

創薬エコシステムの「触媒」機能としての官民協議会

2024.7.30

創薬エコシステムサミット
@首相官邸2階大ホール

「創薬力の向上により国民に最新の医薬品を迅速に届けるための構想会議」

構成員

牧 兼充, Ph.D.



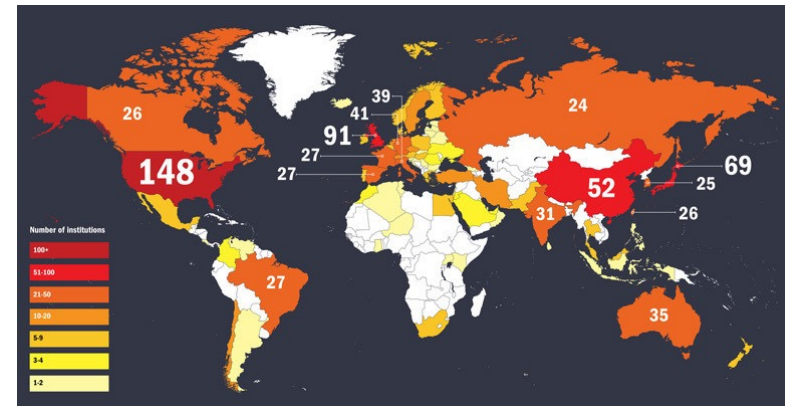
「官民協議会」は構想会議の中間取りまとめの中核の一つであり、以下の点を考慮したデザインを行わなくてはならない。

1. グローバルなリソースの活用 (日本に閉じない)
2. プレイヤーの経済的合理性 (マーケットメカニズムを可能な限り活用する)
3. スタートアップ・ファースト (大企業がスタートアップの成長をサポートする)
4. 日本における創薬スタートアップの立ち上げのコストを下げる
5. 中立な立場での計画のモニタリングによる政策の継続性の担保
6. 社会的に重要な創薬を生み出すことによるシステムの持続性の担保

サイエンスが生まれる場所とスタートアップが生まれる場所



Source: <https://www.startup-insights.com/innovators-guide/top-10-industry-4-0-trends-innovations-in-2021/>

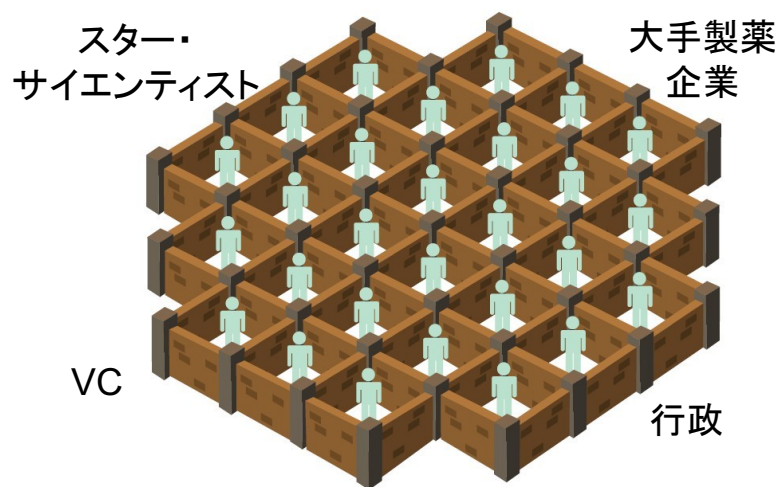


Source: <https://www.weforum.org/agenda/2016/10/top-universities-distributed-world-map/>

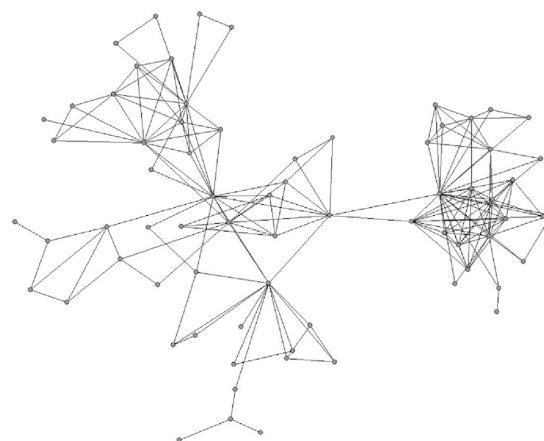
スタートアップは、立ち上げのコストが低く、利益が見込まれるところに生まれる。
活発なエコシステムは、立ち上げのコストを下げる役割を持つ。



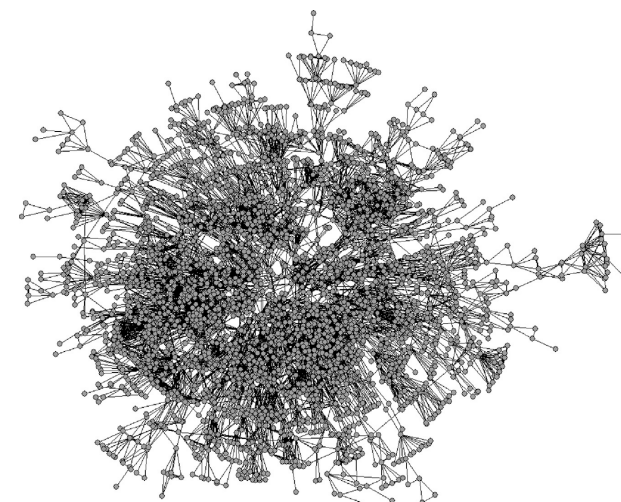
- エコシステムの語源:「同じ領域で暮らす生物や植物が、お互いに依存しながら生態系を維持している仕組み」
- 日本には、スター・サイエンティスト、大手製薬企業、VC、行政などエコシステムのプレイヤーが存在しているが、「お互いに依存」していない。
- 相互の依存が少ないのは、その経済合理性が低いから。
- 日本のエコシステムは、マッチングや連携のためのコストが高い。



日本のエコシステム (概念図)



ロサンゼルス発明者ネットワーク (2002年)



サンフランシスコ発明者ネットワーク (2002年)

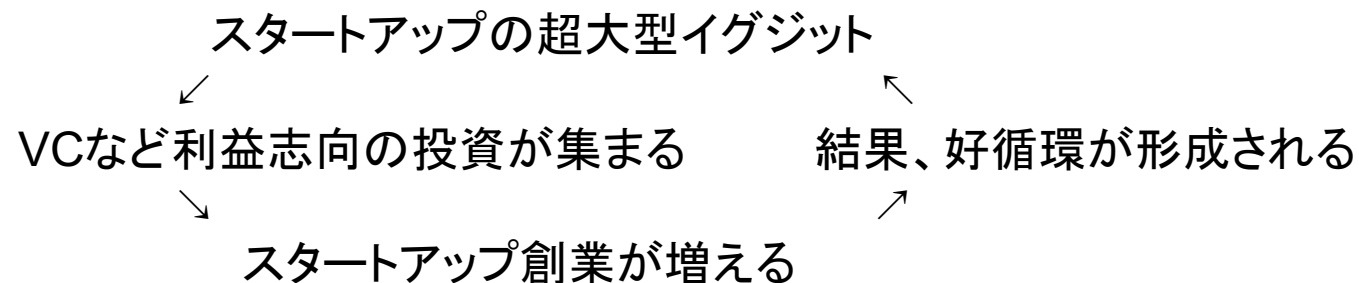
最初に動くプレイヤーの参入コストが特に高い。→ 官民協議会の役割

Casper, S. (2013). "The spill-over theory reversed: The impact of regional economies on the commercialization of university science." *Research Policy* 42(8): 1313-1324.

