



# The New Intelligent Edge

インテリジェントエッジの  
DXにおける4つの原動力と  
成功を決める10のポイント



WINDRVR

# 重要なのは、 「どのように」変革するかである

組織のIT部門では、デジタルトランスフォーメーション(DX)に関するディスカッションが絶え間なく進行しています。

デジタル化は単なるアイデアではなく、組織を成功に導く新たなDNAの一部です。その重要性を鑑み、上場企業の68%以上が社内のデジタル変革の進捗状況を四半期報告に記載しています<sup>1</sup>。皆さんの会社はどうでしょうか。CDO(最高デジタル責任者)が任命されている企業は、そうでない同業他社に比べてデジタルトランスフォーメーションの成功確率が54%も高くなります<sup>2</sup>。

54%

組み込み技術の担当部門は、デジタル化の重要性を改めて認識する必要があります。IoT接続デバイスの数は2025年までに750億台を超える見込み<sup>3</sup>ですが、市場規模の大きさだけが問題ではありません。同様に重要なのは、IoT環境のデバイス同士が連携することで、5Gの活用が進むエッジコンピューティングそのものに対して、またはエッジコンピューティングを通じて、付加価値がもたらされるということです。Gartnerでは「2022年までに、企業によって生み出されるデータの半分以上がエッジで生成・処理されることになるだろう」と予測しています<sup>4</sup>。

1 inc.digital  
2 Forbes/inc.digital, 2019  
3 IDC, 2019: [www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS45213219](http://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS45213219)  
4 Gartner, [www.gartner.com/document/3991568](http://www.gartner.com/document/3991568)

「組み込み技術の開発プロセスを近代化する際は、デジタル化の成功を最優先に考える必要があります」

—マイケル・ゲイル

デジタルトランスフォーメーションを題材にしたWall Street Journalのベストセラー「The Digital Helix」著者

50%

Gartnerは、エッジで生成・処理されるデータは、2022年までに企業が生成するデータの50%以上を占めるだろう、と予測しています。



# AIベースの セキュアな世界を実現

収集される大量のデータと、それに付随するアプリケーションの急速なデジタル化によって、組み込みデバイスの進化の形は、開発、デプロイ、管理を通して、今私たちの目の前で変化しています。

AIや機械学習などの技術には、デバイスとの透過的かつ容易な連携性が必要です。また、ニーズは常に進化するため、デバイスにはライフサイクル全体での適応性が求められます。

もちろん、開発面での課題はあります。調査によると、開発者の3分の1が「現在クラウドネイティブアーキテクチャを構築中」、30%が「来年末までに構築する予定」と答えています。しかし、クラウドネイティブ基盤の開発者にとって「エッジ」は厄介な領域になります。エッジデバイスへの物理的なアクセスやセキュリティの確保は難しく、データセンターのサーバーと違って標準化や互換運用も進んでいません。調査対象のIoTシステム開発者が抱える最大の懸念事項はセキュリティ（回答者の38%）、第2位は接続性（21%）、第3位はデータ収集／分析（19%）でした<sup>5</sup>。自動化技術担当者への調査では、回答者の93%が「スマートマシン技術への対応準備がまったく整っていない、または充分整っていない」と答えています。これを見ると、運用開始後の態勢整備にも不安が残る、という状況がうかがえます。

38%

21%

19%

IoTシステム開発者の抱える最大の課題は「セキュリティ」、続いて「接続性」、「データ収集／分析」となっています。

「これまでのデバイスは、一回の設計・デプロイだけで、寿命を終えるまで一律に管理されてきました。今後は、デジタルの世界で常に適応しながら変わり続けることになります」

