



URAのためのURAによる副読本

「エッセイ」と「ノウハウ」

第1集

URAメールマガジン連載 集成合本版

2014

<http://www.ura.osaka-u.ac.jp/>

大阪大学大型教育研究プロジェクト支援室

高尾 正敏



Side Reader for URA Activities by a URA Four Essays and Two Know-How Booklets (I)

A Collection of articles in Mail Magazine by URA team
of Osaka University

2014

Masatoshi TAKAO

Support office for Large Scale Education and Research Projects,
Osaka University

<http://www.ura.osaka-u.ac.jp/>

本冊子は、文部科学省「リサーチ・アドミニストレーター(URA)を育成・確保する
システムの整備」事業において実施作成されました。

平成 24 年度採択機関 国立大学法人 大阪大学
担当 大型教育研究プロジェクト支援室

This work is supported by Japanese Government MEXT program for Promotion
of URA system in Universities,.

©2014 不許複製

参考： 文部科学省関連ホームページ

「リサーチ・アドミニストレーター (URA) を育成・確保するシステムの整備」
http://www.mext.go.jp/a_menu/jinzai/ura/index.htm

集成合本版について

本冊子は、大阪大学URAチームが平成 25(2013)年 10 月より毎月発行しているメールマガジンに不定期に連載したものを集成合本編集したものであります。大阪大学は、平成 24 年度に文部科学省「リサーチ・アドミニストレーター(URA)を育成・確保するシステムの整備」事業の実施機関に採択されました。実行組織として大型教育研究プロジェクト支援室のURAチームが、平成 24 年に発足し、大学内にURAシステムを展開普及することを目的として活動しています。文科省事業全体では、「URAのスキル標準」と「研修・教育プログラム」がそれぞれ、東京大学と早稲田大学で作成されて活用が開始されています。これらは、フォーマルなものでありますのでURA共通の標準テキストとして利活用されるべきものです。一方、本冊子は、インフォーマルな立場でURA活動を支援する目的で作成しました。構成は、筆者(高尾正敏)の、ほぼ四半世紀の研究企画推進業務経験を元に、エッセイ(URA Essay)とノウハウ・ブックレット(Know How Booklet)という形式になっています。「インフォーマル副読本」として活用していただくと幸いです。

副読本ですので、一見URA業務と関係なさそうな話題についての筆者の見解も混ざっていますが、元来日本ではURA業務内容についての定義がないので、敢えて筆者の独断と偏見で話題を設定しています。ことばを換えれば、何でもURA業務になるということです。特に、研究者支援が見えやすいプレ/ポストアワード以外に、アカデミア全体の研究戦略企画のほか経営企画に関する案件を扱うことが、国家政策からは期待されていることもあり、むしろそちらに重点を置いて高尾の私見をエッセイの形で示しています。プレ/ポストアワード関連に関してはノウハウ集として示しています。

読者としては、URAあるいはURA関連業務にされている方は勿論ですが、アカデミアの各層の経営幹部、企画担当、研究・教育支援担当の事務系の方、研究者・学生の皆様を想定しています。さらに、行政を担当されている方にも、研究支援現場感覚を掴んで頂くための参考になると思っています。つまり、どなたでもURAになった積もりで、気楽に副読本として眺めていただければと思っています。章立ては連載順のままにしてあります。どの月から読み始めて頂いても構いませんが、相互に関係して参照していますので、最終的には6ヶ月分全部を読んで頂くことが筆者からのお願いです。様々なバックグラウンドをお持ちの読者を想定していますので、ベテランの方には冗長の部分もあると思いますし、逆に馴染みのない方には難解な部分もあると思いますが、その辺りは適当に端折ってお読み頂ければと思っています。

平成 26 年 11 月
大阪大学大型教育研究プロジェクト支援室
高尾 正敏

Preface

This notebook is a collection of some articles presented in the Mail Magazine of URA team of Osaka University. There are four essays and two Know How booklets by the author as a URA. The mail magazine was firstly posted in October 2013. Since then, the author had been presented some articles concerning the URA activities. In Japan, the government of MEXT tried to establish a URA system in all research universities. For good practices, some universities had been selected by MEXT in order to promote URA systems. Our Osaka University was one of selected organizations.

Two textbooks have been already available for training and criteria for URA system. One is the standard of skills by the University of Tokyo and the other is the textbook for training by Waseda University, respectively. Those are the formal documents for URA program of MEXT. On the contrary, this notebook is an informal side reading textbook, based on the author's experiences concerning of the R&D planning and promotions for more than two decades.

Target readers are not only URA or related but also managing board of academia, R&D planning and promoting officers, and researchers or students in all research fields. Thus, the target is anyone who is presently being, intended to be, and/or occasionally pretend to be the URA. Contents of this document are consisted of two items. One is the management prescription of academia as the essay, and the other is the know-how for administrating competitive pre/post awards of research funds as the know-how booklet. Summary in English is available for beginning or ending of each essay, but no summary in know-how booklet. Preparing for readers with wide-range backgrounds, the content is somewhat prolix for veterans, or difficult to understand for new comers. When those situations, please pass corresponding sentences as convenient as possible and enjoy following six articles.

November 2014
Masatoshi TAKAO
Support office for Large Scale
Education and Research Projects
Osaka University

CONTENTS

集成合本版について	i
2月号 URA ESSAY	1
「大学に於ける研究活動と大学院教育」	
—URAと研究大学—	
1. はじめに、 2. 大学進学率 50%超、 3. 基礎学力と研究活動、 4. 大学院、 5. URAと大学院教育、6. 研究と教育の分離、 7. カリキュラムの見直しと質保証、 8. グローバルランキングと博士養成、 9. 教員毎のミッション再定義、 10. 研究大 学におけるURAの役割、 11. URAのスキルと訓練・評価、 12. まとめ。	
5月号 URA Know How Booklet	17
「個人研究とチーム研究」	
—URAと競争的資金—	
1. はじめに、 2. 競争的資金と間接経費、 3. 補助金と委託費、 4. 内局直轄事 業とファンディング機関事業、 5. 競争的資金のマネージメント、6. URAの見識、 6.1 個人研究のための資金、 6.2 チーム研究のための資金、 6.3 チーム型研究の研究 計画、 7. フォローアップ：中間、事後、追跡評価、 8. おわりに。	
6月号 URA Know How Booklet	29
「オープン化・拠点とURA」	
—教育・研究・先端設備共用—	
1 はじめに、 2. 拠点とは、 3. 高等教育システムのオープン化の流れ、 4. 「強きを助け、弱きは無視」するマクロ策、 5. 分散から集中へ 特定課題研究拠点、 6. メディアム・サイエンス研究拠点、 7. 研究設備共用拠点とネットワーク、 8. サービスとしての拠点運営、 9. URAと拠点、 10. おわりに。	
7月号 URA ESSAY	
「開運！かねの草鞋を履いた鑑定団」	43
—一流の目利き、二流の目利き と URA—	

「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 －

1. はじめに、
2. シュンペーターの「創造的破壊」、
3. 宇宙創造と光ディスク、
4. 秩序の階層と対称性、
5. 融かして固める構造改革、
6. 融かすか？融かさないか？
7. 物理帝国主義と創造的破壊、
8. おわりに。

「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 －

1. はじめに、
2. シュンペーターの静態と動態
3. 技術移転モデルの視点、
4. スカラーモデルとベクトルモデル、
5. 技術移転駆動力創成と左手の法則
6. 階層構造とステージゲート、
7. 静的・動的ポートフォリオ、
8. モデルの汎用性とステージの意味、
9. 技術移転とURA、
10. おわりに。

計画中の CONTENTS

URA ESSAY として

- 「大学の知の創造、蓄積と活用」 －大学発イノベーションのあり方－
- 「大学経営におけるマーケティング手法活用の可能性」 －大学の競争優位－
- 「企画職としての URA」 －自立と危機管理－
- 「ガバナンス、コンプライアンス と 教育・研究マネージメント」
- 「ディシプリンと大学の教育研究について」、何を学ぶか、何を教えるか？

URA Know How Booklet として

- 「競争的資金への応募ノウハウ」

2月号 URA ESSAY

「大学に於ける研究活動と大学院教育」

—URAと研究大学—

1. はじめに、
2. 大学進学率 50%超、
3. 基礎学力と研究活動、
4. 大学院、
5. URAと大学院教育、
6. 研究と教育の分離、
7. カリキュラムの見直しと質保証、
8. グローバルランキングと博士養成、
9. 教員毎のミッション再定義、
10. 研究大学におけるURAの役割、
11. URAのスキルと訓練・評価、
12. まとめ。



大学に於ける研究活動と大学院教育 —URAと研究大学—

Research Activities and Educations in Ph.D. Schools
—The Mission of URA in the Research University—

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： 大学進学率が50%を越え、ユニバーサル化と言う時代になった今、大学の使命を教育と研究両面から見直すために、リサーチアドミニストレーター（URA）の役割と貢献すべき仕事について私見を述べた。教育と研究の関連での「フンボルトの理念」を全ての大学と学生に期待することは不可能である。しかしその理念を現代に生きさせなければならぬので、大学院博士課程をその理念に合致するように改革すべきである。それが、世界ランキング上位にはいる研究大学が成立する条件のひとつである。

Summary: Today in Japan, 50% of the same age around 18th years old enter the Universities, where the situation called to be “universal state”. The author would like to say comments for URA contribution to the university mission by reviewing both researches and educations. It is very difficult to realize so called “Humboldt *idea* for university”, in all universities and also students. That idea should be revived in the research university in the present days. The university Ph.D. school system must be re-allocated so as to coincide with the Humboldt's. Then, the university will be able to join a global top group.

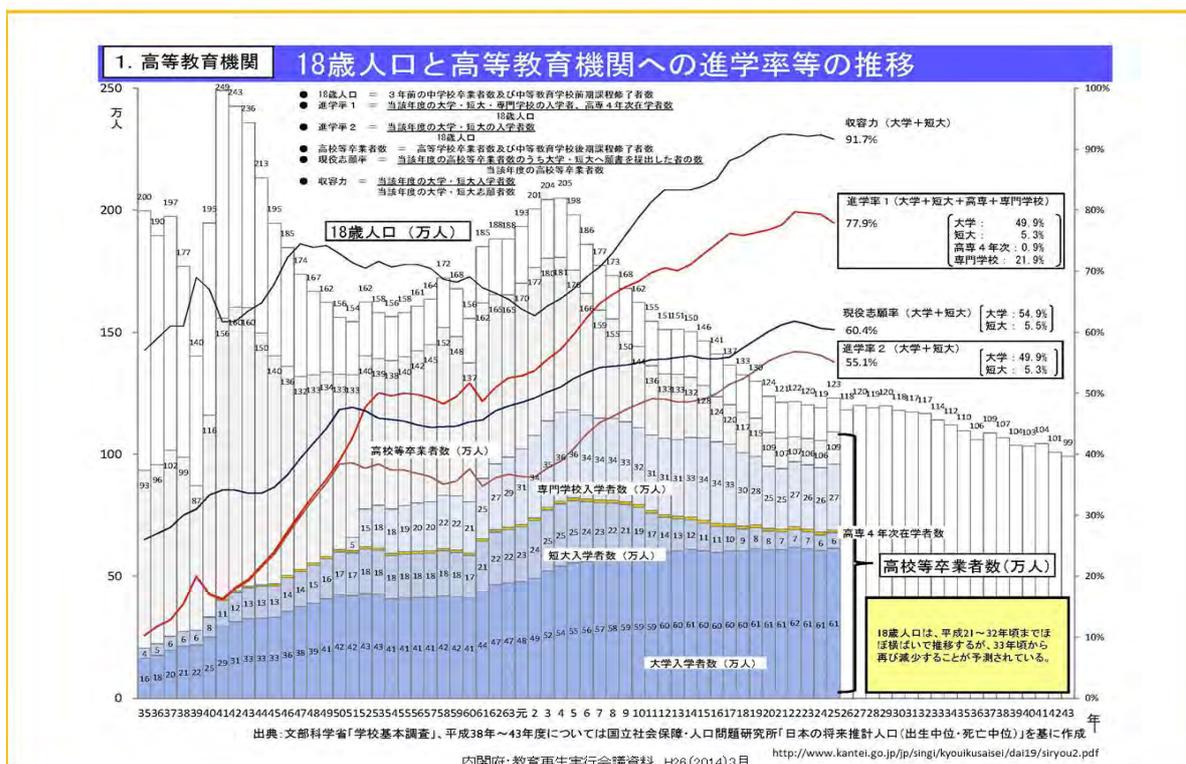
1. はじめに ベルリン大学の創設者ヴィルヘルム フォン フンボルト (Wilhelm von Humboldt (1767-1835) が 大学は、教師と学生が一体となった共同体で未だ解決されていない学問の問題を絶えず研究する場所とするところであると定義したといわれています。最近ではこのいわゆる『フンボルトの理念』(Die idee für Universität)を本当に彼が提示したかどうかについて疑問もあります¹⁾。明治以来日本の大学は常にこの理念と向き合ってきました。大学では研究と教育が一体であり、よい研究が学生を教育する

ということが唱えられてきています。大学の教育と研究の関係については古く明治時代、(東京)帝国大学が発足した時以来延々と議論されてきていますが、常に、一体論と分離論が錯綜して未だに決着が付いていません。明治時代では、大学に学ぶ学生は選抜されて、志が明確な少数の「エリート」のみでした。そういう時代では、一体論でも分離論でもそれほど問題は生じていなかったと思います。また、研究活動も後進国日本ゆえ、実学が中心であり、西洋の学術成果を日本向けに役立てる翻訳・移転で十分でした。

2. 大学進学率 50%超 文部科学省の学校基本調査によれば、大学進学率が50%を超え、専門学校等を合わせた高等教育を受ける学生が約80%に達している現実があります（下図参照）。巨視的には、高等教育を受けている学生は既に厳しく選抜されているとは言えない状況です。微視的には入学するのが難関である大学では選別が行われていますので正確ではありませんが、こういう状態を高等教育のユニバーサル化と言うそうです。それもアメリカに次いで二番目に達したそうです。

ここからは、筆者の意見ですが、ここ一年ばかり諸先生方の著作を勉強させて頂いて以下述べる持論が先生方のご意見と概ね一致していることを確認してきました²⁾。現在の日本では、すべての高等教育機関で研究と教育が一体であるというのは、理想としてはあっても、現実には無理であることは明白です。『フンボルトの理念』は破綻しています。難関大学に於いても、入学してくるすべての学生が研究を通して教育を受けたいと思ってい

るとは言えない状況で、研究と教育が一体であるということを前提にカリキュラムを組まなくなってきました。一体化を望まない学生は、研究を通しての教育よりも、大学を卒業したというブランド獲得を目指しています。大学自体が教育と研究の一体化をすべての学生に提供すべきという妄想に憑かれていますとすれば、完全な時代遅れです。「昔はよかった」、「昔の学生は大志があった」というのは、単なるノスタルジーです。現実には別のところにあることを認識した行動、大学経営が必要です。つまり、教育と研究の一体化を望む学生とそうでない学生それぞれに別のカリキュラムを提供することが必要です。大学はそれを望んでいないことは当然ですが、社会情勢が変わってしまっているのです。従わざるを得ません。大学の常識が世間での非常識になってしまわないようにしなければなりません。初期コストはかかりますが、最終的にはその方が、顧客満足度が上がり、コストパフォーマンスもよくなると思います。



3. 基礎学力と研究活動 大学の研究活動のあり方が問われています。ヨーロッパでは中世以来大学は、教員・学生共同体のなかで、自らの後継者を育てるということを行ってきました。この使命は今も健在ですが、現在、後継者として必要な分の数倍の博士課程修了者、さらにその数倍の修士課程修了者、そしてユニバーサル時代では膨大な学士課程卒業者を輩出しています。その中で、研究を通して後継者教育されるのは、博士課程の学生と修士課程の学生の一部であります。後継者定員外の高度教育を受ける学生をどうするかが最大の課題です。勿論大学院修了者が大学教員以外の職を得て活躍するのも目的ですが、博士人材でのその他の目的が顕在化したのは、つい最近のことです。ある学術分野で大学・公的研究機関以外での人材需要を越えて博士を乱造？したのがその原因のひとつです。

経済団体やシンクタンクでの大学院教育に対する提言レポート群では、特に産業界で活躍したい理工系修士課程の学生には、コースワークをキッチリとやり、リサーチワークはバランスを考えてくださいというのがあります³⁾。この意味は、筆者の解釈では、終身雇用制が継続しようが、崩壊しようが、個人として30年以上研究者・技術者あるいは技術マネージャーとして生きていくためには、「コースワークによる基礎的学力がないと生きていけないよ!」、「大学・修士課程でのリサーチワークは生きていくために必要なリテラシー（R&Dスキル）を得るためのものですよ!」、というメッセージだと思っています。批判を恐れず別のことばで、リサーチワークを言い換えれば「**研究ごっこ**」でいいですよ!ということ。勿論、研究は遊びではなく、深遠なものです。研究ごっこでは一人前になるために、先生から研究の仕方・スキルを学び、盗むという観点が入っています。

「師の背中を見て育つ」です。

同じレポート群³⁾には、博士課程についての言及もあります。博士課程の学生と修士課程の確保が、経済大国、文化立国、あるいは科学技術立国を目指すためのリーダーの確保とほぼ同じ文脈であるとの認識にあります。明治・大正・昭和では学士課程（学部）修了者が日本を牽引してきましたが、平成では博士が牽引するという文脈に読み替えてもよいと思います。理工系博士の活躍の場は科学技術の研究開発です。最近では科学技術立国実現のための共通認識として、博士課程の充実施策が打ち出され、実施されてきました。それらの中でも、平成23年度から始まった博士課程教育リーディング大学院プログラムは学修年限5年制を標準とし、修士課程と一線を隔したものとなっています。5年制博士課程は以前からも一部実施されていますが、理念が明確ではありませんでした。「リーディング大学院」これこそまさに研究を通じて教育する「フンボルト理念」に沿ったものと言えます。

4. 大学院 大学院を発明したのはアメリカです。アメリカでは一般的標準制度として、学士課程（学部）に専門教育課程は存在せず、文理学部で一般（教養）教育課程として、自分の興味に沿ったコースを履修することになっています。ここで、いわば全人教育を目指し、民主主義を实践する良き市民となるための教育（リベラルアーツ）を受けて、さらに志のある人は大学院（博士:Ph. D. コース）で徹底した専門教育を受けることになっています。高度の職業人教育はMBAに代表される修士課程で行う仕掛けです。博士課程と修士課程は別ものとして設計されています。ところが日本では修士課程の先に博士課程を繋ぐという勘違いをして制度設計をしてしまい

ました。

大学院進学者が少なかった時は、博士となるべき教育の基礎課程を博士前期課程として、修士課程に委託することで、大きな齟齬は無かったのですが、理工系学士課程の修了者のほとんどが大学院へ進学することが普通になった現在、そのような「竹に木を接ぐ」「木に竹を接ぐ」制度の矛盾点が顕在化してしまったというのが筆者の見解です。修士課程は学士課程と繋がって一体化してしまったので、発足以来の博士（後期）課程への接続が曖昧になったということです。一体化により学士で社会へ出ていた層が修士課程に入り、課程修了後すぐに社会へ出るということになっています。学生目線では、すでに学士の延長である修士課程と、博士学位を取得するための課程は全く別のものと映っているのだと思います。言い換えれば、修士課程は高度職業人養成、すなわち就職への入口としての役割が主となっています。ほとんどの学生たちは元々研究者を目指していないので、修士課程は大学教員の思惑とは異なり、研究を通しての教育を行う「フンボルトの理念」実践拠点でないことが見えてしまったのです。気づいていないのは、あるいは気づいていてもそう思いたくないのが大学教員です。大学院を重点化して、博士人材の確保を目指したはずなのに、博士課程進学者が年々減少するという目論見とは異なった現実となってしまっています。今から考えて見れば、学生目線で考えず、大学の都合だけで制度設計をしてきた当然の結果です。

日本の次代を牽引して、持続的発展を実現してくれる可能性を秘めたリーダー層の研究者・技術者の候補生が、修士課程の様変わりによって、減ってしまうのではないかという産業界・アカデミアの危惧が表面化してしまいました。次世代を担う研究者のたまごが

正当に、継続的供給されないと、大学としても研究大学どころではありませんし、民間企業も困ります。そこで、博士人材への期待が高まった訳です。中国や韓国、新興国ではアメリカ方式の大学院制度を援用して、国力の要であるとの認識で博士人材の増強を図っていますし、伝統的なアカデミア体制が主流であったヨーロッパでもすでに、アメリカ方式へ転換を図っています。ヨーロッパでは、ポロニャプロセスとして、大学間連携と学生の質保証の取り組みが始まっています。日本の大学自ら、産業界と歩調を合わせて、ユニバーサル化時代の博士人材育成をどうするかを、アメリカの良いところに倣って、実情にあった制度設計考えてみる必要があると考えます。経営学のことばで言うマーケティングの考え方を取り入れることにより、「竹に竹を接ぐ」「木に木を・・・」正当な制度へ転換を図る必要があります。

5. URAと大学院教育 URA（大学におけるリサーチアドミニストレーター）の一般的な活動目標にはあまり教育というキーワードがないのに、敢えてなぜこの話題を取り上げたかという、アクティブで、新鮮な研究活動を支えるのは、博士課程の学生と博士課程修了者（ポスドク）であるというのが事実だからです。筆者が学生だったころは、助手と助教授層がその任にありました。その後大学院が拡充されて、競争力維持のため研究のスピード化が要請され、さらに大学に個人研究のほかプロジェクト型の研究が入りこんできて、全ての教員にプレーイングマネージャの任務が付加されてきたからです。そこで、見習い研究者としての博士課程学生が研究力として組み入れられ、彼らのアクティビティが研究活動の帰趨を決めるまでになっています。博士課程の制度設計は、大学および国家

の、研究の国際競争力を決めるということになります。URAは研究支援をその第一の任としますが、博士課程教育が研究活動の先端性の確保に大きく影響することを鑑みて、教育システムに対して応分の見識を持つ必要があるということです。

残念ながら、大学の教育組織のみならず、行政も、その入れ子である大学事務・管理部門も、一昔前の縦割りの儘で大学院を重視しない体制を抜本的変革してきていません。主要大学では、大学の都合による大学院重点化が実施されました。しかし、博士課程の制度設計に研究をどう取り込むかについての統一理念が見えません。その一方で、様々な理念？のもとで国の施策群が発せられますが、研究の本質・教育の本質を見通し、人材育成のあるべき姿に基づく制度設計と実施策になっていないように思います。

大学院制度改革の失敗（筆者はそう思っています）から目をそらして、毎年制度施策が猫の目のように変更になるという学生たちに取っては甚だ迷惑なことになってしまっています。一過性の施策にならないように、社会的に教育理念の理解が得られるような努力が必要です。そのためには理念は簡明・スマートあることが第一義です。関連して、最近施策的に発せられている研究科、専攻の「ミッション再定義」は、研究内容・体制、および大学院制度の「あるべき姿」、「ありたい姿」と無縁のところになされることがあってはいけません。

6. 研究と教育の分離 筆者は、10年以上前から、「研究と教育を分けるべし」という分離論者です。すくなくとも、修士課程と博士学位修得コース（いわゆる Ph. D. コース）のミッションをそれぞれ厳密に定義することが必要だということです、修士の基本は学修中

心コース、博士課程は関連専門分野でリーダーとなるべき研究中心コースであると言い換えてもよいことになります。研究テーマが複雑になり、全ての研究者がグローバル競争可能な研究テーマを持って活動できることは不可能であるという認識を筆者は持っています。当然研究を通じての教育も同じ状況にあると思っています。研究大学を目指すのであれば、競争優位な地位を獲得するために、研究リソースを集中した体制を構築しなければなりません。一方で、学生が、十分な知識基盤を学ばないで、いきなり最先端の研究（リサーチワーク）に携わることは、カッコ良さはあるものの、大学での学修が中途半端なまま社会へ出てしまうのではないかという危惧をもっていました。筆者は企業で実際そういう状況を経験していました。基礎学力の不十分さが最近顕在化して重大問題化しているというのが、筆者を含め大方の見方です。

カリキュラム的にも、特に理工系では、筆者の学生時代に比べると、学生さんが履修すべき内容は、この間の学術の発展に比例して格段に増加しています。増加分をすべて学生さんが理解していくことは不可能になっています。同時代を企業で過ごしてきた筆者でも、時系列的について行くのは不可能でした。増加分の体系化（ディシプリン化）が不十分の状況で、学修すべきカリキュラムが増加していくと、学生さんは大学で学ぶことを永久に続けて、卒業できなくなるといふ笑い話ですまされないことにも成りかねません。そういうことなっては困りますので、コースワークのカリキュラムを学生が本当に学ばなければならないもの中心になるように、抜本的に見直さなければならないのですが、見直さなのまま推移すると、学生さんは中途半端な学修のまま卒業していくことになります。

大学教員がリサーチワーク重視しておら

れる根拠のひとつに、「フンボルトの理念」の視点で、修士課程の学生に研究を通じて教育できるとははずだということがあるようです。学生もそのように教育されています。しかし、大学教員はある意味無責任で、学生が大学院を修了してしまうとアフターケアをする必要がありません。「フンボルトの理念」が結実して、卒業生が広く社会で活躍しているかどうかを検証することはできていません。その昔、筆者自身企業に在籍していましたが、その時、同僚、そして会社も、入社後は大学のアフターケアを期待していませんでした。当時は大学進学率が20%以下であったために、それなりに選別がなされており、大学も、企業も暗黙の「質保証」があると認識していたからです。ところが、最近では、進学率が50%を超え(ユニバーサル)、選抜が緩くなった状況で、暗黙性は否定され、大学に「質保証」即ち「製造物責任?と見極め責任」が生じてしまいました。ほとんどの教員は本音では面倒くさい見極め責任は取りたくないと思っておられるはずです。本来は卒業生を引き取るセクターでの感覚を大切にする必要があり、そのためには大学と引き取り先の間で、コミュニケーションが必須です。

昭和の高度成長時代には、企業はとにかく大学から人が来てくれれば満足でした。大学から見ても学生が卒業してしまえば「後は知らない」というのが、本音だったと思います。在学中の辻褄があっていればそれでよいのです。ところがバブル崩壊後、平成時代では、学生の「質保証」するのが大学の責任であるという声が大きくなってきました。その辺りが先述の経済団体からの要望の根幹にあるのです。大学側では、「質保証」といわれてもどうすればよいかわからないというのが本当のところだと思います。結果として、大学は学生の「質保証」は、最先端の学問を経験

させることだと勝手に解釈して、リサーチワークを強化したのではないのでしょうか。学生もリサーチワークの格好良さが、自分自信をトレーニングしていると信じています。その判断は、学生の基礎学力があってはじめて成立することです。

7. カリキュラムの見直しと質保証 筆者の企業在籍時代の経験として、学生時代(昔は学士課程、最近では修士課程)の一過性の成功体験があるために、却って企業内進化せず人生を棒に振ったひと達を少なからず見てきました。筆者の在籍した企業以外でも同様だと思います。大学時代の成功体験は、入社間もなくは時代の先端を行くので「ちやほや」されますが、大学での経験の余韻が継続するのは高々5年です。企業人生30数年間、研究者・技術者あるいは技術マネージャーとして生活していくため、即ち「使い捨てにならない」ためには、基礎学力があることが必要条件です。定年まで全うしたいと思うなら尚更です。基礎学力が様々な環境変化に対応できるロバスト性を担保できます。少なくとも修士課程までは基礎学力を保証できる基本コースワークを充実したカリキュラムとすべきだと考えます。コースワークとリサーチワークの比率は、輩出させたい学生のあるべき姿との関連で調整されるべきです。学生の学力のあるべき姿は、今となっては、大学が勝手に決めてしまうことはできなくなっていると認識すべきで、社会的合意が必要です。基礎学力がないまま大学院をでると、専門家としての持続性・長持ち性を放棄していることになります。

筆者は、上に述べた理由から、修士課程でのリサーチワークの成功体験が企業では、プラスには働かない場合が多いと思っています。今後、基礎学力がない社員は、益々厳しくなる国際競争のなかで、落伍せざるを得ま

せん。セーフティネットすら用意されない可能性もあります。

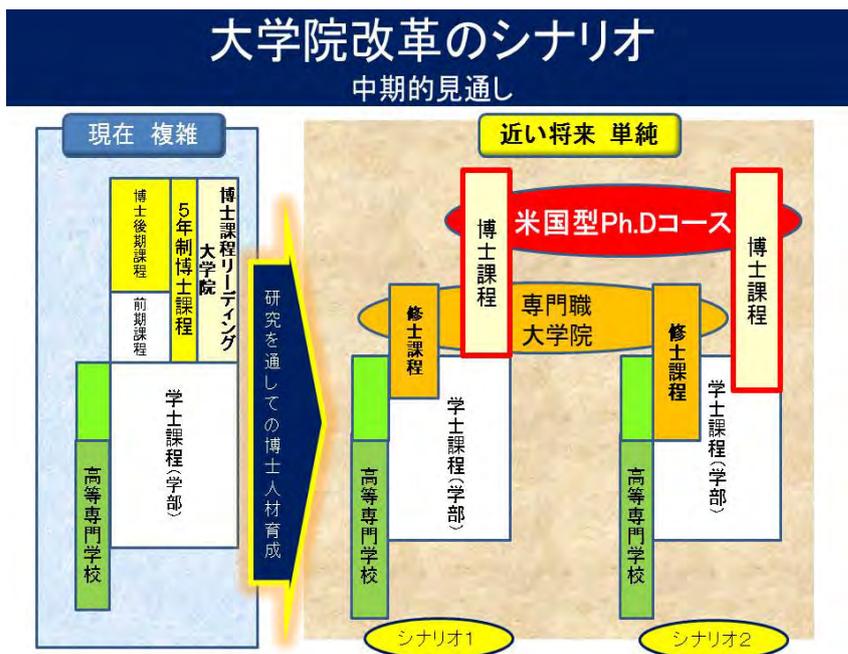
では、博士課程の学生はどうあるべきかと言え。今後、大学の重要な経営方針のひとつとして、上記の少数人材として期待されて、産学官で活躍するリーダーの卵として、良くトレーニングされ、「質保証」された5年制博士課程修了者を養成し、産官学連携強化のためにも、アカデミア以外のセクターに供給していくことです。理系・文系を問わず修士課程と切り離され、リーダー（の卵）として学生を処遇・トレーニングする博士課程が、研究を通じて教育するという「フンボルト理念」を実践制度として再構築されるべきです。修士課程だけでは、この理念達成は不可能です。特に、企業ではアカデミアと互角に先端研究に従事できるひとはごく少数です。そのための人材を供給するのが博士課程です。

