

医療データの 相互運用性のための オープン アーキテクチャ

オープンソースは医療業界の「情報暗黒時代」の克服
にどのように役立つか

Anna Hermansen, *The Linux Foundation*

序文

Leo Anthony Celi, *MIT Laboratory for Computational
Physiology*

2024 年 10 月

医療データの相互運用性のためのオープン アーキテクチャ

ヘルスケアは、規制が厳しく、リスクを嫌い、多様なステークホルダーを考慮する必要がある、独特で複雑な分野です。



ヘルスケア データはサイロ化されており、相互運用性のない既存の記録システムによってその交換が妨げられています。



The European Health Data SpaceとTrusted Exchange Framework & Common Agreement は、医療データ交換を強化する取り組みの2つの例です。



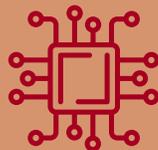
技術および法的サポートの欠如や商業的実行可能性の欠如など、オープンソースに対する一般的な誤解は、デジタルヘルス分野にも存在します。

オープンソースのデジタルヘルスソリューションは、健康の公平性を高め、イノベーションのリスクを軽減し、ベンダーロックインを排除できます。



オープンソースソリューションは、コラボレーションとコスト削減を優先する地域で効率性と機敏性を取り入れ、ヨーロッパと発展途上国で勢いを増しています。

オープンソースソリューションの2つの例は、100か国以上でデータ管理に使用されているDHIS2と、15か国以上でアウトブレイク監視に使用されているSORMASです。



人工知能はヘルスケアで大きな可能性を秘めており、そのデータ ニーズは、より効果的なデータ交換インフラストラクチャの開発を促進する可能性があります。

競争前のデジタルヘルス アーキテクチャは、システムのコンポーネントを標準化し、移植可能で持続可能かつ相互運用可能なアプリケーションの開発を可能にします。



生涯にわたる記録を作成するには、データを意味的に標準化し、患者中心にし、データをアプリケーションから分離し、共通のデータストアを使用する必要があります。



革新的で機敏なソリューションは、既存のプラットフォームを回避して機能し、ボトムアップ開発とデジタルヘルス市場の開放を可能にします。



中立的な基盤は、競争前のレイヤーを中心にオープンソースヘルスソリューションがコラボレーション、学習、標準化するための重心を作成するために必要です。



目次

序文.....	4	結論.....	38
概要.....	5	調査方法	38
ヘルステック分野の現状.....	6	参考資料.....	39
ヘルスケアはユニークで複雑な分野.....	6	謝辞.....	41
デジタルヘルス変革の背後にある人材とプロセス.....	8	著者について	41
デジタルヘルスにおけるイノベーション	10		
標準化されていないデータ交換インフラストラクチャ	12		
医療データの標準と相互運用性	13		
EHR の既存市場力	16		
医療データ管理のためのオープンソース	18		
オープンソースに対する（誤った）認識	19		
オープンソースの利点.....	22		
世界中のオープンソース医療ソリューション	27		
AI が触媒	30		
セクターを前進させる：専門家からの推奨事項	32		
デジタルヘルス アーキテクチャの構築	32		
データのセマンティクス的な標準化	34		
新しいビジネスモデルの試み： 既存企業を巡るイノベーション	36		
次のステップ：財団の役割.....	36		

序文

デジタル医療データの急増により、システムがサイロ化され、関係者が情報にアクセスして共有することが困難になり、最終的には研究と患者のケアが制限されます。ヘルスケア部門は、電子医療記録 (EHRs) の非標準化の性質により、データの相互運用性において大きな障害に直面しており、医療データへのアクセスと共有が複雑になっています。予測不可能な需要、倫理的義務、厳格な規制など、医療の固有の特性により、医療システムの管理が複雑になり、効果的なデジタル化が妨げられています。効果的なガバナンスは重要ですが、医療技術プロジェクトでは見落とされがちです。ガバナンスが不十分だと、デジタルヘルスイニシアチブの成功が妨げられ、実装が効果的でなくなる可能性があります。

Linux Foundation のこのレポートが示すように、オープンソースソリューションは、コラボレーション、透明性、費用対効果を促進することで医療データ管理を強化する有望な手段を提供しますが、誤解のために導入が困難になっています。独自の EHR システムはベンダーロックインを引き起こし、柔軟性と、特定の医療ニーズに合わせてソリューションをカスタマイズする能力が制限され、患者のケアに悪影響を及ぼす可能性があります。オープンソースプロジェクトはコミュニティの関与から恩恵を受けており、継続的なサポートを提供し、単一ベンダーへの依存を減らし、医療ソリューションの持続可能性を高めることができます。医療の倫理的側面はオープンソースの原則とよく一致しており、患者の転帰と公衆衛生を改善するには透明性と共有知識の必要性を強調しています。

知的財産 (IP) を保護するために暗号化を使用する慣行は、1610 年のガリレオにまで遡り、古代文明にルーツを持ち、貴重な情報を保護する長年の必要性を強調しています。現代のオープンサイエンスムーブメントは、科学的知識へのアクセスを民主化し、歴史的な不平等に対処し、研究とイノベーションにおける透明性、アクセシビリティ、包括性を促進することを目的としています。The Budapest Open Access Initiative や UNESCO の 2021 年 Recommendation on Open Science などの主要なマイルストーンは、科学をより公平でアクセスしやすいものにす

るための取り組みを強調しています。COVID-19 パンデミックは、オープンサイエンスが迅速なデータ共有とコラボレーションを実現する可能性を示し、世界的な健康対策における公平なアクセスの重要性を浮き彫りにしました。

しかし、その理想にもかかわらず、オープンサイエンスは、知識と物質的資源への公平なアクセスを妨げる構造的な不平等や根深い体系的慣行などの課題に直面しています。オープンサイエンスは真空中で展開されるのではなく、権力構造と知識階層に包囲されたエコシステムの中で展開され、特定のグループや国を疎外し、その信頼性と科学的議論や関与へのアクセスに影響を与えます。科学的な取り組みにおけるグローバルノースの優位性は格差を生み出し、低所得国や中所得国のイノベーターを含む関係者はコラボレーションの障壁に直面することがよくあります。疎外された声を取り入れ、テクノロジーコミュニティの既存の力関係の不均衡に対処するために、オープンサイエンスを根本的に再考する必要があります。結局のところ、オープンサイエンスの影響は、他の破壊的イノベーションと同様に、誰が議題を設定し、誰が運動を制御するかにかかっています。

この再創造の瞬間に、オープンソースコミュニティ内で重要な変化が始まります。このレポートが読者の皆さんに刺激を与え、医療技術分野の開発、コラボレーション、イノベーションの次の波を起こすきっかけになれば幸いです。

LEO ANTHONY CELI

Clinical Research Director and Senior Research Scientist
MIT Laboratory for Computational Physiology



概要

この Linux Foundation の調査レポートでは、医療データ インフラストラクチャにおけるオープンソースの採用、認識、可能性について検討しています。まず、医療分野の独自の特徴の概要と、それがイノベーションとデジタル化に及ぼす影響について説明します。次に、この調査の主な問題、つまりデータ システム間の相互運用性の欠如と、それがデータ共有を妨げている理由に焦点を当てます。相互運用性の欠如の原因として、既存の電子医療記録 (EHR) システムの市場力など、いくつかの理由を取り上げます。次にこの調査では、医療技術分野におけるオー

ブンソースの採用に関する認識と課題、およびこの分野の相互運用性の課題がオープンソースの適切な用途となる理由について説明します。人工知能 (AI) が医療データ収集方法の変革を促進する可能性について検討した後、レポートはイノベーションとデータ共有を促進するための標準とテクノロジーのアーキテクチャの開発など、前進するための推奨事項で締めくくっています。

ヘルステック分野の現状

ヘルスケアのデジタル変革により、医療提供者、研究者、機関、企業が患者のケアを改善するのに役立つデータストアが急増しました。このデジタル変革の重要な側面は、世界中で EHR が導入されたことです。EHR は、主に病院環境でヘルスケアデータを取得および管理するために使用されるデジタルシステムです¹。EHRs は広く採用されていますが、これらのシステムは相互運用性が良好ではないため、このデータにアクセスすることは依然として困難です。世界中の医療システムに携わる個人（患者、医療提供者、研究者、管理者、IT マネージャーなど）にとって、この分野がデータの移植性が低いことは明らかです。² この問題は、技術、規制、文化、運用上の特殊性に起因しており、これらの特殊性が組み合わさって、この分野を効果的にデジタル化することが特に困難になっています。

オープンソース コミュニティは、車両のデジタル化から 5G 通信、AI まで、これらの変革のための共有インフラストラクチャを構築することで、新しい大きな技術シフトを推進してきました。医療データシステムにも、コラボレーション、透明性、相互運用性を優先する同様の変革が必要です。これらの側面はオープンソースの価値提案の基本ですが、医療の主要な利害関係者はオープンソース コミュニティにいません。LF Research は、この分野でのオープンソースの採用、存在する課題、相互運用可能なデジタル医療システムの促進に LF が果たす役割を理解するために、この調査研究を実施しました。オープンソース テクノジストの観点から、このレポートでは、医療分野でデータの相互運用性が欠如している理由と、これが医療と研究に与える影響を取り上げ、オープンソース採用の障害と、医療に特化した標準とテクノロジーのオープンソース アーキテクチャでこの問題に対処する方法を強調しています。

ヘルスケアはユニークで複雑な分野

ヘルスケア分野には、そのユニークな特徴が数多くあります。市場の観点から見ると、ヘルスケアはいくつかの要因により典型的な産業分野ではありません。³

ヘルスケアに対する不規則で代替不可能な生涯にわたる需要：

患者がヘルスケアを要求する場合、通常は予測できないタイミングで発生し、緊急になることがよくあります。Libra Social Research Foundation の GoToMarket, HR, and PR Services の Director である Arun Kumbhat は、健康を「代替不可能な主題」と呼び、その非線形性と緊急性により「消費財、消費者直販ビジネス、銀行、金融、

保険とはまったく異なる」としています。また、病気の進行過程を通じて患者がフォローアップや予防的治療を必要とする場合があり、「継続的な個人健康記録」が必要であることも説明しました。

医師に課せられる倫理的および道徳的期待：他のほとんどの市場とは異なり、患者と医療提供者との関係は、医療提供者が治療中に患者の最善の利益を念頭に置いているという信頼に基づいています。この信頼のレイヤーは、医療提供者にとってリスクが伴い、その決定が生死を分ける可能性があるという点で重要です。⁴ これにより、この市場の中心に道徳的および社会的義務が置かれ、European university of technology の教授によると、この市場は「非常に特殊なセクターであり、公共または社会的な目的によって推進されています」。

厳格で複雑な規制環境：ヘルスケアは高度に規制されたセクターです。⁴ G-Research のオープンソース開発責任者である Alex Scammon は、市場の規制特性により、ヘルスケア製品およびサービスを開発する人々にとって重要な財務上の考慮事項が生じると説明しています。同氏は、ヘルスケア製品の高リスクな性質により、承認を得るのにかかる時間とコストが増加し、「規制のハードルを乗り越えるには膨大なリソースが必要です... これは、たとえば大手テクノロジー企業よりも [ヘルスケア] の方が特異なようです」と述べています。これらの規制は安全性の観点からは重要ですが、HIPAA など、インターネットを念頭に置かず、またはスマートフォンが登場する前に作成されたものもあり、現在の状況では関連性が低く、障害となる可能性があります。

ヘルスケア市場のこれらの独自の側面は、厳格なガバナンス メカニズムを備えた非常に動的な環境で多くの異なる利害関係者が多数の多様なタスクと意思決定プロセスを実行する医療システム管理の複雑さに寄与しています。⁵⁶ Digital Services at the Office of the Government Chief Information Officer within the government of Ireland の責任者である Dr. Tony Shannon は、「病院はおそらく地球上で最も複雑な

組織単位です。一般的な病院では非常に多くのことが行われています」と主張しました。ヘルスケア システムにおける技術的な変革やその他の変革は、多数の利害関係者とその利益、適用される規制とリスク、および患者とプロバイダー間の独自の信頼関係を考慮する必要があります。

「病院はおそらく地球上で最も複雑な組織単位です。」

*Dr. Tony Shannon
Head of Digital Services
Government Chief Information Officer
Government of Ireland*



デジタルヘルス変革の背後にある人材とプロセス

医療分野の複雑さを考えると、デジタル変革はゆっくりとした断片的なプロセスでした。紙のカルテからデジタルカルテへの移行は、その明確な例です。グローバルコンサルティングファームのシニアコンサルタントは、デジタル記録の実装は、ほとんどの場合「ツールやテクノロジーを医師の業務プロセスに取り入れていません。そのため、医師の業務に統合されるのではなく、余分なステップになっています」と説明しました。さらに、「テクノロジーが医師の進路に沿っていない場合、医師はそれを使用しない」と述べています。このユーザビリティの問題は、医療データをデジタルシステムに取り込む医療記録作成者の業界全体が存在するという事実によく要約されています。「情報という怪物に餌を与えるために専門家と一緒に働く記録作成者の業界を容認する業界が他にどこにあるでしょうか」と Shannon は嘆きました。

Shannon 自身のデジタル変革の課題の解釈は、人材、プロセス、テクノロジーの複雑な融合に帰着し、人材がすべて3つの領域にサイロ化されているという事実によるものです。「医療専門家は臨床領域の訓練を受けていますが、テクノロジーを理解していません。技術者は技術領域の訓練を受けていますが、臨床領域を理解していません。管理管理者は経営科学の訓練を受けていますが、臨床プロセスも技術スタックも理解していません。」このような複雑さにもかかわらず、彼はすべての臨床領域のプロセスに一般的なパターンが含まれており、それが医療データをより効果的に管理するための鍵であると主張しました。これらの一般的なパターンを特定することで、機関は医療環境全体でITインフラストラクチャを調整および相互運用できますが、この調整がなければ、問題は複雑でサイロ化されたままになります。⁷⁸

