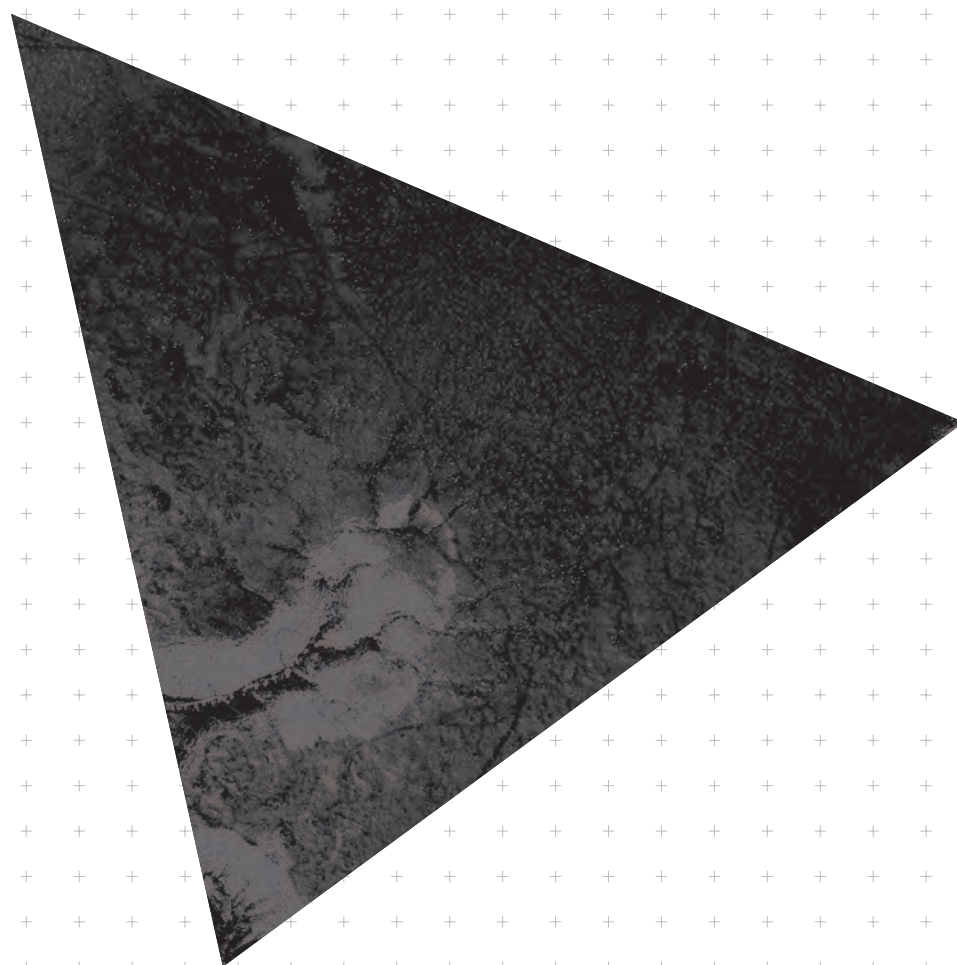


俯瞰ワークショップ報告書

多様なイノベーションエコシステムの 国際ベンチマーク



趣旨

研究開発戦略センター（CRDS）は研究コミュニティと政策当局をつなぐシンクタンクを自負して、研究開発の動向を俯瞰し政策提言してきた。設立から20年近く経ち、研究開発の進め方はいわゆるリニアモデルからスパイラルモデルへと変化が見られ、シーズプッシュ型とともにニーズプル型、社会課題解決型のアプローチも重視されるようになってきている。システムの面でも産学連携、地域クラスター、先端融合拠点、大学発ベンチャー、スタートアップ支援といった形で、研究開発成果の社会実装、技術移転に関する施策が打たれてきている。近年では、欧州においてイノベーション創出に向けた国の役割が見直され、SDGs、カーボンニュートラル、スマートシティーなど、いわゆる社会変革型、ミッション志向型のアプローチが提唱され、産学官金、そして市民が参画するエコシステムの在り方が議論され、実践が展開されようとしている。

科学技術駆動型のイノベーションを考えると、多様なステークホルダーが入って構成されるエコシステムをどのように構築し、動かしていくかが、大きな課題である。

昨年、科学技術基本法が改正され科学技術・イノベーション基本法となり、科学技術振興とイノベーション創出を車の両輪とする政策を進めることになった。これを受けて政府が策定する科学技術基本計画も、第6期から科学技術・イノベーション基本計画へと名称が変更になり、「価値共創型の新たな産業を創出する基盤となるイノベーション・エコシステムの形成」、「様々な社会的課題を解決するための研究開発・社会実装の推進と総合知の活用」、これらを推進するための「大学改革、戦略的経営」がキーワードとなっている。

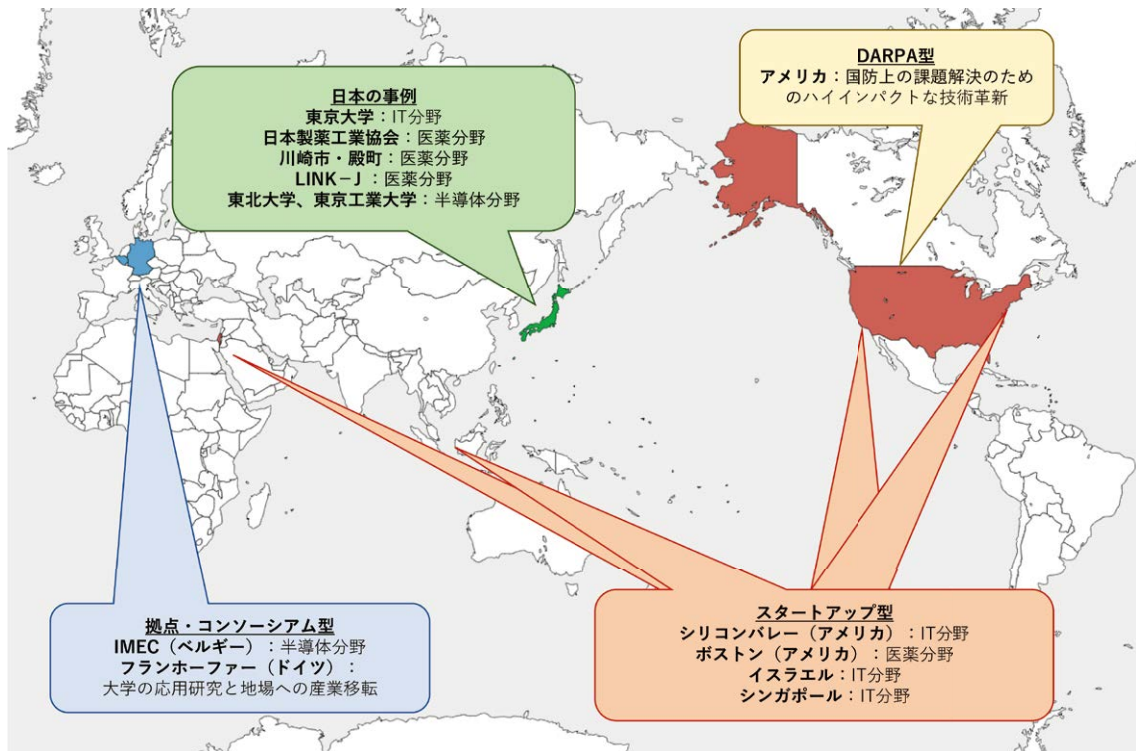
このような科学技術政策を巡る状況の変化を踏まえ、CRDSも従来からの科学技術、あるいは基礎研究を中心とした調査、提言という活動のスコープを広げ、様々なステークホルダーとの共創を通じて、研究開発成果の社会実装、社会課題解決、イノベーションにつながるプロセスや構造、あるいはそういった一連の取り組みの在り方まで掘り下げていくべきではないかという認識の下、少しずつではあるが、活動のスコープを広げつつある（下記の参考資料参照）。イノベーション創出政策、エコシステム構築をどうドライブするか。エコシステムの構造、駆動力も本当に複雑多様である。様々な政策手段やプログラムをうまく連動させる必要も感じている。まさに新しい環境の中で、これから検討を深めていこうという入り口に立っている。

人材、知識、情報、資金の循環を考えると、科学技術のみならずガバナンス、経済・ファイナンス、個人・集団の行動といったことについて、人文・社会科学の研究者、産業界、市民と共有してエコシステムを構築しながら、取り組んでいくことが求められる。地域の状況や志向するミッションに応じてそれぞれにエコシステムがある。

CRDSでは、こうした新たな活動に取り組むためにも、まず国内外のエコシステムの現状をしっかりと学ぶところから始めようという意図の下でワークショップ「多様なイノベーションエコシステムの国際ベンチマーク」を企画した。本ワークショップでは、はじめにシリコンバレー、ボストン、イスラエル、シンガポールといったスタートアップ型、続いてIMEC（ベルギー）、フラウンホーファー（ドイツ）といった拠点・コンソーシアム型、DARPA型（米国）、最後に日本の例について話題提供をいただいた。製薬協、殿町、LINK-Jはライフサイエンスの色合いが少し強いが、それらに加えて東大の本郷キャンパスにおける活動について、特にITベンチャーが多く生まれている状況を教えていただいた。また、IMECの話の中では、東北大や東工大による半導体デバイス関係の国内拠点にも触れていただくことにより日本の状況の把握にも努めた。そして、それぞれの話題提供の後に日本への示唆等についても意見交換を行った。

本報告書は、今後の活動の基礎資料としての活用を図るべく、本ワークショップの参加者の了承をいただき、話題提供のプレゼンテーションも含めた概要記録としてまとめたものである。

さらに今後は、カーボンニュートラル、スマートシティー、レジリエンスといった社会課題、ミッションに対してどのようなエコシステム、社会実装を進める構造が良いのかという組み合わせを検討できればと考えている。



ワークショップ「多様なイノベーションエコシステムの国際ベンチマーク」での紹介事例

【参考資料】CRDSにおけるこれまでの研究・イノベーション基盤に関する主な報告書

1. 主要国における橋渡し研究基盤整備の支援 2016年3月 CRDS-FY2015-OR-03
2. 我が国における拠点形成事業の最適展開に向けて－組織の持続的な強みの形成とイノベーションの実現のために－ 2017年3月 CRDS-FY2016-SP-03
3. 海外の研究開発型スタートアップ支援 2018年3月 CRDS-FY2017-OR-01
4. 医療研究開発プラットフォーム－大学病院における研究システムの海外事例比較－ 2018年3月 CRDS-FY2017-RR-01
5. 自然科学と人文・社会科学との連携を具体化するために－連携方策と先行事例－ 2018年10月 CRDS-FY2018-SP-01
6. 研究力強化のための大学・国研における研究システムの国際ベンチマーク 2019年8月 CRDS-FY2019-RR-03
7. 科学技術イノベーション政策における社会との関係深化に向けて 我が国におけるELSI/RRIの構築と定着 2019年11月 CRDS-FY2019-RR-04
8. 近年のイノベーション事例から見るバイオベンチャーとイノベーションエコシステムバイオ分野でイノベーションエコシステム 2021年7月 CRDS-FY2021-RR-02

目次

1	サマリー（ハイライトと考察・日本への示唆）	1
2	話題提供	7
2.1	地域・スタートアップ型	7
2.1.1	シリコンバレーイノベーションエコシステム 松本均（米国富士通研究所）	7
2.1.2	ボストンエリアにおけるイノベーション・エコシステム 西野史子（一橋大学大学院社会学研究科）	14
2.1.3	イスラエル・イノベーション・エコシステム 樋原伸彦（早稲田大学大学院経営管理研究科）	18
2.1.4	シンガポール・イノベーション・エコシステム 本田智津絵（JETRO シンガポール事務所）	22
2.2	拠点・コンソーシアム型	29
2.2.1	半導体のイノベーションエコシステム 若林整（東京工業大学工学院 / 地球インクルーシブセンシング研究機構）	29
2.2.2	ドイツのイノベーションエコシステム～フラウンホーファー研究所の役割～ 澤田朋子（JST 研究開発戦略センター）	37
2.3	DARPA 型	42
2.3.1	米国国防高等研究計画局（DARPA）とイノベーションエコシステム 小山田和仁（JST 研究開発戦略センター）	42
2.3.2	DARPA と付き合っ - 提案し予算を受け取り、プロジェクトを実行した大学研究者としての経験と知った Office Director や PM のコメントと一般的観察から - 金出武雄（カーネギーメロン大学 / 京都大学高等研究院）	48
2.4	日本での実践と課題	55
2.4.1	企業側から見た国内エコシステムにおける産学官連携の課題と期待 鍵井英之（日本新薬株式会社 / 前日本製薬工業協会・医薬産業政策研究所）	55
2.4.2	「大学発ベンチャー～経験から学んだヒト・モノ・コトづくり～」 片岡一則（公益財団法人川崎市産業振興財団ナノ医療イノベーションセンター）	62
2.4.3	LINK-J の取り組み 曾山明彦（一般社団法人ライフサイエンス・イノベーション・ネットワーク・ジャパン（LINK-J））	68
2.4.4	地べたから見た本郷のスタートアップエコシステム（IT 寄り） 馬田隆明（東京大学産学協創推進本部）	72
3	総合討論	78

1 | サマリー (ハイライトと考察・日本への示唆)

イノベーションエコシステムとは、産官学にわたる多様な組織が相互に協働、競争を続け、イノベーションを誘発するように働くシステムである。基礎研究を始めとする科学的知識を新しい製品・サービスや新しい市場に転換し、経済社会的価値を増大させ、より良い社会を形成する。そのために、情報、人材、資金、制度が自由かつオープンに交流し、結び付く場の仕組みを指す。

エコシステムの主な要素としてビジネスモデル、科学技術、規制（緩和）があり、多くのイノベーションはいくつかの組み合わせで実現する。その基盤となるのが産業界、アカデミア、行政の間の相互理解と信頼である。ここに市民も早い段階から参加していくことでより良い社会づくりが期待されている。

ハイライト

スタートアップ型

ITやバイオの分野では、スタートアップ・ベンチャーがイノベーションにおける主要な役割を担っている。企業ではハイリスク研究が経営的に難しいため、新しい基礎/応用研究やビジネスモデルをスタートアップ・ベンチャーに委ねているといえる。

MITはイノベーション（スタートアップ）エコシステムの5つのステークホルダー（起業家、リスクキャピタル、企業、政府、大学）を定義している。エコシステムの本質は、各ステークホルダーがハイリスク・ハイリターン（キャピタルゲイン）を共有することにあるという。バイオ分野が集積するボストンのように、基礎研究シーズを持つ強力なアカデミア群がイノベーションエコシステムの中にあるとイノベーションの発生確率は格段に上がる。それでも、スタートアップのシーズは世界レベルで探索するのが昨今の状況である。

シリコンバレーとボストン

サンフランシスコ（西海岸）は歴史的な背景から開拓者精神、独創的なアイデアを尊重する土壌が醸成された。戦後の半導体産業から1980年代のIT、ソフトウェアへ。インテル、アップル、グーグル、フェイスブック、最近ではテスラ、ウーバー、エアビーアンドビーなど、全てシリコンバレーで生まれている。いまやシリコンバレーは、世界中の技術からグローバルなディスラプティブビジネスを生む場所である。

秩序、伝統、保守的な文化を持つボストン（東海岸）は、ピラミッド型組織と形式主義による凋落を経験した。80年代から企業の中央研究所が次々に閉鎖した結果、優秀な人材が大学やベンチャーに流れていたという素地がある。アカデミアから研究成果を市場に出す最初の流れをつくったのはホワイトヘッド研究所である。MITやハーバードなど大学の研究者が中心となって、Biogen社やGenzyme社を始めとするバイオテクノロジー・スタートアップを創設した。2010年代以降はノバルティス、サノフィらが拠点をボストンに移したことで、製薬業界の集積が決定的になった。今、武田薬品らも続々と研究拠点をボストンに構えている。この背景には臨床の場である17の大学関連病院の存在も大きい。この10年間でボストンは、製薬、ライフサイエンス分野のイノベーションの都として復活を果たした。

シリコンバレーとボストンでは共通して、起業を支える多様な仕掛け、緊密なネットワークを育む場が機能している。

ボストンにあるケンブリッジイノベーションセンターは、MITスローン経営大学院の卒業生ティム・ロウ氏が1999年に設立したインキュベーターである。基本的には貸しオフィスだが、マーケティング、法務の手助けはもちろん、緊密で信頼できるネットワークづくりの仕掛けも提供する。

Y Combinatorは、2005年カリフォルニア州で設立されたシードアクセラレーターである。主に初期段階のスタートアップに15万ドル規模のシード投資を行う。Airbnb、Dropboxなどのスタートアップを支援して

きた。創業者ポール・グラハム氏は「優秀な人を集めて良い環境を整えることが全て」と述べたという。

ボストン市、ケンブリッジ市は場づくりに寄与した。サンフランシスコ市もスタートアップに対する税制優遇措置、法改正、そしてオープンデータ活用について失敗を恐れないアイデア提案を募るといった施策を打った。Airbnb 社が苦境を乗り越え今日成功したのも、「サンフランシスコを世界のイノベーションキャピタルにする」という当時の市長エド・リーのリーダーシップが重要だった。

シリコンバレーとボストンに共通しているのは、大学が非連続なイノベーションと人材の主要な供給源であること。サンフランシスコにはスタンフォード、UCSF、UCバークレーなど、ボストンにはMIT、ハーバードなどがある。政府からのファンディングを基に大学が先進技術を生み出し、スタートアップを輩出する。ヤフー、グーグルもこの例である。

イスラエルとシンガポール 外から補う小国

米国の例から学ぶことは多いが、各国のここ10～20年のイノベーション政策の結果、シリコンバレーやボストンをコピーするのは難しいことが明らかになってきた。一方、小国ながらスタートアップネーションとして認識されているのはイスラエルとシンガポールだ。特徴は、グローバル市場と人材源にある。国外市場とつながり、国外の人材との関係性が重きをなしている。外とつながり、自国のエコシステムの欠点を補うという方向性において先駆的である。両者は、SaaS、フィンテックやヘルステックが盛んという点でも共通する。

イスラエルは90年代に変わり始めた。ある種政策的に創出することができた唯一の産業がベンチャーキャピタル産業だ。ヨズマファンドは政府と民間と一緒に投資するハイブリッドファンドである。民間からの資金が出なければ政府も出資しない仕組みが成功の要因といわれている。さらに、投資先が成功した場合には政府の出資分を民間のLP投資家が買い取る権利がある。これは非常に民間の投資意欲を上げた。

シンガポールも元々は失敗を許す文化や起業家精神の国というわけではない。シンガポール政府は国を東南アジアのスタートアップ一大拠点とすべく、非常に強いリーダーシップで積極的に外資を誘致し成長させてきた。2001年に起業家人材育成として学生インターンを世界のイノベーション拠点に派遣し始め、2008年からスタートアップエクイティーという共同投資スキームでEDBインベストメンツという投資会社が有望なスタートアップに投資するなど、外とつながるエコシステムを政府が積極的につくり上げた。

拠点・コンソーシアム型

IMEC

半導体、集積回路の分野では技術とアプリケーションが共に広範化し、非常に複雑になってきている。こうした中で半導体産業は、垂直統合型デバイス製造業（IDM）から一部の生産調整に使うFab-lite、設計に集中して使うFab-less、台湾TSMCのようなFoundryへと分化、水平分業化してきたが、日本の半導体産業は一樣に垂直統合型のIDMから抜け出せなかったといわれている。TSMCは、アップルやエヌビディアなどのアプリサイド（セットカンパニー）との協業により技術力、価格交渉力を大きく向上した。

90年代頃までは公的な研究機関を知識基盤として半導体業界が成り立っていた。最近ではコンソーシアムがこの間にでき、個別企業によっては先端技術などのミッシングピースができる。ゆえに、多くの企業がこぞってコンソーシアムに参画するという状況になっている。

IMECは1982年から、スタンフォードから帰国した研究者が始めたもので、最初は非常に小規模だったが現在は大きく成長しCEOも2代目となった。成功の理由は、高い志、ベルギーは小国だがEUの重心という自負、契約上手であること、そして人と税金が集まることを優先している。製造業を持たない小国のNPOであることから、ビジネス的には特定の企業群に偏らない中立性を重視しており、オランダの半導体製造装置メーカーASMLなど協業相手が多様である。

他社との協業には適切なルールが必要だ。IMECでは秘密保持の上で、高額な最先端の生産ラインの共有と共同研究が成り立っている。オープンイノベーションの下での背景知識と共有の研究基盤があり、費用の対

価値として知財やノウハウを顧客企業に返す。アカデミアを主な構成員に含まないイノベーションエコシステムで、最先端の研究開発のノウハウを事業化しているといえる。

フラウンホーファー研究協会

ドイツ産業界の共通基盤研究所として機能するフラウンホーファー研究協会は、その仕組みが世界的に注目されている。ドイツは連邦制を採っており連合政府と16の州政府があるという前提が日本と大きく異なる。特に教育と研究には州が権限を持つが、産業政策にも各州の独立性が強く表れ、地域によって産業の特徴は大きく異なる。地元産業と州立大学が密接に連携しているほかに、ステークホルダーとして地元の商工会議所や業界団体、郡や市などの地元自治体も大きく関与している。主要輸出品は、自動車、機械、化学製品、電子機器などと続いている。歴史的にもものづくりが盛んな風土は日本と似ている。

フラウンホーファー研究協会は、応用研究と産業への技術移転をミッションとしている。現在、全国で75カ所の研究所があり、多くは州が整備した大学キャンパス内に設置されている。約2万8,000人の職員のうち1万人が研究者で、さらに博士課程の研究者（大学院生）が約3,500人いる。研究所長の97%がクロスアポイントで大学教授職を兼任している。

フラウンホーファーモデルは、各研究所の研究費を機関助成（運営費交付金）、競争的資金、民間からの研究委託費それぞれ3分の1ずつで構成することを理想的とし、特に民間からの研究委託費が25から55%の間に収まると、翌年の運営費交付金が増額される仕組みを指す。新しい研究所が建つと最初の5年間は、その所在州が機関助成成分を負担することになっている。地域の産業に需要があることが研究所を新設する大前提であり、単純な研究所誘致は行われない。それゆえ研究所は州の産業政策や高等教育政策と密接に連携している。

フラウンホーファー研究協会のもう一つの特徴は、頭脳による技術移転といわれている。研究の担い手としての博士課程の研究者に対する評価の軸は「連携企業のリピーターを作れたか」にあり、民間の企業が研究所に仕事を委託し、その成果に満足して再び仕事を発注したかで評価される。多くの博士号取得者は大学には残らず、約8割が産業界に就職している。彼らが企業内でキャリアを積み研究開発部長などになって、またフラウンホーファーに研究開発を委託するという循環が理想とされる。近年ドイツの各州では、工学部の教授に新たに任用する人材の条件として「産業界で5年以上の経験が必要」としており、結果として人材の流動性が高まっている。

DARPA型

米国のDARPAは、1957年のスプートニクショックを受けて58年に設立された組織であり、全ての研究開発プログラムの課題、テーマは国防上のニーズによって決まる。一方で米国の「国防」の概念は極めて広い。公募時に現状分析を明示し、挑戦的ではあるが確かにできそうだと思う課題を設定して、ハイインパクトな技術革新を生んでいる。

DARPAには期間の定まった研究開発プロジェクトのみを支援するという明確な方針があり、学術的な探求を主目的とする研究とは一線を画す。DARPA主導で開発したコンピューターネットワークARPANETは、今日のインターネットの原型となった。これを実現するために、パケット通信、ネットワークプロトコルなどの基礎研究から、メッセージプロセッサの開発、そしてトライアングルネットの実証研究を経てコンピューターネットワーク構築まで継続して推進した。

DARPAのプロジェクト設計は「エンドゲームアプローチ」をとる。将来の国防上必要な能力から求められる軍事システムを構想し、その技術的ボトルネックとなるものを対象課題としてプログラムを設計していく。具体的に何を実現するかが公募時に示されない日本のムーンショット型研究開発のようなプログラムは、DARPAではあり得ない。

軍を顧客とするため巨大なマーケットがあり、調達や実装までのプロセスが既に存在していることも重要だ。

スタートアップも存在感を増している。国防総省のDefense Innovation Unitはシリコンバレーにオフィスを構え、ベンチャー企業と国防関連コミュニティのマッチングをしている。また、CIAが設立したベンチャーキャピタルIN-Q-TELは、出資を期待する企業が集まる中で新たな情報をキャッチし、国防コミュニティとの接続を可能にしている。

DARPAの予算は35億ドル(2021年)でスタッフ数約220名のうち約100名がプログラスマネージャー(PM)である。PMは野心的な研究開発プログラムを企画・運営する中核を担う。それを支援する仕組みとして、ワシントンの周りにはDARPA向けコンサルタントが多い。コンサルタント、PMとなる大学研究者などの外部の人材を、給与面で損をさせずに多く活用し、人材の還流、人脈形成、個人の能力構築、そして価値創出が促進されている。

DARPAに触発され、これを模したプログラムを国や分野に応じた形で設立する動きが各国で進んでいる。ドイツではベンチャー支援の強化に向けて飛躍的イノベーション機構(SprinD)が設立されており、英国でも高等研究発明局(ARIA)という組織の新設が進んでいる。

日本の取り組み

日本のイノベーションエコシステムの事例として、産業界が主導する製薬協、自治体主導の殿町での大学等の事例、場作りを実践するLINK-J(日本橋)、東大産学連携本部(本郷)における取り組みが紹介された。総合討論と合わせ以下のような課題やニーズが挙がった。

- ・社会として失敗を許容し、研究能力と起業家精神のある人材の行き場があるべき。
- ・海外のスタートアップでは、大手製薬企業で開発やライセンスをリードした経験のある人材が経営に入っている。
- ・米国と比べ日本は大学での起業家教育が不足。アントレプレナーシップだけでなく、イノベーションやエコシステムの土壌として、研究室が研究者と教育者を輩出していく仕組みが必要。
- ・資金調達、インフレなど金融・経済の基礎知識が理系にも必要。
- ・純粋な基礎研究を除き、日本の国プロは多数のステークホルダーが関わるプロジェクトについて制度設計や出口の設定が甘い。
- ・日本企業は海外の企業に比べてリスクが取れない、意思決定が遅い、新しい科学技術への対応が遅い。
- ・海外のエコシステムとつながり資金調達する環境整備が必要。
- ・デジタルヘルスやAI創業のようにITとバイオのような異分野のエコシステムが国内で価値観を共有し、事業を融合し、人材が行き交う環境整備が必要。

考察・日本への示唆

冒頭にも記載したとおり、エコシステムの主要要素として、ビジネスモデル、科学技術、規制(緩和)があり、多くのイノベーションはいくつかの組み合わせで実現する。その基盤となるのが産業界、アカデミア、行政の間の相互理解と信頼である。

いずれのエコシステムにも共通しているのは、産官学における人材、知識、情報、資金の循環であり、イノベーション創出に向けてステークホルダーのベクトルがそろうことによって経済(経営)をはじめとした合理性が働いている環境である。結果、イノベーションエコシステムと大学等における基礎研究が独立せずに両輪、表裏一体の関係になっている。日本にはこうした環境、風土が欠けていてイノベーションが起りにくい。

また、ボストンやフラウンホーファーなどに代表されるように、アカデミアに一定の分野に関する知識や技術の集積があり、エコシステムの求心力になっていることが認められ、さらに産学官が同じキャンパス内にあるなど物理的にも近くで研究開発を行っていることが認められる。日本では、特定の分野の知が全国や大学内でも分散しており、知の集積による求心力があまり見られず、産学官の近接立地も少ない。行政が主導する「神戸医療産業都市」、「殿町国際戦略拠点」、民間主導で進めている「ライフサイエンス・イノベーション・ネッ

トワーク・ジャパン（LINK-J）」は、近郊に大学や病院の集積が無く、新しい技術シーズへの持続的なアクセスに欠ける点の克服が課題とされた。製造拠点（開発品の製造にも、製法および製造施設の許認可が要る）、対象とする疾患の治験の場（大学病院など）との距離で、エコシステムをつくりにくいことも日本の課題である。

近年存在感を発揮しているのは、IT分野において2004年ころから成長してきた本郷のスタートアップエコシステムであろう。大学の周りに50以上のスタートアップができてきた。ベンチャーキャピタルも多く、投資家が学生を集める場所を運営したりイベントを企画したりしている。

欧米と比べると人材の層、資金の規模ともに薄いため、今後はイスラエルやシンガポールのように海外の大企業、VC、インキュベーター、アクセラレーターなどとのつながりが必須になるだろう。

分野の特性を踏まえたエコシステムを考えることも重要だ。IT分野とバイオ分野はハイリスク・ハイリターン型で技術の変化が早いので、スタートアップが向いているという点で共通するが、リスク・ガバナンス構造は異なる。バイオ分野はアカデミアにおける新しいサイエンスやテクノロジーがそのままビジネスのコアになる一方で、バイオ医薬品が開発から承認を得て上市するまで10～20年かかり、開発品の上市確率は非常に低い。IT分野は社会を良くするためのビジネスモデルの着想と現場（社会）での実践が肝となるが、必ずしもアカデミアの参画を要しない。

ドイツのフラウンホーファーは中小企業への技術移転という国策に沿った役割上、自動車、機械、化学製品、電子機器といった工学的な分野でイノベーション創出に貢献している。ITやバイオ分野での成果はあまり聞かれない。

半導体分野でひととき存在感を放つTSMCやIMECは、最先端の研究開発を事業とする組織、企業であり、ビジネスモデルが主導する世界である。拠点に大規模投資を継続的にやり、先端設備・技術を集中させ、企業や大学等と協業することで、ニーズやノウハウ、新しい知財を生み出し集約するモデルである。なお、TSMCは1987年に台湾工業技術研究院（ITRI）からスピノフしたスタートアップ企業であり（ITRIは台湾におけるフラウンホーファーと同じ位置づけ）、IMECは1984年に産業界とフランダース地方の大学とフランダース地方政府の代表からなる理事会の下に設立された非営利組織といったように公的な支援が母体となっている。

フラウンホーファーモデルが組織マネジメントの手法であるのに対して、DARPAモデルはプロジェクトマネジメントの手法である。DARPAからの示唆はバックキャスト型での野心的な研究開発プログラムを企画するためのプログラムマネージャーとそれを支援するコンサルタントに外部リソースを活用する仕組みと公共調達の方針ではないか。

日本では大学の研究室も研究所も借金や貯金ができないため、研究開発をビジネスにできない。スタートアップを立ち上げるか、公益法人などの出島を作るかの選択となる。特に工学の分野では、フラウンホーファーのような仕組みがあれば売上げが上がり、オーバーヘッドとして企業からの資金で、社会的課題を踏まえたテーマ設定や、新たな基礎研究の種まきを考えることができる。

分野と地域的特性に根差し、ヒト・モノ・カネ・チエを循環させるエコシステムを形成する上での参考としたい。

最も重要なのは人的ネットワークである。冒頭に産業界、アカデミア、行政の間の相互理解と信頼が基盤となると書いた。エコシステムの基盤は多様な人のつながり（ネットワーク）であり、それが生まれる仕組みが肝要である。日本は人材の流動性が低くこの点でも大きなハンデを負っている。例えば、東京大学ではテニョアトラックに乗っている教員は代表取締役になれないので、教授が起業することは少ない。研究者は論文の数やインパクトファクターで評価されるので、現状の評価システムでは起業するインセンティブがない。人材の流動性が低いので、産業界とアカデミアの両者の気質を理解する人材も少ない。

日本ではアントレプレナーのなり手が依然として少なく、研究者の起業家・アントレプレナーシップ教育が実践され始めている。大企業に就職した人や大学に残った人もアントレプレナーシップへの理解があれば、スタートアップとの連携の仕方が分かるようになるし、自ら起業家となることもできる。

最後に、起業するときの不安といえば、ファイナンス、知財、法務、マーケティングなどを指南し右腕になってくれる、商業化人材の獲得である。国の役割として、個別の研究開発プロジェクトを支援することも大事だが、そういったところに対する支援のプールを見える形で用意することが重要である。

1

サマリー
(ハイライトと考察・
日本への示唆)

2 | 話題提供

2.1 地域・スタートアップ型

2.1.1 シリコンバレーイノベーションエコシステム

松本 均（米国富士通研究所）

シリコンバレーのイノベーションエコシステムに関して、経験を含めてお話ししたい。私はシリコンバレーに来て約25年ほどになる。富士通と米国企業との協業プロジェクトを推進する中で、シリコンバレーの技術者の情熱、それから好奇心に圧倒された。米国で新規プロジェクトを提案し、シリコンバレーの富士通子会社に出向して、研究所の技術とシリコンバレーの人材、これを活用したプロジェクトを立ち上げた後、米国富士通研究所でプレジデント、CEOとして、Networked&Openというビジョンに基づくイノベーション活動を推進した。現在、北米ローカルとしてアドバイザーを務めている。

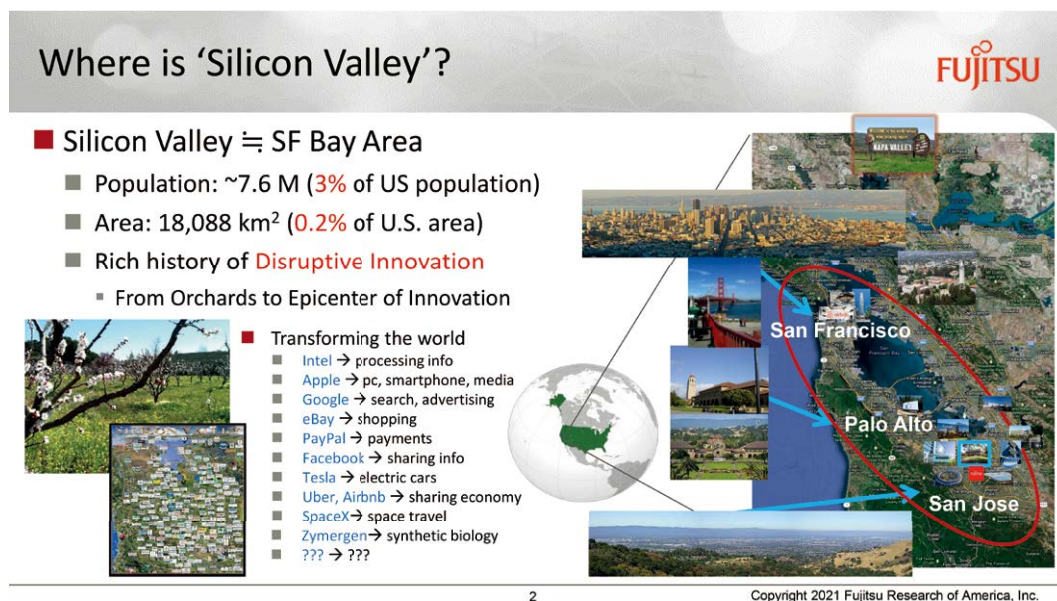


図1 シリコンバレー

シリコンバレーは、都会であるサンフランシスコ市から、スタンフォード大学や多くの投資家が集まるパロアルト市、昔半導体ベンダーが集積した南のサンノゼ市の一帯を呼ぶ。狭い地域に世界中から優秀な人材が集まり、ディスラプティブなイノベーションという豊かな歴史を築いている。60年ほど前、南のこの辺りは果樹園であり、心安らぐバレーと言われていたが、今では世界を変革するようなイノベーションの震源地に生まれ変わった。インテル、アップル、グーグル、フェイスブック、最近ではテスラ、ウーバーやエアビーアンドビー等々、全てシリコンバレーで生まれている。

