シリーズ

スマートマニュファクチュアリングの実践

ケース：工作機械の多様性を考慮したメンテナンス自動化・品質安定化サービスの設計

ロボット革命イニシアティブ協議会
IoT による製造ビジネス変革WG
産業機械サブ幹事会

令和元年 12 月

目次

１．はじめに
２．アプローチ
３．サービスシナリオの設計
　３．１　シナリオ１：保全・復旧の自動化サービス
　　３．１．１　背景
　　３．１．２　データ項目の設計
　　３．１．３　ビジネスビュー、およびユーセージビューのまとめ
　３．２　シナリオ２：品質安定化サービス
　　３．２．１　背景
　　３．２．２　サービスシナリオの前提条件
　　３．２．３　現状の品質安定化業務の形式化
　　３．２．４　品質安定化サービスのビジネスビュー
　　３．２．５　品質安定化サービスのユーセージビュー
　　３．２．６　考察
４．考察
５．結論と展望

付録.
　１．ユーザに提供可能なサービス・価値の検討結果

１．はじめに

本サブ幹事会の目的は、工作機械メーカが、その保有する技術知識と IoT システムを活用することで、ユーザに高付加価値なサービスを提供することが可能となるような技術要件を明らかにし、このようなサービス提供が可能となる環境を産官学の知見を集約して整備することである。技術的な観点からは、工作機械メーカが提供している特定機種に依存せず、機種間の差異を吸収し、汎用的なサービスを設計するための共通インターフェースを設計することが重要である。本サブ幹事会およびインターフェース WG では、機種間の差異を吸収して工作機械ユーザにとって価値あるサービス、機能を設計する共通基盤となるべき情報項目の設計を進めている。

本年度は、昨年度設計および実証実験を実施した二つの業務シナリオ、即ち、(1) 生産計画と保全計画の統合判断、(2) 品質管理・トレーサビリティの確保を拡張し、工作機械ユーザに提供可能な 2 つのサービス、即ち、(1)保全・復旧作業の自動化サービス、(2) 品質安定化サービスの設計を行った。さらに、このサービスを実現するために必要となるデータ項目および IoT システムの機能の概念設計を行い、サービス提供によってユーザにもたらされる便益を明らかにした。

２．アプローチ

上記の 2 つのサービスのモデル化に際して、Industrial Internet Consortium (IIC)が提案している Industrial Internet Reference Architecture (IIRA)[1]を参考にシナリオ設計作業を実施した。IIRA においては、IoT システムによって実現する様々なユースケースシナリオを Business view, Usage view, Functional view, Implementation view の 4 つのビューに分割して記述する。このように、IoT システムに対する主要な関心、即ち、IoT システムで実現されるサービスがどのように顧客に価値をもたらすのかを表現したいのか、あるいは、IoT システムを導入することで様々な登場人物の作業がどのように変化するのかを明らかにしたのかなどによって、IoT システムの記述を分割することで、シナリオ設計における議論の錯綜を防ぐことが可能となる。以下、簡単に、4 つのビューが着目する観点と、記述するべき内容を整理する。

- Business view：ビジネス環境で考慮するべきステークホルダ、それらの間で提供される価値、IoT システムを構築する目的を記述する。
- Usage view：考察の対象となる IoT システムの使われ方を記述する。
- Functional view：IoT システムの機能部品相互のつながり、関係、インタ

ーフェースの記述、および、全体として機能するために必要となるシステム外部の環境やその要素との関係を記述する。

- Implementation view： 機能部品を実現するために必要となる技術、通信規格などを記述する。

本年度は、Business view, Usage viewに相当する部分に着目し、上記の二つのサービス設計を行った。なお、これらは、以降、ビジネスビュー、ユーセージビューと表記する。

３．サービスシナリオの設計

３．１　シナリオ１：保全・復旧作業の自動化サービス

３．１．１　背景

昨年度開発した「生産計画と保全計画の統合判断」では、特に工作機械におけるメンテナンス項目の種別に依らない「余寿命（メンテナンスが必要となるタイミング）」に注目し、

（1）複数の工作機械とそれらの部品の保全に関する情報を、メーカや種別の違いに依らずに工作機械が出力するための共通データ項目

（2）出力されたデータから、生産計画と保全計画を統合判断する作業員が工作機械の状態を一覧できるように可視化するまでの情報処理の手順

の設計を進めた。

本年はこの業務シナリオをモデル化し、保全・復旧作業の自動化サービスに拡張するための設計を行う。

３．１．２　データ項目の設計

データ項目を設計するにあたり、それぞれのステークホルダを分類し、ビジネスビューとして記述・整理することでその情報の流れの全体像を検討した。図3.1.2.1に工場操業者、工作機械メーカ、プラットフォームビルダ、サービスプロバイダ、アプリケーションプロバイダ、工場保守業者に分けてそれぞれのバリュー、および情報の流れを模式的に示す。それぞれのステークホルダの役割を以下のように整理した。

・工場操業者：

求められる品質を満足する製品を納期までに製造し、供給することに責任を持つ。情報技術や自動化技術を用いた工場の生産性向上に興味を持つ。

・工作機械メーカ：
求められる機能を持つ工作機械を工場操業者に提供する責任を持つ。工作機械から取得するためのインターフェースと、工作機械単体で提供できるサービス（データの可視化、時系列分析、アラーム通知）を定義する役割を持つ。これらのインターフェースはサービスプロバイダが設計するサービスの基礎となる。
・プラットフォームビルダ：
サービスプロバイダや工作機械メーカの要望に応じて、工作機械などの稼働データの収集、維持管理、分析する基本的な機能を提供する責任を持つ。工作機械のインターフェースや基本サービス、サービスプロバイダが設計したサービス、アプリケーションプロバイダが提供するソフトウェアやライブラリなどをプラットフォーム上で実現し維持管理させることを可能にする。
・サービスプロバイダ：
工場操業者の直接的な窓口として、工場操業者が受けられるサービスに選択肢を与え（時には工場操業者のニーズを受けて新たなサービスを定義し）、提供する責任を持つ。工作機械メーカが提供するインターフェースやサービス、プラットフォームが提供するデータ分析機能を組み合わせて工場操業者向けのサービスを設計し、競争力を維持する。
・アプリケーションプロバイダ：
ある工場操業者ニーズに特化した分析機能やユーザインターフェース（これらはサービスプロバイダにより定義される）を提供するソフトウェアを開発し、ソフトウェアの機能に関して責任を持つ。また、サービスプロバイダが設計するサービスの基礎となるような、特定の工場操業者（エンドユーザ）を想定しないが、有用と考えられるソフトウェアやライブラリをプラットフォーム上に提案することもできる。
・工場保守業者：
工場操業者などからの指示を受け、工場の機能を維持するために工作機械の修理や備品の供給などの物理的なサービスを提供する責任を持つ。

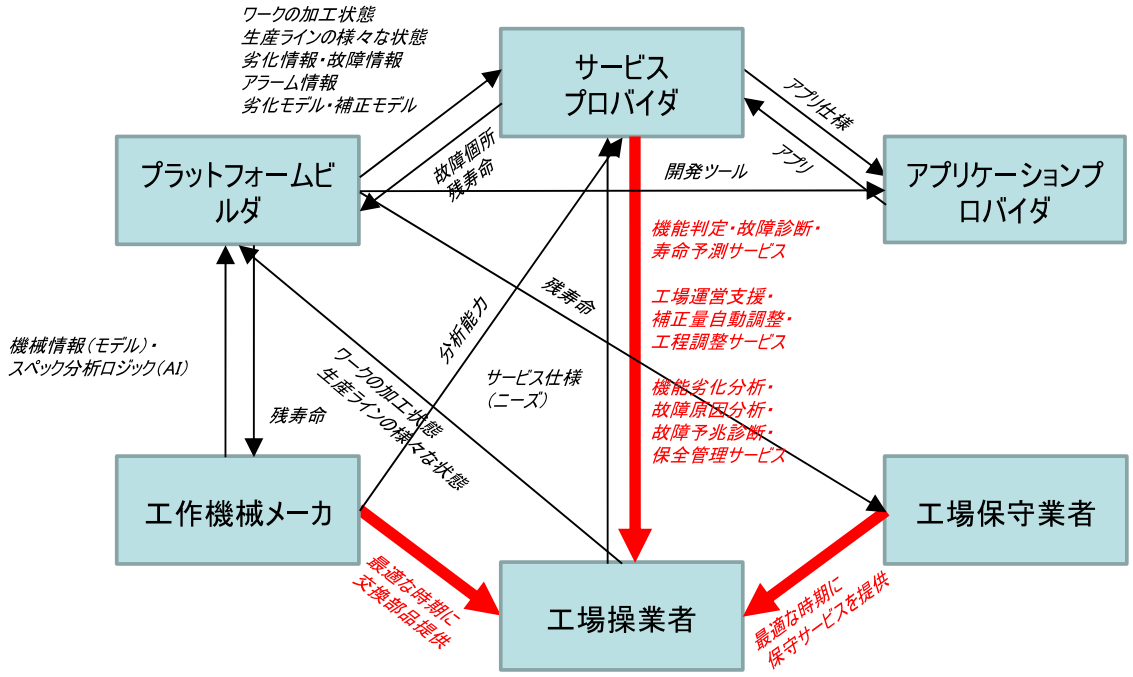


図 3.1.2.1　ステークホルダの関係

図 3.1.2.1 では、工場操業者の観点から全体を俯瞰することを目的とし、特に工場操業者に集まるバリューに注目するためその項目を赤字・赤矢印で示してある。

検討の結果、プラットフォームビルダやアプリケーションプロバイダはあくまでサービスプロバイダに様々な情報やアプリを提供する立ち位置であり、工場操業者に価値のあるサービスを提供するのは主としてサービスプロバイダになると考えた。一方で、プラットフォームビルダやサービスプロバイダには工作機械メーカから機械や工具の分析能力を提供する必要がある。したがって、図 3.1.2.1 においては、工作機械メーカが工場操業者以外の 5 つを内包する形をとるビジネスモデルもありうる。

次に、図 3.1.2.2 に先述したステークホルダの関係に IoT システムが適用される場合の情報の流れを整理する。IoT システムがない場合は様々な判定や分析はサービスプロバイダが直接行っていたが、IoT システムが組み込まれた場合は多くの情報が集約され、工場の機械からの稼働データも直接集まるため、様々な判定や調整を担いそこから分析結果が出力されることになると考えられ、サービスプロバイダの役目としてはそのコンサルティングとなる。その他、残るサービスとしては、部品・消耗品の交換や保守サービスといった実務のみとなると考えられる。

