



「先端技術開発と銭探技術開発」
技術移転のダイナミクスと揺らぎ効果

— ステージゲートと 左手の法則 —

High Technology vs Money Quest Research Activities
A Dynamical Process of Technology Transfer with Fluctuations
— Stage gates and the Left Hand Rule —

URA ESSAY

高尾 正敏

Masatoshi TAKAO Ph.D.

大阪大学大型教育研究プロジェクト支援室 URAチーム

要旨： イノベーションのもととなる技術開発を、基礎研究、応用研究、事業化開発、製品化と市場導入、さらに社会改革へ向けてのシーケンスの中で、ステージゲートの有用性と、ステージアップを繋げていく過程で、統一的なマネジメントとしてすべきことを、物理帝国主義の立場からのガイドラインを提示する。基本コンセプトはシュンペーターの「新結合」「静態、動態」、および南部陽一郎の「自発的対称性の破れ」に基づいているが、新たな独自提案も行う。例として、基礎研究と応用研究の間での「揺らぎ」に基づく初期的な出会いの生成と、出会い後の意気投合と協同作業舞台へ移行を促進する駆動力創成を「技術移転の左手の法則」として示し、その意義についても論じる。従来の技術移転モデルの吟味と共に、新たに提案するモデルの差異についても検討する。従来モデルは、研究開発のリニアモデルとして理解されて来ているが、現在は送り手も受け手も複数化してきており、単純なリニアモデルでは間尺に合わないことを理解した上で、関連のモデルについても言及する。時代の要請を満たすためには、新たに技術の送り手「先端技術開発」と受け手「銭探技術開発」が、ミッションが直交しているにも拘わらず、技術移転が効率よく可能になる手段について議論する。特に双方が十分な相互作用することが重要であることも示す。提案モデルは、理工系の技術移転のほか、理工系と人文・社会科学系、基礎医学と臨床医学、数学と金融工学等のミッションが直交していると見なせる対象にも汎用的に適用可能である。

1. はじめに 科学技術基本法が平成7年(1995年)に施行されて、まもなく20年になるうとしています。その間基礎科学の充実のほか、イノベーションを目指して、アカデミアでの成果を産業界へ速やかに移転するための様々な施策が講じられてきました。その間、うまく行った連携もあれば、そうは成らなかったものもあります。この辺りでちょっと立ち止まって、産学連携・技術移転の方法論を再考することも意味があると思います。アカデミアと産業界で

は、本来ミッションとそれらを実現する事業が異なるので、お互いの事業の進むべき方針・方向は当然異なっています。それらの間を正当な相互作用の下で、スムーズに技術移転を実施していく方法についての新たな視点が必要と考えます。従来の単に川上から川下に水(情報)を流すことに例えられる「リニアモデル」に基づく連携・技術移転ではなく、技術の送り手と受け手が「揺らぎ」を伴うダイナミックな相互作用を行い、技術移転の切掛けをつくり出す

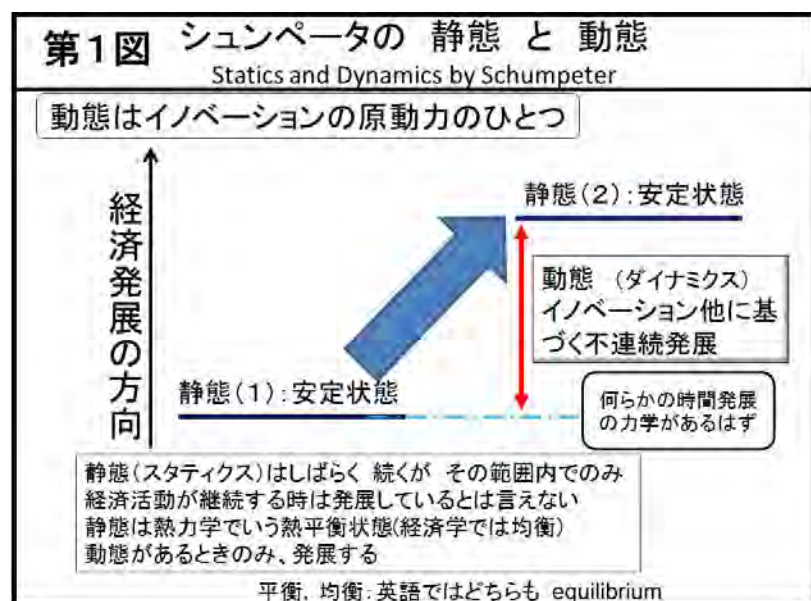
「相互作用モデル」について議論します。さらにイノベーションを目指す技術の送り手と受け手を代表する、それぞれ方向が異なる二つのベクトルの間の相互作用が出会いを促し、出会いの後本格的な、方向が異なる新たなベクトルを生み出すことにより、技術移転を推進する左手の法則モデルを示します。新たなベクトルはステージゲートを通過する駆動力 (*motive force*) となります。

本稿でも、別稿(本メルマガ9月号¹⁾)と同じく、物理帝国主義の立場で、非自然科学の話題を解釈し、議論して行きますので、高等学校、大学初年次の物理・化学の公式、方程式を多用しますが、面倒だと思われる方は、式の部分は飛ばしていただいて、教訓的な結論を愉しんでいただければ幸いです。また式の部分の得意な方のアドバイスを受けて頂けると、さらに物理帝国主義の面白さが分かって頂けると思います。

本稿での議論から自然に導かれる教訓群や、筆者流に分類した技術移転に関するモデル群は、それぞれ稿末のリストと第2表に整理していますので、参照しながら読んでいただくとよいと思います。

2. シュンペーターの静態と動態

シュンペーターとイノベーションについては、別稿(本メルマガ9月号¹⁾)で述べましたが¹⁾、そこで述べなかった用語に静態と動態があります。静態とは英語で Statics であり、動態は Dynamics です。シュンペーターが言う静態は、経済状態を考えた場合、ある経済単位内で、経済的リソース(ひと、もの、金、情報、技術など)が単位外との出入りも含め均衡(*equilibrium*: バランス、自然科学では平衡)が取れている状況であり、動態とは、第1図のポンチ絵に示すように、ある静態から別の静態へ移る動作を示しています。動態とは経済単位が外界と相互作用することで、経済的リソースが均衡状態のとき以上に変化・変動するプロセスのことで、イノベーション実現の駆動力です。新たな静態へ移動が完了するとイノベーションが実現したことになります。動態は、新技術がベースになる新結合以外の場合もありますが、本稿では技術関連に特化して考えます。イノベーションは単に新たな技術が開発することではなくて、技術の面以外にも、社会実装に至るまでに様々な試験が課せられて、それらを通過しなければなりません。それら試験は「死の谷」、あるいは「ダーウィンの海」と表現



現されていますが、本来必要な手続きです。技術者としては、できるだけ手際よく試験を通過できるように、技術そのものだけでなく、送り手と受け手の関係や、周辺環境を見ながら「こと」を進める必要があります。「死の谷」や「ダーウィンの海」は技術開発に限れば、意図的に衆人から見られていようが、いまいが、ステージゲート手法と同じといえます。本稿では、特に基礎研究から、応用研究への

技術の手渡し（*Hand Over*）や橋渡し（*Translational Research*）の静態と動態の関係について述べていきます。

ロールプレイングゲーム（RPG）というのが、たくさん出回っています。ゲーム専用機以外に、パソコンやスマホでも高度なゲームが実行可能です。主人公が目的地に向かって、様々なハザードを越えて移動しますが、そのとき必要なツールをゲーム中の各点で、買ったり貰ったりしながら、使用して、目的地への到着時間を競うゲームです。出発点から一気、一直線に目的地へ向かえないのがゲームの面白さを掻き立てます。寄り道や戻りがあるのも醍醐味で、右往左往して進むわけですが、これはまさに「揺らぎ」です。揺らぎを愉しむのがRPGとも言えます。研究活動を見てみますと、目標に向かってハザードがない状態で進むことはありません。必ず目の前に立ち塞がる壁があり、壁の前で右往左往せざるを得ません。RPGと同じような状況になります。

3. 技術移転モデルの視点

高等学校の数学を思い出してください。スカラーとベクトルという概念が導入されます。スカラーは大きさのみで、方向はありません。ベクトルは始点と終点があり、長さ（大きさ）と方向が定義されます。通常、ベクトルは矢印で現されて、矢が付いている方が終点で向きを表します。こうすることにより、便利なことがたくさんあります。3次元空間では、ベクトルは3つの成分で構成され、2次元空間では、2つの成分で構成されますが、それが矢印1本で代表させられます。以下の節で、スカラーとベクトルの視点で、技術の送り手と受け手の間で、移転の速度論的なモデルと、それらの間の相互作用に注目するいくつかのモデルについて述べて

いきます。技術の送り手と受け手の能力とミッションが異なっていることを認めることにも触れます。さらに、ベクトルモデルを別の視点から吟味し、最終的にステージゲートの意味と、技術移転や技術革新によるイノベーションの成功確率の推定評価についても述べます。

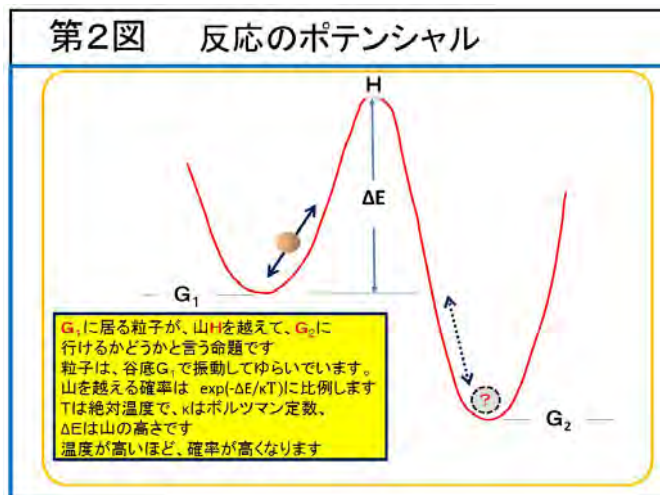
4. スカラーモデルとベクトルモデル

まず、スカラーをベースとする技術移転のモデルを考え、次にスカラーモデルでは不十分な部分を、補完するベクトルモデルについて述べます。

4.1 スカラーモデル

メルマガ9月号¹⁾で述べた物理帝国主義の立場からの視点を再び導入します。熱力学によれば、物事を支配する状態を記述するのは、自由エネルギー（ G ）を求めることが基本とされます。自由エネルギーは温度に依存して変化します。値が小さいほど安定状態を示すように定義されます²⁾。例えば、二つの状態があり、それらを比較したときに、 G が小さい方が安定となります。 G が大きい状態から、 G が小さい状態へ確率に支配された移動が生じます。それは何らかの反応を考えることで、その様子を反応ポテンシャルイメージとして、第2図にポンチ絵を示します。ポテンシャルとは図中の山や

第2図 反応のポテンシャル



谷のことです。谷に名前をつけて自由エネルギーを表現しています。 G が大きい状態を G_1 、小さい方を G_2 とし、間に存在する障壁 H の高さを状態 G_1 から見て ΔE 、および絶対温度を T として、 $\exp(-\Delta E/kT)$ に比例します。ここで k はボルツマン定数です。 G_1 にいる粒子はある確率のもとで、 G_2 へ映ります、この絵は物理や化学でよく見かけるアレニウスの式を示したものです。山を越える確率 k は

$$k = A \exp\left(-\frac{\Delta E}{kT}\right) \quad (\text{アレニウスの式})$$

A は温度に依存しない定数（頻度因子）です。

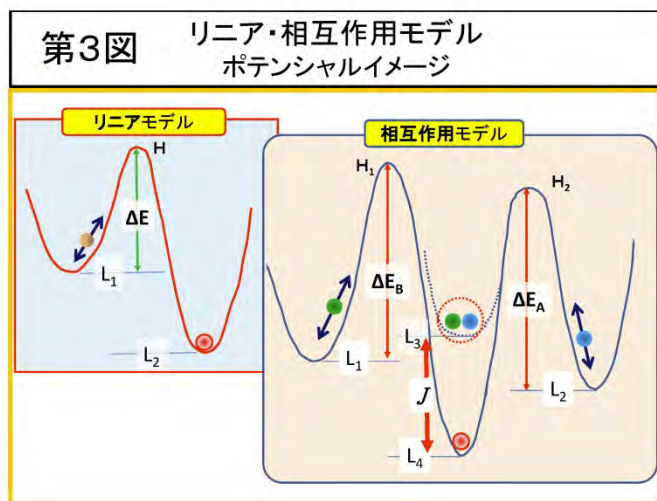
4.1.1 スカラー・リニアモデル

さて、この構図を産学連携の技術移転の眼でみてみましょう。それを第3図左側ポンチ絵に示します。絵そのものは、第2図と同じですが、タイトルはリニアモデルに変わっています。リニアとはJR東海が建設を計画しているリニアモーターカーのことではなく、直線的と言う意味です。リニアモーターは、電車を動かすモーターが円形でなく、軌道上（横）に直線的に作られることから来ています。技術移転のリニアモデルというのは、一昔前に大企業で流行した、基礎研究所、中央研究所、開発研究、製品設計、ものづくりという研究開発の流れが直

線的に並んでいることを例えたものです。中研・基礎研モデルと呼ばれることもあります。すなわち、理想型としてのリニアモデルの中では、技術研究開発は位置（レベル） L_1 で行われ、技術を受け取って使う位置 L_2 へ流れます。途中に障壁高さ ΔE の山 H があり、単調な技術の流れは存在しません。山を飛び越える確率は ΔE の関数になりますが、反応と同じように、アレニウスの式を仮定します。定数以外で重要なのは、温度 T に相当する変数です。このポンチ絵の言うところは、技術力が高い（上流）成果物は、何らかの活力（アクティベーション）があれば山を飛び越えて、下流に技術が移転するという極単純なスキームになっています。活力は温度 T に相当する何らかの、エネルギーによって与えられます。

先に述べたような基礎研・中研モデルのように、何段階かのステージがある場合は、第3図左のポンチ絵をステージの数だけ繋ぎ合わせた仕組み（カスケード）を作ればよいことになります。直線的なカスケードの場合には、流れをマネージする管理者は一人で十分で、大企業の場合には、技術担当（CTO: Chief Technology Officer）が責任者となります。研究開発のリスクはその流れのなかで、担保されます。このモデルでは技術の囲い込みが可能

で、研究開発がうまく行ったときには、リターンが大きいというメリットがあります。現在でもリニアモデルは生き残っている分野がありますが、最近ではオープンイノベーションという言葉に代表される様々な研究機関が入り乱れて、研究開発をしようということにスキームを変化させようという流れが強くなってきています。リニアモデルでは、単純なアレニウスの式と等価の範囲内で議論が成り立



ちます。

理想型に近い状態こういう場面もあるでしょうが、現実にはほんの少ししかないのではと思われます。それほど人間社会は単純ではありません。上流と下流が同じ人物ならともかく、企業でも研究所と事業を行う部門の間でも単純なスキームで事が運ぶことはありません。送り手と受け手が一体となって技術移転に取り組むためには、互いのメリットが同時に見えて、且つメリットがほぼ同じ量（50:50）だけないと前に進まないのが本当のところでは。単に技術の素晴らしさからだけでは、協働（コラボレーション）は生じないのです。別の見方では、リニアモデルが成立するのは、 L_1 と L_2 の差が大きく、受け手側が非常にハングリーであり、技術を受け取ることによる利得が大きいことと、山の高さ ΔE がその差よりも遥かに小さい時です。即ち、

$$\Delta E \ll (L_1 - L_2)$$

と言うのが、条件です。

さらに、送り手側も、受け手側もそれぞれ四六時中移転のことを考えていることはなく、ある瞬間ごく短い時間しか相互に焦点があった状態になりません。双方が同時にその気になるのは意図できないタイミングです。それでもこのモデルでは、高度成長時代に少ない品種で、同じものをたくさん安く市場に供給するというときには、大変効果がありました。

高度成長時代には、産学連携そのものが忌避されていたので、産業界では産業分野毎、企業毎に独自に研究開発体制を築いてきました。当初はリニアモデルを基本に横並びの体制でしたが、アメリカからの基礎研究タダ乗り論に基づく経済外交圧力、バブル崩壊による市場・業界構造の変化、グローバル化の進展などにより、研究開発体制は多様化しています。現在では、ほとんどの産業分野でリニアモデルは破綻

