

令和 4 年 6 月 14 日現在

機関番号：32639

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19H01955

研究課題名（和文）火星に現存する微生物を検出するための生命探査顕微鏡の開発

研究課題名（英文）Development of Life Detection Microscope for searching living microorganisms on Mars

研究代表者

吉村 義隆（YOSHIMURA, Yoshitaka）

玉川大学・農学部・教授

研究者番号：90384718

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,500,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、地球外、特に火星表面での生命の兆候（微生物を含む有機物）を検出する装置として開発を進めている生命探査顕微鏡(Life Detection Microscope: LDM)の実験室レベル試験機(breadboard model: BBM)の製作と、科学目標(1 $\mu\text{m}/\text{pixel}$ の分解能と10 cells/gの検出感度)の実現可能性を検証することを目的に研究を行った。その結果、0.87 $\mu\text{m}/\text{pixel}$ の分解能を有するBBMの製作が完了し、微生物密度を10 cells/gに調整した模擬火星試料を使用した検証試験において微生物の検出に成功し、当初の目的を達成することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現在の火星表面は、乾燥した低温環境であるが、数十億年前の火星は、生命の誕生に適した環境であったと考えられるようになってきた。近年、火星表面から有機物やメタンなどが見つかるなど、現在も生命が存在している可能性が出てきた。

しかしながら、現在の欧米の火星探査は、過去の生命の痕跡を見つける、有機物探査が中心である。そこで、本研究では、生きた生命(微生物)を含む有機物を検出する装置の開発を行った。将来的に、火星表面に生命が現存していることが明らかになれば、宇宙における生命の誕生と進化の研究に大きな貢献ができるだけでなく、火星有人探査における、ヒトと火星生命が接触するリスクを評価することができるだろう。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to produce a breadboard model (BBM) of the life detection microscope (LDM) that will detect life signatures of extraterrestrial life such as organic compounds including microbes on the surface of Mars, and to validate the scientific goal of 1 $\mu\text{m}/\text{pixel}$ resolution and a detection sensitivity of 10 cells/g. As a result, the BBM with a resolution of 0.87 $\mu\text{m}/\text{pixel}$ was produced, and microorganisms was successfully detected in validation tests using simulated Mars samples adjusted to a microbial density of 10 cells/g.

研究分野：微生物学

キーワード：火星 蛍光顕微鏡 生命探査 生命兆候

1. 研究開始当初の背景

近年、火星における生命の存在が議論されるようになってきた。現在の火星表面は、乾燥した低温環境であるが、これまでの研究から、数十億年前の火星は、1) 表面に大量の水（海洋/湖沼）が存在したこと、2) 一定の期間、温暖湿潤な気候が存在したこと、3) 大気を保護する強力な磁場が存在していたこと、などが明らかになり、生命の誕生に適した環境であったと考えられるようになってきた。2011年に打ち上げられたマーズ・サイエンス・ラボラトリー計画のキュリオシティローバーによっても、生命に必須な元素（炭素、水素、酸素、リンなど）や、微生物のエネルギー源となる、様々な酸化還元状態の鉄や硫黄の化合物、チオフェン類や芳香族などの有機化合物が見つかっており、数十億年前の火星表面には生命が存在できる環境があったと考えられている。

現在の火星は、当時の環境とは大きく異なるが、地下水が継続的に湧出していることを示唆する峡谷や、水が流れた跡のように見える筋状の表面構造（Recurring Slope Lineae）、レーダーサウンダーによって地下の液体水の反射が見つかるなど、現在も生命が存在している可能性が出てきた。しかしながら、現在の欧米の火星探査は、過去の生命の痕跡としての有機物探査が中心であり、生きた微生物の探査は計画されていない。過去には、1970年代のバイキング計画によって、生きた微生物をターゲットとする生命探査実験が行われた。生命の存在が疑われる結果が得られたものの、有機物が検出されなかったため、生命の存在に否定的な結論が出された。しかしその後、バイキング実験結果の再検討がなされ、使われた質量分析装置の感度が低く、アタカマ砂漠など地球上の微生物密度が低い環境でも生命を検出できないなどの問題点が指摘されている。すなわち「火星には生命が存在し得る環境がある」にも関わらず、これまで「十分な感度で、現存する生命の探査は行われていない」のが現状である。

