

Title	IoT プラットフォームビジネス構築手法の提案 : サービス機能展開による価値創出の明示化
Author(s)	矢頭, 岳人
Citation	
Issue Date	2021-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/17202
Rights	
Description	Supervisor:内平 直志, 先端科学技術研究科, 修士 (知識科学)

修士論文

IoT プラットフォームビジネス構築手法の提案

—サービス機能展開による価値創出の明示化—

矢頭 岳人

主指導教員 内平 直志

北陸先端科学技術大学院大学

先端科学技術研究科

(知識科学)

令和3年3月

Abstract

This research deal with IoT platform business in manufacturing companies. Manufacturers have a lot of existing facilities and devices. They have value creation potential since they can be incorporated into the IoT platform. This study proposes a design method for IoT platforms. In this research, IoT platforms are assumed to include hardware devices and software.

In the manufacturing industry, it becomes crucial to make a profit due to the progress of commoditization. To get out of this situation, we need to create additional value from data in manufactured devices. In recent years, information technologies such as IoT, AI, Big Data are advancing increasingly. Additionally, platforms utilizing information technology have been built. From the standpoint of the manufacturing industry, although using existing devices is effective, it is not easy to balance additional sensors and benefits. Also, deploying to multiple services instead of a single service, the provided value will be improved. However, increasing demand makes decision-making difficult.

The main objective of this paper is to support decision-making for constructing IoT platform business. It requires a design method and an effective model to build IoT platform business. This paper surveys existing platforms to make a model creating value from data. A design method is proposed by using the model. Finally, this paper evaluates the method to confirm that the proposal is achieved.

IoT platforms have many stakeholders and components. To identify them, examining the cases of existing IoT platform business. This paper proposes a model from these results. This model has stakeholders, components, and additional value layers. The layers have business, service, function, and technology layers. Using these layers can conduct creation value from data.

There have been many papers on designing IoT systems and designing platforms. However, there has been little research on designing IoT platform. This paper proposes a design method for IoT platforms. This method uses the model given above. It focuses on services and analyzes value creation. This paper calls the method “Service function deployment”.

An experiment is conducted to evaluate the proposed method. It has a comparison of two methods. One method is “Service function deployment”, the other is a class diagram. A class diagram is a famous method for structural design. Participants of the experiment are ten people. Eight people are designers. 2 people are evaluators. The designers use templates to design platforms and evaluate methods. The evaluators confirm completed templates and evaluate them from the management’s point of view. “Analytic hierarchy

process” is adopted as the evaluation method.

In the designer's perspective evaluation, a class diagram superior to "Service function deployment" in terms of almost all. Designers tend to prefer a class diagram for design. In the management perspective evaluation, “Service function deployment” is superior to a class diagram in terms of attractiveness. Because “Service function deployment” enables clarification of value creation from data.

In conclusion, “Service function deployment” enables IoT platforms to create additional value. Although “Service function deployment” is adequate for decision making, a class diagram should also be used in another phase. In the designer’s opinion, a class diagram is an effective way to get a bird’s eye view of the entire design. In future research, a proposal that mixes the two methods is needed.

目次

第 1 章 序論	1
1.1 研究の背景	1
1.2 研究の目的とリサーチ・クエスチョン	7
1.3 研究の方法	8
1.4 本論文の構成.....	8
第 2 章 先行研究レビュー	10
2.1 IoT システム設計に関する先行研究	10
2.2 プラットフォーム設計に関する先行研究.....	14
2.3 先行研究と本研究との差異	17
第 3 章 IoT プラットフォームビジネスのステークホルダーと構成要素の分析	18
3.1 IoT プラットフォーム事例	18
3.1.1 Amazon Echo.....	18
3.1.2 日本エレクトロヒートセンター 厨房機器共通 IoT プラットフォーム	20
3.1.3 三菱電機 電力 IoT プラットフォーム	22

3.1.4 シップデータセンター 船舶データ収集プラットフォーム	24
3.2 ステークホルダーと構成要素についての考察.....	26
第4章 IoTプラットフォームビジネス設計手法の提案	31
4.1 提案手法.....	31
4.2 提案手法の実施例	35
4.2.1 ビジネスとサービスの分析.....	38
4.2.2 機能とテクノロジーの分析	40
4.2.3 サービス機能展開.....	41
4.2.4 コストワース分析.....	43
第5章 IoTプラットフォームビジネス設計手法の評価	45
5.1 設計記述実験の目的.....	45
5.2 設計記述実験の概要.....	45
5.3 実験概要説明.....	49
5.4 ドメイン知識教育	50
5.5 設計知識教育.....	51
5.6 設計作業.....	52
5.7 評価知識教育.....	58
5.8 設計者視点評価作業.....	60

5.9 経営者視点評価作業.....	64
5.10 アンケート（設計者）.....	68
5.11 アンケート（経営者）.....	72
第6章 結論.....	75
6.1 本研究のまとめ.....	75
6.2 リサーチ・クエスチョンに対する回答.....	76
6.3 理論的含意.....	80
6.4 実務的含意.....	81
6.5 本研究の限界と将来研究への示唆.....	82
参考文献.....	84
付録.....	88
謝辞.....	93

図目次

図 1-1	主要デジタル家電機器の価格推移	1
図 1-2	コモディティ化の要因	2
図 1-3	製造業における ROE の国際比較	3
図 1-4	全世界のデータ量の増加.....	3
図 1-5	広義の IoT	4
図 1-6	業種横断的なプラットフォーム形成.....	5
図 2-1	Value Design.....	10
図 2-2	IoT サービス向けビジネスモデルキャンバス	11
図 2-3	ゴールの分解による要求分析	12
図 2-4	IoT システム向けの拡張ドメインモデル	13
図 2-5	Sensing as a service モデル.....	15
図 2-6	QFD による 4 フェーズアプローチ	16
図 3-1	Amazon Alexa エコシステム	18
図 3-2	Domino's ANYWARE	19
図 3-3	厨房機器共通 IoT プラットフォーム概要図.....	20

図 3-4	マーケットプレイスサービス構成例.....	21
図 3-5	電力 IoT プラットフォーム構想	22
図 3-6	電力 ICT ソリューション	23
図 3-7	船舶データ集約・利用概念	25
図 3-8	ステークホルダーカテゴリとデータ利用関係	26
図 3-9	ステークホルダーとプラットフォーム構成要素のモデル.....	28
図 3-10	付加価値レイヤーモデル.....	29
図 4-1	展開表の例	31
図 4-2	各レイヤーの関連付け	32
図 4-3	品質機能展開とサービス機能展開の関係.....	33
図 4-4	サービス機能展開とコストワース分析	34
図 4-5	既存設備を活用した IoT プラットフォームのイメージ	35
図 4-6	サービスの提供のイメージ	36
図 4-7	サービス機能展開とコストワース分析の実施概略フロー.....	37
図 4-8	ビジネスとサービスの分析	38
図 4-9	ブレインストーミングの実施.....	39
図 4-10	機能とテクノロジーの分析.....	40
図 4-11	サービス機能展開の簡略図	41

図 4-12	重要度の算出（二元表と数式）	42
図 4-13	コストワース分析の実施例	44
図 5-1	実験作業と実験目的の関係	48
図 5-2	実験概要説明資料（抜粋）	49
図 5-3	ドメイン知識教育資料（抜粋）	50
図 5-4	設計知識教育資料（抜粋）	51
図 5-5	クラス図テンプレート概略図	53
図 5-6	サービス機能展開テンプレート概略図	53
図 5-7	顧客要求の記載	55
図 5-8	ビジネスとサービスの対応記載	55
図 5-9	コストワース分析	56
図 5-10	評価知識教育資料（抜粋）	58
図 5-11	AHP の例	59
図 5-12	設計者視点 評価基準の重みのグラフ	61
図 5-13	設計者視点 基準別評価のグラフ	62
図 5-14	設計者視点 総合評価のグラフ	63
図 5-15	経営者視点の評価基準の重み	65
図 5-16	経営者視点 基準別評価	66

図 5-17 経営者視点 総合評価	67
-------------------------	----

表目次

表 3-1	各事例のステークホルダー	27
表 3-2	各事例の構成要素	27
表 3-3	付加価値レイヤーと事例の対応	30
表 5-1	参加者属性	46
表 5-2	グループ毎の作業分担	46
表 5-3	設計記述実験の流れ	47
表 5-4	設計テンプレートと作業グループ	52
表 5-5	各設計テンプレートの作業	54
表 5-6	設計者視点の評価基準内容	60
表 5-7	設計者視点 評価基準の重みの値	61
表 5-8	設計者視点 基準別評価の値	62
表 5-9	設計者視点 総合評価の値	63
表 5-10	経営者視点の評価基準内容	64
表 5-11	経営者視点 評価基準の重みの値	65
表 5-12	経営者視点 基準別評価の値	66

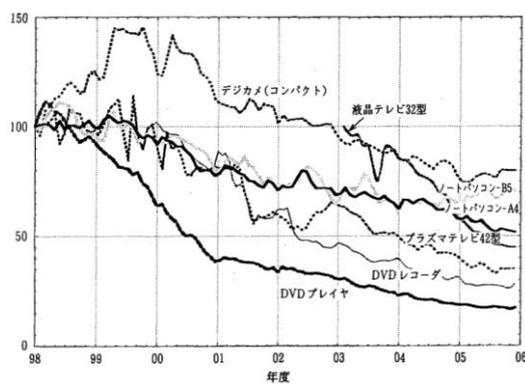
表 5-13	経営者視点 総合評価の値	67
表 5-14	設計者向けアンケート質問	68
表 5-15	各手法のメリットとデメリットの意見（設計者）	70
表 5-16	経営者向けアンケート質問	72
表 5-17	各手法のメリットとデメリットの意見（経営者）	73

第1章 序論

本章では、IoT（Internet of Things）プラットフォームビジネス構築に関する研究に取り組むに至った背景や課題について記述する。また、研究の目的とリサーチ・クエスチョンを定義し、本研究の研究手法と対象とする領域について述べる。

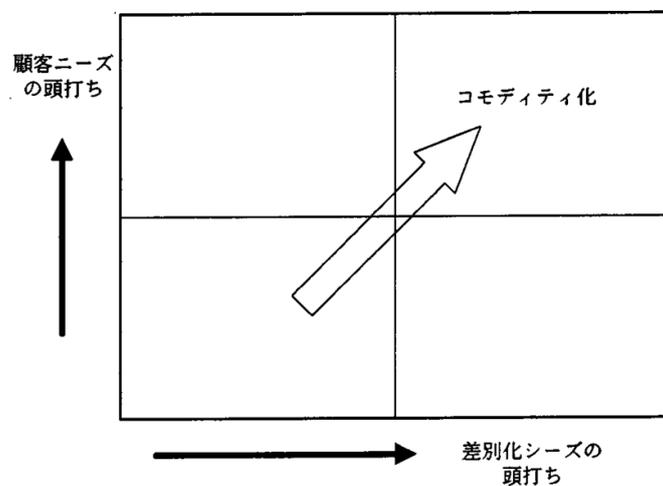
1.1 研究の背景

製造業において、優れた製品を開発しても図 1-1 に示すように急激な価格低下により利益に結び付けることが困難な状況となるコモディティ化の発生が問題となっている。図 1-2 に示すようにコモディティ化の要因としては、モジュール化およびモジュールの市場化による“差別化シーズの頭打ち”と基本機能充足による“顧客ニーズの頭打ち”がある（延岡 2006: 2-5）。



((延岡 2006: 13) 付図 2 より引用)

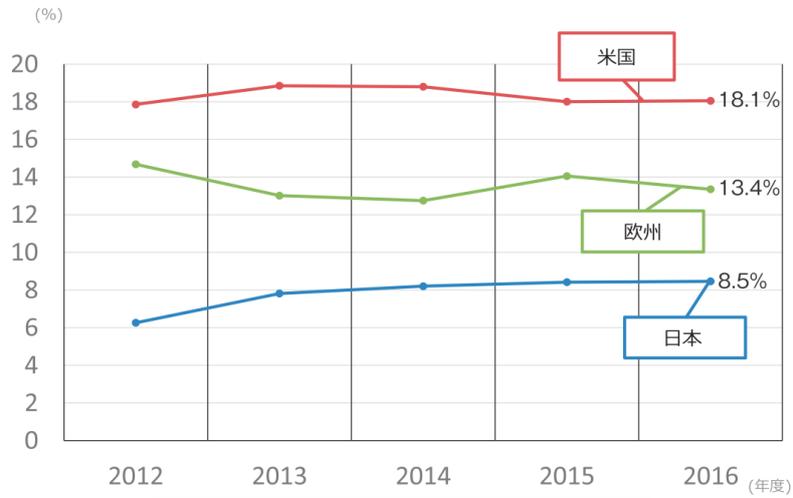
図 1-1 主要デジタル家電機器の価格推移



((延岡 2006: 2) 図 1 より引用)

図 1-2 コモディティ化の要因

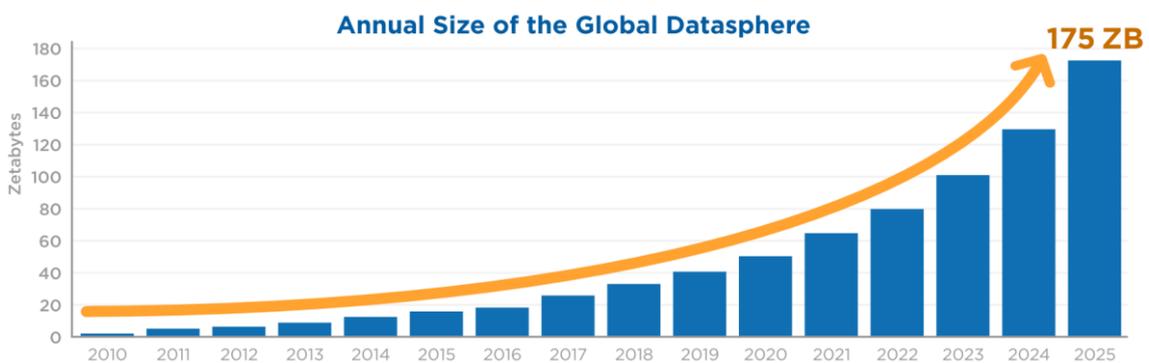
製造業が付加価値獲得を示す指標として ROE が用いられる。図 1-3 のように日本、米国および欧州の製造業主要企業の ROE を比較すると、日本は常に低い状態にある。そのため、日本の製造業における低収益性が課題となっている。コモディティ化が進む状況において、業務の効率化や合理化の推進だけでなく、新たな付加価値の創出が求められている。ハードウェアとソフトウェアを統合したソリューションにより、データ資源を活用した付加価値創出を実現し、確実に対価を得る必要がある (経済産業省 2018: 35-36)。



((経済産業省 2018: 35) 図 115-5 より引用)

図 1-3 製造業における ROE の国際比較

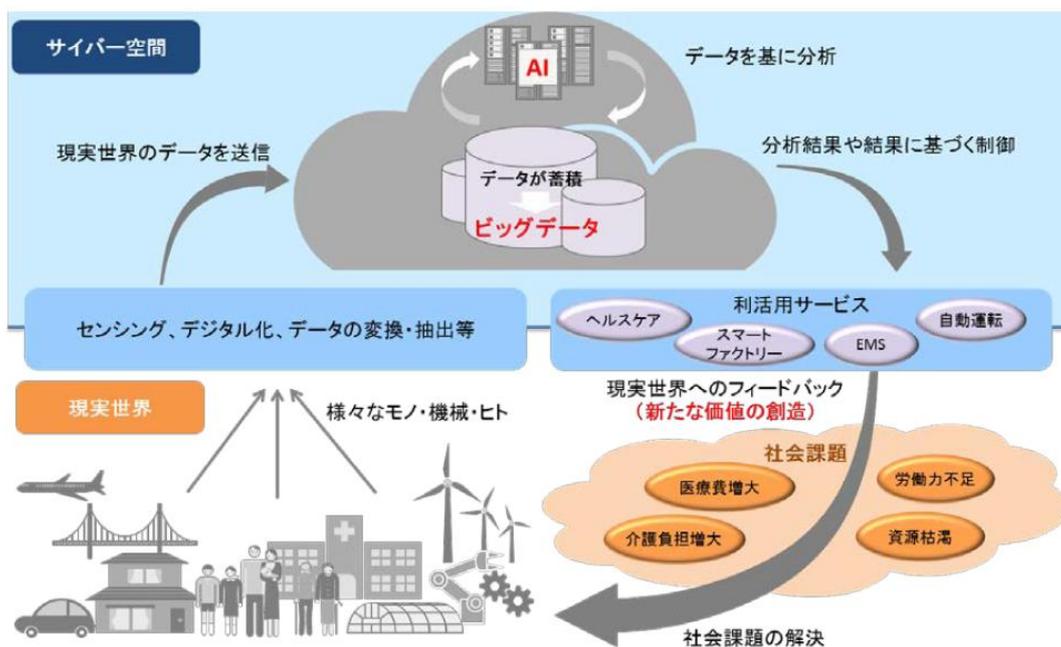
IDC(2018)によれば、図 1-4 のように、2025 年に全世界のデータ量は、175ZB まで増加すると予想されている。また、175ZB のうちの 90ZB は、数十億の IoT デバイスによって生成されるものと考えられている。(IDC 2018: 2-6)



((IDC 2018: 6) Figure 1 より引用)

図 1-4 全世界のデータ量の増加

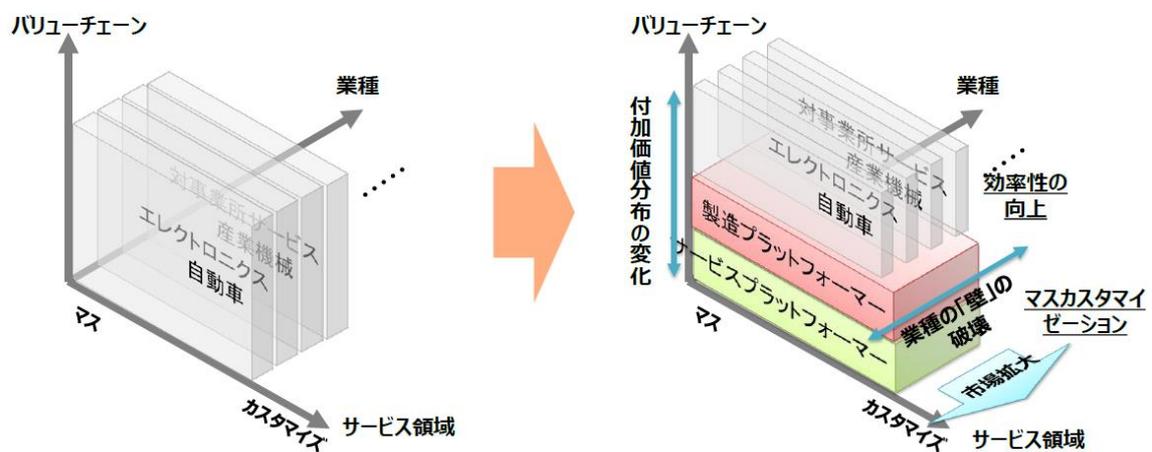
経済成長への貢献が期待されている ICT 技術として、IoT、ビッグデータ、AI がある。IoT によりデータ収集・見える化を実現し、データを多角的かつ時間軸に従い蓄積・保管することでビッグデータ化し、蓄積されたデータを AI により分析を行うことで、未来の予測が可能となる。これらの一連の包括的な技術を「広義の IoT」と呼ぶ。「広義の IoT」を活用することにより、付加価値の創出が実現可能となり、企業の経済活動の向上にとどまらず、社会の継続的発展に寄与する社会経済インフラを構築することが期待できる（総務省 2016: 6-7）。「広義の IoT」による価値創出実現の概念を図 1-5 に示す（三菱総合研究所 2016: 16）。



((三菱総合研究所 2016: 16) 図表 2-1-2-3 より引用)

図 1-5 広義の IoT

近年の IoT, ビッグデータ, AI などの情報処理技術の進歩により, データ収集・分析・フィードバックが可能となった. それにより, 製品の機能および性能の向上を実現し, 製品の機能および性能から得られるサービスに価値が移行している. 製品から得られるデータそのものが価値源泉となっている. 先進的な IT 企業を中心に, 付加価値源泉であるデータを収集・分析・活用するプラットフォームを構築し, 競争力を高めている (経済産業 2016: 127). 情報処理技術を軸とした企業間連携により業種横断的なプラットフォームが形成され, 付加価値分布の変化を示した様子を図 1-6 に示す.



