

〔査読論文〕

電波技術を活用したビジネス・エコシステムの成立

——これからのIoT 社会で期待される補完的生産者の機能——

千 島 智 伸

Abstract

In this research, we aimed to change the existing broadcast antenna business as antenna manufacturers progressed with IoT, and analyzed how the business ecosystem was built through radio technology. The antenna manufacturer acts as a complementary producer for users who receive products and services, and adds value to information data.

Keywords: Radio Technology, Competitive Advantage, IoT Business, Value Creation, LPWA

目 次

- I はじめに
 - 1. 研究背景
 - 2. 研究目的
 - 3. 本稿の構成
 - II 先行研究レビュー
 - 1. ビジネス・エコシステムにおける価値創造
 - 2. 補完的生産者
 - III 分析手法
 - 1. 質的データを用いた理論構築
 - 2. 分析対象企業について
 - IV 電波を活用したビジネス・エコシステム
 - 1. アンテナを扱う業界の状況
 - 2. アンテナメーカー 3 社の新規ビジネス
 - 3. 各事例の横断分析
 - V 考 察
 - 1. 命題の抽出
 - 2. ビジネス・エコシステムの成立
 - VI おわりに
 - 1. 結 論
 - 2. 今後の課題
- 付録) 注・参考文献

I はじめに

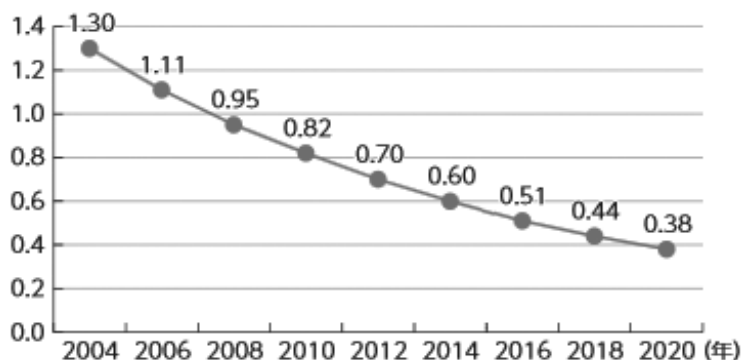
1. 研究背景

IoTの考え方は、「ネットワーク化によってつながるのは人やモノに留まらず、今まで分散していたモノとモノがつながり、それに附随する技術が互いに影響を及ぼし合う」と考えられている（引用：総務省2017年『情報通信白書』）。たとえば、機器単体にセンサーが搭載され、モノの状態をデータとして収集する行為で注目を集める自動運転技術がある。これは、車の走行状態をセンサーが読みクラウド¹⁾へデータを共有し、人が行う「認知」「判断」「操作」の3つの行為をAI²⁾が統合する。こうしたことは、走行時の正確な位置情報を認識し事前に渋滞の可能性を回避し、人為的な運転ミスを減らす安全サポート、発進や加速調整を行う走行の最適化、モーターやターボの回転数を抑え燃費を削減する、等の効果を創出することに繋がっている。

このような機能は、各種データを繋ぎネットワークの通信速度を高め適切なタイミングでデータを相互活用するため、データの送受信を担う電波アンテナ（以下、アンテナと略称）のような補完的技術が不可欠となる。アンテナは、エネルギーを電波として空間に送信、または、受信する装置（引用：電子情報通信学会 4群2編「アンテナ・伝搬」）のことで、テレビを視聴するための受信アンテナ、通信データを送受信するための無線アンテナ等の種類がある。

近年、IoT環境でアンテナが機能として注目される理由は2つある。第1に、4K・8K³⁾衛星放送によるサービス視聴、第5世代移動通信システム⁴⁾（以下、5Gと略称）に代表されるネットワークの進展に合わせた新しいサービスの出現が挙げられる。第2に、企業が保有する資源を活用し、複数の要素をつなぎ新たな価値を見つけ、他の市場の拡大に貢献できるIoTビジネスに対する期待感である。そのため、ネットワークの拡大と共に、通信の大容量化・高速化に対応するシステムでは、ネットワークに適した接続の安定性、クラウドで蓄積される情報容量の増加に伴う運用コストの低減等にアンテナ技術を活用することが不可欠となる。

2022年1月に発表され、世界各国におけるデジタルトレンドの統計結果を集計したデータブック『DIGITAL 2022⁵⁾』によると、世界でインターネットに接続できる人口は約49.5億人（世界人口比62.5%）である。我が国では、「データの閲覧と必要なデータの集計が企業規模や産業を問わず約7割と多い一方で、統計的な分析の使い方・機械学習やディープラーニングなどAIによって行う予測分析に注目が集



出所) 「THE INTERNET OF EVERYTHING: 2015」, Business Intelligence

図1 Average Sensors Cost

Oct. 2022

電波技術を活用したビジネス・エコシステムの成立

まり、大企業と中小企業ではその取り組みに大きな差が見られている（総務省，2020）」。

ビジネスにおいて、新たな価値創造の構想は単一企業で実現することは限界があり、企業間の相互依存や連結は重要なテーマである。そのような状況でデータを集めるセンサー部品は、性能が高まりスマートフォンやタブレットへの搭載が進んでいるが、生産メーカーの数が増え価格は下落傾向にある（図1）。

こうした状況で、効率的な製品開発とイノベーションが連動しデータ集計に必要なセンサーをはじめとする電子部品とセット商品（完成品）を繋ぐ電波アンテナがIoT環境では補完的生産者となり、機能やサービスの差別化に寄与する役割が期待される。

ビジネスにおいて同じ業界、または、別の業界の企業が連携し収益を伸ばしていく構造、すなわち、エコシステムの出現に注目が集まっているのは、既存の協業先との関係だけでなく、従来は結びつきのない企業とビジネス関係が構築されるような「ビジネス・エコシステム」に変化が及んでいるからである。そのような環境では、アンテナが各企業の資源（モノとモノ）を電波によって繋ぎ、様々な企業の行動と連携に寄与する補完的生産者としての行動が重要で、既にそうした現象が顕在化していることに着目したのである。

2. 研究目的

基本的に、本研究は、IoT 機器・サービスの普及や発展を通じて Society5.0 の実現に貢献するためにアンテナが持つ補完的技術の機能についてビジネス・エコシステムの視点で明らかにする。その理由として、従来は、ネットワークに繋がなかった場所でのサービス利用促進に、電波の届きにくい地下では老朽化が進むインフラの監視機能を強化し、車や電柱に多数の無線機が設置される。そのような時に、地下インフラに設置したセンサーデータを収集する中継基地局として電波技術が活用されることになるためである。

より具体的には、アンテナメーカーがIoT進展に伴い既存事業における役割から変化を目指し、電波を用いた技術によってビジネス・エコシステムの構築にどのように関係したのかを分析する。そして、『電波技術による標準化施策』によって、電波という公的な性能の活用と企業競争力が両立できるような戦略の形成にどのように取り組むか（経済産業省，2017）」に対する新たな視座を提供することを目指している。