本日のテーマであるシリコンバレーイノベーションエコシステムを図に示した。政府からのファンディングを基に、大学は先進技術を生み出して、そしてスタートアップをインキュベートする。ヤフー、グーグルもこの例である。そしてVC、ベンチャーキャピタルはスタートアップに、リスクマネーと呼ぶお金だけではなくて、ビ

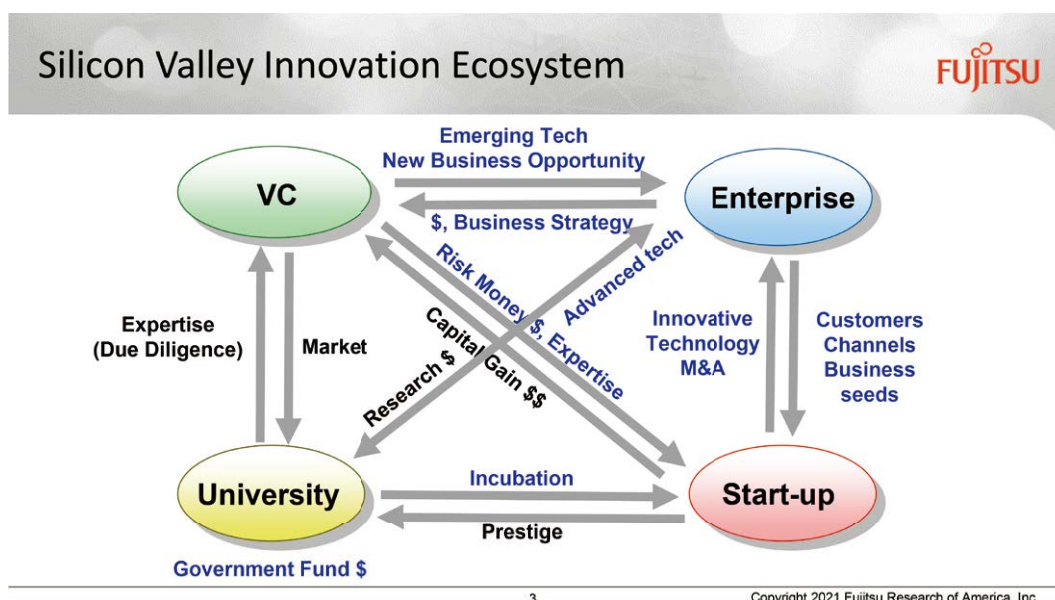


図2 SVイノベーションエコシステムの基本形

ビジネスやマーケティングに関する豊富な経験も提供する。VCは、LPである企業に対してエマージングテクノロジーやビジネス機会の情報を提供する。スタートアップは、企業に対して顧客とかチャネルとかビジネスの種を、そしていかにビジネスをスケールアップするかを期待している。企業は逆にスタートアップをイノベティブな技術ソースと捉え、時にはM&Aの機会とする。VCや大学、企業間にもここに示すような様々な関係がある。これがシリコンバレーのエコシステムの基本形である。

しかし、シリコンバレーエコシステムも進化している。シリコンバレーのVCはUS全体の投資額の約40%前後の規模だが、最近では、インベストメントファーム、あるいはソフトバンクのビジョンファンドのような比較的レターステージへの大規模な投資がある一方、このエンジェル投資やマイクロVCとも呼ばれるインキュベーター、アクセラレーターによる小規模なアーリーステージ投資が増えている。また、エクイティークラウド

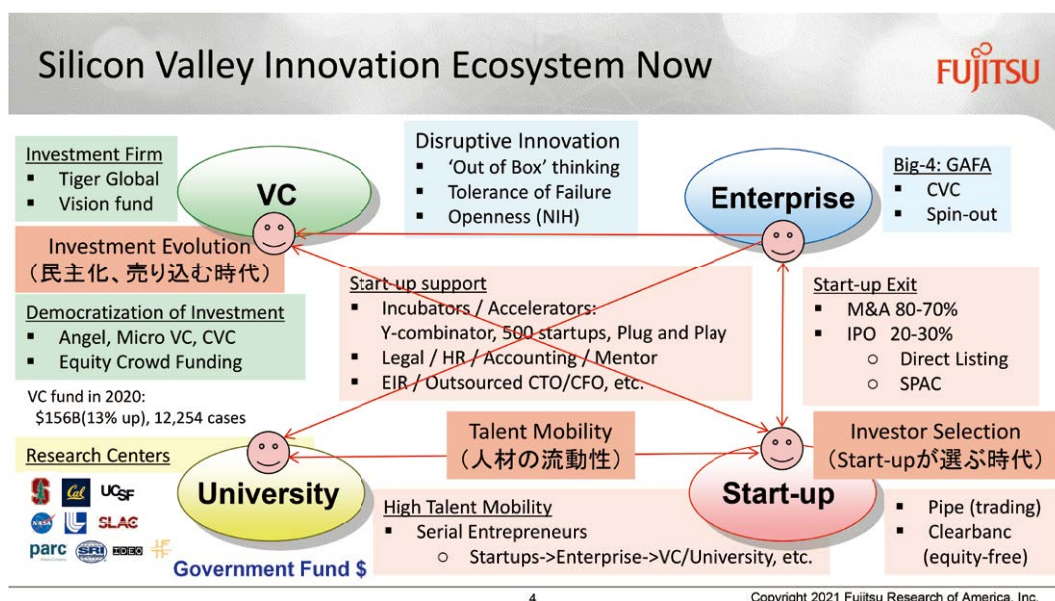


図3 現在のエコシステム

ファンディングという環境も充実して、誰もがスタートアップへ投資ができる、投資の民主化といったものも進んでいる。コロナ禍の2020年においても、初めて1500億ドルを超えたようである。このような潤沢な資金環境の下、今では、スタートアップ自身が投資家を選ぶ、インベスターを選ぶ時代だとも言われている。加えて、スタートアップを支援する法務、人事業務、税理士業、これもシリコンバレーイノベーションエコシステムで重要な存在である。エンタープライズ自身が投資活動を行うグーグルベンチャーズなどのCVC活動とか、大企業からスピンアウトするといったことも盛んである。

もう一つの特徴として、人材の流動性が挙げられる。人材は、時において様々な役割を持つ。例えば大学の先生がスタートアップをインキュベートして、そのスタートアップが成長してIPOやM&Aでエグジットした後、その企業の幹部として引き続き技術をリードするということもあれば、新しい研究テーマを基に、また大学に戻るような場合もある。また、その成功体験からVCのパートナーになり、将来のスタートアップへの投資とかサポートを行う場合もある。このように、人材というのがシリコンバレーのエコシステムの中で非常に柔軟に移動しており、この点は日本の状況とは異なる。

さて、そのシリコンバレーイノベーションエコシステムには、私は4つの要素があると思っている。世界中から集まる優秀な情熱を持ったやる気のある人材、課題や夢に対する豊富なアイデア、アイデアを具体化するための投資資金、そして、意欲的にアイデアを共有したり、失敗を恐れずリスクを取る姿勢、コミュニティを活用するといった文化である。これはまさに起業家精神そのものだと思う。

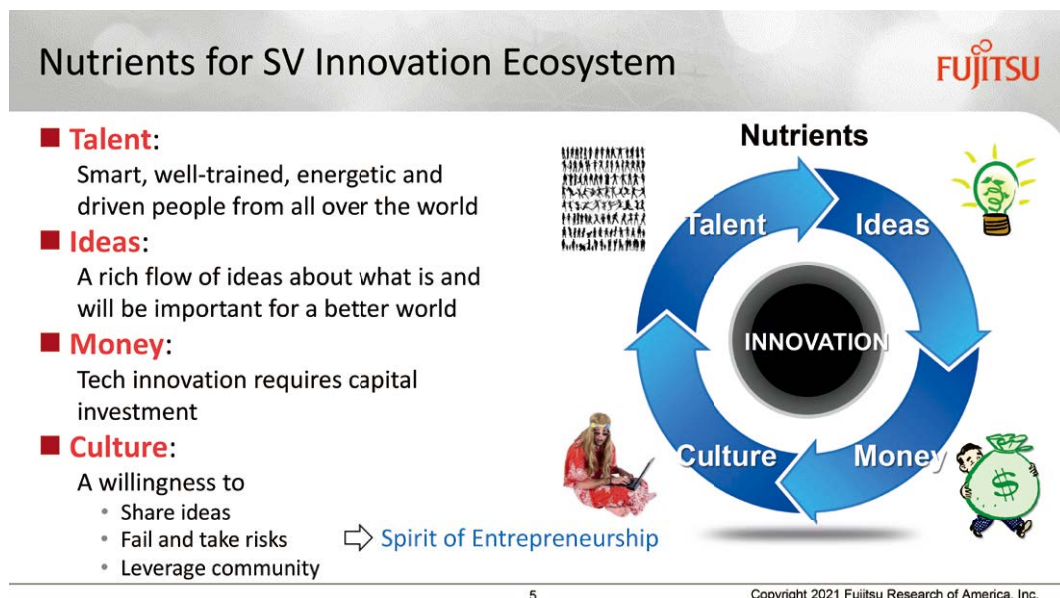


図4 SVイノベーションエコシステムの要素

起業家は大きなビジョンを持つが、スモールスタートである。トライアンドエラーを繰り返し、時にはピボットしながら粘り強く、実がなるまで努力を続ける。このFake it till you make itといった言い方もよく使われる。また、シリコンバレーでは、失敗は名誉の勲章とも言われている。チャレンジしない、つまり機会を逃すことより、チャレンジして失敗から学ぶことのほうがベターだという考えである。このように、失敗に対して寛容な文化がある。Fail Early、Fail Often、Fail Fast、Fail Forward、そして、グーグルのCEOだったエリック・シュミット氏の有名な言葉、Fail Fast、Fail Cheap、Fail Smart、早く失敗、安く失敗、賢く失敗。つまり失敗から学べということである。

そのシリコンバレーの本質は何だろうかといった議論をよく行った。これまでシリコンバレーというのは世界のハイテクキャピタルと言われてきたが、今や産業をディスラプトするキャピタル、つまりビジネスディスラプ

ションの震源地である。技術は世界中、日本、中国、イスラエル、どこからでも生まれている。シリコンバレーは、その技術からグローバルなビジネスを生む場所である。また、2011年、マーク・アンドリーセンのSoftware is Eating the Worldというメッセージや、2010年のクライナー・パーキンスの首席投資家であったジョン・ドーア氏のSoLoMo、ソーシャル、ローカル、モバイルが独創的なビジネスを生むといったメッセージがあった。このようなソフトウェア、ソーシャル、モバイル分野におけるデジタルディスラプションが、ここシリコンバレーでは中心である。

さて、このような世界を変革するようなイノベーションが生まれる歴史的な背景だが、やはり古くはこのゴールドラッシュ、フォーティーナイナーズに代表される、困難に立ち向かい、アメリカンドリームを求めた時代。そして、1929年の世界大恐慌の1年後に、革新的なアイデアと市民や地場産業の資金から始まったゴールデンゲートブリッジプロジェクト、まさに開拓者精神を発揮したサンフランシスココミュニティの産物である。そして、シリコンバレーをつくり上げたのは、このスタンフォード大学のターマン教授の革新的なビジョンだと言われている。果樹園からICの技術拠点に変わる前、第二次世界大戦中にマイクロウェーブバレーを生み、その後、起業家精神を育て、スタートアップを生み、HP社が有名だが、大学教授にも深く従事させる産学連携といった新しいモデルを生み出したことが原点だと言われている。また、サンフランシスコを中心に生まれた既存の価値観に反抗するヒッピー文化も、独自・独創的なアイデアを尊重する土壌に寄与していると思う。

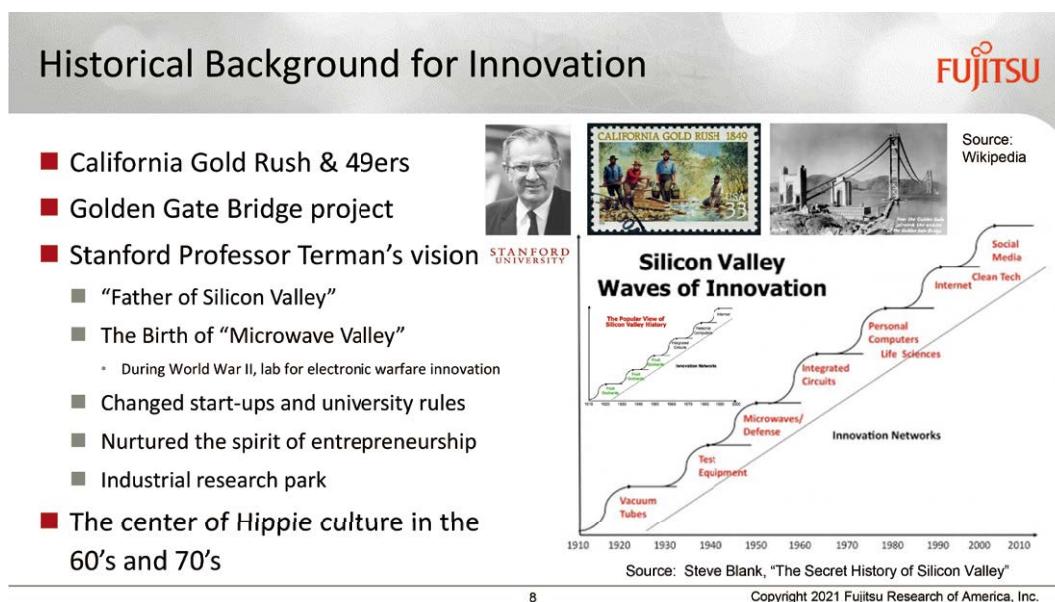


図5 イノベーションの歴史的背景

2013年、弊社のイベントに、当時のスタンフォード大学長であったジョン・ヘネシー教授をお招きして、イノベーションエコシステムについて講演をいただいた。大学は非連続なイノベーションと人材の主要な供給源である。このイノベーションのトランスファーとは、そのアイデアや技術ではなく、人をトランスファーすることであるという強烈なメッセージをいただいた。1人のトップパーソンが大切だ。スタンフォード大学の成功は全て人である。最適なイノベーション環境というのは多様な人材から成る。学生もイノベーションの重要な要素であり、起業家精神を教えるといったメッセージだった。

シリコンバレーエコシステムとして高い人材の流動性がある理由の一つは、カリフォルニア州ではノンコンピートアグリーメントは無効である。つまり、雇用契約に競業避止義務を盛り込むことを原則禁止している。その結果、人材の自由なサーキュレーションが生まれている。もちろん課題もあるが、アイデアのスピーディー

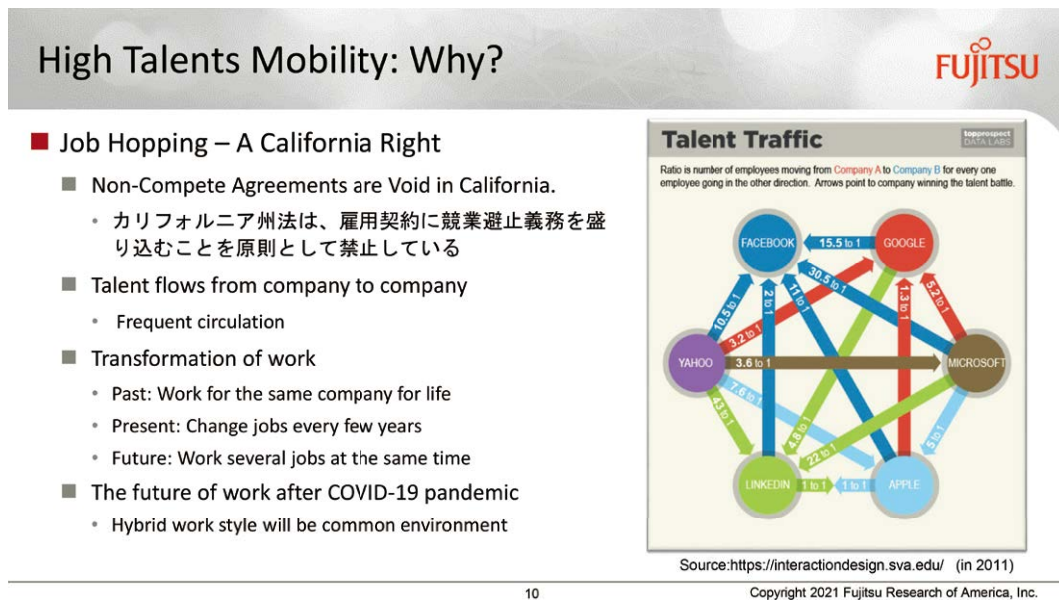


図6 高い人材の流動性はなぜ？

な普及には有意義だとも言われている。この人材移動マップに示すような情報が、急成長する革新的な企業の宣伝にも当時使われていた。2011年頃は、このヤフーとマイクロソフトからの人材流出が多かったようだ。

それから、スタートアップと企業の文化についてだが、スタートアップはイノベーションカルチャー、つまり、ビジネスモデルを探索して試行錯誤しながらディスラプティブなイノベーションを追求する。一方、企業のオペレーションカルチャーは、既にあるビジネスモデルの改良による拡張性、安定性を追求する。言い換えればサステナブルなイノベーションである。スタートアップが追求するのは、このビジネストランスフォーメーションであり、企業が追求するのは、このビジネスグロースだとも言える。もちろん、新規事業に向けて、企業の中にこのスタートアップカルチャーを取り込むことも重要である。自前主義にこだわり過ぎず、外部知識も活用するといったオープンイノベーションモデルは必須だ。まさにスタンフォード大学のオリリー教授の「Lead and Disrupt」という書籍のメッセージにもつながるかと思う。早稲田大学の入山教授が翻訳した「両利きの経営」という本が大変人気だと聞いている。企業は、知の進化、既存ビジネスの拡張に加えて、知の探索、新しいビジネスへの挑戦という両利きの経営が重要であるということだと思う。

シリコンバレーにも様々な課題がある。当時のトランプ大統領による高度技術者向けH-1ビザの発給停止、これは多くの移民を活用しているシリコンバレーには大打撃だった。それから、高騰する住宅のコスト、あるいは交通渋滞問題もある。ちなみに、今のコロナ禍では、この渋滞は全くなく快適。そして、この人材の流動性の高いシリコンバレーでは、過去には紳士協定を結んで、お互いの人材の引き抜きを禁止するという秘密協定もあって、これは労働訴訟にもつながった。

さらに、これからの問題だが、GAFAに対する独占禁止法の訴訟の行方が、このエコシステムに与える影響は大きいと思う。また、シリコンバレーから企業や人材の脱出が与える今後の影響はどうなるのか。そして、年々酷くなる山火事は大問題だ。また、コロナ禍でますます悪化する治安、特にサンフランシスコでアジア系住民に対するヘイトクライム、それから窃盗、放火、ホームレスによる犯罪増加が非常に大きな課題であり、このシリコンバレーを脱出する原因にもなっていると言われている。このような課題があるのも事実だ。

最後に、日本型イノベーションエコシステムへのメッセージだが、それぞれの国や地域の歴史や、育んできた特徴を生かした独自のシステムをつくることが重要だと思う。しかし、シリコンバレーから学ぶ点があると思えば、以下の2点を挙げたいと思う。

Culture of Startup and Enterprise



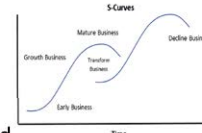
■ Startup Culture

- Disruptive Innovation focused
 - Seek / Develop new BM*
 - Seek Novelty
- Entrepreneur centered
 - Autonomous / Disruptive / Knowledge
 - Leadership with quick decision making
 - OK to fail and Learn
- Organizational Networks
 - Maximize individuals potential
- Upside Risk focused
 - Growth mindset
 - Embrace surprises
- Open and Global
 - Inside and outside knowledge

■ Enterprise Culture

* Business Models

- Operation (Sustainable Innovation) focused
 - Perform / Improve existing BM*
 - Seek Stability
- Organization centered
 - Management / System / Labor
 - Consensus with slow "Nemawashi" action
 - Avoid risk / not alternative
- Organizational Hierarchy
 - Individuals follow organizational rule
- Downside Risk focused
 - Fixed mindset
 - Avoid surprises
- Closed and Local
 - Inside knowledge centered



11

Copyright 2021 Fujitsu Research of America, Inc.

図7 スタートアップと企業の文化

1つは、失敗を許す文化をいかに育てるか。もちろん大学での起業家教育、それから行政の支援も重要だ。例えば、エアビーアンドビー社が苦境を乗り越え今成功したのも、当時のサンフランシスコの市長であったエド・リーさんのリーダーシップが重要だったと思う。市長自らサンフランシスコを世界のイノベーションキャピタルにするといった、こういった空港でのメッセージとか、スタートアップに対する税制優遇措置、あるいは法律改正、そして様々なデータをオープンにして失敗を恐れずにアイデアを募集するといった施策など、大変刺激を受けた。また、企業での新規事業対策においては、日本の独自の、例えばもったいない文化を人材に使ってはいかがか。つまり、失敗を経験した人材を積極的に活用することだ。さらに、社内起業家の育成として、会社の外で実践させることも重要だと思う。ぜひシリコンバレーを実験市場として活用していただければと思う。

2つ目は、人材の流動性をいかに生むかという点だ。カリフォルニア州のような法的な対応も必要かもしれ

Messages to Japanese Innovation Ecosystem



各国・地域での歴史・特徴から独自システムの構築が重要
シリコンバレーから学ぶ点があるとすれば、

■ 「失敗を許す文化」を如何に育てるか

- 大学での起業家教育、行政での支援（例：SF市長 2011~17年 Ed Lee氏）
- 企業内での新規事業に対するKPIと実践、社内起業家 Entrepreneurの育成が重要
- シリコンバレーを実験市場として活用

■ 「人材の流動性」を如何に生むか

- 起業家精神を育む文化に加え、法的な対応も重要
- Open Innovation モデルの積極的な活用: Spin-out/Joint Venture/VC協業



14

Copyright 2021 Fujitsu Research of America, Inc.

図8 日本型へのメッセージ

ないが、オープンイノベーションモデルのさらなる積極的な活用、特に企業内での改革から、外に飛び出す機会をもっとつくったらどうかというふうに感じている。余談だが、先日、別のイベントでDeNAの南場さんが強烈なメッセージを送っていた。「起業を当たり前のキャリアパスとして、成功者も失敗者も次々とチャレンジを続けられる社会を目指します」とおっしゃっていた。全く同感だ。

【質疑応答】

Q：人材の流動性が重要だと思っている。私自身も3組織でやってきたが、社会保障というのは非常に厳しい状態だ。こういったことの事例や解決策、そんな具体的なものがあれば伺いたい。流動性を高めるには社会保障が絶対だと思っている、社会保障が高いか、それか給料が高いか。

A：一つは、シリコンバレーではもう副業というのが当たり前になっているというのが社会の一つのルールになっている。有名な企業、有名な研究所であるような、例えばゼロックスパークのようなところも、例えば副職、副業的なことを許さないと言った途端に人が辞めるというふうに、私の知り合いもよく言っていた。グーグルとかフェイスブック等々も副業的なことを認めている。それから、やっぱりノンコンピートアグリーメントをボイドにしているので、嫌だと思えばすぐさま辞めて、次の仕事をまた見つけに行くという、そういった社会のルールというか、仕組みがすごく支えていると思う。

2.1.2 ボストンエリアにおけるイノベーション・エコシステム

西野史子（一橋大学大学院社会学研究科）

専門は雇用政策、労働社会学、人材マネジメントで、人々の働き方について研究している。2016年に機会がありハーバード大学のライシャワー研究所に1年滞在して、ボストンでの働き方について調査をした。起業家、科学者の方、特に製薬関係の方とお話する機会が多く、労働市場の流動性やイノベーション・エコシステムに注目し、2020年にレポートをまとめた。

ボストンはアメリカの東海岸に位置し、日本からは非常に遠く時間もかかる。地理的にはヨーロッパに近く、文化や街並み、人の交流ネットワークという意味でもヨーロッパに近いと言われている。シリコンバレーのある西海岸でも少し現地調査を行ったが、文化的には対比的である。オープンでカジュアルな西海岸に比べ、東海岸は大学内の服装や挨拶の順番についても秩序を重んじる傾向がある。そのような点で、日本の感覚からすると西海岸より東海岸の方がギャップが小さいと思われる。マサチューセッツ州は面積も人口も小さいが、アイビーリーグをはじめとする多数の大学があり、ハーバード大系のMGHなどの全米の旗艦的な研究機関がある。そのためバイオ系の人材が多く集まっており、大卒比率とSTEM系の学位取得者の割合が全米で最も高い州である。アナリー・サクセニアン「現代の二都物語」という有名な著作の中で、かつてイノベーションの2大拠点であったシリコンバレーとボストンについて書かれており、90年代半ばからはシリコンバレーが跳躍しボストンが凋落したプロセスが分析されている。ボストンは、クローズドな大企業の風土、人材の流動性の低さ、そして伝統的で保守的なカルチャー、ピラミッド型組織と形式主義で凋落していたとされている。これらは日本の大企業が現在抱える問題点とも共通している。

2010年以降、ボストンは製薬やライフサイエンスの分野を中心に、イノベーションの都市として復活を果たしている。2016年のバイオテック関係の投資額を見るとニューイングランドは最も高い位置にいる。なぜボストンは再興したのか。ボストンのかつてのイノベーションの拠点であったのはルート128号線という郊外の冠状道路沿いであり、DECやIBMといった大企業が点在し、社員や関係者でなければ中に入ることができない非常にクローズドな状態であった。80年代頃から中央研究所が閉鎖・縮小される中で、研究所の優秀な人材が大学やベンチャーなどに流出していった。ボストンの中で現在のエコシステムの中心は、ルート128号線ではなくケンブリッジ市のケンダル駅（地下鉄）の周辺である。この駅の近くにはMITがあり、2駅離れたところにはハーバード大学があり、現在はその狭いエリアに大学の研究所やベンチャーキャピタル（VC）や起業支援施設やメガファームといった重要な施設が集中している。

遺伝子研究が可能になったのが、このMITやハーバード関連の研究所であり、ライフサイエンスの企業がケンダルスクエアに生まれた（図1）。80年代ぐらいからはアカデミア及びマネーの変化があった。アカデミアの研究で利益を上げるという流れの最初の鍵となったのがホワイトヘッド研究所である。成功例が出てくると、サイエンスで利益を上げることにに対する反感も減少し、地位も上がってくる。同時にライフサイエンスVCが徐々に設立され、ライフサイエンスに特化したフラッグシップというVCも2000年頃にこの辺りに設立された。次に、インフラ整備とメガファーマの集積があった。2000年代にはMITが周辺の倉庫街だった土地を開発して、起業支援のための拠点を整備していった。MIT卒業生が設立した企業支援組織であるCIC（ケンブリッジイノベーションセンター）もこの辺りにある。またメガファーマによるバイオベンチャーとの提携も、2000年代後半ぐらいから積極化し、2010年代以降はノバルティスやサノフィなどが研究拠点をボストンに移し、これによりボストンの製薬産業の集積が決定的になったと言われている。同時に、製薬業界の開発方法のパラダイムシフトがあり、ベンチャーが先端的な開発をして、メガファーマと連携していくという流れがあり、それがこうした製薬産業の集積を後押しした。

- 1) 規制緩和の実験場として
 - 1976: 世界がMIT Harvardに着目、ケンブリッジ市が世界初の遺伝子研究の規制に取り組む
 - 1981: ライフサイエンスの大企業がケンダルスクエアにできる
- 2) アカデミアの変化、マネーの動きの変化
 - 1982: バイオメディカルリサーチ・ホワイトヘッド研究所 の設立 ホワイトヘッド教授
 - 1990年代、アカデミアの中でのカルチャーが変化
→サイエンスで利益を上げることへの反感が減少
 - ライフサイエンスVCの設立
→Flagship (VC) など
内部でスタートアップを育てる特殊な形態
大量のサイエンティストを擁し、投資先の検証に当たる
- 3) インフラ整備とメガファーマの集積
 - 2000年代 MIT Investment Management Company の不動産チーム
 - E70のビルをOne Broadwayビルにし、CICなどが入居
 - 2007年以降、メガファーマによるバイオベンチャーとの提携や合併買収が積極化
 - 2010年以降、Novartis、Sanofi などのメガファーマが拠点を移す
- 4) 製薬業界のパラダイムシフト
 従来のビジネスモデルの行き詰まり (1990年代頃から)
 - バイオ医薬品→オープンイノベーションに向いている
 - 最先端技術は小規模のスタートアップが担う
 - 研究者にとっても、分野の垣根を超えた研究がスタートアップで行われていて魅力的
 - メガファーマとしてもリスク回避できる

図1 ボストンのイノベーション都市としての再興

このようにしてケンダル駅周辺のエリアに、大学、スタートアップ、メガファーマ、起業支援施設のインキュベーターやVCなどが集積していった。MGHという旗艦的な病院もすぐ近くにあり、主要なアクターが揃っている。

イノベーションエコシステムの構造を理解するにあたって、MITのREAP (Regional Entrepreneurship Acceleration Program) が作成している概念図がわかりやすい (図2)。アクターとして大学、起業家、リスクキャピタル、企業、自治体や政府があり、これらが緊密に連携することが地域イノベーションのエコシステムのモデルである。

3 イノベーション・エコシステムのアクター

大学、起業家、VC、大企業、州政府が緊密に連携

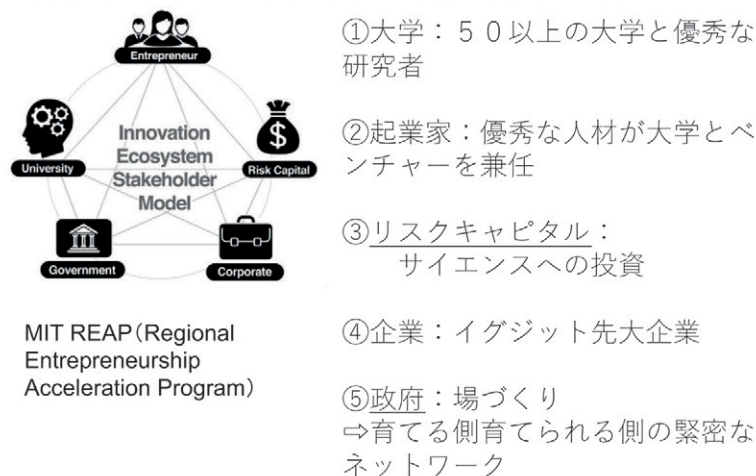


図2 イノベーション・エコシステムのアクター

MIT REAPは、このモデルを世界各都市に展開するよう試みており、その際に各都市での強みや弱みを分析している。例えば東京については、良い大学や研究機関があるがリスクマネーが弱いという診断が分析当時は出ていた。またシリコンバレーの例では、自治体や政府というアクターがあまり出てこないところ特徴的である。ボストンの場合を見てみると、①大学や研究機関が多い点と、②大学の優秀な人材が研究者と起業家を兼任する点、③リスクキャピタルに関してはサイエンス案件への投資が活発という点が特徴的である。また、④ベンチャー企業のイグジット先（あるいは提携先）となる大企業についても、ボストンへの製薬企業の集中によって厚みが増している。⑤政府については、合衆国政府というより州や市レベルの施策が重要であり、マサチューセッツ州の取り組みのほかに、ボストン市とケンブリッジ市がそれぞれ、エコシステムを拡充するため場づくりを行なっている。

次に、エコシステムで最も大事な、「起業を支える多様な仕掛け・緊密なネットワークを育む場」としてケンブリッジイノベーションセンターを紹介させていただく。MITのMBAのスローンスクールの向かいに立地するインキュベーターであり、スローンの卒業生のティム・ロウ氏が1999年に設立した。基本的にはベンチャーを対象とした貸しオフィスであるが、場所の提供に止まらず、マーケティングやリーガルの手助け、そして緊密で信頼できるネットワークづくりの仕掛けを提供している点が重要である。ケンブリッジに始まり、シカゴやヨーロッパ、東京にも最近拠点ができた。特徴的なものとしてサーズデー・ギャザリングというのがあり、これは半ばクローズド、半ばオープンな集まりの場である。毎週木曜日に、起業に関心のある研究者やVC、大企業在籍者などが集まり情報交換や意見交換、ネットワークづくりや求職・求人を行う。何年もこうした集まりを行ううちに、実績が伴い、文化として根付き、非常に質の良いギャザリングになっているとのことである。現在、ケンダルスクエア周辺の投資額の半分ぐらいがCIC関連だと言われている。

次に、アクターの緊密な連携とトランスポジションについて紹介したい。まず、シリコンバレーと同様、大学の研究者が創業しやすい仕組みというのがあり、多くの第一線の研究者が起業家を兼任している。例えば、リチャード・ヤング博士という方は、大規模なバイオ企業の共同創業者であり、ホワイトヘッド研究所のメンバーでもあり、MITの生物学の教授でもある。そのような環境にいる院生は、教授の手伝いをしながらそうした姿に憧れてロールモデルにしていける。また、ボストンの起業の特徴は、アイデア勝負のサービスやインターネット関連というよりは、研究室の中で脈々と行われるサイエンスが強いという点がある。スタートアップに参画している研究者のお話では、ピッチコンテストには馴染まない性質の起業に強いとのことだった。

