

イノベーション・ダイアグラム：再考

情報コミュニケーション学会主催

合同ワークショップin京都

(第37回次世代大学教育研究会)

2009年8月4日 京都高度技術研究所

末永啓一郎(城西大学)

本報告の目的

- イノベーション・ダイアグラムを1つの足がかりに、分業の進む経済や学問の世界において、共鳴場やネットワークを元にしたイノベーションが重要であることを議論する。

本報告の構成

1. イノベーションとは？
2. イノベーション・ダイアグラムとは？
3. イノベーション・ダイアグラム：再考
4. 分業とイノベーション

1 イノベーションとは？

イノベーションの一般的な定義

- 発明

新たな、または改良されたアイデア

必ずしも技術的なイノベーションとは限らない

- 経済学的な意味でのイノベーション

商的に取引されることによってのみ達成される

実際に商品化されるかどうかによる

一橋大学イノベーションセンター編(2001)

- 製品や製法が市場で受け入れられて初めて実現する。新しければイノベーション、変化すればイノベーションというわけではない。あくまでも経済的な成果を目指し、それが市場で実現されたものが、イノベーション。単なる空想や思いつきはもちろん、発明、発見もイノベーションではない。イノベーション活動の重要な要素であるが、イノベーションの十分条件ではない。イノベーションとインベンションは同じものではない。

山口(2006)の定義

- イノベーション

人々の生活を経済的にも社会的にも豊かにすることを希求する持続的で総合的な改革への営み

- イノベーションの成就

イノベーション・チェーンを経て経済的・社会的成功に帰結したとき

社会イノベーションとは？

- 今回のワークショップの表題
「オープンソースと日本語プログラミングは
社会イノベーションを起こせるか？」
- 社会(的)イノベーション
必ずしも経済的成功を必要としない？
改革への営みの段階でもOK？
- オープンソースと日本語プログラミング
既に社会イノベーションを引き起こした？

Matzにつき



- 「ただ、残念なことにプログラミング関係書籍は順位の割に部数は出ないし、「夢の印税生活」というわけにはいきそうにない。今回は連載の再利用なので、さらに印税率が低いし。一般書を目指すべきなのかもしれない。ビジネス啓蒙書とか。と思ったら、私、ビジネス分野で成功してないじゃん。書けないじゃん。」

出所: Matzにつき「コードの世界」2009年5月23日

<http://www.rubyist.net/~matz/20090523.html> (2009年7月14日アクセス)

経済成長論とイノベーション

- 正統派経済成長モデル (Solow 1956)
技術は「天から降ってきたマナ」
マナ: 旧約聖書に出てくる食物
- 内生的経済成長モデル (Romer 1986, 1990)
技術進歩を内生的に捉える

主流派経済学とイノベーション

- Freeman (1994)

経済理論において永年続くパラドックスの1つ

一般的コンセンサス:

資本主義における最も重要な要因は技術変化

主流派の文献:

そうしたコンセンサスを相対的に無視

- 研究開発の内側については曖昧に捉えている

「科学」と「技術」の関係

- Derek Price (1965) の比喻
ダンス・パートナー
同じ音楽で踊るが、お互いが独自のステップ
- しかし「チークダンス」も重要
両者の関係は、非常に親密

2 イノベーション・ダイアグラムとは？

イノベーション・ダイアグラムとは？

- 山口(2006)による発案
- 「科学技術」という言葉に違和感
- 研究開発の内側に焦点をあてた
- 知の創造と知の具現化を直交軸で表現

知の創造(研究)

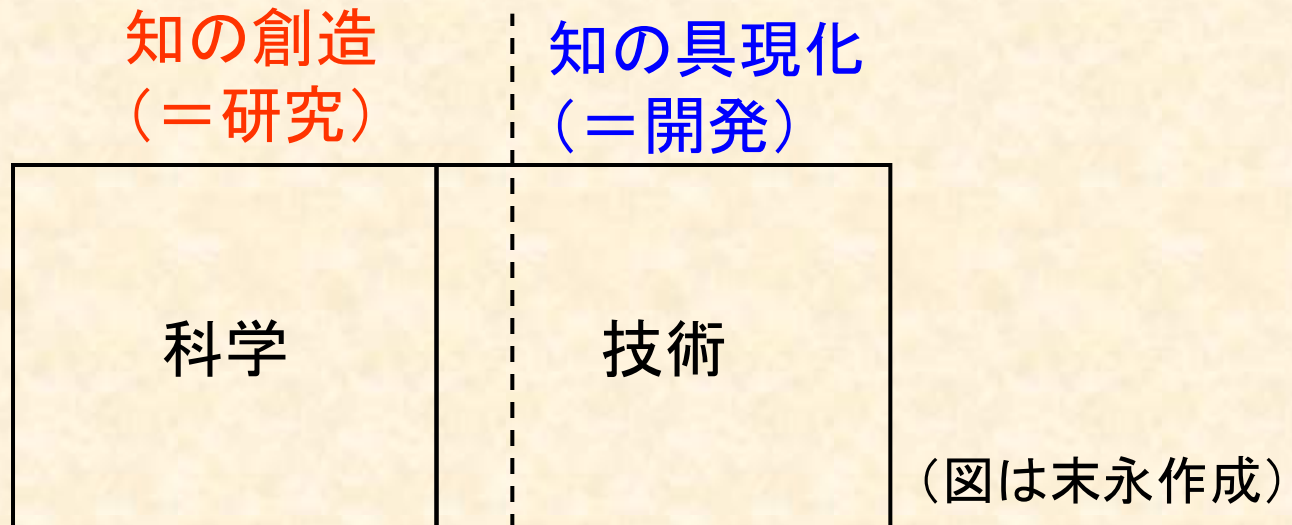
- 次のことを見出すこと
誰も知らないことや誰も見たことがないこと
- 科学は知の創造に他ならない
しかし、これだけが知の創造ではない
例：錬金術における精錬方法や化学反応の知見
誰も知らなかった技術を見出す営為も知の創造
- いわゆる科学を完全に包含する
テクネとしての技術の一部を包含

知の具現化（開発）

- 新しい「知」同士を接合させ統合
あるいはこの「知」と既存技術とを接合させ統合
- 経済的・社会的な「価値」にまで仕立て上げる
- 知の創造に属さない技術のすべて
- （通常の意味でのイノベーションに近い）

知の創造と具現化の区別

- 明確に行える
- 世界中の誰にも思いもよらない知かどうか
誰も知らなかったりするような知かどうか
- (経済的・社会的に価値付けられるかどうか)