3. 本稿の構成

本研究は、国内でアンテナを製造・販売する3社（A社・B社・C社）がIoT環境を背景に電波技術を活用した事業創出の事例をビジネス・エコシステムの視点でとりあげる。

事例研究は、「なぜという問いに対する適合的な方法論として個別状況におけるダイナミクス・動力源を理解するために、質的分析の妥当性を高めることができる（Yin, 1994）」論文の構成は、研究背景で示すように「電波技術を保有するアンテナメーカーがIoT環境で果たす役割とビジネス・エコシステムが成立する条件は何か？」を本稿の大きなリサーチエスチョン（以下、RQと略称）と位置づけ、Ⅱ章以降では問題意識の背景となった先行研究をレビューする。その際に、既存研究での課題を示すために分析で取り組む具体的なサブエスチョン（以下、SQと略称）を設定する。

Ⅲ章では、質的データから理論構築を行う研究手法について説明する。Ⅳ章は、対象企業の戦略推進の経緯と、ヒアリングから実際に収集した質的データの分析を行う。Ⅴ章は、SQに対する事実としての命題を抽出し、各命題間の因果関係を提示するとともに、そこから導き出される含意を考察する。最終のⅥ章では、本稿のRQに対する解としての結論と、今後の研究課題を示している。

Ⅱ 先行研究レビュー

前章で示した研究の目的に対し、既存研究で関係する点を含めそれに応えているかどうかを検討し、3つのSQを設定する。

1. ビジネス・エコシステムにおける価値創造

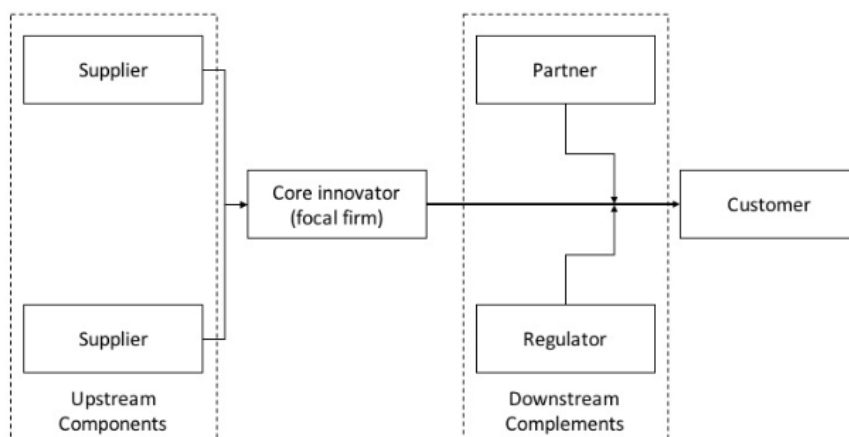
Moore (1993) は、エコシステムを「動植物の食物連鎖や物質循環といった生物群の循環」という比喻を用いているが、相山・高尾 (2011) は、エコシステムは価値創造を基点にして、相互依存性や相互連結性からではなく新たな価値創造の構想への参加という観点から、「エコシステムを構成するエージェントであるかどうかの線引きをすること、その上でシステムとして捉えるには何かしらの境界設定の基準が存在すること」と述べている。

Iansiti and Levien (2004) は「エージェント間の関係性やそれらがシステム全体にもたらす影響の重要性」を指摘し、Gawer and Cusumano (2002) は、「補完製品とサービスから構成されるシステム」と述べている。

すなわち、ビジネス・エコシステムとは、「① 多様な主体から構成されるプラットフォームを中心としたネットワークにより、単体企業では創造できないような新しい価値創造の構想実現に貢献しようとするエージェントの集合体、② 自律性をもった多様な主体が相互に連結することでシステム全体として新たな価値創造を目指す枠組みのこと」である。

井上・真木・永山 (2011) は、ビジネス・エコシステムにおいてプレイヤー間に相互依存が見られることについて言及し、主体企業だけでなく、客体となる企業の重要性を示唆している。さらには、「環境の変化によってオープン化の進展による多様なプレイヤーが参加する」と指摘し、環境の変化を考慮することを指摘している。

Core Innovator を中心とする体系から製品・サービスのサプライヤーに加え、補完的な製品・サービスを提供する企業を含め協調した企業群を1つのシステムとして捉えるには、何らかの境界基準や連結



出所) 「Value Creation in Innovation Ecosystems: How the Structure of Technological Interdependence Affects Firm Performance in New Technology Generations」, Adner and Kapoor (2010), Figure 1 より引用

図2 エコシステムの基本的な枠組み

Oct. 2022

電波技術を活用したビジネス・エコシステムの成立

する際の条件が必要で、Adner (2013) は、「視界 (レンズ) を広げ多様な技術・サービスを支える企業と主体となる企業の協業・依存関係を見通すこと」と述べている。したがって、企業間の相互作用を捉える場合、環境の変化に対して、企業が保有する役割も、創出できる価値の大きさに伴って変化することを認識する必要がある、この過程で企業が従来保有する機能を変えることが求められる。このような視点から、以下 SQ を設定する。

SQ-1 : IoT が普及すると、アンテナメーカーの機能はどのように変化するか？

2. 補完的生産者

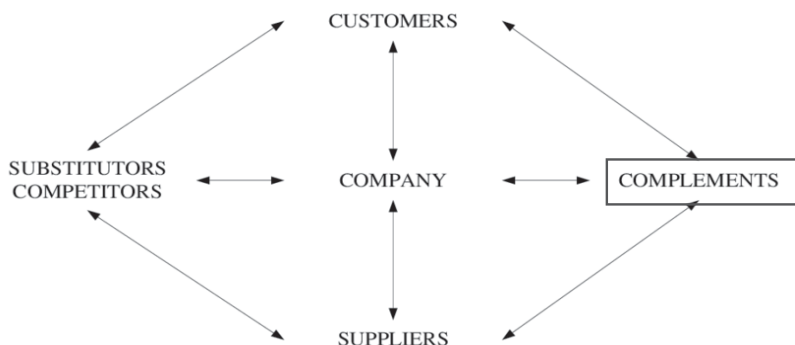
Brandenburger and Nalebuff (1997) の価値相関図 (Value Net) モデルは、垂直方向と水平方向の 2 つの対称軸が存在する (図 3 参照)。この概念は、価値創造・分配のゲームに参加する全てのプレイヤーの相互依存関係についてゲーム理論を元に示したもので、自社を中心に垂直方向の顧客と供給業者、水平方向に競争相手 (補完的生産者に対する代替企業) と補完的生産者 (complements) が含まれる。

垂直方向は、製品やサービスの事業要素の流れであり事業要素から生まれた価値を交渉力によって配分する。水平方向の軸は、価値のパイを拡大するための協調行動をとる一方で、創造された価値の配分に関する競争を意味している。このように複数のプレイヤーによる存在が影響し、市場にいる各プレイヤーの行動が様々な要因に影響し合うとき、他社の行動を予測し自社の立場を有利にすることを目指した考え方である。

Core Innovator (Company) は、競合・買い手・売り手だけを見るのではなく補完的生産者にも視点を広げビジネスの価値創造と分配を両面から追及する。このとき、「顧客から見た場合に自分以外のプレイヤーの製品を顧客が所有した時に、それを所有していない時よりも自分の製品の顧客にとって価値が増加する場合、そのプレイヤーを補完的生産者 (Brandenburger and Nalebuff, 1997)」と定義している。