2. 研究の目的

火星表面において、特に現存する生命（微生物）の存否を、高い感度で調べ、生命の存在を明らかにする装置の開発を目標とし、本研究では、実験室レベルの試作機（breadboard model: BBM）を製作し、微生物密度が低い試料での検出可能性を検証することが目的である。この装置の開発コンセプトについて、我々は、JAXAのワーキンググループ等で議論を重ね、生命探査顕微鏡（Life Detection Microscope: LDM）と名付け開発を行ってきた。LDMは蛍光顕微鏡を基本原理とし、蛍光色素で染色した試料に、特定の波長の光（励起光）を照射し、色素から発する蛍光を検出する。微生物学、生化学、医学など、生物学の幅広い分野で用いられている機器であるが、これまで宇宙で用いられた実績は無く、NASAやESAの今後の火星探査計画でも、現在のところ搭載される予定はない。蛍光顕微鏡を用いる利点は、①蛍光色素を適切に選定することによって、様々な生体および非生体成分の検出が可能であること、②微生物細胞の形態を明らかに出来ること、③観察範囲を広げることによって微生物密度が低い試料でも検出できることである。LDMでは、微生物密度が、土1gあたり 10^4 細胞含まれる試料を、1 $\mu\text{m}/\text{pixel}$ の分解能（撮像サイズ）で微生物を映像化することを目標とした。この微生物密度は、バイキング着陸機で用いられた熱分解ガスクロマトグラフィー質量分析装置の検出限界よりも2桁低く、地球の陸上環境で最も微生物密度の低い場所（チリのアタカマ砂漠など）と同程度である。仮に微生物が検出されなかった場合でも、火星は、地球で最も過酷な場所よりも低い微生物密度であることが判明し、火星の微生物密度の上限を設定することができる。これは、将来の有人探査で、ヒトと火星生命が接触するリスクを評価する際の重要な情報になる。

3. 研究の方法

BBM は4つの部位で構成されている。試料（火星土）に蛍光色素液を添加する機構を有する試料装置部、顕微鏡部、光源部、カメラ部である。これらのうち、顕微鏡部と光源部は他の資金で製作し、カメラ部は市販の CMOS カラーカメラを用いるため、本研究では、試料装置部を製作し、他の装置部と組み合わせて BBM を完成させ、微生物密度を 10^4 cells/g に調整した模擬火星試料を用いて微生物検出試験を行った。

4. 研究成果

(1) 試料装置部の製作

製作した試料装置部には、回転する試料皿ローター上に、試料処理ユニット（気密蓋付きの試料筒、限外濾過筒、2つの染色液筒で構成）が1ユニット配置されている（図1）。

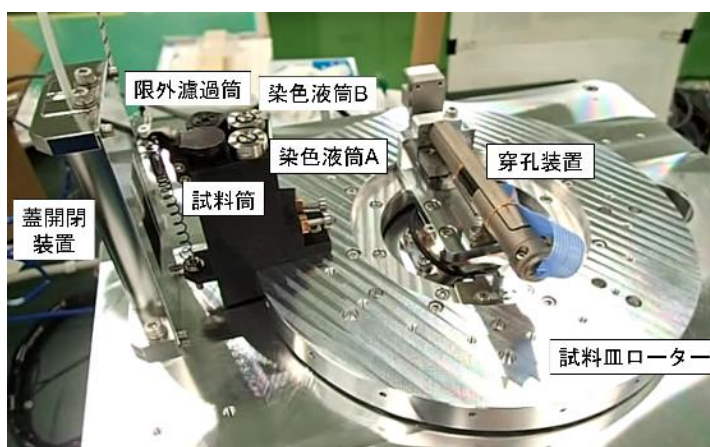


図1. 試料装置部。ローターの上に試料処理ユニットが設置されている。BBM では試験用に1ユニット製作したが、ローター上には20ユニット設置可能である。ユニットには、試料筒、限外濾過筒の他、異なるタイプの染色液を添加できるように、2つの染色液筒が配置されている。

