

® 研究論文

トヨタ生産方式のシステム開発 および監査への実装

Implementing the Toyota Production System to Systems Development and Audit

成田 和弘
Kazuhiro Narita

三菱UFJトラストシステム株式会社
Mitsubishi UFJ Trust System Co., Ltd.

概要

トヨタ生産方式の基本は、共通の目標に向かって、「みんなで考えてどんどん変わっていく」ことにある。アジャイル開発も決まりきったプロセスを繰り返すのではなく、変化に合わせて自分たちの「方法を開発」していく。本稿では、大野耐一氏が主導して確立した、「トヨタ生産方式」の「現場主義」、「現物主義」、「顧客に合わせて」、「変化を厭わない」、という4つの理念とトヨタの社祖である豊田佐吉翁の自働織機の発明を源とした「自働化」がどのようにアジャイル開発の考え方に生かされたかをヒントに、トヨタ生産方式の4つの理念と「自働化」をシステム開発・運用、およびガバナンスと監査へ実装することを提案する。

キーワード：トヨタ生産方式、ジャスト・イン・タイム、自働化、アジャイルソフトウェア開発宣言、SECIモデル、テスト駆動開発、DevOps

1. はじめに

トヨタ自動車は、平成の30年間を通して世界に認められつづけた唯一の日本企業である。これを支えた、トヨタ生産方式の基本は、「売れるものを、売れるだけ、売れるときに、できるだけ安く作る方法を開発していく」という共通の目標に向かって、「みんなで考えてどんどん変わっていく」ことにある^[1]。現場が自律的に市場に合わせて生産する「ジャスト・イン・タイム」や、徹底して不良品を防止するための「自働化」に代表される合理的な考え方と現場主義、そして失敗を厭わない弛まぬ改善の精神は、世界一の自動車会社を作り出し、今日でも世界中のモノ作りの手本である。しかし、この世界を席巻した生産方式は、本格適用まで10年、完成までに35年を要した^[2]実践の困難な方式でもある。世間からはオイル・ショックをきっかけに注目された生産方式であるが、トヨタ自動車は、ドッジ不況の際に人員整理と社長交代を余儀なくされた危機感^[3]から、その後の高度成長の間もその痛みを忘れず、執念でこの多品種少量生産方式を追求し、確立していた。

2014年に発行された「トヨタ生産方式の原点」

は、「一番基本的なモノの考え方というのは、売れる物を、売れるだけ、売れるときに、できるだけ安く作る方法というものを開発していくことである^[4]」という大野語録から始まる。「方法」そのものではなく、「方法を開発」していくことがポイントである。決まりきったプロセスを繰り返すのでは環境変化への対応力を失う。トヨタ生産方式の強さは、常に環境変化に対応し続けることにある。

このトヨタ生産方式が、システム開発に応用されてアジャイル開発の基本となったことについては、あまり知られていない。アジャイル開発も決まりきったプロセスを繰り返すのではなく、変化に合わせて自分たちの「方法を開発」していく。残念ながら日本では、トヨタ生産方式もアジャイル開発も、「特定の手順・手法」のように誤解され、その本来の意図を正しく理解している人が少ない。本稿では、このトヨタ生産方式の理念、大野語録およびその実践手法と、アジャイル開発の価値および実践手法との共通点を明らかにし、その考え方への理解を深め、システム開発および監査へ活用していくことを提案する。

投稿受理日	2019年4月25日
再投稿受理日	2019年5月27日
査読完了日	2019年5月30日

2. トヨタ生産方式とは

平成元年の世界時価総額ランキングにおいて日本企業は、ランキング1位のNTTを筆頭に、日本興業銀行、住友銀行、富士銀行、第一勧業銀行と上位5社を独占し、上位50社中32社を占めていた。しかし、平成30年の世界の時価総額では、アップル、アマゾン、アルファベット (google)、マイクロソフト、フェイスブックと、上位5社を、GAFMA (Google、Amazon、Facebook、Microsoft、Appleの頭文字) と呼ばれる、世界

		販売 (万台)	売上 (兆円)	利益 (兆円)	利益/1万台 (億円)	時価総額 (兆円※)
1	フォルクスワーゲン	1,074	29.366	1.480	13.8	11.032
2	ルノー・日産・三菱 (合併)	1,060	21.625	1.290	12.2	8.943
3	トヨタ	1,038	29.380	2.494	24.0	21.836
4	ゼネラルモーターズ	960	15.840	▲0.420		5.658
5	現代・起亜 (合併)	726	14.991	0.403	5.6	3.438
6	フォード・モーター	660	17.057	0.827	12.5	4.852

図1 数字で見るトヨタ自動車の強さ

[Source] 会社四季報業界地図 2019 年版 (Kindle 版), 東洋経済新報社, 2018, P50,26 自動車 [世界]、Forbes, The World's Largest Public Companies 2018RANK, <https://www.forbes.com/global2000/list/>, (access 2018/10/13) をもとに作成

中に多数のユーザを抱える IT プラットフォーマーが独占している。そしてアリババやテンセント等、経済発展著しい中国の IT プラットフォーマーと米国の投資銀行がこれに続く。平成30年に、50位以内に残っている日本企業は残念ながらトヨタ自動車1社だけである^[5]。時価総額はその企業への未来への期待値である。平成元年に世界時価総額ランキングを独占していた他の日本の企業は、環境の変化に十分対応できず、その期待に応えられなかった。

トヨタ自動車は、販売台数こそフォルクスワーゲン、ルノー・日産グループに次いで3位であるが、売り上げ、利益ともに自動車業界で世界No1.である^[6]。報道されている数字から1万台当たりの利益を計算してみると、トヨタの強さが利益率の高さにあることが見えてくる。この利益率の差を生み出したのがトヨタ生産方式である。