テクノロジー、人材、プロセスのこの融合は、インタビュー全体で繰り返されました。Libra Social Research Foundation の Non-Executive Director である Dr. Pankaj Gupta も同様のコメントをし、「ヘルスケア IT では、意味的に標準化されたビジネスプロセス、十分に開発された物理およびITインフラストラクチャ、ヘルスケアとテクノロジーのクロスオーバースキルを持つ人材が必要です」と主張しました。European university of technology の教授は、これらすべての異なる側面がうまく連携することを保証することの難しさについて説明しました。「私の医療同僚は、データやテクノロジーを扱うのは仕事ではありません。ご存知のように、彼らには時間がありません。そのため、それができる新しい職種や関係者が必要です。しかし、テクノロジーやデータ分析に精通している可能性のある他のパートナーとつながり、信頼するのは非常に困難です。」医療研究の観点から、McGill University の教授である David Buckeridge は次のように同意しました。「課題は、これを理解するには多くの視点が必要だということです。研究倫理委員会の視点、実質的な分析研究の視点、そしてITセキュリティの視点が必要です。これらすべてが集まってこの問題を検討し、何らかの判断を下す必要があります。これらの人々を集めること自体が困難ですが、このような問題について議論することも困難です。」同様に、独立したデータ共有研究者兼コンサルタントの Jared Keller は、医療技術を適切に管理するには技術者、弁護士、ビジネスマンが必要であると指摘しました。「彼らは全員同じ人物ではありませんし、互いに話し合うのは難しいのです。」

これらのさまざまな視点を理解することは、プロジェクトが適切に機能し、効果的に管理され、持続可能なものになる上で重要です。プロジェクトの焦点を技術インフラストラクチャの定義に限定すると、組織的または社会的障害の可能性を無視することになりますが、これらも同様に考慮する必要があります。⁹ Keller は、自身の経験では、ガバナンスは常に最後に検討されるものであると指摘しました。「技術から始めたという誘惑がありますが、それは人々を誤った方向に導く可能性があります。」

Buckeridge は、ガバナンスがデジタルヘルスプロジェクトの実装における最大の障害の1つであることに同意しましたが、ガバナンスは正しく実行するのが最も難しい要素の1つでもあると指摘しました。「データ分析インフラストラクチャに関して私が構築したすべてのものの中で、ガバナンスが最も難しい部分です。事前に理解しておかないと本当に頭を悩ませますが、同時に、理解するまで待っていたら何も達成できない可能性があります。」

ガバナンスの考慮事項を技術的な考慮事項と同じレベルに置くことは、リソースが常に十分に提供されていたり、適切に割り当てられていたりするわけではないセクターでは特に困難です。グローバル コンサルティ

ング ファームのシニア コンサルタントが説明したように、「[カナダの] 医療制度は破綻しているとは言いませんが、予算が引き締められているため、大きなプロジェクトを実行すると予算が削減されるというリスクがあります。そして、多くの場合、予算は変更管理、臨床導入、トレーニング、コミュニケーションなどの非技術的なストリームで削減されます。そして、それがこの業界が最も必要としている部分です。そのため、予算の引き締めが実装の成功を妨げていると思います。」これらのガバナンスと変更管理メカニズムがなければ、医療分野のデジタルイノベーションは実際に立ち上がることができない可能性があります。

「多くの場合、予算は変更管理、臨床導入、トレーニング、コミュニケーションなどの非技術的な部分で削減されます。そして、この業界が最も必要としているのはそこです。そのため、予算の引き締めが実装の成功を妨げていると思います。」

デジタルヘルスにおけるイノベーション

ヘルスケア市場には独特の側面があるため、イノベーションが難しい分野となっています。まず、社会的目的主導であるということは、それほど利益主導の分野ではないことを意味します。European university of technology の教授は、デジタルヘルスへの投資が世界中で落ち込んでいるのを目の当たりにし、ヘルスケアが公共財であると呼び、「デジタルヘルスケアソリューションから得られる利益には限界がある」と述べています。Microsoft Research の責任者である Peter Lee もこの意見に同意し、大手テクノロジーとヘルスケアの間には根本的な倫理的な違いがあることを示唆しました。これまで説明してきたように、Microsoft などの大手テクノロジー企業の投資家は大幅な収益増加を要求していますが、どのヘルスケア企業にもそれは不可能であり、この分野への投資意欲が低下しています。Lee によると、このため大手テクノロジー企業はヘルスケアへの投資と撤退のサイクルを繰り返すことになるということです。

freshEHR の最高経営責任者 (CEO) である Ian McNicoll と European university of technology の教授は、どちらもテクノロジー企業の能力に責任があるとしています。教授が述べたように、「医療は彼らの中核的能力からあまりにもかけ離れています。彼らは医療の専門知識を持たずにヘルスケアのバリューチェーンに飛び込んだのです。」McNicoll は、このサイクルが起こるのは「[ビッグテックは]直接的なケアではなく、すべてデータ分析によって動かされているからだ…彼らはデータ分析に関して豊富な経験を持っているが、それは最前線の仕事から下流にあるものだからです。」と指摘しました。そして率直に言って、「最前線での仕事はあまりにも大変なので、彼らはそれに関わりたくないのです。」これにより、医療イノベーションへの投資が制限され、この分野の真のデジタル変革には何が必要になるのかが懸念されています。¹⁰

その一方で、新興企業はヘルスケア市場の特定の問題に非常に特化した製品やサービスを提供するため、市場に参入するのが困難です。European university of technology の教授は、市

場がこれほど大きく、製品が特定のニーズにしか適合しない場合、「より大きな製品に参入しなければ、単に役に立たない可能性がある」と指摘しました。その結果、この分野は“pilotis”に苦しんでおり、革新的な介入はニッチで限られた状況でのみ成功しており、パイロット段階を超えてスケールアップする能力がありません。^{9, 11} McNicoll が主張したように、そのサービスをプラグインする能力がなければ、市場の他の分野では、「これはイノベーションにとって大きな足かせとなっています。新しく参入してくる小さなスタートアップ企業は、インフラ全体を自分たちで再構築しなければなりません。」スタートアップの特定の製品やサービスは、米国の HiTrust 認証などのコンプライアンス要件の対象にもなり、非常にコストと時間がかかる可能性があります。¹²

第二に、イノベーションのペースが遅いのは、医療におけるリスクが高いことが一因です。Gawande(2012) は、発見と実装の差が「驚くほど」大きい他の消費者分野と比べて、新しいプロセスや医薬品が医療現場に浸透していくのがいかに遅いかを指摘しています。¹³ ほとんどの消費者向けイノベーションを推進する“fail fast and iterate”の概念は次の通りです。リスクが高すぎて欠陥を許容できない分野では不可能です。⁴ 調達面から見ると、革新的なテクノロジーへの投資は限られており、代わりに病院や診療所はベンダーから製品を調達する傾向があります。Buckeridge が主張したように、この調達戦略は「リスクを軽減し、ある程度のレベルで熟練した人材の要件を減らす方法とみなされます」。Niraj Dalmia, Partner in Omnia AI at Deloitte カナダは、公共部門の観点からリスク回避について説明し、次のように述べました。「民間部門、特に非医療部門では、‘fail fast and iterate’ という利点があるため、リスクを取る意欲が若干高まっている…公共部門、前例を探していて、それが成功した、それが行われたというもう少し確実性を求めていると思います。そして、当然のことながら、公共部門はこれらのソフトウェアに税金を費やしており、それが確実に成功することを確実にしたいと考えています…

これは微妙なバランスであり、達成するのは難しいですが、生産性のパラドックスに対抗するためにはデジタルと情報システムの導入を伴うヘルスケア分野でそれを獲得する必要があります。」

データ プライバシーの観点から考慮すべき重要なリスクもあります。世界的なコンサルティング ファームのシニア コンサルタントが説明したように、クライアントに対するリスク アドバイザリーにおける彼女の仕事は、「テクノロジー プラットフォーム内のプライバシーとサイバーに関するものであり、健康情報が含まれるテクノロジーの実装にとって、これは明らかに非常に重要です。」

データ保護に関する厳しい規制により、リスクを回避したテクノロジーの実装が可能になります。

ヘルスケア市場の独特な特性と、さまざまな利害関係者の複雑さと相互関係が、この分野のデジタル変革を困難かつ制限的なものにしていきます。

「民間部門では、特に医療以外の部門では、‘fail fast and iterate’ の利点により、リスクを取る意欲が多少なりとも高まっています。公共部門は、前例を探し、少しでも模索しています。それが成功したということは、それが成し遂げられたということの方が確実です。」

Niraj Dalmia
Partner in Omnia AI
at Deloitte Canada

標準化されていないデータ交換インフラストラクチャ

この複雑な規制、財務、技術、ガバナンス環境では、医療システムの重要な側面である医療データが損なわれています。この分野がデジタル化され、デジタル形式で利用できるデータが急激に増加するにつれて、これらのさまざまな要因によりデータがサイロに閉じ込められ、アクセスや共有が困難になったり、不可能になったりしています。世界的なコンサルティングファームのシニアコンサルタントは、「データをまとめて患者または臨床医のどちらかに価値を提供するのは非常に難しい」と明言しています。研究者はデータへのアクセスにも苦労しており、その結果、現実世界の証拠から結果を導き出す能力の限界に直面しています¹⁴。「やりたいことを行うのに十分なデータがありません。私たちは、今あるものよりも100倍、1,000倍を望んでいます」とScammonは、股関節形成不全のオープンソース診断モデルに関する彼の研究に言及して説明しました。

このサイロ化されたコンテキストにより、患者の経過全体にわたってデータを追跡することが非常に困難になります。McNicollは、がん患者の道りを例に挙げました。症状から診断、手術、治療へと移行する際、「あらゆる段階で大量の情報の受け渡しが行われます…そして、

データを通じて患者を追跡するのは非常に困難です。」さらに、医療データ自体は「独特に複雑で、広範囲で、乱雑で、フラクタル」であるとMcNicollは指摘しました。彼は次のように説明しました。「実際にマッピングされたことは一度もありません。それはすべて臨床医の頭の中にあるものであり、すべて紙切れの中にあります。多くの混乱と意味の違いがあります。コンテキストは非常に重要です。」FindhelpのSenior AdvisorであるNoah Harlanは、健康の社会的決定要因(SDOH)システムを組み込むと、この複雑さがどのように悪化するかを次のように説明しました。「情報のさまざまな部分や組み合わせを移動する必要がある場所が多すぎます。」患者の適切な全体像を構築するには、さまざまなデータ(一部ではケアに隣接しているとみなされるデータも含む)を統合できる必要があり、これは基準に依存します。

「やりたいことを実現するのに十分なデータがありません。我々は今あるものの100倍、1000倍を望んでいます。」

Alex Scammon
Head of Open Source Development
at G-Research



医療データの標準と相互運用性

医療データは、医療システム全体で「計算可能、理解可能、複製可能、再利用可能、および相互運用可能」にすることを目的としたさまざまな標準を使用して定義されています。¹⁵ 医療データのライフサイクルのさまざまな段階に合わせて開発された標準が多数あります。データ作成のためのコンテンツ標準、データ形式設定のためのコードシステム、データ分析のための情報標準、データフローに関する交換標準、およびデータ保護のためのプライバシー標準などがあります。¹⁵ 一般的な標準としては、Fast Healthcare Interoperability Resources (FHIR)、SNOMED Clinical Terms (CT)、Logical Observation Identifiers Names and Codes (LOINC)、および Observational Medical Outcomes Partnership (OMOP) Common Data Model (CDM) などがあります。これらの多くは世界標準ですが、医療データを標準化する地域的な取り組みもあります。たとえば、European university of technology の教授は、欧州各国には独自の国家医療記録プラットフォームがあり、欧州連合はこれらのプラットフォームを結合して単一の市場として接続するための標準の構築に取り組んでいると説明しました。

4つの一般的な医療データ標準

FHIR: データの保存方法に関係なく、ほとんどのアプリケーションに共通するコア情報セットの構造を定義することにより、交換する医療データを標準化するために使用されます。¹⁶

OMOP CDM: 医療用語のコアな語彙を使用してデータの構造と内容を定義することにより、保存データと分析用のデータを標準化するために使用されます。¹⁷

SNOMED CT: 臨床医が捉えた臨床フレーズを表現する標準化された方法を提供する臨床用語や臨床プロセスの構成要素の表現と構成要素間の関係を定義します。¹⁸

LOINC: 臨床検査および観察のコード名と識別子の世界共通の医学用語。¹⁹

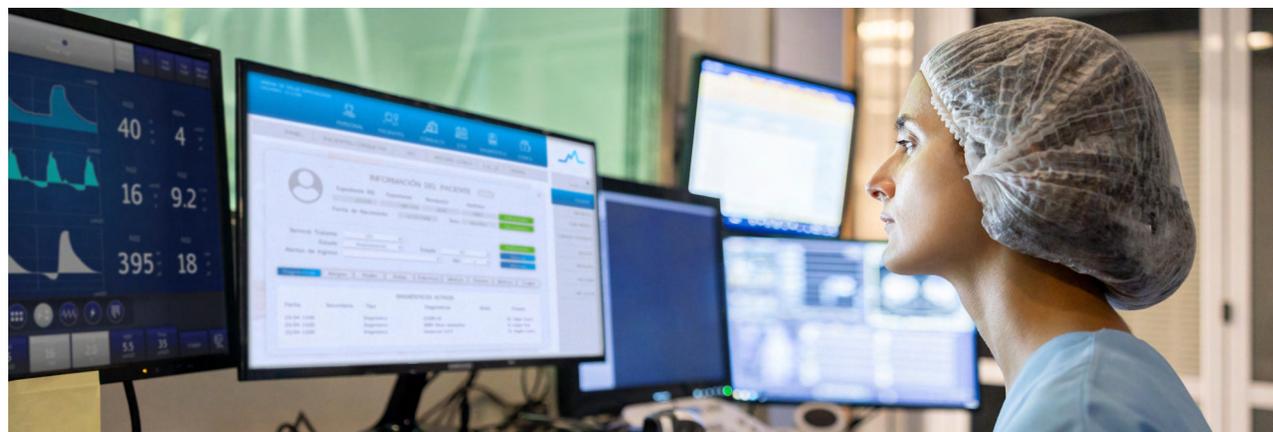
導入と実装は進んでいるにもかかわらず、これらの標準は相互運用性の問題を解決していません。インタビュー対象者は、これらの基準は、異なる医療システム間で実際の持続可能な相互運用性を提供するには不十分であると指摘しました。世界的なコンサルティングファームのシニアコンサルタントが、ガバナンスと実装の観点からこの問題を説明しました。医療が州の管轄であるカナダでは、連邦政府は「基準を設けることはできますが、州がそれに従う必要はありません。彼らは自分たちのことを自分でやることができます」。これは、各システムが独自の標準を使用できる州内だけでなく、州を越えたデータ共有にも影響します。Harlan はまた、これについてアメリカの観点から次のようにコメントしました。「[相互運用性] は非常に困難です。社会的養護プログラムにはさまざまな規則があり、その規則は州ごとに異なり、さらに連邦規則もあります。」

