



# 社会的便益先行型ICTプラットフォームの普及過程における財の変容と価値の安定化

坂田, 幸太郎

---

(Degree)

博士 (商学)

(Date of Degree)

2022-03-25

(Date of Publication)

2024-03-25

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲第8279号

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1008279>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



博士論文

社会的便益先行型 ICT プラットフォームの  
普及過程における  
財の変容と価値の安定化

令和4年1月20日提出

神戸大学大学院経営学研究科

南知恵子 研究室

経営学専攻

学籍番号 123B407B

氏名 坂田幸太郎

社会的便益先行型 ICT プラットフォームの  
普及過程における  
財の変容と価値の安定化

氏名 坂田幸太郎

# 目次

---

第1章 序章.....	1
1.1 はじめに.....	1
1.2 問題の所在.....	2
1.3 本研究の目的と方法.....	3
1.4 本論文の構成.....	4
第2章 社会的便益先行型 ICT プラットフォームの概念化.....	8
2.1 はじめに.....	8
2.2 ICT の進展とプラットフォーム概念.....	8
2.3 ソフトウェア優位のネットワーク財の変容可能性.....	14
2.4 外部性の理論と社会的ジレンマ.....	15
2.5 社会的便益先行型 ICT プラットフォームの定義と特性.....	18
2.6 小括.....	21
第3章 先行研究のレビュー.....	23
3.1 はじめに.....	23
3.2 普及理論.....	23
3.2.1 普及の直接要因研究.....	24
3.2.2 普及の媒介要因研究.....	26
3.2.3 共進化と共普及.....	28
3.3 技術の社会的構成論.....	29
3.4 アクターネットワーク理論.....	32
3.5 残された課題.....	33
3.6 小括.....	34
第4章 リサーチクエスションと研究方法.....	36
4.1 はじめに.....	36
4.2 本研究の位置づけ.....	36
4.3 リサーチクエスション.....	38
4.3.1 ネットワーク財同士の相互作用と共進化・共普及.....	39
4.3.2 補完財との相互作用と共進化・共普及.....	39
4.3.3 ネットワーク財自体の変容と価値の安定化.....	39
4.4 トライアングレーション.....	40

<b>4.5</b>	<b>方法論としてのテキストマイニング</b> .....	<b>41</b>
4.5.1	内容分析 .....	41
4.5.2	自然言語処理の進展とテキストマイニング .....	42
4.5.3	社会科学研究におけるテキストマイニングの展開 .....	43
4.5.4	テキストマイニングの分析フロー .....	44
<b>4.6</b>	<b>人工物の価値とその分析視角</b> .....	<b>45</b>
4.6.1	人工物の価値 .....	45
4.6.2	ICT プラットフォームに対応する分析フレームワーク .....	46
4.6.3	共起ネットワーク分析の原理 .....	47
4.6.4	対応分析の原理 .....	47
4.6.5	対応分析を援用した価値の解釈の安定化の評価法 .....	49
<b>4.7</b>	<b>事例の選定理由</b> .....	<b>50</b>
<b>4.8</b>	<b>小括</b> .....	<b>51</b>
<b>第 5 章</b>	<b>エネルギーマネジメントシステムの普及過程と価値の解釈の動態</b> .....	<b>52</b>
5.1	はじめに .....	52
5.2	事例の記述と分析 .....	52
5.2.1	エネルギーマネジメント概念と技術 .....	53
5.2.2	エネルギーマネジメントシステムの構成と概念 .....	59
5.2.3	標準化とオープン化の進展 .....	68
5.2.4	導入・普及促進事業 .....	71
5.2.5	普及推移 .....	78
5.2.6	小括 .....	86
5.3	テキストマイニングの対象データ .....	87
5.3.1	技術者の解釈データとしての特許文書 .....	88
5.3.2	メディアの解釈データとしての新聞記事 .....	90
5.4	価値の解釈の動態の分析結果 .....	91
5.4.1	技術者の解釈(特許文書)データの分析結果 .....	91
5.4.2	メディアの解釈(新聞記事)データの分析結果 .....	94
5.5	小括 .....	101
<b>第 6 章</b>	<b>バーチャルパワープラントの創成・社会実装と価値の解釈の動態</b> .....	<b>104</b>
6.1	はじめに .....	104
6.2	事例の記述と分析 .....	104
6.2.1	バーチャルパワープラント概念の創成 .....	104

6.2.2	構築実証とシステムアーキテクチャー .....	109
6.2.3	プロシューマーとの価値共創とアグリゲーターの進化.....	117
6.2.4	ICT の高度化と財の変容可能性.....	118
6.2.5	先進地域の社会実装との比較 .....	119
6.2.6	小括 .....	119
<b>6.3</b>	<b>テキストマイニングの対象データ.....</b>	<b>120</b>
6.3.1	技術者の解釈データとしての特許文書.....	120
6.3.2	メディアの解釈データとしての新聞記事.....	120
<b>6.4</b>	<b>価値の解釈の動態の分析結果 .....</b>	<b>121</b>
6.4.1	技術者の解釈(特許文書)データの分析結果 .....	121
6.4.2	メディアの解釈(新聞記事)データの分析結果 .....	125
<b>6.5</b>	<b>小括.....</b>	<b>129</b>
<b>第7章</b>	<b>考察.....</b>	<b>131</b>
7.1	はじめに .....	131
7.2	リサーチクエスチョンに対する考察.....	131
7.2.1	ネットワーク財同士の相互作用と共進化・共普及 .....	135
7.2.2	補完財との相互作用と共進化・共普及 .....	136
7.2.3	ネットワーク財自体の変容と価値の安定化.....	138
7.3	小括.....	139
<b>第8章</b>	<b>結論とインプリケーション .....</b>	<b>140</b>
8.1	発見事項のまとめ .....	140
8.2	本論文の貢献 .....	143
8.3	理論的インプリケーション.....	144
8.4	実践的インプリケーション.....	145
8.5	本論文の限界と今後の展望 .....	145
	<b>参考文献 .....</b>	<b>147</b>

付録.....	161
(1) 所属部署と業務内容の事例との関わり.....	161
(2) 学術論文データベース.....	163
(3) 特許文書データベース.....	164
(4) 新聞記事データベース.....	165
(5) Jaccard 係数.....	166
謝辞.....	167

## 図表

図表 1-1	本論文の構成.....	7
図表 2-1	ICT イネーブラーの機能.....	10
図表 2-2	インターネットを基盤とする情報プラットフォーム .....	11
図表 2-3	プラットフォームの類型.....	12
図表 2-4	シングルサイドビジネスとツーサイドプラットフォームおよびマルチサイドプラットフォーム .....	12
図表 2-5	本研究におけるプラットフォームの類型 .....	13
図表 2-6	社会的な距離と時間の軸で規定される利益範囲.....	17
図表 2-7	社会的便益と私的便益の 4 象限マトリクス.....	19
図表 2-8	社会的便益先行型 ICT プラットフォームとの比較マトリクス .....	21
図表 3-1	普及曲線.....	24
図表 3-2	共進化の研究の類型と主要文献.....	29
図表 3-3	人工物としての技術の「閉鎖」と「安定化」 .....	31
図表 4-1	本研究の位置づけ .....	37
図表 4-2	本研究におけるトライアングレーションの入れ子構造 .....	41
図表 4-3	テキストマイニングの分析フロー .....	45
図表 4-4	本研究で提案する拡張フレームワーク (ICT プラットフォームの境界の不安定性と価値の解釈のフレームワーク) .....	46
図表 4-5	対応分析の原理 .....	48
図表 4-6	本研究で提案する価値の解釈の安定化の評価法.....	50
図表 5-1	広義の「エネルギーマネジメント」概念 .....	54
図表 5-2	エネルギーマネジメントの種別.....	55
図表 5-3	エネルギーマネジメント技術の論文数推移.....	57
図表 5-4	太陽光発電技術の論文数推移 .....	58
図表 5-5	バーチャルリアリティ技術の論文数推移 .....	58
図表 5-6	HEMS のイメージ図.....	60
図表 5-7	BEMS を構成するシステムと機能 .....	62
図表 5-8	BEMS のシステム構成と境界.....	64
図表 5-9	BEMS の機能一覧.....	65
図表 5-10	スマートグリッドとスマートコミュニティ .....	67
図表 5-11	ECHONET Lite による家電機器制御.....	69
図表 5-12	エネルギーマネジメントシステムの略史年表 (2000 年～2010 年) .....	72



図表 5-13	エネルギーマネジメントシステムの略史年表（2010年～2020年）	73
図表 5-14	大規模 HEMS 情報基盤整備実証事業モニター世帯数	76
図表 5-15	i エネコンソーシアム	77
図表 5-16	HEMS の普及状況	80
図表 5-17	HEMS メーカーシェア	81
図表 5-18	新築戸建住宅における HEMS 搭載戸数	82
図表 5-19	BEMS の普及状況	84
図表 5-20	FEMS の普及状況	85
図表 5-21	CEMS の普及状況	86
図表 5-22	公開特許公報の例	89
図表 5-23	キーワード出現推移（EMS ファミリーの特許文書）	92
図表 5-24	共起ネットワーク（EMS ファミリーの特許文書）	93
図表 5-25	対応分析による経時的推移の可視化（EMS ファミリーの特許文書）	94
図表 5-26	キーワード出現推移（エネルギーマネジメント／管理の新聞記事）	96
図表 5-27	キーワード出現推移（xEMS の新聞記事）	96
図表 5-28	キーワード出現推移（EMS ファミリーの新聞記事）	97
図表 5-29	キーワード出現の新聞記事の累積相対度数分布（EMS ファミリー）	97
図表 5-30	共起ネットワーク（xEMS の新聞記事）	98
図表 5-31	対応分析による xEMS の解釈の特性比較（xEMS の新聞記事）	100
図表 5-32	対応分析による経時的推移の可視化（xEMS の新聞記事）	100
図表 6-1	バーチャルパワープラント（VPP）における事業者の階層構造	108
図表 6-2	バーチャルパワープラント（VPP）の提供サービス	109
図表 6-3	A 事業（VPP 基盤整備事業）の採択者	110
図表 6-4	B-1 事業（VPP アグリゲーター事業）の採択者	111
図表 6-5	B-2 事業（V2G アグリゲーター事業）の採択者	112
図表 6-6	垂直統合型のシステムアーキテクチャー	114
図表 6-7	水平分離型のシステムアーキテクチャー	114
図表 6-8	サービス化進展の概念モデル	116
図表 6-9	自律分散協調型システムを志向した進化	118
図表 6-10	キーワード出現推移（VPP の特許文書）	122
図表 6-11	共起ネットワーク（VPP の特許文書）	123
図表 6-12	対応分析による経時的推移の可視化（VPP の特許文書）	124
図表 6-13	キーワード出現推移（VPP の新聞記事）	125
図表 6-14	キーワード出現推移（xEMS と VPP の新聞記事）	126

図表 6-15	キーワード出現の新聞記事の累積相対度数分布 (xEMS と VPP) .....	126
図表 6-16	共起ネットワーク (VPP の新聞記事) .....	128
図表 6-17	対応分析による経時的推移の可視化 (VPP の新聞記事) .....	129
図表 7-1	S 字カーブの入れ子構造 .....	133
図表 7-2	エネルギーマネジメントの財の変容と価値の安定化の基本となる 概念モデル .....	134
図表 7-3	エネルギーマネジメントの財の変容と価値の安定化の動態の概念 モデル .....	135
図表 7-4	2つの S 字カーブ間の共進化・共普及 .....	136
図表 7-5	太陽光発電の国内導入量とシステム価格の推移 .....	137
図表 7-6	エネルギーマネジメントの財の連関と統合 .....	138
図表 8-1	エネルギーマネジメントの財の変容と価値の安定化の基本となる 概念モデル (再掲) .....	142
図表 8-2	エネルギーマネジメントの財の変容と価値の安定化の動態の概念 モデル (再掲) .....	143

# 1. 序章

## 1.1 はじめに

今日、我々の身のまわりのさまざまなところにコンピューターが入り込み、我々の暮らしを支えている<sup>1</sup>。そして、あらゆる社会インフラの情報化とその高度化が進展している。2019年に発生した新型コロナウイルス感染症（COVID-19）が世界的な感染の拡大をみせる中で、異例のスピードでワクチンが開発され、普及した背景に、さまざまな点でコンピューターが支えていることは疑いようもないだろう。100年前のパンデミックの「スペインかぜ」とはこの点が大きく違うといえる。

それでは、どのようにして今日のこのような高度情報社会に至ったのであろうか。日本の高度経済成長期には、白黒テレビ・洗濯機・冷蔵庫の家電3品目が「三種の神器」として持てはやされ、その後には、カラーテレビ（Color Television）・クーラー（Cooler）・乗用車（Car）の3Cが「新三種の神器」として家庭の隅々に普及していった。そうした家庭用電気製品の普及を経て、その後、デジタルネットワーク技術、ICT<sup>2</sup>（情報通信技術）が進展し、製品のコモディティ化、モノづくり産業の国際競争力の低下が進行した。こうした社会経済の変化により、いわゆる「失われた30年」と総括されるのが平成の30年の日本経済の有り様であったといえる。それは、ICTがもたらすグローバルな経済・産業構造の変化によるところが大きい。この新たな経済・産業構造においては、インターネットの普及をはじめとする情報通信の高度化が価値創造の共通基盤となり、また、ハードウェアからソフトウェアに付加価値の源泉が移行し、GAFAM<sup>3</sup>に代表されるプラットフォームが、相互依存の関係にある複数のグループをつなぎ合わせるマルチサイドプラットフォーム（multi-sided platform）<sup>4</sup>を世界の隅々に普及させるに至っている。そして、インターネットの普及の次なるステージとして、モノの

---

<sup>1</sup> Weiser(1991)は「ユビキタスコンピューティング」という概念を提案し、「最も深い技術とは、見えなくなるものである。日々の生活環境と区別がつかないほど、その中に溶け込む。」(P.94)としている。

<sup>2</sup> “ICT”は、“Information and Communication Technology”の略語である。

<sup>3</sup> “GAFAM”は、米IT大手のAlphabet (Google), Amazon, Meta (Facebook), Apple, Microsoftの5社の頭文字をとったもので、グローバルに支配的影響力を持つIT企業群の通称である。

<sup>4</sup> 詳しくは、2.2節で述べる。

インターネット（IoT<sup>5</sup>）の概念が登場し、人工知能（AI<sup>6</sup>）技術の進展とともに、モノが自律的に通信し、制御することで全体最適を図る人工物が登場するに至っている。

## 1.2 問題の所在

こうしたマルチサイドプラットフォームのような今日的なビジネスシステムやIoTやAIの技術が組み込まれた第四次産業革命<sup>7</sup>の人工物の背景には、ICTによる接続性（connectivity）、ひいては、相互接続性（interconnectivity）<sup>8</sup>がある。従来のサプライサイドが主導する、サプライサイド（供給側）からデマンドサイド（需要側）への一方向の経済活動から、双方向性によるデマンドサイドへの注目、さらには、生産者（producer）と消費者（consumer）とが一体化し統合されたプロシューマー概念（Toffler, 1980）が現実のものとなり、サプライサイドとデマンドサイドの垣根の融解も進む。さまざまな組織、人がネットワークを形成し、競争を超えた、共創する社会像の実現化が進行しているものと捉えられる。

一方で、気候変動問題をはじめとする社会的課題の深刻化が顕著であり、サステナビリティ（持続可能性）が単なるスローガンから、より切迫性を帯びたものへと変容し、社会経済活動との連関と統合が進む。自然災害の頻発化・激甚化も顕著である。2015年に採択された、地球温暖化の防止対策を定めたパリ協定<sup>9</sup>を端緒に、気候変動対策への国際的な枠組みが国家レベルで合意され、企業の事業活動においても、2010年代後半から、サステナビリティが事業戦略上の1つのアジェンダとして重要視されつつある。機関投資家を中心に、投資において、従来の

---

<sup>5</sup> “IoT”は、“Internet of Things”の略語である。Atzori et al. (2010)は、IoTをインターネット由来のビジョンとモノ由来のビジョン、セマンティック由来のビジョンが収斂したパラダイムであると論じている。

<sup>6</sup> “AI”は、“Artificial Intelligence”の略語である。

<sup>7</sup> 経済産業省の審議会の「第1回 産業構造審議会 新産業構造部会」の事務局説明資料（経済産業省 2015）では、第四次産業革命のインパクトに関して、「あらゆるモノや情報がインターネットを通じて繋がり、それらが互いにリアルタイムで情報をやり取りしつつ（相互協調）、人の指示を逐一受けずに判断・機能し（自律化）、システム全体の効率を高めるとともに新たな製品・サービスを創出（高度化）」（P.13）するとしている。

<sup>8</sup> 主に、IoTによる機器間の相互接続性を指す。

<sup>9</sup> 「パリ協定」は、「2015年12月、気候変動枠組条約第21回締約国会議（COP21）において採択された気候変動（地球温暖化）問題への対処を目的とする国際条約」である。（環境経済・政策学会 2018）

財務情報だけでなく、非財務情報の環境・社会・ガバナンスのESG<sup>10</sup>の要素も考慮し、企業経営のサステナビリティを評価する概念が普及するとともに、企業側においても脱炭素経営の取組みが拡大している<sup>11</sup>。

このような経済・社会環境の認識の下、本研究では、今日的に社会的要請を帯びた人工物と考えられる、私的便益に優先することも厭わず社会的課題の解決を志向するICTプラットフォームを社会的便益先行型ICTプラットフォームと概念化する。「社会的便益先行型」×「ICT」×「プラットフォーム」の三要素を第四次産業革命が進行する今日における現代版「三種の神器」と捉え、この現代版「三種の神器」を具備する社会的便益先行型ICTプラットフォームの普及過程に焦点をあてる。そして、我々のくらしと社会を支える基盤をなす環境エネルギー分野における社会的便益先行型ICTプラットフォームである、エネルギーマネジメントを事例として取りあげる。

### 1.3 本研究の目的と方法

ICTの技術進歩と気候変動をはじめとする社会的課題の深刻化が相まって、ICTを利活用したプラットフォームが社会的課題の解決に資することを期待され、さまざまな領域で社会実装、普及が進展している。こうした技術システムの普及過程においては、さまざまな参加者（アクター）がさまざまな目的をもちながら関与し、さまざまな価値<sup>12</sup>に解釈されながら普及する。

一方で、ICTプラットフォームを構成するソフトウェアが持つ「改変・更新可能性」や、ICTの高度利活用であるIoTが持つ機器間の「相互接続性」といった、技術システムの境界の恣意性、不安定性を高める特性は、技術システムの価値の解釈の柔軟性をもたらすものである。従来 of 普及研究では、普及対象の境界の確定は重要な論点と指摘されている（Rogers, 2003）ものの、そうしたICTプラットフォームの「改変・更新可能性」や「相互接続性」を考慮した分析、議論が十分になされてきたとは言い難い。従来は、研究対象として第三次産業革命までの

---

<sup>10</sup> “ESG” は、“Environmental, Social, and Corporate Governance” の略語である。

<sup>11</sup> 環境省(2021)は、「パリ協定を契機に、企業が、気候変動に対応した経営戦略の開示（TCFD）や脱炭素に向けた目標設定（SBT, RE100）などを通じ、脱炭素経営に取り組む動きが進展」しているとして、TCFD, SBT, RE100 の取組企業数の具体数値とともに示している。

<sup>12</sup> 詳しくは、4.6.1 項で述べる。

イノベーションに焦点が当てられており、第四次産業革命のIoTを応用した技術システムに焦点が当てられてこなかった。

こうしたことを踏まえ、本研究は、私的便益に優先することも厭わず社会的課題の解決を志向する社会的便益先行型ICTプラットフォームの普及過程の価値の解釈の動態を可視化し、価値の解釈の安定化の過程を概念モデル化することを目的とする。この研究目的のために、本研究では、参与観察を含む調査分析と質的データの計量的分析であるテキストマイニングを行うことで、データそのものを多元化する三角測量と方法論の多元化のトライアングレーション<sup>13</sup>を採用する。

ミクロの個別的合理性とマクロの社会全体における集団的合理性が一致しないという社会的ジレンマの問題をはらみ、さらには、人工物としての境界の恣意性、不安定性が高い社会的便益先行型 ICT プラットフォームは、第四次産業革命が進行する今日的に社会的な要請を帯びた人工物であり、かつ、ソフトウェア優位であり、その解釈の動態は、従来のハードウェアを主体とした技術システムと比較して、複雑性が増しており、共進化・共普及<sup>14</sup>の対象となる候補は無数に存在すると考えられ、その動態の可視化、すなわち、どのような共進化・共普及の過程が進行しているのかを解き明かすことは意義深いと考えられる。

## 1.4 本論文の構成

本章では、本論文を貫く問題意識と研究の目的および方法が記述された。

第2章では、第四次産業革命が進行する今日的に社会的な要請を帯びた人工物と考えられる社会的便益先行型 ICT プラットフォームについて、「社会的便益先行型」×「ICT」×「プラットフォーム」と三要素に分解して捉え、その背景となる ICT の進展とプラットフォーム概念をおさえた上で、ソフトウェア優位のネットワーク財の変容可能性について論じる。そして、外部性の理論と社会的ジレンマをはじめとする関係する議論と先行研究を踏まえた上で、社会的便益先行型 ICT プラットフォームを定義し概念化を図る。

第3章では、普及過程に係る研究の系譜をおさえた上で、社会と技術の相互作用を論じる技術の社会的構成論とアクターネットワーク理論について文献レビュー

---

<sup>13</sup> 詳しくは、4.4 節で述べる。

<sup>14</sup> 詳しくは、3.2.3 項で述べる。

一を行い、普及過程を分析する上での鍵概念を整理する。そして、本研究で概念化する社会的便益先行型 ICT プラットフォームに研究対象として焦点をあてるにあたり、第2章で論じた ICT、特に IoT の進展とプラットフォーム概念、さらには ICT プラットフォームのようなソフトウェア優位のネットワーク財の変容可能性を踏まえた上で、先行研究の残された課題を提示する。

第4章では、第2章で概念化される社会的便益先行型 ICT プラットフォームの普及過程について本研究において分析するにあたり、本研究の位置づけを整理した上で、第3章で先行研究をレビューする中で明らかにした事項や残された課題をもとに、リサーチクエスチョンを設定するとともに、そのリサーチクエスチョンに答えるための研究方法を提示する。研究方法については、本研究で採用するトライアングレーションのアプローチについて述べる。そして、方法論としてのテキストマイニングについて、その特徴と分析の流れを述べるとともに、本研究における人工物の価値、および社会的便益先行型 ICT プラットフォームの財の特性を考慮した分析フレームワークを提示し、共起ネットワーク分析と多変量解析の手法である対応分析の原理をおさえた上で、対応分析を援用した価値の解釈の安定化の評価法を提案する。また、第5章と第6章で取りあげる事例の選定理由について述べる。

第5章では、社会的便益先行型 ICT プラットフォームとして、エネルギーマネジメントシステム (EMS<sup>15</sup>) を事例に取りあげ、章の前半で事例の記述と分析を行い、後半でテキストマイニングの対象データとテキストマイニングによる価値の解釈の動態の分析結果について述べる。事例の記述と分析については、まず、エネルギーマネジメント概念と技術について述べる。エネルギーマネジメント技術については、エネルギーマネジメントの補完財の太陽光発電技術と、社会的便益先行型ではない ICT の代表例としてバーチャルリアリティ技術の論文数の推移と比較することで、その研究開発活動の動向の特徴を分析する。そして、エネルギーマネジメントシステムの構成と概念、標準化とオープン化の進展を捉え、普及に向けた政府の実証事業と補助金事業をはじめとする導入・普及促進事業とその結果としての普及推移を捉える。その上で、エネルギーマネジメントの普及過程の2000年から2020年の期間の特許文書データと新聞記事データを対象とするテキストマイニングによる分析を行い、可視化し考察することで、エネルギーマネジメントシステムの価値の解釈の動態を明らかにする。

第6章では、第5章で取りあげる、エネルギーマネジメントシステムの進化、

---

<sup>15</sup> “EMS” は、“Energy Management System” の略語である。

変容と捉えられる，バーチャルパワープラント（VPP<sup>16</sup>）を事例に取りあげ，章の前半で事例の記述と分析を行い，後半でテキストマイニングの対象データとテキストマイニングによる価値の解釈の動態の分析結果について述べる。事例の記述と分析については，バーチャルパワープラント概念の創成を捉えた上で，バーチャルパワープラントの普及を企図した政府の実証事業の進展についてシステムアーキテクチャーに着目しながら記述と分析を行う。そして，ICTの高度化と財の変容可能性，先進地域の社会実装との比較を行う。その上で，エネルギーマネジメントの普及過程の2000年から2020年の期間の特許文書データと新聞記事データを対象とするテキストマイニングによる分析を行い，可視化し考察することで，バーチャルパワープラントの価値の解釈の動態を明らかにする。

第7章では，第2章で概念化される社会的便益先行型ICTプラットフォームの事例として第5章で取りあげるエネルギーマネジメントシステム，第6章で取りあげるバーチャルパワープラントの事例研究を横断的に検討し，発見事項の整理とその考察を行う。具体的には，発見事項・考察を第4章で提示したリサーチクエスションに対する答えとして整理する。

第8章では，それまでの議論が総括されたうえで，本論文の貢献と含意，さらには，本論文の限界と今後の展望が提示される。

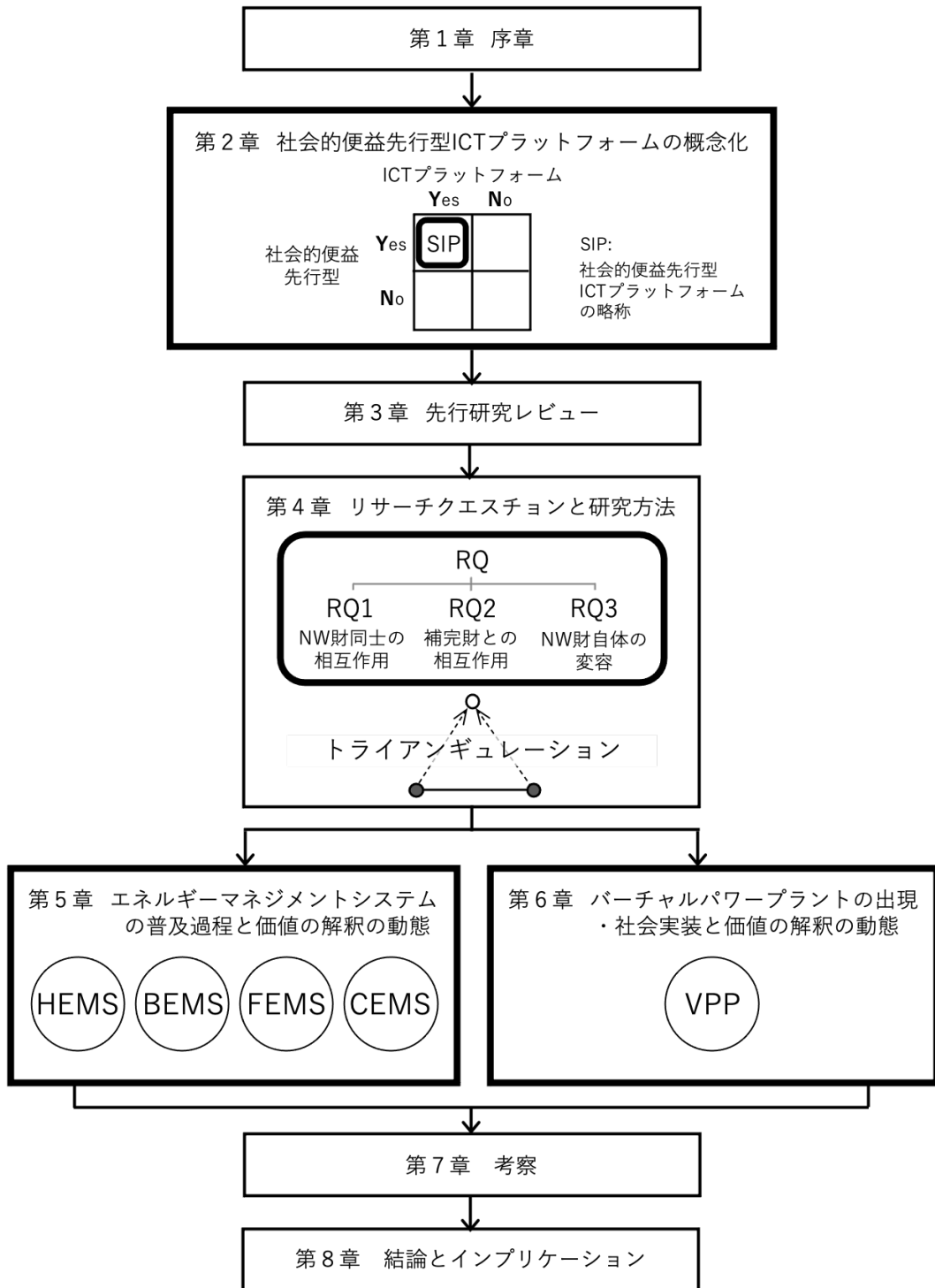
以上で述べた本論文の構成を図表 1-1 に図示する。

---

<sup>16</sup> “VPP” は，“Virtual Power Plant” の略語である。



図表 1-1 本論文の構成



HEMS: Home Energy Management System  
 BEMS: Building Energy Management System  
 FEMS: Factory Energy Management System  
 CEMS: Community Energy Management System

VPP: Virtual Power Plant

## 2. 社会的便益先行型 ICT プラットフォームの概念化

### 2.1 はじめに

本章では、第四次産業革命が進行する今日的に社会的な要請を帯びた人工物と考えられる社会的便益先行型 ICT プラットフォームについて、「社会的便益先行型」×「ICT」×「プラットフォーム」と三要素に分解して捉え、2.2 節でその背景となる ICT の進展とプラットフォーム概念をおさえた上で、2.3 節でソフトウェア優位のネットワーク財の変容可能性について論じる。そして、2.4 節で外部性の理論と社会的ジレンマをはじめとする関係する議論と先行研究を踏まえた上で、2.5 節で社会的便益先行型 ICT プラットフォームを定義し概念化を図る。

### 2.2 ICT の進展とプラットフォーム概念

IT（情報技術）は、通信技術と統合され、ICT（情報通信技術）として発展している。そして、産業競争力の観点で、モノが通信し、制御する、IoT（モノのインターネット）を活用し、製造業の、ひいては、産業全体の競争力を高めようとする動きが世界的に活発である。代表的なものに、ドイツが国策として掲げる「インダストリー（Industry）4.0<sup>17</sup>」がある。現在は「第四次産業革命」の時期にあたりとされるが、これはドイツのインダストリー4.0が先駆けとなっている。インダストリー4.0は、「スマートファクトリー」に代表される効率的な工業生産を中心とする概念であるが、第四次産業革命は非製造業を含めた広範な領域の生産性革命を意味する場合もある。第四次産業革命は、第一次産業革命の「蒸気機関」、第二次産業革命の「電力・石油」、第三次産業革命の「電子機器・PC」の、それぞれが牽引した過去の産業革命に続いて「IoT・クラウドなどによる自律的な最適化」が牽引するとされている。また、アメリカでは GE 社が中心となり、「インダストリアル インターネット（Industrial Internet）」と呼ばれる枠組みで、エネルギーやヘルスケアなどの領域を主な対象として、産業におけるインタ

---

<sup>17</sup> 「インダストリー（Industry）4.0」は、ドイツ語表記では“Industrie 4.0”とされる。2013年4月にはワーキンググループの最終報告書として、“Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0, Final report of the Industrie 4.0 Working Group”が発刊されている。

ーネット利用が推進され、生産性の向上が進展している。

一方、日本政府は、目指すべき産業の在り方として、「コネクティッド インダストリーズ (Connected Industries)」を提唱し、第四次産業革命にて実現されるコネクティッド インダストリーズは、新たな社会である「Society (ソサエティ) 5.0」につながるとされる。

ソサエティ5.0 は、2016年に内閣府の総合科学技術・イノベーション会議(議長・安倍晋三元首相)が定めた「第5期科学技術基本計画(平成28～平成32年度)」(内閣府 2016)において打ち出された。「第5期科学技術基本計画」では下記のように述べられている。

「ICT を最大限に活用し、サイバー空間とフィジカル空間(現実世界)とを融合させた取組により、人々に豊かさをもたらす『超スマート社会』を未来社会の姿として共有し、その実現に向けた一連の取組を更に深化させつつ『Society5.0』として強力に推進し、世界に先駆けて超スマート社会を実現していく。(中略)超スマート社会とは、『必要なもの・サービスを、必要な人に、必要な時に、必要なだけ提供し、社会の様々なニーズにきめ細かに対応でき、あらゆる人が質の高いサービスが受けられ、年齢、性別、地域、言語といったさまざまな違いを乗り越え、生き活きと快適に暮らすことのできる社会』である」

(内閣府 2016, P.11)

このソサエティ5.0 は産官学の連携により、人類がこれまで歩んできた「狩猟社会」「農耕社会」「工業社会」「情報社会」に次ぐ第5の新たな社会(「超スマート社会」)を科学技術イノベーションが先導していくものとされる(内閣府 2016)。

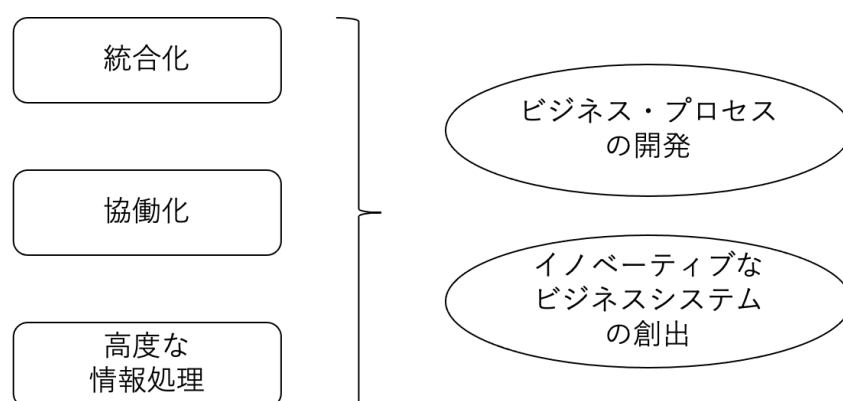
ドイツのインダストリー4.0 が、あくまで製造業の生産性の向上に焦点をあてたものであるのに対して、日本のソサエティ5.0 は ICT, 特に IoT によって「社会の有り様」を変えることを意図しており、課題先進国と言われる日本が抱える人口減少や超高齢化、環境エネルギーといった社会的課題への配慮が色濃く見られる(日立東大ラボ 2018)。

いずれにしても、ICT に大きな役割が期待されている訳であるが、南・西岡(2014)が論じるように、「ICT は、ビジネスにおける業務プロセスを促進したり、新しいプロセスを作り出すことができるといえるが、実際には ICT が直接的にそれを実現するのではなく、既存のビジネスに働きかけ、他の組織内外の経営資源

とともに機能することで実現」(P.13) している。こうした ICT が他のリソースを機能させるという考え方は、ICT イネーブラー議論と総称され、図表 2-1 のように ICT イネーブラーの機能が示されている(南・西岡 2014, P.14)。すなわち、「ICT が何をどのようにイネーブル(実現化)するかについては、まず、統合化、協働化、処理の高度化という点が主張されてきている」(P.13) とされ、「これら統合化、協働化、高度な情報処理という、三つの ICT のイネーブリング機能により、結果として、ビジネス・プロセスの開発と、イノベーティブなビジネス・システムの創出」(P.14) が起こるとされる。また、「ICT システムと他の職能とが統合され、境界が拡大することも起こる」(P.14) とされる。

図表 2-1 ICT イネーブラーの機能

出所：南・西岡(2014) P.14

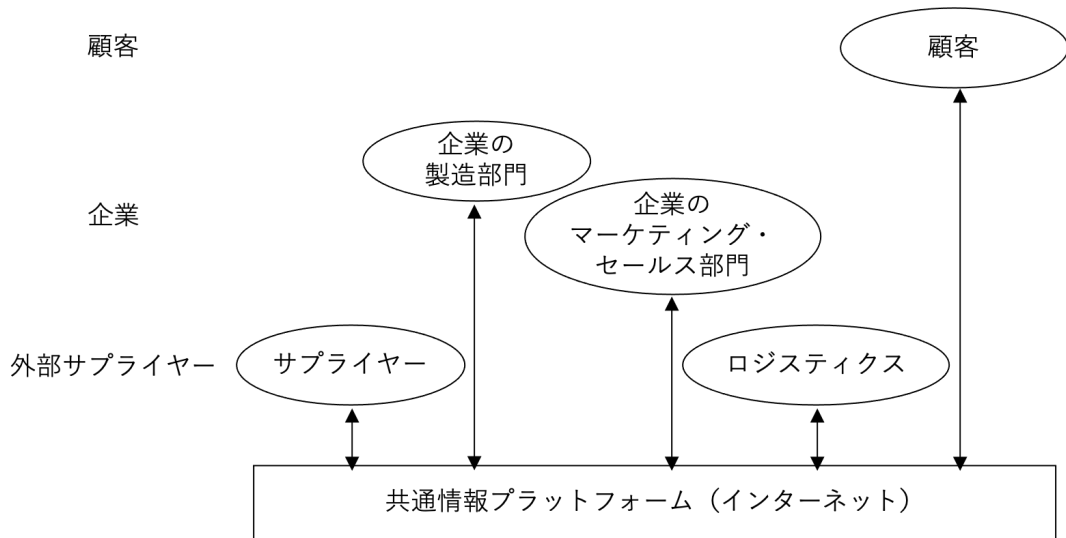


こうした統合化、協働化、高度な情報処理という、三つの ICT のイネーブリング機能は、企業の枠を超えた価値創出を促進する仕組みであるプラットフォームの概念に結実する。

「プラットフォーム」は、もともとは台地を意味するフランス語に由来するとされ、1980年代からプラットフォームの概念が経営学における議論にも採用されるようになっていく。その後、インターネットの登場に端を発したネットワーク革命の進展に伴い、図表 2-2 に示すように、インターネットを基盤とする情報プラットフォームが普及し、1990年代後半からの電子商取引市場の出現を契機に、プラットフォームビジネスに関する研究が展開されるようになった。

図表 2-2 インターネットを基盤とする情報プラットフォーム

出所：Sharma(2002) P.80をもとに筆者訳



Baldwin and Woodard(2009)は、プラットフォームを「他の構成要素ないしは部品間でリンクを制約して、製品やシステムの多様性と進化をサポートする安定した構成要素である。これまで、プラットフォームは製品開発、技術開発、ネットワーク、産業で多様に用いられている。それらの共通点は、多様な補完的構成要素を作り出すコストを節約しながら、規模の経済性を提供するコアとなる構成要素を維持して、再利用することである」と定義している。

また、Gawer(2009)は、プラットフォームを図表 2-3 に示すように、コンテキスト、参加者、プラットフォームの目的、デザインルールなどによって、「内部プラットフォーム」「サプライチェーンプラットフォーム」「産業プラットフォーム」「マルチサイドプラットフォーム」に類型化している。

また、顧客グループの数に着目すると、図表 2-4 に示すように、「シングルサイドビジネス」「ツーサイドプラットフォーム」「マルチサイドプラットフォーム」という分類ができる。結婚相談所のように、二つのグループを結びつけるプラットフォームを「ツーサイドプラットフォーム」と呼ぶ。また、ソーシャルネットワークワーキングサービス (SNS) のように、各種サービスを提供する多くのサービス事業者と多くのユーザーを結びつけるプラットフォームは、「マルチサイドプラットフォーム」と呼ばれる。本論文では、マルチサイドプラットフォームは、ツーサイドプラットフォームを含むものとする。

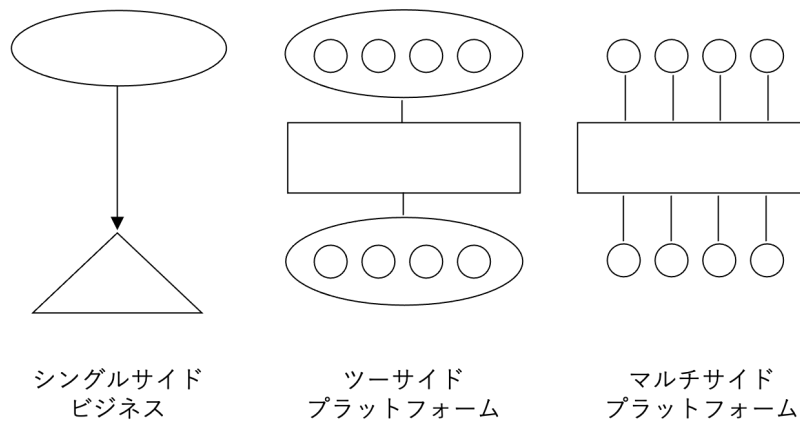
図表 2-3 プラットフォームの類型

出所：Gawer(2009) P.47-48 をもとに筆者訳

類型名	内部 プラットフォーム	サプライチェーン プラットフォーム	産業 プラットフォーム	マルチサイド プラットフォーム
コンテ クスト	企業内	サプライチェーン内	エコシステム	マルチサイド
参加者	単一	複数	複数	多数の売り手 と買い手
目的	効率化, フレキシビリティ	効率化, フレキシビリティ, マスカスタマイ ゼーション	ネットワーク外部 性, 外部・補完イ ノベーションから の価値獲得	ネットワーク外部 性, イノベーション の促進
デザイン ルール	モジュールの再利用, 安定性		インターフェース, イノベーション	

図表 2-4 シングルサイドビジネスとツーサイドプラットフォームおよび  
マルチサイドプラットフォーム

出所：平野・ハギウ(2010) P.34 をもとに作成



中田(2013)は、マルチサイドプラットフォームにおいては、「プラットフォーム企業は、外部の補完企業やデベロッパーのイノベーションを促進するようなシステムを構築しようとする」(P.73)としている。また、中田(2009)は、マルチサイドプラットフォームにおいては、「プラットフォームが2つ、またはそれ以上の異なる顧客グループ間の相互作用を調整する」(P.37)としている。人同士をつなぎ、調整を図るものとして捉えられている。一方で、本研究で焦点をあてる ICT プラットフォーム、特に、IoT プラットフォームにおいては、モノが自律性をもって、モノ同士で通信し、制御し、調整する。

このようなことをふまえ、本研究では、Gawer(2009)のプラットフォームの分類をもとにした図表 2-3 を拡張し、第四次産業革命の象徴的な人工物である IoT プラットフォームとマルチサイドプラットフォームを包含するものとして、広義のマルチサイドプラットフォームを ICT プラットフォームと定義し、図表 2-5 に示すように、プラットフォームを類型化する。

図表 2-5 本研究におけるプラットフォームの類型

出所：Gawer(2009) P.47-48 をもとに一部改変

類型名	内部プラットフォーム	サプライチェーンプラットフォーム	広義のマルチサイドプラットフォーム (ICTプラットフォーム)	
			IoTプラットフォーム	マルチサイドプラットフォーム
コンテキスト	企業内	サプライチェーン内	エコシステム	マルチサイド
参加者	単一	複数	複数	多数の売り手と買い手
目的	効率化, フレキシビリティ	効率化, フレキシビリティ, マスカスタマイゼーション	ネットワーク外部性, イノベーションの促進	
デザインルール	モジュールの再利用, 安定性		インターフェース, イノベーション	

## 2.3 ソフトウェア優位のネットワーク財の変容可能性

ICT プラットフォームは、従来のハードウェアを主体とする人工物に対して、ソフトウェアが優位な技術システムであり、ネットワーク財である。ハードウェアは物理的実体を伴う有形の人工物であり、人間の目に見えるものであるが、それを改変するには製造の設備投資などが必要となり、それをいつでもどこでも自由自在に改変するには多大のコストがかかり現実的ではない。一方で、ソフトウェアはコンピューターに命令を出すための情報であるコンピュータープログラムのことである。システムソフトウェアはコンピューターのハードウェアを管理・制御するなど、コンピューターの稼働自体に必要となるソフトウェアである。システムソフトウェアの代表例はオペレーティングシステム (OS) であり、さまざまなソフトウェア処理のプロセスに対して、CPU (中央演算装置) やメモリの割り当てを管理したりするなど、さまざまな処理を行なっている。システムソフトウェアは従前からバージョンアップと称して、ソフトウェアの改変・更新がなされてきた。昨今では、サーバーからソフトウェアをダウンロードする形でソフトウェアが提供され、ソフトウェアの改変・更新の容易性は高まっている。また、アプリケーションソフトウェアはユーザーの目的に応じた機能を提供するソフトウェアであり、システムソフトウェアと同様に、新機能の提供、従来機能の廃止、バグの修正など、臨機応変にソフトウェアが改変・更新される。また、ソフトウェアのバグは完全には防ぎようがなく、「ソフトウェアは永遠の未完成品」ともいわれるが、ソフトウェアが改変・更新が容易であることと表裏の関係にあるといえる。このように、ソフトウェアが改変や更新が容易であることを本研究では「改変・更新可能性」とする。

財の変容は、物質的な変容と非物質的な変容の二つの側面があり、ハードウェアとして変化がもたらされるものは前者に相当し、ソフトウェアが改変・更新されて、新たな機能、サービスが提供されたり、従来機能の廃止、バグの修正などが行われるのは後者の非物質的な変容であり、物質的な変容は外部から観測されるのに対して、後者は外部から観測されにくい特性がある。



## 2.4 外部性の理論と社会的ジレンマ

前節までで ICT プラットフォームの特性について見てきたが、社会的課題が深刻化し地球規模の問題となる中で、重要な概念として注目される外部性の理論と社会的ジレンマについて、ここで論じたい。

外部性とは、消費者、企業など経済活動を行う当事者にとっては考慮されない利益ないし不利益（費用）を指す。例えば、企業は、工場での人件費、利払いや減価償却費など自らの生産に関わるものは費用として計上する一方で、工場から排出される汚水が周辺環境や近隣住民に及ぼす被害を自社のコストに織り込まないことがある。また、通勤や行楽で自動車（ガソリン車）を運転する個人は、ガソリン代や高速道路の料金は費用として認識しても、自動車の排気ガスによる大気汚染、ひいては地球温暖化、気候変動までは気にかけないことは少なくないだろう。「自分一人が運転したから大気汚染がひどくなるわけではない」と個々のドライバーは思うだろうが、皆が同様の行動をとれば、排気ガスの総量は多くなり、気候変動にも大きな影響を与えうる。

工場での生産や自動車の運転など経済活動に伴う費用は、私的費用＝当事者が認識するコストと、社会的費用＝周辺環境や第三者を含めて経済（社会）全体に及ぼすコストに区別される。「外部費用」（ないし外部不経済）は社会的費用と私的費用の差にあたる。

費用ではなく便益を伴う外部性もある。新型コロナウイルスなど感染症の予防はそれを受けた当人だけではなく、家族、友人を含めて周辺の人々が感染するリスクを減じる。学校教育で子どもが良い子に育ったら、本人や保護者にとって喜ばしいだけでなく、彼らの住む地域コミュニティの安全や発展にも寄与しよう。研究開発や経営学研究など新たな知識の創造は、開発研究者の当人に留まらず、それを活用、応用する後世の人々にとっての利益になるであろう。

ここでは、私的便益＝（ワクチン接種者、教育を受けた子ども、開発研究者など）経済活動を行なった当人が享受する便益と、社会的便益＝（家族、友人、地域社会、後世の開発研究者や人々などを含めた）社会全体の見地から評価された便益が異なっている。その差が「外部便益」（ないし外部経済）と呼ばれる。

こうした外部不経済、外部経済のもとでは、個人の合理的な選択が社会としての最適な選択に一致せず乖離が生ずることとなる。こうした場合の葛藤（ジレンマ）は社会的ジレンマと呼ばれる。

社会的ジレンマは、さまざまな社会問題の根底に潜んでいると考えられる。マクロな問題としては、地球環境問題が挙げられる。世界中の人、一人ひとりがよ

り便利で快適な生活を目指してエアコンや自動車を自由に使えば、大量の温室効果ガス（GHG<sup>18</sup>）が排出されるに至る。その結果、大気中の温室効果ガス濃度は増加し、温室効果により大気温は上昇することとなる。言うまでもなく、大気温の上昇はさまざまな弊害をもたらす、その結果、世界の人々に深刻な被害をもたらすこととなる。

社会的ジレンマは心理学、社会学、経済学をはじめとするさまざまな分野で取りあげられ、それぞれにおいてさまざまに定義されている（e.g. Dawes, 1980; Messick and Brewer, 1983; Yamagishi, 1986; Komorita and Parks, 1994）。それらの定義は、大まかにおいてはほぼ同様であるが、強調点の相違により微妙に異なっている。社会的ジレンマを最初に定義したドウズによれば、社会的ジレンマは下記のように定義される（Dawes, 1980）。

- i. 一人ひとりの人間にとって、「協力」か「非協力」かのいずれかを選択できる状況がある
- ii. このような状況のもと、一人ひとりの人間にとっては、「協力」を選択するよりも「非協力」を選択する方が望ましい結果が得られる
- iii. 一人ひとりの人間にとっては、「非協力」の方が「協力」よりも望ましい結果を生むが、集団の全員が自分個人にとって有利な「非協力」を選択した場合の結果は、全員が「協力」を選択した場合の結果よりも悪いものになってしまう

現実の社会的ジレンマを考えた場合、非協力行動の公共的な観点からの悪影響が生じるまでには、時間的遅れが伴うことが多い。例えば、地球環境問題であれば、各人の自動車利用やエアコンの過度の使用が地球温暖化に影響を及ぼすまでには、相当な時間がかかる。これは、非協力行動に伴う公共的な利益に対する悪影響を「チリ」と見なした場合、それが積み重なって公共的な利益が損なわれたことを万人に理解されるに至るまでには時間がかかる。すなわち、「チリも積もれば山となる」ためには相当な年月を要するからである。

現実の社会的ジレンマにおいて生じる時間的遅れの問題を勘案するため、藤井(2003)は、時間的効果を明示化した上で協力行動と非協力行動を次のように定義し、社会的ジレンマを定義することを提案している。

---

<sup>18</sup> “GHG”は“Greenhouse Gas”の略語である。

非協力行動 (defection) : 長期的には公共的な利益を低下させてしまうものの、短期的な私的な利益の増進に寄与する行為

協力行動 (cooperation) : 短期的な私利は低下してしまうものの、長期的には公共的な利益の増進に寄与する行為

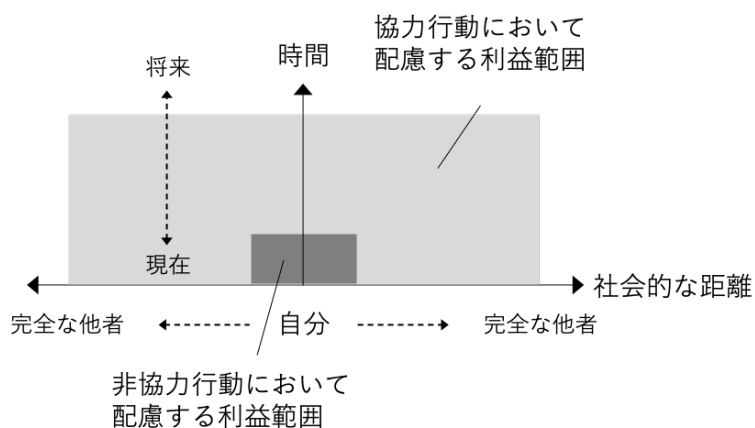
社会的ジレンマ : 長期的には公共的な利益を低下させてしまうものの短期的な私利の増進に寄与する行為 (非協力行動) か, 短期的な私利は低下してしまうものの長期的には公共的な利益の増進に寄与する行為 (協力行動) のいずれかを選択しなければならない社会状況

(藤井 2003, P.11~P.12)

藤井(2003)は、図表 2-6 に示すように、「非協力行動を行う人々は、この図における原点付近の領域の利益しか配慮していない。すなわち、短期的で、しかも、自分一人の利益のみを配慮する行動が非協力行動である。その一方で、協力行動を行う人々は、自分一人だけではなく、個人的な関与の度合いの小さい他社の利益も配慮し、その上、現時点の短期的な利益だけではなく長期的な利益にも配慮している」(P.11) とする。

