

持続可能性のためのオープンソース

Linux Foundation 傘下のプロジェクトが
国連の持続可能な開発目標の推進に
どのように貢献しているか

2023年9月

Kirsten D. Sandberg

Foreword by Bilel Jamoussi,
International Telecommunication Union



持続可能性のためのオープンソース

なぜ国連SDGSなのか？

国連の持続可能な開発目標 (SDGs) は、マルチステークホルダー ネットワークが創意工夫を凝らすことで、その目標を達成できるよう、特定の世界的危機をターゲットにしている。

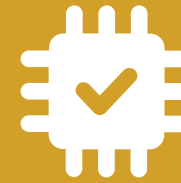


デジタル資産とSDGS

オープンスタンダード、オープンソースソフトウェア、オープンコンテンツ、オープンAIモデル、オープンデータ、オープンハードウェアを含むデジタル公共財は、SDGsの達成に不可欠である。



オープンハードウェアとSDGS



RISC-Vのようなオープンなハードウェア仕様と設計は、ハードウェアの再現性と、エネルギーと演算能力の効率化を可能にする。

オープンスタンダードとSDGS



スタンダード開発プロセスは、デジタル公共財の世界的な普及に向けた一歩となる合意に達するためのコミュニティの手段である。

オープンコンテンツとSDGS

LF Training and Certificationが開発したオープンコンテンツは、「持続可能で発展途上の経済状況において構造的に欠落している」人材の育成に役立つ。



—CLYDE SEEPERSAD

AI、イノベーション、SDGS

開発者は、オープンソースライセンスの下でAIモデルを公開することで、懸念を軽減し、信頼を築き、コラボレーションを促進し、最終的にイノベーションを促進することができる。



目標 1: 貧困をなくそう

カンボジア国立銀行がスポンサーとなり、Hyperledger Foundationのメンバーであるソラミツがコード開発したBakongプロジェクトは、カンボジアの銀行口座を持たない人々がモバイル決済システムを利用できるようにした。



目標 2: 飢餓をゼロに

AgStackのフィールド境界データセット、AIモデリング、ソフトウェアアプリケーションは、農家がデータを利用して水、肥料、労働者をより効果的に管理し、収量を向上させるのに役立つ。



目標 3: すべての人に健康と福祉を

IBMのCall for Codeイニシアチブは、ClusterDuckプロトコルのセンサーや通信ネットワークなど、緊急時に代替となるデジタルインフラを展開するプロジェクトを支援してきた。



目標 4: 質の高い教育をみんなに

LFの無料コースとオープンコンテンツにより、学習者は実践的なトレーニングにアクセスし、認定資格を取得し、オープンソースのエコシステムで新しいスキルと知識を活用することができる。



目標 5: ジェンダー平等を実現しよう

ASWF、CHAOSS、Rコンソーシアム、FINOS、OpenJS、RISC-VなどのLFプロジェクトは、偏見と闘い、コミュニティにおけるマイノリティの地位を高めるDEIワーキンググループをホストしている。



目標 6: 安全な水とトイレを世界中に

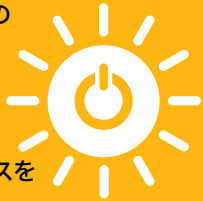


Botanical Water Technologiesは、富士通のHyperledger Fabricサービスを使って、農業生産工程で無駄になる水の収集、ろ過、精製、販売、配送、利用を実現している。

持続可能性のためのオープンソース

目標 7: エネルギーをみんなにそしてクリーンに

無駄を省くために、LF Energyの Operator Fabric、PowSyBI、SOGNO、Grid eXchange Fabricなどのプロジェクトは、エネルギー源、オペレーター、グリッドデータ、スマートデバイスを調整している。



目標 8: 働きがいも経済成長も



ISRグループのInternet Security Research (ISR)は、人々がプライバシーを心配することなく、学び、働き、デジタルで経済に貢献できるように、インターネット上の安全な通信の障壁を軽減します。

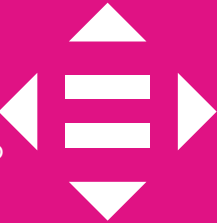
目標 9: 産業と技術革新の基盤をつくろう

CNCFは、この新しいデジタル経済の重要なビルディングブロックの開発を支援するために、クラウドコンピューティングモデルに移行するために世界的に設立された。



目標 10: 人や国の不平等をなくそう

Hyperledger Besu上で稼働するLACChainは、ラテンアメリカの企業にピアツーピア取引技術へのアクセスを提供し、個人保護を高めながら社会経済格差を平準化する機会を創出する。



目標 11: 住み続けられるまちづくりを

Civil Infrastructure Platformチームは、エネルギー配給、廃水管理、医療提供、通信といった最新の自治体インフラの要件を満たす組込みシステム用のOSSコンポーネントを開発している。



目標 12: つくる責任 使う責任

3MFコンソーシアムの3Dプリントファイルのオープン仕様により、イノベーターはどのようなシステムにもファイルを送ることができ、付加製造の廃棄物や燃料の削減をサポートします。



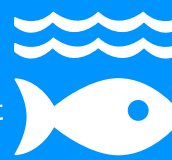
目標 13: 気候変動に具体的な対策を

OS-Climateのデータコモンズと、リスクと回復力を測定する分析ツールにより、投資マネージャーは、企業のネットゼロ目標との整合性に基づいて投資判断を下すことができる。



目標 14: 海の豊かさを守ろう

OS-Climateは、Data Meshのブループリントを生物多様性データに拡大し、海洋生態系やその他の生物多様性ホットスポットにおけるリスクと適応への投資を特定するための重要なイネーブラーにすることを望んでいる。



目標 15: 陸の豊かさを守ろう

Smart Parks社のOpenCollarは、密猟者を捕らえ、密猟者に対して法的措置を取るための証拠を収集するために、Zephyrのテクノロジーを内蔵トラッカーに使用している。



目標 16: 平和と公正をすべての人に

「Five-Fifths Voter」、「Open Sentencing」、「Truth Loop」などのオープンソースプロジェクトは、司法制度や規制制度における偏見や差別に対処するためのコンテンツプラットフォームである。



目標 17: パートナーシップで目標を達成しよう



LFは、中立的で協力的な方法で、ミッションクリティカルなテクノロジーをホストしている。

—SUMER JOHAL

LINUX FOUNDATIONとSDGs

LFは、デジタル公共財の膨大なポートフォリオを管理し、持続可能な開発を可能にする法的構造、資金源、ツール、成長メカニズム、コミュニティの健康を測定するためのガバナンスモデルを提供している。



目次

序文.....	5	目標 12: つくる責任 使う責任.....	32
はじめに	6	目標 13: 気候変動に具体的な対策を	33
背景と研究課題.....	6	目標 14: 海の豊かさを守ろう	34
方法論.....	6	目標 15: 陸の豊かさを守ろう	35
なぜ「持続可能な開発目標」なのか?	7	目標 16: 平和と公正をすべての人に	35
持続可能性のためのオープンソース.....	9	目標 17: パートナーシップで目標を達成しよう	37
デジタル公共財	9	持続可能な開発のための人的インフラストラクチャ.....	39
目標達成のためのプロジェクト	18	法的構造	39
目標 1: 貧困をなくそう.....	18	資金調達	40
目標 2: 飢餓をゼロに.....	19	オープンガバナンス	40
目標 3: すべての人に健康と福祉を	20	行動の基盤	41
目標 4: 質の高い教育をみんなに.....	21	謝辞.....	43
目標 5: ジェンダー平等を実現しよう	23	著者紹介.....	44
目標 6: 安全な水とトイレを世界中に	25	巻末資料.....	45
目標 7: エネルギーをみんなにそしてクリーンに	26		
目標 8: 働きがいも経済成長も	27		
目標 9: 産業と技術革新の基盤をつくろう	28		
目標 10: 人や国の不平等をなくそう	29		
目標 11: 住み続けられるまちづくりを	30		

序文

Linux Foundation がよく知られているオープンで包括的なイノベーションの精神は、まさに私たちが持続可能な未来を実現するために必要な精神です。

私たちのグローバルな目標は野心的であり、野心的であることは正しいことです。人類が直面している課題は、断固としたグローバルな行動を求めるスケールのもので、私たちは目覚ましいブレークスルーを達成しつつあり、それは私たちの進歩を加速させる可能性があります。私たちの成功は、私たちのイノベーションがどれだけ広く人々の生活を向上させるかによって測られるでしょう。

私は、この報告書が、ITU が常に喜んで支援するプロジェクトである、有益なオープンソース プロジェクトへのさらなる貢献を鼓舞することになると確信しています。国連の情報通信技術専門機関として、ITU は世界規模でのイノベーションを支援するため、コラボレーションを促進しています。

私たちの多様なグローバルメンバーには、政府、産業界、学界、国際機関や地域機関が含まれます。また、新たなパートナーシップを支援し、「AI for Good」のような協力的な枠組みにより、誰もが私たちの活動に影響を与える機会を創出しています。

私たちは、私たちの仕事とその成果がすべての人を巻き込むことを願っています。私たちは、より良い世界を目指して活動するすべてのイノベーターにとって価値あるパートナーとなることを目指しています。私たちはこの理念を Linux Foundation と共有しています。

標準化とオープンソース プロジェクトは、持続可能な開発に対して強力で相互に補強し合う貢献をすることができますが、この取り組みは、共に集まり、進むべき道について合意を構築するという強い意志によって推進されます。私たちは、より多くの人々の心をこの作業に注ぎ続ける必要があります。

ITU と Linux Foundation は、私たちのグローバルな目標に不可欠であることが分かっているコラボレーションとパートナーシップを促進するために、信頼できる中立的なプラットフォームを提供します。私たちのプロセスは、すべての参加者の声が届くことを保証します。ぜひ、あなたの声を届けてください。

Bilel Jamoussi
Deputy-Director Telecommunications Standardization Bureau (TSB), International Telecommunication Union (ITU)

はじめに

1987年、国連は持続可能な開発の最初の定義を発表しました。それは「将来の世代が自らのニーズを満たす能力を損なうことなく、現在のニーズを満たす開発」であり、「技術と社会組織が環境資源に及ぼす影響を管理し、..... 経済成長の新時代への道を開く」¹ことを求めています。

1991年にLinus TorvaldsがLinuxカーネルをリリースして以来、Linuxコミュニティはオープンソースソフトウェア(OSS)やその他のパブリックなデジタル資産を開発するアプローチを培ってきました。それは、カーネルだけでなく、850を超えるその他の種類のプロジェクトを支えており、その多くは、私たちの地球が抱える最大の課題に取り組む上で有用なものです。それは、共有リソース、ツールと構造を備えたデジタルコモンズに関するものであり、今日使用されている全ソフトウェアの80~90%が機能するために不可欠なものとなっています。²(2023年のOSSの調査では、この数字は96パーセントとされています³)。世界中の企業、政府、非営利団体が、その組織に必要な不可欠なサービスを提供するためにオープンソースに依存しています。⁴

この研究は、フリーでオープンなデジタル資産の持続可能性と、持続可能な開発におけるその利用について掘り下げるものです。持続可能性とは、デジタル技術の「長期的な存続可能性、つまり人々がそれを使用するかどうか、その周りにコミュニティが形成されているかどうか、そしてその管理者が、彼らのプロジェクトやこれらの資産が使用されるコンテキストや、それらのアプリケーションが人々の生活や地球の住みやすさに与える影響を考慮しているかどうかを意味します。⁵

背景と研究課題

2017年、国連Global Compactは、デジタルテクノロジー、特にオープンソースが国連の持続可能な開発目標(SDGs)の達成に貢献し、2030年までにテクノロジー部門だけで年間2.1兆ドルの追加収益をもたらすと報告しました。⁶私たちは、Linux Foundation(LF)が主催するプロジェクトやプログラムが、このようなサステナビリティの取り組みの中でどのような位置づけにあるのかを理解したいと考えました。この調査では、LF傘下のプロジェクトについて3つの疑問を探りました。

- 第一に、そのプロジェクトのオープンソース資産(標準、ソフトウェア、データ、コンテンツ、モデル、ハードウェアのいずれであっても)は、そのユーザーが国連のSDGsの1つまたは複数に向かって前進するのに役立っているのだろうか?この問いに答えるために、私たちは国連の「デジタル協力のためのロードマップ」にあるデジタル資産のカテゴリーを適用し、立ち上げ、開発中、提案中の個別のユースケースに焦点を絞りました。⁷
- 第二に、プロジェクトやその組織自体が、国連のSDGsの一つ以上を推進するのに役立っているのだろうか?この問いに答えるために、私たちは各プロジェクトコミュニティ、そのメンテナと貢献者、ワーキンググループ(WGs)とスペシャルインタレストグループ(SIGs)の文書化された取り組みを調査しました。
- 第三に、公共財の管理という点で、他の持続可能な開発イニシアチブのリーダーたちが自分たちの仕事に応用できるようなことを、OSSコミュニティから学べるだろうか?この問いに取り組むにあたり、私たちはLinux Foundationのすべてのプロジェクトが利用できるツール、構造、ガイダンスを調査しました。

方法論

(1)LFのプロジェクトページ(<https://www.linuxfoundation.org/projects>)に掲載されている各プロジェクトのウェブサイトとgitリポジトリ、(2)LFXのインサイトデータベース(<https://insights-v2.lfx.linuxfoundation.org/projects>)に登録されているすべてのプロジェクトとサブプロジェクト、(3)新規プロジェクト。これらを利用可能なランドスケープ(<https://landscapes.dev>)と照らし合わせました。同時に、LFコミュニティに、各目標に貢献するプロジェクトをリストアップし、共有のGoogleシートに記述するよう呼びかけました。⁸最後に、プロジェクトのページやLFXインサイトデータベース(<https://www.linuxfoundation.org>)に掲載されていないプロジェクトを発見するために、SDGsの中核となる用語についてLFのウェブサイトのキーワード検索を2023年5月2日まで行いました。これらのページのテキストに従って各プロジェクトをコード化し、2023年8月18日までにプロジェクトとプロジェクトデータを更新しました。

2023年4月下旬、私たちは、私たちのリサーチクエスチョンを詳細かつ実践的な観点から掘り下げるためにデジタル公共財の専門家と、複数のSDGsを支援するLFプロジェクトのエグゼクティブディレクターによる一連のインタビューを開始しました。5月下旬には、LFブログで予備的なデータ分析を公開し、LFサステナビリティイニシアチブの新しいホームページを紹介し、コミュニティに参加を呼びかけました。⁹最後に、インタビューに答えてくれたすべての人に、オンラインでこの文書、特にインタビューの抜粋を確認し、編集してもらいました。このバージョンは、これらすべての情報源と貢献を表しています。

図 1

持続可能な開発目標リスト



国連ガイドライン日本語 2019 年 8 月版, https://www.un.org/sustainabledevelopment/wp-content/uploads/2019/01/SDG_Guidelines_AUG_2019_Final.pdf.

なぜ「持続可能な開発目標」なのか？

地球上の人間活動の持続可能性を測定し、マッピングする方法はさまざまです。2015 年、国連は「持続可能な開発のための 2030 アジェンダ」を発表し、17 の具体的な目標を掲げて大きな危機感を示しました。¹⁰ これらの SDGs は、8 つのミレニアム開発目標に加え、環境、人権、労働、腐敗防止の観点から国連グローバルコンパクトのコーポレート ガバナンスの尺度を基礎としています。

私たちが SDGs (図 1) を分析に選んだのは、SDGs がよく知られ、公式化され、世界的に推進され、その達成指標となっているからだけでなく、人類が気候に与える影響を超えて持続可能性に次元性をもたらし、地球人が直面するさまざまな課題に形と質感を与えているからである。さらに、Linux Foundation が主催するデジタル ソリューションは、グローバルなコラボレーションです。

2016 年、国連グローバルコンパクトは、自動車、金融サービス、ヘルスケア、小売、消費財、テクノロジー (ハードウェア機器では日立、インテル、NEC、クアルコム、ソフトウェア コンピューター サービスでは富士通、マイクロソフト、ヴイエムウェア、通信ではエリクソン、ファーウェイなど) の参加者が、環境スチュワードシップ、社会的責任、コーポレート ガバナンス (ESGs) における企業目標が SDGs にどのように貢献するかを確認できるよう、「責任投資 10 原則」を 17 の SDGs にマッピングするよう配慮しました (図 2)。¹¹

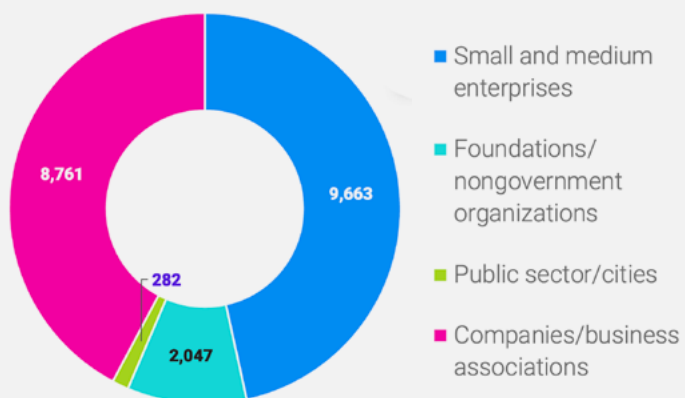
結局のところ、ほぼすべての SDGs に環境、社会、コーポレート ガバナンスの要素が含まれていました (図 3)。民間企業における持続可能性の他の尺度に詳しい人なら、SDGs がうまく当てはまることがお分かりいただけるでしょう。

ESG 目標が永続的なものであり、組織が毎年継続的な業務を通じて達成するものであるのに対し、SDGs は時間的制約があり、世界的な危機を対象としているため、Linux Foundation のようなマルチステークホルダーネットワークが、その集団的な創意工夫によって達成を支援するものである。ESG 目標を達成することで、企業は持続可能な開発を実現

図 2

国連グローバル インパクトへの 積極的参加者

データの出典：国連 GC 参加者
検索、2023 年 7 月 13 日現在、
<https://unglobalcompact.org/what-is-gc/participants/search>

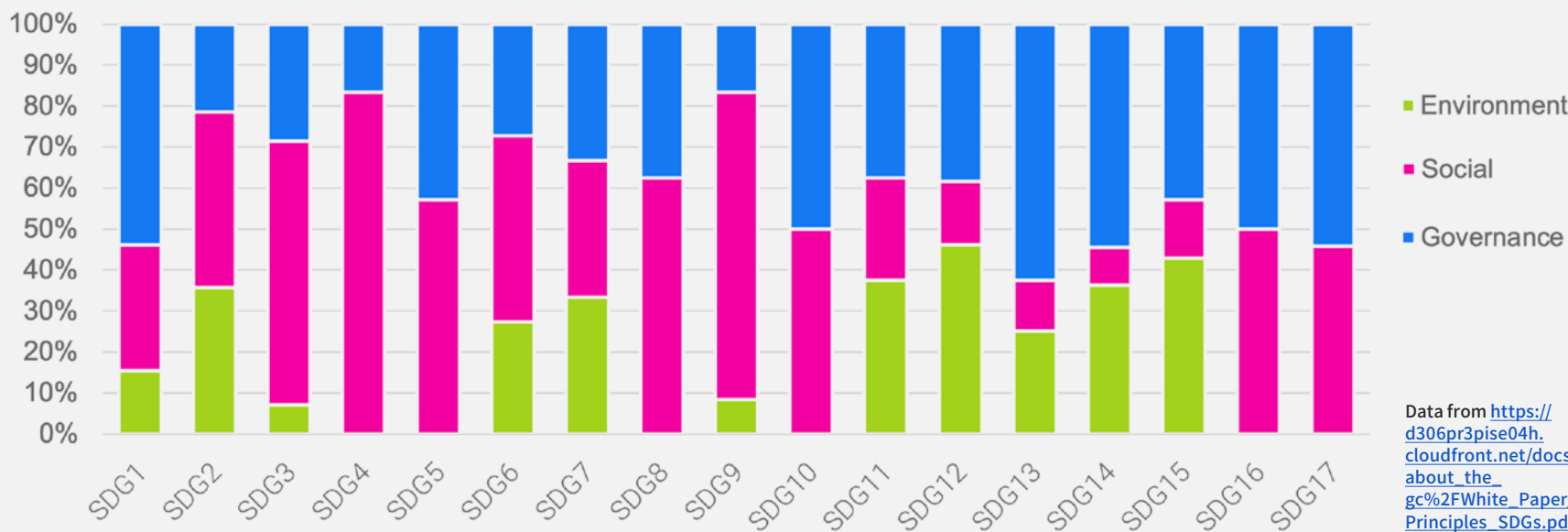


します。

Fintech Open Source Foundation (FINOS) のエグゼクティブ ディレクターであり、Linux Foundation Europe のゼネラル マネージャーでもある Gabriele “Gab” Columbro 氏は、次のように述べています。「LF Sustainability は Linux Foundation にとって本当に重要なイニシアチブです。SDGs は、私たちの目標が何であるかということについて、実に美しく明確な枠組みを提供してくれます。ヨーロッパでは影響力のあるプロジェクトに重点を置いており、公共部門が SDGs を念頭に置いた人間中心のインターネットとヨーロッパの人々のためのデジタルの未来を創造する方法としてオープンソースをどのように見てきたかを考えると、Linux Foundation Europe にとってはさらに重要なことかもしれません。」¹²

図 3

SDGS と ESG 指標の関連性



持続可能性のためのオープンソース

デジタル公共財

2020年、国連事務総長は「デジタル協力のためのロードマップ」を発表し、「(SDGs達成のために) デジタル技術とデータの可能性を最大限に引き出すための……デジタル公共財」の役割を解説しました。このロードマップでは、国家による検閲、大規模な監視、重要インフラへのサイバー攻撃といった民主主義社会への意図的な攻撃だけでなく、例えばアルゴリズムによる偏見や、個人を特定できる情報 (PII) の不正な収集や安全でない保管といった、社会的弱者や社会から疎外された集団に不釣り合いな被害を与えるような、意図せざる人権侵害を最小限に抑えるために、これらのテクノロジーを管理する必要性が議論されました。¹³ Digital Public Goods Alliance は、持続可能な開発を支援するデジタル資産を5つのカテゴリーに分類し、このプロセスを加速させるために結成されました。

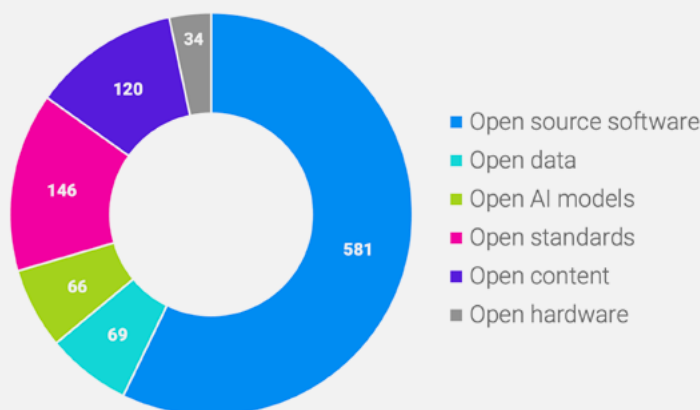
- **オープンスタンダード**: スタンダードと仕様は、グローバルなイノベーションとコラボレーションを加速します。例えば、目標 2、3、10、11、17 をサポートする資産の追跡とトレーサビリティの向上やプロセスの自動化により、参入障壁を下げ、ベンダーの囲い込みを防ぎ、ワークフローとグローバルサプライチェーンをスムーズにします。
- **オープンソース ソフトウェア**: コンピューター システムやネットワーク上で実行されるプログラムの開発者は、目標 9 を始めとする SDGs を支援するために、コードを無償またはユーザーからの支払いなしで利用できるようにするライセンスの下でソースコードを配布することを選択することができます。開発者は、自分のコードの使用と共有について、他の条件を指定することができます。
- **オープンコンテンツ**: これらすべてのオープンアセットには文書化が必要です。新しいユーザーは、資産開発に貢献するにしても、新しい方向性を探るワーキンググループに参加するにしても、ガイダンスを必要としています。将来のユーザーを参加させ、トレーニング

するプロジェクトは、より多くの人々を教育し、そのプロセスに参加させるのに役立ちます (目標 4、5、8、10 など)。

- **オープンな人工知能 (AI) モデル**: ChatGPT に見られるように、AI ツールは主流になりつつあります。しかし、大規模な言語モデルのようなツールのトレーニングには、かなりの時間とエネルギーを消費します。¹⁴十分にトレーニングされテストされた AI モデルをオープンに共有することは、エネルギーと人的資源の浪費を最小限に抑えるだけでなく、貧困との闘い (目標 1) を前進させ、質の高い教育に貢献し (目標 4)、都市の効率的な管理に役立ち (目標 11)、経済成長を促進し (目標 8)、地球のシステムと陸上および水中のエコシステムに対する理解を深めます (目標 13、14、15)。¹⁵
- **オープンデータ**: データは新しい石油です。石油のように、データを取得する者は、まずそれを他の人々が有用と感ずることができるように精製しなければなりません。¹⁶一旦洗練されれば、PII の保護と安全性に特別な注意を払いながら、オープンデータはイノベーション、コラボレーション、努力の協調を加速させることができます。オープンデータの利点は、透明性の向上、利用者の関与の拡大、新しい市場や他のデータ製品の開拓、効率の向上です。これらの利点は、監督と説明責任 (目標 11、16 など)、責任ある生産と消費 (目標 2、6、7、12、14、15 など)、災害防止 (目標 13 など) に関連するイニシアチブをサポートします。
- **オープンハードウェア**: これらのカテゴリーを使用して、Linux Foundation 傘下のすべてのプロジェクトを分析しました (図 4)。¹⁷第 6 の資産タイプとして、オープンハードウェアを追加しました。これは、ドローン、ロボット、機械、医療機器、交換部品など、ユーザーが研究し、そこから学んだり、地域の状況に合わせてカスタマイズしたり、3D プリンティングを通じて独自のオブジェクトを作成したりできるような方法でライセンスされた設計仕様の必要性を反映したものです (目標 10 および 12 など)。

図 4

LINUX FOUNDATION はあらゆる種類のオープンデジタル資産を管理している



出典 各プロジェクトのウェブサイトと git リポジトリから集計、2023 年 8 月 18 日現在。

LF Networking、LF Edge、LF Energy のシニア バイス プレジデント兼ゼネラル マネージャーである Arpit Joshipura 氏は、これらの資産の最も重要な利点の 1 つである、人々の時間、注意力、創造性、および公共と民間のリソースの無駄の削減を強調しました。「OSS の基本的な前提に目を向けると、それはあらゆるスタックや産業において（高い割合を占める）ものです。それは、共通であり、共有であり、区別されないものです。Linux Foundation が提供する価値は、競合他社、エコシステム パートナー、エンドユーザーを結集して、ソフトウェアのこのレイヤーを一度作ることです。¹⁸ それは反競争的なものではなく、「協力とレバレッジの効いた開発をサポートするプレコンペティティブなプラットフォーム」なのです。¹⁹ LF のアプローチは、努力の重複と断片化を最小限に抑えるものであり、責任ある生産（目標 12）に対するオープンソースの貢献の本質です。「私たちは、人的資源、時間的資源、ハードウェア資源、ひいてはエネルギー資源といった資源を犠牲にする手戻りを防いでいるのです」と Joshipura 氏は言っています。

