

I - 1 講演会 “印刷の知見” を宇宙へ トナークリーニング技術で拓くレゴリス除去の未来

講師：コニカミノルタ株式会社

技術開発本部 システム技術開発センター 先行技術開発部

津島 峰生、西 瑞穂、高田 誠

開催日 : 2026 年 2 月 19 日
開催場所 : JBMIA 第 1 会議室+Zoom
参加者 : 24 名
記 : 山中 大樹*

1. はじめに

コニカミノルタとトヨタ自動車は、有人与圧ローバーに関する共同開発契約を締結したと 2025 年 7 月 3 日に発表した。

有人与圧ローバーに付着する月の砂(レゴリス)を、電子写真のトナークリーニング技術を応用し除去することが期待されている。電子写真技術を宇宙開発事業に展開するという点において、業界としても注目度が非常に高く、取り組みに至った経緯や開発者の思いについて講演していただいた。

2. 講演内容

2.1. 宇宙開発事業にかける思い

最初に強調したいのは、「なぜ宇宙開発事業をやるのか」という問いを中心に置くことの重要性である。

近年、宇宙に関するニュースを聞く機会が増え、「宇宙は成長産業だから取り組む」という説明は容易であるが、宇宙開発は甘い世界ではない。宇宙開発は国家主導から民間主導へ移行しつつあり、民間の大企業が巨額の投資を行っている。そうした中で、宇宙開発を経験したことのない企業が「成長産業だから」という

動機だけで参入すれば、後に大きな痛手となり得る。加えて、企業活動である以上、「利益につながるか」という問いは避けられず、数字だけを追う説明では継続判断に至りにくい。

では、「なぜ宇宙開発をやるのか」にどう答えているのか。答えは極めて単純で、「夢があるから」である。儲かるかどうかという問いへの直接的な答えではなく、明確な数値の保証でもない。それでも、「要はやりたから」「ここに夢があるじゃないか」とストレートに答えるようにしている。なぜなら、困難になっても揺るがずやり遂げるためには、この「Why」がぶれないことが最も重要だからである。

もっとも、夢や精神論だけでは企業として開発を継続する判断を下すことは難しい。だからこそ必要になるのが、夢を具体へ転換する作業である。「Why」を中心に据えたうえで、どのようにやるのか(How)、どのような結果になるのか(What)をセットにし、事業計画書の形に書き換えて会社に説明することが不可欠だと考えている。さらにこの「Why」は、一人では決してできないことを仲間と協力してやりたいという挑戦の形につながっている。仲間との絆や力と経験は想像

* 技術調査専門委員会委員

もできなかった事業になると信じている。宇宙開発への挑戦、将来にわたっての事業創出を考えたとき、その信念が推進力になると考えている。

コニカミノルタでは、1962 年には当社のカメラ「ミノルタハイマチック」が地球の姿を初めて映し、1969 年には NASA の依頼で作成された露出計「ミノルタスペースメーター」が史上初の有人月面着陸を成し遂げたアポロ 11 号に搭載された。こうした宇宙開発の先人の実績を踏まえ、私たちは「約 50 年経って、もう一度やってやるぞ」という気持ちで、再び月を目指すミッションに臨もうとしている。

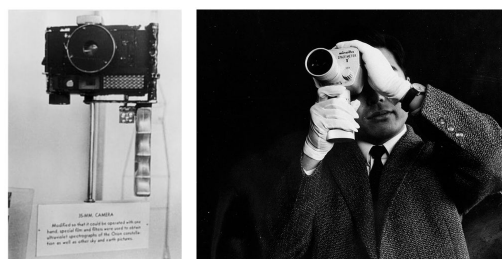


Fig.1 ミノルタハイマチック（左）とミノルタスペースメーター（右）

2.2. 宇宙開発および本テーマにつながった経緯

宇宙開発への出発点は 2018 年 11 月である。JAXA が人工衛星から不審船を発見したいというミッションを進めていることを、ニュースや学会発表を通じて知り興味をもった。センサー、特に超音波などの領域を担当していたため、超音波の技術を地球観測衛星に応用した提案を持ち込んだ。提案は棄却されてしまったが、同じ週、就活イベントで、後に本活動の一端を担う西氏と出会った。西氏は「宇宙に関わる仕事がしたい」という強い意思を持っており、その時点では宇宙開発に携わってはいなかったものの、その言葉を聞いて運命を感じ、もう一度真剣に宇宙開発に取り組むことを考え始めた。

しかし、その時点で直ちに宇宙開発の仕事ができるわけではなかったが、本業の出張にプラスして、東大、筑波、その他宇宙関連の場へ足を運び続けるなど、偶然のチャンスが訪れることを期待して行動を続けた。また、社内でも宇宙開発がやりたい旨を各事業部で宣伝し、接点が生まれる可能性を広げた。その後、直接

の転機となったのは、トヨタ自動車からのコニカミノルタへの技術的問い合わせである。この問い合わせを受けたコニカミノルタ側の事業部の方にも我々が宇宙開発をやりたいことが伝わっており、問い合わせに我々が対応する機会を得ることとなった。さらに、この問い合わせをきっかけに「自分たちに貢献できることはないのか」という観点で継続的に働きかけを行った結果、月面環境における隕石衝突リスク（大気がないため石が直接飛来し、穴が開けば致命的となる）への対策、すなわちバンパー構造の研究において、当社が超音波による損傷解析で参画する道筋が生まれ、ここで初めて「宇宙×非破壊検査」という具体的なテーマとして成立した。さらに、宇宙学会での発表を通じてこの協力関係が可視化され、以降も課題に対して提案書を作って持ち込むという行動を繰り返す中で、現在のテーマへと至った。紆余曲折があったが、「最初の一步は、好きなことを伝えるほんの少しの勇気」である。