上記が筆者の描いている研究大学における教育システムのあるべき姿であります。例として、学士課程と大学院の接続に関するシナリオを図にしたものを示しておきます。感覚的に理解していただければと思いますので、詳細は割愛します。文科省が推進している博

士課程教育リーディング大学院プログラムは、筆者の考えに近い形になっていると思います。実際筆者は前職場で文科省へのプログラム応募について、質保証の仕組みを含むコンセプトづくりから始めて、調書の作成と、採択後の立ち上げを担当の先生方と一緒にさせていただきました。リーディング大学院の成果として、質保証された博士人材が社会の至る所で活躍しているのを期待しています。

8. グローバルランキングと博士養成 博士課程の再構築を検討しましたが、ここからはグローバルな競争下での研究大学としてトップグループに入って存在し、特にグローバルに戦える博士人材の養成を行うかについての持論と例示提案をします。グローバルにトップグループに入るためには、何よりも現在競争優位なテーマを持っている活動している教員・研究者には心置きなくその任務を果たしてもらおうことです。そのための一見特権的な研究開発職場環境を用意することが無ければなりません。勿論、未来永劫つづく特権ではなく、ある一定期間、大学内競争環境のなかで、大学の経営陣ほか大多数の構成員の納得

できるものでなければなりません。例えば、研究開発リソースを彼・彼女に選別・集中することが必要です。学士課程、修士課程での教員（彼・彼女）の教育デューティの免除なども取り入れることです。その教員・研究者のもとには砂糖の山に蟻があつまるように、優秀な博士課程の学生が集まるように設計すべきです。そこでは自律的に



大学等の高等教育・研究者としての後継者・あるいはグローバル社会を牽引するリーダーが育つことになります。

では、直近にグローバル優位なテーマを不幸にして持ち合わせていない教員・研究者はどうすればよいか？ 大学は彼らに、優位なテーマを探索実行して貰うことを最優先とし、競争的且つ、徹底的にリソース配分し、その努力を支援する。あるいは優秀な博士課程学生・ポスドクを付けるなどの施策が考えられます。それでもなおグローバル競争に参加できない、または参加できそうにない教員・研究者をどうするかについては、残念ながら博士課程の学生を配当・指導しないなどの、措置が必要です。それは、少なくとも博士課程の学生がグローバル競争に参加した経験がないと、将来役に立たなくなってしまう可能性があるからです。あくまで「教育的見地」からの考え方です。 厳しいですが、大学にはそれくらいの責任があります。

博士課程の学生を配当されない教員・研究者は地道に研究テーマの発掘に努めてもらうことで、捲土重来を図っていただきたいと思えます。また、別のルートとして、グローバル競争に直接参加しなくても、世の中に夢を与え、あるいは現実生活に役に立つ、立そのような研究開発テーマは山ほどありますので、そういうローカル・ドメスティックな研究テーマに特化従事してもらうこともありえます。そこで鋭気を養ってもらって、グローバル競争への参入を狙っていただくこともよいと思えます。

9. 教員毎のミッション再定義 現実には、自動的・暗示的にこの類のクラス別け状況が生じていると、筆者は思っていますが、学生を含め大学構成員全員に見えるようになっていません。クラス別け方法は、上記のグローバル化視点の例が唯一ではなく、他の視点も

あると思います。ここで言いたいのは、何らかのクラス別け状況の「見える化」が大学の研究活動の活性化につながるということです。教員・研究者がそれぞれの置かれた立場を確認し行動することが求められています。換言すれば、教員・研究者個人毎の「**ミッションの再定義**」をするということに他なりません。再定義の結果、大学という組織への貢献度によって、処遇に差を付けるなどのインセンティブが見えることも必要です。更に、見える化はロールモデルを提示することになり、自動的に博士課程学生のキャリアアップの動機付けにつながります。 見える化の徹底によって、自らの能力が正当に評価されて喜ぶ人と、自らの努力のなさが白日の下に曝されて困る人がでてくると思いますが、大学運営上は避けて通れない課題です。学問の自由は尊重されるべきで、筆者もそう思っています。大学は学問の多様性が担保されないと、社会的に存在意義はありません。

一方、大学も組織である以上、経営リソースに制限があります。パフォーマンスを最大化することが社会（納税者）からの要請です。どこかで妥協点を見つけていくことが必要で、大学の自主性のある経営が試されています。大学のパフォーマンスは、アウトプット、アウトカムで計測・評価されますが、大学のように評価に値するエビデンスが出るのに数年以上の時間が掛かってしまう組織では、マネージメントの仕組みがうまく設計されていて、それが回っているかどうか（PDCA システム）で判断せざるを得ないことが多々あります。アカウンタビリティを果たすための難しさがそこにあります。

10. 研究大学におけるURAの役割 研究活動をグローバル競争に参加する目論見を達成するための持論を述べて来ました。そのた

め、如何に博士課程の学生を巻き込むかについて筆者流の処方箋も述べて来ました。ここからは、日本流のURAの仕事が未だ定まっていない状態の中で、筆者流の考え方もあり得るかなと言う目で読んでいただければと思います。URAとしては、上記の様なクラス毎に研究活動の支援体制をつくる必要があります。逆に言えば、クラス別けがないとURAの仕事が成り立たないということです。十把一絡げでは、効率がわるくURAの仕事の成果が期待できません。URAが取り組む仕事のひとつとして、クラス別けの理由付けへの標準的理論武装と、付与する特権が特定の教員・研究者に固定しないように、パフォーマンスを監視するシステム設計、あるいはサッカーのJ1、J2の入れ替え戦のような仕組み作りなどが考えられます。入れ替え戦は重要で、これがないと特権が既得権となってしまう、ボス政治が横行しかねません。ボス政治は学問の身内化を進め、研究の機動力とグローバル化を阻害することになります。

文科省からは大学等の研究活動をグローバル化し、ランキングがトップ10内を目指す多くの改革施策が発せられています。教育面から、研究面からそれぞれ、実行計画が目白押しです。ところが現場では、多くの施策に食傷気味で、辛うじてこなしているというのが現状だと思います。しかし、統一性がなくても施策は施策です。多少の無理をしても実施していかないといけません。ちょっと前は、「評価疲れ」というのがありましたが、昨今は「改革疲れ」も加わりました。無理矢理やっているということから来る「疲れ」がないようにするためにも、大学側には、それぞれの理念と身の丈にあった戦略・戦術が必要です。

国立大学では、法人化の効果が問われています。法人化することにより期待された大

学の自主性がどれだけ発揮されているかという視点で評価される時期になっています。歴史を振り返って見ると、国立大学法人化の遙か以前筆者の学生時代に、中央教育審議会からいわゆる「46答申」が出て以来、中教審と大学審議会から何度も改革に向けた答申がでています⁴⁾。46答申は当時画期的で、驚くべきことに、「研究大学」という単語は使われていませんが、実質的な議論がなされています。種証し的には、今ここに書いていることがすでに議論されていたという事実です。しかし、直ちに実行された訳ではありませんが、さらに驚くべきことには、その後大筋のところではかなりの施策が徐々に実施されて、大学院重点化、国立大学の法人化、最近の大学改革実行プラン、国立大学改革プランに繋がっています。言い換えれば、現在に至る4~50年以上掛かって、改革実行道半ばということですが、46答申の先見性の凄さはそこにあります。答申にあって未だ実行されていない重要なことも多くあります。いきさつは文末に載せているいくつかの文献を参照ください^{ex. XVI, XVII}。もし国立大学法人化の良さが見えないよう経営状況がつつくようなら、適切なマネージメントを担保するトップダウン型強化策を目指して、法人化前にもどるか、1法人多大学制（持ち株会社的）などへの移行なども現実味を帯びてきます⁵⁾。

そういう環境のもとでURAと言う制度をどう活かしていくかも問われています。まだ日本では出来たばかりなのに、もう問われているのかという意見もあろうかと思いますが、URAという単語を輸入しただけで、仕事のやり方を輸入したわけではありません。定義がないところで、キラーアプリが見えないと、直ちに事業仕分けの対象になります。URA以外の同様の例は探せばいくらでもあると思います。研究大学の実質化を目指すた

めには、URAは必要です。但し頭でっかちな理論や形式から入るのではなく、いくつかの実務を試行錯誤的に実行しながら、足元を固めるべきです。筆者は、URAが研究教育現場に張り付く「実務家」として活躍することを期待しています。平成25年末の臨時国会で、通称改正研究開発力強化法が制定されました⁶⁾。その中でも**第十条の二**はリサーチアドミニストレーター確保に関するものです。国家政策上強化が謳われましたので、まずまずURAのミッションを自ら定義し、実践していくことが求められています。

URAが単に個々の教員・研究者の業務置き換えだけを目指すというのでは、存在意義が矮小化され、制度そのものも数年で消されてしまう運命にあります。単なる事務置き換えなら、外部委託してもできるからです。URAの本質はその特性上、経営層にも、教員組織にも、事務組織にもできないことを率先してやっていくことが可能だということです。筆者はそれ以外URAの生きる道はないと思っていますので、例として博士課程教育と研究の関連についての制度設計案とURAの役割を述べて来ました。なぜなら、今まで大学内では、「フンボルトの理念」を建前として目指しながら、本音では46答申に反して、研究体制と教育体制を一体として議論して来なかったと思うからです。

研究者を目指してPh.D.コースへ進学する学生さんは、志、自信と不安が錯綜していますので、相談相手となって、先輩達の成功例などを示してあげるのもURAの仕事のひとつです。これらに限らず旧来の伝統的な組織と一線を隔しているメリットを活かして、しがらみの無さを武器に大学改革を大胆に押し進める戦略・戦術を策定し、推進実行していくことが研究大学を支えるURAの重要なミッションだと思っています。

11. URAのスキルと訓練・評価 大胆さを発揮するためには、大学のような知能指数の高い組織では、改革を推進する立場のひとたちは、まず馬鹿になることが必要です。知能指数の高いもの同志がそれぞれの主張を述べ合えば、まとまらないのは火を見るより明らかです。知能指数の高い人たちの間に入って、妥協点を形成できるのは、馬鹿になった人です。URAは馬鹿になる覚悟がないと生きていけません。馬鹿は馬鹿でも、誰にでもわかる正確な経営データ（エビデンス）をベースにして、論理的（ロジカル）な改革案に仕上げる「実務家」としての手腕が求められます。エビデンスに基づく論理を携えて、相手の懐に飛び込んで行く柔軟性が 필요합니다。一見、幫間（たいこもち）や所謂ブローカーのように見えますが、複雑な問題を解決するために、関係する組織、ひとの間に入って複雑さをほぐして、簡単な構図に転換していくことです。ほぐすことができれば、達成感もありURA冥利に尽きます。URAが入ることによって、複雑さをさらに深めてしまうなどというのは、もってのほかです。複雑さをほぐすには、改革についての高邁な理念と見識・知恵とスキルが必要で、馬鹿ではできませんが、馬鹿のように振る舞うことができるのも、スキルのひとつです。

スキルは、教室で学んで得られるところもあるでしょうが、基本はOJT（on the job training）です。URA個人が企画しトライしながら、会得していくものです。ケーススタディは参考にはなりますが、いつも当てはまるわけではありません。当然ですが、相手は人間で、毎回異なります。可能な限りいろいろな事案を解決するのに挑戦してみることです。スキルアップの最大の敵は、自分で仕事の範囲を決めてしまっ、その枠から出な

いことです。

URAの仕事で、どの課題を解決することとするかという。筆者は大学に存在する全ての課題の解決がURAの仕事と考えています。URAの顧客はいたるところに存在するということです。「顧客第一主義」です。とはいっても、全てに対応することは不可能ですので、自分が気づいた最も重要だと思う課題に注力すべきです。他人からみて、重要でないと思われる課題でも構いません。とにかく解決すると効果があると気づいた課題を馬鹿になって解決してみようとするのです。その際、常に頭に置いていなければならないことがふたつあります。ひとつ目は、顧客の立場を尊重し、URAが最初から前面にでないこと。ふたつ目は、「先人達の努力に敬意を表す」こと、即ち歴史事実の把握です。如何なる改革シナリオもその上に形成されず。

気づきの最初は、情緒的・感覚的ですが、論理的な施策案に転換し、実行推進していく能力が実務家としての最上のスキルです。最初に気づき、最初に解決したひとが一番偉いのです。それがOJTです。上司は部下の最初の気づきを否定してはいけません。機嫌良く相談にのってあげることです。

URA業界に新規参入する人はまずはスタートアップとしてミニマムな仕事を覚えることが必要です。そのためには、上司の指図を受け、マニュアルに沿う定型業務を行うことから始まります。それらに慣れてきて、周囲状況がわかるに連れて、新たなURAの仕事の仕方に変えていくことが求められます。マニュアルに書いてあることを淡々とこなしていくのではなく、自らの気づきに基づく課題解決型・非定型業務を積極的に片付けていく腕を磨くことです。URA個人についての上記の活動が評価されるような仕組みが必要です。上司も「出る杭を伸ばす」特別評価を実施すべきです。筆者は、個人の気づきの蓄積が、見識に変化し、大きな改革につながると思っています。

12. まとめ： 大学進学率が50%を越え、ユニバーサル化と言う時代になった今、「フンボルトの理念」を全ての大学と学生に期待することは不可能である。しかしその理念は生き続けさせなければならないので、大学院博士課程をその理念に合致するように改革すべきである。それが、研究大学が成立する条件である。URAは改革の中で、大きな役割を果たし得る。

謝辞と参考文献： 最後に、文中に引用マークを付けた参考文献のほか、お世話になった諸先生方の著作のリストを掲載しておきます。筆者の読書法として、何人かの先生の関連のご本を集中的に勉強させていただくことにしています。リストあるものは、ほとんどがアマゾン等で購入可能なものです。ひとつひとつ書誌事項を引用できませんでしたが、筆者に教育学、教育社会学という学問分野の存在を教えてくださいました先生方に、感謝したいと思っています。筆者は企業時代には、採用試験、社内教育で、若手の教育に携わって来ましたし、ここ5年程は阪大内で学部、大学院の学生さんとお付き合いさせていただきました。勿論教員や研究者とも議論させていただきました。そういうものが基盤となってこのエッセイとなっています。これらの皆さんにも感謝したいと思います。

引用文献 マーク付き

- 1) 『フンボルト理念の終焉？ 現代大学の新次元』 潮木 守一（教育学 名古屋大学、桜美林大学）東信堂 2008
- 2) 本エッセイは、日頃の筆者の行動規範となっているものです。日々マイナーチェンジしていますが、今のところ大きく振れることはないと思っています。
- 3) 例えば：財界・シンクタンクの提言などとして、産業競争力懇談会（COCN）より
<http://www.cocn.jp/report/>
『イノベーション創出に向けた人材育成』 2012
『グローバルなリーダー人材の育成と活用研究会』 2011
『グローバル時代の工学系博士人材のあり方研究会』 2010
『産業基盤を支える人材の育成と技術者教育研究会【グローバル大競争を勝ち抜くための高度技術系人材育成に向けて】』 2009
『大学・大学院教育プロジェクト【2025年の日本と産業界が求める人材像】』 2007
- 4) 『46答申』中央教育審議会 今後における学校教育の総合的な拡充整備のための基本的施策について(昭和46年6月11日) 教育システム全体についての答申ですが、未読の方は高等教育に関する記述についてのみでも一読をお奨めします
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/old_chukyo/old_chukyo_index/toushin/1309492.htm

大学審議会 21世紀の大学像と今後の改革方策について ―競争的環境の中で個性が輝く大学―(平成10年10月26日)
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/old_chukyo/old_daigaku_index/toushin/1315932.htm

これらの答申のほか、最近ではほぼ3年ごとに重要な答申が出ています。
- 5) カリフォルニア大学はバークレイ校、ロサンゼルス校等々、10の独自性の強いキャンパスの集合体として構成されています。その他カリフォルニア州立大学も存在します。ロケーションと学生の能力によって特長を出すような制度設計になっています。
<http://www.universityofcalifornia.edu/>
- 6) (略称改正研究開発力強化法;平成25年第185国会)研究開発システムの改革の推進等による研究開発能力の強化及び研究開発等の効率的推進等に関する法律及び大学の教員等の任期に関する法律の一部を改正する法律
第十条の二 国は、研究開発能力の強化を図るため、研究開発等に係る企画立案、資金の確保並びに知的財産権の取得及び活用その他の研究開発等に係る運営及び管理に係る業務に関し、専門的な知識及び能力を有する人材の確保その他の取組を支援するために必要な施策を講ずるものとする。

(完)

参考にさせていただいた著作群（順不同）

○ キーワード:

教養主義(いわゆるリベラルアーツへ繋がる)、高等教育の大衆化(マス化)、ユニバーサル化、エリート・リーダー育成、学歴・教育と社会階層化・階級、教育の機会均等、研究と教育、学部と大学院、職業と教育、業績主義(メリトクラシー)、パラサイト社会、高等教育制度、アメリカ型・欧州型教育システムと日本のシステムの比較、大学の自治、・・・。

I. 天野 郁夫(教育社会学:東京大学)

『高等教育の時代(上):戦間期日本の大学』中公叢書 2013

『高等教育の時代(下):大衆化大学の原像』中公叢書 2013

『大学の誕生(上):帝国大学の時代』中公新書 2009

『大学の誕生(下):大学への挑戦』中公新書 2009

II. 猪木 武徳(経済学:大阪大学→日文研)

『大学の反省』エヌティティ出版 2009

III. 潮木 守一(教育学:名古屋大学)

『職業としての大学教授』中央公論新社 2009

『転換期を読み解く—潮木守一時評・書評集』東信堂 2010

『大学再生への具体像—大学とは何か』東信堂:第2版 2013

IV. 金子 元久(教育学:筑波大学)

『大学教育の再構築:学生を成長させる大学へ』玉川大学出版会 2013

V. 刈谷 剛彦(教育社会学:東京大学→オックスフォード大)

『大衆教育社会のゆくえ』中公新書 1995

『階層化日本と教育危機—不平等再生産から意欲格差社会(インセンティブ・ディバイド)へ』有信堂高文社 2001

『教育改革の幻想』ちくま新書 2002

『教育と平等:大衆教育社会はいかに生成したか』中公新書 2009

『学力と階層』朝日文庫 2012

『グローバル化時代の大学論1—アメリカの大学・ニッポンの大学—TA、シラバス、授業評価』中公新書ラクレ 2012

『グローバル化時代の大学論2—イギリスの大学・ニッポンの大学—カレッジ、チュートリアル、エリート教育』中公新書ラクレ 2012

VI. 吉川 徹(教育社会学:大阪大学)

『学歴社会と格差・不平等:成熟する日本型学歴社会』東京大学出版会 2006

『学歴分断社会』ちくま新書 2009

『学歴・競争・人生:10代のいま知っておくべきこと(どう考える?ニッポンの教育問題シリーズ)』中村 高康 日本図書センター 2012

VII. 草原 克豪(文部省→拓殖大学)

『日本の大学制度:歴史と展望』弘文堂 2008

VIII. 清水 唯一郎(政治学:慶應大学)

『近代日本の官僚:威信官僚から学歴エリートへ』中公新書 2013

IX. 竹内 洋(教育学:京都大学)

『日本のメリトクラシー:構造と心性』 東京大学出版会 1995

『教養主義の没落』 中公新書 2003

『学歴貴族の栄光と挫折』 講談社学術文庫 2011

『日本の近代12 学歴貴族の栄光と挫折』 中央公論新社 1999

X. 舘 昭 (教育学:東京大学、→ 桜美林大学)

『原理原則を踏まえた大学改革を』 東信堂 2013

XI. 平山 一城 (産経新聞記者)

『大学の淘汰がはじまった』 宝島社新書 2013

XII. 本田 由紀(教育学:東京大学)

『教育の職業的意義:若者、学校、社会をつなぐ』ちくま新書 2003

『多元化する「能力」と日本社会 —ハイパー・メリトクラシー化のなかで—
日本の〈現代〉13 NTT 出版 2005

XIII. 吉田 文(教育学:早稲田大学)

『大学と教養教育』 岩波書店 2013

XIV. 山上 浩二郎(朝日新聞記者)

『検証 大学改革 混迷の先を診る』 岩波書店 2013

XV. 山田 昌弘(社会学:東京学芸大学)

『パラサイト社会のゆくえ:データで読み解く日本の家族』 ちくま新書 2004

『少子社会日本—もうひとつの格差のゆくえ—』 岩波新書 2007

XVI. 山本 眞一 (教育学:文部省→筑波大→広島大→桜美林大)

『大学事務職員のための高等教育システム論—より良い大学経営専門職となるために—』
新版 東信堂 2012

『質保証時代の高等教育』 上「経営・政策編」 および 下「教育・研究編」
ジアース教育新社 2013

XVII. 吉見 俊哉 (社会学:東京大学)

『大学とは何か』 岩波新書 2011

XVIII. シリーズ大学 岩波書店 2013~

第1巻 『グローバル化、社会変動と大学』

第2巻 『大衆化する大学』

第3巻 『大学とコスト』

第4巻 『研究する大学』

第5巻 『教育する大学』

第6巻 『組織としての大学』

.....

5月号 URA Know How Booklet

「個人研究とチーム研究」

—URAと競争的資金—

1. はじめに、 2. 競争的資金と間接経費、 3. 補助金と委託費、 4. 内局直轄事業とファンディング機関事業、 5. 競争的資金のマネージメント、6. URAの見識、
6.1 個人研究のための資金、 6.2 チーム研究のための資金、 6.3 チーム型研究の研究計画、 7. フォローアップ：中間、事後、追跡評価、 8. おわりに。

個人研究とチーム研究 —URAと競争的資金—

Individual research and team R&D

— Research Support Funding and URA —

URA
Know How booklet

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： 研究開発を支援する競争的資金には、大きく分けて、ボトムアップ（研究者個人の好奇心重視）型とトップダウン（社会的課題解決重視）型、および、個人研究支援型と、チーム研究型、がある。それらの属性に合わせて研究者とURAは細やかな対応が必要である。少なくとも研究者支援を業務とするURAは属性についての知識と、資金活用における見識が必要である。すなわち、応募、採択審査、各種評価等が研究期間を通して、スケジューリングされているので、研究計画を、スケジュールに沿ったロードマップとして作成し、研究活動をダイナミック運営することが求められる。本稿では、URA業務のツボを10アイテム“URA Know How”として例示した。

1. はじめに

URAの業務のひとつに、プレアワード、ポストアワードに拘わらず、競争的資金マネジメントの中身として、それぞれ個人型研究に対するもの、チーム型研究に対するものがあります。それらの区別・整理して理解しておくことが、資金に応募する研究者だけでなく、支援する側のURAにも求められます。国からの研究支援システムは、事業仕分けのあと多少整理されました。基本形は統一されていますが、担当府省庁で運用上多少のニュアンスの違いも見えていますので、筆者流の実践的解釈を虎の巻、“URA Know How 10”として、ご紹介します。ここでお示しするのは、あくまで標準的なものですので、日常業務遂行上の御参考として、お使いください。さらに、新たな仕組み制度も始まりますので、絶えず整理しておくことが必要です。

2. 競争的資金と間接経費¹⁾

国立大学法人では、経常的な運営経費として、国から中期計画・年度計画に沿う形で、運営費交付金が支給されています。この交付金の用途は限定されておらず、法人の長にまかされています。一方、運営費交付金は法人化時点から年率1.3%程度が減額されており、マネジメントの改革が求められてきました。現実には、減額の累計が大きくなると、運営が困難になるために、何らかの資金を獲得する必要があります。法人の収入は、その他学生納付金（授業料や入学金など）、知財収入、産学連携に基づく共同研究費などがありますが、学生納付金は本来、学生が法人から提供される役務の対価であり、その点を逸脱することは学生と法人の信頼関係を損なうことになります。産学連携関連費用は基本的に用途が決まっています、研究開発業務に充当されていなければなりません。

URAメルマガ『ノウハウブックレット』：本話題は筆者の経験に基づく一般的なものです。それ故厳密性が損なわれている可能性もあります。今まで大きな齟齬に至ったことはありませんので、解説としては有効だと思っておりますが、競争的資金制度は多様ですので、実際の応募時には、制度ごとの特殊性をよく吟味する必要があります。（2014.5）

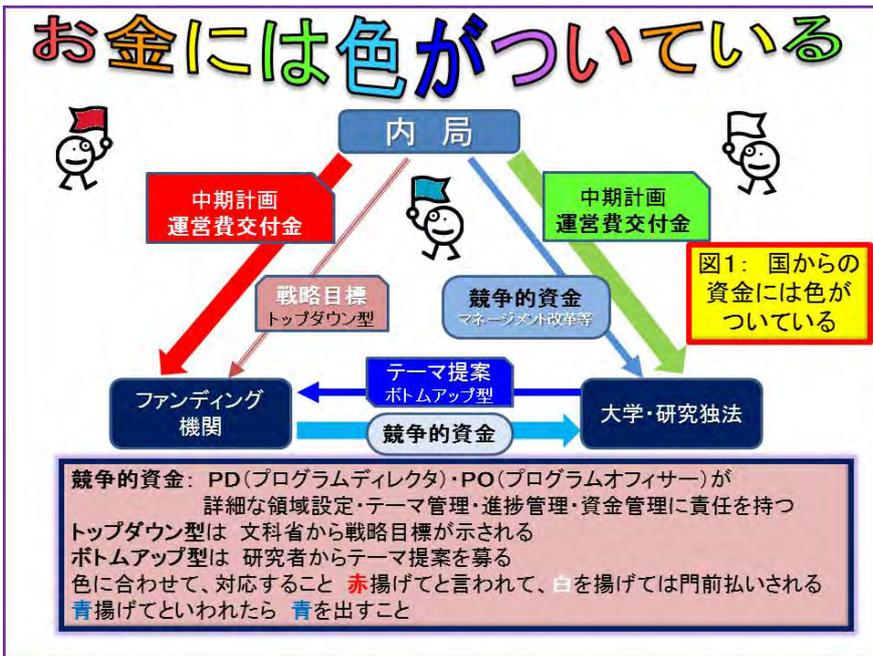
そこで、競争的資金が出番なのですが、これにもいくつかのタイプがあります。詳しくは次節以降で述べますが、原則的に競争的資金には間接経費を直接経費の3割配当することが目標になっています。現状ではすべての競争的資金に間接経費が付加されているわけではありません。間接経費は、直接経費による活動のために、広く大学の人的、設備的な資源を使う、

あるいはサービスを受けるための費用と解釈すべきだと筆者は理解していますが、運営費交付金と同類だと解釈している節も見受けられます。ともかく間接経費は大学運営上非常に重要な位置づけにあることは事実です。

URA Know How #1: それには、間接経費が措置されますか？

3. 補助金と委託費²⁾

研究者が馴染みの補助金は科学研究費補助金（科研費）です。科研費は広く学術活動を行いたい研究者個人に対して研究費を補助することを目的としています。ただし資金管理をすべての個人単位でおこなうことは不可能なので、研究者が所属する研究機関が資金管理を代行することになっています。個人への補助金なので、研究者が異動した場合でも研究者について移動することが可能で、ポータビリティが担保されています。というわけで、補助金は受領した個人、または組織（の場合もあります）が行う活動に国等が補助することにあり、事業主体は受領者です。補助金を受領した時の申請書（調書）に書いてある活動目的・目標の範囲を逸脱しなければ、自由度が高い資金です。



一方、委託研究（費）は、国等が行うべき事業を、国等に代わって実行する場合に当たります。従って事業主体は国等にあり、委託（受託）契約書に書いた内容を粛々と実施して結果を出していくことが必要で、契約書に書いていないことを勝手に実施することは不可です。

ここで注意すべきことは、上記のようにお金に色がついているということです。資金に応募するときも、受領して活動するときにも、補助金と委託費では色合いが異なることをよく理解して活動することです。図1にポンチ絵を示します。色合いは、補助金、委託費のなかでも制度によってさらに細かい色合いの違いがあります。お金にそれぞれ特性のある色がついているにも拘わらず勝手に色を塗り替えてしまうことは犯罪行為と見なされても仕方ありません。資金は貰ってしまえばあとは自分の勝手という感覚は厳に排除しなければなりません。