既存研究で示された価値相関図 (Value Net) モデルは、主体企業からみた場合の補完的生産者や競争相手との関係性を議論の中心として、当該企業と補完的生産者のビジネス機会が高まり市場をつくり出すという視点であるが、IoT ではどのような関係性となるのか。

SQ-2 : IoT の普及によってアンテナが補完する製品の価値はどのように変わるのか？



出所) 「Co-opetition: Competitive and Cooperative Business Strategies for the Digital Economy, Doubleday Business」Brandenburger and Nalebuff (1997)

図 3 価値相関図 (Value Net) モデル

補完的生産者は、主体となる企業と互いに役割を補完することで役割を持つことができ、たとえば、スマートフォンとアプリのような関係を指す。近年のスマートフォン市場は Apple 対 SAMSUNG の構図に加え、中国企業との競争も激化して久しいが、スマートフォンに搭載できるアプリケーションやコンテンツ同士の競争力も顕著で、ここにどれだけ多くの仲間を取り込み、機器やサービスの価値を高めるかが問われている。

表 1 代表的な主体企業・製品と補完的生産者の関係

主体企業	補完的生産者	理 由	相乗効果
自動車タイヤ	ミシュランガイド	景色を楽しめるルートを教示(長い距離を走行)	タイヤの売上↑、ガイドブック反響
スマートフォン	アプリケーション	キラーコンテンツの提供(製品差別化)	スマホの利便性、コンテンツの進化
大 学	パソコン (以下、PCと略称)	授業レポートや情報処理で応用	大学授業の高度化、学生の充足感

出所) 筆者作成

つまり、補完的生産者となる企業と繋がることで、新しいビジネスで製品価値を高めることが期待できる。これは、どのようなプロセスで実現されるのか、以下のSQを設定する。

SQ-3：アンテナメーカーが補完的生産者として機能し、新しい市場を創造するにはどのような要因が必要か？

Ⅲ 分析手法

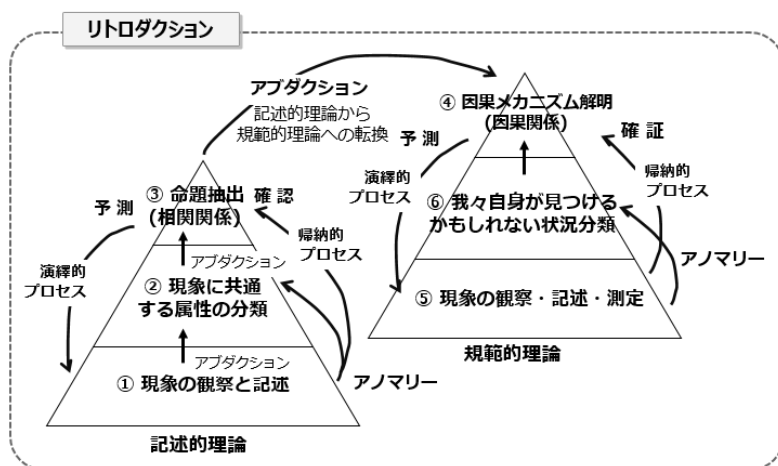
1. 質的データを用いた理論構築

Yin (1984) は、「Case study research: design and methods」で事例研究としての代表的な方法論を説明し、その後の Eisenhardt (1989)「Building theories from case study research」につながっている。Eisenhardt らが重視したのは、事例分析から得た知見を反証材料として用いることで科学的に検証可能な正当性を持つ理論として一般化することである。

戦略経営の領域では Christensen and Carlile (2009) がケースを用いる分析から定性的研究手法を統合する形で理論構築のための新たな定性的研究の手法を確立している。基本的には、ケースを深く観察し事実として現れた内容や情報を共通の属性に分類することで関係性を考察し、そこに内包する相関関係に演繹的推論を含め因果メカニズムを抽出する手法である。

本稿では、図 4 (次項) のように Christensen and Carlile (2009) をベースとした定性的研究手法を用いて分析フレームワークを図式化した丹沢・宮本 (2017) の理論構築法を活用する。丹沢・宮本 (2017) では相関関係を主張する記述を命題 (Proposition) と置き換え、この部分を記述的理論の段階としている。1 つ目の流れで導き出した記述理論 (命題) を規範的理論へと転換し、つまり記述的理論 = 命題抽出によって導く相関関係から、規範的理論 = 因果関係の記述 (因果メカニズム) へと発展させる。

この流れをアブダクション (abduction) と捉え、幾つかの推論や条件を元に関係性を彫琢し結論を導く。また、このような方法から帰納的推論によって確証、および、反証する材料や条件を見つけ、より考察を深めていく。



出所) 丹沢・宮本 (2017)『質的データから理論構築,そして論文化まで』一部加筆

図4 分析方法

分析のプロセスは、① まず、インタビューによって取得した1次データや公開された2次データを利用し、観察できた情報を収集する。② 提示するリサーチクエスチョンに沿って定性的データを中心に収集し、そこから共通する属性に分類する。

③ 相関関係を表す命題を抽出し、観察で得られた内容に即した記述となっているか、確認を行う。これまでが、事象の観察から相関関係を見出すステージとなり記述的理論の範囲である。次に、④ では事象の観察から因果関係を見出すステージへ移行し、⑤「現象の観察、記述、測定」と予測された条件を含めて照らし合わせ、確認が得られれば因果関係を保持し、反証されれば⑥のように、より精密な分析作業を繰り返す。これにより、一般的な因果関係として明確に解釈できるよう理論化に導いていく。

最後に、例外となるような事象の有無や、構築した因果関係を再度確認し、規範的理論の改良・改善を図るため、Peirce (1992) が提唱した「アブダクション」を行う。これは、観察された「ある意外な、驚くべき事実や変則性の観察から出発して、その事実や変則性がなぜ起こったか、それらのデータを的確に説明できる法則や理論について複数の条件や仮説を加え」(米盛, 2007), 原因と結果の関係に対する説明に繋げるためである。

つまり、質的データから命題を抽出し、命題からアブダクションによって因果メカニズムを発見した上で、確認や確認を通じ彫琢するプロセスによって、因果メカニズムの解明を深める。そして、こうした記述的理論から規範的理論の構築を行う工程、および、総称をリトロダクション (Retrodaction) と呼ぶ (Peirce, 1986 / 米森, 2007)。

2. 分析対象企業について

対象企業は、自社が保有する技術を如何に社会的価値の提供へつなげるか、製品開発の効果的なマネジメントを企業間連携によって取り組み、既存のビジネスからIoT環境に適用する製品開発を推進する3社である(表2参照)。

基本的には、アンテナメーカーとしてテレビ受信用アンテナを生産し販売し、近年はタクシー無線や消防無線、無線で接続するセキュリティカメラなど、自社技術を活かした新しい製品開発にも取り組んでいる。