このセクションでは、それぞれのタイプのデジタル資産が不可欠である理由を検討し、気候や海洋などの他の共有地球資源と同様に、知的財産権 (IP) のクローズド（すなわちプロプライエタリ）ライセンスとオープンソースの利点を指摘します。²⁰

オープンスタンダードと仕様

Linux Foundation は、Linux カーネルの管理者として伝説的な存在です。では、なぜ OSS ではなくスタンダードや仕様から始めるのか？なぜなら、デジタル公共財の世界的な普及と他のシステムとの統合には、オープンスタンダードが不可欠だからです。しかし、それらを実装するためにプロプライエタリなテクノロジーが必要であれば、ライセンスにかかるコストはオープンソースの実装のメリットを上回るかもしれません。²¹

Linux Foundation でスタンダード担当バイスプレジデントを務める Jory Burson 氏は、デジタルイノベーターたちに、ライセンシングの決定について一歩立ち止まって、これまでとは違った考え方をしてほしいと考えています。「プロジェクト創設者のほとんどは、ソフトウェアという観点から考え、Apache-2.0 のような、慣れ親しんだものを採用します。私は彼らに、一歩下がって、開発するすべての資産について考え、適切なライセンスを選択するよう求めています。[Apache や MIT のようなオープンアセット ライセンスは、作りたいものすべてをカバーしていないかもしれません]」。²²

ライセンスやその他の法的情報（目標 16）は、オープンスタンダードやその他すべてのデジタル公共財の実用的な価値を長期にわたって維持するために不可欠です。Burson 氏にとって、スタンダードの開発プロセスはコミュニティが合意に達するための手段です。実際、LF の管轄下にあるすべてのプロジェクトは、コントリビューター ライセンス契約 (CLA) や 1 つ以上のオープンアセット ライセンスなどの法的合意から始まっています。LFX の EasyCLA や FINOS が使用している CLA Bot のようなツールは、コントリビューターからの合意を確保するプロセスや、これらの CLA の監査を迅速化し、実装者がライセンスに驚くことがないようにしています。²³

彼女の役割として、Burson 氏はプロジェクトリーダーに、最初から何をスタンダード化したいかを検討するよう勧めています。プロジェクトには、ポキャブラリー、データフォーマット、プロセス、デザインパターンなど、商業ベンチャーが著作権や特許を取得するような、さまざまなタイプの知的財産が存在する可能性があります。²⁴ 開発者の参加と相互運用性を高めるだけでなく、スタンダードは他の技術、サービス、製品とのパフォーマンスの予測可能性を高めます。²⁵ 開発者と実装者の高度なコラボレーションを求めるプロジェクトには、community specification

license (CSL) を推奨しています。CSL は、コードと非コードの貢献をカバーし、貢献者の権利をより明確にし、活用するための法人を必要としません。²⁶ これとは対照的に、JDF (Joint Development Foundation) のような従来のオープンスタンダードプロジェクトは、LLC (Limited Liability Company: 有限責任会社) の仕組みのもと、業界や市場のスタンダードを作るプロセスを合理化し、加速させるために設立されました。²⁷ 2020 年、国際標準化機構 (ISO) と国際電気標準会議 (IEC) の合同技術委員会 (JTC) は、JDF を ISO/IEC のオープンスタンダードの呼称である公開仕様書 (PAS) の公式提出機関として承認しました。それ以来、JDF は、承認され世界的に認知される可能性のある技術仕様を開発し、JTC に提案するためのツール (チェックボックス式のテンプレートなど) とチャンネルをプロジェクトに提供してきました。

Burson 氏によると、JDF はその提出者としての役割として、ISO-JTC1 の PAS プロセスで 4 つの仕様を成功させてきました。

- オープンソース ライセンスコンプライアンスのための OpenChain 仕様 (ISO/IEC 5230:2020 ed.1 - id.81039) ;
- コンポーネント、ライセンス、著作権、セキュリティ参照を含むソフトウェア部品表 (SBOM) 情報とソフトウェアパッケージに関連するメタデータを通信する」ための SPDX 標準データフォーマット (ISO/IEC 5962:2021 ed.1 - id.81870);²⁸
- OpenChain のセキュリティ保証仕様 (DIS 18974)。
- The Green Software Foundation のソフトウェア炭素強度仕様 (DIS 21031)。²⁹

Burson 氏は、CSL の開発、レビュー、承認プロセスについて、(1) より水平的で、ワーキンググループのメンバーや「技術的決定における品質と公平性」に焦点を当てた技術コミュニティが関与する WC3 プロセスと、(2) より垂直的で、セキュリティ、アクセシビリティ、潜在的脅威、意図しない害をレビューするためにその分野の外部専門家を必要とするオープンハードウェア スタンダードのプロセスのハイブリッドであると説明しました。³⁰ CSL は、ライセンスや仕様だけでなく、スコープ、ガバナンス、行動規範、リリース計画、役割など、すべてのミッションクリティカルな要素に対処するのに十分な構造を提供します。Burson 氏によれば、LF コミュニティでは 200 を超えるスタンダード プロジェクトが進行

中だそうです。³¹

その他のオープン スタンダード プロジェクトの一例

- Coalition for Content Provenance and Authenticity (C2PA) は、メディア コンテンツの出所と出自を証明するためのオープンスタンダードを開発することで、フェイクニュースやその他の誤解を招く情報の蔓延に対抗しています。³² JDF のプロジェクトである C2PA は、気候科学、選挙結果、医療、労働慣行の報道など、さまざまな種類のメディアが本物かどうか、その情報源が本物かどうかを理解するためのツールを消費者と出版社に提供します。
- GraphQL は、そのクエリ言語と文法、クエリに使用される型とイントロスペクション システム、実行エンジンと検証エンジン、そして重要なことに、それらの背後にあるアルゴリズムについて記述した仕様を作成しました。ブラックボックスはない。仕様書は、ツール、クライアント ライブラリ、サービス実装のための強固な足場とフレームワークをユーザーに提供します。³³
- Open19 は、サーバー用の仕様とシステムレベルの仕様を策定しており、どちらも Open19 プラットフォームの構成と、Open19 ケージ、ボルトスイッチ、外部電源シェルフ、ケーブルといったインフラのハードウェアコンポーネントを完全に記述しています。³⁴
- ONNX (Open Neural Network Exchange) は、LF AI とデータの下での機械学習 (ML) の相互運用性のためのオープンスタンダードです。

正しいライセンスを選択することは、戦いの半分である。ライセンスを見つけやすく、理解しやすくすることが残りの半分です。正しいライセンスを選ぶことは戦いの半分です。ライセンスを見つけやすく、理解しやすくすることが残りの半分です。個人や組織は、使用条件が不明確であったり、発見できなかったりする資産を使用したがりません。私たちの分析では、各デジタル資産に適用されているライセンスを調べました (図5)。大半は明らかであったり、見つけやすかったりしましたが、およそ 10 パーセントは明確に記載されていなかったり、ウェブサイトやリポジトリに不慣れな人には発見できなかったり、また多くのプロジェクトはコンテンツとコードを別々にライセンスすることを明示していませんでした。ライセンスを見つけるのが難しければ難しいほど、デジタル資産を利用する障壁は高くなります。それは、平等とアクセスの平等を推進するプロジェ

クトの可能性を減らすことになります(目標 10)。

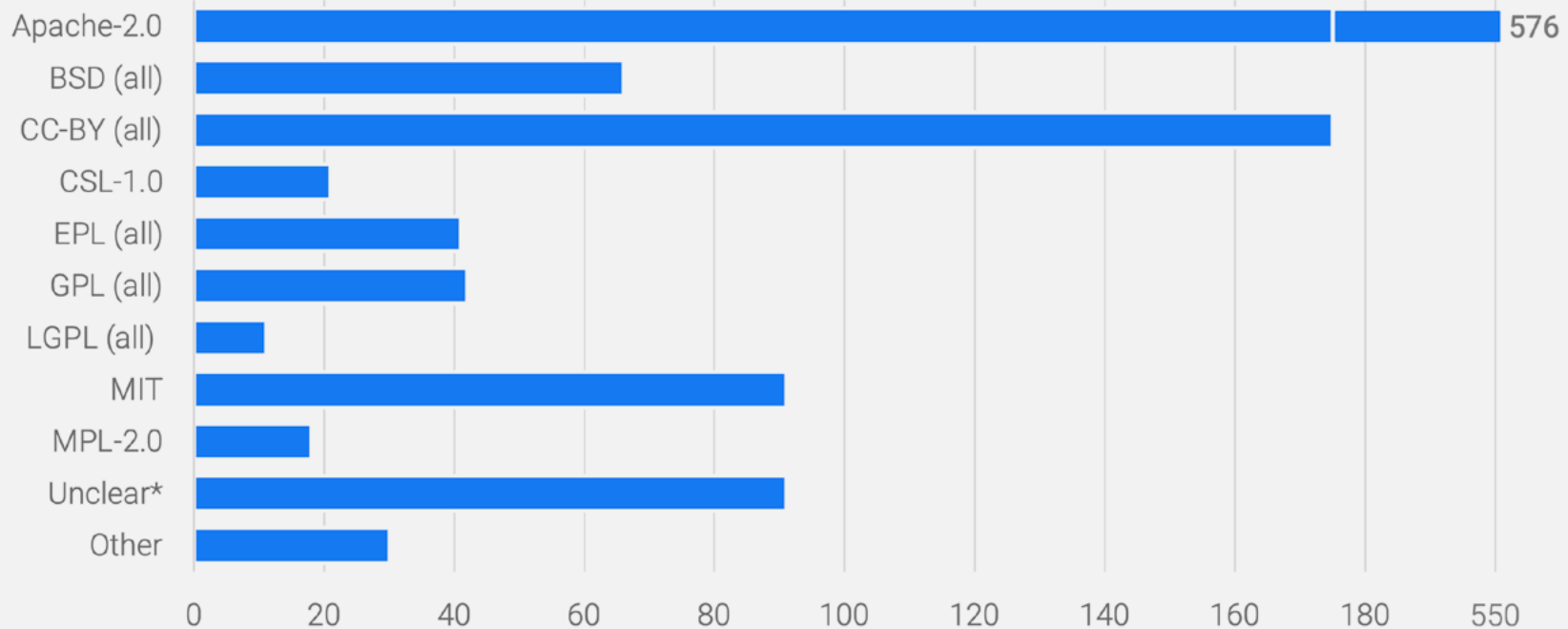
オープンソース ソフトウェア

Linus Torvalds 氏は、Linux カーネルをフリーでオープンなソフトウェアとしてリリースすることで、Internet Society (インターネット ソサエティ) が Torvalds 氏を Internet Hall of Fame (インターネットの殿堂) に選出した際に、「地球史上おそらく唯一最大の共同プロジェクト」と評したものを紹介しました。³⁵ 最近、60 億ドルの評価を受けた Linux オペレー

ティングシステムは、グローバル デジタル インフラ (目標 9) の中核であり、パブリック クラウドのワークロードの 90%、組み込み OS の 62% を稼働させています。³⁶ Fortune Business Insights は、Linux の市場規模が今年の 183 億 4,000 万ドルから 2030 年までに 662 億 8,000 万ドルに成長すると予測していますが、これは年平均成長率 20.1% に相当します。³⁷ 元 Unix のシステムエンジニアは、Linux を「どのようなエンジニアリング環境のニーズにも適合できる変幻自在のソフトウェアであり、ソフトウェアの弱点を補強する貢献者の集団のおかげで、驚くほど安定している」と評しました。³⁸ Linux は、デジタル公共財としての OSS の典

図 5

LINUX FOUNDATION で最も一般的なライセンス



出典 各プロジェクトのウェブサイトと git リポジトリから集計、2023 年 8 月 18 日現在。

型です。

しかし、省エネルギーが重要な場合（目標 7）、特にインベーターがバッテリーや太陽光発電を使っている場合、Linux はエネルギーを消費しすぎる可能性があります。「Zephyr が始まったのは、Linux カーネルが 3 メガバイトより小さくなかったからです」と、Linux Foundation のディペンダブル エンベデッド システム担当バイス プレジデント、Kate Stewart 氏は言います。「センサーやアクチュエーターのように、消費電力を気にする応答性の高いものには、より良いソリューションが必要でした。Zephyr がその解決策でした」。³⁹ Stewart 氏は、Zephyr をセキュリティのベストプラクティスをサポートし、安全認証を取得できるように設計されたリアルタイム オペレーティング システム (RTOS) と説明しています。

Stewart 氏によると、Zephyr プロジェクトの貢献者は、リソースに制約のあるデバイスのネットワーク向けに最適化された、小型でスケーラブルな RTOS を構築しています。このようなネットワークは、ユーザーが複数のアーキテクチャにまたがる Internet of Things (IoT) を立ち上げ、コストを削減し、新しい製品やサービスの立ち上げを加速するのに助けとなることでしょう。「Zephyr は、過去 20 年間で最も急速に成長している RTOS プロジェクトです。」と、Linux Foundation のシニアバイスプレジデント兼プロジェクト ゼネラルマネージャーである Michael Dolan 氏は述べています。⁴⁰ また、Zephyr コミュニティのメンバーは、すでに何十億ものコネクテッド組込みデバイス（シンプルなコネクテッドセンサー、発光ダイオードのウェアラブルデバイス、モデム、小型ワイヤレスゲートウェイ）を想定しており、それが一方では健康を改善し、適正な雇用と平等な機会を創出するために働き、他方では多様なビジネスモデルと市場をサポートし、制度を強化するための監視ツールを提供します。⁴¹ それが OSS の力なのです。

オープン コンテンツ

「持続可能性に関して言えば、テクノロジーが重要な役割を果たすというのが私たちの見解です」と、LF Training and Certification 担当シニアバイス プレジデント兼ゼネラル マネージャーの Clyde Seepersad 氏は語っています。彼は開発経済学の修士号を持っており、そのレンズを通して課題を見ています。「持続可能性と発展途上経済の文脈で構造的に欠けているのは、技術的な才能です。サステナビリティと発展途上経済の文脈で構造的に欠けているのは、技術的な才能です」。⁴²

才能を育てるには、オープンコンテンツが必要です。Linux Foundation は、コミュニティ メンバーがオープンソースの旅路のどこにいてもサポートできるよう、さまざまな形態のコンテンツを作成し、公開してきました。これには、オンラインコースだけでなく、チュートリアル、ウェビナー、イベント、プロジェクト コミュニケーション チャンネルが含まれ、新しい参加者がコミュニティに慣れ親しみ、ベテランのノウハウを広く配布することができます（図 6）。⁴³

2016 年から 2023 年 8 月までに、LF イベントは世界中で 495 のイベントを企画・推進し、パンデミック中に多くのバーチャル セッションを開催しました。⁴⁴ コミュニティのメンバーは、進歩を認識し、将来を見据えるために不可欠なこれらの集まりに参加し、発言し、後援する機会があります。YouTube では、LF カンファレンスのセッションや基調講演、インタビュー、オープンソースのリーダーたちのビデオを 1,000 本以上公開しており、そのうち約 800 本は 2022 年と 2023 年のものです。⁴⁵ LF コミュニティへの加入が経験豊かな良いものであるなら、一般の人々が体験できるコンテンツはたくさんあります。

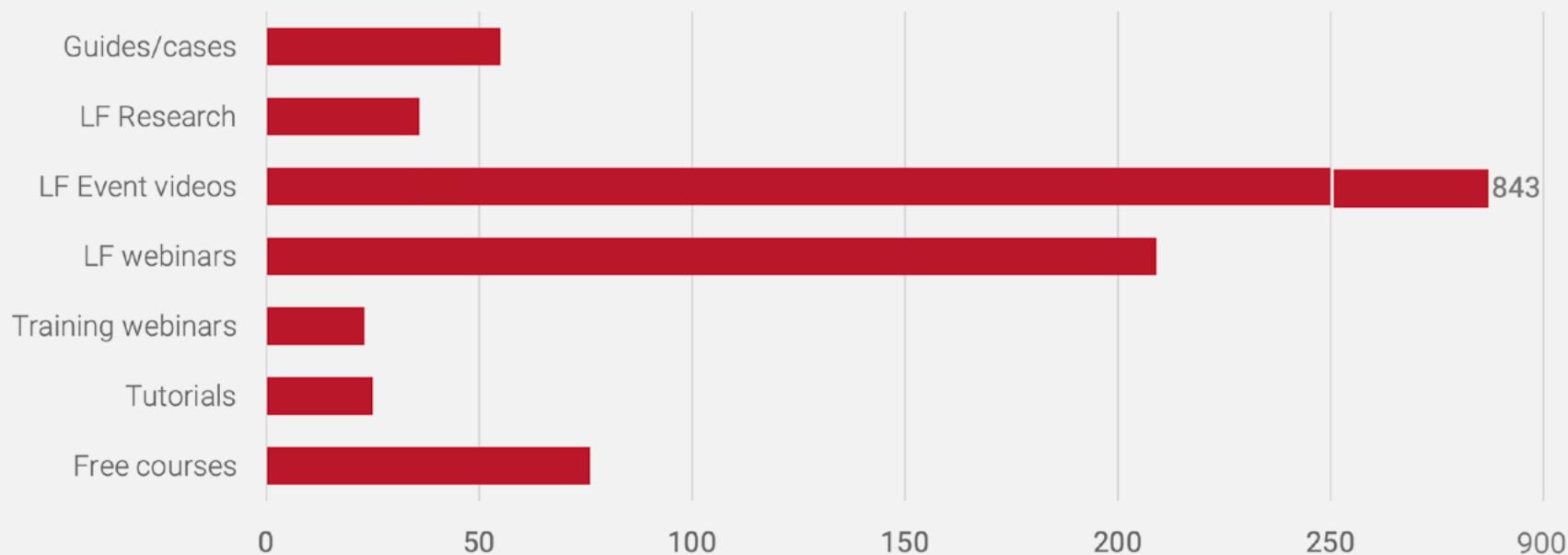
Open AI モデル

AI は、世界的な潮流におけるその存在感を特徴づける形容詞を必要としません。冷戦時代、AI はフィクションの世界から科学の世界へと移行し、数学者、社会学者、認知科学者たちが、人間の分析・意思決定プロセスをシミュレートする AI モデルのプログラミングと性能研究に取り組み、データセットを使って AI モデルを訓練しました。⁴⁶ しかし、マシンは大きく、データセットは小さく、どちらも容易にアクセスできるものではありませんでした。今日、クラウド コンピューティングとソフトウェア サービスが利用可能になり、誰でもデータをかき集めてオープンソースの AI を実験することができるようになりました。

図 6

無料で提供されているコンテンツの種類

多くのプロジェクトやプログラムが、何らかのオープンコンテンツを作成・公開しています。ここでは、Linux Foundation のサイトで利用できる無料の教材を紹介します。コースは、LF のウェブサイトでは英語で、edX のプラットフォームでは世界中で利用できます。LF のサイトでは、日本語と中国語のコースも用意されています。



2023年8月18日現在、Linux Foundation、LF Events、LF Training and Certification、およびLF YouTube ウェブサイトで利用可能なアイテムの数によって測定：10 Years, 10 Mantras,” edX LLC, 1 Feb. 2022, <https://impact.edx.org/2022>.

LF AI and Data と PyTorch Foundation のエグゼクティブ ディレクターである Ibrahim Haddad 氏は、オープンソースが AI コミュニティに提供する大きな利点、特に開発の透明性を強調しました。最近の公開書簡“Pause Giant AI Experiments (巨大 AI 開発を一時停止せよ)”の影響について尋ねられた際、彼は、開発者がオープンソース ライセンスの下で彼らのモデルにアクセスできるようにすることで、懸念に対処し、信

頼を醸成することを提案しました。⁴⁷

Haddad 氏によると、“モデルやその関連要素、トレーニングデータをオープンソース ライセンスの下で公開し、共有リソースとして活用することで、そこから価値を引き出す様々なビジネスモデルに道を開くことができる”と語っています。オープンであることの重要性を強調する彼は、オープンなアプローチを採用することが、AI に関連する多くの課題を解

決する鍵になると考えています。

もうひとつの例として、AgStack Foundation の Sumer Johal 氏は、AgStack のフィールドカーボンモデルプロジェクトを挙げました。そのコミュニティは、農業フィールドにおけるカーボンフットプリントの測定、報告、検証における大きな隔たりに、透明性、発見可能性、ガバナンスをもたらすものです。「このようなモデルは、民間セクターでは 10 年前から取り組まれています。しかし、どの民間企業もそのモデルを独占しませんが。炭素市場の性質上、これらのモデルは透明でなければなりません」。彼らは、使用されている技術や方法論を理解したいと考えています。彼らは、自分たちが使っているすべての資産を失効させる力を単一の組織が持っていないという保証を望んでいます。

LINUX FOUNDATION におけるその他の不可逆的 AI 資産

- PyTorch は、画像認識や言語処理などのアプリケーションで一般的に使用されるディープラーニングモデルを構築するためのフル機能のフレームワークです。
- MLflow は、ML ライフサイクルのためのオープンソース プラットフォームです。
- FATE (Federated AI Technology Enabler) プロジェクトは、データのセキュリティとプライバシーを保護しながら、企業や組織のデータ連携のための初の産業グレードの連携学習オープンソース フレームワークを代表するもので、連携学習アーキテクチャとあらゆる ML アルゴリズムの安全な計算をサポートします。
- KServe は、Kubernetes 上の標準的なモデル推論プラットフォームであり、非常にスケーラブルなユースケースのために構築されています。
- Kedro は、再現性、保守性、モジュール性に優れたデータサイエンス コードを作成するための Python フレームワークです。
- Horovod は、TensorFlow、Keras、PyTorch、Apache MXNet 用の分散トレーニングフレームワークです。
- Adversarial Robustness Toolbox は、回避、抽出、推論、ポイズニングなどの敵対的な脅威に対して、ML モデルやアプリケーション

ンを評価、防御、認証、検証するための開発者や研究者向けのツールです。

- Flyte は、複雑でミッションクリティカルなデータと ML プロセスを大規模に処理するための Kubernetes ネイティブのワークフロー自動化プラットフォームです。

オープンデータ

オープンデータとは、データの出所とオープン性を維持するための措置が講じられた上で、自由に利用、再利用、再配布できるデータのことです。世界銀行は、データのオープン性の 2 つの側面、つまり法的な側面と技術的な側面について詳しく説明しました。つまり、データの所有者や管理者は、データをパブリックドメインに公開したり、最小限の利用制限で公開したりする法的な権利を持っていること、そして、誰でも簡単に利用できるツールを使ってデータにアクセスし、作業できるように、オープンかつ機械可読性の電子フォーマットで公開する技術的な手段を持っていることです。⁴⁸ LF AI and Data の Ibrahim Haddad 氏は、出所と方法の透明性を強調しました。「データ収集は非常にデリケートな作業であり、オープンで倫理的、かつ偏りのない方法で行う必要があります。」

PII の収集、使用、保有におけるリスクを考慮し、国連はデータセットのライフサイクル全体を通じて適切な PII 保護を推奨しています。(a) 正当かつ合法的で、(b) 目的に拘束され、(c) その目的を果たすために必要な範囲に限定され、(d) 正確性と最新性のために実行される方法で PII を処理する、(e) データ分類に従って安全かつ機密であること、(f) 目的に応じて時間的に限定されていること、(g) 個々のデータ主体に対して透明性があり、アクセス、変更、削除、および AI/ML の適用を含む処理の制限に関する個人の要求に対してオープンであること、(h) 他者に転送される場合は保護されていること。⁴⁹

さまざまな持続可能性の目標を達成するためには、公共、民間、商用ソースを組み合わせたデータを分析・利用する手段を構築することが不可欠です。Linux Foundation の OS-Climate (OS-C) プロジェクトの成功に不可欠な資産は、Red Hat が開発を主導するデータメッシュを備えたデータコモンズです。データをコードとして扱うことで、このデータ管理プラットフォームは、国際エネルギー機関のエネルギー移行シナリオ、

企業の情報開示、資産レベルのデータ（工場、鉱山、発電所など）など、公共、民間、商用ソースからのデータに対して、データの比較可能性、正確性、信頼性を提供します。⁵⁰ そのアーキテクチャは、派生データセットの作成においても、データの所有権と完全性を維持するために、連携したデータソーシングを可能にします。このプラットフォームにより、民間セクターの関係者は、各データポイントにアクセスできるエンティティを制御できる高度にセキュアな環境で、競争上センシティブな情報を開示することができます。

OS-C データコモンズで利用可能なオープンデータ製品の例としては、金融業界向けの世界的な温室効果ガス（GHG）算定・報告基準の第2版と整合性のある、炭素会計財務パートナーシップ（Partnership for Carbon Accounting Financials）などの様々なデータソースから得られたソブリン債のカーボンフットプリントデータセットがあります。⁵¹ これらのデータセットは、国連が招集した Net Zero Asset Owner Alliance（NZAOA、OS-C メンバー）や Net Zero Asset Managers イニシアチブのようなアセットオーナーやアセットマネージャーにとって、ネットゼロ投資ポートフォリオへの移行を達成するために不可欠なものです。⁵²

オープンデータ資産を作成する他のプロジェクト

- AgStack のアセット レジストリは、グローバルで、包括的で、中立的で、企業にとらわれないパブリックなフィールド境界データセットであり、地球上のあらゆる場所の農業フィールドのためのユニークな ID をホストしています。（欧州連合の新しい森林伐採規制による）食品のための森林伐採の追跡から、食品のトレーサビリティと安全性まで、これらの「geoids」はフィールド境界にユニークで普遍的な ID を提供します。⁵³ 資産登録の将来のバージョンは、人工衛星や作物畑の登録からの境界に関するデータで継続的に更新されます。科学者はこのデータセットを使って ML モデルを訓練し、より多くのフィールド境界を確認する。
- FINOS のメンバーは、合成データ ライブラリである DataHub やセキュリティ リファレンス データを利用しています。
- Node.js セキュリティ プロジェクト ワーキンググループは、脆弱性公開のデータセットを管理しています。; Node.js コアセキュリティグループは、セキュリティのベストプラクティスを奨励します。⁵⁴

- openIDL は、保険業界向けに効率的で安全、かつ許可制の方法で統計データを収集・共有するためのオープンなブロックチェーンネットワークです。このソリューションは、規制当局への報告を合理化し、保険会社に新たな洞察をもたらす、規制当局の適時性、正確性、価値を高めます。
- Overture Maps Foundation のオープンベース地図データは、実体参照システムをサポートしています。

