

2025 年度冬期
グラデュエーションペーパー
予稿

題 目	
相対的中小企業の視点から半導体製造装置業界の企業が とるべき開発マネジメントの研究	
技術経営論文	ビジネス企画提案

学籍番号	8824221	氏名	篠原 智之
------	---------	----	-------

教 員	
主査	田村 浩道 教授
審査委員 担当	内海 京久 教授

東京理科大学大学院 経営学研究科 技術経営専攻

「相対的中小企業の視点から半導体製造装置業界の企業がとるべき開発マネジメントの研究」

目次

第1章 序論

第1節 研究の背景

第2節 研究課題

第2章 先行研究

第1節 伝統的開発マネジメント理論

第1項 開発マネジメント理論

第2項 ステージゲート法

第2節 コーゼーションとエフェクチュエーション

第1項 コーゼーション

第2項 エフェクチュエーション

第3項 両ロジックの相克と共存の困難性

第3節 本研究の位置づけと独自性

第3章 研究のデザイン

第1節 リサーチクエスションと仮説

第1項 リサーチクエスション

第2項 仮説

第2節 検証方法

第1項 分析対象の定義：「相対的中小企業」

第2項 定量分析の手法

第3項 定性分析の手法

第4章 分析と結果

第1節 定量分析：半導体製造装置業界の構造

第1項 業界構造の可視化と「相対的中小企業」のポジショニング

第2項 主要市場におけるシェアの動態分析

第2節 定性分析：複数事例比較ケーススタディ

第1項 分析ケースの選定

第2項 ニコンのケース：垂直統合モデルの限界とコーゼーションの罫

第3項 東京エレクトロンのケース：複数並列開発による柔軟な適応と市場創造

第4項 ADVANTEST のケース：巨大顧客と連携する計画的コーゼーション戦略

第5項 レーザーテックのケース：エフェクチュエーションによる予測不能な市場の創造

第6項 SCREEN のケース：自己破壊による「模倣困難な組織能力」の再構築

第7項 荏原製作所のケース：技術的優位性を市場シェアに転換できないジレンマ

第3節 結果

第1項 成功事例の分析：エフェクチュエーションの発見

第2項 苦戦・比較事例の分析

第3項 分析結果のまとめ：成功要因と現在の課題

第5章 考察

第1節 ハイブリッドモデルが必要な理由

第1項 コーゼーション・アプローチの限界

第2項 エフェクチュエーション・アプローチの限界

第3項 両者の架橋の必要性

第2節 価値創造と価値獲得のマネジメント

第3節 ハイブリッド開発マネジメントシステムの提案

第1項 提案モデルの全体像

第2項 期待される効果と導入に向けた課題

第6章 結論

第1節 研究の総括

第2節 実務家へのインプリケーション

第7章 おわりに

第1節 本研究の貢献

第1項 学術的貢献

第2項 実務的貢献

第2節 本研究の限界と今後の研究課題
謝辞
参考文献

第1章 序論

第1節 研究の背景

デジタル技術を支える中核部品が半導体で、その技術革新を担う半導体製造装置業界は過去、「ムーアの法則」に基づく予測可能な進化を遂げたが、近年は物理的・経済的限界に直面し技術の正解が一つではない不確実性の高い時代へ移行し、一部の巨大企業が圧倒的な資源で市場を寡占する構造が強まっている。

順位	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2011	2013	2015	2016	2018	2019	2022	2023	2024
1位	AMAT	AMAT	AMAT	AMAT	AMAT	AMAT	ASML	AMAT	AMAT	AMAT	AMAT	AMAT	AMAT	ASML	ASML
2位	TEL	TEL	TEL	TEL	ASML	TEL	AMAT	ASML	Lam	ASML	ASML	ASML	ASML	AMAT	AMAT
3位	ASML	ASML	ASML	ASML	TEL	ASML	TEL	Lam	ASML	Lam	TEL	TEL	Lam	LAM	LAM
4位	Advantest	KLA	KLA	KLA	KLA	Nikon	KLA	TEL	TEL	TEL	Lam	Lam	TEL	TEL	TEL
5位	KLA	Advantest	Lam	Lam	Lam	KLA	Lam	KLA	KLA	KLA	KLA	KLA	KLA	KLA	KLA
6位	Nikon	Nikon	Advantest	Nikon	Nikon	Lam	DNS	DNS	SCRN	SCRN	Advantest	Advantest	Advantest	Advantest	Advantest
7位	Lam	Lam	Nikon	Advantest	Canon	DNS	Nikon	日立	日立	Advantest	SCREEN	SCREEN	SCREEN	ASMI	SCREEN
8位	Novellus	Novellus	Novellus	Novellus	日立	ASMI	Advantest	Advantest	Nikon	Teradyne	Teradyne	Teradyne	ASMI	SCREEN	ASMI
9位	日立	日立	DNS	日立	日立	Novellus	ASMI	Teradyne	国際	日立	国際	日立	国際	Teradyne	NAURA
10位	Canon	Canon	Canon	DNS	Novellus	Teradyne	Novellus	Nikon	ASMI	ASMPIT	日立	ASMI	Teradyne	NAURA	DISCO