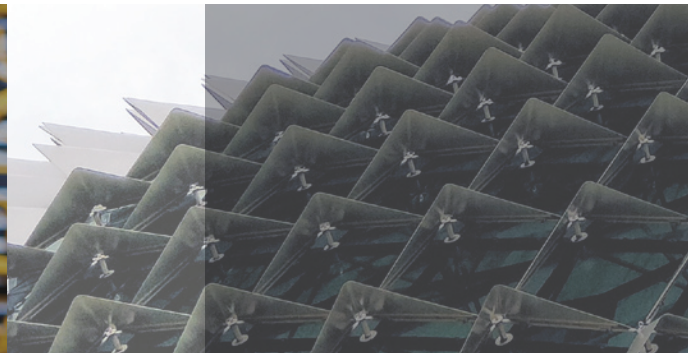
ポール・ミラー

ウインドリバー

最高技術責任者 (CTO)

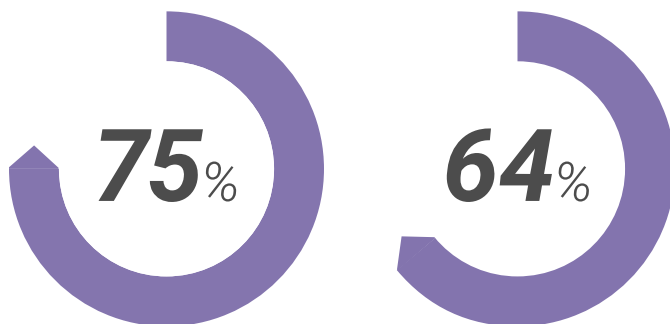


<sup>5</sup> Eclipse Foundation, 2019: [drive.google.com/file/d/17WEobD5Etfw5JnoKC1g4IME\\_XCtPNGGc/view](https://drive.google.com/file/d/17WEobD5Etfw5JnoKC1g4IME_XCtPNGGc/view)



変化が絶えない世界においてアジリティは不可欠です。このため、カスタム化を重ねて独自のアプリケーションを構築するという考えは通用しません。デジタルトランスフォーメーションに成功した企業の28%が「変動制 (volatile)、不確実性 (uncertain)、複雑性 (complex)、あいまい性 (ambiguous) に満ちた時代 (それぞれの頭文字をとって通称VUCA時代) が来るだろう」と考えていますが、新たな視点で組織全体を舵取りする術を身に付けているため、「時代の変化に対応できる」という自信も同業他社より2.5倍高くなっています<sup>6</sup>。このような組織はデジタル化を表層的概念ではなく、自社の存在意義に直結する中核要素として捉えています。**実際、企業の75%が「AIによって、新たな事業領域に参入できる」と考えており、CEOの64%が「AIの活用で、全社的なOPEXを低減できる」と回答しています<sup>7</sup>。**いまやAIがあらゆるモノに浸透し、短期的な経済効果だけでなく、長期的な差別化要因・付加価値の面から、企業に大きな変化 (とくにクラウド活用による効果) をもたらしています。昨今のトレンドを見ると、デバイス本来の設計や目的を、ソフトウェアによって、ライフサイクル全体を通して再考する必要があることを示しています。

AIがあらゆるモノに浸透し始めている昨今のトレンドは、デバイス本来の設計や目的を、ソフトウェアによってライフサイクル全体を通じて再考する必要があることを示しています。



企業の75%が「AIによって新たな事業領域に参入できる」と回答し、CEOの64%が「AIの活用で全社的なOPEXを低減できる」と回答しています。

<sup>6</sup> Forbes/inc.digital  
<sup>7</sup> Forbes/inc.digital

# データが主役の 新時代

2025年までに、相互接続されるデバイスの数は410億台を超える見込みです。こうしたデバイスが生み出すデータは約80ゼタバイトにのびます<sup>8</sup>。

これらのデータの中には莫大な価値が埋もれています。デジタルトランスフォーメーションに成功している企業の57%が「データの形態やその捉え方は、今後数年間で抜本的に変わるだろう」と考えています。**正しい判断をすれば、主にエッジで生成される莫大な量のデータを活かした設計、徹底収集・管理を実現できます。**