URA Know How #2: それは、補助金ですか、委託費ですか？

4. 内局直轄事業とファンディング機関事業

国等の競争的資金は時の政策的課題・予算の状況等により、日々変わっていると思っておくべきです。社会情勢に敏感に反応することは避けて通れません。本稿では、主に学術研究開発の競争的資金を例に述べますが、研究開発以外の事業に資する資金に関しては応用問題として、考えて頂くのが適切です。さて、基礎基盤研究といえども社会情勢の影響は大変大きいものです。そういう社会情勢のもとで、国全体の科学技術予算の中身は絶えず変動しています。特定の学術分野・技術分野の範囲内で予算額の多寡をみていると間違った判断をする可能性もあります。URAは、常に全体を見渡し、流れを見通すことができなければなりません。

国の科学技術関連事業は、所管各省庁（内局）が政策立案し、予算化して、実施されますが、最近では内閣府総合科学技術会議が科学技術基本法のもと、科学技術基本計画の枠内で、関連の事業全体を見る予算配分の司令塔になっています。お金の流れとしては、各省庁が直接執行するもの（内局直轄型）と、ファンディング機関へ一旦運営費交付金として支給されたあと、ファンディング機関の事業として

執行されるものがあります。最近では内閣府が予算を持って執行されるものもあります。図2に筆者流に整理した文科省の類型を示します。直轄型は直近の政策課題に対応するものや、何らかの構造改革に資するもの、政策誘導を目指すものなどが主なものになります。ファンディング機関事業は、それぞれの機関の中期計画の範囲内で、事業設計を行い、研究開発資金を配分する仕掛けになっています。どちらの場合にも補助金型、委託費型があり、事業の特性に合わせて設計されます。

直轄型の例としては、研究開発事業として、筆者がお手伝いしていた文科省の元素戦略（産学連携型）や、現在お手伝いしている元素戦略（研究拠点型）があります。構造改革型には、文科省では、研究開発関連のほか、高等教育システム改革に資する政策関連もあり、様々なCOE、GP（グッドプラクティス）、研究装置共用プラットフォーム、博士課程教育リーディングプログラムなどがあります。直轄型の場合でも、事業の事務はファンディング機関が代行することが普通になってきています。その場合リーディングプログラムを例とするように、マネージメント全体をファンディング機関に委託される場合もあります。

ファンディング機関事業の例としては、文科省・（独）日本学術振興会（JSPS）の事業としての科学研究費補助金があります。この資金は研究者の好奇心（Curiosity Driven）に基づく（ボトムアップ）あらゆる基礎基盤研究活動を補助するものです。金額の大小、ベテランと若手、挑戦性、新たな学術分野創成、研究者コミュニティなどのキーワード

ファンディング機関事業と、内局直轄事業

事業予算の分類(高尾の認識) 文科省の例

ファンディング機関事業
□ ボトムアップ型(科学研究費補助金@JSPS)
□ トップダウン型(戦略的創造科学推進事業@JST) ERATO, CREST, さきがけ, ALCA, 社会技術研究開発
□ 研究成果最適展開支援プログラム(A-STEP@JST) Sイノベ、産学共創
内局直轄事業
□ 元素戦略(研究拠点型)
□ ナノテクノロジーを活用した環境技術開発(GRENE)
□ 光・量子融合連携研究開発プログラム

http://www.mext.go.jp/a_menu/02_itiran.htm

図2

で類型化されたファンディングシステムとなっています。

次の例は、文科省・(独)科学技術振興機構(JST)事業のうち「CREST」、「さきがけ」、先導的低炭素化技術開発事業(ALCA)であります。CRESTと「さきがけ」は毎年2月頃に文科省から戦略目標(Mission Oriented, トップダウン)が出されて、それに合わせてJSTで目標をブレークダウンして、公募要項が出されます。戦略目標は年毎に数件だされます。JSTでは、CRESTと「さきがけ」のテーマを設定しますが、同じ戦略目標にCREST 「さきがけ」が両方とも設定される場合と、どちらか一方の場合があります。

ALCAは事業そのものが低炭素化技術開発を目的としているため、戦略目標はありません。戦略的創造科学推進事業の中には、他に、ERATOと社会技術研究開発があります。ERATOは研究総括の事前推薦受付はありますが、JSTが候補者データベースの中から選びますので、公募はありません。社会技術開発はCREST型公募事業となります。

JSTの事業は、競争的資金に架せられたマネージメント体制として、アメリカの例に倣ってPD(研究主監、事業統括等の名称)のもと、PO(研究総括、事業総括)が置かれ、POの下にいくつかの研究チームを作り活動するのが通常の形態です。CRESTやALCAでは前出の研究チームに応募することになります。

その他、ファンディング機関に基金を設定し資金流れを管理委託するが、課題設定、評価を別の機関(たとえば内閣府)が行うものもあります。文科省以外の省庁の資金では経産省・NEDOが行う事業、厚労省、農水省、国交省、環境省等が行うものもありますが、マネージメントと基本形は統一されつつありますので、文科省の例を知っておけば応用が可能です。その

中で、経産省・NEDOの事業はアカデミア単独への委託・補助が推奨された時代もありましたが、近年では省庁の役割分担を明確化するために、企業が主体でアカデミアが再委託を受けるなどの仕組みへ移行が進んでいます。

但し、研究成果最適展開支援プログラム(A-STEP)等、産学連携等で企業が参画する事業では、資金の流れ、成果取扱い等で異なる場合がありますので、注意が必要です。

URA Know How #3: それは、ボトムアップ型ですか、トップダウン型ですか?

5. 競争的資金のマネージメント

競争的資金は、国レベルではアメリカの例に倣って、プログラムとプロジェクトという単位でマネージメントが実施されることが多くなっています。用語の定義としては、プログラムは、幾つかのプロジェクトの集まりと理解しておくのが手っ取り早い方法です。プログラムを統括管理するのがプログラムディレクター(PD)であり、プロジェクトを執行するのが、プログラムオフィサー(PO)です。PD、POの日本語訳は事業の特性を示すように適宜変更されて、研究主監、事業統括、プログラムマネージャー(以上PDまたはPM)、研究総括、事業総括(PO)と言った風になります。PD、POは直轄型、ファンディング機関型いずれの場合にも置かれますが、置かれない場合には、執行側に自主組織として運営委員会等を設置しマネージメントすることもあります。

PD、POにはそれぞれの役割を補佐するための、運営委員、アドバイザーなどが選ばれて、課題採択、日常的なプロジェクトのレビューとチェック、各種評価を行います。研究マネージメントはこれらの人たちと、事務方で行うことが標準的になっています。さらにいくつかの関連プログラムを束ねる場合や、府省連携が重要な場合は、府省庁を跨ったガバニングボー

ドが組織され、広い観点でマネージメントがなされる場合も増えてきています。国の科学技術政策では、近年予算の効率使用と基礎から応用実用化まで一貫通貫に見通すことが強調されており、いろいろな場面で府省庁の壁を越えたマネージメントが実施されています。URAとしては、研究者に先行して、国のマネージメント体制・仕組みを頭に入れておく必要があります。これは、プレアワード、ポストアワードどちらにも関わることです。

科研費は研究者個人の好奇心に基づく (curiosity driven) 研究のための補助金です。そのため研究内容は研究者コミュニティによるレフリー (ピアレビュー) が基本的な評価になります。一方、本省直轄あるいはトップダウン型の事業では、国家的課題の解決のための事業として実施されますので、研究者として、国家的課題解決へ向けて、どのように貢献できそうか、できるかというシナリオ提示が求められます。個人研究向けの資金でも、研究費総額が大きいもの、あるいは、チーム研究型研究資金制度では、採択審査で、研究内容について専門家によるピアレビューに加えて、ほとんどの制度で非専門家が入った審査委員会で面接が行なわれます。面接では、研究テーマの専門学術分野での新規性、オリジナリティが審査されますが、非専門家が入ることにより、研究成果の社会的インパクト、研究代表者の学術見識、研究マネージメント能力等も合わせて審査され、超大型資金の場合には、さらに研究支援する研究機関 (長) のコミットメントを求められます。

研究者コミュニティの常識が世間の非常識にならないように、見せ方に工夫が必要です。研究テーマが素晴らしいものでも、研究リーダーとしての素養が評価されないと、採択されないこともあり得ます。選ぶ側の責任の要素のひとつとして、研究リーダーに研究資源を渡して

もよいかどうかについて判断することになっています。

研究費総額が大きいプロジェクト型事業での、URAの研究者支援の重要作業のひとつが、良い意味での素人目線で、上記のシナリオを研究者と一緒に描くことであります。このシナリオは、社会的納得性がなければならず、荒っぽくてもよいのですが、時間軸がはいつていることも必須です。このシナリオ (ロードマップ) は、研究者と社会を結ぶ非常に重要なものであり、採択後は、実際の研究活動の航海図 (チャート) となるものです。URAは研究代表者と協働して、航海図を定期的にメンテナンスすることを、ポストアワード業務の中核として心がけていなければなりません。

URA Know How #4: 研究実施計画のロードマップはできていますか?

6. URAの見識

URAのプレアワード、ポストアワード実際業務での留意すべき点は、ファンディング側の意図を研究者に咀嚼して伝えることと、研究者の活動が計画通り順調に推移していることを確認することです。個人研究向け、チーム研究向けの競争的資金のいくつかの項目について、以下に整理しておきます。構造改革型については別の機会で述べることにします。

6.1 個人研究のための資金

科研費と「さきがけ」がこの範疇となります。科研費は伝統もあり、取り立ててここで述べることはないのですが、唯一注意すべきは、通常はピアレビューが実施されて、研究者コミュニティの同業者によってレフリーが行われることです。学術内容についてはピアレビューが適切であります。本当に新奇なテーマに対しても公平・正當に評価されているかどうかは課題だと思っています。分野によってニュア

スが異なるとは思いますが、レフリーが無意識に新奇テーマ、新規参加者を排他的に扱っている可能性は否定できないところです。この点が「ピアレビューの罠」だと思っています。個人研究向けの資金でも、大型の場合は次節以降で述べる研究チーム向けの資金と同様の考え方を適用すべきです。特に審査面接があるものは同様の注意が必要です。

JSTが実施している「さきがけ」は意欲のある研究者を育てる目的の日本で始まった世界に誇れるファンディング制度です。戦略目標のもとで実施されますので、トップダウン型ではありますが、基本的に個人研究助成なので、むしろ戦略目標などを理解し、それに則して研究するという見方によっては楽な研究マネジメントが可能です。「さきがけ」は、戦略目標の範囲内で若手が独立を目指して頑張るというスキームで、研究総括、領域アドバイザーが見てくれているという贅沢な体制です。叱咤激励していただいて、学術ディスカッションをしていただけるというのが、「さきがけ」の最大メリットです。そこが科研費と全く異なるマネジメント体制です。「さきがけ」は制度開始以来実施されている研究マネジメントが功を奏して、若手が育ってきたので、国内では登竜門としての評価が定まってきたばかりでなく、最近では、海外からも評価されています。欧米にはない制度なので、同様の制度が計画されているようです。

「さきがけ」は、応募時には、自分自身の志を明確にして、どの学術分野で貢献したいのか、何を究めたいのかがについて、審査員に分かって頂けるように工夫することが大切です。勿論、面接に至れば、プレゼンテーションでもそれらが見えていることが必要です。ということで、URAは、「さきがけ」に応募して欲しい、応募させたい若手を探して、日頃から目を付けておくことが最も重要なプレアワード

より前段階での仕事です。そういう視点で、「さきがけ」制度に相応しい研究者を発掘・サポートし、さらに応募時には審査員目線での木目細かい対応が必要です。

URA Know How #5: ピアレビューへの対応は大丈夫ですか？ 非専門家審査員への対応は十分ですか？

6.2 チーム研究のための資金

科研費では、新学術領域研究、JSTではCREST、ALCA等がこの範疇に入ります。新学術は、ボトムアップの大型の科研費で、新たな学術領域や研究者コミュニティをつくるのが目的のチーム研究です。以前は、前述後者の、リーダーのもとに、関連の研究者が集まって研究者コミュニティ全体に関係する大括りの研究テーマの下に細分化したサブテーマを設定して、活動し、その枠内で若手・後継者を育成するというスキーム（研究者コミュニティ形成）が実施されていました。このスキームで何度か繰り返しながら、新奇な分野が生み出されて研究者コミュニティが中長期的に発展していくのが望ましいことだと思いますが、下手をすると研究テーマと研究リーダーの固定化になってしまい、望ましい学術研究発展に至らない危惧もあります。学術分野ごとに、当然栄枯盛衰があるので、知らず知らずの内に起こってしまう、発展阻害が生じないような外圧も必要です。そのためには、応募時には、研究者コミュニティの自助努力が見えるような研究コンセプト、テーマ設定と研究マネジメントが見えることが必要です。

科研費年度総額が1000億円以下の時代では、筆者の感覚として、研究者コミュニティへ一括して資金を配布して、研究者個人への配分は任してしまうのが効率的だったように思います。一方、最近では年度毎に2000億円を超えるようになり、個人向け資金が増えた

状況では、コミュニティへの一括配布の意味がなくなっています。そういう中で、ボトムアップ的に新たな学術領域を創り出す可能性のある研究グループに傾斜的に研究者資金を配分する意味があると思います。大型科研費でもチーム編成を要求されるものは、プロジェクト指向になっていると判断すべきです。URAとしては、この辺りを理解した上で、ボトムアップ型の大型資金についてのプレアワード、ポストアワードについての見識を整理しておくことが必要です。

チーム研究型の競争的資金は、大型科研費、JSTのCREST等で重要なことは、研究計画の立て方です。ボトムアップ、トップダウンに拘わらず、チーム（新学術領域では班）編成のリーダー（研究代表者）の役割についての考え方について述べておきます。リーダーは単にいくつかのサブチーム（班）を事務的に纏めるだけでは、職責を果たしたことにはなりません。強力なリーダーシップを発揮して、研究テーマの全体を統括し、実行牽引することが求められています。上に述べたように、大型科研費である新学術領域でもプロジェクト型になっていますし、勿論CRESTは戦略目標を実現するプロジェクトですので、研究代表者のリーダーシップが評価の対象として重要です。プロジェクトの研究成果はリーダーシップがあってこそ光輝くものです。個々のサブチームの成果が素晴らしいものであることは当然ですが、応募時に約束するチーム全体としての成果が見えることが更に重要です。全体を見せるのはリーダーの最重要の仕事です。

担当するURAは常にチーム全体の成果が契約書に記載の項目に対応しているかについて見識を持っていなければなりません。また同時に資金の使途と、メンバー構成が、チーム全体の活動を最大化するようになっているかについても見ておくことが必要です。ひと・も

の・金の研究資源が有効活用されているかについては、月次決算、四半期決算等の定期的なチェックポイントで確認するなどをスケジューリングして、研究代表者のマネージメントが上手く行くような仕掛けも必要です。予算執行、人員配置が計画通り順調に推移していれば、研究活動が上手く行っていることですし、予算が計画通り執行できていない場合は何らかのトラブルの発生か、人的パワーが適切でないというシグナルの可能性が大きくなります。申請書（調書）に記載するかどうかは別にして、このような様々なマネージメント上の仕掛け、小道具は、競争的資金応募当初から仕込んでおくことが大切です。首尾よく採択されたときは、直ちに研究チーム全体に、リーダーコミットメントとして、周知することが必要です。最初は面倒くさいようですが、マネージメントのうち、ルーチン化可能なものは、機械的、事務的に業務が流れるようにしておくこと、日常業務が楽になるし、また異常の発見が早くなります。研究者の常として、上記のような仕掛けを埋め込むことをよしとしませんが、研究者から嫌がられても、後々のマネージメントで効いてくると思って、URAの責任で実行することです。

URA Know How #6: 採択後の研究マネージメント用小道具を仕込みましたか?

6.3 チーム型研究の研究計画

チーム型研究は、先に述べたように、トップダウン型、ボトムアップ型に関わらずプロジェクト型研究が基本です。プロジェクトの定義は、ある目的に向かって、ひと・もの・金の研究資源を集中して、活動することです。したがって、POは戦略目標等を考慮して、プロジェクト全体の括りの目的目標を一つに設定します。POは括りの範囲内で多様性を担保するようにプロジェクトを設計します。傘下の研究チーム毎の課題の目的も当然単一でなけ

ればなりません。研究チームの中のサブチームが、チーム全体の目標を達成するように、役割が定義されて、実際の研究活動もそうなっていることが見えていることです。すなわち、研究チーム編成が、目的を達成するためにもっとも相応しいドリームチームになっていることです。まかり間違っても「仲良しクラブ」と見なされないように気を付けるべきです。仲良しクラブと見なされると、研究者コミュニティ全体の評判が悪くなって、将来に禍根を残すことになりかねません。研究テーマ起案時に、研究代表者（監督）候補と URA（ヘッドコーチ）は協働して、勝つためのチーム編成を心がけることがすべてに優先します。

URA Know How #7: 研究チームは、勝つためのドリームチームですか？

科研費・新学術領域には P O は設定されませんが、研究代表者が P O の任務を遂行すると解釈してもよいと思います。つつい勘違いしてしまうのは、研究チーム代表者（新学術領域では班長）がそれぞれ課題の中にいくつかの目的・目標を設定してしまうことです。これでは既にプロジェクトの体をなしていませんので、応募しても自動的に門前払いされてしまいます。面接まで行ったとしても、「目的を集中できないか？」という質問が必ず来ます。提案テーマがいくつかのサブテーマの集合として計画されている場合でも、チームの目的は唯一（ユニーク）となるように設計すべきです。すべてのサブテーマはチームの目的を達成するために必要十分な成分であることが求められます。チーム目的に向かっていないサブテーマを混入することは避けなければなりません。採択されたら、あとは貰ったものの勝手だというのは、許されません。

URA Know How #8: 研究テーマおよび研究チーム編成は必要且つ最少になっていますか？

研究活動の多様性は P D がプログラム全

体で、また P O が特定の目標の中で、それぞれ担保するのが、プログラム・プロジェクト制の基本です。応募単位での研究目的が明確に単一（ユニーク）であることに研究者も、サポートする U R A も慣れることです。ファンディング側には、それぞれのプログラム・プロジェクトで目論見・意図があります。その意図は公募（募集）要項に書いてあります。研究者は大部な公募要項を隅から隅まで読んでいないことが多々あります。U R A はまず公募要領を読み切ることから仕事が始まります。また行間に潜んでいる行政からのメッセージを、総合的に判断することも必要です。U R A はプロフェッショナルとして、日ごろから本文だけでなく、行間を読みこむ知識を蓄え、判断できる見識を養わなければなりません。研究者が自分の都合に合っていないとき、プロジェクトの考え方が間違っていると言い張る場合もあり得ますが、U R A は、蓄積した知識を駆使した理論武装をして、決してそういう声に加担することがあってはいけません。

URA Know How #9: 公募要項を吟味しましたか？ チームの研究目的をユニーク・先鋭化しましたか？

7. フォローアップ: 中間、事後、追跡評価

競争的資金には、評価が付きものです。評価には、公募採択時、採択後日常的、中間、最終（事後）、追跡という風に何段階で実施されます。ガイドラインとして、研究期間が5年のものでは、3年目、10年のものでは、3年目と7年目に中間評価、いずれも最終年に最終評価、あるいは終了後に事後評価が実施されます。中間評価、最終評価は事業年度が終了する前、少し早い目に実施されることが多くなっています、特に中間評価は次年度以降の研究リソース配分にめりはりをつけることに間に合わせる日程で実施されます。それだけ重要だというメ

ッセージです。その他、終了後数年経ってから追跡評価が実施される場合もあります。評価・評価で「評価疲れ」ということもあります。評価システムをうまく利用して、研究マネジメントを効率化することも視野に入れておくことです。

制度によっては、年次以外に、四半期毎、半年毎、報告書が義務づけられている場合もあります。4.2 で述べた決算等の書類が用意されていれば、このような報告書作成は日常業務の範囲内になりますので、いちいち大騒ぎする必要がありません。ノウハウ的には、採択時にチーム構成員全員で、全期間を通して、節目での成果報告をどうするかを粗筋を用意しておくことです。要するに、時間軸の入ったロードマップを最初から用意して、年度毎に見直す作業を研究マネジメントの要としておくことです。最初に見せ方について設計しておく、参画メンバーも納得して、プロジェクトに参加しますが、途中でマネジメント方針を変えると確実に「もめ事」の種になります。設計図は研究代表者とチーム構成員、URAとのコミュニケーションツールとなるだけでなく、PD、POとのコミュニケーションの素材となります。

いくつかの段階でのプロジェクト評価で、近年もっとも重要視されているのが、中間評価です。中間評価では、研究チームの実績と、中間評価後の研究計画が審議されます。研究の成功確率を高めるために残りの期間で、何をすべきかが論点です。ここでは当初計画と進捗の差異の検討が重要で、差異が大きい場合には、研究計画そのものの修正が求められる場合があります。また成功へ向けての手順の妥当性も議論されます。

競争的資金での、ステージゲート手法の考え方が、最近実質的に運用されるようになってきました。ステージゲート法は、プロジェクトの全研究過程のうち部分的な特定期間内の、

マイルストーン達成目標（ステージ）を定め、完成度を判断したうえで、次のステージへ移行するかどうかを判断します。手法的には、かなり前から、NEDOやJSTの成果展開型のプロジェクトで採用されていましたが、プログラムの中で一律に実施されて、結果的に形式化していました。本来はマイルストーンの設定は、研究テーマ毎に異なるべきであります。期間もフィジビリティスタディでは、例えば半年とか1年、マイルストーンでの完成度が確度高くイメージできるものなら、3年とか、に設定されます。勿論ステージゲートの前後で投入研究資源の増減が図られます。研究の進捗によっては、中止もあり得ます。評価側のPD、PO、アドバイザーの作業が複雑になりますが、プログラム・プロジェクトの成功確率を高めるための手法として理解するべきです。

JSTではALCAでステージゲート評価が厳密に適用されています。これは、筆者がPDを仰せつかっていた時に導入させていただいたものです。ALCAでは、ゲートを通できなかった研究テーマが多々あります。最近では、様々なプログラムでステージゲート評価手法が採用されてきていますので、研究者もURAも慣れていただくことが必要です。くどいようですが、ステージゲートは研究開発の成功確率を高めるための手法であり、結果として中止に至る場合もあり得ます。成功の見込みのないプロジェクトを形式的に維持・継続することは、研究資源の無駄遣いになりますし、研究協力者・研究参画者が、不本意にプロジェクトに拘束されて、モラルが下がってしまい不幸にならないともかぎりません。ステージゲート評価の結果、ゲートを通できなかった場合は、体勢を立て直して新たな目標設定を行ってリベンジもありというのが、本来の意味でのステージゲート手法であります。

企業の研究開発の現場では、ステージゲ

ト評価の考え方は、それを意識しているいないに拘わらず、日常的に採用されています。限られた研究開発資源のもとで、効率よく研究開発を進めるための常套手段です。該当プロジェクトで、ステージゲート評価法が採用されていなくても、研究代表者とURAが、この手法を自らの日常研究マネジメントに活用することをお奨めします。特に、企業との共同研究、コラボレーションがある場合はマネジメントの整合性がよく、企業側からの賛同を得やすいと思います。

URA Know How #10: 中間・最終評価を見据えた研究実行計画になっていますか？

8. おわりに

研究開発に資する競争的資金は、ファンディング側の意図で事業設計され、研究者に配分されます。それらは国としての大義名分のなかで、設計・執行されますので、必ずしも研究者の想いに合致した、使い勝手のよいものではありません。しかし、国の意図を十分咀嚼し自らの研究目的を先鋭化・精緻化することでファンディング機関の支持を得て資金を獲得できれば、「自己実現」が可能で、しかも国民にも理解が得られる研究が可能になります。研究が上手く行けば、研究者も国民・ファンディング側もみんなハッピーになります。

筆者が講演を仰せつかったある場所で、学生さんから、企業研究とアカデミア研究で何処が違いますがという質問を受けたことがあります。昔も今も、企業研究は売上と利益で会社

に貢献することが第一義ですが、アカデミアの研究では少なくともそれはないと答えるのが、常です。最近では、それに加えて、研究開発マネジメント面では、アカデミアの研究活動が企業の研究開発活動に近づいてきたとお話することにしています。それはここまで述べてきたように、アカデミア研究も、大型資金の場合、プロジェクト型の比率が高まってきたことにあります。プロジェクトの場合は、研究テーマ／コンセプトのユニークさと先鋭化が求められるほか、研究リソースすなわち「ひと・もの・金」 および、時間の管理（アドミニストレーション）が見えていることが重要です。どんぶり勘定にならないように、研究代表者も支援するURAも日常性の中で、肩肘張らずにマネージすることに慣れていく努力が必要です。

一部の研究者は、現在でも、科研費とそれ以外のファンディング仕組み・制度の違いを理解されていないようです。URAのみなさんは、制度を熟知されていると思いますが、念のために整理しておくのがよいと思います。本稿はその整理と、研究者・先生方とのコミュニケーションに使っていただけるように書いたつもりです。すべてを網羅しているわけではありませんが、いつも研究者の先生方と筆者流でお話する時のネタを文章化しています。筆者も本稿を書きながら新発見もありました。競争的資金の配分法は、科学技術基本計画の改定毎に変化があります。そのたびに進化していますので、総合科学技術会議の議事の流れを注視しておくことをお奨めしておきます。

参考資料

- 1) 『競争的資金の間接経費の執行に係る共通指針』 内閣府のHP
<http://www8.cao.go.jp/cstp/compefund/shishin2.pdf>
- 2) 「委託費と補助金の違い」 JSPSのHP
http://www.mext.go.jp/a_menu/shinkou/hojyo/07121202/005.pdf
- 3) 「文部科学省の競争的資金一覧」 文科省のHP
http://www.mext.go.jp/a_menu/02_itiran.htm

6月号 URA Know How Booklet

「オープン化・拠点とURA」

－教育・研究・先端設備共用－

- 1 はじめに、
- 2 拠点とは、
- 3 高等教育システムのオープン化の流れ、
- 4 「強きを助け、弱きは無視」するマクロ策、
- 5 分散から集中へ 特定課題研究拠点、
- 6 メディアム・サイエンス研究拠点、
- 7 研究設備共用拠点とネットワーク、
- 8 サービスとしての拠点運営、
- 9 URAと拠点、
- 10 おわりに。



要旨：

文科省の政策で拠点化がある。国の政策を誘導するために、資源を集中配分することが行われている。大きく分けて教育・研究・先端設備共用がある。政策担当者、ファンディング機関の意図を十分理解した上で対応する必要がある。拠点である以上、グッドプラクティスあるいはベストプラクティスを目指すことが義務である。本稿ではそれらの制度を利用したい時に参考になるように、「オープン化」「メディアム・サイエンス」をはじめとする拠点制度・仕組みの考え方とノウハウを整理して、URAノウハウ集第2弾：“*URA Know How 10 II*”として示した。

1 はじめに

URAの業務のひとつに、プレアワード、ポストアワードに拘わらず、競争的資金マネジメントの中身として、政策誘導に資する拠点型教育研究事業に対応するものがあります。拠点型にも様々な類型があり、それらを区別・整理して理解しておくことが、資金に応募する経営層・研究者だけでなく、支援する側のURAにも求められます。国からの政策誘導事業は基本形がありますが、個々の政策の特殊性を反映して異なります。それぞれグッドプラクティス、ベストプラクティスを目指しています。本稿では、筆者がいろいろな場面で、拠点形成、運営のお手伝いをさせていただいた経験を活かして、筆者流の実践的解釈を虎の巻その2、“*URA Know How 10 II*”として、ご紹介します。ここでお示するのは、あくまで標準的なものですので、日常業務遂行上の御参考

として、お使いください。さらに、新たな仕組み制度も始まりますので、絶えず整理しておくことが必要です。

2. 拠点とは

拠点という用語が文科省の政策で頻繁に使われています。中身は教育に関するもの、研究に関するもの、産学連携に関するもの、地域活動に関するもの、スポーツに関するものとスペクトルが広く、同じ拠点という用語を使っても、中身は千差万別です。筆者は、何等かの施策を時空間的に集中的に実施していることと理解すべき、と思っています。拠点施策を実施することは、特定の課題解決を先導することです。特に、既存の組織では、やりづらい施策や、構造・システム改革が必要なものにリソースを集中投入して、政策誘導を行っていく例が多くあります。拠点を名

乗っていないけれども、実際には拠点的に運用されている事業もあります。それら全体を拠点型事業として仮に定義しておきます。それゆえ、文科省の、政策担当者の意向や、科学技術学術審議会の分科会・部会の審議経過をウオッチすることも必要です。

表 I に筆者流の拠点型事業分類の例を示します。左端欄は、拠点の種類、その右は事業の目的、三つ目は具体的な事業名を示していますが、全てが正式名称ではなく、略称や通称で示しているものもあります。右端欄は、拠点のミッションに若手人材育成が取り上げられているものです。Gは大学院生向け、Pはポスドク等の若手研究者向けを主としているものです。このように多くの拠点型事業で人材育成義務が課せられています。この表は文科省の公式の分類ではありません。公式名等は文科省のHPなどで確認ください。大まかな概念を理解して頂くことが最重要ですので、

拠点の種類を、4つに分類しています。それぞれ、教育拠点、研究拠点、研究設備共用拠点、および産官学連携拠点は、4つの中も幾つかに分かれます。ここに挙げた以外にも多くの拠点型事業があります。3番目欄が赤文字になっている事業は、筆者が、事業に参画したか、あるいは文科省の委員として採択や運営に参画した(現在しているものを含む)事業です。筆者がお手伝いしたものは、主に物質科学に関するものですが、教育関連でもいくつかお手伝いをしてきました。以下、いくつかを取り上げて拠点に関する筆者の考え方を述べます。産官学連携型は、構図が複雑なので、本稿では省略します。

