2026 年度　同志社大学ハリス理化学研究所研究発表会
講演予稿集

日　　時　2026 年 11 月 26 日（木）13:00～17:00
場　　所　ホテルグランヴィア京都

目　　次

○印は講演者　（敬称略）

◆　部門研究/研究助成金 研究成果発表　◆

【栄華の間】

The Relationship between Frequency of Pornography Usage and Adult Male Self-Esteem in Japan and the United States
○Philip TROMOVITCH　1

多様な文化を持続・共存させるメカニズム～文化進化モデルによる検証～
○柴﨑　祥太　3

モデル周期流による壁乱流の大域亜臨界型遷移の動力学とカスケードの普遍性の解明
○高岡　正憲　5

科学・技術関心度に基づいたセグメンテーションによる商業テレビと科学博物館の利用者層比較
○桝　太一・阿部　康人　9

宇宙空間での有人社会の実現のための文理横断的研究
○鈴木　祐太・西村慎之介・岩渕　泰晶
趙　智英・小畠　秀和・桝　太一　13

PFOA の膜を援用した抽出
○松本　道明　掲載保留中

鬼ごっこを対象とした幼児の集団コミュニケーションの定量評価
○田附　俊一　17

【金葉の間】

心理的安全性の効用研究：歴史のある組織（職場、家庭）や地域環境の機能と生産性の再起
○余語　真夫　18

生成 AI 時代における情報教育の実践と評価：文理融合型アプローチによる教育現場からの挑戦
○深川　大路・飯尾　尊優・伊藤　紀子・阪田真己子
大久保雅史・田中あゆみ・岡田　暁生　24

月面上でのその場資源利用を指向した電解プロセスの開発
○鈴木　祐太　30

肩関節トレーニングがジャンプ能力に及ぼす影響の検討
○簗瀬　康　32

レーザーアブレーション誘導結合プラズマ質量分析法による生体組織中
マイクロプラスチックの可視化技術の確立
○山下　修司　34

薬剤耐性を克服した新規 EML4-ALK 陽性肺がん治療薬の創製
○髙橋　美帆・川崎　清史
元山　純・西川喜代孝　38

海洋バイオサイエンスの科学コミュニケーションにおけるメディア報道の
特徴と課題（ブルーカーボンを題材に）
○桝　太一・阿部　康人・一方井祐子　43

The Relationship between Frequency of Pornography Usage and Adult Male Self-Esteem in Japan and the United States

Philip TROMOVITCH*

(Received September 9, 2026)

The first phase of the *Multinational Life Experience and Personality Project* (MLEPP) collected data for multiple investigations from general population samples of adults aged 18 to 59 in both Japan and the United States. The MLEPP questionnaire asked male respondents about their frequency of pornography usage. This paper examines the correlation, or lack thereof, between frequency of pornography usage and self-esteem in Japan and the United States. The findings show that a statistically significant correlation exists in the U.S. sample, however, there appears to be no correlation in the Japanese sample. It is speculated that in a sex-negative culture such as the United States, the negative cultural assessment results in a negative self-evaluation among men who frequently use pornographic materials, which in turn leads to lower self-esteem for these men.

Keywords: pornography, self-esteem, mental health, MLEPP

1. Introduction

The Multinational Life Experience and Personality Project (MLEPP) is comprised of a large, multiphase, multinational set of studies.[1)] One endeavor is to develop public domain, multilingual measures of numerous psychological and personality traits, such as self-esteem.[2)] Another objective is to determine how various sexuality variables, such as frequency of current pornography usage, are correlated with adult mental health indicators such as self-esteem, and where possible, to investigate the causality of any associations that are found.

The MLEPP collected cross-sectional data in the United States and Japan from adults aged 18 to 59; data collection was conducted in waves on a funds-available basis. This paper presents an initial investigation of the relationship between pornography usage and self-esteem among men in these two countries.

The MLEPP assessed self-esteem using a 10-item scale comprised of *International Personality Item Pool* items[3)] (which were translated from the English versions into Japanese for use in Japan). Participants responded to each item by choosing a point on a 5-point Likert-like scale (which was scored from 0 to 4), with a respondent's self-esteem level calculated as the arithmetic mean of their responses to the ten items.

Frequency of pornography usage was assessed with a single item. This item was preceded by the following text: "Many people make use of pornographic materials that visually depict real people in sexual or erotic poses or while engaged in sexual activities (e.g., pornographic magazines, photos, or videos; but not drawings, animations, etc.)." The item itself read: "How frequently do you currently use pornographic materials?" There were eight possible response choices that ranged from "Never" (scored 0) to "Daily" (scored 7).

* Harris Science Research Institute, Doshisha University, Kyotanabe City, Kyoto 610-0394
Telephone: +81-774-65-6671, E-mail:ptromovi@mail.doshisha.ac.jp
This is a proceedings paper to accompany a talk at the Harris Science Research Institute Symposium, 2026

Because a participant's family background (their family environment prior to age 16) might be causally related to both self-esteem and pornography usage, a series of multiple regressions were conducted to determine the most (potentially) relevant family background variable, and this variable was used as a control variable in the regression analyses. The selected variable was based on the participant's response to: "Parents sometimes use corporal punishment with their children. How frequently did your parents:" and then there were three items: "give you hand spankings; spank you with something; hit, punch, or kick you". The third item appeared to be the most likely relevant control variable for these analyses, and thus was selected.

2. Analyses

Pearson correlation (r) and multiple regression were used to assess the strength of the association between self-esteem and frequency of pornography usage. As is common in social science research, if the probability of obtaining the resultant r-values purely by chance was less than 5% (i.e., $p < .05$) then the findings were categorized as statistically significant.

3. Results

Each dataset was composed of responses from slightly more than 1000 men. The control variable was correlated with self-esteem in both samples (U.S. sample $r = -.12$, $p < .001$; Japanese sample $r = -.11$, $p < .001$).

Having a higher frequency of pornography usage was negatively correlated with self-esteem in the U.S. sample ($r = -.13$, $p < .001$; $R^2 = 1.72\%$). When applying the control for negative family background the correlation between pornography usage and self-esteem remained significant (model $R^2 = 1.94\%$; model adjusted $R^2 = 1.77\%$). However in the Japanese sample, frequency of pornography usage was not correlated with self-esteem ($r = -.04$, $p = .19$; $R^2 = 0.15\%$); furthermore, although the control variable was correlated with self-esteem in the Japanese sample as well, applying the control variable did not cause a significant correlation to emerge between frequency of pornography usage and self-esteem.

4. Discussion

The United States historically has had an anti-sexuality culture that views pornography as obscene, however, in Japan pornography usage by men does not appear to carry a similar negative cultural evaluation as it does in the United States. The lack of a correlation between frequency of pornography usage and self-esteem in Japan suggests that these two variables are not *innately* connected. This author speculates that in a sex-negative culture, such as the United States, the negative cultural assessment results in a negative self-evaluation among men who frequently use pornographic materials, which in turn leads to lower self-esteem for these men. Thus, the correlation between these variables may be the product of cultural views regarding pornography.

This research was supported in part by grants-in-aid from the Harris Science Research Institute of Doshisha University.

References

1) P. Tromovitch, "The Multinational Life Experience and Personality Project (MLEPP): Data Collection and Demographics of the 2014 U.S. and Japanese National Samples". *The Science and Engineering Review of Doshisha University*, **55**[4], 308-316 (2015). Available at: https://doshisha.repo.nii.ac.jp/record/23096/files/023055040002.pdf

2) P. Tromovitch, "Public domain, English and Japanese scales for measuring self-esteem, anxiety, depression, understanding, warmth, altruism, creativity, and intellectuality: Validity and reliability for use with male and female adults in Japan and the United States". *The Science and Engineering Review of Doshisha University*, **55**(3), 244-253 (2014).

3) L. R. Goldberg, "International personality item pool: a scientific collaboratory for the development of advanced measures of personality traits and other individual differences". Available at http://ipip.ori.org/ updated July 18, 2014.

多様な文化を持続・共存させるメカニズム
～文化進化モデルによる検証～

柴﨑　祥太

ヒトやその他の動物は、他個体からの学習によって、行動を変えることがある。このプロセスは、文化進化と呼ばれ、遺伝子の変異によって生じる生物進化との類似性・相違性について長らく議論されてきた。かつては、このような文化進化はヒトの特徴だとみなされることもあったが、チンパンジーなどの霊長類、ゾウやクジラといったそのほかの哺乳類、さらにはショウジョウバエなどの昆虫でも文化進化が生じることが報告されており、文化進化の生物学的な意義は、近年注目を集めている。

生物進化と比較した場合の文化進化の特徴の一つとして、世代交代をせずに進化が生じるという点が挙げられる。これは、変動環境下において適応的な行動が文化進化によって個体群中に迅速に広まることを示唆している。その結果、文化進化が個体群の絶滅を回避させるのではないかという考えが、保全生態学の分野で注目されている。例えば、保全の際には各個体が持つ文化形質への考慮などが近年では議論されている。

しかし、文化進化によって個体群の存続を維持するには、個体群内に多様な文化が維持されていなければならない。どのような場合に多様な文化を個体群中に維持できるのであろうか。この問いに答えるため、本研究では生態学において多様な種の共存メカニズムを明らかにしてきた現代共存理論に注目し、この理論によって、多様な文化の共存も予測できるのではないかという仮説を立て、数理モデルによって検証した。

文化進化モデルのシミュレーションの結果は、現代共存理論による予測が多くの場合に支持されることを示した。例えば、特定の文化が模倣されやすくなる内容バイアス、多数派の文化が模倣されやすくなる同調バイアス、成功者の文化が模倣されやすくなる成功バイアス、名声の高い個体の文化が模倣されやすくなる名声バイアスのそれぞれの条件では、多様な文化が維持されにくくなると現代共存理論は予測し、シミュレーションの結果もこの予測に整合的であった。一方、少数派の文化が模倣されやすくなる反同調バイアスは多様な文化の維持を促進すると現代共存理論は示し、シミュレーションの結果もこれに合致した。このように、ほとんどの場合には現代共存理論による予測がシミュレーション結果と一致した。一方で、自分と似た性質の他個体を模倣しやすくなる類似性バイアスが存在する場合にはこの予測は破られた。現代共存理論は多様な文化が維持されにくくなると予想したが、シミュレーションは多様な文化の維持を促進した。詳細な解析の結果、類似性バイアスは先行研究で示されてきた現代共存理論が機能しなくなる条件と一致していることが分かった。つまり、生態学において知られている現代共存理論が機能する条件内であれば、この理論は多様な文化が維持される条件も示すことが明らかになった。この研究は Shibasaki and Yamamichi (2026) として出版済みである。

また、上記の研究を進める上で、文化進化が生態学や進化生物学のプロセスとどのように相互に影響し合うのかをレビューした。その結果、文化進化と生物進化のフィードバック関係は明らかになっている一方で、生態学と文化進化の相互関係については研究が進んでいないことが明らかになった。先行研究をもとに文化進化が迅速な適応を可能にし、生態学的動態に与える影響を議論し、今後必要な研究についてまとめた総説論文を執筆した。この総説論文も Shibasaki (2026) として出版されている。今後は、生態学的動態と文化進化のフィードバック関係を扱う数理モデルおよび実験系を構築し、文化進

化・生物進化・生態学的動態の三種類の動態の相互作用を明らかにしていく計画である。

本助成による研究業績一覧

査読付き論文

Shibasaki, S. (2026). “Integrating Cultural Evolution into Ecological Dynamics.” *Ecological Research*, 41(5): e70128. https://doi.org/10.1111/1440-1703.70128

Shibasaki, S and Yamamichi, M (2026). “Applying invasion criterion to cultural evolution.” *Theoretical Population Biology,* 170: pp. 62–73. https://doi.org/10.1016/j.tpb.2026.06.007

学会発表

国際学会（招待講演）

Shibasaki, S. (2025). “Mathematical models of the feedback between population dynamics and biological or cultural evolution.” Joint Meetings of 2025 Taipei International Statistical Symposium and the 13th ICSA International Conference.

国内学会（査読なし、ポスター発表）

柴﨑祥太、山道真人 (2025). 「生態学の理論で文化の多様性を理解できるのか?」人間行動進化学会第18回大会

モデル周期流による壁乱流の大域亜臨界型遷移の動力学とカスケードの普遍性の解明

高 岡 正 憲

層流から乱流への遷移は、無限小の擾乱を扱う局所安定性解析では、基本解の周りで展開した線型方程式を調べればよく、遷移は超臨界型と亜臨界型の２つに大別される。超臨界型遷移では新しく安定な解が連続的に分岐するのに対し、亜臨界型遷移では、１つの Re に対し複数の局所安定な解が存在しヒステリシスを示す。擾乱の大きさに制限の無い大域安定性解析でも、遷移は超臨界型と亜臨界型に大別され、大域超臨界型遷移は分岐の連鎖となるが、各分岐での新しい解は元の解の近傍にとどまり全体としても連続的な遷移である。対して大域亜臨界型遷移は不連続的であり、層流と乱流が共存する遷移流が現れ、非線形な現象が本質的である。

近年、実験装置や計測技術の進歩と数値計算資源の高速大容量化により、この大域亜臨界型の乱流遷移に対する理解が飛躍的に進んだ。局在した乱流域の分裂と減衰のせめぎ合いが大域亜臨界型の乱流遷移の本質と考えられ、確率モデルの directed percolation (DP) とのアナロジーから、この遷移は DP 普遍クラスに属することが期待されていた。[1] 平行平板間を流れるチャネル流も大域亜臨界型遷移を示すことが期待されていたが、Sano と Tamai[2] は実験によりこの乱流遷移が空間２次元の DP 普遍クラスに属することを報告した。他方、乱流は大小様々な渦や波が混在する時空間マルチスケール性を持つ多自由度非線形非平衡系であり、その統計的性質を見出すことが重要である。一様等方乱流において、３次元ではエネルギーカスケード理論、２次元ではエネルギー-エンストロフィの２重カスケード理論、波動乱流では弱乱流理論（保存量のカスケードする乱流解）等がある。しかし、殆どの乱流では、大スケールに非等方性の構造を持つ波動乱流と小スケールに等方性の渦乱流とが共存（異種共存乱流）していて、異種乱流間の遷移域に関する臨界平衡と呼ばれる定性的な考えがあるが、「各保存量のスケール間の流れ」の定量化法は未だ確立されていない。

このような背景から、本研究では、大域亜臨界型の乱流遷移を示す様々な壁乱流における渦の動力学とエネルギーカスケードとの関係を目的とする。チャネル流において、Waleffe[3] は Galerkin 近似した周期流（Waleffe モデル流）でストリークの生成維持機構が再現できることを示し、Chantry ら [4, 5] は Waleffe モデル流を用いて層流や遷移流だけではなく発達乱流も再現し、遷移が空間２次元の DP 普遍クラスに属することも示した。先ずは Waleffe モデル流を用いて、平行平板間流れである平板 Couette 流やチャネル流を調べる。

壁による流れの乱れは非等方であり、少なくとも大きいスケールではエネルギーのカスケードも非等方性をもつ。この非等方構造を捉えるには、各波数ベクトルにおける局所的なフラックスの流れベクトルを定量化することが不可欠である。我々は、[6, 7] 異種共存乱流の各保存量のスケール間の局所フラックスを決定する方法を提案し、理論予測と合致する結果を得た。ここで、そのアイデアのエッセンスを簡単にまとめる。

不変量 I は波数空間をカスケードする過程において保存されるから、フラックスベクトル $\boldsymbol{P}_I$ と非線形輸送 T_I との間には、連続の式が成り立つはずである。つまり、$\mathrm{div}_{\boldsymbol{k}}$ を波数空間における発散作用素として、

$$T_I(\boldsymbol{k},t) + \mathrm{div}_{\boldsymbol{k}}\boldsymbol{P}_I = 0 \qquad (1)$$

が成り立つ。しかしながら、この式だけからでは $\boldsymbol{P}_I$ が一意に決まらないので、我々は、「$\boldsymbol{P}_I$ が循環の無い経路無依存のベクトルである保存性ベクトルである」という仮説を導入した。[7] これは、これまで使われてきたスカラーフラックスの自然な拡張であり、この局所フラックスベクトル $\boldsymbol{P}_I$ を

周方向積分することで、等方性のスカラーフラックスが求まる。

Waleffe モデル流の支配方程式は、連続の式と壁摩擦の効果を取り込んだ Navier-Stokes 方程式である：

$$\nabla \cdot \boldsymbol{u} = 0, \tag{2a}$$

$$\frac{D\boldsymbol{u}}{Dt} = -\nabla p + \frac{1}{\mathrm{Re}}\nabla^2 \boldsymbol{u} - \alpha \boldsymbol{u}_H + \boldsymbol{f}. \tag{2b}$$

慣例に従い、主流流れ方向に x-軸、壁垂直方向に y-軸、スパン方向に z-軸を定める。ここで、$D/Dt = \partial/\partial t + (\boldsymbol{u}\cdot\nabla)$ は物質微分、Re は Reynolds 数、$\boldsymbol{u}_H = (u, 0, w)$ は平板に平行な速度、α は壁摩擦効果による抵抗係数、$\boldsymbol{f} = \left(\alpha + \dfrac{\beta^2}{\mathrm{Re}}\right)\sin(\beta y)\boldsymbol{e}_x$ は体積力である。平行平板間の半値幅を代表長さにとり $-1 < y < 1$ の場合、$\beta = \dfrac{\pi}{2}$ とすることになり、主流は $\sin\beta y \boldsymbol{e}_x$ となる。

速度場が連続の式を満たすので、平均流を加えたポロイダルートロイダル表現を導入する：$\boldsymbol{u} = \nabla\times\psi\ \boldsymbol{e}_y + \nabla\times\nabla\times\phi\ \boldsymbol{e}_y + g\ \boldsymbol{e}_x + h\ \boldsymbol{e}_z$。今回は Chantry らに習い、$g(y)$, $h(y)$, $\psi(\boldsymbol{x})$, $\phi(\boldsymbol{x})$ を y-方向に 4 モードまで展開する：

$$\begin{aligned}
g(y) &= g_1\sin(\beta y) + g_2\cos(2\beta y) + g_3\sin(3\beta y),\\
h(y) &= h_1\sin(\beta y) + h_2\cos(2\beta y) + h_3\sin(3\beta y),\\
\psi(x,y,z) &= \psi_0(x,z) + \psi_1(x,z)\sin(\beta y)\\
&\quad + \psi_2(x,z)\cos(2\beta y) + \psi_3(x,z)\sin(3\beta y),\\
\phi(x,y,z) &= \phi_1(x,z)\sin(\beta y)\\
&\quad + \phi_2(x,z)\cos(2\beta y) + \phi_3(x,z)\sin(3\beta y).
\end{aligned}$$

つまり、今回の Waleffe モデル流は、g_1, g_2, g_3, $h_1, h_2, h_3, \psi_0, \psi_1, \psi_2, \psi_3, \phi_1, \phi_2, \phi_3$ の 1 3 の関数から構成される流れである。

Waleffe モデル流に (x, z)-面で周期境界条件を課し、2/3-則でエイリアスを除去する擬スペクトル法を用いて直接数値シミュレーションを行った。時間発展は、線形項を繰り込んだ 4 次の Runge-Kutta 法を用いた。本報告書では、乱流と層流とが共存し非等方な縞構造が現れる Reynolds 数の流れ場についての計算結果を、分岐点近傍、遷移域、乱流域の代表例を中心として報告する。

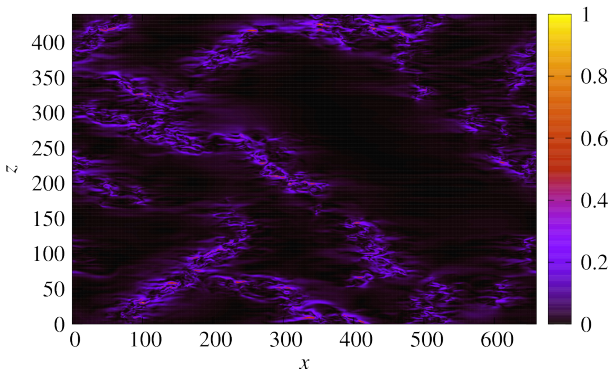


図 1.　分岐 Reynolds 数近傍の中央面の 1/4 領域における瞬時速度ノルム場の空間構造。

図 1 には、実空間の場の特徴的構造を見るために、中央面における代表速さ $|\boldsymbol{u}|$ を描いてある。大規模構造だけではなく細かな構造も見られるように、計算した周期 (x, z)-面の 1/4 領域のみを示してある。図 1 から、x-方向に伸びた多くの細長いストリーク構造が集まって大規模な傾いた縞構造を形成していることが分かる。

