

資料2

科学技術イノベーション政策における
「政策のための科学」アドバイザー委員会
(第5回) H28.12.19

科学・技術とイノベーション： 経済学からのアプローチ

若杉隆平

2016/12/19

科学とインセンティブ

科学へのモチベーション 「発見の喜び」～「金銭報酬」

「自然界の謎」の発見の喜び

- 「この研究が受賞に値する高尚な価値を持つとスウェーデン王立アカデミーの誰かが判断したとしても、それに意味があるとは思えない。私自身すでに賞をもらっている。それは物事をつきとめる喜びであり、発見する楽しみである。」

R. Feynman (1999), *The Pleasure of Finding Things*, Perseus, Cambridge. (1965年物理学賞受賞者)

先取権

- 「先取権の確保」一番先に業績を上げたことの認定(名称、引用件数) R. Merton (1969), “*Behavior patterns of scientists*,” *American Scientist*, 57.

微積分に関するライプニッツvsニュートンの争い

- 「金銭的報酬」お金とお世辞 H. Rosovsky (1990), *The University: An Owner's Manual*, Norton, NY.
- 「巨額の富」エモリー大学: Emtriva (HIV治療薬)特許の製薬企業への売却 5億2500万ドル(研究者への配分40%)

報酬

6/12/19

経済学から見た「科学の生産」

- 科学的発見・知識の生産関数 (Output)
 - Input (多大な努力)
 - 時間
 - 知識の蓄積
 - リソースの投入 (資本、労働、両者の代替。装置の複雑化。研究ツール、研究材料の高度化)
 - 環境条件 (分野特殊性・多様性・分野横断性)
 - 経済学 (限られた資源の最も効率的配分を追求) からの Evidence
- 
- 所与のInputがOutputを生み出すときの効率性・有意性・貢献度に関する定量分析

知識生産の標準的アプローチ

外部の知識ストック

$$Y_t = A(t) \cdot H \cdot F(X_1, X_2, \dots, X_n)$$

論文、特許
受賞

時間の経過

研究者、研究費、機器、研究素材

$$Y = e^{\lambda t} X^{\alpha_1} X^{\alpha_2} \dots X^{\alpha_n} H^{\beta}$$

個票・時系列データ \Rightarrow パラメータ $\hat{\alpha}_i, \hat{\beta}, \hat{\lambda}$ の統計的推計

\Rightarrow 科学知識の増加要因、生産性の計測

\Rightarrow 政策的方向付けの基礎を提供

Evidenceに基づく政策へ

科学知識の生産増加率 $\frac{\dot{Y}}{Y} = \hat{\lambda} + \sum_{i=1}^n \hat{\alpha}_i \frac{\dot{X}_i}{X_i} + \hat{\beta} \frac{\dot{H}}{H}$

$$= \hat{\lambda} + \sum_{i=1}^n \frac{\partial Y}{\partial X_i} \frac{\dot{X}_i}{Y} + \frac{\partial Y}{\partial H} \frac{\dot{H}}{Y}$$

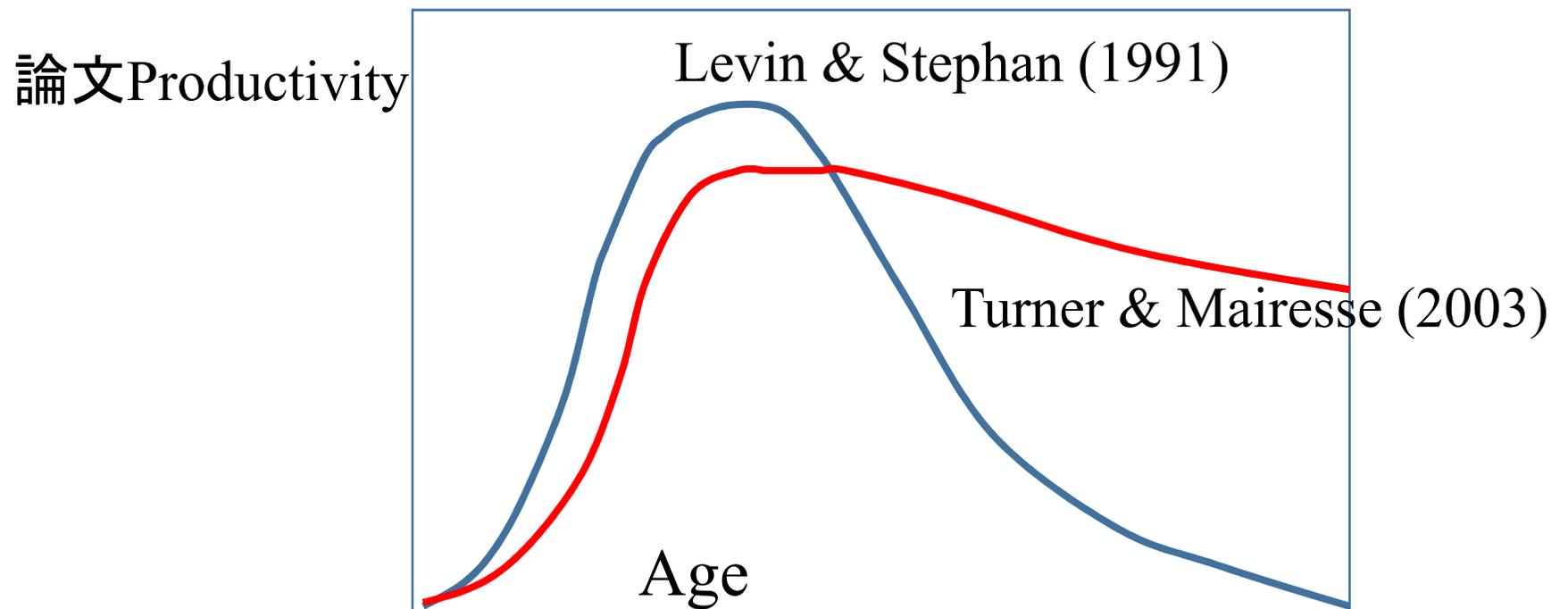
研究開発 (X_i) の生産性、分野別配分

$$\hat{\delta} = \frac{\partial Y}{\partial X_i}, \quad \hat{\gamma} = \frac{\partial Y}{\partial H}$$

