

Title	概念実証の観点からみたアカデミアの研究成果事業化プロジェクトにおけるステークホルダー間の知識共有-産学共同研究とスタートアップ企業創出の事例研究-
Author(s)	酒匂, 孝之
Citation	
Issue Date	2023-12
Type	Thesis or Dissertation
Text version	ETD
URL	http://hdl.handle.net/10119/18820
Rights	
Description	Supervisor: 内平 直志, 先端科学技術研究科, 博士

博士論文

概念実証の観点からみた
アカデミアの研究成果事業化プロジェクトにおける
ステークホルダー間の知識共有
——産学共同研究とスタートアップ企業創出の事例研究——

酒匂 孝之

主指導教員 内平 直志

北陸先端科学技術大学院大学
先端科学技術専攻
[知識科学]

令和5年12月

Abstract

The purpose of this research is to clarify the method of knowledge sharing among stakeholders in order to commercialize and socially implement the research results generated in universities and public research institutions (hereafter referred to as "academia").

According to previous studies, innovation is not enough to simply propose technological inventions and new models but must also generate economic development and social change. In other words, in order for academia to contribute to innovation, it is necessary to create products and services that bring changes to society based on the research results it has created.

However, academia cannot directly contribute to innovation because it does not have the ability to create products and services. Therefore, academia can contribute to innovation by transferring the knowledge of research results to existing companies or creating startup companies, and those companies will create products and services using research results.

On the other hand, in order to share the research results of academia, which are close to the basic research stage, among stakeholders (e.g., existing companies, entrepreneurs, and venture capitalists who support startup companies), many obstructive factors must be resolved. These factors include uncertainty as to whether the research results will lead to commercialized technology, information stickiness due to the inclusion of tacit knowledge, and information asymmetry among stakeholders.

Therefore, this research used a case study approach to analyze how obstructive factors are resolved, knowledge sharing among stakeholders is achieved, and commercialization of research results is achieved. First, a framework for analyzing the cases was constructed using the Proof of Concept (PoC) as the analysis perspective. Since the commercialization of research results requires the resolution of not only technical issues but also business issues, the framework includes two PoC perspectives: a proof of technical concept (PoTC) and a proof of business concept (PoBC). Next, the framework was used to obtain insights into knowledge sharing among stakeholders by analyzing cases in which research results were commercialized through industry-academia collaborative research and creating startup companies.

To promote industry-academia collaborative research for commercialization and to achieve knowledge sharing between academia and industry, it was found that it is important to first set PoBC goals and then set PoTC goals so as to achieve those goals. It was also found that constant awareness of the PoBC during the implementation of a project helps to ensure that the project proceeds in a way that prevents differences from occurring between the objectives of the research and the direction of commercialization. Furthermore, it was found to be effective to use the methods suggested by von Hippel to resolve information stickiness and share knowledge during the implementation of the project.

In knowledge sharing between academia and venture capital in creating startup companies, the key issues are to resolve the adverse selection and uncertainty caused by information asymmetry. It was found that the information asymmetry that causes adverse selection can be eliminated by sharing asymmetric information between academia and venture capitalists through joint projects aimed at obtaining PoCs. It was also found that obtaining a PoC reduces uncertainty. Furthermore, it was found that resolving both of these two issues influences the decision of venture capitalists to invest in startups.

Keyword : knowledge sharing, proof of concept, startup companies, technology transfer, collaborative research

目次

第1章	研究の背景と目的.....	1
1.1.	本研究の背景.....	1
1.1.1.	イノベーションとアカデミアの研究成果の事業化の社会的要請.....	1
1.1.2.	アカデミアの研究成果の事業化の状況.....	3
1.1.3.	研究の性質と研究成果の性質.....	8
1.1.4.	ステークホルダー間の知識共有の困難性.....	11
1.2.	本研究の目的.....	13
1.2.1.	アカデミアの研究成果の事業化の方法.....	13
1.2.2.	本研究の目的.....	14
1.3.	リサーチクエスションと本研究の方法.....	15
1.4.	本論文の構成.....	17
1.5.	まとめ.....	19
第2章	先行研究.....	20
2.1.	本研究に関わる先行研究の対象.....	20
2.2.	情報の非対称性、不確実性、情報の粘着性に関する研究.....	21
2.3.	様々な研究における概念実証（PoC）の定義.....	28
2.4.	産学共同研究による事業化、技術移転の成功に関わる研究.....	30
2.5.	スタートアップ企業に関する研究におけるスタートアップ企業の定義、特性.....	32
2.6.	PoC ファンド、ギャップファンドに関する調査、研究.....	35
2.7.	アカデミアの研究成果をもとにしたスタートアップ企業とベンチャーキャピタルとの知識ギャップに関する研究.....	39
2.8.	先行論文に対する本研究の位置づけ.....	41
2.9.	まとめ.....	42

第3章	分析フレームワークの設計	43
3.1.	フレームワークの設計	43
3.2.	PoCの定義	45
3.3.	PoCフレームワーク	46
3.4.	まとめ	49
第4章	既存企業への技術移転を通じた研究成果の事業化	50
4.1.	はじめに	50
4.2.	事例1:単層カーボンナノチューブの事業化	52
4.2.1.	事業化事例	52
4.2.2.	分析結果	53
4.3.	事例2:音声プライバシー技術の事業化	56
4.3.1.	事業化事例	56
4.3.2.	分析結果	58
4.4.	考察	61
4.5.	まとめ	64
第5章	スタートアップ企業の設立を通じたアカデミアの研究成果の事業化	66
5.1.	はじめに	66
5.2.	アカデミアの研究成果の事業化事例	67
5.2.1.	次世代データ復号システムLSI技術の事業化	67
5.2.2.	生体由来の医療機器製造技術の事業化	68
5.2.3.	薬剤候補のスクリーニング技術の事業化	68
5.2.4.	対話AI技術の事業化	70
5.3.	分析結果	70
5.4.	考察	75

5.5.	まとめ	80
第 6 章	考察	81
6.1.	研究成果事業化のための知識共有	81
6.1.1.	知識の観点から見た研究成果の阻害要因	81
6.1.2.	PoTC と PoBC	83
6.1.3.	既存企業を通じた事業化における阻害要因の解消	83
6.1.4.	スタートアップ企業の設立を通じた事業化における阻害要因の解消	84
6.2.	PoC フレームワークを使った共同研究の推進	86
6.3.	知識創造動態モデルから見た研究成果の事業化に関する考察	95
6.4.	研究成果をもとにしたスタートアップ企業への投資における課題	99
6.5.	まとめ	101
第 7 章	結論と含意	102
7.1.	リサーチクエスションに対する回答	102
7.1.1.	サブシディアリーリサーチクエスションに対する回答	102
7.1.2.	メジャーリサーチクエスションに対する回答	105
7.2.	理論的貢献	105
7.3.	実務的貢献	107
7.4.	本研究の限界	108
7.5.	今後の課題	109
	謝辞	111
	参考文献	113
	研究業績リスト	120

図表目次

図 1-1：アカデミアの研究成果の事業化方法.....	2
図 1-2：国内の大学発スタートアップ企業の設立数と研究成果型スタートアップ企業の割合の推移.....	6
図 1-3:スタートアップ企業の起業に当たっての資金提供者.....	7
図 1-4：論文の構成.....	18
図 4-1：共同研究による技術移転を通じた研究成果の事業化.....	63
図 5-1：PoC とスタートアップ設立の関係図.....	78
図 6-1：PoC フレームワークを使った共同研究マネジメントのフロー図.....	87
図 6-2：センサー付きメガネのバリュープロポジションキャンバス.....	88
図 6-3：イグジットの国際比較.....	100
表 1-1：研究資金の拠出元の国際比較.....	4
表 1-2：企業の総研究費に対する大学への拠出割合.....	5
表 1-3：大学発ベンチャーの区分.....	6
表 1-4：有力米国大学のエンダウメントと未上場株式投資の割合.....	8
表 1-5：研究の種類と特徴.....	9
表 1-6：事業化の観点から見た技術の性質分類.....	11
表 1-7：事業化方法のメリットとデメリット.....	13
表 1-8：ロバート・インによるリサーチ戦略の分類.....	17
表 3-1：PoC フレームワーク.....	47
表 4-1：調査対象者と調査方法・期間（技術移転）.....	52
表 4-2：単層 CNT 開発の PoC フレームワーク分析結果.....	54

表 4-3：音声プライバシー技術の PoC フレームワーク分析結果	59
表 5-1：調査対象者と調査方法・期間（スタートアップ企業の設立）	66
表 5-2：4 事例の PoC フレームワーク分析結果の比較	71
表 5-3：PoC の結果	76
表 6-1：知識の観点から見た事業化の阻害要因	81
表 6-2：PoC フレームワークのマネジメントへの活用.....	86
表 6-3：PoC フレームワーク（STEP-A）	89
表 6-4：PoC フレームワーク（STEP-B）	90
表 6-5：PoC フレームワーク（STEP-C）	91
表 6-6：調査対象者と調査方法・期間（マネージメントプロセスに対する意見）	92
表 6-7：PoC フレームワークのマネジメント利用ついでの実務者の見解	93

第1章 研究の背景と目的

1.1. 本研究の背景

1.1.1. イノベーションとアカデミアの研究成果の事業化の社会的要請

新たな価値を創出し経済を発展させ、持続的な社会を維持していくためにはイノベーションは重要な要素の1つである。そして、イノベーションを創出するための重要なプレイヤーの1つとして大学・公的研究機関等（以下、アカデミアと言う）は位置付けることができる。

イノベーションについては多くの定義があるが、一貫していえることは単なる技術革新やモデル提案でとどまるものではないということである。ジョセフ・シュンペーターは経済発展の根本現象という文脈でイノベーションを定義している。経済における革新は「新しい欲望が生産の側から消費者に教え込まれ、したがってイニシアティヴは生産の側にあるというふうにおこなわれる」（Schumpeter 1926=1977:181）とし、「生産するということは、われわれの利用しうるいろいろな物や力を結合する」（Schumpeter 1926=1977:182）こととしている。そして新結合（イノベーション）が非連続に現れるときに経済の発展が起こるとしている。そして経済発展を起こすためのイノベーションは

- 1) 新しい財貨、新しい品質の財貨の生産
- 2) 新しい生産方法の導入
- 3) 新しい販路の開拓、新しい市場の開拓
- 4) 原料あるいは半製品の新しい供給源の獲得
- 5) 新しい組織の実現

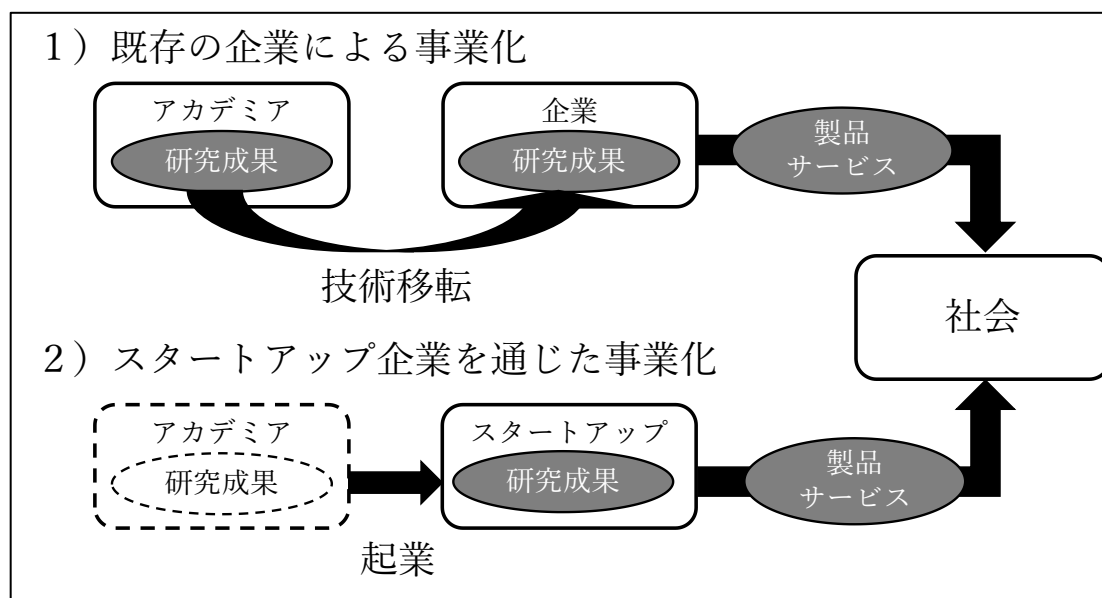
の遂行によって実現するとした（Schumpeter 1926=1977:161-248）。ピーター・ドラッカーは、イノベーションは、

「より優れ、より経済的な財やサービスを創造すること」（Drucker 1954=2006:50）

とした。このように、イノベーションは単なる技術革新やモデルの提案だけでなく、新たな財やサービスを創造し、社会経済活動に影響を及ぼすものでなくてはならない。なお、財とは製品よりも広い概念を示すと考えられるが、本研究では以下、財とは製品を指すものとする。

一方でアカデミアはイノベーションを創出する重要なプレイヤーではあるが、画期的な研究成果を創出することはできても、製品やサービスを創出し社会に提供することはできない。そのため、アカデミアの研究成果をもとにしたイノベーションを創出するには、事業を行い製品やサービスを創出、提供する組織、所謂、企業等に研究成果という知識を共有・移転し、社会実装を実現する事が必要である。

研究成果という知識を企業等と共有・移転し、製品やサービスを創出、社会に提供しイノベーションを創出する方法としては、2つの方法が考えられる。1つは、アカデミアと既存企業等間で共同研究、コンサルティング、特許ライセンスなどを通じて研究成果を企業等へ技術移転し、企業等において追加的研究開発をすすめ、製品やサービスを創出することである。もう1つは研究開発を行ったアカデミアの研究者自身がスタートアップ企業を設立し製品やサービスを創出することである。(図 1-1)



出典：筆者作成

図 1-1：アカデミアの研究成果の事業化方法

このことは、日本の科学技術の将来像を描く「第6期科学技術・イノベーション基本計画」でも明示されている。そこでは、「自然科学のみならず人文・社会科学も含めた多様な『知』の創造と、『総合知』による現存の社会全体の再設計、さらには、これらを担う人材育成が避けて通れない」（内閣府 2021: 4）としている。その戦略の1つとして「価値共創型の新たな産業を創出する基盤となるイノベーション・エコシステムの形成」（内閣府 2021: 34）が挙げられており、そのあるべき姿は、「大学や研究開発法人、事業会社、地方公共団体等が密接につながり、社会課題の解決や社会変革への挑戦するスタートアップが次々と生まれるエコシステムが形成され、新たな価値が連続的に創出される」（内閣府 2021: 34）こととされている。

このあるべき姿を実現するためには「大学・国立研究開発法人等の研究成果がスタートアップや事業会社等とのオープンイノベーションを通じて事業化され、新たな付加価値を継続的に創出するサイクル（好循環）を形成」し、「事業の成功を通じて得られた資金や、経験を通じて得られた知見」が再び、大学・国立研究開発法人等にフィードバックされることで、「イノベーションを創出するスタートアップが次々を生まれ、大きく育つエコシステムが形成される」としている（内閣府 2021: 34）。すなわち戦略の実現にはアカデミアの研究成果を、企業等を通じて社会実装しイノベーションを実現することが必要であると述べられていることにほかならない。

1.1.2. アカデミアの研究成果の事業化の状況

このように、アカデミアの研究成果を事業化し、社会実装することは非常に重要である。オープンイノベーションを実現し、画期的なイノベーションを生み出すため、アカデミアへの期待は大きいですが、一方で、その成果は十分に活用されていない。

科学技術・学術政策研究所の調査では「民間企業との連携・協働を通じて新たな価値の創出を十分に行っていると思いますか」という質問では「大学等」は「ほぼ問題ない」と回答したのに対して、「産業界等の有識者」や「資金配分機関のプログラムディレクター等」は「不十分」と回答しているように産学共同研究に対するアカデミアと産業界との評価の乖離は大きい。特に「ベンチャー企業の設立や事業展開を通じて、知識移転や新たな価値の創出を十分に行っていると思いますか」という質問では両者ともに「不十分との強い認識」をもっており、事業化において十分な効果を発揮していない事が読み取れる（文部科学省 2020:73-76）。

アカデミアの研究成果から生まれたものとして、特許等の知的財産があげられる。特許は

産業財産権であり、企業等で製品やサービスとして活用されて、はじめて意味を持つものである。そこで、国内の大学の保有特許件数（52,344 件）で特許権実施等件数（21,056 件）を除いたものを簡易的に特許実施率として算出した場合、全国の大学の特許実施率は 40.2%（（文部科学省 2022a）より筆者算出）となる。このことは、約 60%の研究成果は活用されずに大学の中に眠っていることを示している。また、科学技術・学術政策研究所は、アカデミアの知的財産件収入を「大学等で生み出された知識の価値の広がり」を測る一つの指標」として日米英の比較を行っている。当該比較によると 2019 年度の知的財産収入は、米国は約 2,650 億円、英国は約 320 億円、日本は 51 億円となっており、日本ではアカデミアの生み出した知的財産の活用が米英に比べ低調であることがわかる（文部科学省 2022b）。

アカデミアと産業界の共同研究や受託研究は、研究成果などの知識をアカデミアから企業等に移転することに貢献し、産業界で活用され社会実装される一助となる。文部科学省の調査によると、2020 年度では約 1,224 億円の共同、受託研究などが行われており、この額は年々増加傾向ではある（文部科学省 2022a）。しかし、経済産業省の調査（表 1-1）によるとは大学等の研究開発費の 51.3%は政府が負担し、企業等の負担は 3.4%しかない。一方、

表 1-1：研究資金の拠出元の国際比較

		研究資金拠出元 (%)		
		企業等	政府	外国
日本	大学	3.4	51.3	0.1
	公的研究機関	2.5	96.5	0.2
米国	大学	5.4	56.0	1.7
	公的研究機関	0.3	99.4	0.0
英国	大学	4.4	62.6	17.9
	公的研究機関	2.8	86.3	7.0
ドイツ	大学	13.5	82.4	4.1
	公的研究機関	9.9	82.4	5.3
フランス	大学	2.8	78.0	3.7
	公的研究機関	8.0	81.3	9.1
中国	大学	26.2	58.4	0.3
	公的研究機関	4.6	82.9	0.2
韓国	大学	14.3	78.1	0.8
	公的研究機関	3.0	96.1	0.4

出典：（経済産業省 2021）より筆者作成

米国では 5.4%を、英国では 4.4%を、ドイツでは 13.5%を企業等が負担している（経済産業省 2021）。これは、日本は、アカデミアと企業等との共同研究・受託研究が、他国と比べ活発でないことを示している。また、別の経済産業省の調査（表 1-2）によると企業の総研究費に対する大学への拠出割合は、2020 年日本は 0.49%で 677 億円である。それに対して、米国は 0.96%で 4,205 億円、英国は 1.75%で 526 億円、ドイツは 3.66%で 3,460 億円と、日本は他国に比べて割合の面でも額の面でも共同研究・受託研究が少ない事を示している（経済産業省 2023）。このように共同研究・受託研究が少ないことを示すこれらのデータは、アカデミアの研究成果が企業等に移転される可能性が他国に比べて低いことを間接的に示している。

表 1-2：企業の総研究費に対する大学への拠出割合

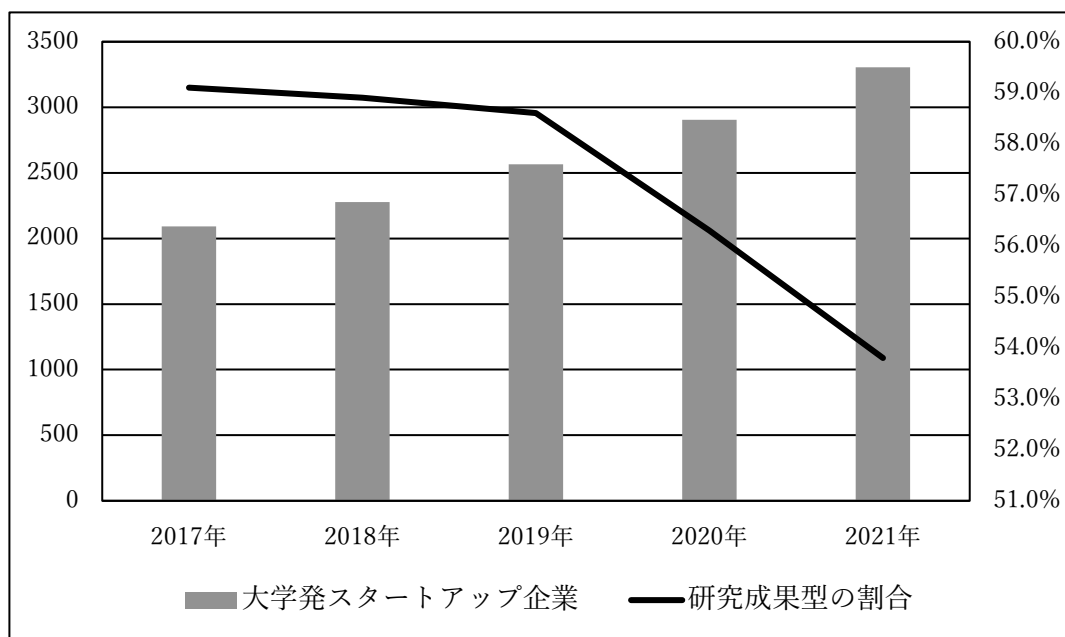
	2009年		2019年※	
	割合	金額（億円）	割合	金額（億円）
日本	0.45%	468	0.49%	677
米国	1.13%	3,032	0.96%	4,205
英国	1.79%	393	1.75%	526
ドイツ	3.73%	2,083	3.66%	3,460
中国	4.04%	5,446	3.52%	15,938
韓国	1.68%	573	1.61%	1,396

※（日本、中国、韓国は2020年）

出典：（経済産業省 2023）

1.1.1 で述べたとおり、アカデミアの研究成果を事業化し社会実装する方法の1つとして、研究成果をもとにしたスタートアップ企業を設立し、設立したスタートアップ企業から製品やサービスを社会に提供するという方法もある。経済産業省の調査によると、大学発スタートアップ企業数は2017年から2021年の間で2,093社から3,306社に増加しているが、研究開発型のスタートアップ企業の割合は59.1%から53.8%に縮小しており、研究成果をベースとしたスタートアップの設立が伸び悩んでいる事を示している(図 1-2)。また、大学発スタートアップ企業の設立数の日米比較によると、2020年米国では1,117社の大学発スタートアップ企業が設立されているのに対して、日本では236社しか大学発スタートアップ企業が設立されておらず、その差は4倍となる。なお、米国の統計は、大学の知財を活用して設立されたスタートアップ企業であるのに対して、日本の236社は表 1-3 に示した経

経済産業省の区分に依る大学発スタートアップ企業の全てである。そこで、研究成果型のスタートアップ企業に絞ると、日本の大学発スタートアップ企業は「研究成果ベンチャー」と位置づけられると考えられることから、大学発スタートアップ企業は56.3%（約132社）となり、その差約8.4倍となる（経済産業省 2022a）。



出典：（経済産業省 2022a）より筆者作成

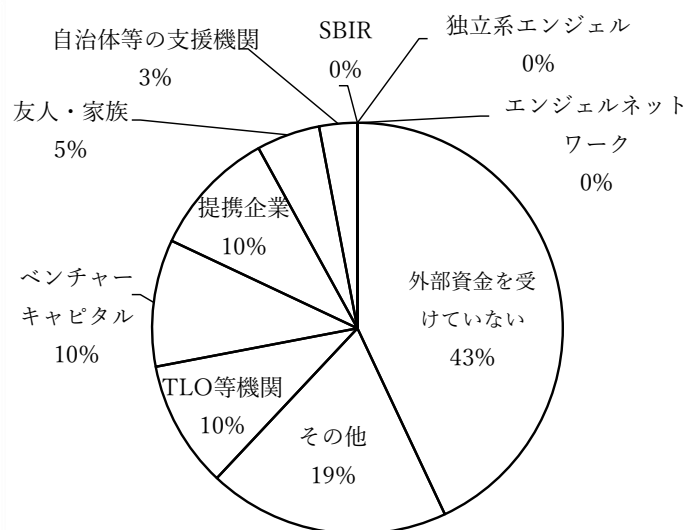
図 1-2：国内の大学発スタートアップ企業の設立数と研究成果型スタートアップ企業の割合の推移

表 1-3：大学発ベンチャーの区分

研究成果ベンチャー	大学で達成された研究成果に基づく特許や新たな技術・ビジネス手法を事業化する目的で新規に設立されたベンチャー。
共同研究ベンチャー	創業者の持つ技術やノウハウを事業化するために、設立5年以内に大学と共同研究等を行ったベンチャー。 (設立時点では大学と特段の関係がなかったものも含む)
技術移転ベンチャー	既存事業を維持・発展させるため、設立5年以内に大学から技術移転等を受けたベンチャー。 (設立時点では大学と特段の関係がなかったものも含む)
学生ベンチャー	大学と深い関連のある学生ベンチャー。 現役の学生が関係する(した)もののみが対象。
関連ベンチャー	大学からの出資がある等その他、大学と深い関連のあるベンチャー。

出典：（経済産業省 2022a）

ジェフリー・ティモンズは起業プロセスにおいて「創業者」「起業機会の認識」「必要資源」を起業の三大推進要件であるとした (Timmons 1994=1997)。そして、一般的には必要資源として最も重要な要素の1つに資金が挙げられるとした。一方で、「潜在能力の高い起業機会を探し出し、優秀な人材を確保し、新規事業を軌道に乗せる可能性をベンチャー創業者と経営チームがはっきりと示すことができれば、実際に資金は調達可能である」(Timmons 1994=1997:35-36)とした。アカデミアの研究成果からスタートアップ企業を設立するケースでは、研究成果を商品化可能な技術に成熟化させるために、追加の研究開発が必要であることから資金調達が必要となる。図 1-3 は大学発スタートアップ企業を設立するにあたって、実際にどこから資金を調達したかを示す調査結果である。これによると、約 49%が外部資金を調達していないと答えている。またリスクマネーの供給源であるベンチャーキャピタル(以下、VC と言う)からの投資は 10%に留まっている(大学技術移転協議会 2023)。基礎研究に近い研究成果から、応用開発などを行い製品化を経て上市し、企業を成長拡大させ、株式上場、グローバル企業への企業売却などを目指すスタートアップ企業を設立するには外部資金の調達は必須である。このことから類推すると、大学発スタートアップ企業の多くが受託開発型のスモールビジネスタイプのスタートアップ企業であるか、シードラウンドの資金を十分に獲得できていないことが想定される。シードラウンドの資金を十分に獲得できていないということはその供給源である VC とのコミュニケーションに問題がある、すなわち、ティモンズが述べたようなスタートアップ企業が軌道に乗る可能性を十分に説明できていない可能性がある。



出典：(大学技術移転協議会 2023)

図 1-3:スタートアップ企業の起業にあたっての資金提供者

また、大学発スタートアップの資金調達においては、大学によるエンダウメント（寄付を積み立てた資金）の活用が日米において大きく異なることに着目することも重要である。日本においてはエンダウメントを行っている大学はほぼないに等しいが、米国では毎年約 400 億ドルに上る寄付金があり、それらを基金として積立て運用し教育資金として配分するとともに、運用においてはベンチャー投資を含めた未公開株に投資することでその基金の規模を膨らましている。表 1-4 は米国の有力大学のエンダウメントにおける未上場株式への投資割合である。ベンチャー側にとっては安定的な投資家として大学が存在することを示しており、大学にとっては、株式上場や M&A などのイグジット時に大きなリターンが大学に返ることでベンチャー支援のシステムが形成されている（経済産業省 2018）。

表 1-4：有力米国大学のエンダウメントと未上場株式投資の割合

	エンダウメント	未上場株式投資の割合
イエール大	3.4兆円	18%
スタンフォード大	3.3兆円	30%
ハーバード大	4.6兆円	23%
プリンストン大	2.9兆円	30%
オックスフォード大	0.6兆円	23%

※オックスフォード大は2019年度、その他は2020年度

出典：（内閣府・文部科学省 2021）より抜粋

このようにアカデミアの研究成果を企業等で製品やサービスに応用し、社会実装することは重要であるが、国内においてはどの方法についても必ずしも成功しているとは言えない。

1.1.3. 研究の性質と研究成果の性質

1.1.1 で述べたとおりアカデミアの研究成果を事業化し社会還元することは重要であるが、1.1.2 で述べたとおり既存企業に技術移転し事業化することや、スタートアップ企業を設立して事業化することで、イノベーションを創出することは十分に成功しているとは言えず、そこには知識科学としての課題も存在している。

その課題としては研究にはいくつかの段階があり、研究の段階によって生まれる研究成果という知識に異なる性質があることである。

科学技術研究調査では研究を性格別研究として「基礎研究」「応用研究」「開発研究」の 3

つに分類している。「基礎研究」とは「特別な応用、用途を直接に考慮することなく、仮説や理論を形成するため又は現象や観察可能な事実に関して新しい知識を得るために行われる理論的又は実験的研究」と定義している。それに対して、「応用研究」とは「特定の目標を定めて実用化の可能性を確かめる研究や、既に実用化されている方法に関して新たな応用方法を探索する研究」とし、「開発研究」とは「基礎研究、応用研究及び実際の経験から得た知識を活用し、付加的な知識を創出して、新しい製品、サービス、システム、装置、材料、工程等の創出又は既存のこれらのものの改良を狙いとする研究」と定義している（総務省統計局 2022: 79）。

科学技術研究調査の分類に沿って、研究の種類と特徴を分けたものを表 1-5 に示す。アカデミアの多くは「基礎研究」を中心に活動し「応用研究」は付随的な活動と捉えるのに対して、産業界は「開発研究」を中心に活動し「応用研究」は「開発研究」に必要な範囲に限定して活動する。そのため、既存企業への技術移転を通じて事業化を実現することを考えた場合、アカデミア側が「開発研究」を念頭において「応用研究」まで実施するか、産業界が「基礎研究」の成果を積極的に探索して「応用研究」を実施しなくてはならないが、組織の目標の違い（例えば、アカデミアは論文のインパクトなど学術への貢献、産業界は効率や利益）などを考えると容易なことではない。また、スタートアップ企業を設立して事業化を実現することを考えた場合、「基礎研究」を行った研究者が「応用研究」「開発研究」に関わっていくことになる。しかし、研究の目標や狙いも異なり開発項目や必要な知識も広がることから、研究者単独で研究を継続することは難しく研究開発体制を組織する必要がある。更に

表 1-5：研究の種類と特徴

	基礎研究	応用研究	開発研究
定義	特別な応用、用途を直接に考慮することなく、仮説や理論を形成するため又は現象や観察可能な事実に関して新しい知識を得るために行われる理論的又は実験的研究。	特定の目標を定めて実用化の可能性を確かめる研究や、既に実用化されている方法に関して新たな応用方法を探索する研究。	基礎研究、応用研究及び実際の経験から得た知識を活用し、付加的な知識を創出して、新しい製品、サービス、システム、装置、材料、工程等の創出又は既存のこれらのものの改良を狙いとする研究。
成果	論文・暗黙知	論文・特許・試作品	特許・製品、サービス
実施主体	アカデミア	アカデミア・企業	企業

出典：（総務省統計局 2022: 79）をもとに筆者加筆作成

「応用研究」「開発研究」といった追加的開発を行うための研究開発資金の調達が必要となる。

成果としても、「基礎研究」は、論文や暗黙知として現れるのに対して、「開発研究」は特許や製品、サービス、「応用研究」は論文や特許、試作品とそれぞれの研究の成果の形態も異なる。

吉川弘之・内藤耕らは研究を、「第1種基礎研究」「第2種基礎研究」「製品化研究」に大別した。「第1種基礎研究」は科学的発見を目的とし論文発表を中心とした研究、「製品化研究」は具体的な製品とするための研究、その間を繋ぐものが「第2種基礎研究」としている。具体的には「第2種基礎研究」とは、科学的発見を組み合わせる経済社会ニーズと適応させる研究としている。その上で、研究成果は華々しい期待が持たれる「夢の時代」、その成果が芳しい結果を産む事ができず忘却される「悪夢の時代」、そして「悪夢の時代」をくりぬけて、実際に工業化が実現する「現実の時代」に到達するとしており、それぞれの時代が、「第1種基礎研究」「第2種基礎研究」「製品化研究」に対応するとした。そして「悪夢の時代」において「第2種基礎研究」を継続することが重要な意味を持つとした（吉川・内藤編著 2003）。

技術マネジメントの観点から見た場合でも、シーズ指向のアカデミアの研究成果を、ニーズ指向の企業の商品開発へつなげることの困難さが指摘できる。研究成果を商品として上市し、企業の中核事業する一連のスキームは、技術マネジメントの観点から幾つかのステージに分けることができる。例えば、出川通は、研究、開発、事業化、産業化の各ステージに分け、各ステージの間には「魔の川」「死の谷」「ダーウィンの海」¹と呼ばれる障壁が存在するとしている。そして、研究ステージから開発ステージに技術移転する際の障壁である「魔の川」が発生する理由としては、「研究はシーズ指向」であるのに対して、「開発はニーズ指向」であるように技術開発の「ベクトルが異なる」事を指摘している（出川 2004:13-23）。同一企業内においても研究ステージから開発ステージへの技術の移転は困難であることから、アカデミアから既存企業への技術移転は更に困難を極める。また、スタートアップ企業を立ち上げた場合は、研究ステージ間の障壁に加えて、前述したとおり研究開発体制を

¹（出川 2004:16）の中で「死の谷」「ダーウィンの海」については米国標準技術局が、「財務省からベンチャー立ち上げ予算を獲得する説明の中で示した概念」と述べている。

構築する必要がある。

スコット・シェーンは、技術には既存企業への技術移転に向く技術と、スタートアップ企業の創出に向く技術があるとしている。そして、表 1-6 に示すとおり事業化の観点から技術の7つの特徴を示している (Shane 2004=2005)。裏を返せば、既存企業はインクリメンタル、明文化されており、レイトステージ、特定目的といった技術を求めており、一般的にラディカルで、暗黙知的でアーリーステージなアカデミアの研究成果とは乖離がある。よって、アカデミアの研究成果はスタートアップ企業の設立と親和性が高いが、技術がラディカルであることは事業化の不確実性も高く、ステークホルダーから理解を得て経営資源を調達することは困難が予想される。

表 1-6：事業化の観点から見た技術の性質分類

スタートアップ企業設立に向く技術タイプ	既存企業に向く技術タイプ
ラディカル	インクリメンタル
暗黙知的	明文化されている
アーリーステージ	レイトステージ
汎用的	特定目的
高い顧客価値	中程度の顧客価値
技術の飛躍的進歩	技術進歩が小さい
知的財産による強力な保護	知的財産による保護が弱い

出典：(Shane 2004=2005)

このように研究成果を事業化につなげるためには、それぞれの異なる性質をもった研究成果や研究ステージを有機的に接続し、円滑に知識移転を行い、事業化し社会実装する必要があるが、その困難性は容易に想像できる。

1.1.4. ステークホルダー間の知識共有の困難性

以上のようにアカデミアの研究成果の事業化を実現するためには、様々なステークホルダー間での知識共有が必要となる。ステークホルダーには、アカデミアの研究者自身、顧客(市場)、既存企業、VC、起業家、政府機関、技術移転機関(TLO)などが挙げられる。ここでは幾つかの関係について例示する。

アカデミアと企業への技術移転は知識移転の一種と捉えることができ、通常、それぞれの研究組織間(例えば、大学の研究室と企業の研究所)で行われる。

企業などは既存事業の成長・拡大に重きがおかれることから、研究開発においても従来の

研究開発の延長上の持続的イノベーションに傾倒してしまうことが多い。例えば、クレイトン・クリステンセンはなぜ巨大企業がイノベーションに失敗し新興企業に敗北するかをリサーチクエストに立て事例研究を行った。そしてクリステンセンは、巨大企業は既存事業で力を持つがゆえに、既存事業の製品やサービスの性能向上を図る持続的イノベーションに力を入れ、既存事業を脅かすような新規事業の製品やサービスに力を入れることが難しいことを明らかにした。そして、その結果、破壊的イノベーションを産み出す新興企業に敗北することを示し、これをイノベーションのジレンマと呼んだ (Christensen 1997)。

一方でアカデミアは、これまで述べたとおり、新規性を重要視することから持続的イノベーションでなく、破壊的イノベーション、ラディカルイノベーションに貢献するような研究を進める。すなわち企業等の事業組織の研究開発と、アカデミア等の組織の研究開発では方向性が異なる。このような、目標の異なる組織間の知識共有は困難が想定される。