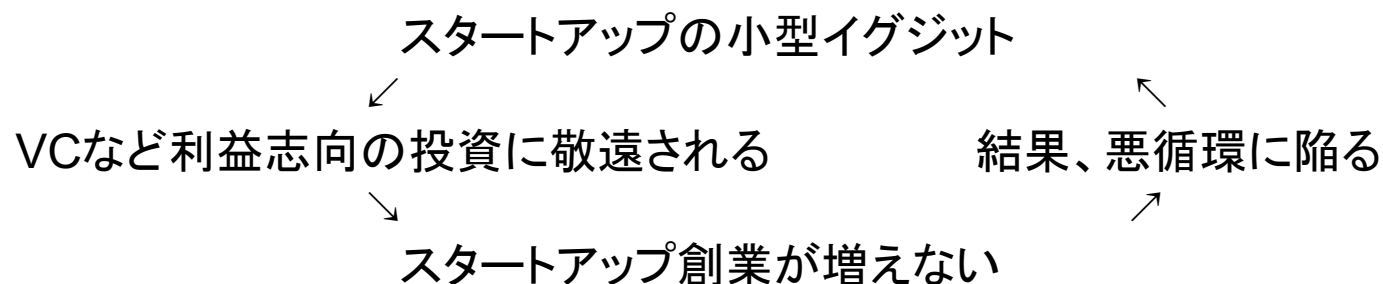


創薬エコシステムはハイリスク・ハイリターンを前提とした経済合理性の上に成り立つ

成功している創薬エコシステム



日本の創薬エコシステム



Venture Creation Modelを導入することで、負の連鎖を断ち切る。



ディープテックのイノベーションと資金調達モデル

基礎研究

応用研究

開発

商業化

アカデミア・大学

資金的ギャップ
(デスバレー)

産業界

[現状の日本のエコシステム]

- 資金的ギャップを埋めるために、スタートアップの立ち上げやVCからの資金調達を早く行い過ぎてしまう。
- 結果、ファイナンスに行き詰まり、エグジットが小粒になる。

スタートアップ

ベンチャー・キャピタル

Exit
(IPO/
M&A)

[Venture Creation Model]

- Venture Creation Modelにより、VCの中で応用研究から開発を行うことで、シーズの有効性を判断する。
- その後に、スタートアップを設立しVC投資を受けることで、より大型のエグジットを目指す

Venture
Creation
Model

スタートアップ

ベンチャー・キャピタル

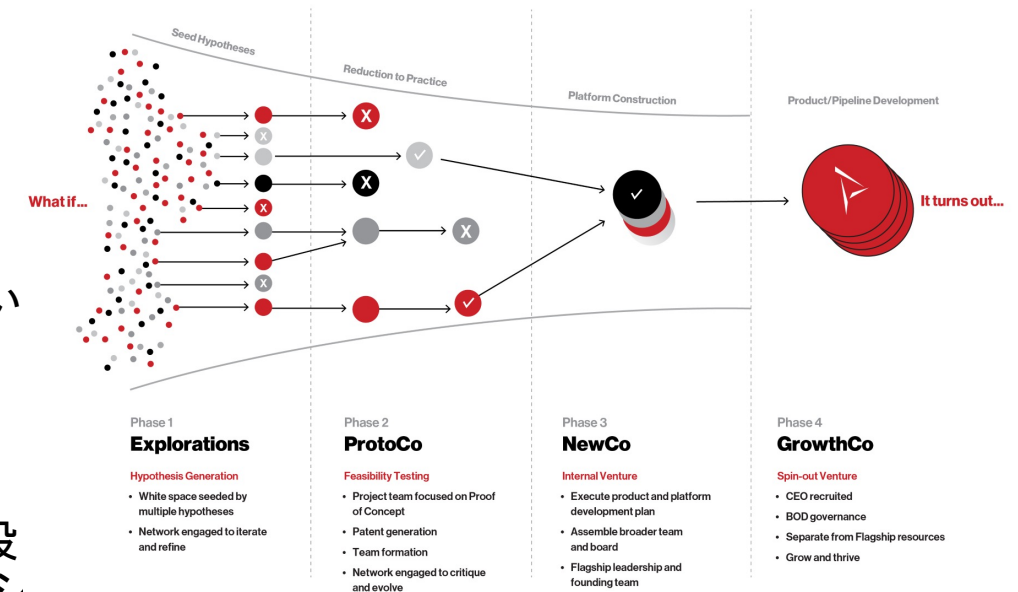
出典: V. Bush “Science: The Endless Frontier” (1945)などを参考に牧兼充作成



Venture Creation Model

- VCが自社で「ベンチャー企業を作る (Venture Creation)」モデル
- Flagship Pioneering - モデルナを輩出
- 主領域: 創薬
- IPOまでリードとしてフォローオンをしていく
 - モデルナの2018年の上場時には、Flagship Pioneeringは19.5%のシェアを持っていた
- Third Rock Ventures、Atlas Venture など同様のアプローチ。
- 現在の日本の創薬ベンチャーエコシステム事業 (AMEDなど) は、VCが投資するシーズ・ベンチャーがあることが前提になっている。日本は、エコシステム先進地域と比べて、より人材の流動性が低いので、Venture Creation Modelが適しているのではないかな。
- Flagship PioneeringはGo / No Goのプロセスの質が高い。
 - 質の高いサイエンティスト集団を内包
 - 実現可能性の低いアイデアを早期にkillすることで評価され、別のシーズの研究開発に速やかに移ることができる。