成果(論文、引用件数)の観察と分析

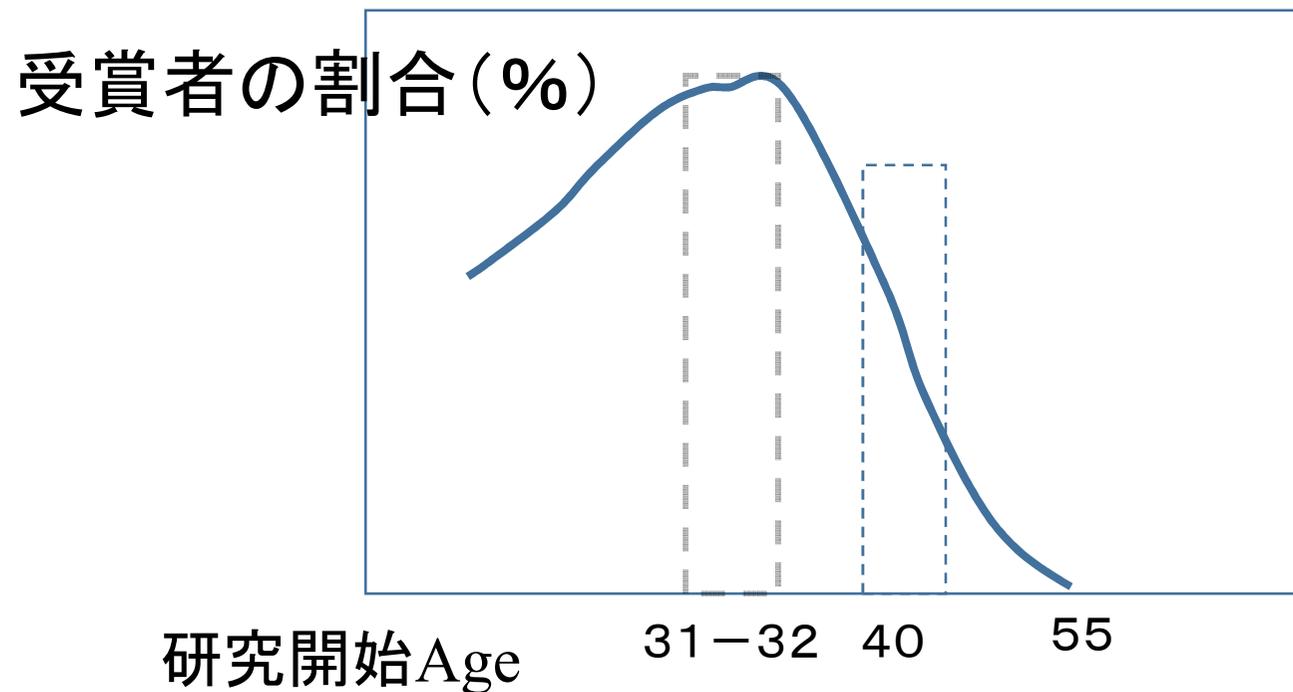
- マクロの国際比較
 - 中国・韓国・シンガポール・台湾の著増
- Cohort(世代属性:科学の知識基盤の変化、リソースへのアクセス、常勤集団)の観察
 - Mincer (1974)
- ミクロデータによる観察
 - panel(個体別・時系列) dataの利用が不可欠
 - NSF博士号取得者の追跡調査
 - 日本の調査(JST-NISTEP)

- 研究成果と年齢・ライフサイクル
 - 「30歳前に科学に偉大な貢献をしなかったものは一生涯出来ない」(アインシュタイン)
 - ミクロデータ分析⇒若者への支援



