

愛知工業大学大学院経営情報科学研究科

博士論文

経営戦略に基づいた
技術経営具現化手法の提案

Proposals of Methodology for Realizing Management of Technology Based
on Management of Technology Strategy

2019年3月

B16805 福澤 和久

指導教員 石井 成美 教授

目次

第1章	序論 MOTとPLMの有機的結合.....	1
1.1	研究の背景と目的.....	1
1.2	本論文の構成.....	1
1.3	PLMの概要およびPLMシステム導入における現状.....	1
1.3.1	PLM概要.....	1
1.3.2	PLMシステム導入の現状.....	4
1.3.3	技術経営（MOT）概要.....	12
1.4	PLMおよびMOTの有機的結合.....	13
1.5	考察・結言.....	13
	参考文献（第1章）.....	13
第2章	価値創造にむけたMOTとPLM有機的結合の考察.....	15
2.1	背景・目的.....	15
2.2	先行研究.....	15
2.2.1	付加価値要素の3要素.....	15
2.2.2	PLMの定義.....	15
2.2.3	日経モノづくりと東海地域の調査結果.....	16
2.3	PLMシステム業務モデル定義および具体的活用例.....	16
2.3.1	PLMシステム全体業務モデル定義.....	16
2.3.2	商品企画プロセスにおける業務モデル定義および具体的活用例.....	16
2.3.3	新規設計プロセスにおける業務モデル定義および具体的活用例.....	21
2.3.4	設計変更プロセスにおける業務モデル定義および具体的活用例.....	30
2.3.5	開発プロジェクト管理プロセスにおける業務モデル定義および具体的活用例.....	39
2.4	価値創造マップの構築.....	41
2.5	考察・結言.....	44
	参考文献（第2章）.....	44
第3章	PLMの業務プロセスに着目した技術経営診断手法の提案.....	45
3.1	背景・目的.....	45
3.2	先行研究.....	45
3.2.1	技術経営における付加価値創造.....	45

3.2.2	製品ライフサイクル管理 (PLM) の概要.....	46
3.2.3	PLM全体業務プロセスモデルと業務フロー定義.....	47
3.2.4	価値創造マップ.....	48
3.3	技術経営診断手法の提案.....	49
3.3.1	技術経営診断手法の概説と基本規則.....	49
3.3.2	付加価値創造の3要素ごとの診断の着眼点.....	49
3.3.3	診断シートの使用手法.....	50
3.4	技術経営診断シートを用いた結果.....	51
3.4.1	技術・商品価値創造における結果.....	51
3.4.2	価値創造プロセスにおける結果.....	52
3.4.3	事業価値創造における評価.....	52
3.5	考察.....	53
3.5.1	技術・商品価値創造における評価.....	53
3.5.2	価値創造プロセスにおける評価.....	53
3.5.3	事業価値創造における評価.....	53
3.6	結言.....	54
	参考文献 (第3章)	54
第4章	経営戦略にもとづく PLM と IoT の有機的結合に関する研究.....	56
4.1	背景・目的.....	56
4.2	PLMの概要.....	57
4.2.1	PLMの定義およびバリューチェーン	57
4.2.2	PLM全体プロセスおよび業務フロー定義.....	57
4.3	IoTの概要.....	58
4.3.1	IoTの定義および構成要素.....	58
4.3.2	IoT ビジネスモデル.....	59
4.4	PLMとIoTの有機的結合による付加価値創造.....	60
4.5	考察・結言.....	61
	参考文献 (第4章)	61
第5章	経営戦略にもとづく IoT と PLM の有機的結合の具現化.....	63
5.1	背景・目的.....	63
5.2	経営戦略にもとづく付加価値創造.....	63

5.3	IoTの概要.....	64
5.3.1	IoTの定義および構成要素.....	64
5.3.2	IoTを活用した付加価値創造.....	64
5.4	PLMの概要.....	65
5.4.1	PLMの定義.....	65
5.4.2	PLM業務プロセスデル定義.....	65
5.5	先行研究の調査と考察.....	66
5.5.1	製造業におけるIoT活用による変化.....	66
5.6	経営戦略にもとづくIoTとPLMの有機的結合の具現化.....	66
5.6.1	具現化の手順.....	66
5.6.2	IoTとPLMの有機的結合.....	67
5.6.3	IoTとPLMの有機的結合による具現化.....	68
5.7	考察・結言.....	70
	参考文献（第5章）.....	71
第6章	生産管理業務プロセスにおけるIoT付加価値創造の具現化.....	72
6.1	背景・目的.....	72
6.2	既存する経営戦略を具現化する手法：戦略マップ.....	73
6.3	IoT付加価値創造の具現化手法.....	74
6.4	生産管理業務プロセスの作業モデル定義.....	75
6.5	IoT付加価値創造シートの作成例.....	76
6.5.1	計画業務プロセス.....	77
6.5.2	生産業務プロセス.....	77
6.5.3	資材業務プロセス.....	77
6.5.4	受注業務プロセス.....	79
6.5.5	出荷業務プロセス.....	79
6.6	考察・結言.....	81
	参考文献（第6章）.....	81
第7章	付加価値創造プロセスを実行できるIoT人材スキル標準定義.....	82
7.1	背景・目的.....	82
7.1.1	背景.....	82
7.1.2	目的.....	82

7.1.3	研究方法.....	82
7.2	本研究における定義.....	82
7.2.1	付加価値.....	82
7.2.2	IoT.....	82
7.2.3	IoT付加価値創造プロセス.....	83
7.3	IoT人材育成に関わる先行研究.....	83
7.3.1	総務省によるIoT人材育成の検討.....	83
7.3.2	IoT推進コンソーシアム人材育成分科会による人材育成の検討.....	84
7.3.3	IoT検定制度委員会における人材像およびスキル標準.....	85
7.3.4	IoTシステム技術者検定試験におけるスキルレベルの定義.....	86
7.3.5	先行研究のレビューと本研究における新規性.....	87
7.4	IoT人材タイプ、人材像およびスキル標準定義.....	89
7.4.1	IoT人材タイプ、人材像定義.....	89
7.4.2	スキル標準定義.....	90
7.5	考察・結言.....	95
	参考文献（第7章）.....	96
第8章	IoT人材タイプ別スキル標準定義の有効性検証.....	98
8.1	背景・目的.....	98
8.2	先行研究.....	98
8.2.1	本研究におけるIoTの定義.....	98
8.2.2	官庁のIoT人材育成.....	98
8.2.3	民間のIoT人材育成.....	99
8.2.4	小括.....	99
8.3	付加価値創造を実行できるIoT人材タイプ・人材像、スキル標準の提案.....	99
8.3.1	付加価値創造IoTプロセス定義.....	99
8.3.2	付加価値創造を実行できるIoT人材タイプ・人材像、スキル標準の提案.....	100
8.4	IoT人材タイプ別スキル標準定義の有効性検証.....	101
8.4.1	調査方法.....	101
8.4.2	アンケート回答者の概要.....	102
8.4.3	アンケート結果：単集計.....	102
8.4.4	アンケート結果：クロス集計.....	104

8.5	考察.....	107
8.5.1	結果（単集計）に対する考察.....	107
8.5.2	結果（クロス集計）に対する考察.....	108
8.6	結言.....	108
	参考文献（第8章）.....	109
第9章	結論 IoT人材タイプ別人材育成プログラムの作成.....	110
9.1	背景・目的.....	110
9.2	IoT人材育成の到達目標.....	110
9.3	IoT付加価値創造マップ 教育としての活用手順.....	110
9.4	IoT付加価値創造マップの活用.....	111
9.5	おわりに.....	112

第1章 序論 MOT と PLM の有機的結合

1.1 研究の背景と目的

IT 経営（注1）から IoT (Internet of Things)経営（注2）の時代へシフトするといわれている。経営・業務・IoT の融合による企業価値の最大化は、他社・他国との競争のために必要不可欠であり、そのためにも IoT 人材の育成が急務である。日本政府は2016年6月閣議決定の「日本再興戦略改定2016」（首相官邸[2016]）の中で「IoT・ビッグデータ・AI・ロボットを軸とする第4次産業革命」の実現により、30兆円の付加価値を創出すると明言しており、我が国において、IoTを活用した第4次産業革命の実現は国を挙げて達成すべき課題である。

一方これまでに、第3次産業革命と言われる「ICT革命」に我が国は乗り遅れ、ICTによる継続的な経済成長を実現できなかった、その主な要因として「ICT投資をコスト削減の手段と位置づける企業が多く、新たなサービス創出やビジネスモデル変革の手段として活用されなかったこと」が挙げられる（情報通信審議会[2017]）。IoT経営では過去の反省をふまえ、新たなサービス創出やビジネスモデル変革を実現するには、経営戦略レベルからIoT利活用、そして付加価値創造を全社的に考え、実行することが望ましい。そうすることで他社による模倣が困難な、強い組織をつくりあげる事ができる（延岡[2006]）。

1.2 本論文の構成

本論文の構成を図1-1に示す。

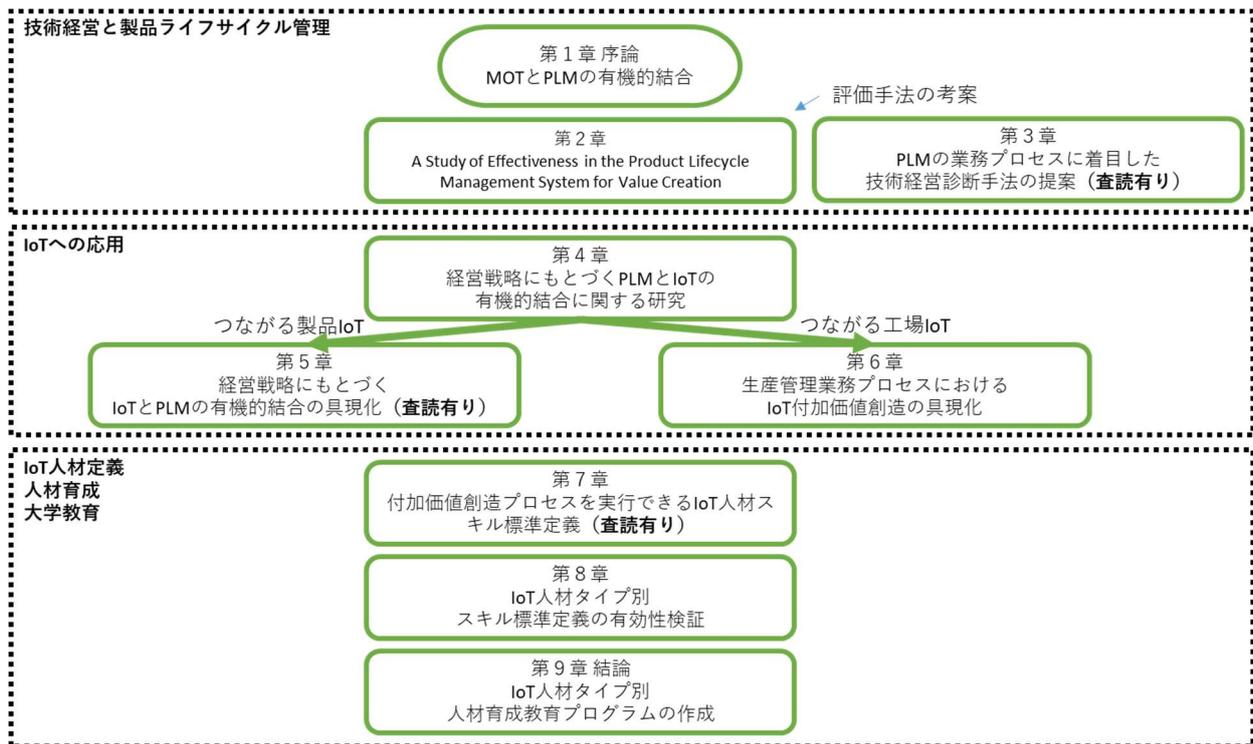


図 1-1 本論文の構成

1.3 PLM の概要および PLM システム導入における現状

1.3.1 PLM 概要

PLMとは、「製品開発の企画段階から設計、調達、生産、販売、顧客サービス、廃棄にいたるまでの『製品ライフサイクルに渡るすべての過程』を包括的に管理するための手法」である[1]。

今現在製造企業ではERPを始め、CAD、PDMといったシステムが企業の様々なプロセスで乱立をしている。そしてこれらのシステムは基本的にある特定のプロセスのみに最適化されたシステムであり、独立をしている。グローバル化等によってより一層激しくなる今後のものづくり経営では、製品を効率よく且つ適切なタイミングで調達、生産、販売、アフターサービス、撤退を行う必要性が更に高まる。PLMの概念では、先に述べた部分最適化された個々のシステムを統合部品表などで部門間連携を行い、ものづくり経営の全体最適化を目的としている（図1-2）[3][4]。

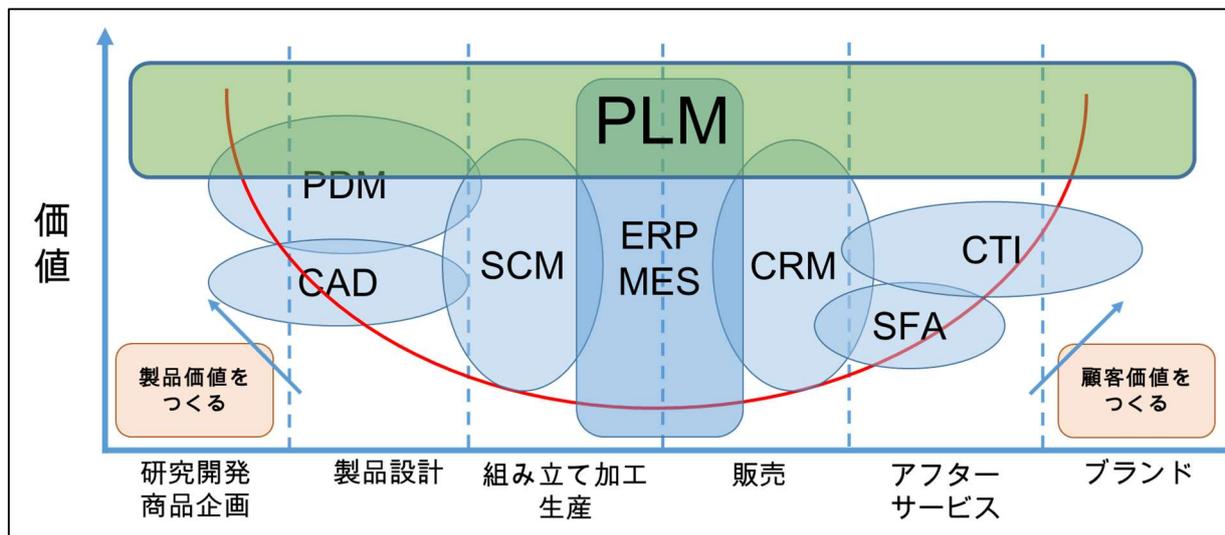


図1-2 PLMのポジショニング

出所 PTC ジャパンとの検討資料[2]より筆者作成

① 狭義と広義のPLMシステム

NEC[1]の定義を便宜的に採用しているが、実際にはPLMの定義は各ベンダーや研究者らによって微妙に異なる。久次[4]は、PLMを狭義のPLMシステムと広義のPLMシステムを定義しており（図1-3）、便宜的にこれを概説する。

●狭義のPLMシステム

「設計企画→開発→試作→テスト→量産開始」までの工程で、製品を設計して生産するまでの範囲における製品情報を一元管理し、それにかかわる業務プロセスをITでサポートするシステム。

●広義のPLMシステム

製品の企画・開発からアフターサービスまでの「製品情報」、 「業務プロセス」を一元管理するとともに、製品に関わる「設備」、人やコストなどの「リソース」までの製品ライフサイクル全体に渡る情報をITで管理するシステム。

狭義のPLMに関しては、従来のPDM(Product Data Management)と呼ばれていた領域であり、これは従来のPDMシステムから現在のPLMシステムへとコンセプトや機能が拡張されたためにこのように認識されている場合も多い。

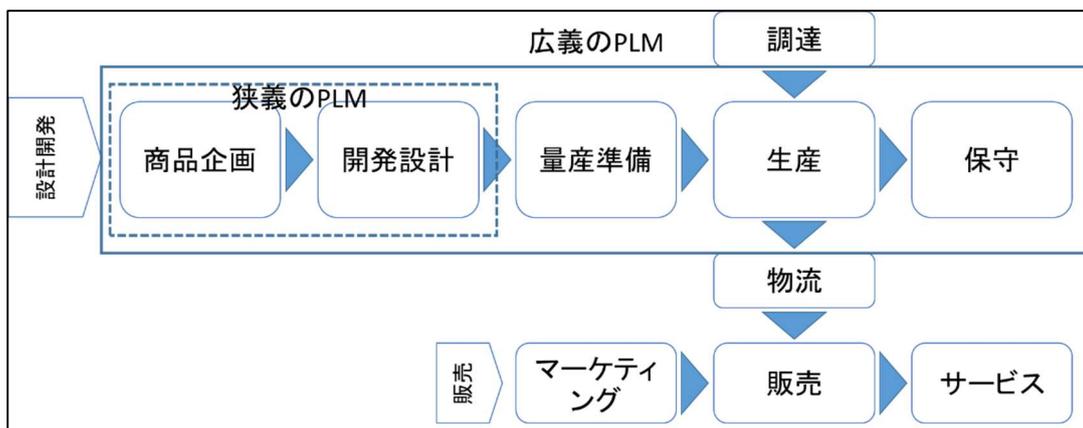


図 1-3 狭義の PLM と広義の PLM の関係

出所：久次[4] より筆者作成

② PLMシステムの構造と BOM

PLMシステムを構築する上で必要な構成要素がある。なかでも最も重要な要素は BOM(Bill of Materials, 部品表)である。佐藤・山崎[5]らの定義では、狭義の BOM を「マテリアルの数量的な関係を示した一覧表である」としており、広義の BOM を「マテリアル・マスタを中心とした製品構成と製造工程に関する基準情報、ならびに、そこから発生する履歴情報」と定義している。ただし、基本的に BOM の議論をする際は狭義の BOM が一般的である。

また、狭義の BOM であるマテリアルの数量的な関係というのは具体的に、原材料、サブアセンブル、中間アセンブル、サブ構成、部品、数量、などを製造や最終製品のために利用するためのリストのことである。(図 1-4)。

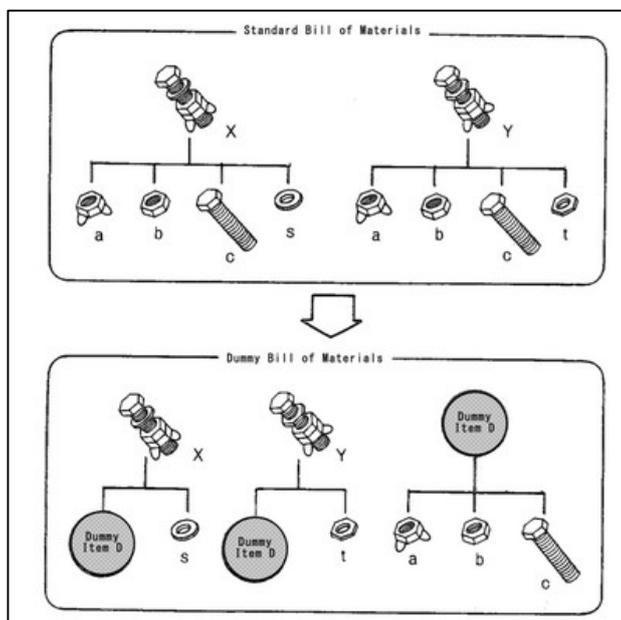


図 1-4 BOM

出所：MRP glossary of Production scheduler Asprova

<http://www.asprova.jp/mrp/glossary/en/cat247/post-542.html>

さらに、BOMは各部門間で各 BOM を保有し管理する。生産であれば、設計した製品情報を管理するためのエンジニアリング BOM (EBOM) 。オーダー情報を管理するセールス BOM (SBOM) 。製造情報を管理す

るマニュファクチャリング BOM (MBOM) , メンテナンス情報を管理するサービス BOM (SBOM) などが存在する[6].

BOMを利用することを前提として, PLMシステムは構築される. 具体的なシステムアーキテクチャもベンダーによって様々なである(久次[4])が, 基本的理解として, 各部門間の BOM を連携させるためのデータベースを用いる(統合部品表といわれるようなものとはほぼ同義)ことで, 部門間の壁を超え, 部品表をベースに製品ライフサイクル全体の情報を連携させる(図 1-5).

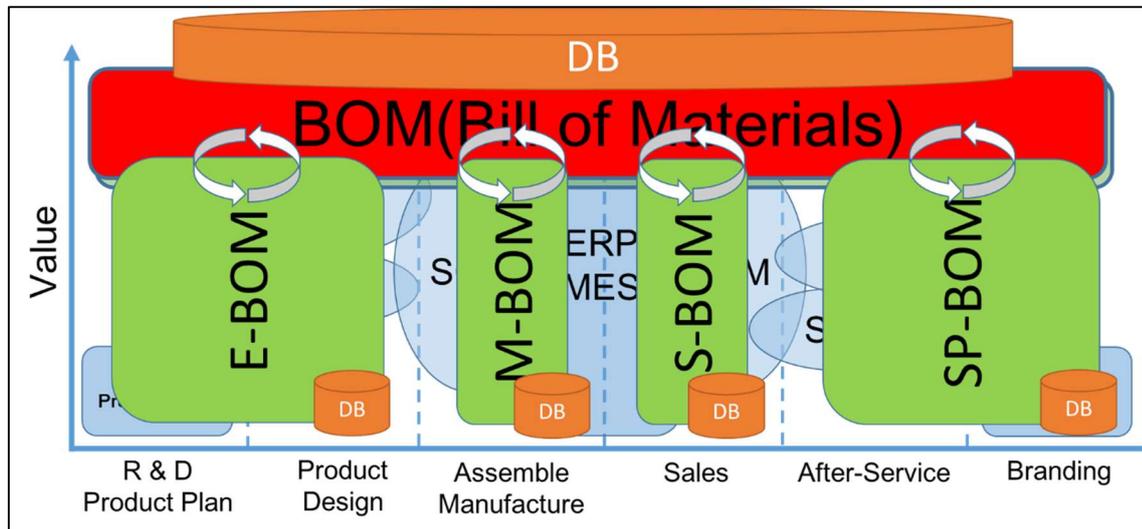


図 1-5 PLM システムアーキテクチャ

出所: 筆者作成

③ PLMの事業継続計画への貢献

PLMはグローバル時代を生き抜くために必要不可欠な概念であり, 実際に実現させるためのシステムである. これは「グローバル統合」, あるいは「メタナショナル」とも言われる. 例えば, 米 Apple 社の iPhone は「Designed by Apple in California Assembled in China」と書かれている. これはものづくりにおいて付加価値の高い企画・設計は日本, 韓国, ドイツ, 米国などで行い, 製造は中国・台湾の EMS に受託するといったビジネスモデルが現在のものづくり企業主流である. このようなグローバルな体制でものづくりを実現させるためには PLM のようなコンセプトを持った管理システムが必要不可欠である. また, このような体制では従来のように国内だけで製品ライフサイクルを回していた時と比べ, 様々なリスクを内包する. 仮に何らかのリスクが発生した場合であっても, 事業を継続させる (BCP, Business Continuity Plan, 事業継続計画) だけの体制を整えることに貢献することが PLM の役割である.

1.3.2 PLM システム導入の現状

PLM システムは現在日本国内でも大企業を始め多くの企業を取り入れているシステムである. 本章では PLM システムの導入の現状を過去の文献から整理しなおし, 本論文で議論するための問題・課題の抽出を行う.

日経ものづくり[7]や石井ら[8]の調査で, 「PLM システムに対する認識と導入・運用の実態調査」を行ったが, 両調査とも同様に「PLM の具体的な導入イメージがなく, システム間の連携が取れていない」といった回答が多く, 大企業や導入済みの企業であっても同様の結果が見られていることが指摘されている.

1.3.2.1 日経ものづくりによる調査結果

今回行った調査は2010年7月30日～8月5日にも Web サイト上で実施され、ニュース配信サービス「日経ものづくり NEWS」の読者を対象に、アンケートを依頼し、394の有効回答を得た結果が掲載されている。

アンケート項目は以下のとおりである。

- ① PLMに対する現在の認識は
- ② 具体的なイメージがないのはなぜか
- ③ PLMシステムを導入しているか
- ④ PLMシステムに対する不満はなにか
- ⑤ PLMに対する期待値と実際の効果について
- ⑥ PLMの導入で仕事はどう変わったか

以下、日経ものづくりによる結果を掲載する。

① PLMに対する現在の認識はどのようなものか

PLMに関する認識に関しては、「意味を知っており、具体的なイメージもある」は20.3%と日経ものづくりの調査よりやや少なく、「PLMの意味は知っているが、具体的なイメージがない」が32.4%、「PLMという言葉は聞いたことがあるが、どんなものかは知らない」が18.9%と、同様に過半数は具体的にPLMというものをイメージできていないことがわかる。ただし、「PLMという言葉を知らない」との回答が27.0%あり、日経ものづくりの調査結果の2倍であった(図1-6)。

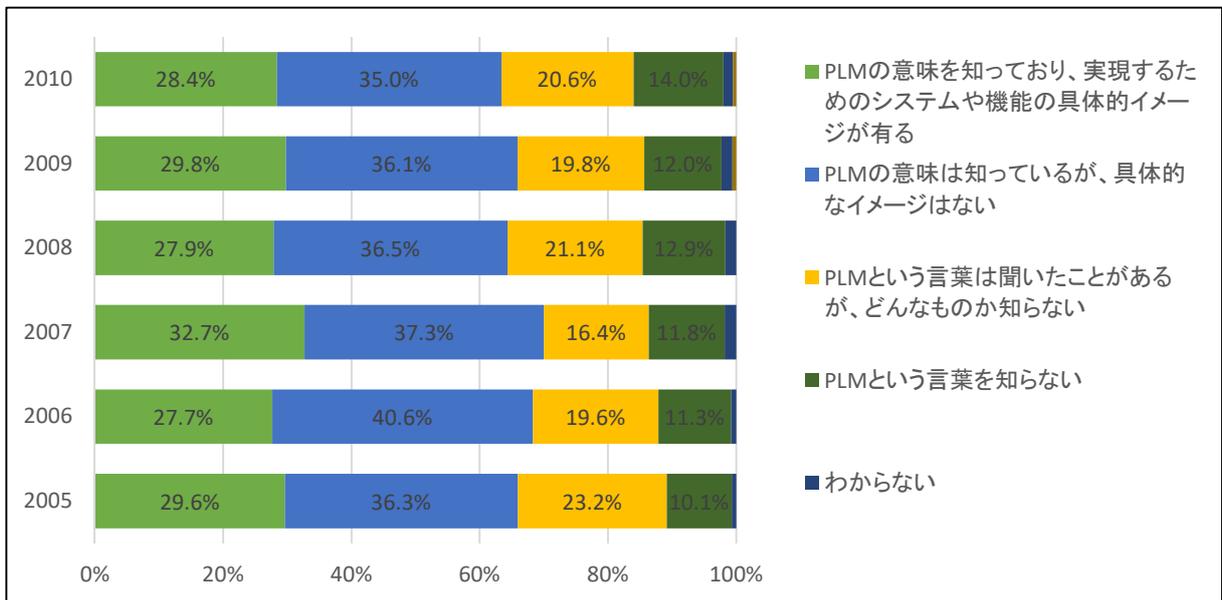


図1-6 PLMに対する現在の認識

② 具体的なイメージがないのはなぜか

具体的なイメージがない理由として「得られる具体的な情報が少ない」と「抽象的な情報ばかりのため」が共に39.1%と最も多い、次いで「言葉の定義があいまい」が17.4%と続き、やはりエンドユーザにPLMの概念が浸透していないことがうかがえる(図210)。

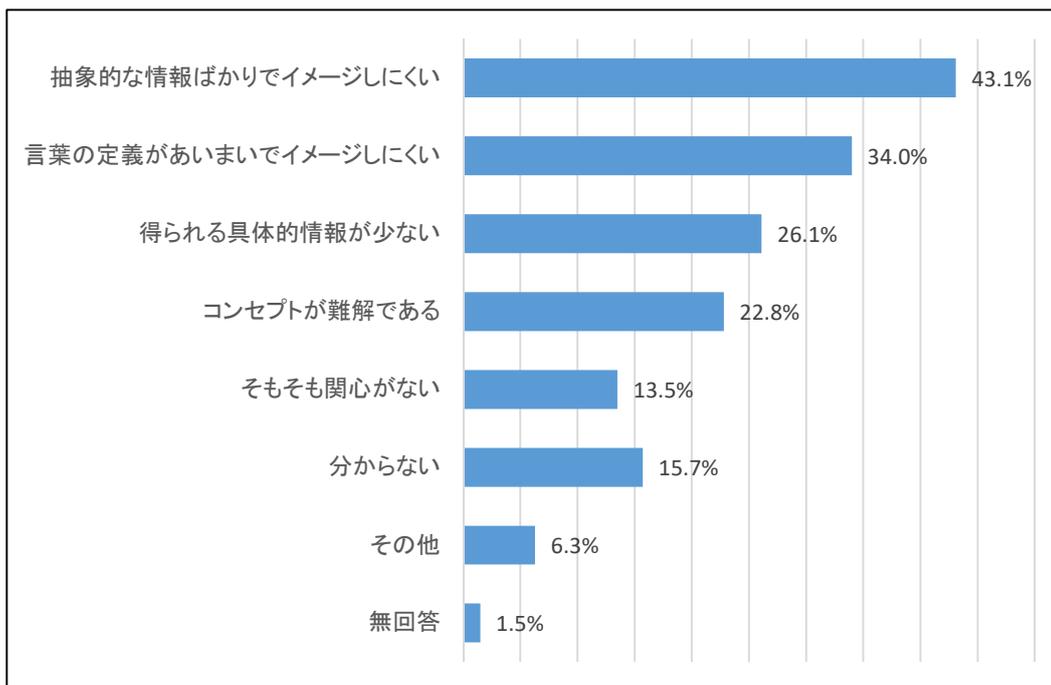


図 1-7 具体的イメージがないのはなぜか

③ PLM システムを導入しているか

「既に構築済みで運用している」との回答は 11.0%で、日経ものづくりの調査結果と大差ないが、「これまで一度も導入を検討したことはない」が 51.4%と日経ものづくりの調査結果の 2 倍であり、「わからない」は 10.8%と、日経ものづくりの調査結果の 3 分の 1 であった (図 1-8)

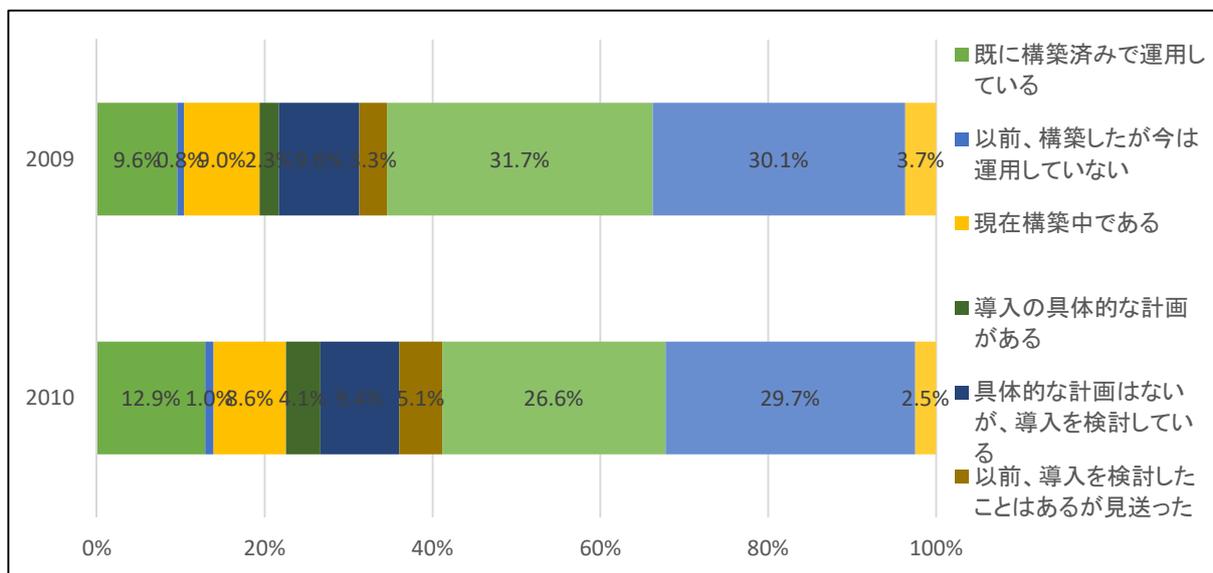


図 1-8 PLM システムを導入しているか

④現在の導入した PLM に対する不満は何か

「システム間の連携ができていない」 29.4%、「データがうまく共有できない」 23.5%、「システムを使うのが面倒くさい」と「システムの使い勝手が悪い」が共に 11.8%にある。なお、日経ものづくりの調査結果で 3 位であった「プロジェクトマネジメント機能が弱い」は 5.9%と少なかった (図 1-9)。

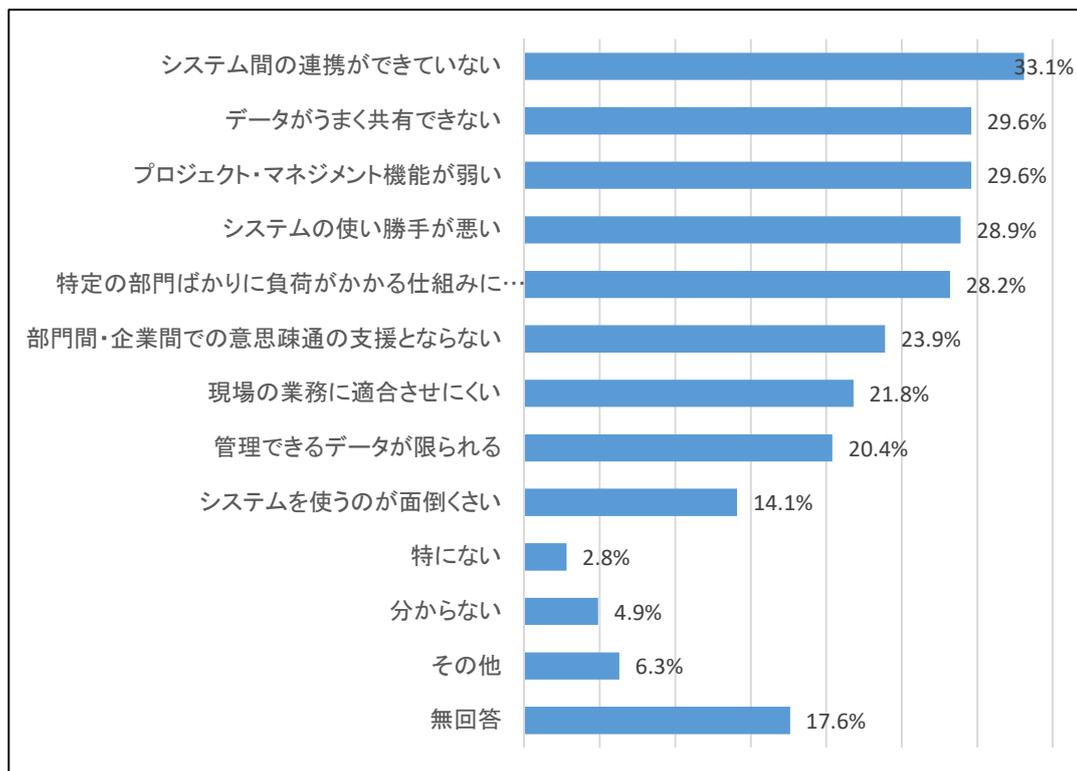


図 1-9 現在の PLM に対する不満はなにか

⑤PLM に対する期待値と実際の効果について

半数近くは「思ったほど効果は得られていない」が 36.4%，「期待した効果とは程遠い」が 12.7%，「期待以上」もしくは「ほぼ期待通り」を挙げたのは 1/3 強であった，

⑥PLM の導入で仕事はどう変わったか

「同じ作業を短時間で終わられるようになった」62.5%，「社内の情報を利用しやすくなった」50.0%であり，前向きな変化を挙げる回答者が多かった，「データ管理が面倒になった」37.5%，「以前より仕事が増えた」25.0%という後ろ向きの回答を上回った，

ただし，日経ものづくりでは 21.8%であった「同じ作業を短時間で終わられるようになった」は 3 倍であり，本調査対象の企業では作業の効率化に焦点があることがうかがえる（図 2 13）

⑦PLM システム導入の主体部署はどこか

日経ものづくりが対象にしている企業では，主に IT システム部門が企画・導入を主体的に担当することが多いが，本調査では，「設計」23.0%，「調達・購買」15.0%，「生産技術・管理」15.0%，「経営・管理」15.0%など，業務部門が主体部署になっている。

主体部門になることの多い「IT システム企画・構築」を含む，「販売・営業」，「製造・工場」，「研究・開発」などは 8.0%であった。

1.3.2.2 東海 4 県を中心とした製造企業への調査結果

調査対象として，2011 年度に本学に求人があった企業 1440 社の中から，本社の所在地が東海 4 県(愛知，岐阜，三重，静岡)と東京，大阪にある企業で，資本金が 5000 万円以上の企業 550 社を抽出し，日経ものづくりと同様の調査を実施した。2011 年 11 月 8 日～11 月 25 日に返信にて 74 社の有効回答を得た結果を以下に紹介する。

アンケート項目は以下のとおりである。

- ①PLMに対する現在の認識はどのようなものか
- ②具体的なイメージがないのはなぜか
- ③PLMシステムを導入しているか
- ④現在の導入した PLM に対する不満は何か
- ⑤PLM に対する期待値と実際の効果について
- ⑥PLM の導入で仕事はどう変わったか
- ⑦PLM システム導入の主体部署はどこか