((経済産業省 2015: 25) より引用)

図 1-6 業種横断的なプラットフォーム形成

製造業の立場として、データ活用のビジネスを構築する場合は、既存設備を有効活用することが考えられる。そのとき、提供するサービス実現に不足するセンサー等の拡張が必要となるが、収益性とコストとのトレードオフを考慮したハードウェア構成検討が必要となる。また、収集したデータを活用して、提供価値を最大化することを検討する必要がある。単一サービスだけではなく、複数サービスに利用することで、提供価値は向上する。利用目的を増やすことで多様なステークホルダーからの要求が増加する。そのため前述のバランス調整が必要となり意思決定が難航することが課題となる。

1.2 研究の目的とリサーチ・クエスチョン

本研究目的は、製造業における IoT プラットフォームビジネス構築の意思決定を支援することである。本研究では、IoT プラットフォームビジネスを構築するための設計手法について提案および評価を実施する。メジャー・リサーチ・クエスチョン(MRQ)とサブシディアリー・リサーチ・クエスチョン(SRQ)を以下のとおり設定する。

MRQ: IoT プラットフォームビジネスを構築する際の意思決定をどのように支援するか？

SRQ1: IoT プラットフォームビジネスのステークホルダーおよび構成要素は何があり、それらはどのような関係にあるか？

SRQ2: IoT プラットフォームビジネスの価値創出を明示化するために、どのような設計手法があるか？

SRQ3: IoT プラットフォームビジネスの設計手法は、価値創出の明示化にどのように有効であるか？

1.3 研究の方法

本研究では，先行研究と先行事例の分析結果をもとに設計手法の提案を行い，設計記述実験により提案手法の評価を行う．本研究の対象は，既存設備を持つ製造業による IoT プラットフォームとする．プラットフォームは，ハードウェアとソフトウェアを含むものとする．

1.4 本論文の構成

本論文は本章を含めて全 6 章で構成される．それぞれの章の内容を以下に記す．

第 1 章：序論

本研究の背景，目的，研究方法および論文の構成を示す．

第 2 章：先行研究レビュー

本研究に関連する先行研究のレビューを実施して，先行研究と本研究の差異を述べる．

第 3 章：IoT プラットフォームビジネスのステークホルダーと構成要素の分析

本研究に関連する先行事例の調査および分析を実施する．ステークホルダーと構成要素を整理して考察をおこなう．

第4章：IoTプラットフォームビジネス設計手法の提案

先行研究および先行事例の分析結果をもとに，設計手法の提案を行う．

第5章：IoTプラットフォームビジネス設計手法の評価

提案した手法の実験および評価を行い，手法の有効性を検証する．

第6章：結論

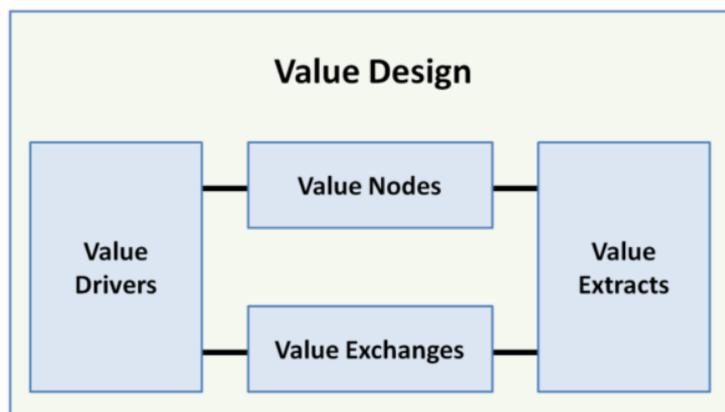
実験の評価結果について考察を行い，各リサーチ・クエスチョンに対して回答を行う．

第2章 先行研究レビュー

2.1 IoT システム設計に関する先行研究

Mika Westerlund ら(2014)は、IoT ビジネスモデルを設計する手法として“Value Design”を提案している (図 2-1)。“Value Design”は、4つの価値の柱である Value Drivers, Value Nodes, Value Exchanges および Value Extracts から構成される。ある動機 (Value Drivers) のもとで、価値創出・価値獲得をするアクター (Value Nodes) が価値交換 (Value Exchanges) をしており、収益可能なアクターおよび価値交換手段を抽出 (Value Extracts) するための手法である。

(Westerlund et al. 2014: 10-11)



((Westerlund et al. 2014: 11) Figure 1 より引用)

図 2-1 Value Design

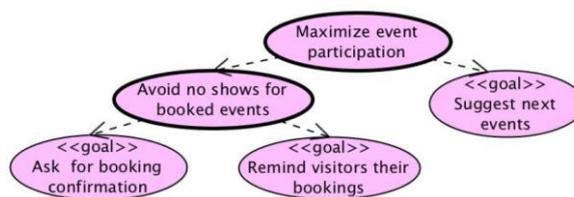
Jaehyeon Ju (2016) らは、IoT ビジネス向けの汎用的なフレームワークを提案している(図 2-2)。ビジネスモデルキャンバス(Osterwalder and Pigneur 2010)をベースとして、IoT ビジネスモデルの分析を行う。9つのブロック(顧客セグメント、価値提案、チャンネル、顧客との関係、収益、キーリソース、キーアクティビティ、キーパートナー、コスト構造)について、それぞれのブロックにIoT ビジネスとして必須の要素を記入する。ビジネス事業者は、必須要素を特定することで、IoT ビジネスモデルでの価値創出を実現する((Ju et al. 2016: 885-889))。

Key Partners	Key Activities	Value Propositions	Customer Relationships	Customer Segments		
<ul style="list-style-type: none"> · Software Developer · Data Analytics Company · Device Manufacturer 	<ul style="list-style-type: none"> · Product Development · Partner Management · Platform Integration 	<ul style="list-style-type: none"> · Convenience · Performance · Customization 	<ul style="list-style-type: none"> · Co-Creation 	<ul style="list-style-type: none"> · General Customer Segment · Vertical Market · Global Market 		
	<th>Key Resources</th> <td> <th>Channels</th> </td>		Key Resources		<th>Channels</th>	Channels
	<ul style="list-style-type: none"> · Sensors · Cloud Service (Software) · IoT Dedicated Network · Capability for Business Analytics 		<ul style="list-style-type: none"> · Internet · Mobile 			
<th>Cost Structure</th>		Cost Structure	<th>Revenue Streams</th>			Revenue Streams
<ul style="list-style-type: none"> · IT Cost · Maintenance 		<ul style="list-style-type: none"> · Profit sharing · Subscription fee · Product sales 				

((Ju et al. 2016: 887) Table 4 より引用)

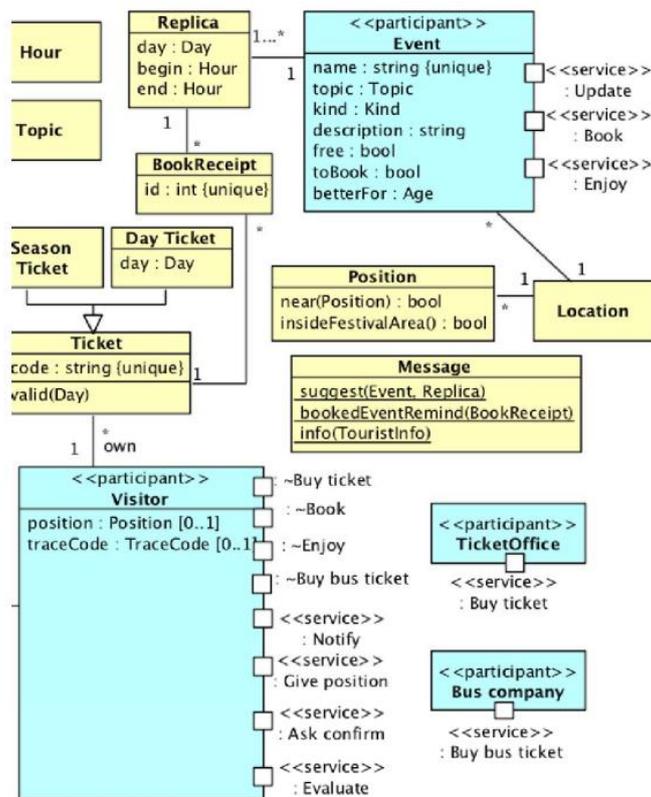
図 2-2 IoT サービス向けビジネスモデルキャンバス

Gianna Reggio (2018) は, UML (Unified Modeling Language) をベースとした IoT システムの要求仕様を抽出する手法を提案している. 初めにクラス図を簡略化したドメインモデルを作成する. 次に図 2-3 のようにアクターのないユースケース図を用いてゴールを記述して, 具体的に扱えるゴールに分解する. 図 2-4 のようにドメインモデルを拡張して, ゴールを達成するための実体・属性・操作を追加していく (Reggio 2018: 10).



((Reggio 2018: 13) Figure 6 より引用)

図 2-3 ゴールの分解による要求分析



((Reggio 2018: 15) Figure 7 より引用)

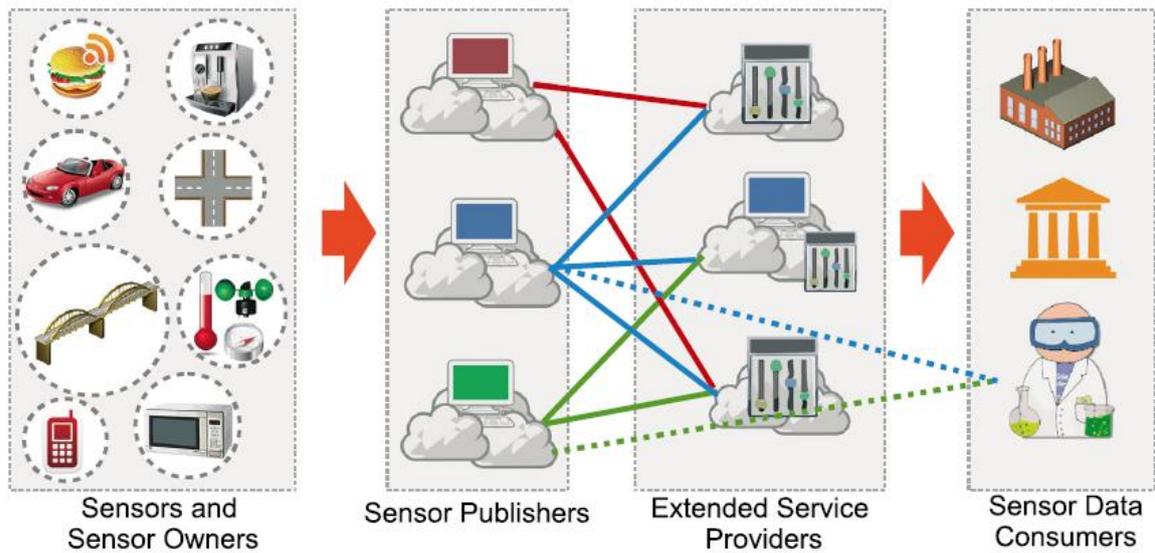
図 2-4 IoT システム向けの拡張ドメインモデル

S. Emre Alptekin (2017) は、IoT プロダクトの設計に QFD (Quality Function Deployment) (赤尾 1990) を採用している。エネルギー効率・リソース使用量の考慮による持続性を確保しつつ、顧客の一般的な要求である機能・価格・セキュリティ・プライバシーを満たすアプローチを提案している (Alptekin 2017: 28-30)。

Rui Yang Chen (2013) は、IoT ベースのシステムに対して、ビジネス運用における重要な信頼性・相互運用性・柔軟性への影響要因を定量評価するために Fuzzy Cognitive Map と Fuzzy QFD を用いるアプローチを提案している (Chen 2013: 1-2).

2.2 プラットフォーム設計に関する先行研究

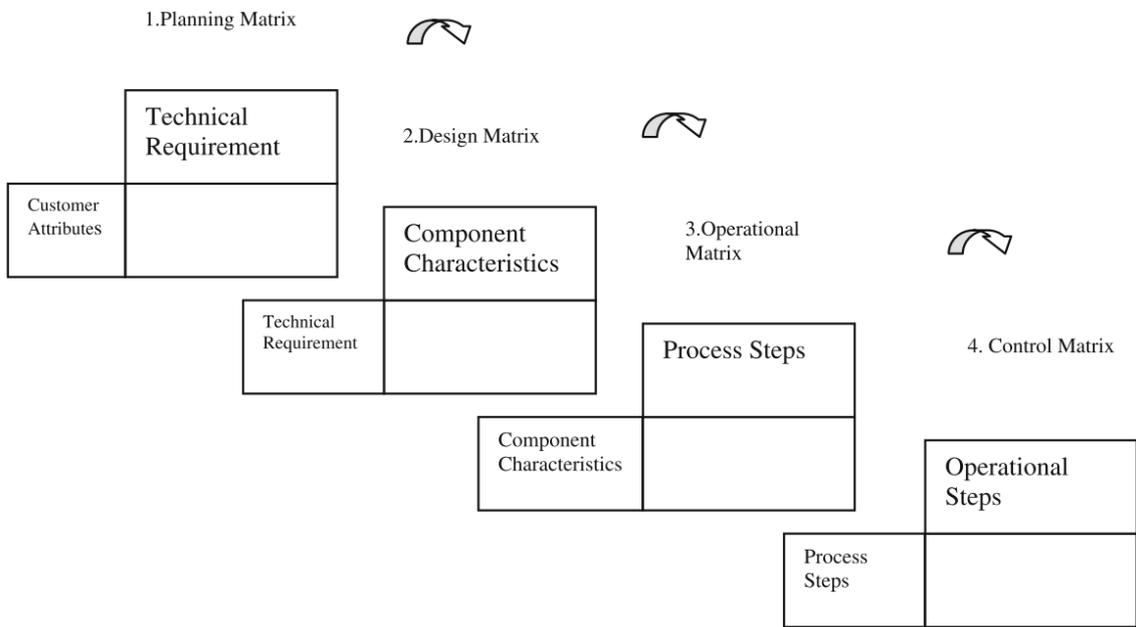
Charith Perera ら (2014) は、IoT 技術をベースとした“Sensing as a service”モデルを提案している (図 2-5)。センサーとセンサーオーナー、センサーパブリッシャー、拡張サービスプロバイダおよびセンサーデータコンシューマの四層で構成されるモデルである。センサーは、温度や湿度などの物理現象を計測するデバイスである。センサーパブリッシャーは、センサーオーナーから許可を得て、センサーデータをクラウドに転送・公開する。サービスプロバイダは、センサーデータにサービスを付加して価値を提供する。センサーデータコンシューマは、センサーデータの利用者であり、主に政府、企業、学術団体である。このモデルを用いることで、データ取得コスト削減やデータ再利用などを実現し、イノベーション促進が期待できる (Perera et al. 2014: 83-89)。



((Perera et al. 2014: 83) Figure 3 より引用)

図 2-5 Sensing as a service モデル

Fereydoon Jariri ら (2008) は、自動車のプラットフォーム設計に QFD を用いることを提案している。自動車業界では、プラットフォーム戦略が重要視されている。プラットフォーム意思決定のために、QFD を組み込んだ分析手法を用いる。図 2-6 のように、顧客ニーズと技術要件、技術要件とコンポーネント特性、コンポーネント特と対プロセスステップおよびプロセスステップと運用ステップの 4 段階の展開を行う (Jariri et al. 2008: 419-420)。



((Jariri and Zegordi 2008: 420) Figure 1 より引用)

図 2-6 QFD による 4 フェーズアプローチ

2.3 先行研究と本研究との差異

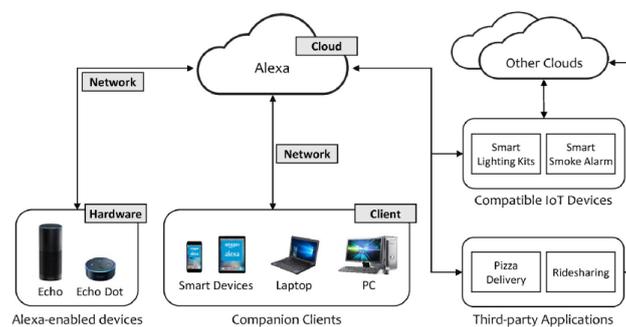
先行研究では、IoT システムの設計およびモデル化、プラットフォームの設計およびモデル化を行っているが、IoT プラットフォームの設計を具体的に示したものが無い状況にある。既存のプラットフォーム設計では、プロダクトを中心とした要求や運用との関連付けを行う。それに対して、IoT プラットフォームは、デバイスが生成したデータから価値創出を行う。価値を提供する基盤であるため、プロダクト中心のアプローチが有効ではない可能性がある。本研究では、IoT プラットフォーム事例について分析およびモデル化を行い、そのモデルを元に設計手法を提案する。

第3章 IoT プラットフォームビジネスのステークホルダーと構成要素の分析

3.1 IoT プラットフォーム事例

3.1.1 Amazon Echo

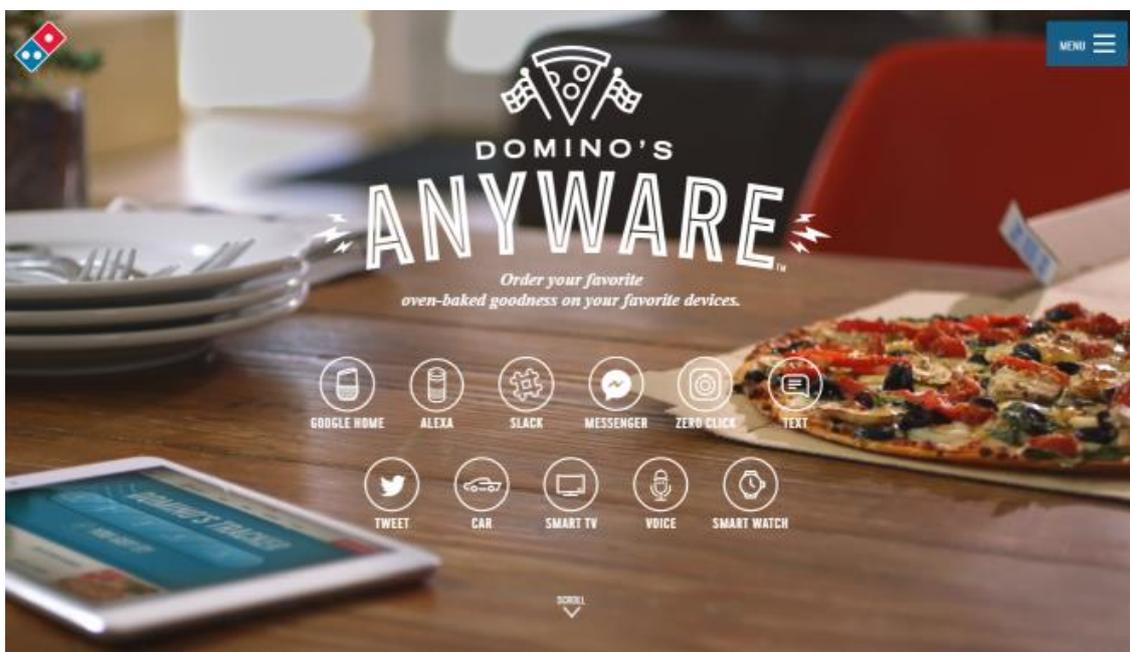
Amazon Echo とは、Amazon が開発しているスマートスピーカーであり、同社が提供する Amazon Alexa という音声認識機能により、様々なサービスを実現する。具体的には、TODO リスト管理、音楽再生、アラーム設定、注文、検索および他のスマートデバイス制御などがある。また、音声によりサードパーティのサービスを制御することが可能である (Chun et al. 2017: S15-S16)。 Amazon Alexa エコシステムの概要を図 3-1 に示す。この図の例では、サードパーティのアプリケーションとして、フードデリバリーやライドシェアなどがある。



((Chung 2017: S16) Figure 1 より引用)

図 3-1 Amazon Alexa エコシステム

ピザチェーン店であるドミノピザは、Domino's ANYWARE（図 3-2）という注文プラットフォームを開発している。Amazon Echo との連携が可能であり、Domino's の Alexa スキルを追加することで利用可能となる。Alexa を経由して、注文をすることで、事前に登録した住所へピザが配達される（Domino's 2021）。