AI、5G、インテリジェントエッジシステムがもたらす新たなトレンドにより、開発者に求められる資質も変化しています。アプリケーション開発だけでなく、コード開発、ハードウェアとの連携、データの関連性など、すべての側面を考慮して対処するスキルと深い探究心を持つ開発者が必要となります。

「IoTシステム開発に必要なスキル上位10項目」を右欄に記載しています。詳細は、Appendix (付録) をご覧ください。

一方、ほぼすべてのエンタープライズ組織で旧式言語を使ったレガシーコードが実行されています。こうしたコードを理解する開発者は徐々に退職していきますが、大学や専門学校で学ぶ若い世代は、旧式コードの継承・保守を学んでいません。Rust (83.5%) や Python (73.1%) などの最新言語を好む若者<sup>9</sup>は、あと数年もすれば開発現場の多数派になるでしょう。ミレニアル世代やジェネレーションZと呼ばれるこうした世代は、2025年までに労働力全体の75%近くを占めると予測されています<sup>10</sup>。

8 IDC, 2019; [www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS45213219](http://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS45213219)

9 World Economic Forum

10 IDC, 2019; [www.igel.com/wp-content/uploads/2019/06/IDC-Infobrief-Leverage-Linux-to-Transform-Endpoints-Jun-2019.pdf](http://www.igel.com/wp-content/uploads/2019/06/IDC-Infobrief-Leverage-Linux-to-Transform-Endpoints-Jun-2019.pdf)

## IoTシステム開発に 必要なスキル 上位10項目



機械学習・AI



データ中心の設計



自動化



IPネットワークの活用



ハードウェア連携



モバイルアプリ開発



UI/UXの設計



情報セキュリティ



ビジネス  
インテリジェンス



チームワーク



# 大きな課題は「レガシーデバイス (現行の組み込み機器)を どう取り扱うか」

これまで、設計の独自性を追求することでデバイス自体が複雑化していました。しかし、我々を取り巻く世界そのものが複雑化する今、設計の本質をこれ以上複雑化することはできません。

機能を次々に追加するボトムアップ方式のソリューション構築では、根本的な問題解決にはなりません。**自動化は有用ですが、「簡素化によって新たな複雑性に対応する」というパラドックスを実際の設計に反映することは困難です。**

新たな開発手法における重要ポイントは、市販コンポーネントの積極活用、フレームワークにもとづく概念化、第三者のナレッジや成果物の組み合わせによる効率化です。つまり、インテリジェントな開発手法が求められます。多くの組み込みシステム開発者にとって、「情報を整理して取捨選択する」という考え方から、異なるシステムをどのように統合すべきかを把握し、どんな目的にも柔軟に対応する考え方への意識改革が必要になるでしょう。

団塊世代からミレニアル世代への労働人口の移行に伴い、若い世代のスキルや考え方に合わせてインテリジェントエッジの未来を再定義し、新たな設計トレンドが生まれます(詳細は次ページ)。これからのワークフローでは、これまで何十年にもわたり組み込み業界を成功に導いてきたコントロールプレーンだけでなく、仮想化やAI機能、コンテナベースの開発手法などを活用し、膨大なデータに対応可能なソリューションが実用化されるでしょう。こうした手法では、アーキテクチャを異なる視点で検討する必要があります。

明らかにレガシーシステムの上に新しくアーキテクチャを構築するアプローチもあるでしょう。また、デバイス中心ではなくデータの価値を中心にしたアーキテクチャという設計アプローチもあります。すなわち、巨大なエコシステム上でリアルタイムでの意思決定を改善するには、取得したデータをどのように活用していくかという観点からのアプローチです。輸送、製造、エネルギー、航空・防衛など、業種にかかわらず、レガシーデバイスを新たな視点で捉えて対応することで、根幹的な価値を強化できる可能性があります。

