

Title	金融アプローチによる製造業研究開発プロセスの評価
Author(s)	手塚, 洋二郎; 若林, 秀樹
Citation	年次学術大会講演要旨集, 36: 687-690
Issue Date	2021-10-30
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/17969
Rights	本著作物は研究・イノベーション学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Research Policy and Innovation Management.
Description	一般講演要旨

金融アプローチによる製造業研究開発プロセスの評価

○手塚洋二郎、若林秀樹（東京理科大）

8820222@ed.tus.ac.jp

1. はじめに

研究開発においては、自主研究、依頼研究、事業部による開発、事業化というリニアモデルが前提で進められることが多い。その中で、さらに効率的な開発を目指した、ステージゲート法がよく用いられている。これは、研究開発を複数のステージに分け、ステージ間に継続または中断・中止という判断を設けるものである。しかし、中断して、それが間違った判断だったという事例も多い。

また、研究開発は、リスクとリターンがある投資という点では、金融の投資判断に似た点も多く、そのノウハウを使える場合もあるだろう。

本稿では、研究開発の投資判断と金融の投資判断を比較し、研究開発プロセスの評価を行う。

2. 先行研究

研究開発の中止や、再開についての先行研究として、プロジェクト中止後に再開したプロジェクトの事例研究がされており、社内外との新たな連携をきっかけに当初とは異なった別用途向けに再開されている事例が多いと報告されている[1]。また、開発の途中で、当初の用途とは異なる製品群へ方向転換をしながら、当初の用途の製品を開発した事例を迂回型イノベーションとして報告されている[2]。これら先行研究は、研究開発において用途変更という視点が必要という示唆はしているが、研究開発プロセスへの実装・リスクまでは、考察されていない。

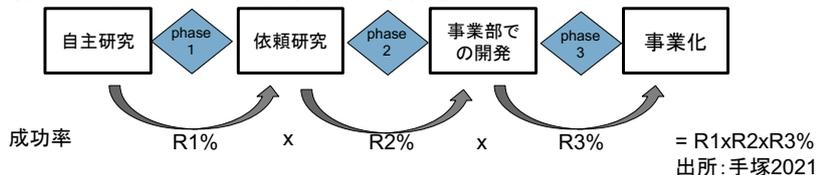
また、研究開発投資についての定量化については、DCF を用いた開発投資の期待値を求め、将来の収益との関係を求める方法が一般的であるが、技術発展のスピードが加速する中、将来の市場予測は難しく、中長期の研究テーマには不向きである。また、リスク・リターンについて、金融から派生したリアルオプションという考え方で、研究開発投資に関して、定量化する研究がなされているが、技術によって研究開発にかけられる異なる時間軸への対応や、再開についての対応はできていない[3]。

したがって、ここではリニアモデルを前提とした研究開発を、リアルオプションを用いたモデルにて、確率を計算しつつ、実際に具体的な研究テーマに対し考慮し、ケーススタディを用いて検証したい。

3. 研究開発の実情と仮説

リニアモデルを前提とした、研究開発では、**図表 1**のような、自主研究、依頼研究、事業部による開発、事業化という進め方を行う。ここには、それぞれ次のステップに進む確率があり、これらの確率を全部掛け合わせたものが、成功率として定義できる。

図表 1 リニアモデルによる研究開発



リニアモデルは、古くから用いられさまざまな指摘があるものではあるが、わかりやすく、深く意識の中へ埋め込まれているため、現在も使われているものである。

さらに、リニアモデルを前提とした研究管理に関しては、ステージゲート法がある。ステージゲート法は、研究開発のプロセスを複数のステージとゲートに分けて進めていく方法である。ステージゲート法については、多くの企業で用いられ、この方式を用いている企業が用いない企業より良い結果を産むという報告もある[4]が、一方、さまざまな問題点が指摘されている（**図表 2**）。

効率的な研究開発が目的であるステージゲート法では、中断・中止の判断が容易となるメリットがあり、一方で、中長期視点で見た時の有望なテーマをやめてしまうという弊害がある[5]。

