

ベルモント・フォーラム
科学に向ける e-インフラストラクチャーのイノベーション
終了報告書 概要

1. 研究課題名：「ワールドワイドウェブ型浮遊生物画像解析ポータル」
2. 研究期間：平成 31 年 4 月～令和 5 年 3 月
3. 主な参加研究者名：
日本側チーム

	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	リンズィードゥーグル	主任研究員	海洋研究開発機構 超先鋭研究開発部門	研究統括、システム構築、生物分類
研究参加者	渡部 裕美	准研究主任	海洋研究開発機構 超先鋭研究開発部門	システム利活用 調査、生物分類、
研究参加者	細野 隆史	准研究主任	海洋研究開発機構 国際海洋環境情報センター	データ利用管理
研究参加者	山本 志乃	臨時研究補助員	海洋研究開発機構 超先鋭研究開発部門	データ入力、ユーザーインターフェース評価
研究期間中の全参加研究者数			4名	

相手側チーム

	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	IRISSON Jean-Olivier	Associate Professor	Laboratory of Oceanography in Villefranche, Sorbonne University, France	研究統括、システム構築
主たる 共同研究者	COWEN Robert K	Professor	Hatfield Marine Science Center, Oregon State University, U.S.A.	研究統括、システム構築
主たる 共同研究者	HIRATA Nina S T	Associate Professor	Institute of Mathematics and Statistics, University of São Paulo, Brazil	研究統括、システム構築
研究期間中の全参加研究者数			3名	

4. 国際共同研究の概要

細胞から宇宙まで、近年、多くの科学研究で利用される画像データの数は増加傾向にある。数百万という自動で抽出された画像データを科学研究やアウトリーチ等社会で効果的に利用するには、迅速に標準化されたデータを抽出し、コミュニティで共有される仕組みが必要である。生態学や環境調査ではどんな生物が、いつ、どこに存在し、それが時間とともにどのように変化するのか、が基本的なデータとなり、画像データはこういった調査研究の大きな助けになる。地球の生態系の大部分を占める海洋生態系の主要な構成者はプランクトンであり、海洋の生産性や気候変動に影響するような海洋生態系における物質輸送などに貢献しているが、この動態を目視によって観察するのは困難である。海洋におけるプランクトン画像データの効率的な収集・統合・活用によりこの問題は解決可能であるが、標準化された手法やシステムが存在せず、世界中の研究機関にデータやシステムが散在している状態であった。本研究では、これらのプランクトン画像データを収集し、生態学研究に必要なデータ抽出を行い、誰でも簡単に利用できるように管理する **World Wide Web of Plankton Image Curation applications (WWW.PIC)** を構築することを主な目的とした。本研究はデータベースデザインや数十億という画像データを自動処理する機械学習に革新をもたらすだけでなく、一般アクセスが可能なサーバーを用いることによって、ベルモン

ト・フォーラムが目指す科学研究を促進するために重要な協働の風土を醸成することも期待される。このシステムを利用することにより、プランクトンを利用した海洋生態系の迅速なモニタリングや世界規模のプランクトンの多様性調査が可能となり、海洋生態系の生産性や気候変動への寄与などを検証可能なデータに基づき経時的に示すことが可能になるだろう。

5. 国際共同研究の成果

5-1 国際共同研究の学術成果および実施内容

本研究は7名の学生（ブラジル、フランス、米国）と3名のポスドク（ブラジル、米国）の育成に貢献した。プランクトン画像データを対象とした分類ワークショップやプログラミングコースを実施し、画像データを用いた海洋生態系調査・研究の標準化に努めた。2021年には日本国内で「画像解析を用いた海洋生態系調査の最前線：プラットフォーム開発に向けて」と題したオンラインワークショップを開催し、87名が参加し、国内における海洋生態系研究の画像利用の現状把握と課題の抽出を行い、画像データの活用による海洋生態系研究の促進について理解を深めた。このほかに [WWW.PIC に関する13件の出版物](#)、33件の国際学会発表も行った。また、研究者コミュニティにおける既存で認知度の高いウェブインターフェイスである EcoTaxa に WWW.PIC を繋げることで、現在 350 を超える研究機関から 2.75 億枚を超えるプランクトン画像データを格納・処理し、研究やアウトリーチに活用可能なデータとして提供できる状態である。