3. 高等教育システムのオープン化の流れ

オープン化とは、単に大学の門戸が広く市民や外国人に開かれて、誰でも大学で勉強や研究ができるという意味だけではありません。前述のこ

表 I . 種々の拠点例(文科省)

拠 点	事 業 目 的	事業名称(略称を含む)	若手育成
教 育	マネージメント改革	◆ 博士課程教育リーディング大学院 ◆ GP (Good Practice) ◆ 21世紀COE, グローバルCOE	G G G
	国際化	◆ グローバル30 ◆ スーパーグローバル (SGU)	G G
研 究	先端研究推進	◆ WPI ◆ 光拠点 (最先端の光の創成を目指したネットワーク研究拠点) ◆ 旧研究COE	P G P
	国家的課題解決	◆ 元素戦略(研究拠点型) ◆ GRENE (先進環境材料分野)	P G
設 備 共 用	先端研究施設共用	◆ HPCI(スパコンネット) ◆ 超高圧電子顕微鏡 ◆ 先端研究施設共用促進事業 ◆ ナノテクノロジープラットフォーム/LCネット	P — — —
	大型研究施設共用 (共用法適用)	◆ SPring-8/SACLA ◆ 京コンピュータ ◆ JPARC	
産官学 連 携	起業、インキュベーション	◆ 先端融合領域イノベーション創出 ◆ COI ◆ COC	

注) 事業目的、名称は筆者の分類。名称は通称も含む
赤文字は筆者が何らかのお手伝いしたことのある事業
若手育成欄 G 大学院向け、P PostDOCs向け を含む

とを含め、大学を経営・運営するシステムが広く社会に開かれているという意味です。ここでは、例えば、大学の経営者にその大学で育った人材以外の人に参加しているとか、教員に多くの日本人以外の人が入籍し、研究教育に参加しているとか、学生に一旦社会へ出て活躍している人が、さらに自らのキャリアを高めるために入学しているとか、異なる大学間で学生や教員が自由に行き来して活動しているとかということを含めてオープン化と言っています。

オープン化は理念上よいことなので、進めるべきですが、貿易自由化交渉の例にあるように、必ず負の影響があるセクターが存在します。一般的には、オープン化を言い出すのは、常にその業界で強いところですが、高等教育システムの場合も同じことが言えます。総論賛成、各論反対は日常茶飯事です。高等教育システムでは、国ごと、地域ごとに発展の歴史があり、オープン化は一筋縄ではありませんが、実質的な世界標準（デファクト）を供給しているアメリカが覇権を持っています。アメリカでは、歴史的に高等教育を受ける人口が最初に多くなってシステム設計開発をしてきたので、それなりに最適化されています。先輩としての優位性を所有しているのは、好むと好まざるに拘わらず事実です。大学という高等教育システムを発明したヨーロッパでは、歴史の厚みもあり、アメリカとは異なった路線で来ていましたが、最近ではボローニャプロセスという仕組みで、アメリカ流を基本にヨーロッパの特殊性を入れたシステムに転換を図っています¹⁾。

日本は、明治以来ヨーロッパ風を基本形に、アメリカ流の大学院システムを部分的に導入してきました。その時代時代で国力の成長基盤となる人材を育成輩出してきましたが、時代を経てシステムとしては、制度疲労が目に見えてきています。このような状況の中で、日本の高等教育システムを、世界標準に合わせる部分と、日本の特殊性の部分に分けて再設計すること必要課題とな

っています¹⁾。中央教育審議会などでは、いわゆる新制学制になって以来、現在に至るまで、議論が継続されてきて、数度にわたってシステム変更がなされてきました。ところが、伝統的に国立大学では、文部省、文科省から降りてくる施策に忠実に対応しておれば、このような国立大学の外で生じているマクロ環境変化に鈍感でも成り立っていました。

私立大学では、経営の独自性があり、文科省の庇護がありませんので、経営上の環境変化に敏感であり、その時々で対応されて来ています。法人化後の国立大学では、私立大学と同様に経営に影響するマクロな環境変化についてももう少し敏感になることが必要です。残念ながら、学内ではあまりマクロ視点での議論はされているようには見えません。

勿論、総長／学長以下経営陣はセンサーを張り巡らされて対応されていますが、組織全体、部局執行部に等しく経営情報が共有されて、学内オピニオンが形成されているところまでは行っていません。意見が多様であることを大学の最も重要な特徴とすべきですが、経営上の課題は共有しておくべきです。オープン化の切り口では、アメリカ、ヨーロッパ、それに最近では英語圏のオーストラリアが高等教育システムの輸出に熱心です。輸入側も教育の質、学位の国際通用性、教育費のコストを考えて、パフォーマンスがよければ採用すればよいという風に割り切ってしまうと、システム開発費を別のところに振り替えることもできます。教育システム全体を財と考えれば、シェアを大きくし寡占化を目指せば、収穫逓増につながり、高等教育がビジネスとして成功する可能性が高くなります。高等教育をビジネスと割り切るかどうかは議論があると思いますが、高等教育を義務教育化しないのなら、ビジネスとするのもあり得る話です。要するに、オープン化は、グローバルに、高等教育システムの覇権争いと認識すべきで、日本全体としては、ヨ

ロッパ、アメリカとの「システム間競争」に参戦するかどうかの岐路に立たされていることとなります。実際は参戦せざるを得ないので、日本の高等教育システムをグローバルに戦えるように早急に変革しなければなりません。例えば、RU11のような研究大学連合体²⁾での議論と準備が必要です。図1にまとめを示します。

実は、システム間の覇権争いというコンセプトは新しいものではありません。20年ほど前に、当時スタンフォード京都センターの所長をされていた今井賢一先生のグループから、ビジネス分野でのシステム間競争というコンテキストが示されています。高等教育分野では、20年遅れて同じことが起こっているということです³⁾。

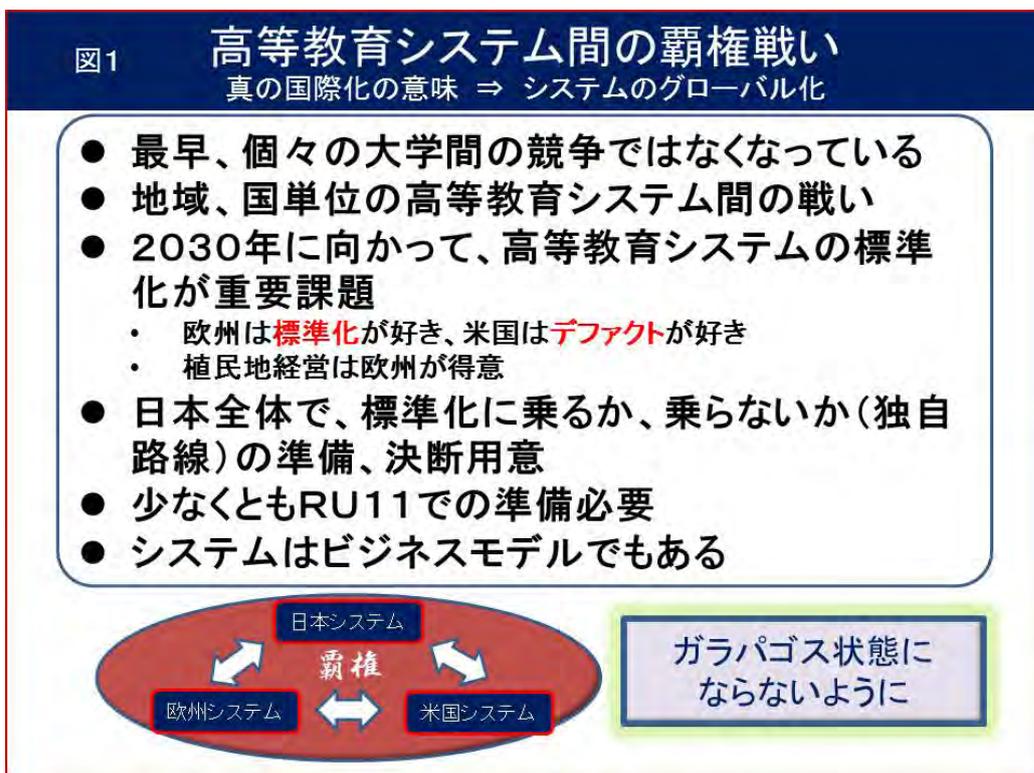
上に述べたように、マクロ視点での高等教育システム改革がなかなか進まないのも、特に学生の就業先出口である産業界の「いらいら」が、経団連などから「あからさま」圧力提言として出てくるようになってきています。それは今でも、高等教育は大学の専管事項だと信じておられる教員が多いことに対する警告でもあります。大学の専管であったのは、

大学進学率が18歳人口の20%程度だった時で、今から40年も前の話です。現在はその値が50数%、専門学校まで入れると80%以上になっていきますので、出口を引き受ける産業界と合同して、高等教育システムを時代の要請に合うように変

えていかねばなりません。大学としての育成したい人材の姿を見せつつ、産業界の仕様に合った人材を高度職業人として、育成・輩出させていくのが、大学のミッションのひとつです。職業人養成についての考え方が決まれば、大学人としての後継者養成についての考え方も自動的に決まると、筆者は思っています¹⁾。

4. 「強きを助け、弱きは無視」するマクロ策

マクロ政策誘導の典型が、教育拠点です。特に大学院改革、教育の国際化に関する課題です。繰り返しになりますが、国立大学の法人化以後、法人経営については自由度が増したとされていますが、文科省傘下の一部局からの法人への変化が本当に身についているかについての検証が必要になっています。法律や大学設置基準、廃止になった国立学校特別会計という、取決めのなかで一律な運営をしておれば良かった時代から、突然自ら考えて行動しなさいといわれても、それまでの慣性が大きくてなかなか思い通りに操船できていないのが実情なのではないかと思えます。



世界的な高等教育システムのオープン化の中で、標準化、国境を越えた教育システムの互換性などの外圧が発生してきています。それらに国として対応していかないと、何れ教育システムが世界競争に敗れてしまう危惧があります。国の施策としては、その他英語による学修コースの充実、留学生30万人計画、日本人留学生の拡充などがあります。独自性を強調して、われ関せずという道もありますが、下手をすると世界のなかで、孤立してしまうかもしれません。流行りことばでは、ガラパゴス化になります。

教育、特に大学院改革の拠点政策は、10年以上の歴史があります。21世紀COEプログラム⁴⁾、グローバルCOEプログラム(GCOE)⁵⁾、そして現在進行中の博士課程教育リーディングプログラムがあります⁶⁾。3つの拠点施策は少しずつコンセプトが進化していますが、大学院特に、博士人材が国際的に通用することを目指した仕組みです。筆者は企業を定年退職後、3年半ほどGCOEで大学院生のお世話をしました。また1年ほどはリーディング大学院の公募への応募に至る作業を担当の先生方と行いました。

大学全体の国際化への取り組みを促す施策としては、グローバル30プログラム⁷⁾や今年度から開始されるスーパーグローバル大学プログラムがあります⁸⁾。これらは、個々の大学の「強き」をさらに強くするという意味では拠点のようですが、対象が学部・大学院を併せた国公私立すべての大学全体ということで、拠点と言うには少し大き過ぎるように思います。そのため筆者の現場感覚として、活動が総花的にならざるを得ない様に感じています。

拠点政策の基本的な考え方は、個々の大学のマネーজে

ントを競争の中で結果的に大学の選別することの様に見えます。競争は全ての経営課題で一律に行うのではなく、国際的な高等教育システムのオープン化の流れの中で、国の政策目標毎に個別の企画実行コンペを行う仕掛けです。本来は教育法人の中期計画のなかで議論すべきですが、中期計画や年度事業計画では、どうしても抽象的になり、大括りの計画になるので、差別化が難しいということもあると思います。コンペの本質は「護送船団方式」で護られてきた高等教育システムからの転換を目指して、「強きを助け、弱きは無視」するです。

別の見方では、コンペが実施される分野では、選ばれた法人や部局はグッドプラクティス、ベストプラクティスを実現し、「収穫逦増」を目指しなさいということです。施策はそのために特化すべきです。筆者は、遂に国立大学でも「親方日の丸」から脱皮して、経済学の対象になったと認識しています。すなわちマイケル・ポーター言うところの「競争優位」です⁹⁾。

「強き」が収穫逦増を目指すと、無視される「弱き」は収穫逦減、あるいは「収穫激減」となることが想定されますので、施策としてセーフティネットが必要で、「弱き」を「強き」に転換さ

図2 わからない国際化の意味？
何を称して国際化というのか？

- 研究内容の国際競争 → **イノベーション**
 - 国際共同研究 (大型研究施設、個人・チームサイズ)
- 経済的覇権 国際ビジネス、人材 (日本人留学生派遣)
- 教育ビジネスとしての 留学生獲得 (18歳人口減少問題)
 - 留学生30万人計画
- 留学生対策としての英語での学位取得コース
- ダブルデグリー
- 単位互換、 サンドイッチ型、……
- 研究・教育サテライト拠点(在日本⇔在海外 双方向)

もっとも重要なのは、学位の国際通用性の担保
学士、修士、博士 それぞれの質保証の根拠を説明可能か？
International License or Certification by the **Organization**

研究内容・成果は何れ自動的評価がなされる (研究者の自己責任)

せることが必要です。そのためには、全ての分野で、歴史的経緯、現在および未来の社会的要請、学術の成熟度からミッションとその実行手段の見直しが必要です。

「強き」は全体最適を見据えて、拠点施策を活用し、分野毎の経営資源『ひと・もの・かね』のリアロケーションを行うことにより、「さらに強く」を目指す。一方、「弱き」組織の「強き」への転換作業は、国の支援がありませんので、リアロケーションを含む自助努力で行われることが当然です。もし現場でその手順が踏まれないならば、法人の全体最適の立場から、学長以下経営者のリーダーシップの下で転換が実施されなければなりません。オープン化の外圧をうまく利用して、学生を含む高等教育法人の構成員全員がハッピーになることを目指すことです。それでも、転換ができない場合は、残念ながら退場せざるを得ません。

さて、高等教育システムオープン化のゴールの設定をどうするかが、われわれの課題です。筆者はそのゴールは大学が授与する「学位の国際通用性」の担保だと思っています。つまり卒業、修了する学生の質が国際標準以上であることに尽きると思います。大学ランキングでも、評点で「評判」の占める割合が大きいことを考慮すると学位の国際通用性は重要な留意点のひとつです。図2にまとめを示します。大学はそれぞれ自らの経営理念に沿って、所属する学生が国際品質を満たすように、競争優位な高等教育システムを設計し、実践することが求められています。コンペへの参加もこの点に留意すべきです。単に目先の資金のみを目指すことがあってはなりません。

5. 分散から集中へ 特定課題研究拠点

ここ数年、国のマクロ政策に沿った特定の課題解決型のトップダウン型のプロジェクト・プログラムが設定されています。日本の持続的発展を継続するためのボトルネックになりそうな課題

を選び、そこに集中的に、研究開発資源を集中するという仕掛けです。科学技術基本法と、それに基づく科学技術基本計画の中で、具体的な施策として実施されています。環境・エネルギー・資源に関する課題は、文科省の元素戦略プロジェクト、経産省の希少資源代替技術開発プロジェクトとして、併せて府省連携課題解決型プロジェクトとして推進され、その後、多くの府省連携研究開発プロジェクトのお手本となっています¹⁰⁾。

文科省の元素戦略プロジェクトは、物質の構成要素である元素をコストと資源量を勘案しながら、新たな物質を作ったり、高価な材料を安価な元素に置き換えたり、ものづくりに要するエネルギーを低減するなど、様々な元素の可能性を引き出そうという国家戦略に基づくプロジェクトです。この分野、すなわち物質科学をベースとする材料工学、産業は先輩たちの努力により、国際競争力があります。しかし、その優位性は必ずしも安泰では無くなって来ています。元素戦略は総じて、約10年の歴史がありますが、H24年度からスタートした研究拠点型は、それまでの文科省のプロジェクトと全くフォーメーションが異なっています。すなわち、元素戦略の主要分野を4つにし、それぞれに拠点を設け、そこへ集中投資するという体制です。各拠点では、拠点長のもとチームを編成し、日本中から関連の研究者を集めるということになっています。ベテランはそれぞれの本務地と拠点を兼務しますが、若手は拠点へ集合して、under the one roof を実現することになっています。特にベテランの先生方は、拠点メンバーとして参画する条件として、それぞれの学術分野でのアイデンティティが明確であることが求められます。アイデンティティがないと、拠点の内での立ち位置が見えなくて、貢献できないばかりか、拠点メンバーとして認めて貰えないということになります。

各拠点の構成は、①理論・シミュレーション、②もの(物質・材料)づくり、そして③計測・評

価、それぞれの専門家のバランスを考えなさいということになっています。国家課題を解決するのが目的ですので、成果は最終的に何らかの「ものやサービス」が見えないと評価されません。論文や特許を出して終わりと言う訳には行きません。若手を拠点に集中させるのは、新たにこの分野への参加者を増やしたいという目論見でもありません。異分野からの参加も大歓迎というスタンスです。拠点マネジメント原則は、国内に分散している研究開発リソースを集中し、衆知を集めて活動することです。アカデミアの先生方にもこのような研究方式に慣れて頂くことも目的のひとつです。ファンディング側のマネジメントとしては、4分野毎に研究推進会議を設置し、さらに、それらをまとめる形で運営統括会議が設定されて、プログラム全体のかじ取りをする仕組みとなっています。また、分野によっては、製品化へのシームレスな橋渡しを目指して、経産省の関連の研究開発プログラムと合同でのガバニングボードが設定されていて、国家プロジェクトとしての整合性の確保を図っています。

加えて、基礎研究から実用への橋渡しを行う拠点として、大学等での基礎研究の成果物質を実用材料特性が測定できる形にまで試作する施設が、国研に措置されました。永久磁石については、産総研中部センターに、蓄電池については、物質材料研究機構に、それぞれ設置されています。これら施設では、立ち上げトレーニングの終了後、大学等で開発された、新規な物質を持ち込めば、実用可能かどうかのチェックができるようになります。筆者は数年前からこのような基礎と実用を繋ぐ公の橋渡し施設の実現を国の委員会等をお願いしていましたので、形を作っていただいたことに感謝しています。今後は橋を渡る物質が多数でくることを期待しています。

文科省研究拠点の別のタイプとして、WP I (世界トップレベル研究拠点プログラム: World Premier Research Center Initiative)があります¹¹⁾。

これは基礎研究分野でテーマ(リーダー)を決めて、国際的に研究者が集まって来て貰うという国際集中研究センターです。現在9か所が選定されています。WP Iは研究資金のうち人件費など基盤になるもののみ補助金として支給され、研究活動費は参加者全員が自ら競争的資金を獲得するというスキームで運用されています。拠点は、既存の大学共同利用機関法人や、大学附置研究所と異なり、特定課題研究に集中した仕組みになっています。

もう一つの例として、GREENE(グリーンネットワーク・オブ・エクセレンス)先進環境材料分野のふたつのプロジェクトがあります。ひとつ目は、東京大学が代表の「人材育成ネットワーク構築と先進環境材料・デバイス創製」¹²⁾、ふたつ目は東北大学が代表の「グリーントライボ・イノベーション・ネットワーク」¹³⁾であります。これらは、それぞれ環境材料に関する研究を実施しますが、さらに、人材育成・教育のミッションが付与されています。東大が代表のプロジェクトは、東大、京大、物材機構、慶應大、早稲田大のほか、大学・国研が共同で大学院レベルの相互乗り入れの講義を実施しています。また各機関に設置されている、ハイテクのナノプロセス機器を使ってデバイス作成実習も実施されています。さらに、大学間で大学院単位互換が始まっています。東北大学のプロジェクトはトライボロジーのプロジェクトですが、元々人的資源が少ない分野です。トライボロジーは、主に機械工学の分野で、実務として発達してきた分野ですが、最終的には原子レベルでの現象を、摩擦・潤滑などのマクロの性質につなぐことでブレークスルーをもたらすと期待されています。省エネ省資源、環境問題でのキーテクノロジーとして、益々重要性が増しているため、東北地方ばかりでなく、全国的に注目度も高く、学生その他、企業の技術者養成の活動が進んでいます。

6. メディアム・サイエンス研究拠点

本来、研究プロジェクトは明確な目的に向かって、研究リソース「ひと・もの・金と時間」を集中的に配分し、全力で走り、目的達成後は速やかに解散するものです。そのためにマネジメントは最適化されていなければなりません。例として、「小惑星探査機のはやぶさ」があります。プロジェクトでは次期計画があっても、それは別建て体制として構築すべきものです。元素戦略研究拠点型や、WPI はまさに課題毎に個別のプロジェクトを切り出したものと理解すべきです。プロジェクト終了後は体制を解散することが条件、アポトーシスが組み込まれていることが必須です。

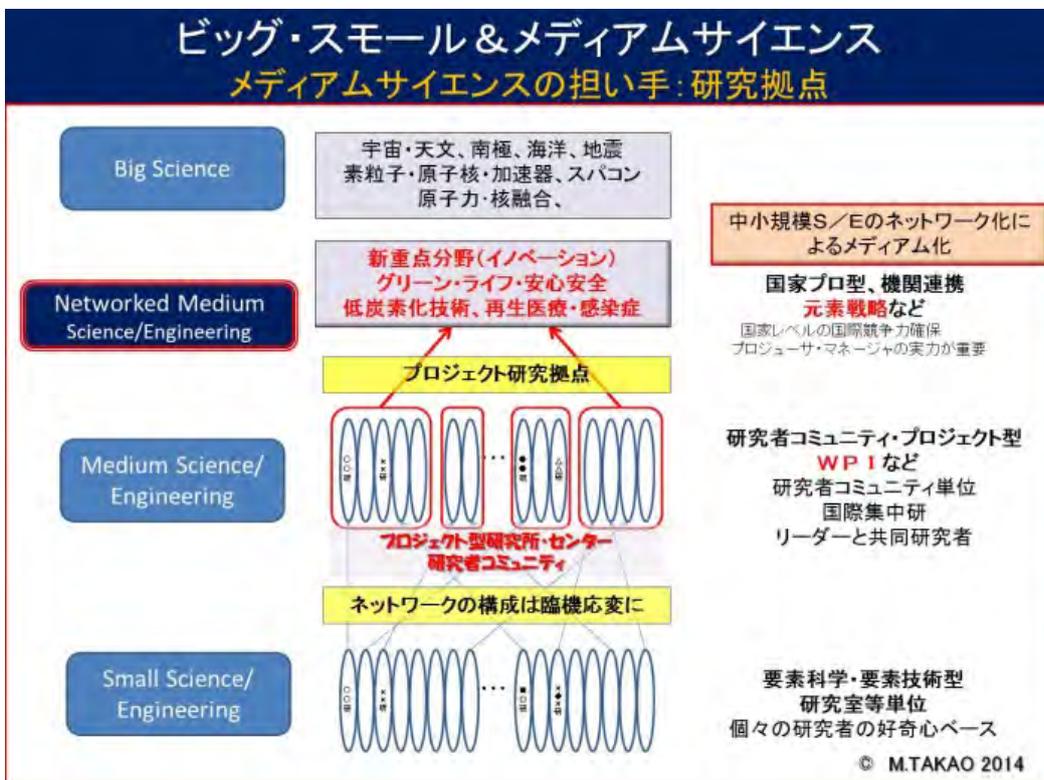
拠点型プロジェクトの場合、事業終了後の継続について、コミットメントを要求されることが殆どなのに、アポトーシスとはどういうことかという疑問があることは承知しています。ここでは、プロジェクトは一旦終了し決算をして、新たなマネジメントに発展・進化させるために、終了プ

うという意味です。なぜならプロジェクトでは、グッド／ベストプラクティスを見出して、全国的に水平展開することも視野にあります。そのために、先進的／先導的なマネジメント実験も推奨されています。実験がすべてうまくいくことはあり得ませんので、継続してよいマネジメントとそうでないものを峻別することが終了時の評価項目であります。

プロジェクト終了後はグッドプラクティスを根付かせるための、運営体制の最適化を図って通常のマネージメントに取り込んでいく努力が求められています。その体制は、終了プロジェクトのそれをそのまま引き継ぐのではなく、拠点長交代を含む運営体制の全面見直しと、最適化も考慮されなければなりません。

高エネルギー加速器研究機構（KEK）など、大学共同利用研究機関では、幾つかのプロジェクトを傘下に抱えて、それらを絶えず回して行く運営方法が取られています。粒子加速器を用いた科

学や、大型望遠鏡を使うビッグサイエンスでは、プロジェクト運営をしないと成り立たないということもあります。一方、生命科学や物質科学などのスモールサイエンスの担う役割を有する大学附置研究所でも、歴史的に創設時にはプロジェクト運営から始まっているところ



プロジェクトの良い部分を中心に再構成しましよ

が大半なのですが、時間経過とともに、プロジェ

クト運営が減って、研究者個人のCuriosityに依存する研究が増えてきているように思います。しかし、目標達成のために特定の個人研究の「旬」の時期に、その研究の規模（投入研究資源）を大きくしないとけない基礎研究分野も増えてきています。そういう状況で、国家的課題を解決する場合や、国際競争力のある基礎研究活動の受け皿をどうするかという命題に対して、研究機関・組織の枠組み、壁を越えてオープンに、オールジャパンあるいはグローバルに研究リソースを集中する研究拠点の仕組みの必要性が出てきたと解釈すべきです。

本来は共同利用研・大学附置研などが受け皿となるべきですが、そうはならない、なれないところが課題です。別の見方をすれば、国家課題を解決するには、最早スモールサイエンスの枠組みでなく、スモールとビッグの間を繋ぐ、オープンな「メディアム・サイエンス／エンジニアリング」あるいは「ネットワーク型メディアム・サイエンス」というグレードを意識して作っていくことが求められていると思っています。ネットワーク型というのは、大きなHUB拠点の周りに小さめのサテライトを配置する構成で全体を拠点とするものです。図3に以上の考え方のイメージを示します。「メディアム・サイエンス」という用語は筆者の発案・造語ですが、「特定課題研究拠点」はまさにその実行施策になっています。

7. 研究設備共用拠点とネットワーク

科学・技術の研究に必要な設備は、ものづくり、計測・評価、計算機シミュレーションとそれぞれ分野で、装置の性能に依存することが日常的になっています。固体物理やエレクトロニクス分野では、試料作製装置の性能でデバイスの特性が定まってしまうたり、サブナノメートルのプローブがなければ見えない構造があったり、高速演算ができ、かつ大容量のメモリーが装着されていないと、大規模計算シミュレーションができな

ったり、研究そのものの内容が装置で規定されてしまいます。

性能のよい研究装置を持っていて、きちんと運転できていることが研究基盤になってしまう場合があります。研究が半導体や液晶と同じく装置産業化してしまいました。化学の分野でも、高分解能NMRや、質量分析器はコモディティになっています。

持てる者も、下手をすると維持管理費の重圧で潰れてしまう可能性もあります。その結果、潰れて修理ができないと折角の高価な装置が埃をかぶって倉庫に眠ったままということに成りかねません。国の施策としては、高価な装置群を研究室単位、研究科単位、あるいは単独の研究機関単位で、分散設置することは、財政上も不可能ですし、それぞれに維持管理の費用を措置することもできない事情があります。そこで、装置群を大きさ、目的、等に分けてオープンなネットワークで管理運営する拠点仕組みづくりがここ10年ほど進められてきました。ここにも「オープン」というキーワードがありますが、アカデミアだけでなく、産業界にも開放してオープンイノベーションを支援する意味も含まれています。

設備共用は、超高圧電子顕微鏡、大型電子計算機（スーパーコンピューター）が主要大学に整備されたことに始まりますが、近年の設備の高度化と多様化とシステム化に適応する形で共用システムが進化してきています。研究設備共用拠点のミッションのひとつに、設備利用に関するノウハウの蓄積と教育・普及啓蒙活動もあります。

共用の仕組みはいくつかあります。まず、「特定先端大型研究施設の共用の促進に関する法律」という長たらしい法律の適用を受けている大型放射光施設（SPring-8）、中性子利用施設（J-PARC-MLF）、スパコン（京コンピューター）、およびX線自由電子レーザー施設（SACLA）があります¹⁴。これらは国の大きな予算を使って用意された多数のユーザーを想定した施設であります。

維持運転経費にも多額の予算を使うので、ユーザーの公平性を担保するために、上記の法律（共用法）で使い方が規定されています。この仕組みは、SPRING-8が運用を始める前から検討され、その後、J-PARC、京、SACLAと新たな大型施設が運用開始される度に改良されてきました。

二番目の仕組みは、「先端研究基盤の共用促進」及び「共用プラットフォームの形成」です¹⁵⁾。これは、大型研究装置を保有する大学、国研がそれらを共通のルールのもの、アカデミア、産業界に貸し出すという仕組みです。もとはそれぞれの施設がバラバラの仕組みで貸し出していたものを、ルール化して、ユーザーからのアクセスを容易いものに改善されています。最終的にはポータルサイトにアクセスすれば、ワンストップで申込みできるようになることを目指しています。KEKのフォトンファクトリーや、阪大の大型レーザー、高性能NMRのネットワークなどが参加しています。

三番目は、半導体デバイスなどに特化した仕組みとして、「ナノテクノロジープラットホーム」です¹⁶⁾。これは、前身の仕組みからは10年以上の歴史があるものです。材料創成、ナノ・デバイス作成、ナノ計測の分野に分けられて、実行体制が組織されています。こちらもワンストップ・アクセスを目指しています。ご存知ない方はポータルサイトを覗いてみてください。

8. サービスとしての拠点運営

拠点はそのオーナーになる場合と、ユーザーになる場合があります。オーナーはそれなりにメリットもありますが、サービスを提供する義務が生じます。その顧客は学生の場合もあれば、研究者の場合もあります。またオープン化に伴い自らの所属機関外の顧客へのサービスもあります。顧客の要望に応じていくことが、ファンディング側の条件です。サービス提供のためのスタッフや場所の用意も必要です。最近では拠点リーダーが属す

る研究機関が主契約機関となり、共同研究機関へは主契約者から再委託形式を取る場合が多く経理業務も複雑になってきています。主契約機関は、機関としての実行責任が伴いますので、経営者の認識も必要です。拠点リーダーはプロジェクト全体の進捗を見届ける仕事のほか、資金面の管理もしなければなりません。

拠点形成支援施策は、政策誘導が目的なので、時限が原則です。プロジェクト期間終了後のデザインも必要です。ゆえ、拠点のオーナーを目指す場合は覚悟がいらいます。オーナーを引き受けることのメリット・デメリットを組織全体で共有化しておくことが必要です。無用意に拠点型の競争的資金に応募することは控えなければなりません。

9. URAと拠点

URAは拠点の競争的資金応募時に活躍する機会が多いと思います。本稿を参考に応募書類を調製する際の参考にさせていただけると幸いです。研究型拠点の場合には、プロジェクトが、基礎研究中心から応用へとフェーズが変わっていくのが望ましいわけです。その際に、運営体制、研究資源配分をフェーズに合わせてダイナミックに変えていくことが成功の確率を上げるために必要です。遂行体制は、常に「ドリームチーム」でなければなりません。アカデミアの場合研究期間の途中で体制変更は難しい面もありますが（企業では容易です）、プロジェクトへの応募時に、節目でプロジェクトリーダー等のマネージャーの交代を含む体制見直しを当初計画に入れておくと比較的スムーズに体制変更が可能になります。応募時に期間を通した研究とマネジメントに関するロードマップを提案できるのは、URA以外にありません。そういう事前の仕込みがあれば、拠点に選定された場合に、URAとしてプロジェクト運営の見届け責任を全うできます。逆に、URAとしてプロジェクトの見とどげができないようなプロジェクトを支援するべきではない

とも言えます。

表Ⅱに事業遂行上お役に立つと思う“*URA Know How 10 II*”を10項目文末に示しておきます。

10. おわりに

筆者は、表Ⅰの赤文字で示したように、いくつかの拠点プロジェクトのお手伝いをさせていただいています。特に元素戦略ではプログラム運営統括委員を仰せつかっています。またGREEN Eでは、採択時、事業開始後の運営でお手伝いをさせていただいています。それぞれ筆者なりに思

い入れもあります。その経験からの本稿とさせていただきます。

国の拠点政策は、身動きの悪い組織を予算措置して動かそうとするものです。拠点は、経営者、拠点リーダーが、それなり覚悟がないと、十分な効果が得られません。組織のガバナンスが問われます。URAは常に全体を見て身の丈に合っているかどうかを含め、経営者と拠点リーダーに覚悟を促すことと、事業開始後はパフォーマンスが適正かどうかについてのウオッチが重要な仕事です。

表Ⅱ.