若手研究者支援策のEvidence

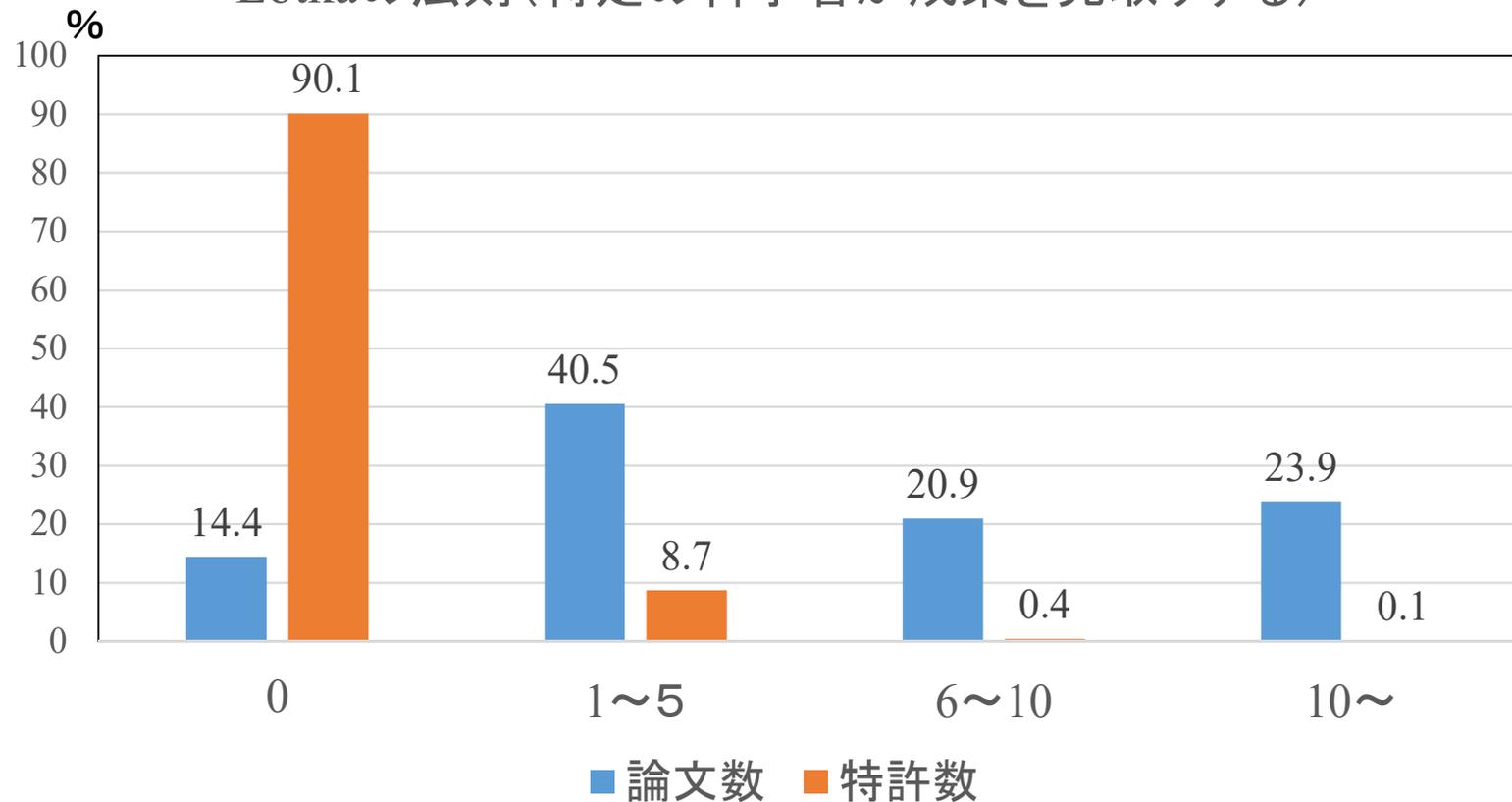
- 加齢効果：有意。ただし、研究分野による差異
- 卓越した業績（ノーベル賞の対象研究）と年齢



Stephan & Levin (1993)

Lotkaの法則 (特定研究者への成果の集中)

Lotkaの法則(特定の科学者が成果を先取りする)



Stephan et al. (2007)