オープンハードウェア デザイン

Western University の Ivey Business School と工学部の Thompson Chair in Innovation である Joshua Pearce 氏によれば、オープンハードウェアの本質は、ハードウェア設計のフリーでオープンなコードへのアクセスを意味します。これには、「機械図面、回路図、部品表、プリント基板のレイアウト、ファームウェア」、さらにそれを駆動するソフトウェア、組み立て説明書などが含まれ、これらはすべてフリーでオープンな条件で公開されています。⁵⁵ Pearce 氏の専門知識は、オープンハードウェア、太陽光発電技術、分散型リサイクル、積層造形、政策・経済など多岐にわたります。「この 20 年間で、物事はどのように変化したのでしょうか？」彼は、それを可能にした 2 つの発明を挙げました。「OSS スタックが付属しており、モーターやカメラなどのデバイスを動かしたり、センサーでデータを収集したりするための、あらゆる制御を可能にするオープンソースのマイクロコントローラー」である Arduino マイクロコントローラーと「Arduino ソフトウェアスタックから動作する独自のパーツを印刷できる 3D プリンター」である RepRap 3D プリンターです。⁵⁶ Pearce 氏の試算では、このクラスのデジタル公共財の開発は、OSS の開発よりおよそ 15 年遅れています。⁵⁷ 「まだすべてのハードウェアのオープンソースバージョンがあるわけではありませんが、ソフトウェアでは、多くの選択肢はないにせよ、少なくとも 1 つはあります。」⁵⁸ Linux Foundation が主催するいくつかのプロジェクトは、この状況を変えようとしています。

LF オープンハードウェアの取り組み

- CHIPS アライアンスは、インターフェイス、プロセッサ、システムに共通のハードウェアを提供します。
- KiCad は、フル機能の電子開発アプリケーションで、商用およびコミュニティユーザーに最適な電子設計ツールを提供し、オープンハードウェアデザインの採用を促進します。その OSS スイートは、電子回路図、プリント基板(PCB)、および関連する部品記述をカバーし、開発者が回路図と対応する PCB を一緒に設計するスタンドアロンおよび統合設計ワークフローの両方をサポートしています。
- Open19 Foundation は、データセンターの標準的な 19 インチラックにケーブルなしで設置でき、メンテナンスも不要のオープンハードウェア（ブリックケース、パワーシェルス、サーバーブリック、データケーブル）を中心としたコミュニティを育成しています。
- RISC-V は、コンピューター マイクロプロセッサの抽象モデルであり、縮小命令セット コンピューター (RISC) の原則に従って設計されたオープン命令セット アーキテクチャ (ISA) で記述されています。⁵⁹ このハードウェアの動作を記述しています。⁶⁰ Roman 5 は、このモデルの第 5 世代を表しています。モジュール化された技術的アプローチとオープン ISA により、誰でもこのモデルで製造することができます。⁶¹
- OpenPOWER Foundation は、ソフトウェア、ハードウェア、システムにわたる RISC ISA であるオープンソースの POWER ISA を管理しています。そのメンバーは、先進的なマイクロプロセッサ、サーバー、ネットワーキング、ストレージ、GPU アクセラレーション技術に取り組んでいます。彼らは、クラウド、エッジ、高性能コンピューティングの次世代 (next-gen) データセンターの開発者により多くの選択肢、制御、柔軟性を提供したいと考えています。
- Open Prosthetics は、義肢装具のユーザー、デザイナー、資金提供者が、義肢装具と欠損した身体部位への対処の分野で協力するためのフォーラムを提供します。これは、パブリックドメインの義肢装具に特化した、オープンなデザインの取り組みです。

利益と地球環境の調和

AgStack Foundation のエグゼクティブ ディレクターである Sumer Johal 氏は、「Linux Foundation の複数のプロジェクトが連携し、気候変動による持続可能性の課題に共同で取り組むことができる」と考えています。彼は、Linux エコシステムがこのチャンスに目覚めつつあると考えています。「しかし、私たちはまだ十分に目覚めていない。なぜなら、ほとんどの人は、私たちがこれらすべての [資産] を一緒に使っていること、あるいは一緒に使うことができることを知らないからです。」私たちは Linux Foundation にたくさんの“レゴブロック”を持っており、これらを SDGs に取り組むための民間部門や公共部門のソリューションに組み立てることができる」と述べました。⁶² Johal 氏は Joshipura 氏の発言を繰り返す、これは気分の良い活動ではなく、むしろこれが LF メンバーシップの価値であり、プロジェクトガバナンスに参加することの価値であると述べました。「私たちが SDGs で行っていることは、人類のより大きな利益のために活動する一連のプロジェクトの事前競争であり、プレゼントではなく、民間セクターのための踏み台として認識されることはありえないし、そうあるべきでもありません。」

ビジネス マネージャーは、潜在的なリスク、報酬、トレードオフを理解したいと考えています。デジタル公共財の利用において、レバレッジとは借りた資産と所有する資産の比率のことです。例えば、共有レバレッジモデルでは、企業はオープンソース資産のライブラリ(標準、コードベース、データ、AI モデル、コンテンツ、ハードウェア設計)を利用して、自社のデジタル資産で提供する機能や特徴を拡張します。オープンソースの Maven ベースの Java の 8,000 以上の異なるライブラリのバージョンを調査した研究では、研究者は、10 万行未満のコードのライブラリは、大規模なライブラリと比較して、「不釣り合いに多くのフリーおよびオープンソース ソフトウェアの依存関係を活用している」ことを発見しました。⁶³ 彼らは、これらの資産を利用することによる経済的リターンが、それらを統合するコストを上回る場合、このレバレッジが利益を増幅させることを示しました。「レバレッジを効かせたライブラリは、ライブラリのリリース間隔を 4%遅らせるだけで、自分たちのライブラリの 4 倍のコードを提供する」。しかし、オープンソース資産の管理者が、FINOS のように資産のセキュリティ(場合によっては、規制遵守)を継続的にテストし、管理しない場合、このレバレッジは財務リスクを増幅させる可能性もある。「このようなレバレッジを持つライブラリ(サンプルのラ

イブラリの4分の3に相当する)は、財務リスクも増大させる可能性があります。このようなレバレッジを持つライブラリ(サンプルの4分の3を占める)は、レバレッジの低いライブラリに比べ、脆弱である確率も1.6倍高い。⁶⁴

これらのオープンソース資産を使用することで、企業は地球を救うことで利益を得ることができ、共通規格、相互運用性、セキュリティの向上、

市場投入までの時間とコストの短縮といった恩恵を受けることができます。Johal氏は次のように明言しました。「私たちが行っている仕事では、利益と地球は一致しています。私たちは、SDGsのレンズを通して気候危機を解決することで、大金を稼ごうという意図を率直に示さなければなりません」。⁶⁵

目標達成のためのプロジェクト

前述のように、Linux Foundationは850以上のオープンソースプロジェクトをホストしており、77万7000人の開発者がコードを提供し、1万7000の組織がこの開発を支援しています。各プロジェクトは、そのコミュニティの重要な目標をサポートしています。このセクションでスポットライトを当てるために、これらのプロジェクトの中から一握りを選択することは容易な作業ではありませんでしたし、どのプロジェクトの省略も、持続可能な開発におけるその価値を反映するものではありません。むしろ、この選択はLinux Foundationの貢献の広さと深さを反映しています。

目標 1: 貧困をなくそう

第1の目標は、「あらゆる場所であらゆる形態の貧困をなくす」ことです。⁶⁶ そのアプローチのひとつが、気候変動リスクに最もさらされている零細農家の土地資産を登録し、土地の持ち分を担保に融資を受けられるようにすることです。⁶⁷ AgStack Foundationは、人工衛星やフィールド登録から得られた境界に関するデータで作成され、継続的に更新される作物のフィールド境界の公開データセットを管理しています。土地所有者がアセット(通常はポリゴンですが、コードはあらゆる地理空間ジオメトリを扱うことができます)を登録すると、一意の256バイト/16文字の英数字識別子であるgeolDを受け取ります。土地のポリゴン表現は、土地の用途、変遷、それらの関係を記述・記録するのに役立ちます。⁶⁸ AgStackの目標は、AgStackのエコシステムが成長するにつれて、ジオタグ付き写真に基づく作物保険など、このような資産登録によって解放される一連のサービスを構築することです。⁶⁹ AgStackは、このグロー

バルで、包括的で、中立的で、企業にとらわれないデータセットを、より多くの資産境界を確認するためのMLモデルのトレーニングに使用することを計画しています。⁷⁰

もうひとつのアプローチは、より包括的な金融ネットワークです。これが、カンボジアの中央銀行である国立銀行がスポンサーとなったBakongプロジェクトの目標でした。世界銀行によると、カンボジアは国連の後発開発途上国リストにランクインしており、2021年には成人の67%が銀行口座を持っていないことが明らかになっています。⁷¹ カンボジア国立銀行は、リテール決済システムを近代化することで、銀行口座を持たない国民にリーチするだけでなく、自国通貨riel(KHR)を普及させ、銀行以外の決済サービス事業者の規制遵守コストを削減したいと考えていました。⁷² 同銀行は、役割に応じたアカウントベースの許可制を備えたHyperledger Irohaブロックチェーンフレームワークを選択しました。⁷³ 同行は、ベテランのブロックチェーン開発者であり、Hyperledger Irohaコードベースの主要な貢献者であるHyperledger Foundationのメンバーであるソラミツと協力しました。

セキュリティは最重要課題でした。彼らはDeloitteにコードの監査を、KPMGにビジネスモデルの監査を、イギリスのサイバーセキュリティ企業Nettitudeに詳細なセキュリティレビュー、保証テスト、包括的な侵入テストを依頼しました。Bakongはこれらすべての審査に合格し、本番テストに入り、2019年に試験運用を開始しました。⁷⁴ カンボジア国民であれば、リテール銀行口座の有無にかかわらず、誰でもBakong口座を開設することができ、それは女性にとってプラスとなりました。試験

運用は成功し、取引にかかる時間は5秒未満、ネットワークのスループットは毎秒2,000件を超え、銀行間送金の手数料は大幅に安くなりました。⁷⁵

2020年、カンボジア国立銀行とソラミツはBakongシステムを正式に開始し、その過程で事実上、準中央銀行デジタル通貨のパイオニアとなりました。2021年11月までに、中央銀行はBakongアプリのユーザー数が27万人に達したと報告し、地方銀行と協力してBakongの受け入れを拡大し、790万人近くが銀行パートナーのアプリを通じて直接または間接的にBakongにアクセスできるようになりました。⁷⁶

2022年1月、Bakongはその功績が認められ、2021年度日経優秀製品サービス賞を受賞しました。2023年6月にルワンダのキガリで開催されたインクルーシブフィンテックフォーラムで、カンボジアの代表団は「Bakongがカンボジア人の金融サービスへの取引と関わり方を変革し、金融インクルージョンとエンパワーメントを促進し、イノベーションと経済成長を助長する環境を育てている」ことを紹介しました。⁷⁷ 2020年8月にBakongプロジェクトに参加したABA銀行のカード電子決済チーフオフィサーは、Bakongが「カンボジア国内外での取引や決済に簡単で便利、かつ安全な基盤を提供することで、金融インクルージョンを拡大させた」と強調しました。⁷⁸

目標 2: 飢餓をゼロに

第2の目標は、「飢餓をなくし、食料安全保障と栄養改善を達成し、持続可能な農業を促進する」です。⁷⁹ AgStackコミュニティはこの挑戦を受け入れています。そのメンバーは、持続可能な農業に合わせた、アクセス可能で再利用可能なデジタルインフラを構築しています。オープンデータ（フィールド境界線データセットなど）、AIモデリング、ソフトウェアアプリケーションにより、AgStackチームは、あらゆる農家がデータに基づいた意思決定を行い、水、肥料、畑労働者などの資源をより効果的に管理できると信じています。

AgStack Foundationのエグゼクティブディレクター、Sumer Johal氏は壮大な野望を抱いています。「世界の人口の半分、労働力の半分が農業に従事しています。ハイテク企業の経営者ならどこでも、こう考えているはず。『どうすれば世界の労働力の半分にデジタル製品を提供できるか?』」「そのためには、AI、特に大規模な言語モデルやLLMが

学ぶことができる、オープンなフォーラムで管理された、農業に特化したオープンなデータセットが必要です。それらは今日存在しません」。AgStackは、それらを作成し、ホストするコミュニティを構築しようとしています。

手始めに、農家はますます不安定になる天候を予測するための天気予報を必要としています。AgStackは、緯度経度(lat-lon)に合わせて毎時の予報を調整する気象サーバーを設置し、農家が天候の変化を予測して作物管理に対応できるようにしています。⁸⁰ AgStackチームは、より迅速な対応によって収穫量と収入が向上することを期待しています。また、CGIAR（旧国際農業研究協議会）などの機関と提携し、農場、病害虫、市場に関する知見を共有するための資産活用型メッセージングフレームワークを立ち上げようとしています。これは、農業におけるML/AIアプリケーションのためのシンジケート化されたデータを自動生成します。目標は、他の農家や専門家のノウハウを、特に南半球の農家の手元に置くことで、貧困や廃棄物の削減、生産された食品のカーボンフットプリントの全体的な償却を支援することです。⁸¹

AgStackの最も野心的なプロジェクトであるフィールド炭素モデルは、星たちに端を発しています。十数年前、NASAはSOIL MOISTURE ACTIVE PASSIVE (SMAP) プロジェクトを開始しました。⁸² ジェット推進研究所と多くの科学者たちは、多くのデータセットを用いて、地球全体の土壌炭素フラックスに関する9キロのグリッドモデルを作成しました。彼はこれを複雑な気候モデルだと表現しました。「一般人には公開されていません。つまり、科学者のコミュニティでは知られているが、人々が閲覧し、コメントし、進化させることができるリポジトリには存在しないということです。また、特定の農業分野に特化したものでもありません」。⁸³ 彼は、AgStackがそれを取り入れ、科学コミュニティ内で農業用に改良していると言いました。彼は、NASAのJohn Kimble氏と米国農務省（退官）のJerry Hatfield氏という2人の科学コミュニティの大ベテランを引き入れました。⁸⁴ この2人が技術運営委員会を率い、誰もが検査し、時間をかけて進化させることができる科学的にオープンなモデルを作ろうとしています。Johal氏によれば、AgStackが従来の科学的プロセスに頼って、査読付きジャーナルを通してモデルを作成した場合、科学者がレビューするのに10年はかかるだろうとのこと。コードであれば、査読者は何年もかからずに数分でレビューできる、と彼は言っています。これらすべてのモデルをコードで表現することで、

Johal 氏は科学者をソフトウェア開発者に変えることを計画しています。⁸⁵

OS-Climate、Climate Risk Research Foundation、Generation Humanity が共同で設立した Sustainable Africa Initiative は、ナイジェリアを拠点とする Sustainable Solutions for Green Growth と Green Energy Mission Africa と提携しています。⁸⁶当初は、ナイジェリアのいくつかの大学のソフトウェア工学とデータサイエンスの学生が、ナイジェリアの食糧供給における2つの主食であるトウモロコシと米を分析するための OS-C 物理的リスクと回復力ツールを構築するための訓練をする予定です。⁸⁷ 広く期待されているのは、気候データと農業データを分析することで、関係者が何百もの場所で特定の作物に対する気候関連のリスクを特定し、農業への適応と回復力のためにどのような投資を行うべきか、あるいは灌漑や異なる種子系統の使用など、その他の行動を取るべきかを明確にすることです。ナイジェリアは国民を養うために大量の食糧輸入に依存しており、また世界がクリーンエネルギーに移行するにつれ、主要な収入源である石油輸出が減少していくためです。Sustainable Africa Initiative は、Tony Elumelu Foundation や 二国間・多国間の経済開発機関とのパートナーシップのもと、ケニアや他のアフリカ諸国にもその取り組みを拡大する予定です。⁸⁸

最後に、2つの Call for Code プロジェクトもまた、世界中の零細農家にサービスを提供しています。1つ目はレコメンデーション・エンジン Open Harvest で、各作物の作業スケジュールを提案しています。その検証エンジンは、ドローンと ML モデルを使用してこれらの推奨を確認し、農家が作物や畑を管理し、利益を上げ、金融機関のためにブロックチェーンベースの評判トークンを獲得できるようにするものです。⁸⁹ 2つ目は OpenTempus で、気温と降雨量の長期(年間) 天気予報を生成し、零細農家がいつ何を植えるべきか、より適切な判断を下せるよう支援するものです。⁹⁰

目標 3: すべての人に健康と福祉を

第3の目標は、“あらゆる年齢層のすべての人々の健康的な生活を確保し、福祉を促進する”ことです。⁹¹ これは、グローバルヘルス イノベーションを改善するために OSS を構築、推進、維持する LF Public Health の目標のひとつでもあります。⁹² 例えば、Cardea プロジェクトは、検証可能で信頼でき、変更不可能な健康検査や予防接種の証明を患者の手元に置き、プライバシーを保護する方法で共有できるようにするものです。その MedCreds アプリは、医療当局が検査や予防接種の結果を、検証可能な証明書の形でデジタルウォレット内の個人に直接発行することを可能にします。ウォレットの所有者は、ProofMarket.io によって開発された MedCreds システムを使用して、他の人にピアツーピアのクレデンシャルを要求することができます。同社の RareCamp プロジェクトは、単一遺伝性の希少疾患の治療法を開発するためのプラットフォームを構築しています。

パンデミックの間、LF Public Health はいくつかのソリューションを立ち上げました。ひとつめは COVIDCreds で、オープンスタンダードに基づくプライバシー保護クレデンシャルやその他の関連技術を公衆衛生目的で相互運用可能に使用することに焦点を当てた COVID クレデンシャルイニシアチブでした。ふたつ目は COVID Green で、オープンソースの COVID-19 Google Apple 暴露通知 (GAEN) アプリで、接触者追跡のためのものでした。3つ目は COVID Shield で、プライバシーを最優先したオープンソースの暴露通知ソリューションであり、Apple と Google による暴露認識技術でした。最後は Herald プロジェクトで、COVID-19 を制御するための疫学的要件に従って、独自のオープンソース クロスプラットフォーム近接検出ソリューションを構築しました。これは、iOS 9.3+ と Android 5.0+ を実行している携帯電話 (BLE 広告をサポートしていないデバイスを含む) 間の正確で頻繁な距離測定を計算するのに役立つ Bluetooth low energy (BLE) 技術を組み込みました。

IBM の Call for Code イニシアチブからも複数のプロジェクトが生まれました。そのひとつは、緊急時に代替となるデジタル インフラを組織するのに役立つものです。そのようなプロジェクトのひとつが、オープンソースのファームウェアである ClusterDuck Protocol です。これは、読み取り専用メモリにプログラムされた特定のタイプのソフトウェアで、デバイスの特定のハードウェア (通常はワイヤレス IoT デバイス) に低レベル

の制御を提供します。ClusterDuck チームは、カスタマイズ可能なセンサーと通信ネットワークを構築するためにこれを使用しました。例えば自然災害などで通信インフラが機能不全に陥った場合、この技術は人命救助や食料、水、避難所を見つけるための通信を復旧させることができます。⁹³ 市民は自分の状況を報告するためにショートメッセージを送ることができ、政府は市民と連絡を取ることができます。

これに関連するのが DroneAid で、災害の影響を受けた人々は、視覚的シンボル（国連人道問題調整事務所が作成したアイコンのサブセットを転用）を使って、ドローンを通じて自分たちのニーズを表現することができます。⁹⁴ その後、ドローンは必要としている人々に対応するための最初の応答者を探し出します。開発者はシンボル言語を使用して視覚認識モデルを訓練し、ドローンからの映像を分析して特定の画像を検出・カウントし、その位置を地図上にプロットして対応を開始します。

最後に、Zephyr RTOS は、Oticon 社の補聴器や CuteCircuit 社の多感覚メディア体験用 SoundShirt から、Wearable Technologies 社の高齢者ケア用個人安全応答システム Mahi や、職場での反復性ストレス傷害から人々を守るウェアラブル バーコード スキャナー ProGlove まで、様々な製品をサポートしています。⁹⁵

目標 4: 質の高い教育をみんなに

第 4 の目標は、「包括的で公平な質の高い教育を確保し、すべての人に生涯学習の機会を促進する」ことです。⁹⁶ LF の無料コースやその他のオープンコンテンツは世界中に広がっていることで、学習者は実践的なトレーニングにアクセスし、資格を取得し、ジェンダー平等（目標 5）、ディーセント ワーク（目標 8）、不平等削減（目標 10）を支援する LF のエコシステムの中で新しいスキルや知識を活用することができます。⁹⁷ Seepersad 氏は、「テクノロジーは、絶えず動き続けるエコシステムであるところまで来ています。私たちの戦略的目標は、このような技術が市場に出てきたときに、高品質で手頃な価格の、世界的に利用可能なオンラインを確保することです」と言っています。⁹⁸ Seepersad 氏のチームは顧客との距離が非常に近いので、ニーズを素早くコースに変えることができます。

教育は、LF 事業におけるもうひとつの重要な役割を果たしています。「ユーザーベースの成長に対する制約について話しましょう。そして、どのように対処するのがベストなのでしょうか？時には、制約は宣伝であることもあります。新しいデジタル資産を誰も知りません。「私たちは、無料講座を開いて知名度を上げようとするかもしれません。あるいは、人々はそのことを知っているが、スキルを身につける機会がない場合、入門レベルの技術トレーニングを行うこともあります」。管理職もまた、採用について助けを求めてきました。「LinkedIn には、こんなスキルがあると書いてあります。しかし、私が面接すると、それはすべて嘘っぱちなのです。私たちは、『その人がそのスキルを持っていることを検証できる認定試験をやってみましょう』と言うかもしれません。結局は、プロジェクトの大きな目標のためのトレーニングということになる。今、私たちは Green Software Foundation と協力して無料のトレーニングコースに取り組んでいます。これは本当に新しいコンセプトです。私が最後に確認したところでは、少なくとも 3 万人が登録していました。」

Seepersad 氏は次のように要約しました。「私たちにとって重要なのは、プロジェクトと密接に協力し、ソフトウェア自体がどの時点で十分に安定しているか、つまり大きな機能変更がないかを見極めることです。その中で、定期的なアップデートを組み込んでいます」。⁹⁹

学びたい人を支援しようとする LF の組織

- OMP の COBOL プログラミング コースでは、入門レベルの教育用 COBOL 教材を最新のツールで提供しています。
- LF AI and Data は、教育機関向けのデータプラクティスのコースウェアや、教育機関におけるデータサイエンス カリキュラムの作成を促進する OpenDS4All などを提供しています。
- LF Asia LLC は、教育やネットワーキングのためのオープンソース技術やオープンソース プロジェクトのイベントを世界中でプロデュースしています。
- LF Networking のもと、ONAP ユニバーシティは、ユーザー、開発者、その他メンバー企業や非メンバー企業の関係者向けにトレーニングコースを提供しています。

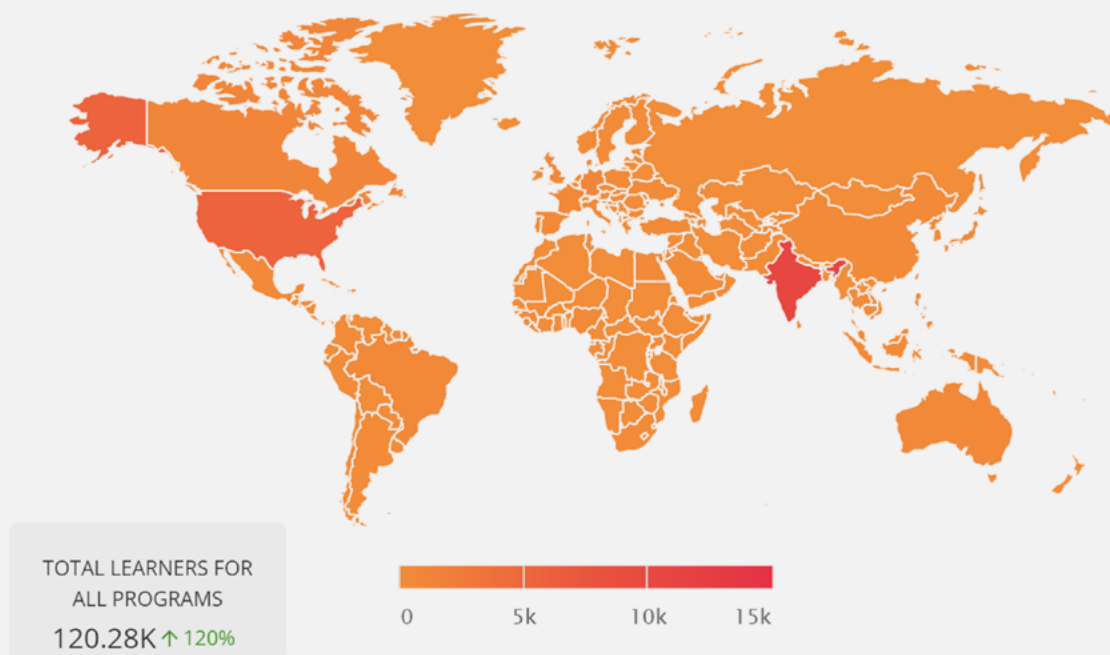
- OMP は、専門家が最新の資料を共有し、より広範なコミュニティとのコラボレーションを促進する、便利で使いやすいプラットフォームである Mainframe Open Education を主催しています。OMP のメインフレーム モダナイゼーション ワーキング グループは、メインフレーム スペースのモダナイゼーションに関する共通の定義とフレームワークを作成し、より良い連携を実現するために、より多くの人々にこれらを広めるための教材を作成しています。
- R ユーザー グループ サポート (RUGS) プログラムは、世界規模での小グループでの個人対個人の知識交換を支援しています。

図 7

地域別の LF トレーニング

ジェンダー平等を実現しよう (目標 5)、働きがいも経済成長も (目標 8)、人や国の不平等をなくそう (目標 10) を支援するため、LF の無料コースやその他のオープン コンテンツがグローバルに展開されているため、学習者は実践的なトレーニングにアクセスし、資格を取得し、新しいスキルや知識を LF のエコシステムの中で活用することができます。ここでは、色が濃いほど、その地域の LF コースの受講者数が多いことを示しています。

出典 LF Insights, <https://insights-v2.lfx.linuxfoundation.org/global/training-and-certification-analytics/training,2023> 年 8 月 16 日現在。



目標 5: ジェンダー平等を実現しよう

第 5 の目標は、”ジェンダー平等を達成し、すべての女性と女兒に力を与える“ことです。¹⁰⁰ほとんどの場合、これがオープンソースの理念です。LF Training and Certification の Seepersad 氏は言います。「良いアイデアを持っている人なら、誰でも会話のメンバーになることができます。人々はハンドルネームであなただけを知ります。彼らはあなたの性別、民族、宗教、出身地さえも知りません。仲間意識を持つことで、ディスカッションの邪魔になるような社交的な面を飛び越え、可能性を引き出すことができるのです」。¹⁰¹しかし、それは何も無いところでは起きません。LF のガバナンスアプローチは、行動規範から始まります。LF コンステレーションへのオンボーディングの一環として、新しいプロジェクトコミュニティやワーキンググループは、容認できる言動と容認できない言動を議論し、特定し、成文化しなければなりません。