表 2 国内主要アンテナメーカーの企業概要

区 分		A 社	B 社	C 社
創 業		1955 年	1956 年	1953 年
本社 所在地		愛知県	兵庫県	東京都
実績 (億円)	売 上	155	139	153
	既存製品 (割合)	約 70%	70 ～ 75%	55 ～ 60%
	営業利益	5.0	17.1	2.8
	経常利益	6.2	17.7	2.3
生産体制		国内工場 + 海外工場	国内工場 + 海外EMS	国内EMS+ 海外工場
従業員 ('21. 3/31 時点)		510 名	450 名	632 名
資本金 (億円)		10	3.6	46.3

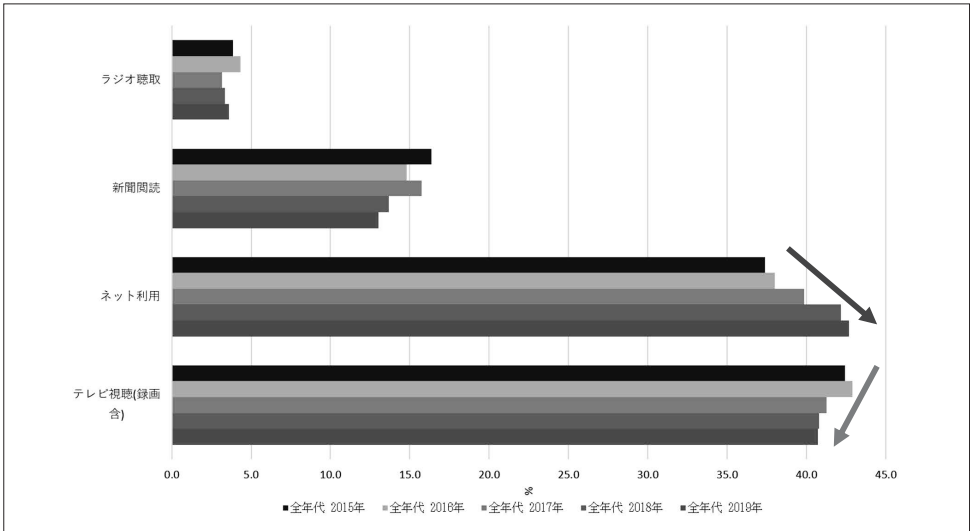
出所) 筆者作成, 官報公告 令和 2 年 4 月 1 日から令和 3 年 3 月 31 日 決算指標より

事例分析のデータは、公開されている記事や情報、対象企業のホームページ、国内展示会等で実際に確認できる商品やサービス概要を直接ヒアリングした。また、製品の特徴は複数の情報媒体から同じ事実、あるいは、現象を確認することに努め、それが認識できた情報のみを記載することにした。

IV 電波を活用したビジネス・エコシステム

1. アンテナを扱う業界の状況

近年、テレビの視聴習慣を持たなくなること、および、そのような国民の生活習慣を指摘する傾向が見受けられる。「令和 2 年版 情報通信白書 第 2 部 主なメディアの利用時間と行為者率」によれば、



出典) 総務省 (2020) 情報通信政策研究所 第 2 部 2 節 (1), 「令和元年度 情報通信メディアの利用時間と情報行動に関する調査」, 筆者によりグラフ化

図 5 国内の全年代平均メディア利用率推移 (平日)

YouTube⁶⁾に代表されるネットコンテンツの普及と選択肢の多様化,これに伴う娯楽利用時間の増加によってテレビの視聴時間が減少傾向である(図5参照)。テレビ各局はインターネットとの融合化を図る目的で、パソコンユーザー層を意識したコンテンツの提供を図っているが、家庭用ゲーム機とソフトの充実によって、類似したネット活用ができるため、効果を挙げることができない状況である。

そうした影響で、テレビの国内販売(家庭用途・産業用途含め)は縮小し、2018年12月より視聴が可能となった4K・8K衛星放送の受信サービス化、2021年に開催された『東京オリンピック・パラリンピック競技大会』で、鮮明な画像でテレビを視聴する消費者の関心が一時的高まりを見せたが、それによる需要の持続的な成長を見込むことは厳しい状況といえる。

2. アンテナメーカー 3 社の新規ビジネス

1) A 社

A 社は、通過するだけで複数の物流荷物の入出庫記録が一括で管理できる「RFID ゲートアンテナ」の開発を推進している。Low Power Wide Area (以下、LPWA⁷⁾) 環境で従来のバーコードの代わりにつけられたRadio frequency identifier (以下、RFID⁸⁾) が、物や人などの動きや活動を読み取り管理できるシステムである。通過する対象物や用途に合わせてアンテナの位置を調整し、店舗や事務所の入退室管理データをクラウドに集め動作分析を行い、大量情報を瞬時に伝送・運用するアグリゲートとしての機能を保有している。

LPWA は、低消費電力と遠距離通信が両立した通信方式で、葛西・久保(2018)は、「IoTの急速な普及を可能にした通信技術として期待されている技術で、関連する企業を集めたビジネス・エコシステム形成にも向いている」と指摘する。

製品の特徴は、センサーを使い工場内の「温度」「湿度」「気圧」の情報を常時集め、異常を遠隔で監視するシステムとして低消費電力で作動できる機能を付加する。繊細な「湿度」「温度」「気圧」管理が要求される状況で、こうした機能でビニールハウス内や牛舎、展示会場等の他の施設管理にも活用することができる。

クラウド側のアプリケーションによって、ユーザーがクラウドサーバーにアクセスし、パソコンやスマートフォンなどで温湿度を見たいときに確認を行う。バーコードは、商品ごとにコードを1つずつバーコードスキャナで読み取る作業が発生し、一度登録した情報を書き換えることは難しいが、RFIDは複数情報を電波から一度に読み取ることができるため、情報を取得するスピードや労働効率を上げることに繋げられる。

表 3 LPWA を活用したビジネスの特長

区分	意味・内容
電力	単一の小型装置で、複数年の動作が実現しやすい
範囲	都市部や地下の領域に対する広範囲をカバーする
コスト	ハードウェアに接続するコスト(早く・長く繋がる為)は安い

出所) 筆者作成

LPWA が効く環境では、省電力かつ広い範囲で利用可能な通信規格の全体を示し、通信速度の遅い比較的“緩い連結関係”を作りやすく、一般的な電池で数年から数十年にわたって運用可能な省電力性や、数kmから数十kmもの通信が可能となる。そのため、「サービス広域性や繋がり の薄かった人・地域との接点確保に適している」(2018年 総務省 情報通信白書「第3節 IoT化する情報通信産業」)。

RFID・LPWA が創出する市場（LPWA 活用による社会的サービスへ展開をさす）では、周波数に応じた電波の特徴を活かすために、利用用途によって周波数の使い分けがなされている。特にHF帯（13.56MHz）とUHF帯（920MHz）が使われるサービスを見ると、企業による個々の導入が進展することから「物流・資産管理」、および「スマートメーター⁹⁾」といったモニタリング機能を通じたサービス用途に向けて活用される動きがある。電力をデジタルで計測し、人力による検針作業が不要となり、メーター内に通信機能を持たせ都市ガスや水道メーターをネットワークで繋ぐ。