従来型の自動車の製造工程は、マーケティングに基づいて予測した生産計画に従って材料を調達し、生産計画の通りに種々の部品を作って後工程に流し、それを次々に組み上げて完成車を作っていく「計画駆動型」である。この場合、予測値より売れた商品は欠品を起し、予測値より売れな

かった商品は在庫となる。さらに前工程で作った部品は仕掛品の増加としてコストを押し上げ、その保管場所や在庫管理のためにも追加のコストが必要になる。

一方、「ジャスト・イン・タイム」では、マーケティングに基づく生産計画に従って材料を仕入れた後、各工程は、「売れた分を売れた分だけ」作る。売れた分の情報をうまく逆流させ、その分だけを各工程が「手渡しをするように」作っていくのである。これにより製造と販売のギャップがなくなり、欠品や不良在庫が無くなる。中間仕掛品も最小になり、この保管や在庫管理のコストがなくなる。

この実現のためには、下流工程から上流工程に情報を逆流させ、かつ、手渡しをうまく行うために、それぞれの工程がちょうどいい時間 (ジャスト・イン・タイム) で同期を取って作らなければならない。さらに現場では、「まとめて作ったほうが安い」という誤った常識から、「予定より早く」、「予定より多く」作ってしまいがちである。この誤った「常識」を変えていくことが、一朝一夕ではできない。

トヨタ生産方式では、「アンドン」、「かんばん」、「なぜを5回」、「バカヨケ」、「標準作業の徹底」、「段取り替え」等々たくさんの特徴的な手法が目ざされがちであるが、大野耐一氏は、トヨタ生産方式の本質は、「考え方」にあり、「かんばん」等の手法は運用手段の一つにすぎず、それだけで直接生産性向上につながるものではない^[7]としている。彼は、トヨタ生産方式を「作る方法の開発^[8]」と表現し、完成した手法とするのではなく、これを改善し続けることが競争力の源泉と考えていた。そして現場には、数字を追いかける管理者ではなく、手を取って教えることができる監督者であることを求めた^[9]。

前述の「ジャスト・イン・タイム」に代表される試行錯誤の積み重ねが必要なトヨタ生産方式の実践には、時間をかけた粘り強い取り組みが必要で、トヨタ自動車でも本格運用まで10年、完成まで35年かかっている。今日でもトヨタ自動車の系列企業以外では実現できていないと言われており、大野耐一氏がトヨタ自動車以外で実践を指導した唯一の事例である昭和鉄工でも、やはり完

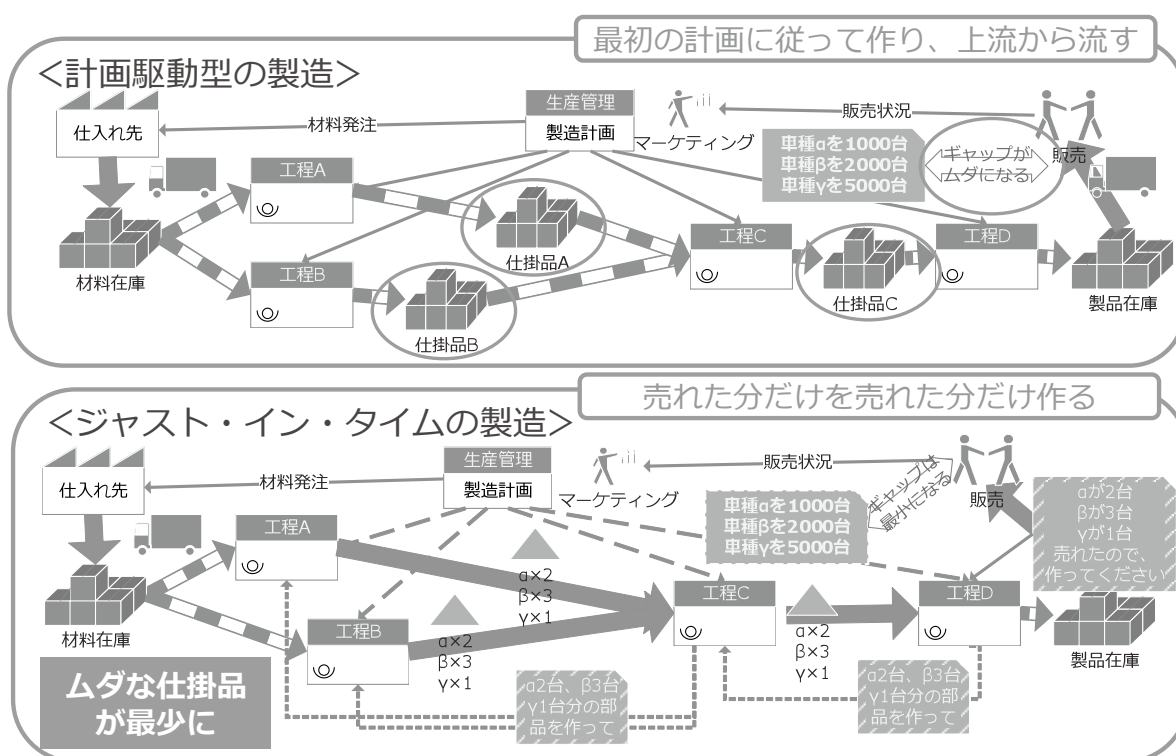


図2 計画駆動型の製造とジャスト・イン・タイムの製造の比較図

[Source] 大野耐一・トヨタ生産方式 - 脱規模の経営を目指して (Kindle 版) .ダイヤモンド社, 1978, 位置 No.182-226 の記述を参考に作成