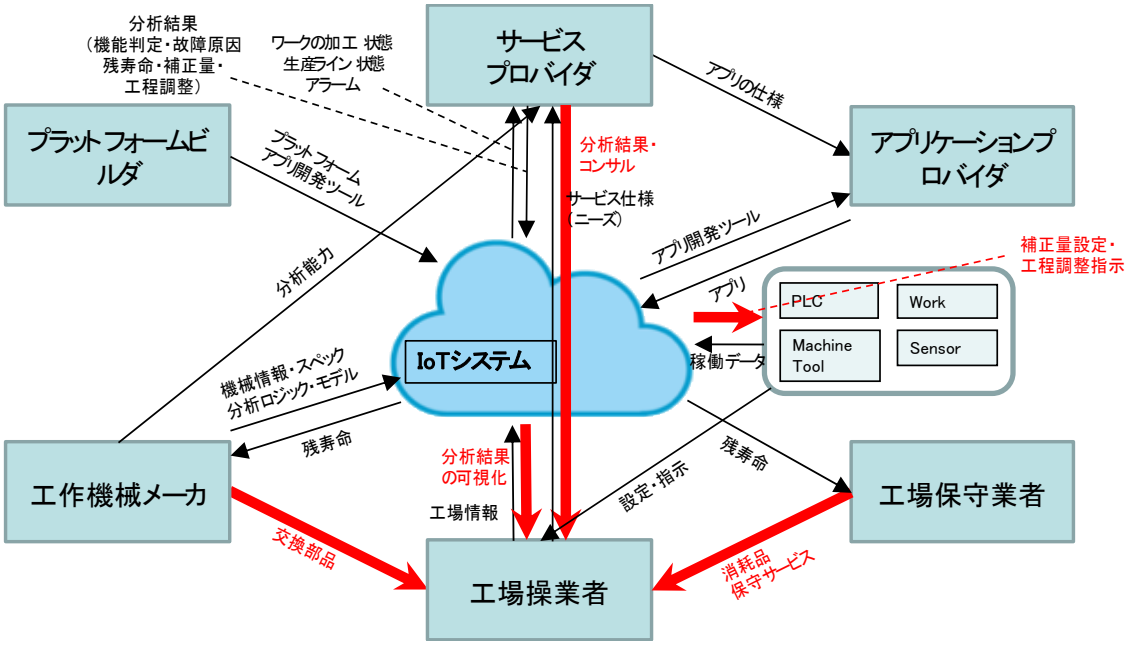


図 3.1.2.2　ステークホルダと IoT システム間の情報の流れ

また、ここまでに検討してきたステークホルダの分類を発展させ、サービスプロバイダから提供されるサービスに関しては、その難易度や付加価値に応じて松竹梅の 3 段階に区分けした(図 3.1.2.3)。難易度・付加価値の低いものから順に示すと、

（1）梅

工場操業者からプラットフォームを通じてワーク加工や生産ラインの様々な情報を提供されることで、

・工作機械の機能判定

・故障診断

・工具の寿命予測（ここでは単純にメーカ指定の規定限界寿命からの予測とする。何らかの経験則や加工条件の履歴等などの複数の要因から総合的に判断する場合は「松」の故障予兆診断レベルのサービスとなる）

等のサービスを提供する。

（2）竹

工場操業者からプラットフォームを通じてアラーム・劣化・故障等の自動調整に必要な情報を提供されることで、

・工場運営支援

・補正量自動調整

・工程調整

等のサービスを提供する。

（3）松

工場操業者からプラットフォームを通じて劣化・故障等の予兆診断に必要な情報を提供されることで、

・故障予兆診断

・保全管理サービス

等のサービスを提供する、

といったサービスが考えられる。

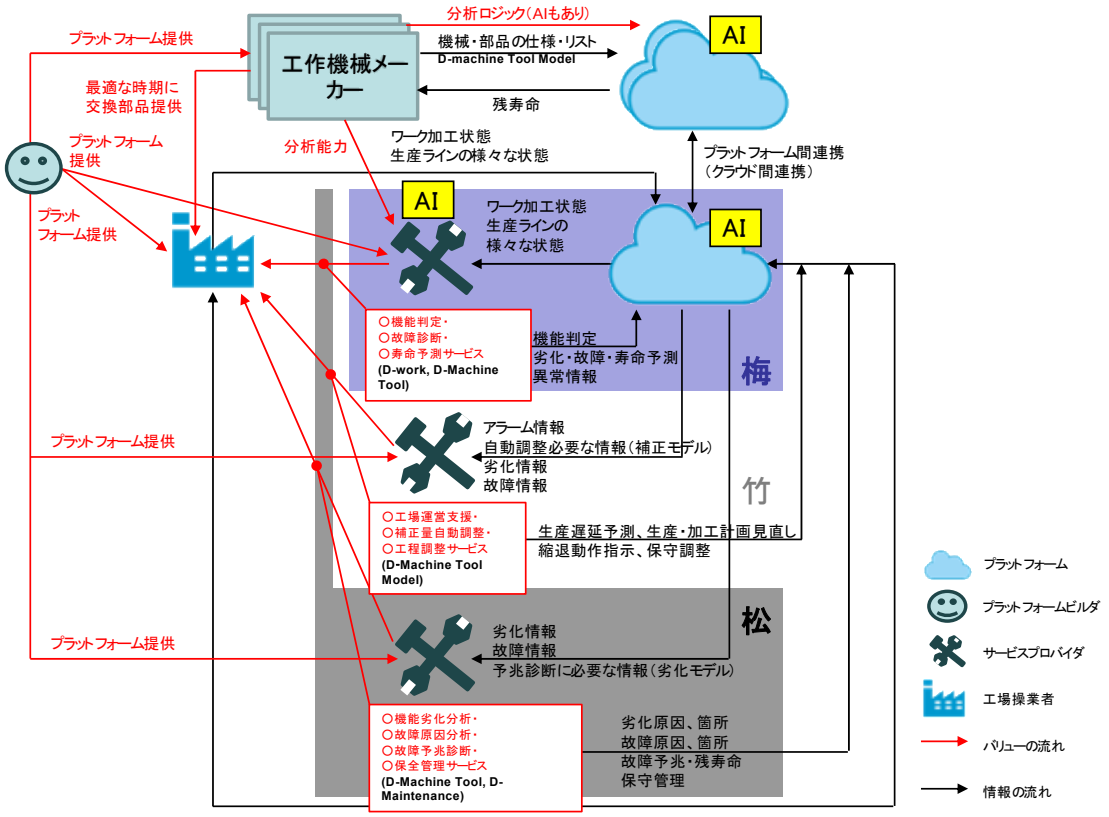


図 3.1.2.3　保全・復旧作業の自動化サービスの全体像

ここで注意が必要なのは、プラットフォームは様々なプラットフォームビルダが提供するシステムが混在すると考えられるため、それらのクラウド間通信等による連携は必須である。また、AI システムはプラットフォーム内に組み込むこともできるが、サービスプロバイダが付加価値の高いサービスとして利用することもできる。AI システムの中身としては、正常状態をあらかじめ学習し、松竹梅の各レベルに応じた情報、および結果と比較して対処方法を提案するサービス、などが考えられる。なお、上記の『竹』で提示した工場運営支援や工程調整サービスはスケジューラシステムの導入が前提であり、実際のサービスと

する場合は工程調整を行なった結果に対しての責任をどこまで負えるのか、等の問題も検討しなければいけないため、難易度は比較的高いと言える。サービスプロバイダになりうる候補としては、工作機械メーカ、部品メーカ、工具メーカ、分析ソフトウェアメーカなどが挙げられる。

次に、具体的な5つのアクティビティ（アクティビティA～E）を想定し、IoTシステムの中身であるデジタルコンポーネントを具体化してその情報の流れ・ワークフローを分析し、効果を検討してみる。

●アクティビティA

『機能劣化時、劣化・生産遅延を予測し、保守予定の調整、生産・加工計画見直し、縮退動作指示を行う』

ワークフロー（番号は図3.1.2.4内の番号を指す）

(1)D-Machine ToolはSensorやWorkの情報から、自らの健全性を常時推定する（例えば、Work精度に問題ない（新品設備・新品工具同等）レベルのSensor波形との比較、あるいはそれら健全時の波形を学習させたAIを使用する、など）。ここで接頭辞「D-」は、それが付属する物理的実体（例えば、工作機械や工作機械オペレータなど）のサイバー空間上での対応物を表すものであり、当該する物理的実体の機能や役割、振る舞いなどをサイバー空間上にモデル化したデジタル部品を意味するものとする。例えば、工作機械のデジタル部品であるD-machine toolは、対応する工作機械の機能や振る舞いを定義、あるいは、予測するモデルを参照して、工作機械への指示を生成したり、あるいは、他のデジタル部品からの要請に応じて当該工作機械の状態を通知したり、振る舞いや設定を変更するなどの役割を担う。