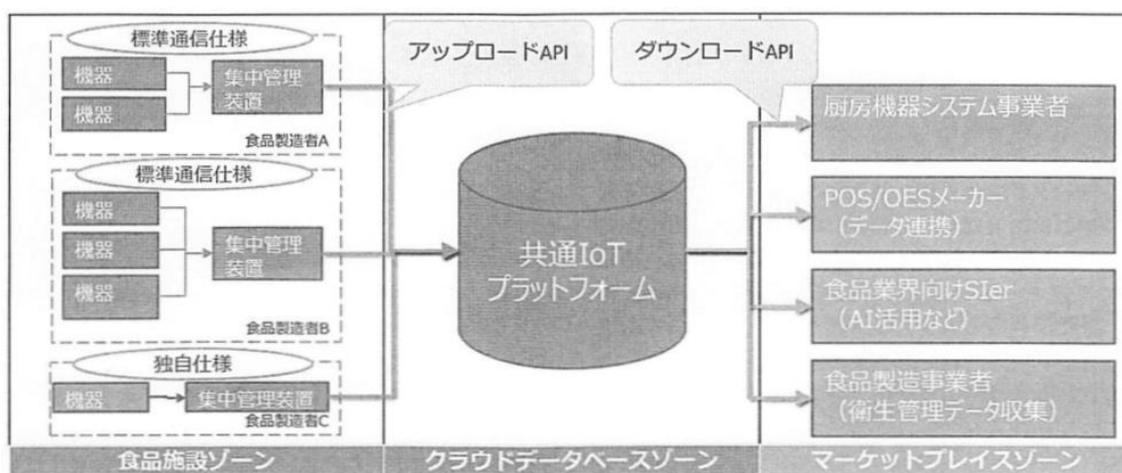
((Domino's 2021) より引用)

図 3-2 Domino's ANYWARE

3.1.2 日本エレクトロヒートセンター 厨房機器共通 IoT プラットフォーム

2020年6月1日より HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point) という食品の原材料入荷から製品出荷までの全工程を管理して安全性を確保する手法に沿った衛生管理が義務化された。

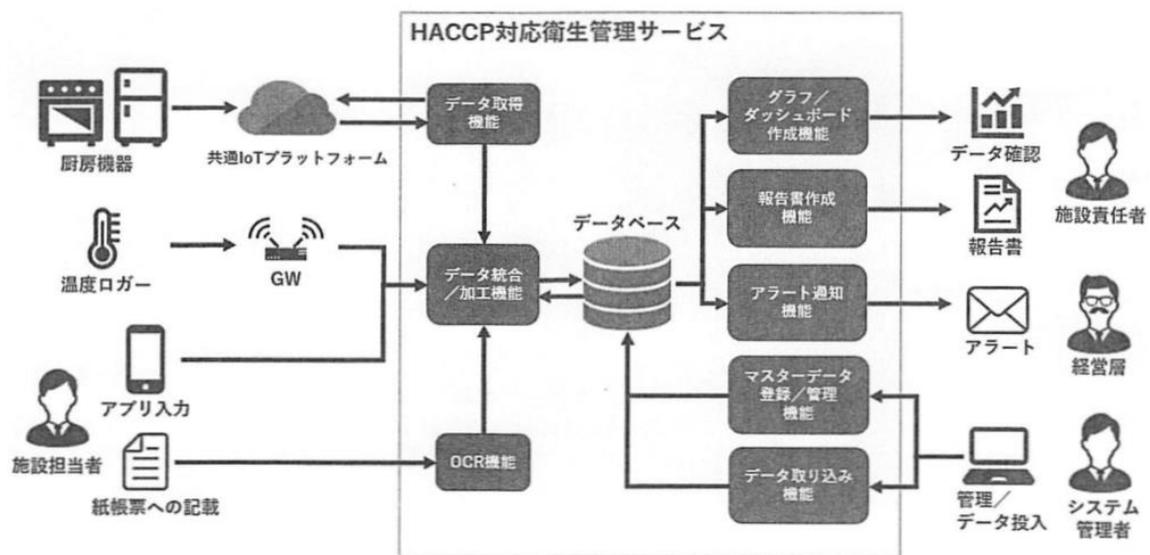
HACCP の制度化に伴い、食品業界では、食の安心・安全を守る取り組みが加速すると同時に、厨房向け IT システムの開発が本格化している。そのような状況のため、厨房機器メーカーや各業界団体から構成されるワーキンググループでは、データを一元管理する共通 IoT プラットフォーム (図 3-3) の開発が必要であるという結論となった (北川 2020: 15)。



((北川 2020: 16) 図 3 より引用)

図 3-3 厨房機器共通 IoT プラットフォーム概要図

厨房機器データを活用することで、業務改善を進め、効率良く付加価値の高い業務を実現できる。厨房機器共通 IoT プラットフォームのデータを管理および活用するために、マーケットプレイスゾーンがある。マーケットプレイス側にもデータベースを持ち、施設と機器の結びつけはこちらで行い、ビジネスに活用できる状態とする。図 3-4 のように、IoT プラットフォームからのデータ取得以外に、スマートフォンアプリからのデータ入力、紙帳票の取り込みの入力を可能にする。また、ダッシュボード作成、報告書作成、アラート通知機能を入れることで、衛生管理を効率的に行うサービスを実現することができる（関口 2020: 32-36）。

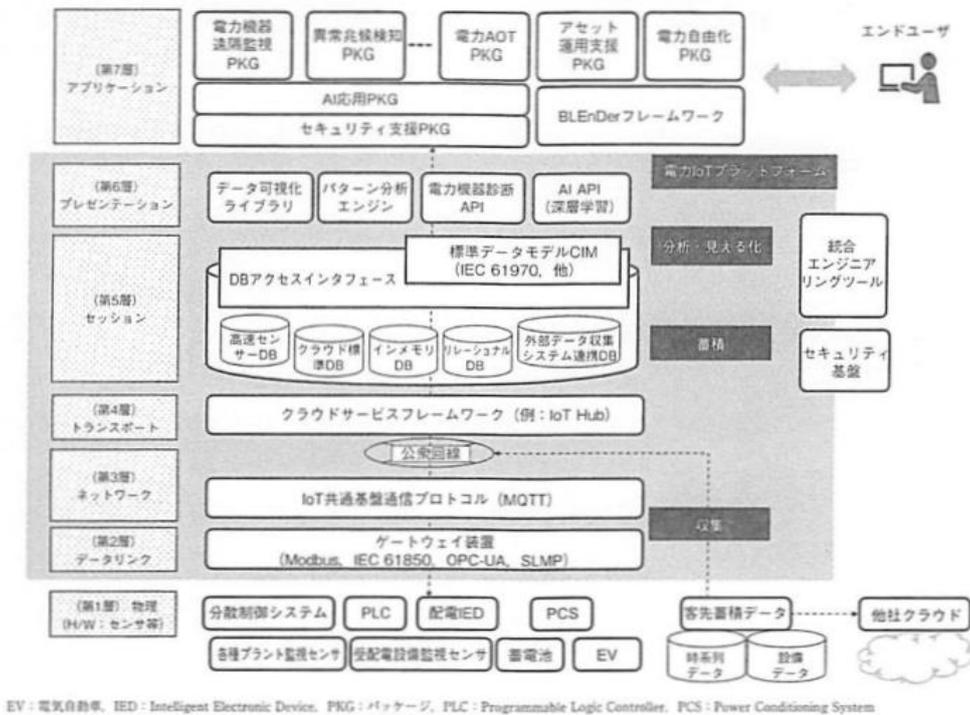


((関口 2020: 34) 図 4 より引用)

図 3-4 マーケットプレイスサービス構成例

3.1.3 三菱電機 電力 IoT プラットフォーム

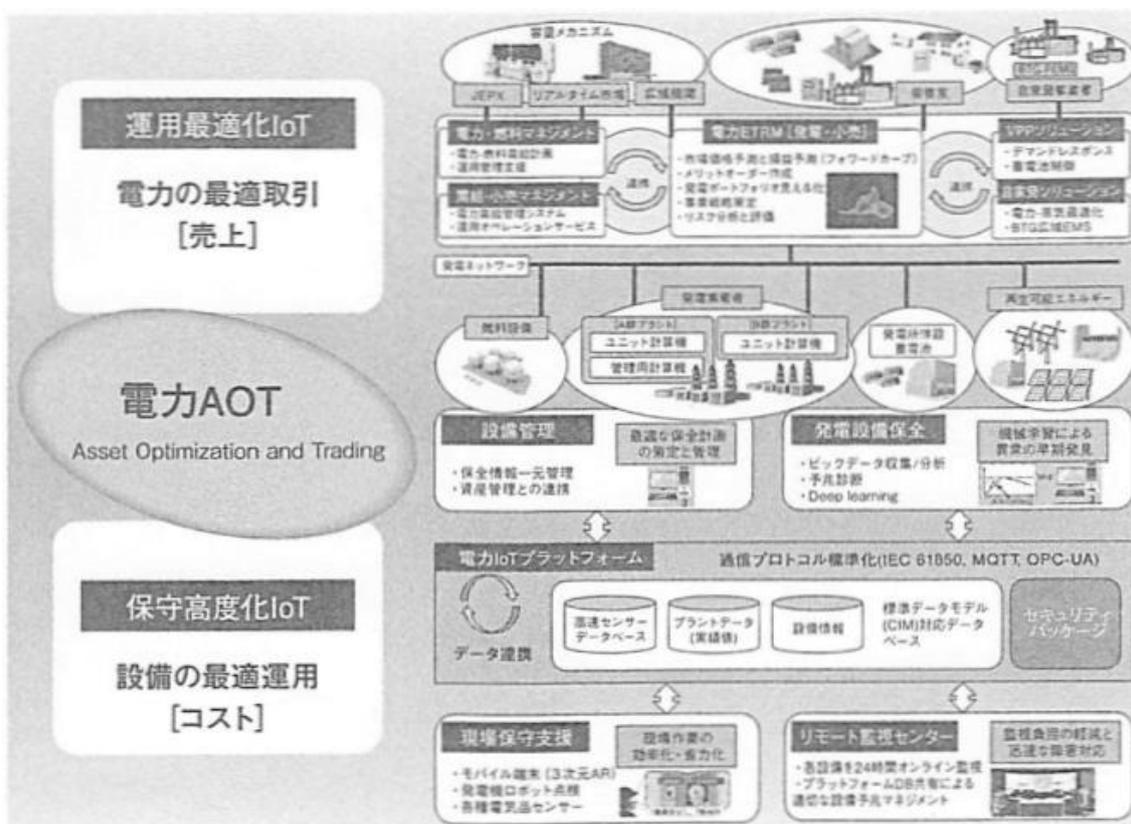
電力システム改革により、2020年4月より発送電分離が行われ、送配電部門の分社化が進められている。同時に、電力会社の業務系システムの分割・統合が行われ、ICT関連システムの需要が広がっている。また、電力自由化により小売り・発電部門では厳しい競争があり、事業価値を高めるためにビッグデータ活用による付加価値創出が必須となっている。センシング・制御・通信技術を活用した電力IoTプラットフォーム（図3-5）を構築し、ニーズに合うアプリケーション開発を加速させている（八十田ほか 2018: 3-4）。



((八十田ほか 2018: 5) 図3より引用)

図 3-5 電力 IoT プラットフォーム構想

図 3-6 に示すように、電力 IoT プラットフォームを活用して、ICT ソリューションを構築している。具体的には電力・燃料マネジメント、需給・小売りマネジメント、設備管理、設備保全、現場保守支援、リモート保守、異常検知などに活用されている（八十田ほか 2018: 5-6）。

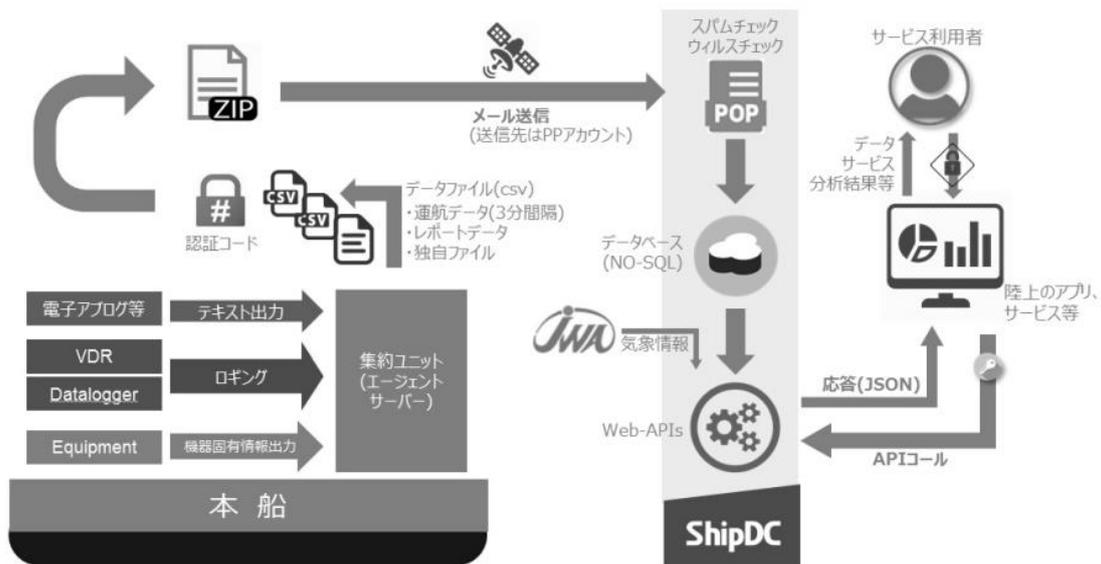


((八十田ほか 2018: 6) 図 4 より引用)

図 3-6 電力 ICT ソリューション

3.1.4 シップデータセンター 船舶データ収集プラットフォーム

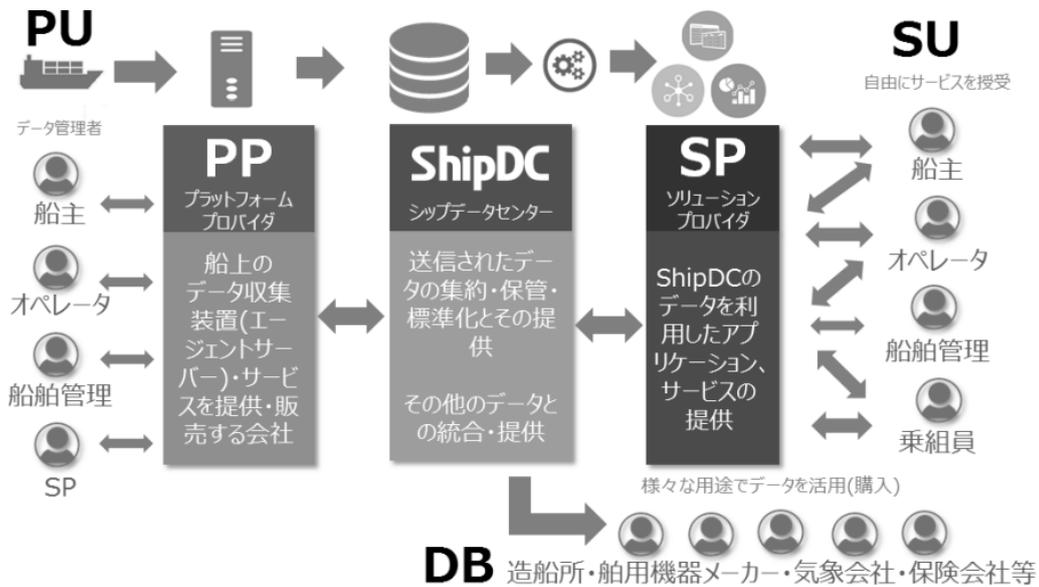
海事産業内では、航海機器や機関関係のセンサーを活用したサービスは過去より存在したが、船陸間の通信の制限により、利用範囲は限定的であった。現在では、通信技術および情報処理技術の進歩により、海事産業内においても船上の様々なデータを集約・活用する動きが進んでいる。日本船舶工業会では、データの標準化・共有化の国際規格化作業を推進し、データ活用の幅を広げる環境整備を進めている。また、公益性のあるデータ共有を実現するために、日本海事協会がシップデータセンターを設立して、業界内の IoT プラットフォームをオープン化した。図 3-7 に船舶データの集約方法と利用方法の概念図を示す。船上のデータを圧縮ファイルとしてメールに添付・送信するだけで、陸上に存在するデータベースへ保管される。保管されたデータについては、適切なアクセス制御により、許可のあるユーザーのみが取得可能なように管理されている（池田 2017: 70-71）。



((池田 2017: 71) 図 2 より引用)

図 3-7 船舶データ集約・利用概念

図 3-8 に示すように、業界内のステークホルダーカテゴリを定めている。カテゴリは、プラットフォームユーザー、プラットフォームプロバイダ、シップデータセンター、ソリューションプロバイダ、ソリューションユーザーおよびデータバイヤーに分類される (池田 2017: 70)。



((池田 2017: 71) 図 1 より引用)

図 3-8 ステークホルダーカテゴリとデータ利用関係

3.2 ステークホルダーと構成要素についての考察

各事例のステークホルダーと構成要素について分析を行った。ステークホルダーとしては、サービス利用者・サービス開発者・クラウド開発者・デバイス開発者に分類される。また、プラットフォーム構成要素は、クラウド・デバイスから構成される。各事例についてステークホルダーの対応表を表 3-1 に示す。また、構成要素の対応表を表 3-2 に示す。

表 3-1 各事例のステークホルダー

ステークホルダー	事例			
	スマートスピーカー	厨房機器	電力	船舶
サービス利用者	フードデリバリー等	食品製造事業者	電力事業者	海運
サービス開発者	サードパーティ	食品業界向けSIer	電力設備メーカー	サードパーティ
クラウド開発者	Amazon	SIer	電力設備メーカー	SIer
デバイス開発者	Amazon	厨房機器メーカー	電力設備メーカー	船舶系 SIer

表 3-2 各事例の構成要素

構成要素	事例			
	スマートスピーカー	厨房機器	電力	船舶
クラウド	Alexa	東芝 Meister RemoteX	三菱電機 INFOPRISM	富士通 (詳細非公開)
デバイス	Amazon Echo	冷蔵庫	発電設備	船上システム

図 3-9 にステークホルダーおよび構成要素の関係をまとめた。各開発者（サービス・クラウド・デバイス）により、プラットフォームを実装する。クラウド+デバイスによって構成されるプラットフォームをサービス利用者が利用する。サービス利用者は、直接または間接的に各開発者へ対価を支払う。これら

の関係が成立することで、プラットフォームが継続的に利用されることになる。

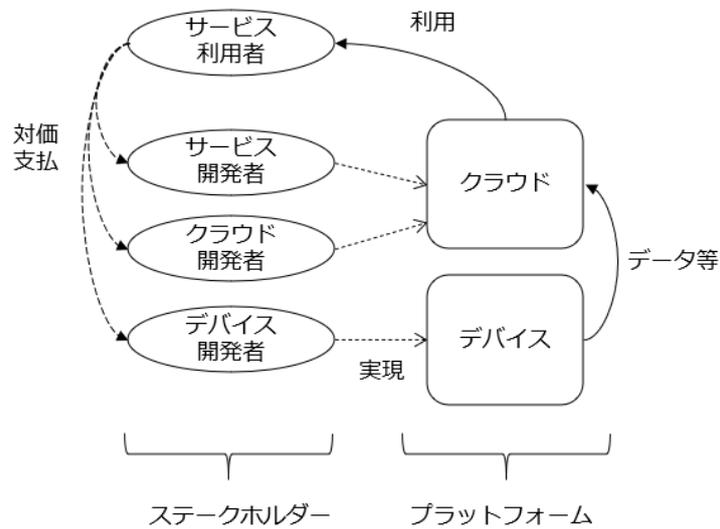


図 3-9 ステークホルダーとプラットフォーム構成要素のモデル

図 3-9 に示すステークホルダーおよびプラットフォーム構成要素のモデルに、データから価値提供までの流れを追加することを検討した。IoT では、センサーにより処理可能なデータを生成し、データを分析・意味付けすることで付加価値を創出する。図 3-10 に示す通り、テクノロジー・機能・サービス・ビジネスの 4 層により、データから情報、情報から価値、価値提供を実現するモデルを検討した。

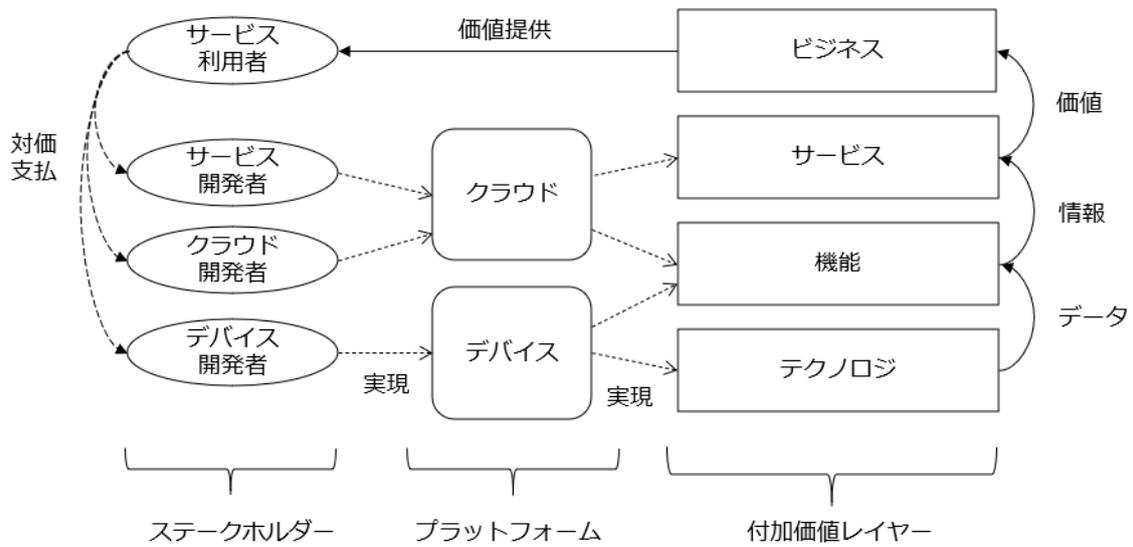


図 3-10 付加価値レイヤーモデル

表 3-3 に付加価値レイヤーと各事例の対応をまとめた。テクノロジー・機能・サービス・ビジネスの各レイヤーに対応する内容を記入することで、データから価値提供までの流れを具体的に示すことができることが分かる。