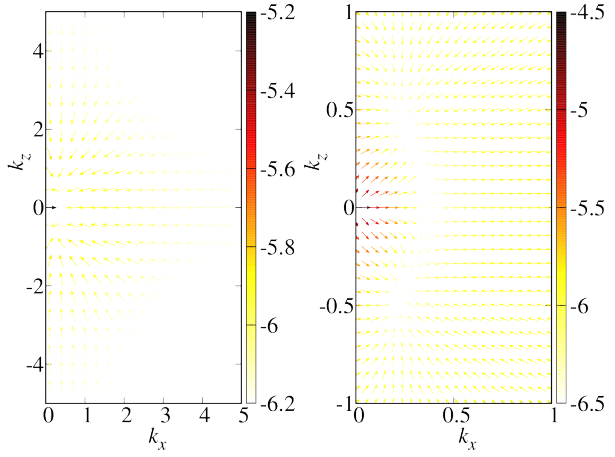


図 2.　分岐 Reynolds 数近傍の (k_x, k_z)-面における時間平均されたエネルギー局所フラックスベクトル。左図は全波数領域の右半面。右図はその低波数領域の拡大図。

図 2 には、波数空間のカスケードの非等方な特徴的構造を見るために、時間平均したエネルギー局所フラックスベクトルを (k_x, k_z)-面で描いてある。流れ構造が見やすいように、矢印は同じ長さでフラックスの大きさは色で表し、複素共役性を考慮して右半面のみを示してある。左図より波数領域全体に渡ってエネルギーの流れが殆ど無いことが分かる。これに対して、低波数領域を拡大し

た右図から、エネルギーがある小さな半径の円弧状の領域、特に $(k_x, k_z) \approx (0.3, \pm 0.5)$ 付近に流れ込んでいることが分かる。これらの結果は、図 1 の実空間の斜めに傾いた大規模構造が安定的に存在していることと整合している。

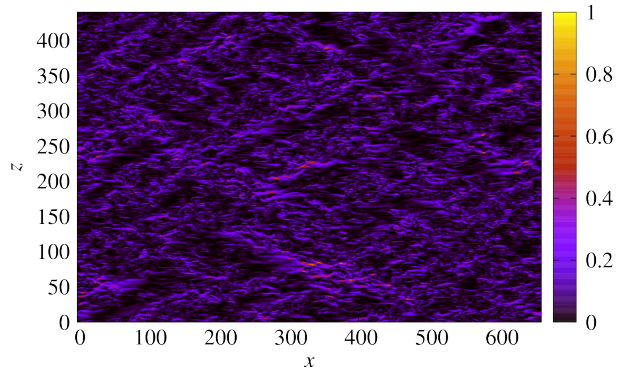


図 3.　遷移域 Reynolds 数での中央面の 1/4 領域における瞬時速度ノルム場の空間構造。

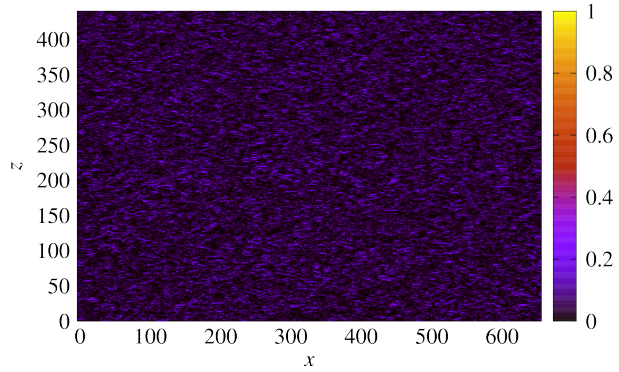


図 4.　乱流域 Reynolds 数での中央面の 1/4 領域における瞬時速度ノルム場の空間構造。

図 3 と 4 には、遷移域と乱流域の Reynolds 数における代表的な実空間構造を、図 1 と同様に描いてある。図 3 の遷移状態では、細かな構造を持つ乱流と分岐 Reynolds 数近傍で見られた大規模構造とが共存する異種共存乱流となっている。斜めに傾いた大規模構造が密に存在し活発に相互作用するようになる。それに対し、図 4 の乱流状態では、このような大規模構造が消失し、細かな構造を持つ乱流が大スケールでは一様に分布している。

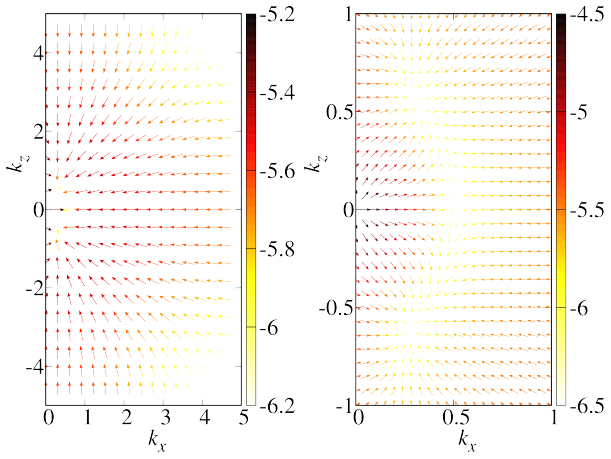


図 5.　遷移域 Reynolds 数での (k_x, k_z)-面における時間平均されたエネルギー局所フラックスベクトル。左図は全波数領域の右半面。右図はその低波数領域の拡大図。

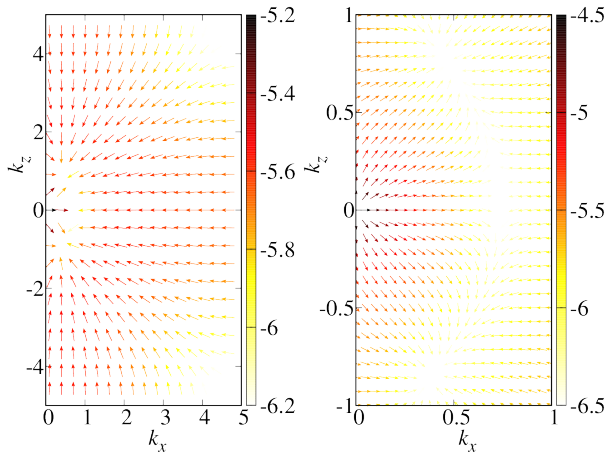


図 6.　乱流域 Reynolds 数での (k_x, k_z)-面における時間平均されたエネルギー局所フラックスベクトル。左図は全波数領域の右半面。右図はその低波数領域の拡大図。

図 5 と 6 には、遷移域と乱流域の Reynolds 数における代表的な波数空間でのエネルギー局所フラックスベクトルを、図 2 と同様に描いてある。どちらの場合も左図から、波数領域全体として高波数側から低波数側へのエネルギーの逆カスケードがほぼ等方的に存在することが分かる。他方、低波数領域を示した右図では、図 3 と 4 に描かれた実空間構造の違いを反映したフラックス構造を持つ。図 5 右の遷移域の Reynolds 数では、図 2 右と同様に、エネルギーがある小さな半径の円弧状の領域、特に $(k_x, k_z) \approx (0.3 \sim 0.4, \pm 0.5 \sim 0.6)$

付近に非等方的に流れ込んでいることが分かる。対して図 6 右の乱流域の Reynolds 数では、より大きな半径と幅を持つ円環状領域により等方的に流れ込んでいることが分かる。これらの結果もまた、実空間の構造とエネルギー局所フラックスとの間に整合性があることを示している。

上記のように、本助成金による研究において、Waleffe モデル流における実空間の構造と波数空間のエネルギー局所フラックスとの関係を調べ、我々の提案した局所フラックスベクトルが実空間の構造と整合性を持つことが示された。本報告では紙面の都合上割愛したが、更に詳細に調べるために、y-方向の 4 モードの各モード毎の実空間の構造と波数空間のエネルギー局所フラックスとの関係も調べ、同様に整合性を持つことも示した。ここで、この場合は各モードの振幅が y に依存するので、y 方向で平均化した瞬時速度ノルムの実空間構造を用いる必要があることを注意しておく。ただし、各モード毎の実空間構造の強さとエネルギー局所フラックスの強さの順が必ずしも一致しなかった。これは、速度ノルムはエネルギーとは対応するがフラックスとは必ずしも対応しないことから理解される。

局所フラックスベクトルの強さを含めた対応を考える場合は、瞬時速度ノルムよりもエネルギー散逸場や Beltorami 性を特徴づけるような場が考えられる。次の段階としてこの辺りを調べている。また、より大規模なシミュレーションをすることで空間 2 次元の DP 普遍クラスに相当する遷移を再現し、提案手法を用いることで、この遷移過程を波数空間からも調べることができ、新たな知見が得られると期待している。

参考文献

1) Y. Pomeau. Front motion, metastability and subcritical bifurcations in hydrodynamics. *Physica D Nonlinear Phenomena*, 23:3–11, 1986.

2) M. Sano and K. Tamai. A universal transition to turbulence in channel flow. *Nature Physics*, 12:249–253, 2016.

3) F. Waleffe. On a self-sustaining process in shear flows. *Phys. Fluids*, 9:883–900, 1997.

4) M. Chantry, L. S. Tuckerman, and D. Barkley. Turbulent-laminar patterns in shear flow without walls. *J. Fluid Mech.*, 791:R8, 2016.

5) M. Chantry, L. S. Tuckerman, and D. Barkley. Universal contiuous transition to turbulence in a planar shear flow. *J. Fluid Mech.*, 824:R1, 2017.

6) N. Yokoyama and M. Takaoka. Energy-flux vectors in anisotropic turbulence: application to rotating turbulence. *J. Fluid Mech.*, 908:A17, 2021.

7) M. Takaoka, N. Yokoyama, and E. Sasaki. Local-flux vectors of conserved quantities in wavenumber space: Anisotropic structures in charney-hasegawa-mima turbulence. *Phys. Rev. Fluids*, 7:L012601, 2022.

Comparison of Commercial Television Viewers and Science Museum Visitors Using Segmentation Based on Interest in Science and Technology

Taichi MASU*, Yasuhito ABE**

(Received September 5, 2026)

This study examined the characteristics of visitors to the National Museum of Nature and Science in Japan in terms of their interest in science and technology, by comparison to audiences reached by other science communication approaches, including commercial television viewers. Two field surveys were conducted at the museum in February and March 2024, with 1,000 respondents analyzed in each survey. An online survey of 2,064 respondents living in the Tokyo metropolitan area was also conducted. Respondents were classified using the Victorian Segmentation (VSEG) method into three groups: interested, potentially interested, and low-interest in science and technology. The results revealed that more than 60% of National Museum of Nature and Science visitors were classified as interested, while very few belonged to the low-interest group, a substantially lower proportion than among television viewers. However, more than 30% were potentially interested, a higher proportion than previously reported among science café participants. Furthermore, over 80% of potentially interested visitors reported increased interest in science and technology after their visit. These findings suggest that science museums may play a distinctive role in engaging potentially interested audiences and fostering greater interest in science.

Key words：science communication, science museum, television, segmentation, VSEG

キーワード：科学コミュニケーション, 科学博物館，テレビ，セグメンテーション，VSEG

科学・技術関心度に基づいたセグメンテーションによる商業テレビと科学博物館の利用者層比較【成果報告】

桝　太一，阿部 康人

1.　はじめに

科学技術の急速な発展と日常生活への浸透に伴い，科学に関する情報や議論を社会全体で広く共有し議論する「科学コミュニケーション」の重要性が依然として高い中，日本においてはこれまで主に，サイエンスカフェに代表される双方向的手段を対象とした研究が蓄積されてきた．しかし近年，サイエンスカフェがリーチする市民は「科学・技術への関心層」に偏る傾向が極めて強く，科学非関心層には殆どリーチしていないことが明らかになり[1)]，世論調査の結果から８割以上が科学関心層には属さないとされる日本においては特に，その効果範囲が

* Harris Science Research Institute, Doshisha University, Kyoto
** Department of Media, Journalism and Communications Faculty of Social Studies, Doshisha University

限定的であることが課題として浮かび上がってきた．また，双方向性コミュニケーションを重視する場合，構造的に少人数での実施が前提となることから，自ずとリーチ人数に限界が生じることも課題の一つである．前述の通り「社会全体で広く共有する」科学コミュニケーションの実現には，サイエンスカフェなど双方向的手段が包含する課題を補完する，別の手段の検討も不可欠である．

日本において，科学非関心層も含めた多数のリーチを実現する科学コミュニケーション手段の候補としては，「テレビ」と「インターネット」の２つが挙げられている[2]．後者は比較的最近になり発展した新興メディアとして，海外を中心に新たな学術研究が展開され始めている．一方で前者の「テレビ」は，インターネットを含むメディアの多様化により近年は相対的に影響力が減じていると指摘されているものの，2020 年の新型コロナウイルスに関する情報流通調査[3]ではテレビが最大の情報取得源として機能していたことが示されているなど，少なくとも日本においては今なお強力な科学コミュニケーション手段であることが示唆されている．廣野ら[4]の指摘通り日本ではテレビを対象とした科学コミュニケーション研究が未だ乏しいが，近年，そのリーチ範囲がサイエンスカフェとは大きく異なることが示唆され始めている．[5] しかし，インターネットやテレビが従来の科学コミュニケーションの課題を十分に補完しうるのかどうか，さらに別の手段による補完の可能性があるのかどうか，さらなる研究が求められている．

そこで本研究では，日本最大規模の来館者数を誇る国立科学博物館（東京都台東区）に着目した．代表的な科学コミュニケーション施設の１つである国立科学博物館は，近年の来館者数（上野本館のみ）が年間 250 万人近くにのぼり，インターネットやテレビに匹敵する規模のリーチ数を実現していると考えられるが，その来館者属性についてのデータは限定的であり，特に科学関心層・非関心層の分布は明らかになっていない．

2. 手法・データセット

科学系博物館の利用者が科学・技術への関心度という観点からどのような層で構成されているのかを明らかにするため，国立科学博物館を対象として，2024 年 2～3 月に 2 回の実地アンケート調査と 1 回のインターネット調査を実施した．関心度の分類には，科学・技術への関心，科学・技術情報を積極的に調べる行動，必要な情報を入手・理解できた経験の 3 項目から回答者を 6 セグメントに分類する Victorian Segmentation（VSEG）を用い，さらに「関心層」「潜在的関心層」「低関心層」の 3 群に整理した[6]．

実地調査は，国立科学博物館の特別展「和食～日本の自然，人々の知恵～」開催期間中（2024 年 2 月）と，常設展のみの期間（2024 年 3 月）にそれぞれ実施した．特別展開催時には来館者 52，024 人に対して質問紙 12，274 枚を配布し 1，595 件を回収，常設展のみの期間には来館者 27，594 人に対して同数を配布し 1，295 件を回収した．調査期間中の各日の総入館者数の比率と一致するように，それぞれ合計 1，000 件を無作為抽出してデータセットとした．質問紙では VSEG に加え，常設展のみの調査では来館による科学・技術への関心度の変化についても尋ねた．

さらに，実際の来館者だけでなく非来館者を含む社会全体との比較を行うため，一都三県（東京都，神奈川県，千葉県，埼玉県）の 20 歳以上を対象にインターネット調査を実施した．性別・年代の人口構成比に合わせて回収した，有効回答 2，064 件を得た．この調査では VSEG に加えて，国立科学博物館への来館頻度を尋ね，それに基づき“来館者”と“非来館者”に分類した．

3. 結果・考察

実地調査の結果，国立科学博物館の来館者は，特別展開催期間・常設展のみの期間いずれにおいても 6 割以上が科学・技術への「関心層」であった．「潜在的関心層」と合わせた割合は 9 割を超え，「低関心層」についてはほとんど含まれていなかった．日本社会全体では「関心層」が 2 割未満で，「低関心層」が 2 割以上を占めているという世論調査結果[7]と比較すると，国立科学博物館

の利用者は，科学・技術への「関心層」に偏っていることが示された（Table 1）． また，特別展「和食」の開催期間と常設展のみの期間で VSEG 分布に大きな差はみられず，少なくとも今回の特別展のテーマは，科学・技術への低関心層へのリーチ増加に繋がってはいなかったことが示唆された．

Table 1. VSEG distribution by field survey

	関心層	潜在的関心層	低関心層
調査Ⅰ[特別展期間中] (n=980)	**66.6%**	**32.0%**	**1.3%**
調査Ⅱ[常設展のみ] (n=983)	**61.4%**	**35.9%**	**2.6%**
世論調査	16.1%	61.4%	22.6%

一方､インターネット社会調査による“来館者”，“非来館者”それぞれの VSEG 分布は Table 2 の通りで，“来館者”の分布は，実地調査による来館者の分布と比べるとやや「関心層」が少なく「潜在的関心層」が多い傾向がみられたものの，全体としては似た傾向を示しており，特に「低関心層」をほとんど含んでいないという点で一致していた．また“非来館者”の分布は，すべての層において，世論調査の分布と似た傾向を示していた．これらは，今回の調査データが来館者の傾向および社会全体の傾向を一定程度反映していることを支持するものである．

Table 2. VSEG distribution by internet survey

	関心層	潜在的関心層	低関心層
web調査〝来館者〟 (n=435)	**57.5%**	**41.4%**	**1.1%**
web調査〝非来館者〟(n=1629)	**20.0%**	**58.7%**	**21.3%**
世論調査	16.1%	61.4%	22.6%

一方で，他の科学コミュニケーション手段と比較して，国立科学博物館がリーチ層の特徴として注目されるのは，「潜在的関心層」が来館者の 3 割強を占めていた点である． (Table 3)「潜在的関心層」は，「きっかけがあれば科学・技術へ関心を持つようになり，情報を積極的に調べるようになる可能性がある層」とされる [7]．常設展のみの期間の実地調査における「潜在的関心層」は 35. 9%であり，既存研究によるサイエンスカフェ参加者の 15. 8%を大きく上回った． 逆に低関心層は国立科学博物館利用者で 2. 6%にとどまり，テレビ視聴者の 15. 7%より少なかった．

Table 3. VSEG distribution compared to other science communication methods

	関心層	潜在的関心層	低関心層
国立科学博物館 来館者[常設展のみ] (n=983)	61.4%	35.9%	2.6%
サイエンスカフェ参加者 (n=133)	84.2%	15.8%	0.0%
テレビ視聴者[平日朝 情報番組] (n=1035)	35.2%	49.2%	15.7%
世論調査	16.1%	61.4%	22.6%

これらの結果は，テレビが「低関心層」を含めて比較的幅広い層にリーチするのに対し，国立科学博物館は「低関心層」へのリーチには一定の限界があるものの，きっかけがあれば関心を持つようになる「潜在的関心層」へのリーチについては，サイエンスカフェよりも多く実現している，という特徴を示唆するものである．さらに常設展来館者では，「関心層」の 9 割以上，「潜在的関心層」の 8 割以上が，来館によって科学・技術への関心が「上がった」または「とても上がった」と回答していた．

以上から，国立科学博物館には低関心層へのリーチという課題がある一方，潜在的関心層を関心層へ移行させる「きっかけ」を提供する場として，他の科学コミュニケーション手段とは異なる独自の役割を担う可能性が示唆された．また，本研究で用いた科学・技術への関心度に基づいたセグメンテーション手法の導入によって，従来とは異なる角度から科学系博物館の特性と課題を明らかにできる可能性がある．今後，日本各地で多様な形態で運営されている科学系博物館で，同様の調査・分析が広がっていくことが期待される．

本研究のデータ収集に当たっては，特に実地調査において，国立科学博物館の皆様より多大なご支援を頂いた． 厚く御礼を申し上げる．また本研究の一部は， 2024 年度， および 2025 年度同志社大学ハリス理化学研究所助成金により行われた． ここに記して謝意を表する．

本報告で紹介した成果の一部は，2026 年 5 月に，

査読付き論文「科学・技術への関心度からみた科学系博物館来館者の調査分析 ―国立科学博物館を事例に―」として『日本ミュージアム・マネジメント学会研究紀要』に掲載された.