図表 2 ステージゲート法のメリットとデメリット

メリット	デメリット
① プロジェクトの中断・中止(*)が容易となる	① ゲート時の書類作成でスピード遅い
② やるべきことの道筋が明確になる	② 有望なテーマをkillしてしまう
③ 見落としや抜けを減らせる	③ 研究員の士気低下を招く
④ 事業部門と研究部門との連携促進	④ 失敗に学ぶ機会が減少し研究者・目利きが育たない
⑤ 研究者を一つのテーマに縛り付けない	

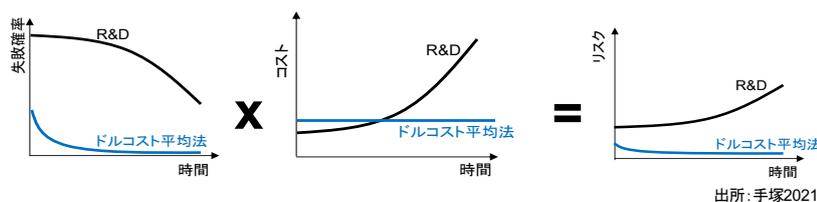
出所: 参考文献より引用し筆者作成

さて、研究開発のリスクについて考えてみる。ここで筆者は研究開発のリスクを、失敗確率とコストの掛け算で表されると定義した。研究開発では、開発の進行とともに、失敗確率は減少し、コストは進捗すなわち事業化が近づくとともに増える。結果として、失敗確率とコストの掛け算で表される研究開発リスクは、進捗とともに増加する傾向がある。(図表 3)

金融分野においてもリスクとコストについては、さまざまな手法で分析され、リスクヘッジなどの対策が考案されている。すでに研究開発においてもこうした金融工学を用いた知見が用いられているが、改めてここで少し考えてみたい。

特にタイミングにおけるリスクを減らすためには、ドルコスト平均法がある。(図中青線で示す)。ドルコスト平均法とは、一定の金額で投資対象に投資をし続ける手法で、最初はリスクが高いが、時間がたつとリスクが下がってくるというものである。

図表 3 失敗確率・コスト・リスクの時間変化

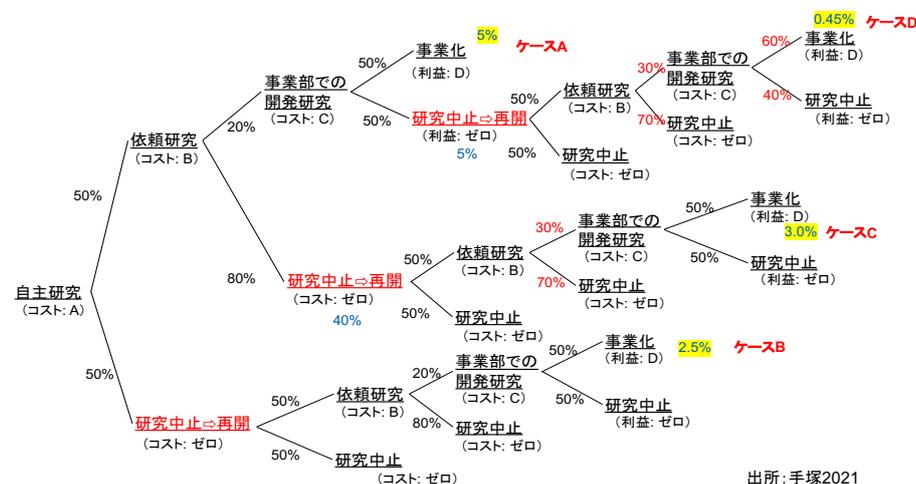


出所: 手塚2021

また、リアルオプションの考え方もある。そこでリニアモデルに基づく研究開発の確率を計算してみる。(図表 4) これは、二項モデル、ディシジョンツリーといった考え方であり、各ステージにおける判断により、ある確率で分岐していき、最終的な成功(この場合事業化)の確率、を図示するものである。ここでは、仮に、自主研究、依頼研究、事業部での開発研究、事業化の間の成功確率、R1、R2、R3を50%、20%、50%とし、最終成功率はこれらの掛け算である5%とした。