図表 2-6 社会的な距離と時間の軸で規定される利益範囲

出所 : 藤井(2003) P.11 をもとに作成



## 2.5 社会的便益先行型 ICT プラットフォームの定義と特性

図表 2-7 は、本研究において社会的便益と私的便益の 2 軸で、4 つの象限各々について、第 1 象限から順に、便益共存型、社会的便益先行型、“不”便益型、私的便益優先型、と定義したものである。この 4 象限マトリクスにおいて、本研究で概念化する社会的便益先行型 ICT プラットフォームをマッピングすると、第 2 象限に位置付けられる。その代表例が、環境エネルギー分野のエネルギーマネジメントシステムであり、地球環境問題に資するという大きな社会的便益がある。ただし、これは社会の隅々に、そして社会全体に普及すればするほど、地球環境問題に資するという大きな社会的便益が発現されるものである。一方で、エネルギーマネジメントシステムは、消費者個人レベルで見ると、初期コスト、導入コストにはじまり、消費者が既に導入済みの既存機器やシステムとの互換性であったり、メンテナンスコストであったりを考慮したときに、電気代の削減という便益を打ち消して、私的便益はマイナスと知覚されることが考えられる。このように、社会的便益先行型 ICT プラットフォームは、特に普及過程の初期においては、私的便益にも増して、社会的便益が大きく期待され知覚されるわけであり、これをもって社会的便益が私的便益に「先行」することから、社会的便益「先行」型 ICT プラットフォームと概念化するものである。

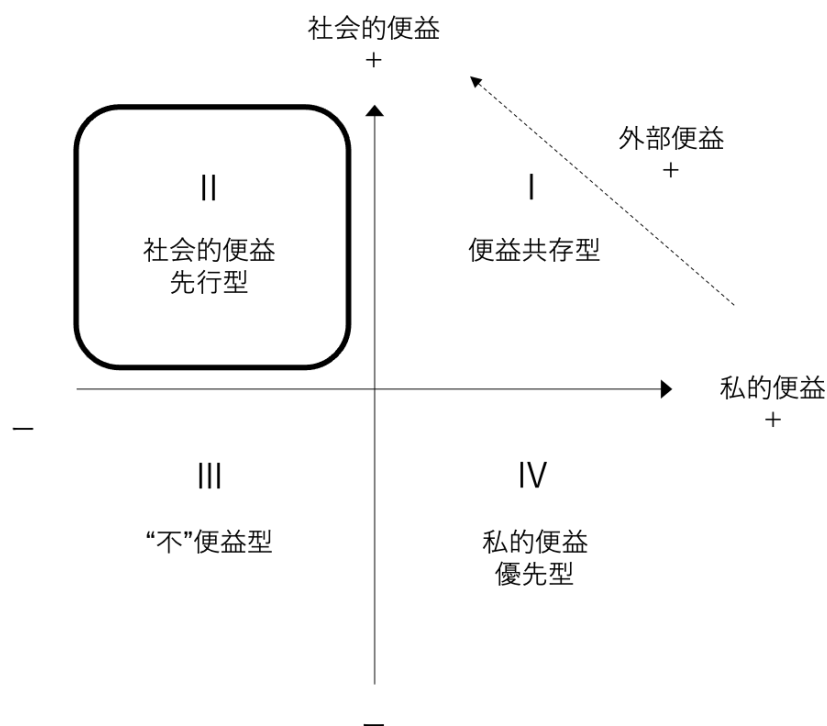
本研究では、現代社会の最大の社会的課題であり、また、さまざまな社会的な課題、リスクに連関する地球環境問題、気候変動の問題を抱える環境エネルギー分野に焦点をあてる。環境エネルギー分野で期待される社会的便益は気候変動対応であり、脱炭素である。気候変動問題の影響で、昨今、自然災害の頻発化・激甚化が顕著であり、一般社団法人日本損害保険協会の調べ（日本損害保険協会 2021）では、国内の台風や豪雨などによる保険金支払額の歴代上位 10 件のうち、半数に当たる 5 件が直近の 2018 年、2019 年に起きたもので、「気候変動が、わが国の経済活動にとって非常に深刻になっている」とされる（朝日新聞 2020）。2015 年に採択された、地球温暖化の防止対策を定めたパリ協定を端緒に、気候変動対策への国際的な枠組みが国家レベルで合意され、企業の事業活動においても、2010 年代後半から、サステナビリティが事業戦略上の 1 つのアジェンダとして重要視されつつある。機関投資家を中心に、投資において、従来の財務情報だけでなく、非財務情報の環境・社会・ガバナンスの ESG の要素も考慮し、企業経営のサステナビリティを評価する概念が普及するとともに、企業側においても脱炭素経営の取組みが拡大している。日本では、二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）の長期削減目標を掲げる企業が急激に増加している。海外でも、米マイクロソフトが 2050 年ま

で創業以来排出した二酸化炭素をすべて回収する方針を表明するなど、大きな動きが起きている（BBC 2020）

図表 2-7 の第 2 象限と第 4 象限は、ミクロの個別的合理性とマクロの社会全体における集団的合理性が一致しないという社会的ジレンマの問題を抱える。第 2 象限の社会的便益先行型の象限は、既に述べたように環境エネルギー分野のシステムがその典型例であるが、これは、省エネや脱炭素に資するという社会的便益がある一方で、個人にとっては負担を被ることで、導入、普及が社会全体からの期待どおりには進まない問題がある。例えば、家庭向けのエネルギーマネジメントシステムである HEMS に関して、2012 年 11 月に政府がまとめたグリーン政策大綱（骨子）の中で「世界最高水準の省エネのさらなる深化」のため「2030 年までに HEMS を全世帯に普及させる」という施策目標が掲げられた。政府は時にトレンドセッターとして、このような意欲的な目標を設定する。富士経済（2020）によると、HEMS 市場規模は 2019 年（実績）65.0 億円、2025 年（予測）73.6 億円、2030 年（予測）86 億円で、2030/2019 比 132.3%、2030 年度の累積普及数は 192 万戸で、世帯普及率 3.8%に留まる予測がなされており、全世帯に

図表 2-7 社会的便益と私的便益の 4 象限マトリクス

出所：筆者作成



普及の目標に対しては現時点では大きなギャップが存在している。

本研究では、私的便益に優先することも厭わず社会的課題の解決を志向するICTを利活用したプラットフォームを社会的便益先行型ICTプラットフォームと定義する。

図表 2-8 に、社会的便益先行型 ICT プラットフォームとの比較マトリクスを示す。社会的便益先行型 ICT プラットフォームの例としては、前述の環境エネルギー分野ではエネルギーマネジメントシステムがある。また、他の分野においては、例えば、新型コロナウイルス感染症の感染拡大防止対策である新型コロナウイルス接触確認アプリ (COCOA)<sup>19</sup>や社会保障・税番号のマイナンバーカードがある。エネルギーマネジメントシステムのうち HEMS についてはその普及が政府の意欲的な目標に対しては期待どおりの速度では進行していない状況について既に言及しているが、新型コロナウイルス接触確認アプリ (COCOA) についても、2021年4月13日付の朝日新聞朝刊によると、陽性登録者が伸び悩み、国内の感染者数が約50万人の時点で、登録された件数はその約2%に留まっているという。アプリのダウンロード数も、感染拡大防止に効果があるとされた水準に届いていない状況とされる。マイナンバーカードは、2015年10月施行した、「行政手続における特定の個人を識別するための番号の利用等に関する法律(番号法)」で規定されたもので、国民全員に普及させることが企図されているが、総務省が発表したマイナンバーカードの人口に対する交付枚数率は2020年1月20日時点で、全国で15%に留まっており、2021年5月1日時点では、同交付枚数率は全国で30%に倍増しているものの、依然として50%にも到達していない状況にある。

社会的便益先行型 ICT プラットフォームは、社会全体への普及が期待される一方で、このような普及速度が遅い背景には、社会的ジレンマの問題が関係していると考えられる。

---

<sup>19</sup> 新型コロナウイルス接触確認アプリは厚生労働省が新型コロナウイルス感染症対策チームと連携して開発したスマートフォン用のアプリであり、“COVID-19 Contact-Confirming Application”の頭文字をとって“COCOA”という名称となっている。

図表 2-8 社会的便益先行型 ICT プラットフォームとの比較マトリクス

出所：筆者作成

		ICTプラットフォーム	
		Yes	No
社会的便益 先行型	Yes	社会的便益先行型 ICTプラットフォーム (SIP) 例) エネルギーマネジメント	例) 昆虫食
	No	例) スマートフォン SNS 着メロ	例) 自転車

## 2.6 小括

本章では、第四次産業革命が進行する今日的に社会的な要請を帯びた人工物と考えられる社会的便益先行型 ICT プラットフォームについて、「社会的便益先行型」×「ICT」×「プラットフォーム」と三要素に分解して捉え、2.2 節でその背景となる ICT の進展とプラットフォーム概念をおさえた上で、2.3 節でソフトウェア優位のネットワーク財の変容可能性について論じた。そして、2.4 節で外部性の理論と社会的ジレンマをはじめとする関係する議論と先行研究を踏まえた上で、2.5 節で社会的便益先行型 ICT プラットフォームを定義し概念化を図った。

社会的便益先行型 ICT プラットフォームは、特に普及過程の初期においては、私的便益にも増して、社会的便益が大きく期待され知覚されるわけであり、社会的便益が私的便益に「先行」することから、本研究では社会的便益「先行」型 ICT プラットフォームと概念化するものである。

社会的便益先行型 ICT プラットフォームの特徴として、三点挙げるができる。第一に、社会的便益先行型 ICT プラットフォームは、最終的には社会全

体、隔々に普及することが、社会的に期待されるものであることである。第二に、それは社会的ジレンマの問題をはらみ、普及の過程の動態は複雑であることである。第三に、それを構成するソフトウェアが持つ「改変・更新可能性」や、ICTの高度利活用であるIoTが持つ機器間の「相互接続性」といった、人工物の境界の恣意性、不安定性を高める特性を持つことである。すなわち、社会的便益先行型ICTプラットフォームは、財の変容可能性と価値の解釈の柔軟性が従来の有形の人工物と比較して高いといえる。



## 3. 先行研究のレビュー

### 3.1 はじめに

本章では、3.2 節で普及過程に係る研究の系譜をおさえた上で、3.3 節で社会と技術の相互作用を論じる技術の社会的構成論、さらには 3.4 節でアクターネットワーク理論について文献レビューを行い、普及過程を分析する上での鍵概念を整理する。そして、本研究で概念化する社会的便益先行型 ICT プラットフォームに研究対象として焦点をあてるにあたり、第 2 章で論じた ICT、特に IoT の進展とプラットフォーム概念、さらには ICT プラットフォームのようなソフトウェア優位のネットワーク財の変容可能性を踏まえた上で、3.5 節で先行研究の残された課題を提示する。

### 3.2 普及理論

普及過程を論じる普及理論の源流となる、エベレット・ロジャース<sup>20</sup>の議論について概観したい。ロジャースは、1962 年に *Diffusion of Innovations* を書き記し、その後の普及理論の研究の進展、成果を組み入れる形で版を重ね、集大成として 2003 年には第 5 版を出版している。ロジャース以降、世界中の多くの研究者によって研究が進展してきているが、普及に影響を与える要因などの本質的部分はロジャースの考えを継承しており、ロジャースを中心としたロジャース学派ともいべき一連の研究群は今日の普及理論の源流を形作っているといえる。

ロジャースは、イノベーションを「個人あるいは他の採用単位によって新しいと知覚されたアイデア、行動様式、あるいは物である」と捉え、それが技術革新だけでなく、新しい消費様式まで含めた広い概念であるとする。そして、コミュニケーションとは、「参加者が相互理解に到達するために、互いに情報を創造し分かち合う過程」とし、「普及はコミュニケーションの特殊な形式の 1 つであり、普及過程の本質は情報の交換である」と捉えられている。「イノベーションの普及過程には、イノベーションとそれについての知識や経験をもっている個人ともっていない個人が存在し、それらを結びつけるのがマスメディアや対人コミ

---

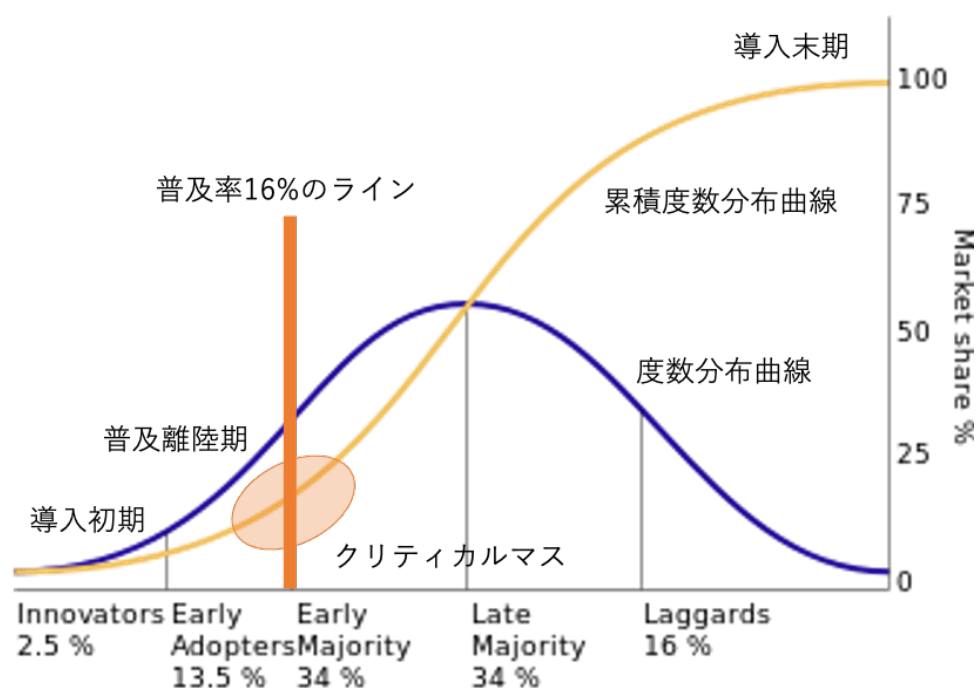
<sup>20</sup> Everett M. Rogers, 1931 年 3 月 6 日-2004 年 10 月 21 日。

コミュニケーションといったチャネルである」と指摘している。

このように、ロジャースは普及過程を「社会的なコミュニケーションのプロセス」と捉え、その「本質は情報の交換である」とした上で、イノベーションの知覚属性として、「相対的優位性」「両立可能性」「複雑性」「試行可能性」「観察可能性」の5つの属性が採用速度の説明に重要な属性として示している。また、鍵概念として、「採用者の革新性」、すなわち、社会システムに属するある成員について、その成員が他の成員よりも相対的に早くイノベーションを採用する度合いに基づいて、図表 3-1 に示すように、採用者を区分し、議論が展開されている。

図表 3-1 普及曲線

出所：Rogers(2003)をもとに一部改変



ここで、普及研究の展開について、普及に影響を与えるとされる3要因に関する研究（直接要因研究）と、それらの要因間において媒介的に働く3要因に関する研究（媒介要因研究）に分類し整理したい。

### 3.2.1 普及の直接要因研究

普及の直接要因研究とは、その要因の変化が直接的に普及に影響を与えると考え

え行われる研究である。以下 3 つに分類して整理する。

(a) 採用対象のモノ・コトの特性に関する研究

Rogers and Shoemaker(1971)は、新しいモノ・コトに 5 つの「知覚されたイノベーション属性」があるとしている。その上で、5 つの「知覚されたイノベーション属性」から普及速度の違いを説明しようと試みている。彼らによると、この 5 つとは、「相対的優位性」「両立可能性」「複雑性」「試行可能性」「観察可能性」である。「相対的優位性」は、イノベーションが他のアイデアよりも良いと知覚される程度である。「両立性」は、イノベーションが過去の経験や欲求と衝突を起こさないと知覚される程度である。「複雑性」は、イノベーションの理解や使用が難しいと知覚される程度である。「試行可能性」は、イノベーションを試しに利用することができる程度である。「観察可能性」は、イノベーションを採用した成果が採用者以外に伝えられる程度である。また、普及速度はイノベーションが採用される相対的速度であり、一定期間に新しいモノ・コトを採用した人数で測定される。これらの変数を用い、複雑性を除く 4 つの属性に普及速度と正の相関関係が見られ、複雑性には普及速度と負の相関関係が見られたと指摘している。そして、この 5 つの属性で普及速度の 49~87%が説明できるとされている。同様の属性研究として、Fliegal and Kivlin(1962)は、11 の属性を設定し、普及速度との関係を分析している。

(b) 採用者の特性（個人／組織）に関する研究

採用者の特性の違いが、普及に影響を与えると考える研究群で、採用者を一定の基準で分類し、採用者の違いから普及の成否や速度の違いを説明する。Rogers and Shoemaker(1971)は、「採用者の革新性」の違いをもとに、採用者を分類した。革新性とは、イノベーションの採用者を、その採用の時期や態度、属性によって分類したものである。採用者は、「革新的採用者」「初期少数採用者」「前期多数採用者」「後期多数採用者」「採用遅滞者」に分けられた。「革新的採用者」は、新しいアイデアを試すことに熱心な人々である。また、不適當なイノベーションの損失に耐え得るだけの財力や複雑な知識を理解する能力があることも条件に挙げられている。「初期少数採用者」は、革新的採用者よりも、社会システムに組み込まれている人々である。また、オピニオンリーダーシップが高く、潜在的採用者が情報やアドバイスを求めることもある。「前期多数採用者」は、革新的採用者や初期少数採用者よりも、採用決定に時間がかかる。また、彼らは、採用が早い人と遅い人の間の連絡役でもある。「後期多数採用者」は、イノベーションに対し

疑い深い人々であるため、社会システムの大多数が採用するまで、採用を決定しない。「採用遅滞者」は、イノベーションを最後に採用する人々である。

一方、採用者の所属する社会やグループの違いが普及に影響を与えるという観点から分析する「社会的シグナル」の研究もある。この研究によれば、人は他者の所属やアイデンティティのような社会的情報を他者のイノベーションの採用から推測する。また、人はイノベーションの採用を通じて、社会的な違いやグループのアイデンティティに関するシグナルを発するとされる。それらのシグナルが、そのグループに憧れを持つ人々に広がり、同じ行動をとらせる。すなわち、同じグループに属したいと考える人々への普及を促進する。一方で、それらのグループとの違いを出すことを求める人々は採用を控えるようになり、普及を阻害することもある (Berger and Heath, 2007; 2008)。

#### (c) 市場環境の特性（社会）に関する研究

ある地点での社会の状況から、その時点以降の普及の説明を試みる研究であり、普及の予測、すなわち、ある時点の普及状況から将来の普及状況の予測を行うことに焦点をあてている。

Bass(1969)は、潜在的採用者を2種類に分けることができるとする。すなわち、一方は対人コミュニケーションに影響を受けて採用を決定する潜在的採用者であり、もう一方はマスメディアコミュニケーションに影響を受けて採用を決定する潜在的採用者である。対人コミュニケーションに影響を受けて採用を決定する潜在的採用者数は、普及過程の前半では非常に多くなるものの、ある時点から徐々に減少するようになる。一方、マスメディアコミュニケーションの影響を受けて採用を決定する潜在的採用者数は、相対的に普及初期に集中するものの、普及過程全体を通じて継続的に存在し続ける。このように、両者への普及の仕方が異なることに着目し、ある時点における普及率およびいくつかの変数から将来時点の普及率を予測するモデルを示した。このモデル (Bass モデル) を基礎に、さまざまな修正や拡張が行われている (石井 1984; Mahajan and Peterson, 1985; 清川 1991; 大内・渡辺 2001)。

### 3.2.2 普及の媒介要因研究

普及の媒介要因研究は、普及過程の媒介要因研究、採用者による意思決定過程、採用者から採用者への伝搬過程の3分類で整理する。

#### (a) 普及過程の媒介要因研究

Utterback(1994)は、新しい財・サービスに「ドミナントデザイン（支配的設計）」が登場することによって、普及が加速することや、普及が失敗することを示している。ドミナントデザインは、「ある市場で広く認められた設計であり、製品そのものがあらかじめ持つ性質ではなく、あくまで普及していく過程の中で形成される」とされる。また、David(1985)によるタイプライターの普及に関する研究では、勝ち残る技術や設計は、それ自体の優劣によるものではなく、歴史的過程によって決まることが示されている。

「ドミナントデザイン」に要因を限定せず、普及が急速に進む時点を「テイクオフ」と呼び、その原因を探る研究もある。Golder and Tellis(1997)によると、「テイクオフ」とは、商品ライフサイクルにおける導入期と成長期を区切るものであり、売上げの劇的な増加が発生する時点である。そして、このテイクオフを前倒しする要因として、商品の値下げや商品カテゴリー、文化的な要因が挙げられている (Tellis et al., 2003; Foster et al., 2004)。

一方で、普及を阻害する要因として、Moore(1999)は、ハイテク製品を対象に、「キャズム」(普及過程の谷)の概念を議論し、後に、「サドル (Saddle)」概念として発展を見せている (Goldenberg et al., 2002)。

#### (b) 採用者による意思決定過程の研究

採用者が新しいモノ・コトの採用を意思決定する過程において、媒介要因が影響を与えた結果、採用の有無が変化し普及も変化すると考える研究である。Rogers(2003)の「オピニオンリーダー」や「チェンジエージェント」といったコミュニケーションチャンネルに関する研究がある。Rogers(2003)によれば、コミュニケーションチャンネルは、普及に影響を与えている。彼は、コミュニケーションチャンネルを対人チャンネルとマスメディアチャンネルに分けて議論している。この対人チャンネルの担い手とされ、他者や組織の態度・行動に影響を及ぼし、望ましい方向へ向かわせる人や組織をオピニオンリーダーと呼ぶ。このような人々はその影響を受ける人々（フォロワー）と比べてマスメディアやチェンジエージェントとの接触や社会参加が多いとされている。

社会システムの内部に存在しながら、他者への影響力を行使するオピニオンリーダーに対し、採用者の所属する社会の外部から影響力を行使する専門家がチェンジエージェントである。チェンジエージェントとオピニオンリーダーは所属する社会が異なるという違いはあるものの、採用者に影響を及ぼす要因であるという点で共通している。このようなオピニオンリーダーの採用に非常に積極的な「イ

ノベーター」(Rogers, 2003) やイノベーションを他社に先駆けて採用し、独自の改良を加えることのある「リードユーザー」(von Hippel, 1986) が存在する。

### (c) 採用者から採用者への伝搬過程の研究

イノベーションが採用者から採用者へ広がっていく過程(伝搬過程)において、媒介的に働く要因があると考えられる研究であり、「ネットワーク外部性」や「クリティカルマス」「ティッピングポイント」に関する議論が含まれる。

ネットワーク外部性は、Katz and Shapiro(1985)において体系化されたもので、普及すること自体によって働く効果である。彼らが定義するネットワーク外部性には3種類ある。第1の効果は直接効果であり、新しいモノ・コトを使用する人の数が、その新しいモノ・コトの実現する使用価値に影響を与えるというものである。第2の効果は間接効果であり、使用者の増加が補完的な商品市場の拡大を促し、市場への参入が増加し、結果として、モノ・コトによって実現される使用価値が高まり、普及を与えるものである。第3の効果はサービス体制の効果であり、商品購入後のサービスの体制などが普及に影響を与えるものである。加えて、Loch and Huberman(1999)は、ネットワーク外部性が働くことによって普及が急速に進む断続的平衡の発生、言い換えると急激な採用者数の増加が起こることを指摘している。

このような急激な普及の進展、あるいは、採用の発生について、「クリティカルマス」や「ティッピングポイント」という概念による説明がなされている。Rogers(2003)によると、「クリティカルマス」とは、普及が加速する点のことである。この概念はネットワーク外部性と関係しており、ある地点までは抑制的に働く効果が、ある地点を越えると促進する要因として働く。その点を「クリティカルマス」と呼ぶ。また、Gladwell(2000)は、急速な変化を生み出す時点を「ティッピングポイント」と呼んでいる。クリティカルマスとティッピングポイントは、いずれも商品そのものや消費者が変化するのではなく、媒介的に働く要因があることで、普及が変化するという点では共通している。

### 3.2.3 共進化と共普及

ロジャースは、技術的イノベーションを取り巻く境界の確定は重要な論点であることを指摘し、識別可能な複数の技術要素より構成される、技術クラスター(イノベーションパッケージ)と同時期に普及するイノベーションの相互依存性への注目を検討している。このイノベーションの相互依存性という文脈で、バックリ

ンらは、スーパーマーケットの UPC (Universal Product Code) とレーザースキャナーをケースに、焦点となるイノベーション (focal innovation) とそれを補完するイノベーション (complementary innovation) の普及を共普及 (Co-diffusion) と名付けて議論を展開している (Bucklin and Sengupta, 1993)。

一方、異なるシステム間の相互作用を指す概念に、共進化 (Co-evolution) がある。共進化は、元々は生物学の概念で、一つの生物学的要因の変化によって別のそれに関連する生物学的要因の変化がもたらされることを指す。ノガードはこの概念を社会システムに適用し、「共進化の概念は進化している 2 つのシステムの間、すべてのフィードバックプロセスを包括するまで拡張できる」と考えた (Norgard, 1984)。そして、この概念は、生物学を援用して定式化された進化経済学をはじめとして、産業組織論やイノベーション研究の重要概念として普及している。

図表 3-2 に示すように、科学と技術の共進化、技術とユーザーの共進化、技術と産業構造、政策との共進化、科学と技術、市場の共進化、技術と文化の共進化といった、さまざまな側面から共進化の研究が進展している。

**図表 3-2 共進化の研究の種類と主要文献**

出所：筆者作成

共進化の研究の種類	主要文献
科学と技術の共進化	Layton, 1971; 1976; Kline and Rosenberg, 1986
技術とユーザーの共進化	Clark, 1985; Lundvall, 1988; Coombs et al., 2001; Oudshoorn and Pinch, 2003
技術と産業構造、政策との共進化	Carlsson and Stankiewicz, 1991; Nelson, 1994; 1995; Leydesdorff, 2000
科学と技術、市場の共進化	Callon et al., 1992; Stankiewicz, 1992
技術と文化の共進化	du Gay et al., 1997; van Dijck, 1998

### 3.3 技術の社会的構成論

本研究で焦点をあてる、社会的便益先行型 ICT プラットフォームは、技術システムである。そして、その普及過程は、ロジャースが論じるように社会的なコミ

コミュニケーションのプロセスと捉えられる。そこで、認識論的には主観（構成）主義的な視座に立脚し、技術革新、技術システムの普及過程における行為者（アクター）の主体性を明示的に取り入れた「技術の社会的構成」(Social Construction of Technology: SCOT) (Pinch and Bijker, 1984; 1986; 1987; Bijker et al., 1987; Bijker, 1987; 1992; 1993; 1995a; 1995b; Bijker and Law, 1992 ; Law and Bijker, 1992) や「技術の社会的形成」(Social Shaping of Technology: SST) (Williams and Edge, 1996; MacKenzie and Wajcman, 1999; 原 2007; 宮尾 2011; 2013; 2016) の議論に注目したい。これらの議論は、「技術決定論」に対する批判を中心に展開されてきている。

ピンチとバイカーの「技術の社会的構成」も「社会決定論」であり、技術は社会的な産物であって、社会システムの規範や価値観の影響を受けるとする。そして、「技術フレーム」や「社会技術アンサンブル」の概念が導入されている。「技術の社会的構成論」の主唱者であるピンチとバイカーの議論 (Pinch and Bijker, 1987; Bijker, 1987; 1992; 1993; 1995a; 1995b) では、「社会的に構成された技術」という視座を基礎に置く理由として、次の2つを挙げている。1つは、発明や技術革新は「天才的な」個人によって生み出されるとしても、その功績は個人を取り巻く社会的関係と独立したものではないこと。第2に、ある技術の確立には技術者だけではなく、販売担当者から消費者、あるいは政府といった社会の構成員が幅広く関与していることである。これら2点から、技術者個人の能力や、あるいは技術者のコミュニティといった狭い社会の状況のみからその過程は分析されないことになる。さらには、人工物としての技術が社会的に構成される過程を経ると考えることから、技術決定論のように、ある技術が合理的な経路に沿って選択されたという目的論に基づく事後的な説明も排除される。説明すべきことは、技術革新、普及が成功した要因ではなく、その過程でありメカニズム全体とされる。結果的に確立した技術は社会的に要求されていた何らかの必要条件は満たしていたとしても、十分条件を満たしているわけではないと考えるのである。

技術の社会的構成論の中核的な概念に、「解釈の柔軟性 (interpretative flexibility)」がある。技術の社会的構成論では、利用法や解釈といった人工物に関わる知識は先験的に存在するのではなく、関係する行為主体間の相互作用を通じて事後的に形成されるという立場をとる。そのため、人工物に対する解釈や意味づけは、技術固有の性質といった絶対的な根拠の上に成立しているのではなく、原理的には人々の間で共有されているにすぎないことである。バイカーらは、このような人工物としての技術に対する多様な解釈の存在を「解釈の柔軟性」と呼んでいる。ただし、解釈の柔軟性という概念は、単に人工物に対する解釈が柔軟

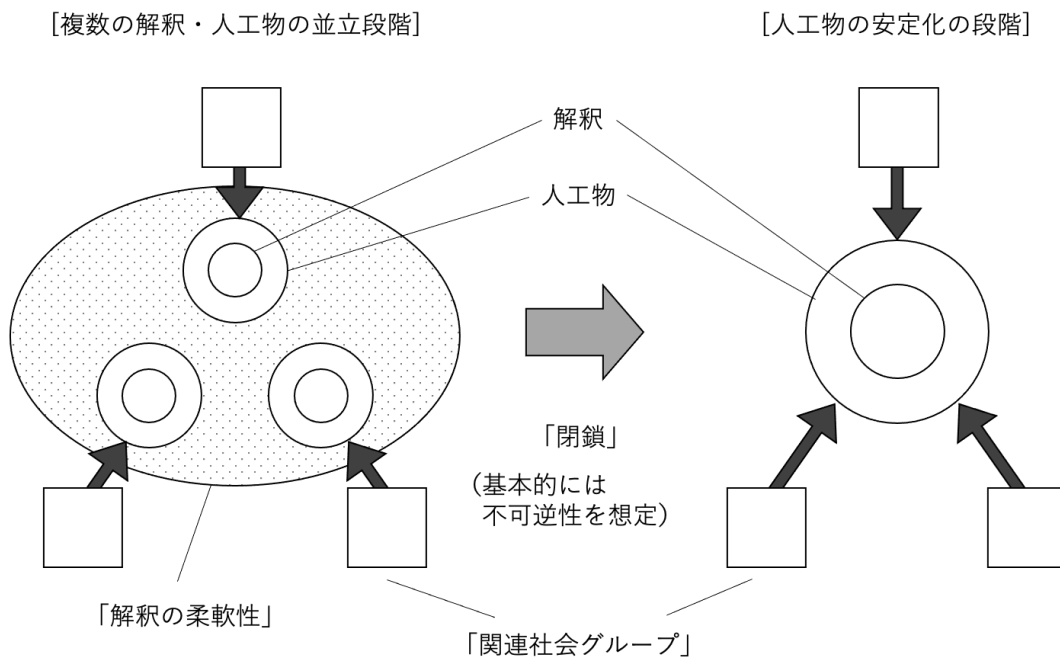


であるという観念的な問題のみならず，その人工物の設計（design）に関する柔軟性も意味している（Pinch and Bijker, 1987）。そして，技術の歴史的な発展過程の分析において，人々の間で，ある人工物に対する支配的な解釈が出現することで，解釈の柔軟性が低下することを「閉鎖（終結）（closure）」と呼び，ある解釈に基づく特定の人工物が支配的になり，その開発が進むことを「安定化（stabilization）」とした。いったん「閉鎖」が生じれば，実際には支配的になったものとは異なる解釈や設計をとることは困難になるとされる。また，バイカーらは，ある人工物としての技術に対して特定の解釈を与える基盤となる集団を「関連社会グループ（relevant social group）」と呼んでいる。関連社会グループは，特定の人工物に対して独自の問題群を提示する機能を果たす。

図表 3-3 には，「解釈の柔軟性」や「閉鎖」といった，バイカーらの議論における主要な要素の関係が，図式として示されている。このような解釈の固定化による技術の発展を，社会的な諸要因によって人工物が選択されていく進化的な過程として，バイカーらは捉えた。そして，バイカーは自転車について厚い叙述を特徴とする事例分析を行なっている（Bijker, 1995b）。

図表 3-3 人工物としての技術の「閉鎖」と「安定化」

出所：加藤(2011b)P.165 をもとに一部改変



この他にも、大陸間弾道ミサイルの慣性誘導装置 (MacKenzie, 1990) やモーグシンセサイザー (Pinch and Trocco, 2004) をはじめとする研究蓄積がされている。

また、「技術の社会的形成」については、原(2007)では、研究アプローチとして、「技術の社会的形成アプローチ」8要件が定式化されている。(1) 主体の解釈・行動・相互作用, (2) 物的存在の作用や制約, (3) 人々の行為を制約している社会的趨勢, 市場構造, 政策・規制, 取引慣行といった構造的要因の3点を議論の対象に, これらの相互作用プロセスを事例研究の対象として再構築し, 実践的なインプリケーションを引き出そうと試みられている。

### 3.4 アクターネットワーク理論

アクターネットワーク理論 (Actor Network Theory: ANT) も, 元来は科学技術社会論 (STS) において発展してきたもので, カロンのアクターネットワークアプローチをカロン, ラトゥール, ローらが技術や技術システムに応用したものである。技術開発の過程において, 人間とそれ以外を分けるのではなく, 人間だけでなく生物・無生物, 自然物も多様なアクターとして同等に扱い, それらが相互に影響を及ぼすネットワークを構成して技術の社会的な導入に影響を与えるとする考え方である。アクターネットワーク理論は, 科学技術に留まらず, 広く人間社会に関わる一般理論と考えられるが, 技術に関しては, 「技術決定論」と「社会決定論」が各々, 技術と社会という二項対立を前提とし, 片方が他方を支配する図式に立脚していることを批判している。

アクターネットワーク理論では, 人間だけでなく非人間も固有の目的をもったアクター (エージェントあるいはアクタント) であり, それらが互いに関係しながら第3のエージェントを形成し, そこで元々のエージェントがもっていた目的が「翻訳 (translation)」され, さまざまな新しい目的を生む可能性が生じるとされる (Callon and Law, 1995; Latour, 1987; 1999a; 1999b; 2005)。ここで, 翻訳は, 「あるアクターが他のアクターを取り込むための方法」とされる (Callon, 1986)。

Callon(1980)は, 事例として, フランスにおける電気自動車 (VEL<sup>21</sup>) の開発頓挫を取りあげている。電気自動車用の燃料電池を構成する要素の1つである水

---

<sup>21</sup> “VEL” は, “Véhicule électrique” の略語である。

素イオンは「モノ」であるが、アクターワールドにおいては、政府や企業のような人的要素と同様のアクターとなり、目的と役割をもつ存在となる。そして、代弁者となるアクターのフランス電力 EDF<sup>22</sup>による翻訳によって、水素イオンはより安い触媒を求めるアクターとして働くとされる。

松嶋(2006)は、「現実には、あるアクターの翻訳に関わる実践は、成功や失敗を繰り返しながら、ネットワークを更新し続けていく」とし、「ある時点において抱かれた問題化のもとでなされる翻訳がさらなる問題化を作り出し、そのことが更なる翻訳を生み出す。翻訳には、このように翻訳者のアイデンティティが再起的に変容していくダイナミズムが存在する」と論じている。

アクターネットワーク理論では、Callon(1980)の電気自動車以外にも、帆立貝の養殖技術(Callon, 1986)、電気自動車(Callon, 1986)、地下鉄の制御系(Latour, 1996)、ジェットエンジン(Law, 2002)など、さまざまな技術システムに応用されている。

アクターネットワーク理論においては、翻訳の概念で、普及への参加者(アクター)が相互的で連続的に影響を及ぼしあう過程を議論している。そこでは、製品の価値はアクターと他の諸アクターが結びつくネットワークの中で、さまざまな価値に翻訳されていく。技術に対する価値づけは、アクターが行う実践において多様であり、それらは時間の経過の中で変化する可能性がある、とされている。

### 3.5 残された課題

従来の普及理論では、普及過程における分析の焦点は普及対象集団の「採用」にあり、そこでは「採用者の革新性」が鍵概念とされた。また、普及対象の境界の確定は重要な論点と指摘されている(Rogers, 2003)ものの、今日的な人工物であるICTプラットフォームを構成するソフトウェアが持つ「改変・更新可能性」や、ICTの高度利活用であるIoTが持つ機器間の「相互接続性」といった、技術システムの境界の恣意性、不安定性を高める特性は、技術システムの価値の解釈の柔軟性をもたらすものであるにもかかわらず、そうしたICTプラットフォームの「改変・更新可能性」や「相互接続性」を考慮した分析、議論が十分になされてきたとは言い難い。

こうしたことを踏まえ、本研究は、私的便益に優先することも厭わず社会的課

---

<sup>22</sup> “EDF”は、“Électricité de France”の略語である。

題の解決を志向する社会的便益先行型 ICT プラットフォームの普及過程の価値の解釈の動態を可視化し、価値の解釈の安定化の過程を概念モデル化することを目的とする。

ミクロの個別的合理性とマクロの社会全体における集団的合理性が一致しないという社会的ジレンマの問題をはらみ、さらには、人工物としての境界の恣意性、不安定性が高い社会的便益先行型 ICT プラットフォームは、第四次産業革命が進行する今日的に社会的な要請を帯びた人工物であり、かつ、ソフトウェア優位であり、その解釈の動態は、従来のハードウェアを主体とした技術システムと比較して、複雑性が増しており、共進化・共普及の対象となる候補は無数に存在すると考えられ、その動態の可視化と従来の普及理論の社会的便益先行型 ICT プラットフォームへの拡張可能性を論じること、すなわち、どのような共進化・共普及の過程が進行しているのかを解き明かすことは意義深いと考える。

### 3.6 小括

本章では、3.2 節で普及過程に係る研究の系譜をおさえた上で、3.3 節で社会と技術の相互作用を論じる技術の社会的構成論、さらには 3.4 節でアクターネットワーク理論について文献レビューを行い、普及過程を分析する上での鍵概念を整理した。そして、本研究で概念化する社会的便益先行型 ICT プラットフォームに研究対象として焦点をあてるにあたり、第 2 章で論じた ICT、特に IoT の進展とプラットフォーム概念、さらには ICT プラットフォームのようなソフトウェア優位のネットワーク財の変容可能性を踏まえた上で、3.5 節で先行研究の残された課題を提示した。

従来の普及研究では、普及過程における分析の焦点は普及対象集団の「採用」にあり、そこでは「採用者の革新性」が鍵概念とされた。また、普及対象の境界の確定は重要な論点と指摘されている (Rogers, 2003) もの、今日的な人工物である ICT プラットフォームを構成するソフトウェアが持つ「改変・更新可能性」や、ICT の高度利活用である IoT が持つ機器間の「相互接続性」といった、技術システムの境界の恣意性、不安定性を高める特性は、技術システムの価値の解釈の柔軟性をもたらすものであるにもかかわらず、そうした ICT プラットフォームの「改変・更新可能性」や「相互接続性」を考慮した分析、議論が十分になされてきたとは言い難い。

こうしたことを踏まえ、本研究は、私的便益に優先することも厭わず社会的課

題の解決を志向する社会的便益先行型 ICT プラットフォームの普及過程の価値の解釈の動態を可視化し、価値の解釈の安定化の過程を概念モデル化することを目的とする。

ミクロの個別的合理性とマクロの社会全体における集団的合理性が一致しないという社会的ジレンマの問題をほらみ、さらには、人工物としての境界の恣意性、不安定性が高い社会的便益先行型 ICT プラットフォームは、今日的に社会的な要請を帯びた人工物であり、かつ、ソフトウェア優位であり、その解釈の動態は、従来のハードウェアを主体とした技術システムと比較して、複雑性が増しており、共進化・共普及の対象となる候補は無数に存在すると考えられ、本研究ではその動態の可視化と従来の普及研究の ICT プラットフォームへの拡張可能性を論じる。

## 4. リサーチクエスションと研究方法

### 4.1 はじめに

本章では、第2章で概念化される社会的便益先行型 ICT プラットフォームの普及過程について本研究において分析するにあたり、4.2 節で本研究の位置づけを整理した上で、第3章で先行研究をレビューする中で明らかにした事項や残された課題をもとに、4.3 節でリサーチクエスションを設定するとともに、4.4 節以降でそのリサーチクエスションに答えるための研究方法を提示する。研究方法については、4.4 節で本研究で採用するトライアングレーションのアプローチについて述べる。そして、4.5 節で方法論としてのテキストマイニングについて、その特徴と分析の流れを述べるとともに、4.6 節で本研究における人工物の価値、および社会的便益先行型 ICT プラットフォームの財の特性を考慮した分析フレームワークを提示し、共起ネットワーク分析と多変量解析の手法である対応分析の原理をおさえた上で、対応分析を援用した価値の解釈の安定化の評価法を提案する。また、本章では第5章と第6章で取りあげる事例の選定理由について述べる。

### 4.2 本研究の位置づけ

図表 4-1 に本研究の位置づけを従来の普及理論と対比して示す。

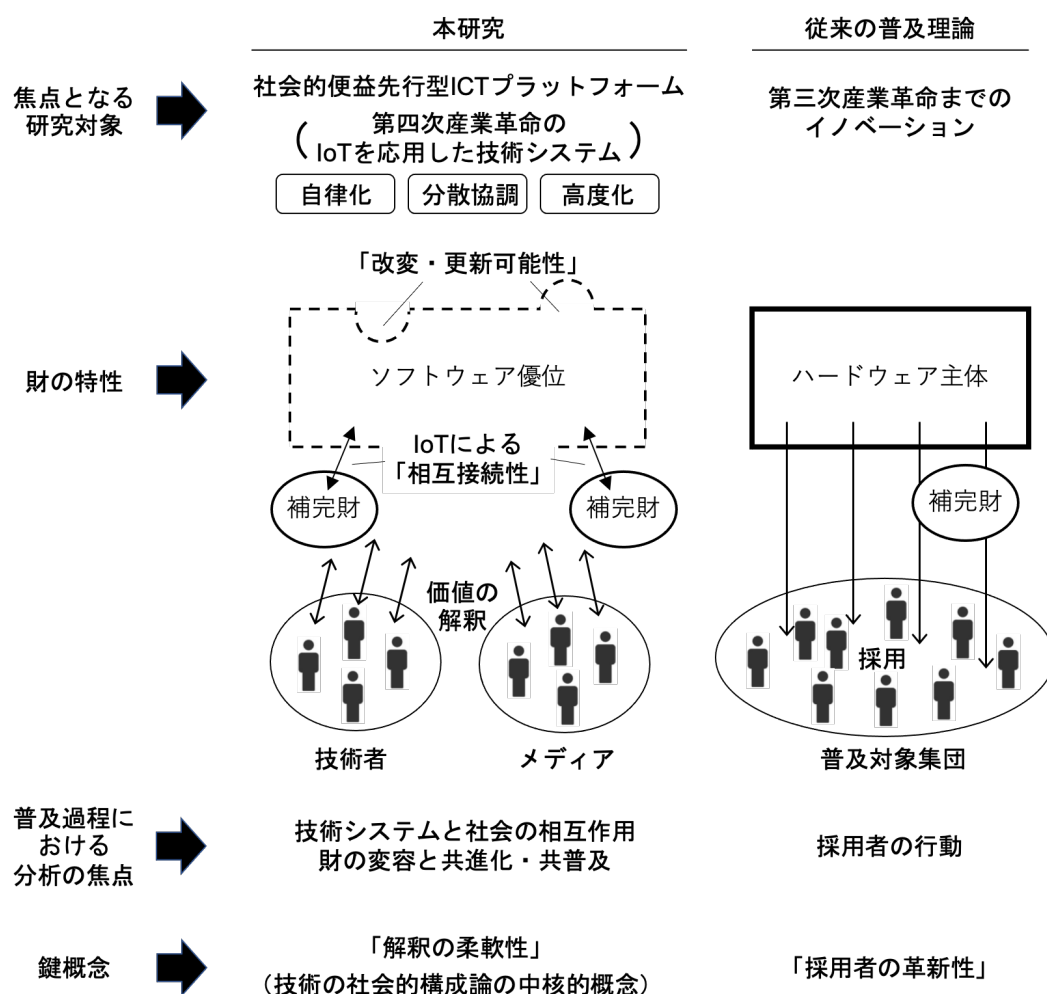
従来の普及理論の中心的人物であるロジャースは大学院で農村社会学を専攻し、農村コミュニティにおける農業イノベーションの普及分析を起点として、普及研究が発展し、研究蓄積がなされてきている。その中には、インターネットや携帯電話などの ICT の普及に関する研究蓄積も含まれる。このように、従来の普及理論は、研究対象として第三次産業革命までのイノベーションに焦点があてられてきたといえる。財の特性としてはハードウェア主体であり、財の変容のパラメータ数は限定的である。そのため、財の変容よりも普及対象集団における採用者の行動に分析の焦点が当てられてきた。Rogers(2003)の「採用者の革新性」を鍵概念に、普及対象集団の「採用」に分析の焦点があてられてきたといえる。より具体的には、普及対象のイノベーションが普及対象集団に採用されていく速度、言い換えれば、当該イノベーションの普及速度とその速度に影響を与える要因の

分析に主たる関心があったといえる。

一方、本研究において、焦点となる研究対象は、第2章で概念化した社会的便益先行型 ICT プラットフォームであり、これは今日的な人工物であり、すなわち、第四次産業革命の IoT を応用した技術システムである。ICT プラットフォームはソフトウェアが優位な技術システムであり、ICT プラットフォームを構成するソフトウェアが持つ「改変・更新可能性」や、ICT の高度利活用である IoT が持つ機器間の「相互接続性」といった、技術システムの境界の恣意性、不安定性を高める特性は、技術システムの価値の解釈の柔軟性をもたらすものである。そこで、本研究では、社会と技術の相互作用を論じる技術の社会的構成論の中核的な概念

図表 4-1 本研究の位置づけ

出所：筆者作成



の「解釈の柔軟性」に依拠し、技術者とメディアの価値の解釈の動態に焦点をあてる。

### 4.3 リサーチクエスチョン

本研究は、私的便益に優先することも厭わず社会的課題の解決を志向する社会的便益先行型 ICT プラットフォームの普及過程の価値の解釈の動態を可視化し、価値の解釈の安定化の過程を概念モデル化することを目的とし、リサーチクエスチョン (research question: RQ) を以下のように設定する。

RQ 社会的便益先行型 ICT プラットフォームの普及過程において、財の変容と価値の解釈の安定化はどのような動態を示すのか。

社会的便益先行型 ICT プラットフォームを構成するソフトウェアが持つ「改変・更新可能性」や、ICT の高度利活用である IoT が持つ機器間の「相互接続性」といった、技術システムの境界の恣意性、不安定性を高める特性は、技術システムの価値の解釈の柔軟性をもたらすものである。

Pinch and Bijker (1987)は、技術の歴史的な発展過程の分析において、人々の間で、ある人工物に対する支配的な解釈が出現することで、解釈の柔軟性が低下することを「閉鎖 (終結) (closure)」と呼び、ある解釈に基づく特定の人工物が支配的になり、その開発が進むことを「安定化 (stabilization)」とした。本研究では、「価値の解釈の安定化」とは、対象となる財に対して社会における価値の解釈がさまざまに並存している状態からより収斂した状態に遷移していることを指す。ただし、収斂していくことは、財が多様な価値を有する、すなわち、価値の多様性があることとは両立するものである。例えば、スマートフォンは、携帯情報端末の PDA<sup>23</sup>を源流とするが、世界初の PDA とされる「アップル・ニュートン (Apple Newton)」はスケジュール管理機能や住所録といった個人情報管理の PIM<sup>24</sup>機能に加えて、メモ帳や電卓、さらには、カメラ機能も備え、インターネットに接続し、ウェブサイトの閲覧やメールの送受信も可能であったが、アプリマーケットはなく通話機能も備えていない。その後に登場したスマートフォンは、iOS と Android いずれもアプリストアが用意され、世界中のソフトウェア開発者

<sup>23</sup> “PDA” は、“Personal Digital Assistant” の略語である。

<sup>24</sup> “PIM” は、“Personal Information Management” の略語である。



がこぞってスマートフォン向けのアプリ開発に注力することで、世の中に流通するアプリ数は等比級数的に拡大し、多様なアプリがあることがスマートフォンの価値の中核となっており、アプリストアでさまざまなアプリが提供される財としてスマートフォンは価値の解釈の安定化が進み、普及が進展したと考えられる。

本研究で分析の対象とする社会的便益先行型 ICT プラットフォームは通信機能を有したネットワーク財であり、以下で、このリサーチクエスチョンを、ネットワーク財同士の相互作用と共進化・共普及、補完財との相互作用と共進化・共普及、ネットワーク財自体の変容と価値の安定化の3つの観点で掘り下げ、RQ1, RQ2, RQ3 の3つのリサーチクエスチョンを提示する。

#### 4.3.1 ネットワーク財同士の相互作用と共進化・共普及

人工物として複数の解釈・人工物が並立する段階では、その財は関連社会グループ毎に異なる解釈・人工物が併存する。そうした複数の解釈・人工物が並立する普及過程において、財同士の相互作用と財同士の共進化・共普及が第一の論点である。RQ1 はこの第一の論点に基づくリサーチクエスチョンである。

RQ1 社会的便益先行型 ICT プラットフォームの普及過程において、どのように財同士で相互作用し共進化・共普及するのか。

#### 4.3.2 補完財との相互作用と共進化・共普及

社会的便益先行型 ICT プラットフォームはネットワーク財であり、さまざまな補完財と関連し価値を提供する。ネットワーク財である ICT プラットフォームと補完財との相互作用と共進化・共普及が第二の論点である。RQ2 はこの第二の論点に基づくリサーチクエスチョンである。

RQ2 社会的便益先行型 ICT プラットフォームの普及過程において、どのように補完財と相互作用し共進化・共普及するのか。

#### 4.3.3 ネットワーク財自体の変容と価値の安定化

社会的便益先行型 ICT プラットフォームを構成するソフトウェアが持つ「改変・更新可能性」により、ネットワーク財自体が変容するポテンシャルが高い。

このようなネットワーク財自体の変容と価値の安定化が第三の論点である。RQ3はこの第三の論点に基づくリサーチクエスチョンである。

RQ3 社会的便益先行型 ICT プラットフォームは、ICT の技術進歩と社会との相互作用により、どのように財を変容し、その過程で価値の解釈の安定化がどのような動態を示すのか。

#### 4.4 トライアングレーション

社会科学におけるトライアングレーション（三角測量分析）は、デンジンが提唱したもので、方法論を複数化することで、質的研究の妥当性を高める方法として提案された（Denzin 1970; 1978; 1989）ものであり、4つの基本的なトライアングレーションの視角が提唱されている。すなわち、1) データそのものを多元化する三角測量、2) 調査者を複数化する三角測量、3) 分析につかう理論の多元化、4) 方法論の多元化である。