山口(2008)の「研究」と「開発」

- 研究

誰も知らないことを見出すこと

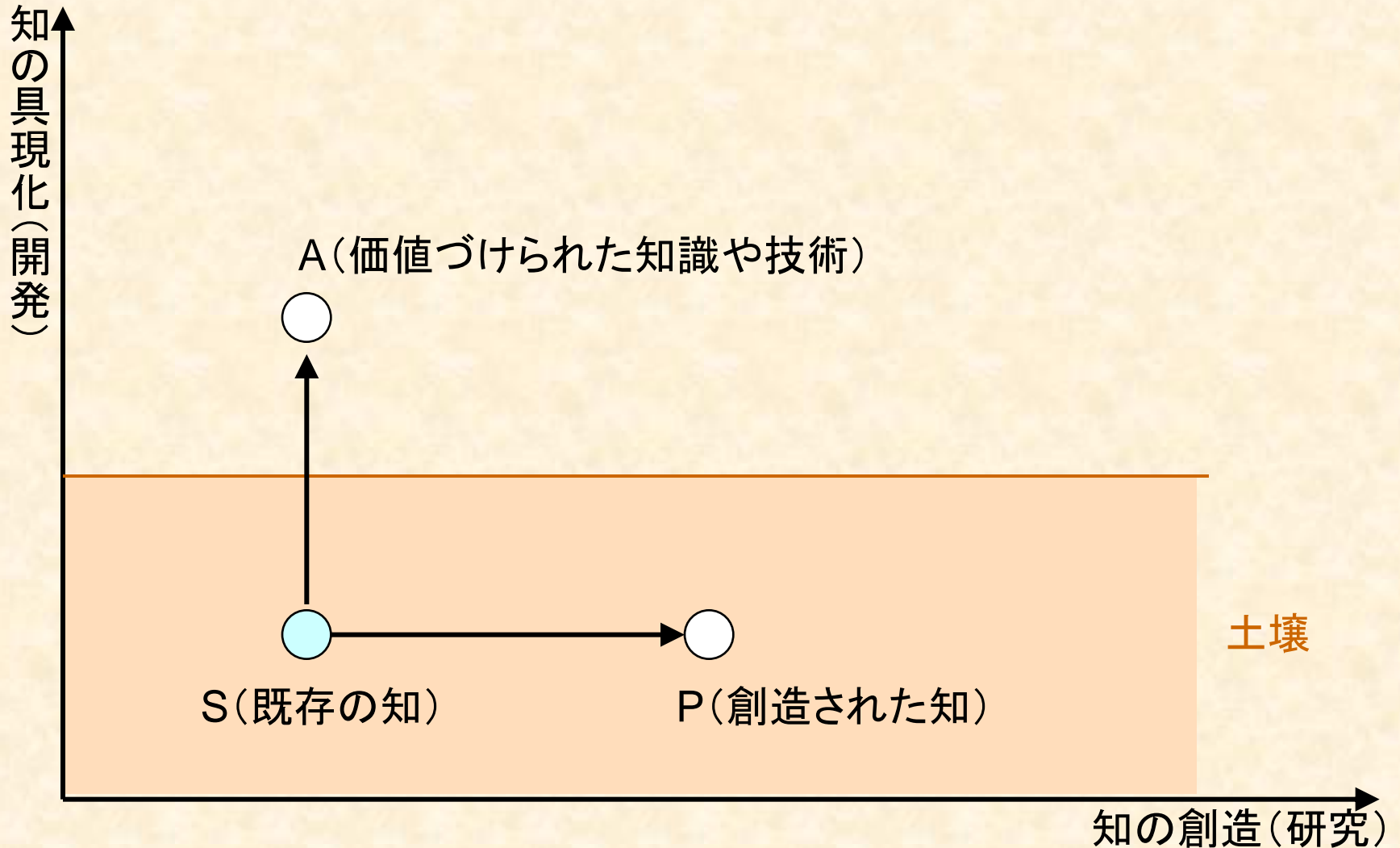
(経済的・社会的に価値付けられない)

- 開発

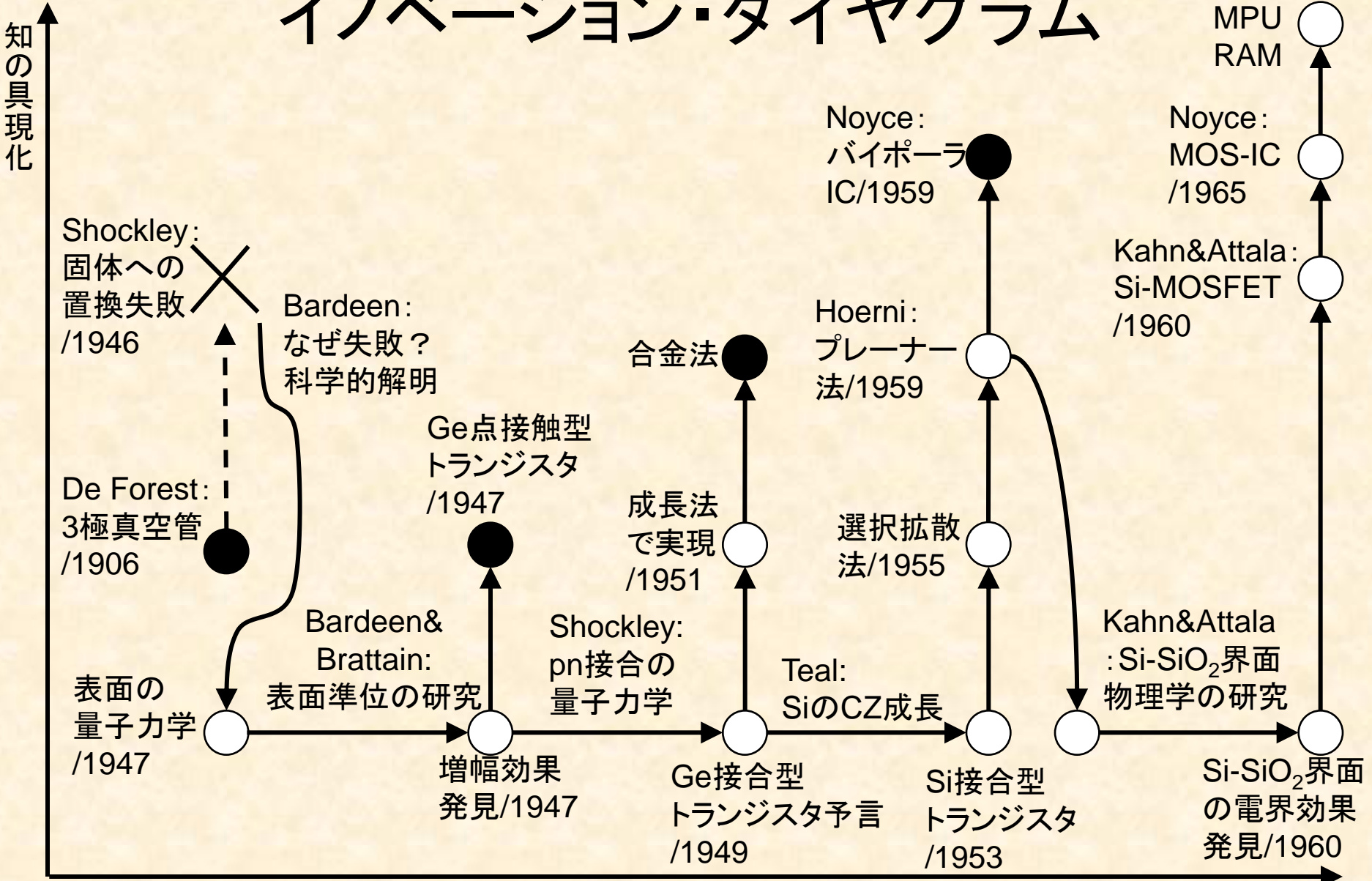
誰も知らないことを見出すわけではない

(経済的・社会的に価値付けられる)

