



2023 Quality Engineering
Trends Report 日本版

日本版発刊に寄せて

システム開発に従事する者のひとりとして、2023年版Quality Engineering Trends Reportの日本版を発行できることを大変喜ばしく思います。

企業のビジネスの発展と加速に伴いシステム開発の要件が広範化するとともに、IoT、AI、機械学習、メタバースなどに代表される技術の進化も急速に進んでいます。一方で日本のシステム開発の現場では、開発会社が品質を請け負うというスキームが軸となり本来ビジネスの品質を支える品質管理／テスト戦略の改革は同様のスピードでは進んでいない現状があります。

本レポートではQuality Engineering（QE）の進化に貢献する外部要因としての技術動向、および内部要因としてのQE部門を中心とした組織の構造に焦点を当て、QEプラクティスの成長を促進する要因を探求しています。

本レポートにてQEの最新の動向とアプローチに触れていただき、品質管理のモダナイゼーション、特にテスト戦略の改善のためのインスピレーションを提供したいと考え、本レポートの日本版を発行いたしました。品質管理に課題を抱える方々だけでなく、システム開発に関わるすべての方にこのレポートを読んでいただき、ビジネスの変化に適応する品質管理の方法について考えていただければ幸いです。



安村 俊徳
執行役員 パートナー
Systems Delivery & Modernization

目次

はじめに	1
エグゼクティブ・サマリー	2
変化を促す市場の力	5
メタバースを中心に	6
5Gコンピューティングの力を開放する	8
サプライチェーンネットワークの最適化	10
As-a-serviceサブスクリプションによる拡張	12
専用デバイスに適應する	14
品質エンジニアリングの進化の原動力	16
人工知能 (AI) / 機械学習 (ML) の育成	17
ディスラプションの中でのリード	20
カオスエンジニアリング	22
テストデータ管理の進化	24
テスト戦略の再構築	26
Get in touch	29
Endnotes	30
日本のコンサルタントの見解	31

本誌はDeloitte Insightsが発行した2023 Quality Engineering Trends Report
をデロイト トーマツ コンサルティング合同会社が翻訳・加筆のうえ発行したものです。
和訳版と原文(英語)に差異が発生した場合には、原文を優先します。

はじめに

2023年版Quality Engineering Trends Reportをシェアできることに心から感謝申し上げます。

過去数年間に驚くべき出来事が重なり、桁外れなイベントが加速し、組織の方向性がかたちづくられた。労働環境が絶えず変革するのと同じくして、とりわけ人工知能分野に関連する躍進と利用においては、代替現実の適用と活用のニーズに対するデジタルディスラプションの強い追い風が吹いている。これらは刺激的な時代である。

企業や組織は、個人のニーズとマーケット需要によって駆動される“仕事の未来”の概念に基点を置き続けている。メタバースや仮想現実と同じく、5Gによって生まれた繋がり、およびサプライチェーンの最適化は市場に影響を与え、企業や組織はこれらのディスラプションの牽引に注力し続けながら、職場環境の効率化と平等性、マーケットリーダーシップ、そして顧客体験における成果の実現を達成するため、テスト戦略の改革に取り組んでいる。

今日の仮想的つながりを持つ世界では、新しいソリューションの展開には、しばしば多種多様なステークホルダー間での緊密なコラボレーションを必要とする。そのため、職場においては大陸横断のサプライチェーンの制約を処理する能力が継続的に進化している。これは課題の連続であるかのようにも思われるかもしれないが、一方で良い側面としては、企業や組織として必要なのはただ次の基本を守るのだと言える—それは革新し、勝ち続けることである。

品質エンジニアリング (Quality Engineering : QE) のリーダーたちは、手法、トレンド、投資評価、課題を毎年のように継続的に見直す一方、市場変化などの外的要因やテスト技法そのものの進化などの内的要因も急速に変化しており、その対応に追われている。組織は競争力を維持する一方、品質確保とリスク管理にも同時に注力しなければならない。そこで、品質エンジニアリングのシニアエグゼクティブを対象に、2021年に続き、業界横断で調査を実施した。今回リーダーの、そして未来のQE手法の思考の内側に入ること、経営者についての新鮮な洞察を得ることができた。もしかすると2021年に発行したQuality Engineering Trends Reportの内容のいくつかは、その時点での洞察かも知れないが、多くは今後も力を持ち続けると思われる。このトレンドラインは2023年以降も品質管理やテストの専門家にとって示唆的な内容となるだろう。

後続の章では、これらのキートrendを分析し、企業に対してどのような意味を持つか、包括的な品質エンジニアリングの成果を改善するために、これらの領域に対処するにあたって何が必要とされるかを考察している。レポートを読むことで、読者がそれぞれの所属する企業や組織において、明確で組織固有の論点を明らかにできると信じている。



Rohit Pereira
Quality Engineering
Practice Leader



Avneet Chatha
Quality Engineering
Delivery Leade

エグゼクティブ・サマリー

パンデミック後、ビジネスのやり方は大きく変化した。新しい技術やアプローチがより速いペースで登場し、消費者の志向も変化している。これらの変化は、品質エンジニアリング（QE）に対する考え方も変えつつある。しかし、**サービス品質、成果品質、デリバリー効率性**という基本的な考え方は不変だ。これらの価値観は、どのような組織のどのようなリーダーでも、重要な意思決定を下すうえでは欠かせないものである。信頼性やロイヤリティを向上させるだけでなく、収益の増加にも影響するからだ。

方法論：アプローチとデータセット

品質エンジニアリングのシニアエグゼクティブは、品質エンジニアリングの基礎となるスマートテクノロジーについて多くの知見を有している。テストの仕組みそのものはこの1年間でほとんど変わっていないかもしれないが、Internet of Things (IoT)、人工知能 (AI) /機械学習 (ML)、5G、メタバースといった新しい分野の成長は目を見張るものがある。特に、主要なマーケットの混乱を考慮すると、これまで不確実性が高かった分野や領域にも強みがあると考えられる。もちろん、経営陣はCOVID-19のパンデミック経験を通じて品質エンジニアリングの在り方を見定めており、新しく発生する課題や機会に適応している。

2022年秋の終わりに、私たちはITリーダーとして活躍している114人の世界各国の経営者を対象に調査を実施した（図1）。回答者は品質エンジニアリングや品質保証、テスト実施に関与しており、以下の役割のうち1/3を担っている。

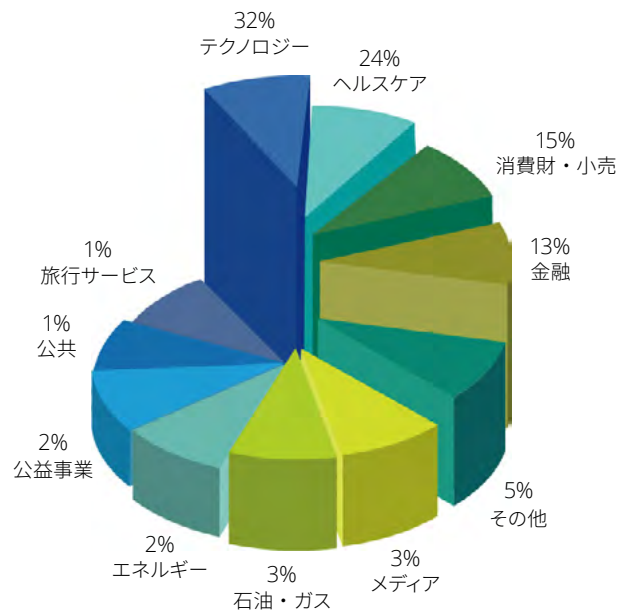
- ITまたはテクノロジー
- 品質保証と製品開発
- エンジニアリングおよびその他の機能領域

回答者全員が上位の管理職に就いており、47%がディレクター、30%がVP相当、23%がその他幹部相当の役職だった。回答者は、世界の年間売上高が5億米ドル以上の組織に在籍している（5億米ドルから50億米ドルの組織が53%、50億米ドル以上の組織が47%）。

品質エンジニアリングにおいて、組織目標を達成する上での主な懸念点を調査すると、「限定的な自動化」、「優先順位の競合」、「時間上の制約」が上位の懸念として浮かび上がった（図2）。

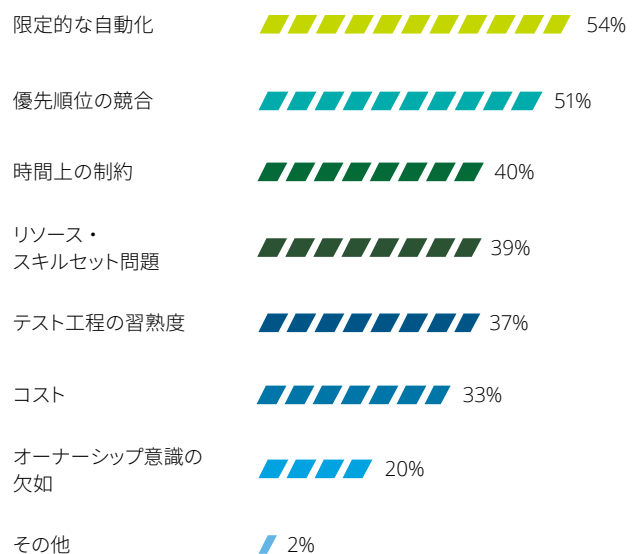
* 端数処理のため、パーセンテージの合計が100にならない場合がある。

図1. 業種別調査対象者



2022 調査結果
出典：Deloitte analysis

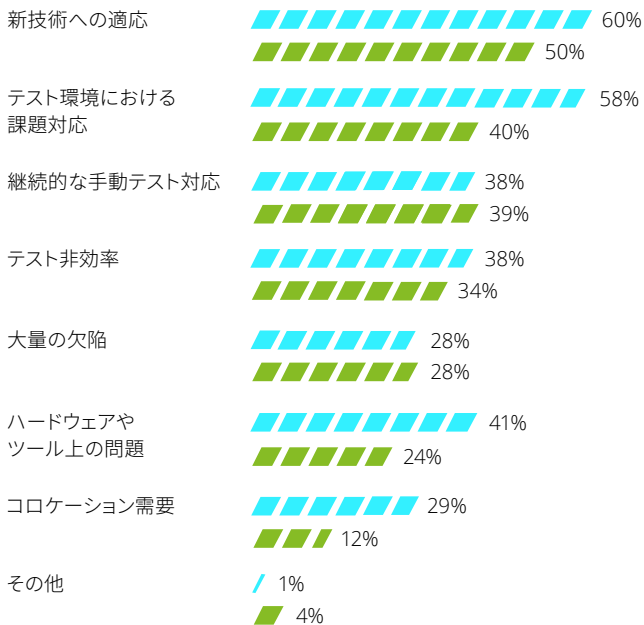
図2. テストにおける主な課題



2022 調査結果
出典：Deloitte analysis

組織全体のテスト支出の内訳を見ると、今年の調査では、新技術への適応、テスト環境における課題対応、継続的な手動テスト対応が引き続き上位を占めている（図3）。

図3. テスト費用を押し上げる要因



■ 2021 調査結果 ■ 2022 調査結果

出典：Deloitte analysis

予想に反して、ハードウェアとツールのテスト費用は大幅に減少し（2021年：41%⇒2022年：24%）、コロケーションへの需要は大幅に減少した（2021年：29%⇒2022年：12%）。これは、パンデミックによってデジタル化が促進され、クラウドベースのテストソリューションの採用が増加したことが主な理由である。これらの変化はトレンドや領域に関わらず、私たちの調査結果と提言全体に大きな影響を与えている。

今回の学び：

品質エンジニアリングインテリジェンスの普及

品質エンジニアリングにおける緩やかな変化は過去のものになりつつある。昨今の混乱により、AIとデジタルトランスフォーメーションは、新たな喫緊の課題として、品質エンジニアリング手法の着実な進化と改善が求められているのである。品質エンジニアリングは岐路に立たされている。従来、企業のデジタルトランスフォーメーションの進め方は、まずはコストを削減し、次に顧客体験とプロダクト品質を向上させるために最先端のテクノロジーを採用するという段階的なものであった¹。年月を経て市場の期待、消費者の行動、目標達成に向けた組織のアプローチが進化してきている。変革のペースが短期化するにつれて、既存のアプローチだけでは不十分になってきているのだ。品質エンジニアリングにおける市場は変化の最盛期にあると言えるだろう。

クラウドコンピューティング、AI、スマートオートメーションは、企業のリーダーが予想外の変化に対処するために不可欠なツールだ²。実際、Deloitte/Fortuneの最近の調査では、CEOの77%が、パンデミック

によってデジタルトランスフォーメーションの計画が良くも悪くも加速すると考えている³。

リモートワークと教育の普及は、メディアとエンターテインメントのデジタル消費の増加とともに、ソフトウェア開発とテスト手法を大きく変えた。当然、品質エンジニアリングにおいても以下のように影響を与えている。

- 膨大なユーザーに対する均一なカスタマーエクスペリエンスの確保
- 大容量のテスト要件への対応
- 拡張現実 (AR) と仮想現実 (VR) の技術の取り込み

変化を促す市場の力

対外的には、メタバースの登場、5G技術、組み込みシステム、サブスクリプションモデルへの注目、サプライチェーンの問題に対処するために必要な変化など、いくつかの主だったマクロトレンドと市場要素が品質エンジニアリングの進展を後押ししている。これらのトピックについては、以下で詳しく言及する。私たちの2021年版Quality Engineering Trends Report⁴の調査結果では、品質リーダーにとって差別化された品質エンジニアリング戦略をどのように策定すべきかを理解することが不可欠であることを提言している。テストの専門家は、短期的にも長期的にも、チームとテクノロジーが市場のトップランナーになるためには、どのように進化すべきかに焦点を当てるべきである。

品質エンジニアリングの進化の原動力

私たちは、品質エンジニアリングが変化していくための中核的な要素を目の当たりにしている。特に、スマートテクノロジーの利用の増加、データの急増、労働力の混乱、クラウドへの移行、カオスエンジニアリングなどが挙げられる。このような外部の発展に伴い、テストデータ管理の強化と同様に、より洗練されたテスト戦略が重要になっている。テストの専門家は、企業や組織が現在品質エンジニアリング部門をどのように使用しているか、将来に向けて品質エンジニアリング部門をどのように再編しようとしているか、重要な検討事項は何か、あるべき組織像は何か、成果品質を向上させるためにリーダーがどこに焦点を当てるべきかについても考慮する必要がある。テストリーダーは、変化し続ける外的要因（市場）および品質エンジニアリング部門における成長要因について、それぞれを考慮しながら、現在と将来像とをより明確に理解する必要がある。