成までに10年を要している^[9]。

トヨタ生産方式の基本的な考え方、進め方は、大野耐一氏の以下の4つの理念に基づく。

- ①現場主義；手をとって教え、監督者に対する信頼感を得る。作業者と作業者は「助け合い」ができるようにし、「人間の和」を育てる。
- ②現物主義；どこにも手本はない初めての試みは、何が起ころかやってみないとわからない。やってみては直しを繰り返す。
- ③顧客にあわせて；最終の市場で、お客さんが一人、一人、違った車を一台ずつ買うのにあわせ、生産の場においても一台、一台。部品も、一個、一個つくっていく。
- ④変更を厭わない；状況が変われば、やり方も変えていくのは当然で、変化に対応できるよう現場の体質をつくり上げる。^[10]

そして「自動化」が、トヨタ生産方式のもう一つの重要なDNAである。「ニンベンのある自動化」の精神は、トヨタの社祖である豊田佐吉翁の自働織機の発明を源としている。^[11]「自動化」は、機械に人間の知恵を付与し、生産現場の異常を機械がチェックする手法である。不良品を出さないように機械がチェックして自動的に止める。人は機械が止まった時だけ手をかければよく、一人で

複数台の機械を、不良品を出さずに操作できることがポイントである。人によるチェックでは漏れが避けられない。そしてヒューマンエラーの当事者には隠したくなる心理が働く。「古来、日本には「臭いものにはフタをする」という諺があるが、材料や機械に内在する問題が管理監督者の知らないところで繕われていては、いつまでたっても改善が進まない」^[12]のである。機械は躊躇なく止まるので、問題を速やかに明らかにすることができ、早く確実に改善することができる。さらに、人が同じルールで不良発生を知らせるのが「アンドン」である。問題を発見すると現場の担当者が直ちに、「アンドン」を点灯し、ラインを停止させ、不良を確実に「見える化」して解決を図る。大工場のラインを現場の担当者が止めるというのは尋常なことではない。しかし、トヨタ生産方式では「100%の品質を追求」するために担当者が躊躇なくラインを止められるよう、現場の一人一人にまで、不良を一秒でも早く発見して除去することを重要視する考え方が徹底され、この品質に対する考え方が原価を低減しているのである^[13]。

トヨタ生産方式では、この4つの理念と「自動化」により、極限までムリ・ムダ・ムラを排除し、ヒューマンエラーに対する徹底的な対策を積み上

げ、試行錯誤を重ねて仕事の流れを「開発し続け」ている。

3. トヨタ生産方式とシステム開発

1980年代のトヨタ自動車の快進撃に危機感を覚えた米国では、マサチューセッツ工科大学の5年間にわたる研究プロジェクト等、国を挙げてトヨタ生産方式の徹底的な研究を行った。そして、その成果は「The Machine That Changed the World（邦題：リーン生産方式が世界の自動車産業をこう変える, 1990, 経済界）」をはじめとする多数の出版物となった。これらの出版物を通じて、トヨタ生産方式の考え方は、アジャイル開発の基礎となる「リーン開発手法」等、ソフトウェア開発にも受け入れられた。「リーンソフトウェア開発～アジャイル開発を実践する22の方法.」の第一章は、トヨタ生産方式について、「この新しい考え方の立案者は大野耐一という人物で、…大野の思考の中心にあったのは、リーン原則の根本、つまり、「ムダを排除せよ」ということだった^[14]」と大野耐一氏の紹介から始まる。この「リーン開発」は、トヨタ生産方式の各手法をソフトウェア開発に応用したもので、多くのアジャイルプラクティスの原点となっている。また、世界で最も普及しているスクラムというアジャイルプラクティスの考案者ジェフ・サザーランドも「スクラムは、大野耐一の名著『トヨタ生産方式』に体系化されている生産方式から多くのヒントを得ている^[15]。」とその著書の中で、トヨタ生産方式から得た知見について繰り返し述べている。さらに、DevOpsでも、「DevOpsは、リーン、制約条件理論、トヨタ生産方式（TPS）、レジリエンス工学、学習する組織、セーフティカルチャー、ヒューマンファクターから得られた知識体系に依拠している^[16]。」と紹介され、今日でもトヨタ生産方式および大野耐一氏の考え方は、世界中のソフトウェア開発者にリスペクトされ、彼らの開発手法に応用されている。

種々のアジャイルプラクティスの考案・実践者17人が、2001年にアジャイル開発者共通のマインドセットとして提唱し、世界中のソフトウェア開発者から支持されている以下の「アジャイルソフトウェア開発宣言」^[17]にも、トヨタ生産方式からの強い影響が見られる。

アジャイルソフトウェア開発宣言

- ① プロセスやツールよりも個人と対話
- ② 包括的なドキュメントよりも動くソフトウェア
- ③ 契約交渉よりも顧客との協調
- ④ 計画に従うことよりも変化への対応



図3 アジャイル開発の全体像

[Source] 平鍋健児・野中郁次郎 アジャイル開発とスクラム - 顧客・技術・経営をつなぐ協調的ソフトウェアマネジメント (Kindle版)・翔泳社, 2013, 位置 No.1077 図 4-14 を参考に作成

この考え方は、「トヨタ生産方式の理念」の①現場主義、②現物主義、③顧客に合わせて、④変化を厭わない、と一致する。

アジャイル開発というのは、特定の手法を指すのではなく、この「アジャイルソフトウェア開発宣言」に則った開発をいう。この宣言には、「この注意書きも含めた形で全文を含めることを条件に自由にコピーしてよい。」という注意書きがついており、この4つの価値をセットで実践して初めてアジャイル開発の定義に該当する。アジャイル開発で共通に決まっているのは、この4つの価値とこれを解説する12の原則だけであり、具体的なフレームワークや手順は一切決まっていない。各開発者は、この価値のもとでそれぞれ工夫を凝らしてプラクティスを組み合わせ、または新たに考案して具体的な開発を行っていく。