イノベーション・ダイヤグラムの最小単位



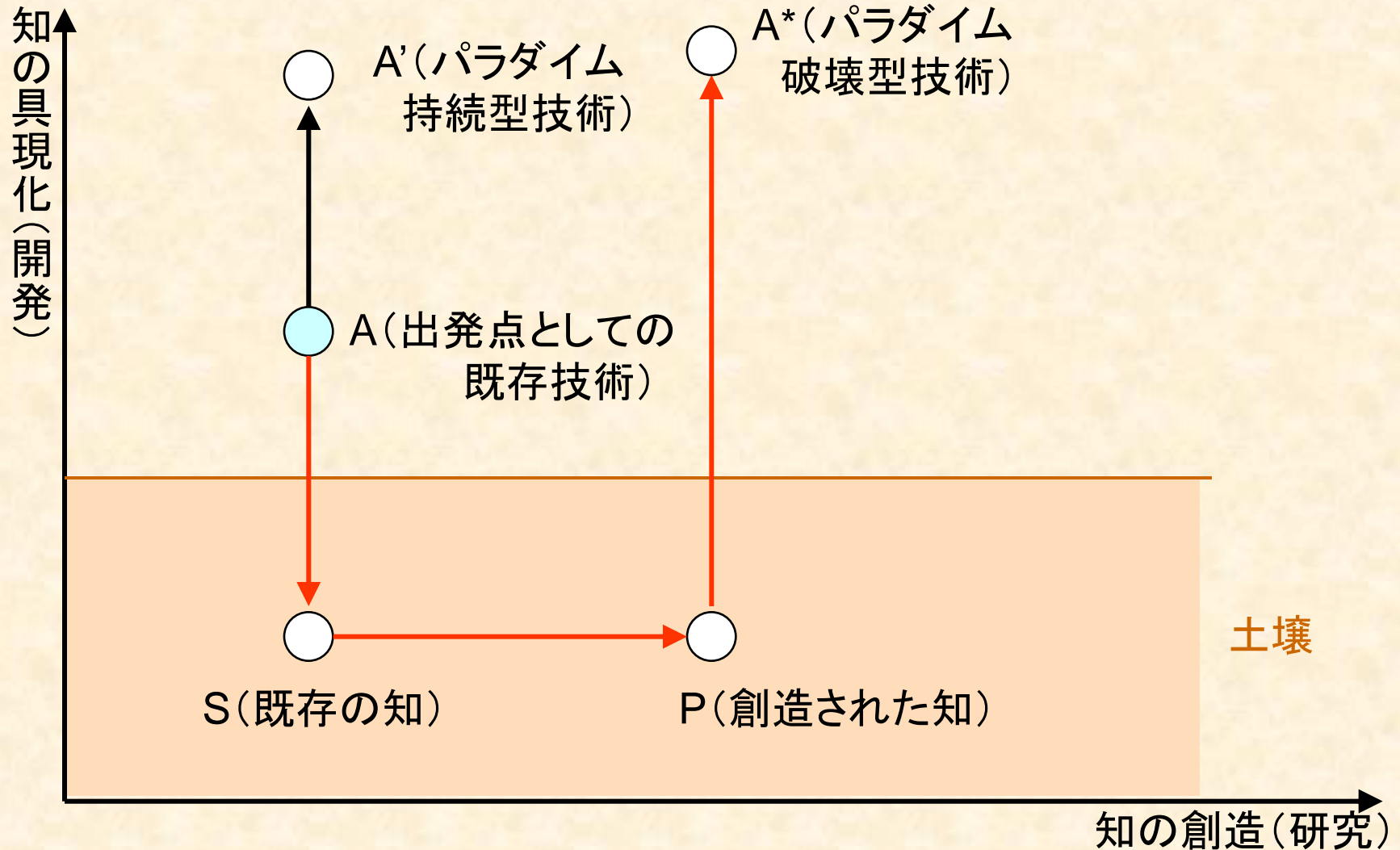
トランジスタとシリコンMOSFETのイノベーション・ダイヤグラム



出所: 山口 (2006) 図3-9の一部

知の創造

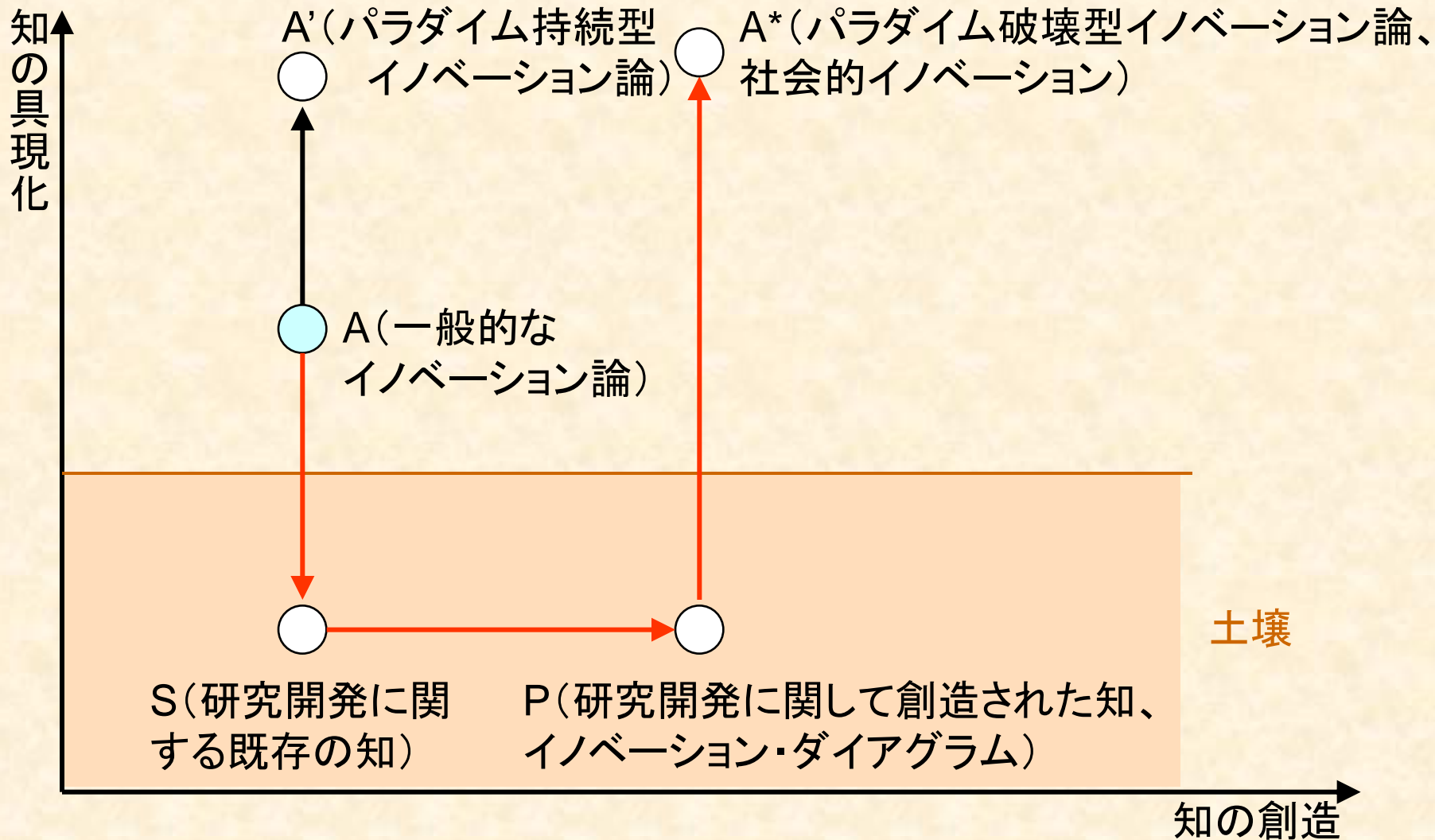
パラダイム持続型イノベーションと パラダイム破壊型イノベーション



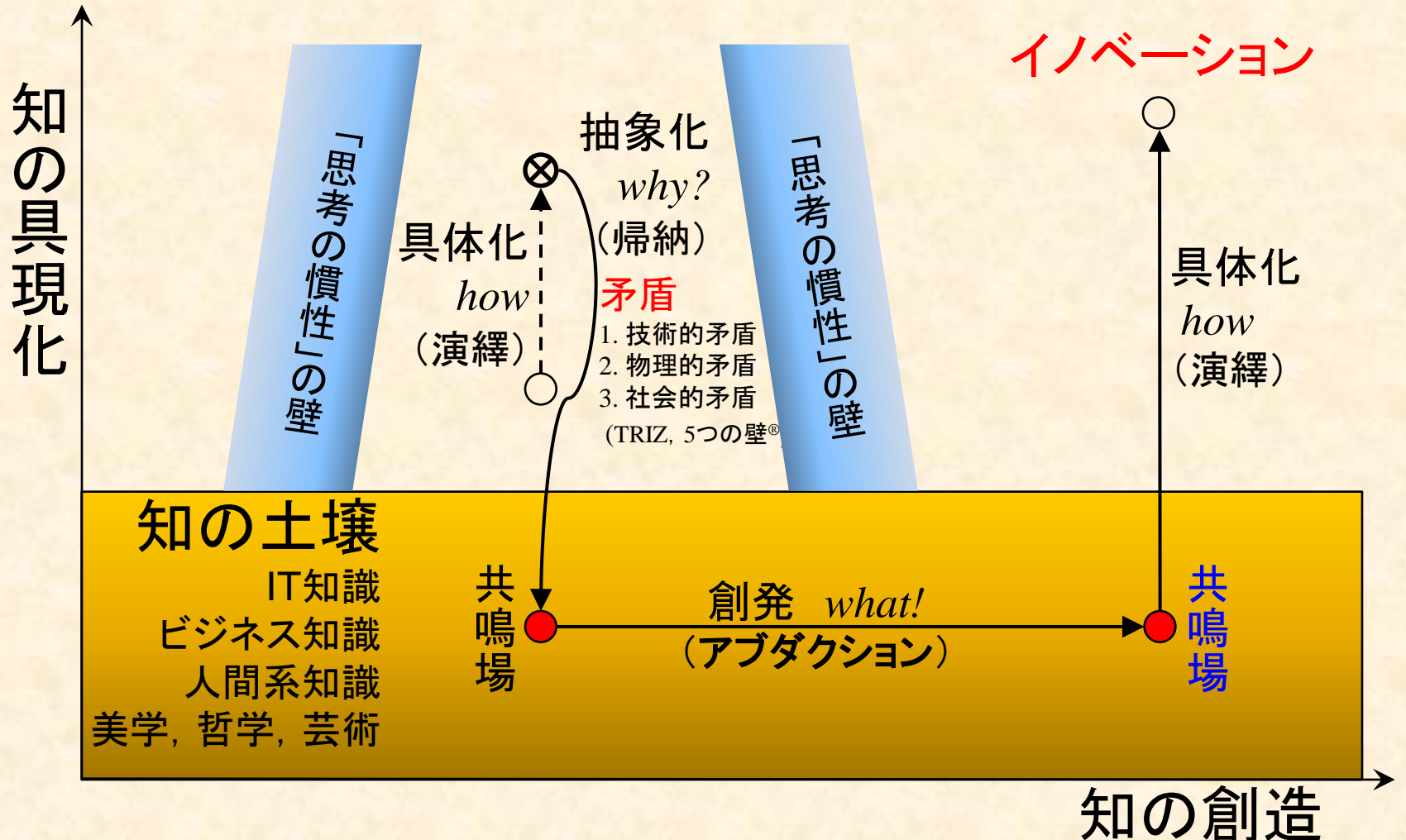
パラダイム持続型イノベーションと パラダイム破壊型イノベーション

- 「パラダイム持続型イノベーション」($A \rightarrow A'$)
外部の技術を統合して新技術を具現化
新技術A'は、誰もが知りうる知Sの集合体に基づく
新しい知の創造が含まれていない限り、容易に模倣できる
- 「パラダイム破壊型イノベーション」($A \rightarrow S \rightarrow P \rightarrow A^*$)
いったんAを成立させている「知」Sに下りる
その結果、誰も気づかなかった新しい知Pが見出される
新しいパラダイムPに立つ新技術A*に到達出来る

イノベーション・ダイアグラムの イノベーション・ダイアグラム



慣性破壊型イノベーションのプロセス



出所: 阪井和男 (2009)「教育の機能を考えなおす——「知識」と「能力」の織りなす綾——」
 情報コミュニケーション学会第6回全国大会基調講演。

共鳴場

- 暗黙知が醸成され伝達される場
- 「パラダイム破壊型イノベーション」に必要不可欠
「共鳴場」の生成者と参加者が共鳴
生成者：新技術を創造したいと渴望する人間
参加者：別の角度から科学的知見を調べる
ただし事業家の責任者が暗黙知を共有すべき

3 イノベーション・ダイアグラム：再考