各ステージで失敗した時から1回だけ再開を実施し、自主研究から同じ技術テーマを実施するとした。また、最初の失敗時に経験したステージは、2回目以降の成功確率が失敗経験を活かし10point向上するとした。

図表 4 リニアモデル研究開発のディシジョンツリー



出所: 手塚2021

ここからわかるように、1回の再開を実施すると、再開しない場合（ケースAのみが成功する経路になる）は成功率5%であるのに対し、自主研究後に中止、再開となり事業化につながるケースBで2.5%。依頼研究後に中止、再開となり事業化につながるケースCで3%。事業部での開発研究後に中止後再開となり再度事業化につながるケースDで0.45%となり、全ケースの合計は10.95%となり、成功率が向上することがわかる。ここで重要なのは、再開時に見込む各ステージでの10ポイントの成功率向上である。

再開ではなく別の開発を実施する場合は各ステージでの失敗経験に基づく成功率向上は見込めず、この場合ケースBが2.5%、ケースCが2%、ケースDが0.25%となり、全ケース合計は9.75%で、別の開発を実施するより再開した方が1.2ポイント成功率の向上が見込める。

4. 実際の研究開発への適用

しかし、実際の研究開発においては、業界によって開発期間や、中止・再開の難易度、成功確率が違うため、適用はそれほど容易ではない。

図表 5 テーマ別の研究開発プロセスと5年成功率

業界	開発期間	プロセスモデル	ステージゲート法 採用頻度／開始ステージ	中断⇨再開で成功できるか？		5年成功率
ソフト	6ヶ月	アジャイル	× 事業部での開発	X	賞味期限：短	50%
ハード	2.5~5年	リニア／ ノンリニア	△ 自主／依頼研究	△	賞味期限：中	5%~10%
デバイス	2.5~10年	リニア	○ 自主／依頼研究	△	賞味期限：中	完了せず~10%
材料	2.5~15年	リニア	○ 自主研究	○	賞味期限：長	完了せず~10%
エネルギー	10~20年	リニア	○ 自主研究	○	賞味期限：長	完了せず

出所：手塚2021

研究開発を業界別に、開発期間、使われているプロセスモデル、ステージゲート法の使用頻度、開発ステージ、中止から再開した時に成功できるか、および5年成功率を示す。（図表5）

また、代表的な業界として、ソフト、ハード（メカや装置）、デバイス（半導体など）、材料、エネルギーを挙げ、整理を行った。

中断から再開で成功できるかについては、競争などによる技術の賞味期限を短・中・長とした。

ソフト業界は開発期間も短く、アジャイルプロセスでいきなり製品をめざすものが多いことが特徴である。ハード、デバイスにおいては、2.5年以上の開発期間であることから、リニアモデルが使われてきたが、ハードは、他社技術を活用し、依頼研究から始まり、POCを繰り返すノンリニアなアジャイルモデルも使われるようになってきている。このように、近年の競走の激化、技術発展速度により、ハード、デバイスは、賞味期限が短くなってきており、再開がしにくくなってきているのが特徴と言える。一方、材料やエネルギー分野は比較的長い開発期間を要し、リニアモデルが用いられ、また開発期間がかかることから、中止から再開できる余地がまだある業界である。

ここで、5年間で上市する確率として、5年成功率というものを考える。これは、研究開発1回の確率と、5年の期間に開発できる回数の掛け算でもとまるものと定義した。

仮に各プロジェクトの最終成功率が全業界共通で5%と仮定すると、開発期間が短いソフトを例にすると、6ヶ月で5%であるので、5年に10回開発ができ、結果成功率50%に対し、ハード、デバイス、材料では5%~10%、となる。これらは先に示した、リアルオプションの考えを用いることで、中止・中断からの再開を実施することによりこの成功確率を上げることができるといえる。