URA Know How 10 II

- URA Know How II-1:** 拠点には種類がある
- URA Know How II-2:** 時代に合わなくなった日本の高等教育システムを世界を牽引できるように
- URA Know How II-3:** オープン化とはシステム間の覇権争い
- URA Know How II-4:** ガラパゴスにならない手立ては？
- URA Know How II-5:** 強きはさらに強く
- URA Know How II-6:** 拠点のミッションに人材育成を考慮すべき場合が多い
- URA Know How II-7:** 拠点等のプロジェクトにはアポトーシス(自然な終わり方)を組み込んでおかなければならない。
- URA Know How II-8:** メディアムサイズのサイエンスが研究拠点の本質
- URA Know How II-9:** 設備共用拠点は利用ノウハウを貯めて、ユーザーの便宜を図ること
- URA Know How II-10:** 拠点はサービス組織である。

参考資料 関連URL

- 1) 大阪大学 URA メルマガ 2014 2月号
<http://www.lserp.osaka-u.ac.jp/ura/files/OU-URA-mailmag-201402-essay-integ.pdf>
- 2) 学術研究懇談会 RU11 HP
<http://www.ru11.jp/about.html>
- 3) 「ネットワーク組織論」今井賢一、金子郁容 岩波書店 1988
「資本主義のシステム間競争」今井 賢一 筑摩書房 1992.
筆者は、今井先生とは1993年頃に出会いがありました。当時、筆者は企業の企画部門で、研究開発企画、事業企画を担当していましたが、仕事の流れを掴めず悩んでいました。偶々、今井先生の

「システム間競争」というコンセプトのご教示を受けてその後仕事のレファレンスとさせていただいています。その頃はビジネスに関するシステム間競争が主題でしたが、高等教育システムも同じくシステム間競争に入ったことに気が驚いています。高等教育分野は20年以上遅れているというのが実感です。

- 4) 文科省 21世紀 COE プログラム
http://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/coe/main6_a3.htm
- 5) 文科省 グローバル COE プログラム
http://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/globalcoe/
- 6) 文科省 博士課程教育リーディングプログラム
http://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/kaikaku/hakushikatei/1306945.htm
- 7) 文科省 グローバル30プログラム
http://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/kaikaku/1260188.htm
- 8) 文科省 スーパーグローバル大学
http://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/kaikaku/sekaitenkai/1319596.htm
- 9) 「競争戦略論〈1〉」マイケル・ポーター ダイアモンド社 1999
- 10) 「元素戦略 科学と産業に革命を起こす現代の錬金術」中山智弘 ダイアモンド社 2013.
- 11) http://www.mext.go.jp/a_menu/kagaku/toplevel/
- 12) 文科省 GRENE 人材育成ネットワーク構築と先進環境材料・デバイス創製
http://www.newkast.or.jp/event/h26/event_140625.html
- 13) 文科省 GRENE グリーントライボ・イノベーション・ネットワーク
<http://res.tagen.tohoku.ac.jp/~tribonet/link/>
- 14) 特定先端大型研究施設の共用の促進に関する法律
<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/H06/H06HO078.html>
- 15) 文科省 先端研究基盤の共用促進」及び「共用プラットフォームの形成」
<http://kyoyonavi.mext.go.jp/info/about02>
- 16) 文科省 ナノテクノロジープラットホーム
<https://nanonet.go.jp/>

7月号 URA ESSAY

「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 —

「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 —

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

URA ESSAY

要旨： 研究活動、産学連携等で、いわゆる「目利き」の必要性が唱えられてきた。「目利き」とは何かにあつての定義は曖昧である。本稿では、「目利き」が骨董品鑑定にあつての本物と贋作を見分ける手法を参考に、研究活動での「目利き」のあり方について私見を述べた。特に、古美術鑑定と同様に、研究活動では「ひと」そのものが、再生産不可能な「お宝＝財」あることを前提に、「目利き」が”Game Changing” な仕事をしてくれそうな人財を選ぶことが、重要であるという認識について述べた。目利きはさらに、選ばれた人の仕事の成果を見届けることにより、開運をもたらすこともミッションとしていることも確認する。

テレビ東京の「開運！何でも鑑定団」で活躍されている、古美術鑑定家の中島誠之助さんによりますと、骨董屋が本物と偽物を見抜くのは、理論ではないそうです。知識としての理論は勿論必要ですが、最終的に真贋を判断するのは、骨董品からの語りかけを見抜けるかどうかだそうです。語りかけを中島さんは、品物の「ライン」あるいは「すがた（姿）」と言つておられます¹⁾。さらに、品物を包んでいる風呂敷や箱の「様子」、(骨董界では「次第」と言うそうです)をみたら、真贋がわかるそうです。中島さんは、名キャッチ・フレーズ「いい仕事していますね^え」のほか、品物を褒めるときに、「いい景色ですね」という言葉を使われます。それが語りかけのひとつだと思ひます。語りかけとは「オーラ」と言つてもよいかも知れません。

骨董屋の修行はとにかく、美術館や美術展などで本物を見ることに尽きるそうです。修行中は本物しか見てはいけなくて、そこで、語り

かけの受容法を会得します。昔、骨董屋は跡継ぎに、本物しか見せなかつたとも言われています。中島さん自身も実際本物しか見なかつたそうです。骨董社会の骨董たる所以は、中島さんよれば、現在において「(再)生産できない社会」*¹⁾ だそうです。古い時代に作られて、時を経たものとほとんど同じものが現代にできたとしても、それは決して骨董(古美術)品ではなく、悪意のもとで作つて販売すれば、当然ニセモノになります。本当に目の利く(一流)骨董屋は、「再生産できない本物」と「再生産可能な贋作」を感覚的に見分けることができ、そうでない(二流)人は本物と偽物の区別がつかないそうです。

それならば、目利き仕事とは何かということを考えます。ことばの遊びですが、暫し、目利きの本質を探るために、お付き合いください。アンデルセンの童話に「みにくいアヒル子」があります。アヒルが生活する集団の中で生まれ

てしまった、白鳥のこどもの話ですが、この場合は、アヒルの集団の中での異質性は分かっていたのですが、白鳥とわかるのには時間が掛かっています。アヒルか白鳥かは分からないにしても、変わっていることは見えていますし、時間がたてば、アヒルか白鳥の区別は自動的に付きますので、判断は不要です。ことわざに「掃きだめの鶴」というものもあります。ゴミ捨て場のような汚いところに、美しい鶴が居るという意味ですが、これも明らかに目立っているので、判断する人は不要です。ならば、「ドングリの背比べ」はどうかというと、ほとんど同じものが一杯あるという意味で、区別できない状況を示しています。「玉石混淆」というものもあります。宝石になる原石と、只の石ころが混じっていることです。これも、よく見てルールに従って手間を惜しまずに、時間を掛ければ選別することが可能です。万葉集の東歌に「信濃なる千曲の川のさざれ石も君し踏みてば玉と拾はむ」（巻14：3400）があります。意味は「信濃の千曲川の小石でも、あなたがお踏みになったらダイヤモンドとして拾いましょう」です。河原の小石に想いが入れればダイヤモンドほどの価値になります。恩師犬養孝先生のことばをお借りすれば、日本人の持つ言霊（ことだま）信仰です³⁾。挿入写真は、長野県小諸城跡から撮影した最近の千曲川です（筆者撮影）

「目利き」をスッキリと例えようと思って、何か参考になるものを探したのですが、非常に難しいのです。

世間では難しい故に「目利き」と言う単語に全てを押し込んでしまって、説明を避けているようです。全てを押し込んでしまうと、単語の意味の解釈は、人によって全く異なることとなります。

まず、産学連携の立場で、アカデミアでの研究成果を産業界に繋ぐ(技術移転)ところで、成果整理、見極めをする人を「目利き」と言っている例があります²⁾。そのために必要なスキルを養うために、様々な講座が開かれています。確かに基礎的な知識とそれを生かすスキルは必要ですが、それらを学んだだけで「目利き」になれるわけではありません。教室で学んだことからすぐに、成果の産業化の是非が見極められるのであれば素晴らしいことですが、そんなことはあり得ないことです。基礎的な知識とデータをもとに、単に事務的に処理できるのなら、パソコン上でその作業をさせればよいわけです。目利きを名乗るのは勝手ですが、ほんとうに役に立つものと、役に立たないものを分別することにはならないと思います。ごみ（塵、芥の類）を取り除くくらいはできると思います



が。

分別手段は他にもあります。ステージゲートの考え方に基づくフィジビリティ・スタディ (FS) がそれに当たります。つまり、役に立ちそうなものを、たくさん集めてきて、一齐にスタートアップの仕事を開始して、篩(ふるい)に投げ込むことにより、分別することです。一個一個試験するのではなく、多数のテーマを一齐に走らせることにより、比較しやすくなります。一齐に比較するところが、この方法のミソです。判断を下す方は平均値と最高値が瞬時に分かるので便利なのですが、最高値と判断されるとハッピーですが、平均値以下と判断される場合は、つらい場面になることが避けられません。デスクワークよりも手を汚して試験することになるので、一見、格好の悪い方法ですが、スマートぶったやり方よりも早く結果がでる他、納得性も高まります。うまく篩を通りぬけたものは、次のステージへ向けてさらに目の細かい篩を通すなどの、仕掛けで順番に選別すればよいし、篩を通り抜けられなかったものは、粒度を細かく直して(再構成)再投入すればよいわけです。網目の細かさを設定するには、スキルが必要ですが、何度も篩を通すことにすれば、精密な篩の網目の用意は必要がありません。頭を使わずに効率よく分別できます。

もちろん、いわゆる「目利きさん」とっては、腕の見せどころが無くなってしまいうので、困るようにも思いますが、まずはより正確さ、公平さと時間短縮を含む効率を第一に考えるべきです。最終的に残ったものをどう料理するかは「目利きさん」の仕事ではなく、ものづくりのプロの仕事です。ある程度出来上がったものを、ものづくりのステージに持ち込むのは、このやり方の方が手っ取り早いし、昔から企業で、やってきた方法だと思います。人間コンビナトリアル法ともいえます。要は選ぶ人の感

性に頼らずに、誰でも何処でも使える標準的な方法を用いて候補を篩にかけ選び出す(すなわちスクリーニング) 仕組み、仕掛けを用意した方が科学的にも公平になるということです。入札と同じ考え方です。

産学連携に関しての技術移転推進は、連携の仲を取り持つ人の感性に頼ってしまうと、下手をすると、その人の個人的成果追及のネタになって、肝心の顧客である研究者や企業の満足度を下げてしまい、技術移転そのものが不達成ということになりかねません。現実はその類の例はあると思っています。国の施策としては、移転に耐えうるほどの成果物なら、ほとんどがデーターとして表現できるはずですが、もし、データーベースが整備できないようなら、もともと技術移転の対象に成り得ないとも言えます。データーベースを使って、標準的な判断の基準となるツール(クライテリア)を用意することに注力すべきです。現実には、それに近いことが業務として行われていますが、誰が使っても同じ結果になるようなツールとして完成していないだけだと思います。筆者の感覚では、産学連携にクライテリアに基づき判断するコーディネーターは必要ですが、個人の感性に依存する目利きは不要です。

国のイノベーション関連の様々な会議で、「目利き」待望論がでるようになって久しくなりました。上に述べたように、主に産学連携の場面での「目利き」の政策的必要性に関して議論がなされています。産学連携の仕事はここ十年ほどコーディネーター職が充実してきていますので、敢えて目利きを標榜する必要はないと思います。前述のように、「目利き」という術語の定義が曖昧な中で、施策ごとの都合で単語が使われるのは、混乱を深めるだけで余り良いことではありません。結果何を求めているのかが見え無くなってしまっています。

上記のコーディネーターは、学（アカデミア）側の都合で仕事をしている人のことです。一方の顧客である産業界側でも、自らの都合で仕事をする担当者が居ます。例えば、学側が技術移転したい案件を、学のコーディネーターがアレンジしてショーケースに並べたとしましょう。学側の思いは、そのすべてが「価値の高い玉」として陳列します。学側の思惑通り、産から見て、相当数が引き合い対象になることが望ましいことです。しかし、産側の担当者の評価は、一点のみ高価な「掃きだめの鶴」状態である場合もあるでしょうし、時には「ドングリの背比べ」の場合もあるでしょうし、さらには、熱狂的な特定の研究者のファンがいて、「千曲川の小石」状態の場合もあるでしょう。学と産で価値判断基準が違うので当然のことです。産側の企業の担当が変われば、同じものでも異なる評価になるでしょう。学側が、産の担当者が見る目がないとぼやくのも、産側が学は役に立たない研究ばかりやっていると非難するのも、的外れです。

価値観が違うというのが、多様性の最も重要な点です。また、価値基準は時と共に変化もします。今日の判断が5年後に180度変わっていることは大いにあり得ます。お互いに相手の価値基準を知って活動することは大切ですが、相手の言いなりになることは、多様性の確保の点から避けなければなりません。学に所属するコーディネーターはこの状況をよく理解して活動することが要件ですが、彼らが産側の事情を全て把握して活動することは不可能です。学のコーディネーターも、産の担当者もそれぞれタフなネゴシエーターであることが必要条件ですが、学が産に土足で踏み込んで押し売り、押し込みすることは絶対にやってはいけません。コーディネーターは、産学連携は純粋にビジネスであることと、学は学、産は産を

基本として、学と産の間に横たわる価値基準の差が、恰もないように見せるスキルが求められます。と言う訳で学と産にまたがって仕事をやる「目利き」もやっぱり不要です。

一方、現在、研究機関で求められているのは、各々の研究分野で新たな研究テーマを創造できそうな人を探し出すことです。この場合の探す人が、研究機関に所属するURAです。URAは修行をして、「目利き」になりたいものです。人探しは、いわゆる「白眉」を求めることに他なりません。基礎研究あるいは“Game Changing”を目指す研究は、特定の人、即ち『白眉』の全人格によって実施されるものだからです。この場合、人に研究テーマが付きます。開発フェーズでは、研究開発テーマが天下りの存在し、それを誰かが担当するというで組織化されます。ここでは、研究テーマに人が付きます。開発リーダーは目的に向かって、与えられた研究開発リソース（ひと・もの・金）のやりくり算段することが最重要な仕事です。やりくりが上手くないと判断されたら、マネージャーとしてのリーダーの首を挿げ替えることで対応し、研究開発活動は継続します。しかし、研究者の全人格に頼る基礎研究や“Game Changing”の場合には、その人がずっこけたら（結果白眉でなかった）それで研究活動は、お仕舞いです。

付け足しですが、ベテランが自身の研究テーマを深耕することは当然ですが、それも何れ終焉が来ます。新たな研究テーマ、研究領域を創りだしてくれそうな若手を、できるだけ研究人生の早い時期に見出して、研究チャンスを与えていく機能が研究機関に必要で、機関の長に成り代わってその任を担う人が本来の意味での「目利き」です。勿論、研究機関レベルだけでなく、国レベルでも同じく「目利き」が必要です。国の施策の中では、この視点を明確にし

ていません。研究機関では学問領域の栄枯盛衰を見ながら、常に新たな研究テーマを生み出していかないと、研究機関自体が衰退してしまいます。研究者の新陳代謝を進めることが研究機関の持続的発展の最も基本的なマネジメントです。

URAの機能として期待されている業務のひとつに新規研究テーマ、プロジェクトの玉だしと編成（フォーメーション）があります。URAは研究機関に所属する以上、目利き能力を期待されていますが、実行が大変難しい業務です。ここでは、白眉探しに関して、ふたつのケースを議論します。まず、チーム研究向けの“Game Changing”テーマ玉だしと研究リーダー／マネージャーの選出、およびプロジェクト編成について、二つ目は、独創的な個人研究を実施するのに相応しい若手研究者を「金（かね）の草鞋をはいて探す」ことに触れます。

第一のケースとして、URAが、多くの個人が行っている多様な研究テーマから、プロジェクト運営した方が、研究効率が上がり、より速く結論が導きだされ、国際的なインパクトがありそうなもの、すなわち、「“Game Changing”な研究テーマ」を探し出し、最終的にファンディング機関に支援依頼提案を出していくことが、プレ・アワード以前（プレ・プレ）のステージになります。目利きとしての仕事のうち比較的明解なものです。

作業的には、URAが、数多くの研究者が行っている研究活動の中から、オリジナリティがあり、数年後に主流になりそうな研究テーマ編成ができそうで、当然多数の他研究者の研究参加がありそうであり、さらには、その研究者が飛躍しそうであるということを見抜くことです。URAはこの時、「目利き」にならなければなりません。目利きになるためには、骨董屋と同じように、一流研究者とお付き合いさせ

て頂くことから始めます。誰が一流かについては、自ら調査を行い、それなりの高名な研究者に教えて頂きリストアップします。最後はURA自身の見識で一流とその他の区別を決めなければなりません。他人に任すことは無責任になります。名のある研究者は、一見さんには会ってこない場合もありますので、知り合いに推薦紹介をお願いすることも必要です。また、会って頂ける場合には、自分自身の専門外の話題になる場合でも、最低限の予習は必要です。多少なりとも話題が繋がれば、信頼して頂ける確率も高くなります。

直接研究室を訪問するなどのほか、学会での講演聴講、シンポジウムやワークショップへ出かけて直に主張をお聞きすることなど、自分の眼で確かめるよりほか方法はありません。もっと直接的なのは、URA自らワークショップなどを企画して、関連の研究者に参集してもらうことにより、交流させていただくことです。

新規研究テーマが数年後に主流かどうかについては、「たられば」の仮定であり、上手く行くかの保証は全くありません。研究者にとって不確実な話題である以上、大きなお世話と感じ取って、付き合ってくれない場合も有り得ます。それでもURAとしては、たとえ「大きなお世話」、「お節介」と言われようとも、何とかしないと、所属する研究機関、研究者コミュニティ、更に、URA組織自体もジリ貧になってしまいます。

プレ・プレステージはリスクが大きいので、取り掛かりでは、関係者のみのクローズな取組が普通で、慎重に物事を運ぶ必要があります。しかし、良質の玉を探し出し、磨き育むという観点では、リスクであっても研究機関全体では計画的に実施していく必要があります。うまく研究者と研究テーマの候補が探し出せた場合、次のステージでは、状況をみながら、その

候補者を広く研究者コミュニティに見せていくということになります。

大きなお世話だと言われないように、まずは研究者とのURAの個人的信頼関係を作っていくことからこの作業が始まります。日本の首相と米国大統領の個人的信頼関係づくり、ファーストネームで呼び合えるというケースと同じだと思ってよいと思います。次に、誰と信頼関係を作るべきですが、最終的にはURA個人の「好き嫌い」から入れば十分です。「好き」になるとはその研究者の将来性を買うこと、即ち投資の対象です。「嫌い」とは研究者に何のアプローチもしないことです。

誰と付き合うかの大きなサーベイは必要ですが、選択はURA個人の感性と見識からの判断で決めれば良いと思います。関連の専門家などに相談することを含めたサーベイにURA個人として納得すれば、とにかく活動を始めることです。「好き嫌い」に関することです。拙速はよくありません。プロジェクト企画、応募に数年掛けることを基本にスケジュールを頭において行動することが大切です。研究プロジェクトを創るのに、何故「ひと＝人財」を選ぶことから入るかについて、恐らく疑問に感じておられることと思います。繰り返しになりますが、新規のプロジェクトは2～3年後に採択されればよいとすると、現在実施中の研究テーマを多少膨らませただけでは、その時に既に時代遅れになってしまう可能性が大きいので、5年10年後に花開きそうなテーマ設定をしなければならぬことになります。そこで、目利き能力を発揮して選んだ人物と一緒に、プロジェクトフォーメーションを設計することから始めます。

実際のやり方は、目を付けた研究者・先生の背中を絶えず押しながら、新規プロジェクト計画を仕上げていくことになります。ここでU

RAは専門家ではないので、特に、研究テーマの新規性チェック、チーム編成の有効性、研究スケジュールの妥当性などの観点から、プロジェクト編成に関わります。研究テーマの専門性に関わる諸々については、分かれば尚可ですが、それは無理として、マネージメント面、コンプライアンス面からのサポートに徹した方が素直でよい研究計画になると思います。首尾よく採択された場合はプロジェクトの立ち上げまで、URAとしての仕事が継続していることが望ましい姿です。

ここでの注意事項は、URAのプレ・プレ業務としては、既存のプロジェクトの延長、またはマイナーチェンジと見なせる計画については、関わらないということを明確にしておくことです。プレ・プレ業務は、あくまで“Game Changing”を目指すことに焦点を合わせることで、延長型計画は、研究者にとっては、重要な案件ですが、URAにとってはメリットがないからです。勿論、URAの業務として、プレ／ポストアワード業務は、現場から要請があれば実施することは当然です。

二つ目のケースとして、独創的な個人研究を実施するのに相応しい研究者、それも若手で探し出すことでの「目利き」の役割について述べます。競争的資金のうち、科研費の若手枠、JSTの「さきがけ」プログラムは、若手の中から上記の目的を果たしてくれそうな人を探し出す仕組みです。科研費若手枠は、よく言えば配分後は自己責任実施、悪く言えば放たらかしで、到底「目利き」が関与できるものではありません。JSTのさきがけは、総括とアドバイザーの注視の下で、50人ほどのメンバーが研究領域内で切磋琢磨することになっていますが、総括やアドバイザーが目利きのように目利きではありません。なぜかと言うと、プログラム終了後は、同窓会で集まることはあっても、

参加メンバー一人ひとりの行く末を責任もって見届けるミッションは付与されていないからです。

筆者は、目利きには見届け責任があると思っています。研究者コミュニティへの新規参入者（New Comer）に付き物の現象に、初心者幸運（Beginner's Luck）があります。初心者ゆえの無邪気さから生ずる科学的新発見があり得ますが、柳の下に二匹目の「どじょう」はいないのが普通です。しかし、その事実をもって、一人前の研究者になったと勘違いするひとが結構多いものです。また、目利き気取りの先輩が、新人の Beginner's Luck を利用して、悪乗りすることも散見されます。言語道断です。目利きの見届け責任のひとつが勘違いを是正することですが、目利きが勘違いを助長することになってはいけません。

URA／目利きとしては、まず独創性のある若手の研究者を探さなければなりません。上述のように制度として確立しているファンディング事業への応募者も、非常に多く存在します。将来のある若手は、骨董品と同じで「(再)生産できない社会」での「再生産できない本物のお宝＝人財」であって欲しいのですが、URA／目利きさんが対象者を網羅して調査することは不可能です。そこで登場するのが、万葉集の「千曲の川の小石」です。目利きさんがこれぞと思った石を見つけ、それをダイヤモンドだと思って磨くことのほか手段はありません。即ち、URAは五感を総動員し、時によっては第六感を加えて、多くの若手研究者の中から、中島さんのいう「語りかけ」「オーラ」を感じるものを選び出す。ことわざでは、「金（かね）の草鞋を履いて捜す」ということも同値です。金の草鞋を履く以上、研究機関内に留まらず、日本国内、海外を、丈夫なかねの草鞋をでないと到底もたないほど、隈なく歩いて、若手を探

すのがURAの任務です。様々な人々と出会うことにより、URAの人を見る目も肥えて、一流の目利きに近づきます。若手の個人研究の場合は、研究テーマの是非から選ぶよりも、若手の感性に期待して選んだ方が研究者として伸びる可能性が高いと思います。勿論、野放図に任すのではなく、適切なアドバイス／メンタリングのもとでの研究活動がある場合の話です。

選ぶのは、一流目利きの特権で、選ばれる人の意思には関係ありません。次に、その選ばれた人を手元に置き、目を掛け、メンタリングをし、売り物になる一人前に育て上げるという「見届け責任」を果たす。これまた、中島さんのいう「様子」「次第」を、手間をかけて施すことが目利きの仕事です。選ぶ方も選ばれる方も、決死の覚悟が要ります。選ぶ方のURA／目利きが一流でないと、選ばれる若手から拒否されないとも限りません。目利きはその見識が陳腐化しないように、常に勉強が必要です。

中島さんは、過去ご自分で扱った骨董品に対しては、「いじった」と表現されています⁴⁾。筆者は、中島さんの骨董屋としての好み・趣味・感性・愛情が見えるようで清々しい言葉だと思っています。若手を選ぶときの選ぶ側の趣向が、選ばれる側の意向に関係なく、見えていることが必要です。折角「選び、選ばれ」ても、本当に白眉になるかは分かりません。若手の努力もありますが、そのほかに運もあります。惜しくも、白眉で無かったときは、勝手に選ぶ作業をしたURAの不徳の致すところであり、選ばれた側の責任ではありません。そういう意味で、URAが目利きとして、若手を金の草鞋を履いて辛抱よく探し出し、責任を持って目をかけ、運が開くのを、愛情を持って助けること（いじること）ができれば、「**開運！かねの草鞋を履いた鑑定団**」がキーワードということになります。筆者は、ここが、研究テ

マの良し悪しで選ばずに、人で選ぶことの本質だと思っています。ちょっと見には、非科学的ですが、人を選ぶのですから、感覚的・情緒的な、得も言われぬ選びの方が合っていると思っています。全てうまく行けば、URA/目利き冥利に尽きます。

では、URA/目利きが優秀な若手の「語りかけ」「オーラ」を感じることはできないときは、どうしたらよいのか？ その時は、残念ながら修行が足りないので、名刺に「目利き」の肩書を印刷するのを諦めて、再修行の道を辿るしか方法はありません。

最後に、そもそも「目利き」は自薦で名乗れるかということを考えて見ましょう。実は骨董屋は、名乗ってしまうと、商売ができなくなるようです。自分の商売（利益）のためには品

物の値踏みをする必要がありますが、お客のために値踏みをすると、客の想定を下回ったときなど、下手をすると客が逃げてしまうこともあり得ます。本当の目利きは自ら名乗ることはなく、周囲の者がその人の見識を顕彰して、「目利き」という称号を献上していると、思った方が良いでしょう。仲間内のお手盛りで名乗っても同じことが言えます。逆に自ら目利きを名乗っている輩は、本物と偽物の区別がつかない二流ということになります。

URAも一流の目利きを密かに自認するのであれば、自分からは、「目利き」を売りにしない方が、仕事し易いかもしれません。周囲の人が言うのは自由ですが。

(完)

引用文献 マーク付き

- 1) 『ニセモノはなぜ、人を騙すのか？』 中島誠之助 角川書店 角川 ONE テーマ21 2007 21 ページ
- 2) JST事業の例：「大学等、研究機関の研究成果を実用化するための技術移転・産学連携業務に従事する人材(目利き人材)の専門能力の向上、目利き人材のネットワークを目的とした研修」
<http://www.jst.go.jp/tt/mekiki/>
経済産業省の事業例：「新事業創出のための目利き・支援人材育成等事業」
<http://www.meti.go.jp/policy/newbusiness/mekiki.html>
- 3) 『改訂新版 万葉の旅 中』 犬養 孝 (平凡社ライブラリー) [文庫]
- 4) 引用文献1) 119 ページ

Summary: It has been discussed that connoisseur of *Mekiki* are necessary in both research activity and academia-industry collaborations. In this essay, I will discuss who is the best young researcher or the research project leader, by referring the eyes of connoisseur who can distinguish the true and false of the old goods. In the higher research activities, distinguished researching persons who cannot be reproduced anymore as well as the expensive and precious antiques, which are not also reproducible in the present days, are the human treasures. It is important that connoisseurs in research field should distinguish the leading person who will get game changing achievements or not, and that connoisseurs also follow up the work of the distinguished person until his research completeness. Then the good fortune will come true.