「デジタルトランスフォーメーション推進の地殻変動は、莫大な機会をもたらします。しかし変化の激しい現代において、旧式のツールやプロセスで新たな課題に対応しようとすることは合理的ではありません」

—マイケル・ゲイル

デジタルトランスフォーメーションを題材にしたWall Street Journalのベストセラー「The Digital Helix」著者

# デジタル時代における 6つの設計トレンド

以前は、限られた機能に絞ったデバイスの設計でしたが、収集・管理するインテリジェンスをもとにデバイスが自律化するにつれ、設計時に考慮すべき範囲も大幅に広がります。

**1. システム中心の視点：**デジタルトランスフォーメーションの成功を阻む3大要因のひとつが「縦割りのサイロシステム」です<sup>11</sup>。エンジニアがチームの一部に過ぎないという組織編成は変える必要があります。IPとリソースの混在に悩む組織では、旧来のモデルを無理やり当てはめてしまい、デジタル社会特有の課題を解決することはできません。

**2. ライフサイクル全体を考慮した設計：**一度開発して出荷したら終わり、という従来の製品サイクルは当てはまりません。主にエッジ経由で新たなデータを取り込むために動的に適応し、ライフサイクル全体で新たなアセットや経験値を提供するデバイスが主流になります。5G技術や新たな接続方法によって、無線通信を使ったアップデート(OTA)が当たり前前の時代になるでしょう。

**3. 拡張可能な設計プロセス：**システム中心の設計思想に移行するには、設計段階から拡張性を考慮する必要があります。デジタルトランスフォーメーションでは、規模や拡張性に関する既成概念が覆ります。410億個もの接続デバイスが存在し、その規模がますます拡大するデジタル時代では、ほぼ無限に拡張可能なアーキテクチャを設計当初から検討する必要があります。たとえばコールセンターとウェブサイトの違いを考えてみてください。コールセンターでは配置される人員が限られていますが、ウェブサイトは技術的バックボーンの制約がない限り、自由に拡張できます。

**4. 具体的な機能の徹底理解：**あらゆるモノが常に稼働状態にあるデジタル社会では、飛行機を着陸させて部品を交換することはできません。つまり、システム全体を一気にアップグレードすることはできません。稼働中の大規模システムのヒットレスアップグレード機能と、スレッドやマイクロサービスレベルでのアプリケーション更新機能を共存させる必要があります。

**5. リアルタイムの意思決定において重要な要素はデータの通信速度・正確性・価値：**AIコンポーネントの抽出、管理、取り込み機能は必須条件です。産業機器メーカーなどのCEOは、すでにこの点が差別化要因になることを理解しています。調査によると、こうしたCEOの28%がAIベースの機能をデータ収集や日常の管理に活用しており、AI未活用の同業他社に比べて2.6倍高い投資効果を得ています<sup>12</sup>。インテリジェントエッジの開発者は、AIベースの業務シナリオを積極的に推進する必要があります。

**6. セキュリティの性質の変化：**セキュリティはいつの時代も優先事項ですが、これまではプラットフォームの安全性確保がメインでした。しかし今は、あらゆるデバイスが相互にやり取りするため、求められるセキュリティレベルも際限なく高まっています。インテリジェンスや適応性をベースにしたセキュリティ設計が、あらゆる場所のあらゆるモノを常時、動的に保護するうえで必須となります。

<sup>11</sup> Forbes

<sup>12</sup> Forbes/inc.digital

# 適応性に優れた デプロイ方法の必要性

高速に変化する世界では、完璧な機能が揃ってからデプロイすることは実用的ではありません。

代わりに、万全なセキュリティと最小限の機能を備えた製品を市場投入してから順次拡充していく手法、つまり「継続的デプロイ」が主流になるでしょう。（電気自動車のテスラが良い例です）。