このように、各種の技術を用いると、離れて暮らす高齢者家庭でのドアの開け閉めや、部屋の温湿度をセンサーで定期的に検知して送信することで状態を確認できるシステムとして、定期的に確認が必要な情報の通信手段にも有効で、物流・農業・社会インフラ（ガス・セキュリティ）と複数の産業製品への適用が検討されている。

2) B社

B社は、有線ケーブルを利用した伝送技術に強みを持つ企業である。基本的に伝送技術とは、光通信技術をもとに① 大容量の通信データを高速の信号に変えて遠くを送る、② 増幅器などを使い、複数の高速信号を多方面に流す等が該当する。

同社はテレビ放送に関連する機器でテレビアンテナや情報を伝送するシステム、セキュリティカメラを製造・販売しているが、市場での販売が減少し苦戦が続いていた。そこで、家庭に配線されているケーブルを利用し多様な情報表示装置や携帯型情報端末に対し防災情報やライフラインサービス、放送と連動した魅力的なコンテンツ配信の開発に取り組んだ。たとえば、通信データを流せる家庭用機器や、ホテルや病院の無線LANの通信機器の工事が難しい場所で、アンテナケーブルを利用したインターネット環境の整備が挙げられる。

B社は放送と通信の融合をテーマに防災や福祉、セキュリティなどの分野で新しい製品開発の取り組みに向けて強化を図り、光ファイバーに防災信号を流すことで自動的にテレビ電源をつけ災害時に防災情報をテレビに映し出すような製品を開発している。このような製品サービスは実際に奈良県御杖村に位置する住宅を中心に2018年4月から開始されている。

また、「IoTに必要な要素は、高い性能のハードウェアと通信機能に、ソフトウェア、施設や設備に対する細かな施工サービス、こうした3要素を確保し、パッケージ化することで利用状況をクラウドで管理・観察しながらユーザーに対する保守・メンテナンスを行うこと」を考えている。基本的に、アンテナやモデム等を活用したハードウェアによる通信基盤を構築する。そして、ソフトウェアとサービス（保守・監督）をパッケージ化し、使用状況をモニタリングしながらデータ履歴をクラウドに置き総合的にメンテナンスを実行する。アンテナは、無線電波が受信できていない地域で台風・大雨などによる災害発生時において屋外拡声子局からの音声聞き取り難い等の状況を改善し、設置されたセンサーやケーブルの機械系とデータを繋ぐ役割を持っている。また、製造装置や設備の保全において個々の装置や設備の状態に応じて保守を実施する予兆保全という行為があり、これは「壊れる前に察して直す」行動の意味で、部品交換や事前メンテナンスを行うことで設備が停止する時間を最小限に抑える。従来の点検では、温度などのデータのほかに装置から発する音や振動が重要な位置を占める場合があり、音や振動はセンサーやマイク等の機械的な部品を用いた検出ではなく、検査員や作業者の経験に依存していた。

しかし、必要な周波数帯域のデータを送受信するアンテナを通じた行為によって、経験を積んだエンジニア、作業者が現場に向かうような対応は必要とせず、これにより、メンテナンスのための作業削減や、ダウンタイム¹⁰⁾の最小化による装置や設備の稼働率増加といったメリットが生まれる。同社のサービスは、音質・音量・振動などの機能が含まれ、それをセンシング→データ化→インターネットでクラ

Oct. 2022

電波技術を活用したビジネス・エコシステムの成立

ウドにアップ→ データを集め・解析→ 分析結果を製品に反映(サービスの改良), このようなサイクルを広い範囲で各々の機能を繋ぎ最適化を図っている。

3) C社

我が国では、予算的な制約等により中小河川に水位計が設置されていない河川が多く、洪水時の避難行動の目安となる水位が把握できないため、逃げ遅れによる人的被害が予見され、実際にそのような事故も確認されている。そのため、IoTを活用する通信技術に寄せられる期待が防災・減災にも拡がりを見せている(総務省『情報通信白書』, 2017年)。

政府広報オンラインによると、平成23年から令和2年までの10年間で96.8%の市区町村で水害が発生し、一度も河川氾濫などによる水害が起きていないのは全国1,741市区町村のうち、56市区町村(3.2%)にとどまっている(引用:政府広報オンライン, 2022年4月22日, 『河川の氾濫や高潮など水害からあなたの地域を守る「水防」』)。

C社は“Invisible × Connected”(見えないものをつなぐことで、より豊かで安全な社会にしていく)という基本方針の下、2017年から国土交通省と「革新的河川管理プロジェクト」に取り組み、2020年に河川敷に設置する水位計とアンテナを融合させ洪水発生の可能性を検知する「クラウド型水位計」を開発し、北陸地域の複数の特定市町にプロジェクトの成果物を提供する段階まで進んでいる。

このプロジェクトには、水位計測器・LTE回線¹¹⁾と電源・超音波センサー・情報をクラウドに送信するプログラム・分析アルゴリズムに関わる複数の企業が参加し役割を分けている。太陽光パネルとバッテリー内臓により省電力な状態を保ち(無給電で5年以上稼動)、水路壁・護岸部、用水路など状況に応じて設置することが可能で、管理する時間を節約するために互いの機能が密接な状態となり場所の特殊性に対応している。

一般的な水位計は、センシング技術によって、水位を常時モニタリングし、境界となる値を超えた場合にアラートを出し回避を通知するなど、LTE回線を使い水位計自体で洪水のリスクを設定する。これに対してC社は、河川に設置する子機と親機の機能・役割を分け(1台の親機に30台の子機を付け相互に10km離れ、LPWAが作用する周波数920MHzで製作)、双方向の通信状態を設定し、水面に向かってセンサーが超音波を発し超音波が水面に反射し戻ってくるまでの往復時間(距離)を計測する。これを水位に換算して、複数の分散した子機がデータを受信し、親機が情報を取りまとめ、クラウドにデータを送信する。クラウドでデータ分析した結果を、市町村の管理者やサービス契約を行ったユーザーに情報提供する仕組みとなっている。

3. 各事例の横断分析

各社が提供するアンテナには、観測・計測されたデータを集める情報伝送路として、以下のような共通した特長がある。

- ① 最終ユーザーにとって価値のあるデータを計測するために機器には必要なセンサーを設置し、データの集計に活用している。
- ② 観測する時間や場所に制約されずデータアグリゲーション¹²⁾が実行できる。
- ③ 観測対象に対して、常にリアルタイムの測定・計測が可能。
- ④ 観測・測定では、遠隔操作やアルゴリズムによる制御を行い、クラウドで設定した条件に応じて製品に指示を出している。

3社がクラウドを利用した時の効果とは、① システム構築の迅速さ・拡張の容易さ、② 初期費用・運用費用の削減、③ 集計データの管理と観察が行えるという3点が挙げられる。離れたモノ同士でデータ

の送受信をリアルタイムで行い、モニタリングされたデータと制御（対象製品の機能を拡張すること）を組み合わす。見ること・聞くこと・触ることができる情報だけでなく、取得することが難しい情報をセンサーで収集、クラウドで数値化（解析）し、情報として活用される。このような特長を、横断的に整理した結果が以下である。