(2)また、工作機械モデルD-Machine Tool Modelとの差異からも自らの健全性を常時推定する。

(3)D-Machine ToolはこれらをD-Workに伝え、D-WorkからWorkに加工を指示する。

(4)D-Machine Toolが生産計画の想定する性能を発揮できないと判断するとD-WorkはアラームとしてD-QCにその可能性を報告する。

(5)D-QCは性能未達がMachine Toolの劣化に由来するのか、あるいは調達品の品質等に由来するのかを推定し、

(6)その推定結果をD-PLMに伝える。

(7-a)D-PLMはこの報告に基づき生産遅延を予測し、生産・加工計画を見直す。

(8-a)また、生産・加工計画の見直しに合わせ、必要に応じてD-Workに縮退動作指令を発令する。

(9-a)保守計画の調整も行う。

Effect

機能劣化・生産遅延状況に応じて自動的に保守予定の調整、生産・加工計画見直し、縮退動作指示を行うことができ、生産の継続を可能にする。

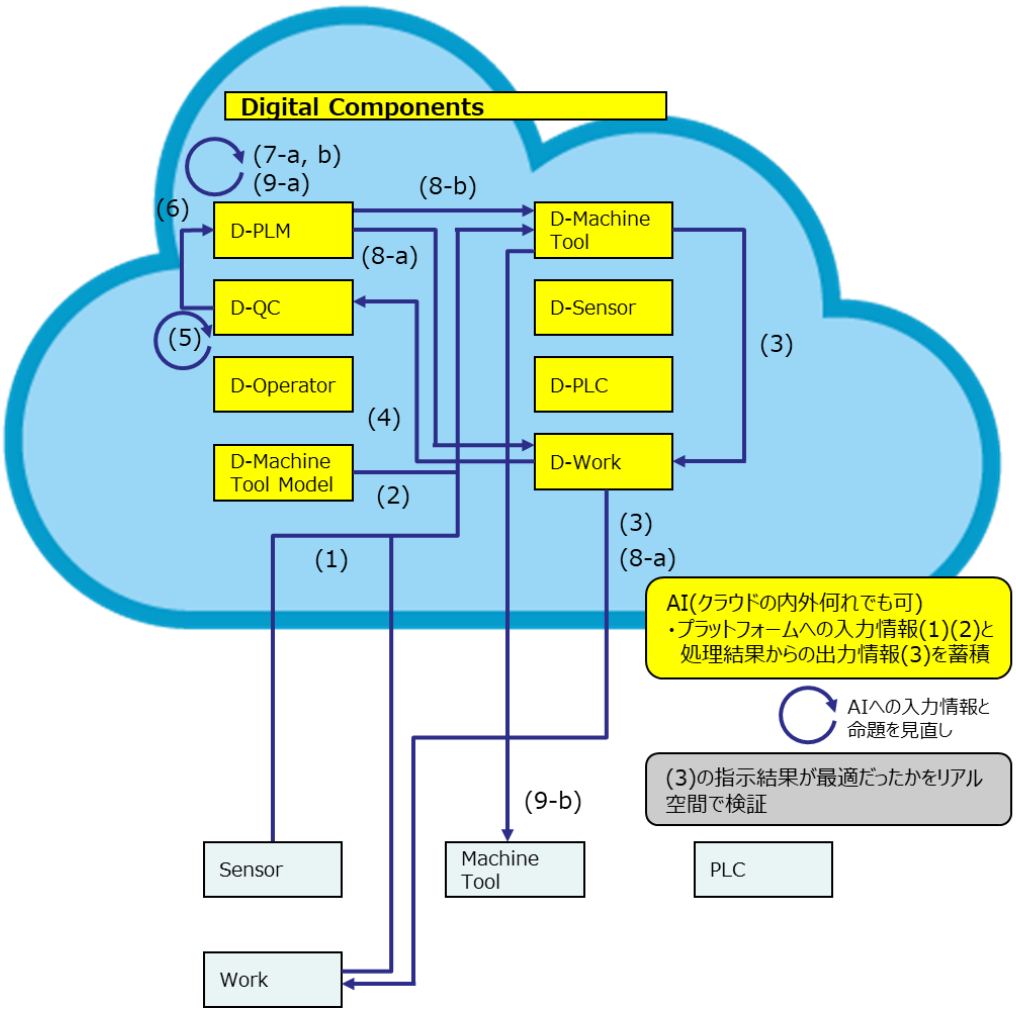


図 3.1.2.4　アクティビティ A、B における情報の流れ

●アクティビティ B

『故障発生時、生産遅延を予測し、生産・加工計画を見直し、動作停止指示を行い、保守部品の供給と作業支援を行う』

ワークフロー（番号は図 3.1.2.4 内の番号を指す）

(Activity A)の機能劣化による暫定的な対処をした上で、なお実際に機械の修繕が必要となった場合は、

(7-b)さらなる生産遅延を予測し、生産・加工計画を見直す。

(8-b)また、D-Machine Tool に対して機械の保守の指示を発令する。

(9-b)D-Machine Tool から Machine Tool に対して動作停止の指示が発令される。また、Machine Tool Manufacturer が保守部品の供給と作業支援の依頼を受ける。

Effect

故障状況に応じて自動的に動作停止指示を発令し、保守に必要な部品の供給や作業支援を行うことができ、速やかな故障修理が可能になる。

●アクティビティ C

『保全状況を管理し、適切なタイミングで機械保全を行う』

ワークフロー（番号は図 3.1.2.5 内の番号を指す）

(1)D-Machine Tool は Machine Tool の情報から、自らの状態を常時推定する。

(2)D-Machine Tool はこれらを D-Work に伝え、D-Work から Work に加工を指示する。

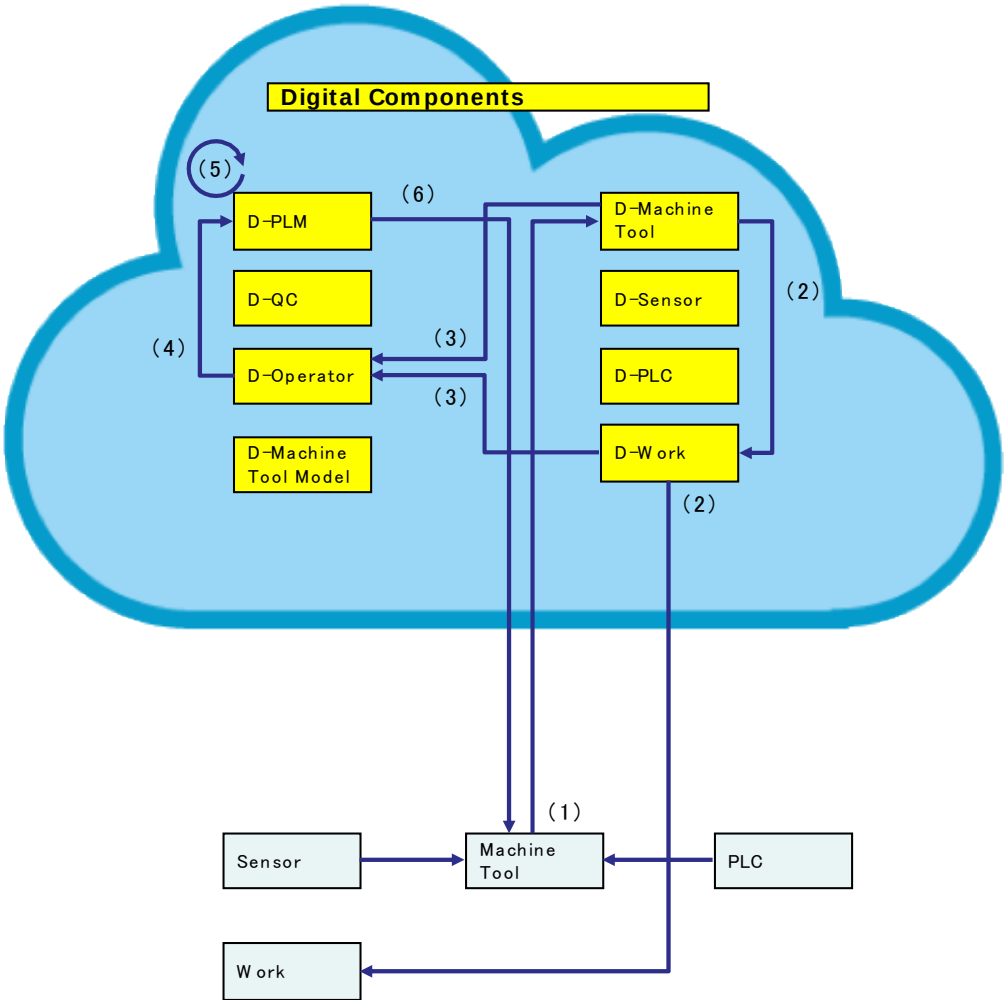


図 3.1.2.5　アクティビティ C における情報の流れ

(3)D-Operator は、D-Machine Tool、D-Work の状態から、機械の状態を推定する。
(4)D-Operator は、保全作業が必要と判断したら、その内容と共に D-PLM に通知する。
(5)D-PLM は保全計画を立案する。
(6)D-PLM は新たな計画を Machine Tool に指示する。
Effect
機能劣化に応じて保守、加工計画を見直し、最適な計画で機械を動作させることができる。

●アクティビティ D
『寿命部品の残寿命推定や故障の予兆検知を行い、適切な時期に部品交換を行う』
ワークフロー（番号は図 3.1.2.6 内の番号を指す）
(1)D-Machine Tool は Machine Tool の情報から寿命部品の残寿命推定や故障の予兆検知を行う。
(2)D-Machine Tool で求めた残寿命や故障の予兆を D-Operator に通知する。
(3)D-Operator は部品の交換要否の判断を行い、近々交換が必要な場合は部品の発注手配を行う。
(4)D-Operator は D-PLM に残寿命や故障予兆から判断した交換要否の情報を伝える。
(5)D-PLM は部品の補充や交換の計画を立てる。
Effect
部品の寿命や故障で機械が使えなくなる前に交換することで、機械のダウンタイムを最小にすることができる。

●アクティビティ E
『機械の経年劣化や環境変化による加工精度の劣化を推定し、補正量を最適化する』
ワークフロー（番号は図 3.1.2.6 内の番号を指す）
(11)Sensor の情報から D-Machin Tool で加工精度を取得する。
(12)加工精度に悪化の兆候が見られた場合は、D-Machine Tool Model で精度悪化を解消するための最適な補正パラメータの算出を行う。
(13)D-Machine Tool Model で求めたパラメータを Machin Tool に設定する。
Effect
経年劣化や環境変化による加工精度の悪化を未然に防ぐことで不良ワークがな

くなり歩留まりが向上する。

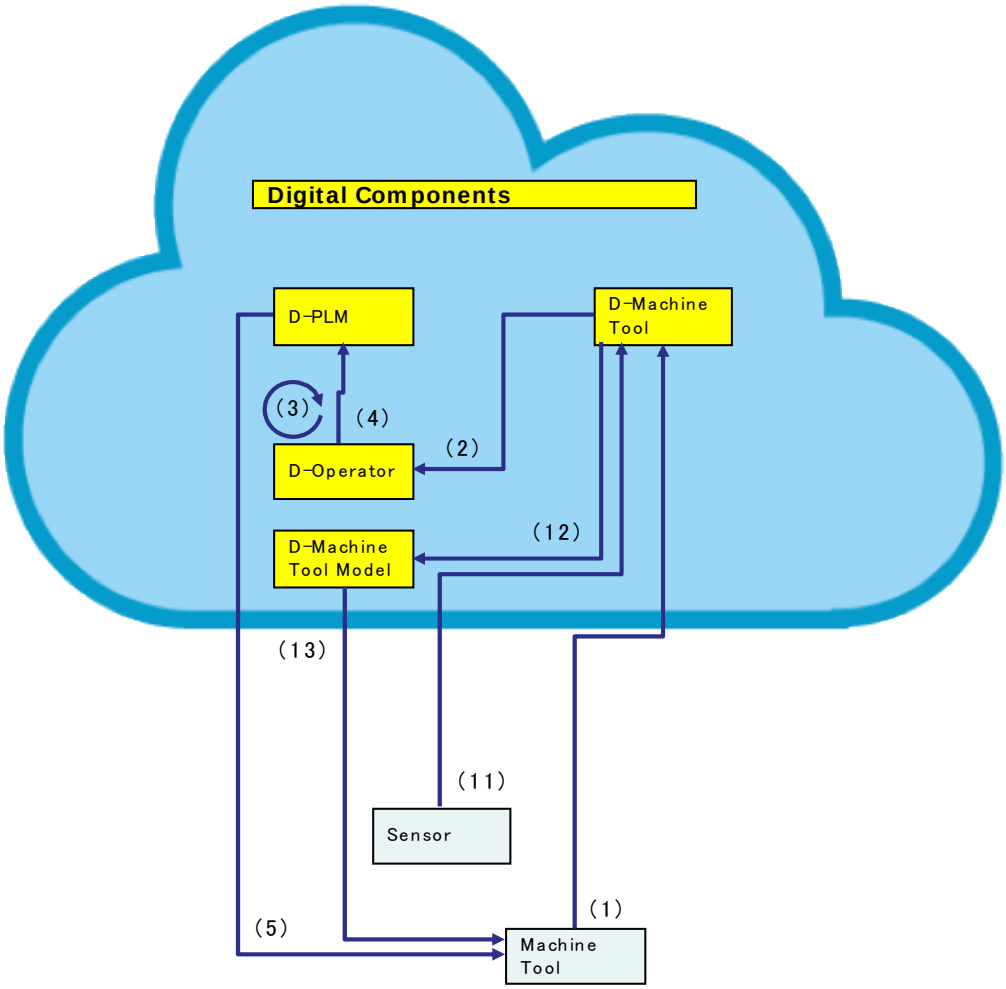


図 3.1.2.6　アクティビティ D、E における情報の流れ

３．１．３　ビジネスビュー、およびユーセージビューのまとめ

ここまでに議論してきた内容をもとに、シナリオ 1：保全・復旧作業の自動化サービスにおけるビジネスビュー、およびユーセージビューをまとめる。

まず、図 3.1.2.7 にビジネスビューを示すが、ユーザ企業の製造機械使用データを（自動的に）収集・モニターし、工作機械の使い方を指示するサービスとなる。なお、単一のステークホルダが複数の役割を担う場合や、複数のステークホルダが同一の役割を担う場合もあり、これはビジネスの形態によって様々に変化する。