シリコン・トランジスタ

- 山口(2006)による説明

ベル研のTeal:

ベル研の意図に反して密かに研究し成功

TIは、Tealをヘッドハント

1953年:シリコン接合型トランジスタの実現
未知への挑戦なので、知の創造

シリコン・トランジスタ: 再考

- 既存技術

CZ法とFZ法

ゲルマニウムの単結晶引上げ装置

ゲルマニウムの接合型トランジスタ

- シリコン単結晶

温度管理やタイミングが鍵 (Caleb 2005)

科学というより技術的な仕事 (Mowery 1983)

- Mowery and Rosenberg (1998)

初めて商業的に成功したトランジスタ

知の創造と具現化の境界

- 山口(2006、181頁):ノイスのICについて「知の創造の要素を少なからず含むが、もっぱら知の具現化に属すると考えられる」

- 山口(2008、40頁)

知の創造と知の具現化の区別は、明確に行える。その新技術が世界中の誰にも思いもよらなかつたり、誰も知らなかつたりするような知かどうか。

イノベーションと産業発展

- イノベーションの要因

需要プル: 需要がイノベーションを生み出す

科学技術プッシュ: 科学技術→イノベーション

- Freeman et al. (1982)

産業発展の初期は科学技術プッシュが重要

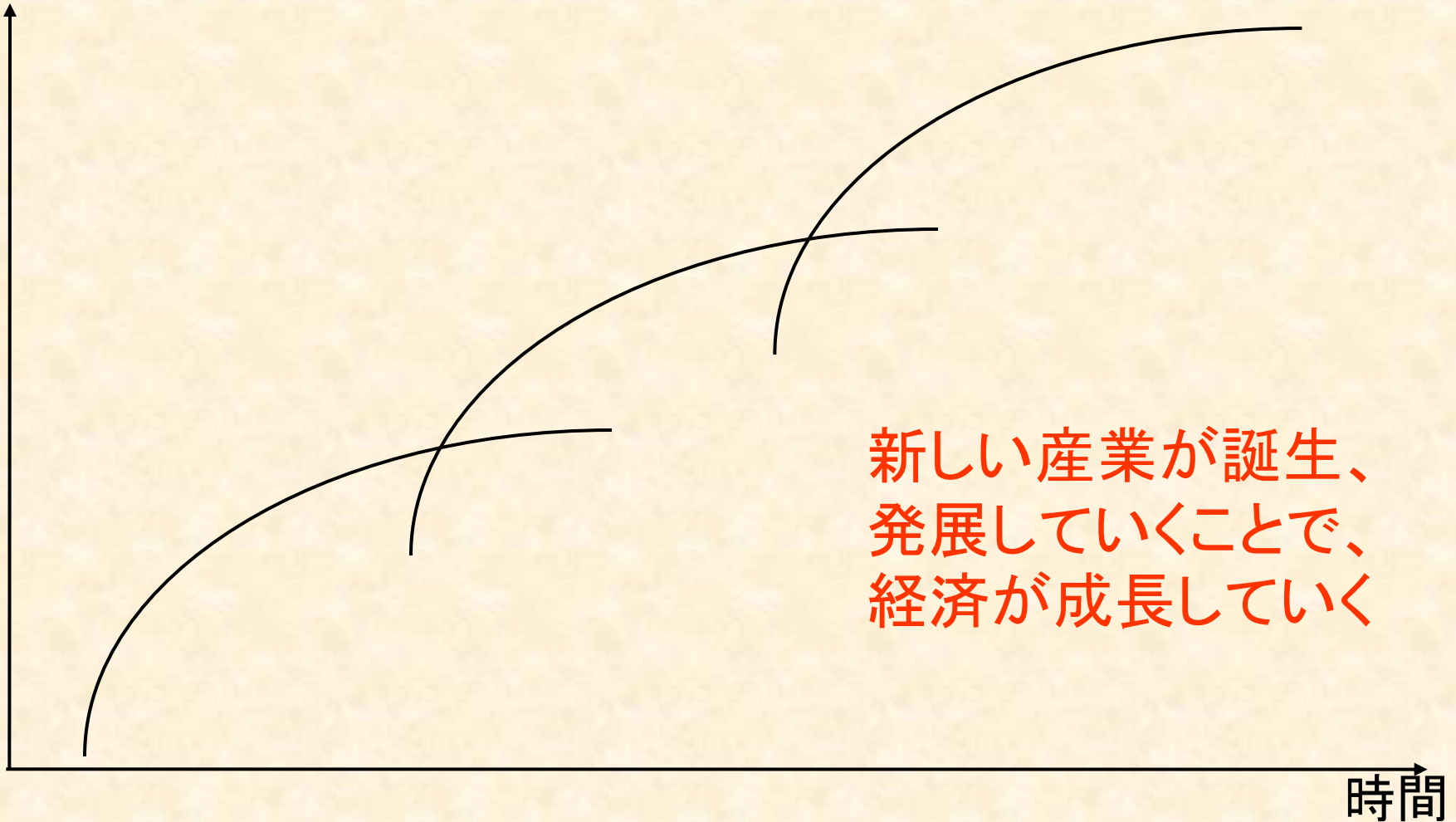
産業発展と共に需要プルが重要

技術パラダイムと技術軌道

- 技術パラダイム (technological paradigm)
特定の技術的問題解決のモデルおよびパターン
自然科学から引き出された特定の原理に基づく
あるいは特定の素材技術に基づく
- 技術軌道 (technological trajectory)
技術パラダイム内における通常の問題解決活動