図 1.1 半導体製造装置メーカーランキング（公開情報[1]を用いて筆者作成）

第2節 研究課題

主要装置メーカーは、国内では「大企業」だが、業界内で比較すると資源量で見劣りする「挑戦者」のポジションにある。本稿では、この企業群を「相対的中小企業」と定義する。これらの企業は、限られた資源で迅速な意思決定を要する「資源制約」と、成長過程で生じる「組織の硬直性」という「二重制約」に直面しており、この制約を克服し競争優位を築くための開発マネジメントモデルを提言する。

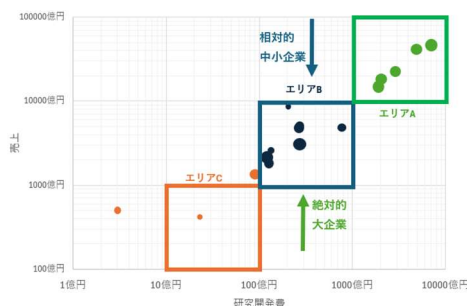


図 1.2 半導体製造装置メーカーのポジショニング（公開情報[1]より筆者作成）

特徴	中小企業	大企業
スピード	速い	遅い★
秘匿性	高い	低い★
選択性	高い	低い★
資源制約	高い★	低い
組織硬直	低い	高い★

図 1.3 中小企業と大企業の比較
★相対的中小企業 [2]を参考に筆者作成。

第2章 先行研究

第1節 伝統的開発マネジメント理論

第1項 開発マネジメント理論

図 2.1 よりイノベーションモデルは第1世代から第4世代へと進化してきた。現在は、エコシステム構築や「オープンイノベーション」の思想が基盤となる第4世代が求められている。



図 2.1 研究開発モデルの世代
『MOT 研究開発マネジメント入門[3]から引用

第2項 ステージゲート法

不確実性を排除し資源配分を最適化するために、各ステージの終わりに「ゲート」を設けて評価する「ステージゲート法」が採用されている。この中核である「デザインレビュー（DR）」は品質・コストの確保に有効だが、一方で計画外の機会を見逃し組織の硬直性を助長するリスクを孕んでいる。

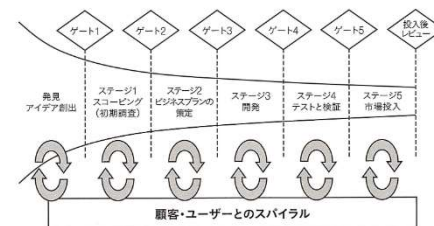


図 2.2 ステージゲートの例
Cooper (2012) 『ステージゲート法』[4]より引用

第2節 コーゼーションとエフェクチュエーション

人間が目標を達成しようとする思考様式を、「コーゼーション」と「エフェクチュエーション」として理論化した[5]。コーゼーションは「予測」に基づき、エフェクチュエーションは「コントロール」に基づく論理で、不確実な未来とどう向き合うかという違いを表している[6][7][8][9]。

第1項 コーゼーション

コーゼーションは、「所与の目標を達成するために最適な手段を選択する」予測主導の論理で、伝統的な経営戦略の根幹であり、効率性と期待収益の最大化を重視する。潤沢な資源を持つ大企業はこの論理で多数のプロジェクトを回し、価値獲得をすることが可能である。