以下、結果を掲載する。

① PLM に対する現在の認識はどのようなものか

PLM に関する認識に関しては、「意味を知っており、具体的なイメージもある」は 20.3%と日経ものづくりの調査よりやや少なく、「PLM の意味は知っているが、具体的なイメージがない」が 32.4%、「PLM という言葉は聞いたことがあるが、どんなものかは知らない」が 18.9%と、同様に過半数は具体的に PLM というものをイメージできていないことがわかる。ただし、「PLM という言葉を知らない」との回答が 27.0%あり、日経ものづくりの調査結果の 2 倍であった（図 1-10）。

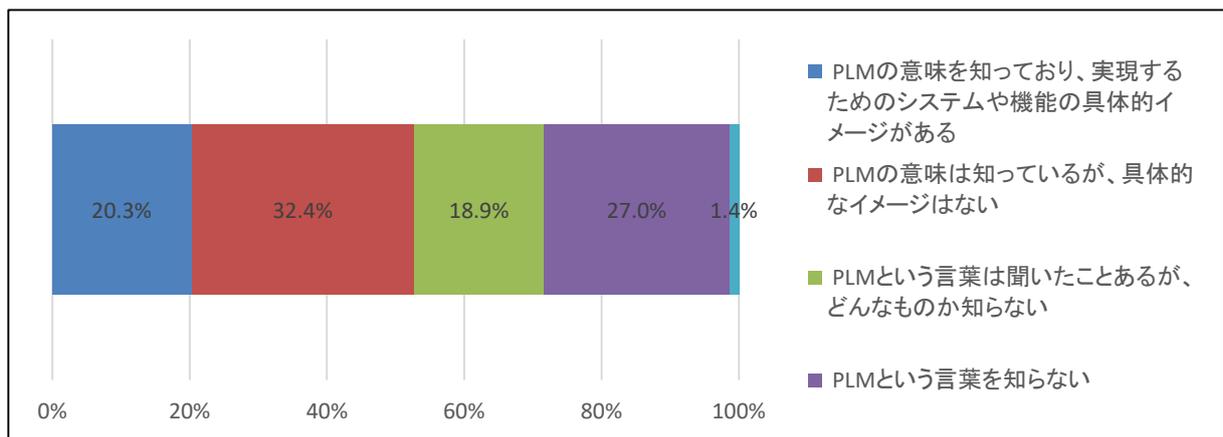


図 1-10 PLM に対する現在の認識はどのようなものか

②具体的なイメージがないのはなぜか

具体的なイメージがない理由として「得られる具体的な情報が少ない」と「抽象的な情報ばかりのため」が共に 39.1%と最も多い、次いで「言葉の定義があいまい」が 17.4%と続き、やはりエンドユーザに PLM の概念が浸透していないことがうかがえる（図 1-11）。

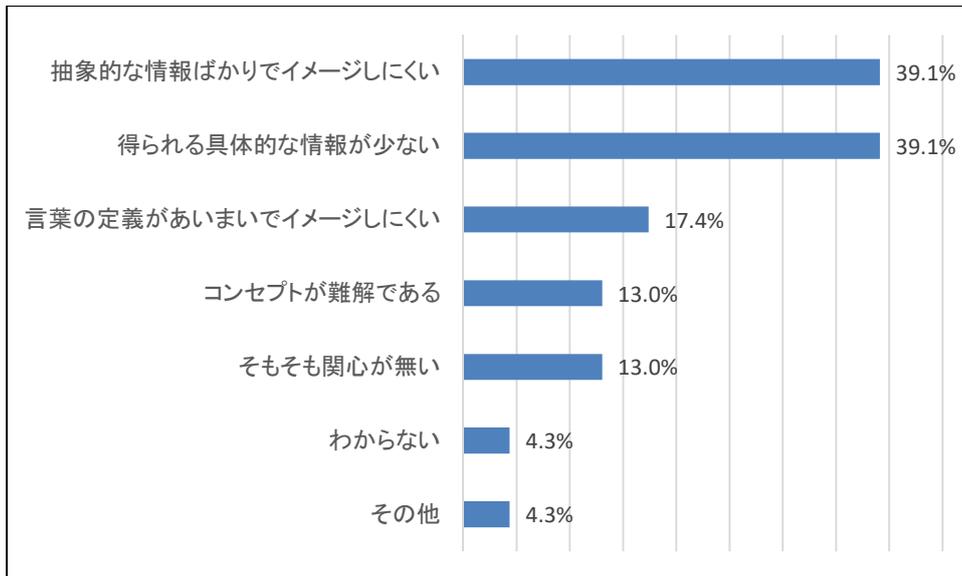


図 1-11 具体的イメージがないのはなぜか

② PLM システムを導入しているか

「既に構築済みで運用している」との回答は 11.0%で、日経ものづくりの調査結果と大差ないが、「これまで一度も導入を検討したことはない」が 51.4%と日経ものづくりの調査結果の 2 倍であり、「わからない」は 10.8%と、日経ものづくりの調査結果の 3 分の 1 であった (図 1-12)

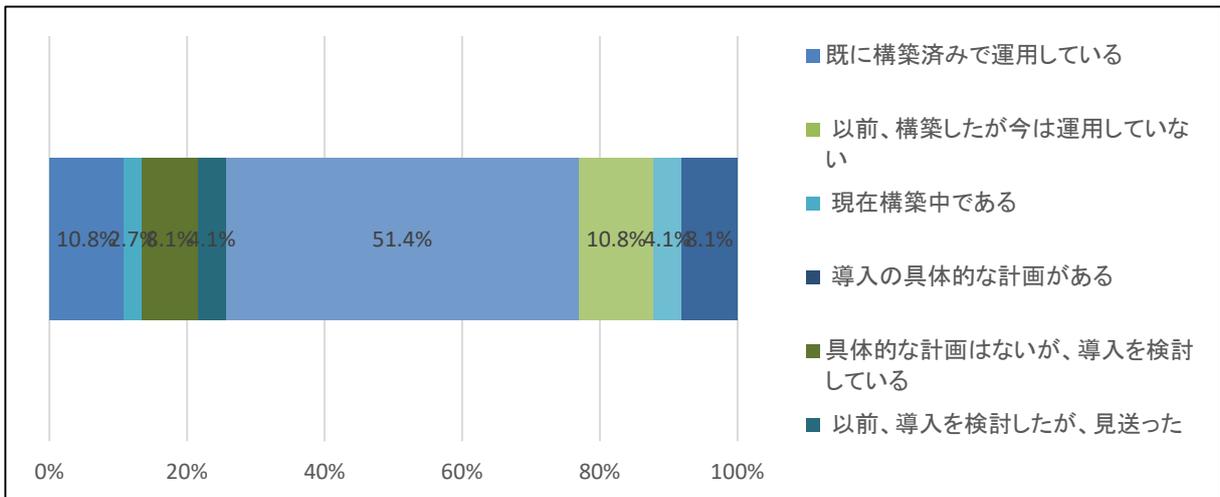


図 1-12 PLM システムを導入しているか

④現在の導入した PLM に対する不満は何か

「システム間の連携ができていない」 29.4%、「データがうまく共有できない」 23.5%、「システムを使うのが面倒くさい」と「システムの使い勝手が悪い」が共に 11.8%にある。なお、日経ものづくりの調査結果で 3 位であった「プロジェクトマネジメント機能が弱い」は 5.9%と少なかった (図 1-13)。

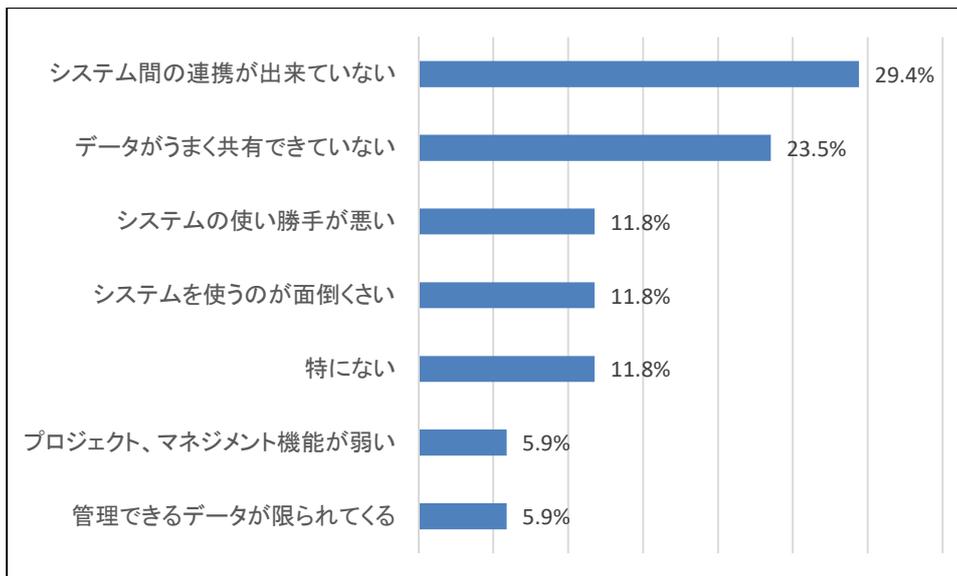


図 1-13 現在の導入した PLM に対する不満は何か (複数回答可)

⑥PLM の導入で仕事はどう変わったか

「同じ作業を短時間で終わられるようになった」62.5%、「社内の情報を利用しやすくなった」50.0%であり、前向きな変化を挙げる回答者が多かった。「データ管理が面倒になった」37.5%、「以前より仕事が増えた」25.0%という後ろ向きの回答を上回った、

ただし、日経ものづくりでは21.8%であった「同じ作業を短時間で終わられるようになった」は3倍であり、本調査対象の企業では作業の効率化に焦点があることがうかがえる (図 1-14)。

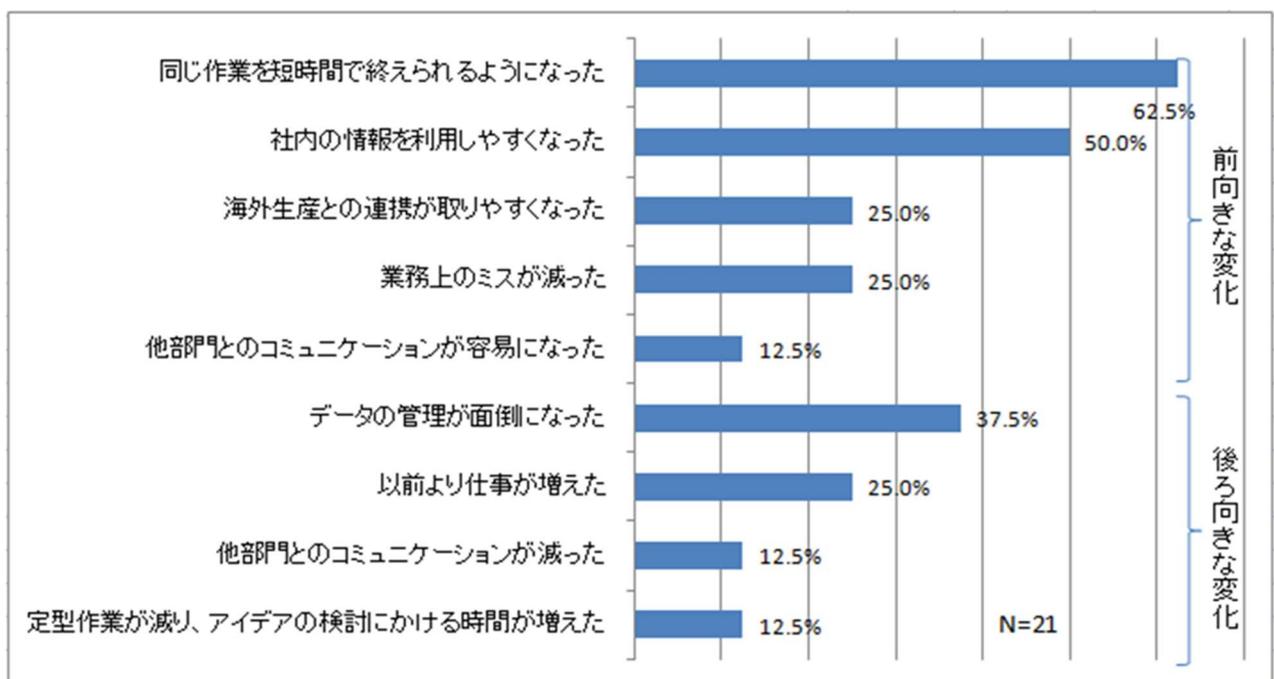


図 1-14 PLM の導入で仕事はどう変わったか

⑦PLM システム導入の主体部署はどこか

日経ものづくりが対象にしている企業では、主に IT システム部門が企画・導入を主体的に担当することが多いが、本調査では、「設計」23.0%、「調達・購買」15.0%、「生産技術・管理」15.0%、「経営・管理」15.0%など、業務部門が主体部署になっている。

主体部門になることの多い「IT システム企画・構築」を含む、「販売・営業」、「製造・工場」、「研究・開発」などは 8.0%であった（図 1-15）。

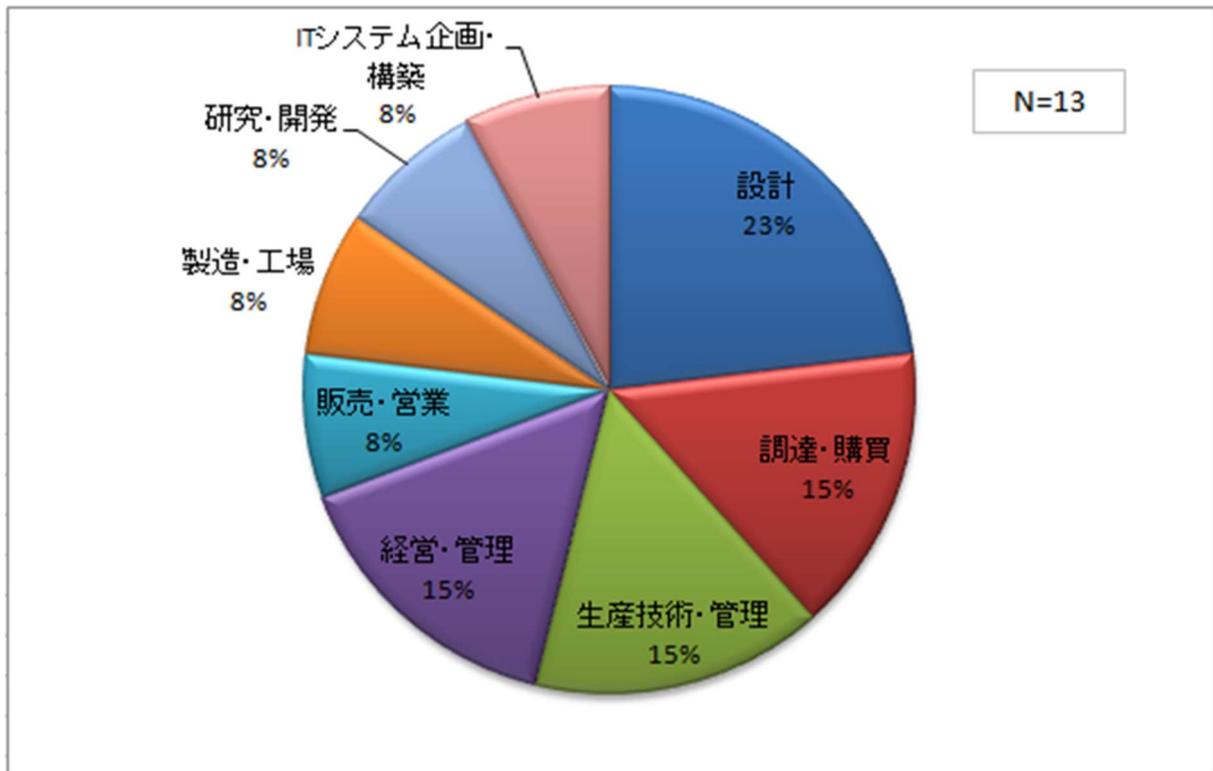


図 1-15 PLM システム導入の主体部署はどこか

1.3.2.3 PLM 導入の調査結果まとめ

我が国の PLM の導入状況を端的に述べるならば、「PLM の認知度も低く、PLM を導入していたとしても、その効果を十分に活用できていない。それは大企業においても同様の結果である」と述べるができる。

企業の規模（社員数別）を日経ものづくりの調査結果（2010 年）（図 1-16）と比較すると、日経ものづくりの調査が大手製造企業に行われたのに対して、本調査は中小製造企業が対象であることがわかる。

よって、本調査結果が日経ものづくりの調査結果と異なる場合は、中小製造規模における特性を表していると考えることができる。

「PLM システムを導入しているか」の調査結果を同じく本調査結果と、日系ものづくりの調査結果（大手製造企業と中小製造企業に関する調査結果の比較）を示した（図 1-17）。中小製造企業においては、「一度も導入を検討した事がない」の割合が過半数を超えており、大手製造企業と比較して中小製造企業では PLM の導入が進んでいないことがわかる。また、両企業の「一度も導入を検討した事がない」と「わからない」を併せた割合に注目すると、「わからない」と答えた割合は大手製造企業と比較して中小製造企業の方が少

なかった，大手製造企業は部門化が進んでおり，アンケート回答者が自社の導入状況を把握していないことがうかがえる。

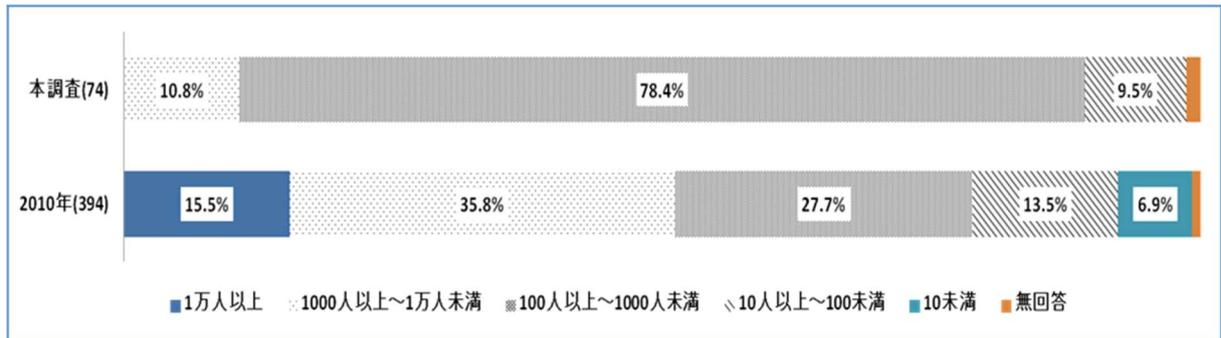


図 1-16 東海 4 県と日経ものづくり（2010 年）の調査対象企業規模

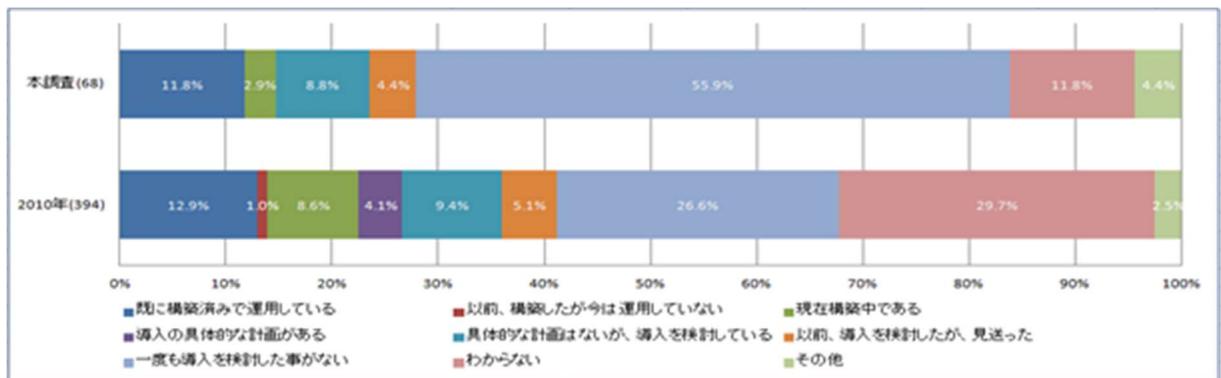


図 1-17 東海 4 県と日経ものづくり（2010 年）の PLM システム導入の比較

1.3.3 技術経営（MOT）概要

技術経営（MOT：Management Of Technology）とは，延岡[9]は「第 1 に，技術管理を競技にとらえた経営工学や生産管理を中心としたもの，（略）第 2 に，革新的なイノベーションや新技術をベースとした新事業創造やベンチャー企業のあり方などを中心的に取り扱ったものである」と定義する。また，技術経営の最大の目的は「製造業における長期的な付加価値創造の最大化」としている。また技術経営は「価値創造」と「価値獲得」に大別できる（図 3 1）。価値創造活動においては優れた技術，優れた商品開発，あるいは効率的な製造工場，製品開発を行うことである。価値獲得では，付加価値・利益の獲得，儲けのしくみを構築することが主題である。大きく分けてこれら 2 つの両輪を相互に組み合わせることによって付加価値の最大化を行うことが，製造企業において重要である。

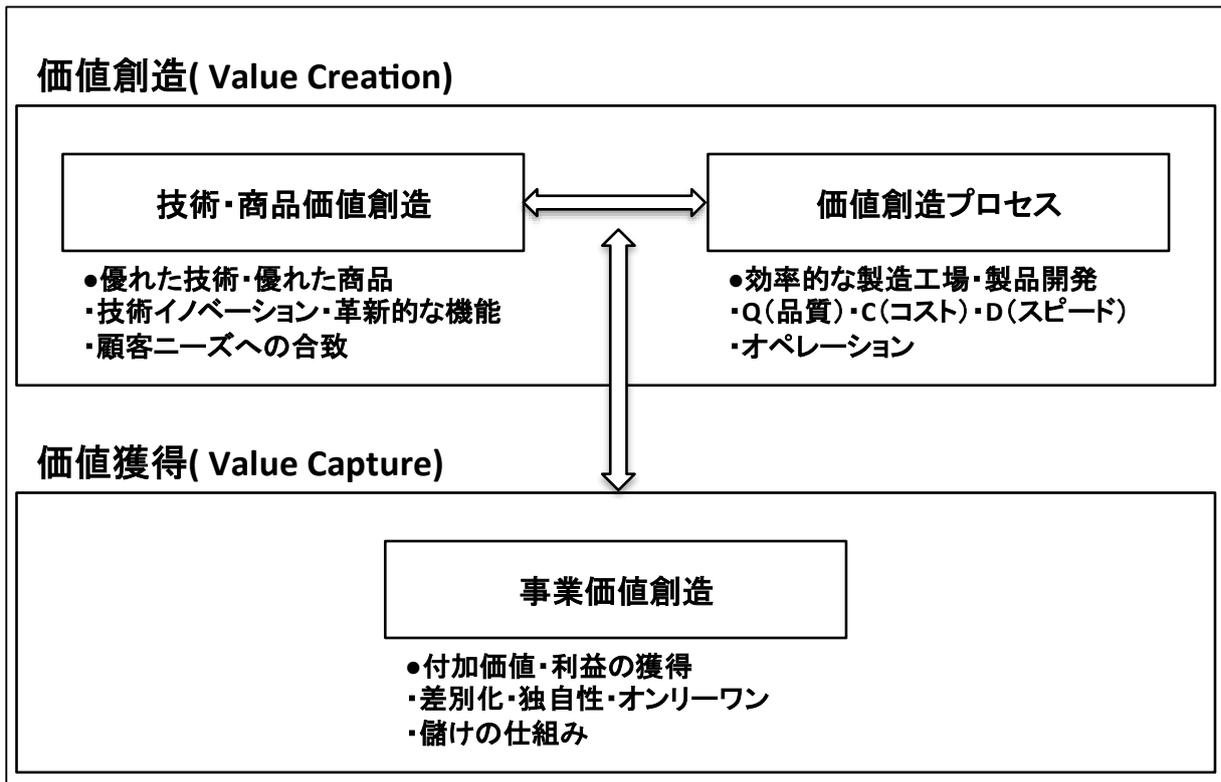


図 1-18 図 3 1 付加価値創造の 3 要素

出所：延岡[9]より筆者作成

1.4 PLM および MOT の有機的結合

山田[6]は、PLM を効果的に適用するために MOT コンセプトと結びつくべきだと述べたが、特定の MOT ベースの解決策はこれまで言及されていない。

1.5 考察・結言

PLM システムは今後も製造業で普及することが予想されている。また、現時点でも PLM システムは多くの企業に導入されているながらも、うまく活用されていないケースが多いということがわかった。その理由は日経ものづくりや石井らの調査により、「PLM の具体的なイメージがなく、うまく活用できない」という問題点があることも明らかとなった。そのため、この問題を解決する必要がある。山田[6]は、PLM を効果的に適用するために MOT との「有機的結合」が重要だと言及しているが、実際には具体的な解決策が示されていない。このため、筆者らは MOT と PLM の有機的結合を具現化させることで、製造業の付加価値の最大化を目的とする。

参考文献 (第 1 章)

- [1] NEC 「PLM ソリューション」, <http://jpn.nec.com/plm/about/abt-index.html>
- [2] PTC ジャパン 「愛知工業大学経営学科向け PLM 研究のご提案」, 2011.9.
- [3] 三河進 「製造業の業務改革推進者のためのグローバル PLM—グローバル製造業の課題と変革マネジメント」, 2012.
- [4] 久次昌彦 「図解でわかる PLM システムの構築と導入」日本実業出版社, 2007.
- [5] 佐藤和一, 山崎誠 「BOM/部品表入門」, 日本能率協会マネジメントセンター, 2005
- [6] McGraw-Hill Companies, Inc. 「McGraw-Hill Dictionary of Architecture and Construction.」 2003
- [7] 日経 BP 社 「PLM システムに対する認識と導入・運用の実態」, 日経ものづくり 2010 年 9 月号

- [8] 石井成美, 後藤時政, 近藤高司「PLMシステムに対する認識と導入・運用実態」日本生産管理学会論文誌第19巻1号, pp131-136 2012.9.
- [9] 延岡健太郎「MOT“技術経営”入門」, 日本経済新聞社, 2006.
- [10] 山田太郎「製造業のPLMと技術経営」, 日本プラントメンテナンス協会, 2003.
- [11] 栗田智成, 井村俊介「商品企画プロセスに着目したPLMシステム活用の有効性」, 平成二十五年度卒業論文, 2014
- [12] 近藤幸弘「設計プロセスに着目したPLMシステム活用の有効性」, 平成二十五年度卒業論文, 2014
- [13] 神谷勇仁, 前拓朗「開発プロジェクト管理プロセスに着目したPLMシステム活用の有効性」, 平成二十五年度卒業論文, 2014
- [14] 石井成美, 後藤時政, 近藤高司, 福澤和久「経営戦略にもとづくPLMとMOTの有機的結合に関する一考察」, 日本生産管理学会論文誌第21巻, 1号, pp109-114, 2014.10
- [15] Shigemi Ishii, Kazuhisa Fukuzawa「A Study on Effectiveness of Making Use of Product Life Cycle Management System for Value Creation」, 2014 International Conference on Information and Social Science, 2014.9.

第2章 価値創造にむけた MOT と PLM 有機的結合の考察

2.1 背景・目的

製品ライフサイクル管理 (Product Lifecycle Management, PLM) システムは、製品計画、設計、運用、保守およびサービスなど、製品ライフサイクル情報のすべてのフェーズを管理する概念またはシステムである。また、PLMは、製品を中心とした社内外の企業をつなぐ仕組みである。PLM システムはまた、顧客のニーズとの一致、および意思決定の遅延なしに製品のロールアウトまたは撤退を可能にする。しかし、このシステムは大企業間でも普及しておらず、既に PLM を実装している多くの企業は、システムの特定のイメージがないためにこの実装の効果に不満を抱いている[1]。

先行研究から企業が付加価値を生み出すことを可能にする技術経営 (Management of Technology, MOT) を最初に定義した。次に、PLM ビジネスフローモデルを定義した。次に、4つの PLM プロセス (製品計画、製品設計、設計変更、およびプロジェクト管理プロセス) に焦点を当てて定義した。さらに、MOT と PLM との有機的結合について触れている。

本研究では、PLM と MOT の有機的結合に関する成果として、「価値識別マップ」—具体的に価値創造を組み込むことによって PLM が適切に使用されているかどうかを示すパフォーマンス指標—を作成することができた。このマップは、マネージャ、デザイナー、エンジニアなどの企業の生産担当者に使用できる。

2.2 先行研究

2.2.1 付加価値要素の 3 要素

延岡 [1]は、技術経営を「製造業における第一次産業工学と生産管理」と定義し、「第二に、技術革新や起業家精神の方法の研究」と定義し、また、製造業における最大の目的は「製造業の長期的な価値を最大限に引き出す」ことであるとした。技術経営は3つの要素で構成されている：1.技術・製品価値創造、2.価値創造プロセス、3.事業価値創造。

技術・製品価値創造には、革新的な機能、革新的な機能の提供、市場のニーズを満たす優れた技術と製品の創造が含まれる。価値創造プロセスには、製造プラントのように、品質原価配達や運営などの効率的な生産システムまたは開発を構築することが含まれる。これらの2つの要素は、価値創造として分類される。ビジネスバリューの創造は、ビジネスモデルなどの付加価値と利益を得ることによって得られます。事業価値創造の作成は「価値獲得」に分類される。これらの3つの要素は、企業や産業における付加価値創造を理解する上で重要である。

2.2.2 PLM の定義

PLM システムは、製品計画、製品設計、開発、製造、出荷、メンテナンス、サポート、廃棄などのライフサイクルプロセス全体の情報を管理する[2]。これにより、PLM は製品ライフサイクル全体のすべてのフェーズに接続される。これらのケースのほとんどには、製品データ管理 (PDM) 、コンピュータ支援設計 (CAD) 、およびエンタープライズリソース計画 (ERP) などのエンジニアリングシステムが含まれる。PLM の概念は、原材料、サブアセンブリ、中間アセンブリ、サブコンポーネント、および部品のリスト、および最終製品を製造するために必要なそれぞれの量を含む BOM (bill of materials) を使用して、これらのシステムを本質的に接続する。

調査[3]によると、PLM の市場は世界的に拡大すると言われており、PLM が近代産業でますます重要になっていることを意味している。

2.2.3 日経モノづくりと東海地域の調査結果

2005年以降、PLMシステムの再編、導入、運用に関する調査報告がなされており[5]、その結果、企業の約35%が既にPLMを知っているが、エンドユーザは具体的なイメージが曖昧であるため、企業の約34%がシステムをよく理解していない。さらに、企業の12.9%が現在システムを使用しているが、その有効性が期待通りではないと感じている。石井[4]も東海4地域で同様の調査を行い、その結果は日経モノづくりとほぼ同じであった、この2つの調査は、PLMを実施している企業がであったとしても、PLMの具体的なイメージができていないために、うまく活用できず、満足していないという問題点を示している。

2.3 PLMシステム業務モデル定義および具体的活用例

2.3.1 PLMシステム全体業務モデル定義

本研究におけるPLMシステムの全体プロセスの定義を行った(図2)。本研究では1.商品企画プロセス、2.新規設計プロセス、3.設計変更プロセス、4.開発プロジェクト管理プロセスの4プロセスに着目した(図2-1)。

	コンセプトスタディ	仕様設計 基本設計	開発(詳細設計)	評価	量産・顧客サポート
ビジネス企画 プロジェクトマネジメント	4. 開発プロジェクト管理				
マーケティング& セールス	1. 商品企画プロセス		2. 新規設計プロセス		
商品企画					
開発・設計 ソフトウェア開発 ハードウェア開発					
生産&調達	3. 設計変更プロセス				
品質保証					
サービス&サポート					

図2-1PLMシステム全体業務モデル

2.3.2 商品企画プロセスにおける業務モデル定義および具体的活用例

2.3.2.1 商品企画プロセスにおける業務モデル定義

商品企画プロセスの業務フローモデルを以下に示す。

① 要求-仕様の定義

市場ニーズから要求品質を抽出し、対応技術(仕様)の定義を行い要求品質と製品仕様のマッピングを行う。

② 自社・他社比較

要求の重要度を自社と他社で比較しつつ検討、ネック技術を明確化し設計目標値を設定する。

③ 製品バリエーション定義

製品ラインナップの戦略及びモジュールの組み合わせにより、製品のバリエーションを定義する。

④ モジュール定義

製品に対応するモジュールを洗い出し、対応する製品仕様の組み合わせを定義する。

⑤ 企画 BOM～設計 BOM の作成

該当モジュールを選び出し、企画 BOM～設計 BOM を作成する。

商品企画プロセスの業務フローモデルを（図 2-2）に示す。

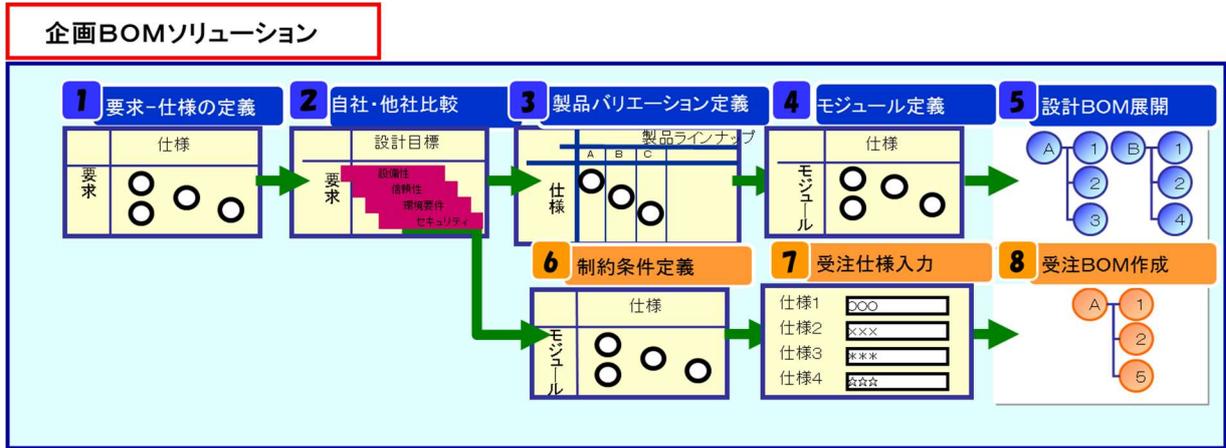


図 2-2 商品企画プロセス業務フローモデル

2.3.2.2 商品企画プロセスにおける具体的活用例

①要件・仕様の定義

商品企画では、売れる商品を企画し検討していくことが目的である。そのためには、市場のニーズにあった商品を企画しなければならない。

顧客ニーズにあった商品企画をしていくには、市場調査データ・アンケート結果等の市場のニーズを基に商品企画の基礎となる要件・仕様の定義を定め、要求品質を抽出していく、

抽出した要求品質に対する対応技術（仕様）のオプションをマッピングし、市場が求めている商品の定義を行う。この時、PLMシステムを用いると品質要求と製品仕様のデータがそろっているため要求-仕様の依存関係を早く的確に分かるため市場に素早く対応できる（図 2-3）。

③ モジュールの定義

モジュール化により事前に部品情報を登録しておき、製品仕様の組み合わせを定義する際に製品に採用されたモジュールを洗い出し最適な組み合わせを定義することができる（図 2-6）。モジュールの定義をすることによって製品仕様に対して BOM（部品表）が、決まるようにすれば、PLM システムを取り入れる前に比ベリードタイムが短縮できる。

4 モジュール定義

モジュール		製品仕様																				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12									
1	本体モジュール																					
2	フレームモデル																					
3																						
4																						
5																						
6																						
7	OS																					
8	CPU																					
9																						
10																						
11																						
12																						
13																						
14	メモリ																					
15	ハードディスク																					
16	光ディスク																					
17	マウス																					
18	キーボード																					
19	グラフィクスアクセラレータ																					
20	追加モジュール																					
21	増設CPU																					
22	増設メモリボード																					
23	ラックコンバージョンキット																					

**製品に採用されたモジュールを洗い出し、
対応する製品仕様の組み合わせを定義します**

図 2-6 製品モジュール定義

⑤ 企画 BOM～設計 BOM の作成

部門間の情報共有や伝達に図面や仕様書などの設計成果物に加え、BOM（部品表）を利用し、この BOM がものづくりのマスタ情報として開発プロセス全体で共通的に広く利用される協調開発の要とされる。この BOM はそれぞれのプロセスごとに目的や用途に応じてバラバラに管理されており、協調開発を阻害してきた最大の要因である。代表的な例が企画 BOM と設計 BOM との相違である。設計部門では機能や構造に着目した BOM を作成するが、生産部門では在庫管理や発注の都合で BOM を組み換える。このような状況では企画変更が発生したとして、企画 BOM 側の変更を設計 BOM にミスなく、タイムリーに反映することは困難である。

これらの問題を解決するには、企画 BOM、生産 BOM などの開発プロセスで活用される多様な BOM をデータベースで一元的に管理し、変更情報を迅速かつ正確に伝達できることが求められているため企画 BOM～設計 BOM の作成を行う（図 2-7）。

