

Title	公益と利益の両利き時代のR&D 政策と戦略の検証と提言
Author(s)	若林, 秀樹
Citation	年次学術大会講演要旨集, 36: 804-809
Issue Date	2021-10-30
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/17981
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

公益と利益の両利き時代の R&D 政策と戦略の検証と提言

○若林秀樹(東京理科大)
wakabayashi.hideki@rs.tus.ac.jp

1. はじめに

1980年代以降、企業の R&D は中長期の利益成長が主であり、中には原理追求など基礎研究もあった。しかし、SDGs 重視の中、企業でさえも、カーボンニュートラル、ポスト 5G はじめとする公益をも追求する R&D が求められる。原理と実利を求めるパストツール象限から、更に公益と利益を追求する新象限の R&D へと昇華が求められる。この新象限での R&D 戦略/政策での要件は何か。過去のリニアモデルでもアジャイル開発でもない、新たなモデルやエコシステムが必要の仕組みが必要である。ヒントは旧電通研など R&D プラットフォームにあり、検証と提言を試みる。

2. 先行研究

R&D は、リターンも生むが、リスクを伴う。特にテック業界では R&D は売上高の 10%以上を必要とする[1]ため、響は大きく、リスクとリターンの関係から最適なポートフォリオを組むことが必要である。リスクとリターンとポートフォリオは、元来、投資運用の言葉であるが、R&D でも使われ、理論研究、ケーススタディ等多くの報告がある[2][3][4]。電機や化学メーカーの IR でも開示されている。

この中では、1997年にプリンストン大のストークスが提唱した 4 象限が参考になる[5]。米 DARPA は、この 4 象限のうち、パストツール象限を重視、イノベーションを起こすことに成功してきた。ストークスの 4 象限とは、R&D を、基礎原理の追求と現実の具体的な問題解決という二つの軸で分類、それぞれの代表的な研究者の名前を冠し、基礎原理の追求を行う研究はボア型、現実の具体的な問題解決を行う研究はエジソン型、基礎原理の追求と現実の具体的な問題解決の両方を行う研究はパストツール型と分類するものである。なお、両方も行わないのは、名前はなく、あえて言えば研究のための研究象限だろうか。この分類に関連して、遠藤は、科学知識を 4 象限で分類することを提唱している[6]。

科学技術庁調査や NISTEP 報告 [7][8]によると、日米比較では、構成比で、ボア象限とエンジン象限は、同程度だが、米はパストツール象限が多く、日本は、「研究のための研究」象限が多い。それぞれの象限に相当する研究機関は、ボア象限では、大学、エジソン象限は、企業研究所、パストツール象限は、米では DARPA、ドイツでは、フラウンホーファー研究機構、欧州 IMEC であろう。

3. 日本の R&D の問題点

日本のハイテク業界の海外に比べた問題点は、売上高 R&D 比率の低さ[1]と体制仕組みにあり、それは相互に関係している。日本では、80年代までは、欧米にキャッチアップという目的のもと、通産省の「大プロ」で成功事例として有名な超 LSI 研究組合の他、大学と民間を繋ぐ工業技術院の電総研、金材研、地方の試験所、そして、電電公社の横須賀や茨城などの「通研」が、その役割を担っていた。

図表 1 ストークス分類での世界と日本の位置づけ 出所)若林 2021

世界とかつての日本	目的定めない		目的定める		現在の日本?	目的定めない		目的定める	
原理探求する		大学		DARPA、フラウンホーファー、 (電電公社通研)			企業 基礎研	オープン イノベーション	?
原理探求しない				企業研究所			大学		企業 応用研究、 ベンチャー?