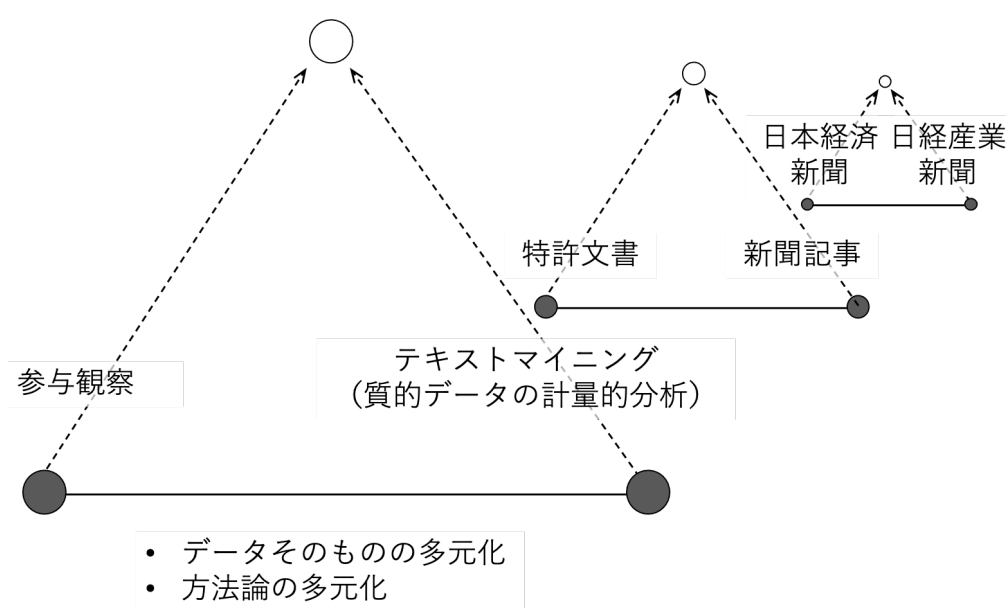
本研究では、前節で設定したリサーチクエスチョンの答えを見出すべく、参与観察を含む調査分析と質的データの計量的分析であるテキストマイニングを行うことで、1) データそのものを多元化する三角測量と4) 方法論の多元化のトライアングレーションを採用する。テキストマイニングについては、対象データとして、特許文書と新聞記事を採用し、データの多元化を行う。これは、図表 4-2 に示すように、言うなれば、トライアングレーションの入れ子構造である。

なお、筆者はパナソニック株式会社に在籍し、2009年4月より中国天津市の中新天津生態城（中国・シンガポール天津エコシティ）の HEMS と CEMS の開発プロジェクトに従事したことを皮切りに、エネルギー管理システムの技術開発と事業開発、およびエネルギー管理システムの補完財となる、スマート家電、太陽光発電に関するサービス開発、事業開発・事業推進に従事し、2017年4月からはバーチャルパワープラントの事業開発に従事している。当該事業開発の一環で、2016年度から2020年度を最終年度とする5カ年の国家プロジェクト「需要家側エネルギーリソースを活用したバーチャルパワープラント構築実証事業費補助金（VPP 構築実証）」にも関与している。そして、筆者はこれまで自身が発明者として日本国特許庁に出願した101件を含め、グローバルに213件の特許出願を行っており、そのうち57件はエネルギー管理システムやバーチャルパワープラントを含むエネルギーソリューションに関する特許であ

る。このように、筆者はエネルギーマネジメントの普及過程の 2009 年から現在に至るまでの長期間に渡って、エネルギーマネジメントシステムとバーチャルパワープラントを扱うメーカー企業の技術開発と事業開発の現場で参与観察を行ってきた。筆者の所属部署と業務内容のエネルギーマネジメントとの関わりについて巻末の付録(1)に示す。

図表 4-2 本研究におけるトライアングレーションの入れ子構造

出所：筆者作成



## 4.5 方法論としてのテキストマイニング

ここで、方法論としてのテキストマイニングについて、その源流となる内容分析から自然言語処理の進展、および、テキストマイニングの分析フローについて論じる。

### 4.5.1 内容分析

内容分析 (content analysis) は、テキストや音声、映像などさまざまな質的データを分析するための方法である。内容分析では多くの場合、データをカテゴリ

一に分類し、各カテゴリーに分類されたデータの個数を数え上げるといった、計量的分析を行う。内容分析は、第二次世界大戦の前後に方法論がまとめられたものの、その後も継続的に議論、検討がなされている。Barelson(1952)は、内容分析を「表明されたコミュニケーション内容の客観的・体系的・数量的記述のための調査技術」と定義している。このような単なる記述 (description) の方法から、推論 (inference) の方法として定義されるように変遷を遂げ、Krippendorff(1980)は、内容分析を「データをもとにそこから文脈に関して再現可能でかつ妥当な推論を行うための1つの調査技法」と定義している。

内容分析は、マスコミュニケーション研究における利用が多いものの、方法論が洗練されるとともに、多岐にわたる分野で用いられるようになった。この内容分析の特長としては3点指摘できる。

第一に、コミュニケーションは、人間関係や社会を成り立たせるためには不可欠であり、人間の社会的な活動の中核をなしている。そしてコミュニケーション内容は、その内容を送り出した側や、その内容を受け取る側の状況を探るための、豊かな情報源となる。コミュニケーション内容を分析するための方法である内容分析は、分野を問わず、多様な研究に応用できる (Riffe et al., 1998)。

第二に、内容分析は長期間にわたって保存・蓄積されてきた「内容」を分析対象とできる。100年前から現在に至るまでの文書資料を収集、分析することは可能であっても、100年前にさかのぼって質問紙調査・インタビュー調査を実施することは言うまでもなく不可能である。

第三に、内容分析は、実験法や質問紙調査と比較して、データを生み出す状況に加わる束縛が少ない。したがって、そうした束縛によってデータの妥当性を損なう危険性が低い。

#### 4.5.2 自然言語処理の進展とテキストマイニング

コンピューターによってテキストを処理する技術、学術分野は自然言語処理として発展している。

自然言語処理の技術は機械翻訳を中心に発展を遂げてきており、1980年頃、日本では日本の科学技術論文を英語に翻訳する日英翻訳システムの開発が盛んであった。その後、1990年代には、日本語の文を単語に分割し、品詞や活用などの解析をするシステムである日本語形態素解析の研究開発が本格化する。初期の形態

素解析システム JUMAN<sup>25</sup>が人手により作られた辞書や規則をベースに開発され、その JUMAN の Version 2.0 をもとに、形態素解析器 ChaSen（茶筌）<sup>26</sup>が開発された。ChaSen は、人手によらず統計的な手法によって、自動的にコスト推定する点が当時革新的とされた。また、日本語の係り受け解析技術も発展し、係り受け解析器 KNP<sup>27</sup>が発表された。2000 年代になると、ChaSen をもとに MeCab（和布蕪）<sup>28</sup>が開発された。MeCab は、汎用性の高さや解析速度の速さ、高い解析精度を特徴とし、今日、最も広く使われている日本語形態素解析エンジンといえる。

そして、1990 年代後半には、インターネットの発展により、扱う言語データが膨大な量になるとともにコンピューターの記憶容量や性能が目覚ましい向上を受けて、確率統計モデルを用いた自然言語処理の統計的自然言語処理が登場している。

こうした自然言語処理の進展の中で、確率統計手法を用いて、大量のテキストから有用な情報、知識を抽出する技術として、また、言語自体の処理よりも「有用な情報を引き出すこと」に重点が置かれ、テキストマイニングが発展するに至っている。

テキストマイニングとは、広義には、「現実世界に関わる有用な知識発見の技術の総称」であり、検索、クラスタリング、分類などの要素技術を含んだ概念である。昨今、企業のさまざまな実務の現場において、テキストマイニングが活用されている。企業が収集した「お客様の声」を解析し、そこに含まれる単語を洗い出したり、肯定的・否定的な意見に分類したり、その数を統計処理するなどはその典型例である。

#### 4.5.3 社会科学におけるテキストマイニングの展開

前述のように、テキストマイニングは、企業の実務の現場にて活用が進んでいるが、もともと内容分析が第二次世界大戦前後に、マスコミュニケーション研究

---

<sup>25</sup> JUMAN は京都大学および奈良先端科学技術大学院大学において開発され、現在は京都大学大学院情報学研究科の黒橋・楮・村脇研究室で開発されており、最新版の Version 7.0 が公開されている。(https://nlp.ist.i.kyoto-u.ac.jp/?JUMAN)

<sup>26</sup> ChaSen は奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科の松本研究室で開発された形態素解析器である。

<sup>27</sup> KNP は京都大学大学院情報学研究科の黒橋・楮・村脇研究室で開発されたものである。

<sup>28</sup> MeCab は京都大学大学院情報学研究科と日本電信電話株式会社 NTT コミュニケーション科学基礎研究所の共同研究において開発されたものである。

においてなされ、さまざまな分野、局面で実践されてきたように、テキストマイニングは、さまざまな社会科学研究において活用されるに至っている。近年の研究では、松井は、マスメディアの雑誌記事のテキストマイニングにより、「癒し」という言葉の意味変容を追っている(松井 2004a; 2004b; 2012; 2013a; 2013b)。樋口は、社会調査データを対象に、Web 早期採用への学歴の効果を検討し、普及初期には学歴の効果が大きいことを明らかにしている(樋口 2013)。また、小峯は、経済学史研究にテキストマイニングを適用し、経済学が人々の間にどのように浸透し、受容されていったかを明らかにすることを試みている(小峯 2021)。このように、テキストマイニングの分析対象は、学術研究の世界にも広がりを見せている。

#### 4.5.4 テキストマイニングの分析フロー

Feldman and Sanger(2007)によると、「機能的なレベルでは、テキストマイニングシステムは一部の古典的なデータマイニングのアプリケーションと同じく、(a)前処理、(b)マイニング処理、(c)プレゼンテーション層のコンポーネントとブラウジング機能、(d)改良機能の4つに分けられるモデルに従う」とされる。ここでは、これを踏襲し、テキストマイニングの分析フローを、(1)テキスト収集の段階、(2)前処理の段階、(3)マイニングの段階、(4)後処理の段階の4つに分けて捉えることとする。

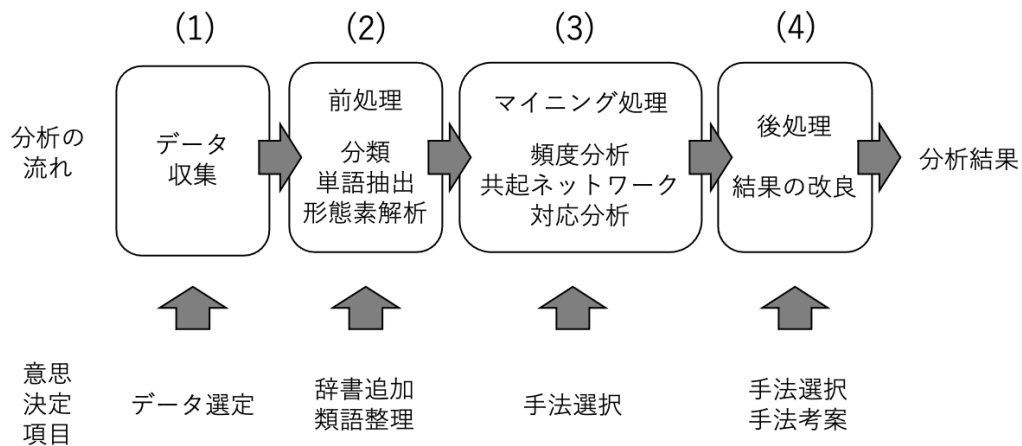
図表 4-3 は、テキストマイニングの分析フローとテキストマイニングの分析実行者が行う必要のある作業や意思決定を表したものである。

テキストマイニングの第一段階は、分析に使用するデータとしてテキストを収集することである。この段階でテキストマイニングの分析実行者は、どのテキストを分析の対象とするのかを決定する。本研究では、エネルギーマネジメントに関する特許文書データと新聞記事データを分析の対象として選定する。

テキストマイニングの第二段階では、収集したテキストを分析するために、前処理として、データの成形、数値化を行う。形態素解析により、文章を単語と出現情報(数値情報)として整理する。テキストは、各単語(名詞、動詞、形容詞など)が、役割(主語、述語、修飾語など)をもって並んだ状態にある。これらの情報を機械(コンピューター)が読み取り、また、統計学の手法を利用して開発されたマイニング手法を適用すべく、テキストを各単語単位で分割し数値化する。

図表 4-3 テキストマイニングの分析フロー

出所：筆者作成



テキストマイニングの第三段階では、第二段階で数値化したテキストをもとに、「頻度分析」「共起ネットワーク」「対応分析」などの各種分析手法を利用し、分析を行う。

テキストマイニングの最終段階は、マイニングの分析結果をもとに、さらなる手法の改良、追加分析を行うことである。

## 4.6 人工物の価値とその分析視角

### 4.6.1 人工物の価値

森崎(2018)は、「価値」を、「制度をはじめとする所与の『フレーム』によって認識され、評価されるものとして捉えるのではなく、『フレーミング』、つまり『価値づけ』という実践のなかで生成されるもの」として捉えている。本研究では、実践において構築されているものとして人工物の「価値」を捉え、分析する。

本研究で扱う人工物の価値は、第一に、過程としての価値である。すなわち、誰かあるいは何かが保有している事物としての価値ではなく、操作、行動、過程としての価値である。また、第二に、社会と不可分の、社会と独立には存在しえない価値である。すなわち、人とモノのネットワーク、相互作用にささえられた価値である。

#### 4.6.2 ICT プラットフォームに対応した分析フレームワーク

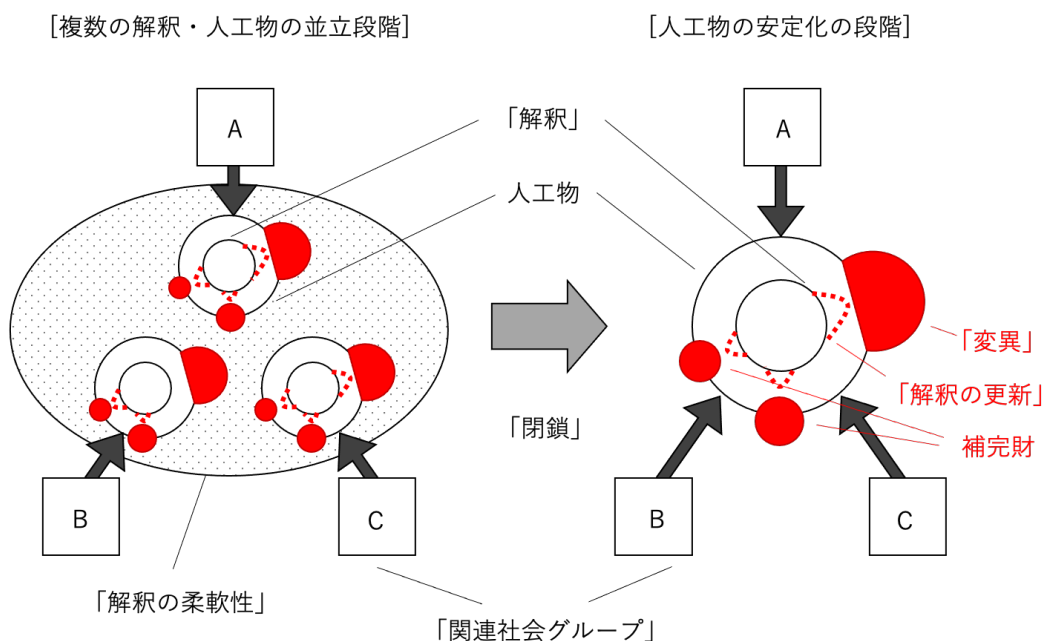
ICT の技術進歩と社会的課題の深刻化が相まって、ICT を利活用したプラットフォームが社会的課題の解決に資することを期待され、さまざまな領域で社会実装、普及が進展している。こうした人工物の普及過程においては、普及へのさまざまな参加者（アクター）がさまざまな目的をもちながら関与し、さまざまな価値に解釈されながら普及する。本研究で取りあげるエネルギーマネジメントの普及過程における価値の解釈の動態について可視化、議論する上で、「技術の社会的構成論」のバイカーらの議論における主要な要素である、「解釈の柔軟性」「閉鎖」「安定化」の関係を示す図式をもとに、人工物が ICT プラットフォームの場合の拡張フレームワークを図表 4-4 に提案する。

ICT プラットフォームを構成するソフトウェアが持つ「改変・更新可能性」や、ICT の高度利活用である IoT が持つ機器間の「相互接続性」といった、人工物の境界の恣意性、不安定性を高める特性は、人工物の価値の解釈の柔軟性をもたらす。図表 4-4 に示す概念モデルは、そうした ICT プラットフォームの「改変・

図表 4-4 本研究で提案する拡張フレームワーク

(ICT プラットフォームの境界の不安定性と価値の解釈のフレームワーク)

出所：筆者作成





更新可能性」や「相互接続性」による人工物の境界の不安定性を人工物の「変異」として捉える。また、補完財との共普及（Co-diffusion）による境界の不安定性も取り込むものである。

#### 4.6.3 共起ネットワーク分析の原理

テキストマイニング分析において、共起の程度が強い語と語の関係を抽出し、分析するのが、共起ネットワーク分析である。すなわち、共起ネットワークとは、共起の程度が強い語と語、言い換えると、「文書」内で出現パターンが類似している語と語を線で結んだものである。したがって、線でつながっていることが語と語の共起を示す。共起の強弱は Jaccard 係数<sup>29</sup>で評価することができる。Jaccard 係数は集合の類似度を測る指標であり、ある 2 つの集合に含まれている要素のうち共通要素が占める割合を表している。この Jaccard 係数の値は 0 から 1 の間をとり、Jaccard 係数が大きいほど当該 2 つの集合は類似度が高いといえる。テキストマイニング分析においては、Jaccard 係数は、ある語 A とある語 B のどちらかもしくは両方を含む「文書」のうち、語 A と語 B の両方を含む「文書」の割合を指す。

#### 4.6.4 対応分析の原理

本研究での分析に用いる対応分析（Correspondence Analysis）は、フランス語の「analyse des correspondances」の翻訳であり、1960 年代にフランスのジャン＝ポール・ベンゼクリ（Jean-Paul Benzecri）によって提唱され、1970 年代以降に広まった統計分析手法である。これは、数量としては収集されていないデータを数量化する手法である。クロス表の行と列に対して、ある方法で数量化を施し、それをグラフに同時布置することで対象の構造に迫る。度数テーブルの行と列の関係を、共通の低次元空間におけるポイントとして、グラフィカルに提示する記述的多変量解析法である。

対応分析の第一の目的は、元データの重要な情報を失うことなくより単純なデータ行列に変換することによって、複雑なデータ行列の構造を明らかにすることにある。このことは、「ノイズ」つまり冗長な情報を除去するということを意味している。対応分析の第二の目的は、処理結果を視覚的に提示することである。つ

---

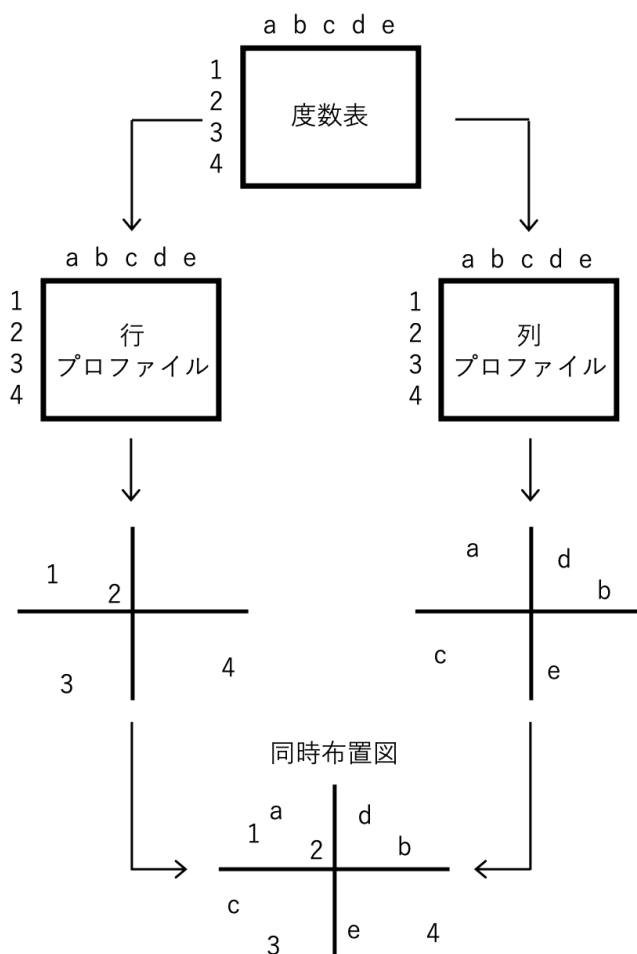
<sup>29</sup> 付録(5)で Jaccard 係数の算出方法を説明する。

まり、空間にポイントが配置され、それが構造の解釈を提供する。対応分析は、とりわけ、巨大な分割表の分析に適用することができる方法である。この技法は、低次元空間に位置するポイントとして変数のカテゴリーを表示することによって、2つ、もしくはそれ以上のカテゴリカル変数の連関（association）を分析する。同じような位置にあるカテゴリーは空間内で近接したポイントとして提示され、似ていないものは離れて提示される（Clausen, 1998）。

この対応分析によって、大きな表におけるカテゴリカル変数の関係を要約的に記述することができる。また、次元を縮減し、少ない次元で度数表における行と列の関係をグラフィカルに表示することができる。分析過程は、2つの流れで構成される。まず、行か列の1つの変数のカテゴリーのセットに対する処理が行わ

図表 4-5 対応分析の原理

出所：Greenacre(1981) P.120 をもとに作成



れ、次に、他方の変数のカテゴリーのセットに対する処理が行われる。そして、それぞれの流れは、図表 4-5 に図式されている 3 つのステップに分けることができる。最初のステップは、変数のカテゴリカル・プロファイル（相対度数、もしくは条件付き比率）と質量（周辺割合）を計算することである。プロファイルとはセル度数の加重調整であり、2 元クロス表の多次元情報の特徴を行あるいは列の比率のパターンで観察していることを意味する。次のステップは、ポイント間の距離を計算することである。最後に、ポイントに最も合致する  $n$  次元空間を見出すことが課題となる。各因子が説明する分散が最大となるように座標軸が回転されて、新たな空間が構成され、そこでのポイントの配置が決まる。まず因子 1 が分散を最も多く説明し、次に因子 2 が、続いて因子 3 が説明する、というように空間が得られる。この部分は、主成分分析（PCA）における考え方と同じである。

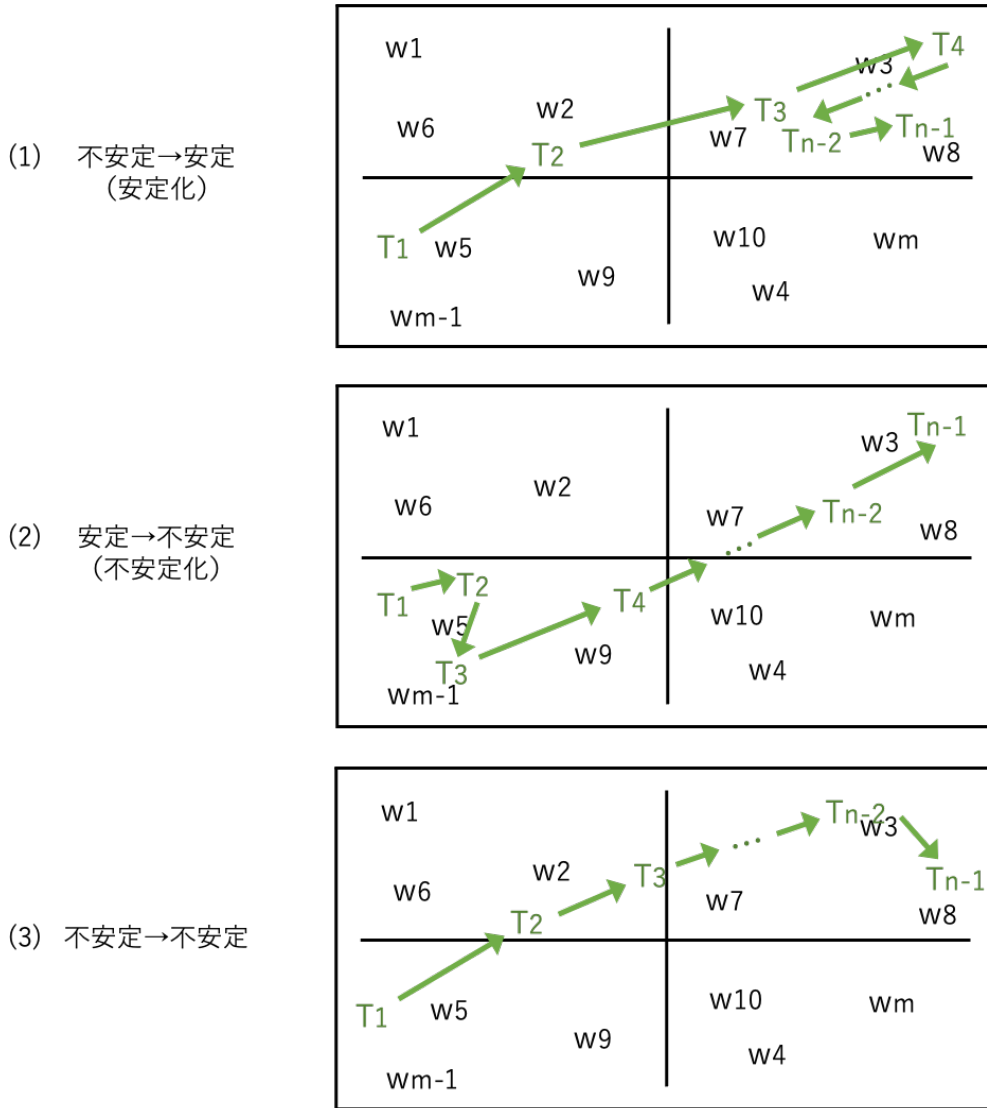
#### 4.6.5 対応分析を援用した価値の解釈の安定化の評価法

本研究では、対応分析を援用した人工物の価値の解釈の安定化の評価法を提案する。図表 4-6 に対応分析を援用した評価法のアプローチを図示する。

$t_1$  から  $t_n$  の期間のテキストマイニングの分析データは、特許文書データであれば出願日に基づいて、新聞記事データであれば発行日に基づいて、 $t_1$  から  $t_2$  の期間（ $T_1$ ）、 $t_2$  から  $t_3$  の期間（ $T_2$ ）、 $\dots$ 、 $t_{n-1}$  から  $t_n$  の期間（ $T_{n-1}$ ）に分割することができる。 $T_1, T_2, \dots, T_{n-1}$  を結ぶ線、すなわち、経時的軌跡の形状によって、安定化と不安定化を判定することができる。直線的な軌跡は不安定な状態を示し、往復的なジグザグの軌跡は安定な状態を示す。そのため、図表 4-6 に示すように、直線的な軌道から次第に、ある領域内で往復的な軌道を示す場合には、不安定から安定へと安定化を示していると判定できる。また、ある領域内で往復的な軌道を示した後に、直線的な軌道に移行する場合には、安定から不安定へと不安定化を示していると判定できる。

図表 4-6 本研究で提案する価値の解釈の安定化の評価法

出所：筆者作成



#### 4.7 事例の選定理由

本研究では、エネルギーマネジメントシステム (EMS) とバーチャルパワープラント (VPP) を核とするエネルギーマネジメントを社会的便益先行型 ICT プラットフォームの事例として選定する。

エネルギーマネジメントは、ICT、すなわち、「情報通信ネットワークの利活用

によって新たなエネルギー社会基盤を構築するための中核的技術」(松山 2014)であり、今日、世界的に最大の社会的課題ともいえる気候変動、地球環境問題の解決を志向した技術システムであり、社会全体への普及が期待される重要な人工物といえる。また、エネルギーマネジメントは、第四次産業革命のIoTを応用した技術システムであり、財の変容と共進化・共普及を議論する上で、好適な事例と考えられることから、本研究の事例として選定した。

## 4.8 小括

本章では、第2章で概念化される社会的便益先行型ICTプラットフォームの普及過程について本研究において分析するにあたり、4.2節で本研究の位置づけを整理した上で、第3章で先行研究をレビューする中で明らかにした事項や残された課題をもとに、4.3節でリサーチクエスチョンを設定するとともに、4.4節以降でそのリサーチクエスチョンに答えるための研究方法を提示した。

本研究において、焦点となる研究対象は、第2章で概念化した社会的便益先行型ICTプラットフォームであり、これは今日的な人工物であり、すなわち、第四次産業革命のIoTを応用した技術システムである。ICTプラットフォームはソフトウェアが優位な技術システムであり、ICTプラットフォームを構成するソフトウェアが持つ「改変・更新可能性」や、ICTの高度利活用であるIoTが持つ機器間の「相互接続性」といった、技術システムの境界の恣意性、不安定性を高める特性は、技術システムの価値の解釈の柔軟性をもたらすものである。そこで、本研究では、社会と技術の相互作用を論じる技術の社会的構成論の中核的な概念の「解釈の柔軟性」に依拠し、技術者とメディアの価値の解釈の動態に焦点をあてる。

研究方法については、4.4節で本研究で採用するトライアングレーションのアプローチについて述べた。そして、4.5節で方法論としてのテキストマイニングについて、その特徴と分析の流れを述べるとともに、4.6節で本研究における人工物の価値、および社会的便益先行型ICTプラットフォームの財の特性を考慮した分析フレームワークを提示し、共起ネットワーク分析と多変量解析の手法である対応分析の原理をおさえた上で、対応分析を援用した価値の解釈の安定化の評価法を提案した。本章で説明した価値の解釈の安定化の評価法に基づき、第5章と第6章で実証分析を行う。また、本章では第5章と第6章で取りあげる事例の選定理由について述べた。

## 5. エネルギーマネジメントシステムの普及過程と 価値の解釈の動態

### 5.1 はじめに

本章では、社会的便益先行型 ICT プラットフォームとして、エネルギーマネジメントシステム（EMS）を事例に取りあげる。本章の前半の 5.2 節で事例の記述と分析を行い、後半の 5.3 節でテキストマイニングの対象データ、5.4 節でテキストマイニングによる価値の解釈の動態の分析結果について述べる。

事例の記述と分析については、まず、エネルギーマネジメント概念と技術について述べる。エネルギーマネジメント技術については、エネルギーマネジメントの補完財の太陽光発電技術と、社会的便益先行型ではない ICT の代表例としてバーチャルリアリティ技術の論文数の推移と比較することで、その研究開発活動の動向の特徴を分析する。そして、エネルギーマネジメントシステムの構成と概念、標準化とオープン化の進展を捉え、普及に向けた政府の実証事業と補助金事業をはじめとする導入・普及促進事業とその結果としての普及推移を捉える。その上で、エネルギーマネジメントの普及過程の 2000 年から 2020 年の期間の特許文書データと新聞記事データを対象とするテキストマイニングによる分析を行い、可視化し考察することで、エネルギーマネジメントシステムの価値の解釈の動態を明らかにする。

### 5.2 事例の記述と分析

本節では、エネルギーマネジメントシステムの事例について記述と分析を行う。5.2.1 項でエネルギーマネジメント概念と技術について述べる。そして、5.2.2 項でエネルギーマネジメントシステムの構成と概念について論じ、5.2.3 項で標準化とオープン化の進展を捉え、5.2.4 項で普及に向けた政府の実証事業と補助金事業をはじめとする導入・普及促進事業を捉える。最後に、5.2.3 項の標準化とオープン化の進展、5.2.4 項の導入・普及促進事業が推進された結果として、5.2.5 項でエネルギーマネジメントシステムの普及推移の実態を分析する。

### 5.2.1 エネルギーマネジメント概念と技術

松山(2014)は、「マネジメント」という用語の意味を一般化していうと、「多種多様な要素（機械，人，資産，組織，機能など）を有機的に組み合わせ、互いに連携させることによって、総体として優れた機能，効果を実現するための方法」（P.4）とした上で，エネルギーマネジメントを，「多様な形態のエネルギーの生成，変換，蓄積，伝送，消費を有機的に組み合わせ，連携させることによって効率的なエネルギー利活用を実現すること」（P.4）とする。そして，エネルギーマネジメントを「情報通信ネットワークの利活用によって新たなエネルギー社会基盤を構築するための中核的技術」（P.4）と位置づけている。これは，従来の大規模発電所に依存した中央集権型のエネルギーシステムから分散型のエネルギーシステムへのトランジションの中核的技術としても認識されるものである。

図表 5-1 は，広義の「エネルギーマネジメント」概念を示す。広義の「エネルギーマネジメント」は，エネルギーマネジメント，エネルギー管理，EMS（エネルギーマネジメントシステム），VPP（バーチャルパワープラント）を包含する。EMS は，主に管理対象の空間の種別の観点で，HEMS（ホームエネルギーマネジメントシステム）<sup>30</sup>，BEMS（ビルエネルギーマネジメントシステム）<sup>31</sup>，FEMS（ファクトリーエネルギーマネジメントシステム）<sup>32</sup>，CEMS（コミュニティエネルギーマネジメントシステム）<sup>33</sup>の 4 つと，管理対象の電源が分散型電源であることを強調する，DERMS（分散型電源管理システム）を包含する。HEMS のうち，集合住宅向けを特に，MEMS（マンションエネルギーマネジメントシステム）とする場合もある。また，BEMS について，店舗向けを特に，REMS（リテールエネルギーマネジメントシステム）とする場合もある。

また，VPP は ERAB（エネルギーリソースアグリゲーションビジネス）を含む概念である。VPP と ERAB は，その名称において「マネジメント」「管理」を標榜せず，それに代わる形で「アグリゲーション（集約）」が登場するところが注目される。

なお，本研究では，図表 5-1 に示すように，エネルギーマネジメント，エネルギー管理，EMS，HEMS，BEMS，FEMS，CEMS，DERMS を「EMS ファミリー」，VPP と ERAB を「VPP ファミリー」と呼ぶことにする。

---

<sup>30</sup> “HEMS” は，“Home Energy Management System” の略である。

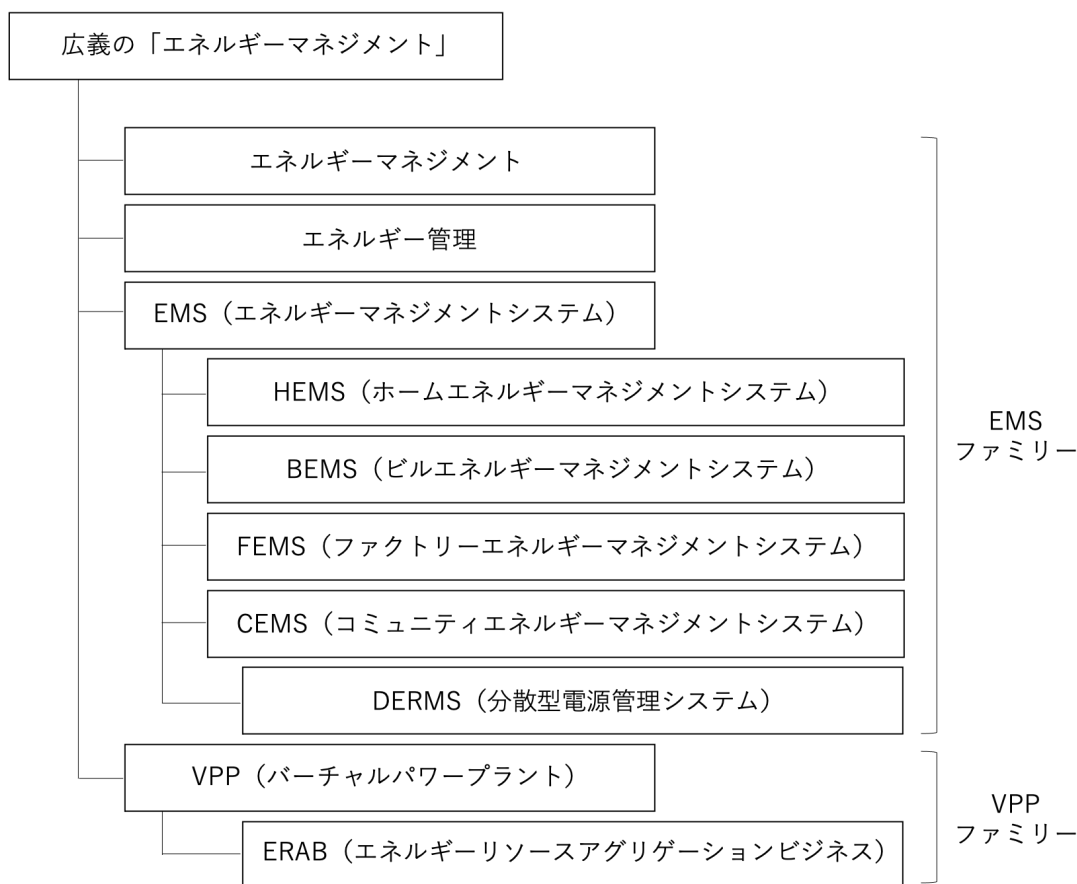
<sup>31</sup> “BEMS” は，“Building Energy Management System” の略である。

<sup>32</sup> “FEMS” は，“Factory Energy Management System” の略である。

<sup>33</sup> “CEMS” は，“Community Energy Management System” の略である。

図表 5-1 広義の「エネルギーマネジメント」概念

出所：筆者作成

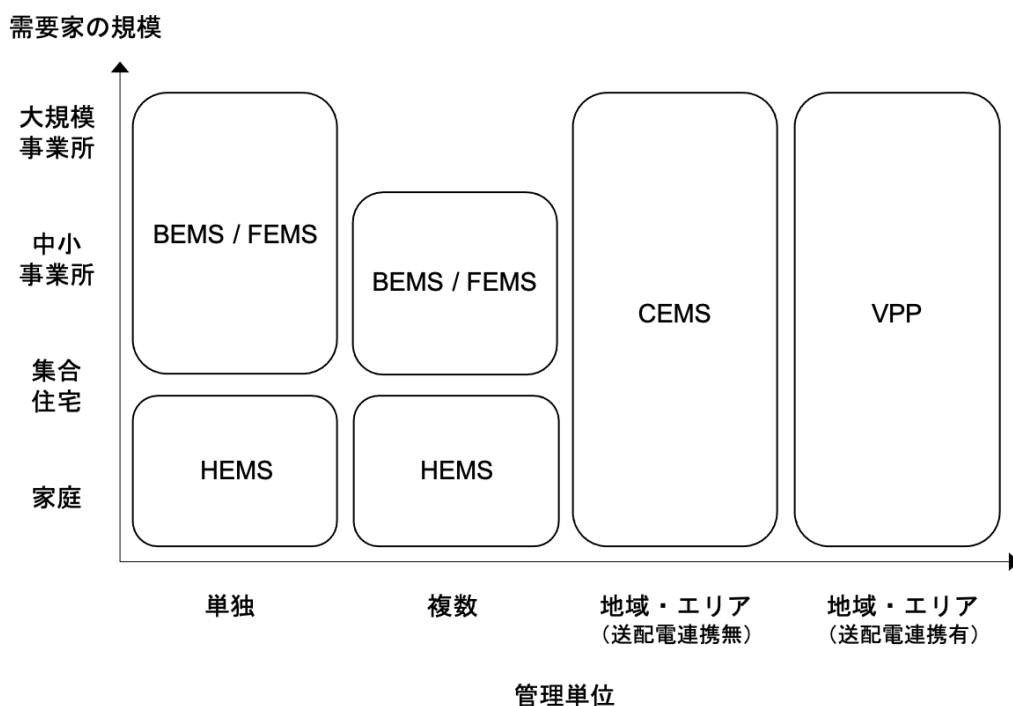


図表 5-2 は、エネルギーマネジメントの種別を管理単位と需要家の規模の観点で示したものである。エネルギーマネジメントは、クラウド、IoT 技術の進展により、エネルギーマネジメントシステム（EMS）が適用可能な需要家が拡大し、管理単位が単独から複数、そして、地域・エリア単位に拡大している。すなわち、同一敷地内での地産地消から、近隣地での面的利用、そして、系統ネットワークを通じて系統全体で利用する形で進展している。初期には、大規模事業所や中小事業所を対象とした BEMS と FEMS の導入が進められた（荻田他 2012）。そして、2012 年からは家庭向けの HEMS が商用化に至っている（丹 2012a; 2012b; 2014）。また、BEMS と FEMS は 2012 年から、HEMS は 2014 年から管理対象をそれまでの単独施設から複数施設に拡大している。そして、2013 年からは、CEMS の導入が図られ、日本では 2016 年から VPP の実証が開始されている。



図表 5-2 エネルギーマネジメントの種別

出所：資源エネルギー庁(2018)をもとに一部改変



なお、CEMS と VPP の違いは、前者が送配電との連携が無く、需要側のサービスが主体であるのに対して、後者は送配電と連携可能であり、供給側のサービスが企図されている点にある。

エネルギーマネジメントは、エネルギーの利活用を最適化するものであり、そのためにはエネルギーのデータが必要であり、エネルギーの計測が起点となる。そのため、通信回線を利用して自動的に電力使用量を送信するスマートメーターの普及、整備とともに進展してきた経緯がある。東京電力パワーグリッド株式会社は、2021年5月7日付のプレスリリース<sup>34</sup>にて、2014年4月より同社サービスエリア内においてスマートメーターの設置を進め、2021年3月末時点において、一部取り替え作業が困難な場所などを除く全ての世帯・事業所に約2,840万台を設置完了したことを発表している。

スマートメーターの普及は、従来、人手によって行われてきた検針作業の省力

<sup>34</sup> 出所：

[https://www.tepco.co.jp/pg/company/press-information/information/2021/1604025\\_8921.html](https://www.tepco.co.jp/pg/company/press-information/information/2021/1604025_8921.html) (閲覧日：2022年1月5日)

化、省人化につながるのはもちろんのこと、スマートメーターから得られるデータを活用した新たなビジネスの創出が期待される。

小松・西尾(2014)は、スマートメーターのデータの分析技術としては、「主幹(住宅全体)電力消費量を用いてどのような活動から需要が生まれているかを推定する『簡易用途分解』や、使用傾向に基づく需要家の類型化を行う『負荷パターン分類』、在宅傾向に代表される『生活パターン推定』等がある」とし、「各技術の知見を組み合わせることで、より高品質な分析情報を得ることも可能と考えられる」としている。特に、簡易用途分解の技術は、30分毎のスマートメーターのデータに基づくため、「簡易」とされるが、その技術レベルはAIなどを利用した高度なもので、ディスアグリゲーション<sup>35</sup>技術とも呼ばれ、当該技術開発と応用サービスがさまざまに展開されている(Armel et al., 2013; Aiad, M. and Lee, 2018; Doherty and Trenbath, 2019; Miyasawa et al., 2019; Rafsanjani, Moayedi, Ahn and Alahmad, 2020)。

ここで、エネルギーマネジメント技術の研究開発活動の動向の特徴について、他の技術との比較分析により明らかにしたい。

図表 5-3 に、エネルギーマネジメント技術の論文数の推移を示す。また、比較のために、図表 5-4 に、エネルギーマネジメントの補完財の太陽光発電技術の論文数の推移を、図表 5-5 に、社会的便益先行型ではない ICT の代表例として、バーチャルリアリティ技術の論文数の推移を示す。

図表 5-3 と図表 5-4 および図表 5-5 で示す論文数の推移は、クラリベイト・アナリティクスにより提供されている世界最大級のオンライン学術データベースである、Web of Science Core Collection において、2000年1月1日から2020年12月31日の期間に発行された学術論文を対象とする。論文のタイトル、抄録、キーワードを検索の対象として、図表 5-3 は“energy management”を検索クエリに設定し、図表 5-4 は“solar cell\*” OR photovolt\*”を検索クエリに設定し、図表 5-5 は“virtual reality”を検索クエリに設定し、抽出した論文数の推移を可視化したものである。エネルギーマネジメント技術に関する論文は 12,065 件が抽出され、太陽光発電技術に関する論文は 188,910 件が抽出され、バーチャルリアリティ技術に関する論文は 22,117 件が抽出された。

図表 5-3 と図表 5-5 はともに指数関数的成長を示している。バーチャルリアリティ技術は 1990 年代初頭から単調増加の傾向を示しているのに対して、エネルギーマネジメント技術は 1990 年から 2005 年頃まではほぼ横ばいで推移しており、

---

<sup>35</sup> 「ディスアグリゲーション」は、「アグリゲーション」に相対する概念である。

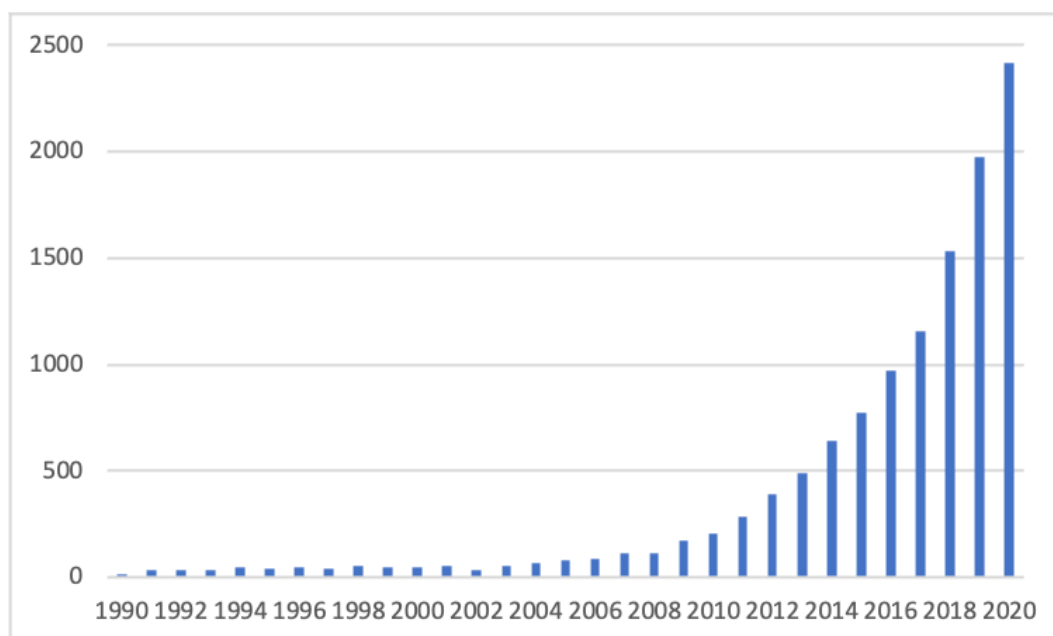
2010 年前後を「ティッピングポイント」に、2020 年に向けて加速度的な増加を示している。このことを鑑み、第5章と第6章のテキストマイニング分析は、2000 年以降の普及過程に焦点をあてる。

一方、図表 5-4 の太陽光発電技術は、S 字カーブを示しており、2015 年頃から成長が鈍化し、成熟期に突入していると考えられる。エネルギーマネジメント技術に対して太陽光発電技術が先行して研究開発活動が活発化していることが明らかとなった。

図表 5-3 エネルギーマネジメント技術の論文数推移

出所：筆者作成

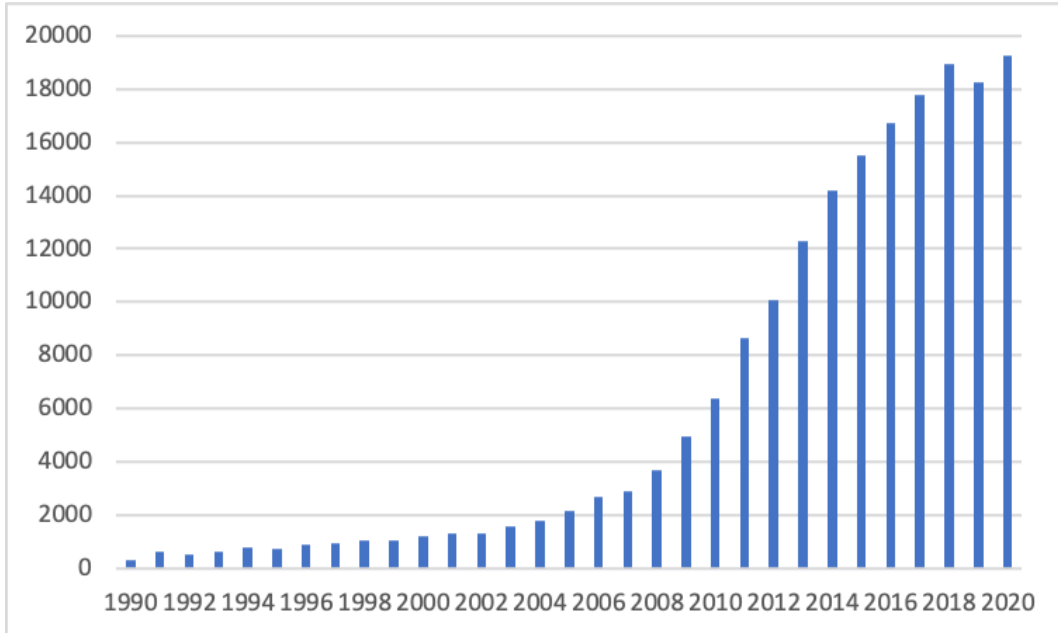
(縦軸：論文数 (件)，横軸：年)



図表 5-4 太陽光発電技術の論文数推移

出所：筆者作成

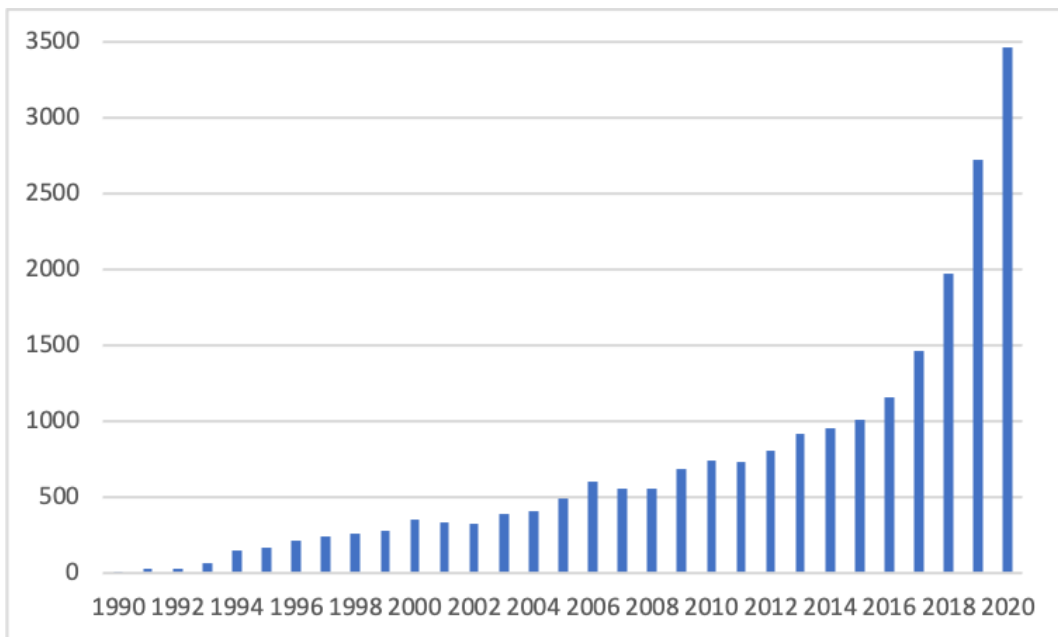
(縦軸：論文数 (件), 横軸：年)



図表 5-5 バーチャルリアリティ技術の論文数推移

出所：筆者作成

(縦軸：論文数 (件), 横軸：年)



## 5.2.2 エネルギーマネジメントシステムの構成と概念

### (a) HEMS (ホームエネルギーマネジメントシステム)

HEMS は一般的には家庭内のエネルギーを管理し、省エネを実現するための ICT プラットフォームを指す。スマートグリッド編集委員会(2016)では、HEMS は「スマート家電を情報ネットワークで接続し、コントローラによる操作によって、家庭のエネルギー消費を最適化するもの」(P.142)と理解されている。スマート家電とは、「ネットワークに接続でき HEMS コントローラで操作できる家電品であり、エアコン、洗濯機などの白物家電や、太陽光発電装置、家庭用蓄電池などのエネルギー創出／蓄電設備などが対象と考えられる」とされる (P.142)。そして、HEMS の基本的な機能は、エネルギーの見える化と省エネというのが一般的であり、それに加えて、さまざまな新たなサービスが出現している。

