

ソフトウェアで定義 された垂直産業： オープンソースによる 変革 (2024)

テレコム、エネルギー、自動車、金融、農業、3D グラフィックス、映画業界において、イノベーションのスピード、相互運用性、コストがいかに共有ソフトウェア作成の最大の推進力となっているか。

A Publication of The Linux Foundation | 2024 年 6 月

Sponsored by  **LFENERGY**

目次

概要	04
協力の原動力	06
テレコミュニケーション	07
エネルギー	18
Automotive	29
Project Spotlight: Zephyr	33
金融.....	36
農業	43
メディアとエンターテインメント	46
結論	56

「イノベーションが民主化されつつあるというのは、製品やサービスの利用者（企業や個人消費者）が自らイノベーションを起こせるようになってきているということです。ユーザー中心のイノベーション プロセスは、何百年もの間、商業の主役であったメーカー中心のイノベーション開発システムに対して大きな利点をもたらします。イノベーションを起こすユーザーは、（しばしば非常に不完全な）代理人としての役割をメーカーに頼るのではなく、自分たちが望むものを正確に開発することができるのです。」

— Eric von Hippel, Democratizing Innovation

概要

金融、テレコミュニケーション、エネルギーなど、世界で最も規模が大きく、最も規制が厳しく、最も複雑で、何世紀もの歴史を持つ産業と、映画産業のような急速な発展を遂げ、最先端の革新的で創造的な産業との間に、どのような共通点があるのでしょうか？

これらの企業はいずれも、オープンソース ソフトウェア (OSS) への依存度を高めており、研究開発や開発モデルの基盤にオープンソースを組み込んでいます。今日、世界経済のほぼすべての産業部門が、オープンソース コードをコードベースに含むソフトウェアやハードウェア製品に依存しており、プロプライエタリなコードに対するオープンソースの割合は増加しています。

最近の McKinsey & Co. のレポートによると、ソフトウェアの消費量の増加に加え、ある業界の上位 4 分の 1 の企業の「最大の差別化要因」は「オープンソースの採用」であり、企業はユーザーから貢献者にシフトしています。実際、同レポートのデータによると、上位 4 分の 1 の企業がオープンソースを採用した場合、イノベーションに与える影響は他の 4 分の 1 の企業の 3 倍に上ります。



業種別にスキャンしたコードベース
出典：シノプシスによる 2023 年
OSSRA レポート

2015 年、国連は「持続可能な開発のための 2030 アジェンダ」において 17 の持続可能な開発目標 (SDGs) を発表しました。この取り組みにおけるオープンソースの関連性は明らかでした：国連グローバルコンパクトは、デジタル技術、特にオープンソースが国連 SDGs の達成に役立つと述べています。

Linux Foundation の役割

過去 20 年以上にわたって、[Linux Foundation は Linux カーネルという単一のプロジェクトから、数百もの異なるプロジェクト コミュニティへと拡大してきました。](#) Linux Foundation が開発した「foundation as a service」モデルは、クラウド、セキュリティ、ブロックチェーン、Web などの主要な水平技術領域でオープンソースに取り組むコミュニティをサポートしています。

LF がホストするプロジェクトコミュニティは、産業界がますますソフトウェアで定義されるよう支援する最前線にあります。セキュアでスケーラブルなデータネットワークに対する世界的な需要への対応から、規制に関する共通の課題を解決するスタンダードの作成まで、業界に特化したオープンソース プロジェクトは、共通でアクセス可能、セキュアでコスト効率に優れたソリューションを実現し、すべての人に共通の価値を生み出します。

Linux Foundation の調査によると、オープンソース テクノロジーのスキルに対する需要は増加し続けています。2023 年には、累計受講者数が 300 万人を超え、毎週平均 1,000 人以上が LF トレーニングの試験を受験しています。

共に学ぶ

多くの Linux Foundation プロジェクト コミュニティは、垂直的な業界グループの枠を超えて連携しています。これらのプロジェクトは、Linux Foundation に中立的な場所を求める個々の取り組みとして始まったかもしれませんが、多くのプロジェクトは、互いに協力し、学び合うことが非常に有益であることに気づきました。サイバーセキュリティと人工知能 (AI) は、デジタル経済のあらゆる分野でますます不可欠になっており、ある垂直部門での成功が別の垂直部門でのイノベーションにつながる可能性があります。例えば、エネルギー分野は、テレコミュニケーション分野と同様の、実証済みの軌道をたどっています。このような場合、OSS のベストプラクティスは、これらの産業が潜在能力をフルに発揮し、ソフトウェアで定義された未来に向かうよう導きます。

本稿では、Linux Foundation がサービスを提供している主要な業種別イニシアチブを掘り下げます。注目すべきオープンソース プロジェクトをハイライトし、100 年以上の歴史を持つこれらの主要産業が OSS を使用して変革した理由を説明します。

垂直的な産業がオープンソースで協力する原動力は何か？

多くの垂直型産業は、常に革新を迫られています。それでも、サプライチェーン、多様な顧客の要求、規制、そしてリーダーシップが思い描くような複雑なビジネスのすべてをこなす人材の不足という課題があります。組織によっては、これまでと同じことを繰り返しながらも、同業他社よりも速く、より多くの投資を行うことを選択するところもあります。そのような組織は、自社が優位に立てると考える中核的な競争優位性を中心に、戦略的フレームワークを構築することがよくあります。

企業によっては、自社のビジョンを異なる方法で実行することを選択し、多くの場合、ソフトウェアを利用して自社のプロセスや資産を再定義します。ビジネスの中核を API や機能、クラウド資産に変換するのです。これらのプロセスや資産がソフトウェアで定義されると、企業は多くの場合、さまざまなビジネス機能を統合する機会を見出します。この傾向は、テレコミュニケーションにおける音声、テキスト、データ、インターネットの融合で世界が見たものと似ています。

「このデータから、上位 4 分の 1 の企業がオープンソースを採用した場合、他の 4 分の 1 の企業と比較して、イノベーションに与える影響が 3 倍になることがわかります。」

— McKinsey & Co.

組織の中核となる戦略機能がソフトウェア定義モデルに移行すると、多くの企業はソフトウェア開発者への依存度が高まることに気づきます。少なくともあるハイテク業界のアナリス

トは、この認識を“[The New Kingmakers](#)”と呼んでいます。Software-Defined インフラストラクチャへのこの変化は、垂直型産業組織にとって根本的な変化です。

テレコミュニケーション

LF ネットワークと関連コミュニティ

1 世紀半が経過した現在、エンドユーザー主導のイノベーション、業界のコラボレーション、そしてオープンソースによって実現されたテクノロジーの融合により、テレコミュニケーション業界におけるイノベーションのペースは急速に加速しています。ネットワーキングは、シンプルな Web トランザクションから複雑なサービスチェーンに至るまで、現代の通信に普遍的な統一技術として、他の産業分野にまたがっています。現在、世界最大手のテレコミュニケーション企業の中には、オープンソースのネットワーキング製品の開発に参加し、新たなテクノロジー製品やビジネスモデルと歩調を合わせてネットワークが進化するようになっている企業もあります。

しかし、これまでテレコミュニケーション ネットワークは、ベンダー主導で独自性が高く、標準ベースのブラックボックス機器が世界的に展開され、動きが鈍かったのです。デジタル社会と経済におけるネットワークの重要性と、クラウドネットワークとの統合によってもたらされるビジネスチャンスを認識し、通信業界は現在、世界中で数千億ドル規模の大規模な設備インフラ投資を進めています。

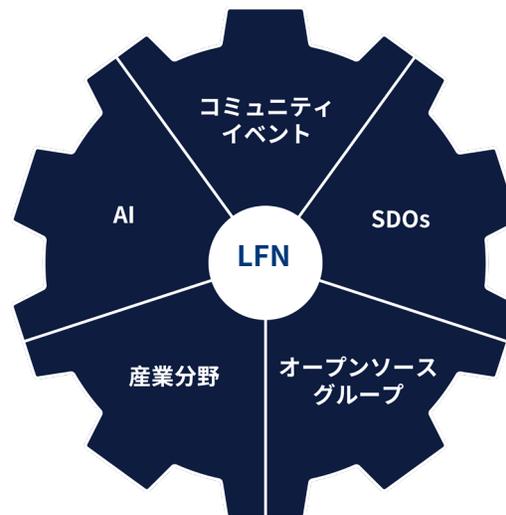
通信事業者は独自のネットワーク ハードウェアから離れ、Software-Defined モデルを採用し、サイロ化されたネットワーク ソフトウェア スタックを開発することで「単独で」必要な労力、複雑さ、コストを回避しようとしています。通信事業者は互いに熾烈な競争を繰り広げていますが、クラウドネイティブ、6G/NextG、AI ネイティブネットワーク、さらにその先への移行に伴い、同じような問題を解決しようとしています。

2013 年、Linux Foundation は Software-Defined Networking (SDN) コントローラである OpenDaylight を作成することで、この変革を可能にする最初の OSS プロジェクトをホストしました。2017 年、世界的な通信事業者である AT&T と China Mobile が、ネットワークの自動化という同じ「未分化」の問題を解決していることに気づき、力を合わせて Open Networking Automation Platform (ONAP) プロジェクトを立ち上げ、その直後に Linux Foundation Networking (LFN) プロジェクトの傘下が形成されました。設立当初、LFN は Linux Foundation によってすでにホストされていた既存のネットワーキングコントローラ nuket、FD.io、OpenDaylight、ONAP など、すべてネットワーキングスタックのさまざまなレイヤで課題解決に取り組んでいる) を包含し、エンドユーザー主導のイノベーションの新時代を築きました。

LFN は、Linux Foundation の最初のプロジェクトアンブレラの 1 つです。そのソフトウェアとプロジェクトは、サービスプロバイダ、クラウドプロバイダ、企業、ベンダー、システムインテグレータにまたがるネットワークインフラとサービスの基盤を提供し、迅速な相互運用性、展開、採用を可能にします。

現在、LFN は、クラウドからコア、そしてそれ以上に至るまで、オープン ネットワーキング スタック全体を統合するコラボレーション ハブの役割を果たしています。LFN は、公式傘下で 10 以上のプロジェクトをホストし、Linux Foundation エコシステム内外の無数の関連オープンソース グループ (Linux Foundation の Sylva、SONiC、CAMARA、O-RAN Software Community (SC)、Open Compute Project や IOWN Global Forum などの業界グループ) と緊密に連携しています。

LFN はスタックを統合するコラボレーションハブです



スタック全体にわたる業界のコラボレーションハブとしての LFN の役割は、業界横断的なネットワーク変革において極めて重要です。

クラウドネイティブへのシフト

通信ネットワークは、より多くのトラフィックを処理し、より多くの周波数を消費し、より広範な技術を統合するために構築されるため、構築と維持に非常にコストがかかります。あらゆるデジタルコンテンツに対する消費者の需要は、TikTok などのアプリから生成されるモバイルトラフィックとともに、年々増加し続けています。このため、通信事業者はネットワークの効率、容量、能力を継続的に増強する必要があります。従来の「ビジネス」からの脱却を目指す企業は、コラボレーション、イノベーション、共通の目標に向けた取り組みの方法としてオープンソースを採用しました。このアプローチにより、通信事業者はより俊敏で柔軟な自動化を実現し、オープンソース上に構築されたエコシステムとの相互運用性を高めています。

クラウドコンピューティングの台頭は、ほぼすべての企業の業種に変化をもたらし、現在のグローバル ネットワークにも変革をもたらしました。現在、ネットワークアーキテクトは、クラウドコンピューティングをネットワーク戦略全体に統合する際に、プライベートクラウド、パブリッククラウド、ハイブリッドクラウドのいずれかを自由に選択する必要があります。

Amazon や Google のようなクラウドサービスプロバイダは、通信ネットワークを通じて顧客リーチと収益機会を拡大しようとしており、同時に通信事業者は、自社の製品にクラウドベースのサービスのパワーを活用し、企業の需要と収益を生み出そうとしています。この「協調競争」がどのように展開されるかが、今後の業界にとって重要な鍵となるでしょう。

このようなネットワークの変革は、プログラマティックで反復可能な方法でワークロードを大規模に開発、構築、デプロイするクラウドネイティブアプローチによってのみ可能になります。[CNCF](#) によると、クラウド ネイティブのテクノロジーとアーキテクチャは通常、コンテナ、サービスメッシュ、マルチテナント、マイクロサービス、Immutable インフラストラクチャ、サーバーレス、宣言型 API の組み合わせで構成されます。クラウド ネイティブ ネットワークとオープンで健全なエコシステムへの真の変革には、クラウド ネイティブ ネットワーキングをエンドツーエンドで使用することが必要です。このアプローチは健全な SDN エコシステムに必要なアプリケーションが安全で、回復力があり、管理可能で、持続可能で、観測可能な方法で相互運用するシステムを保証するのに役立ちます。

[Nephio](#) プロジェクトは、Kubernetes ベースのクラウドネイティブintent自動化を大規模なクラウドとエッジのデプロイメントに使用し、従来のネットワークとクラウドネイティブアプローチのギャップを埋める素晴らしい例です。Nephio は Google によって開発され、Linux Foundation に寄贈され、現在は LFN の傘下にあります。Nephio は、クラウドとネットワークインフラストラクチャの導入コストを削減する真のクラウドネイティブアプローチで、基盤となるクラウドインフラストラクチャのプロビジョニングを含め、ネットワーク機能の本番環境への迅速なオンボーディングを可能にします。