しかし、公的研究機関は再編され、電通研も民営化で役割が変わった。日本の R&D は 5 年以上の中長期研究は、見通しが悪い上、自社では基礎研究をする余裕はなくなりつつあり、オープンイノベーションや大学やベンチャーに任せている感もある。日本は、パスツール象限にあたる研究機関が少なく、大学が本来あるべきボーア象限から、左下の象限に移行し、「研究のための研究」になっているのではないか。これを本来の形に再構築することが必要である。

図表 2 日本の R&D 組織 現在と過去 出所)若林 2021



とりわけ、スマホ 5G では、中国ファーウェイの躍進が目覚ましく、日米の競争力低下が懸念される。その中で、電通公社の「通研」の役割は再考検証すべきだろう[9]。すなわち、民営化、NTT 分割等に伴う「通研」再編が日本のハイテク産業にどのような影響を与えたのか[10]。今 30 年の時を経て、NTT のドコモ完全子会社化、GAF A 対抗連合構築、米中摩擦その他の議論もある中で、総括が必要だ。電通ファミリーには是々非々だが、中期の明確なロードマップの中で、メーカーと通研の関係で R&D が行われ、ハイテク産業競争力には大きな貢献はあっただろう。いわば、巨大な公社のロードマップの上で中期研究があり、技術的な目標が達成されれば、その成果はほぼ約束され、R&D 投資は回収された。当時、工学部電気電子学科の優秀な学生も電通研を目指した。半導体でも武蔵野、厚木の通研の存在は大きかった。電通の民営分割、通研再編後の 90 年代以降、ICT 分野で、日本では、見るべきイノベーションが少ないのも無関係ではあるまい。

4. あらたな象限～ノイマン-ムーア象限

今後、カーボンニュートラルや 6G など公益で重要だが、巨額のリソースを必要とする分野では、パスツール象限の右側に、新たな象限が必要だろう。これは、DARPA でも注目されているようだ[11]。また、公益で社会実装する場合には、原理解明か否かは混沌としてくる。公益だけでなく、企業の R&D においても、半導体やコンピュータの開発では、パスツールとエジソンを区別できず、イノベーションが起きている。帰納と演繹、原理解明と実用が渾然一体であり、そこで、ノイマン型コンピュータを生んだ、フォンノイマンと、半導体でムーアの法則で有名なゴードンムーアに敬意を表して、ノイマン-ムーア象限と名付けたい。

図表 3 新たな象限 ノイマン-ムーア象限 出所)若林 2021

		私益(利益)		公益	
		実用化			
		考えない	考える		
原理解明	考える	ボーア象限	パスツール象限	ノイマン-ムーア MOT 象限 (科学技術経営)	
	考えない		エジソン象限		

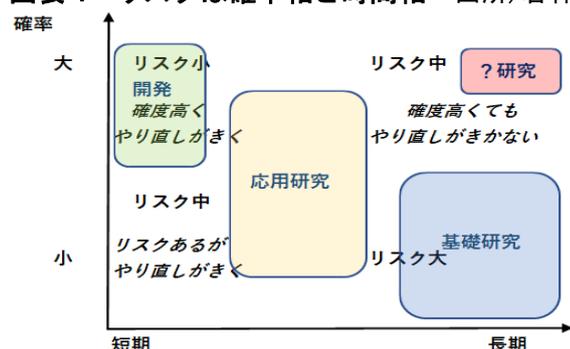
今後、カーボンニュートラルや廃炉、AI、6G、自動運転など巨額のリソースを要する分野で、広くイノベーションを起こし、社会実装するには、これまでと異なる R&D 政策、イノベーションモデルが必要となる。ハイテク企業は私企業であるが、国家安全保障にも関係する上、公共部門が顧客になる場合も多い。また、そうしや民間の力が無ければ、国家的なプロジェクトも不可能であり、私益と公益のバランスが重要になるだろう。

5. リスクとリターンの分布考察

こうした公益を重視した新たな象限での R&D を考える上で、リスクとリターン関係は、これまでの民間中心の場合と異なるのだろうか。そのポートフォリオはどうなるのかを考察したい。

その前に、まず、R&D のリスクは、確率と期間で代表され。短期で確率が高いのは、開発であり、長期で確率が低いのは、基礎研究である。そして、その間に、応用研究がある。リスクが中程度といっても、確率が低い短期であり、やり直しがきく領域と、確度が高くても、長期でやり直しがきかない領域がある。これまでは、この中リスクが同等に扱われてきたが、実際には異なる。特にこれまで議論されてこなかったのが、右上で、かなり確度は高いが長期にわたるものである。エネルギーや宇宙など、大プロジェクトが多いだろう。もちろん、時間が長いと、リスクには、割引率があり、投入されるリソースも多いため、十分な議論が必要となる。公益の場合は、この分野のリスク評価が重要である。

