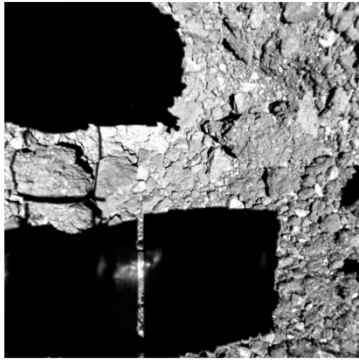
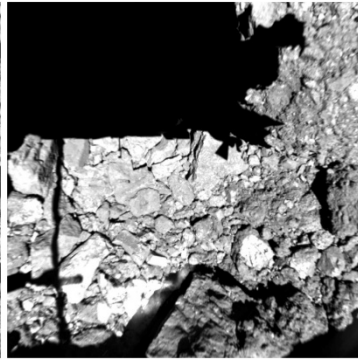


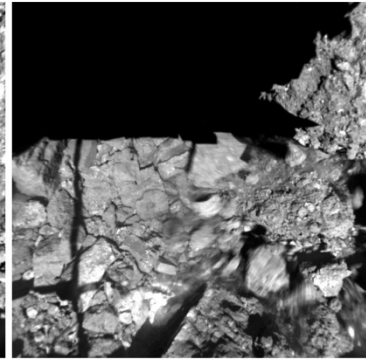
2/21 22:28:51 高度 2.8m



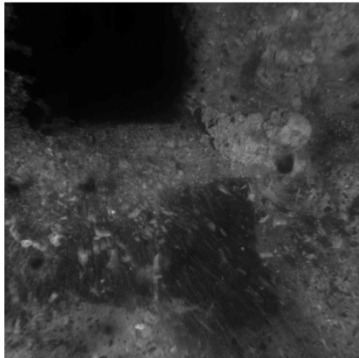
2/21 22:29:09 高度 1.0m



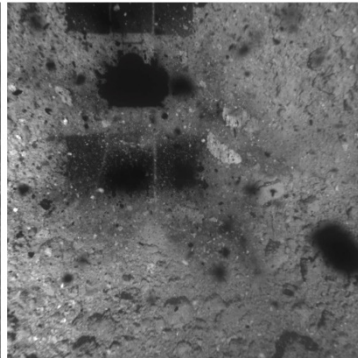
2/21 22:29:11TD 直後



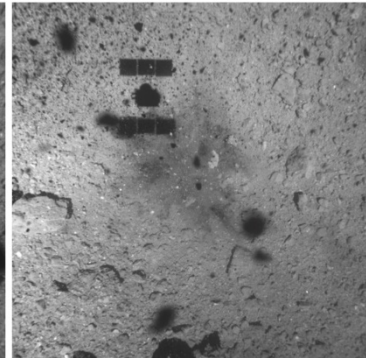
2/21 22:29:17 高度 3.2m



2/21 22:29:27 高度 8.6m



2/21 22:29:49 高度 21m



小惑星探査機「はやぶさ2」観測成果論文の Science 誌掲載について

名古屋大学大学院環境学研究科の渡邊誠一郎教授が参画する研究チームが、小惑星探査機「はやぶさ2」による小惑星 Ryugu(リュウグウ)の探査活動に基づく研究成果をまとめた論文が、アメリカの科学雑誌 Science(サイエンス)電子版に2020年5月7日(日本時間5月8日)に掲載されましたので、お知らせします。この論文の筆頭著者である東京大学の諸田智克准教授は、2019年まで名古屋大学に在籍し、この成果も名古屋大学時代の研究が中心となっています。

論文の内容は次の通りです。

「はやぶさ2」のタッチダウンで観測された小惑星リュウグウ表面の擾乱とそれから示唆される表層と軌道の進化史

原題 : Sample collection from asteroid 162173 Ryugu by Hayabusa2: implications for surface evolution

1. 概要

2019年2月22日(日本時間)、小惑星探査機「はやぶさ2」は小惑星リュウグウの試料採取を目的とした第1回の着地(タッチダウン)に成功しました。タッチダウンの際に取得された超高解像度画像から、タッチダウン時に打ち込まれた弾丸とスラスト噴射の影響で、多くの岩石と、岩石表面やその内部の隙間に付着していたと考えられる大量の赤黒い微粒子が舞い上がったことがわかりました。またクレーターの年代とクレーターが掘り起こした地下物質の色の関係から、赤黒い物質はリュウグウの表層