表 4 各社の IoT ビジネスの整理

既存 Biz	区分	モノとモノを繋ぐ	電波周波数	新しく創造したコト
放送機器 アンテナ	A 社	RFID（部品）・ メーター機器	13.56 (MHz), 920 (MHz)	安全行動サポート, 情報の取得 Speed Up
	B 社	TV（光ケーブル）・ 災害時の放送	84.8 (MHz)	メンテナンス機能 （予兆保全）
	C 社	水位計測センサー （親機・子機）	920 (MHz)	災害（水害・洪水）の 避難予測・回避通知

出所）筆者作成

3 社の事例は、IoT ビジネスを推進する上でセンサーを活用し、サービスを提供する企業の製品価値を補完するものとなっている。

アンテナは User となる対象者の行動データや使用状態を把握するモニタリングデータの安定と迅速な送信を支援する役割を得て、災害やリスクの可能性、動作・行動の安全性を算出するプロセスでは、測定の対象をハード（端末）内に設定したセンサーによって使用状況をモニタリングする。そして、モニタリングした情報と履歴をクラウドで管理するため通信モジュールによって大量情報を迅速に送信する。分析した結果を今後も想定される状況に応じて使い、取り出して予測行動にも応用する。

V 考 察

1. 命題の抽出

SQ-1 は、「IoT が普及すると、アンテナメーカーの機能はどのように変化するか？」であるが、製品・サービスがアンテナを活用することで安全行動をサポートすること、および、一定範囲の地域社会に対し持続的なサービスを供給することが可能になる。

従来の既存ビジネス環境におけるアンテナメーカーは、現行のハイビジョン TV に比べて 2 倍の画素数（2K）、4 倍の画素数（4K）の放送を視聴者に超高精細で立体感と臨場感ある映像を届けるための機能的価値を実現することである。しかしながら、既存の機能を充足させることに利用者が新たな価値を感じる状況とは言い難い。こうした状況から、従来のテレビを見る・聞くに加え、統制された情報と、そうしたことが困難な地域や環境にある情報もセンサーによってデータを取得し、それらをクラウドに繋げ数値化（解析・構造化）する行為を支える。具体的な情報を生成し多様なサービスに拡充されるには、データ送受信が成立しないと難しく、その点で、データの送受信を担う電波技術が、製品・サービスに新しい機能を加えることに貢献しており、以下の命題とする。

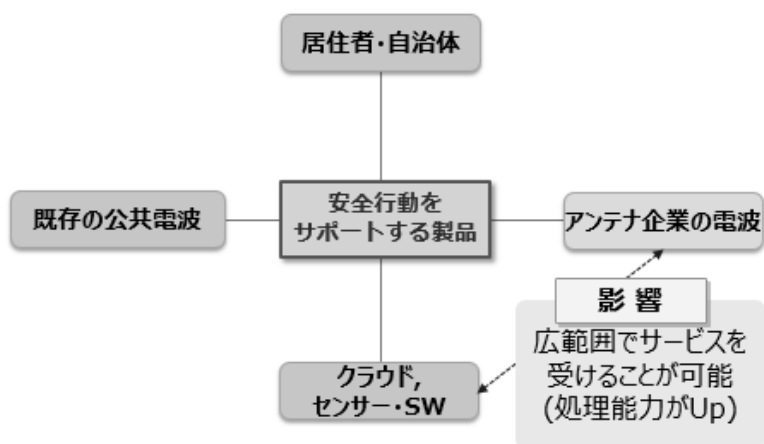
命題 1

時間や場所の制約を超えたサービス活動を可能とする製品の新しい機能を成立させ、各企業の資源を繋ぐ存在となっている

Oct. 2022

電波技術を活用したビジネス・エコシステムの成立

SQ-2 は、「IoT の普及によってアンテナが補完する製品の価値はどのように変わるのか？」であるが、新たな製品設計や市場セグメンテーションに繋がることになる。これは、センサーと外部からのデータを使って、製品の状態や稼働状況、外部環境の監視を行い、ここで得たデータは医療機器でペースメーカーの状況を常に監視し続けたり、掘削機械の稼働状況などを常に把握したりするようなケースを指す。つまり、アンテナが補完する製品が取得したデータを使い、User の使用状況をモニタリングしながら履歴をクラウドに送る機能を補助し、アフターサービスのタイミングを算出するような新しい機能を拡充する動きである。



出所）筆者作成

図6 アンテナが補完する価値関連モデル

このように元々保有する機能をベースに開発資源を組み合わせた際、アンテナが補完する製品は新しい機能を付加することが可能となり、製品の価値も同時に変化する。それに伴ってアンテナ自体の価値も高めることができる。このような点から、以下の命題を抽出する。

命題 2

外部環境に対する情報を迅速に取得するなど、新たな機能を幅広い地域エリアに対して、製品・サービスの提供が可能となる

SQ-3 は、「アンテナメーカーが補完的生産者として機能し、新しい市場を創造するにはどのような要因が必要か？」であるが、アンテナは通信データの出入口となり利用者（User）の安全行動をサポートする製品の機能を支援するツールとして認識できる。具体的には、データ量や速度、頻度、回数などの情報に触れることができるため顧客との接点が増え、協業する相手も複数の異なる業界に展開され、それらを結ぶ接点（ノード）が増える。このような点から、以下の命題を抽出する。

命題 3

補完的生産者は、既存の技術に新しい機能を付加できる知見を得て、当該技術を複数の産業とサービスにも繋がる境界連結者として行動範囲が拡張できる

2. ビジネス・エコシステムの成立

前節で抽出した3つの命題から得た解釈を通じ、本節ではアンテナメーカーが関与するビジネス・エコシステム構築における役割と価値創造について考察する。

まず、アンテナメーカーは、補完的生産者としての機能を用い、プレイヤーの各種機能を繋ぎ、その上で製品・サービスが持つ機能を変化させる。

次に、サービスを提供する中心企業との取り組みでは協業関係を強化するために、IoT環境で適用される商品にモニタリング機能を付加する。

これにより、センシング→データ化→インターネットでクラウドにアップ→データを集め・解析→分析結果を製品に反映（サービスの改良）、このようなサイクルが生まれ、広い範囲でそれぞれの機能を繋ぎ最適化を図る。そして、多様な主体が相互に連結することでシステム全体として新たな価値創造を目指すことができる。

アンテナを通じてIoT環境の製品・サービスに対し新しい機能が付加されるのは、アンテナに以下のような4つの機能が備わり、それらを実行したときである。

- ① 対象製品やサービスに存在する細かい設計をアンテナが使用できる周波数帯に設定するため、各種の機能を電波でコントロールすることができる。
- ② 複数の異なる産業からもたらされる異なる情報を補完的生産者が活用する場合、自社が保有する能力と融合することで新しい付加価値、つまり、異なる産業の境界連結者として存在するとき。
- ③ 特殊なS/Wの組込み、環境負荷の軽減、クラウドで高度な分析ツールを駆使し、複数の特性とバランスを図るとき。
- ④ 場所や資産の特殊性から発生する管理コストの抑制につながるのは、人が行う調整行為の代替行為をアンテナがサポートし人員が関わる作業時間や行為そのものが減少するため、これに伴い人が行う管理行為が抑制されるとき。