クラウドネイティブ アプローチをさらに推進するため、LFN は CNCF とのパートナーシップのもと、2023 年に [Cloud Native Telecom Initiative \(CNTI\)](#) を立ち上げました。このイニシアチブは、LFN と CNCF の通信ネットワークとクラウドネイティブのオピニオンリーダーを結集し、ベストプラクティス、テストカタログ、認証を通じて、クラウドネイティブネットワークの信頼性と採用を促進するという同じ目標に向かって協力しています。

ネットワーク API とプログラマビリティ

API は、アプリケーションがネットワーク インフラストラクチャと動的にやりとりできるようにすることで、ネットワークプログラマビリティを実現します。アプリケーション間の相互運用性を確立することで、システム設計者はいつでも特定のニーズに適したソフトウェア スタックを組み立てることができます。例えば、API は、ネットワーク パフォーマンスや潜在的なシステム ボトルネックなどを示すテレメトリー データにアクセスするための構造化された方法を提供します。このデータを利用することで、アプリケーションはネットワーク全体の負荷分散などのより良い意思決定を通じてパフォーマンスを向上させることができます。API はまた、新たな収益を生み出すサービスを可能にすることで、通信事業者や企業顧客の収益化を促進します。

「わずか12ヶ月という短期間で、(Open Gatewayは)力強い成長を遂げました。現在、モバイル接続の65%以上に相当する240社近くの事業者がOpen Gatewayに参加しています。40の事業者が90以上のCAMARA APIを商業的に立ち上げ、すぐに利用できるようになっています。」

— Mats Granryd, director general, GSMA

CAMARA プロジェクト

CAMARAはLinux Foundation内のオープンソースプロジェクトで、APIの定義、開発、テストを行っています。CAMARAは、GSMA Operator Platform Groupと緊密に連携し、API要件を調整し、API定義を公開し、(サービスおよびサービス管理)APIを作成します。APIの整合性は、開発者フレンドリーなドキュメントとともに、迅速かつアジャイルに作成された作業コードによって達成されます。ネットワークAPIを介して公開される機能をオンデマンドで安全かつ制御された方法で公開することで、オペレータネットワークをサービスイネーブルメントプラットフォームに変革する道が開かれ、アプリケーションとネットワークの統合が容易になります。これは、5G+時代に強化され、サービスに合わせた顧客体験を提供するための鍵となります。言い換えれば、この作業は、通信、クラウド、エッジにわたる最新のネットワーク環境の可能性を最大限に引き出すために不可欠です。

AI

インテリジェントネットワーキングとAIの未来は、新しいプロジェクトや既存のプロジェクトに貢献しようとする個人や組織の手の中にあります。ネットワーク構築、ネットワーク技術開発、ネットワークサービス利用のいずれに携わるにせよ、AIを中心としたオープンソースプロジェクトへの貢献は、インテリジェントネットワーキングの未来を形作る教育的でやりがいのある方法です。

進化し続けるテクノロジーの世界では、OSSプロジェクトやイニシアチブが極めて重要な役割を果たしています。その起源と現状を理解することは、OSSがインテリジェントネットワーキングがもたらす課題にいかにか効果的に取り組むことができるかを理解する上で極めて重要です。

いくつかのオープンソースイニシアチブが、ネットワークAIソリューションへの道を開いてきました。これらのプロジェクトは、すでに確立されているか、活発に開発中であり、インテリジェントネットワーキングの基盤を形成しています。



業界では、エンタープライズへの具体的なネットワーク産業のシフトが、すでに実現しつつあります：ウォルマートが2021年に他の大手ハイテク企業の支援を受けて Linux Foundation に寄贈した L3AF プロジェクトは、eBPF ネットワーキング アプリケーション プログラムのライフサイクル管理により、サービスとしてのカーネル機能を実現します。

これらの基盤を活用することで、LFN は、OSS が来るべきネットワーク世代のために AI の可能性を解放する原動力となる未来を描いています。ネットワーク業界では、特定の AI 技術はそのドメインに特有のものであり、既存の OSS プロジェクトはこのような固有の要件に対応する必要があります。同時に、AI 主導のネットワーキングに不可欠な、より汎用的なテクノロジーも、より広範な AI OSS コミュニティから生まれるでしょう。この2つの領域のコラボレーションが、ネットワーキング技術の未来を形作るでしょう。

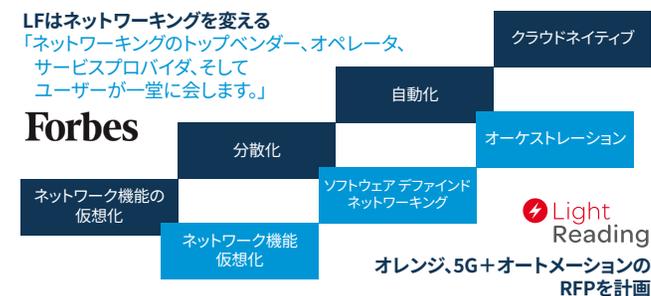
OSS と Networking AI Layers

- **データモデルとインフラ**：OSS プロジェクトは、基礎となるデータモデルの共通理解を構築し、インフラの青写真を開発することに貢献します。
- **統合と相互運用性**：既存のプロジェクトは、多様なネットワーキング コンポーネント間のギャップを埋め、シームレスな統合を実現します。
- **セキュリティとレジリエンス**：OSS イニシアチブは、セキュリティの実践とレジリエンス メカニズムを強化します。
- **AI アルゴリズムとフレームワーク**：より広範な AI コミュニティは、ネットワーキングの目的に活用できる一般的な AI 技術を提供しています。

LFN とオープンソースは、インテリジェントネットワーキング技術の発展において極めて重要な役割を果たして

います。LFN 内の主要プロジェクトは、データモデル、インフラ、統合設計図など、さまざまな側面に焦点を当てています。LFN が 2024 年 4 月に発表したホワイトペーパー「[Intelligent Networking, AI and Machine Learning for Telecommunications Operators](#)」（通信事業者のためのインテリジェントネットワーキング、AI、機械学習）」は、これらのトレンドに関するより深い洞察を提供しています。

テクノロジーの破壊



LFN はテレコミュニケーション業界をどう変えたか

業界では過去 5 年間、ネットワークの自動化、5G/6G、AI/ 機械学習 (ML)、エッジ、オープン無線アクセスネットワーク (RAN) において、オープンソースが多大な支持を受けてきました。これはまさにエンド ユーザー主導のイノベーションですが、ちょっとした工夫があります。通信事業者、そのベンダー、システムインテグレータが、ETSI、MEF、3GPP、TMF、GSMA、O-RAN などのスタンダードを実装することで調和を図りながら、グローバルな共同作業を行っているのです。

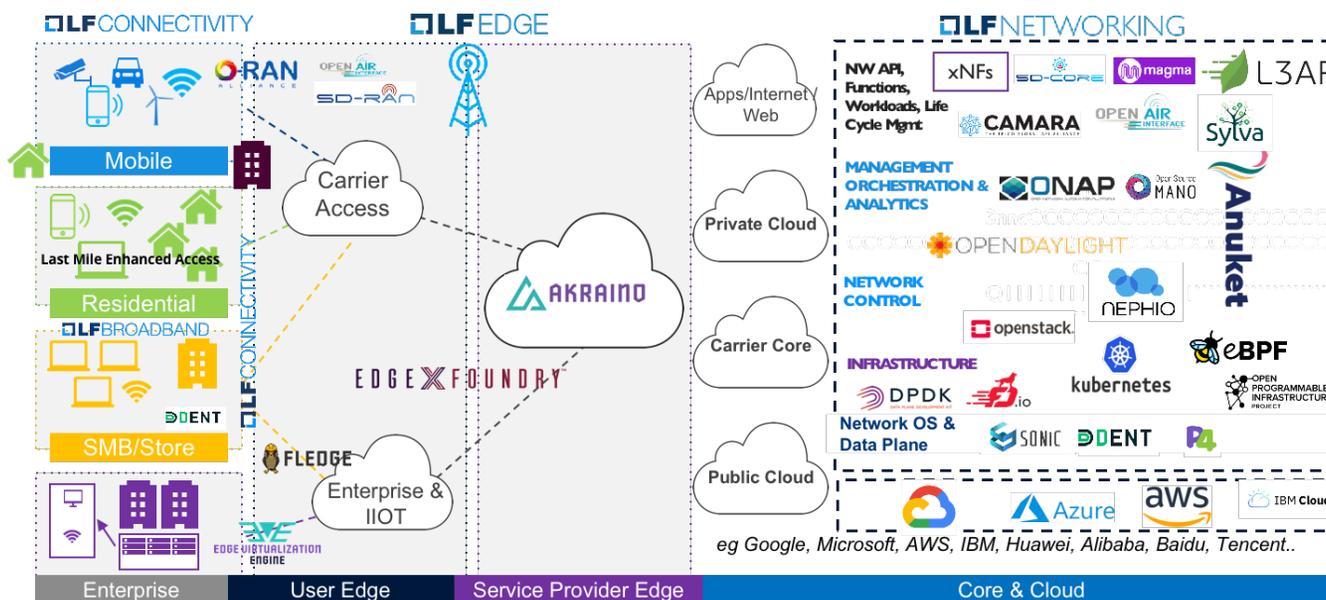
現在、LFN のオープンソース ネットワーキング プロジェクトは、オープンで中立的なガバナンスで作成されたソフトウェアの完全なネットワーク スタックを提供しており、プロバイダは相互運用性のコストを削減しながら、ネットワークを自動化し、数年ではなく数週間や数か月で革新を実現できます。

現在、焦点は明らかに、1つの問題を解決したり1つのドメインに対処したりする特定のプロジェクトから、完全なサービスを提供するエンドツーエンドの統合プロジェクトに移っています。[5G スーパー ブループリント](#)のようなイニシアチブは、さまざまなオープンソース プロジェクトを使用して、高度な自動化で5G とエッジ コンピューティングの可能性を実現するネットワーク アーキテクチャを構築する方法を示すことで、中心的な役割を果たしました。この「スーパー ブループリント」アプローチは、エンタープライズ ネットワーキングなど、より広範なユースケースへと発展していくことが期待されています。

クロススタック インテグレーション

最新の通信プロバイダのインフラストラクチャを支えるオープンネットワーキングの「スタック」を視覚化すると、多くの要素が LFN と Linux Foundation が主催するプロジェクトによって実現されていることがわかります。多様なメンバーに支えられたこれらのプロジェクトは、業界標準化団体、業界コンソーシアム、他のオープンソースコミュニティ、オープンハードウェアイニシアチブとの緊密な連携だけでなく、業界の協業を可能にしています。

この図は、エンド ツー エンドのソリューションというオープンソースのビジョンが業界全体でどのように実現されているかを示しており、実際に導入される事例が増えています。



オープンソース ネットワーキング とエッジ エコシステム スタック をエンドツーエンドで提供

LFN の展開

  <p>OpenDaylight は Verizon の土台となる方向性のある SDN コントローラで、ネットワーク全体で 2 つのユースケースが稼動しています。将来の統合は異なるタイプのデータモデリングテクノロジー、オープン API、レストプラットフォーム等を含みます。</p>	  <p>Netgate と Intel の Arkansas State University Three Rivers のユーザーストーリーは、FD.io Vector Packet Processing (VPP) に基づいて、学生に実世界のコンピューティングインフラとデータ、インターネット、その他のリソースへのリアルタイムアクセスを提供する方法について説明しています。</p>	  <p>Capgemini は、新しいプライベート 5G ネットワークの RAN とコアを必要とする日本の大企業のお客様からアプローチを受けました。彼らは、IoT とモバイルブロードバンドのユースケースのために、5G Super Blueprint の作業に基づいて構築することを選択しました。</p>	   <p>Walmart は、オープンソーステクノロジーを活用して、巨大なネットワークインフラストラクチャを効率的に管理しています。Enterprise SONiC をデータセンターに大規模に導入しており、店舗、配送センター、キャンパス、そしてそれ以上の場所での利用を検討しています。LFN の L3AF も導入されており、Walmart の観測可能性、ネットワーク機能、セキュリティ、ビジネスインパクトにとって極めて重要です。</p>
---	---	--	---

LFN プロジェクトが本番環境でどのように展開されているのか、[さらに詳しい事例をご覧ください](#)。

通信は転換期を迎えており、現在では幅広い業界組織がオープンソーステクノロジーのメリットを本番環境で享受し、CAPEX、OPEX、R&Dなどを節約しています。

LFN のプロジェクトと取り組み



- **Anuket:** Anuket は、共通モデル、標準化されたリファレンス インフラ仕様、仮想化およびクラウドネイティブ ネットワーク機能のコンフォーマンスおよびパフォーマンス フレームワークを提供し、本番環境への迅速かつ堅牢な導入を可能にし、コストを削減し、通信のデジタル変革を加速します。



- **CNTI (an LFN initiative):** Cloud Native Telco Initiative (CNTI) は、通信事業者のネットワーキングとクラウドネイティブのオピニオンリーダーを集め、クラウドネイティブ ネットワーキングの信頼性と採用を促進します。



- **FD.io:** FD.io (「Fido」と発音) は、動的なコンピューティング環境のためのオープンソースの高性能 I/O サービスフレームワークです。その VPP プラットフォームは、データプレーンのリーダーシップとデプロイメント効率を高めます。



- **L3AF:** L3AF のビジョンは、eBPF プログラム (カーネル関数) のマーケットプレースを作り、ユーザーや開発者が自分の署名付きカーネル関数を共有したり、他のユーザーからカーネル関数をダウンロードできるようにすることです。



- **Nephio:** Nephio は、クラウドのシンプルさと柔軟性を通信の信頼性と接続性と融合させ、堅牢でクラウド ネイティブなインテントオートメーションを提供します。Nephio は、主要なネットワークサービスを提供することで、通信事業者と企業間のギャップを埋める軽量の Kubernetes アドオンとして機能します。