数メートルの厚さで全球的に層状に存在していること、それらは30万年前から800万年前の間の短い期間にリュウグウ表面物質が、太陽に焼かれることで変質してつくられたことがわかりました。この結果は、リュウグウは過去に現在よりも太陽に接近する軌道にいたことを示しています。また、着陸地点の表面には赤黒い物質だけでなく、変成をうける以前の青白い物質も存在していることから、変成をうけていない物質と変成をうけた物質の両方の物質が採取されたと期待されます。

2. 本文

これまでの「はやぶさ2」による観測からは、リュウグウ表面は岩に覆われており、月面のような微粒子の存在は確認されていませんでした。「はやぶさ2」はリュウグウの試料を採取するために、2019年2月22日(日本時間)に第1回のタッチダウン運用を行いました。図1はタッチダウンの際に広角の光学航法カメラ(ONC-W1)によって取得された画像です。タッチダウンと同時に試料採取のための弾丸発射と探査機上昇のためのスラスタ噴射によって、岩石だけでなく大量の黒い微粒子が舞い上がったことがわかりました。飛ばされた岩石の多くは白く変化したことから、もともと黒い微粒子は岩石の表面や内部の隙間に付着していたと考えられます。その後、舞い上がった微粒子はタッチダウン地点を中心に、直径10mの範囲に広がり、表面に堆積しました。図2のように、タッチダウンの前後でタッチダウン地点付近の色が赤黒く変化したことから、タッチダウンと同時に舞い上がった微粒子が赤黒い色をしていたと考えられます。

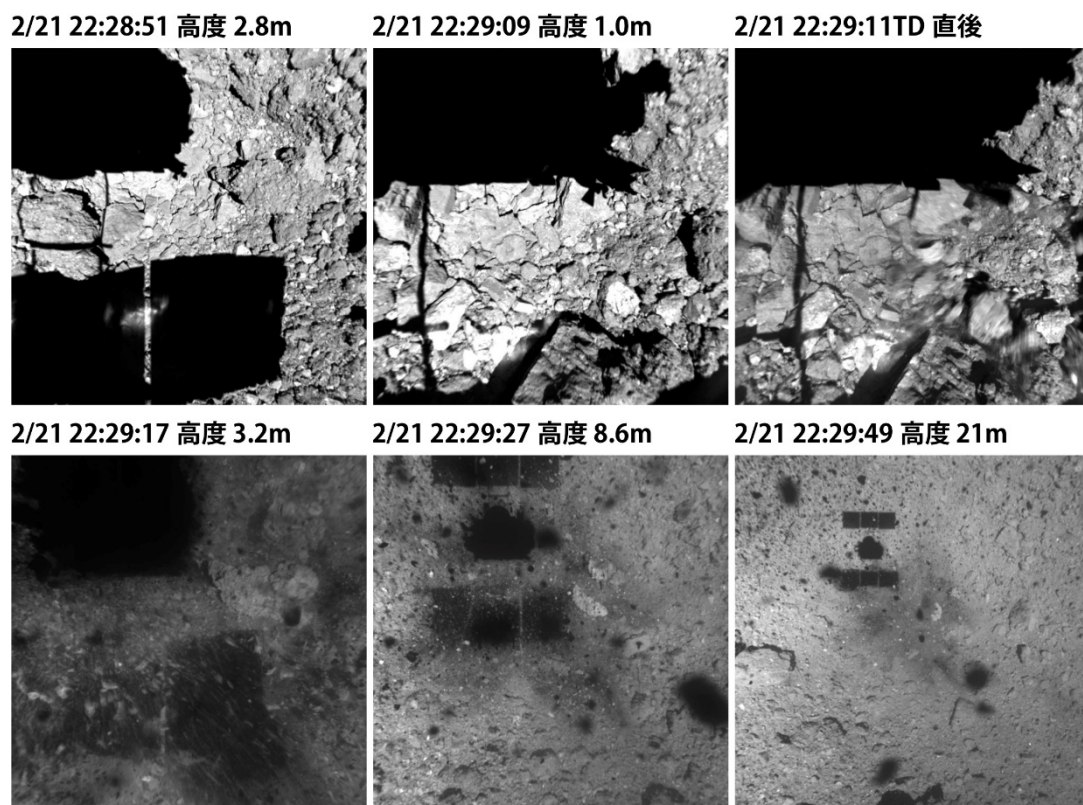


図1: ONC-W1によって撮影された第1回タッチダウンの前後のリュウグウ表面の様子。日時は協定世界時。

(©JAXA、東京大、高知大、立教大、名古屋大、千葉工大、明治大、会津大、産総研)

