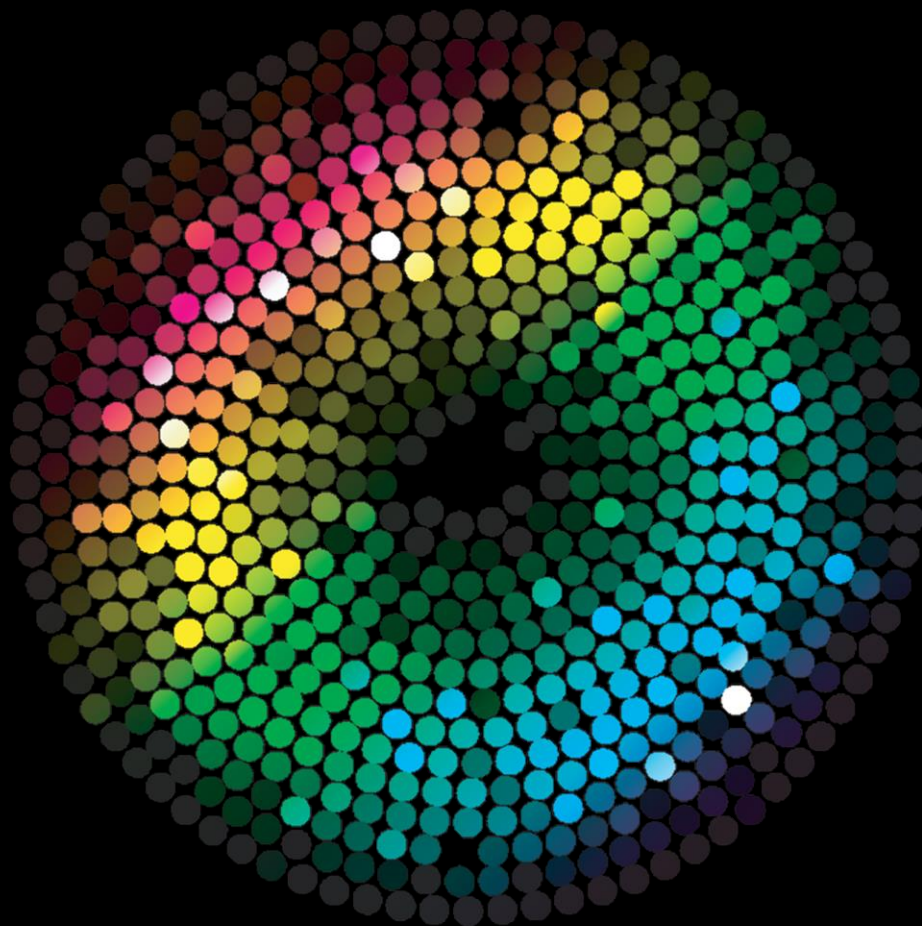




2021 Quality Engineering
Trends Report 日本語版

日本版発刊にあたって

クラウドサービスの発展に伴い、システム開発におけるテストの位置づけは変わってきています。また、今まで人間が工数をかけて実施していた事項が自動化され、テストの役割の考え方も変わってきています。本レポートでは、クラウド時代のテストに関する考え方や最新の技術等をご紹介します。

一方、多くの日本企業では品質管理は、開発会社が請け負うべきものという考え方から脱却できず、「要件から品質を作りこむ」ことからほど遠い位置におり、欧米企業から周回以上の遅れをとっている状況は否めないと思います。クラウドサービスの積極活用、真の意味でのアジャイル開発の促進等、世界から見た際に、日本企業は後れをとっています。これ以上、欧米企業のビジネス変革に後れをとらないためにも、日本企業における品質管理の変革は必須事項と考えています。

本レポートをきっかけに、まずはテスト自動化等の最新テスト技術に触れ、品質管理に関する考え方の変化を体感し、品質管理の考え方を変革していただければと考え、本レポートの日本語版を発刊させていただきました。「品質管理＝ビジネス品質」ということを念頭に置き、ご一読いただければと思います。



根岸 弘光

デロイト・トーマツ グループ

執行役員 パートナー

Japan Leader

Systems & Cloud Engineering

グローバルリーダーより

In today's global economy, companies are seeking partners that can seamlessly support their needs across geographies. Deloitte Japan's QSO Team has the capabilities, foresight and quality engineering depth to advise, implement and enable quality delivery, leveraging our next generation thinking, tools and technologies for the most complex technology transformations.

Rohit Pereira

Principal Deloitte Consulting LLP

Quality Engineering Practice Leader

目次

I.	はじめに	4
II.	エグゼクティブ・サマリ	5
III.	品質エンジニアリングの未来	8
IV.	インテリジェントオートメーション	13
V.	アジャイル、DevOps、CI/CDにおける新潮流	18
VI.	クラウドの選択、クラウドのテスト	23
VII.	カオスエンジニアリングのすすめ	31
VIII.	テストデータマネジメント（TDM）と テスト環境マネジメント（TEM）への戦略的アプローチ	35
IX.	AIシステムに対するテストの必要性	41
X.	原点回帰が求められるIoTのテスト	45
XI.	クラウド（Crowd）ソーシングテストの叡智	49
XII.	マルチアクセスエッジコンピューティング（MEC）と5Gの可能性	54
XIII.	台頭するブロックチェーン	59
XIV.	About the Sponsors	63
XV.	Endnotes	64
	日本のコンサルタントの見解	65

I. はじめに

IoT、ブロックチェーン、人工知能（AI）などの新しいテクノロジーの登場は、ソフトウェア開発において劇的な変化とともに、かつてない複雑さをもたらしている。そのため、これらの新テクノロジーを活用したいと考えている組織では、さまざまな品質管理上の課題に直面している。

このような環境で新テクノロジーを迅速に展開するには、スキルアップ、チーム内外における緊密な連携、最新のツールと手法の習熟が必要であり、多くの組織が、これらに取り組んでいる状況である。これらの新テクノロジーは、提供するソリューションを高度化するだけでなく、テストや品質エンジニアリング（Quality Engineering）においても、劇的な変化をもたらしている。

今回が初めての発行となる「Quality Engineering Trends Report」では、品質エンジニアリングの将来を形作るであろう、重要な原動力を考察し、組織で活用するためのポイントを説明したい。そのために、デロイトは、さまざまな業界のビジネスリーダーを対象に、品質向上に取り組む上で最も重視していること、期待していること、投資対象、そして、直面している課題について調査を実施した。

本書では、調査結果をもとに主な懸念事項や考慮事項を取り上げ、それらに対する考察を行うことで、お客様の組織にとって明確で実行可能な成果が得られることを確信している。



Rohit Pereira

Quality Engineering
Practice Leader



Avneet Chatha

Quality Engineering
Delivery Leader



Chaithanya Kolar

Quality Engineering
Innovations and Assets
Leader

*1：ソフトウェアの品質を検証するための一連の活動

*2：あらゆるテスト技法やツールを駆使、適用し、品質保証対象の品質担保を追求するテクノロジー

II. エグゼクティブ・サマリ

これまでにはない新しいサービスやテクノロジーが登場している状況において、各社は、自社の優位性を高めるべく、サービス開発やM&A、IT要員の内製化などに取り組まれている。しかしながら、このような状況においても、普遍的に必要なことは、適正品質の確保とリスク管理である。

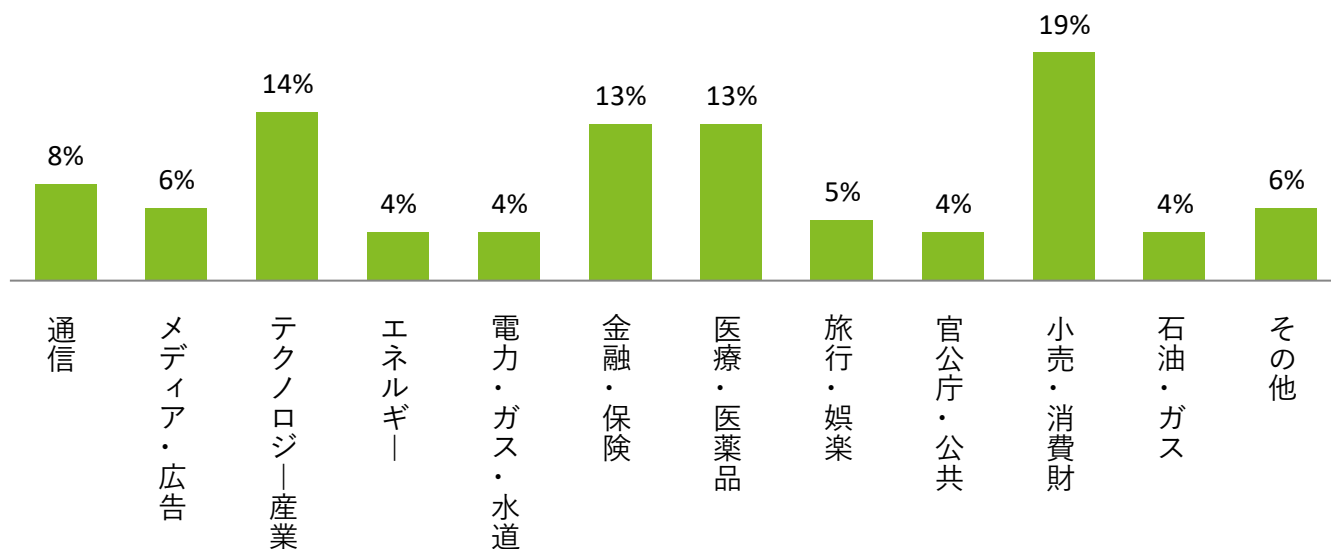
デロイトは、Quality Engineering分野で、組織としての考え方やアプローチの把握するために、さまざまな業界のITリーダーの役割を担っている224人の経営幹部（図1）を対象とした調査を行った。本書では、その調査の結果と、デロイトのこれまでの経験やThought Leadershipをもとに、Quality Engineering分野での提言をまとめた。

調査対象者

回答者全員が上級管理職であり、このうち、43%がIT部門の上級幹部、26%が経営幹部、24%が専務・常務を含む取締役、8%が副社長の役職であった。

組織規模としては、年間収益が5億ドルから49億ドルの組織が42%、年間収益が50億ドル以上の組織で58%であった。

図1：調査回答者の主要産業別内訳



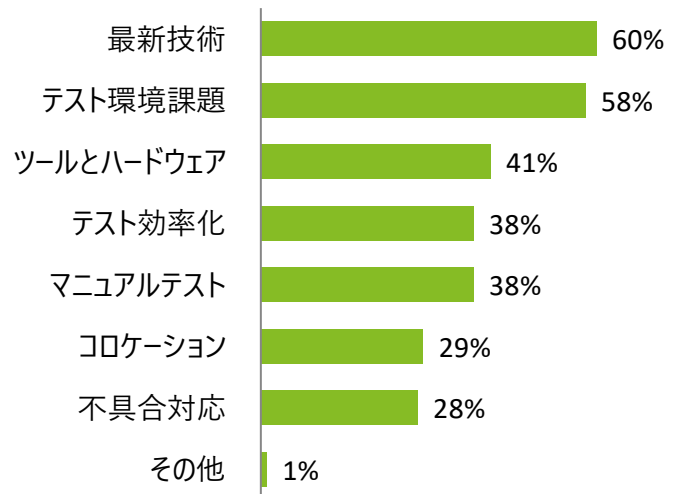
調査内容

テスト関連の費用を変動する要素として、IoT、AIなどのエマージングテクノロジーへの対応（60%）、テスト環境の課題への対応（58%）、およびハードウェアとツールのニーズ（41%）が上位に挙げられた（図2）。これらのテーマは、後述のトレンド領域における我々の調査結果や推奨事項でも繰り返し説明する。

また、Quality Engineeringを推進するうえで、多くのリーダーが自動化の限界（56%）、優先順位とプロセスの競合（51%）、テストプロセスの成熟度（50%）を課題として挙げている（図3）。これは、急速に増大するソフトウェア開発投資を最大限に活用するため、組織が一度立ち止まって再考し、テストを合理的かつ効率的なものにしたいと考えていることを示している。

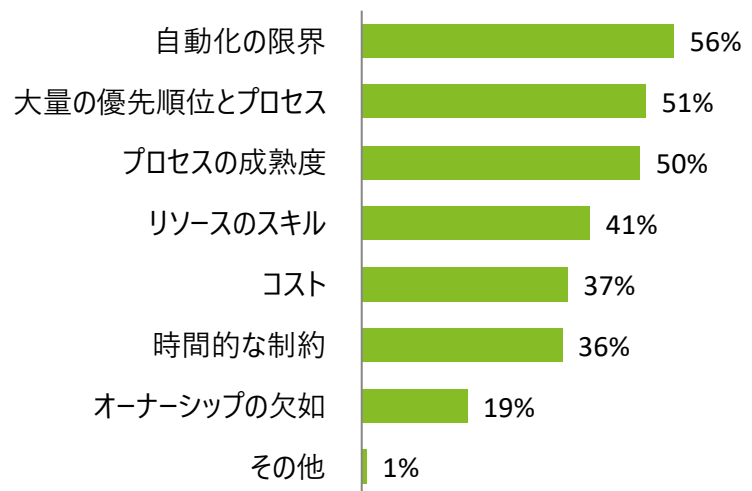
では、どうすれば実現できるのか。これを明らかにするため、昨今のIT組織のニーズの文脈を明確にするとともに、Quality Engineeringに関わるトレンドと実現のためのオポチュニティを洞察する。

図2：組織内での主要なテスト関連支出



脚注： Respondents could select multiple answers.

図3：組織のエコシステムにおける主要なテスト課題



脚注： Respondents could select multiple answers.

私たちが信じること

本書は11の章から構成される。

まず、Quality Engineeringの未来に関する展望を述べた後、品質向上に貢献する10のトレンドを各々の章で説明する。

各章では、調査から得られた主要な気づきと、Quality Engineeringを劇的に改善するためのきっかけをどのように掴み、開花させるかの洞察を述べる。

まとめ	章
 品質エンジニアリングの将来は、インテリジェントな自動化範囲の拡大、継続的テストの推進、セキュリティ確保、意味のあるテストデータの生成が中心になると考えられます。	III. 品質エンジニアリングの未来
 AI（人工知能）やML（機械学習）を利用したテスト自動化により、反復的なタスクから解放されることで、人間は、より有意義で戦略的な仕事に専念できるようになります。	IV. インテリジェントオートメーション
 組織がアジャイル、DevOps、継続的インテグレーションと継続的デリバリー（CI/CD）^{*3}のプラクティスを拡張する際には、社内の文化や組織構造を変えていく必要があります。	V. アジャイル、DevOps、CI/CDにおける新潮流
 効果的なクラウド移行やクラウドネイティブ開発において、サービスやデリバリーモデルの選択が要諦となる中、セキュリティテストは最優先かつ、重要な課題と位置付けられています。	VI. クラウドの選択、クラウドのテスト
 サービスの回復性と障害対応力を高めることができる「カオスエンジニアリング」を活かすには、故障シナリオに優先順位をつけるためのフレームワークが必要です。	VII. カオスエンジニアリングのすすめ
 アプリケーションのデリバリースピードと品質を向上させるためには、テストデータマネジメントとテスト環境マネジメントにも見直しを必要としています。	VIII. テストデータマネジメント（TDM）とテスト環境マネジメント（TEM）への戦略的アプローチ
 AI（人工知能）やML（機械学習）ソリューションは急速に利用が拡大していますが、その効果を、最大限に引き出すには、スキルのあるリソース確保と効果的なツールの活用が依然として重要です。	IX. AIシステムに対するテストの必要性
 IoTアプリケーションのテストでは、セキュリティ、テストインフラ、テストの自動化など広範なテスト戦略の定義が必要ですが、時には、基本に立ち返ることが一番だと考えます。	X. 原点回帰が求められるIoTのテスト
 多くの企業では、一般の人々をテスターとして活用するクラウドテスト（Crowd Test）の利用が拡大していますが、どのようなリソースを選択するかがポイントです。	XI. クラウド（Crowd）ソーシングテストの叡智
 5Gやマルチアクセス・エッジ・コンピューティング（MEC）を活用する時代には、高度なセキュリティ、圧倒的な規模、複雑な相互運用性などを踏まえたテスト戦略が必要です。	XII. マルチアクセスエッジコンピューティング（MEC）と5Gの可能性
 ブロックチェーンは特筆すべき技術革新の一つであり、そのテストには品質を保証するだけでなく、要件ギャップを最小化するためのテストアプローチが必要です。	XIII. 台頭するブロックチェーン

*3：CI：Continuous Integration（継続的インテグレーション）、CD：Continuous Delivery（継続的デリバリー）

ソフトウェア開発タスクの正確性や効率性を高めるための手法や考え方。作業 → テスト → ローンチ・公開の流れを「自動化」し、日々増加する一連のタスクを滞りなく推進することで、ユーザーの要望を迅速に実現し、不具合を早期に解消し続けることができる。

An abstract graphic featuring a large, circular brushstroke pattern. The pattern is composed of concentric rings of color, including shades of yellow, orange, red, pink, purple, blue, and green. The brushstrokes are visible, giving it a textured, hand-painted appearance. A dark blue horizontal band is superimposed over the center of the graphic, containing white text.

III. 品質エンジニアリングの未来

III. 品質エンジニアリングの未来

近年、コア・モダライゼーション、デジタル・エクスペリエンス、アナリティクス、ブロックチェーン、などの新しいテクノロジートレンドが台頭してきている。これらを最大限に活用するためには、企業や組織はこれらの新しいテクノロジーが他のテクノロジーとどのように相互作用するのかを理解する必要がある。

例えば、5Gの登場により、IoT（Internet of Things）デバイスの世界では、システムによる高度なエコシステムを実現している。また、人工知能（AI）や機械学習（ML）が搭載されることも多くなっており、近年は人間の感情をシステムでどのように読み取り、処理を行うのかに注目が集まっている。

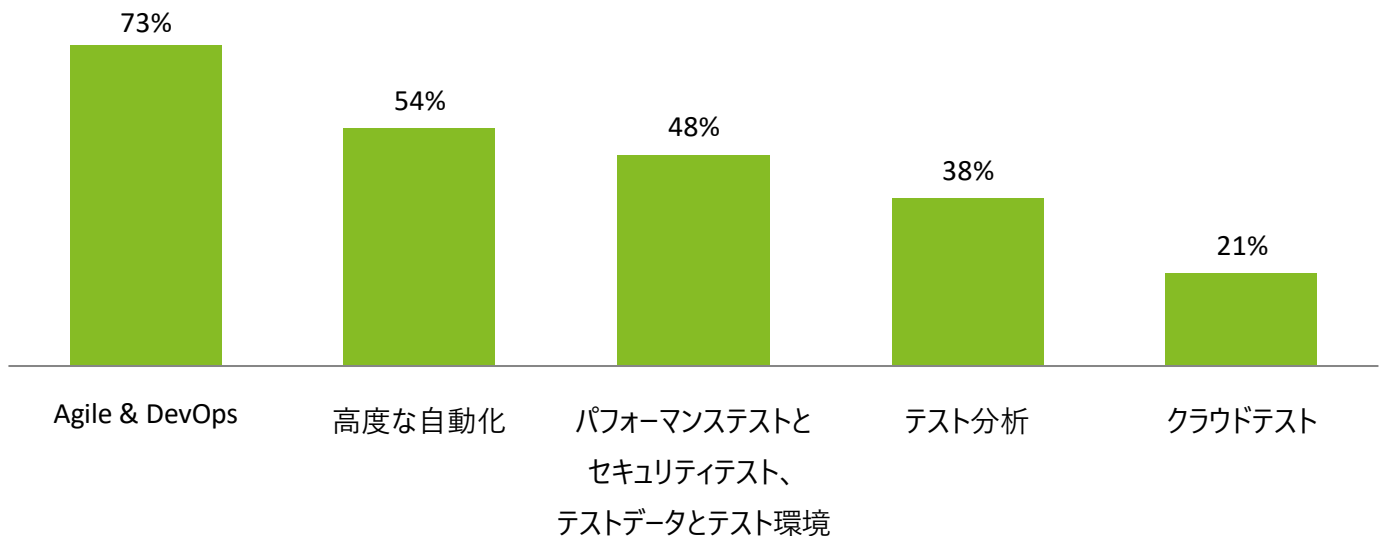
今年の「Quality Engineering Trends Report」の調査では、ITおよびビジネスリーダーが品質とテストへの投資に関して、幅広く考えていることを示している。回答者の多くは、今後1～2年の間にテストに関し様々な分野への投資を計画しているという（図4）。回答者の70%以上が「アジャイル」と「DevOps」に関心があると回答したのを筆頭に、「インテリジェントオートメーション」（54%）、「パフォーマンスとセキュリティ

のテスト」「テストデータとテスト環境」（48%）への関心がそれぞれ回答の約半数を占めている。

また、重要な機能を検証するためには、従来とは異なるテスト手法を模索する企業も増えている。例えば、クラウドテスト（Crowd Test）は、世界中に点在する複数のテスターがテストを実施するという点で、従来の手法とは異なり、さまざまなサードパーティのプラットフォームで普及している。

企業や組織は、これらのトレンドがどのように組み合わせられることで、より大きな価値を生み出し、テクノロジーを管理する新しい方法を可能にし、品質エンジニアリングに影響を与えるかについて模索している。企業や組織がデジタルトランスフォーメーションへの道を歩み続ける中で、品質への関心が、「品質のコスト（*cost of quality*）」から品質の価値（*cost of value*）へとパラダイムシフトしていることから、品質維持のための機能はサポート的なものからEnabling function^{*4}へと進化を遂げる必要がある。

図4：今後1-2年間で投資が見込まれる分野



脚注： Respondents could select multiple answers.