5-2 国際共同研究による相乗効果

本研究の開始後に生じたコロナ禍によって対面のワークショップや新たなデータを取得するための航海の機会が制限されるなど国際共同研究の側面には大きな支障が出たが、オンラインツールを利用してこれを補った。それぞれの国が担当する海域や生物の分類群が異なっていたため、複数のグループが参加するオンラインワークショップにおいて知識や情報を交換することにより画像データの分類の効率化・標準化を進めることができた。また、国際共同研究を行うことにより、国際的な海洋生物のデータベースである Ocean Biogeographic Information System (OBIS) や World Register of Marine Species (WoRMS) などと連携することができた。これにより、海洋生態系研究におけるプランクトン動態の把握の重要性を示すことができた。

5-3 国際共同研究成果の波及効果と今後の展望

本研究は学術研究に携わる研究者のみによって実施されたが、各国で海洋開発を実施する際に企業が請け負っている環境影響評価に、今回構築された手法が利用されており、すでに産業界への波及が進んでいるものと考えている。Clarion-Clipperton Zone における深海資源開発に関わる環境影響評価レポートにも、本研究で開発されたツールが用いられており、今後の利活用も期待される (https://static1.squarespace.com/static/611bf5e1fae42046801656c0/t/62210c8a6a8450657d8da810/1646333170631/NORI-D+-+Collector+Test+EIS+-+FINAL+-+20022022_6.pdf)。ヨーロッパの Blue-Cloud Project (<https://blue-cloud.org/da-ta-infrastructures>) や Digital Twin of the Ocean (<https://blue-cloud.org/blue-cloud-contributi-on-eu-digital-twin-ocean>) なども、WWW.PIC を含む EcoTaxa インターフェイスによる情報を Blue Data Infrastructures の一つとして利用しており、今後学術研究だけでなく社会的にも活用されることが見込まれる。また、データベースやインターフェイスは中国語などにも翻訳されており、今後ユーザー数増加も見込まれる。WWW.PIC は学術以外にも社会的に重要なツールになりつつあるため、日本国内でも長期利用可能なインターフェイスと WWW.PIC のハブ構築に向けた資金の調達について検討中である。

Belmont Forum
Science-driven e-Infrastructures Innovation
Executive Summary of Final Report

1. Project title : 「World Wide Web of Plankton Image Curation」
2. Research period : April 2019 ~ March 2023
3. Main participants :
 Japan-side

	Name	Title	Affiliation	Role in the research project
PI	LINDSAY Dhugal	Senior Research Scientist	X-star, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC)	Administration and coordination, interface development, taxonomic expertise
Collaborator	WATANABE Hiromi	Senior Associate Researcher	X-star, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC)	Taxonomic expertise, stakeholder engagement
Collaborator	HOSONO Takashi	Senior Associate Researcher	GODAC, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC)	OBIS and other Data Infrastructure coordination
Collaborator	YAMAMOTO Shino	Research Assistant	X-star, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC)	Data input, user interface testing
Total number of participants throughout the research period:				4

Partner-side

	Name	Title	Affiliation	Role in the research project
PI	IRISSON Jean-Olivier	Associate Professor	Laboratory of Oceanography in Villefranche, Sorbonne University, France	Administration and coordination, interface development
Co-PI	COWEN Robert K	Professor	Hatfield Marine Science Center, Oregon State University, U.S.A.	Administration and coordination, interface development
Co-PI	HIRATA Nina S T	Associate Professor	Institute of Mathematics and Statistics, University of São Paulo, Brazil	Administration and coordination, interface development
Total number of participants throughout the research period:				3