Flagship's Process for Pioneering



Source: <https://www.flagshippioneering.com/process>

参考: Takaaki Umada / 馬田隆明 - 「Startup Studio や Venture Creation Model の台頭と日本での必要性」



官民協議会の役割

- 公共の立場(官と民が協力して主導)からの達成状況のモニタリング
 - 策定したKPIの達成状況をチェック
 - 社会や企業のニーズ・最先端の創薬プロセスのインプットを含んだ情報共有
- マッチング機能
 - 海外VC・製薬企業の誘致による連携手法の手法の獲得
 - スター・サイエンティストの発掘とスタートアップのマッチング
 - 社会的に重要度の高い疾患(小児・難病・希少疾患)のニーズの産業界への橋渡し
- アクセラレーション機能
 - Venture Creation Modelを実装し、エコシステムの仕組みをバージョンアップ
- エコシステム構築に必要なのは、「司令塔」ではなく、「触媒」。官民協議会が「司令」しても誰も動かない。各プレイヤーのインセンティブの最大化を目指し、各々が自発的に動く仕組みを作らないといけない。



エコシステムと政策の継続性

- エコシステムの構築は、長期戦。
- 組織体制や予算が継続的に確保され、持続的に政策が実施される在り方を実現するべき。
- 米国の事例：
 - NASAのアポロ計画は、ロケットの部品を全米50州全ての工場に発注をすることで、議会での安定性を保った。
 - SBIRはVCが多い地域でしか効果がない。しかしながら、全米50州に行き渡る仕組みにすることで、議会での安定性を保っている。
- 官民協議会に、その仕組みを埋め込むことができるのか？
 - 公共の立場の官民協議会は、エコシステムの持続性を保つ中核になりうる。
 - 官と民が協力して、社会的に重要度の高い疾患 (小児・難病・希少疾患) の治療薬を生み出す仕組みができれば、必ず持続性が維持される。

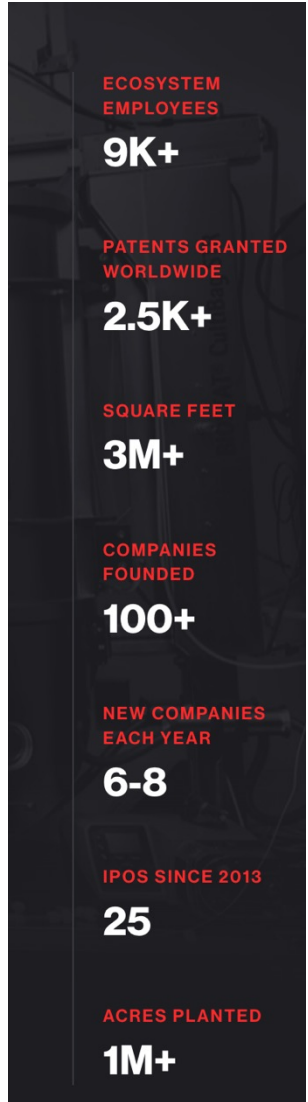


Appendix



Venture Creation Modelとは?

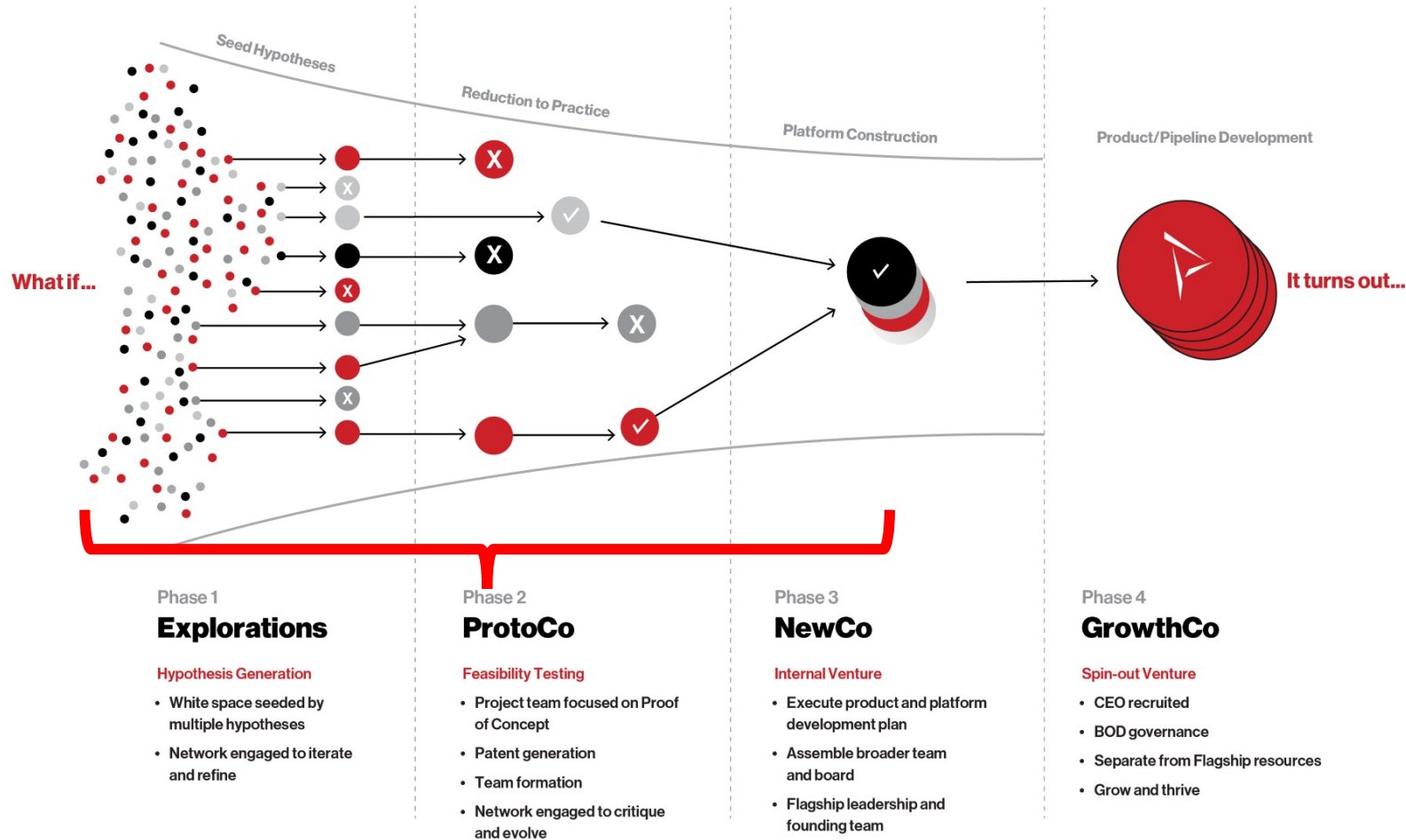
- VCが自社で「ベンチャー企業を作る (Venture Creation)」モデル
- Flagship Pioneering - モデルナを輩出
- 主領域: 創薬
- IPOまでリードとしてフォローオンをしていく
 - モデルナの2018年の上場時には、Flagship Pioneeringは19.5%のシェアを持っていた
- Third Rock Ventures、Atlas Venture など同様のアプローチ。
- 現在の日本の創薬ベンチャーエコシステム事業 (AMEDなど) は、VCが投資するシーズ・ベンチャーがあることが前提になっている。日本は、エコシステム先進地域と比べて、より人材の流動性が低いので、Venture Creation Modelが適しているのではないかな。