*4： 有効的な機能

品質エンジニアリングはすでに大きく進化しており、今では不可欠な要素と考えられている。90年代後半には、アジャイルテストや探索的テスト^{*5}など、さまざまなテスト方法論が登場したが、テストは手作業で行われていた。その後、2000年代に入り、自動化によるテスト実行に焦点を当てたアプローチが登場した。

近年では、テスト計画とテスト実行をシフトレフト^{*6}するために、企業や組織におけるテストの捉え方が徐々に変化しつつある。これは、開発の初期段階からテストに関わる活動を行うことで、課題を特定し、軽減するというアプローチである。しかし、自動化は未だに殆ど行われていない。テスト実行が自動化に大きく依存するようになった一方で、要件、設計、テストレポート作成など、他の分野では手作業が多くなっている。

外部環境がより複雑になるにつれ、ITリーダーは、テスト環境、テストデータ、テクノロジーのアップグレード要件、増大するビジネスプロセスの知見に関わる課題を解消するソリューションを求めている。企業や組織が品質エンジニアリングにおけるアプローチを刷新する際に、クラウド、IoT、ブロックチェーン、アナリティクスなどの進化するテクノロジーに対応する高度なテストメカニズムを求めているが、そこには技術的、社会経済的、財務的の面で考慮すべき重要な要因がある。

マシンの台頭

AI（人工知能）とML（機械学習）は以前から存在していたものの、殆ど活用されていなかった。しかし、最近では組織内外のデータを収集することが可能になり、AIやMLを活用してパターンを分析し、これまで以上に意味のある洞察を生み出すことができるようになった。

また、ビッグデータへの投資により、重要な意味を持つAIやMLのアルゴリズムを利用できるようになった。このように、データの価値が高まったことで、適切なデータを特定して抽出するためのより現実的なアプローチが求められている。

その結果、テストチーム内でのデータサイエンティストの必要性が高まっており、品質エンジニアはスピード、アジリティ、そしてビジネスパフォーマンス向上に必要な人材となっている。

デジタルツインの確立

デジタルトランスフォーメーションと新しいテクノロジーは、あらゆる業界の品質エンジニアリングに影響を与え続けている。さまざまな優れたテストツールが登場し、新しいアーキテクチャが構築されている。

デジタルエンティティとテスターが連携されたエコシステムにより、更に高い成果を得ることができる

デジタルツイン^{*7}は、テストの在り方を根本的に変えることが期待されている。デジタルエンティティとテスターが連携されたエコシステムにより、更に高い成果を得ることができる。また、デジタルツインは、従来自動化されていたテストだけでなく、要件、設計、さらにはテストレポートの作成にも応用される。

ユーザーエクスペリエンスへの貢献

製品サービスに対するユーザーの期待はこれまで以上に高まり、変化し続けている。テクノロジーの進化により、かつては空想だったものが現実のものとなったため、企業や組織にとっては製品サービスとユーザーのあらゆる接点において、ユーザーのより細かい感情の変化を捉えることが重要になっている。ユーザーの特定の行動を、分析し、パターン化することでユーザーエクスペリエンスの進化に大きく貢献する。

また、ユーザーエクスペリエンスを最適化するには、変化するニーズに合わせて継続的な微調整が必要となる。そのためには、季節的・周期的な変化を考慮したデータの考察を含む、より高度な品質エンジニアリング技術が重要になる。

^{*5}：あらかじめテストケースを用意せずにテストを行うテスト手法。事前に固定的にテストケースを定義するのではなく、ソフトウェアの振る舞いを見ながらテスト実施者が柔軟にテストの内容を作成、調整する。効率的にバグを発見できるなどのメリットがある。予めテストケースは用意しないが、テストチャーター（テストの目的を完了できたと判断するための指針）を作成する、テスト設計やテスト記録などを同時に行いながら実行する、などの特徴があり、モンキーテストとは異なる。

^{*6}：開発ライフサイクルの早期の段階でドキュメントレビューなどの静的テストを通してフィードバックを実施することでテスト工程における要件や仕様、設計書の確認といった工数の削減や要件・仕様の認識齟齬による手戻りの防止に寄与するテスト活動

^{*7}：物理空間をデジタル空間に再現するテクノロジー

テスト自動化の進化

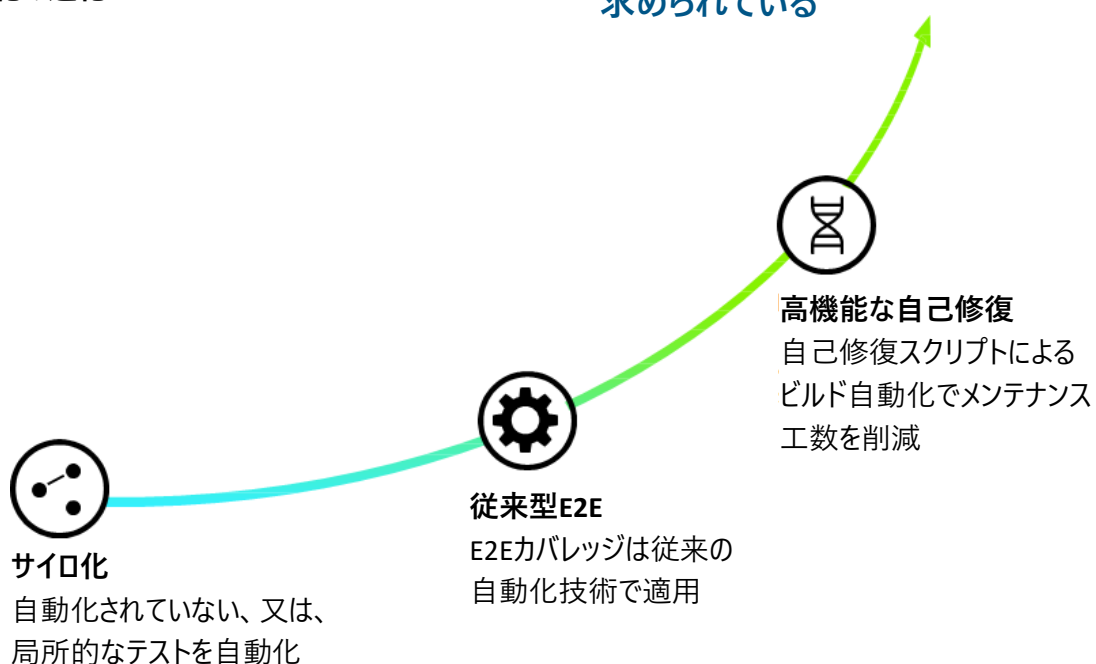
テスト自動化へのアプローチも変化している。手動テストから自動テストへの移行は数年前から開始されているが、既存ツールやプロセスの限界により、テスト自動化は完全に普及していると言えない。テスト自動化の機会を最大限に生かすためには、従来の手法から新しいアプローチへ移行する必要がある。

インテリジェントオートメーションツールは、自動化における主要な問題の1つであるスクリプトのメンテナンスを不要にする自己修復機能を備えることが可能となっている（図5）。タッチレス・オートメーションは、テスターとビジネス・ユーザーの両方が、コーディングを気にすることなくテストケースを自動化できるため、人気を集めている。

このことから、調査回答者の半数以上が、今後1～2年の間に投資すべき重要な分野としてインテリジェントオートメーションを挙げたことは驚くべきことではなく、当然の結果である。

企業や組織は投資配分を再検討する中で、要件管理からレポート作成までの各フェーズをデジタルエンティティで連携することで、よりシームレスで統合されたテストライフサイクルアプローチへと徐々に移行している。

図5：自動化の進化



出所： Deloitte analysis.

継続的テストとの統合

今日のアジャイル環境では、より広範なパイプラインとの継続的な統合に続いて、スプリント内での開発と実行が重視されており、ソフトウェアの開発、テスト、デプロイメントのすべての面で、従来のウォーターフォール型やハイブリッド型のアプローチからの脱却を図る必要がある。

進化するユーザーニーズに対応するためにリリースサイクルが短縮化されていく中で、新しいDevOpsのプラクティス、ツール、プロセスは、ソフトウェア開発ライフサイクルの重要な一部となっておりつつある。継続的テストは、継続的なデリバリーの実現を目指す開発組織にとって必須となっているDevOpsのトレンドの一つとなっているのである。

Gartner社は、継続的テストの目的を「ソフトウェアのリリースに関連するビジネスリスクに対して即時のフィードバックを得ることである」（巻末索引1）としている。これは、従来のテストやQAに対するアプローチとは全く異なるものである。現在、多くの企業が継続的テストを重要視しており、開発サイクルの最後にテストを行うという旧来のやり方から脱却しつつある。

ソフトウェアの開発、テスト、デプロイメントのすべての面で、従来のウォーターフォール型やハイブリッド型のアプローチからの脱却が求められている

クラウド活用拡大で求められるセキュリティ

多くの企業や組織にとって、クラウドへの移行は順調に進んでおり、一部の企業では完全に移行を完了している。現在、90%以上の企業が自社のIT環境の少なくとも一部をクラウド化しており、その勢いは留まるところを知らない。(巻末索引2)

実際、2020年にはパブリッククラウドとプライベートクラウドへの支出がそれぞれ約50%と7%ほど増加しており、IT支出全体に占めるクラウドへの投資の割合は今後も増加すると予想されている。(巻末索引3)

クラウドは、テストにおける従来の役割、特にセキュリティテストに関連する役割を再構築することを余儀なくしている。アプリケーションやデータが外部の場所でホストされるようになると、データセキュリティはクラウド上では重要な要素となる。データ・セキュリティテストでは、ハッカー、ウイルス、不正ログインなどの脆弱性からデータやリソースを保護するシステムの能力を評価する必要がある。

セキュリティテストでは、データの保管状態と転送中のデータに関するテストの違いを明確にし、定義する必要がある。サイバーセキュリティテストでは、通常は検出されない可能性がある脆弱性を特定するセキュアコードレビューに対しても実施する必要がある。

テストの価値を高めるデータの重要性

テストの価値を最大限に高めるためには、クリーンなテストデータの生成が不可欠である。しかし、これは多くの企業や組織における対応は不十分だ。これには2つの要因が考えられる。

- **異なるテスト環境間でのテストデータのポータビリティが限られている**ため、作業が複雑になり、時間とリソースを追加投資するモチベーションが失われている。
- **テストチーム専用のテスト環境がない**ため、多くの組織が共有環境でテストを行う傾向にあり、その場凌ぎの取り組みになってしまっている。

企業や組織は重要なビジネスシナリオを効果的に検証するために意味のあるテストデータが不可欠であることを認識している。しかし、テストデータを作成するために何百万件ものデータを精査することは困難であり、適切なデータセットを得るための効果的な方法が求められている。

企業や組織は、クラウド上でデータストレージ、処理、分析を行うData as a Service (DaaS: サービスとしてのデータ) の活用を含め、データ生成とデータ移行のアプローチを改善するための様々な方法を検討する必要がある。

本章のまとめ

5GやIoTなどの革新的なテクノロジーの出現により、AI（人工知能）やML（機械学習）の無数のユースケースが考えられるようになってきている。新たな機会を利用し、それらに対応するためには品質に求めるものを、"品質のコスト (cost of quality)" から "品質の価値 (value of quality)" へとパラダイムシフトさせることで、品質をサポート機能からEnabling functionへと進化させる必要がある。デジタルツイン、インテリジェントオートメーション、CI/CD、クラウドセキュリティ、テストデータ生成など新しいテクノロジーを適用して市場で競う企業や組織は、内部と外部の両方の脅威に対して注意を怠ってはならない。



IV. インテリジェントオートメーション

IV. インテリジェントオートメーション

これまでモバイル、クラウド、マイクロサービス、AIとML、ブロックチェーンといった分野のトレンドが、従来のテスト手法に変革をもたらしたことを示してきた。しかし、アジャイル開発の採用によりソフトウェア開発のライフサイクルは加速している中、そのペースに合わせ、テストを仕上げていくことは非常に難易度が増している。また、継続的開発には継続的テストが必要となるが、ほとんどの組織は依然として手動テストに依存している。自動化抜きには、リードタイム、工数に関しては、現実解を取りえないにも関わらず、だ。

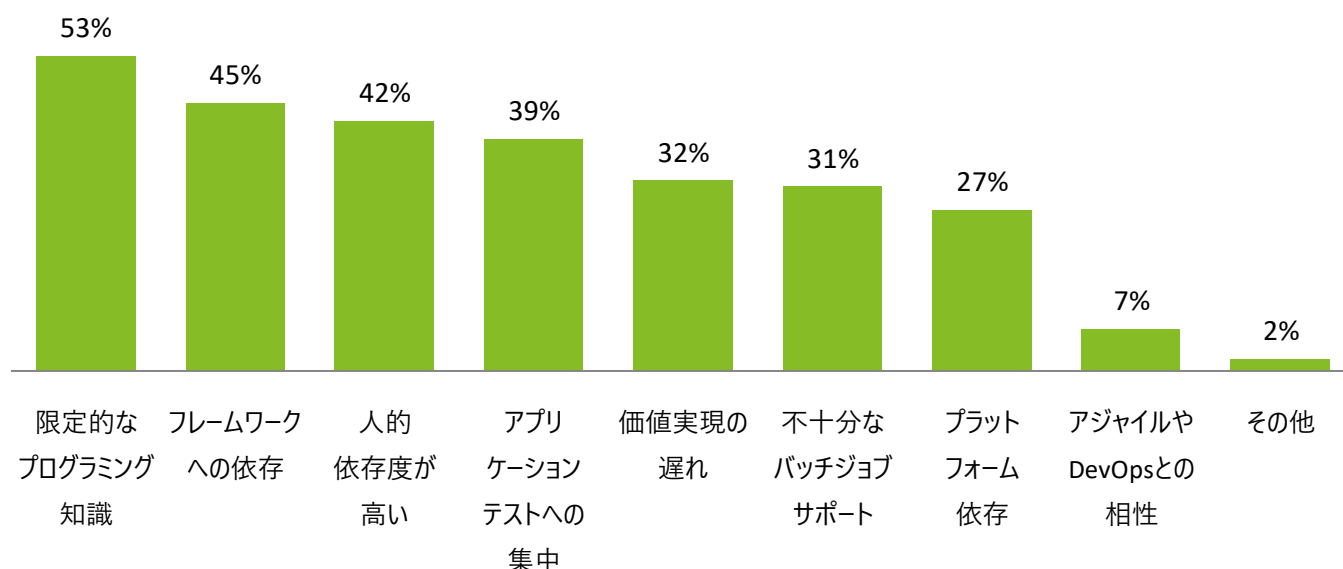
これまでのテスト自動化といえば、テストプロセスにおいて工数の半分以上を占めるテスト実行の自動化であり、要件分析やテスト設計などの自動化には取り組んでいなかった。しかし、AI（人工知能）とML（機械学習）の進歩により、テスト実行以外の自動化も可能となってきた。今こそ、企業や組織はAIとMLを活用したデジタル・テスター（ボット）を導入し、テストプロセスの大幅な自動化に取り組むべきである。

テストプロセスの進化とその課題

過去20～30年間におけるテストプロセスの進化において生じている重要な課題について特筆すべき点を列挙する。

- **テストライフサイクルにおける限定的なテスト自動化とメンテナンス作業の増加**：テスト自動化は20年以上前から行われてきたが、当初はアプリケーションのリグレッションテスト（回帰テスト）の実行に限定されていた。この維持管理には多くの工数が必要となっている。
- **進化するテクノロジー**：絶え間なく進化するデジタルテクノロジーは、継続的インテグレーション／継続的デリバリー（CI/CD）や迅速なテストフィードバックの必要性を生み出してきた。テストプロセスには、API、サービス仮想化、自動化を活用した変革とシフトレフトが求められている。
- **マーケットインまでのスピード**：製品サービスを素早くローンチすることが求められる中、テストに時間をかけていたのでは、開発スピードが鈍化してしまう。このことは、繰り返し可能なテスト・タスクの自動化に取り組む好機ととらえないといけない。

図6：現行のテスト自動化ツールやソリューションに見られる組織の課題



脚注： Respondents could select multiple answers.

- **テスト・ガバナンス**：多くの企業や組織には、多彩なガバナンスと多様なレポートが作成されているが、ビジネス・ユニット間で一貫性のある標準化されたメトリクスやKPIが設定されていないのが実情である。このことはテストプロセスにも、プロセスの改善を促すような即時性と示唆に富んだレポートの作成が欠けていることを示している。

デロイトの調査では、テスト分野におけるテクノロジーの進化に伴う課題に関し、プログラミング知識不足（53%）、フレームワークへの過度な依存（45%）、テスト実行の自動化を推進できるリソースの確保（42%）がトップ3として挙げられている（図6）。

デジタル・テスターの登場

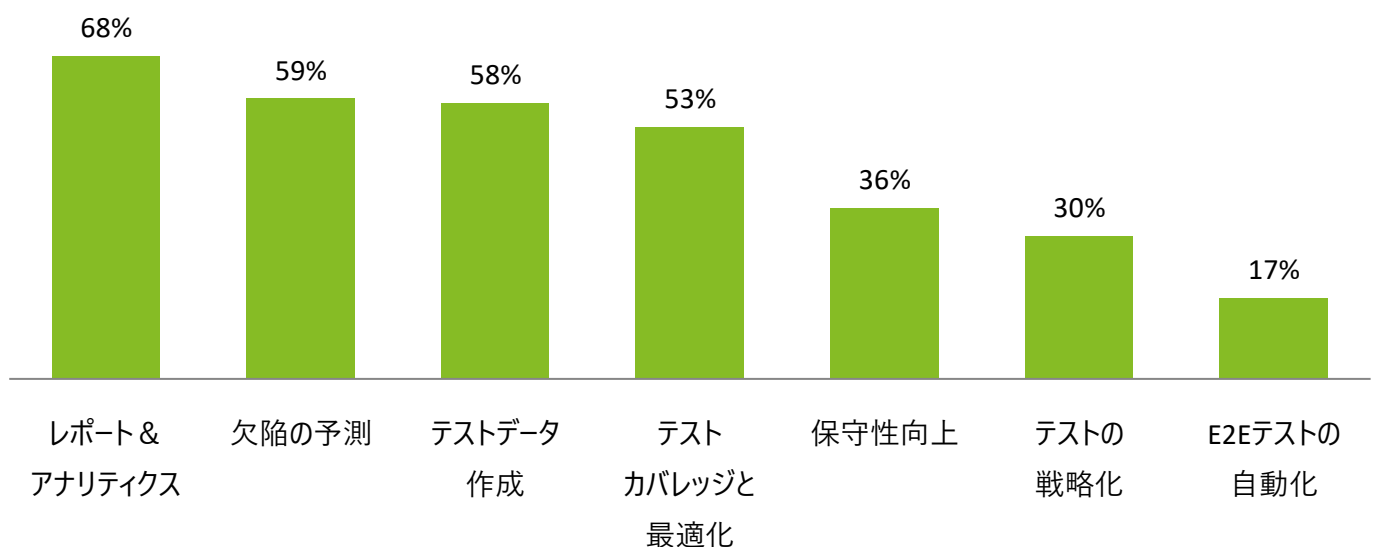
要求分析やテスト設計、自動化されたテストスクリプトのメンテナンス、テストのレポート作成など、テストライフサイクル全体においては様々な反復的な手動タスクがあり、これらがテスト担当者の時間を浪費している。これらのタスクの多くは、AI（人工知能）とML（機械学習）を活用したデジタル・テスターにより自動化が可能となっている。デジタル・テスターは、ソフトウェアテストのライフサイクルにおける人的リソースの削減を目的とした高度な自動化テクノロジーである。

将来的には、テストライフサイクルのアクティビティの大部分をボットが実行し、戦略的なタスクを人間のテスターが担うなど、高度な品質エンジニアリングの大部分をデジタル・テスターがサポートすることになるだろう。デジタル・テスターは、AI（人工知能）やML（機械学習）がテスト自動化に与えている影響の一部に過ぎない。Gartnerの予測によれば、2022年までにアプリケーション開発プロジェクトのうち、40%のプロジェクトでテストアセットの構築、最適化、実行の領域で、AIが支援するテストツールを使用するようになる⁴⁾とされている。

将来、品質エンジニアリングを担うリソースの大半をデジタル・テスターが担うだろう

デロイトの調査では、品質エンジニアリングのプラクティスにおいてコグニティブテクノロジーに対する影響には様々な期待があることを示している（図7）。レポートと分析の改善（68%）、欠陥予測（59%）、テストデータ生成（58%）、テストカバレッジ（53%）など、全て一般的な予測であった。デジタル・テスターは、ライフサイクルのさまざまな段階に組み込むことができ、これらのユースケースの多くに適用できる。以降でそれぞれのフェーズについて解説する。

図7：品質エンジニアリングにおけるコグニティブ技術が大きな影響をもたらす領域



脚注： Respondents could select multiple answers.

要件分析

AIテクノロジーとコンテキスト認識アルゴリズムを用いた要求分析とテスト設計は、デジタル・テスターに組み込まれている。このプロセスはユーザー観点到焦点を当てた洞察に基づくものになる。

- **ユーザー・ストーリーと要件**：テスト管理ツールと合わせて、要件を抽出・分析し、手動テストのシナリオとケースを設計することで、テスト自動化を実装する。
- **エンドユーザーのセンチメント分析^{*8}**：ML/NLPテクノロジー^{*9}を活用し、エンドユーザーのフィードバック調査結果データ、本番インシデントチケット、ソーシャルメディアフィードバックを分析、自動化し、その結果をテストケース設計に活かす。
- **高度化したテストプラン**：要求と事前に定義されたタスクに基づいて作業計画やタスクを自動生成し、進捗状況をビジュアルにダッシュボードにレポートする。

テスト設計

- **高度なリグレーションテストカバレッジ**：要求スコープに基づいて、AI（人工知能）とML（機械学習）を使用することで、既存のテストスイート^{*10}を分析し、テストケースへの影響、テストケースを新規に作成するための差異の抽出、不要となるテストケースの特定を行う。また、コード・カバレッジ分析を実行することにより、影響する領域を特定し、テスト実行を極小化する。

- **自動実行と自己修復フレームワーク**：AIとMLを使用して、変動するWebオブジェクトのプロパティを事前に特定し、テスト実行中にテストスクリプトを自動的に修正し、テストを中断せずに実行できるようにする。
- **APIテストの自動生成とサービス仮想化**：バックグラウンドトラフィックを監視・分析し、出現パターンとPAI同士の相関関係を分析し、統合的に自動化されたAPIテストを設計・実行する

テストデータ、実行、および欠陥管理

AI（人工知能）やML（機械学習）が組み込まれた自動化は、実行されるテストセット^{*11}全体をスキャンし、クライアントの機密性を確保するためにPHI（保護対象保健情報）やPII（個人情報）を識別しながらテストケースを実行するためのデータ要件を特定する。

実装後は、環境構成、デプロイ、欠陥など、アプリケーションの変更をアクティブに検知するとともに、実行するテストケースのセットを識別して優先順位付けを行い、テストデータを生成し、自律的に実行してテスト結果を提示することが可能となる。テストセットが実行されると、検出された欠陥は欠陥管理ツールに直接記録され、適切な開発者にアサインされ、メールで連携される。

AI（人工知能）とML（機械学習）を利用した継続的インテグレーションによって、デジタル・テスターは、過去の教訓から学ぶことが可能となり、より一層スマートにテストを進めることができる。

^{*8}： Web上に存在する口コミやブログの書き込み、SNSの投稿などのテキスト情報から個人が抱いている感情を分析する手法

^{*9}： Neuro Linguistic Programing（神経言語プログラミング）の略称

^{*10}： テストの目的や対象ごとに複数のテストケースをまとめたもの。テストケースの中には、あわせて実行した方が効率よくバグを発見できる組み合わせがある場合がある。このようなテストケースをグループ化したものを指す。

^{*11}： テスト対象のコンポーネントまたはシステムのためのいくつかのテストケースのセット。一つのテストの事後条件は、次のテストの事前条件としてよく利用される。

テストレポートとメトリクス

自動化されたレポートと連携したダッシュボードは、インテリジェントオートメーションの重要な機能の1つである。リアルタイムダッシュボードのレポートは、示唆や推奨事項の提示、レポートの標準化および最適化により、品質エンジニアリングの組織を強化する。

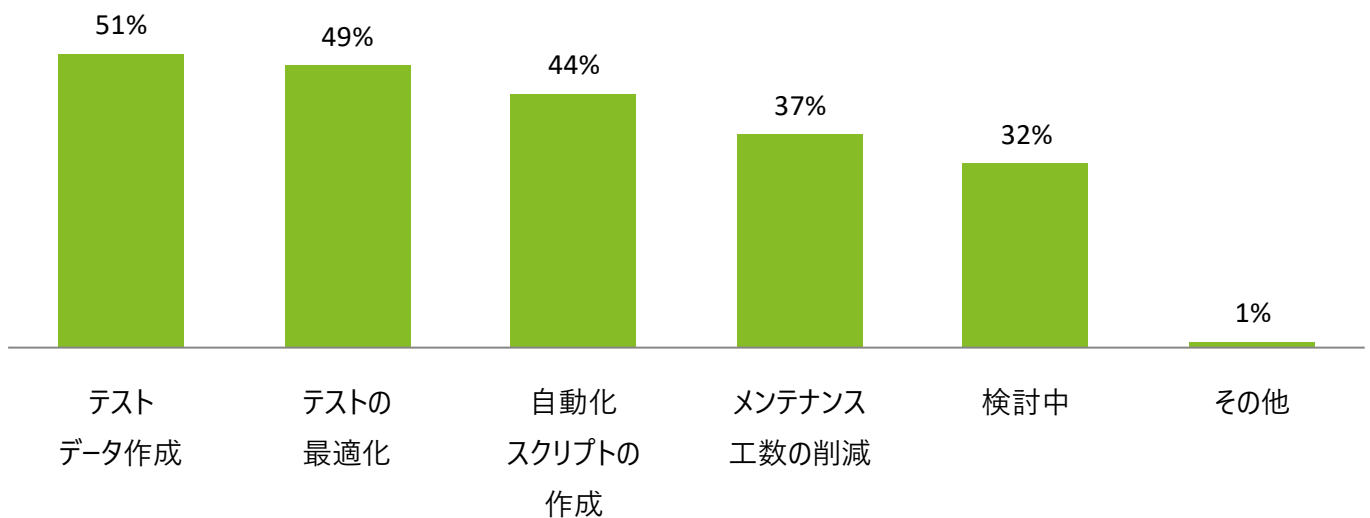
- **統合されたレポートハブとカスタムレポート:**ビルトインされているレポートやダッシュボードとは別にリアルタイムによるテストレポート生成によりカスタムレポートやチャートを作成する機能を自動化すべきである。
- **アプリケーション障害に関する示唆:**テストレポートやその他のパラメータを継続的に分析することで使用状況や障害パ

ターン、典型的なシステム動作や異常動作など、有用な示唆を提供できるようにする。

- **チャットボット駆動のステータス更新:**ステータスレポートの自動化により、テストリードがテスト戦略やアーキテクチャ、マネジメント活動に注力する時間を確保しつつ、透明性を高め、リアルタイムのレポートを作成することができるようになる。

品質エンジニアリングにおいてコグニティブ技術を既に採用している回答者のうち、半数以上がテストデータの生成に使用している（図8）。また、メンテナンス作業の軽減で使用している回答者は37%と低いことから、ここに成長の余地があることを示唆している。更に、回答者の32%が未だ模索段階にあると回答している。

図8：品質エンジニアリングとソフトウェアテストにコグニティブ技術を適用しているテスト領域



脚注： Respondents could select multiple answers.