同様に重要なのは、コミュニティの強制、つまり“コードのルール“です。そのため、プロジェクトリーダーシップには、技術的な洞察力以上のものが求められます。例えば、LF イベントでは、すべてのバーチャルと対面イベントに対して明確な行動規範を定めています。この規範には、健康と安全に関する要件を含む期待される行動、ハラスメントやセクシュアルな行為などの例を含む容認できない行動、および返金なしの即時退場や今後の LF イベントへの一時的または恒久的な参加禁止など、遵守できなかった場合の結果が記載されています。また、この規範は、そのような行為の目撃者や対象者に対するガイダンスや、参加する可能性のある別の個人についてイベント前に懸念を表明するためのメカニズムも提供しています。最後に、LF イベントは、このような事件に対応し、被害者に護衛をつけたり、会場の警備員や地元の法執行機関に連絡したり、主要なイベントスタッフに説明をしたり、イベント中に被害者が安全に感じられるように支援するために、カンファレンススタッフを訓練しています。

また、Linux Foundation は、自分が貢献しているオープンソースコミュニティでの成長に不可欠なカンファレンスに参加できない人のためのトラベル ファンドも維持しています。¹⁰²また、10 のプロジェクト組織がメンターシッププログラムを実施しており、2019 年以降 372 人のメンティが参加しています。¹⁰³2023 年 5 月中旬、Linux Foundation はカナダのバンクーバーで毎年恒例の Open Source Summit North America を

開催し、カンファレンス登壇者の 3 分の 1 が女性またはノンバイナリーであることを明らかにしました。¹⁰⁴

OpenJS Foundation のエグゼクティブ ディレクター、Robin Bender Ginn 氏は、「女性をフィーチャーすればするほど、より多くの女性が参加します。私は昨年、Linux Foundation のために Grace Hopper (カンファレンス) に参加しました。私たちは、ハッカソンに 75 人の女性を参加させたいと思っていました。最初の 24 時間で 300 人の申し込みがありました」。¹⁰⁵ OpenJS Foundation は、JavaScript はピカピカの新しいものではありませんがまだ広く実装されている多くのレガシーで古い技術を管理しているため、Ginn 氏は、新たな多様な人材を育成しています。「私が入社したとき、理事会や技術統括委員会に女性はゼロでした。私が入社したとき、35 ~ 50% を目標に掲げました。最初は本当にイライラしましたが、今では 45 パーセントになりました」。彼女は、理事会と TOC メンバー自身を称賛しました。「理事会では、私は舞台裏で静かに働きかけていました。誰かが理事を推薦しようとしたとき、あるいは 1 つの会社から 2 人が理事に立候補しようとしたとき (理事会は選挙で選ばれるため)、私はそっと、『ねえ、彼女を推薦してくれない?あるいは、彼女の出馬を支持する?』」¹⁰⁶

あらゆる文化的なことと同様に、Linux Foundation は完璧ではなく、進歩に重点を置いています。2021 年に LF が実施した多様性、公平性、包括性 (DEI) に関する調査では、回答者の 82 パーセントがオープンソースコミュニティで歓迎されていると感じ、55 パーセントがプロジェクトリーダーが自分たちの意見を評価していると考え、37 パーセントがオープンソース プロジェクトのリーダーになるための明確なプロセスが用意されていると回答しています。¹⁰⁷しかし、回答者の 36 パーセントは、認識されている統計に起因するある種のステレオタイプを経験したことがあり、30 パーセントは、プロジェクトリーダーが行動規範 (人種差別的なジョーク、性的なイメージ、その他の歓迎されない言葉の未対応の使用によって証明される) を実施するかどうかを疑い、22 パーセントは、多様な背景を持つ人々が意思決定に参加する平等な機会を見いだせませんでした。調査の著者は、”女性、ノンバイナリー、LGBTQ+、障害者は、オープンソース プロジェクトの文脈で暴力の脅威を経験する可能性が 2 倍高く、トランスジェンダーの回答者は 3 倍高かった“と書いています。¹⁰⁸

LF のプロジェクトとコミュニティのリーダーは、このフィードバックを真摯に受け止めました。彼らは、働きかけやワークフローへの配慮、DEI のスポンサーシップや資金提供、オンボーディングやメンタリングに重点を置いたホスピタリティ、シナリオや事例の中での役割横断的な DEI トレーニング、地域の問題や NPO との連携、何があまくいって何があまくいっていないのかを理解するための測定など、「デザインによるインクルージョン」のための手法を概説しました。¹⁰⁹

企業文化を育み、積極的な成長を認識するための DEI イニシアチブが進行中

- AI Fairness 360 は、AI アプリケーションのライフサイクル全体を通して、ML モデルの偏りを特定、調査、報告、緩和するための拡張可能なツールキットです。
- ASWF 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は、視覚効果 (VFX) とアニメーションの OSS エコシステム全体のダイバーシティとインクルージョンを奨励しています。
- CHAOSS の Diversity and Inclusion Badging Initiative は、オープンソースのイベントやプロジェクトを誰にとっても安全な空間にするための問題を特定するために、DEI のメトリクスを適用しています。CHAOSS は、オントロジー的に一貫したデータサイエンスとアナリティクスのための Augur ツールセットに、DEI をサポートするツールを追加しています。
- R コンソーシアムの DEI-A (多様性、公平性、包括性、アクセシビリティ) ワーキンググループは、R コミュニティにおける DEI-A を奨励し、支援する方法を模索しています。また、R Ladies は、現在 R コミュニティで十分に認められていない性別の人々を奨励し、鼓舞し、力を与えることによって、比例代表制を達成することを目指しています。
- FINOS の Diversity Equity and Inclusion Special Interest Group は、理事会、FINOS チームメンバー、そして FINOS コミュニティ全体において、不特定多数の人々の参加を増やすことにより、多様性を実証的に改善するよう努めています。

- Inclusive Naming Initiative (INI) Fund は、プロジェクトや企業が、リポジトリ、ケーススタディ、イベント、カリキュラム開発、コードスキャンのようなツールにまたがるコード、コンテンツ、コミュニケーションから有害な言葉を取り除くために、一貫した責任ある選択をすることを支援します。ファストカンパニーは、INI を 2021 年「世界を変えるアイデア賞」の佳作に選びました。¹¹⁰
- OpenJS Foundation の JavaScript ICU メッセージフォーマットは、国際化された複数表現と性別に対応したメッセージをサポートし、より良い翻訳を導くことができます。
- RISC-V International の Open Hardware Diversity Alliance は、オープンハードウェアにおける女性や社会的地位の低い人々の専門的な進歩のためのプログラム、ネットワーキングの機会、学習フォーラムを提供し、コミュニティを団結させることを目指しています。
- OMP の Open Mainframe Mentorship プログラムは、次世代の貢献者がオープンメインフレーム技術で長いキャリアを積むためのスキルを身につけるのを支援します。
- Shubhra Kar Linux Foundation Training (LiFT) 奨学金プログラムは、資格のある個人にトレーニングコースと認定試験を無料で提供することで、オープンソース技術の多様性を高めることを目的としています。2022 年度の奨学生は、デジタルアイデンティティ (Hyperledger Foundation)、女性と若者のサイバーセキュリティ、最小特権原理の応用、社会正義、フェミニストハッカースペース (marialab)、GirlScript Summer of Code ブートキャンプ、家族計画などの分野でオープンソース技術を使用しました。
- Software Developer Diversity and Inclusion Project (ソフトウェア開発者の多様性と包摂プロジェクト) は、ソフトウェアエンジニアリングにおける多様性と包摂を高めるための研究と産業界からのベストプラクティスを特定、評価、奨励しています。ニューロダイバーシティ、DEI-A のベストプラクティス、多様な人材のための人材パイプラインの 3 つの初期ワーキンググループがあります。

目標 6: 安全な水とトイレを世界中に

第 6 の目標は、“すべての人が水と衛生設備を利用できるようにし、持続可能な管理を行う” ことです。¹¹¹ ここでの LF プロジェクトは、すべての人が安全で安価な飲料水にアクセスできるようにし、廃棄物を削減し、リサイクルと安全な再利用を増加させ、飢餓をなくすための農民の努力を補完するものです。

果物、野菜、その他の植物をジュース、濃縮液、砂糖に加工する農業生産では、通常、年間 3 兆リットルの水が無駄に捨てられています。Botanical Water Technologies (BWT) は、これを「ろ過・浄化」して飲料水にする方法を発見しました。特許を取得したこの発明は、こうした食品生産者の廃棄物削減に役立つだけでなく、水の供給にも貢献しています。BWT 社は、この水の一部をボトリングし、Aqua Botanical ブランドで気候変動に敏感な人々に販売（小売）し、企業顧客は回収した水を再利用したり寄付したりできます（卸売）。

このような再生プロジェクトでは、実証性が重要になります。Hyperledger Foundation のエグゼクティブ ディレクターである Daniela Barbosa 氏は、BWT が Hyperledger Fabric 分散型台帳技術で構築された富士通の track and trust サービスを選択し、BWT の収集、ろ過、精製から販売、購入、配送、使用までのプロセスのすべてのステップを記録していることを指摘しました。¹¹² 富士通のサービスは、秤量台やポンプに至るまで、生産に関する粒度の細かいリアルタイムのデータを提供します。つまり、BWT は Botanical Water Exchange (BWX) で水を取引する前に、浄化ユニットレベルで水を認証することができるのです。¹¹³

BWX は、3 種類の回収水取引をサポートしています。(1) 小売飲料市場で再販するために企業が水を購入する、実際の水の販売、(2) 製造工程や冷却システムで使用する大量の水を相殺する、炭素クレジットを模した「水クレジット」の販売、(3) 水の一括寄付。¹¹⁴ BWX を通じて、BWT はすべての商業取引の 1% を BW Foundation に寄付し、清潔な飲料水を必要とする人々に提供するプロジェクトに資金を提供しています。¹¹⁵

BWX は 2022 年の第 2 四半期にオンラインになりました。現在、すべての“集水ユニット”が 1 日に約 46 万リットル（約 12 万 2000 ガロン）を

集水することができます。BWT は重要なパートナーを獲得しました。BWT と富士通は、2025 年までに世界で最も弱い立場にある 1 億人の人々に清潔な飲料水を提供することを目標に、ネットワーク構築を進めています。富士通のプラットフォームは、食糧供給（目標 2）に不可欠な他の市場における不正や非効率に対処するため、米取引所（RiceX）や肥料取引所（FertX）もサポートしています。¹¹⁶

Hyperledger Foundation は、富士通がこの重要なブロックチェーンベースのソリューションの認知度を高めるためにスタッフの時間を割いてきました。これは、共同開発されたオープンソース技術の事前競争レイヤーの上に構築された差別化された営利目的のアプリケーションの例として、挙げられます。

Linux Foundation がホストするもう 1 つのプロジェクトは、農作物に使用する水の分析と最適化に関心のある農家向けのエンドツーエンドのソリューション、Liquid Prep です。¹¹⁷ インドのカルナータカ州ハッサン地区の農家取材した後、IBM のチームはより視覚的なインターフェイスを備えたモバイル アプリケーションを開発しました。¹¹⁸ このアプリは、棒に刺した土壌水分センサーからデータを読み取り、IBM のクラウドに送り、IBM のサービスが気象データや特定の作物に関するデータと組み合わせ、農家への散水ガイダンスを作成しました。¹¹⁹ 干ばつ時には、農家は戦略的に水を使用するためのより良い情報を得ることができます。

交通機関では、列車に長時間乗る人は、列車のトイレの汚物タンクの温度、水分、圧力を検知するセンサーを備えた廃水ポンプ モニターを高く評価するかもしれません。Zephyr RTOS が実行するこのシステムは、タンクが列車車両に溢れ出す前に、詰まりやその他の問題が発生する可能性があることを列車スタッフに知らせます。¹²⁰ タンクの状態に関する正確なデータにより、鉄道事業者は保守プロセスを最適化し、保守コストを削減し、乗客と乗務員の体験を向上させることができます。¹²¹

目標 7: エネルギーをみんなにそしてクリーンに

第7の目標は、”すべての人が、安価で信頼でき、持続可能で近代的なエネルギーへのアクセスを確保する“ことです。¹²² LF Networking、LF Edge、LF Energy のゼネラル マネージャーである Arpit Joshipura 氏は、この3つの領域が、この目標を達成するためにどのように組み合わせられるかを考えています。グリーン エネルギーへの世界的な移行には、エッジコンピューティングと分散型インテリジェンスのインフラ層の上に、データとサービスの中央サポート層の上に構築されたアプリケーション層のビジネス インテリジェンスを備えた、脱炭素化のための協調的でオープンかつ中立的なソリューションが必要です。彼は、「非分化的な開発は常に一度、協調的な方法で行うべきである」という定説と、「企業は常に、自社がもたらす差別化を過大評価することになる」という仮定を繰り返しました。

まとめると、エネルギー部門の課題は、エッジでのイノベーションを含むデジタルなものです。オープンハードウェア上でネットワークをクラウド化・仮想化し、IoT を活用して輸送や不動産資産を管理し、AI を導入してネットワーク負荷を最適化することです。¹²³「私の LF Energy と LF Edge のプロジェクトは、製造業、石油・ガス、小売業、次世代送電網の発電と配電などに焦点を当てており、乏しい資源の予測分析を行って、燃やす必要のないものを燃やさないようにしています。LF Networking のプロジェクトは、コネクティビティ レイヤー（「5G のすべて、無線アクセスネットワークやタワーでエネルギーの大半を消費するすべての通信インフラ」）に重点を置いており、次世代モバイルネットワーク（NGMN）アライアンスのようなパートナーとともにグリーンネットワークに取り組んでいます。¹²⁴

LF Energy では、Joshipura 氏は自身の管轄下にあるプロジェクトを、アプリケーション、サポートサービス、インフラストラクチャの高セキュリティスタックに整理しました。以下の4つの LF Energy プロジェクトは、業界関係者が導入を検討していることを意味し、初期採用段階に入りました。

Operator Fabric

欧州連合（EU）は、送電系統運用者（TSO）と配電系統運用者（DSO）に対し、送電パイプラインで発生する特定の事象について調整し、通信するよう一定の規制を設けました。¹²⁵ エネルギー会社は現在、Let's Coordinate を使って国境を越えた調整を行なっています。¹²⁶ これは基本的に、事業者が通信するための基盤です。このような実装は、TSO、DSO、地域保安センター（RSC）がより多くの分散型エネルギー資源（DER）をグリッドに統合し、システム全体における再生可能エネルギーの可用性を高めるのに役立つ可能性があります。

PowSyBI

電力網が複雑化し、相互接続が進んでいるのは明らかです。事業者は、送電網の信頼性と安全性を維持しながら、断続的な再生可能エネルギーを統合し、送電網を進化させなければなりません。LF Energy のもうひとつのプロジェクト、PowSyBI はその助けとなります。これは、Java と Python による電力系統ブロックのオープンソースセットで、グリッドセキュリティ分析、ダイナミック パワーフロー シミュレーション、可視化、データ交換に適しています。これらのブロックは、European Network of TSOs for Electricity's common information model for grids model exchange spec や Union for the Coordination of Transmission of Electricity data exchange format などのフォーマットによって動作します。¹²⁷ PowSyBI のモジュラーアプローチによって、開発者はその機能を拡張したりカスタマイズしたりすることができます。¹²⁸

SOGNO

第三のアプリケーションは、再生可能エネルギー資源の大量投入の必要性に対応するもので、通常は配電レベル（すなわち中低圧）です。配電事業者は高度なインテリジェンスと自動化ソリューションを求めており、LF Energy の SOGNO（ネットワーク運用のためのサービスベースのオープンソース グリッドオートメーションプラットフォームの略）はその要求に合致しています。欧州連合（EU）の研究プログラム「ホライゾン 2020」から 2000 万ユーロを超える支援を受けて RWTH Aachen 大学が開発した SOGNO は、状態の推定、負荷の予測、電圧の制御を行うことができます。¹²⁹ 配電網自動化のためのプラグアンドプレイ、クラウドネイティブ、マイクロサービスベースのアーキテクチャを特徴としています。プロジェクト PLATONE は、イタリア、ギリシャ、ドイツで

SOGNO の能力を実証しました。¹³⁰ 事業者は、次世代のデータ駆動型監視制御システムの構築にモジュール方式を採用することができ、ビジネスインテリジェンスへの要求の高まりとともに着実に進化していくことができます。事業者は、次世代のデータ駆動型監視・制御システムを構築するためのモジュラー アプローチを取ることができます。ローマ市の送電網運営会社である Areti 社は、この方式を採用することを決定しました。ローマ市は、次世代配電管理システムに SOGNO プラットフォームを正式に採用し、ヨーロッパ最大の都市レベルの送電網に導入する予定です。¹³¹

Grid eXchange Fabric (GXF)

データおよびサービス レイヤーの中心的なサポート ソリューションとして、公共空間のハードウェアやスマート デバイスを監視・制御するためのソフトウェア プラットフォームである GXF があります。GXF は、スマートメーターや配電自動化など、すぐに使える汎用的な機能をいくつか備えており、産業用ユーザーにスケーラビリティ、高可用性、高セキュリティ、汎用的な設計を提供し、ベンダーロックインがありません。例えば、DSO Alliander 社は、スマートメーターのフロントエンドのバックエンドとして GXF を活用しており、オランダの異なるプロトコルを使用して 340 万台のスマートメーターと通信しています。¹³²

LF Energy の外側では、「Zephyr はまた、非常に効果的な消費電力に関する話を持っています」と、LF のディペンダブル エンベデッド システム担当副社長の Stewart 氏は言います。「必要な機能に必要な電力だけを消費するのであれば、節約になります。その結果、マイクログリッドの変圧器や風力タービン、高層鉄塔の避雷針の監視などで Zephyr を目にするようになります。¹³³ 雷アトラクターが劣化すれば、問題になる可能性があります」。例えば、Zephyr のメンバーの一人である先進応用システム開発研究所 (IRNAS) は、スロベニアの Izoelektro 社と協力して、Zephyr を鉄塔にボルトで固定し、モニターのリスクに関するオープンな遠隔測定データを送信しました。この装置のバッテリーは 10 年間は持つはずで
¹³⁴

目標 8: 働きがいも経済成長も

第 8 の目標は、「持続的、包摂的かつ持続可能な経済成長、完全かつ生産的な雇用、すべての人のための働きがいのある仕事を促進する」ことです。¹³⁵ 世界中で技術スキルが求められており、組立スペシャリストやアプリケーション エンジニアのニーズが急速に高まっているほか、リモートで作業できるソフトウェア エンジニア、プロジェクト マネージャー、DevOps エンジニアのニーズが最も高まっています。¹³⁶ LF Training and Certification の Seepersad 氏は、「これらの技術の普及と活用を妨げている構造的要因のひとつは、技術人材へのアクセスです。」と語っています。また、「私たちにできることは、エントリーレベルの人材をトレーニングできるようにすることです。私たちは通常、無料でそれを行い、これらの技術について専門的な能力を身につけさせるための費用対効果の高い仕組みも用意しています。手ごろな価格であるだけでなく、高品質で世界的に利用可能なものです」¹³⁷

このトレーニングは「その国の生活水準を全体的に向上させることで、間接的に持続可能性を支えています。」と Seepersad 氏は説明しています。「発展途上国でより多くの技術者を育成し、一人当たりの所得（国内総生産）を向上させることができれば、より多くのリソースを活用できるだけでなく、人々の生活を自給自足から脱却させることができます」。例えば、FinOps Foundation は、「ベストプラクティス、教育、標準化を通じて、クラウド財務管理の規律を実践する人々を向上させる」ことに専念しています。¹³⁸ 同様に、ISR グループの Internet Security Research (ISR) は、「インターネット上の安全でプライベートな通信に対する財政的、技術的、教育的障壁“を軽減することを目的としています。¹³⁹ 食料と水の争奪戦に日々さらされていない人々は、持続可能性について考えるための精神的余裕があります。

目標 9: 産業と技術革新の基盤をつくろう

第9の目標は、「強靱なインフラを構築し、包括的で持続可能な産業化を促進し、イノベーションを育成する」です。¹⁴⁰ Linux Foundation 傘下のデジタル発明のポートフォリオは、A から Z まで、つまり前述の AgStack から Zephyr まで、他の SDGs にまたがる持続可能なソリューションの触媒となることができます。

Zephyr はデバイス上の機械学習で電力網監視などのシステムをサポートします。Stewart 氏は、後者がいかに再生可能エネルギーへの移行をサポートし、電力網の効率と信頼性の向上に役立っているかを説明しました。より効率的な送電網は、二酸化炭素排出量の削減につながります(目標 13)。¹⁴¹ 「様々なスマート デバイスで、突然バッテリー寿命が1日から1週間になったデバイスを見かけたら、そのデバイスの製造元が Zephyr の使用に切り替えた可能性が高い」と彼女は言いました。¹⁴² Linux カーネルでは大きすぎて収まらないような業界全体のデジタルイノベーションとインフラに Zephyr が不可欠なのは、実装の幅の広さにあります。

もうひとつの重要な例は、Cloud Native Computing Foundation(CNCF)です。Linux ファウンデーションの上級副社長兼プロジェクト統括責任者である Mike Dolan 氏は、世界がクラウド コンピューティング モデルに急速に移行しているという、LF メンバーの同時期の認識について説明しました。人々は彼にこう言いました。『もしそこに到達するつもりなら、やり方を教える必要がある。私たちは、基本的な開発パターンを変えることについて話していました。開発者が組織のインフラにコードを書いても、それを動かすことができなかった従来のアプリケーション開発から、クラウドのサービス上で実行されるもの、開発者が基本的な機能にアクセスできず、サーバー側の実装に依存しなければならないものへと。そのためにどのようにコードを書くのか、それはまったく異なる考え方だ。そのためにどうコードを書くかというのは、まったく異なる考え方なのです。今となっては当たり前のことのように思えます。10年前はそうではありませんでした。』¹⁴³

Linux Foundation は、Chris Aniszczyk のような専門知識を持った人々を雇いました。彼は、Twitter 社でクラウド・コンピューティングのエンジニアリング ワークのアーキテクトを務めていたことから、クラウド コンピューティングの方向性を正確に理解していました。グーグルや

マイクロソフトのような大手ハイテク企業でさえ、クラウド コンピューティングをオープンソースで行う必要があることに気づいていました。ポータビリティの約束は不可欠でした。「顧客はベンダーのロックインを見抜くだろう」と Dolan 氏は語りました。

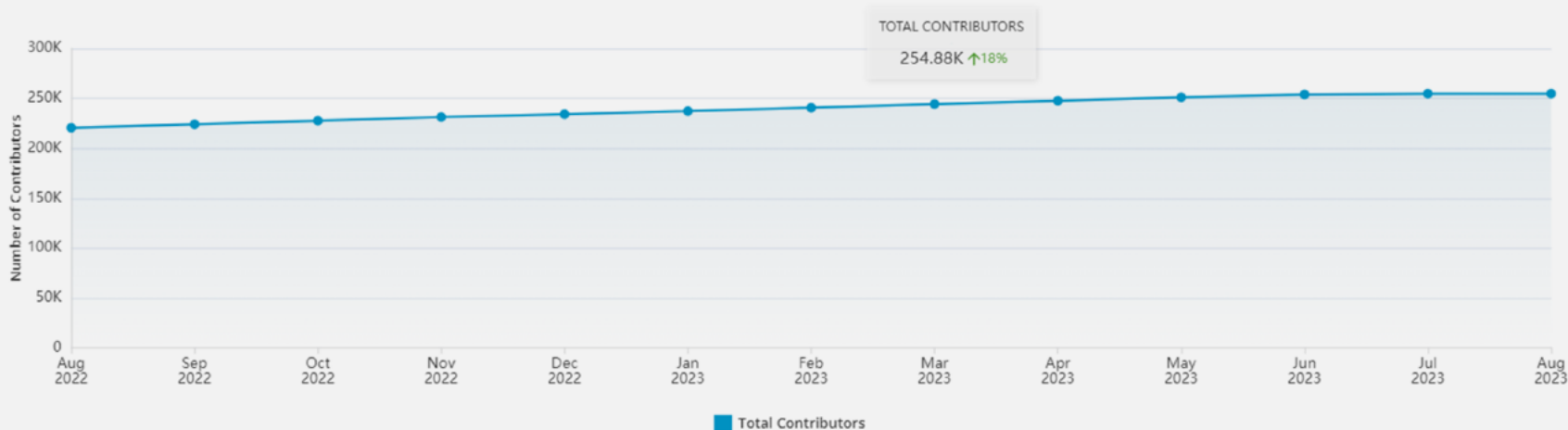
何年もの間、エンドユーザーは来るべきコンピューティングのコンテナ化に向けてではなく、仮想マシンや重いインフラの要素を中心にソフトウェアを設計してきました。¹⁴⁴ そこで登場したのが Kubernetes です。¹⁴⁵ Kubernetes は Google のプロジェクトで、コンテナ化されたアプリケーションを複数のホストで管理するためのものでした。CNCF を中心に形成されたコミュニティは、未来をより明確に垣間見ることができました。「これは Kubernetes よりはるかに大きい。これはクラウドネイティブだ。開発モデルとしてクラウド ネイティブ コンピューティングを実現するにはどうすればいいのか?」¹⁴⁶ そのためには、ロギング プラットフォーム、遠隔測定、テストフレームワーク、ネットワーキング、そしてまだ存在していなかったスタックの部分が必要でした。そこで彼らは CNCF を設立し、コミュニティに働きかけ始めました。¹⁴⁷ 図 8 は、過去 10 年間のコミット、プルリクエスト / チェンジセット、課題、ドキュメンテーションを集計した CNCF への技術貢献者の総数を示しています。

Linux カーネルだけでなく、世界のウェブサイトの 98% を支える JavaScript も忘れてはいけません。¹⁴⁸ 「毎年、JavaScript は GitHub や RedMonk のような調査でナンバーワンのプログラミング言語としてランクされています」と OpenJS Foundation チームは Sovereign Tech Fund への助成金提案書に書いています。「JavaScript は World Wide Web に広く普及しているため、幼い頃からコンピューターサイエンスを学ぶ学生は皆、JavaScript を学習しています。¹⁴⁹ しかし、それはウェブサイトのフロントエンドのためだけではありません。」「AI やクラウドネイティブには JavaScript が必要です。ゲームやメタバースにも JavaScript が必要です」と OpenJS Foundation の Ginn 氏は言います。「誰もが次の大きなことに取り組んでいます。まあ、JavaScript なしではまだ次の大きなことを行うことはできません。」¹⁵⁰

ここに課題があります。このようなプロジェクト、ツール、ユーティリティは、デジタル経済の重要な構成要素であるにもかかわらず、非常に小さなチームがそれらを維持しています。「安定した安全なオープンソースプロジェクトを維持することは、プロジェクト開発者にプレッシャーを与え

図 8

CNCF プロジェクトへの貢献者



Source of image: <https://insights-v2.lfx.linuxfoundation.org/cnfc/technical-contributors/contributor-strength>, as of 15 July 2023.