- **OpenDaylight:** OpenDaylight はあらゆる規模とサイズのネットワークをカスタマイズし自動化するためのモジュール式のオープンソース SDN プラットフォームです。



- **ONAP:** ONAP は、ネットワーク事業者、クラウドプロバイダ、企業向けのネットワークおよびエッジコンピューティングサービスのオーケストレーション、管理、自動化のための包括的なプラットフォームです。オペレータが特定のニーズに基づいてカスタマイズされたソリューションを作成するために調整することができるコンポーネントのデータベースとして機能します。



- **XGVela:** XGVela は、アプリケーションと通信ネットワーク機能のためのオープンソースのクラウドネイティブ PaaS で、新しいサービスを可能にし、モバイル事業者が 5G 時代の垂直産業からビジネスチャンスをつかむのを支援します。



- **5G Super Blueprint (an LFN initiative):** 5G Super Blueprint は、広帯域、低遅延、スケーラブルでコスト効率の高いデジタル ネットワーキング インフラを完備し、エンドユーザー デバイスからクラウド アプリケーションの送り先に至るトータルソリューションを提供する方法について、グローバル通信プロバイダと企業に完全なアーキテクチャを提供します。

その他のネットワーキング エコシステム プロジェクト



- **CAMARA:** CAMARA は Linux Foundation が主催するオープンソースのネットワーキング API プロジェクトで、アプリケーション内からネットワーク上の変更に直接影響を与えるために組み合わせることができます。



- **DENT:** DENT は、Linux Foundation でホストされている Linux カーネル、Switchdev、およびその他の Linux ベースのプロジェクトを利用したオープンソースのネットワークオペレーティングシステムです。



- **Data Plane Development Kit:** Data Plane Development Kit (DPDK) は、様々な CPU アーキテクチャ上で動作するパケット処理ワークロードを高速化するライブラリで構成されています。

LF CONNECTIVITY

- **Linux Foundation Connectivity:** Linux Foundation Connectivity は、Linux Foundation のオープンソース プロジェクトで、新たなネットワークおよびコネクティビティ アプリケーションを加速するテクノロジーの推進に重点を置いています。



- **Open Programmable Infrastructure (OPI):** OPI プロジェクトは次世代アーキテクチャとフレームワークのためのオープンなエコシステムを提供します。OPI の目的は、DPU/IPU のような技術をベースとした次世代アーキテクチャとフレームワークのための、コミュニティ主導のスタンダードベースのオープンエコシステムを育成することです。



- **O-RAN SC:** O-RAN SC は、O-RAN Alliance と Linux Foundation のコラボレーションで、RAN 向けのソフトウェア開発をサポートすることを使命としています。O-RAN SC は、パフォーマンス、規模、3GPP との整合性といった課題に取り組みながら、他の LF ネットワークプロジェクトを活用する予定です。



- **Paraglider:** Paraglider は、クラウドネットワークを構成するためのクロスクラウドコントロールプレーンで、シングルおよびマルチクラウドネットワーキングの構築と管理を簡素化することで、クラウドネットワーキングを進化させることを目的としています。



- **SONiC:** SONiC は、Linux ベースのオープンソースネットワークオペレーティングシステムで、複数のベンダーや ASIC の 100 種類以上のスイッチ上で動作します。最大手のクラウドサービスプロバイダのデータセンターで実運用に耐えるネットワーク機能一式を提供します。



- **Sylva:** Sylva プロジェクトは、新しいオープンソースのプロダクショングレードの通信事業者向けクラウドスタックを構築することを目的としています。Sylva の共通クラウドソフトウェアフレームワークと隣接するリファレンス実装は、通信およびエッジ サービス向けのクラウド インフラレイヤの断片化を削減します。

今後の展望

オープンソースのアプローチとコードは、ネットワーキング スタック全体で引き続き支持を集め、採用されています。

O-RAN は、通信事業者の相互運用性、仮想化、分散化されたハードウェアおよびソフトウェアソリューションにとって、最終的なフロンティアの一つです。O-RAN を採用することで、ネットワーク事業者は従来のクローズドでプロプライエタリなネットワークアーキテクチャから解放され、異なるベンダーのコンポーネントを選択して統合することができます。

[O-RAN SC](#) はこの実現に貢献しています。

成長と統合のもう一つの分野は、ネットワークエッジに見られます。コンピューとストレージを、データを生成するデバイスとそれを消費するエンドユーザーに近づけることには、多くの利点があります。現在、パフォーマンスを向上させ、レイ

テンシを削減し、リアルタイムでシステムに関する洞察を提供するエッジテクノロジーを活用する企業が増えています。AI ワークロードは、エッジコンピューティングがネットワークと協調して最適なパフォーマンスと効率を実現できることを示す好例です。近い将来、AI ワークロードが原動力となり、エッジとネットワーキングのテクノロジーに新たな相乗効果の機会が生まれることが期待されます。

ネットワークは、超低レイテンシーと高帯域幅の要求を特徴とするこれらのユースケースに適応する必要があります。そのためには、エッジにおけるコンピューとネットワーキングのパワーを増やし、高度に分散化されたネットワークが必要になります。LFNと LF Edge はすでにこのようなユースケースに対応しており、将来的にはこのアーキテクチャが主流になると思われます。

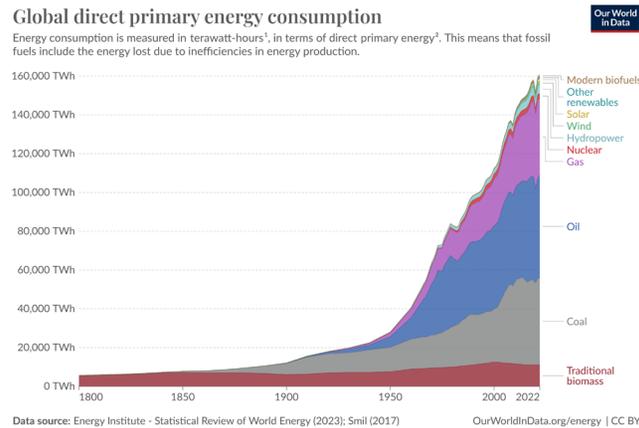
エネルギー

LF Energy

1882年9月4日、トーマス エジソンはロウワーマンハッタンのパールストリート駅で、相互に接続された発電機のスイッチを入れ、アメリカ初の電気網に火を灯しました。1800年代後半から20世紀半ばにかけて、私たちは化石燃料から電子を動力源とする技術革新の大波を経験し、あらゆる産業の経済成長を加速させ、150年にわたる繁栄をもたらしました。

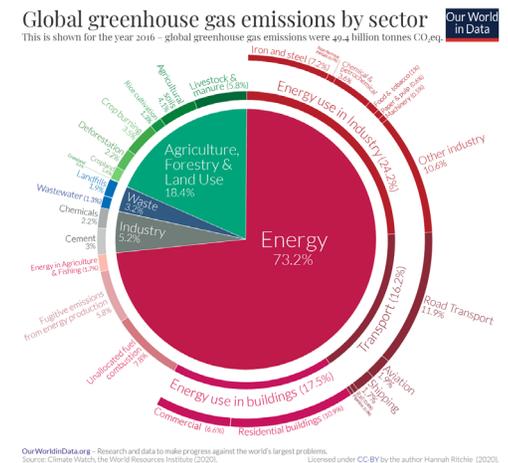
その繁栄に伴い、世界ではエネルギー生産部品、特に炭素系燃料の需要が大幅に増加しました。その結果、エネルギー産業は毎年かなりの炭素排出量を生み出しています。

COVID-19の大流行により2020年に若干の落ち込みがあったことを除けば、化石燃料の消費量はここ数十年で飛躍的に伸びています。



Global energy consumption by carbon fuel source.¹

世界の炭素排出量の4分の3近くは、電気、熱、輸送などのエネルギー部門によるものです。



Sources of highest CO₂ emissions.²

21 世紀、私たちは炭素集約型燃料の使用がもたらす予期せぬ結果に直面しています。現在、私たちは、火災、干ばつ、ハリケーン、洪水、極氷の融解の急速な加速に見られるように、気候の混乱を引き起こしている CO2 排出の影響を発見してい

ます。このような環境の変化により、現実の経済的影響がもたらされています。エネルギー産業に携わる国や組織は、緊急の集団行動を呼びかけています。

「エネルギー転換には、デジタル化と、共有された問題に対するオープンなコラボレーションが必要であり、イノベーションを加速させる最善の方法であることが証明されています。これは数十年にわたる取り組みであり、私たちはまだ始まったばかりです。」

— Alex Thornton, Executive Director, LF Energy

LF Energy (LFE) は、イノベーションと相互運用性を確立することで、エネルギー分野の脱炭素化を可能にする技術エコシステムを構築するというビジョンを掲げ、故 [Shuli Goodman 博士](#) によって 2018 年に設立されました。これには、大規模グリッド、マイクログリッド、分散型エネルギー資源と蓄電、電気自動車 (EV) などでエネルギーを生産、伝送、分配、使用する人々が使用する技術スタック全体が含まれます。

通信と同様に、エネルギー業界は伝統的に規制が厳しく、動きが鈍く、無数のグローバルスタンダードやプロトコルが重複し、競合しています。オープンソースと、それに付随するソフトウェア開発のベストプラクティスを取り入れることで、エネルギーエコシステムは、オープンソースの採用と業界変革のためのネットワークエコシステムの実証済みの道をたどるようになります。

LFE の使命は、オープンテクノロジーとスタンダードを開発するコミュニティを構築することで、エネルギー転換を加速することです。LFE は、透明性の高いオープンソース開発のベストプラクティスと既存および新興のスタンダードを活用し、電力システム部門を効率的に拡張、近代化、デジタル変革します。フレームワークとリファレンスアーキテクチャを提供することで、LFE はサイバーセキュリティ、相互運用性、制御、自動化、ネットワーク機能の仮想化、需給管理のデジタルオーケストレーションなどのペインポイントを最小限に抑えます。LFE は、これらの技術が共に開発され、価値の高い高品質のオープンベンチマークデータセットが、オープンでユースケース主導の査読付き共同研究とイノベーションのために利用できるようにするための場所となるよう努めています。

AI に注目

AI は、エネルギーシステムの変革と脱炭素化を加速させる大きな可能性を秘めています：

- 気候変動とエネルギー転換により電力システムがさらに複雑化するなか、複雑性と変動性に取り組む
- 電力グリッドのデジタル化 分散化に伴うデータ量の増加への対応
- プロセスのさらなる最適化と自動化を可能にすることで、パフォーマンスを向上させ、既存システムの限界を押し広げる

エネルギー業界の関係者は、エンタープライズレベルのアプリケーションからリアルタイムの重要なプロセスに至るまで、この可能

性を活用する方法を模索しています。AI の可能性はデータへのアクセスに大きく依存しており、エネルギーにおける詳細なデータの多くは、プライバシー、機密性、サイバーセキュリティ、重要インフラ保護の問題を含んでいます。したがって、現実的で関連性の高いデータへのアクセスを容易にすることが、私たちの最優先事項として選ばれました。この分野におけるオープンイノベーションとコラボレーションは、実際のデータセットに基づく合成データ生成、プライバシー保護技術など、新たなソリューションをもたらすでしょう。

本番への道

LFE プロジェクト、プラットフォーム、ツールを導入することは、一定レベルの成熟を意味し、メンバーに直接的な利益をもたらし、エネルギー エコシステムをオープンソースの未来に向けて進化させます。実環境で展開されている LFE プロジェクトの例をいくつか紹介します：

- **CoMPAS:** オランダのグリッドオペレーターのグループは、リアルタイムインターフェースプロジェクトの IEC 61850 データモデルを合理化するために、LFE で CoMPAS ソフトウェアツールを開発しました。不要な要素を削除し、エラーを減らし、開発プロセス全体を迅速化するために使用されています。

LFE は、米国エネルギー 運輸合同事務局と提携し、EV 充電インフラのオープンソース リファレンス実装を構築しています。LFE の EVerest プロジェクトは、充電ステーション、車両、発電リソース、バッテリー、隣接する充電器、電力グリッド、バックエンドの支払いシステム、ユーザーインターフェース、モバイル機器にまたがるエネルギー通信のための OSS スタックを開発 維持します。これにより、独自のシステムに起因する非互換性を減らし、EV ドライバーにとって充電の信頼性を高めることができます。