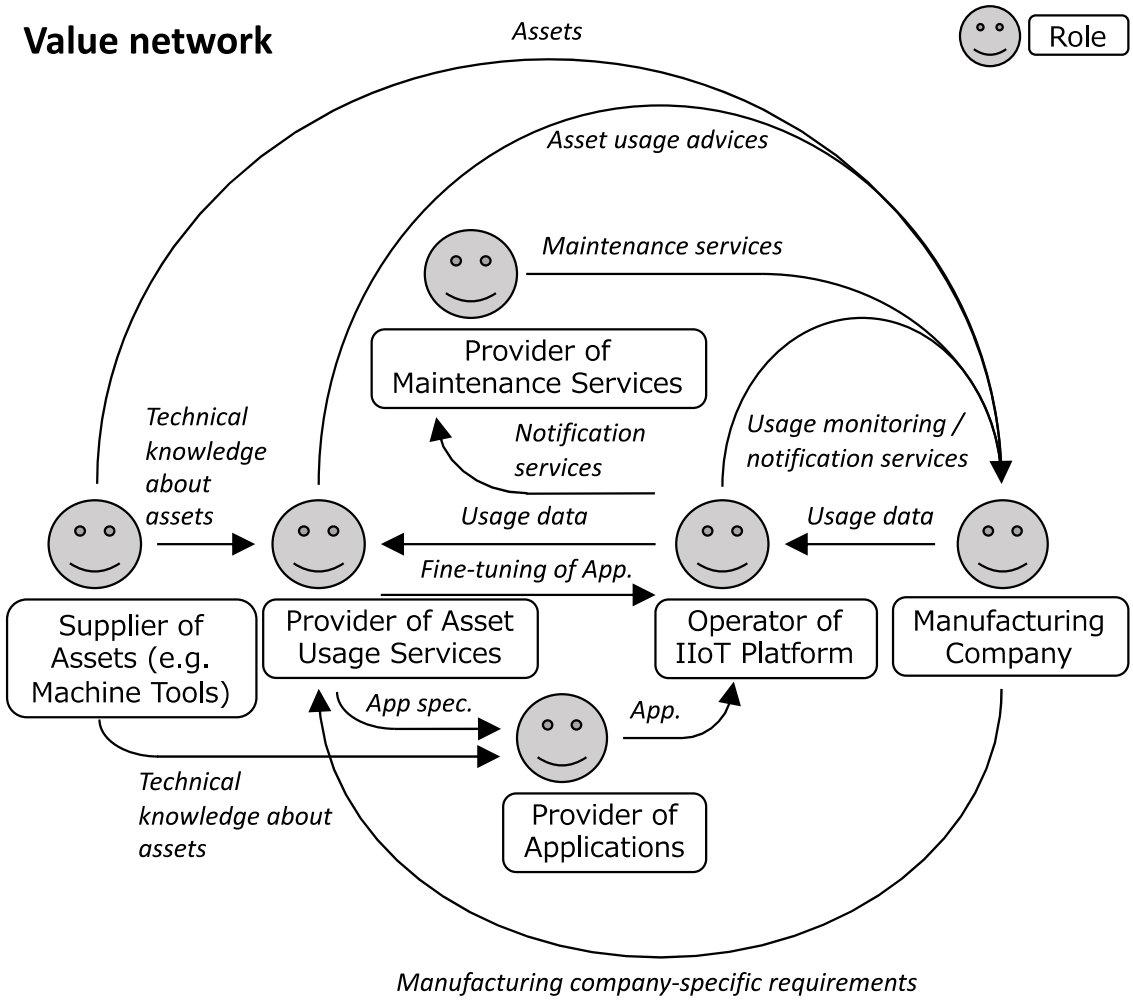


図 3.1.2.7　保全・復旧作業の自動化サービスにおけるビジネスビュー

次に、図 3.1.2.8 にユーセージビューを示す。この関係性を構築するために必要な段取りは、

・メンテナンスポリシーの決定
・モニタリングや通知アプリケーションの仕様策定
・工作機械メーカによる工作機械固有の知識のアプリケーション開発への提供

などが挙げられる。これらにより、

・工作機械の状態通知、更新
・工作機械の稼働状況記録
・メンテナンス部品の Just-In-Time 供給
・工作機械のより効果的な使用方法の提案

などのサービスが提供されると考えられる。

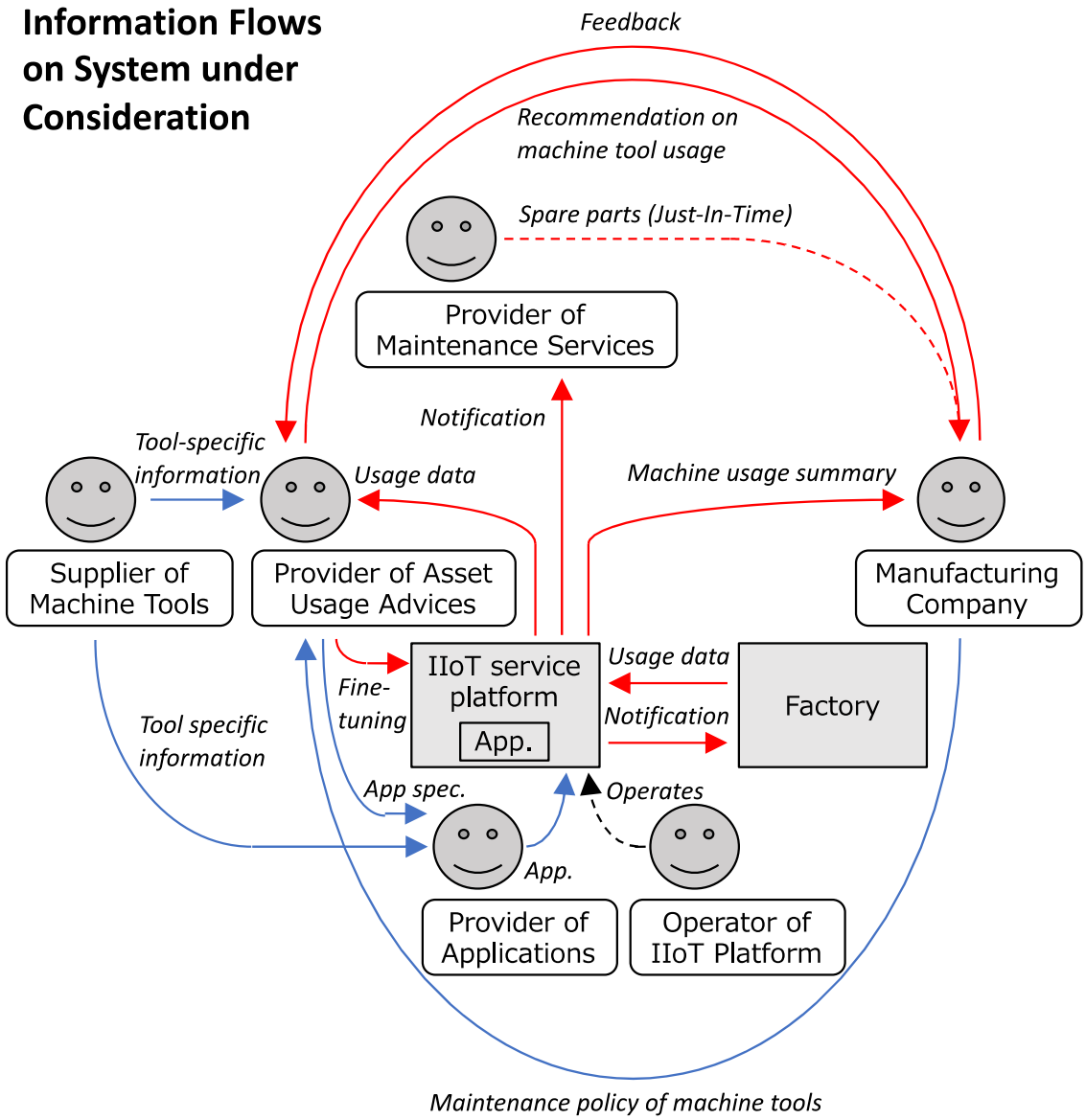


図 3.1.2.8　保全・復旧作業の自動化サービスにおけるユーセージビュー

３．２　シナリオ２：品質安定化サービス

３．２．１　背景

昨年度開発した「品質管理・トレーサビリティ確保のための可視化システム」では、製品の品質変化の原因特定を可能にし、品質変化の影響範囲を明らかにするため、製品製造工程において生じる様々な変化点、即ち、工作機械の設定条件や工具、ワークの把持状態の変化などを記録し、可視化するシステムの設計および、実装を行った。本年度は、この機能を一般化し、顧客が製造物の品質を安定化することを支援するサービスシナリオの設計を行った。

一般に同一の製品を同一の工作機械を用いて加工しても、製造物の品質は変化する。これは、工作機械や工具などは加工の進展に伴い劣化、摩耗することに加え、温度、湿度などの製造環境条件も厳密に同一であることが保証されないためである。このため、工作機械ユーザは、加工物の品質の経時的変化を監視し、これが事前に設定された範囲を逸脱したとき、あるいは、そのような傾向が感知できたときに、品質の安定化を測るためのアクション、即ち、工作機械の設定の変更や、段取りなどの加工プロセスの変更などを適宜実行する。このような品質安定化業務を工作機械ユーザに代わって提供するサービスシナリオの設計を行い、ビジネスビュー、ユーセージビューの観点から対象となる IoT システムの振る舞いを記述した。

３．２．２　サービスシナリオ設計の前提条件

本シナリオでは、量産品を生産するラインを対象としてサービスの設計を行った。これは、多品種少量などの生産環境においては、品質の変化と生産設備の劣化や生産環境の変動とを対応付けることがより複雑になるからである。なお、多品種少量生産環境においては、量産ラインと比較すれば、品質劣化の検知、要因の推定、対策の考案のいずれも、より複雑な処理と大規模なデータが必要となるが、このような場合でも必要なサービスシステムの要素機能は本質的には量産ラインの場合と変わらない。

３．２．３　現状の品質安定化業務の形式化

サービス設計に先立ち、工作機械ユーザ、すなわち工場操業者が実際に行っている品質安定化作業をSDCAフレームワーク[たとえば2]を用いてモデル化した。SDCA フレームワークにおいては、品質安定化作業のためのアクティビティは Standardize, Do, Check, Act の 4 つの段階に分類することができる。

- Standardize：工作機械オペレータ、設備保守担当者、品質管理責任者等が実施するべき標準作業手順、作業条件を定義する。
- Do：事前に設計された標準作業手順、条件にしたがって加工作業、メンテナンス作業、検査作業を実行する。
- Check：実行結果を評価し、標準作業手順、条件等を変更する必要があるかどうかを判定する。もし、変更が必要な場合は、新しい作業手順、作業条件を作成し、工作機械オペレータ、設備保守担当者、検査員に通知する。
- Act:新しい作業手順、作業条件のもとで、再度、作業の実行を行う。変更の結果、実行結果が満足のいくように改善されたなら、当該変更内容の汎用性・一般性を品質管理責任者が評価し、今回の対応が一回性の問題解決手法ではないと判断された場合には、標準作業手順、作業条件を変更する

（Standardize へ戻る）

品質安定化業務は、品質管理担当者、NC プログラマ、工作機械オペレータ、設備保守担当者、検査員によって実施されるとしてモデル化を進めた。各登場人物の役割を以下に示す。