アクターの緊密な連携とトランスポジションの2つ目として、特徴的なVCについて述べたい。ケンブリッジ界限では、大学のラボで行われるサイエンス案件に投資する巨大なVCがいくつかあるのが特徴である。例えばフラッグシップ・パイオニアやサードロックベンチャーズなどであり、これらは多くのPhDサイエンティストを抱えていて、投資案件の精査を行う。大学が周りにあるので院生のインターンを雇い、初期の案件精査を行う。研究者はサイエンスに特化し、ビジネスモデルや商業化についてはVCが行う役割分担になっている。なぜこういったタイプのVCが存在するかというと、アカデミアの競争も激しいためにPhD保有者の就職先の一つとしてVCが存在する点、またVC間の競争も激しいために独自色を出すためという点がある。

フラッグシップ・パイオニアが行なっている投資プロセスの「パイオニアプロセス」は、シーズの段階からVCが入って育て、厳選されたものがベンチャーとして世に出ていく仕組みである。現在有名となっているモデルナも、フラッグシップと強い繋がりがある。ハーバードメディカルスクール准教授とフラッグシップのCEOがコファウンダーとなって会社が設立され、場所もケンダルスクエア周辺に立地している。

東京への示唆という点では、MIT REAPの分析によると、「東京は良質な研究機関があるものの、連携という点ではこれから」とある。人材という観点では、日本では「研究者の起業家教育」ということがよく言われるが、ボストンのインキュベーターや特徴的なVCを参考にとすると、むしろ商業化人材を育成し、人材の層を厚くしていくことが重要ではないかと考える。商業化人材の裾野を広げることで質も向上するのではないかという期待がある。多くの人が魅力を感じて参入するにはどうしたら良いかということを考える必要がある。企業や大学から完全に転身することが難しければ、クロスアポイントメント等の仕組みを活用するのも良い。サイエンスも起業も両方経験する方を増やし、そうした方がさらに後進の育成や商業化支援に携わるようになると良い循環が生まれる。

【質疑応答】

Q：「二都物語」でボストンの元々の閉鎖的な文化や風土が紹介されていたが、現在ボストンでバイオがうまくいっているというのは、ボストンの文化・風土が変わったのか、それともバイオならそのような風土でもイノベーションエコシステムができるのか。どのように考えたらよいか。またそれは日本にとってチャンスだと考えてよいか。

A：ボストンがもともと持っていた保守性やクローズドな風土と、製薬という分野の相性がよかったと考える。またボストンの風土も保守的でクローズドなものから、少しオープンなものへ変化させる中で、たまたま製薬業界の変化とも時期的に一致したと思われる。タイミングの妙という面もある。日本はシリコンバレーという全く別の仕組みを参考にするよりも、ボストンの方が近いのではないかと考える。日本がシリコンバレーをまねするのは無理だし、その必要もないという話はよく聞く。

Q：サイエンス案件にVCが投資するということ、もう少し説明してほしい。投資の成功率ということを見ると、東海岸と西海岸では違うか。

A：例えばウーバーのような、ビジネスモデルのアイデアに対して投資するというのが一般的な投資のパターンだと思うが、サイエンス案件への投資というのは、ビジネスアイデアになる前の研究の段階で、そこに価値を見出して投資をするスタイルであると聞いている。ケンブリッジのエリアでも、ハーバード・ビジネススクールからはビジネス寄りの起業が多く、MITからはサイエンス寄りの起業が多いと聞いたことがある。後者では、学会発表のような研究のアイデアをVCに提示し、サイエンスを理解するVCがその案件の可能性を検討した上で投資をするということである。想定される顧客や収益モデルなどについて研究者が細かく問われることはないのである。

投資の成功率は東海岸と西海岸で違うかもしれないが全体の投資規模も違うため、よくわからない。フラッグシップなどの特徴的なVCたちは長期の堅い投資をされると言われている。成功例が出てくるとさらに資金が集まるため、成功確率は低かったとしても、当たったときは大きいという面もある。

2.1.3 イスラエル・イノベーション・エコシステム

樋原伸彦（早稲田大学大学院経営管理研究科）

イスラエルはイノベーション大国、スタートアップネーションとして知られているが、面積は2万キロ平方メートル、人口が1,000万人前後であり、日本で例えるなら九州の北部（福岡、佐賀、熊本、大分）の規模感である。つまり、人口が日本の10分の1程度なので、政府予算の規模も日本に比べ10分の1よりは少しある規模であることを認識しておきたい。

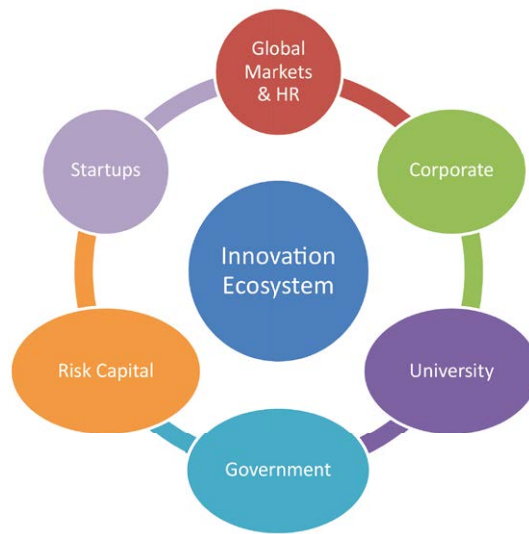
例えば、日本で言うとNEDOとJSTのような機関であるIIA（Israel Innovation Authority）の予算でいえば、480億円程度。これに対し、NEDOの事業予算が1,600億円程度であるので4分の1強の予算である。イスラエルのイノベーション政策を模倣したいという国は多いが、実は予算規模で見るとそれほど大きくはない。貧富の格差の点では、日本よりイスラエルのほうが厳しく、日本ほど均一な雇用条件が提供されているわけではない。1人当たりのGDPでみると、日本はイスラエルに少し負けているぐらいの感じである。

最近、イスラエル関係の本が日本語で出版されることが多くなってきている。特に、Dan Senor and Saul Singer “Start-up Nation”（翻訳書「アップル、グーグル、マイクロソフトは、なぜ、イスラエル企業を欲しがするのか？」（ダイヤモンド社）、市川裕「ユダヤ人とユダヤ教」、田中真人・栗田宗樹編著「イスラエル・ビジネス・ガイドブック」（商事法務）の3冊が重要だと考えている。“Start-up Nation”は、10年以上前にスタートアップネーションとしてのイスラエルに脚光を浴びせた書籍であり、イスラエルのイノベーションエコシステムがテイクオフしたとき、どのような状況だったかを一般向けに書いた本である。また、「イスラエル・ビジネス・ガイドブック」は、直近のイスラエルのエコシステムの現状が描写されており、日本ビジネスマンがこれからイスラエルと付き合いおうとしている場合、非常に参考となろう。

イスラエルの文化や歴史、今のエコシステムにつながっているという観点からは、市川先生の「ユダヤ人とユダヤ教」が興味深い。ユダヤ人とは誰か、歴史、信仰、学問、社会から見ることは、特にイスラエルのエコシステムを考えるに当たって重要だと考えている。私見にはなるが、3つ挙げると、一つ目としてまずキリスト教。いわゆる現在の全世界のバリューシステムとしては、基本的にはキリスト教のバリュー・システムが圧倒的に受け入れられている状況であるが、少しユダヤ教に触れるとことによって、今のキリスト教的社会バリューシステムの建設的相対化ができるかもしれない。二つ目として、ユダヤ人というのは、既存の国民国家としては捉えるとその本質を見誤る可能性がある。つまり、イスラエルというイノベーション・エコシステムを考えると、国民国家単位で考えていて間に合うのかどうかという問題はあろうと思う。ユダヤ人考えることによって新たな視座が得られるのではないかと。最後に三つ目としてユダヤ教である。野中郁次郎先生の言うイノベーションに必要な真剣勝負をやっているという、論争と対話を重視しているところにつながっていることがこの本からは感じられる。

イノベーション・エコシステムについていえば、先ほども引用されたMITのREAPに似たものであるが、唯一の違いは、グローバルマーケット&ヒューマンリソースというのを一番上に置いたところである（図1）。イスラエルのエコシステムを考えるに当たっては、外とのつながり、あるいは外の人材との関係性はかなり重要である。イスラエルが先駆的な事例として重要なのは、例えばシリコンバレーとかボストンは元々かなり好条件がそろったエコシステムであり、それをコピーしようというのはなかなか難しい。ここ10年、20年の各国のイノベーション政策の結果として明らかになってきたのは、イスラエルのようにいかに外とつながって、自分たちのエコシステムの欠点を修正していくのか、という方向に議論は向いてきている。

Innovation Ecosystem



©2021 Nobuhiko Hibara

JST Workshop

16

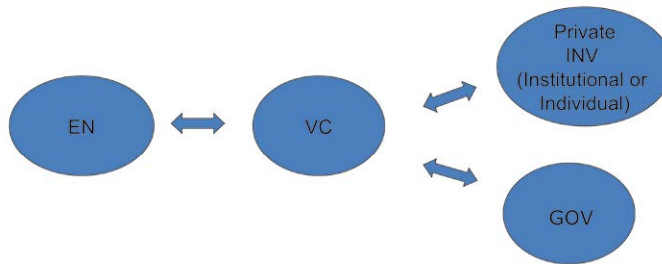
図1 イノベーションエコシステム

イスラエルがスタートアップ企業を生み出してきたプロセスは極めて印象的である。1960～70年代のイスラエルは社会主義国家のような経済だった。労働組合が強く、超正統派のイスラエル人は宗教的に働かないことになっているので、5～6割の人口が税金を払っていない。残り4割強で全ての税金を負担しているのである。産業については、既存のいわゆるインフラ系セクターの企業が20社程度あり、それは20Tycoonsと言われ、メディアや商業銀行などの既存セクターを支配し、レーバーマーケットの流動性は極めて低かった。しかし90年代に入ってから変化がみられるようになった。90年代以降は、地政学的にあの場所にありながら、OECD加盟国並みの経済の水準になってきて、現状は西側の経済の一部になっているところまで変わってきた。95年が起点だと考えれば、25～30年でここまで変わったことはかなり奇跡に近いものがある。

他国との比較で認識しておかなければならないことは、徴兵制度が学部に入る前に男女ともあることである。兵役を経験し、かつ大学入学前にバックパッカーで世界を放浪するといった行動様式が最近では典型的になっており、大学生は日本や米国の学生に比べて非常にマチュアだと言われている。イスラエル人の友人によれば、なぜ起業家が多いのかというと、ジオポリティカルな問題で常にリスクにさらされているからだという。「おまえらに比べて一日の価値が俺らのほうが高いんだ」ということを結構真顔で言われる。

イスラエルは、唯一ベンチャーキャピタルという産業を政策的に創出することができた国である。ヨズマファンドとは、いわゆるハイブリッドファンドで、政府からのお金を出すヴィークルになっている（図2）。それに民間投資家と一緒に、パブリックとプライベートの両方の資金からなるファンド（図2の、Drop-Down Fund）となる。ここで成功の要因と言われているのは、まずは、とにかく民間からの出資がなければ政府はお金を出さないという制度設計だ。それともう一点は、もしファンドが成功したら、政府が出した分については、民間のLP（民間の投資家）にそれを買取る権利が与えられる。これは非常に民間のモチベーションを上げることになる。ヨズマファンドという制度の導入は、ロシアからの大勢の移民を活用したいというという動機からであった。ヨズマは、実は国として100億円程度しか出資せずに、ベンチャーキャピタル産業を創出した。

Hybrid Fund

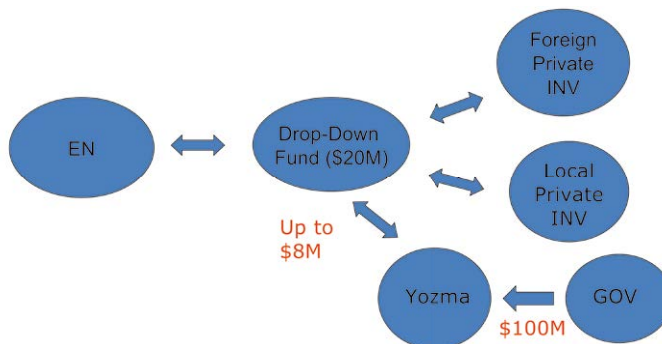


©2021 Nobuhiko Hibara

JST Workshop

24

Yozma - Israeli Experience



©2021 Nobuhiko Hibara

JST Workshop

26

図2 官民によるハイブリッドファンドとヨズマファンド

直近のイスラエルの話題を少し幾つか申し上げておく。2019年12月にイスラエルを訪問した際、出会う人が皆、口々に「Bio-Convergence」と言っていた。イスラエルはITやセキュリティー分野でスタートアップ・ネーションとなったが、ヘルスケア系のところにイスラエルのベンチャーは興味を持ち出したのである。そして分野の掛け算になっていないとなかなかVCからの出資を得られないのが現状のようだ。例えば病院が子会社としてベンチャーキャピタルを設立するケースもある。またイスラエルには健康保険組合が4つあるのだが、この4つで全国民をカバーしており、ここがデータをグーグルなどのGAFAに提供して共同研究を実施しているという話もあり、日本の組織では対応できないことを軽々とやっているのである。

最後、まとめとして4点申し上げたい。1) イスラエルでは、いわゆるコピーイングシリコンバレー政策は終焉しつつある。イスラエルは非常に弱みも多いので、それゆえ、自国あるいは自地域の強みを把握して、外といかにつながるのかという発想が重要となっている。2) また、ビジネス・セクター間の繋がりも重要で、単なるITだけではなく、多くの分野の技術を融合することによって顧客のペインを解決しようという傾向が強い。

3) 特に日本の企業や組織から見ると重要なのだが、つながりの健全性が必要条件になってきている。大企業とスタートアップ企業の対等な契約関係、あるいは民間と行政のより対等な関係がそうである。なぜ日本の企業や政府は手続き重視主義なのかと、よくイスラエル人にと尋ねられるが、日本は諸外国のエコシステムを参考に変化しないといけないところがある。4) そしてこの1~2年、データの戦略的価値が飛躍的に向上している。それをうまくイスラエルは活用した結果、ワクチンもあれだけ早くファイザーから調達できたのだろう。いかに戦略的にデータを活用するかは今後のエコシステムの構築上で重要であると考ええる。

【質疑応答】

Q：イスラエルだと軍事技術との関係を聞くと、軍事技術からベンチャーが出てきたりとか、そういうのというのは何かイスラエルに特有だったりするか。

A：まずは、軍事技術はイスラエルのスタートアップのかなりのパーセントを占めていると思う。これはシリコンバレーの状況とも似ているが、軍事技術がテクノロジー・シーズの供給源となっている。そして第2に、人材の供給、ネットワークの組成の面でも軍は重要な役割を果たしている。徴兵制により同じ年にみんな兵役にでる。そこで顔見知りになりネットワークが築き上げられるのである。この2点が極めて重要である。だから、日本もその意味では、大企業同期入社や同期の官僚入省という繋がりをネットワーク組成の核としてもっと利用すべきではないかと考えている。

これまでの経歴であるが、最初、銀行におり、その後米国のコロンビア大学でPhDを取り、カナダのビジネススクール、それから立命館で、今がアカデミックには3カ所目である。今の研究のカバレッジとして、ハイブリッドファンド、例えば産業革新機構であるとか、あるいはCVC、それからライフサイエンス分野での新規事業創出、それから大企業の戦略ということである。イスラエルのエコシステムの研究をすればするほど、日本の問題点、特に日本の組織の問題点を非常に感じている。

2.1.4 シンガポール・イノベーション・エコシステム

本田智津絵（JETROシンガポール事務所）

シンガポールはもともと、シリコンバレーやイスラエルのように起業家精神に溢れた国としての知名度はなく、また失敗を許す文化があったわけでもない。そのような国が東南アジアのスタートアップ大拠点となるにはシンガポール政府自身が非常に強いリーダーシップを発揮してきたという経緯がある。

シンガポールは小さい島国の都市国家で、地方というものがなく、人口が570万弱と少ないため国内マーケットは限定的だ。シンガポールに拠点を置く企業が事業のスケールアップを考えるならば、起業した時点から常に海外マーケットへの展開を考える必要がある。一方、政府が強いリーダーシップを発揮してきたというのは今に始まったことではなく、シンガポールは歴史が浅く独立から56年余りでありながら1人当たりGDPが5万8,902米ドルと、日本を上回る世界有数の豊かな国になったのは、政府が積極的に外資企業を誘致し国を成長させてきたことによる。

イノベーション拠点としてのシンガポールの地位を強化するにあたって政府の公的機関が非常に大きな役割を担っていることは、WIPO グローバル・イノベーション・インデックスでシンガポールがランキング総合8位に位置し、その中でも「組織・機関」という要素で1位となっていることから読み取ることができる。

イノベーション拠点としてのシンガポール、世界8位

グローバル・イノベーション・インデックス（GII） 2020年版

GII ランキング	国・地域	組織・機関	人材・研究	インフラ	市場の洗練度	ビジネスの洗練度	知識・技術のアウトプット	クリエイティブなアウトプット
1	スイス	13	6	3	6	2	1	2
2	スウェーデン	11	3	2	12	1	2	7
3	米国	9	12	13	2	5	3	11
4	英国	16	10	6	5	19	9	5
5	オランダ	7	14	18	23	4	8	6
6	デンマーク	12	2	4	8	11	12	10
7	フィンランド	2	4	9	33	8	6	16
8	シンガポール	1	8	13	4	6	14	18
9	ドイツ	18	5	12	24	12	10	9
10	韓国	29	1	14	11	7	11	14
16	日本	8	24	8	9	10	13	24

(出所) 世界知的所有権機構 (WIPO)

Copyright © 2020 JETRO. All rights reserved. 2

図1 イノベーション拠点としてのシンガポール

アメリカの調査会社CBインサイツの資料によれば、世界のユニコーン（10億米ドル以上で非上場のスタートアップ）の半分がアメリカに所在しているが、残り半分のうち3割はアジアにあり、そのほとんどが中国とインドだが、シンガポールには6社存在する。小さい国である割には数が非常に多い。その背景として、シンガポールを取り巻く東南アジアはまだまだスタートアップ拠点としては非常に年数の浅い地域であるが、中間層の拡大とともにインターネットの普及が急速に進んできたことが、インターネットを介した新しいサービスを展

● | 世界のユニコーン分布、アジアは3割

- 世界のユニコーンの半分は北米。ただし、アジアのユニコーンの存在感が急速に拡大。
- アジアのユニコーンの主役は現在、中国とインド。この中でシンガポールのユニコーンは6社と現時点で、東南アジアの中で最も多い。

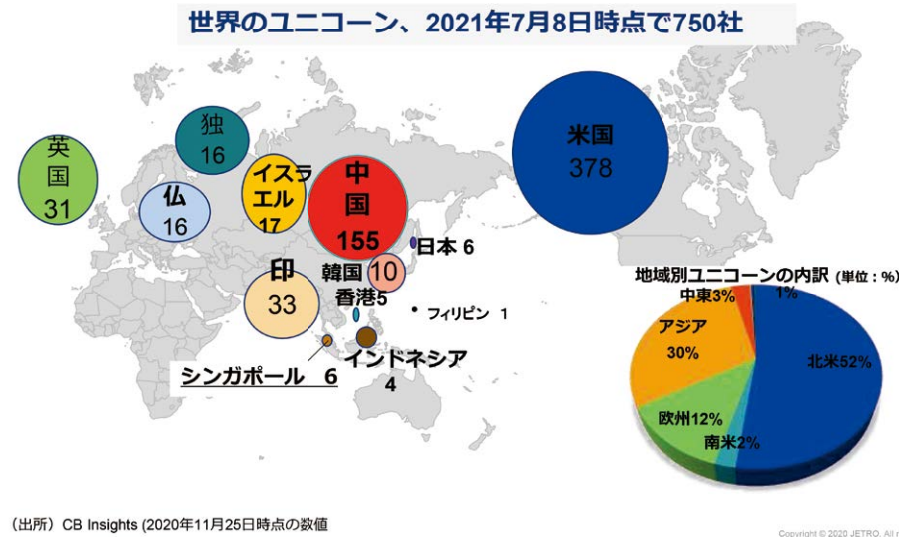


図2 世界のユニコーン分布

開するスタートアップが成長する基盤となったことがある。

グーグルとシンガポールのソブリンファンドのテマセクホールディングス、及びアメリカのコンサルティング会社であるペイン社の共同レポートによると、東南アジアでは2020年だけで4,000万人が新たにインターネットを利用開始し、累積では合計4億人が利用している。このインターネットの普及によって、今までサービスを楽しむできなかった人々も、金融を含む様々なサービスを利用できるようになっている。それによりテクノロジーを活用した新たなサービスの拡大と、それを提供するようなスタートアップの急速な増加につながっている。その中で、スタートアップに対する投資がこの僅か数年で大きく拡大している。

東南アジア6か国のテック系スタートアップの投資推移を分析すると、投資額でいえば2018年が一番多かったが、2020年も新型コロナの影響があるわりには前年並みの投資額を維持しており、やはり東南アジアは今後成長していく市場ということで非常に注目を浴びている。投資額でいえばインドネシアが非常に大きいのは東南アジアの中で最も市場が大きいことと、生活関連のあらゆるサービスを提供する「スーパーアプリ」を運用するゴジャック社などの存在がある。一方で、投資案件数でいえばシンガポールが最大であり、東南アジアの中でスタートアップエコシステムが最も整備されているのがシンガポールであると言えるのではないかな。

シンガポールのスタートアップエコシステムの特徴は、政府またはシンガポール国立大学に代表されるような教育機関の存在が強いことがある。

また、シンガポールではテック系のスタートアップが約3,800社あると推計されているがそれを支える大手企業、銀行がシンガポールにもともと集積していた点に強みがある。集積の理由として、シンガポールは東南アジアの一大ビジネスハブであり、ユニリーバのように統括拠点をシンガポールに置いている多国籍企業が多い上、東南アジア地域内への事業展開や貿易活動の資金調達を行う金融センターでもあることが挙げられる。

投資家の存在も大きく、世界的な国家ファンドと言われるテマセクホールディングスやGICなどの機関投資

家が世界のスタートアップにもともと投資を積極的に行ってきた。シンガポール版のJETROといえる経済開発庁（EDB）という機関があり、その傘下にEDBインベストメンツという投資会社があるが、こちらが有望なスタートアップに投資してシンガポールへ連れてくるというような機能も持ち合わせている。

さらに、シンガポールは富裕層の資産ハブでもある。世界有数の富裕層がこちらに資産を置いており、それを運用する人たちも多く、そうした人たちの中にはエンジェル投資家として、スタートアップに投資活動も行っている人たちもいる。もともとシンガポールはビジネスしやすい環境が整備されており、それを基盤に政府が起業に必要なベンチャーキャピタルやアクセラレーター、コワーキングスペースなどのエコシステム全体を政府が支え、エコシステムそのものを積極的につくり上げてきた結果が、今のシンガポールの姿なのではないか。

● テック系スタートアップを支えるエコシステム

- 元々、ビジネスしやすく経営環境を備え、金融ハブでもあるシンガポール
- テック系スタートアップを支えるエコシステムで、産官が大きな役割



図3 テック系スタートアップを支えるエコシステム

政府の様々なスタートアップへの支援策についてだが、2017年から様々な政府機関が提供しているスタートアップ支援策を、スタートアップ自身が分かりやすいようにSTARTUP SGというロゴに統一して、一つのウェブサイトに一覧で分かりやすく示している。例えばスタートアップそのものに支援するスタートアップSGファウンダーや、政府が認定したベンチャーキャピタルが見つけてきたスタートアップを政府と認定ベンチャーキャピタルが共同で投資するスタートアップSGエクイティーといったスキームがある。スタートアップSGエクイティーはスタートアップにとってメリットがあるだけではなく、ベンチャーキャピタルのリスクを政府が肩代わりすることで、ベンチャーキャピタルがシンガポールに集積する助けにもなっているというもので、これはシンガポールのオリジナルのスキームではなく、イスラエルの政策をコピーしてきたものだと言われている。このように、ベンチャーキャピタルを呼び込むようなスキームもある。

アクセラレーターについても同様であり、また、エンジェル投資家に対し税制によるインセンティブを提供するスタートアップSGインベスターなど、スタートアップを支えるエコシステムそのものを支援する制度もシ

● 政府によるスタートアップ支援、エコシステムをサポート

- スタートアップそのものへの支援だけでなく、アクセラレーターやVC、人材などスタートアップを支えるエコシステムをも支援

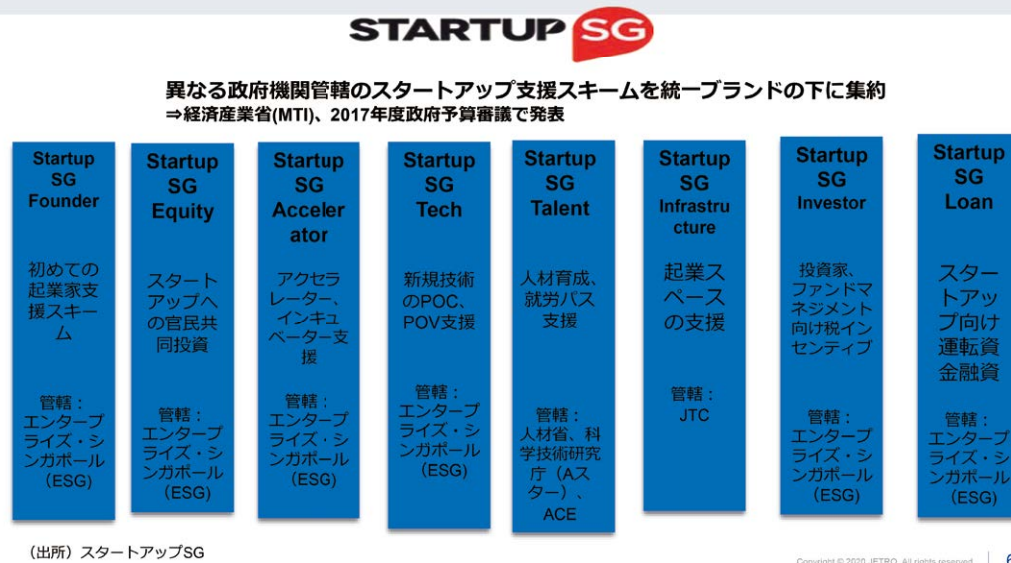


図4 政府によるスタートアップ支援

ンガポールでは整備されている。

シンガポールでは政府だけではなく国立を含む大学や高等専門学校に該当するポリテクニクがスタートアップに支援する仕組みもできている。シンガポールの東大的存在であるシンガポール国立大学(NUS)は、シンガポールの中で「シリコンバレー」と今では言われているようなインフラの集積する場所を提供している。シンガポール国立大学はまず2011年に大学内の起業支援部門と通信会社であるシンガポールテレコム、及び政府と共同で、シンガポールにもともとあった古い多層階の工業施設をインキュベーター向けの安いオフィススペースとして転換しスタートアップに提供開始した。ブロック71と呼ばれているが、これが非常に成功したのを受け、2014年ごろに政府機関が周りの地域も含めて一大スタートアップ集積拠点とし、今では800社以上のスタートアップやアクセラレーター、ベンチャーキャピタルなどがここに集積していることで、世界で最もコンパクトなスタートアップエコシステムを作り上げた。大学がこのようなインフラづくりに協力している。

シンガポールはあまりリスクを取らない、あまり起業家精神の豊かな国として知られていたが、起業家の人材育成もシンガポール国立大学では早い段階で取り組んでおり一定の成功を収めている。2001年にNUS オーバーシーズカレッジプログラムというものをスタートさせたが、これは学生を世界のイノベーション拠点に派遣してインターンさせ、いいアイデアを持ち込めば大学として補助していくもので、すでに3,400名程度修了生を出している。その中からシンガポールにおけるユニコーン6社の一つに成長したパットスナップ社も出ている。また、プログラムは、また起業家や起業家を支えるアクセラレーターなどの人材輩出に一定の成功を収めている。

大学発のスタートアップはパットスナップも含め出て来ているが、最近注目を集めているのがシンガポール国立大学発スタートアップのプレスホニックスである。これは呼気で新型コロナウイルスの有無を短時間で調べるといいうものであり、現在、チャンギ空港やマレーシアとの陸の国境であるチェックポイントで実証実験の

に導入されている。こういった大学発のスタートアップを、国も実際の現場で活用させて実績を積み重ね、国ぐるみでそういった大学発ベンチャーを強力に支援する環境を整えているのがシンガポールの一つの特徴だと思われる。

これまでの政策を時系列的に挙げると、2001年に起業家精神の醸成を含めた起業家の人材育成が始まり、スタートアップエクイティーという共同投資スキームの原型が始まったのが2008年から2009年ごろだが、ここからスタートアップ支援がどんどん進展していった。

日本ではスマートシティと呼んでいる概念を、シンガポールは都市国家なのでスマートネーションと呼んでいるが、国を挙げたデジタル化の取り組みが2014年から始まっている。シンガポールでは国内マーケットの規模が小さいものの、国を挙げたデジタル化の様々な実証実験にスタートアップが関われるような場面が広がってきている。デジタル化の取り組みには金融も含まれるが、2015年にはシンガポールの中央銀行的存在である通貨金融庁がフィンテック振興のスキームを開始しており、フィンテック育成につながっている。

政府のスタートアップ或いはベンチャーキャピタル向け支援策はマーケットの変化に応じてどんどん変わってきており、当初はスタートアップであればどんなものでも支援していたという立場から、2017年からはディープテックと言われる、知的所有権をより生み出すようなスタートアップに支援のフォーカスをシフトしている。

シンガポールには様々な多国籍企業の統括拠点が集積しているが、近年ではそういった多国籍企業とスタートアップが協働してイノベーションを創出するための支援強化に更に軸足を移してきている。日系企業も含め、シンガポールでスタートアップとして実証実験を行い、他国に横展開していくような取り組みが増えてきている。

このほか、政府はスタートアップや投資家、大企業などが一堂に会する場を提供する役割も担っている。例としてシンガポール国立大学が開催するスタートアップの大型イベントや、2016年から開催されいまでは「世界最大級」と主張しているフィンテックフェスティバルなどがある。スタートアップや起業家、様々な金融業界関係者が集まってシンガポールを盛り上げると同時に、シンガポールでこうしたスタートアップをめぐる機運が高まっていることを、世界に向けてうまくPRするような場を多く設けているのがシンガポールのやり方がうまいところであると思われる。

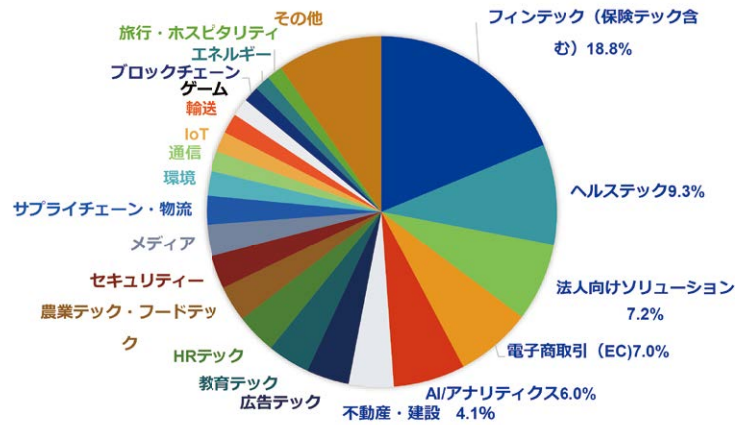
最後に、現在シンガポールにはどのような分野にどのようなスタートアップがいるのかを俯瞰する。2019年から2020年9月までに資金調達した、シンガポールに拠点を置いているスタートアップの業種別内訳を見ると、圧倒的に多いのがやはりフィンテックになっている。シンガポールでは金融ハブであることから、その地位を強化するためにも積極的にフィンテックを振興しているのと同時に、スマートネーション構想の下でキャッシュレスに向けた取り組み及びデジタルバンキングの取り組みが進んでおり、そういったフィンテック関連にやはり圧倒的に資金が集まっている。次いでヘルステックであり、これはバイオ分野も含めたヘルスケア分野のスタートアップである。ヘルス分野の企業がシンガポールに集積しているため、そういった法人向けのソリューションを提供しているほか、東南アジア全体にeコマースの利用が普及しており、特にこのコロナ禍でその傾向が加速しているということで、eコマース、またeコマースを支えるような物流に関連するスタートアップが増えている。

最近の注目点として、シンガポール国全体として食料自給率の向上が課題になっており、農業テックやフードテックといった分野にも資金が今集中している。もともとはなかったがここ一、二年、細胞培養のスタートアップも増えてきている。

● シンガポールに拠点を置くスタートアップの特徴

- 最も資金が集まるのは、フィンテック、次いでヘルステック、法人向けソリューションを提供するスタートアップ

2019年1月～2020年9月までに資金調達したシンガポールに拠点を置くスタートアップの業種別内訳 (単位: %)



(注) Tech in Asiaのディレクトリーから2019年1月～2020年9月に資金調達を実施したスタートアップ485社の業種別内訳

(出所) Tech in Asia

Copyright © 2020 JETRO. All rights reserved. | 9

図5 シンガポールに拠点を置くスタートアップの特徴

繰り返しになるが、スタートアップを支える環境づくりにおいて政府と学識界の公的機関が果たす役割が非常に大きい点が、ほかの国とは違うシンガポール特有の特徴だと思われる。それに加えて、インターネットの普及によって東南アジアのマーケットが非常に大きく成長しており、投資資金が同域内に集まってきたというタイミングもシンガポールにとって奏功しているのではないかと。政府の支援の在り方も、単にスタートアップそのものを支援するだけでなく、スタートアップを支えるようなエコシステム周りも併せて支援してきたのが成功の原因だろう。

ただしエコシステム拠点構築においては、東南アジアにおいても非常に競争が激しく、インドネシアもベトナムも急速に存在感を増しているため、今後もシンガポールが一大拠点を維持できるかというのは、今後の注目点である。では今後日本にとって何が示唆になるのかというのは、国の成り立ちであったり、人材流動性のマーケットの在り方であったりが両国でもあまりにも違うために、日本でそのままそのシンガポールのモデルを入れられるのかということとちょっと難しいのではないかと。

【質疑応答】

Q：シンガポール国立大学に関し、MITと包括契約をやっており、教員を2か月ぐらいシンガポールに招聘している。それを大々的にやっており、効果が大きいのではないかと考えているが、そういったことについて、何か評価などがあるか。中東でもMITと提携をして教員を呼び大学を立ち上げるといったことも起こっており、戦略的かつ包括的な契約を結んでいるが、一方で、日本はどうしても点であり、教員1人を呼ぶという感じになっている。包括的に何かできないかなと考えているが、そういったことに関し何か情報があるか。