参考文献

1) 加納圭, 水町衣里, 岩崎琢哉, 磯部洋明, 川人よし恵, 前波晴彦, “サイエンスカフェ参加者のセグメンテーションとターゲティング:「科学・技術への関与」 という観点から”, 科学技術コミュニケーション, **13**, 3-16 (2013).
2) 早川雄司, “国民の科学技術に対する関心と 科学技術に関する意識との関連”, 科学技術・学術政策研究所, https://nistep. repo. nii. ac. jp/records/4183 (2026. 09. 05)
3) 総務省, “新型コロナウイルス感染症に関する情報流通調査 報告書”, https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban18_01000082.html (2026. 09. 05)
4) 廣野喜幸, 藤垣裕子, 定松淳, 内田麻理香, 科学コミュニケーション論の展開, （東京大学出版会, 東京, 2023）
5) T. Masu, Y. Abe, “Reevaluating broadcast television news and current affairs programs for communicating scientific knowledge in everyday natural settings in Japan”, *Journal of Science Communication,* **24**[03], (2025)
6) 後藤崇志, 工藤充, 水町衣里, 加納圭, “科学・技術イベント参加者層評価に豪州発セグメンテーション手法を用いることの有効性”, 科学技術コミュニケーション, **15**, 17-35 (2014).
7) 加納圭, “科学技術イノベーション政策に関する世論調査, ヴィクトリアセグメント（科学・技術への関心によるセグメント）のインフォグラフィクス” https://www.nistep.go.jp/wp/wp-content/uploads/Infographics_VictorianSegments_ja.pdf (2026. 09. 05)

Interdisciplinary Research in the Humanities and Sciences to Realize a Manned Society in Outer Space

Yuta SUZUKI*, Shin-nosuke NISHIMURA*, Yasuaki IWABUCHI**,
Jiyoung CHO***, Hidekazu KOBATAKE*, Taichi MASU*

(Received September 7, 2026)

Long-term human presence in outer space requires the coordinated design of material circulation, technological systems, institutional rules, and mechanisms for sharing knowledge and values. This study explores an interdisciplinary framework for realizing a sustainable human society in space, using in-situ resource utilization (ISRU) as its material foundation. Natural-science and engineering research addresses lunar regolith conversion, molten-salt electrolysis, spectroscopic and computational analysis of dissolved species, oxygen-evolving anodes, and thermophysical measurements relevant to low-gravity operation. These efforts connect to legal and policy issues of resource governance, circular-economy perspectives, cultural interpretations of celestial bodies, education, and science communication. Rather than simply placing different disciplines side by side, the proposed framework considers how materials, people, rules, and knowledge interact in a resource-constrained environment. This approach may also provide insights into resilient resource systems on Earth.

Keywords: in-situ resource utilization, human society in space, interdisciplinary research, lunar resources, sustainability

キーワード：その場資源利用，宇宙有人社会，文理横断，月資源，持続可能性

宇宙空間での有人社会の実現のための文理横断的研究

鈴木 祐太，西村 慎之介，岩渕 泰晶，趙 智英，小畠 秀和，桝 太一

1. はじめに

米国の月面基地構想を始めとして，有人宇宙活動の計画が近年急速に進んでいる．月や火星で人が長期間生活する社会の構築を目指すとき，必要となるのは個々の装置や生命維持装置の高性能化だけではない．地球からの輸送に大きく依存せず，現地で得られる物質とエネルギーを循環させながら生活基盤を維持する仕組みが必要である．その中の一つが，現地資源を採取・分離・変換し，酸素，金属，燃料，建設材料等として利用するその場資源利用（ISRU: In-Situ Resource Utilization）である[1,2]．本プロセスの新規構築は持続的な有人宇宙活動を実現する上で不可欠である．

一方，「有人社会」という観点では，資源を作り出せることだけで社会は成立しない．限られた資源を誰が利用し，どのようなルールで配分するのか，安全性等をどのように評価するのか，さらに宇宙で生まれる知識や価値を社会にどのように伝え，次世代へ継承するのかという課題が存在する．そこで，本研究では，ISRU を物質循環のための技術的基盤

*Harris Science Research Institute, Doshisha University, Kyoto
Telephone : +81-774-65-6220, E-mail : yusuzuki@mail.doshisha.ac.jp (Yuta Suzuki)
**JAXA Research and Development Directorate, Japan Aerospace Exploration Agency, Kanagawa
***Institute of Liberal Arts and Science, Kanazawa University, Ishikawa

として，自然科学・工学，人文科学，社会科学，教育学のそれぞれの観点から，宇宙空間における持続可能な有人社会を総合的に検討した．

宇宙居住環境は，物質，エネルギー，人員，輸送能力等が地球とは異なる環境下となるために大きく制約される．宇宙環境では，一つの装置の効率の最大化というような従来の研究概念ではなく，新しい資源利用の形や，資源の採取・変換プロセス，それに必要なエネルギー，副生成物の取り扱い，装置の堅牢さ，自律性，安全性，輸送等を一体として考える必要がある．

さらに，物質の流れと並行して，人と人の間には権利，責任，費用，情報，価値観等の観点からも考察が必要である．本研究では，これらを「資源・技術」「制度・運用」「文化・教育」の三つの視点から整理する．

2. 月面資源利用のための自然科学・工学

有人社会の物質利用プロセスに関する検討では，対象として，月面砂（月レゴリス）の資源化に関する研究を進めてきた．月レゴリスは SiO_2，Al_2O_3，FeO，CaO，MgO 等を含む複合金属酸化物であり，酸素，シリコン，鉄，アルミニウム等の供給源となり得る．実験では模擬砂（レゴリスシミュラント）FJS-1 を用い，溶融塩電気化学による資源変換プロセスを検討してきた [3]．

レゴリスを直接溶融して電解する方法は工程を単純化できる一方，高い融点，粘性，電気抵抗が課題となる．そこで，地上の金属製錬で用いられる溶融塩電解の考え方を応用し，FJS-1 に CaF_2 等のハロゲン化物塩を組み合わせることで，融体形成温度や流動性を調整する方法を検討している [3]．Fig. 1 は，このような月面資源利用を有人活動の物質循環へ接続するための月レゴリスの物質利用フローの一例である．レゴリスから得られる金属は構造材料や発電材料に，酸素は生命維持や燃料電池等に利用でき，水素や水との循環を含めて資源・エネルギー系を構成できる．

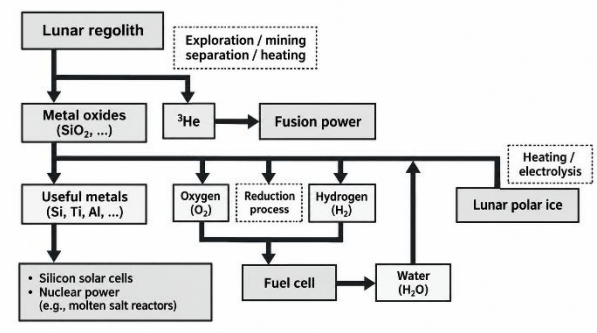


Fig. 1. Material flow for lunar in-situ resource utilization

電解反応の選択性や生成物の種類や物性は，融体中で酸化物成分がどのような化学種として存在するかに強く依存する．そこで，高温ラマン分光と密度汎関数法（DFT）を組み合わせ，SiO_2-フッ化物塩系における錯イオン構造と還元過程を解析した．その結果，Si_3F_7 系，SiF_6 系，Si(IV)イオンの各溶存種を経由して Si 析出へ至る反応経路が示唆される結果を得られた [4,5]．また，陽極側では酸化物イオンから酸素を取り出す必要があり，高温塩中で耐食性と導電性を両立する $LaCoO_3$ 不溶性陽極を用いて，600℃の LiCl-$CaCl_2$-CaO 浴中で酸素発生を実証した [6]．

月面では重力が地球の約 1/6 であるため，自然対流や浮力分離が弱まり，融体の粘性，密度，表面張力が気泡脱離，物質移動，金属とガスの分離に与える影響が相対的に大きくなる．このため，JAXA「きぼう」日本実験棟の静電浮遊炉（ELF）を利用したレゴリス系融体の熱物性計測を視野に入れ，FJS-1-CaF_2 試料の地上適合性試験を進めている．得られる熱物性値を電解槽内の流動・物質移動解析へ導入し，月面条件に適したセル設計へつなげることが重要となる．

3. 有人宇宙空間の社会科学・人文科学的視点

宇宙資源の利用は，技術的に実行可能であるだけでは持続的な活動にならない．宇宙条約では天体そのものの国家取得が認められておらず [7]，一方で採取資源の扱いについては各国の国内法やアルテミス合意等を通じた制度形成が進んでいる [8,9]．将来，複数の国，企業，研究機関が同じ天体上で活動する場合には，資源利用の透明性，安全区域，利益配分，

環境保全，国際協調等を技術開発と並行して進める必要がある．

また，資源循環を地球上のサーキュラーエコノミーと接続することで，宇宙で要求される高い資源効率を地上の持続可能性へ還元できる可能性がある[10]．宇宙では，廃棄するといった選択肢が限られるため，材料やエネルギーを再利用し，故障時にも最低限の機能を維持する設計が重要となる．この考え方は，災害時の孤立地域や極地等，資源供給が制約される地上環境にも共通する課題である．

有人社会を長期的に維持するには，技術や制度だけでなく，そこで用いられる知識が社会の中で理解され，共有されることも必要である．月は，科学の対象であると同時に，古くから文学，物語，信仰，教育を通じて人間社会に位置付けられてきた．例えば月面の模様をウサギとして見る文化的説明と，鉱物組成や反射特性の違いとして捉える自然科学的説明は，同じ対象を異なる視点から理解する例である．両者を対立させず，ナラティブとエビデンスを組み合わせることで，専門的な宇宙資源研究を生活や文化と接続した形で伝えることができる．

科学コミュニケーションの検討では，月レゴリスから金属と酸素を得る電気化学反応について，中高生を含む非専門家にも理解可能な説明形式を試みた[11]．専門用語を単純化するだけでなく，「何を入れ，どの操作を行い，何が得られるか」という因果関係を明確にすることで，技術の利点だけでなく，必要なエネルギーや装置上の制約も伝えられる．今後は，ナラティブ型とエビデンス型の説明が理解度や記憶定着に与える影響を比較し，宇宙有人社会を支える知識共有の方法として評価する．

4. おわりに

有人社会を一つのシステムとして見たとき，物質変換プロセス，利用できるエネルギー等の自然科学・工学的視点から，法制度，経済性，文化，教育への効果等の社会科学・人文科学的視点の包括的な検討が必要であり，またこれら相互の影響についても検討していく必要がある．また，技術的に利用可能な資源であっても，ルールや社会的合意が形成されなければ継続的な利用は難しい．このような相互関係を共通の評価軸を制定して扱うことが，文理横断研究において今後求められることの一つになることが考えられる．

宇宙空間での有人社会を実現するためには，資源とエネルギーを現地で循環させる自然科学・工学と，その利用を支える制度，文化，教育等を同時に考える必要がある．本研究では，月面 ISRU に関する材料・電気化学研究を自然科学的な物質利用プロセスとしながら，人文社会科学的な課題を同じ枠組みに接続する試みを進めている．今後，これらの相互作用を定量的・定性的に評価する方法を整備することで，宇宙における持続可能な生活圏の形成と，地球上の資源制約社会の双方に寄与する学際的研究へ発展させたい．

本研究の一部は「ハリス理化学研究所 部門研究」（2025 年度～2026 年度, 部門研究 A）の支援のもとに行われた．ここに記して謝意を表する．

参考文献

1) International Space Exploration Coordination Group, Global Exploration Roadmap (2024).
2) ISECG Technology Working Group, In-Situ Resource Utilisation Gap Assessment Report (2021).
3) Y. Suzuki et al., Planetary and Space Science, 266, 106177 (2025).
4) Y. Suzuki et al., Journal of Fluorine Chemistry, 283, 110420 (2025).
5) Y. Suzuki et al., Journal of The Electrochemical Society, 166, D564-D568 (2019).
6) S. Tanaka, Y. Suzuki et al., Journal of The Electrochemical Society, 172, 083502 (2025).
7) United Nations, Treaty on Principles Governing the Space, including the Moon and Other Celestial Bodies (1967).
8) 宇宙資源の探査及び開発に関する事業活動の促進に関する法律，令和 3 年法律第 83 号（2021）.
9) NASA, The Artemis Accords (2020).
10) 環境省，第五次循環型社会形成推進基本計画（2024）.

11) 鈴木祐太，桝太一，“宇宙資源を電気化学で利用する”，化学と教育，74[2], 72-75（2026）.

鬼ごっこを対象とした幼児の集団コミュニケーションの定量評価

田附　俊一

１．問題の所在と目的

近年，小学校の教育現場で，従来に見られなかった子どもが他者と衝突する事象が生じ，その改善策を求められる．幼稚園の運動遊びを観察すると，幼児の鬼ごっこにおいて，発育・発達の段階として，他者との衝突が３歳児にあるものの，４歳児にその頻度が減り，５歳児に見られなくなる．小学校において子どもが他者とぶつかるのは，幼稚園で他者を観察し，衝突を回避する行動が育まれていないからと考えた．

従来，幼児を対象とした運動に関する研究は，運動能力や身体活動量に限られてきた(山形ほか，運動疫学研究，25(1)，42-49，2023)．近年，ウエアラブルセンサーが発達し，幼児の鬼ごっこを対象とした研究が行われているものの，役割認識に関する確率モデルなどに限られる(Moreno et al.，2016：63-75)．

本研究は，幼稚園の幼児の鬼ごっこを対象に，運動特性との関係で，観察し行動する集団コミュニケーションの定量評価を目的とした．

２．方法

研究対象を，兵庫県の公立幼稚園の４歳児と５歳児とした．

園児は非侵襲で運動に全く拘束のない位置情報センサーを装着したビブスを着用し，ホールにて鬼ごっこを行った．Ultra-Wide Band システムにより得られた位置情報データから，園児の移動距離・速度・加速度データを算出し，田附（2024，2025）の私立幼稚園２園の先行研究とともに加速度標準偏差を検討した．

３．結果と考察

加速度標準偏差において，私立Ａ幼稚園の３歳児は，公立Ｃ幼稚園の５歳児と公立Ｄ幼稚園の４歳児と５歳児より高く，Ａの４歳児と５歳児は私立Ｂ幼稚園とＣ，Ｄのいずれの年齢より高く，Ａの５歳児はＡの３歳児より高く，Ｂのいずれの年齢もＣの５歳児とＤの４歳児，５歳児よりも高かった（いずれも p <0.05)．

加速度標準偏差は，加速と減速，すなわち，園児の鬼ごっこ中のストップ＆ゴーを表している．すなわち，加減速は，観察により，鬼は逃げている人を捕まえる，逃げている人は他の人と衝突せずに鬼から逃げる行動を示している．

人は状況を判断する〈カン〉を用いて，自身の動く〈コツ〉を獲得する（金子，2015，pp.124-125)．鬼ごっこにおいて他者との衝突を回避し，追う/逃げる運動は，状況を把握し，即座に勘案して動き方を選び，同時に動ける情況構成化作用を持つ身体能力（以下，身体能力）（金子，2015，pp.34-35）と考えられる．

Ａ園児は年齢とともに他者を観察し，状況に応じた行動ができるようになったが，Ｂ，Ｃ，Ｄ園児では，それが見られず，幼稚園により，園児の自己調整能力に差があることが明らかになった．

４．展望

今後，他の幼稚園も研究対象とし，集中力や運動能力なども検討項目に加え，観察し行動する集団コミュニケーションに関わる子どもの身体能力獲得に寄与する運動遊びを明らかにしたい．

文献

金子明友，運動感覚の深層，明和出版，2015，pp.34-35，124-125

田附ほか，ウエアラブルセンサーを用いた幼稚園児の鬼ごっこに類する遊びを対象とした運動特性の検討，第38回日本スポーツ運動学会大会抄録集，2025，pp.110-116　　ほか３編

Research on the Benefits of Psychological Safety: Renewal of Functioning and Productivity in Long-Established Workplaces, Families, and Local Communities

Masao YOGO*

（Received October 12, 2026）

Long-established workplaces, families, and local communities inherit knowledge, practices, and relationships that can sustain functioning while constraining adaptation. This critical narrative review examines how psychological safety may contribute to their functional renewal, without treating observed associations as causal proof. It distinguishes perceived interpersonal safety from actual protection against harassment, retaliation, and crime, and separates incident occurrence from reporting. The proposed framework links institutional conditions, responses to voice, perceived interpersonal risk, behavior, and substantive outcomes. Evidence supports associations with learning-related behavior, but direct evidence for renewal in historically established settings remains limited. Domain-specific evaluation should address quality and resource use at work, care and autonomy in families, and mutual aid and participation in communities. Psychological safety may support renewal when voice leads to fair response, effective protection, and corrective action; longitudinal and comparative research is needed to test this pathway.