参考: Takaaki Umada / 馬田隆明 - 「Startup Studio や Venture Creation Model の台頭と日本での必要性」



Flagship's Process for Pioneering



Flagship PioneeringはGo / No Goのプロセスの質が高い。

1. 質の高いサイエンティスト集団を内包
2. 実現可能性の低いアイデアを早期にkillすることで評価され、別のシーズの研究開発に速やかに移ることができる。

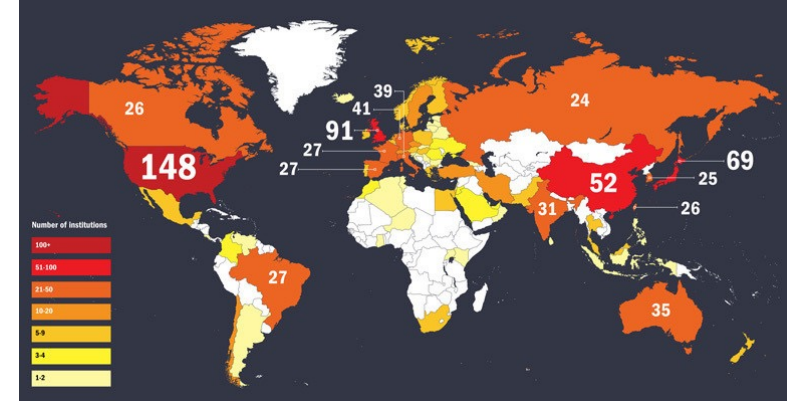
- 補助金を大学の研究室につけても、研究を継続するための理由を見つけるために使う。
- 補助金をスタートアップにつけても、スタートアップが存続するための理由を見つけるためにその予算を使う。
- 大学やスタートアップから独立採算であるからこそ、パフォーマンスが高い。

Source: <https://www.flagshippioneering.com/process>

サイエンスが生まれる場所とスタートアップが生まれる場所



Source: <https://www.startus-insights.com/innovators-guide/top-10-industry-4-0-trends-innovations-in-2021/>



Source: <https://www.weforum.org/agenda/2016/10/top-universities-distributed-world-map/>

Ajay Agrawal

Home > Meet our Faculty > Faculty bios > Ajay Agrawal



Ajay Agrawal

Geoffrey Taber Chair in Entrepreneurship and Innovation and Professor of Strategic Management

Degrees: PhD in Strategy & Business Economics, University of British Columbia
Visiting Scholar, PhD dissertation research, Massachusetts Institute of Technology (MIT)
M.Eng./MBA, University of British Columbia,
MBA program Visiting Scholar, London Business School
BSc, University of British Columbia

Email: [Send an email to Ajay Agrawal](mailto:ajay@agrawal.ca)

Personal Website: <http://www.agrawal.ca/>

- スタートアップの立ち上げのプロセスは、意思決定の連続であり、その意思決定を行える人材の存在が重要。
- サイエнтиスト自身は、企業の意思決定には慣れていない。意思決定ができる人材は特定の地域に偏在している。
- イノベーションが生まれるためには、「意思決定の市場 (“Market of Decision”)」が重要。
- 「意思決定の市場」は「市場の失敗」が発生しやすい。



CDL's **mission** is to enhance the commercialization of science for the betterment of humankind.

MARKET FOR JUDGMENT: CDL SESSION DESIGN

Delivered over a 9-month term and includes 5 full-day objective setting* sessions.



Note: The objectives-setting process is the core of the program, providing a proven process for helping companies cut through distractions and focus on what's most important.

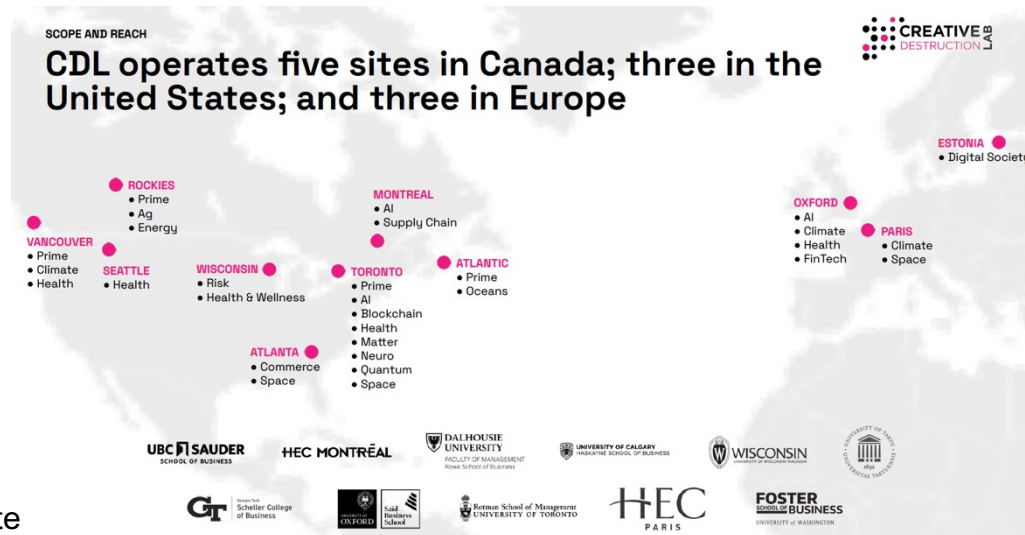
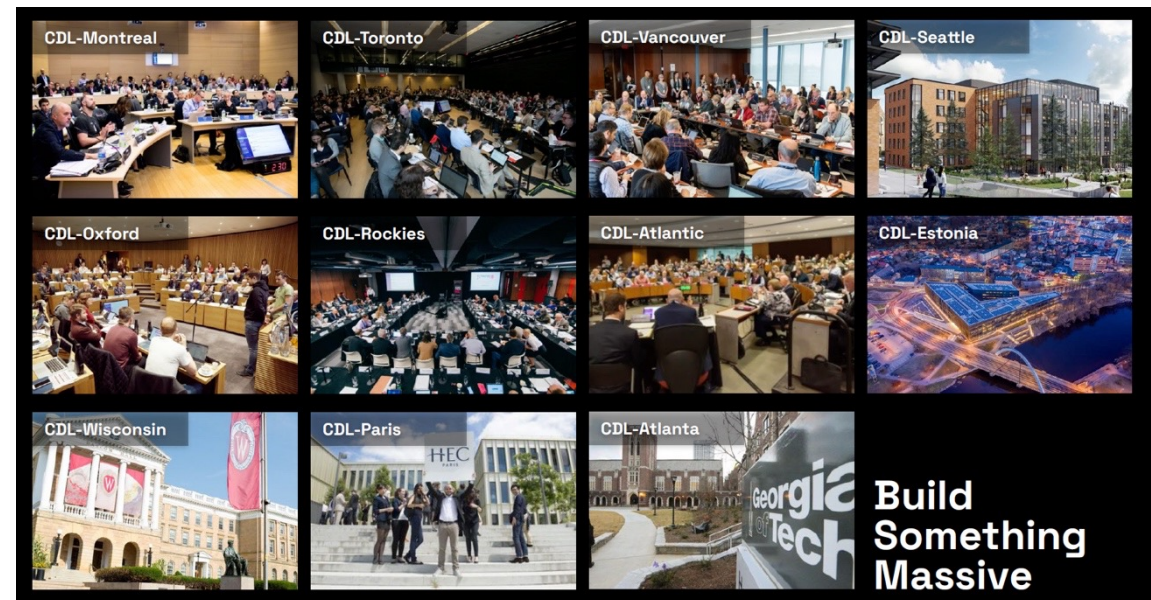
LEGEND