各ステークホルダーは、事例により兼任となるケースも多い。また、プラットフォームの構成要素であるクラウドとデバイスの境界位置にある機能をクラウド側かエッジ側で処理をするか十分検討する必要がある。

表 3-3 付加価値レイヤーと事例の対応

レイヤー	事例			
	スマート スピーカー	厨房機器	電力	船舶
ビジネス	フード デリバリー等	食品	発電プラント	海運
サービス	注文	衛生管理	異常兆候検知	運航状態管理
機能	音声認識	冷蔵庫内 温度管理	パターン判定	機器状態検出
テクノロジー	マイク	温度センサー	電流値検出	振動センサー

第4章 IoT プラットフォームビジネス設計

手法の提案

4.1 提案手法

3.2 節で考察した通り，データから付加価値創出を具体化するために，4層のレイヤー（テクノロジー・機能・サービス・ビジネス）を明確にする必要がある。各レイヤーの関連付けおよび分析を行うため，第2章で紹介した QFD を採用することにした。QFD とは，二元表を用いて，各要素間の対応強度を記入する手法であり，重要度分析を行うことができる（図 4-1）。先行研究においては，プラットフォームの設計や IoT システムの設計に利用実績がある。

品質特性			品質要素		操作性		電気的性能			
			一次	二次	携帯性 (6)	TRS特性 (7)	TS特性 (8)	消費電流	動作電圧範囲	周波数
1次	2次	3次			寸法	重量	電気的湿度特性			
1. 操作しやすい	11. 持ちやすい (1)	111 持ち運びしやすい	◎	◎	◎					
		112 小さくて持ちやすい	○	○						
		113 軽くて持ちやすい	◎	◎	◎					
		114 持った時安定感がある	◎	◎	◎					
		115 安定した置き方ができる	○	○	○					
	12. 操作中疲れない (2)	121 過度に重さがある								
		122 適度な大きさがある								
	13. 操作がわかりやすい (3)	131 使用方法がわかりやすい								○
		132 初心者でも操縦しやすい								○
	14. 楽に操作ができる (4)	141 小さくても操縦しやすい		○	○	○				
		142 表示が読みやすい								○

((赤尾 1990: 24) 表 2.4 より引用)

図 4-1 展開表の例

付加価値レイヤーの関連付けを行うため、各レイヤー間の二元表を作成して分析する(図 4-2)。QFD は展開する内容により、様々な展開がある。例えば、技術展開、コスト展開、信頼性展開、業務機能展開などがある(日本工業規格 2003: 178)。テクノロジー・機能・サービス・ビジネスを展開する手法をサービス機能展開(矢頭ほか 2019: A-7-03)と呼ぶ。

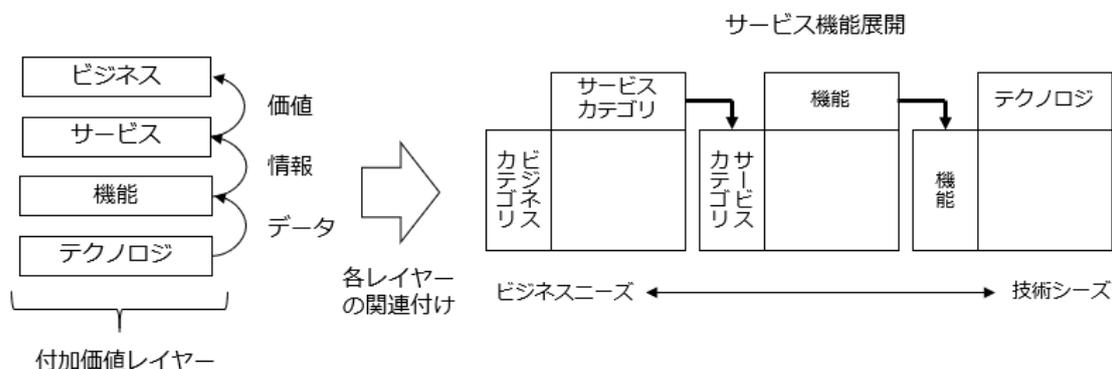


図 4-2 各レイヤーの関連付け

図 4-3 に、QFD とサービス機能展開の関係を示す。QFD では、要求品質、品質特性、機能の展開を行う。サービス機能展開では、ビジネス、サービス、機能、テクノロジーの展開を行う。QFD と要求品質とサービス機能展開のサービス、QFD の機能とサービス機能展開の機能の対応がある。

サービス機能展開では、IoT に必要なセンサーを表現するために、テクノロジーを追加している。元の QFD にも技術展開という方法があり、テクノロジーの拡張

は自然な考え方である。実装レベルに近づける詳細化と考えることができる。また、プラットフォーム性を確保するために、ビジネスを追加している。これは、利用範囲の拡張であり、元の QFD にはない考え方である。QFD は、1 プロダクトを中心とした設計アプローチのためである。

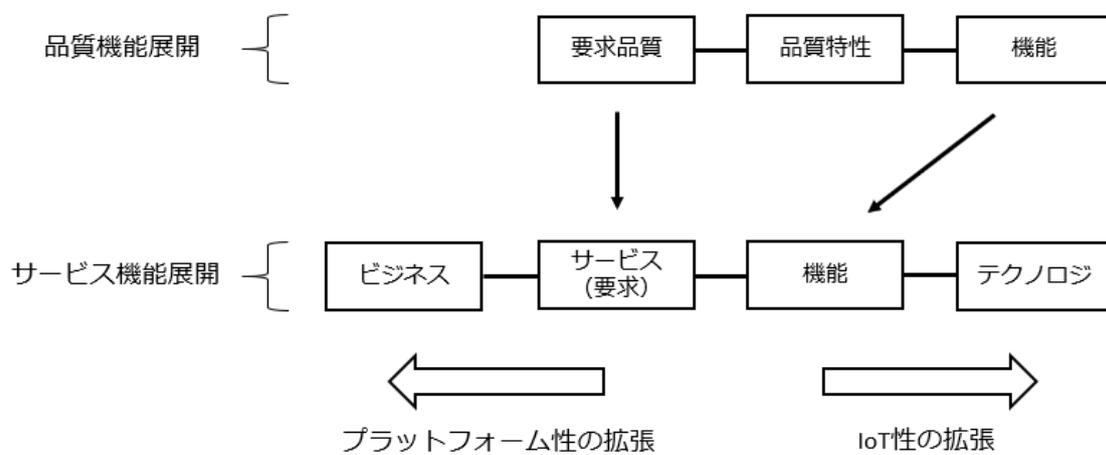


図 4-3 品質機能展開とサービス機能展開の関係

ビジネスカテゴリとサービスカテゴリ、サービスカテゴリと機能、機能とテクノロジーの順で二元表を作成する。ビジネスとサービスは、要素の漏れや偏りによる不均衡を抑えるため、抽象度を上げたビジネスカテゴリとサービスカテゴリとして扱う。二元表に各要素間の対応強度を入力することで、関連付けと重要度算出を行うことができる。二元表の右側の項目と算出された重要度は、次の二元表のインプットとなるため、すべての要素間に対して関連付けが可能となる（矢

頭ほか 2019: A-7-03).

ビジネスカテゴリとサービスカテゴリの二元表に、サービスに対する顧客要求を追加することにした。要求を意識した設計が可能となり、また、強制発想を促すことが期待できる。機能対テクノロジーの二元表が完成するとテクノロジーの重要度（価値）が算出できる。コストワース分析により、テクノロジーのコストと重要度をプロットすることで、費用対効果の良いテクノロジーを発見することができる（図 4-4）。

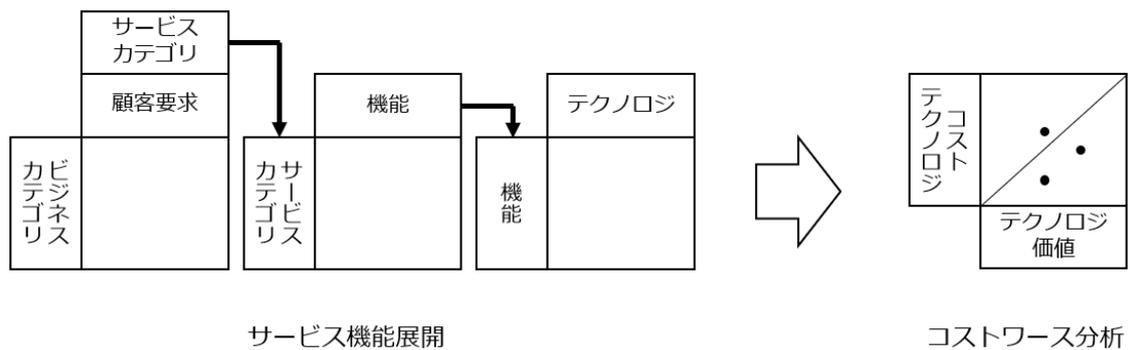


図 4-4 サービス機能展開とコストワース分析

4.2 提案手法の実施例

本節では、提案手法について例題での実施例を示す。手法実施の例題として扱う IoT プラットフォームとプラットフォーム上のサービス提供のイメージについて説明する。図 4-5 に既存設備を活用した IoT プラットフォームのイメージを示す。プラットフォーム提供者が、クラウドとデバイスを用意して、サービス提供者が、プラットフォーム上に、複数のサービスを実装するイメージである。例題の既存設備は、火災報知設備とした。

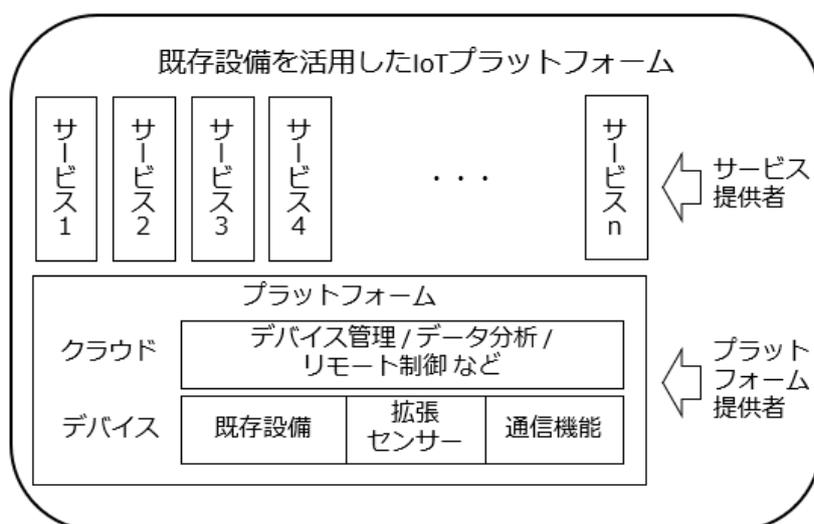


図 4-5 既存設備を活用した IoT プラットフォームのイメージ

図 4-6 にサービス提供のイメージを示す。この例では、プラットフォーム提供者がプラットフォームのデバイスである火災報知設備に人感センサーを追加する。サービス提供者であるアパート・マンション賃貸チェーンの業者が見守りサービスを提供する。そして、顧客であるサービス受給者が、見守りサービスを利用して離れて暮らす家族の状況を把握する。これは一つのサービスの例であり、プラットフォーム上では、複数のサービスが実装される。

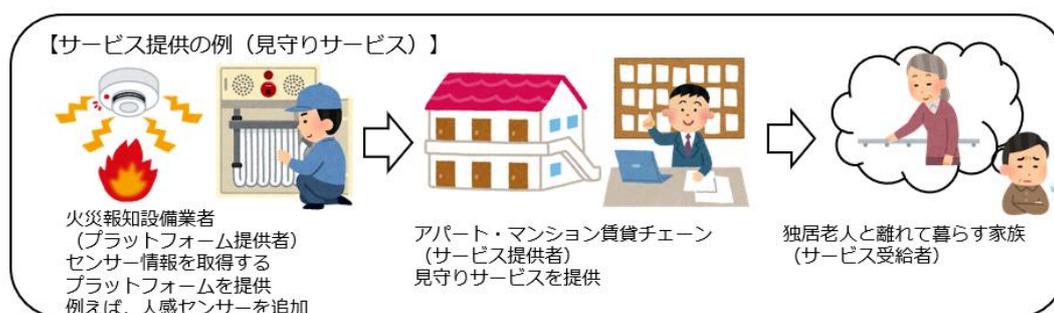


図 4-6 サービスの提供のイメージ

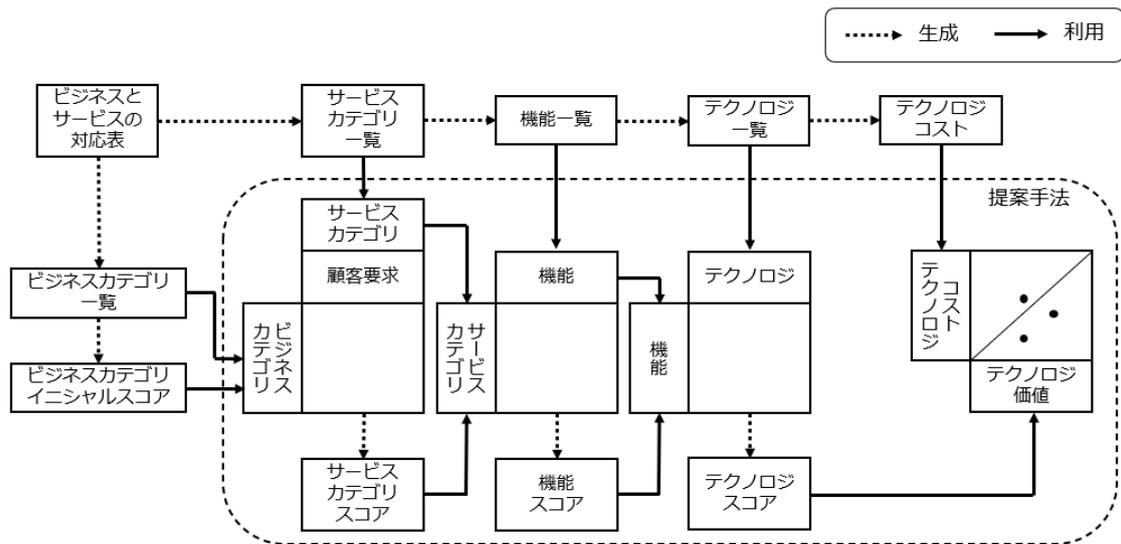


図 4-7 サービス機能展開とコストワース分析の実施概略フロー

サービス機能展開とコストワース分析を実施するフローを図 4-7 に示す。サービス機能展開とコストワース分析を実施するためには、インプットとなる情報が必要である。インプット情報の準備を行い、本提案手法を実施する流れを説明する。

4.2.1 ビジネスとサービスの分析

最初に、図 4-8 のように、ビジネスとサービスの分析を行い、サービス機能展開のインプットとして必要なビジネスカテゴリー一覧、ビジネスカテゴリーイニシャルスコア、サービスカテゴリー一覧を用意する。

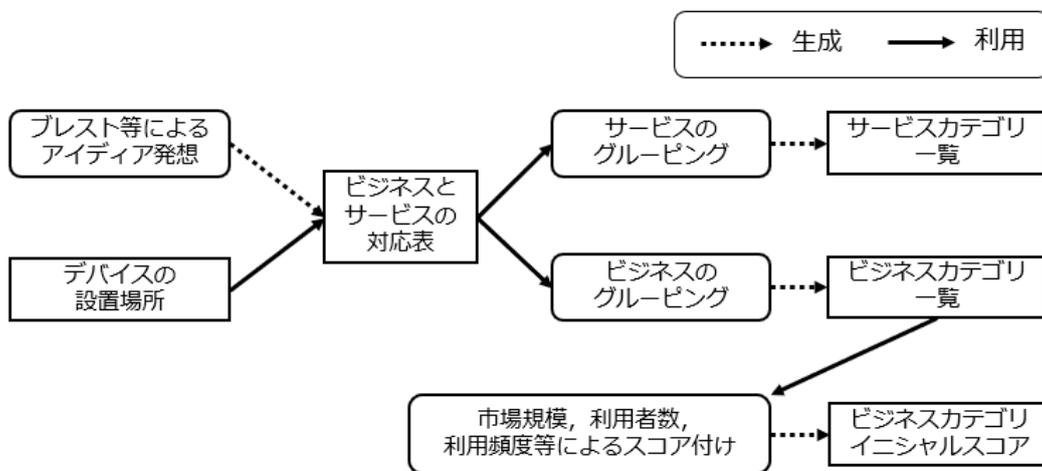


図 4-8 ビジネスとサービスの分析

ブレーストリング、マインドマップ、KJ法などのアイデア発想法を用いて、サービスのリストアップを行う。図 4-9 は、ブレーストリングの実施の例である。



図 4-9 ブレインストーミングの実施

デバイス側が決まっている場合は、設置場所の情報をもとにビジネスのリストを用意する。法律で設置が義務付けられているデバイスであれば、その情報を用いる。設定場所が決まっていない場合は、アイデア発想法により、ビジネスのリストアップを行う。ビジネスのリストアップとサービスのリストアップが完了したら、ビジネスとサービスの対応表を作成する。このとき、ビジネスに対するサービスが足りないなどの空白の箇所があれば、その箇所に着目してアイデア出しを行い、対応表を完成させる。

対応表のサービスについて類似しているものをグルーピングして、サービスカテゴリ一覧を作成する。ビジネスも同様にグルーピングを行い、ビジネスカテゴリ一覧を作成する。

ビジネスカテゴリは、価値創出の起点となるイニシャルスコアが必要である。プラットフォームの目的などによって変わるが、例題では、市場規模、利用者数、利用頻度それぞれスコア付けを行い、合計値をビジネスカテゴリのイニシャル

スコアとした。

4.2.2 機能とテクノロジーの分析

図 4-10 のように、機能とテクノロジーの分析を行い、サービス機能展開とコストワース分析のインプットとして必要な機能一覧、テクノロジー一覧、テクノロジーコストを用意する。

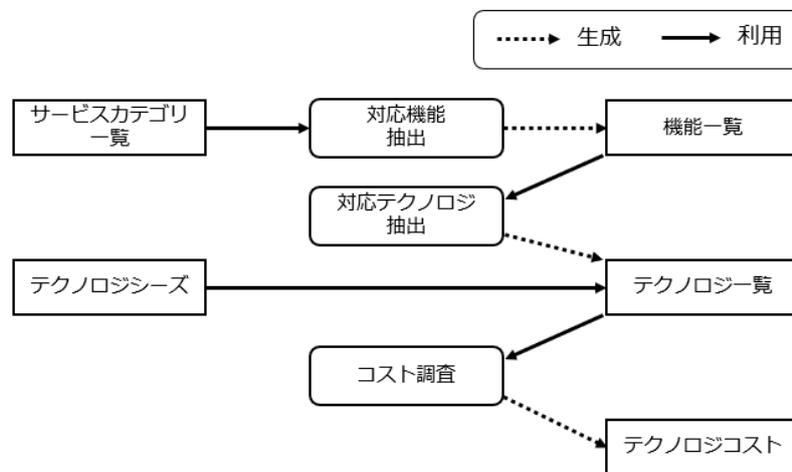


図 4-10 機能とテクノロジーの分析

サービスカテゴリー一覧の具体的なサービスから対応機能を抽出し、機能一覧を作成する。機能一覧から対応テクノロジーを抽出し、テクノロジー一覧を作成する。シーズ志向によるプラットフォームの作成を目指すのであれば、テクノロジー一覧を作成する際、テクノロジーのシーズをテクノロジー一覧に追加する。テクノロジー一覧の各テクノロジーについてコスト調査を行い、テクノロジーコストを用意する。コストの調査方法は、各企業の調達方法に依存する。

4.2.3 サービス機能展開

4.2.1 と 4.2.2 で作成したビジネスカテゴリー一覧, ビジネスイニシャルコスト, サービスカテゴリー一覧, 機能一覧, テクノロジー一覧をインプットとして, サービス機能展開を実施する. 図 4-11 にサービス機能展開の簡略図を示す.