技術パラダイムと産業発展

経済水準



新しい産業が誕生、
発展していくことで、
経済が成長していく

時間

技術変化の継続的な波動 長期波動(コンドラチェフの波)

- 1780s-1840s: 繊維の工場生産(綿)
- 1840s-1890s: 蒸気機関と鉄道(石炭、鉄)
- 1890s-1940s: 電気と鋼鉄(鋼)
- 1940s-1990s: 自動車と合成原料の大量生産(石油)
- 1990s-? : MEとコンピュータ・ネットワーク(ME)

イノベーション・ダイアグラムと産業発展

- 産業発展の初期

知の創造が比較的重要

- 産業発展の中期

知の具現化が重要になる

- 産業発展の後期

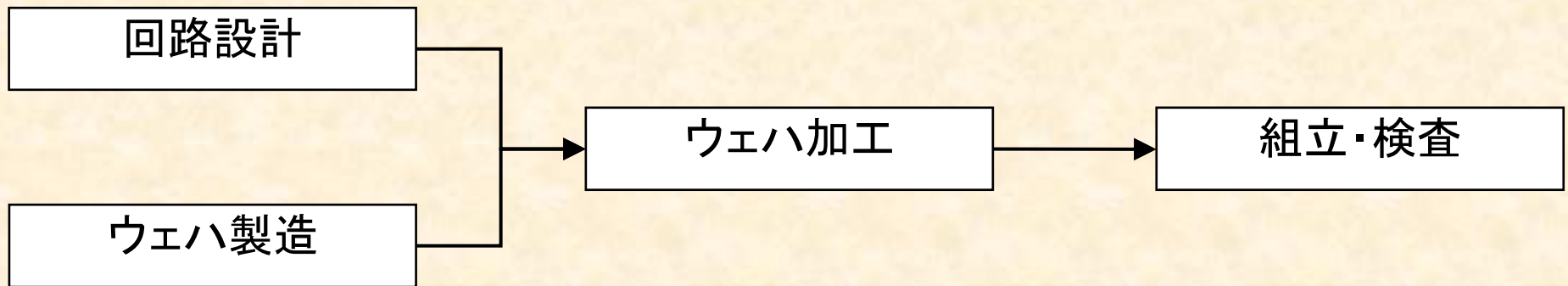
新しい産業に向けた知の創造が重要になる

不況とイノベーション

- まつもとゆきひろ氏
「不況は新技術が生まれて広がる良い契機」
- 現状を打破しようと、企業や社会が試行錯誤
- ルビーもバブル崩壊後の「自己研さん」のため

4 分業とイノベーション

半導体の製造工程の概略



- 各工程で、高度技術を体化した装置を利用
- 垂直非統合：各工程が異なる企業で担われる

垂直非統合の進展

- 初期は全ての工程をIDMが行う
- 50年代:シリコンが化学企業へ
- 60年代:後工程が途上国へ
- 70年代:製造装置産業が発展
- 80年代:ファブレス企業が増加
- 80年代後半:EDAが1つの産業に