本章のまとめ

急速に変化するデジタルランドスケープ、主要な開発手法としてのアジャイルの広範な採用など、テストを取り巻く環境変化により、市場投入までの時間短縮を実現するやり方を考えなくてはならなくなった。要件分析、テスト設計、実行など、テストライフサイクルにおける多くの反復的なタスクは、AIとMLによって駆動されるデジタル・テスターの助けを借りて自動化できるようになった。将来、質の高いエンジニアがデジタル・テスターに支えられ、ボットがライフサイクルのテスト作業の大半を行い、人間のテスターはより機械ではできない、戦略的タスクを担当するようになるだろう。



V. アジャイル、DevOps、CI/CDにおける新潮流

V. アジャイル、DevOps、CI/CDにおける新潮流

アジャイル、DevOps、そして、CI/CD（継続的インテグレーション／継続的デリバリー）は、現代のソフトウェア開発プロセスの三本柱であり、急速に変化する環境でソフトウェアのリリースを成功させなければ組織の規模に関わらず、以下の原則をソフトウェア開発の中核に置く必要がある。

「品質改善のための検査は遅すぎるうえに、効果が無く、費用がかかる。品質は検査からではなく、生産工程の改善から始まる。」

– Dr. W. Edwards Deming（巻末索引5）

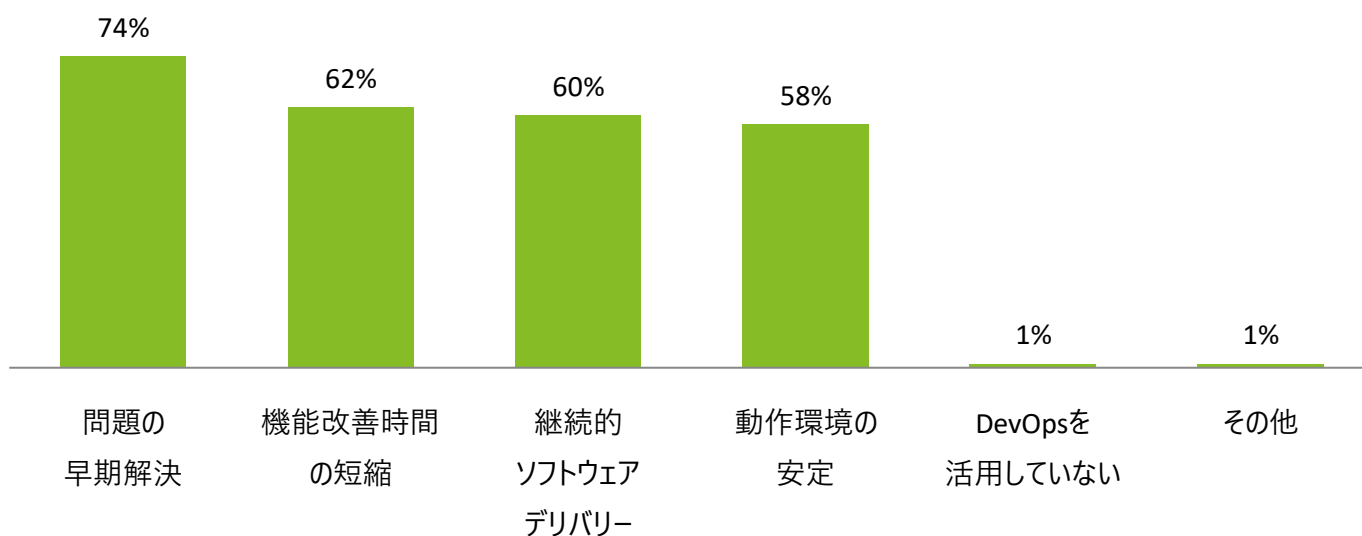
新しい方法論を採用する際には、品質を高める仕組みを開発ライフサイクルに完全に統合することも重要である。特に、より早くソフトウェアの価値を高め、より大きな顧客満足度を達成するためには、アジャイルとDevOpsをソフトウェア開発プロセスに組み込む必要がある。

アジャイル、DevOps、CI/CD採用の動き

アジャイルやDevOps、CI/CDによる成功事例が、さまざまな業界で語られることで、これらの採用を後押ししている。Gartnerの調査では、2023年までに75%の組織が製品開発のためにアジャイルを採用すると予測している。（巻末索引6）また、今後1～2年間の品質向上のための投資対象として、アジャイルとDevOpsが選ばれていることが示されている（図4）。

これらの結果より、アジャイルとDevOpsを採用する方向への加速が明らかであり、シフトレフトのアプローチや自動化された継続的テストのような品質管理の施策が必要になっている。組織は、アジャイルとDevOpsのプロセスを再評価して、テストの有効性を最大化し、真の継続的テストを可能にするために自動化戦略を洗練させる必要がある。

図9：DevOpsの導入により実現したメリット



脚注： Respondents could select multiple answers.

アジャイル、DevOps、CI/CDは急速に進化・拡大している

アジャイルとDevOpsは、ビジネスリーダー、開発者、IT運用スタッフを横串チームとして統合し、高度な自動化テクノロジーと合理的に協働することにより、ソフトウェア開発を変革する。デロイトの調査では、DevOps導入によって、問題の早期解決（74%）を実現することができ、安定した効果を得ていることがわかる（図9）。他にも、市場投入までの時間の短縮（62%）、継続的なソフトウェア配布（60%）、より安定した運用環境（58%）の効果を感じている回答者も多く、回答者の99%がDevOpsを採用していると回答した。大規模なDevOpsによって、企業はソフトウェアの欠陥を大幅に減らし、製品をより早く市場に出すことができる。これは持続可能な競争優位につながる。

アジャイルマニフェストが作られてから20年、アジャイルは様々な役割で用いられ、業界全体で進化し普及し続けている。ソフトウェア開発やIT部門以外ではアジャイルの仕組みを利用した監査、予算編成、人事といった分野にも拡大しており、製造業、小売業、エネルギー産業などが積極的に投資している。

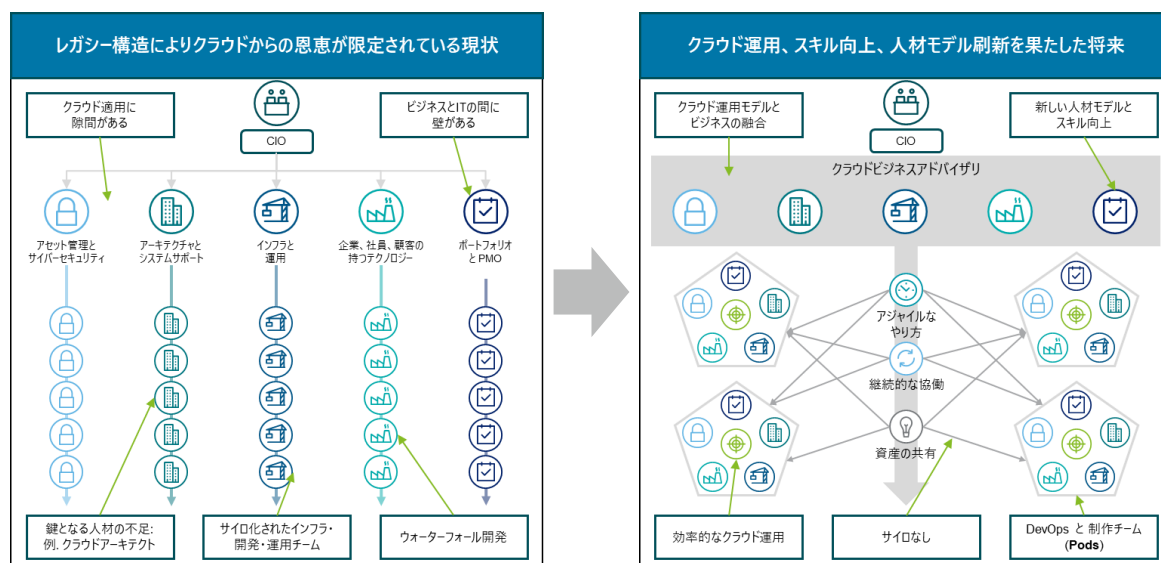
CI/CDは今や、ソフトウェアの開発とデリバリー提供に対する単なるアプローチではなく、クラウドネイティブなアプリケーション

をデプロイする上で不可欠で分離不可能な要素となっており、開発がCI/CDメソッドと統合されるとより堅牢になる。例えば、AmazonやNetflixのような企業は、DevOpsやCI/CDプロセス、自動化をあらゆる段階で利用し、1日に何千回もコードをデプロイしている。

従来のソフトウェア配布方法では、クラウドネイティブのスピードでデリバリーするには不十分である。コンテナ、マイクロサービス、サービスメッシュ、仮想マシンを利用した、プライベート、パブリック、およびハイブリッドクラウドインフラストラクチャ上で動作するスケーラブルなアプリケーションが広く求められている。アジャイル、DevOps、CI/CDに最適化された人材モデルの再構成と育成は重要な課題である。（図10）

Pods（クラウドビジネスアドバイザリを通してサービス開発と運用を実現する、アセット管理・サイバーセキュリティ、アーキテクチャ、インフラ運用、テクノロジー、ポートフォリオ・PMOの要素を持ち合わせたDevOpsとProduct混成チーム）は、組織全体で勢いを増しているモデルの1つである。（図10）。Podsは自己完結型の自己組織型チームであり、製品の反復的なデリバリーを完全に所有し、管理するさまざまな能力を備えている。Podsに専門的で補完的なスキルを持つスタッフを配置することで、意思決定の大幅な向上、製品への集中、製品の迅速な構築・テスト・リリースが可能になる。

図10：レガシーな状態からクラウド対応の組織への移行



出所： Deloitte analysis.

品質エンジニアリングとアジャイルであるための技術

品質管理チームは、より少ない人的資源でより短い時間でテスト活動を完了するという課題を常に抱えている。プロジェクトのスケジュールが崩れると、テスト活動の範囲と期間が最初に削られることが多く、品質に影響を与える可能性があるが、高パフォーマンス、拡張性、安全性、機能性を備えたシステムへの期待値として、高品質であることは妥協できないものになっている。アジャイルとDevOpsの実践は、この課題を緩和するために役立つかもしれないが、この課題を解決するのが簡単だということではない。組織がアジャイルとDevOpsで直面しているテストの課題に関する調査結果（図11）では、組織文化（56%）、技術的に有能なリソースの必要性（46%）、継続的なテストアプローチによる課題（46%）が多くなっている。

アジャイルテストの目標、テストスケジュールの制約、厳しいパフォーマンス要件をより良く管理する様々なテクニックがある。この後、それらを紹介する。

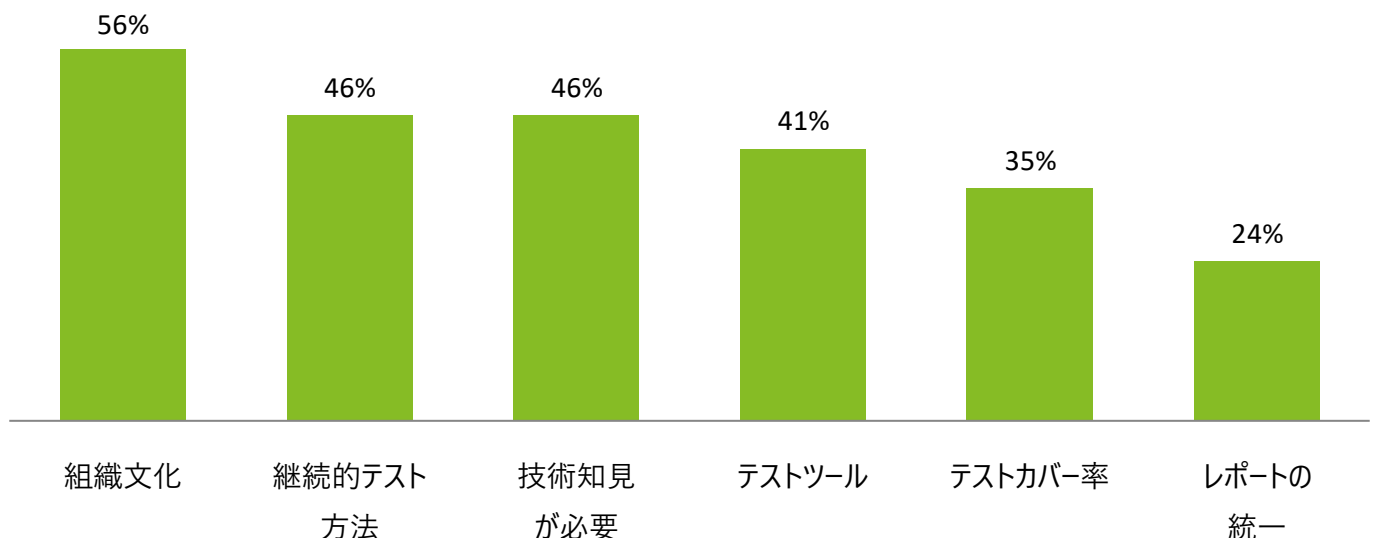
アジャイルテストの重要なテクニック

スプリント内のテスト自動化は、アジャイルソフトウェア開発プロセスの不可欠な部分であり、開発サイクルが短く、要件が頻繁に変更され、短い時間内にテストを計画し、実行する必要がある場合に役立つ。ここでの目的は、同じスプリント内でアプリケーション開発と並行して自動化テストスクリプトを開発し、実行することである。スプリントが完了すると、自動テストはリグレッションテストスイートの一部になる。

TestOps（シフトライト）の方法論は、アプリケーションライフサイクルのリリース前とリリース後のフェーズ（すなわち、本番環境でのテスト）で、より多くのテストを促進する。企業や組織は、市場投入までの時間を短縮するために、許容可能な品質レベルを定義し、迅速な修復アプローチを活用することで、欠陥に対処したり、変更をロールバックしたりすることができる。

テスト駆動開発（TDD）は、実際のソフトウェアを開発する前にテストコードを作成するという、開発の進化的アプローチである。このアプローチは、開発者がテストに合格するためにコードをリファクタリングするのに役立ち、その結果、主にテスト要件を満たすことに焦点を当て、開発作業を最小限に抑えることができる。テストが事前に開発されるため、リグレッションテストに割り当てられる時間も大幅に削減される。

図11：DevOpsで直面したテストの課題



脚注： Respondents could select multiple answers.

ビヘイビア駆動開発（BDD）は、プロジェクトのステークホルダー間の事前コミュニケーションを促進することである。これにより、全てのメンバは開発プロセスの前に各機能を理解することができる。BDDでは、テスター、開発者、およびプロダクトオーナーが協力してシナリオを作成するため、ビジネス・チームと技術チーム間の強力なコラボレーションを促進し、プロジェクトの進行状況の可視性を向上させる。BDDを使用することで、ステークホルダーは、ユーザー・ストーリーの作成からソフトウェアのテストとデプロイメントの成功に至るまでの製品開発のライフサイクル全体を通して、曖昧さを削減することができる。

A/Bテスト（スプリットテスト）では、同じWebページまたはモバイル画面の2つの選択肢をWebサイト訪問者の異なるターゲットセグメントに同時に表示し、どの選択肢がより多くのコンバージョン（Webサイト運営や広告出稿の目的となる購入や資料請求などの特定のアクションを訪問者がとること）を促進するかを比較する。一般的にA/Bテストでは、より成果を出す選択肢を採用することになるため、結果としてアプリケーションの最適化に役立つ。A/Bテストでは、早期のフィードバックによって、エンドユーザーが好む最小限の実行可能な製品を速やかに提供できる。よって、組織は仮説を構築し、ユーザーからのフィードバックを学習し、より迅速に改善するサイクルを構築することができる。

APIテストは、APIの機能、信頼性、パフォーマンス、およびセキュリティの検証に役立つ。APIテストにおいては、アプリケーションロジックをテストする際には、標準のユーザー入出力に依存する代わりに、Graphical User Interface（GUI）を使用せずにメッセージレイヤで実行される。これは、頻繁な変更や短いリリースサイクルのために、GUIテストが不可能なシナリオでアプリケーションロジックの検証を行うのに役立つ。APIテストは、機能テスト、セキュリティテスト、および負荷テストを含むテストの多くの側面をカバーする。

ドッグフーディングは、ローンチ前に製品を繰り返し改良するための内部で実施するβテストである。プロダクトのクリエイターと従業員をユーザーの立場に置いて、ユーザーが実際に直面するだろう問題や欠点を直接体験できるようにすることが狙いである。この技術は、品質を向上させ、成熟前に発売された製品に対する市場の好ましくない反応を防ぐことに役立つ。これは、ソフトウェア開発、製造、およびその他の業界に関係する組織で一般的となっている。組織全体のUXに対する意識を高め、コスト（潜在的な保証など）を大幅に削減できる。

本章のまとめ

アジャイル、DevOps、CI/CDの方法論は、開発、テスト、ビジネス・チーム間のコラボレーションを促進する。これらの主な目的は、**ソフトウェア開発を加速し、製品品質を向上させ、ソフトウェアデリバリー提供プロセスを自動化すること**である。これにより、組織は急速に変化する市場環境に対応し、競争優位を獲得し、成長を促進することができる。これらの目標をサポートするために考慮すべきアジャイル手法には、**スプリント内の自動化、TestOps（シフトライト）、テスト駆動開発（TDD）、ビヘイビア駆動開発（BDD）、A/Bテスト、APIテスト、ドッグフーディング**などがある。



VI. クラウドの選択、クラウドのテスト

VI. クラウドの選択、クラウドのテスト

優れた組織を構築するには、可用性・ビジネス継続性・ビジネスの俊敏性と拡張性をバランス良く維持するアプローチが必要である。クラウドはこれらの要素全てに対応するとともに、コスト効率性においても優れている。クラウドの採用は今後も劇的に増加していくだろう。Gartnerの調査では、2021年には世界のエンドユーザーによるクラウドサービスへの支出が、2020年から18.4%増加し、3050億ドルに達すると予測している。さらに、世界のIT支出におけるクラウドへの移行の割合が、2020年には9.1%だったのに対し、2024年には14.2%になると予測している。（巻末索引7）

デロイトの調査で、クラウド移行計画について尋ねた結果（図12）、回答者の60%は、アプリケーションの11%以上をすでにクラウドに配置しており、50%以上のアプリケーションをクラウドに配置しているとした回答者は全体の25%に達している。また、回答者の98%がクラウドの利用を計画している。このようにクラウド技術を採用しようとする熱意が高まっている一方で、「ビジネスリスクを軽減しながら、クラウド移行を効果的に進めるにはどうすればよいか?」という疑問が抱えている方も多いのではなかろうか。

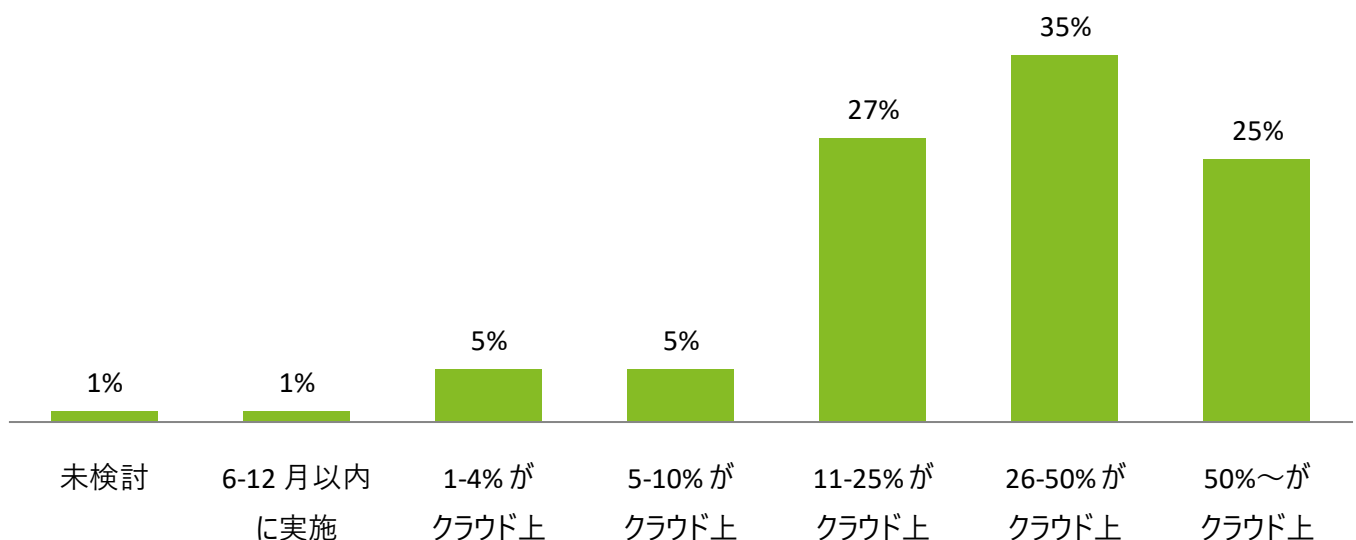
品質エンジニアリングは、クラウドへの投資を最大限に活用し、クラウドエクセレンスを実現するために最も重要な要素の1つである。クラウドは、より効率的で継続的なテストを可能にするツールを用いて、品質エンジニアリング機能の適応と加速の支援をしてきた。しかし、クラウド導入モデルには多くの選択肢が存在するため、クラウドにおける品質エンジニアリングは複雑なプロセスとならざるを得ず、適切に設計されたアプローチが必要となる。既存のツールを“CloudOps”や自動化技術と統合することが重要となる。

クラウドへの移行には、適切に計画された移行戦略と考え抜かれたテスト戦略が必要になる。クラウドへの移行をガイドするために、さまざまなクラウド導入モデルに対応できる、堅牢なテスト戦略を作成する方法について本章で説明する。

クラウド移行モデル

ユーザーのニーズを満たすために、クラウドにはさまざまなサービスモデルや導入モデルが登場している（図13）。

図12：クラウドへのアプリケーション移行度合い



クラウドサービスモデルは、クラウドプロバイダーが提供するさまざまなパッケージ化されたITリソースの組み合わせを表す。これらを組み合わせることで、異なるレベルの制御、柔軟性、管理を実現していく。

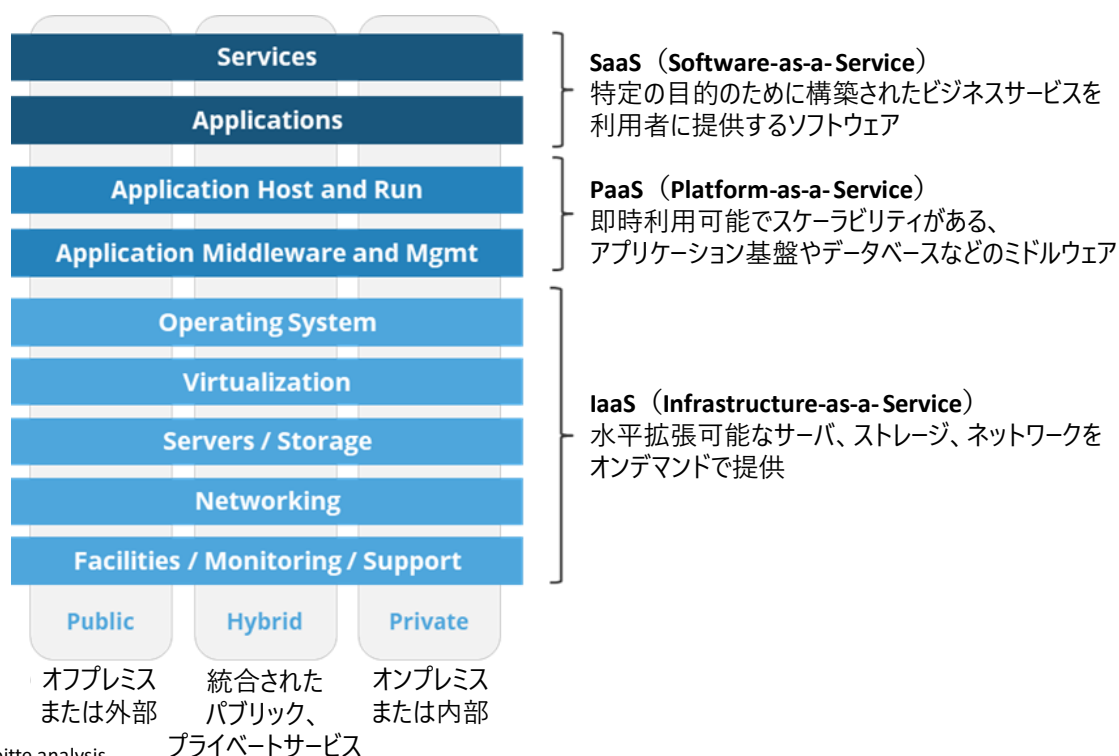
クラウド導入モデルとは、クラウドサービスをユーザーがどのような環境で利用できるかを取り決めた環境設定のことである。

サービスモデル

(通常はサブスクリプションを通じて提供される) :

- **Infrastructure as a Service(IaaS)**は、クラウドプロバイダーが提供するサーバーに、使用者の従来のアプリケーションをインストール可能にし、アプリケーションソフトウェアとハードウェアの両方を使用者が管理する。
- **Platform as a Service(PaaS)**は、ベンダーがハードウェアの導入、ソフトウェアのインストール、および構成の管理を行い、使用者はソフトウェアの管理、調整、および最適化を担う。
- **Software as a Service(SaaS)**は、APIまたはWebを介してリモート環境にインストールされているアプリケーションに使用者がアクセスする。
- **パブリッククラウド**は、コンピューティングおよびストレージリソースをインターネット経由で使用者に提供する。最も広く利用されているクラウドサービスであり、ハードウェアの構築やメンテナンスにかかるコストを削減する。
- **プライベートクラウド**は、優れたセキュリティと制御を提供する。このモデルは、特定の組織のビジネスニーズに応じた、環境構成および管理に特化している。
- **ハイブリッドクラウド**は、パブリッククラウドモデルとプライベートクラウドモデルをシームレスに連携し、2つのプラットフォームを利用できるものである。このモデルは、厳格なデータプライバシー制約を課せられながら、ビッグデータ分析を行うようなバランスをとる必要があるビジネスに強く推奨される。
- **コミュニティクラウド**は、複数の異なる組織が同じアプリケーションを共有して使用できる、共同マルチテナントプラットフォームである。

図13：クラウドサービスとデプロイモデル



出所： Deloitte analysis.