A：MITと包括契約を結んでいるという事実は知っているが、それが実際にどういう効果につながっているのかというのは、調査不足により余りよく分からない。外部の人材に対して昔から非常にオープンだという点がシンガポールの強みの一つだと思う。オープンでありかつ、やはり公用語が英語だというのが

もう一つの強みだろう。ここでいろんな実証実験なりビジネスの交流をする上で非常に障害が少ない。シンガポールの国自体も実証実験に非常にオープンなので、色々な実証実験がやりやすいというのが一番の大きな強みかなと思う。

Q：90年代にシンガポールのテマセクなどと非常に親密な付き合いをしていたが、その頃から比べて非常に色々なシステムが出てきて、シンガポールの発展はすごいなと思っている。質問は、シンガポール政府は何かと統制色が強いところがあると思うが、その割には、スタートアップ等企業の呼び込みなどにおいては特にヨーロッパ、アメリカから自由が確保されているということで非常に高く評価されていると思う。実際の、政府の考え方と、それからテマセクでも個別案件の選定などへの影響というのをどういうふうに捉えているか。また、中国ともシンガポールはそれなりの関係を持っていると思うが、今回のように米中の対立などが問題になると、ここがクローズアップされてくる可能性があるが、中国との関係を全体的に言うと、このエコシステムのところではどんな感じで見ているか。

A：指摘のとおり、シンガポールは政府の指導力が非常に強い国であることは事実。ただ、それ以上に非常に実利主義な国なのではないか。そういう意味では、シンガポール経済にとってプラスになるのであれば、積極的にどの企業でもシンガポールに誘致してくる。しかもテマセクであったり、経済開発庁の投資会社を使って、資金を入れてシンガポールに拠点をつくってもらいシンガポールのビジネス拠点としての魅力を高めていくということに関しては、政府は非常に積極的。

中国との関係で言えば、シンガポールは非常に微妙な立場で、東南アジア全体もそうだが、どちらの味方にもなり得ないというか、どちらの味方にもなってはいけないというのが、シンガポールや東南アジア各国に共通した立場ではないだろうか。近年の特徴で言えば、バイトダンスやアリババなどの中国の大手テック企業が統括拠点をシンガポールに積極的に移してきて、ここでイノベーション拠点を構築している。というのは、中国のテック企業も、そういったリスク分散を果たす中で、アメリカに置いておくよりも、シンガポールに置く動きもある。またこれから成長していく東南アジア市場も見えていくということで、積極的にシンガポールで人材を採用すると同時に、そういった中国のテック企業が、シンガポールだけではなくて、東南アジアのスタートアップに非常に積極的に投資している。中国のテック投資家、あとはテクノロジーの存在感というものが非常に高まっているというふうに思う。

Q：テマセクの案件への投資の独立性、政府、国策そのものに対する独立性の問題はいかがか。

A：建前としては、テマセク自身は財務省の100%子会社でありながら100%商業ベースで運営しているという立てつけだが、例えばシンガポールの中小企業にも投資したり、最近ではテマセク基金を通じて国民にマスクの配布をするなど、国策と非常に沿っていることは間違いない。ただ、スタートアップの投資家としては、シンガポールがスタートアップの拠点として注目される前から非常に積極的に投資をしてきたというのも事実。従ってテマセクにとって何よりも大事なものは、シンガポールの国の準備金を運用して高い利益を上げシンガポールの国家を支えていくことで、それが重要な設立理由ではないかというふうに思う。

2.2 拠点・コンソーシアム型

2.2.1 半導体のイノベーションエコシステム

若林整（東京工業大学工学院／地球インクルーシブセンシング研究機構）

経歴としては、東工大の修士を出た後、NEC、ソニー、そして東工大に戻った。NECの時にはMITに行った他、ベル研と研究をしていたり、ソニーの時には様々な企業を加えてIBMとのアライアンスをして、ゲーム向けLSIの製造の立上げメンバーを務めた。また、IMECとのアライアンスの交渉も行ってきた。現在、IEEEのメンバー、MOT学会の理事も務めている。半導体の集積回路産業の状況、そしてコンソーシアムとIMEC、そして我々の取り組みを示したい。

グローバルな半導体産業、ワールドワイドのGDP、人口からしてもかなり高いレートで上がってきている。材料、装置、集積回路、システム、ソフト、サービスなど、たくさんの領域に広がってきている。日本勢、KIOXIAやソニー、ルネサス、パワーデバイスとしては三菱、東芝など、プレーヤーはたくさんいる。ただ、技術・応用、共に広範化していて、非常に複雑になってきている。グローバルの動向としては、TSMCという台湾のファウンドリーの価格交渉力が非常に上がってきている。一方で、例えばアップルのM1シリコンのように、TSMCのアーム化してきている。一方でエヌビディアによるアームの買収があって、新しいRISC-Vアーキテクチャーに対する期待もあって、非常に混沌としている。その中で、バイデン政権がインフラ投資をする、そして日本でも6G開発で4,900億円などの報道があって、自民党が議員連をつくっている。例えば、経済産業省がポスト5Gで、2,200億円のプロジェクト、文科省でもJSTのCREST、さきがけで、情報担体領域が立ち上がっていて、さきがけの研究総括をさせていただいている。その中で、先端半導体の開発をIBMと産総研が行うというニュースが出たり、あるいは実装の開発拠点を日本につくるという情報が出たり、あるいは、TSMCが日本に製造拠点を設置することを検討している、インテルがグローバルファウンドリーズを買収とか、非常にドラスティックに動いている。

その中で、技術的にはどうなっているか。スケーリングと言われる微細化を伴って高性能化が行われるが、これはベースラインで、そこに重畳されるように新しい技術が連続的に適用されている。そして今、3次元化した複雑な構造をしたFinFETに新しいチャネルマテリアルが出てきている。これはノードと言われている微細化の流れだが、微細化をするにしたがって、FinFETという技術が入っている。フィン型をした、3次元構造をしたシリコンゲルマニウムという材料をチャネルに使ったトランジスタである。FinFETが入った頃は、インテルが先んじて入れて、その後TSMCなどがフォローしていた。一方で、5ナノメートルノードという最新版では、インテルはそこにまだ到達できていなくて、TSMCが先に到達した。かつ、サムソンは、この新しいシリコンゲルマニウムという新しい技術を入れられなかったのが、今、TSMCが独り勝ちという状況が分かる。

	Intel	TSMC	Samsung	GLOBAL-F
65	SiON, eSiGe	SiON, SMT	SiON, SMT?	SiON, SMT
45 40	Hk 1 st , gate-last	SiON, eSiGe	SiON, eSiGe	SiON, eSiGe
32 28	Hk/gate-last	Hk 1 st , gate-last	Gate 1 st + SiGe-ch.	Gate 1 st +SiGe-ch.
22 20	Tri-gates (FinFET)	Gate/Hk-last	Gate/Hk-last	Hk/gate-last
16 14	Taller-FinFET	FinFET	FinFET	FinFET
10	Taller-FinFET	Taller-FinFET	Taller-FinFET	Taller-FinFET
7	Super-FinFET?	Taller-FinFET	Taller-FinFET	N/A
5	NS FET?	Si/SiGe FinFET	Just only Taller-FinFET...	N/A
3	Monolithic NS?	Si/SiGe NS?	MBC FET?	N/A
2	2D materials?	Monolithic? 2D materials?	Monolithic? 2D materials?	N/A

東京工業大学 Tokyo Institute of Technology EESV iSyMs JSTイノベーションエコシステム国際ベンチマーク俯瞰WS, 2021/7/19, 若林登・東工大 10

図1 スケーリング（微細化）と技術の進展

微細化はどうなっているか。テクノロジーノードは、2年間で0.7に小さくするということがいまだに続いている。一方で、面積そのものはどうか。SRAMと言われているメモリーの1ビットの面積は、2年間で0.8の2乗で、着実に微細化が実現されている。今5ナノメートルノードというときに、ゲート長は18ナノメートルからどれぐらいいくのかということで、5ナノメートルぐらいは動くという状況である。5ナノメートルは格子状

Progress of scaling

■ International Roadmap for Devices and Systems (IRDS)

■ Cost (Area), Power, Speed

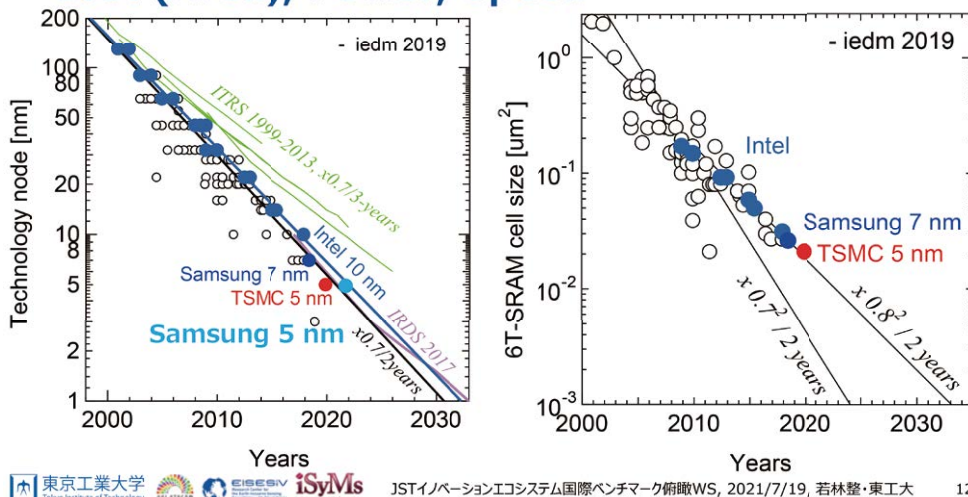


図2 スケーリング（微細化）の進展

数10個分ということで、非常に小さな小さなナノテクになってきている。

その上で、実装技術がたけてきていて、1つずつのチップが、3次元に集積化されて、かつ2次元レイアウトされて、非常に大きなシステムになってきている。例えば、エヌビディアのTESLA P100という画像処理チップでは、DRAMのメモリーも加えると150ビリオントランジスタということで、1,500億トランジスタといった非常に大きなシステムになってきている。横軸時間で、縦軸がそのトランジスタ数と、ここにインテルのCore i7やアップルM1、エヌビディアのP100などが牽引して、トランジスタ数は非常に上がってきていて、大脳や小脳のニューロン数よりも大きなシステムとなってきている。2060年でいうと、今の状況から10の6乗ぐらい大きくなるということである。スマホの中に10の6乗倍の機能が入るということと同義である。加えて、TSMCの発表だが、特別なデザインをするSRAMと言われているものと、自由レイアウトをしていたロジックというものがあって、それが新しいテクノロジーノードでは、面積と密度が同じ程度になってくる。これは何を意味しているかという、誰でも最小コストで容易に設計できるということである。その場合、今後はLSIを誰でもソフトウェアで書いてコンパイルすれば、ハードウェア即ちLSIを得ることができるという世界が来る。そうなると、ここからまたさらに応用が広がってサービスが広がるということが今から起こる。こういった世界が来るという状況でどのようなアライアンスをするか。

どのようなICチップの形態があるのかということで、IDM、いわゆるIC製造企業、Integrated Device Manufacturer、そして一部の生産調整に使うというFab-lite、設計に集中してFoundryを使う会社としてFab-less、TSMCのようなFoundryとがある。セットカンパニーがあって、IDM、Fab-liteも直接であるが、裏にファウンドリーがいる。そしてFab-lessというのは裏にしっかりとファウンドリーがいる。かつセットカンパニーもファウンドリーに一部委託するという状況が今起きている。

IC企業形態分類

■ IDM: Integrated Device Manufacturer

◆ いわゆるIC製造企業

■ Fab-lite

◆ IDMがFoundryも利用して需要変動に対応

◆ 微細化の進展と共にIDM維持が困難となり減少

■ Fab-less

◆ 設計に集中し、Foundryに製造委託

◆ 微細化と共にFoundryとの協調が重要に

■ Foundry

◆ 受託製造

◆ 微細化と共に設計元との協調が重要に

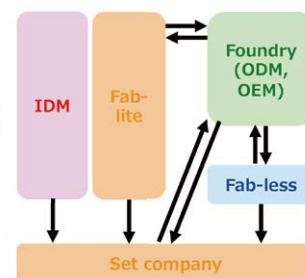


図3 IC企業形態分類

そのときに、イノベーションでどういったことが起きているかという、縦軸がテクニカルな、あるいはビジネスポテンシャル、横軸が時間軸。以前はパブリックインテリジェンスがあって、その上にカンパニーが載っていた。この赤いところがパブリックとプライベートの境目で、最近ではコンソーシアムがこの間に存在し、ある会

社については、ここにミッシングピースができる。このミッシングピースがゆえに、様々な会社がコンソーシアムに参画していくという状況になってきている。このミッシングピースの不安定さがコンソーシアムが成り立つ理由である。

そのときに、ナノテク関連のオープンイノベーションということで、IMECとかIBMとかLETI、あとは日本

Open Innovation?

■ 技術的困難さよりConsortiaが成立

◆ IBM R&D, Leti, imec, ITRI, and so forth

◆ しかし情報欠落が顕在化

● Company DのR&D負担が顕在化

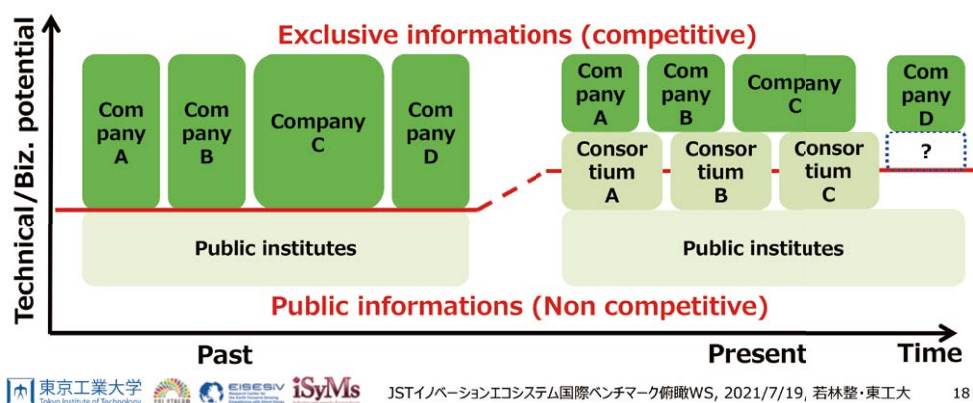


図4 コンソーシアムの成立

imecのProgram構造とIPR概念

■ Core program上のBilateral program

■ Have-made権無しでIP提供：会員企業の拡大を期待

■ IBMのOIも同様

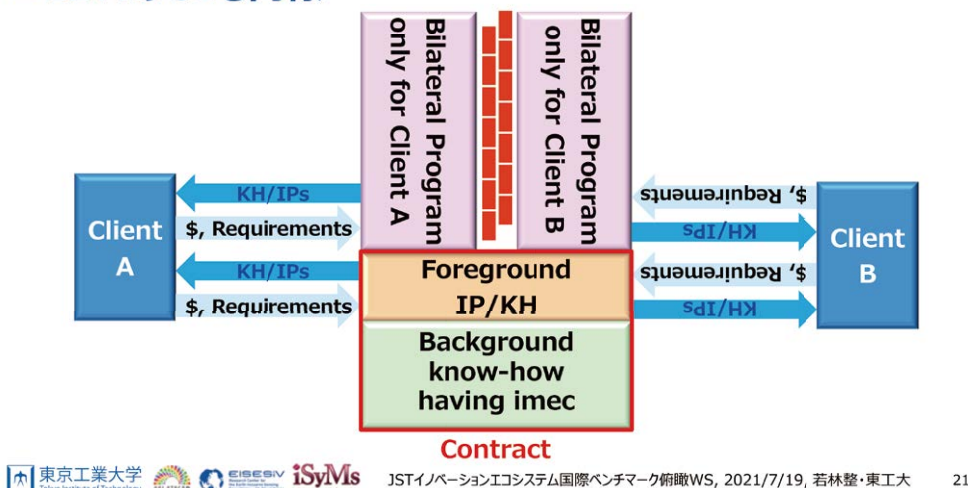


図5 imecのProgram 構造とIPR 概念

にもつくばのTIA-nanoなどがある。IMECは、1982年から、最初は非常に小さなところから始まった。現在はASML、EUVのリソグラフィーの会社と一緒にいて、キラー技術を保有するに至っている。大成功の理由であるが、高い志向、小国だがEUの重心という自負、そして歴史を背景とした契約上手、そして高過ぎない英語力。あと、人（税金）が集まることを優先している。技術的には中立性ということで、製造業を持たない小国だということのNPO、そしてASMLとの協業、そして徹底した2番手戦略、駄目出しR&Dを許容ということで、コンソーシアムは得てしてこういった機能を持たないといけない。

そこで、IMECのストラクチャーはどうなっているか。クライアントA、Bからお金をもらってリクワイアメントを得る。そして、オープンイノベーションの下のバックグラウンド、そしてフォアグラウンドIPとノウハウをクライアントに返す。さらにその上にバイラテラルプログラムがあって、費用とリクワイアメントをもらってIPとノウハウを返すという形になっている。

LETIはどうなっているかという、フォアグラウンドのところからもう切れている。したがって、このバックグラウンドノウハウというのは日々毀損するので、このバックグラウンドをどのように維持しているのかというと、例えばこのクライアントBのニューIPを下に入れるということが起こる。したがって、クライアントAからすると、バックグラウンドがクライアントBの技術により構成されていることとなってしまっていると考えられる。

一方で、日本の半導体の領域コンソーシアムというのはこういった図を描くことが難しい。それがゆえに日本でコンソーシアムが動かないと思っており、「バックグラウンドノウハウを適切に設定した上で、ルールを決める、なぜやるのかということを決める」ことが重要かと思っている。

IMECとてうまくいっているかという必ずしもそうでもない。例えばデバイスレイヤーがあって、何かしら応用のバイラテラルプログラムがあるとして、下側は装置産業、材料産業がこのように入っている。しかしながら、ファイアウォールがあって、そして情報が行き来しないと、あるデバイスレイヤーを境に上下とも情報が途切れるということになる。例えば材料からサービスまで、このような縦方向のインテグレーションをする場合、それぞれがジョインしないということになる。したがって、私としては、できるだけ広い領域で深いレイヤーを持つ構造からスタートしなければいけないと思っている。

Consortium model for multi-layers

- 下層共同研究Programを上層Background IP化
- imecでも成功しているとは言い難い。

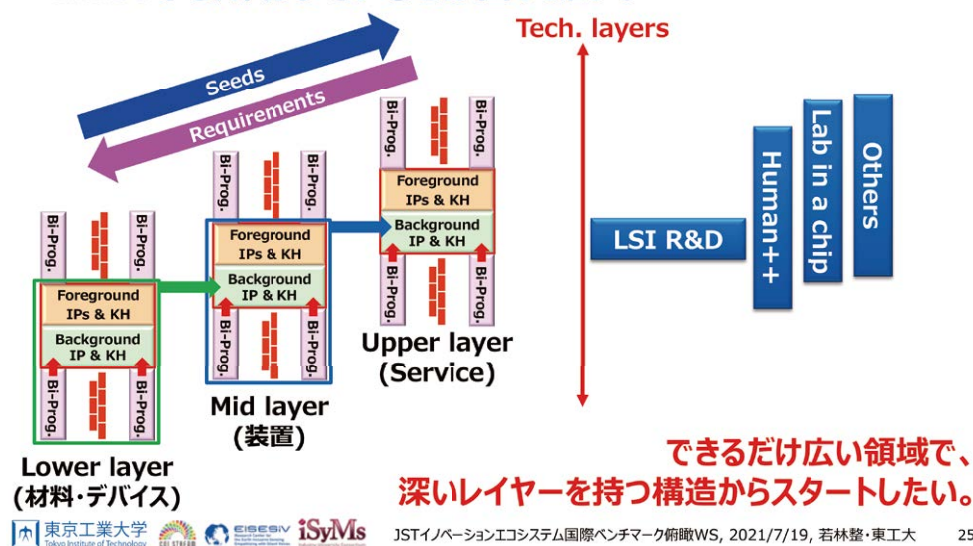


図6 コンソーシアムのモデル

そこで、私自身は東工大でCOIとして、「サイレントボイスとの共感」地球インクルーシブセンシング研究拠点を産学連携で運営させていただいている。機構の特徴として、熱のこもった研究開発マネジメント、そして複数大学でのオープンイノベーションの研究、そしてシーズ研究、アンブレラ研究、さらに論文を書く必要がない開発人材の確保ということが挙げられる。あとは、プレアワードだけでなくポストアワード、さらに研究期間終了後もどのように責任を果たすのかということに頑張っていきたい。そのときに東工大のスキームはどうなっているかというと、JSTからのサポートで、東工大とサテライト大共同でフォアグラウンドを形成する。そして、企業から費用をいただくことなく、ニーズだけをいただいてIPとノウハウを返す。サテライト大学については、バイラテラルプログラムを我々の領域の外に置くということを許容するということで、サテライト大学にも負担がないようにという形で進めてきた。このCOIは今年度いっぱい終わるが、私たちが志向するのは、オープンイノベーションに企業から費用を頂いて、そして東工大がサテライト大に委託することで、これまで通りの運営を維持することを指向している。

Post-COIでの運営スキーム(サテライト含む)(FY2022-), 日本MOT学会年次研究発表会(2019年度)

- 東工大内にとどまることなく、複数大学、複数企業とともに研究成果の大型化を実現できるスキーム

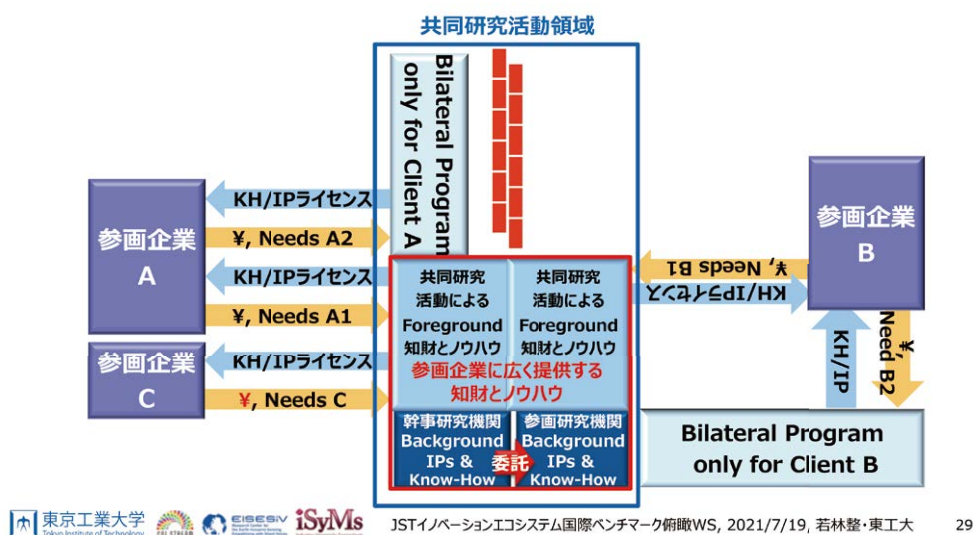


図7 東工大の運営スキーム

そのときに東工大全体としては、ここにCOIのバックグラウンドとフォアグラウンドがあり費用はかかっているが、さらにそこにJSTとか様々なところから研究費を頂いて研究をする。さらに独立した研究プロジェクトもやってみようということで、総体としてサステナブルな構造をつくらうということをしている。例えば、ソニーとの共同研究講座@東工大をさせていただいたり、あるいは、新しく集積システム材料産学連携コンソーシアム(iSyMs)として、東大の平本先生に東工大に特定教授としてお越しいただいている。今2社入っていて、研究員も今14名ということで、今年度またさらに倍増するという状況である。

この考え方をキープホワイトと命名している。ここに各大学からノウハウを入れていただいて、赤い領域に、企業から費用とニーズだけを頂いてIPを絶対に入れない。何がいいかというと、キープホワイト同士、複数のものがあるとシナジーを出しやすい。キープホワイトのままだと、連携をしたり離れたりとすることが簡単である。この場合、大型化、複雑化する社会課題に対して柔軟に対応することができるのが期待できるため、このような形態を志向している。

Keep-white, bilateral & independent schemes

- 各大学の独立性を確保、スケーラビリティ確保
- iSyMsコンソーシアム：JST様にご後援

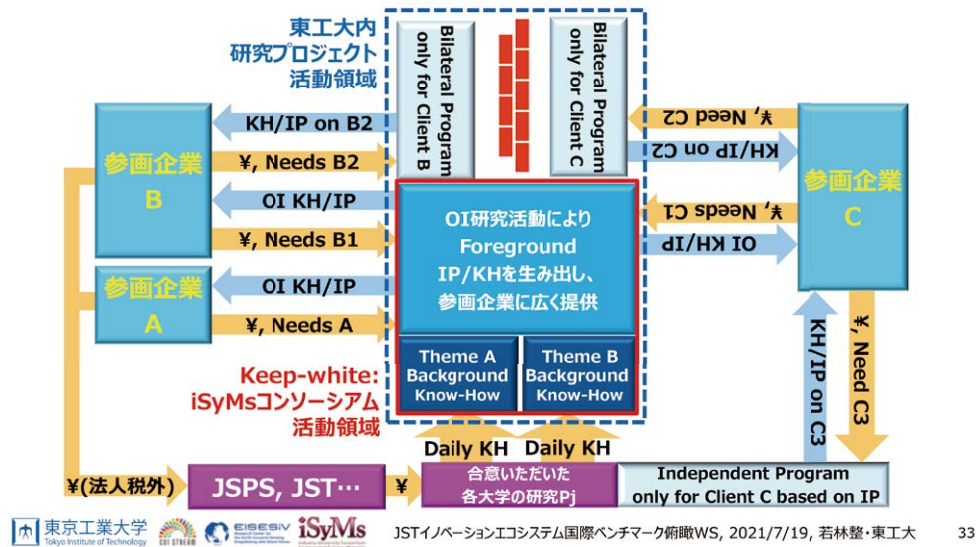
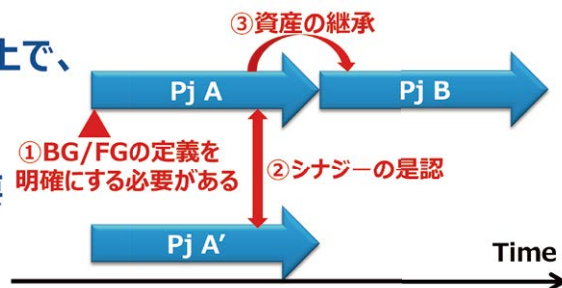


図8 東工大の運営スキーム

日本でConsortiaを成功させる必要項目

- 少なくとも、BG/FGを明確化した上で、シナジーの是認と資産の継承を進める法整備が必要



- 願わくは。。。



図9 日本でコンソーシアムを成功させる必要項目

半導体に関する温故知新ということで、昔の超LSI組合は大成功で、これが日本のDRAMを支えたと言っても過言ではない。今後の日本の半導体集積回路産業の再興には、アプリ産業を巻き込んだ素直でシンプルなビジネス、開発、研究スキームの構築が必要だと思っている。一方で、過去の一部の国プロでは、バックグラウンド技術の設定が曖昧な例が多く見受けられた。

そこで、日本でコンソーシアムを成功させる必要要件として、少なくとも、バックグラウンドとフォアグラウンドの定義を明確にする必要があると考えられる。加えて、同時期に存在する隣接プロジェクトのシナジーを是認すること、異なる時間軸について、資産を継承するという概念が重要かと思う。IMECはこれを頑張っているが、リソースの再配分を認める法整備が必要だ考える。加えて、流動人材への社会的な保障が必須であると思う。

【質疑応答】

- Q：日本の半導体集積産業の再興にはアプリ産業を巻き込んだシンプルなビジネス開発スキームが必要だというのは、全くそのとおりだと思う。今、日本の半導体産業が行き詰まっているのは、高性能なところに行き過ぎて、それを実際に使うマーケットまで意識していなかったことが、多分失敗の原因だと思っている。例えば5ナノ、7ナノだと、TSMCなんかは1兆2,000億とか5,000億の投資が必要である。その投資の回収をどうやってスキーム的にやるか。そういうところまで含んだエコシステムをつくる必要があるのではないかと考えている。
- A：エコシステムは絶対必要で、古いテクノロジーノードを使いこなすということは必要である。一方で、最先端はいいことばかりである。スピードは上がる、消費電力は下がる、そしてソフトウェアでさえ良くなる。したがって、性能としては微細化はご利益ばかりである。なので、それを追求するという姿も必要だ。だからこそアプリを巻き込んで、こういった回収をするのかということを考えながら進めるといいことしかない。でも、結局はマスの世界なので、数を多く集めた人が勝ちという側面はある。
- Q：例えばTSMCのビジネスの売上げの、日本に対する売上げは5%しかない。エヌビディアなんかを含めたHPCと、それからアップルなんかのチップでほとんど6割、7割である。つまり、彼らにとってマーケットというのは米国にあって日本にはない。そのときに、日本で最先端をやった場合に、どういうビジネスモデルを想定して、どういうところに収益のマーケットがあるから日本でやるんだというようなところまで持ち込まないと、何か技術だけが進んで論文は書けたが、ビジネスは成功しませんでしたというのが、過去20年間の日本の半導体産業の行き詰まった原因だと思っている。
- A：複数の企業にいたが、新しい技術に対する寛容性にはそれぞれ特徴がある。新しい技術に対して寛容になる社会風土の醸成が必要だと思う。新しいものにチャレンジするという社会の情勢こそが新しい技術を使う、アプリを創生するためのファンダメンタルズだと思う。
- Q：資産の継承とシナジーの是認というのを書かれていてすばらしいと思ったが、今言われている無形資産の問題に、例えばカーブアウトの手法を取り入れていくなんでいうことで構築していくと、何か知恵が湧いてくるのかなと思う。
- A：カーブアウトというのは、例えばプロジェクトBとしてカーブアウトするときに、どうぞと渡すだけ。だから、何をもってしてスタートするのか、何をもってして何を継承するのかということをちゃんとルール化することが重要であると思っている。
- C：現代では、そのルール化そのものが資産になり得る。だから、そのルール化そのものが資産であるという評価をしてカーブアウトを適用していくというような手法というのもあり得ると思うし、そこに気づいてなかったのがGAFAに先を越された日本企業の弱点だったと考えている。

2.2.2 ドイツのイノベーションエコシステム ～フラウンホーファー研究所の役割～

澤田 朋子（JST 研究開発戦略センター）

前提となるドイツの基本的な状況を簡単に説明した後で、フラウンホーファーの話をして、最後に、日本がそこから学べる可能性があるのではないかなということでもまとめた。

ドイツの状況

ドイツは製造業が強く、GDPに占める割合は26%、日本と非常に似た構造になっている。日本と大きく違うところは輸出で、輸出の対GDP比が約4割と（ただし、このうち6割がEU向け）、韓国ほどは依存がないものの、国内で作ったものを海外に輸出しているという構造になっている。輸出主要3品は、自動車、機械、化学製品、電子機器等に続いている。

次に、科学技術イノベーション基本政策は、2006年からハイテク戦略という名前で実施されている。同戦略は、イノベーション創出に向けた環境の整備というのを目標に掲げており、研究基盤の強化、産学連携の強化、省庁横断的な取り組みの推進が3本の軸となっている。ドイツ連邦政府の産学連携クラスター政策の歴史は、1996年にビオレギオプログラムが実施され、このとき3つのバイオクラスターが採択された。これが連邦政府初の施策と言われている。ドイツスタートアップ協会によると、ハイテクスタートアップすなわち研究開発型スタートアップの約半数が、こうした産学連携クラスターから起業していると報告されている。

日本との違いは、ドイツは連邦制という制度を採用していること。連合政府と16の州政府がある。特に教育と研究に関しては州にその権限があり、各州の独立性は、それぞれの産業政策にも非常に強く表れている。地域によってその産業に大きな特徴の差がある。研究実施機関には、大学と公的研究機関があって、公的な大学はみな州立大学である。現在、108校の総合大学と、技術者の養成を中心に行っている211校の専門大学が存在する。ドイツは、世界大学ランキングで見ると、米英と比べ若干見劣りするが、研究力が低いというわけではなく、研究は主にこうした公的研究機関で実施されている。

フラウンホーファー研究協会は、4つの公的研究機関（図1）の中で、応用研究と産業への技術移転をミッションとしている。現在、全国で75カ所の研究所があり、2万8,000人ぐらいの職員がいる。うち1万人が研究者で、プラス博士課程の研究者が3,500人ぐらいいる。

	研究フェーズ/ 特徴	機関助成/ 連邦：州	研究所数/ 職員数（研究者数*）	予算 （2019年）
マックスプランク研究所	基礎/先端科学	8割/50：50	86/18,286名（6,226名）	19.8億€
ライプニッツ研究所	基礎/社会との連携	7割/50：50	95/15,137名（7,482名）	17.2億€
ヘルムホルツセンター	基礎/大型研究施設	7割/90：10	18/37,025名（21,922名）	48.7億€
フラウンホーファー研究所	応用/産業との連携	3割/90：10	75/27,988名（9,367名）	24.6億€

図1 ドイツ4大公的研究機関 *博士課程研究者除く

まとめると、ドイツは州政府が中心になり研究開発の拠点を整備・構築して、そこに連邦政府の研究開発プログラムが上乗せされるというストラクチャーになっている。地元産業と州立大学が非常に強く連携しているほかに、ステークホルダーとして地元の商工会議所や業界団体、あるいは地元自治体、郡とか市も大きく関与している。中小企業の多くが社内に研究開発の部門を持っていない。さらに人材育成制度、マイスター制度ということで知られているが、こういう制度におけるスキルや資格の取得のほか、前競争フェーズすなわ

ち基盤的な技術の研究を、こうした業界団体とか商工会議所が率先して取りまとめて共同で行っている。業界の横の連携がもともと強いという歴史がある。欧米なので専門性が高く分業はしているものの、こうした横のネットワークのくさびになる人物、あるいは組織が存在しており、その一例がフラウンホーファー研究所と言えまる。

ここで少し中小企業について説明する。ドイツはEUの定義を使っており、中小企業、小企業、マイクロ企業とあるが、フラウンホーファーが対象としている中小企業は、主にこの中規模企業を指す。ドイツ語でミッテルシュタントと呼ばれ、このミッテルシュタントの中でも、家族経営等で経営判断が早くて技術力が高い、研究開発への投資が熱心で、国際競争力があって、ニッチ産業でグローバルトップとなっているような企業を「隠れたチャンピオン」と名づけている。こうした企業がドイツの経済を支えていると言われている。