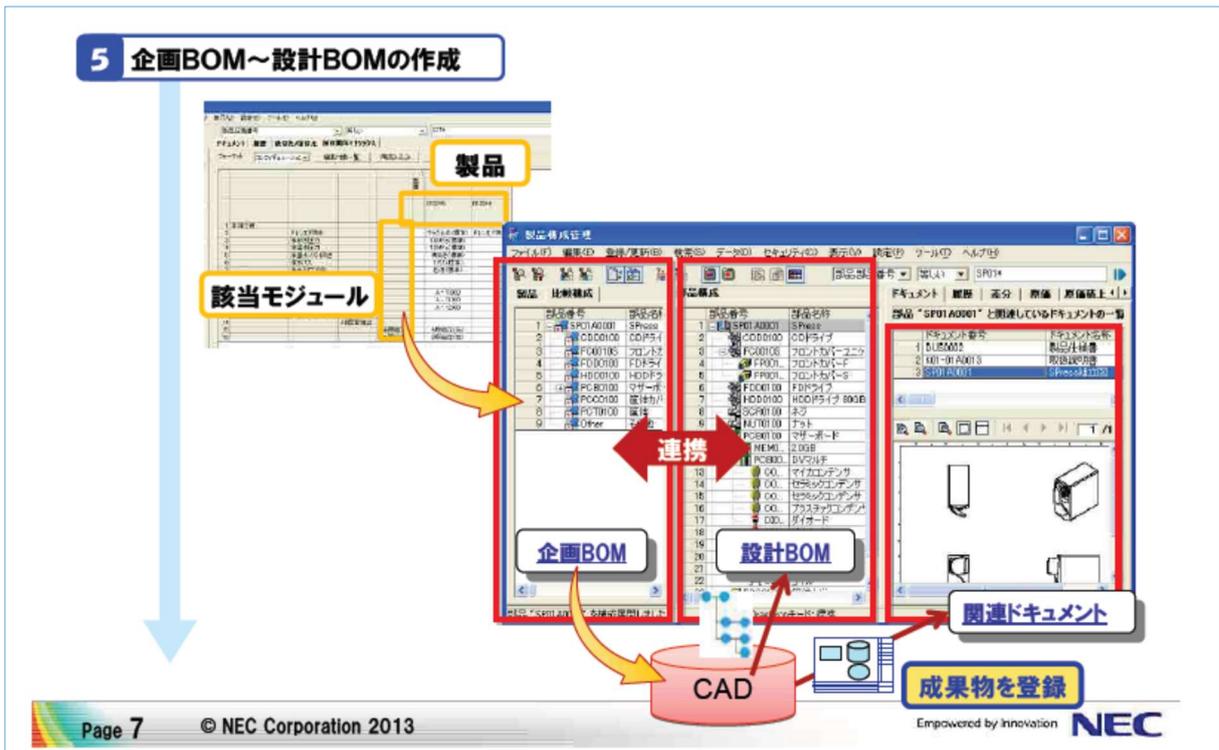


図 2-7 企画 BOM～設計 BOM の作成

2.3.3 新規設計プロセスにおける業務モデル定義および具体的活用例

2.3.3.1 第 1 項 新規設計プロセスにおける業務モデル定義

以下に新規設計プロセスの業務フローモデルを示す

①成果物の流用検討

設計情報を検索し、流用できる成果物がないかを確認する。

②採番

部品番号や図面を採番、

③CAD で図面を作成 (CAD 上の操作)

④CAD で図面情報を出力 (CAD 上の操作)

⑤CAD 情報の取り込み

CAD 出力情報を取り込み部品情報や構成を入力してゆく、

⑥設計 BOM の作成

CAD 上で作成しない情報を付加し部品表を完成させる。

⑦原価積算

部品表をつかいコストシュミレーションを行う。

⑧承認ワークフロー

作った成果物をまとめて商人してもらう、

⑨生産 BOM 作成

生産部品表を作成し、工程情報等を追加する。

⑩生産システムへの情報転送

生産システムに転送する元データを出力する。

新規設計プロセスの業務フローモデルを示す（図2-8）。

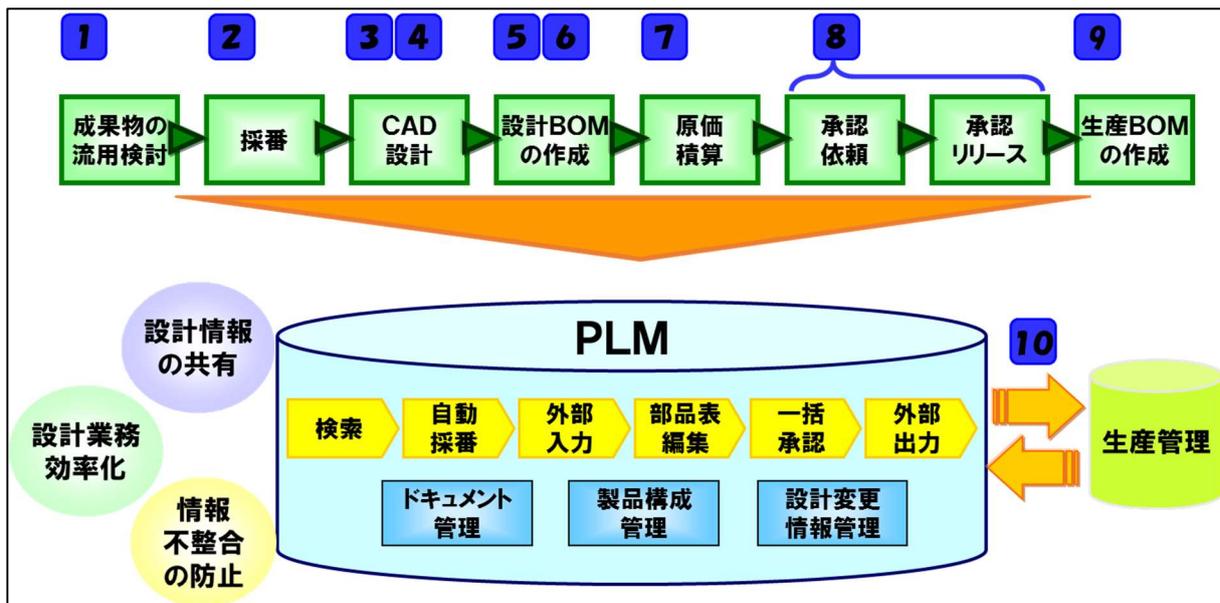


図2-8 新規設計プロセス業務フローモデル

2.3.3.2 第2項 新規設計プロセスにおける具体的活用例

①成果物の流用検討…設計情報を検索して確認する.

流用したい製品の製品構成を中心に、過去の製品や標準モデルなどを管理している技術情報、図面や仕様書などの関連ドキュメントの情報までを検索して確認する.

②採番…部品番号や図面番号を採番する.

新製品と新規部品の部品番号、新製品の図面番号を採番し、部品番号と部品名称を登録する.

採番には、採番ロジックを設定して、自動採番することができる。また、採番台帳やシステムが別にある場合は、手動入力も可能である（図2-9）。

③CADで図面を作成

④CADで図面情報を出力

⑤CADの取り込み…CADの出力情報を取り込み登録する

使用する PLM ソフト

【ドキュメント管理】 自動採番

【部品管理】 自動採番, 手動採番

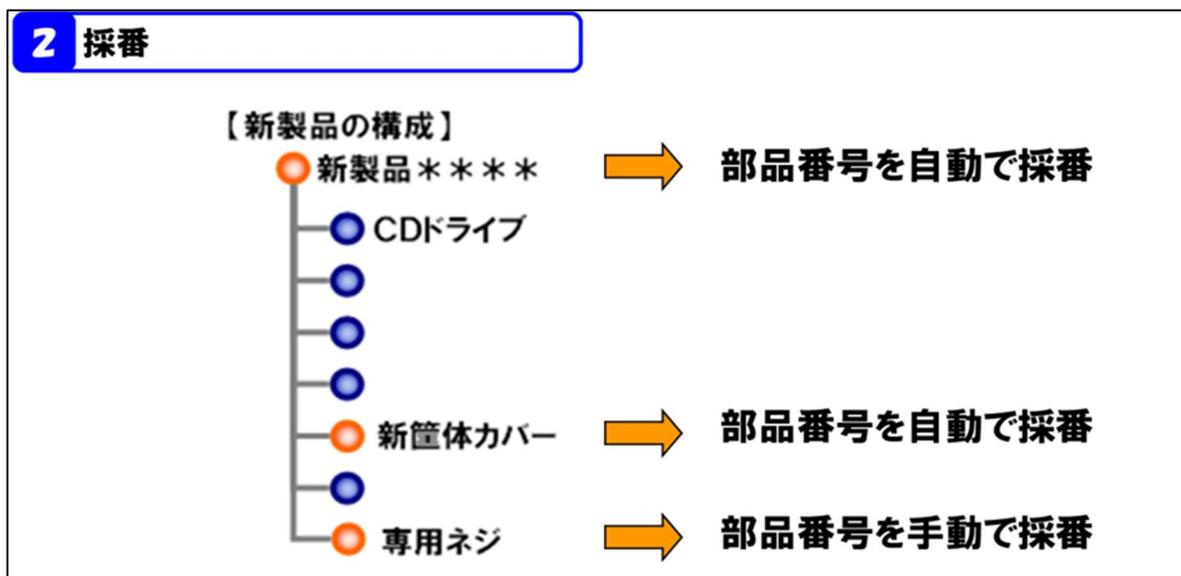


図2-9 採番

CADシステムで作成したCAD情報を取り込むことにより、関連付けが可能になり、部品情報から見られるようになる(図2-10)。

使用するPLMソフト

【部品管理】外部入力(部品属性、構成取込)

【ドキュメント管理】外部入力(図面取込)

【部品管理】外部入力(部品図面関連登録)

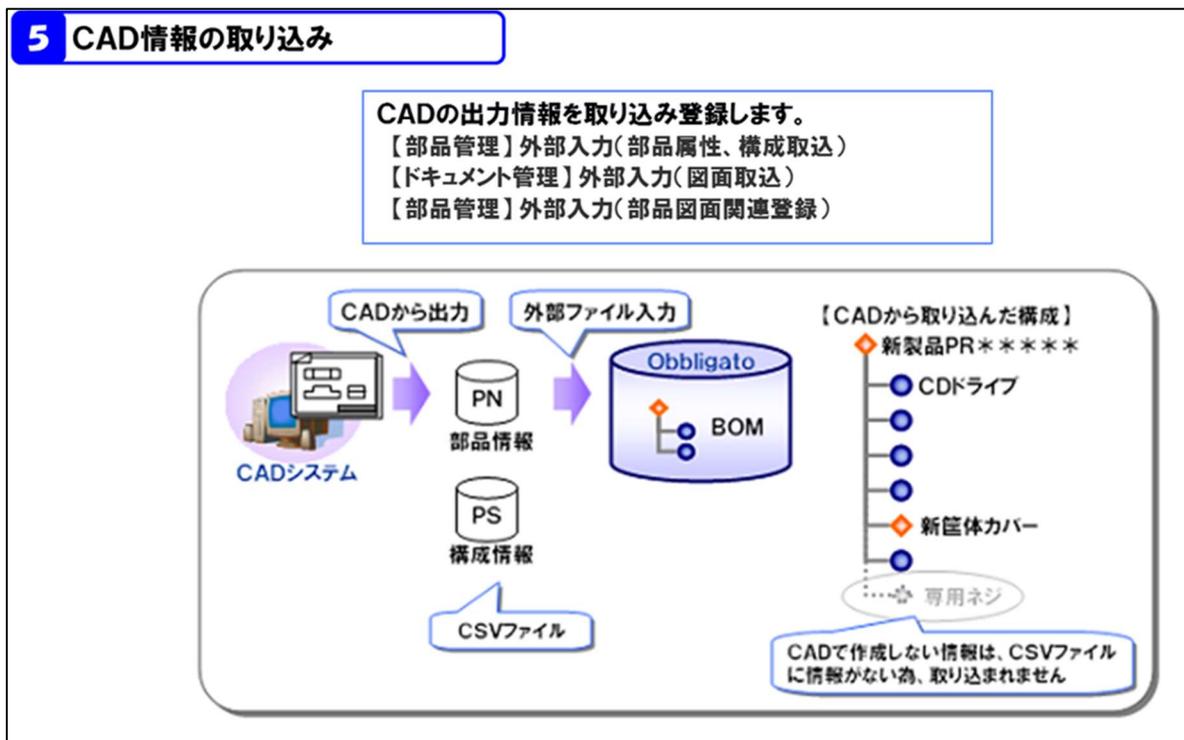


図2-10 CAD情報の取り込み

⑥設計BOMの作成…CADで作成しない情報を付加して部品表を完成する。

設計BOMの流用生成や、CADで作図・モデリングしない部品を追加し、部品順番を並べ替えて整えた部品表を登録する(図2-10)。

使用するPLMソフト

【部品管理】 属性追加, 部品検索

【部品表エディタ】 部品追加, 構成編集

6 設計BOMの作成

**製品構成(BOM)を作成、編集する専用のエディタ画面を用いて、部品表を整えます。
エディタを用いて、子部品の追加、削除や、部品の順番並び替えが簡単にできます。**

部品番号	部品名称	中文名称	英文名称	VER	MARK	REV	分類
1	製品PR1001A			1			製品
2	CD00100	CDドライブ	CD Drive	1			メカ
3	FC00100	フロントカバーユニット	FrontCoverUnit	1			メカ
4	FD00100	FDドライブ	FD Drive	1			メカ
5	HDD00100	HDDドライブ 80GB	HDD Drive 80GB	1			メカ
6	PCB0100	マザーボード	Motherboard	1			エレキ
7	PCU0100	筐体	Housing	1			パネル
8	PWU0100	電源ユニット	Unit	1			パネル
9	SCR0100	ネジ	Screw	1			JISパーツ
10	NU0100	ナット	Nut	1			JISパーツ
11	P00166	新筐体カバー-PR1001A	HousingCover	1			フレーム

部品表エディタ画面

図 2-11 設計 BOM の作成

⑦原価積算…部品表を使ってコストシミュレーションを行う。

原価情報を部品と関連付けて登録し、原価積算機能を利用することで、トータルコストのシミュレーションができる (図 2-12)。

使用する PLM ソフト

【部品管理】 見積原価登録

【製品構成管理】 原価積算

7 原価積算

原価積算機能を利用して、製品全体でのトータルコストを把握できます。新規部品などで原価情報が無い場合は見積原価を登録してください。シミュレーション結果は保存することができ、コスト遷移の把握などに活用できます。

製品構成管理画面

図 2-12 原価積算

⑧承認ワークフロー…作った成果物をまとめて承認してもらう、

承認の際、設計変更オーダーと、ECOに関連付いている情報が表示され、ECOの承認に連動して承認される情報も見、上司は承認する(図2-13)。

使用するPLMソフト

- 【設計変更情報管理】 ECO採番
- 【設計変更情報管理】 部品、ドキュメント関連生成
- 【設計変更情報管理】 承認者設定
- 【設計変更情報管理】 承認依頼

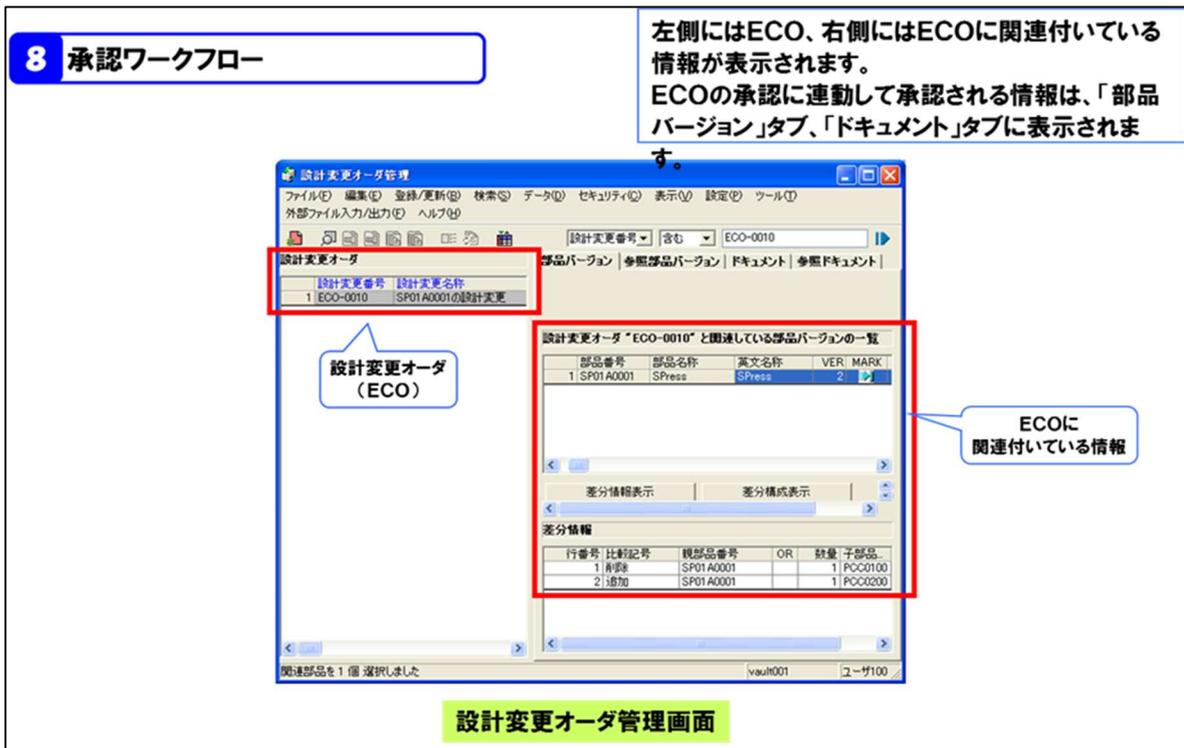


図2-13 承認ワークフロー

⑨生産BOMの作成…生産部品表を作成し、工程情報等を追加する。

生産部品表は設計部品表から流用生成する。こうすることで、設計部品表との関連を保持することができ、設計変更時の生産部品表への適用漏れを防止できる（図2-14）。

使用する PLM ソフト

【製品構成管理】 統合部品表管理

【部品表エディタ】 部品追加、構成編集

9 生産BOMの作成

生産部品表は設計部品表から流用生成します。こうすることで、設計部品表との関連を保持することができ、設計変更時の生産部品表への適用漏れを防止できます。

製品構成管理画面

図2-14 生産 BOM の作成

⑩生産システムへの情報転送…生産システムに転送する元データを出力する。

部品情報や、構成情報の生産BOMを外部ファイルに出力し、生産管理システムへ転送する（図2-15）。

使用する PLM ソフト

【部品管理】 出力

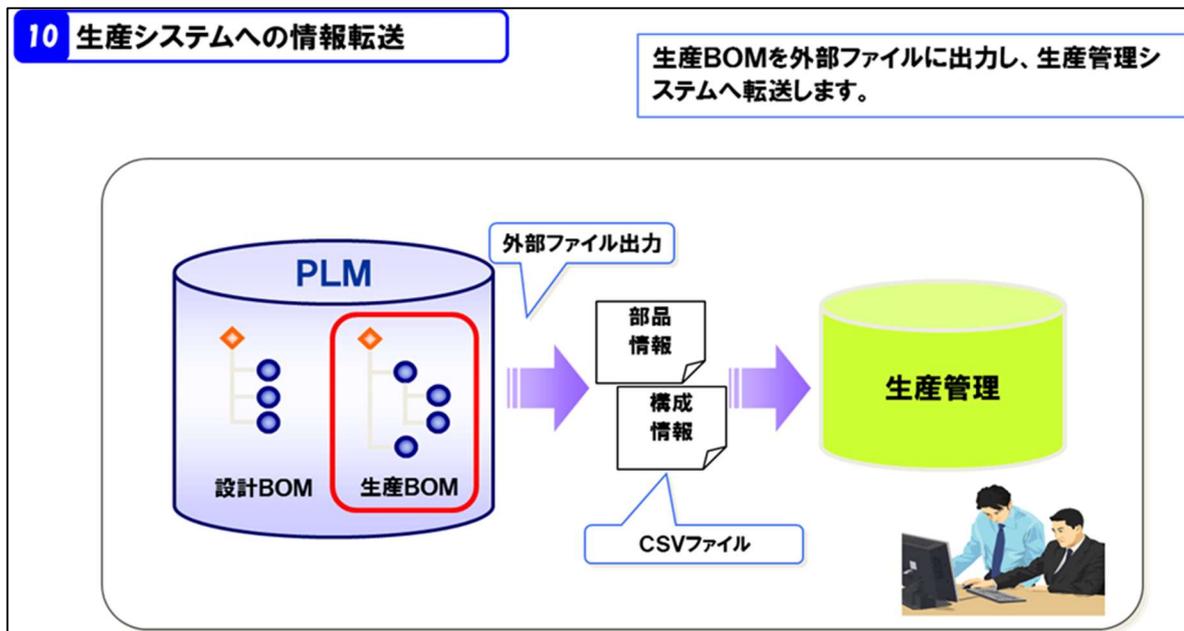


図 2-15 生産システムへの情報転送

2.3.4 設計変更プロセスにおける業務モデル定義および具体的活用例

2.3.4.1 第1項 設計変更プロセスにおける業務モデル定義

以下に設計変更プロセスの業務フローモデルを示す。

①設計変更オーダーの登録

生産、営業、購買等の部門が設計部門に対して変更要求を行う。

②設計変更の開始

設計部門が設計変更内容、利湯、対処法などを追記し設計変更オーダーを発行する。

③影響分析

変更対象となる製品、部品を確認する。

④代替部品の検索

コスト情報などを確認しながら、変更対象部品の代替部品を選定する。

⑤設計 BOM 改版

設計者が部品表や図面を修正する。

⑥原価積算

変更後の部品表を使ってコストシュミレーションを行う。

⑦設計変更内容の承認

設計変更内容を承認する。

⑧生産 BOM への変更適用

適用ロット・開始時期なども決定し、設計部品表で修正した内容を生産部品表へ反映する。

⑨ 生産システムへの情報転送

生産システムに転送する元データを出力する。

設計変更プロセスの業務フローモデルを示す（図 2-16）。

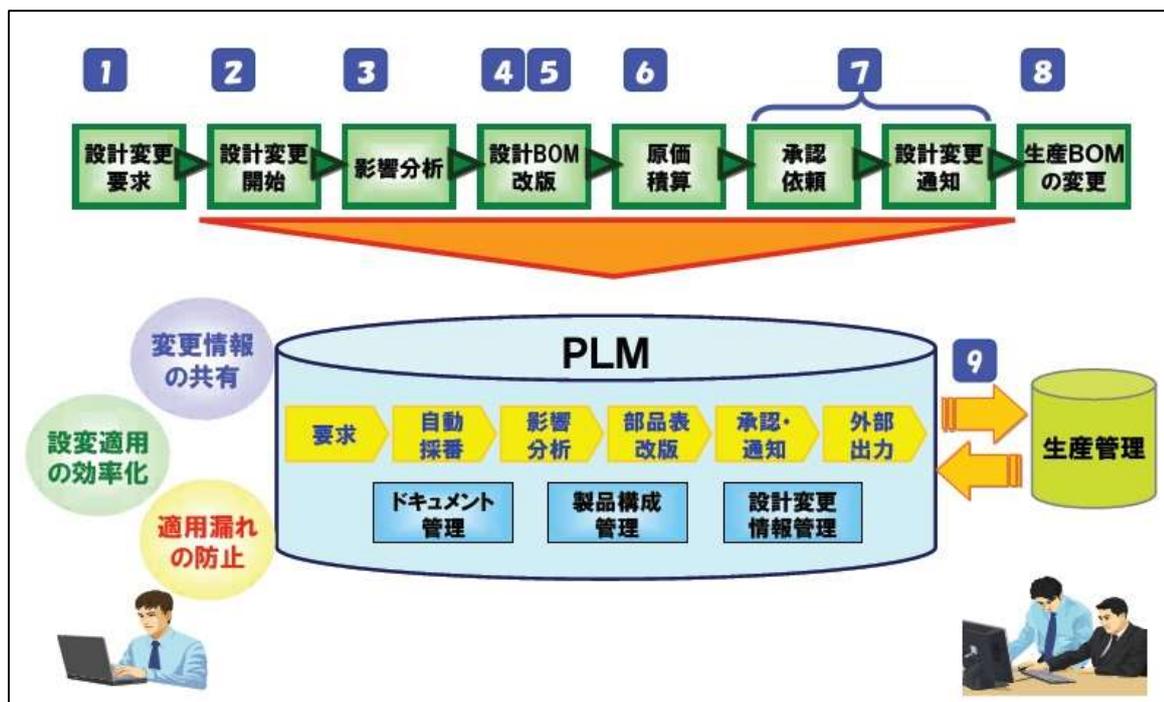


図 2-16 設計変更プロセス業務フローモデル

2.3.4.2 設計変更プロセスにおける具体的活用例

①設計変更オーダーの登録…生産，営業，購買等の部門が設計部門に対して変更要求を行う。

商品の不具合や，製造都合，お客様の要求があった際に，設計部門に対する設計変更要求を設計変更オーダーとして登録する（図2-17）。

使用する PLMソフト

【設計変更オーダー管理】 自動採番



図2-17 設計変更オーダーの登録

③影響分析（逆展開）…変更対象となる製品，部品を確認する。

部品を変更する場合，その部品を使っている部品表全部を確認できる（図 2-19）。

使用する PLMソフト

【製品構成管理】 逆展開



図 2-19 影響分析

④代替部品の検索…コスト情報などを確認しながら、変更対象部品の代替部品を選定する。

部品管理で、変更対象部品を選び、代替部品候補の中から適切な部品を選定する（図 2-20）。

使用する PLM ソフト

【部品管理】 OR 部品候補

4 代替部品の検索

スペック検索がベター

部品番号	部品名称	VER	MARK	標準価格	標準納期	在庫数量	推奨区分
1	DIO00100	ダイオード	1			0	
2	DIO00110	ダイオード	1			0	
3	DIO00120	ダイオード	1			0	
4	DIO00130	ダイオード	1			90	JPY
5	DIO00140	ダイオード	1			0	
6	DIO00150	ダイオード	1			0	

部品名称	部品番号	VER	MARK	標準価格	標準納期	在庫数量	推奨区分
1	ダイオード	DIO00100	1			0	
2	ダイオード	DIO00110	1			0	

部品を1個選択しました

代替部品候補の中から適切な部品を選定します。

図 2-20 代替部品の検索

⑤設計BOM改版…設計者が部品表や図面を修正する.

要求に沿った設計BOMを作成し、登録する（図2-21）.

使用する PLMソフト

【製品構成管理】 チェックアウト、 部品表修正

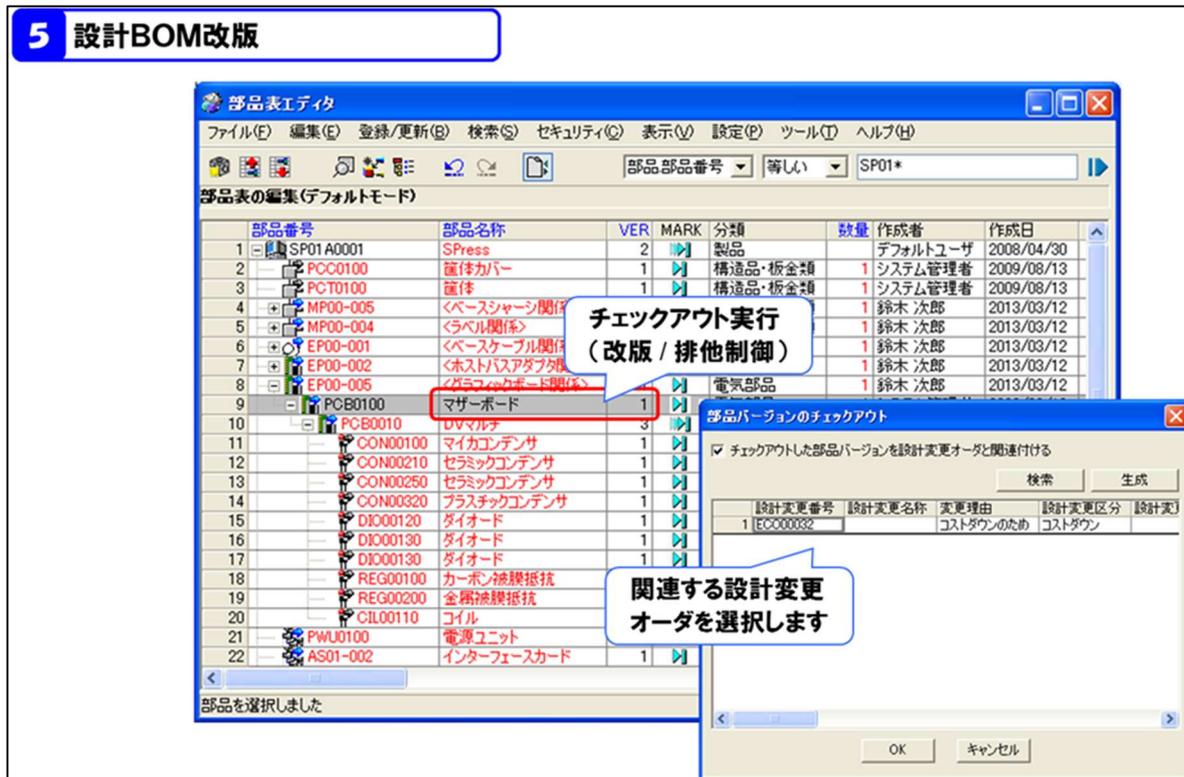


図2-21 設計 BOM 改版

⑥原価積算…変更後の部品表を使ってコストシミュレーションを行う。

設計変更時に伴い新規部品の採用などで、原価情報がない場合に、見積原価を登録する。原価積算機能を利用して、部品表変更後のトータルコストが把握できる。また、過去のシミュレーション結果と比較し、コスト遷移の把握などにも活用できる（図 2-22）。

使用する PLM ソフト

【部品管理】 見積原価登録

【製品構成管理】 原価積算

6 原価積算

原価積算機能を利用して、部品表変更後のトータルコストを把握できます。設計変更時に伴う新規部品の採用など、原価情報がない場合は見積原価を登録してください。過去のシミュレーション結果と比較し、コスト遷移の把握などに活用できます。

番号	名称	登録	部品番号	目標原価	積上原価	目標差額
1	DR01 (企画)	済	SP01A0001	1500000.000	1500000.000	0.000/20
2	DR02 (設計-1次)	済	SP01A0001	1500000.000	1500455.000	-455.000/20
3	DR03 (設計-2次)	済	SP01A0001	1500000.000	1500381.000	-381.000/20
4	DR4	済	SP01A0001	1500000.000	1148290.000	351710.000/20
5	量産	済	SP01A0001	1500000.000	1499310.000	690.000/20

製品構成管理画面

図 2-22 原価積算

⑦設計変更内容の承認…設計変更内容を承認する。

承認待ちとなっている部品を、ステート変更で承認完了する（図 2-23）。

使用する PLM ソフト

【設計変更管理】 ステート変更（承認）． メール通知



図 2-23 設計変更内容の確認

⑧生産BOMへの変更適用…変更内容を更新する。

適用ロットや、開始時期などを決定し、設計部品表で修正した内容を生産部品表へ反映する（図2-24）。
使用する PLM ソフト

【製品構成管理】 チェックアウト、View 間関連の更新



図 2-24 生産 BOM への変更適用

2.3.5 開発プロジェクト管理プロセスにおける業務モデル定義および具体的活用例

2.3.5.1 開発プロジェクト管理プロセスにおける業務モデル定義

①新規プロジェクトの登録

過去のプロジェクトなどを基にタスクを洗い出し、新規プロジェクト計画を作成する。

②各タスク作業者のアサイン

プロジェクトメンバの作業負荷などを考慮しながら作業タスクの担当者を割り振る。

②ガントチャート画面での編集

ガントチャート画面に切り替えてプロジェクト計画の詳細部を調整し、計画を完成させる。

④作業実績の登録

プロジェクトの開始後、作業担当者は作業実績を報告するために作業実績を登録する。

⑤成果物の登録

設計者がレビュー対象の成果物をタスクに関連づけて登録する。

⑥成果物の承認

成果物の承認状況がタスクの進捗として反映される。

⑦プロジェクト進捗確認

計画したスケジュールに対する作業実績を確認し、遅延がある場合は計画を見直す。

⑧フェーズゲートレビュー

開発フェーズごとにデザインレビューやチェック項目の確認を行うことで、フェーズの手戻りを防止する。

⑨標準プロセスの改善

プロジェクト計画を見直し、プロジェクトテンプレートへフィードバックを行う。

開発プロジェクト管理の業務フローモデルを示す（図2-25）。

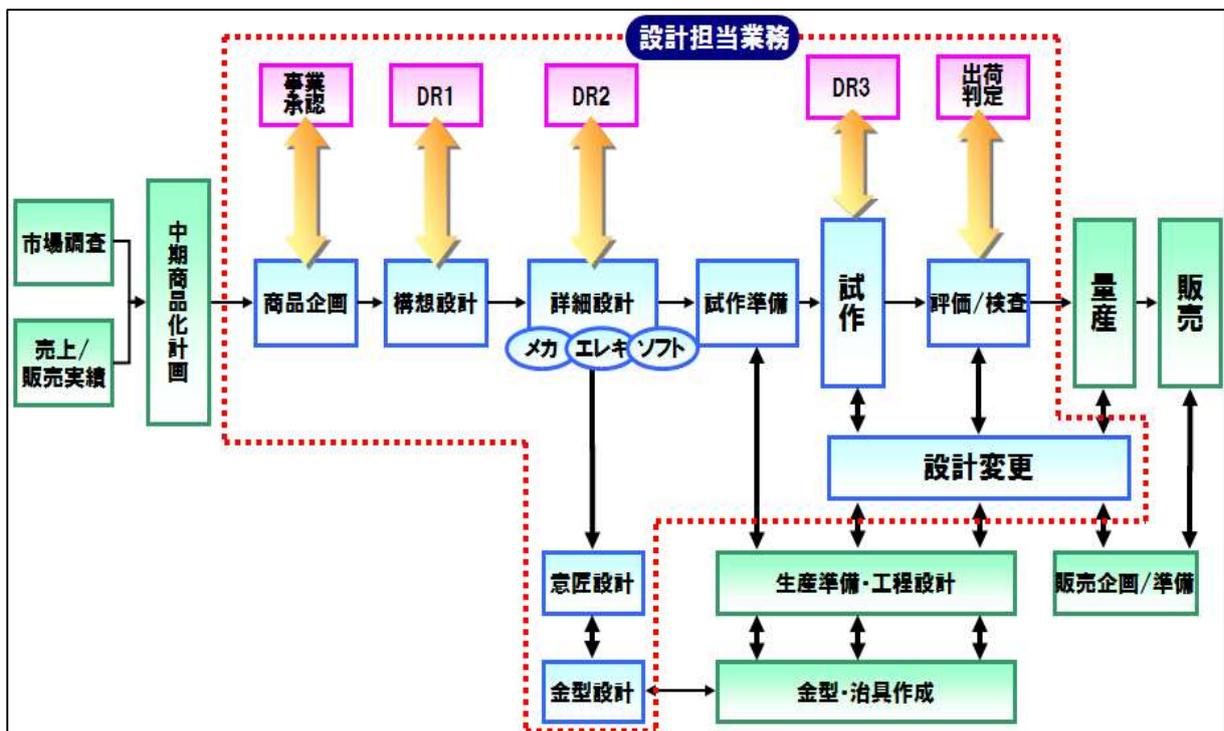


図2-25 開発プロジェクト管理プロセス業務フローモデル

2.3.5.2 開発プロジェクト管理における具体的活用例

①新規プロジェクトの登録

開発プロジェクト管理では、プロジェクト全体を遅滞なく進行するために全体の工程を設計しなければならない。工期や人員、予算などさまざまな制約条件の下、期間内に効率的かつQCDEを満たした製品を作り上げるためにはしっかりとプロジェクトのシナリオを策定する必要がある。

通常の業務であれば、プロジェクト管理責任者が過去の実務経験から工程を期間内に納まるようにつくりあげることになるが、プロジェクトごとに新規にシナリオを作り直すことは非効率である上、ムリ・ムダ・ムラの発生を助長することにもつながる。

PLMシステムを活用することにより工数や期間などの条件から、過去の完遂されたプロジェクトの中から雛形となるストーリーを検索・適用することにより、より効率的にプロジェクトの大枠となる部分を策定することができるようになる（図 2-26）。

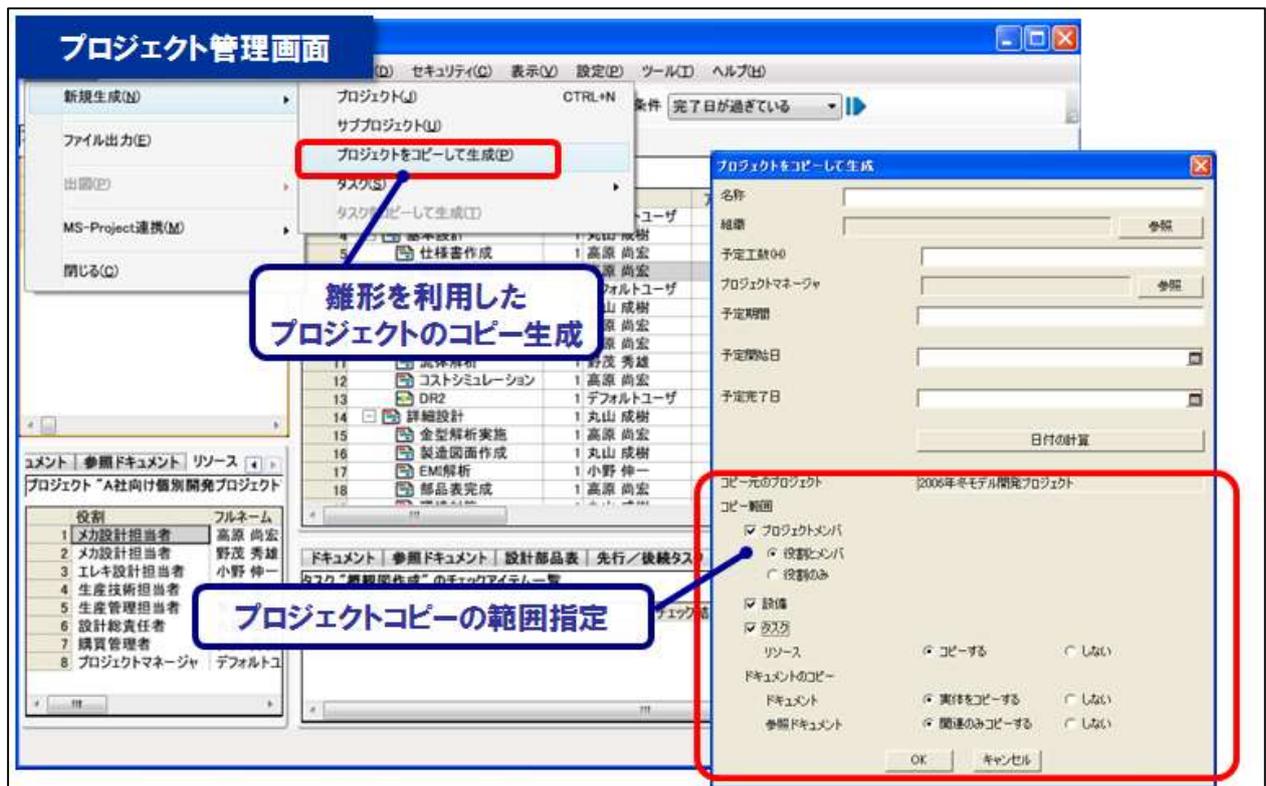


図 2-26 新規プロジェクト登録画面

2.4 価値創造マップの構築

研究の結果として価値識別マップを作成した（表 2-1 表 2-2 表 2-3 表 2-4）。これは、各プロセスにおける付加価値の創出における目的を人々が意識するのを助けるように設計されている。