この「4つの価値」に従って、システム開発の仕方を見直し、「チームがもっと効率を高めることができるかを定期的に振り返り、それに基づいて自分たちのやり方を最適に調整^[18]」し続けているのが、アジャイルの取り組み方である。優れた開発者達がすでにたくさんのプラクティスやツールを開発しており、その取り組みを支援してくれる。

4. トヨタ生産方式のシステム開発への実装

(1) 「現場主義」、「現物主義」とジャスト・イン・タイムの実装

業務の手順を考案し、組織に浸透させ、実践することは、難しい。特に「流れ作業」は、変更した後にはうまく流れるかどうか、実際にやってみないとわからない。大野耐一氏は、「やってみて目で確かめること」を現場に徹底した。また、「変わる事」への抵抗を減らし、試行錯誤で新しい方法を追求し続けるために、経営者であっても「間違えたときには、すぐに謝って直すこと」を現場で根気強く実践した。試行錯誤を厭わないことが、新しい「知」を得るためのポイントである。「偶然の確率で知が生まれるのを待つ」と機械的な仕組みとして組織をとらえていたハーバート・サイモンらの従来の認知心理学の組織学習理論に対し、新しい知を創造する組織では試行錯誤が必要

なことを示したのが野中郁次郎氏の SECI 理論である^[19]。人間の認知の仕掛けは、試行錯誤を含む SECI モデルの 4 つのステップを通るとうまく「共同」することができる。SECI プロセスの内面化の段階において、実践と内省を同時に行なう経験から学ぶという「行為の只中の熟慮」が大切であり、仮説の生成と検証を試行錯誤しながら繰り返しながら進むことで新しい知が生まれる^[20]。このように、システム開発は、本来決まりきったプロセスでは解決しない認知に関する問題を、試行錯誤で解決しながら進めるものである。この試行錯誤を、如何にリスクを抑えて行っていくかがポイントになる。

システムの構築には、ビジネス目標から要求を抽出すること、それを実現するシステムの構造を設計すること、そして実装することが必要である。そしてこ

れらの品質は、受入テスト、システムテスト、結合テスト等で確認される。一般に開発の対象となるシステムは、複数のサブシステムと機能から構成される。これらのプロセスはその要素成果物ごとに実施され、気づきや発見を反映するために、再帰的に進められる^[21]。

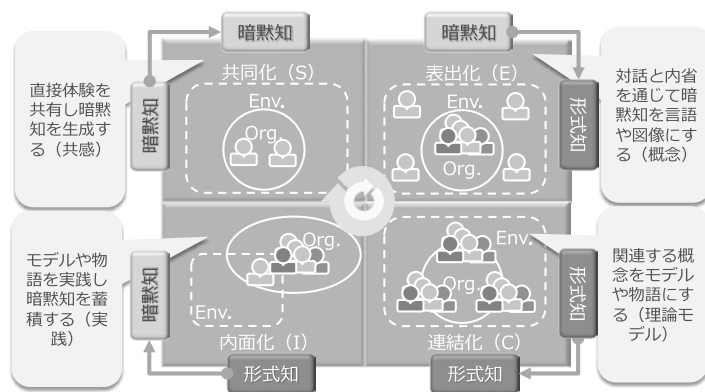


図4 知識創造のプロセス：SECI モデル

[Source] 野中郁次郎・西原文乃、「イノベーションを起こす組織」(Kindle 版), 日経 BP 社, 2017, 位置 No.347 図 1-3 より

図5の上段＜計画駆動型の開発＞のように、すべての要素成果物についての要求を固めてから、すべての設計をし、その後にすべてを一度に製造しようとする、テストにより不具合に気づくのがプロジェクトの非常に遅い時期になってしまう。大きく遡って作業をやり直すことになるため、不具合の発見が遅ければ遅いほど対応コストは大きくなる。さらに大きいロットでは発生した変更の反映が複雑になり、膨大な手間をかけた管理が必要になる。開発ロットが大きいと試行錯誤が上

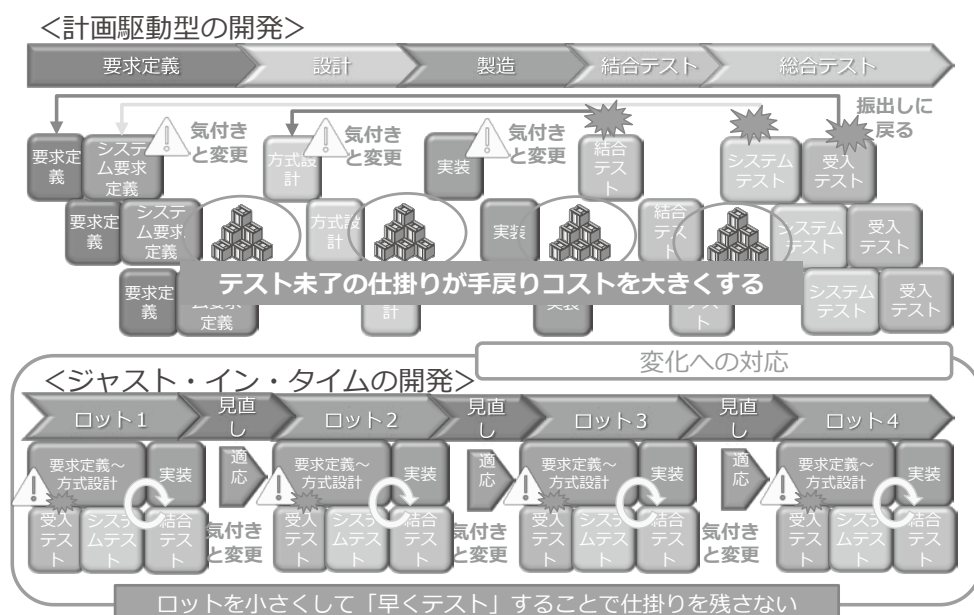


図5 計画駆動型開発の課題とジャスト・イン・タイムの実装による解決の概念図

手にできないのである。

例えば図5の下段<ジャスト・イン・タイムの開発>のように、小さなロットをその優先順位に従って作るようにすると、重要な機能ほど早期に品質確認が行われ、発見された不具合も小さなロットの中で効率的に修正できるようになる。小さな手戻りはすぐに再テストを行うことができるので、品質の高いロットを組み合わせることでシステム全体を作っていくことが可能になり、作業のやり直しに伴うコストが最小化される。開発プロジェクト期間中に発生したビジネス環境の変化への対応も、ロット間で行う見直しで、取り込みやすくなる。