しており、既に過去の遺物になっています。

残念なことに、リニアモデルの亡霊に取り憑かれているセクターが未だに存在します。その典型がアカデミアです。出口セクターを持たないということもあり、仕方ないところもあるのですが、企業における過去の基礎研・中研と同じ立場のアカデミアの構成員それぞれの意識改革が進んでいないのが現実です。このような状況のもとで、アカデミアがリニアモデルを振りかざしても、産業界が本気で相手してくれることはあり得ないことです。確かに、政府やアカデミアでも気づきがあり、イノベーションへの貢献を目指して、様々なオープンイノベーションの取組がなされていますが、筆者の眼には、本質的にリニアモデルを踏襲していて、オープンイノベーション体制になっていないのが、ほとんどのように見えています。見かけ上の仕掛け・仕組みを整備しただけでは、回らないというのが本当の所だと思います。

オープンイノベーションは、参加プレーヤーが多くなり、それぞれ勝手にアイデンティティを主張する訳ですから、マネージメントが複雑になり、面倒くさいものです。アカデミアのベクトルが、受け手あるいは協働先企業のベクトルとは直交しているのが現実だからです。専任のマネージャーが担当しても難しい課題です。アカデミアの研究開発と企業の研究開発ではベクトルが合わないのが当たり前です。教訓【1】としては、無理にベクトルを合わそうとするのではなく、むしろ直交していることを逆手に取って活用する仕掛け・仕組みを設計・実行することが手っ取り早く、実質的だと考えています。以下の節で、本稿での提案を示しますが、その前に寄り道です。

シュンペーターの立場では、 L_1 と L_2 がそれぞれ静態となりますが、二つの静態間の移り変わりに関する動態が、単にアレニウスの式での

確率 $\exp(-\Delta E/kT)$ 比例しているだけでは面白くありません。そこで次節に示すモデルを考えます。

4.1.2 スカラー・相互作用モデル

オープンイノベーションが叫ばれる理由は、市場に供給しなければならない商品が、伝統的な誰にでもわかるハードウェアに本来機能が埋め込まれている商品コンセプトから、スマートフォンやPadのように、使い勝手のよさの追求、購入後に追加で新たな付加機能を供給しなければならない商品コンセプトへ変化してしまったことにあります。コンテンツ・ソフトの増加と多様化が進み、ユーザーだけでなくサプライヤーも複雑・多様化しなければならないという風に、商品と市場構造が変わってしまっています。「隣人と同じものが欲しい」、「友達と同じものが欲しい」という横並び状況から、「隣と違うものが欲しい」、「友達と違う物に価値がある」という風に、生活必需品から、ファッション性の強い品物への変化。インターネットを通じたソーシャルネットワーク機能の活用など、嗜好、人的交流の変化が市場構造の変化を加速してきました。こういう状況下では、上記のリニアモデルは破綻してしまっています。

多様な技術の送り手と、多様な受け手がそれぞれ自立（アイデンティティがある）しているとして、その間での技術の移転（遣り取り）を互いに相手を尊重した上で Win-Win の状況を作り出すモデルを考える必要があります。本稿ではそれを「相互作用モデル」と呼んでおきます。相互作用があることが付加価値を創成すると言ってもよいと思います。

第3図右側の相互作用モデルというポンチ絵を見てください。この

図では、同左側の図と比べて、谷が一つ増えて三つになっています。 L_1 は左図の L_1 と同じで技術の送り手の状態（レベル）とします。技術の受け手方は、同じく右の谷 L_2 の状態にあります。中央の L_3 が今回の舞台（ステージ）です。リニアモデルでは、 L_1 から L_2 へ一方的に技術が流れるだけでしたが、相互作用モデルでは、 L_1 と L_2 からそれぞれ自らの得意芸を L_3 へ出して、そこで相互作用をさせることに特長があります。図中では、 L_1 と L_2 からそれぞれやってきた粒子が、点線の大きな円のなかに一緒にいます。 L_3 状態相互作用していることを象徴させています。その条件は

$$L_3 > L_1 \text{ and } L_2$$

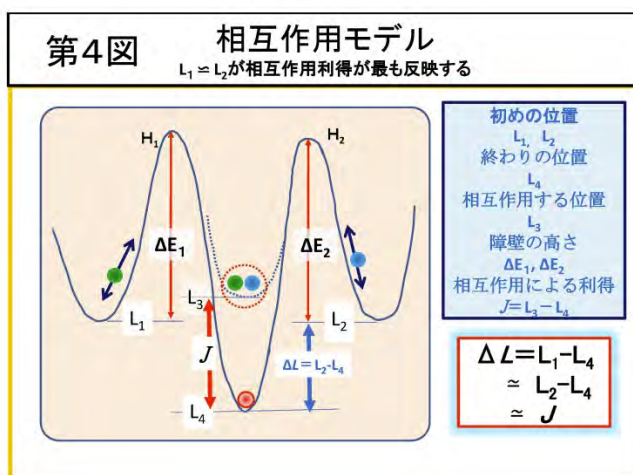
と、それぞれの粒子に対してアレニウスの式が適用できます、

$$k_1 = A \exp(-(\Delta E_1/kT))$$

$$k_2 = A \exp(-(\Delta E_2/kT))$$

です。添え字は k_1 は L_1 から L_3 へと、 k_2 は L_2 から L_3 へのそれぞれの移動確率です。

相互作用が技術の送り手と受け手双方に得になることがあれば、つまり付加価値（利得）があれば L_3 状態が付加価値分だけ下がって、安定化するので、協働作業が完結することになります。付加価値は、技術の送り手、受け手双方に



同じくらいあることが必要です。付加価値を J (> 0) とすると、 L_3 から J だけ下がったところに、 L_4 ができるという仕掛けです。

第4図では、付加価値の安定性を示しています。ポンチ絵自体は第3図右と同じですが、 L_4 の位置づけを議論しています。

$$L_4 = L_3 - J < L_1 \text{ or } L_2 \quad (\text{安定})$$

$$> L_1 \text{ or } L_2 \quad (\text{不安定})$$

L_4 が L_1 と L_2 より下にあることが安定化の条件です。下がってできた L_4 が L_1 か L_2 のどちらかより上にあれば、逆のアレニウス・プロセスによって、 L_4 は不安定になり、 L_1 と L_2 に戻ってしまいます。

J が負で $L_4 = L_3 - (-J) = L_3 + J$ と言う場合も有り得ますが、その時は不安定が強調されて、折角 L_3 で協働作業しようと思っても叶わないということです。利得が一番大きくなるのは、第4図から明らかなように、 L_1 と L_2 のレベルがほぼ同等であることがその条件です。 L_1 と L_2 のレベルが懸け離れていると、レベルの低い方に引っ張られ相殺分が大きくなり、折角の付加価値 J が生きてこないことになります。換言すれば、送り手も、受け手もそれぞれアイデンティティがあり自立していなければならず、またその度合いが同等であることがキモです。

この相互作用モデルのミソ（教訓【2】）は、送り手と受け手の協働作業を L_3 （協働作業をするステージ）で実施し、お互いにとって共通の付加価値（利得） J が得られたときにのみ、移転が成立するということです。 L_1 は L_2 に向かって押し売り、押し込みすることはもってのほかですし、 L_2 はただ単に口を開けて待っているはいけないことを示しています。「双方ともそれなりの汗を掻きなさい、さもないと付加価値は創造出来ませんよ」ということです。

上記の例では、 L_1 と L_2 は各々一つずつですが、送り手 L_1 状態がたくさんあっても、受け手

L_2 状態が多くあっても議論に不都合は生じません。それら全てが L_3 ステージに集まって協働し、付加価値を創造することは可能です。いつも付加価値があるわけではありませんので、 L_3 ステージで作業することがいわゆる「死の谷」や「ダーウィンの海」に相当します。また付加価値 J の出来栄が次のステージに行けるかどうかの判断基準にもなりますので、 $L_3 \Rightarrow L_4$ のプロセスがステージゲートとも言えます。

リニアモデルの場合は、基本的に組織内で閉じているので、全体を取り仕切るマネージャーは一人でもよいと先に述べましたが、相互作用モデルの場合も仕切り役は、多頭政治にならないように、一人でないと困ります。その人は L_3 と L_4 ステージを同時に見ることができる中立的立場の人（スーパーバイザー）で、国家プロジェクト的には、PD、PM や PO と称される人です。企業の開発現場では、プロダクトマネージャー（PM ですが、上の PM：プログラムマネージャーとは違います）と呼ばれる場合もあります。そのほか、 L_1 と L_2 をそれぞれに担当するコーディネーターが必要です。PD さんたちはキューピットと閻魔さまの両方の役目をする人で、技術の送り手と受け手の出会いの機会をアレンジし、ステージゲートの開閉を判断することが役目です。付加価値 J の中身を吟味することも役目で、その観点からは目利きでもあります⁴⁾。

物理帝国主義の立場での例としては、永久磁石となる強磁性体が良い例となります。例えば鉄は永久磁石になります。鉄の個々の原子はそれぞれを単位として小さな磁石（スピンをもっている）になっています。一個ではなんの面白みがないのですが、原子が集まる（アボガドロ数： $\sim 10^{23}$ 個ほど）と小磁石の間に力が働きます。その相互作用の大きさを J_m と書きます。 J_m (> 0) は磁石のN極S極の向きが揃うように働き、利得を得て、大きな永久磁石になります。

す。利得は小磁石（スピン）の大きさを $\mathbf{S}$ （ベクトル）とすると、

$$-J_m \mathbf{S} \cdot \mathbf{S}$$

に比例した形に書けます。スピンは大きさと方向を持っていますので、ベクトルで表現可能です。中央の（・）はベクトル同志の積（スカラー積、内積とも言い、ベクトル同志の積がスカラーになります）を表現し、結果はスピンの方向に依存しますという記号です。こういう現象は物理のあちこちに出てきますが、広く協同現象（*cooperative phenomena*）と呼ばれています。

上記のように、スカラー相互作用モデルは、教訓をたくさん含んでいます。大概の技術移転についての、ガイドラインになるものだと思います、実際の技術移転を実現したいときは、このスキームで仕組みを作って行けばよいことになります。

しかし、このモデルは化学でいうところの反応速度論のみを示しますので、各レベル特有の個性を示すことはありません。各レベルでは、谷底で技術そのものが、どの方向へ行こうかと揺れていてRPG状態です。谷底の形にもよりますが、基本的には右へ行ったり左へいったり揺れ動いています。そして時たま揺れの振幅が大きくなったときに、山を乗り越えて隣の谷の協働作業ができるステージへ移動します。そして偶々そこに別の谷から来ているものが居れば、協同現象が生じて、新たな付加価値を得ることになり、技術移転が実現します。反対の非協同現象になって、喧嘩別れということもあり得ます。確率的偶然がキーワードです。

再び、教訓【3】として、シュンペーターの立場では、 L_1 、 L_2 と L_4 がそれぞれ静態に対応します。 L_1 、 L_2 から相互作用のステージである L_3 への移動と、 L_3 から L_4 への移動の両方が動態となります。 L_3 では、シュンペーターの言う「新結合」ができ、それによって利得 J が発生す

ば、 L_3 から L_4 への移動が動態となります。スカラーモデルでは、ある程度のイメージは掴めますが、何れにしても新結合の中身を含め、静態から静態への動的移動の中身を議論するのは不可能です。

「相互作用モデル」は、既に本メルマガ9月号¹⁾で議論した、対称性の変化が革新をもたらすということの例のひとつでもあります。即ち送り手側 L_1 にある技術と受け手側 L_2 にある技術は、基本的に氏素性が異なっており、対称性が異なるのです。それらを対称性が高い位置にある L_3 に上げることにより、強制的に対称性を高くし相互作用が促進させます。相互作用が十分行われたあと、新たに南部先生の「自発的対称性の破れ：SSB」を通じて付加価値 J がついた L_4 状態を実現させます。というわけで、9月号¹⁾の記事に繋がっています。

4.2 ベクトルモデル

技術の送り手を「先端技術開発ベクトル」（以下先端ベクトル： $\mathbf{V}_H$ ）、受け手を「^{ぜんたん}銭探技術開発ベクトル」（以下銭探ベクトル： $\mathbf{V}_M$ ）とします。これらは送り手、受け手それぞれの実力とミッションの方向を示していると定義します。二つのベクトルは筆者の命名で、気に入っています。どちらも日本語読みが『せんたん』ですが、ニュアンスは全く異なります。名前から見ても如何にも直交していそうな気がします。日本語はともかく英語は困ってしまうので、先端は常識的に *High Technology Research*、銭探はRPG的に *Money Quest Research* とします。この二つの名前付きベクトルは、以下の議論で主役となります。その他技術移転のあるべき方向を示すベクトル： $\mathbf{V}_T$ などもその都度登場します。

記号標記に関して、本稿ではベクトルを表すときにふたつを適宜使い分けています。ひとつ目は「 $\mathbf{V}$ 」のように太字を、ふたつ目は、

「 $\vec{V}$ 」のように文字上に $\rightarrow$ をつけている場合です。どちらもベクトルです。

4.2.1 スカラー積（内積）モデル

相互作用モデルに入る前に、前第4.1.2節で述べた鉄の小磁石間の相互作用を思い出してください。 $-J_m \mathbf{S} \cdot \mathbf{S}$ という形で相互作用が書かれています。ここで $\mathbf{S}$ は小磁石の大きさと方向を示すベクトルで書かれています。 $(\cdot)$ はベクトルの間のスカラー積（内積）を表す記号です。相互作用の大きさは、ベクトル同志が平行（同じ方向）の時に (± 1) になります。ベクトル同志が直交しているとスカラー積はゼロです。技術移転に関するベクトルモデルでは、技術の送り手の先端ベクトルと、受け手の銭探ベクトルは直交しているとします。直交ベクトルのスカラー積は定義からゼロになって、相互作用がないという結論に至ります。さらに、「コラム1」にありますように、お互いのベクトルが興味を示し合うことを目指して、両ベクトルが作る2次元平面内で回転させても、興味成分を示すベクトル同志がまた直交しますので、それもあり得ないことになります。また、先端ベクトルと銭探ベクトルが同じ向きの（平行で揃っている）場合、何のために両ベクトルを分けなければならないのか。また、技術移転が必要なのか分からなくなってしまう。平行の場合は後に議論します。

まだ、納得頂けていない方もおられると思います。先端ベクトルと銭探ベクトルが直交しようが、そうでなかろうが、単に両ベクトルの和をとれば良いではないかと思いがあろうと思います。即ち、

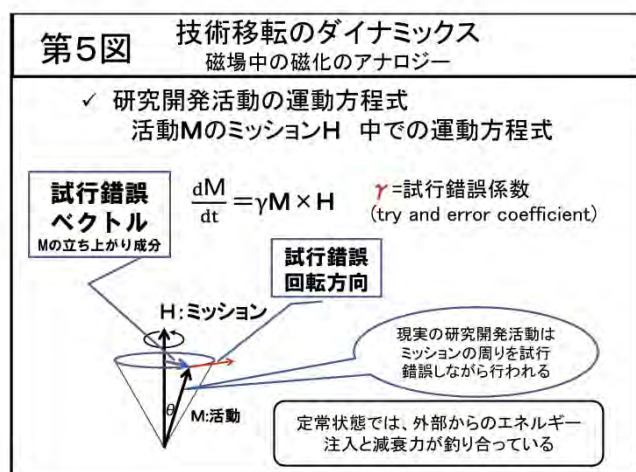
$$\mathbf{V}_H + \mathbf{V}_M = \mathbf{V}_T \quad (\text{和})$$

この場合は、本メルマガ9月号¹⁾で

述べた単に「きなこ」と「砂糖」を混ぜて甘いきなこをつくるのと同じです。単純混合はシュンペーターの新結合（neue konbination）を経て、対称性を変えることによる新たな付加価値を得ることが実現しません¹⁾。付加価値が見えなければ、協働作業での元気が出てきません。これから分かるように、ベクトルを2次元平面内に閉じ込めて相互作用を議論するべきでないということが分かります。ならばベクトルを3次元空間で自由に動かしてみたらどうなるかが、次の節での話題です。