- 品質管理担当者（Production manager）：加工品の品質管理に責任を持つ。品質の経時変化を監視し、品質低下の兆候を検知したら、品質を回復させるための方策を決定し、工作機械オペレータ、設備保守担当者、検査員、NC プログラマに指示を与える。
- 工作機械オペレータ(Machine tool operator)：ワークの加工に責任を持つ。工作機械を操作して、所定の作業手順、作業条件の下で加工作業を実行する。
- 設備保守担当者(Repairman)：工作機械等の設備が健全に動作するように必要なメンテナンス作業を行う。
- 検査員(Inspector)：加工品の品質を計測し、検査結果を品質管理担当者に通知する。
- NC プログラマ(CAM programmer)：加工プログラムを作成し、加工プログラムが、所与の形状へと転写されることに責任を持つ。

図 3.2.3.1 に、ユーザが実施している品質安定化業務における上記の登場人物の間での指示、情報の流れを SDCA フレームワークに基づいて整理した。

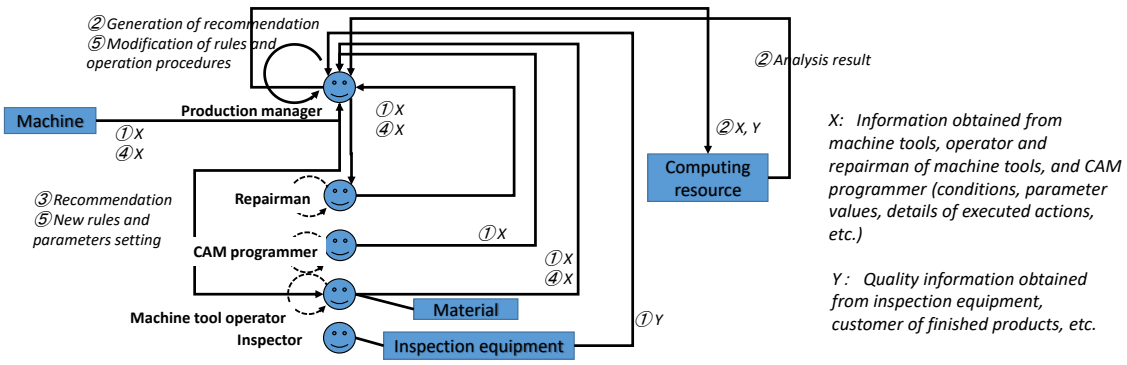


図 3.2.3.1　品質安定化業務における登場人物・設備間の情報の流れ

図 3.2.3.1 中の①～⑤の番号は、指示、通知などの行為が発生する順番を表している。また、番号の横に記載されている X は工作機械、工作機械オペレータ、設備保守担当者、NC プログラマから取得される情報（加工実行時の条件、詳細

な作業実施手順など）を表し、Y は加工品の品質評価にかかる情報（検査結果など）を表している。X については、さらに Xa（標準として定義されていた作業にかかる記録)、Xb（標準として定義されていないが、必要に応じて適応的に実施された作業にかかる記録）の 2 種類に分類するが、これについては後述する。自己回帰矢印は、矢印に付属する内容の情報処理が、矢印が付属している登場人物によって実施されることを表している。以下、情報の流れと処理手順を説明する。

- 作業実施前

品質安定化業務においては、最初に当該製品加工における標準加工条件、加工手順を定義するとともに、X,Y に含まれるべき情報項目を定義する。すなわち、どのような情報を工場フロアから取得し、どのような基準、測定値で品質を評価し、どのような条件のもとで品質改善のためのアクションを開始するかなどのルールを品質管理担当者が決定する（上記、Standardize に該当する)。

- 作業実施以降

① 作業実行：工作機械オペレータ、設備保守担当者、検査員、NC プログラマは、それぞれ加工作業、メンテナンス作業、検査、NC プログラム作成を実行し、その結果を品質管理担当者に通知する（検査結果は主として検査装置を通じて通知され、加工結果は工作機械オペレータおよび加工機械から品質管理担当者に通知されると想定、上記 Do に該当する)。

② 品質低下原因の分析と対策作成：品質管理担当者は品質の経時変化（Y）を監視し、品質低下、および、その兆候に気づいたとき、対策に着手する。まず、Y の変化の原因と目される現象を X の時系列変化から発見する。X、Y を計算機に入力して、X と Y の相関関係を分析し、Y の改善の為に X をどのように変更すれば良いかを明らかにするとともに、X のうちでもっとも影響の大きいパラメータ（x*）を同定する。x*の種類に応じて、品質管理担当者はとるべき対策を作成し、設備保守担当者または工作機械オペレータに伝達するべき指示内容を生成し、これを伝える（上記、check に該当)。なお、品質低下を修正するための NC プログラム修正はここでは対象外とする。

③ 対策の実行：設備保守担当者、工作機械オペレータは指示に応じた対応を実施する。

④ 対策の結果の通知：設備保守担当者、工作機械オペレータは実施した作業内容を品質管理担当者に伝える。(以上は Act に該当する。)

⑤ 対策の評価とルール・作業手順の改定：品質管理担当者は、実施内容と寸法測定結果を比較し、対応が妥当かつ恒久的なものである場合、これを新しい手順、ルールとして定め、設備保守担当者、工作機械オペレータに伝える（Standardize に該当)。設備保守担当者、工作機械オペレータは、伝えられた手順、ルールを設定する。

ここで、X に含まれる情報について説明する。X は生産設備・環境の状態、実際に実施された作業内容、作業条件などのうち、品質に影響を及ぼす可能性がある因子について、その値を時系列で記録したものである。X には、工場環境の状態（温湿度、エア、電気などのサプライ供給状態など)、工作機械の状態・経年劣化、NC プログラム、工具の状態・摩耗、工作機械オペレータの実際の作業内容（段取りなど)、工作機械オペレータ、設備保守担当者が作業中に気づいた情報（異臭、振動、音など）が含まれる。これらの因子は品質低下と必ずしも一対一で対応しているわけではなく、多くの場合、複数の因子が複合して品質低下をもたらす。すなわち、X と Y の関係は多対多の関係となっている。このため、計算機リソースを用いたデータ解析に加え、多数の影響因子のなかから、特定の品質低下に影響を与える可能性の高い因子を類別する熟練者の様々な知識を活用することが不可欠となる。

一般に、SDCA のループは大きいループと小さいループの時定数の異なる複数種類のループが存在する。

- 小さいループ（時定数が秒～分単位が中心、個別に担当者が対応）:

工作機械オペレータや設備保守担当者は、自身の作業中に何らかの異常に気付くと、自身の経験や知識にもとづいて、その場で適宜、対応、修正作業を行う。このような修正作業の SDCA ループは数秒～数分程度の時間で実施され、作業者は意識的、あるいは、無意識的にこのような修正作業を実施している。つまり、工作機械オペレータや設備保守担当者は、図 3.2.3.1 における、検査員や品質管理担当者を兼任しているとみなせる（このような対応は図 3.2.3.1 における、工作機械オペレータ、設備保守担当者、NC プログラマの自己回帰矢印として表現している)。なお、このような現場で実施される修正、調整、改善作業は、標準マニュアルには記述されておらず、明示的に記録されることも稀であることは注意を要する。マニュアルに記述されていないにも拘わらず、現場で工作機械オペレータや品質管理担当者が実施する様々な作業、操作、行動に関する情報が Xb に相当する。この Xb は、工作機械オペレータや品質管理担当者の経験や知識の差により変化する。

表 3.2.3.1 に、小さな SDCA ループで実施される作業内容の例を示す。

表 3.2.3.1 小さな SDCA ループでの対応例

		小さなSDCAループでの対応
1	加工プログラム実行順序の修正	工具の剛性が足りず、1回目にNCプログラムを動かしたときには、削り切れなかった。同じプログラムをもう一回走らせると、削れたので、当該部分については、2回、同じプログラムを走らせて加工することで、不具合に対処した。
2	段取り作業の修正	板材などでは個々の材料に残っている内部応力が異なる。このため、普通に加工して、取り外すと材料が割れたりする。あるいは棒材からブレードを削りだしたあと(両側からクランプ)、取り外すとねじれたりする。そこで、裏返したりしながら、徐々に加工するように工作機械オペレータが対応した。
3		段取りの締め付け具合(トルク)や、どこを締め付けるかによって、ひずみ方が変わるので削れ方も変わってしまう。現場の工作機械オペレータは、自らが決めた締め付け位置で、感覚的に締め付け力を一定にして作業をしている。
4	経年劣化	機械のパフォーマンスは見かけ上変化していないのだが、設備保守担当者が機械のパフォーマンス低下を見越して、オイル交換をしている回数を増やしたり、工作機械オペレータが作業するときのパラメータの調整幅を大きくしたりしている。
5	機械の状態に応じた作業調整	温度などが変わって、精度が低下するので高精度な加工は、夕方3時からなどのように時間を決めて実施している。
		機械のハードウェアはなかなか壊れないが、機械のなかでも相対的によく使用している部分などがあるので、場所によって精度が違う ということが起こる。工作機械オペレータは、そういう場所を高精度な加工のときには使わないように、現場で作業内容を修正している。
		ビビりなどについては、機械側でも自動化などの対応がされていることも多いが、ビビりそうな部分について、工作機械オペレータが送りオーバライドを調整して対応する。本来は、このような条件を外すようにNCプログラムを修正することが望ましい。ビビりは工具の摩耗などによって生じる場合もある。

- 大きいループ（時定数が日～週、月）:

工作機械オペレータ、設備保守担当者はそれぞれの判断で様々な修正作業を行い、自身の責任範囲の仕事の品質の確保を図るが、これらの小さなループの SDCA では対応できないような品質低下が存在する。また、個々の工作機械オペレータ、設備保守担当者は先に見たように、量産ラインであっても事前に定義された作業指示書に記述されていない様々な作業を実施するが、このような個々に実施する対応の総和として品質が決定される。このような個別の作業指示書にないような対応のなかには、相互に効果を打ち消すような無駄な対応をおこなっているものがある。例えば、鋳造品・鍛造品は材料寸法のばらつきが大きい

ので調達先 A から調達した材料には使える治具（治具 1）は調達先 B から調達した材料にはピッタリ合わないということが生じたとする。これに対する小さいループでの対応として、

（１）工作機械オペレータ a は材量調達先に応じて取り付け位置（例えば、傾きを補正するためにジャッキアップする）を補正してこの問題を解決する

（２）他の工作機械オペレータ b は、工作機械の補正値を修正することでこの問題を解決する。

（３）調達先 B に応じた治具の準備をする。

（４）調達先を A に一本化する。

等がありうる。これらを独立に実施すると、相互に影響を与えあうことから、個々の工作機械オペレータでの作業内容の再変更が必要になるなど、全体として無駄な作業が生じる。また、工作機械オペレータの対応が、それぞれ、相互にコンフリクトを起こすこともありえる。

このように、個々の工作機械オペレータ、品質管理担当者、調達担当者などの SDCA ループでは対応できないような原因によって生じる品質低下に対応するのが品質管理担当者の役割である。いわば、小さなループで品質を作りこみ、大きなループで品質を管理するといえるわけである。