4. Summary of the international joint research

Scientific research is generating an increasing number of digital images, from micrographs of cells to pictures of galaxies. Automated instruments can capture many images, which are then processed automatically to extract data from them. For this data to be useful to the scientific community and benefit the general public, it needs to be fast to generate (even for millions of images), consistent, and easy to share. In environmental sciences, common questions are: how many organisms are present in a given environment? How diverse are they? Does that change in time? Digital imaging can help answer these questions, particularly underwater, where direct observation by humans is difficult. For example, images of billions of planktonic organisms (i.e., the organisms that drift with ocean currents) have been taken and need to be analysed. Plankton largely contributes to the regulation Earth's climate, the production of the oxygen we breathe, the feeding of the fish we eat, etc. Estimating its abundance and diversity is therefore critical. Yet, efforts to process and classify images for such ecological studies have been scattered and not interoperable. The main goal of this project is to build a World Wide Web of Plankton Image Curation applications (WWW.PIC) that collect images of plankton, allow scientists to name them consistently, store associated ecological information (such as time, location, etc.), and make all data easily accessible to the community. It will leverage cutting edge advances in

database design and machine learning to process billions of images, will be hosted on public web servers to be easily accessible, and will foster an atmosphere of collaboration and sharing that the Belmont Forum values and, we think, is essential for the progress of science. Then, we will use this network of applications to tackle studies that have proved challenging without it, such as fast plankton monitoring to assess ecosystem health, or global estimations of the distribution of planktonic diversity and its contribution to carbon storage or ecosystem productivity.

5. Outcomes of the international joint research

5-1 Scientific outputs and implemented activities of the joint research

This project directly contributed to the educational and career development of two undergraduate and five graduate students (Brazil, France, USA), as well as three postdoctoral fellows (Brazil, USA). In addition to taxonomic workshops and programming training sessions run on an ad hoc basis, the workshop held online on 20 September 2021 entitled “Frontiers of marine ecosystem research using image analysis: towards development of a common platform” attracted 87 attendees. Until now, 13 publications and 33 workshop or symposium presentations have been produced in relation to this project (see list). Furthermore, and perhaps most importantly, WWW.PIC accessed through the EcoTaxa web interface, now has over 275 million images of plankton and is being used by scientists from over 350 organizations.

5-2 Synergistic effects of the joint research

The project was built as a collection of independent actions converging towards the same goal, with each partner responsible for a few of the actions. Although some delays occurred due to Covid-19, we were able to video conference and remotely access to work around challenges. Taxonomic training sessions organised between partners with different expertise improved the data quality of all groups as a result, as well as identifying new functions for further software development in each of the teams, thereby making the whole bigger than the sum of its parts. The International nature of the project and partners facilitated our interactions with the Ocean Biogeographic Information System (OBIS) and the World Register of Marine Species (WoRMS), also heightening awareness in their organizations of plankton-specific challenges and opportunities.

5-3 Scientific, industrial or societal impacts/effects of the outputs

A Japanese company involved in Environmental Impact Assessments has adopted our platform and workflow for processing quantitative plankton imagery, thereby providing a direct positive economic effect for the associated stakeholders. Europe's Blue-Cloud Project (<https://blue-cloud.org/data-infrastructures>), the overall objective of which is to ultimately provide a core data service for the Digital Twin of the Ocean (<https://blue-cloud.org/blue-cloud-contribution-eu-digital-twin-ocean>), has accepted and federated EcoTaxa (WWW.PIC) as one of its Blue Data Infrastructures, thereby enabling greater scientific and societal impacts/effects. Our developed system was impressive enough for a Chinese company to translate the entire interface into the Chinese language for its users (<http://www.ecotaxa.cn/>), thereby facilitating international uptake of the infrastructure. Tools developed in the present project facilitated the preparation of an Environmental Impact Report on proposed deep-sea mining of polymetallic nodules in the Clarion-Clipperton Zone (https://static1.squarespace.com/static/611bf5e1fae42046801656c0/t/62210c8a6a8450657d8da810/1646333170631/NORI-D+-+Collector+Test+EIS+-+FINAL+-+20022022_6.pdf). Japanese scientists have approached us about the possibility of setting up/providing a stable, long term-maintained hub for WWW.PIC in Japan, highlighting the potential for further positive scientific, industrial and societal impacts/effects if such a system could be set up and maintained (currently not funded).