第2項 エフェクチュエーション

「所与の手段を用いて可能な結果を創造する」コントロール主導の論理である。5つの原則（手中の鳥、許容可能な損失、クレイジーキルト、レモネード、飛行機のパイロット）から成り、予測不能な未来に対して自らコントロール可能な要素に集中して市場を共創していく。

第3項 両ロジックの相克と共存の困難性

コーゼーションが計画順守を「善」とするのに対し、エフェクチュエーションは計画変更や適応を「善」とするため、摩擦が生じやすい。単なるプロセスの規定だけでなく、異なる合理性を繋ぐ機能が不可欠となる。

第3節 本研究の位置づけと独自性

従来の研究は「大企業」か「中小企業」に二極化していた。本研究は、大企業の規律と中小企業の俊敏性を同時に追求する「相対的中小企業」に着目し、コーゼーションとエフェクチュエーションを統合する「ハイブリッド開発マネジメントシステム」という具体的な処方箋を提示する点にある。

第3章 研究のデザイン

第1節 リサーチクエスションと仮説

第1項 リサーチクエスション

資源に差がある「相対的中小企業」は「第4世代」でも持続的成長をすることは困難なため「ハイブリッド型マネジメント」が重要な意味を持つ。相反する活動の両立はジレンマを引き起こすが、半導体製造装置市場において、どのように戦い価値を獲得するのかという問いは解明されておらず、RQを以下の通り設定する。

RQ：半導体製造装置業界の『相対的中小企業』は、『資源制約』と『組織の硬直性』という二重制約をどのように乗り越え価値獲得していくのか？

第2項 仮説

仮説：相対的中小企業が陥る『二重制約』は、エフェクチュエーション思考を導入した開発マネジメント手法によって解消され価値獲得が実現される。

開発フェーズに応じて両者を戦略的に使い分ける「ハイブリッド開発マネジメントシステム」の構築こそが持続的な競争優位を築き、価値創造から価値獲得へ導くための有効な解であると結論付ける。

第2節 検証方法

第1項 分析対象の定義：「相対的中小企業」

売上高（Y軸）と研究開発費（X軸）のプロットにより、業界を以下の3層に定義する。（図4.1）

- エリアA（絶対的大企業）：圧倒的な資源格差を持つ巨人。
- エリアB（相対的中小企業）：特定市場のリーダーでありながら、業界内では挑戦者。
- エリアC（その他）：特定市場のニッチプレイヤー群。

第2項 定量分析の手法

- ・主要企業の「売上高」と「研究開発費」で可視化し、企業類型が業界に実在することを示す。
- ・各工程におけるシェア推移と市場規模を比較し数値比較に留まらず、時代背景を加味し分析する。この2段階で、「相対的中小企業」という概念に裏付けを与え直面する課題を捉える。

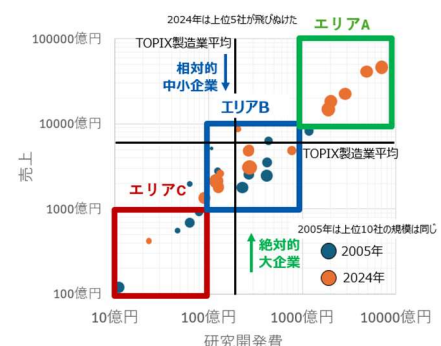


図 3.1 半導体製造装置メーカーの売上、研究開発費の比較（公開情報[1]より筆者作成）

第3項 定性分析の手法

複数事例のケーススタディを実施する。主に二次資料をデータソースとし、エフェクチュエーションの5原則を枠組みとして質的解析を行う。

第4章 分析と結果

第1節 定量分析：半導体製造装置業界の構造

第1項 業界構造の可視化

2005 年時点ではエリア B のポジションにいた企業が、2024 年では「エリア A への昇格」「エリア B での覇権確立」「留保・後退」の 3 パターンに分岐した。これは現状維持が緩やかな衰退を意味しており持続的成長のためには、「価値創造」の成功が不可欠であることを示している。

第2項 主要市場におけるシェアの動態分析

・露光装置市場

2000 年代初頭の ArF 液浸露光技術の導入を機に、ASML が首位を奪取した（図 4.1）。ニコンは強みであった「摺り合わせ」を実行したが、水平分業化が進む新たな生産性の競争軸へ対応が遅れた。一方、ASML は顧客やサプライヤーと共創する「クレイジーキルト」戦略を展開した。結果、ニコンは EUV 開発からも撤退を余儀なくされ、敗北した。これは、過去の成功に最適化された組織が環境変化に対応できなくなる「成功の罠」の典型例である。