次に、アカデミアの研究者の研究成果の事業化を目的としたスタートアップ企業を設立する場合における、アカデミアと VC との関係を考える。1.1.2 でも述べたとおり、アカデミアは起業にあたって、VC から資金を調達するために、その事業の将来性などを説明し理解を得る必要がある。特に研究成果をもとにしたスタートアップ企業の場合、技術を製品化するにあたって技術と市場に高い不確実性が存在するため、不確実性を解消する必要がある (Shane 2004=2005)。また、研究成果に関する技術情報や市場の情報はアカデミア側に偏在し、情報の非対称性が存在する。そのため、VC は限られた情報の中で投資の決断を行う必要があり、可能性の高いプロジェクトと可能性の低いプロジェクトの判断ができず、投資先を誤る可能性や投資を躊躇する可能性などといったアドバースセレクションが発生する可能性がある (Shane 2004=2005)。それらを解消するためには、アカデミア側は VC に技術情報や市場の情報を提供し、情報の非対称性を埋めなければならない。しかし、VC は技術の専門家ではないことから情報を開示しただけで技術を理解することは困難である。ウェスリー・コーヘンとダニエル・レビンサールは外部の知識を活用する能力は予備知識の量に依存して決まることを述べ、その能力を吸収能力と呼んだ (Cohen and Levinthal 1990)。すなわち技術情報を評価し活用できるかどうかの判断は、関連する事前知識を持つかどうかによって依存することから知識共有において吸収能力の問題が生じると言える。

1.2. 本研究の目的

1.2.1. アカデミアの研究成果の事業化の方法

1.1でも述べたとおり、アカデミアの研究成果はアカデミア内で留まっている限りイノベーションを生み出すことはできない。そのため、企業等に研究成果を移転し、製品やサービスを生み出す必要がある。アカデミアの研究成果を企業等で活用、事業化し、製品やサービスを創出する方法は2つあり、1つは既存の企業への技術移転であり、1つはアカデミアの研究者自らが直接関わるスタートアップ企業を設立する方法である。しかしながら、アカデミアの研究成果を産業界に移転すること、スタートアップ企業を設立し成長させるには様々な困難が伴う事も述べた。

アカデミアの研究成果を事業化する2つの方法には、それぞれメリットとデメリットが存在する(表 1-7)。技術移転については、既存企業のリソース(人材、生産設備、営業チャンネル、資金など)を活用できることである。研究成果を事業化するには、マイケル・ポーターの述べる、購買、製造、物流、販売、マーケティング、サービスといった主活動、人事労務や調達、技術開発などといった支援活動で構成されるバリューチェーンの構築が必要となる(Porter 1980)。これらは既存企業の場合、既に保有する資源を活用してスムーズに構築することが可能である。一方で、デメリットとしては、アカデミアの研究成果という極めて基礎研究に近い成果を、事業活動を目的とする企業に渡し追加の研究開発を進めるといった問題が存在する。また、研究成果は技術は粘着性の高い知識であり、正確に移転するには多大なコストがかかる。

表 1-7: 事業化方法のメリットとデメリット

	メリット	デメリット
技術移転	既存のリソース(人材、生産設備、営業チャンネル、資金など)の活用が可能。	基礎研究に近く、粘着性の高い研究成果を企業に移するのが困難。 事業化に向けた追加の研究開発が必要。
起業	研究成果を生み出した研究者が企業にかかわるため、技術移転の必要がない。	経営陣、生産設備・技術、営業チャンネル、資金など事業展開にかかわるリソースの調達が必要。

出典：筆者作成

スタートアップ企業を起業するメリットは、技術を創出した研究者自らが事業化に係るため、技術という粘着性の高い知識を組織間で移転する必要がないことがある。一方で、デ

メリットとしては、新たに組織を立ち上げる必要があり、経営陣、生産技術、営業組織、資金等のリソースを獲得する必要がある。また、調達チャンネル、営業チャンネルなどといったバリューチェーンの構築も必要である。特にそれらの中でも、まずは資金を調達しなければ組織を組成することができないため、研究成果を分かりやすく資金供給元（例えば、VC、銀行、エンジェルなど）に説明する（知識共有を行う）必要がある。

1.2.2. 本研究の目的

よって、本研究の目的は、アカデミアの研究成果を社会実装し、イノベーションに繋げるために存在する課題の解決方法を提案することである。具体的には、アカデミアの研究成果を既存企業に技術移転することや、研究成果をもとにしたスタートアップ企業の設立することを通じて、研究成果を社会実装する場合に表れる課題を解決し、円滑に社会実装するための方法を提案することが目的となる。

技術移転においても、スタートアップ企業を設立する場合においても、事業化し製品やサービスを市場に送り出す場合において、課題となるのはステークホルダー間の知識共有である。ステークホルダーとしては、アカデミア、企業等、消費者、エンジェル投資家、VCなどの資金供給元、公的ファンディングエージェンシー等、あらゆる個人、法人、団体がステークホルダーとなりえる。

特に技術移転を行う場合においては、アカデミアと企業等との間での知識共有が課題となる。すなわち、研究成果という極めて先端的で特殊性の高い知識を、企業等に移転する方法を明らかにする必要がある。研究成果が正しく移転されれば、企業等で活用され製品やサービスとして市場に提供される。

一方で、スタートアップ企業を設立する場合においては、アカデミアとVCとの間での知識共有が課題となる。VCが、アカデミアの研究成果が製品やサービスとして活用できる技術にまで成熟することができるか、また、活用した製品やサービスがビジネスとして成立する可能性があるか、などが理解できれば、スタートアップ企業はVCから資金を調達し、サービスを創出することができる。

具体的には、これら技術移転における課題と、スタートアップ企業を設立する場合の課題を、知識科学の観点から解決方法を明らかにすることが本研究の目的である。

1.3. リサーチクエスチョンと本研究の方法

以上の本研究の背景と目的から、アカデミアの研究成果を事業化し、社会実装し、イノベーションを創出するためには、ステークホルダー間の研究成果の共有、すなわち知識共有が重要となる。よって、研究成果の事業化が成功した事例や失敗した事例から、知識共有の方法を分析することが重要である。よって、本研究のメジャーリサーチクエスチョンは以下のとおりとする。

MRQ：アカデミアの研究成果の事業化を実現させるために、ステークホルダー間でどのように知識共有が行われ、事業化の障害となる何の解決に貢献したのか。

このリサーチクエスチョンに回答するために、サブシディアリーリサーチクエスチョン（SRQ）を設定する。

SRQ1: 既存企業を通じてアカデミアの研究成果の事業化を実現する場合において、ステークホルダー間でどのように知識共有が行われ、事業化の障害となる何の解決に貢献したのか。

SRQ2: スタートアップ企業の設立を通じてアカデミアの研究成果の事業化を実現する場合において、ステークホルダー間でどのように知識共有が行われ、事業化の障害となる何の解決に貢献したのか。

上記のリサーチクエスチョンとして設定したステークホルダー間での知識共有を分析するにあたって、まず、先行研究を参考にして分析フレームワークを設計する。そして、SRQ1では、その分析フレームワークを使用して、既存企業を通じてアカデミアの研究成果の事業化を実現した場合、特に産学共同研究を通じてアカデミアの研究成果が企業に移転され事業化に成功した事例を分析し、アカデミアと事業化を行う既存企業の間でどのように知識共有が行われたのかを分析する。SRQ2では、SRQ1と同様に設計した分析フレームワークを使用して、アカデミアの研究成果をもとにスタートアップ企業を設立して事業化を実現し、VCより資金調達に成功した事例と失敗した事例を分析し、アカデミアとVCの間でど

のように知識共有が行われたのかを分析する。

既存企業を通じてアカデミアの研究成果を事業化する場合、事業化に向けた産学共同研究、コンサルティング、特許ライセンスなどがあることは 1.1.1 述べたが、今回はその中で特に事業化に向けた産学共同研究に着目した。コンサルティングは、既存企業が持つ課題に対してアカデミアがアドバイスを行うもので、既存企業のニーズ志向の知識共有であり、アカデミアと企業の間で共通の土壌は形成されており、知識共有は比較的容易であると考えられる。次に特許ライセンスであるが、特許は形式知であり形式的に移転できる場合もあるが、多くの場合、その背景にある暗黙知も企業に移転する必要があり、産学共同研究とセットに行われる場合が多い。以上のような理由から SRQ1 が対象とする事例は、アカデミアと企業の間で行われる事業化に向けた産学共同研究での知識共有を対象とする。

また、スタートアップ企業の設立を通じた事業化では、外部からの資金を調達し急成長を目論み、最終的には上場などのイグジットを目標とするスタートアップ企業の設立を目指すアカデミアの研究成果を対象とする。アカデミアの研究成果をもとにしたスタートアップ企業には、受託研究型の企業や特殊な市場をターゲットにして漸進的な成長を目指すスタートアップ企業も存在する。そのような企業では大きなリソースを必要とせず、多額の資金調達は必要がなく、VC などへの説明が必要となる機会は少ない。一方で急成長を目論むスタートアップ企業では様々なリソースを調達する必要が生じることから、大規模な資金供給を行う VC との知識共有は不可欠である。そこで SRQ2 が対象とする事例は、そのような急成長型のスタートアップ企業の設立を目指すアカデミアと VC との知識共有を対象とする。なお、研究で対象とするスタートアップ企業の定義は先行研究を参考にして 2.5 でも述べる。

以上のサブディアリサーチクエスチョンに回答することで、本研究のリサーチクエスチョンの回答を導く。

本研究では事例研究の形式をとる。ロバート・インはリサーチ戦略、すなわち研究方法について「リサーチ問題の形態」「行動事象に対する制御の必要性」「現在事象への焦点」の 3 つの条件からどのような研究戦略をとるべきかを示唆している (Yin 1994=1996)。表 1-8 はインが示す研究方法の分類である。本研究は「どのように」を導く研究であり、行動事象に関する制御の必要性はない。また、結果をもとに今後の研究成果の事業化に向けた方向性の洞察を得るためのものであることから、現在事象への焦点があると言え、ケーススタディ (事例分析) は適した研究戦略であると言える。

表 1-8：ロバート・インによるリサーチ戦略の分類

リサーチ戦略	リサーチ問題の形態	行動事象に関する 制御の必要性	現在事象への焦点
実験	どのように、なぜ	あり	あり
サーベイ	誰が、何が、どこで、どれほど	なし	あり
資料分析	誰が、何が、どこで、どれほど	なし	あり／なし
歴史	どのように、なぜ	なし	なし
ケーススタディ	どのように、なぜ	なし	あり

出典：(Yin 1994=1996:7)

また、研究成果を事業化するにあたってのステークホルダー間の知識共有の方法について、すでにいくつかの方法が明らかになっている場合は、どの方法が広く利用されているか、どの方法を使えば事業化が成功するかを質問紙調査と統計的処理を利用した量的研究も選択できる可能性がある。しかしながら、研究成果を事業化するにあたってのステークホルダー間の知識共有の方法については明らかにはなっておらず、統計的な処理は難しい。以上のような理由から今回の研究は事例研究の形式をとることとした。

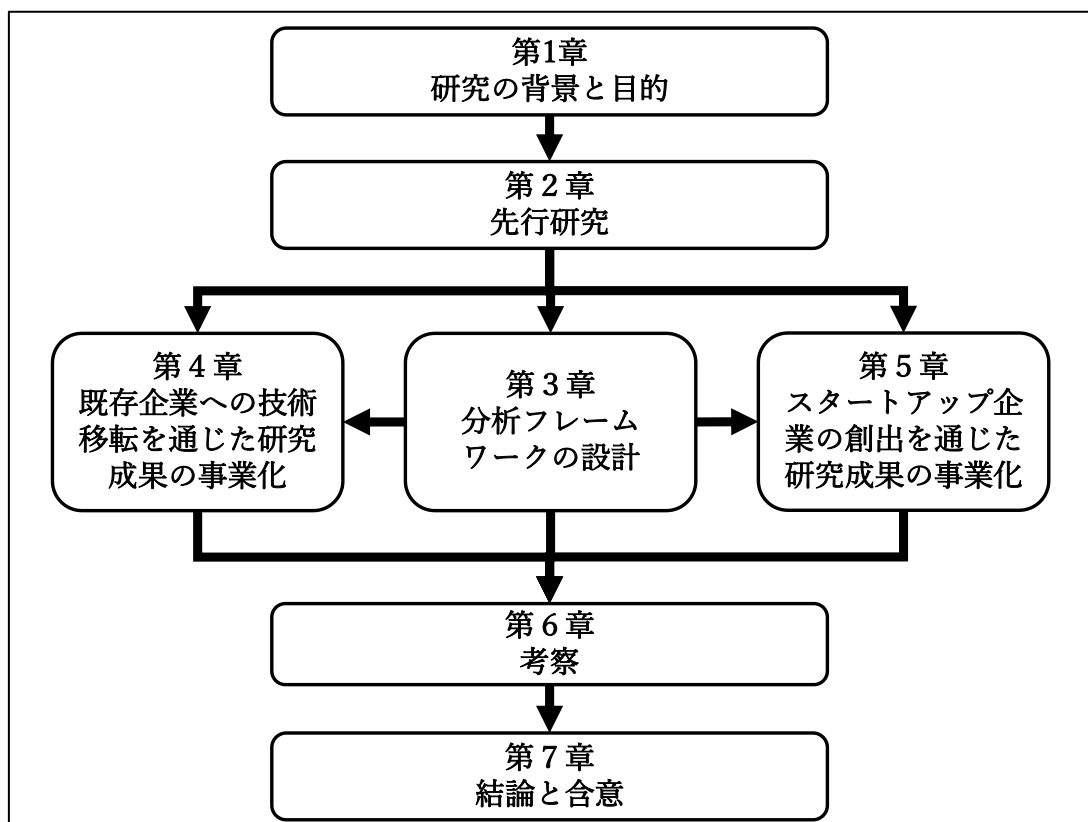
また、本研究では国内事例を対象とした。理由は 1.1.1 で述べたとおり、海外と国内では研究成果の事業化を実現するにあたって、とりまく環境が大きく異なることが挙げられる。そのため、研究成果の事業化の方法についても、それぞれの国によって異なる可能性がある。そこで、本研究では事例に関するインタビューや情報の収集が比較的容易な国内事例を対象としたことから、研究成果については国内に適用されるもので、他国で適用できるかについては別途検証が必要である。

1.4. 本論文の構成

本論文の構成を図 1-4 に示す。

第 2 章は、本研究に関連する先行研究を紹介する。本研究に関連する研究は以下のとおりである。

- 情報の非対称性、不確実性、情報の粘着性に関する一般的先行研究
- 先行研究における概念実証 (Proof of Concept、以下 PoC と呼ぶ) の定義



出典：筆者作成

図 1-4：論文の構成

- 産学共同研究による研究成果の事業化に関する先行研究
- スタートアップ企業の定義に関する先行研究
- PoC ファンド、ギャップファンドに関する調査、研究
- スタートアップ企業の設立におけるステークホルダー間の知識ギャップに関する先行研究

第2章は、これらの先行研究を紹介した上で本研究の位置付けを説明する。

第3章は、本研究の分析フレームワークについて説明する。本研究では PoC を獲得するためのプロセスを分析フレームワークとして使用している。ここではフレームワークとその特徴について説明する。

第4章は、アカデミアの研究成果を、既存企業への技術移転を通じて事業化する場合の事例研究について説明する。具体的にはアカデミアと既存企業との共同研究から事業化が

成功した2つの事例に対して、第3章で示した分析フレームを適用し、分析、考察を行う。

第5章は、アカデミアの研究成果を、スタートアップ企業を設立するという形で事業化する場合の事例研究について説明する。具体的には、スタートアップ企業を設立することを目的とした公的プログラムをアカデミアとVCで共同実施した4つ事例に対して、第3章で示した分析フレームワークを適用し、分析、考察をおこなう。

第6章は、考察として、事例研究からアカデミアの研究成果を事業化するためにどのように知識共有を行うべきかを検討する。また、本研究で取り扱ったPoCフレームワークを使って共同研究を推進するための方法についての仮説を提案する。

第7章は、全体のまとめとしてリサーチクエスションに対する回答をまとめ、理論的含意と実務的含意をのべ、本研究の限界と今後の研究テーマについて説明する。

1.5. まとめ

本章では本研究のテーマであるアカデミアの研究成果の社会実装の研究の重要性を示した。アカデミアの研究成果をイノベーションに繋げることは重要であり、わが国の各種レポートでも述べられている。一方で、それらが実現されていないことも各種データが示していることを示した。

その理由としては「基礎研究」「応用研究」「開発研究」といった研究の性質や、そこから生まれる研究成果がスムーズに引き渡されないこと、アカデミアの研究成果と企業が求める研究成果との間には乖離があること、アカデミアの組織と企業組織では目的も方向性も異なることなどを挙げた。

そして、アカデミアの研究成果を事業化する2つの方法、既存企業への技術移転と、アカデミアの研究者自らが直接関わるスタートアップ企業の設立する方法の、メリットとデメリットを説明した。

更には、アカデミアの研究成果を社会実装しイノベーションに繋げるには、様々なステークホルダー間の知識共有が必要であるが、その実行には様々な障害があることを述べた。そこで、ステークホルダー間でどのように知識共有が行われ、事業化の障害となる何を解決したのかを明らかにすることをリサーチクエスションとした。

第2章 先行研究

2.1. 本研究に関わる先行研究の対象

本研究の関係する分野の研究は以下のとおりである。

- ・ 情報の非対称性、不確実性、情報の粘着性に関する研究

アカデミアの研究成果は基礎研究に近く、商品やサービスに利用し事業化できるかについては不確実性を伴う。また、研究成果の技術移転は組織間の知識移転の一形態であり、知識移転には情報の非対称性や粘着性が影響する。アカデミアの研究成果を活用したスタートアップ企業の設立においては、アカデミアと VC との情報の非対称性の解消と、投資における不確実性を解消することが必要となる。そこで、情報の非対称性、情報の粘着性、不確実性に関する先行研究を調査し、第3章以降の議論の土台とする。

- ・ 概念実証（Proof of Concept：以下 PoC と呼ぶ）に関する研究

PoC は近年、新たなアイデアやコンセプトの実現可能性を証明することや、技術の実現可能性の証明など様々な分野で使われている考え方である。本研究においては PoC の考え方をステークホルダー間のバウンダリーオブジェクトとして活用することをフレームワークの背景として考えている。しかし、PoC の定義は曖昧であるため、先行研究で PoC がどのように使われているか調査を行い、第3章におけるフレームワークの設計に反映する。

- ・ 産学共同研究による事業化、技術移転の成功に関わる研究

第4章では、既存企業との産学共同研究を通じてアカデミアの研究成果を事業化することを論じる。そこで、産学共同研究、技術移転に関する先行研究の調査を行い第4章の議論に反映する。

- ・ スタートアップ企業の定義に関する研究

アカデミアの研究成果の事業化の方法の1つとして、スタートアップ企業の設立が挙げられる。しかしながら、スタートアップ企業についての定義は曖昧であるため、先行研究におけるスタートアップ企業の定義を調査し、第5章のスタートアップ企業の設立を通じたアカデミアの研究成果の事業化の議論に反映する。

- ・ PoC ファンド、ギャップファンドに関する調査、研究

アカデミアの研究成果を、スタートアップ企業の設立を通じて事業化するにあたり、魔の川、死の谷を越えることは重要な課題である。そのため、各国で PoC ファンド、ギャップファンドと呼ばれる公的資金を活用し、魔の川、死の谷を越えるための取り組みが行われている。そこで、各国の PoC ファンド、ギャップファンドおよびその成果に関する研究を調査し、第 5 章の、スタートアップ企業の設立を通じたアカデミアの研究成果の事業化の議論に反映する。

- ・ スタートアップ企業とベンチャーキャピタルとの知識ギャップに関わる研究

アカデミアの研究成果をスタートアップ企業の設立を通じて事業化するにあたり、資金調達は重要な課題の 1 つである。そこで、スタートアップ企業とベンチャー投資を行う VC との知識ギャップについての研究を調査し、第 5 章の、スタートアップ企業の設立を通じたアカデミアの研究成果の事業化の議論に反映する。

以降、これらの分類に沿って先行研究を述べる。

2.2. 情報の非対称性、不確実性、情報の粘着性に関する研究

情報の非対称性はジョージ・アカロフ、マイケル・スペンス、ジョセフ・スティグリッツらによって、非対称情報下での市場として論じられた情報経済学の考え方である。情報の非対称性とは、一方の経済主体が他方の経済主体よりも多くの情報を持っている状態のことを言う。例えば、アカロフは情報の非対称性によって発生する現象を、中古車市場を題材として説明した。中古車を売却する場合、その車が良質な車か欠陥車なのかを、売り手は知っているが買い手は知る事ができない。このような状態は非対称情報下にあり、情報の非対称性があるという。このような状態では、市場価格が上がると良質な車の売り手は市場に参入するが、市場価格が下がると良質な車の売り手は市場から退出するため、市場には欠陥車の売り手が増え、市場の中古車の平均的な質が低下し、買い手も少なくなり市場が縮小する。これをアドバースセレクション（逆選択）という(Akerlof 1970)。

このような状況は、保険市場、企業買収、投資や協業などでもみられるとされている。マイケル・ロスチャイルドとスティグリッツは非対称情報下の市場について保険市場でも現れることを示した。例えば、自動車保険などでは、運転者は自分の運転が慎重で事故を起こしにくい（慎重な運転者）か、運転が荒く事故を起こしやすい（危険な運転者）かを分かっ

ている。それに対して、保険会社は被保険者がどちらの運転者かは分からない。一方で、保険に入りたがる運転者は危険な運転者で、慎重な運転者は保険に入りたがらない。そのため、保険会社はリスクを考慮し、保険料金を高く設定する。その結果、更に慎重な運転者は保険に入らないという悪循環が生じ、保険市場は危険な運転者ばかりが増え、市場が成立しない (Rothschild and Stiglitz 1978)。なお、アカロフの示した中古車の例では売り手 (中古車の売り手) が情報を持つ経済主体であるのに対して、ロスチャイルドとスティグリッツの示した保険市場の例では買い手 (加入者) が情報を持つ経済主体となる。また、企業買収や投資においては、被買収側、被投資側は高く買収や投資を受けたいため、自社の不利な情報を隠す方向にインセンティブが働く。その結果、アドバースセクションが働き市場が縮小する。

これらのアドバースセクションを解消する方法としていくつかの方法が示されており、シグナリングやチープトーク、価格の維持、スクリーニングがある。

シグナリングやチープトークはいずれも一定の品質であることの情報 (シグナル) を一方から他方へ送るものである。シグナリングとチープトークの違いは、シグナリングは情報の提供に費用をかけるが、チープトークは情報の提供に費用をかけないという点である。よってシグナリングの情報は一定の信憑性が認められるが、チープトークの場合は情報の信憑性は情報の送り手と受け手の間の利害の一致に依存する。例えば、中古車市場におけるシグナルの例としては、走行距離による保証をつけることでその品質を保証することができる。また、求職者の学歴などは、求職者が雇用者に対して送る典型的なシグナルといえる。学歴を獲得するためには費用が発生するため、情報に一定の信憑性が認められるからである。他にも商品の価格を維持することは、低価格とすることで質が悪いという印象を買い手に持たせないために行っているとも言える。スクリーニングとは、情報を持っていない側が情報を持っている側に、隠れている情報を明らかにさせることである。例えば、自動車保険では保険料が高いがすべて補償される保険と、保険料が低いが一部しか補償されない保険を用意すれば、慎重な運転者は保険料が低い保険を契約し、危険な運転者は保険料が高い保険を選択する。

情報の非対称性が引き起こすもう 1 つの問題は、プリンシパル=エージェント理論におけるエージェンシー問題である。プリンシパルは、エージェントの行動を逐一把握することができないことから情報の非対称性が発生する。そして、プリンシパルとエージェント間に目的の不一致が存在する場合は、エージェントは利己的な行動をするという経済理論である。例えば、先ほどの自動車保険の例だと慎重な運転者であっても、保険に入ったことに

よって運転が荒くなる可能性は否定できない。これはプリンシパルである保険会社とエージェントである運転者の間に目的の不一致が存在し、エージェントは利己的な行動をとるが、その情報は情報の非対称性によって把握できないということに依存する。これは経営者と株主などの関係でも見ることができる。これらの解決策としては、モニタリングやインセンティブ契約が挙げられる。モニタリングは、プリンシパルがエージェントの行動を監視することである。例えば、経営者と株主の関係では、外部取締役を派遣することは、経営者の行動をモニタリングすることで情報の非対称性を解消し、エージェント問題の発生を防ぐ方法である。一方で、インセンティブ契約は、プリンシパルとエージェントの間で結果に連動した報酬を与える契約を結ぶことで、エージェント問題を解決する方法である。例えば、経営者の報酬として業績連動型の報酬を設定することで、プリンシパルである株主とエージェントである経営者の間の目的の不一致を解消しエージェント問題を解決する。また、自動車保険における無事故割引などもインセンティブ契約の一つと考えられる（藪下 2002; Stiglitz and Walsh 2002=2006:475-489; 入山 2019:95-132; 石田・玉田 2020）。

アカデミアの技術は基礎技術で、先端的、暗黙知的で、チャンピオンデータである場合も多く、アカデミアと、事業化を行う既存企業やスタートアップ企業に投資する VC などの投資家といったステークホルダーとの間に情報の非対称性が発生し、アドバースセレクションが生じやすい。シェーンは、スタートアップ企業は創業された初期の時期は、技術、市場の両面から保有技術のポテンシャルについて、他のステークホルダーよりも多くの情報を持つ場合が多いとしている（Shane 2004=2005）。そのため、アカデミアと他のステークホルダー（VC や既存企業）の間では情報の非対称性が生じる。この情報の非対称性を解決するため、ステークホルダー間での知識共有が必要となる。例えば、技術移転においては研究成果という高度な技術情報をアカデミアと事業化を行う企業で共有する必要がある。スタートアップ企業を設立する場合は、投資を受けるためにアカデミアの考える技術の優位性や事業プランなどを投資家と共有する必要がある。

綿引宣道は、産学共同研究を行うにおいて「企業が大学に抱く心理的な障害」と「大学研究者の信頼性」の2つの障害があり、後者には情報の非対称性の問題があるとしている。更に、情報の非対称性には「研究内容の問題」と「研究方針の問題」があるとしている。そして「研究内容の問題」とはデータベース等から探しあてた「研究者がその研究を現在も続けているとは限らない」ことや「研究の切り口が企業側の求めと一致するかの問題」であるとしている。「研究方針の問題」とは「当初の計画から大幅にずれてしまい、契約内容から全

く予想もつかなかった方向に進んでしまうこと」としている。そして、研究の結果が良くても企業側としては避けたい問題であるとしている(綿引 2006)。

これら綿引の述べる「研究内容の問題」が情報経済学で述べられている情報の非対称性と言えるかは疑問の余地はあるが、アカデミアが行う研究の方向性と、企業が求める研究の方向性が一致せず、共同研究が成立しないことは課題である。一方で、「研究方針の問題」については研究遂行にあたっての課題と考えられる。例えば、当初は歩留まりを上げるために行っていた研究が、研究の進展とともにチャンピオンデータを出すための研究に変わってしまったりする場合などがあると想定できる。綿引はこれを単に情報の非対称性としたが、情報の非対称性と目的の不一致が引き起こすエージェンシー問題と捉えることができる。そもそもアカデミアの研究は新規性や革新的な発見を目的としており、事業化を目的としていない。すなわち、アカデミアと企業等との間では、潜在的に共同研究の目的に不一致が生じる可能性を孕んでいる。さらには企業からはアカデミアの研究がどのように進んでいるかを把握しにくいという情報の非対称性があり、エージェンシー問題の発生の可能性も孕んでいる。よって、綿貫の述べる「研究方針の問題」とは産学共同研究におけるエージェンシー問題をどのようにマネジメントするかという課題と捉えることができる。

次に、不確実性について述べる。一般的に、技術、および技術の事業化、スタートアップ企業の設立には様々な面で不確実性があると言われている。

経済学では、フランク・ナイトは測定可能な不確実性を「リスク」と、測定不可能な不確実性を「真実の」不確実性として区別した。そして不確実性をマネジメントする経営者が利潤を生むとした(Knight 1921=2021)。研究成果を事業化するという事は、利潤を生み出す事業を行うことであり、測定可能なリスクだけでなく、測定不可能な不確実性をマネジメントすることが必要となる。

技術の不確実性を中心に述べた先行研究としては、次のようなものがある。渡部俊也は、研究成果の事業化という観点から不確実性を述べている。渡部によると、大学で行われる研究は基礎的な科学的知見の発見を目指したものであり、研究成果は単なる科学的知識であることが多く、その知識が実用化に向けた技術課題を解消できるか、その技術にあった市場があるかは不確実であると述べている。そして、不確実性を削減するためには実用化に向けた課題を解決する実験を行い、技術を認知させ、優位性を持つ製品やサービスの市場を考える必要があるとしており、これらの活動に必要な知識は大学でなく産業界に存在していると述べている(渡部 2009)。

ガストン・トラウフラーは、技術のマネジメントの不確実性は 2 つの要因に由来するとしている。1 つは新技術が出現した時点ではその技術の情報が限られている事、もう一方はマネジメントに必要な知識、能力が組織内に存在しておらず、評価が容易でないことである (Tschorke eds. 2003=2005:33-43)。

リチャード・フォスターは、技術の進化と代替技術の登場という観点から不確実性を述べている。フォスターは、一般的に研究の進化は S 字曲線を描くとした。研究の初期段階は 1 つの障害を取り除いても他の障害が発生するため緩やかに進化する。その後、研究開発資源の投入量に応じて急激に進化する時期を経て、いくら資源を投入しても進みが鈍化する収穫逡減の時期が訪れるとした。そして、どこかのタイミングで代替技術が現れ当初の技術を凌駕する 2 重の S 字曲線を提唱した (Foster 1986=1987)。技術が S 字曲線のどこにいるのか、また代替技術がいつ生まれるのかなどを判断するのは容易ではなく、不確実性が高い。

また、ガートナーも、技術の進化、普及という観点からハイブ・サイクルという概念を提唱し不確実性を表している。同社は、技術は「黎明期」「過度の期待のピーク期」「幻滅期」「啓発期」「生産性の安定期」と進化するとしている。「黎明期」とは、ハイブ・サイクルのスタート時期で、初期の PoC の獲得、デモなどによって技術イノベーションに注目が当たる時期を言う。「過度な期待のピーク期」とは、「黎明期」における注目の結果、技術への期待が現実の技術ポテンシャルを超えて上昇する時期であり、一種のバブルが形成される時期である。「幻滅期」とは、「黎明期」で期待された結果を出すことができず、技術への関心が薄れ始める時期を言う。「啓発期」とは、アーリーアダプタによって、技術の効果がある場所と効果がない場所などが明確になり、技術が正確に理解される時期を言う。最後に「生産性の安定期」とは、技術の適用可能範囲の理解が広まり、普及が加速する時期を言う (Gartner 2018; ガートナー 2022)。但し、全ての技術がこの過程を経て「安定期」に入るものではなく、「幻滅期」を抜け出せることなく衰退する技術も存在するため「黎明期」「過度の期待のピーク期」に位置する技術に投資するには不確実性が高い。

寺本義也らは、技術投資の観点から不確実性を述べている。寺本らは、技術への投資から得られるリターンは、技術が商用化される可能性は極めて低く、ハイテク製品に関する最終消費者の嗜好は移り気であるため、不確実であると述べている。一方で、技術の商用化が成功した場合は、当初想定もできなかったような巨額のキャッシュフローが生み出される可能性があるとしている (寺本ほか 2003)。

シェーンは、アカデミアの研究成果をもとにしたスタートアップ企業の設立の観点から

不確実性を述べている。シェーンは、アカデミアの研究成果をもとにしたスタートアップ企業は、自分達の技術を活用する市場が存在するか、技術を製品やサービスの形で商業化できるかといったことの実証がなく、かなりの不確実性に直面しているとしていると述べている（Shane 2004=2005）。

これらの研究から、研究成果が事業化できるかどうかは予測不可能であり不確実性を持つが、イノベーションを実現し、利潤を生むためには、産業界は様々な知識や経験を駆使し、事業化に向けた課題を解決するための実験を行い、様々な方法で未来予測を行い、市場を観察することで不確実性を低減し、新たな製品やサービスを産み出すための投資を行うことが必要である。そのためには、ステークホルダー間での研究成果を含めた情報の正確な理解、すなわち知識の共有と移転が必要となる。

すなわち、研究成果を事業化するには、これまで述べたアカデミアと事業会社、VC、起業家などのステークホルダー間に存在する情報の非対称性の解消と、研究成果の事業化に伴う不確実性を低減する必要がある。そのためには、ステークホルダー間で研究成果、市場の情報などといった情報や知識を共有・移転する必要がある。しかしながら情報や知識の共有・移転には困難を伴うことが知られている。

組織間の知識や情報の移転の困難性に関する代表的な研究としては、エリック・フォン・ヒッペル、ガブリエル・スランスキーによる情報の粘着性による困難さが挙げられる。

フォン・ヒッペルは情報には粘着性があるため、一方から一方に移転するにはコストがかかることを述べている。また、粘着性の発生要因も検討しており、

1. 情報自体の性質（暗黙知など）
2. 送り手・受け手の吸収能力（背景知識など）
3. 情報の量（大量であるほど転送し難い）

としている。そして粘着性の解決方法として、4つのパターンを示しており、

1. 粘着性のある情報がある場所で問題解決活動を行うこと

2. 2 つ以上の場に粘着している情報にアクセスする必要がある場合は場を繰り返し移動し解決を行うこと
3. 2 つ以上の場に粘着している情報で場を移動するコストが高い場合はサブタスクに分割すること
4. 反復コストが高い場合は非粘着化を行うための投資を行うこと

とした (von Hippel 1994)。アカデミアの研究開発成果は先進的であることから、その内容を移転先が十分に理解できるかは不明である。また、特許や学術論文として形式知化されている部分もあるが、研究成果を再現するには、その成果が生まれた実験環境、背景のノウハウなど暗黙知的な技術情報が必要であり、情報の粘着性が高く移転が難しいと言える。そのため、技術移転を効果的に行うためには 4 つの粘着性の解決法を考慮しつつ、具体的な共同研究の実施形態を考える必要がある。

スランスキーは、同一企業内でのベストプラクティスの移転の困難さに着目して粘着性について議論した。スランスキーは 8 社 122 件のベストプラクティスの移転の事例を分析し、移転を妨げている 3 つの理由を挙げ、

1. 受け手の吸収能力の欠如、
2. 原因と結果の因果関係の欠如
3. 移転先と移転元の関係性

があるとした (Szulanski 1996)。スランスキーの研究は、企業内のベストプラクティスの知識移転の困難さを述べている研究ではあるが、異なる組織間で行われる知識移転や、研究成果などの知識の移転でも同様の理由が影響していると推察できる。粘着性の説明でも述べたが、アカデミアの研究成果は先進的なものが多く、移転先の企業の吸収能力の問題が生じると考えられる。また、研究成果はチャンピオンデータである場合も多く、そこには一定の因果関係は認められるが、一般化するには議論の余地がある場合もある。さらには、チャンピオンデータを探求するアカデミアと実用的で再現性の高いデータを希求する企業ではコミュニケーションにおいて問題が発生する可能性がある。

このように、様々な研究成果を事業化する場合はステークホルダー間の知識共有が必要であり、その共有には情報の粘着性を原因とする困難を伴う。よって、情報の粘着性を低減し、知識を的確に伝えるための方法が必要である。

2.3. 様々な研究における概念実証 (PoC) の定義

昨今、様々な分野で PoC という用語が使われている。文脈によって PoC が示す内容は異なっており、統一した定義は定まっていない。IT 業界などでは、一般的にシステムを客先に導入し想定した効果を発揮するかを検証を PoC と呼んでいる。スタートアップ企業支援の分野では、サービスモデルの事業可能性を立証する意味で使われていることが多い。創薬においては、新薬の候補となる化合物が薬品として成立するという仮説を実証することを「PoC を得る」と表現しており、動物実験だけで「PoC を得た」と表現する場合もあれば、ヒトにおいて限られた件数の安全性と有効性の確認が取れて「PoC を得た」と表現する場合もあるように、会社やプロジェクトに差があり定まっていない (キョウリン製薬ホールディングス株式会社 2022; 中外製薬株式会社 2018:125; 沢井製薬 2022)。