PLM の概念は表の欄に記載されており、MOT はその行に記載されています。これらは、化学的に有機化合物と同様に、「有機結合」のように高度に結びついています。このサークルは、各プロセスの実際の行動において価値創造に効果的と考えたものを示しています。このマップは、ユーザーが主要なプロセス指標やその他の代替評価方法として目標を設定するのに役立つように設計されている。

表 2-1 価値識別マップ（製品計画プロセス）

MOT	3Elements of MOT	Practical Method	PLM Business Flow Model								
			Product Planning Process								
			Product Definition Management:				Product Components Management:				
			Define Requirements - Spec	Compare w/ Competitors	Define Product Variations	Define Modules	Define Constraints	Deploy Design-BOM	Input Order Spec	Create Order-BOM	
Value Creation	Technology & Product-Value Creation	Meet Diverse Client Needs	Grasp Client Needs	○				○		○	
			Meet Diverse Client Needs	○				○		○	
			Support Excellent Product Design	○				○		○	
		Evolutional Functions	Environment-Oriented Design	○	○						
			Localize Design	○	○						
			Exploit Knowledge	△	△						
	Value Creation-Process	Quality	Standardization & Modularization								
			Improve Management Quality								
			Improve Product Planning Quality		○						
			Sharing Information w/ Seat & Dept.					○		○	
		Cost	Standardization & Modularization			○	○				
			Reduce Cost by Project Management								
			PDCA for Initial Cost	△	△						
		Delivery (Speed)	Standardization & Modularization			○	○				
			Shorten Time by Project Management								
			Shorten Time to Market Lead Time								
			Improve Efficiency for variety & spec production								
			Reduce Test Production								
			Detection time in faulty Product								
		Value Capture	Business Value Creation	Differentiation Originality	Develop Products w/ Originality		○	○		○	
Develop Semasiological Product	○				○	○		○		○	
Strategy for Gains	Adequate Development Plan			○	○		○		○		
	Set Strategic Price			○			○		○		
	Sharing w/ Clients		○				○		○		
Platform Leader De facto Standard	△										

表 2-2 価値識別マップ (製品設計プロセス)

MOT	3Elements of MOT	Practical Method	PLM Business Flow Model										
			Product Design Process										
			Document Management	OAD	Product Components Management			Parts Management		BOM Editor	Design modify order Management		
			Confirm Related Documents	Design in CAD	BOM Search	Integrated BOM Management	Initial Cost Management	Auto Numbering	Survey Initial Cost Management	Add Parts / Modify Components	Acceptance Order		
Value Creation	Technology & Product-Value Creation	Meet Diverse Client Needs	Grasp Client Needs										
			Meet Diverse Client Needs										
			Support Excellent Product Design	○			○						
		Evolutional Functions	Environment-Oriented Design	○			○						
			Localize Design	○									
			Explicit Knowledge	○									
	Support Evolutional Product Development												
	Value Creation-Process	Quality	Standardization & Modularization						○		○		
			Improve Management Quality										
			Improve Product Planning Quality										
			Sharing information w/ Seat & Dept				○		○				○
		Cost	Standardization & Modularization						○	○		○	
			Reduce Cost by Project Management										
			PDCA for Initial Cost						○		○		
			Reduce Number of Test Production	△	○								
		Delivery (Speed)	Standardization & Modularization							○			
			Shorten Time by Project Management										
			Shorten Time to Market Lead Time			○	○						
Improve Efficiency for variety & spec production			△	○		○							
Reduce Test Production			○				○						
Detection time in faulty Product	△	○											
Value Capture	Differentiation Originality	Develop Products w/ Originality	○										
		Develop Semasological Product											
	Strategy for Gains	Adequate Development Plan											
		Set Strategic Price					○						
		Sharing w/ Clients											
		Platform Leader De facto Standard											

表 2-3 価値識別マップ (設計変更プロセス)

MOT	3Elements of MOT	Practical Method	PLM Business Flow Model					
			Design Modify Process					
			Product Components Management		Parts Management		BOM Editor	Design modify order Management
			Initial Cost Calculation	Effect Analysis	Select Substitute Parts	Initial Cost Calculation/Registration	Add Parts / Modify Components	Auto Numbering
Value Creation	Technology & Product-Value Creation	Meet Diverse Client Needs	Grasp Client Needs					
			Meet Diverse Client Needs					
			Support Excellent Product Design					
		Evolutional Functions	Environment-Oriented Design		○	○		
			Localize Design			○		
			Exploit Knowledge					
	Support Evolutional Product Development							
	Value Creation-Process	Quality	Standardization & Modularization		○	○		○
			Improve Management Quality					
			Improve Product Planning Quality					
			Sharing information w/ Sect & Dept					○
		Cost	Standardization & Modularization	○	○	○		○
			Reduce Cost by Project Management					
			PDCA for Initial Cost	○			○	
			Reduce Number of Test Production					
		Delivery (Speed)	Standardization & Modularization					○
			Shorten Time by Project Management					
			Shorten Time to Market Lead Time					
			Improve Efficiency for variety & spec production		○			
			Reduce Test Production					○
Detection time in faulty Product								
Value Capture	Business Value Creation	Differentiation Originality	Develop Products w/ Originality					
			Develop Semasiological Product					
	Strategy for Gains	Adequate Development Plan						
		Set Strategic Price	○					
		Sharing w/ Clients						
		Platform Leader De facto Standard						

表2.4 価値識別マップ (プロジェクト管理プロセス)

MOT	3Elements of MOT	Practical Method	PLM Business Flow Model																		
			Project Management Process																		
			Project Management						Task Management	Document Management	Component Management										
			Generate Project-copy	Assign via Resource Graph	Edit Gantt Chart	Acceptance / Phase Gate Function	Modify Project Template	Register Deliverable	Register work record	Register Deliverable	Confirm BOM etc										
Value Creation	Technology & Product-Value Creation	Meet Diverse Client Needs	Grasp Client Needs																		
			Meet Diverse Client Needs																		
			Support Excellent Product Design																		
		Evolutional Functions	Environment-Oriented Design																		
			Localize Design																		
			Exploit Knowledge																		
	Value Creation-Process	Quality	Standardization & Modularization																		
			Improve Management Quality		○	○	○	○													
			Improve Product Planning Quality																		
			Sharing information w/ Sect & Dept		○	○	○				○	○	○								
		Cost	Standardization & Modularization																		
			Reduce Cost by Project Management	○	○	○	○	○													
			PDCA for Initial Cost																		
			Reduce Number of Test Production					○													
		Delivery (Speed)	Standardization & Modularization																		
			Shorten Time by Project Management	○	○	○	○	○													
			Shorten Time to Market Lead Time	○	○	○	○	○													
			Improve Efficiency for variety & spec production				○	○	○				○	○							
Value Capture	Differentiation Originality	Develop Products w/ Originality																			
		Develop Semiological Product																			
	Strategy for Gains	Adequate Development Plan		○	○																
		Set Strategic Price																			
		Sharing w/ Clients																			
		Platform Leader De facto Standard																			

2.5 考察・結言

この調査では、製品計画、設計、設計変更、およびプロジェクト管理という4つのプロセスが定義された。その後、これらを3つの価値創造要素に基づく技術管理理論と結びつけた。さらに、マネージャ、デザイナー、エンジニアなど、企業の生産担当者が使用できる以前に存在しなかった価値創造マップを構築した。本研究では本研究内で定義した業務フローを前提とした価値創造マップを構築している。しかしながら製造業は各社状況が異なっており、付加価値創造マップのPLM軸の部分は異なることが容易に想像できる。今後はこの価値創造マップの構築フローを抽象化し、様々な企業に応用可能とする必要がある。また、価値創造マップを構築した後実際に運用をする際の評価方法についても検討する必要がある。

最後に、私たちの調査がPLMの適切な使用方法を理解するのに役立つことを願っている。

参考文献 (第2章)

- [1] K. Nobeoka, "Failure of Value Capture due to commoditization", "RIETI Discussion Paper Series 06-J-017, 2006.
- [2] NEC Consulting Group, "PLM Solution," 2016. [Online]. Available: <http://jpn.nec.com/plm/index.html?>. [Accessed 16 12 2016].
- [3] Yano Research Institute Ltd., "Survey of Product Lifecycle Management," 2015.
- [4] S. Ishii, "Recognition and Implementation of PLM System in Tokai 4 regions," Transactions of the Japan Society of Production Management, vol. Vol.19, no. No.1, pp. 131-136, 2012.
- [5] Nikkei Monodukuri, "Recognition and Implementation and Operation of PLM," Nikkei Monodukuri, 2009.
- [6] T. Yamada, PLM and MOT in Production Industry, Japan Plant Maintenance Association, 2003.

第3章 PLMの業務プロセスに着目した技術経営診断手法の提案

3.1 背景・目的

製造業では製品の企画、設計、生産、保守、アフターサービスといったライフサイクルを通して付加価値を創造する。技術経営では、製造業の付加価値創造を行うための理論[1]が存在するが、具体的な方法論は語られていることが少ない。これまでの筆者らの研究では技術経営の視点から、「製品ライフサイクル上のどこで、何をすればいいか」という指標「価値創造マップ」を構築した[2]。PDCAサイクル（計画、実行、評価、改善）のうち、D（実行）部分を支援する手法にあたる。次のステップC（評価）では、製造業の付加価値創造を支援する手法としてステージゲート(Stage Gate) [3][4]1)やPACE (Product And Cycle-time Excellence) [5] 2)が存在し、多数の研究開発テーマから有望なものを絞り込み、付加価値創造をすることができる。しかし、テーマの有望性が、調査段階、開発段階などのフェーズ毎における意思決定者らに見出されずに、消去されてしまう可能性があるという懸念[6]がある。また、製造業のライフサイクルにおいて、付加価値創造を経営戦略段階から作業レベルまでを俯瞰し、作業レベルの活動が経営戦略と連動できているかを定量的に評価できる手法はない。

本研究の目的は、製造業の技術経営における、経営戦略段階から作業レベルまでを俯瞰し、作業レベルの活動が経営戦略と連動できているかどうかを定量的に評価する手法を提案することである。本研究では「価値創造マップ」が、延岡ら[7]が定義する「技術・商品価値創造」、「価値創造プロセス」「事業価値創造」という3つの付加価値創造の要素ごと、どの程度できているかを評価できるように、「技術経営診断シート」を作成した。

まず先行研究から本研究における技術経営、および付加価値創造の構造はどのようなものか論じる。次に製品ライフサイクル管理の業務プロセスモデル及びフローモデルの定義を行う。本研究では製品ライフサイクル管理の中でも特に、後述の「商品企画」、「開発設計」を対象としている。次に、技術経営と製品ライフサイクル管理の関係性、価値創造マップの概説、さらにこれを元に技術経営診断シートを作成する。作成したシートを、筆者が所属する企業を例に実際に評価を行うことで使い方を示し、新たな技術経営診断手法として提案を行う。

3.2 先行研究

3.2.1 技術経営における付加価値創造

技術経営 (MOT: Management of Technology) は、延岡[7]は「第1に、技術管理を狭義にとらえた経営工学や生産管理を中心としたもの、第2に、革新的なイノベーションや新技術をベースとした新事業創造やベンチャー企業のあり方などを中心的に取り扱ったものである」と定義する。また、技術経営の最大の目的は「製造業における長期的な付加価値創造の最大化」としている。

また技術経営における付加価値創造は図1に示すように、「価値創造」と「価値獲得」に大別できる。

「価値創造」とは、優れた技術、優れた商品開発、あるいは効率的な製造工場の構築、製品開発を行い、高付加価値の商品を生み出すことである。価値創造は更に「技術・商品価値創造」と「価値創造プロセス」に分けることができる。「技術・商品価値創造」では優れた技術・優れた商品の創造をし、「価値創造プロセス」ではそれら技術・商品を、企画・段階から顧客に届けるまでのオペレーションを行う。次に、「価値獲得」とは「事業価値創造」のことである。「事業価値創造」は「価値創造」によって生み出された技術・商品の価値を、自社の利益に変換して獲得することである。以上の「技術・商品価値創造」、「価値創造プロセス」、「事業価値創造」の3つを「付加価値創造の3要素」という[8]。

これら付加価値の3要素が技術経営を考える上で重要な概念であり、これらを企業ごと必要に応じて実行することによって、付加価値創造を増大させることができると考える。したがって、製造業での経営を考える際に、技術経営の概念を利用することで、今現在、自社でどのような部分が満足されているか、あるいはされていないかを分析することができるし、それをもとに経営戦略を立てることが重要であると考えられる。

3.2.2 製品ライフサイクル管理 (PLM) の概要

本研究における製品ライフサイクル管理(Product Lifecycle Management, PLM)とは、「製品の企画・開発からアフターサービスまでの『製品情報』, 『業務プロセス』を一元管理するとともに、製品に関わる『設備』, 人やコストなどの『リソース』までの製品ライフサイクル全体に関わる情報をITで管理するシステム」である[9]。以下、製品ライフサイクル管理をPLMと略称する。図2では、PLMの定義および本研究の対象範囲を示す。PLMはそのライフサイクルを順に商品企画、開発設計、生産技術、生産、保守サービスと定義した。

3.2.3 PLM 全体業務プロセスモデルと業務フロー定義

本研究では、製品ライフサイクル管理上で付加価値創造をすることを旨とする。そのために図 3-1 で、PLM が実際にはどのようなプロセスで行われているかをプロセス毎の業務フローモデルとして次のように定義した：「1:商品企画プロセス」、「2-1:新規設計プロセス」、「2-2:設計変更プロセス」、「3:生産技術プロセス」、「4:生産プロセス」、「5:保守サービスプロセス」[2]。本研究ではその中でもまず、開発の上流工程にあたる「1:商品企画プロセス」、「2-1:新規設計プロセス」、「2-2:設計変更プロセス」を対象とし、研究を行った。以下に本研究の対象プロセスを定義する。

(1)商品企画プロセスの業務フローモデル

要求・仕様の定義，自社・他社比較，製品バリエーション定義，モジュール定義，設計 BOM)展開，制約条件定義，受注仕様入力，受注 BOM 作成等のプロセスを経て，各プロセスとの連動を行う。

(2)新規設計プロセスの業務フローモデル

過去に設計された成果物の流用検討，採番，CAD)設計（CAD と連動），設計 BOM の作成，原価積算，（設計の）承認依頼・承認リリース，生産 BOM の作成等を経て，各プロセスとの連動を行う。

(3)設計変更プロセスの業務フローモデル

設計変更要求，設計変更開始，影響分析，設計 BOM 改版，原価積算，承認依頼，設計変更通知，生産 BOM の変更等のプロセスを経て，各プロセスとの連動を行う。

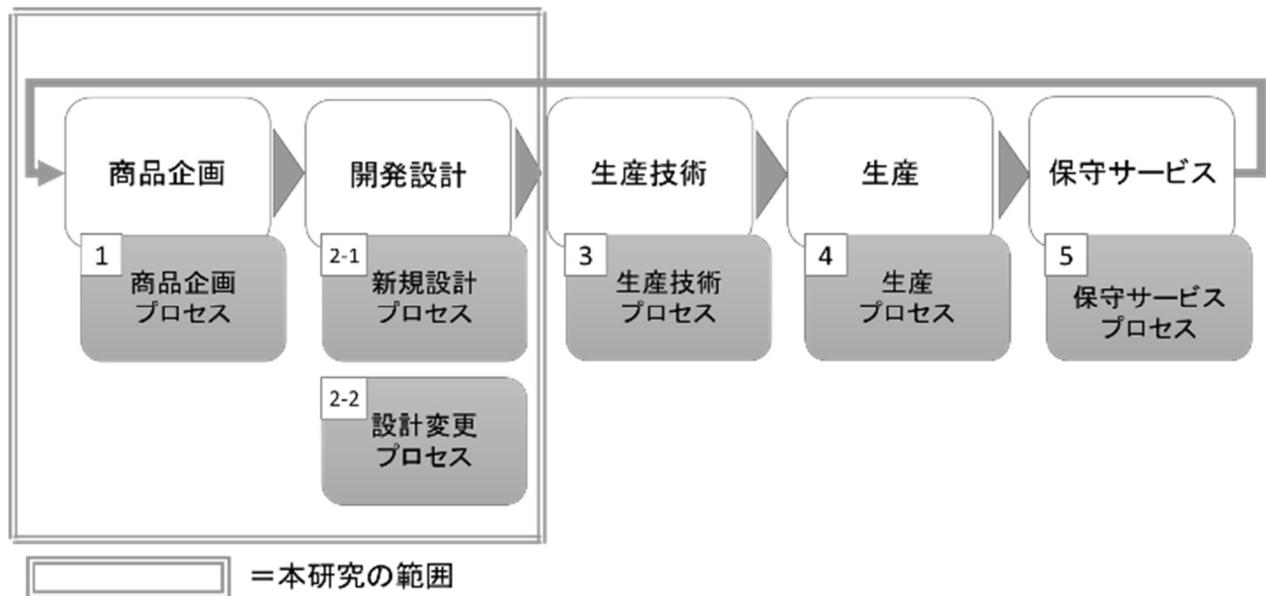


図 3-1 PLM 全体業務プロセスモデルおよび本研究の対象

石井ら[2]より筆者加筆・修正

3.2.4 価値創造マップ

山田[1]は「技術経営における PLM の位置づけ」として PLM の目的と方向性を論じる中で、技術経営の価値創造活動と価値獲得活動が重要であり、それを実現するための手段として、PLM を活用することの必要性を述べている。

そこで石井ら[2]は本来果たされるべき PLM の目的を達成するための方策として、技術経営の付加価値創造の概念を PLM の業務フローモデルと有機的結合させることで、「経営戦略に基づいた PLM の活用」を全社的に行うための指標「価値創造マップ」を構築した。表 3-1 はその一部を抜粋したものである。

価値創造マップ（一部抜粋）

表 3-1 価値創造マップ

MOT	付加価値創造の3要素	取り組むべき施策	業務プロセス(テーマ)															
			商品企画プロセス					新規設計プロセス										
			製品定義管理					製品構成管理					ドキュメント管理	CADツール	部品管理		部品表	
			要求-仕様の定義	自社-他社比較	製品/バリエーション定義	モジュール定義	制約条件定義	設計BOM展開	受注仕様入力	受注BOM作成	関連図面文書の検認	CADによる図面作成	部品表検索	統合部品表管理	原価精算	自動採番	見積原価登録	部品表3D化
技術・商品価値創造	顧客ニーズへの合致	顧客ニーズの把握	○					○	○									
		多様な顧客ニーズへの合致	○					○	○									
		優れた商品開発のサポート	○					○	○	○			○					
	革新的な機能	環境配慮型設計	○	○						○			○					
		ローカライズ設計	○	○						○								
		優れた技術とノウハウの形式知化	○	○						○								
		革新的な商品開発のサポート	○															
品質	製品標準化・モジュール化による品質向上													○			○	
	マネジメント品質の向上																	
価値創造		商品企画品質の向上		○														
		情報一元管理による部門連携							○	○				○	○			

出所：石井ら[2]

技術経営の付加価値の3要素を実務レベル「取り組むべき施策」までブレイクダウンした。定義した PLM 業務フローモデルで実施する機能単位までブレイクダウンし、取り組むべき施策との交点で、付加価値創造に効果のある部分を○印でマッピングし、その全てについて業務上の活用イメージを具現化させている。具体的な方策を示すことで、PLM システムの利用者全員が技術経営の付加価値創造を意識しながら業務が行えることを目指している。

3.3 技術経営診断手法の提案

本研究では、前述した「価値創造マップ」を応用した、技術経営的診断手法の提案として「技術経営診断シート」を考案した（表3-2）。使用例として筆者が所属する企業について評価を行った。最後に診断シートの結果を用いて、企業の診断および診断シートの考察を行う。

表3-2 技術・商品価値創造における技術経営診断シート（一部抜粋）

付加価値要素の3要素			価値創造				
			技術・商品価値創造			顧客ニーズの合致	
取り組むべき建築			技術イノベーション・革新的な機能			顧客ニーズの合致	
			革新的な商品開発のサポート	優れた技術とノウハウの形式知化	環境配慮型設計	顧客ニーズの把握	顧客ニーズの合致
商品企画プロセス	製品定義管理	要求-仕様の定義	1	3	1	2	3
		自社・他社比較		2	3		
		製品バリエーション定義					
	製品構成管理	モジュール定義					
		制約条件定義				3	1
		設計BOM展開					
新規設計プロセス	ドキュメント管理	受注仕様入力				3	5
		受注BOM作成					3
	GADツール	関連図面文書の確認		1	2		3
		GADによる図面作成					
	部品構成管理	部品表検索					
		統合部品表管理			3		3
部品管理	原価統算						
	自動採番						
部品表エディタ	見込原価算定						
	部品追加、構成編集						
設計変更プロセス	設計変更オーダ管理	承認依頼					
	製品構成管理	原価統算					
		逆展開(影響分析)			1		
	部品管理	代替部品選定			1		
見込原価算定							
部品表エディタ	部品追加、構成編集						
	自動採番						
		プロジェクトのコープ作成					

3.3.1 技術経営診断手法の概説と基本規則

技術経営診断手法の概説と基本定義を以下に示す。

① PLMの業務プロセスごとで診断してしまうと、部門間の連動の状況を把握できないため、大別して付加価値創造の3要素ごとに診断を行う。

② 付加価値創造の3要素をより具体的な付加価値創造活動にブレイクダウンさせ、具体性を持たせる。

③ PLM業務プロセスも同様で、具体的な業務にブレイクダウンさせる。

④ 技術経営とPLMの交点から、実際に付加価値創造に繋がると考えられる場所を診断ポイントとする。

診断ポイント部分は白色の空白としている。なお、余分な部分を取り除いたほうが見やすいが、企業や部門によっては本研究で示す基本モデルでは想定していない付加価値の具体的方策がある可能性があるため、あえてこの状態で残すことにしている。

3.3.2 付加価値創造の3要素ごとの診断の着眼点

診断の着眼点は以下のとおりであり、これらができているかどうかを付加価値創造の3要素ごとで診断を行っていく。なお診断を実施する者は、業務プロセス間の連動する各業務に精通している人材が実施することが望ましいと考える。業務プロセス間の連動する各業務に精通している限り、社内ないしは社外のどの人間が評価するかは限定していない。

(1) 技術・商品価値創造における技術経営診断

技術・商品価値創造における技術経営診断の着眼点を以下に示す。

- ・革新的な商品開発のサポート
- ・優れた技術とノウハウの形式知化

- ・環境配慮型設計
- ・顧客ニーズの把握
- ・多様な顧客ニーズの合致
- ・優れた商品開発のサポート

(2) 価値創造プロセスにおける技術経営診断

価値創造プロセスにおける診断の着眼点を以下に示す。

- ・部品標準化・モジュール化
- ・マネジメント品質
- ・原価低減
- ・開発工数削減
- ・リードタイム短縮
- ・オペレーション効率化

(3) 事業価値創造における技術経営診断

事業価値創造における技術経営診断の着眼点を以下に示す。

- ・独自性のある商品開発
- ・意味的価値のある商品開発
- ・製品投入計画に合わせた開発計画の作成
- ・戦略的な価格の設定
- ・顧客との情報共有
- ・プラットフォームリーダー・デファクトスタンダード

3.3.3 診断シートの使用法

まず診断の着眼点を基に、PLMの「取り組むべき施策」ごと（行ごと）でそれらができているかどうかを1～5点等の点数で数値化し診断を行う。

次に、各診断の着眼点（列ごと）でそれぞれ平均値を取り、付加価値の要素ごとで、どの程度付加価値創造活動が行えているかをレーダーチャートとして表現する。例えば、付加価値3要素中の「技術・商品価値創造」において「顧客ニーズの把握」が診断の着眼点の一つであり、この中において商品企画プロセスの診断ポイントは、診断シートの白色空白部分であり、「要求・仕様の定義」、「制約条件定義」、「受注仕様入力」の各業務において、顧客ニーズの把握ができているかどうかである。

診断点数をスコアリングするにあたり、本研究では「連動」を、「前工程と後工程間のアウトプットーインプットが一致すること」と定義する。ここでいうアウトプットとは、例えば設計データと現物の一致である。現物を扱う後工程で不具合が出た場合、それを即座に修正する場合がある。その修正を前工程の設計データにも反映するような仕組みがあれば、アウトプットーインプットは一致し、前工程のアウトプットが、後工程のインプットになっているかどうかで判断でき、隣り合うプロセス間の「連動がとれている」と判断できる。

本論における診断点数の基準は以下のとおりとした。

- 1点：全くできていない
- 2点：個人レベルで情報の連動が取れている
- 3点：2点の条件に加え、個々のプロセス内で情報の連動が取れている
- 4点：3点の条件に加え、隣り合うプロセス間でも情報の連動が取れている
- 5点：4点の条件に加え、企業全体、または関連企業（顧客）間でも情報の連動が取れている

診断シートの記入例は、以下のとおりである。

記入例：「商品企画プロセスの、『要求-仕様の定義』において、『優れた技術とノウハウの形式知化』に関して、個々のプロセス内で情報の連動がとれているので3点とした。」

診断シートの記入後、以下の式で結果を算出する。

まず、表2の列に相当する、着眼点*i*における得点平均*S_i*の算出式を(1)式に示す。

$$S_i = \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^{n_i} P_k \quad (1)$$

ここで、*P_k*はチェック項目*k*における個別得点、*n_i*は着眼点*i*のチェック項目数である。

次に、付加価値創造の3要素のうち、要素*e*における平均得点*V_e*の算出式を(2)式に示す。

$$V_e = \frac{1}{n_e} \sum_{i=1}^{n_e} S_i \quad (2)$$

ここで、*n_e*は付加価値創造の3要素のうち、要素*e*における着眼点の項目数であり、*S_i*の合計を*n_e*で除することで平均得点を算出する。

この(1)および(2)の算出を付加価値要素の3要素すべての要素で行うことで、技術経営診断の評価を定量化できる。

3.4 技術経営診断シートを用いた結果

筆者が所属する企業Mに対し、技術経営診断シートを使用して診断した結果を以下に示す。(1)式によって得られた結果は以下の通りである。

3.4.1 技術・商品価値創造における結果

技術・商品価値創造における着眼点ごとの得点およびレーダーチャートを図3-2に示す。「優れた商品開発のサポート」の得点が3.2ポイントと最も高い。「革新的な商品開発のサポート」が1.0ポイントと最も低い。

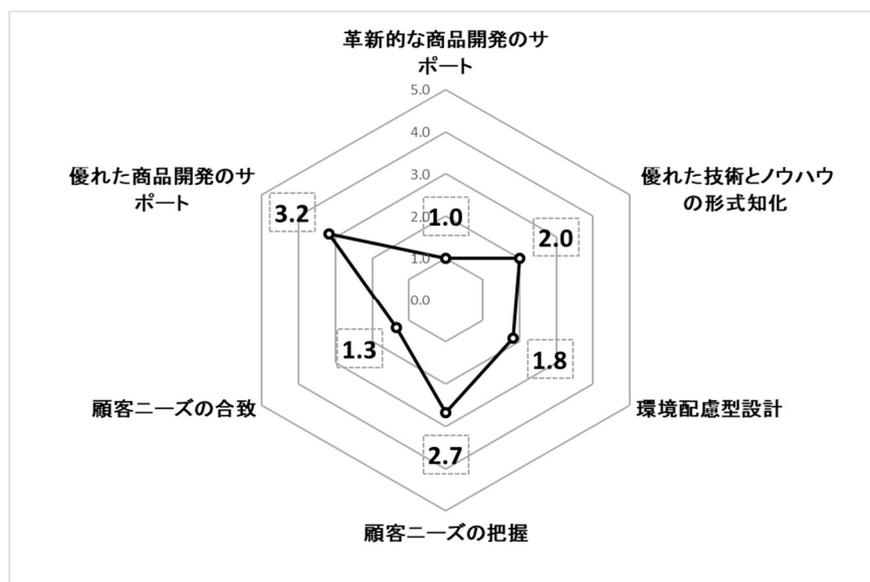


図3-2 技術・商品価値創造における技術経営診断レーダーチャート例

3.4.2 価値創造プロセスにおける結果

次に、価値獲得プロセスにおける着眼点ごとの得点およびレーダーチャートを図3-3に示す。「部品標準化・モジュール化」が2.7ポイントと最も高い。「マネジメント品質」は1.0ポイントと最も低い。

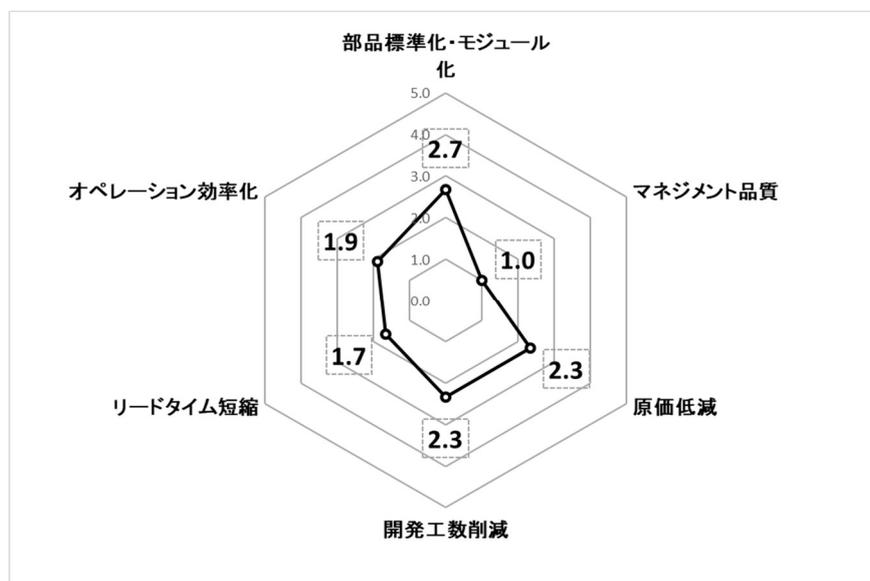


図3-3 価値創造プロセスにおける技術経営診断レーダーチャート例

3.4.3 事業価値創造における評価

最後に、事業価値創造における着眼点ごとの得点およびレーダーチャートを図3-4に示す。「独自性のある商品開発」が3.0ポイントと最も高い。「プラットフォームリーダー・デファクトスタンダード」が1.0ポイントと最も低い。

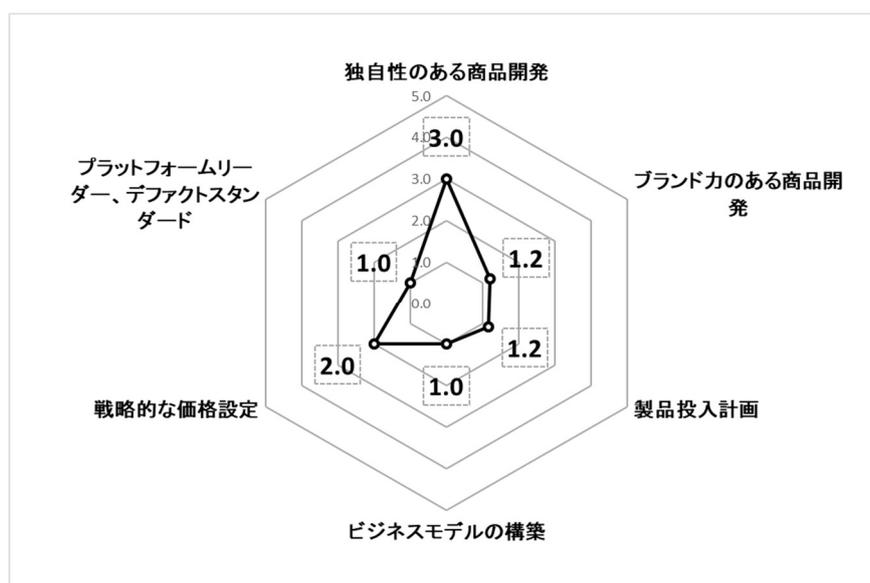


図3-4 事業価値創造における技術経営診断レーダーチャート例

(2) 式によって得られた結果を表 3-3 に示す。技術・商品価値創造の平均得点が最も高く 2.2 点、次いで価値創造プロセスの 2.0 点、事業価値創造の 1.7 点であった。

表 3-3 付加価値要素の 3 要素ごとの平均得点

付加価値要素の 3 要素	平均得点 V_e
技術・商品価値創造	2.2
価値創造プロセス	2.0
事業価値創造	1.7

3.5 考察

企業 M は技術・商品価値創造における平均得点がかつ最も高い結果となった。企業 M においては付加価値要素の 3 要素の中でも優れた商品、優れた技術が比較的優れている点だと判断できる。一方で事業価値創造における評価は平均得点 1.7 点と最も低く、改善の余地が高いと考えることができる。

3.5.1 技術・商品価値創造における評価

優れた商品開発のサポートが高いにもかかわらず、革新的な商品開発のサポートの点数が低い。既存の製品や商品をより良いものにしていくことに関しては優れていながらも、既存にないような商品（革新的な商品）に対するサポートが、連動が取れていないと考察する。

3.5.2 価値創造プロセスにおける評価

部品の標準化・モジュール化は最も優れている。このあたりは日本企業に多く見られる特徴である[8]。しかしながら、マネジメント品質が 1.0 点と得点が低い。ここから考えられるのは、各従業員の作業やタスク管理がシステム化等されておらず、作業スケジュール等の管理が行われていないことを示すと考えられる。早急な改善が必要であると考えられる。

3.5.3 事業価値創造における評価

独自性のある商品開発ができていながら、ビジネスモデルの構築ができていない。日本企業に多く見られる特徴であり、せっかく良い商品開発をしたにもかかわらず、利益を十分に得られることができない可能性がある。ビジネスモデルを含め、技術経営戦略から見直す必要がある。

診断シート及びレーダーチャートを利用して、その後の意思決定を促すことができる。例えば、診断結果として図 3 では「顧客ニーズの把握」が 2.7 点であった。診断シートの「顧客ニーズの把握」列を振り返ると「要求-仕様の定義」項目（表 2，左上）が 2 点：個人レベルで情報の連動が取れている、という結果だった。この結果は、顧客ニーズの把握、具体的には要求-仕様の定義を部門間の連動がない状態で実施されている現状を浮き彫りにした。次のステップとして 3 点あるいは 4 点にするために、他部門との連動をはかることを検討する。このように具体的かつ定量的に診断できることで、部門間連動を促すことができる。

技術経営の付加価値創造 3 要素ごとでレーダーチャートを作成することで、自社において、PLM 上でどの程度付加価値創造活動ができていのかを全体的に把握し評価することができるようになる。

本研究で提案する評価の実施者は、業務プロセス間の業務を理解した人材、例えば複数の部門を統括できるマネージャークラスが評価することを想定している。3.3 で述べた、アウトプット-インプットの一致を確認できる必要があるからである。

詳細な診断項目、定量的な診断基準を用いたことで診断の客観性が高まると考える。ただし本論で用いた診断点数の基準は暫定的なものであり、これは実際に診断手法を利用したうえで、適切な診断基準へ改善することが望ましい。

3.6 結言

本研究では製品ライフサイクル上で付加価値創造を行うためのツールとして、技術経営診断手法を提案した。経営層によって立案された経営戦略を、表2のように「取り組むべき施策」として三段階までブレイクダウンすることによって、製造現場の従業員が、今現在自らがどのような付加価値創造に貢献できているか・できるかを可視化できる上、定量的に評価もできるようになる。経営層と現場の認識の違いを埋めることができ、現場においても付加価値創造を意識した業務の遂行や提案を促すことができる。

診断のためのアイデア・工夫については本研究では示されていない。今後の研究の課題である。

本研究では商品企画、新規設計、開発プロジェクト管理の業務プロセスおよび業務フローモデルを定義し、価値創造マップの構築および技術経営診断シートを作成した。今後は生産技術、生産、保守サービスプロセスについても同様のものを作成する余地がある。

参考文献（第3章）

- [1] 山田太郎「製造業の PLM と技術経営」, 日本プラントメンテナンス協会, 2003.
- [2] 石井成美ら「経営戦略にもとづく PLM と MOT の有機的結合による価値創造」, 日本生産管理学会論文誌 44 号, pp114-118 2015.
- [3] Cooper, Robert G. "Stage-gate systems: a new tool for managing new products." Business horizons 33.3, pp. 44-54, 1990.
- [4] Cooper, Robert G. "Perspective: The stage - gate® idea - to - launch process—update, what's new, and nexgen systems." Journal of product innovation management 25.3, pp.213-232, 2008.
- [5] Michael E. McGrath, 編著, 今泉孝弘訳. 「PACE—製品開発のスピード化戦略」富士通経営研修所, 1999.
- [6] 和田義明, 亀山秀雄, 「企業における研究開発プロセス手法の考案」 Journal of the International Association of P2M, 2013.
- [7] 延岡健太郎「MOT 入門」日本経済新聞社, 2006.
- [8] 延岡健太郎ら「コモディティ化による価値獲得の失敗：デジタル家電の事例」, 2006.
- [9] 久次昌彦「図解でわかる PLM システムの構築と導入」日本実業出版社, 2007.