・マスク検査装置市場（レーザーテック）、洗浄装置市場（SCREEN）図 4.2

レーザーテックの成功は、未成熟な EUV 市場において「手中の資源」を基盤に「許容可能な損失」の枠内でリスクを取ったエフェクチュエーションの好例である。本事例は、エリア B の企業であっても、エリア A の巨人に対し新市場を自ら創造し、支配することが可能であることを証明している。

・CMP 装置市場：エリア A の壁に阻まれる事例

AMAT が首位を維持している CMP 市場は（図 4.3）荏原の技術力でもシェアを奪えていない。これは前後工程を含めた統合的ソリューションの強みと祖業が安泰しているが故のコーゼーション思考になったと推測する。本事例は、特定工程の技術力のみでは市場支配が困難であることを示している。結果、エリア B 企業が直面する競争の不安定性が見え、この知見に基づきケーススタディを実施する。

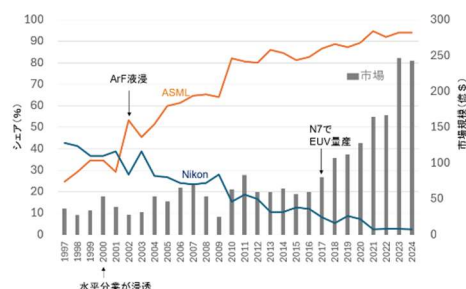


図 4.1 露光装置市場における企業別シェア推移（湯之上隆のデータ[10]参照し筆者作成）

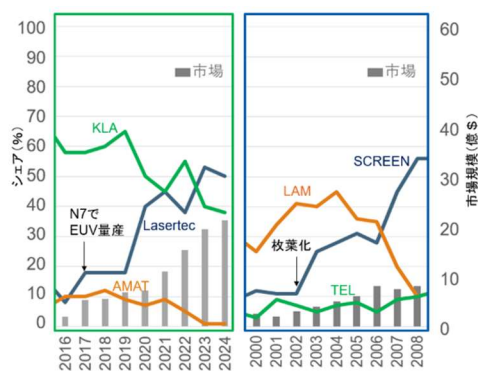


図 4.2 マスク検査装置および枚葉式洗浄装置市場のシェア推移（湯之上隆のデータ[10]参照し筆者作成）

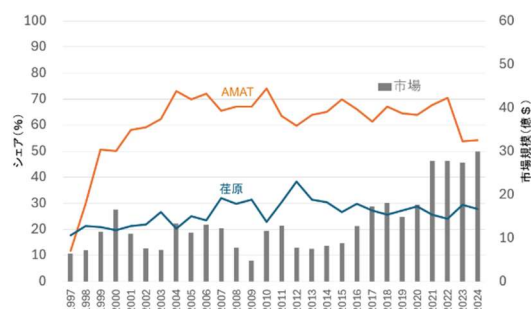


図 4.3 CMP 装置市場における企業別シェア推移（湯之上隆のデータ[10]参照し筆者作成）

第2節 定性分析：複数事例比較ケーススタディ

第1項 分析ケースの選定

大企業、相対的中小企業、シェア低下・維持、シェア拡大で成功事例、苦戦事例、大企業事例を選定した。

	シェア低下、維持	シェア拡大
大企業		
相対的中小企業		

図 4.4 分析対象企業（筆者作成）

第2項 ニコンのケース

図 4.6 に IDM 時代とファウンドリ時代の比較、図 4.7 にニコンと ASML の比較を記載した。ニコンはカメラ事業に基づく垂直統合モデルで予測に基づく開発を継続した。一方 ASML は、モジュール化を推進する「オープン・アーキテクチャ」を選択。また、ニコンは競争軸が「技術深化」から「生産性」へ移行する中、成功体験に過剰適合し環境変化への対応が後手に回った。コーゼーション偏重のマネジメントは「組織の硬直性」という課題を浮き彫りにした。