4.2.2 ベクトル・相互作用モデル

スカラー・相互作用モデルの結論は、技術の送り手と、受け手の間の相互作用によって利得 J が得られるときに技術移転が進むということです。相互作用の中身については、アレニウスの式をいじくっても見えてきません。そこで何らかのミクロな相互作用を仮定してみることにしましょう。鉄が永久磁石になる例を引きましたが、ここでは、同じく小磁石（磁化： $\mathbf{M}$ ）の動きを考えます。第5図にポンチ絵を示します。小磁石を磁界（ $\mathbf{H}$ ）の中におくと、ある条件下で磁界の向きを心棒のようにして、味噌攪り運動をすることが知られています。小磁石があたかも独楽（コマ）のようになるのです。磁



界中では、磁化 M と磁界 H は相互作用のエネルギーを E_M とすれば、 M と H はベクトルでその内積がエネルギーとなります。

$$E_M = -\mathbf{M} \cdot \mathbf{H} = -MH \cos \theta$$

と書けます。 θ は磁化と磁界のなす角度で、エネルギーは、磁化と磁界の大きさと方向が決まれば一意に決まります。 θ は初期値として与えることが、普通です。エネルギーは勿論方向がないので、スカラーです。さらにちょっと難しくなりますが、磁化 M の動きを表す方程式は、天下りの的に

$$\frac{d\mathbf{M}}{dt} = \gamma \mathbf{M} \times \mathbf{H}$$

と書けます。ここで γ は磁気回転比と呼ばれる量で、自然界の基本物理量から構成されます。第5図にポンチ絵を示します。ここでの $(\times)$ はベクトル同志の掛け算、ベクトル積（外積とも言う）を表し、結果もまたベクトルになります。そこがスカラー積と異なるところです。

M と H を決めれば、磁化 M の運動が記述できます。また、 $\omega = \gamma H$ と書ける周波数 ω で磁化 M は磁界の周りを回ります。

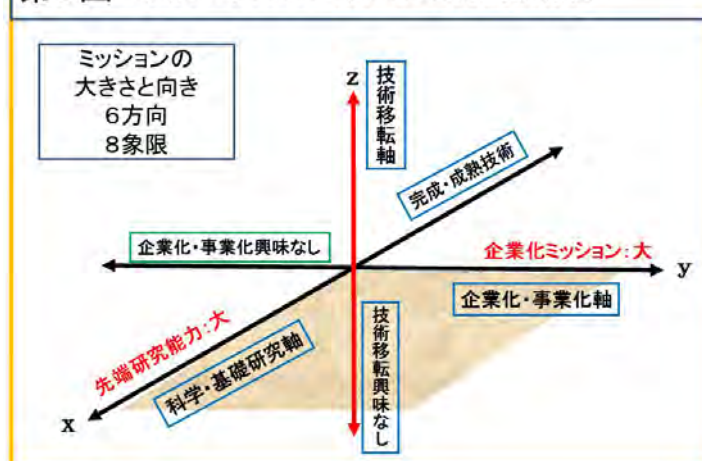
この式を拝借して、粒子が第4図の谷の底を右へ行ったり左へいったり揺れているのを代表させます。すなわちポテンシャル図の谷底での粒子の揺らぎを上ので記述できるとします。ここから先、本節内の数式を使った議論は、相互作用をイメージしていただくために、持ち込んだものです。数理科学的厳密な正しさの証明は行っていません。むしろ、付属のポンチ絵をビジュアルに実感していただくための、ツールと思っていただくをお願いしておきます。

ここで M は研究活動の大きさと方向を、 H は付与されているミッション

の強さと方向と定義します。（磁化の運動とのアナロジーを活用するために、第4.2節の V を M と表示します）。研究活動の方向はミッションの方向と一致すべきですが、少しその方向からずれて、ミッションの方向の周りを周波数 ω で回っていることを仮定します。ずれる角度 θ は M と H の兼ね合いで決まり、ここで γ は試行錯誤定数と定義します。ここで、磁界 H と周波数 ω が比例していることと同じように、ミッションが牽引する力が大きいと揺らぎの周波数も大きくなることとします。揺らぎは、研究活動の試行錯誤を示しており、周波数は単位時間あたりの試行頻度を表します。

次に、先端ベクトル M_1 、錢探ベクトル M_2 それぞれがミッションの周りで揺らぐ回転している場合を考えます。「コラム2」を参照しながら議論します。数式が面倒な方はすっ飛ばして結構ですが、少なくともコラム2に示すポンチ絵をご覧ください。ここでは、 M_1 と M_2 は3次元空間内で直交していると仮定します（磁化の運動とのアナロジーを活用するために、 V_H を M_1 、 V_M を M_2 と表現します）。 x 軸は正方向が科学・基礎研究、負方向が確立・成熟した技術、 y 軸は正方向が企業化・事業化軸、負方向が企業化しない軸と定義します（第6図）。それぞれのベクトルのミッションの強さは回転軸（ x 、 y 軸）と平行で H_1 と H_2 とします。

第6図 3次元ベクトルのミッションの方向依存性



$\mathbf{M}_1$ は科学・基礎研究軸（x 軸）の周りを、 $\mathbf{M}_2$ は企業化・事業化軸（y 軸）の周りをそれぞれ、周波数 ω_1 、 ω_2 で味噌揺り（歳差）運動しているとします。z 軸は技術移転軸とし、 $z > 0$ で技術移転を促進したい（ $z < 0$ では、技術受取推進）ことを現します。

$\mathbf{M}_1$ は、原点を始点とするベクトル、 $\mathbf{M}_2$ はy 軸上原点から r_0 離れたところを始点とするベクトルとします。 r_0 は $\mathbf{M}_1$ と $\mathbf{M}_2$ 間の距離を示します。味噌揺りの角度はそれぞれ θ_1 、 θ_2 、であり、 $\mathbf{M}_1$ と $\mathbf{M}_2$ に対応する試行錯誤（揺らぎ）ベクトルの大きさは、 $m_1 = M_1 \sin \theta_1$ 、 $m_2 = M_2 \sin \theta_2$ となります。

$$\begin{aligned}\frac{d\vec{\mathbf{M}}_1}{dt} &= \gamma_1 \vec{\mathbf{M}}_1 \times \vec{\mathbf{H}}_1 \\ \vec{\mathbf{H}}_1 &= (H_x, 0, 0), \quad \vec{\mathbf{M}}_1 = (x_1, y_1, z_1), \\ \frac{d\vec{\mathbf{M}}_2}{dt} &= -\gamma_2 \vec{\mathbf{M}}_2 \times \vec{\mathbf{H}}_2 \\ \vec{\mathbf{H}}_2 &= (0, H_y, 0), \quad \vec{\mathbf{M}}_2 = (x_2, y_2, z_2), \\ \vec{\mathbf{m}}_1 &= (0, y_1, z_1), \quad \vec{\mathbf{m}}_2 = (x_2, 0, z_2),\end{aligned}$$

また初期位相をそれぞれ α_1 、 α_2 とすると、

$$\begin{aligned}y_1 &= M_1 \sin \theta_1 \sin(\omega_1 t + \alpha_1), \\ z_1 &= M_1 \sin \theta_1 \cos(\omega_1 t + \alpha_1), \\ z_2 &= M_2 \sin \theta_2 \sin(\omega_2 t + \alpha_2), \\ x_2 &= M_2 \sin \theta_2 \cos(\omega_2 t + \alpha_2),\end{aligned}$$

となります。便宜上 $\mathbf{M}_1$ と $\mathbf{M}_2$ の回転方向は互いに逆向きにしています。この状態では、 $\mathbf{M}_1$ と $\mathbf{M}_2$ はそれぞれ勝手気ままに回転して、お互いになんの作用をおよぼすことはありません。

4.2.3 「揺らぎ」とタイミング

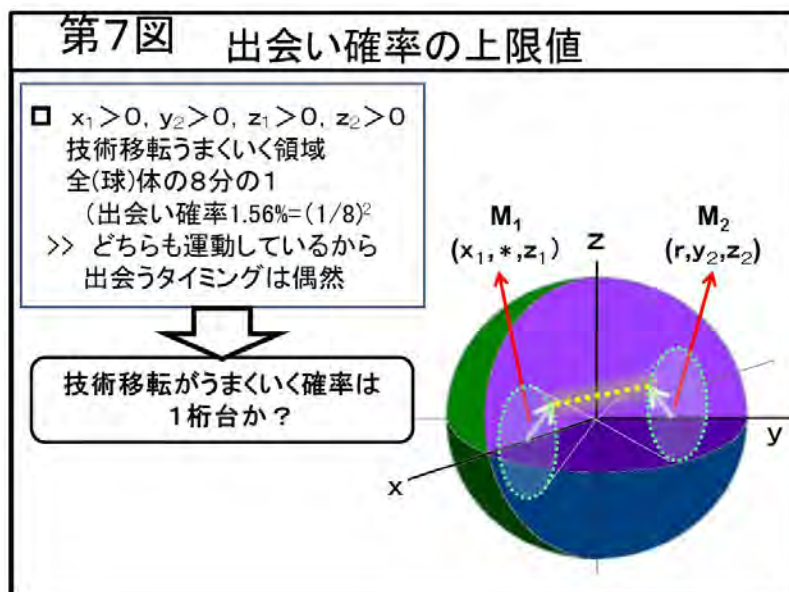
次に、 $\mathbf{M}_1$ と $\mathbf{M}_2$ が互いに相手に力を及ぼす相互作用を考えます。コラム3を参照してください。その相互作用のポテンシャルを $J(\mathbf{r})$ とします。 $\mathbf{r}$ は $\mathbf{M}_1$ と $\mathbf{M}_2$ との間の距離ベクトルで、 J 座標方向微分の $-(\partial J(\mathbf{r}) / \partial \mathbf{r})$ は相互作用の力を示します。 J はコラム3に示すように、 r

$= \infty$ でゼロに漸近、 $r = 0$ 無限大に発散し、 $r = r_0$ で最小値をとるような形を想定しています。形の例としては、湯川ポテンシャルやレナードジョーンズポテンシャルがあります。

式の前のマイナスは微分が正ならば、引力を示すように定義します。力は前第4.2.2節の式に相互作用の力 $\left\{-\frac{\partial J(r)}{\partial \mathbf{r}} \vec{\mathbf{m}}_1 \cdot \vec{\mathbf{m}}_2\right\}$ の項を加えて次式とします。

$$\begin{aligned}\frac{d\vec{\mathbf{M}}_1}{dt} &= \gamma_1 \vec{\mathbf{M}}_1 \times \vec{\mathbf{H}}_1 - \frac{\partial J(r)}{\partial \mathbf{r}} \vec{\mathbf{m}}_1 \cdot \vec{\mathbf{m}}_2 \\ \frac{d\vec{\mathbf{M}}_2}{dt} &= -\gamma_2 \vec{\mathbf{M}}_2 \times \vec{\mathbf{H}}_2 - \frac{\partial J(r)}{\partial \mathbf{r}} \vec{\mathbf{m}}_1 \cdot \vec{\mathbf{m}}_2\end{aligned}$$

式の最後の $\vec{\mathbf{m}}_1 \cdot \vec{\mathbf{m}}_2$ は、先端ベクトル、銭探ベクトルの試行錯誤・揺らぎを示しています。整理すると $\vec{\mathbf{m}}_1 \cdot \vec{\mathbf{m}}_2 = z_1 z_2$ となり、のz成分の積を表しています。 J 、 r とz以外は前出通りです。 $\mathbf{M}_1$ と $\mathbf{M}_2$ がそれぞれ味噌揺り運動を続けることが求められますので、上式右辺の第1項の大きさが第2項の大きさより十分大きいという仮定をもとに考えます。注目すべきは、x, y成分は相殺してz成分のみが、残っているということです。コラム1で2次元内に両ベクトルを閉じ込めた場合相互作用が出てこないことと対応しています。しかし、 $z_1 = M_1 \sin \theta_1 \cos(\omega_1 t + \alpha_1)$ も、 $z_2 = M_2 \sin \theta_2 \sin(\omega_2 t + \alpha_2)$ も、それぞれ独立した揺らぎの回転があるので、それらの積である $z_1 z_2$ がいつもよい状態にあるとは言えません。 $\mathbf{M}_1$ と $\mathbf{M}_2$ がタイミングよく出会うことが、必要です。 z_1 と z_2 の符号と積の状態によって相互作用項 $\left\{-\frac{\partial J(r)}{\partial \mathbf{r}} \vec{\mathbf{m}}_1 \cdot \vec{\mathbf{m}}_2\right\}$ の符号が正負に変化し、引力になったり、斥力になったりします。ここでは、引力になるつまり、相互作用項が全体として負になることで技術移転が進む相互作用



が生じると定義します。そのためには、第7図に示す球体を考えます。まず $z_1 z_2 > 0$ になることが必要です。

この場合試行錯誤ベクトルの成分 $z_1 > 0$ 、 $z_2 > 0$ が同時に満足すれば成り立ちます。 $z_1 > 0$ と $z_2 > 0$ というのは、技術移転を目指す方向です。そのほか、各軸の方向とミッションの定義から、 $x_1 > 0$ と $y_2 > 0$ も同時に満たさないと、技術移転へ向かっての力になりません。その領域(象限)に両ベクトルが同時に居るときには、ベクトル間に『ViVi: ビビッ』とした情報交換が生じて、技術移転をしたいという合意が成立する仕掛けになっています。

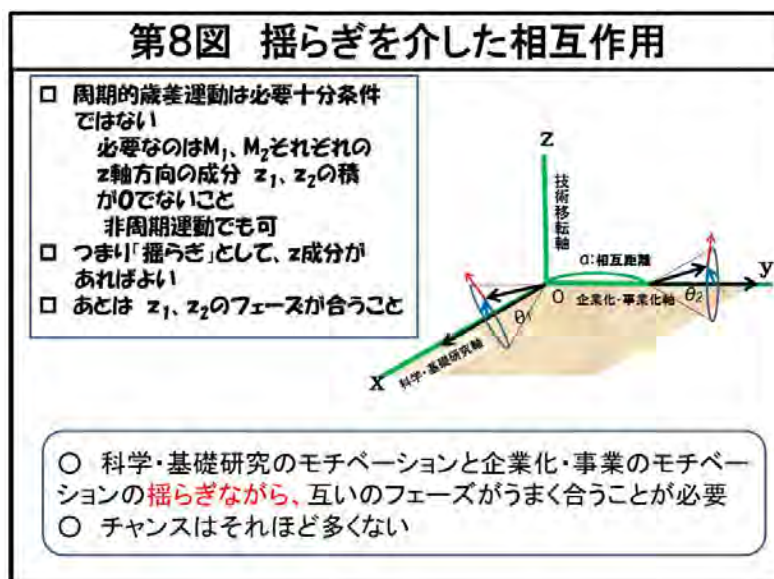
逆に $z_1 z_2 > 0$ であっても、 $z_1 < 0$ 、 $z_2 < 0$ が同時に満足すれば成り立ちますが、 $z_1 < 0$ と $z_2 < 0$ というのは、技術移転を目指さないという方向です。この場合は、望ましくはなく、あり得ない方向となります。その他の $x_1 < 0$ 、 $z_2 > 0$ という場合も成り立たないことはありません。この場合は、先端研究ではないけれども、銭探研究はしたいという意思がある場合になります。ローテクでもよ

いから儲ければよい場合です。こういう状況をつくりだすためには、相互作用項に上に述べた以外の別の条件を入れて、 x 成分が残るように考える必要があります。

一般論として、 z_1, z_2 の符号と積以外、例えば x 成分、 y 成分についても分類は可能ですが、少なくともその時には、試行錯誤ベクトル同志の $\vec{m}_1 \cdot \vec{m}_2$ はスカラー積(内積)から相互作用は生じません。

何等かの別タイプの相互作用を考慮することが必要です。ここでは述べませんので、読者自身で場合を当たってみてください。

本節での議論では、揺らぎは周期的なベクトルの回転によって得られるようにしていますが、本来揺らぎはランダムなものです。ランダムであっても、第8図に示すように、基本的な考え方には変化ありません。物理学では、ランダムな動きの把握は、ブラウン運動の定式化として知られていますが、集団としての性質を見るときに有効です。ここでは、まずふたつのベクトル間でのことを考えますので、ブラウン



運動の知識は用いません。技術の送り手 M_1 と受け手 M_2 との出会いが肝心です。技術移転への切掛けとなる出会いがあって意気投合すれば、相互作用は引力として働くはずです。