図表 5-6 は、2012 年に商品化され、HEMS の国内シェアトップ<sup>36</sup>のパナソニック株式会社の「スマート HEMS」のイメージ図である。エアコンなどの白物家電、照明器具に、太陽光発電装置や家庭用蓄電池などの創エネ／蓄エネ設備、さらには、スマートメーター、電気自動車 (EV<sup>37</sup>) などと接続することが図示されている。

日本においては、同様の仕組みは「ホームオートメーション」「ホームネットワーク」の流れを汲みながら 2000 年代初頭に、「ネットワーク家電」として注目されてきたものである。当時も HEMS という言葉は存在し、実証事業などが展開されたが、省エネといくつかの新たなサービスが目的であり、限られた効果しかなく、便益が限定的であったことから、家電機器の増分のコストや通信システムのコストなどを負担しても利用しようというところにはつながらなかった。

その後、エネルギーの経済的で安定的、そして、環境負荷の少ない供給と利用を実現するという継続的な課題に加え、2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災後は、電力の不足に対する不安から本来の必要性、サービス水準を犠牲にしても電力需要の削減を行う「節電」が注目され、これを実現するために、住宅におけるエネルギーマネジメントがあらためて注目されることとなった。さらに、住宅が、これまでの「エネルギーを使う」という立場から、太陽光発電装置や蓄電池等の「エネルギーをつくり、ためて、供給する」機能が徐々に導入され普及が進行するに至っている。太陽光発電の大量導入により電力システム全体での電力の供給が過剰となる状況では、住宅のルーフトップ型の小型の太陽光発電システ

<sup>36</sup> HEMS メーカーシェアは、図表 5-17 に示す。

<sup>37</sup> “EV” は、“Electric Vehicle” の略語である。

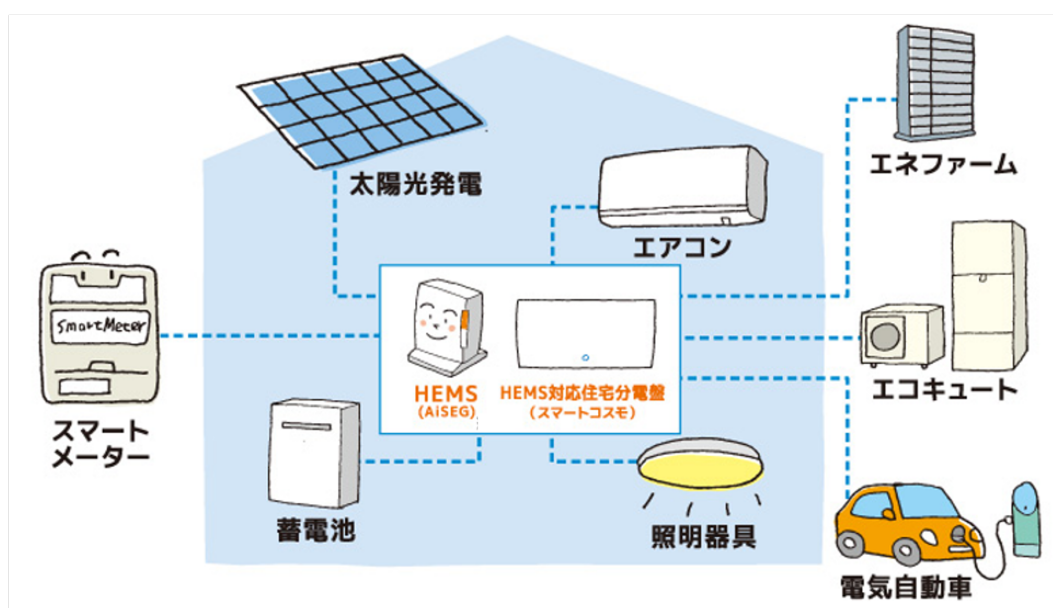
ムにも逆潮流などを抑制する必要性が顕在化している。このような状況により、電気の使用時間、充放電時間の調整や最適化などが必要となり、電力の管理・制御機能が求められるに至っている。図表 5-6 の HEMS のイメージ図にも描かれているように、電気自動車がある住宅であれば、その充電した電気を住宅あるいは電力システムに向けて放電することも可能となってきた。

管理・制御機器としての HEMS は、従来は専用の機器が考えられていたが、スマートフォンやタブレット PC の急速な普及にともなって、こうした手軽に入手でき利便性の高いスマートフォンやタブレット PC を HEMS にも利用する動きが拡大している。例えば、筆者が開発プロジェクトに参加した中国天津市の中新天津生態城（中国・シンガポール天津エコシティ）の HEMS 搭載マンションの居住者には、HEMS コントローラーとして、中国の市場で出回っているタブレット PC が提供されている。これらは、センターサーバーとの組み合わせによりクライアント／ユーザーインターフェースとして使用する場合と、管理・制御機器として使用する場合がある。このように、HEMS の機能、仕組みは、取り巻く環境の変化に伴い大きく変化している。

HEMS にはさまざまな段階における多様な定義があるが、家庭の機器を管理・制御するための HEMS は、ユーザーが許可する機器操作を総合的に自動で行うものと考えることができる。コントローラーと家電を一体的に設計することで、

図表 5-6 HEMS のイメージ図

出所：パナソニック(2020)



個別の家電の状態を確認し制御できることの発展形として、HEMSは多種の家電や住宅設備を総合的に管理・制御できるものと定義できる。このとき重要となるのは、住宅にはさまざまなメーカーの機器、設備があるため、HEMSはメーカーによらず相互に接続できることである。家電、自動車、住宅などさまざまな分野のメーカーが、HEMSに関する技術開発、実証事業、商品化を進めているが、多くの場合は自社製品の中での接続に留まっていた。複数メーカーの機器・設備を管理・制御するためには、まずこれらが相互に接続される必要がある。このために、次項の5.2.3項で説明する「エコーネットライト (ECHONET Lite)」などの通信インターフェースの標準化などの取り組みが行われている。

#### (b) BEMS (ビルエネルギーマネジメントシステム)

BEMSは、ビルのエネルギーマネジメントシステムで、ビルの安全で快適な環境の維持とともに、省エネルギーを図り、ビルの運営管理の効率化を目的とするシステムである。ここで、ビルには一般的に工場を除き、工場向けのエネルギーマネジメントシステムは、FEMS (ファクトリーエネルギーマネジメントシステム) とされる。

BEMSは「ビル内の各種設備機器を監視・制御し、ビル設備全体を有機的に最適制御する。即ち、BEMSは空調、照明、電気、衛生、昇降機、防災・防犯等の各設備を個別に最適制御するとともに、関係する設備機器の連携制御により、ビル設備全体を統合的に監視・管理する。例えば、空調設備については、冷凍機、冷温水搬送ポンプ、空調機、送風機、流量調節弁、温度センサ、湿度センサ等からなる空調設備を監視・制御し、ビル内の快適な空調環境を提供するとともに、入退室管理設備と連動し、無人の居室の空調を自動的に運転停止する等の省エネルギー制御を行う等、ビルを全体として統括管理する」(スマートグリッド編集委員会 2016, P.90) とされる。

BEMSは「ビル居住者、ビルオーナー、ビル管理者、各々に便益をもたらす。ビル居住者には安全・安心・快適な居住環境の提供はもとより、業務の効率化、創造性の向上、多様化するワークスタイルに適合した環境を提供する。このため、居室の空調・照明制御とともに、情報機器への安定した電源供給、ネットワーク接続、24時間空調等、ビル設備の最適運転を行う。ビルオーナーにはビルの利便性、快適性、安全性、省エネルギー性の向上によりビルの高付加価値化を果たし、優良テナントの確保とともに、テナントの要望に応える柔軟なビルの運営支援を行う。特に、ビルの運用実績情報を活用した無駄なエネルギー削減、最適な設備機器の運転等による省エネルギー計画や、設備機器の故障、劣化情報等をもとに

したビル保全計画の立案はビルの維持管理コストの低減に寄与するものである。また、ビル設備の運用を行うビル管理者には設備の一元的管理、管理による管理業務の効率化、省力化は管理コスト低減および、設備機器の異常発生時の迅速、適切な対応等を支援するものである。さらに、BEMSは、これらステークホルダーの共通の社会的課題である地球環境問題、気候変動の問題に対応したビルのエネルギー消費量の削減、CO2等の温室効果ガスの削減等を実現するという社会的便益に結びついた機能を有する」(スマートグリッド編集委員会 2016, P.90～P.91)とされる。

また、公益社団法人空調調和・衛生工学会<sup>38</sup>はBEMSを「室内環境とエネルギー性能の最適化を図るためのビル管理システム」と定義している。空調調和・衛生工学会の定義によるBEMSの提供機能を図表5-7に示す。

**図表 5-7 BEMSを構成するシステムと機能**

出所：空気調和・衛生工学会(2016) P.12をもとに作成

一般的な名称	主たる利用者	主な機能
中央監視装置 (BAS : Building Automation System)	ビル管理技術者	設備機器状態監視, 警報監視, 運転管理 (スケジュール), 設備の自動制御, 室内環境管理
エネルギーマネジメントシステム (EMS : Energy Management System)	ビル管理技術者, 設計・施工者, 性能検証オーソリティ	エネルギー管理
ビル設備管理支援システム (BMS : Building Management System)	ビル管理技術者	設備機器台帳管理, 修繕履歴管理, 保全スケジュール管理, 検針・課金管理
施設運用支援システム (FMS : Facility Management System)	ビルオーナー (ファシリティマネージャー), ビル管理技術者	資産管理, LCM (ライフサイクルマネジメント), 図面管理 (CAD)

空調調和・衛生工学会はBEMSを図表5-7のすべてのシステム機能を包含するものとしている。この中で、ビル設備機器の監視・制御機能等の中央監視機能

<sup>38</sup> 空調調和・衛生工学会は、2021年3月末現在で会員数15,384名で、「日本における工学系の中では10番目の規模の学会」とされる(空気調和・衛生工学会 2021)。



(BAS 機能 : Building Automation System 機能, 以下, BAS と略す) を基本 BEMS と呼び, これに省エネルギーやビル環境管理機能 (EMS 機能 : Energy Management System 機能) を加えたものを拡張 BEMS と呼ぶ。また, 設備の保守支援機能 (BMS 機能 : Building Management System 機能) を拡張 BEMS に追加したものを高級 BEMS, さらに, ビル経営の観点からビル群管理機能や資産管理機能 (FMS 機能 : Facility Management System 機能) を有するものを統合型 BEMS と呼ぶ。一方, 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO<sup>39</sup>) は BEMS を「室内環境, エネルギー使用状況を把握し, 室内環境に応じ各種設備機器等の運転管理により, エネルギー消費量削減を図るためのシステム」と定義している。

海外では, 国際標準化機構/技術委員会 205 (ISO/TC 205 委員会<sup>40</sup>) にて, 委員会テーマである「建築環境設計 (Building Environment Design)」の一環で, (1)室内環境設計, (2)省エネルギー建築設計, (3)ビル制御システム設計が審議された。その結果は ISO 16484「ビル制御システム設計 (Building Control System Design)」として纏められた。ここで, BEMS はビル自動制御システム (BACS<sup>41</sup>) として規定されている。この BACS は日本の空気調和・衛生工学会の BAS の範囲だけでなく, 統合 BEMS と同義であると考えられる。ISO 16484 は BACS を「自動制御 (インターロック含む), 監視, 最適化, 人的操作, ビル設備機器の省エネルギーで経済的・安全な運転操作を達成するための管理を目的とするシステムとすべての製品・エンジニアリングサービス」と定義している (スマートグリッド編集委員会 2016, P.92)。

ここでは, 空気調和・衛生工学会による EMS の範囲を指して BEMS とすることもあるが, BEMS の定義の全体範囲を指し, BEMS ということとする。空気調和・衛生工学会による BEMS のシステム構成と境界を図表 5-8 に示す。また, BEMS の機能例を図表 5-9 に示す。基本 BEMS にあたる BAS の機能の充実が進む一方, 近年, BEMS でも Web 技術が活用され, ビル設備管理者だけでなく, ビルオーナーや居住者テナントも, BEMS の機能を利用するようになり, 空調の温度設定や時間外空調運転の申請, エネルギー使用量の取得等を Web ブラウザでテナントに開放するシステムが増えている。

---

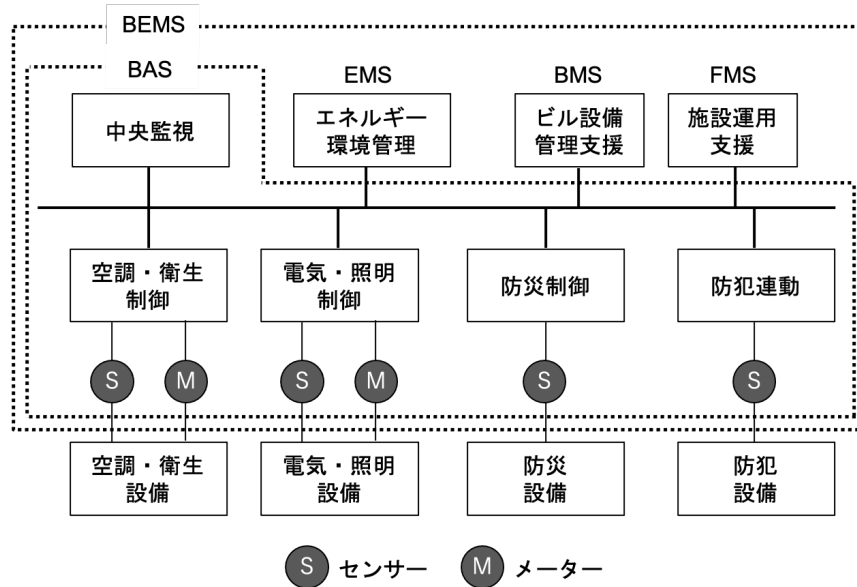
<sup>39</sup> “NEDO” は, “New Energy and Industrial Technology Development Organization” の略語である。

<sup>40</sup> ISO/TC205 委員会は, “International Organization for Standardization / Technical Committee 205” のことである。

<sup>41</sup> “BACS” は, “Building Automation and Control System” の略語である。

図表 5-8 BEMS のシステム構成と境界

出所：空気調和・衛生工学会(2016) P.2 をもとに一部改変



(c) FEMS (ファクトリーエネルギーマネジメントシステム)

FEMS は工場におけるエネルギーマネジメントシステムである。工場における Q (Quality), C (Cost), D (Delivery) は製造業の競争力の源泉であり, QCD を最適化することで企業としての競争力の維持に努めている。中でも, 工場に供給されるエネルギーはこのすべてに大きく影響するため, 資源に乏しい工業立国の日本においては, 国策的に供給エネルギーの安定化・高品質化に努めてきた。その中では, 安定性および品質は所与の条件として, エネルギーコストの低減, 省エネが追求されてきた。

しかしながら, 環境起因の大量の再生可能エネルギーの導入拡大や, 化石燃料の価格の乱高下, さらには, 2011 年 3 月の東日本大震災に起因する原発停止, 再稼働の見直し等が議論される状況下においては, 低廉で安定・高品質な電力はもはや所与の条件とは言い難い状況となっている。加えて, 電力・ガス事業の完全自由化によって, 電力だけではなく電力と熱を一体に捉え, これまでの量を優先した制御だけでは最適化できず, 「いつ」「どこで」「どれだけ」自家発電(熱)し, 蓄電(熱), 購入するかを判断・実行することが求められるため, 上位の EMS と連携しながらこれらを支援する FEMS のニーズが高まっているといえる。

したがって, FEMS に求められる機能は単なるエネルギーデータの見える化や単体の高効率機器の採用, 部門単位の省エネ活動の支援に留まらず, FEMS には

図表 5-9 BEMS の機能一覧

出所：スマートグリッド編集委員会(2016) P.93 をもとに作成

機能の目的	機能分類	機能の内容
居住者の 利便性向上	ユーザーサービス	機器・環境情報表示, 屋外環境表示, お知らせ表示, 会議室予約, 時間外空調運転, エネルギー消費情報表示
ビル環境の 快適化, 省 エネルギー	空調最適制御	設定値スケジュール制御, 一括設定, 冷温水搬送水温 度設定, 空調最適起動停止, 熱源最適起動停止, 外気 取入れ制御, 間欠運転制御, 季節切換え制御, 節電運 転制御, 搬送ポンプ変流流量制御
	電気, 照明連動 制御	自家発運転順次投入制御, 復電制御, 電力デマンド制 御, 履歴管理, 自家発負荷配分制御, 力率改善制御
	共通制御	カレンダー制御, プログラム制御, プログラム一括制 御, スケジュール合成, イベントプログラム制御
ビル内安全 性の確保	防災機能	火災時空調停止制御, 火災警報監視
	防犯機能	出入管理, 出入履歴管理, 他システム連動, ITV 連動
	監視機能	機器状態監視, 警報監視, 発程失敗監視, 管理点詳細 表示, 火災警報監視, 計測上下限偏差監視, 連続運転 時限監視
ビル設備の 保守管理 支援	オペレータ支援 機能	警報発生強制表示, 管理点個別スケジュール表示設定, 未確認警報一覧, 画面予約/検索, 警報インストラク ション, 警報音声メッセージ, 電子マニュアル
	データ管理機能	運転時間/回数積算, 日・月・年報, トレンド/ヒス トリカルグラフ, 警報履歴, 操作/状態履歴, ユーザ ーデータ加工, 長期データ保存, 時間外空調運転申請, 論理/数値演算, エネルギー分析/予測
	設備管理機能	機器台帳, 保守点検スケジュール, 修繕履歴, 集中検 針, 保全予算管理, 消耗品予算管理, 施設予約, 完成 図書管理

エネルギーデータを多角的に分析することで総合的なエネルギー利用効率の向上やエネルギーコストの低減，部門横断的で継続的な省エネ活動の活性化に寄与することが期待されている。さらには，気象条件や生産計画等に基づき未来のエネルギー需要量を精度良く予測し，操業によく適合したエネルギー供給の最適化を実現する仕組みを提供することにより，継続的で高効率なエネルギー管理を実現することが IoT の活用によって可能となってきた。

#### (d) CEMS (コミュニティエネルギーマネジメントシステム)

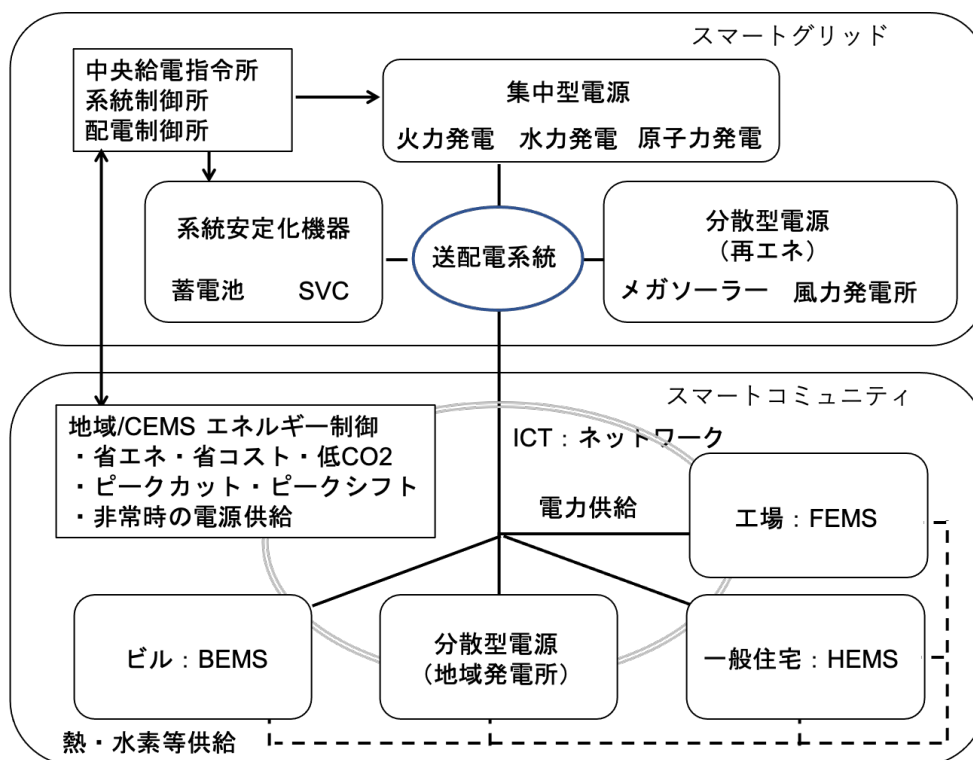
CEMS は，供給側での電力の安定供給を支えるスマートグリッド技術と需要家側での効率的なエネルギー利用を図る各種 EMS (Energy Management System) とを組み合わせたコミュニティエネルギーマネジメントシステムを指す。CEMS は，電力品質・快適性の維持と低炭素・脱炭素社会の実現の両立を目指すスマートコミュニティ概念とともに出現している。CEMS を実現するには，電力や熱などのエネルギーを適切に制御する技術とともに，ビル，工場，住宅などさまざまな CEMS 要素間を協調されるための ICT の高度利活用が必要となる。

図表 5-10 に，スマートグリッドにより制御される電力系統と CEMS により制御されるスマートコミュニティの関係を示す。図表 5-10 が示すように，CEMS は「電力系統全体を制御するスマートグリッドとの連携を図りながら，地域におけるビル，工場，一般需要家等と分散型電源とを配電線やガス・熱のパイプライン，ならびに ICT で結び，電力品質の確保と省エネルギー化やピークカットなどによる CO2 削減を両立させるために，エネルギー全体の最適化を行うシステム」(スマートグリッド編集委員会 2016, P.74) である。

そして，CEMS は，「電力系統をベースに，地域に存在する分散電源や家庭・ビル・工場等の需要家群，さらには，電力ストレージとしての活用が考えられる EV 等を連携させ，需要と供給を適切に管理しつつ地域でエネルギー利用の最適化を図る。このため，ICT を活用してそれらに関連する情報をやりとりし，エネルギー有効活用促進のためのインセンティブや各需要家単位での見える化と連動する」(スマートグリッド編集委員会 2016, P.75～P.76) とされる。

図表 5-10 スマートグリッドとスマートコミュニティ

出所：スマートグリッド編集委員会(2016) P.75 をもとに作成



国内では CEMS は 2013 年より本格的な展開が見られる。具体的には、2011 年度から 2014 年度に実施された「次世代エネルギー・社会システム実証事業」の後半の 2 年において、デマンドレスポンス (DR)<sup>42</sup>に関する技術標準である米国の規格「OpenADR」<sup>43</sup>に対応する CEMS が開発されている。こうした日本国内での CEMS の展開に先立ち、日本企業は海外のスマートシティ開発に参入することで、CEMS 開発の実績を蓄えることとなる。筆者が開発プロジェクトに参画した中国天津市の中新天津生態城 (中国・シンガポール天津エコシティ) の開発では、2010 年 5 月、日立製作所と中国 - シンガポール天津エコシティ投資開発会社 (SSTEC) が天津エコシティで適用可能な技術とソリューションを共同で検

<sup>42</sup> デマンドレスポンス (DR) は“Demand Response”の略で、資源エネルギー庁(2021a)は「需要家側エネルギーリソース (DSR) の保有者もしくは第三者が、需要家側エネルギーリソース (DSR) を制御することで、電力需要パターンを変化させること」と定義している。「ディマンドレスポンス」といった表記をされることもある。

<sup>43</sup> “OpenADR”の“ADR”は“Automated Demand Response”の頭文字をとったものであり、デマンドレスポンスのためのプロトコルである。

討し、選定していくことに合意した。具体的には、CO<sub>2</sub>の排出量削減と就業者の利便性を追求した環境配慮型ビジネス中心街区（Eco-Central Business District）の開発が進められるとともに、太陽光発電などの技術とソリューションの提供、エネルギーを効率よく制御する CEMS や HEMS/BEMS の導入、電気自動車の充電システムの開発などが進められた<sup>44</sup>。また、前述のとおり、パナソニック株式会社はこの天津エコシティのプロジェクトにおいて HEMS の開発を担当し、そこで構築した技術・商品力は 2012 年 10 月から日本国内で本格展開した、スマート HEMS に生かされることとなった。

なお、天津エコシティは、SSTEC と中国政府、シンガポール政府により、まさに国家プロジェクトとして進められた、環境配慮型の大規模スマートシティモデルである。天津市郊外に、人口 35 万人、11 万戸の都市を建設し、再生可能エネルギーの利用率 20%、飲用可能な水道水比率 100%、廃棄物リサイクル率 60% をめざすほか、グリーン交通比率 90%、グリーン建物比率 100%など、26 項目の重要環境配慮指標を設定し、開発計画がなされており<sup>45</sup>、2010 年度当時としては極めて意欲的な目標設定がなされているといえる。

### 5.2.3 標準化とオープン化の進展

エネルギーマネジメントシステムに係る標準化とオープン化の進展について、ここでは、HEMS、BEMS、FEMS、CEMS の各々に係る標準化とオープン化の進展について概観する。

#### (a) HEMS に係る標準化とオープン化

各家庭に導入される家電や住宅機器設備は複数メーカーのものになることが一般的であり、HEMS による家庭機器の制御はこのような環境を想定する必要がある。HEMS とこれらの機器の間の公知かつ標準化されたインターフェースが求められる。ECHONET Lite は、一般社団法人エコーネットコンソーシアムにより開発・維持されている、公知かつ標準化されたインターフェースであり、2012 年 2 月にスマートコミュニティアライアンス国際標準化 WG スマートハウス標準化検討会において、HEMS と機器間の標準プロトコルとして推奨されている。

ECHONET Lite の適用範囲は HEMS のエネルギー管理サービスに留まらず、ネットワーク接続された家庭の機器が、インターネットによりさまざまな IT 関

<sup>44</sup> 出所：日立製作所(2011) P.21～P.22。

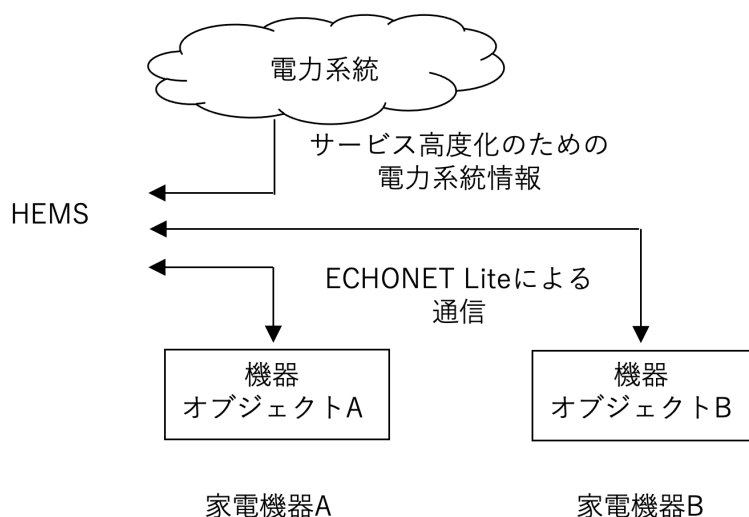
<sup>45</sup> 出所：日立製作所(2011) P.21。

連サービスと連携するさまざまな場面で応用可能となっている。例えば、スマートフォンからのエアコンや照明などのコントロールや、冷蔵庫のドアの開閉情報を使用した見守りサービスなどが可能である。さらに、故障情報を HEMS に通知できることを活用した機器リモートメンテナンスサービスも既に提供されている。

図表 5-11 に、ECHONET Lite による家電機器制御の概要を示す。ECHONET Lite は、家庭内で分散配置されている家電機器に対して、HEMS から指令を送るための仕組みを規定している。個々の家電機器は機器オブジェクトを持つ。機器オブジェクトとは、エアコンや冷蔵庫といった家電機器が保持する情報や制御項目をモデル化し、HEMS が自在に家電機器をコントロールするための指令内容を規定したものである。機器オブジェクトは機器の種別（例えば、家庭用エアコン）毎に規定されており、異なるメーカーの機器であっても同一機器種別であれば、全く同じコマンドで機器制御を可能とする。さらに、機器オブジェクトからの情報の読み書きのシーケンス、また、その情報を運ぶ電文構成といった、機器オブジェクトに対して遠隔から指令を与える時の通信方法もあわせて規定している。これらによって、統一的な手法により、HEMS のソフトウェアから各種家電機器をコントロールすることを可能にしている。

図表 5-11 ECHONET Lite による家電機器制御

出所：エコーネットコンソーシアムの資料をもとに作成



#### (b) BEMS に係る標準化とオープン化

ビルにおける設備機器とエネルギーを総合的に管理する BEMS は、異なるベンダーによって開発された機器、コントローラーなどを通信ネットワークにて統合するニーズが高く、このようなオープン環境を実現する通信プロトコルとして、アメリカ暖房冷凍空調学会 ASHRAE<sup>46</sup>が開発推進し、1995 年 12 月に ANSI / ASHRAE 規格化された「ANSI / ASHRAE 135 – 1995」BACnet (バックネット)<sup>47</sup>が BEMS に有効であるとして認められ、2003 年には ISO 化され、米国だけでなく欧州、日本、中国など世界的に普及が進展している。ECHONET Lite が、2012 年に HEMS と機器間の標準プロトコルとして推奨された標準規格であるのに対して、BACnet は比較的歴史が長いといえる。

#### (c) FEMS に係る標準化とオープン化

FEMS に係る標準として、「工場とスマートグリッド間のシステム・インターフェース：IEC 62872」がある。これは IEC TC65 WG17<sup>48</sup>にて 2013 年 4 月より標準開発が進められた。「工場とスマートグリッドのインターフェース」の技術仕様書である IEC/TS 62872-1 第 2 版は、2019 年 6 月に発行に至っている。この技術仕様書では、エネルギーを多く使う工場とスマートグリッドの情報交換のユースケースをまとめ、交換される情報の内容について定められている。この規格は、日本が新規規格提案を行い、ワーキンググループ (IEC/TC65/JWG17)<sup>49</sup>の主査を日本と韓国が務めるなど、日本が標準開発の先導的役割を果たしている<sup>50</sup>。

なお、TS 62872 では工場を Industrial Facility と呼んでおり、Factory Energy Management System ではなく、Facility Energy Management System の略を FEMS としている。

#### (d) CEMS に係る標準化とオープン化

都市、街区等のさまざまな類型のコミュニティを対象に開発・運用されるイン

---

<sup>46</sup> アメリカ暖房冷凍空調学会の“ASHRAE”は、“American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers”の略語である。

<sup>47</sup> 出所：<http://www.bacnet.org/Addenda/Add-1995-135a.pdf> (閲覧日：2022 年 1 月 5 日)

<sup>48</sup> TC65 は「産業プロセスにおける計測制御とオートメーションを担う機器／システムの標準化」を担当する委員会である。

<sup>49</sup> 出所：<https://www.iec.ch/ords/f?p=103:14:714284352774135> (閲覧日：2022 年 1 月 5 日)

<sup>50</sup> 出所：<https://www.jemima.or.jp/about/file/2019年10月号.pdf> (閲覧日：2022 年 1 月 5 日)



フラであるコミュニティインフラのスマート化の国際標準化が進展している。日本は国を挙げてインフラ輸出の拡大を目論み、ISO（国際標準化機構）に対し、コミュニティインフラのスマートさを評価する指標の提案を行い、2012年2月に「ISO/TC268/SC1（スマートコミュニティインフラストラクチャー）」<sup>51</sup>として可決されている。国際議長、幹事ともに日本が務めており、日本が先導的役割を果たしている分野といえる。

#### 5.2.4 導入・普及促進事業

次に、エネルギーマネジメントシステムの導入・普及促進事業について記述する。導入・普及促進事業を含むエネルギーマネジメントシステムに係る政策を中心とした略史年表を図表 5-12 と図表 5-13 に示す。図表 5-12 には 2000 年から 2010 年の期間のエネルギーマネジメントシステムの略史年表を、図表 5-13 には 2010 年から 2020 年の期間のエネルギーマネジメントシステムの略史年表を示す。

エネルギー基本計画は、「エネルギー政策基本法」という法律が作成することを定めているもので、2002年に施行された同法は、エネルギーにおける「安定供給の確保」「環境への適合」「市場原理の活用」という3つの柱を掲げ、国や地方公共団体、事業者、国民の役割を示している。政府は、この法律を背景に、長期的で総合的なエネルギー政策を計画的に進めるため、「エネルギー基本計画」を定める。政府は、少なくとも3年ごとに計画の見直しを行うこととしており、これまで、2003年に最初の計画が策定され、2007年（第2次）、2010年（第3次）、2014年（第4次）、2018年（第5次）、2021年（第6次）にそれぞれ改訂版が閣議決定されている。「エネルギー基本計画」で初めて「エネルギーマネジメント」について言及されたのが、2010年の第3次エネルギー基本計画である。第3次以降は、毎回複数箇所「エネルギーマネジメント」について言及されている。

日本は「省エネ大国」と称されるほど省エネルギー政策や省エネルギー技術が他国に先行しており、東日本大震災の翌年の2012年には、省エネのさらなる深化の一環として、2030年までに日本全国の全ての住まいにHEMSを設置するとの極めて野心的な目標が「グリーン政策大綱」において示されるとともに、太陽光発電をはじめとする再生可能エネルギーの最大限の導入加速を企図して、再生

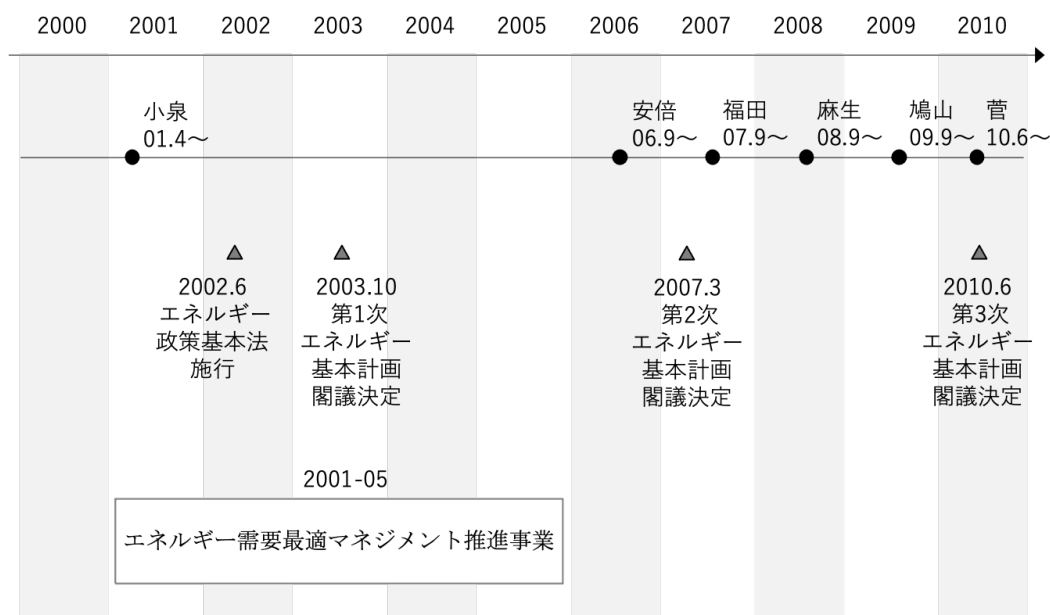
<sup>51</sup> ISO/TC268/SC1 が対象とするコミュニティインフラは、コミュニティ内のエネルギー、水、交通、廃棄物、ICT の各インフラを想定されている。（出所：ISO/TC 268/SC1（スマートコミュニティインフラストラクチャー）

[https://webdesk.jsa.or.jp/common/W10K0500/index/dev/iso\\_tc268\\_sc1/](https://webdesk.jsa.or.jp/common/W10K0500/index/dev/iso_tc268_sc1/)（閲覧日：2022年1月5日）

可能エネルギーの固定価格買取制度の FIT 法<sup>52</sup>が施行されている。さらには、同年に、HEMS およびスマートメーター用の通信規格に ECHONET Lite 規格が選定され、パナソニック株式会社がある後に業界トップシェアの商品となる「スマート HEMS<sup>53</sup>」を発売開始するとともに、CEMS についても ISO/TC268/SC1 (スマートコミュニティインフラストラクチャー) が可決されるなど標準化が大きく進展し、エネルギーマネジメントシステムの普及に向けた大きな出来事が重なっている。

図表 5-12 エネルギーマネジメントシステムの略史年表 (2000 年～2010 年)

出所：筆者作成

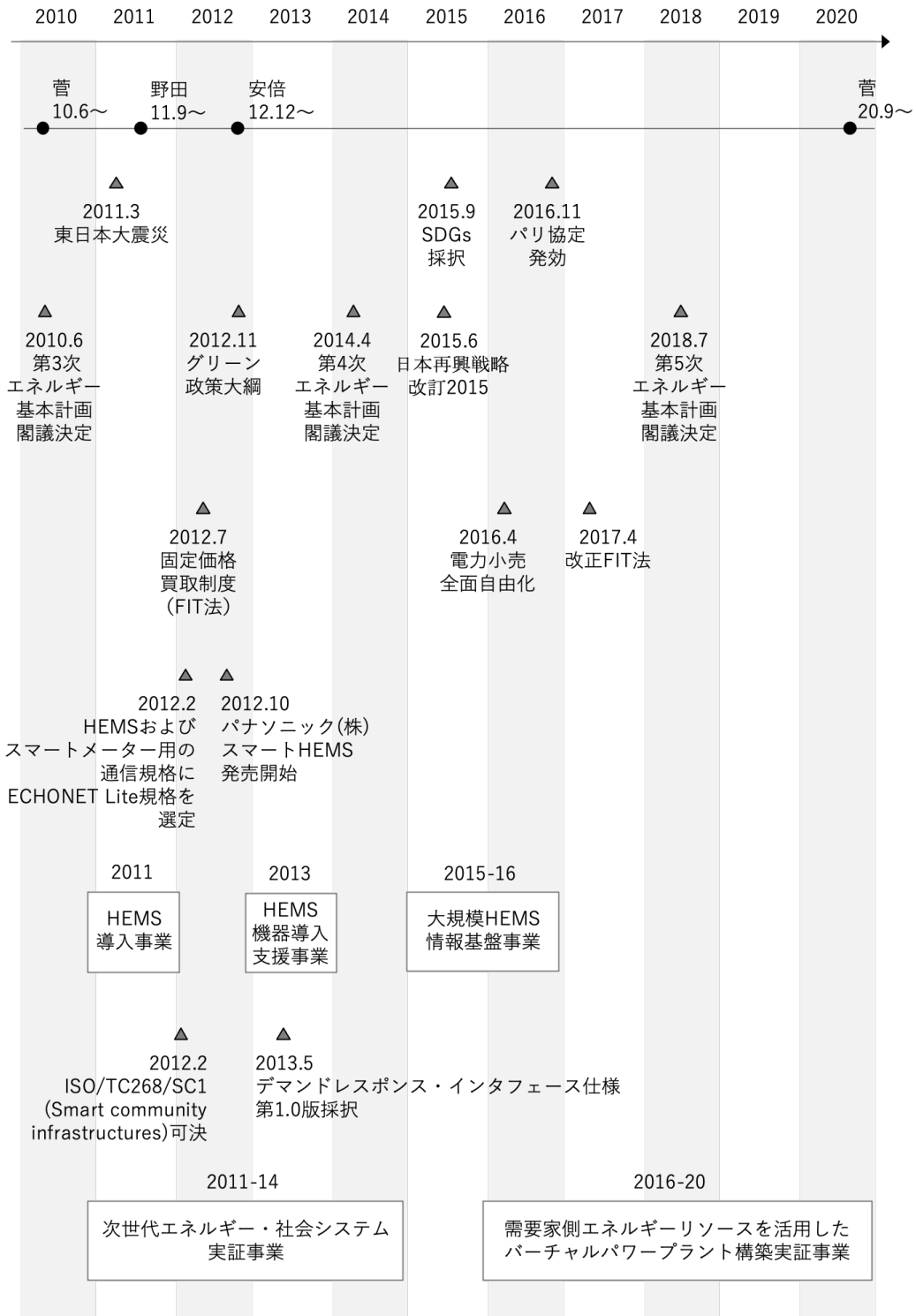


<sup>52</sup> FIT は Feed-in-Tariff の略称である。

<sup>53</sup> 「スマート HEMS」は、パナソニックグループの登録商標である。

図表 5-13 エネルギーマネジメントシステムの略史年表 (2010年～2020年)

出所：筆者作成



国内で最初に実施された HEMS の実証は、2001 年度から 2005 年度に実施の新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の「エネルギー需要最適マネジメント推進事業」である。この事業は、「住宅のエネルギー (電気, ガス, 灯油等) 消費量を削減する手段として、住宅内の家電機器や給湯器を宅内ネットワークでつないで複数機器の自動制御の実現により、省エネルギーを促進させるホームエネルギーマネジメントシステム (HEMS) 等の実証試験を行い、省エネルギーの推進を図る事業」(スマートグリッド編集委員会 2016, P.157) であった。本事業には、EL クエスト、積水ハウス、三菱電機、四国電力、ミサワホーム北海道などが参加し、省エネルギー効果を中心とした実証・評価が行われた (加藤 2011a, P.4)。

HEMS は、「2010 年の長期エネルギー需給見通しと同じ時期に経済産業省より発表された『Cool Earth-エネルギー革新技术計画<sup>54</sup>』で、BEMS, 地域レベルエネルギーマネジメントとともに電力システムの需給調整に貢献する技術として、21 の重点的に取り組むべきエネルギー革新技术とされた。2009 年には、1 月に米国大統領に就任したオバマ大統領が、スマートグリッドを重要政策として推進したことで、世界的にスマートグリッド、スマートコミュニティなどへの関心が高まり、スマートメーターや HEMS を含むさまざまな実証が展開されることとなった」(スマートグリッド編集委員会 2016, P.157) とされる。

2011 年 11 月から経済産業省により「次世代エネルギー・社会システム協議会」が設置され、経済産業省のスマートコミュニティ事業である「スマートコミュニティ構想普及支援事業」「次世代エネルギー技術実証事業」「スマートコミュニティ導入促進事業」「スマートエネルギーシステム導入促進事業」で、さまざまな HEMS への取り組みが行われている。

また、2011 年 3 月の東日本大震災と原子力発電所事故は、電力需給に関する大きな不安材料となり、震災後の HEMS の実証においては、本来必要な電気であっても可能な範囲で節約しようとする「節電」が大きなテーマとして取り入れられた。さらに、2012 年に開始された固定価格買取制度による太陽光発電の大量の認定が行われたことから、出力が天候に左右されて変動する再生可能エネルギーに対応する需給調整力としてのデマンドレスポンスを活用する HEMS の役割にも注目されるようになった。

---

<sup>54</sup> 「Cool Earth-エネルギー革新技术計画」は、「2050 年を見通した上でのエネルギー分野における革新的な「21」技術の特定とその技術開発のマイルストーンとしてのロードマップ及び国際連携のあり方を策定」したものである。(出所：エネルギー総合工学研究所(2008))

HEMS は、2014 年のエネルギー基本計画においては、スマートメーターからの B ルートの情報、家電機器と ECHONET Lite 等の標準インターフェースを介した情報を活用して、スマートコミュニティを構築する技術として位置づけられている。

「次世代エネルギー・社会システム実証事業」は、2011 年度から 2014 年度まで、横浜市、豊田市、けいはんな、北九州市の 4 地域実証をはじめ、各地で、分散エネルギーマネジメントである CEMS, BEMS とともに HEMS について当時として先進的な取り組みが行われている。

HEMS については、家庭内で効率的なエネルギー管理を行うことや、CEMS と連携し、地域の電力需給に貢献するために必要な、家庭内をネットワークで管理する技術の開発が行われた。初年度の 2011 年度は、太陽光発電予測、消費電力予測、データベース、デマンドレスポンス機能や、家庭内機器とのインターフェースなどのシステムの基本設計が行われた。2 年目は、スマートメーターの宅内通信ルートに適用するスマートメーターと HEMS 間の通信インターフェースの開発、通信環境の整備と各 CEMS および家庭内機器間の通信接続の試験、学習制御機能の開発が行われ、以降、実証・検証および追加開発が行われ、最終年度の 2014 年度は最終評価が行われている。

次に、2015 年から 2016 年に実施された「大規模 HEMS 情報基盤整備事業」では、大規模な HEMS 情報基盤を構築し、その標準化等を実施することで、家庭部門において経済性の高いエネルギーマネジメントの実現が志向された。民間主導による HEMS 普及の加速化が目論まれ、各地域の電力会社と協力し、モニター宅へスマートメーター設置及び B ルート接続が実施され、HEMS 設置：約 14,000 世帯、スマートメーター導入世帯数：約 10,000 世帯、B ルート開通数：約 7,700 世帯が実現された。

図表 5-14 に大規模 HEMS 情報基盤整備事業モニター世帯数を示す。また、図表 5-15 に大規模 HEMS 情報基盤整備事業の推進団体である「i エネコンソーシアム」の加盟企業を示す。

i エネコンソーシアムは、大規模 HEMS 情報基盤整備事業の推進を目的に約 30 社が参画して設立されたもので、東日本電信電話株式会社、KDDI 株式会社、ソフトバンク株式会社、パナソニック株式会社を幹事事業者とする共同事業体である。図表 5-14 中の情報管理事業者は、情報基盤の開発、整備、運営、維持管理を実施する。国際標準規格の ECHONET Lite に準拠し、HEMS データおよびプライバシーデータを収集、管理、加工を実施する事業者である。HEMS 管理事業者は、モニターを募集し HEMS の導入およびモニターの HEMS データを取得する、

情報基盤に HEMS データを送信する事業者である。HEMS データ利活用事業者は、モニターに対してエネルギーマネジメントおよび HEMS データを活用した周辺サービスを提供する事業者である。

図表 5-14 大規模 HEMS 情報基盤整備事業モニター世帯数

出所：東日本電信電話(2015)をもとに作成

	合計	関東		中部		東北	九州
		NTT 東日本	東急電鉄	KDDI	TOKAI-HD	グリーン 発電会津	福岡県 みやま市・ エプコSEC
募集地域	東北 関東 中部 九州	東京都 神奈川県 千葉県 埼玉県	東急沿線	桑名市等 中部地域	静岡県 静岡市	福岡県 会津若松市	福岡県 みやま市
HEMS 設置台数	14,273	3,989	3,600	3,526	588	500	2,070
スマート メーター 導入世帯数	10,614	3,575	2,812	3,389	588	240	10
B ルート 開通数	7,740	2,000	1,980	3,000	500	200	10

図表 5-15 i エネコンソーシアム 出所：東日本電信電話(2015)をもとに作成

事業者種別	事業者名
幹事事業者	東日本電信電話株式会社 KDDI 株式会社 ソフトバンク株式会社 パナソニック株式会社
情報管理事業者	東日本電信電話株式会社 KDDI 株式会社 ヤフー株式会社 パナソニック株式会社 株式会社エヌ・ティ・ティ・ソルコ
HEMS 管理事業者	株式会社エプコ スマートエネルギーカンパニー 株式会社グリーン発電会津 KDDI 株式会社 株式会社 TOKAI ホールディングス 東京急行電鉄株式会社 東日本電信電話株式会社 福岡県みやま市
HEMS データ利活用 事業者	株式会社 PONTE 株式会社エナリス 株式会社 NTT ファシリティーズ 株式会社 NTT ふらら 株式会社エネット 株式会社エプコ スマートエネルギーカンパニー 株式会社グリーン発電会津 株式会社構造計画研究所 株式会社 Sassor CCC マーケティング株式会社 株式会社 CBC テレビ 住友電気工業株式会社 株式会社セブン&アイ・ネットメディア 大日本印刷株式会社 株式会社大和総研ビジネス・イノベーション 株式会社 TOKAI ホールディングス 東京瓦斯株式会社 東京急行電鉄株式会社 凸版印刷株式会社 株式会社博報堂 DY パートナーズ 福岡県福岡市 福岡県みやま市 三重県桑名市 株式会社ミサワホーム総合研究所 三菱電機インフォメーションシステムズ株式会社 株式会社ヤマダ電機 ONE エネルギー株式会社

また、HEMSに係る補助金事業として、「平成23年度 エネルギー管理システム導入促進事業（HEMS 導入事業）」<sup>55</sup>が実施されている。本事業では、2011年の補助率は定額7万円で、以下に該当する場合は、定額10万円とされた。

- (1) HEMS 機器の設置場所住所が「東日本大震災の特定被災区域」
- (2) 検定付き電力量計（スマートメーターと HEMS 機器をつなぐための付属機器を含む）を備えた HEMS 機器を設置した場合

また、翌々年には、平成25年度補正予算「住宅・ビルの革新的省エネ技術導入促進事業費補助金（HEMS 機器導入支援事業）」<sup>56</sup>（予算20億円程度）が実施されている。2013年の補助率は定率1/3で、補助金額の上限は7万円、下限として補助金額が1万円未満の場合は対象外とされた。

### 5.2.5 普及推移

エネルギーマネジメントシステムについて、5.2.3項の標準化とオープン化の進展、5.2.4項の導入・普及促進事業が推進された結果として、本項では HEMS、BEMS、FEMS、CEMS の各々の普及推移の実態を見ていくこととする。

#### (a) HEMS の普及推移

図表5-16に HEMS の普及状況について、単年販売数量、単年販売金額、単年設置数量、累積設置数量を2012年度から2020年度までの実績値、2021年度の見込み値、2022年度、2025年度、2030年度、2035年度の予測値の推移を示す。

平成24年（2012年）「グリーン政策大綱」（内閣官房 国家戦略室）では、「2030年までに全ての住まい（全国5,000万世帯）に HEMS を設置する」との極めて野心的な目標が示された。一方で、図表5-16の HEMS の普及推移を見ると、政府の野心的な目標には程遠い普及推移と予測となっている。2013年度以降2025年度まで単年販売数量は100,000前後で推移しており、前年比も2016年度以降は概ね100%から110%の間におさまっている。富士経済(2014)では、2020年度末には160万戸となり、普及率は3%に達すると予測されている。それでも3%と低いものだが、富士経済(2019)では、2018年度時点の HEMS 累計導入戸数は53万戸、2020年度の予測値は74万戸となっており、これは、富士経済(2014)の予

<sup>55</sup> 出所：[https://sii.or.jp/hems/130722\\_1.html](https://sii.or.jp/hems/130722_1.html)（閲覧日：2022年1月5日）

<sup>56</sup> 出所：<https://sii.or.jp/hems25r/>（閲覧日：2022年1月5日）



測を大幅に下回るもので、5年で2020年度末時点の予測値が160万戸から74万戸へと半分以下に大幅に下方修正されている。この下方修正からも2014年から2019年にかけて、HEMSに対する期待が急速に萎んでいることがわかる。

富士経済(2019)によると、HEMS市場規模は2018年(実績)64.9億円、2025年(予測)78.7億円、2030年(予測)95億円で、2030/2018比146.4%で、2030年度(予測)は207万戸である。翌年に発行された、富士経済(2020)によると、HEMS市場規模は2019年(実績)65.0億円、2025年(予測)73.6億円、2030年(予測)86億円で、2030/2019比132.3%で、2030年度(予測)は192万戸となっており、1年で予測値が下方修正されている。

図表5-17に、HEMSメーカーシェアを数量ベースと金額ベースの各々について示す。パナソニック株式会社がトップシェアで、2018年度は数量ベースで20%、金額ベースで33%を超えているが、2020年度には数量ベースで45%、金額ベースで60%を超えるまで伸長している。同社は、他のメーカーの家電機器などとの連携に注力しており、大手ハウスメーカーの新築戸建住宅の採用が増加している。また、最近是新築集合住宅向けの案件が好調であり、実績は右肩上がりとなっている。2018年度のシェア第2位であった日本電気が2020年3月にHEMSの出荷を終了したことに伴い、一部ではパナソニック株式会社の製品への切り替えが進んでおり、2020年度は実績を大幅に拡大している。

また、図表5-18に、新築戸建住宅におけるHEMS搭載戸数を示す。新築戸建住宅においては、トップメーカーの積水ハウス株式会社では、HEMS搭載率が2018年時点で69.9%から2019年度には87.3%に急進している。また、パナソニックホームズ株式会社では、2019年度、2020年度と、HEMS搭載比率が100%となっているのが目を引く。