品質エンジニアリングに関するクラウドの影響

稼働中のアプリケーションをクラウドに移行する際のビジネスリスクを軽減するために、リアルタイム環境をコピーした社内テスト環境を構築し、維持する必要がある。クラウドでのテストでは、クラウドコンピューティングインフラストラクチャを活用することで、コンピューティングの単位コストを削減しながら、テストの有効性を高めることができる。

クラウドテストは、CI/CDや継続的テストなどの新しいテクノロジーと、自動化テストの効率化、インテリジェントテスト戦略等の組み合わせを活用して、品質エンジニアリングの分野の革命児として登場した。クラウドコンピューティングと、人工知能および機械学習の進歩は、品質エンジニアリング分野を加速させた。

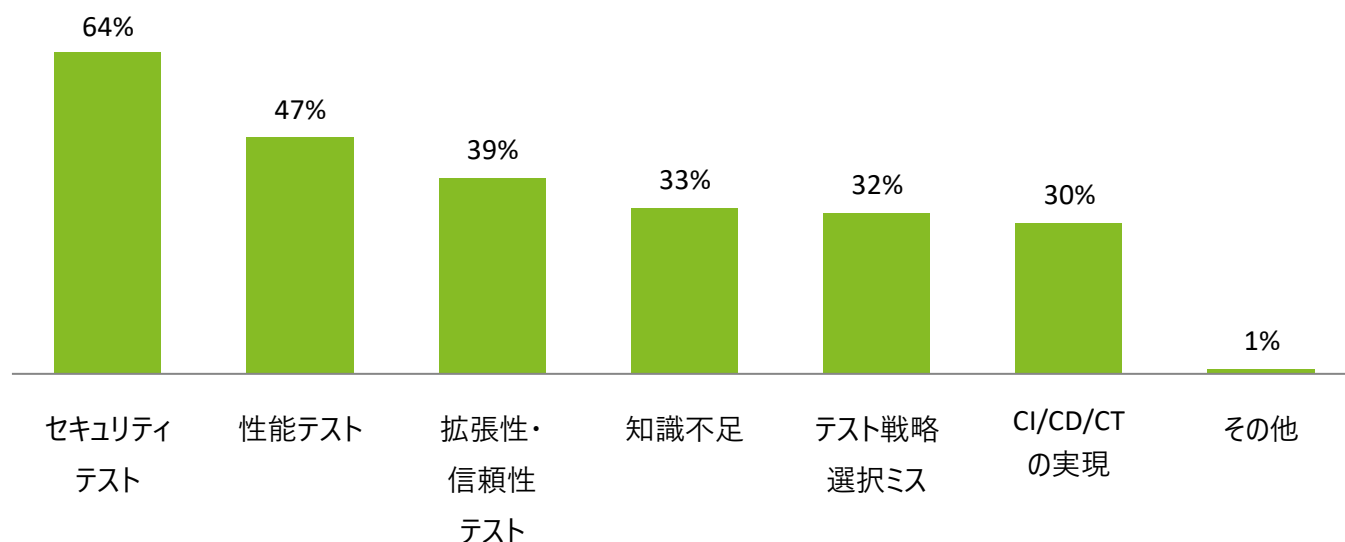
クラウドへの移行においては、最新の品質エンジニアリングをクラウドインフラストラクチャのテストに適用させることが重要である。しかし、効果的なテストは容易ではない。我々の調査結果によると、クラウドインフラストラクチャを持つアプリケーションのテストにおいて、セキュリティテストが群を抜いて（64%）最大の課題であると回答している（図14）。その他の主な課題としては、パフォーマンステスト（47%）、スケーラビリティと耐障害性テスト（39%）が挙げられている。

これらのテストの課題を効果的に克服するには、さまざまなテストをクラウド前提で考える必要がある。大容量のストレステストは重要であり、アプリケーションのレイテンシー（遅延時間）、拡張性、データの整合性、ユーザーのプライバシー、すべてのセキュリティ制約も厳格にテストする必要がある。また、カオスエンジニアリングを利用し、信頼性と回復性のアプローチを再検証することが、障害が起こった時にもユーザーに悪影響を及ぼさないよう、不安定な状態でもコントロールを失わないという、システム課題への対処に役立つ。

継続的テストは、クラウド上での高いアプリケーション品質を確保するために重要である。多くの場合、CI/CD DevOpsプラクティスとコンテナサービスを用いた一連の自動リグレーションテスト、パフォーマンステスト、およびその他のテストとして実装される。従来のテストデータパイプライン変換のクラウド化も、人工知能や機械学習によってサポートされ、テストデータを合成することができる。

自動化は効果的な品質エンジニアリングにおいて重要な役割を果たしてきた。既存のツールをCloudOpsやその他のテクノロジーと統合することで、変革の道のりをさらにシームレスなものにすることができる。

図14：クラウド上でアプリケーションをテストする際に直面する課題



脚注： Respondents could select multiple answers.

クラウド移行のテスト戦略の重要性

明確に定義されたクラウドテスト戦略は、組織の競争力を高め、ビジネスクリティカルなアプリケーションに悪影響を与えずにテストのコストを削減するのに役立つ。テストアプローチを設計する際には、ライブアプリケーションの移行と、クラウドインフラストラクチャを使用した新しいクラウドネイティブアプリケーションの構築を、双方向的に考えることが重要である。

クラウド移行のテスト戦略

クラウド環境に移行する際、組織は既存のオンプレミス環境を列挙するとともに、クラウドプロバイダーの提供機能を理解し、各アプリケーションがクラウド上でどのようにあるべきかを検討する必要がある。正しい移行戦略は、クラウドインフラストラクチャの価値を最大化し、移行にかかる時間、労力、コスト、リスクを最小限に抑えることができる。

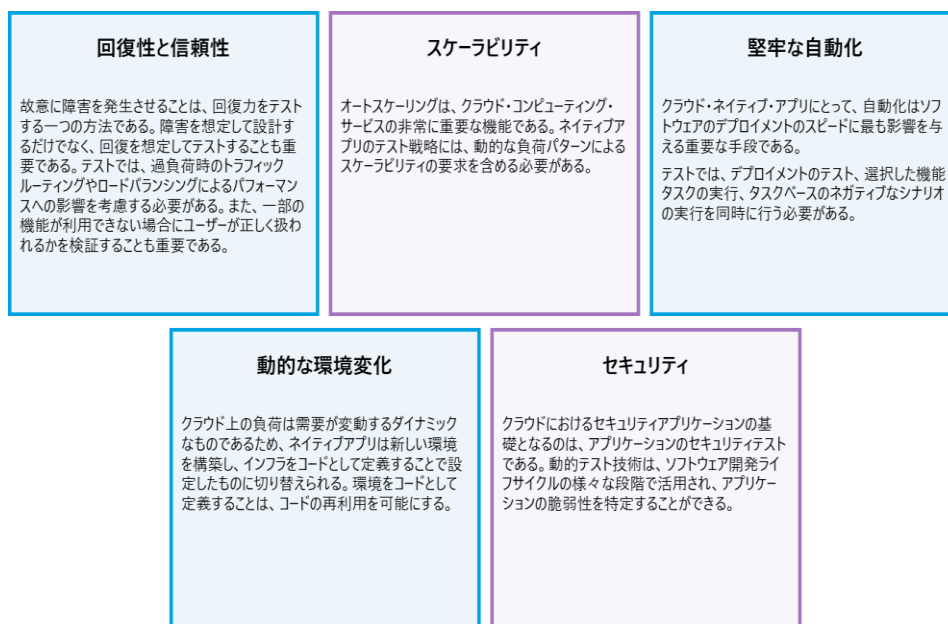
組織は、ホスト変更（Rehost）、プラットフォーム変更（Replatform）、リファクタリング（Refactor）、再購入（Repurchase）、廃棄（Retire）、保持（Retain）という6つの基本的な移行戦略を組み合わせ活用できる（図16）

クラウドネイティブアプリケーションのテスト戦略

クラウドネイティブテクノロジーによって、企業や組織は競争優位性を得るために必要な柔軟性と俊敏性を高めることができる。クラウドネイティブアプリケーションは、マルチクラウド、PaaS、アジャイル、マイクロサービス、コンテナ、DevOps、CI/CDといった技術を活用し、クラウドコンピューティングモデルのメリットをフルに活用している。効果的な品質保証戦略は、それらのコア機能に依存しており、テストが非常に重要となる。回復性と信頼性、スケーラビリティ、堅牢な自動化、動的な環境変化、セキュリティの5つの主要分野の検討が必要である。（図15）。

マイクロサービスベースのアーキテクチャにCI/CD方式を組み合わせることで、クラウドネイティブアプリケーションの導入を加速できる。その上で効果的なテストを行うことにより、様々なサービス間でのデータの永続性、統合性、そしてエンドユーザーのための複数のマイクロサービスのシームレスな結合が保証される。Dockerなどのコンテナサービスは、すべて（コード、構成、OS、テストデータなど）をコンテナにパッケージ化し、デプロイメントとテストを容易にする。

図15：クラウドネイティブ・アプリケーションのテストで考慮すべきポイント



出所： Deloitte analysis.

図16：クラウド移行の主なテスト戦略

移行戦略	定義	テストアプローチ
ホスト変更 (Rehost)	変更を加えずに、既存のアプリケーションをサービスとしてのインフラストラクチャ（IAAS）ベースのソリューションに移行する	- エンドツーエンドのビジネスワークフローの検証により、すべてのパイプラインと統合ポイントが期待どおりに機能していることを確認する - スケーラビリティテストにより、システムの応答時間に関する問題を診断する
プラットフォーム変更 (Replatform)	アプリケーションのコアアーキテクチャを変更することなく、目に見えるメリットを実現するために一部のクラウドを最適化する	- 再構築された機能に焦点を当てた複数のビジネスプロセスに渡るユーザビリティテストを実施する - エンドツーエンドの自動化されたリグレスジョンテストスイートを使用して対象となる機能についてリスクベーステストを実施する
リファクタリング (Refactor)	マイクロサービスやコンテナ化といったクラウドの常識を利用したアプリケーションやインフラストラクチャの再構築	- 機能テストと非機能テストの対象範囲を拡大し、災害復旧とリアルタイムレプリケーションテストをスコープに含める - クラウドネイティブのデータ生成／マスキングとペネトレーションテストを確実に実行する
再購入 (Repurchase)	オーダーメイドアプリケーションやカスタムアプリケーションからCOTSアプリケーションへの移行。業界標準ツールを使用して、技術的負債の削減や作業プロセスの最適化を図る	- 主要なビジネス機能に焦点を当て、アプリケーションの機能をオンプレミスでホストされているアプリケーションと比較する - レガシーまたはマルチクラウドの統合、およびデータ変換の詳細なエンドツーエンドの検証を実施する
廃棄 (Retire)	不要になったアプリケーションの削除または廃止	通常のビジネスが継続され、すべてのプロセスがアーカイブされていることを確認するためのアプリケーションに必要なテストは最低限とする。E2Eアプリケーションのデータフローとパイプラインを確認するために実行可能。
保持 (Retain)	ハイレベルのカスタマーエクスペリエンス（CX）のロードマップを作成し、ビジネスの立ち上げから定常状態への移行を導くための成功指標を特定	- この戦略は「パッシブ」と呼ばれており、以下の理由によりアプリケーションをクラウドへ移行する必要がない。 - クラウド環境では従来のレガシーオペレーティングシステムやアプリケーションはサポートされない - 企業や組織はオンプレミスアプリケーションに大きな投資をしており、現在アクティブな開発プロジェクトがある。

テストでは、コンテナ対応のワークノード上に作成された Kubernetes^{*12} クラスタやオンデマンドクラスタを展開できる。これらのクラスタは、大規模かつ高速にアプリケーションを管理するために必要な自動化と観測性を提供できる。ステートレスなリクエストに対するキャッシュプロセスのアプローチは災害復旧プロセスとともに考慮する必要がある。Kubernetesはローリング再起動、グレースフルシャットダウン、クライアントスレッドの解放の実行にも役立つ。

レガシーシステムの利用を停止するときには、ユーザーの要求に対してシステムを適切に縮退できることが重要である。関連する品質保証指標の測定とは別に、アプリケーションの稼働率とダウンタイム中のトラブルシューティング能力の確保に重点を置くことが重要である。

クラウドでの継続的テスト

継続的テストは、ソフトウェアの提供と組織のパフォーマンスを向上させる一連の仕組みである。継続的テストを丁寧に組み込むことで、デリバリーサイクルにおける完璧な継続性が実現できる。完全に自動化された継続的テストプロセスをソフトウェア開発のライフサイクルに組み込むことが、CDプロセスを成功させるためににおいて最も効果的なソリューションである。

CI/CD（図17）を使用してアプリケーションのライフサイクルを短縮するには、仮想マシン、ストレージ、ネットワークなどのインフラストラクチャリソースを活用して、開発中のコードのビルド、統合、テストを自動化する必要がある。企業や組織は、CI/CDプロセス用のリソースを確保するために、クラウドベースのオプション（パブリックとプライベートの両方）に益々頼るようになっている。クラウドベースのオプションは品質を確保するために必要な柔軟性、パフォーマンス、可用性を提供する。

図17：継続的開発、CI（継続的インテグレーション）、CD（継続的デリバリー）におけるテスト



出所： Deloitte analysis.

*12： コンテナの運用管理と自動化を実現するオープンソースのシステムで、コンテナ化したアプリケーションのデプロイ、スケーリング、および管理を行うプラットフォーム

クラウドを活用した継続的テストは、DevOpsチームに次の利点をもたらす。

- 複数のバージョン、デバイス、通信事業者を跨るテスト
- 新しいデバイスのリリースと同じ日におけるテスト
- オンデマンドでの並列実行
- 地理的障壁を越えたテスト
- アナリティクスのカ

組み込まれた分析機能は、クラウドテスト自動化ソリューションの大きな利点である。クラウドベースの分析機能は、毎日大量に発生するテスト結果を処理することができ、チームに問題の所在を可視化するためのテストレポートも提供する。速やかなフィードバックにより、潜在的な遅延を最小限に抑え、より迅速に欠陥を修正できるようになる。

本章のまとめ

クラウドインフラストラクチャは、ビジネスロードマップやその他の計画された活動をサポートしながら、テストの自動化範囲、スケーラビリティ、およびセキュリティを向上させることができる。特にクラウドベースのテストでは、テストプロセスを迅速化し、社内インフラの維持に関連するオーバーヘッドコストを削減できる。また、必要なツール、ソフトウェアライセンス、インフラを最小限のコストで入手し、使用率を最大限に高めることができる。人間と一緒に自律的にテストできるクラウドネイティブなデジタル・テスターを活用して、テストの精度と速度をさらに向上させることを検討すべきである。



VII. カオスエンジニアリングのすすめ



VII. カオスエンジニアリングのすすめ

システムダウンは、カスタマーの信頼を裏切り、ブランドの評判や収益に悪影響を及ぼすばかりか、巨額のコスト負担をもたらす。Gartnerの調査によると、ダウンタイムの平均コストは、1分あたり5,600ドルにもものぼる。^(巻末索引8) しかしながら、システムダウンは完全に避けることはできないものであり、システムが複雑であればあるほど発生する可能性は高まってしまう。クラウド化といったシステムの分散化が一般的になっている現在、複雑さは増しており、ダウンタイムの低下は期待できない。

では、障害発生率を下げ、影響を極小化する手法とは、どのようなものだろうか。それは、意外に思われるかもしれないが、故意に障害を発生させることである。テスト環境で障害を発生させ、システムの弱点をシステム、運用の両面から明らかにする。その対策を織り込んでおくことにより、本番環境での発生を抑制し、発生した場合でも速やかに対処できるようにする、というやり方である。

これは、カオスエンジニアリングと呼ばれるシステムを検証する手法である。Netflix社が、彼らの顧客であるせっかちなビデオ

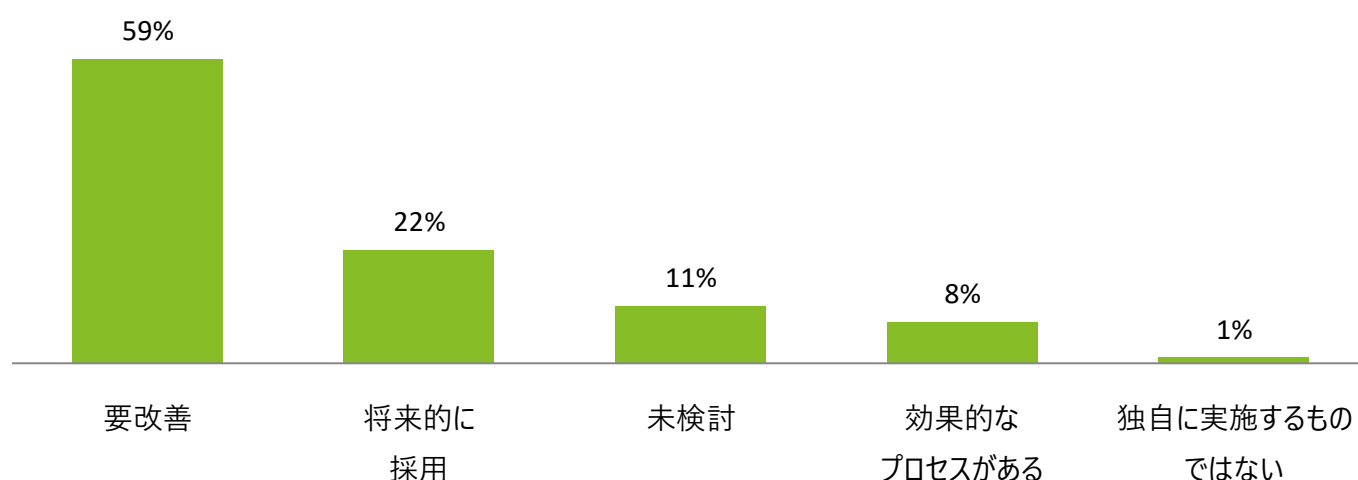
ストリーマーへ影響を与えないために考案したものであり、今や金融、通信、小売、サービス業など、幅広い業界に浸透している。

なぜカオスエンジニアリングなのか

カオスエンジニアリング最大の目的は障害による最悪の事態を回避する事であり、カオスエンジニアリングはシステム設計を改善し、耐障害性を高める事に主眼を置く。障害による影響を想定し、あらかじめ処置を施しておく事が可能となるため、実践する意義は大いにあるのだ。

そこで今回、我々は、組織におけるカオスエンジニアリングの実践状況を調査した。(図18)。それによると、半数以上の回答者が、カオスエンジニアリングを実践してみたものの、十分な効果を上げていない事を認めている。では、この残念な調査結果を踏まえ、カオスエンジニアリングの神髄をご説明しよう。

図18：回復性（レジリエンシー）とカオスエンジニアリングに関するテスト戦略を保有している組織の範囲



脚注： Respondents could select multiple answers.

実践の手順

ここに、銀行口座との連携により、請求書払いが可能なシステムをクラウド上で構築しているとする。このアプリケーションは、実にモダンな構成で、マイクロサービス化の他、インメモリDBによる高速化、複数リージョンでホストすることによる高可用性の確保にも配慮がなされている。

では早速、このシステムをカオスエンジニアリングの手法に基づき、長期のダウンタイム回避と安定稼働へと導く、手順の要点を確認しよう。

1. **障害の主要因を特定するため、システムを理解する。**これには2つの重要な方法がある。
 - 可用性のメトリクスの明確化とシステムダウンタイムのキードライバーの理解
 - 障害のポイントを見極めるためのアーキテクチャの理解
2. **カオスフレームワークを構築する。**ここでは、コンポーネントを跨ぐ様々な障害を想定することが重要である。例えば、依存しているバックエンドサービスやコンポーネントの障害がこれにあたり、これは次のようなものがある。
 - 異なるコンポーネント間での遅延の発生
 - コードの例外処理やバックエンドの異常動作を含む、ソフトウェア障害の発生
3. **シナリオを実行する。**影響が最も小さいシナリオから着手し、徐々に手を広げること。このように小さなことから始めることで複雑でないシナリオの影響をコントロールし、抑制することが容易になる。

4. **結果を分析する。**一連の検証結果は、良いものであれ悪いものであれ、ポジティブに捉えることが肝要である。いずれも、より回復力の高いシステムを構築するにあたり、有益かつ貴重な情報源と考え、活かすことが重要である。
5. **改善の構想を描く。**シナリオの実行結果を踏まえ、アプリケーションの回復力を高められるか検討すること。例えば、より回復力の高いコードへの変更やアーキテクチャの再設計等、様々な手立てが考えられる。

カオスエンジニアリングの強みとは

他のフェイルオーバーやフェイルバックのテスト手法とカオスエンジニアリングは何が異なるのか。それは、カオスエンジニアリングが、他の手法と比べ、より包括的である点にある。他の手法では、決められた構成やパラメータに関するテストを主体とするが、カオスエンジニアリングは、障害をランダムに発生させ、その監視や警告メカニズムに対する脆弱性を炙り出す。その積み重ねは、開発チームや運用チームをより強く、予期せぬ障害へも迅速に対応可能な組織へと育て上げるのである。

カオスエンジニアリングは、開発体制だけでなく、運用体制も強固なものにする

カオスエンジニアリングの利点は明らかになったが、どのようにその成果を測れば良いのか。その答えは、システムの可用性指標だ。取り組みが成功しているなら、稼働率は向上し、MTTR（平均回復時間）およびMTTD（平均検出時間：インシデントの発生から検出までに要する平均経過時間）の減少、MTBF（平均故障間隔）の増加となって表れているはずだ。

カオスエンジニアリングは一層の進化を遂げる

今後、カオスエンジニアリングは、AIや機械学習、テスト自動化といったテクノロジーを取り入れ、よりその重要度を増すだろう。我々は、その姿を次のように捉えている。

- 「スマート」なカオスエンジニアリング：

「カオス（予期せぬ障害）」の発生点をAIと機械学習により予測する。また、各シナリオは、カオスフレームワークのテスト自動化によって積極的に運用される。

- テスト自動化：

DevOpsパイプラインと自動化されたカオステストとを統合するフレームワークの利用が主流となり、テスト実行はもちろん、監視および記録すべきパラメータが定義される。ここでも、AIや機械学習テクノロジーが活用され、脆弱性に対する改善案もあわせて提示されるだろう。

本章のまとめ

近年、システム障害に対する考え方は、「まったく障害が発生しないシステム」から、万が一障害が発生しても、「直ちに障害から復帰するシステム」へと力点に移り変わっている。その文脈では、カオスエンジニアリングの実践が不可欠と考える。実践の際は、5つのステップ、すなわち、①致命的な障害発生点の特定、②カオスフレームワークの構築、③シナリオの実行、④結果分析、⑤改善策の適用、が効果的である。今日では、オープンソースを含め、これを実現するための新たなツールやフレームワークが著しく増大している。これを踏まえ、我々は、AIや機械学習による予測、テスト自動化によるパラメータ定義やテスト実行支援などを取り入れることにより、カオスエンジニアリングは、よりスマートに進化を遂げると確信している。



VIII. テストデータマネジメント（TDM）とテスト環境 マネジメント（TEM）への戦略的アプローチ

VIII. テストデータマネジメント（TDM）と テスト環境マネジメント（TEM）への 戦略的アプローチ

テストデータ管理（TDM）

テストデータ管理（TDM）は、テスト要件や情報管理ポリシー、そして、情報管理ガイドラインに沿って、全てのテストフェーズに渡り、テストデータの適切な識別、生成、検証、（必要に応じた）マスキングの管理支援に特化した管理手法である。

TDMはテストデータの特定制と作成に要する時間の短縮を望む多くの企業や組織にとって重要な要素となりつつあり、TDMの市場は2020年の7億2,100万ドルから2027年までに16億ドルに成長（年平均成長率11.9%）すると予想されている。（巻末索引9）

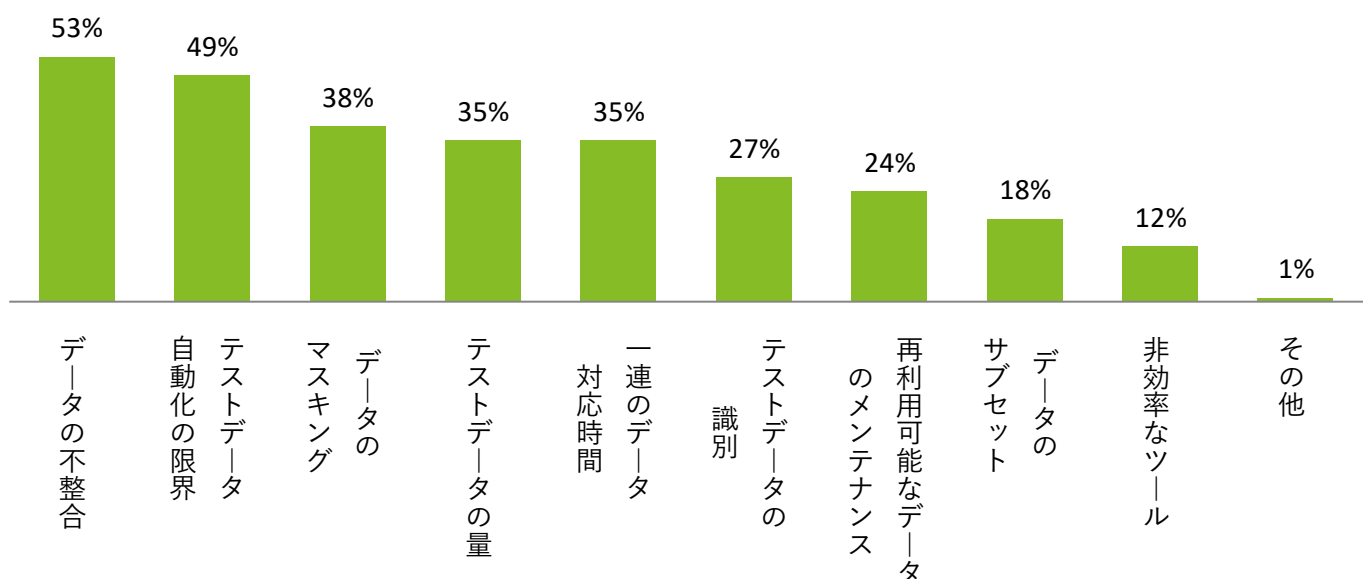
最新TDMのベネフィット

効率的なTDMでは、テストのROI最大化、つまり、テスト自動化や一連のテスト活動の省力化を実現し、作業パフォーマンスとテストカバレッジレベルを最大化することが可能となる。また、テストや開発プロセスの遅延を大幅に削減する。

TDMは、構造化されたエンジニアリング手法であり、あらゆるビジネスシナリオに対応したデータ仕様を策定・評価し、構造化されたデータの利用を可能とする点で、現在、利用が広がっている。

TDMの主な管理内容には、データマスキング、データリフレッシュ、データサブセット、ETL（Extract/Transform/Load）、データ生成・合成などがある。TDMは、テストデータに関連する問題や脆弱性を本番前に確実に検出して対処し、高品質なアプリケーションを納期通りにリリースするのに役立つ。

図19：テストデータ管理（TDM）において組織が直面している課題



脚注： Respondents could select multiple answers.