標準的推計への警告

1. 過剰な知識(H↑)は「曇らせる」

- ベテランより知識量の少ない若手が並外れた研究成果



- 過去の成果で研究費を配分することの危険性

2. Serendipity (予期せぬ幸運)

- 偶然はなく「チャンスは心構えのあるものへのみ訪れる」
- パスツールのバクテリア発見
- コロンブスの新大陸発見、……



- ミッションが定められていない基礎研究の重要性

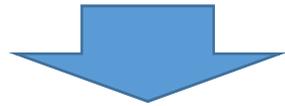
3. 科学者の努力の測定は難しく、所詮、モニタリングできない



- 誘因両立的 (incentive compatible) な報酬の仕組の開発重要性

科学の報酬

- 努力はモニタリングできない⇒報酬は業績に付与
- 科学成果は無報酬(完全公共財)ではない



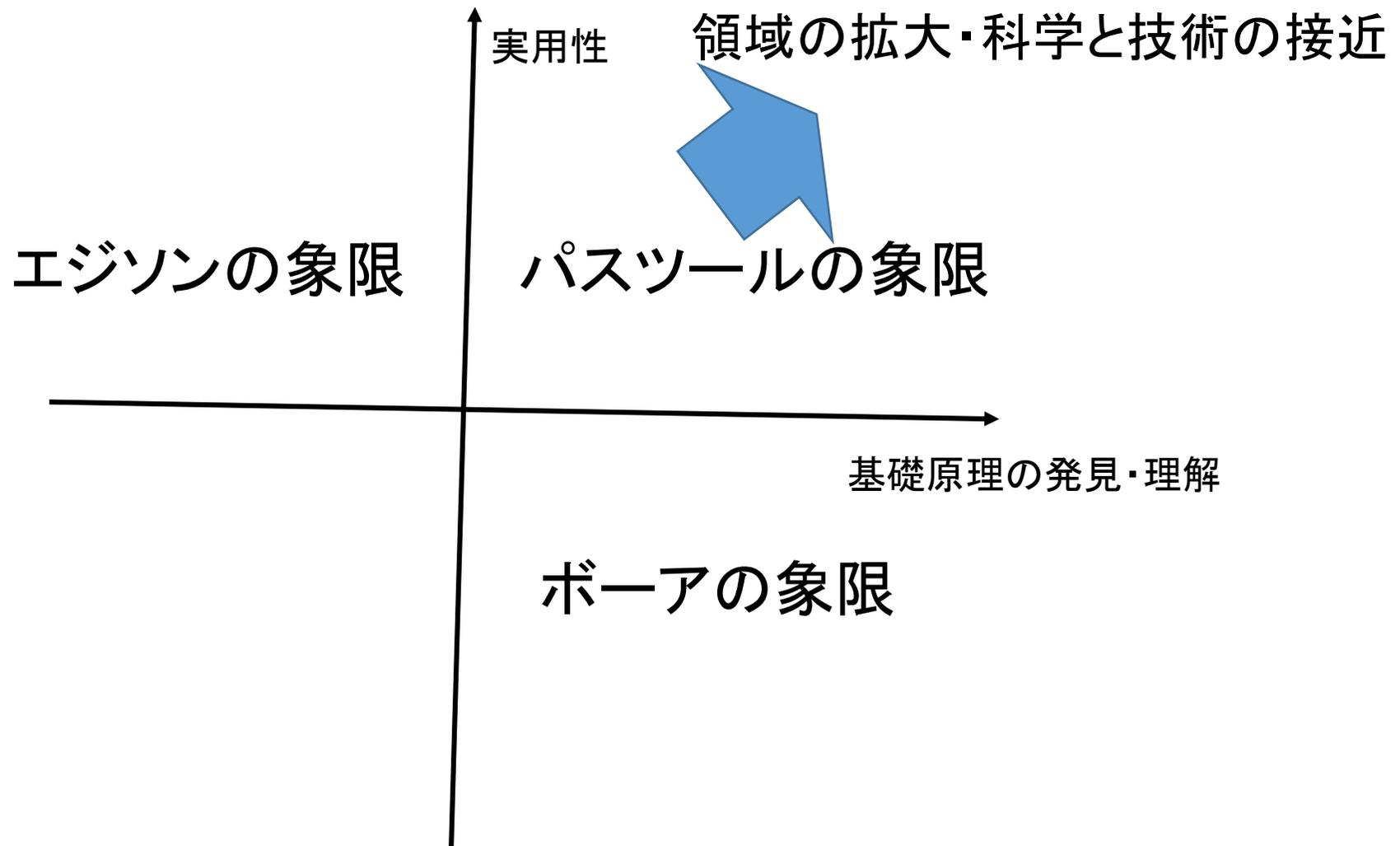
- 先取権に基づく報酬構造
 - 科学的知識の非市場的インセンティブの存在
 - 公共財(研究成果が公表され、広く利用可能、独り占めの放棄)の私的財化(公知の結果、事実上研究者の知的財産であることが立証)
 - 「報酬は金銭」である必要はない
 - Arrow (1987), Dasgupta & David (1987), Merton (1988)

科学の資金調達

- 科学(公共財)の資金調達を市場(民間部門)に委ねると非効率(過小)となる
 - 不確実性
 - 専有不可能性(「先取権」だけでは不十分)
 - Arrow (1962)
- 公的支援
 - 望ましい規模・分野(課題)・配分原理(ピアレビュー・グラント型vs機関型)に関する経済分析は途上
- 特許
 - 知的財産権の付与(知識の私的財化による報酬の保証)
 - 競争による非効率(重複投資・科学者のrivalry過多・過大投資)
 - Dasgupta & Stiglitz (1980)

科学と技術

科学と技術：基礎原理と実用性



科学と技術の線引き

- 生産過程の共通性：秘匿性（出し抜かれない）
- 成果の異質性（Stephan（2010））

科学

技術



先取権（一番乗りの認知）
早期に公知・共有

財産権（長く独り占め）
独占・秘匿

論文出版



特許取得

非金銭的インセンティブ

製品；技術による利得

科学界と産業界（技術）

科学

技術



科学界：発見・発明
の全面公開

産業界：発見・発明を全
面公開してはならない

Dasgupta & David (1987)

科学の私物化の進行

・データの非公開・研究素材の制限（細胞株の支配）

論文と特許の補完性

論文⇒特許 Agrawal & Henderson (2002)

Nagaoka (新薬の特許と学術論文の補完)

特許⇒論文 Azoulay et al. (2009)

イノベーションと経済成長

イノベーション_creative destruction

Joseph Alois Schumpeter, *Capitalism, Socialism, and Democracy*, 1942

- 新しい財貨の生産
- 新しい生産方法の導入
- 新しい販売先の開拓
- 原料あるいは半製品の新しい供給源の獲得
- 新しい組織の実現(独占の形成と打破)
- 担い手: Entrepreneur(新しい組み合わせで生産要素を結合し、新たなビジネスを創造する起業家)
 - いくら郵便馬車を列ねても、それによって新しい鉄道を得ることはできない
 - どんなに革新的な技術があっても、市場に受け入れられなければイノベーションではない。

イノベーションの経済成長への貢献

技術知識ストック

$$Y_t = A(t) \cdot H \cdot F(X_1, X_2, \dots, X_n)$$

経済規模
(GDP)

時間の経過
(技術進歩)

資本、労働、インフラ、中間財

$$Y = e^{\lambda t} X^{\alpha_1} X^{\alpha_2} \dots X^{\alpha_n} H^{\beta}$$

個票・時系列データ \Rightarrow パラメータ $\hat{\alpha}_i, \hat{\beta}, \hat{\lambda}$ の統計的推計

\Rightarrow 経済成長への貢献

労働や資本の生産性

\Rightarrow 成長を促す政策への基礎を提供

科学・技術・イノベーションと成長

- 知識波及(部門間、国間Spillover)の効果⇒経済成長の源
- 知的財産権の保護(特許制度)と経済成長(多国間)
 - 保護の強化⇒技術報酬↑⇒研究開発投資↑⇒成長
 - 研究開発活動と生産活動の資源配分にtrade off
(技術後進国) 模倣↓⇒生産活動への投資↓
(技術先進国) 技術後進国の生産↓⇒生産活動への投資↑⇒研究開発投資↓⇒イノベーションの停滞!