私たちは現在と将来とをより明確に見通すため、まずは品質エンジニアリングインテリジェンスの普及に関して一般的な見解を提示する。次にトレンドを検証し、キードライバーがもたらすさまざまな影響について独自の視点を共有する。

デジタルトランスフォーメーションは益々加速しており、企業や組織は品質エンジニアリングを必要としている。世界がハードウェアやコンピューティング能力の向上などの画期的なテクノロジーの恩恵を受けるに従って、品質リーダーはこれらのテクノロジーを品質エンジニアリング戦略に組み込むようにすべきである。この技術的な変革をマネジメントし、リードしていくためには、ソートリーダーシップや業界の専門知識だけでなく、品質エンジニアリングインテリジェントサービスが極めて重要となる。

調査結果と分析：結果の整理

以下の章では、品質エンジニアリングにおける人工知能の普及に関するより広範な見解を示す。その後、品質保証が組織に影響を与えると考えられる10個の主要トレンドについて詳しく解説する。それぞれのトレンドについて重要な機会を分析し、品質エンジニアリング手法を抜本的に改善するために事態はどこに向かっているのか、そして、どのような機会を掴むことができるのかについて詳細な見解を示す。

本レポートの各章の概要は以下の通りである。

変化を促す市場の力



メタバースを中心に

未来は既に現実のものとなっている。拡大するメタバースのユースケースは、デジタル体験の進歩から物理障壁を取り除き、品質エンジニアリング戦略および実行を洗練するまたとない機会をもたらす。



5Gコンピューティングの力を開放する

新しい5GやIoTのテストソリューションはより高い可視性やより早い市場投入までの時間、最適化された5Gの収益を生み出し、QEエグゼクティブにとって大きな変革をもたらす。



サプライチェーンネットワークの最適化

機能のサイロ化は今や時代遅れになっている。品質エンジニアリングにおける最先端のテクノロジーは、組織を従来のウォーターフォールモデルから持続性の高いデジタルサプライネットワークへの移行を促す。



As-a-serviceサブスクリプションによる拡張

サブスクリプション型モデルの成長に伴い、品質エンジニアリングは顧客のコンバージョン率と顧客生涯価値（LTV：ライフタイムバリュー）を評価するための調整されたデータドリブンベース、分析ベースのテストモデルの導入が求められる。



専用デバイスに適応する

組み込みデバイスを搭載した高度な製品が市場に普及している。エコシステムの複雑さが増すにつれ、品質エンジニアリングは、様々なデバイス間で組み込みソフトウェアとファームウェアとをテストする環境を実現する必要がある。

品質エンジニアリングの進化の原動力



人工知能 (AI) / 機械学習 (ML) の育成

もはや“もし”の問題ではなく、“いつ”の問題だ。AI/MLは、単なる言葉だけではなく、テストデリバリーライフサイクルの中核となり、次世代の高度で自律的なデジタルテスターを可能としている。



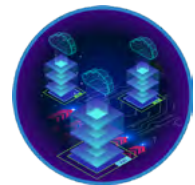
ディスラプションの中でのリード

パンデミックは、大規模なデジタルと技術的な変革の引き金となった。品質エンジニアリング市場は再形成され、従業員に新しい機会を提供し、新しい効率化の手法を可能としている。



カオスエンジニアリング

意図的な障害？適切な品質エンジニアリング戦略としてのカオスエンジニアリングは、システムの安定性を高め、アプリケーションのパフォーマンスやインフラストラクチャの回復力を改善するのに役立つ。



テストデータ管理の進化

膨大なデータと限られた時間。異種のデータソースが増加し、ターンアラウンド時間が短縮されるにつれ、大規模なボリュームを扱う際のデータセットのバイアスを排除しながら、データ生成は有意義であり、安全でなければならない。



テスト戦略の再構築

ソフトウェア開発と展開方法の進歩は、より効率的で効果的なテスト戦略のプロセスの産業化に役立っている。

変化を促す市場の力

メタバースを中心に

5Gコンピューティングの力を開放する

サプライチェーンネットワークの最適化

As-a-service サブスクリプションによる拡張

専用デバイスに適應する

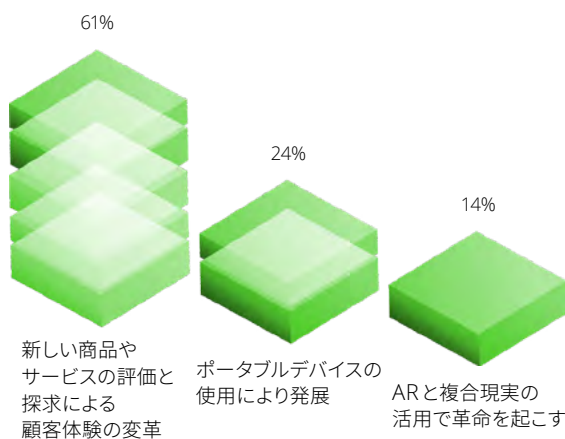


メタバースを中心に よりリアルな没入体験の実現に向けて

現実と仮想現実が融合したインタラクティブな体験は、もはや公私を問わず日常に溶け込み、人々の行動や「商品」は大きく変化した。ここでの主だったキーワードには、AR/VRや5G、IoTデバイスおよびセンサー、ブロックチェーン、暗号技術、そして人工知能 (AI) や機械学習 (ML) といったものが挙げられる。そしていまや、高品質でインタラクティブな顧客体験は、新たな差別化要因となりつつある。

まだ揺籃期にある業界において、GAF A等のテクノロジー大手は既に数十億ドルをメタバースに投資しており、今後しばらくはその傾向が続く。デロイトの調査によると、新たな商品やサービス、ポータブルデバイス、AR/VRによって人々の体験は劇的に変革すると多くのリーダーが捉えている (図4)。上質な体験の創出が重要性を増す中、現実と仮想現実とが融合した新たな市場へ迅速に適応し、優位性を築くことが喫緊の課題である。

図4. 没入テクノロジーはどのように顧客体験を再形成し、向上させるのか



2022 調査結果
上位3位の回答を列挙
出典: Deloitte analysis

デジタル社会の進化と商品のパーソナライズという二つの要因を受け、企業は革新的なテスト方法の模索に動き始めている。このような動きは、メタバースにおけるテスト技術の確立に欠かせないものだ。没入体験のシミュレーションにあたっては、MLに基づくテストモデルをカオスエンジニアリングと共に活用することで、不安定な状況下におけるシステムの脆弱性の特定とその顕在化を防止できる。例えば、ボットに視覚を与えるとどうだろう。すると、AIによるデジタルアバターの検証と、カオスエンジニアリングによるシステムの欠陥特定が可能となるのだ⁵。メタバースや没入体験がより現実味を増すにつれ、これらのツールやテスト方法の活用によってテストの自動化やデジタル化を一段と進める必要があることを理解いただきたい。

メタバースの顕れ

メタバースがあまねく浸透し、経済圏を形成するにはまだ十数年は必要であり、ユーザーやアライアンスパートナーの獲得に向けた覇権争いが繰り返されると予測する。そのため、他者に先駆けて優位性を獲得し、ビジネスインパクトを分析するためのアプローチや参入障壁を築き上げることがとても重要だ。

その最も重要なアプローチが、顧客第一主義だ。そのためには、人々のニーズや行動、感情を理解するためのユースケースの理解やAI/MLの活用、データアナリティクスに基づくテストモデルの開発が必要だ。

メタバースはもはや目前に

デジタル世界との関わり方の変化は、テクノロジー企業のみならず、あまねく私たちに訪れる⁶。すでに数百万以上の人々が、部分的にであってもメタバースに何らかの関わりを持っている。最も悲観的なシナリオであっても、テクノロジーや機能、ユースケースが成熟するにつれ、メタバースは日常に欠かせなくなるのだ。

メタバースや没入体験等におけるテスト

より回復力のあるテスト自動化に向けては、自己進化型アプリケーションが有効だ。これらのアプリケーションはデジタルアバターのテストやアプリケーション間の相互作用の特定、カバレッジの拡大、そしてなによりテストプロセスを加速する。大規模データの処理に適応したこれらのテストモデルは、メタバースにおける顧客体験の評価に有用であるほか、それらの体験をカスタマージャーニーにあてはめてペインを特定することで、人々のニーズに基づいた新たな体験の創出に寄与するのである。

メタバースの要素は身近なものとなったが、真価を発揮するにはまだ時間を要する。メタバースにおける自動化ツールやテスト技術は、まだ発展途上であり、かつ高価だ。加えて、テストに必要なスキルセットや経験の習得は今日では未だ困難を極める。デロイトの調査では、メタバースを取り巻くリスクや課題は多数あり、それぞれに適したテストが必要であることを示している。

- **プライバシーおよびセキュリティ。**メタバースは個人情報そのものだ。個人情報が盗難される恐れから、仮想世界における認証は大きな課題だ。アバターのID管理はプライバシーおよびセキュリティの観点からとても重要な役割を果たす。また、ソフトウェアの品質エンジニアリングライフサイクルにおけるセキュリティおよびプライバシーの保護は、メタバースにおけるテストの鍵となる。

- **インタラクティブかつ没入的なテストのニーズ。**メタバースの拡大にあたっては、今まで以上に顧客体験へ注意を払わなければならない。インタラクティブなテストは欠かすことのできない要素である⁷。加えて、システムを安定させるためには、強力なカオスエンジニアリングの戦略が必要だ。つまり、AI/MLを取り入れたテスト自動化ツールおよび戦略的なテストモデルの獲得は欠かすことができないのだ。

メタバースにおける包括的テスト戦略の観点は、パフォーマンスやユーザビリティ、音質や画質、ハードウェア、没入体験、セキュリティおよびアクセシビリティ、そしてカオスエンジニアリングだ⁸。これらの観点によって、ソリューションがデバイスやプラットフォームを問わずに機能することを検証できる。また、顧客体験をより豊かなものとするためには、カスタマージャーニーにおける製品やシステムの段階を問わず、計画的なデータ収集によって効果的な予測テストモデルを構築しなければならない。

“長期的視点において
イノベーションを推進するためには、
人材への投資がますます重要だ”

結論：

メタバースがもたらす品質エンジニアリングのリスクと機会

モノづくりからデジタル領域への移行が進むにつれ、人々は新たな環境、経済圏、そして通貨と触れることとなり、まったく新しい行動様式や相互作用が生まれる。それらは仮想現実および安価なIoTデバイスによって広がりを見せる、没入テクノロジー市場によってもたらされる。いまだ発展途上にあるメタバースのキーワードは次のようなものだ。

- どの程度の標準化が必要か？
- 直観的かつシームレスなユーザーインターフェースをどのように実現するか？
- 消費者およびビジネス向けユースケースはそれぞれ何を提供するか？
- メタバースをどのように統制するか？

メタバースに関するユースケースの進化とともに、テストの重要性は否応なしに増す。デジタルの未来へ真剣に向き合うリーダーは、メタバースにおける没入体験のシミュレーションと、それを可能とする分析主導型テストモデルの構築およびテスト戦略を練り上げるとともに、将来のビジネス成長に向けて消費者のニーズを理解しなければならない。そして、それらを組み合わせることによって、いかなる変化にも対応しうる柔軟な組織を手に入れるのだ。



5G コンピューティングの力を開放する

次世代のコネクティビティ、どれもが一斉に、どこでも

通信事業者が5G回線を消費者や法人⁹へ展開し続けている反面、数多くのリーダーは5Gを複雑なビジネスモデルに活用する方法について未だ明確に描けていない。それは5Gへの変革が全てのビジネスに必要な不可欠になっている昨今も同じである。4Gより迅速なスピードでネットワークのキャパシティを増やしている5Gだが、現時点では4Gの方が実行力を持ち、信頼性があり、費用対効果が高い¹⁰。そのため、5Gと4Gは今後十数年は共存していく運命だと考えられる。ただし、より多くのビジネスでリモートワーク環境が定着するとともに5Gの需要は成長すると予測されている。これは4G時代の終息ともいえるだろう。私たちの調査では1/4のみが「未だ4Gを利用している」と回答した（そしてその半数近くが5Gへ移行すると回答）ように、4Gから離れていく現象はサービスを再定義し続けることに繋がる（図5）。

5Gのユースケースが産業全般に拡大すると共に、アナリストはこの技術が経済成長を押し上げると予想している。それにはIoT採用の拡大やAR/VR、遠隔医療、スマートシティ、ユーティリティアプリケーションの実装を加速する等の背景がある¹¹。

5Gの導入は、次のように分類できる。

- 経済的高価値、技術的低難易度
例) AR、VR、4K、8Kなど
- 中程度の経済的価値と技術的難易度
例) 商用車の隊列走行や遠隔手術支援など
- 経済的低価値、技術的高難易度
例) 高度なリモート保守点検ロボットやレベル5 (L5) のスマートドライブなど

時間の経過につれて、企業や組織は複雑なシナリオをより洗練された方法で実装していくこととなる。よって、テスト業界ではテクノロジーの変革をはじめ、ネットワークの展開や顧客体験の戦略的管理を可能にしなければならない。

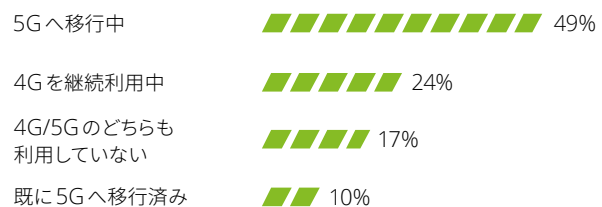
5G：良くも、悪くも、時には酷くも

5Gはデータ転送速度、モビリティ、端末接続数において4Gよりも優れていることから、アプリケーションの範囲を拡大し、ワイヤレスネットワーク、デバイス、システムのテストの観点で品質エンジニアリングに対して新しい課題を突き付けている。通信技術が機能を拡張していく

につれて、品質エンジニアリングは物理レイヤーのテストのみならず、ビジネスモデルを含む最新のユースケースを迅速かつコスト効率よくテストできるようにする必要がある。

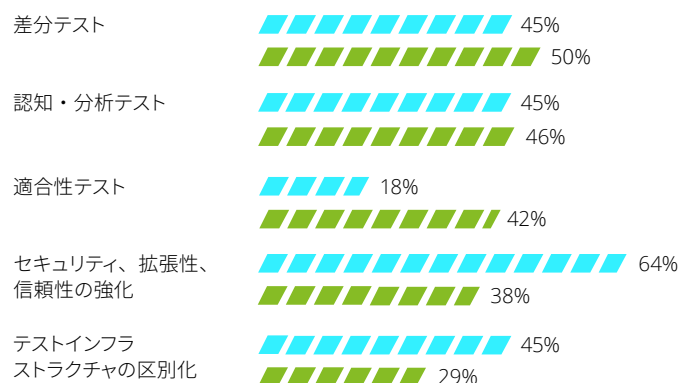
2021年の調査結果からも5Gの優位点や課題を確認できる。組織の46%が認知的 (Cognitive) かつ分析的なテスト技術を用いて5Gと新たなテストシステムの経験の質を積み上げるため利用していると答えた（図6）。