顧客のユースケースや将来のビジョンを深掘りし、それらが開発に及ぼす影響を細部にわたって検討する必要があります。この点においては、たとえば安全性やサイバーセキュリティなどが中核的要素となります。脅威を取り巻く環境の変化と共に、デプロイのアジャイル化が不可欠なものになります。

変化はゆっくりと現れ、徐々に顕在化します。Global 2000に名を連ねる企業の72%が、デジタル化の成熟にあと9.5年ほどかかる見込みです<sup>13</sup>。現行能力から、さらに本格的なデジタルパフォーマンスの実現に向けたデジタルトランスフォーメーションの展開速度の増加ペースは、今のところ年間平均11.5%未満にとどまっています<sup>14</sup>。組込みシステム業界では、IT業界が採用しているモジュール／クラウドベースの開発モデルを積極的に取り入れてきませんでした。デジタルITの中心が仮想化技術となっている理由は、今日の急激な変化に即応できるためです。しかし、基盤となるハードウェアやアーキテクチャにも、そのための適応力が必要になります。**AIや自動化機能が多くのデバイスに搭載されるにつれて仮想クラウド環境が大きく普及し、デジタル環境でのシミュレーションや試作が当たり前になるでしょう。**こうした要素を、変革プロセス加速の原動力として取り込む必要があります。

<sup>13</sup> Forbes/inc.digital

<sup>14</sup> Forbes, inc.digital

「目的を限定した個別デバイスの設計思想から脱却し、広範囲なデジタルエンタープライズにつながるワークフローの観点から考える必要があります」

—マイケル・ゲイル

デジタルトランスフォーメーションを題材にしたWall Street Journalのベストセラー「The Digital Helix」著者



# 圧倒的に広大で パワフルな未来



2025年までに実現される新たなインテリジェントエッジの世界は、これまでの組み込みデバイスの世界とは大きく異なる、または完全に異なるものになるでしょう。

デジタルの世界では物理的な距離の遠さや孤立という概念はありません。企業の視点で見ると新たな情報の価値は、5G×エッジの活用や、高度に統合されたエコシステムで、どれだけ動的で、どのように関連しているかで決まります。

デジタルトランスフォーメーションに最も成功している企業でさえ、「予測困難で不確実な未来」を認め、受け入れています。該当企業の97%が、5か年／10か年単位の計画ではなく、一歩ずつ着実に進めるステップバイステップの戦略を検討しています<sup>15</sup>。新たなインテリジェントエッジにおける設計や設計理念においても、同様の思考過程を踏襲する必要があります。

各業界の企業や開発者に求められる資質は、クラウドネイティブアプリと相互連携可能なエッジアプリケーションの開発力です。そのためには、CI/CD（継続的インテグレーション／継続的デリバリー）などの近代的な開発原則を取り入れる必要があります。インフラとハードウェアの複雑性を緩和するために抽象レイヤーを活用し、コンテナ技術で従来のRTOSアプリケーションやクラウドネイティブな次世代エッジアプリケーションをサポートすることができます。フレームワーク、オープンソース、プラットフォームが現代的かつよく使われるプログラミング言語に対応できるようになり、DevSecOpsの基盤上で開発作業が行われる日が来るでしょう。

デジタル時代の設計・開発では、新しい事へのチャレンジ精神、先進的な考え方、適応性を備えたスキルが重要な資質になるでしょう。ゼタバイト規模のデータからリアルタイムのインテリジェンスを導き出し、意思決定プロセスを支援するエッジデバイスを適切に構築するためには、すべてのデバイスを「一度出荷したら販売終了まで一律にサポートする」という考えではなく、「ライフサイクルにおける様々なステージをサポートする」という考えを基軸にする必要があります。