警告：生産性上昇とイノベーション Trade off?

- Productivity Dilemma

生産性上昇vsイノベーション

新製品・サービスの出現

⇒生産方法の確立

⇒生産効率の向上

⇒製品・サービスの固定化

⇒イノベーションの停滞！

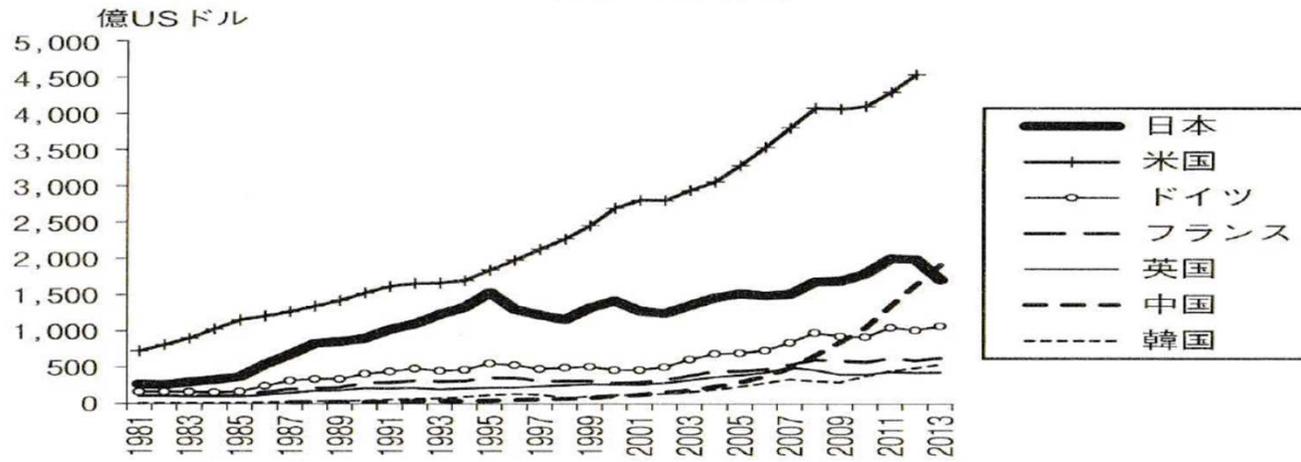
科学・技術・イノベーションへの 経済学の取り組み

- 理論分析、実証分析による最適資源配分に関する研究蓄積
- 対象データ(Cohortデータ・個票データ)の整備
- 経済への波及効果(I-O分析)
- 実験的手法(政策実験)の開発
 - Control Group & Treatment Group
- 一般均衡モデル・シミュレーションによる将来予測

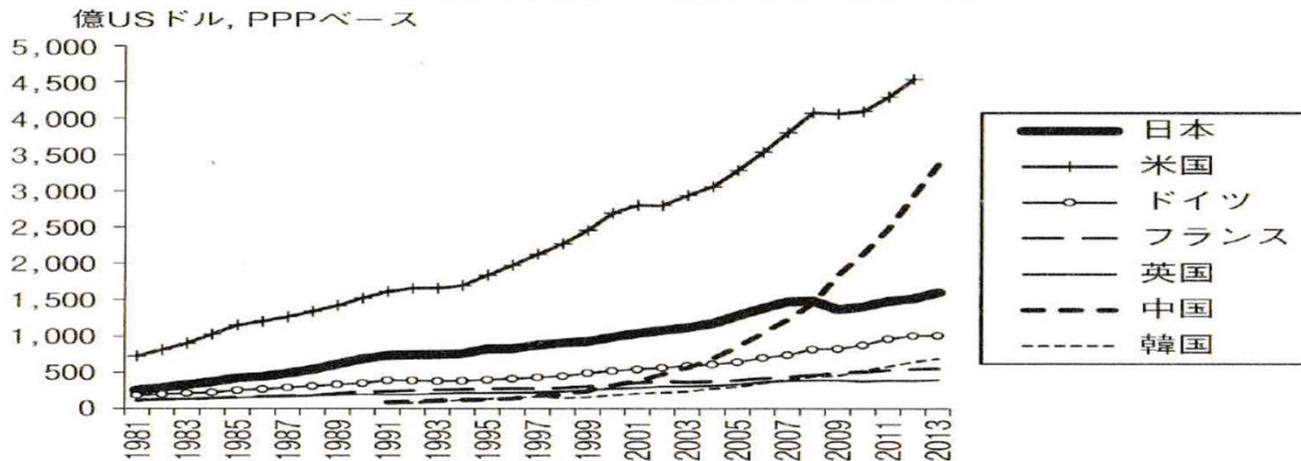
日本の科学・技術・イノベーション： 不安材料

R&D支出の減少傾向

(米ドル換算)



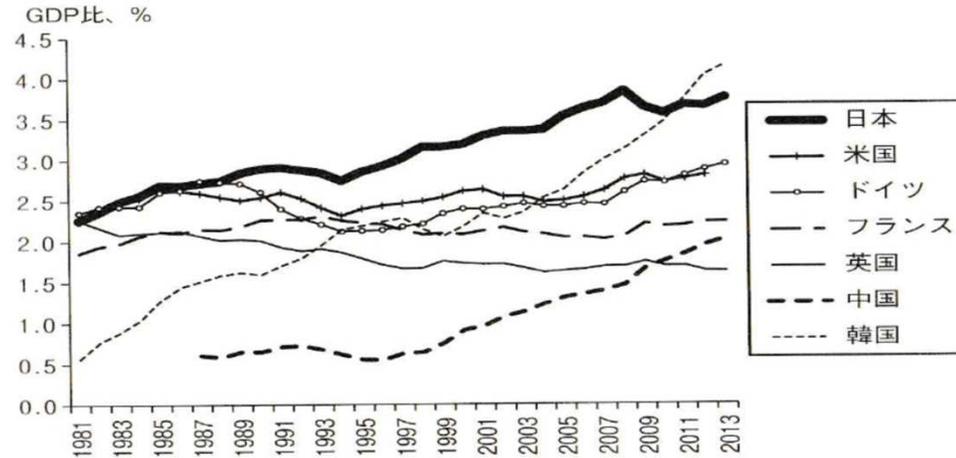
(購買力平価ベースの米ドル換算)