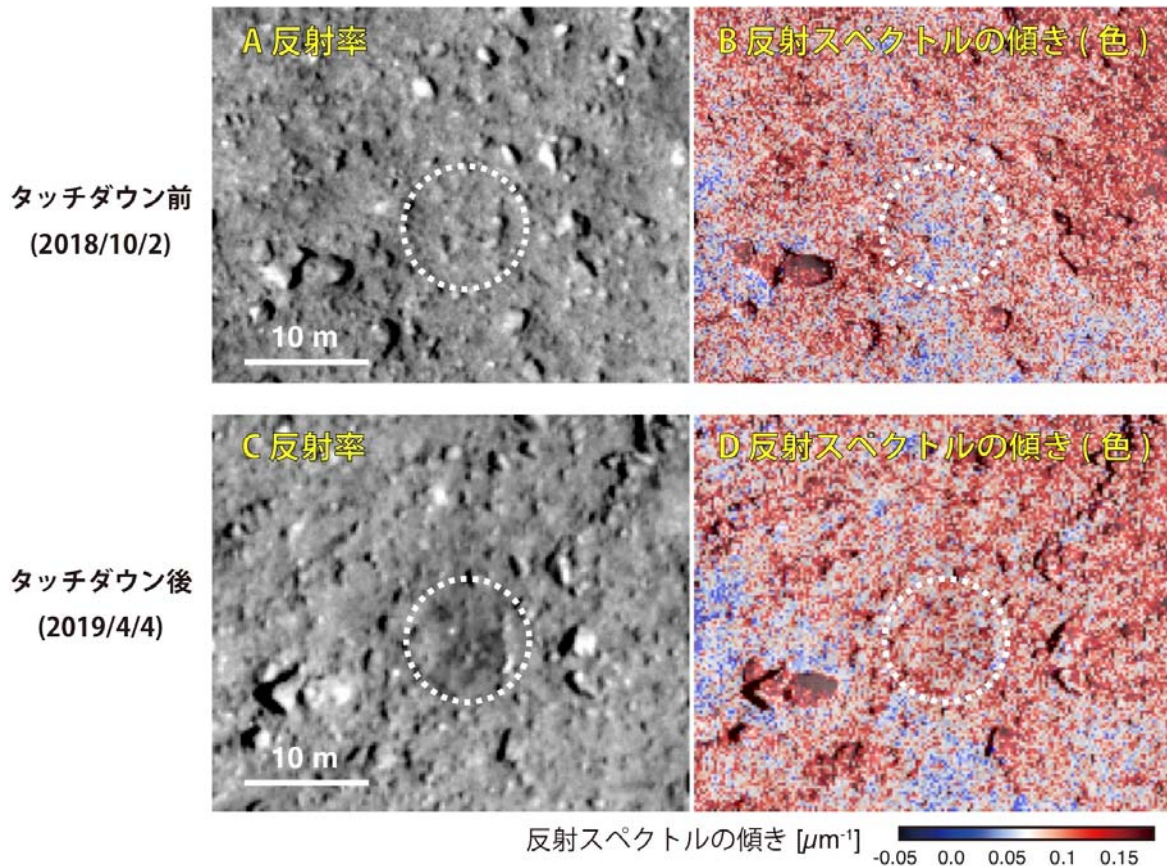


図 2: タッチダウン地点周辺の色の変化。(A), (B) タッチダウン前 (2018/10/2) と (C), (D) タッチダウン後 (2019/4/4) の反射率と反射スペクトルの傾きの変化。(A)(C) は反射率を示し、(B)(D) は反射スペクトルの傾きを示している。点線の円の中心がタッチダウン地点。(©Morota et al., 2020 から一部改変)