本研究において、PoC はアイデアや初期段階の技術、ビジネスモデルを明確化し、伝達するための重要な手段であると位置づけている。そこで本節では PoC についての先行文献上の定義を整理する。

まずは、研究開発、商品開発のステージとして定義しているものとして次のような定義がある。

ラリー・ヒューストンとナビル・サッカブは、PoC を「結果を実証するための実験を行う段階」(Huston and Sakkab 2007)としている。ナラヤン・ラマニは、PoC を「アイデアの技術的可能性が確立した段階で知的財産を創出し、その保護を行う段階」(Narayan 1998)としている。ジェリー・サーズビーとマリー・サーズビーは、PoC を「開発の初期を指し、商用化に失敗する可能性が高く、発明者が継続的に開発に関わる必要のある技術段階」(Thursby 2003)としている。梅田綾子は「研究コンセプトを概念実証(Proof of Concept:PoC)した後に、具体的な設計・開発を行って、実用化あるいは事業化(実装)を行う」(梅田 2018:26-28)としており、梅田の定義では PoC は、製品開発に入る直前の段階の研究開発を指すものと定義していると考えられる。西澤昭夫も PoC を実施することで「直ちに商用化されるわけではなく、「発明の『実用化(Reduce-to-Practice)』が不可欠」

(西澤 2019) であるとしており、PoC は製品開発の直前の段階と定義していると考えられる。

これらの定義からは PoC は、技術的可能性が確立しているが実用化のための実証実験が必要で、商用化までには少し遠い技術段階とまとめることができる。

次に資金供給の観点から定義しているものとして、次のような定義がある。

アイナー・ラスムッセンとロジャー・ソアハイムは、大学発スタートアップ企業の成長に過程における資金ギャップの観点から、欧米で広がる「PoC ファンド」を研究した。そして「PoC ファンド」は大学発スタートアップ企業の技術的不確実性を減少させるために実施されるものであるとした (Rasmussen and Sørheim 2012)。よって、ラスムッセンとソアハイムの研究では、PoC は技術的不確実性を減少させるプロセスであると定義していると考えられる。前波晴彦は、真理の追究等に重点を置いてきた研究成果を産業化などの異なる価値観に変換することを支援するファンドを PoC ファンドと呼び、『『研究室的成果』を『企業が欲する成果物』に変換する過程』を PoC と定義している (前波 2013:83-84)。山本貴史は、基礎的でアリーステージにある技術に対して産業化の研究費を出すファンドを PoC ファンドと定義していることから (山本 2016)、PoC は産業化に向けた研究と定義していると考えられる。

これらの定義では、PoC は技術的不確実性を低減させ、研究成果を産業化に向けて変換する研究開発プロセスであると主張しているまとめることができる。

その他の定義としてロドニー・マクアダムらは大学の技術移転の観点から PoC を大学の技術移転の商業化を向上させる活動としており、技術開発、マーケティング開発、ビジネス開発の3つの活動があるとしている (McAdam et. al. 2009)。

このように、これまで PoC は、主に基礎研究による発見、アイデアなど、産業界が興味を示すには少し初期段階にある技術の事業化、実用化の可能性について検証するものとして定義されてきた。また、PoC を静的な技術の完成度と捉えるか、動的な研究開発プロセスと捉えるか混在していることが分かった。

これらの先行研究を参考に第3章では本研究での PoC について定義し、分析フレームワークを提案する。

2.4. 産学共同研究による事業化、技術移転の成功に関わる研究

ここではアカデミアの研究成果を事業化する方法の1つである技術移転について、関連する研究について述べる。

2.2でも述べたが、綿引は産学共同研究を行うにおいて「企業が大学に抱く心理的な障害」と「大学研究者の信頼性」の2つの障害があるとした。前者は企業が権威のある大学から情報を得ることにおける心理的障害で、後者は情報の非対称性の問題としている。綿引はこれらの解消を目的としてリエゾンオフィスがあるとしたが、アンケート調査を実施し、必ずしもリエゾンオフィスが期待通りには機能していない事を明らかにした（綿引 2006）。

産学共同研究の成功要因に関する研究として馬場靖憲と鎗目雅は、世界的に有名な光触媒技術の研究室の事例から産学連携モデルの一般化を図り、産学共同研究の成功の中核は、大学による企業人材の育成と企業が大学との共同研究に深く関与することであるとした。当該研究室の産学共同研究の特徴としては、企業研究者が研究室に入って研究開発を実施したこと、企業研究者に対してマテリアルデザインに関する最新研究の教育を実施したことなどを挙げている。その背景としては、産学共同研究を行うにあたって研究室の学生の研究対象は基礎分野であるため、企業研究者の受け入れは不可欠であるとした。また、多くのパートナー企業と連携し、各企業に合わせた事業化研究を推進した。なぜならば、製品アイデアは研究室にあってもプロセス開発能力がないため、企業の開発能力が必要だからである。そして技術移転とは、大学から企業へイノベーションから利益を得られる能力が移転されることと結論付け、産学連携の中核は企業人材の育成とした（馬場・鎗目 2007: 65-95）。ただし、本事例の研究室は世界的に有名な研究室を題材としており、そのような研究室でない一般の研究室も同様の方法が通用するか明確ではない。

飯泉英敏らは、国立研究機関と大企業で実施したカーボンナノチューブの共同研究に関連して出願された特許の出願傾向を分析し、事業化に積極的な企業一社と深く、継続的かつ集中的な共同研究が事業化には重要とした（飯泉ほか 2016）。

丹野和夫らは、科学技術振興機構の産学連携コーディネート事業において、大学等の技術の橋渡し先として中小企業を対象とした場合の4事例について事業化達成要因を考察し、「明確な産業的・技術的ニーズ」「研究者（学）のアイデア・熱意・実行力」「企業社長・技術者（産）の洞察力・発想・開発力」「市場への参入の手立て、販売・普及戦略」「第三者の支援、特にコーディネーターによる支援」の5つが重要であるとした（丹野ほか 2006）。

北村寿宏らは、地方大学と中小企業の産学共同研究を通じて事業化された調湿剤木炭に関する事例を、基盤、研究ステージ、開発ステージ、事業化ステージの4つに分けて整理分析し、特に共同研究が実施される開発ステージにおいて、研究開発に関わる当事者間の緊密な連携と直接対話、役割分担と共通認識の醸成が重要とした。加えて、事業化の成功の最大の要因は社長の熱意であるとした。また、事例を分析した結果、「コアコンピタンスの明確化」「研究ポテンシャル」「ニーズ＝シーズのマッチング」「緊密な連携」「当事者間の自立性と適切なマネジメント」「用途開発の展開」「継続的な連携の確保」「知的財産の確保と成果の公開」が事業化に至った重要な要因であるとした（北村ほか 2007）。しかし、北村らも述べているが、当該8つの要因については事業化において重要な要因であることは既に自明であり、改めてその重要性を事例において確認したものと言える。

佐藤暢らは、地方大学と地元の工業会、中小企業との産学共同研究による凍結濃縮システムの開発事例から、産学連携活動の成否においては組織間のコミットメント、意思決定者のリーダーシップ、関係者の役割が重要とした。また、佐藤らは産学連携の事業化事例を「情報の共有」「意思の確認」「共有情報からの目標設定」「目標の具現化」の4つのキーワードと「学内の意思統一」と「学外との連携調整」の2局面の8つのマトリックスで事例を分析した（佐藤ほか 2017）。

丹野ら、北村ら、飯泉ら、佐藤らの4つの先行研究に共通する内容としては、アカデミアと企業との産学共同研究においては人材育成や連携の深さ、リーダーシップなどの重要性を中心に議論を行っており、特にアカデミア側では共同研究や産学連携をマネジメントするコーディネーターや研究者、産業界側では企業の研究者、経営者、産業団体の構成員といった関係者間の深い連携活動が重要としている。すなわち、産学共同研究を通じた事業化の成功要因を人的要素に収斂している。産学間のみに限らず企業における研究所から事業部への技術移転など、技術移転全般において人的プレイヤーが重要であることは論を俟たない。例えば、森永泰史は、技術移転に関する先行研究を分析し、技術移転の研究には①プレイヤー間の関係に着目したもの、②特定のプレイヤーに着目したものが、②はチャンピオンすなわち新しい技術を認めさせようとする人材に着目したもの、スポンサーに着目したものがあるとしている（森永 2017）。

しかし、綿引（2006）が述べているように、リエゾンオフィスなどが十分な機能を果たさない場合があることから、人的要素だけに着目しても産学共同研究を効果的に実施し、事業化を成功させることはできない。事業化の成功要因はプロジェクトマネジメント、知識共有、

事業化戦略など人的要素以外の要因も大きく影響する。第4章では技術移転に成功し、事業化に至った産学共同研究の分析をおこなうが、本研究は人的プレイヤーの役割や特性という観点から分析したものではなく、産学共同研究を技術移転の手段として捉え、PoCの観点から設計したフレームワークを使い、プロジェクトの分析を行い、技術移転という知識共有・移転がどう行われたのかを明らかにする。そして、いかにして情報の非対称性や粘着性を解消し、ステークホルダー間の知識のギャップを埋め、事業化を実現したかを分析した。このように人的プレイヤーの役割や特性という観点でなく、PoCを使ったフレームワークを予め設計し、プロジェクトにおける知識共有・移転を観点の中心として分析を行った研究は管見の限り見当たらなかった。当事者間のリーダーシップやコミットメント、モチベーションに関する部分は事業化において重要な要素であることは先行研究が述べているとおり論を俟たないが、本研究においては、当該観点は議論の対象としないものとする。

2.5. スタートアップ企業に関する研究におけるスタートアップ企業の定義、特性

次に、アカデミアの研究成果を事業化する方法の1つであるスタートアップ企業の設立について、議論を深めるため関連研究を述べる。まずは、その前段としてスタートアップ企業の定義や特性に対する研究について述べる。

スタートアップ企業（国内ではベンチャー・ビジネス、ベンチャー企業ともいう。海外では主にスタートアップ企業（startup companies）やスタートアップス（startups）などと呼ばれているため、本研究では主にスタートアップ企業と記載し、ベンチャー企業は同義語として取り扱う）の定義として様々な定義が存在する。日本で最初にスタートアップ企業を「ベンチャー・ビジネス、ベンチャー企業」として紹介した清成忠男は、「小さいけれど、研究開発とか、知識集約的で、イノベーター的な企業」（山崎 2004）として紹介した。松田修一は、単なる中小企業でなく、スタートアップ企業を設立する起業家が持つ5つの要素「リスクを伴う高い目標の設定」「目標に対する挑戦意欲の強さ」「成長する市場を見極める先見力」「提供する製品やサービスの独創的アイデア」「自主独立意識と社会性・国際性認識の強さ」を挙げ、これらの志や能力を備えた起業家により率いられた若い企業としている。但し、すべての要件を備えている企業だけをスタートアップ企業と呼ぶのは狭い解釈であるとも述べている。また同時に高い目標に対して挑戦意欲の強いスタートアップ企業を類型化すると「流通・サービス規格型」「技術企画型」「研究開発企画型」に分けられるとしている。「技術企画型」と「研究開発型」の違いであるが、「技術企画型」は「既に存在する最

高の製品または部品や技術を短時間に組み合わせるノウハウを持ち、最先端またはローコストの製品を企画・製造・販売することによって競争優位を作り出したベンチャー企業」としている。それに対して「研究開発企画型」は「独創的な新製品や新技術を自ら開発・製造・販売することによって、新しい市場や顧客を開拓し、競争優位を作り出したベンチャー企業」としている（松田 1997）。松田の定義では、アカデミアの研究成果をもとに設立されたアカデミアの研究成果をもとに設立されたスタートアップ企業は「研究開発企画型」に相当すると考えられる。金井一頼は、様々な研究におけるスタートアップ企業の定義を比較し、スタートアップ企業に必要な要件はリスクを負う事ではなく、「起業機会を追求し、革新的なやり方で事業を創造することである」とし、「起業家によって率いられた革新的な中小企業」とした。その上でスタートアップ企業と中小企業を区別するポイントは「アントレプレナーシップに基づく革新性」にあるとしている（金井・角田編 2002）。シェーンは、大学発スタートアップ企業を「大学で研究・開発された何らかの知的財産を基盤として創業された新規企業」と定義している（Shane 2004=2005）。よって大学で開発された知的財産を使用していないものは大学発スタートアップ企業には含まれないが、新規性、革新性、成長性などは考慮されていないことから、例えば、受託ビジネスを中心とした低成長型の中小企業であっても、大学の知的財産を活用していれば大学発スタートアップ企業となる。

さて、本研究で対象とするアカデミアの研究成果をもとにしたスタートアップ企業を定義する。前述したとおり、アカデミアの技術は基礎的、先進的で革新的であり、それらをもとにしたスタートアップ企業は松田の述べる「研究開発企画型」に該当する。一方で、シェーンの述べる「大学で研究・開発された何らかの知的財産を基盤として創造された新規企業」の観点には、松田の述べる「成長する市場を見極める能力」といった成長性や競争優位性といった概念が含まれていない。本研究のテーマとしては、大学の研究成果をいかにしてイノベーションに繋げるかであり、イノベーションは社会的なインパクトをもたらすことが重要である。言い換えると、広く社会に浸透することであり、松田の述べる「成長する市場を見極める能力」を持ち競争優位性を保持する必要がある。

そこで、本研究で対象とするアカデミアの研究成果をもとにしたスタートアップ企業の定義は「アカデミアで研究・開発された知的財産を基盤とし、独創的な商品やサービスを生み出し、成長する市場、新しい市場を見極め、高い成長を求める新規企業」とする。すなわち本研究では、アカデミアの研究成果という知的財産を基盤としていても、安定的に漸進的成長を見込むスタートアップ企業は対象としないものとする。漸進的成長においては、一部

の関係者で活動を行うことができるが、急激な成長を見込むためには多くのステークホルダーを巻き込む必要があり、本研究のテーマとするスタートアップホルダ間の知識共有が不可欠となる。

さて、本研究で取り上げる研究成果をもとにしたスタートアップ企業の定義は行ったが、そのような企業をとりまく環境についての整理をしておきたい。表 1-5 で示したとおり、シェーンは、技術にはスタートアップ企業の設立に向く技術のタイプと、既存企業へのライセンスに向く技術のタイプがあるとした。表 1-5 に当てはめると、多くのアカデミアの技術はスタートアップ企業を設立することに向いているといえる。また、ポール・スワミダスによると、米国では大学の発明の 75% が全くライセンスされておらず、それらの大学の発明を商用化するにはスタートアップ企業の設立が最善、もしくは唯一の選択肢であると述べている (Swamidass 2013)。すなわち、大学の技術はライセンスを行うよりもスタートアップ企業の設立に向けた技術を創出しているといえる。

しかしながら、前述したとおりスタートアップ企業にはリソースが不足している。更にリタ・ニールセンは、アカデミックの研究成果をもとにしたスタートアップ企業を「-2 ステージ企業」と呼び、通常のシードステージのスタートアップ企業よりもハンディキャップがあると述べている。ニールセンの指摘したハンディキャップとは「実用化されていない技術」と「事業計画・経営陣の不備」があり「これらを繋ぎ合わせるための資本も十分でない」ことである (Nelsen 1991)。

また、アンディ・ロケットとマイク・ライトは、先行研究レビューから多くの大学発スタートアップ企業が設立されているが、ほとんどの大学発スタートアップ企業は富を生み出さないと報告をしている (Lockett and Wright 2005)。

このようにアカデミアの研究成果はスタートアップ企業の設立に向いているが、その実現には困難が多く、仮に設立されたとしても、現状では多くのアカデミアの研究成果をもとにしたスタートアップ企業が富を生み出していないという事実が読み取れる。しかしながら、アカデミアの研究成果をもとにしたスタートアップ企業が、イノベーションの創出にとって重要であることはかわらない。多くの研究成果が社会還元されていないことは社会的に大きな損失であり、富を生み出さないからアカデミアの研究成果をもとにしたスタートアップ企業を設立しないのではなく、「富を生み出す」スタートアップ企業を生み出すように環境を整える必要がある。2.6 では「富を生み出す」スタートアップ企業を設立するための各国の取り組みについて述べる。

2.6. PoC ファンド、ギャップファンドに関する調査、研究

シェーンは、「-2 ステージ企業」と呼ばれるアカデミアの研究成果をもとにしたスタートアップ企業は研究開発型の企業であるため、研究開発に多くの投資が必要であり資本集約的であるとしている。そのため創業を断念する理由の多くは資金調達の失敗であるとしている。更にそのようなスタートアップ企業はアーリーステージにあり、一般の投資家にとってリスクが高く関心を示さないとも述べている。そして、多くの投資家は投資に適した時期は PoC を獲得しようとしている時期ではなく、プロトタイプを保有し、製品開発に結びついている後期の時期であると考えているとした。そして、プレシード期、特に PoC を獲得する前の段階、PoC を獲得しようとしている段階ではリスクマネーの供給が少なく、公的資金が大きな役割を果たしているとした (Shane 2004=2005)。

すなわち、公的資金を活用しつつ PoC を獲得するスキームを設計し、いかに情報の非対称性と不確実性を低減させるプログラムを運営するかが、社会においてアカデミアの研究成果をもとにしたスタートアップ企業の設立を増やすための鍵となる。本節では各国における死の谷 (プレシード期における資金調達) の対策を述べている研究、および国内のプレシード期における公的支援について述べる。

コリン・マッソンとリチャード・ハリソンは、スコットランドの「トライアル・マリッジ」プログラムについて述べている。このプログラムでは、投資家が投資可能性を持つが実際に投資を行うには課題があると考えられる案件に対して、その課題を解決するために公的資金による資金提供を行うものである。例えば、投資家は、特許など多額の資金を必要とするが、事業成長とは直接関係がないと思われる問題の解決に投資資金を使われるのを望まない。また、財務情報などを整理したり、経営陣の入替えが必要な場合など、投資家が努力しても解決不能なリスクを持つ課題にも投資を望まない。このような問題に対して公的資金を投入して解決を図り、投資家からの資金調達を支援するものである (Masson and Harrison 2004; 2002)。

アイナー・ラスムッセンとロジャー・ソアハイムは、カナダ、フィンランド、アイルランド、ノルウェー、スコットランド、スウェーデンの6カ国の政府のスタートアップ支援プログラムを対象とし、政策立案者、プロジェクトマネージャー、大学管理職、プログラム利用者などへの半構造化インタビューを実施した。その結果、どの国においても3つのタイプの資金調達プログラムが運用されていることを確認し、その性質を規定した。1つ目は技術的な不確実性を減らすことを目的とした「PoC 資金」、2つ目は経営チームを充実させ組織的

な不確実性を低減し、投資家にとって魅力的なスタートアップ企業にすることを目的とした「プレシード資金」、3つ目は成長が期待できる研究ベースのアイデアを事業化するために必要なアーリーステージの投資を補完する「シード資金」である。「PoC 資金」や「プレシード資金」は投資家に対するスタートアップ企業の魅力を高めることで需要サイドから資金ギャップを埋めようとする取り組みであるのに対して、「シード資金」は資金供給の改善を目的とした供給サイドからの取り組みとしている (Rasmussen and Sørheim 2012)。

フェデリコ・ムナーリらは、欧州の大学・公的機関が実施した7つの「PoC プログラム」の特徴分析、成功要因、ベンチャー設立、技術移転の為の資金調達に関する研究を行った。そこでは、商用化プロジェクトの成熟度と、投資可能性を高めるために開発された PoC をどのように設計すれば効果的に機能するのかを議論した。議論の結果、十分な資金規模 (第一段階 23,000~60,000 ユーロ、第二段階 93,000~300,000 ユーロ)、マイルストーン投資、外部の技術移転専門家や VC を入れた選定委員会で技術と市場のポテンシャルと商業化のオポチュニティを判断して選定すること、そして、専任のプロジェクトマネジャーやビジネスインキューベーターがプロジェクトをサポートすることが必要とした (Munari et al. 2017)。

スワミダスは、前述のとおり 75%の大学の技術がライセンスされていないことから、より多くの大学発スタートアップ企業を設立するためにどのような政策が必要か検討した。検討では3つの大学、マサチューセッツ工科大学、コロラド大学、オーバーン大学のケーススタディを行い、すべての発明は初期段階でスタートアップ企業の設立の可能性を評価する必要があること、初期段階の発明を次の段階に進めるため「PoC プログラム」によるシード資金が必要であること、スタートアップ企業の実現に長けたスタッフを大学の技術移転部門に配置する事が必要とした (Swamidass 2013)。

このように、各国はアカデミアと投資家の情報の非対称性の解消と技術と市場の不確実性を解消するために、PoC を獲得するための資金を提供するプログラムを運用し、アカデミアの研究成果をもとにしたスタートアップ企業の設立に力を入れている。

我が国においても他国同様、公的機関の公的資金をベースした PoC を獲得するためのプログラムが運営されている。国立研究開発法人科学技術振興機構は PoC を獲得するためのプログラムとして大学発新産業創出プログラム (略称: START) を実施している。START のプロジェクト推進型・起業実証支援では、研究開発を進めるアカデミアと事業的な面を支援するプロモーターと呼ばれる人材ユニット (VC 等) が一体となって、起業に向けた PoC

を獲得するためにプロジェクトを進める。当該プログラムでは年間 2700 万円を上限とした活動資金が提供され、1~3 年で PoC を獲得し、起業につなげることを目的としている。また、プロジェクト推進型・起業実証支援の前段階ともいえるプロジェクト推進型・ビジネスモデル検証支援では、アカデミアと事業プロデューサーのチームで自らのシーズをもとにしたビジネスモデルや MVP (Minimum Viable Product) 作り、想定顧客からフォードバックを受けビジネスモデルのブラッシュアップを行う。当該プログラムではスタートアップ分野で活躍する人材がメンターとして支援を行い、450 万円を上限とした活動資金が提供され、1 年で起業の可能を検討する (科学技術振興機構 2022)。²

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (略称 NEDO) も独自のスタートアップ支援を行っている。NEDO Entrepreneurs Program (略称 NEP) では、技術シーズを活用した事業構想を有する起業家候補人材が、事業カタライザーとよばれる支援人材からの支援をうけながら、500 万円~3000 万円の支援資金が提供され、6~7.5 か月の企業を目的とした活動をおこない PoC を獲得する。事業カタライザーは VC や証券会社などのキャピタリスト、事業会社の戦略部門担当者など多種多様な人材が揃っている。また、他にもシード期の研究開発型スタートアップ (略称 STS) への事業化支援事業がある。これは NEDO が認定した国内外の VC やアクセラレーター (認定 VC) が出資するシード期の研究開発スタートアップ企業の実用化開発を支援するもので、出資額に応じて最大 2 億円の資金助成を行いプロジェクトは 1.5 年から 2 年での終了を見込んでいる (新エネルギー・産業技術総合開発機構 2022)。³

国立研究開発法人日本医療研究開発機構 (略称 AMED) では、医療研究開発革新基盤創成事業のスタートアップ型として医療関係のスタートアップ支援を行っている。この支援はスタートアップ企業が医薬品や医療機器、再生医療等製品、医療技術などの実用化に向けた研究開発を、産学連携の下で実施するものに対して 5000 万円~10 億円、原則最長 5 年を目途に支援を行うものである。このプログラムでは達成目標を定め、達成目標を達したら

² START プログラムは 2023 年 9 月よりプログラムの改編がおこなわれたが、本研究の対象とした事例については改編前のプログラムで行われたものであることから、改編前のプログラムの説明とした。

³ NEDO が実施するスタートアップ企業創出支援プログラムの構成については 2023 年 9 月に改編が行われたが本論文では旧プログラムの構成を説明した。

全額委託金を返済することとなる（日本医療研究開発機構 2022a）。創薬ベンチャーエコシステム強化事業は、AMED が認定した VC が出資するスタートアップ企業が行う創薬の研究開発・実用化事業に対して 20～66 億円の補助金を交付するものである（日本医療研究開発機構 2022b）。⁴

生物系特定産業技術研究支援センターでは、農林水産・食品分野を対象としたスタートアップ企業の支援プログラムを設定している。フェーズ 0 の発想段階からフェーズ 3 の事業化段階まで段階的に支援するもので、フェーズ 0 からフェーズ 2 までは年 1000 万円を 1～2 年度わたって支援、フェーズ 3 では VC の投資金額と同額を上限に 3000 万円まで支援する。プログラムでは事業化をリードする人材として、経済界、アカデミア、VC が参加している（生物系特定産業技術研究支援センター 2022）。⁵

また、スタートアップ企業の設立・投資においては知的財産の存在が重要となる。表 1-5 でも示した通り「知的財産による強力な保護」はスタートアップ企業の設立に向く重要な技術特性である(Shane 2004=2005)。一方で、マッソンとハリソン(Masson and Harrison 2004; 2002) が述べたように、投資家は特許など多額の資金を必要とするが、事業成長とは直接関係がないと思われる問題の解決に投資資金を使われるのを望まない。そこで強力な知財の創出を目的として、特許庁は「知財アクセラレーションプログラム (IPAS)」を行っている。このプログラムはスタートアップ企業の「知財に関する知識・ノウハウを持っていなかったり、ビジネスの立ち上げに注力するあまり知財戦略の立案や権利取得にかけるリソースが不足」(知財アクセラレーションプログラム事務局 2023) していることから強力な知財が確保できない課題を解決するものである。本プログラムではビジネス専門家と知財専門家からなるチームを組織し、スタートアップ企業とのメンタリングを通じて、ビジネスの戦略に適した知財戦略の構築を支援するものである。

以上のように、情報の非対称性の解消や不確実性の解消がスタートアップ企業の投資においては重要ということが先行研究で述べられている。また、資金ギャップを埋めるという

⁴ 当該支援については令和 4 年度「創薬ベンチャーエコシステム強化事業（創薬ベンチャー公募）（第二回）」に関する内容であり、公募回によって対象や支援額に変更がある。

⁵ 当該支援については令和 4 年度の支援であり、年度により支援対象、支援額に変更がある。

観点から各国で公的なファンドが運用されていることや、欧米ではその効果的なモデルもアンケート調査等を通じて明らかになっている。一方で、情報の非対称性の解消や不確実性の解消が、PoC を獲得するための公的ファンドを通じて具体的にどのように行われたのかを解明することも重要であり、具体的事例を使ってケーススタディを行う必要もある。また、1.1.2 でも述べたとおり、日本と欧米ではスタートアップ企業の投資環境は全く異なる。例えば、ベンチャーエンタープライズセンターの調査によると投資件数においては 2021 年、米国は 15,855 件、欧州は 5,875 社であるのに対し、日本は 1,683 件にすぎず、ファンドの組成金額においても米国は 14.4 兆円、欧州は 2.4 兆円に対して、日本は 0.3 兆円と全く投資環境が異なる（ベンチャーエンタープライズセンター 2022）。

よって、国内事例において、公的プログラムを活用し、PoC を獲得し、シード投資を実現するためにステークホルダー間でどのように知識共有をおこなったのかを、具体的事例を分析し知見を得ることは重要であるがそのような研究は管見の限り見当たらなかった。

2.7. アカデミアの研究成果をもとにしたスタートアップ企業とベンチャーキャピタルとの知識ギャップに関する研究

アカデミアの研究成果をもとにしたスタートアップ企業を設立し成長させるには、投資家による投資を通じたリソースの獲得が必要である。シェーンは、アカデミアの研究成果をもとにしたスタートアップ企業と投資家の間には情報の非対称性と技術の不確実性が存在するため資金調達には困難を伴うと述べている。ここで述べる情報の非対称性とは、創業者やアカデミアの研究者は技術、市場の両面から保有技術のポテンシャルについて投資家より多くの情報を持つことを言う（Shane 2004=2005）。アカデミアの研究成果をもとにしたスタートアップ企業だけに限らず、スタートアップ企業とステークホルダーの関係を情報の非対称性や投資適格性の観点から見た研究としては次に述べるものがある。

マッソンとハリソンは、VC がアーリーステージの企業に対して投資することは不経済であると述べている。理由は情報の非対称性を解決するためのデューデリジェンスコストは規模に関わらずほぼ一定であることから、小規模の投資は大規模の投資と比べて経済的でないからである。さらにマッソンとハリソンは、シードステージ、スタートアップステージ、アーリーステージに位置づけられる企業は経営陣が未熟で、製品や市場が未確立でリスクが高く、革新的技術をベースとした企業になるとそのリスクは更に高くなるため VC は投資を避ける傾向があるとしている。もちろん VC 側だけの理由ではなく、企業側にも問題は

あると述べており、経営陣、事業機会の明確さ、ビジネスモデル、市場、競合との差別化など投資家の持つ投資適格性に対する対応が十分でなく、魅力的なストーリーが語れないとしている (Masson and Harrison 2004)。彼らの研究から推察すると、アカデミアの研究成果をもとにしたスタートアップ企業は革新的技術に基づいているため VC が投資を避ける傾向が強く現れる。

アンディ・ロケットらは、英国の VC 60 社を対象としてアンケート調査を実施し、VC の技術系スタートアップ企業への投資に関する意識を調査した。調査によると、技術系スタートアップ企業への投資は増えてはいるが、投資に対するリターンの変動が大きく、評価の難しさがある上に、より高度なガバナンス、モニタリングが必要である事を挙げている。また、回答者のほぼ半数が技術系スタートアップ企業の提案のうち 1%にしか投資しないと回答しており、技術系投資における情報の非対称性に由来していると推測している。そして、技術系スタートアップ企業への投資は、経営の質、知的財産保護、市場規模のポテンシャルの面で非技術系スタートアップによりも問題があると考えていることを示している (Lockett et al. 2002)。

マイク・ライトらは、大学発スタートアップ企業に絞って投資行動について研究を行った。資金需要側として 124 大学、11 機関の技術移転機関にアンケート調査と聞き取り調査を行い、資金供給側として英国の 56 社の VC にアンケートを送付し 27 社から回答を得た。また欧州の VC 65 社に直面調査を行い、資金調達、資金共有の状況について調査を行い、大学発スタートアップ企業が VC を引き付けるための問題点と解決策を明らかにした。そこでは大多数の VC はシードステージ以降、特に PoC を獲得した段階での投資を希望していることが分かった。また、ファイナンスを受ける前に特許の保護ができていたり、提案の質、市場へのアクセス、市場規模、開発段階、プロトタイプの有無が VC の投資判断に影響を与えることを述べている。更に、ライトらは VC の人的資本の観点から、VC は技術の不確実性を理解できないとしている。調査によると技術系スタートアップ企業に投資する VC 25 社の投資担当役員のうち、技術関連の博士号を持つものは平均 14%に過ぎず、技術系大学・大学院出身者に広げても 29%しかいない。すなわち技術系スタートアップ企業に投資する VC の経営陣の 70%以上が高校以上の理系教育を受けておらず、科学的知識を理解しているかどうか分からないという問題を提起している (Wright et al. 2006)。

このように、アカデミアの研究成果をもとにしたスタートアップ企業が VC から投資を受けるためには、VC が評価できるよう情報を整理し、情報の非対称性を解消し、投資に関

する取引コストを下げる事、PoC を獲得し、提案の質を上げる事が必要である。不確実性の点では、アカデミアの研究成果をもとにしたスタートアップ企業への投資は投資期間が長くなり、経済的インセンティブが低いことがあげられる。米国国立標準技術研究所(NIST)の報告によると発明をイノベーションに変えるには10年はかかるとしている。さらに技術の不確実性は投資家が理解できず、市場の不確実性は定量化が困難であるため、開発初期段階の投資には高いリスクと不確実性が存在するとしている (Branscomb and Auerswald 2002)。

このような先行研究から、アカデミアは VC が抱く技術の不確実性を解消させることは難しいとしても、マーケットでの技術の競争優位性などの観点からの情報を提供し、VC ができる限り不確実性を理解できるように努める必要がある。

2.8. 先行論文に対する本研究の位置づけ

これまで述べた先行論文は、アカデミアの研究成果を事業化するに際して発生する諸問題を明らかにしている。

まず、第一にアカデミアの研究成果は非対称情報であり、情報の非対称性が生じる可能性がある。情報の非対称性は共同研究を実施する場合においては、研究を遂行するにつれて、当初企業の想定した研究目的と、アカデミアの研究している内容が異なっていくという一種のプリンシパル=エージェント問題を発生する可能性があることが明らかになっている。また、アカデミアの研究成果をもとにスタートアップ企業を設立する場合においては、アカデミアと VC との間の情報の非対称性はアドバースセレクションを発生する可能性があるため円滑に投資が行われない可能性があることも明らかになっている。

また、アカデミアの研究成果は非対称情報であることから、共同研究先の企業や VC が十分な理解を得ることが難しく、活用ができるか明確にならないという不確実性も伴うことも明らかになっている。また先端的で暗黙知的で研究環境に依存する可能性の高いアカデミアの研究成果は、粘着性の高い技術であり、技術移転の実施するにあたっては情報の粘着性が作用することも明らかになっている。

事業化を目指した産学共同研究の事例研究では、コーディネーターや研究者、企業担当者の熱意や連携といったプレイヤーの行動や役割に収斂しているものが多い。一方で、具体的にプレイヤー間でどのような知識共有があったのかについては明らかではない。

アカデミアの研究成果をもとにしたスタートアップ企業を立ち上げることに関する研究では、初期の資金獲得に失敗する原因を研究し、スタートアップ企業と VC の情報の非対称性を課題として指摘している。また、それらの研究では、スタートアップ企業に投資するためのデューデリジェンスを行うためには VC 側の知識が圧倒的に不足していることを述べている。一方で、適切な知識共有の方法については述べられていない。

本研究は、プロジェクトマネジメントにフォーカスし、PoC という観点から産学共同研究プロジェクトやスタートアップ企業の設立に向けたプロジェクトを分析することで、研究成果の事業化を実現するための知識共有について明らかにする。これにより、産学共同研究を通じた研究成果の事業化を実現する場合においては、これまで明らかでなかったプレイヤー（本研究ではステークホルダーとしている）の知識共有の方法を明らかにすることができる。また、スタートアップ企業を設立し研究成果の事業化を実現する場合において、これまで述べられていなかったアカデミアと VC との知識共有の方法について明らかにすることができる。

また、これまでの研究では、産学共同研究とスタートアップ企業の設立は別の分野の研究として捉えられていた。今回の研究では、アカデミアの研究成果の事業化に向けた共同研究も、事業化を実現するためのスタートアップ企業の設立に向けたプロジェクトも、同じ PoC という観点から分析することで共通のフレームワークでアカデミアの研究成果の事業化を論ずることが可能となる。

2.9. まとめ

本章では今後の議論に必要な先行研究を 6 つの観点から紹介し、本研究の位置づけを明らかにした。共同研究を活用し既存企業への技術移転を通じた研究成果の事業化においても、スタートアップ企業の設立を通じた研究成果の事業化においても重要なことは、情報の非対称性を低減させ、粘着性や不確実性を解消し、ステークホルダー間の知識共有を図ることである。以降は同観点に立って、分析フレームワークを提案し、研究成果の事業化について分析を加える。

第3章 分析フレームワークの設計

3.1. フレームワークの設計

1.3で示したとおり、本研究では、アカデミアの研究成果の事業化を実現するために、ステークホルダー間でどのように知識共有が行われたのかについて事例を分析し考察する。分析対象としては、アカデミアの研究成果の事業化のための産学共同研究と、アカデミアの研究成果を活用したスタートアップ企業を設立するためのプロジェクトを対象とする。また、分析対象とするステークホルダーについて、前者はアカデミアと共同研究を実施する企業、後者はアカデミアとVCとする。

本章では、研究成果の事業化の実現にむけて、ステークホルダー間で行う知識共有のプロセスを分析する観点、すなわち分析フレームワークを提案する。分析フレームワークの設計では、先行研究においてどのような分析フレームワークが採用されているかを調査した上で、本研究の分析フレームワークを説明する。

まず、産学共同研究による研究成果の事業化の成功要因の分析をおこなった先行研究では、次のようなフレームワークを設定して分析をしている。

飯泉らは、事業化に成功するには「他に先行する特許をもっていること」「特定企業との間で深く継続的かつ集中的な共同研究をおこなっていたこと」が必要であると仮説を設定した。そして、それを説明するために「パテントスコア」「特定企業シェア」「長期継続連携度」「特定期間集中度」を分析指標として設定し、国立研究機関と民間企業の共同研究から生まれた特許を分析し、当初の仮説を証明した(飯泉ほか 2016)。共同出願特許という観点から定量的に共同研究の成否を分析する枠組みとしては適しているが、具体的にどのように両者間で知識共有が行われたかを定性的に分析する枠組みとしては適さない。