小さいロットに分割して開発を進めることは、プロジェクト途中での要求の優先順位付けと取捨選択の見直しを容易にする。図6に示すように、「ジャスト・イン・タイムの開発」では、制約条件である「リソース」と「期間」に対する「要求」の優先順位付けをプロジェクト期間中に複数回行うことが可能なので、試行錯誤の結果で優先度を見直しながら、固定された期間とリソースに対して優先度の高い機能をより多く作ることができる。

(2) 100%の品質を求める「自動化」の実装

トヨタ生産方式では安く作るために100%の品質を求める。複雑な部品で構成される自動車に不良部品が混入した場合、事後に「不良」を検出し、取り除くためには莫大なコストがかかる。機械がチェックして自動的に止まる仕掛けの「自動化」は、人によるチェックの漏れをふせぎ、影響の小さいうちに是正することが可能で、大きな失敗の発生を未然に防ぐ。情報システムも多数のハードウェアとソフトウェアから構成される複雑な構造を持つ。それぞれの構成要素の製造時に厳格に品質を

りこむ必要があるのは当然であるが、製造途中での設計変更や機能追加にも対応し、なおかつ品質を確保しなければならないため、その「自動化」は簡単ではない。情報システムの品質を確認するためには、漏れなくテストが実施され、そのすべてが意図した結果になっていることを確認しな

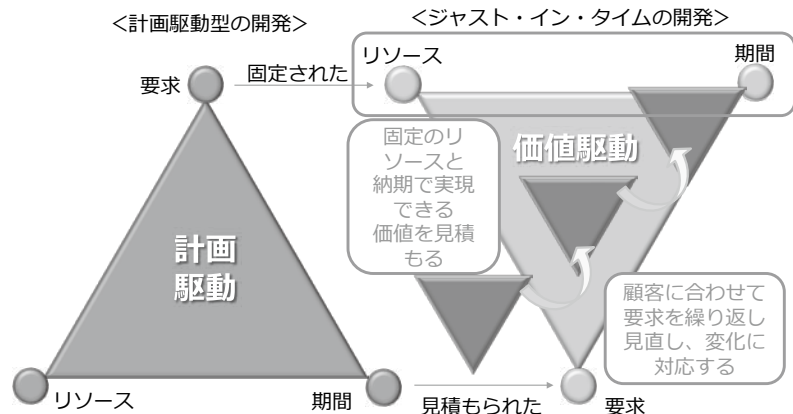


図6 段階的な要求の見直しによる期間とコストの順序

[Source]Dean Leffingwell, アジャイルソフトウェア要求 (Kindle版), 翔泳社, 2014年, 位置 No.1145 図 1-8 を参考に作成

ればならない。

「テスト駆動開発」は、エクストリームプログラミングの提唱者であるケント・ベックの考案したもので、「どんなコードを書く前にも、失敗する自動テストを作成する」、「重複を取り除く」という二つのシンプルな規則^[22]でプログラム開発を推進する手法である。システム開発において「プログラム」が仕様通りであることは「テスト」で確認する。プログラム仕様を完全に網羅したテストケースを用意すれば、プログラム仕様書を記述

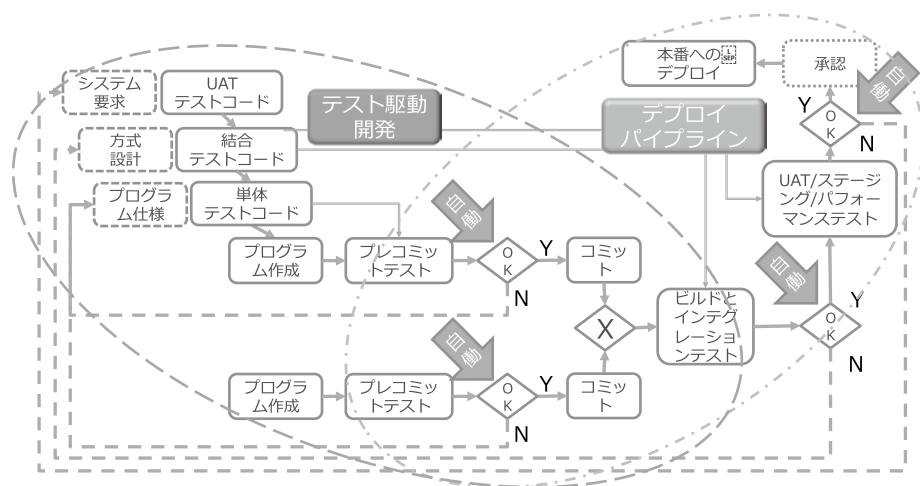


図7 テスト駆動開発とデプロイパイプラインによるシステム開発・運用へのトヨタ生産方式の実装概念図

したことと同じ意味を持つ。この考え方にに基づき、仕様書の代わりに自動実行する「テスト」を先に書く。仕様が曖昧なままでは「テスト」を書くことはできない。「方式設計」に対する「結合テスト」、「システム要求」に対する「受入テスト」も同様の関係にあり、同様に自動実行する「テスト」を先に書くことにより、「システム要求」、「方式設計」、「プログラム仕様」の曖昧さを排除することができる。テスト工程の一部を前倒しするだけなので、手間が増えるわけではない。さらに何回でも自動的にテストすることが可能になり、変化に強い開発を効率的に行うことができるようになる。