一方で全球的な観測から、リュウグウ表面は赤道ではやや青白く、中緯度では赤黒く、両極では特に青白いことがわかっていました(図 3)。本研究でさらにクレーター同士が重なっている領域の色の分布を詳細に調べてみると、他のクレーターよりも下にあるクレーター、つまり相対的に古いクレーターの内部は周囲と同程度の赤さを持つのに対して、上にあるクレーター、つまり若いクレーターの内部は周囲よりも青くなっていることがわかりました(図 3)。このことから、過去にリュウグウ表面は赤く変化するイベントがあったこと、内部が赤いクレーターはリュウグウ表面の赤化が起きる前につくられたものであり、内部が青いクレーターは表面の赤化が起こった後につくられ、地下の新鮮な青い物質を露出させたものであることがわかりました。表面の赤さ分布に緯度依存性があり、また、赤いクレーターと青いクレーターが明瞭に二分されることから、リュウグウ表面の赤化イベントは太陽による加熱または風化によるものであり、それは短期間で起こったことを意味しています。このことから、過去にリュウグウは一時的に太陽に接近した軌道にあったと考えられます。青いクレーターは表面赤化が起こってからつくられたものなので、その数密度から表面赤化の年代を推定することができ、30 万年から 800 万年の年代が推定されました。図 4 はこれらの結果から推定されたリュウグウの進化史をまとめたものになります。

タッチダウンで観測された赤黒い微粒子は、この太陽接近の際に変成を受けた物質が破碎されたものであると考えられます。また、着陸地点の表面には赤黒い物質だけでなく、変成をうける以前の青白い物質も存在していることから、変成をうけていない物質と変成をうけた物質の両方の物質が採取されたと期待されます。

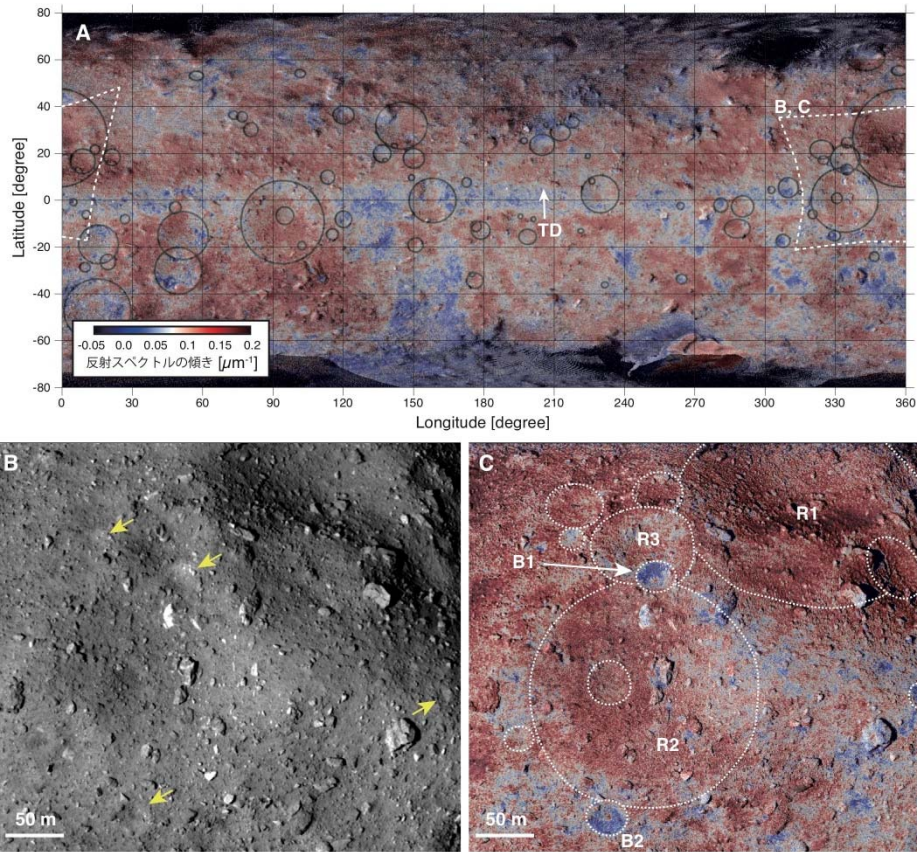


図 3: リュウグウ表面の反射スペクトルの傾きマップ。(A)の黒丸、(C)の白丸はクレーターを表す。内部が青い B1 や B2 クレーターは他のクレーターよりも上にあることから若いクレーターであることがわかる。(©Morota et al., 2020 から一部改変)

