

# 建設産業のキャパシティとイノベーション 建築分野から見て

東京大学生産技術研究所  
野城智也

Copyright(C)2015 Tomonari Yashiro, Inst. of Industrial Science, The Univ. of Tokyo, All rights reserved

1

## お話の内容

1. 建設産業のキャパシティとは何か？
2. 設計品質確保にかかわる建設産業のキャパシティ
3. イノベーションとは何か？
4. 建設産業におけるイノベーション力を涵養するために

Copyright(C)2015 Tomonari Yashiro, Inst. of Industrial Science, The Univ. of Tokyo, All rights reserved

2

3

# 1 建設産業のキャパシティとは何か？

Copyright(C)2015 Tomonari Yashiro, Inst. of Industrial Science, The Univ. of Tokyo, All rights reserved

3

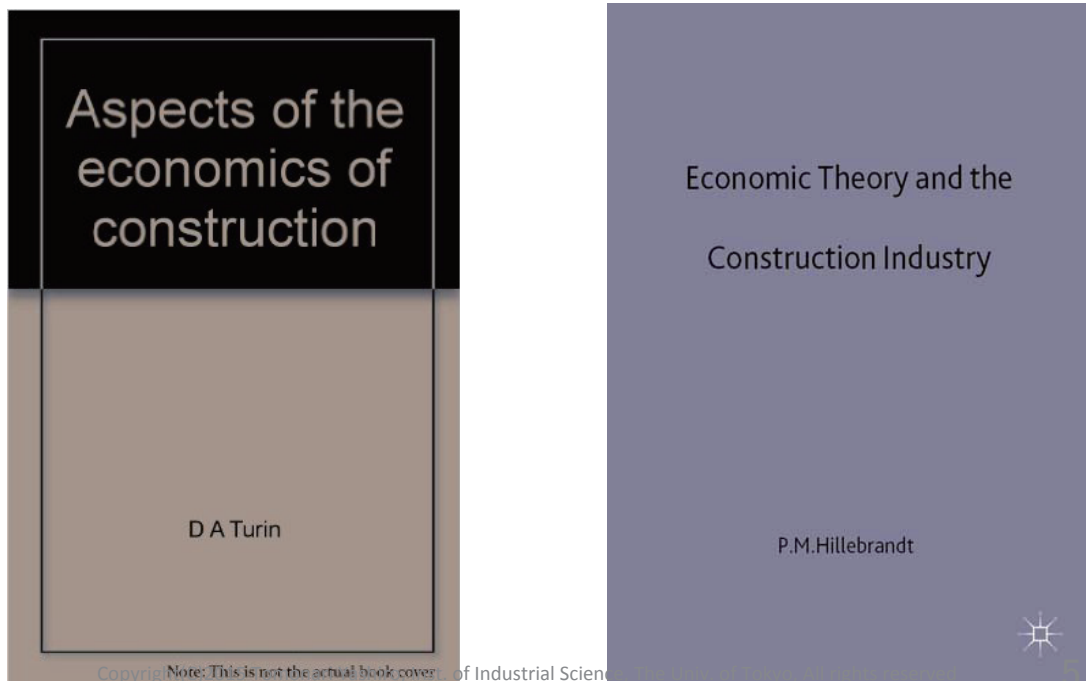
## 建設産業のキャパシティとは何か？ (野城による定義)

当該国または当該地域における建設産業が、  
その時点で利用可能な経営資源によって  
生産可能なアウトプットの最大量

Copyright(C)2015 Tomonari Yashiro, Inst. of Industrial Science, The Univ. of Tokyo, All rights reserved

4

Hillebrandt, Patricia M. "The capacity of the industry." Aspects of the Economics of Construction (1975): 225-57



Hillebrand: 建設産業のキャパシティ把握法  
人材資源に関して

1. 建設産業を、人材資源の移転がなされづらい部門(例、建築と土木、野丁場と町場)に分ける
2. 各部門において、生産能力全体の制約条件となりうる人材資源(例、最も需給の逼迫した専門工事職種)を特定する。
3. 外部からの以下のような要因による経営資源の増加量を見積もる。
  1. 労働時間の延長、雇用されていない当該専門職種人材の雇用
  2. 生産性の向上
  3. 当該人材の増加(他産業からの転職、外国・域外からの流入、職業訓練による入職者数など)