製造装置企業の役割の変化

50年代: デバイス企業による内製

60年代: 装置企業の増加

70年代: 装置産業の誕生

80年代: プロセス開発の分担

90年代: プロセス開発の増加

垂直非統合とキャッチアップ

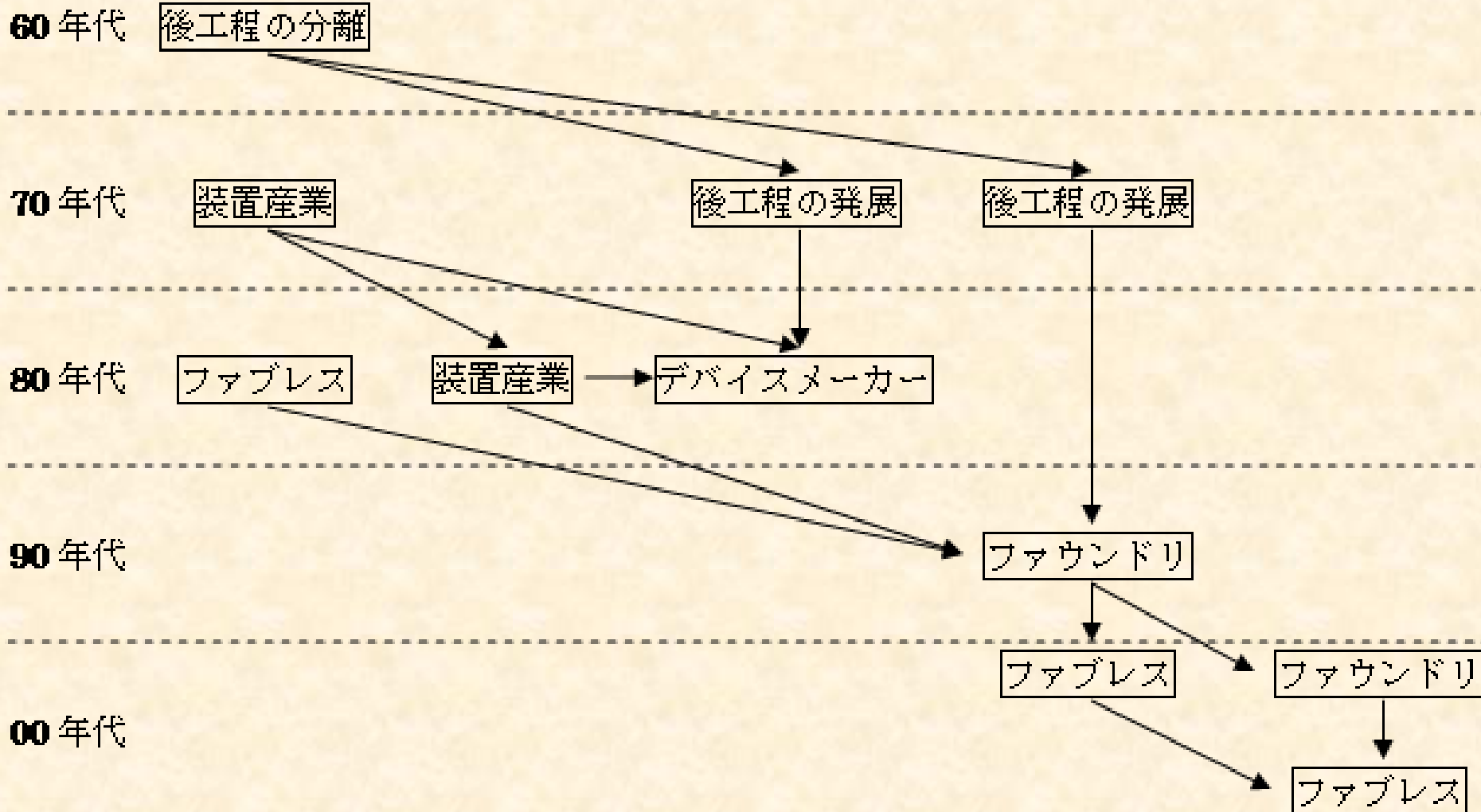
米国

日本

韓国

台湾

中国



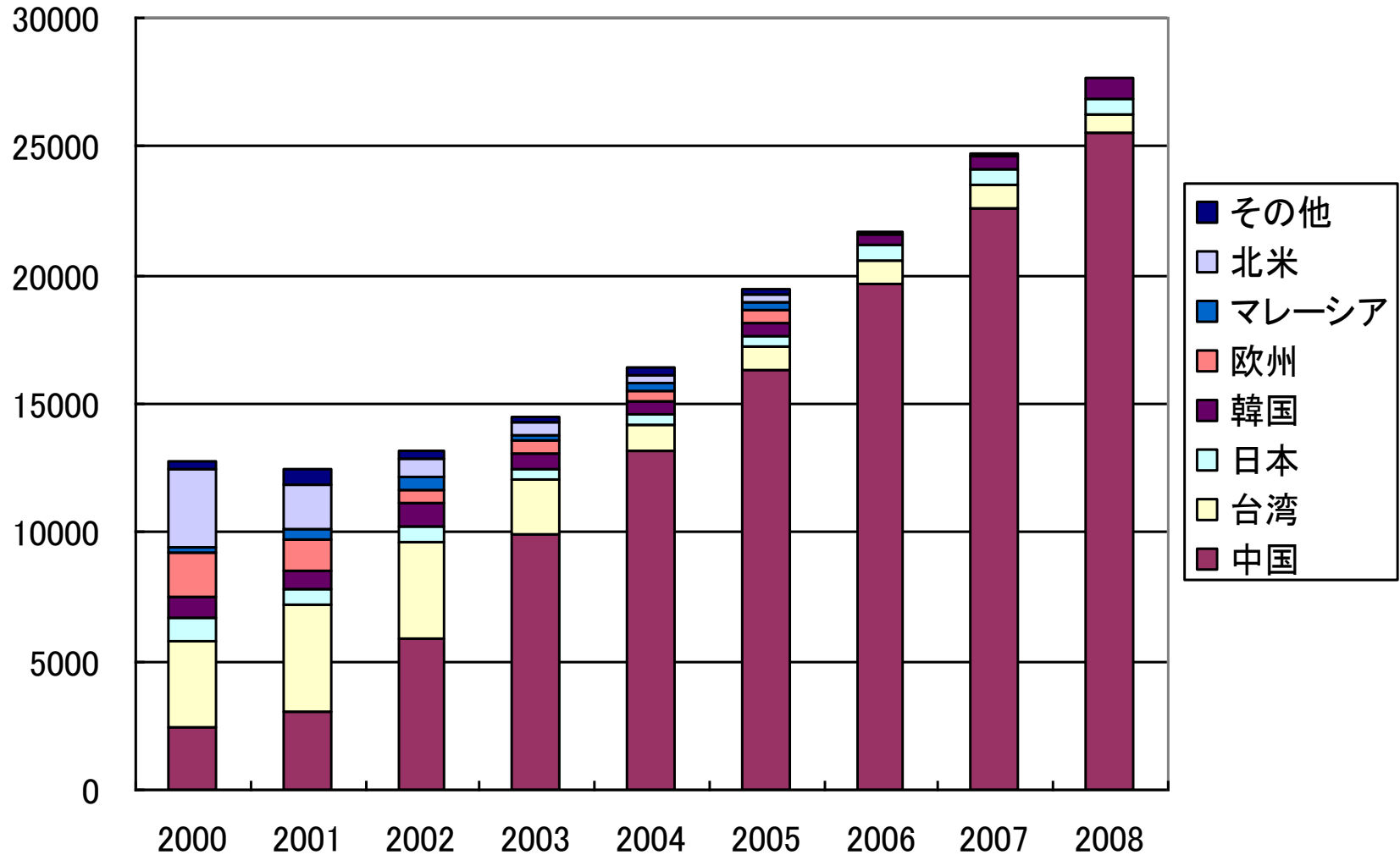
出所: 末永啓一郎 (2009)「東アジアにおける半導体産業のキャッチアップ——デバイスメーカーと製造装置メーカーの関係に焦点をあてて——」『日本貿易学会年報』第46号、56-63頁。

パソコン部品の分業体制 (モジュール・クラスター)

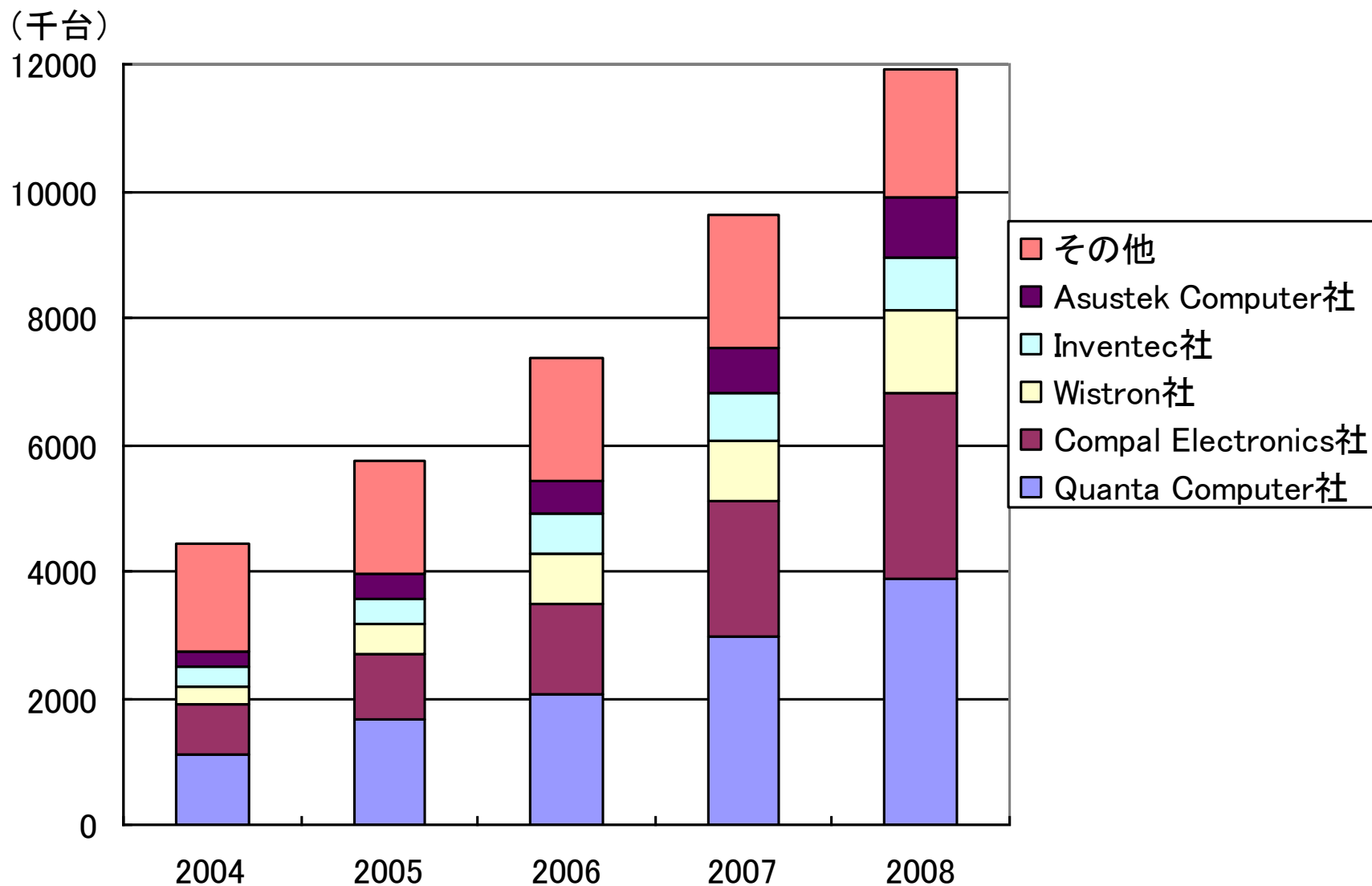
- OS: マイクロソフト
 - CPU: インテル、AMD
 - DRAM: サムスン、ハイニックス、マイクロン
 - LCD: サムスン、LG、友達光電
-
- パソコンの生産企業は台湾
 - パソコンの生産地は中国

パソコンの地域別生産台数

単位:万台



世界のノートパソコンの生産台数(2008年は予測)