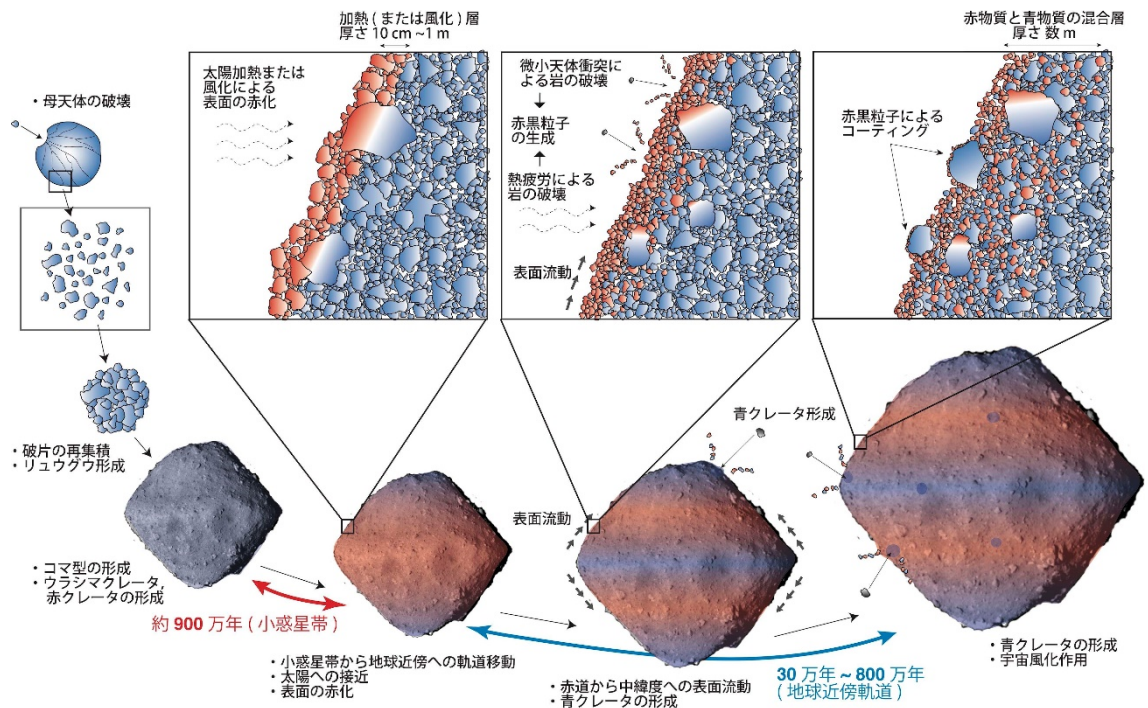


図 4: 推定されたリュウグウの進化史。(©Morota et al., 2020 から一部改変)

3. 論文情報

論文タイトル: Sample collection from asteroid 162173 Ryugu by Hayabusa2: implications for surface evolution

著者名: T. Morota^{1,2}, S. Sugita^{1,3}, Y. Cho¹, M. Kanamaru^{4†}, E. Tatsumi^{1,5,6}, N. Sakatani^{7‡}, R. Honda⁸, N. Hirata⁹, H. Kikuchi⁷, M. Yamada³, Y. Yokota^{7,8}, S. Kameda¹⁰, M. Matsuoka⁷, H. Sawada⁷, C. Honda¹¹, T. Kouyama¹², K. Ogawa^{9,13}, H. Suzuki¹⁴, K. Yoshioka¹, M. Hayakawa⁷, N. Hirata¹¹, M. Hirabayashi¹⁵, H. Miyamoto^{1,21}, T. Michikami¹⁶, T. Hiroi¹⁷, R. Hemmi¹, O. S. Barnouin¹⁸, C. M. Ernst¹⁸, K. Kitazato¹¹, T. Nakamura¹⁹, L. Riu⁷, H. Senshu³, H. Kobayashi², S. Sasaki⁴, G. Komatsu²⁰, N. Tanabe¹, Y. Fujii⁸, T. Irie², M. Suemitsu², N. Takaki¹, C. Sugimoto¹, K. Yumoto¹, M. Ishida¹⁰, H. Kato¹⁰, K. Moroi¹⁰, D. Domingue²¹, P. Michel²², C. Pilorget²³, T. Iwata^{7,24}, M. Abe^{7,24}, M. Ohtake^{7,11}, Y. Nakauchi⁷, K. Tsumura^{18,25}, H. Yabuta²⁶, Y. Ishihara²⁷, R. Noguchi⁷, K. Matsumoto^{24,28}, A. Miura⁷, N. Namiki^{24,28}, S. Tachibana¹, M. Arakawa⁹, H. Ikeda²⁹, K. Wada³, T. Mizuno^{7,24}, C. Hirose²⁹, S. Hosoda⁷, O. Mori⁷, T. Shimada⁷, S. Soldini^{7,30}, R. Tsukizaki⁷, H. Yano^{7,24}, M. Ozaki^{7,24}, H. Takeuchi^{7,24}, Y. Yamamoto^{7,24}, T. Okada^{7,1}, Y. Shimaki⁷, K. Shirai⁷, Y. Iijima^{7§}, H. Noda^{24,28}, S. Kikuchi⁷, T. Yamaguchi^{7#}, N. Ogawa⁷, G. Ono²⁸, Y. Mimasu⁷, K. Yoshikawa²⁹, T. Takahashi^{7\$}, Y. Takei^{7,29}, A. Fujii⁷, S. Nakazawa⁷, F. Terui⁷, S. Tanaka^{7,24}, M. Yoshikawa^{7,24}, T. Saiki⁷, S. Watanabe^{2,7}, and Y. Tsuda^{7,24}.