Fig.2 宇宙関連の場へ足を運ぶ講演者ら

2.3. 課題と技術コンセプト

月面は大気がなく真空である。加えて湿気がないため極めて乾燥しており、太陽光が大気層を介さずにダイレクトに降り注ぐ。その結果、帯電状態で浮遊・再付着し得ると報告されている。さらに、長期にわたる微小隕石の衝突により破砕・粉砕が進んだ結果、粒子は角張った鋭利な形状を呈し、宇宙服や機器に付着すると除去することは困難である。この性質ゆえに、レゴリスは健康被害や機器の隙間への侵入などのリスクとして、アポロ時代の記録でも問題視され、最優先事項として位置づけられてきた。

有人と圧ローバーを前提とすると、レゴリスの付着・

堆積が想定される部位はソーラーレイパネル、ラジエータ、ローバー室内、宇宙服などの広範囲に及ぶ。長期ミッションでは風も雨もない環境で塵が積もり続けるため、悪影響の軽減には除去が不可欠となる。



Fig. 3 レゴリス除去を想定する部位のイメージ図

レゴリス除去で最も成熟している技術の一つが EDS (Electrodynamic Dust Shield) 方式である。EDS は導電パターン（電極）を対象表面に敷設することで機能し、機械的可動部を必要としない点に特徴がある。このため、機構を伴う方式と比較して故障要因を低減し得る。しかし、導電パターンを敷設していない部位には適用できない点が課題である。そこで本研究では、設置箇所に縛られず除去対象をより多くカバーできる、ブラシ方式の“可搬性（ポータビリティ）”に着目した。

複合機のトナークリーニング技術は帯電粒子であるトナーを除去するための機構であり、レゴリスも帯電し付着する粒子である点に着目し、この技術を応用することでレゴリス除去が可能になるのではないかと考え、開発を進めている。

2. 4. 方式と初期実験結果

提案方式は、クリーニングブラシ、回収ローラー、スクレーパ、回収スペースなどから成るクリーニングユニットを用い、除去対象物とユニットの片方/双方を移動させて相対速度を与えつつ、対象表面のレゴリスを広範囲に除去・回収する構成である。宇宙空間を想定し、真空グローブボックスに実験装置を入れて中真空下試験を行った。実験はレゴリスを模した模擬砂を用いて行い、感光体表面の残留物をテープで採取し、質量を計測した結果、除去率ほぼ 100%という複合機の電

子写真技術の高さが伺える結果となった。この結果をベースとして、実用化に向けた研究を日々進めている。

2. 5. 質疑

Q: 可搬性とは移動して使えるという意味か？ EDS 方式は移動できないのか？

A: EDS 方式では汚染が想定される箇所にあらかじめ設置するため、移動させることが原理的にできない。ブラシクリーニングはハンディタイプの機器に限定せず、ロボットなどで移動させて対象箇所へ当てにいくことができる。

Q: ブラシクリーニング機構の転用における課題は何か？

A: 転用に伴う難しさは以下の二点である。第一に、トナーは粒径や帯電量などがあらかじめコントロールされているのに対し、自然由来の砂はどんなものが来るかわからないことである。そのような不均一なものに対しても除去できることが難しい部分である。第二に、宇宙環境で運用する以上、宇宙紫外線などへの耐性や故障時の許容度を含めた信頼性要求が極めて厳しくなる点である。

Q: 試験環境については妥当か？ 月の環境を再現できているのか？

A: 真空グローブボックスは低真空～中真空域であり、実際の月面とは真空度が大きく異なる。初期段階として簡易的に確かめるという目的で真空グローブボックスを使用した。最終的には真空度を上げた試験を実施していくことを考えている。また、月面環境は温度条件も過酷である。温度域 (-170℃～+110℃) が広く、さらにそれが 2 週間程度継続するような状態であり、それらも踏まえた確認を積み上げる必要がある。

2. 5. まとめ

現在は、トヨタ自動車と共同研究契約を締結し、国際宇宙学会（シドニー）や宇宙科学技術連合講演会で

も成果を発表するなど取り組みを進めている。しかしまだ「全部できます」と言える段階ではない。だからこそ、ここからが本番で、信念をもってやり遂げたい。世の中のスピードはとにかく速く、生き残るためには変化し続けるしかない。やり方だけではなくやることも変える覚悟が要る。そのヒントが前人未踏の宇宙開発にあると思っている。複写機の技術は日本の数少ない緻密な基盤技術で、これを新しい方向へ転換できれば、新しい世界が開ける。厳しいけれど、最後は勇気である。企業という殻を破り、ともに新しい世界を創っていききたい。

3. おわりに

宇宙開発事業における有人と圧ローバーのレゴリス除去にトナークリーニング技術を応用することについて、取り組みに至った背景や講演者の方々の思いなどお話しいただいた。講演会には会員各社の方が多数参加され、講演終了後の質疑応答では数多くの質問があり、講演内容への参加者の関心の高さが伺えた。

最後に、津島様、西様、高田様にはお忙しい中、時間を割いていただき、また非常に分かりやすい講演を行っていただいた。この場を借りて御礼申し上げる。

禁 無 断 転 載

2025 年度「ビジネス機器関連技術調査報告書」 “I－1” 部

発行 2026 年 6 月

一般社団法人 ビジネス機械・情報システム産業協会（JBMIA）

技術調査専門委員会

〒108-0073 東京都港区三田三丁目 4 番 10 号 リーラヒジリザカ 7 階

電話 03-6809-5010（代表） / FAX 03-3451-1770