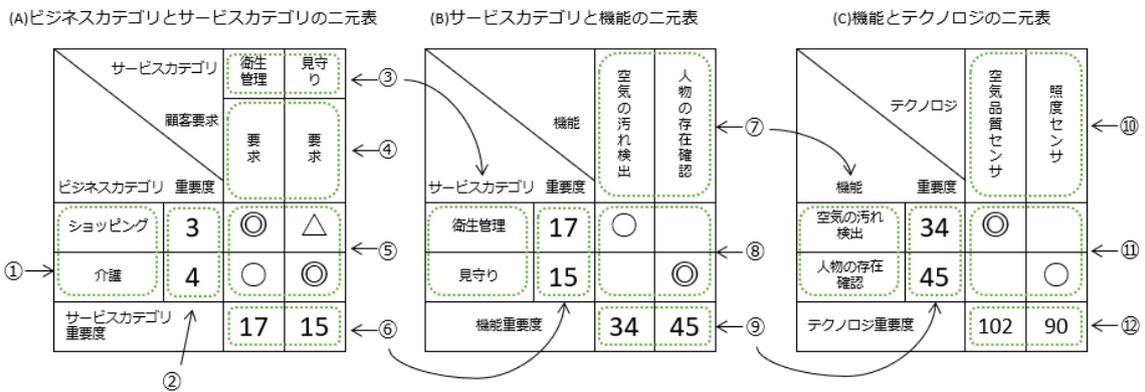


図 4-11 サービス機能展開の簡略図

まず, ビジネスカテゴリーとサービスカテゴリーの二元表 (図 4-11 (A)) を作成する. 事前に用意したインプットとして, ビジネスカテゴリー (図 4-11 ①), ビジネスカテゴリーの重要度 (図 4-11 ②) およびサービスカテゴリー (図 4-11 ③) を入力する. サービスカテゴリーに対応する顧客要求 (図 4-11 ④) を検討して入力する. ビジネスカテゴリーとサービスカテゴリーの顧客要求の関係の強さを確認し, 対応強度 (図 4-11 ⑤) を入力する. 対応強度は, ◎・○・△の3通りで表現する. サービスカテゴリーの重要度 (図 4-11 ⑥) を各行のビジネスカテゴリーの重要

度とサービスカテゴリの列に対する対応強度の積の総和により算出する。重要度算出の数式と二元表の関係を図 4-12 に示す。

サービスカテゴリ		衛生管理	見守り
		要求	要求
ビジネスカテゴリ	顧客要求		
	重要度		
ショッピング	a_1	b_{11}	b_{12}
介護	a_2	b_{21}	b_{22}
サービスカテゴリ重要度		c_1	c_2

$$c_j = \sum_{i=1}^N a_i b_{ij} \quad (1)$$

図 4-12 重要度の算出（二元表と数式）

対応強度 b_{ij} を◎：○：△＝3：2：1として数値に変換して計算式に入力する。3：2：1以外にも5：3：1や4：2：1などが用いられる（日本工業規格 2003: 178）。例えば、衛生管理サービスの重要度を算出する場合、ショッピングの重要度×ショッピングと衛生管理の対応強度＋介護の重要度×衛生管理の対応強度＝ $3 \times 3 + 4 \times 2 = 17$ となる。

次に、サービスカテゴリと機能の二元表（図 4-11 (B)）を作成する。事前に用意したインプットとして、サービスカテゴリ（図 4-11 ③）および機能（図 4-11 ⑦）を入力する。また、ビジネスカテゴリとサービスカテゴリの二元表（図 4-11 (A)）で算出したサービスカテゴリの重要度（図 4-11 ⑥）を入力する。サービスカテゴリと機能の関係の強さを確認し、対応強度（図 4-11 ⑧）を入力する。

機能の重要度 (図 4-11 ⑨) を各行のサービスカテゴリの重要度と機能の列に対する対応強度の積の総和により算出する。

最後に、機能とテクノロジーの二元表 (図 4-11 (C)) を作成する。事前に用意したインプットとして、機能 (図 4-11 ⑦) およびテクノロジー (図 4-11 ⑩) を入力する。また、サービスカテゴリと機能の二元表 (図 4-11 (B)) で算出した機能の重要度 (図 4-11 ⑨) を入力する。機能とテクノロジーの関係の強さを確認し、対応強度 (図 4-11 ⑪) を入力する。テクノロジーの重要度 (図 4-11 ⑫) を各行の機能の重要度とテクノロジーの列に対する対応強度の積の総和により算出する。以上の通り、三段階の二元表を作成することで、ビジネス～テクノロジーの関連付けが完了する。

4.2.4 コストワース分析

4.2.2 と 4.2.3 で作成したテクノロジーのスコアとテクノロジーのコストをインプットとして、コストワース分析を実施する。図 4-13 にコストワース分析の実施例を示す。テクノロジーのスコアとコストをプロットすることで、テクノロジーの費用対効果が可視化できる。グラフに任意の分割線を引き、テクノロジーを採用するか除外するかの判断を行う。

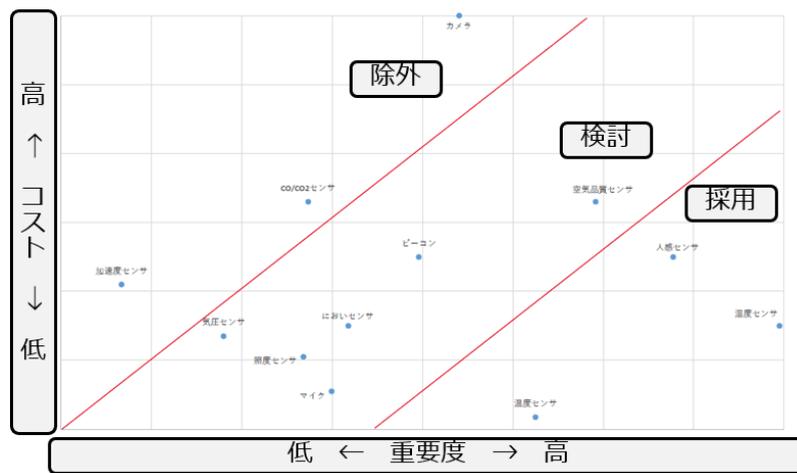


図 4-13 コストワース分析の実施例

第5章 IoT プラットフォームビジネス設計

手法の評価

5.1 設計記述実験の目的

IoT プラットフォームビジネス構築を想定して、提案手法である「サービス機能展開」を使用する実験を行う。本実験の目的は、第4章で提案した手法が価値創出の明示化にどのように有効であるか評価することである。

5.2 設計記述実験の概要

設計記述実験の期間、形式、人数は下記の通りである。

- ・期間：令和2年10月25日～令和3年1月22日
- ・形式：Teams による Web 会議形式での説明会，個人作業
- ・人数：10名

実験参加者は、すべて社会人であり、全員異なる企業に所属している。表 5-1 に参加者属性として参加者の番号、グループ、所属部門、役職および年齢をまとめた。

表 5-1 参加者属性

No.	グループ	所属部門	役職	年齢
1	A	元品質管理	元課長	60代
2	A	企画	係長・主任	30代
3	A	情報システム	一般社員	30代
4	A	研究・開発	課長	40代
5	B	情報システム	専門職	40代
6	B	製造	課長	40代
7	B	営業	課長	50代
8	B	研究・開発	課長	40代
9	C	企画	経営者・役員	50代
10	C	情報システム	経営者・役員	30代

表 5-2 に示す通り、実験参加者をグループ A～C に分けた。役職が一般社員、専門職、係長・主任、課長の参加者をグループ A と B にした。グループ A と B は、設計作業を実施する。グループ A と B は、それぞれ作業する設計パターンの組み合わせを入れ変えている。役職が経営者・役員の参加者をグループ C にした。グループ C は、経営者視点で評価を行う。

表 5-2 グループ毎の作業分担

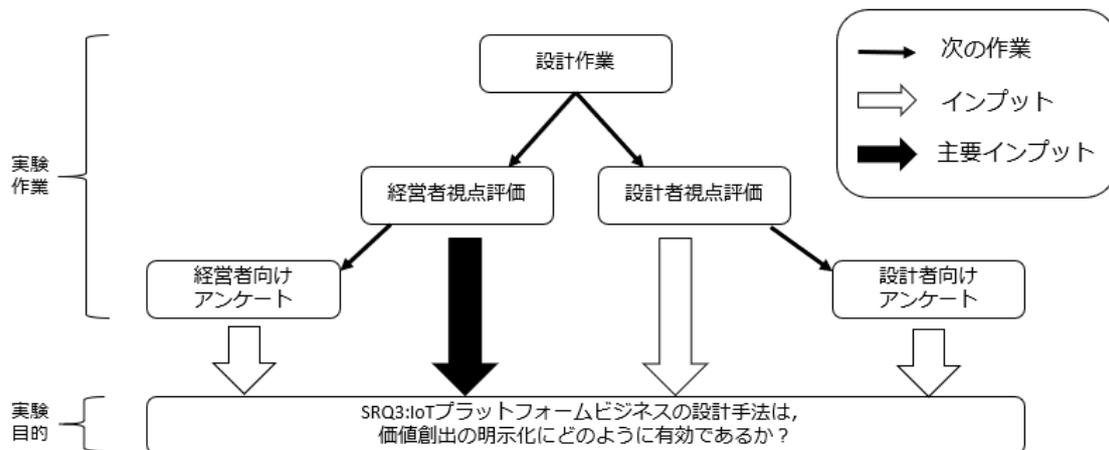
グループ名	作業	人数
グループ A	設計, 設計者視点評価	4名
グループ B	設計, 設計者視点評価	4名
グループ C	経営者視点評価	2名

設計記述実験の流れを表 5-3 に示す。各作業の詳細は、5.3～5.11 節で説明する。

表 5-3 設計記述実験の流れ

項目	形式	対象	内容
実験概要説明	Web 会議	・ 設計者 ・ 経営者視点評価者	・ 実験内容説明
ドメイン知識教育	Web 会議	・ 設計者	・ 火災報知器の説明 ・ 信号機の説明
設計知識教育	Web 会議	・ 設計者	・ クラス図の説明 ・ サービス機能展開の説明
設計作業	個人作業	・ 設計者	・ テンプレートによる設計作業
評価知識教育	Web 会議	・ 設計者 ・ 経営者視点評価者	・ AHP の説明
評価作業	個人作業	・ 設計者 ・ 経営者視点評価者	・ 設計者視点評価 ・ 経営者視点評価
アンケート記入	個人作業	・ 設計者 ・ 経営者視点評価者	・ アンケート記入

設計作業の結果について、設計者視点および経営者視点の評価を行う。設計者視点評価により、設計作業のしやすさ等を確認する。また、経営者視点評価により、価値創出の明示化等を確認する。また、設計者および経営者向けにアンケートを行い、評価結果の根拠を確認する。図 5-1 に実験作業と実験目的の関係を示す。経営者視点評価により目的に対する直接的な評価を行い、その他の設計者視点評価・設計者向けアンケート・経営者向けアンケートにより、補足を行う。



5.3 実験概要説明

実験を開始するにあたり、実験概要の説明を行った。実験概要の説明資料抜粋を図 5-2 に示す。概要として下記の内容を説明した。

1. 設計対象と具体的な事例紹介
2. 例題の説明
3. 作業分担の説明
4. 実験手順の説明

1. 実験概要

- 既存設備を活用したIoTプラットフォームビジネスの設計を行う。
(エッジ・クラウドなどのアーキテクチャ設計ではない)
- 対象は、ソフト+ハードのIoTプラットフォーム。
(実例は、スマートスピーカー等)
- 2種類の設計手法を比較し、評価を行う。

2. 実験手順

①ドメイン知識教育 ※火災報知機、信号機
②設計知識教育 ※クラス図、サービス機能展開
③設計作業 ※①、②の組み合わせ
④評価知識教育 ※資料確認のみでも可
⑤評価作業 ※AHP (設計者視点、経営者視点) ※アンケート

■本実験でのスケジュール ※個別調整可
11/29～ ①ドメイン知識教育 ②設計知識教育 ③設計作業 ※グループA B
12/5～ ④評価知識教育 ⑤評価作業 ※グループA B
12/12～ ④評価知識教育 ⑤評価作業 ※グループC
・設計記述実験説明会 (ドメイン知識、設計知識) ※グループA B
第一回: 10/25 21:00
第二回: 11/29 21:00
・設計者視点評価説明会 ※グループA B
第一回: 12/5 21:00
・経営者視点評価説明会 ※グループC
第一回: 12/12 22:00

図 5-2 実験概要説明資料 (抜粋)

5.4 ドメイン知識教育

本実験の例題として、火災報知機と信号機を選択した。選択した理由は、どちらも法律で設置が義務付けられているためである。それぞれ屋内と屋外の代表例として考えることができる。

例題の分野の理解のために、ドメイン知識教育を行った。ドメイン知識教育の説明資料抜粋を図 5-3 に示す。ドメイン知識教育として、下記の内容を説明した。

1. 各機器の初期時代
2. 各機器の構成
3. 各機器の使用例



図 5-3 ドメイン知識教育資料 (抜粋)

5.5 設計知識教育

本実験では、二種類の設計方法の比較を行う。設計知識教育では、提案手法であるサービス機能展開と比較対象の手法である UML のクラス図の説明をした。設計知識教育の説明資料抜粋を図 5-4 に示す。

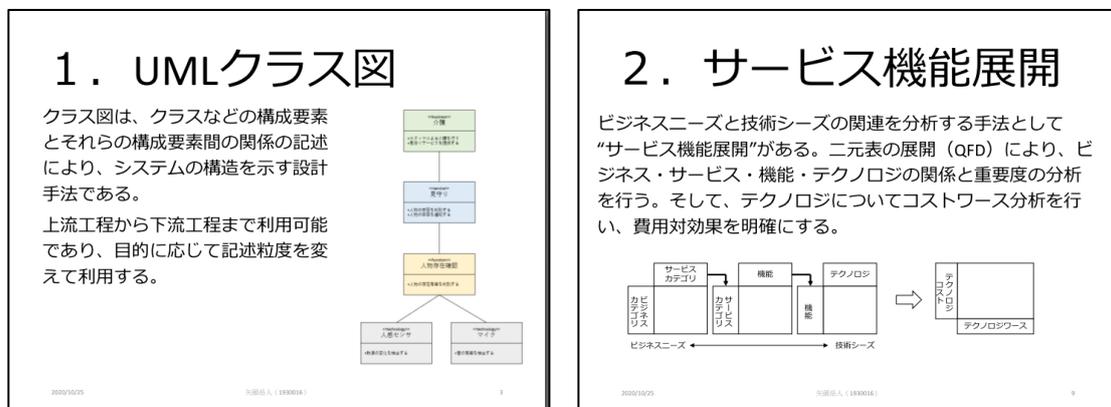


図 5-4 設計知識教育資料 (抜粋)

比較対象として UML のクラス図を選択した理由は、第 2 章の先行研究レビューで IoT システムの設計に利用されているためである。また、組込みシステム技術協会が 2008 年に実施した設計手法に関するアンケート内で、静的構造を設計する手法としては、クラス図が 1 位であった (組込みシステム技術協会 2008: 14)。

5.6 設計作業

2 種類の設計対象と 2 種類の設計手法の組み合わせは 4 通りとなる。設計作業を実施するにあたり、テンプレートを 4 種類用意した。設計テンプレート作業グループの対応を表 5-4 に示す。グループ A・B の作業者は、それぞれ 4 通りの組み合わせのうち 2 つを担当する。実験に個人のスキル差が出ないように両方の設計手法を扱う。また、例題の分野による差が出ないように両方の設計対象を扱う。

表 5-4 設計テンプレートと作業グループ

設計対象	設計手法	作業グループ
火災報知機	サービス機能展開	A
信号機	クラス図	A
火災報知機	クラス図	B
信号機	サービス機能展開	B

図 5-5 にクラス図のテンプレートの概略図を示す。クラス図テンプレートは、1 枚のシートに提案書と設計内容が収まる構成である。ビジネスカテゴリのクラス、サービスカテゴリのクラス、機能のクラス、およびテクノロジーのクラスは記入済みであり、不要なクラスを消去して設計を行う。また、機能のクラスとテクノロジーのクラスは、事前に関連の接続がされた状態である。

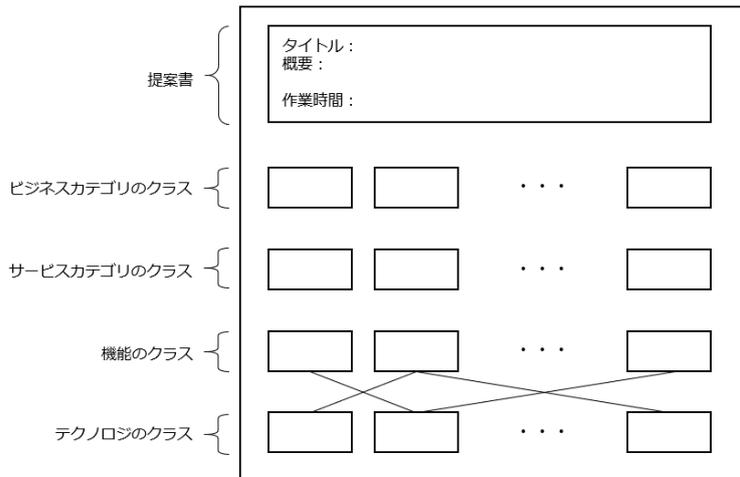


図 5-5 クラス図テンプレート概略図

図 5-6 にサービス機能展開のテンプレートの概略図を示す。サービス機能展開テンプレートでは、3段階の2元表とコストワース分析を行うため、4枚のシートによる構成となる。1枚目のシートには、クラス図と同様に提案書の部分がある。各二元表の項目（ビジネスカテゴリ、サービスカテゴリ、機能およびテクノロジー）は記入済みである。

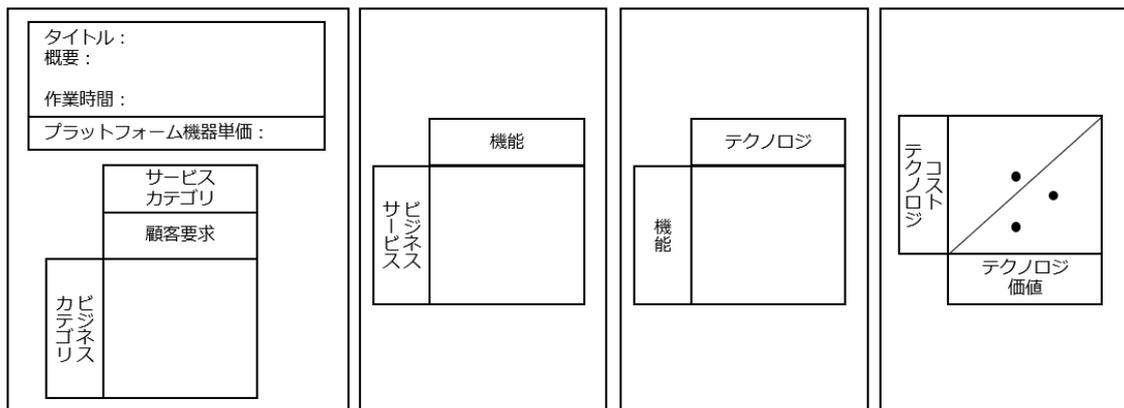


図 5-6 サービス機能展開テンプレート概略図

表 5-5 各設計テンプレートの作業

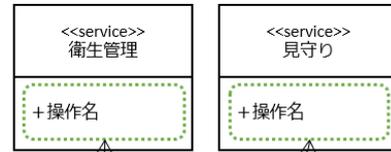
作業分類	サービス機能展開の作業	クラス図の作業
ビジネス選択	ビジネスカテゴリを2～5個選択.	ビジネスカテゴリを2～5個選択. 不要なビジネスカテゴリのクラスは消去.
サービスの顧客要求記載	サービスカテゴリの下に顧客要求を記載.	サービスカテゴリクラスの操作名に, 顧客要求を記載.
ビジネスとサービスの対応入力	対応強度を◎・○・△で入力.	関連の線で接続. 不要なサービスカテゴリクラスは消去.
サービスと機能の対応入力	対応強度を◎・○・△で入力.	関連の線で接続. 不要な機能クラスは消去.
機能とテクノロジーの対応入力	事前に入力された対応強度を見直し.	事前に接続された関連の線を見直し. 不要なテクノロジークラスは消去.
コストワース分析	費用対効果のグラフ内容を確認.	作業なし.
提案書記入	タイトル・概要・作業時間を記載.	タイトル・概要・作業時間を記載.