9月号 URA ESSAY

「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 －

1. はじめに、
2. シュンペーターの「創造的破壊」、
3. 宇宙創造と光ディスク、
4. 秩序の階層と対称性、
5. 融かして固める構造改革、
6. 融かすか？融かさないか？
7. 物理帝国主義と創造的破壊、
8. おわりに。

「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 —

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

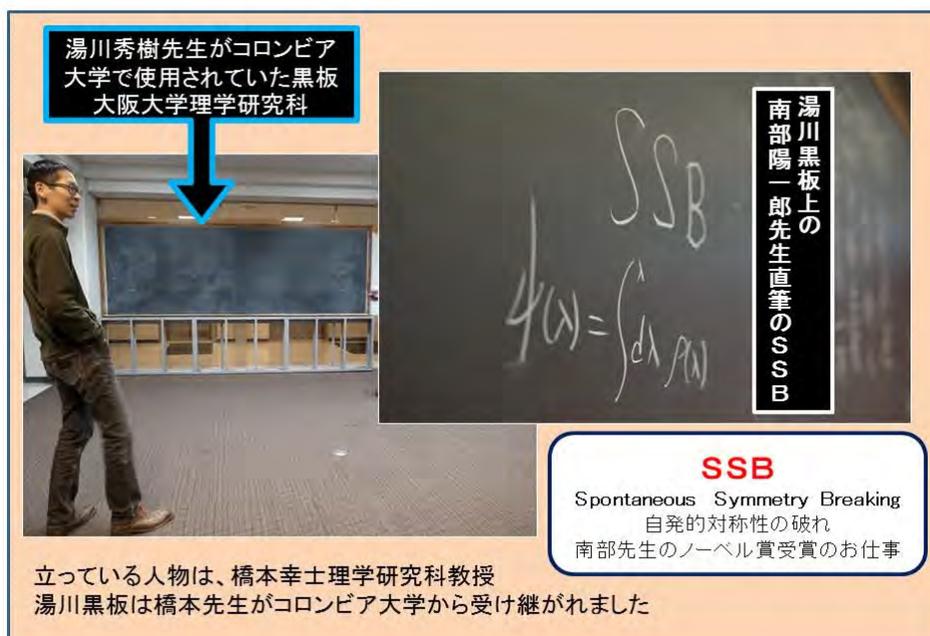
URA ESSAY

要旨： 経済学者シュンペーターの創造的破壊と物理学の自発的対称性の破れの関連を通じて、法人経営における最適化について議論した。創造的破壊はイノベーションの原点であり、イノベーションを起こすためには、マネジメント上の新結合が必要である。具体的には、組織の創業から成長・拡大期を経て、成熟そして停滞期への変化が、自発的対称性の破れに従う対称性の逐次低下と見なすと、停滞期から再成長へ方向転換するためには、自発的対称性の破れによる対称性を低下する以前の高さへ戻すことが重要であることを示した。この観点は企業のみならず大学においても同様である。むしろ経済原則・資本の論理が働きにくい大学での意図的な対称性の回復作業が必要である。

1. はじめに 本年（2014年）5月に、大阪大学理学研究科に、湯川秀樹先生がアメリカ、コロンビア大学で使用されていた黒板が移設

されました。60年以上前の設備ですが、今なお使用に耐えるほどのものであり、阪大でも学生さんたちの日常のディスカッションで使用

することになって
います。移設に尽
力くださったのは、
理学研究科の橋本
幸士教授です。お
披露目の集まりが
開かれましたが、
その時に、南部陽
一郎先生にお越し
いただき、黒板に
書き初めをいた
だきました。南部先
生は「SSB」と書か
れました（挿入写
真参照：岩崎 URA



*) Schumpeter の日本語訳は、最近ではシュンペーターと標記されていますが、本来はシュムペーターとすべきです。本稿では最近例にならった標記に従います。 55

撮影)。お披露目に参集いただいた方がその意味がわかるまで少し時間が掛かりました。

「SSB」は、Spontaneous Symmetry Breaking の略で、訳は「自発的対称性の破れ」です。南部先生がノーベル賞を受賞された基本コンセプトです¹⁾。湯川・南部という二大ビッグネームがコラボした素晴らしいイベントでした。本稿での話題は、湯川黑板ではなく、南部 SSB です。黑板に関しては、既に橋本先生がメルマガの記事にされていますので、そちらを参照ください²⁾。

物理学は世の中の現象をできるだけ抽象化・単純化して理解し、何らかの数学方程式に変えて理解しようとする学問です。これにはニュートンに始まり、相対性理論のアインシュタイン、量子力学のシュレジンガー、ハイゼンベルグ、素粒子論の湯川秀樹、量子電磁力学の朝永振一郎、そして宇宙論のガモフ、ホーキング、に至るまで連綿と続く系譜があります。最近の日本人ノーベル賞受賞者では、小柴昌俊先生、益川敏英先生、小林誠先生、そして南部陽一郎先生も系譜に繋がります。

ボルツマンに始まる分子原子からの見方を体系化した統計力学という分野があります。これは熱と仕事の関係をまとめた熱力学をミクロスコピックに解釈する重要な分野です。一見無造作に動いている空気の分子でも、その大きさ（ナノスケール）に対応する観点でそれぞれを追いかけ、それを統計的に平均すると、われわれが自分の目で見える世界での性質として定まってくるという物理像に基づいています。この見方は成功を収め、物理・化学のほか、様々な分野に影響を与えました。

一旦、抽象化してしまうと、別の現象の解釈に適用したいと思うのは「物理屋」の性^{まが}があります。それで、森羅万象全てを、物理的に解釈をしてしまおうという非常に横柄な態度に

走ってしまうこととなります。これを「物理帝国主義」と言います⁴⁾。さらに、社会現象も物理屋の視点理解してしまおうという企ても出てきます。上に述べた統計力学は、乱雑さの中の規則性を観る学問です。人間社会も個人個人は乱雑に動いていますが、ある人数集まって社会・コミュニティを構成すると、規則性が見えて、方向が定まってきます。まだうまく行っているわけではありませんが、統計力学屋は経済学者、社会学者などの社会科学者の鼻を明かそうと、虎視眈々と機会を窺っています。本稿では、統計力学関連には触れません。

南部先生の SSB は物理現象の様々な場面で登場しますが、生身の人間社会でも似たような現象があり、また、SSB を考慮すると『目からうろこ』で複雑そうな社会現象を単純化することも可能です。勿論、人間の関係することですから、そんなに簡単に全てを解きほぐすことはできませんが、「物理帝国主義」者は平気でそうやってしまうのです。物理屋の端くれの筆者も、本稿では「物理帝国主義者」になりきることを楽しみにしますので、しばらくお付き合いください。物理屋がどういう人種なのかをご判断いただければと思います。

2. シュンペーターの「創造的破壊」

シュンペーター(1883-1950)はハンガリー生まれで、オーストリア、ドイツそしてハーバード大学で活躍した経済学者であります^{5), 6)}。アインシュタイン(1879-1955)とほぼ同時代、ハイゼンベルグ(1901-1976)よりも17歳年上であります。また、経済学者ケインズ(1883-1946)とは同い年でありませぬ。シュンペーターは、企業家精神(アントレプレナーシップ)の大切さを強調し、世の中を変えるのは、イノベーションであると主張しました。日本では技術革新と訳されていますが³⁾、本質は技術革新を引き金にして、社会自体を変革することと

理解されています。技術革新はイノベーションを興す一つの要素です。シュンペーターは新奇な技術とそれ以外のものの組み合わせが変わる『新結合』(ドイツ語で *neue Kombination*) が重要で、それによって、社会自体が変わることがイノベーションだと言っています。そのことを「創造的破壊: Creative Destruction」と言いました。その論旨が最近復活して見直されています。シュンペーターは、有名な著書の中で「*This process of Creative Destruction is the essential fact about capitalism.*」と言い切っています⁶⁾。この見方が出てきたのは、相対性理論や量子力学がまさに生まれて完成しつつあったその時期であり、宇宙論を含む物理観がまさに革命的に変わろうとしていました。それらが、どのように発展し、人間社会に影響するかよくわからないものの、何かイノベーションがありそうだという期待があったことと、同時代にシュンペーターが経済学者として活躍したということとは無縁ではないと、筆者は想像しています。そういう意味で、物理学と経済学は密接な関連があると言うのが筆者の主張です。

経済学では、大きく天下国家レベルの議論がなされます。経営は企業等の関するものであります。シュンペーターの議論は国家レベルの議論ですが、「創造的破壊」という見方は、経営にも準用できますし、筆者はむしろそうすべきだと考えています。経済学では、様々な数学を駆使することで進歩していますが、本稿では、その流れとはちよと違う観点でのお話となっています。

3. 宇宙創造と光ディスク

約 138 億年前に、突然火の玉が生じ、現在の宇宙が出来上がったというガモフの宇宙創造「ビッグバン」仮説が、様々な証拠により検証されて、標準説になりつつあります。火の玉をある時間経過したあとからは、アインシュタ

インの方程式に従って星ができ、宇宙そのものが膨張するという宇宙の進化が始まりました。

時間が経ち、火の玉の温度が下がるにつれて、宇宙は膨張し、さらに相転移を繰り返し、様々な素粒子が生まれ、最終的には、宇宙の大半を構成する、水素とヘリウムが形成されます。さらに宇宙は膨張を続け、水素やヘリウムが集まって恒星や銀河をつくり、その銀河が集まって銀河団をつくり、さらに、万里の長城のような銀河の集まった壁をつくるというように、宇宙に秩序の階層(ヒエラルキー)が形成されてきました。では、宇宙の始まりの火の玉が生じる原因は何なのか、あるいは、その後ある時期に宇宙が急速に大きくなった(インフレーション)とされていますが、その元となるエネルギーは何なのかと言う疑問が起こります。原因は、何もない真空がエネルギーを持っていて、そのエネルギーを使って真空自体が相転移したと言われています。真空は何もないはずなのに、何か起すというのを凡人が理解するのは難しいのですが、宇宙論の専門家がそういうのですから、信じるほかありません。

「相転移というのは、何なのか」ですが、われわれの周りの身近なところにたくさん起こっています、まずは、水を暖めると水蒸気になったり、冷やすと氷になったりすることは、相転移です。あるいは相変化と言います。銅と亜鉛をある割合で混ぜると、元の原料と性質の異なる真鍮になることも広い意味での相転移です。鉄は室温では永久磁石にくっつきませんが、赤くなるほど熱すると、くっつかなくなります。永久磁石そのものも、特別の温度以上で磁石でなくなります。様々な金属・合金や化合物を冷やしていくと、ある温度で突然電気抵抗がゼロになる、超伝導現象も相転移することにより実現します。南部先生は超伝導が生じるメカニズムから、ノーベル賞のお仕事を考え着かれたそ

うです。

筆者が昔開発研究に携わったものに、ブルーレイやDVD-RAMなどの光ディスクの記録材料があります。具体的には、光ディスクの内、書きかえ可能なものと、一回限りに書き込みができるタイプのものです。ブルーレイやDVD-RAMの場合は、結晶相と非晶質相の二つの相の間で、光学的性質が異なっていることを利用していますので、「相変化型光ディスク」と言っています。結晶相と言うのは、原子が規則正しく並んでいる場合で、秩序相と言うこともあります。一方、非晶質相と言うのは、固体なのですが、原子が液体のように乱れた並びになっており、離れた原子の間では、規則性がなくなっている状態で、無秩序相とも言います。液体構造のまま、凍ってしまった状態と理解できます。筆者は開発に関係しませんでした。DVD-RW, CD-RWなども同じく相変化型の光ディスクです。

水の場合は、秩序正しく水の分子 H_2O が並んでいる氷や雪が結晶相に対応し、分子が自由に動き回ることができる液体の水が非晶質相に対応します。但し、光ディスクの場合は、無秩序相も固体であるのが、違っているところです。相変化光ディスクの場合、無秩序層を得るには、一旦レーザーを照射して、物質を加熱・融解させて、その後急冷する過程を経させます。そうすることにより、液体と構造の近い固体を得ることができます。この状態は様々な測定手段で無秩序相であることが分かっています。どのくらい急冷かという1秒間に 10^{10} 度冷やすというとてもない冷却を行います。これくらいだと、原子振動が1000回あるかどうかの間（通常原子は1秒間に $10^{13} \sim 10^{14}$ 回振動しています）に固まってしまうので、液体の性質が残った熱的に準安定な固体になり、きれいな結晶でない無秩序相が形成されます。勿論

これを高温で保持（アニール）すると、時間が経てば、原子拡散移動が起こってきれいな秩序のある結晶になります。

4. 秩序の階層と対称性

上述のように、宇宙の秩序には、階層があります。同様に、相変化光ディスクの記録材料の秩序相にも階層があります。最も上の階層にあるのは、非晶質相に最も原子の並び方が近いものであります。それから順に様々な階層が生じていると考えています。非晶質相は、液体に近い構造なので、ある原子に注目すると、すぐ隣はともかく、ある程度距離が離れると、どの方向にでも同じ確率で原子がいることになります。

ちょっと煩雑になりますが、立体幾何の問題を考えます。コラム1を参照してください。立方体は、ある面の中央と中心を通る軸を中心として、90度回すと、見分けがつかなくなります。また、コーナーと中心を通る軸の周りに120度回しても、見分けが付きません。このように、このように軸が、立方体では多く存在します。さて、ここで、立方体の各辺の長さを全部違えた直方体を考えますと、上の90度回した軸では、180度回さないと同じになりません。また120度回した軸では、360度回さないと元に戻りません。このように、立方体からずれると、360度に満たない回転に対して普遍的な軸が少なくなってきます。この事実を対称性 (Symmetry) が下がると言っています。最も対称性が高いのは、球で中心を通る軸をどこでとっても、何度まわしても同じです。液体は、上に述べたように、等方的なので、対称性が高いと言えます。

その次に対称性が高いのは、液体の構造に近い立方体構造を構成する結晶ということになります。コラム2を参照してください。DV

D-RAMでは、対称性の高い非晶質相と、次に対称性の高い立方体構造の間を往復させて、書換えを行っているので、何十万回も安定して、記録再生が可能になっています。我田引水ですが、相変化光ディスクで結晶相の対称性が高いことが大切であるということを提案したのは、企業時代の筆者のグループです。それを認めていただき、2005年度の文部科学大臣表彰を頂くことができました。

しかし、結晶はいつも立方体構造を形成するわけではありません。結晶の原子の並び方は様々で、六角柱構造になったり、上に述べた3方向の辺の長さが全て異なった直方体になったり、平行六面体になったりします。これは、結晶を構成する原子の種類が多くなると顕著になります。当然対称性は立方体構造よりは低くなります。ほとんどの物質では高温の液体から、温度が下がって結晶相になると、対称性が低くなります。これが「自発的対称性の破れ：SSB」という物理用語で表現します。南部先生のお仕事をこじつけで私たちの開発課題の解釈に利用させていただきました。

一般的に相転移があると対称性が変わるということを理論づけしたのは、ロシアの物理学者ランダウたちであります。実は、宇宙創造で様々な現象が連続的に起こるのも、同じ自発的対称性の破れと言っています。対称性が高いというのは、何にでも変化が可能であることと同義で、宇宙創造と光ディスクが同じコンセプトで理解できると言うのは、物理帝国主義の真骨頂で、物理屋を一日やったら止められない楽しさの原点であります。人間のことをマイクロコスモス（小宇宙）と言いますが、光ディスクはナノメートルの世界なので、ナノコスモス（ナノ宇宙）と言ってもよいでしょう。ゆえ、同じコンセプトで議論しても問題ないと思っています。

5. 融かして固める構造改革

いよいよ経営と物理の関係です。特に構造改革について考えます。ここでは、相転移と対称性との関連で議論します。構造改革というのは、国家レベルでも企業や大学法人レベルでも、ある定まった構造（仕組み）を別の構造に変化させることで、相変化そのものであります。

企業では、創業者が事業を始めた時が、まさにビッグバンであり、その後業容が大きくなるにつれて、「自発的対称性の破れ」、相転移・組織分化を行い、事業部などを最小単位とする、組織が出来上がります（コラム3参照）。同一企業内でも、隣の事業部のことは関係なく事業を進めるという仕組みは、高度経済成長期までは最強の経営ヒエラルキーでありました。そういう意味で、事業部制は、対称性の低い組織構造であります。対称性が低くても、その中で首尾一貫し、効率が高ければ、何の問題もありません。営業体制、技術部門、更に本社のスタッフ体制も自らを最適化するように、非可逆に相転移を繰り返し、逐次対称性を下げてきました。ここで注意すべき点は、対称性の度合いが、生い立ちの異なる組織では、それぞれ違っているということです。

コラム2とコラム3は、用語と矢印以外は基本同じ図を使っています。物理的イメージと経営組織のイメージが同じであるというのが、物理帝国主義の真髄です。

大学も組織であるので、入学する学生の多様化に対応するように、明治以来事業の拡張を続けてきました。特に、昭和40年代以降は大学進学率が急速に高まったので、時代の要請に応えるべく、大学数、学生数も大幅に増加しました。大学内でも、学部数のほか、学科数、構成講座や研究室数も増えました。まさに宇宙膨

張と同じような事態です。その時には、各構成組織の自己都合で拡大最適化するという自発的対称性の破れが起こっていたのです。

歴史的に、大学は当初欧米の制度、科学技術を日本に取り入れて、活用するための移転活動とそれらを駆使するリーダー層を養成することから始まりました。その後本メルマガ2月号で議論した「フンボルトの理念」に則って研究を通じた教育・人材育成ミッションも加わりました⁷⁾。その辺りから教育中心の組織と研究中心の組織に対する制度の間で流れの異なる「自発的対称性の破れ」による進化が始まり、教育制度と研究制度の分化が独自に進んで来ました。それは自然の成り行きなのですが、課題は特に研究大学では教育と研究の両方のミッションが備わっているために、対称性の異なる制度をひとつ屋根の下でマネージすることになってしまいました。結果、様々な矛盾が顕在化してきています。矛盾の解消のために、研究組織、教員組織と学生組織を分けることなどの様々な取り組みが行われて来ていますが、完全に解消しているわけではありません。本稿の主題である組織固有の「対称性」を考慮にいれた改革議論が必要とする所以です。

別の見方で、組織は、目的を目指して活動するために、自発的に仕組みを変えて最適化する能力を有しています。しかし、「任し、任される」あるいは、「事業部の自主経営、大学・学部の自治」という組織の自主性に委ねてしまうと、外圧等の環境変化に対して、身構えるように組織の論理を前面に出して変化していくのが常です。悪くいえば、居心地のよい身内のためだけの世界、すなわち対称性の下がる方向へどんどん逐次構造相転移して行き、気がつくとも周りとは、全く対称性の異なってしまっ、個々の下部組織が孤立状態にいることにな

ります。ここの組織はそれぞれ「井戸のなかの蛙（かわず）」状態か、ガラパゴス島の「鳥：フィンチ」状態になります。物理学の教えるところですが、対称性が異なるもの間では、相互作用をしにくいということがあります。企業でも大学でも組織の細分化が進み対称性が低下し、同じことが生じ、構成組織間のコミュニケーションが殆ど行われなくなってしまいました。

高度成長時代や、組織の発展拡大期には、「自発的対称性の破れ」による組織の細分化は意味のあることですが、組織が安定し、さらに成熟後、発展が止まってしまうと、細分化した組織は効率の悪さが目立ってしまいます。何らかの手を打たないと、組織が崩壊してしまいます。細かい組織が別々に潰れている間はまだよいのですが、何れ上位組織まで効率の悪さが伝搬し、身動きできなくなります。その伝搬は上に述べた組織間のコミュニケーションが悪いとある日突然やってきますが、その時は遅きに失することになります。過去、多くの企業が対応の遅れから、社会から消え去ったのも、個々の事業単位が居心地の良い場所を占め、企業全体での最適化、合理性を発揮出来なかったからだ、筆者は理解しています。

高等教育システムでは、大学設置基準の大綱化、国立大学の法人化が1990年代から矢継ぎ早に実施されました。私立大学では、大学設置基準の大綱化のあと、宇宙開闢後の急速拡大（インフレーション）と同じように、大学数が指数関数的に増加しました。これらの施策は新しい高等教育システムを目指すトップダウンのアクションであったはずでしたが、ほとんど旧来のシステムを温存したものとなりました。トップダウンの意味は、時代の要請を受け入れるために、根本的にシステムを再構築すること、すなわちビッグバンを再来させるべきだっ

たのですが、現実にはそうはなっていません。

国立大学の法人化体制では、学長のリーダーシップの下に、組織の実態にあった経営をすることになっています。トップマネジメントだけが自主的経営を目指しても、法人を構成する多くの組織が、法人化以前の文部科学省直轄時代に「自発的対称性の破れ」で最適化されたまま残ってしまったので、頭と尻尾が繋がっているようで、繋がっていない状況になっています。

大学では、新制大学になって60年を経て、その間数回のマイナーチェンジはあったものの、高等教育のユニバーサル化、押し寄せるグローバル化の波、研究自体の高度化とイノベーションの種出しへの要請、理工系、医歯薬系の高コスト化、産学連携の促進などに対応することなど、小手先の対応では、濟まなくなって来ており、近未来での高等教育+研究システム全体の再編は避けて通れません。特に、イノベーションが社会改革という観点では、理工系、文系を問わず大学の教育研究リソースを総動員して対応することが必要条件となります。

先に述べたように、国立大学では、従来から、「教育は教育、研究は研究」と分けて議論が進められることが普通でしたが、法人化後はひとつの経営体として、教育も研究もひっくるめて同じ俎上で議論しないと回らなくなっています。未だに教育と研究を分けて議論したい風潮がありますが、もはやそういう時代ではなくなっています。

もっと具体的には、(i)教育面では、高大接続、リメディアル教育、英語力強化、学士課程と修士課程の接続、学士課程と博士課程の接続と教育の質の向上、博士人材の社会との接続、留学生の派遣と受入などが、(ii)研究面では、研究者個人の *Curiosity* に基づく多様な研究の実施に加えて、国際共同研究・プロジェク

トの実施と、連名共著論文執筆の推奨、国家的研究開発課題への参画・具体的活動と、イノベーションの種、芽となる成果の見える化、そして(iii)法人マネジメントでは、学長のリーダーシップによるガバナンス、経営のオープン化と見える化実施、等々書き出すのも大変なほどの大量の課題(外圧)が、一気にやっています。それぞれに対しては、文科省もそれぞれに対応施策を実施していますが、大学側も担当する人材不足などで、うまく行くものとそうでないものが出てきています。そろそろ個別対応から全体を見た対応を目指さないと施策対応疲れが顕在化しそうです。

本当に組織を時代に適合し、上記の課題群を効率よく処理できるように変えるためには、創業・創立時に近い「自発的な対称性の破れ」による相転移があまり起こっていない状態を経由させる必要があります。このアクションを筆者は相変化光ディスクのように「融かして固める」と言っています。組織構造を変えて、本当に新しい秩序を得るためには、組織を融かして、一旦無秩序状態にすることが必要であり、そのために必要なエネルギーは、「顧客第一主義」によって供給されると筆者は思っています。新しい秩序は、融解後にできるシュンペーターのいう「新結合」によるイノベーションによって実現します。この構図は、企業でも、大学でも同じですが、企業では経済原則、資本の論理が働くことで、条件に縛りが入りますが、大学ではそれらの縛りが緩いので、意識して、改革手法を吟味しなければなりません。大学の顧客には構成員でもある学生、スポンサーである学生の親、社会全体、産学連携先、国立大学の場合は国が該当します。顧客からステークホルダーという見方に変えると、大学を構成する教員、事務職員も範疇に入ります。

顧客(ステークホルダー)は、大学経営へ

向けて、外圧・内圧をかける主体であります。基本的な圧力は、大学組織・運営が時代の要請に適合しているかどうかの差分から発生します。つまり、大学組織がオープンに外圧・内圧を感じているかどうかです。外圧・内圧を全て受け入れて行動する必要はありませんが、聞く耳はもっていなければなりません。大学の常識が、世間の常識とあっているか否かが判断基準です。

内圧は、組織全体に揺さぶりをかけることはありませんが、部分組織の自発的な改革のエネルギーになると考えます。外圧は逆に、組織の存亡に関わる構造改革を要請してきますので、トップダウンでの対応が必要となります。

一般的な組織改革では、いくつかの組織を改廃統合して、付け替えることが普通であります。手っ取り早く、気分を変えるには最適で、血を見ることもないので、好まれます。一見、組織を融かして、無秩序状態を通してのように思われますが、前の組織のそのまま、あるいは断片を温存したまま、新組織を作ることになります。これは、単なる混合であり、融かすことではありません。混合とは「きなこ」と「砂糖」を混ぜて単なる甘いきなこ作るのと同じであり、両方の性質すなわち対称性をそのまま残しています。こういう付け焼刃の組織改編は、あっという間に機能不全、陳腐化が起きます。そして短期間の内にまた組織改編が必要になります。何もしない手もありますが、その結果は「推して知るべし」です。

銅と亜鉛を融かして冷やすと、それぞれ固有の対称性を破壊し、真鍮という全く性質の異なる材料になります。これは、新しい対称性をもつ秩序相であります。一旦融解という無秩序化という対称性の高い相を通過しているところがミソであります。つまり破壊とは、対称性を高める操作と考えるとよいことになります。

相変化光ディスクでは、融かしたあと、非晶質相をアニールすることにより、最初にできる結晶は、熱的に準安定なかなり対称性の高い相が出現します。非晶質にならない物質では、いきなり、準安定な高対称性相が得られることがあります。つまり融かす行為のあとの創造とは、新たな高い対称性をもつ秩序を得ることになります。

真鍮や光ディスクの例からの教訓として、シュンペーターのいう「創造的破壊」とは、今までにないヒエラルキーの高い状態にある社会秩序を作り出すための行動と考えます。新たな秩序とは、イノベーションの結果でもありません。高いヒエラルキー（高対称性）状態からは、再び、自発的対称性の破れがおこり、ヒエラルキーが低い（低対称性）部分最適状態ができていきます。

6. 融かすか？融かさないか？

融かして固めるというのは、組織全体を改革することが可能ですが、大変乱暴なやり方で、既存の組織では、下手をすると致命傷になって、再起できない可能性もあります。組織全体を融かしてしまうと、創業時の理念や伝統・文化も無くしてしまいます。そういう場合も時によっては必要ですが、融かさなくても、部分的になるかも知れないけれども、組織改革ができれば、それに越したことはありません。

光ディスクのような物質科学の分野でも工夫すれば融かさなくても、叩いたり、延ばしたりして、機械的に対称性を変えて新たな秩序を得ることができるかも知れませんが、融かすよりも遥かに手間がかかりますので、現実には有り得ません。一方、人間の関わる組織の改革は、多少の不完全さが残る可能性があることと、血を見ることはあるかも知れませんが、経営者と構成員が覚悟を決めれば、融かすほどの

エネルギーを使わずに、ほぼ組織全体を創業・創立時代あるいは、その後すぐの発展期の対称性に可逆的に戻すことは可能です(コラム3参照)。関係する人の知恵と度胸があれば、実行できます。そのほか、愛嬌と誠実さも必要条件です。

融かさないで対称性が高い組織作る具体的方法ですが、それはそれぞれの階層毎に、チームを作って、プロジェクトを実施することです。大学での、協働プロジェクト例としては、(1) 国家レベルのものを企画・参画すること、(2) 大学間、国研と大学、大学と企業等の異なる法人間もの、(3) 大学内の研究科を跨ぐもの、(4) 同一研究科・専攻内でのものなどがあります。ここでそれぞれ(1)と(2)は、組織全体の改革に繋がるもので、トップダウンで、(3)と(4)は下部組織の改革に繋ぐものでボトムアップが基本です。

要するに、対称性の異なる組織、下部組織同志が、一つ以上の上の階層、即ち、「自発的対称性が破れる前の階層」に上って、協働プロジェクトを実施することです。協働プロジェクトは、参画者の間に横たわる障害物を無くし、あるいは高さを低める効果があるので、新結合が張り巡らされて、組織改革が容易に進みます。階層を順次上れば、どこかで他組織と対称性が等しくなるので、その状況を利用して協働プロジェクトを実施することです。対称性が同じものを探してコラボレーションするのが、ミソです。井戸の底にいる蛙を井戸から出して、同様の隣・近所の蛙が協働して行動を起こすことに対応します。