図表 5-16 HEMS の普及状況

出所：富士経済(2014) P.190, 富士経済(2015) P.176, 富士経済(2016) P.165, 富士経済(2017) P.103, 富士経済(2018) P.88, 富士経済(2019) P.72, 富士経済(2020) P.75, 富士経済(2021) P.62 をもとに作成

単位：数量（システム）、金額（百万円）

	2012年度 (実績)	2013年度 (実績)	2014年度 (実績)	2015年度 (実績)	2016年度 (実績)	2017年度 (実績)	2018年度 (実績)
単年販売数量	45,000	103,000	95,000	94,000	95,000	96,000	98,500
前年比	-	228.9%	92.2%	98.6%	100.9%	101.1%	102.6%
単年販売金額	5,200	11,200	6,600	6,500	6,450	6,480	6,490
前年比	-	215.4%	69.5%	98.5%	100.4%	100.5%	100.2%
累積設置数量	-	-	146,000	240,000	335,000	431,000	529,500
前年比	-	-	-	164.4%	117.4%	128.7%	122.9%

	2019年度 (実績)	2020年度 (実績)	2021年度 (見込)	2022年度 (予測)	2025年度 (予測)	2030年度 (予測)	2035年度 (予測)
単年販売数量	99,000	95,000	100,000	110,000	140,000	160,000	170,000
前年比	100.5%	96.0%	105.3%	110.0%	-	-	-
単年販売金額	6,500	6,220	6,540	7,180	9,000	9,800	10,400
前年比	100.2%	95.7%	105.1%	109.8%	-	-	-
累積設置数量	628,500	723,500	823,500	933,500	1,321,500	2,081,500	2,911,500
前年比	118.7%	115.1%	113.8%	113.4%	-	-	-

図表 5-17 HEMS メーカーシェア

出所：富士経済(2019) P.73, 富士経済(2020) P.76, 富士経済(2021) P.63 をもとに作成

<単年販売 数量ベース>

企業名	数量ベース					
	2018年度（実績）		2019年度（実績）		2020年度（実績）	
	システム数	シェア	システム数	シェア	システム数	シェア
パナソニック	20,000	20.3%	38,000	38.4%	45,000	47.4%
日本電気	10,000	10.2%	-	-	-	-
シャープ	6,500	6.6%	10,000	10.1%	10,000	10.5%
西日本電信電話	6,000	6.1%	6,000	6.1%	5,500	5.8%
京セラ	4,000	4.1%	4,000	4.0%	3,000	3.2%
東日本電信電話	2,000	2.0%	-	-	-	-
その他	50,000	50.8%	41,000	41.4%	31,500	33.2%
合計	98,500	100.0%	101,300	100.0%	95,000	100.0%

<単年販売 金額ベース>

企業名	金額ベース					
	2018年度（実績）		2019年度（実績）		2020年度（実績）	
	百万円	シェア	百万円	シェア	百万円	シェア
パナソニック	2,170	33.4%	3,300	50.8%	3,980	64.0%
日本電気	600	9.2%	-	-	-	-
シャープ	540	8.3%	800	12.3%	740	11.9%
京セラ	360	5.5%	360	5.5%	260	4.2%
西日本電信電話	330	5.1%	330	5.1%	260	4.2%
東日本電信電話	40	0.6%	-	-	-	-
その他	2,450	37.8%	1,710	26.3%	980	15.7%
合計	6,490	100.0%	6,500	100.0%	6,220	100.0%

図表 5-18 新築戸建住宅における HEMS 搭載戸数

出所：富士経済(2015) P.183, 富士経済(2016) P.172, 富士経済(2017) P.109, 富士経済(2018) P.90, 富士経済(2019) P.74, 富士経済(2020) P.77, 富士経済(2021) P.64 をもとに作成

単位：戸

ハウスメーカー	2014 年度 (実績)	2015 年度 (実績)	2016 年度 (実績)	2017 年度 (実績)
	HEMS 搭載戸数	HEMS 搭載戸数	HEMS 搭載戸数	HEMS 搭載戸数
積水ハウス	8,000	9,500	9,200	8,100
積水化学工業	8,000	7,000	6,700	6,700
大和ハウス工業	3,000	4,500	4,500	3,900
旭化成ホームズ	-	-	-	6,300
パナソニックホームズ	1,000	1,800	2,300	3,000
ミサワホーム	3,200	3,000	3,000	1,900
トヨタホーム	1,800	1,000	-	1,400

※ -はデータなし

単位：戸

ハウスメーカー	2018 年度 (実績)		2019 年度 (実績)		2020 年度 (実績)	
	HEMS 搭載戸数	HEMS 搭載比率	HEMS 搭載戸数	HEMS 搭載比率	HEMS 搭載戸数	HEMS 搭載比率
積水ハウス	8,500	69.9%	11,000	87.3%	9,370	91.0%
積水化学工業	7,000	68.6%	7,800	76.5%	7,450	78.0%
大和ハウス工業	4,000	45.1%	3,300	41.3%	3,640	51.9%
住友林業	3,400	43.9%	4,400	56.9%	4,560	60.0%
旭化成ホームズ	6,400	65.0%	5,900	64.8%	6,190	74.0%
パナソニックホームズ	4,000	-	4,000	100.0%	3,800	100.0%
ミサワホーム	1,900	26.5%	2,500	40.3%	2,390	45.1%
トヨタホーム	1,500	-	1,500	-	1,690	46.9%

※ 新築戸建戸数は各社公表データより (戸建・分譲含む), -はデータなし

## (b) BEMS の普及推移

図表 5-19 に BEMS の普及状況について、単年販売数量、単年販売金額、単年設置数量、累積設置数量を 2012 年度から 2020 年度までの実績値、2021 年度の見込み値、2022 年度、2025 年度、2030 年度、2035 年度の予測値の推移を示す。

BEMS は、主に延床面積数万平米規模以上の大規模施設において設備管理システムを統合する中央監視システムのサブシステムとして BEMS の機能を持つ BAS と、エネルギー管理に特化した主に中小規模施設で採用されるシステムである BEMS 単独システムに大別される。ここでは、BAS については、中央監視システム市場のうち、BEMS の機能を有するシステムの全体での機器・システム費用を算出している。

BEMS は、2011 年の東日本大震災を契機とする節電ニーズの高まりと、政府による BEMS の普及施策により、市場としての立ち上がりを見せ、従来エネルギー管理を行っていなかった高圧小口需要家を中心とする小規模施設においても BEMS の導入が一般的に行われるようになってきている。しかしながら、節電需要の一巡に加え、小規模施設ではイニシャルコストを償却できるほどの電気料金削減効果が得られないケースがあることや、そもそもエネルギー管理への投資が難しい需要家も多く存在することなどから、2014 年度から 2018 年度にかけて前年比 100%を割り込んでいる。2019 年度は需要の回復基調が見られ、前年比 100%を上回っている。

## (c) FEMS の普及推移

図表 5-20 に FEMS の普及状況について、単年販売数量、単年販売金額、単年設置数量、累積設置数量を 2012 年度から 2020 年度までの実績値、2021 年度の見込み値、2022 年度、2025 年度、2030 年度、2035 年度の予測値の推移を示す。

FEMS は、システムの構築コストが数百万円からとなることが一般的であり、省エネ関連の設備投資の必要があり、かつ設備投資の余力がある大規模の生産施設を持つ事業者での採用が中心となっている。東日本大震災後の節電ニーズの高まりで一時的な需要の増加が見られ、市場は一時的な盛り上がりを見せたが、2015 年、2016 年には市場全体としては前年から実績を落とす状況で推移している。その後も概ね前年比 100%前後で推移している。

図表 5-19 BEMS の普及状況

出所：富士経済(2014) P.205, 213, 富士経済(2015) P.197, 富士経済(2016) P.185, 富士経済(2017) P.120, 富士経済(2018) P.101, 富士経済(2019) P.55, 56, 富士経済(2020) P.89, 90, 富士経済(2021) P.75, 76 をもとに作成

単位：数量（システム）、金額（百万円）

	2012年度 (実績)	2013年度 (実績)	2014年度 (実績)	2015年度 (実績)	2016年度 (実績)	2017年度 (実績)	2018年度 (実績)
単年販売数量	25,560	32,400	30,950	29,700	27,640	24,780	22,140
前年比	-	106.5%	95.5%	96.0%	93.1%	89.7%	89.3%
単年販売金額	68,300	52,000	49,000	61,200	57,000	58,200	57,200
前年比	-	108.2%	94.2%	124.9%	93.1%	102.1%	98.3%
累積設置数量	-	-	-	194,000	198,100	201,500	202,500
前年比	-	-	-	-	102.1%	101.7%	100.5%

	2019年度 (実績)	2020年度 (実績)	2021年度 (見込)	2022年度 (予測)	2025年度 (予測)	2030年度 (予測)	2035年度 (予測)
単年販売数量	31,900	33,880	34,900	35,900	40,000	52,200	82,500
前年比	144.0%	106.2%	103.0%	102.9%	-	-	-
単年販売金額	58,100	57,600	57,900	57,900	58,600	60,900	69,200
前年比	101.6%	99.1%	100.5%	100.0%	-	-	-
累積設置数量	215,300	230,700	246,100	269,500	343,000	483,800	655,200
前年比	106.3%	107.2%	106.7%	109.5%	-	-	-

図表 5-20 FEMS の普及状況

出所：富士経済(2014) P.219, 富士経済(2015) P.204, 富士経済(2016) P.192, 富士経済(2017) P.131, 富士経済(2018) P.114, 富士経済(2019) P.100, 富士経済(2020) P.107, 富士経済(2021) P.91 をもとに作成

単位：数量（システム），金額（百万円）

	2012 年度 (実績)	2013 年度 (実績)	2014 年度 (実績)	2015 年度 (実績)	2016 年度 (実績)	2017 年度 (実績)	2018 年度 (実績)
単年販売数量	610	620	680	650	600	580	590
前年比	-	101.6%	109.7%	95.6%	92.3%	101.1%	101.7%
単年販売金額	2,880	2,900	3,000	2,950	2,700	2,600	2,640
前年比	-	100.7%	103.4%	98.3%	91.5%	100.5%	101.5%
累積設置数量	-	-	-	9,000	9,020	9,020	9,020
前年比	-	-	-	-	100.2%	100.0%	100.0%

	2019 年度 (実績)	2020 年度 (実績)	2021 年度 (見込)	2022 年度 (予測)	2025 年度 (予測)	2030 年度 (予測)	2035 年度 (予測)
単年販売数量	580	530	550	570	600	700	800
前年比	98.3%	91.4%	103.8%	103.6%	-	-	-
単年販売金額	2,500	2,200	2,200	2,200	2,300	2,600	3,000
前年比	94.7%	88.0%	100.0%	100.0%	-	-	-
累積設置数量	9,040	9,080	9,120	9,160	9,300	9,800	10,500
前年比	100.2%	100.4%	100.4%	100.4%	-	-	-

(d) CEMS の普及推移

図表 5-21 に CEMS の普及状況について，単年販売数量，単年販売金額，単年設置数量，累積設置数量を 2012 年度から 2020 年度までの実績値，2021 年度の見込み値，2022 年度，2025 年度，2030 年度，2035 年度の予測値の推移を示す。

特定のコミュニティや街区の住宅や業務・産業施設のエネルギー使用状況などを統合的に管理するためのシステムである CEMS は，都市開発プロジェクトでの高付加価値化などで採用されている傾向がある。CEMS 導入案件は，分散型電源による地域内でのエネルギーの自給自足（地産地消）を図るプロジェクトや地域エネルギー供給事業者をベースとしたスマートエネルギープロジェクトなどを中

心に展開されている。また、環境省の「公共施設等先進的 CO2 排出削減対策モデル事業」<sup>57</sup>、経済産業省の「スマートコミュニティ導入促進事業」<sup>58</sup>といった補助政策も案件増加に寄与していると考えられる。

**図表 5-21 CEMS の普及状況**

出所：富士経済(2016) P.204, 富士経済(2017) P.136, 富士経済(2018) P.119, 富士経済(2019) P.106, 富士経済(2020) P.113, 富士経済(2021) P.97 をもとに作成

単位：システム

	2012 年度 (実績)	2013 年度 (実績)	2014 年度 (実績)	2015 年度 (実績)	2016 年度 (実績)	2017 年度 (実績)	2018 年度 (実績)
単年販売数量	0	0	0	0	2	2	2
前年比	-	-	-	-	-	100.0%	100.0%
累積設置数量	0	0	0	0	2	6	8
前年比	-	-	-	-	-	150.0%	133.3%

	2019 年度 (実績)	2020 年度 (実績)	2021 年度 (見込)	2022 年度 (予測)	2025 年度 (予測)	2030 年度 (予測)	2035 年度 (予測)
単年販売数量	2	3	2	3	5	10	15
前年比	100.0%	150.0%	66.7%	150.0%	-	-	-
累積設置数量	10	13	15	18	30	70	130
前年比	125.0%	130.0%	115.4%	120.0%	-	-	-

## 5.2.6 小括

ここで、5.2.1 項から 5.2.5 項までの事例の記述と分析についてまとめる。

エネルギーマネジメントシステム (EMS) は、2000 年前後からの ICT の進展に伴って、システム化され社会実装が進展しているものである。従来の機器単体の省エネルギー (省エネ) の推進に、マネジメントの概念が導入され、この EMS が創出されるに至り、管理単位を、単独施設から複数施設へ、さらには、地域・

<sup>57</sup> 出所： [https://www.env.go.jp/earth/earth/ondanka/mat31y\\_01-22.pdf](https://www.env.go.jp/earth/earth/ondanka/mat31y_01-22.pdf) (閲覧日：2022 年 1 月 5 日)

<sup>58</sup> 出所： [https://www.meti.go.jp/committee/summary/0004633/014\\_09\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/committee/summary/0004633/014_09_00.pdf) (閲覧日：2022 年 1 月 5 日)



エリアへと拡大する形で進展している。EMS には、家庭向けの HEMS（ホームエネルギーマネジメントシステム）、事業所を対象に含む BEMS（ビルエネルギーマネジメントシステム）、FEMS（ファクトリーエネルギーマネジメントシステム）、CEMS（コミュニティエネルギーマネジメントシステム）がある。HEMS は、ICT の利活用により、文字通り、家庭で使うエネルギーを管理するシステムである。BEMS は、ビルのエネルギーマネジメントシステムで、ビルの安全で快適な環境の維持とともに、省エネを図り、ビルの運営管理の効率化を目的とするシステムである。FEMS は工場におけるエネルギーマネジメントシステムである。CEMS は、供給側での電力の安定供給を実現するスマートグリッド技術と需要家側での効率的なエネルギー利用を図る各種 EMS とを組み合わせたコミュニティエネルギーマネジメントシステムを指す。

5.2.1 項から 5.2.4 項で見てきたように、HEMS の機能、仕組みは、取り巻く環境の変化に伴い大きく変化している。また、BEMS についても、例えば、空気調和・衛生工学会の定義によれば、BEMS を構成するシステムとして、ビルディングオートメーション（BAS）、エネルギー環境管理システム（EMS）、設備管理支援システム（BMS）、施設運用支援システム（FMS）があり、ここでいうところの EMS の範囲を指して BEMS とすることもあるが、BEMS の定義の全体範囲を指し、BEMS とされることもある。また、空調調和・衛生工学会では BAS を基本 BEMS と呼び、これに EMS を加えたものを拡張 BEMS、そして、BMS を拡張 BEMS に追加したものを高級 BEMS、さらに、FMS を有するものを統合型 BEMS と呼ぶ。また、国際標準化機構／技術委員会 205 (ISO/TC 205 委員会) ではビル自動制御システム（BACS）として BEMS は規定されている。

このように、環境エネルギー分野の社会的便益先行型 ICT プラットフォームであるエネルギーマネジメントシステム(EMS)は、人工物としての境界の恣意性、不安定性が高いことがわかる。次節以降では、このエネルギーマネジメントシステムについて財の変容と共進化・共普及に注目してテキストマイニングによる分析を行う。

### 5.3 テキストマイニングの対象データ

本節では、本研究のテキストマイニング分析の対象となるデータである、エネルギーマネジメントシステムに関する、技術者の解釈データとしての特許文書と、メディアの解釈データとしての新聞記事について示す。

### 5.3.1 技術者の解釈データとしての特許文書

特許とは、抽象的なアイデアに対して独占排他権を付与してもらうために、独占排他権の範囲を、テキストを主体として特定したものである。これが各国の特許庁に出願され、審査され、内容に新規性、進歩性があると認められることで権利化される。

特許文書は発明の権利の申請範囲やその詳細、用途などを記載した文書であり、法的側面と技術的側面の双方を持つ。世界各国の特許庁に、それぞれ年間数十万件以上（世界全体では年間数百万件）の特許が出願されており、世界の特許出願数は年々増加している。世界の特許出願数は、2010年の199.7万件から2019年には322.4万件まで増加している。なお、日本国特許庁への出願件数は、特許協力条約に基づく国際出願である国際特許出願であって、指定国に日本国を含み、かつ日本国特許庁に国内書面が提出された出願を含め、2011年の342,610件から年々微減傾向にあり、2020年は288,472件である（特許庁 2021）。

各企業は特許の出願に戦略的なアプローチをとることが多く、また競合他社の特許の出願動向に非常に敏感である。また、特許文書は一般に長い上に技術的な専門性が高く、また法的文書であるが故に形式的で難解な表現が多い。このため、人手による読解や分析には高い専門性と時間が必要となる。したがって、大量文書を読み込んで分析する上で、機械的アプローチのニーズが非常に高い。

本研究では、エネルギーマネジメントに関連する特許文書データとして、2000年1月1日から2020年12月31日の間に日本国特許庁に出願された、1,531件の発明を2つのキーワード群によって抽出した。2つのキーワード群毎の抽出した特許文書数は次のとおりである。(1)「エネルギーマネジメント/エネルギー管理」：1,217件、(2)「HEMS/BEMS/FEMS/CEMS」：314件である。

なお、本研究では、国際特許出願、すなわち、特許協力条約に基づく国際出願であって指定国に日本国を含み、かつ日本国特許庁に国内書面が提出された出願を対象に含める。

図表 5-22 に、公開特許公報の例として、筆者が発明者の公開特許公報の一部を抜粋して示す。公開特許公報とは、出願中の特許案件のうち、原則的に出願日から1年6ヶ月が経過し、公開された公報のことを指す。本研究では、各発明が解決しようとする課題とその課題を解決するための手段を短く的確に記載された公開特許公報における、「要約」の箇所をテキストマイニングの分析対象とする。

図表 5-22 公開特許公報の例

出所：筆者が発明者の公開特許公報（特開 2021-118618）の一部を抜粋して掲載

JP 2021-118618 A 2021. 8. 10

(19) 日本国特許庁 (JP)	(12) 公開特許公報 (A)	(11) 特許出願公開番号 <b>特開2021-118618</b> (P2021-118618A)
		(43) 公開日 <b>令和3年8月10日 (2021. 8. 10)</b>

---

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>H02J 3/14 (2006.01)</b>	H02J 3/14	5G066
<b>H02J 3/38 (2006.01)</b>	H02J 3/38 130	5L049
<b>H02J 3/00 (2006.01)</b>	H02J 3/00 130	
<b>G06Q 50/06 (2012.01)</b>	G06Q 50/06	

---

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2020-10626 (P2020-10626) (22) 出願日 令和2年1月27日 (2020. 1. 27)	(71) 出願人 314012076 パナソニック I P マネジメント株式会社 大阪府大阪市中央区城見2丁目1番61号 (74) 代理人 100109210 弁理士 新居 広守 (74) 代理人 100137235 弁理士 寺谷 英作 (74) 代理人 100131417 弁理士 道坂 伸一 (72) 発明者 坂田 幸太郎 大阪府門真市大字門真1006番地 パナ ソニック株式会社内 Fターム (参考) 5G066 AA02 AE03 AE09 HB06 HB09 JB03 KB01 5L049 CC06
--	---

---

(54) 【発明の名称】 エネルギー管理システム、エネルギー管理方法、及び、プログラム

(57) 【要約】

【課題】 複数の需要家に適切に電力の削減目標量を割振ることができるエネルギー管理システム等を提供する。

【解決手段】 エネルギー管理システム1は、対象時間帯の電力削減量を含む電力削減量創出指令、各需要家50の再生可能エネルギーを創出する発電設備60の発電量に関する情報、及び、対象時間帯の気象情報を取得する制御部30と、対象時間帯の各需要家50の発電設備60の発電量を、気象情報に基づいて予測する発電量予測部32と、対象時間帯の各需要家50の電力需要量を予測する需要量予測部31と、電力需要量の予測値から発電量の予測値を差し引いた実需要量の予測値に基づいて、電力削減量創出指令の電力削減量の各需要家50への割振りを決定する割振り決定部33とを備える。

【選択図】 図2

### 5.3.2 メディアの解釈データとしての新聞記事

メディアの解釈データとして、日本経済新聞（朝刊／夕刊）、日経産業新聞の新聞記事を分析の対象とする。日本経済新聞は株式会社日本経済新聞が発行する国内最大の販売部数を誇る経済紙である。2020年度の販売部数は朝刊が2,333,087で、夕刊が1,133,233である。これが日本経済新聞を選んだ理由である。また、日経産業新聞は、同じく株式会社日本経済新聞社が発行している経済紙である。産業・企業情報に特化しており、発行数は約50,000部とされる。エネルギーマネジメントは、家庭向けのHEMSであっても、消費者にダイレクトに販売されることは少なく、BtoBtoCの形態を取ることが多い。そのため、産業・企業情報に特化した日経産業新聞は、日本経済新聞にも増して、エネルギーマネジメントに関心を寄せる可能性のある読者を抱えると考えられ、そのため、エネルギーマネジメントを他紙にも増して取りあげる可能性が考えられる。図表5-26で、2000年から2020年間の新聞記事での「エネルギーマネジメント」「エネルギー管理」のキーワード出現頻度を、日本経済新聞と日経産業新聞に分けて示しているが、「エネルギーマネジメント」と「エネルギー管理」のいずれのキーワードについても、大半の期間に渡って、現に日経産業新聞が日本経済新聞の倍以上の記事数が抽出されている。

本研究では、エネルギーマネジメントに関連する新聞記事データとして、2000年1月1日から2020年12月31日の間に発行された、日本経済新聞（朝刊／夕刊）：727件、日経産業新聞：2,056件、合計2,783件を6つのキーワード群によって抽出した。6つのキーワード群毎の抽出した新聞記事数は次のとおりである。

(1) 「エネルギーマネジメント」：日本経済新聞（朝刊／夕刊）：66件、日経産業新聞：132件、(2) 「エネルギー管理」：日本経済新聞（朝刊／夕刊）：405件、日経産業新聞：1,164件、(3) 「HEMS」：日本経済新聞（朝刊／夕刊）：201件、日経産業新聞：564件、(4) 「FEMS」：日本経済新聞（朝刊／夕刊）：3件、日経産業新聞：9件、(5) 「BEMS」：日本経済新聞（朝刊／夕刊）：45件、日経産業新聞：160件、(6) 「CEMS」：日本経済新聞（朝刊／夕刊）：7件、日経産業新聞：27件である。

## 5.4 価値の解釈の動態の分析結果

前節で示したデータ，すなわち，エネルギーマネジメントに関する，技術者の解釈データとしての特許文書と，メディアの解釈データとしての新聞記事を対象としたテキストマイニングによる分析の結果について以下に示す。

### 5.4.1 技術者の解釈（特許文書）データの分析結果

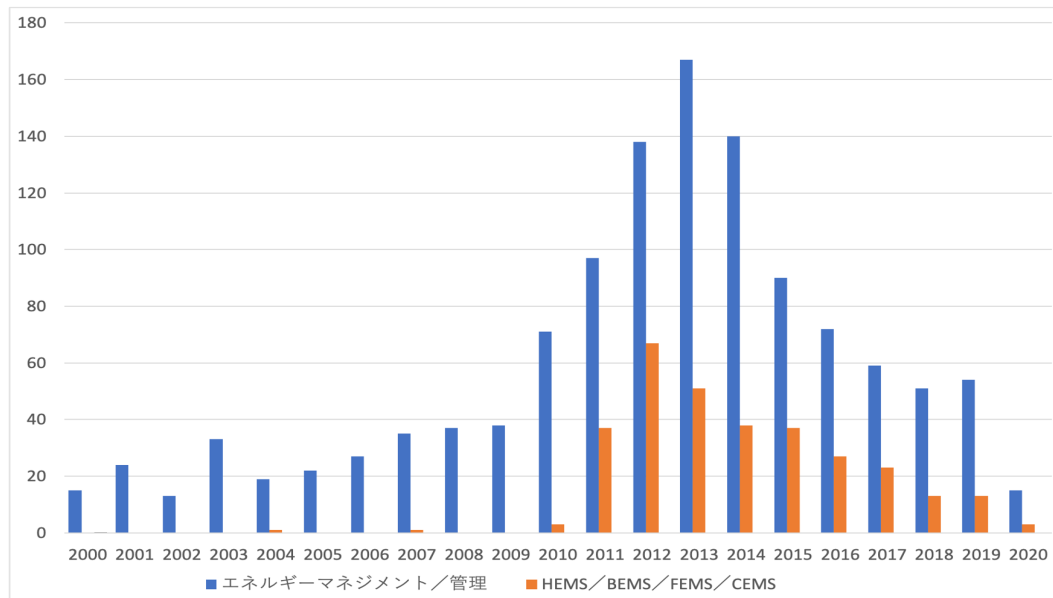
#### (a) キーワード出現推移分析

図表 5-23 に，2000 年から 2020 年の間に，日本国特許庁に出願された特許文書における，広義のエネルギーマネジメントのキーワード群のうち，「エネルギーマネジメント／エネルギー管理」「HEMS／BEMS／FEMS／CEMS」の 2 つのキーワード群（EMS ファミリー）のキーワード出現推移を示す。

「エネルギーマネジメント／エネルギー管理」に関する特許文書数は 2013 年をピークに，ほぼ左右対称で増加から減少に転じている。また，「HEMS／BEMS／FEMS／CEMS」に関する特許文書数については，2011 年に急激に立ち上がり，翌年の 2012 年にはピークを迎え，そこから 2020 年にかけて減少傾向が継続している。2030 年までに国内の全世帯に HEMS を設置するとの目標が「グリーン政策大綱」に謳われた 2012 年でピークアウトしていることは注目に値する。2015 年から 2016 年に実施の「大規模 HEMS 情報基盤事業」は，その名のとおり「大規模」を標榜し，i エネコンソーシアムなる東日本電信電話株式会社，KDDI 株式会社，ソフトバンク株式会社，パナソニック株式会社を幹事事業者に，約 30 社が参画した推進団体を組成し，推進されているものの，2015 年，2016 年と特許文書におけるキーワード出現推移は減少の一途で，技術開発の中でも少なくとも知財開発に関しては大規模 HEMS 情報基盤事業が促進しているようには見て取ることができない。

図表 5-23 キーワード出現推移 (EMS ファミリーの特許文書)

出所：筆者作成



(b) 共起ネットワーク分析

エネルギー管理に関する技術者の解釈データとしての特許文書のテキストマイニングの分析結果として、図表 5-24 で、「エネルギー管理/エネルギー管理」および「HEMS/BEMS/FEMS/CEMS」の EMS ファミリーの特許文書の共起ネットワークを示す。

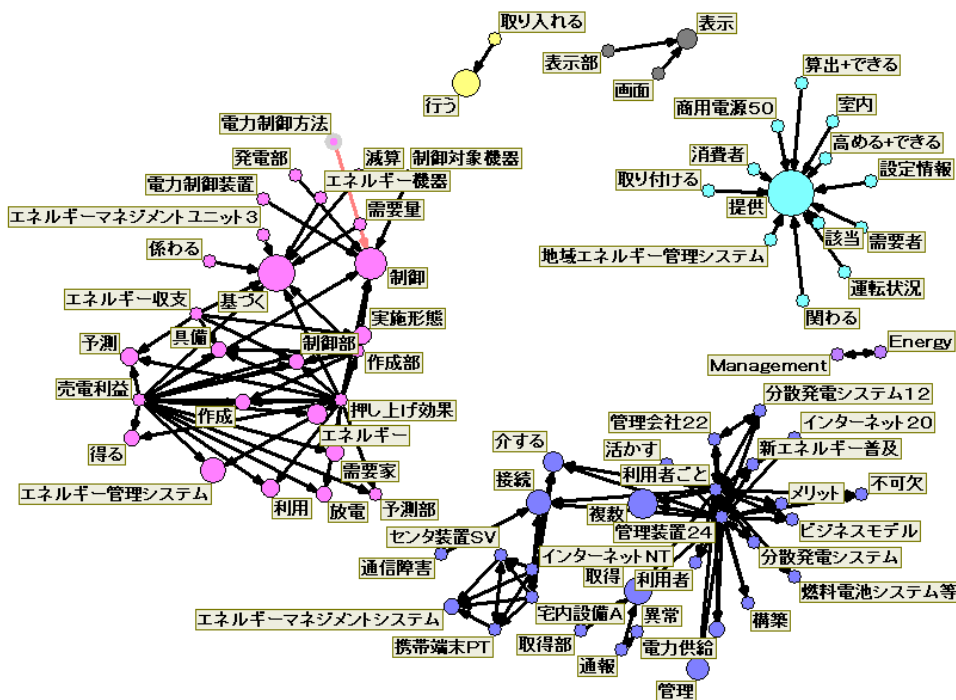
4.6.3 項で説明したとおり、共起ネットワークとは、共起の程度が強い語と語、言い換えると、「文書」内で出現パターンが類似している語と語を線で結んだものである。したがって、線につながっていることが語と語の共起を示す。共起の強弱は Jaccard 係数で評価している。Jaccard 係数は、ある 2 つの集合に含まれている要素のうち共通要素が占める割合を表している。この Jaccard 係数の値は 0 から 1 の間をとり、Jaccard 係数が大きいほど当該 2 つの集合は類似度が高いといえる。

図表 5-24 の共起ネットワークは 3 つのキーとなるネットワークを形成している。3 つのキーとなるネットワークのうち、ピンクのネットワークにおいて、「押し上げ効果」「売電利益」「エネルギー収支」を「予測」「得る」という語が見出される。また、パープルのネットワークでも、「ビジネスモデル」の語が見出されるのに加え、「燃料電池システム等」「新エネルギー普及」「分散」「複数」「異常」「通報」の語が注目される。また、ブルーのネットワークでは、「地域エネルギーネッ

トワーク」の語があり、CEMSに通じるエネルギーマネジメントの概念が1つのネットワークを形成している。

図表 5-24 共起ネットワーク (EMS ファミリーの特許文書)

出所：筆者作成



(c) 対応分析

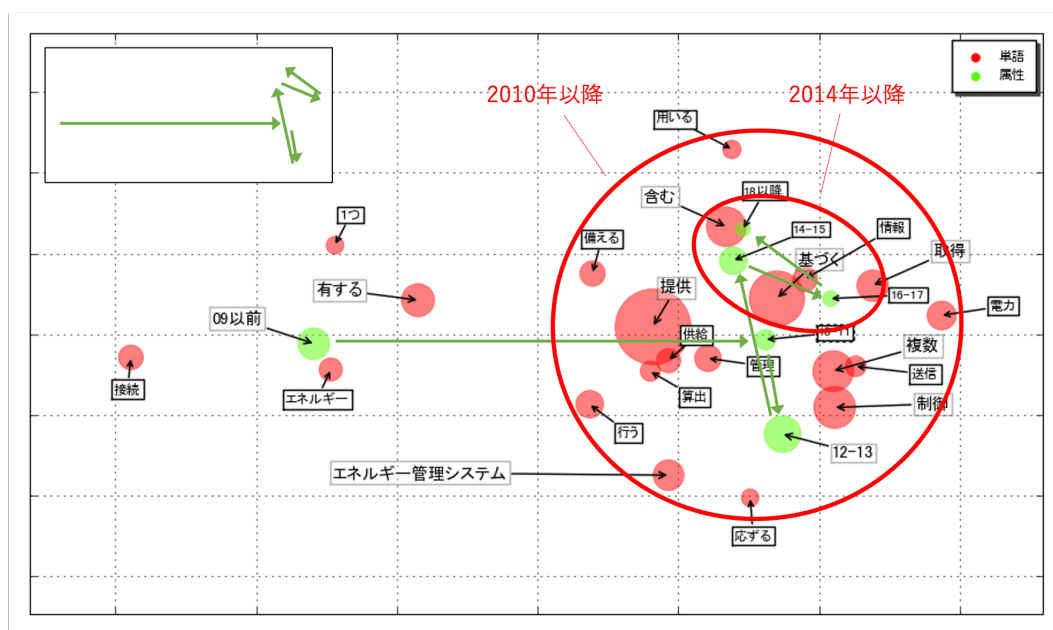
エネルギーマネジメントに関する技術者の解釈データとしての特許文書のテキストマイニングの分析結果として、図表 5-25 で、「エネルギーマネジメント/エネルギー管理」および「HEMS/BEMS/FEMS/CEMS」の EMS ファミリーの特許文書について対応分析による経時的推移の可視化結果を示す。対応分析は、数量化理論Ⅲ類の分析手法でコレスポンド分析を指す。図表 5-25 では 2009 年以前、2010 年から 2011 年の期間、2012 年から 2013 年の期間、2014 年から 2015 年の期間、2016 年から 2017 年の期間、2018 年以降の 6 つの期間に特許文書を分類し、対応分析によりその経時的推移を緑の有向線の連鎖で示している。

図表 5-25 の EMS ファミリーの特許文書の対応分析の結果からは、2009 年以前から 2010 年にかけては直線的に遷移しているが、2010 年以降、「複数」の語の周辺の赤い楕円の中をジグザクに遷移している。特に、2014 年以降はさらに狭

い領域（赤い楕円）の中を遷移している。これは、2009 年以前から順に、2010 年以降、2014 年以降と、解釈の柔軟性を狭めながら、人工物の価値の安定化が進行しているといえる。

図表 5-25 対応分析による経時的推移の可視化(EMS ファミリーの特許文書)

出所：筆者作成



#### 5.4.2 メディアの解釈（新聞記事）データの分析結果

##### (a) キーワード出現推移分析

図表 5-26 に、新聞記事における「エネルギーマネジメント/エネルギー管理」のキーワード出現推移を、図表 5-27 に、「HEMS/BEMS/FEMS/CEMS」のキーワード出現推移を示す。また、図表 5-28 に、新聞記事における EMS ファミリーの「エネルギーマネジメント/エネルギー管理」および「HEMS」、「BEMS/FEMS/CEMS」のキーワード出現推移の比較を示す。図表 5-29 には、EMS ファミリーの「エネルギーマネジメント/エネルギー管理」および「HEMS」、「BEMS/FEMS/CEMS」の各々の累積相対度数分布を示す。

図表 5-26 に示すとおり、「エネルギー管理」に比べて「エネルギーマネジメント」は、記事数が少ない。「エネルギーマネジメント」が新聞の読者に十分認知されていないこと、紙面の制約から簡潔な言葉が好まれることが影響し、「エネルギ



一管理」がよく用いられていると考えられる。また、日本経済新聞と日経産業新聞の比較をすると、度数は後者の日経産業新聞が多いものの、増減の推移は類似の傾向を示している。

次に、図表 5-27 に示すとおり、「HEMS/BEMS/FEMS/CEMS」のうち、「FEMS」と「CEMS」が出てくる新聞記事は少なく、「HEMS」と「BEMS」が優勢である。「HEMS/BEMS/FEMS/CEMS」は各々、2012年ないし2013年に、ピークを迎え、減少に転じており、急峻な山、「マッターホルン<sup>59</sup>」のような形状を形成している。

図表 5-28 に示すように、「エネルギーマネジメント/エネルギー管理」「HEMS」「BEMS/FEMS/CEMS」ともに、2010年から新聞記事でのキーワード出現度は急増し、2012年にピークを迎え、そこから2016年頃にかけて急減する形で、こちらも2012年を急峻なピークとする山、「マッターホルン」のような形状をなしている。

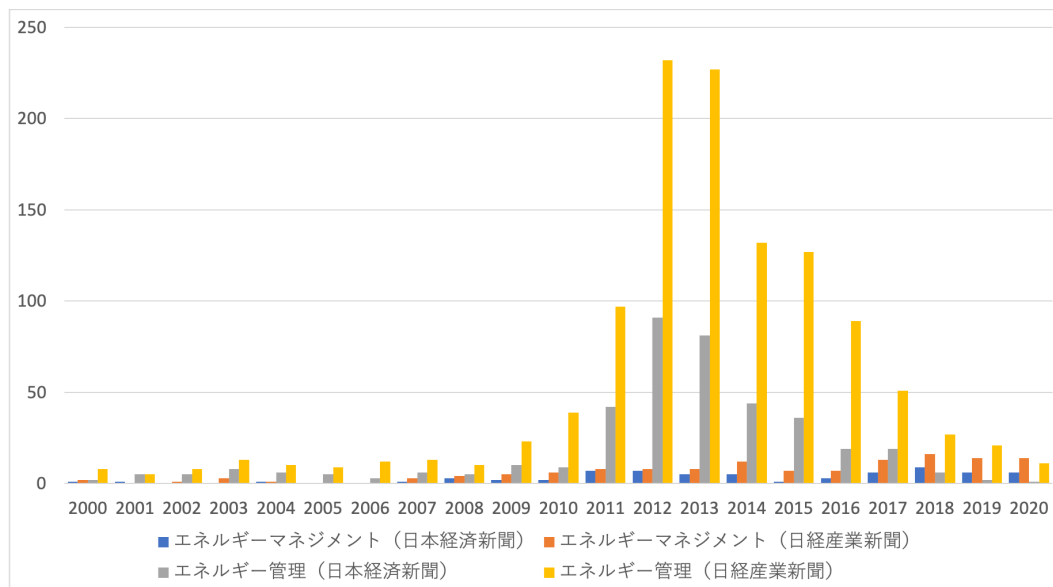
図表 5-29 に示すように、EMSファミリーの「エネルギーマネジメント/エネルギー管理」「HEMS」「BEMS/FEMS/CEMS」の各々のキーワード出現の新聞記事の累積相対度数分布は、ともにS字曲線となり類似している。3本の累積相対度数分布は、S字曲線として類似性を示す一方で、3者の相違点も特徴として見出される。2010年以前は、「エネルギーマネジメント/エネルギー管理」「BEMS/FEMS/CEMS」「HEMS」の順に累積相対度数曲線は先行し、2010年から2012年にかけて、この3本の累積相対度数曲線の傾き（勢い）が高まるが、高まり方に差と順序が見られる。まず、2011年から「BEMS/FEMS/CEMS」が傾きを急激に増加させ、2011年から2012年にかけて、「BEMS/FEMS/CEMS」が「エネルギーマネジメント/エネルギー管理」を追い抜き、累積相対度数が第1位に躍り出ている。「BEMS/FEMS/CEMS」が傾きを急激に増加させた2011年のほぼ同時期に「HEMS」も傾きを急激に増加させ、「BEMS/FEMS/CEMS」に若干遅れる形で「HEMS」も急進し、2012年から2013年にかけて、「HEMS」が「エネルギーマネジメント/エネルギー管理」を追い抜き、累積相対度数が第3位から第2位になっている。2014年から2015年にかけては、「HEMS」の累積相対度数曲線の傾きが一番大きくなっており、勢いが確認できる。2016年からは3本の累積相対度数曲線の勢いはともに鈍化しているが、「BEMS/FEMS/CEMS」が最も鈍化し、次いで「HEMS」が鈍化している。

---

<sup>59</sup> マッターホルンは、スイスとイタリアの国境にそびえる標高4,478mの山である。

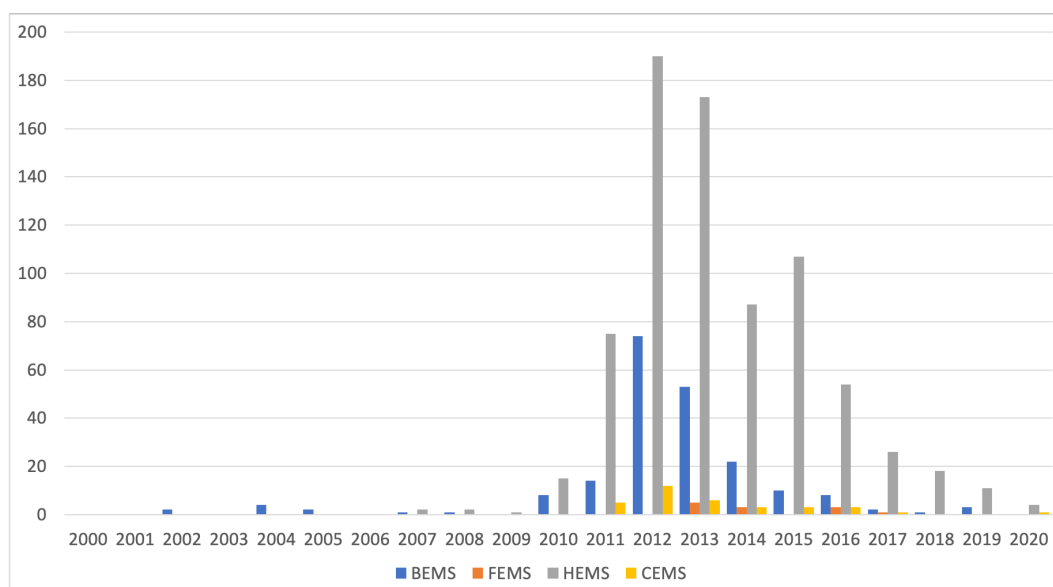
図表 5-26 キーワード出現推移 (エネルギーマネジメント/管理の新聞記事)

出所：筆者作成



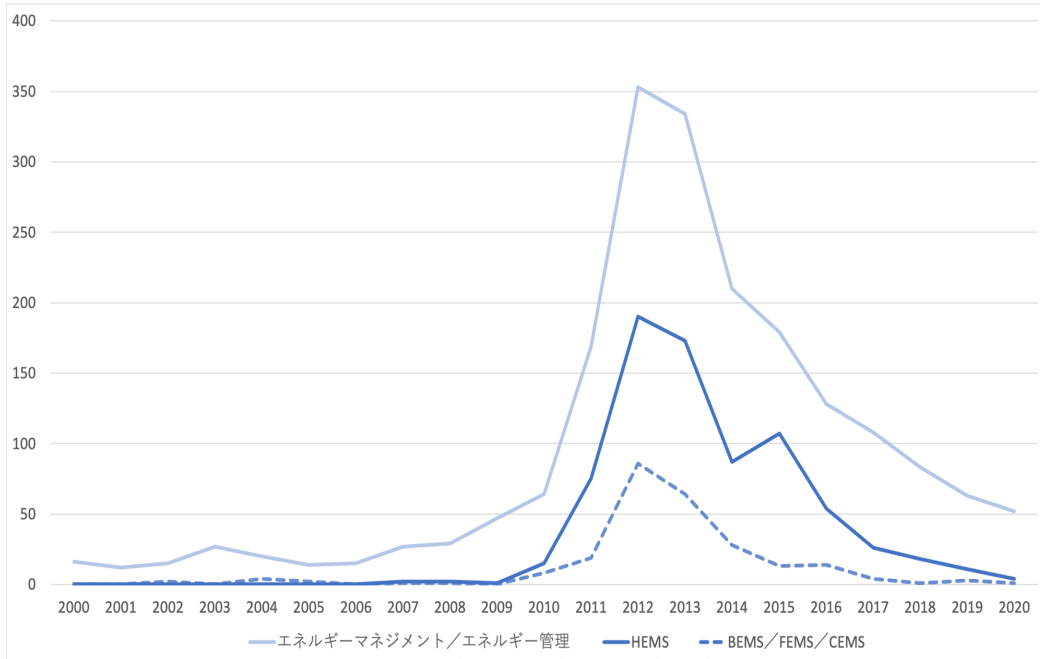
図表 5-27 キーワード出現推移 (xEMS の新聞記事)

出所：筆者作成



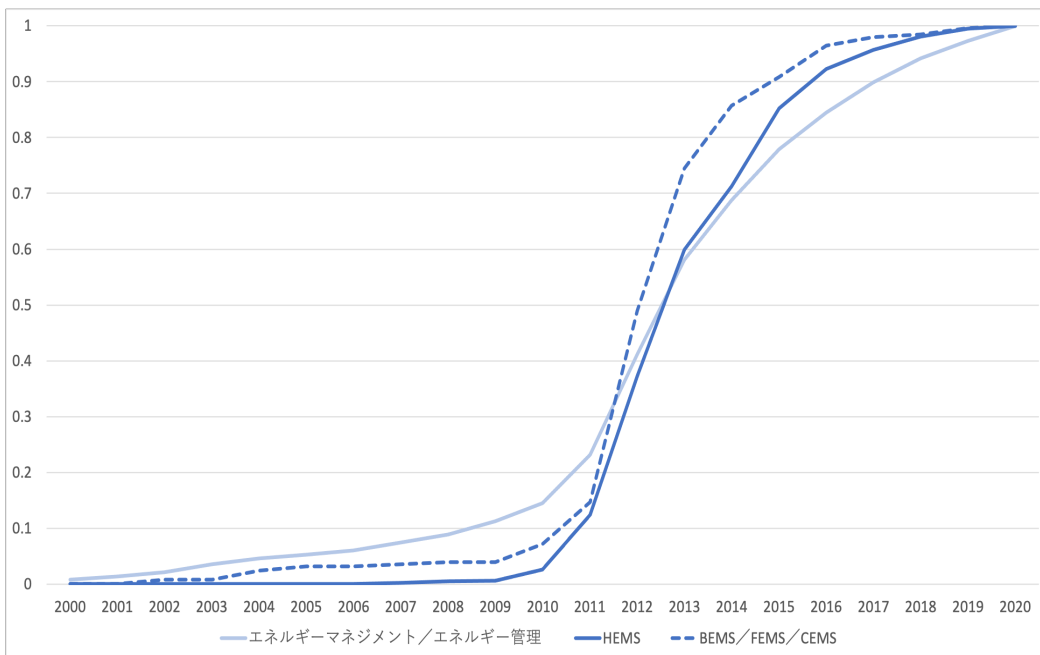
図表 5-28 キーワード出現推移 (EMS ファミリーの新聞記事)

出所：筆者作成



図表 5-29 キーワード出現の新聞記事の累積相対度数分布 (EMS ファミリー)

出所：筆者作成





定された「公益事業規制政策法 (PURPA)」に起源を求めることができるとする。「1980 年代末、FIT 制度の概念は欧州に到来し、さらなる発展を遂げました」(P.129) とされる。FIT 制度の導入については、日本は後発組に位置づけられ、ドイツを参考にした側面が大きいと考えられる。

さらには、「リチウムイオン蓄電池」に加えて、「エコカー」「電気自動車」「日産自動車」「リーフ<sup>62</sup>」「三菱自動車<sup>63</sup>」「充放電」と、動く蓄電池としての電気自動車 (EV)、EV 充放電、V2X<sup>64</sup>に関する語群も見出される。また、このブルーのネットワークの外には、「コージェネレーション<sup>65</sup>」という燃料電池に対応する語も認識される。

### (c) 対応分析

エネルギーマネジメントに関するメディアの解釈データとしての新聞記事のテキストマイニングの分析結果として、図表 5-31 で対応分析による xEMS の解釈の特性比較を示すとともに、図表 5-32 で、xEMS の特許文書について対応分析による経時的推移の可視化結果を示す。図表 5-32 では 2010 年以前、2011 年、2012 年、2013 年、2014 年、2015 年、2016 年、2017 年、2018 年以降の 9 つの期間に新聞記事を分類し、対応分析によりその経時的推移を緑の有向線の連鎖で示している。

図表 5-31 の xEMS の新聞記事の対応分析の結果からは、「太陽光発電」と「蓄電池」が「HEMS」に特徴的であるのに対して、「BEMS」の近辺には「企業」はもちろんのこと、「照明」があり、BEMS における制御対象機器 (エネルギーリソース) として、照明機器の存在感が確認される。なお、「省エネ」「制御」などエネルギーマネジメントの基本となる効用、機能は、「HEMS」と「BEMS」のほぼ等距離にある。

図表 5-32 の xEMS の新聞記事の対応分析の結果からは、2012 年に、「蓄電池」

<sup>62</sup> リーフ (LEAF) は日産自動車株式会社が 2010 年から販売している電気自動車で、日本をはじめとする世界各国で一般家庭への普及の先駆車とされる。

<sup>63</sup> 三菱自動車工業株式会社は世界初となる量産型の電気自動車「i-MiEV (アイミーブ)」を 2009 年から販売していることで知られる。

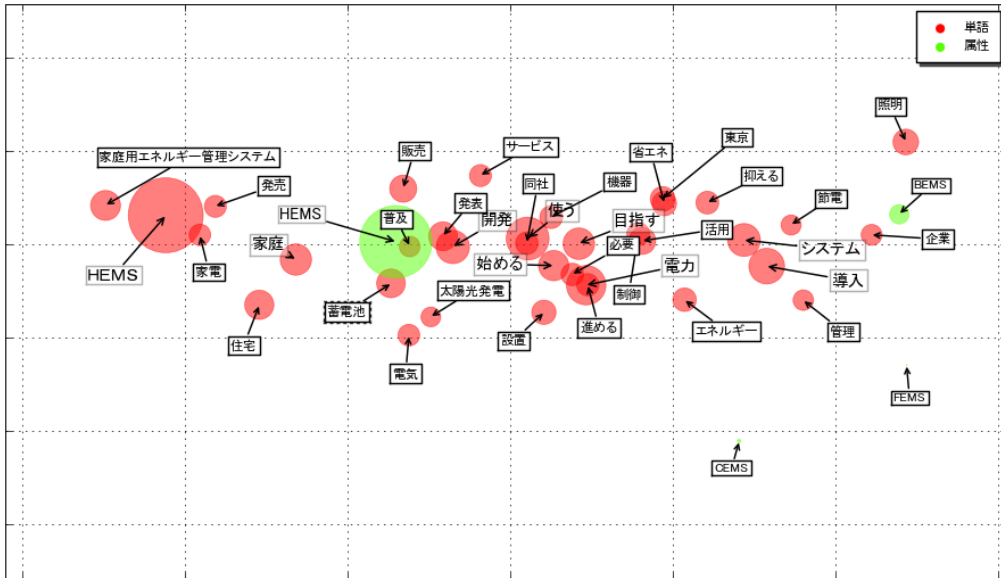
<sup>64</sup> V2X (Vehicle to X) は、電気自動車 (EV) やプラグインハイブリッド自動車 (PHV) などに搭載された蓄電池から建物や電力系統に対して電力供給を行うための設備である自動車用充放電器を指し、住宅向けの V2H (Vehicle to Home)、業務施設向けの V2B (Vehicle to Building)、電力系統供給向けの V2G (Vehicle to Grid) の総称である。

<sup>65</sup> コージェネレーション (熱電併給) は、「天然ガス、石油、LP ガス等を燃料として、エンジン、タービン、燃料電池等の方式により発電し、その際に生じる廃熱も同時に回収するシステム」とされる。(出所：資源エネルギー庁、

[https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity\\_and\\_gas/other/cogeneration/](https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/other/cogeneration/))