観点	IDM時代(1980～1990年代)	ファウンドリ時代(2000年代～)
主要顧客	Intel, NEC, Toshiba, IBM	TSMC, Samsung, UMC
顧客要求	独自プロセス対応・微細化・精度	標準化・高スループット・稼働率
露光装置の設計思想	摺り合わせ(垂直統合)	モジュール構造(オープン設計)
製品供給の特徴	高精度・少量多品種	安定稼働・大量供給
開発プロセス	顧客別仕様(クローズド)	コンソーシアム共同開発(IMEC等)
勝者	ニコン・Canon	ASML

図 4.5 IDM とファウンドリの比較（筆者作成）

観点	ニコン	ASML
設計思想	垂直統合(インテグラル)	モジュール構造+標準化
組織文化	職人型・暗黙知重視	コラボ型・形式知共有
R&D連携	自社完結	IMEC・Zeiss・Cymerなど外部連携
戦略思考	内向きの技術深化	外向きの共創と市場形成
思考様式	コーゼーションで内向き	エフェクチュエーションで創発的

図 4.6 ニコンと ASML の比較（筆者作成）

第3項 東京エレクトロンのケース：複数並列開発による柔軟な適応と市場創造

技術商社をルーツとする独自モデルで、市場ニーズ起点に各部門がフィードバックを繰り返す開発を実践している。これは、シェア 9 割を誇るコータ/デベロッパや、ウェハ大型化に伴う技術転換への対応で見られる。不確実な技術変化に対し、「並列開発」を実行できる組織的柔軟性が、洗浄装置等や他の工程におけるシェア拡大の原動力となっている。



図 4.7 東京エレクトロンの開発体制
(2024 年実践 CXO の講義資料から筆者作成)

第4項 ADVANTEST のケース

主要半導体メーカーと次世代技術を共同開発する「次世代 R&D モデル」を実践している。顧客のロードマップから将来を「予測」し、計画的に資源を投入するコーゼーションである。特に 2011 年の Verigy 社買収は不確実な市場の創造ではなく、既存市場のシェア奪還という目標に基づく意思決定であった。潤沢な経営資源と顧客基盤を前提としたこの例は、「相対的中小企業」が模倣できるものではなく、独自の戦略を構築する必要性を示唆している。

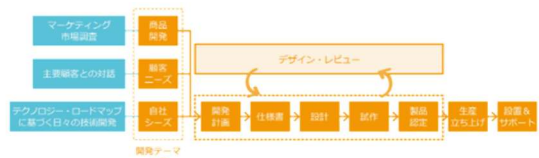


図 4.9 アドバンテストの開発マネジメントシステム
(アドバンテスト HP から引用)

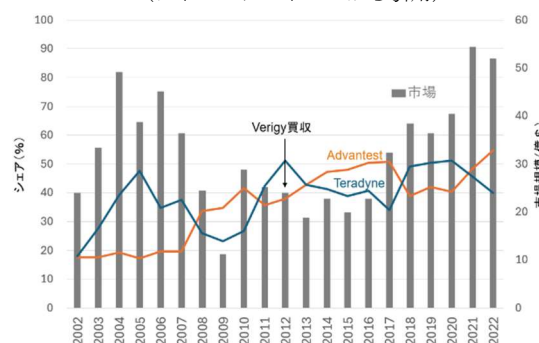


図 4.10 テスタ装置市場における企業別シェア推移
(湯之上隆のデータ[10]参照し筆者作成)

第5項 レーザーテックのケース

光応用技術（手中の資源）を武器に、時間的損失（許容可能な損失）を基準に投資判断。顧客とのフィードバック・ループ（クレイジーキルト）で技術課題を機会へ転換し（レモネード）、市場を形成した（飛行機のパイロット）。本事例は、「相対的中小企業」が非連続な環境変化において、予測を捨てることで市場の支配者となり得ることを示唆している。

第6項 SCREEN のケース

印刷技術に由来する技術基盤（手中の資源）を武器に、既存事業の利益を不確実な未来への投資（許容可能な損失）に充当。技術的脅威を「枚葉式」へ移行を主導することでリーダーシップを示す機会（レモネード）と捉え、未来をコントロール（飛行機のパイロット）した。この事例は、市場リーダーでも、成功モデルを否定し、エフェクチュエーション的な意思決定を下すことで、非連続な環境変化を勝ち抜けることを示唆している。