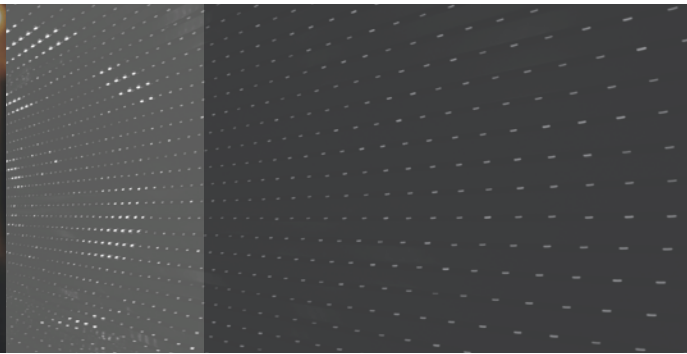
「システムの経験則によって、異常や例外パターンをすべてエッジで、リアルタイム追跡できるようにするでしょう。デバイスには、安全性やサイバーセキュリティをこれまで以上に重視したオーケストレーション機能が求められます」

—ポール・ミラー

ウインドリバー

最高技術責任者 (CTO)

<sup>15</sup> Forbes/inc.digital



今後は、デジタルトランスフォーメーションの成功という新たな視点で従来のプロセスを見直す必要があります。これまでの組み込み設計では、クラウドネイティブアプリへの対応力や適応性に欠けるため、変わり続けるデジタル環境での長期的な成功につながりません。しかし、正しい設計・開発アプローチによって、驚くほどの成功を収めることができることを、先進的な企業は理解しています。

コロナ禍の時期(2020年4月)に当社が実施した調査では、DevOps/DevSecOpsを積極的に取り入れている米国企業と中国企業の65%以上が、「IoT、AI、クラウドアプリ開発、5Gプロジェクト、コンテナ技術開発への投資を拡大する」と回答しました。まだまだ鈍化の気配はありません。経営幹部(CXOレベル)らの回答はさらに楽観的で、中国企業の経営幹部の88%が「コロナがきっかけで、オープンソースコードへの移行を考慮ようになった」と回答しています。

64%

88%

デジタルトランスフォーメーションの勢いは、世界的な危機的状況下においても衰えることはありません。むしろ、組織を抜本的に変革するためにインテリジェントエッジをいち早く成功させることが急務となるため、デジタル化の必要性はますます高まるでしょう。

ウィンドリバーは、インテリジェントエッジ向けソフトウェアを提供する世界的なリーディングカンパニーです。当社のテクノロジーは1981年以来、世界で最も安全でセキュアなデバイスの稼働を支え、何十億個もの製品に搭載されています。ウィンドリバーは、最高水準のセキュリティ、安全性、信頼性が要求されるミッションクリティカルなエッジシステムのデジタルトランスフォーメーションを加速します。

Wind RiverのロゴはWind River Systems, Inc.の商標です。Wind RiverおよびVxWorksはWind River Systems, Inc.の登録商標です。Rev. 11/2020



# 新たなインテリジェントエッジの 導入準備はできていますか？

下記の質問に回答し、お客様のデジタルトランスフォーメーションへの準備についてご確認ください。

デジタルトランスフォーメーションに興味がありましたら、当社までご連絡ください。デジタルトランスフォーメーションの先進企業との協業実績が豊富な当社エキスパートが、皆様のお役に立つベストプラクティスをご紹介します。