TDMの課題

デロイトの調査では、企業や組織が認識しているTDMに関連する課題では、データの不整合（53%）が最も多く、次に、テストデータの作成・投入の自動化の欠如（49%）が多かった（図19）。データマスキング（38%）、テストデータ量（35%）、データ処理時間（35%）も課題であった。最新のTDMプロセスを導入することで、これらの影響を軽減し、テストカバレッジを拡大し、マーケットインを短縮化できる。このことから、効果的なTDM戦略が不可欠だといえる。

TDMの将来

TDM機能はセルフサービス時代に向かいつつある。この領域ではテストデータの利用者はポータルを介してデータ仕様を要求し、自動化スクリプトによりバックグラウンドでデータが自動生成されるようになる。自動化スクリプトは、必要となるテストデータを入手するための人的リソースを最小限に抑えるように設定される。自動化スクリプトが失敗した場合には、TDMチームに通知され、必要な修正が行われる。このようなセルフサービス方式を採用することで、専任のTDMチームの工数を最小限に抑えることができる。その代わりに、セルフサービスポータルをセットアップするために、メンテナンスや新しいテストデータの要求に対応する最小限のサポートチームが必要となる。

AI（人工知能）とML（機械学習）はTDM機能の不可欠な部分になりつつあり、将来のテスト方式を大きく向上させると予想される。テストデータ作成のための自己修復スクリプトは、人手を介さずにスクリプトを自動的に識別・修正するため、スクリプトのメンテナンス時間を大幅に短縮する。更に今後は、記述されたテストケースに基づいてテストデータ要件を自動的に特定することが可能となる。テストケースに基づいて、アルゴリズムがテストデータの必要性を識別し、すでに存在するテストデータが再利用可能であるか識別し、必要に応じて、データの生成や本番環境から取得をするようになる。これにより、テストデータ生成は可能な限り自動化され、業界固有の多数のテストデータ要件をサポートするようになる。

テスト環境管理（TEM）

テスト環境管理（TEM）はソフトウェアデリバリープロセスにおける重要な戦略的機能である。テストフェーズでは、適切なガバナンスとサービスを備えた非本番環境の管理、制御、構築を支援し、ITプログラムに適切な規模の環境を提供できるようにする。テスト環境を適切に管理することで、プロジェクトチームは本番開始前にシステムとアプリケーションを効果的に検証することができる。

なぜTEMが重要なのか

テスト環境は、計画されたテストシナリオを実行するために必要となるハードウェア、ソフトウェア、データ、および設定構成の組み合わせである。これらの環境は、様々なテストの目的に応じ、本番環境を疑似的に再現する。アジャイルの登場により、全てのソフトウェアのリリースには複数の核となるチームが存在し、様々なテストタイプ（リグレッションテスト、パフォーマンステストなど）やテストフェーズに対して、多くのテスト環境が必要となっている。このような要件に対応するために、テスト環境のニーズを予測・計画し、テスト環境の追加要求をリクエストするプロセスを設計した上で、ベンダー（例：クラウドやオンプレミス）と協力して事前にテスト環境に対するルールを合意しておく必要がある。

企業や組織は、適切な環境、変更管理、インフラストラクチャに関連する支援を提供する必要がある

業務アプリケーションの検証を成功させるためには、多くの場合、複数のユーザー、チャネル、分散されたシステム等、システム環境の複雑さを克服する必要がある。企業や組織が、適切な環境を管理・提供し、必要なインフラストラクチャに関する支援を提供することは、成功の鍵となる。

企業や組織が直面しているTEMの課題

我々の調査では、多くの企業や組織がテスト環境に関する課題に直面していることを明らかにした。テストに関する支出を押し上げている要因として、新時代のテクノロジー（60%）に次いで、58%の回答者がテスト環境に関する課題を挙げている（図2）。

また、企業や組織がテスト環境で直面している具体的な課題についても調査を実施した。回答者の53%がテスト環境の維持費を挙げており、これが最大の課題となっている（図20）。次いで、オンデマンドでの提供（51%）となっており、これらの分野の改善は密接に関係している。

調査結果は、企業や組織がマーケットで直面している課題と一致している。サイロ状態の可視化、プロジェクトメトリックス、単一ポートフォリオビューの欠如、プロジェクトの阻害要因とテスト環境のタイミング、これらはプロジェクトを効率的に運営するための重要なキーポイントとなる。

では、これらの課題にはどのように対処すればよいのか。次に説明する。

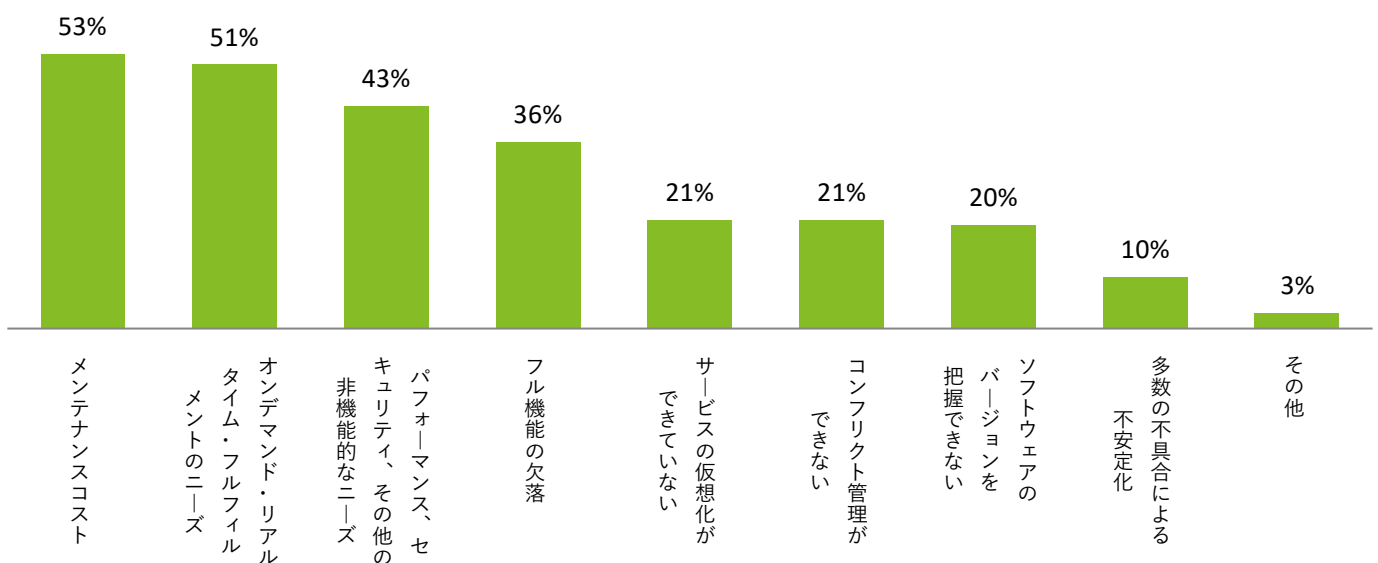
効果的なTEM戦略

強固なTEM戦略にはいくつかの重要な特徴がある。本番前の環境向けのワークフロー・ベースのソリューションと組み合わせ

ることで、計画的なプロビジョニング^{*13}、本番環境と同様のテスト環境の可用性の確保、環境利用状況や構成、そしてコンフリクトの可視化を社内外のチームにより1か所で行える、などを可能にする。主な特徴を以下に列挙する。

- **自動ビルドとオンデマンド・ビルド**：開発からテストへのコード受渡しを迅速化
- **環境マネジメント**：リリース計画と整合して、環境の利用可能性と構成に基づいてあらかじめ環境利用計画を策定
- **変更管理**：リリース計画と整合して、コードおよび構成設定の変更要求に対応として環境利用計画を更新
- **CI/CDパイプライン**：高速なCDパイプラインの可視化-新しいコードがいつ・どこにデプロイされ、どのテストがスケジュールされ、実行されたかを表示
- **ツールの統合**：ServiceOneなどの運用ツールやRemedyのようなインシデント管理ツールなど既に使用されているツールとの統合、Jenkinsなどの自動ビルドツールとテスト環境ビルドプロセスを統合
- **リーン環境インベントリ**：インフラコストを削減するために、使用していない環境を再プロビジョニング

図20：テスト環境において組織が直面している課題



脚注： Respondents could select multiple answers.

*13： 設備やサービスに新たな利用申請や需要が生じた際に、資源の割り当てや設定などを行い、利用や運用が可能な状態にすること

TEMは企業や組織の品質と効率性を最大化するとともにシフトレフト・アプローチを推進するのに役立つ。プロジェクトチームはTEM機能プロセスの適用し、業界をリードするツールと統合されたアプローチを導入することにより、プロジェクトの複雑性を排除できる。（図21）

TEM採用のベネフィット

効果的なTEM戦略は、環境や構成、利用可能なスケジュール等の情報を一元管理し、社内外のチームが環境をあらかじめ確保することを可能にすることで、ソフトウェアのリリーススピードを向上させ、開発／テストサイクルの時間を短縮する。また、コードのある環境をオンタイムでプロビジョニングし、効果的なインフラストラクチャと構成の変更を行うことで環境の稼働率を向上させる。

TEMは、環境の競合を排除するのにも役立つ。機能テストチームと非機能テストチームに対して利用可能な環境を明示することでコンフリクトを予防する。

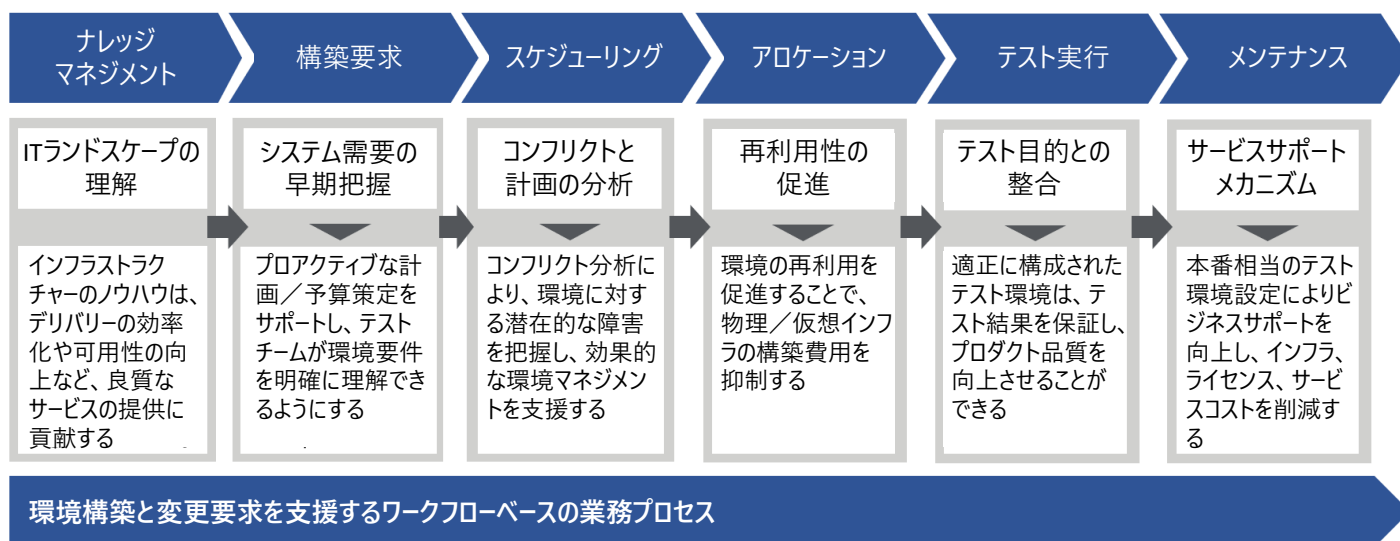
全体として、高度なTEM機能は、オンデマンドでの環境のプロビジョニング、環境の再利用、インフラの効率的な使用を可能にすることで、環境セットアップとメンテナンスに係るコストを削減する。

今後の展開

アジャイルとDevOpsは、オペレーション、開発、テストチームが使用するツールに大きな変化をもたらしている。アプリケーションのデリバリーとデプロイメントは、もはやサイロに縛られるものではない。ITおよびインフラストラクチャのリーダーは、進化するデジタルニーズに対応し、アプリケーションのデリバリーのスピードと品質を向上させるための戦略を再検討する必要がある。

アジャイルやDevOpsプラットフォームの最新ツールを組み合わせることで、エンドツーエンドのテストライフサイクルを変革することができる。RPAソリューションは、以下のような反復可能なテストプロセスを自動化するオーケストレーションエンジンとしても機能する。

図21：効果的なTEMケイパビリティプロセス



- プロジェクトのニーズに応じたテスト環境のプロビジョニング
- テスト環境のパッチレベルを本番環境と同じにする
- リリースやプロジェクトごとに、テスト環境をオンデマンドで起動・終了する
- テスト環境のコンフリクトを管理する
- 実行前のデータマスキングとレプリケーションのためのTDMツールによりデータをプロビジョニングする
- テスト結果の示唆やダッシュボードを生成する（チャットボットエンジンの使用など）

現在、企業や組織では、開発と運用の両方の機能を備えたツールへの関心が高まっている。従来、アプリケーションデリバリーの一連のプロセスにおける各フェーズのニーズには、専門チームが専用のツールを使って対応してきた。しかし、これらの配信プラットフォームがより統一されたアプリケーション配信パイプラインを提供することで、その境界線は益々曖昧になっていくであろう。

本章のまとめ

全てのテストフェーズにおいてテストデータの適切な識別、作成、検証、マスキング（必要に応じて）、管理を行う**TDM**は、テストデータの識別と作成に要する時間の短縮化に取り組む組織にとって重要な機能である。これにより、企業や組織はマーケットインまでの時間を大幅に短縮し、インフラコストを削減し、不良率を低減することができる。

効果的な**TEM**は、企業や組織が環境ニーズを予測・計画し、環境に対する要求を出すためのプロセスを設計し、ベンダーと協力して環境を期限内に提供するのに役立つ。これにより、テストサイクルタイムの大幅な短縮、環境の競合の排除、インフラコストの最適化が可能となる。



IX. AIシステムに対するテストの必要性

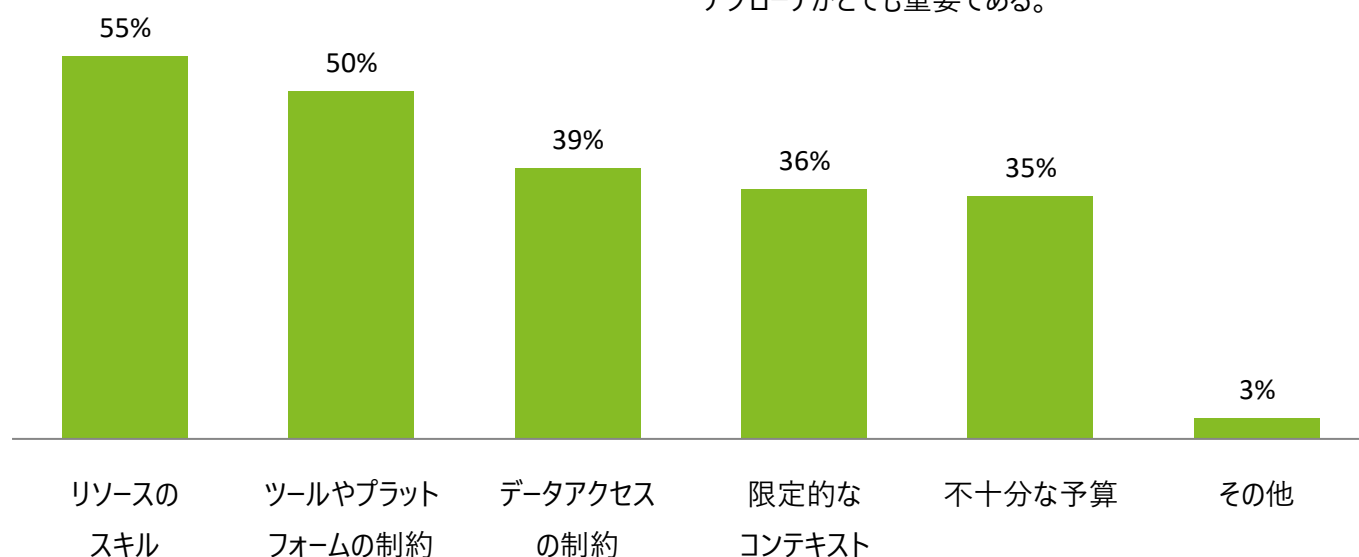
IX. AIシステムに対するテストの必要性

AIは、最も急速に成長し、利用が拡大しているデータ駆動型テクノロジーの一つであり、新規顧客の獲得から業務オペレーションのシナジー創出といった、企業や組織の活動における様々な場面で活用されている。これらのAIを活用したシステムをテストするためには、アルゴリズムやトレーニングデータ、統計に関わる知識が必要となる。

AIシステムを効果的に導入するには、業界、自動化、AI技術の専門知識を持ち合わせた専門家チームが必要だ。このチームが、個々のビジネス状況に合わせたハイブリッドソリューションを提供する。ハイブリッドソリューションは、判定回数を削減し、モデルの精度を高める。

AI導入にあたり企業や組織が直面する課題を調査したところ、最も多かった回答は、リソース・スキル不足（55%）であった。この結果から十分な時間をかけてスキルアップすることの難しさが浮き彫りになった。続いて既存システムとの接続性確保（50%）、データアクセスに関わる課題（39%）となった（図22）。これらの課題に対処するには、要件を把握することが近道だ。

図22：組織におけるAIとML実装上の課題



脚注： Respondents could select multiple answers.

テストへ取り組む前に

AIは、人間の意思がAIの解析結果に直接的な影響を及ぼさず、AI自身が独自に解析し、結論を導くことから、結果の予測可能性がデータ・バリエーションやモデル開発アプローチに依存することとなる。（巻末索引10）AIシステムのテストを確実に実行するために考えておくべき確認事項がある。

AIシステムを導入する前に以下の確認事項に回答できるように準備することが重要である。

- 何をバグとして抽出し、どのようにそれを修正するのか
- どのようにして適切なレベルの信頼性を得るのか
- 結果に偏りはないか
- 要件、意見、価値観などがアルゴリズムに反映できているか
- AIの最大のリスクは何か。それをテストの観点ではどのように取り扱うか
- 多様なユーザーの入力に対して、システムが常に正しい振る舞いを行うにはどうすればよいのか

これらの確認事項を踏まえ、適切なテストを実施するためには、AIモデルのテスト要件の理解することが必要であり、検証アプローチがとても重要である。

検証アプローチを決定するための鍵

AIシステムのテストは未知の領域であることが多く、テストアプローチ、必要なスキル、複雑性の度合いは、テストする技術によって異なる。例えば、画像認識や音声認識、対話型システムにおける言語理解のテストは、意思決定エンジンやレコメンドエンジンのテストとは異なる。テストアプローチを決定する際には、以下の事項を念頭に置く必要がある。

- AIシステムの振る舞いと期待値
- 想定するモデルの精度
- データの妥当性
- 当該システムのアーキテクチャおよび上流・下流システムとの連携
- 性能やセキュリティへの期待値、および法令順守が求められる事項

それぞれについて以降で解説する。

AIモデルの振る舞いを理解する

AIシステムのテスト要件を理解するには、モデルの振る舞いに対する深い洞察が欠かせない。ここでは、チャットボットアプリケーションを例に、考慮すべきモデルの振る舞いの例を挙げてみよう。

- 会話の分析と応答（発生したイベントに対する、確からしい回答やユーザーが期待する動作）
- 会話からのデータ抽出
- 会話の中で期待される応答と例外の対応
- 応答に求められる精度
- 下流や上流のシステムとの連携とUI要件
- 多様なユーザーの役割とペルソナ
- モデルのモニタリングと再トレーニングのアプローチ

高精度なモデルを構築するために

モデルの精度は、AIシステムにおいて、データのノイズを低減し、レコメンデーションの精度を高め、ユーザーによる判定を最小限に抑えるために重要な役割を果たす。モデルの精度を判断するには、いくつかの重要な方法がある。

- パフォーマンスレポートに基づく、各データ要素およびデータ採用にかかる閾値の調整
- ROC曲線（ノイズ含みのデータから、有益なデータの存在を検出する基準）の分析による、モデル感度の調整および有効性の検証
- F値（回答の適合率および再現率の複合指標）によるモデルの実行性検証
- 混同行列（二値分類における、予測と正答からなる行列であり、主に、教師あり学習のパフォーマンスを可視化する）を用いた、機械学習のパフォーマンス検証（真陽性、真陰性、偽陽性、偽陰性）

テストに適切なデータセットの要件

トレーニング用のデータは、AIシステムにとっての要であり、適切な量を備えていなければならない。また、テストは、データの品質に依存するが、ここで用いるデータセットは、トレーニング時と異なるものを準備する必要がある。以下に、テスト用のデータセットが満たすべき事項を示す。

- モデルの境界条件とバリエーション
- データエンジニアリングロジック
- モデルの予測をUIや下流アプリケーションへ変換
- 分析レポート、リスク評価および予測、規制当局への提出物など、データセット全体の提出物（例えば、EUでは顔認証や自動運転だけでなく、採用や与信判断に用いられるAIも対象とする規制案が提出されており、その適用範囲はアルゴリズムにも及んでいる）

AIを他のアプリケーションと連携する

AIシステムが情報を一切失うことなく、シームレスにAIの演算結果を提供するためには、AIとその関連アプリケーションの連携が重要だ。尚、その際は、次に挙げる項目の特定が極めて重要となる。

- ビジネスのバリューチェーン全般にわたり、影響を受けるアプリケーションおよびビジネスプロセス
- 異なるAIモデルやAPI、データ連携レイヤおよびUI、またはその他アプリケーションの構成要素間の相互作用

非機能要件にも留意する

AIシステムは、膨大なデータセットに基づき処理結果を出力するため、そのパフォーマンスを評価することが重要だ。また、多くの場合、データセットは、PHI（個人健康情報）やPII（個人情報）を含むため、リスクおよびコンプライアンスにも細心の注意を払う必要がある。もちろん、セキュリティ、運用監視、脅威評価、リスク軽減も重要であることを忘れてはならない。

AIシステム検証のビジョン

ドメインの理解、さまざまなAIテクノロジースタック、品質エンジニアリングのベストプラクティスを活用して、AIハイブリッドソリューションを創出すべきだ。そのためには、A/Bテスト（*¹⁴：Webサイトなどを最適化するために実施するテスト。特定の要素を変更した複数のパターンを作成した上で、ランダムにユーザーに表示し、それぞれの成果を比較することで、より高い成果を得られるパターンを見つけることができる）やコーパステスト（*¹⁵：テキストや発話情報を収集してデータベース化した言語データであるコーパス全体をテスト（翻訳）して、その結果を前回の翻訳結果と比較する方法であり、ルールや単語を変更して、実際のテキストにどのような影響があるかを知りたい場合に非常に有用。翻訳モジュールのリグレーションテストに適している）、APIテスト（*¹⁶：API Application Programming Interface の機能や非機能を検証するテスト手法）、統合データエンジニアリングテストなどに注力する必要がある。

今回の調査で明らかになった通り（図22）、AIを実装するには、様々な課題がある。特に、ツールとデータに関しては、モデルトレーニングに匹敵する膨大な量の学習データを生成するために、繰り返し利用可能なアセットや演算を高速化するアクセラレータに投資する事が肝要だ。その上で、データのノイズを除去するための指標として、モデル精度に着目する必要がある。

本章のまとめ

今日、AIシステムは、あらゆるエンドユーザー向けアプリケーションに組み込まれている。AIは、何を学習したかによってアウトプットが異なるため、ユーザーエクスペリエンスおよびユーザーの期待や信頼を損ねないように細心の注意を払う必要がある。従って、テストの重要性が高まる訳だが、AIを導入する企業や組織は、モデルの高精度化、適切なデータの選択あるいは他アプリとの連携、さらには非機能要件といった、各要素のバランスを織り込んだ確固たる戦略を策定すべきである。