フラウンホーファー研究協会

フラウンホーファー研究所は原則として、ほとんどが大学の敷地内、州が整備した大学を拠点したキャンパスに研究所が設置されている。さらに研究所長の97%が大学教授とのクロスアポイントで教授職を兼任している。博士課程の研究者は全国75カ所に3,500人程度で、2019年には、このうち655名が学位を取得している。彼らは基本的に任期付職員として5年から7年雇われている。研究分野は5分野¹で、研究者の割合は、女性が22%と若干少ない。ドイツの大学の工学部の女子学生が約2割と言われており、それが反映されている。外国籍の研究者は17%。ちなみにマックスプランク研究所は6割が外国人研究者となっているので、比較すると非常に少ない。顧客の多くがドイツ企業のためドイツ語が必須ということから、外国人研究者が少ないという状況が考えられる。最後にフラウンホーファーモデル（図2）に触れる。これはフラウンホーファーの非常に大きな特徴になるので、次のスライドで詳しく説明する。

参考資料

フラウンホーファーモデル

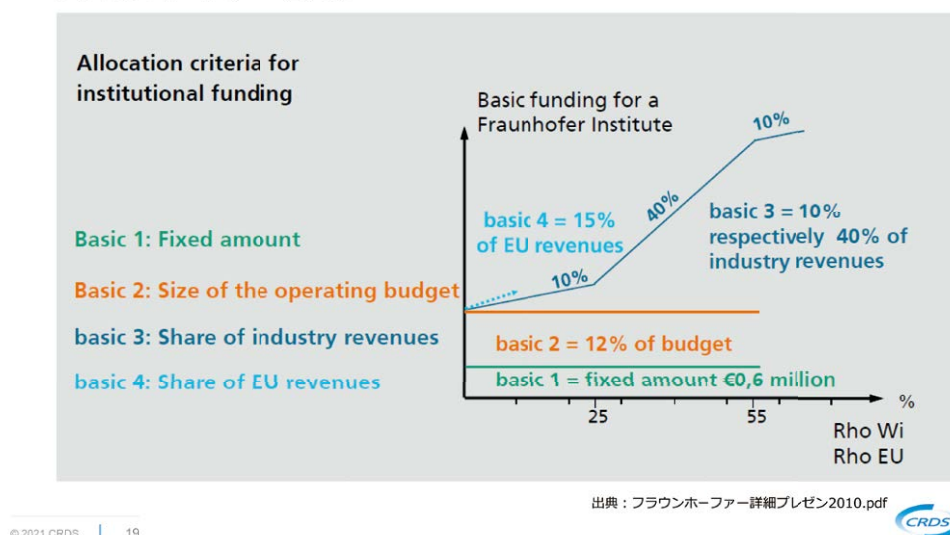


図2 フラウンホーファーモデル

1 健康・環境、安全・セキュリティ、モビリティ・交通、生産・サービス、コミュニケーション・知識

フラウンホーファーモデルは、各研究所の研究費の構成が機関助成、すなわち運営費交付金3分の1、競争的資金3分の1、民間からの研究委託費3分の1が理想的な配分にされており、特にこの民間からの研究委託費が25から55%の間に収まると、翌年の運営費交付金が増額されるという仕組みを言う。この増額分は、運営費交付金のため人件費でも設備投資でも使えるが、実際は自発的な研究に使われている。特に近年、大規模な産学連携クラスタープログラムの中で大企業との連携が非常に多くなり、フラウンホーファー側も既存技術の研究開発だけではなく、新しい技術や先端技術、ドイツ語では「未来技術」と言ったりするが、5年後、10年後もフラウンホーファーが委託研究を取っていくために先行的に研究をしていこうというモチベーションが強い。

フラウンホーファーのもう一つの特徴は、頭脳による技術移転と言われている。研究の担い手としての博士課程の研究者に対する評価の軸というのが、要はリピーターを作れたかにあり、民間の企業が仕事を委託して、その成果に満足して、もう一回仕事を発注したかということが評価のポイントになっている。ドイツの場合、博士号の取得に大体5.7年平均かかるので、フラウンホーファーが特に長いというわけではなく、5年から7年の契約期間中プロジェクトを通じて、研究開発はもとよりプロジェクトマネジメントも覚えて、学位取得時には企業で即戦力となる。多くの博士号取得者は大学には残らず、約8割が産業界に就職しており、この後、彼らは企業内でキャリアを積んで、例えば研究開発部長になって、それからまたフラウンホーファーに研究開発を委託して、という循環が理想とされている。ドイツでは、産業界への博士号取得者の就職率が非常にいいので、そういう意味では研究者のインセンティブにもなっている。

最後に、フラウンホーファーの役割としてもうひとつ大きいのは、地域産業、地場の産業への研究開発力の提供と研究開発人材の供給源となっていることである。機関助成3分の1の内訳が、連邦政府から90%、州政府から10%の割合で負担している。ただしフラウンホーファーの新しい研究所が建つと最初の5年は、その所在州が、この連邦政府の90%分も負担することになっている。すなわち、研究所を造るということは、その地場に、その産業に需要があることが大前提になっており、単純な研究所誘致というのは行われなくて、その州の産業政策や高等教育政策と非常に深く連携している。地域への人材供給という意味では、最近の産学連携クラスタープログラムでは、イノベーションクラスターと言われると、そのイノベーションの成果、あるいは研究開発の達成目標だけではなくて、そのクラスターの中でどうやって高度専門人材を育成するか、あるいはそのスタートアップをどう支援していくか、あるいは地域の、特に小規模の企業への技術移転や技術の普及をどうしていくかということも問われ、プロポーザルに記載しなければならないこともある。フラウンホーファーは、これらも既に内蔵して機能として持っているので、クラスターに参加するということは、すなわち、もうそのクラスターではそういう機能がプロポーザルに書けるような状態になっているもいえる。

フラウンホーファー研究所が果たす役割を簡単にまとめると、中小企業の研究開発を支えていることである。中小企業にとっては、研究開発だけでなく、情報、サービス、技術の拠点となっており、フラウンホーファーには最新鋭の工作機械や分析機器等が設置されていて、これらを利用できる拠点ともなっている。研究分野別の確固としたネットワークがあり、75カ所も研究所があるので、1カ所に相談すると大体いろんなことが解決するという状況になっている。

日本への示唆

ドイツのイノベーションエコシステムにおけるフラウンホーファーの役割において、1つは参加しているステークホルダーにとって何かしらベネフィットがあるという仕組みが確立していることが挙げられる。研究所は運営費交付金が増えるというインセンティブがあり、民間企業にとっては、研究開発だけでなく人材リクルーティングの場としても活用されたりしている。博士課程の研究者にとっては、フラウンホーファーでの研究実績が民間で評価される。大学にとっては、産学連携を推進せよというプレッシャーに対し、フラウンホーファーが既に産業界とのインターフェースになっているので、間接的に外部資金獲得のチャネルが存在していることになる。事例として挙げるアーヘン工科大学は、敷地内に5つのフラウンホーファー研究所があるドイツトップク

ラスの工科大だが、108あるドイツの大総合大学の中で最も外部資金の獲得率が高い大学となっている。

最後に、これらの仕組みが長い間持続していることである。日本の場合のように、博士課程の研究者は、給料もなく、将来展望もないような状況にあり、彼らの犠牲の下に成り立っている仕組みが、もう遠からず破綻するだろう。それがフラウンホーファーの場合は長年うまくいっている。フラウンホーファーの柔軟性のあるマネジメント、例えばフラウンホーファーモデルは、法律に決められていることではなく研究機関の内部ルールであり、運営上、マネジメント上の工夫をしているだけで、所管省庁が決めたモノではない。

近年ドイツでは、工学部の教授に新たに任用されるには産業界で5年以上の経験が必要とされているが、州ごとに人材採用の条件としており、結果として人材の流動性が高まっている。

【質疑応答】

Q：アーヘンの近くにはユーリッヒがあって、我々の世界ではユーリッヒが結構産業に近いということで結構プレゼンスが高い。間接費、ドイツは高いという感覚がある。日本では、JSTが30%、NEDOは15%、そしてUC系の米国のサンフランシスコとかで58%、MIT85%のところ、ユーリッヒは125%だと聞いている。間接費の高さについて伺いたい。

A：私の認識はもう少し低く、例えばEUのERCは一律25%で決まっているため、そこからあまり前後外れずに産学連携されていることが多い。ただ、ユーリッヒの場合、ちょっと特別なものかもしれない。産業向けのサービスをずっとこれまでやってきており、特殊な条件なのではないか。大学に限って言えば、むしろスタンフォードなんかよりも間接経費は低いはず。

Q：このフラウンホーファーモデル、企業からのお金を取ってくると、それに応じて運営費交付金が増えるということ、これが企業からのお金を取ってくることの非常に大きなインセンティブになっているという理解でよい。また、PhD学生がフラウンホーファー研究所で学位研究するが、学位研究するテーマは推測だが、企業からの委託研究の中から発見するみたいなことも結構多いのではないかなと思うが実際はどうか。意図は何かというと、このPhDを取得した人材の期待する能力は、新しい研究課題を発見する、研究テーマを設定する能力だと思う。日本のアカデミアだと往々にして、研究してずっとやっているテーマの続きをやるみたいになるが、PhDの学生が独自で発見してくるケースが多いのかと推測する。これができる背景として、企業からの委託研究でもリアルな課題があると、自分のPhDの学位研究のテーマが発見しやすいのではないかと考えた。

A：これまでフラウンホーファーはそこをかなり分けていたようだが、最近では、学生の意志を尊重するというようなガイドラインを2年ほど前に出しており、学生に自由に選ばせているというような状況。企業からの委託研究で見つけてきた様々なシーズ、学生が論文にしたいといえば書ける状況になってきているのではと推察する。ただ、そこについては、例えば利益相反やデータの保護といったものを全部クリアした上でという条件がつくだろう。フラウンホーファーの現会長の方針として、5年後、10年後に役立つ研究を推進しているということなので、研究者のキュリオシティに基づいた、しかもある意味戦略的な分野、そういったものを研究者が自身で探していくという方向性にあるのだろう。

Q：このフラウンホーファーモデルは、日本でも導入可能なのではないかな。これがうまくいけば産学連携機能するし、博士課程の学生増えるし、人材の流動性も出てくるし、比較的うまくいきそうなモデルだと思う。日本にこれを導入するためには、まだどういう課題があると思うか。

A：難しい問題だが、フラウンホーファーがこの仕組みを導入したのは1973年で、以降ほぼ50年経過している。つまり運用の中で、実は細かいバランスや調整がされてきたのだろう。現在、ドイツの仕組みに合ったと見えるので、日本の仕組みに合わせた形で似たような仕組みをつくっていくことは可能だろう。問題があるとする、ニーズ先行で研究力が投じられているので、5年後、10年後の準備していく

ことは簡単ではない。例えば、ここ最近盛り返しているものの、電池の研究開発が一時期著しく遅れていた。特に電気自動車用の電池開発が遅れ、韓国や日本から買うことになってしまった。これは未来の技術予測がうまくいかなかった例だと思う。5年後、10年後の産業での需要を予測可能とするというスキームをどう効率よく作れるかがポイントではないか。

Q：そこは、5年後、10年後は誰も予測できないわけで、むしろそれが外れたときに、どうやって柔軟に対応するかと考えておくほうが、つまり正しいのでは。こう決めたからこれでいくはずだと思わないほうが、むしろ今みたいな時代はいいのではないか。

A：ご指摘の通りかと思う。

Q：委託費が増えると機関助成が増えるという話だが、私の経験だと、ある研究所の中で委託費が増えると、委託開発ばかりやっているグループができて、もらった助成費のほうは、委託研究をやらないところが好き勝手な研究をやっているというので、結構研究グループ間に不満がたまってしまった。そういうことはないのか。民間企業にはありがちなケース。

A：少なくとも私が知る範囲ではあまり聞かない。今後の調査で明らかにしていきたい。

2.3 DARPA型

2.3.1 米国国防高等研究計画局（DARPA）とイノベーションエコシステム

小山田和仁（JST研究開発戦略センター）

DARPAは、1957年のスプートニクショックを受けて58年に設立された組織であり、技術的サプライズを創り出すことで、常に米軍の軍事的優位を確保、維持することが使命になっている。

全体的な予算の規模感としては、連邦政府予算の大体2%程度である。スタッフ約220名のうち約100名が中核を担うプログラマネージャー（PM）であるが、組織構造は、局長、副局長、その下の6つの室、そしてPMという3層のシンプルな構造になっている。

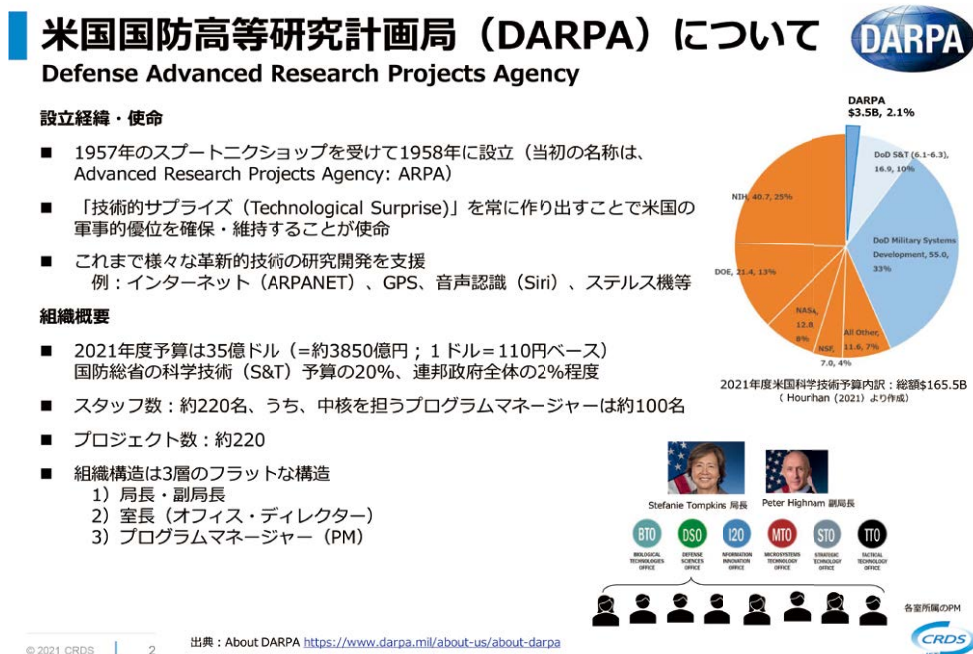


図1 DARPAについて

局長はDARPAを代表するという形で、DARPA全体のビジョンや優先する課題を踏まえた戦略を提示するが、実質的な研究開発プロジェクトの管理運営は、室長以下が担っている。現在6つの室と臨時の室が2つあるが、室が主に技術分野や戦略システムなどに対応するような構成になっており、各室長がそれぞれの下にいるPMを指導監督するという形になっている。

PMに求められる要件としては、技術に対する知識と経験、そして民間企業等でのマネジメント経験、そして研究・技術コミュニティとのネットワークというところが基本的なものになっている。2018年のデータをみると、94人中72人が学術博士または医学博士号を有している。出身セクターでみると半分以上が民間もしくは大学セクターであり、軍・政府系機関からもそれなりの数が来ている。

PMは、プログラムの企画・設計と運営において幅広い裁量を持っている。彼らの言葉で言うと、PMはプログラムのCEO、COO、CTOでCFOであるということで、非常に強い権限を持っている。PMは100%マネジメントに専念するというので、自分自身は研究を行うことはない。

キャリアパスについては、任期は大体3年、長くて5年程度である。採用は、推薦や口利き、口コミ等から一本釣りに近いような形で行われることが多いようである。雇用条件については、企業関係者は退職する必要がある。大学や国立研究機関の職員というのは一時的休職扱いに近い形であり、これは法律（Intergovernmental Personnel Act（IPA））に基づいている。退職後はDARPAのPMというキャリアは非常に高く評価されていて、企業などに好待遇で迎えられのほか、独立コンサルタントといった形で、様々なプロジェクトに関わる場合も多い。このように非常に流動性が高い一方で、利益相反に関しては非常に厳しいルールがあるということも指摘しておきたい。

また、PMを支援するメカニズムも充実している。DARPAの局長・室長はPM経験者から選ばれるが、彼女らがDARPA流の仕事の仕方というのを新任のPMに指導する。基本的に新しいプログラムというのは室長・局長の承認がないと進められない。そのほか、DARPAのPM経験者等がアドバイザーとなったり、支援スタッフがロジも含めて様々な面でサポートしたりするので、PMはマネジメントに専念できる体制になっている。

プログラマネージャー（PM）

DARPAのプログラム運営の中核を担う人材

■要件

- 技術に関する深い知識と経験（博士号）
- 民間企業等でのマネジメントの経験
- 研究・技術コミュニティとのネットワーク

■業務内容

- プログラムの企画・設計と運営：Seedling（探索・検証を目的とした短期間の少額の資金提供によるフィージビリティスタディ）
- プログラムの運営における幅広い裁量：「PMはプログラムのCEO、COO、CTOでありCFO。局長・室長は取締役会」
- 自身はマネジメントに専念：研究プロジェクトは実施しない

■処遇・キャリアパス

- 任期：3～5年程度（初期契約は2年・適宜更新。回転率は20%程度）、給与は米公務員に準拠（民間水準より低い）
- 採用：他のPM、研究・技術コミュニティからの推薦などを踏まえて局長・室長が行う（軍からの採用も）
- 就任条件：企業関係者は退職、大学、国立研究機関等の職員は一次的休職扱い（学生指導上工夫が必要）
- 退職後のキャリア：DARPAのPMとしての経験は高く評価され、企業やVC等でも好待遇で迎えらる。独立コンサルタントとなる場合も多い。
- 利益相反：出身・関係組織への出資、退職後の再就職先などについては明確な規定・契約条項が存在

■支援メカニズム

- DARPA局長や室長によるメンタリング：DARPA流の仕事の仕方を熟知しており、新任のPMのメンターとして各種助言や指導を行う（新規のプログラムには室長・局長の承認が必要）。
- アドバイザー：DARPAのPM経験者や関連分野の専門家を守秘義務を持つ非常勤公務員として雇用。プロジェクト選定やマネジメントについてPMに助言。
- 支援スタッフ：契約、法務、知財、ロジ等のサポートスタッフがPMがプログラムのマネジメントに専念できるよう支援。また、各軍から派遣された連絡特使（レリエゾンオフィサー）が陸海空海兵隊の各軍関係者との調整を行う。
- 情報・分析：国防関連の研究・戦略分析機関（RAND、IDA、その他FFRDCs等）、企業等（SRI）研究・技術コミュニティ、などのネットワークを通じた情報収集

© 2021 CRDS | 4



図2 プログラムマネージャー（PM）

DARPAのプログラムの特徴だが、期間は基本的に3年から5年、予算規模は（日本と比べて）比較的大きいものが多い。プログラム設計においては、課題やニーズ、防衛関係者のニーズなどを踏まえつつ決めるが、基本的にはPMのイニシアチブが非常に強いということになっている。

DARPAのプログラムの特徴

- 目標
 - ・ 長期的な国防上の課題に対応する能力 (capability) 実現のための技術課題
 - ・ 将来ビジョンにもとづく明確かつ検証可能な目標設定 (いくつかの「推進領域 (Thrust Areas)」を設定して、各プログラムを位置づけている室もある)
 - ・ 個々のプログラム/プロジェクトの成否だけでなく、当該課題に関わるコミュニティを生み出すことも視野
- 期間・予算
 - ・ 通常3～5年間で、1000万～1億ドル (10億～100億円) 程度
 - ・ 長期的課題については段階的にプログラムを設定 (多世代プログラム)
- 手段
 - ・ ポートフォリオアプローチ: ある技術課題に対して複数の異なるアプローチを支援し検証
 - ・ 補完的アプローチ: 相互に補完関係にある技術を支援し、システムの構築を目指す
 - ・ 問題・課題を提示し、特定の技術アプローチや手法には固執しない
 - ・ グラント、共同研究、調達他に、「その他の取引 (Other Transaction)」と呼ばれる特殊な契約手段が使用可能
- 企画・検討・承認
 - ・ 国防関係者側の課題やニーズ、研究・技術コミュニティからの技術動向など、多様な関係者からのインプット
 - ・ プログラム承認には数週間～数ヶ月程度を要する
 - ・ Seedling (探索・検証を目的とした6～9ヶ月の資金提供によるフィージビリティスタディ)
 - ・ プログラムの設計の要素: 技術分析、スケジュール、コスト見積、管理指標 (メトリクス)
 - ・ 設計における基本的アプローチ: 「ハイルマイヤーの問答」、「エンドゲーム」アプローチ
- 運営
 - ・ 申請・評価: 2ヶ月、契約締結: 3ヶ月、申請から開始まで6ヶ月程度
- 評価 (学習と適応)
 - ・ PM、プログラム、プロジェクトについて定型的な評価はない。プログラムの管理運営プロセスの中で継続的なフィードバック
 - ・ PMがプロジェクトの進捗状況を常に把握。うまくいかないと判断すれば終了させる
 - ・ PMは室長・局長に進捗を適宜報告・説明。芳しくない場合はプログラムの変更もある
 - ・ PMのパフォーマンスが悪いと判断された場合、契約は延長されない (PMのキャリアにとっては、コミュニティの評判が重要)
- その他
 - ・ 秘匿プログラム (「ブラックプログラム」) もあり

© 2021 CRDS | 5



図3 DARPAのプログラムの特徴

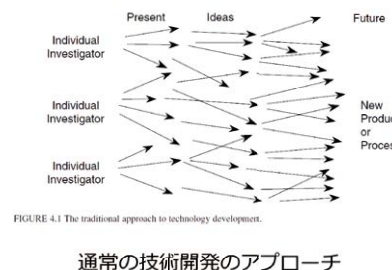
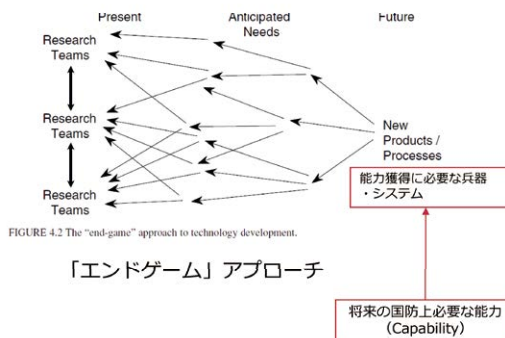
よく参照される、ハイルマイヤーの問答 (Heilmeier Catechism) であるが、これは、DARPAの局長であったジョージ・ハイルマイヤーが、それまでDARPAの関係者で共有されていたプログラム設計の理念・要件を明文化したものである。

また、設計のアプローチとして、エンドゲームアプローチと呼ばれるように、米国の将来の国防上必要な能力から将来必要な軍事システムというものを構想して、そこに必要な技術的課題、ボトルネックとなるものを対象としてプログラムを設計していくというアプローチがとられている。

DARPAのプログラム設計の手法

「エンドゲーム」アプローチ

- ・ 将来の国防上必要な能力 (Capability) 獲得に必要な兵器やシステムから、抜本的改善や機能向上が必要な要素またはその組み合わせを特定し、それに目的を絞った目標を設定する。



© 2021 CRDS | 7

出典: Dubois (2003)、一部改変



図4 DARPAのプログラム設計の手法

図は、DARPAの組織とマネジメントを1枚の絵で表したものである。基本的にDARPAのプログラムというのは、プロトタイプ開発や概念実証までを行うものであり、そこから先は防衛関連の研究開発組織か関連産業、民間部門の企業やベンチャーといったところに技術を移転していく形になっている。一方でプログラムを通じて、こういった技術の将来ビジョンを共有するネットワークをつくっていくということもDARPAのプログラムの特徴である。

DARPAの組織とマネジメント



図5 DARPAの組織とマネジメント

DARPAをとりまくイノベーションエコシステムであるが、やはり軍というものを顧客とする巨大なマーケットがあるということで、それに至る調達や実装までのプロセスというのが既に存在しているということが重要である。防衛産業という単一の市場ということで、技術展開については既に標準化されたようなプロセスがあるので、そこにいかに乗せるかということが重要になる。また、防衛という明確なミッションと幅広い支持があるということでリスクが受け入れられやすい。また、NSF等の基礎研究の成果をいかにこの防衛プログラムに結びつけるか、その間をブリッジするかというところを自分たちの役割として認識している。また、防衛関連の研究開発組織とのネットワークも活用している。

また、米国の高い人材流動性というものは重要であり、その中でDARPAのPMは選ばれて、数年間在籍して、また移っていく。

防衛関連技術の特性として、兵器システムというものに最終的にインテグレートしていくということで、その構成要素、もしくは新しいシステム概念の提唱というところで課題設定がしやすいところもあると思われる。ただ、最近はいろいろな変化がある。例えば新興技術などのようにデュアルユース性が高い技術が防衛分野では非常に重要になってきているということと、防衛関連の企業や産業もグローバル化していること、また新興国が台頭しているということもある。また、防衛産業は非常に巨大であるがために、通常の民間企業のサイクルと比べると遅いところがあるが、最近では、民間企業のマネジメント手法を導入していく流れもある。

また、スタートアップ、ベンチャーといったものも非常に重要になってきており、例えば、Defense Innovation Unitというのは、シリコンバレーにオフィスを構えて、ベンチャー企業と防衛コミュニティのマッチングを行っている。また、CIAが設立したIN-Q-TELというベンチャーキャピタルは、出資を期待する企業

が集まる中で、新たな情報をキャッチして、自分たちのコミュニティと接続するということを可能にしている。

その他、最近のDARPAの取り組みとしては、例えばチャレンジプログラムといったものを行うようになっていく。これは特定の技術開発課題を提示して、その解決に向けて様々なチームを競争させ、その結果に応じて賞金を与えるという手法である。DARPAにおける最初の取り組みは、2004年の自動走行技術をテーマにしたDARPA Grand Challengeである。1回目は完走したチームはなかったが、その翌年に行われた2回目では5チームが完走した。このプログラムは今の自動走行技術につながる潮流をつくったというところがある。実際、グーグルカーは、このチャレンジに参加したスタンフォードのチームが源流にある。また米国外から参加したイスラエルの企業、エルビットなどは、現在は実戦で運用できるシステムを開発している。

チャレンジ・プログラム (プライズ方式、アワード型)

特定の技術課題解決に対して賞金を出し、幅広く提案を募集する方式

- DARPAにおけるプライズ方式の採用
 - 2004年の自動走行技術開発を目的としたDARPA Grand Challengeが最初
 - 第1回は完走チーム無し。第2回では5チームが完走
 - スタンフォード大のチームはGoogleカープロジェクトに発展。イスラエルからの参加チームの技術はElbit社に引き継がれ、空港・国境警備等に実用化
- チャレンジプログラム (プライズ方式) の利点
 - チャレンジングだが達成不可能ではない目標 (“Crazy, but not impossible”)
 - 多様な技術パスの探索と検証：開発初期段階で多くの可能性を試す
 - 広いコミュニティの参画：国内外のコミュニティへのアクセス
 - 費用対効果：他者（企業や他国の研究開発資金）の成果を活用出来る
- チャレンジプログラム≠コンテスト
 - 個々の結果だけにこだわると、技術の潮流全体に影響を与えるという観点での重要性を見逃す可能性
 - 目に見える形で可能性を提示することで、想定ユーザーや関連コミュニティの意識や行動の変化も誘引
- その後、DARPAをはじめ多くの機関・研究開発プログラムで採用
 - Challenge.gov (<https://www.challenge.gov/>)：米国政府系のプライズ方式資金のポータルサイト
 - 国内でも協賛企業からの資金を賞金としたS-Booster事業（内閣府宇宙開発戦略推進事務局主催）がある。



DARPA Grand Challengeで立ち往生した自動運転車

プライズ方式の特徴 (Stephan, 2012)
 a) ある課題について、幅広いアプローチを募集する。
 b) ただし、具体的な手法は指定しない。
 c) 課題達成の段階に応じて賞金を与える。
 d) 賞金によりそれまで参加しなかったようなグループや個人が参加するようになる。



Air Combat Evolution (ACE) における人とAIの模擬戦



図6 チャレンジ・プログラム (プライズ方式、アワード型)

こういったプログラムの利点としては、チャレンジングだが達成不可能ではない目標を設定する一方で、そのための技術的アプローチは特定しないということで、多様な技術パスを探索したり検証したりすることができる。また、幅広く声をかけることによって、従来対象としていたようなコミュニティ以外のコミュニティからの参画を促すということもある。チャレンジプログラムでは、賞金はかけるが参加のための技術開発費などは参加者が自分で用意する、もしくはほかの国の政府や民間企業から支援を受けるというようなやり方で参加してくるため、費用対効果も高い、レバレッジが利かせられるというような利点もある。単なる技術コンテストではなく、技術に関わるようなコミュニティ全体に影響を与えるとともに、将来のユーザー側に対しては、目に見える形で可能性を提示するという一方で、意識変革を促すということも期待されている。

DARPAに触発されて、各国でDARPAを模したプログラムを設立する動きが進んでいるが、それぞれの国・分野に応じた違いがある。例えば、ARPA-Eなどは、既存企業が専有しているような領域に対して新しい技術を入れていくということで、防衛とは違った課題があるため、商業化支援チームを別途設けている。ドイツでは、ベンチャー支援の強化ということで、飛躍的イノベーション機構 (SprinD) が設立されており、英国でも高等研究発明局 (ARIA) という新しい組織の設立に向けた準備が進んでいる。

まとめと論点であるが、日本およびDARPAクローンへの示唆というところで、組織の自立性、柔軟性、説

DARPAクローン：DARPAを参照とした各国の取組

- 米国内外でDARPAを参考に革新的研究開発を目的とする組織・事業が設立
- 各国の行政組織、歴史的経緯、当該分野の関連技術の特性、イノベーションエコシステム、コミュニティの文化等の違いの影響とそれを踏まえた工夫。紆余曲折もあり。

機関・プログラム	予算	概要
米		
DOD 国防高等研究計画局(DARPA) (1958-)	35億ドル(3,850億円) (2021)	国防分野の技術開発をプログラム・マネージャの裁量で強力に推進 資金方式のチャレンジ・プログラムによる技術獲得も実施
DOE エネルギー高等研究計画局(ARPA-E) (2009-)	4.3億ドル(473億円) (2021)	革新的エネルギー技術を開発するために、産業界では取組むことが困難なハイスル・ハイベイト研究に投資
ODNI インテリジェンス高等研究計画活動(LARPA) (2006-)	(非公開)	インテリジェンス活動の優位性に資するハイスル・ハイベイト研究に投資
DHS 国土安全保障高等研究計画局(HSARPA) (2002-2018)	(休止)	安全保障分野(テロ対策等)の技術や脅威・リスク評価を革新するための先端研究に投資
HHS 生物医学先端研究開発局(BARDA) (2006-)	16億ドル(1,760億円) (2021)	化学・生物学・放射能・核(CBRN)脅威や感染症などに対処するための研究開発・備蓄に資金提供
NIST 技術革新プログラム(TIP) (1990-2011)※前身事業含む	(終了)	重要な国家・社会的ニーズに対応するハイスル研究開発に資金提供(中小企業向け)
NSF コンバージェンス加速支援 (2019-)	7,000万ドル(77億円) (2021)	ハイスル研究から革新的な成果を創出するため、チーム形成段階からNSFが関与して推進
DOE 気候高等研究計画局(ARPA-C) (※設置検討中)	2億ドル(220億円) を要求(2022)	気候分野での新技術開発を推進する機関としてバイデン政権が検討
NIH 医療高等研究計画局(ARPA-H) (※設置検討中)	65億ドル(7,150億円) を要求(2022)	医療分野での新技術開発を推進する機関としてバイデン政権が検討
EU		
欧州イノベーション会議(EIC) (2021-)	101億ユーロ(1兆3,130億円) /7年	中小企業およびスタートアップへの助成・投資によって、市場創出を急進に置いた漸進的・急進的・破壊的イノベーションを創出
英		
産業戦略チャレンジ基金(ISC) (2017-)	官民56億ポンド(計8,400億円) *プログラム予算総額	「産業戦略」に沿った技術的・社会的課題解決のための産学共同研究をディレクターの裁量で推進
独		
高等研究開発局(ARIA) (2021-)	8億ポンド(1,200億円)/4年	科学者主導で変革的な科学技術へ資金提供
飛躍的イノベーション機構(SprinD) (2019-)	10億ユーロ(1,300億円)/10年	イノベーションマネージャーに大きな権限を付与 テーマ・領域不問 社会的課題を明確に定義し、3-6年で市場化
仏		
国防イノベーション庁 (2018-)	12億ユーロ(1,560億円) (2021)	スパコン、ナノテク、宇宙、AI、サイバーセキュリティ分野のデュアルユース研究に重点
日		
ムーンショット型研究開発制度 (2019-)	1,150億円/10年(基金) 23億円(2020)	破壊的イノベーションの創出を目指し、従来の延長にない、より大胆な発想に基づく挑戦的な研究開発を推進

© 2021 CRDS | 19

出典：各資料に基づきCRDS毎外動向ユニットにて作成



図7 DARPAを参照とした各国の取組

明責任のバランスをどう取るか。また、課題・ニーズを持つ組織との関係をどう構築して、そこで得た課題・ニーズを具体的かつ明確な目標設定と焦点を絞った投資にどう落とし込んでいくかということが重要になる。課題分野の特性に応じた組織・事業・プログラムの設計が必要である。PM人材の発掘・育成と、その支援システムも重要である。また一方で、学術的知見探求型とはかなり異なる性格を持つ事業であるということは認識すべきである。

2.3.2 DARPAと付き合っ ー提案し、予算を受け取り、プロジェクトを実行した大学研究者としての経験と知り合った Office Director や PM のコメントと一般的観察からー

金出 武雄（カーネギーメロン大学/京都大学高等研究院）

実際にDARPAに対して提案をして予算をもらい、プロジェクトを実行した大学研究者としての経験から、知り合ったオフィスディレクターやプログラママネージャーとの話、あるいは一般的観察から、人という観点で話をしたい。