大きなループでは、品質管理担当者は Y から品質低下、あるいは、その兆候を検知するとともに、X（すなわち、Xa,Xb）からその原因となる要因を特定し、対策を決定する。自動化工場などで、マニュアル外の対応が存在しない場合（つまり、X b がない場合）は、マニュアル通りの作業（つまり、Xa）の情報を収集し、これと Y との相関関係を分析し、対策案を生成する。一方、有人工場で加工工作機械オペレータが様々なマニュアル外作業や、標準作業手順から逸脱する可能性がある場合には、Xb も併せて収集し、Y と Xa,Xb との相関関係、さらには、Xa と Xb の相関関係（これは、マニュアルにおいてどのような作業標準、手順が定義されていて、その状態のもとで、どのような品質低下が生起するから、マニュアル外対応が必要となったのかを調べるということ）の分析を行うことが必要となる。なお Xb の内容は属人的である事にも留意する必要がある。

３．２．４　品質安定化サービスのビジネスビュー

上記の品質安定化サービスにおける二つの SDCA ループのうち､大きい SDCA ループをサービスの対象とする。品質安定化サービスにおけるビジネスビューを図 3.2.4.1 に示す。図中のアイコンはステークホルダ（Party)、赤矢印は製品・サービスなどの価値提供、黒矢印は情報の流れを示している。登場するステークホルダを以下にまとめる。

- 品質安定化サービスプロバイダ（QSSP）：
  2.2.3 項で述べた品質安定化業務をサービスとして提供し、工場操業者にかわって品質安定化サービスを代行する事業者。
- 工場操業者(Manufacturing company)：工場の操業者で、品質安定化サービスプロバイダの顧客。
- カスタマー(Customer)：工場操業者が製造する製品の顧客。
- 工作機械メーカー(Machine tool supplier)：工場操業者が運用する工作機械のメーカ。
- 工具メーカ(Tool supplier)：工場操業者が利用する工具のメーカ。
- 材料メーカ(Material supplier)：工場操業者が利用する材料のメーカ。
- IoT プラットフォーマー(Operator of IIoT platform)：上記ステークホルダが、データの送受信、保存、管理、分析などを実施するのに用いることのできる IoT プラットフォームを提供し、運用、管理する事業者。
- データコレクタ(Data collector)：IoT プラットフォーム上にアクセスする様々なデータソースから、情報を収集、整理し、品質安定化サービスプロバイダに提供する事業者。

品質安定化サービスプロバイダは、顧客である工場操業者から取得できる品質、生産ラインでの作業等に関する情報（3.2.3 項における X,Y）に加え、工作機械メーカや、工具メーカ、材料メーカなどが公開している情報（カタログ情報、技術情報）等、品質低下の原因分析に利用可能な広範な情報を用いることで、工場操業者単独で実施できるよりも高度な品質安定化サービスを実現する。なお、このような公開情報の収集、解釈、知識抽出はデータコレクタと呼ばれる事業者によって実施されると想定した。データコレクタはこのような情報を品質安定化サービスプロバイダに提供し、品質安定化サービスプロバイダから対価を受け取る。品質安定化サービスプロバイダは、データコレクタから受け取った情報と、工場操業者から受信した X,Y にかかる情報をもとに、品質低下を阻止するための対策案や、推奨作業などを導出し、これを工場操業者に伝え、その有効性に応じて工場操業者から対価を受け取る。あるいは、工場操業者の設備を直接操作し、品質を一定水準以上に維持することを保証して、工場操業者から対価を受け取る。これらのデータ収集、送受信、保存、分析は、IoT プラットフォーム上で実施される。品質安定化サービスプロバイダ、データコレクタ、工場操業者はいずれも、IoT プラットフォームの使用料を支払う。

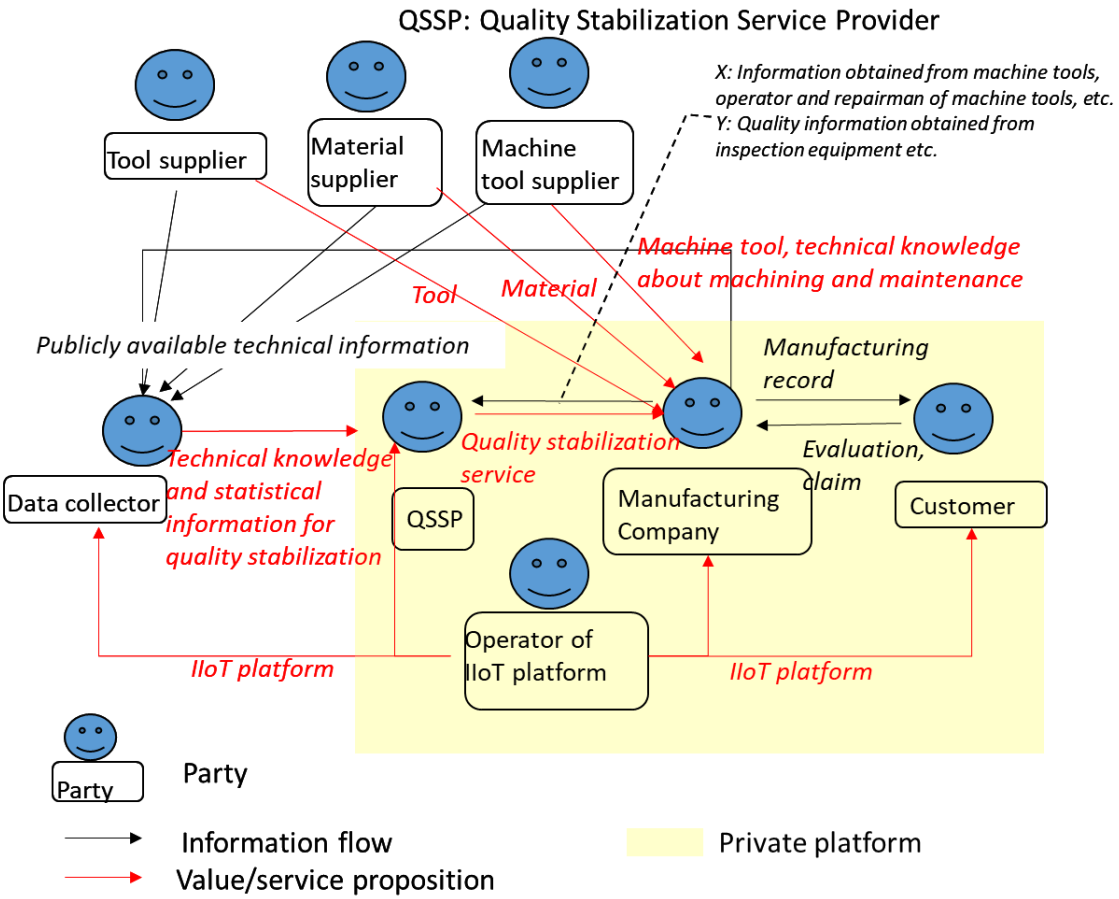


図 3.2.4.1　品質安定化サービスのビジネスビュー

３．２．５　品質安定化サービスのユーセージビュー

図 3.2.5.1 に品質安定化サービスのユーセージビューを示す。図中の矩形は設備を、顔のアイコンは対象となる IoT システムに関与する登場人物を、矢印は情報の流れをそれぞれ表している。

IoT システムは 2 種類の IoT プラットフォームから構成されている。一つは、品質安定化サービスプロバイダとその顧客である工場操業者の間で利用されるプライベートなプラットフォームであり（図 3.2.5.1 中の薄黄色の矩形に含まれる部分での情報処理を担当）、もう一つは、データコレクタが様々な公開情報の収集に用いる公的なプラットフォームである。データコレクタは後者のプラットフォームを通じて、工作機械メーカ、工具メーカ、材料メーカが持つ技術情報を収集、分析、解釈し、有効な情報を品質安定化サービスプロバイダへ送信する。

3.2.3 項で述べたように、事前に定義された作業手順、作業条件のもとで、工作機械オペレータおよび設備保守担当者は加工、加工機械のメンテナンス作業

を実行する。加工機械の情報、検査結果および検査機械の設定情報はプライベートの IoT プラットフォーム上で収集される。また、工作機械オペレータがどのように段取りや調整を行ったかなどの情報も取得する必要があるので、工作機械オペレータ、検査員、設備保守担当者の動作を記録するデバイスを用いて、彼らが実際に行った作業内容、手順を記録する。

品質安定化サービスプロバイダの担当者は、IoT プラットフォーム上でこれらの情報を参照し、品質低下、あるいは、低下の兆候を IoT プラットフォーム上のアプリケーションプログラムを用いて判定する。品質低下への対応が必要であるとアプリケーションプログラムが判断した場合、同担当者は品質情報と、加工機械等から収集された情報の相関関係分析ソフトウェアを起動し、影響の大きい因子を類別するとともに、この因子に効果的に対処できる対策案を、過去の経験を蓄積した事例データベースおよび、データコレクタから提供された技術情報、統計データを用いて生成し、推奨する対策案をプライベート IoT プラットフォームを通じて品質管理担当者に通知する。品質管理担当者は、提案された推奨対策案の採否を決定し、プライベート IoT プラットフォームを通じて、対策内容を工作機械オペレータ、設備保守担当者に通知する。対策案を実行した結果は、プライベート IoT プラットフォーム上で収集され、品質管理担当者は、その効果を判定し、対策が有効であった場合には、作業条件、作業手順などのルールの改正を行うとともに、今回の対策結果を事例データベースに登録する。なお、一連の操業を通じて生じた生産条件や品質に関する情報のうち、工場操業者が公開可能と判断したものについて、積極的にこれを公的なプラットフォームへ送信するものとした(図3.2.5.1中のFiltered(X,Y)と記述された矢印が対応)。これは、秘匿情報ではない、生産条件と品質との関係情報を複数の工場操業者で共有し、データを蓄積し、これらを統計的に分析し、個社では知りえない知見を発見することが可能となりうるからである（これはデータコレクタの役割の一部である)。