X. 原点回帰が求められるIoTのテスト

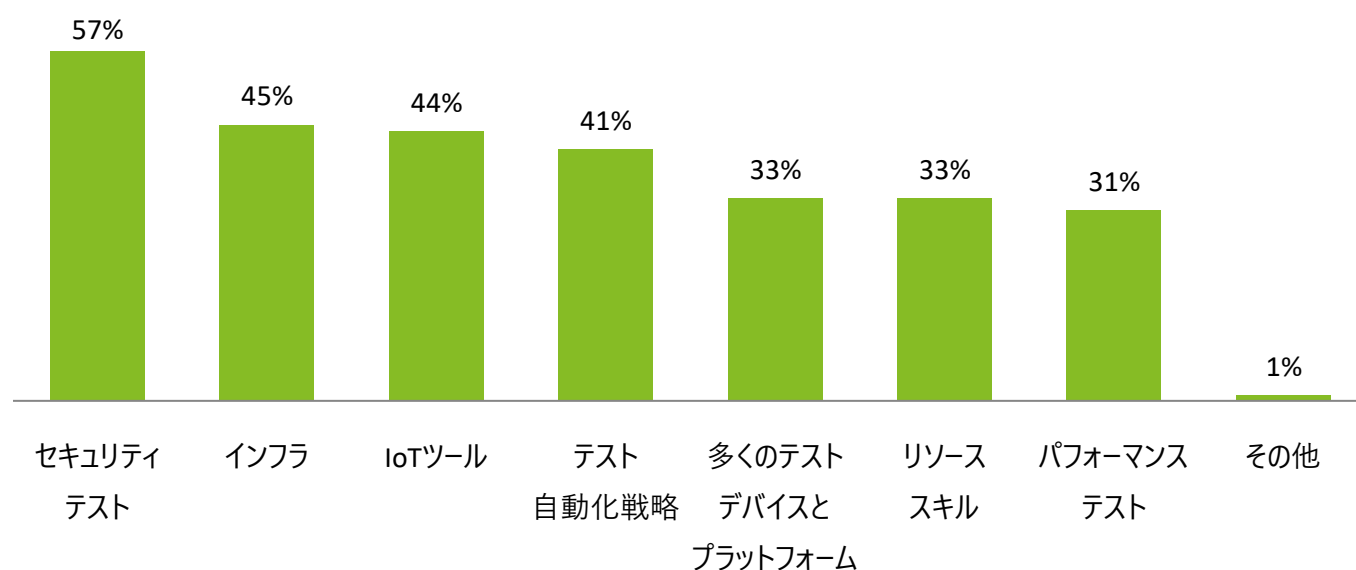
X. 原点回帰が求められるIoTのテスト

IoTの成長は、多くの補完的な技術の進歩により加速している。まず5Gの登場により、多くの接続デバイスでシームレスなユーザーエクスペリエンスが実現可能になった。ブロックチェーンはIoTデバイスの追跡を容易に実現する。

IoTの実践例は、金融サービスからヘルスケア、小売に至るまで、さまざまな業界に存在する。例えば医療・ヘルスケア分野では、ウェアラブル機器によって、患者を入院させることなく、患者の状態を把握できるようになる。金融サービス分野では、ユーザーはスマートウォッチから決済、クレジット履歴の確認、送金など、さまざまなことができるようになる。社会は、IoTがデジタルビジネスを構築するための基盤であることを認識しつつあり、IDCの調査によれば、世界全体でのIoT支出は2023年までに1兆1000億ドルに達すると予測している。これは2019年と比べ52%の増加となる。^(巻末索引11)

一方、膨大な数のデバイスが接続されているネットワークは、ハッカーが1つのリンクからアクセスできてしまう脆弱性がある。データの盗難は、効果的な対策を講じなければリスクとなる。ある分野は他の分野よりもリスクが高く、例えば、金融業のPII（個人情報）やヘルスケアサービスのPHI（個人健康情報）は、盗みだされた後にダークウェブ上で販売されるなどの事例もある。IoTの活用を目指す企業にとって、セキュリティを確保することはサービス品質を保つために必須である。

図23：IoTアプリケーションのテストで組織が直面する主な課題



脚注： Respondents could select multiple answers.

IoTアプリケーションのテスト： 重要な課題とその対処方法

デロイトの調査では、IoTアプリケーションのテストの課題で最も多く挙げられたのはセキュリティテスト（57%）だった（図23）。実際、データのセキュリティを検証することは、本番運用開始前に非常に重要なことであり、かつ非常に複雑なものである。次いで、インフラストラクチャ（45%）、IoTツール（44%）、テスト自動化戦略（41%）が続く。また、相互接続されたシステムを理解し、検証を行うための適切なリソース・スキルの必要性（33%）も注目すべき課題である。

ここから、主要な課題に対処する方法について、具体的に見てみる。

セキュリティテスト：より多くの時間とリソースをIoTアプリケーションのセキュリティテストに振り向けるべきである。セキュリティテストでは、認証/認可プロトコル、クラウドインターフェイス、暗号化および復号化されたデータ、物理的およびインフラストラクチャのセキュリティ、ハードウェアとソフトウェアの品質という5つの主要な領域をカバーすることが必要である（図24）。

インフラストラクチャ：通常、システムを構築し、テストするための適切なインフラストラクチャの確立には労力がかかる。ここでの課題には、ユーザーのモバイル利用に関するニーズの増加、ネットワークの可用性と帯域幅、膨大なデータに対応するために必要なデータ・センターの容量などがある。

これらに対処するには、適切なネットワークを選択し、物理デバイスやコントローラ、接続性、データ集約、コラボレーションなど、さまざまなレベルのハードウェアとソフトウェアの統合に対応する柔軟でモジュラー型のソリューションを開発する必要がある。

テスト自動化戦略：さまざまなソフトウェアやハードウェアと通信プロトコルで構成されるIoTでは、テストの作業負荷が大きくなる。そのため、手動によるテスト実行に自動化を組み合わせる必要がある。

また、遅延の最小化とデータの高速移動がIoTの前提となることを念頭に置く必要がある。デバイスの機能、Wi-Fiのセットアップ、ネットワークインフラストラクチャなどの要素は、事前に一通りの検証を終えておく必要がある。

図24：セキュリティテストにおける5つの重点項目

認証・認可プロトコル MFA（Multi-Factor Authentication） などの認証／認可プロトコルを検証する	クラウドインタフェース クラウド検証： オンプレミスの接続性を検証し、潜在的なセキュリティギャップを発見する	データの暗号化・復号化 組織内の異なるアプリケーション間でデータ連携する際に業界で実証された暗号化および復号化の標準を採用する
インフラセキュリティ 内外からの脅威を排除するために、物理的およびインフラストラクチャのセキュリティを常に見直し、アップグレードする		ハードウェアとソフトウェアの品質 ハードウェアおよびソフトウェアの品質基準を定期的に見直し、潜在的なボトルネックを特定し解決する

出所： Deloitte analysis.

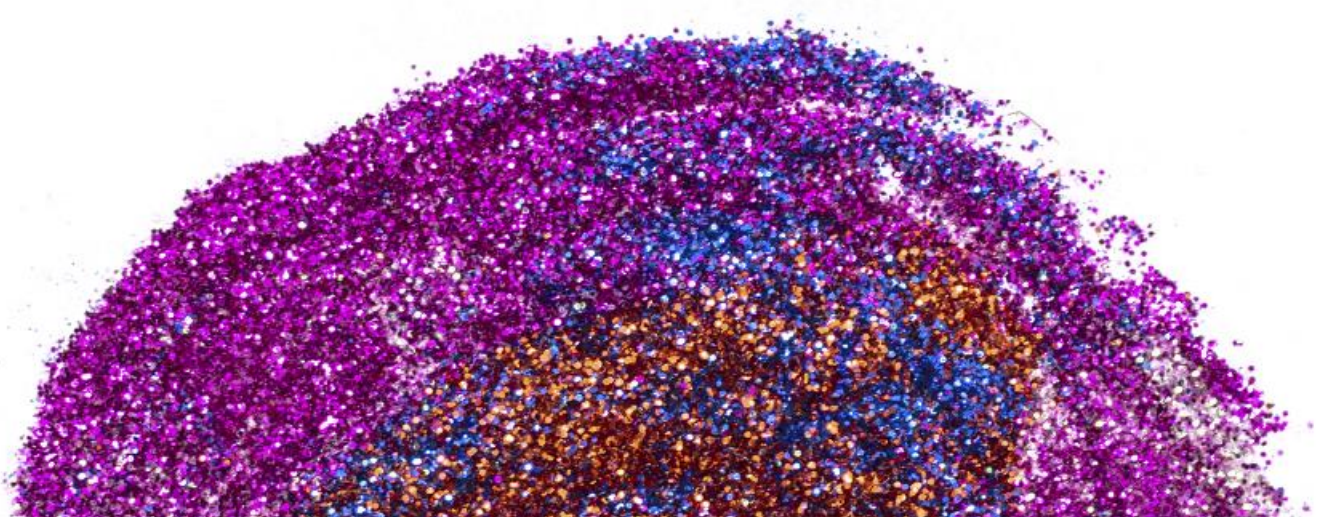
IoTテストへのアプローチ方法

今回の調査で浮き彫りになった課題をすべて解決するには、より広範なテスト戦略を徹底的に定義することが重要だ。課題は大きく、複雑に見えるかもしれないが、時には基本に立ち返ることが重要だと考える。

- **証跡をたどる**：ユーザー主導のアプローチを採用して、「ノイズを見通す」ことで、定義された間隔でユーザートラフィックが継続しているか、それともムラがあるか、それらを引き起こしているデバイスの組み合わせを特定する。
- **成功のためのサンプリング**：複雑な問題を解決するには、サンプリング手法を使用して、脆弱性がある可能性の高いアプリケーションや、信頼性、拡張性、および可用性についてテストする必要があるアプリケーションを特定する。このアプローチにより、攻撃に対して最も脆弱なアプリケーションの継続的なテストと検証をサポートする。
- **IoTエミュレータの導入**：社内に診断ソリューションとIoTラボを設け、接続されたシステム全てを検証する。さまざまなデバイスやソフトウェアアプリケーションを模倣したエミュレータを導入して、ソフトウェアのアップグレード、ハードウェアのアップグレード、障害ライン、ネットワークの問題などによる潜在的な障害を評価する。
- **スケーラビリティと可用性**：データ量の増大に伴う遅延を発生させないよう、デバイスとソフトウェアアプリケーションのスケーラビリティを評価する。アプリケーションの可用性は、アップグレード実施中も維持できるよう、詳細な検証を行う。

本章のまとめ

5GはIoTの採用を急速に拡大させ、さまざまな業界での導入事例が多数生まれている。しかし、IoTは、広大に接続されたエコシステムを必要とするため、脆弱性やセキュリティの課題を多く抱えることとなった。これら多くの複雑な課題に対処するためには、基本に立ち返り、ユーザー中心のアプローチによるデバイスの優先順位付け、広範なサンプリング、社内のラボやエミュレータ、徹底したスケーラビリティ評価といった包括的なIoTテスト戦略を事前に定義する必要がある。



XI. クラウド（Crowd）ソーシングテストの叡智



XI. クラウド（Crowd）ソーシングテストの叡智

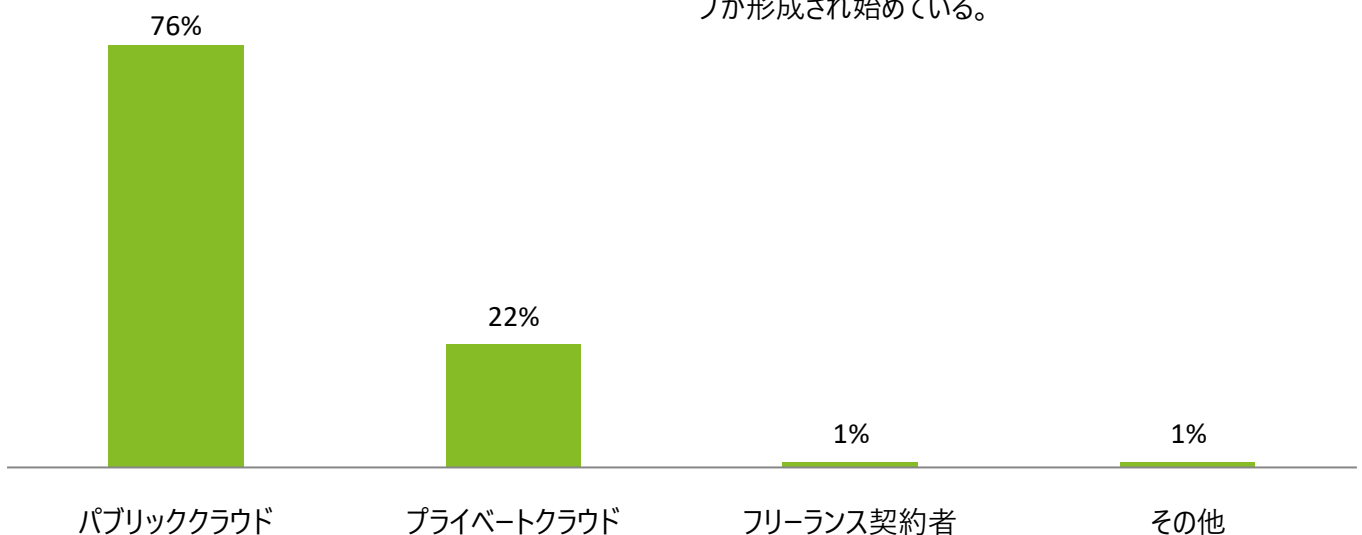
ユーザーのニーズに高いレベルで対応し、ユーザー中心の設計を行うことは、顧客ロイヤリティを築くための必須条件である。急速に変化するユーザー嗜好に対応するため、テストチームは大きな負担を強いられている。クラウドソーシングテスト（訳注：CloudではなくCrowd：群衆すなわちユーザーである点に注意）は、実際のユーザーにソフトウェアをテストしてもらうことであり、クラウドソーシングテストを利用することで、大規模なリリースやその他の重要なイベントの前に、テストチームは容易にテスト実行能力を拡大することができる。これにより、テストチームは定常業務をこなしながらも柔軟な対応が可能になる。

クラウドソーシングテスト市場

品質エンジニアリングチームの体制強化にあたっては、社内リソースの追加、アウトソーシング、クラウドソーシングなど様々な手段が想定される。

クラウドソーシングテストは通常、社内リソースを補完する役割を果たしている。クラウドテスターは、広範な探索テストから高度な検証テストまで、コアチームを補完するために最適なテストを実施する。

図25：組織が考えている最適なクラウドソーシングモデル



クラウドテスターはアプリケーションの評価を行い、割り当てられたテストの実行中に見つかった不具合をリストアップすることが多い。

テスターの報酬モデルには様々なものがあるが、一例として、マイクロタスキングモデルが挙げられる。マイクロタスキングモデルでは、テスターは発見した欠陥の種類とその市場価格に応じて報酬を受け取ることが可能だ。企業や組織によっては、欠陥のビジネスインパクトや深刻度に応じて報酬を支払う場合もある。

また、パフォーマンスごとの報酬モデルも存在する。この場合、企業や組織はテストの全体的な品質に基づいて支払いを行う。この方法は、バグテスト、モバイルテスト、ユーザビリティテストなど、さまざまなテストタイプに共通している。サイバーセキュリティテストは、クラウドソーシングテストで最も求められているユースケースの1つであり、この分野のテスターは高額な報酬を受け取ることが可能だ。

クラウドソーシングテストは、企業や組織が独自に実施する場合もあるが、多くの場合サードパーティのプラットフォームを介して行われる。今回の調査の回答者は、自分の組織に最も適したテスト方法として、外部プラットフォームを利用してテストを行う方法を望んでいた（76%）（図25）。

この市場を効率化するために、クラウドソーシング・プラットフォームと企業、コンサルティングファームとの間でパートナーシップが形成され始めている。

クラウドソーシングテストプロセス

ほとんどのサードパーティ製のクラウドソーシングテストプラットフォームは、プラットフォームとプロジェクト管理のフレームワークを提供しており、多くの場合、資格を持ったプロジェクトマネージャーがテストプロセスを監督する。利用者は、実施するテスト、テスターに求めるスキルセット、テストに利用するデバイスの種類などを指定する。

プロジェクト開始前に、テスターには詳細なテスト計画、サンプルシナリオ、ツール、スクリプト、指示書などが提供される。テスターはテスト結果のレポートを作成し、そのレポートの量と質に基づいて評価され、報酬を得る。

バグや関連する問題を議論するフォーラムでは、知識共有やネットワーク構成が促進される。また、評価システムは、コミュニティの参加者が信頼を得て、キャリアを向上させるのに役立つ。

デロイトの調査では、回答者の90%が少なくともクラウドソーシングテストを試験的に実施していることがわかった（図26）。しかし、48%の回答者は、自社のプロジェクトのうちクラウドソーシングテストを行っているのは10%未満にとどまると回答している。世の中にはさまざまなプラットフォームやアプロー

チがあるため、クラウドソーシングテストの利用を拡大したいと考えている企業や組織は、自分たちに最適な方法を見つける必要がある。

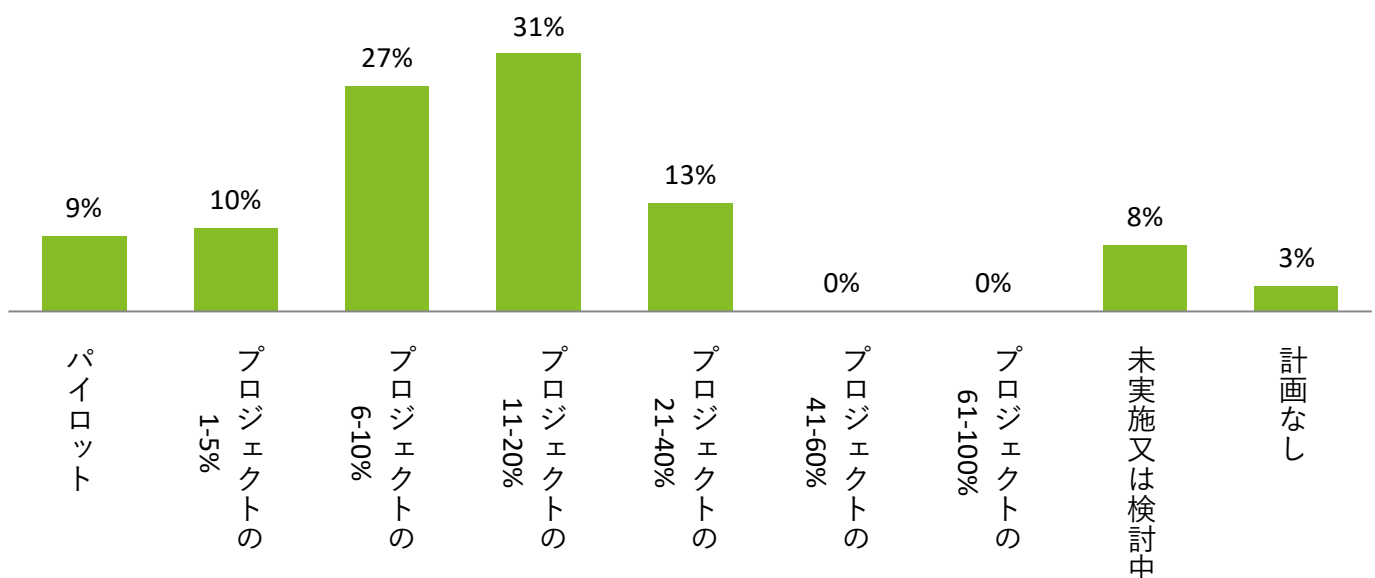
社内クラウドソーシングテストの管理上の課題

社内のリソースを活用してクラウドソーシングテストを形成するという方法もある一方で、次の課題がある。

- 社内スタッフのITスキルが不足している。（つまり、組織の全員がITトレーニングを受講していない）
- 日中、通常業務とテストの両方をこなさなければならないため、業務が複雑化し、ストレスが増大する
- 業務にあたる上でのモチベーションおよび報酬の構造を検討する必要がある
- 現状の業務が人員不足に陥ることをおそれ、上司が部下を社内クラウドソーシングテストに参加させることに躊躇している

また、アンケートの回答者（図27）は、アプリケーションやデータセキュリティ（59%）、調整（56%）、管理・報告・ガバナンスの必要性（41%）などの制約を感じている。

図26：組織におけるクラウドテストの利用度合い



脚注： Respondents could select multiple answers.

社内外のクラウドソーシングテスト比較

クラウドソーシングは、開発の終盤に機能を検証するための優れた対応策である。また、CI/CDを実践しているチームでは、開発フローの早期からクラウドソーシングテストを利用することで、システムリリースに至る前のバグや問題の発見に役立つ。では、社内クラウドソーシングと社外クラウドソーシングのどちらが良いのだろうか。

データの機密性保持、社内のビジネス知識の活用、社内のITリソースを最大限に活用することが重要な場合は、社内クラウドソーシングの利用がより最適な方法となる。例えば、機密性の高い顧客データが公開されるのを防ぐためには、社内クラウドソーシングが有効である。また、ソフトウェアの品質を向上させるために、社内の専門知識をより有効に活用できる場合もある。

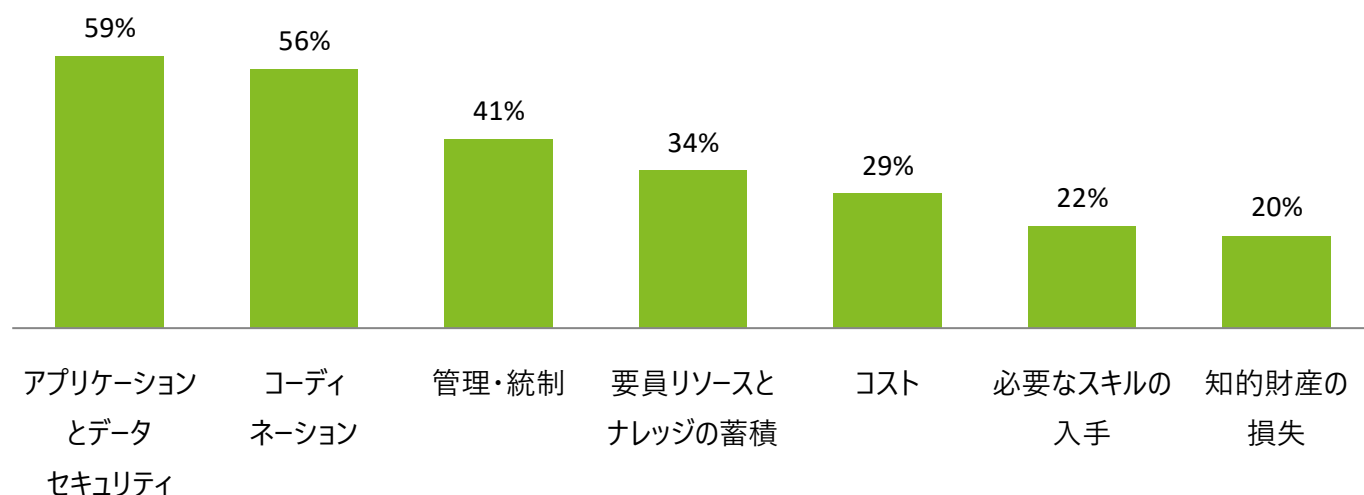
社外のリソースは、ソフトウェア・テスターの質をさほど求めない場合や、より複雑で斬新なプロジェクトに役立つ。外部のリ

ソースを活用することで、企業は様々なスキルを持ったグローバルなリソースを獲得することができる。また、リリース対象となるハードウェアやソフトウェアの幅も大きく広がる。

データの機密性、社内のビジネス知識の活用、社内のITリソースの最大活用を重視する場合は、社内クラウドソーシングの利用がより最適なルートとなります。

社外のクラウドソーシングはデータのプライバシーに関する懸念や、テスターの信頼性が不明であることなどが、欠点として挙げられる。また、社内の知識が不足していると、外部のテスターと組織間の調整がうまくいかないこともある。機密性を確保し、テストの質を最大限に高めるためには、厳格な人材審査と、秘密保持契約を含んだクラウドソーシングテスト・ソリューションを採用する必要がある。

図27：組織が考えているクラウド（Crowd）ソーシングの限界



脚注： Respondents could select multiple answers.