教訓【4】としては、これほど大騒ぎして式を使ってみても、結果は至極単純明快で、技術の送り手 M_1 と受け手 M_2 が、両方とも自立していて、アイデンティティがあり、キッチリとした技術移転をしたいという「志」をもって研究開発活動をしていないと、望ましい結果に到達しないということです。一方だけの片思いではダメだという結論です。この結果は、第4.1.2節のスカラー相互作用の結果にも無矛盾で繋がります。ベクトル・相互作用モデルでは、先端ベクトルと銭探ベクトルの相互作用が生じるのは揺らぎとタイミングが重要であることが確認できました。しかし、切掛けのみで、技術移転を促進する力は不足しています。そこで、促進力となる駆動力について次節で述べます。

5. 技術移転駆動力創成と左手の法則

中学高校の理科で習う項目に電磁誘導に関するフレミングの左手の法則というのがあります。左手中指の先端方向を電流の向き、人差し指の先方向を磁界の向きとして、中指、人差し指、親指が互いに直角になるように広げると、親指の方向に力がでて、モーターが回るとある例のものです。理科の授業で、左手、右手を出して前方をみたり、斜めから見たりして悩んだことがおありだと思います。

この例 H では、電流($\vec{I}$)、磁界($\vec{H}$)と力($\vec{F}$)は全てベクトルです。

従って式で書くと

$$\vec{F} = \vec{I} \times \vec{H}$$

となります。 F はローレンツ力とも呼ばれます。ここで、またまたアナロジーとして、電流ベクトル $\vec{I}$ を先端ベクトル $\vec{M}_1$ 、磁界ベクトル $\vec{H}$ を銭探ベクトル $\vec{M}_2$ 、そして、ローレンツ力 $\vec{F}$ を技術

移転ベクトル $\vec{T}$ に対応させます。上式は書き換えられて、 $\vec{T}$ を技術移転駆動力と定義します。

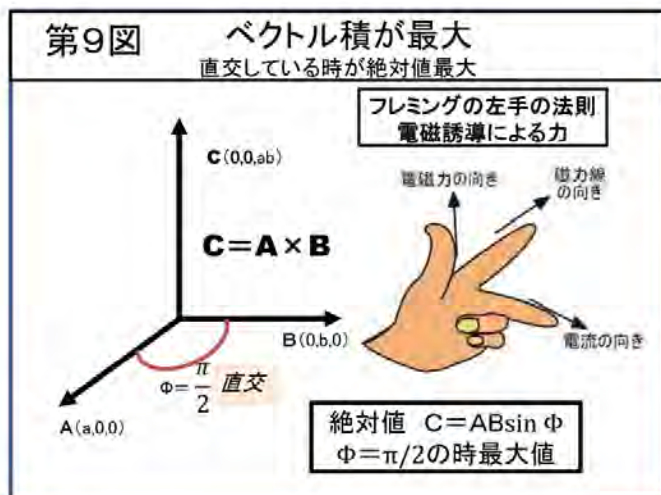
$$\vec{T} = J_v \vec{M}_1 \times \vec{M}_2$$

何となくそれらしい式になりました。 J_v は、付加価値を示すスカラー・パラメーターです。前節では、先端、銭探ベクトルをそれぞれミッションの周りで揺らぐ回転させて、揺らぎを介して相互作用させましたが、技術移転の切掛けを作るだけで終わっています。この節では先端、銭探両ベクトルを直接相互作用させて、技術移転の駆動力を得ることが可能であることを教訓として示します。出会いのフェーズが終わって、送り手 M_1 と受け手 M_2 両方が全身全霊を打ち込んで、技術移転を完成させるのが上式の意味です。そのために、送り手 M_1 と受け手 M_2 の中身を少し変更します。揺らぎの相互作用を見るときは、ベクトルの大きさはほぼ技術力のみで検討しましたが、ステージアップするためには、技術力のほか、研究開発資源（ひと、もの、金）と技術力（知識、知恵、知財権、時間等）を合わせた総力をベクトルの大きさに含める必要があります。そういう意味で、全身全霊で、総がかりということばが出てきます。

$\vec{M}_1$ と $\vec{M}_2$ がなす角を ϕ とすると、 $\vec{T}$ の大きさ（絶対値）は、ベクトル積（外積）の性質から、

$$T = J_v M_1 M_2 \sin \phi$$

となります。第9図に示すように、 T の最大値は $\phi = \pi/2 = 90^\circ$ の時、まさに $\vec{M}_1$ と $\vec{M}_2$ が直交している時です。 $\phi = 0^\circ$ のときは $T = 0$ となり、技術移転駆動力はゼロになります。 $0 < \phi < 90^\circ$ のときは、 $0 < T < 1$ になります。さらに、 M_1 と M_2 の大きさの比について、高等学校数学の二次曲線の最大値を求める問題を適用します。 M_1 と M_2 の和が一定、即ち投入資源

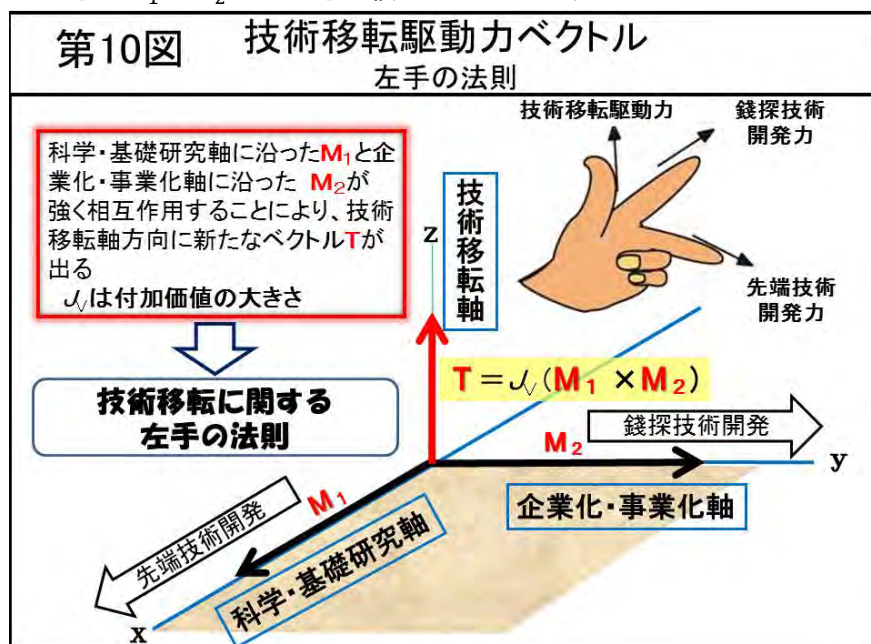


の総量が決まっている状況を考えます

$$M_1 + M_2 = M_0 = \text{一定}$$

式の展開はコラム4を参照ください。ここでは結果のみ示します。便宜上 $J_v \sin \phi$ で割っておきます。Tは、 $M_1 = M_0 / 2$ 、即ち、 $M_1 = M_2$ のとき、 $J_v \sin \phi$ ($M_0^2 / 4$) になります。 $M_1 \neq M_2$ の時、 $T / J_v \sin \phi$ は最大値より小さくなります。

教訓【5】としては、技術移転駆動力が最も大きくなるのは、先端ベクトルと銭探ベクトルが、それぞれゼロでない大きさを持ち（自立している）、直交しているときです。またTの大きさは $\vec{M}_1$ と $\vec{M}_2$ の大きさの積になることで、



和ではないことがキモです。その最大値は M_1 と M_2 の大きさが等しく（拮抗している）、直交しているときに得られます。即ち、「フレミング左手法則」のアナロジーで、第10図に示すように「技術移転の左手の法則」が成立します。

6. 階層構造とステージゲート

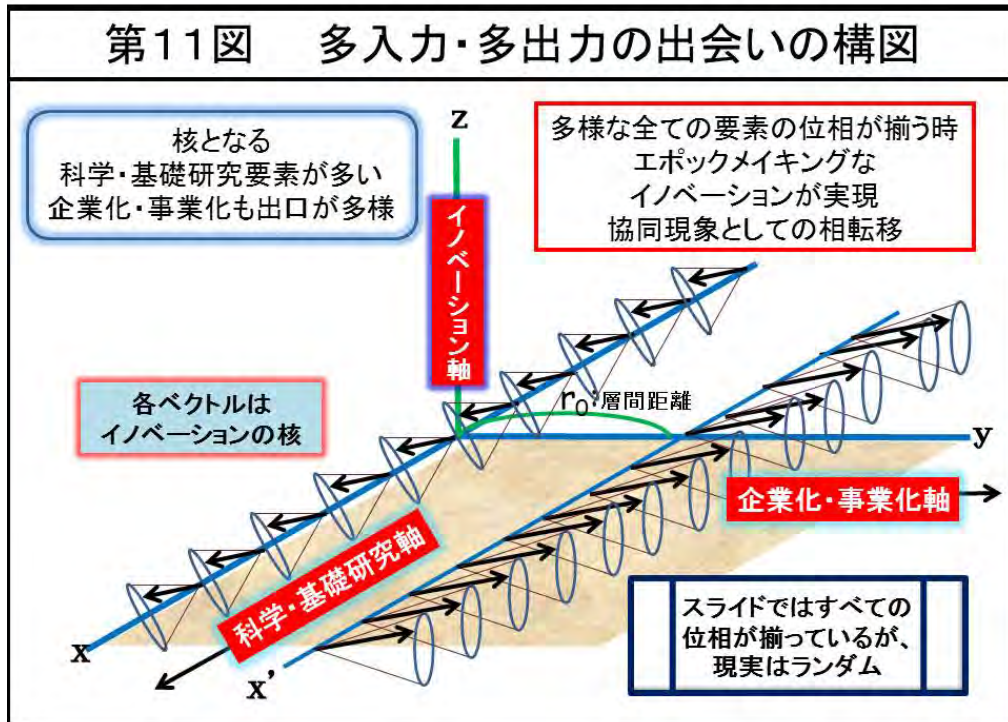
イノベーションを起こすためには、出会いの頻度が多ければ多いほど確率が大きくなります。頻

度を上げる一つ目の方法は、揺らぎベクトルの回転周波数を大きくすること、すなわち $\omega = \gamma H$ の関係から、 H を大きくすることです。 H はミッションの強さなので、研究開発の強力な指導原理、あるいは確固な「志」があることと対応します。

二つ目は、技術の送り手と受け手の両方を多くして、技術移転確率を高めることです。第11図にそのイメージを示します。先端ベクトルが、 x 軸に沿ってたくさん並んでいます。 x 軸と r_0 離れた $y = r_0$ の軸上には銭探ベクトルもたくさん並んでいます。これら個々の、先端ベクトルと銭探ベクトル間で相互作用することにより、出会いの確率を高めることが可能です。

第11図では、スピン回転の位相を揃えて書いています。送り手も受け手も位相が揃っていて、運よくタイミングが合えば、全てのスピンが集団として運動する協同現象として一斉モードが生じます。その時には、出会いによる技術移転相互作用による力

第11図 多入力・多出力の出会いの構図



ます。つまり両ベクトルとも、全試行錯誤回数の 12.5% が相互作用をする余地があります。先端技術開発と、銭探技術開発が相互作用して、技術移転の元になる出会いが起こる確率は、上限で 12.5 の二乗 % = 1.56 % だということ

が大きく働きます。先端技術研究側から見て、意中の銭探技術とタイミングが合わなくても、別の銭探技術が受け手になることも有り得ます。位相が全て揃っていることは稀で、実社会では位相や、ベクトルの大きさ、ミッションの強さはそれぞれ異なりますので、簡単ではありません。

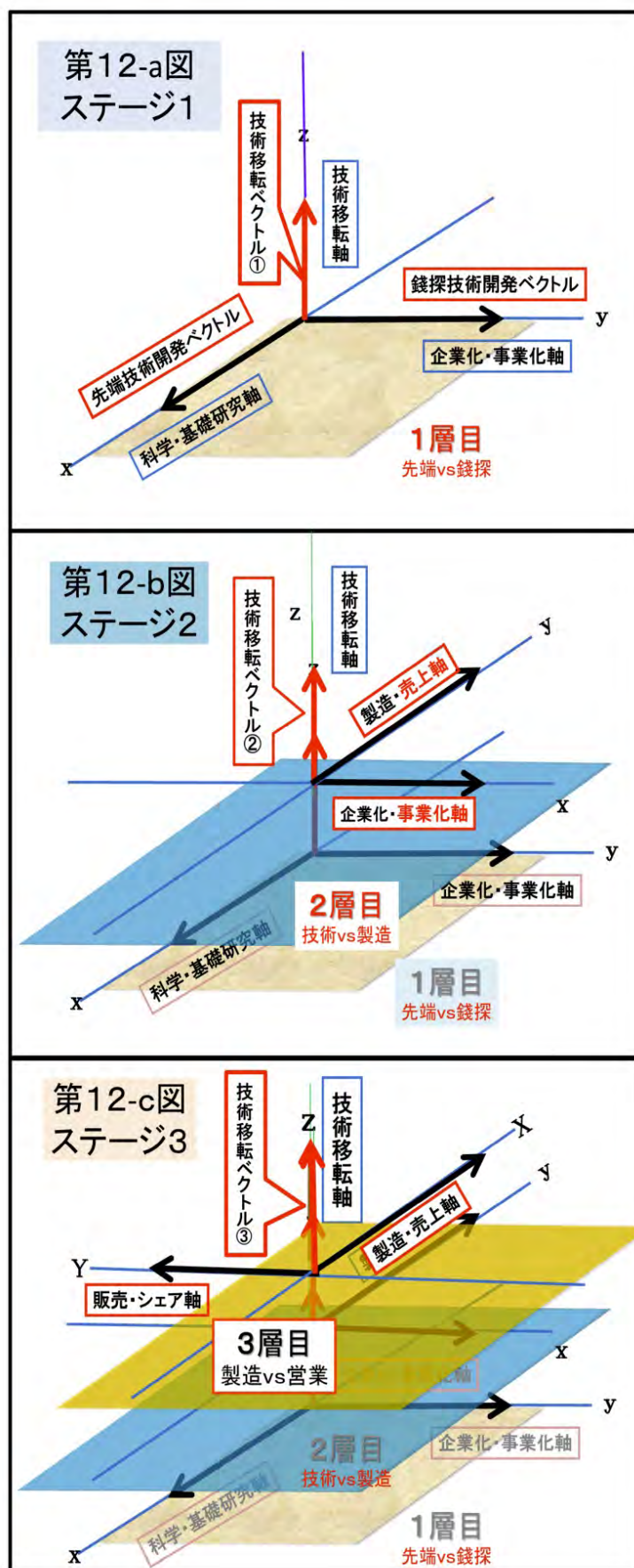
蛇足ですが、この方式は、往年の朝日放送 TV 番組、「プロポーズ大作戦、フィーリングカップル 5 vs 5」と同様の仕組みです。若い人には、分からないと思いますが、中年以降の読者なら分かっていただけたと思います。

ここで、目の子で出会いの確率を評価してみましょう。第 4.2.3 節で述べたように、 z_1 と z_2 の符号相互作用による出会いが寄与します。出会いが発生するのは、 $z_1, z_2 > 0$ 、且つ $x_1 > 0$ と $y_2 > 0$ が満たされる時です。この象限を第 1 象限とします。第 7 図のうち、この条件を満たすのは、非常に多くの試行錯誤が行われると、単純に評価して 3 次元座標系全体（全方向）のうちの 8 分の 1 の象限で上の不等式が成り立ち

です。1% 近辺という数字が、大きいのか、小さいのかですが、筆者は妥当な数だと考えています。研究テーマが 100 件あって、そのうち 1 ~ 2 個が、銭探技術研究と協働できる（できそう）という感じです。この場合は、先端、先端両ベクトルが完全にランダムに揺らいでいる場合の出会い確率ですが、もう一つの極限として、両ベクトルが一斉モードでしかも完全に同期していて、出会うのはいつも第 1 象限のときには、12.5% になります。この値は、出会い確率の上限を与えます。先端技術研究と、銭探技術研究への出会い、意気投合のあとの協働は、第 12 図に示すように、ステージアップが、第 5 節で述べた「左手の法則」に従って行われます。第 1 段階は、多様な先端技術研究と銭探技術研究の出会いがうまくいくと、技術移転ベクトル①に変わります（第 12-a 図）。この状況をステージ 1 とします。左手の法則が十分成立する時は、第 12-b 図に示すように、次のステージ 2 へ移行できます。