ローターの直径は約 240 mm である。蓋の開閉機構は、バネで閉じられた蓋に形状記憶合金を取り付け、加熱により形状記憶合金が収縮し蓋が開く構造である（図2）。染色液筒下部に貼ったアルミ箔を（図3）、穿孔装置（図1）によって穿孔し、試料筒に染色液を添加する。試料筒に入った染色液は、限外濾過筒内の吸水材に吸引され、限外濾過筒の下部に貼られたポリカーボネート製フィルター（図4）に試料が濃縮される。試料筒および限外濾過筒下部には、顕微鏡観察のための石英窓（図5）がある。ローターの回転、気密蓋の開閉、染色液の添加は、ラズベリーパイを使い、パソコンから制御する（図6）。



図2. 蓋開閉装置。形状記憶合金を加熱することによって蓋が開く。



図3. 染色液筒底面。アルミ箔が貼られており、穿孔操作により、染色液を添加する。



図4. 限外濾過筒。手前の底面にはポリカーボネートフィルターが貼られている。



図5. 試料処理ユニット底面。試料筒（右上）と限外濾過筒（左上）の下部には、観察用の石英窓が設置されている。



図6. 試料装置部制御ソフトの操作画面。気密蓋を開くためのヒーター加熱、染色液添加のための穿孔操作を行う。また、顕微鏡による撮像を行うために、1-1000 μm 刻みでローターを回転させることができる。

(2) BBM 全体の完成

図 7 に、各装置を組み合わせて完成させた BBM の全体像を示した。試料装置部の下に、CMOS カメラ（カメラ部）を取り付けた蛍光顕微鏡（顕微鏡部）が配置されている。光源部には、励起光用レーザーダイオード（488 nm）と、明視野観察用 3 色 LED が入っており、光ファイバーで顕微鏡に接続されている。顕微鏡撮影時の視野範囲は 1.12 mm×0.894 mm、カメラの画素数は 1280×1024 pixel、輝度分解能は 8 bit であり、分解能（撮像サイズ）は 0.87 μm/pixel である。試料皿ローターを動かし、試料筒及び限外濾過筒下部を撮影する。試料筒および限外濾過筒での観察範囲はそれぞれ 0.8 mm³ である。