McNicoll は、英国内の臨床医の役割と力関係の観点から同様の推論を行いました。医療システム：「臨床医を標準化して同じ方法でデータを収集させるのは困難です。彼らは、弁護士などの別の専門職の人間や、全社的な基準が存在する IBM 内の人間よりも大きな権力を使用します。臨床医の力があるため、健康の分野ではそれを行うのは困難です。」世界的なコンサルティングファームのシニアコンサルタントも同意しました。「[カナダの] 臨床医を見ると、ほとんどの場合、個人事業主です... 彼らはもう少し自分のことをすることができます... そのため、私たちの時間の多くは、通路か何かで、病院の向こう側、さらには病院内でも彼らにプロトコルや治療法に同意してもらうことに費やされています。」

これらの標準を適切に実装するには権限が必要です。Canada Health Infoway のシニア標準スペシャリストである Janice Spence と認定用語標準スペシャリストの Linda Parisien は、カナダ政府が現在 SNOMED CT の採用をどのように推進しているかについて説明しました。ただし、さまざまな EHR プロバイダーが完全に準拠しているわけではなく、多くの場合、用語標準を完全に実装する能力が限られているという事実を指摘しました。「利用できる機能はいくつかありますが、最大限に活用されていません」と Parisien はコメントしました。Spence は、この問題をガバナンスの観点から説明しました。「EHR ベンダーやデジタルヘルスソリューションプロバイダーに対し、承認された汎カナダおよび国際的な用語やデータ交換標準を採用・サポートし、準拠する必要があることを伝えるための推進力を整備する必要があります。基準を定め、その基準を維持すること。現在、国中でそのギャップが存在しています…私たちは、コンプライアンスの枠組みが実際に導入され、維持されていることを確認するために、何らかの手段をどこに導入できるかを模索しています。」

米国のアーキテクトによると、このためベンダーは完全に準拠しておらず、相互運用性もないまま標準を使用していると主張することになるといいます。U.S. health department のアーキテクトによると、「すべてのベンダーは自社製品が相互運用可能であると主張しています。そして、それは 100% 真実ではありません…すべての標準の問題は、ベンダーごとに実装方法がわずかに異なる可能性があることです。つまり、実際には相互運用性がありません。」データ標準化の観点から説明した McNicoll は、FHIR などの標準を使用したデータ交換レベルの標準化はあるが、データストアレベルの標準化は存在しないと指摘しました。「データを交換するときは、この合意された形式でデータを交換します。そして、合意された形式をシステムにインポートできます…しかし、システムは引き続き独自の内部データベース形式でデータを保存および管理します。」その代わりに、標準をデータの「内部」に置き、データの共通形式を作成すれば、アプリケーションはそのデータ上で直接動作できると私は主張してきました。

相互運用性の欠如は、さまざまな状況でさまざまな目的のために開発された多くのさまざまなソリューションの結果でもあります。Gupta らは、医療データシステムの断片的な開発について指摘し、「これらすべての垂直型 [医療] システムは、異なる時点、異なるテクノロジーで IT システムを構築したため、これらすべてのデータポイントを三角測量することはできません。そして、それらのほとんどは互いに会話しません。そうするように設計されていないからです」と Gupta は説明しました。しかし、答えは必ずしも 1 つの統一ソフトウェアを使用することではありません。世界的なコンサルティングファームのシニアコンサルタントは、「答えは相互運用性であり、均質なテクノロジーではない」とコメントしています。European university of technology の教授も「イノベーションにおいては、1 つの巨大な解決策は不可能だ…各国が進む方法は、多様なプラットフォームの相互運用性だ」と主張しました。このような理解にもかかわらず、世界の EHR 市場は少数の巨大プロバイダーを中心に統合されつつあると私たちは見えています。



データ交換イニシアチブの例

いくつかの公的および民間のイニシアチブとフレームワークが、医療情報交換をサポートしています。その一例が、U.S. Department of Health and Human Services Office of the National Coordinator for Health Information Technology が 2022 年 1 月に導入した信頼できる交換フレームワークと Trusted Exchange Framework and Common Agreement (TEFCA) です。TEFCA は、Qualified Health Information Networks (QHIN) と呼ばれる参加組織間の医療情報のデジタル転送を強化することを目的としています。その目標は、全国的な相互運用性を実現するための普遍的なガバナンス、ポリシー、技術標準を確立し、組織間での医療データの共有と交換を簡素化することです。共通合意を通じて、TEFCA は、すべての医療情報ネットワークに適用される基本的な法的および技術的要件を備えたガバナンス フレームワークを提供し、一貫性のある標準化されたデータ交換を保証します。²⁰

The European Union は最近、European Health Data Space (EHDS) と呼ばれる並行イニシアチブを承認しました。委員会のアプローチは、データ権利を重視し、国民が自分の医療データを完全に制御できるようにすることを目的としています。これは、「医療データの自由な移動」を保証するために設計された法的および政策的枠組みによって促進され、医療データは個人がどこにいてもシームレスに追跡できるようになります。実際には、国民は EU 内の場所に関係なく、標準化された欧州形式で健康情報に無料でアクセスできます。EHDS は、個人のアクセスを強化するだけでなく、EHR システムの「真の単一市場」を促進することで、研究、科学開発、および産業に利益をもたらすことを目指しています。この標準化は、加盟国全体の EHR プロバイダーの市場参入プロセスを簡素化し、統一性と相互運用性を促進することを目的としています。EHDS は、医療データへのアクセスと交換の改善を通じて、今後 10 年間で 55 億ユーロを超える大幅なコスト削減をもたらすと予想されています。このイニシアチブは、2024 年秋に正式に採用される予定です。²¹



EHRの既存市場力

現在、先進国では病院データの処理に主に少数の大手独自 EHR プラットフォームに依存しています。インタビューで主に取り上げられたのは、Epic と Cerner の 2 社です。この 2 社は米国で合わせて 50% 以上の市場シェアを占め、英国とカナダではトップの EHR ベンダーの一部です。^{22 23 24} 多くのインタビュー対象者が、この統合とそれがデータ管理に与える影響について言及しました。Buckerridge は、歴史的には「米国で強力な情報科学プログラムを持つ主要な学術医療センターのほとんどは、独自の電子医療記録を構築して運用していましたが、現在では米国ではたとえば Epic がそのほとんどすべてに取って代わっています」と説明しました。トロントの St. Michael's Hospital がその好例です。Unity Health Toronto のデータサイエンスおよび高度分析チームの製品開発ディレクターである Jamie Beverley が指摘したように、同病院は現在の患者記録システムを Epic に置き換えています。グローバル コンサルティング ファームのシニア コンサルタントも、カナダのクライアントのほとんどが Epic または Cerner の導入を選択していると述べています。U.S. health department のアーキテクトは、「米国では医療ネットワークの独占を強めるために、次から次へと統合が進んでいます」と説明しています。

これらの既存の EHR プレーヤーは、標準化に向いていません。経済的な観点から、これらのプレーヤーは、ユーザーを自社のシステムに縛り付けて、ライセンス料を支払い続けさせたいと考えています。インフラストラクチャを標準化することは、クライアントが他の標準化されたベンダーとソリューションを統合する機会を開くことを意味します。米国のように民間で提供されるシステムでは、病院や診療所が患者を自社のシステムに縛り付けておきたいという関心が、この状況を悪化させます。U.S. health department のアーキテクトは、「大規模な医療ネットワークは、患者を自社の医療ネットワークに縛り付けて、その患者コホートからのキャッシュフローを維持したいと考えています。同様に、EHR ベンダーは、できるだけ多くの顧客に自社のプラットフォームのライセンス料などを払ってもらいたいと考

えています」と説明しています。どちらの当事者にも、データを共有するために標準化する動機はありません。Shannon はこれに同意し、「データを共有せず、封じ込める積極的な取り組みが、現在の医療システムの経済モデルに組み込まれています」と述べています。

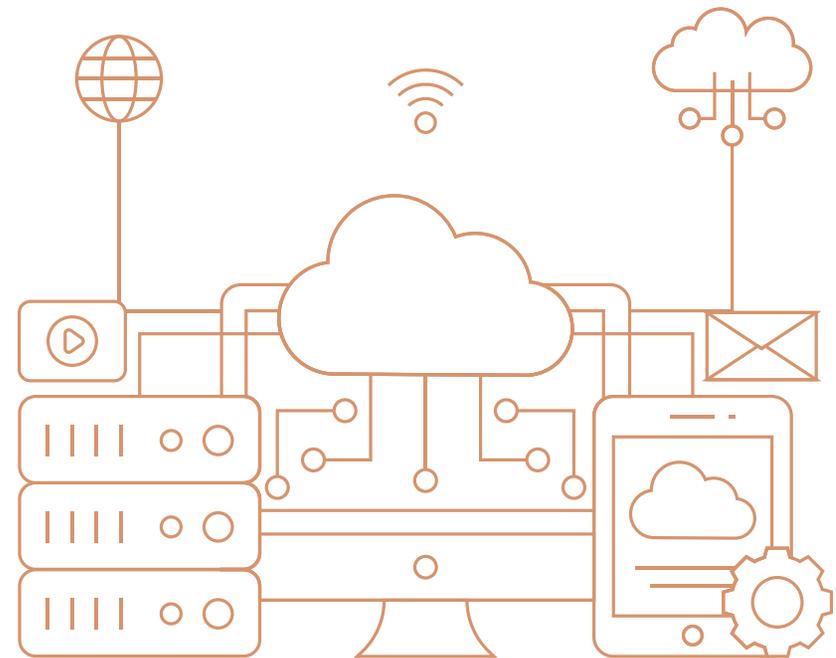
公的資金で運営されているシステムであっても、データをポータルにする動機が常にあるわけではありません。Dalmia は、「カナダ全土でデータを共有する動機は限られている」と説明していますが、カナダの州間で相互運用性の取り組みが拡大しているのを目にしています。彼は、それには「文化と考え方の変化、そしてそれを実行する意欲」が必要だと主張しています。この相互運用性の欠如、特に変更管理とガバナンスのレベルでの相互運用性の欠如には、公的資金で運営されているシステムが優先しない可能性のあるリソースと資金が必要です。

いくつかの EHR をめぐるこの統合における重要な考慮事項は、これらのシステムが医療のすべての側面をカバーしているわけではなく、患者のデータ ジャーニーの相互運用性を低減する「エッジ効果」があるということです。管理者がソフトウェアを 1 つ購入して相互運用性を実現できると考えたとしても、「これは的外れです。なぜなら、たとえばここケベックの Epic では、すべてをカバーしているわけではないからです。プライマリ ケアもカバーしていません。公衆衛生もカバーしません」と Buckeridge は言います。Harlan は SDOH の観点からこれを説明しました。つまり、フード スタンプの登録を逃した個人は空腹で病院に行くことになり、病院の請求書まではすべて Epic の外で行われるということです。「それに関するすべての負の外部性、それに関するすべてのコスト要因、そのすべてのプロセス、Epic はそこに関与していません。」

結局のところ、医療データレコードの標準化と持続可能性は極めて重要です。この分野では生涯にわたるレコードが必要だからです。現在のシステムには、生涯にわたるレコードを作成するための相互運用性が欠けています。これは、そうするためのインセンティブ、リソース、市場競争がないためです。こうした相互運用性の欠如の結果、「現在、医療に関しては情報の暗黒時代に生きている」と Shannon は主張します。「米国や西側諸国の多くの地域を見れば、医療システムが危機に瀕しているのがわかります。それは人やプロセスなど多面的な要因によるもの

ですが、今日の医療 IT の劣悪な状態に少なからず起因しています。人々の命を奪っています」。さらに同氏は、「現在、医療 IT 市場は既得権益であふれています。そして彼らはそうした進歩に抵抗しています。業界は挑戦を受ける必要があります。独占的な慣行は挑戦を受ける必要があるのです」と述べました。

「今日の医療システムの経済モデルには、データを共有せず封じ込めようとする積極的な取り組みが組み込まれています。」



医療データ管理のためのオープンソース

オープンソースは、この業界に挑戦する方法でしょうか？オープンソース、特にオープンサイエンスは、医療の基本的な信条です。Shannon は、「学んだことを公開してピアレビューを受けるのは、医療的、文化的行為です。そうしないと秘密を隠していることになります。道徳的に正しいことではありません」とコメントしました。Shannon によると、この分野の道徳的義務は、透明性と共有を促進するオープンソースの道徳的義務とよく一致しています。彼は、個人診療を守るために元の鉗子ツールを隠した医療家族の例を挙げました。これは、「公開するか、消滅するか」という現在の基準では、今日の医師には理解できません。このコラボレーションは、この分野に存在する課題の普遍性を解決するために不可欠であり、典型的なオープンソースの使用例であると Shannon は言います。「私たちは、デジタル次元へのよりオープンなコラボレーションアプローチによってのみ、医療の厄介な課題を解決します。」

「デジタルの側面に対するよりオープンな協力的なアプローチによってのみ、ヘルスケアにおける困難な課題を解決できるのです。」

*Dr. Tony Shannon
Head of Digital Services,
Government Chief Information Officer,
Government of Ireland*



