

利用者名：コンピュータサイエンス学部 教授 細野 繁



Title:	Agentic DAO: Enabling Autonomic, Collaboration, and Trust-Based User Engagement
論文名 (和訳)	エージェント型 DAO による自律的・協調的・信頼基盤型ユーザー参加の実現
Authors:	安野裕貴 (東京工科大学 大学院生)、千田脩介 (東京工科大学 大学院生)、永田航要 (東京工科大学大学 学部生)、和泉大輝 (東京工科大学 学部生)、細野繁 (東京工科大学 教授)
Journal:	Procedia CIRP (Elsevier B.V.)
掲載年月	2026 年 6 月

研究概要：近年の分散システム設計の進展により、システムアーキテクチャは中央集権型のクライアント・サーバモデルから、組織間での幅広い協調を可能とする分散型フレームワークへと移行しています。分散型自律組織（DAO）は、ブロックチェーンを活用したガバナンスやトークンベースの取引を実現していますが、既存プラットフォームには二つの大きな課題があります。第一に、分散型認可機構が十分に整備されていないこと、第二に、大規模データ管理への対応が不十分であることです。

本論文では、マルチエージェントによる認可機構とスケーラブルなデータガバナンスをブロックチェーン中心のアーキテクチャに統合した次世代 DAO 基盤「Agentic DAO」を提案しました。本プラットフォームは、Graph Neural Network（GNN）を用いて取引の信頼性を予測する「Trust Scoring Agent」と、ブロックチェーンと IPFS ベースのストレージ間の整合性を維持する「Data Management Agent」を備えています。さらに、SoulBound Token（SBT）に基づく資格証明をガバナンス機構に導入することで、Sybil 攻撃を防止するとともに、公平な組織参加を実現します。

また、プロトタイプシステムを実装し、信頼性に基づくアクセス制御および堅牢なデータ同期機構の実現可能性を確認しました。実験の結果、Agentic DAO は従来の DAO モデルと比較して、透明性、拡張性、公平性を向上できることが示されました。これにより、分散型エコシステムにおける安全かつ協調的なユーザー参加を実現する有効な基盤となることを確認しました。

研究背景：近年、ネットワーク技術やブロックチェーン技術の発展により、従来の中央集権型のクライアント・サーバ型システムから、複数の組織や個人が対等な立場で参加できる分散型システムへの移行が進んでいます。その代表的な仕組みとして、分散型自律組織である DAO（Decentralized Autonomous Organization）が注目されています。DAO では、ブロックチェーン、スマートコントラクト、デジタルトークンを用いることで、中央管理者に依存せず、参加者間の投票、合意形成、価値交換を透明に実行できる可能性があります。しかし、既存の DAO には大きく二つの課題があります。第一に、参加者の信頼性に基づいてアクセス権限を判断する分散型の認可機構が十分に整備されていない点です。第二に、ブロックチェーン単体では大容量データの管理に適しておらず、IPFS などの分散ストレージと連携した場合にも、データの不整合を防ぐ仕組みが不十分である点です。本研究は、これらの課題を解決し、信頼性に基づく参加制御と大規模データ管理を両立する次世代 DAO 基盤を実現することを目的としています。

研究成果：本論文では、AI エージェントを DAO の中核機構として導入した次世代 DAO アーキテクチャ「Agentic DAO」を提案しました。従来の DAO が主にアプリケーション層とデータ層から構成されていたのに対し、本研究ではその中間にエージェント層を設け、ユーザーの信頼性評価、資格証明の発行、ブロックチェーンと IPFS 間のデータ整合性管理を行う構成を示しました。この設計により、従来は管理者が担っていた判断や調整の一部を、エージェントが自律的に代替できるようになります。

具体的には、ユーザーの過去の取引履歴や活動履歴をもとに信頼スコアを算出する Trust Scoring Agent を実装しました。このエージェントでは、ブロックチェーン上の取引関係をネットワークとして扱い、Graph Neural Network（GNN）、特に Variational Graph Auto-Encoder（VGAE）を用いてユーザー間の関係性を推定し、信頼性評価に活用しています。これにより、単純な中心性指標だけでは評価が困難なユーザーについても、多面的な信頼性評価を行える可能性を示しました。

また、SoulBound Token（SBT）を用いた Credential Management Agent を導入し、DAO 参加者の資格や信頼性を譲渡不可能なトークンとして証明する仕組みを提案しました。これにより、複数アカウントを用いて投票力を不正に増幅する Sybil 攻撃を抑制し、一人一票を基本とした公平なガバナンスを実現する基盤を示しました。