- Venture Founders
- Moderators
- Fellows & Associates
- Scientists, Economists & Investigators
- Business Students (CDL Course)
- Partners

Creative Destruction Lab

- 各拠点にストリームと呼ばれる重点領域がある
- 重点領域: その地域でシーズが生まれていることよりも、世界のスタートアップがその地域に行きたいと思うことが重要
- 「意思決定の市場」の「市場の失敗」を解決するためのプログラム

Source: Creative Destruction Lab Website



$$\text{Maki Zemi} = \beta_0 + \beta_1 \text{entrepreneurship} + \beta_2 \text{science} + \varepsilon$$



出典: CDLサイトより



Jan Adams

Partner, Apollo Health
Ventures
Associate



Philipp Baaske

Co-Founder & CEO,
NanoTemper
Technologies, Inc.
Associate



Alexander Belcredi

Managing Director,
BioNTech R&D Austria
Associate



John Cassidy

Partner, Kindred
Capital
Associate



Eliot Charles

Venture Partner,
MiroBio
Associate



Paul Chipperton

President & CEO,
Insight MedBiotics
Associate



Lorenzo Corsini

Managing Director,
BioNTech R&D Austria
Associate



Troy Dale

Global Head Strategic
Partnerships Unit,
Corporate Strategy.
Novartis
Associate



Till Erdmann

Founder & Managing
Director, iDrug GmbH
Associate



Eliot Forster

CEO, F-star
Therapeutics
Associate



**Tony de
Fougères**

CEO, Evox Therapeutics
Associate



Isabel Fox

Co-Managing Partner,
Outsized Ventures
Associate

- 日本で拠点をつくれれば、世界水準のCxO経験者がメンターとして関わるようになる。
- 日本から世界に進出するのではなく、世界から日本に集めることが重要。
- 日本に世界から集められる領域 (疾患、モダリティ)は何か? – 再生医療は有力。

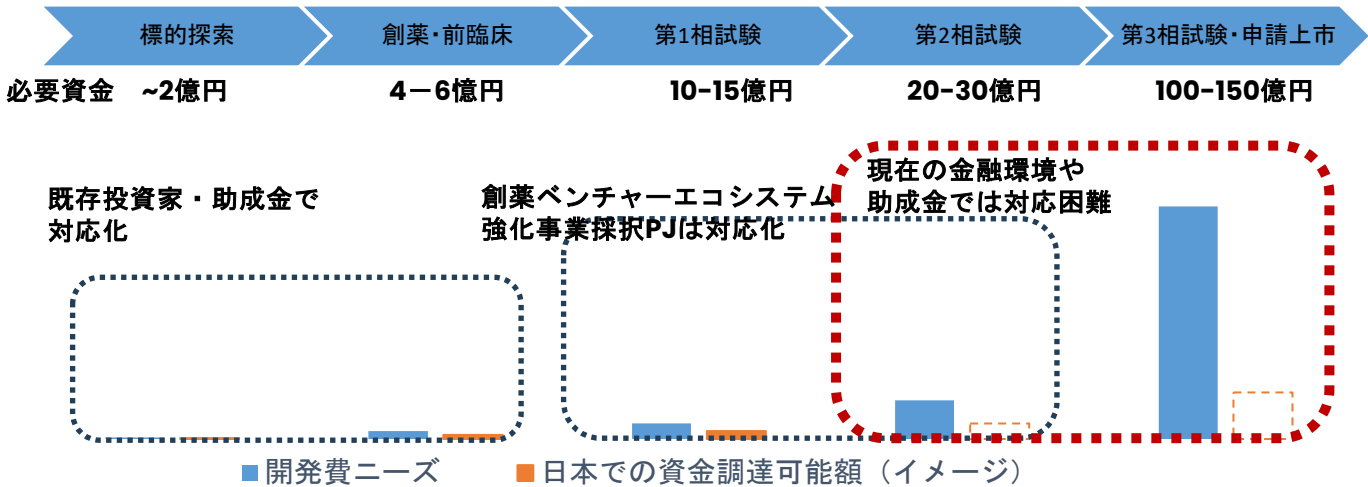


直近創薬系バイオ銘柄のIPO実績

銘柄	上場日	上場時 時価総額 (億円)	オファリング サイズ(億 円)
クオリプス	2023/06/27	117.9	15.6
ノイルイミュン	2023/06/28	319.7	30.8
ケイファーマ	2024/10/17	109.8	18.3
ウェリタス インシリコ	2024/02/08	70.6	10.3
コーディア セラピューティクス	2024/06/14	100.3	16.0
プリズム バイオラボ	2024/07/2	159.1	20.7

経済合理性を踏まえると
日本の創薬系スタートアップの資金調達可能額
は総額10-20億円が程度と試算される

創薬事業の段階別の開発コストイメージ



資金需要が大きくなる開発中後期の資金獲得方法が日本にはない。

林田丞児・牧兼充 (2024)

資料2 ベンチャーキャピタル投資の運用成績

投資期間	S & P 500	Nasdaq	Top25%VC 中央値	全VC中央値
5年	15.7%	16.2%	38.5%	14.9%
10年	8.1%	9.0%	31.4%	9.9%
15年	4.9%	3.3%	147.0%	10.0%
20年	9.6%	9.2%	71.4%	34.1%
25年	9.5%	9.4%	41.8%	21.7%