表 5-5 に各設計テンプレートの作業を示す。ビジネス選択として、採用するビジネスカテゴリを2～5個選択する。クラス図では、不要なビジネスカテゴリのクラスを消去する。サービスの顧客要求を記載する（図 5-7）。サービス機能展開では、二元表のサービスカテゴリの下に記載する。クラス図では、サービスカテゴリの操作名に、顧客要求を記載する。

サービス機能展開
(ビジネスカテゴリとサービスカテゴリの二元表)

サービスカテゴリ		衛生管理	見守り
		顧客要求	
ビジネスカテゴリ		重要度	
ショッピング	3		
介護	4		
サービスカテゴリ		重要度	

クラス図



サービスカテゴリ
に対応する顧客要求
を記載

図 5-7 顧客要求の記載

ビジネスとサービスの対応を記載する (図 5-8). サービス機能展開では、ビジネスカテゴリとサービスカテゴリが交差する枠にその関係性の強さに応じて、対応強度を◎・○・△で記入する. クラス図では、ビジネスカテゴリのクラスとサービスカテゴリのクラスに関連性があれば、線で接続する. また、不要なクラスがあれば消去する.

サービス機能展開
(ビジネスカテゴリとサービスカテゴリの二元表)

サービスカテゴリ		衛生管理	見守り
		要求	要求
ビジネスカテゴリ		重要度	
ショッピング	3	◎	△
介護	4	○	◎
サービスカテゴリ		重要度	

クラス図

ビジネスカテゴリと
サービスカテゴリの対応
を記入

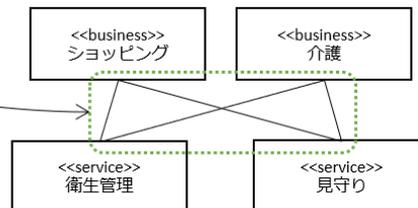


図 5-8 ビジネスとサービスの対応記載

同様の手順でサービスと機能の対応を入力する。また、機能とテクノロジーの対応は事前に入力済みのため、内容の見直しを行う。サービス機能展開では、対応強度が適切か確認する。クラス図では、クラス間の接続が適切か確認する。

コストワース分析（図 5-9）を行い、費用対効果を確認する。使用テクノロジーに対するコストと価値を表形式にして、それをプロットすることで、テクノロジーコスト対テクノロジー価値の分析が可能となる。サービス機能展開またはクラス図を作成した結果、機能と結びついているものを使用テクノロジーとみなす。テクノロジーのコストは、事前に用意するものとする。テクノロジーの価値は、サービス機能展開のときのみ算出可能である。サービス機能展開では、テクノロジーの費用対効果の高いものを残すように、採用するテクノロジーの見直しが可能となる。

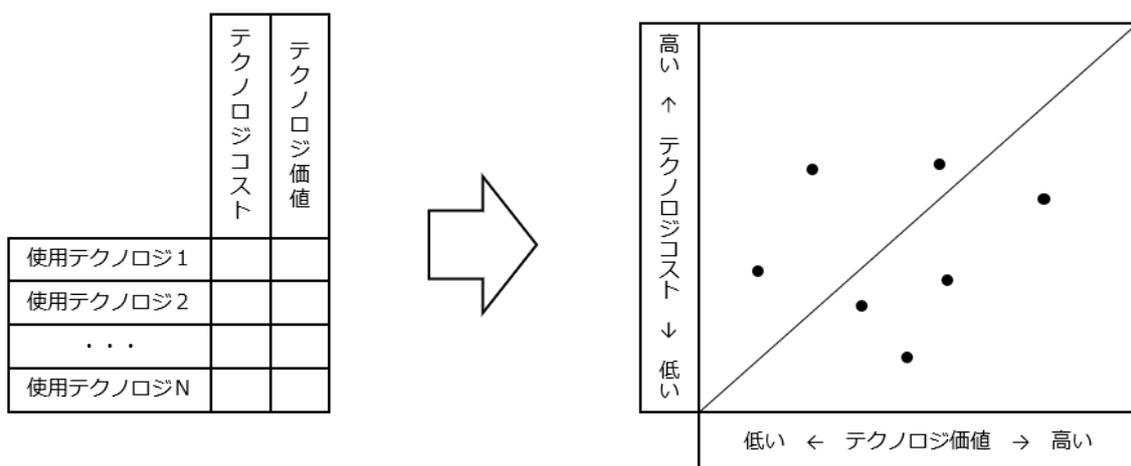


図 5-9 コストワース分析

提案書は最初から記入を開始してもよいが、すべての設計作業の最後に見直しを行い完了させる。タイトルとしてプラットフォーム全体を一言で示す内容を記入する。概要として、ターゲットとするビジネスと顧客要求を満たすサービスの内容を記入する。作業時間として、記入に要した時間を記録する。

対象デバイスのベースコストと選択したテクノロジーのコストの合計を、プラットフォームデバイス単価とする。サービス機能展開では、プラットフォーム単価を自動算出可能なフォーマットとしたため、提案書の下の方に、単価が記載される。クラス図では、自動算出ができないフォーマットのため、設計作業完了後に、使用するテクノロジーを目視で確認して、手計算で追加する。

実験で使った設計テンプレートについては、付録の付図 1～付図 10 に添付している。

5.7 評価知識教育

設計結果の評価のため、評価知識教育を実施した。評価知識教育の説明資料抜粋を図 5-10 に示す。

1. AHP
階層分析法（Analytic Hierarchy Process）とは、意思決定に利用される手法の一つである。
目的・基準・代替（だいたい）案を階層化して、基準の相対評価と書く基準からみた代替案の相対評価を求める。階層に沿って評価を総合化する手法。（高萩・中島 2018）

目的
スポーツクラブの選択

基準
費用 施設・環境 交通の便 スタッフの態度

代替案
スポーツクラブ A スポーツクラブ B スポーツクラブ C

高萩栄一郎・中島徳之, 2018, Excelで学ぶAHP入門 第2版

2020/12/12 矢野浩人 (1900016) 3

評価作業

- 設計者視点による評価 ※グループ A B
設計した二つの手法について、設計者本人がAHPのテンプレートに従い評価を行う。
- 経営者視点による評価 ※グループ C
提案書について、第三者がAHPテンプレートに従い評価を行う。

■本実験でのスケジュール ※目安
12/12 (土) 経営者視点説明会
12/13 (日) 評価シート完成成用息, データ①更新 ★矢野
12/14~16 経営者視点評価 (データ①) ★グループCの方 個人ワーク
12/26 (土) データの用意 ★矢野
12/27~1/9 経営者視点評価 (データ②) ★グループCの方 個人ワーク
1/10~16 アンケート ★グループCの方

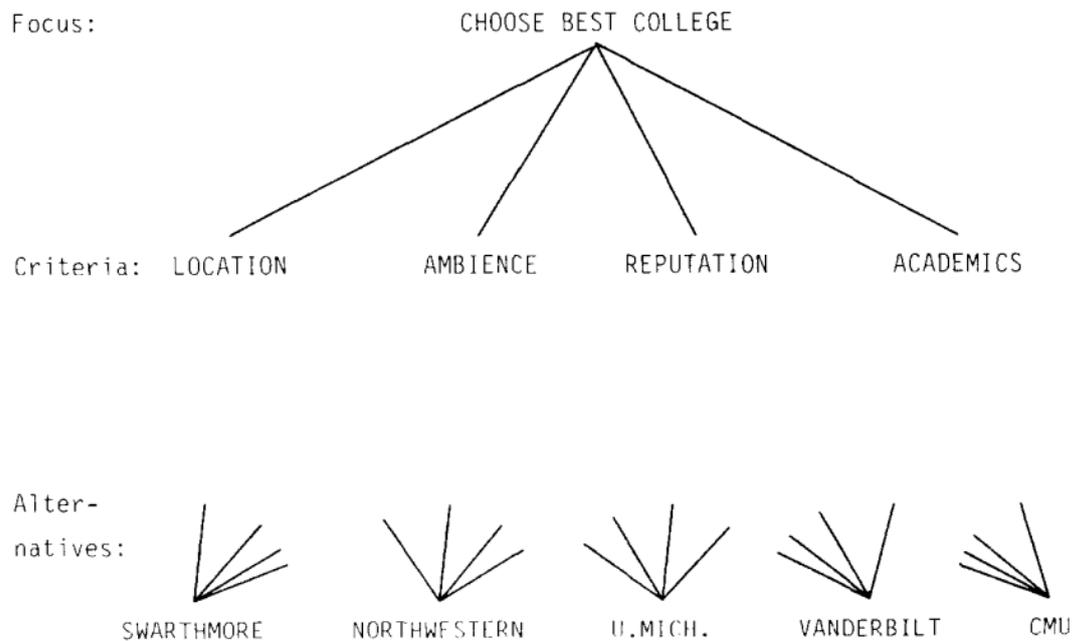
2020/12/12 矢野浩人 (1900016) 8

図 5-10 評価知識教育資料（抜粋）

評価手法としては、AHP（Analytic Hierarchy Process）（Saaty 1987）を採用した。

AHP とは、対となる項目の比較によって、比率尺度を算出する手法である。比較は、好みや感覚を元にした相対的な強度を反映したものとなる。一貫性、計測方法、要素の独立性に対する心配がなく、様々な意思決定に応用することができる。全体の目的から、基準、代替案に下っていく階層構造となる（Saaty 1987: 161-162）。

AHP の例（大学の選択）を図 5-11 に示す。



((Saaty 1987: 164) Figure 2 より引用)

図 5-11 AHP の例

AHP では、結果に矛盾が含まれているかを検証するために CI (Consistency Index) の確認を行う。本実験の評価結果として、CI がすべて 1.5 未満の結果を採用している。

5.8 設計者視点評価作業

設計者は、設計作業を完了した後、自身が作業した結果を振り返り、設計手法の評価を実施した。設計者視点評価の評価基準を表 5-6 に示す。

表 5-6 設計者視点の評価基準内容

評価基準	内容
設計時間	設計作業にかかった時間
設計容易性	設計作業が簡単かどうか
変更容易性	設計を変更することになった場合、簡単に変更できるか
理解容易性	他者が簡単に理解できる設計か
合目的性	顧客要求を満たした設計ができるか
一貫性	一貫した基準での設計ができているか (線のつなげ方, ○の選択基準)

設計者視点の評価基準の重みづけの結果を表 5-7 および図 5-12 に示す。合目的性および一貫性の重みが高い結果となった。

表 5-7 設計者視点 評価基準の重みの値

基準	基準の重み
設計時間	0.0547
設計容易性	0.1564
変更容易性	0.1341
理解容易性	0.1043
合目的性	0.3116
一貫性	0.2389

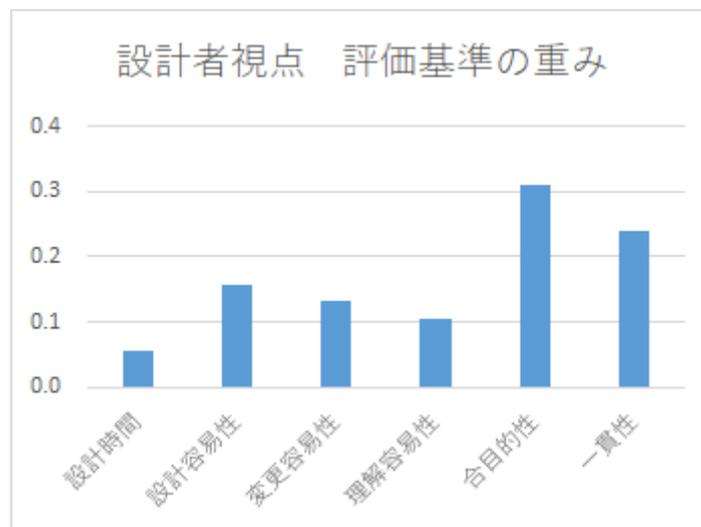


図 5-12 設計者視点 評価基準の重みのグラフ

設計者視点の基準別の評価を表 5-8 および図 5-13 に示す。サービス機能展開については、変更容易性が高い評価となった。クラス図については、合目的性、一貫性、設計容易性、理解容易性が高い評価となった。総合評価の結果の通り、全体的にクラス図は評価が高い傾向である。

表 5-8 設計者視点 基準別評価の値

項目	サービス機能展開	クラス図
設計時間	0.0329	0.0308
設計容易性	0.0666	0.0852
変更容易性	0.0824	0.0637
理解容易性	0.0411	0.0698
合目的性	0.1305	0.1639
一貫性	0.0935	0.1397

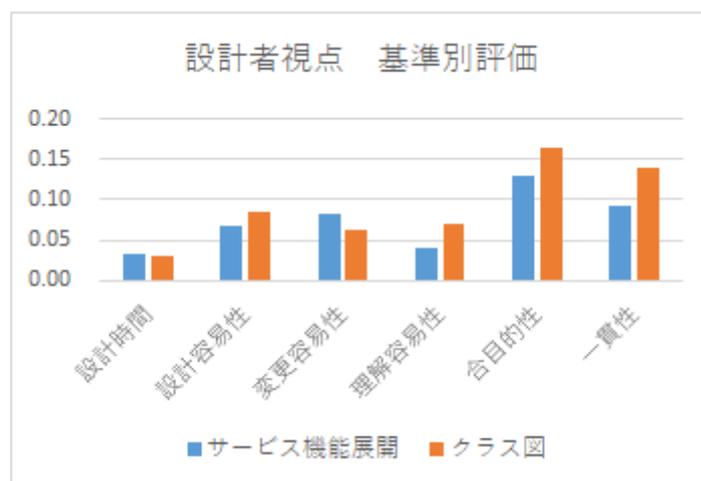


図 5-13 設計者視点 基準別評価のグラフ

設計者視点の総合評価の結果を表 5-9 および図 5-14 に示す。設計者視点の総合的な評価は、クラス図の方が高い結果となった。

表 5-9 設計者視点 総合評価の値

項目	サービス機能展開	クラス図
総合評価値	0.4470	0.5530

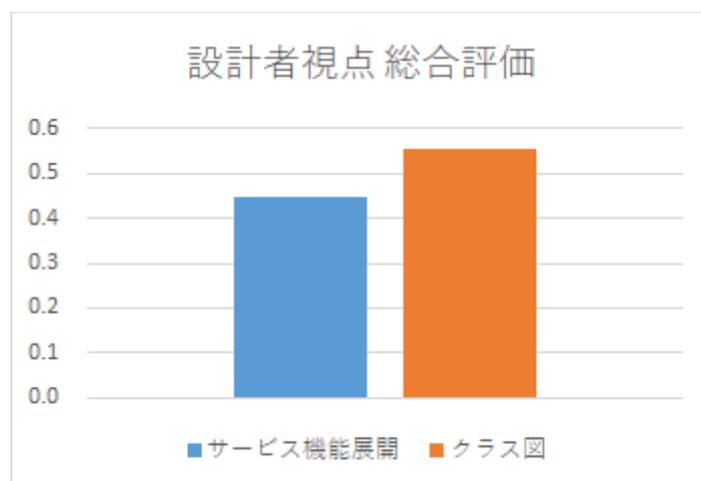


図 5-14 設計者視点 総合評価のグラフ

5.9 経営者視点評価作業

経営者は、設計者の設計作業結果の資料を評価する。評価対象の資料は、設計者 8 人と一人当たり 2 件のため、合計 16 件となる。評価作業は、8 件ずつの 2 回に分けて実施した。経営者視点評価の評価基準を表 5-10 に示す。

表 5-10 経営者視点の評価基準内容

評価基準	内容
実現容易性	プラットフォームの実装（作成）が容易であるか
具体性	実装（作成）するにあたり、具体性があるか
ユニーク性	対象ビジネスの市場内で独自性があるプラットフォームか
魅力性	利用者にとって魅力のあるプラットフォームか ※IoT としてデータから価値創出ができているか確認するための項目
汎用性	汎用性のプラットフォームか（他業種への転用が可能か） ※プラットフォーム性があるか確認するための項目
継続性	事業の継続性があるプラットフォームか ※プラットフォーム性があるか確認するための項目
合意形成容易性	車内での合意形成が容易な資料であるか
コスト パフォーマンス	実装費用に対して価値があるか

経営者視点の評価基準の重みづけの結果を表 5-11 および図 5-15 に示す。魅力性、継続性およびユニーク性の重みが高い結果となった。

表 5-11 経営者視点 評価基準の重みの値

基準	基準の重み
実現容易性	0.0848
具体性	0.1067
ユニーク性	0.2080
魅力性	0.2717
汎用性	0.0330
継続性	0.2393
合意形成容易性	0.0290
コストパフォーマンス	0.0276

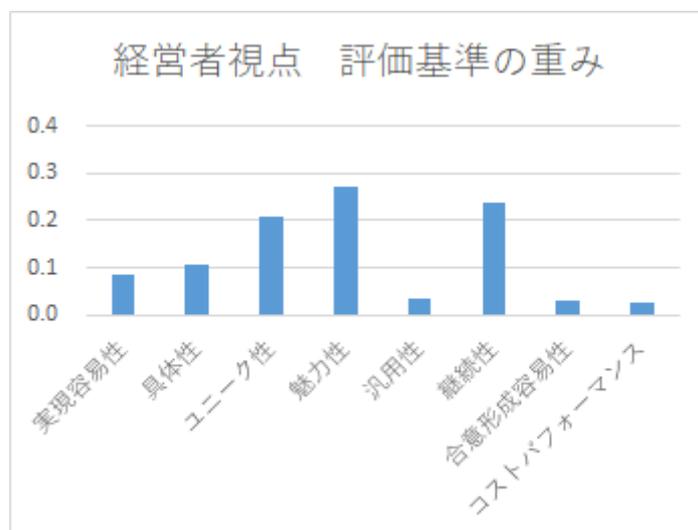


図 5-15 経営者視点の評価基準の重み

経営者視点の基準別の評価を表 5-12 および図 5-16 に示す。サービス機能展開については、魅力性、ユニーク性、具体性が高い評価となった。クラス図については、継続性が高い評価となった。総合評価の結果の通り、全体的にサービス機能展開は評価が高い傾向である。

表 5-12 経営者視点 基準別評価の値

項目	サービス機能展開	クラス図
実現容易性	0.0436	0.0412
具体性	0.0603	0.0463
ユニーク性	0.1123	0.0956
魅力性	0.1427	0.1290
汎用性	0.0172	0.0158
継続性	0.1142	0.1251
合意形成容易性	0.0158	0.0131
コストパフォーマンス	0.0123	0.0153

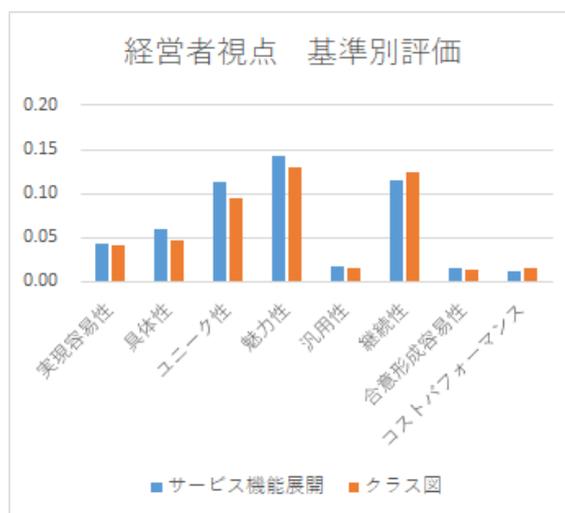


図 5-16 経営者視点 基準別評価

経営者視点の総合評価の結果を表 5-13 および 図 5-17 に示す。経営者視点の総合的な評価は、サービス機能展開の方が高い結果となった。

表 5-13 経営者視点 総合評価の値

項目	サービス機能展開	クラス図
総合評価値	0.5185	0.4815

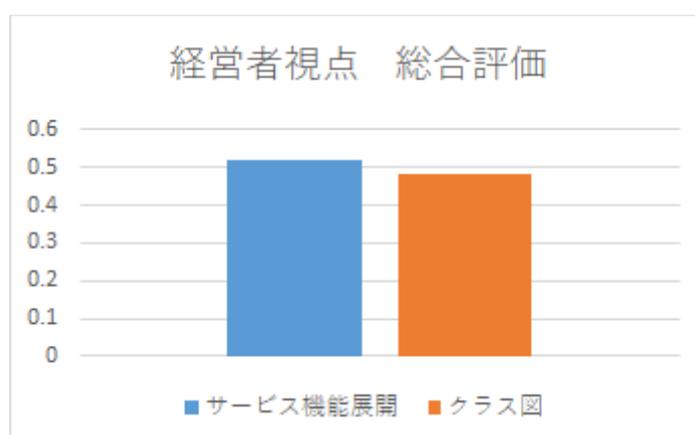


図 5-17 経営者視点 総合評価

5.10 アンケート（設計者）

作業終了後に、設計者に自由記述形式を中心としたアンケートを実施した。アンケートの目的は、実験の結果には表れない意見を抽出して、結果の考察や今後の改善への利用することである。設計者向けのアンケート質問を表 5-14 に示す。