- **EVerest:** IoT ハードウェアのリーディングカンパニーである Seeed Studio は、効率的でカスタマイズ可能なオープンソースの EV 充電ソリューションに対する需要の高まりを認識していました。課題は、進化する市場のニーズに合致し、スケーラビリティ、セキュリティ、多様なアプリケーションへの適応性を提供する、製品化可能なソリューションを開発することでした。Seeed は、LFE EVerest を使用してエネルギー管理とグリッド統合にフォーカスし、Zephyr の IoT デバイス用リアルタイム オペレーティングシステムと組み合わせることで、モジュール式でカスタマイズ可能なソリューションを実現しました。
- **FledgePOWER:** フランスの送電系統事業者 (TSO) である RTE は、最新の制御システムを構築する必要がありましたが、まず複数のプロトコル変換の問題を解決する必要がありました。RTE とそのパートナーである Dianomic社は、産業用 IoT LF Edge プロジェクト Fledge に基づく LFE 社の電力システム用マルチプロトコル変換ゲートウェイ FledgePOWER がこの問題に対処するために使用できると判断しました。最初の変電所への FledgePOWER ゲートウェイの初期導入では、既存のリモートターミナルユニットをより新しいバージョンに移行するのに比べ、導入が大幅に簡単でコストもかからないことが検証されました。
- **OpenSTEF:** オランダの配電システム事業者である Alliander 社は、数時間から数日先の電力グリッドの負荷の正確な予測を必要としています。Alliander 社は、配電グリッドの混雑を予測し、送電のグリッド安全性分析を可能にし、局所的な需給バランスをとるために、OpenSTEF プロジェクトを展開しました。
- **Power Grid Model:** Alliander 社の Delvi プロジェクトは、LFE の Power Grid Model ツールと組み合わせた最先端のモデリングを活用し、低電圧 (LV) グリッドへの重要なアップグレードを調整します。異なる消費者のタイプや地域の需要パターンにわたるきめ細かさで何千もの予測を積み付けすることにより、Alliander は容量のアップグレードを積極的に調整し、LV グリッドの容量が中断することなくシームレスに移行することを保証します。
- **PowSyBl:** 最適化 意思決定支援 モデリング企業の Artelys は、国境を越えたエネルギー取引を促進するため、欧州電力ネットワークの運用セキュリティ分析プラットフォームを立ち上げています。異なる TSO 間の取引を調整するため、PowSyBl フレームワークを HPC クラスタ上で立ち上げ、何千もの不測の事態をシミュレートしてリスクを判断しています。
- **Real Time Data Ingestion Platform:** RTDIP (Real Time Data Ingestion Platform) は、エネルギー使用量を予測したい企業にとって強力なツールとなります。RTDIP は、MISO (Midcontinent ISO) や PJM (Pennsylvania-New Jersey-Maryland Interconnection) などの ISO からのメーターデータのパイプライン例を定義しています。メーターデータには、消費パターン、負荷プロファイル、リアルタイム測定値を含めることができます。RTDIP のソースとトランスフォーマーは、メーターデータを取得し、効率的な保存と分析のために適切なデータモデルに変換することができます。

- **SOGNO:** ローマのグリッド事業者である Areti は、ブロックチェーンレイヤと配電地点に配置されたライトノードハードウェアで顧客を配電管理システムに直接接続するアーキテクチャに SOGNO プラットフォームを採用しました。

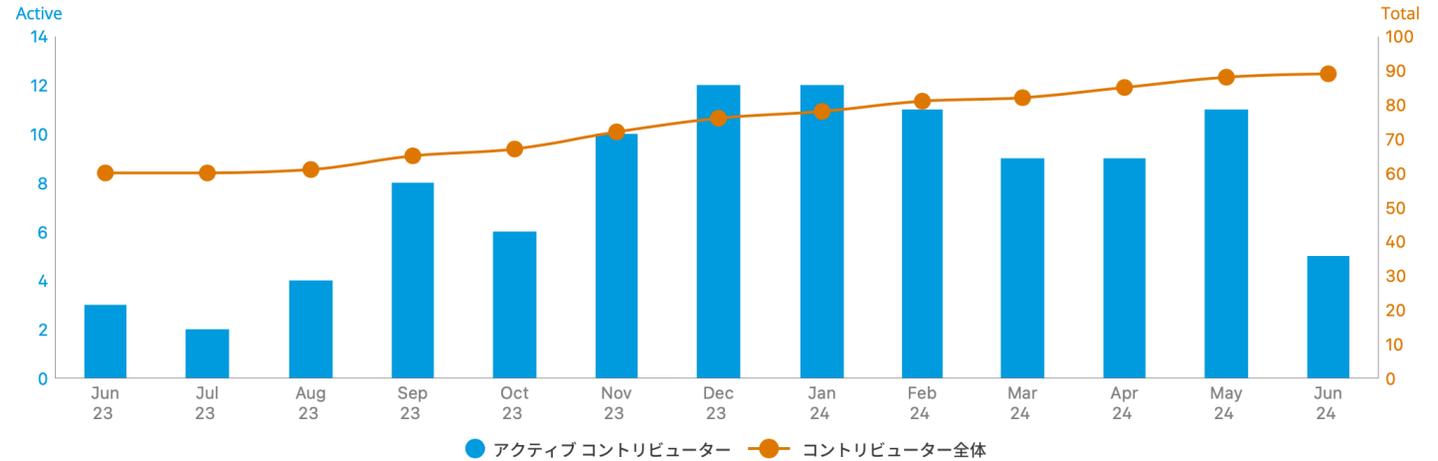
LFE はメンバーによって運営されており、戦略メンバーである Alliander、Google、Microsoft、RTE、Shell の代表と、AVEVA、GE Vernova、Hydro-Québec、AspenTech、EPRI、ENTSO-E、NREL、スタンフォード大学を含む 60 以上の一般メンバーおよび準メンバー で構成される非常に活発な 技術諮問委員会と運営委員会 があります。



コミュニティの成長

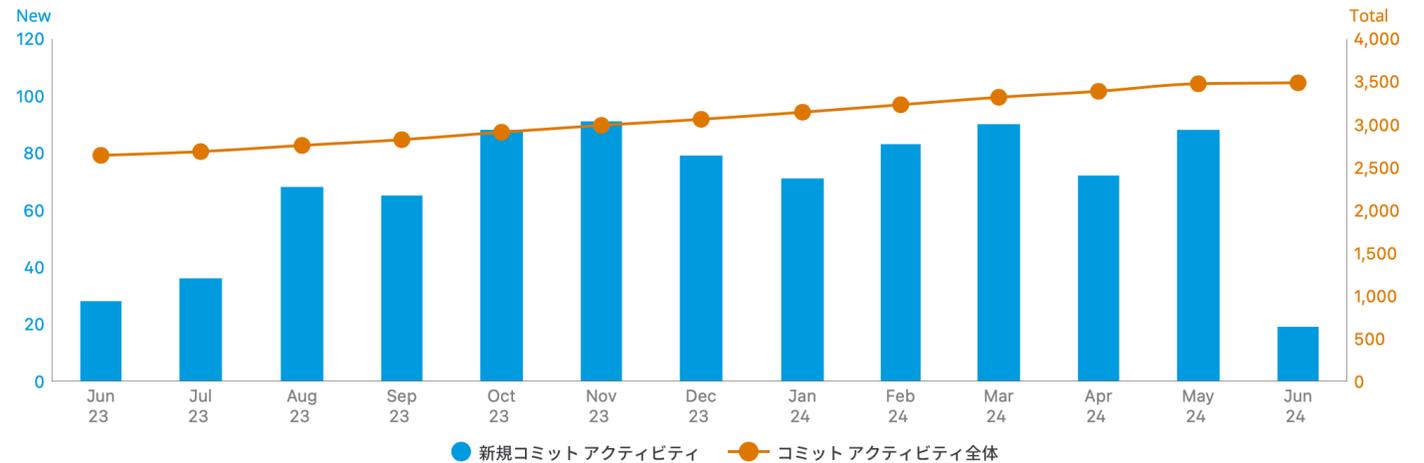
コントリビューター 📄

アクティブ コントリビューターは前年同期比27%増 📈



コミット アクティビティ 📄

コミット アクティビティは前年同期比59%増 📈



LFE は、コントリビューターやコミットなど、コミュニティの主要な指標において成長を遂げています。

LFE プロジェクト

LFE は現在、Sandbox（または創設プロセス）から Early Adoption まで、30 以上のプロジェクトで構成されています。

初期採用プロジェクト:



- **OperatorFabric:** システムの可視化、ワークフローのスケジューリングとアラート機能など、電気、水道、その他のユーティリティ業務で使用するための、モジュール式で拡張可能な、産業用の強力な、フィールドテスト済みのプラットフォームです。



- **PowSyBl:** グリッドデータモデル、拡張性のための Java クラス、データ管理システムなどを備えた、リアルタイム運用から投資計画までの電力システムのシミュレーションと解析のためのコードビルディングブロックです。



- **Grid eXchange Fabric (GXF):** パブリックスペースにおけるハードウェアの監視と制御を可能にするソフトウェアプラットフォーム。GXF は、スケーラビリティと高可用性、

高セキュリティ、汎用設計、ベンダーロックインなしなど、さまざまな機能をすぐに利用できます。



- **SOGNO:** SOGNO は、次世代のデータ駆動型監視制御システムを実現するプラグアンドプレイのクラウドネイティブマイクロサービスを開発しています。



- **SEAPATH:** 電力グリッド業界向けの仮想化オートメーションおよび保護アプリケーションを実行できる「リファレンス デザイン」と「インダストリアル グレード」のオープンソース リアルタイム プラットフォームの開発を目的としています。



- **Everest:** EV 充電インフラのための OSS スタック。複数のスタンダードやユースケースの複雑さをデジタル的に抽象化することで、Everest は AC 家庭用充電器から公共の DC 充電ステーションまで、あらゆるデバイス上で動作します。

インキュベーション プロジェクト:

OPENEEMETER

- **OpenEEmeter:** 民間企業、電力会社、規制当局が、建物効率化プロジェクトやポートフォリオのエネルギー消費量の変化を、手法と結果の再現性に確信を持って一貫して計算するためのライブラリとソフトウェアプラットフォーム。

CoMPAS

- **CoMPAS:** IEC 規格 61850 を使用したデジタル変電所用コンフィギュレータ。CoMPAS は、LFE 内の [デジタル変電所オートメーションシステムワーキンググループ](#) から結成された最初のプロジェクトです。

SHAPESHIFTER

- **Shapeshifter:** 柔軟性の予測、提供、注文、決済プロセスのための [ユニバーサル スマート エネルギー フレームワーク](#) の導入。これにより、スマートエネルギープロジェクトを効率的に接続するための最速、公平、低コストのアプローチが可能になります。

FlexMeasures

- **FlexMeasures:** リアルタイムでエネルギー融通アプリを迅速かつスケラブルにサポートするインテリジェントなエネルギー管理システム。プロジェクト運用のためのリアルタイム意思決定支援プラットフォームであり、プロジェクト設計のための非常に効果的なシミュレーションツールです。

OpenSTEF

- **OpenSTEF:** 電力グリッドの負荷を予測する完全なソフトウェアスタック。測定された（ネットの）負荷または発電の時系列が与えられると、完全に自動化された ML パイプラインが実行され、将来の負荷の確率的予測を提供します。

POWER GRID MODEL

- **Power Grid Model:** Power Grid Model は、定常配電系統解析のための高性能 Python/C++ ライブラリです。

Dynawo

- **Dynawo:** 電力系統ダイナミクスは、電力系統で進行する大規模な変化により、より多様で予測困難な挙動へと深く進化しています。Dynawo はハイブリッド C++/Modelica のオープンソース シミュレーションツール群です。



- **OpenLEADR:** Python 3 用のフレンドリーで準拠した OpenADR 実装。



- **FledgePOWER:** 産業用 IoT LF Edge プロジェクト Fledge に基づく電力システム用マルチプロトコル変換ゲートウェイ。



- **OpenSTEF:** OpenSTEF は、自動化された ML パイプラインを提供し、グリッド上の負荷の正確で、自己修正可能で、説明可能な 48 時間の予測を提供します。

サンドボックス プロジェクト:



- **Arras:** 配電システムおよびユーティリティの設計・運用を行うユーザー向けの配電システム シミュレーションおよび解析ツールです。最先端のモデリング技術を取り入れた高性能アルゴリズムにより、エンドユーザーによる最高の

モデリングを実現します。



- **RTDIP:** RTDIP は、アナリティクスアプリケーション、エンジニア、データサイエンティストがどこにいても、大量の履歴、リアルタイムのプロセスデータに簡単にアクセスできるようにすることを目指しています。



- **Battery Data Alliance:** 持続可能な OSS とベストプラクティスを構築し、バッテリー業界にスタンダードを提供します。このプロジェクトは、あらゆるエネルギー データ ソースと統合することができます。



- **CitrineOS:** 迅速な OCPP 2.0.1 と NEVI 準拠の EV 充電管理のためのオープンソース充電器ネットワークソフトウェア。



- **Grid Capacity Map:** Grid Capacity Map は、グリッドキャパシティとグリッド接続コストに関する情報を公開し、グリッド接続を希望するお客様に早期に情報を提供するためのマップです。



- **Grid Resilience and Intelligence Platform (GRIP):** グリッド事業者が異常気象の影響を予測、軽減、回復できるように設計された最先端のソフトウェア プラットフォーム。



- **OpenSCD:** OpenSCD プロジェクトは、完全にデジタル化された変電所時代へのシームレスな移行を目指す電力会社、インテグレーター、ベンダー向けに特別に調整された、変電所構成言語編集の大きな進歩を意味します。

スタンダード プロジェクト



- **Carbon Data Specification Consortium:** エネルギー生産と消費による炭素排出を測定、定量化、追跡するためのエネルギーデータへのアクセスを可能にする生データのデータ辞書とデータ要件のスタンダード。



- **Super Advanced Meter:** 広く適用可能なスマートメーターデータゲートウェイに焦点を当てたオープンソース仕様プロジェクト。ほぼすべてのエネルギー消費者に設置され、それによって世界中の顧客にサービスを提供するエッジデバイスとして機能する中央デバイスを対象としています。



- **TROLIE:** 信頼性が高く、安全で、相互運用可能な、送電設備の定格と関連情報の交換システムの実装を加速するための、オープン コンフォーマンス スタンダードの確立とソフトウェア エコシステムの育成。

LFE は、エネルギー転換を加速し、地球が気候変動による最悪の結果を回避するために必要な技術を構築しています。これには、大規模グリッド、マイクログリッド、分散型エネルギー資源と貯蔵、EVなどでエネルギーを生産、伝送、分配、使用する際に使用されるテクノロジースタック全体が含まれます。

LFE コミュニティは 2018 年の設立以来、この目標に向かって多大な進歩を遂げてきました。2023 年だけでも驚異的な成長を遂げ、9 つの新しいプロジェクトが追加され、合計 30 になりました。9 つの新メンバーも加入し、コントリビューター

