

Vol.57

2024 Spring

ネクストコム

情報通信の現在と未来を展望する

Nextcom

特集 Web3時代の コミュニティ —分散型自律組織—



Feature Papers

特集論文

DAOの展開とその課題

—技術の普及に伴う変化に着目して—

高木 聡一郎 東京大学 大学院 情報学環 教授

特集論文

空き家活用の次世代を切り開く DAO型シェアハウス Roopt DAO

渡邊 享子 株式会社巻組 代表取締役

特集論文

DAOに関する法的論点

増田 雅史 森・濱田松本法律事務所 弁護士

岡野 智 森・濱田松本法律事務所 弁護士

Papers

公募論文

生成AIと意匠法

鈴木 康平 人間文化研究機構 人間文化研究開発センター 特任准教授 /
中央大学 ELSIセンター 客員研究員

公募論文

米国における海底ケーブルの軍事利用 —冷戦から現代へ—

梶原 みずほ 慶應義塾大学 グローバルリサーチインスティテュート 客員所員

Articles

5年後の未来を探せ

神谷 之康さんに聞く

京都大学 情報学研究科 教授

脳の活動から脳内イメージを再構成 心が作り出す世界を読み出す

江口 絵理 ライター

明日の言葉

自立しているものこそ、お互いに接触し、
頼るときは頼って生きている
……河合隼雄

「自立している人とは、適切な依存ができて、
それを自覚している人なのだ」と
臨床心理学の礎を築いた河合は説く。

特集

Web3時代の コミュニティ

—分散型自律組織—

- 2 | **すでに始まってしまった未来について**
ヴァーチャル・ペット
平野 啓一郎 作家
- 4 | 特集論文
DAOの展開とその課題
—技術の普及に伴う変化に着目して—
高木 聡一郎 東京大学 大学院 情報学環 教授
- 12 | 特集論文
空き家活用の次世代を切り開く
DAO型シェアハウス Ropt DAO
渡邊 享子 株式会社巻組 代表取締役
- 22 | 特集論文
DAOに関する法的論点
増田 雅史 森・濱田松本法律事務所 弁護士
岡野 智 森・濱田松本法律事務所 弁護士
- 32 | 公募論文
生成AIと意匠法
鈴木 康平 人間文化研究機構 人間文化研究創発センター 特任准教授 /
中央大学 ELSI センター 客員研究員
- 40 | 公募論文
米国における海底ケーブルの軍事利用
—冷戦から現代へ—
梶原 みずほ 慶應義塾大学 グローバルリサーチインスティテュート 客員所員
- 50 | 5年後の未来を探せ
神谷 之康さんに聞く
京都大学 情報学研究科 教授
脳の活動から脳内イメージを再構成
心が作り出す世界を読み出す
江口 絵理 ライター
- 56 | お知らせ
「2023年度著書出版・海外学会等参加助成」受賞者
「第13回 Nextcom 論文賞」受賞者
「Nextcom」論文公募のお知らせ
2024年度著書出版・海外学会等参加助成に関するお知らせ
- 60 | 明日の言葉
「自立」は身を減ぼす
高橋 秀実 ノンフィクション作家

すでに始まってしまった未来について——⑤7

文：平野啓一郎

絵：大坪紀久子

「ヴァーチャル・ペット」



子供の頃に柴犬を飼っていた。昔の田舎のことなので、屋内ではなく外の犬小屋だった。その時のワイルドな記憶が強く残っているので、今、東京のマンションで柴犬を飼っている人を見ると、家の中はきっと荒れ放題なのだろうと想像していた。

ところが、どうもそんな風でもない。まず吠えないし、エレベーターでも大人しいものである。飛びかかってくるようなこともない。それで、屋外で鎖で繋いで飼う昔のあの飼い方は、犬にとってもストレスが大きかったのだろうと今更のように振り返り、悪いことをした気分になった。

私の実家の家族は、家の中で動物を飼うということに強い抵抗があり、そんなわけで犬派で、猫嫌いだった。私も何となく、そうだと思っていたが、ある時を境に、どうも自分は猫の方が好きらしいと気がついて、今では目がない。しかし、子供がまだ手が掛かる年齢で、出張で家を空けることも多く、残念ながら飼うまでには至っていない。

それで仕方なく、仕事の休憩時間には、ネットではぼんやりと猫の動画を見ている。色々な人が、自分の飼い猫を撮影してネットにアップしていて、かわいい。衰弱していたり、病気だったり、あるいは警戒心が強く、気が立っていたような保護猫が、次第に飼い主に馴れてゆき、家猫として落ち着いてゆく様子などを見ていると、心が温まるし、やはり生き物は環境次第なのだということをつくづく感じさせられる。

猫動画のユーチューバーの中には百万人以上のフォロワーがいる人もいて、その収入は広告や商品開発などで億単位に上ることもあるらしい。猫に優しいというのは、一つの人間的な魅力だとは思いますが、そうした長所が、大手の一流企業で働く人の何倍もの収入をもたらす得るといえるのは、現代ならではの現象である。

勿論、同じ猫動画でも、編集技術によって人気に差が出るわけで、一日中、猫に貼りついて撮影を続けているというのも、なかなか楽ではないだろうが。

Keiichiro Hirano

小説家。1975年生まれ。1999年京都大学在学中に『日蝕』により芥川賞を受賞。以後、『葬送』、『ドーン』、『空白を満たしなさい』、『透明な迷宮』、『マチネの終わりに』、『ある男』、『カッコいい』とは何か』、『本心』、『死刑について』など、数々の作品を発表。『三島由紀夫論』（新潮社）で2023年、小林秀雄賞受賞。

特集

Web3時代の コミュニティ

—分散型自律組織—

中央集権的な管理ではなく、ブロックチェーン上で運営される
ビットコインの概念「分散型自律組織 (DAO)*」が、
さまざまな分野で使われ始めている。

Web3時代の到来とともに、
新しいコミュニティの在り方としての注目度は高い。
その現在地を概観し、実装の様子を探る。

*Decentralized Autonomous Organizationの略であるDAOの日本語表記には、「分散型自律組織」「自律分散型組織」「分散型自立組織」などが見られる。本誌では、用語統一を図らず、各筆者の表記を優先している。

Web3時代の コミュニティ

1

—分散型自律組織—

DAOの展開とその課題

—技術の普及に伴う変化に着目して—

東京大学 大学院 情報学環 教授

高木 聡一郎

Soichiro Takagi

近年、DAO（自律分散型組織）という言葉が注目を集めており、分散型サービスのガバナンス、NFTプロジェクトの運営、地域活性化などさまざまな分野で使われ始めている。

DAOはビットコイン誕生時から発展してきた概念だが、当初のプロトコルに基づく自動実行を前提とした自律分散型組織に加え、人と人のコミュニケーションを前提としたコミュニティを重視したものが加わりつつある。

DAOが広まってきた背景には、コミュニケーションや意思決定をサポートする

ツール群が普及してきたことがあるが、さらなる社会的普及のためには

より技術的に容易なインターフェースを持つサービスの充実が求められる。

一方で、技術的な革新性やその特徴である自律分散性と、

社会的な普及に必要な分かりやすさにはトレードオフの関係があり、その点からも今後の展開が注目される。

キーワード

DAO 自律分散型組織 仮想通貨 組織経済学 階層型組織

1. DAOへの注目の高まり

近年、DAO（自律分散型組織）という言葉が注目を集めている。DAOとはDecentralized Autonomous Organizationsの略で、英語の通りに訳すと「分散型自律組織」となるが、日本語では「自律分散型」という言葉がシステムのアーキテクチャ等でも広く使われて

おりなじみがあるため、本稿では「自律分散型組織」と呼ぶことにする。

DAOはビットコイン登場時から存在してきた概念であるが、なぜ今注目を集めているのだろうか。また、それは本質的にどのような特徴を持つものなのだろうか。そして、それはどのように展開・変遷してきたのだろうか。本稿ではそれらをひもときつつ、DAOの可能性と課題について考察していきたい。

2. DAOとは何か

2.1 定義

DAOの定義や分類については、東京大学情報学環ブロックチェーン研究イニシアティブのOguz Genc氏による一連の投稿に詳しいが¹⁾、そこでも紹介されているHassan and De Filippi (2021)²⁾の定義によると、以下の通りである。

A DAO is a blockchain-based system that enables people to coordinate and govern themselves mediated by a set of self-executing rules deployed on a public blockchain, and whose governance is decentralised (i.e., independent from central control).

“DAOとは、パブリック・ブロックチェーンで実装される自動実行可能なルールによって、人々が自分たちの活動を連携・統治することができ、そのガバナンスが(中央のコントロールから独立であるなど)分散化されている、ブロックチェーンに基づくシステムである。”(筆者訳)

ここでは、「パブリック・ブロックチェーン」、「Self-executing (自動実行)」など技術的に強い制約を課しているように見えるかもしれないが、学術的には、他の定義でもおおむね似通ったものであり、中にはスマートコントラクトで実行されることを含めているものもある。つまり、もともとのDAOはビットコインやイーサリアムのように、ある程度アルゴリズムで自動化されることで、人の恣意的な判断が介在しない自律的な実行が可能で、特定の意思決定者に依存しないという意味での分散性を重視した概念であるといえる。

2.2 組織経済学からの洞察

そもそも、ビットコインに代表されるブロックチェーンに基づくサービスの数々は、それまで中央銀行のようなフォーマルな組織でなければ提供できなかったようなサービスを、多数の個人の連携によって実現可能にしたものであり、企業や公的機関のような「組織」を不要にする可能性によってディスラプティブ(破壊的)だとされてきた。

DAOが従来型の階層型組織(上司・部下の関係があり、また組織と個人が雇用契約によって関係付けられるタイプの組織)とどのように異なるのかは拙著論文³⁾に詳述しているが、そのエッセンスは「不確実性リスク」と「機会主義リスク」である。市場で、ある仕事を依頼しようとしたときに、どのような仕事をやればよいか明確に定義できない「不確実性」がある場合、また一度仕事をお願いしてしまうと、以後その相手抜きには業務ができなくなる「機会主義」という二つのリスクが存在する場合、発注元は相手と雇用契約を結び、一定の長期間にわたって柔軟に対応してもらいつつ、利害を一致させることで機会主義リスクを回避する。

DAOは、行うべき業務をアルゴリズムによって自動実行可能にすることで「不確実性」をなくし、またゲーム理論的な競争関係を埋め込むことで、「機会主義」のリスクも巧みに避けることに成功した。それによって、従来はヒエラルキー型組織でなければできなかった業務を、市場的な仕組みで実現できるようになったのである。ただし、トークンの共同保有等を通じて共通の利害を持たせるなど、単純なスポット取引における市場とは異なる面もあるため、従来のヒエラルキー型組織と市場取引の中間的な存在と整理できる。

2.3 デフレーションとDAO

このように、従来はフォーマルなヒエラルキー型組織でなければ実現できなかった業務を、DAOというメカニズムを通じて個人の連携によって実現すること

ができるようになったわけだが、これは「デフレーミング」という大きな社会経済の変化の一環でもある。デフレーミングとは既存の枠組み（フレーム）が壊れるという意味の造語で、筆者が提唱する概念であるが、「伝統的なサービスや組織の『枠組み』を越えて、内部要素を組み合わせたリカスタマイズすることで、ユーザーのニーズに応えるサービスを提供すること」と定義される（図表1）。

デフレーミングには三つの要素があるが、そのうちの 하나가「個人化」であり、従来の組織の枠組みを越えて、個人がより主体となり、自律的に経済活動を行っていくことを指す。クラウドソーシングから、シェアリング・エコノミー、YouTuber、フリーランサーなどさまざまな形態があるが、DAOも個人に立脚した、自律的な活動を実現する手段となっている。デフレーミングは、取引コストの低減がもたらす現代の社会経済の本質的な変化であるが、DAOもそうした長期的な社会変動の表れである。

2.4 DAOの展開

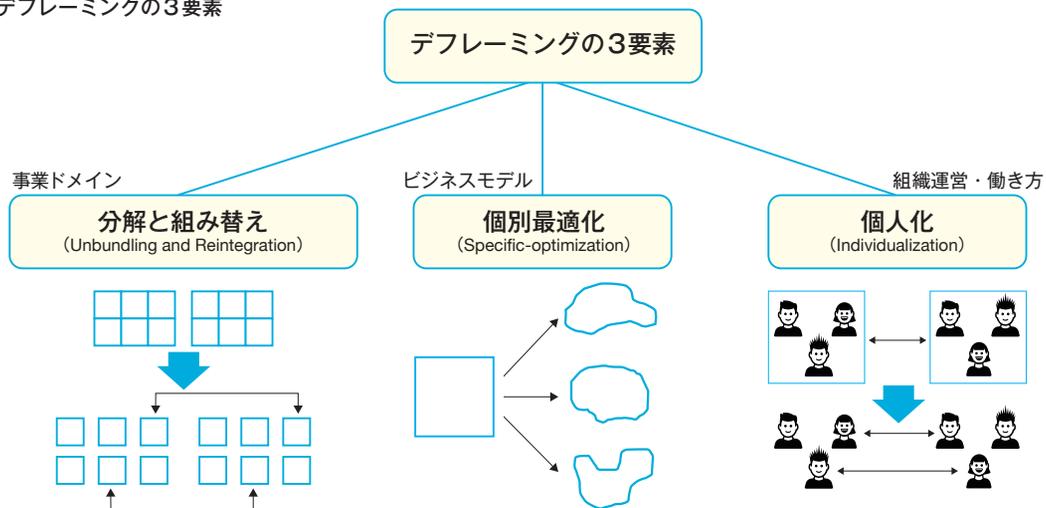
上記で紹介したように、DAOはもともと自動実行されるルールによって自律的に、分散化された主体が

活動を連携・調整できる場所に特徴があるが、最近見られるDAOはやや異なる様相を見せている。それは、DAOと呼ばれるものの内実が変質してきているからにほかならない。ここでは、これまでのDAOの変遷を1.0、2.0、3.0に分けて整理する（図表2）。

DAO1.0は、ビットコイン誕生以来の原理的な形式であり、あらかじめ決められたプロトコルを自動実行することで、多数の参加者の行動をコーディネートする。ビットコインやイーサリアムにおける取引データの確認、決済、通貨の新規発行を含む一連の業務がこれに当たる。特にビットコインはできるだけ人の恣意的な判断を排除したプロトコルによる自律分散性を重視しており、そこにこのメカニズムの新規性と面白さがあるが、その反面、できることが限定される面もある。

DAO2.0は、こうした自動実行されるプロトコルを汎用化・拡張したものであり、イーサリアムに代表されるスマートコントラクトを活用したサービスを中心とするものである。当初は分散化されたマーケットプレイス、分散化されたライドシェア、分散化されたクラウドソーシングなどさまざまなものが提案されたが、現在実現しているものとしては分散型金融

図表1 デフレーミングの3要素



出所：筆者作成（プレゼン資料）

(DeFi)が挙げられる。その中でも Uniswap は分散型取引所 (DEX)として、仮想通貨同士の交換サービスを提供する。累積取引額は1.5兆ドル以上とされ、分散型取引所において圧倒的なシェアを確保している(図表3、次頁)。DAO 2.0はプロトコルを重視した分散性を発展させ、複雑化したものである。

これに対して、近年取り上げられることの多い DAO 3.0ともいえるものは、プロトコルによって業務の自律的実行を実現するのではなく、ブロックチェーン技術によって発行された NFT やトークンを一種の「参加券」と見なし、プロジェクトのコミュニティを構成するものだ。コミュニティの運営は特段プロトコル化されているわけではなく、通常の掲示板などで人が話し合ったり、投票をしたりする。ただし、そのプロジェクトに参加するためには NFT やトークンなどの資産購入という形で初期投資を行っており、プロジェクトが成功するほどそれらの資産価値が上がる構造にある。ビットコインや Uniswap の運営に参加するためには、マイニングシステムの立ち上げなど高度な技術的知識が必要となるが、DAO 3.0ではユーザーとして NFT やトークンを購入し、あとは通常の人と人のコミュニケーションと同じ方法で参加すればよいた

め、技術的ハードルは下がっている。その意味では DAO という仕組みが大衆化するとともに、スタートアップ企業への株式投資よりもカジュアルな形でプロジェクトのステークホルダーになるとともに、キャピタルゲインを想定するシステムが広まりつつあるともいえる。

このように、DAO は登場以来のプロトコル重視の形式から、コミュニティ重視のものへと変遷してきているが、プロトコル重視の DAO がなくなったわけではなく、異なるモードのものが追加されてきたと見る方がよいだろう。

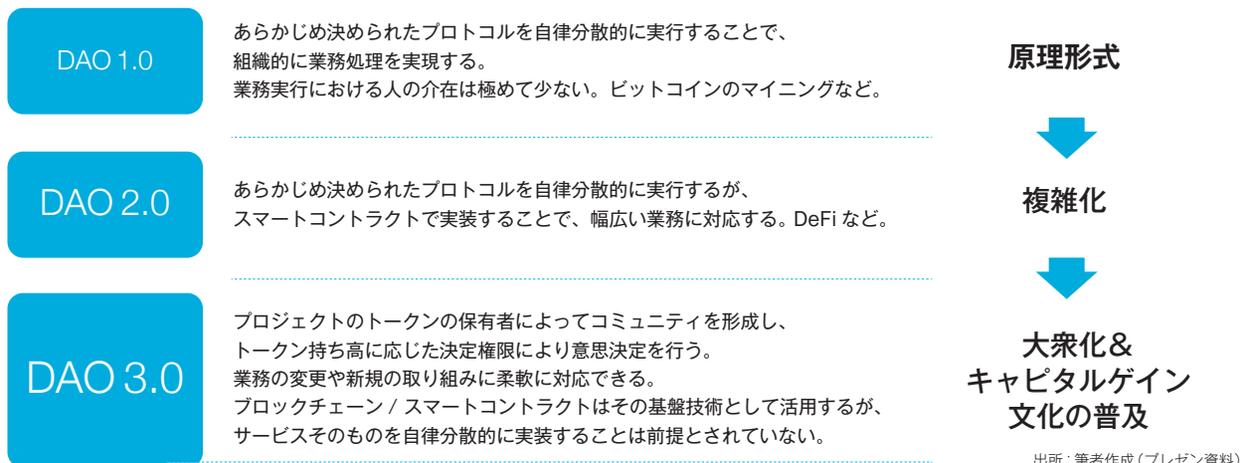
3. DAOの今日的展開

このように、DAO は誕生当初からそのメカニズムや目的の変遷を経てきたが、現在取り組まれている DAO にはどのようなものがあるのだろうか。ここではタイプ別にいくつかの具体例を見ていきたい。

3.1 分散型サービスのガバナンス・メカニズムとしてのDAO

第一のタイプは、分散型サービスのガバナンス・メ

図表2 DAOの変遷



カニズムとしてDAOを利用する形態である。

例えば先に紹介した分散型金融のUniswapも、それに付随するUniswap DAOが存在する。このDAOではUniswap仕様の方向性などが議論され、UniswapのトークンであるUNIを保有する人が投票の形で意思決定に参加することができる。

同様に、メタバースのプラットフォームであるThe SandboxにもDAOが存在する。The Sandbox内の開発の中長期計画から、プロモーション施策など、ボトムアップでの提案がなされ、やはりメンバーの投票で採否が決定される。SANDと呼ばれるThe Sandboxで使われるトークンを保有する人がこのDAOで投票することができる。なお、DAOで提案される施策を実行するのに必要なリソースも、多くの場合そのサービスで使用されるトークンで支払われる。従って提案には一定の施策を実施するとともに、それに必要なトークンの発行も併せて提案される。提案者はそのトークンを受け取って実施するわけだが、それが外部の世界で価値を持つかどうかはそのサービスの将来的な成否にかかっているというわけである。

もともと分散性を重視しているサービスにおいては、そのガバナンスの仕組みとしてDAOを導入する

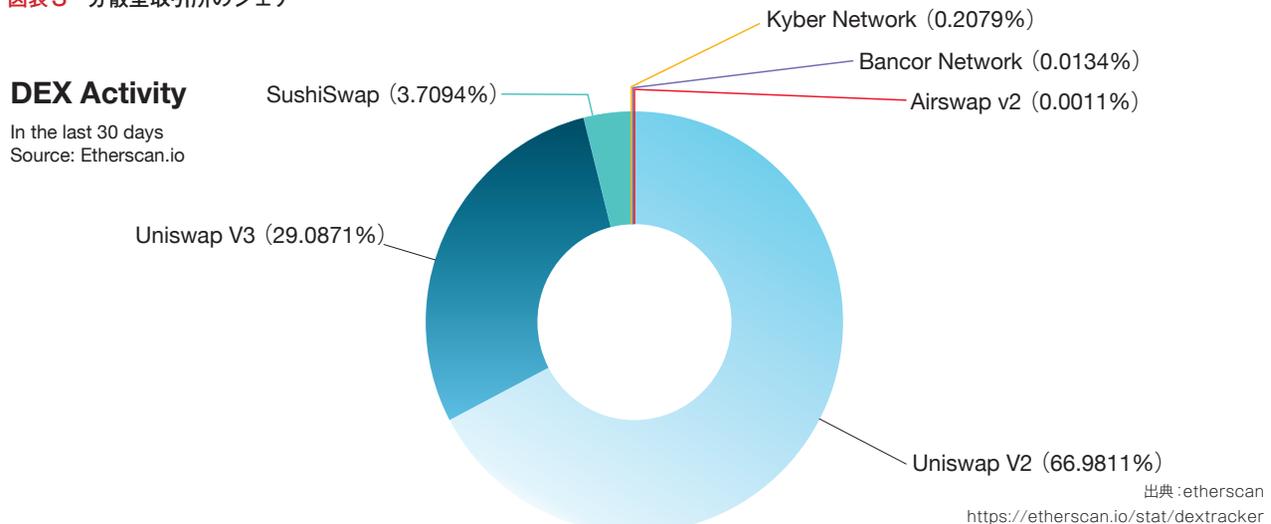
ことは相性が良いため、多くの分散型サービスで採用されている。

3.2 コミュニティとしてのDAO

上記で見てきたのは、分散型金融のようにサービスそのものがプロトコルレベルで分散化されているもので、それらのサービスに係る意思決定や議論も非中央集権的に行おうとするものだ。それに対して、プロトコルレベルでの分散化にかかわらず、コミュニティの運営手段としてDAOを採用している例も見られる。

例えば「美しい村DAO」は、鳥取県智頭町、静岡県松崎町などによる取り組みで、日本全国59の町村(2024年1月現在)から成るNPO法人「日本で最も美しい村」連合を母体としている。これらの地域が発行するNFTを購入することにより、購入者は「デジタル村民」となり、村民割引を受けられたり、疎開保険(災害等の際に疎開場所を確保する取り組み)の購入予約を行ったりすることができる⁴⁾。また、棚田の会員権、お祭りの優待などさまざまな企画があるが、こうした企画そのものも、NFTの購入者(デジタル村民)が検討していく仕組みだ。NFTを購入すると、意思決定に参加するためのガバナンストークンが付与さ

図表3 分散型取引所のシェア



れ、コンテンツ企画に参加することができる。最終的にデジタル村民の投票で意思決定を行う。

また、新潟県の旧山古志村をテーマとする「Nishikigoi NFT」は、地元の特産である錦鯉をモチーフとした NFT を販売し、それを「デジタル住民票」と位置付ける取り組みを行っている。これによって地域住民とデジタルな住民から構成されるコミュニティを山古志 DAO と位置付け、山古志地域の活性化に向けた議論を行っている。

一方、シェアハウスの運営管理に DAO を活用している事例もある。Roopt 神楽坂 DAO と呼ばれるもので、トークンを購入することでシェアハウスに入居権利が発生するほか、シェアハウス全体の運営にも関わることになる。3万円のトークンを一つ買えば、1カ月の賃貸居住か、関連物件も含めて7泊8日のワーケーション利用ができるほか、いずれでも併設されるコワーキングルームを利用することができる。財務的に興味深い点は、先に居住権を販売することで、2年分の収入が先に入るため、施設の運営が安定するほか、改修や設備投資も行いやすくなるメリットがある⁵⁾。

Roopt 神楽坂 DAO の場合は、新規入居検討者向けの内見対応や、掃除などを行うことで新たなトークンを得ることができ、居住可能な日数が増えていく仕組みもある。これはトークン発行によってインセンティブを発生させるトークン・エコノミーを応用したものである。施設を改修、改善したり、心地よいコミュニティを実現することで、将来的に自分が保有するトークン(居住権)を高く売れる可能性もあり、不動産に対する投資家でもあり、利用者でもあるという新たなステークホルダーの形を実現しているといえるだろう。