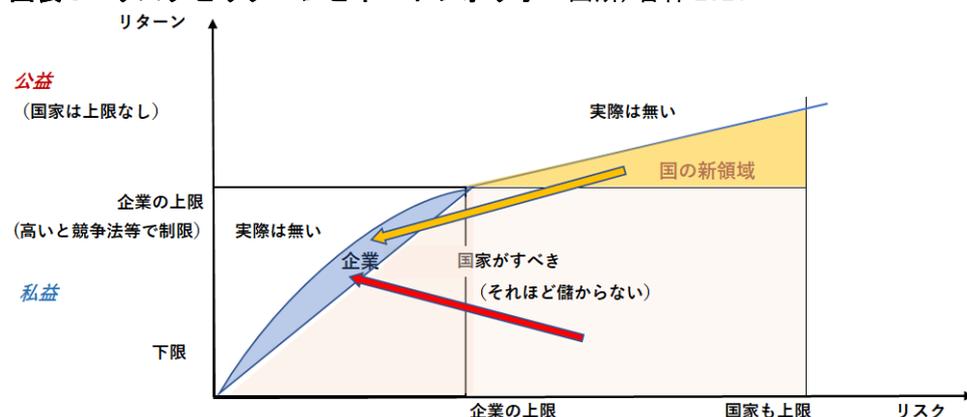
図表 4 リスクは確率軸と時間軸 出所)若林 2021



この関係を踏まえた上で、投資運用でもよく使われるリスクーリターンの二次元でのポートフォリオを示す。リターンの軸だが、下限はリスクフリーレートとなる(図ではほぼ 0 としている)。ある程度は、リスクとリターンの曲線は、効率的フロンティア曲線と同様となる。リスクが小さい割に、リターンが大きい領域がないのは、R&D でも、投資運用でも同様である。リターンが高すぎる場合は、ビジネスモデルや経営力にもよるが、寡占による場合も大きく、競争法などで制限され、上限が決まる。リスクの軸では、企業として上限が存在する。もちろん、国家においても、上限は存在するだろう。

企業が、利益を追求する存在である以上は、R&D のリスクとリターンにおいても、効率的フロンティア曲線近傍(図の青い部分)の比較的狭い領域に分布する。曲線の左上では「美味しい」分野であり、参入が増え、右下は、儲からず撤退となる。それゆえ、この領域は、利益を追求しない公共機関の領域(図でピンクの直角三角形)となる。図では広いが、横軸の近傍は不採算であり実際は存在しないだろう。

図表 5 リスクとリターンとポートフォリオ 出所)若林 2021



注目すべきは、リスク軸で企業の上限と国家の上限に挟まれ、リターンで企業の上限以下の四角形の部分であり、ここには、企業はできないが、やるべき、テーマも多いだろう。長期での基礎研究や、DARPA や電通研、NEDO 等の領域である。ここで、ある程度メドが付き、リスクが減り、リターンが上がれば、企業に技術移転すべき領域だ。これが、かつての電通研から電通ファミリーの部分である。

最も注目すべき領域は、リスクでもリターンで、企業の上限を超えるところであり、意外と高収益化が期待できる領域かもしれない。カーボンニュートラルや 6G など、R&D プラットフォームにより、手掛ける領域だ。実際は、米における競争法の甘い適用で、GAF A が存在する領域かもしれない。

さて、公益分野では、国家がステークホルダであり、要求されるリターンは低い。それゆえ、リスクとリターンのバランスで、企業であれば、見合わず、参入しない分野がある。ここでは、要求リターンを下げた場合、どのくらいの可能性あるかをシミュレーションする。

6. シミュレーション

R&D の多様なテーマを中身に応じ、研究的なもの R と開発的なもの D で考える。実用確率 P_r は低く、期間 T_r は長く、それに見合う期待 E_r は大きい。実用確率 D_r は高く、期間 T_r は短く、期待 E_d は、その分低い。R の確率を $P_r = P_0$ とし、期待を E_0 とすると、プレミアムを α として、 $P_d = \alpha P_0$ である。