Keywords: psychological safety, organizational history, functional renewal, productivity, implementation

キーワード：心理的安全性，組織の歴史，機能の再起，生産性，実装

心理的安全性の効用研究：歴史のある組織（職場・家庭）や地域環境の機能と生産性の再起

余語 真夫

1. 緒言

歴史を重ねた職場や家庭，地域には，知識や技能，人と人とのつながり，役割分担が蓄積されている．それらは日々の活動を支える一方，環境が変わったときに慣行を見直したり，異論を口にしたりする妨げにもなりうる．本稿では，受け継いだ資源を生かしながら，弱まった機能を取り戻し，活動を持続できる形に整え直すことを「再起」と呼ぶ．組織の歴史性も，単なる年数ではなく，慣行や役割，人間関係，集団の記憶が引き継がれているかどうかから捉える．

心理的安全性は，質問，援助要請，誤りの報告，異論の提示など，対人的リスクを伴う行動をとっても安全であるという，集団に共有された認識として定式化されてきた [1]．諸研究は，心理的安全性と学習関連行動等との関連を支持する [2,3]が，その向上が歴史ある組織の再起を引き起こすことまでは示さない．また，主観的に発言しやすいことと，ハラスメント，報復，犯罪等から実際に保護されていることは別の問題である．

本研究の基盤となるハリス理化学研究所 B 部門では，余語真夫（心理学部），八木匡（経済学部），多田実（政策学部），上野大介（京都女子大学），森きょうかが，それぞれの専門領域や研究現場で，心理

*Faculty of Psychology, Doshisha University, Kyoto,　Email: myogo@mail.doshisha.ac.jp

的安全性の実装に向けた理論的検討とフィールド調査を進めてきた．本稿では，そこで重ねられた議論を整理し，B 部門の研究に共通する知見を既存研究と照らし合わせながら，意義と今後の課題を検討する．

本稿では，大学・企業の研究組織，軍事組織，中小企業，家庭，地域を扱った研究と実践資料を批判的ナラティブレビューとして読み直し，心理的安全性が役立つ条件と限界を検討する．分析の軸には「制度→発言への応答→対人的リスク認識→行動→実質的成果」という流れを置き，領域ごとの機能や生産性をどう評価するかを考える．

2. 文献検討の範囲と概念上の前提

対象は，心理的安全性の基礎研究・レビュー・介入研究，測定研究，および各領域の公的資料である．網羅的検索，複数評価者による選定，統一的なバイアス評価，新たなメタ分析は行っていない．

心理的安全性は，信頼や凝集性と関連するが同一ではない．集団の親密さが高くても，異論が忠誠心の欠如と解釈されれば発言は抑制されうる．高い安全性も，批判や緊張の不在，提案の無条件な採用，失敗や違反への免責を意味しない．厳密な検討と説明責任を保ちながら，人格攻撃や不利益の示唆を避け，採否の理由を説明することが要点となる [4,5]．導入研修の受講や発言量だけを実装の達成とみなさず，自己開示を強制しないことも必要である [6]．

したがって，主観的な心理的安全性と実際の保護は別々に測定する．相談先，調査の公正さ，報復防止，必要な保護措置および是正の実施は制度の課題であり，安心感の尺度得点だけでは確認できない．報告件数も，被害の発生頻度と報告されやすさの双方で変動するため，単独では安全性の指標にならない．

3. 統合枠組みと再起の評価

本稿の枠組みは，第一に雇用・評価・相談・保護に関する制度，第二に発言に対する上司や同僚の応答，第三に成員が認識する対人的リスク，第四に質問・報告・異論・援助要請などの行動，そして第五に学習，問題の是正，業務・生活の質などの実質的成果を置く．心理的安全性は主として第三の水準に位置し，制度や応答と相互に関係しながら行動に結びつくと想定する．この連鎖は既に確立した因果モデルではなく，今後検証すべき分析枠組みである．

学術研究では，Edmondson のチーム研究が心理的安全性と学習行動の関連を示し [1]，Frazier らのメタ分析も先行要因・帰結に関する知見を統合した [2]．ただし，観察研究からは逆方向の影響や，リーダーシップ，資源，職務設計などの共通要因を除けない場合がある．医療チーム研究は地位差と包摂的なリーダー行動の関係を示し [7]，日本語版看護師尺度の検討も進んでいる [8]が，他職種・家庭・地域で同じ測定構造が成立するとは限らない．集団平均では若手や地位の低い成員の経験が隠れる可能性があり，属性差と匿名性の双方に配慮する必要がある．

介入レビューは，教育，シミュレーション，対話等の内容と結果が多様で，効果の一貫性や方法上の限界が残ることを示す [9,10]．実装評価では，効果だけでなく受容可能性，採用，実行可能性，実施状況，費用，定着を区別する [11]．安全管理や産業保健の実務資料も，対話を業務上の安全・健康に結びつける視点を提供する [12,13]．これらを踏まえ，発言を妨げる条件の把握，責任者の応答改善，独立した相談・評価手続，小規模な試行と反復評価を組み合わせることが考えられるが，万能な標準プログラムが確立しているわけではない．

再起の成果は領域別に定義する．職場では品質を含む成果と投入資源，知識継承，人材育成，安全を扱う．家庭ではケア，生活維持，自律，負担分担を，地域では相互扶助，防災，参加および活動の持続性を評価する．産出や活動量だけが増え，特定の成員の無償労働や負担が増す場合は，再起とは言い難い．短期の認識・行動，中期の是正・役割調整，長期の品質・継続性を分け，導入前の状態や資源・人員の変化も追跡する．

4. 領域別の実装課題

大学研究室では指導・評価権限の集中が発言のリスクとなりうる．学術領域のハラスメントに関する報告は組織風土と制度対応の重要性を示し[14]，Argonne National Laboratory の事例は調査・改善の実践例を提供するが，介入効果の確証ではない[15]．複数指導体制，研究方針・著者資格・データ管理の明確化，研究室外の相談経路を組み合わせ，異論や問題申告への実際の応答を評価する必要がある．企業の研究開発研究も，心理的安全性を対人関係だけでなく職務設計やチーム文脈から捉える必要を示す[16]．探索的研究と短期成果の均衡，失敗の共有と責任の明確化を検討課題とする．

軍事組織に関する研究では，米陸軍の教育課程を対象とした準無作為化比較研究で，心理的安全性，信頼，結束等に関する知識・能力の改善が報告された一方，倫理的・真正なリーダーシップや士気には有意な効果が認められなかった[17]．英国国防省の資料は主要事業における心理的安全性と認知されたチーム業績との関連を報告しているが，戦闘部隊への介入研究ではない[18]．したがって，計画，任務遂行，危険の警告，事後検討を区別し，指揮権限を保ちながら危険や誤りを伝えられる経路を評価する必要がある．

中小企業の質的介入研究は，職場の社会関係資本や心理的安全性に関する肯定的変化を報告するが，少数事例であり一般化や因果推論には限界がある[19]．経営者への権限集中を踏まえ，事業承継・技能継承において経験者と後継者が双方に疑問を述べられる条件，外部相談の実行可能性を調べることが課題である．地域研究では心理的安全性と共助活動の実行可能性との関連が分析されている[20]が，特定地域の結果を地域一般へ広げることはできない．役職の固定，評判への懸念，関係から離れる選択肢，外部相談先の独立性などを具体的に捉えるべきである．

家庭には職場のチーム尺度をそのまま適用できない．年齢や経済的依存が異なり，関係から退出しにくい場合もある．家庭内暴力の開示に関するレビューは，開示の障壁とプライバシーへの懸念を示しており[21]，家族外の安全な相談・保護経路が欠かせない．家庭での再起は，ケアと自律，負担の公平さ，安全な拒否・相談の可能性を含めて評価する必要がある．

5. 実際の保護と意図しない帰結

心理的安全性はハラスメント懸念の表明を支えうるが，防止・救済制度の代替ではない．職場いじめ防止のレビューは介入効果の確実性を非常に低いと評価した[22]．日本の製造事業所におけるクラスター無作為化試験では，一部の心理的安全性・状況指標に改善がみられた一方，いじめ行動等では有意な改善が確認されず，実際の行動減少が確立したとはいえない[23]．被害申告を受け止めることと公正な調査を両立させ，権力差のある当事者に直接対話を強制せず，保護・是正・再発防止を評価する必要がある．

オンライン詐欺被害の面接研究では，羞恥，自責，非難への懸念が相談を妨げることが報告されている[24]．集団への帰属意識を利用する詐欺への規制当局の注意喚起もある[25]が，内部の安心が詐欺を生むことを示すものではない．チーム研究では，倫理的志向と非倫理的行動の関係が心理的安全性によって異なる可能性が示されている[26]ものの，犯罪組織の研究ではない．内部の協力だけでなく，疑わしい行為への異議，外部への相談，実効的な是正を評価しなければ，結束が不適切な行為を覆い隠すおそれを捉えられない．

6. 今後の研究課題と結言

今後の検証では，組織の年数だけでなく，慣行の固定性，技能の蓄積，役割の継承，資源への依存を記録し，「歴史ある組織」をどう定めるか明らかにしたい．導入前後を比べるだけでは変化の原因を特定しにくいため，導入時期の異なる部署や比較可能な集団を含む長期調査が必要である．発言数や心理的安全性の得点とともに，発言への返答，調査の開始，担当者と期限の設定，是正後の再発状況を記録すれば，声を上げやすくなったことと，組織が実際に対応したことを分けて評価できる．地位や雇用形態による経験差も確かめ，集団平均に隠れる違いを

捉える必要がある．被害の発生と報告は別々に測り，報告の増加を直ちに安全性の低下とみなさない．研究室，企業，軍事組織，家庭，地域では尺度が同じ意味を持つか検討し，職場では品質と資源の使い方，家庭ではケアと負担の公平さ，地域では共助と参加の継続を評価する．費用や無償労働，予期しない影響も成果と併せて調べたい．

本稿で扱った知見は，心理的安全性と学習関連行動との関連を支持する一方，歴史ある組織の再起への因果効果や，持続的成果をもたらす条件は十分に確立していないことを示す．継承された技能や関係を尊重しながら慣行の問題を共有することには意義が期待されるが，発言を促すだけでは足りない．制度が応答を支え，認識と行動を経て，各領域の実質的成果へ結びつくかを検証すべきである．主観的な安心を実際の保護と混同せず，職場では品質と資源，家庭ではケアと自律，地域では共助と参加の持続性を評価することが，機能と生産性の再起を研究・実装する基盤となる．

謝辞　本研究は 2025 年度・2026 年度のハリス理化学研究所部門研究費の助成を受けて遂行された。

引用文献

1) A. Edmondson, “Psychological Safety and Learning Behavior in Work Teams”, *Adm. Sci. Q.*, **44**[2], 350–383 (1999). doi:10.2307/2666999.

2) M. L. Frazier, S. Fainshmidt, R. L. Klinger, A. Pezeshkan and V. Vracheva, “Psychological Safety: A Meta-Analytic Review and Extension”, *Pers. Psychol.*, **70**[1], 113–165 (2017). doi:10.1111/peps.12183.

3) A. C. Edmondson and D. P. Bransby, “Psychological Safety Comes of Age: Observed Themes in an Established Literature”, *Annu. Rev. Organ. Psychol. Organ. Behav.*, **10**, 55–78 (2023). doi:10.1146/annurev-orgpsych-120920-055217.

4) A. C. Edmondson, *The Fearless Organization: Creating Psychological Safety in the Workplace for Learning, Innovation, and Growth*, (Wiley, Hoboken, 2018). 邦訳：エイミー・C・エドモンドソン著，野津智子訳，村瀬俊朗解説，『恐れのない組織―「心理的安全性」が学習・イノベーション・成長をもたらす』，（英治出版，東京，2021）.

5) A. C. Edmondson, *Teaming: How Organizations Learn, Innovate, and Compete in the Knowledge Economy*, (Jossey-Bass, San Francisco, 2012). 邦訳：エイミー・C・エドモンドソン著，野津智子訳，『チームが機能するとはどういうことか―「学習力」と「実行力」を高める実践アプローチ』，（英治出版，東京，2014）.

6) 石井遼介，『心理的安全性のつくりかた―「心理的柔軟性」が困難を乗り越えるチームに変える』，（日本能率協会マネジメントセンター，東京，2020）.

7) I. M. Nembhard and A. C. Edmondson, “Making It Safe: The Effects of Leader Inclusiveness and Professional Status on Psychological Safety and Improvement Efforts in Health Care Teams”, *J. Organ. Behav.*, **27**[7], 941–966 (2006). doi:10.1002/job.413.

8) 浅海菜月，安達圭一郎，大神綾夏，『日本語版チームに対する心理的安全尺度看護師用（Japanese version of Team Psychological Safety for Nurses: JPSN）の作成と信頼性・妥当性の検討』，日本看護研究学会雑誌，**45**[5]，5_897–5_903（2023）. doi:10.15065/jjsnr.20220126178.

9) R. O’Donovan and E. McAuliffe, “A Systematic Review Exploring the Content and Outcomes of Interventions to Improve Psychological Safety, Speaking

Up and Voice Behaviour", *BMC Health Serv. Res.*, **20**, 101 (2020). doi:10.1186/s12913-020-4931-2.

10) 甲谷勇平，上田寛，佐藤優介，白坂成功，『心理的安全性向上のための実践的介入に向けた知見の整理と今後の展望』，産業・組織心理学研究，**38**[2]，193–216（2025）．doi:10.32222/jaiop.38.2_193.

11) E. Proctor, H. Silmere, R. Raghavan, P. Hovmand, G. Aarons, A. Bunger, R. Griffey and M. Hensley, "Outcomes for Implementation Research: Conceptual Distinctions, Measurement Challenges, and Research Agenda", *Adm. Policy Ment. Health*, **38**, 65–76 (2011). doi:10.1007/s10488-010-0319-7.

12) 山内桂子，『現場のチームワークを高める心理的安全性』，安全工学，**60**[1]，9–14（2021）．doi:10.18943/safety.60.1_9.

13) 大塚泰正，落合由子，『心理的安全性と産業保健における意義』，産業医学レビュー，**38**[1], 53–77（2025）. doi:10.34354/ohpfrev.38.1_53.

14) National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, *Sexual Harassment of Women: Climate, Culture, and Consequences in Academic Sciences, Engineering, and Medicine*, (The National Academies Press, Washington, DC, 2018). doi:10.17226/24994.

15) Argonne National Laboratory, "Argonne National Laboratory Description of Work: Psychological Safety Intervention", National Academies Action Collaborative Repository (2024), https://webassets.nationalacademies.org/files/PGA-CWSE-19-P-164/repository/year-5/argonne-national-laboratory-psychological-safety-project.pdf（参照 2026 年 9 月 11 日）.

16) A. Chandrasekaran and A. Mishra, "Task Design, Team Context, and Psychological Safety: An Empirical Analysis of R&D Projects in High Technology Organizations", *Prod. Oper. Manag.*, **21**[6], 977–996 (2012). doi:10.1111/j.1937-5956.2012.01329.x.

17) I. A. Gutierrez, C. D. Smith, A. L. Adrian and Y. S. Allard, "Developing Effective Small Team Army Leaders: A Quasi-Randomized Controlled Trial of the Squad Leader Development Course", *Armed Forces Soc.*, **52**[3], 935–959 (2026；オンライン先行公開 2025). doi:10.1177/0095327X241313370.

18) Ministry of Defence, "Psychological Safety in MOD Major Projects", GOV.UK (2022), https://www.gov.uk/government/publications/psychological-safety-in-mod-major-projects（参照 2026 年 9 月 11 日）.

19) E. H. Bonde, E. G. Mikkelsen, L. O. Fjorback and L. Juul, "The Impact of an Organizational-Level Mindfulness-Based Intervention on Workplace Social Capital and Psychological Safety: A Qualitative Content Analysis", *Front. Psychol.*, **14**, 1112907 (2023). doi:10.3389/fpsyg.2023.1112907.

20) 山口由美子，長曽我部まどか，谷本圭志，『地域組織における心理的安全性と共助活動の実行可能性に関する分析』，土木学会論文集 D3（土木計画学）**78**[5], I_63–I_70（2023）. doi:10.2208/jscejipm.78.5_I_63.

21) R. L. Heron and M. C. Eisma, "Barriers and Facilitators of Disclosing Domestic Violence to the Healthcare Service: A Systematic Review of Qualitative Research", *Health Soc. Care Community*, **29**[3], 612–630 (2021). doi:10.1111/hsc.13282.

22) P. A. Gillen, M. Sinclair, W. G. Kernohan, C. Begley and A. Luyben, "Interventions for Prevention of Bullying in the Workplace", *Cochrane Database Syst. Rev.*, **2017**[1],

CD009778 (2017). doi:10.1002/14651858.CD009778.pub2.

23) M. Kobayashi, “Effectiveness of a Group-Based Psychological Safety Intervention to Prevent Workplace Bullying and Sustain Work Engagement: A Cluster Randomized Controlled Trial”, *Behav. Sci.*, **15**[10], 1302 (2025). doi:10.3390/bs15101302.

24) C. Cross, K. Richards and R. G. Smith, “The Reporting Experiences and Support Needs of Victims of Online Fraud”, *Trends & Issues in Crime and Criminal Justice*, No. 518, (Australian Institute of Criminology, Canberra, 2016), https://www.aic.gov.au/publications/tandi/tandi518（参照 2026 年 9 月 11 日）.

25) U.S. Securities and Exchange Commission, “Affinity Fraud: How to Avoid Investment Scams That Target Groups”, SEC (2007; PDF edition 10/07), https://www.sec.gov/files/investor/pubs/affinity.htm（参照 2026 年 9 月 11 日）.

26) M. J. Pearsall and A. P. J. Ellis, “Thick as Thieves: The Effects of Ethical Orientation and Psychological Safety on Unethical Team Behavior”, *J. Appl. Psychol.*, **96**[2], 401–411 (2011). doi:10.1037/a0021503.

Practice and Assessment of Information Education in the Age of Generative AI: A Challenge from the Classroom through an Interdisciplinary Approach

Daiji FUKAGAWA,* Takamasa IIO,* Noriko ITO,* Mamiko SAKATA,* Masashi OKUBO,** Ayumi TANAKA,*** and Akeo OKADA*

(Received September 24, 2026)

This paper reports the interim results of a divisional research project that seeks to redefine information education in the age of generative AI. Questionnaire surveys conducted in 2025 and 2026 at the Faculty of Culture and Information Science, Doshisha University (575 and 477 valid responses) show that use of generative AI in university study several times a week or more rose from 80.2% to 88.3%, while the proportion of students who feel anxious about being suspected of academic misconduct rose from 65.9% to 71.9%. About 80% of the respondents had been prohibited by an instructor from using generative AI, and about the same proportion wanted the university to teach how to use it appropriately. Building on these findings, we describe classroom practices in which the permitted scope of use is specified in advance and students declare how they actually used the tools, and we discuss a redesign of learning assessment that combines submitted artifacts with occasions for confirming each student's own understanding.

Keywords: generative AI, information education, interdisciplinary education, learning assessment, academic integrity

キーワード：生成 AI，情報教育，文理融合，情報リテラシー，学習評価，アカデミック・インテグリティ

生成 AI 時代における情報教育の実践と評価： 文理融合型アプローチによる教育現場からの挑戦

深川 大路，飯尾 尊優，伊藤 紀子，阪田 真己子，大久保 雅史，田中 あゆみ，岡田 暁生

1. はじめに

生成 AI は，文章，画像，プログラム等の生成を容易にし，学習者が情報にアクセスし表現する方法を大きく変えた。一方，もっともらしい誤情報の生成，出典の不透明化，成果物と学習者自身の思考との区別，個人情報・著作権への配慮など，従来の情報教育だけでは十分に扱いにくい課題が顕在化した。

この状況に対して必要なのは，生成 AI を一律に禁止するか無条件に推奨するかという二者択一ではない。文部科学省は一律の可否を示さず，各機関が教育実態に応じて対応を検討し適宜見直すことを求

*Faculty of Culture and Information Science, Doshisha University, Kyoto
**Department of Information Systems Design, Faculty of Science and Engineering, Doshisha University, Kyoto
***Faculty of Psychology, Doshisha University, Kyoto

めており [1]，本学も科目ごとの判断を前提としたうえで，科目担当者の指示に従わない利用が不正行為と認定されうると明示している [2]。判断が個々の授業設計に委ねられている以上，学修目標に応じて利用条件を設計することが教員に，生成 AI をどう用いたかを自ら説明できることが学生に求められる。

生成 AI が利用者の前に現れてからの数年間は，その役割が短い周期で塗り替えられてきた過程でもあった。基盤技術は 2017 年の Transformer[3]と，少数の例示から多様な課題を解く 2020 年の GPT-3[4]に遡るが，一般の利用者にとっての転機は，2022 年に DALL·E 2，Midjourney，Stable Diffusion と画像生成サービスが相次いで公開され，同年 11 月に ChatGPT が登場したことであった。当初，生成 AI は「文章や画像を作る道具」とみなされ，利用者の関心は望む出力を得るための指示の書き方に集中した。その後，検索や文書の参照と組み合わされて「調べる道具」となり，推論過程を長く展開するモデルによって「考える過程を見せる道具」となり，さらに複数の操作を連続して代行する「作業を任せる道具」へと役割を広げつつある。この変化の速さは教育の側が対応できる速さを超えており，数年前には有効とされた指示の書き方の工夫の多くは，モデルの改良によって既に不要になっている。

したがって，情報教育が生成 AI 利用の個別的な最新ノウハウの習得を目的とすることは適切でない。特定のサービスの操作手順や，その時点で有効とされる指示の書き方は，習得した時点で既に古び始める。問われるべきは，こうした変化を通じてなお残るものは何か，すなわち，生成 AI の役割がどのように変わろうとも必要とされる能力とは何であり，高等教育はそれをどのように教えるべきか，である。

この問いに対する本研究の見通しは，変化を通じて残るのは個別の操作技能ではなく，得られた情報の妥当性を自ら検証し，どこまでを生成 AI に委ねたのかを判断して説明できる力である，というものである。その力は，情報を技術的対象としてのみ扱っていては育たない。文化的・社会的・倫理的文脈を含めて情報を考察する文理融合型の教育が重要になるのはそのためであり，その基礎には「そもそも情報とは何か」という，情報科学と人文学の双方にまたがる蓄積をもつ主題がある [5]。生成 AI の利用を前提として学生が何を獲得したのかを評価するという営みは，学生自身の理解と生成 AI の出力とをどう切り分けるかという形で，この主題を学部教育の水準で具体化する機会でもある。

本部門研究は，生成 AI 時代における情報教育の「再定義」を試み，得られた知見を学部教育に実装するとともに，学生の社会的責任感と良心を育む教育プログラムの構築を目指す。

2. 研究目的と検討課題

本研究の目的は，生成 AI の普及を前提とした情報教育の内容，方法，評価のあり方を，教育実践に基づいて整理することである。具体的には，次の四つの課題を設定した。

（1）学生および教員による生成 AI 利用の実態と意識を把握すること。（2）生成 AI を用いる学習活動と，用いずに基礎的能力を確認する学習活動の関係を検討すること。（3）レポート，卒業研究，口頭発表等における利用条件と評価方法を整理すること。（4）情報の文化的・社会的・倫理的側面を含む文理融合型の教育モデルを提案すること。