一方、DeSci(分散型科学)という分野も存在する。科学分野の研究開発の資金提供と利益分配といったガバナンスのメカニズムを、分散型の社会システムで実現しようという発想である。例えば長寿研究を対象とする VitaDAO は、老化克服や寿命延長の研究プロ

ジェクトに対して、知的財産(IP)とひも付く NFT を購入することで、研究プロジェクトに投資するとともに、将来的な事業化から得られる収入の分配を受け取る仕組みである⁶⁾。従来は政府や大企業、富豪といった限られたステークホルダーからしか投資を受けられなかったが、この仕組みによってより幅広い一般の人々からも投資を受けることができ、またそうした一般の人々も、うまくいけば将来的な収益の分配にあずかれるというわけである。また、VitaDAO で使われる VITA トークンを保有することで、どのプロジェクトに投資するかといった意思決定に参加することができる。

これらは、サービスそのものがスマートコントラクト等に基づく分散型アーキテクチャになっているというわけではないが、参加権としてブロックチェーンを利用した NFT やトークンを活用し、またその運営もフラットなコミュニティで議論して決定するという意味で分散型となっている。

一方、ガバナンスのメカニズムであると同時に、マーケティング的側面からも注目される⁷⁾。例えば NEO TOKYO PUNKS と呼ばれるプロジェクトは、プロジェクトが作成したイラスト作品の NFT を購入することで DAO のようなコミュニティに参加することができる。参加者はその世界観を広げるストーリーを作成するなど、プロジェクトの発展にも関わっている。本プロジェクトは、例えば山梨県と水素研究のプロモーションを協業するなど⁸⁾、既存組織の連携事例も出てきている。

こうした DAO の使い方は、ファンとのエンゲージメントを高め、ユーザーとの協創を支える仕掛けとしても機能している。従来からユーザーによるカスタマイズや、ファンクラブ等のコミュニティは存在していたが、仮想通貨や NFT など価値を記録する手段を組み入れたことで、利益分配や意思決定への関与を実現しやすくなり、よりプロジェクトに対する「オーナーシップ」が高まる効果もあるだろう。

4. DAOを支えるプラットフォーム

DAOは文字通り自律分散型の組織を志向しているが、ここまで普及してきた背景には、それを支えるためのプラットフォームが整備・普及してきたことも重要な役割を果たしている。例えば、Snapshotと呼ばれるプラットフォームは、DAOを運用するに当たって、議論を行ったり、意思決定を行うためのプラットフォームであり、トークンの持ち分に応じた投票をサポートする機能がある(図表4)。

先述の分散型メタバースである The Sandbox や Decentraland、猿のアイコンで有名な Bored Ape Yacht Club などの DAO もこのプラットフォームを利用している。

こうしたプラットフォームでは、例えばプロジェクト内で新たな取り組みを行いたい人は、提案書の形で内容をまとめ、Snapshot 上の掲示板でディスカッションを行う。最終的には、メンバーで投票を行って決定を行うが、トークンの持ち高に応じた投票権がある場合が多い。投票権を保有しているかどうかは、プラ

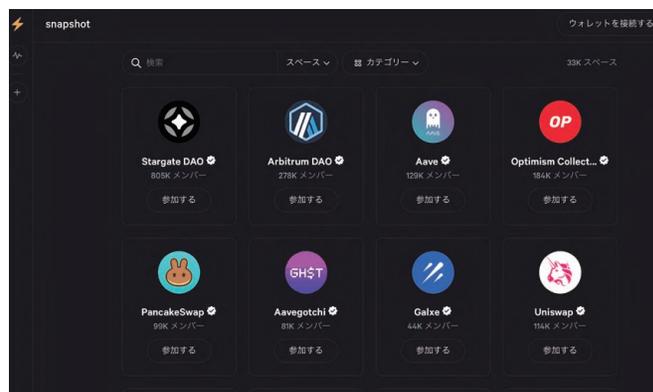
トフォームが個人のウォレット(通常は Metamask を使うことが多い)と接続して確認する。

Snapshot 以外にも、オンラインコミュニティのツールとして普及している Discord にも同様にウォレットを接続する機能があり、保有している NFT 等に応じて所定のチャンネルに入ることができる。

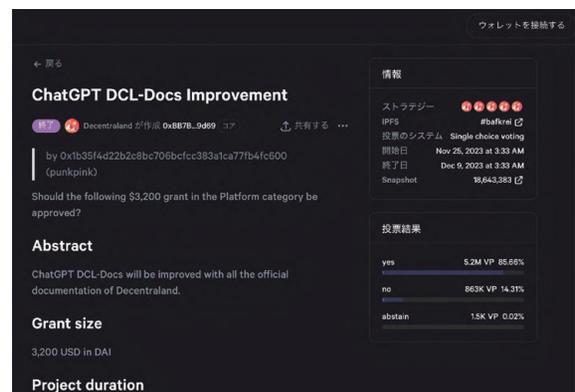
Metamask (ウォレット)、OpenSea (NFT の取引)、Discord (オンラインコミュニティ)、Snapshot (DAO の意思決定支援) などのアプリやプラットフォームが普及してきたことが、DAO の普及を後押ししてきたといえる。

ただし、Metamask の設定をはじめ、一般のユーザーにはまだまだ技術的なハードルがあることも否めない。現状のユーザーは Web3/ブロックチェーン技術に関心の高いアーリーアダプター層であろう。マスマーケットに普及するためには、それらを包括したような、理解と操作が容易なインタフェースの登場を待つ必要があるかもしれない。

図表4 DAOの議論が行われるSnapshotの画面



Snapshot トップページ



メタバース Decentraland の DAO ページより

出典: Snapshot
<https://snapshot.org>

5. 最後に

このような形で、DAOはプロトコル重視で、自動実行されるタイプのものに加えて、徐々にコミュニティを重視したものが加わってきた。DAOというコンセプトが普及してきた反面、技術的な革新性はやや薄まってきた面もある。また、普及の背景にはSnapshot、OpenSea、Discordなど、関連するサービスが普及してきたことも、重要な役割を果たしてきた。これらの関連サービスは必ずしも厳密な分散性のもとに開発・運用されてきたものではないかもしれないが、DAOの普及においては不可欠なものでもある。一般の人々に普及するためには、厳密な分散性を多少妥協しても、分かりやすさ、使いやすさの追求が伴うことを、DAOの展開は示唆しているようにも思われる。

その一方で、特に近年の日本におけるDAOの展開は、以前からあるコミュニティの実践の延長線上にも位置付けられるだろう。また、欧米を中心に特定企業に依存しないプラットフォームを追求する「プラットフォーム・コーポラティヴィズム」という考え方もあ

る。そうした従来からの展開に、DAOという仕組みを「使えるところは使う」という考え方で活用される側面もある。技術が社会で普及していく中で、ユーザーのニーズに合わせて変化したり、過去の取り組みと融合することで変質していくこともある。こうした変化も、DAOの今後の展開から目を離せない理由の一つである。



Soichiro Takagi

高木 聡一郎

東京大学 大学院 情報学環 教授／国際大学 GLOCOM 主幹研究員を兼務。熊本県生まれ、東京大学大学院学際情報学府博士課程修了。博士(学際情報学)。国際大学GLOCOM教授、東京大学大学院准教授などを経て2022年より現職。これまでにハーバード大学ケネディスクール行政大学院アジア・プログラム・フェローなどを歴任。専門分野は情報経済学、デジタル経済論。主な著書に『デフレーション戦略 アフター・プラットフォーム時代のデジタル経済の原則』(翔泳社)など。

注

- 1) 東京大学情報学環ブロックチェーン研究イニシアティブ, <https://utbciii.com/>.
- 2) Hassan, Samer. & De Filippi, Primavera. (2021). Decentralized Autonomous Organization. *Internet Policy Review*, 10 (2). <https://doi.org/10.14763/2021.2.1556>.
- 3) Takagi, Soichiro. (2019) "Does Blockchain "Decentralize" Everything?: An Insight from Organizational Economics" in ed. Melanie Swan, Jason Potts, Soichiro Takagi, Frank Witte, Paolo Tasca, *Blockchain Economics: Implications of Distributed Ledgers*. World Scientific, pp.25-45.
- 4) <https://www.3nhk.or.jp/lnews/tottori/20230306/4040014473.html>
- 5) 似たような仕組みとしては、価格帯は大きく異なるが、リゾート地の別荘をシェアするNOT A HOTELというサービスもある。
- 6) <https://www.vitadao.com/blog-article/vitadaoheyokoso>
- 7) DAOのマーケティングの側面については、小谷恵子(2023)「NFTプロジェクトにおけるDAO型マーケティング」日本マーケティング学会ワーキングペーパー Vol.9 No.13を参照。
- 8) https://www.pref.yamanashi.jp/chosa/brand/yamanashi_ntp.html

Web3時代の コミュニティ

2

—分散型自律組織—

空き家活用の次世代を切り開く DAO型シェアハウス Roopt DAO

株式会社巻組 代表取締役

渡邊 享子

Kyoko Watanabe

Roopt DAOは、空き家を活用した賃貸経営にDAO（自律分散型組織）の仕組みを取り入れたものである。巻組が運営するシェアハウスであるRoopt神楽坂¹⁾の1カ月の家賃相当の3万円を支払うと、NFT（Rooptトークン）が付与され、その所有者が加入するDAOである。開始から1年で、400人以上のオンラインコミュニティを抱え、シェアハウスの売り上げは想定の1.7倍に達した。成功のポイントは、自律的なコミュニティ風土の醸成、リワードトークンの設計、不動産サービスそのものの設計にある。今後は、地方部の空き家活用にDAOの仕組みを積極的に展開し、DAO型シェアハウスの展開を通して、所有者の重荷でしかなかった山間部の空き家をクリエイティブな人々が集まる舞台にしていきたいと考える。

キーワード

DAO（自律分散型組織） ブロックチェーン 空き家活用 賃貸経営

序：DAOによる不動産課題の解決に向けて

筆者が経営する「巻組」という会社は、宮城県石巻市に拠点を置きながら全国各地で空き家を活用した賃貸経営を行っている。そんな田舎の小さな不動産会社が、2022年7月に、株式会社ガイアックスとの連携により、DAO型の運営方式を取り入れた空き家の活用に乗出た。本稿では、不動産業界の課題、とりわけ空き家問題について説明した上で、この分野にお

けるDAO型の賃貸運営の有用性を述べ、弊社が運営する“Roopt DAO”の開始から1年間の成果について検証する。

1. 株式会社巻組が空き家活用に着手した経緯

当社の活動の原点となった宮城県石巻市では、2011年の東日本大震災で2.2万戸の家屋が倒壊・流失。震災直後は、被災者の方にとってもボランティア

等の移住者にとっても家が足りない状況であった。しかし、2018年の調査によれば、市内の住宅約7万戸のうち1.3万戸が空き家である。震災前と比べて住宅総数は増えているにもかかわらず、空き家率は6%以上も上昇している²⁾。なぜこうなってしまったのか。

震災後の復興需要で石巻市内には急速に住宅が供給され、その数は約7千戸に上った。一方で、2011年初に16万人だった市の人口は、2023年現在13.6万人。小さな自治体一つ分くらいの人が減り、残ったのは人が住まなくなった家だった。

筆者自身は、10年間石巻に身を置きながら復興の物理的進展を目にしてきた。新築の復興住宅やインフラを整備するために、地中数十メートルに耐震のための杭を打ち、高層マンションを建造する様子。山や田んぼを切り崩し掘り返し、新興住宅地やロードサイド店を建造する様子。それは、学生時代に教科書で目にした高度経済成長期の住宅供給や街づくりのようであった。同時に、地球や地域コミュニティを物理的に傷つける行為であると直感的に感じられた。

こうした行為によって、震災後の「住宅不足」の問

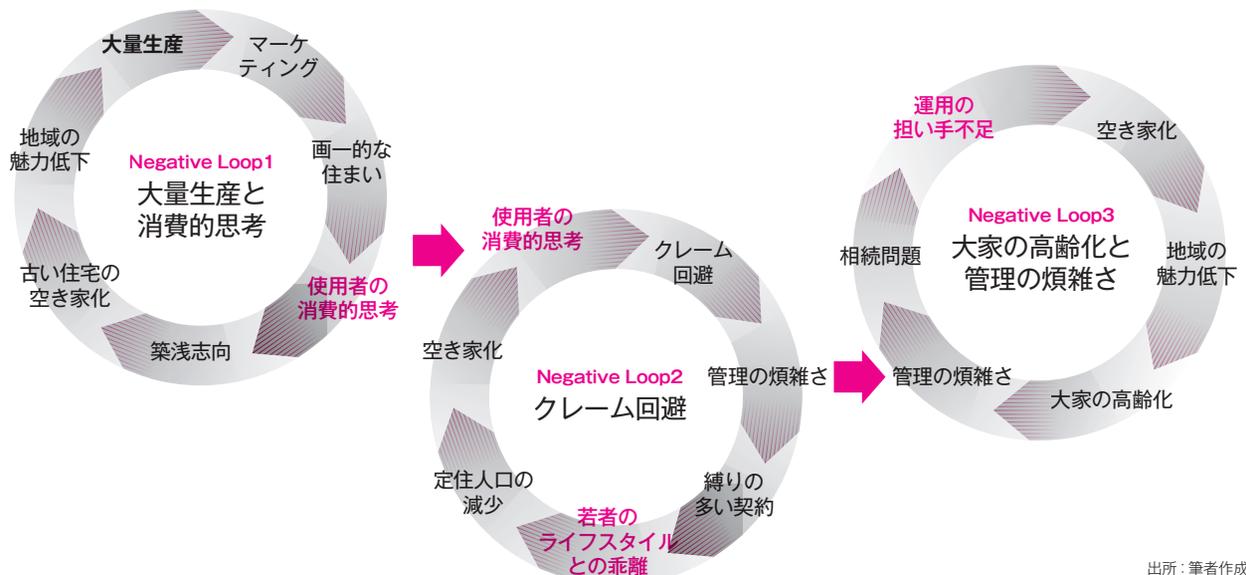
題は数年のうちに解消された。一方で、古い住宅は捨て置かれたように空き家となった。おそらく、これだけの生産活動の裏でCO₂も大量に排出されたことだろう。そして、このことは石巻だけの問題ではなく、わが国全体の住まいの問題であると考えられる。

日本は災害等で何度も住宅の問題に直面していながら2011年の震災後10年間の住宅供給の在り方は、戦後とほとんど変わっていない。前代未聞の人口減少や気候変動にさらされながら、われわれはいい加減、「次世代」の住まいの在り方を実装しなければならないと感じている。

2. 空き家問題を巡る負の循環

空き家問題が、石巻市のような規模の地方都市の課題として着目されるようになって久しい。課題は「点」で生まれるものではなく、さまざまな要素がつながり合って負の循環となって起こるものだ。あるべき正の循環を想定して既成事実をつくるだけでなく、負の循環を分析し根本的な「滞り」を解くことで

図表1 空き家問題を巡る負のループ



出所：筆者作成

再生的循環を促していく。いわば鍼治療のような東洋医学的な処方が必要だ。

空き家問題を巡る負の連鎖は図表1(前頁)のように一方通行のループではなく、幾重にも重なる複合的な問題である。

(1)大量生産と使用者の消費的思考

空き家の発生には、住まいの作られ方と使われ方の問題が大きく影響すると考えられる。旧来型の住宅は、家族形態に関して画一的なステレオタイプを想定し、それに合致する世帯が不満を持ちにくいような最大公約数的なスペックの住宅を大量に生産する。それらを流通させるマーケティングによって住宅を選び、出来合いのものを使用する顧客は、能動的に自身の生活環境を考えることなく、受動的に住まいを「消費」する。

こうした消費的思考の使用者は、自らの意思で修繕等が必要な古い物件をうまく活用することができな

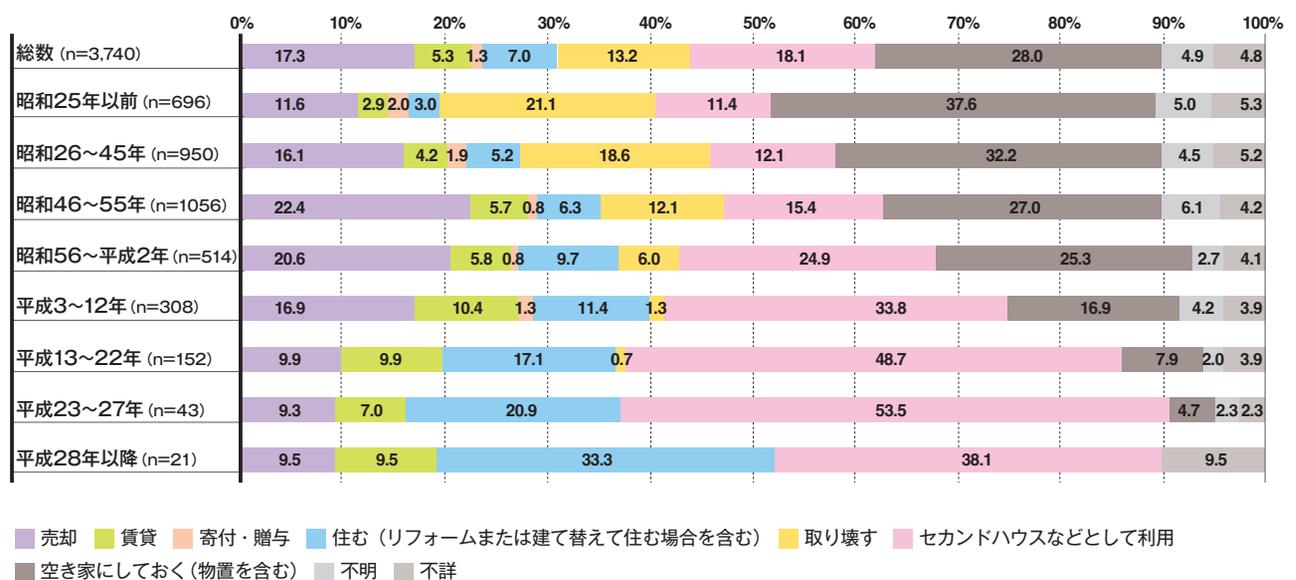
い。供給側の意図に沿って作られた「利便性」を求め、新しく生産された住まいを選び続ける。この負の循環が築古等の条件の悪い不動産を空き家にするのだ。

(2)クレーム回避

消費的思考の使用者は、心地よい住環境を整えるために自身で改善する権限や技術、知識を持たない。そこで所有者に要望やクレームをつける形で改善を図るしかない。所有者は高齢化していたり資金等が不足している場合も多く、それらの声に応え切れない。この結果、縛りの多い契約や無駄な物質環境が生産され、それらが若い世代の多様なライフスタイルと乖離する。この使用者とのアンマッチングにより、活用できない不動産が増え空き家となる。

そもそも本当に新しく、機能的であることが良いのか。一人一人のライフスタイルは多様であるので、住まいのデザインやニーズももっと多様であるはずだ。市場性の下に大量生産され、クレーム回避のために付

図表2 空き家の建築年別活用意向



出所：国土交通省「令和元年空き家所有者実態調査」図23を基に筆者改変作成

与されたデザインを、住まい手と共に問い直し、共に創造していくことが重要である。

(3) 大家の高齢化と管理の煩雑さ

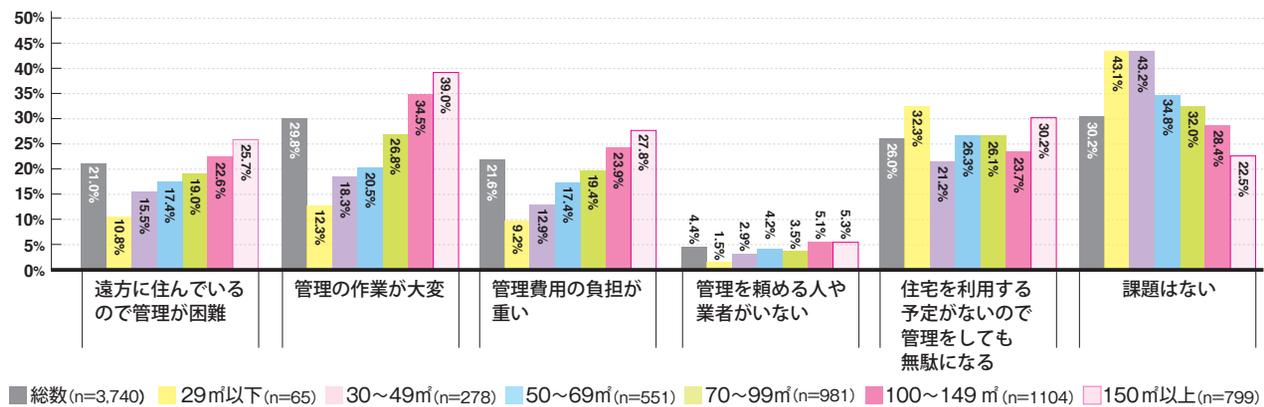
前述の課題からも分かるように、不動産を運営するためにはいわば「体力」とその「持続力」が必要である。一方で、自身で居住していない不動産の所有率が高いのは75歳以上の高齢者である³⁾。活用できる空き

家も管理する資金的・肉体的体力がなく放置され、相続等の問題で所有関係が整わないなど高齢化に付随して条件不利不動産の流通が滞る。

図表2～4は、令和元年に国土交通省により行われた空き家所有者の実態に関する調査である。

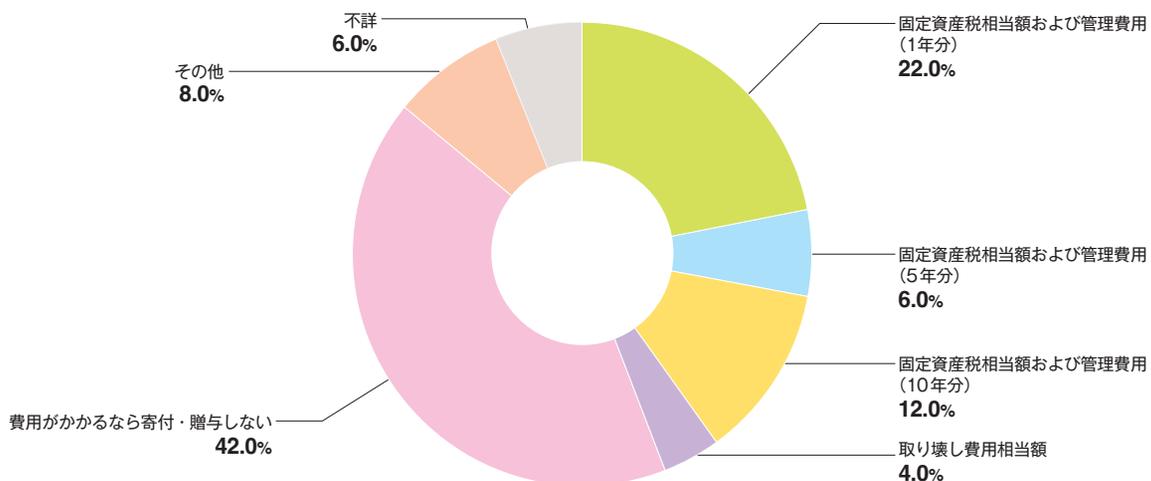
まず、図表2を見ると築30年程度(建築年度平成12年以前)を超えてくると、所有者は管理方法について積極的には考えず、「空き家のままにしておく」とい

図表3 管理する上での課題(空き家の延べ床別面積別)



出所：同左調査 図187、図192を基に筆者改変作成

図表4 寄付・贈与のために支払ってもよい費用(n=50)



出所：同左調査 図265を基に筆者作成

う回答が増え、中には、市場価格での売却を諦め、寄付や贈与を検討する人が増えてくることが分かる。

次に、図表3（前頁）は管理する課題を表したものであるが、管理作業や費用の負担が代表的な回答として挙げられる。また、「遠方に住んでいるので管理が困難」という回答が挙がっている。これは、地方の空き家の所有権を持っているが、首都圏など都市部に住んでいる所有者の回答と考えられる。

そして、図表4（前頁）は空き家を手放す際にどれくらいの金額を負担できるかという設問となるが、「費用負担をしたくない」という人の割合に対して、固定資産税・管理費・取り壊しの負担相当額等の何らかの金銭的な負担をしてでも手放したいという人の合計割合が上回っているということが注目すべき点であろう。

まずは、運営の在り方や関わる担い手の属性を多様化し、関わり方の幅を増やすことが、空き家の流通促進の鍵になる。また、所有者と空き家の所在地が離れている場合も想定し、遠隔でも管理が可能となる仕組み作りが非常に重要となる。