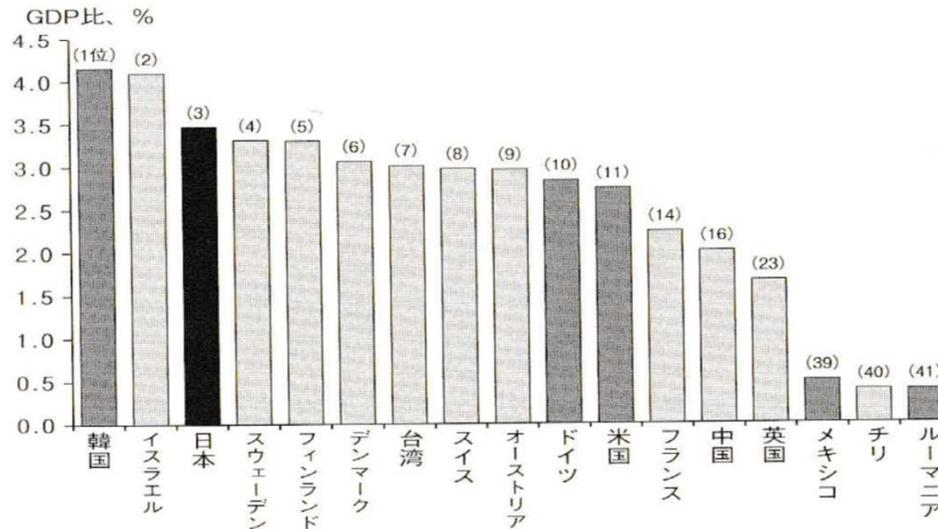
注：日本はOECDによる推計値ベース（以下同様）。
出所：OECD「OECD Stat」より作成。

R&D/GDP比率の停滞

(主要国の推移)

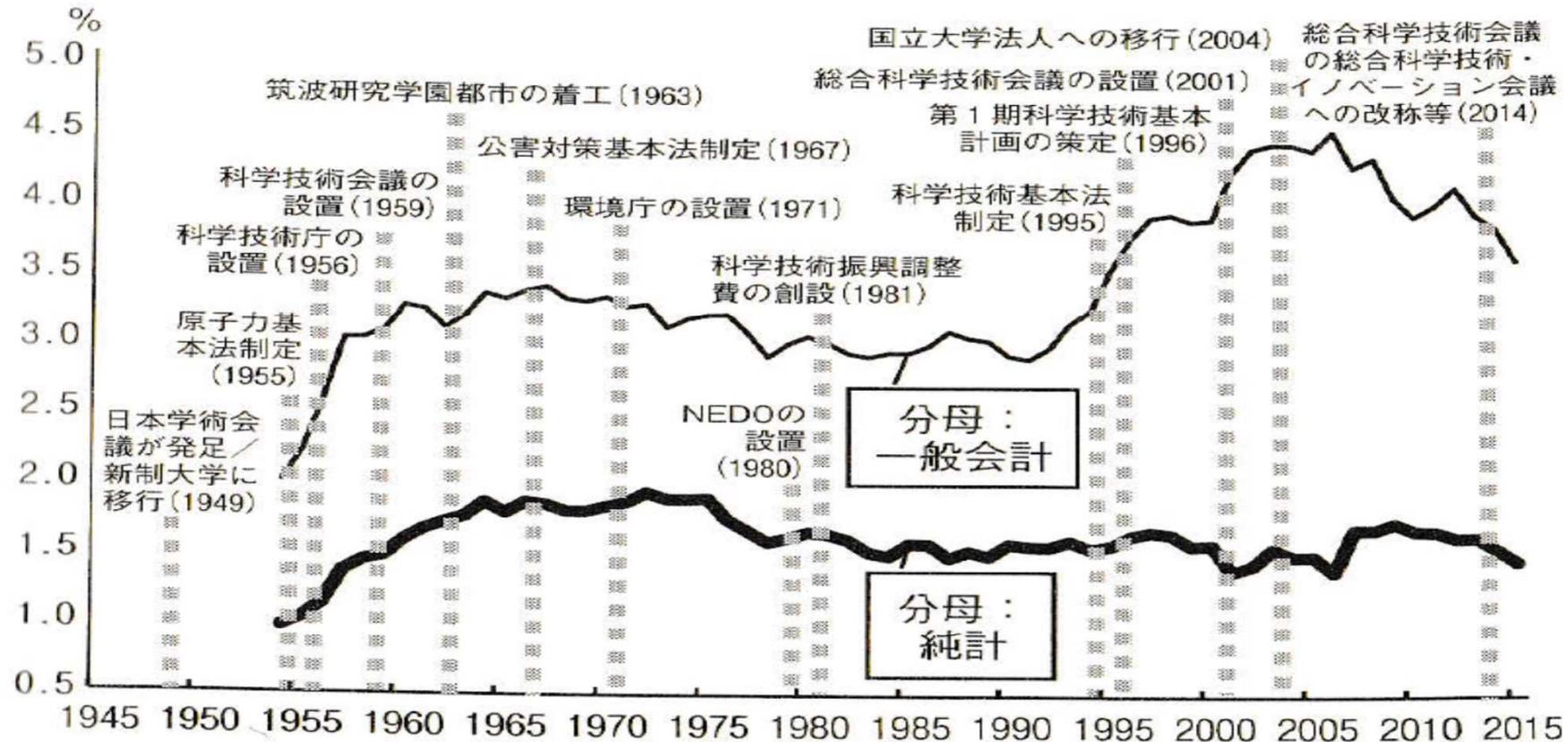


(世界各国の比較：2013年)