国際共同研究における主要な研究成果リスト

1. 論文発表等

*原著論文（相手側研究チームとの共著論文）発表件数：計 1 件

・査読有り：発表件数：計 1 件

1. Irisson, J-O., Ayata, S-D., Lindsay, D.J., Karp-Boss, L., & Stemmann, L., "Machine Learning for the Study of Plankton and Marine Snow from Images", *Annual Review of Marine Science*, **2022**, 14, 277-301 DOI 10.1146/annurev-marine-041921-013023

・査読無し：発表件数：計 0 件

*原著論文（相手側研究チームを含まない日本側研究チームの論文）：発表件数：計 6 件

・査読有り：発表件数：計 7 件

Giering, S.L.C., Cavan, E.L., Basedow, S.L., Briggs, N., Burd, A.B., Darroch, L., Guidi, L., Irisson, J-O., Iversen, M.H., Kiko, R., Lindsay, D.J., Marcolin, C.R., McDonnell, A.M.P., Möller, K.O., Passow, U., Trull, T. and Waite A.M. Sinking organic particles in the ocean - flux estimates from in situ optical devices. *Frontiers in Marine Science* 6: 834, 2020. doi: 10.3389/fmars.2019.00834

Hidaka, M., Nishikawa, J. and Lindsay, D. J. Gelatinous zooplankton community around a hydrothermally active deep-sea caldera: results from ROV video records. *Plankton and Benthos Research* 16(1): 40-58, 2021 doi: 10.3800/pbr.16.40

Seid, C.A., Lindsay, D.J., Rouse, G.W. A new southern record of the holopelagic annelid *Poebobius meseres* Heath, 1930 (Flabelligeridae). *Biodiversity Data Journal*, 8: e58655, 2020. doi. 10.3897/BDJ.8.e58655

Verhaegen, G., Cimoli, E., & Lindsay, D. J. Life beneath the ice: jellyfish and ctenophores from the Ross Sea, Antarctica, with an image- based training set for machine learning. *Biodiversity Data Journal*, 9, e69374, 2021 doi.org/10.3897/BDJ.9.e69374

Liu, Z., Thevar, T., Takahashi, T., Burns, N., Yamada, T., Sangekar, M., Lindsay, D., Watson, J., & Thornton, B. Unsupervised feature learning and clustering of particles imaged in raw holograms using an autoencoder. doi.org/10.1364/JOSAA.424271

Johnston, N.M., Murphy, E.J., Atkinson, A.A., Constable, A.J., Cotté, C.S., Cox, M., Daly, K., Driscoll, R., Flores, H., Halfter, S., Henschke, N., Hill, S.L., Höfer, J., Hunt, B.P.V., Kawaguchi, S., Lindsay, D.J., Loeb, V., Manno, C., Meyer, B., Pakhomov, E., Pinkerton, M.H., Reiss, C., Richardson, K., Smith, W., Steinberg, D.K., Swadling, K.M., Tarling, G.A., Thorpe, S.E., Veytia, D., Ward, P., Weldrick, C.K., Yang, G. (2022) Status, change and futures of zooplankton in the Southern Ocean. *Frontiers in Ecology and Evolution* 9: 624692.

Fernández-Urruzola, I., Bode, A., Loick-Wilde, N., Schneider, W., Lindsay, D., Escribano, R. (2023) Trophic ecology of midwater zooplankton along a productivity gradient in the Southeast Pacific. *Frontiers in Marine Science*, 10, 1057502, 1-15. doi: 10.3389/fmars.2023.1057502

・査読無し：発表件数：計 0 件

該当なし

*その他の著作物（相手側研究チームとの共著総説、書籍など）：発表件数：計 0 件
該当なし

*その他の著作物（相手側研究チームを含まない日本側研究チームの総説、書籍など）：発表件数：計 1 件

Lindsay DJ, (2022) Imaging surveys of pelagic communities. in Report of the workshop on enhancing image-based biodiversity assessments to advance deep-sea taxonomy. International Seabed Authority, 32.

2. 学会発表

*口頭発表（相手側研究チームとの連名発表）

発表件数：計 0 件（うち招待講演：0 件）

*口頭発表（相手側研究チームを含まない日本側研究チームの発表）

発表件数：計 17 件（うち招待講演：5 件）

Lindsay DJ, Hidaka M, Watanabe HK, Yahagi T, Grossmann MM, Mori M, Yamamoto H. Baseline data on planktonic communities inside and outside submarine calderas: survey methods and preliminary results. 2019 KIOST International Symposium on Hydrothermal Ecosystem and Indian Ocean. Busan, Korea, 4 November 2019. (Guest/Invited Speaker)

Lindsay DJ. State of the art in marine monitoring technologies: high-performance imaging surveys. France-Japan Workshop on Subsea Observatory in the South Pacific and its surrounding ocean: scientific frontiers and technical challenges, Noumea, New Caledonia, France, 19 September 2019. (Guest/Invited Speaker)

Lindsay DJ, Smoot C, Collins AG, Hopcroft RR. The Cnidarian and Ctenophore fauna of the Chukchi Sea, Arctic Ocean, in Summer 2016. 9th Hydrozoan Society Workshop, Shimoda, Japan, 19-27 June 2019.