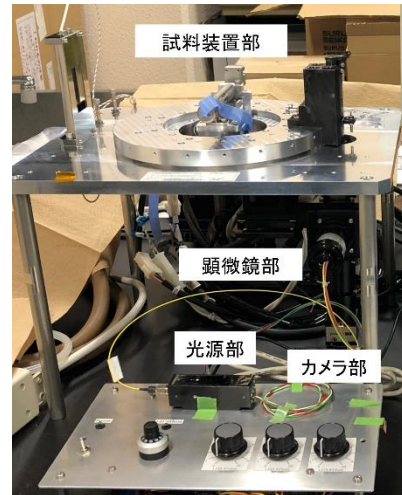


図 7. BBM 全体像。光源部からの励起光または LED 光を、顕微鏡を通して試料に照射し、試料の蛍光または明視野画像を CMOS カメラで撮影する。

(3) 微生物検出試験

MGS-1 Mars Global Simulant (Exolith Lab) 0.1 g に、培養した細菌 (*Bacillus subtilis*) の生菌液を 10⁴ cells/g になるように添加した試料を模擬火星試料として試料筒に入れ、染色液筒 A には、蛍光色素液として 10 μM CFDA-AM 緩衝液を、染色液筒 B には、色素を含まない緩衝液を、それぞれ 800 μL 入れた。染色液筒 A から試料に染色液を添加し、1 時間の染色時間をとった後に B を添加し、添加し余分な蛍光色素を洗い流した。試料皿ローターを 10 μm 刻みに動かしながら、試料筒及び限外濾過筒下部を、それぞれ 80 枚撮影した。その結果、蛍光色素の鉱物粒子への吸着や、鉱物の自家蛍光などによる擬陽性蛍光は観察されず、観察範囲 0.8 mm³ 中、試料筒では 5 細胞、限外濾過筒では 140 細胞が明瞭に検出された (図 8)。試料筒での細胞数に比べ、限外濾過筒では多数の細胞が検出され、低微生物密度の試料では、フィルターを使った濃縮機構が特に有効であることが分かった。

以上、本研究により、LDM の BBM が完成し、検出目標として設定した 10⁴ cells/g の試料でも微生物が検出可能であることが分かり、本研究の目的を達成することができた。

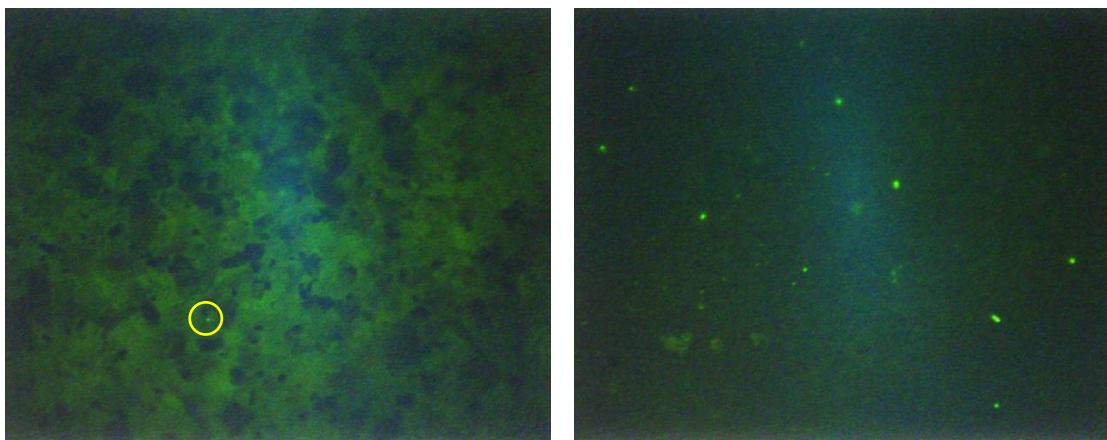


図 8. 10⁴ cells/g に調整した模擬火星試料を、BBM で染色・撮影した蛍光画像。緑色の蛍光を発する粒子が微生物である。試料筒（左図）では 1 視野あたりの検出細胞（黄色の円内）は 0-1 細胞であったが、限外濾過筒（右図）では多数の細胞が検出された。蛍光色素の鉱物粒子への吸着や、鉱物の自家蛍光などによる擬陽性蛍光は観察されなかった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 YOSHIMURA Yoshitaka, ENYA Keigo, KOBAYASHI Kensei, SASAKI Satoshi, YAMAGISHI Akihiko	4. 巻 70
2. 論文標題 Life Explorations for Biosignatures in Space	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 BUNSEKI KAGAKU	6. 最初と最後の頁 309 ~ 326
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2116/bunsekikagaku.70.309	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Sasaki Satoshi, Yamagishi Akihiko, Yoshimura Yoshitaka, Enya Keigo, Miyakawa Atsuo, Ohno Sosuke, Fujita Kazuhisa, Usui Tomohiro, Limaye Sanjay S.	4. 巻 -
2. 論文標題 In situ biochemical characterization of Venus cloud particles using a life-signature detection microscope	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Canadian Journal of Microbiology	6. 最初と最後の頁 1 ~ 13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1139/cjm-2021-0140	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Enya Keigo, Yoshimura Yoshitake, Kobayashi Kensei, Yamagishi Akihiko	4. 巻 11815
2. 論文標題 Fluorescence microscope as a core instrument for extraterrestrial-life detection methods	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proc. SPIE, Novel Optical Systems, Methods, and Applications XXIV	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2595495	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Enya Keigo, Yoshimura Y., Sasaki S., Yamagishi A., Miyakawa A., Imai E., Kobayashi K., Mita H.	4. 巻 11353
2. 論文標題 Life detection fluorescence microscope (LDM) for the solar system explorations	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. SPIE, Optics, Photonics and Digital Technologies for Imaging Applications VI	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2560320	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 吉村義隆	4. 巻 10
2. 論文標題 火星の微生物を探る生命探査顕微鏡	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ぶんせき	6. 最初と最後の頁 474-477
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計23件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 8件)