注

- 1) アイデア創出, 調査, 事業戦略策定, 開発, テスト, 市場投入といった研究開発プロセスを, 各企業が定めるイベント毎に分割し (ステージ), 次のステージへ進むかどうかを, 一定の基準に基づき評価をする (ゲート) 方法である。米国では製造業の半数以上がステージゲートを採用していると言われ, 日本でも大企業を中心に数百家以上で利用されている。SG 法またはステージゲート法ともいう。
- 2) プロジェクト内あるいはプロジェクト間の, 経営レベルからマイクロ業務遂行レベルといった階層ごとの, 意思決定, 権限分担を実施するための手法である。
- 3) Bill of Materials, 部品表。製造業で用いられる部品表の一形態である。製品を組み立てる時の部品の一覧と, 場合によっては階層構造を表す。製品の見積もり時点から, 受注 BOM, 設計 BOM, 調達 BOM, 製造 BOM, メンテナンス BOM にまで利用され製品と組立品, 組立品と部品それに部品と原材料製造業で用いられる。

4) **Computer-Aided Design**。コンピュータを用いて設計をすること，あるいはコンピュータによる設計支援ツールのこと。人の手によって行われていた設計作業をコンピュータによって支援し，効率を高めるという目的からきた言葉である。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 17K03974 の助成を受けたものです。

第4章 経営戦略にもとづく PLM と IoT の有機的結合に関する研究

4.1 背景・目的

製品ライフサイクルマネジメント (PLM : Product Lifecycle Management) は主に製造業におけるグローバル対応に伴い、拡大するオペレーション、製品の市場への早期投入、改良、サポート・保守といった、価値創出のための必要不可欠な概念およびシステムであり、他部門、他企業、多国籍間と連携し、なおかつ迅速な意思決定ともものづくりを行うことに貢献してきた。また近年では製造業において、いわゆる「つながる工場」：製品や工場をセンサやネットワーク等を組み合わせ、情報を管理し、生産品質、生産コスト、生産効率の向上を実現させるための技術、が注目されている。それを実現させる重要なとして Internet of Things (IoT) があげられる。IoT 技術の導入は、製造業においても増加の一途である [1]。今後、IoT 技術の導入・普及により製品ライフサイクルにおけるパラダイムシフトが起こると筆者は考える。

IoT に関する論文や書籍は近年爆発的に増加しているが [2]、IoT 技術の活用について、製品企画段階から考慮し、実際に製品に取り込み、管理し、どのように付加価値創出を行うのか、具体的な手法や方法論についての議論は少ない。

本研究では、IoT を活用したモノづくりプロセスに対する、1つの提言を行う。まず、製造業の業務プロセスを、PLM の概念を用いて定義する。次に、IoT における付加価値の源泉を、IoT のビジネスモデルを用いて定義する。次に、PLM の概念をもとに定義した業務プロセスと、IoT ビジネスモデルを有機的に結合させ「価値創造マップ」を構築する。このマップを用いてモノづくりプロセス改革の提言を行う。最後に、価値創造マップについて考察を行う。

4.2 PLMの概要

4.2.1 PLMの定義およびバリューチェーン

PLMとは、「製品の企画・開発からアフターサービスまでの『製品情報』，『業務プロセス』を一元管理するとともに，製品に関わる『設備』，人やコストなどの『リソース』までの製品ライフサイクル全体に関わる情報をITで管理するシステム」である[3]。PLMでは，部分最適化された個々のシステムを統合部品表などで部門間連携を行い，ものづくり経営の全体最適化を進めることを目的としている。

図4-1では，価値創造を行うバリューチェーンとPLMの領域を示す。製品ライフサイクルの各プロセスと，これらのプロジェクトマネジメントに関する活動も「製品ライフサイクルに渡るすべての過程」とみなす。なお，各プロセスの業務フローモデルを定義する必要があると考える。

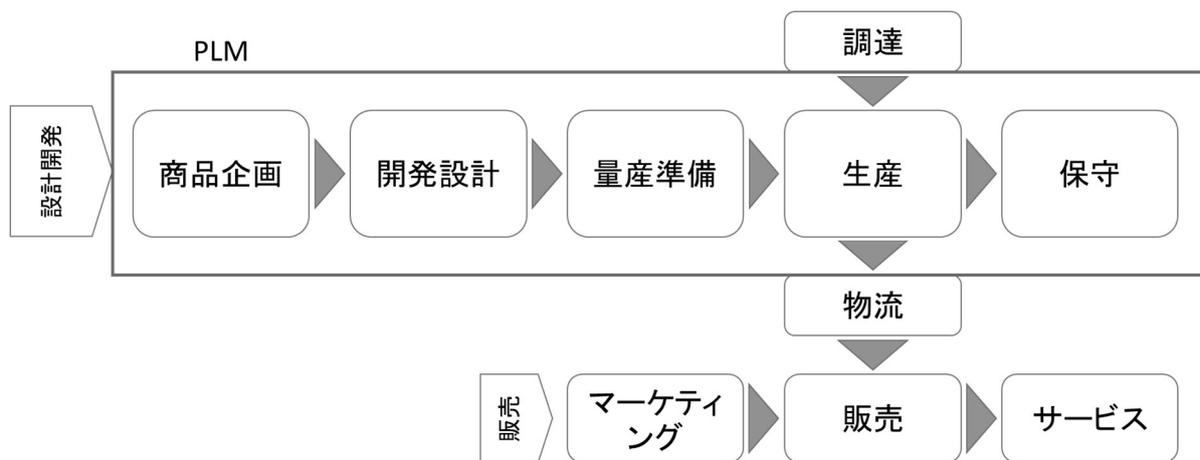


図4-1 PLMの領域

出典：久次[3]

4.2.2 PLM全体プロセスおよび業務フロー定義

本研究では，PLMの全体プロセスとして図4-2にある3つのプロセスを定義し，さらにプロセス毎の業務フローモデルを以下のように定義した[4]。

	コンセプト スタディ	仕様設計 基本設計	開発 詳細設計	評価	量産・顧客 サポート
マーケティング& セールス	1. 商品企画 プロセス		2. 新規設計プロセス		
商品企画					
開発・設計 ソフトウェア開発 ハードウェア開発					
生産&調達	3. 設計変更プロセス				
品質保証					
サービス& サポート					

図4-2 PLM全体業務フローモデル

出典：石井ら[4]より筆者加筆・修正

4.2.2.1 商品企画プロセスの業務フローモデル

要求・仕様の定義，自社・他社比較，製品バリエーション定義，モジュール定義，設計 BOM (Bill of Materials: 部品表) 展開，制約条件定義，受注仕様入力，受注 BOM 作成等のプロセスを経て，各プロセスとの連携を行う。

4.2.2.2 新規設計プロセスの業務フローモデル

過去に設計された成果物の流用検討，採番，CAD 設計 (CAD と連携)，設計 BOM の作成，原価積算，承認依頼・承認リリース，生産 BOM の作成等を経て，各プロセスとの連携を行う。

4.2.2.3 設計変更プロセスの業務フローモデル

設計変更要求，設計変更開始，影響分析，設計 BOM 改版，原価積算，承認依頼，設計変更通知，生産 BOM の変更等のプロセスを経て，各プロセスとの連携を行う。

4.3 IoT の概要

4.3.1 IoT の定義および構成要素

桑津 [5] は，IoT の定義を「コンピュータ等の情報・通信機器だけでなく，世の中に存在する様々なモノに通信機能をもたせ，インターネットに接続や相互に通信することにより，自動認識や自動制御，遠隔計測などを行うことである。」と定義する [注1] 。

IoT の構成要素として図 4-3 のようなものが挙げられる。端末，センサ，等といった，製品の計測や状態を監視する「IoT デバイス」，IoT からの情報を収集・蓄積するための「IoT プラットフォーム」，さらに収集・蓄積されたデータを状態監視したり，解析を行ったりするための「IoT サービス・アプリケーション」，さらに，IoT デバイス同士や IoT プラットフォーム，アプリケーションと通信を行うための「ネットワーク」である。

本研究では，上記に加え，「付加価値創造を行うための新しいビジネスモデルを創造すること」を IoT の定義とする。



図 4-3 IoT の構成要素

出典：桑津 [5]より筆者作成

4.3.2 IoT ビジネスモデル

製造業における，IoTを活用したIoTのビジネスモデルについて桑津[5]は3つの軸を挙げる（表4-1）。

表4-1 IoT ビジネスモデル

	データ収集 遠隔監視・計測	分析	新サービス 新事業
収入	<ul style="list-style-type: none"> 稼働管理(課金) 故障・障害監視(保守対応) 保守サービス連携 	<ul style="list-style-type: none"> 保守サービス(消耗品、部品管理) 最適化同提案 	<ul style="list-style-type: none"> 中古価値算定
コスト	<ul style="list-style-type: none"> 設備稼働情報 故障・障害監視 オペレーター監視 スループット管理 	<ul style="list-style-type: none"> 保守・診断コスト分析 稼働分析 故障分析 オペレータースキル分析 スループット分析・評価 	<ul style="list-style-type: none"> 遠隔稼働ガイダンス 設備・オペレーター貸出し、短期レンタル等 スループット課金

出所：野村総合研究所[7]より筆者作成

4.3.2.1 データ収集

販売後の自社製品の使われ方に関するデータ収集を行う。製品の稼働状況監視によって、稼働状況に応じた課金を行う。製品の故障・障害監視によって保守の対応リードタイムを短縮，製品が価値を生み出した時に課金を行う（スループット課金），等が可能となる。

4.3.2.2 分析

IoTデバイスから収集・蓄積したデータの分析を行う。消耗品、部品の利用状況を分析することで最適な補充タイミングの提案，製造業でのプロセスの最適化提案，故障時の故障解析，オペレーターのスキル分析，スループット分析・評価等が可能となる。

4.3.2.3 新サービス，新事業

IoTデバイスを利用した新たなサービス，新事業が可能となる。IoTデバイスの貸し出しを行う場合，デバイス監視による利用状況に応じた課金が可能となる。また，データ収集・分析を通じた最適な利用の提案サービス，遠隔地からの操作の自動化が可能となる。〔注2〕。

IoTを活用した製造業の付加価値創造を支援する実用的なソリューションは，すでに国内外の企業で開発・展開されている[6]

4.4 PLM と IoT の有機的結合による付加価値創造

これまでの先行研究を踏まえて、PLM 業務プロセスにおける、IoT を活用したモノづくりの提言を行うために、PLM と IoT の有機的結合（PLM で定義した各業務プロセスを機能単位まで細分化したものと、IoT のビジネスモデルの各要素を結びつける）を行った。具体的には、PLM の各業務プロセスに IoT のビジネスモデルの要素を結びつけ、「IoT-PLM 価値創造マップ」を構築した（表 2）。「PLM 業務プロセスの、どこでどのようなことを意識すれば、価値創造できるか」を示すことができた。

これを利用することより各部門・各業務において付加価値創造を意識した業務の遂行が行えるようになることを目的としている。

PLM と IoT の有機的結合は前提として、以下の条件を想定している。

- ・ 自社製品に IoT デバイスを組み込むこと
- ・ 製品情報（部品表）に IoT モジュールの登録を可能にすること

このマップを意識しながら活動を行うことで、常に IoT による付加価値創造を意識したモノづくりを行うことができるようにする。

表 4-2 IoT - PLM 価値創造マップ

IoT ビジネス モデル	施策	業務プロセス(テーマ)																			
		商品企画プロセス						新規設計プロセス					設計変更プロセス								
		製品定義管理			製品構成管理			ドキュメント管理	製品構成管理			部品表エディタ	設計変更オーダー管理	製品構成管理		部品管理		部品表エディタ			
		要求仕様の定義	自社・他社比較	製品パリエーション定義	モジュール定義	制約条件定義	設計BOM展開	受注仕様入力	受注BOM作成	関連図面文書の確認	部品表要素	統合部品表管理	原価積算	見積原価登録	部品追加・構成編集	承認依頼	原価積算	逆展開(影響分析)	代替部品選定	見積原価登録	部品追加・構成編集
遠隔監視・収計測	稼働管理(課金)													○							○
	故障・障害監視							○	○	○	○	○	○				○	○	○	○	○
	保守サービス連携							○	○	○	○	○	○				○	○	○	○	○
	設備稼働情報										○										
	故障・障害監視									○	○										
	オペレーター監視								○	○	○			○	○		○				○
	スループット管理										○										
分析	保守サービス(消耗品、部品管理)	○		○	○		○		○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○
	最適稼働提案									○		○	○								
	保守・診断コスト分析	○	○		○		○	○			○	○	○				○	○			
	稼働分析	○									○	○									
	故障解析							○			○	○	○				○	○	○	○	○
	オペレータースキル分析								○												
	スループット分析・評価	○							○	○	○	○									
新事業	中古価値算定	○									○										
	設備・オペレーター貸し出し、短期レンタルなど	○										○									
	スループット課金	○										○	○				○	○	○	○	
	遠隔稼働ガイダンス	○									○	○									

4.5 考察・結言

本研究ではまず PLM の定義および業務フローモデルの定義を行い、次に IoT の概要および IoT のビジネスモデルを先行研究から提示した。さらに、PLM と IoT の有機的結合を行い「価値創造マップ」を構築した。今後起こり得る製造業のバリューチェーンにおけるパラダイムシフトに対応するには、付加価値創造の創出に結びつく、指針をつくるのが有効であり、本研究ではそれを構築した。

本研究では PLM における、商品企画、開発設計に着目した価値創造マップを構築した。しかしながら、PLM は他にも生産準備、生産、保守プロセスも含まれる。今後は他のプロセスにも着目し、PLM と IoT の価値創造の指標を作る必要があると考える。

価値創造マップを利用した評価を行うためには、適切な評価が行える人材が必要であると考え。その人材は、PLM の業務プロセス、IoT のビジネスモデルに精通する人材が、適切に評価を行う必要があると考える。このような人材を筆者らは「エンタープライズ・プロジェクト・マネージャー」と呼称し、その必要性を訴える。

最後に、PLM と IoT が有機的結合することにより、製造業が競争力を持った強い企業に変化し、適応することを望んで本研究の結言とする。

参考文献 (第 4 章)

- [1] I. Gartner.: Gartner Says 4.9 Billion Connected "Things" Will Be in Use in 2015, 11 11 2014. [Online]. Available: <http://www.gartner.com/newsroom/id/2905717>. [Accessed 21 12 2016].
- [2] 藤井章博：「IEEE 論文に基づく IoT 研究動向の計量書誌学的調査」 科学技術・学術政策研究所, 2015.
- [3] 久次昌彦：『PLM システムの導入と構築』 日本実業出版社, 2007.
- [4] 石井成美, 近藤高司, 後藤時政：「経営戦略に基づく PLM と MOT の有機的結合による価値創造」 生産管理, 2015.
- [5] 桑津浩太郎：『2030 年の IoT』 野村総合研究所, 2015.
- [6] PTC ジャパン株式会社：「製造業における企業内 IoT プラットフォームと製品ライフサイクル管理の進化について」 2016.1.26.
- [7] 桑津浩太郎：「IoT にふさわしいビジネスモデルとは—IoT の取り組みにおける課題と将来展望—」 IT ソリューションフロンティア, No.6, pp. 14-19, 2016.

注

1. IoT は「M2M : Machine to Machine Communication」や「サイバーフィジカル」等といった概念との違いが明確ではないが, IoT はコミュニケーション (通信) が発生する範囲が前述のそれらよりも広範囲である点が違いであるといえる.
2. IT 業界では, 端末の遠隔操作やクラウドコンピューティング等によるアプリケーションのバグフィックス・更新は既に浸透している.

第5章 経営戦略にもとづく IoT と PLM の有機的結合の具現化

5.1 背景・目的

近年では製品を、センサやネットワークを組み合わせて管理する「モノのインターネット (Internet of Things, IoT)」の活用が増加の一途であり [1], 製品を軸にした新たな付加価値創造が期待される。

一方製品ライフサイクル管理 (Product Lifecycle Management, PLM) は主に製造業における迅速な意思決定とものづくりを行うことに必要不可欠な概念及びシステムであり, ものづくりに貢献してきた。

IoTに関する論文や書籍は数年で爆発的に増加している [10]。しかしながら現状では IoT 技術を製品ライフサイクル管理(Product Lifecycle, PLM)と連携させ, 製品企画段階から管理し, 付加価値創造を行う具体的な方法論についての議論は少ない。

本研究では製品ライフサイクル上で IoT を活用する場合を想定し, どのように付加価値創造し, 評価するかという“具現化”の手順を示し, これを管理の道具として利用することを提案することが目的である。本研究における具現化とは, 「IoT 技術を製品ライフサイクル管理と連携させ, 付加価値創造を行うため因果関係の連鎖を可視化したもの」である。

まず, 製造業における経営の観点, すなわち技術経営の観点から付加価値創造について論じる。次に, 本研究における IoT の定義, 製品ライフサイクル管理 (以下, PLM) の業務フローモデルの定義及び本研究における PLM の業務の範囲について論じる。

さらに先行研究から, IoT を製品ライフサイクル管理と連携させるにあたり, これまで明らかとなっている部分を明示する。

以上をふまえて, 製品ライフサイクル上で IoT を活用する場合を想定し, どのように付加価値創造し, 評価するかという“具現化”の手順を示す。さらに具現化の例として PLM 上の2つの業務プロセス (商品企画, 開発設計) 及び3つの業務フローモデル (商品企画, 新規設計, 設計変更) に着目し, IoT が, PLM の視点からどのように付加価値創造に貢献するかを示す「価値創造マップ」を作成し, 例示する。

5.2 経営戦略にもとづく付加価値創造

製造業における経営の観点, すなわち技術経営の観点から付加価値創造について, 技術経営 (Management of Technology, MOT) は, 延岡ら[7]は「第1に, 技術管理を狭義にとらえた経営工学や生産管理を中心としたもの, 第2に, 革新的なイノベーションや新技術をベースとした新事業創造やベンチャー企業のあり方などを中心的に取り扱ったものである」と定義している。また, 技術経営の最大の目的は「製造業における長期的な付加価値創造の最大化」としている。

また技術経営における付加価値創造の要素は図1に示すように, 「価値創造」と「価値獲得」に大別できる。価値創造とは, 優れた技術, 優れた商品開発, あるいは効率的な製造工場の構築, 製品開発を行い, 高付加価値の商品を生み出すことである。価値創造は更に「技術・商品価値創造」と「価値創造プロセス」に分けられる。「技術・商品価値創造」で優れた技術・優れた商品の創造をし, 「価値創造プロセス」ではそれら技術・商品を, 企画・段階から顧客に届けるまでのオペレーションを行う。「価値獲得」とは「価値創造」によって生み出された技術・商品の価値を, 自社の利益に変換して獲得することである [7]。

これら付加価値の3要素が技術経営を考える上で重要な概念であり, 適切に利用することによって, 付加価値創造を増大させることができると考える。したがって, 製造業での経営を考える際に, 技術経営の概念を利用することで, 今現在自社でどのような部分が付加価値創造に貢献できているか, あるいはできてないかを分析することができるし, それをもとに経営戦略を立てることが重要であると考えられる。

5.3 IoTの概要

5.3.1 IoTの定義および構成要素

桑津[5]は、IoTの定義を「コンピュータ等の情報・通信機器だけでなく、世の中に存在する様々なモノに通信機能をもたせ、インターネットに接続や相互に通信することにより、自動認識や自動制御、遠隔計測などを行うことである。」と定義する。本研究では、上記に加え、「付加価値創造を行うための新しいビジネスモデルを創造すること」をIoTの定義とする。

IoTの構成要素として次のようなものが挙げられる。端末、センサ等、製品の計測や状態を監視する「IoTデバイス」、IoTからの情報を収集・蓄積するための「IoTプラットフォーム」、さらに収集・蓄積されたデータを状態の監視、解析を行ったりするための「IoTサービス・アプリケーション」、IoTデバイス同士やIoTプラットフォーム、アプリケーションと通信を行うための「ネットワーク」である。

5.3.2 IoTを活用した付加価値創造

製造業における、IoTを活用した付加価値創造の流れを図5-1に示す[6]。

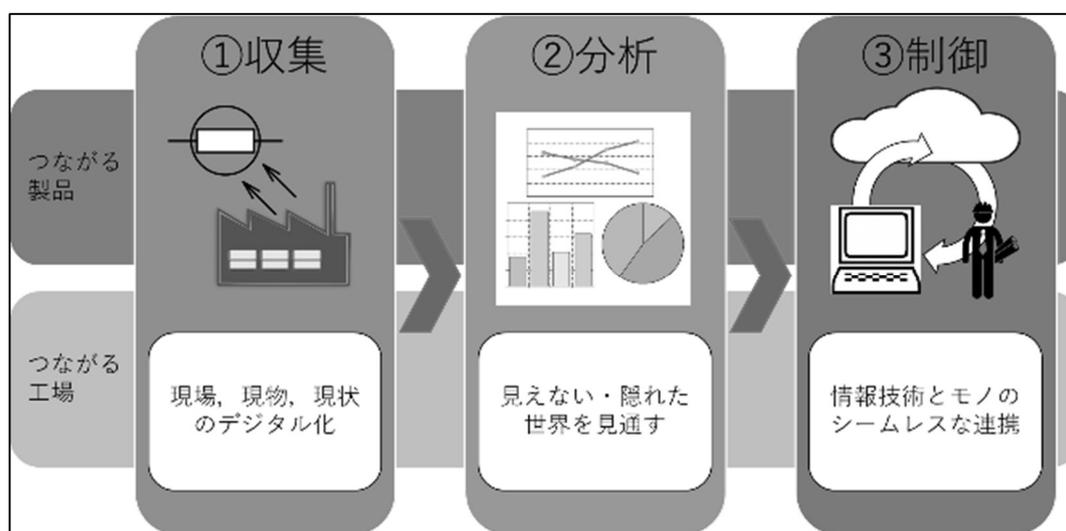


図5-1 IoTを活用した付加価値創造の流れ

出所：日本電気[6]より筆者加筆・修正

(1) 収集

工場や製品にIoTデバイスのセンサが搭載され、現場、現物、現状のデジタル化を行う。

(2) 分析

収集・蓄積したデータの分析を行う。最適な部品の補充タイミングの提案、プロセスの最適化提案、故障解析等を行う。見えにくい・隠れた世界を見通す。

(3) 制御

データ収集・分析を通じて導き出された意思決定情報を、ネットワークを介して遠隔地からの操作等を行う。情報技術とモノのシームレスな連携を行う。

製造業におけるIoTを活用した付加価値創造は「つながる製品」と「つながる工場」に分けられる。「つながる製品」は、製品それ自身がIoTデバイスとして情報を収集・分析・制御し、ライフサイクル全体で新たな付加価値を創造するものである。「つながる工場」は、工場がIoTデバイスを介して管理され、情報を

収集・分析・制御し、オペレーションの最適化を行うものである。本研究は、「つながる製品」にかかわる研究である。

5.4 PLMの概要

5.4.1 PLMの定義

PLM (Product Lifecycle Management) とは、「製品の企画・開発からアフターサービスまでの『製品情報』、『業務プロセス』を一元管理するとともに、製品に関わる『設備』, 人やコストなどの『リソース』までの製品ライフサイクル全体に関わる情報をITで管理するシステム」である [9]。PLMでは、個々のシステムを統合部品表などで部門間連携を行い、全体最適化を進める。

図 5-2 では、製造業における PLM の定義範囲を示す。商品企画、開発設計、生産技術、生産、保守サービスを PLM の範囲と定義する。

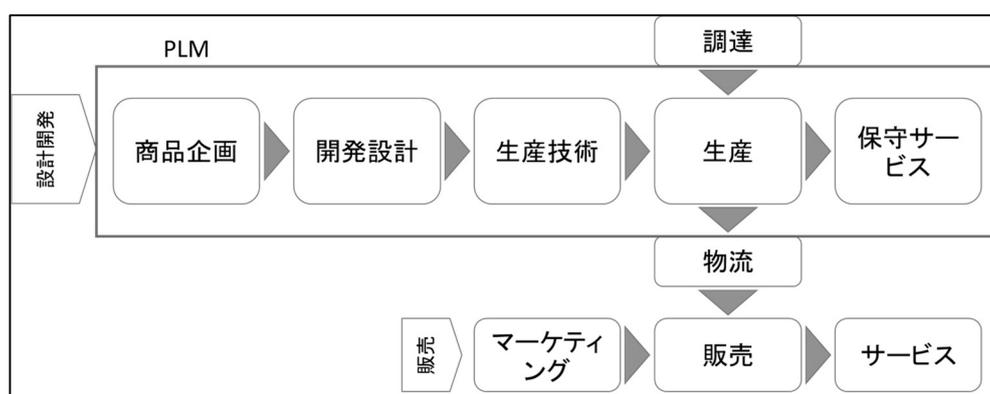


図 5-2 PLM の定義範囲

出所：久次 [9]より筆者加筆・修正

5.4.2 PLM 業務プロセス定義

本研究では、製造業における PLM の範囲をもとに PLM の全体業務プロセスモデルを図 4 に示す。なお本研究では商品企画、開発設計業務プロセスモデルを着目範囲とし、議論を行う。以下に各業務プロセスのフローモデルを定義する。

5.4.2.1 商品企画業務プロセスフローモデル

商品企画の業務プロセスフローモデルを定義する。

要求・仕様の定義, 自社・他社比較, 製品バリエーション定義, モジュール定義, 設計 BOM 展開, 制約条件定義, 受注仕様入力, 受注 BOM 作成等のプロセスを経て, 各プロセスとの連携を行う。

5.4.2.2 開発設計業務プロセスフローモデル

開発設計業務プロセスフローモデルを定義する (図 5-3)。

2-1 新規設計プロセス

過去に設計された成果物の流用検討, 採番, CAD 設計 (CAD と連携), 設計 BOM の作成, 原価積算, 承認依頼・承認リリース, 生産 BOM の作成等を経て, 各プロセスとの連携を行う。

2-2 設計変更プロセス

設計変更要求, 設計変更開始, 影響分析, 設計 BOM 改版, 原価積算, 承認依頼, 設計変更通知, 生産 BOM の変更等のプロセスを経て, 各プロセスとの連携を行う。

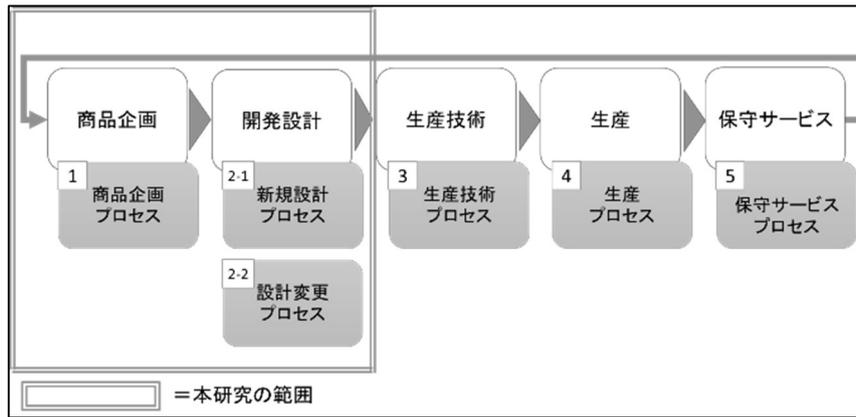


図 5-3 PLM 全体業務プロセスモデル

5.5 先行研究の調査と考察

5.5.1 製造業における IoT 活用による変化

IoT 時代の製造業における製品開発は、センサの種類と設置場所、収集すべきデータ、分析頻度について、理詰めで検討しなくてはならない [2]。そこで、製品の企画段階からそのことについて考慮する必要があると考える。

IoT 時代における製造業の経営戦略について、IoT 導入によるバリューチェーンの変化の動向が、事例などから研究されている [3]。PLM のような IT システムとの連携は、製品の生産性の向上のみならず、新たな付加価値創造の可能性を保持していると考えられる。しかし具体的な方法については言及が少ない。

5.2 PLM による付加価値創造

石井ら [4] は PLM を経営戦略にもとづかせ、効果的に活用するために、PLM の業務プロセスおよび業務フローモデルと、技術経営 (MOT) の付加価値創造の 3 要素を有機的結合させた付加価値創造の手順を提案している。

以上のことから、今後の製品開発は、製品の企画段階から、どのようなデータを収集すればよいか、どのような設計をすればよいか、どのように活用すればよいかといったことを戦略的に考える必要があると考える。戦略が製品ライフサイクル管理の個々の業務とどのような因果関係があるかを可視化することで、各プロセスの担当者が戦略を意識して行動することができると思われる。

5.6 経営戦略にもとづく IoT と PLM の有機的結合の具現化

5.6.1 具現化の手順

先行研究を踏まえて、本研究では製品ライフサイクル上で IoT を活用する場合を想定し、戦略が製品ライフサイクル管理の個々の業務とどのような因果関係があるかを可視化し、IoT をどのように活用するかの手順を示す。

可視化の手順では次の通りである。

- ① 経営戦略を立てる
- ② 経営戦略を「付加価値創造の 3 要素」にブレイクダウンさせる
- ③ 「付加価値の 3 要素」を、IoT の「収集・分析・制御」の 3 つの観点を用いて「IoT と PLM の付加価値創造の流れ」を検討する
- ④ ③ を更にブレイクダウンさせ、「IoT-PLM 価値創造マップ」を検討・作成する。横軸に付加価値の 3 要素、3 要素を更にブレイクダウンさせたもの、最後に IoT の「収集・分析・制御」レベルまで分解させる

⑤ 価値創造マップに基づいて業務プロセスごとに付加価値創造に効果のある施策に○印をつけ、具現化した後にマップの見直しを行う

⑥ 価値創造マップを利用した結果、価値創造マップを用いた結果の評価を行う

⑦ 価値創造マップのマッピングの見直しを行う

①～⑦の手順を適宜繰り返し行う。

以下に具現化の例としてPLM上の2つの業務プロセス（商品企画、開発設計）及び3つの業務フローモデル（商品企画、新規設計、設計変更）に着目し、IoTが、PLMの視点からどのように付加価値創造に貢献するかを示す「価値創造マップ」を作成し、例示する。

5.6.2 IoT と PLM の有機的結合

IoT と PLM の有機的結合を行った（表 5-1）。本研究の有機的結合とは、まず経営戦略にもとづく付加価値創造の3要素を、IoTの付加価値創造の流れに落とし込み、次にIoT付加価値創造の流れと、PLMで定義した各業務プロセスを結びつけることである。IoTをPLM上のどこで活用すれば、どのような付加価値創造に貢献するかを表のように示すことができる。

表 5-1 IoT と PLM の付加価値創造の流れ

MOT	IoT	PLM		
		商品企画	開発設計	
価値創造	事業価値創造	収集	①商品企画に関わる情報を収集、分析、制御し、差別化・独自性のある戦略を立てることで利益の獲得をし、事業価値創造を行う	④開発設計に関わる情報を収集、分析、制御し、差別化・独自性のある戦略を立てることで利益の獲得をし、事業価値創造を行う
		分析		
		制御		
価値獲得	技術・商品価値創造	収集	②商品企画に関わる情報を収集、分析、制御し、優れた技術・優れた商品を開発することで技術・商品価値創造を行う	⑤開発設計に関わる情報を収集、分析、制御し、優れた技術・優れた商品を開発することで技術・商品価値創造を行う
		分析		
		制御		
価値創造プロセス	価値創造プロセス	収集	③商品企画に関わる情報を収集、分析、制御し、効率的な製造工場・製品開発・QCDを追求することで価値創造を行う	⑥開発設計に関わる情報を収集、分析、制御し、QCDを追求した開発設計をすることで価値創造を行う
		分析		
		制御		

出所：筆者ら作成

③差別化，独自性の獲得（製品仕様の定義）

業務プロセスの要求仕様の定義では，保守サービスに関するデータを収集，分析することで顧客のニーズやウオントを抽出し，そのニーズやウオントに沿った独自性のある仕様をつくりだすことができる。

④革新的な機能の実装（製品バリエーション定義）

業務プロセスの「製品バリエーション定義」では，現存の製品の設備稼働情報や故障障害情報等に関するデータを収集・分析する．現在の製品に不足している部分や問題のある部分を把握する．この情報を元に，企画段階でどのような機能をつけるか，どの部分をソフトウェア，或いはハードウェアで補うかを検討し，革新的な機能の実装につなげる．

5.6.3.2 価値創造マップ（設計プロセス）

設計プロセスのIoT-PLM 価値創造マップを構築した（表 5-3）．抜粋して示す．なお，以下の番号は表中に付した番号に対応している．

5.6.3.3 価値創造マップ（設計変更プロセス）

設計変更プロセスのIoT-PLM 価値創造マップを構築した（表 5-3）．抜粋して示す．

②品質向上（逆展開及び代替部品選定）

設計変更プロセスの業務プロセスである逆展開（影響分析）及び代替部品選定では品質という価値創造ができる．製品に取り付けたIoTデバイスから故障箇所，故障頻度や故障時の製品全体への影響度などの故障・障害に関する情報を収集，分析することで故障・障害の原因となっている部品を特定し，故障頻度の低い部品に代替部品選定を行うことができる．

③コスト削減（逆展開及び代替部品選定）

設計変更プロセスの業務プロセスである部品追加・構成編集では品質向上という価値創造ができる．保守サービスに関する情報を収集，分析し，異常箇所が発生している部分や現在・将来の故障の疑いがある部分を特定することで，設計変更の際に代替部品選定するなどの考慮をすることができる．その結果，ある特定の部品を利用した製品のすべてにおける故障の未然防止，設計変更時に設計の改善が可能となる．顧客ニーズへの合致を実現できる．

④スピード向上（代替部品選定）

IoTデバイスからの情報を収集・分析することにより，代替部品の選定の際にかかる分析時間を短縮することができる．そのため，設計変更のスピード向上が実現できる．

最後に、IoT と PLM の有機的結合による具現化イメージを意識することにより、製造業が競争力を持った強い企業に変化し、適応することを望んで本研究の結言とする。

参考文献（第 5 章）

- [1] I. Gartner.: Gartner Says 4.9 Billion Connected "Things" Will Be in Use in 2015, 11 11 2014. [オンライン].
<http://www.gartner.com/newsroom/id/2905717>. (最終閲覧: 2017/5/20).
- [2] Michael E. P and James E. H.: How Smart, Connected Products Are Transforming Companies, Harvard Business Review, April 2015.
- [3] Michael E. P and James E. H.: How Smart, Connected Products Are Transforming Competition, Harvard Business Review, April 2015.
- [4] 石井成美, 近藤高司, 後藤時政: 「経営戦略に基づく PLM と MOT の有機的結合による価値創造」, 日本生産管理学会論文誌, Vol.21, No.2 pp.113-118 (2015/04).
- [5] 桑津浩太郎: 「2030 年の IoT」, 野村総合研究所, 2015.
- [6] 日本電気株式会社: 「NEC の生産革新の歩みと IoT を活用した次世代ものづくり」, 2016.
- [7] 延岡健太郎: 『MOT 入門』日本経済新聞社, 2006.
- [8] 延岡健太郎, 伊藤宗彦, 森田弘一: 「コモディティ化による価値獲得の失敗: デジタル家電の事例」, 2006.
- [9] 久次昌彦: 『PLM システムの導入と構築』, 日本実業出版社, 2007.
- [10] 藤井章博: 「IEEE 論文に基づく IoT 研究動向の計量書誌学的調査」, 科学技術・学術政策研究所, 2015.