(資料) Cambridge associate US VC benchmarks report(2014年9月30日データ)より著者作成

出典: 林田・牧 (2020) – Sozo Ventures作成資料を改編



先行研究: 米国に多数見られるスター・サイエンティスト

サイエンスの知の偏在性

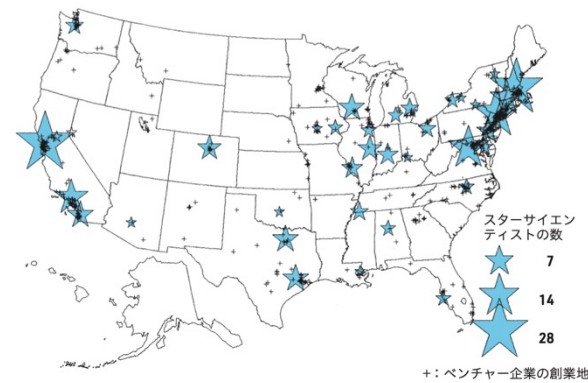
Zucker et al. (2002)

- サイエンスの分野には、卓越した業績を残す少数の”Star Scientist”が存在する。
- 研究者の中でも、”the best and brightest”な研究者。
- 通常の研究者に比べて、多くの論文を出版し、多くの引用を集め、特許を多数出願する。

[定義]

- 1989年までに遺伝子配列の発見に貢献した327人の最も生産性の高いサイエンティスト (バイオテクノロジーの創生期)
- 世界で最も優秀な研究者群: 同分野の研究者の0.7%しか占めないにもかかわらず、全論文の17.3%を出版している。

[図表6-1] スターサイエンティストとベンチャー企業の創業地



(出所) Zucker et al. (1998) をもとに著者作成。

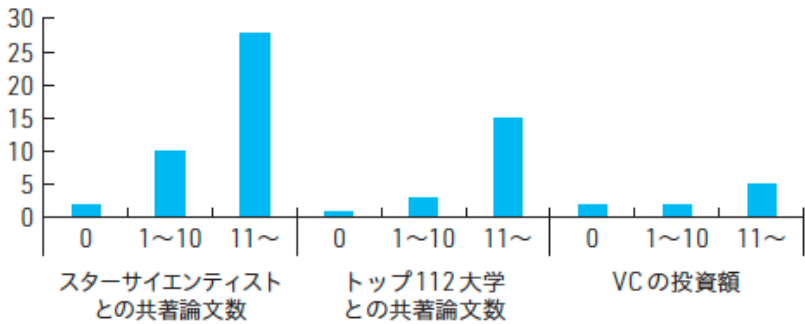
[図表5-1] IPOを達成したバイオテクノロジー企業一覧 (1994年時点)

(1) 企業名	(2) IPOの年月	スターサイエンティスト		トップ112大学の研究者	
		(3) 創業メンバー	(4) 共著論文	(5) 創業メンバー	(6) 共著論文
ジェネテック	1980年10月		✓	✓	✓
セントコア	1982年6月	✓	✓	✓	✓
カイロン	1983年8月	✓	✓	✓	✓
バイオジェン	1983年3月	✓	✓	✓	✓
アムジェン	1983年6月	✓	✓	✓	✓
イミューネックス	1983年7月		✓	✓	✓
アルザ	1985年12月			✓	
ジェンザイム	1986年6月			✓	✓
ジェネティクス	1986年5月		✓	✓	✓
アイデックスラボラトリー	1991年6月				✓

(出所) Zucker et al. (2002) をもとに著者作成。

[図表5-3] ベンチャー企業の業績への影響の比較

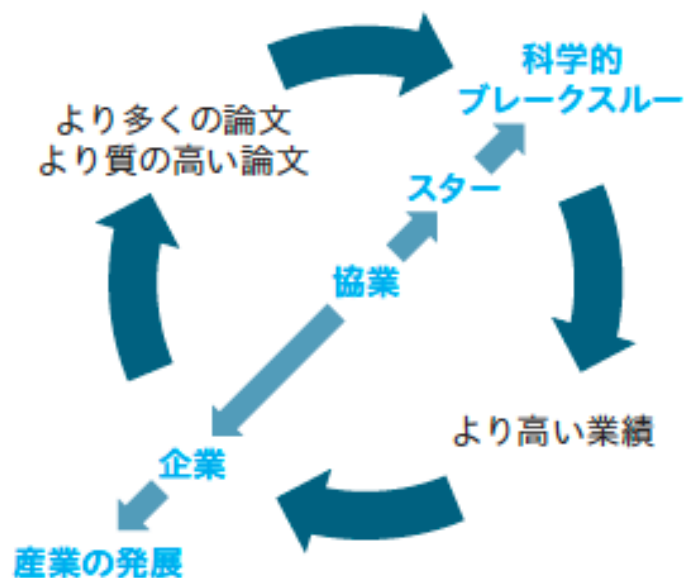
(a) バイオテクノロジー関連の特許数



出典: 牧兼充、「イノベーターのためのサイエンスとテクノロジーの経営学」、東洋経済新報社、2022年

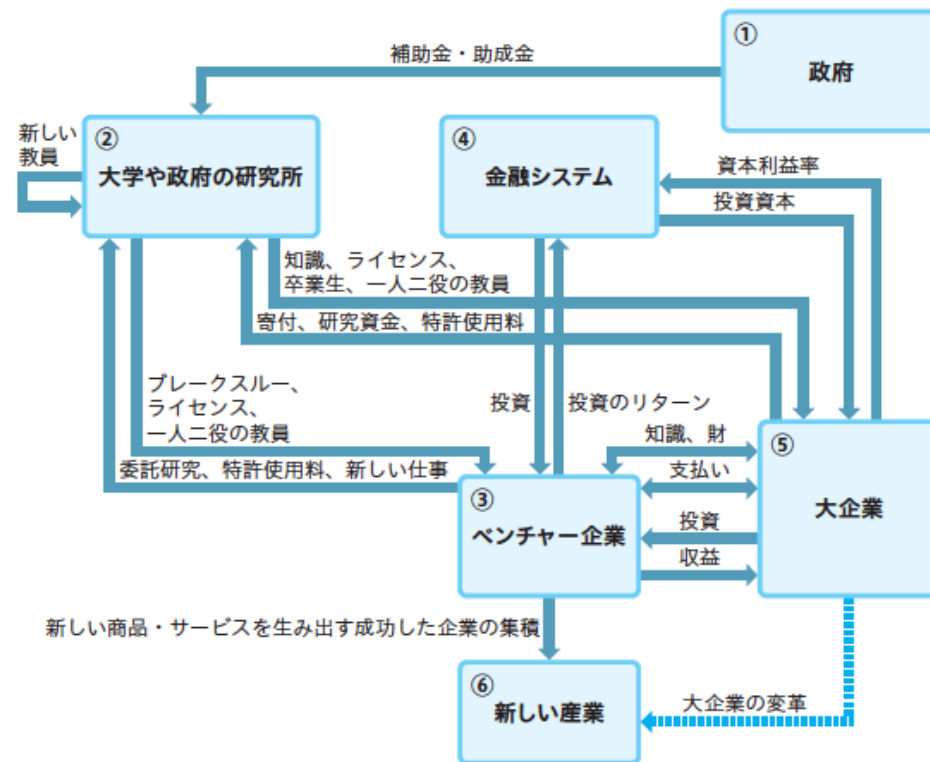
スター・サイエンティストとイノベーションの好循環

【図表5-6】サイエンスとビジネスの好循環



(出所) Zucker and Darby (2007a) をもとに著者作成。

【図表1-8】米国のナショナル・イノベーションシステム



(出所) Zucker et al. (2002) をもとに著者作成。

出典: 牧兼充、「イノベーターのためのサイエンスとテクノロジーの経営学」、東洋経済新報社、2022年



JST-RISTEX スター・サイエンティストと日本のイノベーション(2018-2021)