1. 発表者名 Yoshitaka Yoshimura, Akihiko Yamagishi, Atsuo Miyakawa, Eiichi Imai, Satoshi Sasaki, Hajime Mita, Kensei Kobayashi, Yoko Kebukawa, Naoto Sato, Takehiko Satoh, Keigo Enya, Kazuhisa Fujita, and Tomohiro Usui
2. 発表標題 Development of the Life-signature Detection Microscope (LDM) for in situ imaging of organic compounds including living cells on Mars
3. 学会等名 JpGU
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 塩谷圭吾、吉村義隆、佐々木聡、大野宗祐、木村駿太、三田肇、山岸明彦、宮川厚夫、今井栄一、小林憲正
2. 発表標題 地球外生命探査顕微鏡
3. 学会等名 ISAS宇宙生命探査シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yoshitaka Yoshimura, Akihiko Yamagishi, Atsuo Miyakawa, Satoshi Sasaki, Eiichi Imai, Keigo Enya, Kensei Kobayashi, Yoko Kebukawa, Tomoka Okada, Hajime Mita, Takeshi Naganuma, Takehiko Satoh, Kazuhisa Fujita, Tomohiro Usui
2. 発表標題 Development of the Life-signature Detection Microscope (LDM) for in situ imaging of organic compounds including living cells on Mars
3. 学会等名 COSPAR 2021-Hybrid (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉村義隆, 山岸明彦, 宮川厚夫, 今井栄一, 佐々木聡, 佐藤毅彦, 塩谷圭吾, 小林憲正, 葵生川陽子, 三田肇, 佐藤直人, 丸尾裕一, 登尾浩助, 藪田ひかる, 長沼毅, 藤田和央, 臼井寛裕
2. 発表標題 蛍光顕微鏡による火星での生命兆候探査
3. 学会等名 宇宙環境利用シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉村義隆, 山岸明彦, 宮川厚夫, 今井栄一, 佐々木聡, 佐藤毅彦, 塩谷圭吾, 小林憲正, 葵生川陽子, 三田肇, 佐藤直人, 丸尾裕一, 登尾浩助, 藪田ひかる, 長沼毅, 藤田和央, 臼井寛裕
2. 発表標題 火星表面探査のための生命兆候探査顕微鏡 (LDM) 開発の現状
3. 学会等名 宇宙科学シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉村義隆, 山岸明彦, 宮川厚夫, 今井栄一, 佐々木聡, 塩谷圭吾, 三田肇, 小林憲正, 葵生川陽子, 佐藤直人, 佐藤毅彦, 藪田ひかる, 長沼毅, 藤田和央, 臼井寛裕
2. 発表標題 火星表面探査に向けた生命兆候探査顕微鏡のブレッドボードモデル開発
3. 学会等名 日本惑星科学会秋季講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yoshitaka Yoshimura
2. 発表標題 Development of the Life-signature Detection Microscope (LDM) for in situ imaging of organic compounds including microbial cells on Mars
3. 学会等名 ISAS 惑星探査ワークショップ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yoshitaka Yoshimura, Akihiko Yamagishi, Atsuo Miyakawa, Satoshi Sasaki, Eiichi Imai, Keigo Enya, Kensei Kobayashi, Yoko Kebukawa, Tomoka Okada, Hajime Mita, Takeshi Naganuma, Takehiko Satoh, Kazuhisa Fujita, Tomohiro Usui
2. 発表標題 Search for biosignatures on Mars by the Life-signature Detection Microscope (LDM)
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉村義隆, 山岸明彦, 宮川厚夫, 今井栄一, 佐々木聡, 佐藤毅彦, 塩谷圭吾, 小林憲正, 癸生川陽子, 岡田朋華, 藪田ひかる, 長沼毅, 三田肇, 登尾浩助, 佐藤直人, 丸尾裕一, 藤田和央, 臼井寛裕
2. 発表標題 火星表面探査のための生命兆候探査顕微鏡 (LDM) 開発