注1：下グラフは対象41か国より適宜抜粋。
 注2：下グラフのスイスと南アフリカは2012年の値。
 出所：OECD「OECD Stat」より作成。

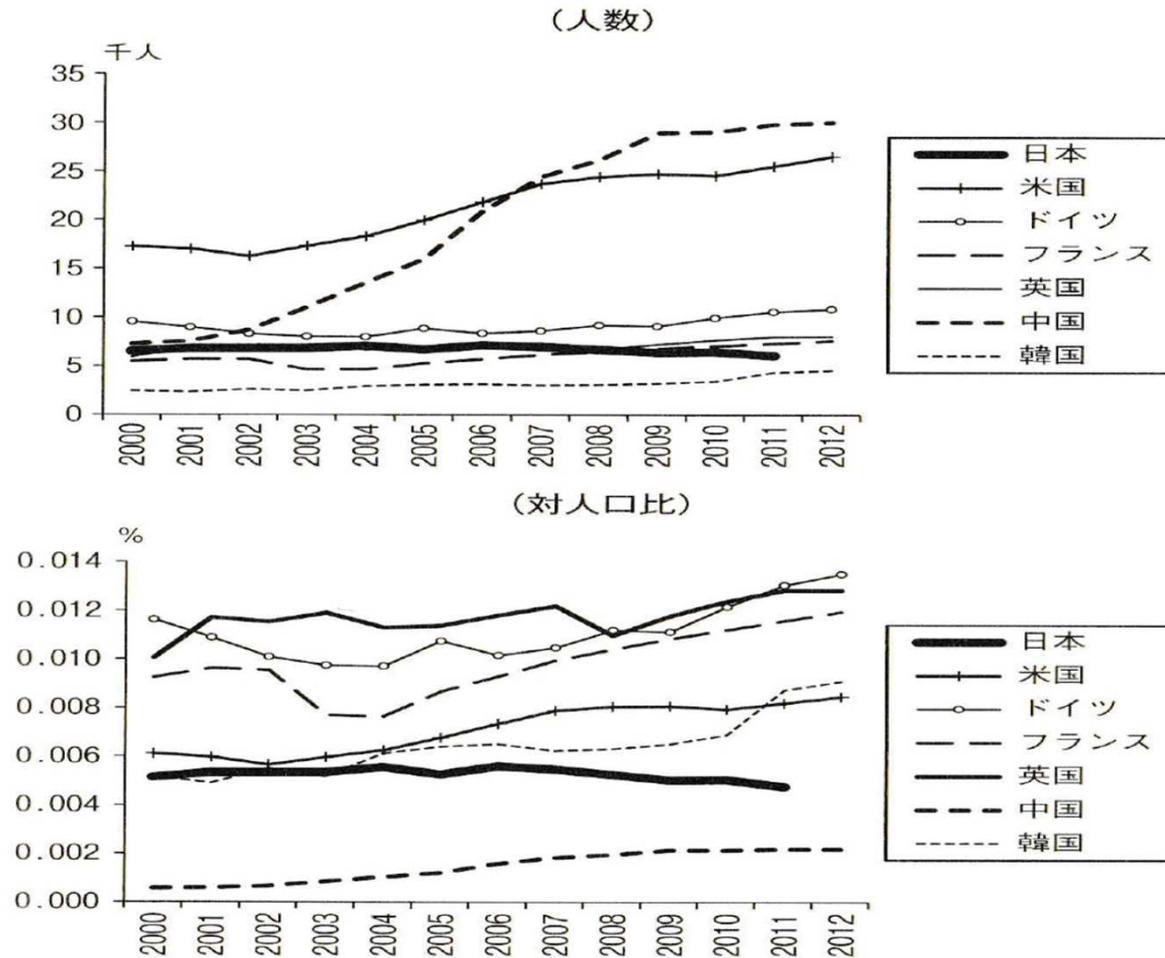
科学技術予算の減少傾向



注：科学技術関係経費の遡及の制約から、折れ線グラフによる数値データの表示は1954年以降となっている。

出所：科学技術庁、文部科学省『科学技術白書』（各年版）、財務省「予算書・決算書データベース」、三菱総合研究所（2015）などより作成。

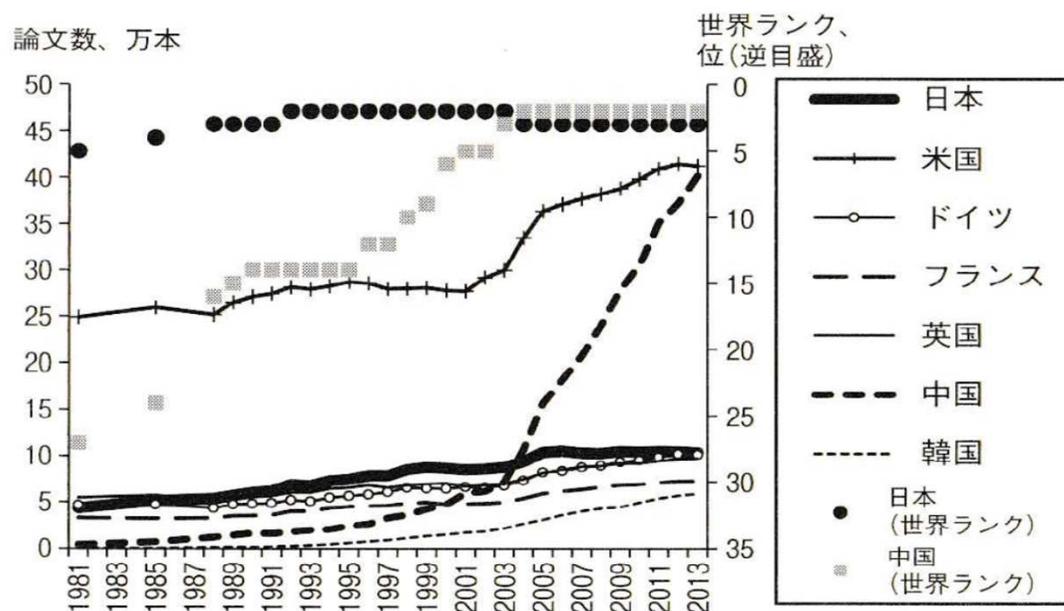
理工系博士号取得者の減少傾向



注：ここでの理工系とは、物理学、生命科学、数学、工学、コンピューター・サイエンス、農学を指す。

出所：NSF「Science and Engineering Indicator 2016」、OECD「OECD Stat」より作成。

論文数の停滞



注1：論文数は分数カウントベース。

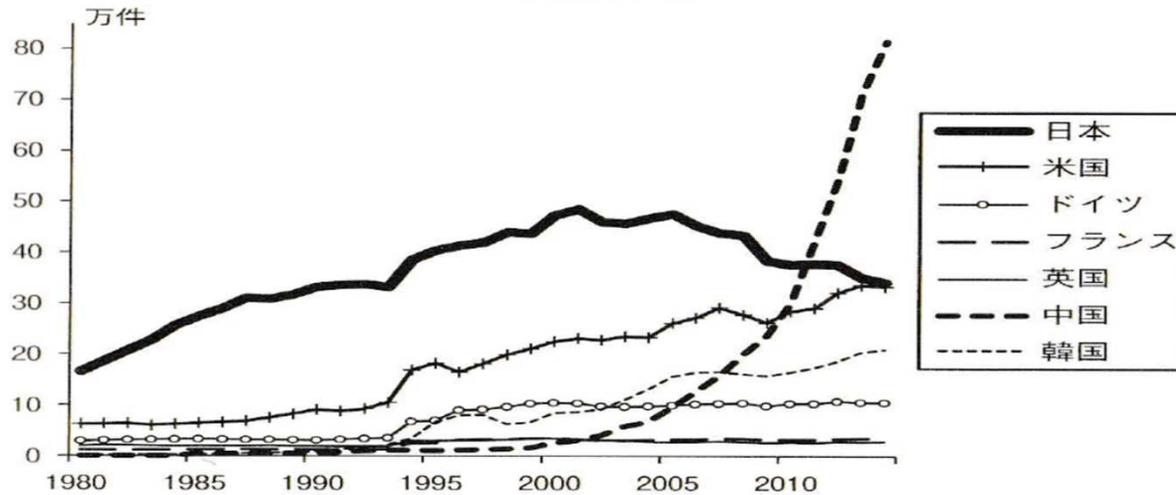