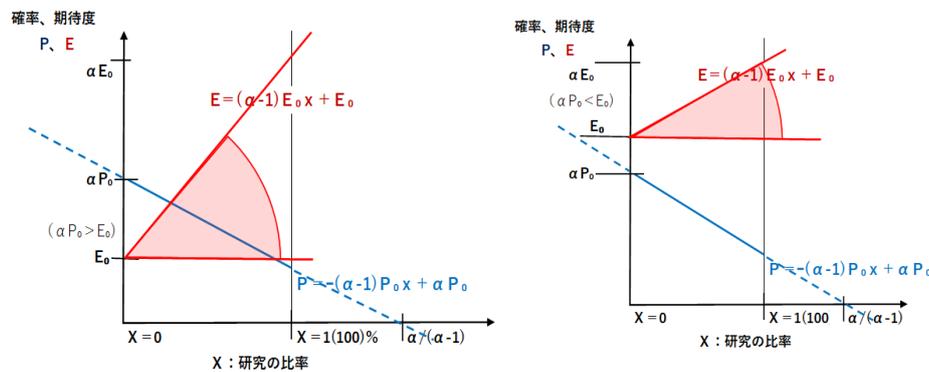
R の比率を x とすると、D の比率は、 $1-x$ であり、全体の P と E は以下のように計算される。

$$P = -(\alpha - 1)P_0x + \alpha P_0 \cdots (1)$$

$$E = (\alpha - 1)E_0x + E_0 \cdots (2)$$

P と E を縦軸として、 x の関数として、図示すると、(1)は右肩下がりの直線、(2)は右肩上がりりの直線であり、 α と、 P_0 、 E_0 の関係により、交点が存在する。

図表 6 R&D における R と D の配分と確率と期待度 出所) 若林 2021

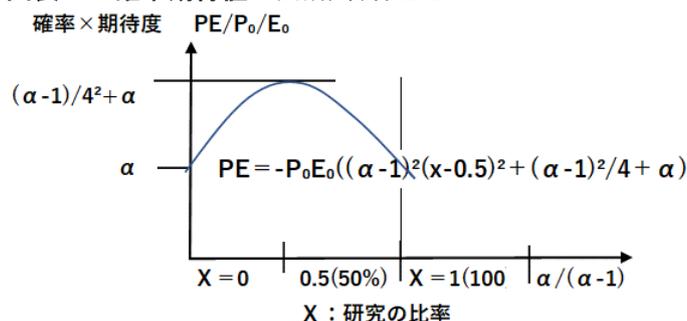


すなわち、 $\alpha P_0 < E_0$ であれば、両線は交わらぬが、 $\alpha P_0 > E_0$ であれば、青線(1)に対し、赤線(2)の存在範囲は、 E_0 を切片とする扇型であり、交わる。 αP_0 は、 P_d であるから、基礎研究の期待値 E_0 が、開発の期待値 E_d を上回らなければ、R&D は成り立つことになる。これは、いわば、公益の研究プラットフォームにおいて、私益での期待値を追求するのではなく、あるレベルに下げることによって、成立することを示している。なお、ここでは、期待値は、売上か利益か、特許か論文かは、定義していない。

7. 考察

実現確率 P と期待値 E の積を、目標関数として、シミュレーションを行う。これは、容易に計算でき、下図の上に凸な放物線となる。 $PE = -P_0E_0((\alpha - 1)^2(x - 0.5)^2 + (\alpha - 1)^2/4 + \alpha)$