の力は 30% 増え、ホストされたコード行数は 22% 増えました。しかし、進歩は速くはありません。オープンソースの方法論と協力者のコミュニティは、エネルギーシステムが電化と脱炭素化の課題に対応できるよう進化するための最善の方法です。

Automotive

Automotive Grade Linux

現在、自動車には1億行以上のコードが含まれており、ほとんどの人が一生かかって購入する最大のモバイル コンピューティング デバイスとなっています。ノートパソコン、タブレット、携帯電話に見られる頻繁なソフトウェアアップデートとユーザーエクスペリエンスに慣れ親しんだ消費者は、最新の新車に遅れを取らないことを期待するようになりました。

歴史的に、自動車の組込みシステムは、車載ナビゲーションやオーディオ/ビデオ エンターテインメント システムなど、消費者がスマートフォンで利用できるものよりも機能性や最新性が劣っていました。このような機能ギャップの理由は、自動車会社が特定の車種に必要なサポートシステムの仕様を作成し、その仕様をサプライヤーに提供するという長い生産サイクルにあります。サプライヤーはメーカーに対し、「ブラックボックス」、つまり多くの場合、他のモデルの自動車に再利用できない独自のソリューションを提供しました。この問題は、何十社ものサプライヤーを使って車載システムを製造しているさまざまな自動車メーカーで拡大し、繰り返されたため、業界全体、さらには車種間で分断が生じました。

自動車メーカーが消費者の需要に追いつくために新機能の展開を急ぐ中、旧来のサプライ チェーンが機能しないことが明らかになりました。そこで Linux Foundation は 2012 年、トヨタ自動車などの業界リーダーと協力して [Automotive](#)

[Grade Linux \(AGL\)](#) を立ち上げ、自動車業界を悩ませている断片化を解消するための共通 OSS プラットフォームを構築しました。AGL は、インフォテインメント、計器クラスタ、テレマティクス、ヘッドアップディスプレイ、先進運転支援システムなど、すべての車載ソフトウェアに対応することを使命とする唯一の組織です。

10 年以上の歴史を持つ AGL は、150 社以上の会員と 10 社の自動車メーカーに支えられています。AGL ベースのインフォテインメント システムは、トヨタ、レクサス、スバルの車両に搭載され、さらに多くの自動車メーカーが生産計画に AGL を組み込んでいます。

オープンソーステクノロジーを採用することで、自動車メーカーは、システムをより速く開発し、相互運用性を高め、特定のベンダーへの依存を減らし、クラウドやコンテナを含む最新のソフトウェア アプローチやベストプラクティスとより密接に連携できることに気づきました。実際、これが最新のソフトウェア開発に対応する唯一の方法なのです。



AGLの焦点となる分野

AGL Unified Code Base

自動車会社は、他の業界の会社と同様に、当然ながら自社製品のソフトウェアを所有し、付加価値機能で大幅にカスタマイズしたいと考えています。しかしそのためには、基盤となる機器やシステム（アーキテクチャ、カーネル、ミドルウェア、アプリケーション サービス、セキュリティ サービス）が共通の基盤を持っている必要があります。これは、スマートフォンメーカーが共通の OS 基盤で多様なアプリケーション エコシステムを構築するための OS にほぼ類似しています。

AGL コミュニティによってゼロから構築された AGL Unified

Code Base (UCB) は、オペレーティングシステム、ミドルウェア、アプリケーションフレームワークを含む OSS プラットフォームであり、プロダクションプロジェクトの出発点の約 70% から 80% を提供します。オープンソース プラットフォームを共有することで、コードの再利用とより効率的な開発プロセスが可能になります。開発者やサプライヤーは、一度ソリューションを構築すれば、複数の自動車メーカーに展開することができます。

自動車メーカーやサプライヤーの大きな貢献により、UCB はインフォテインメント、テレマティクス、および計器クラスターアプリケーションの事実上の業界スタンダードとなりました。

さらに、自動車メーカーは、エントリーレベルから高級車まで、製品ライン全体で AGL ベースのシステムを使用することができ、これにより、数十年にわたって業界を悩ませてきたソフトウェアの断片化を解消することができます。

AGL コミュニティは、毎年 2 つの主要なソフトウェアリリースを一貫して行っています。1 つ目は、最新のコードにアクセスすることを熱望するユーザーのための豊富な機能で、2 つ目はハードニングとバグフィックスで本番環境に対応します。最近の技術的なマイルストーンは以下の通りです：

- 仮想化フレームワークである VirtIO の統合により、ハードウェアに依存しないクラウドネイティブな AGL アプリケーションだけでなく、コンテナを使用して複数のアプリケー

ションを単一のマイクロプロセッサ上で実行できるようになります。

- トヨタの自動車組み込み版 [Flutter](#) を含む新しいユーザーインターフェース (UI)。オープンソース アプリおよび UI 開発ツールキット。これにより、メーカーは車両に新しいアプリケーションを導入する際の開発時間とコストを削減できます。
- オープンな RISC-V アーキテクチャをサポートすることで、ハードウェア開発者は、同じアーキテクチャを使用する個々の自動車機能用のカスタムプロセッサを作成することができ、スケーラビリティの向上、ソフトウェアデプロイの簡素化、市場投入までの時間の短縮が可能になります。

「トヨタの Flutter の貢献により、AGL UI とリファレンス アプリケーションはわずか 8 週間で最初から最後まで完全に書き直されました。これは、Flutter のパワーと開発の容易さを証明するものです。AGL は現在、自動車組み込み Flutter の本拠地であり、車載アプリケーション開発の事実上のスタンダードになると考えています。」

— Dan Cauchy, GM, AGL

TOYOTA

オープンソースの重要性を認識し、長年オープンソースに貢献してきたトヨタは、2024年に公式のオープンソースプログラムオフィス (TOYOTA OSPO) を設立しました。主な活動は、情報共有、教育、リワードです。[もっと詳しく知る](#)

Software Defined Vehicles

2023年初頭、AGLの2つのエキスパートグループ(EG)、コンテナメッシュEGと仮想化EGが統合され、新しいSoftware Defined Vehicle Expert Group (SDV EG)が設立されました。SDV EGの目標は、コンテナや仮想化などの業界スタンダード技術を使用して車両にソフトウェアやセキュリティのアップデートをプッシュできるようにすることで、車両ソフトウェアの展開と管理を最終的に簡素化することです。

Panasonicの専門家が率いるSDV EGは、SDVに関するAGLの要件とユースケースの定義、さまざまな車載アーキテクチャにわたるVirtIO仮想化フレームワークの標準化、および車載システムのワークロードオーケストレーションの基盤構築に向けて、大きな進歩を遂げてきました。

AGLプラットフォームは、Amazon Elastic Compute Cloud (Amazon EC2)上で実行されるクラウドワークロードに最高のパフォーマンスを提供するためにAWSが設計したプロセッサファミリーであるAmazon Web Services(AWS)のGravitonプロセッサをサポートするようになりました。これにより、AGLはクラウドベースの環境で実行できるようになります。仮想化とVirtIOを使用してハードウェアとソフトウェアを切り離すために[AGL Software Defined Vehicle \(SDV\) 専門家グループ](#)によって行われている作業と組み合わせることで、エンジニアは物理的なハードウェアにアクセスすることなく、世界中のどこからでもAGLソフトウェアを開発およびテストできるようになりました。

クラウド上でAGLを実行することで、ソフトウェアファーストの開発アプローチをサポートし、高価なハードウェアの必要性を減らし、ソフトウェアの再利用と拡張性を高いレベルで実現します。また、グローバルチーム間での頻繁なソフトウェアの反復とテストを可能にすることで、継続的インテグレーションと継続的開発/デプロイメントプロセスを改善します。



AGLの車載インフォテインメント・システム・デモのUX/UI (写真提供: ICS)。

AGLを使用することで、ユーザーは複雑さに対処し、これらの環境や業界のトレンドを活用することができます。AGL計器クラスタ、車載インフォテインメント、先進運転支援システムなど、新たなユースケースが生まれています。

Project Spotlight: Zephyr

[Zephyr プロジェクト](#)は、複数のハードウェアアーキテクチャをサポートするオープンソースのスケラブルなリアルタイムオペレーティングシステム (RTOS) です。製品化されており、Apache 2.0 オープンソース ライセンスを通じて利用可能で、商用および非商用のソリューションで自由に使用できます。Zephyr は、すべての主要な業界標準を使用してデバイスを接続し、セキュリティのベストプラクティスで開発されています。デプロイ、セキュア、接続、管理が容易で、消費電力も効率的です。

Zephyr RTOS はまた、非常に汎用性が高く、例えば Linux ディストリビューションよりも軽量です。600 以上の回路基板と 8 つの主要なハードウェアアーキテクチャでサポートされています。190 以上のセンサーと統合され、Google Chromebook、Oticon Hearing Aids、Vestas Wind Turbines with Long Term Support などの[何百もの商用製品](#)で動作しています。

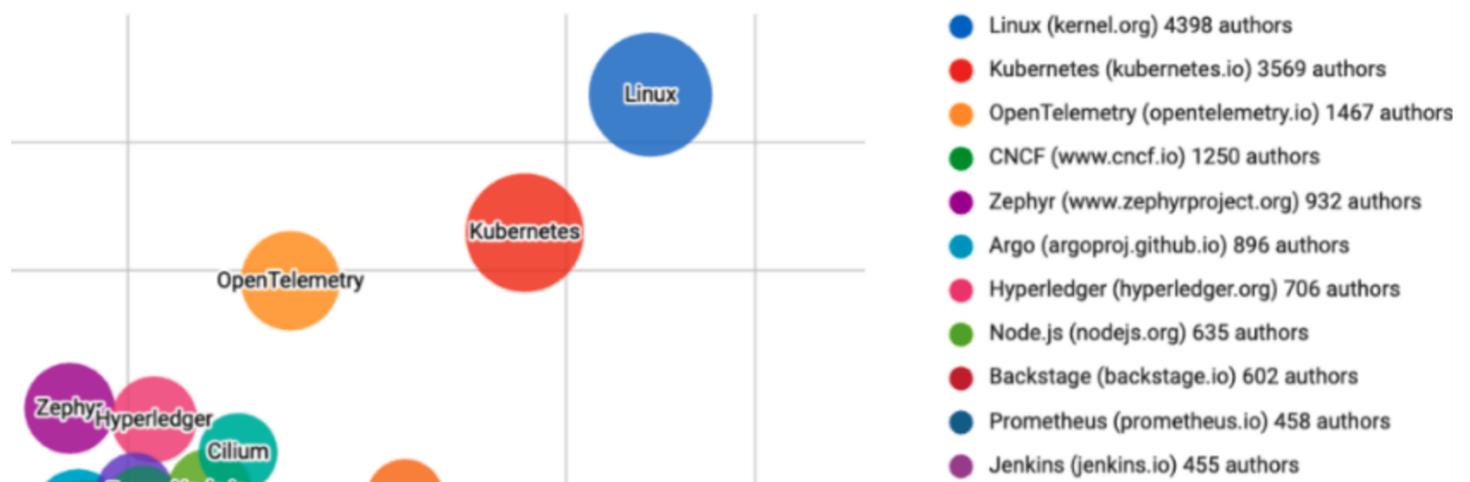
「Zephyr の現在の成長は、オープンソース プロジェクトのベストプラクティスを真摯に適用し、数年にわたりコミュニティを構築してきた結果です。Zephyr の透明性は、現在、多くの業種に適用可能な魅力を高めている鍵です。」

— Kate Stewart, VP, Dependable Embedded Systems, Linux Foundation

着実な成長

Zephyr の設立以来の一貫した着実な成長は、有機的で透明性の高い、コミュニティ主導の成長の素晴らしい例です。

Zephyr は現在、Linux Foundation Project Velocity Report において、Linux、Kubernetes、Open Telemetry、CNCF に次ぐ驚異的な 5 位にランクされています。これは、特定の時間内に開発タスクが完了し、機能が提供される割合を指します。



Zephyr は、CNCF の 2023 年プロジェクトベロシティレポートで 5 位にランクインしました。

デバイスレベルの AI/ML

Zephyr はフットプリントが小さいながらも、デバイスレベルで AI/ML アプリケーションをサポートすることができます。例えば、非侵襲的な水漏れの早期警告システムである [Lisios WaterAlarm](#) システムです。このセンサーデバイスは屋外から水道管に簡単に取り付けることができます。デバイスが取り付けられ、ローカル Wi-Fi に接続されると、水の消費量を継続的に測定します。デバイス上で直接実行される ML アルゴリズムを通じて、パイプの破裂や微小漏水を検出し、スマホのアプリを介して住民に警告することができます。



LISIOS WaterAlarm System.