DevOps は開発からリリースまでの全体を、早く安定的に実施するための取り組みである。開発したプログラムを自動的にビルド（ソースコードの依存関係等にもとづいた複雑なコンパイルやリンク等を実行すること）、テスト、デプロイ（システムを利用可能にする一連のプロセスの実行）する「デプロイパイプライン」^[23]を構築し、システム開発・運用プロセスの「自動化」を実装する。実運用のデプロイパイプラインの多くには、さらに自動の品質保証（QA）テストとセキュリティテストが組み込まれ、これによりプログラムを頻繁に修正しても安全にリリースが行えるようになる。テストの自動化には多くの手間とコストが必要であるが、インターネットビジネスにおいては、システムのリリースを日に何回も行うことも珍しくなく、このような自動化が進んでいる。さらに、永続的に変更とリリースが必要なシステムでは、この流れを維持し、システム開発を一過性のプロジェクトとしてではなく、継続的インテグレーションとデリバリ（Continuous Integration / Continuous Delivery）として実践することも多くなっている。

（３）顧客と直結し、「顧客に合わせ」、「変化を厭わない」

トヨタ生産方式は、豊田英二社長が「販売網」の整備を行い、大野耐一氏の構築した世界一効率的な生産方式を実際の販売と直接つながるようにしたことで、顧客の購買状況にリアルタイムに応じた自動車生産が可能になり、その力を存分に発揮した^[24]。

システム開発の「自動化」の取り組みにおいては、A/B テスト（一部のお客様に新機能をリリースして現在と比較して効果検証するテスト）のようなフィードバック機能をシステムに実装し、ビジネスチームと開発チームを一体化してそのフィードバックに対応することで、より迅速に顧客ニーズに対応できるようになり、お客様と密接につながった、ジャスト・イン・タイムのビジネスが可能になる。インターネットビジネスにおいては、このような方式で顧客ニーズを把握し、素早く対応し、すぐに自動テストを実施してリリースするような開発スタイルが、既に広く実施されている。

日経コンピュータ 2018 年 3 月 1 日号に「半数が「失敗」1700 プロジェクトを納期、コスト、満足度の 3 軸で独自調査」というタイトルの記事が掲載された。この記事によれば、プロジェクトを納期、コスト、満足度の 3 軸で調査したところ、「スケジュール(計画通り / 前倒し)が 72.0%」、「コスト(計画通り / 少ない金額)が 81.8%」、「満足度(満足 / やや満足)が 79.0%」と項目毎には 7 ～ 8 割達成しているものの、3 軸ともに満足したのは 52.8%に過ぎないので、3 軸とも達成しなかった半数は失敗だろうというものである。

「システム開発プロジェクトの成否」についての調査記事の多くは、このように「費用」、「期間」、「品質」が「計画どおり」であるかどうかを評価

している。しかし実際は、これらの項目は目的ではなく「制約条件」である。一方「満足度」はプロジェクトの目的の達成度に相似すると考えられ、「満足度」を軸にこの記事を読むと、スケジュールやコストを見直したプロジェクトの成功率は相対的に



図 8 顧客と繋がる迅速なビジネスシステムの概念図

高く（満足度は高い）、スケジュールやコストを守ったプロジェクトの成功率は相対的に低い（満足度は低い）ということになる。制約条件の予測精度は高い方が良いが、それを目的化してしまうのは誤りである。「プロジェクト目的の達成」を目指し、変化に対応しながら必要に応じて「予測した制約条件」と折り合いをつけ、「変化を厭わない」プロジェクトマネジメントを実践するマインドセットが重要である。

5. トヨタ生産方式のガバナンスと監査への実装

（1）トヨタ生産方式のガバナンス

トヨタ生産方式を支えたガバナンスの特長の第一は、経営陣の大野耐一氏が自ら現場に密着して、試行錯誤による知の創出を主導したことである。そして第二に、本格適用まで10年、完成までに35年を要した「トヨタ生産方式」の挑戦に対して、豊田英二社長が全面的にコミットし、支援し続けたことがあげられる。トップのコミットメントなしに、10年以上も失敗を厭わずに試行錯誤を繰り返すことはできない。そして第三は、環境変化に対応するために「方法を開発」し続けるトヨタ生産方式そのものである。トヨタ生産方式はPDCAによるプロセスの改善とは一線を画し、部分の改善の積み上げではなく、全体を鳥瞰した意図的な試行錯誤を日常的に繰り返すことでイノベーションを生み出し続けた。トヨタ生産方式そのものが変化し続けることでイノベーションを創出し、環境変化に自律的に対応したガバナンスが実現した。

（2）トヨタ生産方式のガバナンスへの実装と効果

企業活動のデジタル化が進み、顧客との交渉や契約、組織の方針や手順そのものが情報システムを前提としたものに置き換えられている。そのようなシステムの開発が従来のように同じプロセスを繰り返す「計画駆動型」で良いのか、「方法を開発」し、常に変化に対応していく「トヨタ生産方式」の考え方を採用する必要があるのかは、ガバナンスの問題である。試行錯誤を伴う「トヨタ生産方式」の考え方は、トップのコミットメントなしには実践できない。そして、試行錯誤無しに新しい知は生まれず、変化にも対応できない。①現場主義、②現物主義、③顧客にあわせて、④変更を厭わないという4つの理念および「自動化」の考え方に対し、トップがコミットメントを明確