図表 7 確率期待値 出所) 若林 2021



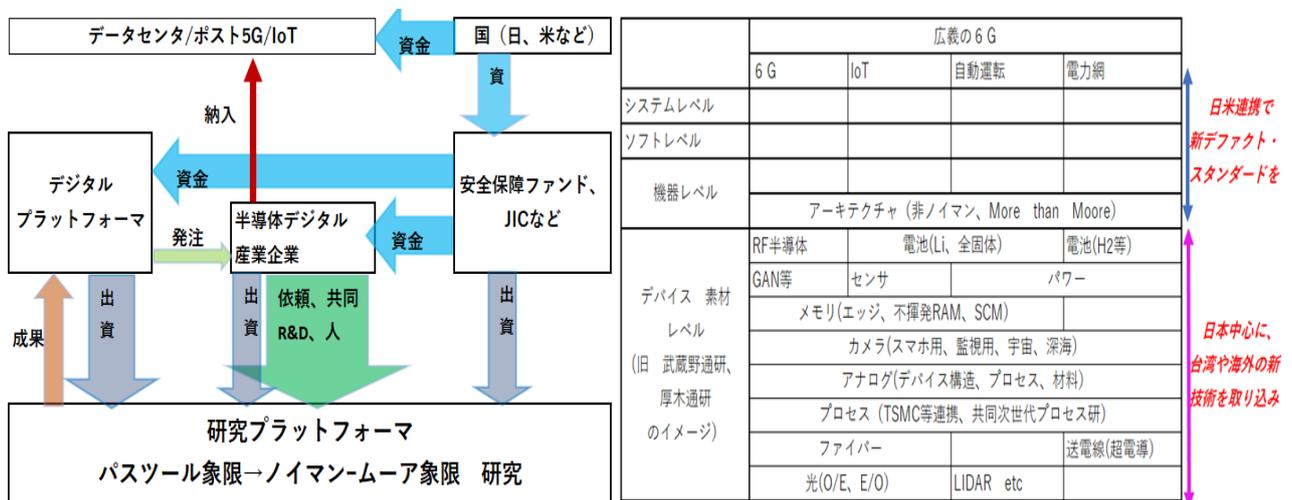
ここで興味深いのは、プレミアム α によらず、 $x=0.5$ で、目標函数が最大値をとるが、これは、下に凸の放物線であり、 α が大きい方が大きく無限大となる。実際は、 $0 < x < 1$ 、であり、 P_0 が 5%程度だとすると、Max10 程度であり、10%ならば、3-5 程度であろう。

8. 特別解として、新たなプラットフォーム

ここでは、新たな象限の R&D の具体的な特別解を提案する。それは、日本のハイテク産業復権にもつながる。それは、かつての通研、独フラウンホーファー研のような存在を、バーチャルな R&D プラットフォームとして、再構築することが必要ではないか。それは、民間でも、公的機関でもいいが、仕組みとして、公益と私益のバランスを重視、公益に貢献する場合には、競争政策などで、相応のメリットを提供することだろう。

GAF A やファーウェイ、TSMC の研究機能を上回る巨大な R&D プラットフォームを目指す。再統合されつつある NTT グループと電機メーカーの一部統合もあるが、データセンタや IoT、自動運転等で、電機メーカーの「中研」機能を一部復活、統合させる。これに、内外の国家安全保障等のファンド、JIC、米台企業等も出資する。その研究成果は、電機メーカーも共有、さらに、開発の結果である成果物である基地局インフラや IoT インフラの機器やシステムは、国が必ず正当な対価で利用する。

図表 8 研究プラットフォーム構想とレイヤーの棲み分け 出所：若林 2021



ポスト 5G では、ファーウェイに対抗、日米台湾で、NTT を中心にオープンイノベーションによるバーチャルカンパニーを構築する。米と NTT や 3GPP 等の規格団体と連携し、あるべきロードマップを示し、実用化は 2030 年、2025 年に規格を決め、実証実験も行える R&D 体制とすべきだ。システム、ソフト、機器、デバイス、という各レイヤーに分け、システムやソフトや規格は、米と NTT 等、基地局やインフラは、日米 ICT メーカー、デバイスは、ファブレスは米中心、開発製造は日台のデバイスメーカーや装置や材料メーカーというように、各国が得意とするところで住み分ける。デバイスでは、先端ロジックだけでなく、新アーキテクチャのメモリ、パワーデバイスや光も含め、プロセス開発も行う。