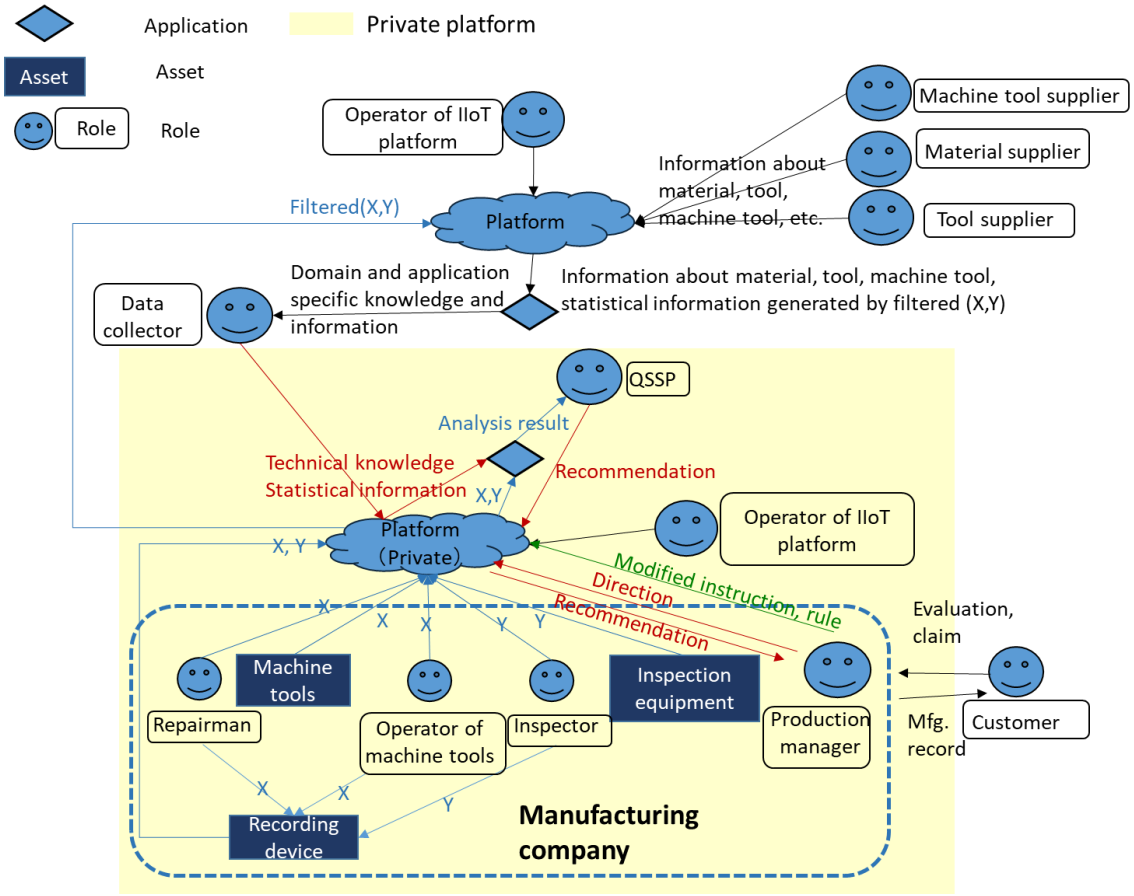


図 3.2.5.1　品質安定化サービスのユーセージビュー

３．２．６　考察

以上では品質安定化サービスプロバイダとして優位であるのは、どのような企業であるかについては述べてこなかった。ここでは、工作機械メーカが品質安定化サービスプロバイダとして活躍する場合、どのような優位性がありうるかを考察する。

3.2.3 項で述べた大きな SDCA ループで必要となる作業として、データ取得、データ収集、データクレンジング、データ蓄積、データ分析、対策案の生成を考えることができる。このうち、工作機械メーカがこれらの作業実施にあたって有している優位性は以下のようにまとめることができる。

- データ取得

工作機械メーカはセンサーの追加や、工作機械の内部状態へアクセスする API プログラムの提供などを通じて、製造条件など 3.2.3 項の Xa に相当するデータを取得する部分について優位性を有している。工作機械オペレータが実行した様々なマニュアル外作業（Xb に相当）については、これを直接取得することは

できないが、工作機械の操作履歴と対応付け可能なもの（例えば、段取りの所要時間など）については一部取得可能であると考えることができる。

- データ収集

工作機械メーカは、メンテナンス契約や、機械の稼働率を向上させるためのサービス契約を工作機械ユーザと結ぶことによって、自社製の機械が様々な場所で稼働している際の情報収集が可能となる場合がある。この点で、工作機械メーカが品質安定化サービスプロバイダとして一定の優位性を有している。

- データクレンジング

データクレンジング、即ち、取得したデータから意味のない部分を除去する作業は、データ分析の前処理として必ず必要になる。工作機械メーカはデータクレンジングを不要とするようなデータ構造や、セマンティクスを構築することが可能であることから、この点についても一定の優位性を有している。

- データ分析

工作機械メーカは機械の振る舞い、構造に関する詳細なモデル（たとえば、アラーム状態の組み合わせから工作機械の内部で生じている事象を詳細に再現することができる）を持っていることから、これらに基づいて因果関係モデルを構築することで、効率的に品質低下の原因となっている工作機械の条件を割り出すことが可能である。この点についても工作機械メーカは一定の優位性を有している。

データ蓄積、大規模データ分析のためのアプリケーションプログラム開発などについては、工作機械メーカーに特段の優位性は認められない。したがって、ビジネスモデルとしては、大きなループ全体を請け負うのではなく、そのために必要な作業の一部を工作機械メーカのサービスとして提供することが有望であると考えることができる。

以上の点から、工作機械メーカが、顧客に対して工作機械を販売するだけでなく、品質安定化サービスを提供するサービスプロバイダへと移行することには、十分な優位性があると考えることができる。図 3.2.6.1 に示すように、このような価値は顧客である工場操業者の品質維持にかかるコストを削減することができる。導入するサービスには、例えば、以下のような松竹梅のグレードを考えることができる。

- 梅：品質管理のための分析を計算機で実施するために必要となる Xa、Xb などの値の自動取得（データクレンジングの自動化なども含む）ができるようになることで、品質管理にかかる工数（様々な担当者への問い合わせ、紙の帳票からのデータ作成など）が削減される。
- 竹：上記に加え、品質管理のためのデータ分析、品質低下への対策案の生成までをサービスとして提供することで品質管理担当者の工数が削減される。

- 松：上記に加え、データコレクタが集めてきた大規模情報などを用いた様々な推論により、自動で品質管理の兆候を発見し、対策案を生成し、これを工作機械に直接通知することにより、工場の大幅な省人化を実現することで品質維持のコストを削減する。

サービスのグレードが上がると、導入のためのコストも上昇することが予想される。工作機械そのものの機能とサービスを適切に組み合わせ、顧客が梅、竹、松と段階的にサービスを導入できるような重層的なサービス提供モデルを構築することが、このようなサービス普及には重要であると考える。このようなビジネスモデル設計は今後の検討課題である。

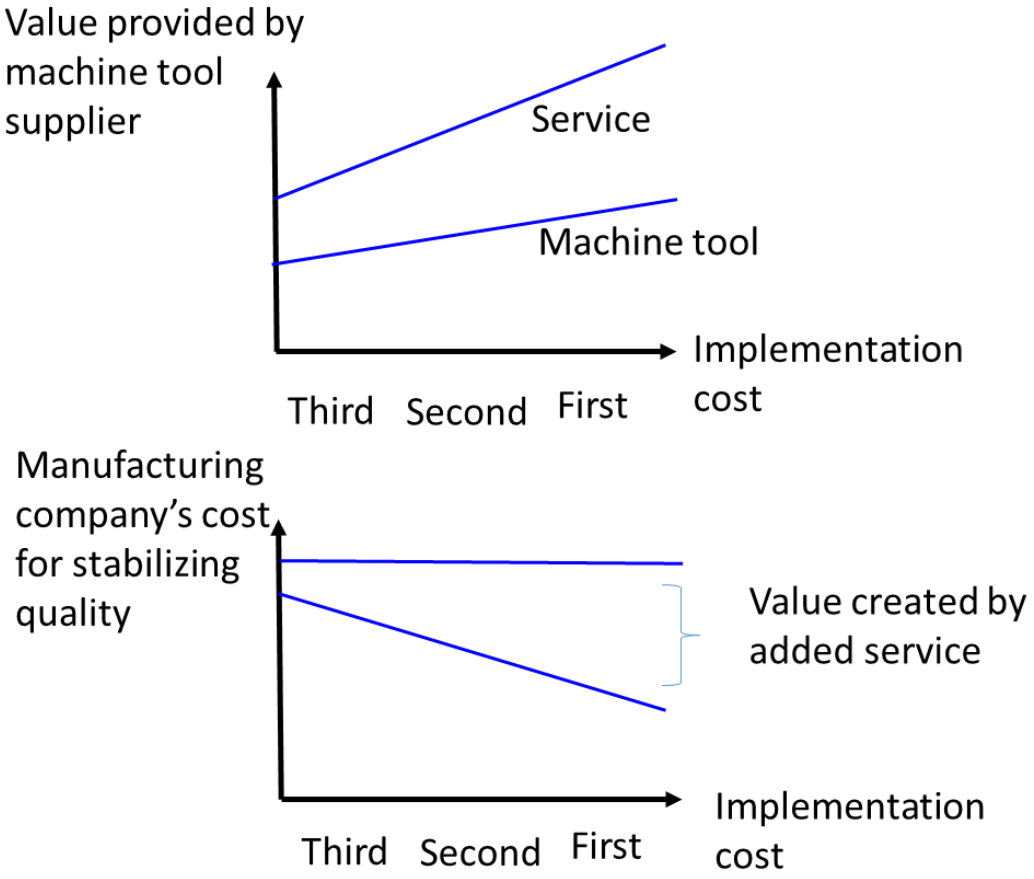


図 3.2.6.1　工作機械メーカが提供する価値

今後の検討課題を以下に整理する。

- ビジネスモデルの検討

3.2.5 項では、顧客である工場操業者が秘匿する必要のない情報を積極的に公的プラットフォームに公開することが有効であることを述べた。このような情

報公開を進めるためには、顧客へ情報公開のインセンティブを付与するビジネスモデルの設計と、秘匿情報から公開可能情報を簡単に生成できるアプリケーションプログラム、または、サービスの提供が不可欠となる。また、松竹梅のビジネスモデルを効果的に提供できるようにするためには、サービスのモジュール化と、顧客から見た価値と効用の見える化が必要である。これらは今後の検討課題である。

- 品質安定化サービスにおける情報項目の策定

品質安定化サービス設計においては、顧客の工場現場からどのような情報（3.2.3 項における Xa, Xb）を取得するべきかを定義することが不可欠である。特に、工作機械から必ずしも取得することができない工作機械オペレータや設備保守担当者が実行しているマニュアルに記載されていない様々な作業（Xb）のうち、どのようなものを取得すれば有効であるか、また、どのような項目なら、工作機械から取得可能であるかを検討することが重要である。

例えば、工作機械から（原理的に）直接取得可能な情報として表 3.2.6.1 の項目を考えることができる。

表 3.2.6.1　工作機械から検知可能なマニュアル外作業の例

	工作機械で取得可能な情報	検知可能なマニュアル外作業
1	ワーク、治具などを固定する際の締め付け力、締め付け順序	マニュアルと異なるワークや治具の取り付け作業の実施。
2	実際の切り込み量、送り速度	マニュアルと異なる、ワークの加工条件での加工作業実施。
3	オイル交換回数	マニュアルと異なるメンテナンス実施。オイル交換回数が多い場合は、例えばマニュアルで想定しているよりも機械の劣化が進んでいる可能性が考えられる。
4	掃除時間（ドアの開閉回数など）	マニュアルと異なるメンテナンス実施。掃除時間が極端に長い、短い場合は、工作機械がマニュアルの想定よりも多くの切粉を出している、あるいは、マニュアルで指定するよりも簡素化した掃除を行っていること（掃除の品質が低い）などを意味する可能性がある。

もし、ワークや治具などを固定する際の締め付け力や、締め付け順序が明示的にマニュアルに記載されているにも拘わらず、工作機械オペレータが、自身の判断で異なる締め付け順序や、締め付けトルクを選択している場合には、自工程で観測できる品質を維持、向上するために当該オペレータが自身で調整を行った結果、そのような値になっているのである（3.2.3 項における小さな SDCA ループに対応している）。このようなマニュアル外の操作、小さな SDCA ループにおいて実施されている調整作業を取得し、その理由を明らかにし、このような調整作

業を可能な限りマニュアル内へと取り込むようにすること、さらには、これらの小さなSDCAループの調整作業を俯瞰し、全体最適となるように、各工程の標準作業、標準手順を再設計することは品質安定化サービス提供において極めて有望である。この観点から、機械から取得する情報項目を整備することで工作機械メーカが競争力ある品質安定化サービスプロバイダとなることが可能であると我々は考える。また、機械から取得する情報を、工作機械メーカ間で共通化する事で、工作機械メーカの違いを越えて超えて品質安定サービスを提供できると考える。