DARPAの最も輝かしい成功例はARPANETで、現在のインターネットの起源となった。1962年に新設されたIPTO（Information Processing Techniques Office:情報処理技術室）の初代ディレクターJ・C・R・リックライダー（MIT教授）が1963年にギャラクティックネットワークというメモを作り、そこに現在のコンピュータネットワークのアイデアが書かれていた。以後、IPTOのオフィスディレクターとプログラママネージャーの、ラリー・ロバーツ、ボブ・テイラー、アイバン・サザーランド、ボブ・カーンの活躍で、1970年の半ばにはARPANETが使われた。インターネットの父と呼ばれるそうそうたるメンバーで、後ろの2人はチューリング賞も受賞した。

DARPAプロジェクトでは、「将来的ではあるが明確な目標」が非常に重要だ。目標のタスクとその実現までの道筋を、シナリオとして述べられなければならない。そして、どうしてそんなことをするのか、最終目的として「こういうことが起こる」と、「ノー・ブレイナー」つまり、タイトルや名前を聞いただけで「それは作ったらいいよ」と分かるような説明でなければならない。あるプログラママネージャーがうまく言ったのだが、「DARPAの目的とはネズミを捕まえることであって、より良いネズミ捕り器を作ることではない」と。ネズミを捕ることが重要で、その捕り方はどうでもよいということだ。

DARPAプロジェクト

- 将来的ではあるが、明確（検証可能）な目標
 - 目標のタスクとその実現までの道筋を、シナリオとして「こうして、ああして、こうなって」と述べられなければならない
 - 最終目的（End Objective）は明白（No Brainer）でなければならない
 - 目的は「ネズミを捕まえる」であって、「より良いネズミ捕り器を作る」ではない（あるPMの表現）
- 不確実は許すが、曖昧さは許さない
 - DARPA Project とは “Make possible what others think impossible”（あるPMの表現）
 - チャレンジ的であるが、“荒唐無稽”ではない
 - （難しいができないはずはない）
 - Outcome の希望ではなく、Output としての能力を規定（性格を規定したプロジェクトではない）
 - 「何かいいこと、革新的なこと、人の考え付かないことをしよう」が目的ではない：それは手段と結果
- 基本的研究課題からプロトタイプ開発までを含む
 - ARPA Netの例：パケット通信、ネットワークプロトコル、IMPの開発から、Triangle Netを経てARPA Net構築まで
- 軍事研究？
 - 「国防」という極めて広い概念ー医療からHumanityまで

3

図1 DARPAプロジェクト

よく付き合ったプログラママネージャーによると、DARPAプロジェクトは、Make possible what others think impossibleー他人が不可能と思うことを可能にするものーしかし、挑戦的ではあるが荒唐無稽なものではない。「難しいが確かにできそうだと思うものでなければDARPAプロジェクトとして想定しない」ということが非常に重要だ。例えば「高齢者の幸福を実現する」といったようなものは、いわばアウトカムであり、何をするかがそれでは分からないので、プロジェクトではない。日本のムーンショット型研究開発制度の研究開発は、DARPAプロジェクトではあり得ない。つまり、これはムーンショットだ、誰も考えないことだ、世界一級だ、といった性格を規定したようなものはプロジェクトとしない。何か良いこと、革新的なこと、人の考

えつかないことをすることが目的ではなく、それは結果である。

さらに、先ほど小山田さんの話にもあったが、基本的な課題がプロトタイプ開発までを含む。ARPANETは非常に良い例だ。ARPANETを実現するためにはパケット通信、ネットワークプロトコルという非常に基礎的な研究から、IMP（interface message processor）と呼ばれるメッセージプロセッサの開発、そしてトライアングルネットの実証研究を経てARPANET構築までをDARPA（当時はARPA）主導で行った。

DARPAは国防総省の機関だからあくまで軍事研究かと思われるかもしれないが、米国の国防（ディフェンス）の概念は極めて広い。日本のJSTでやっているようなことはおそらく全てDARPAでやっている。医療から人文学まで、例えば災害を受けた人にどのような医師が対処するかといったことも含む。最近ではコロナワクチンの開発に短期間で成功したが、これはDARPAがウイルスの攻撃を受けたときの対処について非常に大きなプロジェクトを実施してきたことで可能になった。

人文学の例としては、ヒューマン・トラフィッキング（人身売買）をインターネット情報から見いだす研究などにも随分資金を出している。なぜなら、人身売買が起こっている国でそれを防ぐことが、米国の評判を上げて国防につながるから、とのことだ。

アイデアの源泉はいろいろあるが、一番大事にされるのは現場だ。陸、海、空軍が実際にオペレーションをすることを英語ではサービスという。サービスの現場から生まれるアイデアを、プログラマネージャーが、テクノスカウトといって様々なところで調べてくる。大学もホワイトペーパーと呼ぶものを書き、アイデアを出す。シードリング（種まき）プロジェクトとは、プログラマネージャーが試しにちょっとやってみたいアイデアについて、SBIR（Small Business Innovation Research）などの仕組みが使えるというもの。

アイデアはどこから来るか

- ニーズ（“Service”：軍のオペレーションのこと）とシーズ（研究者）は夢見や評論からではなく、**現場**から
- PMの調査 – “Techno Scout”
- 大学の研究者などからの White Paper
- Seedling（種まき）プロジェクト – SBIR などを使って試しにやってみる
- Organized Conference／Workshop
 - 歴史的な例： ネットワークの使い方に関する会議（1970）
 - IPO Summer Study： MA州Cape Codで研究者・軍関係者・コンサルタントの会合、本当に“面白い自由な会合”
- コンサルティング
 - Jason Study, ワシントンの周りにはそれを専門にする会社・組織・個人が多い
 - 軍官産学の Senior members をお飾りでなく実質的に使う風土（“Wiseman”）

4

図2 アイデアはどこから来るか

オーガナイズド・カンファレンスの歴史的な例としては、1970年にネットワークの使い方に関する会議があった。コンピューターネットワークが社会的にどう影響を及ぼすかを議論する会議で、そのメモを見ると「ネットワークを使って科学が進展する」といったような今日的なことが当時すでに書かれてたことに驚く。

IPO（Information Processing Office：情報処理室）のサマースタディーは、マサチューセッツ州の観光地ケープコッドに、研究者、軍関係者、コンサルタントが集まる。本当に面白い自由な会合で、約1週間、みな泊まり込みで朝から晩まで話をしてアイデアを創り出す。

人という面では、DARPAだけでなく米国はコンサルタントをよく使う。ジェイソン・スタディーというグループはカリフォルニア州にあるが、ワシントンの周りには、DARPAのようなところにコンサルティングをすること

を専門にする会社、組織、個人が多い。そういったコンサルタントたちを英語ではワイズマンと呼び、お飾りではなく実質的に使う。

プロジェクトの運営について。BAA（Broad Agency Announcement）は日本の公募に当たるが、DARPAはBAA自体が非常にすばらしいポジションペーパーの役割をしている。「こういうことをしたいからプロポーザルを書け」というだけではなく、何が重要か、分野の現状はどうなのか、どういう解法を取るべきなのか、これを読んだだけで分かる。現状分析を明示しているので、「このBAAに書いてある現状分析と異なることであれば書いてもよいが、同じことばかり何ページも書いてあるプロポーザルは読まない」とはっきり書いてある。「何をするかを示せ」ということだ。それを基にプロジェクト、コントラクターが選ばれるわけだが、このコントラクターは競合と協同関係にあるように選ばれていることが多い。同じ目標に対して複数のコントラクターがあり、競合しながら協同する仕組みである。

プロジェクトの設定と運営 — PMの仕事

- 公募 - BAA (Broad Agency Announcement)
 - 多くの場合、これ自体が相当素晴らしい対象分野のポジションペーパー（何が重要か、分野の現状、どういう解法を取るべきか、など）。たいてい、「プレーン」がいる（コンサルタント、大学の研究者）
- 提案と採択
 - 大学、研究企業（SRI など）、企業（大企業から Small Business）まで応募できる
 - 提案書は問題を「どう解くか、なぜ私か」（解決への具体的道筋）を書く — 「どう見るか、何が重要か」を書くのではない
 - 基本的には Peer Review ではなく、PMの一存で決められる（はず） — 実際は軍の研究者やコンサルタントを査読に使っている
 - プロジェクトは複数（10～15）の契約からなる。各契約は競合と協同関係にある: Competitionによる選抜とSub-Main Contractの関係を含む
 - サブ分野ごと、サブシステム開発・システム統合など、グループ分けされていることが多い
- 運営・管理
 - 全体のプロジェクトミーティング・コンテストなど（年1～2回）
 - 個々の Contractor に対する通信・訪問
 - Contractor の予算や研究の方向は必要なら変える（変えさせる）

5

図3 プロジェクトの設定と運営—PMの仕事

ここからは、DARPAがなぜ効果的であるかの考察をしたい。まず、純粋な資金援助機関であること。研究実行機関や軍に物資を納入するコントラクターと競合しないことが非常に重要だ。NASAも大きな資金援助機関だが、研究実行機関でもあるし現業も持っている。DARPAや日本のJSTはそういうものがないので、利益相反がない。

また、プロジェクトのみをサポートするという明確な基準がある。研究者、センター、研究の仕組みをサポートはしない。日本のFIRSTのようなプログラムはない。また、プログラムは明確に定義された期限を持つ。

さらに、基本的に基礎研究はサポートしない。しかし、それは基礎研究が重要でないという意味ではなく、「イノベーションから基礎的ブレークスルーに戻る」というプランバックワードと呼ばれる基本的概念があり、基礎的問題は関連プロジェクトの中で連綿とつないでいく。実際にARPANETは十何年もプロジェクトが続いた。そうした中で、レナード・クラインロック UCLA教授がパケット通信の基礎理論をつくった。

私が携わったイメージアンダースタANDINGプロジェクトは、現在のコンピュータービジョンの元に関わる研究だった。プロジェクトは本来3年から5年の期限があるところだが、このプロジェクトは名前を3年ごとに变えて、1976年から98年まで二十数年間続いた最も長命なプロジェクトだ。その中で、1980年代半ばに航空写真の解析をするレディアスプロジェクト（RADIUS: Research and Development for Image Understanding Systems）があった。ほんの小さな例であるが、今ではそのほんの一部の技術を使って、屋根を検査するルーフエスティメーターが現状で数十億円の市場規模になっているなどの例をみると技術の波

DARPAが効果的である仕組みと風土（1）

- 純粋な資金援助機関である
 - 研究実行機関や（軍に物資を納入する）コントラクターと競合しない Cf. NASA
- プロジェクトをサポートする
 - 研究者、センターとか、研究の仕組みのサポートはしない
（1980年代終わりまでは CMU、MIT、SUのComputer Science学科をサポートする“Umbrella Funding”と呼ばれる仕組みがあった）
 - 各プログラムは「明確に定義された」3～5年の期限を持つ
- 「基本的」に「基礎研究」をサポートしない
 - 重要でないということではなく要求指向
 - イノベーションから基本的ブレークスルーに戻る： **Plan Backward**
 - 基本問題は関連プロジェクトの連綿の中でつなぐ
 - 例：ARPANet- Leonard Kleinrock のパケット通信の基礎理論
 - 例：Image Understanding Project（現在のコンピュータビジョンのもと）は名前を変え、1976から1998 まで続いた

6

図4 DARPAが効果的である仕組みと風土（1）

及効果に感心する。

フラットで常に新しい人材の組織であることも、DARPAが効果的である仕組みだ。副局長ピーター・ハイナン（Peter Highnam）は、私のカーネギーメロン大学時代の学生だが、ディレクター、オフィスディレクター、プログラスマネージャー（PM）の3層構造で、驚くほどマネジメントが研究者に近い。ディレクターレベルにも研究者が個々にアクセスできる仕組みがある。仕組みというより、そういうことをいとわない。PMは外部から雇われるが、日本の出向に当たるようなうまい仕組みがある。一般に公務員の給料は低いので、それを避ける方法として、元の組織の給料をDARPAが元の組織に払って、元の組織がその人にお金を払う。個人的な損が生じないようにする重要な仕組みだと思う。また、任期が有限なので、PMがよく「センス・オブ・アージェンシー」と言うように「私は何年間のうちに何かをやり遂げなければならない」という意識がある。

DARPAは非常に小さな組織で、約3,000億円の予算を100人のスタッフとPM、計200人で扱っている。JSTは2,000億円足らずに対して常勤職員1,200人、PMは140人とのことなので、DARPAは約3倍の労働効率で資金を扱っていることになる。

しかしPMに年間予算はなく、彼ら自身がプロジェクトを織り込んで上層部から予算を獲得する仕組みである。良いプロジェクトがなければ上から切られてしまい、その結果が研究者に及び予算獲得の機会が無くなる

DARPAが効果的である仕組みと風土（2）

- フラットで常に新しい人材の組織
 - Director (1) – Office Director (6) – PM (~100) の3層構造
 - Management が研究者に近い – Director レベルに個々の研究者がアクセスできる
 - PMは外部から（大学の場合、テニユアを取ったところ、あるいは取り損ねたところの人が多い）
 - 雇用を短期間に簡便な手続きでかつ一般に低い公務員給料を避ける方便として、法律的手続きIPAあり；出身機関へのFunding決定などに関する厳格なCOLルール
 - 有限任期（4～6年）： Director をふくめローテーション → **Sense of Urgency**
- 小さなスタッフ
 - 200+、内～100人のPM
 - 年間予算 ～\$ 3.5 B（～3850億円）（ただし、秘密研究は別のはず）
→ \$20～40M（20～30億円）/PM
- しかし、PMに“年間予算”はない
 - 彼ら自身が Upper Management にプロジェクトを売り込む
 - 年2回のレビュー： 充分な進展のないものはカット、良いものは資金増
 - Additional な資金を現場（=ARMY など“サービス”）から取ってきて予算を増やすのもPMの技量
- プロジェクト遂行に必要な各種業務は外部の組織を使う
 - 個々の契約（Contractor）との技術的、あるいは管理的業務（予算執行業務、ワークショップのセットアップ）を担当する Assistant PM など

7

図5 DARPAが効果的である仕組みと風土（2）

こともあり得る。

そこで、国防の現場（陸海空軍のサービス）から追加的な資金を取ってきて各プロジェクトの予算を増やすこともPMの技量となる。先ほどコンサルタントを使うことについて話したが、実際のプロジェクト運営にも外部の組織を使う。効率的にお金を作り、使う方法だ。

DARPAが効果的である背景には、大学の風土もある。米国の大学は、「役に立つ」研究を恐れない、下に見ない。日本ではどうも「基礎研究とは研究者の好奇心の赴くままにするもので、役に立つかどうかを言うべきではない」「基礎研究とはそもそも役に立たないものである」との主張もあるようだが、米国では通常、そこまで言う大学の研究者はいない。実際に役に立って、自分の分野を創り出したいという野心のある人が多い。さらに、カーネギーメロン大学、マサチューセッツ工科大学（MIT）、スタンフォード大学のように研究を生業としている大学は、学生スタッフと教官の給料の一部、特に夏季の3カ月かそれ以上を外部資金で賄う仕組みがある。研究志向のスモールビジネス、大学と企業間の行き来を含めて、DARPAという研究援助機関が必要とされる。それなしでは生きられない仕組みだ。しかもアイデアと実行力さえあれば誰でもあつという間にその分野の中心に躍り出ることができる。日本人の私も米国に行って5年もすれば、DARPAの画像関係では最も多くの研究費をもらう研究者になれた。仕組みとは恐ろしいもので、それが人の流動性をつくり出していると思う。

DARPAが効果的である仕組みと風土（3）

- 米国の大学の風土・運営形態・組織
 - ・「役に立つ」研究を怖れない・下に見ない
 - ・分野を作り出したい、評価を上げたい野心（個人、機関とも）
 - ・学生・スタッフと教官の給料の一部（特に夏季3か月プラス、時にはそれ以上も）を外部研究資金でまかなう仕組み
 - ・テニユア制度
 - 研究指向のSmall Businessが多い
 - 大学と企業間の人の行き来がある
 - アイデアと実行力があれば、誰でもあつという間にその分野の中心に躍り出ることができる
 - DARPAなどの研究資金援助機関を（本当に）必要とする
 - 人の流動性を作り出す
- cf. ヨーロッパのあたらしい**超エリート集中型、研究機関をサポート**する大学・研究所運営（e.g. EPFL-スイス, Max Planck-ドイツ, IIT-イタリア）

8

図6 DARPAが効果的である仕組みと風土（3）

ドイツのマックス・プランク協会、スイス連邦工科大学ローザンヌ校（EPFL）、イタリア工科大学（IIT）のようにエリート集団を作って研究機関の全体をサポートする仕組みと比べると対照的だ。

そこで日本への示唆を考えてみたい。JSTのCRDSのフェローと呼ばれる研究員をどうしてPMにローテーションしないのか。DARPAのようにプロジェクトを作らせればよい。私はCRDSフェローが書いた分野俯瞰を読むが、DARPAのプログラムマネージャーにもこれほどの人はないように思う。同じような仕組みで、大学、企業などの研究者を有限任期でJSTのCRDSにアポイントする。その際、出身元の待遇と比べて悪くならないよう、米国のIAP（Industrial Associates Program）のような仕組みを作ってやるとよい。やり遂げる機会と達成感、分野と人脈を知り尽くした貴重な人材が生まれ、これが大学、企業、JSTへ戻ってくるというフローが生まれるのではないかと。

異論もあろうが、大学の教官の給与体系を変えればよいと思う。まず夏季と学期中に分け、学期中の9カ月働いたら給与は全部もらえるようにする。現在の給与トータルは減らさずに、夏季の3カ月は任意、つまりクロスポイントメントのようなやり方でよそで働いても構わないようにすれば、多くの良い効果が起こると思

日本への示唆

大学・企業・資金援助機関間の人のフローを増す

- 研究者・JST CRDS の研究員（フェロー）をPMにRotation
 - CRDSのフェローによる分野概観は素晴らしい → PMに最適の人材！！
 - 大学・企業などの研究者の有限任期でのアポイントメントを可能にする；IPAのような仕組みで出身元での待遇より悪くならない仕組みを作る
 - やり遂げる気概と満足感 → 分野と人脈を知り尽くした貴重な人材 → 大学・企業・JSTへのフロー
- 大学の教官の給与体系を考える（変える？）
 - 夏季と学期中に分ける：現状給与を9か月にしてTotalは今より減らず、夏季は任意・Additional とする → 現在のクロスアポイントメントの延長
 - 研究資金で教官の給与の一部を払う（月額が大学で決められた給与）；エフォート率に現実的意味を持たせる、資金の集中を防ぐ、民間資金でのプロジェクトに透明性を
 - 大学は今もTop Talent を引き付ける力がある。教官の生活に自由度、待遇改善、→ 人が動く
- 退職者を含む外部有資格人材の「コンサルタント的」活用
 - 大学の先生のExtra Workとしての委員にないコミットメントを求め、Conflict of Interestを避ける方法
 - Wisemanとしての価値、（間接的に）人のフローを助ける

9

図7 日本への示唆

う。日本では「エフォート率」がコントロールされているようだが、「私は何%働く」と紙に書いてあるだけで実際には何の意味もない。米国では自分の給与にいくらもらっているかの割合がエフォート率であり、現実的な意味を持つ。日本では現状、1人の研究者に多くの資金が集中したり、税金から給与をもらっている教官が民間資金でプロジェクトをしていたりと、不透明になりやすい。

退職者を含む有資格者のコンサルタント的な活用も日本への示唆としたい。現状では大学の教員が付加的業務として、非常に少ない謝金で委員などを引き受けている。そうした委員以上の本格的なコミットメントを求めることができ、利害衝突を避ける良い方法になる。

最後にポール・グラハム（Paul Graham）の言葉を紹介したい。Yコンビネーター（Y Combinator）という有名なベンチャーキャピタルの創業者だ。彼が言うには、Top-rank people and tangential living environmental factors are everything—ともかく人を集めて良い環境があれば何とかなると。人を大事にする仕組みをJSTが推進すればよいのではないか。

【質疑応答】

Q：私の分野でもDARPAは非常に大事で友人もPMをやっている。PMはどうやって選ばれているのか。

A：いろいろあるようで、自分で手を挙げる人もいる。例えば私の学生は、カーネギーメロン大学でテニユアを取り身分の心配がなくなったタイミングで、自分のマネジメントの価値を上げたいからとDARPAに行った。DARPAでPMになると、米国はもちろん世界中のその分野の人を知っているといえるほど大きな人脈ができる。彼はその後、カーネギーメロン大学で学部長をして、その後UCサンディエゴの学長となった。UC（カリフォルニア大学）システムの中では新興ながら、非常に成功した大学で、UCサンディエゴの研究資金を彼が2倍にしたとのことだ。このように、自らPMをやりたい人はかなりいる。公募もしているのではないかなと思うが。

Q：現場からの課題の提起が大事だとのことだった。その現場とは、元をたどれば軍のニーズかもしれないが、かなり広範囲の現場ニーズということか。

A：そうだ。例えば画像分野では、暗視技術、航空写真の解析など大いに考えつくもので、民生で使われる技術と全く変わらない。

- Q：頭の中でひねり出したような、もやっとした目標ではなく、かなりリアルなゴールを据えることがポイントか。
- A：そうだ。例えばイラク戦争当時、朝回ったときと昼回ったときとで、爆弾が置かれたなどどこか違うことが起こっていないか分かるチェンジディテクション（change detection：異常検知）。考えてみれば当たり前の話で、もちろん現在でも市や行政が、同じ技術を活用している。現場のニーズは、さほど探さなくても見つかるものだ。

2.4 日本での実践と課題

2.4.1 企業側から見た国内エコシステムにおける産学官連携の課題と期待

鍵井英之（日本新薬株式会社/前日本製薬工業協会・医薬産業政策研究所）

こちらが医療用医薬品市場の売上推移になっている。世界市場は年々増加しており、近年では7,000から8,000億ドルで推移している。そのモダリティの内訳を10年ごとに見ると、低分子医薬品の割合が10年ごとに減ってきているというのがお分かりいただける。一方で、組換タンパクであるとか、特にこの10年では、抗体医薬品といったバイオ医薬品の売上げが増加している。加えて近年、細胞治療であるとか遺伝子治療とか、こういったいわゆる新規、新しいモダリティが出てきており、現在売上げとしては非常に限られているが、今後はこの売上げが増加していくことが予想されている。

世界の医療用医薬品売上推移 モダリティ別内訳

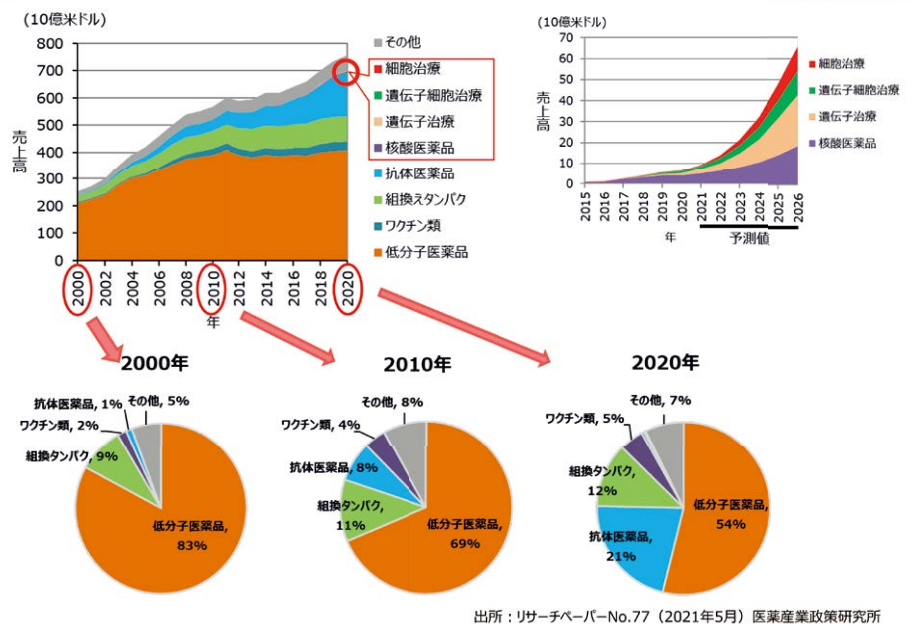
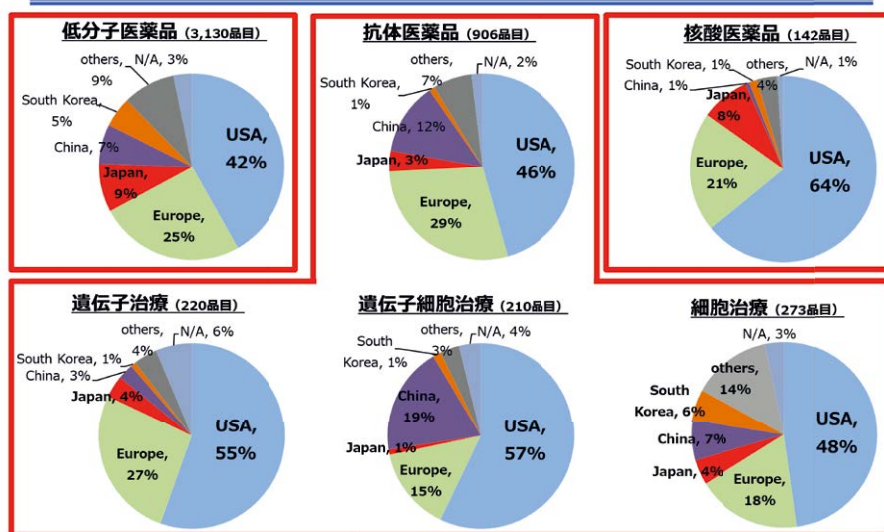


図1 世界の医療用医薬品売上推移 モダリティ別内訳

こちらは、世界の医薬品パイプラインについて、モダリティ別にオリジネーター企業の国籍を示している。全体を見ていただくと、やはり米国が強い。一方、日本は、低分子医薬品であるとか核酸医薬品については世界の10%弱ぐらいということで、比較的存在感を発揮しているが、一方で、抗体医薬品であるとか遺伝子治療といったバイオ医薬品に関しては、世界に比べると後れを取っているという状況である。

オリジネーター企業の国籍 (P1以降)

OPIR
Office of Pharmaceutical Industry Research



出所：リサーチペーパーNo.77 (2021年5月) 医薬産業政策研究所

新規モダリティ・バイオ医薬品全般に米国優位。
バイオ医薬品全般に日本の位置づけは低い。

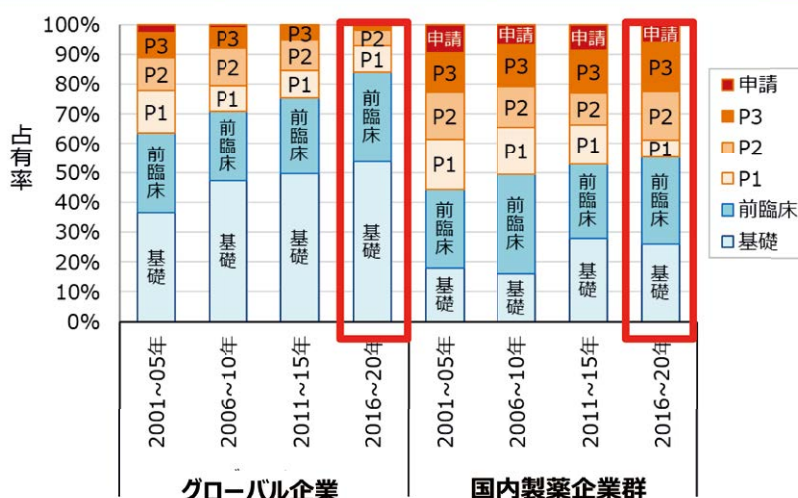
4

図2 オリジネーター企業の国籍

次に、製薬企業が医薬品の開発パイプラインに対してどのようにアクセスしているか、すなわちどうやって獲得していくかの特徴について触れさせていただく。モダリティ別の導入品目数のレンジ推移を示しているが、低分子医薬品であるとか抗体医薬品の数が多くなっている。サンプル数の多い低分子医薬品の導入契約について、契約した時期と、導入したときの開発段階をグローバル企業と国内製薬企業群で比較している。左側がグローバル企業だが、グローバル企業では、基礎、あるいは前臨床といった臨床前の段階の割合が年々増えているという状況で、直近では8割ぐらいが臨床前の段階で導入されている。一方で、国内企業では、開発段階のより遅い段階で導入している。すなわちリスクを回避した導入を行っているということが言えるかと思う。

導入契約時の開発段階 (低分子医薬品)

OPIR
Office of Pharmaceutical Industry Research



国内企業群の方が導入時の開発段階が後期
⇒リスクを回避。

7

図3 導入契約時の開発段階

過去に導入された低分子医薬品の導入品が現時点で承認されているかどうか、すなわち、その成功確率を調べたものになっている。承認・上市のところに着目すると、グローバル企業は、例えばP1の段階で過去に123品目導入しているが、現時点で承認に至っている、成功したというのが6%になっている。一方で、国内製薬企業群を見ると、P1段階で導入したものが過去に53件あって、現在の段階で承認されているのがそのうち21%ということで、国内企業というのはグローバル企業に比べて成功確率としては高くなっている。P1だけではなくてP2、P3も同様に、グローバル企業に比べて成功確率が高くなっているということで、一見いいことのように思えるが、この理由としては、国内企業は、グローバルで先行して開発されたものを国内に持ってきて、それを開発しているということが現状ではないかと考えられる。

導入契約時の開発段階と現時点のステータス

低分子医薬品

OPIR
Office of Pharmaceutical Industry Research

グローバル企業 導入時の開発段階	2001~20年 の導入総数	2021年1月時点のステータス内訳		
		承認・上市	進行中	中断・中止
申請	17	14(82%)	0(0%)	3(18%)
P3	68	28(41%)	3(4%)	37(54%)
P2	121	14(12%)	14(12%)	93(77%)
P1	123	7(6%)	22(18%)	94(76%)
国内製薬企業群 導入時の開発段階	2001~20年 の導入総数	2021年1月時点のステータス内訳		
		承認・上市	進行中	中断・中止
申請	32	24(75%)	2(6%)	6(19%)
P3	60	33(55%)	9(15%)	18(30%)
P2	59	20(34%)	17(29%)	22(37%)
P1	53	11(21%)	16(30%)	26(49%)

注1) 開発段階は導入国での開発
注2) 武田薬品工業はGlobalに分類される。

国内企業導入品の承認割合の高さは、
海外先行品の導入によるものと想定

出所：リサーチペーパーNo.77（2021年5月）医薬産業政策研究所

8

図4 導入契約時の開発段階と現時点のステータス

こちらは、企業買収の動向である。こちらは2001年以降に10億ドル以上でバイオテックを買収した案件についてまとめているが、やはり買収した企業というのは、大手のメガファーマが中心になっている。日本からはアステラス製薬がオーデントス社を買収しているが、買収されたバイオテックが保有していたパイプラインを見ると、承認から上市の段階、製品になっている品目というのは非常に僅かである。特に大手のメガファーマは、バイオテックを買収することで、その基盤技術を獲得しているということが言える。

新規モダリティに関連したバイオテックの大型買収
～2001年以降、10億ドル超～

OPIR
Office of Pharmaceutical Industry Research

モダリティ ^{注)}	契約年	契約金 (億ドル)	買収企業	国籍	被買収企業	国籍	買収時の対象パイプライン数			
							非臨床	臨床	申請中	合計
核酸医薬品	2006年	11	Merck & Co	USA	Sirna Therapeutics	USA	8	2	0	10
	2020年*	30	アステラス製薬	日本	Audentes Therapeutics	USA	3	0	0	3
遺伝子治療	2017年	119	Gilead Sciences	USA	Kite Pharma	USA	3	2	0	5
	2018年	37	Novartis	Switzerland	AveXis	USA	2	1	0	3
	2019年	10	Vertex	USA	Exonics Therapeutics	USA	1	0	0	1
	2019年	48	Roche	Switzerland	Spark Therapeutics	USA	8	5	1	14
	2020年*	30	アステラス製薬	日本	Audentes Therapeutics	USA	4	3	0	7
	2020年	40	Bayer	Germany	Asklepios	USA	4	2	0	6
遺伝子細胞治療	2017年**	119	Gilead Sciences	USA	Kite Pharma	USA	4	3	1	8
	2018年***	90	Celgene	USA	Juno Therapeutics	USA	6	15	0	21
細胞治療	2017年**	119	Gilead Sciences	USA	Kite Pharma	USA	3	3	0	6
	2018年***	90	Celgene	USA	Juno Therapeutics	USA	12	0	0	12

注) **,***は同じ契約

出所：リサーチペーパーNo.77 (2021年5月) 医薬産業政策研究所

- ・新規モダリティの大型買収は、直近5年以内に集中。
- ・国内ではアステラス製薬が2020年にAudentesを買収。
- ・パイプラインの上市前に買収されるケースがほとんど。

9

図5 新規モダリティに関連したバイオテックの大型買収

続いて、医薬品創製という点で見たときに、エコシステムの果たす役割について紹介したい。エコシステムのモデルとしてボストンを取り上げているが、主なボストン発のバイオテックとしては、バイオジェンであるとかジェンザイム、これは1980年代から始まり、近年ではエディタスメディシン、あるいはモデルナといったベンチャーが出てきている。国内でも東京、大阪を中心としたバイオコミュニティ圏が計画中ということで、こちらのバイオテックのようにグローバルで収益を上げるスタートアップが出てくるということが、投資のサイクルを回すことにつながるのではないかと考える。

ボストンのエコシステム

OPIR
Office of Pharmaceutical Industry Research



出所：在ボストン日本国領事館より提供

大学、病院、スタートアップ、
政府・民間支援組織などが集積。

大学・研究機関	病院	政府・民間支援組織	民間企業
1. ハーバード大学 2. ハーバードメディカルスクール 3. Wyss Institute 4. ハーバードビジネススクール 5. ハーバードLab 6. MIT 7. MITメディアラボ 8. MITスローンスクール 9. MIT ILP 10. ブロード研究所 11. ボストン大学	12. マサチューセッツ総合病院 13. ランゲルメディカルセンター 14. ボストンジェネラル 15. ベス・イスラエル・ディーコネス・メディカルセンター 16. ダナ・ファーマーがん研究所 17. ボストン・チルドレン・病院 18. プリザム・アンド・ウィメンズ病院 19. ユー・エス・メモリアル・メディカルセンター	20. マサチューセッツ州知事公署 21. ボストン市役所 22. マサチューセッツ州知事公署 23. マサチューセッツ州知事公署 24. 在ボストン日本国総領事館 25. マサチューセッツ州知事公署	26. キンブリッジ・バイオベンチャー・センター 27. CRISPR 28. マサチューセッツ州知事公署 29. グリーン・クロス 30. マサチューセッツ州知事公署 31. マサチューセッツ州知事公署 32. マサチューセッツ州知事公署 33. マサチューセッツ州知事公署