3. 研究活動と教育実践

3.1. 生成 AI 利用実態の把握

本部門研究では，文化情報学部の学生を対象として，生成AIの利用実態と意識に関する質問紙調査を 2 年連続で実施した。2025 年度調査は 2025 年 7 月 9 日から 19 日にかけて実施し，584 件の回答のうち欠損の多い回答を除いた 575 件を分析対象とした。2026 年度調査は 2026 年 6 月 17 日から 7 月 3 日にかけて実施し，481 件のうち 477 件を分析対象とした。回答者の学年構成は，2025 年度が 1 年生 49%，2 年生 31%，3 年生以上 19%であるのに対し，2026 年度は 1・2 年生が 99%を占める。したがって以下の年次比較は，同一集団の追跡ではなく，学年構成の異なる二つの断面の比較である点に留意が必要である。

まず，生成 AI の利用そのものは，既に例外的な行為ではない。「生成 AI という言葉を聞いたことがある」と答えた学生は両年度とも 100%であり，週に数回以上（「毎日」または「2〜6 日に 1 回」）利用する学生は 2025 年度で 89.7%，2026 年度で 95.0%に達した。大学の学習（課題や研究活動等）に限定しても，週に数回以上の利用は 80.2%から 88.3%へと増えている。調査設計の当初に想定していた「使う学生と使わない学生」という区分は，既に実態を捉える枠組みとして有効ではない。

利用するサービスは，この 1 年で大きく変化した。ChatGPT の利用が 89.2%から 92.0%と高止まりする一方，Gemini の利用は 34.8%から 83.0%へ急増した。また，2026 年度の回答者の 87.0%が無料プランのみを利用しており，学生の利用は無償で提供される範囲に強く規定されている。

用途についても変化がみられた。Figure 1 に，用途 15 項目それぞれについて「全く利用しない」以外を選んだ回答者の割合を示す。創作活動を除く 14 項目のすべてで利用率が上昇しており，利用の広がりは特定の用途に限られたものではない。とりわけ「資料や文書の添削」を「よく利用する」学生は 31.3%から 45.1%へ増加し，「データの集計・分析」や「言語学習」でも不使用層が大きく減っており，文章生成にとどまらず分析や学習支援へと利用範囲が広がりつつある。

意識面では，有用性の認識と不安が併存している。生成 AI の活用が学習にとって有用だと考える学生は両年度とも 9 割前後（91.1%，89.5%）に上る。その一方で，生成 AI を用いて作成した課題が不正行為とみなされる可能性に不安を感じる学生は 65.9%から 71.9%へ，人間の学ぶ力や考える力が損なわれると考える学生は 61.6%から 67.3%へ，大学の教育・学習が生成 AI に依存することへの不安は 59.7%から 64.6%へと，いずれも増加している。また，教員から利用を禁止された経験がある学生は両年度とも約 8 割（80.3%，79.9%）である一方，大学が生成 AI の有効な使用方法を授業内で扱うべきだと考える学生も約 8 割（77.6%，76.7%）にのぼる。

これらの傾向を全国水準と対照するため，学生と教員を対象とした全国調査 [6]と比較した。同調査（2025 年 3 月実施）では，大学・大学院生のうち生成 AI を使用していると答えた者は 66.6%，生成 AI で教育・学習上の効果が上がると思う学生は 59.4%であり，本学部の値（ほぼ全員が利用，有用 89.5%）はこれらを大きく上回る。一方，教育・学習が生成 AI に依存することへの不安は，全国調査の大学・大学院生で 69.6%，本学部で 64.6%と，ほぼ同水準である。設問の文言や実施時期が異なるため厳密な比較ではないが，利用と有用性の認識が全国水準を大きく超える集団においても，依存への不安は減っていない。

これらの結果は，学生が生成 AI を積極的に利用しながらも，その利用が正当な学習であるかどうかを自力では判断しきれずにいることを示しており，「使わせるか否か」ではなく「どのように使わせるか」を教育の側が明示する必要があるという本研究の問題意識を裏づける。

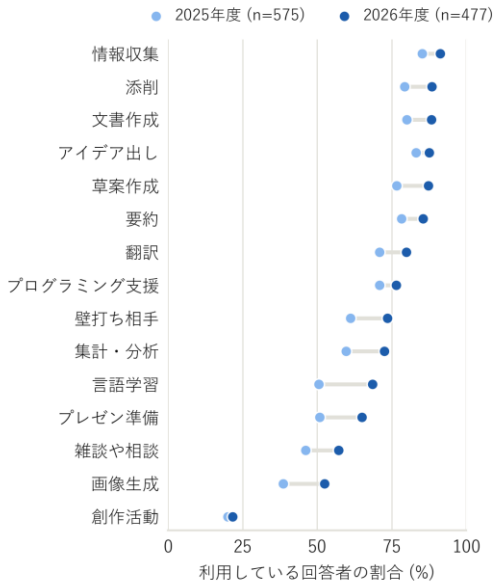


Fig. 1. Proportion of respondents who use generative AI for each purpose in 2025 and 2026

3.2. 授業・レポート作成における実践

授業実践では，生成 AI の利用を一律に禁止するのではなく，学修目標に照らして利用を認める範囲をあらかじめ提示し，利用した場合には用途を申告

させる方式を複数の科目で試行した。具体的な工夫としては，下書きは学生自身が書き，生成 AI は添削にのみ用いさせる方法，提出されたプログラムの内容を学生本人に口頭で解説させる方法などがある。いずれも，成果物の禁止ではなく，学習者本人が思考する工程を確保することを意図している。

2 年次選択科目「会話情報学」では，まず期末レポート用データを収集するための実験刺激（漫才シナリオ）の作成に，大学が提供する M365 Copilot Idea Coach の利用を認めた。これは，馴染みのない創作課題への心理的負担を軽減するとともに，安全な利用経験を通じて期末レポートでの活用への心理的障壁を下げることを目的とした。第 14 回では，期末レポートの作成方法および提出要件の説明にあわせて，生成 AI の活用方法と留意点を解説した。この授業では，アイデア出し・ブレインストーミング，情報収集・要約，構成案・見出しづくり，下書きの作成補助，文章の校正，参考資料の翻訳を認められた用途として明示する一方，アノテーション，データ分析，結果の視覚化については，当該科目の学修目標そのものにあたるため利用を認めないこととした。提出時には，レポート本体に加えて，生成 AI に与えた入力（プロンプトやファイル）と出力，および利用目的の申告を求めた。

提出された 69 件の申告では，「使用していない」が 27 件で最も多く，利用目的はアイデア出し・ブレインストーミング 13 件，情報収集・要約 12 件，構成案・見出しづくり 10 件が上位を占め，文章の校正は 8 件であった。利用を認めた場合でも，レポート本文の生成を全面的に委ねる学生は多くなく，着想と構成の段階での利用が中心であった。第15回の振り返りではこの集計結果を受講生に共有し，執筆支援だけでなく校正への活用を促した。とくに，引用文献の記載漏れや図表キャプションの不足といった，レポートの形式的な不備を自ら点検するための利用方法を指導した。

3 年次必修科目「ジョイント・リサーチ」のあるクラスでは，「良心を可視化する―私たちが何に呵責を感じるとき」をテーマとする探究活動に生成 AI を取り入れた。学生はまず自ら問いや仮説，調査案を考えたうえで生成 AI に相談し，その提案を自分たちの案と比較・検討する。AI の回答をそのまま採用するのではなく，採用・修正・却下を学生自身が判断し，その理由を記録させた。これにより，生成 AI を答えを得るための道具としてではなく，自らの判断基準や価値観を言語化し，検証するための対話相手として位置づけることを目指した。

両者に共通するのは，入力・出力と利用目的の提出，あるいは採用・却下の判断とその理由の記録という形で，学生に自らの委任範囲を言語化させる仕掛けである。

3.3. 学習評価の再設計

生成 AI を利用できる成果物評価だけでは，学習者本人の理解や説明能力を十分に確認できない場合がある。そこで，生成 AI を含む各種資源の利用を認める課題と，口頭試問・対話・授業内活動など本人の理解を確認する機会を組み合わせる方向性を検討した。たとえば，1〜2 年次対象の必修科目「文化情報学 1〜4」では，期末レポートを電子的に提出させるのではなく，対面でのレポート試験を実施した。卒業研究における論文と試問会の関係も，この考え方を検討するうえで有用な既存の枠組みである。

こうした設計は，課題ごとに生成 AI の利用水準を段階的に規定する枠組みとして提案されている AI Assessment Scale（AIAS）[7]の考え方と重なる。AIAS は，利用を全面的に排する水準から全面的に委ねる水準までを連続体として捉え，課題の目的に応じた水準を教員が選び学生に明示することを求める。3.2 節の実践がアノテーションやデータ分析の利用を認めなかったのは，それらが当該科目の学修目標そのものにあたるためであり，禁止の理由が学修目標から導かれている点でこの枠組みと整合的である。重要なのは，科目間で水準が異なること自体ではなく，どの水準を採るのかとその理由が学生に伝わることである。

また，AI ライティング検知結果は，それのみをもって不正を確定するためではなく，提出物の作成過程や理解を確認する対話の契機として扱う必要がある。主要な検知ツールを検証した最近の研究によれ

ば，人間の文章を AI 生成と誤判定する例は稀になったものの，人間が手を加えた AI 生成文の検出は不完全であり，検知結果を重大な判断の唯一の根拠とすべきではないとされる[8]。3.1 節でみたように不正行為とみなされる不安を抱く学生は 7 割を超えており，検知結果が一方的に処分へ結びつくという認識そのものが，適切に利用した学生を含めて広く萎縮させうる。評価においては，最終成果物だけでなく，問いの形成，資料選択，検証，修正，説明といった過程を可視化することが重要である。3.2 節で述べた入力・出力と利用目的の提出は，この可視化を提出要件として制度化したものにあたる。

3.4. 社会的文脈における実証的検討

研究の展開として，AI を用いた遠隔会話に関する実証実験を大阪・関西万博会場で実施し，AI や VR 技術が社会的文脈のなかでどのように受容され，どのようなコミュニケーションを生むかを検討した。この活動は，教室内での利用実態調査に加えて，実環境における技術受容とコミュニケーションを考える拡張的フィールドとして位置づけられる。

4. 現段階で得られた示唆

第一に，生成 AI 利用の可否のみを規定しても，教育上の目的は十分に伝わらない。調査では，教員から利用を禁止された経験がある学生が約 8 割にのぼる一方，大学が有効な使用方法を授業内で扱うべきだと考える学生も約 8 割を占めた。禁止の経験は既に広く共有されているが，それによって学生の不安が解消されているわけではない。学習者に何を自力で考えさせ，どの部分で支援を認め，最終的に何を説明できることを求めるのかを明示する必要がある。

第二に，生成 AI 利用を申告させる仕組みは，監視や処罰だけを目的とするのではなく，学習者が自らの作業過程を振り返るメタ認知的活動として設計することが望ましい。3.2 節の申告集計では，利用を認めた条件下でも本文生成を全面的に委ねる学生は多くなく，着想と構成の段階での利用が中心であった。申告の様式そのものが，どこまでを自分で行ったのかを学生に意識させる装置として働いた可能性がある。

第三に，学生自身が抱く「学ぶ力が損なわれる」という懸念（61.6%から 67.3%へ増加）は，漠然とした不安として退けられるものではない。中国の中高生約 2.7 万名を 30 か月にわたって追跡した研究では，生成 AI の導入は宿題の得点を高め所要時間を短縮する一方で試験の得点を低下させ，その損失は，宿題を短時間で済ませて高得点を得るという「外注」型の利用者に集中し，非利用者と同程度の時間をかけている利用者では小さかった[9]。また，エッセイ執筆時の脳活動を計測した研究では，生成 AI を用いた群で神経活動の結合が最も弱く，自力で書いてから生成AIを用いた群のほうが良好な想起を示した[10]。これらは，生成AIの利用そのものではなく，思考が起動する前に委ねてしまうことに問題があり，その委ね方は利用の順序や時間のかけ方によって変えうることを示唆する。3.2 節の実践が，下書きを先に書かせ，そのうえで添削や構成の相談に用いさせるという順序を採っていることは，この知見と方向を同じくする。

第四に，生成 AI の機能と利用慣行は短期間で変化するため，固定的な正解を提示するのではなく，教員と学生が実践を共有し，継続的にルールと評価方法を見直す体制が必要である。実際，本調査の 2 年間だけでも，学生が主に用いるサービスの構成は大きく入れ替わっている。第 1 章で述べたとおり，特定のサービスや，その時点で有効とされる指示の書き方に依存したノウハウは短期間で陳腐化する。教えるべきは個別の使い方ではなく，どのサービスを用いる場合にも共通して必要となる，検証と説明の作法である。

5. 今後の課題

今後は，質問紙調査の基礎集計に加え，学年，授業形態，利用目的等による傾向を分析する。本稿で示した 2 年間の比較は，2026 年度の回答者が学部 1・2 年生にほぼ限られるという制約を伴っており，年次変化と学年差を分離するには，学年を統制した

分析および回答者の追跡が必要である。また，対象が文化情報学部に限られている。調査対象を他学部の学生や教員に拡大し，全国調査の結果とも比較することによって，本調査で見られた傾向がどの程度一般的であるかを確認する。あわせて，生成 AI を利用した学生と利用しなかった学生の成果物や学習過程を，単純な優劣ではなく，理解，検証，説明，自己調整の観点から比較できる評価枠組みを検討する。

さらに，2026 年度の学部 FD 等を通じて実践事例と課題を共有し，シラバス記載，課題設計，利用申告，口頭確認，データ取扱い等について，教員が参照できる実践的な指針へ整理する。部門研究終了時には，生成 AI 時代の文理融合型情報教育モデルとして，教育目標，学習活動，評価，倫理・権利への配慮を一体的に提示することを目指す。

6. おわりに

本稿の調査は，学生が既に生成 AI を日常的に用いながら，その利用が正当な学習であるかを自力では判断しきれずにいることを示し，授業実践を通じて，利用の範囲と根拠を明示し利用を可視化させることがその判断を支えうることを示した。生成 AI はいま，個人が世界を知り，世界に語りかけるためのインタフェースへと変わりつつある。情報教育に求められるのは，その操作法ではなく，インタフェースの向こうにあるものを疑い，確かめ，自らの言葉で語り直す力を育てることである。本部門研究では，文化情報学部を中心とする文理融合型の教育実践を通じて，その力を育む情報教育のあり方を継続的に検討していく。

謝辞

本研究は，同志社大学ハリス理化学研究所第12期部門研究「生成 AI 時代における情報教育の実践と評価：文理融合型アプローチによる教育現場からの挑戦」の助成を受けた。ここに記して謝意を表する。

本稿の執筆にあたり，生成 AI を，原稿の下書きと推敲，質問紙調査の集計プログラムの作成，図の作成に用いた。生成 AI の出力はいずれも第一著者が検証したうえで採否を判断しており，本稿の内容に関する責任はすべて第一著者が負う。

参考文献

1) 文部科学省：大学・高専における生成 AI の教学面の取扱いについて（周知），2023 年 7 月 13 日．https://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/2023/mext_01260.html
2) 同志社大学教務部：同志社大学での学びと生成 AI，2026 年 2 月．https://www.doshisha.ac.jp/students/learning_genai/index.html
3) Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, Ł. and Polosukhin, I.: Attention is all you need, *Adv. Neural Inf. Process. Syst.*, **30**, pp.5998-6008, 2017.
4) Brown, T. B., Mann, B., Ryder, N. et al.: Language models are few-shot learners, *Adv. Neural Inf. Process. Syst.*, **33**, pp.1877-1901, 2020.
5) Martinez, M. and Sequoiah-Grayson, S.: Logic and information, *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Fall 2023 Edition). https://plato.stanford.edu/archives/fall2023/entries/logic-information/
6) 仙台大学 AI 教育研究チーム：学生と教員を対象とした生成 AI の教育利用状況と意識に関する全国調査 2024 年－2025 年比較調査，2025 年 10 月．
7) Perkins, M., Furze, L., Roe, J. and MacVaugh, J.: The AI Assessment Scale (AIAS): A framework for ethical integration of generative AI in educational assessment, *J. Univ. Teach. Learn. Pract.*, **21**(6), pp.49-66, 2024.
8) Van Vlasselaer, M., Van Droogenbroeck, F. and Spruyt, B.: Who wrote this? Evaluating the reliability of AI detection tools in higher education, *Int. J. Educ. Integr.*, **22**, 16, 2026.
9) Strömberg, D., Lei, V. and Wu, Y.: The generative AI learning penalty: Evidence from Chinese secondary education, CEPR Discussion Paper No. 21577, 2026.
10) Kosmyna, N., Hauptmann, E., Yuan, Y. T., Situ, J., Liao, X.-H., Beresnitzky, A. V., Braunstein, I. and Maes, P.: Your brain on ChatGPT: Accumulation of cognitive debt when using an AI assistant for essay writing task, arXiv:2506.08872, 2025.

月面上でのその場資源利用を指向した電解プロセスの開発

鈴木　祐太

1.　研究背景

水電解による水素および酸素の生成プロセスでは，反応の駆動に必要な電圧の低減と，気泡の迅速な脱離による反応場の維持が重要となる．特にアルカリ水を用いた条件下では電極表面の濡れ性や気泡層の形成が電流–電位応答に与える影響が大きく，電解条件や電極形状によって電流密度の時間変化・立ち上がりが変化することが知られている[1]．水電解を含む電解プロセスは，近年，宇宙空間でのその場資源利用を目指した資源調達プロセスに資する技術の一つとして考えられている．特に，月極域の永久影クレーターでは，水氷が存在することが確認され，将来的な水電解の活用が想定され，さらには月面砂（月レゴリス）中の酸化物からの酸素ガス製造など，電解技術の活用可能性が注目されている．

このような背景のもと，本研究では，電極表面の調製による電解生成物となる気泡の脱離プロセスの制御を可能とするために，ナノワイヤー状電極に着目した．テンプレート式の電析によるナノワイヤーの作製は，用いるメンブレンの孔径に応じてナノワイヤーの直径を揃えられるとともに，成長に伴う電流応答が体系化されているため，幾何学的要因と電気化学応答の関係を議論する上で適した系である[2]．また，Ni 表面の水素発生，気泡脱離機構に関する報告[3]を踏まえ，細径化による曲率増大・局所電場集中・活性部位密度の増加が，観測される立ち上がり電位への影響についても考察が可能となる．

2.　実験方法

Ni ナノワイヤーはトラックエッチドメンブレンをテンプレートとして Ni を定電位電析した後，CH_2Cl_2によりテンプレートを溶解除去して得た．テンプレート合成による金属ナノワイヤー作製は，孔径に応じてワイヤー直径を制御でき，電流過渡が I～IV 段階に分類されることが知られている[2]．作製後，走査型電子顕微鏡にて形態を観察した．

水電解評価は 25 wt.% KOH 水溶液中，室温で実施し，作用電極に Ni ナノワイヤー，対極に Pt，参照に Pt-QRE を用いた．掃引速度は 10 mV s^{-1}とし，電気化学測定装置によって電位を掃引して電流密度を計測した．アルカリ溶液中の水電解では電極濡れ性や気泡層の形成が電流-電位応答に影響することが知られており[1]，本研究では直径差による応答の相違に着目して比較した．図 1 には本研究で作製した電解セルの概略図を示した．

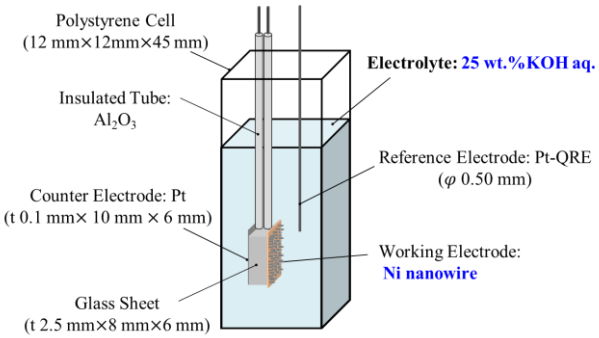


図 1. 電気化学測定用セルの概略図.