４．考察

本年度は、昨年実施した実証実験が想定していたサービス内容を拡張する形で、(1)保全・復旧作業の自動化サービス、(2) 品質安定化サービスの2つのサービスを対象に、ビジネスビュー、ユーセージビューの設計を行った。これらのサービスは、工作機械メーカを主要なメンバーとする本委員会によって検討したため、工作機械のユーザ、すなわち、実際の製造事業者にとっての魅力や便益を客観的に評価することができなかった。設計したサービスをユーザ目線から評価するとともに、サービス内容を更新すること、さらには、ユーザにとってさらに魅力的なサービス内容を探索、発見することは今後の課題である。なお、付録１にインターフェースワーキンググループメンバーで検討したサービス内容（ユーザにとって提供可能な価値）をまとめた。

本年度はIIRAのビジネスビュー、ユーセージビューに着目して3章のサービス設計を行った。これらのモデル化指針は、議論の粒度や抽象度をメンバー間で揃え、設計したサービス内容を相互に伝達する上で極めて有効であった。しかし、一方で、ユーザ企業に提供するべきサービス内容を、ビジネスビューやユーセージビューから書き下すのは、メンバーにとって必ずしも容易ではなかった。サービス設計を実施したメンバーの専門的バックグラウンドが工作機械そのものの機能設計であったことも理由の一つであるとも考えられるが、これらのモデリング指針は、必ずしもサービス内容の発見やシンセシスに適しているわけではないということを示唆している。実際に、サービス内容を検討するにあたっては、図3.2.3.1に示したような、登場人物や、工作機械や設備などの間の情報の流れと、その順序を記載した記述から設計を始めることが有効であった。このことはサービス内容を相互に理解可能、伝達可能な形で表現することと、サービス設計のアイデアを得るための表現形式は、必ずしも一致しないことを示唆している。サービス内容を発見、設計するのに有効なモデル表現形式を検討するとともに、それを用いたサービス設計手順を作成することは今後の課題である。2017 年度に本委員会は物理的な実体（登場人物や、設備、材料など）とそのサイバー空間

上の対応物との間の相互作用の記述を通じてサイバーフィジカル生産システムにおけるサービス内容を設計することを試みている。今年度の設計結果を踏まえ、サービス設計のためのモデル記述にかかるルールおよび手順を明確化することについても、今後検討を行いたい。

５．結論と展望

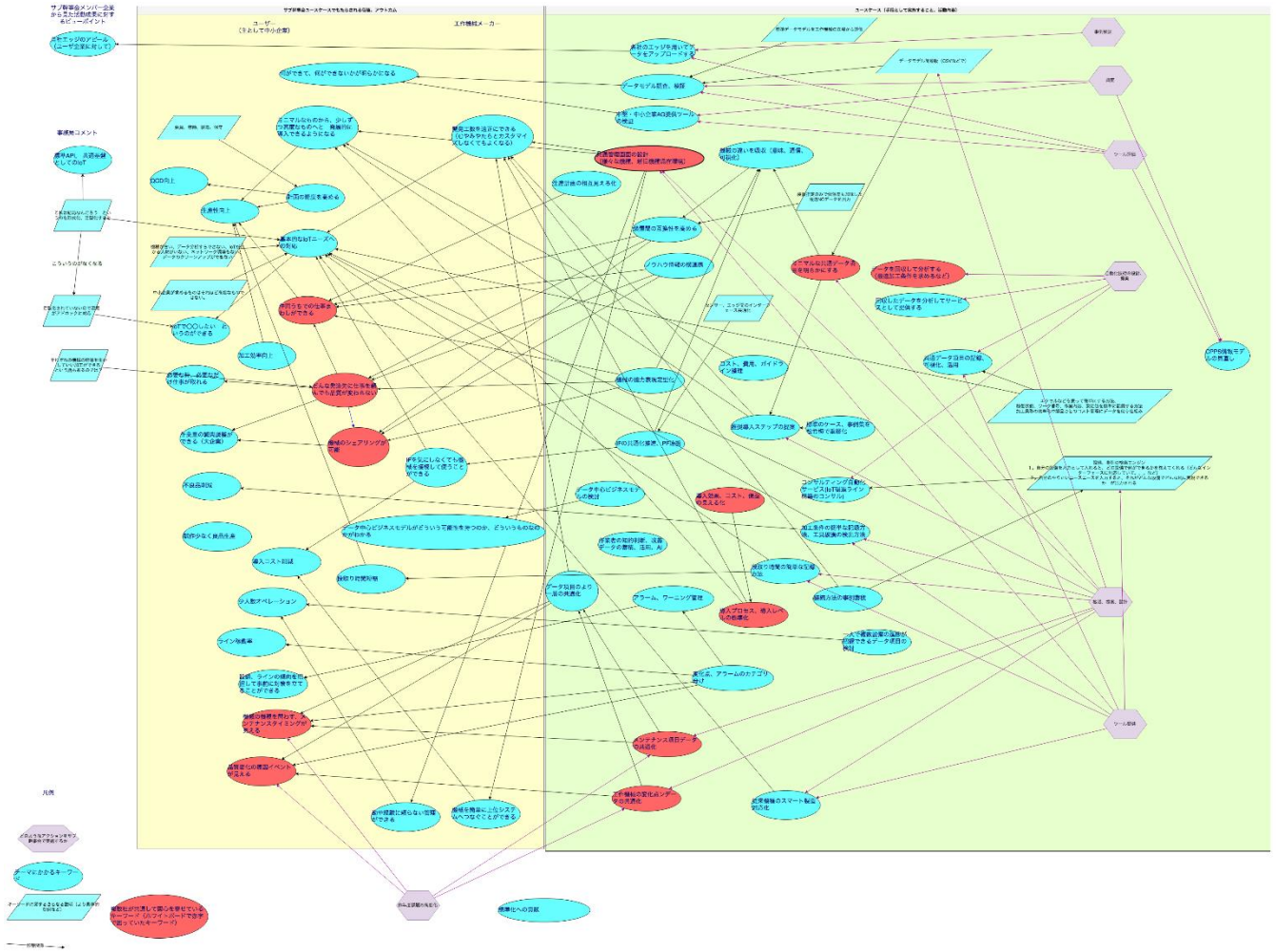
工作機械メーカが提供している特定機種に依存せず、機種間の差異を吸収し、汎用的なサービスを設計するための共通インターフェースを設計することを目的として、本年度は (1)保全・復旧作業の自動化サービス、(2) 品質安定化サービスの 2 つのサービスを対象に、ビジネスビュー、ユーセージビューの設計を行った。さらに、ビジネスビュー、ユーセージビュー作成を通じて当該サービス提供に必要となる情報項目と、その情報が誰から、あるいは、どこから取得されるかを明らかにした。

以上の設計結果は、工作機械メーカが当該サービスプロバイダとなる際に一定の優位性を持つことを示唆している。今後、当該サービス実現のために、工作機械から取得されるべき情報と、それら情報をどのように活用して、何を求めるのかを明らかにすることで、工作機械メーカならではのサービスシナリオを詳細化するとともに、その実現のための共通データ項目の選定を行いたい。

参考文献

[1] Industrial Internet Consortium, 2017, The Industrial Internet of Things Volume G1: Reference Architecture Ver.1.8, https://www.iiconsortium.org/IIC_PUB_G1_V1.80_2017-01-31.pdf

[2] Moen R, Norman C. Evolution of the PDCA cycle. 2006.



付録１　ユーザに提供可能なサービス・価値の検討結果

IoTによる製造ビジネス変革WG　産業機械サブ幹事会
メンバリスト

（主査）		（敬称略）
早稲田大学	人間科学学術院 教授	可部 明克
（副主査）		
産業技術総合研究所	サイバーフィジカルセキュリティ研究センター ソフトウエア品質保証研究チーム　研究チーム長	大岩　寛
		（五十音順）
オークマ	取締役副社長（サービス本部、品質保証本部、等担当）	家城　淳
産業技術総合研究所	製造技術研究部門　モデルベース設計製造研究グループ長	近藤　伸亮
ジェイテクト	常務取締役　工作機械・メカトロ事業本部　本部長	加藤　伸仁
ＤＭＧ 森精機	専務取締役　Ｒ＆Ｄカンパニープレジデント	藤嶋　誠
東芝機械	工作機械事業部　副事業部長	稲津　正人
日立製作所	モノづくり戦略本部　生産技術強化推進部　主管技師	浜岡　昭夫
ファナック	取締役専務執行役員　研究統括本部長	松原　俊介
富士通	産業・流通営業グループ プリンシパル・コンサルタント	熊谷　博之
三菱電機	ＦＡシステム事業本部 産業メカトロニクス事業部 技師長	安井　公治
ヤマザキマザック	生産本部　生産管理部　執行役員　部長	稲靏　勇
経済産業省	製造産業局　デジタル戦略官	三上　建治
	総務課　課長補佐	住田　光世
	産業機械課長	玉井　優子
	産業機械課　課長補佐	潮崎　雄治
	産業機械課　係長	山下　崇博
一般社団法人　日本工作機械工業会　技術部長		大槻　文芳

（2019.3.31 時点）

IoTによる製造ビジネス変革WG　産業機械サブ幹事会
インタフェース検討作業Gメンバリスト

（主査）　（敬称略）

産業技術総合研究所	製造技術研究部門	
	モデルベース設計製造研究グループ長	近藤　伸亮

（副主査）

産業技術総合研究所	サイバーフィジカルセキュリティ研究センター	
	ソフトウエア品質保証研究チーム　研究チーム長	大岩　寛

【五十音順】

オークマ	ＦＡシステム本部 ＦＡ開発部 ＩＴプラザ開発部　課長	鷲見 仁
産業技術総合研究所	製造技術研究部門	
	モデルベース設計製造研究グループ　主任研究員	高本　仁志
ジェイテクト	メカトロ制御技術部　制御ユニット開発室	
	ソフト開発グループ　主任	大崎 嘉太郎
ビー・ユー・ジーＤＭＧ森精機		
	制御開発本部　IoTコネクティビティー開発部 部長	高橋　雅史
日立製作所	モノづくり戦略本部　生産技術強化推進部　主管技師	浜岡　昭夫
ファナック	FIELD推進本部　アプリケーション開発技術部長	務台　明良
富士通	テクノロジ&ものづくり事業本部　ものづくり技術センター	
	先進加工センター　マネージャー	鶴田 紀雄
三菱電機	ＦＡシステム事業本部　ＦＡソリューション事業推進部	
	ＦＡソリューション部　技術企画グループ　専任	吉本 康浩
	名古屋製作所 ＮＣシステム部 ＮＣシステム開発グループ	
	グループマネージャー	長岡 弘太朗
ヤマザキマザック	ソリューション事業部　iSMARTシステム開発部	
	グループリーダー	青山　督

（オブザーバ）

富士通	ものづくりビジネスセンター　ものづくりプロモーション	
	企画部	山口　晃央

（2019.3.31時点）

シリーズ　スマートマニュファクチュアリングの実践

2016 年 4 月　工作機械を核とする加工プロセスの生産性向上
2017 年 3 月　現場力を活用するサイバーフィジカル生産システム
2018 年 4 月　工作機械の多様性を考慮した状態監視・可視化システムの協調設計と実証