図5. 5G移行における企業や組織の現状



2022 調査結果
出典：Deloitte analysis

図6. 企業や組織が5Gアプリケーションをテストするために採用しているテストアプローチ・テスト戦略



■ 2021 調査結果 ■ 2022 調査結果

上位5位の回答を列挙

出典：Deloitte analysis

企業は従来のテストツールを含むテストフレームワークのアップグレードを継続しており、人工知能 (AI) / 機械学習 (ML) ベースの自動化ツールを適用し、5G 製品の手動テストに関わる課題であるその複雑さと市場投入までの時間を克服している。

驚くべきことに、インフラストラクチャ、セキュリティ、拡張性、信頼性のテストは減少し (2021 年の 64% から 2022 年の 38% へ)、適合性テスト (製品が規格に準拠しているかどうかを評価すること。多くの業界または機関からのさまざまな標準への準拠を評価することから製品が該当する規格に準拠しているかどうかを確認するのに役立つ、メーカーは製品の一貫性を保証できる) が増加している (2021 年の 18% から 2022 年の 42% へ)。これはパンデミックの最中にデジタル化とクラウド導入が強化された影響が大きい。また、企業や組織はより分析に基づいたテストソリューションを採用し、クラウドインフラに依存して 5G 対応アプリケーションとコネクテッドアプリケーションを構築している。これらのテスト自動化ツールをクラウドテクノロジーと組み合わせることで、企業や組織は製品開発やテストを強化できることはもちろん、ソフトウェアの検証に必要な時間の節約に加え、究極的には市場投入までの時間も短縮が可能になる。

5G テスティングで目標を達成する

5G テスティングは、光速ダウンロードや超低レイテンシー、広範囲のカバレッジの確認だけではない。5G のデータ要素は、分散されており、さまざまな形状、サイズ、容量で提供されるため、テストの難易度が増大している。また、この変化は人間の理解を超越しており、ここでの問題は、企業がすべてのデータをどのように管理し、検証するかである。そして、アナリティクスドリブンで動的に生成・使用・削除されるネットワーク断面をチェックする自動化アプローチは、5G システムテストのキーポイントとなり得る¹²。

5G テストソリューションは、デバイスやネットワークの主要なパラメータをテストできるだけでなく、広く普及させるためのコストパフォーマンスも高くなければならない。差別化されたアプローチのユースケースドリブンのテスト戦略は、5G ネットワークの開発、展開、運用の卓越性を持ったエンドツーエンドのテストソリューションとともに重要になっていくだろう。効果的な保証には、新しい技術と連携した相互運用可能でシームレスなネットワークが必要だ。5G テストの主な考慮事項は以下の通りである。

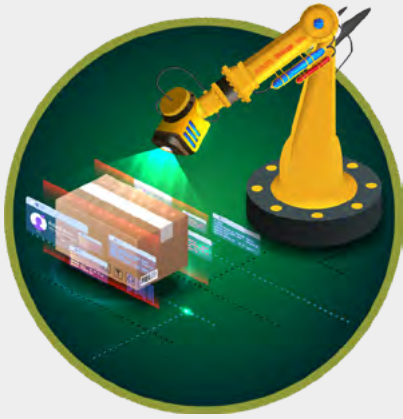
- **顧客体験の管理。** コグニティブテクノロジーは重要な品質指標を集約することができる。顧客体験の管理は、シームレスな移行による通話品質の強化、高スループット、データ送信時の低レイテンシー、バッファリングと輻輳を最小限に抑えた高画質にも焦点を当てる必要がある。
- **接続デバイスの有効化。** 接続デバイスを有効化することで、サービスの仮想化、アプリケーションプログラムインターフェース (API) の自動化、モデリング言語を通じてデバイスとネットワーク間の相互運用性を検証することが可能になる。また、ハードウェア障害を検証する工場受入テスト (FAT) にも役立つ。最後に、クラウド (Crowd) データを活用して、デバイスの音声とデータのパフォーマンス、カバレッジ、ネットワークパフォーマンス、モビリティ、およびさまざまなテクノロジーにわたる顧客体験を検証するフィールドテストやアプリケーションテストをサポートできる。
- **ネットワーク検証とロールアウト。** このテストは、シームレスな相互運用性、エッジコンピューティング、クラウド、複数ネットワーク間の移行、ハードウェアのスケラビリティ、復元性、信頼性を検証する。また、ソフトウェア障害も迅速に検知可能となる。ネットワーク検証とロールアウトには、セキュリティテストと適合性テストが含まれる。
- **テクノロジーのトランスフォーメーション。** テクノロジーのトランスフォーメーションにより、ロボティクス、AI、コグニティブテクノロジーなどの高度な自動化テストソリューションを統合し、「テスト環境とデータのためのテストインフラストラクチャ」を実現する。
- **マルチエッジコンピューティングテスト。** このテストには、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、API サービス公開、マルチクラウド配信プラットフォームでの適合性テストが含まれる。

品質およびテストプロセス全体を通じたデータ連携を確保することがキーポイントである。企業や組織は 5G への移行や AI の更なる採用において、技術開発やスキルセットの課題に最初に直面する。それに対して QE エグゼクティブは無線アクセス技術とシステム間ハンドオーバーテストを実現するために、従来のテストフレームワークを最適化することに目を向けなければならない。

結論：

5G はテストトランスフォーメーションを推進する

AI と 5G の組み合わせは、テストにおける前例のない変革を推進しており、さまざまな業界が斬新な方法で視野を広げている。データドリブン型のテスト自動化ツールは、視認性の向上、市場投入までの時間短縮、収益源の最適化を可能にする。ビジネスリーダーは、5G がどのようにランドスケープを変化させているかを考慮し、市場で差別化を図るために新しい変革的テストアプローチを準備する必要がある。先端技術のテストソリューションを採用し、クラウド (Crowd) テストを活用する企業や組織は、ライフサイクルを加速させ、市場投入までの時間を短縮することが可能になる。



サプライチェーン ネットワークの最適化

リニアからコネクテッドデジタルサプライネットワークへの移行

COVID-19のパンデミック以前は、ほとんどのサプライチェーンマネージャーは「必要なものを、必要なときに、必要な分だけ」用意するジャストインタイムの在庫管理に重点を置いていた¹³。しかし、グローバルレベルで巻き起こった混乱がすべてを変え、サプライチェーンの脆弱性、不安定なビジネス関係、原材料調達の不確かさが露呈した。壊れたサプライチェーンを迅速に再構成するための危機管理メカニズムを確立し、変化する環境に反応し、適応する能力といったサプライチェーンの回復力が新たに重要になったのである。

過去最悪のパンデミックによる混乱が和らいでいるにもかかわらず、物資不足や供給難は依然として続いており、多様化された物流の必要性が認識されている¹⁴。半導体などの重要な分野での配送遅延や供給不足は、原材料の供給元に対するサプライヤーの可視性や地理的な近接性を効果的に高める方法についての課題を提起している¹⁵。企業や組織は、リスクを軽減する最適なサプライチェーン管理 (SCM) を培うために、サプライチェーンの回復力に対して投資する必要がある。

マーケットの混乱によって、企業や組織に異なる考え方を求め、革新的な戦略と技術を実施することによるサプライチェーンの効率性を高めることが必須となった。

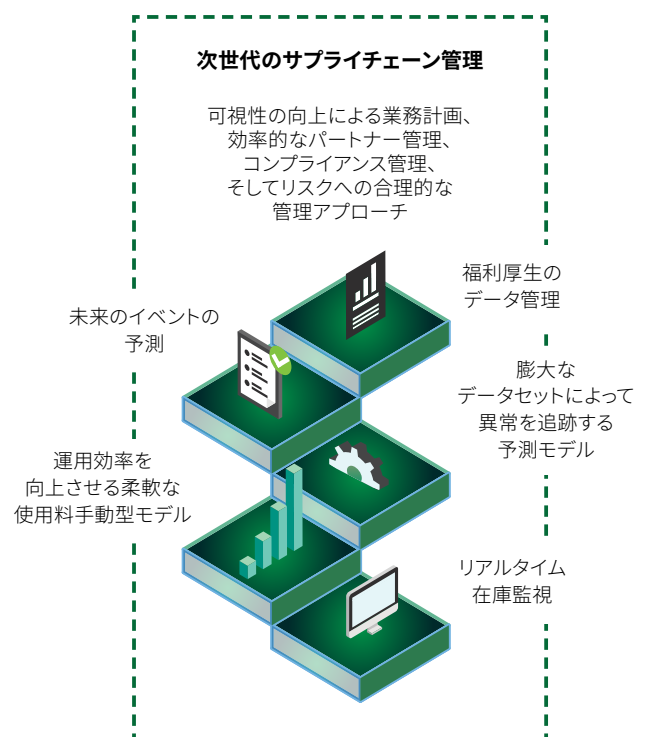
強化されたサプライチェーンの必要性和個別のカスタマイズの需要の高まりにより、従来の在庫生産方式から受注生産方式への移行が求められている。

サプライチェーン管理の課題と最適化

消費者の期待、新しいマーケットへのルート、国際的な複雑さ、その他の要因が組み合わさって、サプライチェーンネットワーク全体で次のような重大な課題が発生している¹⁶。

- **コストの増加。**コストが上昇し、利幅が圧迫されている。それらを削減するための可視化と説明責任の欠如は、事業運営費の上昇につながる恐れがある。
- **サプライチェーンの在庫最適化。**サプライチェーンの在庫最適化は、顧客の需要を満たすための理想的な在庫量の算出とサプライチェーン内での配置場所を判断することに役立つ。人工知能 (AI) / 機械学習 (ML) を活用したテストモデルを使用することで在庫需要に関するデータ分析が簡素化され、将来の予測精度向上に貢献することができる。

図7. サプライチェーン管理の主要コンポーネント



出典 : Deloitte analysis

- **スピード、品質、サービスの向上に対する消費者の要求。**最も成功する製品は、品質、入手の容易さ、価格という消費者の要求を満たす製品である。ロボティックプロセスオートメーション (RPA) とAIを活用した自動化されたテストフレームワークにより欠陥の少ない高品質な商品提供を実現できる。
- **ネットワークの最適化。**企業や組織は生産性と収益性を最大化するための戦略と計画を策定し、これらの目標の達成を支援するために最適なサプライヤーを特定することができる。適切なデータ収集ツールを使用し、適切なデータセットを収集することで、ネットワークの最適化を実現できるのである。

- **サプライチェーンの変動性の影響。** 政治的複雑性、環境変化、経済的圧力、貿易紛争といった変動要素は、サプライチェーンを圧迫し、遅延、滞留、ボトルネックを生み出している。AI/MLツールによるデータ駆動型のアプローチが組み込まれた自動化テスト戦略は企業や組織が将来の成長を予測するのに役立つ。

AI/MLによるサプライチェーン管理と効率性の向上

MLのアルゴリズムは、サプライチェーンのデータを継続的に分析し、新しいパターンを検出し、サプライチェーンのプロセスを最適化するビジネス機会の創出に役立つ¹⁷。AIを活用して大規模なデータセットの分析を自動化することにより、データの傾向を特定しやすくなり、サプライチェーンの専門家が付加価値の高い活動に時間を費やすことができる。

自律ロボットによりテスト戦略を作成することで、日常業務のスピードと精度を向上させることができる。RPAは、自動化された注文管理と注文処理、電子メール通知、在庫管理、需要と供給の管理、ベンダー管理などの分野で役立つ。

IoTの活用によるサプライチェーンの最適化

アプリケーションの管理、予測、追跡監視・管理は、IoT展開における分散の運用効率を向上させるのに役立つ。サプライチェーン管理でIoTを使用すると以下の利点がある。

- **リアルタイムの位置追跡。** 製品の位置情報と輸送状況に関する一貫したデータを提供する。
- **保管状況の監視。** 出荷状況を追跡し、能動的に変更に対応できる。
- **デリバリー情報の正確な予測。** IoTデバイスとデータアナリティクスを使用した製品配送の正確な予測は、よりよい意思決定につながる。
- **危機管理計画の改善。** IoTとデータ分析により、サプライチェーンマネージャーが交通渋滞、天候、事故、その他の潜在的な遅延を回避するためのルートを計画することができる。

ブロックチェーンの採用によるサプライチェーンの透明性と最適化の推進

ブロックチェーンは、企業が第三者を介さずに直接取引を完了できるようにすることで、グローバルなサプライチェーンをより効率化することができる。また、金融サービスと物流サービスの統合を促進し、ステークホルダー間のデータコラボレーションの強化を可能にする。

結論：

次世代技術によるサプライチェーンの強化

パンデミックは、IoTデバイスやブロックチェーンなどの最先端技術によってサプライチェーン管理を強化する機会を生み出した。次は何が起こるのであろうか？ 自己進化型技術、ロボット工学、事前予測分析による自動テストは、サプライチェーンを最適化することで成長を可能にする。企業や組織が従来のリニアサプライチェーンモデルからデジタルサプライネットワークに移行するにつれ、機能的なサイロは減少する。企業や組織は、新たな生産的な方法で完全な供給ネットワークに接続されるようになるのである。これにより、将来の課題に対応するためのエンドツーエンドの可視性、コラボレーション、機敏性、最適化が可能になるのである。これらはすべて、サプライチェーンの回復力と将来の成功に不可欠である。





As-a-service サブスクリプションによる拡張

顧客成長の次の波を牽引する

As-a-service のサブスクリプションのビジネスモデルは、ソフトウェアだけでなく、音楽、ゲーム、ストリーミング、食事サービス、eコマースなどにも拡大している。従来のビジネスモデルは本質的に柔軟性に欠けていたが、サブスクリプションによって企業は消費者の需要を満たし、競争力を維持することができる。顧客の行動や消費習慣を追跡することで、as-a-service モデルは予測可能な収益源の形成にも役立つ。これにより、企業は新規顧客を獲得するコストを削減し、既存顧客を維持しながら、最も人気のある製品やサービスを改善するためにリソースを振り向けることができる。