オープンソースに対する（誤った）認識

この自然なつながりにもかかわらず、インタビューからこの分野ではオープンソースに対する多くの一般的な（誤った）認識が存在し、オープンソースの採用は実際の課題と認識されている課題のために抵抗に遭うことが明らかになりました。これらの認識の多くは他の分野で克服されているにもかかわらず、ヘルスケア分野では依然として存在しているようです。以下は、インタビューで明らかになった一般的な信念と誤解です。

オープンソースは民間部門の利益と衝突する

前述のように、インタビュー対象者はオープンソースには医療倫理と密接に関係する倫理的義務があると感じていました。Gupta が主張したように Libra Social Research Foundation はオープンソース ソフトウェア プロジェクトを開発しており、開発者として「独自の製品を構築して使用することができ、コアの上に何か新しいものを作成した場合、それは自分のものになりますが、コアを変更する場合はそれをオープンソースに戻す必要があります。これは道徳的な義務です」。実際にはそうではないかもしれませんが、少なくとも Gupta にとっては、オープンソースは道徳と結びついています。

この道徳は、一部のインタビュー対象者によると、医療技術の目標によく適合する可能性のある側面を追加しますが、すべてのインタビュー対象者に当てはまるわけではありません。一部のインタビュー対象者は、金銭的機会が技術革新を妨げていると主張していますが、Scammon は金銭的利益がオープンソースではなく独自の革新を推進する根本であると感じています。彼は、ヘルスケアがオープンソースに敵対的である理由として、「プロプライエタリ ベンダーは金銭に動かされています。それがオープンソースに対する攻撃の根源であり、医療 IP には大金が動く可能性があるからです。そして、大金を稼いでいるこれらのベンダーの多くは、これを脅威と見なすでしょう…答えは簡単です。金銭です」と主張しました。Scammon は、この分野が依然として金銭的に動かされているという考えに同意し、「金銭がたくさんある地域では、オープンソースとヘルスケアの受け入れが遅れるだろう」と主張しました。しかし、この分野の金銭

が少ない地域では、「好むと好まざるとにかかわらず、西洋のヘルスケア システムを混乱させるツール セットが出現するだろう。興味深いことに、現在の既存企業が存在しないため、イノベーションが起こっている場所からそれが出てくる」と彼は感じていました。

この議論は、他のさまざまなインタビューで民間部門とオープンソースの緊張関係として展開されました。オープン データの観点から、Keller は民間部門にデータを公開するよう促すのがいかに難しいかを説明しました。企業が競争上の優位性を失うことを恐れている場合、特に企業が金銭的価値を理解するのは難しいからです。Gupta は、金銭的利益とオープンソースのこの対立がインドでどのように展開したかを簡単に説明しました。インド政府がデジタルヘルス標準のオープンソース義務化を制定したとき、「民間部門は他の利益とのバランスを取らなければならなかったため、躊躇した」。同氏はさらに、義務化は「民間部門に衝撃を与えたが…一部の民間部門は、政府が大義のためにやっていることに気づいた」と述べました。

U.S. health department のアーキテクトは、オープンソースに反対する議論は商業的利益が背後にあるため根拠がないと主張しました。「明らかに彼らはマネージャーであり、非技術者です。イノベーションやデータなど気にしません。」彼はさらに、米国のロビー活動文化と、それが退役軍人省のオープンソースの退役軍人医療情報システムおよび技術アーキテクチャ (VistA) プラットフォームの採用を妨げた経緯について説明しました。「この考えは、事実上、定義上は商用のほうが優れているというものです。これは、政府に商用製品を売りたいベンダーや請負業者によるまったくの誤報にほかなりません。」

彼はさらに、今日では「全国的な医療制度がない限り、医療における [オープンソース] はあまり適していません。なぜなら、金銭目的や営利目的など、他にも多くのインセンティブが働いているからです。」と述べました。

オープンソースはプロプライエタリに比べてサポートが不足

オープンソース ソフトウェアに対するプロプライエタリの支援が不足していることに、インタビュー対象者の一部は懸念を示しました。Buckerridge は、オープンソース調達に対するこの躊躇を、この種の環境を管理するための IT リソースの不足に結び付けました。ケバック州ではオープンソースを優先する方針があるにもかかわらず、ソフトウェアの管理に社内のローカル エキスパートを必要としない傾向が見られると Buckerridge は言います。病院の開発グループについて、彼は次のように述べました。「私たちは仮想化を使用していますが、そのためにはオープンソースは使用しません。VMware を使用するの、主にシステム管理者がオープンソースにあまり慣れておらず、彼のスキルではオープンソース環境を構築できないためです。」彼はこれを、オープンソース ソフトウェアとローカルで開発されたアプリケーションの混同であると説明しました。後者は、管理が不十分で構築者が退職し、「誰も実際にどうすればよいか分からない」場合、病院にとって有害となる可能性があります。

Beverley はまた、リソースの問題を指摘し、同グループがモデルをオープンソース化して他の病院と共有しようとしたとき、病院には「モデルを実行するためのチームとインフラストラクチャがなく、モデルが逸脱し始めたら再トレーニングし、逸脱し始めたら監視する」ことがわかったと説明しました。ホスティングのメンテナンス、ML Ops、監視など、これがオープンソースの取り組みの採用におけるギャップでした。Dalmia もこれについて振り返り、プロジェクトには「オープンソース ツールの理解、管理、開発に必要なスキルがないため、アプリケーション パッケージで済ませてしまう」と述べています。「[これにより]、すでに開発、テスト、試行されており、ゼロから構築しているわけではないという安心感が少しは生まれます。」

インタビューを受けた人の中には、責任に関する懸念への対応として、ベンダーが支援するソフトウェアがこの傾向に関係していると考える人もいました。iWish および TeleVox Healthcare の創設者である Chinmay Singh は、「オープンソース製品を採用すると、責任に関する要件は満たされないですね。例えば、このソフトウェアが故障したら、誰に相談すればいいのでしょうか。誰かに相談する必要があります。」と彼は続けて説明し、「多くのオープンソースが医療 IT で使用されているため、これは克服できない問題ではありません ... しかし、責任の問題が主な障害です。」CarrumHealt の DevOps エンジニアリング マネージャーである Jason Clark も同じ問題を取り上げ、学術医療機関の観点から「彼らは電話できる相手がいるサポート契約を望んでいます。」と述べました。U.S. health department のアーキテクトも、「病院や企業など、誰もがソフトウェアのニーズに対して 24 時間 365 日サポートしてくれるベンダーを望んでいます。24 時間 365 日のサポートが必要であり、それを支える本物の企業が必要なのです。」と述べています。

オープンソースは商業的に実現不可能

オープンソース ソフトウェアの持続可能性に関する懸念は、その商業的実現可能性という文脈でも取り上げられました。McNicoll は持続可能性に対する懸念を表明し、「哲学的には」ヘルスケアにおけるオープンソースの推進に賛成するが、「現実的には、維持するのは非常に難しい」と感じています。たとえば、ジャマイカでの彼の仕事では、当初はオープンソース システムを使用していましたが、「サポートが困難」であったため、最終的には選択しませんでした。これはオープンソースの商業的実現可能性に帰着すると彼は主張しました。

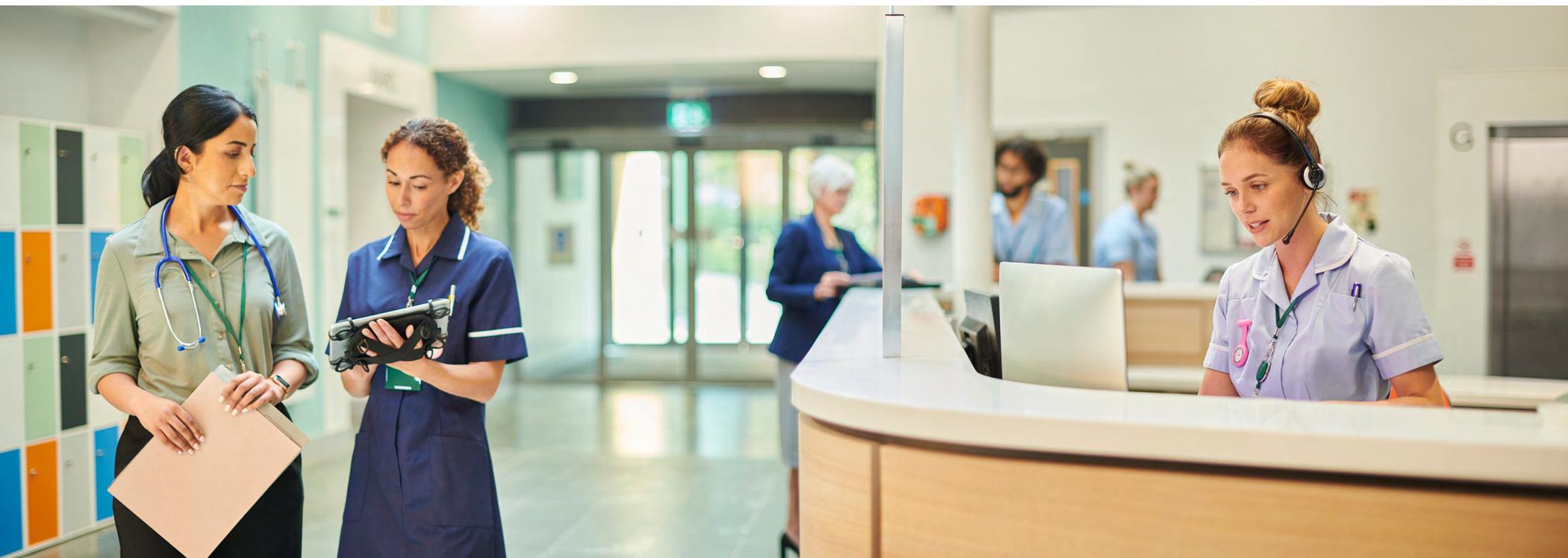
実現可能なオープンソース プロジェクトのほとんどは「大手 IT スポンサーまたは政府スポンサーを持つ傾向があり」、それがなければオープンソース プロジェクトが商業的に機能させるのは困難です。

オープンソースは小規模なプロジェクトにのみ使用される

多くのインタビュー対象者は、直接的または無意識的に、オープンソースは小規模なプロジェクトに最適であると述べました。European university of technology の教授は、「小規模な規模では、開発者はオープンソース ソリューションを使用してプラットフォームの特定のモジュールを作成することを好みます。しかし、オープンソースには独自の限界がありますよね?」とコメントしました。グローバル コンサルティング ファームのシニア コンサルタントは、「デロイトでは非常に大規模なプロジェクトを抱えることが多いため、私は必ずしもオープンソース プロ

ジェクトに多く取り組んでいるわけではありません」と述べました。また、「公衆衛生分野で [医療] バックオフィスにオープンソースを使用する人は知りません」とも述べています。一部のコメントから、オープンソースは大規模な医療情報プロジェクトには実行可能なオプションではないという認識があることは明らかでした。これは、プロトコル レイヤーでの使用を考慮するのではなく、アプリケーション レイヤーでオープンソースに重点を置く傾向が一般的であることを示しています。

オープンソースに関するこれらのさまざまな課題と認識は、これらの認識が妥当であるか、オープンソースに関する知識不足に基づいているかにかかわらず、医療分野でのオープンソースの採用を妨げています。次のセクションでは、オープンソースの一般的な利点と、それがこの分野でどのように適用され、誤解を解消し、導入の道筋を特定するかについて説明します。



オープンソースの利点

オープンソース コミュニティの人にとって、業界全体やテクノロジーの分野で見られる通常の利点は、医療分野にも当てはまりません。

オープンソースはコストを削減することで健康の公平性を促進します

特に発展途上国では、独自のソリューションを購入することは難しい場合があります。Scammon がコメントしたように、オープンソースの股関節形成不全モデルに関する彼の研究は「世界のために存在する必要があります。なぜなら、毎年何百万人もの乳児が治療を受ける必要があるからです。そして、それが独自の形でしか存在しないと、お金のある場所でしか使用されません。それは公平ではありません。」彼は、オープンソース モデルがスキャン機器のみのコストで無料で利用できることを説明しました。したがって、特定のツールを必要とする医療システムは、サブスクリプションとライセンス料の費用を節約するためにオープンソースの代替手段に頼ることができます。

同様に、Gupta はインドでオープン データ標準を採用することの経済的インセンティブについて説明しました。「医療用のメタデータとデータ標準を作成している間、Ministry of Health から与えられた指示は非常に明確でした。オープン スタandard

が必要です。インドが支払わなければならない独自の標準や値セットを提案し始めないでください。想像してみてください。インドが 14 億人の国民に対して、取引ごとに支払わなければならないとしたら、それは悪夢になるでしょう。それはとても払えないことです。ですから、オープンソースにしなければならないという明確な方向性がありました。」Kumbhat は、「特に発展途上国における国家レベルの医療改革は、オープンソースでのみ可能です。クラウド ソーシングによるイノベーションが必要なので、ベンダーのロックインを避け、陳腐化を避けたいのです。そして最終的には、ピラミッドの底辺に医療を提供するコストに反映されます。そして、その意味では、発展途上国はプロプライエタリなシステムを買う余裕はありません。」と主張しました。

医療の倫理的特徴により、コスト削減の手段としてオープンソースの適用分野として適しています。U.S. health department のアーキテクトは、これは利益よりも国民を優先すべき分野であると主張しました。同氏は、「納税者が資金を提供する公的医療システムの場合、納税者の負担で株主が利益を得るのを助けるのではなく、そのお金を国民にサービスのために還元すべきですと述べました。それは根本的に間違っています。特に医療のような基本的なことに関してはそうです。」



「特に発展途上国における国家レベルの医療改革は、オープンソースでのみ可能です。クラウドソーシングによるイノベーションが必要なため、ベンダーロックインや陳腐化を避けたいのです。」

Arun Kumbhat
Director of GoToMarket, HR,
and PR Services for Libra Social Research Foundation