プロジェクト紹介 スター・サイエンティストと日本のイノベーション

研究代表者



牧 兼亮
早稲田大学大学院経営管理研究科 准教授

<プロジェクトのホームページ>
[スター・サイエンティストと日本のイノベーション](https://www.jst.go.jp/innovation/star-scientist/)

プロジェクトの目標

日本の科学技術イノベーションを促進するためには、効果的かつ最適な研究費の配分が今後さらに重要となる。このような背景の下、米国においては、卓越した研究業績を輩出するスター・サイエンティストが、研究のみならず高い業績を生むベンチャー企業を設立する傾向にあり、このスター・サイエンティストと企業の連携が、経済的・社会的インパクトを生み出している。本プロジェクトでは、日本のスター・サイエンティストの時系列変化を追うことで、ナショナル・イノベーション・システムの評価を行う。こうした分析に基づき、スター・サイエンティストをはじめとするサイエンスが如何にイノベーションを創発するか、そのとき在るべき政策制度設計について提言し、科学技術イノベーション政策に反映することを目指す。これにより、日本における「サイエンスとビジネスの好循環」の構築を目指す。

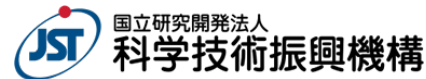
プロジェクトの概要

本プロジェクトは、スター・サイエンティストとその産業へのインパクトを分析し、それらの成果を広く公表・実装することで、日本におけるサイエンスとビジネスの好循環を構築することを目指す。その目的を達成するために、以下のリサーチ・クエスチョン(RQ)について、定量的分析を行う。

- (1) 日本におけるスター・サイエンティストの同定手法の開発
- (2) 日本におけるスター・サイエンティストの現状分析
- (3) 日本のナショナル・イノベーション・システム改革におけるスター・サイエンティストへの影響
- (4) スター・サイエンティスト誕生要因の分析と次世代育成手法の検証。

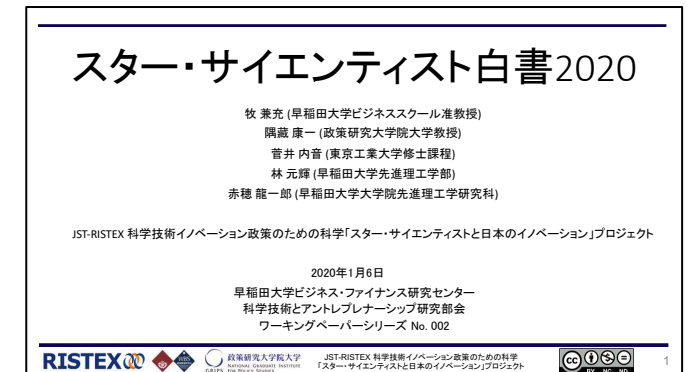
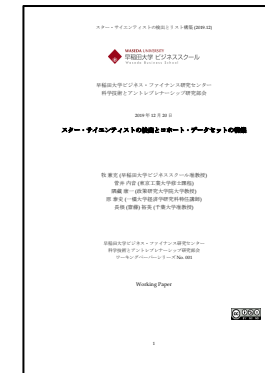
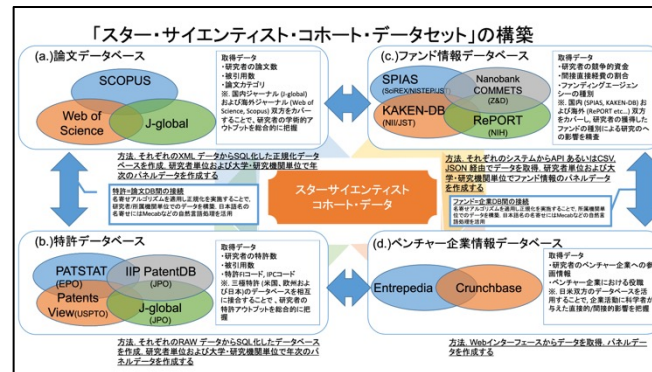
本プロジェクトは、以下のステップに基づいて進める。

- 1) データセットの構築：論文データベース、特許データベース、ファンド情報データベース、ベンチャー企業データベースを組み合わせることで、スター・サイエンティストを検証するためのデータセットを構築する。



リサーチ・クエスチョン

1. 日本におけるスター・サイエンティストの同定手法の開発
2. 日本におけるスター・サイエンティストの現状分析
3. 日本のナショナル・イノベーション・システム改革におけるスター・サイエンティストへの影響
4. スター・サイエンティスト誕生要因の分析と次世代育成手法の検証。



$$\text{Maki Zemi} = \beta_0 + \beta_1 \text{entrepreneurship} + \beta_2 \text{science} + \varepsilon$$



表 2: スター・サイエンティストの国際比較

ショートリスト			ロングリスト		
1	アメリカ	1719	1	アメリカ	9459
2	イギリス	342	2	イギリス	1996
3	中国	332	3	中国	1883
4	ドイツ	217	4	ドイツ	1467
5	フランス	166	5	フランス	956
6	カナダ	124	6	カナダ	793
7	オーストラリア	116	7	イタリア	782
8	イタリア	108	8	オーストラリア	643
9	オランダ	99	9	スイス	627
10	スイス	96	10	オランダ	610
-			-		
12	日本	82	12	日本	474

(出典: プロジェクトメンバーにより作成)