魅力的かつ実行可能なサブスクリプションモデルを構築するためには、消費者の行動や特定の製品との提携を予測する必要がある。企業は、サブスクリプションのコスト引き下げが利益率を向上させるかどうかを検討すべきである。それには、人工知能 (AI) / 機械学習 (ML) ベースのテストが役立つ。企業や組織は、特定のサブスクリプションモデルの有効性を評価し、カスタマイズされた代替案を提案するために、AI/ML ベースのテストを活用することができる。

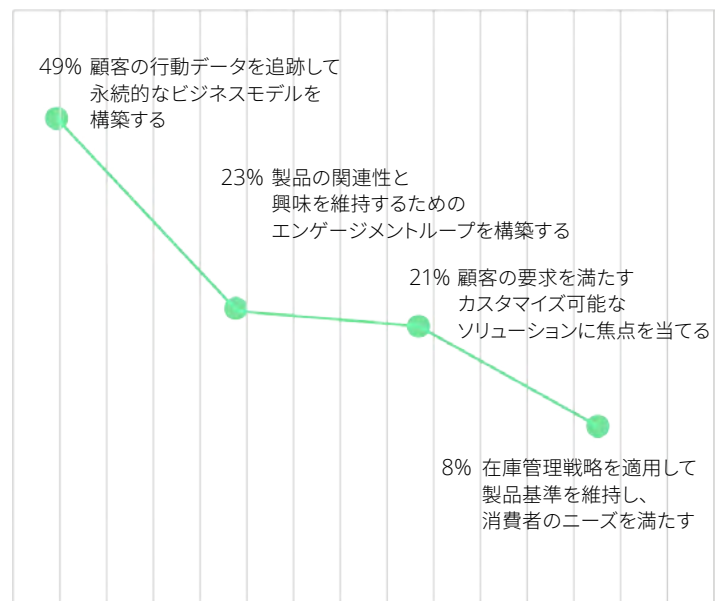
要約すると、AI/ML ベースのQE モデリングは、消費者の関心、収益性、コストの予測可能性に焦点を当て、顧客の行動をシミュレートし、サービス提供を戦略化するのに役立つ。

サブスクリプションビジネスモデル

顧客（特に増え続ける選択肢に慣れた消費者）は、これまで以上に、柔軟でスケーラブルな方法で製品やサービスを消費することを求めている。サブスクリプションベースのビジネスモデルへのシフトは加速し、より多くの業界で人気を集めると思われる。確かに、サブスクリプションモデルへの移行には、ビジネス機能、運用モデル、テクノロジープラットフォームの変更が必要になる場合がある。このプロセスは、経営者が現在の構造を理解し、新しいモデルのパラメータを決定することから始まる。

最近の調査では、回答者の半数弱が、サブスクリプションモデルは顧客の行動データを追跡して優れた示唆を得ることで、持続的なビジネスモデルの構築に役立つと回答している（図8参照）。この調査はまた、熱心な顧客から継続的なフィードバックを得ることが製品やサービスの提供を改善する可能性があることを示唆している。このような顧客第一の考え方を身につけることは、サブスクリプションモデルを効果的かつ収益性の高いものにするために不可欠である。

図8. サブスクリプションサービスの今後のトレンド



2022 調査結果

出典：Deloitte analysis

サブスクリプションベースのビジネスモデルは、データドリブンのテストを可能にし、顧客のペルソナに基づいてサブスクリプションを分析する自己進化型ツールによって最も効果的に実装される¹⁸。いくつかの重要な側面が分析に役立つ。

- 顧客のセグメント化。**性別、年齢、地域、支出別に顧客を分析してセグメント化する。顧客のペルソナを構築し、広範な顧客サンプルを作成して、これらのグループのそれぞれを特徴づける。
- 主要な利点の特定。**顧客ペルソナを作成し、デジタルマーケティングチャネルを介した顧客エンゲージメントの期間に基づいて、将来のマーケティング戦略を決定する。

- **定量的データの収集。** 定量データを分析して、顧客が業界ごとにどのくらいの頻度で、どのくらいの金額を支出しているかを調べる。顧客ペルソナを使用して競合他社のデータと比較し、将来のトレンドとイノベーションを決定する。
- **カスタマージャーニーのマッピング。** 価値の高い顧客ペルソナと定量的データを利用してカスタマージャーニーをマッピングする。顧客の体験を模倣し、その結果を定期的にレビューして、顧客の問題点に対処するための改善を行う。
- **予測モデルの構築とテスト。** テストを予測ベースの機能として見る必要がある。これは、サブスクリプションとして提供できる適切な製品を見つけるだけでなく、サブスクリプションの収益性と効率性をテストするためにも必要である。

テストフレームワークの実装にはデータ収集戦略と初期投資が必要だが、企業や組織はターゲットを絞った製品とサービスを提供することで、顧客のニーズを理解し、ビジネスの成長を促進するというメリットを実現できる。

サブスクリプションベースモデルのテストメトリクスの改善
競争する環境は、サブスクリプションの管理に多くの課題をもたらす。企業や組織は4つの重要な質問に自問すべきである。

- 顧客は提供されたサービスに料金を払う意思があるか？
- 顧客はサービスに対し関心を持ち、今後の提供されるサービスに積極的に料金を支払う意思があるか？
- サブスクリプションは顧客に価値をもたらすか？
- バンドル（付帯）サービスを提供することで市場シェアを獲得する機会はあるか？

予測分析とシミュレーションを使用することで、テストモデルはサービスとその管理を最適化するために最も有用なメトリクスを明らかにするのに役立つ。企業や組織は、サブスクリプションモデルの強度をテストし、一般的な課題を克服するために、これらのキーメトリクスに焦点を当てる必要がある¹⁹。

- **価格表のコンバージョン率。** サブスクリプションビジネスには、価格と提供されるサービスのバランスが必要である。企業は、価格表のコンバージョン率を決定し、顧客がサブスクリプション層とそれぞれに提供されるサービスを明確に理解できるように価格体系を調整するためのテストモデルを作成する必要がある。

- **顧客生涯価値 (LTV：ライフタイムバリュー)。** 顧客生涯価値は、リテンション継続率と解約率に依存する。継続率が高いほど、顧客生涯価値が高く、解約率と顧客獲得コストが低くなり、収益モデルの成功の変化が改善される。

結論：

AI 主導のアプローチを通じたサブスクリプションの価値向上

サブスクリプションベースのビジネス戦略の成功は、顧客行動分析の各フェーズに依存し、エンゲージメントとニーズを測定する必要がある。リーダーは、予測分析とサービスのシミュレーションによって価格ページのコンバージョン率と顧客生涯価値を評価するために、データドリブン分析ベースのテストモデルを使用してテスト戦略を実装する必要がある。これにより、企業や組織はサブスクリプションサービスを評価し、既存および新規顧客とのビジネスの成長を促進することができる。





専用デバイスに適応する

ソフトウェア定義デバイスの品質保証

製造業や医療技術、家電製品、自動車など、幅広い産業において、定期的なソフトウェアアップデートを伴う高品質な製品やサービスへのビジネスモデルの転換が進んでいる。これらのビジネスモデルでは、新たな収益源が生みだされ、顧客により多くの価値が提供されるようになっている。しかし、このようなアップデートに伴う複雑さも増している。デバイスや製品に搭載されるソフトウェアの増加は、ハードウェアとの統合に関する課題、安全性の重要性、高可用性の要件、アップデートやライフサイクル管理における現場の課題を引き起こしている。

複雑さが増すにつれ、業界規制の理解、テスト、分析、再設計のコストも上昇し、リスクの高い製品の開発においては、開発コストの60%を上回る場合もある²⁰。製品の開発には、誤差の余地がほとんどなく、すべてが正確に動作する必要がある。これにより「組み込みシステム」の品質課題が更に複雑化することになる。複数のソフトウェアバージョンとハードウェア世代が組み合わせられると、高い品質レベルを維持することはますます困難になる。例えば、リアルタイムシステムでは、ソフトウェアの起動時間（ブート時間）をミリ秒単位で制御しているため、きわめて僅かな異常やバグであっても製品のパフォーマンスに影響を与え、大惨事をもたらす可能性がある。

製品の品質向上に関わる実践例

製品を急いで市場に投入してしまい、結果としてソフトウェアのバグ、脆弱性、ハードウェアの非互換性などがあった場合、風評被害、ビジネスの中断、製造物責任など数多くのリスクが発生する可能性がある。製品が仕様や顧客の期待を満たし、品質や安全性を損なうことなく提供されるようにするためには、いくつかの考慮事項がある。

自動化による効率性と品質の向上

生産性の向上やソフトウェアのバグ修正にかかるコストを削減するために、手動テスターを補完する選択肢を持つことが極めて重要である。例えば、特にソフトウェアを迅速にリリースする必要がある場合、MLを活用してテストケースの優先順位付けを行うことにより、優先度の高いテストケースを効率的に特定することができる。物理的な製品に関しては、リリース前に全機能をメンテナンスすることに特化した自動化テストキャンペーンを行うことで、製造ライン終了後に混入する不具合を根本的に削減することができる。

また、製品使用時は、地域や顧客の構成を越えて監視する必要がある。障害や異常動作を検出するために予測分析に依存することはもはや当然のことである。より高度な「ミッションコントロール」プラットフォームでは、システムを監視し、自動的に動作を修正するコマンドを送信できる。

クラウドネイティブアーキテクチャにおけるプロダクト品質の調整

今日では顧客は新しい機能が継続的にリリースされることを期待している。そのため、機能改善をハードウェア製品にのみ依存することはできなくなり、ソフトウェアによる機能改善が強く求められている。では、どのようにしてソフトウェア開発者がより短いタイムライン（年単位から時間単位へ）でソフトウェアをリリースできるようになるのだろうか²¹。継続的なインテグレーションとデリバリーにより、品質チェックが行われたソフトウェアを、ハードウェア全体を再検証することなく、簡単にリリースすることが可能となる。また、ソフトウェアの再コンパイルエラーを削減するために、対象デバイスと「ビットレベル」の互換性を持つクラウドベースの仮想マシン上でリアルタイムOSを実行することも可能だ²²。ソフトウェアがリリースされると、クラウドネイティブの概念である「フィーチャーフラグ」により、プロダクトマネージャーは顧客の権限、プログラムへの早期アクセス、ハードウェア構成に応じたオーダーメイドの実験を確実に提供できる。

バーチャルな検証および妥当性確認による認証の迅速化

製品メーカーは、コンプライアンス要件を満たすために多くのテストケースに直面しているが、あらゆるシナリオを想定した現実世界でのテストは非現実的であり、不可能である。このため、シミュレーション技術の一般化はOEMメーカーにおいてとても重要である。メタバースで現実世界を再構築することで、製品に求められる品質のエビデンスを生成できるようになった。例えば、高度な運転支援アルゴリズムは、現在、さまざまな気象条件下で道路を横断する歩行者のリアルなシナリオを合成的ではあるものの何百万ものシナリオを通じて検証している。

同時に、電子・電気部品を使用したハードウェアは、センサーI/Oインターフェース、専用機器の電気的活動や負荷、無線周波数やネットワークプロトコルを搭載したリアルタイム処理ユニットの精密な信号供給によるテストが必要になる。「ハードウェアインザループ」テストベッドの進歩は、物理現象をより正確に模倣し、業界規制へのコンプライアンス対応の迅速化を常に向上させている。

品質メトリクスとしての信頼とセキュリティの統合

設計時に実装されるセキュリティは、品質ライフサイクルと十分に同期させる必要があり、検証と妥当性確認活動の一部とすべきである。例えば、品質メトリクスは、杜撰なセキュリティ管理やあるべきリスク対応体制からの逸脱への影響を考慮すべきである。ソフトウェアの更新頻度を勘案し、セキュリティの脆弱性とペネトレーションテストのサイクルを構成管理システムと同期させる必要がある。この考え方は、リリース済みのソフトウェア、ファームウェア、ハードウェアと修正モジュールの互換性がないためにリリースが失敗することを避けることができる。

最後に、AI製品の信頼性については、より一層の注意が必要である。特に規制が厳しい業界では、MLモデルが偏り過ぎていたり、エッジ条件下で性能を発揮できなかったりする例が数多くある。従って、AIモデルのパラメータは、デプロイ後に動的な設定や調整を行えるものであるべきである。

結論：

品質保証は高機能製品やデバイスでは必要不可欠である

安全性が重視される状況下で特殊なタスクを一貫して実行するためにソフトウェアとハードウェアが組み合わされた組み込みシステム上で動作する製品がソフトウェアによる業界トランスフォーメーションの中心となっている。企業がマーケットシェアを維持し、時間的なプレッシャーに対応するために、以下のプロダクト品質のチェックがライフサイクルの手法となるべきである。

- 統合化と高度化されたテスト自動化
- クラウドネイティブ開発と非クラウド開発
- 認証を加速化するための仮想検証と妥当性確認
- 組み込みシステムの信頼性への注目

品質エンジニアリングの進化の原動力

人工知能 (AI) / 機械学習 (ML) の育成

ディスラプションの中でのリード

カオスエンジニアリング

テストデータ管理の進化

テスト戦略の再構築



人工知能 (AI) / 機械学習 (ML) の育成

テスト自動化の将来展望

人工知能 (AI) / 機械学習 (ML) によって、ソフトウェアの開発・テスト・保守の方法は変わりつつある。AI/ML をソフトウェアテストに活用することは今や当然のものとなり、議論はどの範囲にどれだけ活用できるかについて行われている。これは、企業や組織が AI/ML テクノロジーへどれだけ積極的に投資・採用できるかにかかっている。

企業がビジネスにデジタルテクノロジーを取り入れるにつれ、品質エンジニアリングもまたそれに合わせて変化を続けている。品質エンジニアリングでは、AI/ML、クラウド、5G を活用することで、期待される品質と差別化された顧客体験の実現を支援している。

最も注目すべきは、スマートオートメーションによって、データ分析によるテストパターン分析や何千ものテストシナリオ作成が高精度で可能になったことであろう。自己進化型のテストソリューションは、自動化された一連のテストステップを自ら生成し、エンドツーエンドの顧客体験をシミュレートし、人の手を介在することなく、それらのシミュレーションから学習することができる。企業はその成熟度に関わらず、これらのツールや方法論を活用することで、ソフトウェアのテストを検出のテストから予防のテストへと変えていくことができる。

AI/ML ツールを品質エンジニアリングに導入する際の課題について、2022年に尋ねた結果、「利用できない」と回答したのはわずか1/5である。これは、回答者の半数が課題ありと答えた2021年の調査から大きく変化があったことを示している (図9)。企業や組織は AI/ML を実装するために、より多くのライブラリ、ツール、ユーティリティに投資し、技術の飛躍的な進歩を目の当たりにしている。これらの投資によって、構造化データと非構造化データのいずれの利用も可能となっている。