オープンソースの構成要素がイノベーションのリスクを軽減

オープンソースによるコスト削減の重要な成果は、Kumbhatによると、イノベーションの「リスクを軽減すること」です。彼は、さまざまなスタートアップ企業での経験を通じて、このことを説明し、そこでは市場に関連する製品の設計に多くの時間と費用が費やされ、ソリューションをオープンソース化した他の企業の専門知識を活用できず、この設計コストは高額です。インドがヘルスケア ツールを開発し、オープンソース化する取り組みは、イノベーターがその恩恵を受け、その上に構築できることを意味します。「イノベーションはクラウド ソーシングする必要があり、安価である必要があります。大規模な人口に効果的なヘルスケアを提供するには、リスクを軽減する必要がありますよね？」ソフトウェアがオープンソース化されると、「標準と相互運用性のリスクは排除されます。なぜなら、それらはすでに最小限の実行可能な製品の一部だからです。これは非常に大きなリスク軽減です」と Kumbhat は説明しました。Scammonによると、このリスク軽減が実現するとベンダーは業界の収益面に集中できるようになります。「実際には、OSS に基本的な部分を任せれば、より高度な問題でまだ多くの収益を上げることができません。」

ソフトウェア プロジェクトのオープンソース化により、インタビュー対象者の何人かが説明したように、「ビルディング ブロック」のリストが作成されます。これらのビルディング ブロックは、Scammon が示した例のように、作業が常に重複している状況で非常に役立ちます。彼は、すべての製薬会社が使用して貢献できるオープンソースの臨床試験プラットフォームである Pharmaverse について話しました。²⁵ 彼は、「現在、すべての製薬会社が独自の臨床試験プラットフォームを構築する必要があり、そのすべてが Food and Drug Administration (FDA) の承認を受ける必要があります。そして、それは各企業にとって膨大な時間と労力です。そして、FDA にとっても膨大な時間と労力です。誰もが貢献できる共有のプロジェクトが1つあれば、誰もが時間を節約し、多額の費用を節約し、コア ビジネスに集中できるようになります。」

Dalmia は、ベンダーの固定観念から脱却することで、ソリューションを構築するための生産性の高い環境が実現するとコメントしました。代わりに、オープンソース ソフトウェアを使用すると、「モノリシックなアプリケーションではなく、ほぼレゴブロックのような柔軟性が得られます」。このアプローチでは、プロジェクトを継続するために適切な社内スキルまたは契約スキルセットを維持する必要があるが、この必要性にもかかわらずオープンソースはクライアントの調達決定において重要な考慮事項であると同氏は説明しました。同氏は、クライアントの 1 社がコードベースの一部をオープンソースに変換したいと考えていた具体的な例を挙げました。「柔軟性が気に入ったため、スキルがあり、それがより現代的な方法だと思ったからです。」

オープンソースはベンダー ロックインを排除します

インタビュー対象者は、プロプライエタリ システムを使用する場合の医療データの永続性と保存に関する懸念と、企業がソリューションの廃止を決定した場合にデータを失うリスクをオープンソースがどのように排除するかについて話し合いました。Singh が主張したように、オープンソースは、調達者が単一のプロバイダーの気まぐれに縛られることがないことを意味します。プロバイダーは、製品やサービスを廃止する決定を下す可能性があります。「オープンソースを使用すると、これらのプロプライエタリ システムから離れることができます。これは良いことです。気まぐれが少なくなります。」彼は、VistA のオープンソース EHR ソリューションについて言及し、VistA が「今日からサポートなし」と言うことは決してできないと主張しました。「それは起こりません。しかし、医療ではそれが常に起こります。そして、これらの企業は、テクノロジー ソリューションを開発する方法として、ベンダー ロックインを生み出すため、そのデータを保持しようとしています。オープンソースでは、それは問題になりません。VistA でそれがはっきりとわかります。」

Buckeridge は、ベンダー ロックインの回避が、彼の研究室でオープンソースを採用する理由であるとコメントしました。「現在、分析スタックの設計を行っています。今後 1～2 年で再構築する予定で、システムの巨人である Epic が来たときにどのような状態にしたいか考えています。私たちの主な戦略は、特定のベンダーや製品にロックインされないように、データをオープンソース スタックにすばやく取り込むことです。」Beverley も、病院の特定のニーズに合わせてソフトウェアをカスタマイズする能力に関して、ベンダー ロックインに対する懸念を表明しました。彼は、「ベンダー ロックインが怖くなってきました。多くのグループが、商用製品にコミットして、環境、患者、医療スタッフのニーズに合わせてそれらをカスタマイズできなくなるという考えを [怖がっている] と思います。」とコメントしました。彼はオープンソース ツールを使用することで、トロントの St. Michael's Hospital 向けに、彼の特定の状況に合わせたソリューションを開発することができました。

こうした持続可能性は、生涯にわたる記録を必要とする医療などの分野にとって極めて重要です。持続可能な健康記録の構築と金銭的利益が相反する可能性のあるプロプライエタリ ベンダーに頼るよりも、オープンソース プラットフォームの方が適しています。U.S. health department のアーキテクトは、オープンソースとプロプライエタリ ベンダーを比較し、ベンダーを変更すると「データは以前のベンダーのデータベースに閉じ込められ、二度とデータを取り戻すことはできません」と述べました。このため、「データ ガバナンスを重視する組織では [オープンソース] を支持する論拠がさらに増える」と彼は感じています。

オープンソースは信頼できる

オープンソース プロジェクトには、ベンダー ロックインを解消するという長期的なメリットがあるだけでなく、信頼性が高いと認識されているため、持続可能性も高くなります。U.S. health department のアーキテクトは、開発者はオープンソース コードを信頼する可能性が高いと主張しました。「ソフトウェアの採用と信頼、つまり、多くの開発者にプラットフォームで開発してもらいたい場合、信頼を得る唯一の方法はコードをオープンソース化して‘私たちはオープンソースです’ と言うことです。そうすれば、開発者が興味を持つようになります。‘これで遊んで、使って、何も支払うことなく学べます’ 開発者がコードを信頼すれば、開発者は引き続きコードを使用し、貢献したいと考えるようになり、より持続可能なプロジェクトになります。彼はまた、製品やサービスのユーザーに対する信頼の重要性についても述べ、「データを信頼するのは、オープンソース、つまりデータの収益化を目的としないガバナンス モデルを持つものだけです」と述べました。

Clark はオープンソースへの信頼についても話しました。彼はそれを AI モデルに関する自身の仕事の中で説明しました。AI モデルでは、意思決定の民主性、コードとアルゴリズムの透明性、そしてビジネスに訴えることなく開発者が自らモデルを改善できる能力が、成功するモデルを構築する上で重要です。ガバナンス構造からコードに至るまでのこの本質的な信頼により、生涯にわたる記録を作成する必要のある医療提供者にとってオープンソースは魅力的な選択肢となっています。

オープンソースにはコミュニティがある

オープンソースのもう1つの重要な側面は、それを取り巻くコミュニティです。McNicoll は、これをクラウド ソーシングによるガバナンスの力として語りました。「これらの小さなコンポーネント (OpenEHR) を管理する方法は完全にオープンソースで、クラウド ソーシングされ、クラウド管理されています。すべてのアーキタイプは独自の小さなガバナンス空間です。これが素晴らしい

点です。私たちはこうしたものを進化させなければなりません。迅速かつ機敏なターン アラウンドです。」これは、プロジェクトがコミュニティの管理に適応し、柔軟に対応し、可能な限り効果的であることを意味します。

このコミュニティは、オープンソース ソフトウェアを実装する人々にとって重要なサポート システムも提供します。Beverley は、調達の選択において、強力なコミュニティ サポートのあるソフトウェアを探していると説明しました。「5年後、このツールを知っている人がまだ求人市場に残っているのでしょうか。私たちはオープンソース ツールで非常に良い経験をしてきました。緊急事態では、手を差し伸べて支援を受けることができます。」また、彼はコミュニティを例に挙げて、オープンソース ソフトウェアがプロプライエタリな製品を上回る理由を次のように説明しています。「世の中には本当に素晴らしいツールがたくさんありますが、プロプライエタリなものはオープンソース ツールの一部に追いつくことはほとんどないと思います。オープンソースであり、このソフトウェアを使用するコミュニティで 20 年以上にわたって実戦テストされたソフトウェアが、私たちのニーズに合わないという状況に陥ることはめったにありません。」

このコミュニティにより、病院の環境でローカルの専門知識の必要性が軽減されます。Buckerridge の仮想化ソフトウェアの例では、VMWare に代わるオープンソースの代替品があり、Mirantis、Docker、IBM、Red Hat などの信頼できる組織がサポートしています。また、サポート契約を探すときに使用できるさまざまなオプションがあることも意味します。

Singh と Clark はこの点について懸念していますが、オープンソースは1つのベンダーへの依存を減らします。Linux オペレーティングシステムなどのソフトウェアは、契約に署名できる Red Hat、Oracle、IBM、Canonical などの複数のベンダーのサポートを受けています。

開発者がコードを信頼すれば、彼らはそれを使い続けたいと思うでしょう。全体として、これらの利点は、ヘルスケアがオープンソースに適しているさまざまな方法を示しています。また、一部

はベンダー ロックインの排除、イノベーションのリスク回避、コストの削減が商業的実行可能性と持続可能性を示すという前のセクションの認識とは実際に相反しています。認識されるサポートのレベルは、ソフトウェア スタックの周りのコミュニティとリソースをどのように定義するかによって異なります。



世界中のオープンソース医療ソリューション

世界中には、ヘルスケアにおけるオープンソースの利点を認識し、ソリューションを採用して特定の状況に適応させている地域やプロジェクトがいくつかあります。インタビューを受けた人々は、これらのプロジェクトの例と、どのような条件でそれが定着したかという状況について説明しました。

オープンソースは、米国やカナダよりもヨーロッパの医療システムで大きな注目を集めています。European university of technology の教授が説明したように、EU 加盟国間の調整により、標準化とコラボレーションが促進されます。この2つの概念はオープンソースと密接に関係しています。「ヨーロッパでは、加盟国に国民の健康記録があり、現在は国境を越えたソリューションがあります。そして、ある時点でヨーロッパの健康記録が他のすべてのデジタルソリューション全般の基盤または共通基盤となることを期待しています。」McNicoll は、ヨーロッパでのオープンソースベースのプロジェクトの採用に言及し、ヨーロッパの地域化によって、純粋に独占的な利益を優先する負担なしに統合および標準化されたシステムが成長できるオープンソースイノベーションのハブがどのように生まれるかを指摘しました。彼はカタール、カザン、ロンドンでの開発について説明しました。これらの地域では、オープンスタンダードデータ層を独自のアプリケーション層から分離することへの評価が高まっており、政府はこれに対応する方法としてオープンスタンダードソリューション OpenEHR を採用しています。

インドでは、国民のかなりの割合が毎年貧困ラインを下回る国で、デジタルヘルスが政府の重要な任務となったと、インドでオープンスタンダードを開発したタスクフォースを率いた Gupta は説明します。彼は、国がデジタルヘルスエコシステムを開発するために、オープンソースの「最小限の実行可能な製品定義と構成要素」を開発した National Digital Health Mission の取り組みについて説明しました。これは、「政府から、独自のものは一切望まないという非常に明確な指示」に従っていました。この開発の重要な成果の1つが、Ayushman Bharat Health

Account です。これは、その識別子にリンクされているすべての医療データを通じて長期的な健康記録を作成するために使用される、国家デジタル健康識別子です。²⁶ Kumbhat は、これらのオープンソースソリューションはインド国外でも役立つ可能性があるかと指摘しました。「インドは14億人以上の人口を抱える国であり、成熟度、技術レベル、人口、医療システムの点で多様性に富んでいます。そのため、[発展途上国]や西洋で見られるあらゆる種類の課題は、おそらくインドが直面している課題の一部になるでしょう。」

より一般的には、Shannon は、発展途上国で行われているオープンソースの採用を指摘し、「オープンソースの医療ヘルスケアシステムである OpenMRS をめぐる大きな動き」を目にしてきました。彼はこれを「国際的に主要なオープンソースヘルスケアシステムです。世界中に広がっており、80か国で導入されています。これは、オープンソースをめぐるこの動きがすでに進行中であることを示しています。」と説明しました。

これらの地域的な発展は、標準化の強化、コストの削減、持続可能性の向上のためにオープンソースを実装することへの関心が高まっていることを示しています。次のテキストボックスは、現在使用されている2つのオープンソースプロジェクト (VistA と OpenEHR) の例です。

VISTA

Veterans' Affairs の医師と技術者は、1970 年代から 1980 年代にかけて、VistA と呼ばれるオープンソースの EHR を開発しました。²⁷ このシステムは、組織全体で分散していたものの、共通インフラストラクチャ上に構築することの利点を理解していた医師とプログラマーのチームによってゼロから構築されました。このシステムは、臨床医が情報収集システムに何を求めているかを考慮し、Singh が「最高の EHR の 1 つ」と主張するシステムを生み出しました。U.S. health department の設計者は、「VistA の進化を可能にしたのは、イノベーションと分散開発の文化でした」と説明しました。VistA は、トップダウンの中央オフィスが徐々に「VA のイノベーション能力を削ぎ落とした」にもかかわらず、VA に定着しました。VistA は、米国の病院レベルで非常に数少ないオープンソース実装の 1 つとして際立っています。



OPENEHR

OpenEHR は、オープンソース ライセンスのコンポーネントと仕様に基づいて生涯にわたる健康記録を作成する新しい方法を確立することを目標として 2003 年に開始されました。²⁸ OpenEHR は、標準ベースのデータストア (臨床データ リポジトリ) のオープンソース プループリントのセットと、ヘルスケア データ モデル コンポーネントのライブラリを定義します。これは、ヘルスケア アプリケーションとシステムの構築を容易にするものであり、すぐに使用できるオープンソースの医療アプリケーション / ソリューションではありません。ライセンスは、このオープン コアを中心に、オープンソースとクローズドソースの両方のアプリケーションとテクノロジー ソリューションの構築を意図的に許可しています。「OpenEHR は、そのデータ レイヤーに関するものです」と McNicoll は述べています。さらに、「OpenEHR スタックに基づいているアプリケーションやデータベース テクノロジーについては何も述べていません」と説明しています。つまり、このソフトウェアは、その上にある任意のアプリケーションと互換性を持って使用できます。Shannon は、OpenEHR の背後にある哲学は、特定の設定でモノリシックな単一のソリューションを展開することを避け、代わりに「ビルディング ブロック アプローチ」を組み込むことだと説明しました。Ripple プロジェクトは、オープンソース UI フレームワークやオープンソース臨床データ リポジトリ ストアなど、中核となる「データ定義」OpenEHR 製品に複数のオープンソース層を追加します。²⁹ McNicoll は、OpenEHR の実装が最近増加していると指摘しました。特にヨーロッパとオーストラリアの商用ベンダーが採用しており、彼らは「データが非常に複雑であるため、従来のデータ ストアを使用したデータ管理で経験していた課題に OpenEHR が対応している」と感じています。同氏が指摘したように、これらのベンダーは「この世界の Epic や Cerner と競争する方法として、はるかに柔軟性を高めてくれるローコード データ ソリューション」を必要としていました。