3. 学会等名 第34回宇宙環境利用シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉村義隆, 山岸明彦, 宮川厚夫, 今井栄一, 佐々木聡, 佐藤毅彦, 塩谷圭吾, 小林憲正, 癸生川陽子, 岡田朋華, 藪田ひかる, 長沼毅, 三田肇, 藤田和央, 臼井寛裕
2. 発表標題 火星表面探査のための生命兆候探査顕微鏡 (LDM) 開発の現状
3. 学会等名 第20回宇宙科学シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉村義隆, 山岸明彦, 佐藤毅彦, 宮川厚夫, 今井栄一, 佐々木聡, 小林憲正, 癸生川陽子, 岡田朋華, 塩谷圭吾, 藪田ひかる, 長沼毅, 三田肇, 藤田和央, 臼井寛裕
2. 発表標題 火星表面で生命の兆候を検出する生命探査顕微鏡の開発
3. 学会等名 日本惑星科学会秋季講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉村義隆, 山岸明彦, 宮川厚夫, 今井栄一, 佐々木聡, 佐藤毅彦, 塩谷圭吾, 小林憲正, 癸生川陽子, 岡田朋華, 藪田ひかる, 長沼毅, 三田肇, 藤田和央, 臼井寛裕
2. 発表標題 火星表面で生命の兆候を検出する顕微鏡開発
3. 学会等名 2019年度アストロバイオロジーワークショップ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡田朋華, 吉村義隆, 宮川厚夫, 村野由佳, 横堀伸一, 山岸明彦, 小林憲正, 癸生川陽子
2. 発表標題 火星生命探査顕微鏡における有機物と鉱物の識別法の検討
3. 学会等名 日本宇宙生物科学会第33回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshitaka Yoshimura, Akihiko Yamagishi, Takehiko Satoh, Atsuo Miyakawa, Eiichi Imai, Satoshi Sasaki, Kensei Kobayashi, Yoko Kebukawa, Tomoka Okada, Keigo Enya, Hikaru Yabuta, Takeshi Naganuma, Hajime Mita, Kazuhisa Fujita, Tomohiro Usui
2. 発表標題 Current status of Life Detection Microscope (LDM) for Mars surface exploration
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshitaka Yoshimura, Akihiko Yamagishi, Takehiko Satoh, Atsuo Miyakawa, Eiichi Imai, Satoshi Sasaki, Kensei Kobayashi, Yoko Kebukawa, Tomoka Okada, Keigo Enya, Hikaru Yabuta, Takeshi Naganuma, Hajime Mita, Kazuhisa Fujita, Tomohiro Usui,
2. 発表標題 Development of Life Detection Microscope (LDM) for in situ imaging of living cells on Mars surface
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshitaka Yoshimura, Akihiko Yamagishi, Takehiko Satoh, Atsuo Miyakawa, Eiichi Imai, Satoshi Sasaki, Kensei Kobayashi, Yoko Kebukawa, Tomoka Okada, Keigo Enya, Hikaru Yabuta, Takeshi Naganuma, Hajime Mita, Kazuhisa Fujita, Tomohiro Usui
2. 発表標題 Scientific significance of searching living cells on Mars surface by Life Detection Microscope (LDM)
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshitaka Yoshimura
2. 発表標題 Life search on Mars by Life Detection Microscope (LDM)
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2019 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshitaka Yoshimura, Akihiko Yamagishi, Takehiko Satoh, Atsuo Miyakawa, Eiichi Imai, Satoshi Sasaki, Kensei Kobayashi, Yoko Kebukawa, Tomoka Okada, Keigo Enya, Hikaru Yabuta, Takeshi Naganuma, Hajime Mita, Kazuhisa Fujita, Tomohiro Usui
