

補助事業番号 2025M-343

補助事業名 2025年度 宇宙開発促進に向けた高エネルギー放射線照射環境の構築 補助事業

補助事業者名 日本大学理工学部 准教授 住友洋介

1 研究の概要

宇宙開発に役立てるための高エネルギー放射線照射環境の構築に着手した。安価に市販されている線量計の、高エネルギー放射線に対する応答評価を見ることを目的として、ニュースバル放射光施設での実験とシミュレーションを用いた解析を行った。

2 研究の目的と背景

近年宇宙開発が活発に行われている。アメリカが先導しているアルテミス計画では、月面における人類の拠点化を目指しており、2026年にはアメリカ宇宙船オリオンが、53年ぶりに有人での月周回に成功し、無事に飛行士が帰還したことも記憶に新しい。かつてのアポロ計画においては国主導で宇宙開発が行われていたが、近年は大手企業のみならずベンチャー起業の参画も数多く報告されており、衛星通信を始めとした産業育成にも急速な発展が行われている。

現在のところでは宇宙空間に行くことにまずは主眼が置かれている状況であるが、実際に有人での年を超える長期間の拠点形成となると、宇宙空間における持続性も重要となってくる。その際に対応が必要になることとして放射線対策が挙げられる。地球においては分厚い大気層が存在しているおかげで、宇宙から飛来する多くの放射線が地上にまで届くことはない環境となっている。このおかげで、我々の基本的な生活に関する技術開発では放射線対策を施さなくても深刻な被害が及ぶ状況とはなっていない。しかし、大気の外にある、もしくは大気に覆われない月面のような環境においては、地上の数百倍に及ぶ放射線の影響があることがわかっており、地上における生存環境とは大きく異なっている。

特に、近年発展の著しい、コンピューターやスマートフォンで使用されているような先端半導体は、その微細化加工と省電力化が進めば進むほど、逆に放射線に対する影響が大きくなることもわかってきている。我々の現在の生活はこういった先端半導体を用いた高度な計算技術により支えられているというのが現状であり、ましてや月面での基地など多くの人が滞在できない宇宙環境において、資源を始めとした技術開発を行っていくには、こういった先端半導体によるサポートは欠かすことのできないものである。

本研究においては、将来の宇宙開発における放射線による問題を見据え、宇宙空間に打ち上げる前の地上での開発段階で、放射線による影響対策が行えるような放射線照射環境の構築を目的としている。宇宙空間における放射線は、太陽からのみならず、太陽系外の星の爆発に伴う

巨大なエネルギー放射により生じていることから、そのエネルギーは高いことが知られている。例えば、放射線のうちの一つであるガンマ線を例にとっても、エネルギーの高低の違いにより、物質に対する反応が異なることが知られており、その影響評価を行うためには地上において高いエネルギーを生成できる加速器を用いるのが適している。研究を行っている日本大学には1億電子ボルトまで加速可能な加速器が存在しており、高いエネルギーによる中性子生成も含めた照射が可能となっている。また、この加速器は千葉県船橋市と首都圏から比較的近く、首都圏に拠点をおくベンチャーを始めとした企業にとっては照射実験に対する地理的や時間的制約が低い環境であるとも言及に値する。つまり、本研究は、様々な知識や設備が必要とされる放射線照射試験へのハードルを限りなく低くし、将来の宇宙開発を飛躍的に高め、ひいては人類の発展に貢献することを目的としているのである。

3 研究内容

(1) ニュースバル放射光施設における高エネルギーガンマ線照射実験

(<http://www.lebra.nihon-u.ac.jp/compefund.html>)

照射へのハードルを下げることを目的として、本研究では安価に市販されているガラス線量計やアルミナ線量計を用いて照射時の線量を計測することを考えている。しかし、これらの線量計は地上で使用する多くの低いエネルギーでの線量を保証するのみで、高いエネルギーの放射線に対する線量の保証はされていない。そこで、決まったエネルギーでのガンマ線の照射が可能なニュースバル放射光施設において、これらの線量計に対する応答評価を目的とした照射実験を行っている。

実験では様々なエネルギーによるガンマ線の照射が行え、各線量計に対する測定値を取得した。照射したガンマ線直上のみならず、それが壁面等の物質で反射や散乱を起こしたことによる影響を見積もることを見越して、照射環境における多点の空間分布に対しても測定しており、シミュレーションと合わせた評価に用いるのに十分なデータを取得することができた。

(2) シミュレーションによる照射環境構築と比較

(<http://www.lebra.nihon-u.ac.jp/compefund.html>)