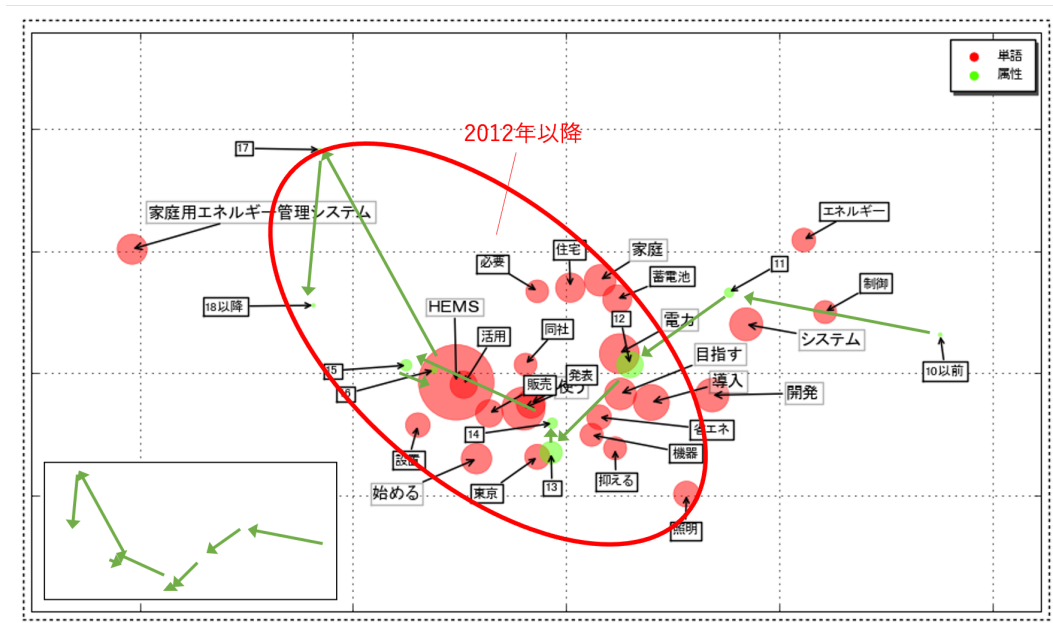
図表 5-31 対応分析による xEMS の解釈の特性比較 (xEMS の新聞記事)

出所：筆者作成



図表 5-32 対応分析による経時的推移の可視化 (xEMS の新聞記事)

出所：筆者作成



に最も接近していることが注目される。図表 5-32 中の緑の経時的軌跡は、2011 年で少しピボットしているものの、2010 年以前から 2013 年にかけては直線的な軌道を示しているが、2013 年以降、赤の楕円の中で探索的な軌道を示している。図表 5-25 の EMS ファミリーの特許文書の対応分析の結果における緑の経時的軌跡がそうであったように、図表 5-32 の xEMS の新聞記事についても人工物の解釈の柔軟性を狭めながら、人工物の価値の安定化が進行しているといえる。

## 5.5 小括

本章では、社会的便益先行型 ICT プラットフォームとして、エネルギーマネジメントシステム (EMS) を事例に取りあげ、本章の前半の 5.2 節で事例の記述と分析を行い、後半の 5.3 節でテキストマイニングの対象データ、5.4 節でテキストマイニングによる価値の解釈の動態の分析結果について述べた。

事例の記述と分析については、まず、エネルギーマネジメント概念と技術について述べた。エネルギーマネジメント技術については、エネルギーマネジメントの補完財の太陽光発電技術と、社会的便益先行型ではない ICT の代表例としてバーチャルリアリティ技術の論文数の推移と比較することで、その研究開発活動の動向の特徴を分析した。そして、エネルギーマネジメントシステムの構成と概念、標準化とオープン化の進展を捉え、普及に向けた政府の実証事業と補助金事業をはじめとする導入・普及促進事業とその結果としての普及推移を捉えた。その上で、エネルギーマネジメントの普及過程の 2000 年から 2020 年の期間の特許文書データと新聞記事データを対象とするテキストマイニングによる分析を行い、可視化し考察することで、エネルギーマネジメントシステムの価値の解釈の動態を明らかにした。

エネルギーマネジメントシステム (EMS) は、2000 年前後からの ICT の進展に伴って、システム化され社会実装が進展しているものである。従来の機器単体の省エネルギー (省エネ) の推進に、マネジメントの概念が導入され、この EMS が創出されるに至り、管理単位を、単独施設から複数施設へ、さらには、地域・エリアへと拡大する形で進展している。EMS には、家庭向けの HEMS (ホームエネルギーマネジメントシステム)、事業所を対象を含む BEMS (ビルエネルギーマネジメントシステム)、FEMS (ファクトリーエネルギーマネジメントシステム)、CEMS (コミュニティエネルギーマネジメントシステム) がある。HEMS は、ICT の利活用により、文字通り、家庭で使うエネルギーを管理するシステム

である。BEMS は、ビルのエネルギーマネジメントシステムで、ビルの安全で快適な環境の維持とともに、省エネを図り、ビルの運営管理の効率化を目的とするシステムである。FEMS は工場におけるエネルギーマネジメントシステムである。CEMS は、供給側での電力の安定供給を実現するスマートグリッド技術と需要家側での効率的なエネルギーの利用を支える各種 EMS とを組み合わせたコミュニティエネルギーマネジメントシステムを指す。

本章で見てきたように、HEMS の機能、仕組みは、取り巻く環境の変化に伴い大きく変化している。また、BEMS についても、例えば、空気調和・衛生工学会の定義によれば、BEMS を構成するシステムとして、ビルディングオートメーション (BAS)、エネルギー環境管理システム (EMS)、設備管理支援システム (BMS)、施設運用支援システム (FMS) があり、ここでいうところの EMS の範囲を指して BEMS とすることもあるが、BEMS の定義の全体範囲を指し、BEMS ということもできる。また、空調調和・衛生工学会では BAS を基本 BEMS と呼び、これに EMS を加えたものを拡張 BEMS、そして、BMS を拡張 BEMS に追加したものを高級 BEMS、さらに、FMS を有するものを統合型 BEMS と呼ぶ。また、国際標準化機構／技術委員会 205 (ISO/TC 205 委員会) ではビル自動制御システム (BACS) として BEMS は規定されている。

このように、環境エネルギー分野の社会的便益先行型 ICT プラットフォームであるエネルギーマネジメントシステム (EMS) は、人工物としての境界の恣意性、不安定性が高い訳であるが、本研究のテキストマイニングの分析結果と照らし合わせると、人工物としての境界の不安定性をもたらす ICT プラットフォームの「改変・更新可能性」や「相互接続性」が、解釈の準拠点、ないしは、それに準じた役割としての補完財を連関させ、翻って逆説的であるが、ICT プラットフォームの人工物としての安定化に寄与していると考えられる。

また、東日本大震災の翌年の 2012 年には、2030 年までに日本全国の全ての住まいに HEMS を設置するとの極めて野心的な目標が「グリーン政策大綱」において政府から示されるとともに、太陽光発電をはじめとする再生可能エネルギーの最大限の導入加速を企図して、固定価格買取制度の FIT 法が施行されている。さらには、同年に、「省エネ大国」と称された日本が世界を先導する形で標準化活動が推進された ECHONET Lite 規格が HEMS およびスマートメーター用の通信規格 (国際標準規格) に選定され、パナソニック株式会社とその後に業界トップシェアの商品となる「スマート HEMS」を発売開始している。CEMS に関しても ISO/TC268/SC1 (スマートコミュニティインフラストラクチャー) が可決し標準化が大きく進展するなど、この 2012 年はエネルギーマネジメントシステム



の普及に向けた大きな出来事が重なっている。テキストマイニングの分析の結果においても、特許文書データと新聞記事データともに、2012年ないし翌年の2013年を急峻なピークとする山、「マッターホルン」のような形状が確認された。

## 6. バーチャルパワープラントの創成・社会実装と価値 の解釈の動態

### 6.1 はじめに

本章では、第5章で取りあげた、エネルギーマネジメントシステムの進化、変容と捉えられる、バーチャルパワープラント（VPP）を事例に取りあげ、本章の前半の6.2節で事例の記述と分析を行い、後半の6.3節でテキストマイニングの対象データ、6.4節でテキストマイニングによる価値の解釈の動態の分析結果について述べる。

事例の記述と分析については、バーチャルパワープラント概念の創成を捉えた上で、バーチャルパワープラントの普及を企図した政府の実証事業の進展についてシステムアーキテクチャーに着目しながら記述と分析を行う。そして、プロシューマーとの価値共創とアグリゲーターの進化、ICTの高度化と財の変容可能性、先進地域の社会実装との比較を行う。その上で、エネルギーマネジメントの普及過程の2000年から2020年の期間の特許文書データと新聞記事データを対象とするテキストマイニングによる分析を行い、可視化し考察することで、バーチャルパワープラントの価値の解釈の動態を明らかにする。

### 6.2 事例の記述と分析

本節では、バーチャルパワープラントの事例について記述と分析を行う。6.2.1項ではバーチャルパワープラント概念の創生を捉えた上で、6.2.2項で政府の実証事業の進展についてシステムアーキテクチャーに着目しながら記述と分析を行う。そして、6.2.3項でプロシューマーとの価値共創とアグリゲーターの進化について論じ、6.2.4項でICTの高度化と財の変容可能性を捉え、6.2.5項で先進地域の社会実装との比較を行う。

#### 6.2.1 バーチャルパワープラント概念の創成

Saboori, Mohammadi and Taghe(2011)は「VPPはまだ仮説の段階にある」と

しており、VPPについてさまざまな定義が存在している。Bignucolo et al.(2006)は、VPPを「さまざまな分散型電源（リソース）のアグリゲーション」と定義している。また、Pudjianto et al.(2007)は、「VPPは分散エネルギーネットワークの各所に接続し、さまざまな技術と運用で構成される」としている。また、Morais et al.(2008)は、VPPを「自律的なマイクログリッド」と定義している。マイクログリッドは大規模発電所の電力供給に頼らず、コミュニティにおいて分散型電源を利用することで安定的に電力供給を実現する仕組みを指す。

一方、国内のエネルギー政策全般を所管する資源エネルギー庁は、バーチャルパワープラントの普及を企図して「エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネス・ハンドブック」（資源エネルギー庁 2021b）を発行している。このハンドブックにおいて、冒頭、下記のように述べられている。

「これまでの電力システムは、基本的には需要を所与のものとして、需要に合わせて供給を行うという形態が採られてきました。

しかし、東日本大震災に伴う電力需給のひっ迫を契機に、従来の省エネの強化だけでなく、電力の需給バランスを意識したエネルギーの管理を行うことの重要性が強く認識されました。また、震災後、太陽光発電や風力発電といった再生可能エネルギーの導入が大きく進みました。これらは天候など自然の状況に応じて発電量が左右されるため、供給量を制御することができません。

こうした動きと並行して、太陽光発電や家庭用燃料電池などのコージェネレーション、蓄電池、電気自動車、ネガワット（節電した電力）など、需要家側に導入される分散型のエネルギーリソースの普及が進みました。

このような背景から、大規模発電所（集中電源）に依存した従来型のエネルギー供給システムが見直されるとともに、需要家側のエネルギーリソースを電力システムに活用する仕組みの構築が進められています。工場や家庭などが有する分散型のエネルギーリソース一つ一つは小規模なものですが、IoT（モノのインターネット）を活用した高度なエネルギーマネジメント技術によりこれらを束ね（アグリゲーション）、遠隔・統合制御することで、電力の需給バランス調整に活用することができます。この仕組みは、あたかも一つの発電所のように機能することから、『仮想発電所：バーチャルパワープラント（VPP）』と呼ばれています。」

（資源エネルギー庁 2021b, P.1）

このハンドブックは国内におけるバーチャルパワープラントに関するバイブルのように認識されるものであるが、上記のハンドブックの説明にあるように、VPPは各所の余剰電力や蓄電池の電力を調整し、電力を必要とするところに供給するため、IoTを応用して実現される「仮想的な発電所」であり、IoTシステムである。

VPPはある地域・コミュニティを管理対象として遠隔・統合制御するという点でCEMSと類似する概念であるが、CEMSとVPPの違いは、前者が送配電との連携が無いのに対して、後者は送配電と連携可能であることである。CEMSはその名が表すように、地域・コミュニティのエネルギーマネジメントに力点が置かれているのに対して、VPPは送配電と連携し、仮想的にはあるが「発電所」として機能することが企図されていることがその名称からも読み取れる。

また、日本においては、VPPとともに、エネルギーリソースアグリゲーションビジネス(ERAB)が構想されている。ERABは、アグリゲーターと呼ばれる事業者が需要側(需要家)の所有する太陽光発電、蓄電池、エネファーム<sup>66</sup>などの分散型エネルギーリソース(DER)<sup>67</sup>を統合調整(アグリゲート)して調整用エネルギーシステムとして活用できるようにする事業構想である<sup>68</sup>。

日本におけるVPP、ERABが社会で取りあげられていく経緯を見ると、2015年6月、「日本再興戦略」改訂2015<sup>69</sup>において、「さらに、高度なエネルギーマネジメント技術を活用し、蓄電池群制御やディマンドリスポンス等を需給調整力として有効活用することで、地域をあたかも一つの発電所のように機能させるバーチャルパワープラント(仮想発電所)のモデルを示す」(P.155)との政策方針が発表されている。その後の2015年8月、平成28(2016)年度の概算要求で、「バーチャルパワープラント構築実証事業費補助金39.5億円」が申請され、最終的に補助金額は29.5億円と決定されるに至っている。さらに2015年11月、当時の安倍首相の「第3回官民対話」で、具体的にVPPの社会実装の方針が示されている。

そして、2016年1月26日には、早稲田大学スマート社会技術融合研究機構内

---

<sup>66</sup> エネファームは家庭用燃料電池コジェネレーションシステムの愛称である。

<sup>67</sup> 資源エネルギー庁(2021a)は「分散型エネルギーリソース(DER: Distributed Energy Resources)」を「需要家側エネルギーリソース(DSR)に加えて、系統に直接接続される発電設備、蓄電設備を総称するもの」と定義している。

<sup>68</sup> 出所: 資源エネルギー庁(2021b)

<sup>69</sup> 出所:

[https://www5.cao.go.jp/keizai-shimon/kaigi/minutes/2015/0630/shiryo\\_02-1.pdf](https://www5.cao.go.jp/keizai-shimon/kaigi/minutes/2015/0630/shiryo_02-1.pdf)

(閲覧日: 2022年1月5日)

に産学主体の「エネルギー・リソース・アグリゲーション・フォーラム」(ERABF)が設置され、これまでに、2017年3月29日に第2回、2018年3月28日に第3回、2019年3月28日に第4回、2021年8月3日に第5回が開催されている<sup>70</sup>。

また、2016年1月29日には、経済産業省に「エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネス検討会」が設置され、同ビジネスの課題と今後の進め方についての検討が開始されている<sup>71</sup>。その後、2016年3月30日に第2回、2016年6月29日に第3回、2016年9月14日に第4回、2017年3月8日に第5回、2017年9月29日に第6回、2018年3月23日に第7回と開催され、議論されている<sup>72</sup>。このように回を重ね、2021年7月14日には第16回が開催されるに至っている。

図表6-1は、バーチャルパワープラント(VPP)における事業者の階層構造を示す。VPPにおいては、アグリゲーター<sup>73</sup>は、需要家側エネルギーリソース(DSR)<sup>74</sup>や分散型エネルギーリソースを統合制御し、VPPやDR(デマンドレスポンス)からエネルギーサービスを提供する事業者と位置付けられ、役割によってリソースアグリゲーターとアグリゲーションコーディネーターに区分がされる。また、両役割を兼ねる事業者も存在するとされる。「エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネス・ハンドブック」(資源エネルギー庁2021b)では、リソースアグリゲーターは「需要家とVPPサービス契約を直接締結してリソース制御を行う事業者」とされ、アグリゲーションコーディネーターは「リソースアグリゲーターが制御した電力量を束ね、一般送配電事業者や小売電気事業者、発電事業者、さらには、卸電力市場や容量市場<sup>75</sup>、需給調整市場<sup>76</sup>等の電力市場と直接電力

<sup>70</sup> 出所：早稲田大学(2016)、早稲田大学(2017)、早稲田大学(2018)、早稲田大学(2019)、早稲田大学(2021)。

<sup>71</sup> 出所：経済産業省(2016a)

<sup>72</sup> 出所：経済産業省(2016b)、経済産業省(2016c)、経済産業省(2016d)、経済産業省(2017a)、経済産業省(2017b)、経済産業省(2018)。

<sup>73</sup> ICTの導入を基軸に、従前の中央集権型のエネルギーシステムから分散型のエネルギーシステムへの移行が図られる中で、分散するエネルギーリソースを集約するアグリゲーターと呼ばれるポジションの事業者(Li, Wu, Zhou, Fu and Zhang, 2015; Contreras-Ocaña, Ortega-Vazquez and Zhang, 2018; Gisse, Subkhankulova, Dodds and Barrett, 2019)が出現している。

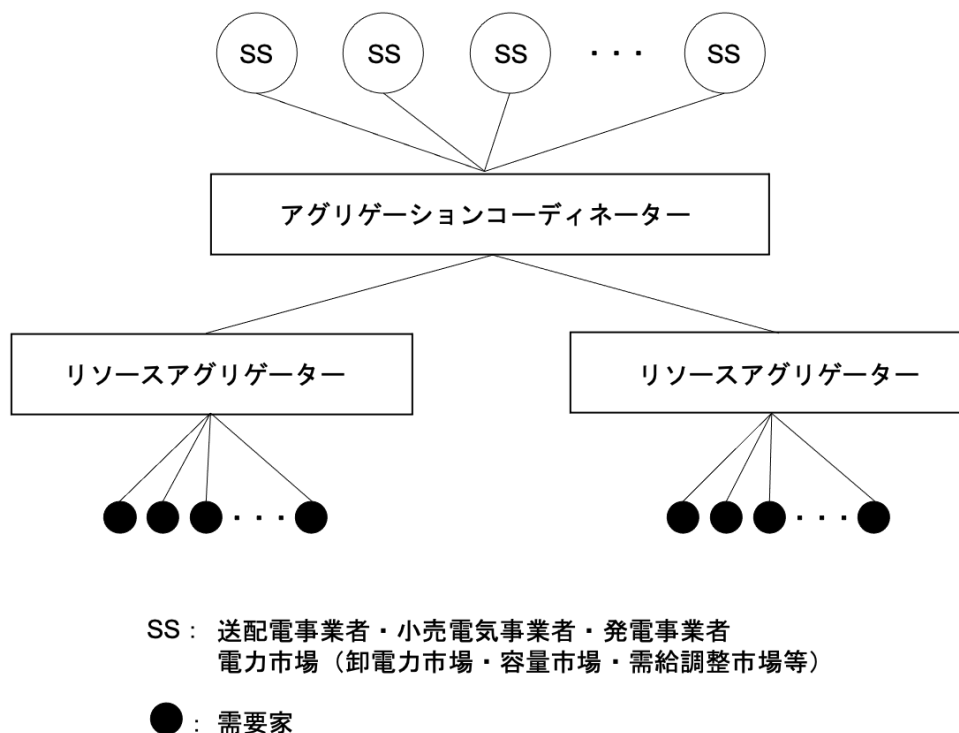
<sup>74</sup> 資源エネルギー庁(2021a)は「需要家側エネルギーリソース(DSR: Demand Side Resources)」を「需要家の受電点以下(behind the meter)に接続されているエネルギーリソース(発電設備、蓄電設備、需要設備)を総称するもの」と定義している。

<sup>75</sup> 容量市場は、「発電能力(kW)に価値をつけ、十分な発電能力を確保するための施策」(電力50編集委員会2021, P.202)であり、服部(2019)は、容量市場を「中長期的に安定供給に必要な供給力を確保しておくための市場」とする。

<sup>76</sup> 「電気には『貯められない』という特徴があり、かつての電力会社は自社の発電設備を制御し、時々刻々と変わりゆく需要(消費)に対して供給(発電)を瞬時瞬時で合わせ」る必要があった。需給調整市場は、「周波数を維持し安定供給を果たすために極めて重要

取引を行う事業者」とされる。なお、国内において、容量市場は 2020 年 7 月に、需給調整市場は 2021 年 4 月に開設されるに至っている。

図表 6-1 バーチャルパワープラント（VPP）における事業者の階層構造  
出所：筆者作成

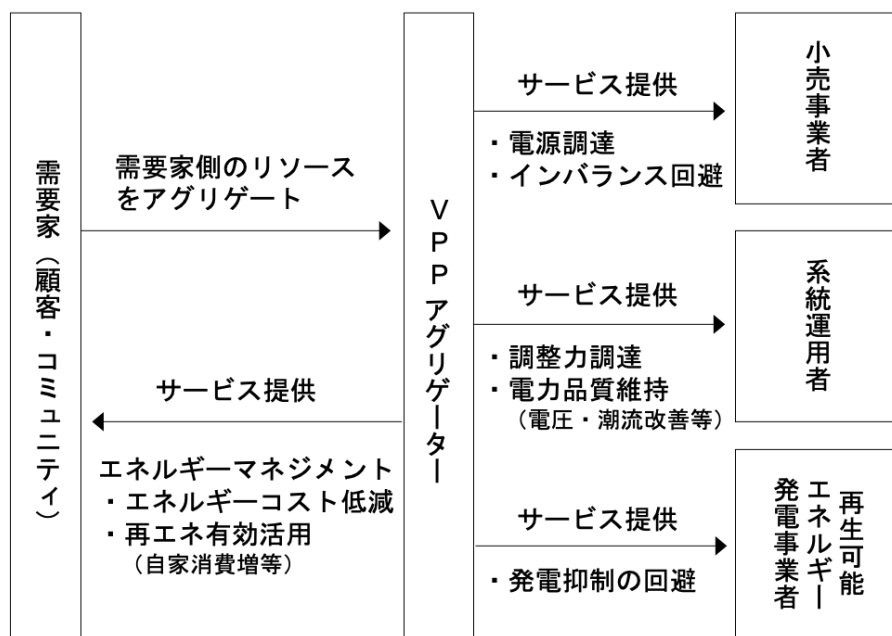


---

となる調整力を取引する場」である（電力 50 編集委員会 2021, P.190）。

図表 6-2 バーチャルパワープラント (VPP) の提供サービス

出所：筆者作成



図表 6-2 は、バーチャルパワープラント (VPP) の提供サービスを示す。VPP アグリゲーターは、前述のリソースアグリゲーターとアグリゲーションコーディネーターを総称したものである。VPP アグリゲーターは、需要家 (顧客・コミュニティ) から需要家側のエネルギーリソースをアグリゲートし、エネルギーコスト低減、再エネ有効活用に資するエネルギーマネジメントのサービスを提供する。また、VPP アグリゲーターは、小売電気事業者に対しては電源調達、インバランス回避のサービス提供を、系統運用者には調整力調達、電力品質維持のサービス提供を、再生可能エネルギー発電事業者に対しては発電抑制の回避のサービスを提供する (Shafiekhani et al., 2019 ; Mahmud et al., 2020 ; Park and Son, 2020)。

### 6.2.2 構築実証とシステムアーキテクチャー

2016 年度から 2020 年度を最終年度とする 5 年の国家プロジェクト「需要家側エネルギーリソースを活用したバーチャルパワープラント構築実証事業費補助金 (VPP 構築実証)」(補助事業者：一般財団法人環境共創イニシアチブ) が経済産業省の主導により実施された。本実証事業は、A 事業 (VPP 基盤整備事業)、B-1 事業 (VPP アグリゲーター事業)、B-2 事業 (V2G アグリゲーター事業)、C

事業（VPP リソース導入促進事業）の4事業で構成されている。

図表 6-3 に 2019 年度の「需要家側エネルギーリソースを活用したバーチャル  
パワープラント構築実証事業費補助金」の A 事業の採択者の一覧を、図表 6-4 に  
同 B-1 事業の採択者の一覧を、図表 6-5 に同 B-2 事業の採択者の一覧を示す。

B-1 事業は、7 グループ、計 81 社が採択され、建設業、小売業、製造業等、多  
様な業種が参画している。B-1 事業の 7 グループのうち、「需要家側 VPP システ  
ム」のグループは、株式会社ローソンがアグリゲーションコーディネーターかつ  
幹事社となっている点も特徴的である。また、このグループは、「需要家側 VPP  
システム」なる水平分離型のシステムアーキテクチャーを採用し、日本が標準化  
を先導した国際標準規格の通信プロトコル ECHONET Lite を用いて、1 つのコ  
ントローラーで、異なるベンダーの異なる設備機器を管理可能としている。この  
「需要家側 VPP システム」は、水平分離型のシステムアーキテクチャーを採用  
し、Web API<sup>77</sup>を用いたクラウド上のサービス連携により、機能追加の拡張性を  
担保するとともに、電力量はスマートメーターB ルートで計測し、さまざまな取  
引形態に対応可能としている。

#### 図表 6-3 A 事業（VPP 基盤整備事業）の採択者

出所：環境共創イニシアチブ(2019a)をもとに作成

	事業の名称	申請者
1	早稲田大学 VPP基盤整備事業	学校法人早稲田大学
2	バーチャルパワープラント構築に向けた 共通基盤システム 研究開発・実証	東京電力パワーグリッド株式会社
		関西電力株式会社

<sup>77</sup> Web API は、Web の技術を用いて構築された API のことを指す。



図表 6-4 B-1 事業（VPP アグリゲーター事業）の採択者

※AC：アグリゲーションコーディネーター，RA：リソースアグリゲーター，

実証協力：実証協力事業者，AC（幹事社）：◎

出所：環境共創イニシアチブ(2019b)をもとに作成

	事業の名称	申請者	AC	RA	実証 協力
1	関西VPPプロジェクト	1 関西電力株式会社	◎	○	
		2 富士電機株式会社			○
		3 日本ユニシス株式会社			○
		4 株式会社三社電機製作所			○
		5 エリーパワー株式会社		○	○
		6 住友電気工業株式会社		○	○
		7 横河ソリューションサービス株式会社		○	○
		8 京セラ株式会社		○	
		9 シャープ株式会社		○	
		10 パナソニック株式会社		○	
		-	他15社		○
2	オープンプラットフォーム型 アグリゲーションビジネス 実証事業	1 東京電力ホールディングス株式会社	◎	○	
		2 日本電気株式会社	○	○	
		3 Goal connect株式会社	○		
		4 東京電力パワーグリッド株式会社			○
		5 株式会社東光高岳			○
		6 東芝エネルギーシステムズ株式会社			○
		7 東京電力エナジーパートナー株式会社			○
		8 積水化学工業株式会社			○
		9 京セラ株式会社		○	
		-	他21社		○
3	需要家側エネルギーリソース を活用したバーチャルパワー プラント構築実証事業	1 S B エナジー株式会社	◎	○	
		2 株式会社スマートテック		○	
		3 株式会社サニックス		○	
		4 株式会社スマートテック		○	
		5 株式会社エネマン		○	
		6 株式会社メディアテック		○	

4	需要家側VPPシステム構築 実証事業	1	株式会社ローソン	◎	○	
		2	北陸電力株式会社			○
		3	学校法人慶應義塾 慶應義塾大学 SFC研究所			○
5	多彩なエネルギーリソースを AutoDRシステムにより統合 制御するVPP構築実証事業	1	アズビル株式会社	◎	○	
		2	東京電力エナジーパートナー株式会社			○
		3	JXTGエネルギー株式会社			○
		4	日本工営株式会社		○	
6	アグリゲーションビジネス 実現のためのVPP実証事業	1	株式会社エナリス	◎	○	
		2	KDDI株式会社	○		
		3	三菱重工エンジン&ターボチャージャ株式会社			○
		4	中国電力株式会社		○	
		5	戸田建設株式会社		○	
		6	京セラ株式会社		○	
		-	他4社		○	
7	今後のERABを見据えた多様な エネルギーリソースによる VPP実証	1	中部電力株式会社	◎	○	
		2	国立大学法人京都大学			○
		3	株式会社トヨタエナジーソリューションズ		○	

図表 6-5 B-2 事業（V2G<sup>78</sup>アグリゲーター事業）の採択者

※AC：アグリゲーションコーディネーター，RA：リソースアグリゲーター，

実証協力：実証協力事業者，AC（幹事社）：◎

出所：環境共創イニシアチブ(2019b)をもとに作成

	事業の名称	申請者	AC	RA	実証協 力	
1	九州V2G実証事業	1	九州電力株式会社	◎	○	
		2	一般財団法人電力中央研究所			○
		3	三菱電機株式会社			○

<sup>78</sup> V2G（Vehicle to Grid）は、電気自動車に搭載される蓄電池を電力系統に接続して充放電する技術のことを指す。

2	EVアグリゲーションによる V2Gビジネス実証事業	1	東京電力ホールディングス株式会社	◎		
		2	東京電力パワーグリッド株式会社			○
		3	東京電力エナジーパートナー株式会社			○
		4	三菱自動車工業株式会社			○
		5	株式会社日立システムズパワーサービス		○	○
		6	静岡ガス株式会社		○	
3	需要家特性に応じたV2G アグリゲーター実証事業	1	豊田通商株式会社	◎	○	
		2	中部電力株式会社			○
4	東北電力V2G実証プロジェクト	1	東北電力株式会社	◎	○	

図表 6-6 は垂直統合型のシステムアーキテクチャー，図表 6-7 は水平分離型のシステムアーキテクチャーである。

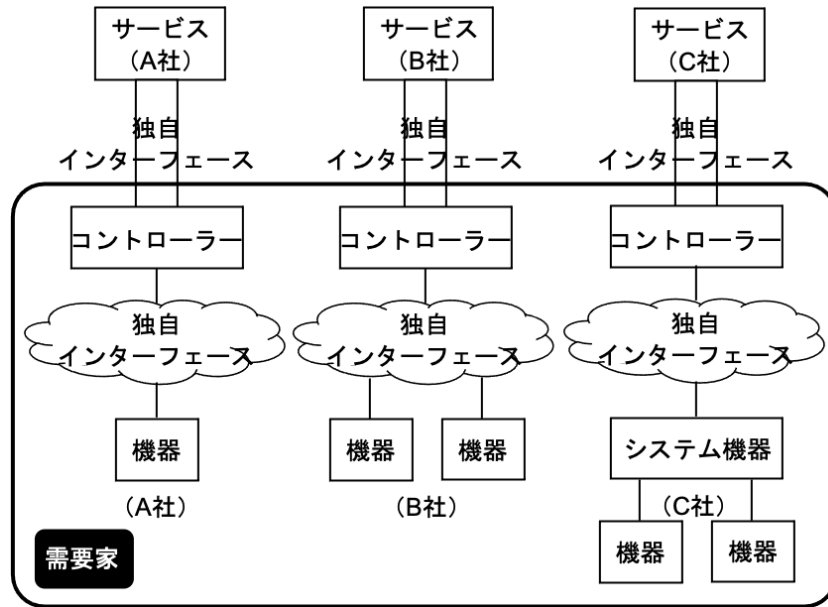
一般的に，エネルギーマネジメントシステムは，図表 6-6 のように，下流の機器から上流のサーバー上のサービスまで新規に垂直統合に構築する形になっている。こうした垂直統合型のシステムアーキテクチャーは，実証実験などにおいて機器の遠隔制御などを実施するためのシステムを容易に構築できるメリットがある。しかしながら，設置可能な機器のベンダーやコントローラーなどが固定化されることから，中長期的に設備機器の入れ替え時にベンダーの選択肢が少なくなってしまう課題がある。それに対して，図表 6-7 に示すような，水平分離型のシステムアーキテクチャーは，機器を製造するベンダーに依存することなく，IoT に対応したさまざまな機器（コントローラー，スマートメーター，省エネ機器，創エネ機器，蓄エネ機器）同士を連携させることによって，エネルギーの有効的な利活用を実現することが企図されている（村上 2007）。

また，図表 6-6 の垂直統合型のシステムアーキテクチャーが独自インターフェースを採用するのに対して，図表 6-7 の水平分離型のシステムアーキテクチャーでは，IP インターフェース，そして，IoT 通信プロトコルとしては国際標準規格の ECHONET Lite というように，オープンな規格が採用されることにも注目したい。これにより，需要家は設備機器の導入，または更新時に，特定のベンダーに縛られることがなくなり，顧客のニーズに適した設備機器の選択がより可能となる（村上 2007）。

また，ECHONET Lite 規格の高い相互接続性を背景に，ECHONET Lite を用

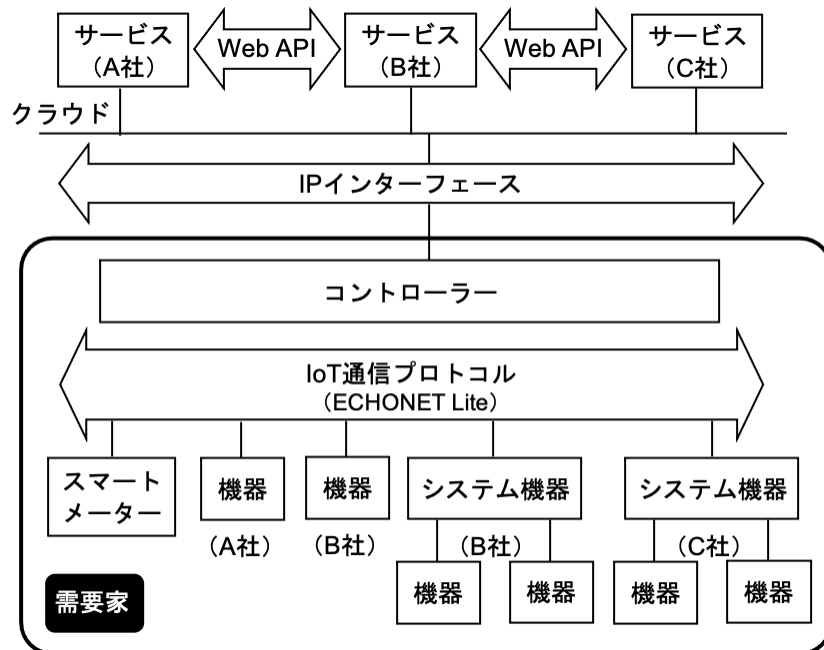
図表 6-6 垂直統合型のシステムアーキテクチャー

出所：村上(2007) P.20 をもとに一部改変



図表 6-7 水平分離型のシステムアーキテクチャー

出所：村上(2007) P.27 をもとに一部改変



いた宅内行動データの収集と分析や室内環境の自動制御などの研究（守谷他 2016; 中川他 2017）が展開されるとともに、ECHONET Lite に対応した設備機器が多く商用化されるに至っている。

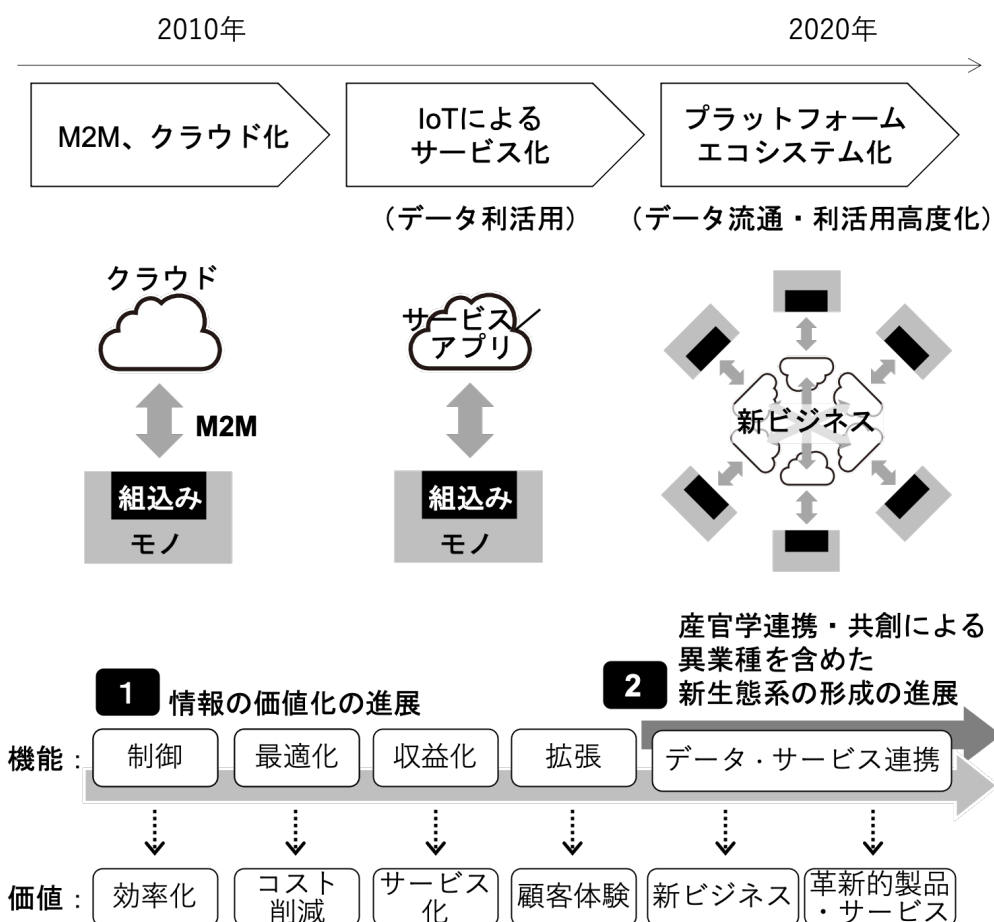
図表 6-4 に示される、2019 年度の「需要家側エネルギーリソースを活用したバーチャルパワープラント構築実証事業費補助金」の B-1 事業（VPP アグリゲーター事業）の採択者の一覧を見ると、7 グループ、計 81 社が採択され、建設業、小売業、製造業等、多様な業種が参画している。特に、製造業の京セラ株式会社、シャープ株式会社、パナソニック株式会社が、機器の提供に留まらず、リソースアグリゲーターというサービス事業者の名を連ねている点に注目されたい。これは製造業のサービス化の事例として認識される。製造業のサービス化を「サービタイゼーション（servitization）」として最初に概念化した Vandermerwe and Rada(1988)は、サービタイゼーションを「製品とサービスとの統合によるマーケティングパッケージ」としている。アグリゲーターは、需要家のエネルギーリソースを束ね、エネルギーマネジメントと新サービスの提供を図るが、この価値提供のベースには、アグリゲーターが需要家の機器、設備を遠隔制御・監視する機能がある。製造業以外の事業者でも、こうした遠隔制御・監視の機能の提供は可能であるが、従前からモノの製造に携わり、モノの仕様と在るべき使用方法を熟知する製造業が、リソースアグリゲーターに好適であると考えられているのであろう。

また、エネルギーマネジメントシステムがバーチャルパワープラントに進化、変容する過程は、サービス化の進展と認識することができる。

図表 6-8 に、サービス化進展の概念モデルを示す。ICT、デジタル技術の導入と進展により、2000 年代後半から、M2M (Machine to Machine)、クラウド化の普及が見られた (Wu et al., 2011; 藤田他 2013)。M2M はその名が示すとおり、機械同士の情報のやりとりを指すが、こうした機械間でやりとりされる情報をインターネットやクラウドサーバーに集約、蓄積し、ビッグデータ化する世界観である、IoT として普及が加速することとなる。この IoT によるサービス化、さらには、プラットフォームエコシステム化へと進展している。その中で、機能軸では、制御にはじまり、最適化、収益化、拡張と、情報の価値化が進展する第 1 のストリームがある。そして、次なる第 2 のストリームとして、産官学連携・共創による、異業種を含めた新生態系の形成の進展へと移行し、社会価値創造が図られ、プラットフォームエコシステム化へと進展している。

図表 6-8 サービス化進展の概念モデル

出所：筆者作成



前述の 2016 年度から 2020 年度を最終年度とする 5 カ年の国家プロジェクト「需要家側エネルギーリソースを活用したバーチャルパワープラント構築実証事業費補助金」の VPP 構築実証は、上記の第 2 のストリーム、すなわち、産官学連携・共創による、異業種を含めた新生態系の形成に取り組む実証といえる。

図表 6-4 に示される、2019 年度の B-1 事業の採択者の一覧にある 7 グループは、7 つのプラットフォームエコシステムを形成していると認識される。将来的には、この 7 つのグループ間の相互接続が進むことも期待される。

### 6.2.3 プロシューマーとの価値共創とアグリゲーターの進化

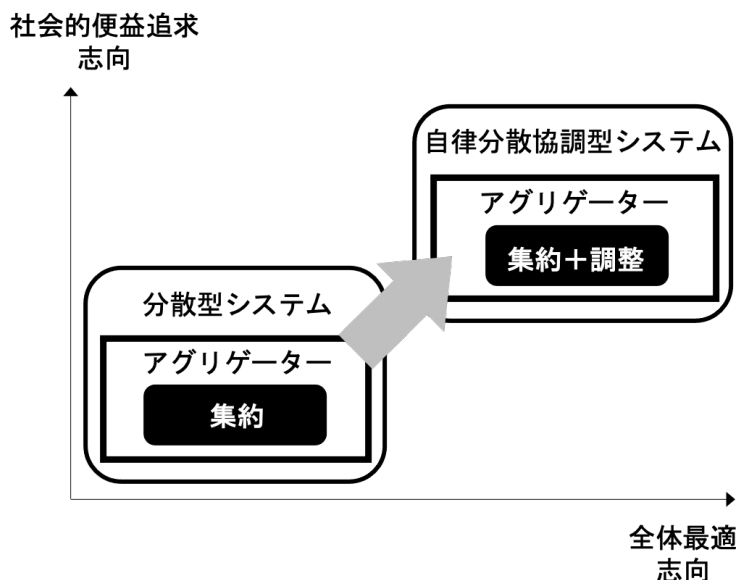
アルビン・トフラーが、1980年に発表した著書『第三の波』の中で提示した概念に、「生産消費者（プロシューマー）」がある（Toffler, 1980）。これは、生産者（プロデューサー）と消費者（コンシューマー）を組み合わせた造語であり、「生産活動を行う消費者」を意味する。

エネルギーの消費者、いわゆる需要家の中には、太陽光発電や蓄電池を所有し、自ら発電設備を有する者が出現し、まさにプロシューマーと認識される。彼ら、プロシューマーの個人あるいは法人は、どこから電気を買うかだけではなく、自らで作った電気をどこに売るか、供給するか、ということを行うことになる。このようなプロシューマーの台頭は、製造者、サービスと消費者の価値共創の実践例とも認識される。

これまで見てきた、ICT、デジタル技術によるエネルギーシステムの革新と新たなビジネスモデルの創出を企図した ERAB 構想と、2016年度から5ヵ年計画にて実施された VPP 構築実証を通じた従前の中央集権型のエネルギーシステムから分散型のエネルギーシステムへの移行において、分散するエネルギーリソースを集約するアグリゲーターと呼ばれるポジションの事業者が出現することを見てきた。アグリゲーターは、このプロシューマーを束ね、取引を代理または仲介する役割を担うことが期待される。アグリゲーターは、VPPにおいては、自律分散協調型システムを志向し、従前の「集約」という機能に加えて、系の全体最適、ひいては、社会的便益最大化の観点で、「調整」の機能を果たす形で進化しているといえる（図表 6-9）。

図表 6-9 自律分散協調型システムを志向した進化

出所：筆者作成



#### 6.2.4 ICT の高度化と財の変容可能性

今後、IoT や AI の進展はもちろんのこと、Beyond 5G、ブロックチェーン、量子コンピューティングをはじめとする ICT の高度化と社会実装の進展に伴い、図表 6-8 に示される、サービス化進展の概念モデルに即した進展がエネルギーマネジメントにおいてもさらに進むことが期待される。そのことは、社会的便益先行型 ICT プラットフォームたるエネルギーマネジメントが、財としての変容をさらに見せていくことを意味する。

その一方で、IoT や AI、5G の普及はデータ量の爆発的な増加をもたらす。そうしたビッグデータを保管し、解析するにはデータセンターが欠かせない。ビッグデータを保有している銀行や保険、通信などの分野で AI や 5G を活用した売上収益の押し上げ効果や業務効率化が進めば進むほど、より多くのデータセンターが必要となり、その分だけ、エネルギー消費量は増大することにも留意が必要である。

また、VPP は IoT システムであり、多様な機器、システムがネットワークを介して相互接続されるため、サイバーセキュリティ対策が極めて重要である。分散型電源をネットワーク化する VPP のサイバーセキュリティ対策として、N 対 N でセキュアにデータ処理、管理を可能とするブロックチェーンは相性が良いと考



えられ、ブロックチェーンの利活用が検討されている。今後より一層、電源の分散化が進展した際に、P2Pでの電力取引や分散型電源の電源由来の特定などの中核技術としてブロックチェーンの期待は高まっている。ブロックチェーンの利活用により、図表 6-9 の自律分散協調型システムは自律性をさらに備え、自律分散協調型の柔軟かつオープンなアーキテクチャーへと進化することが期待される。

### 6.2.5 先進地域の社会実装との比較

日本は「省エネ大国」と称されるほど省エネルギー政策や省エネルギー技術が他国に先行しており、HEMSにしてもECHONET Liteにしても、日本が主導してきた側面が大きい。これに対して、VPPはドイツをはじめとする欧米が先行している。VPPビジネスが既に実用化されている欧米などの先進地域においては、アグリゲーター事業者は、容量市場や、スポット市場、さらには調整力市場に参加し、応札・落札している (Elgamal et al. 2019; Summeren et al. 2020)。

前述の通り、日本においては、産官学連携での価値創造において、主に大企業が大半を占め、中心的な役割を担っている。一方で、諸外国ではスタートアップが主たるプレーヤーとして推進役を担っている。ドイツの Next Kraftwerke 社や Energy2Market 社、米国の Enernoc 社<sup>79</sup>や Comverge 社、英国の Flexitricity 社や Pearlstone Energy 社などがその例である。

### 6.2.6 小括

ここで、6.2.1 項から 6.2.5 項までの事例の記述と分析についてまとめる。

バーチャルパワープラントの出現の背景には、国内では 2011 年の東日本大震災を契機に、大規模発電所に依存した従来型のエネルギー供給システムを見直す動きがある。バーチャルパワープラントは、IoT を活用した高度なエネルギーマネジメント技術により、家庭や工場などが有する分散型のエネルギーリソースを束ね、遠隔・統合制御することで、電力の需給バランス調整に活用するものである。VPP はある地域・コミュニティを管理対象として遠隔・統合制御するという点で CEMS と類似する概念である。CEMS はその名が表すように、地域・コミュニティのエネルギーマネジメントに力点が置かれているのに対して、VPP は送配電と連携し、仮想的にはあるが「発電所」として機能することが企図されて

<sup>79</sup> 同社は 2017 年にイタリアの大手エネルギー会社の Enel Group により 2.5 億ドルで買収されている。

いることがその名称からも読み取れる。

次節以降では、このバーチャルパワープラントについて財の変容と共進化・共普及に注目してテキストマイニングによる分析を行う。

## 6.3 テキストマイニングの対象データ

本節では、本研究のテキストマイニング分析の対象となるデータである、バーチャルパワープラントを含むエネルギーマネジメントシステムに関する、技術者の解釈データとしての特許文書と、メディアの解釈データとしての新聞記事について示す。

### 6.3.1 技術者の解釈データとしての特許文書

本研究では、バーチャルパワープラントを含むエネルギーマネジメントシステムに関連する特許文書データとして、2000年1月1日から2020年12月31日の間に日本国特許庁に出願された、1,687件の発明を3つのキーワード群によって抽出した。3つのキーワード群毎の抽出した特許文書数は次のとおりである。(1)「エネルギーマネジメント／エネルギー管理」：1,217件、(2)「HEMS／BEMS／FEMS／CEMS」：314件、(3)「バーチャルパワープラント (VPP)」：156件である。

5.3.1項に記載のとおり、本研究では、公開特許公報の記載の中で、各発明が解決しようとする課題とその課題を解決するための手段を短く的確に記載された「要約」の箇所をテキストマイニングの分析対象とする。

### 6.3.2 メディアの解釈データとしての新聞記事

メディアの解釈データとして、日本経済新聞（朝刊／夕刊）、日経産業新聞の新聞記事を分析の対象とする。日本経済新聞と日経産業新聞の採用理由は、5.3.2項に記載のとおりである。

本研究では、バーチャルパワープラントを含むエネルギーマネジメントシステムに関連する新聞記事データとして、2000年1月1日から2020年12月31日の間に発行された、日本経済新聞（朝刊／夕刊）：769件、日経産業新聞：2,178件、合計2,947件を7つのキーワード群によって抽出した。7つのキーワード群毎の

抽出した新聞記事数は次のとおりである。(1)「エネルギーマネジメント」：日本経済新聞（朝刊／夕刊）：66件，日経産業新聞：132件，(2)「エネルギー管理」：日本経済新聞（朝刊／夕刊）：405件，日経産業新聞：1,164件，(3)「HEMS」：日本経済新聞（朝刊／夕刊）：201件，日経産業新聞：564件，(4)「FEMS」：日本経済新聞（朝刊／夕刊）：3件，日経産業新聞：9件，(5)「BEMS」：日本経済新聞（朝刊／夕刊）：45件，日経産業新聞：160件，(6)「CEMS」：日本経済新聞（朝刊／夕刊）：7件，日経産業新聞：27件，(7)「バーチャルパワープラント（VPP）」：日本経済新聞（朝刊／夕刊）：42件，日経産業新聞：122件である。

## 6.4 価値の解釈の動態の分析結果

前節で示したデータ，すなわち，バーチャルパワープラントを含むエネルギーマネジメントシステムに関する，技術者の解釈データとしての特許文書と，メディアの解釈データとしての新聞記事を対象としたテキストマイニングによる分析の結果について以下に示す。

### 6.4.1 技術者の解釈（特許文書）データの分析結果

#### (a) キーワード出現推移分析

図表 6-10 に，2000年から2020年の間に，日本国特許庁に出願された特許文書における「HEMS／BEMS／FEMS／CEMS」と「VPP」のキーワード群のキーワード出現推移を示す。

「HEMS／BEMS／FEMS／CEMS」に関する特許文書数については，2011年に急激に立ち上がり，翌年の2012年にはピークを迎え，そこから2020年にかけて減少傾向が継続している。

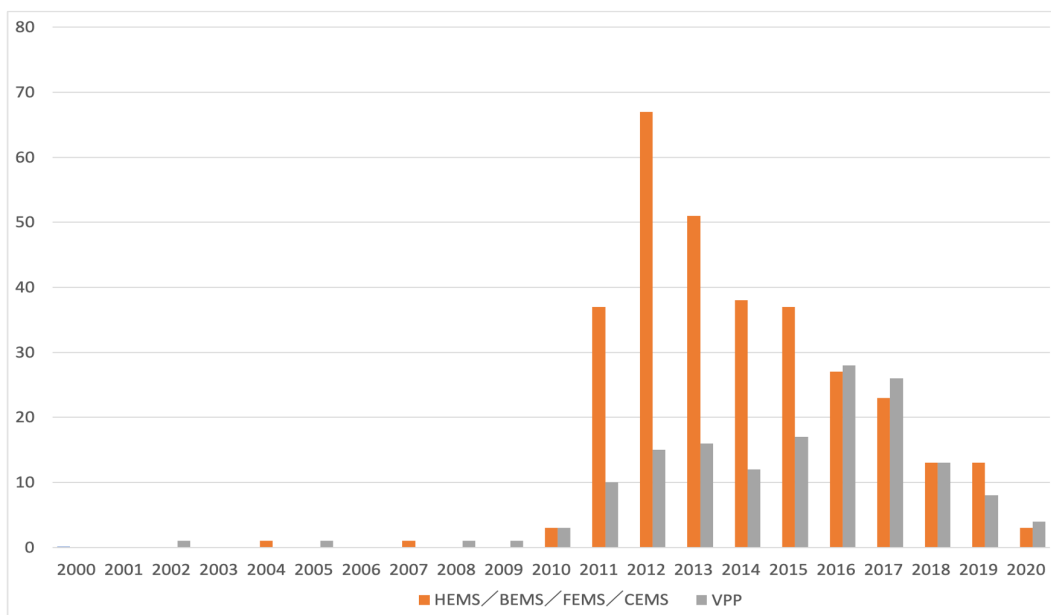
一方，「VPP」は，2011年頃より増加し，2016年度から2020年度を最終年度とする5カ年の国家プロジェクト「需要家側エネルギーリソースを活用したバーチャルパワープラント構築実証事業費補助金」のVPP構築実証の開始年である2016年に大きく増加するものの，5カ年計画の3年目の2018年には既に半減している。

このように，「HEMS／BEMS／FEMS／CEMS」と「VPP」のキーワード出現推移から，VPPが「HEMS／BEMS／FEMS／CEMS」に取って代わるまでのモメンタムをもっていることは確認できない。ただし，VPPはエネルギーマネジ

メントの1つの変異として出現していることは認識できる。

図表 6-10 キーワード出現推移 (VPPの特許文書)