謝辞: 本研究は JSPS 科研費 17K03974 の助成を受けたものです。

第6章 生産管理業務プロセスにおける IoT 付加価値創造の具現化

6.1 背景・目的

桑津[4]は、IoTの定義を「コンピュータ等の情報通信機器だけでなく、世の中に存在する様々なモノに通信機器を持たせ、インターネット接続や相互に通信することにより、自動認識や自動制御、遠隔計測を行うことである」と定義している。

近年、IoTには世界中の工場で最適な生産を実現する「つながる工場」と製品の新たな使い方やサービスを提供し付加価値を高める「つながる製品」という2つのイノベーションがある[2] (図6-1)。そしてIoTの目的はモノをインターネットにつなげて、「収集」したデータを「分析」し、「制御」することで、問題・課題を解決するところにある[7]。



図6-1 IoT活用の流れ

出所：NEC

また、延岡[6]は、技術経営(MOT)の最大の目的は技術や商品に関する戦略的・組織的なマネジメントにより「製造企業の付加価値創造を最大化すること」であり、MOTの付加価値創造の3要素である「技術商品価値創造」「価値創造プロセス」「事業価値創造」をもとに付加価値創造が実現できると定義している。

企業や団体ごとの経営戦略や事業目標に沿って、筆者らは、以下のようにIoT付加価値創造プロセスと役割別IoT人材タイプを定義した(図6-2)。

(1) IoT付加価値創造プロセス

- ①戦略企画プロセス：IoTを使った事業や改革の目標を決定する
- ②開発プロセス：目標を達成するためのソフト・ハードの開発を行う
- ③運用プロセス：IoTで集めた情報を収集・分析・制御する
- ④保守プロセス：運用を維持するために点検・整備を行う
- ⑤改善プロセス：運用した結果を評価し、改善策を考案する
- ⑥略フィードバック・戦術フィードバック：その改善案を各プロセスに提案する

(2) 役割別IoT人材タイプ

- ①エグゼクティブ：IoTを取り入れる組織で付加価値創造をリードし、継続的な組織をつくる者
- ②コーディネータ：IoT化を推進するプロジェクトの企画・管理・評価・改善する者
- ③アーキテクト：IoT化を推進するプロジェクトで企画立案された内容を要件定義する者
- ④デザイナー：要件定義をもとに基本設計する者
- ⑤エンジニア：IoT化を推進するプロジェクトの基本設計をもとにハード・ソフトを詳細設計する者
- ⑥アドミニストレータ：IoTを運用する上で付加価値創造を実践する者

作成したIoT付加価値創造プロセスと役割別IoT人材タイプの特徴としては、様々な団体において個別に検討されている定義における技術者を中心とした人材像に加え、付加価値創造プロセスをリードし実行できる「エグゼクティブ」、IoTを活用する「アドミニストレータ」を加えた人材タイプに着目し定義した。

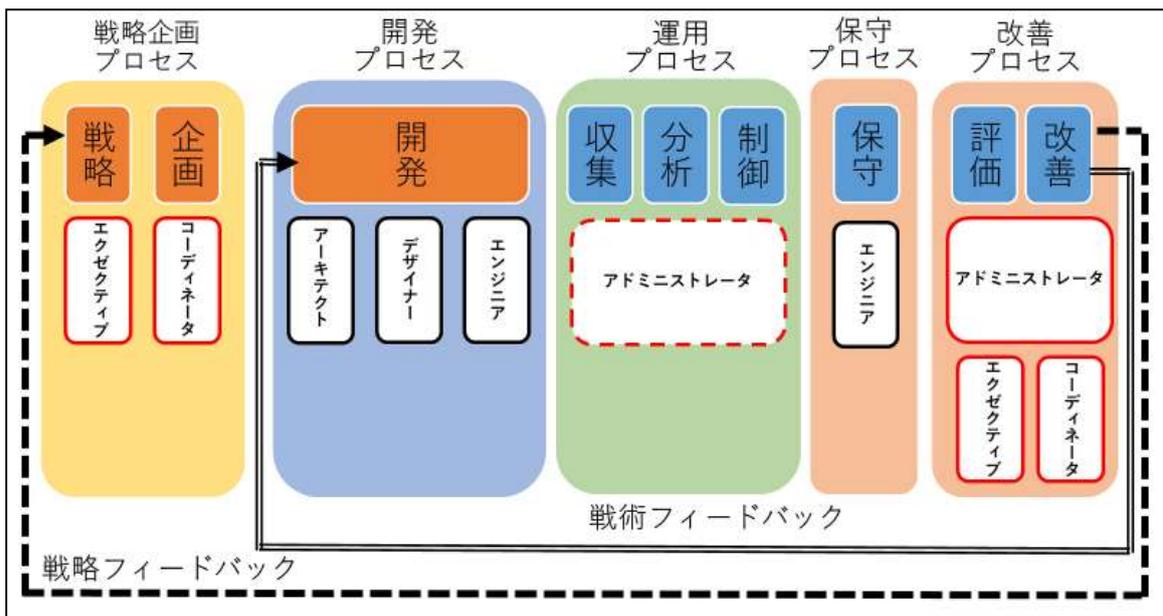


図 6-2 IoT 付加価値創造プロセスと IoT 人材タイプ

出所：筆者ら作成

本研究は、生産管理業務プロセスの作業モデルに着目して、技術経営戦略にもとづく付加価値創造を実現するためのIoTによる施策と、作業レベルまでの連鎖を具現化する道具として考案した「IoT付加価値創造シート」を紹介し、その作成例を示す。

6.2 既存する経営戦略を具現化する手法：戦略マップ

経営課題をスローガンに終わらせないで、経営戦略の実現に向けて管理する手法として、バランスド・スコア・カード (BSC) のフレームワークを使った戦略マップ (戦略シナリオ) がある[1]。

BSCの戦略マップはきわめて汎用性の高い戦略シナリオを提供することで知られており、経営課題間に目的、手段で因果関係を作り「目標」に向かってストーリー化して戦略マップを作る (図 6-3)。

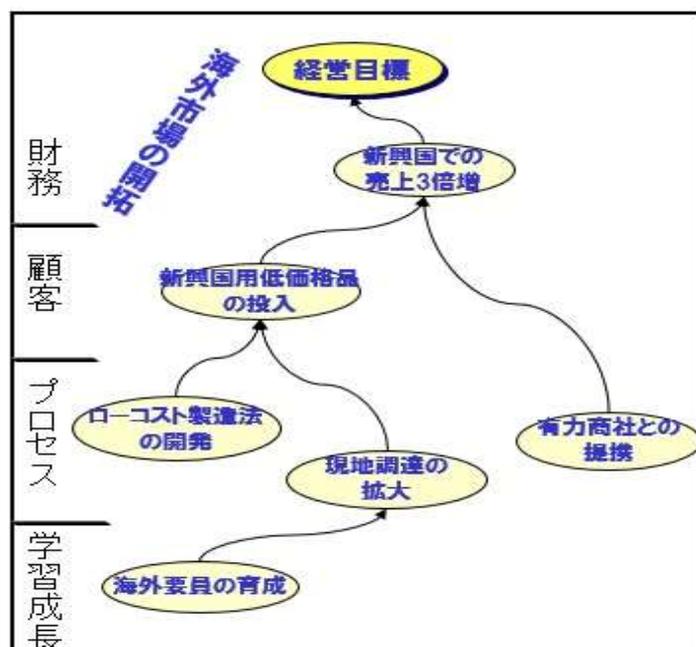


図6-3 戦略マップ作成イメージ

出所：ITCA

戦略マップは、現状から目標に到達するまでの経営戦略にもとづく経営課題（中間目標）を、目的と手段の連鎖でつないで作り、この一般的なシナリオを自社の事業に当てはめた戦略マップとして作っていく。さらに、経営課題の実現状況を測るモノサシを決めていくことで、経営課題をスローガンに終わらせないで、経営戦略の実現に向けて管理していくものであり、経営課題は具体的な実施策まで展開するものである。

付加価値創造を実行し、成果を出すためには、立案した戦略を施策に落とし込むだけでなく、実際の作業レベルまでブレイクダウンし、具体的に作業者へ示す必要があると考える。

しかしながら、技術経営戦略をIoTに着目し、具体的な作業レベルまでの連鎖を示す道具（手法）は現在まだ確立されていない。

6.3 IoT 付加価値創造の具現化手法

生産管理業務プロセスの作業モデルに着目して、技術経営戦略にもとづく付加価値創造を実現するためのIoTによる施策と、作業レベルまでの連鎖を具現化する手法として「IoT付加価値創造シート」を考案した。以下に考案した具現化手法を紹介する。

まず縦軸に、経営戦略にもとづく付加価値創造の3要素(事業価値創造、技術・商品価値創造、価値創造プロセス)をおく。

要素ごとにIoTにおける付加価値創造の流れ(収集・分析・制御)を考慮する。

次に、横軸に生産管理業務プロセスの作業モデルを定義し、その業務プロセスと業務内容のモデルを例としておく。

縦軸と横軸が交差した部分で、付加価値創造に効果のある具体的なIoT活用例を示すことのできる「IoT付加価値創造シート」を提案する（図6-4）。



図 6-4 IoT 付加価値創造シートによる具現化手法

出所：筆者ら作成

6.4 生産管理業務プロセスの作業モデル定義

実際の企業や現場では、個々に異なる業務フローが存在し、また具現化する場合の業務モデルは様々である。そのため、IoT 付加価値創造シートの横軸として業務モデルを具現化する場合に荷は標準的な作業モデルを示すことは難しいと考え、より実務に近い実践的な研究をするために研究材料として、市販されている TPiCS-X という生産管理パッケージ [注 1] で定義している「計画・生産・資材・受注・出荷」の 5 つの業務プロセスの作業モデルを引用する[5] (図 6-5)。

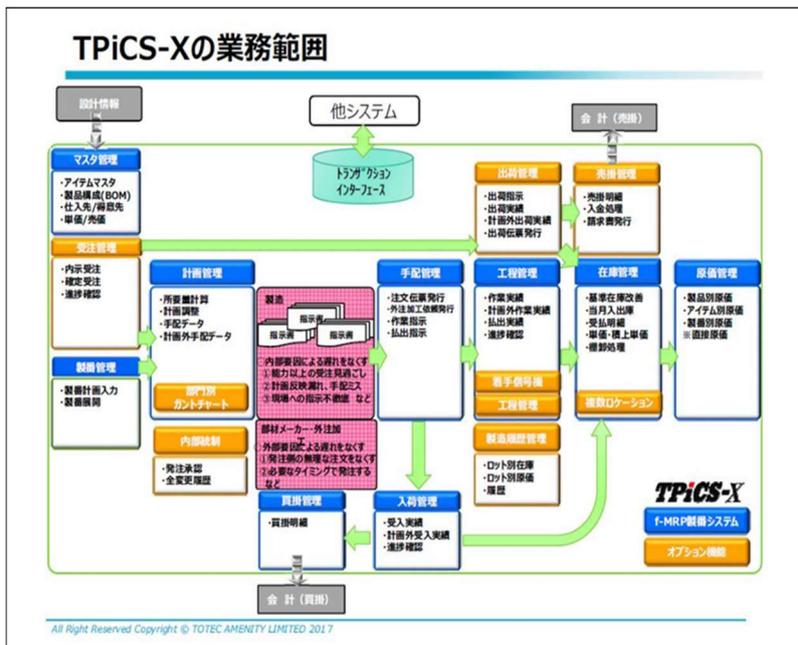


図 6-5 生産管理業務プロセス作業モデル定義

出典：トーテックアメニティ

この5つの業務プロセスで定義されている作業モデルの一部を以下に示す。

(1)計画業務プロセスの作業モデル

生産計画表, 製造指示計画作成,
プロジェクト計画作成, 製番明細ガントチャート

(2)生産業務プロセスの作業モデル

作業伝票発行, 着手信号機, 生産実績入力,
引落実績入力

(3)資材業務プロセスの作業モデル

発注承認, 注文伝票発行, 資材受け入れ実績入力, 資材検収実績入力

(4)受注業務プロセスの作業モデル

受注データ入力, 請求書発行, 入金管理,
見積書発行, サプライチェーンターミナル

(5)出荷業務プロセスの作業モデル

出荷伝票発行, 出荷実績入力, 配達積載計画

6.5 IoT 付加価値創造シートの作成例

市販されている TPiCS-X という生産管理パッケージで定義している「計画・生産・資材・受注・出荷」の5つの業務プロセスの作業モデルに着目して、技術経営戦略にもとづく付加価値創造を実現するためのIoT [収集・分析・制御] による施策と、作業レベルまでの連鎖を具現化する「IoT 付加価値創造シート」の作成例を以下に示す。

6.5.1 計画業務プロセス

「価値創造」の「価値創造プロセス」である「品質」の中の「部品標準化・モジュール化による品質向上」は、IoTを用いてリアルタイムで生産している部品数、不良品率など一つの製品にかかるコストに関するデータを生産業務で収集した後、分析、制御することで、製品管理効率が向上し、「マネジメント品質の向上」という付加価値を創造することができる（表 6-1 IoT付加価値創造シート（計画生産資材）表 6-1）。

6.5.2 生産業務プロセス

「価値創造」の「価値創造プロセス」である「スピード」の中の「リードタイム短縮による市場への早期投入」はIoTを用いて実際作業時間などリアルタイムで動いている人とモノのデータを収集、分析、制御することで、リードタイムが短縮され、「生産スピードの向上」という付加価値を創造することができる（表 6-1）。

6.5.3 資材業務プロセス

「価値創造」の「価値創造プロセス」である「品質」の中の「マネジメント品質の向上」はIoTを用いて資材の量、コストなど工場の価値創造プロセスにかかわるデータを収集、分析、制御することでマネジメント品質が向上し、「製品の品質向上」という付加価値を創造することができる（表 6-1）。

表 6-1 IoT 付加価値創造シート (計画生産資材)

M O T	付加価値創造の要素	業務プロセス		計画業務			
		対応科目名		生産管理論、資材購買マネジメント			
		業務内容		生産計画表、ジャーナル表示、製造指示入力、製番計画作成、プロジェクト計画作成、部門別ガントチャート、計画明細データ入力、引落明細データ入力、製番明細ガントチャート、納期回答			
		業務の概要説明		経営計画、販売計画に沿って製品の受注から出荷まで生産計画を作る。			
		収集	分析	制御	付加価値創造の流れ		
価値創造	技術・商品価値創造	顧客ニーズへの合致	顧客ニーズの把握				
			多様な顧客ニーズへの合致				
			優れた商品開発のサポート				
		革新的な機能	環境配慮型設計				
			ローカライズ設計				
			優れた技術とノウハウの形式知化 革新的な商品開発のサポート				
	価値創造プロセス	品質	部品標準化・モジュール化による品質向上	生産	○	○	生産業務で収集したデータを分析し計画業務での品質を向上させる
			マネジメント品質の向上				
			商品企画品質の向上				
			情報の一元管理による部門間連携				
		コスト	部品標準化・モジュール化による原価低減	生産	○	○	生産業務で収集したデータを分析し計画業務での品質向上させる
			プロジェクトマネジメント強化による開発費の削減				
			原価企画による原価のつくり込み	生産	○	○	生産業務で収集したデータを分析し製品に見合う原価を定める
			試作回数削減による費用削減				
		スピード	部品標準化・モジュール化による納期短縮	生産	○	○	生産業務で収集したデータを分析し計画業務で品質を向上させる。
			プロジェクトマネジメント強化による開発期間の短縮				
リードタイム短縮による市場への早期投入	生産・資材・出荷		○	○	生産・資材・出荷業務で収集したデータを分析し改善する		
多品種多仕様設計効率化							
価値獲得	独自性	独自性のある商品開発					
		意味的価値のある商品開発					
	備けの仕組み	製品投入計画に合わせた開発計画の作成	生産	○	○	生産業務で収集したデータを分析し開発計画作成を行う	
		戦略的な価格の設定	生産	○	○	生産業務で収集したデータを分析し計画業務で価格設定に利用できる。	
		顧客との情報共有					
		プラットフォームリーダー デファクトスタンダード					

6.5.4 受注業務プロセス

「顧客ニーズの把握」「多様な顧客ニーズへの合致」の項目では、社外からデバイスにより受注入力データを収集し、ニーズの把握を目的とした分析/多様なニーズの分析をすることで、ニーズの把握を制御する情報を商品開発に提供/ニーズへの合致を制御する情報をラインナップへ反映することで付加価値創造に繋げることが出来る（表 6-2）。

6.5.5 出荷業務プロセス

「リードタイム短縮による市場への早期投入」の

項目の中で、IoTを用いて一連のプロセスにおけるモノの流れを事実情報として自動的に収集し、可視化することによって短縮への改善点を見つけられ、付加価値創造に繋がる（表 6-2）。

表 6-2 IoT 付加価値創造シート (受注出荷)

M O T	付 加 3 価 値 創 造			受注業務			
				資材購買マネジメント、品質管理論			
				受注データ入力、請求書発行、入金管理、見積書発行、サプライチェーンミナル			
				取引先と交渉し、見積書を発行したり受注を受けたりする。			
				収集	分析	制御	付加価値創造の流れ
価 値 創 造	技 術 ・ 商 品 価 値 創 造	顧 客 ニ ーズ へ の 合 致	顧客ニーズの把握	○	○ (企画)	○ (企画)	社外からデバイスにより受注入力データを収集し、ニーズの把握を目的とした分析をすることで、制御する情報を商品開発に提供
			多様な顧客ニーズへの合致	○	○ (企画)	○ (企画)	社外からデバイスにより受注入力データを収集し、多様なニーズの分析をすることでニーズへの合致を制御する情報をラインナップへ反映する
			優れた商品開発のサポート				
	価 値 創 造 プ ロ セ ス	品 質	部品標準化・モジュール化による品質向上	○	○ (企画)	○ (企画)	
			マネジメント品質の向上				
			商品企画品質の向上				
		コ ス ト	情報の一元管理による部門間連携				
			部品標準化・モジュール化による原価低減	○	○ (企画)	○ (企画)	
			プロジェクトマネジメント強化による開発費の削減				
			原価企画による原価のつくり込み				
		仕 組 み	製品投入計画に合わせた開発計画の作成				
			戦略的な価格の設定	○	○ (企画)	○ (企画)	
			顧客との情報共有	○	○	○ (受注・企画)	社外から受注データや顧客とのやり取りを収集・分析し、より顧客に合った提案の仕方や商品展開に制御・反映する。
			(プラットフォームリーダー、デファクトスタンダード)				
		M O T	付 加 3 価 値 創 造			出荷業務	
				ロジスティクス論			
				出荷伝票発行、出荷実績入力、配達積載計画、積載出荷データ、出荷予定・遅れリスト作成			
				入庫した商品の仕分け、商品の出荷準備 ・ 庫内での搬送、在庫や入出荷の管理、梱包表作成			
				収集	分析	制御	付加価値創造の流れ
価 値 創 造 プ ロ セ ス	ス ピ ー ド	部品標準化・モジュール化による納期短縮					
		プロジェクトマネジメントの強化による開発期間の短縮					
		リードタイム短縮による市場への早期投入	○	○		一連のプロセスにおける物の流れを事実情報として自動収集し、可視化することによって短縮への改善点を見つけられる。	
	仕 組 み	設計問題点の早期発見					
		製品投入計画に合わせた開発計画の作成					
		戦略的な価格の設定					
顧客との情報共有	○ (出荷予定)	○ (出荷予定)	○ (受注)	情報共有によって顧客の注文内容を迅速に把握することが出来るため、配送計画を迅速に行うことが出来る。			
(プラットフォームリーダー、デファクトスタンダード)							

6.6 考察・結言

本報告では、生産管理業務プロセスの作業モデルに着目して、技術経営戦略にもとづく付加価値創造を実現するためのIoTによる施策と、作業レベルまでの連鎖を具現化する道具として考案した「IoT付加価値創造シート」を紹介し、その作成例を示すことができた。今後、「IoT付加価値創造シート」が活用され、付加価値創造が実現することを望む。

注

1. TPiCS-Xは、株式会社ティーピクス研究所にて開発されたパッケージソフトウェアである。業種を問わず幅広く利用されている。

参考文献（第6章）

- [1] ITコーディネータ協会：「研修会テキスト」，ITCA(2010).
- [2] NEC：「NECの生産革新の歩みとIoTを活用した次世代ものづくり」，NEC発表資料(2016/09).
- [3] 石井成美，青島弘幸，近藤高司，後藤時政：「経営戦略にもとづくMOTとPLMの有機的導入の具現化」，日本生産管理学会論文誌，第23巻，2号，pp91-96(2016.10).
- [4] 桑津浩太郎：『2030年のIoT』，野村総合研究所(2015).
- [5] トーテックアメニティ株式会社，「TPiCS-X研修資料」(2017).
- [6] 延岡健太郎：『MOT入門』，日本経済新聞社(2006).
- [7] 福澤和久，石井成美：「経営戦略にもとづくPLMとIoTの有機的結合に関する考察」，日本生産管理学会論文誌，第24巻，1号，pp39-44(2017.4).

謝辞：本研究はJSPS科研費17K03974の助成を受けたものです。

第7章 付加価値創造プロセスを実行できる IoT 人材スキル標準定義

7.1 背景・目的

7.1.1 背景

あらゆる機器がネットワークに繋がり、機器と機器、機器と人などがつながり合い、新たな付加価値を創出する IoT (Internet of Things) の時代が到来したと言われている。IoT 市場規模の予測は今後 2014 年の 6500 億ドルから年平均 16.9%増加し、2020 年には 1.7 兆ドルまで拡大する予測である [1]。2015 年時点で IoT デバイス数[注 1]は 154 億個であり、2020 年には 304 億個まで増加するといわれ、様々な分野・産業で IoT デバイスは増加する。今後、IoT デバイスが普及することにより、新たな利用者が急増することが見込まれており [2]、他社・他国との競争のためにも IoT 人材育成が急務であると言われている。とりわけ日本企業においては、他国と比べて「人材育成」に対する課題認識が高い傾向がある [1]。

日本では IT 人材育成のスキル標準として、情報処理推進機構 (IPA) が IT スキル標準を公表している [3] が、これを IoT 人材育成のスキル標準として利用すると、必要スキルが何であるかに具体性がないといった問題がある。そのために IoT 人材育成をきちんと定義する必要がある。

IoT 人材育成に関してはこれまでに総務省や経済産業省を中心に検討・実施されている。総務省 [4]は「IoT/BD/AI 時代に求められる人材育成に資することが重要」、「IoT 人材の育成に向け、スキルセットの明確化、スキル獲得に向けた研修等、スキル評価等を一体的に施策として展開していくことが必要」という見解である。IoT 経営の最終的な到達点は、企業における長期的な付加価値創造の最大化 [5]であり、付加価値創造を考慮した IoT 人材育成が必要であるが、それができていないことが現状である。

7.1.2 目的

本研究の目的は、IoT 時代における付加価値創造を実行できる IoT 付加価値創造プロセスを定義し、付加価値創造プロセスを実行できる IoT 人材スキル標準定義をすることである。

7.1.3 研究方法

IoT の人材育成に関する現状を官民の公式見解や資格制度、既存の IT スキル標準などの比較検討から IoT の人材育成に関する現状および問題点を整理し、IoT 時代における付加価値創造プロセスを実行できる IoT 人材タイプ、人材像およびスキル標準の定義を行った。

7.2 本研究における定義

IoT 等の定義は様々存在する。議論の内容を統一させるために、本研究における用語の定義を行う。

7.2.1 付加価値

本研究における付加価値とは、顧客が評価する価値から、それにかかった費用を差し引いたものであるとする。言い換えると、顧客価値として変換されたアウトプットから、材料や諸費用などのインプットを引いたその差 [5]であると定義する。

7.2.2 IoT

本研究における IoT は「コンピュータ等の情報・通信機器だけでなく、世の中に存在する様々なものに通信機能をもたせ、インターネットに接続したり相互に通信したりすることにより、自動認識や自動制御、遠隔計測などを行い、新たな付加価値を生み出すこと」と定義する [6]。

7.2.3 IoT 付加価値創造プロセス

求められる IoT 人材タイプ、人材像およびスキル標準は業務プロセスごとに異なる。そのため、付加価値創造 IoT プロセスを図 7-1 のようにモデル定義する。上流工程から順に戦略企画プロセス、開発プロセス、運用プロセス、保守プロセス、改善プロセスとした。

戦略企画プロセスでは企業・組織の経営戦略を策定し、その経営戦略を IoT システムで実現させるための企画を行う。開発プロセスでは、企画の内容をもとに、IoT システムの開発を行う。運用プロセスでは、開発された IoT システムの運用を行う。運用プロセスでは IoT システムの根幹である「収集・分析・制御」を行う [6]。保守プロセスでは IoT システムの保守を行う。改善プロセスでは IoT システムの評価・改善を行い、これらをシステムへ反映させる（戦術フィードバック）、あるいは戦略段階から見直す（戦略フィードバック）を行う。

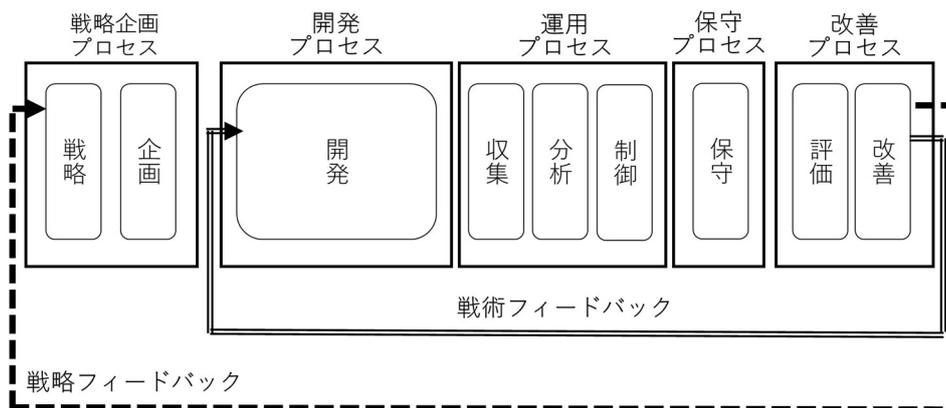


図 7-1 付加価値創造 IoT プロセス

出所：筆者作成

7.3 IoT 人材育成に関わる先行研究

IoT 人材の育成に関わる動きは政府関連のフォーラムや検定試験、民間の育成制度などが存在する。

7.3.1 総務省による IoT 人材育成の検討

日本国内では IoT 人材育成は総務省が主導で検討されている。総務省の「IoT 機器等の適正利用のための ICT 人材育成」 [7] では、IoT 時代に求められる ICT 人材育成に資することを目的として、「IoT 機器等の電波利用システムの適正利用のための ICT 人材育成」事業を発表している。事業の概要は、①ユーザ企業等に求められる基本知識の要件（スキルセット）の策定、②分野毎・地域毎の講習会、③若者・スタートアップを対象とした IoT 体験型教育やハッカソン [注 2] 等の取組を推進し、IoT 時代に必要な人材の育成、である。これらのような取り組みによって、IoT に必要な人材を育成している。

総務省は情報通信審議会にて「IoT 総合戦略ロードマップ」を発表している。ロードマップでは 2020 年度に「ユーザ企業等における利活用に関する理解度の向上」を目指すため、2017 年度中に「ユーザ企業等の人材に必要なスキルセット、講習会の在り方検討」を設定し、その内容はスマート IoT 推進フォーラム [注 3] の「IoT 人材育成分科会」で発表された（表 7-1）。6つの項目を IoT のスキルセット：「IoT の基本的な概念」、「IoT の活用事業戦略等」、「IoT データの活用方策」、「IoT システムの構築・運用・保守」、「IoT 関連の標準化と動向」、「IoT 関連の法制度」と定めている。企業等に対して、これら 6 点を踏まえた上で IoT 人材育成の参考とすることを提案している [8]。

表 7-1 IoT のスキルセット

項目	主な内容
IoTの基本的な概念	<ul style="list-style-type: none"> IoTに用いられるICTの基礎知識 様々なヒト、モノ、コトが繋がることで創出される価値
IoT活用事業戦略等	<ul style="list-style-type: none"> IoT活用事業戦略の策定 BCP/BCM(事業継続計画/管理)の策定
IoTデータの活用方策	<ul style="list-style-type: none"> データの活用方法 データ分析 データ活用に関わる利害関係の調整 個人情報保護等
IoTシステム構築・運用・保守	<ul style="list-style-type: none"> IoTシステムの構成 IoTシステムの設計 IoTシステムの運用・保守 セキュリティの確保
IoT関連の標準化動向	<ul style="list-style-type: none"> 国際標準に基づいた技術の理解
IoT関連の法制度	<ul style="list-style-type: none"> 電波法等の法制度を守ったシステム運用

出所：スマート IoT 推進フォーラムより筆者作成

7.3.2 IoT 推進コンソーシアム 人材育成分科会による人材育成の検討

IoT/ビッグデータ/人工知能時代に対応し、企業/業種の枠を超えて産学官で利活用を推進するため、民主導の組織として設立されたのが「IoT 推進コンソーシアム」である。その中でも技術開発ワーキンググループ（スマート IoT 推進フォーラム）の分科会である「IoT 人材育成分科会」で、IoT の人材育成にかかわる具体的な検討を行っている。IoT 人材育成分科会では、図 2 に示す IoT/ビッグデータ（BD）/人工知能（AI）時代に対応するための人材像として以下の 4 つを挙げられた [9]。

- ①プロデューサ：自社が抱える課題や状況等を踏まえ、IoT 導入・利活用戦略を立案する（経営者等）。
- ②サービス開発人材：IoT 導入・利活用において、必要な要件等を検討・企画する（企画部門・営業部門など）。
- ③エンジニア：IoT を導入・利活用する際の留意事項や制約事項を把握し、IoT サービスを運用・開発する（事業部門など）。
- ④イノベーター：市場状況を踏まえ、IoT を活用した新たなビジネスソリューションを創出する。

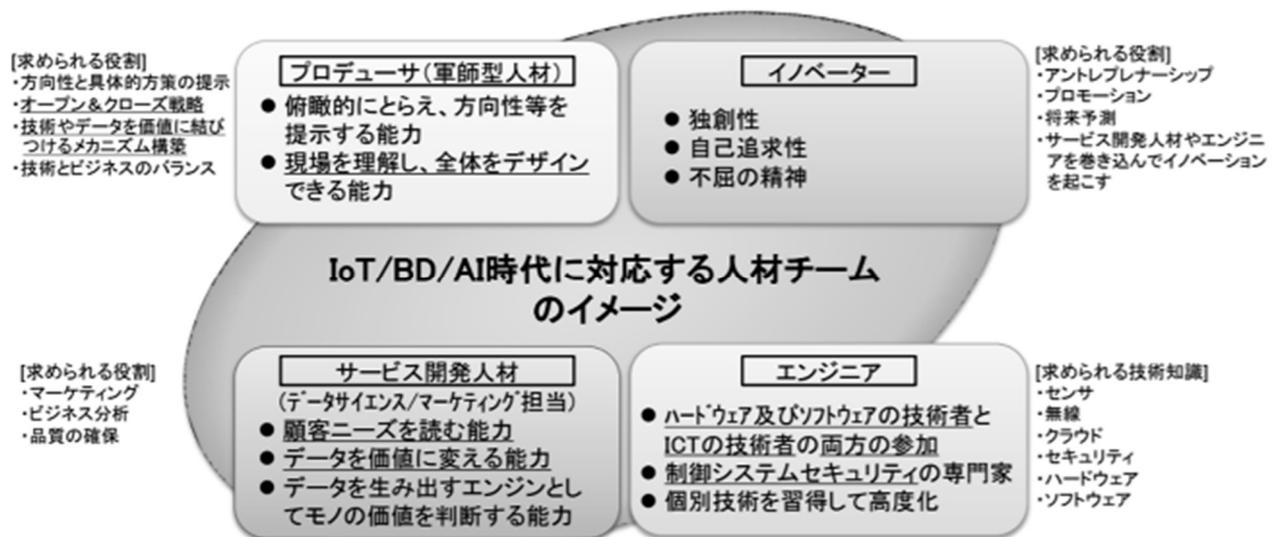


図 7-2 IoT/BD/AI 時代に対応するための人材像

出所：情報通信審議会，2016年

分科会では他に、IoTの普及に向けて必要なスキルとして、表2のような「スキル項目」が議論に挙げられた[10].

スキル項目として、次の項目が挙げられている： 課題発見・コンサル，ビジネスモデル考案，ICT基礎デザイン，データ解析・AI，ITとOTの統合，セキュリティ，UX/UIデザイン．スキル項目ごとに「必要な能力」．それぞれのスキル項目には「必要な能力」もある．

表 7-2 IoT の普及に向けて必要なスキル

スキル項目	必要な能力
課題発見・コンサル	社会は企業の問題点を見つけユニークな解決策を考える
ビジネスモデル考案	常識や慣習にとらわれず業界を超えたサービスを考える
ICT基礎デザイン	最新のハード/ソフト技術で新しいアーキテクチャを創る
データ解析・AI	数理統計や機械学習の技術を使って社会課題を解決する
ITとOTの統合	制御系システムの特性を理解しITネットワークにつなぐ
セキュリティ	制御系システムを含めてヒト・モノ・データの安全を守る
UX/UIデザイン	ハード/ソフト/サービスのデザイン力で人を感動させる

出所：NTT コミュニケーションズ発表資料より筆者作成

7.3.3 IoT 検定制度委員会における人材像およびスキル標準

IoT検定[注4]は、検定対象者として以下4つのタイプを示している[11]：①IoTを取り入れる組織の経営者および管理者，②IoT化を推進するプロジェクトの企画担当者，③IoTを活用しデータ分析を行う利用者，④IoTシステムの構築・保守に携わるエンジニア

また、IoT検定はレベル1,レベル2，レベル3の3段階があり，レベル1とレベル2はスキルレベルを定義している．レベル1はさらに「IoT検定（仮称）スキルマップ」を公開している．

IoT検定レベル1においては「プロフェッショナル・コーディネータ」を想定する人材とし，スキルレベルは表7-3のとおりである．IoT検定レベル2においては「プロフェッショナル・エンジニア」を想定する人材とし，スキルレベルは表7-4のとおりである．IoT検定レベル3においては，「プロフェッショナル・アーキテクト」を想定している．レベル3のスキルレベルは公表されていない．

表 7-3 IoT 検定レベル1 スキルレベル

スキル	
1	IoTに関する基本的知識を有しており、専門家の指導の下でIoTプロジェクトに関わる業務を遂行する事ができる。
2	IoTに関する提案を作成でき、顧客企業や社内にIoTプロジェクトの実施を推進する事ができる。
3	IoTシステムの企画を立案し、その目的や効果を顧客に説明する事ができる。
4	IoTプロジェクトを推進するにあたって、法律やセキュリティに関する知識を持ち、リスク管理を行う事ができる。
5	IoTによってプロジェクトの目的を実現するにあたって、調達もしくは開発しなければならないIoTデバイスに関して概要を説明する事ができ、搭載されるセンサについて説明する事
6	IoTによってプロジェクトの目的を実現するにあたって、低コストで迅速にプロジェクトを進めるためのサービスやソフトウェア、ハードウェアに関する知識を持っており、それを
7	IoTプロジェクトにおいて全体設計を行うための知識を持っており、目的や環境に合わせて適切な通信方法やデータベースなどを選択し、その理由を説明する事ができる。
8	データ分析や機械学習に関する基本的な知識を持ち合わせており、その目的や注意事項について説明する事ができる。

出所：IoT 検定 [11]より筆者作成

表 7-4 IoT 検定レベル2 スキルレベル

スキル	
1	IoTの専門家として、IoTに関する全体の基本設計および詳細設計を行うことができる。
2	ハードウェアにIoTの機能を導入し、製品として試作開発できる技術を有する。
3	IoTに関わるデバイス、ゲートウェイ、サーバなどの間で通信を行う際の通信方式やプロトコルについて、最適な設計を行うことができる。
4	IoTデバイスを設計および開発するための知識を有している。
5	IoTのデータ保存およびデバイスの監視などを行うためのIoTプラットフォームに関して、適切なサービスを選択しクラウド上に構築するための知識を有している。
6	IoTの目的を達成するために必要な、データ分析、機械学習、人工知能に関する知識を有しており、目的達成までのプロセスを設計する事ができる。
7	暗号化、認証、攻撃対策といったIoTシステム全般にわたってセキュリティ対策を施すための知識を有している。

IoT 検定 [11]より筆者作成

また内容は以下を「IoT 検定（仮称）スキルマップ」の範囲として挙げている [12]：①戦略とマネジメント、②産業システム、③法律、④ネットワーク、⑤デバイス、⑥プラットフォーム、⑦データ分析、⑧セキュリティ

7.3.4 IoT システム技術者検定試験におけるスキルレベルの定義

モバイルコンピューティング推進コンソーシアム[注 5]では IoT システム技術検定を実施している。「IoT システム技術検定は、IoT システムを構築・活用するため基本的かつ実践的な技術知識の習得を目指す方を対象とし、IoT システム構築・活用に関する技術知識を認定し、そのスキルを基礎、中級、上級の3段階で構成されます。」 [13]

表 7-5 は、IoT システム技術検定が公開している「必要とするレベル」および「実務の適応」である。

表 7-5 IoT システム技術検定 必要とするレベル, 実務の適応

資格の種類	必要とするレベル	適用可能な実務レベル
上級 (IoTプロフェッショナル)	IoTのシステム構築・活用に関する, より実践的な専門技術	IoTシステムについて顧客の要求を理解し, 課題の整理のうえ, システムの企画, 計画し戦略的提案をおこないます. また, IoTシステム構築のリーダーとして活動できます.
中級 (IoTエキスパート)	IoTシステムを構成する基本技術習得 ①IoTシステム構成と構築技術 ②センサ/アクチュエータ技術と通信方式 ③IoTデータ活用技術 ④IoT情報セキュリティ対策技術 ⑤IoTシステムのプロトタイピング技術	IoTシステム全体を俯瞰することができ顧客の要求または提案の要点を的確に把握でき, システム構成の概要が描けます.
基礎 (IoTアドバイザー)	IoTに関する基礎知識の理解	IoT, BD (ビッグデータ), AI(人工知能)

出所: システム技術者検定 [13]より筆者作成

7.3.5 先行研究のレビューと本研究における新規性

先行研究の問題点などをまとめたものを整理すると, 以下のようになる (表 7-6) .

それぞれの人材育成に関するスキル標準などを「対象専門分野の網羅性」 (付加価値創造 IoT プロセスで必要とされる分野を網羅できているか), 「人材の網羅性」 (付加価値創造 IoT プロセスで必要とされる人材を網羅できているか), 「指標の明確性」 (どのようなスキルを身につければよいか具体的なわかるか), 「付加価値創造への結びつき」 (付加価値創造との結びつきがある, または説明がされているか) という評価観点で評価を行った.

総務省を主導とした IoT 人材育成分科会での「IoT スキルセット」の提唱は, 6つの項目に分かれており, 対象専門分野の網羅性はあるといえる. しかしながら“電波利用”を意識した人材育成であり, すなわち人材像は技術者を中心にしたものであり, 人材の網羅性があるとはいえない. また, 具体的な指標もない.

IoT 推進コンソーシアム人材育成分科会で案に挙げた「IoT/BD/AI 時代に対応するための人材像」は経営層から企画・営業, IoT の開発から運用と, 人材の網羅性はあるといえるが, 対象分野の網羅性がなく, 指標の明確性もない. 同じく IoT 推進コンソーシアム人材育成分科会で挙げた「IoT の普及に向けて必要なスキル」は, ビジネスモデル考案に関する言及があり, 付加価値創造への結びつきがあるといえるが, その他の評価観点を満たしていない.

「IoT 検定」では人材育成に該当する人材タイプとして「経営者」や「コーディネータ」を挙げている. さらに各人材に必要なスキルセットも公開しているが, 各人材タイプが, どのスキルセットを必要とし, どの程度のレベルで必要なのかはまだ定義されていない[注 6]ため, 指標の明確性があるとはいえない.