(4) 課題解決に向けて

以上の(1)～(3)を踏まえ、今後の空き家活用の促進に向けては、

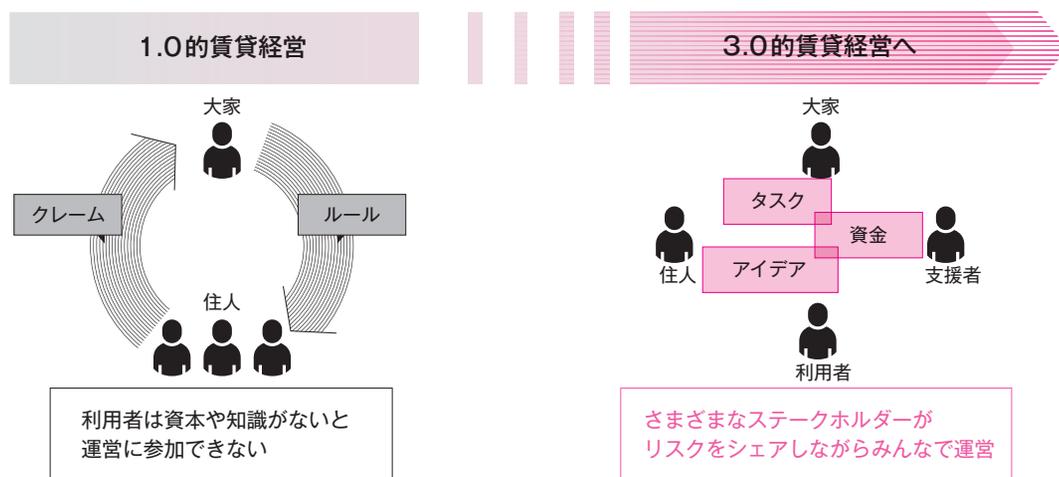
- ・ 消費者的な視点にとどまらずオーナーシップを持って関わるユーザーの育成
- ・ 共創型かつ、多様な主体が関わる運営方式の樹立
- ・ 遠隔地の空き家の活用

という3点の実装が重要となるだろう。これらを実現するためにWeb3の導入は非常に理にかなっていると考えられる。そこで、われわれは、賃貸不動産の運営にDAOを取り入れた、3.0的賃貸経営の普及を、自社サービスの展開を通して進めようとしている。

3. 3.0的賃貸経営とは

前述の要因もあり、一般的に不動産ビジネスはなかなかアップデートが進まない保守的な業界である。現在、広く普及している1.0的賃貸経営は、基本的に大家である所有者が資本を持ち、不動産の管理責任を引き受ける。円滑な管理が持続化するように「ルール」

図表5 3.0的賃貸経営の概念図



出所：筆者作成

を決め、住人に「サービス」としての利用権を提供する。ルールが使いづらかったり、ハードのスペックが悪くても住人は大家に対して「クレーム」という形で、不満をぶつけるしかなく、その意見が活かされるかは大家の判断にかかっている。自分が大家になりたいと思っても、資本や知識がなければ大家になることはできない。

そんな、一方通行的で、建設的とは言い難い関係性をアップデートするのが3.0の賃貸経営である。大家も住人もどちらも不動産に対して一定のオーナーシップを持ち、責任関係をシェアする。そこに住人以外の関係者も加わり、アイデアや資本を持ち寄り、タスクを分散する。そこに関わる証としてNFT（ノンファンジブルトークン）を配布し、NFT所有者によりDAOを組み、理想の住まいづくりに向けて空き家を共創的に運営していく仕組みを実装する。

われわれは、こうして新しい賃貸経営を実装するDAOに、シェアハウスの名前をとって“Roopt DAO”と名付けた。

図表6 シェアハウスに集まるDAOメンバー



撮影:Hiromi Furusato

4. Roopt DAOの仕組み

RooptDAOは、巻組が運営するシェアハウスであるRoopt 神楽坂の1カ月の家賃相当の3万円を支払うと、NFT (Rooptトークン)が付与され、その所有者が加入するDAOである。巻組は、RooptDAOに場所を提供した上で、他のNFT所有者と同じようにDAOに加入し、外部取引を代行する。RooptDAOの運営は下記の点が特徴的である。

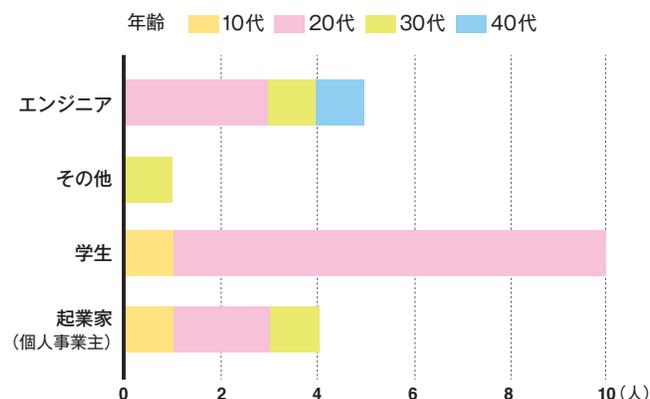
(1) 自家型前払い式支払い手段を採用

投資目的でのトークン購入を防ぐため、使う分だけ前払いし、使用量に応じて消化する仕組みに。配当は出せない一方、二次流通は可能。DAOの人气が上昇すれば利用権を高く売却できる可能性も。

(2) 運営予算年間100万円の使い道を民主的に決定

理想のシェアハウスを作るため、賃貸売り上げのうち、年間100万円を運営予算として設定。その使い

図表7 DAOメンバーの内訳



道について、トークン所有割合に応じた投票を実施。DAOに関わる人々の総意で物事を決定するようにした。

(3) DAOメンバー自らが設計したリワード(報酬)

トークンの付与

掃除や、DIY、集客に向けた広報活動などシェアハウス運営に向けたタスク依頼も各自、自由に挙げていくことを可能とした。オーナーだと気づかないような細かいタスクも、自律的に運営されるDAOのメンバーが拾い上げている。

また、運営するうちに、タスクを請け負ったメンバーへのリワードトークンの付与が必要という提案があり、シェアハウス運営に貢献したメンバーへの報酬付与を行うようになった。報酬トークンを家賃相当額貯めると、居住権にひも付いたRooptトークンと交換することができるようにした。

5. DAO型の運営成果

上記のRoopt DAOは、2022年7月から開始し、2023年12月現在、延べ約200人がNFTを購入し、DAOメンバーとなり、オンラインコミュニティのDiscord⁴⁾サーバー上にはNFTを購入せず活動をウォッチしている人を含め約400人が常時参加している。

このうち、実際にシェアハウスを利用したメンバーは、20人程度である。内訳としては、DAOに興味のある学生・起業家・エンジニアの他、舞台俳優等の芸術家もいる。20歳代の学生がボリュームゾーンとなり、中には10歳代で入居して、この場で起業したメンバーもいる(図表7、前頁)。

(1) 入居者の事例

以下には代表的な入居者の事例を挙げる。DAOらしく、匿名のハンドルネームで紹介する。

・19歳の起業家 Kai 氏

Kai氏は、海外への留学を考えていたが、入居当

時にWeb3に興味を持ち、留学よりもDAOに加入してみることを選択した。学生時代の起業を経て、同じくRoopt DAOのメンバーでAI分野の会社を経営するYota氏と出会い、COOとして会社の経営に参画。webメディアの運営を担っている。さらに他のDAOメンバーと海外への長期バックパック旅行に出かけるなど、さまざまなライフスタイルのメンバーと多様な経験を積んでいる。

・40歳代の会社員びよたん氏

びよたん氏は、首都圏の企業で生産管理の仕事を担当する会社員である。Roopt DAOに加入し、シェアハウスのリビングをコワーキングスペースのような形で利用し、平日はリモートワークに取り組んでいる。自身の仕事の傍ら、共有部の清掃活動や庭の剪定に積極的に関わっている。これをきっかけにシェアハウスの運営を中心とした場づくりに興味を持ち、週末を利用して、月に一度、石巻市に通い続け、巻組により新しく設置されたシェアハウスの立ち上げに参画したり、地域の児童施設でボランティアに従事するようになった。

2人は、年齢も境遇も全く異なるタイプのメンバーであるが、DAO的なフラットな場づくりに興味を持ち、シェアハウスの運営に関わることで、それ以上の自身の可能性を拡張している。積極的に、住まいづくりに関わることが、仕事でもない、家庭でもない、いわば「第三の自分」の発見につながり、人生を豊かにする体験に導いているといえるだろう。

(2) 運営の効率化と稼働率の向上

一般的なシェアハウスは大きな収入源となる月々の売り上げが、入居可能な部屋数×家賃単価に限定される。一方で、DAO型シェアハウスは居住権にひも付いたNFTを配布するため、すぐに住む予定ではない人も家賃を払ったり、関わることだけを目的とした人もNFTを買い求めたりする。このことによって、部

屋数分に相当する売り上げ以上の先入金を確認することができ、その後も回転差資金が生まれ続ける。このため、通常よりも余裕を持って運営することができる。Roopt DAOでは立ち上げ時に36トークンが販売されたため、約100万円の先入金を確認した状態で運営をスタートすることができた。

さらに、住人の集客への参画により90%前後の稼働率を維持し続けているため、当初想定比の1.7倍の売り上げを保っている。

メンバーと共創的に運営を行うことで、維持管理コストも削減された。Roopt DAOでは、掃除や内見案内、集客に向けた広報活動やメンテナンスなど、把握されているだけで1年間で205時間相当の仕事がメンバーによって担われている。通常、当社が運営する他のシェアハウスでは、月に2〜3回、年間にすると30回程度巡回しなければ運営が成り立たないところ、Roopt DAO導入後は年間3回程度現地に行ったのみである。このことにより、空き家活用にあたって大きな課題となっていた遠隔での管理運営も可能となったのである。

(3) 自律的な風土の醸成

シェアハウスの運営にDAOを導入することにより、通常の賃貸運営で見られないような、ユーザーの能動的な活動が見られた。

・コミュニティモデレーターの誕生

利用者の発案により、シェアハウス運営の円滑化を図る「コミュニティモデレーター」という役割が設置された。報酬も投票制で決まり、毎月の仕事状況により、継続任用されるか罷免されるかが決まる。

・学生起業家の集積

先ほどのKai氏のような、30歳以下の若手起業家たちがシェアハウスに集い、協業することで、新しいビジネスが育っている。

・ユーザーと地域との交流が促進

前述のびよたん氏のように、積極的にシェアハウス運営に関わった結果、地域にも興味を持ち、実際に地域の活動に参加したり、逆に地域の人々が興味を持って場所を使用するようになった。

上記のような自律的なコミュニティ風土の醸成を経て、最近では、インフォーマルなつながりや、自主的な運営が加速している。例えば、コミュニティモデレーターの設置やリワードトークンの機能等、組織運営を持続的に回すための大きな決定はNFT保有者による投票等の民主的意思決定を経る。その一方で、扉や網戸など設備の修理や掃除、庭の剪定などハウスキーピング的な細かいマネジメントはいちいち、大家にお伺いを立てたり「投票」のような仰々しいプロセスを経ずとも、住人が自主的に行うようになった。まさに、DAO型シェアハウスが自動的に動き出した。

一方で、課題もある。ブロックチェーンを利用したWeb3的な運営は、あくまでオンライン上の働きを捨てることはできても、こうした現実世界での仕事は手動でカウントしなければならない。善意によるインフォーマルな働きを評価し切れていない可能性がある。DAOの最大の強みであるスマートコントラクトをこうしたリアルな活動にいかにか実装していくかは大きな課題になっている。

6. Roopt DAOの成功のポイント

以上のように、Roopt DAOはおおむね成功し、成果を得た。成功のポイントは下記であると考えられる。

(1) コミュニティ風土と参加者の自己実現

当初、投票によって組織のガバナンスを回していくことが重要と考えていたが、最近では参加者が個性を発揮し、それぞれのやりたいことを実現していく場となっている。DIYや植栽の剪定は、義務的な仕

事ではなく、「やってみたこと」として実施されている。投機目的のDAOが次々と離散していく中で、投機目的よりも、「理想のシェアハウスを利用してみたい」「DIYに興味がある」「やってみたいことがある」などコミュニティ運営を楽しむ参加者が多い。小さな「やってみよう」という積み重ねが地域に派生したり、新たなライフスタイルを生み出し、かつDAOの運営を持続化させている。

(2) リワードトークンの細やかな設計

DAOメンバーの現場での実感をもとに設計されたリワードトークンの仕組みが素晴らしい。貢献したメンバーに対するリワードトークン(NFTでの報酬)による小さな評価が、個人のモチベーションにつながり、運営が持続化している。DAOとして、個人にリワードトークンを贈るだけでなく、メンバーの個人間で「ありがとう」という気持ちの代わりにリワードトークンを送り合っている様子も見られる。例えば、A氏が洗濯物を取り込んでくれたB氏に感謝を込めてリワードトークンを贈るといった形である。リワードトークンを送り合った先に、返ってくるのはあくまでシェアハウスの居住権にとどまり、それほど大きな価値ではないのかもしれないが、こうした感謝の気持ちがリワードトークンによりビジブルになることで、運営や良好なコミュニティの持続化につながっている。

(3) 不動産サービスそのものの設計

当初より、Roopt DAOは学生起業家向けのシェアハウスコミュニティと想定していたが、若い起業家にとって、「家賃を抑えて住みたい」というニーズが大きかった。このため、実際に、若い起業家が集まった。昨今では、豪華で快適な住宅に住んで名誉を得たいという起業家よりも、生活コストを一円でも抑えて夢の実現につなげたいという起業家のほうが多い。こうしたミニマリスト的な起業家のニーズにかなった形

になったし、空き家を活用した不動産活動に向けては今後、こうしたサービス設計が重要になってくると思われる。

7. 今後の展望

Roopt DAOは現在は、まだ神楽坂拠点の運営にとどまっているが、メンバーの中には地方部のシェアハウスの立ち上げに参画する人も現れた。地方の空き家活用に向けた関係人口促進につながっている。当社は、人口減少が進む地方部の空き家問題の解決に大きな課題を感じている。管理に困って処分したいと考える不動産所有者からは年間100件程度の問い合わせがある。Roopt DAOをこれらの課題解決につなげられないかと考えているのである。

前述のように、管理に当たる庭木の剪定やDIY作業などは、ある人にとっては「やってみたい」作業としてコンテンツ化できることもある。また、今の日本のレトロな古民家としての“AKIYA”が外国人から注目されるコンテンツとなった。これらを掛け合わせて、不動産運用のタスクを新しい滞在コンテンツとして、地方の空き家を多様なライフスタイルを営む個人の自己実現の拠点にしていく。

DAO型シェアハウスの展開を通して、所有者の重荷でしかなかった山間部の空き家がクリエイティブな人々が集まる舞台になる。限界集落が、国際的でクリエイティブなコミュニティに変わっていくのである。そんな未来がもうすぐそこまで来ていると、確信している。



Kyoko Watanabe

渡邊 享子

株式会社巻組 代表取締役

2011年、大学院在学中に東日本大震災が発生、研究室の仲間と共に石巻へ支援に入る。それをきっかけに石巻へ移住。2015年に巻組を設立。資産価値の低い空き家を買上げ、クリエイターをターゲットとした大家業をスタート。シェアやリユースを切り口に地方の不動産が流動化する仕組みづくりを模索中。

2016年、COMICHI石巻の事業コーディネートを通して、日本都市計画学会計画設計賞受賞。2019年、日本政策投資銀行主催の「第7回DBJ女性新ビジネスプランコンペティション」で「女性起業大賞」、2021年「グッドデザイン賞」など受賞多数。

注

- 1) Roopt DAO https://roopt.jp/sharehouse/about_kagurazaka/
- 2) 石巻市「空き家等対策計画」(令和3年3月)
https://www.city.ishinomaki.lg.jp/cont/10503600/10503500/001/02_akiya-plan_all.pdf
- 3) 国土交通省「令和元年空き家所有者実態調査」
<https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001377049.pdf>
- 4) Discordは、アメリカ発のチャットサービス。音声通話機能もあるため「ボイスチャットサービス」と紹介されることも多いが、文字でのチャットもちろん可能。1対1でのやり取りのみならず、大人数のコミュニティ運営にも適した「コミュニケーションツール」。

Web3時代の コミュニティ

3

—分散型自律組織—

DAOに関する法的論点

■ 森・濱田松本法律事務所 弁護士

増田 雅史
Masafumi Masuda

■ 森・濱田松本法律事務所 弁護士

岡野 智
Satoshi Okano

DAOは、従来の中央集権的な管理が行われる組織形態とは異なる新たな組織類型として、参加者による自律的な運営が行われることを特徴とする分散型の自立組織である。

Web3時代における新たな組織形態として注目されている。

もっとも、日本においては、DAOを規律する法律は存在せず、

その法的な位置付けは不明確な状況にあり、立法による解決が必要と考えられる課題もある。

本稿では、日本の現行法に基づくDAOに関する法的論点を概説するとともに、

立法の方向性を含む政策動向を紹介する。

キーワード

DAO (分散型自立組織) スマートコントラクト トークン(ガバナンストークン) Web3 (Web3.0)
法人格 電子記録移転権利 暗号資産

1. はじめに

近年、ブロックチェーン技術の発展や分散型ビジネスが、いわゆる「Web3」分野として注目を集めている。このWeb3領域でさまざまな試みが行われているものの一つがDAOであり、従前の組織形態とは異なる、新たな組織形態・プロジェクトの管理方法として、関心が高まっている。

DAOとは、Decentralized Autonomous Organization

の略称であり、「分散型自立組織」または「自律分散型組織」と訳されることが多い。「分散型」との名称の通り、中央集権的な管理機構を持たず、参加者による自律的な運営が行われることを特徴とする組織とされており、近時は、地方創生、社会課題の解決、コミュニティ運営などにおいてDAOが活用される事例が増えてきている。

もっとも、日本にはDAOの設立・運営に関して定めた法令はなく、日本法におけるDAOの法的位置付けは不明確な点が多いのが現状である。そこで、この

論稿では、新たな組織形態であるDAOの特徴を踏まえ、日本においてDAOを組成する場合の法人格等に関する法的構成や、DAOの運営にとって重要な要素であるガバナンストークンの発行・流通に適用される金融規制等について、簡単に整理する。

2. DAOの概要

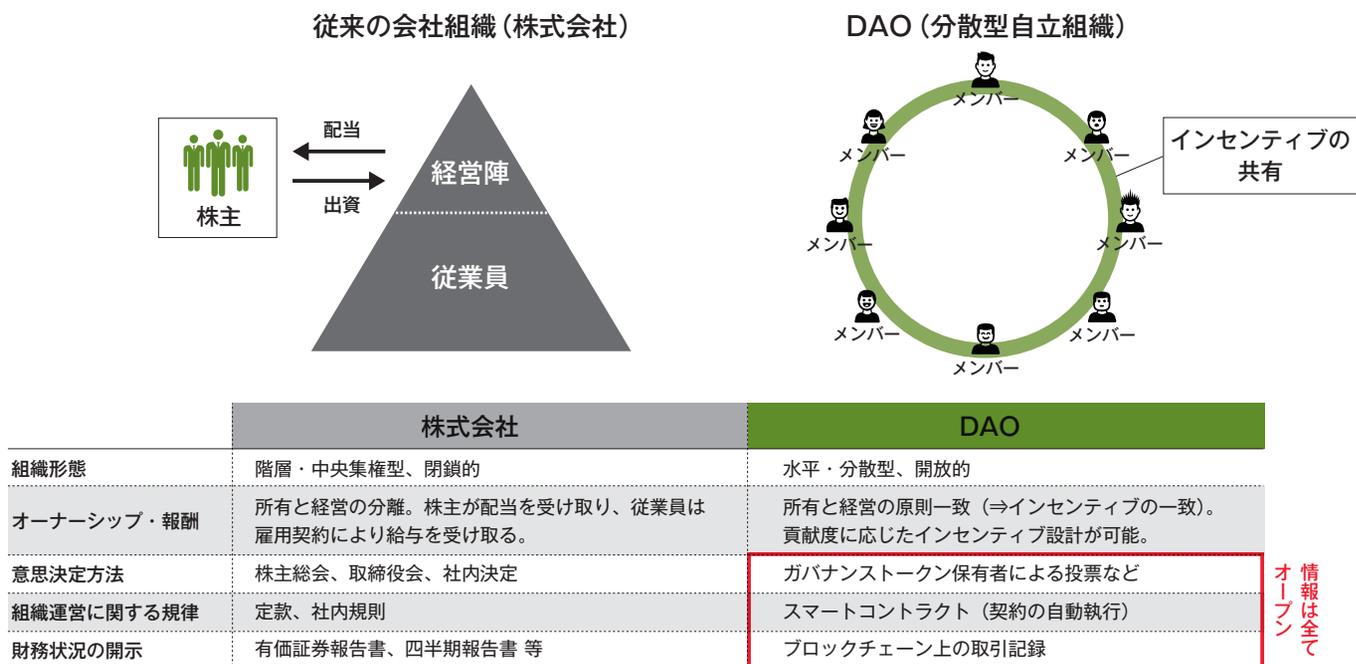
(1) DAOスキームの概要

DAOの一般的な定義は存在しないが、例えば「中央集権的な管理機構を持たず、参加者による自律的な運営が行われることを特徴とする組織とされており、一般的にブロックチェーン技術、スマートコントラクト、その他のソフトウェアベースのシステムを活用したものが想定されている」¹⁾などと説明される。

DAOの類型にもよるが、一般に、DAOが組成されると、プロトコルの開発者やコミュニティ・ネットワークの成長に貢献するさまざまなステークホルダー（マーケティング担当者、法律・税務・会計の専門家、事業提携パートナーなど。参加者もこれに含まれる。）に対して、その貢献への対価としてトークンが付与される。

DAOの運営に関しては、前記トークンの保有者によるコミュニティ投票（スマートコントラクトによる投票機能が付されているのが一般的である。）によって、その運営方針に関する意思決定が行われるものであり、これにより、DAOの参加者等による自律的な運営を行うことを可能としている。意思決定に参加できることから、このようなトークンは「ガバナンストークン」と呼ばれる。

図表 DAOと株式会社の比較



出所：経済産業省「Web3.0 事業環境整備の考え方」p70より作成
 (https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/shin_kijiku/pdf/010_03_01.pdf)

(2) スマートコントラクト

スマートコントラクトとは、一般に、プログラムとして記述され、分散台帳上で自動的に実行処理されるルール(契約)を指すもの²⁾である。ある条件で作動するプログラムをブロックチェーンに登録し、条件が満たされた際に自動的に作動させ、その結果をブロックチェーンに自動的に記録する仕組みであり、この技術により、特定の仲介者や管理主体を必要としない形で³⁾、サービス等を自律的に提供し、また、組織を自律的に運営することができる。

典型的なDAOの組成・運営には、従来の定款や組合契約等に替えてスマートコントラクトを利用した自律的なガバナンス方式を採用することが想定されている。DAOの運営等に関するルールは、あらかじめプログラム(コード)としてブロックチェーン上に書き込まれ、プログラムに書き込まれた一定の条件を満たすことによって、人の手を介することなく、自動的に実行されていくことになる。

(3) DAOの種類

DAOは、いわゆるWeb3サービスに限らず、さまざまな場面で活用することが想定されている⁴⁾。

最初にDAOが注目されたのは、「The DAO」の事例だろう。「The DAO」とは、分散型投資ファンドの設立を目指し、2016年に発足されたプロジェクトであり、いわゆるInvestment DAOの一例である。The DAOにおいては、ガバナンストークン「DAO」が発行され、そのトークンのICO(Initial Coin Offerings。トークンの販売を通じた資金調達手法)により約150億円の資金調達を行ったが、調達した資金の3分の1以上がハッキングにより流失したことで社会的な注目を集めた。

日本においては、新潟県長岡市山古志地域(旧・山古志村)の地域活性化を目的とした山古志DAO⁵⁾など、地方創生を目的としたDAOプロジェクトが複数存在している。また、Roopt 神楽坂DAO⁶⁾やANGO

DAO⁷⁾など、不動産の管理・運営を共同で行う目的でDAOの仕組みが利用されているケースもある。海外では、アメリカ合衆国憲法の原本を落札するためにDAO(Constitutional DAO)が設立された事例や、アメリカンフットボールリーグ(NFL)のチームであるデンバー・ブロンコスを経営権を獲得するためにDAOが用いられた事例もある⁸⁾。

このように、DAOにはさまざまな類型が存在しており、今後、その活用場面はさらに拡大していくことが見込まれる。もっとも、DAOを活用するに際しては、DAO自身が契約を締結することができるのか、DAOの構成員が取引に対してどのような責任を負うことになるのか、といった点が実務上問題になりやすい。このようなDAOの法的人格の有無に関連する論点については、下記「4. 日本の現行法に基づくDAOの組成」において考察する。