IoT環境で製品・サービスに新しい機能が備わった場合、既存の製品・サービスとは何が異なるのか、表6は、その要点を整理したものである。

表5 IoT環境における影響

区分	既存の製品・サービス	IoT環境で開発した製品
費用の抑制	社内資源を効果的に配分するための調整コスト	人が行う調整行為が減少、それに伴う管理コスト
提供する価値	顧客が要求する製品ニーズに対する価値	市場や社会が持つニーズに対する価値
アンテナ（補完財）としての機能	複数の類似した製品間の通信手段を確保	多様な製品とアプリケーションを繋げ、新しい機能を付加する

出所）筆者作成

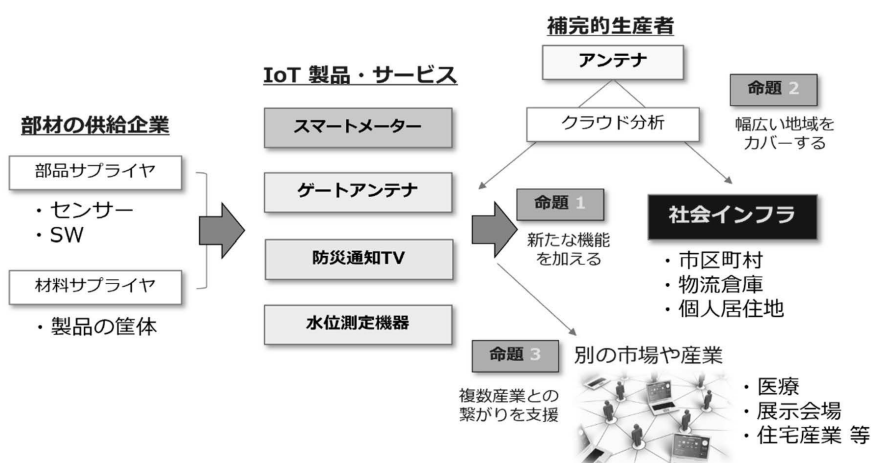
本研究は、補完的生産者との協業を通じ、企業の製品やサービスが新しい機能を付加することで他の機能を保有する企業と繋がるメカニズムを分析した。そして、このような現象がなぜ起こったのか、幾つかの要因を以下のように抽出した。

- ① 異なる産業の境界連結者として活動できるのは、機能の繋がりを媒介し獲得した情報をもたらす利益とネットワークでつながる相手と協業すると別のサービスにも展開・統制できる利益が享受されるため。
- ② 技術者の権限や使える資源の拡大が進む場合、従来よりも裁量が増えるため、行動できるスピー

ドや範疇が広がり、特定の技術や開発条件等、環境に依存する度合いが低下する。それに伴い製品開発を伴う組織能力が向上するため。

本節では、事実としての命題から、それに対する先行研究との違いを示し、これらの解釈に対する変則性や違いがあるかを記述した。

この結果、考察したビジネス・エコシステムを機能させる境界変化には、製品やサービスを含む価値の創造・獲得が伴う。そのためには、各企業の役割が明確であり、企業間に過剰な依存関係が存在しないことが不可欠である。



出所) 筆者作成

図7 ビジネス・エコシステムの成立

Ⅵ おわりに

1. 結 論

本研究を通じて得た結論は2点である。

第1に、IoT環境で製品やサービスの価値創出を実現する企業間の連携を考察し、その観点からビジネス・エコシステムの形成において、補完的生産者が新しい役割を持つパターンを確認した。

第2に、補完的生産者の視点でビジネス・エコシステムの境界変化を考え、より実践的な理解が進んだ。

以上のことから、「電波技術を保有するアンテナメーカーがIoT環境で果たす役割とビジネス・エコシステムが成立する条件は何か?」という本稿のRQに対する回答は、「顧客ニーズの実現に必要なデータをネットワークの進展に合わせ様々な相互連結を通じて情報に付加価値を与えること（役割）、それにより補完的生産者として製品やサービスの購入、または、利用する買い手と価値共創の視点で新しい機能をつなぐ連結者として存在すること」である。

IoT環境では、企業間で互いに経営資源を活用し良好な関係を維持しながら相乗効果を発揮することが求められ、本研究ではビジネス・エコシステムにおける価値の創造では補完的機能を保有するプレイヤーの役割変化を活用することでビジネス・エコシステムが形成されるプロセスを認識することができ

たといえよう。

2. 今後の課題

本研究は、アンテナメーカーのIoTビジネスへの転換を図る事例から定性的なデータを用いてメカニズムを構築した。分析の妥当性を深めるためには、このメカニズムが複数の異なる製品事例を加えて検証を行う必要がある。

企業が選択する戦略や組織の意思決定は、利害関係者の環境と全体バランスを考慮し、その上で複数の主体企業が大規模に結びついた協調的ネットワーク、つまり、エコシステムマネジメントに発展させることであり、今後そうした状況に対応できる戦略と組織がどのように変化していくか、パターンを細分化するアプローチによって新たな解釈が成立するか確認が必要である。

注

- 1) インターネットに接続することを前提とする各種のサービスで、アプリケーションの開発や、複数の人間や団体が同一データを共有・保存するストレージのこと。
- 2) 言語の理解や推論、問題解決などの知的行動を人間に代わってコンピューターに行わせる技術の総称、Artificial Intelligenceの略語、これまで人間にしかできなかった知的な行為（認識・推論・言語運用・創造等）を、どのような手順（アルゴリズム）と、どのようなデータ（情報・知識）を準備すれば、それを機械的に実行できるか、に関する研究が進んでいる。
- 3) 次世代の映像規格で現行ハイビジョンを超える超高画質の映像。4Kは現行ハイビジョンの4倍の画素数で、8Kは16倍の画素数となり高精細で、臨場感のある映像が実現できる。4Kの解像度は水平3,840画素×垂直2,160画素（総務省、『放送政策の推進』）。
- 4) 1G・2G・3G・4Gに続く国際電気通信連合が定める規定「IMT-2020」を満足する無線通信システムで、次世代通信規格の5世代目「5th Generation」の略称。2020年代の情報社会は、移动通信のトラフィック量は2010年と比較して、1,000倍以上に増大すると予測され、ネットワークシステムの大容量化を、低コスト・低消費電力で実現することを目標としている。高速・大容量に加え、多接続・低遅延（リアルタイム）によって人が持つデバイスからIoTまで幅広いニーズに対応できる規格化された無線通信システム。
- 5) 国連専門機関の国際電気通信連合（ITU = International Telecommunication Union）が毎年作成するインターネット普及率を調査した最新の統計データ。
（引用）<https://datareportal.com/reports/digital-2022-global-overview-report>
- 6) 無料で利用できる動画共有プラットフォーム。2005年に米国で設立され、2006年にグーグル社に買収された。2015年時点で、70以上の国と地域でローカライズされたサービスが展開されており、「YouTube」への投稿や視聴のために必要なアプリケーションは、スマートフォンやタブレット型端末、スマートテレビなど、多くの環境に対応している。
- 7) Low Power Wide Areaとは、消費電力を抑えて遠距離通信を実現する通信方式で、IoTを構成する技術の1つ（引用：KDDI社 サイト、<https://biz.kddi.com/service/iot-lpwa/>）
- 8) Radio frequency identificationの略。電波の送受信により、非接触でICチップの中のデータを読み書きする技術で、ICと小型のアンテナが組み込まれたタグやカード状の媒体から、電波を介して情報を読み取ることができる。通信機能（920MHz無線・携帯電話回線・電力線通信）を利用した自動検針や住宅のエネルギーを管理する機器（HEMS: Home Energy Management System）等に対応可能な電気メーター（中国電力ホームページ、<http://www.energia.co.jp/faq/s-meter/answer01.html#a01>）
- 9) 通信機能（920MHz無線・携帯電話回線・電力線通信）を利用した自動検針や住宅のエネルギーを管理する機器（HEMS: Home Energy Management System）等に対応可能な電気メーター（中国電力ホームページ、<http://www.energia.co.jp/faq/s-meter/answer01.html#a01>）
- 10) 常時使用できることが期待される機器やシステム、回線、サービスなどが何らかの理由や事情によって停止・中断している時間のこと。
- 11) 携帯電話・移動体データ通信の技術規格の一つで、3G（第3世代）の技術を高度化し、音声通話のデータへの統合やデータ通信の高速化を図ったもの。Long Term Evolutionの略。
- 12) データを要件に合わせて解析・構造化し、分析に必要なデータに加工して提供すること。