ます。最もプレッシャーにさらされているのは、コマースやビジネスで最も人気があり、広く使われているテクノロジーを管理しています。しかし、これらのプロジェクトは、新しい開発者、特にインフラサポートやセキュリティに携わる開発者を惹きつける流行のプロジェクトとは限りません。Ginn氏はこれを採用のチャンスだと考えています。「私たちは平和を愛する JavaScript です」と彼女はよく言います。¹⁵¹「JavaScript コミュニティは、過小評価されているグループが技術力、協調性、リーダーシップのスキルを磨くために、歓迎すべき場所なのです」。¹⁵²

目標 10: 人や国の不平等をなくそう

第 10 の目標は、“国内および国家間の不平等を是正する”ことです。¹⁵³ オープンソースは偉大な公平化手段です。技術系新興企業や発展途上国の中小企業 (SME) にとって、LF のオープンアセット (資産) はすべて、デジタル市場で勝負するためのテーブルステーク (賭け金) の役割を担っ

ています。ラテンアメリカ カリブ海地域 (LAC) では、米州開発銀行 (IDB) 研究所が、同地域のインターネット番号システムを管理する LAC ネットワーク情報センターおよび学術機関のラテンアメリカ先進ネットワーク協力と提携し、より多くのユーザーや起業家が安全なピアツーピア取引技術にアクセスできるようにしました。彼らは、パブリック ブロックチェーンが、消費者、求職者、労働者、そしてその家族の個人的保護を高めながら、社会経済的な競争の場を平準化する力を持つことを認識しました。IDB Lab は、パブリックおよびプライベート許可型ネットワークの両方のユースケースにエンタープライズ向けに設計された Ethereum クライアントである Hyperledger Besu となるものを選択する前に、さまざまなプロジェクトでさまざまなネットワークを実験しました。Hyperledger Besu を使用することで、LACCain は、IDB Lab の目標に関連する数十の業界と数百の企業の要件を統合するパブリックに許可されたネットワークを構築できました。¹⁵⁴ しかし、イーサリアムでユーザー

がガス料金を支払う場合、企業はそれらの料金を LACCain で支払います。¹⁵⁵ Hyperledger Foundation は、ウェビナーやケーススタディを通じて LACCChain の認知度を高めるためにスタッフの時間を割きました。¹⁵⁶

IDB Lab は、Hyperledger Besu を使用して、中立的かつ堅牢なガバナンスを備えたチェーンを実装し、経済的持続可能性のためのツールを開発し、非営利のオーケストレーション エンティティを導入しました。当初は 115 を超える企業が参加し、205 のノードが展開され、40 を超えるインクルージョン プロジェクトが開始され、17 か国が参加しました。開発者は、LACCain が需要に応じて拡張できるように、相互運用可能なサイドチェーンとレイヤー 2 ネットワークを構築しました。IDB Lab の関与が終了した今、LACCain は LACNet の下で存続することが期待されています。ノードはすでに米国とヨーロッパで運用されています。

国家内および国家間の不平等を是正するための LF の取り組み

- LF Europe は、オープン テクノロジー プロジェクトをグローバルに開発、管理、拡張するための中立的で信頼できるハブを提供しています。
- OpenJS Foundation のプロジェクトである Node-RED は、特に信頼性の低いエネルギー源や電気通信ネットワーク、および法の支配が不均一に適用されている地域における、イベント駆動型アプリケーションのローコード プログラミングをサポートしています。
- Open Voice Network は、スマートデバイスを所有しているものの監視を心配している数十億の人々に音声アシスタントを提供しています。
- StackStorm は、DevOps とサイトの信頼性エンジニアリングのための自動修復、インシデント対応、トラブルシューティング、デプロイメントなどのためのイベント駆動型自動化を通じて、積極的な行動をサポートします。
- Call for Code プロジェクトである TakeTwo は、記事、見出し、ウェブページ、ブログ、コードなどのテキストにおいて、あからさまであるか微妙であるかにかかわらず、デジタルコンテンツにおける人種的偏見を低減します。

目標 11: 住み続けられるまちづくりを

第 11 の目標は、「都市と人間の居住地を包括的で、安全で、強靱で、持続可能なものにする」ことです。¹⁵⁷ 現在、世界人口の 60% 近くが都市に住んでおり、国連はこの数字が 2050 年までに 70% に達すると予測しています。¹⁵⁸ また、世界全体の CO2 排出量の 70% 以上を都市が排出しているため、脱炭素化を進めるには絶好の場所となっています。¹⁵⁹

LF Energy の EVerest は、電気自動車 (EV) 充電のためのオープンソースのモジュラーフレームワークとファームウェアです。EVerest は、車両、ローカル エネルギー発電機とバッテリー (Modbus、SunSpec)、隣接する充電器、送電網 (特定の送電網制約を含む)、支払い用のクラウド バックエンド、ユーザー インターフェイスなど、さまざまな関係者間のエネルギーに関する通信を管理します。これまでのところ、いくつかの企業が採用しています。HeyCharge (米国 / ドイツ) は、すべての充電器にオフライン充電方法を導入しました。ChargeByte (ドイツ) のスマート充電器コントローラー。Texas Instruments (米国) および PHYTEC (米国 / ドイツ) の充電器のリファレンス設計。¹⁶⁰ 企業は、そのエッジおよび分散型インテリジェンスをインフラストラクチャ管理 (取得と制御) に使用できます。

Civil Infrastructure Platform チームは、発電、エネルギー配給、石油・ガス、上下水道の管理、ヘルスケア、通信、輸送サービスなど、現代の自治体インフラに求められる安全性、信頼性、その他の要件を満たす Linux ベースの組み込みシステムを構築するための、産業グレードのコア OSS コンポーネント、ツール、手法のベースレイヤーを開発しています。¹⁶¹

建設業界では、ISAC (intelligent supervision assistant for construction) アプリが住宅建設の品質保証に関するデータを収集しています。ネパールとコロンビアの開発者が Build Change という組織のために作成した ISAC アプリは、IBM の Call for Code から生まれました。¹⁶² チームは、IBM Watson 視覚認識と分類および物体検出モデルを使用して、建設要素の画像に対して AI をトレーニングしました。ユーザーは、家の改築や建設現場の写真を撮影し、「品質保証チェック」を選択して、現場の写真をアップロードします。このアプリは、ML と画像処理を組み合わせ、特定の建設要素 (鉄筋や石組みなど) に関するフィードバックを生成し、コンプライアンス違反の事例にフラグを立てます。¹⁶³ このアプリは、災害後の迅速な対応レトロフィット (PD3R) 技

術を拡張し、建設業者、地方公務員、住宅所有者が、新築または改修された住宅の品質を抜き打ちチェックするのに役立てられます。

もうひとつの Call for Code プロジェクトは、OpenEEW と呼ばれるオープンソースの低コスト、IoT ベースの緊急地震速報 (EEW) ツールキットです。これは、低コストで高品質な地震計を使用して地面の動きを監視し、地震の兆候を検出した場合、人々が時間内に安全な場所を確保できるように警報を発します。地震計を所有している人は、自分の地震計を地震データのダッシュボードにリンクさせることができます。OpenEEW は、センサーを設置し、地震の多い地域でネットワークを立ち上げ、技術に貢献するボランティアを募集しています。

Zephyr はまた、アドホック スマート廃棄物監視システムも動かしています。各廃棄物容器は、廃棄物処理サービスに対して、自身の内容物を監視し、定期的に報告します。廃棄物処理サービスは、必要などきだけ廃棄物を引き取りに来てくれるサービスです。このようなコンテナのネットワークがあれば、廃棄物処理サービスや自治体の衛生部門は、最も効率的な収集ルートとスケジュールを計画することができ、エネルギーを節約し、ニューヨークのような都市でネズミやアライグマ、その他の病気を媒介する動物を引き寄せるゴミ箱の溢れ出しを防ぐことができます。¹⁶⁴

持続可能な都市のための LF プロジェクト

- Automotive Grade Linux は、自動車メーカー、サプライヤー、テクノロジー企業が一体となり、コネクテッドカー向けの完全にオープンなソフトウェアスタックの開発と採用を加速させています。
- Dronecode Foundation のプロジェクトである Dronecode は、ドローン業界にとって重要なオープンソースおよびオープンスタンダードのプロジェクトをホストしています。中立的なオープンソースプラットフォームを中心に業界を団結させることで、業界がソフトウェアとハードウェアの障壁を克服し、エネルギー、公共事業、建設、その他の分野における重要なアプリケーションのドローン採用を加速させることを支援しています。
- Call for Code プロジェクトである Fair Change は、エスカレーションを回避することを目的として、事件を収集し、事件クラスターの検索と視覚化のためのマップを含むデータを警察官に送信します。

- LF Energy のプロジェクトである Grid Capacity Map は、様々な場所におけるグリッド容量とグリッド接続コストに関する公開情報を顧客や関係者に提供します。グリッド接続に関する顧客やステークホルダーの期待を管理し、グリッド所有者 (DSO/TSO)、グリッド顧客、その他の関係者の双方にとって、驚きの少ないより良い接続体験を提供するのに役立ちます。
- Home Edge は LF Edge のプロジェクトで、スマートホームのユースケース向けにホームエッジデバイスのエッジオーケストレーションを提供します。
- OpenJS Foundation のプロジェクトである Kepler.GL は、地理空間データ分析を迅速化し、都市や地域の時系列的傾向を可視化します。
- Call for Code のアプリである Legit-Info は、地域の法律 (市、郡、州) がどのように自分たちの仕事、仕事の機会、環境、安全を形作っているかを住民が理解するのに役立てられます。
- CNCF のプロジェクトである OpenYurt は、クラウドネイティブエコシステムをエッジコンピューティングと IoT シナリオに拡張するもので、IoT、物流、輸送、小売、製造などの一般的なエッジコンピューティングシナリオにおいて、さまざまなアーキテクチャで大規模なエッジコンピューティングのワークロードを管理するのに、役立ちます。

目標 12: つくる責任 使う責任

第 12 の目標は、「持続可能な消費と生産パターンの確保」です。¹⁶⁵ Western University の Joshua Pearce 氏によると、Appropedia のような大規模な持続可能技術共有サイトでは、この分野での取り組みが進んでいるといいます。¹⁶⁶ さらに、Green Software Foundation の Carbon Aware ソフトウェア開発キットのようなオープンソース ソリューションは、ユーザーがアプリケーションを実行するための最もエネルギー効率の良い時間と場所を見つけることを支援し、Circular の Hyperledger Fabric ベースの希少鉱物タンタルを追跡するシステムは、世界のサプライチェーンから不正に調達された鉱物の流出を防止します。

積層造形 (Additive Manufacturing) は、工場から倉庫、使用場所まで燃料を燃やして輸送するのではなく、3D プリンターがある場所ならどこでも、生産者が必要に応じてほぼすべての 3 次元物体をプリントできるため、サプライチェーンのコストを最小限に抑えることができます。Western University の Joshua M. Pearce 教授 (情報技術 イノベーション学) は、「私たちが示したのは、材料費と少しの電気代で、デザインを交換し、それを自分で製造できるということです。地元で調達できる廃プラスチックを使うことで、プラスチックの分散生産部品のコストにおいて、外国の児童奴隷労働に勝てるということが、私の研究によって明らかになりました。」¹⁶⁷ 時代遅れの経済理論によれば、それは不可能なはずだと彼は言います。「人件費がほぼゼロの大企業は、自宅で製品を作っている人を全滅させるのが当然です。しかし、3D プリンターを使えば、電気代程度で誰でも驚くような仕様のカスタムパーツを作ることができます」。無料のデザインから作られた太陽電池式の 3D プリンターを使えば、次のものの限界コストは基本的にゼロになります。¹⁶⁸ オープンソースのリサイクルボットから作られた再生プラスチックフィラメントを使えば、1 キログラム 2 セントです。¹⁶⁹ 大企業はそれに太刀打ちすることはできません。なぜなら、大企業は製造、梱包、発送、宣伝、その他もろもろをしなければならないからです。一方、私はただ自分が欲しいものを作るだけです。そしてあなたも同じことができます。¹⁷⁰

とはいえ、このような 3D イノベーターは、互換性のないファイル形式、つまり送信先のプリンターがファイルを読み取れないことに悩まされることがあります。産業用ワークフローにおける相互運用性の課題に対処

するために、3MF コンソーシアムは、3D 製造プリントファイルの形式に関するオープン仕様を開発しました。これにより、デザイナーは、そのフォーマットに対応するプリンタやシステムであれば、どこにでも 3D モデルを送ることができます。¹⁷¹ エコシステムを拡大するために、3MF コンソーシアムは、3MF 仕様とその「ビーム格子、材料、スライス、その他の機能性などの拡張機能」をサポートする積層造形ハードウェアとサービスビューローの互換性マトリックスも開発しました。¹⁷²

断片化も無駄の一形態です。Kate Stewart 氏の指揮の下、Zephyr プロジェクトは、非常に断片化されていた RTOS エコシステムの多くを統合してきました。その結果、導入が大幅に増加しました。Zephyr は、リソースに制約のあるデバイスにセキュリティと安全性を提供できる RTOS をサポートするという集団的な課題に取り組んだことが主な理由です。「それらはすべて単一のプロジェクトで、それぞれが単一のタイプのデバイスを対象としていました。その後、人々は 1 つのデバイスのコードを捨てて、次のデバイスの開発を開始しました」と、Linux Foundation のシニア バイスプレジデント兼プロジェクト担当 GM である Mike Dolan 氏は述べています。サイバーセキュリティに関する懸念が高まったことで、開発者たちは自分たちのやっていることを評価するようになり、自分たちのやっていることはコードを開発する上でより安全でない方法のひとつだという結論に至りました。「これらのデバイスのセキュリティを改善する人は誰もいませんでした」と Dolan 氏は言います。「RTOS の中には、再利用もメンテナンスもできず、時には権利すら持っていないようなよくわからないものもありました。¹⁷³ Zephyr を通して、エコシステムは現在、この記事の執筆時点で 500 種類以上のボードを実行するコードベースを持っています。」¹⁷⁴

Dolan 氏は、RTOS エコシステムにおける無駄を映画業界のそれに例えました。「映画から映画へ、業界が映画に資金を提供し、イノベーターは文字通り映画の VFX のためのソフトウェア スタック全体を構築し、それをすべて投げ出して、次のプロジェクトに取りかかります。次の映画の現場では、同じインフラ、同じスタッフがいるわけではありません。まったく新しいスタッフだったのです」。¹⁷⁵ Academy Software Foundation は、VFX プラグイン、メディアプロダクションで使用されるコンテンツ管理システム、アプリケーションやレンダー間でのリッチ素材やルック開発コンテンツの交換のためのオープンスタンダードを採用し、無駄のサイクルを終わらせようとしています。

目標 13: 気候変動に具体的な対策を

第 13 の目標は、「気候変動とその影響と闘うために緊急に行動を起こす」です。¹⁷⁶ Linux Foundation の OS-C プロジェクトは、この目標に真正面から取り組み、この課題に匹敵する野心を抱いています。OS-Climate の最高経営責任者である Truman Semans 氏は、OS-C チームのアプローチを説明しました。まず、この問題を投資家と金融機関の観点から捉え直しました。現在、投資と金融のポートフォリオは、気候変動リスクに過剰にさらされ、気候変動解決策には過小評価されています。そして、年金基金、資産運用会社、銀行などの資産家に、この方程式を逆転させるために何が必要かを尋ねました。その答えは、リスクとレジリエンスを測定し、ポートフォリオを再編成し、経済の持続可能性への移行をモデル化するのに役立つデータと分析ツールでした。

OS-C チームは 3 つのアクションアイテムに絞りました。データメッシュに支えられたデータコモンズを作ること、これらの分析ツールを構築すること、そして、これらの資産に貢献し利用することを望む組織や個人のコミュニティを形成することです。データコモンズとツールは、OS-C ソリューションの“プレコンペティティブ コンポーネント”であり、チームは可能な限り迅速にこれらを構築している、と Semans 氏は述べました。以下にコンポーネントの概要を示します。

セクター アライメント ツール

Allianz 社は、投資家が気候変動に対応したポートフォリオを構築し、適切な証券を選択できるよう、この取り組みをリードしました。Allianz 社と NZOAA の他のメンバーは、2050 年までに投資ポートフォリオの温室効果ガス排出を実質ゼロに移行することを約束しています。¹⁷⁷

NZAOA の中間目標は、2025 年までに CO2 を 22 ~ 32%削減し、2030 年までに 40 ~ 60%削減することです。¹⁷⁸

「投資マネージャーは、企業がネット ゼロ目標やパリ協定の目標にどれだけ合致しているかを評価することができます。¹⁷⁹ 投資マネージャーは、企業の株式や債券の売り買いを決定する際や、ネットゼロへの移行を加速させるために企業の経営陣と関わる際に、その整合性を考慮することができます。」と Semans 氏は語ります。「このツールはテストと改良を繰り返しながら、エネルギーと鉄鋼のセクターを構築しています。いずれは化学やその他のセクターも追加する予定です」。¹⁸⁰ NZAOA の運用

資産総額は 10 兆ドルを超えるため、このツールで移行を促進することは、世界の金融市場に大きな影響を与えることになるでしょう。

物理的リスクとレジリエンス ツール

「BNP パリバはこのツールを率先して使用しており、現在、数百万資産ポートフォリオのリスク分析に社内で使用しており、ローン組成や信用分析などのためのツールにコードを組み込むことに取り組んでいます」と Semans 氏は述べました。私たちのプロジェクトのコードの競争前のレイヤーは十分に発展しており、商業的あるいは他のプロプライエタリなユーザーが今日のコードを利用し、それをさらに精巧にし、追加の商業的データセットを持ち込むことができ、企業と金融会社の両方にとって非常にインパクトのある用途を達成することができます。」¹⁸¹

彼は、貸し手や投資家はすでに現在の OS-C ツールとデータをローカライズして、リスクに関する洞察を生み出し、理想的には新しい金融商品や機会を特定し、生み出すことに取り組むことができると強調しました。Semans 氏は、研究コミュニティや公益分野のユーザーが、このツールとデータメッシュを組み合わせ、例えば「最終的には何億人もの人々の食糧安全保障を高めることになるナイジェリアの米とトウモロコシをめぐる農業リスク」を評価することを期待しています。¹⁸²

移行分析モデリング プラットフォーム

Airbus 社はもともとこのツールを開発し、OS-Climate 社に提供しましたが、CapGemini 社が中心となってさらに開発を進めています。Semans 氏は「これは本当にエキサイティングです」と述べ、「CapGemini 社は大企業との商業アドバイザー契約においてこれを使用する予定です。」と述べました。このプラットフォームの中核となるのが、WITNESS ツール（「世界環境影響・経済シナリオ」の意）であり、移行シミュレーションの複雑系システム (SOS) アプローチです。これは、関係者がオープンに協力してエネルギー移行経路をマクロレベルで評価するものです。¹⁸³ WITNESS と SOS の取引は、質の高い政策立案と、金融機関や実体経済企業の戦略や投資判断への気候変動要因の質の高い統合のために、様々な異なるモデルや分析ツールを組み合わせることができる、我々の長期的なビジョンを実現する核となるものである」と彼は考えています。¹⁸⁴

データ コモンズとデータ メッシュ

Red Hat 社が開発したこのアーキテクチャは、連携データガバナンスモデルとプラットフォームとしてのデータインフラを特徴としており、オープンデータとプロプライエタリデータの所有者は、所有権を危険にさらすことなく、それぞれのデータ資産を安全かつセキュアにプールすることができます。供給側では、プラットフォームはさまざまなソース（データベース、データレイク、ファイル、ビッグデータクラスターなど）からデータを取り込みます。需要側では、消費者のビジネスインテリジェンスツールやアプリケーションなどに合わせてデータを変換します。

OS-C の見解では、意思決定に関連するすべての気候データについて、単一のデータソースが存在することはありません。意思決定者は、戦略、投資、政策の決定に必要な信頼度を得るために、多くの場合、複数のソースからデータポイントを分析しなければなりません。OS-Climate は、既存の複数のデータソースから連携したデータ収集を可能にするワールドクラスのデータメッシュにより、このニーズに対応します。¹⁸⁵ OS-C のデータ交換により、データメッシュは、ユーザーがこれらの複数のデータソースを検索、集約、統合し、オープンな分析にデータを取り込むことを可能にします。

OS-C は、Python 開発者と、Python 開発者が実装する数学を開発できるドメインに精通したデータサイエンティストを必要としています。Semans 氏はまた、リリースエンジニアリングと DevOps に関する個人の貢献者も求めています。「我々の目標は、SDGs と気候変動ソリューションに情熱を持ち、世界 64 万人のコントリビューターからなる Linux Foundation のコミュニティの中で、そのようなプロジェクトに本当に取り組みたいと思っている人を見つけることです。金融セクターやエネルギーのような新しいセクターでの経験がなくても、トレーニングに時間を投資し、参加し、これらのプロジェクトに付加価値を与え始めようとする人を探しています。」¹⁸⁶

その成果として、気候の持続可能性への移行が遅れているプロジェクトや企業から、複数の SDGs にまたがる解決策を提供するプロジェクトや企業を支援する証券や融資へと、融資や投資の再配分が加速されるでしょう。

目標 14: 海の豊かさを守ろう

第 14 の目標は、「持続可能な開発のために、海洋、海、および海洋資源を保全し、持続可能な形で利用する」ことです。¹⁸⁷ 世界自然保護基金 (WWF) は最近の論文の中で、「私たちはプラットフォームとプラットフォームの連結したプラットフォームが必要であり、データを統合し、方法論、モデル、コードを共有し、反復できるデータコモンズが必要です」と述べています。¹⁸⁸ WWF は、OS-C データメッシュを、そのような「大規模データの共有と配布を容易にするコンポーネントの構成と、プロセスと実践の集まり 最終的には、気候データを見つけやすく、アクセスしやすく、理解しやすく、比較しやすくすること」を代表的な例として挙げています。¹⁸⁹ WWF は、「必要とされる規模での生物多様性の洞察力を向上させる」ために OS-Climate が参加する地理空間 ESG コンソーシアムを立ち上げることを計画しています。¹⁹⁰

米国海洋大気庁 (NOAA) のような機関が支援するさらなる開発により、OS-C データメッシュとその分析および AI を組み合わせることで、海洋および陸上の生態系における生物多様性保護のニーズに対応することができるでしょう。例えば、特定の生物多様性ホットスポットにおける特定のタイプの気候関連リスクを特定するのに役立ち、その結果、海洋および沿岸生態系の回復と保護のために最もプロジェクト投資が必要な場所を明確にすることができます。私たちは、オープンソースの AI とデータに基づいて構築された、資産の利用を最適化する製品やサービスへの投資を期待しています。また、海洋生物の国勢調査や綿密な調査に携わる海洋生物学者や科学者が、特に複数年にわたる追跡について、Zephyr がサポートし、次のセクションで説明する種類のタグ付け方法を検討することを期待しています。¹⁹¹

目標 15: 陸の豊かさを守ろう

第 15 の目標は、「陸域生態系の保護、回復、持続可能な利用の促進、森林の持続可能な管理、砂漠化との闘い、土地の劣化の阻止と回復、生物多様性の損失の阻止」です。¹⁹² Truman Semans 氏は、すでに OS-Climate が生物多様性と地理空間 ESG データソリューションに貢献する可能性を挙げています。¹⁹³

OpenJS Foundation の Robin Ginn 氏は、Peace Parks Foundation の活動を通じて、アフリカ南部の野生動物の保全と法執行に関する南部アフリカ開発共同体議定書 (1999 年) で定義された大規模な辺境を越えた保全地域での保全活動をサポートする OpenJS プロジェクトを紹介し、密猟者と戦い、サイを救うために JavaScript テクノロジーを使用していることを示しました。¹⁹⁴

Zephyr の使用例は、自動識別システム (AIS) トランスポンダーを特徴としています。Zephyr の Kate Stewart 氏は、ペットの飼い主がペットの居場所を特定し、世話をするのに役立つ Lildog や Lilcat や、群れを監視し、紛失に対する損害賠償請求を行うのに役立つ家畜用の Anicare イヤータグなどの Zephyr のタグ付けおよび追跡プロジェクトを紹介しました。¹⁹⁵ 自然保護活動家を支援するこれらの取り組みの中に、スマートパークの OpenCollar があります。¹⁹⁶ そのうちの 2 つのプロジェクトは、IRNAS (Nordic Semiconductor のデバイス上で動作する Zephyr を使用) が開発したトラッカーを組み込んだもので、ゾウの首輪に埋め込まれ、サイの角に埋め込まれています。¹⁹⁷ 最近の講演で、IRNAS の創設者兼 CEO である Luka Mustafa 氏は、トラッカーが自然保護活動家たちの現場での活動を調整するのに役立ち、密猟者を現行犯逮捕し、切り離された角に関連するデータを裁判の証拠として使って、密猟者に対して法的措置を取ることができることを説明しました。¹⁹⁸ このような行動により、より多くの動物が生き残る可能性を高めることができますと言います。IRNAS は、機械学習などの機能を追加し、例えば、密猟者が動物の角をのこぎりで切ろうとしているときや、追跡装置の運動パターンが、重い 4 本足の動物ではなく、4 輪車の運動パターンと一致したときを検出するようにしています。¹⁹⁹

目標 16: 平和と公正をすべての人に

第 16 の目標は、“持続可能な開発のために平和的で包摂的な社会を促進し、すべての人に正義へのアクセスを提供し、あらゆるレベルにおいて効果的で説明責任を果たし、包摂的な制度を構築する”ことです。²⁰⁰ このことは、Linux Foundation 傘下の多くのプロジェクト コミュニティの願望であり、行動規範の作成、SIG や WG の結成、Linux カーネルの紛争規範のような紛争解決のためのメカニズムによって証明されています。²⁰¹

セキュリティ

デジタル サプライチェーンのセキュリティは重要です。テクノロジータオグラファーの Don Tapscott 氏は、「ハッキングされたサーバーと、これからハッキングされるサーバーの 2 種類がある」と述べています。²⁰² ガートナー社によると、2025 年までに、サイバー攻撃者は世界の組織の 45% のグローバル ソフトウェア サプライ チェーンを攻撃すると予測しています。²⁰³ これは、ソフトウェア ベンダーのロジスティクスに対するこれまでにない巧妙なハッキングを解明するために費やされた 2021 年の 3 倍に相当します。²⁰⁴ Open Source Security Foundation (OpenSSF) のように、LF エコシステム全体のプロジェクトがセキュリティを使命としています。