ヨーロッパ、インド、その他の地域のヘルスケア システムでオープンソースがゆっくりとではあるが確実に採用されていることは、ヘルスケア セクターに負担をかけている「時代遅れの」インフラストラクチャから脱却し、代わりにイノベーション、効率、俊敏性を促進するアプローチを採用したいという願望を示しています。Shannon はこの移行について楽観的であり、「時間の経過とともに、現在のヘルスケア IT 市場の独自性がいかに機能不全であるかが人々に認識され、他の代替アプローチが普及するにつれて、変化が見られるようになるでしょう。それが大規模に起こるまでには何年もかかるでしょうが、その変化は現在進行中です。簡単に言えば、現在のアプローチは持続可能ではないからです」と主張しました。

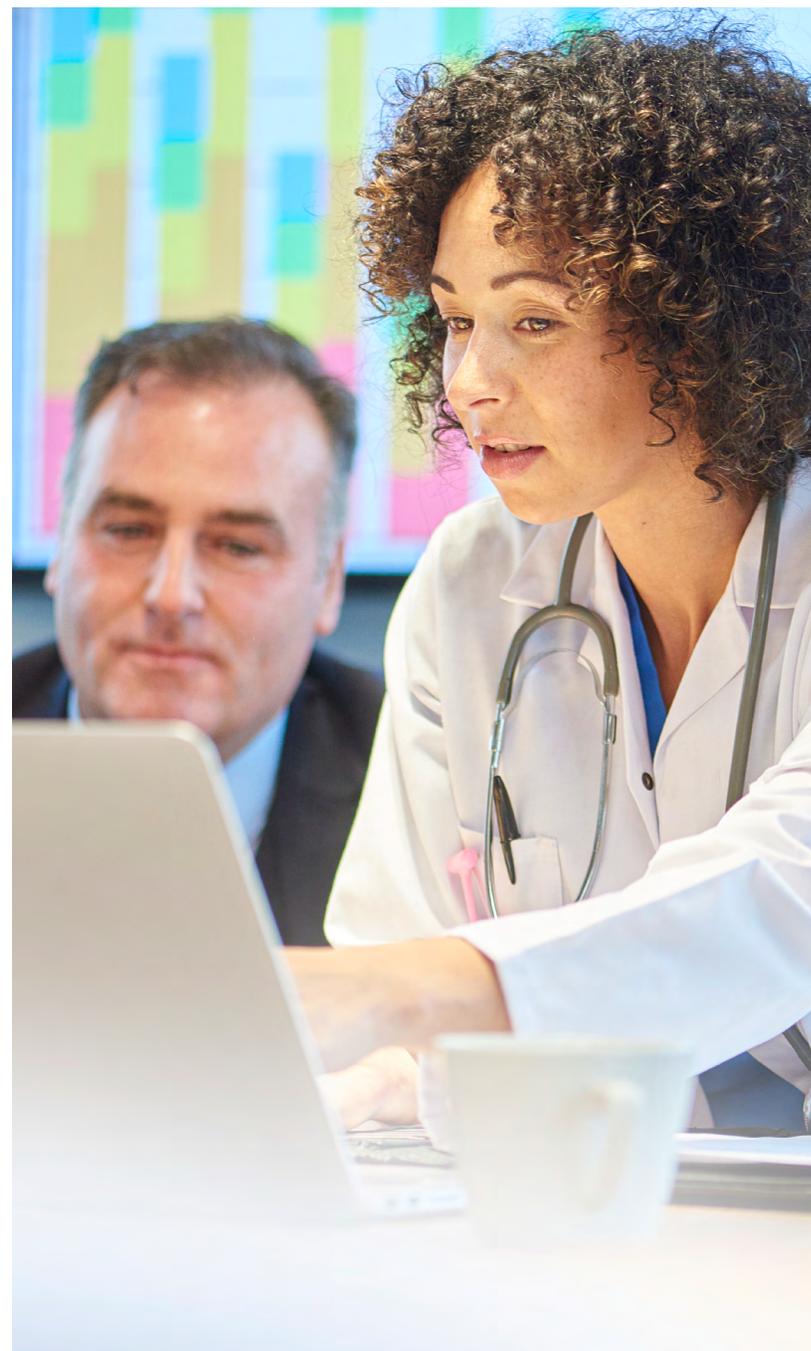
グローバルな健康情報交換の例

DHIS2

DHIS2 は、データ収集、管理、分析のためのオープンソース ソフトウェア プラットフォームであり、100 か国以上で健康情報管理システムとして広く使用されており、そのうち 70 か国以上で国家規模で実装されています。このシステムは、集計データ(例: 日常的な医療施設データ、人員、機器、インフラストラクチャ、人口推定)、イベント データ(例: 病気の発生、調査、監査、患者満足度調査)、個人レベルの長期データ(例: ワクチン接種記録、ラボ サンプルの収集、患者の治療とフォローアップ、学生の進捗状況)など、複数のレベルのデータ収集と分析をサポートしています。DHIS2 は拡張性と適応性に優れているため、医療以外の分野でも応用されており、教育や住民登録などの分野で地区レベルまたは国家レベルで情報管理、報告、監視システムとして機能しています。³⁰

監視アウトブレイク対応管理および分析システム

ドイツとナイジェリアの公衆衛生および研究機関は、2014 ~ 2015 年に西アフリカで発生したエボラ出血熱の流行に対応して監視アウトブレイク対応管理および分析システム (SORMAS) を開発し、2016 年にオープンソースにしました。このシステムは、流行およびパンデミックの状況での疾病監視、アウトブレイク対応、管理に重点を置いています。SORMAS は、感染症の監視、管理、分析をサポートすることを目指しており、公衆衛生機関に感染率の監視、症例管理、接触者追跡を行うツールを提供しています。現在、15 か国以上がアウトブレイクの監視と対応に SORMAS を使用しています。³¹



AIが触媒

オープンソースを採用した他の業界と同様に、破壊的な要因がこの移行を加速させる可能性があります。ヘルスケアでは、AIが医療における問題を解決し、制約に対処する大きな可能性を秘めていることから、AIがその役割を果たす可能性があります。AIの適用機会は、自動化、検出、予測の活動に及び、多くの場合、ヘルスケアプロバイダーよりも高い精度とはるかに速い速度で行われます。

インタビュー対象者は、さまざまなAIの使用例を挙げました。自動化に関しては、Singhは看護スケジュールの作成など、運用コストを削減するAI活動に焦点を当てました。一方、Unity Health Torontoのデータサイエンスおよび高度分析担当副社長であるMuhammad Mamdaniは、St. Michael's Hospitalでチームが実装した、救急科のさまざまなゾーンに看護師を割り当てる割り当てツールについて同様に説明しました。グローバル コンサルティング ファームのシニア コンサルタントは、EHRシステムに情報が追加されたときに問題をフラグ付けするなど、フォームの記入におけるAIサポートについて説明しました。Dalmiaは、患者の退院後の看護師の診察の電話を自動化することについて次のように語りました。「会話型AIを使って患者とチャットし、メモを取り、看護師にエスカレーションする必要があるかどうかを確認できます。これにより、看護師のキャパシティが大幅に解放されます。」

予測については、Mamdaniはトロントの2つの病院で導入されているCHARTwatchツールについて説明しました。このツールは、患者を監視し、必要に応じて医療チームに呼び出しをかけることで、患者が死亡するかICUに行くかを予測し、死亡を防ぐのに役立ちます。³² Dalmiaはまた、数週間にわたって病院に何人の患者が入院するかを予測して、スケジュール管理を改善する機会についても説明しました。全体的な目標は、「医療システムが現在直面している需要に対応できるように支援する」ことです。診断の観点から、SinghはAIが「たとえば、放射線学などで役立つ」とも指摘しました。問題は、FDAが関係して

くることです。そのため、診断ユースケースでの導入が遅くなり、躊躇することになります。

AIの将来性にもかかわらず、インタビュー対象者は、この技術の現在の脆弱性も指摘し、持続可能なAIインフラストラクチャを構築するために強化が必要な部分を特定しました。第一に、この技術には多くの組織が満たすことができない膨大なデータ要件があります。³³ Kumbhatは、「リアルタイムで真正なデータが最初から利用できるようにならなければ、AIは質的に失敗する可能性が高い」と述べています。Dalmiaもこの問題を強調し、データはAI導入における最大の課題の1つであると述べています。「質の悪いデータ、期限切れのデータセット、デジタル化されていない可能性のあるデータセット、手動のファックス形式や紙形式のデータセットが多数あります。そのため、そのような環境では、AI作業を開始する前に、多くの基礎作業を行う必要があります。」

プライバシーとガバナンスの懸念、およびDalmiaが使用した用語である「信頼できるAI」を構築する方法も取り上げられました。これには、バイアスと倫理のメカニズムを組み込んだAIモデルと、医療のような機密性の高い環境で透明性とプライバシーを維持するガバナンス構造が含まれます。³³ ガバナンスの面では、グローバル コンサルティング ファームのシニア コンサルタントが、AIを病院情報システムに組み込むには、さまざまなニーズと関心を持つ医師間の協力と合意が必要になるという別の課題を提起しました。「医師は、個人だけでなくグループとしてこれが自分たちにとって価値があるかどうかについて合意する必要があります。なぜなら、必ずしも各臨床医にAIがあるわけではないからです」と彼女は指摘しました。上で述べたように、この種の協力は医療現場では複雑です。

この技術の可能性と、それが前進するために必要なものは、興味深い流動性の瞬間を生み出し、AIがデジタルヘルス分野でより広範かつ迅速な変化を引き起こす可能性があります。彼は、現状では、現在のシステムはAIが医療に真の変革をもたらすようには設定されていないとコメントしました。Shannonも同意しました。「医療は、望んでいるかどうかに関係なく、デジタルによって混乱するでしょう。AIは今や来ています。したがって、専門家による知識の取得と管理に関する役割とプロセスは、AIによって今や困難に直面することになります…変化が起こるまで、医療に対する混乱の力は医療に打撃を与え続けるでしょう。

う。それは避けられないことです。時間の問題です、わかりますか？」Dalmiaも同様のコメントをしています。「もし」ではなく「いつ」だと思います。…[しかし]どのように展開されるのでしょうか？そして、それが最善の方法で行われ、すべての人に利益をもたらすようにするにはどうすればよいのでしょうか？」Shannonの立場は明確でした。「AIモデルをオープンソースにして、ピアレビューできるようにし、決定がどのように行われているかを把握できるようにしたいと考えています。ブラックボックスはありません。」

「リアルタイムで信頼できるデータが最初から流れていなければ、AIは質的に失敗する可能性が高いです。」

Arun Kumbhat
Director of GoToMarket, HR,
and PR Services for Libra Social Research Foundation



セクターを前進させる：専門家からの推奨事項

時には解決困難な問題として表現されることもありますが、インタビュー対象者は、固定された利害関係を維持し相互運用性の欠如を伴うシステムからデータの収集と管理を解きほぐすためのいくつかの推奨事項を示しました。次のセクションでは、これらの推奨事項とデジタルヘルス セクターの次のステップについて説明します。

デジタルヘルス アーキテクチャの構築

McNicoll が明確に述べたように、「私たちは医療システムの設計方法を根本的に変える必要があります。」デジタルヘルス セクターには、システム内のさまざまなコンポーネント、ノード、テクノロジー、およびそれらがどのように組み合わせられるかを定義および標準化するアーキテクチャが欠けています。このアーキテクチャはコミュニティによって開発されており、独自のアプリケーションを構築して相互運用できるプロトコルを提供しているため、特定の企業が所有しているわけではありません。これは、さまざまなプロバイダーからの電子メールを相互に送信でき、どのベンダーのブラウザでもどの Web サイトにもアクセスできる World Wide Web に似ています。これらはすべて、共通の標準セットとオープンソース プロトコルに基づいているためです。通信や金融などの他のセクターにも同様のアーキテクチャがあります。たとえば、LF Networking が開発した 5G スーパーブループリントは、そのセクターのオープンソースビルディングブロックをまとめるための手順を示し、すべての通信プロバイダーとクラウドテクノロジーがこのエコシステムにプラグインする場所を示すランドスケープを組み込んでいます。³⁴ Apperta Foundation は、オープンアーキテクチャの採用を提案しています。「[オープンアーキテクチャは]ベンダーとテクノロジーに中立で、ロックインを排除し、イノベーションを促進し、ベンダーに品質、価値、サービスで競争させます。」⁶

多くのインタビュー対象者が、アーキテクチャの開発を支持し、この概念を説明するために「デジタルバックボーン」(Gupta)、「プロトコル」(Harlan)、「リファレンスモデル」(Shannon) など、さまざまな用語を使用しました。Lee は、このアーキテクチャが小規模なベンダーや新興企業にとって価値があると説明しました。小規模なベンダーや新興企業

は、全体像の1つの「ボックス」または領域を管理でき、このアーキテクチャを使用しているさまざまな管轄区域のさまざまなシステムに適用できます。この場合、EHR は医療図の1つの「ボックス」を表しますが、他のアプリケーションは、既存の EHR システムを拡張して本来の目的からどんどん外れたものを網羅するのではなく、入院、退院、転送管理、診察後の概要などを個別にサポートできます。McNicoll が述べたように、このオープンな標準化アーキテクチャを構築すると、スタートアップ企業は、セクターの特定の分野でソリューションを開発するときに、「インフラストラクチャ全体を自分で再構築する」必要がなくなります。