Oct. 2022

電波技術を活用したビジネス・エコシステムの成立

参考文献

- Adner, Ron and Rahul Kapoor (2010) "Value Creation in Innovation Ecosystems: How the Structure of Technological Interdependence Affects Firm Performance in New Technology Generations," *Strategic Management Journal*, Vol.31, No.3, p.306-333
- Adner, Ron (2013) "The Wide Lens": What Successful Innovators See That Others Miss
- Brandenburger, A. M. and B. J. Nalebuff (1997) *Co-opetition: Competitive and Cooperative Business Strategies for the Digital Economy*, Doubleday Business (嶋津祐一・東田啓作訳 (1997)『コーペティション経営：ゲーム論がビジネスを変える』日本経済新聞社)
- Burt, R. S. (1992) *Structural Holes: The Social Structure of Competition*, Cambridge Massachusetts: Harvard University Press (安田雪訳『競争の社会的構造—構造的空間の理論』新曜社, 2006年)
- Christensen, C. M. (2004) *Seeing What's Next: Using the Theories of Innovation to Predict Industry Change* (玉田俊平・櫻井祐子訳『イノベーションの最終解』翔泳社, 2014年)
- Christensen, C. M., P. R. Carlile (2009): "*Course Research: Using the Case Method to Build and Teach Management Theory*": *Academy of Management Learning & Education*, 2009, Vol.8, No.2, p.240
- Granovetter, M. S. (1973). The strength of weak ties. *American Journal of Sociology*, 78 (6), p.1360-1380
- Gawer, A. and M. A. Cusumano (2002) *Platform Leadership: How Intel, Microsoft, and Cisco Drive Industry Innovation*, Harvard Business School Press (小林敏男訳 (2005)『プラットフォーム・リーダーシップ: イノベーションを導く新しい経営戦略』有斐閣)
- Iansiti M, Levien R. (2004a). The Keystone Advantage: What the New Dynamics of Business Ecosystems Mean for Strategy, Innovation and Sustainability. Harvard Business School Press: Boston, MA
- Kathleen Eisenhardt (1989)『Building Theories From Case Study Research, The Academy of Management Review』Oct 1989; 14, 4; ABI/INFORM Global p.532-550
- Moore, J. F. (1993) *Predators and Prey: A New Ecology of Competition*. Harvard Business Review, Vol.71. No.3, p.75-86, 2003
- Peirce, C. S. (1986) *Writings of Charles S. Peirce: A Chronological Edition*, Vol.3
- Peirce, C. S. (1992) *The Essential Peirce*, ed. N. Houser, and C. Kloesel (Vol.1) And the Peirce Edition Project (Vol.2), Bloomington, IN: Indiana University Press (Vol.2)
- Pierce, L. (2009) "Big Losses in Ecosystem Niches: How Core Firm Decisions Drive Complementary Product Shakeouts," *Strategic Management Journal*, 28, p.563-584
- Schumpeter, J. A. (1911) *Theorie der Wirtschaftlichen Entwicklung* Duncker & Humblot GmbH; A. Nachdr. der Erstausgabe (塩野谷祐一・東畑精一訳『経済発展の理論—企業者利潤・資本・信用・利子および景気の回転に関する一研究(上)』岩波書店, 1977年)
- Business Intelligence「THE INTERNET OF EVERYTHING: 2015」, (引用) <https://www.businessinsider.com/internet-of-everything-2015-bi-2014-12#-18>
- Yin, R. K. (1994). Case study research: design and methods Applied social research methods Series
- Yoshino, M. Y. & Rangan, U. S. (1995). *Strategic Alliances: An entrepreneurial approach to globalization*. Harvard Business School Press, Boston, MA
- 井上竜彦・真木圭亮・永山晋 (2011)「ビジネス・エコシステムにおけるニッチの行動とハブ企業の戦略」, *組織科学* 44 (4), 67-82 ページ。
- 経済産業省 産業技術環境局 2015 年 4 月 28 日「戦略的標準化への取組の強化」18 ページ。
- 経済産業省 産業技術環境局 基準認証政策課 2017 年 2 月「第四次産業革命時代に向けた標準化体制の強化」2 ページ。
- 経済産業省 製造産業局 ものづくり政策審議室 2018 年 5 月,『2018 年版 ものづくり白書』, 第 1 部 第 1 章 第 3 節,「価値創出に向けた Connected Industries の推進」。
- 総務省 平成 27 年 情報通信白書 (2015)『ICT の過去・現在・未来』第 2 部 5 章 第 1 節:「ユビキタスから IoT へ」, 図表 5-4-1-1, 292 ページ。
- 総務省 平成 29 年 情報通信白書 (2017)『データ主導経済と社会変革: 爆発的に増加する IoT デバイス』第 1 部 第 3 章 第 1 節「第 4 次産業革命がもたらす潮流」, 110 ページ。
- 総務省 令和 2 年 情報通信白書 (2020)『情報通信白書のポイント』, 第 1 章:「令和時代における基盤としての 5G」。
- 相山泰生・高尾義明 (2011)「エコシステムの境界とそのダイナミズム」*組織科学* Vol.45, No.1, 4-16 ページ。
- 丹沢安治・宮本浩明 (2017)「質的データからの理論構築, そして論文化まで」: 研究実践からの報告 / *戦略経営ジャーナル* Vol.5, No.3, 89-108 ページ。

電子情報通信学会 (2013) 4 群 2 編「アンテナ・伝搬」2 章 アンテナの基礎。
内閣府『第 5 期科学技術基本計画』http://www.soumu.go.jp/main_content/000395358.pdf
米盛裕二 (2007) 『アブダクション—仮説と発見の論理—』/ 勁草書房。

(2022 年 7 月 19 日掲載決定)