北村らは、大学と中小企業が連携した事例を分析し成功のキーポイントがどこにあるかを明確化する事を試みた。分析においては「基盤」「研究」「開発」「事業化」の4つに分け、大学と中小企業の活動をそれぞれのフレームに分ける2×4のフレームワークで分析した。「基盤」についてはそれぞれが持つリソースが記載され、「研究」「開発」「事業化」については活動が記載されている。北村らのフレームでは、共同研究は「開発」のフレームに集約されており、それ以外は大学、中小企業の単独の活動、リソースとして記載されている(北村ほか 2007)。一方で、同研究結果として提案している「産学連携事業化ステージマップ」では共同研究を「研究」、「事業化」に渡る活動としているが、共同研究を「開発」のフレー

ムに集約した事例分析結果との関連性が明確でないことや、共同研究の前後でどのように知識の共有が起こったかといった、知識共有の観点からの分析はできない。

佐藤らは、大学と地元の工業会を通じた地元中小企業との産学共同研究において成功事例の分析を行うにあたっての研究開発体制の構築に絞り、「情報の共有」「意思の確認」「共有情報からの目標設定」「目標の具現化」という4つのフェーズにわけ、それぞれ「学内の意思統一」、「学外の連携調整」を記述する2×4つのフレームワークで分析した（佐藤ほか2017）。しかしながら、このフレームワークでは研究体制の構築までしか分析できず、実行時においてアカデミアと技術移転先の企業が産学共同研究を通じて、どのように知識共有を進めたかなどは分析できない。

丹野らは、4つの事例をもとに産学連携の達成要因を分析しているが、フレームワークを導入し一定の観点から分析したものではない（丹野ほか2006）。

このように本研究の目的の1つである、事業化を目的とした共同研究の実行時におけるステークホルダー間の知識共有を分析する方法として援用できるフレームワークは、管見の限り見つけることができなかった。

次に、スタートアップ企業を設立して研究成果の事業化の成功要因を分析した先行研究では、次のようなフレームワークを設定して分析をしている。

新藤晴臣は、先行研究から大学発スタートアップの分析フレームワークの作成を試みた。新藤はフレームワークの作成において、大学発スタートアップ企業の成長段階を大学の発明をベースにプロトタイプが開発される「技術開発段階」、プロトタイプをベースに事業化が行われる「事業開発段階」に分けた。更にその段階を構成する要素としては「発明家」「技術特性」「知的財産」「起業機会」「起業家」「事業コンセプトと計画」「資源」「大学」「法律・政策」の9つの構成要素を定義した。そして、「技術開発段階」では「発明家」「技術特性」「知的財産」が結びつき双方向に作用し、これらが「起業機会」と結びつくことで、起業が可能になるとした。そして、「事業開発段階」では「起業機会」「起業家」「事業コンセプトと計画」「資源」の4要素が結合し、事業が展開するとした。更に大学発スタートアップにおいては背景要因として「大学」「法律・政策」が影響するとした（新藤2005）。新藤が提案したフレームワークの構成要素は、大学発スタートアップ企業の設立のメカニズムを抽象化したモデルとしては洗練されている一方で、新藤は具体的な3社の大学発スタートアップ企業を分析した研究では、当該フレームワークを紹介しているものの、比較分析においては9つの構成要素を「トップ体制」「技術開発」「事業開発」「ネットワーク」「法律・政策・

制度」の5つに纏めて分析をした(新藤 2008)。しかし、シェーンが指摘したようなアカデミアと VC などのステークホルダーとの情報の非対称性の解消については触れられておらず、その知識共有の方法についても明らかになっていない。また、フレームワークはスタートアップ企業の設立に着目しており、アカデミアと既存企業との技術移転については言及されていない。

本研究では研究成果の事業化を実現するにあたって、産学共同研究、スタートアップ企業の設立のどちらの方法においてもステークホルダー間の知識の共有が重要な要素であると捉えている。そこで研究成果という知識を共有するフレームワークとして、両者に共通する分析フレームワークを提案する。

産学共同研究においてもスタートアップ企業の設立においても、提供する製品やサービスの事業可能性を確認することは重要な活動である。そこで事業化において重要となる PoC を観点としたフレームワークを設計し、アカデミアと企業で産学共同研究が行われ、技術移転に成功し事業化が実施された事例、アカデミアと VC で起業に向けたプロジェクトを共同実施した事例における知識共有・移転を分析する。

3.2. PoC の定義

PoC は、事業化の過程として非常に重要なステップの1つである。2.3の先行研究でも紹介したとおり、多くの研究では PoC は初期段階にあるアイデアや技術の事業化、実用化の可能性について証明するものとして定義されていることと、静的な技術の事業化が証明された状態と捉えるか動的な証明プロセスと捉えるかが混在していることも示した。

本研究ではそれらを明確に区別するために、PoC は事業化の実現可能性が証明された状態とし、そのような状態を達成することを「PoC を獲得した」と表現することとする。また、PoC を獲得するための様々な活動を「PoC プロセス」と表現することとする。

さて、先行研究では、PoC は主に技術的な側面での事業化の実現可能性について議論されていた。プロトタイプやモックアップ、MVP と呼ばれる価値提供を可能とする最小限の製品の製品を作ることで技術的な実現可能性は検証できる。

しかしながら、実際には技術面で PoC を獲得できたとしても、ビジネス的に事業化できるかどうかは別の議論である。すなわち、市場があるか、その市場を獲得できるか、代替技術に対して十分な優位性を確保できるかなど、技術が市場に受け入れられるためにはビジ

ネス上の PoC の獲得が必要となる。そのためには PoC を単に技術的な証明としてとらえるだけでなく、ビジネスの仮説検証を PoC の観点に加えることは不可欠であると考えられる。

そこで、本研究では PoC に技術的検証だけでなく、ビジネス的な検証を加えた概念を適用する。すなわち、PoC を技術的 PoC (Proof of Technical Concept、以下 PoTC と呼ぶ) とビジネス的 PoC (Proof of Business Concept、以下 PoBC と呼ぶ) の 2 つの観点に分解して定義する。

また、PoC を獲得すれば技術的やビジネス的な事業化の可能性を証明したことになるため、PoC にはステークホルダー間の情報共有を促す機能があると考えられる。具体的には、事業会社や投資家へ事業化の可能性を伝えるツールとして利用できる。

よって PoC プロセスを情報・知識共有の手段と捉え、その過程を情報・知識共有のフレームワークとして利用する。3.3 ではフレームワークの詳細について説明する。

3.3. PoC フレームワーク

これまでの議論から今後の分析に利用するフレームワークとして利用する PoC フレームワークを表 3-1 に示す。

PoC フレームワークは、PoTC、PoBC の 2 つの観点と、PoC プロセスの実施前、実施中、実施後の状態で構成される。

3.2 でも述べたとおり、事業化の実現においては技術的な実現可能性だけでなく、ビジネス的な実現可能性を考慮することが重要である。よって、PoTC と PoBC の 2 つの観点からの分析を加える。

更に、PoC プロセスは「計画 (Plan)」「実行 (Do)」「評価(See)」の 3 ステップで記述する。この 3 ステップは経営活動をマネジメントする方法の 1 つとしてアルビン・ブラウンによって提唱された PDS サイクルから引用した。PDS サイクルは、計画段階 (Plan) で目的に向けた計画 (具体的目標) を立案し、実施段階 (Do) でその目標に向けた計画を実行し、評価段階 (See) で実行結果の評価と見直しを行い、再度、計画段階に戻り経営活動のマネジメントを実行するものである (Brown 1947=1963)。本研究においては、産学共同研究やスタートアップ設立の検証を目的としたプロジェクトの 1 サイクルを分析対象としている。しかし、産学共同研究もスタートアップ設立の検証プロジェクトも複数回行うことが

表 3-1 : PoC フレームワーク

		PoC開始前の状態 (課題、目的など)	PoCプロセスのステップ			PoC終了後の方向
			(解決のための計 画:P)	(計画の実施:D)	(計画の評価:S)	
概念 実証 プ ロ セ ス	技術的概念実証プ ロセス (PoTC)	(Pre-PoTC) 研究開発開始以前の 研究の状況、創出さ れたIPやIP戦略。 技術的に不確実な情 報。	(PoTC-P) 具体的研究開発計 画、目標、PoCに よって実施されるIP 戦略。	(PoTC-D) 研究開発実施中の研 究状況、IP戦略の実 施状況。	(PoTC-S) 研究開発計画終了時 の評価 (到達度、新 規課題の発見な ど)、IP戦略の評 価。	(Post-PoTC) 終了後の技術的な 課題に対する対 応。取得したIPの 活用戦略。技術的 に不確実な情報の 解決状況
	ビジネス的概念実 証プロセス (PoBC)	(Pre-PoBC) 市場環境などから導 かれる課題や目標、 潜在ニーズ。 ビジネス実現の為に 不確実な情報。	(PoBC-P) 潜在ニーズ等をもと にした、商品、サー ビスの具体的コンセ プト、ビジネスモデ ルについての仮説。	(PoBC-D) 作られた仮説に対す る検証作業。	(PoBC-S) 仮説検証の結果。	(Post-PoBC) ビジネスモデルの 実施、もしくはモ デルの再構築、再 検討。ビジネス実 現の為に不確実な 情報の解決状況
情報の非対称性・粘着 性		PoC開始前のステ ークホルダ間の情報 の非対称性や特定の ステークホルダに粘 着した情報があるか。				PoC前の情報の非 対称性や粘着性の 解消状況。

出典：筆者作成

多い。よって、「点検」で修正し、再度 PDS サイクルを実施することが考えられる。本研究では複数サイクルの分析は対象外とするが、今後の拡張性も考慮し 3 ステップを採用することとした。

以下、PoC プロセスの各ステップに記載する内容について述べる。

- **PoTC-P (PoTC 計画ステップ)**

研究開発を通じて実施する技術的検証内容を記載する。具体的には計画（スケジューラや研究分担など）や性能目標（厚さ、軽さ、応答速度などといった物理的性能など）に加え、知財戦略（抑えるべき分野、特許化するかノウハウ化するか、国際出願を行うかなど）を記載する。

- **PoTC-D (PoTC 実行ステップ)**

研究開発の実行中の具体的行動を記載する。また知財戦略の実施状況を記載する。

- **PoTC-S (PoTC 評価ステップ)**

研究開発終了時において計画ステップにおいて立てた計画の検証結果を記載する。

一連のステップを行うことによって、性能目標を達成したのか、新たに発見された検証すべき課題や獲得した知財を記載する。

- **PoBC-P (PoBC 計画ステップ)**

製品やサービスに関する潜在的な顧客ニーズ、利用シーン、ビジネスモデル、価格などといった検討されたビジネスに関する仮説を記載する。

- **PoBC-D (PoBC 実行ステップ)**

PoBC-P で立てられた仮説の検証がどのように実施されたかを記載する。検証においては隠れたニーズを引き出すためのオープンインタビューや、プロトタイプや MVP (Minimum Viable Product) を使った顧客評価、専門家の反応、展示会など仮説の検証方法とその反応を記載する。

- **PoBC-S (PoBC 評価ステップ)**

PoBC-P で立てられた仮説の検証結果を記載する。仮説が成立する場合もあり得るが、例えば、当初想定していたユーザーではないところにニーズがあることが判明したり、当初想定していたビジネスモデルが修正されることなど、検証結果を記載する。

更に、PoC プロセスを進める前に、技術や市場の認識の状態や不確実性としてどのようなものがあるかを記述する欄 (Pre-PoTC、Pre-PoBC) と、PoC プロセスを終了した後に、技術や市場の認識や不確実性がどのように解消されたかを記述する欄 (Post-PoTC、Post-PoBC)、そして PoC プロセスを開始する前と後の状態において情報の粘着性・非対称性にどのようなものがあり、どのように解消されたかを記載する欄を用意した。

そして本研究では、実際に実施した産学共同研究プロジェクトやスタートアップ企業を設立するためのプロジェクトの事例に PoC フレームワークを当てはめることで、プロジェクトを PoC の観点からどのように進め、異なる組織間の技術移転がどのように解決されたかを可視化させる。

すなわち、PoC フレームワークを使用することで、プロジェクトの前後において情報の非対称性、粘着性が軽減されたか、技術や市場の不確実性が解消されたのかを明らかにして、ステークホルダー間でどのようにギャップが解消され、事業化の実現へ繋がったのかを明確化することができる。

3.4. まとめ

本章では今後の事例分析で活用するフレームワークについて先行研究等を検討したが、産学共同研究およびスタートアップ企業の設立を通じてアカデミアの研究成果を事業化する場合における知識共有を分析したフレームワークは管見の限り見当たらなかった。

そこで、先行研究においても確認された事業化において重要な概念である PoC を定義し、フレームワークとすることを考察した。考察では技術の事業可能性を検討する PoC を技術だけでなく、ビジネスの事業可能性も検討するものとして再定義し、技術的 PoC (PoTC) とビジネス的 PoC (PoBC) に分けることとした。

また、PoC を獲得するまでのプロセスを「計画 (Plan)」「実行 (Do)」「評価(See)」の 3 ステップで記述することで、事例の詳細化を行うことのできるフレームワークを提案した。以降、本フレームワークを使用して、事例分析を行う。

第4章 既存企業への技術移転を通じた研究成果の事業化

4.1. はじめに

本章では、SRQ1の「既存企業を通じてアカデミアの研究成果の事業化を実現する場合において、ステークホルダー間でどのように知識共有が行われ、事業化の障害となる何の解決に貢献したのか」について検討する。1.2.1で述べたとおり、アカデミアの研究成果からイノベーションを創出するための方法の1つが技術移転である。技術移転の方法としては技術指導などのコンサルティングや特許ライセンスなどがあるが、2.2でも述べたとおり、アカデミアの技術は粘着性が高く移転は容易ではない。そこで、事業化にむけた共同研究をアカデミアと移転先企業が一体となって実施することによって、技術移転を実現する方法がある。それらに対する先行研究は2.4で述べたが、知識共有・知識移転という観点から分析したものは管見の限り見当たらなかった。

そこで、本章ではアカデミアの研究成果を事業化するにあたって、事業化に向けた産学共同研究を行い、技術移転を実現する方法を対象にして、どのように知識共有・知識移転が行われ、それにより事業化の障害となる何を解決したのかを分析する。具体的には、事業化が成功した産学共同研究の事例に対して、3.3で提案したPoCフレームワークを使い分析する。

なお、事業化の成功をどこに設定するかは非常に難しい問題である。研究成果を社会実装するには1.1.3で説明した通り様々な障害が存在する。「魔の川」といった研究成果を市場ニーズにあった製品にするための障害、「死の谷」といった製品を事業として立ち上げるための調達、生産、流通の体制構築や、それを実現するための資金調達の障害、「ダーウィンの海」と呼ばれる競合他社との競争や既存製品との差別化の確立といった障害がある。そこで、本研究における技術移転を通じた事業化の成功は「魔の川」「死の谷」に焦点を当て、アカデミアの研究成果を活用し、商品、製品が上市したことや、もしくは量産体制が整ったことなどを指すものとする。

1.1.3でも示したとおり、アカデミアの研究成果は基礎研究に近く、暗黙知的であり、特定条件下で生まれるチャンピオンデータであることも多く、高い粘着性を持つために情報・知識の共有が困難である。また、アカデミアは技術を成熟させるための課題や、高い性能を出すための前提条件などの多くの非対称情報を持つため、研究成果の送り手（すなわちアカデミア）と受け手（すなわち既存企業）との間で情報の非対称性が存在する。その結果、受

け手は、その研究成果の事業化が実現できるかという評価が困難となり、技術と市場の両面で不確実性を持つ。

更には、基本的には学術的に高い評価を得る研究成果を出したいアカデミアと、事業化を目的とした安定した研究結果（例えば、一定の環境下で卓越した性能を示す研究成果でなく、より広い環境下で適度に高い性能を示す研究成果）を出したい企業との間には、潜在的に目的の不一致が存在し、研究の方向や進捗が分かりづらいという情報の非対称性もあることからエージェンシー問題が存在し、共同研究の実施にあたっては潜在的な課題が存在する。

すなわち情報の粘着性と情報の非対称性、技術と市場の不確実性の解消、目的の不一致に基づくエージェンシー問題を、どのように解消するのが研究成果を事業する場合において重要となる。

本章では事業化された2つの産学共同研究事例、産業総合研究所（以下、産総研）と日本ゼオン株式会社（以下、日本ゼオン）による単層カーボンナノチューブ（以下、単層CNT）の共同研究と、北陸先端科学技術大学院大学（以下、北陸先端大）とグローリー株式会社（以下、グローリー）による音声プライバシー保護技術の共同研究を対象とした。

2つの事例については次のような異なった特徴があり、分析対象として妥当であると考ええる。

- 本研究で対象とするアカデミアは大学に限らず、公的研究機関など対象を広く捉えている。今回の事例は北陸先端大と産総研という2つの異なる組織の産学共同研究事例でありアカデミアと企業との知識共有を示すにあたって適切であると考ええる。
- 単層CNT技術については、量産に移行した場合、大規模なプラントが必要となり大規模投資が必要となるタイプの研究である。一方で、音声プライバシー保護技術については、ICT技術であり、実現において比較的小規模の投資で十分なタイプの研究である。このように、事業化においての投資規模の異なる研究を対象とすることは価値があると考ええる。

単層CNTの事例収集については、公知データを収集し整理した上で、単層CNTのプロジェクトを知る当時の産総研の理事・企画本部長に2021年3月16日から3月23日に渡り6往復のメールのやり取りにて確認を行った。音声プライバシー保護技術の事例については、公知データを収集し整理した上で、2020年8月12日14:00から15:02の62分間、オンラインにて大学産学連携本部部門長（事業化当時、担当コーディネーター）、また2020

年 8 月 21 日 14:00 から 15:00 の 60 分間、アカデミア側の研究者代表者に非構造化インタビューを実施した（表 4-1）。

表 4-1：調査対象者と調査方法・期間（技術移転）

属性	調査方法	調査実施日／期間	時間／メール数
元産総研理事・企画本部長	メール	2021/3/16～3/23	12 通
大学産学連携本部部門長	面接	2020/8/12	62 分
大学研究者（研究代表者）	面接	2020/8/21	60 分

出典：筆者作成

4.2. 事例 1: 単層カーボンナノチューブの事業化

4.2.1. 事業化事例

単層 CNT は、1993 年飯島澄男氏と IBM により構造が解明された炭素原子が蜂の巣格子状に結合し、筒状になった構造を取るもので、軽量で強度が高く、熱伝導性、電気伝導性に優れた素材である（畠 2016）。しかし、単層 CNT は多層 CNT 比べ合成効率の低さに問題があり、本格的な商用生産へつなげることができずにいた。産総研は、NEC、富士通等の企業とともに、2002 年、NEDO の支援の下、飯島氏をプロジェクトリーダーとした「ナノカーボン応用製品創製プロジェクト（2002～2005 年度）」をスタートし単層 CNT の効率的な量産技術の研究開発を開始（新エネルギー・産業技術総合開発機構 2012a）し、2004 年、従来の合成法と比較して、数百倍の成長効率を持つスーパーグロース法と呼ぶ画期的な合成法を実現した（産業技術総合研究所 2015）。

更に、単層 CNT の事業化を実現するにあたっては、スーパーグロース法を用いた大量合成にかかる生産コストを低減することが課題となっており、畠賢治氏を中心とする産総研は NEDO の支援を得て、共同研究先の日本ゼオン、日本ケミコンとともにスーパーグロース法を用いた単層 CNT の量産技術の開発と、単層 CNT を用いたスーパーキャパシタの開発を行う「カーボンナノチューブキャパシタ開発プロジェクト（2006～2010 年度）」を開始した。本事例研究では、特に産総研と日本ゼオンで行ったスーパーグロース法を用いた単層 CNT の量産化の研究を中心に分析する。

当時、日本ゼオンは CNT については全くの未経験であったが、取締役を務めていた荒川公平氏が日機装株式会社に在籍していた 1983 年当時、「気相成長炭素繊維」と呼ばれていた CNT の開発に関わっていたこともあり、本研究の参画に積極的でありプロジェクトへの

参加を決定した（産業技術総合研究所 2015）。研究開発は、「産総研が課題を解決する手法を開発し、日本ゼオンが、手法の大面积化、連続化技術および生産技術を開発するという、役割分担」（畠 2016）ですすめられた。

荒川氏、畠氏が量産化の課題と考えていた点は2点で、1点は基板の大面积化、もう1点は合成装置の連続運転であった。これらの課題を解決するには、基板表面に触媒となる鉄の超微粒子を均一につけた状態で高温の電気炉内に入れること、また、基板の表面への鉄の触媒をつける方法として、従来のスパッタリングに変わる方法であるウエットコーティングを導入することが必要であった。そして、これらを実現するために必要な、電気炉内の気流安定化する技術、触媒を均一に形成できる技術に長けた技術者が、日本ゼオンから産総研に派遣され計画は実施された（新エネルギー・産業技術総合開発機構 2016）。2007年、電気炉内の気流安定化とウエットコーティングが実現し、2007年に9cm角の基板を使った連続運転可能な電気炉の開発が完了し、理論的に生産コストを1000分の1にできることが明らかとなった。その後、2009年度補正予算を活用し、研究成果をもとに産総研内に50cm角基板に対応した量産実証プラントの建設稼働を実現した（新エネルギー・産業技術総合開発機構 2012b）。

NEDOの下によるプロジェクト終了後は、2010年、単層CNTおよびナノカーボン複合新材料の実用化を目的として、産総研、日本ゼオンを中心とした複数の企業による技術研究組合「単層CNT融合新材料研究開発機構」が設立され、単層CNTの実用化研究が進められることとなった。ここでは、キャパシタ用電極材料への応用に向けた高容量化、シリコンに変わる半導体素子などの事業化研究を続けることとなった。また2015年、日本ゼオンはスーパーグロース法を用いた単層CNTの商用の量産工場を建設した。

4.2.2. 分析結果

4.2.1で示した単層CNT開発の全体のうち、産総研と日本ゼオンが行った「カーボンナノチューブキャパシタ開発プロジェクト」に対して、表3-1で示したPoCフレームワークを適用した分析結果を表4-2に示す。

PoCプロセス開始前の状態では、技術的には画期的な単層CNTの製造方法であるスーパーグロース法が確立していたが、量産技術が未開発だったこと（Pre-PoTC）、そのため単層CNTは高コストで事業ベースに乗らないこと、単層CNTの具体的アプリケーションが想定されていなかったこと、事業化組織がなく技術が産総研という研究所内に留まっていたこと（Pre-PoBC）などの課題が存在していた。よって、研究機関である産総研がイノベ

ーションに貢献するには研究所内に留まっている研究成果を、開発、設計、製造などの事業化機能を持つ適切なプレイヤーに技術移転する必要があった。

表 4-2：単層 CNT 開発の PoC フレームワーク分析結果

	PoC開始前の状態 (課題、目的など)	PoCプロセスのステップ			PoC終了後の方向	
		(解決のための計画:P)	(計画の実施:D)	(計画の評価:S)		
概念実証プロセス	技術的概念実証プロセス (PoTC)	(Pre-PoTC) ・産総研は先行研究により画期的な独自手法(スーパーグロース法)は確立していたが量産技術としては未開発。 ・産総研はスーパーグロース法など製法特許の保有。	(PoTC-P) ・基板の大面积化(4cm⇒A4サイズ)。 ・合成装置の連続運転の実現。 ・製法特許と共同研究先との共有特許を中心にキー特許を出願するIP戦略。	(PoTC-D) ・日本ゼオンとの共同研究の実施「気流安定化のための流体シミュレーションの専門家」ウェットコーティングを実現するための「触媒の専門家」が参加。	(PoTC-S) ・気流安定化、ウェットコーティングの実現⇒9cm角の基板を使った連続運転が可能となった。 ・IP戦略では他機関に比べてパテントスコアの高い強い特許出願が実現。	(Post-PoTC) ・量産実証プラントの開発。 ・強い共同研究特許の創出と共同利用の実現。 ・単層CNTの実用化研究を行う技術研究組合複数企業で設立し事業化を加速。
	ビジネス的概念実証プロセス (PoBC)	(Pre-PoBC) ・技術は画期的だが事業ベースだと高コスト手法。 ・単層CNTのアプリケーションはない。 ・産総研には事業化組織がなく技術は研究所内に留まっている状態。 ・装置産業でありインフラ投資が必要であったが産総研では不可能。	(PoBC-P) ・単層CNTの低コスト化の実現。 ・キャパシタとの電極材料(活性炭)の代替品として活用し高性能キャパシタの可能性提示。	(PoBC-D) -	(PoBC-S) ・理論的に1/1000のコストダウンが実現。	(Post-PoBC) ・日本ゼオンが量産工場を建設、稼働。
情報の非対称性・粘着性	産総研には単層CNTに関する技術蓄積があった。一方日本ゼオンにはCNTにする組織的な技術知識はなく、キーマンの荒川氏のもつ20年前の研究経験のみ。				産総研のスーパーグロース法の技術が日本ゼオンに移転、日本ゼオンを中心とした事業化への道筋ができた。	

出典：筆者作成

そこで Pre-PoBC での課題を解決するために、量産化による単層 CNT の低コスト化と、高性能キャパシタとしての応用の実現が PoBC-P の目標として掲げられられ、日本ゼオン、日本ケミコンというパートナーを獲得し、NEDO の支援の下、プロジェクトを開始した。

事業化の目的である PoBC-P を実現するために、基板の大面积化や合成装置の連続運転の実現が技術的課題として浮かび上がり、技術的な解決の計画が立てられた (PoTC-P)。特にプロジェクトの最初から事業化を目的として、製造コストを下げる為の課題を集中的に研究したことは事業化に大きく貢献している (産業技術総合研究所 2015)。また本プロジェクトは、基盤的な材料開発のプロジェクトである「カーボンナノチューブキャパシタ開発プロジェクト」(新エネルギー・産業技術総合開発機構 2017) に記されている「中間達成目標」「最終達成目標」によると、①「層の数が1層で、外径が1nm~5nmの配向した単層カーボンナノチューブ…生成物の比表面積が1,200 m²/g 以上…」で「構造体の高さ(長さ)が10mm以上の単層カーボンナノチューブを生成する技術を開発する」、②「成長効率(生成物/触媒重量比)200,000%以上、投入炭素原料に対する生成物収率10%以上、成長速度0.06g/h・cm²以上、もしくは1,000g/日の生産量の合成技術を開発する」、③「カーボンナノチューブの高密度化技術、開口技術、成型技術、化学修飾等を組み合わせ、キャパシターの電極に適したナノカーボン材料を作製する」とされており、①が単層CNTの性状・特性目標を、②が量産性の目標を、③が応用製品への適用性の目標を示している。このことから、明らかに①②は材料メーカーの参画を、③は応用側からみた評価の必要性を想定しているものと考えられる。また、NEDO の材料系分野の研究開発プロジェクトについては、「必ずユーザー企業を入れて研究開発を行い、ユーザーとしての視点から技術进行评估する」という基本方針があり(元産総研理事・企画本部長)、その方針に基づき、同プロジェクトの「プロジェクト基本計画」は策定され、これが参加者間で共有されるとともに、荒川氏をリーダーとした研究者を結集する体制が PoTC-P で確立されている。

プロジェクトの実施においては、産総研だけではクリアできない技術的課題を解決するため、日本ゼオンの研究員が参加し(産業技術総合研究所 2015) 課題解決を進めることにより (PoTC-D)、電気炉内の気流の安定化やウエットコーティングが実現し、9 cm角の連続運転が可能となり (PoTC-S)、理論的に1000分の1のコストダウンが実現した (PoBC-S)。PoTC の獲得は、日本ゼオンの量産実験プラントの建設につながり、また単層CNTをベースとした実用化を促進する技術研究組合の設立へと発展した(Post-PoTC)。PoBC の獲得は、最終的には日本ゼオンが量産工場を建設し稼働させることへと進展した(Post-PoBC)。

産総研は研究機関であり、事業化を担うプレイヤーを獲得し、技術移転を実施することはイノベーションを創出するためには必須の条件であった。そのために PoC プロセスにおいては技術的な発想だけでなく、事業化において重要となる目標を設定すること (PoBC-P) からスタートし、それを具体的な技術的目標 (PoTC-P) へと展開し、事業化パートナーである日本ゼオンと共同研究を開始している。共同研究の開始時においては、基礎研究は産総研、量産化研究は日本ゼオンと明確な役割分担と責任あるプロジェクト体制を構築している。このことは、研究の目的をアカデミアと企業で共有することに繋がり、エージェンシー問題で現れる目的の不一致の発生を抑制している。

具体的には、スーパーグロス法を用いたプラントを建設すること、そのために製造コストを下げる為の課題を集中的に研究することという明確な目的を、アカデミアである産総研と事業化を実現する企業である日本ゼオンの間で共有させ、目的の不一致を抑制した。

また、スーパーグロス法については産総研独自の技術であり、情報の粘着性が極めて高い。今回の PoC プロセスでは、PoTC-D において技術の受け手である日本ゼオンが、技術者を産総研に派遣することで情報の粘着性の解消を試みている。すなわち、フォン・ヒッペルが挙げた粘着性の解消のための問題解決の方法の 1 つである、粘着性のある情報の場でイノベーションの解決活動を行うこと (von Hippel 1994) に、相当すると整理できる。また、企業側の技術者がアカデミア側に入って研究を進めることは、アカデミアの研究の進捗を企業側が把握することに繋がり、エージェンシー問題における情報の非対称性の解消につながると言える。

以上のように、①PoC プロセスの目的フェーズにおいて、事業化の目標を設定 (PoBC-P) し、それを技術目標に展開する (PoTC-P) というビジネスオリエンテッドな進め方、②PoC の実施時における情報の粘着性の解決、情報の非対称性の解消と目的の不一致の解消というエージェンシー問題の解決が PoC プロセス全体の成功に繋がり、技術移転が完了し、その後の量産化、事業化を実現することができたと言える。

4.3. 事例 2: 音声プライバシー技術の事業化

4.3.1. 事業化事例

音声プライバシー保護技術は、会話内容を第三者に聞き取られないようにする技術で、北陸先端大・赤木正人教授の研究室の基礎研究成果を応用し、赤木研究室とグローリーとの共

同研究の中から生まれた技術である。それまで音声会話を第三者に聞き取られなくするには、物理的な防音壁を立てる、ピンクノイズなどのマスキング音を出し打ち消すなどの方法が存在した。しかし、前者は大規模な工事を必要とするなど簡便性に欠け、後者はマスキング音がかなりの音量になるため、周りにうるささなどの不快感を与えることが否めなかった。本技術は、聴者に音の知覚的融合を引き起す、もとの音声に似た音（以下、防聴音）を発生させ、会話音声と防聴音が1つの音に聞こえることにより、会話音声を聞き取りにくくするという、これまでとは異なる視点の新しい技術であった（赤木・入江 2014）。グローリーはこの共同研究成果を事業化し、2011年に音声プライバシー保護装置として上市した。

以下、同技術の事業化経緯を説明する。産学共同研究が開始される2004年以前の1990年代後半、赤木研究室は、一般にカクテルパーティ効果と呼ばれる、複数の音の集まりの中から選択的に1つの音を抜き出す選択的分離知覚の手法の研究を行っていた。一方で、グローリーは1950年国産初の硬貨計数機を開発したメーカーで、銀行や病院・薬局などを主要顧客として、両替機や窓口の出納システム、磁気カードシステムなどのバックヤードシステムを手掛ける企業であった。2003年個人情報保護法の成立により、同社の主要顧客である銀行の相談窓口や病院・薬局などでは、カウンター業務におけるプライバシー保護が課題となってきた。同社はそれをビジネスチャンスと考え、音声プライバシー技術を使った汎用的な音声会話保護システムの商品化を企画、技術調査を開始し、各大学等を調査する中で赤木研究室とコミュニケーションを深めていった。そして、2004年より赤木研究室とグローリーは、カクテルパーティ効果の研究を応用した音声プライバシー保護技術の開発の共同研究を開始した。

両者の共同研究の分担としては、赤木研究室が音声処理アルゴリズムの開発を担当し、グローリーがリアルタイム処理を行うため、アルゴリズムの音声処理プロセッサ（以下、DSP）への実装や、集音装置、防聴音を発生させるためのスピーカーの開発などのシステム開発を担当した。共同研究は赤木研究室が、音声処理アルゴリズムをMATLAB言語（プログラム言語）を使った基本プログラムとして開発し、シミュレーションを行い、その基本プログラムをグローリーに渡し、グローリーは受け取った基本プログラムをベースにDSP上に実装するという流れで進んだ。開発中は1~2カ月に1回のペースで進捗状況や問題点の共有を行い、グローリーからは、基本プログラムを実装した場合の問題点が赤木研究室にフィードバックされ、フィードバックした課題をもとに赤木研究室が基本プログラムを改良しグローリー社に渡された。基本的アルゴリズムの特許は北陸先端大、グローリーの共同出願で出

願され、その他の周辺特許についてはグローリーによって出願された。

2009年頃までは同様のペースで研究が継続され、グローリーによりプロトタイプが完成、試験運用が開始された。プロトタイプの完成後は基本アルゴリズムの修正もグローリー独自で行い、試験運用期間は実際に銀行、病院、薬局といった顧客での試用を通じて、グローリーが独自に問題点を解決した。具体的には話者の音声の聴取方法の改善、マイクロフォンの選定、防聴音を発生させるスピーカーの選定や設置の調整など、環境依存性の高い部分の改善が図られ、2011年グローリーより上市され実際に販売が開始された。上市後、システムの設置において周辺環境との調整が必要なためセールスエンジニアが必要となることや、会話の判別は不可能であるが音としての違和感が存在することなどが課題として上がっていたが、音としての違和感の除去や環境による影響の調整は研究テーマとしても非常にハードルの高い課題であり、具体的な対応は実現できないまま商品の販売は終了した。

4.3.2. 分析結果

「音声プライバシー技術の共同研究」に対して表 3-1 で示した PoC フレームワークを適用した分析結果を表 4-3 示す。

共同研究プロジェクト（PoC プロセス）の開始前の状態としては、北陸先端大は複数音源の中から特定の音源を抽出する技術（カクテルパーティ効果を実現する技術）を保有していたが、当該技術の技術移転先は見つからないまま研究成果が研究室に存在していた（Pre-PoTC）。これは、本来の技術用途である複数音源中から特定の音源を抽出する技術という視点でニーズを探索していたからと考えられる。一方で、グローリーには個人情報保護法の成立という外部環境の変化から音声プライバシーが重要となるという顧客ニーズを敏感にくみ取っていたが、それに対応する技術や商品を保有していなかった（Pre-PoBC）。また、音声処理に関するコア技術についても保有していなかった（Pre-PoTC）。このように、大学は技術知識を持つが市場知識を持たず、企業は市場知識を持つが技術知識を持たないという知識の偏在があった。

本事例では、会話を聞こえにくくする簡便な汎用システムの開発を目指して、企業側が積極的に知識ギャップを埋めるための活動（技術調査）を行い、北陸先端大の技術を発見した（PoBC-P）。更には、北陸先端大の研究室とのディスカッションを通じ、複数音源中から特定の音源を抽出する技術を逆に適用し、特定の音源を複数音源中に紛れ込ませるといった技術の応用を発見した。ここでは大学の把握している技術知識と企業の把握している市場知識の交換と結合があり、新たな技術の利用方法が発見されている。