クリーンエネルギーと国連 SDGs

Zephyr は、クリーンエネルギーへの移行を支援し、国連 SDGs の達成に貢献するエネルギーをはじめ、さまざまな業界で支持を集めています。例えば、Zephyr はオンデバイス ML で電力グリッド監視などのシステムをサポートします。この RTOS は再生可能エネルギーへの移行をサポートし、電力グリッドの効率と信頼性を向上させることで、二酸化炭素排出量の削減に貢献します。

業界を超えたベストプラクティス

Zephyr はまた、業界が互いに学び合い、ベストプラクティスを適用し、オープンソースで成功を収める方法を示す素晴らしい例でもあります。例えば、Zephyr には、各ビルドにデフォルトで含まれる 3 つのソフトウェア部品表が含まれており、開発者はセキュリティと相互運用性を確保する方法を明確に

に理解することができます。Zephyr はまた、監査可能なコードベース、脆弱性レジストリ、プロジェクトのセキュリティ文書を提供し、セキュリティへのコミットメントに対して [OpenSSF ベストプラクティスゴールドバッジ](#) を獲得しています。

Zephyr とオープンソースのベストプラクティスに精通した開発者は、他のオープンソース プロジェクト、コードベース、および業界横断的なコミュニティと協力して成功を収めるのに十分な能力を備えています。

金融サービス

Fintech Open Source Foundation

金融サービスもまた、オープンソースによって変貌を遂げつつある業界の1つです。ほんの10年前なら、厳しい規制や法的要件、複雑なシステム、知的財産の共有に対する一般的な抵抗にさらされるこの業界では、このようなことは理解できないように思われたでしょう。しかし、急速な技術革新とテクノロジーへの戦略的関心の高まりは、これらの障壁を打破するのに十分な強力な推進力であることが証明されました。

金融サービス企業は、最新テクノロジーの新参者ではありません：インターネットバンキング、ATM、カード決済など、皆さんが日常的に利用しているソフトウェアを考えてみてください。その裏には、決済、バランスシート、電子取引、リスク管理、顧客管理システムなどがあります。このため、金融サービス企業は他の企業と同様にオープンソースに依存し、投資しており、長い間オープンソースを利用してきました。しかし、上記の課題は、業界がその潜在能力をフルに発揮するのを妨げていました。

Fintech Open Source Foundation (FINOS) は、Linux Foundation の傘下にある組織で、OSS スタンドとベストプラクティスの採用を通じて、金融サービスにおけるコラボレーションとイノベーションを加速することを目的としています。この Foundation は、各組織の開発者が相互利用を強く意識したプロジェクトでコラボレーションを行うことを可能にします。買い手企業と売り手企業の両方からのコードベースの

貢献を可能にし、80以上の金融機関、フィンテック、テクノロジー コンサルタント会社が会員に名を連ねています。

FINOS は、短期間のうちに、自社のソフトウェアやシステムの多くが競争上の優位性をもたらさず、開発、実装、維持にコストがかかることを認識している大手金融機関の間で、オープンソース コラボレーションのフォーラムとして信頼されるようになりました。このような努力の重なりが、オープンソース コラボレーションの絶好の機会であり、業界全体にわたるレバレッジド開発モデルを通じてそのメリットを享受することができます。

FINOS 調査レポート

金融業界におけるオープンソースをめぐる姿勢や実践の変化は、FINOS の調査レポートにもはっきりと表れています。[「金融サービスにおけるオープンソースの現状」年次報告書](#)では、定量的・定性的データを分析し、銀行業務から資産運用、ヘッジファンドに至るまで、業界全体のオープンソース導入動向を明らかにしています。

金融サービスにおけるオープンソースの状況 - 2023



2023 年レポートの主なポイント

- **着実な改善の 3 年間。**この 3 年間は、業界が成熟しつつあることを明確に示しています。オープンソースには価値があるという一貫した認識があります。
 - **オープンソース プログラム オフィス (OSPO) は増加傾向にあります。**金融サービス企業の調査回答者の半数以上が、組織に OSPO があると回答し、65% が明確で見えるオープンソース戦略を定義しており、近い将来から中期的に組織内に OSPO を導入する有力な候補となっています。
 - **業界はオープンソース利用の価値を認識しています。**ほぼすべての組織 (94%) がある程度のオープンソース利用を認
- めており、78% が 1 年前と比較してオープンソース利用による価値が高まったと報告しています。
 - **貢献はより許容されるようになってきています。**回答者の 3 分の 2 (65%) は、あなたの組織がオープンソースに貢献するために割り当てる時間と労力が増加していることを指摘しています。
 - **問題はすべて解決されたわけではありませんが、チャンスは豊富にあります。**この高度に規制された業界への貢献を妨げる要因はまだ複数あります。課題はあるものの、回答者は、業界の将来にとって最も価値のあるオープンソース テクノロジーとして、AI/ML、サイバーセキュリティ、クラウド / コンテナ テクノロジーを挙げています。

「オープンソースの利用が加速していることは、現代の金融においてオープンソースが極めて重要な役割を担っていることを裏付けています。しかし、デジタルトランスフォーメーション、市場投入までの時間、および全体的な ROI を加速させる業界の真の価値は、企業がオープンソースプロジェクトの方向性に影響を与え、上流で直接貢献することができる積極的な貢献にあります。」

— Gabriele Columbro, Executive Director, FINOS

戦略的取り組み

四半期ごとに開催される FINOS 理事会は、FINOS の予算とリソースに投資する主要分野を選定します。現在の取り組みは以下の通りです。

オープンソースへの対応



オープンソースを初めて利用する金融サービス組織（主に売り手側の銀行や買い手側の企業）は、どのように始めればよいかわからないことがよくあります。そのような組織は、次のように考えています：高度に規制された業界で業務を行う銀行は、オープンソースを利用するだけでなく、どのように貢献するのでしょうか？どのようなオープンソース プロジェクトとそれをサポートするコミュニティが、企業の技術的、規制的、および財務的目標に関連するのでしょうか？銀行はどこでオープンソース / 技術系の優秀な人材を採用し、その人材をどのように育成し維持しているのでしょうか？

FINOS は、金融サービス企業のオープンソース プログラムの推進を支援するため、[Open Source Readiness イニシアチブ](#)を創設し、コンプライアンスの確保、イノベーションの促進、金融機関とテクノロジー企業間の共同開発の促進を支援して

います。このプロセスを合理化するため、Open Source Readiness SIG は業界データを収集し、知識ベース、各種リソース、トレーニングを提供しています。

AI への対応



マッキンゼーは、AI が銀行業界に与える影響を 2000 億ドルと予測しています。銀行はテクノロジーを導入するためのプロセスを持っていますが、生成 AI は、既存のプロセスがあまり適していないかもしれない新たな課題を提示します。AI の「安全な」利用（安全性は顧客と銀行の両方を考慮したもの）を可能にし、最終的に金融サービス組織が新しい技術が登場したときに迅速に採用できるようにするには、多くの作業が必要です。

AI に共通する課題と機会について議論する場を提供するため、Citi、Microsoft、Morgan Stanley [など](#)が支援する [AI Readiness SIG](#) が結成されました。このグループは、将来の規制に先立ち、金融サービス業界における AI ベースのソリューションの導入、開発、運用を管理するガバナンスの枠組みを開発する予定です。

Open RegTech



オープンソース ソフトウェア、スタンダード、ベストプラクティスは、金融規制当局や金融エコシステム全体にとって大きな価値を引き出し、強固な市場インフラの基盤を築く可能性を秘めています。自動化、スタンダード化、透明性、効率性、優秀な技術人材へのアクセスの向上は、業界のイノベーションと福祉を促進します。

[Open RegTech Initiative](#) は、オープンソースとスタンダードに基づく規制技術への斬新なアプローチと、プロジェクトのホスティングに関する認識を高めています。[FINOS Regulation Innovation SIG](#) は、金融サービスにおける規制およびコンプライアンス問題のためのオープンソース ソリューションを作成するコミュニティです。このイニシアチブは、規制コンプライアンスへの革新的なアプローチを推進するために業界の協力を促進します。RegTech Council は、選択された規制の優先事項に基づいてプロジェクトを後援しています。コミュニティは、FINOS Common Cloud Controls (CCC) および Common Domain Model (CDM) プロジェクトの導入により、インフラベースおよびビジネスに焦点を当てたプロジェクトに焦点を当てています。

FINOS CDM



金融商品が取引ライフサイクルを通じて取引・管理されるためには、システムやサービス間の基本的な相互運用性を確保するための共通モデルが必要です。また、規制当局と市場参加者間の透明性と連携も重要です。

[CDM](#) は、3つの業界団体と広範なコミュニティが支援する業界横断的な協力に基づき、標準化され、機械で読み取り可能で、機械で実行可能なデータおよびプロセスモデルです。CDM は、レポ取引、証券貸借取引、債券取引、デリバティブ取引の取引処理を容易にし、複数の言語でコード化されているため、さまざまなテクノロジーへの実装が容易です。このプロジェクトは、規制遵守や取引ライフサイクル管理などの分野で大きく前進しました。

FINOS CCC



クラウド コンピューティングは現在、テクノロジー業界においてあらゆる場面で利用されており、金融サービスがいかにクラウド コンピューティングを活用できるかが競争上の優位性となっています。

しかし、一般的なクラウドサービスを展開する FSI のための統一されたセキュリティ緩和策や管理策がないことに加え、断片的かつ複雑で、しばしば矛盾する規制から生じるリスクは、参入への大きな障壁となっています。同時に、規制当局はクラウドの集中やベンダーの囲い込みによるシステミックなリスクへの懸念を強めています。

[FINOS CCC](#) は、金融サービス業界におけるクラウド導入の標準化を目指した先駆的な取り組みです。FINOS CCC は、オープンスタンダードでコンプライアンスに準拠したパブリッククラウド導入のための一貫したコントロールを確立することにより、主要な CSP 間でセキュリティ、コンプライアンス、回復力を保証し、業界における安全で信頼性の高いクラウド利用のための新たなベンチマークを設定します。元々は Citi が支援したのですが、現在では 20 社以上の FINOS メンバーの支持を得ています。

FINOS FDC3



金融サービスにおけるサイロ化したアプリケーション環境では、カスタム統合が必要となり、多くの場合、コンテキストや情報を互いに共有しないシステムなどが無数に存在することになります。標準化されたフレームワークや二国間協定がないため、業界全体のチームがアプリケーション間で API を拡張することができず、組織間のコラボレーションのメリットが妨げられています。

[FINOS FDC3](#) は、金融サービスソフトウェアのための共通言語とプロトコルを確立することを目的とした、金融アプリケー

ション間の相互運用性と通信のためのスタンダードセットです。これは、異なる関係者によって書かれた一連のアプリケーションが、ブロードキャストを通じてコンテキストデータを共有し、互いに intent を上げることができるように設計されています。FDC3 intent は、金融デスクトップ上でアプリケーション間の共通ワークフローをまとめ、あるアプリケーションから別のアプリケーションへ API を拡張するために使用できるように標準言語のセットを定義しています。アプリケーションは起動し、他のアプリケーションのアクティビティにตอบสนองし、互いに機能を要求することができます。これにより、イノベーションが促進され、統合コストが削減され、金融業界全体の効率が向上します。

FINOS Diversity Equity Inclusion



金融サービスにおけるオープンソースがデジタルトランスフォーメーションの推進においてその潜在能力を最大限に発揮するためには、多様な人材を惹きつけ、育成し、維持することが極めて重要です。調査によると、包括的なコミュニティはより良い成果とイノベーションにつながることを示されています。

[FINOS Diversity Equity Inclusion \(DEI\) SIG](#) は、業界内の多様性と包括性の促進に尽力する貢献者の団結を目指す共同イニシアチブです。DEI SIG は、金融サービスのオープンソースエコシステムにおいて、より公平で包括的な環境を構築し、そのメンバーが多様性、公平性、包括性を基本的な運営方針として推進し、より公平で、より弾力性があり、よりインパクトのあるエコシステムを育成することを目指します。

Zenith SIG



ZENITH

金融サービス業界はテクノロジーの推進により急速に変化しており、従業員が新しい開発についていき競争力を維持するのは困難な場合があります。今日の企業は、単独で取り組むのではなく、すべての企業に共通する多くの非独占的イノベーション分野で協力できる支援的なコミュニティのある環境を求めています。

[Zenith](#) は、金融サービス業界におけるイノベーションの触媒としての役割を果たし、新たなテクノロジーの導入の探求と促進に重点を置く SIG です。業界の専門家、エキスパート、イノベーターが一堂に会し、金融に関連するテクノロジーの進歩について議論、分析、推進する共同プラットフォームです。Zenith は、議論を促進し、調査を実施し、入門書や分析フレームワークなどのリソースを開発しています。

農業

AgStack

農業は世界最大の産業であり、年間 1 兆 3,000 億ドル以上を稼ぎ出し、10 億人以上を雇用しています。[世界の居住可能な土地の半分](#)を牧草地と耕作地が占めるなど、農業は至る所に存在しています。世界の人口は急速に増加しており、国連の SDGs を達成し、極度の貧困に終止符を打ち、[2050 年までに 100 億人](#)を賄うためには、しっかりとした農業規範が必要です。持続可能な土地管理の実践もまた、きれいな水、肥沃な土壌を維持し、野生生物の生息地を保護するために不可欠です。

農業は古代の歴史に根ざしており、初期の農法の多くは今でも世界中で一般的に使われています。しかし、技術革新も何千年も前から行われており、さまざまな進化を遂げてきました。現在の農業は、小規模な自給用農家、中小規模の農場、そして大企業に分かれています。OSS といえば農業が真っ先に思い浮かぶ業界ではないことは確かですが、その状況は変わり始めています。

すべては、農業のためのデジタル インフラが実際にどのようなものなのかを再考することから始まります。このインフラがソリューションを提供するだけでなく、アプリケーションやデータを大規模に作成できるようにするにはどうすればよいのでしょうか？



21世紀のデジタル・イノベーション



データ⇄エネルギー[ガソリン/ディーゼル/電子]
動力源



アプリケーション⇄自動車[自動車、トラック、船舶、航空機]
価値創造



インフラ⇄道路[港/埠頭、空港]
価値の実現

AgStack Foundation は、農業分野におけるデジタルトランスフォーメーションの大きな可能性を認識し、2021 年に設立されました。他の多くの業界と同様に、農業関連企業も競争前の無駄に悩まされており、97% が同じ基盤システムを使用しているため、オープンソースが理想的です。AgStack Foundation は、データとアプリケーションのための、無料で再利用可能な、オープンで専門的なデジタル基盤の作成、メンテナンス、強化を通じて、世界の農業の効率性を向上させます。