出所：筆者作成



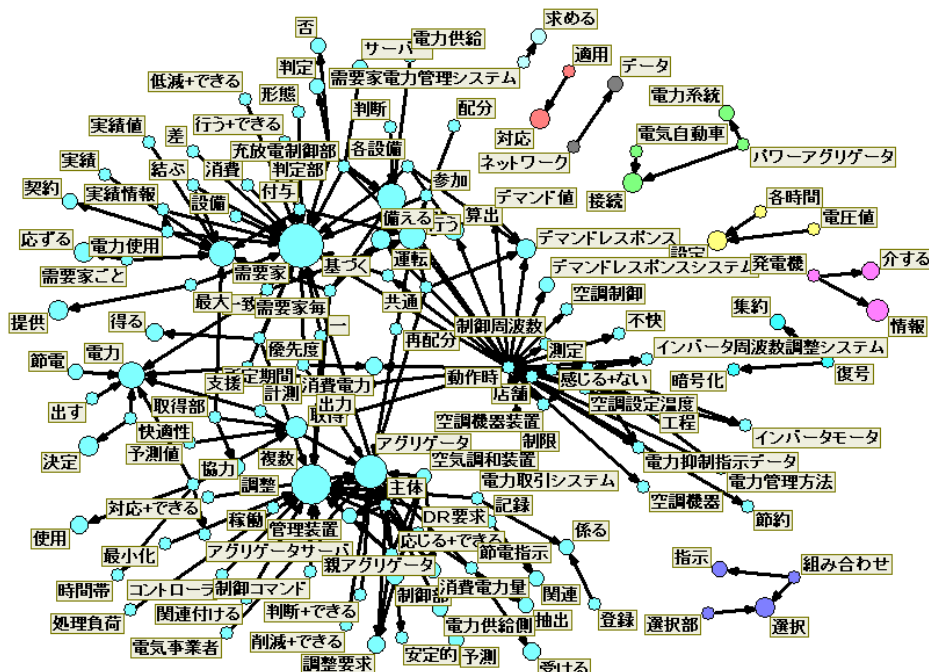
#### (b) 共起ネットワーク分析

バーチャルパワープラント (VPP) に関する技術者の解釈データとしての特許文書のテキストマイニングの分析結果として、図表 6-11 で、「VPP」の特許文書の共起ネットワークを示す。

図表 6-11 の共起ネットワークでは、1つのキーとなるネットワークが形成されている。1つのキーとなるネットワークであるブルーのネットワークでは、「アグリゲータ」「デマンドレスポンス」そして「複数」が注目される。また、中央に「空調機器装置」「空調制御」があり、エネルギー管理とともに、空間の快適性の考慮がなされていることが読み取れる。また、右上には、「パワーアグリゲータ」「電気自動車」「電力系統」からなる V2X に対応するグリーンのネットワークが確認できる。

図表 6-11 共起ネットワーク (VPP の特許文書)

出所：筆者作成



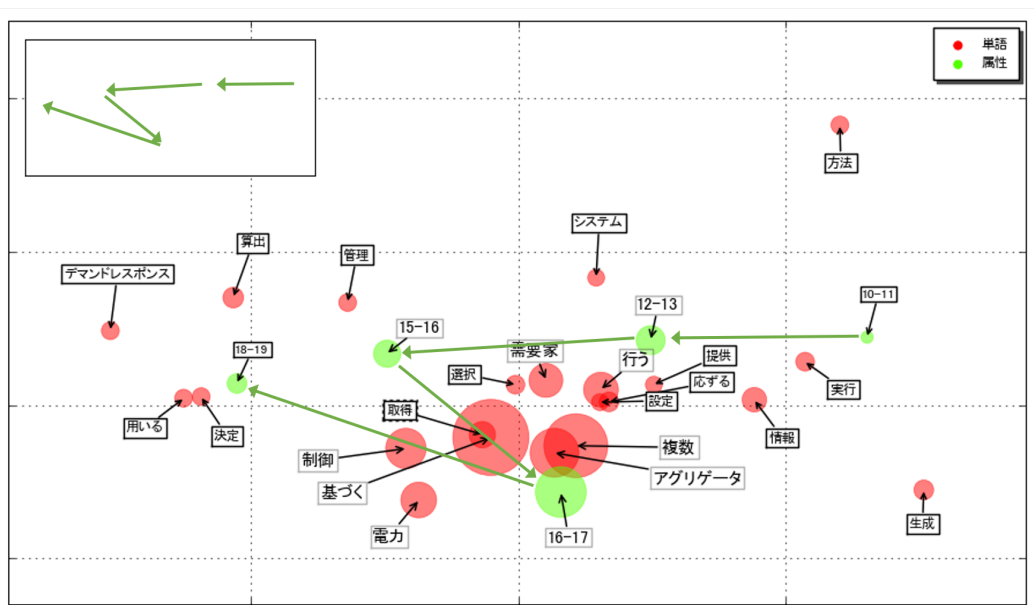
(c) 対応分析

バーチャルパワープラント (VPP) に関する技術者の解釈データとしての特許文書のテキストマイニングの分析結果として、図表 6-12 で、「VPP」の特許文書について対応分析による経時的推移の可視化結果を示す。図表 6-12 では 2010 年から 2011 年の期間、2012 年から 2013 年の期間、2014 年から 2015 年の期間、2016 年から 2017 年の期間、2018 年から 2019 年の 5 つの期間に特許文書を分類し、対応分析によりその経時的推移を緑の有向線の連鎖で示している。

図表 6-12 の「VPP」の特許文書の対応分析の結果からは、2010 年から 2016 年にかけて、「アグリゲータ」に向けて接近し、2016 年度から 2020 年度を最終年度とする 5 カ年の国家プロジェクト「需要家側エネルギーリソースを活用したバーチャルパワープラント構築実証事業費補助金」の VPP 構築実証の開始年である 2016 年から 2020 年にかけては、VPP における中核的な機能である「デマンドレスポンス」に向けて接近している。図表 6-12 の緑の経時的軌跡を見ると、2016 年以前は直線的な遷移で、2016 年以降は多少ジグザクの遷移となっている。

図表 6-12 対応分析による経時的推移の可視化 (VPPの特許文書)

出所：筆者作成



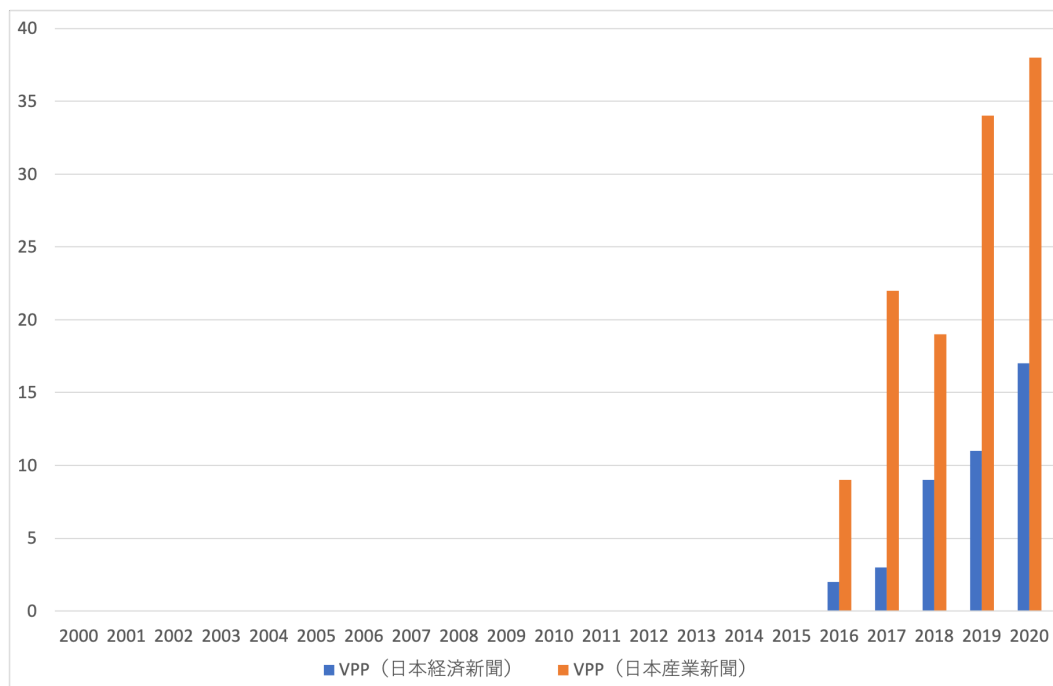
## 6.4.2 メディアの解釈（新聞記事）データの分析結果

### (a) キーワード出現推移分析

図表 6-13 に、「VPP」のキーワード出現推移を日本経済新聞と日経産業新聞に分けて示す。また、図表 6-14 に、新聞記事における「HEMS」「BEMS/FEMS/CEMS」と「VPP」のキーワード出現推移の比較から xEMS から VPP への移行の過程を示す。図表 6-15 には、「HEMS」「BEMS/FEMS/CEMS」と「VPP」の各々の累積相対度数分布を示す。

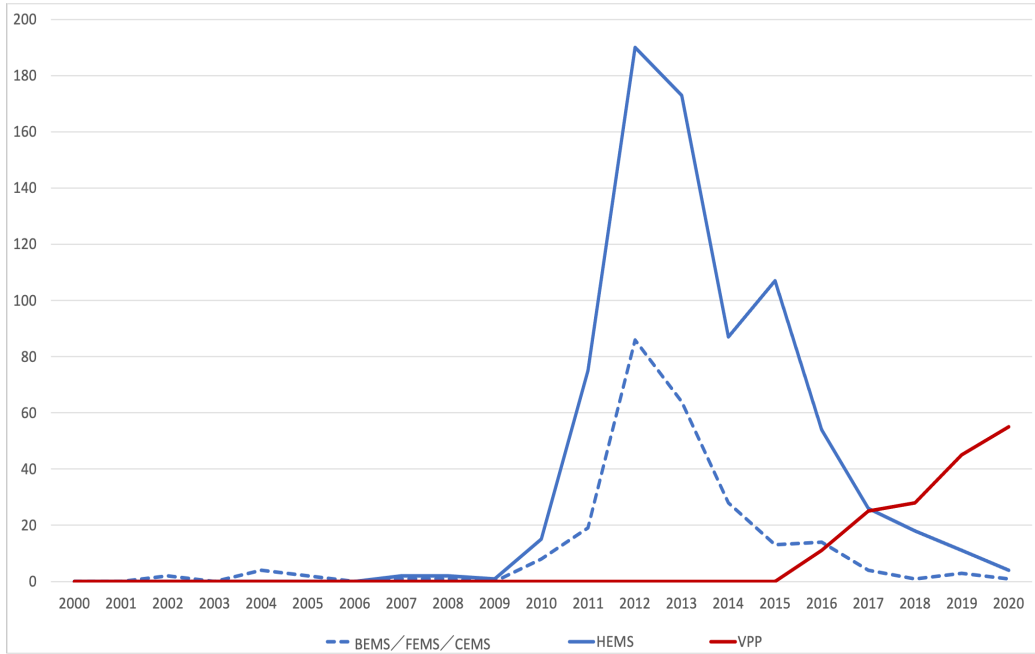
図表 6-13 キーワード出現推移（VPP の新聞記事）

出所：筆者作成



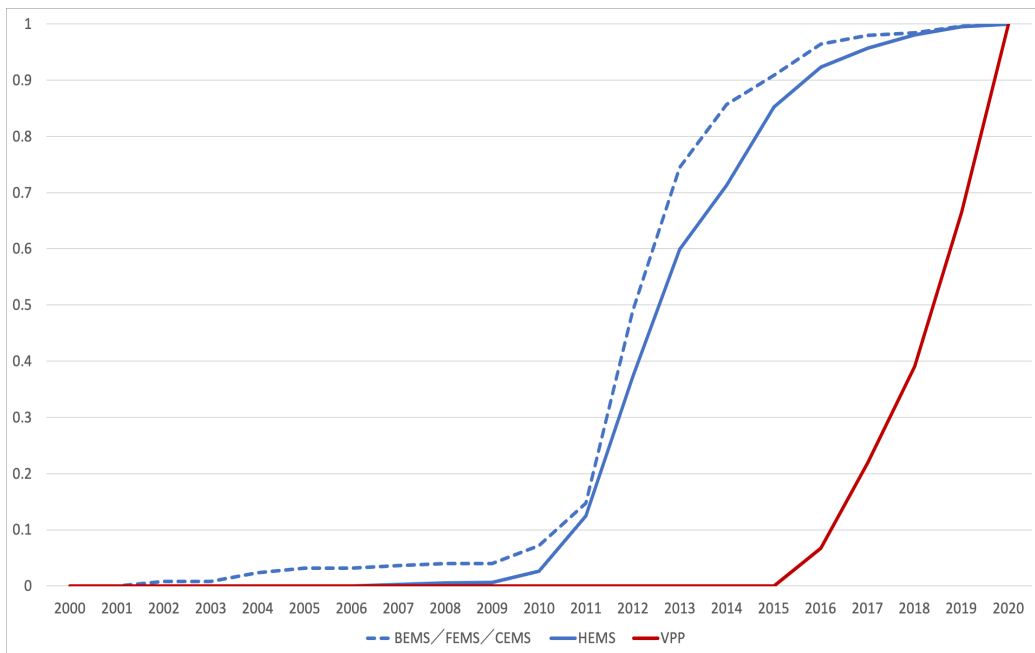
図表 6-14 キーワード出現推移 (xEMS と VPP の新聞記事)

出所：筆者作成



図表 6-15 キーワード出現推移の新聞記事の累積相対度数分布 (xEMS と VPP)

出所：筆者作成





図表 6-13 に示すように、「VPP」は、2016 年度から 2020 年度を最終年度とする 5 カ年の国家プロジェクト「需要家側エネルギーリソースを活用したバーチャルパワープラント構築実証事業費補助金」の VPP 構築実証の開始年である 2016 年に出現し、2020 年にかけて増加傾向を維持している。2015 年以前はゼロであり、特許文書は 2011 年頃より増加しているのとは対照的である。技術開発においては 2015 年以前から VPP が認識されていた一方で、メディアが VPP を認識したのは 2016 年からの国家プロジェクトが契機となっていると考えられる。

図表 6-14 と図表 6-15 に示すように、「HEMS」と「BEMS/FEMS/CEMS」はともに、2010 年から新聞記事でのキーワード出現度数は急増し、2012 年にピークを迎え、そこから 2016 年頃にかけて急減する形となっており、図表 6-14 に示すように、2012 年を急峻なピークとする山、「マッターホルン」のような形状をなしている。一方、「VPP」は 2016 年から立ち上がりを見せている格好となっている。

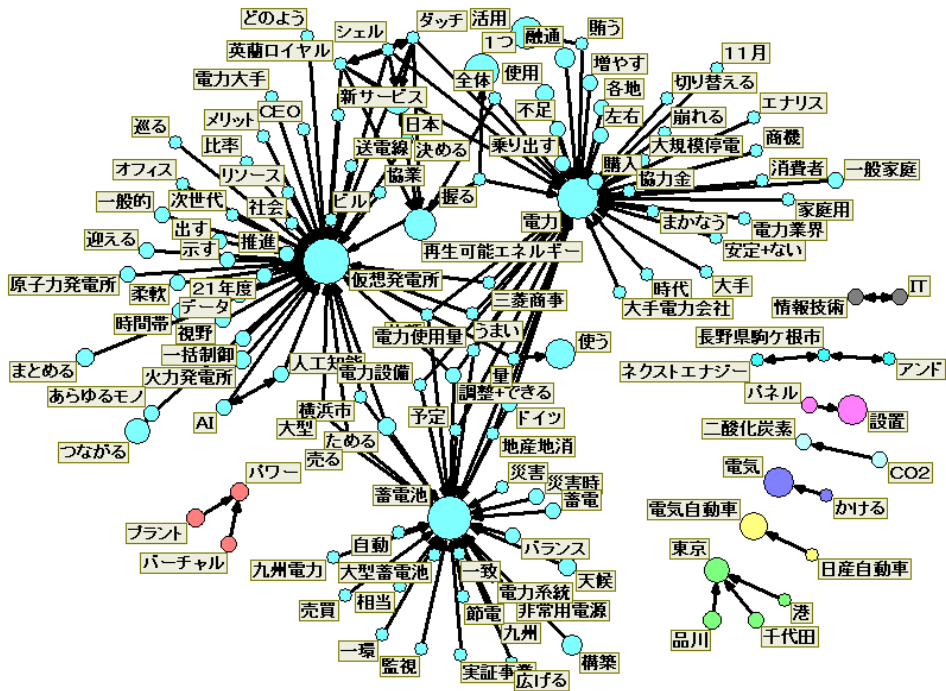
#### (b) 共起ネットワーク分析

バーチャルパワープラント (VPP) に関するメディアの解釈データとしての新聞記事のテキストマイニングの分析結果として、図表 6-16 で、「VPP」の特許文書の共起ネットワークを示す。

図表 6-16 の「VPP」の共起ネットワークでは、1 つのキーとなるネットワークであるブルーのネットワークにおいて、「仮想発電所」「電力」「蓄電池」の 3 つの核が見出される。特に、「蓄電池」を核とするサブネットワークにおいては、「ためる」という蓄電池の機能に加えて、「災害」「非常用電源」「天候」という「レジリエンシー」関連の語群が注目される。これは、VPP の必要性が国内でより認識されるに至る契機となったことが東日本大震災に伴う電力需給の逼迫であることと関係していよう。また、ここでも「売買」があること、さらには、「地産地消」のモデルとして「ドイツ」が取りあげられていることがわかる。

図表 6-16 共起ネットワーク (VPP の新聞記事)

出所：筆者作成



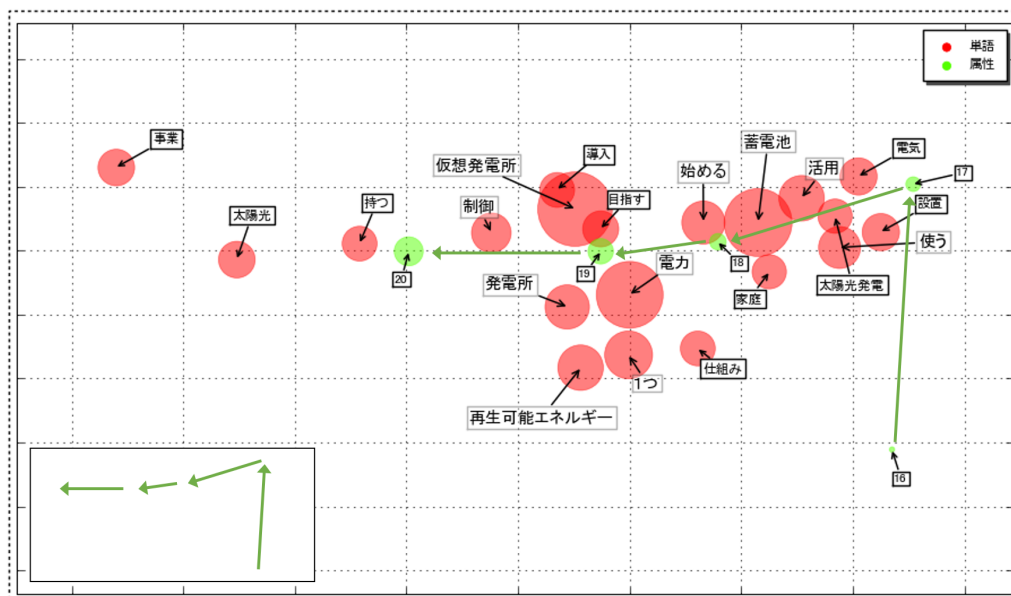
(c) 対応分析

バーチャルパワープラント (VPP) に関するメディアの解釈データとしての新聞記事のテキストマイニングの分析結果として、図表 6-17 で、「VPP」の特許文書について対応分析による経時的推移の可視化結果を示す。図表 6-17 では 2016 年、2017 年、2018 年、2019 年、2020 年の 5 つの期間に新聞記事を分類し、対応分析によりその経時的推移を緑の有向線の連鎖で示している。

図表 6-17 の「VPP」の特許文書の対応分析の結果からは、2016 年から 2020 年にかけて、「太陽光発電」「蓄電池」の付近を通過しながら、「発電所」「仮想発電所」「再生可能エネルギー」の方に進行している。緑の経時的軌跡は 2017 年でピボットしているものの、直線的な軌跡を示している。

図表 6-17 対応分析による経時的推移の可視化 (VPP の新聞記事)

出所：筆者作成



## 6.5 小括

本章では、第5章で取りあげた、エネルギーマネジメントシステムの進化、変容と捉えられる、バーチャルパワープラント (VPP) を事例に取りあげ、本章の前半の 6.2 節で事例の記述と分析を行い、後半の 6.3 節でテキストマイニングの対象データ、6.4 節でテキストマイニングによる価値の解釈の動態の分析結果について述べた。

事例の記述と分析については、バーチャルパワープラント概念の創成を捉えた上で、バーチャルパワープラントの普及を企図した政府の実証事業の進展についてシステムアーキテクチャーに着目しながら記述と分析を行った。そして、ICT の高度化と財の変容可能性、先進地域の社会実装との比較を行った。その上で、エネルギーマネジメントの普及過程の 2000 年から 2020 年の期間の特許文書データと新聞記事データを対象とするテキストマイニングによる分析を行い、可視化し考察することで、バーチャルパワープラントの価値の解釈の動態を明らかにした。

バーチャルパワープラント (VPP) は、IoT を活用した高度なエネルギーマネ

ジメント技術により、家庭や工場などが有する分散型のエネルギーリソースを束ね、遠隔・統合制御することで、電力の需給バランス調整に活用するものである。VPPはある地域・コミュニティを管理対象として遠隔・統合制御するという点でCEMSと類似する概念である。CEMSはその名が表すように、地域・コミュニティのエネルギーマネジメントに力点が置かれているのに対して、VPPは送配電と連携し、仮想的にはあるが「発電所」として機能することが企図されていることがその名称からも読み取れる。

環境エネルギー分野の社会的便益先行型 ICT プラットフォームのバーチャルパワープラント (VPP) は、エネルギーマネジメントシステムの進化、変容と捉えられるが、本研究のテキストマイニングの分析結果と照らし合わせると、エネルギーマネジメントシステムと同様にして、人工物としての境界の不安定性をもたらす ICT プラットフォームの「改変・更新可能性」や「相互接続性」が、解釈の準拠点、ないしは、それに準じた役割としての補完財を連関させ、翻って逆説的であるが、ICT プラットフォームの人工物としての安定化に寄与していると考えられる。

## 7. 考察

### 7.1 はじめに

本章では、第2章で概念化された社会的便益先行型 ICT プラットフォームの事例として第5章で取りあげたエネルギーマネジメントシステム、第6章で取りあげたバーチャルパワープラントの事例研究を横断的に検討し、発見事項の整理とその考察を行う。具体的には、発見事項・考察を第4章で提示したリサーチクエスションに対する答えとしてまとめよう。

### 7.2 リサーチクエスションに対する考察

第5章と第6章で各々示した、エネルギーマネジメントシステムとバーチャルパワープラントに関する、技術者の解釈データとしての特許文書とメディアの解釈データとしての新聞記事を対象としたテキストマイニングの分析結果を横断的に検討する。そのため、まず、特許文書と新聞記事のデータの性格の比較を確認したい。前者の特許文書は、抽象的なアイデアに対して独占排他権を付与してもらうために、独占排他権の範囲を、テキストを主体として特定したものであり、主に技術者や研究者によって研究開発や事業開発・事業推進の過程で創出されるものである。それに対して、後者の新聞記事は、メディアとしての新聞記者が社会の諸々の分野における出来事について読者に伝えるために、テキストを主体に記述されたものである。

特許文書については、「エネルギーマネジメント／エネルギー管理」に関しては2000年から2009年にかけて、定常的に20～35件程度、平均すると26.3件で、ピークを迎えた2013年の167件の15.7%の特許文書が確認され、「バーチャルパワープラント」に関しても、2016年度から5カ年の国家プロジェクト「需要家側エネルギーリソースを活用したバーチャルパワープラント構築実証事業費補助金」のVPP構築実証に先立つこと6年、2010年には特許文書が確認される。対して、後者の新聞記事は、2000年から2009年にかけて、10～30件の間で推移し、平均すると22.2件で、ピークを迎えた2012年の353件の6.3%に留まっている。バーチャルパワープラントに関しては、5カ年の国家プロジェクトのVPP構築実証の開始年度の2016年度以前には、新聞記事で全く取りあげられていない。特

許文書の公開による価値の解釈の伝搬に時間的な遅れをもって、新聞記事で価値の解釈が図られることが確認されるとともに、新聞記事の動態は5カ年の国家プロジェクトのような出来事を起点としていることが確認される。

以下に第4章で提示したリサーチクエスション RQ および RQ1, RQ2, RQ3 に沿って、第5章で取りあげたエネルギーマネジメントシステム、第6章で取りあげたバーチャルパワープラントの事例研究を横断的に検討し、考察する。

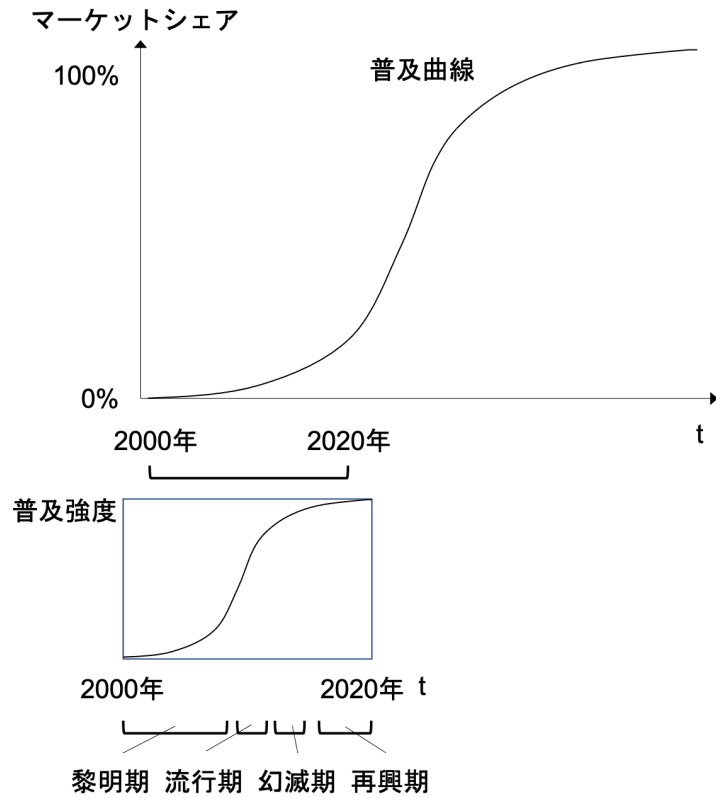
**RQ** 社会的便益先行型 ICT プラットフォームの普及過程において、財の変容と価値の解釈の安定化はどのような動態を示すのか。

図表 5-23, 図表 5-26, 図表 5-27, 図表 5-28, 図表 5-29, 図表 6-10, 図表 6-13, 図表 6-14 のエネルギーマネジメントシステムとバーチャルパワープラントに関する特許文書および新聞記事のキーワード出現推移の動態から、エネルギーマネジメントの普及過程にある2000年から2020年について、一貫した単調性ではなく、次のように4つの期の周期性で捉えることができることが明らかとなった。すなわち、第Ⅰ期 黎明期 (2009年以前)、第Ⅱ期 流行期 (2010年～2012年)、第Ⅲ期 幻滅期 (2013年～2015年)、第Ⅳ期 再興期 (2016年以降) である。

これは図表 7-1 に示すように、S字カーブの普及過程の初期にあたる2000年から2020年において、黎明期、流行期、幻滅期、再興期という周期性を持ったS字カーブが存在する、言うなれば、S字カーブの入れ子構造が見出されたことになる。

図表 7-1 S 字カーブの入れ子構造

出所：筆者作成



環境エネルギー分野の社会的便益先行型 ICT プラットフォームであるエネルギーマネジメントは、「エネルギーマネジメント／エネルギー管理」、「HEMS／BEMS／FEMS／CEMS」を中核概念に、特許文書では 2010 年から急増し、2013 年のピークまで駆け上がり、そこから 2017 年に向けて上った勢いとほぼ同じ勢いで下っている。2012 年のグリーン政策大綱における日本の全世帯への HEMS の普及目標、ならびに、2011 年の HEMS 導入事業、2013 年の HEMS 機器導入支援事業の補助金事業は、カンフル剤として機能したものの、その効果は持続力を持ちえなかったといえる。2015 年から 2016 年に実施の「大規模 HEMS 情報基盤事業」は、その名のとおり「大規模」を標榜し、i エネコンソーシアムなる約 30 社が参画した推進団体を組成し、まさに鳴り物入りで推進されたものの、その形跡は特許文書におけるキーワード出現推移には全く見出せず、新聞記事においても同様である。

また、「エネルギーマネジメント／エネルギー管理」、「HEMS／BEMS／FEMS

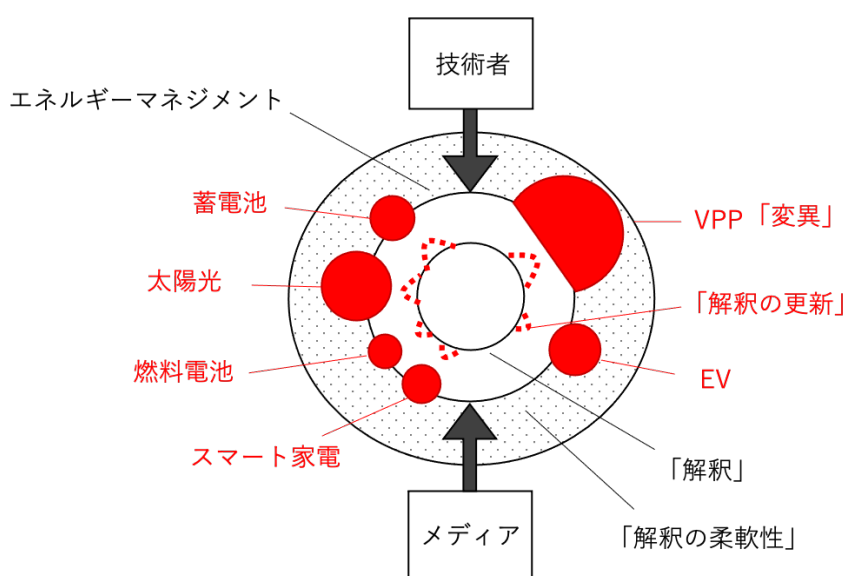
「CEMS」の2012年、2013年以降のピークアウトと時を同じくして登場するのが「バーチャルパワープラント（VPP）」であるものの、「VPP」のキーワード出現度数は、「HEMS」のピークの半分程度に到達したに過ぎない。また、新聞記事では2016年から2020年にかけて単調増加の傾向を示すが、特許文書では2016年、2017年をピークに、2018年、2019年は半減しており、技術進化のモーメントにも限界が見て取れる。

図表 7-2 に、エネルギーマネジメントの財の変容と価値の解釈の基本となる概念モデルを示す。また、図表 7-2 のエネルギーマネジメントの財の変容と価値の安定化の基本となる概念モデルをもとに、第5章と第6章のテキストマイニング分析の結果を横断的に検討し、エネルギーマネジメントの財の変容と価値の安定化の動態の概念モデルを図表 7-3 に示す。

準公共財で社会的ジレンマの問題をはらむ環境エネルギー分野の社会的便益先行型 ICT プラットフォームは、社会実装と社会全体への普及には時間を要する。その比較的長期間に渡る過程において、エネルギーマネジメントに関する特許文書と新聞記事のキーワード出現推移の動態から、エネルギーマネジメントの普及過程にある2000年から2020年の間に、2009年以前の黎明期、2010年から2012年の流行期、2013年から2015年の幻滅期、2016年以降の再興期の4つの期か

図表 7-2 エネルギーマネジメントの財の変容と価値の安定化の基本となる  
概念モデル

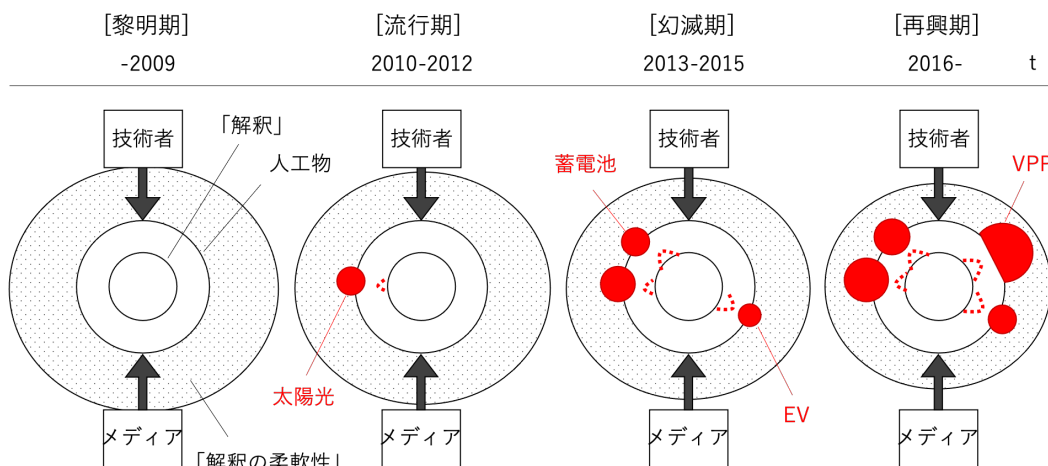
出所：筆者作成





図表 7-3 エネルギーマネジメントの財の変容と価値の安定化の動態の概念モデル

出所：筆者作成



らなる周期性を見出すことができた。

### 7.2.1 ネットワーク財同士の相互作用と共進化・共普及

RQ1 社会的便益先行型 ICT プラットフォームの普及過程において、どのように財同士で相互作用し共進化・共普及するのか。

#### (a) xEMS 間の共進化・共普及

エネルギーマネジメントの普及過程の初期にあたる 2000 年から 2020 年において、エネルギーマネジメント技術に関する研究開発活動が一貫した単調性をもって活発化しているのに対して、技術者グループとメディアグループの価値の解釈の動態は、一貫した単調性ではなく、政府が 2030 年までに国内の全世帯への普及の目標を掲げる HEMS が先導するかたちで、HEMS, BEMS, FEMS, CEMS の xEMS が連関し同期をとりながら、黎明期、流行期、幻滅期、再興期の周期性を示し共進化・共普及が進展していることが見出された。

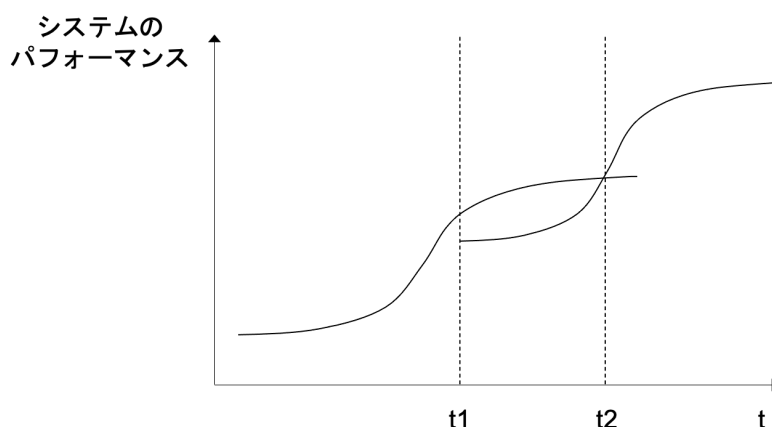
#### (b) VPP と xEMS との共進化・共普及

2010 年代に国内においてバーチャルパワープラントの社会実装が試みられる中で、エネルギーマネジメントシステムの進化、変容と捉えられるバーチャルパ

ワープラントと HEMS, BEMS, FEMS, CEMS の xEMS との相互作用も見出された。これは、榊原(2005)が示す2つの S 字カーブ間の相互作用として理解できる (図表 7-4)。

図表 7-4 2つの S 字カーブ間の共進化・共普及

出所：榊原(2005) P.33 をもとに一部改変



## 7.2.2 補完財との相互作用と共進化・共普及

RQ2 社会的便益先行型 ICT プラットフォームの普及過程において、どのように補完財と相互作用し共進化・共普及するのか。

### (a) xEMS と補完財との共進化・共普及

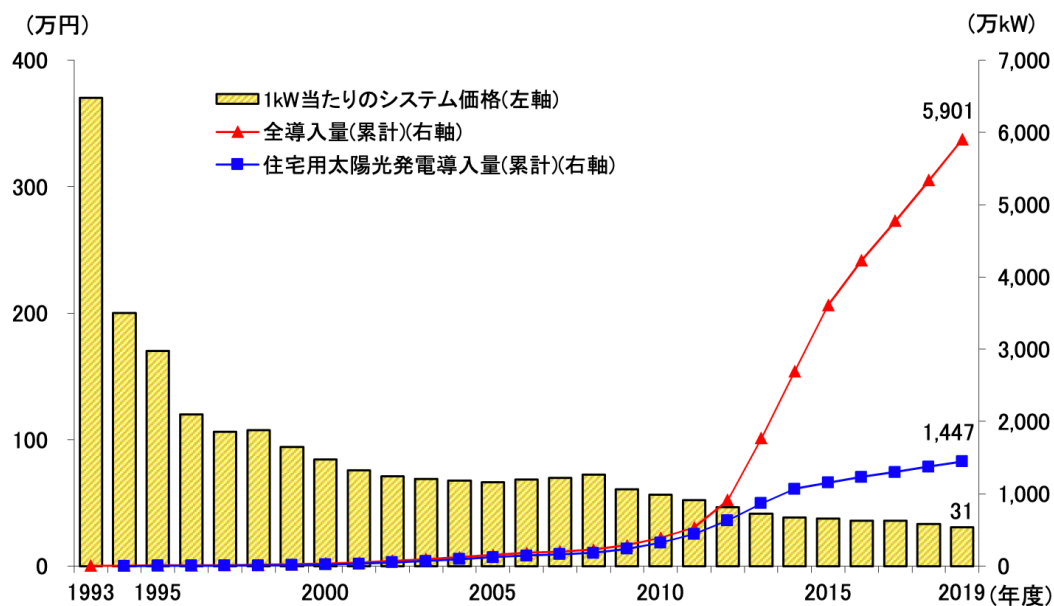
エネルギーマネジメントシステムは、第四次産業革命の IoT を応用した技術システムであり、共進化・共普及の対象となる候補は無数に存在すると考えられる中で、補完財として、太陽光発電、蓄電池などを財の境界に取り込みながら、財の境界の再定義がなされ、解釈の更新に影響を与えている。無数にある補完財の候補の中で、太陽光発電がエネルギーマネジメントシステムとの共普及の中核的な補完財となっている。図表 7-5 に、エネルギーマネジメントシステムとの共普及の中核的な補完財である太陽光発電の国内導入量とシステム価格の推移を示す。太陽光発電は、2009 年 11 月に開始された太陽光発電の余剰電力買取制度<sup>80</sup>や 2012 年に開始された固定価格買取制度 (FIT 制度) を普及の起爆剤として、その

<sup>80</sup> 太陽光発電の余剰電力買取制度は 2012 年 7 月に「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」(FIT 制度) に移行している。

累積導入量は指数関数的な成長を見せている。太陽光発電が牽引する形で、エネルギーマネジメントシステムが共進化・共普及を示していることが見出された。

図表 7-5 太陽光発電の国内導入量とシステム価格<sup>81</sup>の推移

出所：資源エネルギー庁(2021c) P.121



#### (b) VPP と補完財との共進化・共普及

バーチャルパワープラントは、補完財として、太陽光発電、蓄電池、電気自動車などを財の境界に取り込みながら、財の境界の再定義がなされ、解釈の更新に影響を与えている。補完財の中でも、特に蓄電池がバーチャルパワープラントとの共進化・共普及の中核的な補完財となっていることが確認された。電力を「創る」太陽光発電が先んじて普及が進展する中で、より高度なエネルギーマネジメントの実現のために、発電量が天候に左右される太陽光発電の電力を蓄電池で貯めて、需要に沿って最適な形で提供するという、より成熟したエネルギーマネジメントに向けて、バーチャルパワープラントと蓄電池が共進化を示しているといえる。

<sup>81</sup> システム価格は住宅用（10kW 未満）の平均値である。

### 7.2.3 ネットワーク財自体の変容と価値の安定化

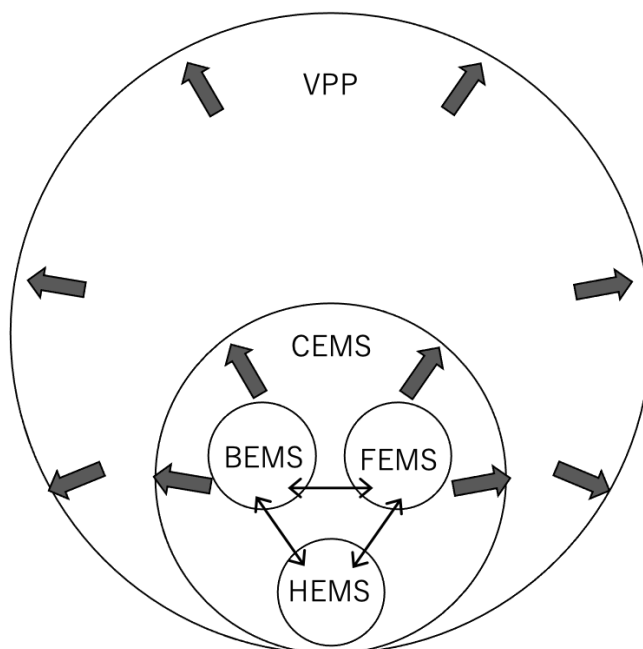
RQ3 社会的便益先行型 ICT プラットフォームは, ICT の技術進歩と社会との相互作用により, どのように財を変容し, その過程で価値の解釈の安定化がどのような動態を示すのか。

エネルギーマネジメントシステムは, バーチャルパワープラントが財の変異として登場した。4.6.5 項で説明した, 本研究で提案する対応分析を援用した価値の解釈の安定化の評価法によって, 解釈の柔軟性を縮小させ安定化に進んでいることが確認できた。流行期には, 太陽光発電がエネルギーマネジメントの境界に揺さぶりをかけながら, 解釈の柔軟性を縮小させ安定化に進んでいる。2013 年からの幻滅期では, 蓄電池と電気自動車がエネルギーマネジメントの境界を更新し, 次の 2016 年以降の再興期は, バーチャルパワープラントがエネルギーマネジメントの財の変容をもたらしながら, 安定化に進んでいるとできよう。

図表 7-6 に, エネルギーマネジメントの財の連関と統合の概念を示す。

図表 7-6 エネルギーマネジメントの財の連関と統合

出所：筆者作成



### 7.3 小括

本章では、第2章で概念化された社会的便益先行型 ICT プラットフォームの事例として第5章で取りあげたエネルギーマネジメントシステム、第6章で取りあげたバーチャルパワープラントの事例研究を横断的に検討し、発見事項の整理とその考察を行った。具体的には、発見事項・考察を第4章で提示したリサーチクエスションに対する答えとして整理した。

準公共財で社会的ジレンマの問題をはらむ環境エネルギー分野の社会的便益先行型 ICT プラットフォームは、社会実装と社会全体への普及には時間を要する。その比較的長期間に渡る過程において、エネルギーマネジメントは、バーチャルパワープラントが財の変異として登場した。また、補完財として、太陽光発電、蓄電池などを財の境界に取り込みながら、財の境界の再定義がなされ、解釈の更新に影響を与えている。また、一貫した単調性ではなく、黎明期、流行期、幻滅期、再興期の周期性を示し共進化・共普及が進展していることを見出した。

## 8. 結論とインプリケーション

本章では、本論文における議論を総括し、本論文における発見事項を整理した上で、本論文の貢献と本研究が持つ含意、今後の研究展望を提示する。

### 8.1 発見事項のまとめ

本論文における発見事項を整理する。

本論文では、気候変動が気候危機と認識されるように、さまざまな分野で社会的課題の深刻化が顕著となる中で、第四次産業革命が進行する今日的に社会で普及が期待される社会的便益先行型 ICT プラットフォームの普及過程における財の変容と価値の解釈の動態を明らかにするべく、環境エネルギー分野の社会的便益先行型 ICT プラットフォームであるエネルギーマネジメントに焦点をあて、当該概念と技術の導入、普及と変容の過程を捉え、技術者、メディアの各社会グループ毎のエネルギーマネジメントに対する解釈の動態をエネルギーマネジメントの普及過程の初期にあたる 2000 年から 2020 年の特許文書と新聞記事のデータを対象とするテキストマイニングによる分析で可視化し、2000 年から 2020 年を 4 つの期、すなわち、2009 年以前の黎明期、2010 年から 2012 年の流行期、2013 年から 2015 年の幻滅期、2016 年以降の再興期を同定し、以下の発見事項を得た。

- ・各社会グループの価値の解釈の伝搬について

各社会グループ毎の価値の解釈は、技術者グループからメディアグループに時間的遅れをもって伝搬する。技術者グループの解釈の定常要素を取り除けば、キーワード出現推移に類似性が見出される一方で、解釈の内容については、各社会グループ間の相違点が見出される。すなわち、各社会グループ毎の解釈の「波」は、他の社会グループに伝搬するものの、その「波」の解釈の有り様は、各社会グループ各々の特性に応じて異なることが確認された。

- ・ネットワーク財同士の相互作用と共進化・共普及について

エネルギーマネジメントの普及過程の初期にあたる 2000 年から 2020 年において、エネルギーマネジメント技術に関する研究開発活動が一貫した単調性をもって活発化しているのに対して、各社会グループの価値の解釈の動態は、一貫した単調性ではなく、HEMS が先導するかたちで、HEMS, BEMS, FEMS, CEMS

の xEMS が連関し同期をとりながら、黎明期、流行期、幻滅期、再興期の周期性を示し共進化・共普及が進展していることが見出された。また、2010年代に国内においてバーチャルパワープラントの社会実装が試みられる中で、エネルギー管理システムの進化、変容と捉えられるバーチャルパワープラントと HEMS, BEMS, FEMS, CEMS の xEMS との相互作用も見出された。

- ・補完財との相互作用と共進化・共普及について

エネルギー管理システムとバーチャルパワープラントは、第四次産業革命の IoT を応用した技術システムであり、共進化・共普及の対象となる候補は無数に存在すると考えられる中で、補完財として、太陽光発電、蓄電池などを財の境界に取り込みながら、財の境界の再定義がなされ、解釈の更新に影響を与えている。無数にある補完財の候補の中で、エネルギー管理システムは太陽光発電が共進化・共普及の中核的な補完財となり、バーチャルパワープラントは蓄電池が共進化・共普及の中核的な補完財となっていることが見出された。

- ・財自体の変容と価値の安定化について

エネルギー管理システムは、バーチャルパワープラントが財の変異として登場した。本研究で提案する対応分析を援用した価値の解釈の安定化の評価法によって、解釈の柔軟性を縮小させ安定化に進んでいることが確認できた。流行期には、太陽光発電がエネルギー管理システムの境界に揺さぶりをかけながら、解釈の柔軟性を縮小させ安定化に進んでいる。2013年からの幻滅期では、蓄電池と電気自動車エネルギー管理システムの境界を更新し、次の2016年以降の再興期は、バーチャルパワープラントがエネルギー管理システムの財の変容をもたらしながら、安定化に進んでいるとできよう。

第5章と第6章の事例研究の結果に基づき提示する、エネルギー管理システムの財の変容と価値の安定化の基本となる概念モデルを図表 8-1 に、また、エネルギー管理システムの財の変容と価値の安定化の動態の概念モデルを図表 8-2 に再掲する。

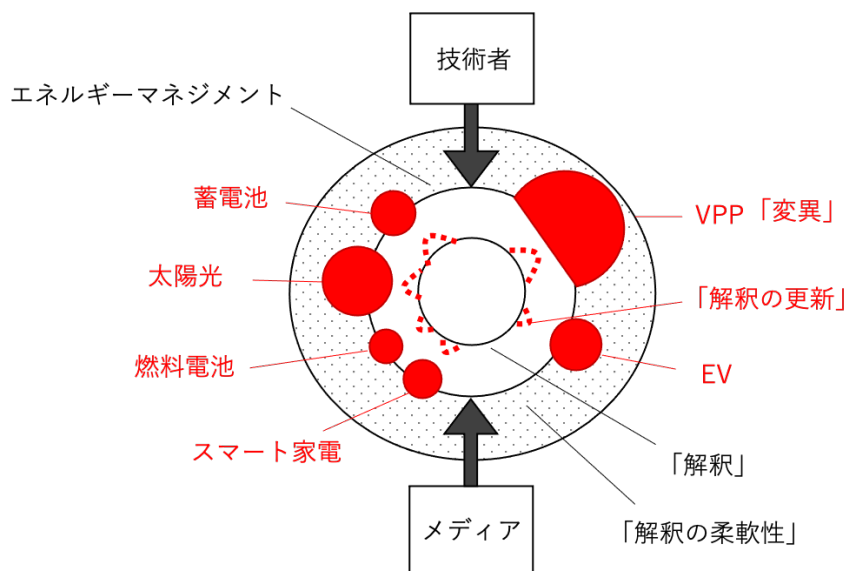
準公共財で社会的ジレンマの問題をはらむ環境エネルギー分野の社会的便益先行型 ICT プラットフォームは、社会実装と社会全体への普及には時間を要する。その比較的長期間に渡る過程において、エネルギー管理システムは、バーチャルパワープラントが財の変異として登場し、補完財として、無数の候補がある中で、太陽光発電や蓄電池が中核的な補完財として選択され、普及が進展していること

が見出された。

環境エネルギー分野の社会的便益先行型 ICT プラットフォームのエネルギー管理は、人工物としての境界の不安定性をもたらす ICT プラットフォームの「改変・更新可能性」や「相互接続性」が、解釈の準拠点、ないしは、それに準じた役割としての補完財を連関させ、翻って逆説的であるが、当該社会的便益先行型 ICT プラットフォームの人工物としての価値の安定化に寄与していると考えられる。

図表 8-1 エネルギー管理の財の変容と価値の安定化の基本となる概念モデル (再掲)

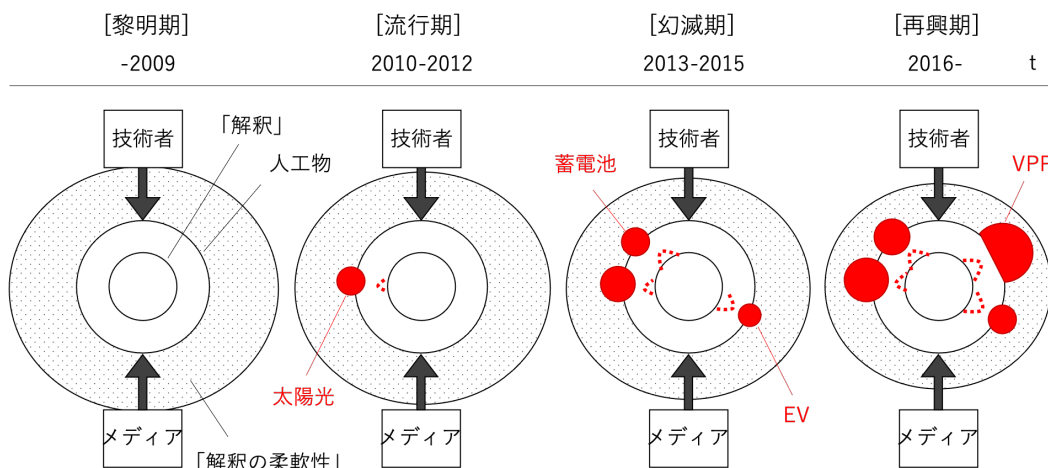
出所：筆者作成





図表8-2 エネルギーマネジメントの財の変容と価値の安定化の動態の概念モデル  
(再掲)