注2：原データのベースが同一でないため不連続な箇所がある。具体的には、1981、1985年は「Science and Engineering Indicator」1998年版、1988～1994年は同2004年版、1995～1999年は同2010年版、2000～2013年は同2016年版による。ただし、それぞれの重なる箇所の値からみる限り、接続データを用いても大まかなトレンドは把握できると思われる。

注3：論文数については、最新版（2016年版）の値は原数値を、それ以前のバージョンがカバーする期間については、各年の前年（または直前の年）に対する伸び率で除した試算値を用いた。世界ランキングの順位は、各年版における順位をそのまま用いた。

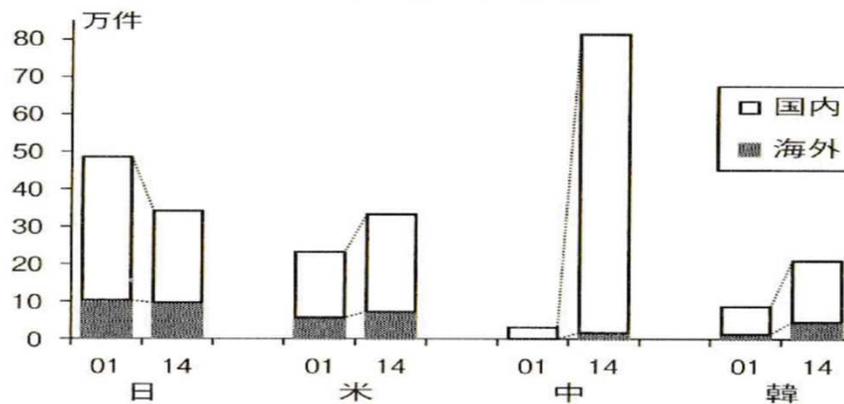
出所：NSF「Science and Engineering Indicator」（1998、2004、2010、2016）より作成。

特許出願数の減少傾向

(出願数計)



(国内・海外別)



注：日本の1981、1982年の国内出願数は、1980年と1983年の件数からの線形補間値。

出所：WIPO「WIPO statistics database」より作成。