Lindsay DJ, Hidaka M, Sangekar M, Nishikawa J, Hopcroft RR, Thornton B, Yamamoto H, Kawahito Y. Imaging techniques for surveys of gelatinous zooplankton: Holographs, shadowgraphs, laser scanning and 3D reconstructions. 9th Hydrozoan Society Workshop, Shimoda, Japan, 19-27 June 2019.

渡部裕美, 山本志乃, 長井裕希子, 矢萩拓也, LINDSAY Dhugal, 山本啓之, 「深海熱水噴出孔および周辺海域におけるプランクトン幼生分布調査」, 海洋生物シンポジウム, 東京海洋大学, 2020年3月21日

Lindsay, D., Montenegro, J., Bergman, L., Sangekar, M., Thuesen, E., Bachtel, T., Seid, C., Rouse, G., & Drazen, J. (2022). Preliminary results from the first ROV survey of the midwater community in the Clarion-Clipperton Zone. Ocean Sciences Meeting 2022, Hawai'i (online), 2 March 2022.

Sangekar, M., Lindsay, D.J., Takahashi, T., Montenegro, J., Verhaegen, G., Bergman, L., Watanabe, H., Kitada, K., Kawagucci, S., Furushima, Y., Fujikura, K., Kawahito, Y., Takai, K., Liu, Z. (2021). 環境影響評価のための技術開発 KM20-11 Preliminary Results. 海と地球のシンポジウム 2021, 2021年12月21日

Lindsay, DJ. (2021). Imaging surveys of pelagic communities - Image acquisition: needs and requirements for biological image surveys and laboratory studies. International Seabed Authority Workshop on Enhancing Image-based Biodiversity Assessments to Advance Deep-Sea Taxonomy, 12 October 2021, Online.

Sangekar, M., Schroder, S-M., Kiko, R., Hidaka, M., Watanabe, H., Irisson, J-O., Lindsay, D. (2021). Dealing with Diversity: Data-driven unsupervised clustering on diverse deep-sea image collections. 16th Deep Sea Biology Symposium, Brest, France, 16 September 2021.

Lindsay, D.J., Sangekar, M., Montenegro, J., Hidaka, M., Watanabe, H., Ikeda, S. (2022) ゼラチン質プランクトンモニタリング補助システムの開発。「我が国におけるクラゲ研究の発展と課題：次世代に向けたアプローチ」研究集会, 大気海洋研究所, 21 November 2022

Lindsay D, Montenegro J, Bergman L, Sangekar M, Thuesen E, Bachtel T, Seid C, Rouse G, Drazen J. Preliminary results from the first ROV survey of the midwater community in the Clarion-Clipperton Zone. Ocean Sciences Meeting 2022. Online Everywhere (Hawai'i). 2 March 2022.

Verhaegen, G., Cimoli, E., Lindsay, D.J. (2022). Life beneath the ice: jellyfish and ctenophores from the Ross Sea, Antarctica, with an image-based training set for machine learning. 10th Scientific Committee on Antarctic Research (SCAR) Open Science Conference. Online Everywhere (India), 9 August 2022

Sangekar, M., Friedman, A., Hidaka, M., Hosono, T., Lindsay, D.J. (2022) RESTful API plugins for SquidJam - a video annotation ecosystem for multi-camera datasets. Fourth Marine Imaging Workshop. Brest, France. 3 October 2022.