表 5-14 設計者向けアンケート質問

分類	質問
知識教育	ドメイン知識教育（火災報知機）について、不明点やご意見などあれば記入してください。
知識教育	ドメイン知識教育（信号機）について、不明点やご意見などあれば記入してください。
知識教育	設計知識教育（UML クラス図）について、不明点やご意見などあれば記入してください。
知識教育	設計知識教育（サービス機能展開）について、不明点やご意見などあれば記入してください。
知識教育	評価知識教育（AHP）について、不明点やご意見などあれば記入してください。
設計作業	設計テンプレート（UML クラス図）について、不明点やご意見などあれば記入してください。
設計作業	設計テンプレート（サービス機能展開）について、不明点やご意見などあれば記入してください。
設計作業	設計（クラス図）のメリットなど気が付いた点があれば記入してください。
設計作業	設計（クラス図）のデメリットなど気が付いた点があれば記入してください。
設計作業	設計（サービス機能展開）のメリットなど気が付いた点があれば記入してください。
設計作業	設計（サービス機能展開）のデメリットなど気が付いた点があれば記入してください。
評価作業	評価テンプレート（AHP）について、不明点やご意見などあれば記入してください。

ドメイン知識教育に関しては、対象ドメインに対する理解が深まり、実験の案内として有効だという意見があった。例題である火災報知機と信号機の説明を行ったが、普段の生活では意識する機器ではないため、ドメイン知識について教育は必要であることがわかる。

設計知識教育に関しては、クラス図を採用した理由が不明という質問があった。教育の際に選択理由の詳細を示さなかったことによる疑問であるため、次回実験をする際に、理由を明確に示す必要がある。

評価知識教育に関しては、AHPで評価基準の重みづけをするのではなく、過去の反省点を元に、商品目的に合わせたポートフォリオを作成するやり方があるという指摘があった。指摘の通り、実際の業務内では企業の開発スタイルに合わせて評価をするべきである。実験では、企業の過去の反省点などのインプットがないため、その方法を採用することはできない。

設計テンプレートに関しては、自由度の制限があるが事前にある程度記入されているため、知識がなくても簡単に作業ができるという意見があった。完全に自由な記述をすると難易度が高くなることと比較評価が困難になるのを防ぐためにテンプレートを用意したため、意図通りである。

表 5-15 に各手法のメリットとデメリットの意見をまとめた。

表 5-15 各手法のメリットとデメリットの意見（設計者）

手法	メリット	デメリット
サービス機能展開	<ul style="list-style-type: none"> ・深い考察を誘発し、発想支援の効果がある。 ・ビジネス側，テクノロジー側どちらからでも発想ができる。 ・詳細なテクノロジーを求めるには有効である。 ・シートが多く複雑そうに見えるが，簡単に作成できる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・複雑で，短時間で他人に説明するのに不向き。 ・対応強度の付け方が主観になる。
クラス図	<ul style="list-style-type: none"> ・要素間の関係が視覚的にわかりやすい。 ・1 ページでまとまるため，他人に説明しやすい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・接続線が多くなるとわかりにくい。

サービス機能展開のメリットとして，発想支援の効果があることという意見があった。設計者視点評価基準に発想支援に該当する項目が入れていなかったため，評価結果に反映されなかった。また，3 段階の二元表による展開が複雑そうに見えるが，作業としては簡単であるという意見があった。

サービス機能展開のデメリットとして，短時間で他人に説明するのは不向きという意見があった。また，二元表の対応強度の付け方が主観的になるという意見があった。評価自体の認識合わせを行うことで対応強度の付け方の基準を統一するなどの別の活動が必要である。

クラス図のメリットとして、各要素間の関係が視覚的にわかりやすいという意見があった。また、1 ページで完結しているため、他人へ説明がしやすいという意見があった。

クラス図のデメリットとして、接続線が多くなるとわかりにくいという意見があった。クラス図のメリットに視覚的にわかりやすいことが挙げられていたが、ある程度シンプルな設計のときに限定された特徴である。規模が大きくなると線の数が増えて、視覚的に多量の線がどこにつながっているか逆にわかりにくくなるという問題がある。

5.11 アンケート（経営者）

経営者に対しても，設計者と同様に作業終了後にアンケートを実施した。

質問内容を表 5-16 に示す。

表 5-16 経営者向けアンケート質問

分類	質問
知識教育	評価知識教育（AHP）について、不明点やご意見などあれば記入してください。
評価作業	評価テンプレート（AHP）について、不明点やご意見などあれば記入してください。
評価作業	評価基準について、ご意見などあれば記入してください。
評価作業	設計資料（クラス図）のメリットなど気が付いた点があれば記入してください。
評価作業	設計資料（クラス図）のデメリットなど気が付いた点があれば記入してください。
評価作業	設計資料（サービス機能展開）のメリットなど気が付いた点があれば記入してください。
評価作業	設計資料（サービス機能展開）のデメリットなど気が付いた点があれば記入してください。

知識教育に関する意見は特になかった。評価作業に関しては、評価基準の定義が曖昧な点があるという指摘があった。表 5-10 のように、評価基準について、基準名だけでなく内容を記載したが、この説明では不十分であった可能性がある。評価基準の認識合わせに時間をかけて対応する必要があった。

表 5-17 に各手法のメリットとデメリットの意見をまとめた。

表 5-17 各手法のメリットとデメリットの意見（経営者）

手法	メリット	デメリット
サービス機能展開	<ul style="list-style-type: none">・ 詳細が分かる.	<ul style="list-style-type: none">・ 一覧できない.・ 構造が複雑であり、資料だけ見ても内容がわからない.
クラス図	<ul style="list-style-type: none">・ 一覧ができる.・ 俯瞰的に把握ができる.	<ul style="list-style-type: none">・ 詳細が不明.・ 記載内容が単語的で読み手の想像による補完が必要.

サービス機能展開のメリットとして、内容の詳細が分かるという意見があったが、逆に分かりにくいという意見があった。経営者視点評価を実施する担当へ、設計知識教育を行っていなかったため、意見が分かれた可能性がある。

サービス機能展開のデメリットとして、一覧ができないという意見があった。設計者側の類似意見として、他人への説明が難しいという意見があり、1 ページで完結していないためである。

クラス図のメリットとして、一覧ができるという意見があった。同様に俯瞰的に把握ができるという意見があった。設計者側の意見でも、他人に説明しやすいという意見がある。

クラス図のデメリットとして、内容の詳細が不明という意見があった。同様に、記載内容が単語的であり補完が必要という意見があった。クラス図の簡易的な

表現により、俯瞰性は優れているが、記載内容の詳細の表現が難しいということが分かる。

第6章 結論

6.1 本研究のまとめ

製造業での継続的な発展には付加価値創出のためのデータ活用が必要であるが、その基盤となる IoT プラットフォーム構築は、多様な要求のバランスをとるのが困難である。本研究では、上記課題を解決するための IoT プラットフォームを構築する具体的な手法が不十分であることを指摘した。この背景を基に、IoT プラットフォームを構築する手法の提案とその評価を行った。

ハードウェアを含む既存の IoT プラットフォームである事例として Amazon の Echo、日本エレクトロヒートセンターの厨房機器共通 IoT プラットフォーム、三菱電機の電力 IoT プラットフォーム、シップデータセンターの船舶データ収集プラットフォームについて分析を行った。分析した結果を基に、ステークホルダー、プラットフォームおよび付加価値レイヤーにより構成されるモデルを構築した。

付加価値レイヤーの表現により、データから価値創出および価値提供の流れが明確化可能であるため、そのレイヤーを分析する手法として QFD をベースにしたサービス機能展開という手法を提案した。

設計記述実験としてサービス機能展開とクラス図による IoT プラットフォー

ム設計の実験を行い、設計アウトプットについて設計者視点および経営者視点の評価を行った。経営者視点の評価結果では、サービス機能展開の方が魅力性の評価が高く、データから価値創出を実現できていることを示すことができた。

6.2 リサーチ・クエスチョンに対する回答

本節では、1.2 節で立てたサブシディアリー・リサーチ・クエスチョン (SRQs) について回答し、それらの回答結果をもとに、メジャー・リサーチ・クエスチョン (MRQ) について回答する。はじめに、SRQ1 の問いは、以下のとおりである。

SRQ1 : IoT プラットフォームビジネスのステークホルダーおよび構成要素には何があり、それらはどのような関係にあるか？

この問いに対する回答として、IoT プラットフォームの事例分析を実施した。その結果、図 3-9 に示した通り、ステークホルダーとして、サービス利用者、サービス開発者、クラウド開発者およびデバイス開発者があり、プラットフォームとして、クラウドとデバイスがある。また、図 3-10 に示した通り、データから付加価値創出をする流れをテクノロジー、機能、サービスおよびビジネスの 4 層のレイヤーで表現した。ステークホルダー、プラットフォーム、付加価値レイヤーは、データから価値創出する流れを通じて循環することで継続的発展が実現

できる関係にある。

次に、SRQ2 の問いは、以下のとおりである。

SRQ2: IoT プラットフォームビジネスの価値創出を明示化するために、どのような設計手法があるか？

この問いに対する回答として、図 3-10 に示した付加価値創出の 4 層（テクノロジー、機能、サービスおよびビジネス）の関連付けおよび分析を行うため、QFD を採用することにした。ビジネスカテゴリとサービスカテゴリ、サービスカテゴリと機能、機能とテクノロジーの 3 段階の展開を行う“サービス機能展開”を提案した。

次に、SRQ3の問いは、以下のとおりである。

SRQ3：IoTプラットフォームビジネスの設計手法は、価値創出の明示化にどのように有効であるか？

この問いに対する回答として、提案した設計手法を用いた設計記述実験を実施した。経営者視点評価では、サービス機能展開の魅力性がクラス図よりも高いことを示すことができた。また、同様に、具体性とユニーク性についてもクラス図より高い結果であった。設計者のアンケート内では、サービス機能展開の方がアイデア発想支援の効果があるという意見があり、上記評価結果につながっていることがわかる。サービス機能展開では、データから価値創出を行うための設計として有効である。

また、設計者視点評価では、クラス図の方が、合目的性、一貫性、設計用意性、理解用意性についてサービス機能展開よりも高い結果となった。設計者としては、クラス図の方が設計しやすい傾向がある。

最後に、MRQの問いは、以下のとおりである。

MRQ: IoTプラットフォームビジネスを構築する際意思決定をどのように支援するか?

全体の俯瞰をして設計する段階では、クラス図を用いる。そして、アイデアを深く掘り下げる段階では、サービス機能展開を用いる。両方の手法を段階によって使い分けることが必要である。

クラス図は、設計者視点評価において、設計用意性や理解用意性で高い評価であり、経営者視点では、継続性が高い評価であった。プラットフォーム全体構成を検討するために、クラス図を用いる。

また、サービス機能展開は、経営者視点において、魅力性、ユニーク性、具体性が高い評価であった。サービス機能展開によりアイデアの強制発想を促し、具体化していくことで、データから価値を創出し魅力あるプラットフォームを設計することが期待できる。

サービス機能展開では、ビジネス・サービス・機能・テクノロジーの関連付けが可能である。ターゲットとするビジネス、具体的なサービス内容、必要な機能とテクノロジーの選択させることで、プラットフォーム構築の意思決定を支援することが可能となる。

6.3 理論的含意

本研究では、IoT プラットフォームの事例調査を通して、IoT プラットフォームの価値創出のモデルを検討した。検討したモデルを基に IoT プラットフォームを構築するための設計手法としてサービス機能展開という手法を提案した。

2.1 節で示した IoT システム設計に関する先行研究では、Westerlund ら (2014) や Ju (2016) は、IoT ビジネスモデルの分析・設計手法に関する研究を行っている。また、Reggio (2018) は、UML をベースとした IoT システムの要求仕様を抽出する手法を提案している。Alptekin (2017) と Chen (2013) は、QFD をベースとした IoT システムの設計を行う手法を提案している。

2.2 節で示したプラットフォーム設計に関する先行研究では、Perera ら (2014) は、センサーに着目したプラットフォームのサービスモデルを提唱している。また、Jariri ら (2008) は、自動車のプラットフォーム設計に QFD を使用した分析手法を提案している。

本研究では、下記の 2 点が先行研究と異なり、新規性がある。

- ・IoT プラットフォーム上のデータから価値を創出するために 4 層の付加価値レイヤーを用いる点
- ・付加価値レイヤーの各要素の関連付けをする手法として QFD をベースとしたサービス機能展開を提案した点

具体的には、図 3-10 の付加価値レイヤーモデルにて、ビジネス・サービス・機能・テクノロジーの 4 層により、データから情報、価値、価値提供へ結びつける観点と図 4-4 の各レイヤーの関連付けを 3 段階の 2 元表による展開で分析を進める観点が理論的含意である。

6.4 実務的含意

本研究の実務的含意は、IoT プラットフォーム構築の際にデータから価値創出までの流れを明確にした設計が実践できる点である。IoT プラットフォームの付加価値レイヤーモデルにより、プラットフォームとステークホルダーだけではなく、抽象的なレイヤーとしてビジネス、サービス、機能およびテクノロジーを意識することができる。そして、サービス機能展開により、ビジネスカテゴリ対サービスカテゴリ、サービスカテゴリ対機能、機能対テクノロジーの 3 段階の展開により、各レイヤーの要素の関係性に注目したアイディアの発想支援を行うことができる。

また、ビジネスニーズ・技術シーズどちらの方向からでも設計が可能な構成であるため、機能対テクノロジーの展開から開始しても良い。3.1 節で示した具体例では、Amazon とシップデータセンターのプラットフォームは、技術シーズ志向のプラットフォームであり、日本エレクトロニクスセンターと三菱電機のプラ

プラットフォームは、ビジネスニーズ志向のプラットフォームである。各企業の志向性に合わせた設計が可能であり、最終的にデータから価値創出を結び付け可能であることに、実務的含意がある。

6.5 本研究の限界と将来研究への示唆

本研究の限界のひとつに、提案した付加価値レイヤーモデルをブラッシュアップするために、分析対象の IoT プラットフォーム事例を増やして検証する必要がある。多数の事例を分析することで、IoT らしさ、プラットフォームらしさをより具体的に示すことが必要である。

次に、設計記述実験の設計者数と評価者数を増やす必要がある。本研究では、8名の設計者と2名の評価者での実験であったが、実験結果の正確性を向上させるためには、より多い人数での実験が必要となる。

また、設計者のアンケート結果では、サービス機能展開による発想支援の効果があるという意見があったが、評価基準に該当する項目を含めていなかった。評価基準そのものについても見直しが必要である。クラス図に関しては、視覚的に分かりやすいことと、反対に分かりにくいという対立した意見があった。これは、設計が小規模の場合は、接続線が少ないため視覚的に分かりやすいが、規模が大きくなると接続線が増えて、そのつながりを追うのが逆にわかりにくくなり破

綻するという問題があるためである。クラス図の規模により評価が変わる可能性がある。

経営者のアンケート結果では、評価基準が不明確な点があるという指摘があった。基準に対する説明文は用意したがそれでは不十分であった可能性がある。評価基準についての説明や認識合わせに時間をかける必要がある。また、サービス機能展開の成果物について、内容が分かりやすいという意見と反対に分かりにくいという意見があった。経営者視点評価の作業者に対して、設計知識教育を実施することで、改善する必要がある。

本研究の MRQ の回答として、クラス図とサービス機能展開の使い分けが必要であることを述べた。今後は、IoT プラットフォームの設計フェーズを分けて、抽象度の高いレベルから具体的なレベルに落としこむための手法の研究に取り組む予定である。

また、サービス機能展開については、ビジネスニーズと技術シーズを結びつける手法として、他の分野への応用が期待できる。汎用性を高めるか各レイヤーの見直しをすることで IoT プラットフォーム以外への適用が可能であると思われる。

参考文献

- Alptekin, S. Emre, 2017, "Internet of Things: How to Design a Sustainable Product?," *Journal of Management & Engineering Integration*, 10(2): 28-35.
- Chen, Rui Yang, 2013, "Intelligent service-integrated platform based on IOT technology using FCM and FQFD method," 2013 6th IEEE/International Conference on Advanced Infocomm Technology (ICAIT), 151-152.
- Chung, Hyunji, Jungheum Park, and Sangjin Lee, 2017, "Digital forensic approaches for Amazon Alexa ecosystem," *Digital Investigation*, 22: S15-S25.
- Domino's, 2021, Domino's ANYWARE, Domino's, (Retreived January 30, 2021, <https://anyware.dominos.com/>).
- IDC, 2018, "The Digitization of the World From Edge to Core", Seagate, (Retrieved April 5, 2019, <https://www.seagate.com/files/www-content/our-story/trends/files/idc-seagate-dataage-whitepaper.pdf>).
- Ju, Jaehyeon, Mi-Seon Kim, and Jae-Hyeon Ahn, 2016, "Prototyping business models for IoT service," *Procedia Computer Science*, 91: 882-890.
- Jariri, Fereydoon, and Seyed Hesameddin Zegordi, 2008, "Quality function deployment planning for platform design," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 36(5): 419-430.

- Osterwalder, Alexander, and Yves Pigneur, 2010, Business model generation: a handbook for visionaries, game changers, and challengers, John Wiley & Sons.
- Perera, Charith, Arkady Zaslavsky, Peter Christen, and Dimitrios Georgakopoulos, 2014, "Sensing as a service model for smart cities supported by internet of things," Transactions on emerging telecommunications technologies, 25(1): 81-93.
- Reggio, Gianna, 2018, "A UML-based proposal for IoT system requirements specification," Proceedings of the 10th international workshop on modelling in software engineering, 9-16.
- Saaty, Roseanna W, 1987, "The analytic hierarchy process — what it is and how it is used," Mathematical modeling, 9(3-5): 161-176.
- Westerlund, Mika, Seppo Leminen, and Mervi Rajahonka, 2014, "Designing Business Models for the Internet of Things," Technology Innovation Management Review, 4(7): 5-14.
- 赤尾洋二, 1990, 『品質展開入門(品質機能展開活用マニュアル 1)』, 日科技連出版社.
- 池田靖弘, 2017, 「シップデータセンターについて : 船舶 IoT 基盤のオープンプラットフォーム化 (特集 船舶の安全運航を支援する技術や環境)」『マリン

エンジニアリング』 52(2): 201-204

北川貴博, 2020, 「厨房機器共通 IoT プラットフォームの開発 総論・システム構成(特集 厨房機器共通IoTプラットフォームの開発)」『エレクトロヒート』 40(5): 14-19.

組込みシステム技術協会, 2008, 『2008 年度 設計手法標準化アンケート 集計結果』, 組込みシステム技術協会ホームページ, (2020 年 4 月 19 日取得, https://www.jasa.or.jp/wp-content/uploads/2020/03/et2008_design_questionnaire.pdf).

経済産業省, 2018, 『2018 年版ものづくり白書』.

経済産業省, 2015, 『新産業構造部会の検討の背景とミッション』, 経済産業省ホームページ, (2019 年 4 月 5 日取得, https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/shinsangyo_kozo/pdf/001_06_00.pdf).

経済産業省, 2016, 『通商白書 2016 年版』.

関口太郎, 2020, 「マーケットプレイスにおけるデータ活用(特集 厨房機器共通 IoT プラットフォームの開発)」『エレクトロヒート』 40(5): 32-37.

総務省, 2016, 『情報通信白書平成 28 年版』.

日本工業規格, 2003, 『マネジメントシステムのパフォーマンス改善--品質機能

展開の指針 JIS Q 9025:2003』.

延岡健太郎, 2006, 「意味的価値の創造:コモディティ化を回避するものづくり」

『国民経済雑誌』 194(6): 1-14.

三菱総合研究所, 2016, 『IoT 時代における ICT 産業の構造分析と ICT による

経済成長への多面的貢献の検証に関する調査研究報告書』, 総務省ホームペ

ージ, (2019 年 4 月 5 日 取得,

https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/linkdata/h28_01_houkoku.pdf).

八十田暁太・西都一浩, 2018, 「電力の運用高度化を加速する最適なデータ連携

基盤 (特集 エネルギー分野向けの IoT プラットフォーム)」『スマートグリッ

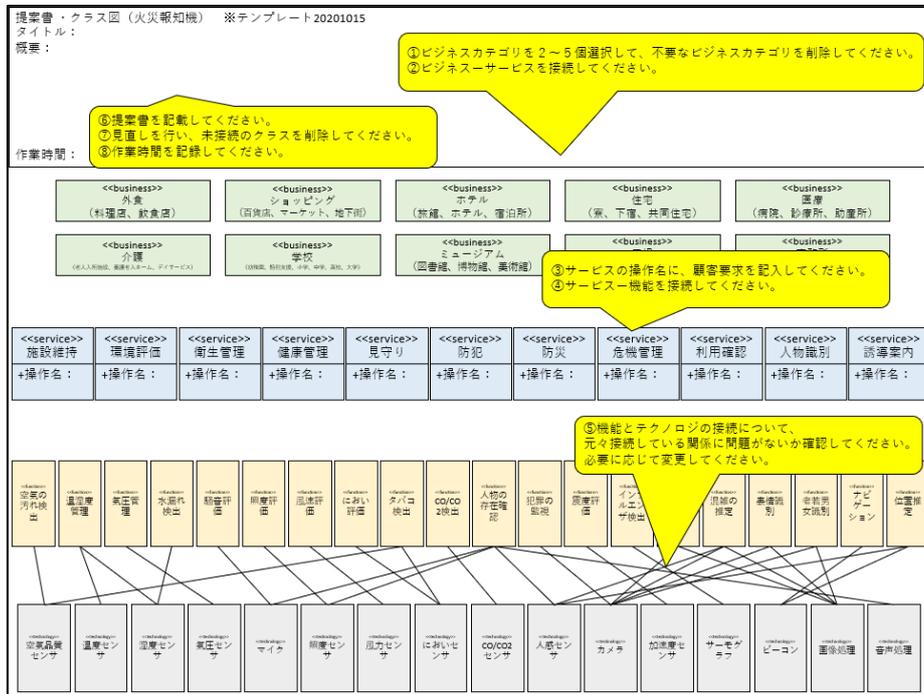
ド』 8(1): 3-7.

矢頭岳人・八十岡恒人・内平直志, 2019, 「IoT プラットフォームビジネス・エ

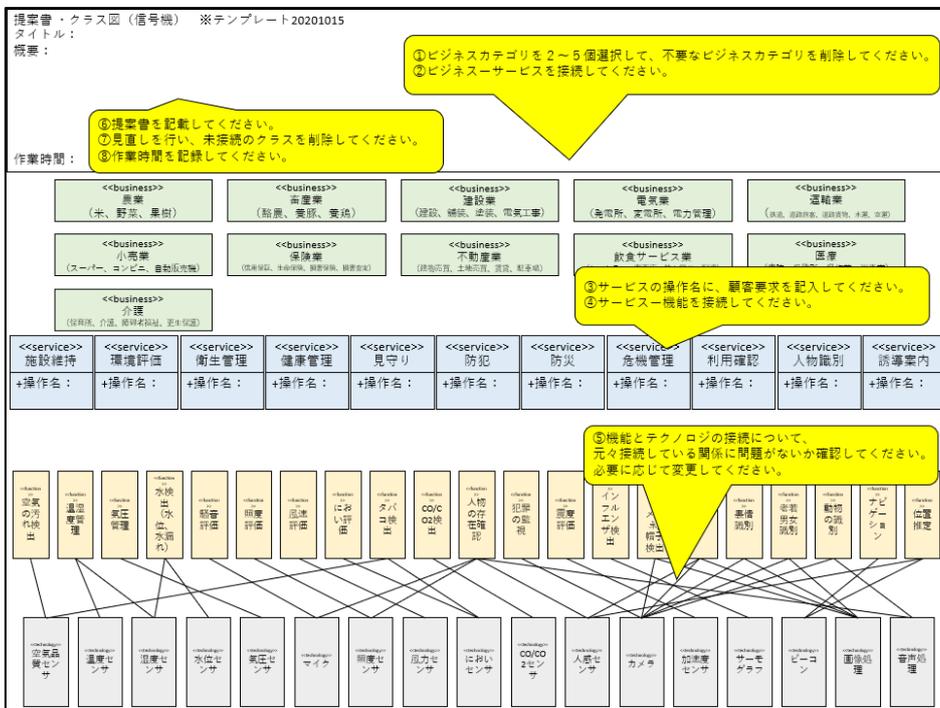
コシステム構築手法の提案ーQFD, CVCA の拡張」『サービス学会第 7 回国

内大会 講演論文集』 A-7-03.

付録



付図 1 クラス図テンプレート（火災報知器）



付図 2 クラス図テンプレート（信号機）

提案書・サービス機能展開（火災報知機） ※テンプレート20201129

タイトル：
概要：
作業時間：〇〇時間

プラットフォーム機器（火災報知機単体） 2000

サービスカテゴリ

サービスカテゴリ	維持	補修	評価	監視	管理	警報	見守	防犯	防災	警急	確利	識別	委託
顧客要求													

①ビジネスカテゴリを2～5個選択してください。不要なビジネスカテゴリの行の○を消去してください。

選択	ビジネスカテゴリ	施設例（ビジネス例）	重要度
<input type="radio"/>	外食	和食店、飲食店	9
<input type="radio"/>	ショッピング	百貨店、マーケット、地下街	9
<input type="radio"/>	ホテル	旅館、ホテル、宿泊所	9
<input type="radio"/>	住宅	寮、下宿、共同住宅	9
<input type="radio"/>	医療	病院、診療所、助産所	9
<input type="radio"/>	介護	老人入所施設、養護老人ホーム、デイサービス	9
<input type="radio"/>	学校	幼稚園、特別支援、小学、中学、高校、大学	9
<input type="radio"/>	ミュージアム	図書館、博物館、美術館	9
<input type="radio"/>	工場	工場、作業場	9
<input type="radio"/>	事務所	事務所	9

サービスカテゴリ重要度

施設維持	0	維持評価	0	衛生管理	0	環境管理	0	見守り	0	防犯	0	防災	0	警急管理	0	利用確認	0	人物識別	0	委託案内	0
------	---	------	---	------	---	------	---	-----	---	----	---	----	---	------	---	------	---	------	---	------	---

②サービスカテゴリに対する顧客要求を記載してください。全カテゴリを埋める必要はありません。複数の要求を書いても構いません。

③選択したビジネスカテゴリとサービスカテゴリの対応強度を「○△」で入力してください。関連がない場合は、空白のままにしてください。

付図 3 サービス機能展開テンプレート ビジネスカテゴリ対サービスカテゴリ（火災報知機）

機能	空気の流れ検出	高温管理	気圧管理	水検出（水位、水漏れ）	騒音評価	照度評価	におい評価	タバコ検出	CO/CO2検出	人物の存在確認	犯罪の監視	異常評価	温度（インフラ）検出（体）	道路の検出	表情識別	老若男女識別	動物の識別	マスク/メガネ/帽子検出	位置検出	
サービスカテゴリ																				
顧客要求																				
重要度	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

サービスカテゴリ重要度

施設維持	0	維持評価	0	衛生管理	0	環境管理	0	見守り	0	防犯	0	防災	0	警急管理	0	利用確認	0	人物識別	0	委託案内	0
------	---	------	---	------	---	------	---	-----	---	----	---	----	---	------	---	------	---	------	---	------	---

④サービスカテゴリと機能の対応強度を「○△」で入力してください。関連がない場合は、空白のままにしてください。

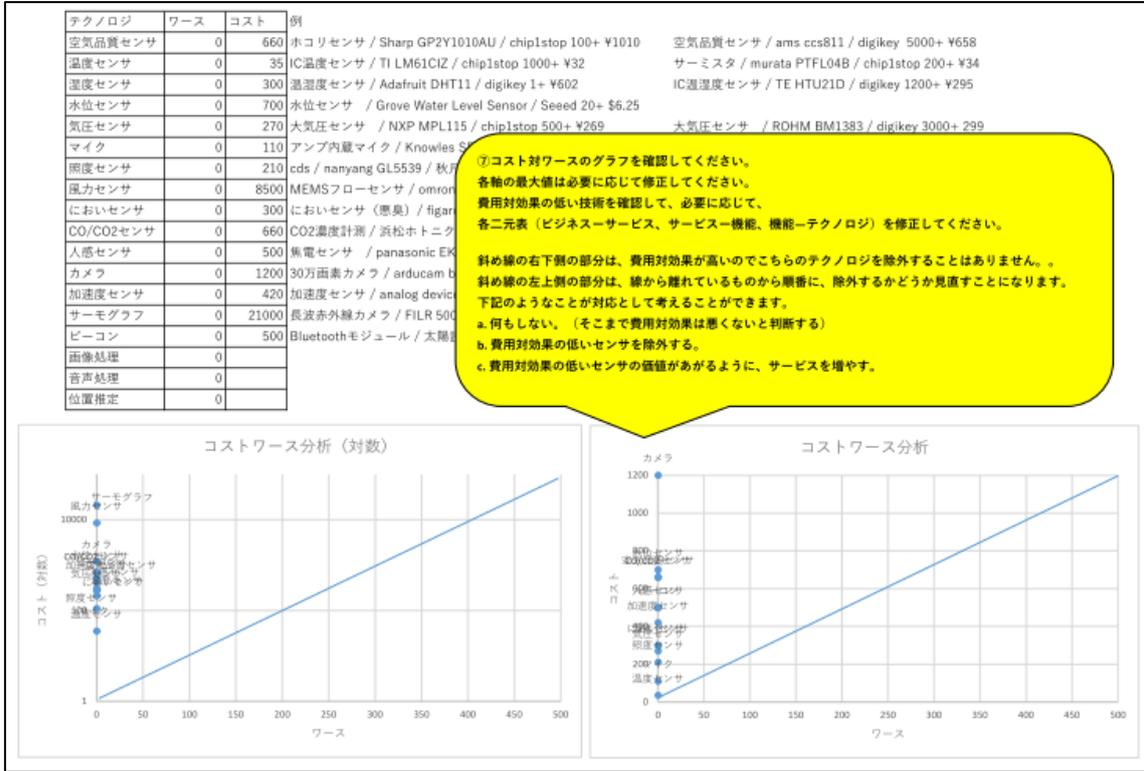
付図 4 サービス機能展開テンプレート サービスカテゴリ対機能（火災報知機）

テクノロジー		空気品質センサ	温度センサ	湿度センサ	水位センサ	気圧センサ	マイク	照度センサ	風力センサ	においセンサ	CO / CO2センサ	人感センサ	カメラ	加速度センサ	サーモグラフィ	ビーコン	画像処理	音声処理
機能	重要度																	
空気の汚れ検出	0	○																
温湿度管理	0		○	○														
気圧管理	0					○												
水検出(水位、水漏れ)	0			○	○													
騒音評価	0						○											
照度評価	0							○										
風速評価	0								○									
におい評価	0									○								
タバコ検出	0	○								○								
CO/CO2検出	0										○							
人物の存在確認	0						○	○				○						○
犯罪の監視	0												○					○
濃度評価	0													○				
インフルエンザ検出(体温)	0														○			
遅延の推定	0											○	○					○
表情識別	0											○	○					○
老若男女識別	0											○	○					○
動物の識別	0											○	○					○
マスク/メガネ/帽子検出	0											○	○					○
ナビゲーション	0															○		
位置推定	0											○				○		

機能重要度	空気品質	温度	湿度	水位	気圧	マイク	照度	風力	におい	CO/CO2	人感	カメラ	加速度	サーモ	ビーコン	画像処理	音声処理
コスト	660	35	300	700	270	110	210	8500	300	660	500	1200	420	21000	500		
センサーコスト	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
デバイスコスト(火災報知機)	2000																
合計コスト	2000																

⑥機能とテクノロジーの対応強度について、元々入力している対応に問題がないか確認してください。修正する必要がある場合、対応強度を「◎○△」または空白として変更してください。

付図 5 サービス機能展開テンプレート 機能対テクノロジー (火災報知機)



付図 6 サービス機能展開テンプレート コストワース分析 (火災報知機)

提案書・サービス機能展開 (番号機) ※テンプレート20201129

タイトル:
 概要:
 作業時間: ○,○時間

プラットフォーム機器 (番号用感知機) 10000

サービスカテゴリ

サービスカテゴリ	顧客要求	施設 特設	環境 整備	管衛 衛生	管維 理保	見守 り	防犯	防災	管色 理機	破利 器用	盗人 別物	業誘 内導
選択	ビジネスカテゴリ 施設例 (ビジネス例)	重要度										
<input type="checkbox"/>	農業	米、野菜、果樹	7									
<input type="checkbox"/>	畜産業	酪農、養豚、養鶏	6									
<input type="checkbox"/>	建設業	建築、舗装、塗装、電気工事	7									
<input type="checkbox"/>	電気業	発電所、変電所、電力管理	5									
<input type="checkbox"/>	運輸業	鉄道、道路旅客、道路貨物、水運、空運	9									
<input type="checkbox"/>	小売業	スーパー、コンビニ、自動販売機	9									
<input type="checkbox"/>	保険業	信用保証、生命保険、損害保険、損害査定	5									
<input type="checkbox"/>	不動産業	建物売買、土地売買、賃貸、駐車場	9									
<input type="checkbox"/>	飲食サービス業	レストラン、喫茶店、持ち帰り、配達	8									
<input type="checkbox"/>	医療	病院、保健所、検査室、消毒室	7									
<input type="checkbox"/>	介護	保育所、介護、福祉福祉、更生保護	7									

施設重要度: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

①ビジネスカテゴリを2〜5個選択してください。不要なビジネスカテゴリの行の○を消去してください。

②サービスカテゴリに対する顧客要求を記載してください。全カテゴリを埋める必要はありません。複数の要求を書いても構いません。

③選択したビジネスカテゴリとサービスカテゴリの対応関係を「○△」で入力してください。関連がない場合は、空白のままにしてください。

付図 7 サービス機能展開テンプレート ビジネスカテゴリ対サービスカテゴリ (信号機)

機能

サービスカテゴリ	顧客要求	重要度	空気 の汚 れ 検 出	温 度 管 理	気 圧 管 理	水 検 出 (水 位、 水 漏 れ)	漏 れ 検 出	振 動 評 価	風 速 評 価	に お い 評 価	タ バ コ 検 出	C O / C O 2 検 出	人 物 の 存 在 検 出	犯 罪 の 監 視	震 度 評 価	温 度 評 価	湿 度 評 価	表 情 判 別	老 若 男 女 判 別	出 入 口 の 検 出	マ ス ク / メ ガ ネ / 帽 子 検 出	位 置 検 定	
施設維持		0																					
環境評価		0																					
安全管理		0																					
設備管理		0																					
見守り		0																					
防犯		0																					
防災		0																					
色検知		0																					
利用確認		0																					
人物検出		0																					
顔検出		0																					

機能重要度: 0

⑤サービスカテゴリと機能の対応関係を「○△」で入力してください。関連がない場合は、空白のままにしてください。

付図 8 サービス機能展開テンプレート サービスカテゴリ対機能 (信号機)

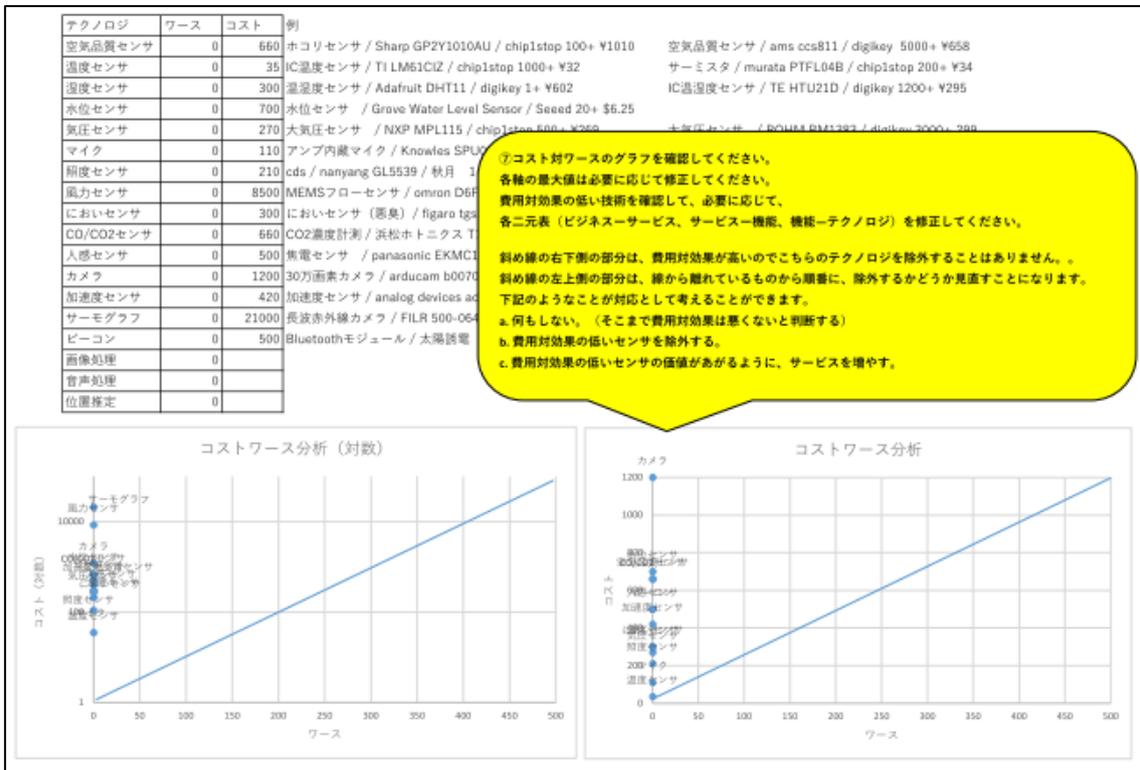
テクノロジー		空気品質センサ	温度センサ	湿度センサ	水位センサ	気圧センサ	マイク	照度センサ	風力センサ	においセンサ	CO/CO2センサ	人感センサ	カメラ	加速度センサ	サーモグラフィ	ビーコン	画像処理	音声処理	
機能	重要度																		
空気の汚れ検出	0	○																	
温湿度管理	0		○	○															
気圧管理	0					○													
水検出(水位、水漏れ)	0			○	○														
騒音評価	0						○												
照度評価	0							○											
風速評価	0								○										
におい評価	0									○									
タバコ検出	0	○																	
CO/CO2検出	0										○								
人物の存在確認	0						○	○				○							○
犯罪の監視	0												○						○
震度評価	0													○					
インフルエンザ検出(体温)	0														○				
混雑の推定	0											○	○						○
表情識別	0												○						○
老若男女識別	0												○						○
動物の識別	0												○						○
マスク/メガネ/帽子検出	0												○						○
ナビゲーション	0															○			
位置推定	0												○						○

機能重要度	空気品質	温度	湿度	水位	気圧	マイク	照度	風力	におい	CO/CO2	人感	カメラ	加速度	サーモ	ビーコン	画像処理	音声処理
コスト	660	35	300	700	270	110	210	8500	300	660	500	1200	420	21000	500		
センサーコスト	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
デバイスコスト(車両感知器)	10000																
合計コスト	10000																

⑥機能とテクノロジーの対応強度について、元々入力している対応に問題がないか確認してください。修正する必要がある場合、対応強度を「○△」または空白として変更してください。

○
△

付図 9 サービス機能展開テンプレート 機能対テクノロジー (信号機)



付図 10 サービス機能展開テンプレート コストワース分析 (信号機)

謝辞

本論文を執筆するにあたり、多くの方々にご指導、ご支援、ご協力いただき深く感謝いたします。

北陸先端科学技術大学院大学先端科学技術研究科 教授 内平直志先生には、主指導教員として、熱心なご指導をいただき、心より深く感謝いたします。そして、本研究を行う上で、様々なご助言をいただきました教員の方々にも深く御礼申し上げます。また、内平研究室の石川本校の学生と東京サテライトの社会人学生の方々に本研究の実験にご協力いただいたことを深く感謝いたします。

enPiT-Pro 「スマートエスイー：スマートシステム&サービス技術の産業連携イノベティブ人材育成」の代表である早稲田大学理工学術院総合研究所 最先端 ICT 基盤研究所 教授 鷺崎弘宜先生には、本研究を進めるきっかけを作っていただいたことと様々な知識をご教授いただいたことを心より深く感謝いたします。そして、最先端の情報処理技術をご教授いただきました教員の方々にも深く感謝いたします。また、第一期修了生の方々に本研究の実験にご協力いただいたことを深く感謝いたします。

株式会社協和エクシオの八十岡恒人氏には、本研究の実施例作成および実験にご協力いただきました。また、快く IoT プラットフォームに関する議論を交わしていただきました。心より深く感謝いたします。

ホーチキ株式会社の方々に、本研究を進めるにあたり、ご支援とご配慮をいただいたことを心より深く感謝いたします。

最後に、社会人学生として多くの時間を割くことに理解をいただき、そして、本研究を応援し励ましていただいた家族に心より感謝いたします。