OpenJS Foundation の Ginn 氏によると、OpenJS プロジェクトの Node.js は 30 万ドル、jQuery は 35 万ドルを OpenSSF の Alpha-Omega プロジェクトから得て、Node.js のセキュリティを強化し、脆弱性を修正し、jQuery のシステム全体のリスク監査を実施し、より多くのインフラを近代化するために使用しました。²⁰⁵ Ginn 氏は、各国政府もオープンソースのセキュリティの重要性を認識していると述べています。彼女の事例では、ドイツ連邦経済・気候行動省が出資する Sovereign Tech Fund が、JavaScript のエコシステムのインフラ、セキュリティ、メンテナンスを強化するために、90 万 2000 ドルを投資しました。これは“Linux Foundation のプロジェクトに対する過去最大の一回限りの政府支援投資”でした。²⁰⁶

ディペンダブル エンベデッド システム担当副社長の Stewart 氏は、彼女の管理下にあるすべてのプロジェクトにおけるセキュリティの重要性を強調しました。Zephyr のユースケースの多くは、セキュリティだけでな

く安全性も考慮されています。「副社長になったとき、私はディペンダビリティを肩書きに入れてもらえるように主張しました。」彼女は、安全性とセキュリティ、そして保守性、信頼性、可用性にまたがるディペンダビリティの正式な定義を使っていました。彼女は、最近まで、オープンソース プロジェクトは、機能と迅速な開発のイテレーションに焦点を当てる傾向があったと述べています。「私たちはソフトウェアへの取り組み方を変える必要がありました。オープンソースのコンポーネントには、セーフティクリティカルなシステムで使用される機能があるため、オープンソースのコンポーネントとその機能が、特定のアプリケーションに使用しても安全かどうかを理解するために、製品メーカーが適切なレベルの分析を行うのを支援する必要があります」。²⁰⁷

Linux Foundation でオープンソース プロジェクトをホストしている人向けに、LFX プラットフォームは、潜在的な脆弱性をピンポイントで特定し、修正を推奨する自動スキャン、非包括的な言語のスクリーニング、パーミッションの管理、コードの依存関係のマッピングと優先順位付け、互換性のないライセンスのフラグ付けなどのセキュリティツールを、プロジェクトのソース管理システムに関係なく提供します。²⁰⁸ 料金は無料です。

規制遵守

セキュリティに加えて、規制遵守も重要です。FINOS は、規制の厳しい業界である金融サービスに特化したパーティカルな組織である、と Columbro 氏は言います。FINOS のオープンソース準備グループは、銀行がオープンソースの規制面に対処できるよう準備しています。「私たちが直面している問題は、おそらく 60 ～ 70 パーセントはすべての企業と同じようなものでしょう。たとえば、「オープンソース プログラム オフィスをどのように構成すれば、効果的かつ効率的に知識とライセンスを管理できるのか？」や「オープンソース・プロジェクトに参加する文化を身につけるために、開発者をどのように教育すればよいのか？」などです。彼の準備グループは、これらの懸念に正面から取り組んでいます。「コードのオープンソース化は、データのオープンソース化を意味しません。個人情報共有の可能性があることを意味するものではありません」。²⁰⁹

Columbro 氏は次に、「金融規制、反トラスト法、電子記録管理」といった、「銀行システムに非常に特有な問題の 30 ～ 40%」に話を移しました。Columbro 氏は、「規制の厳しい業界では、組織は自社のコンプライア

ンス部門、ひいては規制当局に特定の要件を示す必要がある」と説明しました。また、「いずれにせよ、金融サービスは互いに影響し合いながらビジネスを進めなければならない。取引や金銭の授受がある。技術的な相互作用はすでにある程度存在しています。それがなければ市場は成り立ちません。ビジネスもあり得ない」。彼のようなオープンソースに精通したイノベーターは、「複数の組織にまたがる共通の要件、つまり、誰にとっても一般的に大きな利益につながる項目を探すことで、誰の『差別化の宝石』も危険にさらすことなく、コストを共通化し、格付けをを標準化することができる」と述べています。²¹⁰

重要な公共／産業インフラの安全確保に役立つプロジェクト

- Alvarium プロジェクトは、測定可能な信頼性でデバイスからアプリケーションにデータを配信するトラスト ファブリックのフレームワークとソフトウェア開発キットの構築を目指しています。
- LF Edge の産業用 IoT 向け Fledge プラットフォームは、センサーデバイスとクラウドストレージシステム間のエッジゲートウェイとして機能します。
- LF Energy の FledgePower は、ネットワークオペレータが、攻撃のベクトルを開くことなく、さまざまなもの（再生可能エネルギー、エッジのデバイス、電気自動車など）を搭載する変電設備を監視し、操作するのに役立ちます。

人権擁護プロジェクト

- 個人情報に関しては、Confidential Computing Consortium は使用中のデータを保護し、個人と組織がプライバシーを保護する方法でオープンにコラボレーションできる Confidential Computing の導入を促進するよう努めています。
- Call for Code のプロジェクトである Five-Fifths Voter は、マイノリティが投票権を行使できるように、最適な投票戦略を考案し、投票者弾圧を制限することを支援します。
- Open Sentencing は、司法制度における偏見を明らかにし、公選弁護人が人種格差に正面から対処できるよう準備するのに一役買っています。
- TakeTwo は、記事、見出し、ウェブページ、ブログ、コードのテキストにおいて、あからさまであるか微妙であるかにかかわらず、デジタルコンテンツにおける人種的偏見にフラグを立て、コンテンツ作成者が公開前に修正できるようにします。
- Truth Loop は、コミュニティのメンバーが、自分たちに最も影響を与える政策、規制、法律を理解できるように支援します。Truth Loop アプリを通じて、政策が自分たちにどのような影響を与えたか、または提案されている政策がコミュニティにどのような害を及ぼす可能性があるかについて、短いビデオ証言を共有することができます。²¹¹

目標 17: パートナーシップで目標を達成しよう

第 17 の目標は、「持続可能な開発のための実施手段を強化し、グローバル パートナーシップを活性化すること」です。²¹² Linux Foundation は、そのようなパートナーシップのポートフォリオです（図 9）。これらは、サンドボックスやインキュベーションにおける取り組みの重複という中核的な課題に対処するもので、標準や市場メカニズムが存在しない場合、リソースの奪い合いやソリューションの断片化につながる可能性があります。

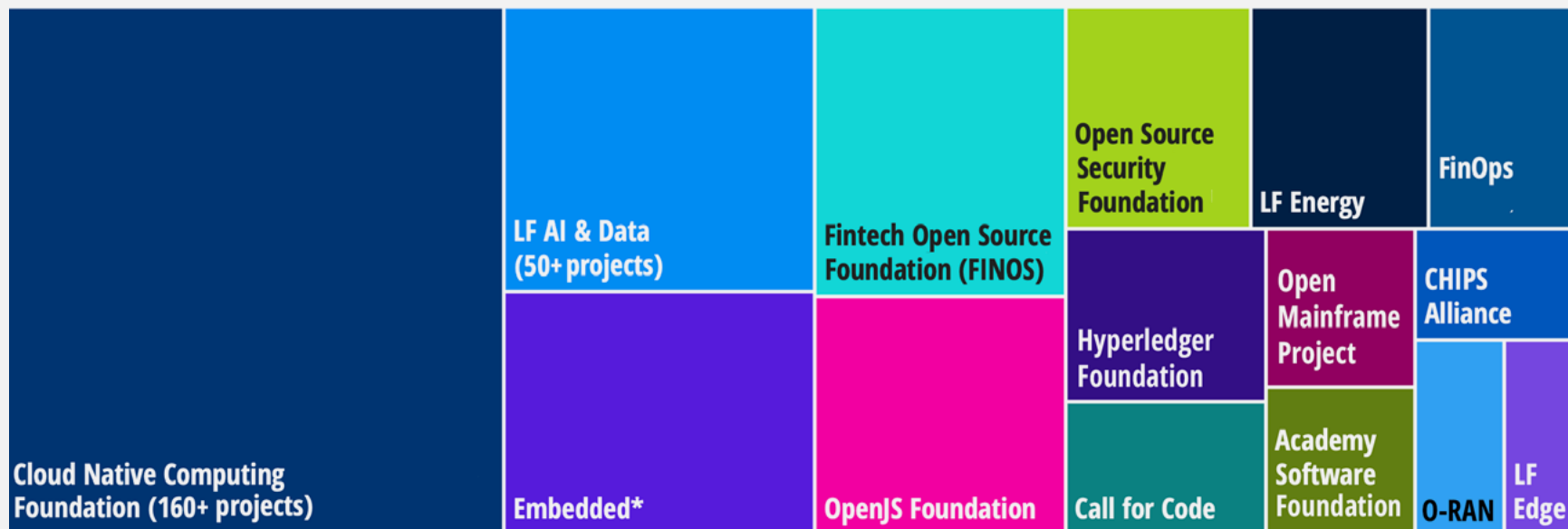
ネットワーク、AI、データ、エネルギー、エッジコンピューティング、ブロックチェーン技術など、共通の領域におけるプロジェクトやプログラムをそれぞれの傘下に組織することで、Linux Foundation は、アイデアを相互に伝播させ、プロジェクトチーム間の対話を促進し、コミュニティが最も有望と判断したプロジェクトに資金を提供することで、最終的に人材と資金を確保します。

規模拡大もまた、パートナーが取り組むべき課題です。例えば、LF Training and Certification は、地域の協力者を求めています。LF Training and Certification の Seepersad 氏は、次のように話しています。「組織としては 300 人しかいません。私たちがレバレッジを効かせ、規模を拡大しようとするなら、現地でのパートナーシップを通じて行う必要があります。ザンビアとケニアでは、現地の組織と提携して、コンテンツを無料で提供する奨学基金を作りました」。彼のチームは、彼が育ったトリニダード トバゴ政府とも提携しました。トリニダード トバゴ政府は、「十分な教育を受けていない地域社会に手を差し伸べ、人々を技術系のキャリアに導くための学位以外のプログラムを提供するための人材育成イニシアチブに投資しました。」Linux はそのカリキュラムを寄贈し、政府はそのカリキュラムをより大きな取り組みに組み込む予定です。ウクライナでは、Linux は「兵役を終えた人々のスキルアップと再教育に焦点を当てた」翻訳パートナーシップを結びました。²¹³

中立性が重要です。AgStack の Sumer Johal 氏は、SDGs の達成に必要なミッション クリティカルなテクノロジーを Linux Foundation がホスティングしていることをアピールしました。「私たちはテクノロジー ウィジェットを作成しています。これらのウィジェットは透明でなければなりません。透明性の必要性は、中立的な組織やオープンソースの組織だけが構築できるものを指し示しています。オープンソースであることが重

図 9

LINUX FOUNDATION がホストするプロジェクトの最大のポートフォリオ



**Embedded* represents projects such as Zephyr with embedded components.

出典 プログラムおよび foundation のウェブサイト、git リポジトリより作成、
2023 年 8 月 18 日現在

要なのではなく、それを構築する組織が中立でなければならないのです。民間企業のオープンソース部門であったり、どこかのベンダーに偏っていたりしてはならない。同様に重要なのは、オープンで協力的なやり方で仕事をする意思と能力、準備がなければならないということです。多くの非営利団体や非政府組織は、そのような運営をするための認可さえ受けていません」。Johal 氏は、このような組織を設立することは、「Linux

Foundation ならではの可能性」であると主張しました。²¹⁴ 次のセクションでは、その理由を説明します。

持続可能な開発のための人的インフラストラクチャ

「ほとんどのオープンソース プロジェクトは、インターネット上の技術的なコラボレーションとして始まりました。」と LF の Michael Dolan 氏は述べています。²¹⁵「これらのプロジェクトには資金も認可もガバナンスもありませんでした。数人が自分のコードを公開することに決め、他の人に貢献するよう呼びかけました。」Linux の生みの親である Linus Torvalds 氏は、オペレーティングシステムのカーネルを開発した後、デジタルネットワークを通じて Linux のソースコードを共有しました。²¹⁶ Dolan 氏はさらに、「Torvalds 氏が使用していた GNU 一般公衆利用許諾契約 (GPL) のような「IP 条項を特定するライセンスがあったのかもしれない。もしかしたら、なかったかもしれない。」と続けました。

Dolan 氏は、Linux カーネルの周囲に有機的に形成された社会的、政治的、経済的な構造について、まるで恒星の周りの惑星のように、アイデアの衝突によって実質的な作品群にまとまり、活気に満ちた実践者コミュニティ（現在では約 38,000 人）によって数十年にわたって培われてきたと説明しました。²¹⁷「その影響力の長さといノベーションのサイクルという点で、ユニークなオープンソース プロジェクトです」と彼は言いました。このセクションでは、このような大規模で、地理的に分散し、仮想的に組織され、長期的に持続するコラボレーションに不可欠な人的インフラストラクチャと言われてきたものについてレビューします。²¹⁸

法的構造

「Linux 以外にも手を広げ始めた当初は、プロジェクトごとに新しい法人を設立していました。通常はデラウェア州に法人を設立しました」と Dolan 氏は言います。米国では、§ 501(c)(6)、§ 501(c)(3)、または § 501(c)(4) のステータスを申請しました。内国歳入庁 (IRS) の承認を得るために、彼らは 18 か月間交渉しました。骨の折れる作業でした。新しい法人を設立するたびに、チームは新しい銀行口座、資金を管理するための新しい仕組み、新しい監査契約、新しい法律契約、そしてすべてのサプライヤーフォームを設定しました。同じ担当者が新しい事業体を管理するにしても、LF メンバーのサプライヤーポリシー、贈収賄防止に関する声明、プライバシーポリシー、その他のサプライヤー取引条件について、新しい事業体ごとに署名をしなければなりません。「時々、私たちは押

し返して、『ねえ、私たちは非営利団体ですと言わなければなりません。あなたが私たちに求めていることを行うことは許可されていません。』それは大変な作業でした。私たちのスピードと規模では、うまくいかないことをすぐに思い知りました。²¹⁹

開発者たちはそれに耐えられませんでした。そこでチームは、新しいプロジェクトを Linux Foundation の下に置くことにしました。国税庁の承認も、サプライヤーのセットアップフォームや契約書もすべて揃っていたからです。すべてのプロジェクトを LF の下に置くことにしました。そして、憲章、プロジェクトの範囲、企業が確認したい中核資産の知的財産条項 (独占禁止法ポリシー ステートメントやプライバシー ポリシーなど) を備えたガバナンス用のテンプレートを設定しました。

「私たちはとても素早く動くことができた。その後、予想以上のスピードで成長し始めました」と Dolan 氏は振り返ります。Linux Foundation は、規模とリスク軽減を最適化する他の方法を模索し、シリーズ LLC モデルを採用して、プロジェクトコミュニティに資産所有と個別プロジェクトガバナンスのためのエンティティを提供しました。シリーズ LLC は通常、「親」LLC と、その下に設立された 1 つ以上のシリーズから構成されます。このように、各シリーズは、シリーズ LLC 内の独立したエンティティです。²²⁰

「このモデルは、文字どおりスクリプトを作成してエンティティを作成すれば、ほとんどオーバーヘッドが発生しないため、私たちにとって非常に効果的でした。」と Dolan 氏は言います。「今では、新しいプロジェクト事業体、あるいは一連のプロジェクト事業体を設立する際に、新たに何かを申請する必要はありません。しかし、プロジェクト エンティティは、知的財産や潜在的なリスクを法的に保護することができます。」²²¹

資金調達

Linux Foundation がカーネル以外のプロジェクトのホスティングを始めたとき、プロジェクト コミュニティは、人々が中立的なホームの下に集まり、自分たちの IP 構造や意思決定の方法を定義できるような、オープンなコラボレーションの核から始めたいと考えていました。「ガバナンスの鍵は、技術コミュニティのガバナンスを文書化することでした。一般的には、オープンな“Do-ocracy”のような形で、作業を行っている人々が意思決定を行うのです」と Dolan 氏は言います。「人々が一緒に何かに取り組めるようにすれば、追加コストは発生しません。」Linux Foundation は、基本的なオープンソース コラボレーションをコミュニティプロジェクトと呼び、コミュニティは自治的です。コミュニティ プロジェクトは、リソースの点では非常に軽量であり、コミュニティの参加者は通常、日々メンテナンスを行っています。「Linux Foundation は、法務チームとビジネス関係者が承認し、エンジニアが非常に迅速なサイクルで制作を開始できるような、検証されたコラボレーションのための拠点を提供します」と Dolan 氏は言っています。²²²

また、プロジェクト コミュニティによっては、コミュニティを支援する企業からのリソースをプールしたり、コミュニティが複数のプロジェクトを支援したい場合もあります。どのようなコミュニティ プロジェクトでも、LF の「foundation-as-a-service」モデルの下で資金調達モデルを追加することができます。コミュニティは、そのための資金を必要としているかもしれません。

- セキュリティ監査
- メンテナを支援する中立的なリリースエンジニアや文書作成者
- バグ報奨金
- クラウド構築サービス
- プロジェクトを宣伝するためのマーケティング プログラム
- メンターシップ
- コミュニティメンバーが直接会って協力できるように、イベント関連の出張費用の支援 ²²³

LF の資金調達モデルは、運営規模の拡大に伴って効率性を高めています。また、何千人ものメンバーやプロジェクトのスポンサーを擁する

Linux Foundation は、世界をリードするイノベーターの多くと関係を築いています。このネットワークにより、将来的なプロジェクトのスポンサーと、将来的なプロジェクトを促進することが容易になります。

Linux Foundation は、米国税法第 501 条 (c)(6) 項に基づく非営利団体であり、さまざまな事業や慈善目的のための資金調達を支援するために、その組織も最適化されています。LF Charities は、米国税法 § 501(c)(3) に基づく慈善非営利団体です。特定の組織は、教育や科学の発展などの慈善目的のための資金を持っています。これらの資金は通常、LF Charities 内のプログラムを支援するために使用されます。ベルギー法に基づく非営利団体である LF Europe は、ヨーロッパの団体に支援資金を提供したい企業を支援しています。LF の事業体ファミリーは、そのコミュニティの支援者が、そのリソースをプロジェクト コミュニティに迅速かつ効率的に向けることができるように支援することができます。Linux はまた、クラウド ネイティブ コンピューティングやエッジ コンピューティングのように、同じ分野の複数のプロジェクトに資金を提供することもできます。

オープンガバナンス

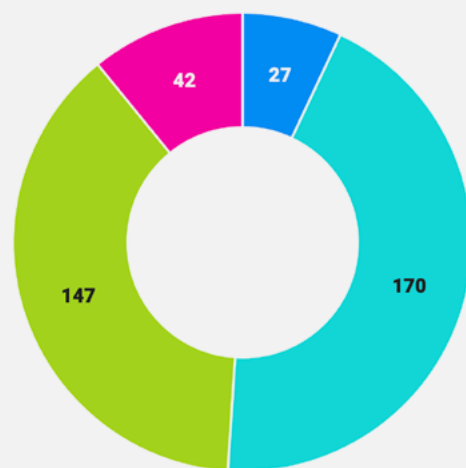
LF AI and Data の Ibrahim Haddad 氏は、LF のガバナンス体制は本当に有益だと考えています。「ある組織がプロジェクトを Linux Foundation に移したいと考える理由のひとつは、その組織がもはやプロジェクトを管理していないことを示すためです。」²²⁴ 組織がこのようなことをするのは、より多くの開発者をコミュニティに引きつけ、技術の採用を増やし、プロジェクトのエコシステムとその重要性を、競合する類似のプロジェクトと比較して成長させるためです。その移行の一環として、組織は商標や GitHub アカウントなどのプロジェクト資産を Linux Foundation に移します。プロジェクトのオープンで公正かつ中立的なガバナンス モデルは、プロジェクトの創設企業や元所有者が、将来的に他の企業や個人を差別する力を持つのではないかという懸念を払拭します。²²⁵ Haddad 氏は、さらに「ホストされているプロジェクトの 90% 以上は、同じガバナンス モデルに従っています。オープン性と公平性のテストに合格した既存のガバナンスを持つプロジェクトもあります。そのような場合は、ガバナンス モデルを文書化します。」と続けます。

図 10

LINUX FOUNDATION はあらゆる種類の オープンデジタル資産 を管理している

Linux Foundation は、オープンソース
コミュニティが成功するための体制を整え
ている。

出典 各プロジェクトのウェブサイトと git リポ
ジトリから集計、2023 年 8 月 18 日現在。



- Funds, crowdfunding platform
- Series LLCs legal structure
- Working groups, special interest groups (e.g., DEI)

Hyperledger Foundation の Daniela Barbosa 氏は、「コードプロジェクトを管理するコミュニティは、プロジェクトのライフサイクルを構築しています。」と述べています。²²⁶「プロジェクトがラボ（またはサンドボックス）からインキュベート、そして卒業へと進むにつれて、コミュニティのメンテナは四半期ごとに技術監督委員会（TOC）にレポートを作成します。そのレポートでは、うまくいっている点と助けが必要な点を強調し、長期的なロードマップについて話し合う必要があります。四半期ごとのレポートは、スタッフと TOC が、どこでどのように役に立てるかを確認するのに役立ちます」。プロジェクトのライフサイクルが進むにつれて、より多くのサービスが受けられるようになります。「私たちは、プロジェクトメンテナが成功するために必要なものを得られるようにしたいのです」。

Barbosa 氏は、コードプロジェクトのメンテナを「自分のプロジェクトの王と女王」と見なしています。もし彼らがインキュベートから卒業に移行したい場合、あるいは彼らがもう終わりだと判断して休眠段階に入りたい場合、私たちはそのためのプロセスを用意しています」と Barbosa 氏は言いました。²²⁷ Robin Ginn 氏は、OpenJS Foundation では「私たちの戦略は、オリジナルの創設者とその技術が果たした役割を称えることです。そして、コードをアーカイブの状態に移し、エンドユーザーと多くのコミュニケーションをとり、セキュリティの修正について期待値を設定します。」と言っています。²²⁸

スタッフや TOC がプロジェクトやコミュニティの健全性を確認できるよう、プロセスを明確にし、それに従うことが重要です。「もしそうしなければ、新しい人が参加して、誰も答えてくれないフォーラムに質問を投稿するなど、ひどい経験をすることになるでしょう」と Barbosa 氏は言いました。「私たちは、新メンバーが成功するための道筋を確保するために、多くの時間と労力を費やしています」。²²⁹ コードの使用を希望する新しい企業や、特別な利益団体についても同様です。「私たちは、新しい人々がこれらのボランティア組織に入ってきたときに、議長が彼らを歓迎し、SIG 憲章が整備されていることを確認したいのです」と彼女は言いました。ミッション、目標、メンバー構成、ガバナンス、プロセス、ミーティング、解散を明確にします。それがなければ、コミュニティのために成果をもたらすための構造は存在しません（図 10）。

行動の基盤

法律、資金、ガバナンスの仕組みの組み合わせは効果的です。「私たちはそこで成功を収めたのです」と Dolan 氏は言いました。「プロジェクトをまとめる時に、企業にはその理由を理解してもらい、学術研究コミュニティにはその役割を理解してもらい、政府には公共プラス民間の利益を理解してもらい、他の非営利団体にはマルチステークホルダーの招集を高く評価してもらえよう形で、針に糸を通すことができました」。

Linux Foundation が行っていることは、政府や非政府組織の調達担当者が持続可能な開発プロジェクトの入札のためにベンダーに出す一般的な業務明細書とは大きく異なります。あるベンダーが落札します。そのベンダーはソリューションを開発し、そのプロジェクトから最大限の利益を得ようとする当然のインセンティブを有しています。突然、そのベ

ンダーは、世界のどこでもそのソリューションを効果的に実施またはサポートできる唯一の当事者になります。落札者がすべてを手にするのです。「ベンダーがコードベースを理解する唯一の開発者となり、他を排除することで利益を得るといのは、オープンソースのアンチパターンです」と Dolan 氏は言います。多くの場合、オープンソースの財団は持続可能なプロジェクトの支援から除外されます。なぜなら、スポンサーとなる組織は、雇用や助成金を与えるための入札アプローチから脱却できないからです。「オープンソースで何か生産的なことをしたいのであれば、そのようなやり方はできません」と Dolan 氏は言います。²³⁰

AgStack 社の Sumer Johal 氏は、別の課題を見えています。「官民のコラボレーション能力を解き放つ必要があり、その唯一の方法がオープンソースなのです。オープンソースを活用することで、地球規模の気候危機を解決するために組織の製品やサービスを開放したいと考える人々が、官民双方から新たなスポンサーシップを獲得するはずですが、もしそうになっていないのであれば、そしてまだそうになっていないのであれば、企業は私たちの仕事を見て、大儲けするビジョンに手を擦り合わせることはないでしょう。²³¹ 何が助けになるでしょうか？ 会員が開発し、顧客、市民、利害関係者に提供することができる独自の、ユニークな、競争力のある製品と、共有され、差別化されていない、競争前のスタックをより明確に区別することです。「私たちは、気候変動の危機を解決することで、(公共部門において) 新たな経済成長を促進し、特にグローバル・サウスの成長を促進することで(民間部門で) 大金を稼ぐという意図について、堂々と表明しなければならない。²³²

FINOS のエグゼクティブ ディレクターである Columbro 氏も、Johal 氏の意見に同調しています。「オープンソースは目的を達成するための手段です。オープンソース プロジェクトは、その目標達成に役立っているかどうかを実証できなければなりません」。Columbro 氏は、自身の管理下にあるプロジェクトについて、銀行や金融機関のビジネス上の問題に焦点を当てています。「最終的には、FINOS のような垂直的な財団における最重要指標は、これらのオープンソース ソリューションが提供するビジネス価値、すなわちオープンソースがこれらの組織のために解決する具体的なビジネス上の問題です。」しかし、FINOS ではこれらの問題を解決するために、例えば FINOS の横断的な DEI スペシャル インタレスト グループなどを通じて、「多様性、公平性、インクルージョンをすべての活動の一部にしてきました。私たちは、メンバーがゼロから始める必要がないように、メンバーを支援するエンジンになることができます。」と彼は言いました。²³³

おそらく最大の収穫は、Linux Foundation がこれほど大規模で多様なデジタル公共財のポートフォリオを管理し、これほど多くの SDGs に貢献しているということだけでなく、持続可能な開発を可能にする人的インフラ(法的構造、さまざまな資金源、コミュニティを育成するメカニズム、テスト済みのガバナンスモデル、上記のすべての健全性と有効性を測定するツール)を提供しているということです。



謝辞

筆者は、必要不可欠なリソースを共有するだけでなく、彼らの管轄下にあるオープンソース プロジェクトや組織が、持続可能な開発にどのように貢献し、支援しているかを議論し、この文書に豊富なフィードバックを提供してくれた、これらの専門家の寛大さに感謝します。

- Daniela Barbosa, Executive Director, Hyperledger Foundation; General Manager, Blockchain, Healthcare, and Identity, Linux Foundation
- Jory Burson, Vice President, Standards, Linux Foundation
- Gabriela Columbro, General Manager, LF Europe; Executive Director, Fintech Open Source Foundation
- Michael Dolan, Senior Vice President and General Manager of Projects, Linux Foundation
- Robin Bender Ginn, Executive Director, OpenJS Foundation
- Ibrahim Haddad, Executive Director, LF AI and Data Foundation and PyTorch Foundation
- Sumer Johal, Executive Director, AgStack Foundation
- Arpit Joshipura, Senior Vice President and General Manager, LF Networking, LF Edge, and LF Energy
- Ken Maguire, Administration, United Nations Environment Programme Finance Initiative