- ～主なボストン発バイオテック～
- Biogen, Genzyme : 組換えタンパク、抗体
 - Alnylam : 核酸医薬
 - Editas Medicine : ゲノム編集
 - Moderna : mRNAワクチン

- ・国内でも、東京・大阪を中心としたバイオコミュニティ圏を計画中。(バイオ戦略2020)
- ・グローバルで収益を上げるスタートアップがいくつかできることが、投資のサイクルを回すことにつながる。

11

図6 ボストンのエコシステム

こちらは、各地域の臨床開発以降のモダリティ別の医薬品のパイプラインの創製状況を示している。ボストンのあるマサチューセッツ州、そして西海岸のあるカリフォルニア州、そして日本を並べているが、色の違いというのは開発段階の違いを示している。低分子医薬品では、日本の創製数がマサチューセッツ、あるいはカリフォルニア州を上回っているが、この差は販売品によるもので、それを除いた開発品というところではおおむね同等という状況になっている。ほかの遺伝子治療であるとか抗体医薬品では、日本は、マサチューセッツ州、あるいはカリフォルニア州に対して創製数が少ない状況となっている。

各地域の医薬品パイプライン創製数（P1～上市）

OPIR
Office of Pharmaceutical Industry Research

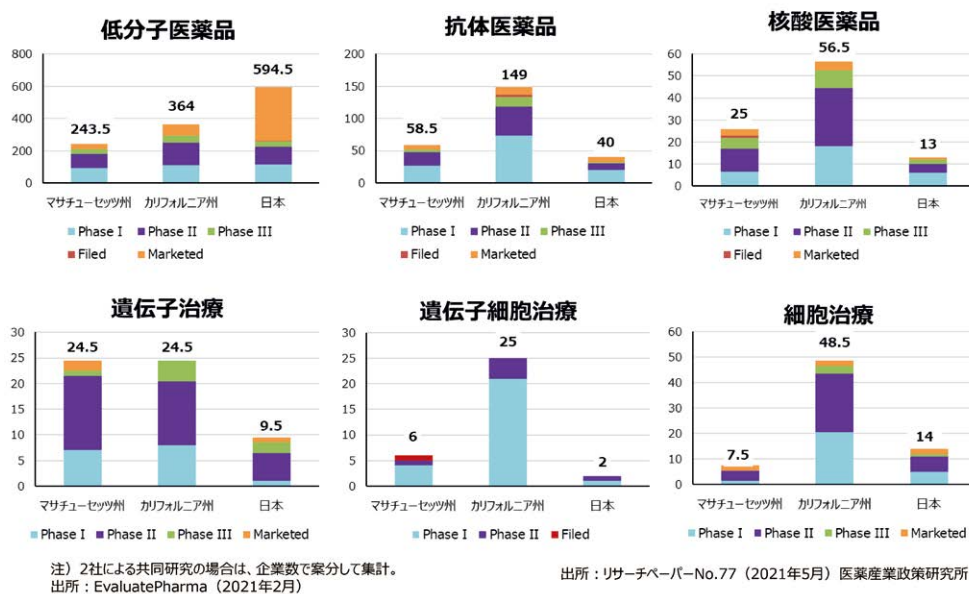


図7 各地域の医薬品パイプライン創製数

こちらは技術領域別の特許の保有状況を示している。赤がマサチューセッツ州に本社を置く企業、青はカリフォルニア州に拠点を置いている企業、あるいは組織ということになっているが、上位にエコシステムの中心的な大学が入ってきている。一方日本は、幹細胞、これはiPS細胞も含むが、その中に京都大学と大阪大学が入っている。

技術領域別 特許保有上位組織

OPIR
Office of Pharmaceutical Industry Research

“ウイルスベクターを用いた遺伝子治療”関連特許 (4,865件)

組織名	国/州	所有数
1. University of Pennsylvania	PA	132
2. University of California	CA	128
3. INSERM	France	124
4. University of Florida	FL	102
5. Centre National de la Recherche Scientifique	France	89
6. University of Massachusetts	MA	71
7. National Institutes of Health	MD	65
8. University of North Carolina	NC	63
9. US Department of Health and Human Services	WA	55
10. Harvard University	MA	54

“アンチセンス核酸”および“RNA干渉”関連特許 (11,092件)

組織名	国/州	所有数
1. Ionis Pharmaceuticals Inc	CA	351
2. Bayer HealthCare AG	Germany	316
3. Alnylam Pharmaceuticals Inc	MA	212
4. University of California	CA	205
5. INSERM	France	195
6. Centre National de la Recherche Scientifique	France	134
7. University of Massachusetts	MA	116
8. National Institutes of Health	MD	109
9. Johns Hopkins University	MD	99
10. Massachusetts Institute of Technology	MA	95

“幹細胞”関連特許 (8,029件)

組織名	国/州	所有数
1. University of California	CA	166
2. Kyoto University	日本	146
3. INSERM	France	87
4. Agency For Science Technology & Research	Singapore	80
5. Stanford University	CA	78
6. Harvard University	MA	74
7. Massachusetts General Hospital	MA	73
8. Childrens Medical Center Corp	MA	72
9. Osaka University	日本	69
10. Johns Hopkins University	MD	63

赤：マサチューセッツ州
青：カリフォルニア州

主にアカデミア（大学、病院等）がイノベーションの供給源となっている。

出所：リサーチペーパーNo.77（2021年5月）医薬産業政策研究所

13

図8 技術領域別 特許保有上位組織

現在、バイオ戦略において、東京と大阪圏を中心に、世界に伍するグローバルコミュニティに育てていくという方針が出されている。国内エコシステムの課題と期待であるが、やはりアカデミアに求められるのはイノベーション、そして、それを生み出す人材の輩出ということが重要かと思う。しかしながら、企業から見ると、なかなかモノになりそうなシーズが少ないという話もよく耳にするし、大学でのアントレプレナーシップ教育、あるいは実用化を目指した教育というのも必要なのではないかと思う。また、製薬企業から見ると、そのシーズが、臨床での効果、あるいはどういった医療ニーズを満たすのかといったところが示唆できるデータがあるとありがたいので、そういった視点でのトランスレーショナルリサーチも必要かと思う。

製薬企業に関しては、やはり実用化につなげる役割が求められるわけだが、なかなかリスクが取れない、意思決定が遅い、あるいは新しいサイエンスへの対応が遅れているといったところが、海外企業に比べると競争劣位になっていることが考えられる。

スタートアップについては、やはりサイエンスが最も重要かと思うが、それに加えて、権利化であるとかビジネスプランがしっかりしているということが重要だと思う。現状、国内ではスタートアップの絶対数が少ない、あるいは実用化につながった事例も少ないというようなことも言われており、一方で、海外ベンチャーでは、特に大手のメガファームで開発をリードされていたような立場の人材が、どんどんベンチャーの経営に入っている。そこで自らの経験を生かしているというようなことがあるが、国内では、そのような人材が最近では多くなってきているとは思いますが、まだまだ少ないのではないかと思う。こういった人材の流動性を妨げる理由としては、例えば企業からすると、アカデミアの雇用条件が魅力がなかったり、あるいは、アカデミアからすると実用化の興味が薄かったりとか、研究業績に結びつかないといった壁があるというのを聞く。

製薬協の取り組みであるが、産業を取り巻く各種課題への対応、政府の施策、健康・医療戦略等への政策提言、などを行っている。製薬協では機能に応じて複数の委員会を組織しており、研究開発委員会において、関係府省、AMED、研究機関等と情報交換等も適宜行っている。最近の取り組み事例でいうと、バイオバンク、ゲノム情報、健康・医療データの活用であるとか人材教育の推進、あるいはAMEDプラットへの提案、といった取り組みをしている。また、私が所属していた医薬産業政策研究所では、製薬協とは独立して産業

振興のための調査、あるいは研究を実施して政策提言を行っている。

製薬協としても、医薬品開発を進めるエコシステムの役割については大きな期待をしているところであるが、ほかにもビッグデータの活用、あるいは、製薬企業がイノベーションを起こす源泉とも言える薬価制度のところも変革が必要と考えている。



出所：2021年5月20日開催 製薬協会長記者会見 資料

20

図9 日本のめざす製薬産業基盤の確立に向けて

東京圏、大阪圏を中心としたエコシステムの形成によって、優れた技術シーズへの創出、実用化の期待というのが間違いなくある。しかし、現時点では、欧米に比べると、イノベーションや人的資源の規模は、やはり資金的にも規模が小さいので、その差をどうやって埋めていくか。ボストンでは自転車で周れるぐらいの距離に様々なプレイヤーが集約しているが、これを東京圏、大阪圏まで広げたときに、その距離をどうやって埋めていくかというのが課題かと思う。あと、各クラスターが優秀な人材、スタートアップ、あるいは資金といったものを取り合いになってしまうことになると、国としてはマイナスと思うので、こういった課題を政策的にどう埋めていくかというのが今後重要になってくるのではないかなと思う。そして、アカデミア、スタートアップ、製薬企業、こういったエコシステムのステークホルダーそれぞれが自分たちの果たす役割を認識して、それをしっかり果たしていくことが重要ではないかなと思う。

ハーバード大学のジョージ・チャーチ教授、遺伝学者の先生の講演の様子がユーチューブで見られる。その冒頭にCOI（利益相反）のスライドが出ているが、非常に多くの利益相反の組織が関わっている。国の機関であるとか、あるいは教育機関、その他企業も含めて組織が関与しているということで、このように特定の分野をリードしてハブとなるような人材を輩出するということも重要ではないかなと思う。

2.4.2 「大学発ベンチャー～経験から学んだヒト・モノ・コトづくり～」

片岡一則（公益財団法人川崎市産業振興財団ナノ医療イノベーションセンター）

■自己紹介～ベンチャー企業の設立と運営～

東京大学退官後、公益財団法人川崎市産業振興財団保有の「ナノ医療イノベーションセンター（以下、iCONM）」での経験をお話したい。大学の枠を超えたベンチャー企業の設立と運営や医工連携教育について、あくまでも私の経験を踏まえての話である。

私は、今まで5つベンチャー企業を創っている。その内の一つは少し失敗したが、他の4つのベンチャー企業は様々な形になった。2003年創業のトランスパレントでは、セルエイブルという3次元の培養アレイを取扱った。その開発時期が早過ぎた為、東洋合成に事業譲渡したが、現在は住友ベークライトからシステムが販売されている。5番目は、川崎とボストンを拠点にもつ脳疾患へのドラッグデリバリーを扱うブレイゾンというベンチャー企業。また、4番目のベンチャー企業は、核酸医薬を取扱うアキュルナで、1番最初に創業したナノキャリアと吸収合併して、事業を継続している。

ここで、ナノキャリアについて話したい。1996年に創業し、高分子ミセルを基盤としたドラッグデリバリーに早くから取り組んでいた。マザーズ上場を果たし、現在は開発した3種類の抗がん剤を搭載したDDS（ドラッグデリバリーシステム）が日本、米国、欧州とアジアで後期臨床試験に進んでいる。核酸医薬としては、日本での臨床試験が昨年開始された。なぜ、1996年の時点でベンチャー企業を創ったか。一つは、米国の大学や企業との共同研究から触発されたこと。さらに、当時はTLOもない状態で所属する大学は特許に関心を示さなかったものの、JSTの有用特許制度を活用（最終的に主な特許はJSTの所有）し、これらの特許がベンチャー企業設立のベースになったことだ。

私の話は、あくまでもバイオベンチャー（特に医薬品の限られた分野のベンチャー）である。医薬品分野のベンチャー企業が軌道に乗るには、図1にあるようにとても時間がかかる。低分子の医薬品（薬）の歴史からも分かるように、人類初の有機合成化合物である尿素から、アスピリンという有機合成に基づく薬が世に出るまでに70年位かかっている。また、抗体医薬も、モノクローナル抗体ができてから世界初の抗体医薬ができるまでに23年かかっている。取り扱いが難しい核酸医薬も、RNA干渉（RNAi）を初めとすれば、これも約20年かかっている。薬になるまでの期間はだんだん短くなっているが、最初の発見から薬として市場に出るまで大体20年位かかっている。

医薬品ベンチャーの特徴的な課題は、開発に時間を要することだ。その一方で、新しいモダリティの登場が非常に早い。そのため、いかに早く承認を勝ち取り、薬をいち早く上市すること、そもそも同じものを創らないことが重要になる。最近話題となっているmRNAワクチンのモデルナ社も、会社設立からワクチンを上市するまで10年かかっている。また、核酸医薬で有名なアルナイル社も設立してから最初の製品が上市するまで20年位かかっている。もちろん、その間には企業としても成長し、まさにエコシステムの形成が大切である。資金を活用し、人材が集まり育ち、地域経済が活性化し、新たな知識と技術を生み出すということで、ボストンがよい例の一つだと思う。

JETRO提供の調査から、ベンチャーキャピタルがボストン地域に2018年に総額1兆1,000億円を投下している。その筆頭はモデルナで683億円。ベンチャーの研究開発を逃さず有効利用できるエコシステムつまり、ヒト・モノ・カネ・チエを効率よく動かせるクラスターをつくることが重要になる。

基礎研究から技術開発、事業化に向けて進み、さらには産業化と、非常に多くのことを解決していかななくてはならず、医薬品の場合は治験に莫大のリソースが必要であるため、その時期を乗り越えて成長する新たな方策が必要になる。ベンチャーの伝統的なモデルではIPOという形を取ったが、最近は開発途中でM&Aの形で事業全体を技術移管することも多い。ますますクラスターの形成が重要になろう。

その場合、死の谷を乗り越えて、ダーウィンの海を泳ぎ切ることだ。これは何か。産業構造の大幅な変革

を起こすのであれば、ベンチャー企業は大企業の下請と思ってはいけない。ベンチャー企業が、新しいものを作り、いち早く産業化して、社会全体のイノベーションを起こすということを、きちんと考える必要がある。それから、スタートアップに関して、日本でもムーブメントになっているが、学生がスタートアップをするだけでなく、大学や政府が音頭を取り、スタートアップに参画した学生達が死の谷に陥っても、これまでにあったポストドクや特任教員の増員に伴い生じた問題のように、彼らの行き場を失わないようにする方策が必要である。スタートアップ型のベンチャー企業を奨励するのであれば、社会全体が人材の流動化、社会の流動化をどうするのかということを同時に考えていかないといけないと思う。自己責任だから関係ないという大学や政府の姿勢では許されない。

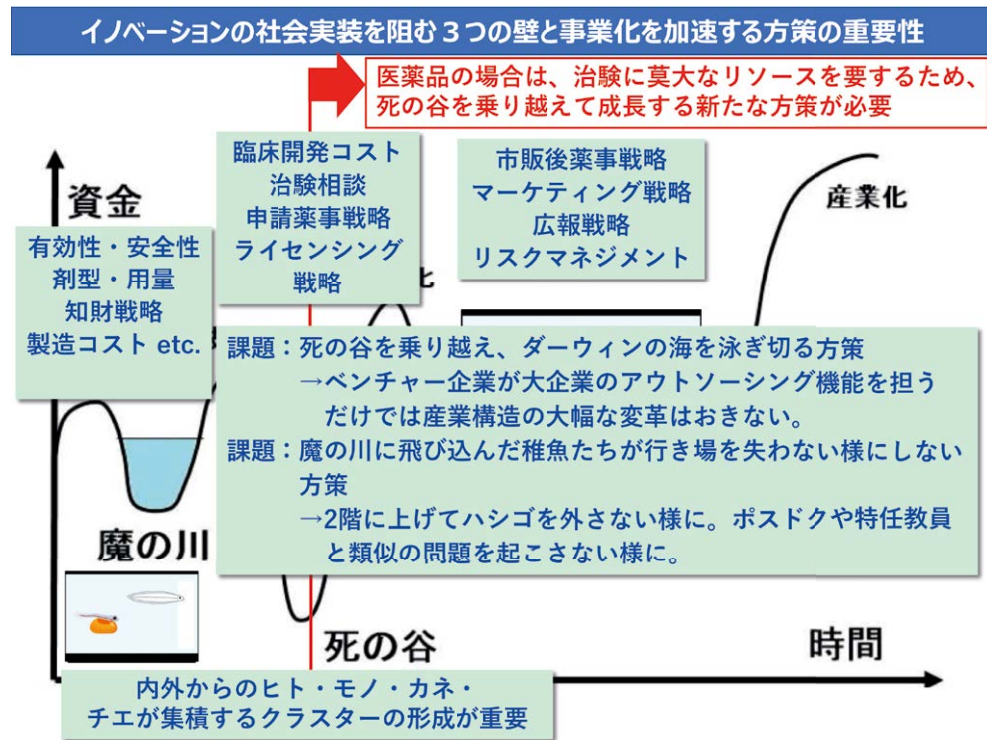


図1 イノベーションの社会実装を阻む3つの壁と事業化を加速する方策の重要性

私自身の経験から課題をまとめる。

まずIP戦略における大学TLOの支援の在り方だ。大学TLOは随分改善されたが、未だに特許に関しては、発明の瞬間から、その発明をいかにいい特許に仕上げて行くかという仕組みが脆弱である。私の場合は、FIRSTプログラムの実施時の支援経費を使うことができたため、雇用した弁理士のアドバイスを受けながら極めて細かい特許戦略を重視しながら特許を作成することができた。

2番目は、大学教員の立場とベンチャー企業関係者の立場における利益相反のマネジメント。特に、大学研究室の研究テーマとの関わりについては、よく考える必要があること、そして学生の関わり合いである。米国では、大学と学生の間に雇用関係が成り立つが、日本の大学では学生とは雇用関係にない。そのため、発明による特許については、該当する学生の発明がそのまま大学等の研究機関に属するのかということを、きちんと判断する必要がある。

3番目は、開発に時間を要する反面、新しいモダリティーの登場が早いため、スピードだ。開発資金をいかに迅速かつ継続的に投入できるかにあるが、最近はコーポレートベンチャーキャピタルもあり、大企業との上手な協働が重要と思う。そして、臨床開発や薬事戦略にたけた人材の参画が必要だ。また、経産省の統計に

よれば、大学からの支援として、(1) 大学施設を利用させること、(2) ベンチャー企業の公認、(3) 特許戦略へのアドバイス、(4) 経営相談や経営陣の紹介が求められている。実際には、特に(3)と(4)の支援が非常に乏しいのが現状で、開発のスピードを上げるためにも、とても大きな問題であると思っている。

図2の4)、5) および6) についても、既にお話したように、クラスターやエコシステムをつくることだ。そして、飛び込んだ才能ある人材が、起業に失敗したとしても社会で割を食うことのない社会に変えていくことが必要である。



ここまでの課題のまとめ

- 1) IP戦略における大学TLOの支援のあり方。
 - ・研究の初期段階から研究者と緊密な連携を作る特許戦略が必要
 - ・現状の大学における産学連携本部やTLOのあり方の再考が必要。TLOの自由化。
- 2) 大学教員としての立場とベンチャー企業関係者としての立場における利益相反マネジメント。
 - ・研究室の現在進行形である研究テーマと関わり合いが深い場合
 - ・学生の関わり合い方
- 3) 開発に時間を要する反面、新しいモダリティの登場が速い創業ベンチャーの場合、いかに速く承認を勝ち取り、死の谷を越えてダーウィンの海に飛び込めるか！
 - ・まとまった開発資金の迅速かつ継続的な投入が必要。Corporate Venture Capital (CVC)の活用を含めて大企業とのコラボが重要。
 - ・臨床開発や薬事戦略に長けた人材の参画が必要。
- 4) ベンチャーは発熱型研究開発である。
 - ・製品を出さない間も走り、成長し続ける！その間に投下された資金を燃やしつつ、地域経済を活性化し、人材を集め、育て、新たな知識と技術を生み出す担い手。ポストンは有数のバイオテック・クラスター都市へと成長。
- 5) ベンチャーの発熱を逃さずに有効利用する熱交換型エコシステムの構築が重要。
 - ・大学を越えたクラスターを育成することの重要性
- 6) 魔の川に飛び込んだ才能ある稚魚たちが行き場を失わない様にしない方策
 - ・2階に上げてハシゴを外さない様に。ポスドクや特任教員と類似の問題を起こさないで欲しい。

図2 課題のまとめ

■医工連携教育～エンジニアとしてのマインドセット～

私自身は大学教官として、医工連携教育も携わった。その際に、エンジニアとしてのマインドセットの重要性を感じた。日本では、エンジニアについて非常に狭く考えられていて、技術者とも言うが、本来はテクニシャンとエンジニアは全く違い、エンジニアの語源はラテン語のジェネラーレという「生む」の意味であり、英語のジニアスにも通じる言葉でもある。エンジニアの思想は、産業革命後の19世紀初めにスコットランドのグラスゴー学派から出てきた考え方であり、一言で言うと科学を基盤にしている。よって、エンジニアとは、サイエンスを基盤に社会の課題を解決し、進化をもたらすイノベーターなのだ。「知的好奇心」と「社会を変革しようとする意志や情念」を持つ人である。

どんな人物であるか。ジェームズ・ワット。そして、ルイ・パスツール。化学を専門とする科学者であるけれど、パスツールはワインの研究からスタートして立体化学という概念を作り、物が何故腐るのかという研究から摂氏60度で行う低温滅菌法を開発し、その特許を取得し、特許から得られた資金でパスツール研究所を設立した。また、ダビンチは画家ではあるものの、建築家としても有名で革新的な建築を設計。アルキメデスの原理で知られるアルキメデスは、投石機の発明で有名で、ローマ軍のギリシャからの退去に繋がった。日本では、ヘンリー・ダイアーが、明治時代に現在の東京大学工学部の前身の工部大学校で技術教育の導入に大きな貢献をし、日本の工業の躍進に繋がっている。明治時代は「晴天下の山登り」として目標は決まっていたが、今の時代は「雲の中の山登り」とも言え、未来社会を予見する能力というのが非常に重要になる。

私は、東大で工学部と医学部の内科学専攻の教授を経験していて、卒業生は臨床医になるケースが多い。

彼らの臨床の現場をよく見ると、医療機器があふれており、スイッチを右にひねると光が出るだけでは満足せず、その原理を知りたくなる。基礎医学は19世紀にできたもので、生物学しかないと思われるが、現在の臨床の現場からも明らかに基礎医学に工学が非常に重要である。

米国では、大学の学部を卒業後、メディカルスクールに行く。例えば、医者になるために、バイオエンジニアリングという学科を卒業後、メディカルスクールを修了し、ダブルデグリー（2つの学位）となるが、日本の場合はなかなかそのような医者はいない。また、米国では、科学アカデミーや工学アカデミーと同様のナショナル・アカデミー・オブ・インベンター（発明家アカデミー）がある。米国で特許を取得した発明者を顕彰・奨励して、科学から生み出されるテクノロジーとイノベーションの可視性を高め、知的財産の開示を奨励し、イノベティブな学生を教育および指導し、メンバーの発明が実社会の利益となるようにしている。国のアカデミーであることから、国を挙げてイノベーションを奨励していることになる。

私が東大教官時代に、JSTのプログラムで医療ナノテクノロジー人材養成ユニットを実施した際には、個人の中での分野融合に努めた。医学の基礎としての工学教育、工学の基礎としての医学教育を意識し、自らの知識と能力を客観視することができるような人材育成を大切にした。さらに、医工薬の融合教育としてケーススタディーを実施し、医学部と工学部と薬学部の学生でチーム編成して、研究シーズの中からベンチャーの種を探させ、これをベースに社会還元できるビジネスプランをつくるという教育を行った。これが意味するのは、自らの研究を社会の軸から見直す機会になること、すなわちマインドセットになること。そして、異分野に飛び込むことで自らの知識と能力を客観視できるようになれる。

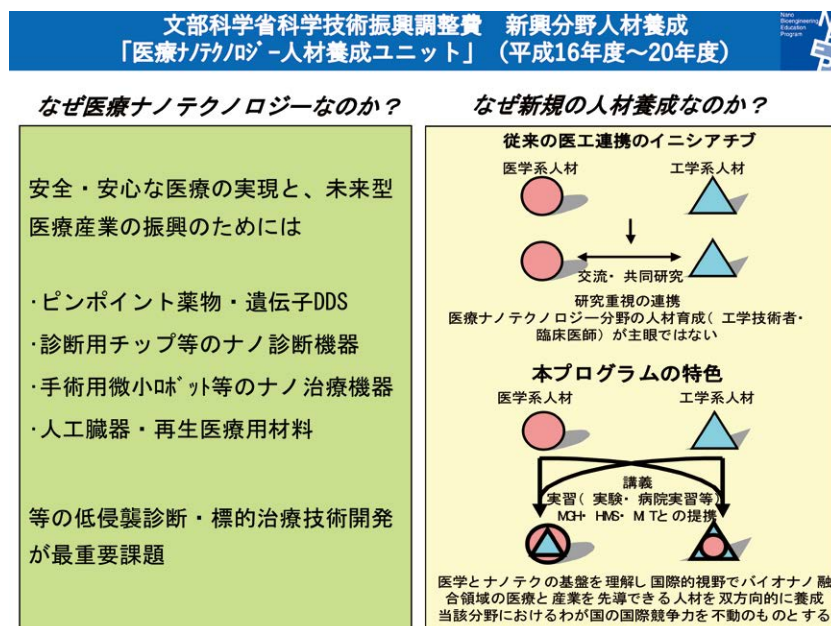


図3 文部科学省科学技術振興調整費「医療ナノテクノロジー人材養成ユニット」

それから、私が大学教員になった時に意識したことは、社会全体でアントレプレナーというものを育てていくようにすること。そこで、私は卒業生のほとんどは大企業への就職や教員になるが、研究第一主義者に育てるのではなく、研究もできてアントレプレナーの能力もあるような人材の芽を潰さぬよう、教員自身が能力の多様性を理解する包容力の醸成の機会を作るようにした。

こういったことがきっかけで、大学の枠を超えて活動したいと思った時に、川崎市産業振興財団から声が掛かり、医工連携の人材育成にも努めている。

川崎市産業振興財団の舞台は、キングスカイフロント（川崎市殿町）である。近くに羽田空港がある利便性の良い場所で、いすゞのトラック工場跡地を活用し、ライフサイエンスと環境分野に研究を集積しようと川崎市が中心になって国際戦略拠点を作った。現在では、約70の大学・研究機関、医療機器、創薬、再生医療などの様々な企業が集結している。物理的な近接性を生かして、同じ目標に向かってヒト・モノ・カネ・チエが他機関や産学官で横断的に交流できる特区だ。ここに、文科省の補助金で建設したナノ医療イノベーションセンター（iCONM）がある。センター建屋の真ん中に3カ所のマグネットエリアを作り、センター内で交流も可能で、一緒に研究もできるようになっている。建屋の1階が微細加工、2階が有機合成、3階が遺伝子と細胞、4階が動物実験となっていて、研究に必要なもの（装置も倫理委員会も）を全て揃えてあり、ベンチャー企業が裸一貫で入居してもこのセンターで直ぐに活動が開始できるようになっている。また、大企業と中小企業の規模に関わらず、業種が異なる企業ラボが混在している。



やはり私たちが大事に思っていることは、様々な不揃いの企業が一つの建屋に入っていること、さらに、必要な3つのポイントである「インキュベーション」「グラデュエーションスペース」と「ネットワーク」が揃っていることだ。

「インキュベーション」では、大学から生まれたスタートアップをここで受け取っているため、人材を揃え、企業化し育成する。企業の成長によって大きな敷地が必要になるため、グラデュエーションスペースを殿町に隣接する川崎臨海部に用意している。このエリアは水素を製造し、パイプラインで繋がり、殿町にあるホテルなど水素発電で賄っている。

従来からのヒト・モノ・カネ・チエに、水素パイプラインを加え、ご紹介したライフサイエンスのエコシステムを構築すべく、社会実験を進めている。

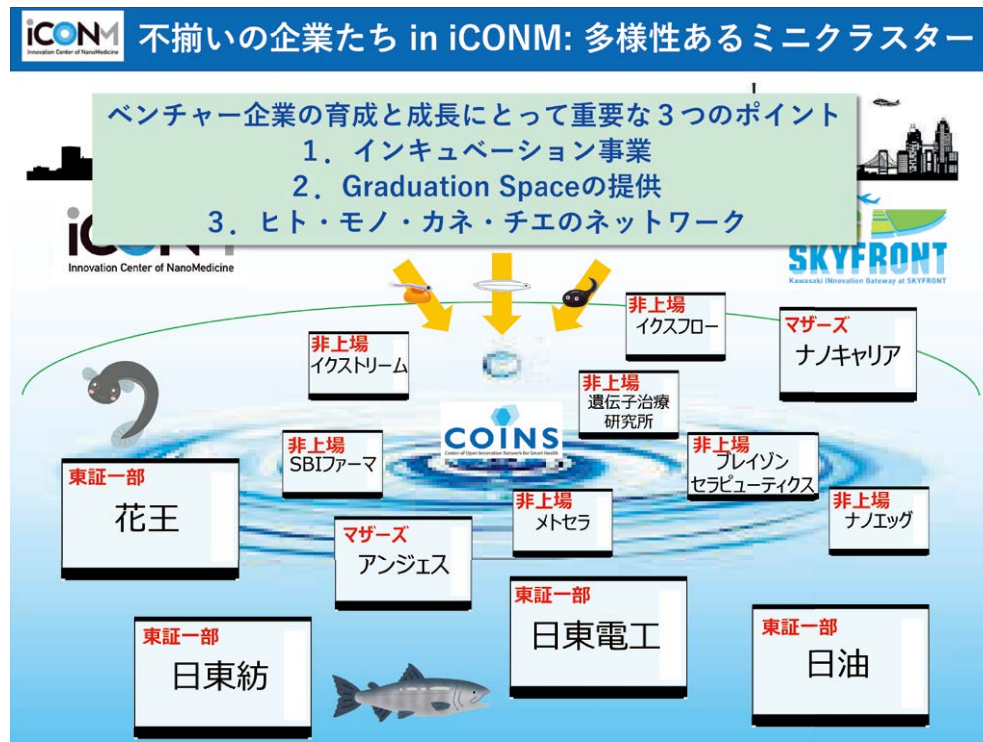


図5 多様性あるミニクラスター

【質疑応答】

Q：大学TLOで特許の支援はあるが、人材の育成やリーガルな面、メンターなどの機能がないとこのとだが、大学で増強する計画があれば教えて欲しい。

A：スタートアップは大学から出ることが多いが、ずっとスタートアップでいるわけではない。ベンチャーキャピタルも、限らない長期間で資金を出さない。スタートアップの次に、グラデュエーションしていく必要があり、そうするとクラスターが必要になる。ということは、経営の指導やら何もかもを大学毎で実施することは現実的ではない。むしろ、それらの問題を引受ける人材（人的ソフトウェアともいえる）がおり、各スタートアップの問題をマネージする組織が、初期段階からスタートアップ企業をより大きく育てるような仕組みを作り支えることが重要だ。大学にとっては大学で生まれた知財が役に立てばよく、ボストンもサンフランシスコのミッションベイも大学だけで完結せず、近隣の企業などがクラスターとなり、大学発のスタートアップを支えている。

2.4.3 LINK-Jの取り組み

曾山明彦（一般社団法人ライフサイエンス・イノベーション・ネットワーク・ジャパン（LINK-J））

LINK-J、正式名称はライフサイエンス・イノベーション・ネットワーク・ジャパン。「L」は幅広いライフサイエンスの領域、「I」はその幅広い領域の中でイノベーションを創造し続けていくこと、「N」と「K」はそのために必要なネットワーク、すなわちエコシステムを構築すること、そして「J」は日本国内はもとより、海外ともつながることによって、より深く大きなイノベーションを起こしていくことを表している。こうした想いのもと、一般社団法人LINK-Jは、三井不動産株式会社が産学の有志の皆様にお声がけをし、今から約5年半ほど前に設立された。

三井不動産は街づくりを進める中、これからの時代を見据えて、街ごとの色合いや歴史を踏まえた産業創造を考えている。そして、東京日本橋には、大阪道修町と同じように江戸時代から製薬企業が集積している。その集積を活用して、新たな産業として、幅広いライフサイエンス領域におけるイノベーションを興すためのエコシステムを日本に構築しようとしている。



図1 三井不動産の想いと具体的役割分担

エコシステム構築における具体的な役割分担としては、「場」の整備、すなわちビルやファシリティなどのハードを三井不動産がつくり、その上にネットワークや核になる「コミュニティ」をLINK-Jがつくる。また、エコシステム構築のためにはヒト・モノ・カネ・知恵などのマッチングが重要であるため、その中のカネに関しては「資金」の提供も三井不動産が始めている。

この日本橋本町とその周辺には、例えば製薬協加盟企業の約3-4割の本社等が集積しているが、このエリア内にある日本橋ライフサイエンスビルディングなど15のビルの中に様々なLINK-J関連施設が存在している。さらには、同じく製薬企業が集まる大阪の道修町の近くにも、昨年の秋にライフサイエンスハブウエストをオープンした。関連施設としては、数人から最大300人までが入るLINK-J会員専用のカンファレンスルームが多数あり、また、会員の方々が作業したりミーティングをするコミュニケーションラウンジというスペースも多数ある。さらには、スタートアップ向けの家具が備わったサービスオフィス、賃貸オフィス、シェアラボ、レンタルラボといったもので用意している。

日本橋ライフサイエンスビルディングには様々なライフサイエンスプレイヤーがオフィスを構えているが、こ

のビルの地下にはスタートアップ専用の共用ウェットラボがあり、ほぼ満室状態が続いている。スタートアップにとって実験機器等を揃える費用は高額で購入ハードルが高いことから、ここでは共用の実験機器等が提供されている。さらに、都心近接型の賃貸ウェットラボとして、都内の葛西や新木場に、バイオセーフティーレベル2のレンタルラボを用意している。また、千葉県柏の葉にある国立がん研究センター東病院の隣接地に、同様の賃貸ウェットラボを建設中で、今年の11月頃には竣工予定である。スタートアップや大企業の方々のニーズに合わせた施設になっている。

東京日本橋、そして大阪道修町では、多数のライフサイエンス関連プレーヤーの方々が、LINK-J 関連施設内を中心に、新たにオフィスを構えていただいている。国内主要大学やUCサンディエゴ校などのアカデミア、公的機関、学会、医療系団体、支援団体等、また、民間企業としてはスタートアップに加えてVC、コンサル、アクセラレーター、インキュベーターと呼ばれるスタートアップを支援する方々に入っている。