図表 9 ファーウェイ対抗連合 出所：若林 2021

	NTT日米連合	ファーウェイ
規格	NTT、ドコモ、米キャリア、3GPP	ファーウェイ
システム	NEC、富士通、ルーセント?	ファーウェイ
デバイス	Nピデア、Qコム、etc	Hiシリコン
デバイス	キオクシア、ローム等 汎用でなくカスタム	これまでは汎用⇒?
試作	デバイスも機器も国内拠点	ファウンドリ、EMS
量産	デバイスも機器も国内拠点	ファウンドリ、EMS

民間でも、半官半民でもいいが、5-10年後の成果を見据えた新象限に相当する研究プラットフォームを構築し、ロードマップを提示、出資もし、共同研究も行う。参加企業が提示された技術目標を達成すれば、そこから製品を調達するという仕組みにより、R&Dのリスクを下げれば、R&D費に見合う成長を達成することが期待できよう。この仕組みは、今後、国全体あるいは、世界で重要な、6G、IoT、自動運転、スマートグリッド、データセンタ、さらに、カーボンニュートラルに関しても、同様の仕組みを適用できる。

R&D リスクも相対的に減らせる。R&D ポートフォリオのテーマが、より範囲が広く、長期リターンであれば、シミュレーションで示したように、R&D が公益を目指す公的機関であれば、資本コストを安くすることで、対処でき、ポートフォリオ理論上、範囲が狭く短期リターンを求める企業研究所より、有利になるからである。

もちろん鍵は、目利き力のある R&D のリーダーであり、広いステークホルダーを満足させるガバナンス体制構築であることは言うまでもない。

9. おわりに

今後、公益が重視される中で、パストツール象限を超える新象限をノイマン-ムーア象限と命名、リスク-リターンポートフォリオの中で、公益 R&D を位置づけて、新たな可能性を示した。簡単なシミュレーションにより、公益 R&D 期待値を下げることで、リスクが高くとも、それに見合うテーマの存在を示した。新象限での R&D プラットフォームを、旧電通研モデルに求め、特別解の仮説を提案として問題提起した。なお、この新たな提案は、米中摩擦の中で、日本のハイテク産業競争力強化やイノベーション推進にもなる。

今回は、研究と開発だけの簡単なモデルであり、時間軸を考慮せず、期待度合についても、具体的に定義はしていない。これは、フェーズによって、論文や特許から、売上など業績数字など様々だろう。今後は具体的な事例で、シミュレーションを行い、あるべき、ポートフォリオと、仕組みを提示したい。モデルの検証は、これからであり、DARPA や IMEC 等の事例とテーマの比較も含め、ケーススタディなど実証、課題も抽出しながら、多くの特別解を提案したい。

参考文献

- [1]若林秀樹、R&D 費の適正水準～日米テック企業比較、jsrpim 要旨集 (35)、2020
- [2]北口貴史、内平直志、両利きの経営における研究開発ポートフォリオマネジメント：ビジョンオリエンテッドコンセプトの可能性、jsrpim 要旨集 (35)、2020
- [3]宗澤拓郎、戦略性・独創性を 2 軸とする研究開発ポートフォリオ・マネジメント方式の提唱、研究技術 計画 11(1_2), 124-136, 1997
- [4]原陽一郎、「トータル R&D」の研究開発マネジメント(1)費用対効果,研究開発ポートフォリオ分析による研究開発費の管理と効果的な配分の決め方、研究開発リーダー 3(3), 55-62, 2006-10
- [5]竹下満、吉田朋央、パストツール象限のプロジェクトマネジメントについて、jsrpim 要旨集(30)、2015
- [6]遠藤悟、科学技術の 4 象限、
- [7]伊神正貫、長岡貞男、科学研究プロジェクトの動機は研究活動をどのように特徴づけるのか？jsrpim 要旨集 29(0), 167-170, 2014
- [8]細野他、大学研究者の研究変遷に関する調査研究、NISTEP2016 年 3 月、他
- [9]羽瀨貴司 [2002]「電通公社の分割と研究開発体制」三重短期大学法経学会『三重法経』第 121 号
- [10]NTT の R&D 戦略の変革～過去・現在・未来～角隆一 研究イノベーション学会 2017vol2
- [11]理科大 2019MOT 講義資料など 生天目先生