表 4-3：音声プライバシー技術の PoC フレームワーク分析結果

	PoC開始前の状態 (課題、目的など)	PoCプロセスのステップ			PoC終了後の方向	
		(解決のための計画:P)	(計画の実施:D)	(計画の評価:S)		
概念実証プロセス	技術的概念実証プロセス (PoTC)	(Pre-PoTC) ・J大ではカクテルパーティ効果を実現する技術(雑音下から特定の音声を取り出す技術)を研究していた。 ・J大の研究成果の技術移転先はなかった。 ・J大の特許等の出願はなかった。 ・G社には音声認識に関するコア技術が不足。	(PoTC-P) ・J大とG社で共同研究を計画 ・雑音の中に特定の音声を隠す技術(カクテルパーティ効果の逆)を実現する事での実現を目的とする。 ・J大は音声処理アルゴリズムの研究と実装の仕様を担当。(MATLABによる基本プログラム開発) ・G社は基本プログラムのDSPへの実装、集音装置、スピーカーを含めたシステムを開発。	(PoTC-D) ・J大からG社へは、基本プログラムの提供、G社からJ大へはDSP実装後の問題点をフィードバックするといったやり取りを通じて研究を実施。(1~2か月に1回のFoFで研究進捗の報告) ・アルゴリズム特許の共同出願。 ・G社は周辺特許を単一出願。	(PoTC-S) ・基本プログラムの完成。(J大) ・基本プログラムを元にしたDSP上のプログラムの実装完了。(G社) ・集音装置、スピーカー等を含めた試作機の完成。(G社) ・プログラム著作物の完成。 ・製品開発に必要な特許出願。	(Post-PoTC) ・J大の基本プログラムを理解し、DSP向けプログラムをG社で実装したことから、アルゴリズム自体が移転。G社単独で開発が可能な技術力を確保できた。
	ビジネス的概念実証プロセス (PoBC)	(Pre-PoBC) ・G社の顧客の銀行などはプライバシー保護の観点から相談窓口音声の漏洩に対応するソリューションを求めている。 ・G社は従来の防音壁などとは異なる簡便な方法として音響装置を使った方法を調査していた。 ・J大には製品開発能力やビジネスを展開する能力が不足。	(PoBC-P) ・G社は音響装置を設置することで、元の音声内容が分からなくする汎用システムを販売することを検討。 ・G社は積極的な技術パートナーの探索活動を実施。	(PoBC-D) ・G社は客先のデモ、展示会を通じてマーケティングを実施	(PoBC-S) ・G社は市場の必要性を認識。また、製品としての要件(装置の大きさなど)を収集。	(Post-PoBC) ・音声プライバシー保護システムのとして商品化は実現。販売開始(2011)。 ・会話の判別はできないが、音としての違和感が商品の技術課題として浮上。 ・設置においてチューニングが必要という販売上の課題として浮上。
情報の非対称性・粘着性	J大は音声処理技術の研究テーマはあり、共同研究の事例はあったが具体的な技術移転先、事業化事例はなかった。一方、G社には音声処理に関するニーズは存在したが、それを解決する技術的知識はなかった。				PoCの実施において、基本プログラム(アルゴリズム)という形式知として、また、研究情報の打合せを通じて相互に暗黙知(例:顧客フィードバック、プログラム以外の研究情報)を交換することで解消された。	

出典：筆者作成

その結果、両者は北陸先端大が保有する技術が、グローリーが想定するシステムの事業化に寄与する可能性を見出し、技術的な目標と役割分担(コア技術、アルゴリズム開発は北陸先端大、DSP上の実装やスピーカー、マイクなどの全体システムの設計はグローリー)を作成し、共同研究プロジェクト(PoCプロセス)が開始した(PoTC-P)。また、両者間の様々な技術知識の交換は、MATLAB言語で作成した基本プログラムという形式知と、実装

上の課題といった暗黙知をディスカッションという形でやりとりすることで、共同研究を進めた (PoTC-D)。その結果、アルゴリズムをベースとした基本プログラム、DSP 上のプログラム、及び試作機が完成 (PoTC-S) し、顧客候補先でのデモや展示会の出展などのマーケティング (PoBC-D) を通じて、事業可能性の確認を行うと同時に、設置先の環境に応じたチューニングが必要という新たな課題を発見することができた (PoBC-S)。

これらの PoC プロセス全体を通じて、アルゴリズムやプログラムといった形式知はグローリーに移転し、定期的な研究情報の交換を通じて、アルゴリズム自体を修正する暗黙的な能力もグローリーに移転 (Post-PoTC) され、実際の商品として上市を達成した (Post-PoBC)。上市後も、会話の判別はできないが合成された音としての違和感が存在する、といった市場からのフィードバックが研究課題の可能性として、グローリーから大学へフィードバックされた。(なお今回の事例では、カクテルパーティ効果の研究は研究室のテーマとしては終了していたため、当該フィードバックが新たな研究へ繋がることはなかった。)

本 PoC プロセスにおいては、エージェンシー問題で現れる目的の不一致を、PoTC-P で明確な役割分担を行うことと、技術的な目標を両者で共有することで回避している。すなわち、研究室が行うことは「防聴音を発生させるアルゴリズムを実験環境内で開発し、プログラムの形で引き渡すということ」と明確に定義することで、アカデミアの研究目的が企業の目的と繋がり、目的の不一致を抑制している。

また、定期的な研究情報の交換は、企業側がアカデミアの研究の進み具合を把握することができ、情報の非対称性を解消し、エージェンシー問題の発生を抑制している。

更には、情報の粘着性の面では、アルゴリズムを MATLAB 言語で作成したプログラムという形式知に変換することで解消を試みている。フォン・ヒッペルは、粘着性のある情報が複数の場に粘着しており、反復コストが高い場合、非粘着化への投資を行うことで解消できるとしている。そして、回路メーカーと半導体メーカーの関係を例に、半導体メーカーが CAD パッケージを開発し回路メーカーに提供することで、設計上の問題解決を回路メーカー自身が行えるようにインターフェースを標準化し情報の粘着性を解消した事例を示している (von Hippel 1994)。今回、北陸先端大は標準インターフェースを開発するまでの投資は行っていないが、防聴音を発生させるアルゴリズムをシミュレーション言語として一般的に利用されている MATLAB 言語のプログラムに落とし込むことで粘着性を解消させ、グローリーがアルゴリズムを DSP に実装しやすくし、またその後の変更も容易にできるような粘着性の解消を図ったと言える。

4.4. 考察

本章では、アカデミアの研究成果の事業化を目的としたアカデミアと企業が行う産学共同研究について、PoC フレームワークを活用して分析をおこなった。事例の分析から、事業化に向けた共同研究では、技術的な研究活動を進めることと同程度に、想定されるビジネスの実現性を検証することが重要であることがわかった。すなわち、研究成果を事業化するという観点からは、技術的な原理の実証だけでなく、ビジネスモデルの検証が不可欠である。そもそも、研究成果を活用して画期的な商品を上市しイノベーションを起こすためには、ビジネスと技術は密接な関連性があることから、これらを連携して考えることが必要であり、産学共同研究の企画段階でビジネス的なプランニングが重要となる。

具体的には、事業化を念頭においた共同研究を進めるにあたっては、PoBC-P において、ビジネス的な課題を中心とした目標設定をおこないステークホルダー間で共有し、それを起点として PoTC-P において、ビジネス的な課題を意識して技術開発における目標を明確化し、共有し、役割分担を行ってプロジェクトを開始した。そして、プロジェクトの実施中は頻繁な情報交換を行いながら研究を進めることで、産学共同研究で発生する情報の非対称性と目的の不一致というエージェント問題の原因の解決につなげていることが確認できた。

例えば、単層 CNT の事業化の事例では、PoBC-P において製造コストを下げる為の課題に集中すると目標を定めたことで、アカデミアと企業間で目的の不一致が発生することを回避した。また、音声プライバシー技術の事業化の事例では、PoBC-P で音声の内容が分からなくなるような汎用システムの開発に目標を定め、PoTC-P で技術的な目標に落とし込んだことで目的の不一致の発生を回避した。

本事例では、事業化の背景となる技術的な研究成果は、アカデミアに粘着性の高い情報として存在していたが、事業化に関するノウハウや市場の変化といったビジネス上の情報は企業に存在しており、情報が偏在していた。共同研究を実施するにあたっては、PoBC-P でビジネス上の目標を綿密に検討し明確化した後、PoTC-P で技術の目標への落とし込みと研究開発の役割分担が行われた。そのため、共同研究が終了した時点で当初のビジネス上の目標が解決できるだけの技術的成果に到達しているか否かの判断を明確に行うことができた。

例えば、ユーザーのニーズとしてプロダクトの軽量化がある場合、全体の軽量化の目標を設定することで、個々の部品の軽量化目標に詳細化し、技術目標に展開する。個々の部品の

軽量化目標を達成すればプロダクト全体の軽量化目標を達成し、軽量化というユーザーニーズを満たすことができる。但し、注意すべき点としては PoBC-P で設定した目標のすべてを PoTC-P で設定する技術目標として展開はできないことである。技術は必要条件ではあるがユーザーニーズを満たす十分条件ではない。

まとめると、今回の事例を分析した結果、事業化の実現を目的とした産学共同研究を実施する場合においては、PoTC と PoBC の 2 つの観点を導入し目標設定を行うことが有効であることが確認できた。そして、PoBC の目標設定プロセス (PoBC-P) で目標を設定し、ステークホルダー間で共有した上で、研究開発目標(PoTC-P)へ展開するという順序を辿ることで、共同研究における目的の不一致を解消することが可能であることも確認できた。また、プロジェクトの終了時に PoTC を獲得していることが PoBC の獲得へとつながること、定期的な情報交換やアカデミアと企業の研究者が同じ場所で研究を進めることも目的の不一致の解消にもつながり、エージェンシー問題の解決につながることも確認できた。

更に、今回の事例分析を通じて得たもう 1 つの結論は、研究成果という極めて粘着性の高い情報を、産学共同研究を通じて技術移転を行う場合において、2.2 で紹介したフォン・ヒッペルが示した粘着性の解決方法が有効であることが明らかとなったことである。

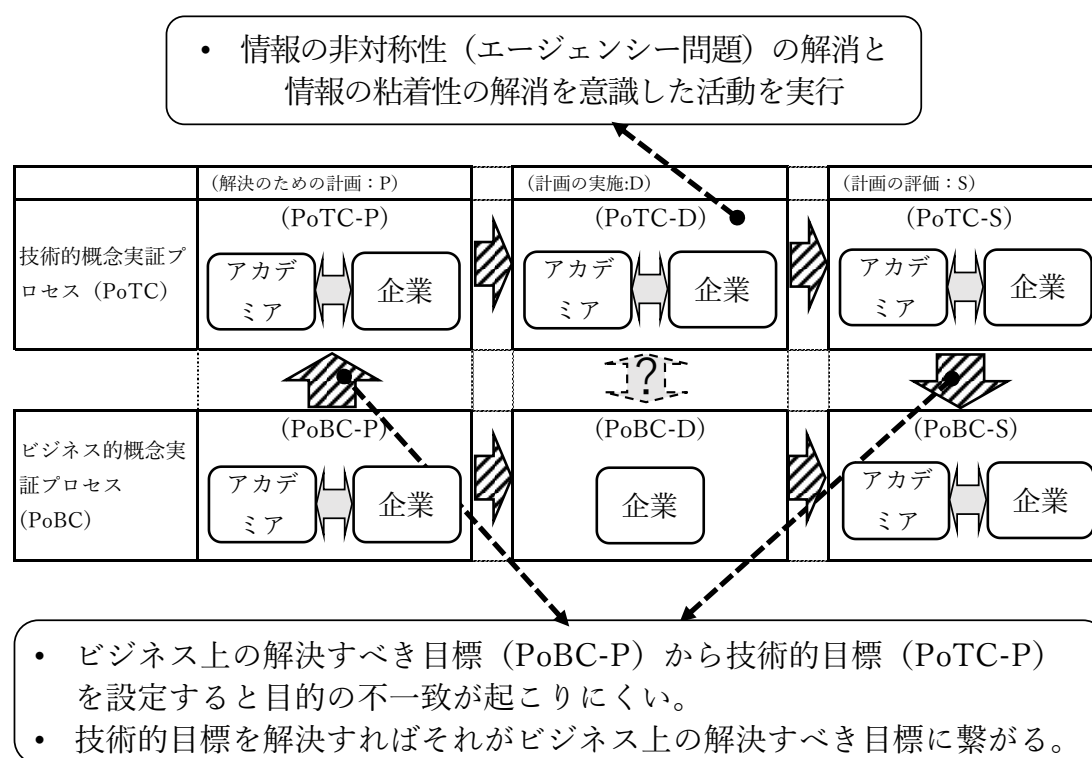
単層 CNT の例では「粘着性のある情報がある場所で問題解決活動を行うこと」というルールに従い、研究を実施するプロセス (PoTC-D) において技術の受け手である日本ゼオンの技術者が、産総研に籍を置くことで粘着性を解消した。この手法は、アカデミアに対して訪問研究者や客員研究員として、技術情報の受け手となる企業が人を送ることで、暗黙知を暗黙知として伝えることができ、粘着性を解消できることを示している。

音声プライバシー技術の例は「反復コストが高い場合は非粘着化を行うための投資を行うこと」というルールと捉えることができる。この事例では研究を実施するプロセス (PoTC-D) において、技術の送り手である北陸先端大が、アルゴリズムというノウハウを MATLAB 言語というプログラム言語にすること、すなわち共通のインターフェースに変換するという人的リソースによる投資を行うことで、技術の粘着性を解消した。このように共同研究において研究成果の受け渡しのインターフェースを標準化することで、粘着性の高い情報を移転することができ、北陸先端大はアルゴリズム開発に特化、グローリーはシステム開発に特化することができ、研究の切り口が一致し、計画が予想のつかない方向に向かうことを避けることができた。加えて、本事例では具体的な研究には進まなかったが、グローリーから北陸先端大には合成音の違和感の存在といった市場の課題、すなわち次の研究の

テーマがフィードバックされた。このようにアカデミアから企業、企業からアカデミアへの粘着性の高い情報の交換が行われることで情報の偏在が解消された。

以上の結果から今回の事例を通じて得られた SRQ1 の「既存企業を通じてアカデミアの研究成果の事業化を実現する場合において、ステークホルダー間でどのように知識共有が行われ、事業化の障害となる何の解決に貢献したのか」の回答について述べる。

改めて、PoC フレームワークを利用して事例分析を行ったまとめを示す。図 4-1 は表 3-1 の PoTC・PoBC プロセスの PDS の部分を抽出したものである。斜線の矢印は各フェーズの実施順を示したものである。灰色の矢印は知識・情報の交換、共有を示す。例えば PoTC-P フェーズではアカデミアと企業による知識、情報の共有や交換が行われたことを示している。破線は今回の分析によってそれぞれのステップで導き出された考察を示す。



出典：筆者作成

図 4-1：共同研究による技術移転を通じた研究成果の事業化

今回の分析により明らかになった点としては、ビジネス的な実現性を確認するための PoBC が事業化を目的とした産学共同研究では重要であり、プロジェクトの目標設定段階 (Plan フェーズ) で事業化の目標 (PoBC-P) をアカデミアと企業の間で共有し、技術開発

の目標 (PoTC-P) へと進めていることである。このプロセスによって共同研究の方向が事業化に関係するものに固定され、研究の内容が大きく変わってしまうことを抑制した。このことは、目標設定の段階(PoBC-P、PoTC-P)で目標と役割の共有が行われることが、産学共同研究におけるエージェンシー問題の原因の1つである目的の不一致の解消に貢献した。特にビジネス上の目標 (PoBC-P) を、アカデミアと企業の間で共有することがその後の事業化研究の成否に影響を与える。

また、PoBC を獲得するためには、ユーザーの存在、市場の大きさ、ユーザーニーズを満たす製品、サービスの開発などが必要である。事業化の目標 (PoBC-P) から技術目標 (PoTC-P) を設定することは、PoTC を獲得することで PoBC に含まれる技術的なユーザーニーズを満たすことに直接的に貢献することができた。

次に、研究の実行フェーズ (PoTC-D) を分析したところ、情報の粘着性の解消を行うために、フォン・ヒッペルの提案した情報の粘着性の解消方法 (von Hippel 1994) に沿った活動が行われていたことがわかった。事例では研究員の派遣を行い人的に同じ場所で問題解決を行うという方法、共通のインターフェースを設定して問題解決をおこなうという方法など、フォン・ヒッペルの示す様々な方法が、粘着性の解消に貢献し知識共有が行われていた。また、研究員の派遣や頻繁な情報共有は、情報の非対称性に基づくエージェンシー問題の解決に繋がり、研究が想定しない方向に進むことを抑制することに貢献した。

さらには、事業化を目的とした産学共同研究においては、情報の非対称性の創造的解消を行ったと言える。ここで、「創造的」と言うのは単に情報の非対称性を解消しただけでなく、そこから新しい成果、用途、課題を発見していることにある。例えば、北陸先端大とグローリーとの関係では、カクテルパーティ効果に関する技術の逆の活用方法の発見や、市場から得られた合成音の違和感などが新たな研究課題の可能性としてあげられている。

しかし、今回の事例分析では PoBC-D と PoTC-D の相互作用は明確にすることはできなかった。PoTC-D において企業とアカデミアの知識共有などが実施されていることを考慮すると、PoBC-D と PoTC-D で情報交換が行われたと考えることは自然であると考えられる。この点を明らかにすることは、今後の課題である。

4.5. まとめ

本章では事業化を目的とした産学共同研究のステークホルダー間の知識共有の方法につ

いて分析するために、成功した 2 つの事例を取り上げ、PoC フレームワークを使って分析した。事業化共同研究においては、PoBC が情報の非対称性を解消するために重要であり、PoBC による目標を立て、アカデミアと企業との間で共有し、その PoBC での目標を PoTC の目標へと展開することにより、産学連携における情報の非対称性が解消できることを明らかにした。また PoBC の目標と PoTC の目標を密接に関連づけることで、PoTC で解決した目標が PoBC と連動し、研究成果の事業化が推進される。

また、今回の事例では情報の粘着性の解消方法について、フォン・ヒッペルが述べた情報の粘着性の解消手段のうち、問題解決の場を 1 か所にまとめること、インターフェースを統一すること、すなわち粘着性を下げるために投資を行うことが有効であるということが分かった。これは、他の情報の粘着性の解消手段も有効である可能性があると考えられる。

更には今回、設計した PoC フレームワークは事例分析のためのフレームワークではあるが、分析結果は示唆に富んでいる。この示唆を実際の産学共同研究で生かす場合の方法については 6.2 で考察する。

第5章 スタートアップ企業の設立を通じたアカデミアの研究成果の事業化

5.1. はじめに

本章では SRQ2 の「スタートアップ企業の設立を通じてアカデミアの研究成果の事業化を実現する場合において、ステークホルダー間でどのように知識共有が行われ、事業化の障害となる何の解決に貢献したのか」について検討する。2.5 でも述べたとおり、アカデミアの研究成果をもとにスタートアップ企業を設立して、研究成果を事業化することは重要ではあるが、アカデミアの研究成果をもとにしたスタートアップ企業は「-2 ステージ企業」と言われるように、技術と経営チームの面で他のスタートアップ企業よりもハンディキャップを持つ。それらを解消するためには、VC などに代表される資金供給元からの資金調達が必要である。そこで、本研究では、特にアカデミアと VC というステークホルダーとの関係に着目して議論を行う。

本研究では、アカデミアの研究成果をもとにスタートアップ企業を設立することを目的としたプロジェクトを支援する公的プログラムに、2012 年から 2019 年の間に採用された 4 件のプロジェクトについて、公知データを収集した上で、プロジェクトを共同で実施した VC の代表取締役社長に 2022 年 06 月 29 日 19:07 から 20:01 の 54 分間、投資担当部長に 2022 年 07 月 21 日 17:59 から 19:24 の 85 分間、非構造化インタビューを行った(表 5-1)。そして、第 3 章で提案した PoC フレームワークを活用し、PoBC、PoTC の観点からどのような活動を行い、どのように知識共有が行われたのか、具体的には PoC の結果をどのように評価し、アカデミアの研究成果をもとにしたスタートアップ企業の設立や投資の可否を判断したのかを分析した。

表 5-1：調査対象者と調査方法・期間（スタートアップ企業の設立）

属性	調査方法	調査実施日	時間
ベンチャーキャピタル投資担当部長	面接	2022/6/29	54 分
ベンチャーキャピタル代表取締役	面接	2022/7/21	85 分

出典：筆者作成

具体的プロジェクトは進行中のものも多く選定が困難な中、半導体、医療機器、創薬、AI 技術と幅広い分野でかつ、起業したものと断念したもの、投資を実行したものと断念したものと特徴的な事業化事例を対象とした。なお、個々の事例に関しては現在進行中の事例が多いことから、インタビュー内容については開示できないため、要点をまとめたものとなる。

5.2. アカデミアの研究成果の事業化事例

5.2.1. 次世代データ復号システム LSI 技術の事業化

第一の事例は、次世代データ復号システム LSI 技術の研究を通じて獲得した LSI の回路情報などの知的財産を、半導体メーカーなどにライセンスすることを目的としたスタートアップ企業の設立を目的としたものである。同 LSI 技術はテレビやビデオといった家庭用電化製品等に使用されるものであり、当時の市場環境から需要が増加する見通しが立っていた。また、データ圧縮の次世代技術規格も標準化が進んでおり、次世代技術規格に対応した同 LSI 技術の早期の実用化も求められていた。

当時の同 LSI 技術の研究開発動向は、各国が次世代規格でのイニシアティブを獲得するための競争下であり、韓国などアジアでは国策として開発を推進しており、欧米も大学を中心として研究を進めていた。また、日本国内のメーカーも海外メーカーを凌駕できるよう開発を進めていた。なお、同 LSI 技術についての国内外のメーカーの開発状況については企業秘密であり、情報の取得や分析は困難ではあったが、学会や論文、知財など公開されている情報を比較した中では、当時のアカデミアの研究者の技術レベルは最高レベルにあった。

VC は、半導体事業は装置産業であり大規模な投資が必要であるため、スタートアップ企業のビジネスモデルは、スタートアップ企業は同 LSI 技術の研究開発を進め、そこで得られた知的財産（回路配置権など）を国内外の企業にライセンスするライセンス型のスタートアップ企業の設立を目指すこととした。

プロジェクトでは研究者は同 LSI 技術の研究を進め、VC は競合情報を収集しつつ、ライセンス先を調査、検討、開拓しビジネスモデルを確認することを目的として進めた。

しかし、プロジェクト実施中に VC は、他国の研究開発チームの実用化研究がプロジェクトチームの研究状況よりも進んでいるという情報を把握し、仮に研究者の研究開発が成功しても、ライセンス先が限定されてしまうため、ビジネスとしてのスケールアップは難しいと判断した。

そこで、VC はアカデミアの研究者とその後の方向性について議論し、プロジェクトの中止とその時点で知的財産の売却の方向性で合意した。研究プロジェクトは中止したが、知的財産は国内メーカーに売却する事ができた。

5.2.2. 生体由来の医療機器製造技術の事業化

第二の事例は、脱細胞化技術と滅菌技術を利用した生体由来の医療機器（脱細胞化生体組織）の開発を行う、スタートアップ企業の設立を目指したものである。脱細胞化技術とは、異種動物の生体組織や臓器から細胞成分を除去し、組織自体の構造や生体由来の細胞周囲成分を保持した臓器の型である脱細胞化生体組織を得るための技術であり、多くの製品が実用化されている（岸田 2018; 井嶋研究室 2021）。当初、アカデミアの研究者は当該技術を、人工心臓の開発を目的とした脱細胞化生体組織の開発に適用するために研究を行っていた。しかし、VCは当該技術を使用し、脱細胞化した人工心臓の開発を目的とした事業化を行うには時間がかかり、技術的ハードル、市場の心理的ハードルも高いと考え、他の組織に適用することを検討できないか打診していた。研究者は様々な生体組織の中から、人工腱の開発を目的とすることに変更し、VCもプロジェクトとして妥当であると判断し、プロジェクトを開始した。

プロジェクトでは、研究者は、未完成だった滅菌技術の完成を目指すと共に、医学部と共同で動物実験を行い、人工腱の強度や手術のプロセスを確認した。当初、ドナー動物としては豚を検討していたが、豚の腱は強度の面で課題あることが判明し、牛に変更するなど、様々な技術内容が確認され解決された。VCは、脱細胞化生体組織の原材料となる牛の腱（衛生管理がされ、トレーサビリティが確保されたもの）の安定供給ルートの確保、経営チームの組成の準備、参入市場の市場可能性などを検証した。

プロジェクトの終了時には滅菌技術は完成し、供給ルートの確保、経営陣の確保、十分な市場規模があることや、同技術は他の生体組織の脱細胞化組織を開発する場合においても有効であり、横展開が可能でビジネス的な優位性も高いことが確認され、スタートアップ企業の設立と、VCが運営するベンチャーファンドからの投資が決定した。

5.2.3. 薬剤候補のスクリーニング技術の事業化

第三の事例は、生体膜にある膜貫通型タンパク質に作用する化合物（薬剤候補）を特定するため、人工生体膜をマイクロチップに再現することで、大規模なスクリーニングを実現するスクリーニング技術を使ったスタートアップ企業の設立を目指したプロジェクトである。

VCはスタートアップ企業のビジネスモデルとして、人工生体膜をマイクロチップ上に再現した検査装置の開発・販売モデルではなく、成功報酬型のスクリーニングの受託ビジネスを検討対象とした。自社で、製薬会社がまだ保有していない膜貫通型タンパク質ライブラリ

と、それらに作用する化合物のライブラリの両方を取り揃え、それらに加えて製薬会社から一部化合物ライブラリも提供してもらうことで、医薬品の開発が進むにつれてマイルストーン形式で報酬を受け取るビジネスモデルである。

当時、細胞の生体膜（細胞膜）にある膜貫通型タンパク質に作用する化合物に関する研究は一巡しており、既に承認薬として出ているものも多かった。一方で、細胞内の小器官の生体膜にある膜貫通型タンパク質に作用する化合物のスクリーニングを、大規模にすばやく測定する技術は確立されておらず、技能者が人手で実験を行い確認するという作業を行っていた。市場性の面では、海外では細胞内の小器官に影響する薬剤を開発しているスタートアップ企業を、大企業が数百億で買収するという事例も出てきており、産業化の目途が立ちだしているという状況であった。

アカデミアの研究者は、当該技術の研究に対して10年以上の経験があり、マイクロチップを使った小規模のスクリーニング技術は確立していた。そこで、プロジェクトの目標は、スクリーニング技術の大規模化と、ユーザー候補となる製薬会社のリクエストに応えること、すなわち精度向上を実現することであった。後者の検証方法としては、製薬会社がすでに膜貫通型タンパク質に作用することが分かっている化合物を、本スクリーニング手法で発見できるかというブラインドテストを成功させることであった。一方で、VCはユーザー候補の開拓、サービス価格の確認、成功報酬型ビジネスの実現性の調査、研究成果のプロモーションのためのイベントなどの仕掛け、ビジネスチームの組成準備を担当した。

プロジェクト終了時にはプロジェクトの技術的な目標はほぼ達成し、ブラインドテストに対する製薬会社の評価は好評ではあったが、100%の再現性を達成するものではなかった。またビジネス面でも、サービス価格の確認、研究成果のプロモーション、医薬業界での評価としては十分なものを獲得したが、スケールアップが可能なビジネスである成功報酬型のビジネスモデルは、再検討が必要という調査結果となった。

しかしながら、他の公的資金の獲得の決定や、共同研究先からのシード投資の申し出があったことなど、追加の研究開発と事業化の検討を進めるための環境が整ったことから、VCは経営者を招聘し、VCの運営するファンドからでなくVC自身がリスクを負って出資をすることで、アカデミアの研究者とともにスタートアップ企業を設立し、事業化検証のプロジェクトを継続することとした。

5.2.4. 対話 AI 技術の事業化

第四の事例は、対話 AI 技術の事業化プロジェクトである。アカデミアの研究者は話者の意図を推定しつつ、適切なターンテイキングを行い、情報提供を行う対話 AI 技術を保有していた。また研究者自身の起業志向が非常に高く、自身の持つ技術での起業を検討していた。VC も、当該技術は大手企業も研究を行っており、トレンドであることは理解していたが、アカデミアの保有する技術の成熟度を更に上げることが必要と考え、事業化に向けたプロジェクトを共同で実施した。

当初、事業の内容はニュース記事をもとに、情報を対話的に提供する情報提供サービスを想定していた。技術的な検証目標は、対話のテーマとなるニュース記事を使い大規模ユーザーによる実証実験を行い、適切な応答時間で対話を行うことが可能か、またスケーラビリティが確保できるかに設定した。また、ビジネスモデルの確証を得るためのユーザー調査と、ニュース記事を提供するコンテンツプロバイダを含めたビジネスモデルの確立を並行して実施した。

しかし、プロジェクトの開始初期において、想定したビジネスモデルをコンテンツプロバイダが受け入れないことが判明したため、ビジネスモデルの検証目標を変更することとなった。研究者と VC とで協議した結果、研究者の持つコア技術である対話 AI 技術を使って、個人の英会話の能力判定を行うシステムの実現を目標として再設定した。また、技術的な目標も大規模実証実験から、ユーザーの発話した英語の意図を正しく推定する機能、英会話能力を判定する機能、能力判定に使う会話のシナリオの作成に変更した。

プロジェクト終了時には技術的な目標は達成した。しかし、事業可能性の評価では、研究者と VC とで隔たりがあった。研究者は英会話の能力判定システムを使ったサービスで十分にビジネスは実現可能と判断したが、VC は能力判定だけでなく、英会話教育まで行うビジネスが実現できることの確認がとれてからの起業が適切と判断した。

結果的には共同でプロジェクトを実施した VC は投資を見送ったが、研究者は起業し、別の VC からの投資を受けた。

5.3. 分析結果

5.2 で説明した 4 件のプロジェクト事例に対して PoC フレームワークを適用し分析し、比較したものを表 5-2 に示す。

表 5-2：4 事例の PoC フレームワーク分析結果の比較

	データ復号システムLSI技術	生体由来の医療機器製造技術	薬剤候補スクリーニング技術	対話AI技術	
起業	×	○	○	○	
ファンド投資	×	○	×※1	×※2	
PoC活動前	<ul style="list-style-type: none"> ・公知技術では最高性能の技術を保有。 ・各国を巻き込んだ次世代LSIの技術開発競争が進行。 	<ul style="list-style-type: none"> ・生体部位の脱細胞技術及び開発中の滅菌技術を保有。 ・心臓への適用を検討するも技術的ハードルが高いため他の生体部位への適応を検討。腿を候補とする。 	<ul style="list-style-type: none"> ・膜貫通型タンパク質に作用する化合物をスクリーニングする技術を保有。細胞膜に対する同技術は確立されているが、細胞内器官への対応と大規模スクリーニングの実現が課題。 ・アカデミアは課題の前者に対する基本技術を保有。 	<ul style="list-style-type: none"> ・話者の意図を推定しながら適切なターンテイキングを行いながら情報提供を行う対話AI技術を保有。 ・VCも当該技術はYahoo、Googleなどの企業も研究開発中でトレンドであることを理解。 ・アカデミア自身が起業志向が強い。 	
PoC-Plan	PoTC	<ul style="list-style-type: none"> ・プロジェクト終了時には次世代LSIの開発を完了。 	<ul style="list-style-type: none"> ・滅菌技術の完成。 ・十分な強度を持つ人工腿の開発、動物へのオペを行いプロセスの確認。 	<ul style="list-style-type: none"> ・大規模化の実現。 ・医薬品メーカーが求めるスクリーニング結果の再現性の達成。 	<ul style="list-style-type: none"> ・大規模なユーザーによるスケラビリティを確認する実証実験及び、大規模なユーザーに対応できる対話システムの構築。
	PoBC	<ul style="list-style-type: none"> ・LSIの回路配置権などを中心とした知的財産を半導体メーカーにライセンスするスタートアップの創出を視野。 	<ul style="list-style-type: none"> ・原料となる管理された生体部位（衛生上、トレーサビリティ上）の安定供給の実現。 ・市場性評価。 ・経営チームの組成。 	<ul style="list-style-type: none"> ・スクリーニング検査受託ビジネスと、化合物ライブラリを保有し創業支援を行うビジネスの可能性を検討。 	<ul style="list-style-type: none"> ・コンテンツプロバイダから会話のテーマとなるコンテンツの提供を受け、売上に応じてレベニューシェアするビジネスモデル。
PoC-Do	PoTC	<ul style="list-style-type: none"> ・次世代LSIの開発を推進。 	<ul style="list-style-type: none"> ・研究開発の推進。強度面から原料をブタの腿からウシの腿に変更。 	<ul style="list-style-type: none"> ・大規模化の研究を推進。 ・サンプルオーダーに対するスクリーニング検査を行い再現性を検証、向上を図る研究。 	<ul style="list-style-type: none"> ・大規模化の準備 ・PoBCの結果を受けて英会話の能力判定の会話システムに変更。会話の意図を正しく認識する機能や、能力判定アルゴリズムの開発。
	PoBC	<ul style="list-style-type: none"> ・競合の研究開発状況の確認。技術的脅威となる競合技術を見出し。アカデミアとともにキャッチアップの可能性を検討、研究を中止を決定。 	<ul style="list-style-type: none"> ・食肉メーカーなど原料の安定供給への活動。 ・参入市場規模の確認。 ・経営チームの候補者へのアプローチ。 	<ul style="list-style-type: none"> ・サンプルオーダーを出してくれる製薬会社の探索。 ・VCのネットワークを活用し、国内外の製薬業界の反応を探索。 	<ul style="list-style-type: none"> ・コンテンツプロバイダがレベニューシェアモデルを拒否ビジネスモデルの成立が不可能となった。 ・英会話学校の紹介など。 ・ビジネスモデルの再検討。
PoC-See	PoTC	—	<ul style="list-style-type: none"> ・十分な強度を確保。 ・動物への100件以上の移植を実施。移植プロセスを確認完了。 	<ul style="list-style-type: none"> ・大規模化の実現。 ・スクリーニング結果の再現性については一部未達成。 	<ul style="list-style-type: none"> ・英会話能力判定システムの実現。
	PoBC	—	<ul style="list-style-type: none"> ・大手食肉業者との契約により原料の安定供給の実現。 ・横展開も踏まえ、十分な市場性があることを確認。 ・経営チームを組成 	<ul style="list-style-type: none"> ・受託ビジネスの可能性は確認できたが、創業支援ビジネスについては困難であることが確認。 ・技術に対する国内外の製薬業界における高いインパクトを確認。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ビジネスモデルの変更により、オンライン英会話の補充。オンライン英会話よりも安く、手軽に自由な時間で英会話の学習ができるシステムがゴールと判断
PoC活動後	<ul style="list-style-type: none"> ・VCが次世代LSIの開発競争において、競合の先行技術が開発完了している事を確認。キャッチアップしても十分なライセンス市場を確保することができないことがわかり、プロジェクトの中止をアカデミアに進言。プロジェクトは終了。 ・研究期間中に獲得したIPはメーカーに売却。 	<ul style="list-style-type: none"> ・アカデミアを中心に脱細胞、滅菌技術を完成させ、十分な強度を持つ腿の生産を確認、VCを中心に管理された生体部位の安定確保を実現したこと、市場の確認もできたことから起業、およびファンドからの出資を実現。 	<ul style="list-style-type: none"> ・一部、事業会社の一定の評価を獲得しシード投資を受けることが決定。また、公的資金支援を確保を背景にVCが自己投資し、PoC獲得のプロセスを継続して実施するための会社を設立。 ・受託以外のビジネスについては継続検討。 	<ul style="list-style-type: none"> ・アカデミアは英会話能力判定システムのPoC獲得を以て起業が可能と判断。一方VCは英会話システムのPoCを獲得することが必要と判断。PoCの継続を求めた。 ・英会話能力判定システムのPoC獲得で起業が可能と判断するVCが現れ、起業、資金調達を実施。 	
考察(特に情報の非対称性・不確実性の視点から)	<p>VCのPoBC活動、すなわち市場評価と他社技術評価により、結果として起業というゴールは達成せずに、IPを売却することでプロジェクトは終了した。アカデミアが行ったPoTCのみだと判断できなかった市場における技術的不確実性を、VCが行ったPoBCで活動で低減することができ、IPの売却いう別の社会還元の方法を探ることができた。</p>	<p>PoTC活動においては強度不足による原材料の変更があったが、PoBC活動を平行して行うことで、情報の非対称性が解消されており、課題を引き継ぐことができ、PoC終了時にはビジネスモデルの検証が終了していた。また、技術の横展開も視野にいたれた市場調査活動により十分な市場性が確認でき、スタートアップを起業する。</p>	<p>PoC活動を伴走して行ったことで、情報の非対称性が解消された。具体的にはVCが製薬会社の反応や、業界の反応を直接を確認することができた。また、残された技術的な課題についても達成可能性があることも共有できたことから、再度、PoCを獲得するためのための投資を実現することができた。</p> <p>同様にビジネスモデルについてはスケールする十分なモデルが実現できていないこともあり、スケールが必要なファンド出資は見送るという結論を得ることができた。</p>	<p>PoC活動を伴走して行っていたことで情報の非対称性は解消された。しかし非対称性が解消されたが故に、ビジネスモデル、市場性に対する考え方の相違が表面化し、アカデミアは起業を選択、VCは投資をしないことを選択した。</p> <p>一方で他のVCから投資を獲得できたことを考慮するとPoTC/PoBCを行ったことで現状のビジネスモデルでも評価するVCを見つける活動ができた。</p>	