にすることが必要である。

「トヨタ生産方式」を実装したシステム開発と運用に「継続的モニタリング」を組み込むと、一日にどのくらいのコードがビルドされ、どのくらいのエラーが検出され、そのうちどのくらいの修正が完了したか等、情報システムの管理状況がリアルタイムでモニタリングできるようになる。このモニタリングの報告を自動化すると、経営者に不具合を含む状況報告が正確かつ適時に行われるようになり、高度な「リスク管理」が実現する。現場の情報を経営に直結することで、経営者は判断が必要な事態の発生を現場と同時に正確に知り、直ちに判断することができるようになる。組織は変化に機動的に対応できるようになり、ガバナンスは大幅に強化される。

（3）トヨタ生産方式の監査への実装

業務の「自動化」が進むと、手順や承認の漏れなどのヒューマンエラーは少なくなる。これまで監査の見ていたリスクの多くは自動的にチェックされるため、「自動化」の仕組みが正しい限り、問題は起こらない。監査はこの「自動化の仕組み」の品質そのものを評価の対象にする必要がある。監査人には監査対象となる「自動化」されたプロセスに対する深い知見と、「自動化」システムのコードを読み解く技術の両方が必要になる。さらに、「継続的モニタリング」が正しく機能していない場合には間違った情報に基づく判断が行われる可能性がある。「継続的モニタリング」が正しく機能していることを保証するための「継続的監査」を実装する必要がある。

「トヨタ生産方式」を実装したシステム開発では、「方法を開発」し、常に変化に対応していくので、決まりきったプロセスを前提とした、これまでの監査手法によるプロジェクト監査は行っていない。ジャスト・イン・タイムの考え方が実装されると一つ一つの開発のロットが小さくなり、システム開発プロジェクトのリスクは低くなる。一方で前述の「自動化」の監査や「継続的監査」等の監査領域の拡大に対応する必要がある。開発プロジェクトの監査が必要な場合には、開発チームと事前に合意して、計画的に取り組むのが良い。オンサイトでの監査は最小限にとどめ、事前に特定した「保証すべき対象」のテストケースとテスト結果のエビデンスを確認する等、開発作業を妨げない計画的な保証を実施することが推奨され

る。対象プロジェクトがアジャイル開発手法を採用している場合に問題にされることが多いのは、「ドキュメントがない」ことであるが、アジャイル開発宣言は「動くプログラムの方が大事」というだけでなく、「ドキュメントを作らない」とは言っていない。規制対応や監査対応などで用意しなければならないドキュメントは事前に必要な成果物として指定することで確実に作成される。ドキュメントの目的を明確にし、開発チームと事前に合意してその作成を計画に織り込んでもらうことが重要である。一方でアジャイル開発手法の多くでは、早期に「動くプログラム」を確認できるので、これまでの中間ドキュメントには使い道が無く、不要になるものも多いことに留意する必要がある。監査のためにムダなものを作らせてはいけない。

図9にトヨタ生産方式のガバナンスと監査への実装イメージを示す。変化するビジネス環境に「自動化」されたシステム開発・運用環境を活用して迅速に対応する。開発・運用等の組織内の管理プロセスと顧客に提供しているサービスの状況は「継続的モニタリング」が「自動的」に情報を収集・監視し、経営者はその状況を常に把握する。顧客からのフィードバックを得て、トップのコミットメントにもとづいて適切に管理された試行錯誤により、顧客視点での創造的な商品開発とそれを支えるシステム開発が実施される。「自動化の仕組み」の品質と「継続的モニタリング」の有効性は、監査が検証し、この枠組みが正常に機能していることを保証する。これにより透明性が高く、創造的なガバナンスが実現する。

6. おわりに

第4次産業革命、Society5.0等、ITが社会全体の変化を加速している。日本は自動車を中心としたモノづくりにかけてはまだ若干の競争優位を保っているが、新しい社会を支えるために必須のソフトウェア開発力は決定的に劣後してしまった。アジャイル開発は登場からおよそ20年を経て世界中に浸透してきた。2018年度のPMIのグロー

バルでの調査^[25]では、アジャイル30%、ハイブリッド（アジャイルと計画駆動の併存）23%と、半数以上の組織がアジャイル開発に移行を始めている。日本でもアジャイル開発はその初期の1990年代から積極的に翻訳され、紹介されてきたにもかかわらず、最新のIPAの調査^[26]でもウォーターフォール開発が97.4%とグローバルとの乖離は大きい。

トヨタ生産方式は、決まりきったプロセスを繰り返すのではなく、変化に合わせて自分たちの「方法を開発」していくことに本質がある。そして、トヨタ自動車は、平成30年間で失わずに着実に成長した唯一の日本企業である。トヨタ以外の日本企業が平成30年間でその地位を大きく下げていること、トヨタ生産方式を応用したアジャイル開発が世界で成果を上げ始めている一方で、その考え方に私たちが全く対応できていないことは、私たちの課題を示していると考えべきではないだろうか。

変化に合わせて自分たちの「方法を開発」していくことの価値を見落として、決まりきったプロセスにこだわっていることが日本のソフトウェア開発の遅れにつながっているとすれば、それはとても不幸なことである。アジャイルソフトウェア開発宣言の、①プロセスやツールよりも個人と対話、②包括的なドキュメントよりも動くソフトウェア、③契約交渉よりも顧客との協調、④計画に従うことよりも変化への対応、の右側の価値は、さらに重要性を増している。

わたしたちは大野耐一氏の遺した言葉をオリジナルの日本語で読むことができる。トヨタ生産方式による変化への対応方法を深く理解し、ソフトウェア開発とその監査のプラクティスに生かす、