図2 「コミュニティ」の構築：LINK-J

そして「資金」の提供について。昨今、ライフサイエンス領域に注力するVCが増えているが、欧米と比べると、まだまだその数も、出資規模も小さいため、三井不動産がVCの方々にLP出資をし、資金の流れを太くする活動をスタートしている。

LINK-Jは今から5年半ほど前に設立され、会員数は約490となっている。その内訳は、大企業が1割強、ベンチャーなどの法人や非営利団体、アカデミアなどが合わせて6割強、個人が3割弱という構成で、ダイバーシティーに富んだ、様々な方々に入会いただいている。

LINK-Jはエコシステム構築に向けて大きく2本柱の活動をしている。一つは、ライフサイエンス関連の方々が集まり、繋がるための「交流・連携」事業。もう一つは、新たなイノベーションの担い手であるスタートアップやインベーターの方々を応援し、マッチングするための「育成・支援」事業である。LINK-Jは様々なシンポジウムやセミナーを開催し、ネットワーキングによって交流連携を促進しており、コロナ禍前の2019年にはライフサイエンス関連のオープンなイベントが年間500回以上開催された。コロナ禍以降はその多くがオンラインベースになったが、昨年だけでも300回以上の開催実績がある。

育成支援事業については、いわゆるマッチングやピッチなどのプログラムを開催しており、例えばハンズオン型、伴走型のアクセラレーション・インキュベーションプログラムを外部の方とコラボレーションしながら提

供している。こういった活動を通じて、過去5年間でLINK-Jのイベント・プログラムには累計数万人以上の方々にご参加いただき、ここで築きあげたネットワークを使って、様々なイベントを告知したり、ヒト・モノ・カネのマッチング等を今後もやっていこうと考えている。

海外ネットワークとして、UCサンディエゴ校、BIOCOM、UCLA、MIT、英国Oxford大学などと連携し、最近では在東京の各国大使館の方々ともコラボレーションを進めている。国内では、ライフサイエンス領域のイノベーションはアカデミア発が非常に多いことから、大学や国立研究機関の皆様ともコラボレーションを進めており、先ほどご登壇された片岡先生がいらっしゃる殿町、川崎市など、国内イノベーションハブとも連携している。

こういったエコシステムで問われるのは、成功事例がどれだけできたかということだが、LINK-Jコミュニティでは、大規模な資金調達をしたり、M&Aでエグジットを果たしたり、マザーズに上場したり、上場直後にこのエコシステムがいいねと移ってきていただいた方などが出てきている。

先ほどMITのイノベーションモデルというお話があり、具体的にはアントレプレナー、コーポレート、アカデミア、ガバメント、そしてリスクキャピタルという5つのステークホルダーの方々が相互に線でつながっている図があった。LINK-Jはこの5つのステークホルダーの全てと繋がりながら、線での繋がりをいかに促進して太くするか、そのためのインフラをハード面、ソフト面、両方で提供している。物理的な場はもちろんであるが、ウェブ上の場というのも非常に重要になってきている。

そして、LINK-Jが非利害関係者であることが弱みでもあり、強みでもある。LINK-Jはライフサイエンスの専門家集団ではないが、その分COI（Conflict of Interest）が少なく、皆さまで仲よくしていただければ、つながっていただければ、コラボレーションしていただける。

官の役割に関しては、特にメディカル分野は薬機法という規制がある。一方で、イノベーションを興すためのさまざまな助成策を関連省庁等が提供しているが、スタートアップの立場からすると、どこにどんな規制や助成策があって、自分たちがどう当てまるのかが分からないという話をよく聞く。厚労省のMEDISO、経産省のInnoHubなどがそのナビゲーション機能を果たしているが、こういった活動は非常に重要であり、LINK-Jもお手伝いをしている。

最後にエコシステムの規模と厚みについて。5年前と比べて国内のライフサイエンスイノベーションエコシステムの形成が進んでいると実感しているが、一方で、欧米と比べた場合に、まだまだ規模も層も薄い状態。もちろんこのエコシステムがオーガニックに成長していくことが大事だが、それだけではならず、例えば米国のライフサイエンスエコシステムともしっかりつながって資金供給を増やして、加速化することも必要だろう。また、国内でも、例えばICT領域のエコシステムはライフサイエンス領域よりも先に進んでおり、規模も大きい。他領域のエコシステムと事業融合はもちろん、資金・人材面でも繋がる、その実現のために価値観を共有するといったことが今後重要になってくると思う。LINK-Jをぜひ活用いただければ幸いです。

【質疑応答】

Q：海外との付き合いにおいて、例えばスタートアップの方は、海外とどんなつながりがあり、そのネットワークを生かしてどういうふうに関与されているのか。例えばシンガポールのVCであると、日本のライフサイエンスのスタートアップに興味があって投資したいという相談を受けることがある。そういった海外の投資家と日本のスタートアップとも結ばれているのか。海外とのネットワークを生かした活用事例があれば紹介いただきたい。

A：スタートアップの世界では“Think global, Act global”とよく言われるが、5年前に海外の投資家や事業パートナーを募る英語ピッチイベントへの参加を声がけしても、参加するところは少なかった。ところが、例えば昨年、厚労省主催の「ジャパン・ヘルスケア・ベンチャー・サミット」で海外向けピッチイベントを開催したところ、登壇希望スタートアップが5社、10社と現れた。スタートアップの方々のマインドセットや動きが随分変わってきたと感じている。現在、こういう動きをもっと広げたいと思う

ていて、例えばシンガポールの団体とも相談をしている。逆に、海外スタートアップは、日本を事業パートナーや投資家の探し先として、さらには市場として捉えていることが多く、そういった方々がLINK-Jの拠点にオフィスを開いていただいているケースもあり、パートナー候補等とつながるお手伝いをすることもある。

2.4.4 地べたから見た本郷のスタートアップエコシステム（IT 寄り）

馬田隆明（東京大学産学協創推進本部）

日本マイクロソフトでエバンジェリストとしてスタートアップ支援をしたのち、2016 年から東京大学で卒業生向けのスタートアップ支援や現役生向けのアントレプレナーシップ教育に携わっている。

東京大学では、2004 年に産学連携本部（現・産学協創推進本部）ができて、東京大学エッジキャピタルパートナーズ（UTEC、ユーテック）というベンチャーキャピタルも発足した¹。2005 年にはアントレプレナー道場という授業も開始している。さらにインキュベーション施設として、2007 年にアントレプレナープラザ、2018 年にアントレプレナーラボ、2019 年に FoundX（ファウンドエックス）が開設された。産学連携本部はインキュベーションと教育の両方を実施しているという点が特徴である（図 1）。

エコシステムの大まかな経緯

- 2004 年… 産学協創推進本部開設（準備は以前から）
- 2004 年… UTEC (VC) 開設
- 2005 年… アントレプレナー道場（授業）開始
- 2007 年… アントレプレナープラザ竣工
- 2008 年… 北京大学交流プログラム
- 2011 年… 東大ベンチャースクエア（コミュニティ）
- 2013 年… Todai to Texas
- 2016 年… 本郷テックガレージ
- 2018 年… アントレプレナーラボ開設
- 2019 年… FoundX

年表 | 東京大学 産学協創推進本部 (u-tokyo.ac.jp)

7

図 1 本郷のエコシステムの大まかな経緯

1 本郷のスタートアップエコシステムの強み

本郷のスタートアップエコシステムの強みは、2004 年ころから長い時間をかけて育っている点である。それに加えて、人のつながりが生まれる仕組みがある。具体的には、アントレプレナー道場や EGDE-NEXT などの教育のほか、大学の周りにアルバイト先や就職先となるスタートアップが多くある。例えば、Preferred Networks（プリファードネットワーク、PFN）の創業者の方々は、スタートアップでのアルバイトをきっかけに、起業を決めたようだ。また、UTEC のインターン制度でも学生たちが出会っている。

スタートアップは大学の周りにおそらく 50 以上ある。大学のインキュベーション施設に加えて、雑居ビルの中にさまざまなスタートアップが入っていて、学生にとってはアルバイト先としてスタートアップに触れる経験が非常に多い。ベンチャーキャピタルも多く、投資家が学生を集める場所を運営したりイベントを企画したりしている。

さらに、本郷通りには非公式に学生が集まれる場所が多い。この先駆けとなったのは Lab-Café（ラボカフェ）である。オックスフォードやケンブリッジのカフェ文化に刺激を受けた学生が 2008 年に立ち上げた。

1 東京大学産学協創推進本部「年表」<https://www.ducr.u-tokyo.ac.jp/organization/history.html>

雑居ビルの中にあり、学生たちが自由に使っていいというところである。ここから技術的なプロジェクトが生まれた。例えば、OpenPool（オープンプール、2013～14年）は、プロジェクトンマッピングを用いてビリヤードを楽しむものである。カフェのあるビルの4階を借りて、プロジェクトを進めていた。このプロジェクトで集った仲間が、プロジェクトとは全く異なる形でAgIC（エージック、現・エレファンテック）というスタートアップを立ち上げた。こうした自由な場所があるからこそ、人が集い、アイデアが芽吹き、プロジェクトが生まれ、人のつながりが深くなって、スタートアップが生まれている。

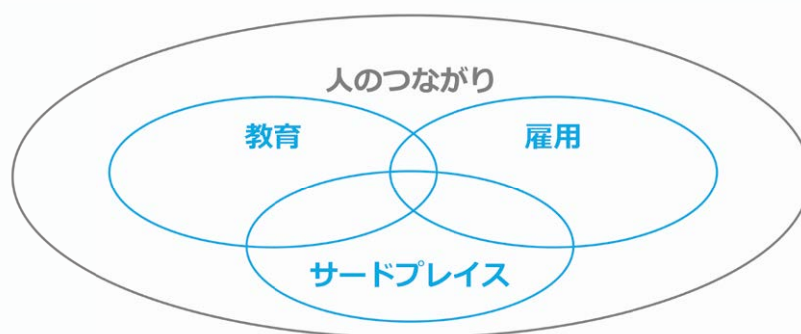
すぐにスタートアップが生まれるわけではない。その前には深い人のつながりがある。浅いつながりではない。人が深くつながるためには時間が必要で、プロジェクトやサークル、働く場所が必要。また人のつながりは起業以外の効用もある。人のつながりがあることで製品フィードバックがすぐに受けられる。スタートアップの製品はなかなか信用がないので、最初の顧客をつかまえていかなければいけない。特に東京大学の卒業生はいい企業に就職するので、そうした人のつながりが使える。また、起業家としての知識や人の評判などの情報が共有され、共同創業者が見つかることもある。さらに、社員の採用もでき、スタートアップが失敗してもほかのスタートアップに行くこともできる。

こうした流れを再現するために、私は2016年に本郷テックガレージという、学生の方々がプロジェクトができる場所を大学のそばにつくった。理解のある企業から寄付をいただいて運営している。さらに、2019年からは、さらに寄付を集めて、スタートアップの直前・直後ぐらいを支援するFoundXという施設とプログラムを始めた。

顧客が近くにいるという点でも、本郷は恵まれている。本郷は大企業の集まる丸の内と地理的に近い。また、東京大学だけではなく、本郷三丁目の隣駅の御茶ノ水には東京医科歯科大学があり、メディカル・ヘルスケア領域も強く、インキュベーション施設も始めようとしている。学生が住んでいるのも大学の周辺であることが多い。なのでいろいろな交流が生まれる。本郷・丸の内・御茶ノ水がボストンのハーバードとMITと大体似たような距離感にある。

教育、雇用、サードプレイスがあることからこそ人のつながりが生まれてきている（図2）。これらで人は長い時間を過ごし、つながりを深めていく。私自身は、2013年にLab-Caféと関わりはじめ、2014年には住居を本郷に移して毎晩入り浸って、マイクロソフトを辞めてスタートアップに居候した。そのあと東大に就職してアントレ道場やFoundXなどを運営している（図3）。東大に就職する前からスタートアップ関係者の飲み会も主催して、毎月1回22時から集まり、朝4時ぐらいまでずっと話していたりしていた。1、2時間のイベントで何度かあった人からはアイデアは生まれにくいし、生まれたとしても進まない。

人のつながりを生むシステム



34

図2 人のつながりを生むシステム

馬田と本郷との関係

- 2013 年… Lab Café (後述) とのかかわりを持つ
- 2014 年… 本郷に移住して Lab Café に毎晩来る
- 2015 年… Microsoft を辞める (その後スタートアップに居候)
- 2016 年… 毎月 Lab Café でスタートアップ飲み会 (自腹)
- 2016 年… 東大に就職して本郷テックガレージを開設
- 2018 年… アントレ道場を担当し始める
- 2019 年… FoundX を開設



東大では人のつながりを作ることに注力

図3 馬田と本郷との関係

2 本郷のスタートアップエコシステムの課題と提言

とはいえ、本郷にもいろいろな課題がある (図4)。最近出版されたものだと、トロント大学の Dan Breznitz による *Innovation in Real Places* (2021) などから学べることが多い。一番の問題は、やはり起業家の数である。MIT によるイノベーションエコシステムの5つのステークホルダー (起業家、リスクキャピタル、企業、政府、大学) のうち、日本で相対的にあまり増えていないのは起業家であると考えている。起業家を増やし、さらに、その起業家が辞めてももう一回チャレンジできる仕組みや、そこで知識を共有できる仕組み、つなげる仕組みが大事である。

人をつないで起業家を増やすための提案としては、まず、資金提供に教育と訓練を組み合わせることである (図5)。例えば、少額でも資金があると学生や研究者は集まるので、資金つきの教育プログラムを提供する。その教育内容は単なるビジネストレーニングだけではなく仮説思考などの方が効果が高いという研究結果もあ

現在の課題 (いろいろ)

- 起業家の数を増やす (資金が相対的に過多)
- 初期アイデアの練度不足 (アイデアの知識不足)
- インベンションとイノベーションの混同
- 社会実装を前提とした研究や TLO の在り方
- シリコンバレーの真似ではなく、独自戦略を
(地方で東京を真似てスタートアップを生んでも、成長したら企業や人材が東京に流れるだけ)
- ビジネスパーソンによる根拠の薄いイノベーション論
(イノベーション研究や海外政策への参照のなさ)
- イノベーション政策の政策評価



図4 現在の課題

提案：人をつないで起業家を増やすために

教育と訓練	地域と世界の分別	研究と教育研究
- 少額でもお金に学生は集まるので I-Corps のような資金付き教育プログラム（資金調達などではなく仮説思考など中心） - 博士以降は SBIR のような少額かつハイリスクな助成プログラム - 博士がハイリスク投資家やPMになる訓練	- 地域独自のイノベーション戦略を作り、地域に根差した社会的資本を作る（地域経済や高等教育との連携） - 地域とグローバルの接続を支援（シマノなど） - 最初からグローバルを目指すのは大学横断型のプログラム（1 大学でやっても数が少ない）	エコシステムについての研究室を作り、海外研究室と交流する研究者を常に一定数輩出する アントレプレナーシップ教育についての研究室を作り、常に一定数の研究者と教育者の輩出する

46

図5 提案：人をつないで企業家を増やすために

る²。仮説の数や顧客インタビューの数と正の相関があるという研究結果もあり、こうしたアントレプレナーシップ教育の成果を活用して教育プログラムを作ることが考えられる³。また、もう少し先のステージに達しているプログラムは、米国の SBIR（中小企業技術革新）制度のような少額かつハイリスクな助成プログラムを提供する。I-Corps のようなトレーニングもつけてもよいかもしれない。あるいは、博士課程を修了した人がハイリスクな投資家になったり、あるいは米国の DARPA（国防高等研究計画局）のプログラムマネージャーみたいになる、といった訓練をしていく道もある。

次に、地域と世界との分別が必要である。先ほどのトロント大学の Breznitz が書いているように、地域に根差したイノベーション戦略をつくらないとうまくいかない。たとえばアトランタでスタートアップをつくっても、地域経済に組み込まれていないので、協力者や人材も少なく、企業の移転も簡単なので、すぐにシリコンバレーなどに行ってしまうことがある。これは日本の地方にも起こりうる。また地域につくった後にグローバルに接続するのも一つの手。自転車におけるシマノ（大阪府堺市）のようなところをつくることできれば、地域外から外貨を獲得でき、雇用を生む基盤産業が生まれる。グローバルを目指すスタートアップを増やすのであれば、大学横断型のプログラムが必要かもしれない。カリフォルニアのスタートアップ養成機関、Y コンビネーターの人たちの話を聞くと、1 大学が相手だとなかなか日本に来づらいが、4 大学ぐらい集まると来日しやすいようだ。

また、エコシステムや起業家教育に関する研究室をつくり、研究者を一定数輩出していくことが重要である。アントレプレナーシップや起業家についての研究だけではなくて、アントレプレナーシップをどう教えるかという教育に関する研究室をつくり、そこから研究者と教育者をちゃんと出していくという仕組みが必要。リスクを取る人は一定の比率でいるので、起業家は人口比で出てくるだろうが、今のままだと人口減と共に起業家の絶対数は減少していく。もし起業家を増やしたいのなら起業家を増やすためのアントレプレナーシップ教育についても研究する必要がある。

参考資料として、場の運営について 2019 年に『成功する企業家は「居場所」を選ぶ』を出版した。どうやっ

- 2 Arnaldo Camuffo et al., "A Scientific Approach to Entrepreneurial Decision Making: Evidence from a Randomized Control Trial," *Management Science* 66, no. 2 (2019): 564-586.
- 3 Leatherbee, M., & Katila, R. (2020). The lean startup method: Early - stage teams and hypothesis - based probing of business ideas. *Strategic Entrepreneurship Journal*, 14(4), 570-593. doi: 10.1002/sej.1373

て場を設計していけばいいのか、場所に関する運営の方法に関する研究などをまとめている。また、FoundXで人を介したコミュニティでのスタートアップ支援の方法論を全て公開している⁴。

【質疑応答】

Q：アントレプレナーの数が多くないことを指摘されたが、東京大学の学部生、大学院生は意識が変わってきたという報道もある。その実態はどうか。早稲田大学では全学生の10%ぐらいのエッジの効いた学生は起業に関心があるようだ。

A：特に新入生レベルで意識は高まっているように思う。スタートアップに就職する人は増えたが、自分で起業するという人はそこまで劇的には増えていない。3、4年生の専門課程になってくると研究に主眼が移るためか、起業に関心が薄くなっていく点をどうするかは課題である。

C：アントレプレナー教育をアントレプレナーにならない人にするのが重要である。大企業に行った人や大学に残った人がアントレプレナーシップについて理解していれば、スタートアップとのコラボレーションの仕方が分かるようになるし、学生がアントレプレナーとしての能力が高ければそちらを勧めることもできる。

A：私もそれは大事だと思う。アントレプレナー教育とアントレプレナーシップ教育は違う。アントレプレナー“シップ”教育はより広いマインドセットや起業家的な思考法を教えるもの。アントレプレナーシップ教育は多くの人が受けるべきだと考えている。私たちはアントレプレナーシップ教育についての研究もしていて、アントレプレナーシップ教育をすると、汎用的な技能なども伸びるといった結果も出ている。一部はアカデミー・オブ・マネジメントのプロシーディングスとして発表している⁵。

遠藤利彦先生（東京大学）のまとめたレポート⁶によると、非認知の性質の構成要素は、パーソナリティーなどの深層、メタ認知やコミュニケーション能力などの中層、スキルなどの表層に位置付けられるが、アントレプレナーシップは中層的なところだと考えている。

Q：グローバルには、日本の学位の取得率が少ないので、そこの並立はどう考えればよいか。

A：グローバル化のなかで、学位を取得する率が低いというのは問題。だからこそ、そこに対して、リカレント教育もうまく使いつつ、学位を取る、かつ、研究を社会実装するために補助をつけることが重要。資金や雇用を用意して、学位も取りつつ社会実装もしていく、というコースがあってもいい。

Q：片岡先生のように起業もされている先生は、東京大学ではどのぐらいいるのか。若い方だけに教育をするのでいいのか。

A1：教員の起業は少数派。東京大学で医工連携教育に抵抗があったのは研究室を主宰する人たちだった。うちの学生をそんなくだらないことに付き合わせるなど。今は変わってきていると思うが。医工連携教育ではケーススタディーも取り入れたが、それが頭に入るだろう。そうすると、将来自分がアントレプレナーにならなくても、自分が付き合う大学院生が起業するときに反対しなくなる。アントレプレナーシップ教育は、アントレプレナーになるための教育というよりも、それを理解する教育だと思ったほうがいい。

A2：教授レベルだと、少数派。東京大学の教員だと基本的には営利企業の代表取締役になれないので、

4 「FoundXで行っているスタートアップ支援とその方法（随時更新）」
<https://public.3.basecamp.com/p/Kms9hQARDUKiuBi6ouXkrAdC>

5 Katsufumi Matsui et al., “Effectiveness of Entrepreneurship Education Program in a Large Class,” *Academy of Management Annual Meeting Proceedings* 2020, no. 1 (2020): 11386.

6 https://www.nier.go.jp/05_kenkyu_seika/pdf_seika/h28a/syocyu-2-1_a.pdf

教授が起業することはほぼあり得ないし、教授の職をしながらスタートアップのCEOをやるというのは超優秀じゃないとまず無理である。どちらの職もフルタイムでやったとしても忙しすぎる。それに研究者は、論文の数やインパクトファクターがインセンティブになっているので、評価システムを変えないと、起業化を促進するのは難しい。

ただ、起業家になりたいという研究者の人たちの邪魔をしないようになってきてはいる。東京大学工学部では、学部長の染谷隆夫先生がトップに立って、アントレプレナーシップ教育を推進していて、理解のある先生方が増えている。

A1：論文を書くこととアントレプレナーシップは矛盾しない。特にバイオベンチャーに関しては、まともなインパクトの高い雑誌に研究成果を出していないと、ベンチャーキャピタルは投資しない。ただ、特許をつくるというプロセスと、いい論文を書くプロセスは必ずしも同じではない。伴走してくれる人材が必要。

3 | 総合討論

○藤山 CRDSは今、科学の研究開発そのものの現状とか方向性、それから科学技術政策のシンクタンクとして成立していたものから、社会との関わりを問題にして、例えば、日本においてはイノベーションエコシステムがどういうものであるべきだろうかと、そういうことも考えていかなくてはならないというふうに大きく舵を切っている最中だと了解をしている。

このエコシステムというのは、皆さん示唆的なことを述べられていて、失敗を許容する風土でなければいけないとか、人材が流動化していなければいけないとか、もうそれだけで今できていない。ではこれをどうやって変えるのかというのはすごく大変なことだが、まず風土とか心の変革というのも結構大事だという指摘が皆さんからあった。自発的なところが重要である。国の役割というのはもちろんあるが、国が全部隅から隅まで決めてエコシステムができるわけではないし、逆に、文字と規制の文書がいっぱいあるとエコシステムは窒息してしまうということがあるかもしれない。緩やかにあうんの呼吸で産官学が日本的なイノベーションエコシステムをつくっていくことが非常に重要だと改めて考えた次第である。

一番に人材である。アントレプレナーのなり手がやはりまだ出てきていないということだが、アントレプレナーになるときに何が不安かというと、ファイナンスをどうするとか、法務にこれは問題ないのかとか、マーケティングをどうするとか、右腕になってくれる人を探せるのかとか、そういう問題である。そういったところに対する支援というのが手元に見える形であるということが重要ではないかと思っている。商業化支援といったところにスポットを当てていって変革をしていくというのは重要なかなと思っている。国の役割として、個別のプロジェクトに対して支援をするというよりは、むしろ手を挙げさせやすい環境をつくって、その手を挙げた人に、そういうビジネス知であるインフラを、無料、もしくは安い値段で供給できるよということを見せてあげるということのが非常に重要だと思う。

いずれにしても、このイノベーションエコシステムの問題というのは、国全体の問題と、それから分野ごとの問題、それから地域の問題と、いろんな分け方があるので、一挙に全ての問題は片付かないと思うが、今日のお話の中でどこかに課題の萌芽が全部出ていたと思うので、検討したいと思う。

○スタートアップするというときに、技術に対しては自信を持つ方がほとんどで、新しいことをやろうとしていて、そこに価値があると思うが、一番不安であり、かつ欠けているものは、リーガルだとか、マーケティングだとか、あるいは人事をどうするかということに意識がない。大学の研究者一人に全部おっかぶせたら、それは多分失敗するので、それをサポートするようなシステムをつくっていくのではないかなと思っている。いろんな分野で気軽に使えるような仕組みがもっとたくさんあれば、割と不安がらずにスタートアップするのではないかなと思っている。

○よくよく賛同する。起業する方々の不安ということも経済だと思っている。企業としてIMECと交渉したときに、契約金はこれであると言ってくる。そのときに年次で契約の額、ランニングの研究の額が増えていくということを提示された。聞くと「これはインフレ率だ」と言われた。日本の感覚だと、最初入ったら額を少し落としたいところである。そういう経済的なファンダメンタルズがやはり我々に欠落している。例えば、人口のログがあって、GDPがあって、それに対して半導体のさらに高いレートがあって、そもそも今やっていることが資本主義だとすると、インフレーションということに対して寛容にならないといけな。加えて、間接費をきちんと取らないといけな。日本だと落としていこうとする。間接費がないと回らないということを確認するといったことも重要である。やはり経済的な問題というものをアントレプレナーの現場および社会システム全体で何とかしなければいけない。流動人材に対する社会保障ということも同義だと思っている、そういった経済

的な支援ということが重要なのかと思う。

○いろんなイノベーションエコシステムの話があって、シリコンバレーのやり方、それからボストン地域のやり方、かなり違う感じである。最後、東大ですらスタートアップで自ら起業する人というのはトップの1%とか2%とかそのくらいで、地方大学のレベルになってしまうと、もうほとんど皆無みたい。だから、それだけでは国全体のイノベーションエコシステムというのは成り立たないと思う。割と日本人に向いているのはヨーロッパの形ではないかなと思っていて、今日も出てきたフラウンホーファーだとか、ああいう方法である。IMECというのは研究開発をビジネスとしている研究機関というか、もっと言うと企業みたいなものだと思う。日本では大学も、大学の研究室も、大学の研究所も研究開発をビジネスでできない。私はずっと自分の研究室をフラウンホーファー型にしようと思ってすごく努力して、ほかの研究所に比べたらそんな感じになっていると思うが、どうしても越えられない壁があって、例えば借金できない、あと貯金できない。だから、研究開発をビジネスとしてできない。研究開発をビジネスとしてやると、持続性だとか、特に工学の分野だと、やるテーマを何にしようかだとか、売上げが上がって、オーバーヘッドとして企業からもらっているお金で、次どういう種をまこうかなとか、すごく考えると思う。うまくいけば、その中からベンチャーが出るとか、要は経済が回る。日本の今の大学のシステムだと、経済が回ることができないというところがかなり問題かと思う。日本の研究所なり研究室なりがフラウンホーファー型、あるいはミニフラウンホーファー型としてやるのは割と易い話ではないかなと思っていて、例えばJSTから頂いたお金に3倍とか5倍のレバレッジをかけて研究開発できる。

○今の議論を聞いていて、分野によってかなり対応が違うかなと思う。例えば、一口にヨーロッパと言っても、今回のメッセンジャーRNAのワクチンはドイツのビオンテックというベンチャー企業が開発した。だから、国ごとに一つの型にはめるのは多分無理である。例えば半導体の分野に関してはTSMCなんかがあって、ファウンドリーが接触してとか、そういう分野。一方、バイオというのは、薬品ベンチャー、時間がかかるとか、モダリティーの変化が早いから、まず一口に全部に行き渡る業種のやり方はないだろうということだと思う。

それから、もう一個はまさに経済に対する不安だと。つまりアントレプレナーで送り出した人たちが路頭に迷うとか、意を決してやらないとできないということ自体がおかしいわけである。米国なんかは全然そういう意識はない。それはなぜかということ、社会全体で人材が流動しているから、むしろ失敗をした人を受け入れる。昔共同研究をやった米国のメガファーマは、むしろ会社で起業するのは奨励していると。出て行って、失敗した場合は、もちろん失敗の仕方にもよるが、むしろもう一回雇ってという、そういう仕組みになっている。そういう点で、研究者がそろばん勘定（ファイナンス）までやり始めると、それはとてもじゃないができないので、むしろ大学の支援において、特許相談とか経営相談とか、そういう仕組みをつくることは大事だ。今度はそれを本当に各大学につくる必要があるのかなというとなと思う。大学にとっては、要するに自分のところで生まれた知財が生きればいいわけであるから、その次の段階としては、日本にいくつかあって、大学からスタートアップに送り出せばいいと思う。

○片岡先生のところで知財、広報のところを、企業にいたプロの人を起用して、きちんと固めていったという話を聞いて、これはすばらしいことだなと思った。そういうある程度まとまったところで、知財なり広報なり、不動産、マーケティング、ファイナンス、それから人事、労務、財務、そういったものも機動的に動けるような体制、そのものを公的に支援してあげれば、アントレプレナーはまだ出てくる余地がある。イノベーションというのは全要素生産性の向上だと考えると、日本の全要素生産性の向上というのは、技術革新とビジネスモデルの変更で8割から9割ということなので、ビジネスモデルの自信がある人、それから自分の技術なりに自信がある人というのは出てきそうな気がする。それをバックアップする体制がいつもできているというのが大事だ。

○最近のイスラエルを見ていると、地域エコシステムという概念は結構古くなってきているというのを感じていて、今回のコロナでもそうだが、世界中がもう十分コネクしてきて、かつ、フェース・トゥー・フェースで会わなくても、実際そのエコシステムは使えるのではないかと議論は最近イスラエルの知人とやっている。日本のエコシステムが駄目だったら、オンラインであるイスラエルのエコシステムのサービスを日本の起業家に与えられるようなプラットフォームをつくってもよいのではないかと議論になってきている。

もう一つ、今日出てこなかったが、日本の大企業の問題がある。全世界のスタートアップ企業の人たちと話していると、日本の企業はとんでもないという話が結構出てきていて、それは手続き重視主義で、かつ個人と個人の信頼関係を築くような日本人というのはあまりいない。日本の大企業問題というのは、特にスタートアップとのIPの絡みとか、あるいは独占販売権の話とか、ほとんど契約もしないくせに大企業の話が通ると思っている。日本の中小であるとかスタートアップがイスラエルのスタートアップと一緒に何かやるところは、もう契約のところとか最後まで詰めるし、かつ譲るところは譲るという意識が強いが、日本の大企業の場合は、詰めないくせに、自分の思いどおりにいけると思っている。日本にアントレプレナーが少ないというのは、日本の大企業が少し強過ぎるというか、もちろん日本の中での一番の強みというのは大企業だが、それが少し弊害となって出ているのかなと思っている。

○半導体であった事例は何かというと、国プロのお金を各会社に配分するというウオーターフォールだった。そういった関連のことを取りまとめる部署の責任者をやっていたので、そういった打診が企業のコンソーシアムから来る。バイラテラルな図を描いて、「それぞれが三方よしになるような図にしましょう」とずっと言っていたが、少なくとも私が関わっていた間は、そういったようにならなかった。せっかく日本にある言葉なので、三方よしというのをいかに醸成していくかということについても、しっかり議論したいと思っている。

○どうもイノベーションのエコシステムというのが、起業するとか、アントレプレナーで成功すると、そういった意味だけで取られているように思う。しかし、それだと、大学の人間として、大学が世の中を変えていく知識を創り出すということは、必ずしも同じことではないと思う。悪いこととは言わないが、IPがどうしたとか、自分がしたアイデアを起業化するといったときに、これは自分のものだとかいう発想が強くなってきて、現在米国の主要な大学の、特に人工知能とか、画像とかロボットの研究者の間では、IP化することに対する嫌悪感が出てきている。だからほとんどの場合、自分がやったことをIP化しない。すぐにオープンして一般のオープンの持ち物にすると、そういう考え方の方が大学では多くなってきた。だから、私は、日本の大学が世界の中で新しい知識を創り出すという点でプレーヤーになれるかという考え、そういう方向にもイノベーションという概念をもっとやっていただきたいと、話を聞いて少しそういう感覚を持った。

○倉持 いわゆる社会変革型の科学技術イノベーションということで、科学技術が生み出す価値を社会全体で考えながら、多様で多層的な研究成果がつながり、その社会実装に必要な制度等についても同時並行的に考えていこうという大きなスコープの動きが出てきているという認識もある。今政府の方でも、総合知ということを行い始めていて、いろいろな角度から深く考えていくことが大事なのではないか。本当にエコシステムの捉え方というのは多様であると思うので、引き続き考えていきたい。今日は入り口であるので、いろいろとまた相談、学ばせていただきながら進めていきたいと思っている。

○藤山 イノベーションエコシステムというのは生態系なので、自分が今どこにいるかという違いから、見た像、問題意識も当然違ってくるといえるものであって、それぞれがこの問題意識を共有していくようになってくるとエコシステムの形成につながってくるのかなという気がしている。今日出たいろんなお話を整理させていただき、次を考えていきたいと思う。

小山田 和仁	フェロー	(科学技術イノベーション政策ユニット)
金子 恵美	所長	(国際部シンガポール事務所)
五所 亜紀子	フェロー	(企画運営室)
澤田 朋子	フェロー	(海外動向ユニット)
島津 博基	フェロー	(企画運営室／ライフサイエンス・臨床医学ユニット)
住田 朋久	フェロー	(企画運営室)
花田 文子	フェロー	(企画運営室)
山本 里枝子	フェロー	(企画運営室)
吉田 有希	フェロー	(企画運営室)

監修	倉持 隆雄	副センター長
	藤山 知彦	上席フェロー

俯瞰ワークショップ報告書

CRDS-FY2021-WR-03

多様なイノベーションエコシステムの国際ベンチマーク

令和 3 年 10 月 October 2021

ISBN 978-4-88890-763-7

国立研究開発法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター

Center for Research and Development Strategy, Japan Science and Technology Agency

〒102-0076 東京都千代田区五番町 7 K's 五番町

電話 03-5214-7481

E-mail crds@jst.go.jp

<https://www.jst.go.jp/crds/>

本書は著作権法等によって著作権が保護された著作物です。

著作権法で認められた場合を除き、本書の全部又は一部を許可無く複写・複製することを禁じます。

引用を行う際は、必ず出典を記述願います。

This publication is protected by copyright law and international treaties.

No part of this publication may be copied or reproduced in any form or by any means without permission of JST, except to the extent permitted by applicable law.

Any quotations must be appropriately acknowledged.

If you wish to copy, reproduce, display or otherwise use this publication, please contact crds@jst.go.jp.

FOR THE FUTURE OF
SCIENCE AND
SOCIETY



<https://www.jst.go.jp/crds/>