(ステージ2) 技術開発の次のステージは、企業化・事業化軸に沿っている銭探ベクトルと、新たに導入する製造・売上軸に沿った事業化開発ベクトル（以下事業化ベクトル）との相互作用を起す場となります。製造・売上軸は、企業化・事業化軸より 90° 回ったところに設定します。銭探ベクトルと事業化ベクトルが直交している状況を考えます。ここでは先端・基礎研究はなくなり、事業化のための、技術や商品企画などが、置き代わって主になっています。先進的なユーザーとの対話も入れていきます。この2番目ステージでも、先端・銭探ベクトル相互作用と同じように、揺らぎとタイミング過程が存在します。互いの出会いがあって、左手の法則が適用されれば、2度目の技術移転ベクトル②ができて、3番目のステージ3での活動が可能になります。

(ステージ3) このステージは、ステージ2と同じように、製造・売上軸に沿った事業化開発ベクトルと新たに営業・販売軸に沿った販売・シェアベクトルとなります（第12-c図）。後者の軸は製造・売上軸から 90° 回っています。このステージでも、揺らぎとタイミングにより相互作用が発生すれば、左手の法則により、技術移転ベクトル③が出来て、更に上のステージへ進むことが可能になります。と言う風に、複数のステージを登りながら、よりイノベーション実現へ近づくという階層モデルが出来上がります。ステージアップの時に、新たな軸を設定しますが、その時 90° 回ったところになりますので、ステージの座標系は階層を



経るごとに、90° 回るので、螺旋状（スパイラル）に階が上がっていくことになります。よく「スパイラル」に物事が進化すると言われますが、このモデルは自発的にスパイラルアップを満たしています。南部先生のSSBを拝借して、戯れとしてSSS（自発的スパイラルステージアップ: *Spontaneous Spiral Stage up*）と名付けます。一段上のステージに上がる度に、そのステージ毎に適合した評価基準に変えていき、ベクトルの種類を変えていくことが重要です。ここでは、一段階上のステージに移ることが、技術移転のステージゲートを通過することと定義します。

ステージゲートの考え方は、本メルマガ9月号で紹介したように、既に国のいくつかの研究開発プロジェクトでも採用されています⁵⁾。

（ステージ4） このステージは、市場受容、文化創成に関わるものです。同様の議論が可能ですが、科学技術論から遠くなりますので、読者にお任せします。

再び、絶妙な出会いのあと、左手の法則の働きで、ステージゲートを潜^{くぐ}って、ステージアップする確率の目安となる上限を考えます。本稿末の第1表にステージアップの回数と目の子での確率を示します。1回ごとの確率と累積を、ランダム揺らぎ、一斉モード揺らぎ、現実的想定値を表示しています。先述のとおり、完全ランダム揺らぎの場合1回目のステージアップで1.56%だったのですが、同様に2回目では、2¹²分の1となり、万に2~3となり、目に見えて技術移転が起こりそうな限界のように見えます。次に完全に位相が揃っている同期一斉モードの場合は、先に述べたように、（1/8）のべき乗になっていきますので、もう少し確率が高くなります。現実的には、1回目はランダム、2回目、3回目では一斉モード、4回目では二者択一（50%）を想定するのがよ

さそうだと思っています。

市場導入・受容時において、商品規格の二者択一については、エレクトロニクス産業で、様々な例があります。筆者の企業時代の経験でも、家庭用VTRにおけるVHS規格と β マックス規格、光ディスクでの、相変化方式と光磁気(MO)方式、液晶テレビとプラズマテレビ、ブルーレイ規格とHD-DVD規格、SDメモリーカードとメモリースティックと言った風に、市場に受け入れられるかどうかを、ユーザーに任せてしまうということは、過去に多くの例があります。

教訓【6】として、本当にアカデミア発の多様性のある基礎から始めて、社会実装まで辿り着き、文化創成まで行くとすると、「万が一」程度が妥当だと思います。上に述べた規格争いでは、多様な提案から選ばれるのは、本当に万が一です。ゆえに、ステージ1での出会いの確率を高くするために、基礎研究のテーマは可能な限りたくさん実施しないといけないということです。ステージ1での出会い数が確保できないと、最終の市場導入や、イノベーションの数が確保できません。

第1表に示したように、ステージゲートの回数が増えるごとに、軸（ミッション）が入れ代わります。この意味は、ステージアップするごとに、技術移転に関するリソース（ひと・もの、かね）の構成と総量が変化することになります。最近の理工系の流行りことばで言えば、マルチスケール（多階層）です。スケールがステージ毎に変わるということです。マルチスケール性とは、スケールが変わるごとに、支配する力学、方程式を変えることです。従って当然マネジメントも変えなければなりません。ステージアップの本質は、支配方程式に合うようにマネジメントを変えることです。

筆者の感覚では、イノベーションを目指す

ときは、数値目標として、まずは「千三つ」が開発段階で、社会実装・受容では「万が一」程度が納得できる数値と思っています。そのためには、基礎から市場導入までに実施する厳格なステージゲートは、マルチスケール性を考慮して、4回が限度です。ステージゲートは、各ステージの間に設定されます。ここでは、技術移転ベクトルの中身が議論され、評価されます。ステージゲートは、別の言い方をすれば、ゲートキーパーによって、チェック・アンド・レビューが実施されて、一般観客も入って、パブリックコメントを得ることができる劇場でなければなりません。ステージゲートの結果によっては、ステージアップの確率は上記の上限値よりも下回ることが予想できます。

ステージゲートは、ビッグチャレンジのための、「死の谷やダーウィンの海」に対応するものなので、必要ですが、回数を多くしても、回数に比例して効果は出てこないと思います。筆者は、ステージゲートの回数を、増やすのではなく、同一ステージ内で進捗度を日常管理するPDCAを回すことに徹することがよいと思っています。

ゲートに行く前に、(1)相互理解に基づく出会いの進化のための、ベクトル間の相互作用の頻度を増やす。また、(2)同じステージで多くの送り手と、多くの受け手を同時に置いて多様な相互作用を行い、出会いを多くすることにより、ステージゲートを通り易くする。遭遇回数を増やすことが、技術移転を促進するキモになる。さらに、(3)同一ステージ内では、プロジェクト等の判断基準（スケール）が同じであることを前提に、頻繁

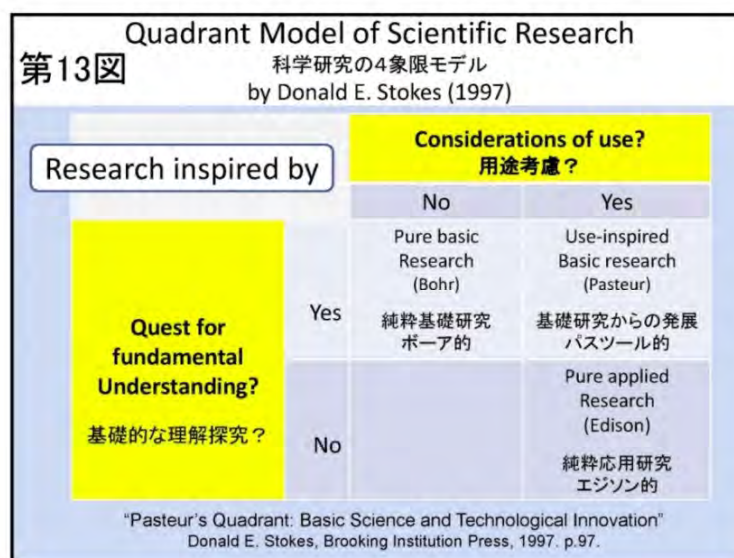
にチェック・アンド・レビューを繰り返す。基準が異なるステージ間でPDCAを回そうとすると、齟齬がでることに注意しなければなりません。

教訓【7】は、結果目標として、4回以内で、プロジェクトの最終ゲートを通過できるように、研究マネージメントを調整することが必要です。

研究現場のリーダーも、研究支援をするURAもこのことを留意しての活動が必要です、ゲートの数を増やすとアドミニストレーターとしては、何となく仕事をしているような気になりますが、無駄な労力を使うことになし、研究マネージメント上は百害あって一利なしです。

7. 静的・動的ポートフォリオ

第13図は、米国の科学技術政策とファンディングを議論した、ストークスさんの著書（"Pasteur's Quadrant": 邦訳題『パスツールの4象限』）から抜き出したものを筆者が日本語に訳したものです⁶⁾。氏はこの本を執筆されたあと間もなく1997年に他界されました⁷⁾。第13図からインスパイヤーされた4象限図面は、日本でも、政府の審議会、委員会等で頻繁に紹介されてきました⁸⁾。この図の中身について



ては、本稿では議論しません。ここでの話題は、4象限に分けたポートフォリオで、様々な特性を議論するときに多用されていることに注目したいからです。ポートフォリオは、投資案件のリスクの整理などに使われますが、科学技術へのファンディングも投資案件として整理するのはそれなりに意味があると思います。実は、今までの議論で出てきた、先端ベクトルと銭探ベクトルを配置した座標系も投資案件の基本条件と見なせば、ポートフォリオそのものです。それも2次元だけでなく、3次元にもなり、3次元のものが積み重なっている場合もあるという構図になっていることに注目していただきたいと思います。

静的2次元のポートフォリオ： これは、第4.2.1節の、2次元スカラー積(内積)そのものですので、同節とコラム1を参照ください。座標が科学・基礎研究軸と企業化・事業化軸で与えられます。このモデルでは、先端ベクトルと銭探ベクトルは直交して、互いに干渉となることが示されました。独立独歩のときはこのポートフォリオで十分です。

動的3次元ポートフォリオ： これは、第4.2.2節のベクトル相互作用モデルに相当します。座標が3次元になり、2次元の科学・基礎研究軸と企業化・事業化軸で4つの象限で表されているものに技術移転(イノベーション指向)軸が加わって、8つの象限で表されています。8つの象限での相互作用についての議論から、出会いの確率の上限が決まりました。

7.1 ポートフォリオ間ワープ

この節は筆者の妄想です。ワープというのは、時空を超えて移動することを示す単語です。タイムマシンもこの範疇です。ここでは、階層

構造になっているステージアップの移動をワープと呼んでみようという提案です。階層になっているステージでは、それぞれ座標系の持つ意味が異なります。その間を移動するのですから、ワープというのが相応しいと思っています。

最初のステージは3次元(時間軸を省いていますので、正確には時空ではありません)ですが、その次ステージでは新たな軸がひとつ地平線の向こうからやってきて加わり、前のステージの軸が評価の地平内視野から消えます。ステージアップする毎に、技術移転等の技術の遣り取りをするz軸を残して、x y平面内で、軸がひとつ現れて、ひとつが視野から消えるとも解釈できますが、全体としては、次元が増えているが、ひとつのステージ内では、3次元しか見えていないだけとも解釈可能です。結果ステージゲートを3回なり、4回潜ることにより、本来はトータル5次元あるいは6次元空間から3次元空間を抜き出していることに他なりません。元の高次元から、3次元を抜き出す時に、「自発的対称性が破れ」ていると考えてもよいと思います。もっと面白いのは、第12-a、b、c図に示すように、ステージアップする度に、左手の法則による力で、座標系全体が90°回転するので、自発的に空間は捩じれて、トータル(5あるいは6次元)空間としてキラルな対称性を有します。3次元に落とす時の対称性の破れによって、キラル対称が視野から消えてなくなっています。このことが、先述の『自発的スパイラルステージアップ：SSS』です。

4次元以上の空間では、条件が整ったときに、ステージゲートとしての空間間のワープが可能になっているのだと思います。どこか現代宇宙論で聴いたような話です。宇宙論では、10次元とか11次元の話ですが、この妄想も楽しい例えだと、筆者はひとり悦に浸っています。

妄想を続けると、イノベーションを目指

す空間構造は、第14図に示すような、三色串団子のようになっているというモデルです。串に相当するのが、技術移転に関する z 軸と、 x y 平面を含む3次元球体が団子になります。団子は現実の三色団子の様に、色合いと味となる評価軸（ x , y 軸：ポートフォリオ）が異なっています。団子は3つ以上でも構いません。但し、技術移転に係る z 軸は団子間でも、常に共通です。 z 軸（串）を通じて、団子3兄弟のように繋がっていて、ワープ（ステージアップ）の道筋となります。

団子のほか、レンコン（lotus root）¹⁰、



第14図 三色串団子

くびれ
括れを自由に入れられるバルーンアートのようなものもイメージとして適当だと思います。膨れたところと括れがあるのが、空間の広がり、分割を表しているように見えます。バルーンアートでは直線ではなく、分岐も自在に作れますので、更なるイメージが膨らみます。

7.2 静態と動態と幾何学

シュンペーターの動態の意味は、静態から静態への移動機構として理解されます。この駆動力は新結合で、イノベーションをもたらします。静態は2次元のポートフォリオで表されず。静態間の移動は時空（座標系）を超えたポ

ートフォリオ間の移動であります。そのためには、静態間を繋ぐ何らかの幾何学的構造が必要です。社会科学の課題についての概念を意味づけする応用数学の材料としても面白いアプローチだと思います。

7.3 動態の量子力学的アナロジー（おまけ）

コラムおまけで物理帝国主義的視点での、「おまけ」議論をふたつ行います。詳細はコラムを見ていただくこととしますが、（1）3次元直交ベクトル相互作用モデルによる技術移転の出会いの本質は量子力学の高次相互作用（3次摂動？）のアナロジー。（2）技術移転の左手の法則は、同じく量子力学でのエネルギー準位間相互作用のアナロジーが成り立つことを示します。おまけにしたのは、学部程度の量子力学、固体物理、量子化学の知識が必要だからです。ご興味があればコラムおまけを参照ください。

筆者の思考過程としては、むしろこちらのアナロジーがあって、上記のいくつかのモデルを考えるに至っています。物理屋さんはこちらの方が、直感的イメージが湧きやすいと思います。

8. モデルの汎用性とステージの意味

第2表に、今まで述べてきた、いくつかのモデルをまとめて示しました。まわりくどい議論だったかもしれませんが、この表が本稿の結論です。技術移転手法の分類学になっています。それぞれ特長がありますが、まず、二つのスカラーモデルについて述べます。整理の都合上、リニアモデルのメカニズムを直列アレニウス型（S1）、相互作用モデルについては、並列アレニウス型（S2）として説明しています。これらは、どちらかと言えば、化学反応的なアプローチです。まずは、スカラー・リニアモデルは伝統的ではありますが、現在ではほとんど

間尺に合いません。スカラー・相互作用モデルは、直感的に理解しやすく、現在でも適用範囲は広いのですが、相互作用の中身が見えないという不利な点があります。

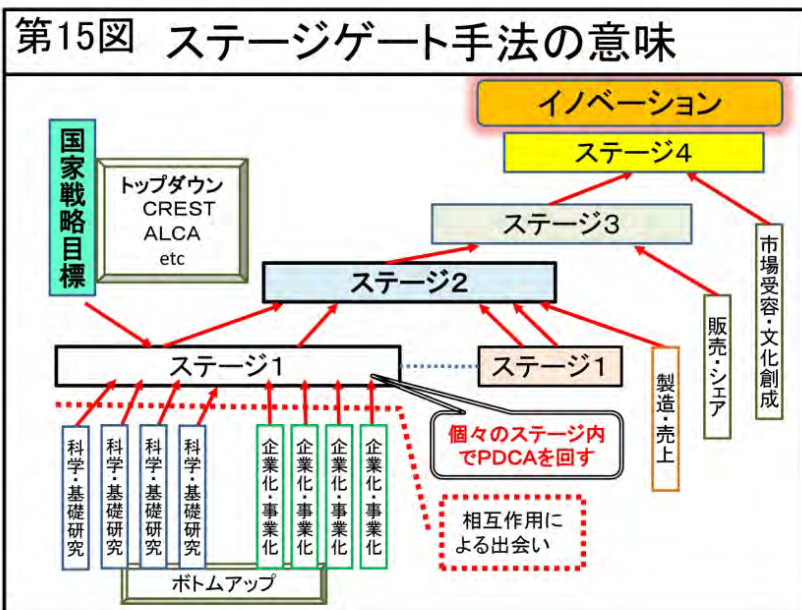
次は四つのベクトルモデルです。こちらは、数学・物理学のアプローチであります。2次元直交ベクトルスカラー積モデル（V1）は、直交しているかぎり、互いの気づきがないので、出会い生じません。モデルとしての有用性はありません。但し、今まで述べて来ませんでした。2次元平行ベクトルスカラー積（V2）の場合の可能性は残っています。その例は、強者が弱者を飲み込んでしまう場合です。つまり、もともとベクトルの方向が直交しているところで、強者が弱者の方向を自分の方向に無理やり曲げて、平行にしてしまう場合です。最初から技術移転にはならず、「技術略奪」ということになります。表中では、2次元平行と示しています。米国でよくある大企業がベンチャー企業を技術ごとと買い取るという時には当てはまりますが、技術移転の議論の対象から外れてしまいます。