分業について

- 企業内分業、産業内分業、産業間分業
- 垂直分業、水平分業
- 垂直非統合、水平非統合
- その他の分業概念

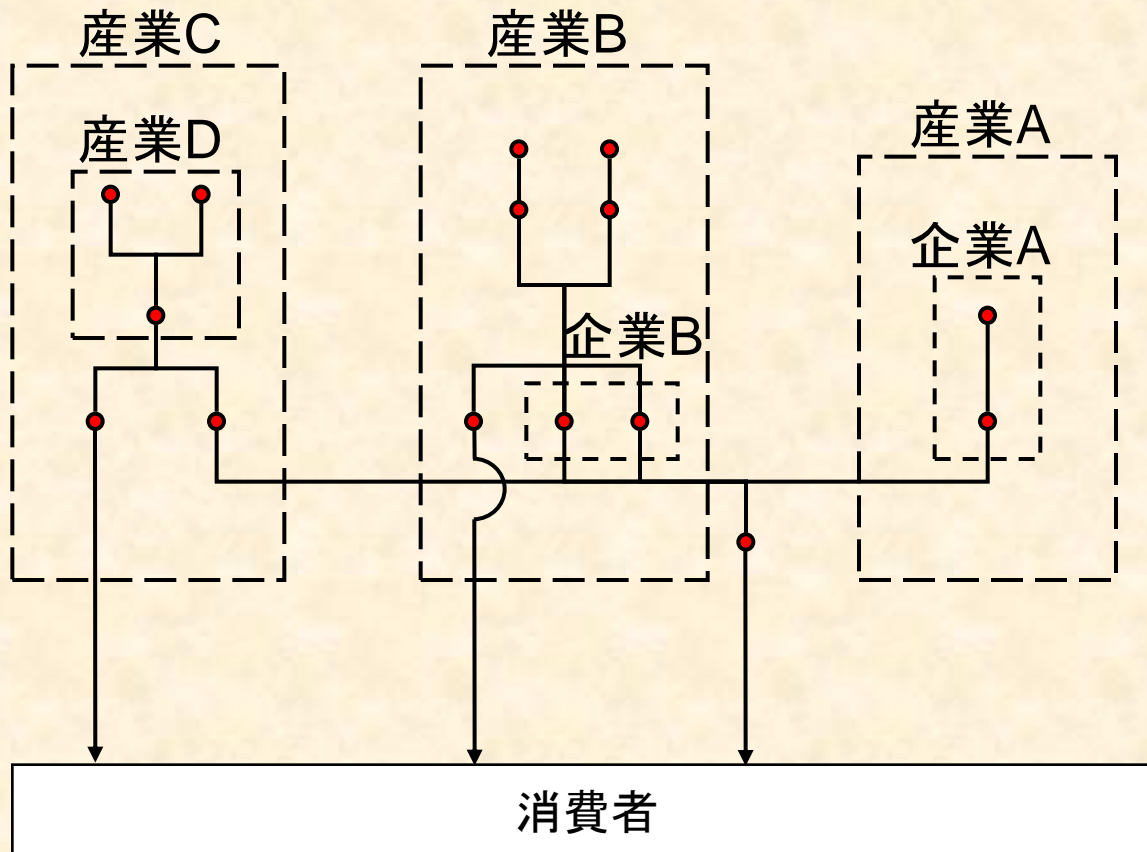
フラグメンテーション、アウトソーシング、
オフショアリング、アンバンドリング、

スピンオフ、モジュール・クラスター、OEM

垂直貿易、産業内貿易、選択と集中、商品連鎖

図：経済活動と分業

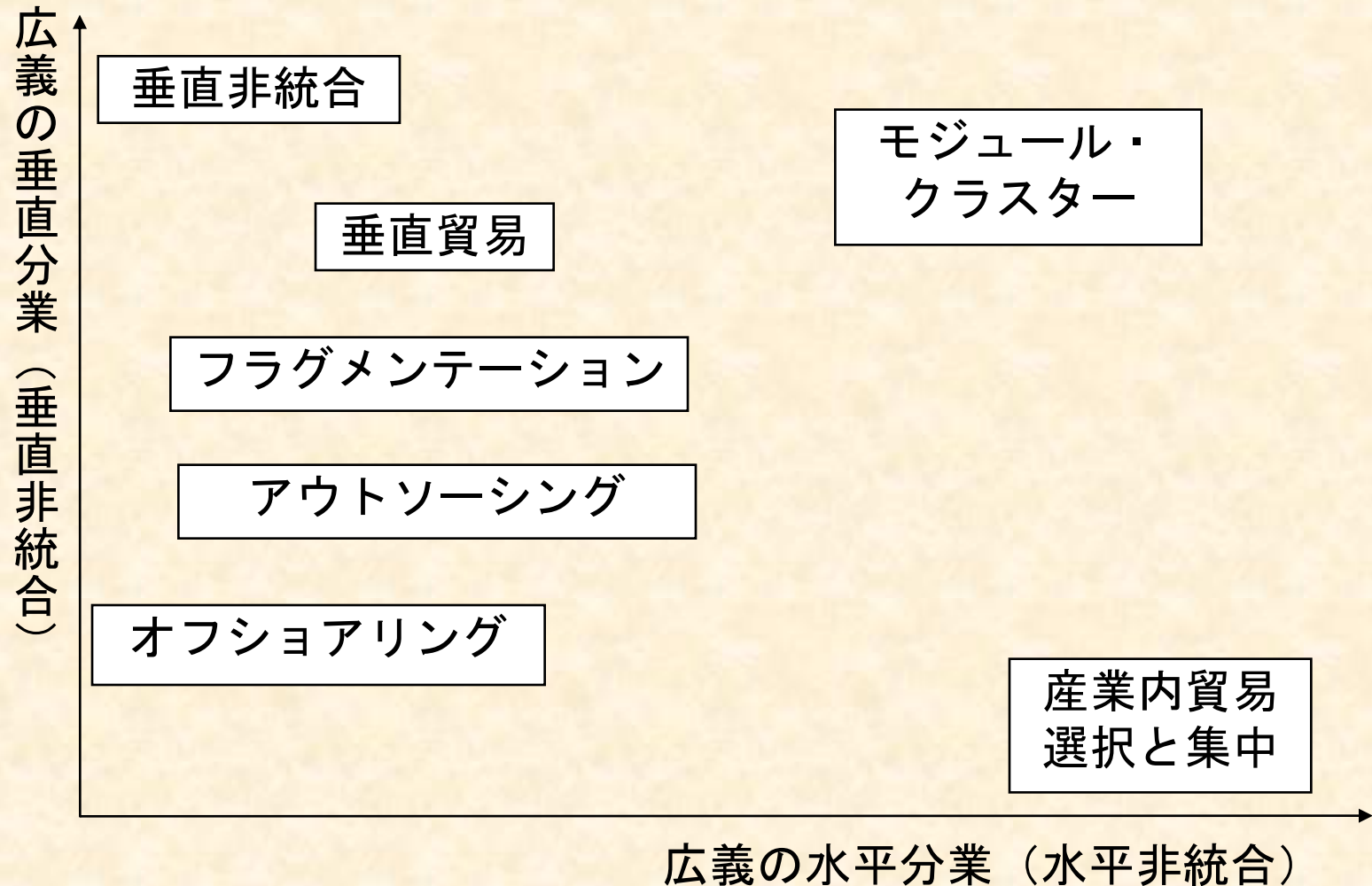
●--- 生産工程



分業概念の整理

- 広義の垂直分業（垂直非統合）
フラグメンテーション、アウトソーシング
アンバンドリング、オフショアリング
- 広義の水平分業（水平非統合）
産業内貿易、選択と集中
- 両方
モジュール・クラスター