2. 発表標題 Development of Life Detection Microscope (LDM) for in situ imaging of living cells on Mars surface
3. 学会等名 Joint Symposium 32nd ISTS & 9th NSAT (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Satoshi Sasaki, Yoshitaka Yoshimura, Keigo Enya, Atsuo Miyakawa, Kazuhisa Fujita, Tomohiro Usui, Sohsuke Ohno, Akihiko Yamagishi, Sanjay S. Limaye
2. 発表標題 Microscope for Life Detection in Venus Clouds
3. 学会等名 The 74th Fujihara Seminar / International Venus Conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Satoshi Sasaki, Yoshitaka Yoshimura, Keigo Enya, Atsuo Miyakawa, Kazuhisa Fujita, Tomohiro Usui, Sohsuke Ohno, Akihiko Yamagishi, Sanjay S. Limaye
2. 発表標題 Life Detection Microscope for Venus Cloud Particles
3. 学会等名 AbSciCon 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshitaka Yoshimura, Satoshi Sasaki, Akihiko Yamagishi, Takehiko Satoh, Atsuo Miyakawa, Eiichi Imai, Kensei Kobayashi, Yoko Kebukawa, Tomoka Okada, Keigo Enya, Hikaru Yabuta, Takeshi Naganuma, Hajime Mita, Kazuhisa Fujita, Tomohiro Usui
2. 発表標題 Life Detection Microscope (LDM) for Mars surface in situ observation
3. 学会等名 AbSciCon 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Satoshi Sasaki, Yoshitaka Yoshimura, Keigo Enya, Atsuo Miyakawa, Kazuhisa Fujita, Tomohiro Usui, Sohsuke Ohno, Akihiko Yamagishi, Sanjay S. Limaye
2. 発表標題 Life-signature Detection Microscope for Cloud Layer Particles
3. 学会等名 Venera-D Landing Sites selection and Cloud Layer Habitability Workshop (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Satoshi Sasaki, Yoshitaka Yoshimura, Keigo Enya, Atsuo Miyakawa, Kazuhisa Fujita, Tomohiro Usui, Sohsuke Ohno, Akihiko Yamagishi, Sanjay S. Limaye
2. 発表標題 Microscope for Venus Cloud Particle Observation
3. 学会等名 OKINAWA COLLOIDS 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Yoshitaka Yoshimura	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 465
3. 書名 Astrobiology - From the Origins of Life to the Search for Extraterrestrial Intelligence	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	佐々木 聡 (SASAKI Satoshi) (70262110)	東京工科大学・医療保健学部・教授 (32692)	
研究分担者	今井 栄一 (IMAI Eiichi) (30134977)	長岡技術科学大学・工学研究科・助教 (13102)	削除：2021年6月7日

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	山岸 明彦 (YAMAGISHI Akihiko)		
研究協力者	宮川 厚夫 (MIYAKAWA Atsuo)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------