3次元直交ベクトル相互作用モデル（V3）は、技術の送り手と受け手の間に、価値観を共有する出会いがあるかどうかの議論をダイナミックに考えてみるツールです。出会いの確率が一斉モードでは、12.5%、ランダムモードでは、1.56%、という、多少は論理的と言う意味で第1近似的に満足できる値が

自然に出てきました。それらを得たあとの、フォローとして、技術移転の「左手の法則」（V4）が役に立ちます。左手の法則による技術移転ベクトルは、送り手と受け手の大きさ（バックグラウンド、実力）がほぼ等しい時に役に立つことがベクトル積の初歩的な演習でも確かめられます。

汎用性の議論を深めるために、ステージ特にアカデミアの活動に関わるステージ1について、もう少し述べます。第15図にステージゲート手法の意味としての構造図を示します。ステージ1は先端研究と、銭探技術開発がボトムアップ的に協働する場（劇場）です。もっと直感的には、先端ベクトルと銭探ベクトルのように、進みたい方向が直交している場合には、それらの方向とは異なる方向に協働作業の場を設けるということが効果的です。

そういう意味で大学や国などの産学連携推進部門は、中立的な立場で、ステージ（劇場や土俵）を用意することが主たる任務になります。大学の経営者や国のファンディング機関は、黒子に徹して、間違っても主体者になってはいけません。推進部門はステージを設置し、そこ



で活動する人を集めるプロジューサーであるべきです⁹⁾。推進部門がどうしても主体者になりたいのなら、ステージ（舞台）は、主体者と異なる中立的な部門を学内あるいは学外に用意すべきです。どろぼうと警察、裁判所が同一組織にあるというマッチポンプ型の自己完結組織で運営することは、避けなければなりません。

実は、ステージ1ありきで出会いプロセスを飛ばして、トップダウン的に劇場が設定される場合もあります。それは、特定の学術・事業領域での国家戦略を実行するために、最初に場所が設定され、そこが相応しいテーマを招聘するものです。JST の CREST や ALCA が代表的なものです。実行主体は先端技術開発を担当するアカデミアですが、企業化・事業化の視点で、銭探技術開発よりの企業等の参画も許されます。当然、イノベーションへ向けての確率も高いところから始まります。アカデミアと企業等の協働施策として、COI が開始されましたが、今のところ筆者のモデル分類のどこに属するのか見えていません。本音でどうなのでしょう。興味のあるところです。

蛇足ですが、各ステージは、状況により「死の谷」になることもあれば、「ダーウィンの海」になったりもします。ステージを卒業し、さらに下流のステージへ移動し、イノベーションを実現するテーマもあれば、ステージでの評価が芳しくなく、出直しや退場を余儀なくさせられる場合も存在します。選択と集中が各ステージで行われますが、社会変革、文化創造という観点からは必要なコスト負担だと思います。各ステージでオープンに評価・試験されるべき多様なテーマが存在することが、国レベルの学術分野、経済活動の基盤的な財産と見なせます。

9. 技術移転とURA

産学連携の中での技術移転は、産学連携コ

ーディネーターの担当とされているので、筆者はURAの業務ではないと思っています。アカデミアの全ての活動成果が技術移転の対象ではないものの、URAの主たるミッションが研究者支援であるので、出口としての技術移転についての最小限の見識が求められています。

研究支援業務・研究者支援と、産学連携推進業務の違いは、明確に支援を対象とする顧客が組織内の研究者と、組織外の産学連携先の企業等と言う風に、区別できます。顧客はそれぞれアイデンティティがあり、ミッションが異なります。すなわち、今まで述べてきたように、殆どのアカデミアの研究は先端ベクトルで代表され、同じく企業は銭探ベクトルで表現できますが、ベクトル同志は直交しています。気を付けなければならないのは、本稿の、2次元平行ベクトルスカラー積（V2）モデルと同じように、ベクトルが直交しているのを無視して、自分の方向に無理矢理引き込もう（平行化）とする輩もいることです。URAはそういう輩とは付き合っては行けません。

最近では、熟慮せずにコンセプトが一見似ていそうなものを、効率化になると勝手に判断して、本来顧客の類型が似て非なる仕事をくっつけてしまうべきだという論議が行われることが多くなっています。性格・類型が違う、すなわち9月号で述べた対称性が異なっている顧客への対応を画一的なマネジメント手法で行うことは、愚の骨頂で、好ましいことではありません。顧客第一の観点からも、各々のアイデンティティを尊重し、新結合による価値観、付加価値を見つけていくことがイノベーションの基本です。それが、新たな対称性を生むことであり、主に先端側を支援するURAの重要な仕事であります。顧客第一主義に則り、自らの業務方法を見極め、責任範囲を定義するためにも本稿に述べたような数理モデルはクライテリア／マニュアルのひとつとして参考にな

と思っています。顧客に合わせて座標軸の名称（ミッション）を変えれば様々な状況に対応可能です。

【本モデルの適用範囲拡大】

本稿では、先端技術開発と錢探技術開発の間に技術移転を考えましたが、教訓【8】として、例えば、アカデミア組織内でも、基礎科学分野と応用科学各分野間、理工系学術分野と人文・社会学系学術分野の間、基礎医学と臨床医学の間、数理経済学と金融工学の間、企業内でも基礎研究と開発研究、開発研究と商品設計、製造部門と営業部門等々の互いにミッションが直交していそうな分野間で科学技術成果ほか、商品に関する情報の受け渡しが必要であり、新たなミッションの遂行準備を行うステージ構築 (*Translational Research*) を目指す協働研究や協働作業が必要な例は至る所に存在します。そういう場面では、本稿の議論が適用可能ですし、そこにアカデミアが絡むならば、URAの出番です。さらに付け加えるなら、URAは、ミッションが直交している研究開発分野を探し出してきて、最終的にそれらを結合させることが、URA冥利に尽きる「新結合促進」、すなわち「目利き」業務と言えます。本稿で述べた座標軸の名称をそれらに合わせて変更すれば適用可能です。これらの場合は、URAが先に述べたプロジューサー役になります。第3表に本モデルのうち3次元ポートフォリオの適用可能例を示しておきます。

お気づきのように、国家プロジェクトでも府省連携で文科省が担当する基礎分野と経産省が担当する産業化促進分野との間で、研究成果の引継ぎが望ましいものも同じ構図が成立します。ミッションが直交している場合には全て適用可能です。

10. おわりに

9月号¹⁾に引き続き、シュンペーターと南部先生のお仕事にインスパイヤーされて、物理帝国主義の立場から、国策としての産学連携の結果としてアカデミアに求められている技術移転の現状でのメカニズムの解析と新たな方法論を提案しました。通常、この種の提案は、ケーススタディを行ってから、ベストプラクティスを追求することが伝統的な方法論です。筆者は伝統的な方法を否定するわけではありませんが、できることなら、ケーススタディから様々な例を相対化、一般化してトップダウン可能な、概念化、法則化ができればそれに越した事がないと思っています。コンセプチュアルな法則の様な物をベースに、個別案件に適用する方法もあってもよいと思っています。この観点で本稿を書かせていただきました。この手法は、見かけは簡単のように見えますが、結構面倒なものです。敢えて挑戦してみました。

この考え方は、9月号¹⁾で述べました、「融かして固める」の適用例になっています。様々なベスト／グッドプラクティスはそれぞれ最適化されていますが、対称性が低い状態での個別最適になっていますので、汎用性という面では優位性はありません。それらを一回何らかのツールを使って、一般化（融かす）して、法則を見つけるという作業が新たな対称性を見出すということに繋がります。本稿末の第2表に示した一連のモデルのうち、特に「左手の法則」が対称性を見つけるのに、役に立ちそうです。新たな対称性が実現したときに、南部先生のSSBすなわち「自発的対称性の破れ」が起きたということになります。『めでたしめでたし』ということで、おとぎ話を終わりたいのですが、もう少しお付き合いください。

ケーススタディは具体例から入って行きますので、取り付き易いのですが、ケース（例）

がどの程度の範囲から選ばれているかが不明であり、例を選ぶ研究者やコンサルタントの経験と嗜好に依存してしまうことが否めません。目立つものだけがケースとして取り上げられている可能性が大きいのです。目立たない平凡なケースの方が、マスであり役に立つ場合が多いと思います。課題となる検討すべき事象の解釈・解決の参考になるケースがいつもあるわけではなく、その事象そのものがケーススタディの対象になることも有り得ます。それでは、他人の為にはなっても、自らのためには役に立たないので、何のためのケーススタディかわからなくなってしまいます。

一般化の共通言語は、数学か物理法則のほかにありません。多少は無茶なプロセスからでもよいので、とにかく数理科学をベースとする出発点の作業仮説となる「概念的、法則的なもの」を作ってしまうと、その後はいろいろな実事象に適用して、法則的なものが役に立つのかどうかの試験・検証が可能です。恐らく、過去同様の取り組みがあったと思いますが、分かりづらいもの、使いづらいもので、消えていったのだと思います。あるいは、関連の日本の研究者は、恐らく、完璧主義者が多く、50点の出来映えでも、まずは現場で使ってみてテストするという具合にならないので、オリジナルな取り組みが始まらないかも知れません。むしろ企業では、待っておられないので、独自で発見的取り組みを試行錯誤的にやってきています。その点米国のMBAやMOTの専門家は、現場へのインプリメンテーションをやってみせるということで、一日の長があります。現場も未完成でもトライしてみる勇気をもっているようです。

日本は、仕組み・手法を自ら創って実践していくという点では、残念ながら後進国です。かなりの分野でマネジメント手法に関しては、いつも、輸入ばかりです。輸入ブローカー

が褒められる、江戸末期、明治以来の舶来主義、後進国根性・習癖が染みついています。本メルマガ6月号(第3節)で高等教育システムについて、システム間競争¹⁾について述べましたが、産学連携システムもシステム間競争下にあります。使い勝手がよく、成果が出やすいシステムを構築し、実施していくことがイノベーションへ向けての国際競争に勝つための必要条件です。

残念ながら、ここ10数年間は、国レベル、地方レベルで、様々な産学連携、企業プログラムが走りましたが、短期的な成果を求めてきたため、非常に多くの個別最適化されたマネジメント手法に基づいて活動がなされてきました。筆者はコーディネーターの数だけ手法があるのではと思っています。それは優秀なコーディネーターの見識に依存することがよいという前提からの判断ですが、コーディネーターが全国津々浦々に配置された現在、本当にそういう仕組みでよいのかについては疑問があります。仕事の仕方としては、各研究機関の技術移転成果の成績を評価した場合、平均点70~80点までは、誰がコーディネートしても同じ結果になるような仕組みにすべきであると思っています。仕事の標準化、マニュアル化が、望ましい産学連携システムを永続的に根付かせるためには必要です。残りの20~30%は経営判断が伴う部分で、経験深く老獪なコーディネーターの腕の見せ所です。関連の記事は本メルマガ7月号にも述べています⁴⁾。

産学連携・技術移転に関するマネジメント手法は、過去10年以上の歴史から学んで、産学官協力して輸入でない日本オリジナルの仕組みを作っていく努力が必要です。筆者は、「融かして固める」制度改善が、技術移転システムにも必要と考えています¹⁾。

現場での日常活動については、「PDCAを回せ」と、いう話はありますが、日常活動の元

となる研究開発マネジメント手法（システム）そのものが陳腐化してしまっている、あるいは進化しているようには見えないことが問題です。マネジメントシステム自体のPDCA回していく仕組みが必要です。

本稿で述べたのは、天才的な経済学者に始まる概念と、これまたノーベル賞学者に始まる概念を、筆者が物理帝国主義の立場で無理矢理結びつけたものです。両方の概念はそれぞれの学術分野で受け入れられているので、その概念間に共通するものがあり、さらに進化しそうな「新結合」を創れば、新たな概念として貢献可能だと筆者は思っています。お二人の大先輩方が創られた素晴らしい概念を拝借するのは、気が引けますが、凡人が意見をいうのには、それが近道ですので、敢えて拝借させていただきました。第4表に、拝借させていただいたコンセプトと、本稿での提案させていただいたコンセプトを整理しました。物理帝国主義に基づかない別のアプローチが有ろうかと思いますが、筆者の提案に対比して議論が進めば愉しいと思っています。

本稿では、いくつかの結果を教訓として示しましたが、煩雑な数式を振り回した割には、結果は常識的で、『大山鳴動して鼠一匹』的などころもあります。それもまた、教訓【9】であります。現場では、机上で考えられた格好良いマネジメント理論よりも、多少は不格好でも、実務家が直感的に理解できて、日常業務を素直に助けてくれるクライテリア（規範）が求められていると思っています。そういう物が見あたらないので、産学連携に限らず、政策・事業が始まる時や、その後のブームの時には兎に角、業務優先で、場当たりの走らせてしまいがちですが、ブームが一段落すると、誰でも納得できる行動指針（ガイドライン）がないと、日常業務すら回らなくなってしまいます。

産学連携と技術移転は、産学連携が声高に叫ばれてから間もなく 20 年になろうとしている、今まさにそういう状況に有ると筆者は思っています。注目しておかなければならないのは、施策や事業立ち上げ時の苦労された一期生やそれに近い人たちがリタイアされ、あるいは、その時期が近いことにあります。初代はそれなりに苦労して、システムを立ち上げられてきましたので、マニュアルはなくても何となく回るのですが、2代目、3代目になると、初代による自然発生的に出来上がった暗黙知の指針に頼ってしまいがちです。それらは、初代の経験と個性に依存したものでもあり、また遠慮もありますので、体系化する努力がなされません。どのような組織でも同じことが起こります。3代目が家業を潰すということと等価です。マネジメントの伝承がきちんと行われないうです。マネジメントの本質は「当たり前のこと」を「当たり前」に着実に実行することです。決して惰性で仕事をしろということではなく、何が当たり前で、何が特殊事情なのかを区別することと同じです。当たり前のことが定義できないと、情緒的な暗黙知に頼ってしまって、異常は見えてきません。そのためには、ロジカルに整理された規範や指針が必要なのです。一般化されていないマネジメント手法ほど、恐ろしいものではありません。平時は一般化されていなくても、問題は生じないのですが、異常時には、一般化されていないと、特殊事情に対応できないのです。異常時に備えた準備、危機管理体制がきちんとできていることが、マネジメントの基本です。

本稿では、物理帝国主義の立場で、数式を用いた作業仮説を用意しました。ある程度ビジュアルに理解してもらうために、磁性物理学でのツールであるスピン運動のアナロジーを拝借し、諸先生のコンセプト利用させていただ

て、物理学本来の厳密性はありませんが、その範囲内でのシナリオを作成しました。筆者は、議論の入り口としての仮説と、出口としての多くの教訓を含む結果が、第ゼロ近似（直感的）あるいは第1近似（多少は論理的）としては、正しいと思っています。本稿の議論で得られた重要な教訓群は章末に一覧リストとして整理しておきました。教訓はこのほかにもあると思いますが、多いのが必ずしもよいとも限りませんので、10件を示しておきます。その他の分は必要に応じて読者自身でお選びください。

精度はさておき、議論の最初の一步となる叩き台、叩かれ台が必要です。それがないと、産学連携のほか、役に立つ、役に立てたい科学技術研究開発そのものが、アカデミアでも生き延びることができないと筆者はと思っています。筆者は、本稿で議論した教訓群、第1表、第2表、第3表および第4表で示した様々な評価指

標・手法提案が、まずはみんなで議論をはじめ、る嚆矢ネタとして使われていくことを、期待しています。

話を戻して、当たり前のことが教訓として認識できるほどに明確になると、次は、新たなマネジメントを取り入れていくときの判断基準や基盤になり得ます。筆者は、さらに、学問対象となっている研究開発マネジメント学に対しても貢献できると信じています。当たり前のことを当たり前として認識することが、目立つ事象例のみを研究・議論の対象とする仕組みよりも遙かに意味があります。直感に訴える教訓は、技術移転現場の実務ではもっと役に立つと思っています。当初は「こじつけ」が、仮説と教訓に変わり、さらに新たな概念と常識となり、こじつけでなくなってしまうことを期待しての本稿の提案です。