クラウドソーシングテストとアウトソーシングテストの比較

ここまで社内のリソースを活用する場合と社外のリソースを活用する場合の相違点を見てきたが、社外クラウドソーシングを活用する場合と従来のアウトソーシングを活用する場合のトレードオフを理解するのに役立つ。図28は、その主な違いを示している。

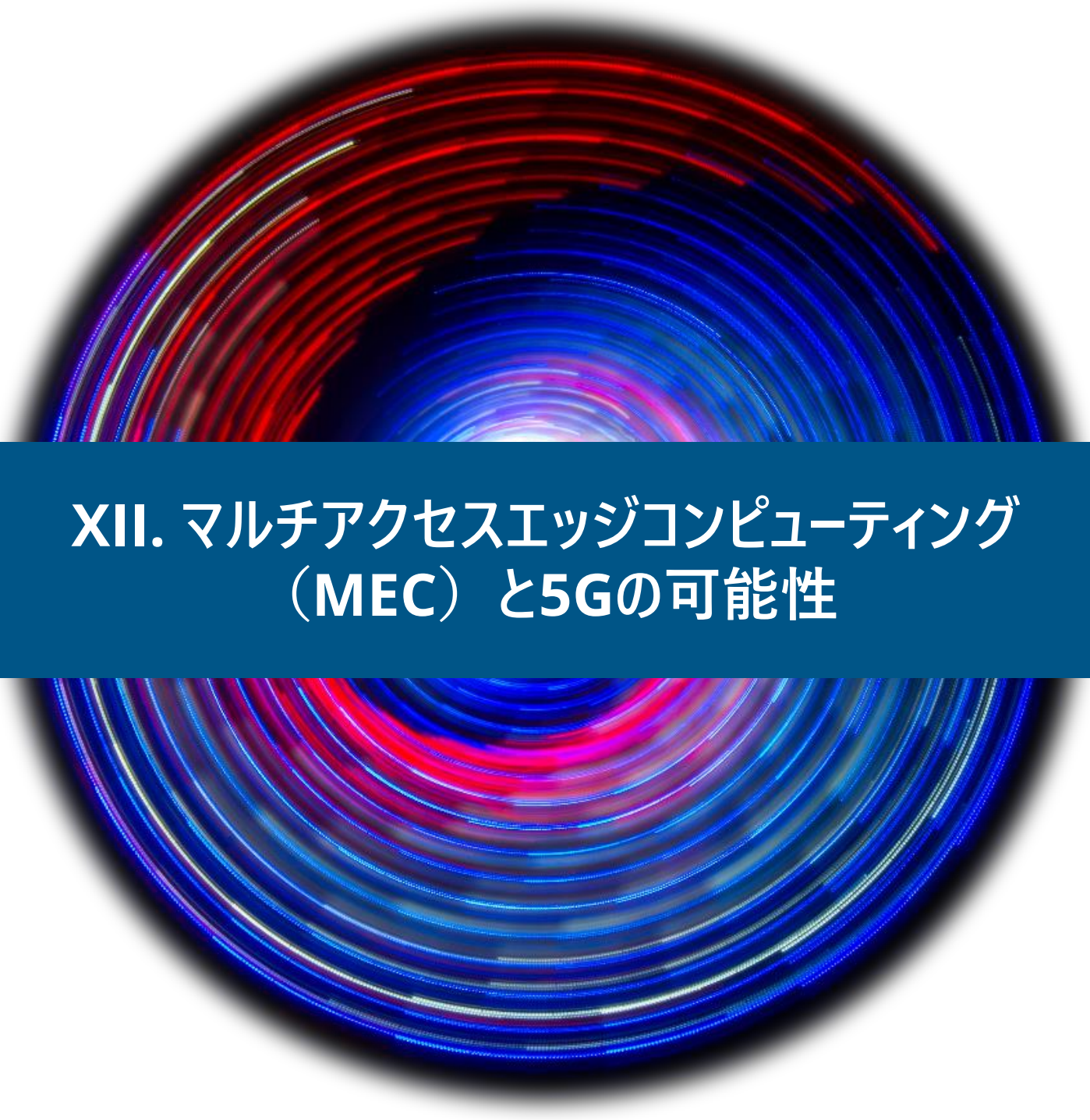
図28：クラウドソーシングテストとアウトソーシングテストの比較

クラウドソーシングによるテスト	アウトソーシングテスト
多くの場合、報酬は欠陥の発見に基づいており、費用対効果が高い	報酬は時間単位で支払われることが多く、費用対効果が低い（通常は社内のテストチームよりも低い）。
各テスターとのコミュニケーションが必要になり、コミュニケーションが滞りやすい	コミュニケーションを円滑にするために代表者が存在している
テスト環境は、各テスターに依存しており、それぞれ異なる	テストプラットフォーム、管理、環境、およびツールは、1つの企業や組織によって完全に所有されているため、効率性が高い
欠陥がすぐに報告されるため、チーム、タイムゾーン、期限を考慮する必要がない	1つのチーム、タイムゾーン、特定の期限で計画された予算に基づいて活動する
報告された欠陥に基づいて作業品質が判断される不特定のグループとなる	グループマインドを持つ専任チームとなる
データの漏洩または限定的な機密性保証の場合に危険にさらされる可能性がある	アプリケーションデータは機密扱いとなる
品質よりも量に重点を置き、記録された欠陥を修正するかを判断するのは組織の責任となる	指定された期間および予算内で、すべての有効な欠陥を特定することに重点を置いている
欠陥の品質はテスターの経験に依存しており、テスター経験値は多種多様である	特定のタイプの機能および非機能ソフトウェアテストのスキルを持つ一定数のテスターを使用する

出所： Deloitte analysis, Software Testing Material（巻末索引12）。

本章のまとめ

多くのソフトウェア開発企業が、クラウドソーシングテストの利用を拡大している。クラウドソーシングテストは、必要に応じてリソースを増減させることができるという大きなメリットがあり、リアルタイムにフィードバックを得てバグを発見するという信頼性の高い方法でもある。しかし、すべてのプロジェクトがクラウドソーシングテストに適しているわけではない。クラウドソーシング、アウトソーシング、社内チームのいずれを利用するかを決定する際には、**社内の能力、プロジェクトの複雑さや新しさ、プライバシーの必要性などを考慮する必要がある。**



XII. マルチアクセスエッジコンピューティング (MEC) と5Gの可能性

XII. マルチアクセスエッジコンピューティング（MEC）と5Gの可能性

今、我々が5G革命の最前線にいることは明かだ。5Gは、世界中の企業や消費者に大きな影響を与える世紀の変革である。5Gはあらゆる層で基本的な要素に変化を与え、差別化やコストの再構成、パフォーマンス向上のための新たな機会を次々と創出する。

あらゆる業界の企業や組織が、エコシステムを急速に5Gへ対応させている。デロイトの調査では、83%が何らかの形で5Gプラットフォームへの移行を既に推進していると回答している。

マルチアクセスエッジコンピューティング（MEC）の導入

5G革命で注目すべきテクノロジーの1つにマルチアクセスエッジコンピューティング（MEC）がある。MECは、トラフィックとサービスのコンピューティングを、集中管理されたクラウドからネットワークのエッジ（終端）へ配置し、顧客の近い場所で処理

の一部を超低レイテンシーでできるようにするコンピューティング技法である。全てのデータをクラウドへ送信して処理するのではなく、ネットワークのエッジでデータの分析、処理、保存を行う。顧客の近くでデータを収集・処理することで遅延を削減し、広帯域のアプリケーションに対してリアルタイムのパフォーマンスを提供する。

5Gは、多くのテクノロジー事業者に対して、スピード、レイテンシー、普及率、キャパシティの優位性を獲得するために進化を遂げている。また、品質保証されたシステム、コネクテッド・デバイス、相互運用性について新たなアプローチが導入されている（図29）。

MECは、アプリケーション開発者とコンテンツ・プロバイダーに対してクラウドコンピューティング能力とITサービス環境をネットワークのエッジで提供する。（巻末索引13）

図29：ネットワーク技術の比較

	5G以前	5G	変革の実現
 接続端末数* in billions	7.8	31	 マルチアクセスエッジコンピューティング（MEC）への準拠 分散クラウドインフラ ダイナミックオーケストレーション APIのサービスエクスポージャー マルチクラウドデリバリープラットフォーム
 テクノロジー	モノリス OSS/BSS （運用サポートシステム、 ビジネスサポートシステム）	クラウドネイティブアプリケーション、 エッジコンピューティングソリューション、 アクセス非依存ソフトウェア	
 プロダクト	部分的 スマートフォン、タブレット、 ウェアラブル	多様化 IoT、スマートシティ／ホーム、HD AR/VR、 リモートヘルスケア、自動運転車、 高度道路交通システム	
 ネットワーク	商用／パッケージ／IPベース	mmWave／スライシング／ MIMO(Multiple Input and Multiple Output)	

出所： Deloitte analysis.

5Gテクノロジー上のMECは、 さまざまな業界で多くの可能性を広げる

MECは、これまでに実現できなかった事業者と消費者のバリューチェーンやサービスを創出する。つまり、相互に通信する自動運転車からリッチメディアストリーミング・ビデオやAR/VR体験まで様々な5Gのユースケースを可能にする。MECには、これまでの技術と比べ、データ転送速度、可搬性、転送遅延、端末接続数などの優位性があり、IoE（Internet of Everything）を強化すると見込まれる。

ここで、5Gがもたらす代表例をいくつか挙げる。

- **スマートシティ**：5Gネットワークは、モビリティ、グリッド管理、公共セキュリティのスマートな管理と運用を可能とし、持続可能な都市開発を推進する。
- **スマートライフ**：5Gテクノロジーは、医療、教育、文化的・娯楽的消費、およびコネクテッドホームなどの改善を通じて生活の質を向上させる。
- **スマート生産**：5Gは、工業および農業の生産条件を改善し、人間へのリスクを制御するための遠隔操作の実現可能性を高める。このことによって、生産と製造の進化を促進する。

通信事業者は、通信に大きく依存する5Gアプリケーションの開発を主導しており、業界パートナーと協力して複雑なMECアプリケーションを探求している。

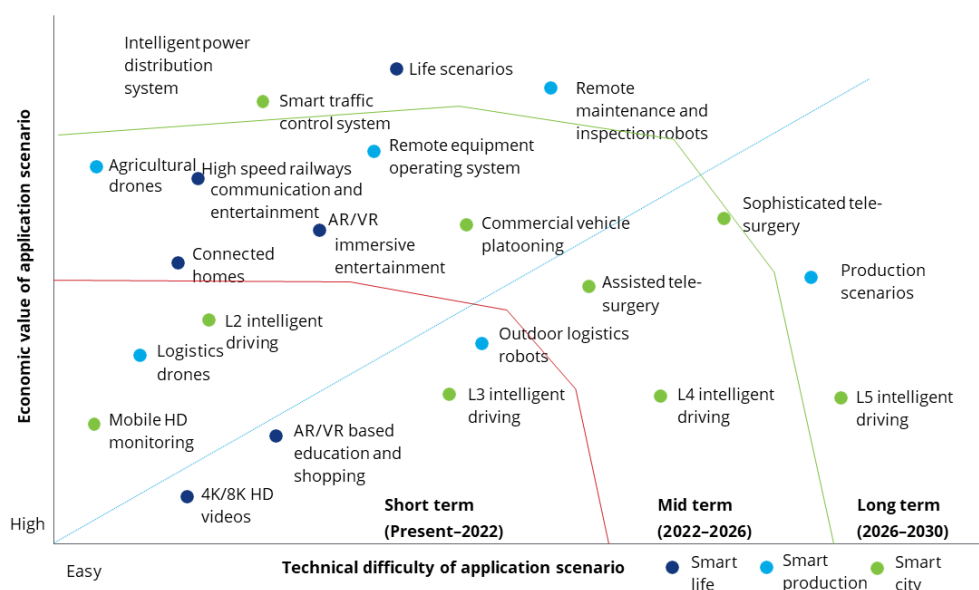
膨大なユースケースに対応するためのテスト上の課題

MECのテストは、超高速なダウンロード速度、低レイテンシー、広範なカバレッジ密度を検証するだけに留まらず、さまざまなテスト手法を必要とする。エンドツーエンドのテストソリューションは、新興の5Gネットワークの開発、デプロイ、運用で重要な役割を果たしている。

5GにおけるMECのテスト戦略を策定することは、数百万のIoTセンサー、自律走行車、超高スループット、ビームフォーミングなどがテストに含まれる可能性があることから困難を極める。例えば、セキュリティ、接続性と相互運用性、データ量、ユースケースの多様性など、様々な課題があるため、全体一律のテスト方法では満足いくテストが実施しきれない。

テスト対象は、非常に多くのデバイスやネットワークアプリケーションが含まれるため、複数のテストツールとシミュレータ、広範なテスト環境を構築・維持する必要がある。

図30：5Gアプリケーション導入のタイムライン



出所： Deloitte analysis. (巻末索引14)

企業や組織はどのように品質を変革し、5G対応を準備しているか

5Gサービスベースのアーキテクチャと膨大な数のユースケースの中で、5Gネットワークを検証して優れたユーザーエクスペリエンスを実現することは困難である。マーケットインまでの時間を短縮するためには、テスト戦略を見直すことが重要である。

今回の調査で、セキュリティと信頼性の向上を最優先事項とした、これまでとは異なるテストアプローチとツールセットの必要性が明らかになった（図31）。

5G時代には品質保証の基本を変えることが必要不可欠である。その際に考慮すべき5つの重要な領域がある。

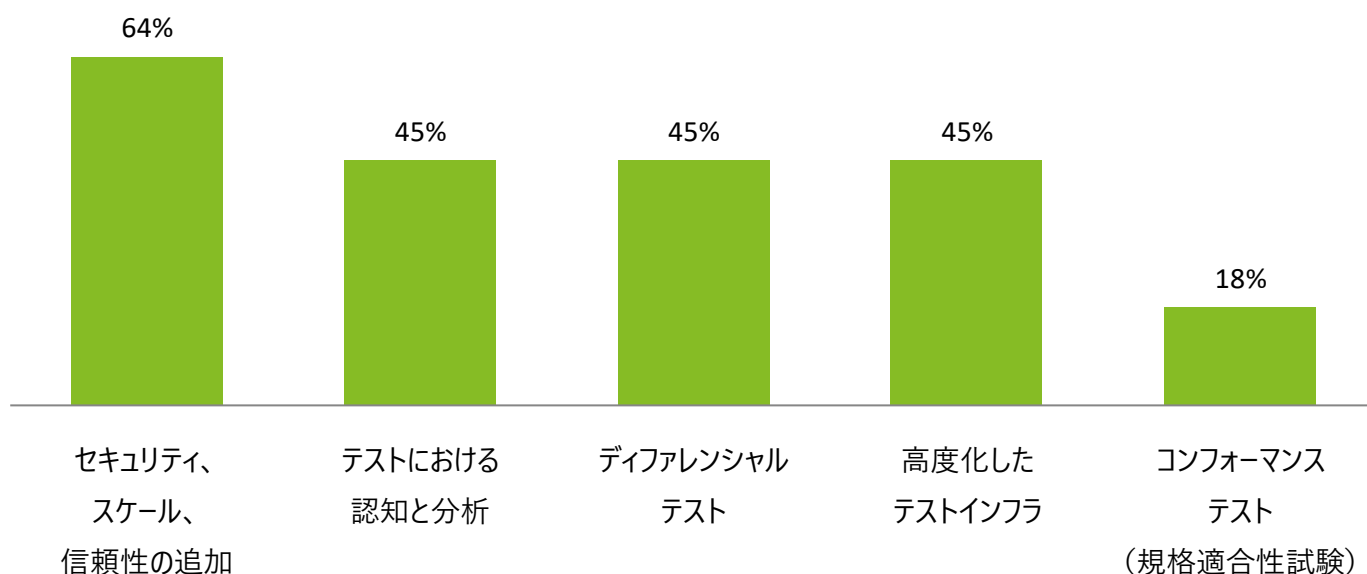
- **顧客満足度の管理**：コグニティブ技術を活用して、Key Quality Indicators（KQI）を集約し、QoE（Quality of Experience）を実現する。シームレスな移行、品質の向上、高スループット且つ低レイテンシーのデータ転送、バッファリングとアクセス集中輻輳を最小限に抑えた高画質など、品質の向上に焦点を置く。
- **コネクテッド・デバイスの有効化**：シミュレーション、APIの自動化、モデリング言語により、デバイスとネットワーク間の相互運用性を確保する。フィールドテストやアプリケーションテスト、フィールドトライアル、デバイスの音声やデータのパフォー

マンス、モビリティやユーザーエクスペリエンスのテストを活用する。

- **ネットワーク検証と展開**：シームレスな相互運用性、クラウドテスト、複数ネットワーク間の移行を実現する。セキュリティと適合性テストを強化する。ハードウェアおよびソフトウェアの障害やアップデートから、拡張性、耐障害性、信頼性を最大限に高める。
- **テクノロジー・トランスフォーメーション**：高度な自動化（例えば、ロボティクス、AI、コグニティブ技術）とアジャイル、拡張性、高度に自動化されたフレームワークとアプローチ、DevOps、堅牢な実現機能を通じて継続的テストを実現する。
- **接続性とコミュニケーション**：分散インフラストラクチャ、ダイナミックオーケストレーション、仮想化サービス、マルチクラウド配信プラットフォームの適合性テストを実行する。

次世代のテスト技術に投資することは、5Gの多種多様なアプリケーション群をあらゆる制約から解放する。テスト変革のアプローチとラボからフィールドテストに至るまでの専門知識は、可視性の向上、マーケットインまでの時間短縮、5Gの収益源の最適化を向上させる。

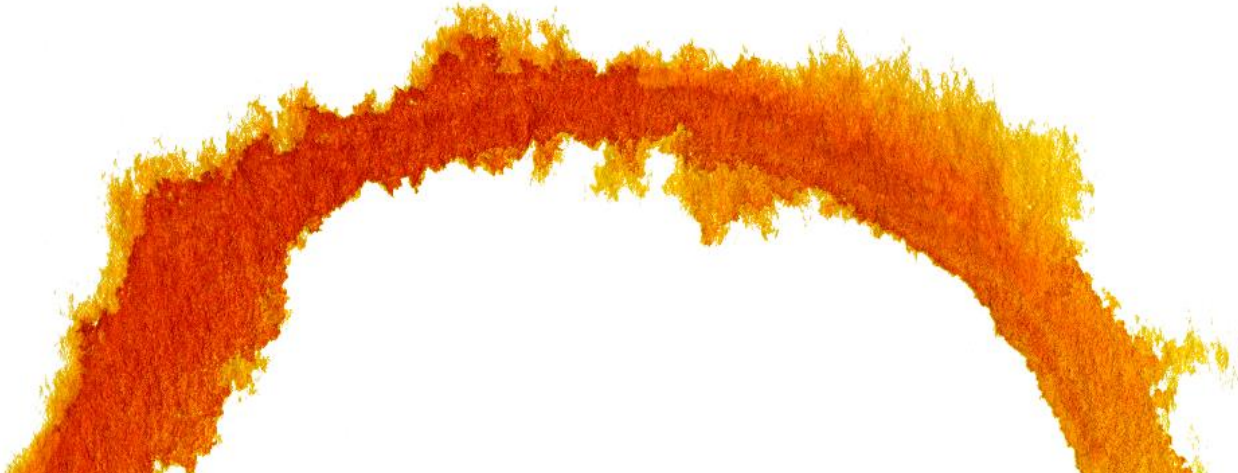
図31：5G上のアプリケーションシステムをテストするために企業や組織が採用しているテストアプローチとテスト戦略



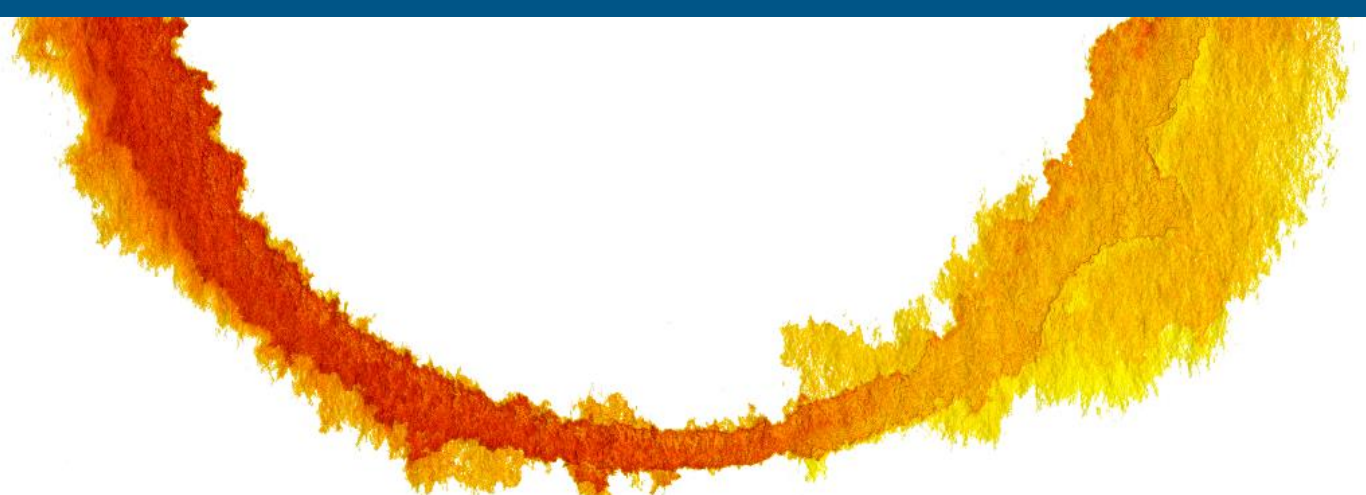
脚注： Respondents could select multiple answers.

本章のまとめ

5Gは、コミュニケーションエコシステムを再定義する次世代のテクノロジーである。マルチアクセス・エッジ・コンピューティング（MEC）は、自動運転車からAR/VRまで、様々な業界の5Gのユースケースを実現し、その進化に重要な役割を果たすことになるであろう。しかし、5GにおけるMECのための具体的なテスト戦略を策定することは困難である。企業や組織は、5G時代に向けて品質保証の根幹を転換する必要があり、顧客体験の管理、コネクテッド・デバイスの実現、ネットワーク検証と展開、技術革新、接続性という5つの重要な柱で戦略を組み立てる必要がある。



XIII. 台頭するブロックチェーン



XIII. 台頭するブロックチェーン

ブロックチェーンは、1990年代初期のインターネットの登場と同様に最近の歴史の中で最も特筆すべき技術革新の一つである。

ブロックチェーンという言葉が一般的になってから10年が経過した。ブロックチェーンはかつて仮想通貨の決済に対応するための実験的な技術として認知されていたが、現在ではさまざまなビジネスシーンにおいて変化の担い手の中心となっている。

例えば、ブロックチェーンをベースとしたアプリケーションは、世界で10億人以上の人々に影響を与える世界的な電力不足の課題感を背景に、電力分野においてエネルギー取引とサプライチェーンの効率化を推進し、電力の生産、供給、調達の合理化を実現している。^(巻末索引15) ブロックチェーン技術のグローバルでのビジネスへの影響は極めて大きい。

Gartnerの調査によれば、ブロックチェーンによるビジネス上の付加価値は2025年までに約1,760億ドルに達し、2030年には3兆1000億ドルを超えるとされている。^(巻末索引16)

ブロックチェーンは分散型台帳技術の一つと言われ、従来の中央型台帳技術を利用した場合に引き起こされる集中管理の問題点を排除し、運用コストの削減や一元管理の必

要性を低減するものである。また、インターネットが登場して以来、これまでに見られなかった技術革新であり、ITに変革をもたらす可能性がある。

コンソーシアム型ブロックチェーン

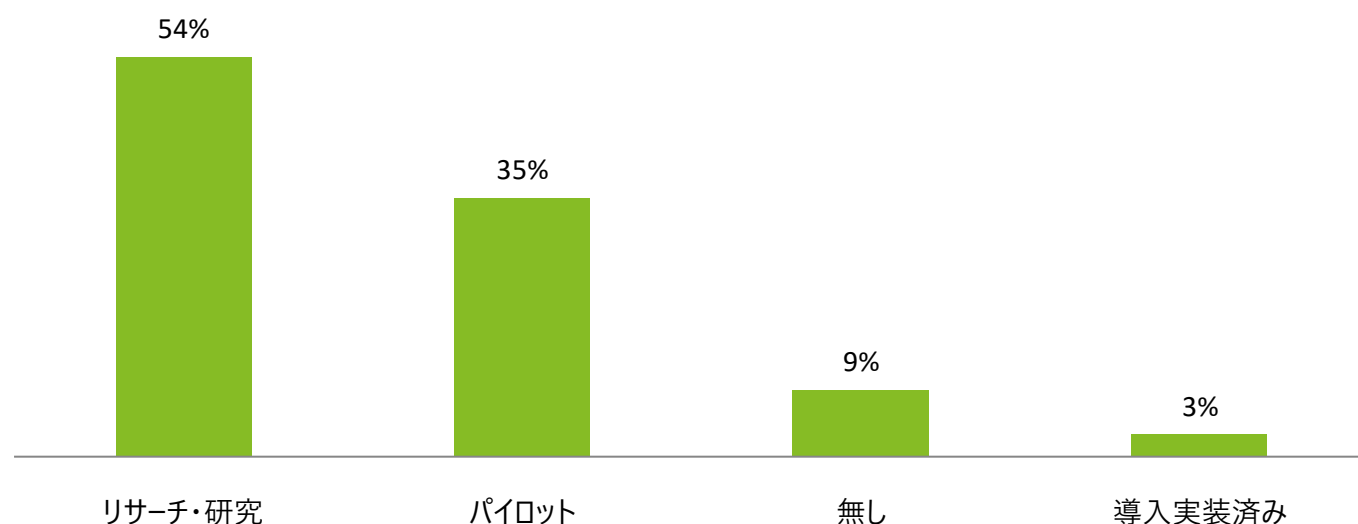
ブロックチェーンには、パブリック型、プライベート型、コンソーシアム型の3つの主要なタイプがあるが、本項ではコンソーシアム型について解説する。

コンソーシアム型ブロックチェーンは、管理主体が複数の企業や組織から成るパブリック型とプライベート型の中間に位置するブロックチェーンであり、特定可能な複数の管理組織によって運営されている。取引の公開範囲はその管理者のみに限定されることから部分的にプライベート型のブロックチェーンと捉えることもできる。

コンソーシアム型は、パブリック型の分散性という利点とプライベート型の迅速な大量処理が可能という利点を享受できる。

また、管理者が複数存在するため、ルール変更についても一定数以上の合意が必要となり、セキュリティや耐障害性においてもプライベート型に比べると強固となる。

図32：ブロックチェーン導入における企業や組織の進捗状況



脚注： Respondents could select multiple answers.