AgStack は、モデルを作成・公開するためのオープンリポジトリ、公開データへの自由で容易なアクセス、プロジェクトを横断して使用するための相互運用性を確立したフレームワーク、トピック固有の拡張機能とツールボックスで構成されています。AgStack は、農業スタンダードや Hyperledger、Kubernetes、Open Horizon、Postgres、Django などのオープンソース プロジェクトなどの既存のテクノロジーを活用しています。

多くのオープンソース プロジェクトとは異なり、AgStack は最初のコードの寄付によって設立されたわけではありません。ゼロからスタートし、将来のエグゼクティブ ディレクターである Sumer Johal 氏がニーズを特定し、「smart geoid」レジストリ (Asset-Registry 1.0) のコードを自ら開発しました。このプロジェクトは、農業における土地ベースの固定資産（フィールド境界など）に固有の地理空間「キー」を提供することで、AgTech における基本的な「インデックス作成」の課題を解

決することを目指しています。現在、何万ものフィールドと 40 カ国以上で 1,000 人以上のアクティブユーザーがレジストリを採用しています。Asset-Registry v2.0 は、衛星データを活用した機械学習型の意思決定ツールで、ユーザーのためにポリゴンを「自動描画」します。この機能は、非常に低い（または無料の）コストで地理的な規模を拡大することができ、南半球の農家にとって大きなプラスのインパクトとなります。

「世界の食糧供給は、デジタルの変革が必要です。オープンソースとオープンデータは、優れたガバナンスを通じて、AI とコンピューティングの力をより大きな利益のために解き放つことができます。農業のために作られたデジタル公共インフラを活用して業界をデジタル化することが、AgStack の使命です。これにより、世界の 3 分の 1 が飢餓に苦しむ一方で、食料供給の 3 分の 1 が無駄になるのを防ぐことができます。」

— Sumer Johal, Executive Director, AgStack

2023 年初頭、AgStack と [CGIAR](#) は、「グローバルなデジタル公共財“としてこれらを提供することで、農業エコシステムをグローバルに変革するデジタルツールやサービスを共創するために、互いに提携する覚書に署名しました。CGIAR は、世界中（特にグローバル サウス）に膨大な数の“現場“の科学者を抱えており、農薬の使用を最小限に抑えながら収穫量

を最大化するために、AgStack のコミュニティが CGIAR と大規模な農業エコシステムにこれらのデジタル インフラ コンポーネントを構築し、提供することを期待しています。また、新しい農場管理 意思決定支援ツールをリリースし、コスト追跡と輪作計画機能を提供しました。

レジストリ

→ コンテストのハンドルネームとして重要

<http://asset-registry.agstack.org>

Geoid: `ff93ad2470125dfe0f21b7b857140c94efa635c8b6f25104419e88129db9f682`



AgStack はまた、農業“炭素“空間における従来の MRV 技術のコストと透明性を改善するため、” field carbon model “サブプロジェクトのインキュベーションを開始しました。初期のモデル検証では、リモートセンシングされたデータセットと NASA の L4C モデルを使用して、与えられた農業フィールドの炭素量を推定しています（ジオイドによって提供されます）。初期の推定値は、参照データと 80 以上の相関があり、かなり有望です。

AgStack は、EU の膨大な予算の 3 分の 1 が農業に割り当てられているヨーロッパから大きな関心と投資を受けています。AgStack を利用することで、European Union Deforestation Regulations (EUDR)（欧州連合森林伐採規制）を通じて、森林伐採が食料生産に与える影響を軽減する

ことを目指しています。AgStack は、EUDR のための事前競争スタックに参加し、共同作成するために、E.U. およびパートナーからいくつかの助成金を受けています。

オープンデータ、AI モデリング、ソフトウェア アプリケーションなど、農業にカスタマイズされたアクセス可能なデジタルインフラは、農家が水や畑労働者などの資源をより効率的に管理し、需要と供給のバランスを取るためにデータ主導の意思決定を行うことができることを意味します。このインフラは、貧困や飢餓、経済的不平等の削減、コミュニティやビジネスモデルの回復力の向上、気候や土地への影響の軽減に役立ちます。

メディアとエンターテインメント

Linux Foundation は、エキサイティングな 3D コンピュータグラフィックスと映画産業の基盤である複数のオープンソースプロジェクトとコミュニティをホストしています。これらはそれぞれ、業界の独自のニッチを満たすと同時に、互いに補完し合い、この伝統的に閉ざされた空間のクリエイターに強力なオープンソースツールオプションを提供しています。

Academy Software Foundation

映画業界が Linux や OSS を制作パイプラインに組み込み始めたのは 2000 年。しかし、2016 年までには「バージョンの問題」が忍び寄り、依存関係やバージョンを調整することが困難になっていました。また、ツールがメンテナンスされ、アップデートされ、プロダクションレディであり続けるという保証もありませんでした。スタジオは、各ソフトウェアのために独自のプラグインを構築することに戻らなければならなかったかもしれません。

そこで 2016 年、映画芸術科学アカデミーは映画業界における OSS の利用状況について調査を開始しました。Academy Science and Technology Council (アカデミー科学技術評議会) が主導したこの調査によると、当時、業界のほぼ 84% が OSS を使用しており、特にアニメーションと視覚効果のために使用されていましたが、サイロ化された開発、複数バージョンの OSS ライブラリの管理 (バージョン問題)、ガバナンスの欠如、分かりにくいライセンスモデルなどが採

用の障壁となっていることがわかりました。さらに、多くのオープンソースプロジェクトは、プロジェクトを開始した組織以外の貢献者やメンテナの不足による停滞に直面していました。健全なオープンソースコミュニティを確保するためには、これらの問題に対処する必要がありました。

映画芸術科学アカデミー (Academy of Motion Pictures Arts & Sciences) と Linux Foundation は、業界関係者と協力してより優れた協調的ソリューションの構築に注力した結果、2018 年に [Academy Software Foundation \(ASWF\)](#) を設立しました。当初は、映画および幅広いメディア業界の OSS 開発者がリソースを共有し、協力するための拠点として設立されましたが、Foundation はそれ以上の存在となりました：エンターテインメント業界向けの共有ツールの作成に取り組むエンジニアや開発者にとって、イノベーションのハブであり、支援的でダイナミックなコミュニティとなっています。



SPIDER-MAN™: ACROSS THE SPIDER-VERSE; courtesy of Sony Pictures Imageworks

ASWF は、典型的な Linux Foundation のオープンなガバナンス構造に従っています。各技術プロジェクトは独立して運営され、「do-ocracy」に基づく独自の意思決定モデルを持っています。Foundation のメンバーであるかどうかに関係なく、誰でもプロジェクトに貢献し、参加することができます。技術的なオープンソース プロジェクトにおいて重要なのは、各貢献がプロジェクトに付加価値を与えるかどうかという点で

す。単純なバグ修正であれ、セキュリティパッチであれ、新機能であれ、ビジネスニーズを解決する最善の技術的ソリューションは、それらの貢献を評価するコミュニティを見つけることができます。意思決定をコントロールする企業が存在しないオープンなガバナンスは、透明で価値主導の議論を可能にします。

「Foundation はあっという間に、『今までどうやって生き延びてきたのだろうか？この組織が私たちの日々の活動で果たしている中心的な役割を語るようなことを、私たちはどうやって成し遂げてきたのでしょうか？まだ設立して 2、3 年しか経っていませんが、Foundation は非常に重要なものなので、ずっとそこにあるように感じています」

— Larry Gritz, Sony Pictures Imageworks

ASWF のプロジェクト

Foundation は現在 14 のプロジェクトで構成されています。これらのプロジェクトは、世界中の人々が楽しめる大作映画の制作に不可欠なものです。最近では、『Guardians of the Galaxy Vol.3』、『Loki』、『Elemental』、『Spider-Man: Across the Spider-Verse』、『Nimona』、『Oppenheimer』、『The Last of Us』、『The Creator』、『Mission Impossible: Dead Reckoning Part 1』などの映画や番組で ASWF のプロジェクトが使用されています。



- **OpenVDB:** スパースダイナミックボリュームを操作するための C++ ライブラリで、視覚効果スタジオが水や液体のシミュレーション、雲や氷のような環境効果のようなリアルなボリュームメトリックイメージを作成するために使用されます。DreamWorks Animation 社が貢献し、アカデミー科学技術賞を受賞しています。



- **OpenColorIO:** VFX およびアニメーションパイプライン全体で一貫したカラーマネジメントを実現する業界標準です。Sony Pictures Imageworks の提供により、何百もの長編映画プロダクションで使用され、ほとんどの主要映画の視覚効果フレームのほぼすべてのピクセルに対応しています。



- **OpenEXR:** 高品質な画像処理と保存のためのスタンダード HDR 画像ファイルフォーマット。1999 年に Industrial Light & Magic によって開発され、スタジオによる主要なオープンソースプロジェクトの最初のリリースであり、アカデミー科学技術賞を受賞しました。



- **OpenCue:** 複雑なジョブを個々のタスクに分解するために使用されるオープンソースのレンダリング管理システム。Google Cloud と Sony Pictures Imageworks によって開発されたこのシステムは、Sony の社内キューイングシステムである Cue3 をベースにしています。



- **OpenTimelineIO:** リッチで柔軟なワークフローにおける編集データとタイムライン情報のコミュニケーションを促進するオープンソースの API と交換フォーマット。Pixar Animation Studios の提供。



- **Open Shading Language:** 高度なレンダラーやその他のアプリケーションでプログラマブルシェーディングを実現するための、小さいながらも豊富な言語であり、マテリアル、ライト、ディスプレイメント、パターン生成の記述に最適です。Sony Pictures Imageworks によって開発され、VFX やアニメーションのための事実上のスタンダードシェーディング言語であり、アカデミー科学技術賞を受賞しています。

OpenImageIO

- **OpenImageIO:** デジタル画像ファイルのスクリプト操作を実行する VFX アプリケーションとパイプラインのためのユビキタスライブラリで、特にプロフェッショナルな VFX と長編アニメーションのワークフロー向けの拡張性と機能性に重点を置いています。Sony Pictures Imageworks で開発された、VFX 業界で最も初期のオープンソース プロジェクトの 1 つです。



- **Digital Production Example Library:** コンピュータグラフィックス、視覚効果、アニメーションなど、現代の長編映画制作の規模と複雑さを示すデジタル素材(3D シーン、デジタルシネマ映像など) のライブラリです。これらの素材は、オープンソースおよび商用プロジェクトの研究者や

開発者が、テスト、デモンストレーション、アイデアの着想を得るために無料で利用できます。



OPEN REVIEW INITIATIVE

- **Open Review Initiative:** 映画および関連プロフェッショナルメディアの再生、レビュー、承認のための統一されたオープンソースツールセットの構築に取り組む包括的プロジェクト。DNEG によって開発された xSTUDIO、Autodesk によって開発された Open RV、ビデオエンコードガイドラインリポジトリなどのプロジェクトをホストしています。

OPENASSETIO

- **OpenAssetIO:** コンテンツ作成パイプラインの統合作業とメンテナンスのオーバーヘッドを削減する、ツールと素材管理システム間のオープンソース相互運用スタンダード。Foundry の貢献。



- **OpenFX:** VFX 業界における画像処理ツール間の相互運用性を可能にするオープンソース プラグインスタンダード。プラグインの相互運用性を確立することで、視覚効果や

- 映像処理ソフトウェア作者のリファレンススタンダードとなっています。OpenFX は、以前プロジェクトを管理していた非営利団体 Open Effects Association によって提供されました。



- **MaterialX:** コンピュータグラフィックスにおけるリッチなマテリアルとルック開発コンテンツを表現するためのオープンスタンダードで、プラットフォームに依存しない記述と、アプリケーションやレンダラー間での交換を可能にします。Lucasfilm によって開発され、広く使用されているアプリケーションや標準に組み込まれています。MaterialX はまた、ソフトウェアアプリケーション間のよりアーティストフレンドリーな橋渡しをクリエイターに提供するために、Autodesk と Adobe によって開発された新しいサブプロジェクトである OpenPBR も含んでいます。



- **Rawtoaces:** デジタルカメラの RAW ファイルを、Academy Color Encoding Specification に従ってエンコードされた画像データを含むコンテナファイルに変換するソフトウェアパッケージ。



- **Rez:** Rez は、サードパーティ製およびプロプライエタリなデジタルコンテンツ制作ソフトウェア用のスタンドアロン設定環境を作成する、オープンソースのクロスプラットフォームパッケージマネージャです。当初 Dr.D Studios で開発された Rez は、パイプラインコミュニティで広く使用されており、視覚効果やアニメーション制作開発者の数え切れないほどのパッケージ管理問題を解決しています。

コミュニティとの関わり

Foundation の主要イベントである Open Source Days は、視覚効果、アニメーション、デジタルコンテンツ制作のための OSS に特化した主要イベントです。2023 年には対面およびバーチャル登録が倍増し、視覚効果 / アニメーションスタジオ、ソフトウェアベンダー、その他の専門家が、新たなオープンソース プロジェクト、ベストプラクティス、映画業界におけるオープンソースの最新動向について発表します。さらに ASWF は、Open Source Days のメインプログラムに先駆けて、新しいバーチャル タウンホール シリーズを導入しました。数週間にわたり、MaterialX、OpenColorIO、OpenAssetIO、Open RV、xStudio、OpenTimelineIO、OpenEXR などの Foundation プロジェクトが、マイルストーン、ハイライトした点、将来のロードマップを共有し、コミュニティからの質問に答えました。