教訓一覧リスト

番号	内 容	出現節
1	技術の送り手、受け手で、お互い無理にベクトルを合わそうとするのではなく、むしろ直交していることを逆手に取って活用する仕掛け・仕組みを設計・実行することが手っ取り早い。	4.1.1
2	送り手と受け手の協働作業をステージで実施し、お互いにとって共通の付加価値（利得）が得られたときにのみ、移転が成立する。送り手は受け手に向かって押し売り、押し込みすることはもってのほかであり、受け手はただ単に口を開けて待ってはいけない。「双方ともそれなりの汗を掻きなさい、さもないと付加価値は創造出来ない」。	4.1.2
3	シュンペーターの立場では、送り手、受け手と付加価値生成後の受け手がそれぞれ静態に対応する。送り手、受け手から相互作用のステージへの移動と、相互作用ステージから付加価値生成後の静態への移動の両方が動態となる。相互作用ステージでは、シュンペーターの「新結合」ができ、それによって利得が発生すれば、相互作用ステージから付加価値生成後の静態への移動が動態となる。スカラーモデルでは、イメージは掴めますが、何れにしても新結合の中身を含め、静態から静態への動的移動の中身を議論するのは不可能である。	4.1.2
4	多くの数式を使ってみても、結果は至極単純明快で、技術の送り手と受け手が、両方とも自立していて、アイデンティティがあり、キッチリとした技術移転をしたいという「志」をもって研究開発活動をしていないと、望ましい結果に到達しない。一方だけの片思いではダメである。	4.2.3
5	技術移転駆動力が最も大きくなるのは、先端ベクトルと銭探ベクトルが、それぞれゼロでない大きさを持ち（自立している）、直交しているときである。	5
6	本当にアカデミア発の多様性のある基礎から始めて、社会実装まで辿り着き、文化創成まで行くとすると、「万が一」程度が妥当である。製品規格争いでは、多様な提案から最終的に選ばれるのは、本当に万が一である。ゆえに、アカデミアが関係するステージ1での出会いの確率を高くするために、基礎研究のテーマは可能な限りたくさん実施しないとイケない。ステージ1での出会い数が確保できないと、最終の市場導入や、イノベーションの数が確保できない。	6
7	マルチスケール性を考慮した上で、4回以内でプロジェクトの最終ステージゲートを通過できるように、研究マネジメントを調整することが必要である。同一ステージ内では、同一の評価基準によるPDCAを回すことが必要である。	6
8	アカデミア組織内でも、基礎科学分野と応用科学各分野間、理工系学術分野と人文・社会学系学術分野の間、基礎医学と臨床医学の間、数理経済学と金融工学の間、企業内でも基礎研究と開発研究、開発研究と商品設計、製造部門と営業部門等々の互いにミッションが直交していそうな分野間で科学技術成果ほか、商品に関する情報の受け渡しが必要であり、新たなミッションの遂行準備を行うステージ構築(Translational Research)を目指す協働研究や作業が必要な例は至る所に存在する。そういう場面では、本稿の議論が汎用的に適用可能ある。アカデミアが絡むならば、URAの出番である。さらに、URAは、ミッションが直交している研究開発分野を探し出してきて、最終的にそれらを結合させることが、「新結合促進」、すなわち「目利き」業務である。	6
9	結果は煩雑な数式を振り回した割には、常識的で、『大山鳴動して鼠一匹』的である。それもまた、教訓である。机上で考えられた格好良いマネジメント理論よりも、多少は不格好でも、現場の実務家が直感的に理解できて、日常業務を素直に助けてくれるクライテリア（規範）が求められている。	10
10	送り手と受け手がなす角度の正弦 $\sin\phi$ がゼロでなければ、双方ベクトルの大きさが等しい ($M_1 = M_2$) のときに技術移転ベクトルの大きさは最大になる。	コラム 4

Summary: A management method for technological innovation through technology transfer from academia to industries will be discussed and proposed based on so called mathematical and physical analogies. A sequential technology transfer from basic science researches, applied science researches, developments for industrialization, and to commercialization for social evolution need several stage-gates during those sequences. For example, before the gate, high-technology of academia eventually must firstly encounter industrial companies in order to collaborate in the novel technology researches and developments. Secondary, after the good meets, both academia and industries try to realize a technological innovation by efficient technology transfer. The traditional technology transfer model was the linear type, which had been useful in the highly economic growth era, but it is not adequate and sufficient for the contemporary requests of innovation. Two kinds of technical terms of the “neue konbination”, “statics and dynamics in the economy” by Schumpeter, and of the “Spontaneous Symmetry Breaking: SSB” by Prof. Y. Nambu are appropriate key words for our conceptual discussions. Encounters by interactions between high technology research and money quest one, whose mission directions are right angle, though fluctuations and the “left hand rule” in technology transfer motive forces will also be visually discussed. The proposed concept will apply to other mission orthogonal subjects like as basic and applied sciences.

参考資料 注記 関連URL

- 1) 「シュンペーターの創造的破壊と組織改革」－ 自発的対称性の破れと物理帝国主義 －
 URA ESSAY 阪大URAメルマガ9月号
<http://www.ura.osaka-u.ac.jp/files/OU-URA-mailmag-201409-essay.pdf>
 - 2) 自由エネルギーは通常は負で大きな方が安定となるように定義されますが、本稿では単に大きい小さいとしておきます。小さい方がより安定とします。
 - 3) 本稿第 4.2.2 節の「ベクトル・相互作用モデル」は、もともと大阪大学基礎工学研究科主体のグローバルCOE(GCOE)プログラムの学生合宿(2009年)のナイトセッションで、筆者が学生さんたちに、国家科学技術政策と産学連携について、お話ししたときの内容をベースにしています。GCOEは主に物性物理を専攻する学生さんのためだったので、その頃も、現在も専攻の話題のひとつである磁気工学・スピントロニクスと引っかけて、物理帝国主義を知ってもらうのが目的でした。博士後期課程の学生さんがほとんどでしたが、大半が企業でのキャリアを目指していますので、企業内で物理をバックグラウンドにして活動するためには、物理帝国主義が必須であることを体感してもらうための、キャリア教育の教材として用意しました。
- 整備するのに4か月かかりましたが、結果は筆者自身も驚くほどの、産学連携・技術移転ダイナミクスに関する教訓に満ちたものになりました。そこでGCOEの学生さん以外にも、関連研究室のセミナー、学内のサイエンスカフェ/バル、他大学に呼ばれてのセミナー等でお話させていただいています。概ね興味をもって、面白く聞いていただいていると思っています。数理科学的には全く信頼性・信憑性(数学的証明、物理的次元解析をしていないという意味では)はありませんが、話の入口の課題設定と作業仮説としての仮定、出口で示している教訓群はそれなりに意味があると思っています。
- 中間のプロセス部分はブラックボックスでもよいのですが、ダイナミック・プロセスをビジュアルに実感してもらうためにスピンを動かすのがよいのではと思っています。結果のまとめが「技術移転に関する左手の法則」です。本節では、他の節や、他号のメルマガ記事を合わせて様々な教訓群としてまとめさせてい

ただくように再整備しました。筆者への悪口と左手の法則をネタに、大いに会話を楽しんでいただければと思います。

- 4) 「開運！かねの草鞋を履いた鑑定団」― 一流の目利き、二流の目利き と URA ―
URA ESSAY 阪大URAメルマガ 7月号
http://www.ura.osaka-u.ac.jp/uramagazine/vol_010.html#03
<http://www.ura.osaka-u.ac.jp/files/OU-URA-mailmag-201407-essay.pdf>
- 5) 「個人研究とチーム研究」―URA と競争的資金 ―
URA Know How Booklet 阪大 URA メルマガ 5月号 第7節
http://www.ura.osaka-u.ac.jp/uramagazine/vol_008.html#05
<http://www.ura.osaka-u.ac.jp/files/OU-URA-mailmag-201405-KH10.pdf>
国の研究開発プロジェクトで採用されている、ステージゲート手法と本稿で述べているステージゲートとは細部で異なります。「ステージゲートの考え方」の視点では差異はありません。
- 6) “Pasteur’s Quadrant: Basic Science and Technological Innovation” Donald E. Stokes,
Brooking Institution Press, 1997. p.97.
- 7) <http://www.princeton.edu/pr/news/97/q1/0127stok.html>
- 8) 「戦略的な基礎研究の在り方に関する検討会 報告書」文部科学省 2014. 6. 27 本文 2 ページ
http://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/toushin/_icsFiles/afieldfile/2014/08/21/1351151_01.pdf
- 9) 秋元康さんがプロデューサーとして、秋葉原にAKB48の専用劇場を運用されているように、アカデミア／大学の理事長・総長・学長はプロデューサーとしての機能を発揮することが必要です。劇場(ステージ)を整備し、研究・技術開発の中核となるアクター／アクトレスを集め、プロジェクトリーダーとしての優秀な演出家を招聘し、劇場を含む経営リソースを最大限に活用してパフォーマンスを上げることが、プロデューサーのミッションです。
- 10) 蓮根も団子状の膨らみと括れがあります。写真は石川県の加賀蓮根です。(筆者撮影)



- 11) 「オープン化・拠点とURA ―教育・研究・先端設備共用―」
URA ESSAY 阪大URAメルマガ6月号 第3節
http://www.ura.osaka-u.ac.jp/uramagazine/vol_009.html#07
<http://www.ura.osaka-u.ac.jp/files/OU-URA-mailmag-201406-KH10-2.pdf>

第1表 技術移転へ向けての出会い・ステージゲート通過確率の「目の子」目安

ステージ (ステージゲート回数)					
回数	1 (回目)	2 (回目)	3 (回目)	4 (回目)	5 (回目)
軸 ミッション	送り手 科学・基礎研究	応用開発 企業化・事業化	製造・売上	販売・シェア	市場受容 文化創成
	受け手 応用開発 企業化・事業化	製造・売上	販売・シェア	市場受容 文化創成	市場受容 文化創成
技術 転 移 確 率	ランダム モード	1 回目 1/64=1. 56%	1/64=1. 56%	1/6=1. 56%	1/64=1. 56%
	累積	1. 56%	1/2 ¹²	1/2 ¹⁸	1/2 ²⁴
	1 回目	1/8=12. 5%	1/8=12. 5%	1/8=12. 5%	1/8=12. 5%
	累積	12. 5%	1. 56%	1/2 ⁹ =1/512 0. 0195%	1/2 ¹² =0. 024%
	1 回目	1/64=1. 56%	1/8=12. 5%	1/8=12. 5%	1/2=50%
	累積	1. 56%	1/2 ⁹ =1/512 0. 195%	1/2 ¹² =0. 024%	1/2 ¹³ =0. 012%
現実的 ^注		千三つ?	万が二?	万が二?	万が一?

イノベーション
達成

注) 現実的欄の2回目と3回目は、1回目で既にスクリーニングされて選ばれたものとして、確率を一斉モードと同じ12.5%／回にしています。4回目は、最終市場導入時として、二者択一にして、50%にしています。

第2表 ^{せんたん}先端技術開発から^{せんたん}銭探技術開発への技術移転モデルまとめ

モデル		説明			本文中 索引 節単位	
		送り手 受け手間 実力差	気づき、出会い、 付加価値、利得 ほか			
スカラー	呼び名					
	リニア	S 1	直列アレニウス型 移転（移行）確率	大	化学反応論的 アプローチ	4. 1. 1
	相互作用	S 2	並列アレニウス型 駆動力＝付加価値（利得）	拮抗	21 世紀的解釈 協働による付加価値創成	4. 1. 2
二つのベクトルは、「先端技術開発ベクトル」と「銭探技術開発ベクトル」とする						
ベクトル	スカラー積 2 次元直交	V 1	2 次元面内直交 出会いの可能性なし	—	数学 物理学的 ダイナミックス アプローチ	4. 2. 1
	スカラー積 2 次元平行	V 2	2 次元面内平行 弱肉強食	巨大		8
	3 次元相互作用 3 次元直交	V 3	3 次元直交ベクトルの 揺らぎによる出会い	拮抗		4. 2. 2
	V3 での出会いが、V4 の左手の法則でステージアップにつながる					
	左手の法則	V 4	出会い後の活動 直交ベクトルの外積による 「技術移転ベクトル」：T 創成 T = J M × M	拮抗	数学 物理学的 ダイナミックス アプローチ	5

詳細は本文参照：分類の呼び名は筆者による。転載不可 © all rights reserved 2014 TAKAO @Osaka University

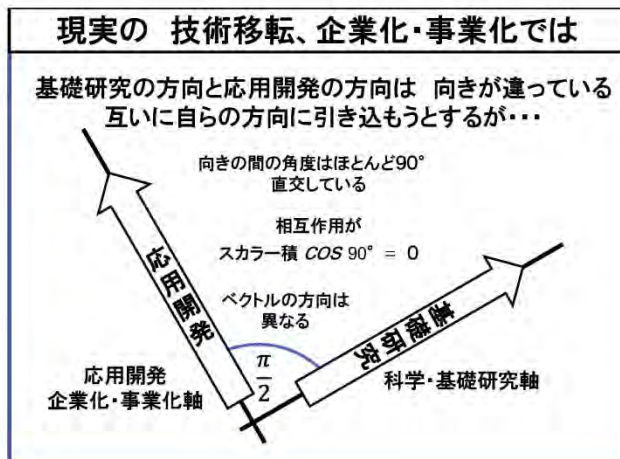
第3表 本稿モデルの適用範囲拡大例

		3次元ベクトルモデル 3次元ポートフォリオとして			目指す イノベーション
ミッション軸		x軸	y軸	z軸	
ステージ					
産学連携・技術移転	1	科学・基礎研究	応用開発 企業化・事業化	技術移転 ステージゲート手法	もの・サービス
	2	応用開発 企業化・事業化	製造・売上		
	3	製造・売上	販売・シェア		
	4	販売・シェア	市場受容 文化創成		
	5	市場受容 文化創成			
以下 適用範囲拡大例					
学術		基礎科学	応用科学	学際・新学術創成 研究	学術
		人文・社会科学	理工系学術		
		基礎医学	臨床医学		
		数理経済学	金融工学		
企業		基礎研究	開発研究	商品サービス 開発	もの・サービス
		開発研究	商品設計		
		製造	営業		
読者チョイス					

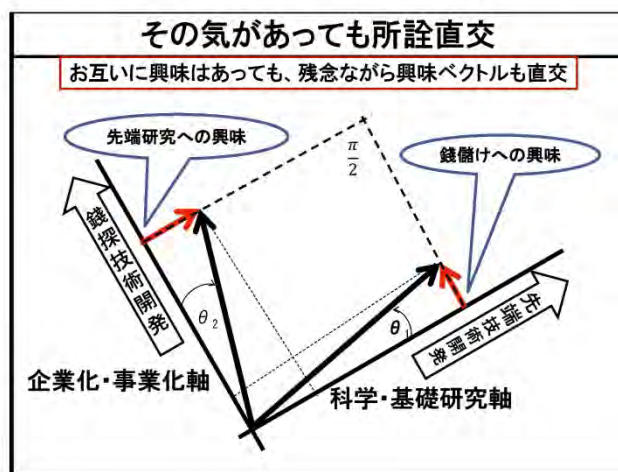
第4表 本稿での議論の基盤となるコンセプト

提 案 者	主要なコンセプト	備 考
シュンペーター (経済学者)	イノベーション Innovation 新結合 Neue Konbination	本メルマガ 9月号 ¹⁾ で 紹介
	静態、動態 Statics and Dynamics	本稿で紹介
南部陽一郎 (物理学者)	自発的対称性の破れ Spontaneous Symmetry Breaking: SSB	ノーベル賞 本メルマガ 9月号 ¹⁾ で 紹介
筆 者 (物理帝国主義者)	融かして固める Solidification after Melting 対称性の重要性 Role of Symmetry	本メルマガ 9月号 ¹⁾ で 提案
	技術移転に関するスカラー/ベクトルモデル Models for technology transfer 揺らぎによる相互作用 Interactions via fluctuations 左手の法則 Left hand rule for technology transfer	本稿で提案
	相互作用ステージとステージゲート Stages and Gates 自発的スパイラルステージアップ Spontaneous Spiral Stage up: SSS	

コラム1: 2次元ベクトルによるスカラー積モデル(内積)