また、改ざん耐性や分散帳簿といったパブリック型の利点も継承される。このためプライバシー上の問題やリスクに懸念があるパブリック型の弱点をカバーしつつ、ブロックチェーンの特徴である改ざん耐性や分散帳簿の利点を十分に生かせることからコンソーシアム型は同業他社が協力して構築するブロックチェーンとして活用され始めている。

ブロックチェーンの取り組み状況

今回の調査では、ブロックチェーン技術に対する一般的な関心度合や実施状況は、少なくとも54%は研究段階にあり、35%がパイロット段階、3%が実施段階にある（図32）。

コンソーシアム型ブロックチェーンに求められる運用モデル

さまざまな業界でブロックチェーンの実験が広く行われていることが、特にコンソーシアム型ブロックチェーンにおいて、ブロックチェーン技術の成長余地を引き出している。Gartnerの調査では、2023年までに、有効なコンソーシアム型ブロックチェーンは、サイドチェーンのようなアーキテクチャを使用して、パブリック型ブロックチェーンと緊密に統合されていくとされる。そして2028年までに、コンソーシアム型ブロックチェーンとパブリック型ブロックチェーンがインフラレベルで統合され、パブリックとプライベートのトランザクションがサポートされるようになるという。（巻末索引17）

ブロックチェーンに対する関心の高さと今後の更なる成長の可能性を考慮すると、テストの観点においても効果的且つ効率的なテストが求められる。例えば、コンソーシアム型ブロックチェーンにおいては、信頼性のある最小限の環境で動作するスケーラブルで信頼性の高い運用モデルが必要となる。

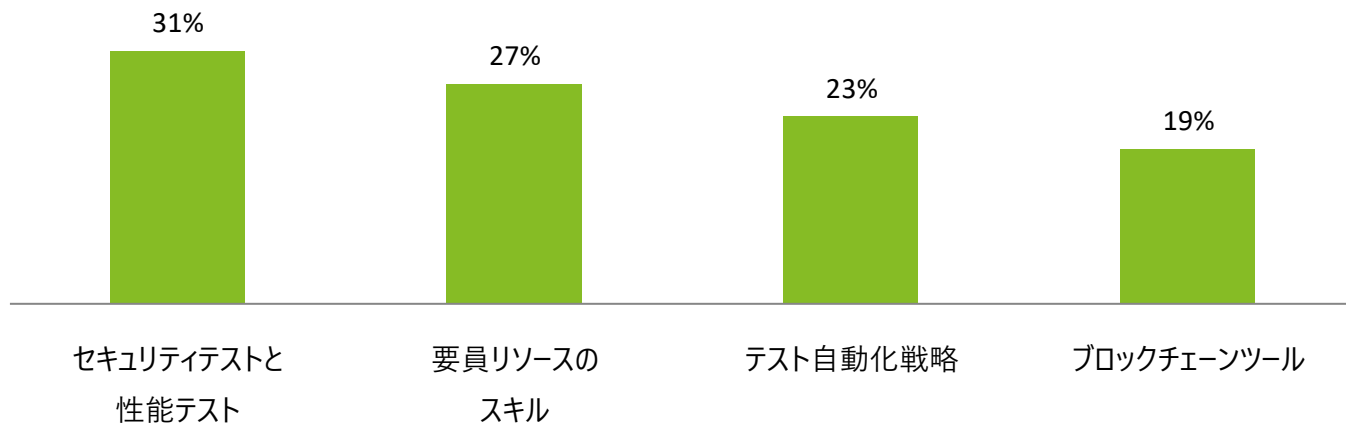
ブロックチェーンのテストにおける課題

ブロックチェーンのテストでは、ブロックチェーンの持つ特徴を加味した取り組みが最も重要となる。今回、企業や組織が直面しているブロックチェーンに関わる課題を調査した（図33）。

パフォーマンスとセキュリティ：最も重要なブロックチェーンのテストにおける課題は、セキュリティとパフォーマンステスト（31%）である。セキュリティの観点では、たとえばIDレイヤが一度ハッキングされてしまうと、瞬時にトランザクションを停止できなくなることからブロックチェーンネットワークにおいてセキュリティテストは極めて重要な作業である。実際、2020年にハッカー集団により推定19億ドルの暗号通貨が強奪される事件が発生した。（巻末索引18）この事件からセキュリティの重要性は明白である。

パフォーマンスの観点においては、現在においても刻々とネットワークが拡大し続ける中、ブロックチェーンのトランザクション量の管理と予測は、より難易度が高くなっている。例えば、マイナー^{*17}の増加に伴う応答予測時間の確保は課題の一つである。

図33：ブロックチェーンアプリケーションのテストにおいて企業や組織が直面している主な課題



脚注： Respondents could select multiple answers.

*17： 仮想通貨の送受信データをブロックチェーンに記録するための計算処理を行う際に仮想通貨のネットワーク上でデータの検証や承認を実施しネットワークの管理・運営に貢献する人

要員の経験とスキル：要員スキル（27%）が二番目に関心の高い課題となった。ブロックチェーンのテストには、技術的な知見と新しい分野の知見を組み合わせる特定のスキルが必要であり、それらを身に着けることは容易ではない。例えば、ブロックチェーンアプリケーションをテストするためのテスト戦略の策定は難易度が高い。

たとえば、ブロックチェーン上で契約を自動的に実行可能とする仕組み・エージェントプログラムなどのスマートコントラクト^{*18}のテストでは、必要な技術やツールの深い知識が不足しているため、多くの企業や組織はどこから手をつけたらよいのかが分からない状況となっている。また、テストのために本番環境を複製することは、非常にコストがかかり、かつ複雑である。正確にプロビジョニングされていなければ、既存データを含めた新しいバージョンに更新する必要が生じるかもしれない。このように、テスト環境を構築することは非常に手間がかかるものとなる。

ブロックチェーンにおけるテストアプローチの改善

ブロックチェーン開発ライフサイクルへのテストの組み込み：ブロックチェーンのテストは、ブロックチェーンのエコシステムのセキュリティとスケーラビリティを確保するために、ブロックチェーン開発ライフサイクルの不可欠な部分として予め考慮しておくべきである。

ブロックチェーンテストフレームワークの活用：

スマートコントラクトのテストは、運用開始前にセキュリティ上の脆弱性を検出し、対処するために必要不可欠である。一度契約が成立すると、それを管理する中央集権化された機

関はないため、事前に欠陥を特定し、対処しておく必要がある。このためのソリューションである標準化されたテストフレームワークを使用することで、適切なテスト環境上におけるスマートコントラクトのテストが可能となる。

テスト工程におけるKPIの設定：

テストの進捗を効果的且つ効率的に収集するために、テストチームはテストカバレッジや信頼性の向上などの指標にも注力する必要がある。KPIを設定することでソリューションがビジネス目標をどの程度効果的に達成しているかを客観的に評価することが可能となる。

テスト自動化フレームワークの適用：

ブロックチェーンに追加されるデータは不変であるため、シームレスなデータフローを保証する統合も重要となる。テスト自動化フレームワークを使用することにより、APIのテストを自動化することが可能となる。

現状と今後の展望

ブロックチェーン技術の進化と複雑さを考慮すると、今のところ、テストプラクティス手法がブロックチェーンの展開に追従する形となっているのは当然の結果である。ブロックチェーンを研究・試行している企業や組織は、ブロックチェーンのテストで必要となる予算を既に確保している（図34）。調査回答者の48%が年間10～15%を予算化しており、25%を超える予算化はされていない。今後、導入事例が急増し、より多くのブロックチェーンベースのサービスアプリケーションがデPLOY・普及されるにつれて、これらの比率は更に増加してくものと予想される。

本章のまとめ

コンソーシアム型ブロックチェーン技術は、これからも多くの分野で導入事例とサービスアプリケーションを急増させる可能性が高い。デジタルIDはデジタルの世界で使われる身分証明として今後の発展が期待される領域である一方、機微情報との関連付けなど、プライバシー保護などの問題を抱える領域の1つである。組織的な要員の経験とスキルの欠如は、ブロックチェーン導入の喫緊の課題であり、導入の障壁となっている。効果的なブロックチェーンアプリケーションのテストは、品質を保証するだけでなく、開発中に要件とのギャップが残存するリスクを最小限に抑制することにも繋がる。

^{*18}： ブロックチェーン上で契約を自動的に実行可能とする仕組み・エージェントプログラム

XIV. About the Sponsors

Our insights can help you take advantage of emerging trends. If you're looking for fresh ideas to address your challenges, let's talk.

Reach out for a discussion

Rohit Pereira

Principal, Deloitte Consulting LLP
ropereira@deloitte.com

Avneet Chatha

Managing Director, Deloitte Consulting LLP
achatha@deloitte.com

Tejas Vijay Desai

Principal, Deloitte Consulting LLP
tedesai@deloitte.com

Saurayan Chaki

Senior Manager, Deloitte Consulting LLP
schaki@deloitte.com

Chaithanya Kolar

Managing Director, Deloitte Consulting LLP
ckolar@deloitte.com

Jeremy S Scott

Managing Director, Deloitte Consulting LLP
jscott@deloitte.com

Vivek Balakrishna Pai

Managing Director, Deloitte USI Consulting LLP
vivepai@deloitte.com

Authors

Krishna Duggala, Aswin Natarajan, Mukesh Gupta, Noor Khoja, Neeraj Rana, Julker Nain, Ahed Mossolly, Sandeep Gorai, Rebicca Mandal, Srinath Narayan, Sandeep Parashar, Prabhanjan Nagendra, Pallabi Chakraborty, Srinidhi Magge, Praveena Gunda, Reema Rajput, Antony Chandy, Roshan Shetty, Ritesh Merchant

Contributors

Rajat Rai, Nitish Jain, Senthil Subbiah, Ganga Narayanasamy, Harshit Garg, Swati Seth

XV. Endnotes

1. Joachim Herschmann et al., Gartner Magic Quadrant for Software Test Automation, Gartner, November 2019.
2. 2020 Cloud Computing Study, IDG, June 8, 2020.
3. "Spending on Public Cloud IT Infrastructure Surpasses Spending on Traditional IT Infrastructure for the First Time in the Second Quarter of 2020, According to IDC," IDC, September 29, 2020.
4. William Clark et al., Predicts 2018: Application Development, Gartner, November 21, 2017.
5. Dr. W. Edwards Deming, Out of the Crisis, The MIT Press (reprint), 2000.
6. Manjunath Bhat et al., Predicts 2020: Agile and DevOps Are Key to Digital Transformation, Gartner, December 5 2019.
7. Katie Costello and Meghan Rimol, "Gartner Forecasts Worldwide Public Cloud End-User Spending to Grow 18% in 2021," Gartner, November 17, 2020.
8. Andrew Lerner, "The Cost of Downtime," Gartner, July 16, 2014.
9. Research and Markets, "Test Data Management - Global Market Trajectory & Analytics," Global Industry Analysts, Inc., April, 2021.
10. Diego Lo Giudice et al., No Testing Means No Trust In AI: Part 1, Forrester, November 2019.
11. Michael Desmond, "IDC: Global Spending on IoT to Top \$1 Trillion 2022," ADT Mag, June 14, 2019.
12. Rajkumar, "Crowdsourced Testing Guide for Companies and Testers," Software Testing Material, August 31, 2020.
13. Deloitte, 5G Ecosystem, The digital haven of opportunities, September, 2019.
14. Ibid.
15. Kathleen O'Dell et al., "Powered by blockchain – Reimagining electrification in emerging markets," Deloitte Insights, August 1, 2018.
16. John-David Lovelock et al., Forecast: Blockchain Business Value, Worldwide, 2017-2030, Gartner, March 2, 2017.
17. Avivah Litan, William Clark, The Future of Blockchain: 8 Scalability Hurdles to Enterprise Adoption, Gartner, September 4, 2018.
18. Jastra Kranjec et al., "Crypto Criminals Stole \$1.9B in 2020, down from \$4.5B in 2019," Finaria, March 10, 2021.

日本のコンサルタントの見解

品質を自分たちの手に取り戻すための準備はできているのか

ビジネス成長や新事業創出において、テクノロジー要素を含まないアイデアが限定的になっている中、多くの企業では、IT戦略をいかにビジネス戦略にアラインさせていくか、日々頭を悩ましていることだろう。加えて、自動化やテクノロジーを活用した意思決定など、徐々に活用範囲が拡大しているAIや機械学習に取り組むことで、企業が新たな労働力としてテクノロジーの活用に取り組まれているかもしれない。多様性

（Diversity）、公平性（Equity）、包括性（Inclusion）に関して、テクノロジーを活用した従業員との関係性構築も、エシックスとビジネスパフォーマンスの関係性から、今後注目される領域であろう。（これらについての技術トレンド、先進事例は、デロイトが発行した「Tech Trends Report 2021」を参照いただきたい）

一般社団法人日本情報システム・ユーザ協会（JUAS）が2020年9月から10月にかけて実施した「企業IT動向調査報告書2021」（参考文献1）によれば、2021年のIT予算は、コロナ禍を経て減速したとはいえ、82.3%の企業が増加または不変と回答しており、全体としては増加基調を維持している。

プロジェクトはなぜ成功していないのか

経営課題解決とテクノロジー活用が密接に結びつきを強め、経営からのリソース配分も増している中、それらを実現するために実施されるプロジェクトは果たして着実な成果を計画通りに残せているだろうか。答えは、必ずしもそうではないということである。デロイトの調査（参考文献2）によれば、60%の企業がプロジェクトの失敗を経験、44%のプロジェクトが品質、予算、スケジュール目標のいずれかを未達、15%のプロジェクトが品質、予算、スケジュール目標のすべてを未達、またはプロジェクトを中止している。予算規模で見れば、8,500万円から3.4億円ほど（75万ドル～300万ドル）のプロジェクト成功率は38%であり、11.4億円（1,000万ドル）を超えるプロジェクトでは成功率は2%程度（推定）とされている。（日

経コンピュータの2018年の調査（参考文献3）によれば、プロジェクトの成功率は52.8%であり、デロイトの調査に比べて数字は高いが、着実に成功しているというわけではない）

1,000万ドルを超えるプロジェクトが50回に1回しか成功しないという確率は、非常に低いと思われるであろうが、当初予算の範囲内に収まり、稼働日を変更しなかったプロジェクトは、なかなか見当たらないのではないだろうか。

その原因は、プロジェクトがその時に置かれた状況・環境によりさまざまだろうが、日経コンピュータの同じ調査（参考文献3）では「要件定義が不十分」「追加の開発作業が発生」「システムの仕様変更が相次いだ」が満足を得られなかった理由、スケジュールを遵守できなかった理由、コストを守れなかった理由の筆頭としてあげられている。

要件を伝えればうまくいくのか

要件を曖昧にしたままでシステム開発を進めたのでは、後続工程で想定外の要件が発見され、それに伴う追加開発作業が発生し、結果として予算と納期が守られなくなる。だから要件定義工程が重要であり、業務部門が積極的に関与し、システム導入に伴うワークアラウンド（一時的な回避策）や業務部門による過剰な要求は経営陣が意思決定をすべし、という声はよく聞かれるところである。確かに、これは業務部門としてシステムに何ができれば正しいかということとを伝えるという側面では非常に有効な取り組みといえる。

しかし、これだけでは完全といえない。何ができれば正しいのかということに加え、何ができないのが正しいのかも伝えなければ、システムは想定とは異なるふるまいを見せることになる。稟議に添付するファイルは3つ登録できれば良い、という要件は、2つや4つだとかどのようにふるまうのが正しいのか、というところまで整理しておかないと、実際に業務部門がテストしたときに期待値を満たせず、「要件定義が不十分」という結果を迎えることになる。このように、何ができて何ができなければ正しいのかという目線をシステム開発の早い段階から盛り込むことが、プロジェクトの成功に寄与すると私たちは考えます。

品質エンジニアリングを改めて考える

本書では、品質エンジニアリングについて、AI、IoT、5G、ブロックチェーンといった新技術を活用したITシステムそのものに対するテストと、これら新技術を活用したテスト技術の進化（テスト自動化、継続テスト、TDM/TEM）について述べてきた。加えて、クラウド（Cloud）化が加速する中、カオスエンジニアリングやクラウド（Crowd）ソーシングテストといった、従来のオンプレミスのテストの延長線上にはない、テスト技法が必要であるということも述べてきた。

特に「IV.インテリジェントオートメーション」では、AI、MLを活用し、従来の自動化領域である「テスト実行」に加え、要求分析やテスト設計、テストスクリプトのメンテナンス、テストレポート設計などの反復的なタスクの多くを担う「デジタル・テスター」の登場により、質の高いエンジニアがより戦略的なタスクを担うようになるという、いわば労働集約的であったテストの分野に、変革をもたらす内容を提起させていただいた。

テストエンジニアの将来は、時間のかかる労働ではなく、以下のような、人間でなくては検討・判断できない戦略的な領域に専念することになっているとしている。

- AIシステムを利用者の期待や信頼を損ねないよう使いこなすための、「モデルの精度」、「適切なデータ」とそれをやり取りする「システム間連携」などの各要素に配慮したAIシステムに対するテスト戦略の策定
- 実際に利用する利用者を大量に集め、リアルタイムにフィードバックを得てバグを発見し、ユーザーのニーズに高いレベルで対応するクラウドソーシングテストの企画運営
- 故意に起こした障害によりシステムの弱点をシステム・運用の面からあぶりだすカオスエンジニアリングを通じて可視化された「最悪の事態」から速やかに復帰するための業務運営設計

情報処理推進機構（IPA）（参考文献4）によれば、システム開発工数のうち、テスト工程の工数は32%を占めるといわれている。しかしながら、大学の情報系のカリキュラムを眺めてみると、アルゴリズム、プログラミング、人工知能、サイバーセキュリティ、スーパーコンピューティング、アーキテクチャなど、情報システムを作り上げるための講義は目につくが、品質エンジニアリング、テストといった講義を見つけることは非常に困難である。情報システム部門、DX推進部門においても、IT企画、開発、運用といった人材の確保・育成が組織・人材戦略の中心にすえていることが、実情ではないだろうか。

日本においては、基本設計からシステムテストまで、開発ベンダーが請負契約を締結するケースがシステム開発を行う場面では多いのではないだろうか。品質責任は請負契約の受注者である開発ベンダーが負うべきで、発注者が負うべきではないという考えもあろう。それは、契約上の問題としては正しいし、開発ベンダーは請け負った範囲で品質を担保する責任はあると考える。しかし、競争優位性を生み出すため、テクノロジーの進化を企業活動に取り込むという大きな潮流がある中で、その根幹をなす品質を、他社に任せきりでよいのだろうか。本書で提唱させていただいたQuality Engineeringの潮流は、あくまで開発ベンダーが対応するものであり、自社が取り込む必要のないものか。

自社が必要とする品質を担保するため、開発ベンダーと対峙し、必要なテストを自社が推進できる能力を持つ。

本書をきっかけに、品質を自社の手に取り戻すために、自社のリソース配分が適切か、立ち止まって考えていただけると幸いである。

参考文献

1. 一般社団法人日本情報システム・ユーザ協会、“企業IT動向調査報告書2021”,2021年
2. Deloitte, “Predictive Project Analytics”、2014
3. 日経コンピュータ、“ITプロジェクト実態調査2018”、2018年
4. 情報処理推進機構、“ソフトウェア開発分析データ集2020”、2020年

執筆者



中川 明久 ディレクター

Systems & Cloud Engineering

日系コンサルティング会社、事業企画コンサルティング会社を経て現職。多岐にわたる業種に対し、新事業立上げやシステム化構想策定、導入支援をPM/PMOとして多数従事。特に先例のない業務プロセス変革とプログラム管理を安定的に品質良く推進する体制・ルール形成を幅広く実行支援。デロイト内ではProject/Program Managementチーム責任者を経て、Quality Engineeringチーム責任者。

日本版発行責任者



根岸 弘光 執行役員 パートナー

Japan Leader

Systems & Cloud Engineering



中川 明久 ディレクター

Systems & Cloud Engineering

大手システムインテグレーター、複数のコンサルティング会社を経て現職。デジタル時代のEnterprise Architecture設計に強みを持つ。また、グローバルサプライチェーン改革、グローバル営業改革、ERP導入等のオペレーション変革、システム構造改革の経験を多数持つ。

日系コンサルティング会社、事業企画コンサルティング会社を経て現職。多岐にわたる業種に対し、新事業立上げやシステム化構想策定、導入支援をPM/PMOとして多数従事。特に先例のない業務プロセス変革とプログラム管理を安定的に品質良く推進する体制・ルール形成を幅広く実行支援。

日本版発行担当者

赤岩 かおり

津川 順司

高浪 章

大宜見 菊野

河上 和広

土佐 珠江

吉田 美沙

有村 拓

国内のお問合せ先

根岸 弘光／Hiromitsu Negishi

Japan Systems & Cloud Engineering Leader

Partner

デロイトトーマツ コンサルティング合同会社

hnegishi@tohmatu.co.jp

中川 明久／Akihisa Nakagawa

Systems & Cloud Engineering

Director

デロイトトーマツ コンサルティング合同会社

aknakagawa@tohmatu.co.jp

Deloitte.

デロイト トーマツ

デロイト トーマツ グループは、日本におけるデロイト アジア パシフィック リミテッドおよびデロイトネットワークのメンバーであるデロイト トーマツ合同会社ならびにそのグループ法人（有限責任監査法人トーマツ、デロイト トーマツ コンサルティング合同会社、デロイト トーマツ ファイナンシャルアドバイザー合同会社、デロイト トーマツ税理士法人、DT弁護士法人およびデロイト トーマツ コーポレートソリューション合同会社を含む）の総称です。デロイト トーマツ グループは、日本で最大級のプロフェッショナルグループのひとつであり、各法人がそれぞれの適用法令に従い、監査・保証業務、リスクアドバイザー、コンサルティング、ファイナンシャルアドバイザー、税務、法務等を提供しています。また、国内約30都市以上に1万5千名を超える専門家を擁し、多国籍企業や主要な日本企業をクライアントとしています。詳細はデロイト トーマツ グループWebサイト（www.deloitte.com/jp）をご覧ください。

Deloitte（デロイト）とは、デロイト トウシュ トーマツ リミテッド（“DTTL”）、そのグローバルネットワーク組織を構成するメンバーファームおよびそれらの関係法人（総称して“デロイトネットワーク”）のひとつまたは複数を指します。DTTL（または“Deloitte Global”）ならびに各メンバーファームおよび関係法人はそれぞれ法的に独立した別個の組織体であり、第三者に関して相互に義務を課しまたは拘束させることはありません。DTTLおよびDTTLの各メンバーファームならびに関係法人は、自らの作為および不作為についてのみ責任を負い、互いに他のファームまたは関係法人の作為および不作為について責任を負うものではありません。DTTLはクライアントへのサービス提供を行いません。詳細は www.deloitte.com/jp/about をご覧ください。

デロイト アジア パシフィック リミテッドはDTTLのメンバーファームであり、保証有限責任会社です。デロイト アジア パシフィック リミテッドのメンバーおよびそれらの関係法人は、それぞれ法的に独立した別個の組織体であり、アジア パシフィックにおける100を超える都市（オークランド、バンコク、北京、ハノイ、香港、ジャカルタ、クアラルンプール、マニラ、メルボルン、大阪、ソウル、上海、シンガポール、シドニー、台北、東京を含む）にてサービスを提供しています。

Deloitte（デロイト）は、監査・保証業務、コンサルティング、ファイナンシャルアドバイザー、リスクアドバイザー、税務、法務などに関連する最先端のサービスを、Fortune Global 500®の約9割の企業や多数のプライベート（非公開）企業を含むクライアントに提供しています。デロイトは、資本市場に対する社会的な信頼を高め、クライアントの変革と繁栄を促し、より豊かな経済、公正な社会、持続可能な世界の実現に向けて自ら率先して取り組むことを通じて、計測可能で継続性のある成果をもたらすプロフェッショナルの集団です。デロイトは、創設以来175年余りの歴史を有し、150を超える国・地域にわたって活動を展開しています。“Making an impact that matters”をバース（存在理由）として標榜するデロイトの約345,000名のプロフェッショナルの活動の詳細については、（www.deloitte.com）をご覧ください。

本資料は皆様への情報提供として一般的な情報を掲載するのみであり、デロイト トウシュ トーマツ リミテッド（“DTTL”）、そのグローバルネットワーク組織を構成するメンバーファームおよびそれらの関係法人（総称して“デロイトネットワーク”）が本資料をもって専門的な助言やサービスを提供するものではありません。皆様の財務または事業に影響を与えるような意思決定または行動をされる前に、適切な専門家にご相談ください。本資料における情報の正確性や完全性に関して、いかなる表明、保証または確約（明示・黙示を問いません）をするものではありません。またDTTL、そのメンバーファーム、関係法人、社員・職員または代理人のいずれも、本資料に依拠した人に関係して直接または間接に発生したいかなる損失および損害に対して責任を負いません。DTTLならびに各メンバーファームおよびそれらの関係法人はそれぞれ法的に独立した別個の組織体です。

Member of
Deloitte Touche Tohmatsu Limited

© 2022. For information, contact Deloitte Tohmatsu Group.



IS 669126 / ISO 27001