3.　結果と考察

図 2 の SEM 像から，φ30 nm，φ200 nm，φ1 μm である円柱状の Ni ナノワイヤーが得られたことが判る．テンプレート式の電析では，膜厚や通電電荷によりワイヤー長を調整でき，成長過程の電流応答がステージ I（核生成・細孔内成長）→ステージ II（定常成長）→ステージ III（外部への突出）→ステージ IV（外部成長の定常化）に整理される

点が，形状–応答相関の議論に有用である[2]．本電析の結果からも電気化学的な制御によって生成されるナノワイヤーの長さが制御可能となる．

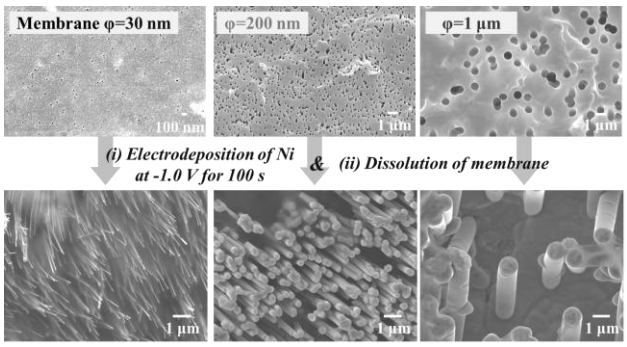


図 2．電析法によって作製した Ni ナノワイヤー．

図 3 には作製した Ni ナノワイヤー電極上での水素発生挙動を電気化学的に調べた結果を示した．直径が小さいほど還元電流の立ち上がりが貴側へシフトする傾向が見られた．細径化によりナノワイヤー先端･稜部の曲率が増し，局所電場の集中と活性点密度の増加が期待されること，また微細気泡は電極表面から早期に脱離しやすく，被覆による局所遮蔽が緩和されやすいことが考えられた．一方，直径が大きな電極表面では気泡が相対的に滞留しやすく，有効面の一時的遮蔽や拡散場の停滞を介して立ち上がり電位が卑側に現れ得る．これらはアルカリ系で報告される気泡層の形成と電流低下・応答遅延の知見とも整合性が取れる[1]．

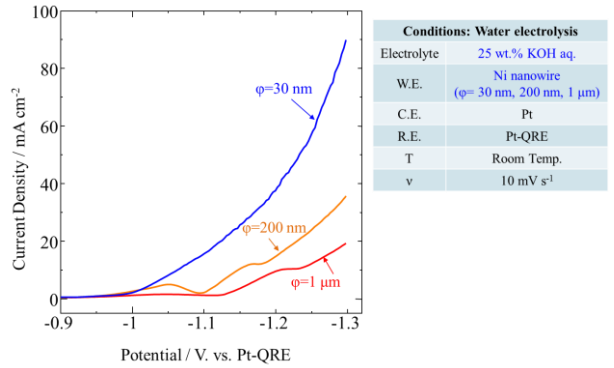


図 3．電気化学測定（リニアスイープボルタンメトリー）の結果．

水電解におけるガス発生反応のメカニズムに関しては，Ni/Ni 酸化物界面での水の解離吸着が水素ガス発生反応の活性を向上させること，電位に応じて表面水素被覆率が変化すること，検討電位域で Volmer 過程（H 吸着）が律速となり得ることが示されている[3]．細径化がもたらす局所的な pH･電場・吸着 OH^- 分布の偏りは，界面での水分子活性化や吸着水素原子の生成を相対的に促進し，結果として電位の立ち上がりの貴側へのシフトに寄与する可能性が高い．さらに，ワイヤーアレイの空隙は電解液の更新や気泡脱離経路にも関与し，連続掃引下での極近傍物質移動を緩和すると考えられる[1,3]．

4. 結言

本研究では，Ni ナノワイヤー電極の直径差（φ 30 nm，φ200 nm，φ1 μm）がアルカリ水溶液中の水電解に及ぼす影響を明らかにした．細径なほど水素ガス発生反応の反応開始が貴側に現れる傾向が観察され，微細化が過電圧低減に有効であることが示唆された．また，テンプレート式の電析による形状制御性と，アルカリ条件下における気泡・界面の寄与，Ni 表面での水素発生メカニズムに関する考察を踏まえると，直径の微細化に加え，長さ・密度・表面状態を制御することで，さらなる高効率化が期待される．本研究によって得られた知見は，1/6G 下の月面上での水電解による水素および酸素ガスの効率的な生成および回収に向けた電解槽設計の指針となることが期待される．

5. 研究成果の公表

本研究成果の一部は，下記の国際誌へ原著論文として掲載されている．

Y. Suzuki, S. Nozaki, S. Tanaka, T. Goto, Coordination Structure of Si(II) Ions in Binary Melts (LiF-KF, LiF-NaF, and NaF-KF) and Ternary Melt (LiF-NaF-KF), *Inorg. Chem.*, 63 (2024) 203-210.

参考文献

[1] H. Matsushima et al., *Electrochim. Acta*, 48 (2003) 4119-4125.
[2] Y. Fukunaka et al., *Electrochem. Solid-State Lett.*, 9 (2006) C62–C65.
[3] Z. Liang et al., *J. Am. Chem. Soc.*, 139 (2017) 4854-4858.

肩関節トレーニングがジャンプ能力に及ぼす影響の検討

築瀬　康

1.　背景

バレーボールでは，スパイクやジャンプサーブなどの攻撃局面において跳躍動作が重要な役割を果たす．これらの跳躍動作では，腕を後方（肩関節伸展）から前方（肩関節屈曲）へ振り上げる動作が伴う．先行研究では，この振り上げ動作が床反力の増加を通して，跳躍高の向上に関与することが示されている（Hara et al., 2006）．これまで多くの報告は横断研究であり，トレーニング介入効果を検証した縦断研究は報告されていない．そこで本研究では，振り上げ動作の向上を目的とした筋力トレーニング介入に着目し，跳躍能力と踏切時の力学的指標への影響を検討した．

2. 方法

習慣的に週 2 回以上バレーボールを行っている右利きの健常男子大学生 3 名を対象とした．いずれも下肢および体幹に整形外科的既往を有さない者とした．介入として 6 週間の筋力トレーニングを実施し，セラチューブ（Thera-Band®, USA）を用いた肩関節屈曲および伸展の抵抗運動（各 10 回×5 セット，セット間休息 1 分）を週 3 回，1 回約 15 分間行った．運動強度は Borg スケールを参考に「ややきつい〜きつい」程度となるようチューブの条件を調整した．評価は介入前および介入 6 週後に実施した．三次元動作解析装置（Cortex, Motion Analysis Corp., USA），床反力計を用いてスパイクジャンプ課題を最大努力下で 2 回測定し，跳躍高を算出した．力学的指標については，解析区間を助走時の右踵接地から両足底離地までとし，肩、肘、股、膝、足関節の最大パワーを求めた．本研究は対象者が少ないため，統計解析は実施しなかった．

3. 結果

1）肩関節に対する筋力トレーニングがスパイクジャンプの跳躍高に及ぼす影響

表 1 にスパイクジャンプの跳躍高の結果を示す．介入前の跳躍高は 57.0±3.9 cm，介入後は 61.3±2.9 cm であり，3 例すべてで増加を認めた．

表 1 スパイクジャンプにおける跳躍高(cm)

	ID1	ID2	ID3	平均±標準偏差
介入前	55.7	61.3	53.9	57.0±3.9
介入後	60.8	64.4	58.6	61.3±2.9

2）肩関節に対する筋力トレーニングがスパイクジャンプ時の最大関節パワーに及ぼす影響

最大関節パワーの結果を表 2 に示す．介入後，肩関節（左右）・肘関節（右）・股関節（左右）・膝関節（右）・足関節（右）は増加し，膝関節（左）・足関節（左）は減少した．変化量が大きかったのは股関節(右)(+296.3W)，次いで足関節(右)(+238.9W)，肩関節（左）(+177.7W) であった．

表 2 スパイクジャンプにおける最大関節パワー(W)

関節	介入前	介入後	変化量（介入後-介入前）
(左)肩	134.4±79.8	312.1±243.2	177.7
(右)肩	188.2±181.9	288.9±243.7	100.7
(左)肘	65.6±21.5	66.9±18.8	1.3
(右)肘	77.8±71.4	115.5±49.8	37.7
(左)股	792.8±98.4	834.0±980.8	41.2
(右)股	589.2±393.4	885.5±360.9	296.3
(左)膝	1251.4±276.7	850.6±247.4	-400.8
(右)膝	1015.0±550.1	1076.4±315.0	61.4
(左)足	680.0±288.4	461.8±279.6	-218.2
(右)足	538.5±242.1	777.4±227.9	238.9

4. 考察

肩関節に対する筋力トレーニングは,スパイクジャンプの跳躍高の向上に寄与する可能性が示唆された.最大関節パワーにおいても,肩関節および肘関節で増加が認められ,トレーニングの影響を反映した可能性がある.垂直跳において振り上げ動作は跳躍高を向上させることが知られており,振り上げ動作を伴うジャンプではジャンプ高が10%以上増加することが報告されている（Hara et al., 2006）.さらに腕振りは上肢で発生したエネルギーを下肢へ伝達し,股関節や足関節の仕事量を増加させることが示されている（Lees et al., 2004）.したがって,本研究のトレーニングにより肩関節周囲の機能向上により振り上げ動作が変化し、その結果として跳躍高が増加した可能性が考えられる.一方で,下肢関節の部位によっては低下が確認された.これらの変化の要因については,本研究結果のみでは明確に説明できず,今後さらなる検討が必要である.

本研究にはいくつかの限界がある.第一に,対象者数が少数（n＝3）であり,結果の一般化には慎重な解釈が求められる点である.第二に,本研究は介入群のみを対象とした前後比較であり,対照群を設定していない点が挙げられる.今後は対象者数を増やすとともに,対照群を設定したランダム化比較試験を実施することで,介入効果の因果関係をより厳密に検証する必要がある.

5. まとめ

以上より,肩関節に対する筋力トレーニングはスパイクジャンプの跳躍高を向上させる可能性が示された.しかし,そのメカニズムについては関節パワーの結果のみからは十分に説明できず,詳細な動作解析や筋活動などを含めたさらなる検討が求められる.

参考文献

1) Hara, M et al. (2006). The effect of arm swing on lower extremities in vertical jumping. Journal of Biomechanics, 39(13), pp.2503-2511.

2) Lees, A., Vanrenterghem, J., & De Clercq, D. (2004). Understanding how an arm swing enhances performance in the vertical jump. Journal of Biomechanics, 37(12), pp.1929-1940.

レーザーアブレーション誘導結合プラズマ質量分析法による生体組織中マイクロプラスチックの可視化技術の確立

山下　修司

1. 研究背景

マイクロプラスチック（MNP）は、生体内に取り込まれることで炎症反応や酸化ストレスを誘導することが報告されており、その健康影響が懸念されている[1)]。表 1 にはヒト試料における MNP の検出報告を示す（Roslan *et al*., 2024 [2)]を基に一部改変）。これまでに、循環器系、消化器系、外皮系、リンパ系、呼吸器系、生殖系、泌尿器系など多様な臓器および生体試料において MNP の存在が確認されている。また、発見された MNP の粒径は nm スケールから mm スケールに及び、幅広い粒径の粒子の存在が報告されている。ヒト試料からの MNP の発見は、MNP が呼吸や経口摂取によって体内に入るだけでなく、吸収されて血流や組織を介して全身に分布する可能性があることを示唆している。

近年、ヒト頸動脈プラークにおいて 200 nm 程度の MNP の存在が確認され、MNP が検出された患者群では、心筋梗塞、脳卒中、全死亡を含む心血管イベントの発生率が有意に高いことが報告されている[23)]。電子顕微鏡観察により、プラーク内の MNP はマクロファージ内および非晶質物質（細胞外マトリックス）内部の両方で確認されている。また、プラーク中に MNP が検出された患者群では、IL-1β や IL-6 などが有意に増加していることに加え、CD68 および CD3 陽性細胞が増加していた。これらの結果より、MNP は炎症を誘発し、プラークを不安定化させる可能性が示唆されている。Nihart らはヒト脳組織における MNP の存在を報告している[3)]。脳実質では 1 μm 未満の粒子が存在し、電子顕微鏡観察により 100－200 nm のフレーク状粒子が確認された。認知症患者の脳では、炎症細胞の集積部位や血管壁沿いに MNP の堆積が顕著であったが、脳への MNP の移行経路や取り込み機構は不明である。

表 1. ヒト試料における MNP の検出報告
（Roslan *et al*., 2024 [2)] を基に一部改変）

臓器・試料	粒径	文献
脳	100–200 nm	3), 4)
肺	1.6–2475 μm（主に20 μm以上）	5)–8)
肝臓	4–30 μm	4), 9)
腎臓	10–20 μm	4), 10)
脾臓	5–25 μm	9)
腸組織	0.8–1.6 mm	8), 11)
皮膚	100–500 μm	12)
胎盤	5–500 μm	13)–16)
母乳	1–20 μm	17), 18)
血液	700 nm以上	19)–21)
精巣	20–100 μm	22)

これらの知見から、組織全体での MNP 分布や細胞内外での局在を把握するためには、高解像度観察が必要である。従来の MNP 分析では、組織のアルカリ消化や酸消化などの処理後に分離・回収する方法が主流であるが、これらの方法では組織内における MNP の空間分布情報は失われてしまう。一方、MNP の局在を解析する方法として電子顕微鏡法が一般的に用いられているが、観察視野が限定されるため、組織スケールでの広範囲な解析は困難である。組織病巣における MNP の局在情報は依然として十分に解明されておらず、MNP の空間分布および粒径情報の把握は病態形成機序の解明において重要である。

レーザーアブレーション誘導結合プラズマ質量分析法（LA-ICP-MS）は、生体組織といった固体試

料を対象に、数 μm の空間分解能で約 1 cm 四方以上における元素分布 [24]や金属ナノ粒子の分布 [25]を可視化できる分析法である。LA-ICP-MS による元素分析や粒子分析では、信号強度が元素濃度や粒径に依存するため、濃度もしくは粒径と信号強度の関係を事前に較正する必要がある。このため、元素濃度や粒径既知の標準試料が必要となる。加えて、LA-ICP-MS による定量値の妥当性を担保するためには、分析対象試料と組成が類似した標準試料（組成標準試料）が求められる。これは、試料と標準試料の組成差により、イオン化効率や輸送効率が変化し、信号強度と実際の濃度との関係が変化するためである。したがって、信頼性の高い粒径分析を実現するためには、分析対象試料と組成が類似し、かつ粒径既知の MNP を含有する標準試料が必要となる。

炭素主体の非金属粒子である MNP への LA-ICP-MS の応用は未確立であり、MNP 分析を対象とした標準試料も整備されていない。そこで本研究では、LA-ICP-MS による生体組織中の MNP の可視化技術の確立を目的とし、MNP の検出および粒径分析に向けた基盤的技術の構築を行うこととした。本年度は、粒径既知のマイクロ粒子を分散させた生体組織模擬標準試料を作製した。

2. 実験方法

標準粒子として、平均粒径 6 μm のポリスチレン製マイクロ粒子（Polysciences 社製）および平均粒径 2.5 μm のポリスチレン製マイクロ粒子（Fluidigm 社製）を用いた。後者のマイクロ粒子には、希土類元素であるセリウム（Ce）、ユーロピウム（Eu）、ホルミウム（Ho）、ルテチウム（Lu）がそれぞれ約 100 ppb ドープされている [26]。希土類元素は ICP-MS において高感度かつ低バックグラウンドで検出可能であり、本研究における炭素主体のマイクロ粒子のトレーサーとして利用できる。ICP-MS は ppt－ppm の広い検出範囲と 6－9 桁のダイナミックレンジを有するため、本研究で使用する希土類元素ドープマイクロ粒子の検出は十分可能である。

粒径および粒子形状の品質確認を目的に、上記の 2 種類のマイクロ粒子懸濁液をそれぞれスライドガラス上に滴下し、室温で乾燥させた後に、光学顕微鏡（Olympus CX23）により観察を行った。

表 2. 標準試料作製手順

区分	内容	条件・仕様
試料①	ポリスチレン粒子（6 μm）	Polysciences社製
試料②	ポリスチレン粒子（2.5 μm）	Fluidigm社製（ドープ元素：Ce・Eu・Ho・Lu）
試料③	ゼラチン（ブタ皮由来）	Sigma-Aldrich社製
操作①	ゼラチン溶液調製	10% (m/v)、55℃保持
操作②	粒子添加	添加量 1 μL
操作③	試料作製	滴下・乾燥（100℃）
操作④	光学顕微鏡観察	Olympus CX23

生体組織を模擬した標準試料の作製を目的に、ゼラチン基材への粒子分散を行った。本研究では、ブタ皮由来ゼラチン（Sigma-Aldrich 社製）を用いた。ゼラチンは主成分がコラーゲンであり、生体組織に近い組成を再現可能であることから、標準試料の基材として適している。元素分析の先行研究において、ゼラチンを用いた標準試料の有用性が報告されていることから [27]、本研究においても MNP 分析用の生体模擬標準試料の基材としてゼラチンを選択した。MNP 含有標準試料の作製方法として、10% (m/v) ゼラチン溶液を 55℃で保持し、粒子懸濁液を 1 μL 添加後に撹拌した。得られた粒子含有ゼラチン溶液をスライドガラス上に滴下し、100℃で乾燥させることで標準試料を作製した。作製したゼラチン標準試料について光学顕微鏡観察を行い、ゼラチン基材中における粒子の粒径および分散状態を評価した。作製手順を表 2 に示す。

3. 実験成果

ゼラチン未添加条件と比較して、ゼラチン基材中に分散させた平均粒径 6 μm のポリスチレン製マイクロ粒子（図 1）および平均粒径 2.5 μm のポリスチレン製マイクロ粒子（図 2）は、ゼラチン基材中においても粒径および形状に有意な変化は認められず、球状の形態を維持していた。一部の粒子においては、複数粒子が接触している状態が観察されたが、個々の粒子境界は識別可能であり、粒子同士が融合

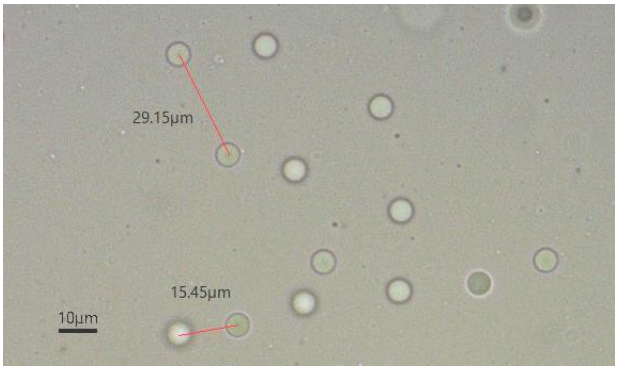


図 1. ゼラチン基材中のポリスチレンマイクロ粒子（Polysciences 社製）の光学顕微鏡像（倍率：40 倍）

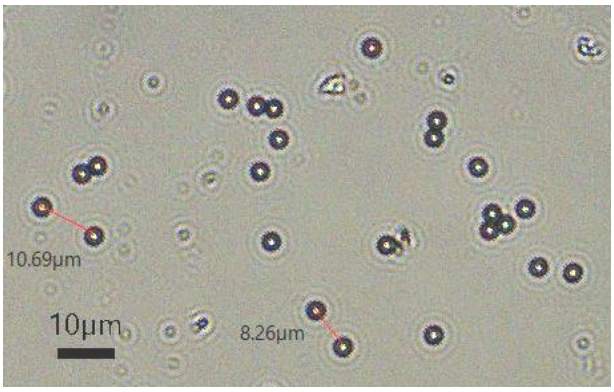


図 2. ゼラチン基材中のポリスチレンマイクロ粒子（Fluidigm 社製）の光学顕微鏡像（倍率：40 倍）

して単一粒子化した像は確認されなかった。

ゼラチン基材中における粒子間距離は、レーザー照射径（数 μm）を考慮した場合においても概ね離れており、隣接粒子由来のシグナル重複は限定的と考えられる。このことから、本標準試料は単一粒子検出に適した分散状態を有すると考えられる。