著者所属: 1.The University of Tokyo, Tokyo 113-0033, Japan. 2.Nagoya University, Nagoya 464-8601, Japan. 3.Planetary Exploration Research Center, Chiba Institute of Technology, Narashino 275-0016, Japan. 4.Osaka University, Toyonaka 560-0043, Japan. 5.Departamento de Astrofísica, Universidad de La Laguna, 38206 La Laguna, Tenerife, Spain. 6.Instituto de Astrofísica de Canarias, 38205 La Laguna, Tenerife, Spain. 7.Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA), Sagami-hara 252-5210, Japan. 8.Kochi University, Kochi 780-8520, Japan. 9.Kobe University, Kobe 657-8501, Japan. 10.Rikkyo University, Tokyo 171-8501, Japan. 11.University of Aizu, Aizu-Wakamatsu 965-8580, Japan. 12.National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Tokyo 135-0064 Japan. 13.JAXA Space Exploration Center, Japan Aerospace Exploration Agency, Sagami-hara 252-5210, Japan. 14.Meiji University, Kawasaki 214-8571, Japan. 15.Auburn University, Auburn, AL 36849, USA. 16.Kindai University, Higashi-Hiroshima 739-2116, Japan. 17.Brown University, Providence, RI 02912, USA. 18.Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory, Laurel, MD 20723, USA. 19.Tohoku University, Sendai 980-8578, Japan. 20.International Research School of Planetary Sciences, Università d'Annunzio, 65127 Pescara, Italy. 21.Planetary Science Institute, Tucson, AZ 85719-2395, USA. 22.Université Côte d'Azur, Observatoire de la Côte d'Azur, Centre National de la Recherche Scientifique, Laboratoire Lagrange, 06304 Nice, France. 23.Institut d'Astrophysique Spatiale, Université Paris-Sud, Orsay, France. 24.SOKENDAI (The Graduate University for Advanced Studies), Hayama 240-0193, Japan. 25.Tokyo City University, Tokyo 158-8557, Japan. 26.Hiroshima University, Higashi-Hiroshima 739-8526, Japan. 27.National Institute for Environmental Studies, Tsukuba 305-8506, Japan. 28.National Astronomical Observatory of Japan, Mitaka 181-8588, Japan. 29.Research and

Development Directorate, JAXA, Sagamihara 252-5210, Japan. 30.The University of Liverpool, Liverpool L69 3BX, UK.

† Affiliation from April 2020: Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA), Sagamihara 252-5210, Japan.

‡ Affiliation from April 2020: Rikkyo University, Tokyo 171-8501, Japan

§ Deceased.

#Current affiliation: Mitsubishi Electric Corporation, Kamakura 247-8520, Japan.

\$Current affiliation: NEC Corporation, 1-10 Nisshin-cho, Fuchu, Tokyo 183-0036, Japan.

DOI : [10.1126/science.aaz6306](https://doi.org/10.1126/science.aaz6306)