より多くの貢献と開発者の参加を促すために、Foundation は新しい仮想イベント「Dev Days」を開始しました。あらゆる経験レベルの開発者が、プロジェクトについて学び、プロジェクトのリーダーと交流し、コードを書くために、48 時間のうち 8 時間を費やすことが奨励されました。参加企業には、Autodesk、Sony Pictures Imageworks、Lucasfilm、DreamWorks Animation、Wētā FX、Walt Disney Animation Studios などがあります。

ダイバーシティとインクルージョン



2023 年は、Foundation のダイバーシティ&インクルージョン ワーキンググループが主導するサマー ラーニング プログラムの第 3 回目を迎えました。このプログラムは、アニメや VFX 業界での技術的なキャリアを模索する、社会的地位の低い学生や若者に、実践的なスキルとメンタリングを提供するものです。2023 年は LGBTQIA+ コミュニティに焦点を当てました。20 人の参加者は、オンライン学習への無料アクセスを提供され、Industrial Light & Magic、Pixar Animation Studios、Netflix、Activision Blizzard などのスタジオの業界プロフェッショナルと 1 対 1 のメンタリングを受けました。

Alliance for OpenUSD

2013年に発表されたPixarのUniversal Scene Description (USD)テクノロジーは、3Dエコシステムのパラダイムシフトを示しました。USDは、3Dアセットとシーンの効率的な交換を通じて、創造性とコラボレーションを強化するための基礎を築きました。2016年、PixarはUSDをオープンソース化し、業界の幅広い関心と採用に拍車をかけました。

Alliance for OpenUSD (AOUSD)は、業界をリードするPixar、Adobe、Apple、Autodesk、NVIDIAによって2023年に設立され、様々なプラットフォームや業界における3Dグラフィックスの相互運用性と機能性を標準化し、強化するための共同作業です。AOUSDの使命の中心には、オープンスタンダードのガバナンスを通じてコラボレーションとイノベーションを促進するというコミットメントがあります。AOUSDは、ワーキンググループを通じて、相互運用可能な3Dツールとワークフローの活気あるエコシステムを実現します。



AOUSD ワーキンググループ

- **Core Specification (コア仕様)** : このグループは、多様なソフトウェアプラットフォームやデバイス間でのシームレスな相互運用性を確保するために、OpenUSD スタンダードを正確に定義しています。
- **Materials (素材)** : ASWF と協力し、このグループは OpenUSD 内の素材定義の標準化に取り組んでいます。
- **Geometry**: 基礎となる基準を拡張し、このグループは USD ベースのジオメトリの詳細な仕様を作成します。
- **Marketing**: このグループは、OpenUSD の価値を広め、AOUSD を 3D コンテンツ制作のオープンスタンダードのリーダーとして位置づけることに注力しています。

AOUSD と Khronos Group は、OpenUSD を Khronos の glTF スタンダードと整合させ、高度な 3D シーン合成のためのシームレスな統合と相互運用性を確保する取り組みを開始しています。このコラボレーションは、両スタンダードのロードマップを同期させ、ツールパイプラインを強化し、様々なプラットフォームにおける 3D コンテンツ制作の幅を広げることを目的としています。

AOUSD はまた、ASWF と協力して、映画やゲーム制作における OpenUSD の使用を促進する様々なワーキンググループをサポートしています。重要な取り組みのひとつは、ASWF の MaterialX プロジェクトと OpenUSD を統合することで、映画コミュニティの視覚効果の能力を高めることです。さらに、ASWF のワーキンググループは、カメラグループにおける PhysCam と PhysLight の推進、ゲームグループにおける USD の Book の開発、アセットグループにおける glTF/USD

の相互運用性の調査など、USD の特定の側面に焦点を当てています。Web 上での USD の取り組みも、ASWF で早くから行われ、Autodesk の WebAssembly ポートの主要なフォーラムとしての役割を果たしました。このコラボレーションにより、映画コミュニティは最先端のビジュアルソリューションを開発、展開することができ、視覚効果やそれ以外の分野でも業界の能力を向上させることができます。

Open 3D Foundation

リアルタイム 3D テクノロジーは、ゲーム、ロボット、映画、仮想現実 / 拡張現実、AI/ML、デジタルツイン、製造、自動車、ヘルスケア、建築など、さまざまな業界でイノベーションを新たな高みへと押し上げています。ビジュアライゼーションおよび 3D レンダリングソフトウェア市場の予測は、2027 年までに 80 億ドル。リアルタイム 3D エンジンは、ゲーム開発者の領域から、これらの体験を提供するための基盤に成長しました。

Linux Foundation が主催する Open 3D Foundation (O3DF) は、アーティスト、コンテンツクリエイター、開発者、テクノロジー リーダーからなる盛んなコミュニティで、モジュール化された、完全な機能を備えた、高忠実度のリアルタイム オープンソース 3D エンジンである Open 3D Engine (O3DE) の構築と育成に注力しています。

3 年目を迎えた現在、コミュニティはその勢いを維持し、200 万行以上のコードが変更されました。プルリクエスト作成者には、Lionbridge、AWS、Robotec.ai、Huawei が含まれます。

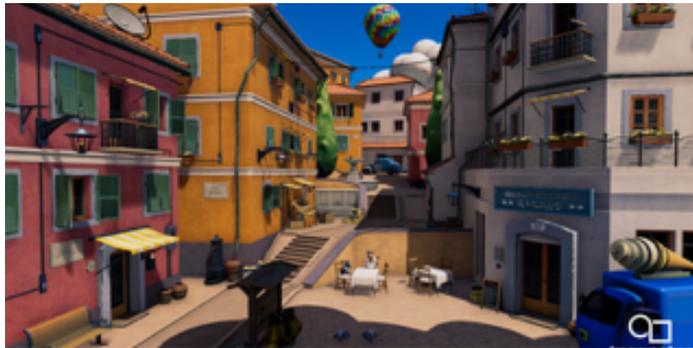
O3DF は、コミュニティ主導の有機的な成長にコミットしており、以下のような道を歩んでいます：

- **安定性の優先**：O3DE のクラッシュやバグを最小限に抑え、よりスムーズなユーザーエクスペリエンスを実現します。
- **思慮深い開発**：適切な廃止計画なしに破壊的な変更を避けること
- **拡張機能開発**：webGPU の実装、Blender との統合、Houdini との統合、USD パイプラインとの統合の検討
- **認知度の向上**：O3DE をはじめとするオープンソース ツールやエンジンの認知度を向上させ、相応の評価を得られるようにします。

ゲーミング

O3DE の原点はゲーム開発にあり、固定化された商用ライセンスや不必要で煩雑な機能から解放され、業界にオープンソース ゲームエンジンの選択肢を提供します。

O3DE 23.05 リリースで導入されたマルチプレイヤーサンプルゲームは、ゲーム開発者が新しいプロジェクトを開始するのに役立つ、一般的なゲーム要素のクライアントと専用サーバーのリファレンス実装を提供します。また、地形、ライティング、オーディオ、スクリプティング、VFX など、O3DE システムとの統合の主要な例を提供しています。グローバルイルミネーション、カスケードシャドウ、エミッシブサーフェス、バウンズライティング、テンポラルアンチエイリアス、ハイブリッド反射（スクリーンスペースとレイトレーシング）など、Atom Renderer の高度な機能を使用して視覚的な目標を達成します。



次世代開発者とのエキサイティングなコラボレーションとして、O3DF はロチェスター工科大学との Project Eureka を開始しました。この取り組みを通じて、O3DF は学生チームが O3DE を使用した商用ゲームを開発するための支援を行い、学生はポートフォリオを作成し、業界のエキスパートから学ぶことができます。Project Eureka は、この種のものとしては初の試みであり、他の意欲的なクリエイターが使用できるように O3DE のアセットライブラリを増やし、これらの学生開発者からリアルタイムで O3DE の機能ギャップを特定し、インターンシップ、メンターシップ、雇用のための人材のパイプラインを構築し、次世代の開発者、アーティスト、コンテンツクリエイターの間で O3DE の採用を促進します。

O3DE のさらなる普及を示すものとして、Carbonated Inc. は 2024 年 3 月、O3DE を使用して開発されたゲーム「Mad World」を、2024 年後半に iOS および Android デバイス向けに出荷すると発表しました。これは、O3DE を利用した初の商用モバイルゲームとなる予定です。

ロボティクス

リアルタイム 3D エンジンには、ゲーム開発以外のアプリケーションにも対応するため、O3DE は、そのモジュール性とコンテンツ作成、物理、センサーシミュレーションにわたるコア機能により、ロボット産業での採用が増加しています。

Robotec.ai は、ロボットアプリケーションのためのシミュレーションプラットフォームの開発を支援するソフトウェアリーダーで、O3DF と提携し、ロボットシミュレーションのためのエンジンの機能を拡張する 2 つのプラグイン (O3DE では Gem として知られています) を作成しました。O3DE ROS 2 Gem は、O3DE とロボットオペレーティングシステム (ROS) を統合し、ロボットシミュレーションを構築するための多くのコンポーネントを含んでいます。これらのコンポーネントには、センサー、移動ロボットや関節システムのための様々なタイプのドライブのコントローラ、マニピュレータアーム、ロボットの動的スポン、その他のユーティリティやツールが含まれます。O3DE RGL Gem は GPU アクセラレーションによる Lidar シミュレーションを提供し、30 倍高速なパフォーマンスを実現します。

「O3DE には、シミュレータで ROS2 のコードを書くという意味で、私が考える最高の ROS 統合があります。そのため、ブリッジなしですべてのパッケージを直接使用することができ、パフォーマンスに影響を与え、ROS エコシステムと直接通信し、データを効率的に記録することができます。」

— Adam Adam Dąbrowski, VP of Robotics and Simulations, Robotec.ai

O3DE の一貫した透明性のあるライセンス条項は、開発者が予期せぬ請求に直面することがないことを保証します。ユーザー主導の開発とは、ベンダーの収益化目標ではなく、ユーザーのニーズに基づいた機能であることを意味します。オープンなコードベースは完全に透明であり、ゲーム開発ツール間で移行する開発者を歓迎する環境を育成します。O3DF はまた、ゲーム開発者、ゲームデザイナー、作家、プログラマーへのインタビューなど、O3DE コミュニティ内の多様性を強調するよう努めています。

O3DE のソフトウェアリリースは、パフォーマンス、安定性、ユーザビリティの向上に焦点を当て続けています。今後、O3DE は現代的で忠実度の高いレンダラーとモジュール式アーキテクチャを開発し、サードパーティツールの容易な統合と機能追加の簡素化を目指します。O3DF は、ASWF および AOUSD との今後の緊密な連携を楽しみにしています。



結論

これらの垂直産業はすべて独自のオープンソース プロジェクトとコミュニティを持っていますが、共通点もあります。オープン コラボレーションは、コストと市場投入までの時間を削減し、品質を向上させ、新しい競争分野を切り開く機会を提供することに、すべての企業が気づいています。これらの成果を集団ベースで達成する能力は、各業界のイノベーションを推進します。サイバーセキュリティや AI といった重要な問題は、このコラボレーションをさらに加速させています。

多くの業界のトップ企業は、将来的に生き残り、繁栄するためには、ソフトウェアの革新性において上位 4 分の 1 に入る必要があることを数年前に理解していました。そこで、世界トップクラスのソフトウェア開発企業を研究し、そこから学んだ結果、ソフトウェアのリーダーたちは 10 年以上にわたってオープンに協力し合い、ソフトウェアの配管やインフラを構築していることを発見しました。彼らはオープンソースで開発したこれらの資産をライセンスし、誰でもオープンに利用できるようにしていたのです。よく考えてみると、彼らの多くは、顧客が気にも留めないソフトウェアスタックの一部の知的財産を個人で所有することが、ビジネスチャンスを制限し、開発やメンテナンスの面で高くついていることを理解するようになりました。採用を加速させるためには、共通の設計図についてオープンに協力することで、ビジネス成長の機会を増やすことができます。

成功したパターンのケーススタディが目の前にあったのです。Linux、Apache Web サーバー、Eclipse のようなプロジェクトが、ソフトウェア イノベーターとユーザーが、顧客が求めるより価値の高いソフトウェアをより迅速に構築することを可能にしていることを発見したのです。基盤となるソフトウェアのオープンソース モデルによるコラボレーションは、これらの企業をより迅速なイノベーターにし、プロジェクトコミュニティで働く組織全体で開発コストを共有することで、個々の投資をより低く抑えることができました。

そして、あるとき思い知らされます：オープンソース プロジェクトは、誰もが独自の方法で実装できる標準に何年も取り組む代わりに、これらのオープンソース プロジェクトは、業界で共有される実装をオープンに構築し、誰もが競争力のある製品やソリューションを構築できる中立的なデファクトスタンダードを効果的に作り上げています。

その後起こったことは、個々の競争企業がすべてを自分たちのために構築するところから、競争企業のコミュニティがオープンに協力するところへと、これらの業界が業界のインフラ構築方法を変革するのを見るのは驚くべきこと以外の何ものでもありません。

1 <https://ourworldindata.org/grapher/global-fossil-fuel-consumption>

2 <https://ourworldindata.org/emissions-by-sector>



Copyright © 2024 [The Linux Foundation](#)

本レポートは [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International Public License](#) の下でライセンスされています。

この著作物を参照する場合は、以下のように引用してください：“Software-Defined Vertical Industries: Transformation Through Open Source (2024);” The Linux Foundation, June 2024



Linux Foundation は、オープンソースがクローズドなプラットフォームとの競争を成功させるために必要な統一的なリソースとサービスを提供することで、Linux の促進、保護、標準化を図っています。

Linux Foundation やその他の取り組みについては、www.linuxfoundation.org をご覧ください。

Sponsored By:

