

ユーザ主導により情報システムを開発するための
技術及び設計法に関する研究

香川大学大学院工学研究科 博士後期課程信頼性情報システム工学専攻		
博 士 論 文		
修了年度		令和4年度(2022年度)
指導教員		八重樫 理人
審査 担当 教員	主査	八重樫 理人
	副査	安藤 一秋
		後藤田 中
		米谷 雄介

香川大学大学院 工学研究科
博士後期課程 信頼性情報システム工学専攻

山田 哲

令和5年3月

Research on Technologies and Design Methods for Developing User-Driven Information Systems.

Abstract To promote DX, User-Driven Information System development is once again attracting attention. This paper describes a method of providing technology in User-Driven development, and a method of designing and developing User-Driven Information Systems that users really need by combining Design Thinking and Lean Startup. And this paper also describes efforts to acquire the skills to design and develop User-Driven Information Systems.

あらまし DXを推進すべく、ユーザ主導による情報システム開発が再注目されている。本論文では、ユーザ主導開発における技術の提供方法、デザイン思考やリーン・スタートアップを組み合わせ、ユーザ主導でユーザが本当に必要な情報システムを設計・開発する手法について述べる。また本論文では、ユーザ主導で情報システムを設計・開発するためのスキルを獲得する取り組みについても述べる。

キーワード デジタル・トランスフォーメーション, ユーザ主導, デザイン思考, リーン・スタートアップ

目次

1	はじめに	5
1.1	研究の背景と目的	5
1.2	本論文の構成	8
2	プリンタ制御プラットフォーム「DeviceTags」	10
2.1	本研究の目的	10
2.2	関連研究と関連技術	13
2.3	プリンタ制御プラットフォーム「DeviceTags」	16
2.4	「DeviceTags」を用いたシステム開発事例	18
2.5	考察	19
2.6	本章のまとめ	22
3	香川大学型業務システム内製モデル	24
3.1	本研究の目的	24
3.2	関連研究と関連技術	25
3.3	香川大学型業務システム内製モデル	27
3.4	考察	28
3.5	本章のまとめ	29
4	内製モデルに基づく開発事例	31
4.1	香川大学における DX の取り組み	31
4.1.1	本研究の目的	31
4.1.2	DX 推進戦略「デジタル ONE 戦略」	34
4.1.3	香川大学の DX 推進体制	34
4.1.4	考察	38
4.1.5	本節のまとめ	39
4.2	アイデア創出と要件抽出の取り組み	40
4.2.1	本研究の目的	40
4.2.2	業務 UX 調査について	41
4.2.3	業務改善アイデアソンについて	44
4.2.4	考察	47
4.2.5	本節のまとめ	49
4.3	「香川大学型業務システム内製モデル」による「出退勤記録システム」の開発	51
4.3.1	本研究の目的	51

4.3.2	関連研究と関連技術	52
4.3.3	香川大学型業務システム内製モデル	53
4.3.4	「出退勤記録システム」の開発	55
4.3.5	考察	61
4.3.6	本節のまとめ	62
4.4	「休暇申請システム」の開発	63
4.4.1	本研究の目的	63
4.4.2	休暇申請システムの内製	64
4.4.3	考察	68
4.4.4	本節のまとめ	70
5	ユーザ主導により情報システムを開発するためのスキルを獲得する取り組み	71
5.1	業務システム内製開発ハンズオン	71
5.1.1	本研究の目的	71
5.1.2	業務システム内製開発ハンズオン（初級編）	73
5.1.3	考察	77
5.1.4	本節のまとめ	78
5.2	非 IT 分野を専攻する学生を対象とした「IoT デザイン教育プログラム」	80
5.2.1	本研究の目的	80
5.2.2	関連研究	81
5.2.3	関連技術	82
5.2.4	IoT 教育プログラム	85
5.2.5	IoT 教育プログラムの実践	86
5.2.6	考察	93
5.2.7	本節のまとめ	96
5.3	産学連携による大学 DX 推進共創活動を用いた社会人リスキリング	98
5.3.1	本研究の目的	98
5.3.2	関連研究	99
5.3.3	「社会人リスキリング」の設計	100
5.3.4	「社会人リスキリング」の実践	101
5.3.5	考察	103
5.3.6	本節のまとめ	106
6	まとめ	107
6.1	本論文の統括	107
6.2	産業における本論文の貢献	109
6.3	今後の展望	111
	謝辞	113
	研究業績	115
	参考文献	121

目次

1.1	香川大学が提唱する「デザイン思考」	7
1.2	本論文における各研究の関係	8
2.1	Push 型印刷方式	12
2.2	Pull 型印刷方式	12
2.3	システム概略図（デバイス Web API 方式）	12
2.4	システム概略図（デバイスブラウザ方式（JavaScript））	13
2.5	印刷処理手順	15
2.6	DeviceTags の動作概念	16
2.7	システム概略図（デバイスブラウザ方式（DeviceTags））	17
2.8	カダパンが生成した観光ガイドブック	19
2.9	ガイドブック印刷アプリケーション	20
2.10	想定開発者との関係	20
3.1	デザイン思考プロセス	26
3.2	中所示したユーザ主導開発の3段階のアプローチ（tree-tier architecture）	27
3.3	香川大学型業務システム内製モデル	28
4.1	香川大学の「デジタル ONE 戦略」	32
4.2	香川大学における DX 推進体制	35
4.3	DX 推進フェーズ	37
4.4	設定された3種類のペルソナ	42
4.5	一日単位のジャーニーマップ	43
4.6	ジャーニーマップ（学生教員対応に関する課題）	43
4.7	インタビューの様子	44
4.8	作成されたエモグラフィ（一部抜粋）	45
4.9	作成されたアイデアスケッチ（Q & A, 事例集の共有）	46
4.10	作成されたアイデアスケッチ（電話の利用禁止）	46

4.11	ダーティプロトタイプ (KadaBukuro プレスリリース)	47
4.12	ダーティプロトタイプ (KadaTalk プレスリリース)	47
4.13	作成されたアイデアスケッチ (チュータ制度)	47
4.14	作成されたアイデアスケッチ (相手の状況を可視化)	47
4.15	勤務時間報告システム (出勤登録画面)	48
4.16	残業申請システム (残業申請画面)	48
4.17	残業申請システム (勤務管理者決裁画面)	49
4.18	Microsoft Teams のプロフィール欄	49
4.19	中所在提案したユーザ主導型開発のアプローチ	53
4.20	香川大学型業務システム内製モデル	54
4.21	出退勤時間報告画面	56
4.22	出退勤時間報告データ一覧	57
4.23	残業申請システム	58
4.24	決裁者の決裁メール	58
4.25	残業時間登録データ一覧	58
4.26	休暇申請システム	59
4.27	休暇数管理データ一覧	59
4.28	休暇申請データ一覧	60
4.29	休暇申請システムのユースケース図	64
4.30	休暇申請システムの概要図	65
4.31	休暇データベース	65
4.32	休暇申請機能の休暇申請画面	66
4.33	部局庶務担当確認メール	66
4.34	勤務時間管理者に送られた休暇申請決裁メール	67
4.35	申請者に通知された休暇申請結果通知メール	67
4.36	休暇取り消し画面	67
4.37	有給取得状況通知メール	67
4.38	カレンダー表示機能の画面	68
4.39	休暇取得状況表示機能のグラフ可視化機能の画面	69
5.1	「オンラインセミナー受付システム」申請画面	74
5.2	「オンラインセミナー受付システム」受付完了メール	74
5.3	「オンラインセミナー受付システム」の「フロー」,「トリガー」,「アクション」	75
5.4	「欠席届受付システム」申請画面	75
5.5	「欠席届受付システム」申請内容通知メール	76

5.6	「欠席届受付システム」申請結果通知メール	76
5.7	「欠席届受付システム」の「フロー」,「トリガー」,「アクション」	76
5.8	「欠席届受付システム」データベース (Microsoft SharePoint)	77
5.9	香川大学教職員向けに実施したアンケートの内容	78
5.10	香川大学教職員向け Q4 の回答結果	78
5.11	香川大学教職員向け Q5 の回答結果	78
5.12	香川大学教職員向け Q6 の回答結果	79
5.13	香川大学教職員向け Q8 の回答結果	79
5.14	ifLink で利用可能な「IoT デバイス」と「モジュール」の例 (一部抜粋)	83
5.15	ifLink の IoT システム概要	84
5.16	「ルールセット」の作成画面	85
5.17	香川大学が提唱する「デザイン思考」プロセスに基づいた「IoT 教育プログラム」 の構成	85
5.18	「エモグラフィー」の例	88
5.19	「スピードストーミング」の様子	89
5.20	「アイデアスケッチ」の例	89
5.21	「プレスリリース」の例	90
5.22	IF-THEN アイデアシート	90
5.23	「IF-THEN アイデアシート」の作成例	91
5.24	「ルールセット配信サーバ」で「ルールセット」を作成している様子	92
5.25	IoT システム 1 のデモ (ハッカソンパート 1)	92
5.26	IoT システム 2 のデモ (ハッカソンパート 2)	92
5.27	「DX プロジェクトチーム」が分析に用いる「案件シート」の例	102

表 目 次

2.1	JavaScript ライブラリのメトリクス	21
2.2	JavaScript ライブラリ利用時と DeviceTags のステップ数比較	21
4.1	香川大学における DX 推進人材	36
4.2	業務改善アイデアソンの内容	44
5.1	「サービス・イノベーション創造演習」の内容	87
5.2	「カーク・パトリックの効果測定レベル」による「IoT 教育プログラム」の評価項目	93
5.3	「1. 反応レベル」の評価結果 [N=19]	94
5.4	「2. 学習レベル」の評価結果 [N=15]	94
5.5	「3. 行動変容レベル」の評価結果 [N=15]	95
5.6	大学 DX 推進共創活動の場で獲得が期待できる「想定スキル」	100
5.7	スキル領域 a の測定結果	104
5.8	スキル領域 b の測定結果	104
5.9	スキル領域 c,d の測定結果	105
5.10	スキル領域 e の測定結果	105

第 1 章

はじめに

1.1 研究の背景と目的

デジタル・トランスフォーメーション (Digital Transformation:DX) [1] は、2004 年にスウェーデンウメオ大学教授のエリック・ストルターマンによって提唱され、「IT の浸透が、人々の生活をあらゆる面でより良い方向に変化させる」ことを目指した概念である。DX には多くの定義や解釈が存在しているが、一般的に「IT に代表されるテクノロジーを利用して事業の業績や対象範囲を根底から変化させる」ことを意味しており、単なるシステム導入による IT 化やデジタル化とは別物と定義される。

「DX レポート～IT システム『2025 年の崖』克服と DX の本格的な展開～」[2] では、ユーザ企業が、自身の利用する業務システムの開発を「ベンダ企業に要件定義を丸投げ」、「要件定義が不明瞭なまま開発を始める」現状を挙げ、「ユーザ企業自身も参画した『アジャイル開発』などの新しい開発手法へ転換が必要である」との指摘がなされ、「要件を確定するのはユーザ企業であるべきことを認識する必要がある」ことが示された。「ユーザのための要件定義ガイド第 2 版 要件定義を成功に導く 128 の勘どころ」[3] においても、「情報システムの要件を定義する責任は、構築されたシステムを利用してビジネスに貢献する役目を負うユーザ企業側である」ことが述べられており、「ユーザ主導で情報システムの要件を明らかにすること」が重要であるとの指摘がなされた。このような背景から、ユーザ企業が DX に代表されるデジタルの活用や、ICT の活用により、新しいビジネスモデルの創出や、競争上の優位性を確保するためには、「ユーザ企業自身が『使い勝手の悪いシステム』や『利用されないシステム』を開発することを防ぎ、『自らが本当に必要とする情報システム』を開発する手法（技術及び設計法）」が、より一層求められる状況にある。

「高信頼化ソフトウェアのための開発手法ガイドブック -予防と検証の事例を中心に-」[4] では、V 字モデル（ウォーターフォールモデル）開発の「システム要件定義」の段階で、「プロトタイプ開発と検証」を目的とした小さな V 字モデル（ウォーターフォールモデル）開発をおこない、「開発プ

プロジェクト全体のリスクを低減させる」事例が紹介された。要件定義段階で、「プロトタイプ開発と検証」おこなうことで、「1. システム化の方針、目的が曖昧」、「2. 要件が固まらない、実現可能性が十分検討されない」、「3. 曖昧な見積もりのまま開発段階に入る」、「4. 要件が確定しないまま次工程に進む」の4つの課題解消が期待できることが示された。しかし、これらはユーザ企業から情報システムの開発、保守を委託された「ベンダ企業側の視点」で議論されている。そのため、ユーザ企業を対象とした、ユーザ企業自身が「使い勝手の悪いシステム」や「利用されないシステム」を開発することを防ぎ、「自らが本当に必要とする情報システム」の要件を明らかにする手法（技術及び設計法）が新たに必要である。

情報通信技術の発展により、高度なプログラミング知識がなくてもシステムやソフトウェアが開発できる「ローコード、ノーコードツール」によるエンドユーザコンピューティング（End-User Computing:EUC）が注目されている [5, 6]. 「ローコード、ノーコードツール」による開発は、開発工数を大幅に削減し、「見たままを得られる（What You See Is What You Get:WYSIWYG）開発」が容易なことから、ユーザ主導のシステムやソフトウェアの開発に有効であるとの報告 [7] も存在し、多くの企業で DX を推進する手段として導入が広がっている。

2018年に設置された香川大学創造工学部では、時代の変化を捉え、社会や人々のニーズにフィットしたイノベーションを創出する人材育成を目指し、「デザイン思考」能力育成にむけた様々な教育プログラムを展開している [8]. 「デザイン思考」とは、「製品に対する審美力を持ち、ユーザが潜在的に求めている価値等を追求することで得られた抽象的なアイデアから、実現可能なプランに落とし込み、全く新しい価値を生み出す思考プロセス（手順）」のことである。香川大学の提唱する「デザイン思考（図 1.1）」は、「1. ユーザ中心に物事を考え」、「2. チームメンバーやユーザとのコミュニケーションを重視」し、「3. 試作、テスト、改善を繰り返す」とともに、「4. 問題解決の方法は1つではなくてよい」を基本的な考え方とし、「共感」、「問題定義」、「アイデア創出」、「具体化」、「検証」の5つの段階から構成される。「デザイン思考」は新しい価値を生み出すために必要な概念として注目されており、多くの企業が「デザイン思考」に基づく取り組みを実施している。

「リーン・スタートアップ（lean startup）」 [9] は、不確実性の高い状況で事業を創出するための方法論として提案された。「リーン・スタートアップ」では、「仮説」に基づき MVP を開発し、「構築（Build）-計測（Measure）-学習（Learn）」のサイクルを経て、ユーザとの共創による「検証」から価値を定義する。「デザイン思考」は「人間中心」の価値提供を実現するのに対し、「リーン・スタートアップ」は仮説に基づいた事業性の検証に重きを置いている。「デザイン思考」や「リーン・スタートアップ」を用いて、ユーザ主導で情報システムの要件を明らかにする行為は、ユーザ企業の「ベンダ企業に要件定義を丸投げ」、「要件定義が不明瞭なまま開発を始める」という課題を解消することが期待できる。

ロングテール（the long tail） [10] は、Chris によって提唱され、販売機会の少ない商品でもアイテム数を幅広く取り揃える小規模多品種を実現し、対象となる顧客の総数を増やすことで、総



図 1.1: 香川大学が提唱 [8] する「デザイン思考」

体としての売上げを増やす販売手法を指す。「マス・カスタマイゼーション」は、大量生産を意味する「マスプロダクション」と「要求に応じた製作や作り直し」、「特注」などを意味する「カスタマイゼーション」を組み合わせた造語であり、大量生産に近い生産性を保ちつつ、顧客ごとの個別要求に対応した付加価値の高い製品やサービスを提供する取り組みを意味する。ベンダ企業は、ユーザ企業自身が、「ローコード、ノーコードツール」などを活用して、「効率的な情報システムのカスタマイズ」を支援するために、ベンダ企業が提供する汎用的な製品やパッケージを「マス・カスタマイゼーション」させることで、小規模多品種の市場における製品、サービス提供ができるための仕組みの提供が求められている。

日本のユーザ企業では、「カスタムソフトウェア」の採用率が9割であるのに対して、米国では3割から4割程度であるとの報告もあり、日本のユーザ企業におけるソフトウェアのカスタマイズのニーズは高い状況にある [11]。また、同調査ではユーザ企業が「カスタムソフトウェア」を採用することで、企業特有のノウハウを活かし生産性を高めている傾向が示され、ユーザ企業においてベンダ企業が開発した技術を活用した効率的なカスタマイズの手法が求められている。

一方、ユーザ企業では、「デザイン思考」、「リーン・スタートアップ」などの手法や、「ローコード、ノーコードツール」の活用などは、既存業務の延長上で習得や実践が困難であり、「新たなスキルの獲得」のための仕組みづくりが急務となっている。「リスキリング (Reskilling)」とは、「新しい職業に就くために、あるいは、今の職業で必要とされるスキルの大幅な変化に適応するために、必要なスキルを獲得すること、若しくはさせること」とされ、ビジネスモデルや事業戦略の変化へ対応する人材戦略の一つである [12]。リスキリングには、「1. 共通の目的」、「2. 孤立させない」、「3. 互いに学ぶ」、「4. 社外での学習環境整備」、「5. 大学との連携」の5つの要素が必要

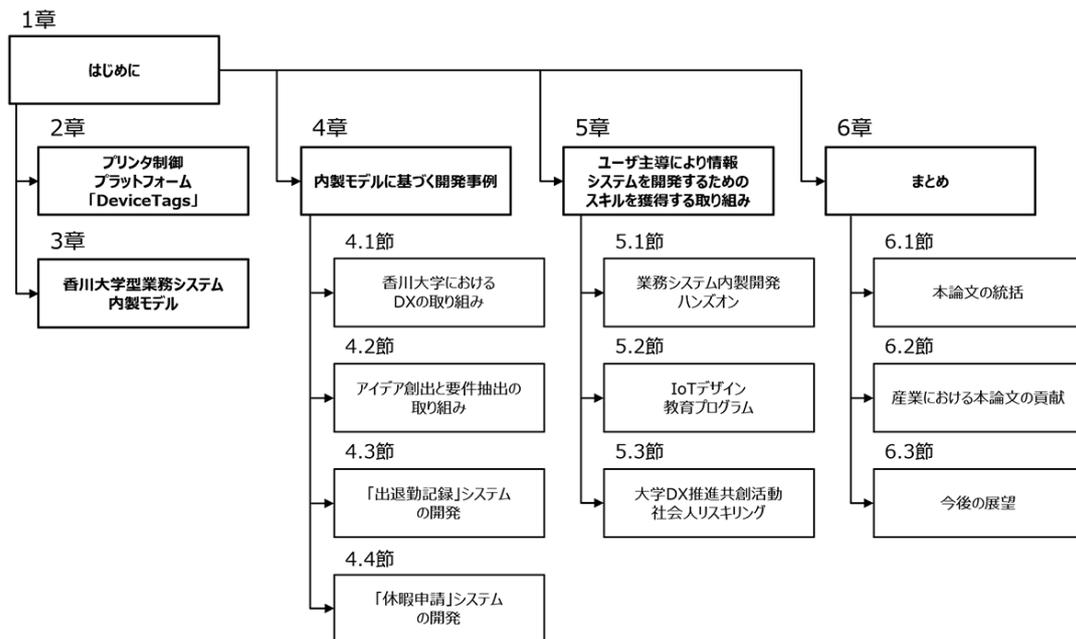


図 1.2: 本論文における各研究の関係

であることも示され、リスキリングに対する「場」や「機会」の創出が求められている [13].

1.2 本論文の構成

本論文では、ユーザ主導開発における技術の提供方法、「デザイン思考」や「リーン・スタートアップ」を組み合わせ、ユーザ主導でユーザが本当に必要な情報システムを設計・開発する手法について述べる。また本論文では、ユーザ主導で情報システムを設計・開発するためのスキルを獲得する取り組みについても述べる。図 1.2 は、本論文における各研究と、該当する章および節との関係を示している。

2 章では、ユーザ主導により情報システムを開発するための技術として、プリンタ制御に関する専門的な知識をほぼ必要とせずに複合機・プリンタを用いた情報システムを開発できる「プリンタ制御プラットフォーム『DeviceTags』」について述べる。

3 章では、香川大学における業務システムの内製を通じて、ユーザ主導で「人間中心」の業務システム要件を「仮説」として定義し、ユーザと共創により「検証」をおこなうモデルを提案する「香川大学型業務システム内製モデル」について述べる。

4 章では、「内製モデルに基づく開発事例」について述べる。4.1 節では、DX 推進に取り組む多くの教育機関に共通する組織整備や環境整備、および教職学連携による具体的な DX の取り組みの方策を提案する「香川大学における DX の取り組み」について述べる。4.2 節では、「デザイン思考」に基づき大学業務を実施するユーザ（教職員）を対象とした業務の実態調査や、新たな大

学業務システム開発にむけたアイデア創出の手段を提案する「アイデア創出と要件抽出の取り組み」について述べる。4.3 節では、「香川大学型業務システム内製モデル」を提案するとともに、同モデルに基づき、内製された業務システムの事例である「『香川大学型業務システム内製モデル』による『出退勤記録システム』の開発」について述べる。4.4 節では、休暇の主体的な取得を促す「休暇申請システム」の内製事例である「『休暇申請システム』の開発」について述べる。

5 章では、「ユーザ主導により情報システムを開発するためのスキルを獲得する取り組み」について述べる。5.1 節では、「ローコード、ノーコードツール」を用いた業務システム開発を体験し、業務システムを内製するための初歩的なスキルの獲得や、自身の DX 推進の機運を高めることを目指した「業務システム内製開発ハンズオン（初級編）」について述べる。5.2 節では、非 IT 分野を専攻する学生でも IoT システムの「具体化」を実現させ、「デザイン思考」の「共感」、「問題定義」、「アイデア創出」、「具体化」、「検証」を繰り返す問題解決の手法を学ぶことができる「非 IT 分野を専攻する学生を対象とした『IoT デザイン教育プログラム』」について述べる。5.3 節では、ユーザとの共創により価値を定義するための「新たなスキルの獲得」を目的とした「産学連携による大学 DX 推進共創活動を用いた社会人リスキリング」について述べる。

6 章では、本論文の統括、産業における本論文の貢献、および今後の展望について述べる。

第 2 章

プリンタ制御プラットフォーム「DeviceTags」

本章では、ユーザ主導により情報システムを開発するための技術として、プリンタ制御に関する専門的な知識をほぼ必要とせずに複合機・プリンタを用いた情報システムを開発できる「プリンタ制御プラットフォーム『DeviceTags』」について述べる。

2.1 本研究の目的

グローバル化が進展し、企業間の競争が激化している。新興国の経済成長による市場の拡大は、製品に求められる市場ニーズの多様化を生んでおり、そのニーズに対応した迅速な製品開発が求められる。このような背景から、自社の技術に基づいた製品やサービスを提供する「クローズドイノベーション」から、自社の技術に外部の技術を融合させて新しい製品やサービスの提供をおこなう「オープンイノベーション」と呼ばれる手法を用いる企業が増加している。「オープンイノベーション白書」[15]では、日本の大企業の47%が「オープンイノベーション」を実施していることが報告され、「現場のデータ活用、デジタル化、モノ×サービスによる価値創出などビジネスモデルの転換が必要である」と指摘している。

ロングテール (the long tail) [10] は、Chris によって提唱され、販売機会の少ない商品でもアイテム数を幅広く取り揃える小規模多品種を実現し、対象となる顧客の総数を増やすことで、総体としての売上げを増やす販売手法を指す。「マス・カスタマイゼーション」は、大量生産を意味する「マスプロダクション」と「要求に応じた製作や作り直し」、「特注」などを意味する「カスタマイゼーション」を組み合わせた造語であり、大量生産に近い生産性を保ちつつ、顧客ごとの個別要求に対応した付加価値の高い製品やサービスを提供する取り組みを意味する。Chris は、「大規模少品種の大量生産品を特別仕様にする『マス・カスタマイゼーション』により、無数のニッ

*2 章は、電子情報通信学会論文誌「ライフインテリジェンスとオフィス情報システム論文特集」に掲載された同著者による「プリンタ制御プラットフォーム『DeviceTags』の開発とその効果」[14]を基にしている。また本章で用いた図はすべて電子情報通信学会の許諾のもと [14] から再利用したものである。Copyright©2022 IEICE.

チ市場が存在する」と述べている。「マス・カスタマイゼーション」は小規模多品種を実現させ、ポスト大量生産、大量消費におけるビジネスモデルの転換の取り組みとして注目されている。

「デジタルトランスフォーメーション（DX）に関するレポート『DX レポート ～IT システム「2025 年の崖」克服と DX の本格的な展開～』」[2] では、2025 年には IT 人材が国内で 43 万人不足することが報告された。このことは不足する IT 人材を育成する取り組みの実施が求められるだけでなく、システム開発における工数の削減や開発に関する技術的な敷居を下げる取り組みの実施も求められている。

「マイクロサービス（MicroServices）」は、1 つのアプリケーションをビジネス機能に沿った複数の小さいサービスの疎に結合された集合体として構成する「サービス指向アーキテクチャ（Service-Oriented Architecture:SOA）」の 1 種である。「マイクロサービス」による開発は、機能が独立しており、改修や機能追加が容易で、システム開発工数の削減やシステム開発の技術的敷居を下げる効果が期待できることから、多くの開発プロジェクトで採用が広がっている。「マイクロサービス」は様々な提供方法が提案されているが、API として提供されるのが一般的である。Myers[16] は API を用いた開発の問題点として、「API 習得に多くの工数がかかっている。習得の時間を削減するだけでなく、効率性や正確性などの様々な特性に応じて適切な機能やアクセス方法を提供する必要がある」と述べている。

出力装置とは、計算機などからデータを受け取って、人間に認識できる形で外部に物理的に提示する装置である。複合機やプリンタは、出力装置に該当する。情報処理推進機構（IPA）が発表した「デジタル複合機のセキュリティに関する調査報告書」[17] によると複合機は、「Multi Function Peripheral（多機能周辺機器）、Multi Function Printer（多機能プリンタ）もしくは Multi Function Product（多機能製品）であり、機能的にコピー、プリンタ、スキャナ、及びファックスが一体になった機器」と定義されている。一般社団法人ビジネス機械・情報システム産業協会（JBMA）[18] によると、JBMA 会員企業が 2020 年に出荷した複合機は 3,600,447 台、プリンタが 30,060,945 台であり、多くのユーザが出力装置として複合機やプリンタを利用していることが明らかになった。複合機やプリンタを開発している株式会社リコーでも、複合機やプリンタを「マス・カスタマイゼーション」させるとともに、「マイクロサービス」による開発を促すべくプリンタを制御する API を開発してきたが、Myers が指摘した API 習得の問題に加え、「1. API 仕様を理解するために複合機・プリンタの動作仕様を学習する必要がある、API 学習の効率が悪い（効率性）」、「2. 仕様が複雑なため、API 仕様の理解だけでは実装ミスが多く、サンプルコードによる実装ガイドを必要とする（正確性）」などの課題を有しており、改善要望が多数寄せられていた。

本研究では、プリンタ制御プラットフォーム「DeviceTags」を開発した。本研究で開発した「DeviceTags」は、プリンタ制御に関する専門的な知識をほぼ必要とせず複合機・プリンタを用いた情報システム（以降、印刷システム）が開発可能であり、システム開発の工数を削減すると

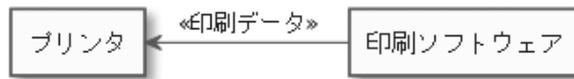


図 2.1: Push 型印刷方式 Copyright©2022 IEICE.



図 2.2: Pull 型印刷方式 Copyright©2022 IEICE.

もに、印刷システム開発の技術的な敷居を下げる効果が期待できる。また「DeviceTags」はプリンタを用いた「マイクロサービス」開発の効率化も促せる。「DeviceTags」は、自社の技術に外部の技術を融合させて新しい製品開発に活かす「オープンイノベーション」を促進させる効果が期待できるだけでなく、大量生産品である複合機・プリンタを「マス・カスタマイゼーション」させ、小規模多品種の市場における製品開発にも貢献する可能性も有している。

2.2 節では、関連研究と関連技術について述べる。2.3 節では、プリンタ制御プラットフォーム「DeviceTags」について述べる。2.4 節では、「DeviceTags」を用いた印刷システム開発事例として「旅の思い出を記録する観光ガイドブック生成/印刷システム『KadaPam/カダパン』」について述べる。2.5 節では、考察を述べる。2.6 節では、まとめを述べる。

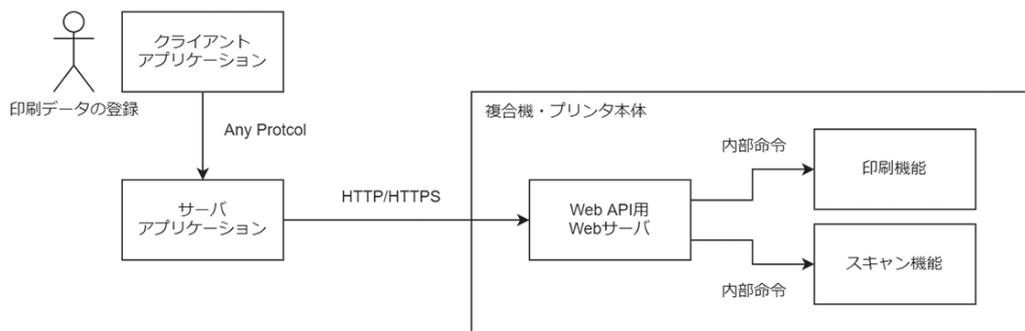


図 2.3: システム概略図 (デバイス Web API 方式) Copyright©2022 IEICE.

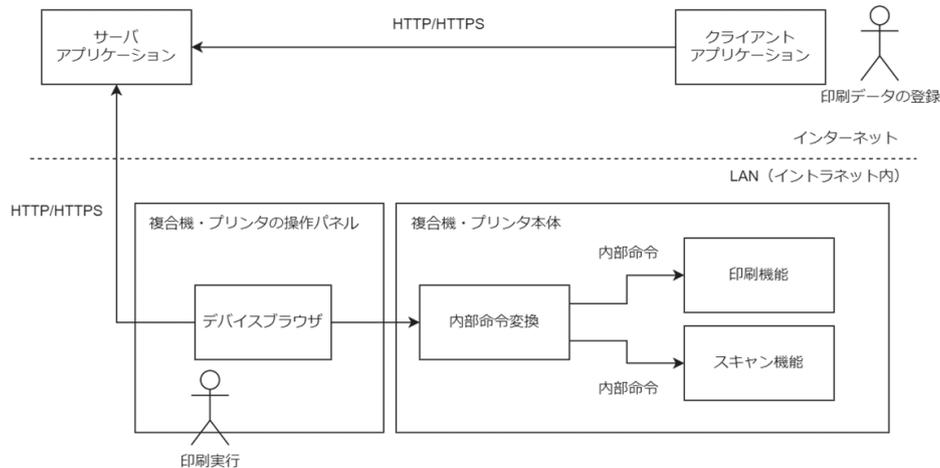


図 2.4: システム概略図（デバイスブラウザ方式（JavaScript）） Copyright©2022 IEICE.

2.2 関連研究と関連技術

本章では、関連研究と関連技術として複合機やプリンタの印刷方式について述べるとともに、プリンタ制御 API について述べる。複合機やプリンタの印刷方式は、Push 型印刷方式と Pull 型印刷方式に分類される。Push 型印刷方式は、「情報の送り手側が自動的に届ける印刷方式」、Pull 型印刷方式は、「受け手側からアクセスして読みに行く印刷方式」と定義される [19]。図 2.1 は Push 型印刷方式、図 2.2 は Pull 型印刷方式を示している。Push 型印刷方式は、印刷ソフトウェアからの印刷指示を受け、即時に印刷が実行される。Push 型印刷方式は、個人を特定せずに印刷がおこなわれる。そのためセキュリティの観点より、本人以外の第三者が印刷物を取得できる環境での利用には適していない。Push 型印刷方式は、主に家庭や Small Office, Home Office(SOHO) 環境など、設置されたプリンタを利用する人が限定される環境で利用することが推奨されている。Pull 型印刷方式は、複合機やプリンタにユーザからの操作を受け付ける操作画面が備えられている。Pull 型印刷方式は、ユーザが操作画面から印刷対象の印刷データを選択することで印刷をおこなう。Pull 型印刷方式は、個人が持つ ID やパスワード、もしくは ID カード等を用いた認証処理の後に印刷がおこなわれる。そのため不特定多数のユーザが印刷物を取得する環境でも利用することができる。主にオフィス内の共有プリンタ、コンビニエンスストアに設置された複合機など、公共性の高い場所に設置される。

複合機やプリンタを開発している株式会社リコーでは、複合機やプリンタを「マス・カスタマイゼーション」させるとともに、「マイクロサービス」による開発を促すべくプリンタを制御する API を開発している。リコーが開発した API は、「デバイス Web API 方式」と「デバイスブラウザ方式」の大きく 2 種類に分類される。図 2.3 は、「デバイス Web API 方式」、図 2.4 は、「デバイスブラウザ方式」におけるクライアントサーバシステムの概略図である。

近年、HTTP/HTTPS プロトコルを用いてネットワーク経由で API を利用可能にする Web API を用いて制御可能なデバイスが増えている。「デバイス Web API 方式」では、クライアントアプリケーションからサーバアプリケーション経由で複合機・プリンタの Web API を呼び出すことで印刷やスキャン処理をおこなうことができる。「デバイス Web API 方式」では、不正な印刷やスキャン処理がおこなわれないよう、セキュリティの観点から Web API を利用するときには、アクセストークンを HTTP/HTTPS のリクエストヘッダに含ませるなどの方策をとることで、安全性を確保している。そのため「デバイス Web API 方式」を採用する複合機・プリンタメーカーには、アクセストークン情報の発行業務や管理業務などの業務負荷が発生する。「デバイス Web API 方式」では、印刷デバイス内で Web API を提供するための Web サーバ（Web API を提供する Web サーバ）が稼働している。この Web サーバは、ネットワーク経由でデバイスを制御するインターフェイスとして機能する。アクセスするデバイスとの間で HTTPS 通信をおこなうためには、別途サーバ証明書をインストールする必要がある。株式会社リコーでは、「デバイス Web API 方式」の API を「RICOH Smart SDK」[20]として提供しており、「デバイス Web API 方式」を採用した多くの複合機・プリンタを用いた印刷システムが製品化されている。「デバイス Web API 方式」は、呼び出し元から複合機・プリンタ内の Web サーバに対して HTTP/HTTPS リクエストをおこなうため、一般的なプロキシサーバや Firewall が構築されたローカルネットワーク環境に設置された場合、インターネット経由で Web API を直接呼び出すことはできないなどのデメリットを有している。近年のクラウドサービスの台頭により、各種サーバがローカルネットワークだけではなく、インターネット上に設置されるケースが見受けられ「デバイス Web API 方式」のデメリットを解消する方式を要望する声が寄せられた。そのためインターネット経由で複合機・プリンタを制御する方式である「デバイスブラウザ方式」が提案された。

ウェブページは、HTML とスタイルシート、画像データなどから構成されるが、JavaScript などのスクリプト言語を活用した動的なウェブページも存在し、例えば React[21] などを用いてアプリケーションやインターフェイスの機能も実装することもできる（以降、Web アプリケーション）。

「デバイスブラウザ方式」は、複合機・プリンタの操作パネルに搭載されたデバイス専用のブラウザである「デバイスブラウザ」を用いてウェブページを表示することで、複合機・プリンタの機能をウェブページ内で実行することができる。一般的にブラウザは 80 番 (HTTP)/443 番 (HTTPS) を用いて通信するため、ローカルネットワーク内のプロキシサーバや Firewall によるセキュリティ対策の影響を受けにくい。そのためインターネット経由でローカルネットワーク内に設置された複合機・プリンタの制御に適している。

「デバイスブラウザ」は、複合機・プリンタの各機能呼び出すための専用 JavaScript ライブラリを動作させる機能を有している。「デバイスブラウザ」は複合機・プリンタの内部命令に変換をおこなうことで印刷処理やスキャン処理を実行することができる。株式会社リコーでは、ウェブページに組み込む JavaScript ライブラリを「デバイス Web API 方式」と同様に「RICOH Smart

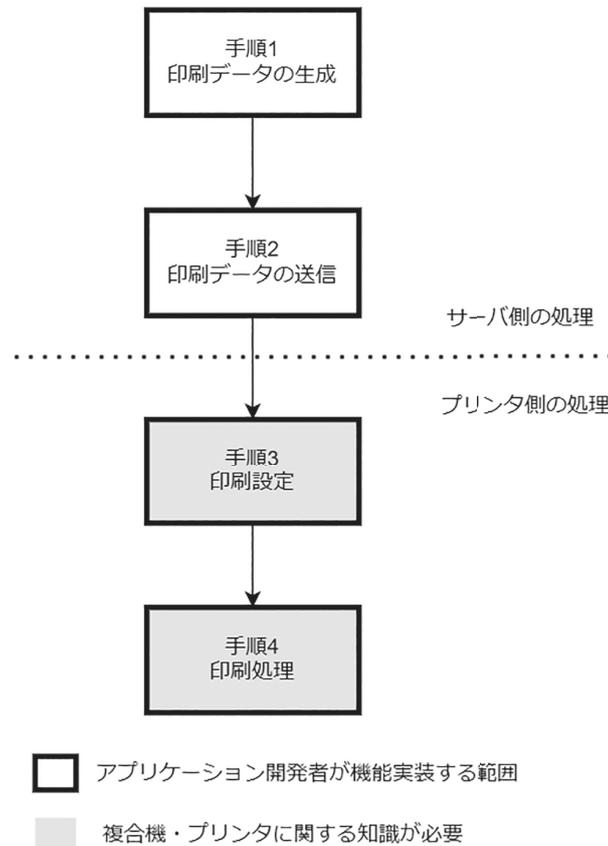


図 2.5: 印刷処理手順 Copyright©2022 IEICE.

SDK」 [20] として提供している。

図 2.5 は、「デバイス Web API 方式」および「デバイスブラウザ方式」共通の印刷処理手順を示している。印刷システムでは、印刷したいデータを生成する「手順 1：印刷データの生成」、複合機やプリンタに印刷したいデータを送信する「手順 2：印刷データの送信」、複合機やプリンタで印刷部数、用紙サイズ、カラー設定などの印刷条件を設定する「手順 3：印刷設定」、印刷条件を踏まえて印刷をおこなう「手順 4：印刷処理」の 4 つの手順を実施する必要がある。そのすべての手順を開発する必要がある。「手順 1：印刷データの生成」と「手順 2：印刷データの送信」は、サーバアプリケーション側で実行される。「手順 3：印刷設定」と「手順 4：印刷処理」は、複合機・プリンタの操作パネルに搭載された「デバイスブラウザ」上で実行される。印刷システム開発者は、「手順 3：印刷設定」において、「紙を横方向に印刷するときには、両面印刷できない」などの複合機・プリンタの製品仕様を反映してユーザが操作する印刷設定画面を開発する。「デバイスブラウザ方式」では、「手順 3：印刷設定」「手順 4：印刷処理」を「デバイスブラウザ」で表示するウェブページとして、JavaScript ライブラリの API を利用し開発する。「手順 3：印刷設定」

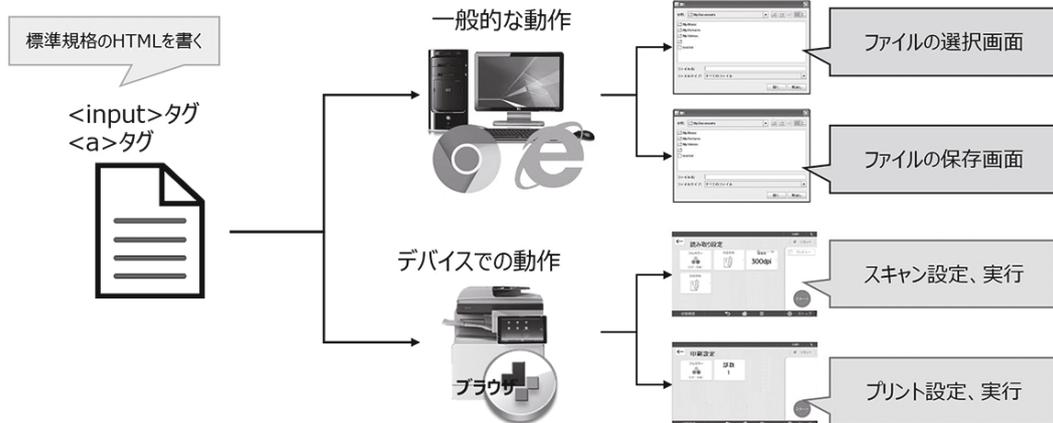


図 2.6: DeviceTags の動作概念 Copyright©2022 IEICE.

「手順 4：印刷処理」の開発には、複合機・プリンタの機種やモデルによって異なる製品仕様の知識が必要であり、提供される API の仕様を理解するだけでは印刷システムの開発が困難であることが報告されていた。

2.3 プリンタ制御プラットフォーム「DeviceTags」

本章ではプリンタ制御プラットフォーム「DeviceTags」について述べる。「DeviceTags」は、2.2 節で示した「デバイスブラウザ方式」をベースに JavaScript ライブラリのリンクを不要にし、かつアプリケーション開発者の実装範囲の削減を実現した新しい方式である。「DeviceTags」では、複合機・プリンタの操作パネルに搭載された「デバイスブラウザ」を用いてウェブページを表示した際、「デバイスブラウザ」が特定の HTML タグの処理を複合機・プリンタ内部命令に変換する。そのため従来の「デバイスブラウザ方式」のように専用の JavaScript ライブラリをリンクすることなく、複合機・プリンタを制御するための API の学習が不要となり、開発効率の改善が期待できる。

図 2.6 は、「DeviceTags」の動作概念を示している。「DeviceTags」の動作概念はオブジェクト指向のポリモーフィズム (polymorphism) [22] に基づいている。一般的なブラウザでは「a タグ」はファイルの保存をおこなう動作であり、「input タグ」はファイルの選択をおこなう動作である。これらを「入力処理」、「出力処理」であるという汎化した概念にすることで、「a タグ」の動作は「入力処理」のため、複合機やプリンタにおいては印刷処理 (デジタルデータを紙へ変換) となる (ソースコード 2.1)。同様に「input タグ」の動作は「出力処理」のため、複合機やプリンタにおいてはスキャン処理 (紙をデジタルデータへ変換) に該当させることができる (ソースコード 2.2)。「DeviceTags」は、複合機・プリンタ固有の処理をおこなうため、W3C で標準化された

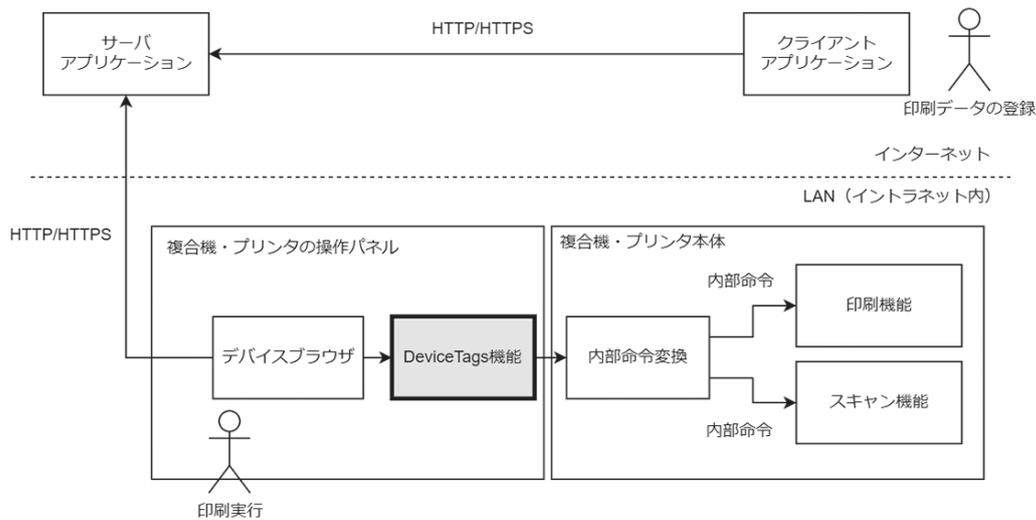


図 2.7: システム概略図（デバイスブラウザ方式（DeviceTags）） Copyright©2022 IEICE.

HTML の仕様に対して新たな拡張をおこなう必要はない。複合機・プリンタに搭載された「デバイスブラウザ」が HTML の文法（「a タグ」および「input タグ」）を解釈、処理するとき、デバイス固有の処理（印刷処理、スキャン処理）へ変換する。そのため「DeviceTags」は標準化された HTML 仕様を記述するだけで、印刷処理やスキャン処理が実行できる。図 2.7 は、「デバイスブラウザ方式（DeviceTags）」のシステム概略図を示している。新規機能である「DeviceTags 機能」が、従来の「デバイスブラウザ方式（JavaScript）」ではアプリケーション開発者が複合機・プリンタに関する知識に基づき機能実装しなければならない機能を提供する。「デバイスブラウザ」は先述の HTML タグの「a タグ」や「input タグ」のような入出力に該当する処理をおこなう際に、「DeviceTags 機能」を呼び出し、印刷設定や印刷実行をおこなうことができる。「DeviceTags」は複合機・プリンタ制御に関する知識が必要であった「手順 3：印刷設定」、「手順 4：印刷処理」に関する開発工数を削減する。

これらの考え方はスマートフォンなどでも活用されている。ファイルの選択をおこなう「input タグ」は、スマートフォンに搭載されたブラウザでは「カメラロールからの画像選択やカメラ画像の撮影」として処理される。

「DeviceTags」は、複合機に搭載されている主な機能（コピー機能、ファックス機能、プリント機能、スキャン機能）のうち、プリンタ機能とスキャン機能を実装している。コピー機能については、スキャン機能とプリント機能を組み合わせることで実装可能であり、ファックス機能については現在開発を検討している。ファックス機能を「DeviceTags」で実現する方法としては、印刷処理同等に「a タグ」に電話番号を記述する方法が検討されている。

「DeviceTags」はリコー製かつ 2019 年度以降のデバイスブラウザが搭載された複合機・プリ

ソースコード 2.1: DeviceTags による印刷処理の記述例 Copyright©2022 IEICE.

```
1 <html>
2   <body>
3     <a href="https://<url>/sample.pdf" download="sample.pdf">print</a>
4   </body>
5 </html>
```

ソースコード 2.2: DeviceTags によるスキャン処理の記述例 Copyright©2022 IEICE.

```
1 <html>
2   <body>
3     <form action="server.cgi" method="post" enctype="multipart/form-
4       data">
5       <input type="file" name="camera" accept="camera/*" capture>
6       <input type="submit" value="Upload">
7     </form>
8   </body>
9 </html>
```

ンタに搭載され、「Ricoh Developer Program」[20]の Basic プログラム（年会費無料）において機密保持契約（NDA）を締結することで利用できる。

2.4 「DeviceTags」を用いたシステム開発事例

國枝ら [23] はプリンタ制御プラットフォーム「DeviceTags」を利用して「旅の思い出を記録する観光ガイドブック生成/印刷システム『KadaPam/カダパン』（以降、カダパン）」を開発した。カダパンは、観光ガイドブックを用いて観光者に目標要素を提示し、観光ガイドブックに掲載されたオリジナルの写真を、同一の場所、同一の構図で観光者自身が撮影した写真に置き換える（進行状況を可視化）ことでタスクの実行（観光地への訪問）を促す仕組みを、画像認識技術を用いて実現している。カダパンは、従来の観光ガイドブックでは実現できなかった観光者を観光ガイドブックに掲載された観光地に実際に誘うこと、観光ガイドブックを見て実際に観光地に観光者が訪れたかどうかを確認することを目指して開発された。

カダパンは観光ガイドブックの写真を、同一の場所、同一の構図で観光者自身が撮影した写真に置き換えることで旅の思い出が記録された JPEG 形式と PDF 形式の 2 種類のガイドブックを生成する。PDF 形式のガイドブックは、「DeviceTags 機能（図 2.7）」を搭載した複合機・プリンタを用いて印刷される。図 2.8 は、カダパンが生成した観光者の旅の思い出が記録された観光ガイドブックである。



図 2.8: カダパンが生成した観光ガイドブック Copyright©2022 IEICE.

カダパンは、「観光情報送信アプリケーション」(図 2.7「スマートフォンのブラウザ」)で動作する Web アプリケーションに該当)、「ガイドブック生成アプリケーション」(図 2.7「サーバアプリケーション」)に該当)、および「ガイドブック印刷アプリケーション」(図 2.7「複合機・プリンタの操作パネルの『デバイスブラウザ』で動作する Web アプリケーション」に該当)から構成される。

図 2.5 の印刷処理手順に沿った、カダパンにおけるガイドブック印刷手順を以下に示す。図 2.9 は、複合機・プリンタの「デバイスブラウザ」上に表示されたカダパンの「ガイドブック印刷アプリケーション」の画面を示している。「手順 1: 印刷データの生成」では、カダパンの「ガイドブック印刷アプリケーション」で印刷対象となる印刷データ (PDF 形式) を生成する。「手順 2: 印刷データの送信」では、システムの利用者 (カダパンユーザ) が、図 2.9 に示す「印刷」ボタンを押下することで、印刷データ (PDF 形式) が複合機・プリンタに送信される。「手順 3: 印刷設定」では、印刷条件 (印刷部数、用紙サイズ、カラー設定など) を設定できる印刷設定画面を表示し、操作指示を受け付ける。「手順 4: 印刷処理」では、印刷を実行する。「DeviceTags」は、「手順 3: 印刷設定」、「手順 4: 印刷処理」に関する機能を提供することで、印刷システムの開発者が開発すべき対象を大きく削減している。

2.5 考察

本研究では、印刷システムを開発する開発者をプリンタメーカ、システムベンダ、ユーザの 3 種類にわけた。図 2.10 は、「デバイスブラウザ方式 (JavaScript)」と「DeviceTags」の想定開発者を示している。「デバイスブラウザ方式 (JavaScript)」は、多くの機能が制御可能であるが複雑



図 2.9: ガイドブック印刷アプリケーション Copyright©2022 IEICE.

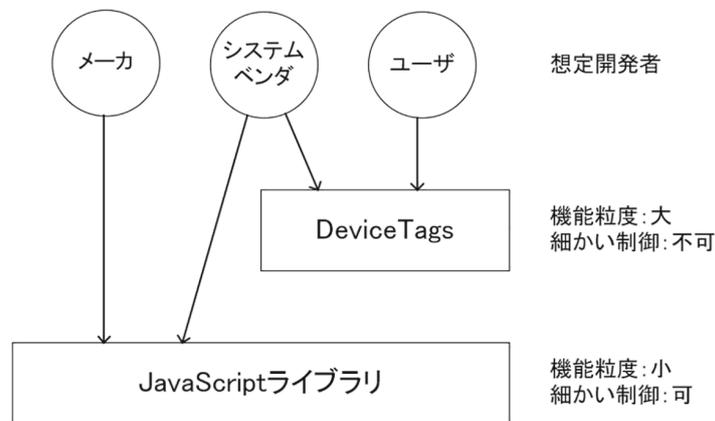


図 2.10: 想定開発者との関係 Copyright©2022 IEICE.

である。一方「DeviceTags」は、HTMLの「aタグ」や「inputタグ」で機能が制御できるため、理解しやすい構造となっている。

「DeviceTags」で実装された複合機・プリンタ側の処理としては、「手順3：印刷設定」、「手順4：印刷処理」がある。「デバイスブラウザ方式（JavaScript）」では、印刷システム開発者は「手順3：印刷設定」において、印刷システム独自の印刷設定画面を開発できたが、「DeviceTags」の開発初期バージョンでは、印刷システム独自の印刷設定画面を開発できなかった。そのため、「DeviceTags」は、印刷設定画面をカスタマイズする機能を追加実装した。カスタマイズの対象範囲は、印刷設定画面の「1. ヘッダ文字列」、「2. ボタンの文字列」、「3. ヘッダ背景色」、「4. 背景色および画像」、「5. スタートボタンの文字列」である。「手順4：印刷処理」については、「デバイスブラウザ方式（JavaScript）」と「DeviceTags」は同等の機能を有している。

印刷システムの開発では複合機・プリンタのハードウェアを事前に準備する必要がある。またハードウェアが準備できない場合には開発者向けに用意された実機エミュレータ環境で開発をお

表 2.1: JavaScript ライブラリのメトリクス Copyright©2022 IEICE.

ライブラリ名	Maintainability	Difficulty
ricoh.aaa.js	62.73	170.50
ricoh.bbb.js	61.89	131.29
ricoh.ccc.js	58.68	184.20
ricoh.ddd.js	66.28	82.15

表 2.2: JavaScript ライブラリ利用時と DeviceTags のステップ数比較 Copyright©2022 IEICE.

提供される API の形態	プリント処理行数	スキャン処理行数
JavaScript	60	71
HTML	1	4

こなうことが一般的であった。複合機・プリンタのハードウェア調達、コストやハードウェアの設置場所の確保に対して課題がある。一方、実機エミュレータ環境の構築には高スペック PC が必要となるため準備期間やコストの面で課題がある。「DeviceTags」を用いた印刷システム開発では、図 2.6 で示した「DeviceTags 動作概念」に基づき、実機や実機エミュレータを用意せずに、既存の PC やスマートフォンを代用することで印刷システムの開発やテストをおこなうことができる。

「DeviceTags」を活用した学生による印刷システムの開発事例として香川大学の大学院生が開発したカダパンは印刷処理に関する開発が約 2 時間でおこなわれた。カダパンを開発した学生に対するインタビュー調査では、「一度理解してしまえば、その後はすぐに使えるようになった」、「JavaScript は知っているが、ライブラリのコードを読んでも理解が難しく敬遠していた。『DeviceTags』ならそれらを使わずにプリンタを制御できるので簡単に開発できた」などの意見が寄せられた。「DeviceTags」は複合機やプリンタに関する専門的な知識を必要とせず印刷システムを開発できることが明らかになった。

次に API の習得に対する効果を検証するために、本研究では「DeviceTags」開発以前に「デバイスブラウザ方式 (JavaScript)」で開発されたカダポス [24] の開発時に利用した JavaScript ライブラリの難易度をコードメトリクス分析した。この JavaScript ライブラリは複合機・プリンタを制御するための API を提供しているライブラリである。分析には OSS として提供されている JavaScript のコードメトリクス分析プログラム plato [25] を用い、保守性を示す Maintainability [26] と、ソースコードの難易度を示す Difficulty を算出した。

表 2.1 は、「デバイスブラウザ方式 (JavaScript)」で用いる JavaScript ライブラリの一覧と、メトリクスの測定結果を示している (ライブラリ名は一部伏せ字に変更)。plato の Maintainability は 0 から 100 で正規化された数値として算出可能であり、一般的に 20 以下の場合、保守性に問題があると言われている。Maintainability はソースコードの行数、コメント行の割合、サイクロマティック複雑度、ハルステッドボリューム [27] のパラメータから算出される。Difficulty はコードの難易

度を示しており、数値が高いほど難易度が高いことを示している。算出の結果、Maintainability の数値からは保守性については一定水準にあることがわかったが、Difficulty に関しては比較的高い数値となっており、ソースコードの理解に問題があることがわかった。「DeviceTags」では、JavaScript ライブラリをシステム開発者が意識する必要がないという点で、Myers らが示した API の品質属性の API の習熟に対する学習期間（「Learnability（API の習得のしやすさ）」）と、システム品質確保の工数低減（「Error-Prevention（誤用防止効果）」）に貢献する可能性が示された。

本研究では、「デバイスブラウザ方式（JavaScript）」と、「DeviceTags」で同じ処理（印刷設定画面の呼び出し処理、印刷処理の実行）に関するステップ数を比較した。

HTML はプログラミング言語と異なり if 文などによる条件分岐がなく、実装の難易度を比較することは困難である。そのため本研究では両方式において、同条件下で開発者が記述する必要があるステップ数から実装難易度を比較した。表 2.2 は、「デバイスブラウザ方式（JavaScript）」と、「DeviceTags」のステップ数を示している。「デバイスブラウザ方式（JavaScript）」に比べ「DeviceTags」では、印刷処理で約 98%、スキャン処理で約 94%のステップ数が削減された。

これら「DeviceTags」の特徴から Myers らが示した API の品質属性の「Usability（使いやすさ）」、「Learnability（API の習得のしやすさ）」、「Productivity（プログラマーの生産性）」、「Error-Prevention（誤用防止効果）」、「Simplicity（シンプルさ）」の向上が期待できる。また Martin[28] らが指摘した「API 仕様を定義しているドキュメント自体の検索性の低さ」に起因する API 学習に対する阻害要因（「1. API 設計意図（どのように使われることを意図しているか）の提示不足」、「2. サンプルコードとコード解説の乖離」、「3. 複雑な API 仕様とドキュメントサポート不足」、「4. API の内部仕様に関する説明（性能、エラー等）の提示不足」、「5. API を理解するための検索性や API 仕様に対する追加情報不足」）において特に 4、5 の軽減効果が期待できる。

2.6 本章のまとめ

本章では、プリンタ制御プラットフォーム「DeviceTags」について述べるとともに、「DeviceTags」を用いて開発されたシステムからその有効性を議論した。「DeviceTags」は、プリンタ制御に関する専門的な知識をほぼ必要とせずに複合機・プリンタを用いた情報システムを開発できる。印刷システムの開発工数を削減するとともに、印刷システム開発の敷居を下げる効果が期待できる。「DeviceTags」は、プリンタメーカーの開発者ではないシステムベンダやユーザでも印刷システムを開発できることから大量生産品であるプリンタを「マス・カスタマイゼーション」させ、小規模多品種の市場における製品開発に貢献できる可能性を有していることがわかった。

「DeviceTags」は、プリンタに搭載された「デバイスブラウザ」が W3C で標準化された HTML の記述をデバイス固有の処理に置き換えることで動作する方式であり、デバイス制御のために必要

な API の学習に関する行為（マニュアルの理解や API 仕様の理解）を削減することができる。また「DeviceTags」は、Mayers らによって示された API を評価する際の品質特性である「Learnability（API の学習のしやすさ）」、「Error-Prevention（誤用防止効果）」、「Productivity（プログラマーの生産性）」、「Simplicity（シンプルさ）」において一定の有効性があると考えられる。また Martin らが述べる API 学習者にとって阻害要因の特に「4.API の内部仕様に関する説明（性能、エラー等）の提示不足」、「5.API を理解するための検索性や API 仕様に対する追加情報不足」の 2 つを解消する効果が示された。

第 3 章

香川大学型業務システム内製モデル

本章では、香川大学における業務システムの内製を通じて、ユーザ主導で「人間中心」の業務システム要件を「仮説」として定義し、ユーザと共創により「検証」をおこなうモデルを提案する「香川大学型業務システム内製モデル」について述べる。

3.1 本研究の目的

COVID-19 の影響により世界的な社会構造が変化している。デジタル・トランスフォーメーション (Digital Transformation:DX) [1] は、変化に適応するために必要である。ユーザ企業には、自身が利用する業務システムの開発を「ベンダ企業に要件定義を丸投げ」、「要件定義が不明瞭なまま開発を始める」といった課題がある [2]。ユーザ企業で「ローコード、ノーコードツール」を活用して、アプリケーションをアジャイルに開発することで、DX を推進する方法が注目されている。

デザイン思考 [30] は HASSO PLATTNER Institute of Design at Stanford で提案された。デザイン思考は「共感 (EMPATHIZE)」、「問題定義 (DEFINE)」、「アイデア創出 (IDEATE)」、「具体化 (PROTOTYPE)」、「検証 (TEST)」の 5 つのステップで構成されている。図 3.1 は、デザイン思考プロセスの例である。「デザイン思考」は新しい価値を生み出すための必要な概念であり、多くの企業が「デザイン思考」に基づく取り組みを実施している。

「リーン・スタートアップ」[9] は、不確実性の高い状況で事業を立ち上げるための方法論として提案された。「リーン・スタートアップ」では、実用最小限の製品 (Minimum Viable Product:MVP) を開発する。仮説に基づいて MVP をユーザに提供し、「構築 (Build) -計測 (Measure) -学習 (Learn)」のサイクルによって、ユーザと共に「検証」によって価値を定義する。「デザイン思考」

*3 章は、IARIA 「Advances on Societal Digital Transformation DIGITAL 2022」に掲載された同著者による「Proposal of In-house Development Model for Business System at Kagawa University」[29] を日本語訳したものである。

は「人間中心」の価値提供を実現するが、「リーン・スタートアップ」は仮説に基づいた事業性の検証を重視している。

香川大学は、業務システムの要件を「人間中心（教員，職員，学生）」の考え方にに基づき「仮説」として定義する。その「仮説」をユーザ（教員，職員，学生）と共創で「検証」する。香川大学は「人間中心」の業務システム要件を「仮説」として定義し、ユーザとの共創により「検証」をおこなう「香川大学型業務システム内製モデル」を提案する。「香川大学型業務システム内製モデル」は、「デザイン思考」と「リーン・スタートアップ」の手法を組み合わせている。現在、香川大学では、「香川大学型業務システム内製モデル」を用いて、業務システムの開発に取り組んでいる。本章では、「香川大学型業務システム内製モデル」について述べる。「香川大学型業務システム内製モデル」は、アジャイル開発のイテレーティブモデル [31] をベースとしており、開発は段階的におこなわれる。一般的なアジャイル開発のイテレーティブモデルは、システムの製品品質 [32] を高めることが目的である。しかし、「香川大学型業務システム内製モデル」は、ユーザビリティの品質を高める「仮説」を定義、「検証」することを重視している。そして「仮説」をユーザ（教員，職員，学生）自身が共創により「具体化（PROTOTYPE）」と「検証（TEST）」を繰り返して業務システムを開発する。よって、製品品質を高める一般的なアジャイル開発のイテレーティブモデルと目的が違う。「香川大学型業務システム内製モデル」は、製品品質ではなく、ユーザ価値を重視している。「デザイン思考」など仮説を定義する手法はいくつか提案されている。そのため、本論文では「仮説」を定義する手法は特に限定しない。

3.2 節では、関連研究と関連技術について述べる。3.3 節では、「香川大学型業務システム内製モデル」について述べる。3.4 節では、考察を述べる。3.5 節では、まとめを述べる。

3.2 関連研究と関連技術

中所 [33] は、「業務の知識を持つエンドユーザ（本論文ではユーザと定義）が主導でシステムやソフトウェアを開発する。そして保守もユーザが主導でおこなうことが重要である」と述べている。中所が提案したユーザ主導開発は「ビジネスレベル（Business Level）」、「サービスレベル（Service Level）」、「ソフトウェアレベル（Software Level）」の 3 段階のアプローチ（tree-tier architecture）である。図 3.2 は、中所が提案したユーザ主導型開発のアプローチである。「ビジネスレベル」では、業務知識を有するユーザがビジネスモデルを作成する。「サービスレベル」で、「ビジネスモデル」に基づいたドメインモデルを作成する。作成されたドメインモデルから「ソフトウェアレベル」においてソフトウェアを開発する。中所は、「『ビジネスレベル』と『サービスレベル』の間には意味的なギャップ（Semantic Gap）が生まれる。意味的ギャップを補完する技術として『ドメイン知識補完技術』がある」と述べている。加藤ら [34] は、THEOREE と名づけた要求獲得方法を提案した。加藤らが提案した手法は、ドメイン知識をシソーラスによって体系化することで、ドメイン知識を十分に持たない分析者に対して体系化したシソーラスを提供するこ

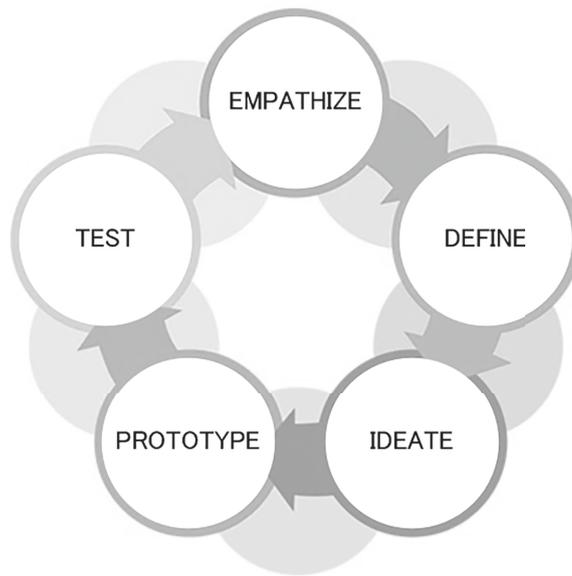


図 3.1: デザイン思考プロセス Copyright©2022 IARIA.

とにより要求分析の効率を良くする。加藤らの研究は「ドメイン知識補完技術」に該当する。「ソフトウェアレベル」では、コンポーネント等を活用してシステムやサービスを開発する。中所は、『サービスレベル』と『ソフトウェアレベル』の間には粒度的ギャップ (Granularity Gap) が生まれる。粒度的ギャップを補完する技術として『ビジネスオブジェクト』[35], 『デザインパターン』[22], 『フレームワーク』[36]がある。プログラムの記述単位を小さくするとプログラム言語に近い表現ができるため適用範囲は大きくなるが、粒度を大きくして業務に近い表現を取るとユーザが利用しやすくなるが適用範囲が限定される」と述べている。

情報通信技術の発展により、高度なプログラミング知識がなくてもシステムやソフトウェアが開発できる「ローコード、ノーコードツール」によるエンドユーザコンピューティング (End-User Computing:EUC) [5] が注目されている。「ローコード、ノーコードツール」はシステムやソフトウェアの開発に対して「ニーズの曖昧さ」、「短期間で変化する要求」に対応するための手段として、DX 推進での活用も紹介されている [6]。また「ローコード、ノーコードツール」による開発は、開発工数を大幅に削減し、MVP の「検証」までの時間短縮が見込める。そのため、要件と成果物の粒度的ギャップが少なく、MVP を特定したシステムやソフトウェアの開発に有効であるとの報告 [7] がある。

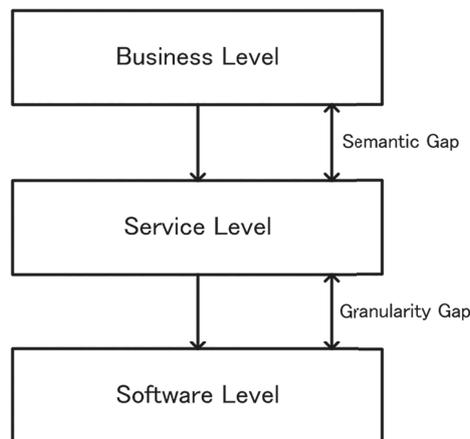


図 3.2: 中所 [33] が示したユーザ主導開発の 3 段階のアプローチ (tree-tier architecture)

Copyright©2022 IARIA.

3.3 香川大学型業務システム内製モデル

図 3.3 は、本論文で提案する「香川大学型業務システム内製モデル」である。中所は、ユーザ自身が自ら必要とするシステムやソフトウェアを開発するためには業務知識が重要であることを示し、3 段階のアプローチとして、「ビジネスレベル」、「サービスレベル」、「ソフトウェアレベル」を提案した。香川大学では、中所が提案した 3 段階のアプローチをベースに、「ローコード、ノーコードツール」などを活用することで「サービスレベル」を「ソフトウェアレベル」に統合させた。そして「人間中心」の価値の実現に対する「仮説」の定義や MVP の「検証」を重視するために、開発したシステムやソフトウェアを「評価」する「検証レベル」を設けた 3 段階のアプローチ（「ビジネスレベル (Business Level)」、「ソフトウェアレベル (Software Level)」、「検証レベル (Verification Level)」) を定義した。この 3 段階のアプローチをイテレーティブに複数回繰り返すことで、ユーザ自身が自ら必要とするシステムやソフトウェアを開発する。本論文では、「サービスレベル」と「ソフトウェアレベル」を統合させるために「ローコード、ノーコードツール」を用いた。しかし「サービスレベル」と「ソフトウェアレベル」で粒度的ギャップを生じさせることなくソフトウェアを開発できる場合は、「ローコード、ノーコードツール」を使う必要はない。

「香川大学型業務システム内製モデル」では、「ビジネスレベル」で業務定義をおこなう。「ビジネスレベル」では、業務知識を有するユーザ（教員、職員、学生）との共創により、業務システムに対する「仮説」を定義し、MVP を特定する。「ソフトウェアレベル」では、業務定義に基づいてシステムやソフトウェアを開発する。「ソフトウェアレベル」では、「ビジネスレベル」で定義された「仮説」から、「ローコード、ノーコードツール」などを活用して MVP を開発する。開発されたシステムやソフトウェアは、「検証レベル」で評価される。「検証レベル」では、「ビジネスレベル」で定義された業務定義に基づいてシステムやソフトウェアの製品品質の評価だけでなく、「ビ

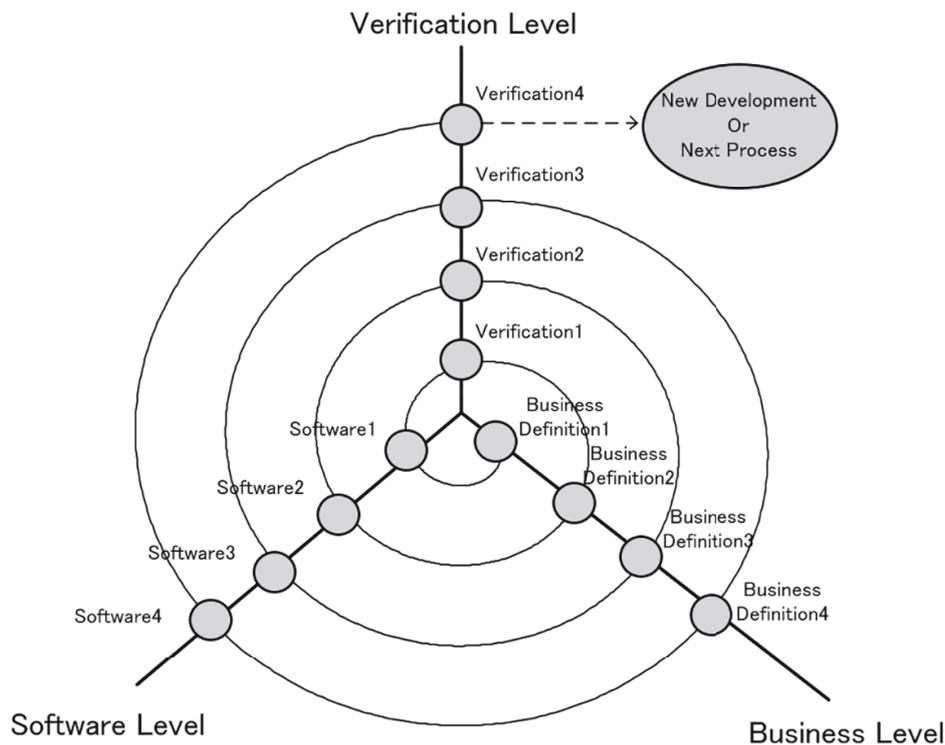


図 3.3: 香川大学型業務システム内製モデル Copyright©2022 IARIA.

「ビジネスレベル」で定義されたユーザ価値に対する「仮説」や MVP の妥当性も評価される。「検証レベル」では、開発継続についても審議される。「検証レベル」で開発継続の判断がなされた場合、「ビジネスレベル」で業務定義の修正や追加をおこなう。見直された業務定義に基づいて「ソフトウェアレベル」において改善されたシステムやソフトウェアを開発する。「検証レベル」で、開発終了の判断がなされた場合は開発が終了される。「香川大学型業務システム内製モデル」では、システムやソフトウェア開発を通じて別のシステム開発、または新しいニーズが発見される場合がある。システム開発終了後は、新しい開発プロジェクトが立ち上げられる。本論文では、「ビジネスモデル」の業務定義方法、そして「ソフトウェアレベル」の業務モデル生成方法、そして「検証レベル」の評価方法については定義しない。本論文では、対象の業務や開発されるシステムやソフトウェアなどに応じて、必要な手法を選択する方法を想定している。

3.4 考察

香川大学は、2021年5月に「DX推進部門」と「DXラボ」を設置した。「DXラボ」は、情報部門と、事業部門が連携して、共創で業務システムを内製している。「DXラボ」は、「DXプロジェクトチーム」で活動する。「DXプロジェクトチーム」は、ユーザ（教員、職員、学生）らで構成

される。そして、業務部門から、業務知識を有するユーザが参加する。「DX プロジェクトチーム」は、「香川大学型業務システム内製モデル」により、「仮説」を定義して、MVP を特定する。2021 年 10 月には、6 つの「DX プロジェクトチーム」があった。25 プロジェクトの業務システムの内製をおこない、すでに 15 プロジェクトは完了しており、5 ヶ月で 10 の業務システムが開発された。「ソフトウェア」レベルでは、「ローコード、ノーコードツール」の Microsoft Power Platform[37] を用いて、ソフトウェアを開発した。Microsoft Power Platform は、Microsoft Power Apps[38]、Microsoft Power Automate[39]、Microsoft Power BI[40]、Microsoft Power Virtual Agents[41] の 4 つのサービスがある。

「香川大学型業務システム内製モデル」を用いて、業務システムを開発した 4 人の職員に 5 つの設問を設定し、インタビュー調査を実施した。「設問 1」は、「ビジネスレベル」から「ソフトウェアレベル」への意味的なギャップに対する感想を問う設問。「設問 2」は、「ソフトウェアレベル」で粒度的ギャップに対する感想を問う設問。「設問 3」は、「香川大学型業務システム内製モデル」を利用した感想を問う設問。「設問 4」は、「デザイン思考」や「共創」活動の感想を問う設問。「設問 5」は、総合的な感想を問う設問から構成される。

「設問 1」は、4 人全員が「意味的なギャップはない」と回答した。理由は、「業務内容を理解している職員が、『ソフトウェアレベル』でソフトウェアを開発するため、意味的なギャップを感じない」と回答した。「設問 2」は、4 人全員が「粒度的ギャップはない」と回答した。「ローコード、ノーコードツール」である、Microsoft Power Automate を使い、フロー定義したものが、業務システムになる。よって、粒度的なギャップは感じない」と回答した。「設問 3」は、「これまではベンダに発注しなくてはシステムが導入できなかったが、スピード感をもってシステムが導入できた」、「自分たちが本当に必要だと思うシステムが導入できた」、「システムの規模が大きくなるとエンドユーザでは開発できないと感じる」と回答した。「設問 4」は、「具体的な課題を共有することが容易になった」、「事業部門のやる気に影響して結果に差が出た」と回答した。「設問 5」は、「システムから得られるデータが有用である」、「データに基づいてシステムを改良したい」、「業務を見直すことで、その業務が必要なのか、考える機会になった」と回答した。インタビュー結果から、「香川大学型業務システム内製モデル」が意味的ギャップや粒度的ギャップを解消する可能性が示された。

3.5 本章のまとめ

本論文では、「人間中心」の価値の実現を目指す「仮説」を定義する。定義された「仮説」をユーザとの共創で「検証」して、業務システム開発する「香川大学型業務システム内製モデル」について述べた。「香川大学型業務システム内製モデル」は、「デザイン思考」と「リーン・スタートアップ」を組み合わせる。情報部門と事業部門の「共創」により「人間中心」の価値の実現に対する「仮説」や MVP を特定し、「ローコード、ノーコードツール」を用いて EUC による業務システム

を内製できる。「香川大学型業務システム内製モデル」は、「ビジネスレベル」、「ソフトウェアレベル」、「検証レベル」の 3 つのステップにより、MVP を定義できる。「香川大学型業務システム内製モデル」は、DX 推進に取り組むユーザ企業の「ベンダ企業に要件定義を丸投げ」、「要件定義が不明瞭なまま開発を始める」という課題を解決できる可能性がある。

第 4 章

内製モデルに基づく開発事例

本章では、「内製モデルに基づく開発事例」について述べる。4.1 節では、DX 推進に取り組む多くの教育機関に共通する組織整備や環境整備、および教職学連携による具体的な DX の取り組みの方策を提案する「香川大学における DX の取り組み」について述べる。4.2 節では、「デザイン思考」に基づき大学業務を実施するユーザ（教職員）を対象とした業務の実態調査や、新たな大学業務システム開発にむけたアイデア創出の手段を提案する「アイデア創出と要件抽出の取り組み」について述べる。4.3 節では、「香川大学型業務システム内製モデル」を提案するとともに、同モデルに基づき、内製された業務システムの事例である「『香川大学型業務システム内製モデル』による『出退勤記録システム』の開発」について述べる。4.4 節では、休暇の主体的な取得を促す「休暇申請システム」の内製事例である「『休暇申請システム』の開発」について述べる。

4.1 香川大学における DX の取り組み

4.1.1 本研究の目的

デジタル・トランスフォーメーション (Digital Transformation:DX) [1] は 2004 年にスウェーデンウメオ大学教授のエリック・ストルターマンによって提唱され、「IT の浸透が人々の生活をあらゆる面でより良い方向に変化させる」ことを目指した概念である。DX には多くの定義や解釈が存在しているが、一般的に「IT に代表されるテクノロジーを利用して事業の業績や対象範囲を根底から変化させる」ことを意味しており、単なるシステム導入による IT 化やデジタル化とは別物と定義される。新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) 拡大により、大学のデジタル化 (ICT 化) は教育活動の継続性を確保するうえで必要不可欠である。現在、With/After COVID-19 の

*4.1 節は、情報処理学会論文誌「教育とコンピュータ (TCE)」に掲載された共著論文「香川大学の DX 推進環境の整備と DX 推進の取り組みについて——業務システムの内製開発による DX 推進」[42] を基にしている。

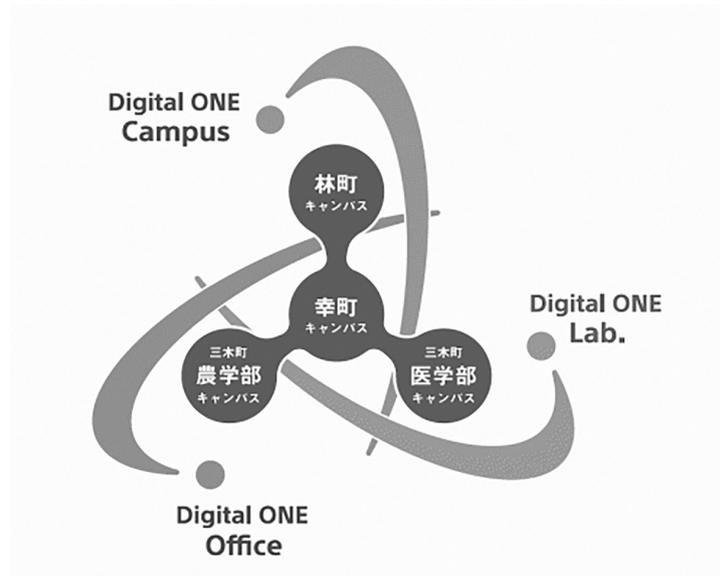


図 4.1: 香川大学の「デジタル ONE 戦略」 [46]

世界的な社会構造変化に対応する DX も求められており、大学をはじめとする教育機関においてもそれは例外ではない。

DX 推進にむけた戦略立案や計画立案に取り組む大学が増えている。東北大学は 2018 年 11 月に「最先端の創造，大変革への挑戦」をうたい「東北大学ビジョン 2030」 [43] を策定した。2020 年 7 月には、COVID-19 危機に続くニューノーマルの時代を見据え、教育、研究、社会との共創など、東北大学の諸活動のオンライン化の強化に加え、サイバー空間とリアル空間の融合的活用を通して、ボーダレスで多様性に富み、真にインクルーシブな大学を目指し、「東北大学ビジョン」をアップデートした。特に教育・研究分野の DX として、DX 推進にむけて情報基盤を強化した [44]。関西大学は「関西大学 DX 推進構想」 [45] を策定した。関西大学の「関西大学 DX 推進構想」は、「学生の学修機会の制限・制約・バリアを軽減・除去する取り組み」、「学修成果の可視化への取り組み」、「DX の推進に対応したインフラ、環境整備への取り組み」、「学内業務の効率化への取り組み」から構成される。DX の推進体制については「DX 推進会議（仮称）」を設置し、全体調整・進行管理をおこないつつ、各部署において DX の取り組みを進めていくとしている。香川大学は 2021 年 5 月に DX 推進戦略「デジタル ONE 戦略」 [46] を策定した。図 4.1 は、香川大学が策定した「デジタル ONE 戦略」を示している。「デジタル ONE 戦略」は、「『リアル世界がデジタル世界に包含される（Online Merges with Offline:OMO）状況を香川大学で実現すること』で、教職員学生の協働によりデジタル化をこれまでになくレベルにあげ、教育、研究、運営の質的向上に加え、それぞれの業務の効率化を進める」ことを目指しており、「デジタル ONE キャンパス」、「デジタル ONE ラボ」、「デジタル ONE オフィス（事務局）」の実現を全学の基本方針として定めたものである。

2016年6月に経済産業省が発表した「IT人材の最新動向と将来推計に関する調査」[47]によると、IT需要が今後拡大する一方で、我が国の労働人口（特に若年人口）は減少が見込まれ、IT人材の需要と供給の差（需給ギャップ）は需要が供給を上回り、その差は2030年には最大で約79万人に拡大する可能性があることが報告された。このことは、DX推進に必要な十分なIT人材を確保することが困難であることを意味している。香川大学では、香川大学内のDXを推進する7種類のDX推進人材（DX推進マネージャ、DXデザイナー、テックリード、データサイエンティスト、先端技術エンジニア、UI/UXエンジニア、エンジニア/プログラマ）を定義し、これらDX推進人材の確保に努めた。

一般社団法人情報サービス産業協会要求工学実践部会は、DXを現場で推進するための指針となるガイドラインの策定を目指し、実践の場で得られた経験や技術を整理し体系化すべく、「デジタルトランスフォーメーション（DX）の現状と動向」[48]を発表した。「デジタルトランスフォーメーション（DX）の現状と動向」では、「デザイン思考」は「共創」[49]、「データ駆動」[50]、「Business Model Innovation（BMI）」[51]と並んで「DXの実現技術」の1つに位置づけられた。

香川大学情報メディアセンターは、2021年5月に香川大学のDXの推進を目的に、上記で述べた7種類のDX人材を中心に「DX推進部門」を設置した。また同メディアセンターは、「DXラボ」と「DXプロジェクトチーム」も組織した。「DXラボ」は、情報技術を学ぶ香川大学の学生を中心に構成され、香川大学のDX推進に資する業務システムの内製開発に取り組む。「DXプロジェクトチーム」は、「デザイン思考」に基づいて「DX推進部門」、「DXラボ」と事業部門の「共創」によりDXを推進するプロジェクトチームである。「DXプロジェクトチーム」では、「データ駆動」によりDXを推進するために必要となるデータを収集するとともに、「BMI」により大学の業務活動全体を俯瞰して現在の業務を正しく把握する活動もおこなう。

本研究では、香川大学のDX推進戦略「デジタルONE戦略」に基づき構築されたDX推進体制について述べる。また本研究では、「DX推進部門」、「DXラボ」、「DXプロジェクトチーム」について述べるとともに、「DXラボ」が実施している業務システムの内製開発の取り組み、「DXプロジェクトチーム」のDX推進の活動についても述べる。本研究は、DX推進に取り組む多くの教育機関に共通する組織整備や環境整備の方策や考え方を提案するとともに、教職学連携による具体的なDXの取り組みから提案した方策や考え方の有効性を議論している。

情報技術を学ぶ学生（香川大学大学院工学研究科信頼性情報システム工学専攻、香川大学創造工学部創造工学科情報システム・セキュリティコース）を中心に組織された「DXラボ」の学生が参加する「DXプロジェクトチーム」による香川大学のDX推進活動は、「デザイン思考」や「共創」、「データ駆動」、「BMI」など「DXの実現技術」の実践活動にも該当する。本研究では、「DXラボ」に所属する学生の「DXプロジェクトチーム」への参加による教育効果についても考察する。4.1.2項では、香川大学のDX推進戦略「デジタルONE戦略」について述べる。4.1.3項では、香川大学のDX推進体制について述べる。4.1.4項では、考察を述べる。4.1.5項では、まとめを

述べる。

4.1.2 DX 推進戦略「デジタル ONE 戦略」

昨今、オンラインとオフラインの境界を意識せずユーザの購買意欲を創出するマーケティング手法である Online Merges with Offline[52] (以降, OMO) が注目されている。OMO は、「ユーザがモバイル決済や IoT によって常時オンラインに接続しオフラインが存在しない世界を前提とし、『リアル世界がデジタル世界に包含される』という考え方」である。香川大学は、DX 推進に向けた目標となる戦略として「デジタル ONE 戦略」を策定した。「デジタル ONE 戦略」とは、『リアル世界がデジタル世界に包含される (OMO) 状況を香川大学で実現すること』で、教職員学生の協働によりデジタル化をこれまでにないレベルにあげ、教育、研究、運営の質的向上に加え、それぞれの業務の効率化を進める」ことを目指しており、「デジタル ONE キャンパス」、「デジタル ONE ラボ」、「デジタル ONE オフィス (事務局)」の実現を全学の基本方針として定めたものである。「2040 年にむけた高等教育のグランドデザイン」[53] では、高等教育機関に対して、「多様な価値観を持つ多様な人材が集まることにより新たな価値が創造する場」としての役割を求められている。香川大学は、6 学部 8 研究科からなる総合大学であるが、キャンパスが分散され (幸町キャンパス、林町キャンパス、三木町農学部キャンパスなど 7 拠点)、そのことが「多様な価値観を持つ多様な人材が集まることによる価値創造の場」としての役割を果たすうえで大きな障壁となっていた。「デジタル ONE キャンパス」、「デジタル ONE ラボ」では、「デジタル世界に香川大学が有する多様な価値観を持つ多様な人材を集め、デジタル世界で価値創造を促す環境の構築」を目指した取り組みを実施する。大学の本務は教育研究であり、大学には「教育研究の本務に専念できる環境」の構築が求められる。香川大学の業務システムについては、クラウド化などの技術的な遅れに加え、縦割り業務の情報管理に伴う重複した情報入力作業など、デジタル化の遅れが指摘されているだけでなく、業務によって生成された情報が分散し、それら情報を大学/経営戦略に活かさない状況が発生していた。「デジタル ONE オフィス (事務局)」は、「デジタル世界に大学の事務局機能を構築することで大学業務の効率的運用を促し、教育研究の本務に専念できる環境を構築する」ことを目指しており、それに即した取り組みを実施する。

4.1.3 香川大学の DX 推進体制

情報処理推進機構の「デジタル・トランスフォーメーション (DX) 推進にむけた企業と IT 人材の実態調査」[54] によると、DX 組織は「IT 部門起点」と「事業部門起点」の 2 種類に分類できることが報告され、特に IT 部門起点による DX 組織には、デジタル技術の積極的な活用の促進が期待できることが報告された。図 4.2 は、香川大学の DX 推進体制を示している。香川大学では、デジタル技術の積極的な活用を目指し、IT 部門である情報メディアセンターに、DX 推進

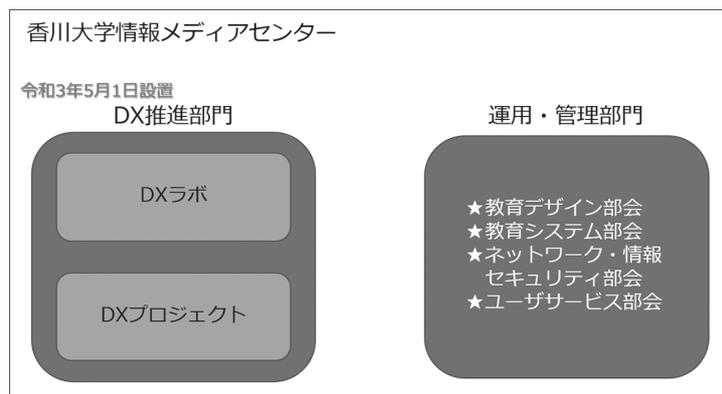


図 4.2: 香川大学における DX 推進体制

組織を 2021 年 5 月に設置した。「デジタル・トランスフォーメーション推進人材の機能と役割のあり方に関する調査」[55]では、7種類の DX 推進人材（プロダクトマネージャ、ビジネスマネージャ、テックリード、データサイエンティスト、先端技術エンジニア、UI/UX エンジニア、エンジニア/プログラマ）を定義している。香川大学では同調査に基づいて、香川大学内の DX を推進する 7種類の DX 推進人材（DX 推進マネージャ、DX デザイナ、テックリード、データサイエンティスト、先端技術エンジニア、UI/UX エンジニア、エンジニア/プログラマ）と役割を定義（表 4.1）し、これら DX 推進人材の確保に努めた。表 4.1 は、香川大学で定義した DX 推進人材を示している。DX 推進マネージャは、DX の実現を主導するリーダーを担う人材、DX デザイナは、DX に関する企画・立案・推進等を担う人材と定義した。香川大学では、DX 推進人材として規定された DX 推進マネージャの役割を担う最高デジタル統括責任者（Chief Digital Officer）を新たに設け、学内から必要な人材を併任として確保するとともに、事務部門に情報部情報企画グループを新たに設置し、DX デザイナとなる人材を配置した。DX 推進マネージャは、創造工学部創造工学科情報システム・セキュリティコースに所属し、ソフトウェア工学、情報システム工学、特にシステム設計を専門とする教員を併任で招聘した。DX デザイナについては、事務部門に情報部情報企画グループを新たに設置し、システムエンジニアとしての勤務経験を有する職員と人事、総務、会計など大学の業務経験もある人材を DX デザイナとして配置した。テックリードは、AI、クラウド技術などの最新技術を用いたシステム設計から実装ができる人材、先端技術エンジニアには機械学習、ブロックチェーンなどの先端的なデジタル技術を担う人材と定義した。香川大学では、DX 推進人材として規定されたテックリード、先端技術エンジニアを担う人材として、株式会社リコーから客員教授、客員准教授、客員研究員を新たに招聘した。データサイエンティストは、事業、業務に精通したデータ解析・分析ができる人材、UI/UX エンジニアは、DX に関するシステムのユーザ向けデザインを担当する人材と定義した。香川大学では、データサイエンティストと UI/UX エンジニアは、それぞれの分野を専門とする香川大学創造工学部の教員を情報メディアセンター併任とすることとした。エンジニア/プログラマについては、システムの実装

表 4.1: 香川大学における DX 推進人材

DX 推進人材	人材像
DX 推進マネージャ	DX の実現を主導するリーダーを担う人材
DX デザイナー	DX に関する企画・立案・推進等を担う人材
テックリード	最新技術を用いたシステム設計から実装ができる人材
先端技術エンジニア	機械学習、ブロックチェーンなどの先端的なデジタル技術を担う人材
データサイエンティスト	事業、業務に精通したデータ解析・分析ができる人材
UI/UX エンジニア	DX に関するシステムのユーザ向けデザインを担当できる人材
エンジニア/プログラマー	システムの実装を担う人材

を担う人材として定義した。同調査では、企業の DX に関するシステム実装の多くは SIer が担っていることが報告された。エンジニア/プログラマーについては、情報技術を学ぶ学生（香川大学大学院工学研究科信頼性情報システム工学専攻、香川大学創造工学部創造工学科情報システム・セキュリティコース）の中から必要なスキルを有する学生を招聘した。

2018 年に設置された香川大学創造工学部では、時代の変化を捉え、社会や人々のニーズにフィットしたイノベーションを創出する人材育成を目指し、「デザイン思考」能力育成にむけた様々な教育プログラムを展開している [8]。香川大学の提唱する「デザイン思考 (図 1.1)」は、「1. ユーザ中心に物事を考え」、「2. チームメンバーやユーザとのコミュニケーションを重視」し、「3. 試作、テスト、改善を繰り返す」とともに、「4. 問題解決の方法は 1 つではなくてよい」を基本的な考え方とし、「共感」、「問題定義」、「アイデア創出」、「具体化」、「検証」の 5 つの段階から構成される。香川大学も「デザイン思考」を DX 推進に必要な技術として採用した。香川大学では、「デザイン思考プロセス」における「アイデア創出」から「具体化」を実現する手段として、エンドユーザコンピューティング (End-User Computing:EUC) [5] で注目されている Microsoft Power Platform[37] を導入するとともに、それらを用いた業務システムの内製開発に取り組むこととした。「共創」とは、ユーザなどのステークホルダーが問題の発見と解決に参画することにより新たな洞察、問題の発見、より良い解決方法の創出を図ることであり、多くの企業で「共創」の取り組みがすすめられている [56]。「DX 推進部門」は、「DX ラボ」と事業部門の共創により DX を推進する「DX プロジェクトチーム」を組織した。「DX プロジェクトチーム」は、「DX 推進部門」、「DX ラボ」のメンバーと事業部門のメンバーから構成され、2021 年 10 月 10 日現在で 6 つの DX プロジェクトチーム（就職・学生支援 DX, 研究支援 DX, 学務関係 DX, 給与福利 DX, 知財管理 DX, 旅費関係 DX）が立ち上がっている。

「DX プロジェクトチーム」による香川大学の DX の取り組みは、「グロースハックフェーズ」と「イノベーションフェーズ」の 2 つに分けられ、「グロースハックフェーズ」では、現場主導のボトムアップによる既存業務や既存システムの改善、「イノベーションフェーズ」では、「グロースハックフェーズ」で共有された問題から新しい取り組みを試行する。図 4.3 は、香川大学の DX 推進のフェーズを示している。「グロースハックフェーズ」の取り組みの一部は、単なるデジタル化と

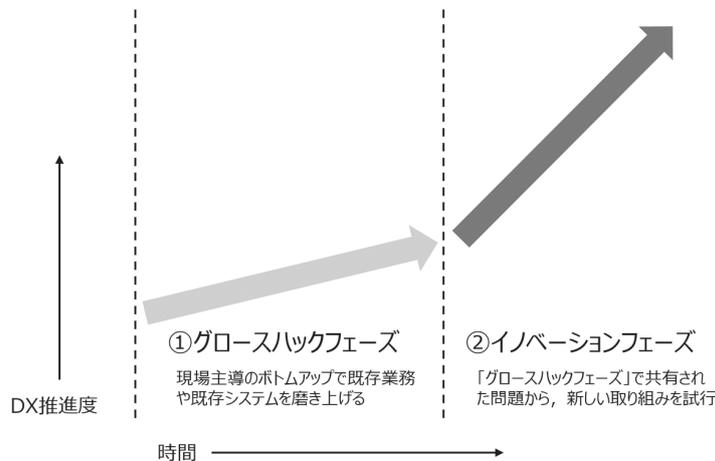


図 4.3: DX 推進フェーズ

なるケースも想定されるが、業務やシステムが抱えている問題を共有するためには必要なフェーズである。ユーザ視点で「グロースハック」によりカスタマージャーニーやユーザージャーニーを磨き上げ、業務に習熟してから「イノベーションフェーズ」に移行するほうが成功する確率が高いという報告 [52] も存在する。「デジタルトランスフォーメーション (DX) の現状と動向」で定義された、「DX の実現技術」の「データ駆動」は、要求定義、意思決定、経営などいわゆるビッグデータを活用して、従来できなかったユーザ特性の発見や合理的な意思決定をおこなうアプローチを指す。「グロースハックフェーズ」では、「データ駆動」により DX を推進するために必要となるデータも収集する。また「BMI」とは、ビジネスモデルを設計し、革新する技術を指す。「デザイン思考」がユーザを起点とする要求の獲得方法であるのに対し、「BMI」は企業活動全体を俯瞰して、その構造変革を目的としている。「グロースハックフェーズ」では、大学の業務活動全体を俯瞰すべく、いまの業務活動を正しく認識する活動もおこなう。

上記の理由から、「DX プロジェクト」では、DX 推進を2つのフェーズ（「グロースハックフェーズ」、「イノベーションフェーズ」）に分けて実施することとした。また、「DX プロジェクトチーム」による、香川大学の DX の取り組みは、反復型開発である「イテレーティブ開発手法」を採用した。「グロースハックフェーズ」で、現場主導のボトムアップにより、既存業務や既存システムの改善をおこなう際、現場から必要な要件をその重要度を含めて正しく抽出することは困難である。「DX プロジェクトチーム」では、「デザイン思考」で必要な要件を定義するとともに、定義された要件の中から重要だと思われる機能を最優先で開発し、それらを繰り返しながら反復的に開発を進めた。開発したシステムの実運用判断は事業部門がおこなうこととした。

4.1.4 考察

2021年5月に「DX推進部門」,「DXラボ」を設置し,事業部門と連携してDX推進に取り組む「DXプロジェクトチーム」を立ち上げた。2021年10月4日現在,6つの「DXプロジェクトチーム」が立ち上げた業務システム内製開発プロジェクトは25あり,そのうち15のプロジェクトが完了し,わずか5ヶ月で10の業務システムが開発された。

本研究では,「DXプロジェクトチーム」に参加している事業部門の職員5名を対象にインタビュー調査を実施した。インタビュー調査は,「設問1:DXプロジェクト参加前のDXのイメージを問う設問」,「設問2:DXプロジェクトの活動に関する設問」,「設問3:業務システムの内製開発に関する設問」,「設問4:香川大学のDXへの期待を問う設問」の4つの設問から構成された。「設問1:DXプロジェクトの立ち上げ前のDXのイメージを問う設問」では,「大変そう。ややこしそう」,「業務改善というイメージ。軌道に乗ればスムーズに仕事ができるかもしれないけど難しそう」など,DXに対して実際何をしたいかわからない不安感をもっていたことを示すコメントが寄せられた。「設問2:DXプロジェクトの活動に関する設問」では,「業務は確実に楽になった」,「ユーザである教職員にとっては間違いなく利便性があがった」など,業務改善の効果を感じているコメントが寄せられただけでなく,「システムから得られるデータが有用であると感じた」,「(欠席届受付システムを担当したが,)こんなに多くの欠席届が出されるとは思わなかった。あらたな気づきがあった」など,システムが生成するデータが有効であると感じていることを示すコメントが寄せられた。さらに,「これまでおこなっていた業務を俯瞰してみることができ,『本当にこの業務が必要なのかな』と思うきっかけになった」というコメントも寄せられた。「設問3:業務システムの内製開発に関する設問」では,「業務内容がある程度わかっている方と一緒に開発できるので,『こういう風にしたい』などを伝えやすい」など内製開発にメリットを感じていることを示すコメントが寄せられた。一方,「通常業務に加えてDXプロジェクトに取り組まなくてはならず,その両立が大変だった」とのコメントも寄せられた。DXプロジェクトの業務システム内製開発の取り組みは,「デザイン思考」や「共創」に基づいた「DXプロジェクトチーム」の活動に一定の有効性を確認できただけでなく,「データ駆動」によるDX推進にむけた新たな展開や,大学の業務活動全体を俯瞰し,構造変革にむけた取り組みである「BMI」による業務改善への期待もうかがえた。

情報技術を学ぶ学生(香川大学大学院工学研究科信頼性情報システム工学専攻,香川大学創造工学部創造工学科情報システム・セキュリティコース)を中心に組織された「DXラボ」が参加した「DXプロジェクトチーム」による香川大学のDX推進は,「デザイン思考」や「共創」の実践活動にも該当する。本研究では,「DXプロジェクトチーム」に参加している,「DXラボ」に所属する学生5名を対象にインタビュー調査を実施した。インタビュー調査は,「設問1:『DXラボ』に参加した感想を問う設問」,「設問2:『DXプロジェクトチーム』に参加した感想を問う設問」,「設問3:香川大学のDXに対する意見やコメントを問う設問」の3つの設問から構成された。「設

問1：『DX ラボ』に参加した感想を問う設問」では、「『DX 推進部門』の方と一緒に活動でき、システム開発の実践の場になった」、「『DX ラボ』のメンバー間で技術を高めあうことができた」、「要件抽出、要件定義を体験できた。デザイン思考やプロジェクトマネジメントについても知識としては知っていたが、実際にそれら知識を活用できる場となった」など、「DX ラボ」や「DX プロジェクトチーム」の活動が、授業で獲得した知識を実践する場として機能していることを示すコメントが寄せられた。「設問2：『DX プロジェクトチーム』に参加した感想を問う設問」では、「職員さんとの活動を通じて、ユーザが求めるシステムを開発するのは本当に難しいと思った」、「プログラミングは問題なかったが、要件抽出や要件定義がうまくいかず的外れたシステムを提案してしまった」など、「DX プロジェクトチーム」での「共創」の実践活動を通じて新たな知識や気づきを得ていることを示すコメントが寄せられた。「設問3：香川大学の DX に対する意見やコメントを問う設問」では、複数の学生が「主体的に学ぶことができた」とコメントした。インタビュー調査で寄せられたコメントから、「DX ラボ」や「DX プロジェクトチーム」の活動は、自身の技術者としての能力向上に貢献するだけでなく、知識として獲得していた「デザイン思考」や「共創」の実践活動の場としても機能していることが明らかとなった。

4.1.5 本節のまとめ

本章では、香川大学における DX の取り組みとして、香川大学の DX 推進戦略「デジタル ONE 戦略」および、DX 推進体制について述べた。また本研究では、「DX 推進部門」、「DX ラボ」、「DX プロジェクトチーム」について述べるとともに、「DX ラボ」が実施している業務システムの内製開発の取り組み、「DX プロジェクトチーム」の DX 推進活動についても述べた。

「DX プロジェクト」に参加した職員に実施したインタビュー調査で寄せられたコメントから、「デザイン思考」や「共創」に基づいた「DX プロジェクトチーム」の活動に一定の有効性を確認できただけでなく、「データ駆動」による DX 推進にむけた新たな展開や、大学の業務活動全体を俯瞰し、構造変革にむけた取り組みである「BMI」による業務改善への期待もうかがえた。一方で、通常業務に「DX プロジェクトチーム」の活動が付加される形となるため、職員の業務工数の確保についての課題も明らかとなった。「DX プロジェクトチーム」の活動に関する業務工数を確保すべく、人事・労務担当部署と検討をはじめている。「DX プロジェクトチーム」に参加した「DX ラボ」の学生に実施したインタビュー調査で寄せられたコメントから、「DX ラボ」や「DX プロジェクトチーム」の活動は、自身の技術者としての能力向上に貢献するだけでなく、知識として獲得していた「デザイン思考」や「共創」の実践活動の場としても機能していることが明らかとなった。

4.2 アイデア創出と要件抽出の取り組み

4.2.1 本研究の目的

平成 30 年に香川大学は創造工学部 [8] を設置した。香川大学創造工学部は、時代の変化を的確に捉え、社会や人々のニーズにフィットしたイノベーションを創出する人材育成を目指し、「デザイン思考」 [30] 能力育成にむけた様々な教育プログラムを展開している。香川大学において「デザイン思考」とは、「製品に対する審美力を持ち、ユーザが潜在的に求めている価値等を追求することで得られた抽象的なアイデアから、実現可能なプランに落とし込み、全く新しい価値を生み出す思考プロセス（手順）」と定義している。香川大学の提唱する「デザイン思考プロセス（図 1.1）」では、「1. ユーザ中心に物事を考え」、「2. チームメンバーやユーザとのコミュニケーションを重視」し、「3. 試作、テスト、改善を繰り返す」とともに、「4. 問題解決の方法は 1 つではなくてよい」を基本的な考え方としている。富士通株式会社や日本電気株式会社などの IT 企業では、「デザイン思考」をデジタル・トランスフォーメーション（Digital Transformation:DX） [1] 推進に必要なスキルとして定義しており、「デザイン思考」に基づく DX 推進の取り組みが日本国内では広がりを見せている [58, 59]。香川大学も「デザイン思考」を DX 推進に必要な思考法として採用した。香川大学では、「デザイン思考プロセス」における「アイデア創出」から「具体化」を実現する手段として、エンドユーザコンピューティング（End-User Computing:EUC） [5] で注目されている Microsoft Power Platform [37] を導入するとともに、それらを用いた業務システムの内製開発に取り組んでいる。

日本情報システム・ユーザー協会が実施した企業 IT 動向調査報告書 [60] の「システム開発の品質に関する満足度の調査」において、500 人月以上のシステム開発プロジェクトでは、2017 年から 2019 年にかけて品質は改善（2017 年 23.3%、2018 年 23.8%、2019 年 21.2%）傾向にあったが、2020 年度は 25.6% のプロジェクトが品質に不満があるとされ、多くのシステム開発プロジェクトで、発注者側がシステムの品質に不満を持っていることが報告された。情報処理推進機構（IPA）が公表した「つながる世界のソフトウェア品質ガイド」 [32] には、JIS X 25010:2011 を参照して「利用時品質」と「製品品質」の 2 つの品質モデルが明示されている。製品（システムやソフトウェア）自体の品質を指す「製品品質」とは別に、「有効性」、「効率性」、「満足性（実用性、快楽性、快適性）」、「リスク回避性」、「利用状況網羅性」を指す「利用時品質」が定義され、システムやソフトウェアの品質を高めるためには、「製品品質」だけでなく、「利用時品質」も含めて検討することが求められている。ユーザエクスペリエンス（User Experience:UX） [3] は、「利用時品質」を高める概念として注目されており、「ある製品やサービスを利用、消費したときに得られる体験の総体」を指し、個別の機能や使いやすさのみならず、ユーザが真にやりたいことを楽しく、心地よく実現できるかを重視した概念である。製品やサービスの企画段階からユーザの体験であ

*4.2 節は、学術情報処理研究に掲載された共著論文「香川大学における学内業務システム内製開発にむけたアイデア創出と要件抽出の取り組み」 [57] を基にしている。

る UX を意識したサービスやシステムをデザインしていく手法を UX デザイン (User Experience Design:UXD) [61] とよぶ。香川大学における業務システムの内製開発でも、UX を意識したシステムとすべく、本研究では大学業務を実施するユーザである教職員を対象とした調査 (本研究では、業務 UX 調査とよぶ) を実施した。業務 UX 調査は、「デザイン思考」に基づく DX 推進における「問題定義」を促す仕組みにも該当する。本研究では、業務 UX 調査について述べる。

アイデアソン (Ideathon) は、アイデア (Idea) とマラソン (Marathon) をかけ合わせた造語で、特定のテーマについて多様なメンバーが対話を通じてアイデアを出し合い、それをまとめていく形式のイベントであり、新しいサービスやイノベーションを創出する手法として注目されている [62]。アイデアソンは、2000 年前後あたりからアメリカの ICT 企業で盛んにおこなわれるようになり、2010 年前後から日本でも開催され始めた。現在では、企業だけでなく自治体や教育機関などで幅広く実施されており、実際に創出されたアイデアからシステムやサービス、アプリケーションを開発するハッカソン [63] も開催される。本研究では、新たな大学業務システム開発にむけたアイデアの創出を目指した業務改善アイデアソンを実施した。業務改善アイデアソンは、「デザイン思考」に基づく DX 推進における「アイデア創出」を実現する手段に該当する。

本研究では、業務改善アイデアソンについて述べるとともにその結果 (アイデアスケッチ、プレスリリース) について述べる。4.2.2 項では、業務 UX 調査について述べるとともにその結果について述べる。4.2.3 項では、業務改善アイデアソンについて述べるとともにその結果 (アイデアスケッチ、プレスリリース) について述べる。4.2.4 項では、考察を述べる。4.2.5 項では、まとめを述べる。本研究は、DX 推進に取り組む多くの教育機関に共通する方策や考え方を提案するとともに、その取り組みから提案した方策や考え方の有効性を議論している。

4.2.2 業務 UX 調査について

本研究では、大学業務を実施するユーザである教職員を対象に、業務 UX 調査を実施した。業務 UX 調査は、「デザイン思考」に基づく DX 推進における「問題定義」を促す仕組みに該当する。業務 UX 調査は、2021 年 4 月 27 日に実施された。本研究で実施した業務 UX 調査は、ペルソナ法 [61]、ジャーニーマップ [61] の作成、参加者へのインタビューから構成され、教員 2 名、職員 8 名 (情報グループ 2 名、学務グループ 1 名、経理グループ 1 名、研究協力グループ 1 名、地域連携推進グループ 1 名、共創人材養成グループ 1 名、教育学部学務係 1 名) の計 10 名が参加して実施された。

ペルソナ法は、典型的なユーザパターンを導出し、ユーザを代表するモデルとして仮定の個人を作る手法である。ペルソナ法は、関係者相互のユーザイメージやユーザパターンの共通理解を促すことを目的に実施され、UX に基づいてシステムやサービスを開発する際に用いられる。ペルソナ法は、異なるゴールを持つユーザタイプごとにペルソナを設定すべきとの考え方に基づいており、一般的に提案するシステムやサービスに対して複数のペルソナを設定し、最優先のペル

<p>ペルソナ1 片原 町子 職員16年目（法学部→人事企画G→医学部→学務G→共創人材養成G） （5部署回って学内の人間関係はだいたい知っている） 家庭：夫（自営業）、子供2人（小学生6年生、双子） 趣味：ゴルフの打ちっぱなし、バレーボール（職員バレー部キャプテン） 特技：キャリアアドバイザー 一言：こどもも大きくなったし、次のステップを目指そうかな（管理職試験）</p>
<p>ペルソナ2 古高 松雄 職員8年目（国際G→財務企画G→創造工学部→企画G） （4部署目、大学全体の様子が少し見えてきた） 家庭：実家暮らし、香川で生まれ育った。大学生時代だけ県外だった。 趣味：食べ歩き、飲み屋めぐり。一人旅 特技：英会話 一言：学内の職員とはあまり馬が合わないし、大学の友人と国内旅行するか。</p>
<p>ペルソナ3 栗林 公代 職員3年目（教育学部→総務G） （2部署目で最初の部署との文化の違いに戸惑っている） 家庭：高松市内で一人暮らし（岡山県出身） 趣味：同期の友人（医学部）とキャンプ 特技：プログラミング、絵画（イラスト） 一言：学部の学務の仕事は面白かったが、総務Gは会議ばかりでつまらん。</p>

図 4.4: 設定された3種類のペルソナ

ソナのニーズを満たすことを目標にシステムやサービスが検討される。業務 UX 調査では、3種類のペルソナを設定した。図 4.4 は、業務 UX 調査で設定されたペルソナを示している。関係者相互のユーザパターンの共通理解を促すことを目的に、趣味や特技、ペルソナの心情を表す一言まで細かく定義し、より具体的なペルソナ像をイメージできるように配慮してペルソナを設定した。「ペルソナ1」は、16年目の職員で、学務・学生系、総務・人事系、部局など一通りの経験を有しており、学内にも多くの知り合いがいる職員を想定しており、今後管理職試験を受けてステップアップを目指す、中間管理職的な位置づけの職員とした。「ペルソナ2」は、8年目で大学全体の理解ができてきた職員を想定しており、特定の技能を有する（英語）職員とした。「ペルソナ3」は、3年目の若手職員で、部局と総務系しか経験しておらず、部署ごとの文化の違いに戸惑っている職員を想定しており、様々な業務の中から自分自身の適性を見極めようとしている職員とした。ジャーニーマップは、人々と製品やサービスとの関わりを時間軸で表現したものであり、複数のタッチポイント（ユーザとサービスの接点）をまたぐ体験の連続性に着目し、その過程で起きるさまざまな出来事について、行動、感覚、認識、思考・感情などを明らかにする手法である。

ジャーニーマップは、複数のタッチポイントをまたいだ一連のユーザ体験の全体像を、プロセスだけでなくユーザの行動や感情を含め視覚化することを目的として作成される。ジャーニーマップを作成することで、時間軸の観点でユーザ体験を関係者間で共有できる。また、ユーザ体験の全体像を示すことで、改善すべきポイントを考慮したユーザ体験の概要も検討できる。ジャーニーマップにおける横軸のフェーズと縦軸の項目は、一般的にサービスやプロジェクトによって異なり、実際のユーザ行動からフェーズを定義し、フェーズに伴う要素として、縦軸に必要な項目を



図 4.5: 一日単位のジャーニーマップ

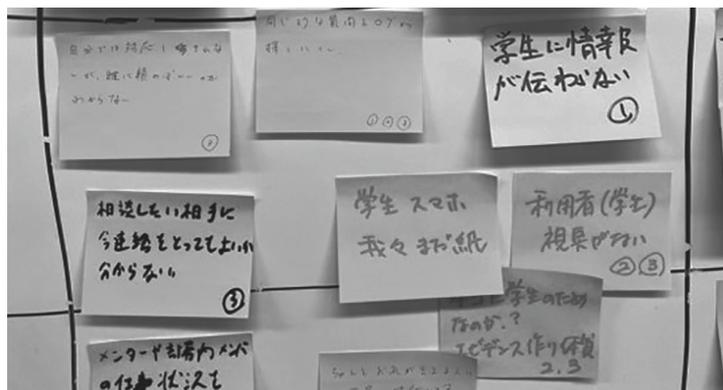


図 4.6: ジャーニーマップ (学生教員対応に関する課題)

設定する。業務 UX 調査では、「出勤前」や「学内会議」、「学生教員対応」などをフェーズとした 1 日単位のジャーニーマップと、「学内業務」、特に職員が意識している年度初めの「予算措置」や「科研費などの外部研究費獲得支援業務」、「年末調整業務」などをフェーズとした 1 年単位のジャーニーマップの 2 種類のジャーニーマップを作成した。それぞれの縦軸の項目は、「行動、思考・感情、課題、解決策」とした。参加者には、各フェーズの「行動、思考・感情、課題、解決策」についてその内容を付箋に記入してもらった。図 4.5 は、1 日単位のジャーニーマップを示している。図 4.6 は、「学生教員対応」フェーズの課題を示している。「学生教員対応」フェーズでは課題として「学生に情報が伝わらない」、「学生はスマホなのにまだ紙である」、「利用者の視点で窓口サービスがおこなわれていない」が課題として抽出された。

参加者へのインタビューは、参加者全員でジャーニーマップの各項目の内容を確認しつつ実施された。図 4.7 は、インタビューの様子を示している。インタビューでは、「行動、思考・感情、課



図 4.7: インタビューの様子

表 4.2: 業務改善アイデアソンの内容

時間	内容
10:00-10:05	オープニング
10:05-10:15	自己紹介&アイスブレイク
10:15-10:35	エモグラフィー
10:35-11:05	スピードストーミング
11:05-11:25	アイデアスケッチ
11:25-11:35	ハイライト
11:35-11:45	ベスト5の発表
11:45-12:00	クロージング

題、解決策」について参加者間で議論・共有することを目的に実施され、インタビューを通じて、付箋に記載された内容が共感できる内容であるかどうかなどが確認される。インタビューでは、「残業時間が長い人が評価される文化がある」、「上司や先輩が残っていると、定時後でも帰りにくい雰囲気がある」、「学内にスキルアップを促すような手段がない」という意見に多くの賛同が寄せられ、「残業が本当に必要な業務以外では残業がおこなえない仕組みやシステムの構築」、「実績に基づいて正しく評価をおこなう仕組みやシステム」や、「学内スキルアップ研修プログラムの構築」などを求める意見があがった。

4.2.3 業務改善アイデアソンについて

業務改善アイデアソンは、2020年8月18日に香川大学情報メディアセンターにて開催され、教員1名、職員8名（情報グループ2名、学務グループ1名、経理グループ1名、研究協力グループ1名、地域連携推進グループ1名、共創人材養成グループ1名、教育学部学務係1名）、学生2

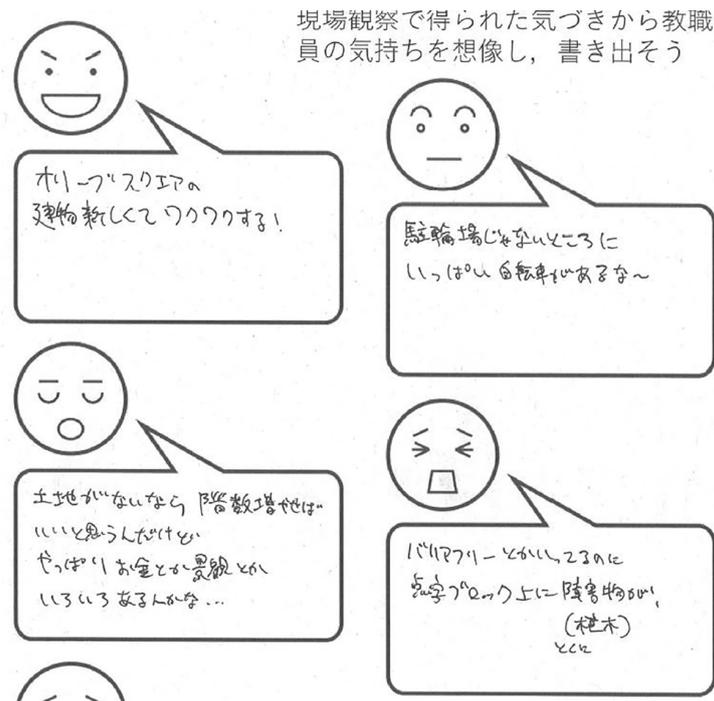


図 4.8: 作成されたエモグラフィ（一部抜粋）

名、計 11 名が参加して実施された。業務改善アイデアソンのテーマは、「地域に愛される」、「いきいき働ける」香川大学を実現する」とした。業務改善アイデアソンでは、「ユーザ（教職員）の課題が明確になっている」アイデアかつ、「課題の解決法が適切である」アイデアを、良いアイデアであると定義した。業務改善アイデアソンでは、アイデアワークとして、宮川ら [56] が報告した各手法、「エモグラフィ」、「スピードストーミング」[64]、「アイデアスケッチ」、「ハイライト」、「ダーティプロトタイプ（プレスリリース作成）」を採用した。表 4.2 は、業務改善アイデアソンの内容を示している。

「エモグラフィ」は、エモーション（emotion／感情）とグラフィ（graphy／記法）を合わせた造語で、感情を表現する記法である。図 4.8 は、エモグラフィで作成されたワークシートを示している。左上の笑顔から想像される感情として、新しく建てられたオリーブスクエア（香川大学内の学生スペース）の建物に対してポジティブな感情「オリーブスクエアの建物新しくワクワクする！」を表している。また右下段の泣き顔から想像される感情として、点字ブロックの上に障害物があることに対してネガティブな感情「バリアフリーとかいっているのに、点字ブロックの上に障害物（植木）」を表している。「スピードストーミング」は、カリフォルニア大学バークレー校で開発された手法で、異なる人同士がペアでディスカッション（ブレインストーミング）することでアイデアを創出する手法である。業務改善アイデアソンでは、4 分間のペアディスカッションを、ペアを変えながら 4 回実施した。

「アイデアスケッチ」は、「スピードストーミング」で創出されたアイデアを絵で表現するワー

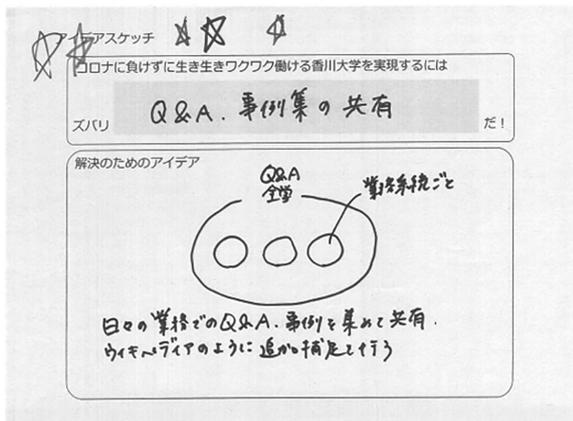


図 4.9: 作成されたアイデアスケッチ
(Q & A, 事例集の共有)

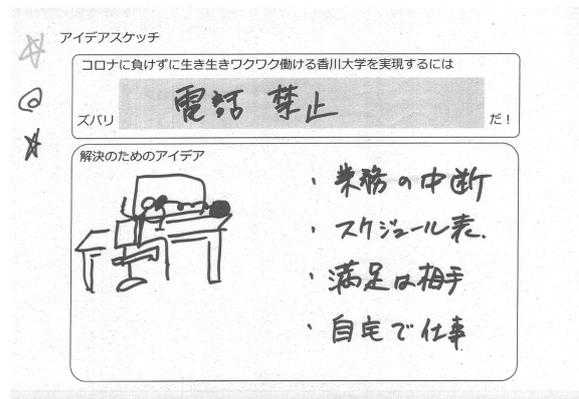


図 4.10: 作成されたアイデアスケッチ
(電話の利用禁止)

クである。図 4.9, 図 4.10 は、「アイデアスケッチ」で用いたワークシートと、実際に参加者が作成した「アイデアスケッチ」を示している。図 4.9 の「アイデアスケッチ」は、業務系統ごとに業務に関する知識が蓄積されてしまうので、大学全体で業務知識が蓄積共有されないという課題に対するアイデアで、Wikipedia のように追加補足をおこなえるサイトを構築するアイデアを表現している。図 4.10 の「アイデアスケッチ」は、業務中に自身の業務の状況の如何に問わず電話がかかってくることで、業務が中断され生産性が低下してしまう課題に対するアイデアで、電話の利用を禁止するアイデアを表現している。

「ハイライト」は、参加者が「面白い」「実現したい」と感じた「アイデアスケッチ」の左上に☆マークを記載するワークで、参加者相互で「アイデアスケッチ」の評価をおこなう。図 4.9 の左上に記載された☆マークは、参加者が記載した評価を示しており、5 人の参加者がこの「アイデアスケッチ」を「面白い」「実現したい」と感じたことを意味している。

「ダーティープロトタイピング」は、アイデアに基づいて新サービスを創出し、簡易的なプロトタイプサービスの概要をまとめたワークシート（プレスリリース）を作成するワークである。図 4.11, 図 4.12 は、作成されたプレスリリースを示している。図 4.11 は、図 4.9 の「アイデアスケッチ」をベースに、業務知識を蓄積・共有させるだけでなく、教職員間で相互に業務の困り事を解決し、困っている人を互助会的に助ける仕組み（KadaBukuro）を提案している。図 4.9 で表現されたアイデアスケッチ以外でも、わからないことを教わるコーチングを求めるアイデア（図 4.13）なども作成された。KadaBukuro は、それらアイデアを組み合わせたものである。図 4.12 は、図 4.10 の「アイデアスケッチ」をベースに、電話を用いた連絡ではなく、相手の状況を可視化して事前にプロフィールを見ることで、連絡する際の課題を解決する仕組み（KadaTalk）を提案している。電話については、電話を受ける側の課題が報告されたが、電話をかける側にも一定のハードルがある（図 4.14）ことがアイデアスケッチからわかった。現在 KadaBukuro について

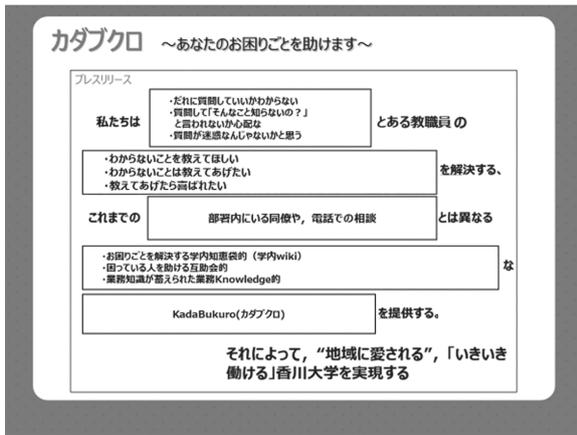


図 4.11: ダーティプロトタイプ (KadaBukuro プレスリリース)

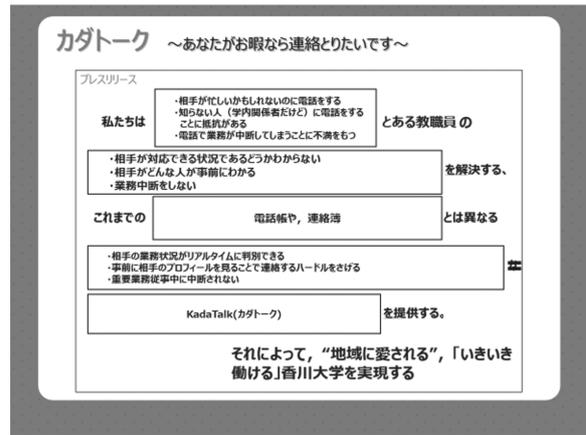


図 4.12: ダーティプロトタイプ (KadaTalk プレスリリース)

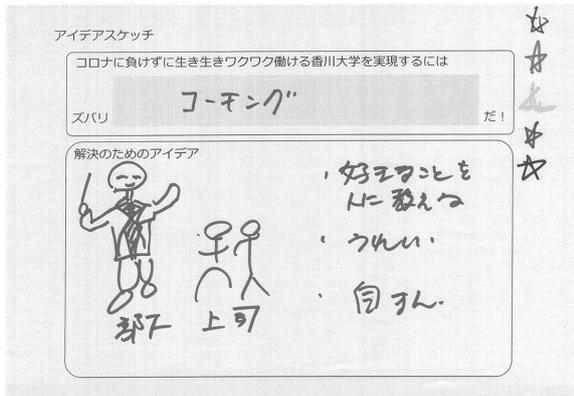


図 4.13: 作成されたアイデアスケッチ (チュータ制度)

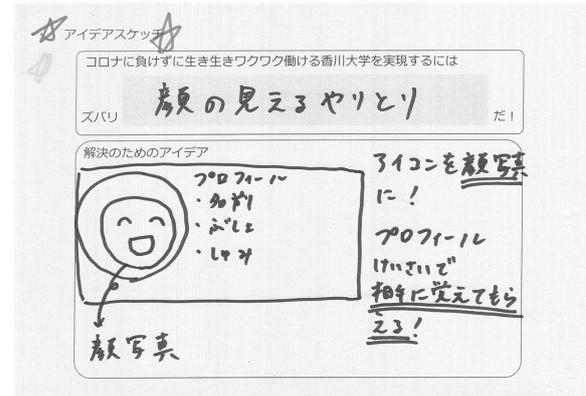


図 4.14: 作成されたアイデアスケッチ (相手の状況を可視化)

は、Microsoft Teams を用いて業務知識を共有する仕組みを構築し、実際に試行が開始されている。KadaTalk についても、Microsoft Teams のプロフィール欄の記載項目の追加や組織構造可視化により、電話中心業務からビジネスチャットの利用を促す仕組みを構築し、実際に試行が開始されている。

4.2.4 考察

業務 UX 調査では、「残業時間が長い人が評価される文化がある」、「上司や先輩が残っていると、定時後でも帰りにくい雰囲気がある」、「学内にスキルアップを促すような手段がない」という意見に多くの賛同が寄せられ、「残業が本当に必要な業務以外では残業がおこなえない仕組みやシステムの構築」、「実績に基づいて正しく評価をおこなう仕組みやシステム」や、「学内スキルアップ研

出勤 

たった今

 下記データで出勤データを登録しました。
今日も1日がんばりましょう！

氏名： 

出勤日：2021年09月09日

出勤時刻：17時39分28秒

たった今

メッセージを入力してください 

図 4.15: 勤務時間報告システム（出勤登録画面）

残業申請受付フォーム

こんにちは、様。このフォームを送信すると、所有者に名前とメールアドレスが表示されます。

* 必須

1. 所属グループ*

2. 残業日*

3. 残業時間*

4. 残業理由*

図 4.16: 残業申請システム（残業申請画面）

修プログラムの構築」などを求める意見があることがわかった。香川大学では、業務 UX 調査の結果に基づいて、「勤務時間報告システム」と「残業申請システム」を開発した。図 4.15 は「勤務時間報告システム」、図 4.16 は「残業申請システム」の残業申請画面、図 4.17 は「残業申請システム」の勤務管理者の決裁画面を示している。「勤務時間報告システム」は、チャットボットをベースに開発され、出勤、退勤などのキーワードを入力することで出勤時間と退勤時間を報告することができる。また「勤務時間報告システム」と「残業申請システム」は連携しており、「勤務時間報告システム」は、終業時間になると退勤するか残業するかどうかを問う質問を自動的に投げかけるとともに、残業が必要な場合は「残業申請システム」で勤務管理者の決裁を仰ぐことで、残業が本当に必要な業務以外では残業がおこなえない仕組みを実現した。現在一部部署での評価実験をおこなっており、2021 年度中に全学で運用する方向で検討をすすめている。他にも業務 UX 調査の結果に基づいて、「人事評価可視化ダッシュボード」、「学内 DX 推進人材育成プログラム」などについても検討をおこなっている。業務改善アイデアソンでは、業務知識を蓄積・共有させるだけでなく、教職員間で相互に業務の困り事を解決し、困っている人を互助会的に助ける仕組み（KadaBukuro）や、相手の状況を可視化して事前にプロフィールを見ることで、連絡する際の課題を解決する仕組み（KadaTalk）が提案された。KadaTalk については、Microsoft Teams のプロフィール欄の記載項目の追加や組織構造可視化により、電話中心業務からビジネスチャットの利用を促す仕組みを構築し、実際に試行が開始されている。図 4.18 は、Microsoft Teams のプロフィール欄を示している。香川大学では、ビジネスチャットの利用を奨励しており、2021 年 7 月は 33,861 件のチャットメッセージの送信が報告されるなどビジネスチャットの利用がすすんでい



図 4.17: 残業申請システム
(勤務管理者決裁画面)



図 4.18: Microsoft Teams のプロフィール欄

る。本研究で実施した業務 UX 調査は、ペルソナ法、ジャーニーマップ作成、インタビューなど一般的に用いられる手法から構成されているため、事務系や教育系など特定のドメインを対象とせず、他の教育機関においても適用可能である。業務改善アイデアソンも、エモグラフィ、スピードストーミング、アイデアスケッチなど一般的に用いられるアイデアワークから構成されているため、業務改善のみならず教育などにも適用可能であり、業務 UX 調査と同じく他の教育機関でも適用可能である。

4.2.5 本節のまとめ

本節では、アイデア創出と要件抽出の取り組みとして、香川大学で実施した業務 UX 調査とその結果について述べるとともに、業務改善アイデアソンについて述べた。業務 UX 調査では、「残業時間が長い人が評価される文化がある」、「上司や先輩が残っていると、定時後でも帰りにくい雰囲気がある」、「学内にスキルアップを促すような手段がない」という意見に多くの賛同が寄せられ、「残業が本当に必要な業務以外では残業がおこなえない仕組みやシステムの構築」、「実績に基づいて正しく評価をおこなう仕組みやシステム」や、「学内スキルアップ研修プログラムの構築」などを求める意見があることがわかった。業務 UX 調査の結果に基づいて、「勤務時間報告システ

ム」と「残業申請システム」を開発した。業務改善アイデアソンでは、KadaBukuro と KadaTalk の二つのアイデアが創出された。いずれのアイデアも Microsoft Teams を用いて業務知識を共有する仕組み、電話中心の業務からビジネスチャットの利用を促す仕組みを構築し、実際に試行が開始されている。業務 UX 調査の結果は、「『香川大学型業務システム内製モデル』による『出勤記録システム』の開発」(4.3 節)、および「『休暇申請システム』の開発」(4.4 節) へと発展し、業務改善アイデアソンの結果は、「科研費申請問い合わせチャットボットの内製開発とその効果」[65] に発展している。

4.3 「香川大学型業務システム内製モデル」による「出退勤記録システム」の開発

4.3.1 本研究の目的

With/After COVID-19 の世界的な社会構造変化に対応するデジタル・トランスフォーメーション (Digital Transformation:DX) が求められている。平成30年に経済産業省がまとめたDXに関するレポート「DXレポート～ITシステム『2025年の崖』克服とDXの本格的な展開～」[66]は、「DXを本格的に展開するため、DXの基盤となる、変化に追従できるITシステムとすべく、既存の情報システムの刷新が必要である」と述べている。特に、情報システムの開発において、ユーザ企業側には「ベンダ企業に要件定義を丸投げ」、「要件定義が不明瞭なまま開発を始める」などの課題があり、『『アジャイル開発』など新しい開発手法への転換が必要』との指摘がなされた。

2018年に設置された香川大学創造工学部では、時代の変化を捉え、社会や人々のニーズにフィットしたイノベーションを創出する人材育成を目指し、「デザイン思考」能力育成にむけた様々な教育プログラムを展開している[8]。香川大学の提唱する「デザイン思考(図1.1)」は、「1. ユーザ中心に物事を考え」、「2. チームメンバーやユーザとのコミュニケーションを重視」し、「3. 試作、テスト、改善を繰り返す」とともに、「4. 問題解決の方法は1つではなくてよい」を基本的な考え方とし、「共感」、「問題定義」、「アイデア創出」、「具体化」、「検証」の5つの段階から構成される。一般社団法人情報サービス産業協会要求工学実践部会は、DXを現場で推進するための指針となるガイドラインの策定を目指し、実践の場で得られた経験や技術を整理し体系化すべく、「デジタルトランスフォーメーション(DX)の現状と動向」[48]を発表した。「デジタルトランスフォーメーション(DX)の現状と動向」では、「デザイン思考」は「共創」[49]、「データ駆動」[50]、「Business Model Innovation (BMI)」[51]と並んで「DXの実現技術」の1つに位置づけられた。

「リーン・スタートアップ(lean startup)」[9]は、不確実性の高い状況で事業を創出するための方法論として提案された。「リーン・スタートアップ」では、実用最小限の製品(Minimum Viable Product:MVP)[67]を開発する。仮説に基づいてMVPをユーザに提供し、「構築(Build)-計測(Measure)-学習(Learn)」のサイクルを経て、ユーザとの共創による「検証」から価値を定義する。「デザイン思考」は「人間中心」の価値提供を実現するのに対し、「リーン・スタートアップ」は仮説に基づいた事業性の検証に重きを置いている。

香川大学は、「人間中心(大学のユーザである教員や職員、学生)」の価値の実現を目指す「仮説」を定義するだけでなく、「仮説」をユーザ(教員、職員、学生)と共創で「検証」することを目指し、「デザイン思考」と「リーン・スタートアップ」を組み合わせたモデル(以降、香川大学型業務システム内製モデル)を提案するとともに、同モデルに基づく業務システムの内製に取り組んでいる。本論文では、香川大学型業務システム内製モデルと同モデルに基づく業務システムの内製について述べる。

また本研究で提案する香川大学型業務システム内製モデルは、アジャイル開発のイテレーティブモデル [31] をベースとしており、運用を踏まえ段階的に開発がすすめられる。アジャイル開発のイテレーティブモデルは、システムの製品品質 [32] を高めることを主たる目的としているが、本研究で提案する香川大学型業務システム内製モデルは、ユーザに提供する価値を実現する「仮説」を定義するとともに、「仮説」をユーザ（教員、職員、学生）自身が共創により「具体化」と運用による「検証」を繰り返してシステムを開発している点で、製品品質を高めるアジャイル開発のイテレーティブモデルとは狙いが異なる。「デザイン思考」など仮説を定義する手法はいくつか提案されているが、本研究では「仮説」を定義する手法は特定の手法に限定しないこととした。

4.3.2 項では、関連研究と関連技術について述べる。4.3.3 項では、香川大学型業務システム内製モデルについて述べる。4.3.4 項では、香川大学における DX 推進体制と、DX 推進事例となる香川大学型業務システム内製モデルで開発された「出退勤記録システム」について述べる。4.3.5 項では、考察を述べる。4.3.6 項では、まとめを述べる。

4.3.2 関連研究と関連技術

中所 [33] は、変化が激しい時代では業務知識を有するエンドユーザ（本研究ではユーザと定義）が主導でシステムやソフトウェアを開発し、その保守についてもユーザ主導でおこなうことが重要であると述べている。中所は、ユーザ自身が自ら必要とするシステムやソフトウェアを開発するために 3 段階のアプローチ（「ビジネスレベル」、「サービスレベル」、「ソフトウェアレベル」）を提案した。中所が提案した 3 段階のアプローチは、「ビジネスレベル」、「サービスレベル」、「ソフトウェアレベル」と段階的に詳細化するアプローチである。図 4.19 は、中所が提案したユーザ主導型開発のアプローチを示している。「ビジネスレベル」では、業務知識を有するユーザがビジネスモデルを作成する。「サービスレベル」で、「ビジネスモデル」に基づいたドメインモデルを作成し、作成されたドメインモデルから「ソフトウェアレベル」において必要なソフトウェアを開発する。中所は、「ビジネスレベルとサービスレベルの間には意味的なギャップが生まれる。意味的ギャップを補完する技術として『ドメイン知識補完技術』がある」と述べている。加藤ら [34] は、THEOREE と名づけた要求獲得方法を提案した。加藤が提案した手法はドメイン知識をシソーラスによって体系化し、ドメイン知識を十分に持たない分析者に対して体系化したシソーラスを提供することにより要求分析の効率化を支援している。加藤の研究は「ドメイン知識補完技術」に該当する。「ソフトウェアレベル」では、コンポーネント等を活用してシステムやサービスを開発する。また中所は、「サービスレベルとソフトウェアレベルの間にも粒度的なギャップが生まれる。粒度的ギャップを補完する技術として『ビジネスオブジェクト』 [35]、『デザインパターン』 [22]、『フレームワーク』 [36] があり、プログラムの記述粒度を小さくするとプログラム言語に近い表現ができるため適用範囲は大きくなるが、粒度を大きくして業務に近い表現を取るとユーザが利用しやすくなるが適用範囲が限定される」と述べている。

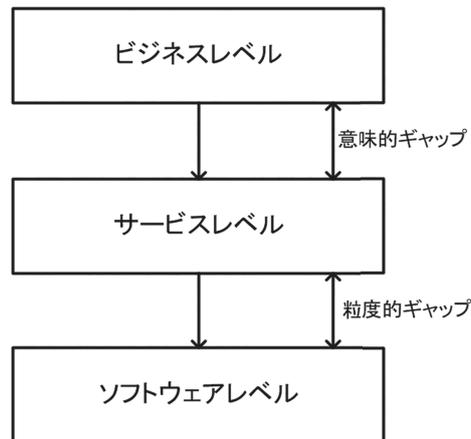


図 4.19: 中所 [33] が提案したユーザ主導型開発のアプローチ

情報通信技術の発展により、高度なプログラミング知識がなくてもシステムやソフトウェアが開発できる「ローコード、ノーコードツール」[6]によるエンドユーザコンピューティング (End-User Computing:EUC) [5] が注目されている。「ローコード、ノーコードツール」はシステムやソフトウェアの開発に対して「ニーズの曖昧さ」、「短期間で変化する要求」に対応するための手段として、DX 推進での活用も紹介されている [6]。また「ローコード、ノーコードツール」による開発は、開発工数を大幅に削減し、MVP の「検証」までの時間短縮が見込めることから、要件と成果物の粒度的ギャップが生じにくく、MVP を特定したシステムやソフトウェアの開発に有効であるとの報告 [7] も存在する。

4.3.3 香川大学型業務システム内製モデル

図 4.20 は、本論文で提案する香川大学型業務システム内製モデルを示している。中所は、ユーザ自身が自ら必要とするシステムやソフトウェアを開発するためには業務知識が重要であることを示し、3 段階（「ビジネスレベル」、「サービスレベル」、「ソフトウェアレベル」）を段階的に詳細化するアプローチを提案した。香川大学では、中所らが提案した 3 段階のアプローチをベースに、「ローコード、ノーコードツール」などを活用することで「サービスレベル」を「ソフトウェアレベル」に統合させ、「人間中心」の価値の実現に対する「仮説」の定義や MVP の「検証」を重視するために、開発したシステムやソフトウェアを「評価」する「検証レベル」を設けた 3 段階のアプローチ（「ビジネスレベル」、「ソフトウェアレベル」、「検証レベル」）を定義する。このアプローチをイテレーティブに複数回繰り返すことで、ユーザ自身が自ら必要とするシステムやソフトウェアを開発する。本研究では、「サービスレベル」と「ソフトウェアレベル」を統合させるために「ローコード、ノーコードツール」を用いたが、「サービスレベル」と「ソフトウェアレベル」で粒度的ギャップを生じさせることなくソフトウェアを開発できる体制が構築できている

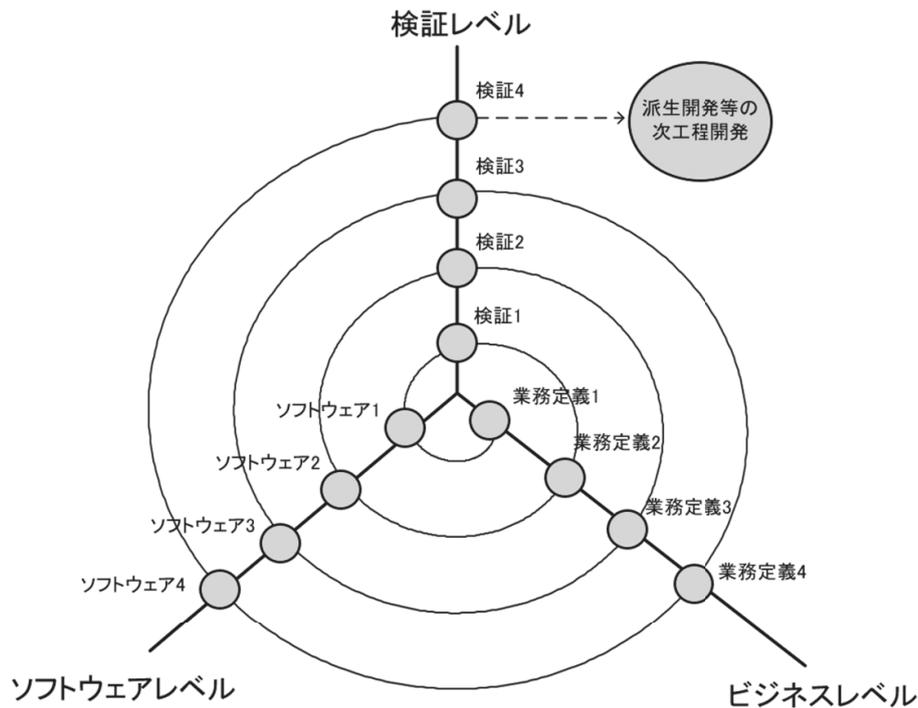


図 4.20: 香川大学型業務システム内製モデル

場合は、「ローコード、ノーコードツール」を必ずしも用いる必要はない。

香川大学型業務システム内製モデルでは、「ビジネスレベル」で業務定義をおこなう。「ビジネスレベル」では、業務知識を有するユーザ（教員、職員、学生）との共創により、業務システムに対する「仮説」を定義し、MVPを特定する。「ソフトウェアレベル」では、業務定義に基づいてシステムやソフトウェアを開発する。「ソフトウェアレベル」は、「ビジネスレベル」で定義された「仮説」に基づき、「ローコード、ノーコードツール」などを活用してMVPを開発する。開発されたシステムやソフトウェアは、「検証レベル」で評価される。「検証レベル」では、「ビジネスレベル」で定義された業務定義に基づいてシステムやソフトウェアの製品品質の評価だけでなく、「ビジネスレベル」で定義されたユーザ価値に対する「仮説」やMVPの妥当性も評価される。「検証レベル」では、開発継続についても審議される。「検証レベル」で開発継続の判断がなされた場合、「ビジネスレベル」で業務定義の修正や追加などの見直しがなされ、見直された業務定義に基づいて「ソフトウェアレベル」において改善されたシステムやソフトウェアを開発する。「検証レベル」で、開発終了の判断がなされた場合は開発が終了される。本論文で提案する香川大学型業務システム内製モデルでは、システムやソフトウェア開発を通じて別のシステム開発のニーズや新たな業務課題が顕在化される可能性がある。システム開発終了後は、顕在化されたニーズや業務課題に基づいて、必要に応じて派生開発等の新しい開発プロジェクトが立ち上げられる。本研究

では、「ビジネスモデル」での業務定義の手法や、「ソフトウェアレベル」での業務モデルの生成方法、「検証レベル」での評価方法については取り扱わない。本研究では、対象となる業務や開発されるシステムやソフトウェアなどに応じて、必要な手法を選択する方法を採用する。

4.3.4 「出退勤記録システム」の開発

香川大学は、提案モデルに基づいた業務システムの内製に取り組んでいる。本項では、提案モデルに基づく開発実践について述べる。

香川大学では、デジタル技術の積極的な活用を目指し、IT 部門である情報メディアセンターに、DX 推進組織である「DX 推進部門」を 2021 年 5 月に設置した。また香川大学情報メディアセンターは、DX 推進人材で構成される「DX ラボ」と「DX プロジェクトチーム」も設置した。「DX ラボ」は、情報技術を学ぶ香川大学の学生を中心に構成され、香川大学の DX 推進に資する業務システムの内製に取り組んでいる。「DX プロジェクトチーム」は、「DX 推進部門」、「DX ラボ」と事業部門の「共創」により DX を推進するプロジェクトチームである。「DX プロジェクトチーム」では、「業務 UX 調査」や「業務改善アイデアソン」[57]などを通じて「仮説」を定義するとともに、MVP を特定する。「DX ラボ」は、特定された MVP に基づいてシステムを内製する。内製された業務システムは、実証実験で有効性が評価される。

香川大学で勤務する職員は、毎月末に出勤時間等報告書を作成し、それを人事労務部門に提出することが求められている。それぞれの部署には職員毎に紙形式の出勤時間等報告書が用意され、毎日手書きにて出勤時間と退勤時間をそれに記入する。新型コロナウイルス感染症（COVID-19）拡大の影響により実施された入講制限措置に伴うリモートワークでは、Microsoft Excel で作成された出退勤時間等報告書を各自で保管し、それに出勤時間と退勤時間を各自で入力するとともに、月末にそれを人事労務部門にメールで送付する方式の運用がなされた。出勤時間等報告書作成については、多くの職員が月末にまとめてそれを作成しており、人事労務部門からも「正確な出勤時間と退勤時間を記録する仕組みが必要」との指摘がなされていた。DX プロジェクト「人事労務 DX」は、事業部門である人事労務担当職員と情報メディアセンターの「DX 推進部門」、「DX ラボ」のメンバーから構成され、「出退勤記録システム」は、DX プロジェクト「人事労務 DX」のメンバーにより、香川大学型業務システム内製モデルに基づいて開発がおこなわれた。

「出退勤記録システム」では、「ビジネスレベル（1 回目）」において業務定義としてワークフロー図を作成した。本研究では、ワークフロー図は Microsoft Power Automate のフローの表記法に従って作成された。「ソフトウェアレベル（1 回目）」では、ワークフロー図に基づいてシステム「出退勤記録システム v0.1」が開発された。「出退勤記録システム v0.1」は、チャットボットへのメッセージによって「出勤」、「退勤」時間を報告し、その時間を Microsoft SharePoint で実装された DB に格納するシステムである。図 4.21 は、チャットボットによる出勤、退勤時間の報告画面、図 4.22 は、出退勤時間報告データ一覧を示している。「検証レベル（1 回目）」で、開



図 4.21: 出退勤時間報告画面

発した「出退勤記録システム v0.1」が評価された。「検証レベル（1回目）」での評価で、特定の部署（香川大学情報部）での実運用化が決定された。また「1日に重複して出勤を登録できないようにしてほしい」、「退勤時間については、重複して登録できるようにしてほしい」、「残業申請についても対応可能なシステムとしてほしい」との要件も新たに追加された。

「ビジネスレベル（2回目）」において業務定義を見直しワークフロー図を修正するとともに、「ソフトウェアレベル（2回目）」でワークフロー図に基づいてシステム「出退勤記録システム v0.2」が開発された。「出退勤記録システム v0.2」は、「出勤時重複登録排除機能（出勤時は、同日の登録状況を確認し、重複して記録する場合はその旨を返答する機能）」、「退勤時重複登録機能（退勤時は、2回目以降の登録でも更新して登録する機能）」、「残業申請機能（『残業』メッセージを入力すると、残業申請画面の URL を通知する機能）」を追加実装するとともに、新たに「残業申請システム」がサブシステムとして開発された。「残業申請システム」は、残業申請を受け付け、申請に基づいて勤務時間管理者の決裁を仰ぎ、その結果を Microsoft SharePoint で実装された DB に格納するとともに、申請者にその結果をメールで通知するシステムである。図 4.23 は残業申請システムの画面、図 4.24 は残業申請システムの勤務時間管理者の決裁メール、図 4.25 は残業時間

出退勤記録 ☆

氏名 (Name) ▾	出勤日 (S_Date) ▾	出勤時刻 (S_Time) ▾	退勤日 (E_Date) ▾	退勤時刻 (E_Ti... ▾	ID ▾
██████████	2021年10月13日	08時26分18秒	2021年10月13日	21時44分02秒	494
██████████	2021年10月13日	08時19分43秒	2021年10月13日	20時26分44秒	493
██████████	2021年10月13日	08時18分43秒	2021年10月13日	17時15分17秒	492
██████████	2021年10月13日	08時05分34秒	2021年10月13日	17時51分55秒	491
██████████	2021年10月12日	18時41分13秒	2021年10月12日	18時41分24秒	490
██████████	2021年10月12日	15時33分09秒	2021年10月12日	21時32分57秒	489
██████████	2021年10月12日	14時50分33秒	2021年10月12日	14時50分50秒	488
██████████	2021年10月12日	09時09分17秒	2021年10月12日	12時45分47秒	487
██████████	2021年10月12日	08時59分39秒	2021年10月12日	12時45分47秒	486
██████████	2021年10月12日	08時59分31秒	2021年10月12日	16時10分02秒	485
██████████	2021年10月12日	08時59分08秒	2021年10月12日	16時03分13秒	484
██████████	2021年10月12日	08時59分01秒	2021年10月12日	16時16分18秒	483
██████████	2021年10月12日	08時58分44秒	2021年10月12日	16時08分26秒	482

図 4.22: 出退勤時間報告データ一覧

申請データ一覧を示している。「検証レベル (2 回目)」での評価で、追加機能についても香川大学情報部で実際に運用されることが決定された。また、香川大学全学での利用にむけて、「休暇についても申請できるようにしてほしい」という要件が追加された。

「ビジネスレベル (3 回目)」において業務定義を見直しワークフロー図を修正するとともに、「ソフトウェアレベル (3 回目)」でワークフロー図に基づいてシステム「出退勤記録システム v0.3」が開発された。「出退勤記録システム v0.3」は、「休暇申請機能 (『休暇』メッセージが送信されると、休暇申請画面の URL を通知する機能)」を追加実装するとともに、新たに「休暇申請システム」がサブシステムとして開発された。「休暇申請システム」は、休暇申請を受け付け、申請に基づいて勤務時間管理者の決裁を仰ぎ、その結果を Microsoft SharePoint で実装された DB に格納するとともに、申請者にその結果をメールで通知するシステムである。また「休暇申請システム」には、職員の休暇日を共有カレンダーに表示する「休暇日共有カレンダー通知機能」も実装された。図 4.26 は休暇申請システムの画面、図 4.27 は休暇数管理データ一覧、図 4.28 は休暇申請データ一覧を示している。2021 年 10 月 29 日現在、香川大学では「出退勤記録システム v0.3」が稼働している。香川大学では、働き方改革を推進すべく、定時退社を促す仕組みや、休暇取得を促す仕組みの導入が求められている。DX プロジェクト「人事労務 DX」のメンバーからは、それらを促すシステムの開発を期待する要望が寄せられている。

残業申請受付フォーム

こんにちは、[redacted] このフォームを送信すると、所有者に名前とメールアドレスが表示されます。

* 必須

1. 所属グループ*

答えの選択

2. 残業日*

日付を入力してください/yyyy/MM/dd

3. 残業時間*

答えの選択

4. 残業理由*

回答を入力してください

送信

Approvals | Power Automate

【申請】 残業申請について

Requested by 香川大学 365ラボ

Date Created 2021年10月29日 金曜日 11:00

ご担当者様

[redacted] より、残業申請がありました。
ご確認をお願いいたします。

所属：情報メディアセンター
 残業日：2021-10-29
 残業時間：2時間30分
 残業理由：PCルーム1, 2の点検作業のため

承認 却下

Get the Power Automate app to receive push notifications and grant approvals from anywhere. Learn more. This message was created by a flow in Power Automate. Do not reply. Microsoft Corporation 2020.

図 4.23: 残業申請システム

図 4.24: 決裁者の決裁メール

残業記録 ☆

氏名 (Name)	所属 (Group)	残業日 (Date)	残業時間 (Tim...)	理由 (Reason)	決裁結果 (Resu...)	決裁者 (author...)	決裁者コメント...	ID
[redacted]	情報基盤グループ	2021-10-28	4時間	サイバーセキュリティ関連	承認		お疲れ様です、SETOKU 頑張ります。	106
[redacted]	情報基盤グループ	2021-10-27	3時間30分	サイバー防犯ボランティア及び事務作業	承認		お疲れ様です、了解いたしました。ボランティア参加者増えましたね。	105
[redacted]	情報基盤グループ	2021-10-27	1時間	学生サポート (事後申請)	承認		了解しました。お疲れ様でした。	104
[redacted]	情報基盤グループ	2021-10-27	1時間30分	サイバー防犯ボランティア打ち合わせ、資料作成	承認		了解です、お疲れ様です。	103
[redacted]	情報基盤グループ	2021-10-27	1時間	予算管理関係、番付ID登録関係業務のため	承認		了解です、お疲れ様でした。	102
[redacted]	情報基盤グループ	2021-10-26	3時間30分	ネットワーク セキュリティ管理部会よう資料作成及び調査	承認		お疲れ様です。了解しました。	101
[redacted]	情報企画グループ	2021-10-26	3時間	教務システム打ち合わせ、問合せ対応など	承認		お疲れ様でした。 [redacted] さんは3時間で申請されていたので、同じをお願いいたします。	100

図 4.25: 残業時間登録データ一覧

有給申請受付フォーム

こんにちは、 このフォームを送信すると、所有者に名前とメールアドレスが表示されます。

* 必須

1. 所属グループ *

情報基盤グループ
 情報企業グループ
 情報メディアセンター

2. 申請日 *

日付を入力してください(yyyy/MM/dd)

3. 申請内容 *

一日半休
 午前半休
 午後半休
 時差半休

4. 申請理由 *

回答を入力してください

図 4.26: 休暇申請システム

所属職員一覧 ☆ ◎

氏名 (name) ▾	メールアドレス... ▾	所属 (group) ▾	本年度累計有給申請日数 ▾	本年度累計有給申請時間数 ▾	前年度繰越有給日数 ▾	前年度繰越有給時間数 ▾	今年戻付与有給日数 ▾
山田 太郎	yamada.taro@corp.jp	情報メディアセンター	2	0	0	0	4
田中 花子	tanaka.hana@corp.jp	情報企業グループ	4.5	5	13	6	18
佐藤 健一	sato.kenji@corp.jp	情報基盤グループ	10	1	13	5	20
鈴木 美咲	suzuki.misaki@corp.jp	情報企業グループ	8	2	20	0	20
高橋 誠二	takahashi.junji@corp.jp	情報企業グループ	3	2	20	0	20
渡辺 直樹	watanabe.naoki@corp.jp	情報基盤グループ	5	0	20	0	20
伊藤 由香	ito.yuka@corp.jp	情報企業グループ	3.5	2	20	0	20
松本 隆夫	matsumoto.ryu@corp.jp	情報基盤グループ	9	5	20	0	20
小林 千恵	kobayashi.chie@corp.jp	情報基盤グループ	11.5	3	20	0	20
山崎 大輔	yamazaki.daisuke@corp.jp	情報基盤グループ	3	0	20	0	20
斎藤 拓也	saizawa.taku@corp.jp	情報基盤グループ	11	5	4	5	20

図 4.27: 休暇数管理データ一覧

有給記録 ☆

氏名 (Name) ▾	所属 (Group) ▾	メール (Addr... ▾	取得日 (Dat... ↓ ▾	申請内容 (Req... ▾	申請時間 (Req... ▾	時間帯 (Term) ▾	理由 (Reason) ▾	決裁結果 (Resu...
山田 太郎	情報企画グループ	山田太郎@info-pln.jp	2021-11-03	午後年休	0.5		動作テスト	承認
山田 太郎	情報企画グループ	山田太郎@info-pln.jp	2021-11-03	一日年休	1		動作テスト	承認
山田 太郎	情報企画グループ	山田太郎@info-pln.jp	2021-11-02	時間年休	3	13時-16時	動作テスト	承認
山田 太郎	情報企画グループ	山田太郎@info-pln.jp	2021-11-01	一日年休	1		動作テスト	承認
山田 太郎	情報企画グループ	山田太郎@info-pln.jp	2021-10-21	午前年休	0.5		病欠付添	承認
山田 太郎	情報企画グループ	山田太郎@info-pln.jp	2021-10-20	一日年休	1		病欠付添	承認
山田 太郎	情報企画グループ	山田太郎@info-pln.jp	2021-10-19	一日年休	1		動作テストの為。	承認
山田 太郎	情報企画グループ	山田太郎@info-pln.jp	2021-10-18	時間年休	2	9時-11時	動作テストになりま す。承認の程よろしく お願いします。	承認
山田 太郎	情報基盤グループ	山田太郎@info-pln.jp	2021-10-18	一日年休	1		動作テスト。承認の程 よろしくお願いたし	承認

図 4.28: 休暇申請データ一覧

4.3.5 考察

本研究では、香川大学型業務システム内製モデルに基づいて業務システムを内製した大学職員 4 名を対象にインタビュー調査を実施した。インタビュー調査は、「設問 1：本研究で提案した 3 段階アプローチの『ビジネスレベル』から『ソフトウェアレベル』への意味的なギャップがあったかどうかとその理由を問う設問」、「設問 2：本研究で提案した 3 段階アプローチの『ソフトウェアレベル』における粒度的ギャップがあったかどうかとその理由を問う設問」、「設問 3：本研究で提案した香川大学型業務システム内製モデルに基づいた業務システムの内製の感想を問う設問」、「設問 4：香川大学型業務システム内製モデルにおける『デザイン思考』や『共創』による業務システム内製の取り組みの感想を問う設問」、「設問以外の感想を問う設問」から構成された。

「設問 1：本研究で提案した 3 段階アプローチの『ビジネスレベル』から『ソフトウェアレベル』への意味的なギャップがあったかどうかを問う設問」では、4 人全員が「なかった」と回答した。理由については、「業務内容がわかっている（業務知識がある）人たちでフローを作るので、意味的なギャップは生じなかった」とのコメントが寄せられた。「設問 2：本研究で提案した 3 段階アプローチの『ソフトウェアレベル』における粒度的ギャップがあったかどうかとその理由を問う設問」でも、4 人全員が「なかった」と回答した。その理由として、「『ソフトウェアレベル』ではフローがそのままシステムになるので、粒度的なギャップは感じなかった」とのコメントが寄せられた。「設問 3：本研究で提案した香川大学型業務システム内製モデルに基づいた業務システムの内製の感想を問う設問」では、「これまではベンダに発注しなくてはシステムが導入できなかったが、スピード感をもってシステムが導入できた」や「自分たちが本当に必要だと思うシステムが導入できた」などのコメントが寄せられたが、「システムの規模が大きくなるとユーザ主導では開発できないと思った」など内製の課題に関するコメントも寄せられた。「設問 4：香川大学型業務システム内製モデルに基づく業務システム内製の取り組みへの感想を問う設問」では、「具体的な課題を共有しやすくやりやすかった」など取り組みを評価するコメントが寄せられたが、「事業部門（対象となる業務を実施している部門）のやる気如何で、結果に差が出てしまった」などの課題も報告された。また「設問以外の感想を問う設問」では、「システムから得られるデータが有用であると感じた」、「データに基づいてシステムを改良しようと思った」、「自分の業務を俯瞰してみることができ、『本当にこの業務が必要なのかな』と思うきっかけとなった」などのコメントも寄せられた。インタビュー調査から、提案した香川大学型業務システム内製モデルが意味的ギャップや粒度的ギャップの解消に貢献するとともに、「デザイン思考」や「リーン・スタートアップ」に基づいて業務システムが内製されている実態が明らかとなった。

DevOps は、開発（Development）と運用（Operations）を組み合わせた混成語であり、開発者と運用者が連携する開発手法を意味する [68]。香川大学型業務システム内製モデルは、ユーザ企業である大学内の開発担当者と同じく大学内の運用担当者が連携してスピーディーにシステムを開発し、それを運用を通じて検証している点と、運用データに基づいて追加開発などをおこなっ

ている点で、大学における DevOps の実践にも該当する。

4.3.6 本節のまとめ

本節では、「人間中心」の価値の実現を目指す「仮説」を定義し、定義された「仮説」をユーザーとの共創で「検証」しながら業務システムを内製するモデル「香川大学型業務システム内製モデル」と、同モデルに基づき内製された「出退勤記録システム」について述べた。同モデルは、「ローコード、ノーコードツール」を用いた EUC による業務システムの内製を主たる対象とし、「ビジネスレベル」、「ソフトウェアレベル」、「検証レベル」の 3 段階アプローチを経て、実用最小限の製品要件を明らかにする。香川大学型業務システム内製モデルは、モデルに基づいた「出退勤記録システム」の内製から、DX 推進に取り組むユーザー企業側の「ベンダ企業に要件定義を丸投げ」、「要件定義が不明瞭なまま開発を始める」などの課題を解決できる可能性が示された。

ユーザー主導による開発では、一般的に意味的ギャップや粒度的ギャップが生じる可能性が指摘されていた。本研究では、香川大学型業務システム内製モデルにより開発された「出退勤記録システム」や、同モデルに基づいて業務システムを内製した大学職員に対するインタビュー調査の結果から、意味的ギャップや粒度的ギャップの低減に対しても一定の有効性を確認できた。

香川大学型業務システム内製モデルは、「デザイン思考」と「リーン・スタートアップ」などを組み合わせることで、情報部門と事業部門の「共創」により「人間中心」の価値の実現に対する「仮説」や MVP を特定し、MVP に基づいて業務システムを内製する。業務システムを内製した大学職員に対するインタビュー調査で寄せられたコメントから、「デザイン思考」や「リーン・スタートアップ」に基づいて業務システムが内製されていることがわかった。

業務システムを内製した大学職員に対するインタビュー調査では、「ユーザー主導で開発できるものと、できないものの判断が難しい」とのコメントが寄せられた。香川大学型業務システム内製モデルに基づいて開発に着手した開発プロジェクトの中には、「検証レベル」でユーザー主導では開発できないと判断し、プロジェクトを終了させたものも存在する。ユーザー主導で開発できる範囲を規定するとともに、その判断を支援する仕組みについても現在検討をおこなっている。ユーザー主導による業務システム内製を広く展開するために、業務システムの内製に必要なスキルを獲得するだけでなく、自身の DX 推進の機運を高めることも目指した「業務システム内製開発ハンズオン」(5.1 節) の取り組みも実施している。

4.4 「休暇申請システム」の開発

4.4.1 本研究の目的

日本は、「少子高齢化に伴う生産年齢人口の減少」,「育児や介護との両立など,働く方のニーズの多様化」などの状況に直面しており,「投資やイノベーションによる生産性向上」とともに,「就業機会の拡大や意欲・能力を存分に発揮できる環境を作ること」が重要な課題となっている。「働き方改革」は,この課題の解決のため,働く方の置かれた個々の事情に応じ,多様な働き方を選択できる社会を実現し,働く方一人ひとりがより良い将来の展望を持てるようにすることを目指している [70]. 2019 年 4 月に「働き方改革」の一環として「労働基準法」が一部改正され,年 5 日の年次有給休暇の取得義務化など,労働環境の改善に向けた様々な取り組みの実施が使用者には求められた [71].

香川大学では,教員の休暇状況については部局の庶務担当が紙の休暇簿を用いてそれを管理していた. また休暇の申請については,教員からの申請に基づいて部局の庶務担当が決裁書類を作成し,勤務時間管理者である部局長の押印の決裁を経て本人にはその結果を通知するとともに,休暇簿を更新する運用となっていた. 教員が自身の残り休暇日数を確認するためには,部局の庶務担当への照会が必要なことに加え,休暇申請処理の事務工数の多さなどから,教員の一部には「休暇を申請すると担当職員に迷惑がかかる」といった間違った理解を与えてしまっているケースも報告されており,適切に休暇を取得させる仕組みが構築できていなかった. 香川大学でも,2019 年に改正された「労働基準法」に併せて全ての教職員が年 5 日の年次有給休暇を取得すべく,メールでの通知や対面会議の機会等で働きかけを実施してきたが,それら通知や働きかけの業務工数負荷が高いことに加え,「働き方改革」の目指す「就業機会の拡大や意欲・能力を存分に発揮できる環境を作ること」を目指し,主体的に休暇を取得させる仕組みは構築できず,ただ「法律を守る」運用しか実施することできなかった.

香川大学は,DX を推進すべく DX 推進戦略「デジタル ONE 戦略」を策定した [46]. 香川大学情報メディアセンターは,DX 推進戦略「デジタル ONE 戦略」の実現にむけて「DX 推進部門」を組織した. また同メディアセンターは,「DX ラボ」も組織した [42]. 「DX ラボ」は,情報技術を学ぶ香川大学の学生を中心に構成され,「ローコード,ノーコードツール」 [6] として注目されている Microsoft Power Platform [37] を導入し,香川大学の DX 推進に資する業務システムの内製に取り組んでいる. 「ローコード,ノーコードツール」は,システム開発に対して「ニーズの曖昧さ」,「短期間で変化する要求」に対応するための手段として,DX 推進での活用も広がっている [6]. 「ローコード,ノーコードツール」による開発は,開発工数を大幅に削減し,MVP の「検証」までの時間短縮が見込めることから,要件と成果物の粒度的ギャップが生じにくく,MVP を特定したシステムやソフトウェアの開発に有効であるとの報告 [7] も存在する.

*4.4 節は,学術情報処理研究に掲載予定の同著者による「休暇の主体的な取得を促す休暇申請システムの内製開発とその効果」 [69] を基にしている.

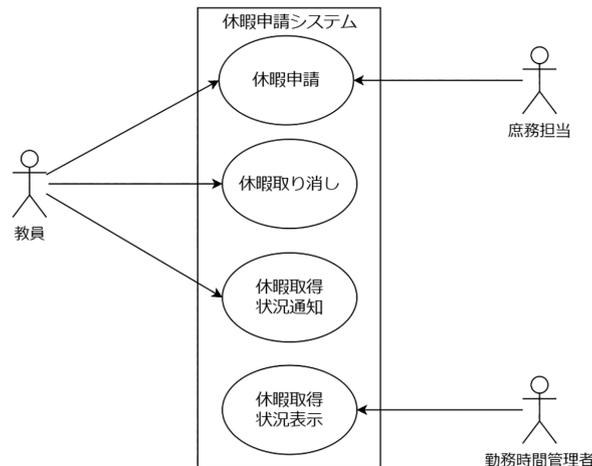


図 4.29: 休暇申請システムのユースケース図

香川大学は、休暇の主体的な取得を促す休暇申請システムを Microsoft Power Platform を用いて内製した。香川大学が開発した休暇申請システムは、これまで部局の庶務担当がおこなっていた休暇申請に伴う決裁書類の作成などの事務作業を自動化する機能（休暇申請機能）、申請した休暇を取り消す機能（休暇取り消し機能）、毎月 1 日に現在の休暇申請状況を通知するメールを教員に自動通知する機能（休暇取得状況通知機能）、勤務時間管理者に対して使用者の休暇取得状況を表示する機能（休暇取得状況表示機能）を有している。

本節では、休暇申請システムについて述べるとともに、休暇申請システムの開発や実運用で得られたデータから、システムを内製すること、ならびに開発した休暇申請システムについてその有効性を考察する。4.4.2 項では、休暇申請システムの内製について述べる。4.4.3 項では、考察について述べる。4.4.4 項では、まとめを述べる。

4.4.2 休暇申請システムの内製

本項では、休暇申請システムの内製について述べる。図 4.29 は、休暇申請システムのユースケース図を示している。休暇申請システムは、教員や庶務担当が利用する「休暇申請機能」、教員が利用する「休暇取り消し機能」、「休暇取得状況通知機能」、勤務時間管理者が利用する「休暇取得状況表示機能」を有している。図 4.30 は、休暇申請システムの概要図である。休暇申請システムは、Microsoft Forms, Microsoft SharePoint, および Microsoft Outlook から構成され、各々のサービスは Microsoft Power Automate を用いて連携される。休暇に関する情報は、Microsoft SharePoint で実装されたデータベースに格納されている。図 4.31 は、Microsoft SharePoint で実装された休暇データベースを示している。香川太郎は、前年度繰越の有給休暇が 17 日間、本年度の有給休暇が 20 日間、本年度は 3 日の有給休暇を申請しており、34 日の有給休暇が残ってい

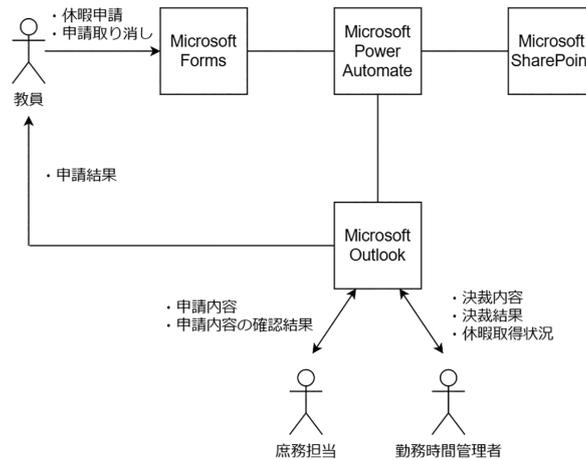


図 4.30: 休暇申請システムの概要図

教員氏名	フリガナ	所属先	年次有給休暇 (...)	年次有給休暇 (...)	年次有給休暇 (...)	年次有給休暇 (...)	特別休暇 (夏季...)	夏季休暇以外の...	病欠
香川 太郎	カガハ タロウ	工学部	20	20	3	37	0	0	0
香川 太郎	カガハ タロウ	工学部	20	20	0	40	0	0	0
香川 太郎	カガハ タロウ	工学部	20	20	0	40	0	0	0
香川 太郎	カガハ タロウ	工学部	20	20	2	38	3	0	0
香川 太郎	カガハ タロウ	工学部	20	20	3	37	0	0	0
香川 太郎	カガハ タロウ	工学部	20	20	3	37	3	0	0
香川 太郎	カガハ タロウ	工学部	20	20	2	38	3	0	0
● 香川 太郎	カガハ タロウ	工学部	17	20	3	34	0	0	0
香川 太郎	カガハ タロウ	工学部	0	20	2	18	3	0	0
香川 太郎	カガハ タロウ	工学部	0	20	0	20	0	0	0
香川 太郎	カガハ タロウ	工学部	0	20	3	17	3	0	0

図 4.31: 休暇データベース

ることがわかる。また香川大学は有給休暇とは別に3日の夏季休暇の取得も義務付けられているが、夏季休暇が0日であることから香川太郎はまだ1日も夏季休暇を申請していないことがわかる。香川大学では、有給休暇や、夏季休暇などの特別休暇に加え、病気休暇や職務従事義務免除（人間ドック、健康診断）等での休暇も規定の範囲で認められている。休暇申請システムはそれら休暇についての申請も受け付けることができる。

休暇申請機能は、これまで部局の庶務担当がおこなっていた休暇申請に伴う決裁書類の作成などの作業を自動化する機能である。休暇申請機能は、Microsoft Forms と、Microsoft SharePoint に加え、Microsoft Outlook を連携させて開発された。図 4.32 は、Microsoft Forms で実装された休暇申請機能の休暇申請画面を示している。休暇申請画面では、氏名と休暇の種類、休暇日、決裁担当者への連絡事項を記載する自由記述欄から構成される。休暇申請画面から申請された休暇申請は、部局の庶務担当にメールで通知される。図 4.33 は、部局の庶務担当に通知された部局庶務担当確認メールを示している。部局の庶務担当は、申請内容に問題がないかどうかを確認する。

休暇申請フォーム

親属労働制適用者の休暇申請フォームになります。
休暇申請日が複数日の場合は、複数回に分けて回答してください。

こんにちは、廣裕。このフォームを送信すると、所有者に名前とメールアドレスが表示されます。

* 必須

1. 氏名 *

記入例：田中太郎

香川太郎

2. 休暇の種類 *

休暇の種類を選択してください。
長期の病気休暇等の場合は別途庶務係までご連絡ください。

年次有給休暇

3. 休暇日 *

休暇申請日を入力してください。

2022/07/20

4. 自由記述欄

決裁担当者への連絡事項等がありましたら、入力してください。

回答を入力してください

送信



Approvals | Power Automate

【香川 太郎：2022年07月20日】

Requested by 香川大学 365ラボ <

Date Created 2022年7月14日木曜日 8:33

創造工学部 庶務担当御中

下記の内容で年次有給休暇の申請がありました。

申請者氏名：香川 太郎

休暇の種類：年次有給休暇

休暇日：2022年07月20日

補足事項（以下が空欄の場合補足事項はありません。）

よろしくお願ひします。

確認

再申請

申請削除済み

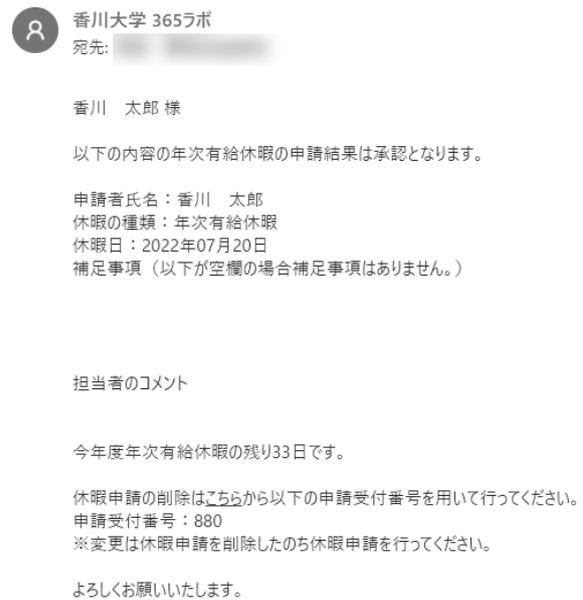
図 4.32: 休暇申請機能の休暇申請画面

図 4.33: 部局庶務担当確認メール

記載内容に不備があるなど問題がある場合は、申請者に再申請を促すこともできる。図 4.34 は、庶務担当者の申請内容の確認を経て、勤務時間管理者に送られた休暇申請決裁メールを示している。勤務時間管理者は、申請内容に基づいて休暇申請について決裁をおこなう。図 4.35 は、勤務時間管理者の決裁に基づいて、申請者に通知された休暇申請結果通知メールを示しており、通知内容に加え残年次有給休暇数も併せて通知される。

休暇取り消し機能は、申請した休暇を取り消す機能である。図 4.35 に記載された申請受付番号に基づいて申請が取り消される。休暇取り消し機能は、Microsoft Forms と、Microsoft SharePoint を連携させて開発された。図 4.36 は、Microsoft Forms で実装された休暇取り消し機能の休暇取り消し画面を示している。休暇取り消し画面では、申請受付番号を入力することで、申請した休暇申請が取り消され、休暇データベースの内容が更新される。

休暇取得状況通知機能は、毎月 1 日に現在の休暇申請状況を通知するメールを教員に自動通知する機能である。休暇取得状況通知機能は、ゲーミフィケーション [72] に基づいて開発された。ゲーミフィケーションとは、ゲームデザインやゲームの原則をゲーム以外に応用する活動を指す。タスクの進行状況を示すプログレスバーは、ユーザに目標要素を提示し、目標要素に対する進行状況を可視化することで、タスク進行を促す仕組みであり、ゲーミフィケーションの応用例の 1 つである。休暇取得状況通知機能は、ユーザに目標要素である残休暇数を提示し、目標要素に対

図 4.34: 勤務時間管理者に送られた休暇申請
決裁メール図 4.35: 申請者に通知された休暇申請結果通
知メール

する進行状況（自身の休暇取得数）を可視化することで、タスクとなる休暇の取得を促す仕組みを提供している点で、ゲーミフィケーションを応用した機能である。休暇取得状況通知機能は、Microsoft SharePoint と、Microsoft Outlook を連携させて開発された。図 4.37 は、休暇取得状況通知機能によって通知された有給取得状況通知メールを示している。有給取得状況通知メールには、年次有給休暇の取得日数、残日数に加え、休暇申請画面へのリンクと休暇取り消し画面へのリンクが通知される。

休暇取得状況表示機能は、勤務時間管理者に対して使用者の休暇取得状況を可視化する機能である。休暇取得状況表示機能は、毎日の休暇取得者をカレンダー形式で表示するカレンダー表示



図 4.36: 休暇取り消し画面

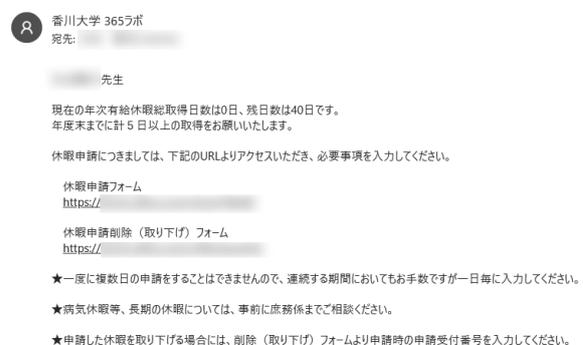


図 4.37: 有給取得状況通知メール



図 4.38: カレンダー表示機能の画面

機能と、使用者の全体の休暇取得状況をグラフ形式で可視化するグラフ可視化機能の2つの機能を有している。図 4.38 は、カレンダー表示機能の画面を示している。カレンダー表示機能は、Microsoft SharePoint と Microsoft Outlook を連携させて開発された。これまで教員の休暇の取得状況は、紙の休暇簿から確認するしか方法がなく、休暇申請を出して休暇しているにもかかわらず、メールや電話で教員に対し様々な問い合わせをおこなうケースが多発していた。カレンダー表示機能で、休暇の教員が一覧で確認できるため、休暇中の教員への問い合わせ等を最低限に減らすことが可能となった。

休暇申請システムは、優先的に必要な機能から開発するアジャイル開発によって開発がすすめられた。2021年6月初旬に開発が開始され、2021年7月末には休暇データベースと休暇申請機能を有する v1.1 をリリースした。数人の教員と庶務担当職員のヒアリングから、申請を取り消す休暇取り消し機能と休暇取得状況通知機能が追加実装された v1.2 を 2021年8月にリリースした。2021年10月から香川大学創造工学部の教員を対象に、開発した休暇申請システムの実運用が開始されたが、実運用に並行して追加機能の開発もおこなわれ、休暇取得状況表示機能を有する v1.3 を 2021年11月にリリースした。2022年7月現在、v1.3 が香川大学創造工学部で実運用されている。

4.4.3 考察

休暇申請システムは、休暇の主体的な取得を促すためゲーミフィケーションに基づいて開発された。本論文では、休暇の主体的な取得にむけて、開発したシステムがどのように作用したかについて考察する。図 4.39 は、休暇取得状況表示機能のグラフ可視化機能の画面を示している。2021年10月から実施された香川大学創造工学部の教員を対象にした実運用では、休暇申請システムを

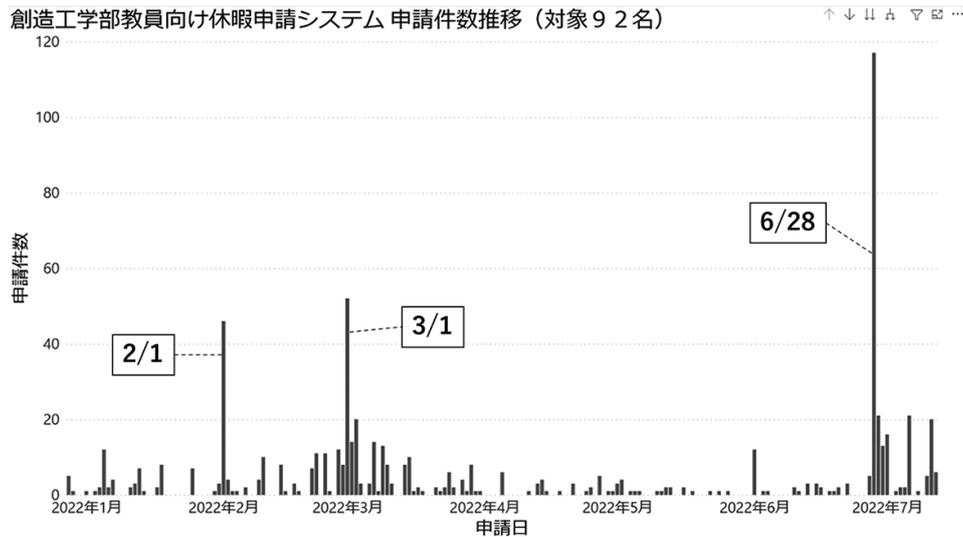


図 4.39: 休暇取得状況表示機能のグラフ可視化機能の画面

介して、687 件の休暇が申請された。特に有給取得状況通知メールが送信された 2 月 1 日、3 月 1 日と 6 月 28 日（夏季休暇に備え、例外的に 7 月 1 日の通知を 3 日間前に実施）には多くの教員が休暇申請していることがわかった。休暇取得状況通知機能は、ゲーミフィケーションに基づいて開発されたが、ゲーミフィケーションがうまく作用し、タスクとなる休暇の取得が促されている実態が明らかとなった。

システム運用を踏まえ、休暇を申請する教員からは「気軽に休暇申請できるようになった」、「毎月の休暇残数が確認できるので計画した休暇取得がしやすい」など、システムによって休暇の主體的な取得が促されていることを示す意見がよせられた。また勤務時間管理者からも「休暇の取得状況が把握しやすい」などの意見も寄せられた。

休暇申請システムは、「ローコード、ノーコードツール」として注目されている Microsoft Power Platform を用いて内製された。これまでの紙の休暇簿を用いた休暇処理業務を単にデジタル化するだけでなく、ゲーミフィケーションに基づいて休暇の取得が促されるであろう機能を設計し（仮説立案）、わずか 2 ヶ月あまりで機能を検証するための必要最低限のシステムである MVP を、ユーザ企業である大学が開発し、その効果を実運用で測定して評価している点で、リーン・スタートアップと「ローコード、ノーコードツール」の親和性についてもあらためてその有効性が示された。

また休暇申請システムは、必要な機能を段階的に開発するアジャイル開発の手法を用いて内製で開発された。2021 年 6 月初旬に開発が開始され、実運用に必要な機能はわずか 2 ヶ月あまりで開発された。必要最低限の機能に加えて、申請を取り消す休暇取り消し機能と適切な労務管理につなげるべく休暇取得状況表示機能を追加で開発した。休暇申請システムは、ユーザ企業である大学内の開発担当と運用担当が連携し、迅速にシステムを開発している点で、大学における DevOps[6]

の実践にも該当する。運用データに基づいて適切な追加開発要件なども寄せられており、今後も段階的にそれら機能を開発する予定である。

休暇申請に関するシステム [73] は、既に多くのベンダによりシステムが開発され、それらには有効かつ、有用な様々な機能が実装されている。本研究で開発した休暇申請システムは、香川大学で求められる必要最低限の機能のみを有し、休暇の主体的な取得を促すことを目的としたシステムを「ローコード、ノーコードツール」により内製した点で、上記で述べたベンダが開発したそれらシステムとは開発の狙いが異なる。

本研究で開発した休暇申請システム v1.2 は、1 日単位で休暇を申請する仕様となっており、長期休暇（たとえば夏休み、冬休み）の直前は、複数日の休暇を一斉に申請する教員が多数いた。そのため開発者に対し、「休暇申請をまとめて確認や、承認できる機能がほしい」や、「複数の休暇申請を一度に提出することができる機能がほしい」など、追加の開発依頼が数件寄せられた。いずれも技術的には開発可能であったが、MVP として必要な機能ではないと判断し、追加機能としての開発はおこなわなかった。

4.4.4 本節のまとめ

香川大学は、休暇の主体的な取得を促す休暇申請システムを内製した。香川大学が開発した休暇申請システムは、これまで部局の庶務担当がおこなっていた休暇申請に伴う決裁書類の作成などの作業を自動化することで、休暇の主体的な取得を促す機能（休暇申請機能）、申請した休暇を取り消す機能（休暇取り消し機能）、毎月 1 日に現在の休暇申請状況を確認するメールを教員に自動通知する機能（休暇取得状況通知機能）、勤務時間管理者に対して使用者の休暇取得状況を表示する機能（休暇取得状況表示機能）を有している。

休暇申請システムは、アジャイル開発によって開発がすすめられ、2021 年 7 月末に休暇データベースと休暇申請機能を有する v1.1、2021 年 8 月に申請を削除する機能と休暇取得状況通知機能を追加実装した v1.2 をリリースした。香川大学創造工学部の教員を対象に 2021 年 10 月から実運用がスタートしたが、実運用に並行して追加機能の開発もおこなわれ、休暇取得状況表示機能を有する v1.3 を 2021 年 11 月にリリースした。2021 年 10 月から実施された香川大学創造工学部の教員を対象にした実運用では、休暇申請システムを介して、687 件の休暇が申請された。特にゲーミフィケーションに基づいて開発された休暇取得状況通知機能によって、毎月 1 日に多くの教員が休暇申請をしていることが明らかとなった。

第 5 章

ユーザ主導により情報システムを開発するための スキルを獲得する取り組み

本章では、「ユーザ主導により情報システムを開発するためのスキルを獲得する取り組み」について述べる。5.1 節では、「ローコード、ノーコードツール」を用いた業務システム開発を体験し、業務システムを内製するための初歩的なスキルの獲得や、自身の DX 推進の機運を高めることを目指した「業務システム内製開発ハンズオン（初級編）」について述べる。5.2 節では、非 IT 分野を専攻する学生でも IoT システムの「具体化」を実現させ、「デザイン思考」の「共感」、「問題定義」、「アイデア創出」、「具体化」、「検証」を繰り返す問題解決の手法を学ぶことができる「非 IT 分野を専攻する学生を対象とした『IoT デザイン教育プログラム』」について述べる。5.3 節では、ユーザとの共創により価値を定義するための「新たなスキルの獲得」を目的とした「産学連携による大学 DX 推進共創活動を用いた社会人リスキリング」について述べる。

5.1 業務システム内製開発ハンズオン

5.1.1 本研究の目的

平成 28 年 6 月に経済産業省が発表した「IT 人材の最新動向と将来推計に関する調査」[47]によると、IT 需要が今後拡大する一方で、我が国の労働人口（特に若年人口）は減少が見込まれ、IT 人材の需要と供給の差（需給ギャップ）は需要が供給を上回り、その差は 2030 年には最大で約 79 万人に拡大する可能性があることが報告された。このことは、DX 推進に必要な IT 人材を確保することが困難であることを意味している。

*5.1 節は、学術情報処理研究に掲載予定の共著論文「香川大学における業務システム内製開発ハンズオン（初級編）の実施とその効果」[74]を基にしている。

エンドユーザコンピューティング (End-User Computing:EUC) [5] は、プログラマや技術者でなくてもシステムやアプリケーションが開発できるシステム、或いは情報システム部門や開発部門の担当者ではない、業務部門のエンドユーザがシステムの構築や運用管理に携われるようにするための一連のアプローチのことを指し、IT 人材の不足を補う手段として期待されている。「ローコード、ノーコードツール」[6] は、EUC を実現するためのプラットフォームである。IDC Japan の報告 [75] によると、2024 年には社員 1000 人以上の企業において、社員の 30% が「ローコード、ノーコードツール」を用いてシステムやアプリケーションの内製、業務の自動化を担うようになると予測されており、「ローコード、ノーコードツール」は、DX 推進に必要な IT 人材不足を解決する手段として注目されている。

平成 30 年に香川大学は創造工学部 [8] を設置した。香川大学創造工学部は、時代の変化を的確に捉え、社会や人々のニーズにフィットしたイノベーションを創出する人材育成を目指し、「デザイン思考」[30] 能力育成にむけた様々な教育プログラムを展開している。香川大学の提唱する「デザイン思考プロセス」では、「1. ユーザ中心に物事を考え」、「2. チームメンバーやユーザとのコミュニケーションを重視」し、「3. 試作、テスト、改善を繰り返す」とともに、「4. 問題解決の方法は 1 つではなくてよい」を基本的な考え方としている。本研究では、「デザイン思考」を DX 推進に必要な思考法として採用し、「デザイン思考プロセス」における「アイデア創出」から「具体化」を実現する手段として、EUC で注目されている「ローコード、ノーコードツール」の Microsoft Power Platform[37] を導入するとともに、それらを用いた業務システムの内製に取り組んだ。

情報処理推進機構の「デジタル・トランスフォーメーション (DX) 推進にむけた企業と IT 人材の実態調査」[54] では、DX 推進で顕著な実績をあげている組織では、一過性ではなく、継続的に、かつ全社を対象に、勉強会や啓発のための研修などがおこなわれていることが報告され、「『経営層』向けの定期勉強会、『全社員』向けの啓発研修会、『DX メンバー』の自発的な最新技術把握・実践の取組」が必要であると述べている。

そのような状況のもと、「業務システム内製開発ハンズオン (初級編)」を実施した。「業務システム内製開発ハンズオン (初級編)」は、「ローコード、ノーコードツール」の Microsoft Power Platform を用いて業務システム開発を体験することで、ローコード、ノーコードで業務システムを内製するための初歩的なスキルを獲得するだけでなく、自身の DX 推進の機運を高めることも目指しており、上記で述べた「デジタル・トランスフォーメーション (DX) 推進に向けた企業と IT 人材の実態調査」で定義された勉強会や啓発のための研修会における「『全社員』向けの啓発研修会」に該当する。

本節では、香川大学情報メディアセンターが実施した「業務システム内製開発ハンズオン (初級編)」について述べるとともに、ハンズオン参加者に実施した質問紙調査の結果などからその有効性について考察する。5.1.2 項では、香川大学で実施した「業務システム内製開発ハンズオン (初級編)」について述べる。5.1.3 項では、考察を述べる。5.1.4 項では、まとめを述べる。

5.1.2 業務システム内製開発ハンズオン（初級編）

「業務システム内製開発ハンズオン（初級編）」は、Microsoft の提供する「ローコード、ノーコードツール」の Microsoft Power Platform を用いて実施される。Microsoft Power Platform は、Microsoft が提供するデータの収集から解析、予測までをローコード、ノーコードで実装できるプラットフォームであり、Microsoft Power Apps[38]、Microsoft Power Automate[39]、Microsoft Power BI[40]、Microsoft Power Virtual Agents[41] の 4 つのサービスから構成される。Microsoft Power Automate は、同サービスがサポートしている「コネクタ（Microsoft 製品等を含む様々なアプリケーション）」を組み合わせて、様々なタスクを自動化するサービスである。「コネクタ」は、Microsoft Teams、Microsoft Excel などの Microsoft 製品だけでなく、Gmail や Twitter などの外部のサービスに加え、SQL Server などのデータベースもサポートしている。Power Automate で様々な「コネクタ」を連携させる機能を「フロー」と呼び、「フロー」は、システム全体を指す。「フロー」は、「トリガー」と「アクション」から構成される。「トリガー」は、「アクション」を開始する合図であり、「アクション」は、自動化された個々の作業を指す。

「業務システム内製開発ハンズオン（初級編）」は、2021 年 5 月 10 日に実施され、「ローコード、ノーコードツール」を用いて業務システムを開発するための初歩的なスキルの獲得および、参加者の DX 推進の機運を高めることを目的に、教員 8 名、事務職員 28 名、計 36 名が参加して実施された。「業務システム内製開発ハンズオン（初級編）」は、「Microsoft Forms を用いた『アンケート集計システム』」、「Microsoft Forms、Microsoft Power Automate、Microsoft Outlook を用いた『オンラインセミナー受付システム』」、「Microsoft Forms、Microsoft Power Automate、Microsoft Outlook、Microsoft SharePoint を用いた『欠席届受付システム』」から構成され、段階的に難易度が上昇する内容とした。また必要に応じて、「アンケート集計システム」のみや、「アンケート集計システム」と「オンラインセミナー受付システム」など、受講者のレベルに合わせて、受講する内容を受講者自身が選択できる構成とし、実際の業務において「これは自分の業務で応用できるな」と参加者が感じられるような内容になるよう配慮した。

新型コロナウイルス感染症（COVID-19）拡大によるオンライン授業では、Microsoft Excel 形式のアンケート用紙を Learning Management System（LMS）へアップロードし、受講生に入力させる方式などを採用して多くのアンケートが実施された。この場合、提出された Microsoft Excel 形式のアンケートを手作業で集計する必要があった。「アンケート集計システム」は、Microsoft Forms を用いて開発される。「アンケート集計システム」の開発は、「作成済みのアンケートを実際に利用する内容」、「Microsoft Forms を用いてアンケートシステムを開発する内容」、「アンケート回答結果を確認する内容」から構成され、最終課題は参加者がそれぞれ任意のアンケートを作成し、参加者で共有する課題とした。

あわせて、各種セミナーやイベントの参加受付をメールでおこなっており、参加者へのオンラインセミナーへの参加用 URL や関連資料の送付など、オンラインセミナー開催業務にかかる工



図 5.1: 「オンラインセミナー受付システム」申請画面



図 5.2: 「オンラインセミナー受付システム」受付完了メール

数も問題視されていた。「オンラインセミナー受付システム」は、Microsoft Power Automate を用いて Microsoft Forms と Microsoft Outlook を連携させることで開発をおこなう。図 5.1 は、「オンラインセミナー受付システム」の申請画面、図 5.2 は、「オンラインセミナーの受付システム」の受付完了メール、図 5.3 は、「オンラインセミナー受付システム」の「フロー」、「トリガー」、「アクション」を示している。「オンラインセミナー受付システム」の開発は、『「オンラインセミナー受付システム」を実際に利用する内容』、「システムの概要を理解する内容』、「Power Automate を用いて『「オンラインセミナー受付システム」を開発する内容』から構成され、最終課題は「Microsoft Forms からの問い合わせを受け付け、問い合わせ者に受付完了メールを送信するとともに、担当者に受付内容をメールで通知する内容」とした。

欠席届は、負傷または疾病その他の事由によって、授業を欠席することを、当該授業担当教員に連絡するためのものである。PDF 形式の欠席届を学生自身が印刷し、必要事項を入力後、指導教員などの押印による承認を経て、必要な証明書類とあわせて開講科目分野を所掌する事務部門から当該授業担当教員に送付される。

「欠席届受付システム」は、Microsoft Power Automate により、Microsoft Forms と Microsoft Outlook、Microsoft SharePoint を連携させることで開発する。図 5.4 は、「欠席届受付システム」の申請画面、図 5.5 は、申請内容通知メール、図 5.6 は、申請者への申請結果通知メール、図 5.7 は、「欠席届受付システム」の「フロー」、「トリガー」、「アクション」、図 5.8 は、システムのデータベース (Microsoft SharePoint) を示している。「欠席届受付システム」の開発は、「システムの概

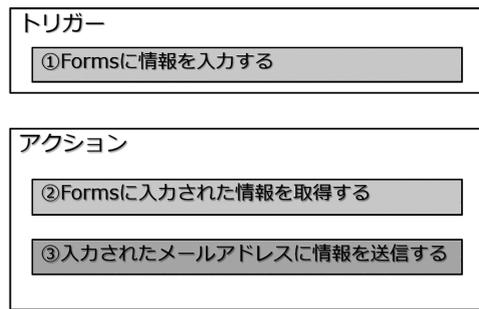


図 5.3: 「オンラインセミナー受付システム」の「フロー」, 「トリガー」, 「アクション」

欠席届
(全額共通科目)

感馬さん、このフォームを送信すると、所有者にあなたの名前とメールアドレスが表示されます。

* 必須

1. 申請日*

yyyy/mm/dd の形式で日付を入力してください

2. 担当教員名*

名前を入力してください

3. 担当教員メールアドレス*

名前を入力してください

4. 専攻・学部*

名前を入力してください

項目

1. 申請日
2. 担当教員名
3. 担当教員メールアドレス
4. 専攻・学部
5. 課程・学科
6. 学籍番号
7. 氏名
8. メールアドレス
9. 授業名
10. 欠席期間
11. 理由

図 5.4: 「欠席届受付システム」申請画面

要を理解する内容」, 「Microsoft SharePoint データベースを構築する内容」, 「Microsoft Power Automate を用いて『欠席届受付システム』を開発する内容」から構成された。

本研究では、香川大学が実施した「業務システム内製開発ハンズオン（初級編）」の効果を確認すべく、参加者に対して質問紙調査を実施した。参加者 28 人の内、22 人から有効回答が得られた。図 5.9 にアンケートの内容を示している。アンケートは、所属、氏名に加えて、ハンズオン参加の動機を問う設問 (Q3)、ハンズオンセミナーの難易度に関する設問 (Q4)、ハンズオンセミナーの達成度に関する設問 (Q5)、ハンズオンセミナーへの参加を踏まえて、自身で業務システムが内製できるかどうかを問う設問 (Q6, Q7)、ハンズオンセミナーへの参加を踏まえて、DX 推進の機運が高まったかどうかを問う設問 (Q8, Q9) から構成される。図 5.10 は、Q4 (ハンズオンセミナーの難易度に関する設問) の回答結果を示している。アンケート回答者 22 人の内、19 人が「わかりやすかった」, 「ややわかりやすかった」と回答しており、アンケート回答者の多くが「業務システム内製開発ハンズオン（初級編）」の内容をわかりやすいと感じていたことがわかった。図 5.11 は、Q5 (ハンズオンセミナーの達成度に関する設問) の回答結果を示して

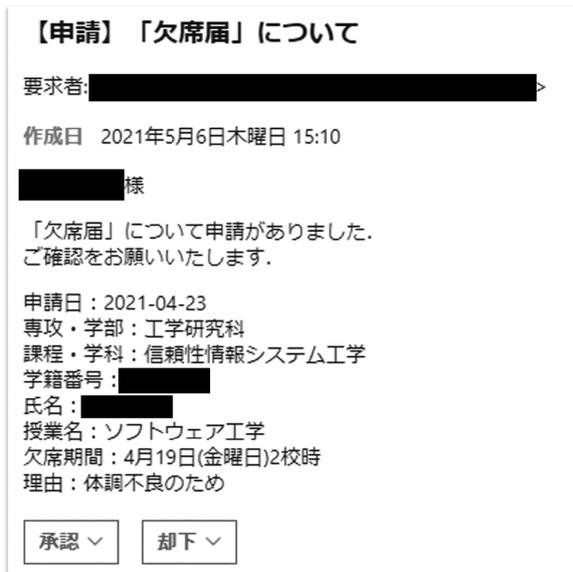


図 5.5: 「欠席届受付システム」申請内容通知メール

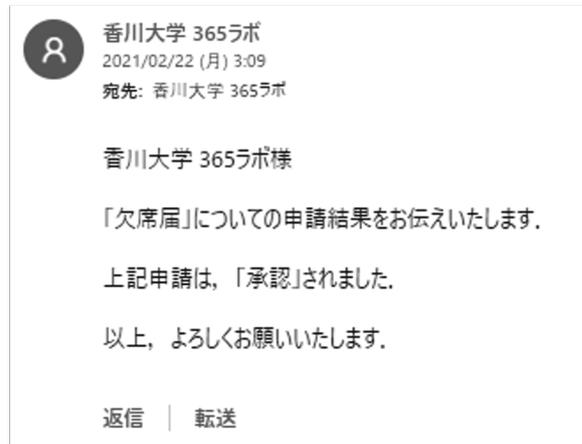


図 5.6: 「欠席届受付システム」申請結果通知メール

いる。ハンズオンの内容は、段階的に難しくなるような構成としたが、参加者も段階的に難しくなっていると感じていたことがわかる。図 5.12 は、Q6（自身で業務システムが内製できるかどうかを問う設問）の回答結果を示している。アンケート回答者 22 人の内、18 人が「とてもそう思う」、「ややそう思う」と回答しており、アンケート回答者の多くが「業務システム内製開発ハンズオン（初級編）」を通して、Microsoft Power Platform を用いて業務システムの内製が出来そうだと思っていることがわかる。Q7（自身で業務システムが内製できるかどうかを問う設問）の自由記述においては、「Microsoft Forms と他システムとの関連性が理解できなかった」、「まだ



図 5.7: 「欠席届受付システム」の「フロー」、「トリガー」、「アクション」

欠席届受付システム

申請結果	申請日	申請者	担当教員	専攻・学部	課程・学科	学級番号	氏名	授業名	理由	担当教員
承認	2021-05-10			工学研究科	機械情報システム工学専攻			ソフトウェア工学演習	最終試験のため	届にも合致しないように!
却下	2021-05-10			経済	経済			ハンズオンセミナー	テスト	テスト
承認	2021-05-10			O学部	O学科			**	OO	!
承認	2021-05-10			大学院教字センター	大学院教字支援グループ			テスト実習科目	テスト	承認しました。
承認	2021-05-10			創造工学部	情報記録グループ			心理学	予備試験のため	予備試験によるしくお返しくたさい。
承認	2021-05-10			O学部	**学科			情報システム	体調不良のため	変更してください。
承認	2021-05-10			学級グループ	学級グループ			情報システム	発熱	お大事に!
承認	2021-05-11			経営学部	経営情報学			5月1日出席	発熱	
承認	2021-05-10			法学部	法学			民法I	体調不良のため	お大事に
承認	2021-05-10			経済	経済			ダイビング入門	発熱のため	お大事に
承認	2021-05-10			経営学部	経営情報学専攻			大学入門ゼミ	発熱	お大事に
承認	2021-05-10			法学部	法学			情報	発熱	お大事に
承認	2021-05-10			経営学部	経営情報学			初級簿記	発熱	お大事に

図 5.8: 「欠席届受付システム」データベース (Microsoft SharePoint)

まだ勉強不足で、勉強の必要がある」などの意見も寄せられた。図 5.13 は、Q8 (セミナーを通じて、ご自身の業務改善や、ご自身の所属部局の業務改善のために作ってみたいと思うアプリはありますか) の回答結果を示している。アンケート回答者 21 人の内、16 人が「ある」と回答しており、自分の業務改善や自組織の業務改善のために開発したいシステムがあると考えていることがわかる。「業務システム内製開発ハンズオン (初級編)」により、システム開発に対する理解が深まり、参加者自身による業務課題の発見やアプリ開発意欲につながっていることがうかがえた。Q9 (開発したい業務システムはありますか) の自由記述形式の設問では、「諸手当等申請アプリ」、「質問回答アプリ」、「公用車の予約申請」、「企業からのインターンシップ登録票受付の自動化」などの業務システムを開発したいという回答が寄せられた。

5.1.3 考察

香川大学では、ハンズオン実施後に参加者から業務システム開発のアイデアが複数寄せられ、実際に業務システムを開発する取り組みも実施された。香川大学産学連携・知的財産センターは、香川大学に寄せられる技術相談を受け付ける「技術相談受付システム」を情報メディアセンターと連携して開発した。「技術相談受付システム」は、ハンズオン参加者からの要望に基づいて開発が進められ、2021 年 10 月から実際に産学連携・知的財産センターで運用が開始された。このことから「業務システム内製開発ハンズオン (初級編)」は、ローコード、ノーコードで業務システムを内製するための初歩的なスキルを獲得するだけでなく、自身の DX 推進の機運を高めることに対しても有効に作用する可能性があることが示された。

ハンズオンの参加者からは、「もうすこし高度な内容も加えてほしい」や、「データ分析や可視化についても学習したい」との要望が寄せられた。情報メディアセンターはそれら要望から、チャットボットを内製する内容のプログラムを開発し、開発されたプログラムに基づいたハンズオンを 2022 年 8 月 3 日に実施した。多くの教職員が参加し、学内の DX 推進の機運の高まりを示す結果

Q1. 所属

Q2. 氏名

Q3. セミナーに参加した動機を教えてください。(例えば、セミナーに期待していたこと、具体的にこんなアプリ・システムを作りたかった、など)

Q4. セミナーの内容は分かりやすかったですか。
わかりやすかった ややわかりやすかった ややわかりにくかった わかりにくかった

Q5. 今回の課題（アンケート集計システム／オンラインセミナー受付システム／欠席届受付システムの作成）の達成度について自己評価を教えてください。
まったくできなかった 一部達成できなかった 概ね達成できた 完全に達成できた

Q6. Microsoft365 および Microsoft Power Platform を用いて、今後、自分もアプリ開発が出来そうだと思いますか。
とてもそう思う ややそう思う あまりそう思わない 全くそう思わない

Q7. 質問 6 において「あまりそう思わない」「全くそう思わない」と回答した方に伺います。そのように考えた理由を教えてください。

Q8. セミナーを通じて、ご自身の業務改善や、ご自身の所属部局の業務改善のために作ってみたいと思ったアプリはありますか？
ある ない

Q9. 質問 8 において「ある」と答えた方にお伺いします。それはどのようなアプリですか？ 思いっくまま、いくらかでも挙げてください。

図 5.9: 香川大学教職員向けに実施したアンケートの内容

4. セミナーの内容は分かりやすかったですか。

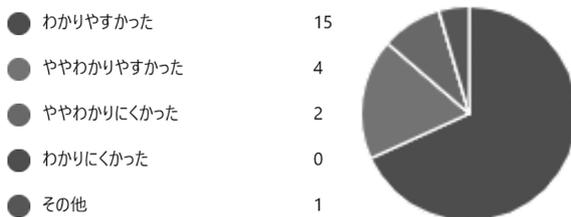


図 5.10: 香川大学教職員向け Q4 の回答結果

5. 今回の課題（アンケート集計システム／オンラインセミナー受付システム／欠席届受付システムの作成）の達成度について自己評価を教えてください。

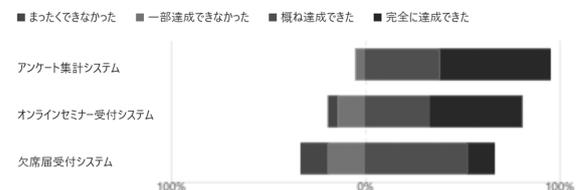


図 5.11: 香川大学教職員向け Q5 の回答結果

となった。

機運の高まりにあわせて、ハンズオンに参加した職員を中心とした自主的な勉強会も立ち上がった。ハンズオンでは扱わなかった Power Automate Desktop を自主的に勉強し、財務システムへのデータ入力を自動化させる仕組みを構築する職員も現れた。勉強会は広がりを見せ、現在 19 人のメンバーが勉強会に参加している。

5.1.4 本節のまとめ

本節では、香川大学が実施した「業務システム内製開発ハンズオン（初級編）」について述べるとともに、ハンズオン参加者に実施した質問紙調査などの結果からその有効性について述べた。

6. Microsoft 365 および Microsoft Power Platform を用いて、今後、自分もアプリ開発ができそうだと思いますか。

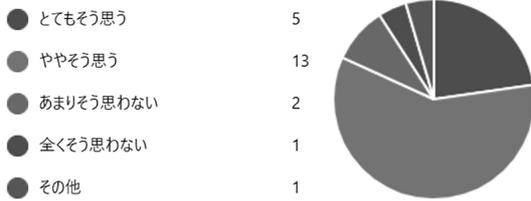


図 5.12: 香川大学教職員向け Q6 の回答結果

8. セミナーを通じて、ご自身の業務改善や、ご自身の所属部局の業務改善のために作ってみたいと思ったアプリはありますか？

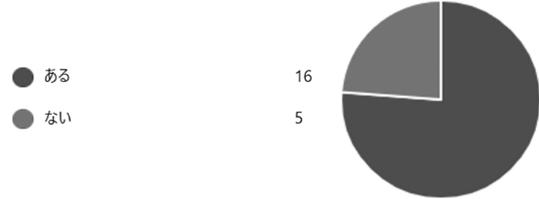


図 5.13: 香川大学教職員向け Q8 の回答結果

ハンズオン実施後に参加者から業務システム開発のアイデアが複数寄せられ、実際に業務システムを開発する取り組みも実施した。香川大学では、2021年に計3回の「業務システム内製開発ハンズオン（初級編）」が開催され、150名を超える教職員が参加した。2022年度は「業務システム内製開発ハンズオン（中級編）」を開催すべく現在検討を進めている。

5.2 非 IT 分野を専攻する学生を対象とした「IoT デザイン教育プログラム」

5.2.1 本研究の目的

経済産業省の「IT 人材育成の状況等について」[77]は、日本国内において「ビッグデータ」、
「IoT」、「人工知能」を活用できる「先端 IT 人材」の不足は深刻化しており、「2019 年をピークに
IT 関連産業への入職者は退職者を下回り IT 人材は減少に向かう」、「2030 年には 40~80 万人の
規模の IT 人材不足が生じる懸念がある」と述べている。教育機関には、「先端 IT 人材」の不足を
補うべく「IT 分野を専攻する学生」を対象とした教育プログラムを高度化させるとともに、その
裾野を広げるべく「非 IT 分野を専攻する学生」でもそれら知識の獲得を目指した教育プログラ
ムの実施が求められている。

「IT 人材」とは、「IT サービスやソフトウェア等の提供を担う人材」、「IT を活用するユーザ企
業の人材」、「IT を利用する一般ユーザ」[78]とされ、「IT 人材」が備える「IT 知識」[79]として
は、「アルゴリズムとプログラミング」、「コンピュータ構成要素」、「システム構成要素」、「ソフト
ウェア」、「ハードウェア」、「ヒューマンインタフェース」、「マルチメディア」、「データベース」、
「ネットワーク」、「セキュリティ」などが挙げられる。本研究では、それら「IT 知識」を網羅的
に学んでいない学生を「非 IT 分野を専攻する学生」と定義した。

香川大学は、時代の変化を的確に捉え、社会や人々のニーズにフィットしたイノベーションを
創出する人材育成を目指し、「デザイン思考」[8]能力育成にむけた様々な教育プログラムを展開し
ている。株式会社リコーと香川大学は、「デザイン思考」プロセスに基づき「具体化」となる「IoT
システム」を開発することを「IoT デザイン」と定義し、「非 IT 分野を専攻する学生」を対象とし
た「IoT デザイン教育プログラム」（以下、「IoT 教育プログラム」）を共同開発した。香川大学の
「デザイン思考」教育では、「問題定義」から「アイデア創出」については様々な取り組みがおこな
われてきたが、「アイデア創出」から「具体化」については技術的な課題から実現できないケース
も報告され、効果的に「具体化」を実現する「場」や「機会」の創出が求められていた。

本研究では、「非 IT 分野を専攻する学生」を対象に香川大学が提唱する「デザイン思考」プロ
セスを実践し、「具体化」となる「IoT システム」を開発できる「IoT 教育プログラム」を提案す
るとともに、「非 IT 分野を専攻する学生」である香川大学創造工学部創造工学科造形・メディアデ
ザインコースの学生を対象に開講された「サービス・イノベーション創造演習」における実践を
通じてその効果を測定する。「IoT 教育プログラム」は、「デザイン思考」に基づいて「具体化」と
なる「IoT システム」を開発するとともに、その「検証」をおこなうことで一連の「デザイン思
考」プロセスを実践するために必要なスキルや知識を獲得することと、「IoT システム」を開発す

*5.2 節は、「第 8 回 実践的 IT 教育シンポジウム rePiT2022」で発表した「非 IT 分野の学生を対象とした IoT デ
ザイン教育プログラムの開発とその実践」[76]を発展させたものである。

るために必要な「具体化」に関するスキルや知識の獲得を目的に開発された。本研究では、「非 IT 分野を専攻する学生」で構成されるすべてのチームが「具体化」となる「IoT システム」を開発できた。またすべてのチームが開発した「IoT システム」を用いて「検証」をおこない、開発した「IoT システム」を改善できた。この結果から、「デザイン思考」プロセスを実践する「場」が創出されただけでなく、「非 IT 分野を専攻する学生」でも「具体化」となる「IoT システム」が開発できる「機会」が創出されたことが確認できた。

5.2.2 項では、関連研究について述べる。5.2.3 項では、関連技術として、「具体化」の手段として採用した ifLink[80] について述べる。5.2.4 項では、開発した「IoT 教育プログラム」について述べる。5.2.5 項では、「IoT 教育プログラム」の実践について述べる。5.2.6 項では、考察について述べる。5.2.7 項では、まとめを述べる。

5.2.2 関連研究

IoT(Internet of Things)とは、モノ(Things)をインターネット(Internet)と接続することで新たな価値を提供する手段である。IoTは「1. 1つの『モノ』を世界共通のユニークな識別子で識別し、いつでも、どこからでもアクセスできる」,「2.『モノ』を一意に識別し、インターネットと接続してアクセスできる」の2つを満たすことが重要であると定義されている[81]。IoTは、従来インターネットに接続されていなかったモノを含めてインターネットに接続することで、モノから収集できるデータをインターネット上で集約し、データ分析による予測、遠隔監視、業務の自動化などの便益を提供する仕組みに該当する。本項では、「IoT システム」の開発を扱った演習の実践やそのためのツール、「デザイン思考」などの創造性を養うことを目的とした演習の実践やそのためのツールについて述べる。また、プログラミングのスキルや思考が不足している「非 IT 分野を専攻する学生」に対する演習の実践やそのためのツールについても述べる。

「IoT システム」の開発を扱った演習の実践やそのためのツールについて述べる。角樋ら[82]は、情報教育におけるロボット教材を活用した「IoT システム」構築実習の授業実践を報告しており、「プログラミング、ネットワーク、データベースの基礎やデータサイエンス等」をソフトウェア・ハードウェアにわたって学習可能な演習を実践した。角樋らの実践は「IoT システム」(ロボット)を開発するために必要な知識が不足している学生を対象として、演習の範囲をロボットに限定している。近江谷ら[83]は、サイバー攻撃による被害の増加に伴い、セキュリティ人材不足が問題視されていることを受け、サイバーセキュリティゲーム演習ツール「IoT・ポリ」を提案した。「IoT・ポリ」は、「IoT カード」、「アタッカーフェスカード」、「脅威カード」、「対策カード」を用いながらゲームにより「IoT システム」のリスクアセスメントプロセスが学習できる。角樋や近江谷らの取り組みは、「IoT システム」開発に必要となる技術的なスキルやリスクを学ぶことに重きをおいている。

「デザイン思考」などの創造性を養うことを目的とした演習の実践やそのためのツールについ

て述べる。木崎ら [84] は、IT 分野を専攻する学生を対象としたソフトウェア開発 PBL において、アイデアソンを利用した要求獲得・分析手法を提案し、「モバイルを起点にサービスを作り上げる」概念であるモバイルファースト開発に応用した。木崎らの取り組みは、「創造性を身に付けた技術者」の育成を目指す取り組みとして、「IT 分野を専攻する学生」を対象とした「アイデア創出」に重きをおいている。浜田ら [85] は、創造性への自信を高める（クリエイティブコンフィデンス）醸成を目指してアイデアソン・ハッカソンを開催し、学生と社会人が様々なワークに取り組んだ事例を報告している。浜田らの取り組みは、「具体化」については発泡スチロールやおもちゃのブロック、紙、100 円均一のグッズなどの身近なものを使った簡易的な試作（ダーティプロトタイプ）でアイデアを検証した。浜田の取り組みは、「非 IT 分野を専攻する学生」も対象としているが、木崎らの取り組みと同じく「アイデア創出」に重きをおいている。北村ら [86] は、IT 分野を専攻する高校生に対するモノづくりハッカソンを実施している。北村らが実施したモノづくりハッカソンでは、プログラミング言語として Processing[87] を用いること、シングルボードコンピュータとセンサ、レーザーカッター、UV プリンタ、3D プリンタ等を活用することが決められており、IT 分野を専攻する学生を対象とし、ハッカソンを通じて「具体化」となるモノづくりにおける注意喚起と知識付与を目的としている。

プログラミングのスキルや思考が不足している「非 IT 分野を専攻する学生」に対する演習の実践やそのためのツールについて述べる。竹田ら [88] は、Scratch[89] に技術分野の教材として不足している「センサ技術を用いた計測、制御をおこなえる機能」を実装すべく Node-RED[90] を組み合わせた「学習者の創造性を重視した問題解決学習につながるシステム」を提案している。竹田らの取り組みは、演習の範囲をセンサ技術と Scratch によるプログラミングに限定している。宮崎ら [91] は Scratch を用いて、ビジュアルプログラミングにより、AI を用いた画像認識をおこなない、デバイスやインターネット上のプログラムと連携させることが可能な「プログラミング教材システム」を提案した。宮崎らの取り組みは、小学校でのプログラミング教育の必須化を受けて、プログラミング初学者が「プログラミング的思考により、自らが社会の問題点を考え、それを解決する」ことに重きをおいている。竹田ら、宮崎らの取り組みは、「プログラミング的思考」を学ぶことを支援するための教材を開発している点で共通している。

5.2.3 関連技術

本項では、本研究で「具体化」の手段として採用した ifLink[80] について述べる。ifLink は、ifLink オープンコミュニティが開発した IoT プラットフォームである。ifLink は、2021 年度時点で Android OS が搭載されたスマートフォンやタブレットで動作するアプリケーションとして提供される。ifLink は、「1. 様々な IoT デバイスや Web サービスをモジュール化することで、ユーザが自由に組み合わせて IoT システムを簡単に開発できる」、「2. IoT システムの開発にプログラミングは必要としない」、「3. IF と THEN のルールを設定し、その設定に基づいて IoT システム



図 5.14: ifLink[80] で利用可能な「IoT デバイス」と「モジュール」の例（一部抜粋）

を開発する」,「4. メーカー, 業界を横断して, さまざまなデバイスやサービスとの連携が可能」という特徴を有している. ifLink オープンコミュニティには, 2021 年 12 月時点で 133 社が参加している.

参加企業は Android OS 上で動作する ifLink アプリケーションから呼び出される「モジュール」を開発しそれを提供することで, 自社の IoT デバイスを ifLink で動作させることができるとともに, 他の企業が開発した「モジュール」と組み合わせた「IoT システム」を開発できる. 図 5.14 は, ifLink で利用可能な「IoT デバイス」と「モジュール」を示している. ifLink は,「『IF(もし～ならば)』という条件を満たしたときに『THEN(～する)』』というルールを設定し, そのルールに基づいて IoT システムを開発する.「モジュール」は,「IF (もし～ならば)」として動作する「IF モジュール」と,「THEN (～する)」として動作する「THEN モジュール」に分類される.

図 5.15 は, ifLink のシステム概要を示している. ifLink は,「IF」と「THEN」を組み合わせた「ルールセット」を作成し, それを保存する「ルールセット配信サーバ」, スマートフォンにインストールされた「ifLink アプリケーション」と「IF モジュール・THEN モジュール」,「IoT デバイス」から構成される.「ifLink アプリケーション」は,「ルールセット配信サーバ」で作成された「ルールセット」に基づいて実行される「IF-THEN ルール実行エンジン」を有している.「IF モジュール」と「THEN モジュール」は「IoT デバイス」ごとに必要となる. 図 5.14 の「GPS トラッカーの IF モジュール」や「スイッチ用の THEN モジュール」は,「IF モジュール」と「THEN モジュール」に該当する. ifLink において「ルールセット」の作成は, 一般的なシステム開発におけるプログラミングに相当する. IoT システム開発者は,「ルールセット配信サーバ」において「IF」と「THEN」からなる「ルールセット」を作成する.「ルールセット」は, GUI(グラフィカルユーザインターフェイス)を用いて作成される. 図 5.16 は,「ルールセット配信サーバ」の「ルールセット」の作成画面であり, 音声発話の「THEN ルール」である発話時の「セリフ」と, 声質や

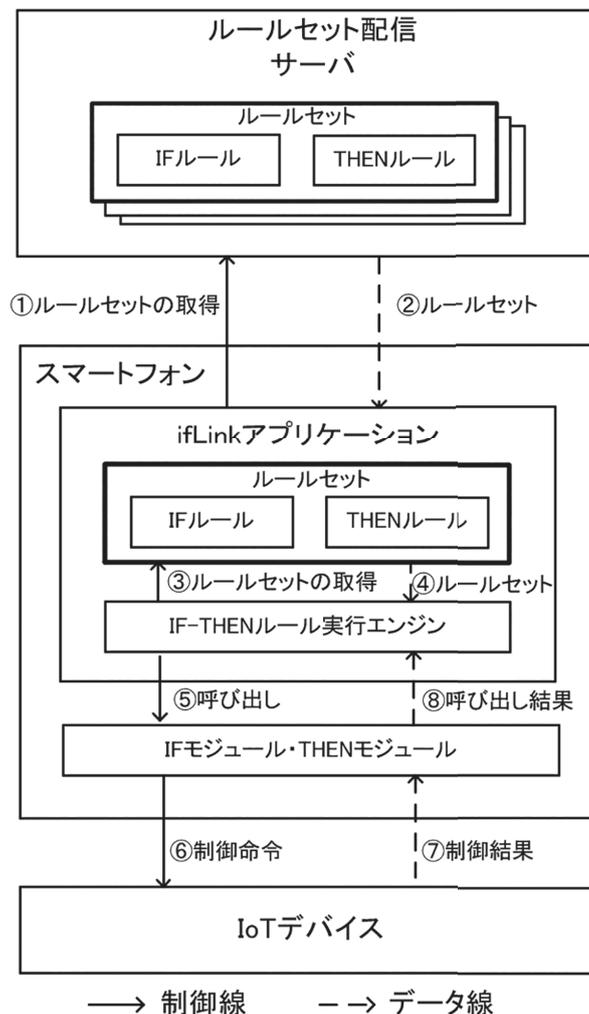


図 5.15: ifLink[80] のIoT システム概要

読み上げ速度の設定画面を示している。「ルールセット配信サーバ」で作成された「ルールセット」内には「IF ルール」(IF の条件設定値, 利用する IF モジュール名称), 「THEN ルール」(THEN 時の動作設定値, 利用する THEN モジュールの名称) が保存される。

IoT デバイスメーカーが提供していない独自の IoT デバイスを利用したい場合には, 独自の IoT デバイスを制御するための「IF モジュール」や「THEN モジュール」を新たに開発する。開発にあたっては Java 言語などのプログラミングスキルに加えて, スマートフォンアプリを開発するための Android Framework などの開発知識も必要となる。本研究の「IoT 教育プログラム」では, デバイスメーカーが提供している「IF モジュール」と「THEN モジュール」のみを用いて「IoT システム」を開発した。

成田ら [92] は工学部の学生を対象に実践した, ifLink を用いた創造性教育を報告している。成田らは, 「問題を解決するために創造性を育むトレーニングが必要である」, 「問題解決のためには

アクション設定

アクション

セリフ

サイズ: 1000

話者ID

速さ 遅い やや遅い 普通
 やや速い 速い

↓ 高度な設定

図 5.16: 「ルールセット」の作成画面

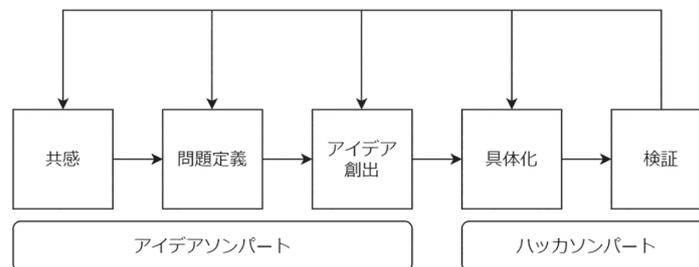


図 5.17: 香川大学が提唱 [8] する「デザイン思考」プロセスに基づいた「IoT 教育プログラム」の構成

IoT, ICT を使いこなす必要があるが, プログラミングの知識や技能の習熟度は学生によって異なるため, プログラミングを使わずに創造性のトレーニングができるツールが求められており, ifLink はその条件を満たしている」と述べている.

5.2.4 IoT 教育プログラム

本項では, 香川大学が提唱する「デザイン思考」プロセスを基に開発された「IoT 教育プログラム」について述べる。「IoT 教育プログラム」は, 「非 IT 分野を専攻する学生」を対象とし, 「デザイン思考」を実践し「IoT システム」を開発するうえで必要な基礎的な考え方を実践により身に付けること, 特に「デザイン思考」を実践して「IoT システム」を開発する上で「非 IT 分野を専攻する学生」には難しい「具体化」に取り組み, 「具体化」に基づいて「検証」がおこなえることを目標とした. また, 「デザイン思考」の基本的な考え方については理解しているが, 一般的な「IoT システム」の開発に必要なプログラミングの知識がないため, 「IoT システム」の「具体化」を敬遠していた学生の興味や関心を喚起することも狙いとした。「IoT 教育プログラム」では, 「【到達目標 1】『非 IT 分野を専攻する学生』でも『IoT システム』が開発できる」, 「【到達目標 2】創出したアイデアから, 『具体化』となる動作可能な『IoT システム』のプロトタイプが開発できる」,

「【到達目標 3】開発した『IoT システム』のプロトタイプを『検証』できる」, 「【到達目標 4】検証結果に基づきアイデアを修正し, 『IoT システム』のプロトタイプが改善できる」の 4 つの到達目標を定めた。

図 5.17 は, 香川大学が提唱する「デザイン思考」プロセスに基づいた「IoT 教育プログラム」の構成を示している。「アイデアソンプート」は, 「デザイン思考」における「共感」, 「問題定義」, 「アイデア創出」に該当し, 任意のアイデア創出手法（本研究では, 浜田ら [85], 宮川ら [56] が報告した各手法）を用いる。また, 「ハッカソンプート」は, 「デザイン思考」の「具体化」, 「検証」に該当し, ifLink を教材として用いる。

5.2.5 IoT 教育プログラムの実践

本項では, 5.2.4 項で示した「IoT 教育プログラム」の実践について述べる。「IoT 教育プログラム」は, 2020 年 11 月 14 日から 2021 年 1 月 23 日にかけて, 香川大学創造工学部創造工学科造形・メディアデザインコースの「サービス・イノベーション創造演習」において後期集中講義の選択科目として実施された。「サービス・イノベーション創造演習」は, 「非 IT 分野を専攻する学生」に該当する香川大学創造工学部創造工学科造形・メディアデザインコースの学生 15 名, および香川大学経済学部地域社会システム学科の学生 9 名と, 受講を希望した「IT 分野を専攻する学生」である香川大学創造工学部創造工学科情報システム・セキュリティコースの学生 1 名の受講も許可し, 計 25 名の学生が受講した。今回の実践に参加したすべての学生が, 香川大学の「デザイン思考」教育を受けている。グループワーク形式でおこなわれるため, 同じ学部やコースの学生が 1 つのグループに集中しないよう, 4 つのグループ（チーム 1（6 名）, チーム 2（7 名）, チーム 3（6 名）, チーム 4（6 名））を形成した。

表 5.1: 「サービス・イノベーション創造演習」の内容

1コマ90分	内容
1	インプット 1
2	インプット 2
3	【アイデアソンパート 1】 共感・問題定義・アイデア創出 (エモグラフィー, スピードストーミング, ハイライト, アイデアスケッチ, プレスリリース作成)
4	発表会 1
5	【ハッカソンパート 1】 具体化 (IoT システムを ifLink で開発)
6	【ハッカソンパート 1】 具体化 (IoT システムを ifLink で開発)
7	【ハッカソンパート 1】 検証 (デモ・グループ間共有)
8	発表会 2
9	【アイデアソンパート 2】 共感・問題定義・アイデア創出 (エモグラフィー, スピードストーミング, ハイライト, アイデアスケッチ, プレスリリース作成)
10	【ハッカソンパート 2】 具体化 (IoT システムを ifLink で開発)
11	【ハッカソンパート 2】 検証 (デモ・グループ間共有)
12	発表会 3
13	最終発表準備 1
14	最終発表準備 2
15	最終発表会 1
16	最終発表会 2



図 5.19: 「スピードストーミング」の様子

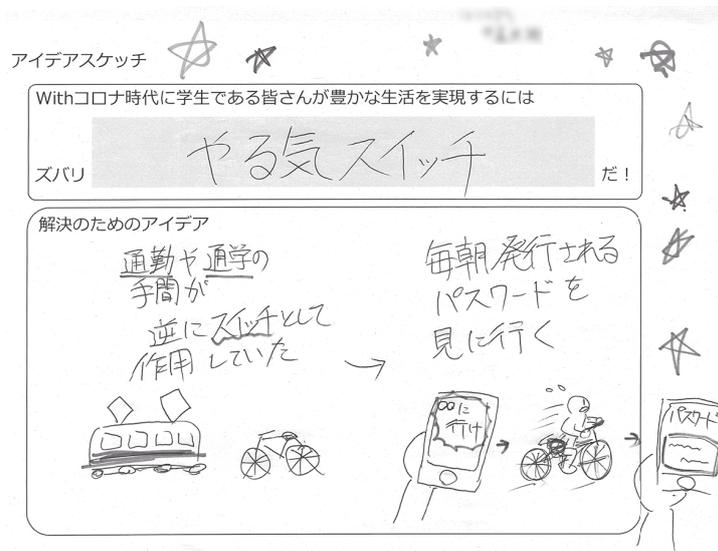


図 5.20: 「アイデアスケッチ」の例

〇がたくさん増えてきて楽しい」を表している。また右下段の泣き顔から想像される感情として、「新入生で一度もコースの皆と合ったことがない」を表している。

「スピードストーミング」は、カリフォルニア大学バークレー校で開発された手法で、異なる人同士がペアでディスカッション（ブレインストーミング）することでアイデアを創出する手法である。「IoT 教育プログラム」では、4分間のペアディスカッションを、ペアを変えながら4回実施した。図 5.19 は、「サービス・イノベーション創造演習」で実施された「スピードストーミング」の様子を示している。

「アイデアスケッチ」は、「スピードストーミング」で創出されたアイデアを絵で表現するワークである。図 5.20 は、「アイデアスケッチ」で実際に参加者が作成した「アイデアスケッチ」を示している。図 5.20 の「アイデアスケッチ」は、コロナ前は「通勤や通学の手間」が行動の「スイッチ」になっていたが、コロナの影響により、在宅で過ごす時間が増えたことで「スイッチ」がなくなり、「代わりの『やる気スイッチ』を入れる」アイデアを表現している。

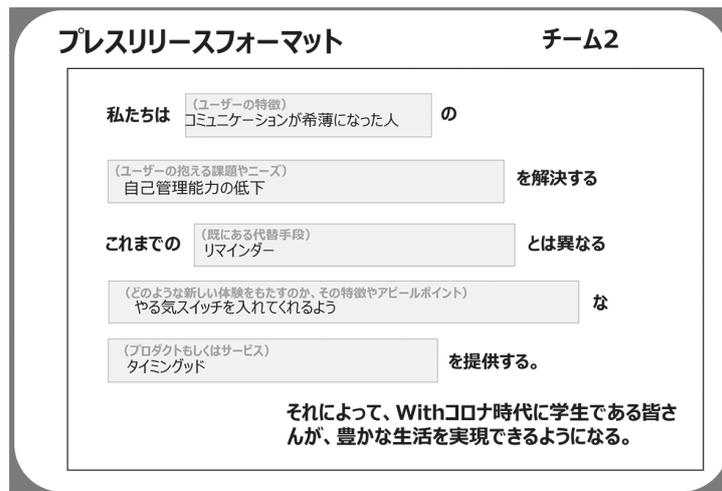


図 5.21: 「プレスリリース」の例



図 5.22: IF-THEN アイデアシート

「ハイライト」は、参加者が「面白い」「実現したい」と感じた「アイデアスケッチ」の左上に☆マークを記載するワークで、参加者相互で「アイデアスケッチ」の評価をおこなう。図 5.20 の左上に記載された☆マークは、参加者が記載した評価を示しており、9 人の参加者がこの「アイデアスケッチ」を「面白い」「実現したい」と感じたことを意味している。

「プレスリリース作成」は、アイデアに基づいて新しいシステムやサービスを創出し、サービスの概要をまとめたプレスリリースを作成するワークである。図 5.21 は、作成された「プレスリリース」の例を示している。図 5.21 は、図 5.20 の「アイデアスケッチ」をベースに、自己管理能力が低下している人に「やる気スイッチを入れる」仕組みを提案している。

図 5.22 は、「ハッカソンパート」で用いた「IF-THEN アイデアシート」を示している。「IF-THEN アイデアシート」は、「アイデアソンパート」で作成した「エモグラフィー」、「アイデアスケッチ」、「プレスリリース」を参照しながら作成される。図 5.23 は、作成された「IF-THEN アイデアシート」を示している。「IF-THEN アイデアシート」は、演習テーマ「With コロナ時代に学生である

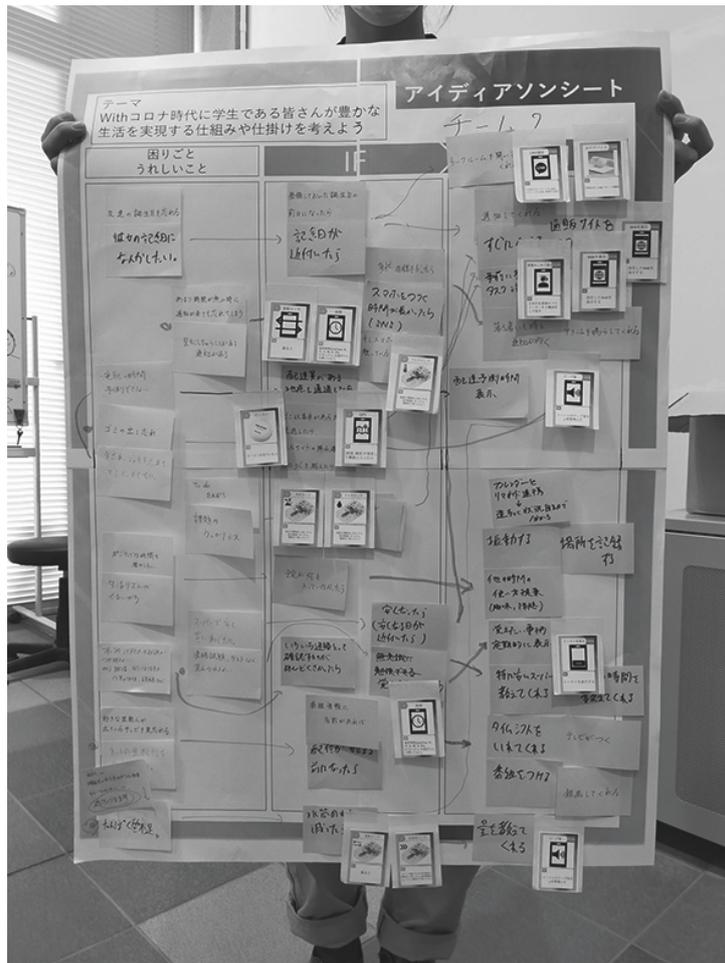


図 5.23: 「IF-THEN アイデアシート」の作成例

皆さんが豊かな生活を実現する仕組みや仕掛けを考えよう」に基づいたアイデアを実現する「IF」および「THEN」を記載する。その際に「IF」および「THEN」に対応する「IF カード」、「THEN カード」が存在する場合は、併せてその「IF カード」、「THEN カード」を「IF-THEN アイデアシート」に貼り付ける。複数の「IF」、「THEN」の組み合わせができた場合は、授業時間の制約でIoTシステム開発の対象として「最も実現したいアイデア」をグループで1つ選定することとした。

図 5.24 は、「ルールセット配信サーバ」で「ルールセット」を作成している様子を示している。「ルールセット」は、先述の「IF-THEN アイデアシート」を基として各グループが選定した1つの「IF-THEN」の組み合わせから作成される。

図 5.25, 図 5.26 は、チーム 2 が「ハッカソンパート 1」「ハッカソンパート 2」で開発した IoT システムのデモの様子を示している。図 5.25 は「ハッカソンパート 1」で開発した「IoT システム」である。プロテインシェーカーを模したペットボトルに「加速度センサ」を取り付け、ペット



図 5.24: 「ルールセット配信サーバ」で「ルールセット」を作成している様子



図 5.25: IoT システム 1 のデモ
(ハッカソンパート 1)

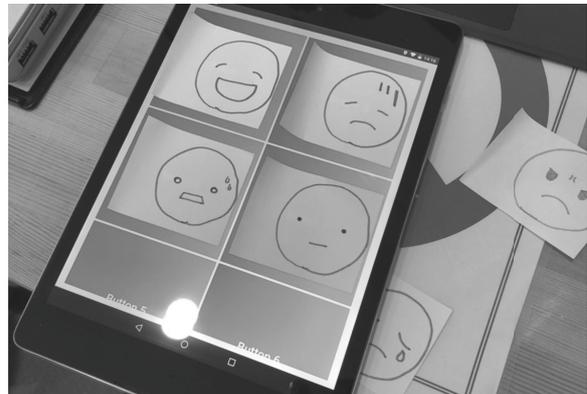


図 5.26: IoT システム 2 のデモ
(ハッカソンパート 2)

ボトルを振ると「加速度センサ」が反応して、「音声合成ソフトウェア」がトレーニングを褒める音声メッセージ（「相変わらずかっこいいね」）を通知する。図 5.26 は、「ハッカソンパート 2」で開発した「IoT システム」である。タブレットに表示された「笑顔ボタン」を押すことで、励ましのメッセージ（「今日も一日頑張りましょう」）と、事前に設定された「お気に入りの音楽」が流れる。

最終発表会では各チームが「プレスリリース」と「IoT システム」を用いた「デモ動画」を作成してアイデアの発表がおこなわれ、審査員（企業から 2 名，教員から 1 名）によってアイデアの審査がおこなわれた。審査基準は「サービス・イノベーション創造演習」のシラバスで学生に示された演習目的から「1. 今回のテーマ課題に対する着眼点がユニークかどうか」、「2. 今までの例にとらわれない『若者らしい』柔軟性や斬新さがあるか」、「3. 課題解決のアイデアに実効性や継続的な展開が見込めるか」の 3 つとし、開発した「具体化」となる「IoT システム」に対す

表 5.2: 「カーク・パトリックの効果測定レベル」 [93] による「IoT 教育プログラム」の評価項目

レベル	評価方法	評価項目
1. 反応レベル	アンケート調査	評価対象：満足度 <ul style="list-style-type: none"> ・グループワーク満足度 ・アイデアソンプート満足度 ・ハッカソンプート満足度
2. 学習レベル	レポート提出	評価対象：意識を変える（意識） <ul style="list-style-type: none"> ・「具体化」の実践を通じた気づき（設問 1） ・「検証」の実践を通じた気づき（設問 2） ・デザイン思考プロセスの実践を通じた気づき（設問 3）
3. 行動変容レベル	レポート提出	評価対象：行動を起こしたいと思うこと（意欲） <ul style="list-style-type: none"> ・「具体化」に対するの実践意欲（設問 1） ・「検証」に対するの実践意欲（設問 2） ・デザイン思考プロセスの実践意識（設問 3）

る「検証」を主たる目的に実施された。審査員からは「現場のリアルな課題を捉えている」、「アイデアの応用範囲が広い。より深掘りすることでビジネスが生まれる可能性がある」、「学生らしい発想がよい。サブスクリプションビジネスの可能性もある」、「課題がタイムリーで良い。さらに工夫を加えることで実用化できる可能性がある」などの意見が寄せられた。

5.2.6 考察

本項では、「IoT 教育プログラム」が「プログラミングの知識がなくても『IoT システム』の『具体化』および『検証』に取り組むことを促す『場』や『機会』の創出」に対する考察をおこなう。

本研究では、「IoT 教育プログラム」が、「デザイン思考」を実践し、「具体化」となる IoT システムを設計、開発する「場」や「機会」を創出するとともに、創出された「場」や「機会」の創出に対する効果を測定する目的で「カーク・パトリックの効果測定レベル」 [93] を用いた。小清水ら [94] は、「カーク・パトリックの効果測定レベル」を用いて小・中学校の情報担当教員に対して「ICT 活用推進に関する研修」の効果を測定した結果を報告している。学生教育では、近江谷ら [83] は「カーク・パトリックの効果測定レベル」を用いて「IoT システム」のリスクアセスメントプロセスを学習するツール「IoT・ポリシー」の評価をおこなった。開発されたツールは、学習者に動機づけを与えつつ、セキュリティ人材に必要な能力を獲得させるうえで有用なツールであることが示された。また、木村ら [95] は、「カーク・パトリックの効果測定レベル」を用いて看護基礎教育における患者急変対応シミュレーション教材の効果検証をおこなった。開発したシミュレーション教材には、演習への興味や、やりがいなどで高い学習効果が認められた。

「カーク・パトリックの効果測定レベル」は「1. 反応レベル」、「2. 学習レベル」、「3. 行動変容レベル」、「4. 成果レベル」の 4 つに分類される。「1. 反応レベル」では、アンケート等により

表 5.3: 「1. 反応レベル」の評価結果 [N=19]

評価項目	平均値	標準偏差
グループワーク満足度	3.68	0.22
アイデアソンプート満足度	3.57	0.24
ハッカソンプート満足度	3.05	0.79

表 5.4: 「2. 学習レベル」の評価結果 [N=15]

評価項目	平均値	標準偏差
「具体化」の実践を通じた気づき	3.9	0.25
「検証」の実践を通じた気づき	3.73	0.2
デザイン思考プロセスの実践を通じた気づき	3.8	0.16

学習者の教育プログラムに対する満足度を測定する。「2. 学習レベル」では、「意識を変える」、「知識を増やす」、「スキルを向上させる」のうち、一つ以上の具体的な目標を設定する。「3. 行動変容レベル」では、教育後の「行動を起こしたいと思うこと（意欲）」、「何をすべきか、どうやってすべきか知っている」、「行動を起こす環境が適切である（環境）」、「起こした行動が報われること（報い）」などを測定する。「4. 成果レベル」では、組織に対する学習の効果を測定する。

表5.2は、「カーク・パトリックの効果測定レベル」による「IoT教育プログラム」の評価項目を示している。本研究では、「1. 反応レベル」の評価方法として、演習終了時に実施したアンケート調査を対応させ、「グループワーク」、「アイデアソンプート」、「ハッカソンプート」の各満足度を学生が4段階（「4. 満足」、「3. やや満足」、「2. やや不満」、「1. 不満」）で主観評価したものをを用いた。「2. 学習レベル」では、「意識を変える（意識）」、また「3. 行動変容レベル」では、「行動を起こしたいと思うこと（意欲）」を測定対象として、演習終了後に提出されたレポートを評価した。レポートは、「設問1.『アイデア』を『具体化』した『IoTシステム』の開発を通じて得た気づきを問う設問（200文字以内）」、「設問2. 開発した『IoTシステム』の『検証』を通じて得た気づきを問う設問（200文字以内）」、「設問3.『デザイン思考』のプロセスを実践し、『具体化』となる『IoTシステム』を開発、それを『検証』し、開発した『IoTシステム』を改善するなど、一連の『デザイン思考』のプロセスの実践を通じて得た気づきを問う設問（200文字以内）」、「設問4. 本授業に対する要望や意見などを問う設問（200文字以内）」の4つの設問から構成され、設問1から3の回答内容に対して、授業担当教員が4段階（「4. できている」、「3. ややできている」、「2. ややできていない」、「1. できていない」）で評価をおこなった。また今回は学生を対象とした演習であるため「3. 行動変容レベル」の「環境」と「報い」および「4. 成果レベル」は評価の対象外とした。

表5.3は「1. 反応レベル」に対する評価結果を示している。ハッカソンプートの満足度は3.05、標準偏差0.79でややばらつきが大きい結果となった。ハッカソンプートで用いたifLinkの評価に関しては「簡単なアプリ開発の経験が必要(N=1)」、「初心者プログラマーレベルのスキルが必要

表 5.5: 「3. 行動変容レベル」の評価結果 [N=15]

評価項目	平均値	標準偏差
「具体化」に対する実践意欲	3.8	0.29
「検証」に対する実践意欲	3.53	0.38
デザイン思考プロセスの実践意欲	3.87	0.12

(N=4)」という回答もあったが大半は、「一般の人でも使用することができる (N=14)」という回答だった。表 5.4 は「2. 学習レベル」に対する評価結果を示している。すべての項目で「実践による気づき」を得たことが示された。設問に対する回答として、「アイデアの具体化により、アイデアの良い点や改善点を発見し、アイデアの研鑽と修正ができる」、「自分たちがつくったものを評価することは改善点を見つけ、質を高める意義のある行為に感じた」という意見が寄せられた。表 5.5 は「3. 行動変容レベル」に対する評価結果を示している。すべての項目で実践意欲が喚起されたことを示す結果が示された。設問に対する回答として、「社会人で仕事をするときに必要なスキルであり、磨いて活かしたい」、「プロトタイプによる『具体化』はテーマが何になっても活かせる」、「アイデア検証するために ifLink 以外も用いて UI 設計をおこないたい」という意見が寄せられた。

本研究では、「非 IT 分野を専攻する学生」で構成されるすべてのチームが「具体化」となる「IoT システム」を複数開発した。またすべてのチームが開発した「IoT システム」を用いて「検証」をおこない、開発した「IoT システム」を改善できた。本研究では、開発された「IoT 教育プログラム」によって「非 IT 分野を専攻する学生」が、「デザイン思考」の「具体化」となる「IoT システム」を開発し、「具体化」に基づいた「検証」に取り組むための「場」や「機会」を得ていることを確認した。最終発表会のみ、審査員により「検証」がおこなわれたが、審査の結果はほぼ同じであった。また各チームの審査結果と演習後におこなったアンケート調査、演習後に提出されたレポートとの相関関係も認められなかった。

演習期間中は、チームの活動状況はコミュニケーションツールの Microsoft Teams で共有され、すべてのチームが演習のすべての成果物や他のチームの進捗状況を確認できる状況にあった。開発された「IoT システム」はすべて異なるものであったことから、他のチームのアイデアを真似して「IoT システム」を開発したチームはなかったが、チーム間で相互に刺激しあうことが、学習効果に影響を与えた可能性がある。

本教育プログラムでは、「デザイン思考」における「問題定義」や「アイデア創出」のために「エモグラフィ」や「アイデアスケッチ」、「プレスリリース作成」など様々なアイデアワークに取り組み、アイデアワークでは多くの成果物が生成された。本教育プログラムは、「デザイン思考」に基づいて「具体化」となる「IoT システム」を開発するとともに、その「検証」をおこなうことで一連の「デザイン思考」プロセスを実践するために必要なスキルや知識を獲得することと、「IoT システム」を開発するために必要な「具体化」に関するスキルや知識の獲得を目的に開発された

ため、アイデアワークに関する成果物の分析はおこなわなかった。「デザイン思考」プロセス全体を実践できるスキルや知識の獲得ができたかを評価する場合には、これらの成果物がその評価のための重要なエビデンスとなる可能性がある。「IoT 教育プログラム」が、「アイデアワーク」も含めた「デザイン思考」プロセス全体の実践に必要なスキルや知識の獲得をできるかについても検討すべく生成された成果物を含めた評価をおこないたいと考えている。

5.2.7 本節のまとめ

本節では、株式会社リコーと香川大学が共同開発した「IoT 教育プログラム」を香川大学創造工学部創造工学科造形・メディアデザインコースの「サービス・イノベーション創造演習」で実践し、その効果について述べた。本研究で開発された「IoT 教育プログラム」によって「非 IT 分野を専攻する学生」が、「デザイン思考」の「具体化」となる「IoT システム」を開発し、「具体化」に基づいた「検証」に取り組めることが、香川大学の実践から明らかになった。また「カーク・パトリックの効果測定レベル」の「1. 反応レベル」、「2. 学習レベル」、「3. 行動変容レベル」に対する評価結果から、「IoT 教育プログラム」には「意識を変える」効果が確認できたが、「3. 行動変容レベル」に関して、実際に「行動変容」が促されたかどうかについては測定することができなかった。今後、実際に「行動変容」が促されたかどうかを確認する実践をおこなう予定である。

「サービス・イノベーション創造演習」は必修科目ではなく、後期の集中講義の選択科目として開講された。そのため、受講しなくても卒業単位は取得できるため、IT に対する関心が高い学生が受講したことが想定されるが、その点について本研究では分析することはできなかった。また今回の実践に参加したすべての学生は、香川大学の「デザイン思考」教育を受けている。本研究では、「デザイン思考」教育の成果がうまく作用した可能性がある。今後「IoT 教育プログラム」実施に必要な前提となる「IT 知識」や「デザイン思考」のスキルや知識についても、検討をおこなう予定である。

審査員から「課題がタイムリーで良い。さらに工夫を加えることで実用化できる可能性がある」とコメントが寄せられたチームには「IT 分野を専攻する学生」が参加していた。後日実施したこの学生に対するインタビュー調査から、自身がクラウド技術を活用することで「IoT システム」の実用性を高める方法を提案したことがわかった。この結果から本研究では、「IT 分野を専攻する学生」をチームに参加させることにより、開発できる「IoT システム」の範囲を広げ、より高い学習効果が期待できる可能性が示された。「IT 分野を専攻する大学院生」を各チームにメンターとして参加させるなどの取り組みについて、現在検討を進めている。

「IoT 教育プログラム」では、「アイデアソンプート」で用いる手法として、一般的なアイデア創出手法を用いた。また「ハッカソンプート」で用いた ifLink は、「IoT システム」の開発手段として採用したものであり、「非 IT 分野を専攻する学生」に対して、他の「IoT システム」を開発する手段がある場合には、「具体化」の手段は ifLink に限定されるものではない。従って、「IoT 教育

プログラム」は、他大学への展開も可能であるが、香川大学と同様に「デザイン思考」教育を実施している大学では、「IoT システム」を設計、開発する「場」や「機会」を創出するという点において、高い教育効果が期待できる。

5.2.5 項で示した「ハッカソンパート 1」で「具体化」されたプロテインシェーカを模したペットボトルに「加速度センサ」を取り付け、ペットボトルを振ると「加速度センサ」が反応して、「音声合成ソフトウェア」がトレーニングを褒める音声メッセージ（「相変わらずかっこいいね」）を通知する IoT システムは、デザイン思考に基づき、「アイデアソンパート」でアイデアを創出し、「ハッカソンパート」で「具体化」された事例として ifLink オープンコミュニティでも「斬新な IoT システム」として紹介された。

「IoT 教育プログラム」は、プログラミングの知識がなくても「IoT システム」の「具体化」および「検証」に取り組むことを目指したため、デバイスメーカーが提供している「IF モジュール」と「THEN モジュール」のみで「IoT システム」を開発している。そのため、開発できる「IoT システム」の範囲が限定された。学生からは、「IF モジュール」として存在しない、「どこを見ているかわかるセンサがほしい」という要望が寄せられた。寄せられた要望については、ifLink オープンコミュニティ、および同コミュニティに参画するデバイスベンダにも共有された。ifLink オープンコミュニティには、2021 年 12 月時点で 133 社が参加しており、利用可能な「IoT デバイス」と「モジュール」は徐々に増えている。今後、増加した「IoT デバイス」と「モジュール」にも対応させ、教育プログラムを拡充させたい。

5.3 産学連携による大学 DX 推進共創活動を用いた社会人リスキリング

5.3.1 本研究の目的

株式会社リコーは、「製造業からデジタルサービス会社への変革」を目指し、既存事業領域の強化に加え、ユーザの環境変化に追従したタイムリーな商品提供を実現する「企画開発手法への転換」と「新規事業の創出」を目指している。「企画開発手法への転換」では、「デザイン思考」[30]などの「人間中心」の価値提供手法を用いること、「新規事業の創出」では、「リーン・スタートアップ」[9]などの手法を用いることを求めており、株式会社リコーではそれら能力を獲得した人材の育成が急務となっている。

「リスキリング (Reskilling)」とは、「新しい職業に就くために、あるいは、今の職業で必要とされるスキルの大幅な変化に適応するために、必要なスキルを獲得すること、若しくはさせること」とされ、ビジネスモデルや事業戦略の変化へ対応する人材戦略の一つである [12]。リスキリングには、「1. 共通の目的」、「2. 孤立させない」、「3. 互いに学ぶ」、「4. 社外での学習環境整備」、「5. 大学との連携」の 5 つの要素が必要であることも示された [13]。

香川大学と株式会社リコーは、産学連携により大学 DX を推進する共創活動（以下、大学 DX 推進共創活動とよぶ）を実施している。大学 DX 推進共創活動では、株式会社リコーの技術系社員と香川大学の教職員、学生により、香川大学の大学 DX 推進に資する様々な取り組み（業務 UX 調査、業務改善アイデアソン、業務システム開発ハンズオン、業務システム内製開発）[42, 57]がおこなわれており、株式会社リコーの技術系社員のリスキリングの「場」や「機会」に位置づけられる。大学 DX 推進共創活動は、「デザイン思考」に基づいて「人間中心（大学のユーザである教員や職員、学生）」の価値の実現を目指す仮説を立てるだけでなく、仮説をユーザ（教員、職員、学生）と共創で「検証」することを目指し、「デザイン思考」と「リーン・スタートアップ」を組み合わせて実施されている。「デザイン思考」や「リーン・スタートアップ」の取り組みはユーザの存在が必要になるだけでなく、ユーザとの共創により価値が定義されることから、それらに必要な技能の獲得は、企業内の On the Job Training (OJT) では困難であった。大学 DX 推進共創活動では、それら必要な技能の獲得を目指している。

本節では、香川大学と株式会社リコーの産学連携による大学 DX 推進共創活動を用いた社会人リスキリングの実践について述べるとともに、その効果について論じる。5.3.2 項では、関連研究について述べる。5.3.3 項では、大学 DX 推進共創活動における「社会人リスキリング」の設計について述べる。5.3.4 項では、大学 DX 推進共創活動による「社会人リスキリング」の実践について述べる。5.3.5 項では、考察を述べる。5.3.6 項では、まとめを述べる。

*5.3 節は、「日本工学教育協会 第 70 回年次大会・工学教育研究講演会（2022 年度）」で発表した「産学連携による大学 DX 推進共創活動を用いた社会人リスキリング」[96]を発展させたものである。

5.3.2 関連研究

平野ら [62] は、「製品やサービス開発において、社会的な意味合いを共通項として価値観を共有する共創のプロセスが開発の現場において必要である」ことを述べている。また、「真に利用者にとって価値のある製品や社会課題の解決に近づけるイノベーション創出のためには、社会と企業、企業同士、利用者（個人）と企業といった立場を超えた枠組みで取り組む必要があり、共創には、需要や問題点や課題が明確なときの解決方法と異なり、価値観や問題点、課題が不明瞭な場合、デザイン思考による『共感』や、対話を通じた価値の共有が重要である」とも述べている。

2018年に設置された香川大学創造工学部では、時代の変化を捉え、社会や人々のニーズにフィットしたイノベーションを創出する人材育成を目指し、「デザイン思考」能力育成にむけた様々な教育プログラムを展開している。香川大学の提唱する「デザイン思考」は、「1. ユーザ中心に物事を考え」、「2. チームメンバーやユーザとのコミュニケーションを重視」し、「3. 試作、テスト、改善を繰り返す」とともに、「4. 問題解決の方法は1つではなくてよい」を基本的な考え方とし、「共感」、「問題定義」、「アイデア創出」、「具体化」、「検証」の5つの段階から構成される。「デザイン思考」は新しい価値を生み出すための必要な概念として注目されており、多くの企業が「デザイン思考」に基づく取り組みを実施している。

リーン・スタートアップ [9] は、デジタル技術を活用して、不確実性の高い状況で事業を創出するための方法論として提案された。リーン・スタートアップでは実用最小限の製品（Minimum Viable Product:MVP）を開発する。実用最小限の製品を顧客に提供することで「構築（Build）-計測（Measure）-学習（Learn）」のサイクルを経て、ユーザとの共創による「検証」から価値を定義する。

情報通信技術の発展により、高度なプログラミング知識がなくてもシステムやソフトウェアが開発できる「ローコード、ノーコードツール」によるエンドユーザコンピューティング（End-User Computing:EUC） [5] が注目されている。「ローコード、ノーコードツール」はシステムやソフトウェアの開発に対して「ニーズの曖昧さ」、「短期間で変化する要求」に対応するための手段として、DX推進での活用も紹介されている [6]。また「ローコード、ノーコードツール」による開発は、開発工数を大幅に削減し、MVPの「検証」までの時間短縮が見込めることから、MVPを特定したシステムやソフトウェアの開発に有効であるとの報告 [7] も存在する。

「デジタル・トランスフォーメーション（DX）推進に向けた企業とIT人材の実態調査」 [54] では、DX推進組織の設置形態として、IT部門にDX推進組織を設置する「IT部門拡張型」、事業部門、もしくは独立した組織としてDX推進組織を設置する「事業部門拡張型」が示され、IT部門にDX推進組織を設置する「IT部門拡張型」では、ITの積極的な活用が期待できると述べている。また、DX推進の形態として、DX推進部門が主導する「主導型」、DX推進部門が実現可能性を検証し事業の道筋が見えた段階で、事業部門に移行させる「移行型」、DX推進部門と事業部門が伴走する「伴走型」の3つが示され、「組織や機能の狙いに基づき、組織体制のパターン

表 5.6: 大学 DX 推進共創活動の場で獲得が期待できる「想定スキル」

スキル領域	リーン・スタートアップ	デザイン思考	想定獲得スキル
スキル領域 a	構築	共感, 問題定義, アイデア創出	人間中心の価値による MVP 特定
スキル領域 b	構築	具体化	ローコード, ノーコードツールを活用した開発技法
スキル領域 c	計測	検証	データ分析 (BI ツール)
スキル領域 d	計測	検証	客観データの評価, 仮説の検証
スキル領域 e	学習		MVP から「気づき」や「新たな方向づけ」

を決定する」必要があることが述べられた。

5.3.3 「社会人リスキリング」の設計

本研究では、大学 DX 推進共創活動を「社会人のリスキリング」環境であると定め、「1. MVP として、『人間中心の価値』を定義するスキルを獲得させる」、「2. システムから得られるデータを軸に分析をおこなうスキルを獲得させる」、「3. 検証による『新たな気づき』、『新たな方向づけ』に関するスキルを獲得させる」の 3 つの指針を立てた。また、「獲得させたい」5 つのスキルを株式会社リコーで独自に定め、対応づけた (表 5.6)。表 5.6 は、「獲得させたい」5 つのスキルと、「デザイン思考」、「リーン・スタートアップ」の各プロセスとの関係を示している。スキル領域 a は、「人間中心の価値による MVP 特定」を、「デザイン思考」の「共感, 問題定義, アイデア創出」を中心にしておこなう「アイデア創出」に関するスキルを相当させた。スキル領域 b は、「ローコード, ノーコードツール」を活用し、「人間中心の価値」を MVP として短期間で開発をおこなうためのスキルに相当し、本研究では、「ローコード, ノーコードツール」として、Microsoft Power Platform[37] を用いることとした。スキル領域 c, d は、開発したシステムから取得すべきデータの設計、および、主に BI ツール [40] 等を活用したデータ分析、取得されたデータから客観的な評価、仮説の検証をおこなうスキルに相当させた。スキル領域 e は、「人間中心の価値による MVP」から事業性を加味しながら「気づき」や「新たな方向づけ」を導くためのスキルを相当させた。これら 5 つのスキルは、情報システムのセキュリティ方針等で「ローコード, ノーコードツール」や BI ツールの利用が制限されている環境では、OJT による技能の獲得や、業務での実践が困難なものが多い。そのため、大学 DX 推進共創活動のようなユーザとの共創ができる実践的な活動の「場」や「機会」が求められている。

大学 DX 推進共創活動を「社会人のリスキリング」の場として活用すべく、3 つの指針に基づき、「スキル領域」を定義し、その領域ごとの効果を測定した。

5.3.4 「社会人リスキリング」の実践

香川大学では、2021年5月にデジタル技術の積極的な活用を目指し、IT部門である情報メディアセンターにDX推進組織を設置した。香川大学のDX推進は組織体制として、情報システム部門にDX組織を設置する「IT部門推進型」とし、DX推進の形態は「DX組織が前半に技術面で伴奏し、徐々に事業部門主導に移行する伴走型」を採用[54]することでITの積極的な活用を図り、事業部門との連携により全学的な取り組みを目指した。「デジタル・トランスフォーメーション推進人材の機能と役割のあり方に関する調査」[55]では、7種類のDX推進人材（プロダクトマネージャ、ビジネスマネージャ、テックリード、データサイエンティスト、先端技術エンジニア、UI/UXエンジニア、エンジニア/プログラマ）を定義している。香川大学では同調査に基づいて、香川大学内のDXを推進する7種類のDX推進人材（DX推進マネージャ、DXデザイナー、テックリード、データサイエンティスト、先端技術エンジニア、UI/UXエンジニア、エンジニア/プログラマ）と役割を定義し、これらDX推進人材の確保に努めた。

DX推進マネージャは、DXの実現を主導するリーダーを担う人材、DXデザイナーは、DXに関する企画・立案・推進等を担う人材と定義した。香川大学では、DX推進人材として規定されたDX推進マネージャの役割を担う最高デジタル統括責任者（Chief Digital Officer）を新たに設け、学内から必要な人材を併任として確保するとともに、事務部門に情報部情報企画グループを新たに設置し、DXデザイナーとなる人材を配置した。DX推進マネージャは、創造工学部創造工学科情報システム・セキュリティコースに所属し、ソフトウェア工学、情報システム工学、特にシステム設計を専門とする教員を併任で招聘した。DXデザイナーは、事務部門に情報部情報企画グループを新たに設置し、システムエンジニアの勤務経験と、人事、総務、会計など、大学の業務経験を有する職員を配置した。テックリードは、AIやクラウド技術などの最新技術を用いたシステム設計から実装ができる人材、先端技術エンジニアには機械学習、ブロックチェーンなどの先進的なデジタル技術を担う人材と定義した。香川大学では、DX推進人材として規定されたテックリード、先端技術エンジニアを担う人材として、株式会社リコーから特命教授、特命准教授を新たに招聘した。データサイエンティストは、事業、業務に精通したデータ解析・分析ができる人材、UI/UXエンジニアは、DXに関するシステムのユーザ向けデザインを担当する人材と定義した。香川大学では、データサイエンティストとUI/UXエンジニアは、それぞれの分野を専門とする香川大学創造工学部の教員を情報メディアセンター併任とした。エンジニア/プログラマは、情報技術を学ぶ学生（香川大学大学院工学研究科信頼性情報システム工学専攻、香川大学創造工学部創造工学科情報システム・セキュリティコース）の中から必要なスキルを有する学生と、株式会社リコーから客員研究員として招聘された技術系社員7名（中堅ソフトウェア技術者2名、中堅機械系技術者1名、若手ソフトウェア技術者4名）から構成される。本研究では株式会社リコーの客員研究員をリスキリング対象者とした。招聘された主目的である「エンジニア/プログラマ」として参画するだけでなく「DXプロジェクト」の活動を通じて「DXデザイナー、データサイエ

案件No. 6	システム名	欠席届申請システム
現在の状況	<ul style="list-style-type: none"> ■ 手書きの申請書に必要な事項を記載し、授業担当教員、担当CAに証明書類（診断書等）と併せて提出 ■ 担当CAの承認を得て、各種書類を授業担当教員へ提出する形式 ■ 提出された書類を各授業担当教員で管理 	
誰が困っている	学務係担当者、授業担当教員、担当CA、申請者（学生）	
何に困っている	<ul style="list-style-type: none"> ■ 申請書が手書きで作成者の負荷が高く、授業担当教員、担当CAにも連絡を取り、直接確認を取らなければいけない ■ 証明書類が診断書など、個人情報の管理にも注意が必要 ■ 複数教員が担当する科目などでは誰が管理するかの把握が困難 ■ 学務係で申請状況、申請結果の確認が取れない 	
解決方法	<ul style="list-style-type: none"> ■ 申請フォームから申請を受付、授業担当教員、担当CA宛に送信されるシステム ■ 申請内容から申請結果までをデータベース上で一括管理 ■ 申請結果については、申請者にメールにて結果が通知される 	
効果(KPI)	学務係のチェック時間の短縮 授業担当教員、担当CAの対応時間の削減 申請学生者の申請書の作成時間の大幅な短縮。※紙だと1～2日かかっていた	

図 5.27: 「DX プロジェクトチーム」が分析に用いる「案件シート」の例

ンティスト、UI/UX エンジニア」に必要なスキルの獲得も目指した。香川大学情報メディアセンターは、DX 推進人材で構成される「DX ラボ」と「DX プロジェクトチーム」も組織した。2021年10月時点で6つのプロジェクトチーム（就職・学生支援DX，研究支援DX，学務関係DX，給与福利DX，知財管理DX，旅費関係DX）が立ち上がっている。

「DX プロジェクトチーム」では事業部門の職員とDX ラボのメンバーが共同で「デザイン思考」の「共感，問題定義，アイデア創出」に関する手法 [57] を用いて MVP の特定をおこなう（表 5.6: スキル領域 a）。特定された MVP は「テックリード，先端技術エンジニア，UI/UX エンジニア，エンジニア/プログラマ」を中心として Microsoft Power Platform により業務システムの内製開発をおこなう（表 5.6: スキル領域 b）。開発された業務システムは、運用先である事業部門において実証実験（表 5.6: スキル領域 c）がおこなわれ、実証実験から得られた新たな課題は「データサイエンティスト」が中心となり「DX プロジェクトチーム」で分析（表 5.6: スキル領域 d）される。新たに発見された課題を次バージョンの業務システムとして開発する方針は「DX 推進マネージャ，DX デザイナ」を中心に方向性を決定する（表 5.6: スキル領域 e）。このとき「DX 推進マネージャ，DX デザイナ」が決定する開発方針は常に開発の継続が保証されるものではない。「DX ラボ」が定めた「プロジェクトルール」と、事業性の2つの観点から（表 5.6: スキル領域 e）、「追加開発の実行」もしくは「追加開発の保留」「方向性の見直し」「プロジェクトの中止」が判断される場合もある。これらの活動内容は「案件シート（図 5.27）」に記録され、反復開発を通じて適宜更新される。

図 5.27 は、「DX プロジェクトチーム」が業務システム内製開発の際に、分析と定義に用いる「案件シート」を示している。「案件シート」は、リーン・スタートアップの考えに基づき作成される。「現在の状況」には「DX プロジェクト」を実施する前の現状を記載する。「誰が困っている」

には、想定ユーザに関する内容を記載する。1つのシステムに対して複数のユーザが異なる困りごとを抱えている場合には、複数の想定ユーザを記載する。「何に困っている」には、想定ユーザの困りごとに関する内容を記載する。「解決方法」には、システムでの解決方法に関する内容を記載する。「効果 (KPI)」には、「構築 (Build) -計測 (Measure) -学習 (Learn)」における「計測 (Measure)」に関する内容を記載する。この「案件シート」はプロジェクトの進行に合わせて適宜更新される。また初期段階で記載した内容も見直しをおこない「違う方向性になってよい」としている。

5.3.5 考察

本研究では、大学 DX 推進共創活動が、「デザイン思考」や、「リーン・スタートアップ」を実践し、「社会人のリスクリング」の「場」や「機会」を創出しているとし、その効果を測定する目的で「カーク・パトリックの効果測定レベル」[93]を用いた。「カーク・パトリックの効果測定レベル」は『1. 反応レベル』、『2. 学習レベル』、『3. 行動変容レベル』、『4. 成果レベル』に分類される。「カーク・パトリックの効果測定レベル」は、『1. 反応レベル』で、アンケート等により学習者の教育プログラムに対する満足度を測定する、『2. 学習レベル』で、『意識を変える (意識)』、『知識を増やす (知識)』、『スキルを向上させる (スキル)』のうち、一つ以上が必要であり、具体的な目標設定をおこなう、『3. 行動変容レベル』で、教育後の『行動を起こしたいと思うこと (意欲)』、『何をすべきか、どうやってすべきか知っている (方策)』、『行動を起こす環境が適切である (環境)』、『起こした行動が報われること (報い)』を測定する、『4. 成果レベル』は、組織に対する学習の効果を測定する』ことが示されている。

本研究では、大学 DX 推進共創活動に参加した株式会社リコーの技術系社員に対して、2回の調査を実施した。2022年3月末に5名(特命准教授1名, 客員研究員4名), 2022年8月末に7名(特命准教授1名, 客員研究員6名)を対象とし、それぞれ「1. 反応レベル」には、大学 DX 推進共創活動への参加に対する満足度を対応させた。「2. 学習レベル」には、「意識が変わったか (意識)」、「内容を理解したか (知識)」、「実践できたか (スキル)」を問う設問。「3. 行動変容レベル」には、実務での「実践意欲」、「実践計画」、「実践課題の認識」を問う設問、「4. 成果レベル」では、実務での「実務での実践」、「他者への指導、伝搬」を問う設問を対応させ、表 5.6 で示した5つのスキル領域ごとの効果を「カーク・パトリックの効果測定レベル」により測定した。「1. 反応レベル」の評価基準は「4. 満足」、「3. やや満足」、「2. やや不満」、「1. 不満」の4段階とし、「2. 学習レベル」、「3. 行動変容レベル」、「4. 成果レベル」の評価基準は「4. できている」、「3. ややできている」、「2. ややできていない」、「1. できていない」の4段階とした。

表 5.7 は、スキル領域 a に対する測定結果を示している。1回目と2回目の測定結果から、「1. 反応レベル」の「満足度」、「2. 学習レベル」の「知識」、「3. 行動変容レベル」の「実践計画」、「4. 成果レベル」の「実務での実践」の値が1回目と比較して、2回目の方が高くなっている(*1)。

表 5.7: スキル領域 a の測定結果

レベル	評価内容	1 回目 (N=5)		2 回目 (N=7)	
		平均	標準偏差	平均	標準偏差
1. 反応レベル	満足度	3.6	0.24	3.86 ^{*1}	0.12
2. 学習レベル	意識	4.0	0	3.6	0.12
	知識	3.2	0.16	4.0 ^{*1}	0
	スキル	3.8	0.16	3.71	0.2
3. 行動変容レベル	実践意欲	4.0	0	3.71	0.12
	実践計画	3.4	0.24	3.8 ^{*1}	0.78
	実践課題の認識	3.2	0.16	2.85	0.12
4. 成果レベル	実務での実践	2.6	0.24	3.0 ^{*1}	1.14 ^{*2}
	他者への指導, 伝搬	3.2	0.16	2.85	0.4

表 5.8: スキル領域 b の測定結果

レベル	評価内容	1 回目 (N=5)		2 回目 (N=7)	
		平均	標準偏差	平均	標準偏差
1. 反応レベル	満足度	3.6	0.24	3.85 ^{*3}	0.12
2. 学習レベル	意識	4.0	0	3.86	0.12
	知識	3.4	0.24	3.86 ^{*3}	0.12
	スキル	設問なし			
3. 行動変容レベル	実践意欲	3.6	0.24	3.86 ^{*3}	0.12
	実践計画	2.8	0.56	2.71	0.7
	実践課題の認識	3.4	0.24	3.86 ^{*3}	0.12
4. 成果レベル	実務での実践	3.0	1.2	2.57	1.1 ^{*4}
	他者への指導, 伝搬	3.2	0.16	3.28 ^{*3}	0.49

しかし、「4. 成果レベル」の「実務での実践」に対する標準偏差が 1.14^(*2) と大きく、実務での実践に関しては、「できている」と感じる社員と、「できていない」と感じる社員のばらつきが多いことを示している。「学んだことを実践するための阻害要因」を問う設問では、「発言等をしづらい環境である。DX ラボ活動では感じない。その差を埋めることで実践しやすい環境になる」(1 回目)、「デザイン思考の考え方が社内教育となっていないため、言葉だけで理解しているつもりの人と意見が合わない。教育や啓蒙の場がない」(2 回目)などのコメントが寄せられた。

表 5.8 は、スキル領域 b に対する測定結果を示している。1 回目と 2 回目の測定結果から、「1. 反応レベル」の「満足度」、「2. 学習レベル」の「知識」、「3. 行動変容レベル」の「実践課題の認識」、「4. 成果レベル」の「他者への指導, 伝搬」の値が 1 回目と比較して、2 回目の方が高くなっている^(*3)。しかし、「4. 成果レベル」の「実務での実践」に対する標準偏差が 1.1^(*4) と大きく、スキル領域 a と同様の傾向を示している。「学んだことを実践するための阻害要因」を問う設問では、「社内の Power Platform 利用のための権限がない」(1 回目)、「所属メンバー全員が、ある程度は道具 (ローコード, ノーコード開発) に対する理解を得ることが必要」(1 回目)、「Microsoft Power Platform 特有の使い方や制約が難しく、Teams や Excel などの使い慣れたアプリを利用してしまう」(2 回目)などのコメントが寄せられた。

表 5.9: スキル領域 c,d の測定結果

レベル	評価内容	1 回目 (N=5)		2 回目 (N=7)	
		平均	標準偏差	平均	標準偏差
1. 反応レベル	満足度	3.6	0.24	3.8 ^{*5}	0.12
2. 学習レベル	意識	4.0	0	4.0	0
	知識	3.0	0.4	3.42 ^{*5}	0.24
	スキル	2.6	0.64	3.29 ^{*5}	0.49
3. 行動変容レベル	実践意欲	3.6	0.24	3.86 ^{*5}	0.12
	実践計画	2.2	0.56	2.29 ^{*5}	0.78
	実践課題の認識	2.4	0.24	2.71 ^{*5}	0.49
4. 成果レベル	実務での実践	2.4	1.04	2.28	1.06 ^{*6}
	他者への指導, 伝搬	2.6	0.24	2.42	0.53

表 5.10: スキル領域 e の測定結果

レベル	評価内容	1 回目 (N=5)		2 回目 (N=7)	
		平均	標準偏差	平均	標準偏差
1. 反応レベル	満足度	設問なし			
2. 学習レベル	意識	3.4	0.24	3.71 ^{*7}	0.2
	知識	3.4	0.24	3.4	0.53
	スキル	設問なし			
3. 行動変容レベル	実践意欲	4.0	0	4.0	0
	実践計画	2.8	0.96	3.0 ^{*7}	1.14 ^{*8}
	実践課題の認識	3.2	0.56	2.57	0.53
4. 成果レベル	実務での実践	3.2	0.56	2.57	0.82
	他者への指導, 伝搬	2.6	0.64	3.0 ^{*7}	0.29

表 5.9 は、スキル領域 c,d に対する測定結果を示している。1 回目と 2 回目の測定結果から、「1. 反応レベル」の「満足度」、「2. 学習レベル」の「知識, スキル」、「3. 行動変容レベル」の「実践意欲」、「実践計画」、「実践課題の認識」の値が 1 回目と比較して、2 回目の方が高くなっている^(*5)。しかし、「4. 成果レベル」の「実務での実践」に対する標準偏差が 1.06^(*6) と大きく、スキル領域 a, スキル領域 b と同様の傾向を示している。スキル領域 c,d に関しては、1 回目の調査 (2022/3 末) の結果を受けて、「DX ラボ」の体制を「データ分析」の機会創出を狙い、データ分析環境を強化した。2 回目の調査は、この対策を受けて改善の傾向を示している。「学んだことを実践するための阻害要因」を問う設問では、「実務環境では検証環境を見つけることが難しい」(1 回目)、「課題設定が自分で出来ていない」(2 回目) などのコメントが寄せられた。

表 5.10 は、スキル領域 e に対する測定結果を示している。1 回目と 2 回目の測定結果から、「2. 学習レベル」の「意識」、「3. 行動変容レベル」の「実践計画」、「4. 成果レベル」の「他者への指導, 伝搬」の値が 1 回目と比較して、2 回目の方が高くなっている^(*7)。しかし、「3. 行動変容レベル」の「実践計画」に対する標準偏差が 1.14^(*8) と大きく、改善傾向は示しているが、一方でばらつきも多いことがわかった。「学んだことを実践するための阻害要因」を問う設問では、「正

しく実践できている人が少なく、理解が得られにくい」(1回目),「データ駆動のためには多くのデータを取るための環境が必要だがそうはなっておらず少ないデータで検証するしかない」(2回目)などのコメントが寄せられた。

フリーコメントでは、「大学 DX 推進共創活動を通じて、DX に必要な思考や実践方法について学ぶことができた。今後は自業務においても DX を活用したお客様の課題解決を実践していきたい」(1回目),「普段よりも現場に近い開発ができ、非常に満足している」(1回目),「リスクリングの必要性を実体験できる環境」(1回目),「キャリア形成において、良いきっかけとなった。自社及び社会全体においても同じような活動や風土が生まれて欲しい」(2回目)などのコメントが寄せられた。大学 DX 推進共創活動に参加した株式会社リコーの技術系社員からは「企画仕様通りに作ってもユーザのほしいものとは限らない」、「ユーザと共創しながら人間中心の価値を考へてものづくりをする」、「社内 OJT では得られないリスクリングの効果があつた」などのコメントも寄せられた。また「大学 DX 推進共創活動が、リスクリングの機能を有しているか」を問う設問には、1回目の調査で、N=4(できている), N=1(ややできている), 2回目の調査で、N=6(できている), N=1(ややできている)との回答がなされ、「4. 成果レベル」の調査で示すように、実務環境で学んだことを実践するための課題はあるものの、大学 DX 推進共創活動自体は、高い満足度とリスクリングの実感を参加者に与えており、一定の効果があることが明らかとなった。

5.3.6 本節のまとめ

本節では産学連携による大学 DX 推進共創活動を用いた社会人リスクリングについて述べた。大学 DX 推進共創活動は、「デザイン思考」と「リーン・スタートアップ」を組み合わせ実施され、株式会社リコーの技術系社員のリスクリングの「場」や「機会」にも位置づけられる。また「カーク・パトリックの効果測定レベル」を用いて、大学 DX 推進共創活動の3つの指針に基づき設定された5つのスキル領域を評価したところ、実務環境での実践に対する課題があるものの、大学 DX 推進共創活動自体は、高い満足度とリスクリングの実感を参加者に与えていることが明らかになり、リスクリングに必要な5つの要素「1. 共通の目的」、「2. 孤立させない」、「3. 互いに学ぶ」、「4. 社外での学習環境整備」、「5. 大学との連携」を含むことが明らかになった。

第 6 章

まとめ

本章では、本論文の統括、産業における貢献、および今後の展望について述べる。

6.1 本論文の統括

本論文では、ユーザ主導開発における技術の提供方法、デザイン思考やリーン・スタートアップを組み合わせ、ユーザ主導でユーザが本当に必要な情報システムを設計・開発する手法について述べた。また、ユーザ主導で情報システムを設計・開発するためのスキルを獲得する取り組みについても述べた。

「プリンタ制御プラットフォーム『DeviceTags』」(2章)では、プリンタ制御に関する専門的な知識をほぼ必要とせずに複合機・プリンタを用いた情報システムを開発できる「プリンタ制御プラットフォーム『DeviceTags』」について述べた。「DeviceTags」は、印刷システムの開発工数を削減するとともに、印刷システム開発の敷居を下げる効果があり、プリンタメーカーの開発者ではないシステムベンダやユーザでも印刷システムを開発できることから、大量生産品であるプリンタを「マス・カスタマイゼーション」させ、小規模多品種の市場における製品開発に貢献できる可能性を有している。よって、ユーザ企業においてベンダ企業が開発した技術を活用した効率的なカスタマイズを実現させるための技術を明らかにしている。

「香川大学型業務システム内製モデル」(3章)では、「ローコード、ノーコードツール」を用いた EUC による業務システムの内製を主たる対象とし、「ビジネスレベル」、「ソフトウェアレベル」、「検証レベル」の3段階アプローチを経て、「デザイン思考」と「リーン・スタートアップ」を組み合わせ、情報部門と事業部門の「共創」により「人間中心」の価値の実現に対する「仮説」や MVP を特定する「香川大学型業務システム内製モデル」について述べた。「香川大学型業務システム内製モデル」は、アジャイル開発のイテレーティブモデル [31] をベースとしており、開発は段階的におこなわれ、ユーザ企業の課題として挙げられた「ベンダ企業に要件定義を丸投げ」、「要

件定義が不明瞭なまま開発を始める」の課題を「デザイン思考」に基づいて「人間中心」の価値と、「リーン・スタートアップ」に基づいた事業性の検証により、ユーザ企業自身が「自らが本当に必要とする情報システム」の要件を明らかにする設計法を提案している。

「内製モデルに基づく開発事例」(4章)では、「香川大学における DX の取り組み」(4.1 節)、「アイデア創出と要件抽出の取り組み」(4.2 節)、『香川大学型業務システム内製モデル』による『出退勤記録システム』の開発」(4.3 節)、『休暇申請システム』の開発」4.4 節について述べた。「香川大学における DX の取り組み」(4.1 節)では、香川大学における DX の取り組みとして、香川大学の DX 推進戦略「デジタル ONE 戦略」および、DX 推進体制について述べた。香川大学における DX の取り組みは、「単なるシステム導入による IT 化やデジタル化とは別物」である DX の概念に沿って、「デザイン思考」や「共創」に基づいた活動であり、自身の技術者としての能力向上に貢献するだけでなく、知識として獲得していた「デザイン思考」や「共創」の実践活動の場としても機能させる方法を明らかにしている。「アイデア創出と要件抽出の取り組み」(4.2 節)では、アイデア創出と要件抽出の取り組みとして、香川大学で実施した業務 UX 調査、業務改善アイデアソンについて述べた。これらの設計法は、ユーザ企業の課題である「ベンダ企業に要件定義を丸投げ」、「要件定義が不明瞭なまま開発を始める」などの現状に対して、ユーザ企業自身が、情報システムの要件を明らかにするための設計法を提案している。「香川大学型業務システム内製モデル」による『出退勤記録システム』の開発」(4.3 節)では、「香川大学型業務システム内製モデル」により内製された「出退勤記録システム」について述べた。「香川大学型業務システム内製モデル」に基づいて業務システムを内製した大学職員に対するインタビュー調査の結果から、意味的ギャップや粒度的ギャップの低減に対しても一定の有効性があることを明らかにしている。「『休暇申請システム』の開発」(4.4 節)では、休暇の主体的な取得を促す「休暇申請システム」の内製について述べた。「休暇申請システム」は、これまで部局の庶務担当がおこなっていた休暇申請に伴う決裁書類の作成などの事務作業を自動化する機能を備え、かつ「デザイン思考」や、ゲーミフィケーションを活用することで、主体的な休暇の取得を促す機能の設計法を明らかにしている。

「ユーザ主導により情報システムを開発するためのスキルを獲得する取り組み」(5章)では、「業務システム内製開発ハンズオン」(5.1 節)、「非 IT 分野を専攻する学生を対象とした『IoT デザイン教育プログラム』」(5.2 節)、「産学連携による大学 DX 推進共創活動を用いた社会人リスキリング」(5.3 節)について述べた。「業務システム内製開発ハンズオン」(5.1 節)では、「ローコード、ノーコードツール」により業務システムを内製するための初歩的なスキルと、自身の DX 推進の機運を高めることを目的とした「業務システム内製開発ハンズオン(初級編)」について述べた。「業務システム内製開発ハンズオン(初級編)」は、「デザイン思考」、「リーン・スタートアップ」などの手法や、「ローコード、ノーコードツール」の活用など、既存業務の延長上で習得や実践が困難な「新たなスキルの獲得」に対して、一過性ではなく、継続的に、かつ全社を対象に、勉強会や啓発のための研修をおこなう方法を明らかにしている。「非 IT 分野を専攻する学生を対象と

した『IoT デザイン教育プログラム』（5.2節）では、非IT分野を専攻する学生でも「デザイン思考」によるIoTシステムの開発を可能とし「アイデア創出」から「具体化」の実現を支援する仕組みとして「IoT教育プログラム」の実践について述べた。「IoT教育プログラム」は、ユーザーが潜在的に求めている価値等を追求することで得られた抽象的なアイデアから、実現可能なプランに落とし込み、全く新しい価値を生み出すデザイン思考プロセスの実践方法を明らかにしている。「産学連携による大学DX推進共創活動を用いた社会人リスクリング」（5.3節）では、「デザイン思考」と「リーン・スタートアップ」を組み合わせ実施された大学DX推進共創活動について述べた。大学DX推進共創活動は、リスクリングに求められる「1. 共通の目的」、「2. 孤立させない」、「3. 互いに学ぶ」、「4. 社外での学習環境整備」、「5. 大学との連携」の5つの要素が含まれていることが示唆され、リスクリングに対する「場」や「機会」の創出方法を明らかにしている。

6.2 産業における本論文の貢献

「サブスクリプション」を実現するための環境整備（開発手法、人材の育成）方法の提示

「ハードウェアの売り切りモデル」を中心として市場拡大、成長してきた製造業は、「1. 製造事業そのものでは差別化が難しくなっている」、「2. ICT技術が大きく進化してきている」、「3. 顧客はハードウェアの性能そのものではなく、購入前、購入後の顧客体験（Customer Experience: CX）を重視している」の3つの大きな変化に対応する必要がある。「ハードウェアの売り切りモデルは、ハードウェアの品質のみでは十分な差別化が図れず、限界にきており、リカーリングビジネスへの転換が必要」との見解が示された[97]。「リカーリング」とは、「繰り返される」、「循環する」の意味を持ち、「顧客とのつながりを強め、販売後も取引を継続できるビジネスモデル」のことであり、「サブスクリプション」は、リカーリングビジネスの1つである。

「サブスクリプション」は、顧客と定額で契約をおこない、契約期間内は提供されるサービスを利用し放題にするモデルである。近年ではSoftware as a Service (SaaS)として、多くのサービスが「サブスクリプション」として提供されている。「サブスクリプション」は、顧客に長期間利用してもらい、顧客生涯価値（Customer Lifetime Value: CLV）[98]を最大化させる必要がある。サービスの「解約率、離脱率」を示すチャーンレート（Churn Rate）は重要な事業の指標になっている。CLVを最大化するためには、顧客からサービスを解約されないために、サービス提供後も継続的な価値の向上が求められる。そのためには、顧客の課題を理解し、気づいていない課題の発見と問題定義を継続的に実施し、提供するサービスの価値を向上（バージョンアップ）させ続け、常にチャーンレートをモニタリングしながら、サービスの機能改善の方向性を決定する。従来の「ハードウェアの売り切りモデル」を軸とした事業モデルを支える方法とは異なる「サブスクリプション」を実現するための環境整備（技術や設計法、人材の育成）が求められている。

本論文の産業に対する貢献は、「顧客の課題を理解する、もしくは気づいていない課題の発見、問題定義」を継続的に実施し、提供するサービスの価値を向上（バージョンアップ）させ続け、「サブスクリプション」を実現するための技術や設計法（2章、3章、4.1節、4.2節、4.3節、4.4節）と人材の育成（5.1節、5.2節、5.3節）を実践を通じて明らかにした点にある。

ユーザ企業の変化に対応した、ベンダ企業の姿勢や取り組み方に対する提案

「DX レポート 2 中間取りまとめ」[99]では、ユーザ企業とベンダ企業との新たな関係として、「1. 対等なパートナーシップを体現できる拠点を作る」、「2. その拠点でユーザ企業と、ベンダ企業がアジャイルの考え方を共有しながらチームの能力を育てる（共育）」、「3. 内製開発を協力して実践する（共創）」の3つの取り組みが必要であるとの見解が示された。これらは、「1. 激しい環境変化に対して、迅速に仮説、検証を繰り返す必要があるコラボレーション情報システム（System of Engagement:SoE）[48]領域の大規模ソフトウェア開発において、従来の受発注形態では対応が困難」、「2. 仮説、検証を俊敏に実施するためのアジャイル開発体制をベンダ企業側に構築することが必要」の2つが背景にあるとし、「ユーザ企業の変化を起点として、ベンダ企業自身も変革の必要がある」との指摘がなされた。

本論文の産業に対する貢献は、「1. 対等なパートナーシップを体現できる拠点を作る」（4.1節）、「2. その拠点でユーザ企業と、ベンダ企業がアジャイルの考え方を共有しながらチームの能力を育てる（共育）」（5.1節、5.2節、5.3節）、「3. 内製開発を協力して実践する（共創）」（3章、4.1節、4.2節、4.3節、4.4節）の3つの取り組みに対する方策を実践に基づき明らかにした点にある。

「市民開発」の目的と効果の明確化

「市民開発」とは、主に「サブスクリプション」の形態で提供される開発環境（本論文では、Microsoft Power Platform を用いた事例を示した）を利用して、アプリケーションを、「『市民』（一般の人）でも『開発』できる」という概念や考え方を示す言葉である。「市民開発」は、企業が新たな事業機会として注目する一方で、学術的な定義は明確ではない。一般的に「市民開発」は、「ローコード、ノーコードツール」を用いた Web アプリケーション開発や、Robotic Process Automation (RPA) による作業の自動化を指すことが多いが、「自分たちの要求、要件に沿ったものができる」、「要求、要件を幅広くカバーできる」など、単なる「プログラミングの代替となる実装手段」に留まらない利用目的や意図も存在する [100]。

本論文の産業に対する貢献は、「市民開発」における「開発行為」が、「どのような目的を達成するための手段なのか」という方向性に対し、「デザイン思考」や、「リーン・スタートアップ」などの手法を用いて「ユーザ主導で明らかになった要件の具体化、検証をおこなう手段」として「ローコード、ノーコードツール」を活用することによる効果を明らかにし、従来の「プログラミングの代替となる実装手段」という概念とは異なる方策（2章、3章、4.1節、4.2節、4.3節、4.4節）を提示している点にある。

「ローコード、ノーコードツール」を活用した「プロトタイプ開発と検証」手法の明確化

日本情報システム・ユーザー協会が実施した企業 IT 動向調査報告書 [60] の「システム開発の品質に関する満足度の調査」において、500 人月以上のシステム開発プロジェクトでは、2017 年から 2019 年にかけて品質は改善（2017 年 23.3%，2018 年 23.8%，2019 年 21.2%）傾向にあったが、2020 年度は 25.6% のプロジェクトが品質に不満があるとされ、多くのシステム開発プロジェクトで、発注者側がシステムの品質に不満を持っていることが報告された。

1.1 節では、「高信頼化ソフトウェアのための開発手法」として、「システム要件定義の段階で『プロトタイプ開発と評価』をおこなうことで、開発プロジェクト全体のリスクを低減させる」効果が期待できることを示し、V 字モデル（ウォーターフォールモデル）により開発をおこなう際に、システム要件定義の段階で、小さな V 字モデル（ウォーターフォールモデル）により「プロトタイプ開発と検証」をおこなっている事例を示した。また、「デザイン思考」は「人間中心」の価値提供を実現するのに対し、「リーン・スタートアップ」は仮説に基づいた事業性の検証に重きを置いている。「デザイン思考」や「リーン・スタートアップ」を用いて、ユーザ主導で情報システムの要件を明らかにする行為は、ユーザ企業の「ベンダ企業に要件定義を丸投げ」、「要件定義が不明瞭なまま開発を始める」という課題を解消できることが期待できることも示した。

産業における本研究の貢献は、「デザイン思考」や「リーン・スタートアップ」を用いて、ユーザ主導で情報システムの要件を明らかにするためのプロトタイプ開発と検証の手段として「ローコード、ノーコードツール」を活用することで、多くの資源（時間、コスト、人員）により開発される情報システムの「使い勝手の悪い」、「利用されないシステム」などの不満を低減させる設計法（3 章，4.2 節，4.3 節，4.4 節，5.2 節，5.3 節）を明らかにしている点にある。

6.3 今後の展望

ユーザ主導で開発された情報システムの DevOps に関する研究

DevOps は、開発（Development）と運用（Operations）を組み合わせた混成語であり、開発者と運用者が連携する開発手法を意味する [68]。ユーザ主導で開発された情報システムを DevOps するためには、ユーザ主導に適した運用のサービスレベルを定義する手法が必要となる。一般的にサービスレベルは、Service Level Agreement（SLA）と、Service Level Objective（SLO）の 2 種類がある。SLA は情報システムを提供するベンダ企業と、情報システムを利用するユーザ企業との間で締結され、「サービス基準を満たさない場合の罰則規定」を含む内容が合意される。一方、SLO は「サービスレベルの目標」として、「可用性（Availability）」、「セキュリティ」、「作業手順」、「報告方法」、「サポート体制」に対する目標値を定める。ユーザ主導により開発された情報システムをユーザ企業自身で DevOps するためには、SLO として、「高いサービスレベル」を定義するのではなく、「実用最小限のサービスレベル」（サービスレベルの MVP）を定義することが望ましい。「サービスレベルの MVP」は、「香川大学における DX の取り組み（4.1 節）」や、「アイ

デア創出と要件抽出の取り組み（4.2 節）」で用いた手法（デザイン思考，UX 調査）から定義することを検討しており，今後の研究課題としたい。

ユーザ主導で開発された情報システムの運用，共通部品化に関する研究

一般的に「ローコード，ノーコードツール」では，ユーザアカウントに紐づけてアプリケーションが開発される．そのため，ユーザアカウント自体が削除，もしくは変更されることで，アプリケーションが正常動作しないケースがある．特に，本論文で触れた「DX ラボ」（3 章，4.1 節，4.3 節，4.4 節，5.3 節）では，学外から参加している企業の社員や，学生など，一時的（temporary）なユーザアカウントにより，アプリケーションが開発されるケースが多い．実際に，2022 年に卒業した学生が開発したアプリケーションがユーザアカウントの削除によって，動作しなくなる問題も発生し，アプリケーションの引き継ぎに関するルールや手順が新たに設けられた。

今後の研究課題としては，ユーザアカウントに紐づけたアプリケーション開発により，「ユーザ主導による情報システムの開発」の敷居を下げる方向性は維持しつつ，「アプリケーションの本格的な運用」や，「共通部品化」を実現するために，開発のステップを 2 つに分けることを検討したい。

具体的には，本研究で採用した「ローコード，ノーコードツール」の Microsoft Power Platform で開発されたアプリケーションを開発ステップの 1 段階目とし，その開発資産を Microsoft Azure 上に SaaS アプリケーションとしてデプロイすることで，特定のユーザアカウントに紐づけられた状態を解消し，「共通部品化」をする開発ステップの 2 段階目を設けることを想定している．しかし，開発ステップの 2 段階目は，EUC の範囲を超える難易度を伴うため，実施の方法としてはベンダ企業との共創や，EUC における「共通部品」の粒度的ギャップ（3 章，4.3 節）を解消するための技術や設計法を考案するなど，いくつかの課題が存在している．これらの研究課題は，ベンダ企業が提供する技術をエンドユーザに利用しやすく提供した「プリンタ制御プラットフォーム『DeviceTags』」（2 章）の延長上にある。

謝辞

本論文は、1994年から製造業に身を置き、研究開発、商品開発に約28年間携わってきた自身がソフトウェア開発、および事業活動を通じて培った「経験やノウハウ」を一部分ではあるが、学術的に体系立て、整理したものとなった。過去には、「商品開発の企画段階で構想したものが開発半ばで中断する」、「発売しても不振に終わる」などの事例を身近で経験してきた。これらの経験が、「素早くプロトタイプを開発し検証をおこなう」、「エンドユーザと一緒に価値を定義する」重要性を強く意識させた背景となった。ユーザ主導による情報システム開発は、開発プロジェクトが成功するための「分母を増やす」に寄与すると考える。多くの開発プロジェクトは、必ず成功するわけではなく、様々な理由により失敗、頓挫することが多い。10の開発プロジェクトを実施して、1成功すれば、成功確率は10%である。しかし、「素早い開発」により、同じ時間で100の開発プロジェクトを実施することができれば、同じ10%の成功確率でも成果は10倍となる。これが「分母を増やす」意義だと考える。成果が10倍になれば、「経験やノウハウ」も10倍蓄えることができる。10倍の「経験やノウハウ」は、成功確率を20%、30%へと引き上げる源泉となる。そして、この「経験やノウハウ」が、「人」や「組織」の力として活用、発揮されていくように、従来のやり方、考え方を見直し、再構築していくことも必要になる。これはデジタル・トランスフォーメーションの本質である「デジタル技術を活用することで新たな競争力を生む」行為につながる。

昨今では、「素早くプロトタイプを開発し検証をおこなう」、「人間中心の価値に基づく価値を定義する」ことは、特殊な技能や、高いITスキルがなくても実現できるようになった。全世界規模で普及したクラウド技術や、関連技術である「ローコード、ノーコードツール」により、プログラミングスキルに頼らずに、ある一定の範囲であれば、IT/IoTを用いた「プロトタイプを開発するための手段」は無数に選択できる。これらの技術を非IT人材を含めて、「一人でも多く」活用することができれば、開発プロジェクトが成功するための「分母を増やす」行為に貢献できる。その帰結として、産官学の各組織が活性化し、日本の活力となり、国際的な競争力確保に繋がると考えている。

本論文では、「ユーザ主導により情報システムを開発するための技術及び設計法に関する研究」を通じて、研究の背景となったユーザ企業とベンダ企業との関係、DXに代表されるデジタル技術を活用した変革に取り組み、国際的な競争力の確保に努める際に、「真にほしいと思うものは、ユーザ（企業）自身が考え、定義しなければならない」という課題の解決を図るべく、ユーザ主

導で情報システムを開発するための実践的な研究を通じて、その効果や可能性を示すことができたと考えている。社会に出てからの修士号、博士号の取得を目指した「学び直し（リカレント、リスキリング）」は、今後より一層複雑化する社会、不確実性の高い環境へ適応する学び方として、自らの体験からも良い方法だと考える。本論文が、日本の活力を生み、国際的な競争力確保に繋がる一助となれば幸いである。

本論文を作成するにあたり、指導教員の八重樫理人教授には、香川大学情報メディアセンターの客員教授、および特命教授の任を与えていただき、本論文の主とするところの「ユーザ主導による情報システム開発」に対する実践的な研究フィールドを与えていただくと共に、丁寧かつ熱心なご指導を賜りました。ここに深謝の意を表します。安藤一秋教授、後藤田中准教授、米谷雄介准教授には、研究を進めるうえでご意見をいただくとともに、論文を執筆する上で、様々なアドバイスをいただきました。感謝いたします。國枝孝之准教授には、研究を進めるうえで多くのアドバイスをいただきました。感謝いたします。笥善行学長、佛圓哲朗教授には、「DX ラボ」、「イノベーションデザイン研究所」の活動を通じて、多大なご支援を頂きました。感謝いたします。原直行教授には、「イノベーションデザイン研究所」の活動、および共同研究を通じて、多くの示唆を頂きました。感謝いたします。香川大学情報メディアセンターの皆さま、および八重樫研究室の皆さまには、研究にあたって、議論を通じて多くの知見をいただきました。感謝いたします。株式会社リコーの野水泰之 SVP および、同僚の皆さまには、在職しながらの「博士後期課程」での「学び直し」に対して、理解と支援を頂きました。感謝いたします。さいごに、「博士後期課程」への挑戦を応援し、支えてくれた家族に感謝の意を表します。

研究業績

● 学術論文（査読付き）

1. 執筆者名 高田良介, 後藤田中, 紀伊雅敦, 國枝孝之, 山田哲*, 佐野弘実, 竹下裕也, 八重樫理人
論文題目 広告表示プリンタシステム「KadaPos / カダポス」の開発と香川大学における実運用による評価
掲載誌名 情報処理学会論文誌「デジタルプラクティス」, Vol.8 (4), pp.316-324, 2017年
2. 執筆者名 熊野圭馬, 宮川怜, 國枝孝之, 山田哲*, 後藤田中, 紀伊雅敦, 八重樫理人
論文題目 観光日記生成/印刷システム「KaDiary / カダイアリー」の開発と香川県小豆島における観光日記を用いた観光行動分析
掲載誌名 情報処理学会論文誌「デジタルプラクティス」, Vol.8 (4), pp.325-333, 2017年
3. 執筆者名 國枝孝之, 山田哲*, 池田哲也, 米谷雄介, 後藤田中, 八重樫理人
論文題目 オープン・イノベーションによる地域課題解決型情報システム開発にむけた香川大学型開発モデルとその実践
掲載誌名 学術情報処理研究, Vol.23 (1), pp.138-144, 2019年
4. 執筆者名 國枝孝之, 泉亮祐, 宮川怜, 池田哲也, 金矢光久, 山田哲*, 後藤田中, 米谷雄介, 八重樫理人
論文題目 旅の思い出を記録する観光ガイドブック生成/印刷システム「KadaPam / カダパン」の開発と小豆島における観光ガイドブックを用いた観光行動分析
掲載誌名 情報処理学会論文誌「デジタルプラクティス」, Vol.10 (4), pp.829-849, 2019年
5. 執筆者名 椎木卓巳, 山田哲*, 末廣紀史, 武田啓之, 國枝孝之, 米谷雄介, 後藤田中, 林敏浩, 八重樫理人
論文題目 香川大学における学内業務システム内製開発にむけたアイデア創出と要件抽出の取り組み —業務 UX 調査と業務改善アイデアソンについて—
掲載誌名 学術情報処理研究, Vol.25 (1), pp.78-85, 2021年
6. 執筆者名 石川颯馬, 山田哲*, 末廣紀史, 武田啓之, 國枝孝之, 米谷雄介, 後藤田中, 浅木森浩樹, 八重樫理人
論文題目 香川大学の DX 推進環境の整備と DX 推進の取り組みについて —業務システムの内製開発による DX 推進-業務 UX 調査と業務改善アイデアソンについて—
掲載誌名 情報処理学会論文誌「教育とコンピュータ (TCE)」, Vol.8 (1), pp.88-99, 2022年
7. 執筆者名 山田哲*, 浅木森浩樹, 國枝孝之, 八重樫理人
論文題目 プリンタ制御プラットフォーム「DeviceTags」の開発とその効果

- 掲載誌名 電子情報通信学会論文誌「ライフインテリジェンスとオフィス情報システム論文特集」, Vol.J105-D (10), pp.584-593, 2022年
8. 執筆者名 山田哲*, 矢谷鷹将, 浅木森浩樹, 末廣紀史, 武田啓之, 後藤田中, 米谷雄介, 八重樫理人
論文題目 休暇の主體的な取得を促す休暇申請システムの内製開発とその効果
掲載誌名 学術情報処理研究, Vol.26 (1), pp.45-51, 2022年
9. 執筆者名 矢谷鷹将, 山田哲*, 浅木森浩樹, 末廣紀史, 武田啓之, 後藤田中, 米谷雄介, 八重樫理人
論文題目 科研費申請問い合わせチャットボットの内製開発とその効果
掲載誌名 学術情報処理研究, Vol.26 (1), pp.126-130, 2022年
10. 執筆者名 浅木森浩樹, 矢谷鷹将, 山田哲*, 末廣紀史, 武田啓之, 後藤田中, 米谷雄介, 八重樫理人
論文題目 香川大学における業務システム内製開発ハンズオン(初級編)の実施とその効果
掲載誌名 学術情報処理研究, Vol.26 (1), pp.120-125, 2022年

● 国際会議プロシーディングス (査読付き)

1. 執筆者名 Takayuki Kunieda, Satoru Yamada*, Tetsuya Ikeda, Yusuke Kometani, Naka Gotoda, Rihito Yaegashi
論文題目 Kagawa University-Type Development Model and Its Practice of Information System for Regional Problem Solution by Open Innovation
掲載誌名 2020 3rd International Conference on Information and Computer Technologies (ICICT)
2. 執筆者名 Takayuki Kunieda, Satoru Yamada*, Yusuke Kometani, Naka Gotoda, Rihito Yaegashi
論文題目 Changes in Industry-Academia-Government Collaboration Using the Regional Development Process Model for Information Systems
掲載誌名 JCKBSE2020 : 13th International Joint Conference on Knowledge-Based Software Engineering, 25-26 August, 2020, Larnaca, Cyprus.
3. 執筆者名 Soma Ishikawa, Ryosuke Izumi, Hiroki Asakimori, Satoru Yamada*, Takayuki Kunieda, Yusuke Kometani, Naka Gotoda, Rihito Yaegashi
論文題目 Supporting System for Visiting Sightseeing Spot Using Image Recognition and Processing Technology (KadaBingo)
掲載誌名 JCKBSE2020 : 13th International Joint Conference on Knowledge-Based Software Engineering, 25-26 August, 2020, Larnaca, Cyprus.
4. 執筆者名 Satoru Yamada*, Yosuke Yatani, Norifumi Suehiro, Horoki Asakimori, Yusuke Kometani, Rihito Yaegashi
論文題目 Proposal of In-house Development Model for Business System at Kagawa University
掲載誌名 DIGITAL 2022:Advances on Societal Digital Transformation - 2022, pp.17-20, Valencia, Spain.

● 学術論文（査読なし）

1. 執筆者名 宮川怜, 熊野圭馬, 國枝孝之, 池田哲也, 山田哲*, 後藤田中, 紀伊雅敦, 八重樫理人
論文題目 旅の思い出を記録する観光ガイドブック生成システムの開発
掲載誌名 第79回情報処理学会全国大会, 2017年
2. 執筆者名 熊野圭馬, 山本和也, 宮川怜, 國枝孝之, 山田哲*, 後藤田中, 紀伊雅敦, 八重樫理人
論文題目 観光日記生成/印刷システム(KaDiary)における画像認識技術を用いた撮影位置推定機能の開発
掲載誌名 第79回情報処理学会全国大会, 2017年
3. 執筆者名 高田良介, 後藤田中, 國枝孝之, 山田哲*, 佐野弘実, 竹下裕也, 八重樫理人
論文題目 広告表示プリンタシステム「KadaPos/カダポス」におけるGoogle認証を用いた広告表示機構の開発
掲載誌名 第79回情報処理学会全国大会, 2017年
4. 執筆者名 板谷達也, 宮川怜, 國枝孝之, 山田哲*, 後藤田中, 八重樫理人
論文題目 オンデマンド観光ガイドブック生成・印刷システム「KadaTabi/カダ旅」の提案
掲載誌名 2017電気関係学会四国支部連合大会, 2017年
5. 執筆者名 宮川怜, 國枝孝之, 池田哲也, 金矢光久, 山田哲*, 後藤田中, 八重樫理人
論文題目 旅の思い出を記録する観光ガイドブック生成/印刷システム「KadaPam/カダパン」の開発と小豆島における実証実験
掲載誌名 第80回情報処理学会全国大会, 2018年
6. 執筆者名 板谷達也, 宮川怜, 國枝孝之, 山田哲*, 後藤田中, 八重樫理人
論文題目 観光ガイドブック生成・印刷システム「KadaTabi/カダ旅」の開発
掲載誌名 第80回情報処理学会全国大会, 2018年
7. 執筆者名 内田一希, 泉亮祐, 山田哲*, 米谷雄介, 後藤田中, 國枝孝之, 八重樫理人
論文題目 観光者満足度を高める移動手段を考慮した観光ルートを推薦する観光ガイドブック自動生成印刷システム「KadaTabi2/カダ旅2」の提案
掲載誌名 2018電気関係学会四国支部連合大会, 2018年
8. 執筆者名 内田一希, 泉亮祐, 山田哲*, 米谷雄介, 後藤田中, 國枝孝之, 八重樫理人
論文題目 滞在型観光を支援する観光支援システム「KadaSola/カダソーラ」の開発
掲載誌名 第81回情報処理学会全国大会, 2019年
9. 執筆者名 石川颯馬, 泉亮祐, 浅木森浩樹, 山田哲*, 國枝孝之, 米谷雄介, 後藤田中, 八重樫理人
論文題目 逐次型観光を支援する観光支援システム「KadaSola/カダソーラ」～観光地推薦機能と観光者誘導機能の開発～
掲載誌名 令和元年度電気関係学会四国支部連合大会, 2019年
10. 執筆者名 石川颯馬, 泉亮祐, 浅木森浩樹, 山田哲*, 國枝孝之, 米谷雄介, 後藤田中, 八重樫理人
論文題目 逐次型観光を支援する観光支援システム「KadaSola/カダソーラ」

- 掲載誌名 第20回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 2019年
11. 執筆者名 西村和馬, 泉亮祐, 浅木森浩樹, 山田哲*, 國枝孝之, 米谷雄介, 後藤田中, 八重樫理人
論文題目 絵葉書自動生成・印刷システム「KadaVenir/カダベール」の提案
掲載誌名 令和元年度電気関係学会四国支部連合大会, 2019年
12. 執筆者名 西村和馬, 泉亮祐, 浅木森浩樹, 山田哲*, 國枝孝之, 米谷雄介, 後藤田中, 八重樫理人
論文題目 旅の思い出を記録した絵葉書自動生成・印刷システム「KadaVenir/カダベール」の開発
掲載誌名 第20回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 2019年
13. 執筆者名 西村和馬, 泉亮祐, 浅木森浩樹, 山田哲*, 國枝孝之, 米谷雄介, 後藤田中, 八重樫理人
論文題目 旅の思い出を記録した絵葉書自動生成・印刷システム「KadaVenir/カダベール」の開発と香川県小豆島における実証実験
掲載誌名 第82回情報処理学会全国大会, 2020年
14. 執筆者名 藤原智博, 石川颯馬, 西村和馬, 泉亮祐, 浅木森浩樹, 山田哲*, 國枝孝之, 米谷雄介, 後藤田中, 八重樫理人
論文題目 リアルタイム観光地評価共有機能の開発
掲載誌名 令和2年度電気・電子・情報関係学会四国支部連合大会, 2021年
15. 執筆者名 石川颯馬, 西村和馬, 浅木森浩樹, 山田哲*, 國枝孝之, 原直行, 八重樫理人
論文題目 旅の思い出を記録する観光ガイドブック生成/印刷システム「KadaPam/カダパン」による観光ICT社会実験 in 善通寺の実施とその効果
掲載誌名 第83回情報処理学会全国大会, 2021年
16. 執筆者名 中村萌乃, 石川颯馬, 西村和馬, 山田哲*, 國枝孝之, 米谷雄介, 後藤田中, 八重樫理人
論文題目 観光地探索システム「KadaRadar/カダレーダー」の開発
掲載誌名 第83回情報処理学会全国大会, 2021年
17. 執筆者名 矢谷鷹将, 椎木卓巳, 山田哲*, 卯木輝彦, 國枝孝之, 八重樫理人
論文題目 学習者間のインタラクションによる学習の動機付けを支援するシステム「KadaSwitch/カダスイッチ」の提案
掲載誌名 第46回教育システム情報学会全国大会, 2021年
18. 執筆者名 山田哲*, 後藤田中, 米谷雄介, 國枝孝之, 松永智広, 永田匡, 八重樫理人
論文題目 非IT領域の学生を対象としたIoTデザイン教育プログラムの開発
掲載誌名 第46回教育システム情報学会全国大会, 2021年
19. 執筆者名 石川颯馬, 西村和馬, 浅木森浩樹, 山田哲*, 國枝孝之, 原直行, 八重樫理人
論文題目 出退勤記録システム「KadaKinta/カダキンタ」の内製開発とその効果
掲載誌名 第84回情報処理学会全国大会, 2022年
20. 執筆者名 西村和馬, 二宮和也, 浅木森浩樹, 山田哲*, 八重樫理人
論文題目 オンデマンド観光パンフレット印刷システム「KadaFlier/カダフライヤ」の開発

- 掲載誌名 第84回情報処理学会全国大会, 2022年
21. 執筆者名 石川颯馬, 山田哲*, 浅木森浩樹, 末廣紀史, 武田啓之, 八重樫理人
論文題目 香川大学の業務システム内製開発と可視化の取り組み
掲載誌名 電子情報通信学会総合大会, 2022年
22. 執筆者名 西村和馬, 山田哲*, 浅木森浩樹, 八重樫理人
論文題目 ノーコード/ローコードプラットフォームの活用によるシステムリファクタリングを支援する手法の提案と検討
掲載誌名 電子情報通信学会総合大会, 2022年
23. 執筆者名 椎木卓巳, 山田哲*, 浅木森浩樹, 八重樫理人
論文題目 科学研究費問い合わせチャットボットの開発とその効果
掲載誌名 電子情報通信学会総合大会, 2022年
24. 執筆者名 山田哲*, 後藤田中, 米谷雄介, 國枝孝之, 松永智広, 永田匡, 八重樫理人
論文題目 非IT分野の学生を対象としたIoTデザイン教育プログラムの開発とその実践
掲載誌名 第8回実践的IT教育シンポジウム rePiT2022, 2022年
25. 執筆者名 山田哲*, 浅木森浩樹, 末廣紀史, 米谷雄介, 國枝孝之, 八重樫理人
論文題目 産学連携によるDX推進共創活動を用いた社会人リスクリソング
掲載誌名 第70回年次大会・工学教育研究講演会, 2022年
26. 執筆者名 山田哲*, 浅木森浩樹, 末廣紀史, 武田啓之, 米谷雄介, 國枝孝之, 八重樫理人
論文題目 大学DX共創推進活動における「授業料免除申請受付システム」開発を通じた社会人リスクリソング
掲載誌名 大学ICT推進協議会2022年度年次大会, 2022年
27. 執筆者名 前田悠作, 山田哲*, 浅木森浩樹, 末廣紀史, 武田啓之, 八重樫理人
論文題目 内製システムのためのシステムモジュール開発
掲載誌名 第85回情報処理学会全国大会, 2023年
28. 執筆者名 竹内悠翔, 山田哲*, 浅木森浩樹, 末廣紀史, 武田啓之, 八重樫理人
論文題目 内製システムを対象とした監視システム「KadaMonitor/カダモニタ」の開発
掲載誌名 第85回情報処理学会全国大会, 2023年
29. 執筆者名 米村拓海, 山田哲*, 浅木森浩樹, 末廣紀史, 武田啓之, 八重樫理人
論文題目 ワークエンゲージメントを向上させる機能を有する業務記録の生成を支援するシステム「KadaPraise/カダプライズ」の開発
掲載誌名 第85回情報処理学会全国大会, 2023年
30. 執筆者名 矢谷鷹将, 山田哲*, 浅木森浩樹, 末廣紀史, 武田啓之, 八重樫理人
論文題目 決裁業務を対象とした業務UX調査に基づく電子決裁システム「KadaSign」の内製開発
掲載誌名 第85回情報処理学会全国大会, 2023年
31. 執筆者名 富田邦宏, 八重樫理人, 山田哲*, 浅木森浩樹, 末廣紀史, 武田啓之
論文題目 職員間のインタラクションによる業務の共有/共助を支援するシステム「KadaTicket/カダチケット」の開発
掲載誌名 第85回情報処理学会全国大会, 2023年

- 受賞歴

1. 中国・四国工学教育協会賞，後藤田 中，八重樫 理人，米谷 雄介，國枝 孝之，山田 哲*，浅木森 浩樹，永田 匡，松永 智広，”IoT デザイン教育プログラムの開発と実践を通じたサービス・イノベーション創造演習”，中国・四国工学教育協会，2022 年

- 招待講演

1. Kadai DX シンポジウム 2022，山田 哲，”リコー × 香川大学の DX 推進事例紹介”，香川大学，2022 年
2. 令和4年度 香川大学リカレント専門講座『「Kadai DX 塾」ゼロから始めるデジタルトランスフォーメーション』，山田 哲，”リコーグループの DX の取り組み”，香川大学，2023 年

参考文献

- [1] Erik Stolterman and Croon Fors Anna, Information Technology and the Good Life, *Information Systems Research*, Vol. 143, pp. 687–692 (2004).
- [2] 経済産業省, DX レポート～IT システム「2025年の崖」の克服とDXの本格的な展開～(オンライン), 入手先<https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/digital_transformation/pdf/20180907_03.pdf> (参照 2021-11-21) .
- [3] 情報処理推進機構 (IPA), ユーザのための要件定義ガイド第2版(オンライン), 入手先<<https://www.ipa.go.jp/files/000079352.pdf>> (参照 2021-08-01) .
- [4] 情報処理推進機構 (IPA), 高信頼化ソフトウェアのための開発手法ガイドブック - 予防と検証の事例を中心に - (オンライン), 入手先<<https://www.ipa.go.jp/files/000004550.pdf>> (参照 2021-10-08) .
- [5] Howie Goodell, End-user computing, *CHI '97 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, p. 132 (1997).
- [6] 情報処理推進機構 (IPA), DX 白書 2021 (オンライン), 入手先<<https://www.ipa.go.jp/files/000093706.pdf>> (参照 2021-10-11) .
- [7] Taiki Yoshida and Microsoft, Power Apps vs 従来のアプリ開発のアプローチ - Power Apps (オンライン) , 入手先<<https://docs.microsoft.com/ja-jp/powerapps/guidance/planning/app-development-approaches>> (参照 2021-08-31) .
- [8] 香川大学, 香川大学:: 設置構想の原点 (オンライン), 入手先<https://www.kagawa-u.ac.jp/kagawa-u_ead/concept/> (参照 2021-07-27) .
- [9] エリックリース, 伊藤穰一, 井口耕二訳, リーン・スタートアップムダのない起業プロセスでイノベーションを生み出す, 日経 BP (2012).
- [10] クリスアンダーソン, 篠森ゆりこ訳, ロングテール—「売れない商品」を宝の山に変える新戦略, 早川書房 (2006).

- [11] 独立行政法人経済産業研究所, 日本企業のソフトウェア選択と生産性－カスタムソフトウェア対パッケージソフトウェア－ (オンライン), 入手先<<https://www.rieti.go.jp/jp/publications/dp/10j027.pdf>> (参照 2022-09-29) .
- [12] 石原直子, リクルートワークス研究所, 経済産業省, リスキリングとは－DX時代の人材戦略と世界の潮流－ (オンライン), 入手先<https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/digital_jinzai/pdf/002_02_02.pdf> (参照 2021-07-27) .
- [13] 経済産業省, 人的資本経営の実現に向けた検討会報告書 ～人材版伊藤レポート2.0～ (オンライン), 入手先<https://www.meti.go.jp/policy/economy/jinteki_shihon/pdf/report2.0.pdf> (参照 2022-06-16) .
- [14] 山田哲, 浅木森浩樹, 國枝孝之, 八重樫理人, プリンタ制御プラットフォーム「DeviceTags」の開発とその効果, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J105-D, No. 10, pp. 584–593 (2022).
- [15] オープンイノベーション・ベンチャー創造協議会, 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構, オープンイノベーション白書第三版 (オンライン), 入手先<<https://www.nedo.go.jp/content/100918466.pdf>> (参照 2021-10-06) .
- [16] Brad A. Myers and Jeffrey Stylos, Improving API usability, *Communications of the ACM*, Vol. 59, No. 6, pp. 62–69 (2016).
- [17] 情報処理推進機構 (IPA), デジタル複合機のセキュリティに関する調査報告書 (オンライン), 入手先<<https://www.ipa.go.jp/security/fy24/reports/mfp/documents/20140609report.pdf>> (参照 2021-11-22) .
- [18] 一般社団法人ビジネス機械・情報システム産業協会, 統計データ/JBMIA (一般社団法人ビジネス機械・情報システム産業協会) (オンライン), 入手先<https://www.jbmia.or.jp/statistical_data/list.php?t=CMShipped> (参照 2021-10-25) .
- [19] 一般社団法人日本印刷産業連合会, プッシュ型/プル型 - 印刷用語集 (オンライン), 入手先<<https://www.jfpi.or.jp/webyogo/index.php?term=2986>> (参照 2022-02-16) .
- [20] Ricoh, Ricoh Developer Program (online) , 入手先<<https://www.ricoh.co.jp/operius/partner/program.html>> (参照 2021-08-16) .
- [21] React – ユーザーインターフェース構築のための JavaScript ライブラリ (オンライン), 入手先<<https://ja.reactjs.org/>> (参照 2021-11-16) .

- [22] Erich Gamma, Ralph Johnson, Richard Helm and John Vlissides, 本位田真一訳, 吉田和樹訳, オブジェクト指向における再利用のためのデザインパターン, ソフトバンククリエイティブ (1999).
- [23] 國枝孝之, 泉亮祐, 宮川怜, 池田哲也, 金矢光久, 山田哲, 後藤田中, 米谷雄介, 八重樫理人, 旅の思い出を記録する観光ガイドブック生成/印刷システム「KadaPam / カダパン」の開発と小豆島における観光ガイドブックを用いた観光行動分析, デジタルプラクティス, Vol. 10, No. 4, pp. 829 – 849 (2019).
- [24] 高田良介, 後藤田中, 紀伊雅敦, 國枝孝之, 山田哲, 佐野弘実, 竹下裕也, 八重樫理人, 広告表示プリンタシステム「KadaPos / カダポス」の開発と香川大学における実運用による評価, デジタルプラクティス, Vol. 8, No. 4, pp. 316–324 (2017).
- [25] Jarrod Overson, plato (online), 入手先<<https://github.com/es-analysis/plato>> (参照 2021-09-29) .
- [26] Maintainability Index (MI) (online) , 入手先<http://www.projectcodemeter.com/cost_estimation/help/GL_maintainability.htm> (参照 2020-10-07) .
- [27] Halstead complexity measures (online) , 入手先<http://www.projectcodemeter.com/cost_estimation/help/GL_halstead.htm> (参照 2021-11-07) .
- [28] Martin P. Robillard and Robert DeLine, A field study of API learning obstacles, *Empirical Software Engineering*, Vol. 16, No. 6, pp. 703–732 (2011).
- [29] Satoru Yamada, Yosuke Yatani, Norifumi Suehiro, Horoki Asakimori, Yusuke Kometani and Rihito Yaegashi, Proposal of In-house Development Model for Business System at Kagawa University, *DIGITAL 2022: Advances on Societal Digital Transformation - 2022*, Valencia, Spain, pp. 17–20 (online) , 入手先<https://www.thinkmind.org/articles/digital_2022_2_10_20007.pdf> (2022).
- [30] ハッソ・プラットナー・デザイン研究所, An Introduction to Design Thinking PROCESS GUIDE (online), 入手先<<https://web.stanford.edu/~mshanks/MichaelShanks/files/509554.pdf>> (参照 2022-06-16) .
- [31] 内閣官房情報通信技術 (IT) 総合戦略室, アジャイル開発実践ガイドブック (オンライン), 入手先<https://cio.go.jp/sites/default/files/uploads/documents/Agile-kaihatsu-jissen-guide_20210330.pdf> (参照 2022-05-24) .

- [32] 情報処理推進機構 (IPA), つながる世界のソフトウェア品質ガイド (オンライン), 入手先<<https://www.ipa.go.jp/files/000055008.pdf>> (参照 2021-08-31) .
- [33] 中所武司, エンドユーザ主導開発のためのドメイン特化型技術の適用性に関する考察 (オンライン), 入手先<<http://www.isc.meiji.ac.jp/~chusho/paper/1611KBSEchu.pdf>> (参照 2021-10-21) .
- [34] 加藤潤三, 佐伯元司, 大西淳, 海谷治彦, 山本修一郎, シソーラスを利用した要求獲得方法 (THEOREE), 情報処理学会論文誌, Vol. 50, No. 12, pp. 3001–3017 (2009).
- [35] Rockford Lhotka, *Visual Basic 6.0 Business Objects*, Apress, Birmingham, UK (1998).
- [36] 中所武司, ソフトウェア工学 (第3版), 朝倉書店 (2014).
- [37] Microsoft, Microsoft Power Platform (online) , 入手先<<https://powerplatform.microsoft.com/ja-jp/>> (参照 2022-05-22) .
- [38] Microsoft, Microsoft Power Apps (online) , 入手先<<https://powerapps.microsoft.com/ja-jp/>> (参照 2022-08-24) .
- [39] Microsoft, Power Automate (online), 入手先<<https://powerautomate.microsoft.com/ja-jp/>> (参照 2022-08-24) .
- [40] Microsoft, Microsoft Power BI (online), 入手先<<https://powerbi.microsoft.com/ja-jp/>> (参照 2022-08-24) .
- [41] Microsoft, Microsoft Power Virtual Agents (online), 入手先<<https://powervirtualagents.microsoft.com/ja-jp/>> (参照 2022-08-24) .
- [42] 石川颯馬, 山田哲, 末廣紀史, 武田啓之, 國枝孝之, 米谷雄介, 後藤田中, 浅木森浩樹, 八重樫理人, 香川大学の DX 推進環境の整備と DX 推進の取り組みについて——業務システムの内製開発による DX 推進, 情報処理学会論文誌教育とコンピュータ (TCE), Vol. 8, No. 1, pp. 88–99 (2022).
- [43] 東北大学, 東北大学ビジョン 2030 (オンライン), 入手先<<https://www.tohoku.ac.jp/japanese/profile/vision/01/vision002030/>> (参照 2022-08-22) .
- [44] 東北大学, 東北大学 DX ナビゲーション (オンライン), 入手先<<https://www.dx.tohoku.ac.jp/introduction/>> (参照 2022-08-22) .
- [45] 関西大学, 関西大学 DX 推進構想 (オンライン), 入手先<https://www.kansai-u.ac.jp/dx/files/ku_dx.pdf> (参照 2022-08-22) .

- [46] 香川大学, 香川大学:: 情報戦略室 (オンライン), 入手先<<https://www.kagawa-u.ac.jp/faculty/centers/26897/>> (参照 2021-09-03) .
- [47] 経済産業省, IT 人材の最新動向と将来推計に関する調査結果 (報告書概要版) (オンライン), 入手先<https://www.meti.go.jp/shingikai/economy/daiyoji_sangyo_skill/pdf/001_s02_00.pdf> (参照 2022-08-22) .
- [48] 一般社団法人情報サービス産業協会, REBOK-DX Vol.1 デジタルトランスフォーメーション (DX) の現状と動向 (オンライン), 入手先<<https://www.jisa.or.jp/Portals/0/report/29-J006REBOK-DX1.pdf>> (参照 2021-10-08) .
- [49] 武山政直, サービスデザインの教科書: 共創するビジネスのつくりかた, NTT 出版, Tokyo (2017).
- [50] 平野徹, VUCA の時代における事業構造変革 (DX) を目指して: 提言: データ駆動型・経営工学の展開, 経営システム, Vol. 31, No. 1, pp. 15-20 (2021).
- [51] ラリーキーリ, ライアンピッケル, ブライアンクイン, ヘレンウォルターズ, 平野敦士カール, 藤井清美訳, ビジネスモデル・イノベーションブレイクスルーを起こすフレームワーク 10, 朝日新聞出版, 東京 (2014).
- [52] 藤井保文, 尾原和啓, アフターデジタル - オフラインのない時代に生き残る, 日経 BP (2019).
- [53] 文部科学省, 2040 年に向けた高等教育のグランドデザイン (答申) (中教審第 211 号) (オンライン), 入手先<https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1411360.htm> (参照 2022-08-18) .
- [54] 情報処理推進機構 (IPA), デジタル・トランスフォーメーション (DX) 推進に向けた企業と IT 人材の実態調査～詳細編～ (オンライン), 入手先<<https://www.ipa.go.jp/files/000082054.pdf>> (参照 2022-08-24) .
- [55] 情報処理推進機構 (IPA), デジタル・トランスフォーメーション推進人材の機能と役割のあり方に関する調査～調査結果サマリー～ (オンライン), 入手先<<https://www.ipa.go.jp/files/000073017.pdf>> (参照 2021-08-11) .
- [56] 宮川怜, 矢部智暉, 浜田順子, 黒木昭博, 山本雄弥, 金潤和, 川池拓史, 近藤まゆみ, 後藤田中, 八重樫理人, 香川大学における新しい大学サービス創出の取り組み～学生×職員×企業でのアイデアソンを起点とした大学サービス創出にむけて, 2017 年度年次大会論文集, (オンライン), 入手先<<https://reg.axies.jp/pdf2017/WA1-4.pdf>> (2017).

- [57] 椎木卓巳, 山田哲, 末廣紀史, 武田啓之, 國枝孝之, 米谷雄介, 後藤田中, 林敏浩, 八重樫理人, 香川大学における学内業務システム内製開発にむけたアイデア創出と要件抽出の取り組み, 学術情報処理研究, Vol. 25, No. 1, pp. 78–85 (2021).
- [58] 富士通, 富士通自身を変革する全社 DX プロジェクト「フジトラ」が本格始動 (オンライン), 入手先<<http://pr.fujitsu.com/jp/news/2020/10/5.html>> (参照 2022-08-24) .
- [59] NEC, NEC のデザイン思考を活用したサービスデザインを学べるアカデミーを開講 (オンライン), 入手先<https://jpn.nec.com/press/202106/20210603_01.html> (参照 2022-08-24) .
- [60] 日本情報システム・ユーザ協会, 企業 IT 動向調査報告書 2020 (オンライン), 入手先<https://juas.or.jp/cms/media/2020/05/JUAS_IT2020_original.pdf> (参照 2022-08-24) .
- [61] 安藤昌也, UX デザインの教科書, 丸善出版 (2016).
- [62] 平野隆, 石塚昭彦, 坂口和敏, 共創プロセスによるイノベーション活動, Fujitsu : 技術情報誌, Vol. 64, No. 2, pp. 127–133 (2013).
- [63] 富士通総研, 共創/オープンイノベーションの手法として注目されるハッカソン・アイデアソン: 富士通総研 (オンライン), 入手先<<https://www.fujitsu.com/jp/group/fri/%5C%5Cbusinessstopics/hackathon/trend/>> (参照 2020-10-08) .
- [64] MIT, Speedstorming a new approach to interdisciplinary idea generation (online), 入手先<<http://web.mit.edu/jcg/www/SpeedStorming.html>> (参照 2021-08-16) .
- [65] 矢谷鷹将, 山田哲, 浅木森浩樹, 末廣紀史, 武田啓之, 後藤田中, 米谷雄介, 八重樫理人, 科研費申請問い合わせチャットボットの内製開発とその効果, 学術情報処理研究, Vol. 26, No. 1, pp. 126–130 (2022).
- [66] 経済産業省, DX レポート～IT システム「2025年の崖」の克服と DX の本格的な展開～ (簡易版) (オンライン), 入手先<https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/digital_transformation/pdf/20180907_02.pdf> (参照 2021-07-29) .
- [67] 坂口和敏, 小林延至, 白坂成功, 外部制約と内部制約の観点に基づく階層型サービスデザインモデル, サービスロジー論文誌, Vol. 5, No. 2, pp. 1–13 (2021).
- [68] 竹林崇, DevOps とは何か? そのツールと組織文化、アジャイルとの違い (オンライン), 入手先<<https://www.buildinsider.net/enterprise/devops/01>> (参照 2022-11-10) .

- [69] 山田哲, 矢谷鷹将, 浅木森浩樹, 末廣紀史, 武田啓之, 後藤田中, 米谷雄介, 八重樫理人, 休暇の主体的な取得を促す休暇申請システムの内製開発とその効果, 学術情報処理研究, Vol. 26, No. 1, pp. 45–51 (2022).
- [70] 厚生労働省, 「働き方改革」の実現に向けて (オンライン), 入手先<<https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000148322.html>> (参照 2022-08-24) .
- [71] 厚生労働省, 「働き方改革を推進するための関係法律の整備に関する法律」について (オンライン), 入手先<https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000148322_00001.html> (参照 2022-08-24) .
- [72] 根本啓一, 高橋正道, 林直樹, 水谷美由起, 堀田竜士, 井上明人, ゲーミフィケーションを活用した自発的・持続的行動支援プラットフォームの試作と実践, 情報処理学会論文誌, Vol. 55, No. 6, pp. 1600–1613 (2014).
- [73] 株式会社エフアンドエム, オフィスステーション有休管理 (オンライン), 入手先<<https://www.officestation.jp/yukyu/>> (参照 2022-09-27) .
- [74] 浅木森浩樹, 矢谷鷹将, 山田哲, 末廣紀史, 武田啓之, 後藤田中, 米谷雄介, 八重樫理人, 香川大学における業務システム内製開発ハンズオン (初級編) の実施とその効果, 学術情報処理研究, Vol. 26, No. 1, pp. 120–125 (2022).
- [75] Japan IDC, 国内ローコード／ノーコードプラットフォームの市場動向を発表 (オンライン), 入手先<<https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prJPJ49023422>> (参照 2022-08-24) .
- [76] 山田哲, 後藤田中, 米谷雄介, 國枝孝之, 松永智広, 永田匡, 八重樫理人, 非 IT 分野の学生を対象とした IoT デザイン教育プログラムの開発とその実践, 第 8 回実践的 IT 教育シンポジウム rePiT2022, pp. 68–75 (2022).
- [77] 経済産業省, IT 人材育成の状況等について (オンライン), 入手先<https://www.meti.go.jp/shingikai/economy/daiyoji_sangyo_skill/pdf/001_s03_00.pdf> (参照 2021-04-25) .
- [78] 経済産業省, みずほ情報総研株式会社, IT 人材需要に関する調査 (オンライン), 入手先<https://www.meti.go.jp/policy/it_policy/jinzai/houkokusyo.pdf> (参照 2021-04-25) .
- [79] 情報処理推進機構 (IPA), 「IT パスポート試験」シラバス (Ver.6.0) (オンライン), 入手先<https://www.jitec.ipa.go.jp/1_13download/syllabus_ip_ver6_0.pdf> (参照 2022-03-28) .

- [80] ifLink オープンコミュニティ, ifLink オープンコミュニティ (オンライン), 入手先<<https://iflink.jp/>> (参照 2021-04-20) .
- [81] Abiy Biru Chebudie, Roberto Minerva and Domenico Rotondi, Towards a definition of the Internet of Things (IoT), *Internet Initiative*, Vol. 1, pp. 1–86 (2015).
- [82] 角樋大地, 岸本有生, 覺前友哉, 小川勝史, 情報教育におけるロボット教材を活用した IoT システム構築実習の授業実践報告, 情報処理学会情報教育シンポジウム論文集, Vol. 2019, pp. 287–292 (2019).
- [83] 近江谷旦, 門林雄基, IoT・ポリシー: 動機づけおよび能力獲得のための IoT セキュリティゲーム演習ツールの提案, 情報処理学会論文誌教育とコンピュータ (TCE), Vol. 6, No. 1, pp. 40–51 (2020).
- [84] 木崎悟, 田原康之, 大須賀昭彦, ソフトウェア開発 PBL におけるアイデアソンを利用した要求獲得・分析手法の提案, 情報処理学会ソフトウェアエンジニアリングシンポジウム 2016 論文集, Vol. 2016, pp. 233–236 (2016).
- [85] 浜田順子, 黒木昭博, ペタ語義: クリエイティブコンフィデンス醸成に向けたアイデアソン / ハッカソンの活用-学生と社会人による共創プロジェクト “あしたラボ UNIVERSITY” の実例をもとに, 情報処理, Vol. 59, No. 6, pp. 552–556 (2018).
- [86] 北村茂生, 赤星俊平, 松下光範, 白水菜々重, 高校生を対象としたモノづくりハッカソンのデザイン—モノづくりへの興味喚起と知識付与を企図した枠組みの構築を目指して—, 情報処理学会研究報告研究報告エンタテインメントコンピューティング (EC), Vol. 2017-EC-46, No. 2, pp. 1–6 (2017).
- [87] Processing Foundation, Processing (online), 入手先<<https://processing.org/>> (参照 2023-01-25) .
- [88] 竹田慎, 曾根直人, センサーサーバと ScratchX による計測システムの開発, 鳴門教育大学情報教育ジャーナル, Vol. 14, pp. 41–47 (2017).
- [89] MIT, Scratch - Imagine, Program, Share (online), 入手先<<https://scratch.mit.edu/>> (参照 2023-01-24) .
- [90] OpenJS Foundation, Node-RED (online), 入手先<<https://nodered.org/>> (参照 2023-01-24) .
- [91] 宮崎英一, 坂井聡, Teachable Machine と Scratch で作る画像認識による IoT システムの研究, 香川大学教育学部研究報告, Vol. 6, pp. 49–54 (2022).

- [92] 成田正敬, 加藤英晃, 遠藤文人, 丸森宏樹, 大学の授業における IoT を利用した創造性教育の試み, 日本設計工学会誌, Vol. 57, No. 5, pp. 211–217 (2022).
- [93] Donald L. Kirkpatrick and James D. Kirkpatrick, *Evaluating Training Programs: The Four Levels*, Berrett-Koehler Publishers, San Francisco, CA (2006).
- [94] 小清水貴子, 藤木卓, 室田真男, 校内における ICT 活用推進を促す教員研修の評価方法の提案と効果の検証, 日本教育工学会論文誌, Vol. 38, No. 2, pp. 135–144 (2014).
- [95] 木村奈緒美, 益田美津美, 中垣明美, 看護基礎教育における患者急変対応シミュレーション教材の開発とその効果, 日本看護科学会誌, Vol. 41, pp. 79–87 (2021).
- [96] 山田哲, 浅木森浩樹, 末廣紀史, 米谷雄介, 國枝孝之, 八重樫理人, 産学連携による大学 DX 推進共創活動を用いた社会人リスクリング, 工学教育研究講演会講演論文集, Vol. 2022, pp. 8–9 (2022).
- [97] 青嶋稔, リカーリング・シフト 製造業のビジネスモデル変革, 日経 BP (2021).
- [98] 中村人哉, 比嘉邦彦, 顧客生涯価値算出方法に関する研究の調査, 経営情報学会全国研究発表大会要旨集, Vol. 2011s, pp. 530–530 (オンライン), 入手先<https://www.jstage.jst.go.jp/article/jasmin/2011s/0/2011s_0_530/_pdf/-char/ja> (2011).
- [99] 経済産業省, DX レポート 2 中間取りまとめ (オンライン), 入手先<<https://www.meti.go.jp/press/2020/12/20201228004/20201228004-2.pdf>> (参照 2021-12-20) .
- [100] Gartner, ガートナー、日本企業の市民開発に関する実態調査の結果を発表 (オンライン), 入手先<<https://www.gartner.co.jp/ja/newsroom/press-releases/pr-20210527>> (参照 2021-07-27) .