Watanabe, H., Lindsay, D.J. (2022) Image-based analysis of plankton/meiofauna collections. Inception workshop of the Sustainable Seabed Knowledge Initiative, Busan, Republic of Korea, 29 November 2022. (Guest/Invited Speaker)

Sangekar, M., Friedman, A., Hidaka, M., Hosono, T., Lindsay, D.J. (2023) SquidJam: A video annotation ecosystem. International Symposium on Underwater Technology (UT23), Tokyo, Japan, 8 March 2023

Sangekar, M.N., Lindsay, D.J. (2023) Development of Tools for Science in the ROV Ecosystem. ROV Development Workshop, KAUST, Saudi Arabia, 21 March 2023. (Guest/Invited Speaker)

Lindsay, D.J., Sangekar, M.N. (2023) Remotely Operated Vehicle Survey System Design and Development: from Alpha to Omega. ROV Development Workshop, KAUST, Saudi Arabia, 21 March 2023. (Guest/Invited Speaker)

*ポスター発表 (相手側研究チームとの連名発表)

発表件数 : 計 0 件

*ポスター発表 (相手側研究チームを含まない日本側研究チームの発表)

発表件数 : 計 5 件

De Leo FC, Francescangeli M, Guan L, Aguzzi J, Fanelli E, Umetsu M, Lindsay D. Long-term monitoring of pelagic biodiversity in the NE-Pacific: a new program based on vertical ROV video surveys during NEPTUNE observatory maintenance expeditions. 3rd Marine Imaging Workshop, Victoria, BC, Canada, 24-28 June 2019.

Hosono, T., T. Kitayama, H. Saito and K. Fujikura (2020) Estimating past environment for marine species. 5th World Conference on Marine Biodiversity, Auckland (online), 13-16 December 2020.

Lindsay, D.J., Hidaka, M., Sangekar, M., Hosono, T., Matsuoka, D., Sugiyama, D., Friedman, A., & Hopcroft, R. (2021). Deep Learning and Deep Arctic Jellies: a case study pipelining real-time ROV video annotations, post-cruise analysis, data dissemination and production of machine-learning training sets. 16th Deep Sea Biology Symposium. Brest, France, 14 September 2021.

Friedman, A., Monk, J., Williams, S., Pizarro, O., Lindsay, D.J. (2022) SQUIDLE+: online tool for managing, exploring, annotating and understanding marine imagery. Fourth Marine Imaging Workshop. Brest, France. 3 October 2022

Lindsay, D.J., Friedman, A., Sangekar, M., Bergman, L.A., Montenegro, J., Bachtel, T., Seid, C., Thuesen, E., Hidaka, M., Hosono, T., Drazen, J. (2022) SquidJam - a video annotation tool for the analysis of challenging video datasets: A case study on a midwater Environmental Impact Assessment in the Clarion-Clipperton Zone. Fourth Marine Imaging Workshop. Brest, France. 3 October 2022.

3. 主催したワークショップ・セミナー・シンポジウム等の開催

1. 画像解析を用いた海洋生態系調査の最前線：プラットフォーム開発にむけて、主催者：リンズィードゥーグル（海洋研究開発機構・主任研究員）、山北剛久（海洋研究開発機構・研究員）、渡部裕美（海洋研究開発機構・准研究主任）、オンライン開催（日本ベントス学会・日本プランクトン学会合同大会）、日本、2021年9月20日、参加人数87名

4. 研究交流の実績（主要な実績）

【合同ミーティング】

- ・ 2019年7月8日～10日：キックオフミーティング、ソルボンヌ大学、パリ、フランス
- ・ 2020年4月から2023年3月にかけて、フランスと日本のメンバー、または米国と日本のメンバーを中心にZoomによるオンラインミーティングを12回実施した。

【学生・研究者の派遣、受入】

- ・ 2019年4月～7月：ブラジル・サンパウロ大学から研究者が4ヶ月間海洋研究開発機構に滞在し、プランクトン画像データの解析技術を取得した。
- ・ 2019年7月から8月にかけて、アメリカにおいて計画されたアラスカ湾の調査航海に日本側研究者が参加した。
- ・ 2021年11月から12月にかけて、アメリカにおいて計画された太平洋中央ガイヤー調査航海に日本側研究者が参加した。

5. 特許出願

研究期間累積出願件数：0件

6. 受賞・新聞報道等

該当なし

7. その他

【オープンサイエンスにかかる取り組み】

- ・本研究で改良されたプランクトン画像・分布データベース EcoTaxa2.6 にプランクトンデータを346,839件登録した。