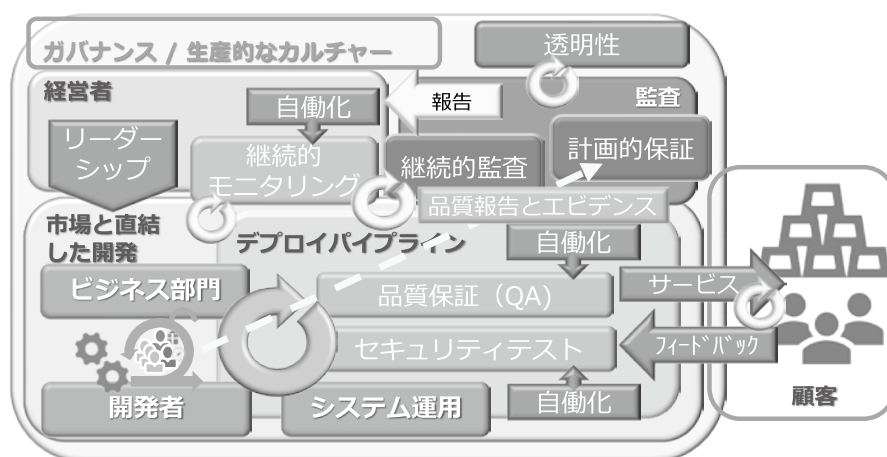


図9 トヨタ生産方式のガバナンスと監査への実装の概念図

日本発の新しい取り組みが必要に思われる。

引用文献

- [1] 大野耐一．トヨタ生産方式の原点．日本能率協会マネジメントセンター，2014, p5.
- [2] ジェームズ・P・ウォーマック，ダニエル・T・ジョーンズ．ムダなし企業への挑戦．日経 BP 社，1997, p317.
- [3] ー．ムダなし企業への挑戦．日経 BP 社，1997, p310.
- [4] 大野耐一．トヨタ生産方式の原点．日本能率マネジメントセンター，2014, p3.
- [5] 平成経済全史．週刊ダイヤモンド 8 月 25 日 (Kindle 版) .32 号，ダイヤモンド社，2018, p45 年，第 106 巻．
- [6] 東洋経済新報社．会社四季報業界地図 2019 年版 (Kindle 版) 自動車 [世界]．東洋経済新報社，2018, pp50-51.
- [7] 大野耐一．トヨタ生産方式 - 脱規模の経営を目指して (Kindle 版)．ダイヤモンド社，1978, 位置 No.19.
- [8] ー．トヨタ生産方式の原点．日本能率協会マネジメントセンター，2014, P47.
- [9] ジェームズ・P・ウォーマック，ダニエル・T・ジョーンズ．ムダなし企業への挑戦．日経 BP 社，1997, PP310-317, PP291-305.
- [10] 大野耐一．トヨタ生産方式 - 脱規模の経営を目指して (Kindle 版)．ダイヤモンド社，1978, 位置 No.512, No.688, No.1877, No.1048.
- [11] ー．トヨタ生産方式 - 脱規模の経営を目指して (Kindle 版)．ダイヤモンド社，1978, 位置 No.233.
- [12] ー．トヨタ生産方式 - 脱規模の経営を目指して (Kindle 版)．ダイヤモンド社，1978, 位置 No.244.
- [13] ー．トヨタ生産方式 - 脱規模の経営を目指して (Kindle 版)．ダイヤモンド社，1978, 位置 No.2256.
- [14] メアリー・ポッペンディーク，トム・ポッペンディーク．リーンソフトウェア開発～アジャイル開発を実践する 22 の方法．日経 BP 社，2004, p13.
- [15] ジェフ・サザーランド．スクラム 仕事が 4 倍速くなる “世界標準” のチーム戦術 (kindle 版)．早川書房，2015, 位置 No.1521.
- [16] ジーン・キム，ほか．The DevOps ハンドブック 理論・原則・実践のすべて．日経 BP 社，2017, 位置 No.836.
- [17] ケント・ベック他 17 名の著者たち．アジャイルソフトウェア開発宣言 (日本語版) .Manifesto for Agile Software Development.(オンライン) (引用日: 2019 年 5 月 31 日 .) <https://agilemanifesto.org/iso/>

[ja/manifesto.html](https://agilemanifesto.org/iso/ja/manifesto.html).

- [18] ー．アジャイル宣言の背後にある原則 (日本語版) .Manifesto for Agile Software Development.(オンライン) (引用日: 2019 年 5 月 31 日 .) <https://agilemanifesto.org/iso/ja/principles.html>.
- [19] 入山章栄．世界の経営学に「野中理論」がもたらしたもの 世界標準の経営理論 (Kindle 版)．ダイヤモンド社，2016, 位置 No.31.
- [20] 野中郁次郎，山口一郎．直観の経営 「共感の哲学」で読み解く動態経営論 (Kindle 版)．K A D O K A W A ，2018, 位置 No.4081-4082.
- [21] 日本工業標準調査会 .JISX0160:2012(ISO/IEC 12207:2008) ソフトウェアライフサイクルプロセス .: 日本規格協会，2012, p57 7.1.1.2 注記．
- [22] ケント・ベック．テスト駆動開発入門．ピアソンエデュケーション，2003, p xi.
- [23] レン・バス，インゴ・ウェーバー，リーミン・チュー .DevOps 教科書 (Kindle 版) . 日経 BP 社，2016, 位置 No.2004 図 5.1.
- [24] ジェームズ・P・ウォーマック，ダニエル・T・ジョーンズ．ムダなし企業への挑戦．日経 BP 社，1997, p312.
- [25] Project Management Institute, Inc.Pulse of the Profession 2018.Project Management Institute.(オンライン) (引用日: 2018 年 11 月 08 日 .) <https://www.pmi.org/learning/thought-leadership/pulse/pulse-of-the-profession-2018>.
- [26] 独立行政法人情報処理推進機構 (IPA) . ソフトウェア開発データ白書 2018-2019.IPA.(オンライン) (引用日: 2018 年 11 月 8 日 .) <https://www.ipa.go.jp/sec/publish/tn12-002.html>.