※1：PoCプロセスを共同で実施したVCが運営するファンドからの出資は実現しなかったが、VC自身が投資を実施した。

※2：PoCプロセスを共同で実施したVCが運営するファンドからの投資は実現しなかったが、別のVCが運営するファンドからの投資が実行された。

出典：筆者作成

プロジェクト 4 件中 3 件が起業し、そのうち 1 件は PoC プロセスを共同で実施した VC の運営するファンドからの投資を獲得した。また、別の 1 件は VC 自身がリスク投資をおこない、別の 1 件は PoC プロセスを共同実施した VC とは別の VC が運営するファンドからの投資を獲得した。

それぞれの事例について分析する。

まず起業が達成しなかった事例(次世代データ復号システム LSI 技術の事業化)は PoBC-P で設定した目標をもとに PoTC-P の目標を設定したが、PoBC の獲得のための調査中に競合優位性を脅かす技術が発見された。そのためプロジェクトを継続し、PoTC を獲得しても PoBC が獲得できない可能性があったため、プロジェクトを中止したと考えられる。

具体的には、PoC プロセスの開始前は技術面での技術優位性も、市場面でも十分な見通しが立っていた。また、多くのメーカーが参入していたことから、最先端の研究成果を産み出せば知財のライセンスを受けるプレイヤーは多いと考えていた。そのため、ライセンスビジネスを行うスタートアップ企業を設立することを目的 (PoBC-P) にプロジェクトを開始した。また、ライセンスビジネスというビジネスモデルを取ることから、常に研究の最先端を走る必要があり、プロジェクト終了時には次世代 LSI の開発が終了していることを技術的な目標とした (PoTC-P)。しかし、プロジェクトの実施中に VC が市場調査や競合調査を行った結果、当該プロジェクトに対して技術的に脅威となる先行している技術を発見した (PoBC-D)。このことは、予定通りに PoTC を獲得したとしても、PoBC が獲得できるかどうかの面で不確実性が存在することに繋がり、アカデミアと VC で検討した上でスタートアップ企業を設立するプロジェクトは中止することとなった。

すなわち、当該事例では PoBC-P で設定したビジネスモデルから PoTC-P での目標を設定したが、PoBC-D を進めるにつれて競合技術が進行中のプロジェクトの技術より進んでいるなど、ビジネスモデルを実現する環境が大きく変わったことが明らかになり、競合優位性を失ったことから PoBC の獲得に不確実性が生じ、プロジェクトを中止したと分析できる。

VC は現状の市場環境、競合の動向をアカデミアの研究者と共有し、プロジェクトの終了を提案、またプロジェクトの終了後の展開として、開発した技術を既存企業に技術移転することを提案し、技術移転は成功した。これは研究成果の出口や市場環境などをアカデミアと VC で共有し、情報の非対称性が解消されたことから出口の方向性が一致したことを示している。また、当該技術は表 1-6 で示したシェーン (Shane 2004=2005) による技術の性質と

照らし合わせた場合、LSI の性能向上という「特定目的」の「インクリメンタル」な技術であり、また、回路図などで「明文化されている」技術でもあることから、既存企業に向く技術タイプであったことも技術移転に成功した理由の1つである。

起業は達成したがファンド投資に至らなかった事例（薬剤候補スクリーニング技術、対話 AI 技術）では、PoTC の獲得、PoBC の獲得において課題があり、不確実性が解消できなかったことにあると分析できる。

薬剤候補スクリーニング技術の事業化の事例では、PoC プロセスの開始前において、アカデミアは膜貫通型タンパク質に作用する化合物のスクリーニング技術の分野で、細胞内小器官を対象とするという未踏領域に対する基本的な研究成果を保有していた。そこで、PoBC の観点からは、検査受託ビジネスと創薬支援ビジネスの2つのビジネスモデルの検証を目標にたて（PoBC-P）、また、PoTC の観点からはスクリーニング技術の大規模化とメーカーの求める再現性を達成する事を目標にたて（PoTC-P）技術開発を行った。ビジネスモデルの事業化検証は VC が、技術の事業化検証及び研究開発はアカデミアがおこなった。

プロジェクト終了時点で、ビジネスモデルの事業化検証の結果としては、検査受託ビジネスは成立することが認められたが、創薬支援ビジネスはビジネスモデルの再検討を求められることとなった（PoBC-S）。一方で、技術の事業化検証の結果としては、大規模化は実現したが、スクリーニング結果の再現性の面で医薬メーカーの要求を一部満たすことができなかった（PoTC-S）。

その結果、PoTC、PoBC ともに当初の目的通りには獲得できなかったことが判明し、再検討が求められる結果となった。この見解については VC とアカデミアの研究者の間で合意が取れており、情報の非対称性は解消されていたが、PoTC、PoBC が完全には獲得できていないということから、技術や市場の不確実性が解消できなかった。そのため、ファンドによる投資は行われなかったが、事業会社から一定の評価が得られシード投資の申し出を受けるなど、プロジェクトを継続するに値する環境が確認できたことから、引き続き PoC を獲得するため活動を行うためのスタートアップ企業の設立と、公的資金の獲得や VC 自身のリスクマネーによるプレシード投資に繋げることができた。

対話 AI 技術の事業化の事例では、PoC プロセスの開始前においては当該技術の評価も高く、アカデミアの研究者の起業志向が高いため起業の確度は高いものであった。当初、PoTC の観点ではスケラビリティの確保、PoBC の観点ではニュースソースのコンテンツプロバイダを巻き込んだビジネスモデルの検証が目標となっていた。しかしながら、計画したビジ

ネスモデルについてはコンテンツプロバイダの理解が得られなかった (PoBC-D) ことから、目標を英会話能力の測定のための対話 AI システムに変更し、利用者の英会話能力が正しく判定できることやシナリオ作成などを開発目標に変更した (PoTC-D)。また、PoBC-D としては英会話学校などのユーザーインタビューやビジネスモデルの検討などを実施した。最終的には、英会話能力判定システムは完成し PoTC を獲得した。一方で、ビジネスモデルの検討、すなわち PoBC の獲得については VC とアカデミアの間で見解の相違があった。英会話能力判定システムは教育機関などで一定の需要があることが明確化し、研究開発に関する公的資金の獲得にも成功し、様々なピッチイベントでも高い評価を得ることができた。アカデミアはこれらを総合的に判断し、十分にビジネスモデルが成立すると考え PoBC は獲得されたと解釈した (PoBC-S)。一方で、VC は、あくまでも英会話能力判定システムの完成は通過点の一つと捉えており、現在の英会話学校の一部を代替するような英会話教育システムとしての PoC の獲得が必要と考えていた。この PoBC の見解の差が、プロジェクトを共同実施した VC からのファンド投資が実施されないという結果へとつながった。

当該事例では当初の PoBC が獲得できない事が早期に判明したこと、すなわちコンテンツプロバイダの協力を得る事ができずビジネスモデルが成立しないことが判明したことにより、PoTC 及び PoBC のゴールの再設定を行った。プロジェクトの終了時においては、再設定した PoTC は獲得でき、英会話能力判定に利用できる事は明確となった。しかし、PoBC の獲得についてはアカデミアの研究者と VC の間で見解が分かれた。すなわち、市場の不確実性の解消について見解が分かれたことが、ファンド投資が行われなかった要因であると考えられる。このような目標の再設定、所謂、ピボットは PoC プロセスにおいては頻繁に発生する。当該事例では目標を再設定した時点で、PoBC の位置付け (PoBC を獲得した場合の次のアクション) について、アカデミアと VC の間で相違があったと考えられる。従って、PoC の目標を再設定する場合は、再設定する度に、実際に PoC を獲得した場合は、その後どのようなアクションを取るかについてもステークホルダー間で共有し、理解しておくことが重要である。

また当該事例では、研究者の起業に対する強い意志が、結果的に他の VC のシード投資を獲得しスタートアップ企業の設立に繋がった。このことは PoC プロセスを共同で実施することは重要な投資の判断要素となるが、唯一の判断要素ではないことを示している。

起業を達成し投資も実行された生体由来の医療機器製造技術の事業化の事例では、プロジェクト終了時には PoTC、PoBC が獲得でき、不確実性が低減されている上に、アカデミ

アの研究者と VC の間での情報の非対称性が解消されたことにより起業が実現し、投資が実行されたと言える。

当該事例では PoC プロセスの開始前に技術的には脱細胞化技術は完成しており、滅菌技術が唯一の課題であったこと、対象とする生体組織のハードルを下げた事など技術的な課題は解決しつつあった。一方で、原料の安定供給や経営チームといったビジネス的な課題の解決は十分でなかった。PoTC の目標は滅菌技術の完成と動物実験、PoBC の目標はビジネスモデルの解決と設定した。プロジェクトの実施中においては、技術的な課題から原料となる動物の変更 (PoTC-D) など計画の変更などもあり、それにより原料供給先の変更などもあったが (PoBC-D)、ビジネスモデルの成立条件となる安定供給の実現や経営チームの組成は完了 (PoBC-S)、技術的課題についても目標を達成したこと (PoTC-S) から、技術面、ビジネス面での不確実性が解消され投資が実現した。

5.4. 考察

第 4 章では、アカデミアから既存企業へ事業化を目的とした技術移転を行うために、実施される産学共同研究のうち、事業化に成功したものを PoC プロセスという観点から分析した。そして、事業化に成功した産学共同研究は、PoC プロセスに沿った活動をおこなっており、そのことが情報の非対称性と情報の粘着性の解消を実現していると結論づけた。また、技術を移転することから、情報の粘着性という観点が論点となった。

それに対して第 5 章では、アカデミアの研究成果をもとにしたスタートアップ企業の設立を通じてアカデミアの研究成果を事業化する場合には、資金調達が重要であるという理由から、アカデミアと VC というステークホルダーの知識共有を分析するために、アカデミアと VC が共同で行う事業化検証プロジェクトを PoC プロセスの観点から分析した。そして、アドバースセレクションを引き起す情報の非対称性と不確実性の解消と、起業とファンドによる投資との関係を明らかにした。今回は技術の移転ではなく、VC による技術および関連情報の理解が必要なため、情報の粘着性でなく不確実性の解消という観点が論点の 1 つとなった。

本研究の結果を表 5-3 にまとめた。起業時のシード投資においては、情報の非対称性と不確実性の解消が必要 (Shane 2004=2005) であるが、本研究により PoC を獲得するためのプロジェクトをアカデミアと VC が共同して行うことは両者の情報の非対称性を低減す

ること、技術や市場、ビジネスモデル等に存在する不確実性を低減することが可能であることが分かった。特に PoBC の獲得に対する解釈が不確実性の解消に大きく影響を与え、解釈の違いが発生した場合、共同実施した VC のその後の支援に影響を及ぼしている。

表 5-3 : PoC の結果

	データ復号システム LSI技術	生体由来の医療機器 製造技術	薬剤候補 スクリーニング技術	対話AI技術
起業	×	○	○	○
ファンド投資	×	○	×※1	×※2
PoTCの獲得	×	○	△	○
PoBCの獲得	×	○	△	○ (アカデミア) △ (VC)
情報の非対称性の 解消	○	○	○	○
不確実性の解消	×	○	△	○ (アカデミア) × (VC)

※1 : PoCプロセスを共同で実施したVCが運営するファンドからの出資は実現しなかったが、VC自身が投資を実施した。

※2 : PoCプロセスを共同で実施したVCが運営するファンドからの投資は実現しなかったが、別のVCが運営するファンドからの投資が実行された。

出典：筆者作成

次世代データ復号システム LSI 技術の事業化の事例では、プロジェクトの途中で、PoTC を獲得しても PoBC を獲得できない可能性があることがアカデミアと VC の共通認識とされたため、情報の非対称性は解消していた。そこで、スタートアップ企業の設立という選択肢から、ライセンスという形で研究成果の社会還元の方法を変えたと言える。

薬剤候補スクリーニング技術の事業化の事例でも、アカデミアと VC は PoBC が獲得できず、不確実性の解消もできなかったことで解釈が一致し、情報の非対称性は解消していた。そして、不確実性の解消ができなかったことから、VC の管理するファンドからの出資は実現しなかった。一方で、技術が一部のユーザー企業から認められている事や、業界においても一定の評価が得られているなどの情報を両者で共有しており、PoC 活動の結果として公的資金を獲得したことや、共同研究先からの研究開発投資を獲得したことなどから、スタートアップ企業を設立し、PoC プロセスを継続するためのリスクマネーを VC 自身が投資するという方向へと動かした。

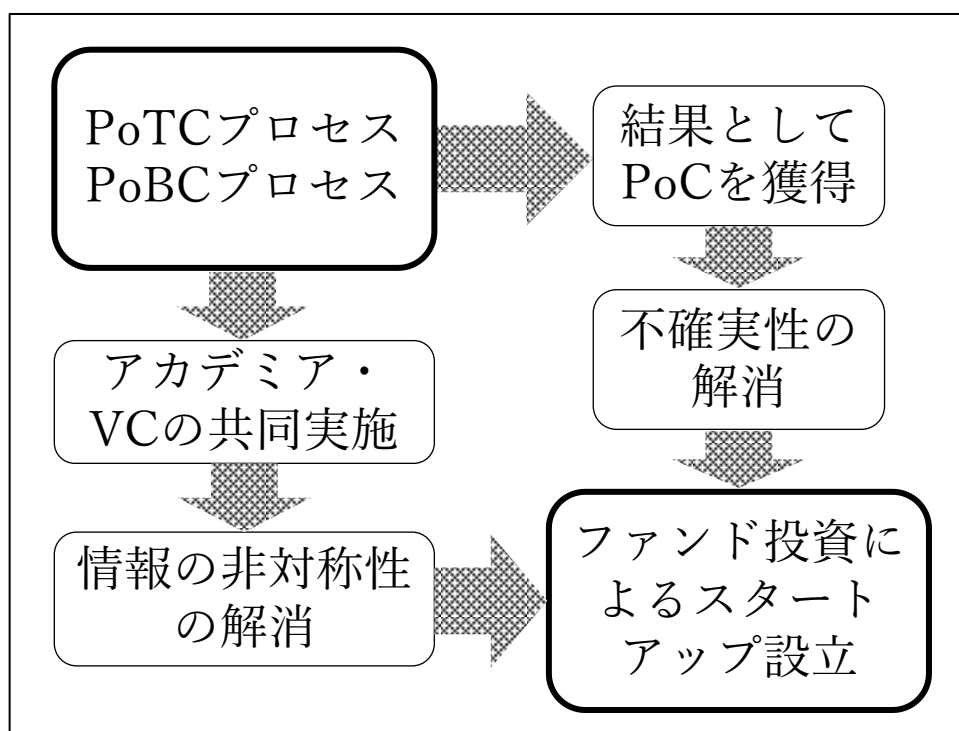
生体由来の医療機器製造技術の事例では、PoTC、PoBCも獲得し、プロジェクトの共同実施によって、アカデミアとVC間の情報の非対称性も解消され、PoBCの獲得から不確実性も解消され、VCが運営するファンドからの投資に繋がった。

対話 AI 技術の事例では、アカデミアは起業を行うのに十分な PoBC を獲得したと解釈し、VC はプロジェクトとしての PoBC は獲得したが、ビジネスを成長させるための十分な PoBC は獲得できていないと解釈した。これはプロジェクトの終了後にスタートアップ企業を設立した場合に、VC が投資を実施するかどうかの判断と直結しており、アカデミアは、プロジェクトを共同実施した VC の管理するファンドからの投資を獲得することはできなかった。プロジェクトを共同実施したアカデミアと VC と間には、プロジェクトの過程や成果において情報の非対称性は存在しなかったと考えられる。しかし、PoBC の解釈がアカデミアと VC で異なり、投資に至らなかった背景としては、二者の立場の違いが影響していると考えられる。アカデミアはプロジェクトを進めるにつれて、技術の完成度、プロジェクトに対する外部の評価、市場の情報、公的資金の獲得などを通じて、当該技術で起業が可能であるという認識と、起業はできるだけ早期に進めたいという意識を強化したものと考えられる。一方で、VC は、スタートアップ企業への投資するにあたっては、出来る限り大きなイグジットを達成する見込みがあるか判断する必要がある。VC にとっては英会話ビジネスの実現が大きなイグジットを実現するためのシナリオであり、英会話能力判定システムはその通過点であった。そのため、システムの PoC の獲得は中間的なマイルストーンであり、最終的な投資条件と見ていなかった。結果、両者には目的の相違が存在し、両者の違いを埋める事が出来なかったと説明することができる。プロジェクトを共同実施した VC は再度の PoBC の獲得の提案を行ったが、アカデミアの研究者はスタートアップ企業を起業し、他の VC からの投資を獲得した。

さて、スタートアップ企業に投資を実施した他の VC であるが、プロジェクトを共同実施していないため VC とアカデミアの間には情報の非対称性が存在する。そのため、VC が PoTC や PoBC を獲得したかどうかを正確に判断することは難しく、VC が技術の不確実性を解消することは難しいと考えられる。ポール・ゴンパースら (Gompers et al. 2021=2021) の調査によると VC のキャピタリストが投資案件を検討する重要な要素として、創業者を挙げたキャピタリストは 95% と最も多く、ビジネスモデルと答えたキャピタリストは 74%、市場が 68%、産業は 31% であったと述べている。今回、投資を実施した VC は、研究能力だけでなく起業意欲も高くアントレプレナーシップを持つ研究者自身が、創業者として経

営を進めていくことなど、ビジネスモデル以外の要素を重視した総合評価が投資に繋がった可能性が考えられる。あるいは、英会話能力判定のみでも十分にビジネスモデルが成立すると考えた可能性も考えられる。

今回の研究の考察として、PoTC、PoBC と、アカデミアと VC との間の情報の非対称性、不確実性の解消の間には図 5-1 の関係があると考えられる。矢印はそれぞれの因果関係を示す。プロジェクトを PoTC、PoBC のプロセスに沿って、アカデミアと VC が共同実施することが情報の非対称性の解消につながる。また、PoTC、PoBC のプロセスの結果として PoC を獲得することが不確実性の解消につながる。情報の非対称性の解消と不確実性が解消されることでファンド投資によるスタートアップ企業の設定へとつながる。



出典：筆者作成

図 5-1：PoC とスタートアップ設立の関係図

SRQ2 の「スタートアップ企業の設定を通じてアカデミアの研究成果の事業化を実現する場合において、ステークホルダー間でどのように知識共有が行われ、事業化の障害となる何を解決することに貢献したのか」については、「アカデミアと VC が起業に向けたプロジェクトを PoC プロセスに沿って共同で実施することは、両者の間で技術の成熟度、競争力、市

場優位性などといった知識共有が行われ、アドバースセレクションを引き起す情報の非対称性の解消に貢献する。一方で、プロジェクトの結果として、PoC を獲得することは不確実性の解消に貢献する。両者が解消することで、投資適格性を満たすアカデミアの研究成果を活用したスタートアップ企業が設立でき、ファンド投資を獲得することに貢献する」とまとめることができる。

一方で、情報の非対称性が解消しても、プロジェクト当初に目論んだ PoC が獲得できなかった場合は、不確実性を解消できず投資適格性を満たさないこととなり、ファンドからの投資は実行されない。このような場合でもアカデミアと VC の両者が、PoC の獲得が不十分であるが、将来不確実性の解消の可能性が見込める、と解釈した場合は、継続して PoC を獲得するための活動が共同で実施される。それに対して、アカデミアは PoC を獲得したと解釈しているが VC が PoC の獲得が十分でないと解釈している場合は、VC にとっては不確実性が解消されていないため投資が実施されない。このような場合、アカデミアが起業を断念する場合もあるが、PoC の結果を持って他の VC にコミュニケーションをとり出資を求める場合もある。

本研究の課題としては以下の課題が残っている。

1つ目は、成功の判断の問題である。今回の事例分析では PoC の獲得活動をアカデミアと VC が共同して実施することで、情報の非対称性や不確実性が解消されるため、正確な投資判断ができ投資が実行されると整理された。しかし、本来、投資の成功は投資先の企業が上場や M&A といったイグジットに到達し、株式売却益が得られるところにある。しかし、本研究では進行中の案件を対処としているため、本来の投資成功を判断しているものではない。

2つ目は、より多くのケースで検討をする必要があることである。本研究では、異なる研究内容の 4 分野の研究について詳細に検討することで結論を導いた。さらに多くのケースを分析することで、アカデミアと VC が PoC プロセスを共同で行うことの効果について、普遍的な結論に到達できると考える。

最後に、対話 AI 技術の事例から見られるように、PoC プロセスの共同実施を行わない VC からの投資が実行されている事例が存在する。今回、1つの可能性として創業者の評価などを挙げたが、情報の非対称性や不確実性が解消されない中での大学の技術を活用したスタートアップ企業への投資判断については更に研究を進める必要がある。

5.5. まとめ

本章ではスタートアップ企業の設立を通じた研究成果の事業化について PoC フレームワークを使って分析した。分析対象としては、スタートアップ企業の設立に失敗した事例から、設立に成功し VC からの投資を受けることができた事例まで、4つの事例を対象とした

これらの事例分析で分かったことはプロジェクトを PoC プロセスに沿って共同で実施することはアドバースセクションを引き起こす情報の非対称性を解消すること、PoC の獲得の成否、特に PoBC の獲得の成否が出資の可否を決めること、そしてその2つが達成して起業に辿り着くことである。

一方で共同実施しない VC は別の判断材料を使って投資を検討していることがあることが推察されたが、その詳細については、今後の研究が必要である。

第6章 考察

6.1. 研究成果事業化のための知識共有

第3章、第4章、第5章で示した内容をもとに、アカデミアの研究成果を事業化するための知識共有について考察を加える。

6.1.1. 知識の観点から見た研究成果の阻害要因

改めて知識の観点から見た研究成果の事業化の阻害要因を表6-1に示す。

表 6-1：知識の観点から見た事業化の阻害要因

	研究成果の事業化手段	
	既存企業への技術移転 (共同研究)	スタートアップ企業の 設立
目的の不一致	✓	—
情報の非対称性	✓	✓
↓		
アドバースセレクション	—	✓
エージェンシー問題	✓	—
情報の粘着性	✓	—
不確実性	✓	✓

出典：筆者作成

既存企業への技術移転（産学共同研究）を通じた研究成果の事業化においては、アカデミアと企業との間に目的の不一致と情報の非対称性が発生する。目的の不一致は、学術的に高いと評価される研究成果を創出することを目的として研究を進めるアカデミアと、製品やサービスに利用できるように成熟させた技術を創出することを目的として研究開発を進める企業という、組織の持つ本質的な特性の違いから発生する。また、技術の移転元であるアカデミアと技術の移転先である企業の間には、情報の非対称性が潜在的に存在する。よって、適切に共同研究プロジェクトを進めなくては方向性に違いが生じ、企業は提供した共同研

究資金から、当初想定した研究成果を得ることができないというエージェンシー問題が発生する。

一方で、スタートアップ企業の設立においては、アカデミアと VC の間に目的の不一致は生じないが、情報の非対称性は発生し、既存企業への技術移転を通じた研究成果の事業化とは異なった影響を及ぼす。まず、目的の不一致が生じない理由であるが、アカデミアはプロジェクトの成果をもとにスタートアップ企業を設立し、自らが主体的に研究成果の事業化を進め、企業を成長させるために必要な資金を調達することを目的としている。VC は有望なスタートアップ企業の設立を支援し、投資を行い、成長させキャピタルゲインを得ることを目的としている。すなわち、企業設立、投資、成長という観点から両者の関係に目的の不一致は基本的には生じない。一方で、VC の投資先候補となるアカデミアの技術の事業化を目指すスタートアップチーム（まだ、企業となっていないことからチームと表す）は、投資元である VC と比べ、研究成果の技術的ポテンシャルや市場でのポテンシャルと言った非対称情報を多く保有する（Shane 2004=2005）。一般的な非対称情報下の取引に関する理論に基づくと、投資を求める企業は投資家に対して、技術的困難性や競合劣位な部分など資金調達に不利となる情報は隠す可能性があるため、アドバースセレクションの発生が懸念される。また、不利な情報を隠すまではないにしても、VC が技術的な情報の詳細を正確に理解することは困難である上に、アカデミアが持つ先端的な研究成果から、製品やサービスを開発し市場投入するには不確実性が高い。更には、VC がデューデリジェンスの段階で、そのような非対称情報や不確実性の解消を図るためには膨大なコストがかかるため、投資に消極的となる可能性は高い（Masson and Harrison 2004）。

情報の粘着性の問題は、主に技術情報をアカデミアから企業に移転する必要がある既存企業への技術移転を通じた事業化において発生する。アカデミアの持つ先端的な研究成果は暗黙知が多く、企業側の吸収能力に依存するためである。一方で、スタートアップ企業の設立を通じた研究成果の事業化では、技術を移転する必要がないため情報の粘着性の問題は発生しにくい。今回の研究対象である VC との関係においては、投資の実行の判断するための限られた情報の共有でよく、技術を移転する必要がないことから、粘着性の影響が低い。

不確実性は、技術移転（産学共同研究）、スタートアップ企業の設立、どちらの形態の事業化においても共通に発生する。アカデミアの研究成果の事業化の不確実性は、その研究成果は、本当に事業化できるだけの成熟した技術となるのか、効率的に生産可能か、十分な市場があるのか、代替製品やサービスに対する競争優位性が確保できるのかなどである。

これらの阻害要因を解決しなければ、アカデミアの研究成果の事業化は実現しない。

本研究では、アカデミアの研究成果を事業化する為に実施される技術移転を目的とした産学共同研究やスタートアップ企業の設立について、PoC フレームワークを提案し分析を加えた。これらすべてのプロジェクトは開始時点では目的の不一致、情報の非対称性、情報の粘着性と不確実性を孕んでいる。そこで、プロジェクトの過程を PoC フレームワーク上に記載することでその4つの阻害要因をどの段階でどのように解消するかを明確化した。

6.1.2. PoTC と PoBC

研究成果を事業化するという事は、最終的には製品やサービスとして上市するということが到達点である。すなわち、市場分析、競合分析、顧客ニーズなどの収集、評価を行い製品やサービスに反映させることは重要な活動となる。よって、研究成果の事業化の可能性を評価するプロセスにおいて、前記の情報を収集し、検証を加えることは不可欠である。そこで、本研究では PoC を PoBC と PoTC に分けたフレームワークを提案し、事業化のための知識共有において PoTC と PoBC がどのように相互作用をしているのかを明らかにした。

技術移転を目的とした産学共同研究や、スタートアップ企業を設立するための検証プロジェクトにおける技術的な目標の到達点は、学術的な評価が高い研究成果をだすことでなく、製品やサービスが市場から求められる性能を達成することである。そのため、目標設定においては、ビジネス的な検証目標を設定する PoBC-P から開始し、それを実現する技術的目標である PoTC-P に展開することが重要である。このように進めることで、PoTC を獲得すれば自動的に PoBC の一部である市場から求められる技術目標が達成できる。今回の技術移転を通じた研究成果の事業化を目的とした2つの産学共同研究も、スタートアップ企業の設立を通じた事業化を目的とした4つの事業化検証プロジェクトも、PoTC が達成すれば PoBC の一部である技術目標が達成するように設定されていた。

6.1.3. 既存企業を通じた事業化における阻害要因の解消

産学共同研究においては2.2でも紹介した通り、綿引は「研究方針の問題」として、研究が企業が当初に目論んだ方向から大きくずれる可能性があることがあると述べている（綿引 2006）。これは研究費を提供する企業をプリンシパル、研究を実施するアカデミアをエージェントと見做すエージェンシー問題と捉えることができる。今回の事例では、産学共同研究においてはエージェンシー問題を解決するため、目的の不一致と情報の非対称性の解消をおこなった。6.1.2にも述べたとおり目的の不一致は、産学共同研究におけるビジネスの

目標から、技術的な目標を展開すること、すなわち PoBC-P から PoTC-P を設定することで産学共同研究の目的が事業化から離れてしまうことを抑制でき、目的の不一致が解消される。

また、ステークホルダー間の知識共有における情報の非対称性については、4.2 の単層 CNT の事業化プロジェクトのように、産学共同研究の実施段階において企業の研究者がアカデミア側に駐在し研究を進めることや、4.3 の音声プライバシー技術の事業化プロジェクトのように、定期的に技術情報の交換を行うことによって解消された。これらの方法による情報の非対称性の解消では、知識の移転が必要となることから情報の粘着性も伴っており、それらはヒッペルの情報の粘着性の解消方法を使い解決したと捉えることができる。一方で、産業界の研究者がアカデミアの研究の進み具合を随時確認でき、研究の方向が当初の目的から逸れた場合に方向の修正ができることから、経済学でいうモニタリングの概念を取り入れた情報の非対称性の解決手段とも捉えることができる。

不確実性については、既存企業を通じた事業化においては、共同研究を実施し PoTC と PoBC を獲得することで解決される。但し、PoTC、PoBC を獲得した結果、新たな不確実性が発生することもあり、そのような場合は、再度共同研究を行い PoC の獲得を図ることもある。4.2 で取り扱った単層 CNT の産学共同研究においては「ナノカーボン応用製品創製プロジェクト (2002～2005 年度)」において単層 CNT の効率的な量産技術手法であるスーパーグロース法の開発、その後、「カーボンナノチューブキャパシタ開発プロジェクト (2006～2010 年度)」において、スーパーグロース法を用いた大量合成にかかる生産コストを低減方法の開発を行っている。このように、課題を時系列で解決し、PoC を段階的に獲得していく場合もある。

6.1.4. スタートアップ企業の設立を通じた事業化における阻害要因の解消

スタートアップ企業の設立において、VC が投資を行うにあたり阻害要因となるアカデミアと VC 間の情報の非対称性は、知識科学の観点から見た場合、プロジェクトを共同実施することで、ステークホルダー間で知識共有が行われ解決したと捉えることができる。

一方で、経済学で言うチープトークの概念を使って情報の非対称性を解消した、と捉えることもできる。すなわち、事業化に向けた検証プロジェクトをアカデミアと VC が共同で実施することは、VC 側に技術情報も含めた事業化に関する情報を提供することであり、かつ新たな費用が発生することでもないことから、アカデミアが VC に対して投資に値することを示すチープトークの一種と捉えることができる。また、チープトークは情報の信憑性が

課題となるが、アカデミアと VC の両者とも研究成果を活用したスタートアップ企業を設立し、成功を希求することに利害の相違は発生しないため、共有する情報には信憑性が認められると整理できる。

また、プロジェクトの共同実施は、PoC の結果だけを見ただけでは獲得できない情報を、アカデミアと VC が共有する、もしくはアカデミアから VC に提供することと捉えることができる。それにより VC は、デューデリジェンスを簡略化できるとともに、適宜、技術の成熟度に応じたビジネスモデルを再構築することができる。例えば、5.2.1 の次世代データ復号システム LSI 技術の事業化に関するプロジェクトでは、スタートアップ企業の設立まで到達することはできなかったが、アカデミアと VC が共同でプロジェクトを実施することで競合優位性を含めた技術の成熟度を検討でき、当該技術の企業への売却という出口を見つけることができた。5.2.3 の薬剤候補のスクリーニング技術の事業化プロジェクトにおいても、アカデミアと VC がユーザー候補や共同研究先からの評価を共有することができたことから、VC 自身が少額出資を行い事業化の検証プロジェクトを継続するためのスタートアップ企業の設立に繋げることができた。

不確実性の解消については、スタートアップ企業の設立を通じた研究成果の事業化においても、既存企業への技術移転を通じた研究成果の事業化と同様に、プロジェクトの結果としての PoC、すなわち PoTC と PoBC の獲得を確認することで解消できる。特に PoBC の獲得は、事業化に向けた不確実性の解消において重要である。また、既存企業を通じた研究成果の事業化の事例と同様に、PoC を獲得するために複数回のプロセスを実施することも考えられる。5.2.3 の薬剤候補のスクリーニング技術の事業化プロジェクトの事例では、1 度目のプロジェクトでは不確実性が完全に解消できなかったことから、PoC を獲得するためのスタートアップ企業を設立し、引き続き PoC を獲得するための活動を実施している。

このように PoC の共同実施により情報の非対称性が解消され、また不確実性が解消されることでファンドによる投資に繋げることができる。

以上、6.1.3、6.1.4 で述べたとおりプロジェクトを共同で実施することが、既存企業への技術移転を通じた事業化プロジェクトであっても、スタートアップ企業の設立を通じた事業化プロジェクトであっても、研究成果の事業化に大きな影響を及ぼすと言える。

6.2. PoC フレームワークを使った共同研究の推進

これまでの議論では、PoC フレームワークをアカデミアの研究成果を事業化するためのプロジェクトにおける、ステークホルダー間の知識共有を分析するツールとして利用してきた。ここでは PoC フレームワークを、アカデミアの研究成果を事業化するための産学共同研究プロジェクトをマネジメントするためのツールとしての活用の可能性を考察する。

これまで、戦略の構築やマーケティング、スタートアップ企業の設立など様々な局面において、課題を整理し分析、実行するための様々なフレームワークが提案されている。例えば、戦略においては PEST 分析、SWOT・TOWS 分析、ポジショニングマップ、マーケティングにおいては 4P、アイデアをビジネスモデルへと整理するためのビジネスモデルキャンバス (Osterwalder at el. 2010=2012)、顧客の把握と提供する商品、サービスの価値を整理するためのバリュープロポジションキャンバス (Osterwalder at el. 2012=2015) などが代表的である。

ここでは、PoC フレームワークのうち「PoC プロセスのステップ」(表 6-2) を利用して事業化のためのアカデミアと企業との共同研究をマネジメントする方法を提案する。全体のフロー図を図 6-1 に示す。共同研究の開始時には PoC プロセスの Plan ステージを、実施時に Do ステージを、検証時には See ステージを利用する。

表 6-2 : PoC フレームワークのマネジメントへの活用

		PoCプロセスのステップ		
		(解決のための計画:P)	(計画の実施:D)	(計画の評価:S)
概念 実証 プ ロ セ ス	技術的概念実証 プロセス (PoTC)	(PoTC-P) 具体的研究開発計画、目 標、PoCによって実施され るIP戦略。	(PoTC-D) 研究開発実施中の研究状 況、IP戦略の実施状況。	(PoTC-S) 研究開発計画終了時の評価 (到達度、新規課題の発見 など)、IP戦略の評価。
	ビジネス的概念 実証プロセス (PoBC)	(PoBC-P) 潜在ニーズ等をもとにし た、商品、サービスの具体 的コンセプト、ビジネスモ デルについての仮説。	(PoBC-D) 作られた仮説に対する検証 作業。	(PoBC-S) 仮説検証の結果。

出典：筆者作成

STEP-A) 共同研究の開始時における活用 (PoBC-P、PoTC-P)

PoC フレームワークでは、PoBC-P の欄は「商品やサービスの具体的コンセプト」「ビジ

ネスモデルの仮説」を記載する。よって、マネジメントに活用する場合は、PoBC-P の欄はユーザーニーズを起点として、新商品や新サービスにどのような機能や特徴が求められているかを明確にし、アカデミアと企業の研究者間で共有することに利用する。



出典：筆者作成

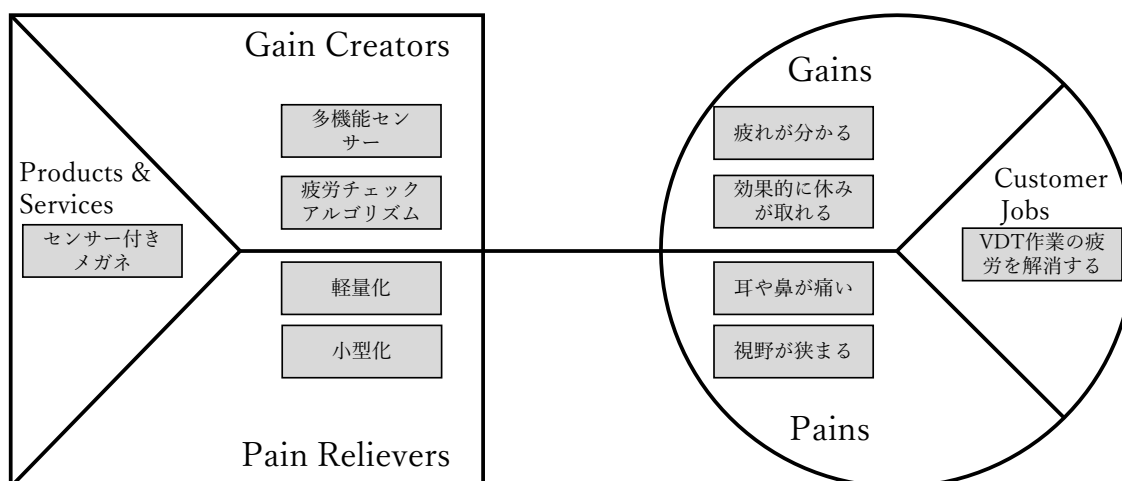
図 6-1 : PoC フレームワークを使った共同研究マネジメントのフロー図

重要なことは、PoTC-P からでなく、PoBC-P から開始することである。事業化において最も重要なことは、ユーザーニーズである。あくまでもユーザーニーズを満たす技術を開発するのであって、革新的な技術を開発するのではない。