また、The DAOのようなInvestment DAOにおいては、ガバナンストークンの保有者に対する利益配当が予定されるが、利益配当が予定されないDAOであっても、ガバナンストークンが暗号資産やNFTとして位置付けられ、取引されることは当然にあり得ることである。こうしたガバナンストークンは、例えば株式等の有価証券に類似する性質・機能を有している場合には金融商品取引法の適用が問題になるなど、その性質に応じて、金融規制の適用の有無・内容が異なり得る。この点については、下記「5. ガバナンストークンの発行・流通に対する金融規制」において検討を行いたい。

3. 米国の状況

日本におけるDAOの組成やガバナンストークンに対する規制に関する法的論点を検討する前に、日本よりも先行してDAOの活用が進められた米国の状況に触れておく。

米国では、バーモント州⁹⁾、ワイオミング州(2021

年7月制定、2022年3月改正)、テネシー州(2022年4月制定)の3州において、DAO形態の法人の設立が認められており、LLC (Limited Liability Company) として登録することができる¹⁰⁾。

例えば、米国において初めて明示的にDAOの法人化を明文化したワイオミング州のDAO法¹¹⁾においては、DAOをLLCとして設立することを認めている。2021年7月には、「American CryptoFed DAO」が同法に基づきLLCとして設立された。

DAO法に基づいて、DAOをLLCとして設立する場合には、①定款においてDAOである旨を規定すること (§ 17-31-104 (a))、②定款又は運営契約書において、DAOが通常のLLCとは異なり、構成員の信託義務 (fiduciary duty) の制限に加え、構成員の保有する権利の譲渡、DAOからの脱退、出資の償還、DAOの解散について一定の制限が課され得る旨の定型文言¹²⁾を目立つように規定すること (§ 17-31-104 (c))、③法人の名称に「DAO」、「LAO」又は「DAO LLC」のいずれかを入れること (§ 17-31-104 (d))、④どの程度アルゴリズムによって運営されるのかという点を含め、DAOが構成員によってどのように運営されるのかを定款に規定すること (§ 17-31-104 (e))、⑤定款において、DAOの管理、促進、運営に直接使用されるスマートコントラクトの公開可能な識別子を規定すること (§ 17-31-106 (b)) などが必要とされている。

DAOの構成員は、定款又は運営契約書において別段の定めが設けられない限り、DAO又は他の構成員に対して信託義務を負わないが、他方で、信義誠実義務 (good faith and fair dealing) を負うものとされている (§ 17-31-110)。

DAOからの脱退については、定款、スマートコントラクト又は運営契約書において定められることになるが (§ 17-31-113 (a))、特段の規定が設けられない場合には、構成員が自身の持分権、議決権、経済的権利の元となる財産を全て譲渡したときに脱退することとされている (§ 17-31-113 (d) (ii))。

DAOの解散については、①DAOの存続期間が満了した場合、②構成員の過半数による投票がなされた場合、③スマートコントラクト、定款又は運営契約書において規定された事由が生じた場合、④DAOが一年の間にいかなる提案も承認せず、又は何らの行動も行わない場合、⑤DAOが合法的な事業目的を有さなくなった場合又は自然人の構成員がいなくなった場合、⑥DAOの構成員全員が脱退した場合には、当然に解散するものとされている (§ 17-31-114 (a))。

もっとも、米国証券取引委員会 (SEC) は、DAOが発行するトークンは連邦証券法上の「証券」に該当する可能性があり、この場合には通常の証券規制、すなわちトークンの登録や開示義務の履行などの規制が適用されるとの立場を採っている。この点、連邦証券法の規制要件には、中央集権的な組織があることを前提としたものも含まれており、DAOの構造にそぐわないとの指摘がある¹³⁾。

4. 日本の現行法に基づくDAOの組成

上記の通り、DAOの運営に当たっては、DAOが法人として契約主体になることができるかがポイントの一つになるところ、米国には上記の通り法人化を認める動きがある一方、日本には現在のところ、DAOの組成・運営に関して定めた法令自体が存在しない。以下では、現在の日本の法律に基づいてDAOを組成する場合に、どのような組織類型が考えられるか、その類型ごとにどのようなメリット・デメリットがあるのかを検討する。

(1) DAOの組織上の特徴

典型的なDAOは、その業務執行の決定を取締役等の代表者や取締役会に委ねるのではなく、そのDAOのガバナンストークンを保有する者の多数決によって決定していく仕組みを採用している。また、DAOを構成するメンバー、すなわちガバナンストークン保有

者は、当該トークンを譲渡することによって随時変化する。このように、DAOの構成員たる地位を自由に譲渡することができる点も重要な要素になる。

DAOに関する権利義務や財産をDAO自体に帰属させ、DAOの構成員の責任については有限責任とすることへのニーズも高い。この点については、DAOが法人格を持つことによって実現可能であるため、法人格を持ちつつ、前記の他の要素を併せて実現できる仕組みが模索されている。もっとも日本法上、法人は、民法その他の法律の規定によらなければ成立しない(民法33条。いわゆる法人法定主義)。よって、法人格を有する組織形態を採用する場合には、会社法や一般社団法人及び一般財団法人に関する法律(一般法人法)などに定められている組織形態を選択する必要があるものと考えられる。

(2)法人格を有する組織形態

(i)株式会社

会社法上の株式会社においては、株主ではなく、取締役又は取締役会が株式会社の業務を執行するものとされ(会社法348条1項、同法362条2項1号)、中央集権的な管理機関の下、いわゆる所有と経営の分離が図られている。

典型的なDAOは、ガバナンストークン保有者の多数決によって運営方針を定める方式を採用し、所有と経営が一体となる組織を志向するため、株式会社という組織形態はなじまないものと考えられる。

(ii)一般社団法人

一般社団法人においても、株式会社と同様に、理事又は理事会が業務執行を行うものとされていることから(一般法人法76条1項、同法90条2項1号)、上記と同様に評価される。

また、一般社団法人の場合、社員(DAOにおけるガバナンストークン保有者)に対し、剰余金又は残余財産の分配を受ける権利を与えることができない(同法

11条2項)。ガバナンストークン保有者に対する配当を予定している場合には、かかる観点からも、一般社団法人は不適となる。

(iii)合同会社

合同会社は、会社法上の持分会社の一形態であり、その業務については、社員の過半数をもって決定するものとされている(会社法590条2項)。このように、所有と経営が一致していることから、ガバナンストークン保有者による意思決定を行うDAOの特性とは親和性があると考えられる。また、持分会社のうち合同会社については、全ての社員について有限責任とされている点でも、DAOのニーズに沿うものと思われる。

もっとも、合同会社については、その定款の絶対的記載事項として、社員の氏名及び住所を記載し、社員の変更の都度、定款変更が必要とされている(同法576条1項4号)。この点、定款自体に直接こうした情報を記載せず、定款の記載要件を充足する方法も実務上開発されている点で、ある程度機動的な運営を行う余地はあるが、いずれにせよ社員の氏名及び住所を把握する必要がある点でDAOの運営には必ずしもなじまない面がある。

(3)法人格を有しない組織形態

(i)民法上の組合

民法上の組合は、各当事者が出資をして共同の事業を営むことを約することによって組成され(民法667条1項)、その業務執行は、組合員の過半数で決するものとされている(同法670条1項)ことから、所有と経営の一致という観点からは、DAOの特性に沿うものと考えられる。

他方で、組合員全員が無限責任を負う点、やむを得ない事由がある場合を除き組合に不利な時期に脱退することができない点(同法678条1項)については、構成員の有限責任、構成員の自由な変更・地位の譲渡を志向するDAOの特性に沿わないものと考えられる。

(ii)有限責任事業組合

有限責任事業組合契約に関する法律に基づく有限責任事業組合については、民法上の組合の特例として創設された組織形態であり、それぞれの出資の価額を責任の限度として共同で営利を目的とする事業を営むことを約するものであり(同法3条1項)、業務執行に関する権限や損益の配分など組合の運営ルールを柔軟に設計できる(同法12条1項但書)という特徴を有する点では、構成員の有限責任や運営形態の柔軟性というDAOの特性に親和性があると考えられる。

他方、組合員の氏名及び住所を登記しなければならず(同法57条1号)、また、やむを得ない場合を除いて組合を脱退することができない(同法25条)点は、構成員の自由な変更・地位の譲渡を志向するDAOの特性に沿わないものと考えられる。

(iii)権利能力なき社団

権利能力なき社団とは、①団体としての組織を備えていること、②意思決定に多数決の原則が行われていること、③構成員が変更しても団体が存続すること、④代表の方法、総会の運営、財産の管理、その他団体として主要な点が確定していること、という四つの要件を満たしている団体をいう(最判昭和39年10月15日民集18巻8号1671頁)。

業務執行等の意思決定に関して、構成員による多数決で行うことができ、構成員の変更についても比較的自由に行うことができる点では、これまでの類型の中で、最もDAOと親和性があるように思われる。もっとも、権利能力なき社団はその名の通り、独立した権利能力を有しない団体=法人格のない団体であり、また、法定されている組織ではない点で位置付けが不安定になるリスクがある点には留意が必要になるだろう。

(4)小括

以上をまとめると、DAOの組織形態としては、法人格を重視する場合には、所有と経営が一致してお

り、構成員の有限責任が確保される合同会社が選択肢となるが、構成員の流動性確保に課題がある。

また、法人格を重視しない場合であっても、組合又は有限責任事業組合では構成員の流動性が確保されず、権利能力なき社団には法的安定性が低いという課題がある。

このように、日本における現行法に基づいてDAOを組成しようとする、典型的なDAOが志向する特徴を全て満たす組織を組成することには困難があるから、どのような点を重視するか、慎重な比較が必要となる¹⁴⁾。

5. ガバナンストークンの発行・流通に対する金融規制

DAOの運営に当たっては、ガバナンストークンの発行が不可欠であるが、およそトークンの発行・流通に当たっては、金融規制を考慮する必要がある。例えば、株式会社における株式、合同会社における社員権、組合持分等をトークン化する場合には、金融商品取引法上の規制(有価証券規制)が問題となる。また、配当を予定していないなど金融商品取引法上の規制を受けないガバナンストークンであっても、資金決済法上の規制(暗号資産規制)を検討する必要がある。

(1)株式に係るガバナンストークン

株式会社の株式は、金融商品取引法(金商法)2条1項の有価証券である。株式に係る権利をブロックチェーン上で発行・管理されるデジタルトークンに表示した場合、当該デジタルトークンは、従前通り、開示規制等の金融商品取引法の規制に服することになり¹⁵⁾、当該デジタルトークンの売買の媒介、取次又は代理等を行う場合には、第一種金融商品取引業者としての登録を受ける必要がある。さらに、トークン形式をとる同法上の有価証券は、電子記録移転有価証券表示権利等に該当し(金融商品取引業等に関する内閣府令2条4

項17号)、各種規制が強化されている。

(2) 合同会社の社員権に係るガバナンストークン

合同会社の社員権は、金商法2条2項のみなし有価証券に該当する。当該社員権に係るガバナンストークンは、通常、電子記録移転権利に該当する(同法2条3項)。

電子記録移転権利とは、①同法2条2項各号に掲げる権利であって、②電子情報処理組織を用いて移転することができる財産的価値に表示され、③電子機器その他の物に電子的方法により記録されるものという。流通性その他の事情を勘案して内閣府令で定める場合は、電子記録移転権利に該当しないものとされているが、この例外に当たることは通常ない。

電子記録移転権利についても金融商品取引法上の開示規制が適用されるため(同法3条3号ロ)、電子記録移転権利を募集又は売出しを行う場合、原則として、その発行者に届出義務が発生する(同法4条1項)。また、電子記録移転権利を業として取り扱う場合には、原則として第一種金融商品取引業者としての登録を受ける必要がある。加えて、電子記録移転権利も前記の電子記録移転有価証券表示権利等に含まれ、規制が強化されている。

(3) 集団投資スキーム持分等に係るガバナンストークン

集団投資スキーム持分等は、組合契約(民法667条1項)、匿名組合契約(商法535条)、社団法人の社員権その他の権利のうち、出資者が出資又は拠出した金銭(暗号資産を含む。)を充てて行う事業から生ずる収益の配当が存在し、又は当該出資対象事業に係る財産の配当を受けることができる権利をいい(金商法2条2項5号)、金商法2条2項のみなし有価証券に該当する。ただし、出資者の全員が出資対象事業に関与する場合などの例外事由に該当する場合には、この限りでない。

DAOにおいても、構成員からの出資金を用いて

DAOの運営を行い、生じた収益の配当等を行う場合には、設計次第であるが、集団投資スキーム持分等に該当する可能性が高い。

集団投資スキーム持分等をトークン化した場合には、合同会社の社員権と同様に、電子記録移転権利(かつ電子記録移転有価証券表示権利等)に該当することになり、通常よりも強化された規制に服することとなる。

(4) ガバナンストークンが暗号資産・NFTに該当する場合

わが国の証券規制においては、配当等の収益分配を予定する場合はともかく、取引の結果キャピタルゲインが発生する可能性があるだけでは、金商法上の有価証券としての規制を受けないのが通常である。そしてDAOにおいても、収益分配を受けるためのトークンではなく、プロジェクト内で利用することができるトークンや暗号資産として取引所で取引されるトークン、会員証類似のそれぞれ固有のデータ等が記録されるトークンなど、多様なトークンが発行されることが見込まれる。

資金決済法上の暗号資産とは、以下の(i)~(iii)の要件を全て満たすもの(「1号暗号資産」)、又は、不特定の者との間で、1号暗号資産と相互に交換できるものであって、(ii)及び(iii)の要件を満たすもの(「2号暗号資産」)をいう(同法2条14項)。

- (i) 物品・役務提供の対価の弁済として不特定の者に対して使用でき、かつ、不特定の者との間で購入・売却をすることができること
- (ii) 電子的に記録された財産的価値であって、電子情報処理組織を用いて移転することができること
- (iii) 本邦通貨、外国通貨、通貨建資産及び電子決済手段に該当しないこと

暗号資産の売買等やその代理・媒介、他人のために

暗号資産の管理などを行うためには、暗号資産交換業の登録が必要になる(同法2条15項、同63条の2)。

他方、いわゆる NFT (Non-Fungible Token) については、(a)発行者等において不特定の者に対して物品等の代価の弁済のために使用されない意図であることを明確にしていること、及び(b)当該財産的価値の価格や数量、技術的特性・仕様等を総合考慮し、不特定の者に対して物品等の代価の弁済に使用し得る要素が限定的であることを満たす場合など、社会通念上、法定通貨や暗号資産を用いて購入又は売却を行うことができる物品等にとどまると考えられるものについては、「代価の弁済のために不特定の者に対して使用することができる」ものという上記要件(i)を満たさず、暗号資産には該当しないとされている。このような NFT は、金商法・資金決済法の規制をいずれも受けないものと考えられる¹⁶⁾。

(5)小括

このように、DAOのガバナンストークンは、そのトークンの性質によっては、金商法上の有価証券規制や資金決済法上の暗号資産規制を受ける可能性がある。もっとも、実際には、トークンに記録されている権利の内容が明確ではない場合も多いように思われる。実務上は、こうした規制を回避するためにガバナンストークンの設計を作りこむことも多いが、疑義を避けるためにも、専門家を交えた慎重な検討が必要だろう。

6. DAOに関する新たな法制に向けた議論の動向

上記の通り、日本においては、DAOの組織形態に適した制度が必ずしも存在しないことから、DAOを利用しやすくし、Web3 ビジネスの発展に寄与すべく、DAOに関する立法を含む議論が進められている。

例えば、自由民主党デジタル社会推進本部の web3

プロジェクトチーム(web3PT)が2023年4月に公表した「web3 ホワイトペーパー～誰もがデジタル資産を利活用する時代へ～」¹⁷⁾においては、LLC型のDAOに関する特別法の制定が直ちに対処すべき事項の一つとして指摘されている。具体的には、所有と経営の一致を前提とし、かつ、定款自治が比較的広く認められている合同会社がDAOの実態と比較的親和性が高い点を踏まえ、まずは、LLC型のDAOに関する特別法を制定し、会社法上の合同会社の規律及び金融商品取引法上の社員権トークンに関する規律を一部変更して適用することが有力な選択肢と考えられると提言されている。

また、投資DAOに係る法制度の整備についても、Web3のさらなる発展を見据え議論を開始・深化すべき論点と位置付けられており、投資DAO内におけるガバナンストークン保有者によるコミュニケーションや投票行動について、過度な萎縮効果を招かぬよう、投資DAOの形態や運営実態に応じて、当該コミュニケーションや投票行動が法規制又は業規制に抵触することなく許容される範囲を、ガイドライン等を通じて明確すべきであるとの提案がなされている。

デジタル庁が2022年12月に公表した「Web3.0 研究会報告書～Web3.0の健全な発展に向けて～」¹⁸⁾においても、日本における組織形態のうち、法人格を有し、有限責任で直接民主的な意思決定が可能で、定款自治が広く認められている合同会社形態は、DAOの基盤となる可能性があるとの評価が示された。また同報告書は、一案として、合同会社形態をベースとして、社員の氏名・住所に代えて当該社員の本人確認済ウォレットアドレスを定款の記載事項とすることで、社員となる構成員のプライバシー・秘匿性を守るとともに、オンチェーンデータを基に財務報告・監査を効率化するという案を披露した。

法人格のあるDAOを組成する場合、前記4の通り、現行法上は、会社法上の合同会社がDAOの特性に最も親和性のある類型である。デジタル庁や自民党にお

いて議論されている通り、合同会社に関する既存の規律を生かしつつ、構成員の流動性の点について改正を行うことがDAOの法制化の近道になると思われる。その際には、自民党のペーパーでも言及されているように、金商法に関する手当も同時に行うことが望ましいだろう。自民党 web3PTは、2023年11月から12月にかけて全4回の「DAOルールメイクハッカソン」を実施し、DAOの制度設計に向けたアイデアを民間・地方公共団体から募るなどしており、今後の政策動向を占う動きとして注目される¹⁹⁾。

なお、法制度面の検討のみならず、現行法を前提とした民間レベルの検討も進められている。例えば、一般社団法人日本暗号資産ビジネス協会(JCBA)は2023年12月、「地方創生DAOの構築に係るガイドライン」を公表した²⁰⁾。現行法を前提としたDAOの組成に際して、実務上の参考となるドキュメントといえるだろう。

7. おわりに

以上の通り、現在の日本法においては、DAOの特性を全て実現する組織形態は存在しないことから、弁護士等の専門家と連携しながら、各プロジェクトにおけるDAOの役割・内容等に応じて、既存の組織類型の中から最もふさわしいものを選択する必要がある、また、トークンに関する金融規制への配慮も重要なポイントとなるだろう。近い将来、DAO関連の法整備によって、DAOやガバナンストークンの法的な位置付けがより明確になっていくことが見込まれる。これにより、DAOの活用場面が拡大していくことを期待したい。



Masafumi Masuda

増田 雅史

弁護士・ニューヨーク州弁護士
(森・濱田松本法律事務所)、一橋大学特任教授。

スタンフォード大学ロースクール卒。理系学生から転じて弁護士となり、IT・デジタル分野を一貫して手掛ける。自民党web3PTの有識者メンバーとして、Web3の政策立案に関与。総務省「安心・安全なメタバースの実現に関する研究会」など多くの政府会議体で構成員を務める。本稿に関連する著書に『NFTの教科書』、『いまさら聞けないWeb3、NFT、メタバースについて増田雅史先生に聞いてみた』、『マンガでわかる！ NFTビジネス』、『暗号資産の法律 第2版』がある他、著作講演多数。



Satoshi Okano

岡野 智

弁護士・ニューヨーク州弁護士
(森・濱田松本法律事務所)。

カリフォルニア大学ロサンゼルス校(UCLA)ロースクール卒。資金決済法、銀行法、割賦販売法、貸金業法、犯罪収益移転防止法、その他金融関連法制を専門としており、各種許認可の取得支援を含めたFinTech分野の実務を広く手掛けており、また、トークンビジネスやブロックチェーンゲームその他Web3関連ビジネス分野の実務も取り扱う。主な著書に、『暗号資産の法律 第2版』、『金融機関の法務対策6000講 第III巻 付随業務・周辺業務・Fintech編』、『FinTechの法律』などがある。

注

- 1) デジタル庁『Web3.0研究会報告書』22頁。
- 2) 金融庁「デジタル・分散型金融への対応のあり方等に関する研究会」『中間論点整理』2頁。
- 3) 日銀レビュー『暗号資産における分散型金融—自律的な金融サービスの登場とガバナンスの模索—』1頁。
- 4) 本文で紹介した以外にも、NFTの収集を目的としたDAO (Collector DAO)、アーティストやエンジニアなどの専門集団による他のDAOへのサービス／成果物の提供のためのDAO (Cooperative DAO)、製品開発や目標に向かってプロジェクトを構築するためのDAO (Product DAOs)、慈善活動のためのDAO (Charitable DAO)、寄付や助成金の使い方を管理するためのDAO (Grants DAOs)、メディアを取り巻くコミュニティに提供するためのDAO (Media DAO) などの種類のDAOが考案されている(増島雅和『Web3とDAO—ロジック—実務と今後の展望—』(金融法務事情2194号14頁)。
- 5) <https://note.com/yamakoshi1023/n/n6560e0bf425f>
- 6) https://roopt.jp/sharehouse/about_kagurazaka/
- 7) <https://ango.jp/>
- 8) Gail Weinstein, Steven Lofchie, and Jason Schwartz “A Primer on DAOs” Harvard Law School Forum on Corporate Governance (<https://corpgov.law.harvard.edu/2022/09/17/a-primer-on-daos/>)
- 9) バーモント州については、DAOについて特に言及していないが、事業活動の主要な部分にブロックチェーン技術を利用する企業であれば、「blockchain-based LLC (BLLC)」として登録することが認められている。
- 10) Gail Weinsteinら：前掲注8)
- 11) Senate Bill 38 (<https://www.wyoleg.gov/Legislation/2021/SF0038>)。なお、ワイオミング州のDAO法は、2022年3月9日に改正されている (Senate Bill 68 (<https://www.wyoleg.gov/Legislation/2022/SF0068>))。
- 12) 定型文言の原文は、以下の通りである。
「The rights of members in a decentralized autonomous organization may differ materially from the rights of members in other limited liability companies. The Wyoming Decentralized Autonomous Organization Supplement, underlying smart contracts, articles of organization and operating agreement, if applicable, of a decentralized autonomous organization may define, reduce or eliminate fiduciary duties and may restrict transfer of ownership interests, withdrawal or resignation from the decentralized autonomous organization, return of capital contributions and dissolution of the decentralized autonomous organization.」
- 13) Gail Weinsteinら：前掲注8)
- 14) 収益分配を想定する場合には、二重課税の回避(パススルーの確保)といった税務面の検討も必要となる点にも留意すべきである。
- 15) 50名未満の者を相手方として取得勧誘を行う場合、または、適格機関投資家私募、特定投資家私募もしくは少数私募のいずれかに該当する場合には、開示規制は及ばない。
- 16) 米国においては、米国証券取引委員会 (SEC) が2023年8月、メディア・エンタメ会社である Impact Theory が NFT 形式で証券を無登録募集したとして、連邦証券法違反で摘発した。同年9月にも、NFT が証券に該当するとしてその販売元が同法違反のため提訴されるなど、NFT に対する摘発が続いている。
- 17) https://storage2.jimin.jp/pdf/news/policy/205802_2.pdf
- 18) https://www.digital.go.jp/assets/contents/node/basic_page/field_ref_resources/a31d04f1-d74a-45cf-8a4d-5f76e0f1b6eb/a53d5e03/20221227_meeting_web3_report_00.pdf
- 19) 脱稿後の2024年1月25日、自民党から「DAOメールメイクに関する考察～我が国における新しい組織のあり方について～」が公表された。
- 20) <https://cryptocurrency-association.org/policy/20231212-001/>

生成AIと意匠法

人間文化研究機構 人間文化研究創発センター 特任准教授／
中央大学 ELSIセンター 客員研究員

鈴木 康平 Kohei Suzuki

本稿では、生成AIと意匠法との関係について、いくつかの論点を検討した。
まず、生成AIが自律的に生成したAI意匠が、意匠法上の「意匠」に該当するか否かについて検討した。
また、生成AIが創作者と認められるか、創作者を自然人であると偽った場合の扱いについて検討した。
加えて、新規性について、AI意匠が物品や建築物の公知意匠として認められるか、
AI意匠に手を加えた出願がなされた場合の類否判断について検討した。
最後に、創作非容易性について、生成AIの利用を考慮した創作非容易性の判断をすべきか、
仮に考慮するとした場合に、実際にどのように判断するのかについて検討した。