上図：研究開発・技術移転に関して、ベクトルを考えます。ひとつ目は、先端技術開発ベクトル (V_H) であり、そのミッションは科学・基礎研究軸に沿って与えられます。二つ目は、^{先端} 先端技術開発のベクトル (V_M) で、ミッションは企業化・事業化軸に沿って与えられます。それらはミッションが互いに直交していますので、先端・先端技術開発の直交ベクトルを2次元に閉じ込めると何も起こらないということになります。



下図：同じ直交ベクトルですが、お互いに相手のことを気にして、相手側へ少しだけ回転したとき、気にすることを示す成分ベクトル同志も上図と同じく直交してしまうので、実は何も起こらないということになります。この場合も、二つのベクトルを2次元平面内に閉じ込めています。

コラム2: ベクトルの配置と運動方程式

先端技術開発ベクトル (M_1 : 先端ベクトル) と^{せんたん} 銭探技術開発ベクトル (M_2 : 銭探ベクトル) 3次元空間内で直交していると仮定します(磁化の運動とのアナロジーを活用するために、 V_H を M_1 、 V_M を M_2 と表現します)。それぞれのベクトルのミッシヨンの強さは回転軸と平行で H_1 と H_2 とします。 M_1 は科学・基礎研究軸(x軸)の周りを、 M_2 は企業化・事業化軸(y軸)の周りをそれぞれ味噌揺り(歳差)運動しているとします。 M_1 は、原点を始点とするベクトル、 M_2 はy軸上原点から r_0 離れたところを始点とするベクトルとします。 r_0 は M_1 と M_2 間の距離を示します。味噌揺りの角度はそれぞれ θ_1 、 θ_2 、であり、 γ を試行錯誤係数、試行錯誤(揺らぎ運動)ベクトルの大きさは、 $m_1=M_1\sin\theta_1$ 、 $m_2=$

$M_2\sin\theta_2$ となります。

$$\frac{d\vec{M}_1}{dt} = \gamma_1 \vec{M}_1 \times \vec{H}_1$$

$$H_1=(H_x,0,0), \quad M_1=(x_1,y_1,z_1)$$

$$\frac{d\vec{M}_2}{dt} = -\gamma_2 \vec{M}_2 \times \vec{H}_2$$

$$H_2=(0,H_y,0), \quad M_2=(x_2,y_2,z_2)$$

$$m_1=(0,y_1,z_1), \quad m_2=(x_2,0,z_2)$$

また回転周波数と初期位相をそれぞれ

ω_1 、 ω_2 、 α_1 、 α_2 とすると、

$$y_1=M_1\sin\theta_1\sin(\omega_1t+\alpha_1)、$$

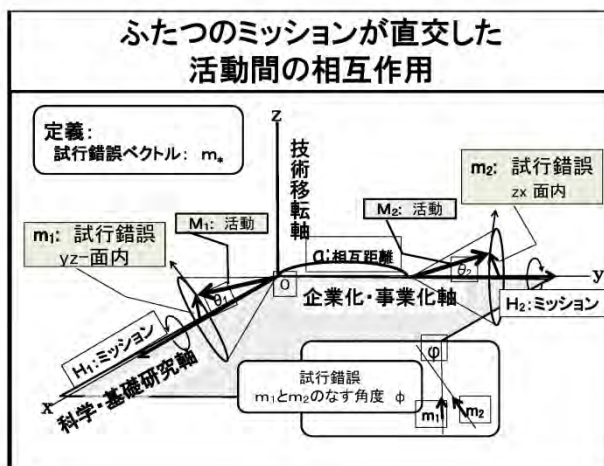
$$z_1=M_1\sin\theta_1\cos(\omega_1t+\alpha_1)、$$

$$z_2=M_2\sin\theta_2\sin(\omega_2t+\alpha_2)、$$

$$x_2=M_2\sin\theta_2\cos(\omega_2t+\alpha_2)、$$

$$m_1 \cdot m_2 = z_1 z_2$$

となります。便宜上 M_1 と M_2 の回転方向は互いに逆向きにしてあります。 r_0 の効用についてはコラム3で述べます。3次元の定義は、z軸方向に技術移転軸を設けます。z成分があるということは、技術移転ができる可能性が高いということです。



コラム3： 3次元直交ベクトル間のゆらぎを通じた相互作用

コラム2で示した式では揺らぎが考慮されていますが、そこに $\vec{m}_1$ と $\vec{m}_2$ との間の揺らぎベクトル間の相互作用項を加えます。これは揺らぎベクトル間のスカラー積とポテンシャルの座標微分の積で表しています。

$$-\frac{\partial J(r)}{\partial \vec{r}} \vec{m}_1 \cdot \vec{m}_2$$

$J(r)$ は相互作用のポテンシャルで方向によって異なります。微分も方向によって異なります。この項を付け加えることにより、 M_1 と M_2 が互いに気づきあったり、忌避したりすることが可能になります。

$$\frac{d\vec{M}_1}{dt} = \gamma_1 \vec{M}_1 \times \vec{H}_1 - \frac{\partial J(r)}{\partial \vec{r}} \vec{m}_1 \cdot \vec{m}_2$$

$$\frac{d\vec{M}_2}{dt} = -\gamma_2 \vec{M}_2 \times \vec{H}_2 - \frac{\partial J(r)}{\partial \vec{r}} \vec{m}_1 \cdot \vec{m}_2$$

$\vec{m}_1 \cdot \vec{m}_2 = z_1 z_2$ を代入すると

$$\frac{d\vec{M}_1}{dt} = \gamma_1 \vec{M}_1 \times \vec{H}_1 - \frac{\partial J(r)}{\partial \vec{r}} z_1 z_2$$

$$\frac{d\vec{M}_2}{dt} = -\gamma_2 \vec{M}_2 \times \vec{H}_2 - \frac{\partial J(r)}{\partial \vec{r}} z_1 z_2$$

$J(r)$ は、どのような形でもよいのですが、ここでは、距離無限大でゼロ、距離ゼロで正の無限大に発散、途中では $J(r) < 0$ となり、距離無限から距離0まで、滑らかに変化する関数を仮定します。具体的には湯川ポテンシャルやレナードジョーンズポテンシャルのような形を想定します。ニュートンの万有引力ポテンシャルでもある程度の距離なら良いですが、距離ゼロでマイナス無限大に発散しますので、そこでは、先端と銭探が合体することになり、面白くありません。近づくと斥力が働くのが面白いと思っています。

r_0 は M_1 と M_2 間の距離は先端ベクトルと先端ベクトルの始点間の距離を持つことにより、どちらかが他方を吸収してしまわないように、するもので、 r_0 より小さい距離では相互作用が協働と逆の方向に働くように理論上設計しておきます。い

運動方程式 相互作用ありの場合

科学・基礎研究軸

$$\frac{d\vec{M}_1}{dt} = \gamma_1 \vec{M}_1 \times \vec{H}_1 - \frac{\partial J(r)}{\partial \vec{r}} z_1 z_2$$

$H_1 = (H_x, 0, 0)$
 $M_1 = (x_1, y_1, z_1)$

企業化・事業化軸

$$\frac{d\vec{M}_2}{dt} = -\gamma_2 \vec{M}_2 \times \vec{H}_2 - \frac{\partial J(r)}{\partial \vec{r}} z_1 z_2$$

$H_2 = (0, H_y, 0)$
 $M_2 = (x_2, y_2, z_2)$

★ 距離に依存する 相互作用をどうするか？

たとえば 右の図のような
遠いと引力、近いと斥力
ex.
・ ニュートン ポテンシャル
・ レナード・ジョーンズ ポテンシャル
・ 湯川ポテンシャル

わば先端ベクトルと先端ベクトルは、互いに自立しており、相手を尊重するという、スプーンの冷めない距離に位置させるということを表現しています。この例えは重要で、必ずM&A(吸収・合併)を目指す輩が参入して折角の協働(コラボ)を壊してしまうのを危惧することから式の中にいれています。

このモデルで面白いところは、試行錯誤ベクトル同志のスカラー積からは、 z 成分しか残らないことです。コラム1の結果からは当然ですが、 z 軸を加えて3次元で考える意義がそこにあります

運動方程式 相互作用ありの場合2

科学・基礎研究軸

$$\frac{d\vec{M}_1}{dt} = \gamma_1 \vec{M}_1 \times \vec{H}_1 - \frac{\partial J(r)}{\partial \vec{r}} z_1 z_2$$

$M_1 = (x_1, y_1, z_1)$ $H_1 = (H_x, 0, 0)$

企業化・事業化軸

$$\frac{d\vec{M}_2}{dt} = -\gamma_2 \vec{M}_2 \times \vec{H}_2 - \frac{\partial J(r)}{\partial \vec{r}} z_1 z_2$$

$H_2 = (0, H_y, 0)$ $M_2 = (x_2, y_2, z_2)$

★ 距離に依存する 相互作用をどうするか？

たとえば 右の図のような
遠いと引力、近いと斥力
ex.
・ ニュートン ポテンシャル
・ レナード・ジョーンズ ポテンシャル
・ 湯川ポテンシャル

× $r_0 = 0, z_1 z_2 > 0$:
お互いが合体可能
おそらく大きい方が小さい方を飲み込む

◎ $r_0 > 0, z_1 > 0, z_2 > 0, x_1 > 0, y_2 > 0$
技術移転可能 (+z方向成分)

× $z_1 z_2 \leq 0$: 技術移転困難

○ 科学・基礎研究のモチベーションと企業化・事業のモチベーションの回転のフェーズがうまく合うことが必要
○ チャンスはそれほど多くない

コラム4： 左手の法則に関するベクトルの外積の評価

本文中で、 $\vec{T}$ を技術移転駆動力と定義しました。

$$\vec{T} = J_v \vec{M}_1 \times \vec{M}_2$$

J_v は、付加価値を示すスカラー・パラメーターです。このコラムでは、先端、錢探両ベクトルを直接相互作用させて、技術移転の駆動力を得ることが可能であります。そのために、送り手 M_1 と受け手 M_2 の中身を以下のように定義します。研究開発資源（ひと、もの、金）と技術力（知識、知恵、知財権、時間等）を合わせた総力をベクトルの大きさに含めます。

$\vec{M}_1$ と $\vec{M}_2$ がなす角を ϕ とすると、 $\vec{T}$ の大きさ（絶対値）は、ベクトル積（外積）の性質から

$$T = J_v M_1 M_2 \sin \phi$$

T の最大値は $\phi = \pi/2 = 90^\circ$ の時で、まさに $\vec{M}_1$ と $\vec{M}_2$ が直交している時です。 $\phi = 0^\circ$ のときは $T = 0$ となり、技術移転駆動力はゼロになります。 $0 < \phi < 90^\circ$ のときは、 $0 < T < 1$ になります。また、 $\sin \phi$ がゼロでなければ、 $M_1 = 0$ あるいは $M_2 = 0$ の時に $T = 0$ となります。さらに同じく $\sin \phi$ がゼロでないときに、 M_1 と M_2 の大きさの比の影響について、高等学校数学の二次曲線の最大値を求める問題を適用します。

【例1】 M_1 と M_2 の和が一定の場合、即ち投入資源の総量が決まっている状況を考えます、

$$M_1 + M_2 = M_0 = \text{一定}$$

T を考えますが、便宜上 $J_v \sin \phi$ で割っておきます、

$$\begin{aligned} T / J_v \sin \phi &= M_1 \times M_2 \\ &= M_1 \times (M_0 - M_1) \\ &= -M_1^2 + M_1 M_0 \\ &= -\left(M_1 - M_0 / 2\right)^2 \\ &\quad + \left(M_0^2 / 4\right) \end{aligned}$$

すなわち、 $M_1 = M_0 / 2 = (M_1 + M_2) / 2$ 、 $M_1 = M_2$ のとき、 $T / J_v \sin \phi$ は最大値、 $(M_0^2 / 4)$ になります。 $M_1 \neq M_2$ の時、 $T / J_v \sin \phi$ は最大値より小さくなります。 $J_v \sin \phi$ を右辺にもどして、実際の T を求めます。

教訓【10】としては、 $\sin \phi$ がゼロでなければ、 $M_1 = M_2$ のときに技術移転ベクトルの大きさは最大になります

$$\begin{aligned} T \text{【最大値】} &\propto (M_0^2 / 4) \\ &= ((M_1 + M_2) / 2)^2 \end{aligned}$$

【例2】 M_1 と M_2 比が一定の場合

$$M_1 / M_2 = p = \text{一定}$$

$$\begin{aligned} T / J_v \sin \phi &= M_1 \times M_2 = M_1 \times M_1 / p \\ &= M_1^2 / p \end{aligned}$$

となり、上に開いた二次曲線になります。

これでは、投入資源の上限がないので、フィードバックがかかりません。

【例3】 M_1 と M_2 の比が一定で、和が等しい場合を考えます。例1の一般の場合です。

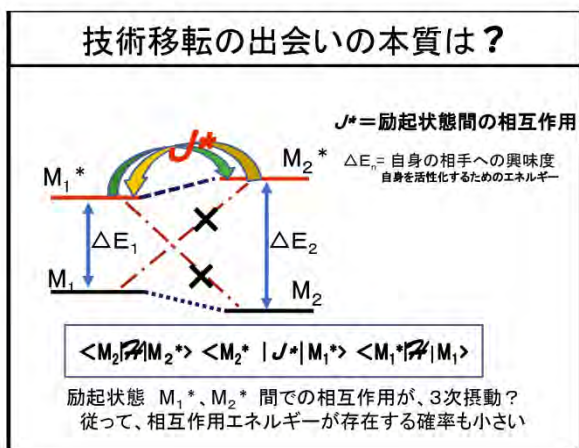
$$M_1 + p M_2 = M_0 = \text{一定}$$

$$\begin{aligned} T / J_v \sin \phi &= M_1 \times (M_0 - M_1) / p \\ &= -\left(M_1 - M_0 / 2\right)^2 / p \\ &\quad + \left(M_0^2 / 4 p\right) \end{aligned}$$

$M_1 = M_0 / 2 = (M_1 + p M_2) / 2$ 、 $M_1 = p M_2$ のとき、 $T / J_v \sin \phi$ は最大値、 $(M_0^2 / 4 p)$ になります。すなわち出資比率分を十分果たしたときに、 T は最大になります。

コラム おまけ：動態の量子力学的アナロジー

【高次相互作用としての技術移転の出会いと付加価値創成】



上の図を見てください。こういう絵を見て何となく続きを見たいと思われた方以外は、飛ばしていただいて結構です。この絵は、固体物理、量子化学でのエネルギーレベル間の相互作用を表す図に似ています。 M_1 というエネルギー準位と、 M_2 というエネルギー準位にある粒子が、 M_1^* と M_2^* という励起準位を介して相互作用するというポンチ絵になっています。3段階の相互作用プロセスになっていますので、3次（高次）と言っています。その相互作用の大きさは J^* で表されます。絵の下の複雑な式

$$\langle M_2 | H | M_2^* \rangle \langle M_2^* | J^* | M_1^* \rangle \langle M_1^* | H | M_1 \rangle$$

は、 M_1 と M_2 の相互作用を示す式で、量子力学でのエネルギー準位間の遷移確率に関する（3次の摂動）関係式の一部です。 H は「揺らぎ自体」の原因と、 J は上に述べたように「揺らぎ間の相互作用」の大きさです。これは、本稿で提案しているモデルの中で、3次元直交ベクトル相互作用モデル（V3）の中身とほぼ同じです。3次の摂動になっていますので、相互作用の大

きさは非常に小さくなっています。面白いことに、例えば3つの $\langle \rangle$ で囲まれた項がそれぞれ（1/2）に比例すると仮定すると、全体で（1/8=12.5%）に比例します。また、それぞれが（1/4）に比例すると仮定すると積は1/64=1.25%に比例することになります。偶然かもしれませんが、表1と同じ値になります。仮定が正しいかを含めて議論する余地は残っています。

下の図は、同じような絵ですが、二つのエネルギー準位 G_1 と G_2 にある粒子が相互作用することによって、新たなエネルギー準位をつくるという図です。こちら、化学や物理では馴染みの絵です。相互作用（大きさ J^* ）によってできる新たな準位は G_1 と G_2 よりも低いところと、高いところになります。エネルギーの上がり（利得）は相互作用の強さに比例します。これは、スカラー相互作用モデルと同様の考え方になります。

両方とも、シュンペーターの立場での動態を量子論の立場で説明するアナロジーです。