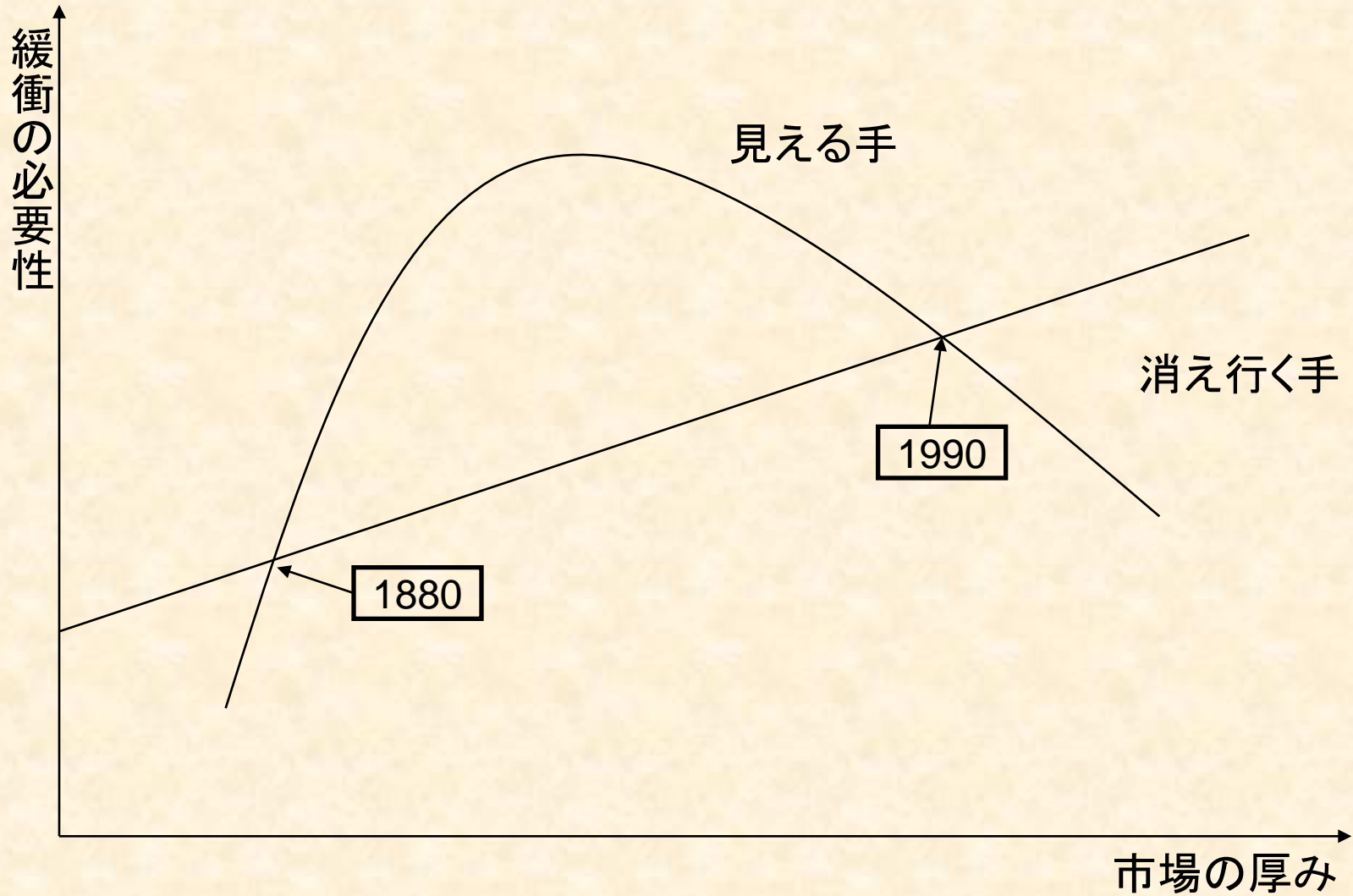
図：広義の垂直分業と水平分業



分業の進展

- Smith (1776) : 見えざる手 (invisible hand)
分業の程度は市場の規模に依存
- Chandler (1977) : 見える手 (visible hand)
近代企業が市場メカニズムにとって代わる
- Langlois (2003) : 消えゆく手 (vanishing hand)
Chandlerの「経営革命」は一時的な現象
市場の拡大→Smithの分業

図：消え行く手

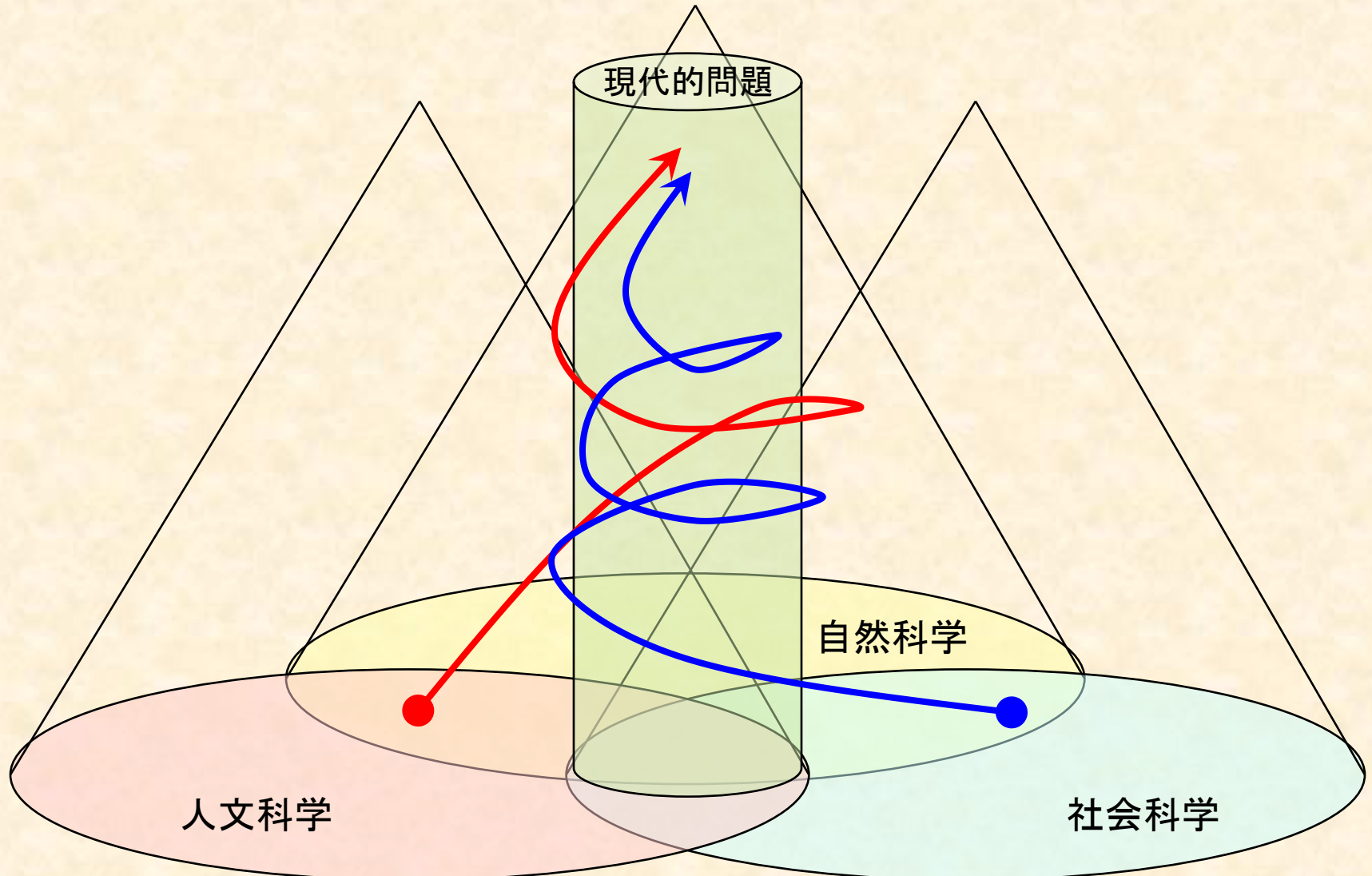


出所：Langlois (2003)

オープン・イノベーション

- 従来の垂直統合モデル
企業内のR&D活動が製品の社内開発をリード
その製品を同じ会社が流通させる
- オープン・イノベーション・パラダイム
社内アイデアとともに社外アイデアも活用
知識の流出入を自社の目的にかなうように利用
社内外のアイデアを結合してシステムにまとめる

フンボルト型の学び方



出所：阪井和男(2009)「教育の機能を考えなおす——「知識」と「能力」の織りなす綾——」
情報コミュニケーション学会第6回全国大会基調講演。

分業とイノベーション

- Adam Smith (1776)
分業→生産性の増大とイノベーションの実現
- しかし分業が進むと、全体が見づらくなる
パラダイム転換が困難になる
- 共鳴場やネットワークが重要になる

おわりに

- 分業の進展に伴う共鳴場の必要性
 - 構造転換期には知の創造が重要
 - 知の創造のための一貫したシステムが必要
 - パラダイム破壊型イノベーション
- OSと日本語プログラミングも↓が必要？