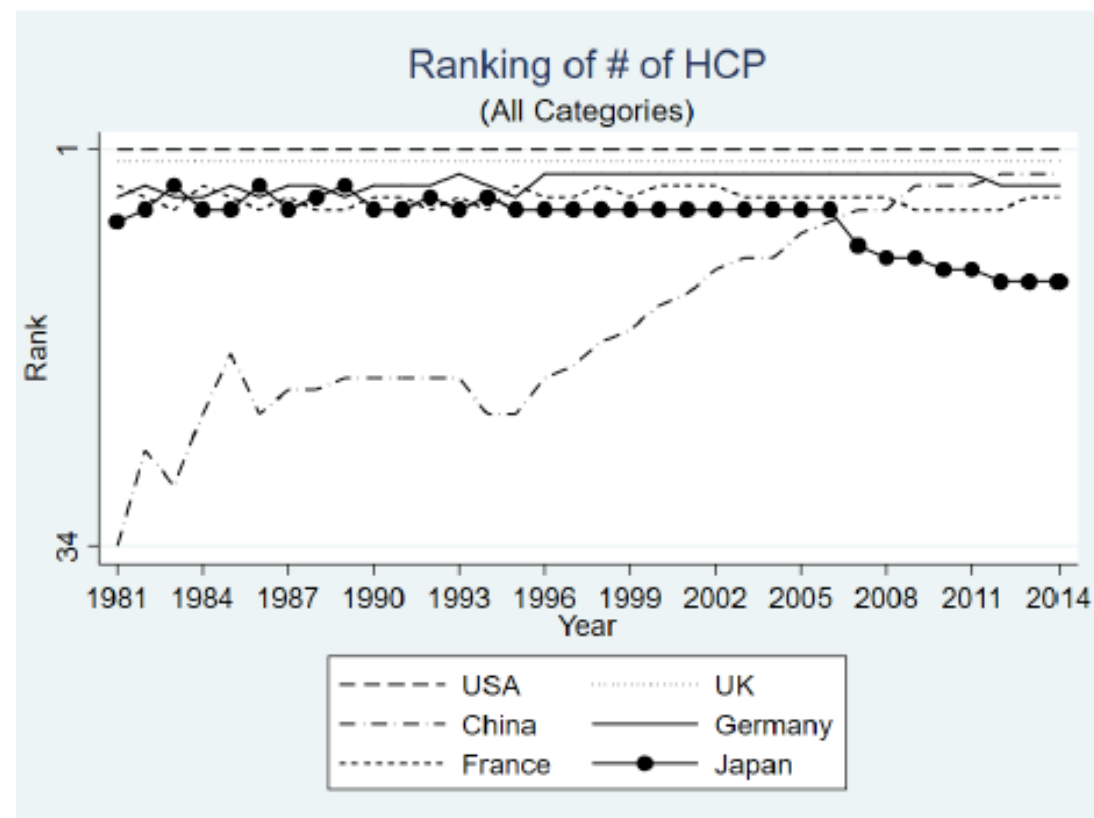


図 3: 高被引用数論文の時系列変化(国際比較)

(出典: プロジェクトメンバーにより作成)

* HCP: Highly Citer Papers の略

出典: 牧兼充、「スター・サイエンティストと日本のイノベーション」、早稲田大学ビジネス・ファイナンス研究センター 科学技術とアントレプレナーシップ研究部会ワーキングペーパー、2024年

表 3: スター・サイエンティストの分野別分布

	人数		国別ランキング(位)		人数の変化(注1)	ランキングの変化(注2)
	ショートリスト	ロングリスト	ショートリスト	ロングリスト		
脳科学	1	13	23	26	13	-3
生物学	5	22	8	7	4.4	1
化学	14	89	5	5	6.4	0
臨床科学	0	38	NA	13	NA	NA
計算機科学	0	7	NA	19	NA	NA
環境科学・生態学	3	11	14	13	3.67	1
経済学・経営学	0	4	NA	14	NA	NA
工学	2	16	23	15	8	8
地球科学	4	22	10	11	5.5	-1
免疫学	7	23	4	6	3.3	-2
材料科学	8	60	5	6	7.5	-1
数学	2	7	12	17	3.5	-5
微生物学	2	7	7	18	3.5	-11
分子生物学・遺伝学	1	18	19	14	18	1
学際	0	10	NA	10	NA	NA
脳神経科学・行動学	0	11	NA	16	NA	NA
薬理学・毒物学	5	23	7	10	4.6	-3
物理	5	28	14	15	5.6	-1
動植物科学	24	85	3	5	3.54	-2
精神科学・心理学	0	2	NA	19	NA	NA
社会科学	0	1	NA	43	NA	NA
宇宙科学	0	17	NA	7	NA	NA
全体	82	474	12	12	5.78	0

出典: 牧兼充、「スター・サイエンティストと日本のイノベーション」、早稲田大学ビジネス・ファイナンス研究センター 科学技術とアントレプレナーシップ研究部会ワーキングペーパー、2024年

分野別分布

日本の強い分野 (ショート・リスト)

- 化学 (14人、5位)
- 免疫学 (7人、4位)
- 材料科学 (8人、5位)
- 動植物科学 (24人、3位)

日本の強い分野 (ロング・リスト)

- 化学(89人、5位)
- 動植物科学 (85人、5位)

必ずしも、全分野に強いわけではない。
免疫、材料は、トップ層が強いが次の層が弱い。

(注 1): 人数の変化 = 人数(ロングリスト)/ 人数 (ショートリスト)

(注 2): ランキング (ショートリスト)- ランキング (ロングリスト)

(出典: プロジェクトメンバーにより作成)

表 4: スター・サイエンティストの国内での所属組織の分布

ショートリスト		ロングリスト	
東京大学	9	東京大学	50
大阪大学	7	理化学研究所	31
京都大学	6	京都大学	30
理化学研究所	6	大阪大学	20
物質・材料研究機構	5	東北大学	17
東京工業大学	3	物質・材料研究機構	11
産業技術総合研究所	3	名古屋大学	10
名古屋大学	2	広島大学	10
国際農林水産業研究センター	2	東京工業大学	10
山形大学	2	筑波大学	10

(出典: プロジェクトメンバーにより作成)

- 大学に加えて、国立研究所が大きな役割を果たしている。
- 東京大学に一極集中ではない。
- 地方大学にも少しずつ分布している。

出典: 牧兼充、「スター・サイエンティストと日本のイノベーション」、早稲田大学ビジネス・ファイナンス研究センター 科学技術とアントレプレナーシップ研究部会ワーキングペーパー、2024年



表 6: スター・サイエンティストのスタートアップへの関与

ショートリスト	クロスフィールド含まず	82 人中 9 人	全体の 10.97%
	クロスフィールド含む	153 人中 19 人	全体の 12.42%
ロングリスト	クロスフィールド含まず	474 人中 26 人	全体の 5.48%
	クロスフィールド含む	789 人中 59 人	全体の 7.48%

一番多い指標では全体の12.42%がスタートアップに関与

ショートリストの方が率が高い
クロスフィールドの方が率が高い

出典: 牧兼充、「スター・サイエンティストと日本のイノベーション」、早稲田大学ビジネス・ファイナンス研究センター 科学技術とアントレプレナーシップ研究部会ワーキングペーパー、2024年