仮想例として、業務疲労を改善するためのセンサー付きメガネの開発を取り上げる。前提として、アカデミア側に、センサー情報を使った疲労チェックアルゴリズムの研究成果が存在するとする。ユーザーニーズに基づく機能や特徴を導き出す方法としては、バリュープロポジションキャンパスなどを利用することができる。センサー付きメガネのバリュープロポジションキャンパスを図 6-2 に示す。顧客が解決したい課題 (Customer Jobs) は、長時

間の PC 作業の疲労を解消したいことであり、顧客の利得 (Gains) は目の疲れが分かり効率的に休みを取るタイミングが分かること、顧客の悩み (Pains) は眼鏡の装着で耳が疲れるなど別の課題が発生することなどである。顧客の利得をもたらすもの (Gain Creators) は多機能センサー、疲労チェックのアルゴリズムがあり、悩みを取り除くもの (Pain Relievers) は軽量化などが挙げられる。そして、提供する製品 (Products & Services) は疲労チェックができるアルゴリズムを備えたセンサー付きメガネの開発であり、これらを PoBC-P で記載することになる。

業務疲労を改善するためのセンサー付きメガネ



出典：筆者作成

図 6-2：センサー付きメガネのバリュープロポジションキャンバス

PoTC-P の欄は「具体的研究開発計画、目標、PoC によって実施される IP 戦略」を記載する。すなわち、図 6-2 のバリュープロポジションキャンバスに記載された顧客の利得を増やすもの、顧客の悩みを取り除くものに記載されている機能や特徴の、技術的な目標性能を設定し、誰が解決するかを検討し PoTC-P に記載し共有する。

仮想例では、センサー性能、軽量化、疲労チェックアルゴリズムなどを、誰が、どのように、どこまで実現するかを明確化する。例えば軽量化の場合、通常のメガネの重量を基準にして「センサー込み 50 グラム」などと目標値を設定することができる。また、疲労チェックアルゴリズムなどの目標値は、ユーザー調査などによって数値化することを前提に設定する事ができる。これらを記入した PoC フレームワークを表 6-3 に示す。

表 6-3 : PoC フレームワーク (STEP-A)

		PoCプロセスのステップ		
		(解決のための計画:P)	(計画の実施:D)	(計画の評価:S)
概念 実証 プロセス	技術的概念実証プロセス (PoTC)	(PoTC-P) ・多機能センサー (企業) : X個の要素を同時にセンシング可能。 ・軽量化 (企業) : 50g以内 ・疲労チェックアルゴリズム (アカデミア) : 被験者の適合度80%。当該手法に関する特許出願。		
	ビジネス的概念実証プロセス (PoBC)	(PoBC-P) ・疲労チェックができるアルゴリズムを備えたセンサー付きメガネの開発。		

出典：筆者作成

STEP-B) 共同研究の実施時における活用 (PoBC-D、PoTC-D)

PoBC-D については「作られた仮説に対する検証作業」、PoTC-D については「研究開発実施中の研究状況、IP 戦略の実施状況」を記載する。よって、この段階は STEP-A において設定したそれぞれの目標に対して、研究開発やビジネス検証を実施する段階である。

PoBC-D ではモックアップ、プロトタイプ、解説動画、MVP などを用意し、クライアント、ユーザーに提示し、反応を見ることで、市場のニーズの確認をおこなう。また、材料の調達、アウトソーシング先の開拓などサプライチェーンの実現性なども確認する。PoBC-D の結果は、PoTC-D で行われる研究開発にもフィードバックされる。機能、性能に対するユーザーの受容度が分かるため、開発要素の変更や、目標性能を上げるなどの見直しを図ることができる。

PoTC-D では、PoTC-P で目標設定した具体的な目標に対して、アカデミアと企業の研究者、それぞれが分担する研究開発を実施する。但し、研究開発においては第 1 章で述べたとおり、組織間に渡る技術移転が必要であることから、フォン・ヒッペル (von Hippel 1994) やスランスキー (Szulanski 1996) が述べた情報の粘着性の解消が重要となる。それらはフォン・ヒッペルの示した 4 つの解決方法のパターンに沿って、産学共同研究を進めることで解決することが可能である。例えば、解決策の 1 つとして、企業の研究者がアカデミアの

研究場所で研究を行うことが挙げられる。これはフォン・ヒッペルが述べた、粘着性のある場所で問題解決活動を行う、に相当する。この方法は、ドキュメントによる技術移転と異なり、背景知識を含めたアカデミアの研究成果を移転先企業の研究者に移転することもでき、吸収能力を向上させるとともにコミュニケーションの問題を解決することに貢献する。その他にも、研究開発項目をサブタスクに分け、アカデミアと企業の研究者がそれぞれの領域で研究開発をすすめる、定期的に研究成果の共有を行うことで粘着性を解消することが可能である。これはフォン・ヒッペルが述べた、2つ以上の場に粘着している情報で場を移動するコストが高い場合はサブタスクに分割する、に相当する。

仮想例を STEP-B に進めた場合の PoC フレームワークを表 6-4 に示す。PoTC の実施項目の欄には、アルゴリズムの開発は研究シーズを持つアカデミア側でおこない、軽量化や小型化の設計といったハードの開発は企業側が行うなどの研究分担を決定し記載する。また、アルゴリズム開発に企業の研究者を物理的に参加させ、「粘着性のある情報がある場所で問題解決活動を行う」ことや、定期的な進捗状況の確認など、粘着性を解消する方法を記載し共有する。

PoBC の項目には、PoBC-P で設定した製品の仮説がユーザーに受け入れられるかの確認方法を記述する。展示会への出店や、販売チャネルや仮想的なユーザーへのインタビューを行い製品の仮説を検証する方法を記載し共有する。

表 6-4 : PoC フレームワーク (STEP-B)

		PoCプロセスのステップ		
		(解決のための計画:P)	(計画の実施:D)	(計画の評価:S)
概念実証プロセス	技術的概念実証プロセス (PoTC)	(PoTC-P) ・多機能センサー (企業) : X個の要素を同時にセンシング可能。 ・軽量化 (企業) : 50g以内 ・疲労チェックアルゴリズム (アカデミア) : 被験者の適合度 80%。当該手法に関する特許出願。	(PoTC-D) ・アカデミアによるアルゴリズムの研究開発と企業によるハード開発。(Hippel-3) ・アルゴリズムの開発において企業の研究者を客員研究員として研究室に常駐。(Hippel-1) ・2週間に1回の進捗確認の実施。(Hippel-2)	
	ビジネス的概念実証プロセス (PoBC)	(PoBC-P) ・疲労チェックができるアルゴリズムを備えたセンサー付きメガネの開発。	(PoBC-D) ・展示会でモックアップの展示。 ・眼鏡屋のインタビュー調査。 ・プログラマーなどへユーザーのインタビュー調査。	

出典：筆者作成

STEP-C) 共同研究の評価時における活用方法 (PoBC-S、PoTC-S)

この段階では共同研究プロジェクト全体の評価を行うとともに、プロジェクトから得られた結果を製品化を進める組織 (設計部や製造部) に渡すことや、場合によっては再度 PoC プロセスを行う準備を行うなど、次のアクションの準備を行う。PoTC-S では研究開発の目標を達成したかの評価を実施し、PoBC-S では、MVP やモックアップなどを顧客に提示しフィードバックを受けた結果や市場調査の結果などを記載し整理する。

仮想例を STEP-C に進めた場合の PoC フレームワークを表 6-5 に示す。事例では PoTC の計画の評価 (PoTC-S) として、PoTC-P で設定した性能目標がどこまで達成したかを記述している。また、PoBC の計画の評価 (PoBC-S) として、製品としての市場評価の結果などを記載している。仮想例では PoBC-P を達成するために、PoTC-P で軽量化の目標を 50g と定め PoTC プロセスを実施した結果、重量 50g の PoTC を獲得したとした。しかし、PoBC-D を実施し市場の情報を収集した結果、50g は重いという結論を得たため、目標を再設定し、PoC を獲得するための活動を行うか、他の手段を考えるかなど対応の検討を行うこととなるとしている。

表 6-5 : PoC フレームワーク (STEP-C)

		PoCプロセスのステップ		
		(解決のための計画:P)	(計画の実施:D)	(計画の評価:S)
概念実証プロセス	技術的概念実証プロセス (PoTC)	(PoTC-P) ・多機能センサー (企業) : X個の要素を同時にセンシング可能。 ・軽量化 (企業) : 50g以内 ・疲労チェックアルゴリズム (アカデミア) : 被験者の適合度 80%。当該手法に関する特許出願。	(PoTC-D) ・アカデミアによるアルゴリズムの研究開発と企業によるハード開発。(Hippel-3) ・アルゴリズムの開発において企業の研究者を客員研究員として研究室に常駐。(Hippel-1) ・2週間に1回の進捗確認の実施。(Hippel-2)	(PoTC-S) ・センサーの開発完了。 ・重量50g 達成 ・適合度82%
	ビジネス的概念実証プロセス (PoBC)	(PoBC-P) ・疲労チェックができるアルゴリズムを備えたセンサー付きメガネの開発。	(PoBC-D) ・展示会でモックアップの展示。 ・眼鏡屋のインタビュー調査。 ・プログラマーなどヘビーユーザーのインタビュー調査。	(PoBC-S) ・50g は重い

出典：筆者作成

以上のように、PoC フレームワークを活用し、事業化を目的とした共同研究を実施する場合のマネジメントに利用する方法を提案した。PoC フレームワークは、事業化を目的とした産学共同研究のマネジメントに対して、一定の整理ができる可能性があることが確認

できた。しかし、PoC フレームワークは手続き的な手順しか示していないため、実際の産学共同研究のマネジメントにおいては、PoC プロセスの各ステップで必要に応じてビジネスモデルキャンバスやバリュープロポジションキャンバスなど、他のフレームワークを取り入れることが必要であることが確認された。また、フォン・ヒッペルが述べた粘着性を低減するための方法など、知識移転に関する様々な研究成果を考慮することが有用であることがわかった。

一方で、今回は提案方法を仮想のプロジェクトに適用しただけであり、実際に PoC フレームワークを使って、アカデミアと企業が事業化に向けて行った産学共同研究をマネジメントしたものではない。そこで、この提案したマネジメントプロセスについて、企業において実際にアカデミアとの産学共同研究をマネジメントした経験のある A 氏、B 氏の 2 名と、大学の産学連携部門のマネジャー C 氏に、有用性などについて、メールやインタビューを通じて意見を求めた(表 6-6)。また、そのインタビュー結果をまとめたものを表 6-7 に示す。

表 6-6：調査対象者と調査方法・期間（マネジメントプロセスに対する意見）

	属性	調査方法	調査実施 日／期間	時間／メ ール数
A 氏	一般企業（製造業）研究所シニアマネージャー	面接	2023/7/27	63 分
B 氏	一般企業（製造業）新規事業開発部部长	メール	2023/8/6 ～8/13	10 通
C 氏	大学産学連携本部本部長補佐	面接	2023/8/10	55 分

出典：筆者作成

まず、A 氏の意見としては、PoC フレームワークを知識共有・知識移転を分析するためのフレームワークとしての新規性は認めるが、マネジメントツールとしての利用については否定的であった。理由は

- 事業化にむけた研究開発において、PoBC とは呼んでいないが同様のマネジメントは、既に社内では実施しており、そのためのマネジメントツールは保有している。そのツールは共同研究においても利用しており、本論文で PoBC と呼んでいることは、産学共同研究のマネジメントでも社内ツールを使用して共有できている。よって、

表 6-7：PoC フレームワークのマネジメント利用ついでの実務者の見解

	A氏（企業）	B氏（企業）	C氏（大学）
共同研究において共同研究先とPoTC/PoBCの目標や計画は共有されているか。	されている	されている	されていない (企業秘密の為開示されない)
共同研究において既にプロジェクトを管理するツールを利用しているか	使っている	使っていない (法律上難しいとの解釈)	使っていない
共同研究をマネジメントする上でPoCフレームワークをマネジメントツールとして使えるか	PoBC/PoTCの共有の重要性を理解していない企業とアカデミアならば限定的に利用可能	PoBC/PoTCに分けて管理することは良いが、ピボットなどの表現などPoCフレームワークの拡張が必要。	限定的（大学主導のプロジェクトなどでURAなどが利用）

出典：筆者作成

PoC フレームワークを新たなツールとして利用する付加価値が見あたらないため利用しようとは思わない。

- 社内で利用するならばこのツールを産学共同研究のマネジメントで使用することで、新たに解決できることや効率化できるような付加価値が必要であるが、現段階ではそのような付加価値は見あたらない

とのことであった。

一方で A 氏は、ビジネスの目標や検証プロセスを共有していれば事業化の失敗確率は下がると考えられるため、PoBC を共有していない企業とアカデミアが、本論文の主旨である分析結果事例を理解することで、PoBC を共有する重要性を認識する可能性はあると述べている。アカデミアが、プロジェクトの PoBC-P において作成した事業化目標の重要性を理解し、研究過程において事業化意識を持ってもらうことは研究成果の事業化に有効である。特に企業の事業化プロジェクトにおいて、産学共同研究を行うアカデミアはプロジェクトの一部を受け持つ重要なプレイヤーであり、プロジェクト全体の方向性を共有しておくことは重要であると述べている。企業とアカデミアが共有の重要性を認識すれば、共有のためのツールは従来、企業内で使っているマネジメントツールを利用すれば良く、もし企業が使っているマネジメントツールだとアカデミアが理解しにくいということならば、PoC フレームワークを限定的に使う事も意味があるとの意見であった。

次に B 氏の意見であるが、B 氏も PoC フレームワークをマネジメントツールとして使うことについては通常のマネジメントツールでも行われていることであるとの指摘であった。ただし、

- PoTC と PoBC に明確に分けてそれぞれの役割を先鋭化する事は意味がある。
- 仮定の事例が Plan-Do-See とスムーズに流れていく綺麗な事例となっているが、実際の新規事業の開発プロセスでは、大小様々なピボットが発生するため、Plan-Do-See の順に流れる事は稀である。例えば、PoBC-P で検討し、PoTC-P で MVP を設計したが、性能が実現しそうになく現物化出来そうになかったため、PoBC-P に戻って再検討を要することが起こったり、MVP の設計はうまく行き PoTC-D で現物化したが、目標コストが達成出来そうになかったため PoBC-P に戻って再検討するなどが起こる可能性があり、そのような事例にも対応できるフレームワークにする必要がある。

との指摘があった。

また、B 氏は、企業が明確な製品像をもちアカデミアに研究開発を依頼し、その研究開発成果を活用して企業が事業化しようと計画しても、B 社では労務契約上アカデミアに対して指揮命令することは持つことは難しいと解釈していることから、想定した研究成果を得て事業化することは難しいとしている。一方で、アカデミアが明確な製品像を持ち、独自に行った研究成果を企業が具現化の方が事業化は実現しやすいと述べている。しかし、これは、アカデミアが社会実装を見越した観点から研究内容を選択するという困難な課題を指摘している。

最後に大学の産学連携部門のマネジャー C 氏の意見であるが、大学と企業の共同研究は基礎研究系が多く、ビジネスの視点を取り入れたマネジメントフレームワークを導入するのは難しいのではないかと述べている。また、産学共同研究が、企業が計画する事業化プロジェクトのどこに位置し、どのような目標をたて、どのようなスケジュールで進めているのかを企業が大学に伝えている場合が少ないことも挙げている。その為、共同研究において、企業と大学の間で明確な事業化目的や計画は共有されていないと述べている。

一方で、シーズとニーズをマッチングさせ共同研究を獲得するための活動を行い、その後の進捗管理を行う役割を担う URA (University Research Administrator) や技術コーディネーターなどにとっては利用が可能と述べている。特に、新しくそのような役割を担う人材に

はプロジェクトを整理をするためのツールになる可能性が高いと思われると述べている。

このような意見を統合すると、研究成果を事業化するための産学共同研究をマネジメントするためのツールとして PoC フレームワークを利用することは、従来のマネジメントツールに対して必ずしも優位性を持つものではないことから、提案するには、企業が導入しているツールとの詳細な比較検討が必要である。また、研究開発のピボットを取り込むなど、実際の研究開発に則した拡張が必要である。

一方で、PoBC の概念を、共同研究を行う産学間で共有することが事業化には必要であることについてはインタビューの総意であったと言える。そのためには、アカデミアに PoBC の重要性に対して理解を求めることが必要である。そのためにはマネジメントツールを利用したことのないアカデミアに PoBC を意識させつつ研究を進めるためのツール、URA、技術コーディネーターなどが PoBC を整理するツールの一つとして利用可能であると言える。

また、PoC フレームワークのマネジメントへの活用の有効性を検証するには、実際のプロジェクトに PoC フレームワークを適用し検証する必要がある。また、それぞれの PoC フレームワークのステージにおいて、どのようなツール、フレームワーク、研究成果を利用するか整理をすることも必要である。これについても具体的なプロジェクトを行いながら利用可能性について議論していく必要がある。さらには、本提案方法は産学連携を念頭に体系化を行っているが、産学連携に限らないオープンイノベーションでも有効であると思われる。しかし、具体的な検討は今後の課題である。

6.3. 知識創造動態モデルから見た研究成果の事業化に関する考察

知識経営において野中郁次郎・梅本勝博は、組織的ナレッジマネジメントの基礎理論として「組織的知識創造理論」を提唱し、「SECI モデル」、知識創造のための共有されたコンテキストとしての「場」、プロセスにおける材料と成果としての「知識資産」、知識創造プロセスの促進要因を提供する「ナレッジリーダーシップ」の4つによって構成されるとした(野中・梅本 2001)。その後、理論を発展させ継続的に組織が知識創造を行うモデルとして、知識創造動態モデルを提案している(野中・遠山・平田 2010)。このモデルでは SECI を回すための源泉として「知識ビジョン」、「駆動目標」、「対話」と「実践」、SECI プロセスが実行される「場」、SECI プロセスの入出力としての「知識資産」、「場」の境界を規定する知の生

態系としての「環境」の七つを定義した。6.3 では知識創造動態モデルの観点からアカデミアの研究成果の事業化について考察を加える。

まずは、既存企業への技術移転を通じてアカデミアの研究成果を事業化するための産学共同研究プロジェクトにおける、アカデミアと企業の間における知識創造動態モデルについて事例から考察する。今回の2つの事例からは明確な「知識ビジョン」を見出すことはできなかつた。野中らが述べる「知識ビジョン」とは「我々は何のために存在するのか」という存在論から始まるものであり、組織の生き方への基本的な問いとしている。事例を検討したが、産学共同研究プロジェクトは期間限定的なプロジェクトであり「知識ビジョン」のようなものは明示的には見当たらない。但し、全ての企業は「知識ビジョン」を持っているという前提に立つならば、産学共同研究プロジェクトにおける「知識ビジョン」は所与のもの、すなわち企業の「知識ビジョン」と一致すると推測する。なぜならば企業が社会へ提供するソリューションは「知識ビジョン」をもとに作成されているものであり、アカデミアの研究成果は企業のソリューションに組み込まれて社会実装されるためである。

一方で、知識創造を行うための「対話」と「実践」を繰り返すための「駆動目標」については明確化されている。野中らの述べる「駆動目標」とは、組織がどのような価値を提供するかについての具体的な概念や数値目標などとしている。例えば単層 CNT の事例では、「単層 CNT の低コスト化」を目指した「基板の大面積化」「合成装置の連続運転」が知識創造のための「駆動目標」となり、音声プライバシー技術の事例では、「汎用システムの開発」を目指した「アルゴリズムの研究」「基本プログラムの開発」「DSP への実装」などが「駆動目標」となつたと推定できる。このような「駆動目標」は PoBC-P/PoTC-P において、製品化する企業より与えられ、アカデミアで「対話」を通じて共有、具体化され、プロジェクトを進めるためのドライバーとして設定されると考えられる。

野中らは、「場」を動かすには参加するメンバーの間に目標や文脈、感情、価値観の共有が必要としており、また、異質な知を持つ参加者が必要としている(野中・遠山・平田 2010)。産学共同研究プロジェクトにおける PoBC/PoTC の PDS の各フェーズでは、アカデミアと企業という異質な参加者が、PoBC-P/PoTC-P で共有された「駆動目標」をもとに、同じ研究環境や定期的な打ち合わせ、メールなどの「場」を通じて、研究開発や市場調査という「実践」と、「実践」の結果を持ち寄り議論を行う「対話」を繰り返し、知識移転を行うとともに、最終的には PoBC-S/PoTC-S において製品化に必要なプラグマティックな知識が創造されたと考えられる。

以上をまとめると、産学共同研究においては

- 「知識ビジョン」は企業のもつ「知識ビジョン」がプロジェクトに所与のものとして与えられる。
- 「駆動目標」は PoBC-P/PoTC-P の場で企業より与えられ、具体的な目標に企業とアカデミアで具体化され共有される。

ことで知識共有が行われるとともに、製品化に必要なプラグマティックな知識の創造が行われる。

次にスタートアップ企業の設立を通じてアカデミアの研究成果を事業化するためのプロジェクトにおいての、アカデミアと VC の間の知識創造動態モデルを考察する。プロジェクトの開始前においては、アカデミアの持つ研究成果、VC の持つ投資ノウハウなどの「知識資産」が知識創造動態モデルにおける唯一の要素であると考えられる。この状況では、製品やサービスを生み出すための「知識ビジョン」は存在しないと考えられる。事例においても「知識ビジョン」が存在していた形跡は見当たらなかった。プロジェクトは研究成果という「知識資産」を起点として、アカデミアと VC という異質な知識を持つ参加者によって、スタートアップ企業を設立するためのプラグマティックな知識を創出する「場」が形成される。そして、PoBC-P/PoTC-P においてアカデミアと VC の間で「対話」と「実践」を繰り返し、研究成果をもとに社会貢献するという目標や文脈、価値観の共有が行われ、スタートアップ企業の設立に向けての「知識ビジョン」が形成され、具体的な「駆動目標」が形成される。

PoBC/PoTC の PDS プロセスにおいては、常に「対話」と「実践」による知識創造プロセスが行われる。例えば、研究成果という「暗黙知」を MVP やサービス仮説などといった「形式知」に変換し、市場や顧客という「環境」と対話することで、そこから得られた「暗黙知」を「形式知」に昇華させ MVP やサービスの仮説を修正するという作業を行う。「実践」において、VC は顧客などの「環境」と関わり、ニーズなどの暗黙知の獲得を担当し、アカデミアは MVP の作成や研究開発を実施する。例えば、薬剤候補のスクリーニング技術の事業化の事例では、米国での展開を検討する為に、医学、薬学系の研究の中心地であるボストンエリアの動向を VC が調査し、研究者の講演の機会を提供するなどの活動を通じて「環境」からの知識の吸収を図った。

次に、「環境」から吸収した暗黙知は「場」においてアカデミアと VC が対話をし、ピボ

ットと呼ばれる修正を「実践」することでプラグマティックな知識が創造される。例えば、AI 対話技術の事業化の事例では、事業化のステークホルダーとなるコンテンツプロバイダの情報を収集した結果、ビジネスモデルを、ニュース提供サービスから英会話能力判定システムにピボットした事例があげられる。このような知識創造プロセスを経て、研究成果というプリミティブな知識は、最終的にプラグマティックな知識に変換され、スタートアップ企業のプロダクトやサービスが創造される。

以上をまとめると、スタートアップ企業の創出においては

- プロジェクト当初は「知識ビジョン」は存在せず、研究成果という「知識資産」しか存在しない。
- PoBC-P/PoTC-P の「場」で対話を重ねることで事業化の目標が生まれ、設立目標となるスタートアップ企業の「知識ビジョン」、プロジェクトの「駆動目標」がアカデミアと VC の間で作成される。
- 研究成果を MVP やサービス仮説などの「形式知」に変換し、頻繁に市場、顧客という「環境」と対話することで、ピボットを繰り返し、事業化に必要なプラグマティックな知識を創造する。

と言える。

以上のように知識創造動態モデルの観点からみても、アカデミアの研究成果の事業化において、事業化に必要な知識が創造され、研究成果が社会実装されるメカニズムが説明できる。但し、本考察のもとになるインタビュー事例は、知識創造動態モデルがどう作用しているかを解明する目的で実施したものではない。知識創造モデルによる共同研究、スタートアップ企業創出のメカニズム創出については追加のインタビューなどを行い詳細な分析が必要であると考えられる。

例えば、アカデミアと VC の「駆動目標」についてはどこかのタイミングで変わることも考えられる。これはアカデミアの技術をもとにスタートアップ企業が設立された後、時間が経つにつれて、VC はイグジットを完遂し、キャピタルゲインを獲得することを重視するようになるのに対して、アカデミアは早期のイグジットを目的とせず持続的な成長を重視するようになるなど、方向性に差異が生じる可能性がある。このような観点に立つとスタートアップの創出における知識創造動態モデルは、一定の期間に限ったモデルである可能性もある。

6.4. 研究成果をもとにしたスタートアップ企業への投資における課題

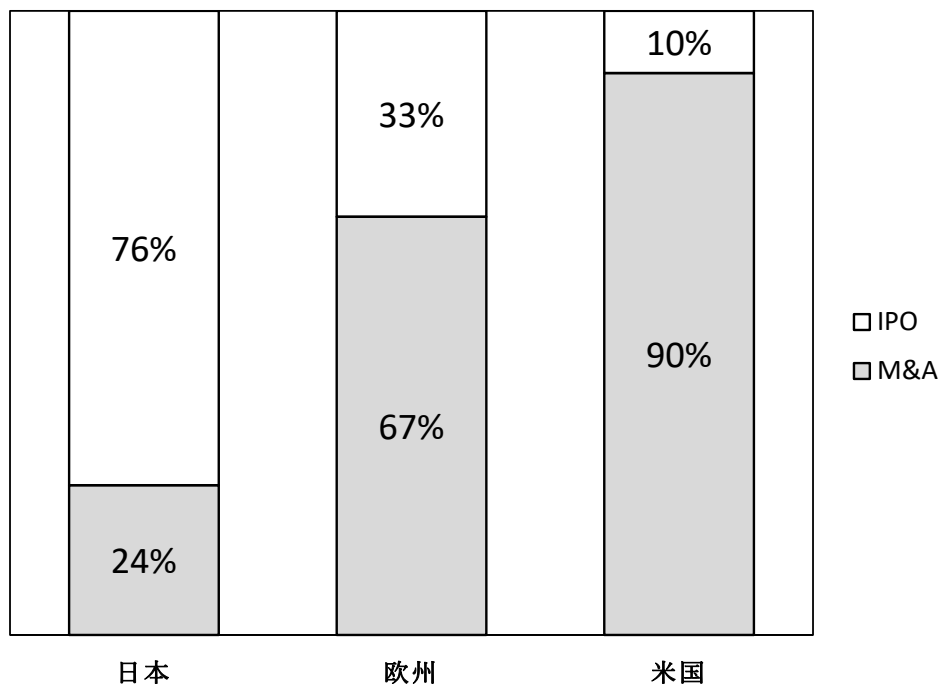
第 5 章では、アカデミアの研究成果をスタートアップ企業を通じて事業化する場合、十分な資金を調達することが必要であり、その調達先として VC を取り上げ、投資判断において重要となるアカデミアと VC 間の知識共有について PoC の観点から分析した。一方で VC へのインタビューにおいて、投資判断を行うにあたって PoC を獲得することは最低条件であるが、その他にも我が国の課題としてイグジットの多様性が乏しいことを指摘していたことから、その内容について補論として考察する。

インタビューでは、VC が投資判断する際、ファンドの償還期間までに新規株式上場 (IPO) や企業売却 (M&A) といった将来的な株式の売却の見通し、すなわちイグジットの目論見が構築できるかが重視する点の 1 つであると述べていた。日本では国内の M&A 市場が活発でないため、新興市場である東証グロース市場 (旧マザーズ市場) への IPO が達成できるかが重要なポイントとなると述べていた。このように、日本の M&A 市場が活発でないことは、アカデミアの研究成果を活用したスタートアップ企業のような長期の研究開発が必要で、事業化まで時間かかる案件については、イグジットを目論むことが困難であることを表しており、投資の障害となる可能性があることを述べていた。一方で、米国では M&A 市場が活発であり、ユーザーの存在や独創的の技術アイデアなどがあれば既存の事業会社への M&A の可能性があることから、事業化まで時間がかかるアカデミアの研究成果を活用したスタートアップ企業であっても VC が投資を実行しやすいと述べていた。

実際にインタビューの内容を客観的データで補足する。図 6-3 は日本と欧米のイグジットの違いを示したグラフである。欧米では M&A が主なイグジットであるが、日本では IPO が主なイグジットである。すなわち、日本においては VC が投資案件として好む案件は IPO しやすい案件、すなわち新興市場である東証グロース市場 (旧マザーズ市場) に上場させやすい案件となる。グロース市場の上場基準は流通株式 25%以上、流通株式時価総額 5 億円以上となっており、低い企業価値でも上場可能であることを示している (日本取引所グループ 2023)。このことは VC の投資対象としては、IPO しやすい ICT やサービスビジネスの案件が中心となり、技術の理解や長期の研究開発を伴うスタートアップ企業への投資へ資金が向きにくいことを示している。

例えば、スタートアップ関係の調査サービスである INITIAL の調査 (ユーザーベース 2023) によると、SaaS (Software as a Service) と呼ばれる IT サービス系のスタートアップ企業の 1 社あたりの平均調達額は平均 8.42 億円、Fintech 系のスタートアップ企業の 1 社あたりの

平均調達額 9.78 億円であるのに対して、研究開発型のスタートアップ企業の 1 社あたりの平均調達額は 5.51 億円と低い。また、大学発スタートアップ企業では、406 社 1242 億円を調達しており一社当たり 4.05 億と更に低くなる。



出典：(経済産業省 2022b)

「ベンチャー白書 2021」より経済産業省作成

図 6-3：イグジットの国際比較

それに対して、欧米では、スタートアップ企業が大企業から M&A を受けることが主流であるため、投資候補のスタートアップ企業しか持たない独自の技術アイデアの実現性に、一定の蓋然性が認められれば投資を受けることができる。日本の場合、独自の技術アイデアがあってもイグジットのイメージが作れないことから投資を受けることができない場合が多い。

そこで、本研究の研究課題としたアカデミアの研究成果を活用したスタートアップ企業を設立するためには、事前に PoBC においてイグジットモデルとして M&A の可能性を検討しておく必要がある。例えば、薬剤候補スクリーニング技術の事業化の事例では、共同研究先企業からのシード出資を得ている。事業会社からのシード出資が直接 M&A に繋がるとまではいえないが、可能性を含んだものであると言える。このようにスタートアップ企業

と大企業の間における知識共有については、今後研究が必要なテーマであると考えられる。

6.5. まとめ

本章では第3章、第4章、第5章の結果と考察をもとに、知識の観点から見た事業化の阻害要因を考察した。そこでは、アドバースセレクションやエージェンシーを引き起す、目的の不一致や情報の非対称性を解消すること、また、情報の粘着性や不確実性を解消することが必要であることが分かった。それらの解消にはPoCの獲得及び、PoTCとPoBCの観点からのプロジェクトの適切な運用が必要であることが分かった。

また、PoCフレームワークを事業化共同研究のマネジメントに利用する方法について考察を加えた。マネジメントに利用する場合においては、ビジネスモデルキャンパスやバリュープロポジションキャンパスといった他のフレームワークを適切に組み込んでいくことが重要であることが分かった。また、実務者の意見から、アカデミアと企業の共同研究のマネジメントに一定の範囲で利用できる可能性があることが分かった。

さらに本研究と知識創造動態モデルとの関係を考察について加えた。

最後に、VCのインタビューをもとにアカデミアの研究成果を活用したスタートアップ企業を創出するためのその他の課題について補論として考察を加えた。

第7章 結論と含意

本研究では、アカデミアの研究成果を既存企業へ技術移転することや、研究成果をもとにしたスタートアップ企業を設立することを通じて、研究成果を事業化する場合に発生する課題の一つであるステークホルダー間の知識共有の方法について事例研究を行った。本研究では、2つのサブシディアリーリサーチクエスション（SRQ）と、1つのメジャーリサーチクエスション（MRQ）を設定し、概念実証（PoC）の観点からみた分析フレームワーク（PoC フレームワーク）を提案し、事例分析を行った。以下、リサーチクエスションに対する回答と、本研究の理論的貢献、実務的貢献、限界と今後の課題について述べる。

7.1. リサーチクエスションに対する回答

7.1.1. サブシディアリーリサーチクエスションに対する回答

本研究では、まず、事例の分析フレームワークを設計した。設計を行う前に先行論文における分析フレームワークを調査したが、事業化におけるステークホルダー間の知識共有という観点での分析に適した既存の分析フレームワークを見つけることができなかった。

そのため、事業化を実現するために必要な要素を検討し、PoC を中心に分析するという観念にたどり着いた。先行研究においても、PoC は事業化を検証する手段や状態として広く認知されている。但し、PoC という概念は広く一般的に使われているがゆえに、定義に曖昧な部分が存在するため、本研究では改めて PoC を定義した。本研究では PoC は事業化の実現可能性が証明された状態とし、そのような状態を達成することを「PoC を獲得した」と表現するものとした。また、PoC を獲得するための様々な活動を「PoC プロセス」とし、PoC プロセスをさらに明確化するために、計画（Plan）、実行（Do）、検証（See）のステップに分解し、プロセス開始前の状態と終了後の状態を加えた5つのステップを定義した。

また、先行研究では、PoC は主に技術の事業化を検証する手段や状態とされていたが、事業化を目的とした研究やプロジェクトにおいては、ビジネスの実現可能性の検討は不可欠であることから、PoC を技術的 PoC（PoTC）とビジネス的 PoC（PoBC）に分けた。

更には、情報の非対称性や粘着性がどのように解消されるかを記載する部分を加え、分析フレームワークとして第3章の表 3-1 で示した 3×5 のマトリックスを PoC フレームワークとして定義し、研究成果の事業化を実現するためにステークホルダー間で行う知識共有

のプロセスを分析するフレームワークを設計した。

SRQ1：既存企業を通じて研究成果の事業化を実現する場合において、ステークホルダー間でどのように知識共有が行われ、事業化の障害となる何の解決に貢献したのか。

既存企業を通じてアカデミアの研究成果の事業化するには、技術移転と呼ばれる知識共有が必要となる。第4章で示したとおり、本研究では知識共有の方法として事業化に向けた産学共同研究を対象とした。そして、共同研究におけるアカデミアと既存企業の間での知識共有を、PoCフレームワークを使って分析した。

その結果は以下の通りである。

- プロジェクトの開始時において、ビジネス的な課題を中心とした目標設定(PoBC-P)を行い、PoBC-Pを達成するための技術的課題を設定すること(PoTC-P)、そしてそれらをアカデミアと既存企業の間で共有することで目標段階での知識共有が行われた。

また、事業化を実現するにはビジネスの実現可能性の検証が必要であるため、PoTCだけでなく、PoBCが重要である。特にPoBCで研究開発の目的を明確化したうえで、ステークホルダー間で共有し、PoTCで該当する研究開発を実施することでエージェンシー問題の原因となる目的の不一致の発生を防ぐことに貢献する。すなわち、共同研究が企業側の想定していない方向に進むことを防ぐことに貢献する。

- プロジェクトの実行フェーズ(PoTC-D)において、粘着性の高い技術情報をアカデミアから既存企業に技術移転(知識共有)するために、フォン・ヒッペルの粘着性の解消手段に沿った活動が行われていた。今回の事例では、企業から研究者をアカデミアに派遣することで「粘着性のある情報がある場所で問題解決活動を行うこと」と、ノウハウをプログラムという共通言語に変換するということが、一種の「反復コストが高い場合は非粘着化を行うための投資」が行われていること、またアカデミアと企業の間での頻繁な情報共有が行われていることが分かった。