設問ごとに、**1** (考えたこともない) ~ **5** (重要な差別化要因である) までのいずれかをお選びください。

1. 自社のエッジデバイス設計理念は、全社的なデジタルトランスフォーメーションの方向性と密接に連動している。  
 1     2     3     4     5
2. 自社が開発するデバイスには、そのライフサイクルを通じて様々なステージが存在すると思う。  
 1     2     3     4     5
3. 社内のレガシーシステムに対応できるよう、開発者を再教育してスキルの維持を図っている。  
 1     2     3     4     5
4. 開発において、安全性とサイバーセキュリティは表裏一体の課題／機会であると思う。  
 1     2     3     4     5
5. 自社製デバイスが使われる新たなデジタル環境のデータ量やプロトコルを考えると、自動化機能をデバイスの設計やデプロイに組み込むことは必須だと思う。  
 1     2     3     4     5
6. 企業全体で縦横無尽に連携されたワークフローを中心にエッジシステムを開発している。  
 1     2     3     4     5
7. 今後2年間で、あらゆるモノに、または自社が設計する大半のデバイスにAIが当たり前のように搭載されるだろう。  
 1     2     3     4     5
8. エッジおよび5G技術は、自社にとって重要な開発環境だと思う。  
 1     2     3     4     5
9. オープンソースやコンテナベースの技術など、クラウドネイティブな開発手法を取り入れることは、自社製品を設計するうえで不可欠だ。  
 1     2     3     4     5
10. ITのDevOpsおよびDevSecOps担当部門は、互いに同様の設計理念やプロセスを共有している。  
 1     2     3     4     5



# デジタル時代のIoTシステム開発に必要なスキル上位10項目



## 機械学習・AI

大量のデータを収集・分析するには、パターンを紐解き、結果を予測する力が必要です。IoTが複雑・普遍化するにつれ、AIがより多くのタスクを処理し、自律的な判断を行うことになります。



## データ中心の設計

IoTを推進するのはビッグデータです。ソフトウェア／ネットワーク／UX担当技術者の仕事は、ユーザーが快適に利用できるよう、データをシームレスに連携することです。抽出したデータを解釈し、価値ある情報に変換するスキルは貴重な戦力になります。



## 自動化

マッキンゼーの調査では、IoTのもたらす価値の40%は「優れた操作性」とされています。接続対象のデータやインターフェースが多いため、APIの自動テストと手動テストを連携できる開発者は、製品の市場投入に大きく貢献できるでしょう。



## IPネットワークの活用

IoTでは、組み込みセンサーがIoT環境とやり取りし、情報を収集して分析システムに送信します。この情報を送信するには、安全性や信頼性に優れ、莫大なトラフィックに対応できる完璧なネットワークが必要です。開発者は、OSIスタックの基礎、IoT通信の最新規格、接続プロトコルの仕組みを理解しておく必要があります。



## ハードウェア連携

IoT技術者にとってハードウェアのプログラミング能力は不可欠です。GPIOやI2Cなどのインターフェースのプログラミング手法を理解し、OSおよび組み込みシステムの技術を少なくとも1種類ずつ、習得する必要があります(それぞれ代表的なものはLinux、Contiki)。



## モバイルアプリ開発

大半のIoTデバイスは、スマートフォン経由で管理されることになるでしょう。外部のハードウェアやセンサーと通信可能なアプリを開発できると、即戦力として重宝されるでしょう。



## UI/UXの設計

デバイスとユーザーをつなぐインターフェースは、機能的で使いやすいものでなければ、消費者に購入してもらえません。エンドユーザーにとって快適なウェブ画面やサービスを開発できるスキルは強みになります。



## 情報セキュリティ

IoTデバイスにとってセキュリティは必須です。脆弱性評価、公開鍵暗号基盤(PKI)方式のセキュリティ、ホワイトハッカーの知識、無線ネットワークセキュリティなどに精通した開発者は、チームの中心的存在になるでしょう。



## ビジネスインテリジェンス

IoTの目的は、スマートデバイスから絶え間なく流れてくるデータを収集、保管、分析することです。そのためには、センサーデータの分析、データセンター管理、予測分析に関するスキルのほか、HadoopやNoSQLのプログラミング知識なども必要です。



## チームワーク

標準的なIoT製品開発チームの構成メンバーは、電気技師、機械技師、インダストリアルデザイナー、組み込みシステムの設計者、バックエンド／フロントエンドの開発者がそれぞれ1名ずつ、さらにプロダクトマネージャーとなります。メンバー同士が互いの役割やシステムの用途、エンドユーザーについて理解を深めるほど、より良いシステムを開発できます。