- Joshua M. Pearce, John M. Thompson Chair in Information Technology and Innovation, Thompson Centre for Engineering Leadership and Innovation, Ivey Business School, and the Department of Electrical and Computer Engineering, Western University
- Clyde Seepersad, Senior Vice President and General Manager, LF Training and Certification
- Truman Semans, Chief Executive Officer, OS-Climate
- Kate Stewart, Vice President, Dependable Embedded Systems, Linux Foundation

The author also thanks these experts for giving the document a careful review and making changes and excellent suggestions for improvement:

- Amy Blitz, Professor of Management Practice, Babson College
- Dan Brown, Head of Communications, LF Energy
- Hilary Carter, Senior Vice President, Research and Communications, Linux Foundation
- Emily Fisher, Public Relations Lead, Hyperledger Foundation
- Anna Hermansen, Ecosystem Manager, LF Research
- Kylie Wagar-Dirks, Communications Manager, OpenJS Foundation



著者紹介

Kirsten D. Sandberg は、Journal of Business Models の編集委員であり、Pace University の大学院出版プログラムの非常勤講師として、諮問委員会のメンバーを務め、学術出版と出版の法的側面に関する講義を担当しています。現在は、Blockchain Research Institute の編集長として、ブリーフ、ケース、論文、レポート、書籍の編集指揮と制作を担当しています。10 年以上にわたり、Harvard Business Review Publishing で戦略とテクノロジーを専門とするエグゼクティブ エディターを務めました。

この日本語レポートは、以下の文書の参考訳です。

[Open Source for Sustainability](#)

翻訳協力：吉田行男

巻末資料

- 1 “A Call for Action,” *Our Common Future*, A Report by the World Commission on Environment and Development, Official Records of the General Assembly, Forty-second Session, Supplement No. 25 (A/42/251): 1987, pp. 54 and 24, <https://digitallibrary.un.org/record/139811?ln=en>.
- 2 Hila Lifshitz-Assaf and Frank Nagle, “The Digital Economy Runs on Open Source. Here’s How to Protect It,” *Harvard Business Review*, 2 Sept. 2021, <https://hbr.org/2021/09/the-digital-economy-runs-on-open-source-heres-how-to-protect-it>; and Frank Nagle et al., “Vulnerabilities in the Core: Preliminary Report and Census II of Open Source Software,” Linux Foundation and Laboratory for Innovation Science at Harvard, June 2020, https://www.coreinfrastructure.org/wp-content/uploads/sites/6/2020/02/census_ii_vulnerabilities_in_the_core.pdf.
- 3 “2023 Open Source Security and Risk Analysis,” Report, 8th ed., Synopsys Inc., 18 April 2023, <https://www.synopsys.com/software-integrity/resources/analyst-reports/open-source-security-risk-analysis.html>.
- 4 Hila Lifshitz-Assaf and Frank Nagle, “The Digital Economy Runs on Open Source. Here’s How to Protect It,” *Harvard Business Review*, 2 Sept. 2021, <https://hbr.org/2021/09/the-digital-economy-runs-on-open-source-heres-how-to-protect-it>; and Frank Nagle et al., “Vulnerabilities in the Core: Preliminary Report and Census II of Open Source Software,” Linux Foundation and Laboratory for Innovation Science at Harvard, June 2020, https://www.coreinfrastructure.org/wp-content/uploads/sites/6/2020/02/census_ii_vulnerabilities_in_the_core.pdf.
- 5 Anonymous participant of roundtable, quoted in Kirsten Sandberg, “Web3 and Sustainability: How We Can Reduce the Climate Impact of Blockchains, How Blockchains Can Help Reduce Our Own,” foreword by Scott Chamberlin, Linux Foundation, Feb. 2023, <https://project.linuxfoundation.org/hubfs/LF%20Research/Intel%20Web3%20and%20Sustainability%20-%20Report.pdf>.
- 6 “Uniting to Deliver Technology for the Global Goals,” *2030Vision*, SustainAbility, 4 Dec. 2017, https://d306pr3pise04h.cloudfront.net/docs/publications%2F2017%2F2030Vision_Report.pdf; “#System Transformation,” Summary Report, Global eSustainability Initiative and Accenture Strategy, 8 Aug. 2016, https://systemtransformation-sdg.gesi.org/160608-GeSI_SystemTransformation.pdf; and *Road Map for Digital Cooperation: Report of the Secretary-General*, United Nations, 11 June 2020, https://www.un.org/en/content/digital-cooperation-roadmap/assets/pdf/Roadmap_for_Digital_Cooperation_EN.pdf.
- 7 “UN Secretary-General’s Road Map for Digital Cooperation,” United Nations, June 2020, <https://www.un.org/en/content/digital-cooperation-roadmap/>.
- 8 “LF Projects by Sustainable Development Goal,” Google Sheet, last updated 16 July 2023, <https://docs.google.com/spreadsheets/d/158paEEWRhC-gqrxTXBKUByr6L-cuiGTjicvg741d24/edit#gid=444231019>.
- 9 “Meet LF Sustainability: How Our Hosted Projects Are Enabling Sustainable Development and Advancing United Nations Goals,” *LF Blog*, Linux Foundation, 24 May 2023, <https://www.linuxfoundation.org/blog/meet-lf-sustainability-how-our-hosted-projects-are-enabling-sustainable-development-and-advancing-united-nations-goals>; and LF Sustainability, Linux Foundation, May 2023, <https://www.linuxfoundation.org/projects/sustainability>.
- 10 “Transforming Our World: 2030 Agenda for Sustainable Development,” Resolution Adopted by the General Assembly on 25 Sept. 2015, A/RES/70/1, 21 Oct. 2025, <https://sdgs.un.org/2030agenda>.
- 11 Today, active participants include 9,663 SMEs, 8,761 companies and business associations, 2,047 foundations and other nongovernmental organizations such as academic institutions, and 282 cities and public sector entities. UN Global Compact, “Ten Principles and the SDGs: Connecting, Crucially,” White Paper, United Nations, 17 June 2016, https://d306pr3pise04h.cloudfront.net/docs/about_the_gc%2FWhite_Paper_Principles_SDGs.pdf; and UNGC Participants Search, as of 13 July 2023, <https://unglobalcompact.org/what-is-gc/participants/search>.
- 12 Gabriela Columbro, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 12 June 2023.
- 13 *Road Map for Digital Cooperation: Report of the Secretary-General*, United Nations, 11 June 2020, https://www.un.org/en/content/digital-cooperation-roadmap/assets/pdf/Roadmap_for_Digital_Cooperation_EN.pdf; and Victoria Welborn and George Ingram, “Can Open Source Technologies Support Open Societies?” Brookings Institution, 12 Aug. 2022, <https://www.brookings.edu/research/can-open-source-technologies-support-open-societies/>.
- 14 Ricardo Vinuesa, Hossein Azizpour, Iolanda Leite, et al., “The Role of Artificial Intelligence in Achieving the Sustainable Development Goals,” *Nature Communications* 11, No. 233 (13 Jan. 2020), <https://doi.org/10.1038/s41467-019-14108-y>.
- 15 Justin McCall, “Three Ways AI Can Be Applied to Achieve the SDGs,” *AI for Good*, International Telecommunication Union, 24 Oct. 2022, <https://aiforgood.itu.int/3-ways-ai-can-be-applied-to-achieve-the-sdgs/>.
- 16 <https://opendatatoolkit.worldbank.org/en/starting.html>.
- 17 Digital Public Goods Alliance, <https://digitalpublicgoods.net/>.
- 18 Arpit Joshipura, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 28 April 2023.
- 19 “LF Energy High Level Overview Deck 2023,” Arpit Joshipura, email to Kirsten Sandberg, 28 April 2023.

20 *The Age of Digital Interdependence: Report of the UN Secretary-General's High-Level Panel on Digital Cooperation*, United Nations, 9 June 2019, <https://www.un.org/en/pdfs/HLP%20on%20Digital%20Cooperation%20Report%20Executive%20Summary%20-%20ENG.pdf>; and *Road Map for Digital Cooperation: Report of the Secretary-General*, United Nations, 11 June 2020,

https://www.un.org/en/content/digital-cooperation-roadmap/assets/pdf/Roadmap_for_Digital_Cooperation_EN.pdf; Tech Envoy, "Promoting Digital Public Goods," United Nations, 10 June 2020,

https://www.un.org/techenvoy/sites/www.un.org.techenvoy/files/general/Digital_Public_Goods_Summary_PDF.pdf; "Registry," Digital Public Goods Alliance, 2023,

<https://digitalpublicgoods.net/registry/>; and "What Is Open Hardware?" *OpenSource*, Red Hat Inc., 2023,

<https://opensource.com/resources/what-open-hardware>, all accessed 16 Aug. 2023.

21 "Standards and Patents," Patent Law, *WIPO*, World Intellectual Property Organization, n.d., <https://www.wipo.int/patent-law/en/developments/standards.html>.

22 Jory Burson, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 5 May 2023.

23 Jory Burson and Joaquin Prado, "Getting Started with Community Spec: The Lightweight, Open Source Standardization Path," Webinar, Joint Development Foundation, 15 Nov. 2022, <https://www.linuxfoundation.org/webinars/getting-started-with-community-spec-the-lightweight-open-source-standardization-path>; and Colin Eberhardt, "cla-bot," *GitHub*, last updated 2 Sept. 2020, <https://colineberhardt.github.io/cla-bot/>.

24 Jory Burson and Joaquin Prado, "Getting Started with Community Spec."

25 Jory Burson, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 5 May 2023.

26 "Community Specification License 1.0," SPDX Workgroup, LF Project, 2020, <https://spdx.org/licenses/Community-Spec-1.0.html>.

27 See also "Joint Development Foundation Recognized as an ISO/IEC JTC 1 PAS Submitter and Submits OpenChain for International Review," *LF Blog*, Linux Foundation, 12 May 2020, <https://www.linuxfoundation.org/blog/blog/joint-development-foundation-recognized-as-an-iso-iec-jtc-1-pas-submitter-and-submits-openchain-for-international-review>.

28 "OpenChain Specification," Information Technology, ISO/IEC 5230:2020, International Organization for Standardization, <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso-iec:5230:ed-1:v1:en>; Kate Stewart, "SPDX: It's Already in Use for Global Software Bill of Materials (SBOM) and Supply Chain Security," *LF Blog*, Linux Foundation, 25 May 2021, <https://www.linuxfoundation.org/blog/blog/spdx-its-already-in-use-for-global-software-bill-of-materials-sbom-and-supply-chain-security>; and "SPDX Specification V2.2.1," Information technology, ISO/IEC 5962:2021, International Organization for Standardization, <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:5962:ed-1:v1:en>.

29 "OpenChain security Assurance Specification," Information Technology, ISO/IEC PRF 18974, International Organization for Standardization, <https://www.iso.org/standard/86450.html>; and

30 "Introduction," W3C Process Document, W3 Consortium, 12 June 2023, <https://www.w3.org/2023/Process-20230612/#Intro>; and Burson, interviewed by Sandberg, 5 May 2023.

31 Jory Burson, email to Kirsten Sandberg, 5 May 2023. See also Burson's report, "The 2023 State of Open Standards," foreword by Jochen Friedrich, LF Research, 19 July 2023, <https://www.linuxfoundation.org/research/state-of-open-standards-2023>.

32 "Frequently Asked Questions," *C2PA*, Coalition for Content Provenance and Authenticity, 2023, <https://c2pa.org/faq/>.

33 A paraphrase of a paragraph in GraphQL specification working draft, as of 10 July 2023, <https://spec.graphql.org/draft/#sec-Overview>. See also "The GraphQL Foundation Announces Collaboration with the JDF to Drive Open Source and Open Standards," Press Release, Linux Foundation, 12 March 2019, <https://www.linuxfoundation.org/press/press-release/the-graphql-foundation-announces-collaboration-with-the-joint-development-foundation-to-drive-open-source-and-open-standards>; and .

34 Yuval Bachar, "Open19 System Level Specification," 1.0, Doc. No. O19-1000-0001, 11 March 2019, https://gitlab.com/open19/v1-specification/-/blob/main/Open19_V1_System_Level_Specification.pdf; and Yuval Bachar, "Open19 Server Specification," 1.0, Doc. No. O19-1000-0002, 11 March 2019, <https://gitlab.com/open19/v1-specification/-/blob/main/Open19-V1-Servers-specification.pdf>.

35 Linus Torvalds, Inductee, *Internet Hall of Fame*, Internet Society, 2012, <https://www.internethalloffame.org/inductee/linus-torvalds/>.

36 "Linux Runs All of the World's Fastest Supercomputers," *LF Blog*, Linux Foundation, 20 Nov. 2017, <https://www.linuxfoundation.org/blog/blog/linux-runs-all-of-the-worlds-fastest-supercomputers>.

37 "Linux Operating System Market Size," Report FBI103037, Fortune Business Insights, June 2023, <https://www.fortunebusinessinsights.com/linux-operating-system-market-103037>.

38 Cara Nolte, "Why the Linux Kernel Is Still Important," *DevOps.com*, Techstrong Group Inc., 17 March 2022, <https://devops.com/why-the-linux-kernel-is-still-important/>.

39 Kate Stewart, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 3 May 2023.

40 Michael Dolan, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 28 June 2023.

41 "Products Running Zephyr," Zephyr Project, n.d., <https://zephyrproject.org/products-running-zephyr/>, as of 16 Aug. 2023.

42 Clyde Seepersad, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 1 May 2023.

43 As of 18 Aug. 2023, Linux Foundation had posted 207 free and accessible webinar videos, with two upcoming webinars here: <https://www.linuxfoundation.org/webinars>.

44 "Past LF Events," Linux Foundation, <https://events.linuxfoundation.org/about/calendar/archive/>; and "Upcoming Events," Linux Foundation, <https://events.linuxfoundation.org/about/calendar/>, as of 18 Aug. 2023.

- 45** This figure includes sessions from KVM Forum 2022 (50 videos), Linux Security Summit Europe 2022 (14), Open Source Summit Europe 2022 (20), Open Source Summit Japan 2022 (93), Embedded Open Source Summit 2023 (187), Interviews (27), Linux Security Summit North America 2023 (20), Linux Storage File System, Memory Management, and BPF [Berkeley Packet Filter] Summit 2023 (89), and Open Source Summit North America 2023 (343), <https://www.youtube.com/LinuxfoundationOrg/featured>, as of 18 Aug. 2023.
- 46** Alan M. Turing, "Computing Machinery and Intelligence," *Mind* 49 (1950): 433–460, <https://redirect.cs.umbc.edu/courses/471/papers/turing.pdf>; and Rockwell Anyoha, "The History of Artificial Intelligence," *Science in the News: Special Edition on Artificial Intelligence*, Harvard University, 28 Aug. 2017, <https://sitn.hms.harvard.edu/flash/2017/history-artificial-intelligence/>.
- 47** Yoshua Bengio, Stuart Russell, Elon Musk, et al., "Pause Giant AI Experiments: An Open Letter," Future of Life Institute, 22 March 2023, <https://futureoflife.org/open-letter/pause-giant-ai-experiments/>.
- 48** "Open Data Essentials," *Open Data Tool Kit*, World Bank, n.d., <https://opendatatoolkit.worldbank.org/en/data/opendatatoolkit/essentials>, as of 16 Aug. 2023.
- 49** "Data Privacy, Ethics, and Protection: Guidance Note on Big Data for Achievement of the 2030 Agenda," United Nations, mod. 21 Nov. 2017, https://unsdg.un.org/sites/default/files/UNDG_BigData_final_web.pdf.
- 50** "Global Energy and Climate Model: Scenario Analysis of Future Energy Trends," Report, International Energy Agency, Oct. 2022, rev. Dec. 2022, <https://www.iea.org/reports/global-energy-and-climate-model>.
- 51** "Global GHG Accounting and Reporting Standard for the Financial Industry," Partnership for Carbon Accounting Financials, 2022 (Sections A and C) and 2023 (Section B), <https://carbonaccountingfinancials.com/standard#the-global-ghg-accounting-and-reporting-standard-for-the-financial-industry>.
- 52** "Net Zero Asset Managers Initiative," n.d., <https://www.netzeroassetmanagers.org>.
- 53** Regulation (EU) 2023/1115 of the European Parliament and of the Council of 31 May 2023 on the making available on the Union market and the export from the Union of certain commodities and products associated with deforestation and forest degradation and repealing Regulation (EU) No 995/2010, PE/82/2022/REV/1, <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/1115/oj>.
- 54** "Node.js Foundation to Oversee Node.js Security Project to Further Improve Stability for Enterprises," Press Release, Linux Foundation, 7 Dec. 2016, <https://www.linuxfoundation.org/press/press-release/node-js-foundation-to-oversee-node-js-security-project-to-further-improve-stability-for-enterprises>.
- 55** Joshua M. Pearce, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 12 July 2023; and Joshua M. Pearce, "Building Research Equipment with Free, Open-Source Hardware," *Science* 337: 6100 (2012): 1303–4, <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1228183>.
- 56** Joshua M. Pearce, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 12 July 2023; and RepRap Wiki, RepRap Organization, last updated 25 June 2023, <https://reprap.org/wiki/RepRap>, accessed 16 Aug. 2023.
- 57** Joshua M. Pearce, "Sponsored Libre Research Agreements to Create Free and Open Source Software and Hardware," *Inventions* 3, No. 3 (2018): 44, <https://doi.org/10.3390/inventions3030044>.
- 58** Joshua M. Pearce, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 12 July 2023.
- 59** Eduardo Corpeño, "An Introduction to RISC-V—Understanding RISC's Open ISA," *All about Circuits*, EETech Media LLC, 12 June 2022, <https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/introductions-to-risc-v-instruction-set-understanding-this-open-instruction-set-architecture/>.
- 60** Jeff Tranter, "What is RISC-V and Why is it Important?" *ICS Blog*, Integrated Computer Solutions Inc., 12 May 2021, <https://www.ics.com/blog/what-risc-v-and-why-it-important>.
- 61** "About RISC-V Foundation," *RISCV*, n.d., <https://riscv.org/about/>.
- 62** Sumer Johal, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 1 May 2023.
- 63** Fabio Massacci and Ivan Pashchenko, "Technical Leverage in a Software Ecosystem: Development Opportunities and Security Risks," *arXiv*, 4 March 2021, <https://arxiv.org/abs/2103.03317>. See Maven demonstration here: <https://techleverage.eu/livedemo/maven>.
- 64** Fabio Massacci and Ivan Pashchenko, "Technical Leverage in a Software Ecosystem."
- 65** Sumer Johal, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 1 May 2023.
- 66** Goal 1, "No Poverty," United Nations, n.d., <https://sdgs.un.org/goals/goal1>.
- 67** Jenessa Mellen, "Platforms for Sustainable Food Production," Blockchain Research Institute, 6 Jan. 2022, <https://www.blockchainresearchinstitute.org/project/platforms-for-sustainable-food-production/>.
- 68** Chiaki Mizutani, "Construction of an Analytical Framework for Polygon-Based Land Use Transition Analyses," *Computers, Environment, and Urban Systems* 36, No. 3, 2012, pp. 270–80, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0198971511001153>.
- 69** "AgStack's Open-Source Geospatial Registry," DIASCA Webinar, 8 Feb. 2023, https://www.nachhaltige-agrarlieferketten.org/fileadmin/INA/diasca/20230208_DIASCA_AgStack_Webinar_EN.pdf; and Francisco Ceballos and Berber Kramer, "From Index to Indemnity Insurance Using Digital Technology: Demand for Picture-Based Crop Insurance," IFPRI Discussion Paper 1890, 16 Dec. 2019, <https://ssrn.com/abstract=3505630>.
- 70** "AgStack Project to Build World's First Global Dataset of Agricultural Field Boundaries," Press Release, Linux Foundation, 20 Dec. 2022, <https://www.linuxfoundation.org/press/agstack-first-dataset-field-boundaries>.
- 71** "Least Developed Country Category: Cambodia Profile," Dept. of Economic and Social Affairs, United Nations, 2021, <https://www.un.org/development/desa/dpad/least-developed-country-category-cambodia.html>; and "Executive Summary Visualization," *Global Findex Database 2021*, World Bank, June 2022, <https://www.worldbank.org/en/publication/globalfindex/interactive-executive-summary-visualization>.

- 72** “The National Bank of Cambodia Boosts Financial Inclusion with Hyperledger Iroha,” Case Study, Hyperledger Foundation, 2020, <https://www.hyperledger.org/case-studies/soramitsu-case-study>.
- 73** Project Iroha, Linux Foundation, n.d., <https://www.hyperledger.org/projects/iroha>.
- 74** “The National Bank of Cambodia Boosts Financial Inclusion with Hyperledger Iroha,” Case Study, Hyperledger Foundation, 2020, <https://www.hyperledger.org/case-studies/soramitsu-case-study>.
- 75** “The National Bank of Cambodia Boosts Financial Inclusion with Hyperledger Iroha,” Case Study, Hyperledger Foundation, 2020, <https://www.hyperledger.org/case-studies/soramitsu-case-study>.
- 76** Kentaro Iwamoto, “Cambodia’s Digital Currency Reaches Nearly Half the Population,” *Nikkei Asia*, 4 Jan. 2022, <https://asia.nikkei.com/Business/Finance/Cambodia-s-digital-currency-reaches-nearly-half-the-population>.
- 77** Cambodian Association of Finance and Technology, “Cambodia Fintech Delegation, Led by the National Bank of Cambodia, Showcases Bakong at the Inclusive Fintech Forum in Kigali, Rwanda,” Press Release, Cision PR Newswire Asia, 27 June 2023, <https://en.prnasia.com/releases/apac/cambodia-fintech-delegation-led-by-the-national-bank-of-cambodia-showcases-bakong-at-the-inclusive-fintech-forum-in-kigali-rwanda-409469.shtml>.
- 78** May Kunmakara, “Bakong Digital Transactions Rise Sharply in First Half,” *Phnom Penh Post*, Post Media Co. Ltd., 8 Aug. 2023, <https://www.phnompenhpost.com/business/bakong-digital-transactions-rise-sharply-first-half>.
- 79** Goal 2, “Zero Hunger,” United Nations, n.d., <https://sdgs.un.org/goals/goal2>.
- 80** “Weather Server,” AgStack GitHub, last updated 15 Dec. 2021, <https://github.com/agstack/weather-server>.
- 81** Mikela Jackson, et al., “MessageCast and AgNet,” *MJackson08 Blog*, Medium, 29 Nov. 2022, <https://medium.com/@mjackson08/messagecast-and-agnet-c662079f0410>.
- 82** Tony Greicius, “Soil Moisture Active Passive,” NASA, National Aeronautics and Space Administration, last updated 29 Jan. 2019, <https://www.nasa.gov/smap>.
- 83** Sumer Johal, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 1 May 2023.
- 84** Jerry Hatfield, Board of Directors, Soil and Water Conservation Society, as of 16 Aug. 2023, <https://www.swcs.org/about-us/our-people/board-of-directors/jerry-hatfield/>.
- 85** Sumer Johal, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 1 May 2023.
- 86** “OS-Climate Partners on the Sustainable Africa Initiative,” News, *OS-Climate*, 17 May 2023, <https://os-climate.org/sustainable-africa/>; and “Consortium Goal,” *Sustainable Africa Initiative*, Climate Risk Research Foundation, 2023, <https://sustainableafricainitiative.org/#Consortium>.
- 87** Truman Semans, reviewer note, 8 Aug. 2023; and “Physical Risk Modeling Framework,” *OS-Climate*, n.d., <https://os-climate.org/physical-risk-resilience/>.
- 88** Tony Elumelu Foundation, n.d., <https://www.tonyelumelufoundation.org/?s=Sustainable+Africa+Initiative>.
- 89** Open Harvest, IBM Corp., n.d., <https://openharvest.net/>.
- 90** OpenTempus Protocol, LF Projects Inc., 2022, <https://www.opentempus.com/>.
- 91** Goal 3, “Good Health and Well-Being,” United Nations, n.d., <https://sdgs.un.org/goals/goal3>.
- 92** LF Public Health Landscape, as of 16 Aug. 2023, <https://landscape.lfph.io/?project=hosted>.
- 93** ClusterDuck Protocol, n.d., <https://clusterduckprotocol.org/>.
- 94** Miriam McNabbon, “Drones for Good: DroneAid Goes Open Source,” *DroneLife*, SAJ Technologies Inc., 2 Oct. 2019, <https://dronelife.com/2019/10/02/drones-for-good-droneaid-goes-opensource/>.
- 95** For these and other innovations running Zephyr RTOS, see “Products Running Zephyr,” Zephyr Project, as of 15 Aug. 2023, <https://www.zephyrproject.org/products-running-zephyr/>.
- 96** Goal 4, “Quality Education,” United Nations, n.d., <https://sdgs.un.org/goals/goal4>.
- 97** For “Training,” *Training and Certification Analytics*, LFX Insights, as of 16 Aug. 2023, <https://insights-v2.lfx.linuxfoundation.org/global/training-and-certification-analytics/training>.
- 98** Clyde Seepersad, interviewed by Kirsten Sandberg, 1 May 2023.
- 99** Clyde Seepersad, interviewed by Kirsten Sandberg, 1 May 2023.
- 100** Goal 5, “Gender Equality,” United Nations, n.d., <https://sdgs.un.org/goals/goal5>.
- 101** Clyde Seepersad, interviewed by Kirsten Sandberg, 1 May 2023.
- 102** Travel Fund Request, n.d., <https://events.linuxfoundation.org/about/travel-fund-request/>; see also Raghav Jajodia, “How Contributing to Diversity in Technology Made Me a Better Engineer,” *LF Blog*, Linux Foundation, 3 March 2020, <https://www.linuxfoundation.org/blog/blog/how-contributing-to-diversity-in-technology-made-me-a-better-engineer>; and Henry Quayle, “How to Apply for LF Event Travel Funds,” LFX Community Forum, 24 May 2023, <https://community.lfx.dev/t/how-to-apply-for-lf-event-travel-funds/2103/1>.
- 103** “Mentorship Programs,” Linux Foundation, n.d., <https://www.linuxfoundation.org/about/mentorship-programs/>; browse and apply for the latest mentorships here: https://mentorship.lfx.linuxfoundation.org/#projects_all.
- 104** “33 Percent of Open Source Summit North America Speakers Identify as Female or Nonbinary,” *LF Blog*, Linux Foundation, 6 April 2023, <https://www.linuxfoundation.org/blog/33-of-open-source-summit-north-america-speakers-identify-as-female-or-non-binary>.
- 105** Robin Ginn, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 12 June 2023.
- 106** Robin Ginn, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 12 June 2023.
- 107** Hilary Carter and Jessica Groopman, “Diversity, Equity, and Inclusion in Open Source,” foreword by Jim Zemlin, Linux Foundation, 13 Dec. 2021, <https://8112310.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/8112310/LF%20Research/2021%20DEI%20Survey%20-%20Report.pdf>.
- 108** Hilary Carter and Jessica Groopman, “Diversity, Equity, and Inclusion in Open Source.”
- 109** Hilary Carter and Jessica Groopman, “Diversity, Equity, and Inclusion in Open Source.”