コラボレーションの種は何でもよいのです。マネージメント然り、研究開発然り、教育然り、産学連携然り、・・・です。気をつけておかなければならないのは、コラボレーションのためには、対称性(性格、主義主張)が似た

者同士が、まず集まることです。対称性が違った者が集まっても、最初の意見交換で合わないことが予想されます。どうしても性格が違っていそうな者同士で協働したいのなら、両方に対称性が似ている第三者を混ぜることで解決できるかも知れません。

7. 物理帝国主義と創造的破壊

融けた世界、あるいは 対称性の高い世界はまさにWWWのコンセプトであります。インターネットは、世界中に拡がっているので、遠くのサイトは確率的に均一に存在します。球と同じように非常に対称性が高いラウンドテーブルの周りに座っているのと同じです。イノベーションを興す基本的なアクションのひとつである口角泡を飛ばす、「わいわい」「がやがや」の議論は対称性が高い場面で初めて実現します。また、最近の流れであるオープンな研究開発も、メンバーへの参加撤退の自由が保証されれば、様々な人がコミュニティに参画できますので、一見無秩序のように見えます。しかし、そこでは公平・平等な秩序の下でコミュニケーションが行われますので、最も対称性の高い形態のひとつと見なせます。

物理学では、抽象化と数学をベースとするモデリングを基本として大切にします。一旦、モデルができると、それをほかの現象の解釈に適用することを躊躇しません。物理帝国主義の原点であります。物質科学の世界では、温度さえ上げれば、どんなものでも、融解します。融解すれば『融かして固める』ことは可能です。人間社会ではそういうわけにはいきませんので、知恵を駆使した工夫が要ります。人間臭さは工夫の中から得られます。残念ながら物理帝国主義は人間社会の現象の解釈に適用できても、人間臭い行動を提案することはできません。それが、生身の人間経営者が必要なわけで

す。

宇宙関連で、創造については、上に述べましたが、破壊現象もあります。小柴先生はマゼラン星雲で起こった超新星の爆発で生じた、ニュートリノをカミオカンデで見つけられました。超新星は恒星の生涯の最期を飾るイベントであります。そのとき星を構成していた物質を爆発的に空間へ無秩序に撒き散らします。撒き散らされたガスは、重力で自発的に再び集まり（新結合）、仏教的世界観の輪廻のように、新しい秩序である新たな星に生まれ変わっていきます。超新星は「創造的破壊」そのものであります。ビッグバンは本当の始まりですが、超新星は、終わりでもあり、再生でもあります。超新星爆発は、過去との決別でもあります。経営における「創造的破壊」は過去の成功体験を融かし、勇気をもって決別することではないかと考えます。それでないと新しい対称性を有する組織構造は出来上がりません。

付け足しですが、よく様々な場面で、「〇〇と〇〇を融合させて、新たな価値、文化を創ることが必要」という議論がありますが、正しいようで、正しくありません。ものごとやシステムを変えるためには、融かしたあと固めること (solidification after Melting) が、今までの議論で示したように必要です。融合は単に融かすだけで、対称性は回復しますが、自発的対称性の破れが生じ、目的にあった「新たな対称性」を獲得することができません。固めることが重要です。

8. おわりに

20年ほど前、筆者が企業の本社に勤務していた時に殆どが文系人材で構成されている部内会議で、「融かして固める」というコンセプトを話したところ、結構受けがよく、一世風靡??したことがあります。その後、「自発的

対称性の破れ」の考え方を加えて纏めなおしたものを、2003年に社内誌『新経営研究』掲載していただきました。フレーズ「融かして固める」を、20年来、筆者のURA業務を含む、研究・事業企画推進業務の基本にしてきました。本稿は、そのことを受けて11年後のリメイクになります。対象読者が、企業内から大学関係者へ変わったのでコンセプトを変えずに、全面書き直しました。当時は小柴先生がニュートリノ物理でノーベル賞を受賞された直後だったので、宇宙開闢のほか超新星を例に引きましたが、その後、南部先生がSSBでノーベル賞を受賞されましたので、話題として加えさせていただきます。

10年前は深刻なデフレの最中で、鬱陶しい日々でした。そういう時期の創造的破壊は、過去との決別の意味もありました。企業はそれぞれ組織構造改革を行って来ましたが、現在もデフレから脱出したとは断言できません。大学も変わりつつありますが、組織構造改革と言う点では、まだまだだと思います。本稿は物理帝国主義の観点で組織構造改革の実施法を示しています。経営学で議論される組織論でも議論のネタのひとつになればと思います。物理学に馴染みのない読者にも理解していただけるように、小柴先生、南部先生のお名前とお仕事を拝借させていただきましたが、ご了承ください。出来るだけ噛み砕いて書くように努力しましたので、少し長くなってしまいました。

南部 SSB：自発的対称性の破れは、物理現象以外、社会現象の至る所で起こっている筈です。読者の皆様は是非その在りかを探してください。見つければ、筆者にご一報頂ければ、是非それを酒肴にして、一杯やりながら議論を楽しむ集いを企画したいと思います。

本稿は、URA業務とは直接関係がありませんが、筆者が今まで本メルマガに連載してき

た記事の考え方の基本である「高尾節」を述べています。本稿に関するURAの業務を敢えて示しますと、第6節で述べた、組織間で実施する構造改革へ向けた全学的あるいは、部局間協働プロジェクトを企画・推進することになります。

(完)

引用文献 マーク付き

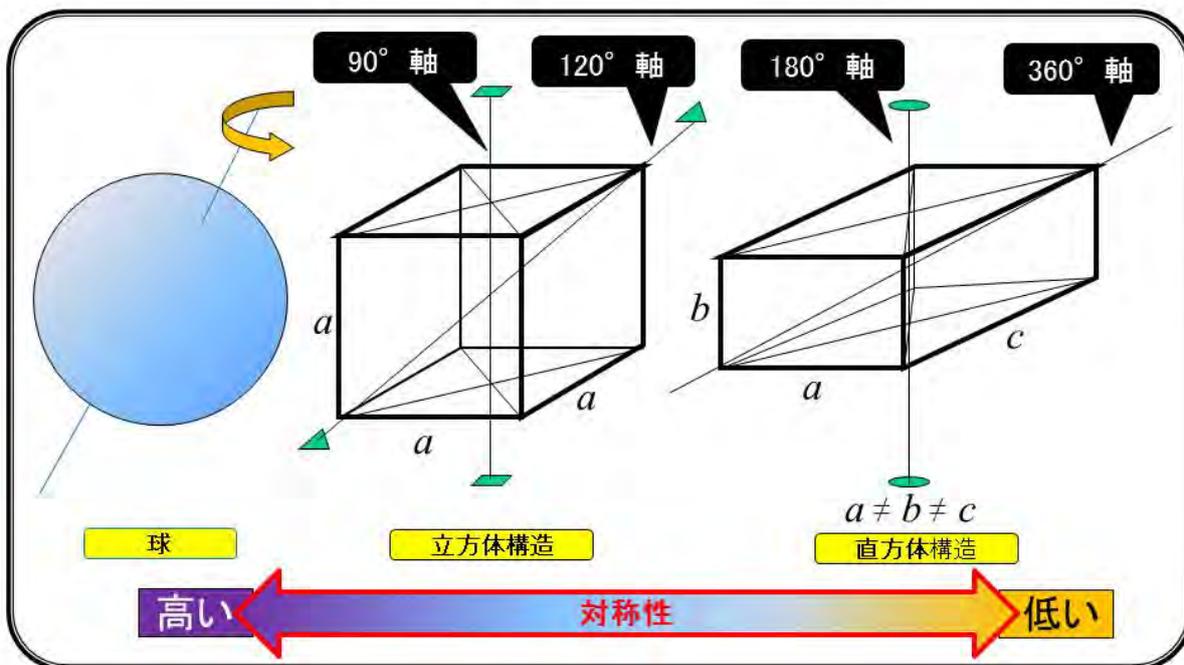
- 1) 南部陽一郎先生に関するノーベル財団の HP
http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2008/nambu-facts.html
- 2) 本メルマガ vol.8(2014.5月号)に橋本幸士教授の関連記事があります
http://www.ura.osaka-u.ac.jp/uramagazine/vol_008.html#01
- 3) 『経済白書』 経済企画庁 昭和31(1956)年
<http://www5.cao.go.jp/keizai3/keizaiwp/wp-je56/wp-je56-010303.html>
- 4) 『物理学の世紀 アインシュタインの夢は報われるか』、佐藤文隆著;集英社新書 1999年.
- 5) 『シュンペーター』、伊東光晴、根井雅弘著;岩波新書 1993年.
『いまこそ、ケインズとシュンペーターに学べ — 有効需要とイノベーションの経済学』吉川 洋
ダイヤモンド社 2009
- 6) 訳本は『新装版 資本主義・社会主義・民主主義』J.A.シュムペーター著 中山伊知郎、東畑精一
訳、東洋経済新報社 1995年, p.130.
- 7) 「大学に於ける研究活動と大学院教育」 —URAと研究大学—
本メルマガ (2014.2月号)
<http://www.lserp.osaka-u.ac.jp/ura/files/OU-URA-mailmag-201402-essay-integ.pdf>

Summary: J.A.Schumpeter, famous economist, had proposed a concept of “*Creative Destruction*”, and emphasized “neue kombination: new combination”, which were the keys of the “Innovation”. Professor Yoichiro Nambu, a Nobel laureate, had proposed another concept of “*Spontaneous Symmetry Breaking: SSB*”. Both concepts are generally applicable to the management of organizations. The organization had started like a Big Bang, had extensively grown, had matured, and at last had declined, and those sequential processes have been caused by the SSB. When the declined one intentionally revive to the starting point of before SBB, the creative destruction process must be necessarily required. This point of view is true not only for private corporations but also universities, whose managements are really far from principles of economics or capitalism.

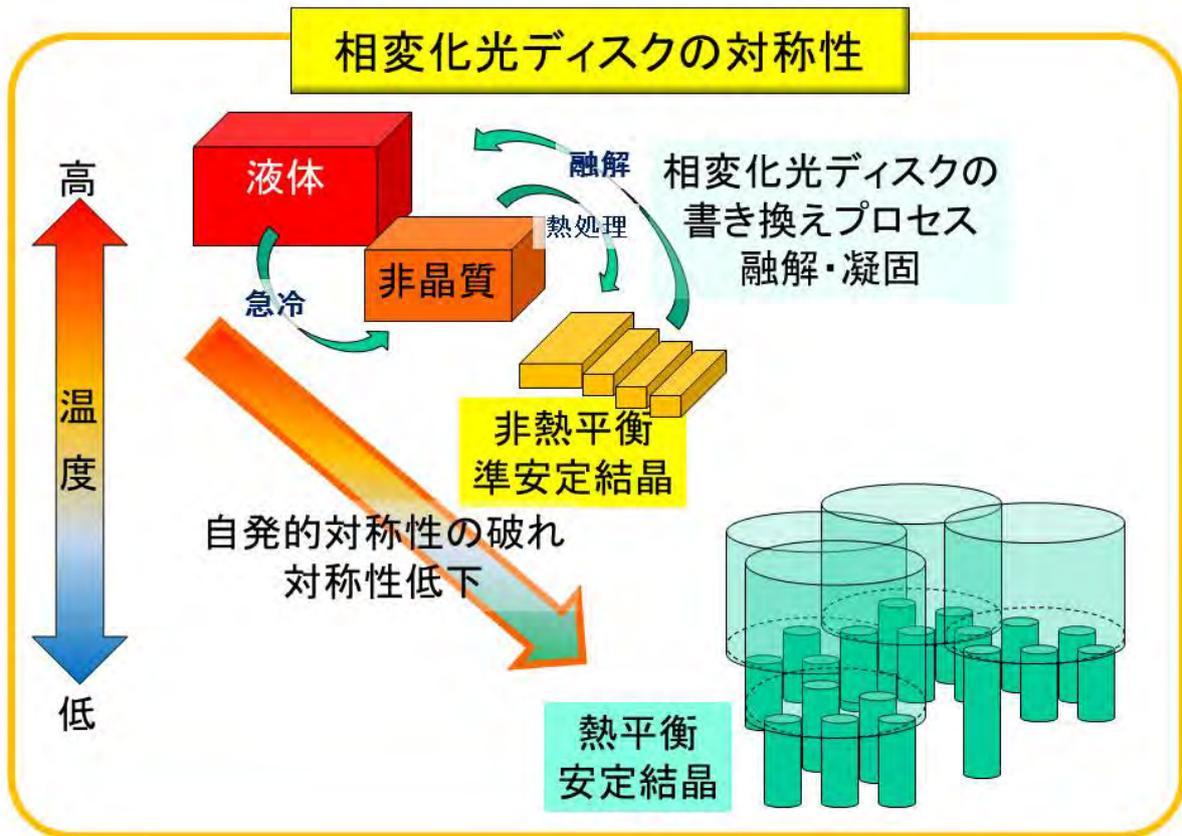
コラム1：結晶における対称性

図を参照してください。立方体は、ある面の中央とその向かいの面の中心を通る軸を中心として、90度回すと、見分けがつかなくなります。ある角と対角を通る軸の周りに120度回しても、見分けが付きません。このように、このような軸が、立方体では多く存在します。各辺の長さを全部違えた直方体を考えますと、上の90度回した軸では、180度回さないと同じになりません。また120度回した軸では、360度回さないと元に戻りません。このように、立方体からのずれると、360度以下の回転に対して普遍的な軸が少なくなってきます。これを対称性(Symmetry)が下がると言っています。液体・無秩序相は等方的なので、対称性が高いと言います。ちなみに最も対称性が高いのは球で、無限に存在する中心を通る軸の周りで、いくら回しても同じです。実際に立方体の構造を示す結晶で有名なのは、岩塩(NaCl)です。鉄の結晶も立方体になっています。直方体や、直方体のひとつの角が90度以外になる、押しつぶされた平行6面体となるような結晶も存在します。非晶質相は、ある原子に注目すると、すぐ隣はともかく、ある程度距離が離れると、球面状にどの方向にでも同じ確率(等方的)で原子がいることになります。

群論という数学の1分野をベースとして、結晶の対称性を取り扱ったものを空間群と言っています。230あることが知られています。



コラム2：相変化型光ディスクの書き換えプロセスと結晶の対称性



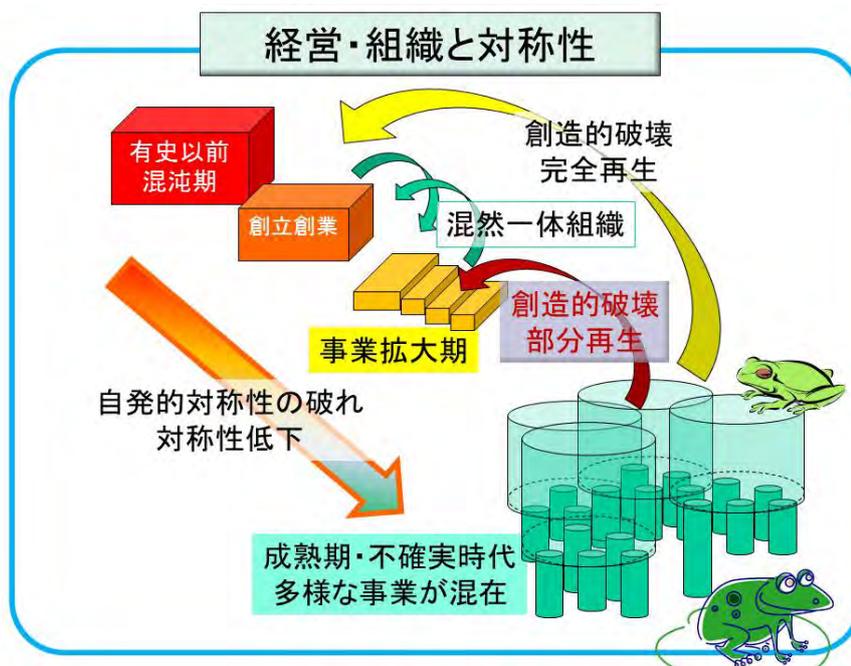
相変化光ディスクの詳細については、下記文献を参照ください。

- ・『図解 ブルーレイディスク読本』田中伸一（監修）、小川博司 オーム社 2006
- ・『光メモリの基礎』（フォトニクスシリーズ）寺尾元康ほか、コロナ社 1990
- ・「相変化光ディスク材料」山田 昇、高尾正敏、松永利之、固体物理 vol.38 No.5, 2003.

書き換え可能な相変化型光ディスクは、まず強いレーザー光（記録光）で記録材料を照射して、液体にし、その後急冷すると非晶質（無秩序）相になります。この層に弱いレーザー（再生光）を当てると非晶質相と準安定結晶相の間で屈折率の差が生じ、データの記録再生が可能になります。データを消去するときは、再生光より強く、記録光より弱いレーザー光（消去光）を照射して記録材料を熱処理（アニール）して、記録された非晶質相を結晶相に相変化させます。レーザーは一個ですが、強度を変化させて記録・再生・消去が可能になっています。記録に要する時間はおよそ 50 ナノ秒程度です。液体、非晶質固体、熱非平衡準安定結晶、熱平衡安定結晶と4つの相の間で「自発的対称性の破れ」を制御して対称性を変えています。相変化光ディスクは、家庭用であっても、大学の実験室でも難しい、とんでもない動作をさせています。

コラム3：経営・組織と対称性

組織は有史以前の混沌期から、創立・創業を経て、事業拡大期に至ります。ここでは創業のエネルギーが持続して存在するので組織の対称性も有史以前とあまり変わらず高いままで。組織としても渾然一体として運営可能なように、分化が進んでいません。この状態でも多少の対称性の低下はありますがそ



れほど大きなものではなく、何時でも有史以前に可逆的に戻ることが可能です。その後、組織が順調に成長すれば、成熟（安定）期を経て、不確実時代になります。あるいは、何もしく放っておけば、衰退期に入ります。こういう状態は、自発的対称性の破れが何度も起こって、多数の部分組織による多様な事業が混在した状態に非可逆的に分化し、対称性が最も低くなってしまったことに対応します。部分組織はそれぞれ、自己主張して、他の部分組織と協調することもなく、独自路線を邁進します。こういう状況は対称性が最も低い状態です。図の右下にたくさん小さな円筒がありますが、最終的に分化が進んだ結果として行き着く先です。この円筒の底は外から干渉されない住み心地のよい場所です。井戸の底のカエルに似ています。

この状態を有史以前に戻そうと思えば、何らかの外圧によって組織を融かして、新たな創業・創立へ向かうしか手はありません。これが『融かして固める：創造的破壊を通じての**完全再生**』ですが、組織自体に覚悟があれば、少なくとも事業拡大期までは戻ることが可能です。これが「融かさずに創造的破壊を通じて**部分再生**する」です。どちらにしても創造的破壊で対称性を復活させて、高くしなければなりません。井戸底にいるカエルから見える外界は小さな空で、もちろん隣の井戸は見えません。隣やその先に大海を見ようと思ったら井戸の上端へ登らなければなりません。井戸からでる手段が創造的破壊です。

10月号 URA ESSAY

「先端技術開発と錢探技術開発」

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 —

1. はじめに、
2. シュンペーターの静態と動態
3. 技術移転モデルの視点、
4. スカラーモデルとベクトルモデル、
5. 技術移転駆動力創成と左手の法則
6. 階層構造とステージゲート、
7. 静的・動的ポートフォリオ、
8. モデルの汎用性とステージの意味、
9. 技術移転とURA、
10. おわりに。

「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。

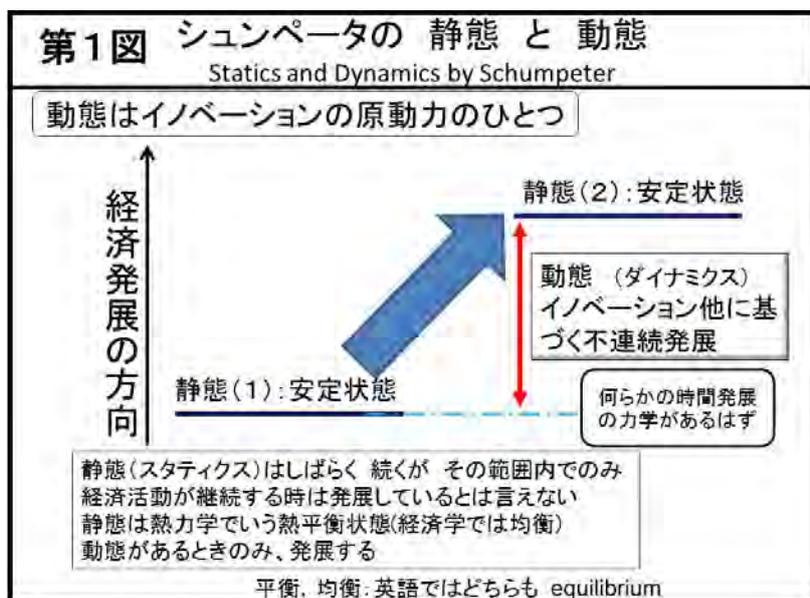
本稿でも、別稿(本メルマガ9月号¹⁾)と同じく、物理帝国主義の立場で、非自然科学の話題を解釈し、議論して行きますので、高等学校、大学初年次の物理・化学の公式、方程式を多用しますが、面倒だと思われる方は、式の部分は飛ばしていただいて、教訓的な結論を愉しんでいただければ幸いです。また式の部分の得意な方のアドバイスを受けて頂けると、さらに物理帝国主義の面白さが分かって頂けると思います。

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⁾、こ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、それらを通すしなければなりません。それら試練は「死の谷」、あるいは「ダーウィンの海」などと表現

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

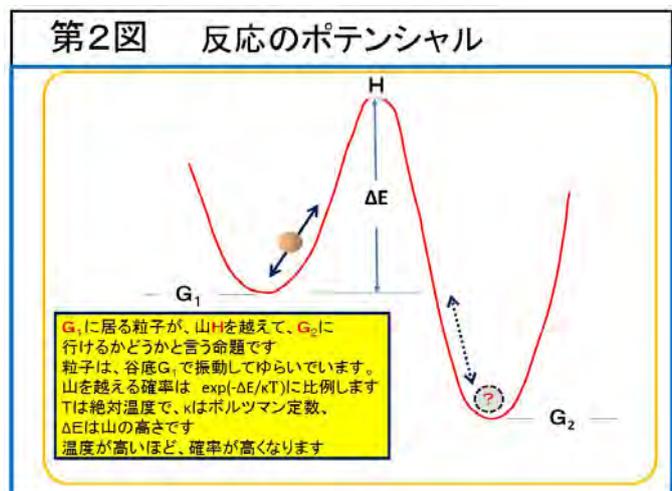
ミッションが異なっていることを認めることにも触れます。さらに、ベクトルモデルを別の視点から吟味し、最終的にステージゲートの意味と、技術移転や技術革新によるイノベーションの成功確率の推定評価についても述べます。

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谷のことです。谷に名前をつけて自由エネルギー



一を表現しています。 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

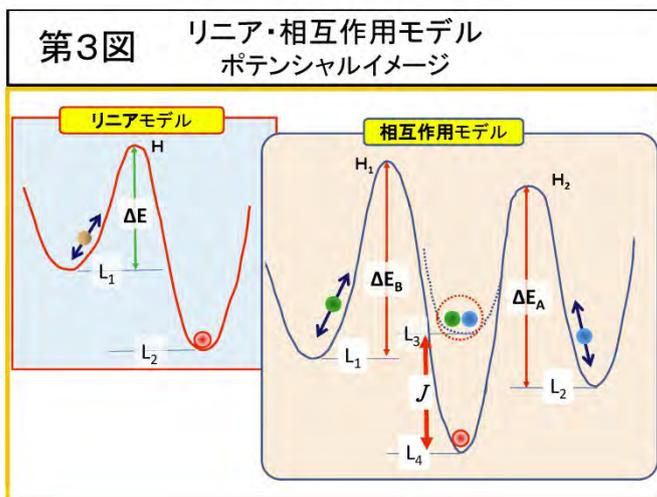
さて、この構図を産学連携の技術移転の眼でみてみましょう。それを第3図左側ポンチ絵に示します。絵そのものは、第2図と同じですが、タイトルはリニアモデルに変わっています。リニアとはJR東海が建設を計画しているリニアモーターカーのことではなく、直線的という意味です。リニアモーターは、電車を動かすモーターが円形でなく、軌道上（横）に直線的に作られることから来ています。技術移転のリニアモデルというのは、一昔前に大企業で流行した、基礎研究所、中央研究所、開発研究、製品設計、ものづくりという研究開発の流れが直線的に並んでいることを例えたものです。中

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）を作ればよいこととなります。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。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ていきますが、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ことが必要になっています。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。L₁は左図のL₁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L₂の状態に

あります。中央のL₃が今回の舞台（ステージ）です。リニアモデルでは、L₁からL₂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、L₁とL₂からそれぞれ自らの得意芸をL₃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、L₁とL₂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。L₃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、

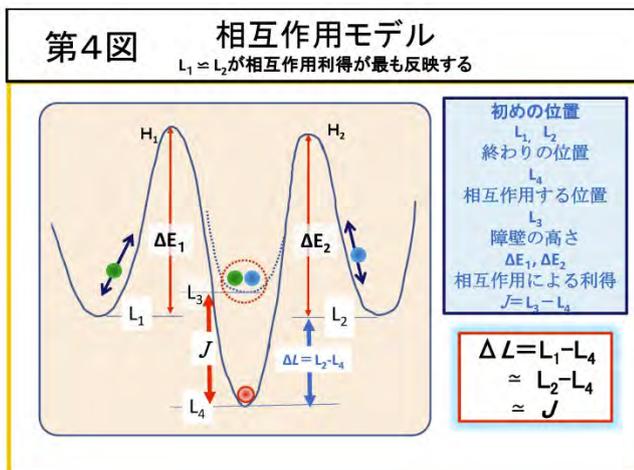
$$k_1 = A \exp(-(\Delta E_1 / \kappa T))$$

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

です。添え字はk₁はL₁からL₃へと、k₂はL₂からL₃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L₃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、L₃からJだけ下がったところに、L₄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となります。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 が得られたときのみ、移転が成立するという事です。 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。利得は小磁石（スピン）の大きさを 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るので、ベクトルで表現可能です。中央の（ \cdot ）はベクトル同志の積（スカラー

一積、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っています、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れ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。そして時々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 が発生すれば、 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せんが、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： V_H)、受け手を「^{せんたん}銭探技術開発ベクトル」(以下銭探ベクトル： 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： 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「 V 」のように太字を、ふたつ目は、「 \vec{V} 」のように文字上に→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。(・) 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、それもありません。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います。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ていようが、そうでなかろうが、単に両ベクトルの和をとれば良いのではないかとご意見があると思います。即ち、

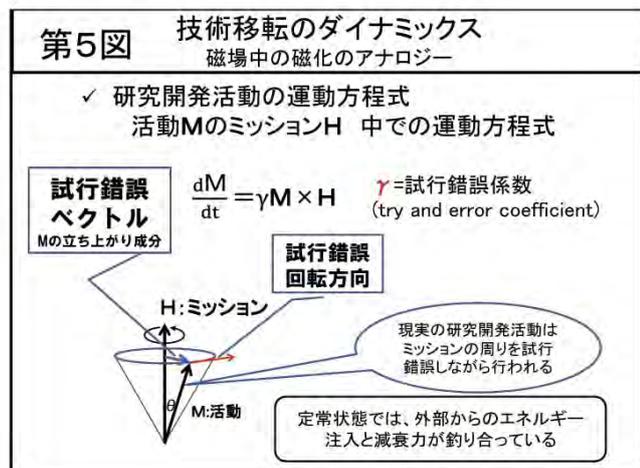
$\mathbf{V}_H + \mathbf{V}_M = \mathbf{V}_T$ (和)
 この場合は、本メルマガ 9 月号¹⁾ で述べた単に「きなこ」と「砂糖」を混ぜて甘いきなこをつくるのと同じです。単純混合はシュンペーターの新結合 (neue kombination) を経て、対称性を変えることによる新たな付加価値を得ることが実現しません¹⁾。付加価値が見えなければ、協働作業

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、味噌振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 \mathbf{M} と磁界 \mathbf{H} は相互作用のエネルギーを E_M とすれば、 \mathbf{M} と \mathbf{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(×)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。

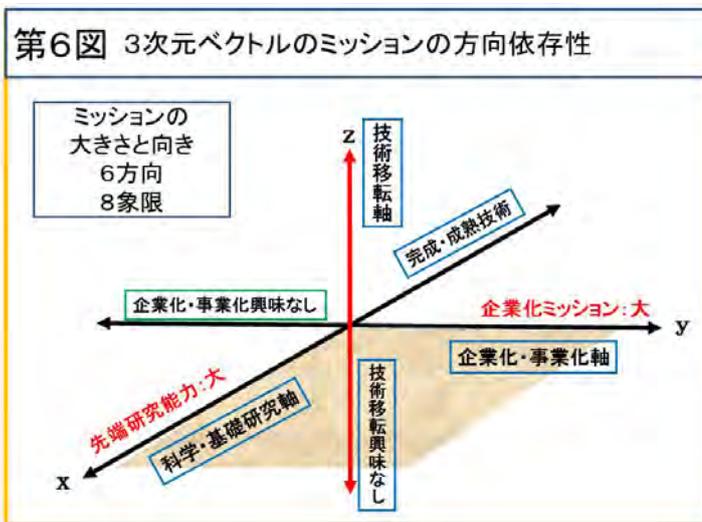
MとHを決めれば、磁化Mの運動が記述できます。また、ω=γHと書ける周波数ωで磁化Mは磁界の周りを回ります。