物質に対する高エネルギーの反応過程は複雑であるため、測定に合わせてシミュレーションを行い比較することが重要である。特に、中性子測定などは測定機器が高価になりがちであるため、ガラスやアルミナ線量計のように安価に測定できるガンマ線で定量化し、測定したガンマ線値を再現するようシミュレーションで求める。こうすることで、中性子量はそのシミュレーションを拡張して算出することが可能であり、リーズナブルである。過去に人類が行ってきた実験経験からシミュレーションの精度は十分高いことが知られており、信頼性は担保されている。

本研究では、特にニュースバル放射光施設の計測結果と比較を行うためのシミュレーション計算を推し進めている。放射線による影響では、上述のように壁面や机などの構造物による反射や

散乱も影響として大きいため、これらの構造物を計算上適切に設定の上で計算を行っている(図1参照)。結果からは、ガンマ線により直接電離が起こる影響よりも、照射線上の空気等が電離され、ガンマ線のエネルギーを受け取って高エネルギーとなった電子による影響が多いことがわかり、また、後方の壁面により叩き出された電子も影響を与えていることがわかった。また、シミュレーションの全体の線量値を合わせるうえでは、実験で計測している照射ガンマ線の光子数に見落としがある可能性が高いことがわかっており、今後も引き続き検討を進めていく予定である。

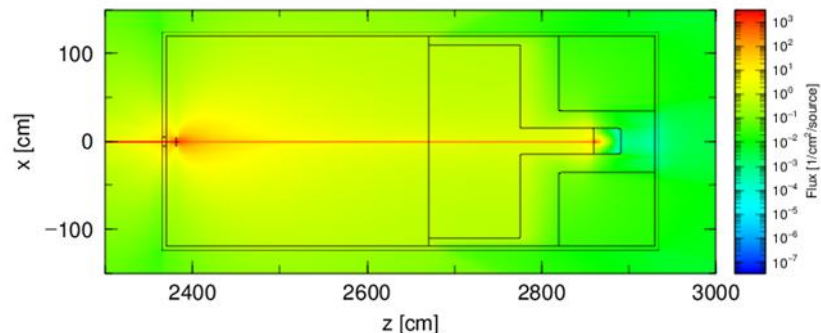


図 1:放射線コード PHITS を用いたシミュレーションの例(〔倉田, 日本大学理工学研究科 2025 年度修士論文〕より引用)。

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

本研究は、飛躍的に加速する宇宙開発にとって重要な知見を与えることになると思われ。2026年には有人の月周回まで再度実現するに至っており、月面での有人基地建設もさほど遠くない未来に起こることになると期待できる。このことを踏まえると、当然放射線による影響評価も近い将来に無視できない課題として我々に降り掛かってくることも想像に難しく、そのために現段階で照射環境の準備を始められたのは、今後を見据えた展開として妥当であると思われる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

本研究は日本大学を主体として実施を行っており、代表者の住友が主催する量子ビーム科学研究室の一部の博士前期課程の学生にも協力してもらっている。近年、ビジネスとして期待が高まっている宇宙開発において、将来を担う若手人材が積極的に関われる機会にできたのは何よりである。

また、研究室の研究においても、本研究課題である放射線による影響評価は始めたばかりであり、初期段階で本研究によりサポートを受けられたのは研究を軌道に乗せるうえで重要な意味を持つと考えられる。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

以下の論文の発表を行った。

[1] M. Kurata, Y. Sumitomo, S. Yamato, K. Hayakawa, Y. Hayakawa, T. Sakai, “Development of

a friendly high-energy irradiation environment for future space developments”, J. Phys.: Conf. Ser., 3094 012052 (2025), 2025年9月.

[2] 倉田 瑞希, 住友 洋介, 内永 聖哉, 鈴木 和磨, 境 武志, 早川 建, 早川 恭史, 「高エネルギー放射線環境下での市販ガラス線量計の測定と計算の比較」, PASJ2025 THP023 2026年3月.

[3] 倉田 瑞希, 「宇宙開発に向けた高エネルギー放射線照射環境の利便性の高い線量評価開発」, 日本大学理工学研究科2025年度修士論文.

7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

特になし。

(2)(1)以外で当事業において作成したもの

特になし。

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 日本大学 理工学部(ニホンダイガク リコウガクブ)

住 所: 〒274-8501

千葉県船橋市習志野台7-24-1

担 当 者 准教授 住友 洋介(スミトモ ヨウスケ)

担 当 部 署: 物理学科 量子ビーム科学研究室(ブツリガツカ リョウシビームカガクケンキ
ユウシツ)

E - m a i l: sumitomo.yoske@nihon-u.ac.jp

U R L: <https://www.phys.cst.nihon-u.ac.jp/lab/staff/sumitomo.html>