しかし、要員・スキルやユースケースに課題を感じる企業・組織の数は、2021年から変化していない。また注目すべきは、AIの資金確保の課題が今回の調査で増加した点である。これは主に AI テクノロジーの急速な進化の結果であり、新しいバージョンが出現するたびに既存のライブラリ、スキル、モデルがすぐに陳腐化してしまうためである。

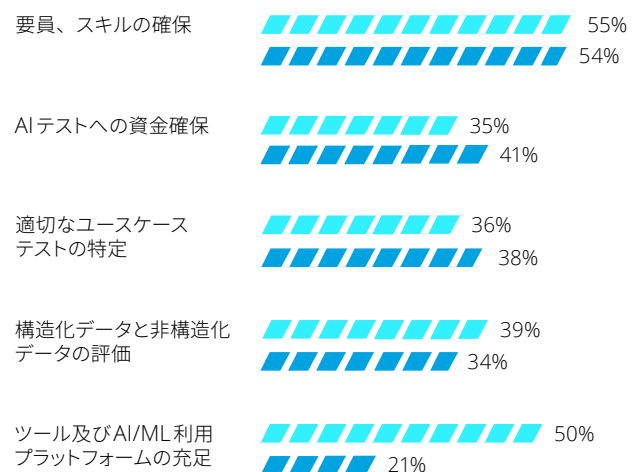
品質エンジニアリングへの AI/ML の組み込み

人工ニューラルネットワークや概念の汎化に基づく機械学習システムやディープラーニングシステムは、すでに私たちの日常生活で利用されている。パーソナルアシスタントが予約したり、自動運転車が車線を変えて歩行者を避けたり、医療機器が病気を検出したり、アルゴリズムが

パーソナライズされた映画を提案したりすることを想像してほしい。ソフトウェアテストの分野は、これらのテクノロジーを統合するために進化している。品質エンジニアリングは自動化から自律システムへとシフトしてきている²³。品質エンジニアリングの企業が ML モデルの利点をさらに見出し、テストに付加価値を付けようと試みるたびに、品質エンジニアリングの需要は高まり、品質へのアプローチもまた変わるであろう。勿論、効果的な ML モデルベースのテストには基準と熟練が必要である。

定型化されたモデルは、企業が標準どおりに定期的にシステムをテストする場合にのみ有効である。そのモデルは、結果が確定的であるかどうかを時間をかけて学習することができる。しかしながら、一度例外が発生すると結果のばらつきが大きくなり、そのモデルは学習によって目的を達成することが難しくなり、偏りが生まれる可能性がある。

図9. AI/ML 実装における課題



■ 2021 調査結果 ■ 2022 調査結果

上位5位の回答を列挙

出典: Deloitte analysis

テストライフサイクル全体にわたるAI/MLベースの自動化

今回の調査結果が示すように、従来の自動化テストには、人間の介入、プログラミング知識、ツールを展開できるプラットフォームの整備など、多くの制限がある (図 10)。しかし、将来的にはフレームワークの進歩によって人間への依存は弱まってくる。また、コードレス化によってプログラミングスキルの必要性も軽減する。AI/MLの導入によって、企業や組織はさらに多くの欠陥を検出し、テストプロセスのコストと品質を向上させることができる。

AI/MLベースのテストによって、従来の自動かつ高度なソフトウェアテストにおける制約はなくなり、要件定義、設計、開発の遅れを取り戻し、タイムラインを短縮する。自己進化する技術は、品質エンジニアリングの専門家が利用できるツールやライブラリを提供し、人間に依存したテストから機械駆動の自律テストへの移行を可能とする。これには、ニューラルネットワークと深層学習に基づいたMLモデルを使用する。自然言語処理を使用することで、システムはユーザーの要件をテストケースに変換し、それらを実行し、既存のテスト管理ツールに結果を記録することができる。これら一連の作業に、人間の関与はほとんど、あるいは全く必要ない。

さらに、欠陥の傾向に基づいたテストカバレッジの調整が可能となる。継続的監視インフラストラクチャのモデルは、パフォーマンス、レジリエンス、カオスエンジニアリングに適用が可能である。これらによって、システムのスケールアップの必要性を知ることができ、不具合を早期に発見することが可能である。

テスト自動化によってAI/MLベースのテストの有効性を高めることができるが、自律システムの開発と運用には膨大なデータと処理が必要である。従来のテスト自動化では、自動化できるタスクはテスト実行、レポート作成、データ作成に限定されていた。しかしAI/MLを積極的に活用することで、従来自動化が可能であったタスクに加え、ソフトウェアライフサイクルの各フェーズでの検証と妥当性確認に視野を広げることが可能となる。

AI/MLモデルのテストへの利用

これまでのテスト自動化は、テストデータの作成、スモークテストにおける検証、テストの実行、レポート作成に限定されていた。AI/MLは、以下のような機能をライフサイクル全体にわたり提供することを可能とする。

- 要件を理解し、テストシナリオを作成するための自然言語処理
- Pandas (データ解析機能を提供するPythonのデータ解析ライブラリ)をはじめとする、リグレーションテストに優先順位を付けるためのデータサイエンスライブラリ
- 実行手順を学習し、テスト実行、進捗レポート、シナリオの自己修復を自動化するためのモデルを生成できるKerasやTensorFlowなどの標準的なオープンソースライブラリ

自動化からAI/MLベースのテストアプローチに移行すると、品質エンジニアリングプロセスの人への依存度が低下する。企業や組織は、内製ツールとサードパーティツールの両方を使用して、これを活用する (図 11)。企業においてテストプロセスが成熟し、AI/MLテクノロジーの利用が標準化されれば、品質エンジニアリングの専門家は探索的なテストを行う時間を確保することができ、ソフトウェア製品の全体的な品質を向上させることができる。

図 10. テスト自動化ツール及びソリューションにおける主要な課題

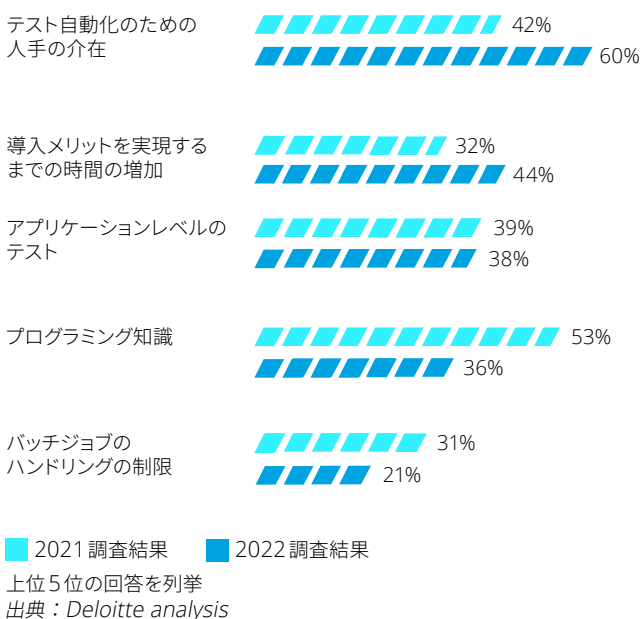
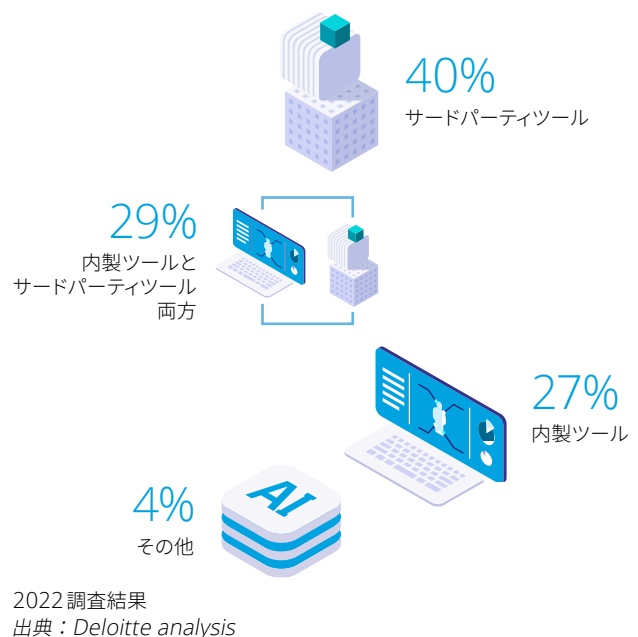


図 11. 企業や組織におけるAI/MLツールの優先順位



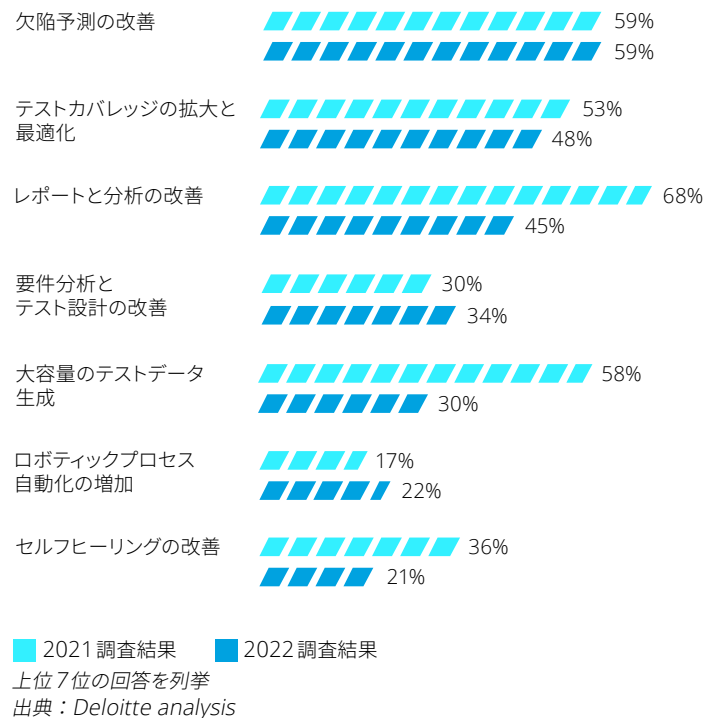
AI/ML 活用の利点

高度な自動化テストは、従来のテストよりも高速で効率的であるため、将来には標準となるであろう。AIを搭載した自動運転車と同様に自律的なソフトウェアテストは自律的なプロセスを提供する。AI/MLをテストに活用した企業や組織には、次のようなメリットがある²⁴。

- 品質、一貫性、正確性。** AI/MLが生成したテストケースは、平易なテストと複雑なテストの両方を正確にテストすることに対して有用である。AIを活用したテストツールは、欠陥を早期に特定し、将来の欠陥分類の精度を向上させることで、ソフトウェアの品質向上に有用である。
- セルフヒーリング (自己修復)。** AIは、人間の介入なしに偽陽性と偽陰性を検出し、エラーや障害から復旧することができる。セルフヒーリングは、モデルとそれをサポートするインフラストラクチャの両方に適用でき、不安定なテストやシステムエラーを自動的に修正し、インフラストラクチャを管理することができる。
- カバレッジテストと透明性。** テストから収集されたデータをAIが分析すると、潜在的な変更に関するリスクや問題を特定し、それらの変更に関連する意思決定を自動化することが可能となる。例えば、誤った結果や曖昧な結果、不完全なテストシナリオを特定することが可能である。
- 生産性とテストサイクルの高速化。** AIを活用したテストツールは、収集したデータに基づいて自己学習することで、時間の経過とともにテストのワークフローの合理化や高速化、改善を行うことが可能である。
- よりスマートなテストスイート。** AI/MLベースのテストスイートは、コードの変更に関連するテストケースのみの識別や優先順位を判断して実行するなどテスト効率を向上させるのに有用である。

調査の回答者は、AI/MLが欠陥の予測を改善することに加え、要件分析、テスト設計、エンドツーエンドのテスト自動化など、開発ライフサイクルの他のフェーズにおいても品質の改善に寄与すると考えている (図12)。品質エンジニアリングにおけるAI/MLのさらなる活用により、企業や組織はエラーの検知、コストの改善、テストサイクルのスリム化、市場投入までの期間の短縮、開発ライフサイクルへの付加価値の向上が期待される。

図12. QEにおけるコグニティブテクノロジーの適用可能性と影響領域



結論：

AI/MLは品質エンジニアリングの高速化と見える化をもたらす

ビジネスはますます速いスピードで進化し続けるだろう。AIを活用したテストは、デリバリーチームがペースを維持するための重要なコンポーネントの1つである。AI/MLの学習による問題解決能力は、ビジネスセクター全体に信じられないほどの可能性をもたらし、特にソフトウェアテストではその利点を活用することができる。企業が大規模な自動化テストにAIを組み込むようになれば、チームはテストの精度向上、カバレッジ拡大、生産性向上、コスト削減などのメリットを享受できるようになるはずだ²⁵。品質エンジニアリングのプロフェッショナルや組織は、将来のスマートで自律的なデジタルテスターを開発するために、今からスキルアップを行っておく必要がある。



ディスラプションの中でのリード

未曾有の危機が品質エンジニアリングの変化を加速する

テストに関して、リーダーは視野を広げ、従来の方法論から脱却し、イノベーションとクラウドへのデジタルトランスフォーメーションに取り組む必要がある²⁶。近年の広範囲にわたる予想外の混乱は、消費者とビジネスの両方に急激な適応を強いるものとなっており、その余波は依然として継続している。

しかし、この混乱を危機と捉えるのか、変化の機会と捉えるのか。

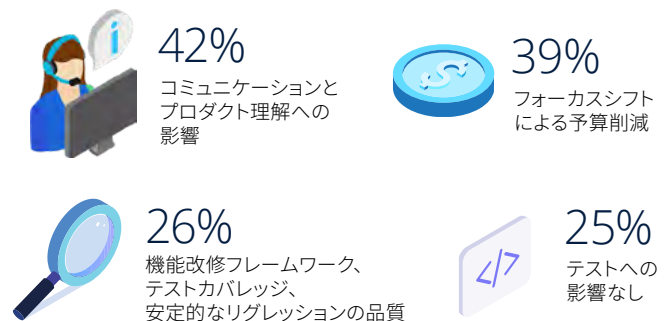
パンデミックの初期の影響は、ロックダウンや閉鎖、全般的な不確実性など圧倒的にネガティブなものであった。経済は急激に縮小し、世界のサプライチェーンとバリューチェーンは、深刻な混乱に見舞われ、その結果、労働マーケットは完全な大混乱に陥った。多くの産業では、従業員の健康を守り、封じ込め政策を遵守するために操業停止を余儀なくされた。