キーワード

生成AI 意匠法 創作者 新規性 創作非容易性

1. はじめに

OpenAIの人工知能(AI)チャットボットサービス「ChatGPT」や、Stability AIの画像生成AI「Stable Diffusion」などの、いわゆる「生成AI」(Generative Artificial Intelligence)は、近時大きな話題となっている。生成AIは、その有用性が注目を集める一方で、個人情報保護法や著作権法などの法的な課題も指摘されている。特許法についても、知的財産推進計画2023に

おいて、進歩性と生成AIとの関係が検討課題として挙げられている¹⁾。一方、生成AIと意匠法との関係については、筆者が調査した限り、詳細な検討はほとんどなされていないようである。意匠に対する保護アプローチには、特許法アプローチ、コピーライトアプローチ、デザインアプローチの三つが存在するといわれており²⁾、特許法における課題だけでなく、著作権法における課題も、意匠法において課題となり得る。そうすると、生成AIが意匠法に与える影響は、特許法以上に大きいとも考えられる。そこで、本稿では、生成

AIと意匠法との関係について、特に影響が大きいと考えられる論点をいくつか検討する。

本稿では、生成AIにより自律的に生成された生成物を「AI生成物」という。AI生成物というときは、特に断りのない限り、何ら自然人による創作的寄与がなされていないものを指すこととする。また、AI生成物のうち、特に物品や建築物の形状、模様、色彩やそれらを組み合わせたもの(以下、「形状等」という)、および画像については、本稿では「AI意匠」ということとする。

2. AI意匠の意匠該当性

著作権法では、著作物を「思想又は感情を創作的に表現したもの」(著作権法2条1項1号)と定義しており、「思想又は感情」の要件は自然人を前提としていることから、何ら創作者の手が加わっていないAI生成物は著作物ではないという見解が一般的である³⁾。また、特許法では、発明を「自然法則を利用した技術的思想の創作のうち高度のものをいう」(特許法2条1項)と定義しており、ここでいう「技術的思想」も自然人を前提としたものと解し、AI生成物は特許法上の発明ではないという見解⁴⁾がある。

意匠法では、意匠を、「物品(物品の部分を含む。以下同じ。)の形状、模様若しくは色彩若しくはこれらの結合(以下『形状等』という。)、建築物(建築物の部分を含む。以下同じ。)の形状等又は画像(機器の操作の用に供されるもの又は機器がその機能を発揮した結果として表示されるものに限り、画像の部分を含む。……)であって、視覚を通じて美感を起こさせるものをいう」(意匠法2条1項。以下、意匠法の条文を参照する際は、原則として法律名を省略する)と定義している。著作権法や特許法と異なり、意匠の定義には「思想」や「感情」といった用語は含まれていない。「美感」については、「美に対する感覚」とされており⁵⁾、自然人を前提にした概念と考えられるものの、文言上、意匠への創

作者の美感の発露を求めるものではなく、創作後の意匠が美感を「起こさせる」ものであるかを要求するように読める。そうすると、AI意匠を意匠法上の意匠に該当すると解することは、文言上問題ないと考えられる⁶⁾。

他方、意匠は創作者による創作の結果であることを前提とし、「美感を起こさせる」とは、「美感を起こさせるように処理されていること」を意味しており、意匠が創作の結果であることを表明するものであると解釈するものもある⁷⁾。この説で言う「処理」は「創作」や「表現」といったものと同じく、自然人を前提としていると考えられる。このような立場を採用する場合には、AI意匠は創作者が不在であるため、意匠法上の意匠には該当しないと解されることになる。

以上の通り、AI意匠は、意匠法上の「意匠」に該当するとも、該当しないと解釈することができそうである。しかし、「意匠」にAI意匠を含まないと解する立場を採用した場合、意匠法全体で見ると不都合が生じる。「意匠」は、意匠法において多用される用語であるが、その全てがAI意匠を含まないとすると、本稿でも後に検討する新規性の判断において、AI意匠の存在は考慮されないことになる。すなわち、出願された意匠と公知のAI意匠が類似していたとしても、AI意匠は「意匠」ではないため、新規性要件で拒絶することができないことになる。AI意匠をほとんどそのまま転用したような意匠であれば、創作非容易性の判断で拒絶されるであろうが、そのまま転用したとはいえ、AI意匠に類似するものとなると、創作が容易とまではいえずに登録される場合もあり得る。そうすると、公知のAI意匠に類似した意匠が登録されることになりかねないが、そのような意匠に排他的独占権を与える理由は乏しいだろう。学説上も、自然物そのままの形に特定の用途を与えたものなど、創作性のないものが意匠ではないとすると、新規性の引用例である公知意匠とはなり得ず、新規性で拒絶できないことになることから、「意匠」に創作性要件を求めることは解釈上妥当で

はない旨説くものがある⁸⁾。AI意匠の場合も、同様と考えられる。

以上から、意匠法上の「意匠」には、自然人による創作を介しないAI意匠も含まれると解することが妥当である⁹⁾。

3. 創作者

3.1. 生成AIの創作者該当性

特許法では、仮に発明の定義にAI生成物が含まれるとしても、「発明をした者は、……、その発明について特許を受けることができる」(特許法29条1項柱書)との規定から、「発明をした者」(発明者)は自然人を前提としていると解し、AIは特許法上の発明者にはなり得ず、したがってAI生成物は特許法の保護対象たり得ないという見解¹⁰⁾がある。また、特許庁は、願書の記載要件を定める特許法36条1項1号および2号において、出願人については「氏名又は名称」と規定するのに対して、発明者については「氏名」と規定し、「名称」は規定していないことから、「氏名」は自然人の氏名、「名称」は法人の名称を指すものと解し、従前から発明者は自然人を前提としている旨説明している¹¹⁾。

意匠法においても、「意匠の創作をした者は、……、その意匠について意匠登録を受けることができる」(3条1項柱書)と規定されている。また、願書の記載要件についても、特許法と同じく、出願人については「氏名又は名称」を、創作者については「氏名」の記載を求めている(6条1項1号及び2号)¹²⁾。以上から、意匠法における「創作をした者」(創作者)も、発明者と同様に自然人を前提としていると解される。したがって、AI意匠を生成した生成AIは、創作者とは認められず、意匠登録を受ける権利を有しないことになるから、AI意匠を意匠登録することはできない。

仮に、生成AIで生成したAI意匠であることを隠し、創作者として自然人の氏名を記載して意匠登録を受けた場合には、詐欺の行為の罪(70条)に当たると考

えられる¹³⁾。また、意匠登録出願人が、出願あるいは登録された意匠について意匠登録を受ける権利を有していない場合、拒絶理由および無効理由となる(17条4号、48条1項3号)。生成AIは自然人ではないため、権利能力を有する者とは認められず、意匠登録を受ける権利を出願人に移転することができない。したがって、AI意匠の出願人は、AI意匠についての意匠登録を受ける権利を有していないことになり、AI意匠に係る出願または意匠登録は、拒絶または無効となると考えられる。

また、願書における創作者に関する欄を未記入で出願した場合には、68条2項が準用する特許法17条3項2号に基づき、特許庁長官により手続の補正が命じられる。ただし、ハーグ協定のジュネーブ改正協定(以下、「ハーグ協定」という)に基づく国際出願の場合、創作者が未記入のまま登録される場合があり得ると考えられるため、次節で検討する。

3.2. 国際意匠登録出願の場合の創作者の記載

ハーグ協定に基づく国際出願において意匠の保護を求める指定締約国として日本を指定した場合、創作者に関する欄を含めて方式審査を国際事務局が行い¹⁴⁾、その後に国際登録、国際公表がされることで日本国特許庁に出願された意匠登録出願(国際意匠登録出願)とみなされる(60条の6第1項)。

国際出願の願書(DM/1)の第11欄が創作者の特定について記載するものであり、そこでも創作者の氏名(「Family (last) name, given (first) name」)の記載が求められているため、自然人を前提していると考えられる。ただし、第11欄の備考欄において、日本を意匠の保護を求める国として指定する場合は、創作者の特定は必須ではなく、「強く推奨する」とされている。創作者の特定を必須とするには、宣言により国際事務局の事務局長に通知することが必要であるが、宣言を行うには、①実体審査を行う国であることと、②宣言により通知する要素が法令により出願日が認められるため

の要件となっていることが求められる(ハーグ協定5条(2)(b)(i))。日本の意匠法では、出願日が認められるための要件(15条1項で準用する特許法38条の2)には創作者の特定が含まれていないため¹⁵⁾、ハーグ協定における創作者の特定に関する宣言の要件を満たしておらず、創作者の特定を必須にできないのである。

そのような事情から、創作者が特定されないまま国際出願され、国際公表を経て国際意匠登録出願となり、審査を経て意匠登録される場合があり得る。前述の通り、方式審査は国際事務局が行うことになっており、日本国特許庁は方式審査を行うことができないため、創作者が空欄であっても手続の補正を命じることはできず、実体審査における他の登録要件を満たしていれば、意匠登録されることになるためである。したがって、AI意匠であっても、創作者を偽ることなく、登録され得る。もっとも、前述の通り、AI意匠の出願人は、AI意匠についての意匠登録を受ける権利を有しておらず、拒絶理由および無効理由があるため、AI意匠であることが判明した場合には、拒絶または無効となる。

4. 新規性

4.1. AI意匠と公知意匠

新規性(3条1項各号)の判断では、物品、建築物、画像(以下、まとめて言及する際は「物品等」という)の用途および機能と、形状等のそれぞれが、出願前に公知となった意匠(公知意匠)と同一または類似している必要がある¹⁶⁾。前述の通り、AI意匠が意匠法上の「意匠」に該当するかは解釈が分かれるものの、仮にAI意匠が「意匠」に該当しないとすると、新規性の判断においてAI意匠の存在を考慮することができなくなってしまうため、本稿では「意匠」にはAI意匠も含まれると解して検討を進める。まずは、AI意匠の公知意匠としての扱いについて検討する。

生成AIにより、AI意匠が大量に生成され、インターネット上に掲載されたと仮定する。意匠法における

「意匠」は、物品、建築物、画像のいずれかであり、現在の生成AIで生成されるAI意匠のほとんどは、画像の意匠に当たると考えられる。そうすると、画像の意匠の新規性の有無を検討する場合には、AI意匠も当然に公知意匠として類否判断の比較対象となる。

一方で、物品や建築物の意匠の新規性の有無を検討する場合は、画像の意匠であるAI意匠は、たとえ見かけ上は現実空間の物品や建築物を表す図面や写真のように見えたとしても、物品や建築物の意匠登録図面やそれらを撮影した写真などとは異なることから、物品等が異なるものであり、非類似と判断されると考えられる。3Dモデルを生成する生成AIもサービス展開されており、生成された3Dモデルを3Dプリンタ用データに変換することも難しくないが、そのような3DモデルのAI意匠が物品の意匠や建築物の意匠の設計図に相当する扱いができるとしても、設計図それ自体は、設計図に基づいて創作された物品の意匠や建築物の意匠とみなすことはできず、物品等は非類似と判断せざるを得ないと考えられる。

もっとも、特許公報の図面に掲載された意匠も公知意匠となるが、それらは必ずしも出願の作成時点で既に物品や建築物の意匠として存在しているものとは限らない。しかし、出願時の実在の有無を検討した上で類否判断を行っているであろう事例は、筆者が調査した限り見当たらない¹⁷⁾。意匠審査基準では、3条における「刊行物」には「図面」も含まれるとされ、「刊行物に記載された意匠」とは、「刊行物に記載されている事項及び刊行物に記載されているに等しい事項から把握される意匠をいう」、「刊行物に記載されているに等しい事項」とは、「刊行物に記載されている事項から、本願の出願時のその意匠の属する分野の通常の知識に基づいて当業者が導き出せる事項をいう」とされる¹⁸⁾。特許公報の図面の場合も、明細書等の記載も参酌して図面から物品等の意匠を導き出すことができる場合に、公知意匠として扱われているといえるだろう。同様に3Dモデルについても、当業者が導き出せるものであれば、

物品や建築物の公知意匠として扱う可能性も考えられよう。

本来、AI意匠の公知意匠としての扱いを検討する上では、意匠と物品等が可分か否かという問題¹⁹⁾も含めて検討する必要があるだろうが、紙幅の都合もあり、今後の課題としたい。

4.2. AI意匠に手を加えて出願した意匠の類否判断

次に、出願された意匠にAI意匠が含まれている場合を検討する。AI意匠に対して何らかの手を加えたものが出願された場合、生成AIが生成した部分(AI意匠)も含めて類否判断を行うのか、それとも自然人が手を加えた部分のみで類否判断を行うのか、という問題がある。自然人のみが創作者として意匠登録を受ける権利を最初に取得するのであるから、AI意匠を意匠法上の「意匠」と捉えるとしても、意匠権が生じるのはあくまで自然人が創作した意匠である。AI意匠には意匠権が与えられないため、少なくとも意匠法上、AI意匠は生成された時点からパブリック・ドメインであるといえるだろう。したがって、この問題は、パブリック・ドメインである意匠に何らかの手を加えた意匠が出願された場合に、パブリック・ドメインである部分を類否判断において考慮するか、という問題として考えることができよう。

パブリック・ドメインである部分の類否判断に関連して、裁判例には、「意匠の類似、非類似の判断に際しては、対象となる意匠は各部分各要素を総合した全体的な統一体として評価されるのであり、意匠から周知または公知の部分を除き残った部分のみを評価の対象とするものではない」として、公知である部分も含めて意匠の全体観察を通じて類否判断を行う旨判示するものがある²⁰⁾。意匠審査基準でも、「出願意匠中に用いられた公知の形状等が類否判断に与える影響の大きさは、新規な形状等に比べて一般的に小さくなるが、意匠は全体が有機的な結合によって成立するものであるから、共通点又は差異点における形状等が公知の形

状等であったとしても、その共通点又は差異点を単純除外して、その他の共通点及び差異点のみについて判断することはしない²¹⁾とされている。パブリック・ドメインである部分も単純に除外して類否判断はせず、新たに創作された部分と合わせて類否判断が行われているといえよう。

したがって、AI意匠に手を加えた意匠を出願した場合も、手を加えた部分のみで類否判断が行われるのではなく、AI意匠の部分を含めて類否判断がなされることになるといえる。もっとも、AI意匠は、従来のパブリック・ドメインの意匠と異なり、公知となっていない場合がある。そのような場合に、AI意匠の部分が類否判断にどの程度影響を与えるのかも検討する必要があるが、紙幅の都合もあり、今後の課題としたい。

5. 創作非容易性

創作非容易性(3条2項)では、出願された意匠について、その意匠が属する分野における通常の知識を有する者(当業者)が、公知となった形状等または画像に基づいて容易に創作することができるか否かを判断する。特許法では、出願された発明について、その発明が属する分野における当業者が公知の発明に基づいて容易に発明をすることができるかという要件を進歩性と呼んでいる。知的財産推進計画2023では、短期施策として、「創作過程におけるAIの利活用の拡大を見据え、進歩性等の特許審査実務上の課題やAIによる自律的な発明の取扱いに関する課題について諸外国の状況も踏まえて整理・検討する²²⁾とされ、関係省庁で2023年度中に整理・検討される予定である。意匠法の創作非容易性については言及されていないものの、特許法と同様に検討する必要があるだろう。以下、生成AIが創作非容易性に与える影響について検討する²³⁾。

出願された意匠のどの部分に生成AIを利用したか否かは、外形上は判断が困難である以上、生成AIを利用していないものを含めた全ての出願に対して、生成AI

の利用を考慮した創作非容易性の判断を行うべきかという課題がある²⁴⁾。この点に関して、特許法の進歩性に関する検討であるが、AI利用が一般化した時点においては、AI利用を考慮しないと大量の特許付与がなされ、それが第三者の営業活動を妨げ、社会的費用を増加させる懸念があることから、当業者によるAI利用を考慮して進歩性を判断すべきであり、その結果として進歩性の水準は引き上げられるであろうと検討されている²⁵⁾。意匠の場合も同様と考えられることから、生成AIが一般化しつつある現在においては、出願人が生成AIを利用したか否かにかかわらず、生成AIの利用を考慮して創作非容易性の判断を行うべきであるといえよう。

それでは、生成AIの利用を考慮して創作非容易性の判断を行う場合に、その判断には具体的にどのような影響が生じ得るのか。意匠審査基準では、創作非容易性の判断に係る基本的な考え方として、「当該分野におけるありふれた手法などにより創作されたにすぎないものである場合は、創作容易な意匠であると判断する」²⁶⁾とされ、ありふれた手法の例として、公知意匠の単なる寄せ集めや置き換え、一部の構成の単なる削除、配置の変更、構成比率の変更などが挙げられている²⁷⁾。意匠審査基準で挙げられている事例は2以上の公知意匠をほとんどそのまま寄せ集めたり置き換えたりしたものであるが、生成AIの利用を考慮する場合には、2以上の公知意匠をデータとして入力し、ごく単純な命令で出力した際に表れるような意匠については、創作容易な意匠であると判断する、ということがあり得るだろう。もっとも、そのような判断を行うには、生成AIによる再現性があることに加えて、生成AIは学習をすることで変化していくことから、出願時点での生成AIが当該意匠を生成可能であることを示す必要があるかもしれない。また、そのようなことが技術的に可能であるのか、可能であるとしても運用に要するコストは許容できる範囲なのか、といったことも検討が必要になるかもしれない。これらの検討課題は、進歩性との

関係においても指摘されているが、進歩性判断において実際に実験するわけではないにもかかわらず、AIについてのみ検証作業を求めること等に疑問があるとし、そもそも当業者は観念的な存在であるから、AIによる再現可能性の検証は基本的には不要とすべきであり、実際の判断は専門家による意見によるのが現実的な選択肢ではないかとする見解がある²⁸⁾。意匠の場合も、創作非容易性の判断において実際に審査官等が検証するわけではないが、審査時点では生成AIを利用したかは判断できないため、全ての出願について生成AIを利用したと仮定せざるを得ない。しかし、全ての出願に対して生成AIの専門家に意見を求めることは現実的ではないため、実際には、生成AIの利用が一般的になっても、審査時点における創作非容易性の判断が従来と大きく変化することはないと考えられる²⁹⁾。もっとも、出願時点での生成AIによる再現性を検証することができるAIが今後現れる可能性がないとはいえず、そのようなAIが出現すれば、創作非容易性の判断基準は従来よりも高くなるであろう。

6. おわりに

デザインの領域でも、既にさまざまな場面で生成AIが活用されている。今後もより活用されていくようになり、生成AIを使うことが一般的になるかもしれない(あるいは、既にそうなっているのかもしれない)。技術の発展との関係が深い知的財産法は、いち早くそのような状況への対応を検討する必要があり、生成AIと著作権法・特許法との関係について急速に検討が進められている。一方、意匠法については、まだ詳細な議論が見られないが、本稿が今後の議論の一助となれば幸いである。



Kohei Suzuki

鈴木 康平

人間文化研究機構 人間文化研究創
発センター 特任准教授／中央大学
ELSIセンター 客員研究員
筑波大学大学院図書館情報メディア
研究科博士後期課程修了。博士(情
報学)。特許庁意匠審査官(意匠審
査、令和元年意匠法改正等に従事)、
株式会社情報通信総合研究所法制度
研究部主任研究員(情報法関連の調
査研究等に従事)を経て、2023年
9月より人間文化研究機構人間文化
研究創発センター特任准教授(デジ
タル・ヒューマニティーズ(DH)促
進事業に従事)。中央大学ELSIセン
ター客員研究員。関心領域は、知識
共有に関する社会制度。

注

- 1) 知的財産戦略本部「知的財産推進計画2023:多様なプレイヤーが世の中の知的財産の利用価値を最大限に引き出す社会に向けて」34-35頁(2023年6月9日)。
- 2) 麻生典「意匠に対する保護アプローチ:Burstein論文をうけて」デザイン学研究特集号25巻2号100-101頁(2017年)。
- 3) 例えば、知的財産戦略本部検証・評価・企画委員会次世代知財システム検討委員会「次世代知財システム検討委員会報告書:デジタル・ネットワーク化に対応する次世代知財システム構築に向けて」22頁(2016年4月)。
- 4) 例えば、上野達弘「人工知能による“発明”と“創作”:AI生成物に関する知的財産権」Japio year book 20頁(2017年)、奥邨弘司「人工知能成果物と知的財産権」ジュリスト1511号59頁(2017年)。なお、奥邨は、AI生成物に権利を付与することが、特許法や意匠法の目的である産業の発達に資するのであれば、将来的にはその方向性も否定されない旨指摘している。
- 5) 特許庁編『工業所有権法(産業財産権法)逐条解説(第22版)』1252頁(発明推進協会、2022年)。
- 6) 次世代知財システム検討委員会報告書・前掲注3) 22頁脚注33では、同脚注内でAI生成物は著作物には該当しないと説明した直後に、「また、人工知能が自律的に生成した生成物(発明・デザイン等)については、発明の主体が『産業上利用することができる発明をした者(特許法29条)』でいう自然人ではないため、特許等の対象にならないと考えられる」としており、AI生成物の「発明」や「意匠」の該当性については、直接的には否定していないようにも読める。また、加藤恒久『意匠法要説』49頁(ぎょうせい、1981年)は、「法は形式的にも『意匠の創作』なる文言を用いており、もし意匠の成立要素に『創作性』を読むとすると『意匠の創作』という文言においては、『創作』がダブっていることになり文理的にも妥当性を認めることができない」などの理由を挙げ、「『創作性』は意匠の成立要件ではなく、出願された意匠についてのみ要求される登録要件とすべきである」とする。
- 7) 寒河江孝允=峯唯夫=金井重彦編著『意匠法コンメンタール(新版)』65頁〔五味飛鳥〕(勁草書房、2022年)。
- 8) 加藤・前掲注6) 48-49頁。加藤は、具体例として、「貝がら」が「灰皿」として用いられている場合に、創作性を意匠の要素とするならば、それは意匠ではないため、プラスチックで同一形状の灰皿の意匠が出願された場合に新規性は働かないことになると指摘する。

注

- 9) 加藤・前掲注6) 100頁は、「〔意匠法は、〕登録する意匠は創作されたものでなければならないが、意匠それ自体は、創作でないものについても成立するという構成をとったのである」と指摘する。
- 10) 前掲注6) を参照。
- 11) 特許庁「発明者等の表示について」2021年7月30日、2021年10月27日更新 (<https://www.jpo.go.jp/system/process/shutugan/hatsumei.html>, 2023年8月26日最終閲覧)。同記事では、発明者を自然人と解することは、特許法29条1項柱書の「発明をした者」との規定や、特許を受ける権利を有する発明者が、その権利を出願前に移転できると定める規定(特許法33条1項、34条1項)とも整合するとして、「すなわち、発明者は特許を受ける権利を発明の完成と同時に有する主体であり、特許を受ける権利を有する発明者が当該権利を出願前に移転することができるとするこれらの規定は、発明者は、権利能力を有する者であって出願人になり得る者として自然人であることを予定しているものです」と説明している。
- 12) 願書の記載要件に加えて、前掲注11) で取り上げた特許法33条1項および34条1項は、意匠法でも準用されている(15条2項)。
- 13) 特許法197条にも同様の規定がある。一方、著作権法121条は、「著作者でない者の実名又は周知の変名を著作者名として表示した著作物の複製物(……)を頒布した者」に対する罰則を定めているが、「著作物の複製物」に表示することが要件であることから、そもそも著作物ではないAI生成物には適用されず、加えて、「頒布」以外の行為には適用されない(奥邨弘司「人工知能が生み出したコンテンツと著作権」パテント70巻2号15頁(2017年))。
- 14) 条文上も、国際意匠登録出願については、特許法17条3項3号(手数料の未納付)のみが準用されており、同2号(方式の違反)は準用されていない(60条の4)。
- 15) 特許法38条の2第1項2号では、出願人の氏名・名称の記載が出願日認定要件の一つとして挙げられているが、発明者については規定されていない。
- 16) 特許庁「意匠審査基準」第三部第2章第1節2.2.2.1(2023年3月22日一部改訂)。
- 17) なお、意匠公報に掲載された意匠も、当然に公知意匠として新規性の判断において参照されるが、意匠公報の場合は、意匠を表すものとして出願されたものが公開されているため、公報に記載された事項から、物品や建築物の意匠を導き出すことが可能であると説明することができるだろう。
- 18) 意匠審査基準・前掲注16) 第三部第2章第3節2.1。
- 19) この問題の詳細については、寒河江ほか編著・前掲注7)『意匠法コンメンタール(新版)』33-47頁〔五味飛鳥〕(勁草書房、2022年)を参照。
- 20) 東京高判昭和63年7月27日・昭和62年(行ケ)第186号〔建築用装飾板〕。
- 21) 意匠審査基準・前掲注16) 第三部第2章第1節2.2.2.7(3)。
- 22) 知的財産推進計画2023・前掲注1) 35頁。
- 23) なお、創作非容易性の判断では、公知となった「意匠」に限らず、公知となった形状等または画像を根拠とすることができる。そのため、先に検討した新規性の判断とは異なり、いずれの物品等に該当する意匠が出願された場合でも、AI意匠を創作非容易性の判断の根拠資料とすることができる。
- 24) 中山一郎「AIと進歩性: 若干の問題提起」パテント72巻12号184頁(2019年)では、特許法の進歩性に関するものであるが、このようなものを「隠れAI利用発明」と称し、進歩性との関係を検討している。
- 25) 中山・前掲注24) 193頁。
- 26) 意匠審査基準・前掲注16) 第三部第2章第2節3。
- 27) 意匠審査基準・前掲注16) 第三部第2章第2節4.2.1, 6.1-6.7。
- 28) 中山・前掲注24) 197頁。
- 29) 中山・前掲注24) 197頁も、「当事者の主張を契機とせざるを得ないとすれば、特許庁の審査段階において、当業者のAI利用可能性が考慮されることは実際にはあまり想定されないこととなろう」とする。