出所：筆者作成



## 8.2 本論文の貢献

本論文の貢献について三点挙げたい。

第一に、気候変動をはじめとする社会的課題の深刻化が顕著となる中で、第四次産業革命が進行する今日的に社会全体への普及が期待される社会的便益先行型 ICT プラットフォームを概念化し、事例としてエネルギーマネジメントを取りあげ、普及過程における価値の解釈の動態の全体像を描き出すため、多様かつ大量なデータの分析を行なったことである。

第二に、価値の解釈の安定化を評価するための分析手法を提案していることである。近年、技術的な向上が見られ、さまざまな分野で応用が図られているテキストマイニングを活用し、多変量解析の手法である対応分析を応用した。これまで、普及現象について多様な分析がなされてきたが、多くの場合、それらは定性的な方法に基づくものであった。もちろんこれらの中には、非常に深い洞察に基づいた優れた分析が多く存在することは疑いようもない。しかしながら、分析者の主観に基づくという限界があることも確かである。本論文はこうした限界を超えるための一定の価値があると考えられる。

第三に、社会的便益先行型 ICT プラットフォームの財の特徴を踏まえた理論枠組みを提案していることである。第一の貢献で述べた普及過程における価値の解

積の動態の全体像を描くためには、それに相応しい理論枠組みが必要である。さもなければソフトウェア優位のネットワーク財である社会的便益先行型 ICT プラットフォームの普及過程という複雑な過程を解き明かすことができない。本研究は、主に科学技術社会論の理論的發展に依拠しながら社会的便益先行型 ICT プラットフォームの普及過程の社会における価値の解釈の有り様を捉えるための理論枠組みを構築し、それを具体的にエネルギーマネジメントという地球規模の社会的課題の解決を志向しグローバルに同時進行する大規模な社会実装の現象に適用した。

### 8.3 理論的インプリケーション

本研究の理論的インプリケーションについて述べる。

ICT の技術進歩と気候変動に代表される社会的課題の深刻化が相まって、ICT を利活用したプラットフォームが社会的課題の解決に資することを期待され、さまざまな領域で社会実装、普及が進展している。こうした人工物の普及過程においては、普及へのさまざまな参加者（アクター）がさまざまな目的をもちながら関与し、さまざまな価値に解釈されながら普及する。

一方で、ICT プラットフォームを構成するソフトウェアが持つ「改変・更新可能性」や、ICT の高度利活用である IoT が持つ機器間の「相互接続性」といった、人工物の境界の恣意性、不安定性を高める特性は、人工物の価値の解釈の柔軟性をもたらすものである。従来 of 普及研究では、普及対象の境界の確定は重要な論点と指摘されている（Rogers, 2003）ものの、そうした ICT プラットフォームの「改変・更新可能性」や「相互接続性」を考慮した分析、議論が十分になされてきたとは言い難い。

本研究は、技術の社会的構成論の中核的な概念である「解釈の柔軟性」に依拠し、私的便益に優先することも厭わず社会的課題の解決を志向する社会的便益先行型 ICT プラットフォームの普及過程における価値の解釈の動態を記述、可視化し、価値の解釈の安定化の過程の概念モデル化を試み、従来 of 普及研究の ICT プラットフォームへの拡張可能性を論じた。

ミクロの個別的合理性とマクロの社会全体における集団的合理性が一致しないという社会的ジレンマの問題をはらみ、さらには、人工物としての境界の恣意性、不安定性が高い社会的便益先行型 ICT プラットフォームは、第四次産業革命が進行する今日的に社会的な要請を帯びた人工物であり、かつ、ソフトウェア優位で

あり、その解釈の動態は、従来のハードウェアを主体とした技術システムと比較して、複雑性が増しており、共進化・共普及の対象となる候補は無数に存在すると考えられる。IoT が牽引する第四次産業革命が世界的に進行する今日において、こうした社会的便益先行型 ICT プラットフォームの価値の解釈の動態の可視化、すなわち、どのような共進化・共普及の過程が進行しているのかを解き明かすことは意義深い。

## 8.4 実践的インプリケーション

本研究の実践的インプリケーションについて述べる。

第一に、関連社会グループ毎の価値の解釈と自社の出願特許との比較分析に基づく技術戦略の機動的な修正である。本研究でのテキストマイニングによる分析手法の、第5章と第6章で示した共起ネットワークや対応分析の利用は、技術者とメディアの普及対象に対する解釈の経時的な相違が浮き彫りになり、社会における解釈のなされ方を意識し強化すべき要素技術の同定、機動的な技術戦略の企画推進が可能となると期待される。

第二に、可視化された普及過程の動態に基づく機動的なマーケティング戦略の実践である。本研究でのテキストマイニングによる分析手法の、第5章と第6章で示した共起ネットワークや対応分析の利用は、実務家の商品・システム開発の実践の中で、可視化された普及過程における価値の解釈の動態をもとに、戦略的にコミュニケーションチャンネルとメッセージを企画推進することが可能となると期待される。

第三に、補完財との共普及 (Co-diffusion) を意識した訴求である。社会的便益先行型 ICT プラットフォームは新規性が高く、各関連社会グループにおいて準拠点が見出されにくい場合もあるが、境界の不安定性を逆手にとるが如く、境界に補完財を取りこむように訴求して共普及 (Co-diffusion) を実践することの有効性が期待される。

## 8.5 本論文の限界と今後の展望

本論文では、環境エネルギー分野の社会的便益先行型 ICT プラットフォームのエネルギーマネジメントに焦点をあて、当該エネルギーマネジメント概念と技術

の導入、普及と変容の過程を捉え、2000年から2020年のエネルギーマネジメントに関する日本国内の特許文書と新聞記事のテキストマイニング分析によって、その価値の解釈の動態を分析し、ICTプラットフォームの境界の不安定性と価値の解釈のフレームワークに基づき、エネルギーマネジメントの財の変容と価値の安定化の基本・動態の概念モデルを提案した。

このフレームワーク、概念モデルの汎用性を高めるとともに精緻化を図るため、今後の課題を以下に挙げる。

第一に、環境エネルギー分野の社会的便益先行型 ICT プラットフォームとして、太陽光発電の普及過程の価値の解釈の動態をテキストマイニング分析により明らかにし、エネルギーマネジメントとの比較分析を行うことで、概念モデルの汎用性を検証することである。

第二に、本論文では日本国内のエネルギーマネジメントの普及過程を取りあげたが、エネルギーマネジメントの進化・変容として日本国内では2016年から実証が進むバーチャルパワープラントについて、実証・普及が日本に先行して進行する欧米における価値の解釈の動態と比較分析するべく、欧米の特許文書のテキストマイニング分析により概念モデルの汎用性を検証することである。

第三に、自然言語処理の技術として発展を遂げている、文書と単語の特徴ベクトルから文書の意味を確率統計学を援用して推定する確率的潜在意味解析 (PLSI)<sup>82</sup>を適用することで、社会的便益先行型 ICT プラットフォームの価値の解釈の安定化を捕捉する客観的な指標の提案を試み、概念モデルを精緻化することである。

---

<sup>82</sup> 確率的統計意味解析の統計モデル、アルゴリズムについては佐藤 (2015)が詳しい。“PLSI”は、“Probabilistic Latent Semantic Indexing”の略語である。

## 参考文献

- Aiad, M. and Lee, P. H. (2018). Energy disaggregation of overlapping home appliances consumptions using a cluster splitting approach. *Sustainable Cities and Society*, 43, pp.487-494.
- Armel, K. C., Guptab, A., Shrimali, G. and Albert, A. (2013). Is disaggregation the holy grail of energy efficiency? The case of electricity. *Energy Policy*, 52, pp.213-234.
- 朝日新聞 (2020). 「気候変動，経済活動に大きなリスク 日本企業の意識変革」.  
<https://www.asahi.com/articles/ASNBF3J94NB6PLBJ00J.html>, 閲覧日：2022年1月5日.
- Atzori, L., Iera, A. and Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*, 54, pp.2787-2805.
- Baldwin, C. Y. and Woodard, C. J. (2009). *The Architecture of Platform: A Unified View*. HBS Working Paper, No. 09-034.
- Bass, F. (1969). A new product growth for model consumer durables. *Management Science*, 15(5), pp.215-227.
- BBC (2020). 「米マイクロソフト，排出する「すべてのCO2を回収」2050年までに」.  
<https://www.bbc.com/japanese/51145291>, 閲覧日：2022年1月5日.
- Berelson, B. (1952). *Content analysis in communication research*. Free Press.
- Berger, J. and Heath, C. (2007). When Consumers diverge from others, Identity signaling and product domains. *Journal of Consumer Research*, 34(2), pp.121-134.
- Berger, J. and Heath, C. (2008). Who drives divergence? Identity signaling, out-group similarity, and the abandonment of culture tastes. *Journal of Personality and Social Psychology*, 95(3), pp.593-607.
- Bignucolo, F., Caldon, R., and Prandoni, V. (2006). The Voltage Control on MV Distribution Networks with Aggregated DG Units (VPP). *Proceedings of the 41st International Universities Power Engineering Conference*, vol.1, pp.187-192.
- Bijker, W. E. (1987). The social construction of Bakelite: Toward a theory of invention. In W. E. Bijker, T. P. Hughes, and T. J. Pinch (Eds.), *The social construction of technological systems* (pp. 159–187). Cambridge, MA: MIT Press.
- Bijker, W. E. (1992). The social construction of fluorescent lighting, or how an artifact was invented in its diffusion stage. In J. Law and W. E. Bijker (Eds.), *Shaping technology/building society* (pp.75–102). Cambridge, MA: MIT Press.

- Bijker, W. E. (1993). Do not despair: There is life after constructivism. *Science, Technology & Human Values*, 18(1), pp.113–138.
- Bijker, W. E. (1995a). Sociohistorical technology studies. In S. Jasanoff, G. E. Markle, J. C. Petersen and T. J. Pinch (Eds.), *Handbook of science and technology studies* (pp.229–256). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Bijker, W. E. (1995b). *Of bicycles, bakelites and bulbs: Toward a theory of sociotechnological change*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Bijker, W. E., Hughes, T. P. and Pinch, T. J. (Eds.) (1987). *The social construction of technological systems*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Bijker, W. E. and Law, J. (1992). Shaping technology/building society: Studies in sociotechnical change. In J. Law and W. E. Bijker (Eds.), *Shaping technology/building society* (pp.290–308). Cambridge, MA: MIT Press.
- Bucklin, L. P. and Sengupta, S. (1993). The co-diffusion of complementary innovations: Supermarket scanners and UPC symbols. *Journal of Product Innovation Management*, 10(2), pp.148-160.
- Callon, M. (1980). The state and technical innovation: A case study of the electrical vehicle in France. *Research Policy*, 9(4), pp.358-376.
- Callon, M. (1986). Some elements of a sociology of translation: domestication of the scallops and the fresherman of Saint Brieuc Bay. In J. Law (Ed.), *Power, action and belief: A new sociology of knowledge?*, Routledge and Kegan paul, pp.196-233.
- Callon, M., Laredo, P. and Rabeharisoa, V. (1992). The management and evaluation of technological programs and the dynamics of technoeconomic networks: the case of the AFME. *Research Policy*, 21(3), pp.215-236.
- Callon, M. and Law, J. (1995). Agency and the hybrid collectif. *South Atlantic Quarterly*, Vol.94, pp.481-507.
- Carlsson, B. and Stankiewicz, R. (1991). On the nature, function and composition of technological systems. *Journal of Evolutionary Economics*, 1, pp.93-118.
- Clark, K. B. (1985). The interaction of design hierarchies and market concepts in technological evolution. *Research Policy*, 14(5), pp.235-251.
- Clausen, S. E. (1998). *Applied Correspondence Analysis: An Introduction*. SAGE Publications (藤本一男訳『対応分析入門 原理から応用まで』, オーム社, 2015年).
- Contreras-Ocaña, J. E., Ortega-Vazquez, M. A. and Zhang, B. (2018). Participation of an Energy Storage Aggregator in Electricity Markets. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 10(2), pp.1-23.

- Coombs, R., Green, K., Richards, A. and Walsh, V. (Eds.) (2001). *Technology and the Market: Demand, Users and Innovation*, Cheltenham, UK and Northampton, MA, USA: Edward Elgar.
- David, P. (1985). Clio and the economics of QWERTY. *American Economics Review*, 75(2), pp.332-337.
- Dawes, R. M. (1980). Social dilemmas. *Annual Review of Psychology*, 31, pp.169-193.
- 電力50編集委員会 監修 (2021). 『電力・エネルギー産業を変革する50の技術』, オーム社.
- Denzin, N. (1970). *The research act: A theoretical introduction to sociological methods*, Chicago, IL: Aldine.
- Denzin, N. (1978). *Sociological Methods: A Sourcebook*. NY: McGraw Hill.
- Denzin, N. (1989). *The research act: A theoretical introduction to sociological methods*, New York: McGraw-Hill.
- Doherty, B. and Trenbath, K. (2019). Device-level plug load disaggregation in a zero energy office building and opportunities for energy savings. *Energy and Buildings*, 204, Article 109480.
- du Gay, P., Hall, S., Janes, L., Mackay, H. and Negus, K. (1997). *Doing Cultural Studies: The Story of the Sony Walkman*, London: Sage.
- Elgamal, A. H., Kocher-Oberlehner, G., Robu, D. and Andoni, M. (2019). Optimization of a multiple-scale renewable energy-based virtual power plant in the UK. *Applied Energy*, 256, Article 113973.
- エネルギー総合工学研究所 (2008). 「エネルギー分野における技術戦略マップ (Cool Earth-エネルギー革新技术計画及びエネルギー技術戦略2008)」 .  
[https://www.iae.or.jp/report/list/general/cool\\_earth/](https://www.iae.or.jp/report/list/general/cool_earth/), 閲覧日 : 2022年1月5日.
- Energy2Market (2021). About Energy2Market, Efficient energy trading through smart aggregation. <https://www.e2m.energy/en/business-model.html>, accessed on 1.5, 2022.
- Flexitricity (2021). Our story. <https://www.flexitricity.com/more/our-story/>, accessed on 1.5, 2022.
- Fliegal, F. C. and Kivlin, J. E. (1962). Farm Practice Attributes and Adoption Rate, *Social Forces*, Vol.40, No.4, pp.364-370.
- Foster, J. A., Golder, P. N. and Tellis, G. J. (2004). Predicting sales takeoff for whirlpool's new personal valet. *Marketing Science*, 23(2), pp.182-185.
- 藤井聡 (2003). 『社会的ジレンマの処方箋 都市・交通・環境問題のための心理学』, ナカニシヤ出版.

- 富士経済 (2014). 『2014 エネルギーマネジメントシステム関連市場実態総調査 HEMS/BEMS/FEMS/CEMS領域の機器・システム・サービス市場を徹底分析』, 富士経済.
- 富士経済 (2015). 『2015 エネルギーマネジメントシステム関連市場実態総調査 電力・ガス完全自由化で大きな変革の時期を迎えるEMS市場を徹底解剖』, 富士経済.
- 富士経済 (2016). 『2016 エネルギーマネジメントシステム関連市場実態総調査 エネルギーシステム改革, IoT技術の採用により本格的な活用が進みつつあるEMS関連市場を徹底解剖』, 富士経済.
- 富士経済 (2017). 『2017 エネルギーマネジメントシステム関連市場実態総調査 エネルギーのオンサイト利用本格化, VPP/DRの実現を控え, ビジネスチャンスが拡大するEMSの現状と将来像』, 富士経済.
- 富士経済 (2018). 『2018 エネルギーマネジメントシステム関連市場実態総調査 ビッグデータ活用によるサービスビジネスへの転換期を迎えるEMSの市場ポテンシャルを明確化』, 富士経済.
- 富士経済 (2019). 『2019 エネルギーマネジメントシステム関連市場実態総調査 サブスクリプションビジネス・電力需給調整/電力融通・データ二次利用・卒FIT市場などを特集』, 富士経済.
- 富士経済 (2020). 『2020 エネルギーマネジメントシステム関連市場実態総調査 エネルギープロシューマー, エネルギー最適化, マイクログリッドなど, EMSを活用したソリューションビジネスの可能性を徹底分析』, 富士経済.
- 富士経済 (2021). 『エネルギーマネジメント・パワーシステム関連市場実態総調査2022 エネルギーシステム改革・脱炭素化に貢献するEMSおよび関連市場の最新動向』, 富士経済.
- 藤田隆史, 後藤良則, 小池新 (2013). 「M2Mアーキテクチャと技術課題」 『電子情報通信学会誌』, 96(5).
- Gawer, A. (2009). *Platforms, Markets and Innovation*. Edward Elgar Pub.
- Gissey, G. C., Subkhankulova, D., Dodds, P. E. and Barrett, M. (2019). Value of energy storage aggregation to the electricity system. *Energy Policy*, 128, pp.685-696.
- Gladwell, M. (2000). *The Tipping Point: How Little Things can make a Big Difference*, Boston, MA: Little Brown.
- Goldenberg, J., Libai, B. and Muller, E. (2002). Riding the saddle: How cross-market communications can create a major slump in sales. *Journal of Marketing*, 66(2), pp.1-16.



- Golder, P. N. and Tellis, G. J. (1997). Will it ever fly? Modeling the takeoff of really new consumer durables. *Marketing Science*, 16(3), pp.256-270.
- Greenacre, M. J. (1981). Practical correspondence analysis, In V. Barnett (Ed.), *Interpreting Multivariate Data* (pp.119–146). New York: Wiley.
- 原拓志 (2007). 「研究アプローチとしての「技術の社会的形成」」『年報 科学・技術・社会』, 16, pp.37-57.
- 服部徹 (2019). 「電力システム改革における新市場創設の意義と課題—市場メカニズムの活用をめぐる議論の展望—」『電力経済研究』, 66, pp.1-16.
- 東日本電信電話 (2015). 「経済産業省「大規模HEMS情報基盤整備事業」の2015年度事業実施について—全国1万4千世帯のモニターに対するHEMSデータを活用したサービスの提供を開始—」.  
[https://www.ntt-east.co.jp/release/detail/20150507\\_01.html](https://www.ntt-east.co.jp/release/detail/20150507_01.html), 閲覧日: 2022年1月5日.
- 樋口耕一 (2013). 「情報化イノベーションの採用と富の有無 ウェブの普及過程における規定構造の変化から」『ソシオロジ』, 57(3), pp.39-55.
- 平野敦士カール, アンドレイ・ハギウ (2010). 『プラットフォーム戦略』, 東洋経済新報社.
- 日立製作所 (2011). 「日立グループサステナビリティレポート2011」.  
<https://www.hitachi.co.jp/sustainability/download/pdf/csr2011.pdf>, 閲覧日: 2022年1月5日.
- 日立東大ラボ (2018). 『Society (ソサエティ) 5.0 一人間中心の超スマート社会—』, 日本経済新聞出版社.
- 石井健一 (1984). 「微分方程式型モデルによる普及現象の分析」『行動計量学』, 12(1), pp.11-19.
- 化学工学会 編 (2016). 『環境エネルギー』, 共立出版.
- 環境経済・政策学会 編 (2018). 『環境経済・政策学事典』, 丸善出版.
- 環境共創イニシアチブ (2019a). 「平成31年度 需要家側エネルギーリソースを活用したバーチャルパワープラント構築実証事業費補助金 採択結果について (A事業: VPP基盤整備事業)」.  
[https://sii.or.jp/vpp31/uploads/A\\_saitakukekka.pdf](https://sii.or.jp/vpp31/uploads/A_saitakukekka.pdf), 閲覧日: 2022年1月5日.
- 環境共創イニシアチブ (2019b). 「平成31年度 需要家側エネルギーリソースを活用したバーチャルパワープラント構築実証事業費補助金 採択結果について (B-1事業: VPPアグリゲーター事業とB-2事業: V2Gアグリゲーター事業)」.  
[https://sii.or.jp/vpp31/uploads/B\\_saitakukekka.pdf](https://sii.or.jp/vpp31/uploads/B_saitakukekka.pdf), 閲覧日: 2022年1月5日.
- 環境省 (2021). 「企業の脱炭素経営への取組状況」.

- <https://www.env.go.jp/earth/datsutansokeiei.html>, 閲覧日：2022年1月5日.
- 加藤力也 (2011a). 「家庭用エネルギー管理システム (HEMS) の普及に関する課題とその動向 ―過去の実証の分析による課題整理―」 『電力中央研究所報告』.
- 加藤俊彦 (2011b). 『技術システムの構造と革新』, 白桃書房.
- Katz, M. L. and Shapiro, C. (1985). Network externality, competition, and compatibility. *The American Economics Review*, 475(3), pp.424-440.
- 経済産業省 (2015). 「第1回 産業構造審議会 新産業構造部会 事務局説明資料 (新産業構造部会の検討の背景とミッション)」.
- [https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/shinsangyo\\_kozo/pdf/001\\_06\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/shinsangyo_kozo/pdf/001_06_00.pdf), 閲覧日：2022年1月5日.
- 経済産業省 (2016a). 「エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネス検討会 (第1回：平成28年1月29日) - 配布資料」.
- [https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy\\_environment/energy\\_resource/01\\_haifu.html](https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy_environment/energy_resource/01_haifu.html), 閲覧日：2022年1月5日.
- 経済産業省 (2016b). 「エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネス検討会 (第2回：平成28年3月30日) - 配布資料」.
- [https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy\\_environment/energy\\_resource/02\\_haifu.html](https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy_environment/energy_resource/02_haifu.html), 閲覧日：2022年1月5日.
- 経済産業省 (2016c). 「エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネス検討会 (第3回：平成28年6月29日) - 配布資料」.
- [https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy\\_environment/energy\\_resource/03\\_haifu.html](https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy_environment/energy_resource/03_haifu.html), 閲覧日：2022年1月5日.
- 経済産業省 (2016d). 「エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネス検討会 (第4回：平成28年9月14日) - 配布資料」.
- [https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy\\_environment/energy\\_resource/04\\_haifu.html](https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy_environment/energy_resource/04_haifu.html), 閲覧日：2022年1月5日.
- 経済産業省 (2017a). 「エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネス検討会 (第5回：平成29年3月8日) - 配布資料」.
- [https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy\\_environment/energy\\_resource/05\\_haifu.html](https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy_environment/energy_resource/05_haifu.html), 閲覧日：2022年1月5日.
- 経済産業省 (2017b). 「エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネス検討会 (第6回：平成29年9月29日) - 配布資料」.
- [https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy\\_environment/energy\\_resource/06\\_haifu.html](https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy_environment/energy_resource/06_haifu.html), 閲覧日：2022年1月5日.

- 経済産業省 (2018). 「エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネス検討会 (第7回:平成30年3月23日) - 配布資料」.
- [https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy\\_environment/energy\\_resource/07\\_haifu.html](https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy_environment/energy_resource/07_haifu.html), 閲覧日:2022年1月5日.
- 清川雪彦 (1991). 「技術普及の経済分析 —課題と展望—」 『経済研究』, 42(4), pp.341-361.
- Kline, S. J. and Rosenberg, N. (1986). An overview of Innovation, In R. Landau and N. Rosenberg (Eds), *The Positive Sum Strategy. Harnessing Technology for Economic Growth*, Washington, DC: National Academy Press, pp.275-305.
- 小松秀徳, 西尾健一郎 (2014). 「スマートメータデータ分析情報の活用 —分析技術の動向調査と需要分析の予備的検証—」 『電力中央研究所報告』.
- 小峯敦 (2021). 『テキストマイニングから読み解く経済学史』, ナカニシヤ出版.
- Komorita, S. S. and Parks, C. D. (1994). *Social dilemmas*. Madison, WI: Brown and Benchmark.
- Krippendorff, K. (1980). *Content Analysis: An Introduction to its Methodology*. London: Sage.
- 空気調和・衛生工学会 (2016). 『BEMSビル管理システムの計画・設計と運用の知識』, 空気調和・衛生工学会.
- 空気調和・衛生工学会 (2021). 「学会について」.
- <http://www.shasej.org/base.html?gaiyou/gaiyou.html>, 閲覧日:2022年1月5日.
- Latour, B. (1987). *Science In Action: How to follow scientists and engineers through society*, Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Latour, B. (1996). *ARAMIS or the Love of Technology*, Harvard University Press.
- Latour, B. (1999a). On recalling ANT. In J. Law and J. Hassard (Eds.), *Actor Network Theory and after*, Blackwell, 15-25.
- Latour, B. (1999b). *Pandora's Hope: Essays on the Reality of Sciences*, Harvard University Press, Cambridge, Mass (川勝勝, 平河秀幸訳『科学論の实在 パンドラの希望』, 産業図書, 2007年).
- Latour, B. (2005). *Reassembling The Social: An Introduction to Actor-network Theory*. Oxford University Press, pp.2-15 (伊藤嘉高訳『社会的なものを組み直す アクターネットワーク理論入門』, 法政大学出版局, 2019年).
- Law, J. and Bijker, W. E. (1992). Postscript: Technology, stability and social theory. In W. E. Bijker, and J. Law (Eds.), *Shaping technology/building society: Studies in sociotechnical change* (pp.290–308). Cambridge, MA: MIT Press.
- Law, J. (2002). *Aircraft Stories: Decentering the Object in Technoscience*, Duke University

- Press.
- Layton, E. (1971). Mirror-Image Twins: The Communities of Science and Technology in 19th-Century America. *Technology and Culture*, 12(4), pp.562-580.
- Layton, E. (1976). American Ideologies of Science and Engineering. *Technology and Culture*, 17(4), pp.668-701.
- Leydesdorff, L. (2000). The triple helix: an evolutionary model of innovations. *Research Policy*, 29, pp.243-255.
- Li, J., Wu, Z., Zhou, S., Fu, H. and Zhang, X. (2015). Aggregator service for PV and battery energy storage systems of residential building. *CSEE Journal of Power and Energy Systems*, 1(4), pp.3-11.
- Loch, C. and Huberman, B. A. (1999). A punctuated equilibrium model of technology diffusion. *Management Science*, 45(2), pp.160-177.
- Lundvall, B. A. (1988). Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation. In G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg and L. Soete (Eds.), *Technical Change and Economic Theory*, London: Printer, pp.349-369.
- MacKenzie, D. (1990). *Inventing Accuracy: A Historical Sociology of Nuclear Missile Guidance*. MIT Press.
- MacKenzie, D. and Wajcman, J. (Eds.) (1999). *The Social Shaping of Technology (2nd ed.)*. Open University Press.
- Mahajan, V., and Peterson, Ra A. (1985). *Models for Innovation Diffusion*. Cambridge, Mass: Sage Publishing.
- Mahmud, K., Khan, B., Ravishankar, J., Ahmadi, A. and Siano, P. (2020). An internet of energy framework with distributed energy resources, prosumers and small-scale virtual power plants: An overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 127, Article 109840.
- 松井剛 (2004a). 「「癒し」ブームにおける企業の模倣行動：制度化プロセスとしてのブーム」『流通研究』，第7巻第1号，pp.1-14.
- 松井剛 (2004b). 「制度的同型化プロセスとしてのブーム：「癒し」ブームの内容分析」『商品研究』，第53巻第3号，pp.1-13.
- 松井剛 (2012). 「商業的に構築された社会タイプ：「癒し系」著名人に関する雑誌記事タイトルの内容分析」『一橋商学論叢』，第7巻第2号，pp.2-15.
- 松井剛 (2013a). 「言葉とマーケティング 「癒し」ブームにおける意味創造プロセス」『組織科学』，46(3)，pp.87-99.

- 松井剛 (2013b). 『ことばとマーケティング 「癒し」ブームの社会消費史』, 碩学舎.
- 松嶋登 (2006). 『企業家の翻訳プロセス : アクターネットワーク理論における翻訳概念の拡張』, 神戸大学ディスカッションペーパーシリーズ 2006・44.
- 松山隆司 (2014). 『エネルギーマネジメントの課題と展望 : スマートコミュニティの実現を目指して』, パナソニック技報, 60(1), pp.4-8.
- Mendonca, M., Jacobs, D. and Sovacool, B. (2009). *Powering the Green Economy: The Feed-in Tariff Handbook*, London: Earthscan (安田陽監訳 (2019). 『再生可能エネルギーと固定価格買取制度 (FIT) : グリーン経済への架け橋』, 京都大学学術出版会).
- Messick, D. M. and Brewer, M. B. (1983). Solving social dilemmas: A Review. In L. Wheeler and P. Shaver (Eds.), *Review of personality and social psychology*, Vol.4, Beverly Hills, CA: Sage, pp.11-44.
- 南知恵子, 西岡健一 (2014). 『サービス・イノベーション 価値共創と新技術導入』, 有斐閣.
- 宮尾学 (2011). 「製品カテゴリを再定義する新製品開発—技術の社会的形成アプローチによる検討」 『組織科学』, 44(3), pp.120–131.
- 宮尾学 (2013). 「技術の社会的形成」, 組織学会編『組織論レビューII』 (第3章). 白桃書房.
- 宮尾学 (2016). 『製品開発と市場創造 技術の社会的形成アプローチによる探究』, 白桃書房.
- Miyasawa, A., Fujimoto, Y. and Hayashi, Y. (2019). Energy disaggregation based on smart metering data via semi-binary nonnegative matrix factorization. *Energy and Buildings*, 183, pp.547-558.
- Moore, G. A. (1999). *Crossing the Chasm: Marketing and Selling High-Tech Products Mainstream Customer*, Rev. ed., New York: Harper Business.
- Morais, H., Kadar, H., Cardoso, M., Vale, Z. and Khodr, H. (2008). VPP operating in the isolated grid. *IEEE Power and Energy Society General Meeting - Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century*, pp.1-6.
- スマートグリッド編集委員会 (2016). 『スマートコミュニティのためのエネルギーマネジメント』, 大河出版.
- 守谷一希, 中川愛梨, 諏訪博彦, 藤本まなと, 荒川豊, 木村亜紀, 三木智子, 安本慶一 (2016). 「ECHONET Lite 対応家電を用いた宅内行動データの収集と分析, マルチメディア」 『分散協調とモバイルシンポジウム2016 論文集』, pp.1449-1457.

- 森崎美穂子 (2018). 『和菓子 伝統と創造 何に価値の真正性を見出すのか』, 水曜社.
- 村上隆史 (2017). 『ベンダー非依存型EMSにおける水平分離アーキテクチャの研究』, 神奈川工科大学博士学位論文.
- 内閣府 (2016). 「第5期科学技術基本計画 (平成28～平成32年度)」.   
<https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/index5.html>, 閲覧日: 2022年1月5日.
- 中川純, 宮嶋裕基, 瀧本晃裕, 田辺新一, 光岡正隆, 広橋亘, 林泰弘 (2017). 「ECHONET Lite を用いた室内環境自動制御技術に関する研究」 『第51回空気調和・冷凍連合講演会 - 空気調和・衛生工学会』, pp.157-160.
- 中田善啓 (2009). 『ビジネスモデルのイノベーション—プラットフォーム戦略の展開』, 同文館出版.
- 中田善啓 (2013). 『プラットフォーム時代のイノベーション』, 同文館出版.
- Nelson, R. R. (1994). The co-evolution of technology, industrial structure, and supporting institutions. *Industrial and Corporate Change*, 3(1), pp.47-63.
- Nelson, R. R. (1995). Recent evolutionary theorizing about economic change. *Journal of Economic Literature*, 33, pp.48-90.
- Next Kraftwerke (2021). About Next Kraftwerke, Virtual Power Plant Operator & Power Trader.   
<https://www.next-kraftwerke.com/company>, accessed on 1.5, 2022.
- 日本損害保険協会 (2021). 「過去の主な風水災等による保険金の支払い」.   
[https://www.sonpo.or.jp/report/statistics/disaster/ctuevu000000530r-att/c\\_fusuigai.pdf](https://www.sonpo.or.jp/report/statistics/disaster/ctuevu000000530r-att/c_fusuigai.pdf), 閲覧日: 2022年1月5日.
- Norgard, R. B. (1984). Coevolutionary Agricultural Development. *Economic Development and Cultural Change*, 32(3), pp.525-546.
- 荻田能弘, 飯野穰, 林秀樹 (2012). 「BEMS(ビルエネルギーマネジメントシステム)」 『電気学会誌』, 132(10), pp.692-694.
- 大内紀知, 渡辺千俣 (2001). 「イノベーションの普及プロセスに関する実証分析」 『研究・技術計画学会年次学術大会講演要旨集』, 16, pp.436-439.
- Oudshoorn, N. and Pinch, T. (Eds.) (2003). *How Users Matter: The Co-Construction of Users and Technology*, Cambridge, MA: MIT Press.
- パナソニック (2020). 「スマートHEMS」.   
<https://www2.panasonic.biz/ls/densetsu/aiseg/hems/about/>, 閲覧日: 2022年1月5日.
- Park, S. and Son, S. (2020). Interaction-based virtual power plant operation methodology for distribution system operator's voltage management. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 271, Article 115222.
- Pearlstone Energy (2021). About Pearlstone Energy.

- <http://www.pearlstoneenergy.com/about-us/>, accessed on 1.5, 2022.
- Pinch, T. J. and Bijker, W. E. (1984). The social construction of facts and artefacts: Or how the sociology of science and the sociology of technology might benefit each other. *Social Studies of Science*, 14(3), pp.399–441.
- Pinch, T. J. and Bijker, W. E. (1986). Science, relativism and the new sociology of technology: Reply to Russell. *Social Studies of Science*, 16(2), pp.347–360.
- Pinch, T. J. and Bijker, W. E. (1987). The Social Construction of Facts and Artifacts. In W.E. Bijker, T. P. Hughes, and T. Pinch (Eds.), *The Social Construction of Technological Systems*, The MIT Press, pp.17-50.
- Pinch, T. J. and Trocco, F. (2004). *Analog Days: The Invention and Impact of the Moog Synthesizer*. Harvard University Press.
- Pudjianto, D., Ramsay, C. and Strbac, G. (2007). Virtual power plant and system integration of distributed energy resources. *IET Renewable Power Generation*, 1(1), pp.10-16.
- Rafsanjani, H. N., Moayedi, S., Ahn, C. R. and Alahmad, M. (2020). A load-disaggregation framework to sense personalized energy-use information in commercial buildings. *Energy and Buildings*, 207, Article 109633.
- Riffe, D., Lacy, S. and Fico, F. G. (1998). *Analyzing Media Messages: Using Quantitative Content Analysis in Research*. London: Lawrence Erlbaum Associates.
- Rogers, E. M. and Shoemaker, F. F. (1971). *Communications of innovations: A Cross-Cultural Approach. (2nd Ed.)*. New York: The Free Press.
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of Innovations (5th Ed.)*. New York, NY: The Free Press (三藤利雄訳『イノベーションの普及』, 翔泳社, 2007年).
- Saboori, H., Mohammadi, M. and Taghe, R. (2011). Virtual Power Plant (VPP), Definition, Concept, Components and Types. *2011 Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference*, Wuhun, 1-4.
- 榊原清則 (2005). 『イノベーションの収益化：技術経営の課題と分析』, 有斐閣.
- 佐藤一誠 (2015). 『トピックモデルによる統計的潜在意味解析』, コロナ社.
- Shafiekhani, M., Badri, A., Shafie-khah, M. and Catalão, João P. S. (2019). Strategic bidding of virtual power plant in energy markets: A bi-level multi-objective approach. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 113, pp.208-219.
- Sharma, A., (2002). Trends in internet-based business-to-business marketing. *Industrial Marketing Management*, 31(2), pp.77-84.
- 資源エネルギー庁 (2018). 「2018年度の取組」.  
[https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy\\_environment/energy\\_resource/p](https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy_environment/energy_resource/p)

- df/007\_13\_02.pdf, 閲覧日：2022年1月5日.
- 資源エネルギー庁 (2019). 「VPP・DR普及に関する施策 実証事業(補助金) 平成31年度 需要家側エネルギーリソースを活用したバーチャルパワープラント構築 実証事業費補助金」.
- [https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving\\_and\\_new/advanced\\_systems/vpp\\_dr/measure.html](https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/advanced_systems/vpp_dr/measure.html), 閲覧日：2022年1月5日.
- 資源エネルギー庁 (2020). 「なっとく再生可能エネルギー 固定価格買取制度 (FIT制度) 固定価格買取制度の概要」.
- [https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving\\_and\\_new/saiene/kaitori/surcharge.html](https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kaitori/surcharge.html), 閲覧日：2022年1月5日.
- 資源エネルギー庁 (2021a). 「VPP・DRに関する用語一覧」.
- [https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving\\_and\\_new/advanced\\_systems/vpp\\_dr/term.html](https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/advanced_systems/vpp_dr/term.html), 閲覧日：2022年1月5日.
- 資源エネルギー庁 (2021b). 「エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネス・ハンドブック：バーチャルパワープラント・デマンドレスポンスで電気を上手に使う社会へ」.
- [https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving\\_and\\_new/advanced\\_systems/vpp\\_dr/files/erab\\_handbook.pdf](https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/advanced_systems/vpp_dr/files/erab_handbook.pdf), 閲覧日：2022年1月5日.
- 資源エネルギー庁 (2021c). 「令和2年度エネルギーに関する年次報告 (エネルギー白書2021)」.
- <https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2021/pdf/>, 閲覧日：2022年1月5日.
- Stankiewicz, R. (1992). Technology as an autonomous socio-cognitive system, In Hariolf Grupp (Ed.), *Dynamics of Science-based Innovation*, Berlin: Springer-Verlag, pp.19-44.
- Summeren, L. F. M., Wieczorek, A. J., Bombaerts, G. J. T. and Verbong, G. P. J. (2020). Community energy meets smart grids: Reviewing goals, structure, and roles in Virtual Power Plants in Ireland, Belgium and the Netherlands. *Energy Research & Social Science*, 63, Article 101415.
- 丹康雄 (2012a). 「ホームネットワークの現状と標準化動向」『電子情報通信学会通信ソサエティマガジン』, pp.90-98.
- 丹康雄 (2012b). 「ECHONET Lite時代を迎えたスマートハウス構築のためのホームネットワーク技術2013」『インプレスR&D』.
- 丹康雄 (2014). 「ホームネットワークにおけるHEMSの現状と動向」『日本ロボット学会誌』, 32(3), pp.236-239.
- Tellis, J. J., Stremersch, S. and Yin E. (2003). The international takeoff of new products: the



- role of economics, culture and country innovativeness. *Marketing Science*, 22(2), pp.77-96.
- Toffler, A. (1980). *The Third Wave, Morrow* (徳山二郎監訳『第三の波』, 日本放送出版協会, 1980年).
- 特許庁 (2021). 「特許庁ステータスレポート2021」.  
<https://www.jpo.go.jp/resources/report/statusreport/2021/index.html>, 閲覧日 : 2022年1月5日.
- Utterback, J. M. (1994). *Mastering the Dynamics of Innovation – How Companies Can Seize Opportunities in the Face of Technological Change*, Boston, Mass: Harvard Business School Press (大津正和, 小川進監訳『イノベーション・ダイナミクス—事例から学ぶ技術戦略』, 有斐閣, 1999年).
- Vandermerwe, S. and Rada, J. (1988). Servitization of business: Adding value by adding services. *European Management Journal*, 6(4), pp.314-324.
- van Dijk, J. (1998). *Imagination: Popular Images of Genetics*, New York: New York University Press.
- von Hippel, E. (1986). *Lead Users: A Source of Novel Product Concepts*. *Management Science*, 32(7), pp.691-805.
- 早稲田大学 (2016). 「早稲田大学 スマート社会技術融合研究機構 (ACROSS) 主催 第1回 エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネス・フォーラム (ERABF) 開催 (2016年1月26日)」.  
[http://www.waseda.jp/across/erabf\\_post/1762/](http://www.waseda.jp/across/erabf_post/1762/), 閲覧日 : 2022年1月5日.
- 早稲田大学 (2017). 「早稲田大学 スマート社会技術融合研究機構 (ACROSS) 主催 第2回 エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネス・フォーラム (ERABF) 開催 (2017年3月29日) 資料1～資料2」.  
[http://www.waseda.jp/across/erabf\\_post/2323/](http://www.waseda.jp/across/erabf_post/2323/), 閲覧日 : 2022年1月5日.
- 早稲田大学 (2018). 「早稲田大学 スマート社会技術融合研究機構 (ACROSS) 主催 第3回 エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネス・フォーラム (ERABF) 開催 (2018年3月28日) 資料1～資料2」.  
[http://www.waseda.jp/across/erabf\\_post/2966/](http://www.waseda.jp/across/erabf_post/2966/), 閲覧日 : 2022年1月5日.
- 早稲田大学 (2019). 「早稲田大学 スマート社会技術融合研究機構 (ACROSS) 主催 第4回 エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネス・フォーラム (ERABF) 開催 (2019年3月28日) 資料1～資料3」.  
[http://www.waseda.jp/across/erabf\\_post/3359/](http://www.waseda.jp/across/erabf_post/3359/), 閲覧日 : 2022年1月5日.
- 早稲田大学 (2021). 「早稲田大学 スマート社会技術融合研究機構 (ACROSS) 主催 第

5回 エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネス・フォーラム (ERABF)  
開催 (2021年8月3日)」。 [https://www.waseda.jp/across/erabf\\_post/4596/](https://www.waseda.jp/across/erabf_post/4596/), 閲覧日 :  
2022年1月5日。

Weiser, M. (1991). The Future for the 21st Century. *Scientific American*, 265(3), pp.94-104.

Williams, R. and Edge, D. (1996). The Social Shaping of Technology. *Research Policy*, 25(6),  
pp.865-899.

Wu, G., Talwar, S., Himayat, K. J. N. and Johnson, K. D. (2011). M2M: From mobile to  
embedded internet. *IEEE Communications Magazine*, 49(4), pp.36-43.

Yamagishi, T. (1986). The structural goal/expectation theory of cooperation in social dilemmas.  
In E. Lawler and B. Morkovsky (Ed.), *Advances in Group Processes*, Vol.3,  
Greenwich, CT: JAL, pp.52-87.

## 付録（1）所属部署と業務内容の事例との関わり

期間	所属部署 [役職 / 職能]	エネルギーマネジメント との関わり
2005年10月～ 2008年9月	松下電器産業株式会社 本社 R&D 部門 AV コア技術開発センター [一 / 開発研究]	なし
2008年10月～ 2009年3月	パナソニック株式会社 本社 R&D 部門 AV コア技術開発センター [一 / 開発研究]	なし
2009年4月～ 2012年3月	パナソニック株式会社 本社 R&D 部門 デジタル・ネットワーク開発センター [ユニットリーダー・主任技師 / 開発研究]	EMS に関する研究開発に 従事(天津エコシティプロ ジェクト含む)
2012年4月～ 2012年9月	パナソニック株式会社 本社 R&D 部門 デジタルホーム開発室 [主任技師 / 開発研究]	スマートホームに関する 研究開発に従事
2012年10月～ 2014年9月	パナソニック株式会社 R&D 本部 クラウドソリューションセンター [プロジェクトリーダー・主事 / 開発研究]	スマート家電に関する サービス事業開発に従事
2014年10月～ 2014年10月	パナソニック株式会社 先端研究本部 人事総務センター [主事 / 企画]	なし
2014年10月～ 2018年3月	パナソニック株式会社 エコソリューションズ社 本社直轄 事業開発センター [主事・主務 / 商務販売企画]	EMS, VPP に関する事業 開発・事業推進等に従事
2014年12月～ 2016年1月	(出向) パナソニック・エプコエナジー サービス株式会社	太陽光発電のサービス事 業開発・事業推進に従事
2018年4月～ 2020年3月	パナソニック株式会社 ライフソリューションズ社 技術本部 イノベーションセンター エネルギー事業開発室 [主務・主幹 / 商務販売企画]	VPP に関する事業開発 および国際標準規格 ECHONET Lite の推進等 に従事

期間	所属部署 [役職 / 職能]	エネルギーマネジメント との関わり
2020年4月～ 2021年9月	パナソニック株式会社 イノベーション推進部門 イノベーション戦略室 (兼務) イノベーション推進部門 デジタル・AI技術センター 最適オペレーション CPS プロ [主幹 / 技術企画・管理]	EMS, VPP, 次世代太陽光発電 (ペロブスカイト太陽電池) を含む全社の技術戦略企画, 事業・技術インテリジェンスおよび 全社サステナブル経営推進等に従事
2021年10月～ 現在	パナソニック株式会社 コーポレート戦略・技術部門 技術企画室 戦略企画部 (兼務) コーポレート戦略・技術部門 デジタル・AI技術センター 最適オペレーション CPS プロ [主幹 / 技術企画・管理]	EMS, VPP, 次世代太陽光発電 (ペロブスカイト太陽電池) を含む全社の技術戦略企画, 事業・技術インテリジェンスおよび 全社サステナブル経営推進等に従事

## 付録（2）学術論文データベース

### 本研究の利用データベース

データベース名称：Web of Science Core Collection

データベース提供者：クラリベイト・アナリティクス

利用エディション：

- Science Citation Index Expanded (SCIE)

- ※ 178 の科学分野に及ぶジャーナル 9,200 誌を検索する。1900 年から現在までの 5,300 万件を超えるレコード と 11 億 8,000 万件の引用文献を収録する。

- Social Sciences Citation Index (SSCI)

- ※ 58 の科学分野に及ぶジャーナル 3,400 誌を検索する。1900 年から現在までの 900 万件を超えるレコードと 1 億 2,200 万件の引用文献を収録する。

- Arts & Humanities Citation Index (AHCI)

- ※ 28 の芸術，人文科学分野に及ぶジャーナル 1,800 誌を検索する。1975 年から現在までの 490 万件を超えるレコードと 3,300 万件の引用文献を収録する。

## 付録 (3) 特許文書データベース

### 本研究の利用データベース

データベース名称 : PatentSQUARE

データベース提供者 : パナソニックソリューションテクノロジー株式会社

収録データ :

- ・ 日本特許 : 公開公報 (1971 年以降発行分全件) 登録公報 (1983 年以降発行分全件)  
※ 全文, 代表図, 全図
- ・ 米国特許 : 公開公報 (2001 年以降発行分全件) 登録公報 (1976 年以降発行分全件)  
※ 全文 (英語表記), 紙広報 PDF, 代表図
- ・ 欧州特許 : 公開公報 (1986 年以降発行分全件) 登録公報 (1986 年以降発行分全件)  
※ 全文 (英語表記), 紙広報 PDF (原文表記)
- ・ 中国特許 : 公開公報 (1985 年以降発行分全件) 登録公報 (1985 年以降発行分全件)

### 特許文書抽出の検索式

第 5 章と第 6 章のテキストマイニングの分析には, 以下の検索式にて抽出した特許文書を用いた。

式 No.	登録件数	検索項目	条 件 式
S001	7140528	出願日	20000101:20201231
S002	1277	名称+要約+請求項	?エネルギーマネジメント?+?エネルギー管理?
S003	1223	論理式	S001*S002
S004	315	名称+要約+請求項	(?BEMS?+?FEMS?+?HEMS?+?CEMS?) *(?エネルギー?+?電力?)
S005	314	論理式	S001*S004
S006	158	名称+要約+請求項	?バーチャルパワープラント? +?仮想発電所?+(?VPP?+?エネルギー?+?電力?)*(?アグリゲータ?)
S007	156	論理式	S001*S006

## 付録（4）新聞記事データベース

### 本研究の利用データベース

データベース提供者：日経メディアマーケティング株式会社

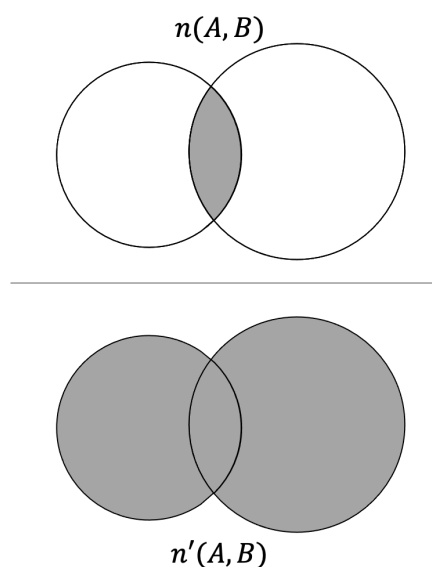
収録データフォーマット：

項目	内容
記事 ID	記事をユニークに特定する ID
掲載日時	掲載日（YYYYMMDD 形式）
媒体コード	媒体を特定するコード
媒体名称	日本語の媒体名称
絵写フラグ	記事に付随する絵・写真・表の有無情報
掲載ページ	掲載ページ（3桁数字）
段落数	記事本文の段落数
本文長	記事本文の文字数
見出し	記事の見出し
本文	記事の本文（1段落1レコード）
キーワード	記事に付与されたキーワードと分類語
分類語	記事に付与された分類語

## 付録 (5) Jaccard 係数

4.6.3 項で説明したように、テキストマイニング分析における共起ネットワークは、「文書」内で出現パターンが類似している語と語、すなわち、共起の程度が強い語を線で結んだネットワークである。したがって、線でつながっていることが語と語の共起を示す。共起の強弱は Jaccard 係数で評価することができる。Jaccard 係数は集合の類似度を測る指標であり、ある語 A とある語 B のどちらかもしくは両方を含む「文書」のうち、語 A と語 B の両方を含む「文書」の割合を指す。ここで、共起ネットワーク分析で用いた Jaccard 係数の算出方法について説明する。Jaccard 係数はある 2 つの集合に含まれている要素のうち共通要素が占める割合を表しており、Jaccard 係数の値は 0 から 1 の間をとり、Jaccard 係数が大きいほど当該 2 つの集合の類似度は高いといえる。 $n(A)$  : 語 A の頻度、 $n(B)$  : 語 B の頻度、 $n(A, B)$  : 語 A と語 B の両方が出現する頻度、 $n'(A, B)$  : 語 A ・語 B のどちらかまたは両方が出現する頻度としたとき、語 A に対する語 B の Jaccard 係数  $J(A, B)$  は次式で定義される。

$$J(A, B) = \frac{n(A, B)}{n'(A, B)} = \frac{n(A, B)}{n(A) + n(B) - n(A, B)}$$





## 謝辞

本論文は筆者が神戸大学大学院経営学研究科経営学専攻博士課程後期課程に在籍中の研究成果をまとめたものであり、本論文を執筆するにあたり、指導教員である神戸大学大学院経営学研究科長の南知恵子先生より多大なるご指導を賜りました。また、神戸大学大学院経営学研究科の宮尾学先生、森村文一先生、梶原武久先生に有益なアドバイス、ご指導賜りました。この場をお借りして、あらためて感謝の意を表します。

また、日本商業学会、日本マーケティング学会、科学技術社会論学会をはじめとする学会発表などの場におきまして、一橋大学大学院経営管理研究科の鷺田祐一先生、東京工業大学リベラルアーツ研究教育院の調麻佐志先生、大阪大学社会技術共創研究センターの標葉隆馬先生、東京大学副学長で大学院総合文化研究科の藤垣裕子先生、東京大学未来ビジョン研究センターの佐々木一先生、小樽商科大学副学長で大学院商学研究科の近藤公彦先生、法政大学経営学部の横山斉理先生、事業構想大学院大学の宮林隆吉先生をはじめとする先生各位に有益なアドバイス、ご指導を賜りました。この場をお借りして、あらためて感謝の意を表します。

さらには、一橋大学大学院経営管理研究科の田頭拓己先生には、南知恵子研究室の先輩として有益なアドバイス、ご指導を賜りました。また、さまざまなバックグラウンドをもって世界中から神戸・六甲台の地に集う南知恵子研究室の大学院学生諸氏には、毎週の大学院ゼミで大いに刺激を受けました。この場をお借りして、あらためて感謝の意を表します。

また、大阪大学大学院基礎工学研究科システム創成専攻にてご指導を賜りました、大阪大学名誉教授で電気通信大学客員教授、北京理工大学教授の新井健生先生に、この場をお借りして、あらためて感謝の意を表します。新井先生からロボティクス、システム工学はもちろんのこと、産官学連携、文理融合の学理の探究と実践について学んだことが卒業後の私のキャリア、ひいては、本論文にも大いにつながっているものと感謝申し上げます。

最後に、この神戸大学で学び、研究ができたのも、家族の支援があつてのことです。あらためて感謝いたします。