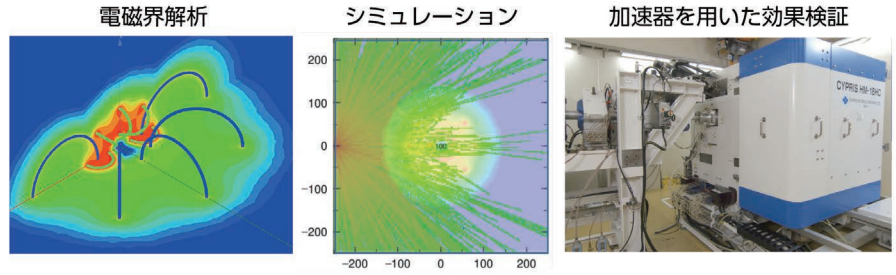


図4 宇宙放射線バリアの電磁界解析・シミュレーション・効果検証

なる。

NTT宇宙環境エネルギー研究所では、これまでに、地上における電子機器のソフトウェア対策・評価に関する研究を進めてきた。地上では、宇宙放射線が地球の大気と反応して生成される中性子がソフトウェアを引き起こす。中性子がソフトウェアを引き起こす確率は、中性子のエネルギーに依存するため、エネルギー毎にソフトウェア発生率を測定する手法を世界で初めて確立した^{※2}。また、同時にソフトウェア対策の国際標準化^{※3}や加速器を用いた試験サービスの商用化^{※4}も成し遂げた。

さらに、これらの成果を宇宙へ応用することで、人類の宇宙空間利用を促進し、盤石な社会インフラを容易に実現する宇宙放射線バリアの研究に取り組んでいる。宇宙放射線は陽子を主体とした荷電粒子なので、磁界によって粒子軌道が変化する。地球では、地磁気が宇宙放射線から守るバリアの役割を果たしている。この原理を応用して、人工衛星や宇宙ステーション、月面基地を磁界によるバリアで包めば、宇宙放射線のリスクを減らすことが可能となる。現在、図4に示す電磁界解析および粒子輸送シミュレーションを組み合わせ、発生した磁界による宇宙放射線の軌道の変化を計算し、宇宙放射線を人為的に生成できる加速器を

用いて、その効果の検証をしている。

宇宙放射線は、様々な粒子（陽子、重粒子など）が様々なエネルギー（最も高エネルギーで1020eV）で飛び交っているため、粒子種別とそのエネルギーによって、磁界による軌道は変化し、人体や半導体へ及ぼす影響も変化する。そのため、既に測定した中性子に加え、陽子や重粒子など、その他の宇宙放射線のエネルギー依存のデータを測定することで、磁界による防御効果や人体や半導体への影響の評価がより高精度に可能となると考えている。

本研究により、宇宙放射線の影響を受けにくい宇宙データセンタを構築することも可能となるばかりか、宇宙での長期滞在が可能となり、有人惑星探査や月面基地も夢ではなくなる。また、宇宙線中性子の半導体影響のデータを用いることにより、中性子遮蔽材の設計が可能となり、半導体の材料レベルでの対策など、地上における社会インフラや医療や研究で用いられている加速器施設の電子機器を守ることが可能となる。

[参考文献]

- ※1 丸山他：電気・電子・情報関連学会東海支部大会，B2-1，2022。
- ※2 <https://group.ntt.jp/newsrelease/2022/04/26/220426a.html>
- ※3 <https://group.ntt.jp/newsrelease/2018/11/22/181122a.html>
- ※4 <https://group.ntt.jp/newsrelease/2016/12/19/161219a.html>