米国における海底ケーブルの 軍事利用

—冷戦から現代へ—

慶應義塾大学 グローバルリサーチインスティテュート 客員所員

梶原 みずほ Mizuho Kajiwara

世界の通信の大動脈を支える海底には、通信用のケーブルに加えて、電力用、地震観測用、海中環境の観測用などがあるが、軍事情報の機密性の高いケーブルも存在しており、国家の安全保障に直結している。

第2次世界大戦後、米国が研究開発と実験に膨大な費用と人員を投じ、冷戦期に広大な海域に張り巡らせたSOSUS（ソーサス、Sound Surveillance System）と呼ばれる海洋音響監視用の海底ケーブルは、静かに潜航する潜水艦を探知、捕捉、追尾して、有事に備える「秘密の兵器」だった。

詳細は長らく秘密にされていたが、徐々に政府公文書が機密解除されてきており、冷戦期の技術史におけるSOSUSが果たした役割がより理解されるようになってきた。

近年、米中、米口の対立や、無人水中潜水機（UUV、Unmanned Underwater Vehicle）などの新しい技術開発競争の激化により、潜水艦探知は再び重要性を増している。

冷戦期に米国海軍が獲得した優位性の背景を踏まえ、四方を海で囲まれるわが国の安全保障へのインプリケーションを考察する。

キーワード

海底ケーブル 安全保障 日米同盟 海洋監視 UUV

第1章 はじめに

海の下に広がる領域（ここでは水中ドメインと呼ぶ）には、世界の9割以上の通信を支えている海底ケーブルがあるが、もう一つ、あまり知られていない重要なインフラが存在する。それは潜水艦が出す音を収集する固定式パッシブソナーの海底ケーブルである。冷戦

期、高性能水中マイクロフォンを並べた固定式海洋音響監視システム、SOSUS（ソーサス、Sound Surveillance System）と呼ばれるグローバルな監視網である（図表）。人間の指紋のように、潜水艦は音紋と呼ばれる固有の音を発している。それらを記録し、日ごろ収集したデータと、海の地形や潮流、温度など音の伝搬を左右する情報を照らし合わせ、分析することで、敵の潜水艦を識別することが可能となる。潜水艦は単独の隠密

行動を基本とし、敵勢力に気付かれぬ状態で近づき、有効な攻撃を加えることができるステルス性が抑止力としての機能を果たすが、潜水艦の強みを相殺するものが、音響探知の技術である。

太平洋と大西洋の海底に張り巡らせたケーブルが探知した旧ソビエト連邦(ソ連)潜水艦の情報は、陸上施設に伝送されて解析され、それらの情報に基づいて哨戒機などが展開し、ソ連の潜水艦の動きを封じ込め、水中ドメインにおける優位性を確保した。潜水艦の戦略的価値は、潜水艦の隻数や、搭載する核ミサイル、核弾頭数などの攻撃力であることは疑いようがないが、敵潜水艦を「探知する能力」が米国海軍に与えた優位性については、探知能力そのものが長く秘匿されていたためほとんど研究対象にならなかった。また殺傷能力を持つ兵器でないことから過小評価されてきた面がある。冷戦終結後、米国政府は SOSUS の存在を明らかにして海洋調査など学術目的の利用に開放するとともに、一部の公文書を機密解除している。

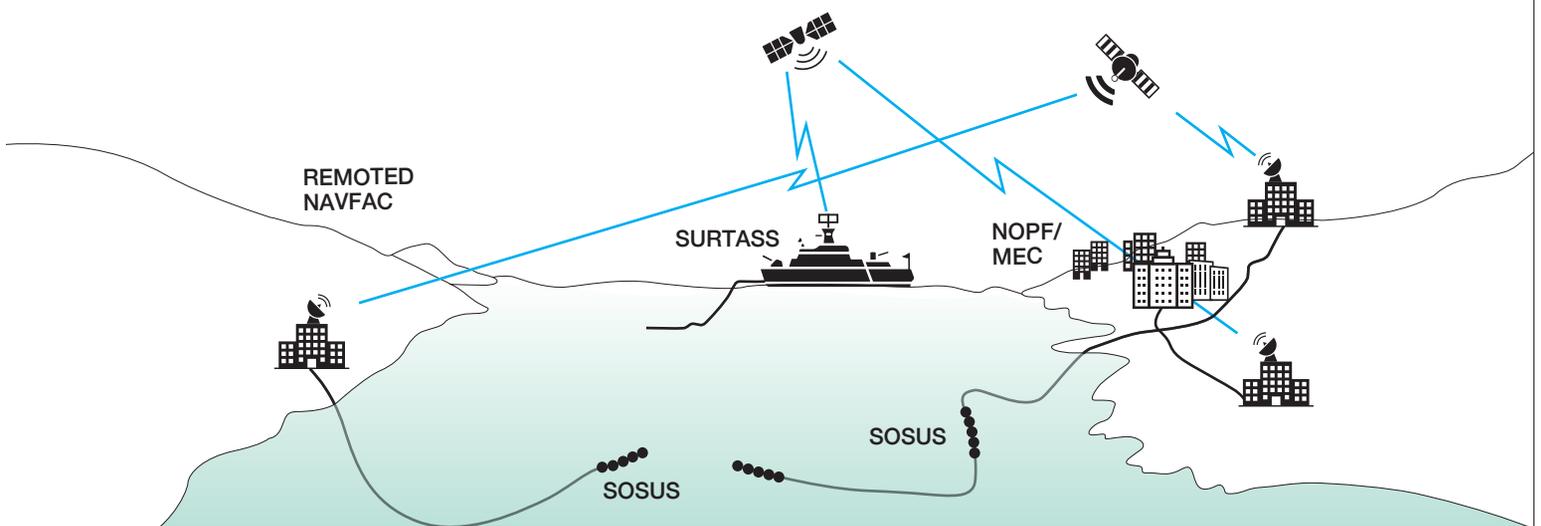
現在、米中、米ロの対立が鮮明になり、インド太平洋において中国やロシアの潜水艦の活動が活発化している中で、音響監視システムの重要性が再び高まっている。本論文では第2章第1節で SOSUS がどのような環境や条件下で研究開発されたか、第2節でいかにして大西洋と太平洋でネットワークを拡大したかについて考察し、SOSUS が果たした役割を論じる。第3章第1節では冷戦終結後から現在に至るまでの水中ドメインの変化、第2節では新たな技術の登場に焦点を当て、第4章で冷戦期の歴史を踏まえた現代へのインプリケーションとして日本の安全保障の展望を示す。

第2章 冷戦期の米国の海底ケーブル

第1節 産官学の極秘プロジェクトから生まれた技術

近代潜水艦の歴史は、米国海軍が世界で初めて採用し、実戦投入した1900年までさかのぼる。以来、120数年の歩みの中で三つの飛躍的な技術進歩が見られた。

図表 米国海洋大気庁 (NOAA) による SOSUS の概念図



出所「Office of Ocean Exploration and Research, National Oceanic and Atmospheric Administration」
 <<https://oceanexplorer.noaa.gov/explorations/sound01/background/technology/media/iussnr1.html>>
 (Accessed on August 13, 2022).

第2次世界大戦後に誕生した、原子力という無尽蔵のエネルギーを動力源とする潜水艦と、核弾頭搭載の潜水艦発射弾道ミサイル (Submarine-Launched Ballistic Missile : SLBM)、SLBM を搭載した戦略原子力潜水艦 (Ship Submersible Ballistic Nuclear : SSBN) である。これらは戦闘の形態を変え、水中ドメインは主要戦闘領域の一つとなった。

核兵器を敵対国に運搬する方法として、核のトライアド (triad) と呼ばれる三つが挙げられる。第一に陸上発射の大陸間弾道ミサイル (Intercontinental Ballistic Missile : ICBM)、第二に空からの戦略爆撃機、第三に SLBM である。トライアドは敵に同等の被害をもたらす能力があることを確実にすることで、相手の核兵器の使用を躊躇させるという抑止効果を生み、相互確証破壊 (Mutual Assured Destruction : MAD) による均衡状態を成り立たせていた。このうち、潜水艦は特に残存性が高いことから、現在に至るまで、敵国から第一撃が先制的に打ち込まれたとしても、その国に対して直ちに海の中から報復攻撃を加えられる「第二撃能力 (second-strike capability)」を形成している。潜水艦は海中のどこにいるのか把握することが難しく、いつどこから核ミサイルが飛んでくるかわからないことから相手に攻撃を踏みとどまらせることで核抑止の一端を担った。

米国とソ連はそれぞれ同時期にこれらの三つの技術を手にし、北極圏や大西洋、太平洋で対潜戦 (Anti-Submarine Warfare : ASW) を繰り広げたが、米国海軍はもう一つ、SOSUS という革命的な技術システムを開発していた。電波透過がほとんど期待できない海の中ではレーダーなどの電波による探知は難しい。冷戦初期、ソ連海軍が潜水艦部隊を強化していく中、ソ連潜水艦の位置を特定できないということが決定的な問題であるという認識が米国の産官学の専門家たちの間で共有された。

音波は水中における透過性と伝搬性が極めて高い。第1次世界大戦後期には自ら音響信号を発するアク

ティブソナーが開発され、実戦に投入されていたが、自らの位置を暴露するという欠点があった。第2次世界大戦後期から音響信号を発せず、聴音を頼りに探知するパッシブソナーの高性能化が進み、水上艦などに装備された。

海軍が立ち上げた極秘プロジェクトの下には、AT & T、ウェスタン・エレクトリックといった米国の通信や電気機器を担う企業や、ウッズホール海洋研究所、コロンビア大学、マサチューセッツ工科大学、スタンフォード大学などで研究する工学、気象、海洋、物理の学者たちなど、業種や専門分野の壁を超えた専門家たちが集結した。地球物理学者のモーリス・ユイング (Maurice Ewing) が、低周波音波が長距離伝搬する層 (深海サウンドチャンネル) の存在を発見したことと、潜水艦から発せられる低周波信号を受信し、分析できる機器が発明されたことで、SOSUS という全く新しい技術システムが誕生した。軍事力の比較は、兵器の質や量、性能の他、兵器を運用する軍組織やリーダーシップ、軍事予算など多面的に分析されなければならないが、近年、開示された複数の米公文書は、SOSUS によって米国の水中ドメインにおける優位性が獲得されたことを裏付けている。

1954年時点で SOSUS から得た情報を分析する陸上拠点は、大西洋側に3カ所、太平洋側に6カ所、ハワイに1カ所整備され、米国はこの年を海洋監視システム体制の誕生の年として位置付けている。多数の実験や演習と並行しながらソ連の潜水艦のデータを集め、キューバ危機の際にはソ連の潜水艦を探知、追尾したり (1962年)、ソ連の弾道ミサイル潜水艦「K-129」が太平洋に沈没した事故の地点を特定 (1968年) したりするなど実績を重ねた。21年間にわたって海軍の同一人物のリーダーシップの下で関連する複数のプロジェクトが取り仕切られたことも、SOSUS が「秘密の兵器」として能力を発揮できた理由として考えられる。

第2節 システムを支えた同盟6カ国

1960年代以降、米ソ共にミサイルの射程の延伸や精密誘導化などの質的向上が見られたほか、ソ連は外洋海軍として世界の海に進出した。ソ連海軍は太平洋艦隊、北方艦隊、バルト艦隊、黒海艦隊の四つの艦隊で編成され、潜水艦はコラ半島に司令部を置く北方艦隊と、ウラジオストクに司令部を置く太平洋艦隊に主に配備された。

冷戦期中盤以降、探知網は北極海から北大西洋にかけての海域と、極東から北太平洋の広大な海域で「点」から「面」へと拡大し、グローバルな一大ネットワークが築かれたが、SOSUSの運用は米国が単独でできることではなく、同盟国との協力が不可欠であった。同盟国は、SOSUSの運用に欠かせない陸揚げ局などの物理的支援と、情報収集や分析などの運用面で協力した。

大西洋側ではグリーンランド、アイスランド、英国を結ぶ、海戦上のチョークポイントが頭文字を取って「GIUKギャップ」と呼ばれ、GIUKギャップの対潜ラインをSOSUSによって警戒・監視し、北方艦隊が突破しないよう事実上、封鎖することが、西側の対潜戦の中心に置かれた。もう一つの戦線である太平洋側では、ソ連太平洋艦隊の潜水艦や艦船が太平洋へ出る際には通過しなければならない、宗谷海峡、津軽海峡、対馬海峡がチョークポイントだった。

大きな役割を果たしたのは、米国と歴史的にも結び付きが強く、「ファイブアイズ (Five Eyes)」と呼ばれる「UKUSA協定」の構成国として通信や電磁波を通じた機密情報を共有している英国とカナダのほか、二国間の防衛協定などを結んでソ連の潜水艦情報の共有をしたアイスランド、デンマーク、ノルウェーである。これらの国々は北大西洋条約機構 (NATO) 結成当初から、ソ連に対抗する西側陣営として米国と一蓮托生であり、また地理的にもソ連の潜水艦の脅威が自国の安全保障と直結していることは明確ではあったが、SOSUSは極秘プロジェクトだったことから、米

国はそれぞれの国と防衛協定などを結ぶなどして、関与する国を限定した。英国はタークス・カイコス諸島や、西インド諸島バハマ、バミューダ、バルバドス、アンティグア、ジブラルタル、インド洋のチャゴス諸島の環礁ディエゴ・ガルシアなどの自治領や海外領土 (当時) の土地を提供したほか、英国・ウェールズのブラウディ基地を拠点として共同で運用にあたった。ミサイルの早期警戒などを行う北米航空宇宙防衛司令部 (North American Aerospace Defense Command) を、世界で唯一、両国の防衛任務を単一指揮官が担う共同司令部として設置しているカナダも、ニューファンドランド島やノバスコシア州の土地を提供して、SOSUSの根幹を支えた。

日米安全保障条約によって米国と同盟関係にある日本も一定の役割を果たした。ソ連が「聖域」とするオホーツク海から太平洋に出る際や、米国がオホーツク海もしくは北極海で軍事作戦をする際のチョークポイントに位置することから、日本は独自に水中監視機器を宗谷、津軽、対馬の3海峡に設置していたほか、音響探知の面で米軍と協力していた。これらの事実は、1960年代から80年代の国会審議を通じて日本政府が一部を明らかにしているが、日本国憲法や防衛の基本的な方針である専守防衛の観点から米軍との関わり方を批判的に問われる場面が多かったことや、日本の安全保障に関わる機密性の高い情報でもあることから、政府の答弁は曖昧であり、説明を避けることがほとんどだった。ただ、当時の米国の機密文書からは、1960年代後半から潜水艦探知において日米間に緊密な協力があつたことが明らかになっている。その後、ソ連潜水艦のスクリュウの静粛性が向上し、米国海軍に危険を与えたとして政治問題に発展した東芝機械ココム違反事件 (1987年)¹⁾を契機に日米の対潜戦強化が図られたことから、国会答弁では海上自衛隊の能力向上を急いでいる点が強調された。

SOSUSの存在はスパイや潜水艦事故などを通じてソ連側に伝わっていたため、ソ連は自国の潜水艦の

位置が把握されていることを理解していた。このため、1970年代後半からは静粛性を向上させた潜水艦を次々と配備するようになった。これに対抗する形で、米国海軍は低周波である監視用曳航アレキソンナー（SURTASS）を開発して艦船に搭載し、固定式ケーブルに加え、稼働式ソナーという新たな技術と組み合わせることでシステムのアップデートを続けた。SOSUSとSURTASSの組み合わせた情報を分析、評価する統合海中監視システム（Integrated Undersea Surveillance Systems：IUSS）は1980年代に人員4,000人を擁し、最盛期を迎えた。

ソ連は「米国は（ソ連の）ほぼ全ての潜水艦を探知できる。つまり米国は事実上、非常に高い正確性をもって、われわれの全ての潜水艦を見ている」²⁾との認識に至っており、このことは水中ドメインで米国が優勢であったことを裏付けている。

第3章 ポスト冷戦から現代まで

第1節 冷戦後に開放された海底ケーブル

新しい突出した技術が登場すると、一般的には二つの対策が取られる。第一に、先行する技術に追い付き、同等の技術を開発することである。米国が核兵器を開発してまもなくソ連も核兵器を開発し、同様に原潜もSLBMも同時期に開発され、競い合い、対峙していた。第二に、突出した技術の能力を相殺する別の技術や戦略を生み出すことである。例えば、航空機による爆撃が行われるようになると、レーダーが開発され、簡単に航空爆撃ができないようになった。

SOSUSは殺傷能力のある兵器ではないが、ソ連の潜水艦の位置把握を可能にし、SLBMによるソ連の第二撃能力を低下させると米ソの双方で理解されていた。ソ連は潜水艦探知システムを開発していたものの、SOSUSに匹敵するレベルのシステムを構築するまでには至らず、また、相殺する技術の獲得も間に合わなかった。対称的な戦略構築ができないとソ連が判

断し、冷戦の終結にSOSUSが貢献したといえる。

東西陣営が対立した冷戦が終わり、30年以上にわたってバールに包まれていたSOSUSの存在意義は薄れ、米国政府はSOSUSの機密解除に踏み切った。民間の科学者の学術目的のためにアクセスを許可し、水中の火山や地震モニタリング、海洋哺乳類の研究、大規模な海洋温度の変化の測定などに使用されるようになった。ロシアによる脅威は低下したため、1990年代前半に海軍の予算が削減され、IUSSも縮小された。

近年、水中ドメインの優位性を巡る攻防が再び繰り返されている。中国が軍事力を増強し、海洋権益を拡大しており、例えば、2009年には、南シナ海の公海上で、米国海軍の音響測定艦インベッカブルが中国の艦船5隻に包囲される事件があった。中国艦船がインベッカブルに接近するなど危険な妨害行為を行ったとして、国防総省は中国当局に抗議した³⁾。同年には米国海軍のイージス艦ジョン・S・マケインがフィリピン沖を航行中、船尾に付けて引っ張っていた曳航式ソナーと、中国の潜水艦とが接触するという事故が起きている⁴⁾。いずれのケースも、水中の潜水艦の音響情報の収集を巡る事件や事故である。

米国のシンクタンク、CSISのアジア海洋透明性イニシアチブ（Asia Maritime Transparency Initiative）が衛星画像を分析した結果によれば、2016年以降、南シナ海でセンサーと通信機能を備えた浮体式や固定式のプラットフォームの設置が複数確認されており、2020年時点で海南島周辺に五つの設備が存在している。これは国営企業である中国電子科技集団公司（CETC）による「ブルーオーシャン情報ネットワーク」の一部として表面上は民生利用となっている。CETCの関係者は三つの目標を示しており、①2025年にブルーオーシャン情報ネットワークの構築を完了し、「一帯一路」海洋ネットワークの構築を始める、②2035年に「一帯一路」海洋ネットワークを構築し、中国の海上シルクロード建設を全面的にサポートする、③2050年に「海洋極（oceanic polar）情報ネット

トワーク」への構築と拡大させ、「グローバル海洋情報産業」の発展をリードする、としている⁵⁾。しかし、中国海軍の潜水艦基地がある海南島は中国の核抑止力の重要な拠点であるとともに、中国がこれまでも南シナ海を「聖域化」しようとしてきた経緯を踏まえれば、水中監視を含む軍事利用目的であると考えるのが妥当である。

現代の海底ケーブルは光ファイバーを使用しているため、銅線の時代と比べて海底での盗聴は難しいといわれているが、ロシアは海底ケーブルの切断と盗聴を目的にした潜水艦を保有しているとみられる。2019年7月、北極に近い海域の海底で探査活動を行っていたロシアの極秘潜水艇が火災を起こし、ロシア人乗組員14人が死亡した。ロシア政府は「軍事機密」を理由に詳細は公表しないが、BBCモニタリングによれば、米国政府関係者はこの潜水艇が海底ケーブルの通信の傍受と妨害の任務を持っていたとの認識を示している⁶⁾。

米国の海洋監視システムは現在まで連続と続いており、米国海軍は1世紀以上の海底データの蓄積と、半世紀以上にわたる潜水艦探知の実績を含めた情報・監視・偵察能力 (ISR 能力) や航空機動力、前方展開能力で他国を圧倒している。しかし、同盟国である日本を含め、海底ケーブルを巡るさまざまな動きには細心の注意を払わなければならないといえる。

第2節 UUVの登場と展望

現在、潜水艦技術は新たな段階に入っている。無人水中機 (Unmanned Underwater Vehicle : UUV) の登場が各国の軍事戦略を大きく変える可能性が出てきたためである。有人潜水艦は、たとえ無尽蔵の原子力エネルギーを動力源にしても、実際には食糧の調達や乗員の休暇のために数カ月おきに陸上に戻らざるを得ない。事故による人命の損失のリスクも隣り合わせである。一方、無人潜水艦にはそれらのデメリットやリスクはない。

米中ロを中心に関国は対潜戦に用いるUUVの研究

開発にしのぎを削っている。米国の国防高等研究計画局 (DARPA) は対潜戦連続追尾無人船 (Anti-Submarine Warfare Continuous Trail Unmanned Vessel : ACTUV) であるシーハンター (Sea Hunter) の進水式を2016年、オレゴン州ポートランドで行い、搭乗員や遠隔操作なしで数カ月間の航行実験を行い、2018年には本格的に米国海軍研究局 (ONR) へと引き継いだ⁷⁾。

航空機製造で知られるボーイングも長期間、任務を遂行できる超大型水中無人機 (Extra-Large Unmanned Undersea Vehicle : XLUUV) 「エコー・ボイジャー (Echo Voyager)」 (全長16メートル) を開発し⁸⁾、2017年にカリフォルニア沖の海洋で試験運航に成功した⁹⁾。米国海軍は2019年、このエコー・ボイジャーをベースに発展させた「オルカ (Orca)」の研究開発のためボーイングと2億7400万ドルで契約を結んだ¹⁰⁾。さらに、有人のロジスティック支援やメンテナンスがなくても長期間、長距離の航行が可能なペイロード能力を備えた次世代UUV「マンタ・レイ (Manta Ray)」のプログラムを開始しており、2021年にノースロップ・グラマン・システムズとマーティン・ディフェンス・グループによる第2フェーズの開発に入ったことを発表している¹¹⁾。

ロシアもUUVに力を入れている。ロシア国防総省は2019年、深海での高速航行が可能とされる原子力無人潜水兵器「ポセイドン (Poseidon)」を開発したとして公式YouTubeで3Dアニメーションの映像を公開した。その後、ウラジミール・プーチン (Vladimir Putin) 大統領が「試験に成功し、航続距離は無制限」と発表した。原子力推進であり、2メガトンの核弾頭を搭載して最大1万キロメートルの距離を潜航可能と主張している。タス通信は、ポセイドンを搭載した潜水艦が北方艦隊と太平洋艦隊に2隻ずつ加わる予定で、30以上のポセイドンが戦闘任務に就く予定だと報じた¹²⁾。

海上戦力の近代化を急速に進め、外洋への展開能力を向上させている中国海軍は、北海、東海および南海艦隊の3個の艦隊で潜水艦約60隻を含む艦艇約760隻

を保有しており、静粛性に優れるとされる国産のユアン級潜水艦の量産や UUV 開発を進めている。わが国の周辺海域では、中国海軍の情報収集艦による活動が尖閣諸島周辺で複数回確認されている他、2018年1月には、中国の潜水艦が尖閣諸島周辺の接続水域で潜航したことが、初めて確認され¹³⁾、2021年には奄美大島(鹿児島県)沖の接続水域でも中国軍と推定される潜水艦が潜航しており、防衛省が異例の発表をした¹⁴⁾。中国の太平洋への進出ルートは、①津軽海峡、②沖縄・宮古島間、③大隅海峡、④与那国島・仲之神島間、⑤宗谷海峡、⑥奄美大島・横当島間、と多様化している¹⁵⁾。