さらに、Data Management Agent により、ブロックチェーンと IPFS を連携させた大規模データ管理の信頼性を向上させました。実装では、Ethereum 互換の Go-Quorum と IPFS Kubo を用いた検証環境を構築し、NFT 発行時のコンテンツデータおよびメタデータ管理において、データ不整合が発生した場合にロールバックを行う仕組みを検証しました。その結果、従来の DAO における認可、信頼性評価、データ同期の課題に対して、Agentic DAO が有効に機能することを確認しました。

社会への影響： 本研究の成果は、企業や大規模プラットフォームに依存せず、複数の組織、個人、地域コミュニティが信頼に基づいて協働するための基盤技術として期待できます。従来のオンラインサービスでは、信頼性の確保やアクセス管理は主に中央管理者によって行われてきました。しかし、このような中央集権的な仕組みは、中小企業、個人事業者、地域団体、学生チームなど、小規模な主体が対等に参加する際の障壁となる場合があります。Agentic DAO は、AI エージェント、SBT、ブロックチェーン、IPFS を組み合わせることで、管理者に依存しない信頼形成と協働を支援します。

特に、SBT による参加資格の証明と、信頼スコアによる貢献度の評価を組み合わせることで、単に保有トークン数が多い参加者が意思決定を支配するのではなく、実際の活動履歴やコミュニティへの貢献を反映した公平な意思決定を可能にします。これは、Web3 サービス、地域共創プラットフォーム、共同研究コミュニティ、デジタルコンテンツ流通、分散型ナレッジ共有など、多様な分野に応用できる可能性があります。

また、提案システムは、提案資料や画像などの大容量データを IPFS に保存し、投票結果や NFT 発行記録をブロックチェーンに記録することで、意思決定過程や活動履歴を透明に保存できます。これにより、組織内の知識継承、説明責任の向上、第三者による検証可能性の確保にも貢献します。将来的には、DAO の運営状況や参加者の活動履歴を自動的にレポート化し、より透明性の高い分散型組織運営を実現する基盤として発展することが期待されます。

専門用語：

DAO (Decentralized Autonomous Organization : 分散型自律組織)： ブロックチェーンやスマートコントラクトを用いて、中央管理者に依存せず、参加者間の投票や合意形成によって運営される組織形態です。参加者は提案、投票、取引などを通じて組織運営に関与します。

Agentic DAO： 本論文で提案した、AI エージェントを組み込んだ次世代 DAO 基盤です。信頼スコアの算出、SBT による資格証明、ブロックチェーンと IPFS 間のデータ整合性管理をエージェントが支援することで、自律的で公平な DAO 運営を実現します。

ブロックチェーン： 取引データを複数の参加者間で分散的に管理する仕組みです。データの改ざんが困難であり、DAO における投票結果、取引履歴、NFT 発行記録などの透明な管理に利用されます。

スマートコントラクト： ブロックチェーン上で動作するプログラムです。あらかじめ定められた条件に基づいて、投票、トークン発行、資格確認、取引処理などを自動的に実行します。

SBT (SoulBound Token)： 譲渡できない NFT の一種であり、参加資格、会員証明、スキル証明、活動履歴などを表すために用いられます。本研究では、DAO 参加者の信頼性や資格を示す証明として活用しています。

Sybil 攻撃： 一人の参加者が複数のアカウントを作成し、投票権や発言力を不正に増幅する攻撃です。本研究では、SBT を用いて一人一票に近い公平な参加制御を実現することで、この問題の抑制を目指しています。

IPFS (InterPlanetary File System)： 大容量ファイルを分散的に保存・共有するためのファイルシステムです。ブロックチェーンが大容量データの直接保存に適していないため、本研究では画像やメタデータなどを IPFS に保存し、その参照情報をブロックチェーンと連携させています。

GNN (Graph Neural Network : グラフニューラルネットワーク)： ユーザー同士の関係や取引関係のようなネットワーク構造を扱うための機械学習手法です。本研究では、取引履歴からユーザー間の関係性を推定し、信頼スコア算出に利用しています。

信頼スコア： ユーザーの過去の取引履歴、活動履歴、ネットワーク上の関係性などをもとに、そのユーザーがどの程度信頼できるかを数値化した指標です。本研究では、DAO におけるアクセス制御や資格発行の判断材料として利用しています。