第7項 荏原製作所のケース

流体制御技術という「手中の資源」を活かし、業界標準となった「ドライイン・ドライアウト」コンセプトでリードしたがシェアは奪えていない。AMAT は前後工程を含む製品群を活かし最適化しているが、単一製品しか持たない荏原は資源制約に陥っている。また、ポンプ事業という半導体市況に左右されない「安全な退路」が存在するため不退転の決意で挑む「飛行機のパイロット」の発動を鈍らせた。本事例は、技術力のみでは超えられない「組織の硬直性」と開発マネジメントの重要性を浮き彫りにしている。

第5章 考察

相対的中小企業が直面する「二重制約」を打破するための「ハイブリッド開発マネジメントシステム」を提案する。

第1節 ハイブリッドモデルが必要な理由

第1項 コーゼーション・アプローチの限界

- ・資源的限界：目標に対する「資源」の戦いは消耗戦で、敗北を喫する。
- ・組織の硬直化：過去（成功・失敗）への過剰適合は、非連続な技術革新の対応を遅らせ「成功の罠」となる。

第2項 エフェクチュエーション・アプローチの限界

- ・ガバナンスの欠如：創発的開発は初期市場創造には有効だが、グローバルな量産体制における品質保証やトレーサビリティの確保には不十分である。
- ・組織化の壁：規模拡大に伴い、属人的プロセスは非効率を生むため、標準化への接続が必要となる。

第3項 両者の架橋

ハイブリッド運営を阻害するのは、『天才を殺す凡人』[11]の枠組みを使用すると、既存の論理（再現性）で非線形なアイデア（創造性）を排除する「サイレントキラー」の存在である。これを解消するためにまずエフェクチュエーションを主導する部門を既存の管理部門から分離し対等な権限を付与する。（例：要素開発部門の独立）次に企業文化・制度的基盤のとして以下5つの仕組みを構築する。

- ・ トップのコミットメント：創造と獲得を二重で実行することを明文化。
- ・ 人事考課の刷新：既存指標によらない試行錯誤プロセスの評価。
- ・ 論理の共通言語化：職種を問わず両アプローチの相互理解を促進する教育。
- ・ 「成功」の称賛：非連続な成功を「幸運」ではなく「意図的創造」と定義。
- ・ 「失敗」の歓迎：失敗を学習データと捉える心理的安全性の構築。

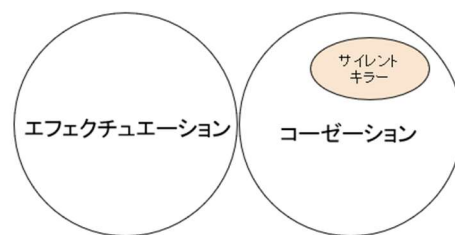


図 5.1 天才を殺す凡人より引用筆者作成[31]

第2節 価値創造と価値獲得のマネジメント

「多層的な価値創出」を図 5.2 に示す。顕在ニーズは QCD 管理や DR に基づき、コーゼーションによって効率的に利益を最大化し、潜在・新創造価値はエフェクチュエーションによって顧客と共に市場を能動的に形成する。

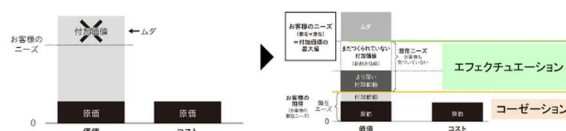


図 5.2 伝統的価値観と、新たな価値創造モデル（付加価値の作り方[12]より引用し加筆）

第3節 ハイブリッド開発マネジメントシステムの提案

第1項 提案モデルの全体像

「ハイブリッド開発マネジメントシステム」の全体像を図 5.3 に示す。これは半導体製造装置業界の「相対的中小企業」が直面する「資源制約」と「組織の硬直性」という二重制約を克服するために設計された。開発プロセスを一律の基準で管理するのではなく、不確実性の高い前半の「価値創造フェーズ（左側）」と、確実性を追求する後半の「価値獲得フェーズ（右側）」に明確に分離し、それぞれに異なる意思決定ロジックを適用する。