第4章 おわりに： 海底ケーブルとわが国の安全保障

米国海洋大気庁(NOAA)によれば、現代のソナー技術を駆使して測量されている海域は世界の海洋のわずか10%未滿にすぎず、米国の海と沿岸水域でさえも最新の方法で調査されているのは約35%のみにとどまる。世界の80%以上の海はいまだ正確な海図がなく、調査されていない未踏の状態である。

その一例として、2021年に米国海軍のシーウルフ級攻撃型原潜コネティカットが南シナ海を潜航中に正体不明の物体に衝突し、修理のため南シナ海からグアムへ向かうことを余儀なくされたという事例が挙げられる。後日、米国海軍第7艦隊は地図に載っていない未知の海山に乗り上げたことが原因とする調査結果を発表している¹⁶⁾。

世界では潜水艦の保有国が増え、情報収集、偵察、また戦時に備えた作戦(訓練)などの軍事活動を展開しており、冷戦後、最も活発化している。海軍を持つ国は120を超え、そのうち41の国が潜水艦を運用し、約460の潜水艦が世界の海で展開している¹⁷⁾。自前で潜水艦を建造する技術がある国は、米国、日本、中国、ロシア、ドイツ、フランス、スペイン、英国、オランダ、イタリア、スウェーデン、韓国で、このうち

原潜を保有している国は米国、ロシア、中国、フランス、インド、英国の6カ国であり、ブラジルや韓国が原潜の建造を目指しているといわれている。地域の連携も進んでいる。その例の一つが、米国、英国、オーストラリアによる新たな安全保障の枠組み「AUKUS(Trilateral Security Partnership among Australia, the United Kingdom, and the United States)」で、米英がオーストラリアにとって初となる原子力潜水艦の配備に協力する。

将来、人工知能(AI)を搭載した小型UUVが配備されるようになれば、そして、それらがもし原子力推進であったり、核魚雷を搭載したりするようになれば、これまでの大型有人潜水艦と比較にならないほど、探知が困難になり、安全保障上の大きな脅威になることが予想される。

こうした環境変化に対する探知の方向性は、大きく分けて四つ挙げられる。一つ目は、従来のソナーの精度向上である。デバイスの技術や信号処理能力の向上に伴って目標艦をより遠くから探知したり、類識別能力の向上が図られたりしている。今後、複数のソナーを組み合わせ、水中環境をより正確に把握し、その環境が音波伝搬に与える影響の研究が重要である。二つ目は、従来から行われている海獣の軍事利用である。米国海軍は冷戦期から海洋哺乳類に機雷などの障害物を探知させる研究をしており、イルカが軍の艦艇や民間船舶の安全を脅かす可能性のある機雷や無許可のスイマーやダイバーの発見の支援、港湾警備などに当たる。動物の軍事利用には動物愛護団体などから根強い批判があるが、米国だけではなく、ロシアやウクライナもイルカを軍事利用してきたことが知られており、2019年にはノルウェーの北極海沖で白イルカが小型カメラホルダー付きのロシア製ハーネスを付けた状態で発見された。三つ目は、海洋生物の固有の能力を利用してUUVを検出するシステムの研究である。海洋生物がUUVの存在を感知した際にシグナルを発したり、観察可能な行動をしたりすることが実証されてお

り、例えば、レイセオン BBN やノースロップ・グラマン・システムズが生物センサーとしてテッポウエビを、フロリダアトランティック大学は太平洋と大西洋に生息するハタ科の巨大魚「ゴライアスグループ」の活用の研究をしている。四つ目は世界各地で研究が進む量子レーダーである。量子レーダーは雨や霧などの悪天候で視界が利かない環境であっても、対象物の位置や形状などを認識する可能性が期待される技術であり、オーストラリアのアデレード大学では潜水艦探知への利用を含めた研究をしている¹⁸⁾。

軍事面の環境変化に加え、インターネットやスマートフォン、IoT などが発達した現代の情報化社会では通信量が格段に増しており、海底ケーブルは社会に不可欠な重要インフラになっている。ケーブルの切断や陸揚げ地点への軍事攻撃によって大規模通信障害を起こして社会を混乱に陥れたり、軍の指揮の一部に乱れを生じさせたりする可能性があり、通信インフラの脆弱性が指摘されている。つまり、海底に存在するケーブルは軍事、通信といった用途に限らず、安全保障の観点からリスクの警戒をしなければならない。「台湾有事」に日本が関与するような事態にも備え、海底ケーブルの防護は安全保障上の喫緊の課題である。

SOSUS が冷戦終結に果たした歴史的な役割から教訓を得るとすれば、技術進歩に対応させた革新的技術の発明や新たな科学的事実の発見には、専門分野や業

種を超えた産官学の連携による研究開発と、国際法に基づく海洋秩序という同じ価値観を持つ同盟国の強固な協力とコミットメントが水中ドメインにおける優位性の獲得に必要だと考えられる。



Mizuho Kajiwara

梶原 みずほ

慶應義塾大学 グローバルリサーチ
インスティテュート 客員所員
ロンドン大学キングスカレッジ、ハ
ワイ大学、米国防総省アジア太平洋
安全保障研究センターで客員研究
員、跡見学園女子大学兼任教員など
を歴任。慶應義塾大学大学院政策・
メディア研究科後期博士課程修了、
博士(政策・メディア)。単著に『ア
メリカ太平洋軍—日米が融合する世
界最強の集団—』(講談社、2017
年)、共著に『アメリカ太平洋軍の
研究』(土屋大洋編著、千倉書房、
2018年) "Hindsight, Insight,
Foresight Thinking About
Security in the Indo-Pacific,"
(Alexander L. Vuving, ed. Daniel
K. Inouye Asia-Pacific Center
for Security Studies, 2020)、
"U.S. Indo-Pacific Command:
Implications for East Asia,"
(Motohiro Tsuchiya and Denny
Roy, eds., Springer, 2022)

注

- 1) かつて東芝グループに属していた東芝機械(当時)が共産圏に輸出した工作機械により、ソ連のSSNのスクリーンの静粛性が向上し、米国海軍に危険を与えたとして政治問題に発展した外国為替および外国貿易法違反事件。輸出は1982年から84年にかけて、東芝機械と伊藤忠商事およびそのダミー会社の和光交易を通じて行われた。これは日本が加盟する対共産圏輸出統制委員会(ココム)違反に当たった。
- 2) 2015年に機密指定を解除された米国中央情報局(Central Intelligence Agency: CIA)の文書。ソ連の参謀養成学校ヴォロシロフ士官学校(Voroshilov General Staff Academy)の1985年時点の対潜戦ドクトリン「ソ連軍参謀養成学校の講義: 軍事作戦上の海洋戦域における戦略的作戦(USSR GENERAL STAFF ACADEMY LESSON: Strategic Operations in an Ocean Theater of Military Operations)」を分析している。

注

- 3) AFP「中国艦船、米海軍調査船に妨害行為 南シナ海の公海上」
AFP <<https://www.afpbb.com/articles/-/2580051>>、2009年3月10日(2020年3月3日アクセス)。
- 4) AFP「米イージス艦のソナー、フィリピン沖で中国潜水艦と接触」
AFP <<https://www.afpbb.com/articles/-/2610963>>、2009年6月13日(2020年3月3日アクセス)。
- 5) Asia Maritime Transparency Initiative, “Exploring China’s Unmanned Ocean Network,”
<<https://amti.csis.org/exploring-chinas-unmanned-ocean-network/>>,
The Center for Strategic and International Studies, June 16,2020 (accessed on April 7, 2023).
- 6) Val Akimenko, and Howard Gethin, “Analysis: Can Russian Submarines Cut the West’s Cables?”
BBC Monitoring <<https://monitoring.bbc.co.uk/product/c200xcoj>>, July 3, 2019 (accessed on March 3, 2020)
- 7) DARPA, ACTUV “Sea Hunter” Prototype Transitions to Office of Naval Research for Further Development,
DARPA <<https://www.darpa.mil/news-events/2018-01-30a>>, January 20, 2018 (accessed on September 25, 2022).
- 8) Boeing, “Echo Voyager,” Boeing <<https://www.boeing.com/defense/autonomous-systems/echo-voyager/>>,
(accessed on September 25, 2022).
- 9) Boeing, “Boeing Begins Deep Sea Adventure,”
Boeing <<https://www.boeing.com/features/2017/05/echo-voyager-test-05-17.page>>., June 5, 2017 (accessed on September 25, 2022).
- 10) Boeing, “Fantastic Voyage,”
Boeing <<https://www.boeing.com/features/frontiers/2019/echo-voyager/index.page>>., (accessed on September 25, 2022).
- 11) DARPA, “DARPA Selects Performers to Build, Test Manta Ray Unmanned Underwater Vehicles,” DARPA
<<https://www.darpa.mil/news-events/2021-12-20>>, December 20, 2021 (accessed on September 25, 2022).
- 12) TASS, “Russian Navy to put over 30 Poseidon Strategic Underwater Drones on Combat Duty,” TASS
<<https://tass.com/defense/1039603>>, January 12, 2019 (accessed on September 25, 2022).
- 13) 防衛省「中国情勢(東シナ海・太平洋・日本海)」
<https://www.mod.go.jp/j/approach/surround/pdf/ch_d-act_a.pdf>、2022年7月(2022年9月25日アクセス)。
- 14) 防衛省「潜没潜水艦及び中国海軍艦艇の動向について」
<<https://www.mod.go.jp/j/press/news/2021/09/12a.pdf>>、2021年9月12日(2022年9月25日アクセス)。
- 15) 防衛省「中国情勢(東シナ海・太平洋・日本海)」
<https://www.mod.go.jp/j/surround/pdf/ch_d-act_a_2023.pdf>、2023年2月(2023年8月6日アクセス)。
- 16) Sam LaGrone, “Investigation Concludes USS Connecticut Grounded on Uncharted Seamount in South China Sea,” U.S. Naval Institute News <<https://news.usni.org/2021/11/01/investigation-concludes-uss-connecticut-grounded-on-uncharted-sea-mount-in-south-china-sea>>, November 1, 2021 (accessed on October 10, 2022).
- 17) Mizuho Kajiwara, “Underwater Competition in the Indo-Pacific,” Alexander L. Vuving ed., Hindsight, Insight, Foresight: Thinking about Security in the Indo-Pacific, Daniel K. Inouye Asia-Pacific Center for Security Studies, <<https://dkiapcss.edu/wp-content/uploads/2020/09/12-kajiwara-25thA.pdf>>, October 2020.
- 18) University of Adelaide, “Quantum Sensor to Make Australia Safer,”
University of Adelaide <<https://www.adelaide.edu.au/news/news106202.html>>, April 10, 2019 (accessed on September 25, 2022).

-
- 参考文献 【英語書籍】 Aid, Matthew M., and Cees Wiebes, eds., *Secrets of Signals Intelligence during the Cold War and Beyond*, Frank Cass, 2001.
- Allen, Thomas B., and Norman Polmar, *Rickover Father of the Nuclear Navy*, Potomac Books, 2007.
- Ball, Desmond, and Richard Tanter, *The Tools of Owatsumi: Japan's Ocean Surveillance and Coastal Defence Capabilities*, The Australian National University Press, 2015.
- Duke, Simon, *United States Military Forces and Installations in Europe*, Stockholm International Peace Research Institute, Oxford University Press, 1989.
- Freedman Lawrence, *The Evolution of Nuclear Strategy: New*, Updated and Completely Revised, London: Palgrave Macmillan. 4th edition, 2019.
- Hennessy, Peter, and James Jinks, *The Silent Deep: The Royal Navy Submarine Service since 1945*, Penguin Books.
- The International Institute for Strategic Studies, *The Military Balance 2022*, London.
- Johnson, Edward A., *Unmanned Undersea Vehicles and Guided missile Submarines: Technological and Operational Synergies*, Center for Strategy and Technology, Air University, 2002.
- Olav Riste, *The Norwegian Intelligence Service 1945-1970*, Routledge, 2013.
- Polmar, Norman, and Edward Whitman, *Hunters and Killers Volume 2: Anti-Submarine Warfare from 1943*, Naval Institute Press, 2016.
- Polmar, Norman, and Kenneth J. Moore, *Cold War Submarines*, Potomac Books, 2004.
- Robinson, Samuel, *Ocean Science and the British Cold War State*, Palgrave Macmillan, 2018.
- Solomon, Louis P., *Transparent Oceans: The Defeat of the Soviet Submarine Force*, Pearl River Publishing, 2003.
- Sontag, Sherry, and Christopher Drew with Annette Lawrence Drew, *Blind Man's Bluff: The Untold Story of American Submarine Espionage*, PublicAffairs, 2016.
- Starosielski, Nicole, *The Undersea Network*, Duke University Press, 2015.
- Tsuchiya, Motohiro, and Denny Roy, ed., *U.S. Indo-Pacific Command: Implications for East Asia*, Springer, 2022.
- 【英語論文】 Friedman, Norman, Strategic Submarines and Strategic Stability: Looking Towards The 2030s, National Security College, Australian National University, September 2019.
- Kajiwara, Mizuho, "Underwater Competition in the Indo-Pacific," Alexander L. Vuving ed., Hindsight, Insight, Foresight: Thinking about Security in the Indo-Pacific, Daniel K. Inouye Asia-Pacific Center for Security Studies, October 2020.
- Koda, Yoji, "Japan's Deterrence Posture and Approach to Anti-Submarine Warfare," Rory Medcalf, Katherine Mansted, Stephan Frühling and James Goldrick, eds., *The Future of the Undersea Deterrent: A Global Survey*, Canberra: The Australian National University National Security College, February 2020.
- 【日本語書籍・論文】 梶原みずほ『アメリカ太平洋軍—日米が融合する世界最強の集団—』講談社、2017年。
- 小林正男『現代の潜水艦』世界の艦船5月号増刊、海人社、2019年。
- 土屋大洋編著『アメリカ太平洋軍の研究—インド・太平洋の安全保障—』千倉書房、2018年。
- 土屋大洋『サイバークレートゲーム—政治・経済・技術とデータをめぐる地政学—』千倉書房、2020年。

5年後の 未来を探せ

京都大学 情報学研究科 教授

神谷 之康さんに聞く

脳の活動から脳内イメージを再構成 心を作り出す世界を読み出す

取材・文：江口絵理 撮影：伊藤善規 図版提供：神谷之康

頭の中で思い浮かべたイメージを画像として取り出せる。見た夢の内容を読み出せる——映画や小説の中でしかあり得なかった世界が今、京都大学情報学研究科教授の神谷之康さんによって次々に現実化している。世界で初めて脳から画像を読み出すことに成功した神谷さんは、脳内にある意図やイメージを脳の信号から解読する「脳情報デコーディング」の第一人者だ。物質である脳からどうやって心生まれるのか？ その問いを「どうしたら心を科学的に把握できるのか」に置き換え、神谷さんは機械学習を駆使して脳内イメージの外在化に挑む。研究の現在地と、そこから見える近未来の世界を伺った。

「目で見えたもの」を、脳から 画像として読み出す

映画のフィルムのようなものが、ヒトの脳からすると引き出されている。フィルムに映し込まれた一コマコマの画像はモノクロで、やや不鮮明ではあるものの、間違いようもなく「n」「e」「u」「r」「o」「n」と読める。2008年の冬、神経科学の学術誌「Neuron」の表紙を飾ったイラストだ。

フィルムの画像は、神谷さんの率いる研究チームが、実際にn、e、u、r、o、nの各文字を想起している被験者の脳活動から再現したもの。言い換えれば、「ヒト

の脳から読み出した画像」である。

いくら脳内の様子を観察する技術が上がっても、人が目で見たり頭の中でイメージしたりした文字が、脳のどこかにあぶり出しのごとく見えてくるわけではない。ならばどうやって、ヒトの脳の中にあるものを読み取り、外へ取り出すか。SFのような課題に、情報科学からアプローチしてきたのが神谷さんだ。

神谷さんが、人が見たものをその人の脳活動から画像化することに世界で初めて成功したのが15年前。今では、フルカラーの写真を見ているときの脳活動から、文字や単純な図形よりはるかに複雑な画像を読み出すことに成功している。

脳の活動の正体は「神経細胞同士のやりとり」であるため、固定された「物」として観察できるわけではないが、脳波や脳内の血流の状態などは見ることができる。脳から得られるそうした情報を解読するのが「脳情報デコーディング」だ。神谷さんはこの研究の世界的なパイオニアであり、トップランナーとしてこの分野をけん引し続けている。

「われわれの解読方法のポイントは、fMRI（ファンクショナルMRI）による『脳計測』と、機械学習による『パターン認識』です」と神谷さんは言う。

ある人がさまざまな画像を見たときの脳内の血流の変化（脳活動の表れ）をfMRIで撮像して、撮像画像をコンピュータにパターン認識させて“変換器”を作る。

Yukiyasu Kamitani
神谷 之康

京都大学 情報学研究所 教授
1970年奈良県生まれ。東京大学教養学部教養学科卒業、同大学院理学研究科修士号取得。ハーバードメディカルスクール研究員、プリンストン大学客員スタッフ、国際電気通信基礎技術研究所(ATR)脳情報研究所研究員等を経て2015年より現職。ATRフェロー。



後に同じ人に新たな画像を見せて脳活動を撮像する。そしてその脳活動のパターンを変換器にかけて「この人がこういう脳活動パターンを見せるのならば、脳内でイメージしているのはこのような画像ではないか」とコンピュータで画像を予測・再構成するのだ。

ここで重要なことが一つある。冒頭の脳内画像読み出し実験は、被験者に26文字のアルファベットを一つずつ見せてどのような脳活動が表れるかを記録して、後にそのうちの6文字を見せたときの脳活動と照合したのではない。そうしたやり方ではずっと、事前に用意しておいた画像候補から選ぶだけになってしまう。脳が心の状態をどう表現しているかを知りたかった神谷さんは、心が作り出すどんなイメージでも映像化できる方法を探していた。そこで、四角形や十字など、文字ではない白黒のドット画像440枚を被験者に見せて脳活動を記録し、それぞれの画像と脳活動をパターン認識してから、初めて文字を被験者に見せた。文字を見たときの脳活動はパターン認識していない状態で、見た文字を読み出したのだ。

夢で見たものを読み取る

次に神谷さんが挑んだのは「夢の解読」だ。「外部からの刺激に脳が反応した結果ではなく、脳が自発的に生み出したイメージを外に取り出したかった

んです」

この実験では、あらかじめ約1,200枚の画像を被験者に見せながらfMRIで脳活動を撮り、パターン認識を行った。

「画像は、女性や男性、建物や自然の風景、家具や食べ物など、日常生活で目にするであろうものを選びました」

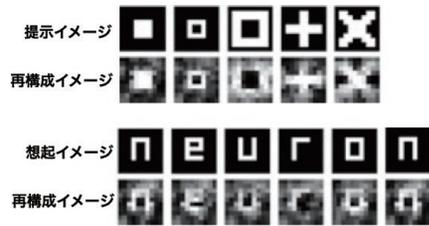
後日、被験者は脳波計を装着した状態でMRI装置に入って眠る。研究者が脳波をリアルタイムでモニターし、睡眠時の脳波を確認するとまもなく被験者を起こし、被験者にそのときに見ていた夢を口頭で報告してもらう。

ちなみに、事前に用意した画像で脳活動パターンを撮るには1人10時間かかり、睡眠実験では1時間に7回ほど起こされる。200回分の報告が蓄積するまで、睡眠実験は何度も行われる。

実験者にも被験者にもかなり負荷の高い実験だが、事前にパターン認識しておいたプログラムに、睡眠実験時の脳活動から夢の内容を予測させると、夢に出てきたもののカテゴリー（「男性」「女性」「風景」「家具」「食べ物」など）は、被験者の報告とおおむね合致していた。神谷さんは脳内から、目で見たものではなく、夢で見たイメージを読み出すことに成功したのだ。

ただ、今のところ夢の映像化に成功しているわけではなく、一般の人が自分の夢を脳活動データから再構

Figure 1 脳内イメージの読み出し



まず、さまざまな白黒のイメージを見たときの脳活動から脳内イメージを再構成する“変換器”を作成、次に文字を想起してもらったときの脳活動からneuronの文字を再構成した。再構成イメージは雑誌「Neuron」の表紙を飾った(Miyawaki, Uchida, Yamashita, Sato, Morito, Tanabe, Sadato, Kamitani, *Neuron* 2008)

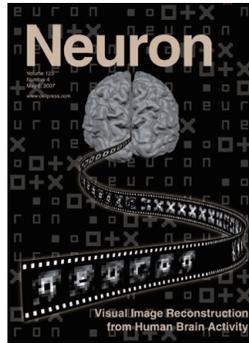
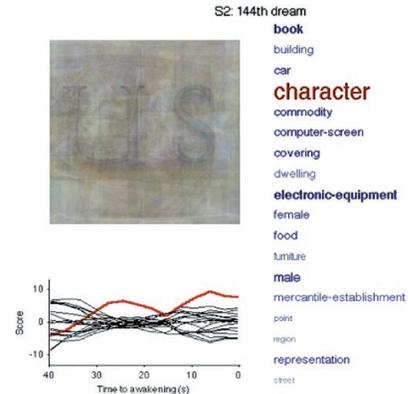


Figure 2 夢の解読



寝ているときの脳活動から予測される夢で見ているものを、カテゴリー(右)と、事前学習イメージ(左上)、グラフ(左下)で表示。被験者は「見ていたのは文字、作文か何かを書いていた」夢を見ていたと報告している

成して映画のように観られるとまではいかない。

「そもそも、狭いMRI装置の中で長時間ぐっすり眠るのが難しいですよ」と神谷さんも苦笑する。

脳の中を探る研究というと、知覚や心の動きが脳のどの部分に表れるのかを探る「脳機能マッピング」が思い浮かぶ人が多いだろう。運動や言語を司る領域の特定がよく知られているが、記憶を要するタスクを被験者(あるいは動物)に与え、そのときに脳が活性化する部分を見て「脳のこの領域にワーキングメモリがある」と推定する、というような研究も盛んに行われている。

しかし神谷さんは、「ワーキングメモリ」や「自尊心」「意思決定」のような、私たち人間が直感的に理解しやすく、言葉でラベルを付けられる概念が脳内のどこかに存在するという考え方には懐疑的だ。それよりは、名前の付けようもない「脳活動のパターン」が脳の動きを説明しているのではないかと神谷さんは考えている。

人が恣意的に作ったラベルによらず、計測で得たデータを見て、その解析を通じて理解を積み上げていく、というデータ駆動的なアプローチは、物理学が志向するようなエレガントな法則やシンプルな原理には行き着かないかもしれない。

「生物の体には進化の成り行きで不合理な作りになっている部分が多くありますから、脳も全て合理的に説明できるとは限りません。心理学や神経科学には、物理学とは異なる、対象に即した科学的アプローチが必要だと思っているんです」

もちろん、データの解読を機械学習に頼ると、その部分がブラックボックスのまま残されてしまい、メカニズムの理解に結び付かないのではないかと、という懸

念はあり得る。

しかし、機械学習によって出てきたものを別のルートで検証し、その予測や制御がちゃんと機能することが分かれば「科学的に(すなわち、再現性のある形で)心を読み出す方法」としては使えるだろう。直接、メカニズムを知る方法にはならなくとも、科学的な知見が積み重ねられれば、理解は進む。

深層ニューラルネットワークという新たな武器

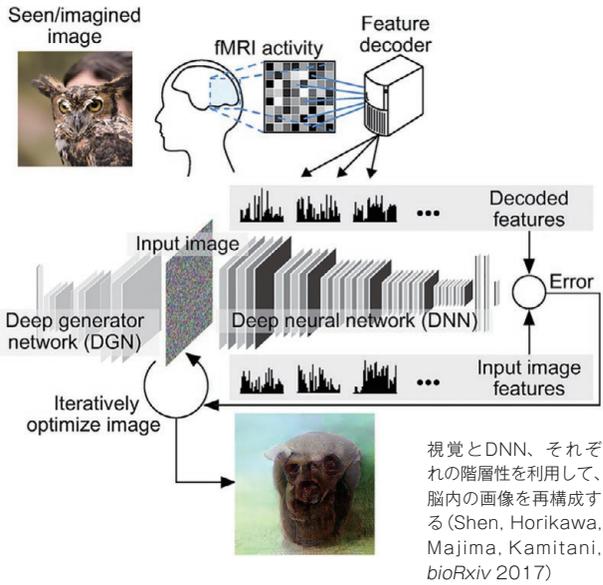
脳内イメージを取り出すことに成功した神谷さんが次に実現したのが、脳活動からのより解像度の高い画像の再構成だ。これまでの「機械学習によるパターン認識」だけでは限界があったが、折しも、10年ほど前から「深層ニューラルネットワーク(DNN)」が急激に進歩し始めた。