多くの組織では、管理職と従業員の両方がリモートワークやハイブリッドワークへの急激な移行に苦労しており、大多数は不安定な移行後に調整を行っていた。しかし、多くのリーダーは、特にプロジェクトの理解とテストの主要業績評価指標 (KPI) の管理に関しては、新しい勤務形態が課題を生み出し、ギャップが拡大すると考えていた。私たちの調査によれば、パンデミックの後遺症は、人材、スキル、労働力に影響を与え続けている。また、日常的なコミュニケーションとワークフローの変化に起因する、予算の削減やプロダクトとテストの理解などの問題の認識も明らかになっている (図13)。

新しいスキル需要への適応

パンデミックの後遺症が長引く中、アフターコロナのビジネス環境に到達したと宣言するのは時期尚早である。つまり、これはリモートワーク、eコマース、自動化のトレンドに絶えず適応し続けることを意味しており、関連性をめぐる絶え間ない戦いであることは言及するまでもない。進化するデジタルトランスフォーメーションプロセスを実現するための労働力のビジネススキルは、これまで以上に求められている。企業や組織は、戦略的リーダーシップ思考と効果的に実行する能力を組み合わせたハイブリッドエンジニアを雇用、開発、トレーニングすることが求められる。

図13. パンデミックによるテストに関わる課題認識



2022 調査結果
上位4つの回答を抜粋
出典: Deloitte analysis

将来を見据えた組織では、総合的なテストの観点から、明日の真の利益をもたらす可能性のある変更について、戦略を立て、計画し、見積もることができる人材が必要である。短期的には、デジタルスキルに精通したテストリソースの必要性は明白である。

リモートワークとハイブリッドワークの効果の最大化

ハイブリッドワークに関するさまざまな経験から、生産性、効率性、実効性を最大化する潜在的な方法が明らかになった。多くの組織は、効率性、俊敏性、創造性を向上させるために、より広範なデジタル化の取り組みにハイブリッドワークフォースへの移行を組み込む方法を見出している。リモートワークとハイブリッドワークがすべての組織に与えた影響の一部として、さまざまな方法によって品質エンジニアリング手法も当然ながら変化した。

- カーボンフットプリントとコストの削減。**企業は、ワークスペースを再編成してよりスマートで協調的なものとし、都市部以外の従業員も利用できるようにすることを検討している²⁷。テストの領域では、これは革新的な思考を促進し、労働力をグローバルへ拡大することに役立つ可能性がある。この変更により、生産性、柔軟性、クラウドテストやアドホックテスト、ユーザー受け入れテスト、その他のテスト分野への関与が向上する可能性がある。

- **より広い人材プール。**リモートワークの台頭により、世界中の人々を含むより多くの人材が利用できるようになった。複数の地域やタイムゾーンに従業員を分散させることで、企業は24時間体制でテストサービスを提供し、継続性と絶え間のないサポートが実現可能となる。一部の組織では、クラウドソーシングを利用して、デジタルチャネルの従来のテストを現実世界の豊富なフィードバックで強化し、顧客体験とデザインを強化している。
- **生産性と柔軟性の向上。**リモートワークにより、従業員は仕事とプライベートのバランスをとることができる。オフィスワークや日々の移動時間を排除することで、より効果的な時間管理が可能になる。これらの新しい時間は、クライアントの成果物、テストKPIの管理、テスト自動化、パフォーマンステスト、APIテストなどのニッチテスト領域のスキルアップに費やすことができるようになる。また、品質エンジニアリングビジネスのデリバリーを最適化するための品質向上をもたらすこともできる²⁸。

“ハイブリッドワークモデルにより、チームが他メンバーによる作業開始までの待機時間を排除し、外出先での効率化を促進する。リモートワークは継続性をもたらし、チームがイノベーションに向けて取り組むことを可能にする”

結論：

ディスラプションが品質エンジニアリングのイノベーションを引き起こす

これまで、IT企業が危機管理戦略の策定をリードしてきた。COVID-19パンデミックの間の彼らの仕事は最近の一例にすぎない。過去のパンデミックのように、パンデミックは創造性とイノベーションを引き起こした。いま、企業はデジタルトランスフォーメーションとハイブリッドワークへの適応を推進する必要がある。品質エンジニアリング分野では、さらなる生産性向上ツールやプロセスの導入、イノベーションが見られる可能性が高い。これらの進歩には、クラウドへの移行、クラウドソーシング、コラボレーションおよびテストプロセスの改善、KPIダッシュボードにより効率を最適化し、成長を促進することが含まれる²⁹。





カオスエンジニアリング

障害に注目することで学びを得る

多くの組織がクラウドへの移行を既に実施してきているが、クラウドへの適応のプロセスは続いている。モノリシックからマイクロサービスのアーキテクチャへ移行する上で鍵となるのは、変化していく顧客の要件に合わせてシステムのスケールを可能にすることである。企業における将来のシステム移行への成功に向けて、より効果的に準備できるようにするために、企業の障害ポイントを明らかにすることを目的としたカオスエンジニアリングを紹介する。

カオスエンジニアリングは、システムが使用できない、またはエラーが発生した場合に何が起こるか、企業や組織においてどのような悪影響が発生するのかを理解するのに役立つことができる。安定しているシステムに意図的な障害を起こすことで、不安定な状況下における脆弱性に対処する訓練を実施できる。これは、大規模障害が発生する前に、チームが準備することで、将来起こる単一障害点の発生を未然に防止する一助になる。

カオスエンジニアリングに対する組織の課題

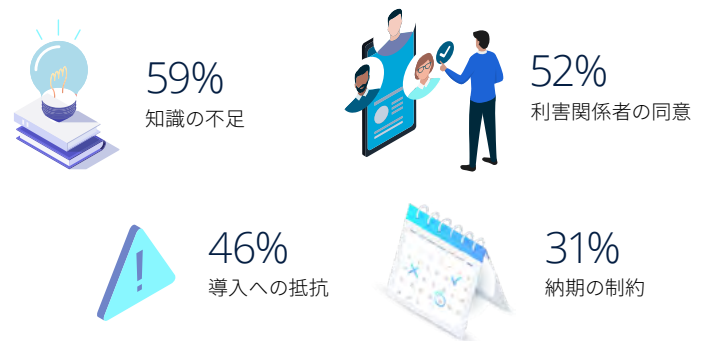
カオスエンジニアリングツールと実施手法に関する知識が不足した組織は、カオスエンジニアリングが本番環境でのみ実施され、大部分がランダムに実行されると考える傾向がある。このような知識によって、テスト実行時にリスクが伴うという漠然とした認識が生じ、導入がさらに妨げられる可能性がある。回答者の60%近くが、知識の不足がカオスエンジニアリングの導入を妨げる要因だと述べている。従業員を教育することで、カオスエンジニアリングでできることと、できないことについての認識を醸成し、導入に向けたビジネスケースを作ることができる。

組織はもう一つ、共通の課題に直面している。それは、ステークホルダーの賛同を得ることである。調査での回答者の約52%が、カオスエンジニアリングの価値をプロダクトオーナー、ディレクター、およびリーダーに納得させることの難しさを課題として挙げている (図14)。

私は失敗したことがない。ただ、1万通りのうまく行かない方法を見つけただけだ。

— トーマス A. エジソン

図14. カオスエンジニアリングを実装する際の課題



2022 調査結果
上位4つの回答を抜粋
出典: Deloitte analysis

カオスエンジニアリングの導入を成功させるためには、カオスエンジニアリングがもたらす潜在的な時間の削減効果をステークホルダーが理解する必要がある。また、リスクマネジメントと費用対効果の観点からも、カオスエンジニアリングがもたらす価値を考慮する必要がある³⁰。投資に対する収益率の証明がなければ、カオスエンジニアリングの導入に賛同を得ることはできない。

カオスエンジニアリングの効果的な実装

オンラインショッピング用のeコマースアプリケーションを想像してほしい。アプリケーションは、可用性を確保するために複数のリージョンでホストされている。ソースコードは、継続的インテグレーションと継続的デリバリー (CI/CD) ツールを使用してテストされ、本番環境へのデプロイおよび運用がされている。システムは複数の障害に対しても稼働するように保護されているはずだが、実際には、1か所に停電が発生すると、アプリケーションは停止する。カオスエンジニアリングは、組織がそのような不測の事態に対する予測と計画に役立つ。リーダーは以下の重要なガイドラインに従う必要がある³¹。

- **アプリケーションの主要コンポーネントを決定するために自身のアプリケーションを理解する。**アプリケーションのアーキテクチャを調査し、重要な機能または単一障害点をカバーするテストを特定するために、コンポーネントを分離する。

- **カオスエンジニアリングのフレームワークを構築する。**これは、さまざまな種類の障害を再現することを意味する。たとえば、エンジニアリングチームは非本番環境において、CI/CDパイプラインを活用してアプリケーションコードに攻撃を挿入することで不具合や遅延がないことを確認できる。
- **小さなシナリオを実行する。**最初は「障害影響範囲」が小さいシナリオから始め、段階的に規模を拡大する。これにより、テストの範囲とシステムへの影響を限定することができる。最初のテストに合格し、システムの信頼性が高まったら、ソフトウェアの他の部分をカバーするように範囲を徐々に大きくしていく。
- **確信を得るためにシミュレータでテストする。**本番環境でのテストを実行することに不安がある場合は、本番環境と同等の環境を作成し、その環境でカオスエンジニアリングのテストを実行する。
- **テスト結果を分析する。**テストの失敗結果を記録しておき、根本原因分析を行い、本番ソフトウェアに変更を実装し、テストを再実行し、テストが成功することを確認する。

前述の手順により、制御された障害をシステムに注入することができ、サービスの障害への耐久性、障害からの回復性、高可用性を確認することができる³²。障害に対する信頼性と回復力を高めることを目的とした攻撃を監視およびスケジュールできる適切なツールを選択することが不可欠である。

カオスエンジニアリングを通じた今後の道筋

何年もの間、カオスエンジニアリングは、主にダウンタイムが発生することによる収益損失の脅威にさらされている大手テクノロジー企業に限定されていた³³。eコマースのプラットフォームが業界へ広がるにつれて、カオスエンジニアリングの利用は、大規模な金融機関や医療機関など、規制やコンプライアンスの懸念がある産業へ拡大している。

結論：

カオスエンジニアリングはシステムの安定性を高めることができる

分散システムとマイクロサービスの台頭により、Webサービスの複雑性の種類の増加に拍車をかけており、障害の予測が困難になっている。そもそも障害を抑止するために、組織は障害から学ぶための努力に対し、より積極的になる必要がある。カオスエンジニアリングのテストを継続的に実行することは、アプリケーションとインフラストラクチャの回復性を向上させるのに役立つ貴重なオプションの1つである。複雑なシステムの可観測性における調査は、システムをより予測可能にし、より安定させるのに役立つことができる。こうしてもたらされた前向きな結果は、これらのテストオプションの導入を努力する価値があるものにするかもしれない。

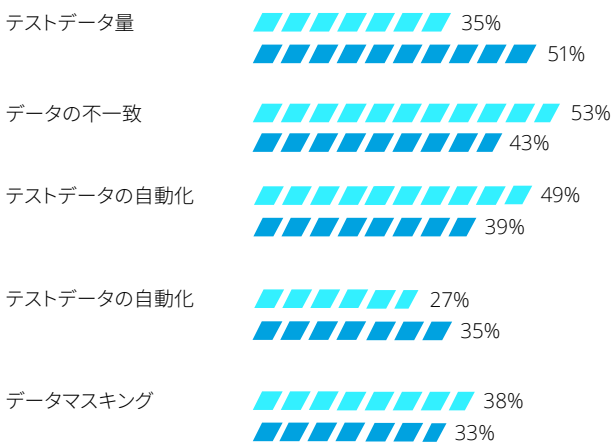


テストデータ管理の進化

合成テストテクノロジーによる効率の向上

アジャイルとDevOpsが普及するにつれ、企業や組織はテストデータ管理（TDM）の重要性を常に認識している。自動化やパフォーマンステストなどを含む様々なテストフェーズにおけるテストデータのデータ量と作成・投入にかかる所要時間は主要な考慮事項であり、テストデータの作成からメンテナンスまでの戦略が極めて重要である。一方、効果的なテストデータフレームワークとツールセットがないにもかかわらず、TDMはテストアプリケーションの生命線となっている。私たちの調査結果によれば、テストデータに注目することは、テストデータのデータ不整合の軽減に役立ち、大量のデータを生成するためには、引き続き自動化が必要ということを示している（図15）。

図15. TDM組織の課題



■ 2021 調査結果 ■ 2022 調査結果

上位5位までの回答

出典：Deloitte analysis

スマートテクノロジーへの対応

ビジネスがスマートテクノロジーに傾倒するのに合わせて、TDMの実践は進歩し続けなければならない。テストデータは2つの主要なタイプに分類できる。静的データ構成は、ビジネスフローで実装され、一度生成されると変更されない（例、顧客データ）。動的データ構成は、リアルタイム処理に適用され、データ生成後も変更される（例、支払・請求）。

私たちの調査では、テストデータの生成、再利用性、メンテナンス性は、TDMにおける中核的な課題であり、現場リーダーから様々なトラブル経験やプロセスの不具合が報告されている。

従来のTDM手法は、今日の拡大している企業ニーズにはもはや適していない。そのため、企業や組織は以下の5つのTDMの実践を考慮する必要がある³⁴。

- **アプリケーション・モダナイゼーション**：ITチームが求めている低コスト、低リスクのモダナイゼーション戦略は、イノベーションのスピード、俊敏性、コスト効率化のメリットをもたらす。
- **継続的インテグレーション (CI)**：テストデータのプロビジョニングを継続的インテグレーションとデリバリーパイプラインに組み込むことで、開発チームやテストチームは、アジャイルなソフトウェアデリバリーを支えるための即時かつオンデマンドでのテストデータを提供できる。
- **セルフサービスプロビジョニング**：オンデマンドでサブセットを要求できるセルフサービスポータルを使用することでITチームに依存せずにテストデータをプロビジョニングできる。
- **データマスキング**：地域の規制への遵守をする必要と同様にオンラインのプライバシーとセキュリティへの関心の高まりから、個人情報保護を保護するマスキングが益々重要になっている。
- **一元管理**：テストデータをプロビジョニングするITチームは、企業の様々なビジネスラインに対する一元的なサービスプロバイダーとして機能するようになってきている。