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での式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こと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M₁、錢探ベクトルM₂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、M₁とM₂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M₁、V_MをM₂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H₁とH₂とします。M₁は科学・基礎研究軸(x軸)の周りを、M₂は企業化・事業化軸(y軸)の周りをそれぞれ、周波数ω₁、ω₂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。味噌播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。

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

$$\overline{\mathbf{H}}_1 = (H_x, 0, 0), \quad \overline{\mathbf{M}}_1 = (x_1, y_1, z_1),$$

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

$$\overline{\mathbf{H}}_2 = (0, H_y, 0), \quad \overline{\mathbf{M}}_2 = (x_2, y_2, z_2),$$

$$\overline{\mathbf{m}}_1 = (0, y_1, z_1), \quad \overline{\mathbf{m}}_2 = (x_2, 0, z_2),$$

また初期位相をそれぞれ α_1, α_2 とすると、

$$y_1 = M_1 \sin \theta_1 \sin(\omega_1 t + \alpha_1),$$

$$z_1 = M_1 \sin \theta_1 \cos(\omega_1 t + \alpha_1),$$

$$z_2 = M_2 \sin \theta_2 \sin(\omega_2 t + \alpha_2),$$

$$x_2 = M_2 \sin \theta_2 \cos(\omega_2 t + \alpha_2),$$

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あります。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

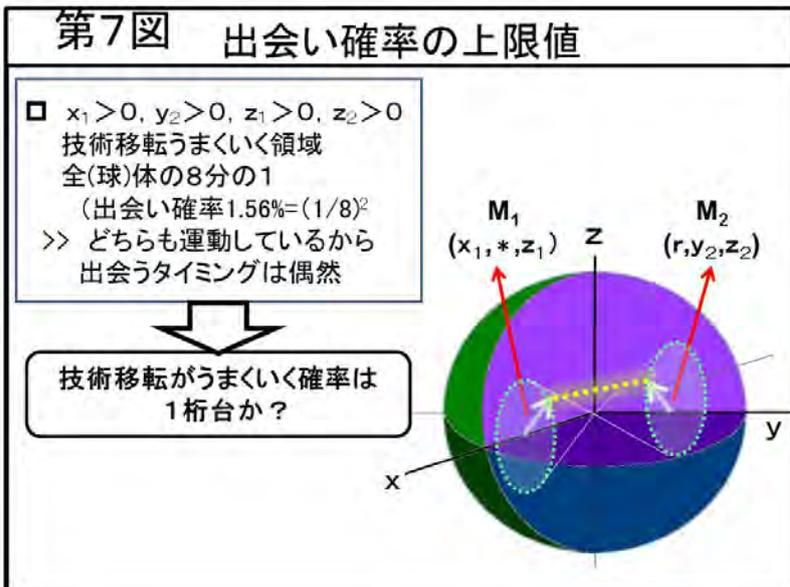
次に、 \mathbf{M}_1 と \mathbf{M}_2 が互いに相手に力を及ぼす相互作用を考えます。コラム3を参照してください。その相互作用のポテンシャルを $J(\mathbf{r})$ とします。 \mathbf{r} は \mathbf{M}_1 と \mathbf{M}_2 との間の距離ベクトルで、 J 座標方向微分の $-(\partial J(\mathbf{r}))/\partial \mathbf{r}$ は相互作用の力を示します。 J はコラム3に示すように、 $r = \infty$ でゼロに漸近、 $r = 0$ 無限大に発散し、 $r = r_0$ で最小値をと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 $\left\{-\frac{\partial J(r)}{\partial \mathbf{r}} \overline{\mathbf{m}}_1 \cdot \overline{\mathbf{m}}_2\right\}$ の項を加えて次式とします。

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

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

式の最後の $\overline{\mathbf{m}}_1 \cdot \overline{\mathbf{m}}_2$ は、先端ベクトル、錢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 $\overline{\mathbf{m}}_1 \cdot \overline{\mathbf{m}}_2 = z_1 z_2$ 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 がそれぞれ味噌播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 $\left\{-\frac{\partial J(r)}{\partial \mathbf{r}} \overline{\mathbf{m}}_1 \cdot \overline{\mathbf{m}}_2\right\}$ 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。

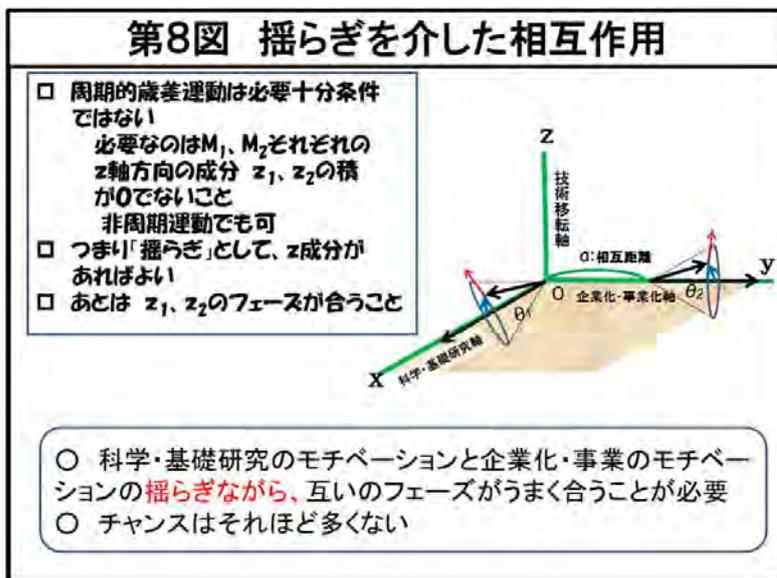
逆に $z_1 z_2 > 0$ であっても、 $z_1 < 0, z_2 < 0$ が同時に満足すれば成り立ちますが、 $z_1 < 0$ と $z_2 < 0$ というのは、技術移転を目指さないという方向です。この場合は、望ましくはなく、あり得ない方向となります。その他の $x_1 < 0, z_2 > 0$ という場合も成り立たないことはありません。この場合は、先端研究ではないけれども、銭探研究はしたいという意味がある場合になります。ローテクでもよいから儲かればよい場合です。こういう状況をつくりだすためには、相互作用項に上に述べた以外の別の条件を入れて、x成分

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、先端ベクトルと錢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、モーターが回るといっている例のものです。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} を錢探ベクトル \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。

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

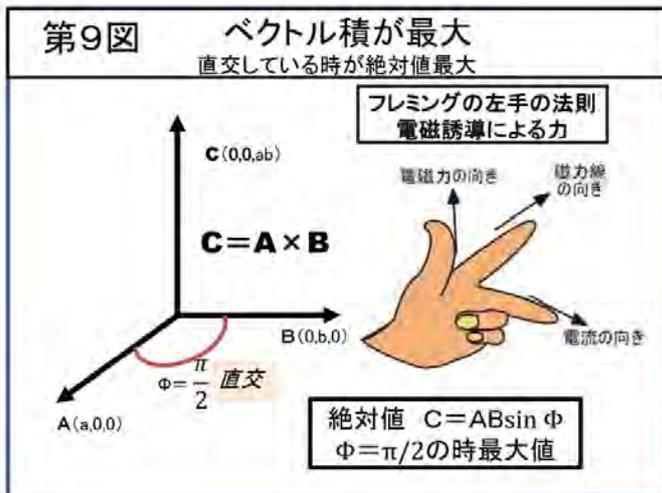
何となくそれらしい式になりました。 J_v は、付加価値を示すスカラー・パラメーターです。前節では、先端、錢探ベクトルをそれぞれミッションの周りで揺らぐ回転させて、揺らぎを介して相互作用させましたが、技術移転の切掛けを作るだけで終わっています。この節では先端、錢探両ベクトルを直接相互作用させて、技術移転の駆動力を得ることが可能であることを教訓として示します。出会いのフェーズが終わって、送り手 M_1 と受け手 M_2 両方が全身全霊を打ち込んで、技術移転を完成させるのが上式の意味です。そのために、送り手 M_1 と受け手 M_2 の中身を少し変更します。揺らぎの相互作用を見るときは、ベクトルの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 M_1 と 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。

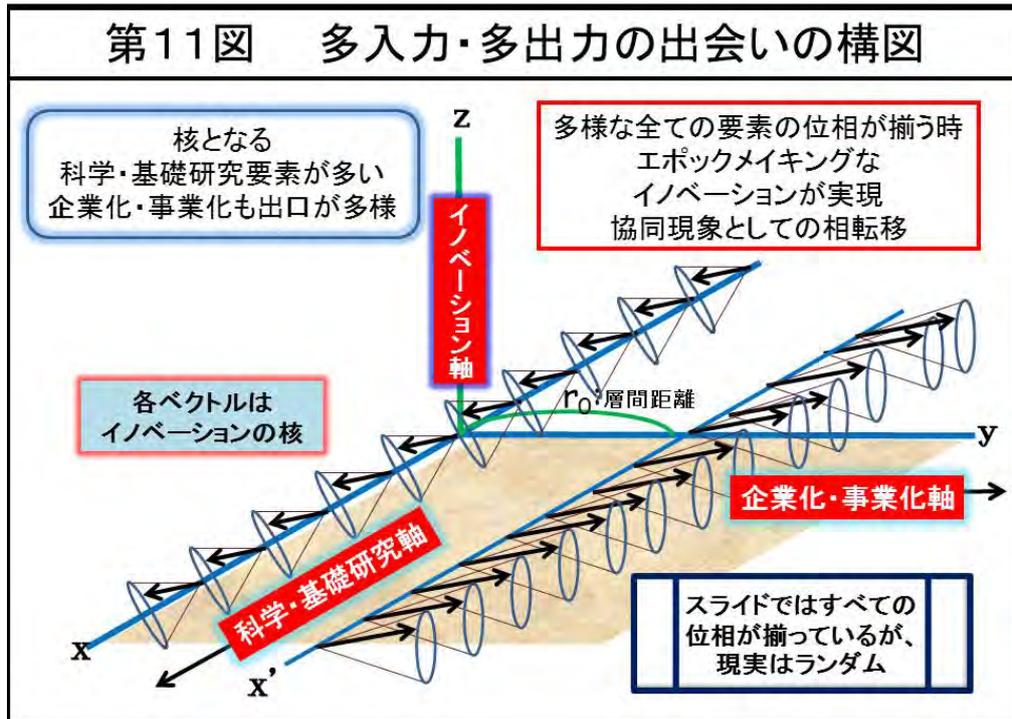
二つ目は、技術の送り手と受け手の両方を多くして、技術移転確率を高めることです。第11図にそのイメージを示します。先端ベクトルが、x軸に沿ってたくさん並んでいます。x軸と r_0 離れた $y = r_0$ の軸上には銭探ベクトルもたくさん並んでいます。これら個々の、先端ベクトルと銭探ベクトル間で相互作用することにより、

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、全てのスピンの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が大きく働きます。先端技術研究側から見て、意中の



第11図 多入力・多出力の出会いの構図



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% ということです。1% 近辺という数字が、大きいのか、小さいのか

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。

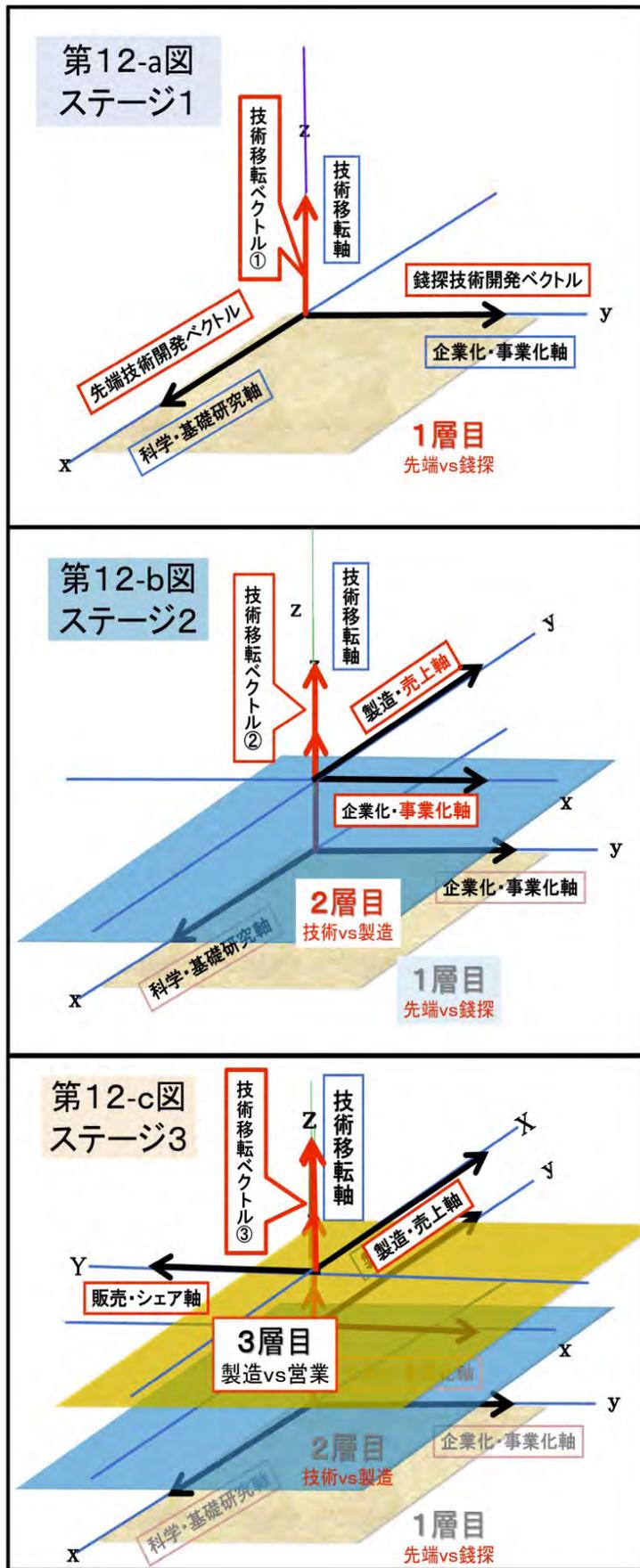
蛇足ですが、この方式は、往年の朝日放送TV番組、「プロポーズ大作戦、フィーリングカップル5vs5」と同様の仕組みです。若い人には、分からないと思いますが、中年以降の読者なら分かっていたらと思います。

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ます。つまり両ベクトルとも、全試行錯誤回数

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、 2^{12} 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、頻りにチェック・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

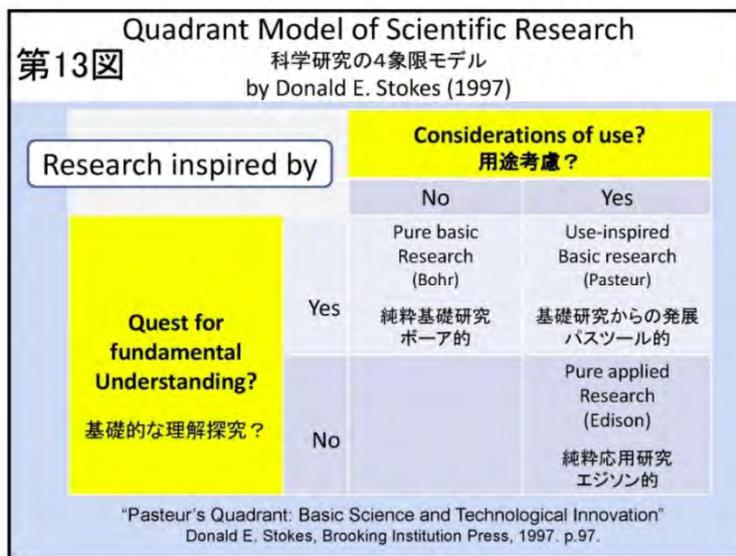
とすると、齟齬がでることに注意しなければなりません。

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、委員会等で頻りに紹介されてきました⁸⁾。この図の中身については、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、次元が増えていますが、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^く潜ることにより、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、技術移転に関係する 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、^{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、空間の拡がり、分割を表しているように見えます。バルーン



第14図 三色串団子

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ません。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

ける応用数学の材料としても面白いアプローチだと思えます。

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。

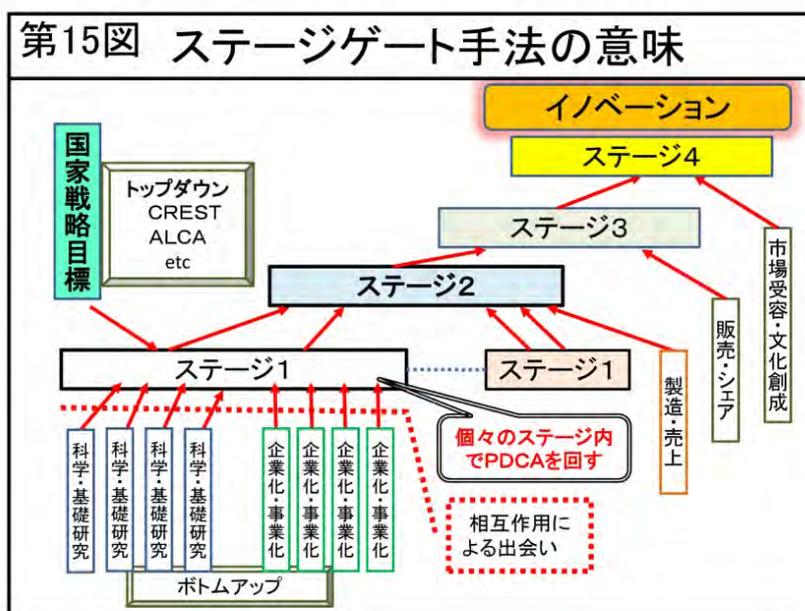
次は四つのベクトルモデルです。こちらは、数学・物理学的アプローチであります。2次元直交ベクトルスカラー積モデル（V1）は、直交しているかぎり、互いの気づきがないので、出会い生じません。モデルとしての有用性はありません。但し、今まで述べて来ませんでした。2次元平行ベクトルスカラー積（V2）の場合の可能性は残っています。その例は、強者が弱者を飲み込んでしまう場合です。つまり、もともとベクトルの方向が直交しているところで、強者が弱者の方向を自分の方向に無理やり曲げて、平行にしてしまう場合です。最初から技術移転にはならず、「技術略奪」ということになります。表中では、2次元平行と示しています。米国でよく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、錢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、先端ベクトルと錢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デ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ず。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よ。

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ると思っています。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で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¹¹⁾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る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、いう話はですが、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』的のところもあります。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ますが、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ヤされ、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、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。マネージメントの伝承がきちんと行われないうです。マネージメントの本質は「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ージメント手法ほど、恐ろしいものはありません。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、マネー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いて、物理学本来の厳密性はありますが、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、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、研究マネー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るよ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である。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ー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 kombination”, “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URAM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、物理帝国主義を知ってもらおうのが目的でした。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)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,
 Brookling 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
ランダム モード	1回分	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	
一斉モード	1回分	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% 千三つ?	1/2 ¹² =0.024% 万が二?	
現実的 ^注	1回分	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% 千三つ?	1/2 ¹² =0.024% 万が二?	1/2 ¹³ =0.012% 万が一?	
技術移転確率						

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		呼び名	気づき、出会い、付加価値、利得ほか	送り手受け手間実力差	説明		本文中索引節単位
スカラー	リニア	S 1	直列アレニウス型移転 (移行) 確率	大	伝統的解釈	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	—	—		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	大企業によるベンチャーの丸ごと買収等	数学 物理学的 ダイナミックス	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	ダイナミクス 出会い確率 12.5、1.56%	アプローチ	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 $T = J \times M \times M$	拮抗	送り手、受け手総がかり 「ステージゲート」手法、 階層構造に適用可	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

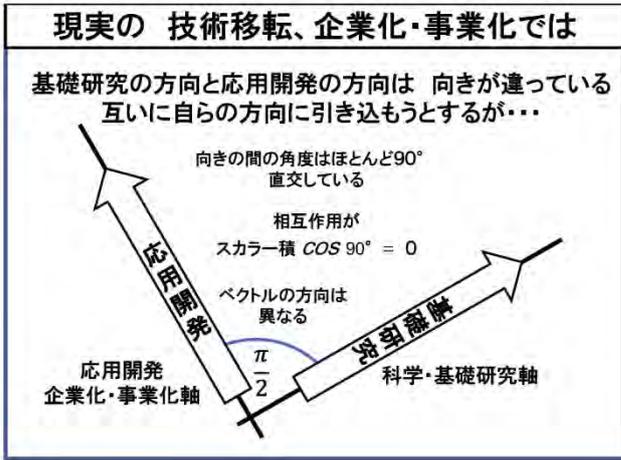
第3表 本稿モデルの適用範囲拡大例

		3次元ベクトルモデル 3次元ポートフォリオとして			イノベーション 目指す
ミッション軸	ステージ	x軸	y軸	z軸	
	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
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					

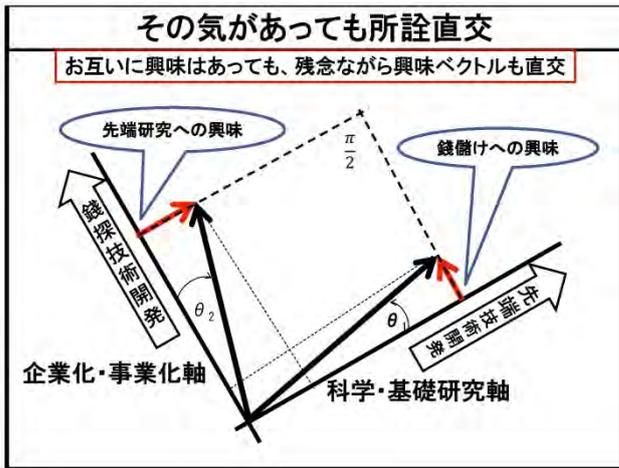
第4表 本稿での議論の基盤となるコンセプト

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ョ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播り(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。味噌播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

$$\omega_1, \omega_2, \alpha_1, \alpha_2$$

$$y_1=M_1 \sin \theta_1 \sin (\omega_1 t+\alpha_1),$$

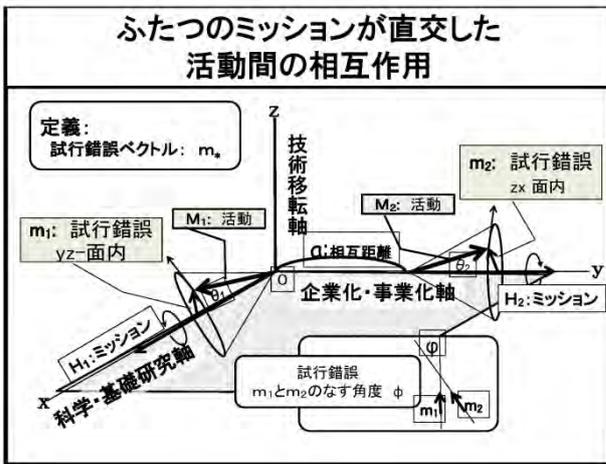
$$z_1=M_1 \sin \theta_1 \cos (\omega_1 t+\alpha_1),$$

$$z_2=M_2 \sin \theta_2 \sin (\omega_2 t+\alpha_2),$$

$$x_2=M_2 \sin \theta_2 \cos (\omega_2 t+\alpha_2),$$

$$m_1 \cdot m_2=z_1 z_2$$

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、先端と鏡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

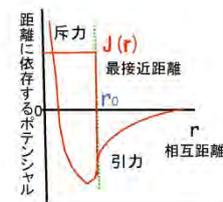
科学・基礎研究軸	$\frac{d\vec{M}_1}{dt} = \gamma_1 \vec{M}_1 \times \vec{H}_1 - \frac{\partial J(r)}{\partial \vec{r}} z_1 z_2$ $H_1 = (H_x, 0, 0)$ $M_1 = (x_1, y_1, z_1)$
企業化・事業化軸	$\frac{d\vec{M}_2}{dt} = -\gamma_2 \vec{M}_2 \times \vec{H}_2 - \frac{\partial J(r)}{\partial \vec{r}} z_1 z_2$ $H_2 = (0, H_y, 0)$ $M_2 = (x_2, y_2, z_2)$

$m_1 \cdot m_2 = z_1 z_2$

★ 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、近くと斥力
ex.

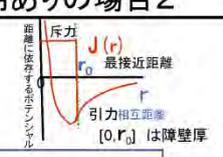
- ・ ニュートン ポテンシャル
- ・ レナード・ジョーンズ ポテンシャル
- ・ 湯川ポテンシャル



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

$\frac{d\vec{M}_1}{dt} = \gamma_1 \vec{M}_1 \times \vec{H}_1 - \frac{\partial J(r)}{\partial \vec{r}} z_1 z_2$ $M_1 = (x_1, y_1, z_1) \quad H_1 = (H_x, 0, 0)$	
--	---

× $r_0 = 0, z_1 z_2 > 0$:
お互いが合体可能
おそろ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、

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

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。

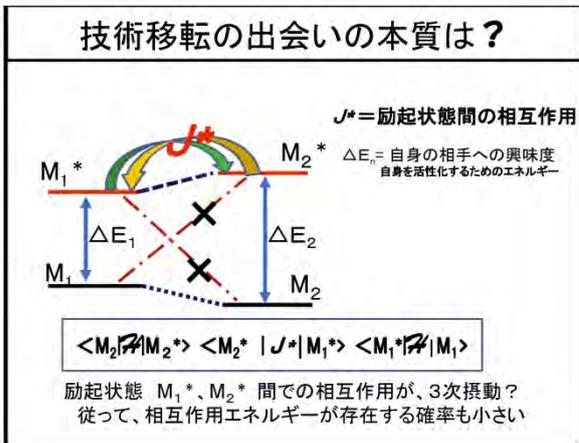
$$M_1 + p M_2 = M_0 = \text{一定}$$

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

$M_1 = M_0 / 2 = (M_1 + p M_2) / 2$ 、 $M_1 = p M_2$ 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。M₁というエネルギー準位と、M₂というエネルギー準位にある粒子が、M₁*とM₂*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

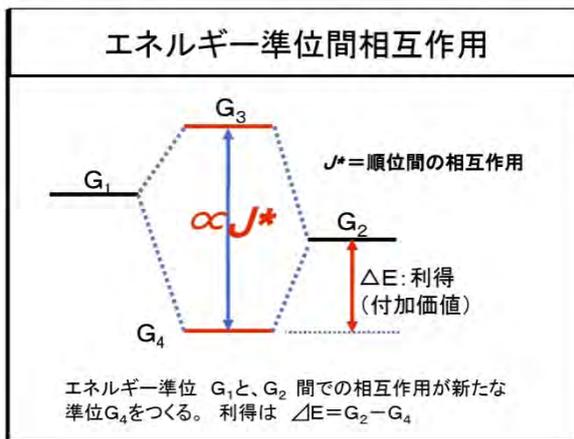
$$\langle M_2 | H | M_2^* \rangle \langle M_2^* | J^* | M_1^* \rangle \langle M_1^* | H | M_1 \rangle$$

は、M₁とM₂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<>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G₁とG₂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G₁とG₂よりも低いところと、高いところとができます。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。



略歴：

高尾 正敏（たかお まさとし）

1948年 大阪市生
1972年3月 大阪大学基礎工学部物性物理工学科卒業
1977年3月 大阪大学大学院基礎工学研究科後期課程物性学専攻修了（工学博士）
専門分野（固体物理、磁性材料等）
1977年4月 松下電器産業（株）入社、磁気テープ開発・光ディスク開発に従事、中央研究所企画室、本社経営企画室、研究本部研究企画部、同研究企画部部長、松下技研（株）取締役新素材研究所長、松下電器産業（株）先端技術研究所、中尾研究所 総括担当参事を経て、
2008年10月 パナソニック株式会社（松下電器） 定年退職
2008年11月～（公財）国際高等研究所 フェロー（終身）
2009年4月 大阪大学大学院基礎工学研究科 特任教授（グローバル COE 担当）
2012年7月～ 大阪大学大型教育研究プロジェクト支援室
シニア・リサーチ・アドミニストレーター／特任教授
2014年8月～（兼）大阪大学未来戦略機構 次世代研究型総合大学研究室

現在に至る

以下継続中のもの、終了したものが混在しています

・政府委員会委員等（抜粋）

文部科学省 独立行政法人評価委員会分科会科学技術・学術分科会臨時委員 J S T 部会ほか各種委員、ほか 内閣府、経済産業省委員会委員

（独）科学技術振興機構（JST）プログラム／プロジェクト PD,PO,アドバイザー等

（独）日本学術振興会（JSPS）プログラム委員等

・大学関連（抜粋）

大阪大学産業科学研究所客員教授、北海道大学電子科学研究所 客員教授

北海道大学電子科学研究所、東北大学金属材料研究所 外部評価委員

・学協会、財団委員等

（公財）高輝度光科学研究センター（SPring-8）各種委員

（社）レーザー学会理事、（社）電気化学会理事

（一財）日本経済団体連合会、（公財）関西経済連合会 各種委員、

受賞： 文部科学大臣表彰：「科学技術分野」「開発部門」 2005.4.20

著書： 「ビデオレコーディングの話」 裳華房 1989年

共著「分子エレクトロニクスの基盤技術と将来展望」第Ⅱ部第4章シーエムシー出版
2009年

Off Prints from Mail Magazine
URA team, Osaka University
Suita, Osaka

©2014

<http://www.ura.osaka-u.ac.jp/>