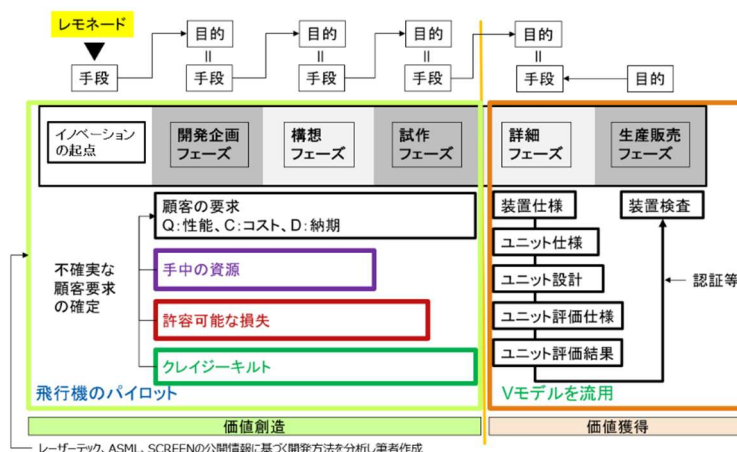


図 5.3 半導体製造装置用ハイブリッド開発モデル
MOT 研究開発マネジメント入門[3]、マネジメント・テキスト 経営戦略入門 [13]を参考に筆者作成）

第2項 期待される効果と導入に向けた課題

定性的効果は、初期フェーズの試行錯誤を許容することで「成功の罟」を回避し、イノベーションを可能にする。定量的効果は、荒井ら、(2011) [14]によると開発期間が約 1/3、生産性が約 2.1 倍に改善

されたことが示され、本稿でも同様の効果が期待される。一方、実装上の課題は、既存文化との「摩擦」で、克服するために、「要素開発部門」の設立と権限委譲および経営トップによるコミットメントが不可欠である。

第6章 結論

第1節 研究の総括

特定市場で高いシェアを持つが挑戦者である「相対的中小企業」の脆弱性を可視化した。また事例分析を通じ、停滞が「コーゼーション偏重」にある一方、躍進が「エフェクチュエーション的アプローチ」に起因することを明らかにした。結論として、資源に勝る企業戦略を模倣するのではなく、不確実な市場を創出する「価値創造」と、収益を追求する「価値獲得」を使い分ける「ハイブリッド開発マネジメントシステム」が、二重制約を克服し優位性を構築するための解であることを導いた。

参考文献

- [1] 有価証券報告書、統合報告書、SEMなどの公開データ
- [2] クレイトン クリステンセン（著）、伊豆原 弓（翻訳）(2001) 「イノベーションのジレンマ」
- [3] 岡本和也, 福代和宏(2006) 『MOT 研究開発マネジメント入門』朝倉書店.
- [4] Cooper, R. G. (2012). 『ステージゲート法——製造業のためのイノベーション・マネジメント』英治出版（浪江一公訳）.
- [5] Sarasvathy, S. D. (2001). Causation and Effectuation: Toward a Theoretical Shift from Economic Inevitability to Entrepreneurial Contingency. *Academy of Management Review*, 26(2), 243-263.
- [6] 吉田満梨(2022)「中小企業の市場創造プロセスにおけるエフェクチュエーションの活用」『商工金融』2022年2月号, pp. 19-36.
- [7] 吉田満梨(2023)『エフェクチュエーション優れた起業家が実践する「5つの原則」』ダイヤモンド社.
- [8] 柳淳也ら(2024)「大企業の新規事業開発におけるエフェクチュエーションの活用」『マーケティングジャーナル』43(4), pp. 18-30.
- [9] Brettel, M., Mauer, R., Engelen, A., & Küpper, D. (2012). Corporate effectuation: Entrepreneurial action and its impact on R&D project performance. *Journal of Business Venturing*, 27(2), 167-184.
- [10] 湯之上隆 (2025), 内側から見た「半導体村」今まで書けなかった業界秘話, Vol. 328, JB デジタル選書
- [11] 北野唯我 (2019) 「天才を殺す凡人」日本経済新聞出版
- [12] 田尻 望(2022) 「付加価値のつくりかた」かんき出版
- [13] 網倉 久永, 新宅 純二郎(2011) 「マネジメント・テキスト 経営戦略入門」日本経済新聞出版
- [14] 荒井俊晴ら(2011)「大規模システム開発における改良版 Agile 開発プロセスの効果について」『プロジェクトマネジメント学会 2011 年度秋季研究発表大会予稿集』, pp. 238-242. (2011)