ニューラルネットワークとは、生物の脳の情報処理に着想を得て生み出された機械学習の形で、コンピュータの能力向上につれ、階層的に処理することも可能になった。ニューラルネットワークの階層を深くしたものがDNNだ。現代のAIの多くはDNNを基盤としている。

「ただ、DNNが生物の脳からインスパイアされたからといって、DNNを極めればヒトの脳に近づくわけではありません。いま最先端の物体認識DNNは、例えば認識対象がイヌであれば、ヒトの脳のように形から判断するのではなく、毛の感じなどのテクスチャーで判断している可能性があります」

神谷さんがDNNに注目するのは、ヒトの脳のような振る舞いを期待したからではなく、その階層性ゆえだ。

Figure3 DNNによる脳内イメージ再構成



ヒトの脳は、視覚像を処理するときに階層的に処理することが分かっている。点の有無程度などのごくシンプルな処理をする低次の階層から、数階層から成る中間層でだんだんに色や形、質感が処理され、最終的には「イヌの顔」と言語でも意味を表現できるような高次の階層での処理に至る。神谷さんの研究によって、画像を処理する際に、DNNの階層とヒトの脳の階層に対応関係があることが分かり、脳内イメージを読み取る研究に新たな武器が加わった。

被験者に多様な画像を見せて脳活動パターンをDNNで学習させ階層的な視覚モデルを作る。そして視覚モデルの各階層が、新たな画像を見せたときの脳の活動、それも中間層を含む各階層の活動と同様な値を示すように、画像を少しずつ更新して元画像を再構成する。そうやって作成された画像は、被験者が見た画像そのものとは言い難いが、水面の感じやゴツゴツとした人工物の感じ、何かの道具のような感じや、動物の顔のような感じ……など、言葉にはしにくいながらも元の画像にあった「何か」が表現されていた。

「これらの画像には、人間の脳内イメージの中でも、ピクセル的な表現になる低次の階層での処理と、言葉で表現できるほど高次の処理の間の“中間層”が表現されていると考えています」

目標は人が見ている画像を正確に再現することだったが、DNNを使った画像再構成の面白さはこの中間層にもあるのではないかと神谷さんは言う。

Figure4 DNNで再構成した脳内イメージ



左が元画像で右が再構成した画像。元画像の持つ形や質感が一部再現されている

2017年、神谷さんがこの成果を発表すると同時に、脳内イメージを再構成するプロセスを動画としてYouTubeとTwitterに公開したところ、驚くほどの反響が返ってきた。

「一晩で、Twitterのフォロワーが1,000人以上増えていました」

海外の新聞やウェブニュースで紹介されたうえに、科学誌「Science」にも取り上げられ、さらに多くの人にこの研究の存在が知られていった。

現代アートの旗手が引かれた脳内イメージ再構成画像

意外なことに、神谷さんが面白いと評した「これが何かとは言えないが何らかの特徴だけが表現された」中間層の画像が、アーティストやミュージシャンを刺激したらしい。国内外の多くのアーティストからコンタクトがあった。

「自分の頭の中のイメージを読み出してほしいというアーティストもいましたし、ミュージックビデオにわれわれの再構成画像が使われたこともありました」

世界の現代アートをけん引する美術家として知られるピエール・ユイグさんも、このとき神谷さんに連絡してきた一人だ。会ってみると、ユイグさんは神谷さんの論文をすでに読み、技術的な面をよく理解していた。話が弾んだ神谷さんは、その半年後に行われるユイグさんの個展に向けて作品制作に協力することになった。

「私が頼まれたのは、ユイグさんから送られてきた複数の画像をこちらで人に見せて、その脳活動から再構成した画像を送り返すことでした」

Figure5 ミュージシャンからの注目



イギリスのバンドSquidのアルバム「Bright Green Field」のアートワークにイメージが使用された

2018年にロンドンのサーペンタイン・ギャラリーで開かれた個展「Umwelt」の光景

半年後、ロンドンの展示会場に行ってみると、神谷さんが送った再構成画像が五つの巨大なディスプレイに映し出されている。「そのままじゃないか」と神谷さんは意外に思ったが、会場には数千匹ものハエが放されていて、ハエと人間と一緒に「ヒトの脳の中を外在化した画像」を目にするという、高度にコンセプチュアルなアートになっていた。

「ユイグさんの次の作品の制作にも協力しています。次は、『アン・リー』という日本生まれのアニメキャラクターを、脳を経由して再構成したものが作品の素材になるようです」

なぜ、それほどに神谷さんの再構成画像がアーティストを刺激するのか。おそらく、元の画像を精緻に再現できるまでになっていたなら、研究者と一般の人は驚いただろうが、アーティストが気になるものにはならなかっただろう。

「中間層の画像には、見た人の脳をくすぐる何かが、言語化も数式化もできない形で表現されているのではないのでしょうか。人が見て心地良いと思う要素が含まれていたり、もしくは心が何となくざわざわしたり、目を離せなくなってしまうような何かが」

これまでアーティストが試行錯誤によって見つけてきたものの一部が「中間層」に表出されているのかもしれない。

ブレインマシンインターフェイスで 個々の脳内世界を共有する

脳を読み取って外在化させる試みとして一番分かりやすいのは、「脳信号を解読してロボットアームを動かしたり、言葉を発したりする」ブレインマシンイン

Figure6 ピエール・ユイグの作品への協力



ターフェイス (BMI) だろう。すでにイーロン・マスクのニューラリンクは電極で脳信号を拾ってリアルタイムで解読する技術を確認し、サルに脳に電極を埋め込んで、サルが頭でイメージするだけでコンピュータのカーソルを動かせるまでに至っている。

「最初にそうしたBMIの恩恵を受けるのは、障害や病気で身体が思うように動かせない方々でしょう。ただ、一般の人もそのすぐ後に使い始めると思います」

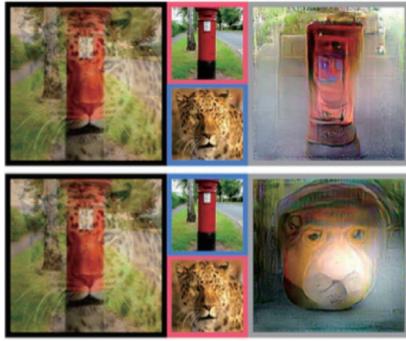
BMIを使えば頭で思い浮かべるだけで文字入力ができるので、キーボードで一文字一文字打つ煩わしさがなくなるなど多くの利点がある。5年以内には、便利さに引かれて人々がBMI用の電極を埋め込み始めるだろうと神谷さんはみている。

「生成AIが急激に発達して多くの人を使うようになるまでだって数年以内でしたから、それぐらいのスピード感でBMIが普及しても全然おかしくないですよ。イーロン・マスクは視力矯正手術のレーシックと同じぐらいの手軽さで電極が埋め込めるようになっていきますし」

神谷さんもこれまでBMIの研究を行ってきたが、BMIの本領は、単に「身体の介在なく、考えるだけで何かを動かせるようにする」だけではないだろうと考えている。

この先、脳内イメージ再構成の精度が上がれば、自分の身体によって表現しなくてはいけないという“身体のリミット”なしに、頭で思い描いているものを他者と共有することができるようになる。自分がイメージする建物の姿を建築家に伝えるために、言葉を使ったり模型を作ってもらったりする必要はない。自分が頭の中でこしらえたゲームの世界をメタバースのようなオープンスペースに表出し、人々に遊んでもら

Figure7 注意を向けた脳内イメージの再現



2つの画像が重なった画像(左)を見て、注意を向ける画像(中央赤枠)によって再構成した脳内イメージ(右)も変化した(Horikawa, Kamitani, CCN 2019; Communication Biology 2022)

うこともできるだろう。

神谷さんは個々人それぞれの脳内世界を「ニューロバース (neuroverse)」と名付けた。となれば、脳内イメージの読み出し技術はニューロバースを外在化するための技術、BMIは外在化したものを他者と共有するための技術、と定義できる。

映画「マトリックス」や「インセプション」では、仮想世界を多くの人が共有したり、脳の中を他者が読み出したり書き込んだりすることが可能な世界が描かれていた。それらが単なる空想ではない未来が、神谷さんには見えている。

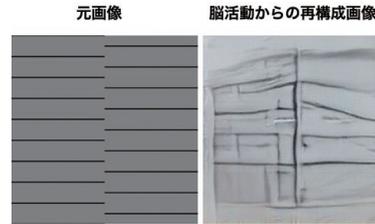
「そうならば、自分の脳を他者によって改変される可能性や人格が統合し切れなくなる危険性など、技術的・社会的に考えておかななくてはいけないこともいろいろ出てくるでしょう」

本人の許可なく脳内が読めるような事態はディストピアでしかないが、仮に合意の上であっても、広告やマーケティング、企業の採用活動などにおいて、活用される場面や悪用される場面はあり得るだろう。犯罪捜査や裁判で真実を明らかにするために脳の読み取り技術を用いることが倫理的に許されるかという議論も起こるかもしれない。

画像への注意を再現 錯視の再構成にも成功

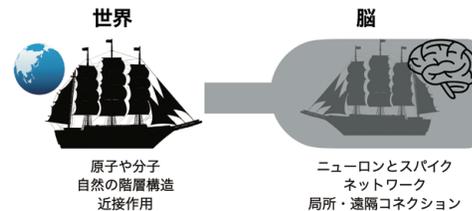
とはいえ、脳を読み取る研究はまだ、ようやく山の裾野に取り付いたところだ。神谷さんは目下、立体の再構成や、聴覚刺激によって脳内に現れる画像の再構成など、さまざまな脳情報デコーディングに精力的に取り組んでいる。

Figure8 錯視の再現



錯視を起こす画像を見たときの脳活動から再構成した画像には、錯視(この画像では中央に縦の線)が現れている(Chen, Horikawa, Majima, Aoki, Abdelhack, Tanaka, Kamitani, arXiv 2023)

Figure9 ニューロバース



脳は独特な仕方世界をコードしている
脳内世界モデル = 「ニューロバース」を外在化・共有できるか

「最初のDNNによる視覚像再構成は、実際に目にしてものを再構成するものでした。では頭で思い浮かべたイメージを脳内からどう取り出し、検証するか」

神谷さんは、二つの写真、例えば赤い円筒形の郵便ポストと大型ネコのヒヨウの顔の写真を重ね、被験者に見せて脳活動を測った。すると、郵便ポストに注意を向けてくださいと言われたときの脳活動からは赤く細長い物体のイメージが再構成され、ヒヨウの顔に注意を向けたときには動物の顔のようなイメージが再構成された。

「もし視覚刺激だけが再構成されているのであれば、両者が均等に重なった画像が出てくるはずですが、本人が注意を向けた方に近い画像が出てくるということは、私たちが再構成しているのは『目に映ったもの』ではなく脳の活動が表現する心の中のイメージだということになります」

最新の研究結果は「錯視」の画像再構成だ。実際には縦線がないのに線があるかのように錯覚する絵を見せると、脳活動からの再構成画像には、実際に見せた画像には存在しない縦線がはっきり現れている。もはや、脳内でイメージした画像の読み出しにはすでに成功していると言っていいだろう。

さて次は、何がどのように読み出されるだろう？ 夢の映像化だろうか。それとも脳内イメージのさらに精緻な再現だろうか。神谷さんの脳情報デコーディングは、多くの人が抱く「脳からいかに心が生まれるか」という問いに、新たなルートから迫っていく。

「2023年度 著書出版・海外学会等 参加助成」および 「第13回Nextcom論文賞」受賞者

2023年度 著書出版助成 受賞者 (五十音順) 助成金：各200万円

本助成は、情報通信に関する社会科学分野の学術出版を助成し、優れた研究成果の公的な流通を支援するものです。受賞者は、Nextcom監修委員会の推薦に基づき、公益財団法人KDDI財団が決定しています。

2023年度は、助成金(各200万円)を受けられる方が下記のように決定し、2024年2月20日に決定通知書が交付されました。

小西 葉子 氏 (こにし ようこ) 高知大学 教育研究部 助教

書名 『現代の諜報・捜査と憲法—自由と安全の日独比較研究—』(仮題)

概要 本書は、「諜報」「捜査」+「憲法」というテーマに関連して、2017年以降に公表した日独比較の研究論文を集約・加除修正した上で、体系性を持たせた法学の研究書である。

発行 法律文化社 (2025年4月30日出版予定)



山本 龍彦 氏 (やまもと たつひこ) 慶應義塾大学大学院 法学研究科 教授

書名 『デジタル空間の統治者：国家とデジタルプラットフォームの関係』(仮題)

概要 国家を海の怪獣リヴァイアサン、その強靱な対抗勢力となり得るデジタルプラットフォームを陸の怪獣ビヒモスにたとえ、デジタル空間の統治を巡る両者の関係を国際的な状況も踏まえて検討し、国家、デジタルプラットフォーム事業者、個人などがとるべき対応を提言する。

発行 慶應義塾大学出版会 (2024年10月31日出版予定)



2023年度 海外学会等参加助成 受賞者 (助成決定順)

海外で開催される情報通信に関わる国際会議、シンポジウムなどに参加する方を主な対象に、渡航費用などを助成するものです。受賞者はNextcom監修委員会の推薦に基づき、公益財団法人KDDI財団が決定しています。2023年度の受賞者には、以下の4名の方々が決定し、2024年2月20日に決定通知書が交付されました。



佐藤 信吾 氏
(さとう しんご)

大妻女子大学 社会情報学部 専任
講師

対象学会: The International
Association for Media and
History (IAMHIST2023) (2023
年6月20~22日 カナダ)



河又 貴洋 氏
(かわまた たかひろ)

長崎県立大学 国際学部 准教授

対象学会: International Tele-
communications Society (ITS)
European Conference 2023
(2023年6月19~20日 スペイン)



石橋 真帆 氏
(いしばし まほ)

東京大学 学際情報学府 博士後期
課程

対象学会: The 2023 Society for
Risk Analysis Annual Meeting
(2023年12月10~14日 米国)



Ornicha Boonpanya 氏
(オルニカ ブンパンヤー)

早稲田大学大学院 アジア太平洋研究
科 博士課程

対象学会: Sustainability in the
Digital Transformation
(2023年11月16~17日 デンマーク)

第13回Nextcom論文賞 受賞者 副賞: 30万円

Nextcom 論文賞は、若手研究者の方々を奨励するために設けられています。第13回の受賞者は、2022年12月のWinter号 (Vol.52) から2023年Autumn号 (Vol.55) までの1年間に、本誌に掲載された、おおむね45歳以下の著者による論文を対象に、Nextcom監修委員会が選考・決定しました。受賞者には、2024年2月20日、株式会社KDDI総合研究所から表彰状と副賞(30万円)が授与されました。

成原 慧 氏 (なりはら さとし) 九州大学 大学院 法学研究院 准教授

受賞論文 「メタバースのアーキテクチャと法
—世界創造のプラットフォームとそのガバナンス—」
(Nextcom Vol.52、pp24-32 掲載)

概要 メタバースの発展に伴い、バーチャルなアイテムや「土地」の売買に関する問題など、従来の仮想世界やオンラインゲームについて指摘されてきたのと同様の法的問題が生じるようになってきているのに加え、世界創造のプラットフォームとしてのメタバースに固有の法的問題が生じる可能性も議論されるようになってきている。そこで本稿では、メタバースに関する法的問題について、メタバースのプラットフォームとしての構造に着目するとともに、メタバースのアーキテクチャとそれに対する法規制を含むガバナンスの在り方に着目して、試論を展開する。



「Nextcom」 論文公募のお知らせ

本誌では、情報通信に関する社会科学分野の研究活動の活性化を図るため、新鮮な視点を持つ研究者の方々から論文を公募します。

【公募要領】

申請対象者：大学院生を含む研究者

*常勤の公務員（研究休職などを含む）の方は応募できません。

論文要件：情報通信に関する社会科学分野の未発表論文（日本語に限ります）

*情報通信以外の公益事業に関する論文も含まれます。

*技術的内容をテーマとするものは対象外です。

およそ1万字（刷り上がり10頁以内）

選考基準：論文内容の情報通信分野への貢献度を基準に、Nextcom監修委員会が選考します。

（査読付き論文とは位置付けません）

公募論文数：毎年若干数

公募期間：2024年4月1日～9月10日

*応募された論文が一定数に達した場合、受け付けを停止することがあります。

選考結果：2024年12月ごろ、申請者に通知します。

著作権等：著作権は執筆者に属しますが、「著作物の利用許諾に関する契約」を締結していただきます。

掲載時期：2025年3月、もしくは2025年6月発行号を予定しています。

執筆料：掲載論文の執筆者には、5万円を支払います。

応募：応募方法ならびに詳細は、以下「Nextcom」ホームページをご覧ください。

その他：1. 掲載論文の執筆者は、公益財団法人KDDI財団が実施する著書出版助成に応募することができます。

2. 要件を満たせば、Nextcom論文賞の選考対象となります。

3. ご応募いただいた原稿はお返しいたしません。

「Nextcom」ホームページ

<https://rp.kddi-research.jp/nextcom/support/>

問い合わせ先：〒105-0001 東京都港区虎ノ門2-10-4 オークラプレステージタワー

株式会社 KDDI総合研究所 Nextcom編集部

E-mail:nextcom@kddi.com

2024年度 著書出版・海外学会等参加助成に関するお知らせ

本誌では、2024年度も公益財団法人KDDI財団が実施する著書出版・海外学会等参加助成に、候補者の推薦を予定しています。

【著書出版助成】

助成内容：情報通信に関する社会科学分野への研究に関する著書

助成対象者：過去5年間にNextcom誌へ論文を執筆された方

助成金額：3件、各200万円

受付期間：2024年4月1日～9月10日（書類必着）

【海外学会等参加助成】

助成内容：海外で開催される学会や国際会議への参加に関わる費用への助成

助成対象者：情報通信に関する社会科学分野の研究者（大学院生を含む）*

助成金額：北米東部 欧州 最大40万円 北米西部 最大35万円 ハワイ 最大30万円
その他地域 別途相談（総額100万円）**

受付期間：随時受け付け

*常勤の公務員（研究休職などを含む）の方は応募できません。

Nextcom誌に2頁程度のレポートを執筆いただきます。

**助成金額が上限に達し次第、受け付けを停止することがあります。

推薦・応募：いずれの助成も、Nextcom監修委員会において審査・選考し、公益財団法人KDDI財団へ推薦の上、決定されます。応募方法ならびに詳細は、以下「Nextcom」ホームページをご覧ください。

「Nextcom」ホームページ

<https://rp.kddi-research.jp/nextcom/support/>

問い合わせ先：〒105-0001 東京都港区虎ノ門2-10-4 オークラプレステージタワー

株式会社 KDDI総合研究所 Nextcom編集部

E-mail:nextcom@kddi.com

自立しているものこそ、お互いに接触し、
頼るときは頼って生きている
……河合隼雄

「自立」は身を滅ぼす

高橋秀実

わが人生に悔いなし。
若い頃はそう思っていたのだが、還暦を過ぎた頃から、何やら悔いることばかりである。今頃になって、過ちに気がつく。なんであんなことを、と自責の念に駆られる。後悔先に立たず、とはこのことか。父の介護をしている時も、私はかつての失言を思い出した。

「俺は家を出る」

20歳になった私は両親にそう告げた。さらには「こんな甘ったれた生活をしていたら、俺はダメになる」と。いわば自立宣言。今後は自分で働いて学費も稼ぎ、自活すると宣言したのだが、父が「甘ったれたとは何だ！」と烈火のごとく怒った。怒る父に私も怒り、布団や服などをかき集め、友人の運転する車に飛び乗ったのだ。

あらためて反省するに、おそらく原因のひとつは「自立」という言葉だろう。私は人一倍自立心が強かった。とにかく早く自立したい、自立しなければ、

と焦っていた。小学校の学習指導要領*でも「自立」は目標とされるくらいで、正しい心掛けに思えるのだが、臨床心理学者の河合隼雄さん曰く、「(自立とは)必要な依存を受け入れ、自分がどれほど依存しているかを自覚し、感謝していること」**。人はひとりでは生きていないわけで、自立と依存は対義語ではない。依存の排除は自立ではなく孤立を意味するだけなのだ。

なるほど。

若い時にそう教えてもらいたかったのだが、よくよく考えると、依存の自覚が本当の自立だというのは腑に落ちない。自覚した依存も度が過ぎれば、開き直って依存に居座るわけで、とても「自立」とはいえないだろう。そこであらためて漢語の「自立」を調べてみると、その歴史は古く、『史記』などに頻出していた。驚くべきことに、その意味は「自分勝手に王となること」***。具体的には先代の王を殺すなどして王座につく。

article: **Hidemine Takahashi**

ノンフィクション作家。1961年横浜生まれ。東京外国語大学モンゴル語学科卒業。

『ご先祖様はどちら様?』で第10回小林秀雄賞、「弱くても勝てます」開成高校野球部のセオリー」で第23回ミズノスポーツライター賞優秀賞受賞。他の著書に「からくり民主主義」「趣味は何ですか?」「損したくないニッポン人」「定年入門」「悩む人」「道徳教室」など。近著は「おやじはニーチェ 認知症の父と過ごした436日」(新潮社)。

人々から支持されたり、親の跡を継ぐのでもなく、独力で王座につくことを「自立」というのだ。「不立楚後而自立 其勢不長」****と警告されるくらいで、自立して王になっても長続きしないという。いったん自立すると、手下の者たちも次々と自立を目論み、裏切りと殺戮の世になるからだ。

自立することなかれ。自立は巡り巡って身を滅ぼす、と『史記』は説いている。この際、学習指導要領も改訂してもらえないだろうか。

家出から数カ月後に私は帰宅し、母からお金を借りた。結婚してからは妻に依存して生きており、おかげで「自立」とはすっかり無縁である。

*『小学校学習指導要領(平成29年告示)解説生活編』文部科学省 平成29年7月

**『このころの処方箋』河合隼雄著 新潮文庫 平成10年

***『大漢和辞典 卷九 修訂版』諸橋轍次著 大修館書店 昭和60年

****『新釈漢文大系39巻 史記(二)』吉田賢抗著 明治書院 昭和48年

背景

河合隼雄(1928～2007年)は日本の臨床心理学の礎を築き、多くの著作を通じて心の問題への理解、その治療法の実践・普及に大きく貢献した。京都大学名誉教授。文化庁長官を務めた。

編集後記

今号の特集「Web3時代のコミュニティ分散型自律組織」はいかがでしたでしょうか？ 大地震で今年は波乱の幕開けとなってしまいました。関係する皆様方に心からお見舞い申し上げます。住み慣れた地域からの避難をはじめ、厳しく難しい選択を強いられる方々の報道を通じ、コミュニティの大切さを痛感しています。DAOを採用した疎開保険など災害に備えた取り組みも萌芽しています。こうした取り組みが人々に寄り添いながら早期に社会へ定着すればと祈るばかりです。次号は「医療データとその利活用」(仮)を取り上げます。ご期待ください。(編集長：吉原貴仁)

Nextcom (ネクストコム) Vol.57 2024 Spring
2024年3月1日発行

監修委員会

委員長 辻 正次(神戸国際大学 学長/大阪大学 名誉教授)
副委員長 川濱 昇(京都大学 大学院 法学研究科 教授)
委員 依田 高典(京都大学 大学院 経済学研究科 (五十音順) 教授)
菅谷 実(慶應義塾大学 名誉教授)
田村 善之(東京大学 大学院 法学政治学研究科 教授)
舟田 正之(立教大学 名誉教授)
山下 東子(大東文化大学 経済学部 教授)

発行 株式会社KDDI総合研究所
〒105-0001
東京都港区虎ノ門2-10-4 オークラプレステージタワー
URL: www.kddi-research.jp

編集長 吉原貴仁(株式会社KDDI総合研究所)
編集協力 株式会社ダイヤモンド社
株式会社メルプランニング
有限会社エクサビーコ(デザイン)
印刷 瞬報社写真印刷株式会社

本誌は、わが国の情報通信制度・政策に対する理解を深めるとともに、時代や環境の変化に即したこれからの情報通信制度・政策についての議論を高めることを意図しています。ご寄稿いただいた論文や発言などは、当社の見解を示すものではありません。

- 本誌は当社ホームページでもご覧いただけます。
<https://rp.kddi-research.jp/nextcom/>
- 宛先変更などは、株式会社KDDI総合研究所 Nextcom編集部にご連絡をお願いします。
(E-mail: nextcom@kddi.com)
- 無断転載を禁じます。



右側のQRコードからアンケートのご回答をお願いします。
回答期間は冊子の発行日から1年間です。
なお、アンケートには氏名など個人情報を記入しないようお願いします。



株式会社 KDDI 総合研究所
<https://www.kddi-research.jp>
ISSN 2434-6233