また、これらの活動は、一種のモニタリングと捉えることもでき、情報の非対称性に由来するエージェンシー問題の解決にも貢献し、共同研究が想定していない方向

に進むことを防ぐことに貢献する。

よって、既存企業を通じて研究成果の事業化を実現する場合において、PoC の観点から事業化に向けた共同研究を分析した場合、PoBC を重視しながら PoC の目標設定を行うことで研究内容を明確化し、目標が事業化の方向性からそれないように研究を進めることで、情報の非対称性に基づくエージェンシー問題を解決し、フォン・ヒッペルの情報の粘着性の解消手段を用いて粘着性を解消し、アカデミアと既存企業の間での知識共有を行ったと言える。

SRQ2: スタートアップ企業の設立を通じてアカデミアの研究成果の事業化を実現する場合において、ステークホルダー間でどのように知識共有が行われ、事業化の障害となる何の解決に貢献したのか

第 5 章で示したとおり、アカデミアの研究成果をもとにスタートアップ企業を設立することを目的とした研究開発・事業開発活動を、アカデミアと VC が共同で実施することを支援する公的プログラムに採用された 4 件のプロジェクトについて、PoC フレームワークを使って分析を行った。今回の事例ではアカデミアと VC をステークホルダーととらえてその知識共有を分析した。

その結果は以下の通りである。

- 各プロジェクトは PoC プロセスに沿って共同実施されることで知識共有が行われていた。特に、プロジェクトの目標設定の段階 (PoBC-P) でビジネスモデルが作成され、それに沿う形で技術的な目標 (PoTC-P) も設定され共有された。プロジェクトの共同実施により、本来、アカデミアしか把握することができない技術の成熟度や課題、競合技術に対する優位性、市場ニーズ、顧客ニーズの把握などといった情報が、適宜、アカデミアと VC の間で共有され、議論が行われ、目標の修正などに利用された。このような知識共有を行うことで、情報の非対称性に基づくアドバースセレクションの発生を抑えることに貢献した。
- プロジェクトの共同実施を行ったことで、PoC プロセスの全ての段階での情報が共有された。そして、プロジェクトの結果としての、PoC の獲得の成否とその解釈が不確実性の解消に影響した。アカデミアの研究成果が持つ技術とビジネスの不確実

性は、PoC プロセスを実施した結果、PoC が獲得できたと判断されれば、不確実性が解消され、ファンドからの投資によるスタートアップ企業の設立へとつながる。特に技術的な不確実性だけでなく、ビジネス的な不確実性を解決する必要がある、PoBC の獲得が重要な役割を果たす。

7.1.2. メジャーリサーチクエスチョンに対する回答

MRQ：アカデミアの研究成果の事業化を実現させるために、ステークホルダー間でどのように知識共有が行われ、事業化の障害となる何の解決に貢献したのか。

アカデミアの研究成果を事業化する場合において重要な点は、アカデミアと既存企業や VC といったステークホルダー間の情報の非対称性を解消し、既存企業への技術移転の障害となるエージェント問題と情報の粘着性を解消し、事業会社へ研究成果を移転することや、VC 投資の障害となるアドバースセクションと不確実性を解消し投資を実現することであることから、それらを意識して知識共有がおこなわれた。

具体的には、プロジェクトにおいて情報の非対称性の解消の観点、不確実性の解消の観点から PoC プロセスに従ってプロジェクトを実施し、PoC の獲得を進めた。また、技術的な事業化を意識した PoTC だけでなく、事業化を意識した PoBC を同時並行的に実施すること、特に目標設定時には PoBC-P から PoTC-P を設定することによってプロジェクトを進めた。

また、共同して PoC プロセスを実施することで、ステークホルダー間の情報の非対称性を解消し、投資や事業化に向けた産学共同研究を促進しアカデミアの研究成果の事業化を達成することに貢献した。

7.2. 理論的貢献

イノベーションの重要な担い手であるアカデミアの生み出す研究成果から、技術移転やスタートアップ企業の設立を通じて製品やサービスを生み出し、その成果をアカデミアに還元し、更にイノベーションを生み出す研究成果が生まれるエコシステムを形成すること

は重要な課題とされている。しかしながら、アカデミアの研究成果を技術移転することや、スタートアップ企業を設立する事は様々な課題が存在することから、これまで様々な研究が行われてきた。

本研究は、それらの研究に対して以下の点で新しい貢献を行うものである。

2.4で紹介したとおり、これまでの事業化を目的とした産学共同研究の成功分析を行った研究では事例分析ベースに帰納的に結論を導き出す研究であり、成功の要因をコーディネーターの支援、人材育成、関係者間の連携の深さ、リーダーシップ、関係者の熱意など人的要因に依拠していた（馬場・鎗目 2007: 65-95; 丹野ほか 2006; 北村ほか 2007; 佐藤ほか 2017）。このように技術移転の研究においてプレイヤーに着目した研究は多い。しかし、知識科学の観点から、具体的にプレイヤー間でどのように知識共有、知識移転を行ったかについて明らかにはされていなかった。

本研究では知識共有、知識移転を分析するフレームワークとして PoC の観点にたった分析フレームワークを提案し、事例を当てはめる演繹的な方法で研究を行い、これまで中心的な課題とされていなかった、ステークホルダー間でどのように知識共有、技術移転が行われたかを中心に明らかにしたことは新たな貢献である。また、研究成果を事業化する場合においては、技術的な実用化・事業化の可能性の検討だけでなく、ビジネス的な実用化・事業化の可能性の検討も重要であることから、PoC をビジネス的概念実証 (PoBC) と技術的概念実証 (PoTC) に整理し構成した PoC フレームワークを提案したことも新たな貢献である。

産学共同研究を通じて企業等に知識を移転し事業化を達成するには、エージェンシー問題の原因となる情報の非対称性と目的の不一致の解消、そして知識の移転に伴う粘着性の解消が必要である。本研究では事例分析から粘着性についてはフォン・ヒッペルの粘着性の解消の方法が効果的であることを確認した。また、フォン・ヒッペルの方法は粘着性の解消だけでなく、情報の非対称性の解消にも効果があることを確認した。更には、ビジネス上の目標 (PoBC-P) を共有した上で技術上の目標 (PoTC-P) を設定することにより、研究遂行上の目的の不一致が回避されることを明らかにしたのは新たな貢献である。このようにビジネス上の目標を起点とした研究目標の設定と、フォン・ヒッペルの方法に沿って共同研究を遂行することにより、エージェンシー問題の解決を図ることができ、知識共有、知識移転を行う事ができることを明らかにしたことは新たな貢献である。

一方で、アカデミアの研究成果を利用したスタートアップ企業と投資家の間には情報の非対称性と情報や技術の不確実性が存在するため資金提供を受けることが困難であること

が知られている (Shane 2004=2005)。このことは、スタートアップ企業の設立を目指すアカデミアと投資家の間でも同様の問題が発生することは容易に類推できる。

投資家の技術的スタートアップ企業への投資を促進するために 2.6 で示したとおり、各国は PoC ファンドと呼ばれる PoC を獲得するためのプログラムを用意し、事業化の検証の支援を行っている。このようなプログラムを利用し、プロジェクトを実施し PoC を獲得することは、情報の非対称性と技術や市場の不確実性を解消し、投資家からの資金を獲得するために有効とされている。しかしながら、実際にどのようにプロジェクトを実施しアカデミアと投資家間で知識共有をおこなうかの方法については、具体的には述べられていない。

本研究では、我が国の公的資金で支援されている、アカデミアと VC が共同でアカデミアの研究成果を利用したスタートアップ企業の設立に向けて活動するプロジェクトに対して、PoC フレームワークを用い分析を行った。具体的には、ファンドからの資金調達に成功し起業した事例、起業したがファンドから資金調達が失敗した事例、起業したが他の VC から資金調達が成功した事例、起業に失敗した事例の 4 つの事例の分析をおこない、どのように知識共有が行われ、情報の非対称性と技術と市場の不確実性に対応したかを明らかにした。特に、アカデミアと VC が共同でプロジェクトを実施することが、情報の非対称性の解消に貢献し、技術的 PoC とビジネス的 PoC が獲得されることで不確実性が解消され、両者が揃うことで投資が実行されることを明らかにした。また、共同でプロジェクトを実施することは、PoC の獲得に失敗しても、その後の VC による継続的な支援を獲得することにも貢献することを明らかにした。

また、これまで産学共同研究を活用し既存企業に研究成果を技術移転し事業化する方法と、スタートアップ企業を設立し研究成果を事業化する方法の両方の事例分析に適用できるフレームワークは見当たらなかったが、今回提案した PoC フレームワークは両方の研究において利用できることを示した。

7.3. 実務的貢献

6.2 で示したとおり、PoC プロセスを使った PoC フレームワークはアカデミアの研究成果の事業化の手段の 1 つである事業化を目的とした共同研究のマネジメントへの応用可能性を示した。PoC のステップに合わせて事業をマネジメントすることで事業化をマネジメントできる可能性がある。

また、アカデミアの研究成果を企業等から事業化するにあたっては、共同研究を通じて既存企業から事業化する場合においても、スタートアップ企業を設立しアカデミア自らが事業化する場合においても、ビジネス的な検証である PoBC が重要である事を示した。

特に PoC を獲得するための PoC プロセスをアカデミア、既存企業、VC といったステークホルダーで共同実施することは知識共有、相互理解を促進し、事業化を加速させることができることを示した。

これらはアカデミアの研究成果の事業化を促進し、イノベーションを創出するための実務的な方法として貢献が認められる。

7.4. 本研究の限界

本研究の限界としては適用事例が少ないことが挙げられる。既存企業への技術移転を通じた研究成果の事業化の分析においては、個々の成功事例について深く掘り下げているが、失敗事例について述べられておらず、実務的貢献で示した内容について汎用性を持つ程の分析事例があったとは言い難い。また、スタートアップ企業の設立の事例においては、成功事例と失敗事例、分野も広範囲に渡る事例分析ではあるが、VC 一社のインタビューであり、VC 毎に投資方針が異なる可能性があることを考えると、より多くの VC からのインタビューが必要である。

また、本研究は事業化の初期段階の分析においては一定の貢献を果たしている。しかし、事業は成長し、長期的に収益を得ることで成功と言えることから、長期的な分析を加える必要がある。例えば、今回の産学共同研究の事例で取り上げた音声プライバシー技術を利用した商品について、上市は達成したが1生産ロットの販売で終了している。

スタートアップ企業の設立を通じた研究成果の事業化の事例においては、分析対象とした案件の中に株式上場やM&Aといったイグジットを達成したものはない。一般的にアカデミアの研究成果を活用したスタートアップ企業が、イグジットまでにかかる期間は約10年程度といわれる。アカデミアの研究成果をもとにしたスタートアップ企業の設立において、アカデミアとVCとの関係において検討するならば、イグジットまで達成したスタートアップ企業とイグジットまで達成しなかったスタートアップ企業ではどのように違うのかも研究課題として残っている。

言い換えれば、0から1を生み出すための議論、すなわち新しいものを生み出すという文

脈においては、今回の方法に一定の効果があることを主張することはできるが、1を10や100にするための議論、すなわち生み出したものを成長させるために必要なステークホルダー間の知識共有として、今回の方法に効果があるかは今後の研究が必要である。

7.5. 今後の課題

今後の課題として代表的なものとしては、研究成果の事業化における産学官連携部門の関与に関する研究があげられる。産学官連携部門はリエゾン活動と呼ばれる共同研究先を探索し、契約を締結するなどの支援を行う部門、知的財産の発掘と活用、維持管理を行う部門、スタートアップ企業の設立と成長を支援する部門などに分かれ、研究成果の事業化を加速するために活動を行うと考えられている。しかしながら、今回の事例では共同研究を通じた技術移転による事業化においても、スタートアップ企業の創出を通じた事業化においても、特許出願以外では産学官連携部門の関与を明確にすることはできなかった。研究成果の事業化を実現するにあたっては、産学官連携部門の役割が重要であることは論を俟たない。すなわち、産学連携部門と各ステークホルダーとの知識共有について明らかにすることは、アカデミアの研究成果の事業化について大きく貢献する研究課題である。

また、アカデミアの研究成果を活用したスタートアップ企業の設立についても、研究課題が挙げられる。今回はVCからの資金調達を目指し、大きな成長を目論むスタートアップ企業を対象とし、主にアカデミアとVCとの知識共有について研究を行った。一方でゴンパーズら（Gompers et al. 2021=2021）の調査では、投資決定の重要な要素として創業者を挙げたキャピタリストは95%に上るとしている。今回の研究では、アカデミアとVCの知識共有を取り上げたが、創業者とVCとの知識共有についても研究対象としては興味深い。また、同様に経営知識に強い創業者と技術知識に強いアカデミアがどのように知識共有を進め、スタートアップ企業を運営するのかについても興味深い研究対象であると考えられる。

また、6.1.4で考察を加えた通り、プロジェクトを共同実施したことは一種のチープトークを使って情報の非対称性を捉える事ができる事を示した。プロジェクトの初期段階においては、スタートアップ企業を設立したいアカデミアと、有望なスタートアップ企業を見つけ投資し育成したいと考えるVCとの間では、情報の送り手（アカデミア）と受け手（VC）との間で利害が一致することから、チープトークが有効に働くと考えられる。一方でスタートアップ企業のステージが進むにつれて、またVCにおいてはファンドの償還期限が近づくにつれて、より高い成長を求めたいスタートアップ企業側と投資資金をより早く回収し

たい VC では利害の不一致が生じる可能性があり、チープトークが効果的に働かなくなることも考えられる。そのようにステージが進んだ場合の VC とスタートアップ企業の情報の非対称性の解消方法について今後の研究課題である。

謝辞

本論文を執筆するにあたり、多くの方々からのご指導ご鞭撻を賜りましたことを、心から御礼申し上げます。

指導教員である北陸先端科学技術大学院大学 内平直志教授には5年強の長きに渡り、丁寧なご指導、ご鞭撻を賜りました。内平先生には当初「働きながらなので3年は難しいかもしれませんが、遅くとも4年で卒業します」と明言したにもかかわらず、2年強も寄り道をしてしまいました。更に研究の打ち合わせは夜間や週末になり、先生の貴重なお時間を頂戴することになりました。お詫びするとともに、長きにわたるご指導にお礼申し上げます。ありがとうございました。先生の「ゼミに頻繁に来る人は卒業する傾向がある」とのお言葉をよりどころに、準備不足でもゼミだけは参加し議論をさせていただきました。今、修了するにあたり、知識創発の場にできるだけ多く参加することの重要性を改めて感じております。今後も引き続きご指導を賜りますよう何卒よろしくお願い申し上げます。

本論文の外部審査委員をお引き受け頂きました早稲田大学 松田修一名誉教授にはスタートアップ企業の創出や産学連携に関して、大所高所からのご指導を賜りお礼申し上げます。松田先生には博士進学について相談した折にも背中を押して頂き、事あるごとにご指導を賜りました。スタートアップ・産学連携の第一人者の松田先生に博士論文に審査いただいたことは、この上ない幸せです。松田先生の「まだまだ若いのですから社会貢献してください」というお言葉を心に刻み、引き続き研究成果の事業化に携わりたいと考えておりますので、引き続きご指導を賜れば光栄です。ありがとうございました。

本論文の内部審査委員をお引き受け頂きました北陸先端科学技術大学院大学 伊藤泰信教授、白肌邦生教授、西村拓一教授には知識科学の観点からご指導を賜りました。誠に感謝申し上げます。先生方には審査だけでなく、平素の共創ゼミや授業からも博士として研究を進めるための多くの学びを頂くことができました。ありがとうございました。

副テーマをご指導頂きました北陸先端科学技術大学院大学 神田陽治教授には、急なテーマ変更にもかかわらず、指導教員をお引き受け頂き感謝いたします。神田先生からは副テーマを通じて論文作成の作法もご教授いただきました。ありがとうございました。

既存企業への技術移転を通じた事業化の事例分析では、北陸先端科学技術大学院大学 赤木正人名誉教授、山本外茂男元教授、安永裕幸元客員教授には事例のご提供とインタビューのお時間を頂きました。先生方へのインタビューがなければ産学連携成功へのメカニズムの研究を行うことはできなかったと思っております。ありがとうございました。

スタートアップ企業の設立を通じたアカデミアの研究成果の事業化の分析では、ウエル

インベストメント株式会社の瀧口匡代表取締役社長、菊池慶輔投資部長のご協力がなければ実現することができませんでした。お二人から生きた事例をお聞きすることができたからこそ、スタートアップ企業を通じた研究成果の事業化に関する考察が深まったと考えております。引き続きよろしく願いいたします。ありがとうございました。

AKKODiS コンサルティング株式会社 北口貴史氏、株式会社熊平製作所 新規事業開発部 茶之原大輔取締役、北陸先端科学技術大学院大学 中田泰子准教授には PoC フレームワークの実務への検証について大変貴重なご意見を賜りました。頂いたご意見を反映させ、実務に活用できるフレームワークの構築に繋がりたいと考えております。ありがとうございました。

内平研究室の皆さんにはゼミの議論を通じて大変お世話になりました。ありがとうございました。

また、本研究を進めるにあたって様々な形でご支援を賜りましたすべての方々に御礼申し上げます。

研究成果の事業化というテーマは、私が社会人生活を始めた東芝研究開発センター時代から考え続けてきたテーマです。「なぜ研究所の多くの技術は事業化されずに死蔵されてしまうのか」それを打開したいと思い実務や大学院などで、考えてまいりました。

その一つの帰着点が本研究であると思っております。また同時に、本研究は出発点でもありと考えております。皆様の多大なるご支援を頂き授与頂いた学位に恥じぬよう、今後もより多くの研究成果が社会還元されイノベーションを生み出すことができるようなメカニズムの研究を進め、学術的にも実務的にも社会に貢献できるよう精進して参りますので、引き続きご指導、ご鞭撻の程よろしく願いいたします。

最後に私事で恐縮ですが、ビジネススクールで2年、博士課程で5年強と長きにわたって大学院に通学し研究することを理解し支えてくれた妻の典子に心から感謝を述べたいと思います。彼女の理解と支援がなければ本論文は完成できなかったと思います。本当にありがとうございます。そして、研究の邪魔をしつつも行き詰った時の癒しとなってくれた愛猫のウリとマイルにも感謝します。

2023年12月

酒匂孝之

参考文献

- 赤木正人・入江佳洋, 2014, 「音情景解析の概念にもとづいた音声プライバシー保護」『電子情報通信学会論文誌 A』J97-A(4): 247-255.
- 馬場靖憲・鎗目雅, 2007, 「産学連携の実証研究」東京大学出版会.
- Branscomb, Lewis and Philip E. Auerswald, 2002, “Between Invention and Innovation -An Analysis of Funding for Early-Stage Technology Development,” NIST GCR 02-841, National Institute of Standards and Technology.
- Brown, Alvin, 1947, *Organization of Industry*, New York: Prentice-Hall Inc. (安部隆一訳編, 1963, 『経営組織』日本生産性本部.)
- 知財アクセラレーション事務局, 2023, 『令和5年度(2023年度) 知財アクセラレーションプログラム(IPAS)に係る 支援先スタートアップ募集要領』, (2023年6月21日取得, <https://ipbase.go.jp/ipas/>).
- Christensen, Clayton M., 2013, *The innovator's dilemma: when new technologies cause great firms to fail*, Boston, MA: Harvard Business Review Press. (玉田俊平太監修, 伊豆原弓訳, 2001, 『(増補改訂版) イノベーションのジレンマ』翔泳社.)
- Cohen, Wesley M. and Daniel A. Levinthal, 1990, “Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation,” *Administrative Science Quarterly*, 35(1):128-152.
- 大学技術移転協議会, 2023, 「大学技術移転サーベイ 2020年度版(2021年度発行)(概要)」, (2023年4月15日取得, <https://unitt.jp/survey/patent/>).
- 出川通, 2004, 『技術経営の考え方』光文社新書.
- Drucker, Peter, 1954, *The Practice of Management*, Routledge. (上田惇生訳, 2006, 『ドラッカー名著集2 現代の経営 [上]』ダイヤモンド社.)
- Foster, Richard N., 1986, *Innovation: The attacker's advantage*, NY: Summit Books. (大前研一訳, 1987, 『イノベーションー限界突破の経営戦略』TBSブリタニカ.)
- ガートナー, 2022, ハイプ・サイクル, (2022年12月27日取得, <https://www.gartner.co.jp/ja/research/methodologies/gartner-hype-cycle>).
- Gartner, 2018, “Understanding Gartner’s Hype Cycles”, (2022年12月27日取得, <https://www.gartner.com/en/documents/3887767>) .
- George A. Akerlof, 1970, “The Market for “Lemons”: Quality Uncertainty and the Market Mechanism,” *The Quarterly Journal of Economics*, 84(3): 488-500.
- Gompers, Paul, Will Gornall, Steven N. Kaplan and Ilya A. Strebulaev, 2021, “How Venture Capitalists Make Decision,” *Harvard Business Review*, March-April . (鈴木立哉訳, 2021, 「ベンチャーキャピタルの知られざる投資判断プロセス」『ハーバードビジネスレビュー』September: 128-137.)

- 梶賢治, 2016, 「スーパーグロース法－単層カーボンナノチューブの工業的量产技術開発」『シンセシオロジー』9(3): 165-177.
- von Hippel, Eric, 1994, “‘Sticky information’ and the locus of problem solving: Implications for innovation,” *Management Science*, 40(4): 429-439.
- Huston, Larry and Nabil Sakkab, 2007, “Implementing open innovation,” *Research-Technology Management*, 50(2):21-25.
- 飯泉英敏・中村吉明・安永裕幸, 2016, 「単層カーボンナノチューブ製造法のケーススタディを通じた「橋渡し」の成功要因の分析」『産学連携学』13(1): 93-101.
- 入山章栄, 2019, 『世界標準の経営理論』ダイヤモンド社.
- 石田潤一郎・玉田康成, 2020, 『情報とインセンティブの経済学』有斐閣.
- 井嶋研究室, 2021, 九州大学 化学工学部門 生体材料・医用工学講座（井嶋研究室）ホームページ, (2022年12月21日取得, <http://www.chem-eng.kyushu-u.ac.jp/lab8/research.html>).
- 科学技術振興機構, 2022, 研究成果展開事業大学発新産業創出プログラム START, (2022年12月17日取得, <https://www.jst.go.jp/start/index.html>).
- 金井一頼・角田隆太郎編, 2002, 「ベンチャー企業経営論」有斐閣.
- 経済産業省, 2018, 『大学発ベンチャーのあり方研究会 報告書 平成30年6月』, 経済産業省産業技術環境局 大学連携推進室, (2023年6月22日取得, https://www.meti.go.jp/policy/innovation_corp/start-ups/houkokusho.pdf).
- 経済産業省, 2021, 『我が国の産業技術に関する研究開発活動の動向－主要指標と調査データ－令和3年11月』, 経済産業省産業技術環境局, (2023年1月16日取得, https://www.meti.go.jp/policy/economy/gijutsu_kakushin/tech_research/shiryou.pdf).
- 経済産業省, 2022a, 『令和3年度産業技術調査（大学発ベンチャー実態等調査）報告書』, (2023年1月16日取得, https://www.meti.go.jp/policy/innovation_corp/start-ups/reiwa3_vc_cyousakekka_houkokusyo.pdf).
- 経済産業省, 2022b, 『第4回 産業構造審議会 経済産業政策新機軸部会 資料3 事務局説明資料（スタートアップについて）』, (2023年1月17日取得, https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/shin_kijiku/pdf/004_03_00.pdf).
- 経済産業省, 2023, 『第28回 産業構造審議会 産業技術環境分科会 研究開発・イノベーション小委員会 資料6 民間部門の研究開発に係る現状と課題』, (2023年3月31日取得, https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sangyo_gijutsu/kenkyu_innovation/pdf/028_06_00.pdf).
- 岸田晶夫, 2018, 「脱細胞化生体組織の現状と将来展望」『Organ Biology』25(1): 27-34.
- 北村寿宏・丹生晃隆・中村守彦・石飛裕司・出川通, 2007, 「企業と大学との連携による

- 研究から事業化に至るプロセスの解析」『産学連携学』3(2): 29-35.
- Knight, Frank H., 1921, *Risk, Uncertainty and Profit*, Chicago University Press. (桂木隆夫・佐藤方宣・太子堂正称訳, 2021, 『リスク・不確実性・利潤』 筑摩書房.)
- キョーリン製薬ホールディングス株式会社, 2022, 「キョーリン製薬グループについて」, キョーリン製薬ホールディングス株式会社ホームページ, (2022年12月21日取得, https://www.kyorin-gr.co.jp/company/corporate_strategy/strategy_1.shtml).
- Lockett, Andy, Gordon Murray and Mike Wright, 2002, “Do UK venture capitalists still have a bias against investment in new technology firms,” *Research Policy*, 31:1009-1030.
- Lockett, Andy and Mike Wright, 2005, “Resources, capabilities, risk capital and the creation of university spin-out companies,” *Research Policy*, 34:1043-1057.
- 前波晴彦, 2013, 「中小企業を対象とした産学連携支援制度の機能に関する研究【要約版】」東北大学博士論文.
- Masson, Colin M. and Richard T. Harrison, 2002, “Addressing Demand Side Constraints in the Informal Venture Capital Market: the example of LINC Scotland’s ‘trial marriage’ scheme”, In: Conference Paper, European Academy of Management, Stockholm.
- Mason, Colin M. and Richard T. Harrison, 2004, “Improving Access to Early Stage Venture Capital in Regional Economics”, *Local Economy*, 19(2):159-173.
- 松田修一, 1997, 『起業論 アントレプレナーの資質・知識・戦略』日本経済新聞社.
- McAdam, Rodney, Maura McAdam and Valerie Brown, 2009, “Proof of concept processes in UK university technology transfer: an absorptive capacity perspective,” *R&D Management*, 39(2):192-210.
- 文部科学省, 2020, 『科学技術の状況に係る総合的意識調査(NISTEP 定点調査 2019)報告書』文部科学省科学技術・学術政策研究所.
- 文部科学省, 2022a, 『大学等における産学連携等実施状況について令和2年度実績調査結果概要』文部科学省科学技術・学術政策局 産業連携・地域振興課.
- 文部科学省, 2022b, 『科学技術指標 2022』文部科学省科学技術・学術政策研究所.
- 森永泰史, 2016, 「技術移転研究の成果と課題」『京都マネジメントレビュー』29: 1-25.
- Munari, Federico, Maurizio Sobrero and Laura Toschi, 2017, “Financing technology transfer: assessment of university-oriented proof-of-concept programmes,” *Technology Analysis & Strategic Management*, 29(2):233-246.
- 内閣府, 2021, 『第6期科学技術・イノベーション基本計画』.
- 内閣府・文部科学省, 2021, 『財政制度等審議会 財政投融资分科会 大学ファンドについて 国立研究開発法人科学技術振興機構』, (2023年6月22日取得, https://www.mof.go.jp/about_mof/councils/fiscal_system_council/sub-

- of_filp/proceedings/material/zaitoa031209/zaito031209_06.pdf).
- Narayan, Ramani, 1998, "Commercializing Technology: A Case Study of Starch-Based Biodegradable Plastics Technology," David J. Sessa and Julious L. Willett eds., *Paradigm for successful utilization of renewable resources*, Champaign: OCS Press, 78-87.
- Nelsen, Lita L., 1991, "The lifeblood of biotechnology: University-industry technology transfer", R.DANA ONO eds., *The business of biotechnology: From the bench to the street*, MA: Butterworth-Heinemann, 39-76.
- 日本医療研究開発機構, 2022a, 事業紹介医療研究開発革新基盤創成事業 (CiCLE), (2022年12月17日取得, <https://www.amed.go.jp/program/list/index07.html>).
- 日本医療研究開発機構, 2022b, 創薬ベンチャーエコシステム強化事業, (2022年12月17日取得, <https://www.amed.go.jp/program/list/19/02/005.html>).
- 日本取引所グループ, 2023, 「上場審査基準」, 日本取引所グループホームページ, (2023年3月10日取得, <https://www.jpx.co.jp/equities/listing/criteria/listing/02.html>).
- 西澤昭夫, 2019, 「Entrepreneurial Ecosystem 構築の陥穽－INS：制度化への蹉跌－」『経営創製研究』15: 59-74.
- 野中郁次郎・梅本勝博, 2001, 「知識管理から知識経営へ－ナレッジマネジメントの最新動向－」『人工知能学会誌』16(1): 4-14.
- 野中郁次郎・遠山亮子・平田透, 2010, 「流れを経営する」東洋経済新報社.
- Osterwalder, Alexander, and Yves Pigneur, 2010, *Business model generation: a handbook for visionaries, game changers, and challengers*, New Jersey: John Wiley & Sons. (小山龍介訳, 2012, 『ビジネスモデル・ジェネレーション ビジネスモデル設計書』翔泳社.)
- Osterwalder, Alexander, Yves Pigneur, Greg Bernarda and Alan Smith, 2015, *Value proposition design: How to create products and services customers want*, New Jersey: John Wiley & Sons. (関美和訳, 2015, 『バリュー・プロポジション・デザイン 顧客が欲しがる製品やサービスを創る』翔泳社.)
- Porter, Michael. E., 1980, *Competitive strategy*, New York: The Free Press, A Division of Macmilan Publishing Co., Inc. (土岐坤・中辻萬治・服部照夫訳, 1982, 『競争の戦略』ダイヤモンド社.)
- Rasmussen, Einar and Roger Sørheim, 2012, "How governments seek to bridge the financing gap for university spin-offs: proof-of-concept, pre-seed, and seed funding," *Technology Analysis & Strategic Management*, 24(7):663-678.
- Rothchild, Michael and Joseph Stiglitz, 1978, "Equilibrium in competitive insurance markets: An essay on the economics of imperfect information," *Uncertainty in economics*, Academic Press, 1978. 257-280.

- 産業技術総合研究所（産総研），2015，「共同研究開始から10年夢の素材が量産化へ」『産総研 LINK』2015-07:8-11.
- 佐藤暢・松本泰典・那須清吾，2017，「高知工科大学と高知県工業会との組織間連携による凍結濃縮システム開発の体制構築」『産学連携学』13(2):144-153.
- 沢井製薬，2022，「創薬とは？意味と用語を知る | 佐藤健太郎さんが解説する製薬キーワード」，サイエンスシフト，（2022年12月21日取得，
<https://www.scienceshift.jp/blog/keyword-description-drug-discovery>）.
- Schumpeter, Joseph A., 1926, *The Theory of Economic Development*, Routledge. (塩野谷 祐一・東畑精一・中山伊知郎訳，1977，『経済発展の理論（上）』岩波文庫.)
- 生物系特定産業技術研究支援センター，2022，スタートアップ総合支援プログラム（SBIR 支援），（2022年12月26日取得，
<https://www.naro.go.jp/laboratory/brain/startup/index.html>）.
- Shane, Scott, 2004, *Academic Entrepreneurship: University Spinoffs and Wealth Creation*, Northampton, MA: Edward Elgar. (金井一頼・渡辺孝監訳，2005，『大学発ベンチャー：新事業創出と発展のプロセス』中央経済社.)
- 新藤晴臣，2005，「大学発ベンチャーにおける起業家活動－先行研究のレビューによる分析フレームワークの考察」『起業家研究』2: 49-58.
- 新藤晴臣，2008，「日本のアカデミックスタートアップスー起業家活動に関する比較事例分析－」『研究技術計画』23(2); 110-119.
- 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)，2012a，「ナノカーボン応用製品創製プロジェクト」，国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構ホームページ，（2020年8月7日取得，https://www.nedo.go.jp/activities/ZZ_00053.html）.
- 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)，2012b，『平成23年度「カーボンナノチューブキャパシタ開発プロジェクト」事後評価報告書』国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構，（2020年11月14日取得，
<https://www.nedo.go.jp/content/100496842.pdf>）.
- 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO），2016，「NEDO 実用化ドキュメント 驚異の新素材、単層カーボンナノチューブ 世界初の量産工場が稼働」，NEDO 実用化ドキュメント，（2020年9月30日取得，
<https://www.nedo.go.jp/hyoukabu/articles/201602cnt/index.html>）.
- 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO），2017，『「カーボンナノチューブキャパシタ開発プロジェクト」基本計画』国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構，（2021年3月18日取得，
<https://www.nedo.go.jp/content/100083919.pdf>）.
- 新エネルギー・産業技術総合開発機構，2022，「研究開発型スタートアップ支援事業」，（2022年12月17日取得，https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100091.html）.

- 総務省統計局, 2022, 『令和4年科学技術研究調査結果の概要』(2022年12月2日取得, https://www.stat.go.jp/data/kagaku/kekka/kekkgai/pdf/2022ke_gai.pdf).
- Stiglitz, Joseph E. and Carl E. Walsh, 2002, *Economics, third edition*, NY: W W Norton & Company. (藪下史郎・秋山太郎・蟻川靖浩・大阿久博・木立力・清野一治・宮田亮訳, 2006, 『ミクロ経済学第3版』東洋経済新報社.)
- Swamidass, Paul M., 2013, “University startups as a commercialization alternative: lessons from three contrasting case studies,” *The Journal of Technology Transfer*, 38:788-808.
- Szulanski, Gabriel, 1996, “Exploring Internal Stickiness: Impediments to The Transfer of Best Practice within The Firm,” *Strategic Management Journal*, 17:27-43.
- 丹野和夫・大島修三・阿部四郎・猪狩征也・小山康文・沼田秀彦・大矢修・吉田啓一・小笠原康則・佐々木守衛, 2006, 「産学官連携事業により実用化した事例の達成要因解析」『産学連携学』2(2):17-25.
- 寺本義也・山本尚利・山本大輔, 2003, 『最新技術評価法』日経BP社.
- Thursby, Jerry G., and Marie C. Thursby, 2003, “Industry/University Licensing: Characteristics, Concerns and Issues from the Perspective of the Buyer,” *The Journal of Technology Transfer*, 28(3):207-213.
- Timmons, Jeffrey A., 1994, *New Venture Creation*, Illinois: Richard D.Irwin, Inc.(千本倅生・金井信次訳, 1997, 『ベンチャー創造の理論と戦略』ダイヤモンド社.)
- Tschirky, Hugo, Hans-Helmuth Jung and Pascal Savioz ed., 2003, *Technology and Innovation Management on the Move*, Zurich: Orell Füssli verlag AG. (亀岡秋男監訳, 2005, 『科学的経営のための実践的MOT』日経BP社.)
- 中外製薬株式会社, 2018, 『中外製薬株式会社アニュアルレポート2018』.
- 梅田綾子, 2018, 「技術の社会実装に向けた理論と実践」東京海洋大学博士論文.
- 株式会社ユーザベース, 2023, 『Japan Startup Finance 2022 国内スタートアップ資金調達動向』.
- 一般財団法人ベンチャーエンタープライズセンター, 2022, 2021年1-12月ベンチャー投資動向(米国・欧州・中国・日本の4地域比較)(2023年1月25日取得, https://www.vec.or.jp/wordpress/wp-content/files/investment-trend_us-eu-cn-jp_2021cy_2.pdf).
- 渡辺俊也, 2009, 「大学の知財力: 技術の不確実性を削減する組織的能力として」『日本知財学会誌』6(1): 27-48.
- 綿引宣道, 2006, 「産学共同研究の仲介者に関する研究」『日本経営学会誌』16: 68-79.
- Wright, Mike, Andy Lockett, Bart Clarysse and Martin Binks, 2006, “University spin-out and venture capital,” *Research Policy*, 35:481-501.
- 藪下史郎, 2002, 「非対称情報の経済学—スティグリッツと新しい経済学」光文社新書.
- 山崎泰央, 2004, 「日本における1970年代「ベンチャー・ビジネス」の展開」『イノベー

ション・マネージメント』1:139-157.

山本貴史, 2016, 「アカデミアにおける特許出願の意義とイノベーション」『ファルマシア』52(3):205-209.

Yin, Robert K., 1994, *Case Study Research 2/e*, Sage Publications, Inc. (近藤公彦訳, 1996, 『ケーススタディの方法』千倉書房.

吉川弘之・内藤耕編著, 2003, 『第二種基礎研究』日経BP社.

研究業績リスト

●学術論文（査読付き）

酒匂孝之・内平直志, 2023, 「概念実証の観点から見たスタートアップ企業の設立のためのアカデミアとベンチャーキャピタル間の知識共有の分析」『産学連携学』20(1):38-50.

【第1章、第2章、第3章、第5章】

酒匂孝之・内平直志, 2021, 「概念実証の観点から見た研究成果事業化のための知識共有の分析」『産学連携学』17(2): 91-101.

【第1章、第2章、第3章、第4章】

●国際学会発表（査読付き）

Sako, Takayuki and Naoshi Uchihira, 2022, Proposal for Management Method for Industry-Academia Collaborative Research, *The 17th International Conference on Knowledge, Information and Creativity Support Systems*.

【第1章、第2章、第6章2】