オープンで競争前のアーキテクチャの上に構築すると、アプリケーションはどこでも連合システムセットと相互運用できます。この時点で、Shannon は、ソリューションプロバイダーは「アーキテクチャではなくサービスで競争している」と説明しました。Harlan も同じことを述べ、「オープンソースが最も優れているのは、プロトコルレイヤー、特にデータ交換と情報交換に関するものがあり、それらのパイプをすべて連携させようとしているときです... アプリケーションレイヤーに近づくにつれて、オープンソースの役割はますます小さくなります。そして、まさにそこが組織が個別の製品を構築し、金融市場とアイデア市場の両方で競争できる場所です。」これにより、医療組織は「さまざまなコンポーネントを交換できるようになります」と Buckeridge は説明しました。

CASE STUDY: PAYLOADS

Harlan は、アーキテクチャが医療システムの効率を高め、最終的には患者へのケアを改善できる明確な例を挙げました。それはペイロードです。組織が別の個人に送信する、メモ、健康記録、またはその他の文書を含む紹介状として説明されているペイロードを移動するには、さまざまな種類のプラットフォームでできるように相互運用可能である必要があります、ペイロード内の個人識別情報を保護する必要があると Harlan は説明しました。これらのペイロードのプロトコルは、ペイロードの外観、API エンドポイント、および許可の外観を形作り、標準化することで、個人が安全にプロセスを受信し、参加できるようにします。また、アプリケーション開発者がシステムにプラグインしてプロトコル交換に参加できるツールを提供するためのマップを提供することもできます。このアプローチは、医療システム内の相互運用性の向上をサポートするだけでなく、前述の「エッジ効果」にも対処します。これは、健康成果が従来の医療システム外のプロセスに関連する SDOH に対処するための重要な側面です。

アーキテクチャがなければ、イノベーターは持続可能で、移植可能、適応可能、そしてさまざまな医療情報システムで相互運用可能なアプリケーションを構築する能力が不足しています。Buckeridge は、COVID-19 患者データをフェデレーション方式で共有するために開発された CODA インフラストラクチャの例を挙げました。³⁵ 彼は、病院の COVID-19 データを超えてプロジェクトを拡張することは困難だったと説明しました。「私たちの環境内で同じアーキテクチャが同じ方法で管理されていなかったためです。」このプロジェクトはオープンソースであるにもかかわらず、病院間でのインフラストラクチャとガバナンスの根本的なばらつきがプロジェクトの拡張をサポートしていませんでした。

アーキテクチャとして使用できる現在のシステムとして、OpenEHR、VistA、およびその他のソリューションが提案されました。U.S. health department のアーキテクトは、VistA を「米国の次世代 EHR の基盤として…[そこでは]カーネルがインターフェイス層であり、データベースがデータ管理層であり、基盤として機能します。アプリケーションは各機関に非常に固有であるためです。」彼は、ニューヨーク、ヨルダン、インドなど、VA 以外のさまざまな医療サービスが VistA コードベースをフォークし、その上に独自の特定のアプリケーションを構築しているにもかかわらず、現在はすべてこの同一のインフラストラクチャを使用していることを説明しました。Shannon は同様に、OpenEHR の採用を提唱し、これを「将来性のある」アーキテクチャ標準と表現しました。



データのセマンティクス的な標準化

デジタルヘルスアーキテクチャには標準化が必要であり、現在使用されている標準が依然として必要です。「FHIR 交換は依然として必要ですし、OMOP などの他の標準も必要です。SNOMED のようなものも必要です。[アーキテクチャ]はソリューションの一部にすぎません」と McNicoll は述べました。これには、これらのアプリケーションが相互に通信できるようにするための標準データ形式と標準 API が含まれます。Apperta Foundation の説明によると、医療データとアプリケーションの真の移植性と相互運用性を実現する「最小限の実行可能な」オープンプラットフォームを構築するには、FHIR HL7、SNOMED CT、OpenEHR などのコア標準に基づく必要があります。⁶

Harlan は、組織のフォーム間でフィールドを調和させ、あいまいさを排除するために、総収入の定義などの標準化された用語が必要であると指摘しました。ヨーロッパでは、European university of technology の教授が、標準はデータ共有を前進させる上で重要な要素であると主張しました。彼女は、「標準があり、戦略的なサポートがあれば、それは [国家データ] プラットフォームを調整するためのリソースを意味します... [標準] は実際にテクノロジーを結び付けるだけでなく、データ転送データの安全性も結び付けます。データ共有ルール」と述べました。

Spence と Parisien が Canada Health Infoway で行っているように、既存のデータ標準の効果的かつ広範な採用を推進することは、このプロセスにおける重要なステップです。ポリシーはその一部です。Dalmia は、「アプリケーションが近代化されるにつれて、データを共有できるようにするために遵守すべきデータ標準があるという、優れたポリシーが必要です」と主張しました。彼は、カナダで国全体で共有するためのデータフィールドの「最小公分母」を構築する取り組みを指摘しました。この作業の問題は、多くの場合、資金とインセンティブが不足していることであると彼は述べました。

最小データセットについて尋ねられたとき、McNicoll は、これは「大海を沸騰させようとしなさい」のに役立つが、その最小から外れたグループがある場合、標準化の進捗を危険にさらすと指摘しました。「問題は、データが非常に複雑なため、あちこちに最小限のデータセットが残るだけになってしまうことです。そのため、そ1つのプロジェクトでエッジケースを拾い上げることができません」と彼は説明しました。NHS

Christie cancer hospital でデータをマッピングする彼の作業では、代わりにできるだけ多くのエッジケースを捉えようとしています。

上で説明したように、標準ではセマンティックな相互運用性に対処する必要があります。U.S. health department のアーキテクトは、データをリンクするためにセマンティックに相互運用可能なテクノロジーを開発するために World Wide Web 委員会と Solid Foundation が行っている作業について語りました。彼は、「私たちが目指すべきところは、リンクされたデータの World Wide Web 標準をヘルスケアのデータモデルとして採用することです。これは JSON-LD の形式です」と述べました。McNicoll によると、オープンソースはセマンティックデータ標準の鍵です。「オープンビットのスイートスポットは、データとデータ定義の周辺にあります」。OpenEHR のアプローチは、「アプリをデータから分離し、OpenEHR 標準を使用してデータを共通ポートに保存し、アプリケーションにその共通データで直接作業するように要求します。したがって、標準はデータストアの外部ではなく内部にあります。」

持続可能で生涯にわたる記録を作成するには、標準化を再概念化して、医療データを組織中心ではなく患者中心として考える必要があります。McNicoll はこの違いについて、データは「患者中心のデータストアにあり、誰もが必要に応じて読み書きする」と主張して説明しました。「患者の問題リストのコピーを複数持つべきではありません。アレルギーリストのコピーを複数持つべきではありません。患者用に1つ用意する必要があります。そして、私たち全員がそれを読み書きします。」彼は、患者が保持するものと患者中心のもの間には重要な違いがあり、過去に混乱を目にしたことがあると詳しく説明しました。「これらは2つの別々のものです。患者中心とは、情報を整理する方法に関するものです。実際、患者がそれを見たり操作したりする必要はまったくありません。患者が保持する記録、または患者が記録にアクセスすることは別のものです。患者は組織中心の記録に引き続きアクセスできます。」

患者中心の記録は、より効果的なデータ収集を意味し、統合されたデータによって作業の重複が削減されます。これは、リソースの解放から命の救助まで、さまざまな影響を与える可能性があります。U.S. health department のアーキテクトが説明したように、「費用対効果の高いシームレスな医療システムを運営する唯一の方法は、統合されたデータを使用することです。そうしないと、テストやレポートが重複することになります。また、患者のデータの一貫性のある完全な画像がなければ、適切な決定を下すことはできません。」Shannon はまた、患者レベルでのデータの標準化が最低レベルであり、「他のレベルにデータをフィードし、コホート管理をサポートし、人口のエンタープライズをサポートできる」ことを説明しました。

インタビュー対象者との会話から、より相互運用性の高い医療データ環境に移行するための鍵は、オープン アーキテクチャ内でのデータの標準化にあることがわかりました。Harlan は、「データの移動方法に関するオープンソース プロトコルを標準化して作成できれば、本質的には、ウェアハウス管理者として単一の組織が所有しないものを作成していることとなります。その代わりに、エコシステムのすべての参加者は、単に自分用のノードを立ち上げるだけで、ネットワークに書き込まれたルールに従って相互運用を開始できます」と主張しました。このアーキテクチャは、イノベーターが構築できる組み込みの相互運用性を意味し、最終的には医療関係者が恩恵を受けることができます。

「アプリケーションが近代化されるにつれて、データを共有できるようにするために、遵守すべきデータ標準があるという適切なポリシーが必要になります。」

Niraj Dalmia
Partner in Omnia AI
at Deloitte Canada



新しいビジネスモデルの試み： 既存企業を巡るイノベーション

この調査全体を通して見られるように、既存企業はデータ共有を厳しく管理しています。これらの組織の市場力を直接減らそうとするのではなく、一部のインタビュー対象者は、既存企業を巡る取り組みを提案しました。Shannon は「デュアルトラックアプローチ」の例を挙げました。これは、コミュニティケアなどの分野や国境を越えて作業が行われる分野で、より革新的で機敏なソリューションを構築し、病院ではよりモノリス的な構造を維持するというものです。「しばらくはモノリスが存在することは認めますが、そのまま放置するわけではありません」と同氏は説明しました。「並行してイノベーションも生み出し、それが下から成長していくのです。」

Harlan はまた、非既存企業がこの分野でますます大きな影響力を獲得していることについても説明しました。同氏は、Amazon が One Medical を買収した例を挙げ、「Amazon は薬局を運営し、プライマリケアの全国的な医療ネットワークを運営しています」。同氏は、「今日の世界には、既存企業と戦うためにますます多くのリソースを獲得している非既存企業がたくさんいる」と断言し、そうした企業は、アプリケーションを実行するためにより多くのオープンソースソフトウェアを使用できるオプションがある革新的なヘルスケア スタートアップの製品やサービスを使用することに関心があるかもしれないと述べました。同氏は、「Amazon が [既存の EHR] の希望に縛られることはないとはほぼ保証できます」と主張しました。少なくとも米国では、医療提供者の所有権の移行により、大手既存企業から市場が解放される可能性があります。

次のステップ：財団の役割

標準化されたアーキテクチャを実現するにはどうすればよいでしょうか。European university of technology の教授が説明したように、これは利益を上げること、標準化や統合を目的としない1つのデジタルヘルス企業の仕事ではありません。関係や標準を管理するプラットフォームが必要です。彼女は代わりに、「オープンソースが、標準を備えたガバナンスルールを備えた一般的なプラットフォームを提供する役割を担い、すべてのプレーヤーが安全にデータやサービスを交換できる媒体を開発するべきです」と提案しました。

Harlan は、この種の取り組みで協力するために必要な関係者を列挙しました。「立ち上げるには、それほど大きくはないが強力な基盤企業の集まりが必要です。そして、おそらく主要なヘルスプラットフォームの少なくとも1つ、できれば2つが必要になります。なぜなら、2つのプラットフォームが参加できると示せば、それが先導するからです。ソーシャルケアプラットフォームもいくつか必要だと思います」。実際、彼は Linux Foundation (LF) がこれらの関係者をまとめるのに適したグループである可能性があると主張しました。「LF は、おそらく世界でこの規模の企業をまとめるという点で、本当にユニークな立場にあると思います」と Harlan は主張しました。Shannon は、公共財としてのヘルスケアに関する会話の後、このコラボレーションにおける LF の役割を哲学的な観点から説明しました。同氏は、「LF は、オープンソースで大きな社会問題のいくつか非常にうまく対処してきたと思います」と述べ、ヘルスケアが次の課題となります。

財団の役割は、アーキテクチャを構築するだけでなく、ヘルスケア分野で行われているさまざまなオープンソースの取り組みの会合の場を作ることです。Scammon は、現在、ヘルスケアのさまざまなプロジェクトをまとめる統括組織が欠けていると主張しました。同氏が述べたように、LF が最も得意とするのは、「旗を立て、人々をテントに招き入れ、そして、できるだけ最善の方法でコミュニティと話題を作り、その周りに勢いと重心を作ることです。そして、そこから生まれるのは、さまざまな異なるグループが集まり、メモを共有し、可視性を高め、政治レベルと規制レベルで全体として意見を表明できる場所です。」これらのプロジェクトがまとまると、そのコラボレーションから自然に活動が生まれ、従来一緒に働いていない人々や医療以外の人々も含め、セクター全体で働いている人々が、「データを安全に共有するにはどうすればよいか」などの共通の質問に取り組むことができます。「彼ら全員をまとめることができれば、突然、多くの声が集まり、多くの会話に貢献できるように」と Scammon は言います。

このコラボレーションのリーダーシップは非常に重要です。「財団に求められるのは、複雑な環境におけるリーダーシップです」と Scammon は説明します。さまざまなグループを同様のパターンとソリューションに沿って調整するリーダーシップ、そしてこれらの手に負えない問題を解決するためにこのセクターで何が起きているかを教育するリーダーシップです。実際にアーキテクチャを構築する前に、利害関係者は、このアーキテクチャの価値について教育を受ける必要があります。「すべての [管轄区域] に共通するのは、臨床、管理、技術の人々が協力して、アーキテクチャを使用してケア プロセスをサポートする必要があります」と Scammon は述べ、リーダーシップは、全員がどのように連携し、このようなコラボレーションから利益を得るのかを示さなければなりません。