「IoT システム技術検定」は資格の種類として上級, 中級, 基礎とあり, 種類でさらに必要とされるレベル, 適用可能な実務レベルも公開されており, 出題範囲もあるため, 指標の明確性があるといえる. ただし, 技術者の育成に焦点を当てた人材育成であるため, 人材の網羅性, 対象専門分野の網羅性, 付加価値創造への結びつきがあるとはいえない. 以上をまとめたものが表 6 である.

本研究では「付加価値創造プロセスを実行できる IoT 人材」を考慮した「人材タイプと人材像」および「スキル標準」および「スキルレベル」を新たに定義することにより, 表 6 にあるすべての評価観点を満たすものにした. IoT に関わるすべての人材が (人材の網羅), IoT のどのような人材を目指し, どのような分野 (スキル) を (対象専門分野の網羅) どの程度身につけ (指標の明確性), 付加価値創造をおこなう (付

加価値創造への結びつき) かがわかるようになる。上記をすべて満たすことができる一連の指標を定義することが、本研究における新規性である。

表 7-6 先行研究の比較

各定義 評価観点	IoTスキル セット	IoT/BD/AI 時代に対応する ための人材像	IoTの普及 に向けて 必要なスキル	IoT検定	IoTシステム 技術検定
対象専門分野 の網羅性	○	網羅性なし	網羅性なし	○	技術者育成中心 のため、あると はいえない
人材の網羅性	“電波利用”を意 識した人材育成 であり、人材の 網羅性があると はいえない	○	網羅性なし	○	技術者育成中心 のため、あると はいえない
指標の明確性	具体的な指標な し	明確性なし	明確性なし	各人材タイプ が、どのスキル セットを必要と し、どの程度の レベルで必要な のか定義なし	○
付加価値創造 への 結びつき	あるとはいえな い	○	○	○	技術者育成中心 のため、あると はいえない

○…評価観点の要件を満たす

出所：筆者作成

7.4 IoT人材タイプ、人材像およびスキル標準定義

7.4.1 IoT人材タイプ、人材像定義

6種類のIoT人材タイプおよび人材像を表7-7に定義した。6種類としたのは、情報処理推進機構でも「我が国のIT人材の育成は、プログラマー→SE→プロジェクトリーダーといった単線的なパスが一般的であり、IT人材が中堅レベルの開発技術者に集中するという状況が生まれていた。多様化、深化している顧客ニーズに応じていくためには、それぞれのソリューションや新たな技術分野の専門家をプロフェッショナルとして育成していく必要がある。」[3]とあり、これを勘案し、いわゆるシステムエンジニア（SE）と呼ばれるコーディネータ、アーキテクト、デザイナー、エンジニアに加え、「エグゼクティブ」、IoTを活用する「アドミニストレータ」を加えた。さらに、技術者の育成が急務であることは総務省などでも言われているが、技術的側面の他にも、付加価値創造を考慮しなければ、日本の電気産業のように技術的には優位でありながらも、世界との競争に勝つことができず、経営不振に陥ることがIoTの分野においても危惧されるからである[14]。それゆえ、経営層から作業従事者までの人材が付加価値創造プロセスを実行できることが、IoT経営において重要であると考えたため、6種類のIoT人材タイプとなった。

スキルレベルは表7-8のように定義した。スキルレベル5段階は、情報処理推進機構（IPA）の「ITスキル標準V3 2011改定」定義を参考にした[3]。定義は次のとおりである：レベル1…基礎知識として有している、レベル2…IoTスキルを実践するための基本的な知識として有している、レベル3…応用知識を有し、アドバイスのもと実践できる、レベル4…高度[注7]な知識を有し、単独で実践できる、レベル5…実践経験が有り、後進者への指示指導や育成ができる。

表7-7 IoT人材タイプおよび人材像

人材タイプ	人材像
エグゼクティブ	経営戦略を実現する手段としてIoTを取り入れる組織の経営者および管理者で、付加価値創造プロセスをリードする（IoT経営の実現を決定する人）
コーディネータ	IoT化を推進するプロジェクトの企画・管理・評価・改善する者で、プロジェクトをリードする
アーキテクト	IoT化を推進するプロジェクトの企画立案された内容に基づき要件定義するもので、評価・改善のフィードバックも行う
デザイナー	要件定義された内容に基づきIoTシステムを設計する
エンジニア	設計された内容に基づきIoTシステムを構築、保守・運用する
アドミニストレータ	IoTシステムを利活用し、評価・改善する

出所：筆者作成

表7-8 スキル標準にもとづくスキルレベル

スキルレベル	
1	基礎知識として有している
2	IoTスキルを実践するための基本的な知識として有している
3	応用知識を有し、アドバイスのもと実践できる
4	高度な知識を有し、単独で実践できる
5	実践経験があり、後進者への指示指導や育成ができる

出所：筆者作成

7.4.2 スキル標準定義

人材タイプ別スキル標準レベルを定義し、表 7-9 を作成した。「分野」は対象専門分野を網羅している IoT 検定 [12] の定義を参照した。それぞれの人材タイプ、人材像で、どのようなスキル標準が必要なのか、さらにスキル標準レベルはどの程度必要なかを定義したものである。スキル標準の定義については、IoT 検定で採用している出題分野を参考にしているが、各人材に必要なスキルレベルを定義した点は IoT 検定のそれとは大きく異なる。

表 7-9 IoT 人材タイプ、人材像、スキル標準

分野	項目	IoT 人材タイプ別スキル標準	人材タイプ	経営戦略を実現する手段としてIoTを取り入れる組織の経営者および管理者で、付加価値創造プロセスをリードする	コーディネータ	アーキテクト	デザイナー	エンジニア	アドミニストレータ	IoT 人材タイプ別スキル標準	
										人材像	スキル標準
			キーワード	IoT 人材タイプ別スキル標準							
戦略とマネジメント	企画・戦略	IoTシステムの導入を企画・推進するにあたって必要となる戦略及びマーケティング	5つの競争要因、バリューチェーン、プロダクトイノベーション、プロセスイノベーション、イノベーションのジレンマ、スマート製品のケイパビリティ	4	3	3	2	1	1		
	プロジェクトマネジメント	IoTプロジェクトを円滑に進めるために必要なマネジメント、品質管理、IoT関連の補助金など	補助金施策、ものづくり補助金、PMBOK、アジャイル、リレーン開発、IEC61508	4	3	3	2	1	1		
	人材育成と企業間連携	IoTプロジェクトを推進するための人材育成や企業間連携	ITSS、ETSS、UISS、垂直統合、水平分業、クラウドソーシング	4	3	3	2	1	1		
産業システム	IoT関連の産業システム	エネルギー、農業、交通などの産業で利用されるIoT関連のシステム	HEMS、MDMS、スマートホーム、スマートメーター、スマート農場、植物工場、スマートグリッド	2	4	3	3	2	1		
	世界各国におけるIoTプロジェクト	世界各国で取り組まれているIoTや製造業に関するプロジェクト	インダストリー4.0、インダストリアルリアルインターネット、Industrial du Futur/産業の未来、中国製造2025	2	4	3	3	2	1		
	標準化	世界各国の標準化団体などが定めているIoTに関連する規定及び技術や目的	AllJoyn、Allseen Alliance、OIC、Thread、HomeKit	2	4	3	3	2	1		
法務	通信関連の法律	日本国内において無線通信を行うデバイスを利用するもしくは開発するために必要な認可 世界各国において、無線通信を行うために必要な認可	技術基準適合証明、技術基準適合認定、技術マーク、FCC ID、CEマーク、MRA=Mutual Recognition Agreement	3	3	2	2	2	1		
	製造および航空法等	ドローン飛行、プライバシー保護などIoTを導入するにあたって気をつけるべき法律 IoTに関する製品を開発および販売した場合に取得すべき認可、他者のデバイスを製品に組み込んだ場合の製造者責任などに関する製造関連の法律	各国の航空法、電気通信事業法、各国の通信関連法律、製造業関連の法律	3	3	2	2	2	1		
	ライセンス、知的財産	オープンソースソフトウェアおよびオープンソースハードウェアを利用するにあたって守るべきライセンス オープンデータなど無料で活用できるコンテンツを利用する際に注意すべき事項	GPL、MITライセンス、Apacheライセンス、オープンデータ	3	3	2	2	2	1		
ネットワーク	データ送信プロトコル	データ送信を行う場合に利用するプロトコルの概要と特性	HTTP、HTTPS、MQTT、WebSocket、AMQP、CoAP	1	2	2	4	3	1		
	WAN(インターネット接続)	IoTデバイスをインターネットに接続させる場合の通信方式	Wifi、PHS、LTE、4G、3G、衛星通信、VPN	1	2	2	4	3	1		
	PAN(Personal Area Network)	IoTデバイスから無線通信を使ってデータの送受信を行う場合に考えられる通信方式やプロトコル	Bluetooth、BLE、Wi-i、Zigbee、NFC、Wi-SUN、6LoWPAN、WSN、IEEE802.15.4	1	2	2	4	3	1		
デバイス	制御装置	デバイス開発で利用できる小型制御装置 マイコン及びシングルボードコンピュータ	Arduino、Raspberry Pi	1	2	2	3	4	2		
	電子工学	センサから情報を取得するためのセンサ回路を開発するにあたって必要な電子部品	抵抗、コンデンサ、トランジスタ、ダイオード、LED、モータ、アクチュエータ、ソレノイド	1	2	2	3	4	2		
	センサ技術	IoTで目的とするデータを得るために活用できるセンサ	温度センサ、湿度センサ、圧力センサ、ジャイロセンサ、画像センサ、光センサ、加速度センサ、地磁気センサ、GPS	1	2	2	3	4	2		
	スマートフォン	IoTにおけるスマートフォン	iBeacon、GPS、UUID、HomeKit	1	2	2	3	4	2		
プラットフォーム	クラウド	IoTプラットフォームにおけるクラウド	仮想環境、KVM、ロードバランサ、Apache、OpenStack、CloudStack、SaaS、PaaS、IaaS	1	2	2	4	3	1		
	分散処理	データの分析処理を複数のコンピュータで同時に行うための分散処理システム	分散バッチ処理、Apache Hadoop、Apache Spark、ストリーム処理、Apache Storm	1	2	2	4	3	1		
	データ処理	プログラムを使ってデータ処理を行うための開発	REST、JSON、Python、JavaScript、node.js、XML、RPC、メモリデータベース	1	2	2	4	3	1		
データ分析	データベース	IoTで利用するリレーショナルデータベースおよびNoSQLデータベース	RDBMS、NoSQLデータベース、メモリデータベース、キーバリュ型データベース、ドキュメント指向型データベース、カラム指向型データベース、グラフデータベース、分散データベース	1	2	3	4	3	2		
	機械学習および人工知能	機械学習及びIoTでデータを分析する際に用いられるアルゴリズム	教師あり学習、教師なし学習、強化学習、決定木、ニューラルネットワーク、サポートベクトルマシン、遺伝アルゴリズム、クラスタリング、ベイジアンネットワーク	1	2	3	4	3	2		
セキュリティ	暗号化	データ送信に関して暗号化を行うための仕組み及び注意点	公開鍵暗号化方式、共通鍵暗号化方式、SSL、SSH、暗号方式(RSA、ECC、AES)	2	2	3	4	3	2		
	攻撃対策	外部からのシステムやIoTデバイスへの攻撃の種類及び対策	DoS、DDoS、SQLインジェクション、サイドチャネル攻撃、トロイの木馬	2	2	3	4	3	2		
	認証技術	IoTデバイスなどに対する不正アクセスやなりすましを防ぐために行うべき認証技術	パスワード認証、2要素認証、リスクベース認証、トークン、ホワットリスト型認証	2	2	3	4	3	2		
	監視・運用	IoTプラットフォームやデバイスの安全管理運用	SSH、SNMP、改ざん検知、侵入検知、パケットフィルタリング、セキュアOS、NTP、Syslog、統合ログ管理	2	2	3	4	3	2		

出所：筆者作成

7.4.2.1 戦略とマネジメント

表 7-10 は「戦略とマネジメント」の IoT 人材タイプ別スキル標準である。プロジェクトを進めていく中で、上流工程の人材タイプにあたるエグゼクティブ、コーディネータ、アーキテクトは概要や方向性を考える分野になるため、スキル標準レベルを高くした。特にエグゼクティブは、概要や方向性を考える主導権を握っているため一番スキル標準レベルが高い。

表 7-10 「戦略とマネジメント」 IoT 人材タイプ、人材像、スキル標準レベル

IoT人材タイプ別スキル標準			人材タイプ	エグゼクティブ	コーディネータ	アーキテクト	デザイナー	エンジニア	アサナ
分野	項目	スキル標準	キーワード	人材タイプ別スキルレベル					
戦略とマネジメント	企画・戦略	IoTシステムの導入を企画・推進するにあたって必要となる戦略及びマーケティング	5つの競争要因、バリューチェーン、プロダクトイノベーション、プロセスイノベーション、イノベーションのジレンマ、スマート製品のケイパビリティ	4	3	3	2	1	1
	プロジェクトマネジメント	IoTプロジェクトを円滑に進めるために必要なマネジメント、品質管理、IoT関連の補助金など	補助金施策、ものづくり補助金、PMBOK、アジャイルリレーン開発、IEC61508	4	3	3	2	1	1
	人材育成と企業間連携	IoTプロジェクトを推進するための人材育成や企業間連携	ITSS、ETSS、UISS、垂直統合、水平分業、クラウドソーシング	4	3	3	2	1	1

出所：筆者作成

7.4.2.2 産業システム

表 7-11 は「産業システム」の IoT 人材タイプ別スキル標準である。実際に IoT 化の導入を企画する段階において、世界各国の情勢や有効な技術を考える分野になるため、企画や評価をする者はスキル標準レベルが高い。特にコーディネータは企画や評価の主導権を握っているため一番スキル標準レベルが高い。エグゼクティブは概要や方向性は考えるが、企画や評価はコーディネータやアーキテクトが担当するためスキル標準レベルが低い。

表 7-11 「産業システム」 IoT 人材タイプ、人材像、スキル標準レベル

IoT人材タイプ別スキル標準			人材タイプ	エグゼクティブ	コーディネータ	アーキテクト	デザイナー	エンジニア	アサナ
分野	項目	スキル標準	キーワード	人材タイプ別スキルレベル					
産業システム	IoT関連の産業システム	エネルギー、農業、交通などの産業で利用されるIoT関連のシステム	HEMS、MDMS、スマートホーム、スマートメーター、スマート農場、植物工場、スマートグリッド	2	4	3	3	2	1
	世界各国におけるIoTプロジェクト	世界各国で取り組まれているIoTや製造業に関するプロジェクト	インダストリー4.0、インダストリアルリアルインターネット、Industrial du Futur、産業の未来、中国製造2025	2	4	3	3	2	1
	標準化	世界各国の標準化団体などが定めているIoTに関連する規定及び技術や目的	AllJoyn、Allseen Alliance、OIG、Thread、HomeKit	2	4	3	3	2	1

出所：筆者作成

7.4.2.3 法務

表 7-12 は「法務」の IoT 人材タイプ別スキル標準である。エグゼクティブやコーディネータには概要を知ってもらうが、詳しい対策や配慮については専門家に相談・依頼するため、指導や後進の育成が必要なスキル標準レベル 4 やスキル標準レベル 5 ではなく、高くして応用知識が必要なスキル標準レベル 3 にとどまっている。

表 7-12 「法務」IoT 人材タイプ, 人材像, スキル標準レベル

IoT人材タイプ別スキル標準			人材タイプ		エグゼクティブ	コーディネータ	アーキテクト	デザイナー	エンジニア	PM/マネージャ
分野	項目	スキル標準	キーワード		人材タイプ別スキルレベル					
法務	通信関連の法律	日本国内において無線通信を行うデバイスを利用するもしくは開発するために必要な認可 世界各国において、無線通信を行うために必要な認可	技術基準適合証明 技術基準適合認定 技適 マーク FCC ID CEマーク MRA-Mutual Recognition Agreement		3	3	2	2	2	1
	製造および航空法等	ドローン飛行、プライバシー保護などIoTを導入するにあたって気をつけるべき法律 IoTに関する製品を開発および販売した場合に 取得すべき認可、他者のデバイス(製品)に組み込んだ場合の製造者責任などに関する製造 関連の法律	各国の航空法、電気通信事業法、各国 の通信関連法律 製造業関連の法律		3	3	2	2	2	1
	ライセンス、知的財産	オープンソースソフトウェアおよびオープンソース ハードウェアを利用するにあたって守るべき ライセンス オープンデータなど無料で活用できるコンテ ントを利用する際に注意すべき事項	GPL/MITライセンス Apacheライセン ス オープンデータ		3	3	2	2	2	1

出所：筆者作成

7.4.2.4 ネットワーク

表 7-13 は「ネットワーク」の IoT 人材タイプ別スキル標準である。具体的な通信方法を検討する分野なので、システムの設計者であるデザイナーと構築者であるエンジニアのレベルが高い。技術的な能力であるため、エグゼクティブやアドミニストレータはスキル標準レベル 1 とした。

表 7-13 「ネットワーク」IoT 人材タイプ, 人材像, スキル標準レベル

IoT人材タイプ別スキル標準			人材タイプ		エグゼクティブ	コーディネータ	アーキテクト	デザイナー	エンジニア	PM/マネージャ
分野	項目	スキル標準	キーワード		人材タイプ別スキルレベル					
ネット ワーク	データ送信プロ トコル	データ送信を行う場合に利用するプロトコルの 概要と特性	HTTP,HTTPS,MQTT,WebSocket,AMQP,CoAP		1	2	2	4	3	1
	WAN(インター ネット接続)	IoTデバイスをインターネットに接続させる場合 の通信方式	Wi-Fi,LTE,4G,3G,衛星通信,VPN		1	2	2	4	3	1
	PAN(Personal Area Network)	IoTデバイスから無線通信を使ってデータの送 受信を行う場合に考えられる通信方式やプロ トコル	Bluetooth,BLE,Wi-Fi,Zigbee,NFC,Wi- SUN, 6LoWPAN,WSN,IEEE802.15.4		1	2	2	4	3	1

出所：筆者作成

7.4.2.5 デバイス

表 7-14 は「デバイス」の IoT 人材タイプ別スキル標準である。具体的なハードウェアを検討・構築する分野なので、システム構築者であるエンジニアはレベル 4 とし、設計者であるデザイナーもレベル 3 とした。デバイスは技術的であるが、IoT 機器を扱うため、利活用者であるアドミニストレータも基本的知識を有しておくべきと考えレベル 2 とした。

表 7-14 「デバイス」IoT 人材タイプ, 人材像, スキル標準レベル

IoT人材タイプ別スキル標準			人材タイプ		エグゼクティブ	コーディネータ	アーキテクト	デザイナー	エンジニア	PM/マネージャ
分野	項目	スキル標準	キーワード		人材タイプ別スキルレベル					
デバイス	制御装置	デバイス開発で利用できる小型制御装置 マイコン及びシングルボードコンピュータ	Arduino,Raspberry Pi		1	2	2	3	4	2
	電子工学	センサから情報を取得するためのセンサ回路 を開発するにあたって必要な電子部品	抵抗、コンデンサ、トランジスタ、ダイオード、 LED、モータ、アクチュエータ、ソレノイド		1	2	2	3	4	2
	センサ技術	IoTで目的とするデータを得るために活用できる センサ	温度センサ、湿度センサ、圧力センサ、ジャイロ センサ、画像センサ、光センサ、加速度センサ、 地磁気センサ、GPS		1	2	2	3	4	2
	スマートフォン	IoTにおけるスマートフォン	iBeacon,GPS,UUID,HomeKit		1	2	2	3	4	2

出所：筆者作成

7.4.2.6 プラットフォーム

表 7-15 は「プラットフォーム」の IoT 人材タイプ別スキル標準である。具体的なデータの収集や処理を行う環境を検討する分野であるため、システムの設計者であるデザイナーと構築者であるエンジニアのスキル

標準レベルを高くした。また、ネットワークと同様に技術的な能力であるため、エグゼクティブやアドミニストレータは最も低いスキル標準レベル1とした。

表 7-15 「プラットフォーム」 IoT 人材タイプ、人材像、スキル標準レベル

IoT人材タイプ別スキル標準			人材タイプ	エグゼクティブ	コーディネータ	アーキテクト	デザイナー	エンジニア	アドミニストレータ
分野	項目	スキル標準	キーワード	人材タイプ別スキルレベル					
プラットフォーム	クラウド	IoTプラットフォームにおけるクラウド	仮想環境、KVM、ロードバランサ、Apache、OpenStack、CloudStack、SaaS、PaaS、IaaS	1	2	2	4	3	1
	分散処理	データの分析処理を複数のコンピュータで同時に行うための分散処理システム	分散バッチ処理、Apache Hadoop、Apache Spark、ストリーム処理、Apache Storm	1	2	2	4	3	1
	データ処理	プログラムを使ってデータ処理を行うための開発	REST、JSON、Python、JavaScript、node.js、XML、RPC、メモリデータベース	1	2	2	4	3	1

出所：筆者作成

7.4.2.7 データ分析

表 7-16 は「データ分析」の IoT 人材タイプ別スキル標準である。データ分析する手法を検討する分野であり、システムの設計者であるデザイナーと構築者であるエンジニアのスキル標準レベルは高い。IoT の根幹部分でもあるため企画者であるアーキテクトのレベルも同様に高い。

表 7-16 「データ分析」 IoT 人材タイプ、人材像、スキル標準レベル

IoT人材タイプ別スキル標準			人材タイプ	エグゼクティブ	コーディネータ	アーキテクト	デザイナー	エンジニア	アドミニストレータ
分野	項目	スキル標準	キーワード	人材タイプ別スキルレベル					
データ分析	データベース	IoTで利用するリレーショナルデータベースおよびNoSQLデータベース	RDBMS、NoSQLデータベース、メモリデータベース、キー/バリュ型データベース、ドキュメント指向型データベース、カラム指向型データベース、グラフデータベース、分散データベース	1	2	3	4	3	2
	機械学習および人工知能	機械学習及びIoTでデータを分析する際に用いられるアルゴリズム	教師あり学習、教師なし学習、強化学習、決定木、ニューラルネットワーク、サポートベクトルマシン、遺伝アルゴリズム、クラスティング、ベイジアンネットワーク	1	2	3	4	3	2

出所：筆者作成

7.4.2.8 セキュリティ

表 7-17 は「セキュリティ」IoT 人材タイプ別スキル標準である。データを扱う以上必ず配慮する必要のある分野であるため、全ての IoT 人材でレベル2以上である。中でもシステム設計するデザイナー、企画者のアーキテクト、構築者であるエンジニアのレベルを高くした。

表 7-17 「セキュリティ」 IoT 人材タイプ、人材像、スキル標準レベル

IoT人材タイプ別スキル標準			人材タイプ	エグゼクティブ	コーディネータ	アーキテクト	デザイナー	エンジニア	アドミニストレータ
分野	項目	スキル標準	キーワード	人材タイプ別スキルレベル					
セキュリティ	暗号化	データ送信に関して暗号化を行うための仕組み及び注意点	公開鍵暗号化方式、共通鍵暗号化方式、SSL、SSH、暗号方式(RSA、ECC、AES)	2	2	3	4	3	2
	攻撃対策	外部からのシステムやIoTデバイスへの攻撃の種類及び対策	DoS、DDoS、SQLインジェクション、サイドチャネル攻撃、トロイの木馬	2	2	3	4	3	2
	認証技術	IoTデバイスなどに対する不正アクセスやなりすましを防ぐために行うべき認証技術	パスワード認証、2要素認証、リスクベース認証、トークン、ホワイトリスト型認証	2	2	3	4	3	2
	監視・運用	IoTプラットフォームやデバイスの安全な管理運用	SSH、SNMP、改ざん検知、侵入検知、パケットフィルタリング、セキュアOS、NTP、Syslog統合ログ管理	2	2	3	4	3	2

出所：筆者作成

IoT人材タイプを2章で定義したIoT価値創造プロセスにあてはめると図7-3のようになる。特に、改善プロセスではアドミニストレータの他に、エグゼクティブ、コーディネータも主に評価・改善に加わり、現場と経営層が一体となって考え、戦略フィードバックないしは戦術フィードバックを行うことが重要であると考える。

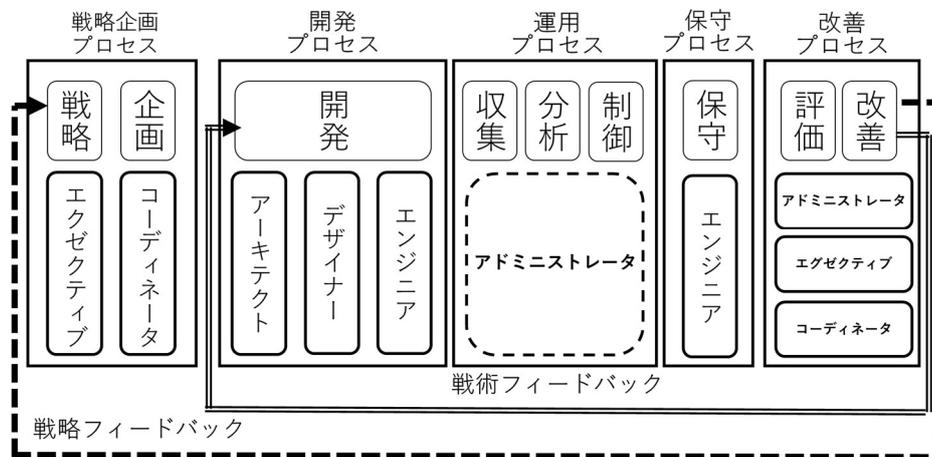


図7-3 IoTプロセスとIoT人材タイプの関係図

出所：筆者作成

7.5 考察・結言

本研究では先行研究の比較検討により、IoT人材育成における課題抽出を行い、付加価値創造プロセスを実行できるIoT人材の6種の人材タイプ、人材像、および人材タイプ別スキル標準の定義を行った[注8]。

スキルレベルを5段階に設定し、スキル分野ごとに「スキルレベル」を設定することで、人材タイプ別に必要な知識や実践力、育成力を可視化することができる。

表9のIoT人材タイプ、人材像、表8スキル標準を元に企業内の人材を人材タイプ別に比較検証することで、企業・組織内でどのような人材タイプが不足しているのか、充足しているのかや、具体的な人材育成の方向性について検討しやすくなると考える。

付加価値創造プロセスを実行するためには、個人のスキル標準およびスキルレベルの到達が、複数の人材タイプにまたがって満たされているようなIoT人材も当然存在すると考えるため、そのような人材を否定しているものではない。

本研究では付加価値創造プロセスを実行できるIoT人材を6種に分類し、スキル標準およびスキルレベルの定義を行ったが、妥当性・有効性の検証を行っていくことが今後の課題である。

[注]

1. ここでのIoTデバイスとは、固有のIPアドレスを持ち、インターネットに接続が可能な機器を指す。センサーネットワークの末端として使われる端末から、コンピューティング機能を持つものまで、エレクトロニクス機器を広範囲にカバーするものである。
2. ハック” (hack) とマラソン (marathon) を組み合わせた造語であり、ITエンジニアが数時間～数日間かけてサービス・製品を開発する活動である。
3. 経済産業省、総務省、情報通信研究機構 (NICT) らが協力し、IoT推進コンソーシアムのワーキンググループである「技術開発WG (スマートIoT推進フォーラム)」で、2016年9月27日に発足した。フォー

ラム会合スマート IoT 推進委員会の部会である「技術戦略検討部会」の分科会の1つとして「IoT人材育成分科会」がある。その他には「技術・標準化分科会」などがある。

4. 複数の業界団体・企業・有識者からなる IoT 検定制度委員会が、IoT/M2M等の技術やマーケットについての知識やスキルの可視化するために検定化した。委員会は2016年3月に承認・設立された。
5. モバイルコンピューティングシステムの本格的かつ健全な市場の形成・拡大のために、通信キャリア（ネットワーク）、コンピュータハードメーカ・ソフトメーカ、システムインテグレータ、報道関係者等が連携し、より高度、効果的かつ経済的なモバイルコンピューティングシステム実現、発展のための技術上の課題、運用上の課題調査、課題への対応、共同研究、開発の推進、標準（デファクトスタンダード）化および普及啓発活動等を行い、もって情報化社会の発展拡大に貢献することを目的としている。日立製作所、ソフトバンク、NTTドコモ、KDDI財団等が参画する。
6. 実際には「レベル」なるものが設定されているが、筆者らがIoT検定に問い合わせたところ、「レベルは出題頻度を表している」との回答であり、どの人材タイプがどの程度のスキルレベルを習熟しているかを表しているものではない。
7. 高度などは、情報処理推進機構（IPA）の「ITスキル標準V3 2011改定」に言及のある「大規模なプロジェクトのマネジメント、複雑なシステム的设计、極めて厳しい安全性が要求されるセキュリティなど、スキルの熟達を必要とする業務は数多くある、こうした業務」のことである。
8. 本研究で定義したIoT付加価値創造プロセス、IoT人材タイプ、人材像、スキル標準、スキルレベルについては、ITストラテジスト（情報処理技術者試験で最高レベルとなるレベル4に相当する、高度情報処理技術者）を保有する「日本ITストラテジスト協会（JISTA）」のJISTA中部の会員に対し、妥当性を問うアンケートを実施し、その結果を反映し妥当性を検証したものである。

謝辞

本研究はJSPS 科研費 17K03974 の助成を受けたものです。

日本ITストラテジスト協会（JISTA）中部部会の皆様には、研究で定義したIoT付加価値創造プロセス、IoT人材タイプ、人材像、スキル標準、スキルレベルの妥当性を検証していただきました。御礼申し上げます。

参考文献（第7章）

- [1] 総務省、「平成27年版情報通信白書」,2015.
- [2] 総務省、「平成28年版情報通信白書」,2016.
- [3] 独立行政法人情報処理推進機構 IT人材育成本部 ITスキル標準センター、「ITスキル標準V3 2011(2012年3月26日)」, <https://www.ipa.go.jp/files/000024840.pdf>. (2018/06/04閲覧) .
- [4] 総務省、「新たな情報通信技術戦略の在り方」,情報戦略委員会,2016.
- [5] 延岡健太郎,『MOT入門』,日本経済新聞社,2016.
- [6] 福澤和久,石井成美,「経営戦略にもとづくPLMとIoTの有機的結合に関する考察」,生産管理,Vol.24, No.1,2017年4月号, pp.39-44.
- [7] 総務省,「総務省電波利用ホームページ|IoT機器等の適正利用のためのICT人材育成」, <http://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/fees/purpose/ict/index.htm>. (2018年1月6日閲覧)
- [8] スマートIoT推進フォーラム,「電波の有効利用を図りながら、IoTを適切に導入・利活用するための要点 ver.1.0 (案)」,IoT人材育成分科会第3回会合 開催報告資料,2017.3.

- [9] 情報通信審議会, 「IoT／ビッグデータ時代に向けた新たな情報通信政策の在り方」, 情報通信審議会総会 (第37回) 議題 (平成28年7月7日) , 2016.
- [10] NTT コミュニケーションズ, 「IoT/CPS 時代に必要な人材の育成に向けて～産業構造の転換に向けハード志向からソフト志向へ～」, NTT コミュニケーションズ発表資料, 2016.
- [11] IoT 検定制度委員会, 「IoT 検定」 <http://www.IoTcert.org/>. (2018年1月6日閲覧)
- [12] 伊本貴士, 末石吾朗, 江崎寛康, 森崇人, 中山祐輝, 林憲明, 『IoTの全てを網羅した決定版IoTの教科書』, 日経BP社, 2017.
- [13] IoT システム技術検定, <http://www.mcpc-jp.org/IoTkentei/index.html>. (2018年1月6日閲覧)
- [14] 延岡健太郎, 伊藤宗彦, 森田弘一, 「コモディティ化による価値獲得の失敗: デジタル家電の事例」, RIETI Discussion Paper Series 06-J-017, 2006.
- [15] 情報通信審議会, 「情報通信技術分科会 技術戦略委員会 第2次中間報告書 (案)」, 情報通信審議会, 2016.
- [16] 総務省, 「IoT時代におけるICT産業の構造分析とICTによる経済成長への多面的貢献の検証に関する調査研究」, 総務省, 2016.
- [17] 総務省, 「IoT機器等の適正利用のためのICT人材育成」, <http://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/fees/purpose/ict/index.htm>. (2018年1月6日閲覧)
- [18] 総務省, 「未来投資会議 構造改革徹底推進会合」, 第四次産業革命人材育成推進会議(第2回) , 2017.