作製したゼラチン基材標準試料を LA-ICP-MS で分析した場合、炭素信号は粒径に応じた点状シグナルとして画像化され、このシグナルが粒子の位置を示すと予測される。また、希土類元素ドープ粒子では、各粒子に含まれる希土類元素の信号強度が画像として表現されるため、光学顕微鏡像と比較することで、炭素主体のマイクロ粒子のトレーサーとして利用でき、粒子同定精度の向上が期待される。

4. 今後の展望と課題

本標準試料は LA-ICP-MS による粒径較正に適用可能である。今後は、LA-ICP-MS を用いて本標準試料中の MNP の検出および粒径分析を実施する予定である。測定時には、レーザー照射による粒子破砕を防止するため、レーザー出力などの測定パラメーターの最適化を行い、標準試料の信頼性と分析法の有効性を検証する。

本研究で作製したゼラチン基材標準試料は、生体組織模擬試料として適しているが、実試料への適用にあたってはいくつかの課題が残る。

(1) 標準試料と実試料の組成差

ゼラチン基材は主にコラーゲンから構成される単純なモデルであるのに対し、実際の生体組織は脂質や無機成分を含む複雑な組成を有する。このため、組成の違いによりレーザーアブレーションやイオン化効率が変化し、粒子由来の信号強度が標準試料と実試料で異なる可能性がある。組成差に起因する信号応答の変動について評価する必要がある。

(2) 三次元分布の考慮

本研究ではスライドガラス上に標準試料を作製したが、実際の生体組織切片中では、粒子は三次元的に分布している可能性が十分に考えられる。このため、レーザーアブレーションにより検出された粒子が試料の表層に存在するのか、組織内部に存在するのかを直接評価することは困難である。試料を完全にアブレーションする測定が多いが、これでは深さ方向の情報は失われてしまう。

本課題への対応として、組織切片に対して低出力レーザーで順次アブレーションを繰り返すことによるイメージング分析が有効であると考えられる。これにより、X-Y 平面の広域分布と併せて Z 方向の情報を取得でき、粒子の三次元的分布に関する評価が期待される。

(3) 粒径検出下限

ICP-MS による MNP 分析の粒径検出下限は概ね 1 μm とされている[28]。そのため、本手法は μm スケール粒子の分布分析には有効であるが、nm スケール粒子の検出には限界がある。生体内にはサブ μm から nm スケールに及ぶ広範な粒径の粒子が存在していることを考慮すると、より詳細な粒径と局在情報の同時取得には他の高感度・高分解能分析技術との併用が不

可欠である。

数十 nm の空間分解能を有する二次イオン質量分析法（SIMS）との連携が有効であると考えている。SIMS は 4－6 桁のダイナミックレンジと ppt から ppm レベルの検出感度を有する。広域での分布解析は LA-ICP-MS で行い、極微小領域での局在解析は SIMS で補完することで、マルチスケールでの MNP 分布解析が期待される。さらに、本研究で作製したゼラチン標準試料はLA-ICP-MS分析のみならずSIMS分析にも適用可能な標準試料として期待される。

以上より、本手法の実試料への適用性および分析結果の信頼性の向上を検討する。

5. MNP の細胞取り込みと挙動評価

組織病巣における単一細胞レベルでの MNP の局在情報は依然として十分に解明されておらず、その空間分布や粒径情報の把握は病態形成機序の理解において重要である。Pedro and Rudewicz は、共焦点顕微鏡イメージングと高分解能質量分析法（FT-ICR-MS）を組み合わせることで、単一細胞レベルでの薬物取り込み量や代謝物生成、細胞形態変化を定量的に評価できることを示している [29]。細胞体積を考慮した濃度評価の検討に加えて、共焦点顕微鏡による非破壊的情報と質量分析による破壊的情報を組み合わせることで、個々の細胞を対象としたマルチモーダルなデータ解析を報告している。こうした技術は、単一細胞レベルにおける MNP の細胞取り込み過程や細胞内局在の高解像度での解析に有用であると期待される。

こうした先行報告を基に、培養した細胞組織に既知粒径・標識 MNP を添加し、粒径や時間経過に基づく MNP の取り込み量や細胞応答の違いを定量的に検討することで、MNP の細胞内での挙動や貪食経路の理解が期待される。また、炎症マーカーなどを関連させることで、MNP による毒性評価や病態形成機序の解明に資する可能性がある。本研究で得られた標準試料および分析法を組み合わせることで、MNP の細胞取り込みと挙動評価を進める予定である。最後に、本研究を支援していただいた本研究助成金に謝意を表する。

6. 参考文献

1) Paul-Pont *et al., Environ Pollut,* 216 (2016) 724–737.
2) Roslan *et al., J Glob Health,* 14 (2024) 04179.
3) Nihart *et al., Nat Med*, 31 (2025) 1114–1119.
4) Dzierżyński *et al., Arch Toxicol*, 99 (2025) 4051–4066.
5) Amato-Lourenço *et al., J Hazard Mater*, 416 (2021) 126124.
6) Chen *et al., Environ Sci Eur*, 34 (2022) 25.
7) Jenner *et al., Sci Total Environ*, 831 (2022) 154907.
8) Zhu *et al., Sci Total Environ*, 915 (2024) 170004.
9) Horvatits *et al., EBioMedicine*, 82 (2022) 104147.
10) Massardo *et al., Environ Int*, 184 (2024) 108444.
11) Ibrahim *et al., JGH Open*, 5 (2020) 116–121.
12) Abbasi *et al., J Hazard Mater*, 403 (2021) 123799.
13) Ragusa *et al., Environ Int*, 146 (2021) 106274.
14) Braun *et al., Pharmaceutics*, 13 (2021) 921.
15) Zhu *et al., Sci Total Environ*, 856 (2023) 159060.
16) Liu *et al., Sci Total Environ*, 854 (2023) 158699.
17) Ragusa *et al., Polymers*, 14 (2022) 2700.
18) Saraluck *et al., J Clin Med*, 13 (2024) 4029.
19) Leslie *et al., Environ Int*, 163 (2022) 107199.
20) Wu *et al., J Adv Res*, 49 (2023) 141–150.
21) Rotchell *et al., PLoS One*, 18 (2023) e0280594.
22) Zhao *et al., Sci Total Environ*, 877 (2023) 162713.
23) Marfella *et al., N Engl J Med*, 390 (2024) 900–910.
24) Becker *et al., J Anal At Spectrom*, 22 (2007) 736–744.
25) Yamashita *et al., Metallomics Res*, 1 (2021) 33–43.
26) Merrifield *et al., Environ Sci Technol*, 52 (2018) 2271–2277.
27) Šala *et al., Analyst*, 142, (2017), 3356–3359.
28) Bolea-Fernandez *et al., J Anal At Spectrom*, 35 (2020) 455–460.
29) Pedro & Rudewicz, *Anal Chem*, 92 (2020) 16005–16015.

Development of a Novel Therapeutic Agent Overcoming Drug Resistance in EML4-ALK Positive Lung Cancer

Miho Takahashi*, Kiyoshi Kawasaki**, Jun Motoyama***, Kiyotaka Nishikawa*

(Received September, 9, 2026)

EML4-ALK is an oncogenic fusion kinase expressed in non-small cell lung cancer. Although tyrosine kinase inhibitors (TKIs) targeting its ATP-binding pocket are used clinically, the emergence of TKI-resistance mutations remains a major problem. EML4-ALK oligomerizes through the coiled-coil domain of EML4, leading to ligand-independent kinase activation and cell proliferation. In this study, we therefore targeted this oligomeric EML4-ALK via its substrate recognition site, screening a multivalent peptide library against the ALK kinase domain and identifying over ten binding motifs. We then established *in vitro* and *in vivo* models to evaluate such peptides, and validated them using Ac-EPK-tet, a previously identified substrate-derived tetravalent peptide. Ac-EPK-tet suppressed the growth of cells expressing wild-type EML4-ALK, the G1202R mutant, or the G1202R/L1198F mutant, and inhibited downstream signaling in the wild-type and G1202R cells. Furthermore, in mice bearing subcutaneous tumors of wild-type EML4-ALK cells, Ac-EPK-tet significantly suppressed tumor growth. These results suggest that multivalent peptides targeting the substrate recognition site could help overcome TKI resistance.

Keywords: EML4-ALK, non-small cell lung cancer, TKI-resistance mutation, multivalent peptide library

キーワード：EML4-ALK，非小細胞肺がん，チロシンキナーゼ阻害剤耐性変異，多価型ペプチドライブラリー

薬剤耐性を克服した新規 EML4-ALK 陽性肺がん治療薬の創製

髙橋　美帆，川崎　清史，元山　純，西川　喜代孝

1.　背景

2007 年，曽田・間野らは非小細胞肺がん (NSCLC) の原因遺伝子として EML4-ALK 融合遺伝子を同定した [1]．本融合遺伝子は，第 2 染色体短腕上の逆位形成によって，微小管会合タンパク質 EML4 の N 末端側 coiled-coil ドメインと，受容体型チロシンキナーゼ ALK のキナーゼドメインを含む C 末端側が融合して生じるタンパク質であり，NSCLC 患者の約 3〜5 %に発現している [1]．ALK は通常，リガンド依存的に二量体化して活性化され，下流の細胞増殖等に関わるシグナル伝達分子が活性化される．しかしながら EML4-ALK では，EML4 の coiled-coil ドメインを介して多量体が形成されており，リガンド非依存的に ALK が常時活性化されるため，異常な細胞増殖が誘導され，がん化する [2]．肺胞上皮特異的に EML4-ALK を発現するトランスジェニックマウスでは，生後数週間以内に数百個の腺がん結節が形成されること，これらは ALK の ATP 結合部位を標的と

*Department of Molecular Life Sciences, Doshisha University, Kyoto, Japan.
**Faculty of Pharmaceutical Sciences, Doshisha Women's College of Liberal Arts, Kyoto, Japan.
*** Laboratory of Developmental Neurobiology, Graduate School of Brain Science, Doshisha University, Kyoto, Japan.
Tel : +81-774-65-6153, E-mail : mitakaha@mail.doshisha.ac.jp

するチロシンキナーゼ阻害剤（TKI）の投与により，速やかに消失すること [3]，このことから EML4-ALK 陽性肺がんの発生には ALK のキナーゼ活性化が密接に関与していることが明らかとなっている．現在，クリゾチニブをはじめとする TKI が，EML4-ALK 陽性肺がんの腫瘍形成を減弱することから，治療薬として広く用いられている．しかしその一方で，ATP 結合領域周辺にアミノ酸変異が引き起こされることにより，TKI 耐性を獲得した耐性体が出現することが大きな問題となっている．これまでに，第二世代 TKI（アレクチニブ，セリチニブ），第三世代 TKI（ロルラチニブ）が相次いで開発されたが，すでにこれら TKI に対する耐性体の出現も報告されている [4),5),6)]．これは，これまでの創薬戦略が，ATP 結合部位という極めて限られた領域を標的としていることに起因する．従って，ATP 結合部位以外を標的とする，新たな作用機序を有する阻害薬の開発が強く求められている状況にある．

2. 目的

本研究では，EML4-ALK の基質認識部位を標的として高親和性結合するペプチドモチーフを同定し，多量体構造をとって機能する EML4-ALK に対し，強力な阻害活性を示す薬剤を開発することを目的とする．一般的に，各種キナーゼの基質認識に関わる領域はクレフト構造をとっており，その長さは 20〜30 Å に及ぶ [7)]．この領域に基質がはまり込むことにより，高い基質特異性が発揮されると考えられる．このことから，基質認識部位は阻害薬開発の優れた標的になると考えられる．しかし一方で，この部位に結合する基質は，リン酸化を受けた後速やかに触媒部位から離れる必要があるため，基質配列が優れた阻害剤となるとは限らない．これまでに我々は，多量体構造を形成して機能する標的分子に対して高親和性結合モチーフを同定する技術，多価型ペプチドライブラリーシートスクリーニング法を開発している [8),9)]．本研究では，EML4-ALK が多量体を形成することで，ALK のトランス自己リン酸化が引き起こされ，常時活性化状態にあることに着目し，EML4-ALK の約 20 Å に及ぶ基質結合領域を占有する機能モチーフを同定し，このモチーフを多価で持つペプチドを作成し，効率よく EML4-ALK の活性化を阻害するペプチド性化合物の同定を目指す．

3. 実験方法

3.1 多価型ペプチドライブラリーシートスクリーニング法

1 枚のセルロースシート上に最大 384 種の多価型ランダムペプチドライブラリーをスポット合成した．本シートを精製 ALK-KD でブロットし，結合量を指標に各ポジションにおける最適アミノ酸を決定した．

3.2 各種細胞株の樹立

EML4-ALK 遺伝子を含むプラスミド (pMX-IRESCD8-FLAG-EML4-ALK) に G1202R 変異あるいは G1202R/L1198F 変異を導入した．本プラスミドをウイルス遺伝子（pGP Vector, pE-eco Vector）と共に HEK293T 細胞にトランスフェクションした．得られたレトロウイルスを Ba/F3 細胞に感染させ，IL-3 除去培地で培養後，FACS により EML4-ALK 発現細胞クローンを取得した．

3.3 ペプチドによる細胞増殖抑制実験

各細胞 (1×10^4 cells/ml) を 96 ウェルプレートに播種し，各濃度の TKI あるいはペプチドを添加し，72 時間後の細胞をトリパンブルーで染色し，生細胞数を計測した．24 ウェルプレートに細胞 (2×10^4 cells/ml) を播種し，24 時間後の細胞を回収し，シグナル伝達分子 (ALK, Akt, STAT3, ERK) の活性化を各種抗体およびリン酸化抗体を用いて検出した．

3.4 マウス皮下腫瘍移植実験

C3H/HeSlc マウス（6 週齢オス）の背部に EML4-ALK 発現細胞（野生型：WT, 4×10^7 cells/ml）の懸

濁液を 1 匹あたり 50 µl 皮下移植した. 腫瘍体積は, 「長径×短径 ^{2}×0.5」により算出し, 200 mm^3 に達した時点から Ac-EPK-tet (20 mg/kg, PEG/DMSO 溶液（PEG400 70 %, DMSO 10 %, 150 mM NaCl 20 %）に溶解) を 24 時間ごとに 5 日間腹腔内投与し, 6 日目に腫瘍摘出した.

4. 結果と考察

4.1 ALK-KD 高親和性結合モチーフの同定

4 価型ペプチドライブラリー（XXXXXXX-Ahx, X：システインとチロシンをのぞく 18 種のアミノ酸ミクスチャー, Ahx：アミノヘキサン酸）をシート上にスポット合成し, ALK-KD に強く結合することを指標に各ポジションの最適アミノ酸を決定した. スクリーニングは計 7 回実施し, ALK 結合モチーフを 10 種以上取得した. 現在, これらのモチーフを 4 価型でペプチド合成し, ALK キナーゼ活性に対する効果を検討中である.

取得したモチーフはいずれも 7 残基からなり, ALK の基質認識領域（約 20 Å）をほぼ占有しうる長さである. ATP 結合ポケットを標的とする既存 TKI と異なり, 本モチーフの結合領域は広範囲に及ぶため, 従来の TKI 耐性変異体に対しても高い活性を示すことが期待される.

4.2 野生型 EML4-ALK 発現細胞に対するクリゾチニブおよび Ac-EPK-tet の効果

新規モチーフの評価に先立ち, 基質認識部位に結合する分子として先行して Ac-EPK-tet を取得している. そこで評価系の構築と Ac-EPK-tet の効果を検証した. Ac-EPK-tet は, ALK の基質ペプチドとして広く用いられている Srctide[10] の配列を出発点として同定されたモチーフを 4 価型に構築したペプチドであり, *in vitro* キナーゼアッセイにおいて濃度依存的に ALK による基質リン酸化を阻害することを確認している（出願準備中）.

野生型 EML4-ALK 発現 Ba/F3 細胞に対する各薬剤の増殖抑制効果を検討した. クリゾチニブでは, 0.1 µM で細胞生存率がおよそ 6%まで低下した. 一方 Ac-EPK-tet は濃度依存的に細胞増殖を抑制し, 1 µM における細胞生存率はおよそ 37%であった (Fig.1 上図). つぎに, 薬剤添加 24 時間後の各種シグナル伝達分子の活性化を検証した. Ac-EPK-tet (1µM) は, クリゾチニブ (30 nM) と同様に ALK の自己リン酸化ならびに Akt, STAT3, ERK の活性化を有意に阻害していることが示された (Fig.1 下図). このことから Ac-EPK-tet は, EML4-ALK のキナーゼ活性を阻害した結果, 下流の増殖シグナルが阻害され, 細胞増殖が抑制されたと考えられる.

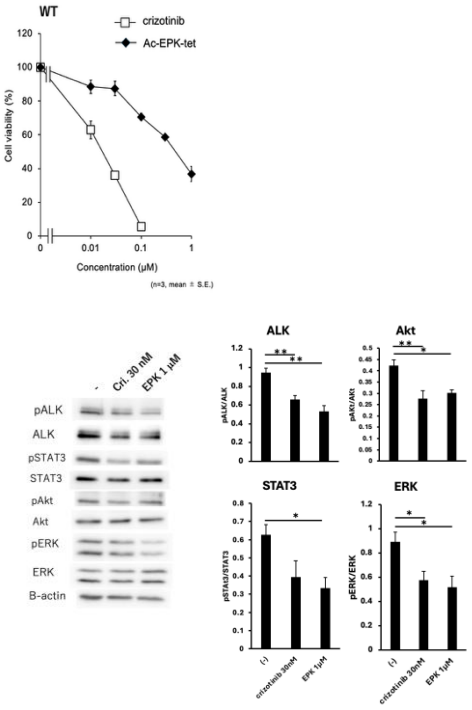


Fig. 1 野生型 EML4-ALK 発現細胞に対する各種薬剤の効果

(n=3, mean±S.E., *p<0.05, **p<0.01 ((-) vs EPK 1 µM, Dunnet's test)

4.3 クリゾチニブ耐性 G1202R 変異 EML4-ALK 発現細胞に対する薬剤の効果

G1202R 変異は, ATP 結合ポケットの外側に露出した部位に位置しており, クリゾチニブなど複数の TKI に耐性を示すことが報告されている [11]. G1202R 変異を導入した EML4-ALK 発現 Ba/F3 細胞は, 野生

型と同様に IL-3 非存在下で増殖したことから，その増殖は EML4-ALK のキナーゼ活性に依存していると言える．本細胞に対し，クリゾチニブは，細胞毒性を示さない 0.1 μM までほとんど細胞増殖抑制効果を示さなかったのに対して，Ac-EPK-tet は濃度依存的に増殖を阻害し，1 μM での細胞生存率はおよそ 61%であった (Fig.2 上図)．シグナル伝達分子の活性化についても，クリゾチニブが ALK の自己リン酸化および下流シグナルの活性化を阻害しなかったのに対し，Ac-EPK-tet はこれらを有意に阻害した (Fig.2 下図)．

以上より，Ac-EPK-tet はクリゾチニブ耐性を示す細胞に対しても，野生型と同程度の濃度域で EML4-ALK のキナーゼ活性を阻害し，増殖を抑制することが示された．ATP 結合ポケット周辺の二次変異が，基質認識部位を標的とする本ペプチドの作用にほとんど影響しないことを示すものであり，基質認識部位を標的とする創薬戦略の妥当性を支持している．

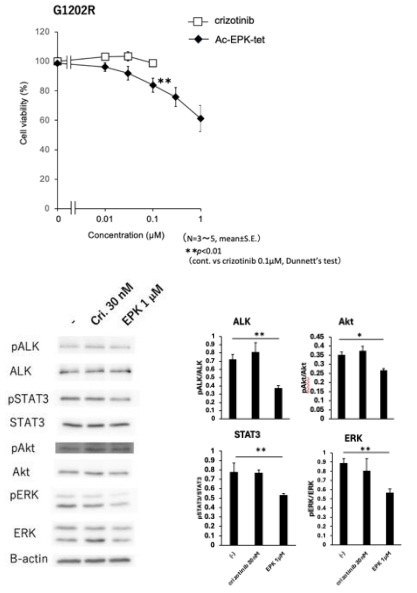


Fig. 2 G1202R 変異 EML4-ALK 発現細胞に対する各薬剤の効果

(n=3, mean±S.E., *p<0.05, **p<0.01 ((-) vs EPK 1 μM, Dunnet's test)