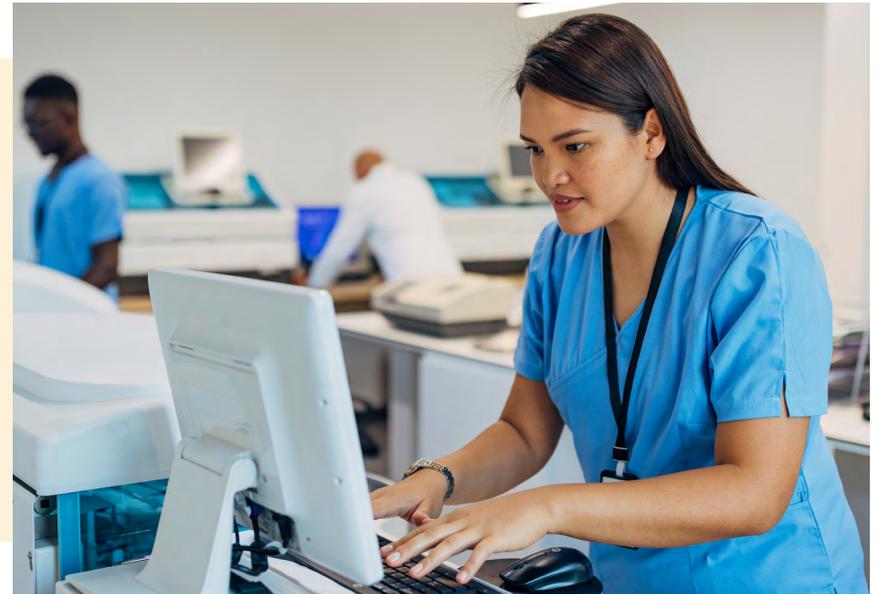
Scammon は教育の価値についても説明しました。彼は、ソフトウェアをオープンソース化すると組織の利益を上げる能力が制限されるという誤解を指摘しました。彼は、自分が協力していた医療会社の例を挙げ、「その会社は、自社の成果物をオープンソース化すると、それを使って金儲けすることは許されないと誤解していました。私たちは座って何

度も何度も繰り返して、‘いいえ、これは Apache ライセンスです。プラットフォームを構築して金儲けに使うなど、何でもできます。どうぞ自由に’ と言わなければなりません。しかし、それは彼らがさまざまなライセンスすべてについて教育を受けておらず、私たちが使用していたライセンスでやりたいことができるのかも知らなかったからです。教育には多くの時間が必要です。それが [オープンソース] の牙を抜く方法の 1 つです。」

他の業界で技術変革が進む中で見られるように、複数の利害関係者が競合する優先事項と期待を結集し、すべての関係者が使用して信頼できる競争前のレイヤーを構築する必要がある状況では、基盤が重要な役割を果たします。

「すべての [管轄区域] に共通する基盤は、臨床、管理、技術の人々が集まって、アーキテクチャを使用してケア プロセスをサポートする必要があります。」

*Dr. Tony Shannon
Head of Digital Services,
Government Chief Information Officer,
Government of Ireland*



結論

現在、世界中の医療データ管理システムは、医療の需要やAIなどの技術の進歩に対応できる持続可能性を欠いています。医療システムの複雑さ、市場のダイナミクス、および医療セクターの固有の特性はすべて、相互運用性とイノベーションの低さにつながります。ソリューションを探す際にオープンソースを検討すべき理由は哲学的、経済的、技術的に強力ですが、オープンソースに対する多くの課題と認識が採用を妨げています。この調査では、医療システムの基盤に相互運用性を組み込むオープン アーキテクチャの採用を求めています。これにより、イノベーションが向上し、取り組みが標準化され、最終的には医療成果が向上します。このアーキテクチャの採用、開発、および保守において、財団が重要な役割を果たし、協力者を集めて共通の問題を解決し、独自のアプリケーションを構築できる標準プロトコルのメリットを享受します。LF は、セクター全体の利害関係者に、これらの推奨事項と、その採用で果たせる役割について検討するよう呼びかけています。

調査方法

研究者は、3つの異なる地理的地域でさまざまな医療専門分野で働いている20人の医療技術者にインタビューしました。プロジェクトのワーキンググループのメンバーは、質問ガイドを作成してレビューしました。インタビューは録音され、書き起こされ、テーマ別分析アプローチに従ってコード化されました。コードは、テーマの重複に基づいてグループ化され、医療市場の独自性、相互運用性とデータ共有の問題、この分野でのオープンソースの認識、利点、採用、および実行可能な次のステップに関する新しいトピック領域に発展しました。調査結果は、公開前に書き起こされ、ピアレビューされました。



參考資料

1. Aminpour, Farzaneh, Farahnaz Sadoughi, and Maryam Ahamdi. "Utilization of open source electronic health record around the world: A systematic review." *J Res Med Sci* 19, no. 1 (Jan 2014): 57-64. PMID: 24672566; PMCID: PMC3963324.
2. Theodos, Kim, and Scott Sittig. "Health Information Privacy Laws in the Digital Age: HIPAA Doesn't Apply." *Perspect Health Inf Manag* 18 (Dec 2020). PMID: 33633522; PMCID: PMC7883355.
3. Arrow, Kenneth J. "Uncertainty and the Welfare Economics of Medical Care: Reply (The Implications of Transaction Costs and Adjustment Lags)." *The American Economic Review* 55, no. 1/2 (1965): 154-158. <http://www.jstor.org/stable/1816184>
4. Wachter, Robert M, and Erik Brynjolfsson. "Will Generative Artificial Intelligence Deliver on Its Promise in Health Care?" *JAMA* 331, no. 1 (2024): 65-69. doi:10.1001/jama.2023.25054
5. Kannampalli, Thomas Gl, Guido F. Schauer, Trevor Cohen, and Vimla L. Patel. "Considering complexity in healthcare systems." *Journal of Biomedical Informatics* 44, no. 6 (2011): 943-947. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2011.06.006>.
6. "Defining an Open Platform." Apperta Foundation. June 2018. https://apperta.org/assets/Apperta_Defining_an_Open_Platform.pdf
7. Shannon, Tony, "Healthcare: Generic Healthcare IT strategy: Options A/B/C." *Frectally Speaking*. May 30, 2014. <https://frectal.com/2014/05/30/healthcare-generic-healthcare-it-strategy-options-abc/>
8. Shannon, Tony, "National Clinical Programmes: Aligning Process Improvements with Information Technologies." *Frectally Speaking*. November 25, 2011. <https://frectal.com/wp-content/uploads/2016/01/national-clinical-programmes-aligning-process-improvements-with-information-technologies-v1-0.pdf>
9. Huang, Fei, Sean Blaschke, and Henry Lucas. "Beyond pilotitis: taking digital health interventions to the national level in China and Uganda." *Global Health* 13, no. 49 (2017). <https://doi.org/10.1186/s12992-017-0275-z>
10. Padmanabhan, Paddy. "Is healthcare too hard for Big Tech firms?" *Healthcare IT News*. August 23, 2021. <https://www.healthcareitnews.com/blog/healthcare-too-hard-big-tech-firms>
11. Mehl, Garrett L, Martin G Seneviratne, Matt L Berg, et al. "A full-STAC remedy for global digital health transformation: open standards, technologies, architectures and content." *Oxford Open Digital Health* 1 (2023). <https://doi.org/10.1093/oodh/oqad018>
12. HiTrust. Accessed October 9, 2024. <https://hitrustalliance.net/>
13. Gawande, Atul. "What Big Medicine Can Learn from the Cheesecake Factory," *The New Yorker*. August 6, 2012. <https://www.newyorker.com/magazine/2012/08/13/big-med>
14. Hermansen, Anna, Dean A Regier, Samantha Pollard. "Developing Data Sharing Models for Health Research with Real-World Data: A Scoping Review of Patient and Public Preferences." *Journal of Medical Systems* 46, no. 2 (October 2022). doi: 10.1007/s10916-022-01875-3
15. "What are health data standards?" *Canadian Institute for Health Information*, Accessed October 9, 2024. <https://www.cihi.ca/en/submit-data-and-view-standards/data-standards/what-are-health-data-standards>
16. "FHIR Overview." *HL7*, March 26, 2023. <https://www.hl7.org/fhir/overview.html>

17. "Standardized Data: The OMOP Common Data Model." The Observational Medical Outcomes Partnership. Accessed October 9, 2024. <https://www.ohdsi.org/data-standardization/>
18. "What is SNOMED CT?" SNOMED International. Accessed October 9, 2024. <https://www.snomed.org/what-is-snomed-ct>
19. "Learn LOINC." Regenstrief Institute, Inc. Accessed October 9, 2024. <https://loinc.org/learn/>
20. "Trusted Exchange Framework and Common Agreement (TEFCA)." Office of the National Coordinator for Health Information Technology. Accessed October 9, 2024. <https://www.healthit.gov/topic/interoperability/policy/trusted-exchange-framework-and-common-agreement-tefca>
21. "European Health Data Space: Empowering individuals and facilitating health data sharing." European Commission. May 22, 2024. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/fs_24_1347
22. Drees, Jackie. "KLAS: Epic, Cerner dominate EHR market share." Becker's Health IT. April 30, 2019. <https://www.beckershospitalreview.com/ehrs/klas-epic-erner-dominate-emr-market-share.html>
23. "UK Electronic Health Records Market Analysis." Insights10. May 10, 2024. https://www.insights10.com/report/uk-electronic-health-records-market-analysis/?srsltid=AfmBOopGj5o9fwhRjOy3akebvF_QJBvAbXlvl_6ikPY25DHZW2FeVOkv
24. Witowski, Nicole. "Top 10 EHR vendors in Canadian hospitals." Definitive Healthcare. February 1, 2024. <https://www.definitivehc.com/blog/top-canadian-hospitals-ehr-vendors>
25. "Ayushman Bharat Digital Mission." National Health Authority. Accessed October 9, 2024. <https://abdm.gov.in/>
26. Pharmaverse. Accessed October 9, 2024. <https://pharmaverse.org/>
27. "About Vista." World Vista. Accessed October 9, 2024. <https://worldvista.org/AboutVista>
28. openEHR. Accessed October 9, 2024. <https://openehr.org/>
29. "EtherCIS: Enterprise Clinical Data Repository." Ripple Foundation. Accessed October 9, 2024. <https://www.ripple.foundation/ethercis/>
30. "About DHIS2." Health Information Systems Programme (HISP). Accessed October 9, 2024. <https://dhis2.org/about-2/>
31. "SORMAS overview." SORMAS Foundation. Accessed October 9, 2024. <https://sormas.org/sormas/overview/>
32. Glauser, Wendy. "AI tool 'fundamentally changes the game' for ICU care." Healthy Debate. June 22, 2021. <https://healthydebate.ca/2021/06/topic/ai-tool-changes-the-game-icu-care/>
33. Youssef, Alaa, Madelena Y Ng, Jin Long, et al. "Organizational Factors in Clinical Data Sharing for Artificial Intelligence in Health Care." JAMA Netw Open 6, no. 12 (2023). doi:10.1001/jamanetworkopen.2023.48422
34. "5G Super Blueprint." LF Networking. Accessed October 9, 2024. <https://lfnetworking.org/5g-super-blueprint/>
35. Mullie, Louis, Jonathan Afilalo, Patrick Archambault, et al. "CODA: an open-source platform for federated analysis and machine learning on distributed healthcare data." J Am Med Inform Assoc 16, no. 31 (Feb 2024):651-665. doi: 10.1093/jamia/ocad235

謝辞

著者は、この研究を支援し、このプロジェクトに時間を割いてくれた重要なネットワークの人々に感謝の意を表したいと思います。時間と洞察を共有し、この研究の基礎を築いてくれた 21 人のインタビュー対象者に感謝します。レポートに貢献してくれた Cassie Jiun Seo (World Health Organization のコンサルタント) に感謝します。指導と熱意をくれた Michael Dolan、John Halamka、Hilary Carter、および LF 研究諮問委員会のメンバーに感謝します。クリエイティブおよび運営の役割を担ってくれた LF Creative と Christina Oliviero に感謝します。最後に、この研究へのサポート、励まし、関与をしてくれた Irving Wladawsky-Berger に心から感謝します。皆さんは、この研究の成功に不可欠でした。

著者について

Anna は LF Research のエコシステム マネージャー兼研究者で、Linux Foundation の研究プロジェクトのエンドツーエンドの管理をサポートしています。彼女は、医療データ インフラストラクチャと、医療におけるデータ共有をより適切にサポートするための新しいテクノロジーの統合に関する定性的かつ体系的なレビュー研究を実施し、この研究作業について会議やワーキンググループで発表しています。彼女の関心は、医療情報科学、精密医療、およびデータ共有の交差点にあります。彼女は、クライアント サービス、プログラム配信、プロジェクト管理、および学術、企業、Web ユーザー向けの執筆の経験を持つジェネラリストです。Linux Foundation に勤務する前は、Blockchain Research Institute と BC Cancer's Research Institute という 2 つの異なる研究プログラムで働いていました。彼女は、University of British Columbia で公衆衛生の理学修士号と国際関係の文学士号を取得しました。

本訳文について

この日本語文書は、[An Open Architecture for Health Data Interoperability](#) の参考訳として、The Linux Foundation Japan が便宜上提供するものです。英語版と翻訳版の間で齟齬または矛盾がある場合（翻訳版の提供の遅滞による場合を含むがこれに限らない）、英語版が優先されます。

翻訳協力：鯨井貴博





Linux Foundation Research について

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拡大を調査し、最新の技術トレンド、ベストプラクティス、オープンソース プロジェクトのグローバルな影響に関する洞察を提供しています。プロジェクト データベースやネットワークを活用し、量的および定性的な手法におけるベストプラクティスにコミットすることで、Linux Foundation Research は、世界中の組織にとって利点となるオープンソースの洞察のためのライブラリを構築しています。

 x.com/linuxfoundation

 youtube.com/user/TheLinuxFoundation

 facebook.com/TheLinuxFoundation

 [GITHUB.COM/LF-ENGINEERING](https://github.com/LF-ENGINEERING)

 linkedin.com/company/the-linux-foundation



Copyright © 2024 **The Linux Foundation**

この報告書は、**Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International Public License** の下でライセンスされています。

この資料を引用する際は、以下のように記載してください。

Anna Hermansen, "An Open Architecture for Health Data Interoperability: How Open Source Can Help the Healthcare Sector Overcome The "Information Dark Ages"," foreword by Leo Anthony Celi, The Linux Foundation, October 2024.