TDMに対するAI/MLの活用

環境間でデータを管理する方法はいくつかある。最も一般的なのは、データ統合とデータ仮想化である。データ統合では、企業や組織はビジネス全体のアプリケーションやシステムからのデータを統合し、データベースまたはデータ・ウェアハウスでの一元的なアクセスを可能にする。データ仮想化は通常、データをレプリケートすることなく異なるデータソースにリアルタイムで同期できるため、インフラのコストを最小限に抑制することができる。

環境間でデータを移行するプロセスでは、移行中のデータ損失、セマンティック（意味論的）なリスク、データ破損、長時間にわたるダウンタイムなどの複雑な問題が表面化する可能性がある。

AI/MLを利用した合成データ生成

合成データ生成手法を使用すると³⁵、環境間でデータをレプリケートする必要がなくなり、製品テストプロセス全体にわたってプライバシーとセキュリティに関する規制の障害を取り除くことで、前述の複雑さに対処できる。更に、この手法は、データにアクセスし、パターンを抽出して学習できる特定のアルゴリズムを使用することにより組織が分析駆動型のTDMを開発することに役立つ。このパターンを使用することで、そのアルゴリズムがテストの予測判定を行い、AIを活用したTDMソリューションに適用される。

私たちは、合成データが高度なTDMのカギになるものと見ているが、私たちの調査結果によれば、実装上の課題が判明している。

- 実データからの複雑な機能の複製
- 合成テストデータに対する妥当性確認の十分性
- 偏りや欠陥のある合成データ生成アルゴリズム

これらの課題にもかかわらず、合成データは依然としてデータ分析の重要なツールである。もちろん正しく使用すれば、現実世界の行動に関する貴重な示唆を得ることができる。短期的な欠点に対処するために、企業や組織がAI/ML駆動のTDMをどのように活用していくかは見極める必要がある。

結論：

ビジネスの運用が複雑化するにつれて、テストデータ管理も進化を遂げている

ビジネスオペレーションが複雑化すると、データインフラの構築も同様に複雑化していく。異なるデータソースの使用が増えることにより、テストデータ管理（TDM）戦略が必要とされる。合成データ生成手法は、大規模なテストデータを効率的かつコスト効果的かつ安全に生成する一方で、データセットの偏りを減らすのに役立つ。合成技術を活用することで、組織は手動でのデータラベリングを行わずに大規模なトレーニングデータセットを生成することができる。規制されたデータや機密情報の使用制限を緩和することで、カバレッジの向上とデータの取り扱いの改善につながるであろう。





テスト戦略の再構築

産業化がテストプロセスの再起を促す

何年もの間、企業や組織は目まぐるしく動く市場の要求を満たすために、ソフトウェア開発および実装戦略の形を変えてきた。ソフトウェア開発はウォーターフォールからアジャイル、DevOpsやSRE（Site Reliability Engineering）に発展した。インフラはデータセンターからクラウドに移行した。同様に、システムアーキテクチャーもモノリシックな密結合からよりマイクロサービス化による疎結合な設計となりつつある。加えて、強固なクラウドソリューションに付随する人工知能（AI）／機械学習（ML）の自動生成ツールはプロダクトのデザインを一変させた。企業や組織はこれまで以上に変革を支えるために、テストツールの戦略の再定義と再活性化を行うべきである。

私たちの調査結果により、重要なトレンドが明らかになった。回答者がアジャイル、DevOps、クラウドをどのように見ているか、また、インテリジェント・オートメーションが差し当たったの問題との関連性と投資をどのように獲得し続けているかは注目に値する（図16）。企業や組織は、テスト戦略を再構築するために、これら4つの次元にわたるテストの実践とケイパビリティを“産業化”すべきである。これにより、先進的なツールやテクノロジーをフレキシブルに実装することが可能となる。

主要なマーケットトレンドがテスト戦略にもたらす影響

近年のデジタル化に伴い、より信頼性が高く、テストからプロダクトデリバリーのサイクルをより短期にする手法やツールが採用されている。業界では適用性の大きな変化を目の当たりにしており、以下に述べる領域では、より効果的なテスト戦略の構築のためにツールを適用している。

アジャイルとDevOps

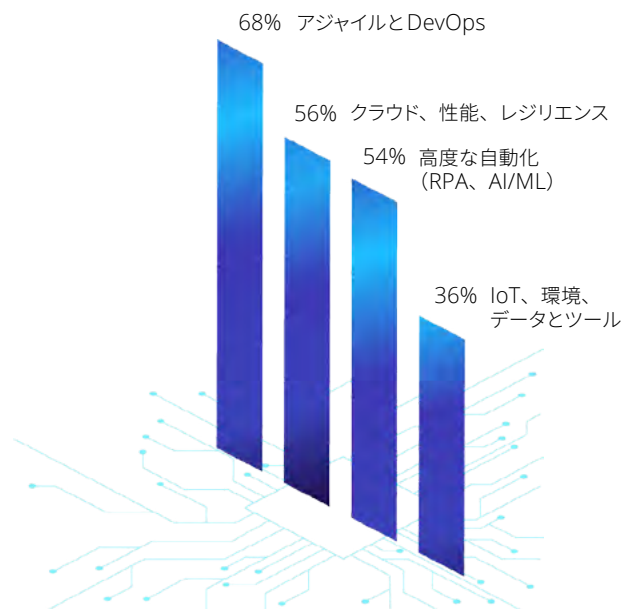
多くの企業や組織のリーダーは、ソフトウェアをプロダクトとプラットフォームに分類している。開発チームは、小規模ポッドやアジャイルチームに分散されており、製品開発チームは共通または統合されたプラットフォーム上でより簡単にアクセスでき、テストを含む全ての作成物を収容することを期待している³⁶。

テスト戦略は、よりアジャイル指向とDevOps指向を必要としている。そのため、主要なケイパビリティについて検討が必要である。

- 簡単な操作により自動化されたテストケースを実行する機能
- アジャイルマネジメントツールとの連携（JIRAやRally）

“企業はエンタープライズツールの利用を倍増させることによりテスト手法を進化させなければならない”

図16. 現在と将来のテクノロジーの検討領域



2022 調査結果
上位4つの回答を抜粋
出典：Deloitte analysis

- テスト環境プロビジョニングツールによる連携は、クラウドのオンデマンドによるテスト環境の起動速度の向上を実現する
- 保守性やユーザビリティを実現する単体レベルのテストケースの作成
- スクラムリード全体で複数のコンポーネントレベルのテストケースをマージし、エンドツーエンド、ユーザー受入テスト（UAT）のテストフローを形成

クラウド、パフォーマンス、レジリエンシー

特にUIコンポーネントやAPIレベルのテストでは顕著だが、テストは開発フェーズにより近くなると同時に本番稼働を指向したものとなる。毎秒数百万トランザクションが発生するクラウドネイティブやハイブリッド分散システムなど複雑なシステムでは、小規模な障害、データ不良、レイテンシーやノードエラーが緊急通報を要する大規模な障害に繋がる。そのため、企業や組織は、ビジネス継続性のためのデータバックアップの管理やDRを実装することが肝要である。クラウド上のアプリケーションにおいては、テストツールやフレームワークを適用しておけば有利に働くであろう。

エンジニアが製造現場で意図的に発生させた不具合を分析することにより弱点を探るテスト手法であるカオスエンジニアリング（前章にて記述）は、品質エンジニアリング手法のサブセットの1つとして台頭しつつある。さらに、不良スキーマを検出するデータベースクローラーや、将来の欠陥やシステム障害を予測するAIを活用したプロダクション環境の監視など、継続的かつ自律的な検証と妥当性の確認ツールは、品質エンジニアリングでは一般的になりつつある。

私たちの調査結果によると、業界リーダーの56%がクラウド対応ツールの利点を生かした、クラウド、パフォーマンス、レジリエンシーが今後の主要トレンドになると見ており、特に次のような点をポイントとして挙げている。

- プロダクション環境に近い通信量でテストできる環境のスケラビリティ
- 並列でのテスト実行によるテスト期間の短縮
- クラウド対応のテストツールで制御するオンデマンドのテスト環境プロビジョニング
- パフォーマンスと障害回復力の向上

インテリジェントオートメーション

従来の自動化は多くの時間や努力、テストスクリプトの開発や保守にかなりの労力が求められる。RPAやAI/MLテストの自動化ソリューションではいくつかのメリットがある。

- 高度なプログラム言語の使用を回避（Selenium Java など）
- テストスイートのメンテナンスのための労力と時間の節約
- セルフヒーリング（自己修復）による自動化されたテスト実行精度の向上
- エンハンスメントのテストカバレッジの自動化をスプリント内で実現

これらのメリットは効率性と費用対効率を高めるために従来のテスト自動化をAI搭載のテストツールへ変革することに役立つ。エンジニアはAI搭載テストツールを拡張性と成熟度により3つに分類している。

アシスト型インテリジェンス。テスト自動化エンジニアは、プロダクション環境のモニタリング、顧客行動、自動化により優先順位付けされたテストケースの不具合傾向を自動化に活用する。彼らは、WebやモバイルUIなどのユーザーインターフェースオブジェクトの特定を実行するためのルールベースのエンジンを確立し、カスタムAIエンジンを使用してテストデータを生成しテストケースに入力する。

拡張型インテリジェンス。この成熟度レベルでは、テスト自動化エンジニアはドラッグ&ドロップや自然言語処理（NLP）を活用してテスト設計を行う（テスターは自動化ツールを使用し、自然な英語でテストケースを記述する）。

企業や組織は効果的なAI自動化ツールを選択する際には以下の質問事項を考慮する必要がある。

- テスターがテストケースを作成するために選択可能な言語によるテキストまたは音声によるユーザーインターフェースを提供するか？
- 英語から自動化テストスクリプトコードへの変換に自然言語処理（NLP）を利用可能か？
- 入力フィールドやWebページ上のボタンなどのUIオブジェクトの検知にコンピュータビジョン（光学式文字認識：OCRを含む）を使用できるか？
- アプリケーションのビルドに初期デザインのテンプレートを持ち、インターフェースがドラッグ&ドロップであるローコード・ノーコード自動化ツールを使用できるか？

自律型インテリジェンス。多くの人々は、この最先端の体験をテスト自動化の未来と考えている。エンジニアはボットのトレーニングやボットがWebページのクロールを学習できるモデルの開発に責任を負っている。デジタルテストツールはユーザーストーリーなどのビジネス要件やアプリケーションのページの操作、マニュアルなどをインプットとしたテストケースの作成を可能とする。

デロイトの調査による回答者の半数以上は、AIによるインテリジェント自動化ツールによるメリットを享受した現実化は始まりつつあると感じている。自律的なインテリジェント自動化ツールが将来、組織の競争維持に役立つことが明白になりつつある。

IoT、環境、データ

環境とデータに跨る「テストのインフラ」は、5Gで加速化している。ウェアラブルやスマートフォンなどのIoTデバイスの利用が拡大するにつれ、ユーザー受入テストは実世界のフィードバックを受けるための必要不可欠な要素となりつつある。クラウド（Crowd）ソーシャルテストを行うことにより、豊富な実世界のフィードバックを使用してデジタルチャネルの従来のテストを補強することができる。これによって、より良いデザインと質の高い顧客との対話が促進されると共に、製品のユーザビリティが担保できる。企業や組織は、環境とデータに跨るIoTデバイスのテストを視野に入れ、テスト戦略の改革を考え始めるべきであろう。

"標準化と
テスト戦略を産業化するチームによる
中央集権的な組織構造への
極めて重要な転換が起こるであろう"

結論：

産業化されたテスト戦略が効率化を推進する

急速に進化している市場において、ソフトウェア開発と展開の向上は、AIクラウドソリューションに注目を集めている。産業化のためにテストの再定義、改良、再開の方法を理解することは非常に重要になっている。アジャイルとDevOpsの手法を活用し、クラウドと自己進化型自動化ツールを統合した産業化戦略を採用している企業や組織は、信頼性を向上しつつテストサイクルを加速化することができる。他のテクノロジーと同様ではあるが、成功するためには、高度な先進ツールを実装していくという柔軟性に基づく抜本的な変革が必要である。



Get in touch

Our insights can help you be at the forefront of emerging trends in quality engineering. If you're looking for innovative strategies and unique perspectives to address your current challenges, let's connect.

Rohit Pereira

Principal

Deloitte Consulting LLP

ropereira@deloitte.com

Avneet Chatha

Managing Director

Deloitte Consulting LLP

achatha@deloitte.com

Ian Plows

Principal

Deloitte Consulting LLP

iplows@deloitte.com

Saurayan Chaki

Managing Director

Deloitte Consulting LLP

schaki@deloitte.com

Ronald (Ron) Smalec

Managing Director

Deloitte Consulting LLP

rsmalec@deloitte.com

Senthil Subbiah

Managing Director

Deloitte Consulting LLP

ssubbiah@deloitte.com

Rajat Rai

Senior Manager

Deloitte Consulting LLP

rrai@deloitte.com

Authors

Sanjay Balakrishnan, Nikhil Chauhan, Lahari Gupta, Mayur Khanna, Naman Kohli, Sarayu Krishnamoorthy, Madhu Muruli, Supriya Naik, Walid Negm, Vaibhav Pathak, Vishu Punjabi, Taniya Sen, Jay Shah, Anuj Singh, Rishav Sinha