4.4 ロルラチニブ耐性 G1202R/L1198F 発現細胞の樹立と Ac-EPK-tet の増殖抑制効果

つぎに，より難治性の TKI 耐性モデルとして，第三世代 TKI であるロルラチニブに耐性を示す複合変異 G1202R/L1198F[5] を導入した EML4-ALK 発現 Ba/F3 細胞を樹立した．本細胞も野生型と同等の IL-3 非依存的増殖を示した．ロルラチニブに対する感受性を検討したところ，0.1 μM までほとんど増殖が抑制されないことが示された．一方で Ac-EPK-tet は，濃度依存的に増殖を抑制し，0.1 μM においてロルラチニブを上回る抑制効果を示した ($p < 0.01$) (Fig.3). 1 μM での細胞生存率はおよそ 63%であり，G1202R 変異細胞と同程度であった．なお，本細胞におけるシグナル伝達分子の活性化に対する効果は現在検討中である．これらのことから，ATP 結合部位の複数の二次変異により第三世代 TKI に耐性となった場合でも，基質認識部位を標的とする分子は阻害活性が維持されうることが示された．

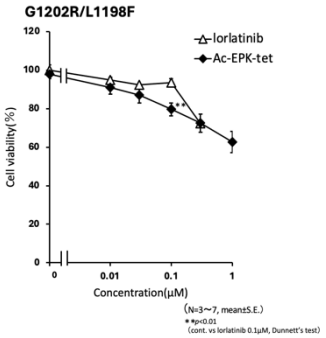


Fig. 3 G1202R/L1198F 変異 EML4-ALK 発現細胞に対する各薬剤の効果

4.5 マウス皮下腫瘍形成に対する Ac-EPK-tet の効果

個体レベルでの評価系を確立するため，野生型 EML4-ALK 発現 Ba/F3 細胞を皮下移植した C3H マウスを用いて検討した．腫瘍体積が 200 mm^3 に達した時点から Ac-EPK-tet (20 mg/kg) を 5 日間腹腔内投与したところ，投与 2 日目から 5 日目にかけて，対照群と比較して Ac-EPK-tet 投与群の腫瘍体積は有意に小さく推移し ($n = 7$, $p < 0.05$ または 0.01)，摘出した腫瘍の重量は対照群と比較して有意に小さくなった ($p < 0.01$, Fig.4)．また，投与期間中に死亡例は認めら

れなかった. 以上より, Ac-EPK-tet は個体レベルにおいても EML4-ALK 依存的な腫瘍の増大を抑制することが示された. 現在, 各種 TKI 耐性変異 EML4-ALK 発現細胞を用いた担がんマウスモデルでの検討を進めている.

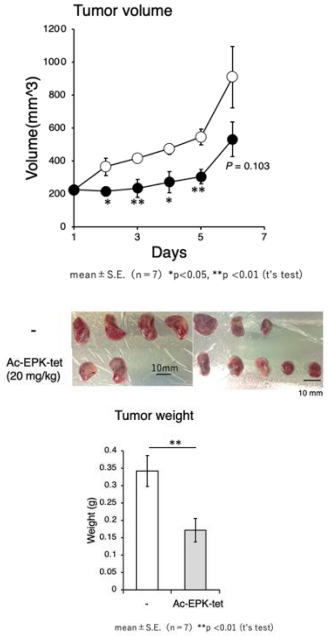


Fig. 4 マウス皮下腫瘍増殖に対するペプチドの効果

5. まとめと今後の展望

本報告では, 多価型ペプチドライブラリーシートスクリーニング法により 7 次までのスクリーニングを完了し, ALK-KD に対する結合モチーフを 10 種以上取得した. あわせて, 基質認識部位を標的とするペプチド性化合物の評価系として, クリゾチニブ耐性 G1202R およびロルラチニブ耐性 G1202R/L1198F 変異を導入した EML4-ALK 発現 Ba/F3 細胞株と, C3H マウス皮下腫瘍モデルを確立した. 本系を用いて, 基質配列由来の Ac-EPK-tet が野生型・変異型いずれの細胞に対しても増殖阻害活性を示すこと, また野生型に関しては個体レベルでも効果を示すことが明らかとなり, 本アプローチの有用性が示唆された.

今後は, 耐性変異株の担がんマウスモデルでの評価やシグナル伝達解析を進めるとともに, 本スクリーニングにより新たに同定されたモチーフについても同様に検証する. さらに EML4-ALK 陽性肺がん患者由来細胞株を用いた検証も行う.

本研究の一部は, ハリス理化学研究所第 12 期部門研究の支援のもと実施された. ここに記して謝意を表する.

参考文献

1) M. Soda, Y. L. Choi, M. Enomoto, S. Takada, Y. Yamashita, S. Ishikawa, et al., *Nature*, **448**[7153], 561-566 (2007).
2) H. Mano, *Cancer Sci.* , **99**[12], 2349-2355 (2008).
3) M. Soda, S. Takada, K. Takeuchi, Y. L. Choi, M. Enomoto, T. Ueno, et al., *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **105**[50], 19893-19897 (2008).
4) A. T. Shaw, L. Friboulet, I. Leshchiner, J. F. Gainor, S. Bergqvist, A. Brooun, et al., *N. Engl. J. Med.*, **374**[1], 54-61 (2016).
5) S. Yoda, J. J. Lin, M. S. Lawrence, B. J. Burke, L. Friboulet, A. Langenbucher, et al., *Cancer Discov.* , **8**[6], 714-729 (2018).
6) R. Katayama, L. Friboulet, S. Koike, E. L. Lockerman, T. M. Khan, J. F. Gainor, et al., *Clin. Cancer Res.*, **20**[22], 5686-5696 (2014).
7) C. C. Lee, Y. Jia, N. Li, X. Sun, K. Ng, E. Ambing, et al., *Biochem. J.*, **430**[3], 425-437 (2010).
8) M. Kato, K. Watanabe-Takahashi, et al., *Appl. Environ. Microbiol.*, **81**[3], 1092-1100 (2015).
9) T. Mitsui, M. Watanabe-Takahashi, et al., *Infect. Immun.*, **84**[9], 2653-2661 (2016).
10) A. Donella-Deana, O. Marin, L. Cesaro, R. H. Gunby, A. Ferrarese, et al., *Biochemistry*, **44**[23], 8533-8542 (2005).
11) L. Friboulet, N. Li, R. Katayama, C. C. Lee, J. F. Gainor, A. S. Crystal, et al., *Cancer Discov.* , **4**[6], 662-673 (2014).

Characteristics and Challenges of Media Coverage In Marine Bioscience Communication: The Case of Blue Carbon

Taichi MASU*, Yasuhito ABE**, Yuko IKKATAI***

(Received September 5, 2026)

Science communication approaches tend to reach audiences already interested in science, while mass media may help overcome this limitation by delivering scientific information to broader audiences. This study examined the characteristics of Japanese mass media coverage of “blue carbon,” a relatively new scientific concept, by analyzing 29 television programs and 26 newspaper articles from March 2023 to August 2024. Coverage was evaluated based on five criteria developed in consultation with blue carbon researchers, including explanation of scientific mechanisms, quantitative evidence, and multifaceted perspective. Both television and newspapers frequently introduced blue carbon as a promising climate change mitigation measure with specific examples. However, they often lacked explanations of scientific mechanisms, appropriate quantitative evidence, and discussion of uncertainties and potential risks. In particular, seaweed was frequently linked directly to climate change mitigation without sufficient explanation of scientific uncertainty. These findings highlight challenges of mass media as marine bioscience communication tool and suggest the need for more balanced media coverage complemented by other science communication approaches.

Keywords：science communication, media coverage, television, newspaper, blue carbon

キーワード：科学コミュニケーション, メディア報道, テレビ, 新聞, ブルーカーボン

海洋バイオサイエンスの科学コミュニケーションにおけるメディア報道の特徴と課題（ブルーカーボンを題材に）【成果報告】

桝　太一，阿部 康人，一方井 祐子

1. 背景

科学情報を社会全体で広く共有する「科学コミュニケーション」は，90 年代に生まれた一方向的な「欠如モデル」への批判以降，サイエンスカフェのような対話を伴う「双方向コミュニケーション」を重視した取り組みが，研究・実践とも積み重ねられてきた．しかし近年，それらのリーチ対象の科学関心層への偏り [1]，日本の市民の８割以上が科学非関心層に分類される世論調査の結果 [2]など，その一定の限界も明らかになりつつあり，そこをマスメディアなど別の手段が補完する可能性が示唆されている [3]．一方でマスメディアによる科学報道にも偏りや不完全さといった課題が長らく指摘されてきており [4]，科学コミュニケーション手段として適切に機能して

* Harris Science Research Institute, Doshisha University
** Department of Media, Journalism and Communications Faculty of Social Studies, Doshisha University
*** Department of Science Communication, Faculty of Science Division I, Tokyo University of Science

いるかどうかの検証は不可欠と言える. しかし廣野ら [4]が指摘するように，マスメディア, 特にテレビを科学コミュニケーション手段として捉えた研究は日本において未だ極めて乏しく，その特性とリーチ力の検証は不十分である.

そこで本研究では,「ブルーカーボン」という比較的新しい科学用語を事例として, 日本のマスメディアによる科学報道の特性を検証した.「ブルーカーボン」とは, 国連環境計画（UNEP）が 2009 年に提唱した, 沿岸・海洋生態系が光合成により CO_2 を取り込み, その後海底や深海に蓄積される炭素のことを指す科学用語あるいは概念である. 2023 年に在京民放テレビ局主導でブルーカーボンに特化した啓蒙プロジェクトが立ち上がるなど, 近年マスメディアの報道頻度が増えつつある. しかし筆者らの調査によれば,「ブルーカーボン」という用語自体の認知率は関東首都圏で20%前後に達している一方, 内容も含めて知っている人の割合は3〜4%程度に留まっており, まさにメディアを通した科学コミュニケーションによる社会的認知拡大の途中過程にあると考えられる.

2. 対象・手法

本研究では日本の代表的なマスメディアとして,「テレビ」と「新聞」による科学報道を分析対象とした. 関東地区における主要な地上波放送局とされる 7 局 (NHK, NHK E テレ, 日本テレビ, テレビ朝日, TBS, テレビ東京, フジテレビ）について,（株）エム・データから提供される番組メタデータに基づいて, 2023 年 3 月 1 日から 2024 年 8 月 31 日までに関東地区で「ブルーカーボン」というキーワードを放送内に含んでいた番組を抽出した. そこから用語説明を一切伴わない番組や再放送番組を除外し, 何らかの説明を提供していた 29 番組を分析対象とした（Table 1）. 一方, 同じく関東地区で利用可能な主要全国紙とされる 5 紙 (朝日新聞, 毎日新聞, 読売新聞, 日経新聞, 産経新聞）について, 各社のデジタルリポジトリから「ブルーカーボン」というキーワードを同期間に含んでいた記事を抽出し, 26 記事を分析対象とした（Table 2）. すべての新聞記事は何らかの説明を伴っていた.

Table 1. Television coverage of "Blue Carbon"

放送日	番組開始〜終了時間	放送局	番組名	話題出現時間（合計）
2023/3/16	14:50〜15:00	NHK総合	みみより！くらし解説	9分25秒
2023/5/28	18:00〜18:55	日本テレビ	真相報道バンキシャ！	11分44秒
2023/5/31	15:50〜19:00	日本テレビ	news every.	6分54秒
2023/6/3	19:00〜20:54	日本テレビ	世界一受けたい授業ＳＰ	10分24秒
2023/6/10	16:00〜17:00	フジテレビ	地球環境大賞２０２３	3分25秒
2023/7/10	22:00〜22:58	テレビ東京	ワールドビジネスサテライト	6分48秒
2023/9/24	05:50〜08:30	テレビ朝日	サンデーＬＩＶＥ！！	7分51秒
2023/9/28	05:00〜08:00	NHK総合	おはよう日本	4分19秒
2023/9/30	09:55〜10:25	フジテレビ	サスティな！	3分55秒
2023/10/9	15:50〜19:00	日本テレビ	news every.	54秒
2023/10/11	09:00〜11:10	日本テレビ	DayDay.	1分19秒
2023/11/7	10:25〜13:55	TBS	ひるおび	3分44秒
2023/11/13	04:30〜05:50	日本テレビ	Oha！４NEWS LIVE	1分25秒
2023/11/29	05:00〜08:00	NHK総合	おはよう日本	1分49秒
2023/11/29	05:00〜08:00	NHK総合	おはよう日本	1分23秒
2023/12/5	05:00〜08:00	NHK総合	おはよう日本	3分54秒
2023/12/5	05:00〜08:00	NHK総合	おはよう日本	3分56秒
2023/12/12	21:00〜22:00	NHK総合	ニュースウォッチ９	6分33秒
2024/4/19	20:54〜21:00	日本テレビ	ウミコイ	53秒
2024/5/17	05:00〜08:00	NHK総合	おはよう日本	4分１秒
2024/5/17	15:50〜19:00	日本テレビ	news every.	1分1秒
2024/5/18	05:30〜08:00	日本テレビ	ズムサタ	1分6秒
2024/6/2	14:55〜15:55	日本テレビ	Good For the Planet×ZIP!	11分29秒
2024/6/2	18:00〜18:55	日本テレビ	真相報道バンキシャ！	9分42秒
2024/6/3	05:50〜09:00	日本テレビ	ZIP!	11分34秒
2024/6/9	11:30〜11:45	日本テレビ	NNNストレイトニュース	2分31秒
2024/6/11	22:58〜23:06	テレビ東京	みどりをつなぐヒト	2分32秒
2024/6/27	05:00〜06:00	NHK総合	おはよう日本	4分25秒
2024/7/10	14:05〜14:50	NHK総合	列島ニュース	5分00秒

Table 2. Newspaper coverage of "Blue Carbon"

掲載日	新聞名	掲載版・掲載面	掲載頁	記事全体文字数
2023/4/28	朝日新聞	朝刊社会総合	29P	816文字
2023/5/18	読売新聞	東京夕刊夕特C	3P	735文字
2023/6/3	日本経済新聞	朝刊	7P	1582文字
2023/6/8	朝日新聞	朝刊東京B地域総合	16P	2090文字
2023/6/28	朝日新聞	朝刊東特集S	14P	3645文字
2023/8/14	日本経済新聞	夕刊	9P	850文字
2023/8/16	読売新聞	東京夕刊ター面	1P	997文字
2023/8/31	日本経済新聞	朝刊	31P	1950文字
2023/12/8	読売新聞	東京夕刊ター面	1P	884文字
2023/12/9	朝日新聞	東京朝刊社会総合	35P	621文字
2023/12/10	読売新聞	東京朝刊２社	32P	665文字
2024/1/16	読売新聞	東京夕刊ター面	1P	648文字
2024/1/17	朝日新聞	東京夕刊社会総合	6P	840文字
2024/1/22	朝日新聞	東京朝刊教育１	19P	280文字
2024/1/23	日本経済新聞	朝刊	5P	154文字
2024/2/24	朝日新聞	東京朝刊３総合	3P	1754文字
2024/3/26	読売新聞	東京朝刊A経	7P	467文字
2024/3/26	毎日新聞	東京朝刊家庭面	21P	2160文字
2024/4/8	毎日新聞	東京朝刊特集面	8P	803文字
2024/4/12	読売新聞	東京夕刊タ２社	8P	606文字
2024/4/12	日本経済新聞	夕刊	1P	586文字
2024/5/4	毎日新聞	東京朝刊内政面	5P	1702文字
2024/5/24	日本経済新聞	朝刊	17P	1260文字
2024/6/6	日本経済新聞	朝刊	18P	1544文字
2024/6/23	日本経済新聞	朝刊	26P	1195文字
2024/7/15	日本経済新聞	朝刊	17P	2770文字

これらのマスメディア報道の科学コミュニケーション上の特性を評価する上で, 今回は「ブルーカーボ

ンが報道される際に科学者側が期待する内容」を基準とした. IPCC で引用されたブルーカーボンに関する包括的な文献の共同編集者でもある日本人研究者２名の協力を得て協議を重ねた結果, ①炭素の吸収・貯留メカニズムが説明されているかどうか, ②日本の沿岸植生の現状とその原因に触れているかどうか, ③具体的な海域の事例を提示しているかどうか, ④根拠となる定量的なデータを提示しているかどうか, ⑤多角的な視点から正負両面を伝えているかどうか, という５つの基準が設定され, それらがマスメディア報道に含まれているかを検証した.

3. 結果・考察

今回対象としたマスメディア報道は, テレビ・新聞とも, ブルーカーボンを気候変動に対する有望な解決策として具体的な海域の事例とともに紹介していた一方で, その科学的なメカニズムや適切な定量的根拠を欠いており, また潜在的なリスクや不確実性について十分に伝えていない傾向が明らかになった. 特に, 報道時点では気候変動緩和策として明確に定義されていない「海藻」が, 主要なブルーカーボン事例として取り上げられ, 科学的不確実性について言及することなく, 気候変動緩和と直接的に結びつけて報道する傾向があった.

メディアが多様化した近年もマスメディア報道は気候変動情報の主要な情報源であり続けていることから [5], 日本でブルーカーボンに関する適切な科学的理解と健全な議論を促進するためには, マスメディア関係者はよりバランスのとれた効果的な報道への取り組みを継続的に推進していく必要がある. ただし, 既存マスメディア, 特にテレビ報道は, その特性ゆえに最大多数の幅広い層へ科学情報を届ける役割を果たしている面も考慮すべきである [6]. 今後, マスメディア報道を改善していくのみではなく, そこで欠落する部分を強調・補完する別のサイエンス・コミュニケーション手段も検討する必要があるだろう.

本研究は，科学者側が求める５つの基準の作成に際し，ブルーカーボン研究者である桑江朝比呂氏（国立研究開発法人 港湾空港技術研究所），堀正和氏に多大なる協力を頂いた．またデータセット取得に際し，（株）エム・データから番組メタデータの提供を受けた. ここに厚く御礼を申し上げる. また本研究の一部は，同志社大学ハリス理化学研究所第12期 部門研究（D 部門）により行われた．ここに記して謝意を表する. 本報告で紹介した成果の一部は, 2026 年 1 月に, 査読付き学術論文「Conveying blue carbon as a scientific concept: A content analysis of Japanese television and newspapers」として『Marine Policy』誌に掲載された.

参考文献

1) 加納圭, 水町衣里, 岩崎琢哉, 磯部洋明, 川人よし恵, 前波晴彦, “サイエンスカフェ参加者のセグメンテーションとターゲティング:「科学・技術への関与」という観点から”, 科学技術コミュニケーション, **13**, 3-16 (2013).
2) 加納圭, “STI に向けた政策プロセスへの関心層別関与フレーム設計（PESTI ＝ペスティ）研究開発実施終了報告書”, https://www.jst.go.jp/ristex/pdf/stipolicy/JST_1115110_12101738_kano_ER.pdf （2026.08.25）
3) T. Masu, Y. Abe, “Reevaluating broadcast television news and current affairs programs for communicating scientific knowledge in everyday natural settings in Japan”, *Journal of Science Communication*, **24**[03] (2025).
4) 廣野 喜幸, 藤垣 裕子, 定松 淳, 内田 麻理香, “科学コミュニケーション論の展開”, （東京大学出版会, 東京, 2023）
5) Y. Sampei, M. Aoyagi-Usui, “Mass-media coverage, its influence on public awareness of climate-change issues, and implications for Japan’s national campaign to reduce greenhouse gas emissions”, *Global Environmental Change*, **19**[2], 203-212 (2009)
6) G. Gerbner, “Science on television: how it affects public conceptions”, *Issues in Science and Technology*, **3**[3], 109–115 (1987).