第8章 IoT 人材タイプ別スキル標準定義の有効性検証

8.1 背景・目的

IT 経営（注1）から IoT (Internet of Things) 経営（注2）の時代へシフトするといわれている。経営・業務・IoT の融合による企業価値の最大化は、他社・他国との競争のために必要不可欠であり、そのためにも IoT 人材の育成が急務である。日本政府は2016年6月閣議決定の「日本再興戦略改定2016」（首相官邸[2016]）の中で「IoT・ビッグデータ・AI・ロボットを軸とする第4次産業革命」の実現により、30兆円の付加価値を創出すると明言しており、我が国において、IoTを活用した第4次産業革命の実現は国を挙げて達成すべき課題である。

一方これまでに、第3次産業革命と言われる「ICT革命」に我が国は乗り遅れ、ICTによる継続的な経済成長を実現できなかった。その主な要因として「ICT投資をコスト削減の手段と位置づける企業が多く、新たなサービス創出やビジネスモデル変革の手段として活用されなかったこと」が挙げられる（情報通信審議会[2017]）。IoT経営では過去の反省をふまえ、新たなサービス創出やビジネスモデル変革を実現するには、経営戦略レベルからIoT利活用、そして付加価値創造を全社的に考え、実行することが望ましい。そうすることで他社による模倣が困難な、強い組織をつくりあげる事ができる（延岡[2006]）。そこで人材育成が重要となる。

IoT人材育成は現在、官民それぞれで様々な人材スキルセットの提言や定義や人材育成が行われている。しかしながら、IoTの技術者の人材育成に焦点が当てられがちであり、本来果たされるべき経営戦略や、IoT技術の利用者に関するIoT人材の育成については議論が少ない。

先行研究で、経営戦略にもとづいた「付加価値創造プロセスを実行できるIoT人材タイプ別スキル標準を定義」した。本研究の目的は、先行研究で定義したIoT人材タイプ別スキル標準の是非を、アンケート調査によって多角的に検証することでより適切なIoT人材を導き出すことである。

8.2 先行研究

8.2.1 本研究におけるIoTの定義

IoTは様々な定義があるが、本研究におけるIoTは「コンピュータ等の情報・通信機器だけでなく、世の中に存在する様々なものに通信機能をもたせ、インターネットに接続したり相互に通信したりすることにより、自動認識や自動制御、遠隔計測などを行い、新たな付加価値を生み出すこと」と定義する（福澤和久、石井成美[2017]）。

8.2.2 官庁のIoT人材育成

日本国内ではIoT人材育成は総務省が主導で検討されている。IoT時代に求められるICT人材育成に寄与することを目的として、「IoT機器等の電波利用システムの適正利用のためのICT人材育成」を検討している段階である。

経済産業省、情報通信研究機構（NICT）らが協力するIoT人材育成分科会（注3）では、IoT/ビッグデータ（BD）/AI時代に対応するための人材像として以下の4つを挙げている（情報通信審議会[2016]）：

- ①プロデューサ
- ②サービス開発人材
- ③エンジニア
- ④イノベータ

8.2.3 民間の IoT 人材育成

IoT 検定制度委員会が実施する IoT 検定（注4）は、検定対象者として以下4つのタイプを示している（IoT 検定制度委員会）。

- ① IoT を取り入れる組織の経営者および管理者
- ② IoT 化を推進するプロジェクトの企画担当者
- ③ IoT を活用しデータ分析を行う利用者
- ④ IoT システムの構築・保守に携わるエンジニア

また、3段階の検定のレベルを以下のように定義し、レベル1においてはスキル標準を定義している。

IoT レベル1：プロフェッショナル・コーディネータ

IoT レベル2：プロフェッショナル・エンジニア

IoT レベル3：プロフェッショナル・アーキテクト

レベルごとにスキルを定義しており、スキルごとに10段階の「レベル」が記載されている。筆者らがIoT 検定制度委員会に問い合わせたところ、この10段階の「レベル」は出題頻度を表しており、人材タイプ別・スキル別の習熟レベルを表しているものではないとのことであった。

8.2.4 小括

IoT 人材育成に関しては我が国では官民で様々な IoT の人材定義や、検定等による人材育成がなされている。官庁では総務省が主導である人材育成論の問題提起として

(1) コンセプトは議論に上っているが、いまだに公式な定義がない

(2) とりあえずの人材像があるが、具体的にどのようなスキルを学ばよいか、明示されていない。

という点が挙げられる。また、民間においては(1)技術者中心の人材育成（検定）であるが、本来はIoT を、目的を達成させる手段の1つという認識のもと、経営者層、IoT の現場の利用者層といった領域の人材がIoT のり活用による付加価値創造を意識し、実践することが重要ではないか

という点が挙げられる。そこで我々の過去の研究ではこれらの問題提起を解決させるための提案を行った。

8.3 付加価値創造を実行できる IoT 人材タイプ・人材像、スキル標準の提案

8.3.1 付加価値創造 IoT プロセス定義

IoT における付加価値創造プロセスを図8-1のように定義した。

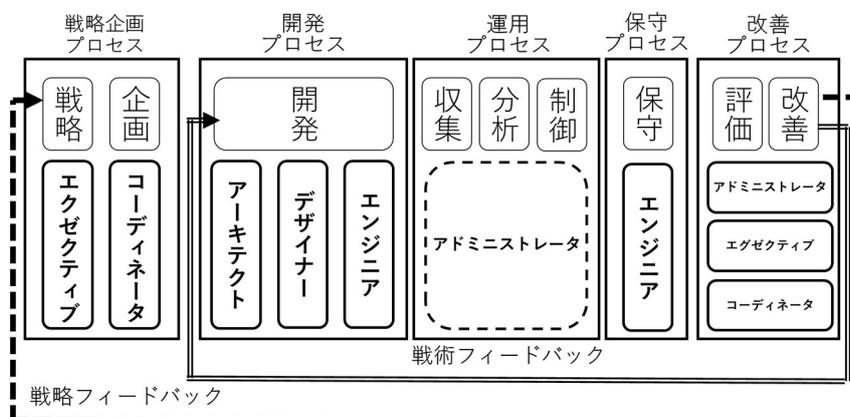


図8-1 IoT における付加価値創造プロセス

8.3.2 付加価値創造を実行できる IoT 人材タイプ・人材像、スキル標準の提案

先行研究における人材像は技術者を中心にしたものである。技術者の育成は急務だが、付加価値創造を考慮しなければ、技術的には優位でありながら、経営不振に陥るといったことがある（延岡健太郎ら[2006]）。そこで「付加価値創造プロセスを実行できる IoT 人材」を考慮した IoT 人材タイプ及び人物像を表 1 に、IoT 人材タイプ、人材像、およびスキル標準（抜粋）を表 8-1 IoT 人材タイプ、人材像、スキル標準(抜粋)表 8-1 のように定義した（福澤ら[2017]）。

エグゼクティブ：IoT を取り入れる組織で価値創造をリードする経営者

コーディネータ：IoT 化を推進するプロジェクトの企画・管理・評価・改善をする者

アーキテクト：IoT 化を推進するプロジェクトの企画立案された内容を要件定義する者

デザイナー：要件定義をもとに設計する者（基本設計）

エンジニア：IoT 化を推進するプロジェクトの設計をもとにハード・ソフトを設計する者（詳細設計）、または構築、保守・運用する者

アドミニストレータ：IoT を活用してデータ分析・制御を行う利用者またはユーザー部門のシステム管理者

スキルレベルは以下のように定義した。スキルレベル 5 段階の定義は次のとおりである。

レベル 1：基礎知識として有している

レベル 2：IoT スキルを実践するための基本的な知識として有している

レベル 3：応用知識を有し、アドバイスのもと実践できる

レベル 4：高度な知識を有し、単独で実践できるレベル 5：実戦経験が有り、後進者への指示指導や育成ができる

IoT 人材タイプ、人材像、スキル標準の抜粋を表 4 に示す。それぞれの人材タイプ、人材像で、どのようなスキル標準が必要なのか、さらにスキル標準レベルはどの程度必要なのかを定義したものである。スキル標準の定義については、IoT 検定で採用している出題分野を参考にしているが、各人材に必要なスキルレベルを定義した点は IoT 検定のそれとは大きく異なる。

表 8-1 IoT 人材タイプ、人材像、スキル標準(抜粋)

IoT人材タイプ 人材像 スキル標準			人材タイプ	エグゼクティブ	コーディネータ
分野	項目	スキル標準	キーワード		
戦略とマネジメント	企画・戦略	IoTシステムの導入を企画・推進するにあたって必要となる戦略及びマーケティング	5つの競争要因、バリューチェーン、プロダクトイノベーション、プロセスイノベーション、イノベーションのジレンマ、スマート製品のケイパビリティ	3	4
	プロジェクトマネジメント	IoTプロジェクトを円滑に進めるために必要なマネジメント、品質管理、IoT関連の補助金など	補助金施策、ものづくり補助金、PMBOK、アジャイル、リーン開発、IEC61508	3	4
	人材育成と企業間連携	IoTプロジェクトを推進するための人材育成や企業間連携	ITSS,ETSS,UISS,垂直統合,水平分業,クラウドソーシング	3	4
産業システム	IoT関連の産業システム	エネルギー、農業、交通などの産業で利用されるIoT関連のシステム	HEMS,MDMS, スマートホーム,スマートメーター,スマート農場,植物工場,スマートグリッド	3	4
	世界各国におけるIoTプロジェクト	世界各国で取り組まれているIoTや製造業に関するプロジェクト	インダストリー4.0,インダストリアルリアルインターネット,I ⁴ Industrial du Ftur/産業の未来,中国製造2025	3	4
	標準化	世界各国の標準化団体などが定めているIoTに関連する規定及び技術や目的	AllJoyn,Allseen Alliance,OIC,Thread,HomeKit	3	4
法務	通信関連の法律	日本国内において無線通信を行うデバイスを利用するもしくは開発するために必要な認可 世界各国において、無線通信を行うために必要な認可	技術基準適合証明,技術基準適合認定,技適マーク,FCC ID,CEマーク,MRA=Mutual Recognition Agreement	3	4
	製造および航空法等	ドローン飛行、プライバシー保護などIoTを導入するにあたって気をつけるべき法律 IoTに関する製品を開発および販売した場合に取得すべき認可、他者のデバイスを製品に組み込んだ場合の製造者責任などに関する製造関連の法律	各国の航空法、電気通信事業法、各国の通信関連法律,製造業関連の法律,	3	4
	ライセンス、知的財産	オープンソースソフトウェアおよびオープンソースハードウェアを利用するにあたって守るべきライセンス オープンデータなど無料で活用できるコンテンツを利用する際に注意すべき事項	GPL,MITライセンス,Apacheライセンス,オープンデータ	3	4
ネットワ	データ送信プロトコル	データ送信を行う場合に利用するプロトコルの概要と特性	HTTP,HTTPS,MQTT,WebSocket,AMQP,CoAP	1	2
	WAN(インターネット接続)	IoTデバイスをインターネットに接続させる場合の通信方式	Wifi,PHS,LTE,4G,3G,衛星通信,VPN	1	2

出所：筆者作成

8.4 IoT 人材タイプ別スキル標準定義の有効性検証

8.4.1 調査方法

IoT 人材タイプ別スキル標準定義の有効性検証方法として、高度情報処理技術者資格保有者が参画する「日本 IT ストラテジスト協会 (JISTA)」の会員に対するアンケート調査を行った。調査日時は 2017 年 9 月 9 日、日本 IT ストラテジスト協会 (JISTA) 全国大会に参加した会員に対し質問用紙を配布し実施した。有効回答者は 59 名であった。統計的検証としてカイ二乗検定を行った (注 5)。クロス集計は「役職」、「従業員数」および「人材タイプ及び人材像の定義の妥当性」、「人材タイプ別スキル標準レベルの妥当性」の組み合わせによる 4 種類に着目し、役職や従業員数でも妥当性がみられるかを検討した。

質問項目は、役職、従業員数と行った層別データを用意し、過去の研究で定義した「IoT 人材タイプ」および「人材像、スキル標準」の説明をした後に、妥当性があるかどうかという質問をアンケート調査で実施した。

8.4.2 アンケート回答者の概要

アンケート回答者の「役職」の構成を図8-2「回答者「役職」の構成」に示す。「経営層・役員クラス」が10.3%、「部長クラス」が13.8%、「課長クラス」が31.0%、「係長・主任クラス」が20.7%、「一般社員クラス」が13.8%、「その他専門職・特別職等」が10.3%という構成となった。

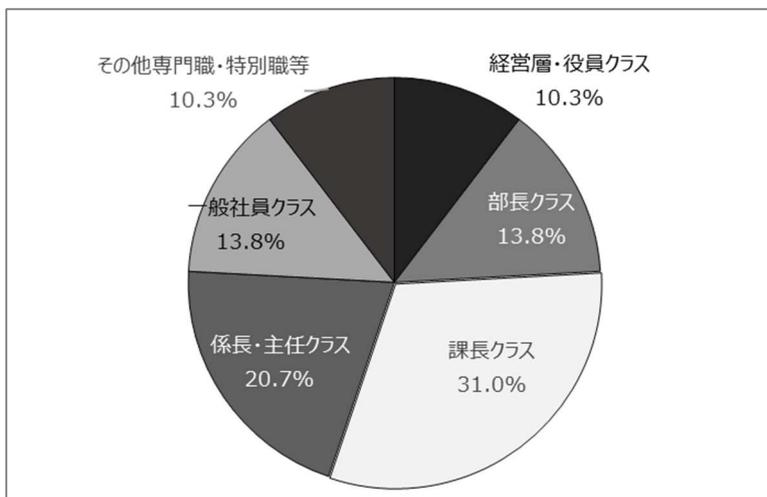


図8-2 回答者「役職」の構成

アンケート回答者の「従業員数」の構成を図8-3「回答者「従業員数」の構成」に示す。「100名未満」が20.7%、「100名以上300名未満」が13.8%、「300名以上1000名未満」が17.2%、「1000名以上」が48.3%という構成となった。

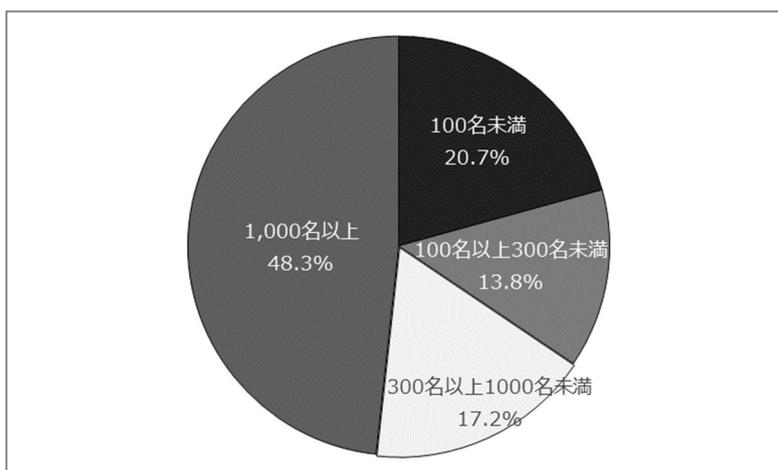


図8-3 回答者「従業員数」の構成

8.4.3 アンケート結果：単集計

IoT「6つのIoT人材タイプ及び人材像の定義の妥当性」の単集計結果を表8-2に示す。

「今回定義した6つのIoT人材タイプ及び人材像の定義は妥当だと思いますか」という問いに対し、すべての人材像に関して「妥当」という回答が「妥当でない」を上回り、統計的にも有意差が確認された。コーディネータ、アーキテクト、デザイナー、エンジニアに関しては「妥当」の回答が8割をこえた。

表 8-2 IoT 人材タイプ及び人材像の定義妥当性

人材	定義した人材の妥当性	
	妥当	妥当でない
エグゼクティブ**	76.1%	23.9%
コーディネータ**	82.6%	17.4%
アーキテクト**	87.0%	13.0%
デザイナー**	87.0%	13.0%
エンジニア**	87.0%	13.0%
アドミニストレータ**	78.3%	21.7%

*p<0.05, **p<0.01

「人材タイプ別スキルレベルの妥当性」を表 8-3 に示す。エグゼクティブ、コーディネータ、デザイナー、エンジニアに関しては「妥当」の回答で有意差が見られた。「アーキテクト」「アドミニストレータ」では有意差は見られなかった。「アーキテクト」、「デザイナー」、「アドミニストレータ」に関しては「妥当」の回答がそれぞれ 65.8%、66.7%、65.0%と 6 割台であり、改善の余地が多い可能性が高い。

表 8-3 スキルレベルの妥当性

人材	スキルレベルの妥当性	
	妥当	妥当でない
エグゼクティブ**	71.8%	28.2%
コーディネータ**	83.8%	16.2%
アーキテクト	65.8%	34.2%
デザイナー*	66.7%	33.3%
エンジニア**	75.0%	25.0%
アドミニストレータ	65.0%	35.0%

*p<0.05, **p<0.01

「最も重要な IoT 人材タイプはどれか」の結果を表 8-4 に示す。回答が最多だったのは「コーディネータ」で、50.0%であった。次に「エグゼクティブ」が 22.7%であった。回答割合の違いは統計的に差があるといえることが認められた。

表 8-4 最も重要な IoT 人材タイプはどれか

人材	スキルレベルの妥当性**
	割合
エグゼクティブ	22.7%
コーディネータ	50.0%
アーキテクト	13.6%
デザイナー	2.3%
エンジニア	2.3%
アドミニストレータ	0.0%
回答者提案の人材タイプ	9.1%

*p<0.05, **p<0.01

8.4.4 アンケート結果：クロス集計

役職と人材タイプおよび人材像の妥当性をクロス集計した結果を表 8-5 に示す。1 箇所を除いて「妥当である」の回答が「妥当でない」を上回っている。「経営層・役員クラス」の回答者が「エグゼクティブ」の役割に関して「妥当」が 33.3%、「妥当でない」が 66.7%と、「妥当でない」上回る結果となった（統計的な有意差は観測できなかった）。

一方特に「課長クラス」、「係長・主任クラス」、一般社員クラスでは統計的にも有意差が認められている。

表 8-5 役職-人材タイプ妥当性クロス集計

人材タイプ人材像		役職					
IoT人材	妥当性	経営層・役員クラス	部長クラス	課長クラス	係長・主任クラス	一般社員クラス	他専門職・特別職等
エグゼクティブ	妥当	33.3%	85.7%	66.7%	88.9%	100.0%	60.0%
	妥当でない	66.7%	14.3%	33.3%	11.1%	0.0%	40.0%
コーディネータ	妥当	100.0%	57.1%	73.3%	100.0%	100.0%	100.0%
	妥当でない	0.0%	42.9%	26.7%	0.0%	0.0%	0.0%
アーキテクト	妥当	100.0%	85.7%	86.7%	88.9%	100.0%	80.0%
	妥当でない	0.0%	14.3%	13.3%	11.1%	0.0%	20.0%
デザイナー	妥当	100.0%	71.4%	86.7%	100.0%	100.0%	80.0%
	妥当でない	0.0%	28.6%	13.3%	0.0%	0.0%	20.0%
エンジニア	妥当	100.0%	85.7%	86.7%	87.5%	100.0%	100.0%
	妥当でない	0.0%	14.3%	13.3%	12.5%	0.0%	0.0%
アドミニストレータ	妥当	66.7%	71.4%	86.7%	75.0%	100.0%	80.0%
	妥当でない	33.3%	28.6%	13.3%	25.0%	0.0%	20.0%

*p<0.05, **p<0.01

次に役職とスキル標準の妥当性をクロス集計した結果を表8-6に示す。「妥当」と「妥当でない」の差がほぼ見られない箇所が多い。特に「アーキテクト」「デザイナー」「アドミニストレータ」のスキル標準妥当性は、支持されていない場合が多い。「一般社員クラス」では「妥当でない」の割合が57.1%と「妥当」の42.9%を上回る結果となった（統計的な有意差は観測できなかった）。「アーキテクト」「デザイナー」では特に差が出ない部分が多く、「妥当」と「妥当でない」が50%となる場合が多かった。

表8-6 役職-スキル標準妥当性クロス集計

スキル標準		役職					
IoT人材	妥当性	経営層・役員クラス	部長クラス	課長クラス	係長・主任クラス	一般社員クラス	他専門職・特別職等
エグゼクティブ	妥当	50.0%	83.3%	53.8%	85.7%	66.7%	75.0%
	妥当でない	50.0%	16.7%	46.2%	14.3%	33.3%	25.0%
コーディネータ	妥当	100.0%	66.7%	91.7% ^{**}	85.7%	66.7%	100.0% [*]
	妥当でない	0.0%	33.3%	8.3%	14.3%	33.3%	0.0%
アーキテクト	妥当	50.0%	83.3%	50.0%	85.7%	50.0%	75.0%
	妥当でない	50.0%	16.7%	50.0%	14.3%	50.0%	25.0%
デザイナー	妥当	100.0%	50.0%	58.3%	85.7%	50.0%	100.0% [*]
	妥当でない	0.0%	50.0%	41.7%	14.3%	50.0%	0.0%
エンジニア	妥当	100.0%	100.0% [*]	66.7%	71.4%	50.0%	100.0% [*]
	妥当でない	0.0%	0.0%	33.3%	28.6%	50.0%	0.0%
アドミニストレータ	妥当	100.0%	83.3%	64.3%	71.4%	42.9%	50.0%
	妥当でない	0.0%	16.7%	35.7%	28.6%	57.1%	50.0%

*p<0.05, **p<0.01

従業員数と、人材タイプおよび人材像の妥当性をクロス分析した結果を表8-7に示す。すべての箇所で「妥当である」の回答が「妥当でない」を上回っている。「100名以上100名未満」ではいずれのIoT人材の妥当性も「妥当」という回答が「妥当でない」を上回っているものの、統計的な有意差は観測できなかった。

概ね「妥当」であるが、従業員数の大小による特徴は見られなかった。

表8-7 従業員数-人材タイプ妥当性 クロス集計

人材タイプ人材像		従業員数			
		100名未満	100名以上300名未満	300名以上1000名未満	1,000名以上
IoT人材	妥当性				
エグゼクティブ	妥当	77.8%	71.4%	88.9% *	70.0%
	妥当でない	22.2%	28.6%	11.1%	30.0%
コーディネータ	妥当	100.0% **	85.7%	87.5% *	75.0% *
	妥当でない	0.0%	14.3%	12.5%	25.0%
アーキテクト	妥当	100.0% **	85.7%	100.0% **	80.0% **
	妥当でない	0.0%	14.3%	0.0%	20.0%
デザイナー	妥当	100.0% **	71.4%	87.5% *	90.0% **
	妥当でない	0.0%	28.6%	12.5%	10.0%
エンジニア	妥当	100.0% **	85.7%	87.5% *	89.5% **
	妥当でない	0.0%	14.3%	12.5%	10.5%
アドミニストレータ	妥当	77.8%	71.4%	87.5% *	84.2% **
	妥当でない	22.2%	28.6%	12.5%	15.8%

*p<0.05, **p<0.01

次に従業員数と、スキル標準妥当性をクロス集計した結果を表 8-8 に示す。「300 名以上 1000 名未満」の IoT 人材が「デザイナー」のスキル標準については「妥当でない」が「妥当」を上回る結果となった。「コーディネータ」に関してはいずれの従業員数でも支持をする割合が高く、「100 名未満」「100 名以上 300 名未満」では統計的な有意差を観測できた。

「300 名以上 1000 名未満」および「1000 名以上」ではスキル標準の妥当性不支持になる回答割合が多い傾向にある。

表 8-8 従業員数-スキル標準妥当性 クロス集計

スキル標準 IoT人材	妥当性	従業員数			
		100名未満	100名以上300名未満	300名以上1000名未満	1,000名以上
エグゼクティブ	妥当	71.4%	80.0%	71.4%	63.2%
	妥当でない	28.6%	20.0%	28.6%	36.8%
コーディネータ	妥当	100.0% **	100.0% *	85.7%	72.2%
	妥当でない	0.0%	0.0%	14.3%	27.8%
アーキテクト	妥当	71.4%	80.0%	42.9%	66.7%
	妥当でない	28.6%	20.0%	57.1%	33.3%
デザイナー	妥当	83.3%	80.0%	42.9%	66.7%
	妥当でない	16.7%	20.0%	57.1%	33.3%
エンジニア	妥当	83.3%	60.0%	71.4%	77.8% *
	妥当でない	16.7%	40.0%	28.6%	22.2%
アドミニストレータ	妥当	66.7%	100.0% *	71.4%	54.5%
	妥当でない	33.3%	0.0%	28.6%	45.5%

*p<0.05, **p<0.01

8.5 考察

8.5.1 結果（単集計）に対する考察

過去の研究で定義した IoT 人材タイプ及び人材像の定義はおおむね妥当であることがわかった。

一方、人材タイプ別スキルレベルの妥当性は、エグゼクティブ、コーディネータ、デザイナー、エンジニアに関しては「妥当」の回答が多く、統計的に有意な差も見られたが、アーキテクト、アドミニストレータに関しては、「妥当でない」回答割合が増える。これに関して、「妥当でない」回答者の自由記述には、アーキテクトは「求められるスキルの範囲が多い上に、レベル 5 などの高レベルが多すぎる」という指摘が多数あった。定義した 5 段階のレベルを見直す必要があると考える。

最も重要な IoT 人材タイプでは「コーディネータ」が最も多く、続いて「エグゼクティブ」という結果となった。昨今では IoT 人材育成に関してエンジニアの育成に着目されており、先行研究で触れたとおり、官庁、民間でもエンジニアの育成に注力をしている。本研究から導かれる結果では、経営戦略という目的に対し、どのように IoT を利用・活用させるかという手段に落とし込む、すなわち経営と技術をつなげる役割である「コーディネータ」ないしは「エグゼクティブ」にあたる人材が、実務では重要視されていることが明らかとなった。

8.5.2 結果（クロス集計）に対する考察

クロス集計でも概ね妥当であったが、表8の人材タイプ妥当性クロス集計では「経営層・役員クラス」の回答者が「エグゼクティブ」の役割に関して「妥当でない」が上回っている。経営層・役員クラスは「エグゼクティブ」人材に最も近いが、あまり支持されなかった。経営層・役員クラスの「妥当でない」を回答した回答者の自由記述には「サラリーマン経営者ならば（人材タイプ及び人材像は）妥当だが、オーナー経営者は多様なので」などの回答があり、その指摘は正しいと考える。実際に、本研究では「人材タイプ」として人材を分割しているが、例えば小規模なベンチャー企業のCEOは「エグゼクティブ」「コーディネータ」「デザイナー」「エンジニア」を兼ね備えた人材が存在し得ること認識している。しかしながら、本研究のように「人材タイプ」と称して定義してしまうと、「人材：人材タイプ」が「1：1」の関係と誤認してしまう可能性が高いことがわかった。実際には「1：n」が存在し得るため、人材タイプ、人材像といった表現方法についても改善の余地があると考えられる。

表9の「一般社員クラス」回答者は「アドミニストレータ」が「妥当でない」の割合が「妥当である」を上回ったが、当該回答者の自由記述ではアドミニストレータは「戦略や法務はともかく、担当部門の産業システムについては経営者以上の知識があるべき」といった回答があった。このことから、レベルの見直しの必要性もさることながら、「一般社員クラス」に近い「アドミニストレータ」が、付加価値創造に大きく関わる可能性が高いということを示唆しているといえる。アンケートの単集計における「最も重要なIoT人材タイプ」（表7）では「アドミニストレータ」は0.0%であり、「最も重要」でないとしても、付加価値創造に大きく関わるものが考えられ、着目されるべきIoT人材であると考察する。

表10の従業員数-人材タイプ妥当性では、従業員数の規模にかかわらず、おおむね「妥当である」ということがわかった。

8.6 結言

本研究ではまず、日本におけるIoT人材育成の現状について整理した。現状の人材育成の取り組みでは、公式なIoT人材タイプや人材像、及び人材タイプ別の定義がないこと、さらにIoT技術者育成が中心であることを指摘した。次に、過去の研究で付加価値創造を実行できるIoT人材タイプ、人材像、およびスキル標準を提案したことを紹介した。本研究では当該の人材育成の有効性を検証するためにアンケート調査を行った。単集計およびクロス集計を行うことで、過去の研究で定義した、IoT人材タイプ、人材像、スキル標準、およびスキルレベルの妥当性を多面的に検証した。

結果は、回答者の役職や従業員数の大小にも関わらず、結果は概ね「妥当」という回答が「妥当でない」という回答を上回った。

アンケート結果により、特にスキルレベルの妥当性に関しては改善の余地が大いにあることが明らかとなった。スキルレベルを再検討する必要がある。

最後に、本研究で検証できたIoT人材育成の標準が、我が国のIoTによる付加価値創造につながることを望んで本研究の結言とする。

注1：経済産業省の定義では「IT投資本来の効果を享受するためには、目的なく、単に現業をIT化するだけでは、不十分であり、自社のビジネスモデルを再確認したうえで、経営の視点を得ながら、業務とITとの橋渡しを行っていくことが重要である。このような、経営・業務・ITの融合による企業価値の最大化を目指すことをIT経営」と定義している。

注2：IoTを導入して企業の付加価値創造を行う経営。経営へのIoT導入は、「これまでのITよりも必要となる人材のスキルが大きく変わるため、IT経営ではなくIoT経営と呼称する。

注3：経済産業省、総務省、情報通信研究機構（NICT）らが協力し、IoT推進コンソーシアムのワーキンググループである「技術開発WG（スマートIoT推進フォーラム）」で、2016年9月27日に発足した。フォーラム会合スマートIoT推進委員会の部会である「技術戦略検討部会」の分科会の1つとして「IoT人材育成分科会」がある。その他には「技術・標準化分科会」などがある。

注4：複数の業界団体・企業・有識者からなるIoT検定制度委員会が、IoT/M2M等の技術やマーケットについての知識やスキルの可視化するために検定化した。委員会は2016年3月に承認・設立された。

注5：検定に用いたソフトウェアはR言語（バージョン3.4.3）を用いた。

参考文献（第8章）

IoT検定制度委員会 <http://www.iotcert.org/>（最終閲覧：4月5日）

伊本ら[2017]伊本貴士、末石吾朗、江崎寛康、森崇人、中山祐輝、林憲明『IoTの全てを網羅した決定版IoTの教科書』日経BP社(2017/8/11)

首相官邸[2016] 「日本再興戦略2016改定」

情報通信審議会[2016]、「情報通信技術分科会 技術戦略委員会 第2次中間報告書（案）」、2016年6月14日 総務省、「IoT機器等の適正利用のためのICT人材育成」、

<http://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/fees/purpose/ict/index.htm>、（最終閲覧：4月12日）

情報通信審議会[2017]、「IoT／ビッグデータ時代に向けた新たな情報通信政策の在り方について 第三次中間答申 平成27年9月25日付諮問第23号」、2017年1月27日

延岡健太郎[2006]『MOT技術経営入門』日本経済新聞社 pp.63-67

延岡健太郎、伊藤宗彦、森田弘一[2006]、「コモディティ化による価値獲得の失敗：デジタル家電の事例」、RIETI Discussion Paper Series 06-J-017

福澤和久、石井成美[2017]、「経営戦略にもとづくPLMとIoTの有機的結合に関する考察」、「生産管理」Vol.24,No.1（通巻48号）

福澤和久、石井成美[2017]「付加価値創造プロセスを実行できるIoT人材スキル標準の定義」、標準化研究学会 第14回全国大会 講演論文集 pp.25-28、2017年7月

謝辞

本研究はJSPS科研費17K03974の助成を受けたものです。

第9章 結論 IoT 人材タイプ別人材育成プログラムの作成

9.1 背景・目的

IoTの人材育成は、日本では総務省や民間団体が様々な議論や人材育成を行っているが、実施されているIoT人材育成は技術者対象が多い。経営層やIoTを利活用するエンドユーザが、IoTによる付加価値創造を理解していなければ、経営戦略が組織全体に浸透し、付加価値創造を行うことは難しい。

本人材育成育成プログラムは、IoTを活用した経営に関わる企画者やエンドユーザが、付加価値創造を経営戦略段階から作業レベルまでの、付加価値創造の連鎖を理解し、経営戦略が組織全体に浸透し、付加価値創造が実践できる「IoT経営を実践できる人材の育成」を目的として人材育成プログラム作成を行う。

9.2 IoT 人材育成の到達目標

本プログラムの対象人材である企画者、エンドユーザ向けの人材像を育成する際の到達目標は以下の通りである。

- ① 経営戦略を実現するためのIoTを利活用したアイデアを創出することができる。
- ② 経営戦略を実際の作業レベルまで具体化しエンドユーザまで浸透させることができる。
- ③ 自らの業務活動が、どのように経営戦略に貢献するかを理解することができる。
- ④ 創出したアイデアの付加価値の評価指標を策定することができる。
- ⑤ 策定した付加価値の評価指標にもとづき実施する施策選択の意思決定ができる。
- ⑥ 部門間連携を促しIoTの利活用を全体最適化できる。
- ⑦ 実践した結果を評価指標にもとづき確認し、改善策をフィードバックできる。

9.3 教育用としてのIoT付加価値創造マップ活用手順

経営戦略に基づいた付加価値創造マップの教育としての活用手順を下記に示す。

- ① 戦略マップ策定フェーズでは、経営戦略の立案を行う
- ② 戦略マップ策定フェーズでは、経営戦略と付加価値創造の関係性の整理を行う
- ③ 業務改革フェーズでは、自社の業務プロセスを定義し図示させる
- ④ IoT戦略フェーズでは、業務プロセスと、IoTによる付加価値創造の関係性の整理を行う
- ⑤ 有機的結合フェーズでは、価値創造マップに基づいて、業務プロセスごとに付加価値創造の結合を行う
- ⑥ 評価算定フェーズ価値創造マップの評価算定を行う際の基準の検討を行う
- ⑦ 評価フェーズでは、価値創造マップを活用して経営活動を行った結果の効果の評価を行う
- ⑧ 改善フェーズでは、価値創造マップの見直し・改善を行う

付加価値創造マップの教育としての活用手順のフローを図9-1に示す。

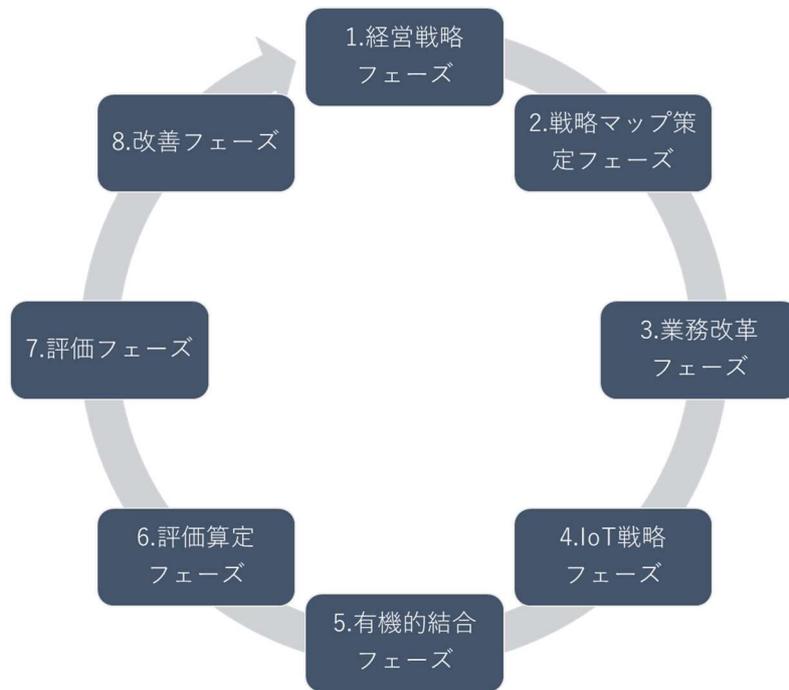


図9-1 付加価値創造マップの教育としての活用手順のフロー

9.4 IoT 付加価値創造マップの活用

IoT 付加価値創造マップの活用をに示す。

経営戦略				新商品の開発戦略 企画立案、 部品設計、 試作見積、 試作、 改良、 製造	
経営戦略の内容	①経営戦略の部分で戦略名、戦略内容と戦略評価内容を立てる				
経営戦略の評価	技術の蓄積、 社員ノウハウの蓄積、 組織プロセスの改善、 売上高の評価、				
IoT 技術・ 商品 価値 創造 プロセス	付加価値創造の3要素	収集	分析	制御	付加価値創造の流れ
	顧客ニーズの把握	○	○		現在売れている商品の情報とどの理由で売れているかを収集して、データを分析する
	優れた商品開発のサポート	○	○	○	顧客ニーズと技術情報を分析して、バランスよく新商品機能の優先順位を決めていく
	環境配慮型設計	○	○	○	技術とエコ情報を収集して、新商品機能性を満たすうえ、環境に対してもエコ的です
	ローカライズ	○	○	○	ローカルの生活情報、同じタイプの商品の情報を収集して分析する、商品を各地域のローカライズ設計に合致するように設計する
	優れた技術とノウハウの形式知	○	○	○	新商品開発戦略の中、使用した技術やノウハウ、開発から販売までのプロセスに対して評価する、その内容を整理して、デジタル化する、共有化と見える化活動により、全社的展開をする
	革新的な商品開発のサポート	○	○	○	使用できる技術と予測した顧客ニーズの情報を分析して、革新的な商品開発をサポートする
	部品標準化・モジュール	○	○	○	部品の標準化・モジュール化を推進して、部品間での標準
	マネジメント品質の向上	○	○	○	組織全体とサプライヤーチェーンと利益共同体のデータを収集して分析する。結果により、組織全体のマネジメントを改善して、部門とプロジェクト、チームまでマネジメント改善を展開する
	商品企画品質の向上	○	○	○	(顧客ニーズの把握時で収集する)新商品と類似した商品のデータを収集して分析する。結果によって、商品企画品質を向上する
事業 価値 獲得 創造	情報の一元管理による部門間連携	○	○	○	情報連携の優先度を決めて、優先順位が高い順から情報の一元管理を推進して、部門間連携を強化する
	部品標準化・モジュール	○	○	○	(マネジメント品質の向上時で収集する)組織全体からデータを収集して分析する。結果によって、情報連携の優先度を決めて、優先順位が高い順から情報の一元管理を推進して、部門間連携を強化する
	プロジェクトマネジメントの強化による原価の削減				
	原価企画による原価のつくり込み				
	試作回数削減による費用削減				
	差別化・独自性・オンリーワン				
	付加価値				
	利益獲得戦略				
	儲けの仕組み				

図9-2 IoT 付加価値創造マップの活用

9.5 おわりに

今後、具体的なカリキュラム／テキストを作成し、実際の企業への育成プログラムとして試行／有効性の評価を行う。

本研究が、ものづくり経営を行う企業・組織の付加価値創造への一助となることを願い、本研究の結言とする。

謝辞

指導教官である経営学部 学部長の石井成美 教授には、本研究の出発点である PLM の基本的コンセプトや、NEC 時代のシステムエンジニア、プロジェクトマネージャ、コンサルタントの豊富な経験、生産管理システムを始めとする IT システムや、システム開発の実情、システムコンサルティングやプレゼンテーションの原理・原則、マネージャとしての仕事術など、様々なことをご教授いただいた。また研究アイデアに乏しい私を博士課程への道へ導いていただいた。石井先生の存在がなければ、私の博士課程への進路はおそらくなかったであろうし、研究職への就職も困難であっただろう。私の拙い文章力では表しきれない感謝を申し上げます。

経営情報科学研究科 研究科長の近藤高司 教授には、私が大学 3 年生、4 年生、修士課程での 2 年間で、姉妹提携校である東南大学への留学中、計 5 年間直接ご指導を頂いた。私が生産システムや ICT のビジネスへの応用研究を始めたのも、近藤先生の研究テーマが発端である。研究指導だけでなく、生活面や私が姉妹提携校である中国東南大学へ留学する際のバックアップをしていただいたことや、ゼミの仲間たちと何度か京都・奈良旅行へ行ったのも良い思い出である。また、私が様々な先生方と共同研究ができたのも、近藤先生のご理解が無ければなし得ることはできなかった、感謝を申し上げます。

経営学部学科長の後藤時政 教授には私が修士課程の学生の頃、研究の方向性で悩んでいた時に手を差し伸べていただいた。以降は筆者のサブ研究として後藤の研究テーマを手伝わせていただいている。研究に対し真摯であり、経験の浅い私の意見にも耳を傾けて頂ける。そのような研究に対する姿勢は、筆者もいつまでも忘れてはならないと自分自身にいいかせたい。

企業システム戦略研究会代表であり博士（経営情報科学）で筆者の先輩にあたる青島弘幸先生は主に第 3 章（査読有論文が原案）について重要な意見を頂戴し、それに肉付けを行う形で完成することができた。査読者コメントに対する対応もアドバイスを頂き、アクセプトできた。3 章以外にも、青島先生の在学中には貴重なご意見やご自身の実務での実際の状況などを拝聴できた。感謝申し上げます。

本論文の 1 章、2 章、5 章、6 章、7 章、9 章の重要部分は、歴代の石井研究室の卒業生らと、勉強会やディスカッションを通じて協力を作り上げたものである。彼らがいなければ、私の博士論文は完成することができなかった。感謝申し上げます。

最後に、ここまで私の身勝手な行動を見守ってくれた家族に感謝申し上げます。また、貧しい家庭であるにもかかわらず、私を大学、大学院修士課程まで行かせてくれた母親と祖母の理解と協力に感謝を申し上げます。修士課程修了後、民間企業に就職したにもかかわらず、博士課程への進学や、経済的に不安定な非常勤講師への転職といった、私の自由な人生選択も、むしろ応援していただいた。父親には博士論文を書き上げる私の姿と孫の姿を見せてやることはできなかったが、もしこの事実を知ったらどんな反応をしたらろう。

2018 年 吉日
福澤 数久

付 録

本論文と関係する発表または投稿論文リスト

(2018年12月21日現在)

論文のテーマ	学会誌等	著者	対応章
A Study of Effectiveness in Product Lifecycle Management System	標準化研究学会論文誌 Vol.15, No.2, March 2017 pp.95-110	福澤和久 石井成美	第2章
PLM の業務プロセスに着目した技術 経営診断手法の提案 (査読有)	日本経営診断学会論集, 2017, 17 巻, pp.129-134	福澤和久 石井成美	第3章
経営戦略に基づく PLM と IoT の有機的 結合に関する研究	日本生産管理学会論文誌 Vol.24, No.1, 2017.04 通巻 48 号, pp.39-44	福澤和久 石井成美	第4章
経営戦略にもとづく IoT と PLM の有機 的結合の具現化 (査読有)	日本生産管理学会論文誌第 Vol.25, No.2, 2018.10 通巻 51 号, pp.7-14	福澤和久 石井成美	第5章
生産管理業務プロセスにおける IoT 付 加価値創造の具現化	日本生産管理学会論文誌 Vol.25, No.1, 2018.04 通巻 50 号, pp.83-88	石井成美 福澤和久 青島弘幸	第6章
付加価値創造プロセスを実行できる IoT 人材スキル標準定義 (査読有)	標準化研究学会論文誌 第 16 巻, 2019.03 通巻 20 号	福澤和久 石井成美	第7章
IoT 人材タイプ別スキル標準定義の有効 性検証 (投稿中)	工業経営研究学会論文誌第 33 巻 第 1 号	福澤和久 石井成美	第8章