Contributors

Vineeth Bhaskaran, Aswin Natarajan, Rahul Nigam

Endnotes

1. Toby McClean, "[Covid-19 has accelerated digital transformation — with AI playing a key role](#)," *Forbes*, November 2020.
2. Angus Loten, "[Pandemic has online sellers leaning on cloud](#)," *Wall Street Journal*, August 24, 2020.
3. Lance Lambert, "[Fortune survey: 62% of CEOs plan policy changes in response to current calls for racial justice](#)," *Fortune*, June 18, 2020.
4. Krishna Duggala et al., *2021 Quality Engineering Trends Report*, Deloitte, December 2021.
5. Tariq King, "[Testing the metaverse and beyond](#)," Test.ai, March 24, 2022.
6. Deloitte, "[A whole new world? Exploring the metaverse and what it could mean for you](#)," April 2022.
7. Rob Mason, "[Software testing for metaverse experiences: Here's what you need to know](#)," *VentureBeat*, July 2, 2022.
8. Martina Stojmanovska, "[How to test a metaverse](#)," TestDevLab, December 2, 2021.
9. Ben Stanton and Paul Lee, "[5G adoption is inevitable. It is time to focus on experience](#)," Deloitte Insights, May 19, 2022; Naima Hoque Essing and Michael Steinhart, "[Bundles may drive consumer switch to 5G](#)," Deloitte Insights, August 11, 2022.
10. Michaela Goss, "[5G vs. 4G: Learn the key differences between them](#)," *TechTarget*, March 2022.
11. Deloitte, "[Take 5: The 5G ecosystem](#)," January 21, 2022.
12. Agata Platek and Jia You, "[What is the relationship between AI and 5G?](#)," *Ericsson Blog*, January 24, 2022.
13. Jim Kilpatrick and Lee Barter, "[COVID-19: Managing supply chain risk and disruption](#)," Deloitte Canada, March 4, 2020.
14. Mattias Hedwall, "[The ongoing impact of COVID-19 on global supply chains](#)," World Economic Forum, June 22, 2020.
15. ResearchandMarkets.com, "[Global supply chain management market \(2021 to 2027\)](#)," press release, January 10, 2022.
16. Appsierra, "[Importance of test automation in supply chain management](#)," accessed April 25, 2023.
17. Marisa Brown, "[6 skills for AI-ready supply chain professionals](#)," *Supply & Demand Chain Executive*, January 4, 2022.
18. MHC, "[How to conduct customer behavior analysis](#)," December 4, 2020.
19. Churnfree, "[What are customer lifetime value and churn rate?](#)," September 19, 2022.
20. Dr. Harald Proof, Thomas Pottebaum, and Philipp Wolf, "[Software is transforming the automotive world](#)," Deloitte Insights, 2020.
21. Ralp-Heiner Haar, "[Decoupling hardware and software accelerates development](#)," Aptiv, June 7, 2022.
22. Dylan Martin, "[Arm in the cloud a trend now with Google Cloud's embrace](#)," *The Register*, July 14, 2022.
23. Diego Lo Giudice, "[The path to autonomous testing: Augment human testers first](#)," Forrester Research, January 7, 2019.
24. Harold Fernandes, "[AI in test automation: Here's how it works](#)," QA Lead, accessed April 25, 2023.
25. Blake Norrish, "[AI/ML in software test automation](#)," *Medium*, October 25, 2021.
26. Beth Stackpole, "[Digital transformation after the pandemic](#)," *MIT Management Review*, July 27, 2021.
27. Sharan, "[Impact of remote work on the real estate industry](#)," *Wishup Blog*, February 4, 2023.
28. Rob Biedron, "[The challenges of working remotely for employers](#)," *Planergy*, accessed April 25, 2023.
29. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), "[Digital transformation in the age of COVID-19: Building resilience and bridging divides](#)," 2020.
30. Lori Cameron, "[Chaos engineering: Yes, it sounds dangerous, but Netflix swears by intentionally harming systems to discover bigger bugs. Now it urges you to join](#)," IEEE Computer Society, accessed April 25, 2023.
31. Biswajit Mohapatra, "[The practice of chaos engineering observability](#)," DevOps Institute, updated January 19, 2023.
32. Gremlin, "[Chaos engineering tools comparison](#)," last updated February 6, 2023.
33. Kolton Andrus, "[The future of chaos engineering across industries](#)," *Forbes*, November 23, 2020.
34. Tali Einhorn, "[5 top test data management trends for 2022](#)," *K2view Blog*, January 11, 2022.
35. Andrew White, "[By 2024, 60% of the data used for the development of AI and analytics projects will be synthetically generated](#)," Gartner, July 24, 2021.
36. Tom Alexander, "[Adopting Agile in an organization](#)," SmartBear, March 11, 2019.

日本のコンサルタントの見解

「2023 Quality Engineering Trends Report」の概観

今回の「2023 Quality Engineering Trends Report」では、マーケットの成長をリードしている5つのキーテクノロジーと品質・テスト領域において成長の原動力となっている5つのテーマを取り上げている。前者ではマーケットにおける最新テクノロジーの動向として以下が紹介されている。

- ① 近年新しい分野として成長が著しいメタバースの進化
- ② 5G コンピューティングの更なる活用
- ③ IoT 技術やブロックチェーンを活用したサプライチェーンネットワークの強化
- ④ 顧客志向の変化に対して柔軟に対応が可能となるAI主導のアプローチによるサブスクリプションモデルの価値向上
- ⑤ ソフトウェアとハードウェアが組み合わされた高機能な組み込みシステムに対する品質保証の重要性

後者では品質・テスト領域の主要なトレンドとして以下について論じられている。

- ① 単純なテスト自動化から自律型へ変貌を遂げる人工知能 (AI) / 機械学習 (ML) によるテスト自動化の将来性
- ② パンデミックにより見えてきた品質エンジニアリング領域の成長機会
- ③ 障害を意図的に発生させて不具合を分析することにより弱点を探るテスト技法であるカオスエンジニアリングの必要性
- ④ AI/ML を利用した合成データ生成手法を取り入れたテストデータ管理の有用性
- ⑤ テストにかかるケイパビリティの産業化を通じたテスト戦略の抜本的な再構築の必要性

今回のレポートから現状と今後の日本において何が見えてくるのだろうか。

日本におけるエンタープライズ領域の視点からみた「2023 Quality Engineering Trends Report 日本版」

今回のレポートでは、10個のテーマのうち8個でAI/MLが取り上げられている。AI/MLは昨今では成長が盛んであり、日本企業においてもとても関心が高いテーマの1つと考えられる。日本においてもパンデミックが追い風となり、ビジネススタイルの変化と相まってAI技術とML技術は数年間で著しく進化・成長し、市場が急拡大した。たとえば、AIを活用したシステムやソフトウェアは、自動運転技術、無人店舗システム、自動倉庫システム、自動配膳システム、eコマースでの集客・マーケティングなど幅広い分野で適用されており、我々の生活は日々豊かさを増している。また、ChatGPTに代表されるAIツールは凄まじい勢いでビジネスにおいても浸透し、もはや不可欠なツールとなりつつある。

これらのサービスやプロダクトを開発する日本の現場ではアジャイル開発や反復型開発の普及に合わせて開発ツールやAIツールの活用が一般化されつつある一方で、品質・テストの観点においては、テスト技法やテストツールの利用は依然として従来の手法や限定的な利用から完全に脱却できていない。具体的には、テスト設計は従来から機能を

対象としたテストシナリオ・ケース設定が主体となっており、プロダクトやプロジェクト、品質の特性に応じたテスト技法を適用できていない。また、テスト自動化は主に単純なアプリケーションのテスト実行とそのレポートやデータ生成での利用に留まっており、複雑なアプリケーションのテスト実行やテストシナリオ・ケースの作成を含めた一連のテストタスクへの適用は限定的となっている。これらのことから、品質・テストにかかる大半の作業タスクは、依然として人手により実施されているのが実態ではないだろうか。

本レポートの多くのテーマで紹介されている通り、品質・テストのタスクにテスト技法やテストツールを活用する機会はいくつもある。AIツールを活用することでテストケースやテストデータの自動生成とテスト実行・実行結果の可視化、センシングテクノロジーによる欠陥の検出と自動修復などのこれまでのテストツールでは実現の難易度が高いタスクもAIツールにより自動化が実現可能となった。また、人間とAIツールの協同作業が最適化されることにより、人間はAIツールにより生み出されたデータを最大限に活用し、複雑な判断を伴う検討タスクなどプロダクトやサービスの価値を高めるタスクに集中することができるようになるのである。

日本の品質・テスト領域が抱えている2つの課題

では、なぜ品質・テスト領域では、品質・テストの方法論やテストツールが開発領域と同様に十分に普及していないのだろうか。この理由として2つの要因が考えられる。1つは、日本特有の商慣習であり、もう一つは専門人材の要員不足である。

まず、日本独特の商慣習としては請負契約の弊害がある¹。今日では、企業がソフトウェアシステムを開発・構築・導入する場合、大手SIベンダーへ開発委託を行うことが一般的であり、この場合の契約形態はウォーターフォール型開発を主体とした請負契約となっている。この請負契約の形態が現在の日本において一般的に採用されている理由には、大手SIベンダーへ委託するビジネスモデルが歴史的な背景から確立されてしまったことが考えられる。現在の大手SIベンダーは、過去に国の施策により大きな支援を受けていた大手メーカーや大手ユーザー系企業のIT部門から独立して誕生し、成長している企業が多い。

企業がある程度の規模のシステム開発を行う場合には、自社組織では技術力を有した大量の開発リソースの確保が難しいことから、大手SIベンダーに委託することでIT施策を一括で実現する構図が日本のビジネスモデルとして定着してしまったという背景がある。このため品質・テスト活動は開発活動の一環として取り扱われることが一般化してしまい、プロダクトやサービスの品質を確保・向上するための一連の活動が十分に機能しづらい仕組み、つまり、品質・テストタスクやテストチームを独立させることに対する弊害などの構造的な問題が生み出されてしまう仕組みが出来上がってしまったことが考えられる。

次に、専門人材の要員不足については、品質・テストに対する理解・知見を有した専門人材の育成基盤が乏しいことが起因していると考えられる。日本の大学における情報工学系のカリキュラムを見ると、データサイエンス、コンピュータサイエンス、プログラミング、人工知能、サイバーセキュリティ、アーキテクチャなど、情報システムを作り上げるための基礎科目や専門科目は多くの大学で教育内容としてカリキュラムに組み込まれているようであるが、品質管理やソフトウェアテストに関わる科目を見つけることは非常に困難である。

また、経済産業省・IPAが発行したデジタルスキル基準ver1.1（2023年8月）²では、人材類型・ロールに共通の共通スキルリストに品質・テストにかかわるスキルが定義されていない。このため、システム開発の現場では品質・テストに精通した専門人材ではなく、開発エンジニアが品質・テストにかかるタスクを主体的に担っている、あるいは、担わざるを得ない状況となってしまう。これらのことから品質・テストに特化したスキル向上や育成機会が十分に得られず、品質・テストの真の意義や専門人材であることの優位性が十分に浸透していない。

昨今では、品質・テストを専門とする企業の成長と共に第三者テスト・独立性テストの意義が産業界に浸透しつつもあり、プロジェクト特性に応じた開発方式の選定と合わせて品質・テストの方式も棲み分けが進みつつある。しかし、専門人材が十分に育成・確保されていないため、品質・テストの優位性や必要性が認められたとしてもプロジェクトでの専門人材の確保を行えず、品質保証を十分に実施できていないユーザーが少なからず生じてしまっていることは遺憾である。

求められる品質エンジニアリングによる開発方式の変革

アフターコロナにおいてもデジタルスキルに精通した専門人材の育成とそのための基盤づくりは国の政策レベルで引き続き求められることに対しては疑問の余地がない。そして、最新テクノロジーを品質・テストプロセスの中にも組み込み、品質・テストのフレームワークやツールの整備を拡充させ、コスト面・技術面においても開発プロジェクトでの採用を積極的に推進することが肝要である。そのためには、開発方式自体を大胆に発展させることが必要である。すなわち、システム開発プロジェクトの開発方式に品質エンジニアリングを取り込み昇華させるのである。最新テクノロジーを品質・テスト手法に組み込むとは、プロダクトやサービスの開発の現場でAIツールを活用したビジネス要求やプロダクト要求におけるインプットへの適用、品質・テストの活動に対してはAIツールを前提とした品質・テストフレームワークの活用を行うことで、プロダクトやサービスの開発活動の全体を通じて開発と品質保証を一体化させることであり、このことが品質エンジニアリングを確実に具現化していくことに繋がるのである。

品質エンジニアリングを確実に実現することにより、システム開発における品質の向上に加え、顧客体験のロイヤリティやビジネススピードの向上を実現することが可能となり、ビジネス観点においても極めて有意義である。しかし、現在の日本では組織において品質にかかわる知識が不足しているだけでなく、品質・テストの専門人材の育成を含め品質の取り組みに対する投資を十分に行えていないのが実態である。このような状況ではグローバルとのビジネス格差は更に拡大してしまう。正に今、著しく変化する顧客のニーズに対し、タイムリーに対応できる自社チームを作り上げていくための強固な意思決定が必要となる時期が到来しているのではないだろうか。品質エンジニアリングは既に実在している。それを活用して変革できるかどうかは意思決定者のマインド次第である。つまり、品質に対する組織としての意識改革や取り組みを行う覚悟が問われている。

以上

執筆者



津川 順司

シニアマネジャー

Systems Delivery & Modernization

日系メーカー会社、日系及び外資系SI会社を経て現職。多岐にわたる業種に対し、システム開発・構築・導入プロジェクトのPM/PMO、品質・テストの専門家として多数従事。難易度の高い大規模プロジェクトを成功に導くマネジメント支援や品質保証・テストの支援を幅広く手掛けている。15年間のプロジェクトマネジメント経験とQAスキルが強み。デロイトではQuality Engineeringチームをリード。

1. 日経産業新聞 戦略フォーサイト | 真のクラウド活用 (12)、2022年
2. 独立行政法人IPA情報処理推進機構 | デジタルスキル標準ver.1.1 (https://www.meti.go.jp/policy/it_policy/jinzai/skill_standard/20230807001-d-1.pdf)

日本版発行責任者



守屋 孝文
執行役員 パートナー
Japan Leader
Systems Delivery & Modernization



安村 俊徳
執行役員 パートナー
Japan Leader
Systems Delivery & Modernization

日本版発行担当者



中川 明久



赤岩 かおり



津川 順司



村山 卓



関 大蔵



有村 拓



河上 和広



佐藤 俊之



新原 康智



阿部 晃貴



安 晟鎮



飯田 慎太郎



林 世遥



Oh Jiwoo



井上 拓也



田村 紗華

国内のお問合せ先

安村 俊徳 / Toshinori Yasumura
Systems Delivery & Modernization
Partner
デロイト トーマツ コンサルティング合同会社
toyasumura@tohatsu.co.jp

津川 順司 / Junji Tsugawa
Systems Delivery & Modernization
Senior Manager
デロイト トーマツ コンサルティング合同会社
jtsugawa@tohatsu.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@tohatsu.co.jp

村山 卓 / Takashi Murayama
Systems Delivery & Modernization
Senior Manager
デロイト トーマツ コンサルティング合同会社
[tamurayama@tohatsu.co.jp](mailto:tamura@tohatsu.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 アドバイザリー 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 グループ 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、リスクアドバイザリー、コンサルティング、ファイナンシャル アドバイザリー、税務、法務等を提供しています。また、国内約30都市に約1万7千名の専門家を擁し、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（オーストラリア、バンコク、北京、ベンガルール、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、ムンバイ、ニューデリー、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 アドバイザリー、リスクアドバイザリー、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” をパーパス（存在理由）として標榜するデロイトの約415,000名の人材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、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。

Member of
Deloitte Touche Tohmatsu Limited

© 2023. For information, contact Deloitte Tohmatsu Group.



IS 669126 / ISO 27001



BCMS 764479 / ISO 22301