ただし、中断からの再開を実施する際には、研究者を同じテーマに貼り付けることになるので、研究者の別プロジェクトでの活用といった流動性を悪くするため、企業としては、中断から再開するテーマについては、成功率向上だけでなく、人材の面からも、実施している複数の研究開発テーマ全体を俯瞰して判断する必要がある。エネルギー分野など、最初から長い開発期間を必要とするテーマにおいてはなおさらである。

5. 考察

リアルオプションの考え方をを用いることで、中止・中断から再開を考慮に入れた場合、成功率の向上につながることを示したが、例えば開発期間の短いソフト業界では再開による時間影響も小さく、適用しやすいが、期間の長いエネルギーの業界では、再開を行うと一つのテーマが20年、30年と長くなり、研究者の流動性、研究者の人生を考えると成功率が上がるからといって、再開に進む際には考慮すべきことも多く簡単ではないだろう。また、技術には他社との競走や、他の代替技術の成長などにより生じる賞味期限があり、エネルギーなどの長期の開発以外でも時間軸を考える必要があり、再開オプションの適用は簡単ではない。

また、ステージゲート法による判断では、先にあげた成功率5%のように、多くのテーマが実際には中止される。担当したメンバーの多くは他のテーマに移り、技術の蓄積が難しくなる傾向にある。これは、技術が経験した人に付いてしまうためであり、知識データベースを作るなどの対策も言われているが、テーマ中止から、次のテーマにすぐ移っていく期間も十分取れないことから、実際は難しいのが現状である。対策として、テーマが自社にとって基盤技術・コアコンピタンスとしたい技術であるときは、ドルコスト平均法的なアプローチ投資していくが良いと考える。将来の自社を起点とした開発や、M&Aを含む他社との協業開発時に、基盤技術無く、初めてその技術開発を始めると土地勘がないため様々なリスクが想定されるが、ドルコスト法的アプローチで、常に基盤技術として必要な最新技術の習得をしておくことで、中長期視野で、必要な時のリスクを下げられるだろう。

このように、今回金融の投資判断として、リニアオプション、ドルコスト平均法を研究開発の投資判断への適応を試みたが、リニアオプションモデルは、適用できるテーマもあるが、出来ない部分も多く金融の投資判断の適応の限界を示すことができた。また、ドルコスト平均法は、ステージゲート法の弱点を指摘する考察を得られた。

6. 終わりに

本稿では、研究開発において、3つ成果を示すことができた。

第1に、リアルオプションの考えを用いて再開を考慮すると成功確率が向上できる。

第2に、ドルコスト平均法もテーマによっては有効である。

第3に、いずれにせよ、分野によって、成功率、時間制約が異なるので、それぞれで考えていかなければいけない。金融手法では、実社会で起こる、時間軸上の変化、すなわち競合他社などの外部環境の変化を取り込めていないという、金融アプローチの課題も明確にすることができた。

課題としては、一般的な業界の数値での考察に止まっているため、本仮説の更なる検証を進めるためには、今後国内外の事例を追加し分析を進める必要がある。

そこでは、中止判断に影響を与える、さまざまなレイヤで起きる粘着性を整理し、他の金融工学のアプローチの適応も検討・検証していく。空売りやベンチャ投資の考え方、短期、長期ポートフォリオの取り方などがあるだろう。

参考文献

- [1] 功刀基ほか, NEDO プロジェクト終了後の研究開発の中止・中断及び再開事例に関する研究, 研究・イノベーション学会 2016
- [2] 若林秀樹, 迂回型イノベーションプロセスモデルの提案:フラッシュメモリと液晶のケース, 研究イノベーション学会 2019
- [3] 高橋義仁, 博士学位論文, 早稲田大学 2010
- [4] 羽田尚子, 研究開発プロジェクトの中止・継続がイノベーションの成果に及ぼす影響とその決定要因, 研究イノベーション学会 2019
- [5] 和田義明, 企業 R&D におけるブースト・ゲート法の適用, P2M マガジン No2, pp14-18(2016)