- 110** “Software Finalists and Honorable Mentions,” 2021 World Changing Ideas Awards, *Fast Company*, Mansueto Ventures, 2021, <https://www.fastcompany.com/90623619/world-changing-ideas-awards-2021-software-finalists-and-honorable-mentions>.
- 111** Goal 6, “Clean Water and Sanitation,” United Nations, n.d., <https://sdgs.un.org/goals/goal6>.
- 112** Daniela Barbosa, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 1 May 2023.
- 113** “Botanical Water Technologies: Delivering a New Source of Water,” *Fujitsu.com*, Fujitsu Ltd., 11 May 2022, <https://www2.fujitsu.com/global/customer-stories/cs-botanical-water-technology-20230717/>.
- 114** “Fujitsu and Botanical Water Technologies Create the World’s First Global Water Trading Platform Using Hyperledger Fabric,” Case Study, Hyperledger Foundation, 20 March 2023, <https://www.hyperledger.org/learn/publications/fujitsu-bwt-case-study>.
- 115** “Botanical Water Technologies: Delivering a New Source of Water,” *Fujitsu*, Fujitsu Ltd., 11 May 2022, <https://www2.fujitsu.com/global/customer-stories/cs-botanical-water-technology-20230717/>.
- 116** “Trust and Trace: How to Verify Authenticity, Regulate Supply Chains, and Protect the Safety of Consumers,” White Paper, *Fujitsu*, Fujitsu Ltd., 6 Aug. 2020, <https://www.fujitsu.com/emeia/imagesgig5/Blockchain-DLT-Trust-and-Trace.pdf>; Frederik de Breuck, “How Digitalized Rice Trading Is Improving Global Food Security,” *Fujitsu*, Fujitsu Ltd., April 2021, https://www.fujitsu.com/global/imagesgig5/20210519_RiceX_food_security.pdf; and “Bringing Fertilizer Trading into the 21st Century,” Customer Story, *Fujitsu*, Fujitsu Ltd., rev. 29 July 2021, https://www.fujitsu.com/nz/imagesgig5/CS_Jul2021_Fertilizer_Exchange_eng_v1.pdf, all as of 16 Aug. 2023.
- 117** Ilse Breedvelt and Mansi Calapatti, “Introducing Clever Crop: Inspired by IBM Call for Code,” *IBM Impact Blog*, IBM Corp., 23 Nov. 2020, <https://web.archive.org/web/20220914231116/https://www.ibm.com/blogs/corporate-social-responsibility/2020/11/introducing-clever-crop-inspired-by-ibm-call-for-code/>, accessed 5 July 2023.
- 118** krook, “Liquid Prep Background,” *Liquid Prep*, GitHub, 17 March 2021, <https://github.com/Liquid-Prep/Liquid-Prep/blob/main/BACKGROUND.md>.
- 119** Students from Central New Mexico Community College designed and printed the sensors during the college’s IoT Deep Dive Bootcamp. “CNM Students Help Design Innovative Soil Monitors that Will Aid Farmers Across the Globe,” *CNM News*, 1 Dec. 2020, <https://www.cnm.edu/news/cnm-students-help-design-innovative-soil-monitors-that-will-aid-farmers-across-the-globe>.
- 120** “Products Running Zephyr,” Zephyr Project, n.d., <https://zephyrproject.org/products-running-zephyr/>, as of 23 June 2023.
- 121** “BeST SENSOR Pump Monitor JROV2201,” *Products Running Zephyr*, Zephyr Project, as of 16 Aug. 2023, <https://www.zephyrproject.org/portfolio/best-sensor-pump-monitor-jrov2201/>.
- 122** Goal 7, “Affordable and Clean Energy,” United Nations, n.d., <https://sdgs.un.org/goals/goal7>.
- 123** Arun Santhanam, “How Sustainability Can Shape the Telecommunications Sector,” *RCR Wireless News*, Arden Media, 3 May 2023, https://www.rcrwireless.com/20230503/social_initiatives/how-sustainability-can-shape-the-telecommunications-sector-reader-forum.
- 124** Next Generation Mobile Networks Alliance, as of 16 Aug. 2023, <https://www.ngmn.org/publications.html>.
- 125** Michael Dolan, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 28 June 2023.
- 126** “Linux Foundation Meets Its Biggest Challenge Yet: Saving the Planet,” *LF Blog*, Linux Foundation, 11 Nov. 2021, <https://www.linuxfoundation.org/blog/blog/the-linux-foundation-meets-its-biggest-challenge-yet-saving-the-planet>.
- 127** “Common Information Model (CIM) for Grid Models Exchange,” ENTSO-E, n.d., <https://www.entsoe.eu/digital/common-information-model/cim-for-grid-models-exchange/>; and UCTE-DEF (Union for the Coordination of Transmission of Electricity–Data Exchange Format), *PowSyBl Documentation*, LF Energy, n.d., <https://www.powsybl.org/pages/documentation/grid/formats/ucte-def.html>.
- 128** “LF Projects by Sustainable Development Goal,” Google Sheet, last updated 16 July 2023, <https://docs.google.com/spreadsheets/d/158paEEWRhC-gqrxTXBKUByr6L-cuiGTjicvg741d24/edit#gid=444231019>.
- 129** Service Oriented Grid for the Network of the Future (SOGNO) Grant Agreement ID: 774613, CORDIS, European Commission, last updated 11 Feb. 2022, <https://cordis.europa.eu/project/id/774613/reporting>.
- 130** “Platone: PLATform for Operation of distribution NETworks,” *Platone-h2020*, RWTH Aachen Univ. and MAUM Consult GmbH, as of 16 Aug. 2023, https://www.platone-h2020.eu/project/our_project.
- 131** Jonathan Spencer Jones, “Italy’s Areti Launches Flexibility Pilot in Rome,” *Smart Energy International*, 27 Sept. 2021, <https://www.smart-energy.com/industry-sectors/energy-grid-management/italys-aret-launches-flexibility-pilot-in-rome/>.
- 132** GXF Use Cases, *LF Energy Wiki*, last mod. 16 Dec. 2022, <https://wiki.lfenergy.org/display/GEF/GXF+Use+Cases>.
- 133** “Vestas Wind Turbines,” *Products Running Zephyr*, Zephyr Project, as of 16 Aug. 2023, <https://www.zephyrproject.org/portfolio/vestas-wind-turbines/>; and <https://libre.solar/software/>.
- 134** Kate Stewart, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 3 May 2023. See also “Smart IoT device RAM-1 Electrical Grid Monitoring,” *Products Running Zephyr*, Zephyr Project, as of 16 Aug. 2023, <https://www.zephyrproject.org/portfolio/smart-iot-device-ram-1/>.
- 135** Goal 8, “Decent Work and Economic Growth,” United Nations, n.d., <https://sdgs.un.org/goals/goal8>.
- 136** Greg Lewis and Manas Mohapatra, “The Most In-Demand Jobs of 2023,” *LinkedIn Data Insights*, 1 May 2023, <https://web.archive.org/web/20230629095241/https://www.linkedin.com/business/talent/blog/talent-strategy/most-in-demand-jobs>. LinkedIn updates this list quarterly.
- 137** Clyde Seepersad, interviewed by Kirsten Sandberg, 1 May 2023.
- 138** “FinOps Certification and Training,” FinOps Foundation, as of 16 Aug. 2023, <https://learn.finops.org/>.
- 139** Internet Security Research Group, as of 16 Aug. 2023, <https://www.abetterinternet.org/>.

- 140** Goal 9, “Industry, Innovation, and Infrastructure,” United Nations, n.d., <https://sdgs.un.org/goals/goal9>.
- 141** *Products Running Zephyr*, Zephyr Project, n.d., <https://zephyrproject.org/products-running-zephyr/>, as of 23 June 2023.
- 142** Kate Stewart, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 3 May 2023.
- 143** Michael Dolan, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 28 June 2023.
- 144** In containerization, developers bundle all the components of an application into a single container image, which they can run in isolation on a shared operating system in a virtual rather than physical computing environment. For more, see “What Is Containerization?” IBM Corp., n.d., <https://www.ibm.com/topics/containerization>, as of 16 Aug. 2023.
- 145** Kubernetes GitHub, last updated 16 Aug. 2023, <https://github.com/kubernetes/kubernetes>, as of 16 Aug. 2023.
- 146** Mike Dolan, interviewed by Kirsten Sandberg, 28 June 2023.
- 147** Mike Dolan, interviewed by Kirsten Sandberg, 28 June 2023.
- 148** “Historical Trends in the Usage Statistics of Client-Side Programming Languages for Websites,” *W3Techs*, Web Technology Surveys by Q-Success, Aug. 2022, https://w3techs.com/technologies/history_overview/client_side_language/all.
- 149** “OpenJS Proposal for the Sovereign Tech Fund,” Q2 2023, emailed by Robin Ginn to Kirsten Sandberg, 12 June 2023.
- 150** Robin Ginn, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 12 June 2023.
- 151** Robin Ginn, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 12 June 2023.
- 152** Robin Ginn, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 12 June 2023.
- 153** Goal 10, “Reduced Inequalities,” United Nations, n.d., <https://sdgs.un.org/goals/goal10>.
- 154** Consensus, “Why Web3 Developers Are Switching to the Pantheon Ethereum Client,” *ConsenSys Media*, 12 July 2019, <https://media.consensys.net/why-web3-developers-are-switching-to-the-pantheon-ethereum-client-873e6f3994ef>.
- 155** “Latin American Regional Blockchain Network LACNet Officially Launches,” *Ledger Insights*, 24 Feb. 2022, <https://www.ledgerinsights.com/latin-american-regional-blockchain-network-lacnet-officially-launches/>.
- 156** “LACChain Uses Hyperledger Besu to Create the World’s Largest Permissioned Public Blockchain,” Case Study, Hyperledger Foundation, Nov. 2022, <https://web.archive.org/web/20230324183938/https://www.hyperledger.org/learn/publications/lacchain-case-study>, as of 16 Aug. 2023.
- 157** Goal 11, “Sustainable Cities and Communities,” United Nations, n.d., <https://sdgs.un.org/goals/goal11>.
- 158** “Urban Population (% of total population),” *World Urbanization Prospects: 2018 Revision*, UN Population Division, World Bank, as of 29 June 2023, <https://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/overview>.
- 159** Susmita Dasgupta, Somik Lall, and David Wheeler, “Cutting Global Carbon Emissions: Where Do Cities Stand?” *Sustainable Cities Blog*, World Bank, 5 Jan. 2022, <https://blogs.worldbank.org/sustainablecities/cutting-global-carbon-emissions-where-do-cities-stand#>, accessed 29 June 2023.
- 160** “LF Projects by Sustainable Development Goal,” Google Sheet, last updated 16 July 2023, https://docs.google.com/spreadsheets/d/158paEEWReHc-gqrXTXBKUByr6l_cuiGTjicvg741d24/edit#gid=444231019.
- 161** Civil Infrastructure Platform, LF Project, n.d., <https://www.cip-project.org/>, accessed 16 Aug. 2023.
- 162** “Build Change Makes Housing More Resilient to Major Weather Events,” ISAC-SIMO Project, Call for Code, IBM Corp., June 2021, <https://developer.ibm.com/callforcode/solutions/build-change/>, accessed 16 Aug. 2023.
- 163** ISAC-SIMO Project, GitHub, last updated 14 June 2021, <https://github.com/ISAC-SIMO/ISAC-SIMO>, accessed 16 Aug. 2023.
- 164** “Adhoc Smart Waste,” *Products Running Zephyr*, Zephyr Project, as of 16 Aug. 2023, <https://www.zephyrproject.org/portfolio/adhoc-smart-waste/>.
- 165** Goal 12, “Responsible Consumption and Production,” United Nations, n.d., <https://sdgs.un.org/goals/goal12>.
- 166** *Appropedia*, last edited 4 Aug. 2023, <https://www.appropedia.org/>, accessed 15 Aug. 2023.
- 167** Joshua M. Pearce and Jun-Yu Qian, “Economic Impact of DIY Home Manufacturing of Consumer Products with Low-Cost 3D Printing from Free and Open Source Designs,” *European Journal of Social Impact and Circular Economy* 3, No. 2 (15 July 2022): 1–24, <https://ojs.unito.it/index.php/ejsice/article/view/6508>; and Emily E. Petersen and Joshua M. Pearce, “Emergence of Home Manufacturing in the Developed World: Return on Investment for Open-Source 3-D Printers,” *Technologies* 5, No. 1 (2017): 7, <https://doi.org/10.3390/technologies5010007>.
- 168** Debbie L. King, Adegboyega Babasola, Joseph Rozario, and Joshua M. Pearce, “Mobile Open Source Solar-Powered 3D Printers for Distributed Manufacturing in Off-Grid Communities,” *Challenges in Sustainability* 2, No. 1 (2014): 18–27, https://digitalcommons.mtu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1003&context=materials_fp; and Lonny Grafman and Joshua M. Pearce, *To Catch the Sun* (Arcata, CA: Humboldt State University Press, 24 Oct. 2021), <https://tocatchthesun.com/wp-content/uploads/2021/11/To-Catch-the-Sun-WebEdition.pdf>.
- 169** Aubrey L. Woern, Joseph R. McCaslin, Adam M. Pringle, and Joshua M. Pearce, “RepRapable Recyclebot: Open Source 3D Printable Extruder for Converting Plastic to 3D Printing Filament,” *HardwareX* 4 (Oct. 2018): e00026, <https://doi.org/10.1016/j.ohx.2018.e00026>.
- 170** Joshua M. Pearce, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 12 July 2023.
- 171** “3D Manufacturing Format,” *3MF Consortium*, JDF Project, as of 16 Aug. 2023, <https://3mf.io/3mf-specification/>.
- 172** There are 56 entries as of 16 Aug. 2023. “3MF Compatibility Matrix,” *3MF Consortium*, JDF Project, 2023, <https://3mf.io/compatibility-matrix/>.
- 173** Michael Dolan, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 28 June 2023.
- 174** “Supported Boards,” *Zephyr Project Documentation*, Zephyr Project, last updated 16 Aug. 2023, <https://docs.zephyrproject.org/latest/boards/index.html>.

- 175** Michael Dolan, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 28 June 2023.
- 176** Goal 13, “Climate Action,” United Nations, n.d., <https://sdgs.un.org/goals/goal13>.
- 177** “UN Convened Net-Zero Asset Owner Alliance,” UN Environment Programme–Finance Initiative, n.d., <https://www.unepfi.org/net-zero-alliance/>.
- 178** Truman Semans, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 5 May 2023.
- 179** “The Paris Agreement,” UN Framework Convention on Climate Change, n.d., <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>.
- 180** Truman Semans, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 5 May 2023.
- 181** Truman Semans, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 5 May 2023.
- 182** Truman Semans, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 5 May 2023.
- 183** Benoit Gauthier, Marie Morere, Matthieu Meaux, et al., “Complex System of Systems Simulation for Energy Transition: OS-C Transition Tool,” NAFEMS NRC France 2022, 21 Dec. 2022, https://www.witness4climate.org/files/221123%20-%20WITNESS4NAFEMS%20NRC%20France_22%20-%20public%20packed.pdf.
- 184** Truman Semans, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 5 May 2023.
- 185** “What is a Data Federation?” *Reference Center*, Cloud Software Group Inc., TIBCO Software Inc., 2023, <https://www.tibco.com/reference-center/what-is-a-data-federation>.
- 186** Truman Semans, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 5 May 2023.
- 187** Goal 14, “Life below Water,” United Nations, n.d., <https://sdgs.un.org/goals/goal14>.
- 188** David Patterson, Pablo Izquierdo, Paolo Tibaldeschi, et al., “The Biodiversity Data Puzzle: Exploring Geospatial Approaches to Gain Improved ‘Biodiversity’ Insight for Financial Sector Applications and the Pressing Need to Catalyze Efforts,” *WWF-UK*, World Wide Fund for Nature and Maxar Technologies, 6 Dec. 2022, <https://www.wwf.org.uk/sites/default/files/2022-12/The-Biodiversity-Data-Puzzle.pdf>.
- 189** David Patterson, Pablo Izquierdo, Paolo Tibaldeschi, et al., “The Biodiversity Data Puzzle,” *WWF-UK*, World Wide Fund for Nature and Maxar Technologies, 6 Dec. 2022, <https://www.wwf.org.uk/sites/default/files/2022-12/The-Biodiversity-Data-Puzzle.pdf>.
- 190** David Patterson, Pablo Izquierdo, Paolo Tibaldeschi, et al., “The Biodiversity Data Puzzle,” p. 10; and “WWF Presents Its Biodiversity Data Puzzle,” *News, European Business and Biodiversity Campaign*, Global Nature Fund, 5 Jan. 2023, https://www.business-biodiversity.eu/36681/Newsdetailseite/ebbc_index01.aspx?newsid=182380&newsrefid=36681&row=0&newsrefaddcoid=&nafrom=&nato=.
- 191** “Satellite Tags Reveal How Animals See the Ocean: An Interview with NOAA Fisheries Scientist Jeffrey Polovina,” *NOAA Fisheries*, National Oceanic and Atmospheric Administration, 4 Sept. 2014, updated 20 Sept. 2022, <https://www.fisheries.noaa.gov/feature-story/satellite-tags-reveal-how-animals-see-ocean>; and “What Is the Census of Marine Life?” *National Ocean Service*, National Oceanic and Atmospheric Administration, last updated 20 Jan. 2023, <https://oceanservice.noaa.gov/facts/marine-census.html>.
- 192** Goal 15, “Life on Land,” United Nations, n.d., <https://sdgs.un.org/goals/goal15>.
- 193** See also David Patterson, Susanne Schmitt, Pablo Izquierdo, et al., “Geospatial ESG: The Emerging Application of Geospatial Data for Gaining ‘Environmental’ Insights on the Asset, Corporate, and Sovereign Level,” *WWF-UK*, World Wide Fund for Nature, World Bank Group, and Global Canopy, 11 Jan. 2022, https://www.wwf.org.uk/sites/default/files/2022-01/Geospatial_ESG_Report.pdf.
- 194** Robin Ginn, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 12 June 2023; and “OpenJS Proposal for the Sovereign Tech Fund,” Q2 2023, emailed to Kirsten Sandberg, 12 June 2023.
- 195** For all the products running Zephyr RTOS, see “Products Running Zephyr,” Zephyr Project, as of 16 Aug. 2023, <https://zephyrproject.org/products-running-zephyr/>. For specific innovations, see “Lildog and Lilcat: GPS Trackers for Monitoring Dogs and Cats,” <https://www.zephyrproject.org/portfolio/lildog-and-lilcat/>; “Rudolf Animal Tracker: Reliable Reindeer Tracking,” <https://zephyrproject.org/portfolio/rudolf-animal-tracker/>; “Telespor Radiobjella: Animal Tracker,” <https://zephyrproject.org/portfolio/telespor-radiobjella/>; and “Product Development,” IRNAS, n.d., <https://www.irnas.eu/product-development/>, all as of 16 Aug. 2023.
- 196** “OpenCollar Initiative,” Smart Parks, 2023, <https://www.smartparks.org/opencollar-io/>.
- 197** “ElephantEdge Tracker: Designing the Firmware and First Prototype Solution,” Smart Parks, 13 Nov. 2020, <https://www.smartparks.org/news/elephantedge-tracker-designing-the-firmware-and-first-prototype-solution/>; and “RhinoEdge Puck 50 Horn Implant,” Smart Parks, as of 16 Aug. 2023, <https://www.smartparks.org/product/rhinoedge-horn-implant-copy/>.
- 198** Luka Mustafa, “Protecting Wildlife with OpenCollar Devices Running Zephyr RTOS,” Keynote, Embedded Open Source Summit, Prague, Czech Republic, 28 June 2023, uploaded to LF YouTube, 12 July 2023, https://www.youtube.com/watch?v=xiMBoW_UtGM&list=PLbzoR-pLrL6qMzlhKVe9IMFnYvFZqrP03.
- 199** Luka Mustafa, “Protecting Wildlife with OpenCollar Devices Running Zephyr RTOS,” Keynote, Embedded Open Source Summit, Prague, Czech Republic, 28 June 2023.
- 200** Goal 16, “Peace, Justice, and Strong Institutions,” United Nations, n.d., <https://sdgs.un.org/goals/goal16>.
- 201** “On the Linux Kernel’s Code of Conflict,” *LF Blog*, Linux Foundation, 9 March 2015, <https://www.linuxfoundation.org/blog/blog/on-the-linux-kernels-code-of-conflict>.
- 202** Don Tapscott, “The Intersection of AI, IoT, and Blockchain,” interviewed by Chris Parker, *Easy Prey Podcast*, ep. 82, 22 Sept. 2021, <https://www.easyprey.com/the-intersection-of-ai-iot-and-blockchain/>.
- 203** “Gartner Identifies Top Security and Risk Management Trends for 2022,” Press Release, Gartner Inc., 7 March 2022, <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2022-03-07-gartner-identifies-top-security-and-risk-management-trends-for-2022>.

- 204** The alleged Russian hackers thrust the forward edge of the battle area into key federal and corporate systems from 2019 through 2020. Robert McMillan and Dustin Volz, "Suspected Russian Hack Extends Far Beyond SolarWinds Software, Investigators Say," *Wall Street Journal* (Online), Dow Jones & Co., 29 Jan. 2021, <https://www.wsj.com/articles/suspected-russian-hack-extends-far-beyond-solarwinds-software-investigators-say-11611921601>; and Pam Baker, "The SolarWinds Hack Timeline: Who Knew What, and When?" *CSO Online*, IDG Communications Inc., 4 Jun 2021, <https://www.csoonline.com/article/570537/the-solarwinds-hack-timeline-who-knew-what-and-when.html>.
- 205** Brian Behlendorf and Robin Bender Ginn, "OpenSSF Selects Node.js as Initial Project to Improve Supply Chain Security," *OpenSSF Blog*, OpenJS Foundation, 18 April 2022, <https://openssf.org/blog/2022/04/18/openssf-selects-node-js-as-initial-project-to-improve-supply-chain-security/>; and <https://openssf.org/blog/2022/10/24/openssf-project-alpha-omega-invests-in-the-openjs-foundation-and-jquery-to-help-secure-the-consumer-web/>.
- 206** Robin Ginn, "OpenJS Foundation Receives Major Government Investment from Sovereign Tech Fund for Web Security and Stability," Press Release, Linux Foundation, 2 May 2023, <https://www.linuxfoundation.org/press/openjs-foundation-receives-major-government-investment-from-sovereign-tech-fund-for-web-security-and-stability>.
- 207** Kate Stewart, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 3 May 2023.
- 208** LFX security tool supports GitHub, Bitbucket, GitLab, Azure, and other popular source control systems.
- 209** Gabriela Columbro, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 12 June 2023.
- 210** Gabriela Columbro, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 12 June 2023.
- 211** "New Open Source Projects to Confront Racial Justice," *LF Blog*, Linux Foundation, 19 Feb. 2020, <https://www.linuxfoundation.org/blog/blog/new-open-source-projects-to-confront-racial-justice>.
- 212** Goal 17, "Partnerships for the Goals," United Nations, n.d., <https://sdgs.un.org/goals/goal17>.
- 213** Clyde Seepersad, interviewed by Kirsten Sandberg, 1 May 2023; and "Three Ukrainian Language Courses Are Now Available," *LF Training Blog*, Linux Foundation, 22 Feb. 2023, <https://training.linuxfoundation.org/blog/three-ukrainian-language-linux-foundation-courses-are-now-available/>.
- 214** Sumer Johal, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 1 May 2023.
- 215** Michael Dolan, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 28 June 2023.
- 216** Hilary Carter, "Measuring the Economic Value of Open Source," in *The Oxford Handbook of Open Innovation*, eds. Henry Chesbrough et al., forthcoming from Oxford Univ. Press, <http://openinnovation.net/books/the-oxford-handbook-of-open-innovation/>.
- 217** "Linux Kernel Contributor Strength," Technical Contributors, LFX Insights, as of 10 July 2023, <https://insights-v2.lfx.linuxfoundation.org/korg/technical-contributors/contributor-strength>.
- 218** See, for example, Charlotte P. Lee, Paul Dourish, and Gloria Mark, "The Human Infrastructure of Cyberinfrastructure," *Proceedings of the 2006 20th Anniversary Conference on Computer Supported Cooperative Work* (New York: Association for Computing Machinery, 4 Nov. 2006): 483–492, <https://dl.acm.org/doi/10.1145/1180875.1180950>. Dr. Francine Berman popularized the phrase as the director of the National Partnership for Advanced Computational Infrastructure and the San Diego Supercomputing Center in 2001.
- 219** Michael Dolan, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 28 June 2023.
- 220** Sandra Feldman, "The Series LLC: An Organizational Structure That Can Help Mitigate Risk," Wolters Kluwer NV, 18 Feb. 2020, <https://www.wolterskluwer.com/en/expert-insights/the-series-llc-an-organizational-structure-that-can-help-mitigate-risk>.
- 221** Michael Dolan, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 28 June 2023.
- 222** Michael Dolan, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 28 June 2023.
- 223** "Crowdfunding," *LFX*, Linux Foundation, 11 June 2022, <https://docs.linuxfoundation.org/lfx/crowdfunding>; and "Dashboard Overview," *LFX*, Linux Foundation, 11 June 2022, <https://docs.linuxfoundation.org/lfx/crowdfunding/dashboard-overview>.
- 224** Ibrahim Haddad, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 14 June 2023.
- 225** Ibrahim Haddad, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 14 June 2023.
- 226** Daniela Barbosa, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 1 May 2023.
- 227** Daniela Barbosa, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 1 May 2023.
- 228** Robin Ginn, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 12 June 2023.
- 229** Daniela Barbosa, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 1 May 2023.
- 230** Michael Dolan, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 28 June 2023.
- 231** Sumer Johal, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 1 May 2023.
- 232** Sumer Johal, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 1 May 2023.
- 233** Gabriela Columbro, interviewed by Kirsten Sandberg via Zoom, 12 June 2023.

2021年に設立されたLinux Foundation Researchは、オープンソースコラボレーションの規模の拡大を調査し、新たな技術動向、ベストプラクティス、オープンソースプロジェクトの世界的な影響に関する洞察を提供しています。プロジェクトのデータベースやネットワークを活用し、定量的・定性的手法のベストプラクティスに取り組むことで、Linux Foundation Researchは、世界中の組織のためにオープンソースの知見を提供するライブラリを構築しています。



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: Kirsten D. Sandberg, "Open Source for Sustainability: How Projects under the Linux Foundation Are Helping to Advance the UN Sustainable Development Goals," foreword by Bilel Jamoussi, The Linux Foundation, September 2023.