## Hillebrand: 建設産業のキャパシティ把握法 材料資源に関して

1. 生産可能な建設材料・部材量によって見込まれる産出量
  - スtockしている原材料
  - 利用できる生産設備の増加
  - 稼働量向上
2. 生産性の向上、または産出増加量輸入による産出増加量
3. 固定資本、生産方法、政府の政策変更による産出増加量

Copyright(C)2015 Tomonari Yashiro, Inst. of Industrial Science, The Univ. of Tokyo, All rights reserved

7

## 建設産業のキャパシティを評価するために 必要なデータ群 (Hillebrandt(1975)をもとに筆者作成)

a.	元請企業者、専門工事業者の数、経験実績、経営資源の保有状況(生産設備)
b.	建設関連職能者、技術者、熟練技能技術者、非熟練技能技術者の専門種別数(及びそれらの内の雇用者数、非雇用者数)
c.	月別・年別 建設材料・部材の生産高、出荷高、在庫高
d.	月別・年別 竣工及び施工中の各種建設物種別 生産出来高及び産出額
e.	建設関連の教育、訓練及び修業中の員数
f.	建設材料・部材の製造者の設備投資計画に関する情報
g.	建設の主要分野における一人あたり産出額及び生産性に関するデータ

Copyright(C)2015 Tomonari Yashiro, Inst. of Industrial Science, The Univ. of Tokyo, All rights reserved

8

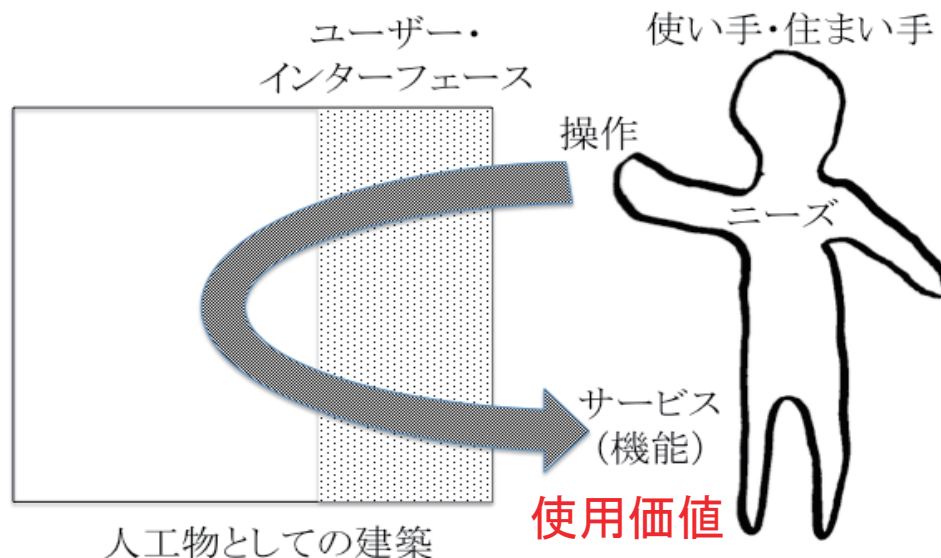
## 2 設計品質確保にかかわる建設産業のキャパシティ

Copyright(C)2015 Tomonari Yashiro, Inst. of Industrial Science, The Univ. of Tokyo, All rights reserved

9

### 建築設計品質とは何か？(野城による定義)

建築設計により実現した人工物から  
建築の使用者・居住者が引き出せる使用価値が、  
使用者・居住者の明示的・暗黙的要求条件に適合する程度



受益者である建築の使用者・居住者が期待する使用価値を享受できなければ、  
要求条件を満たしているとは言い難いと考え

10

## 建築設計品質・四要素

1. 設計において構想された建築の形状、空間、機能が建築の使用者・居住者のもつ明示的・暗黙的要求条件に適合する程度
2. **表現できているか？**
  - 構想された建築の形状、空間、機能が、図面等の設計情報として過不足なく表現されている程度
3. **人工物として実現出来ているか？**
  - 図面等の設計情報として表現された内容が、人工物として実現する程度
4. 実現した人工物から引き出せる使用価値が、使用者・居住者の明示的・暗黙的要求条件に適合している程度

## 建築設計品質・四要素・担い手

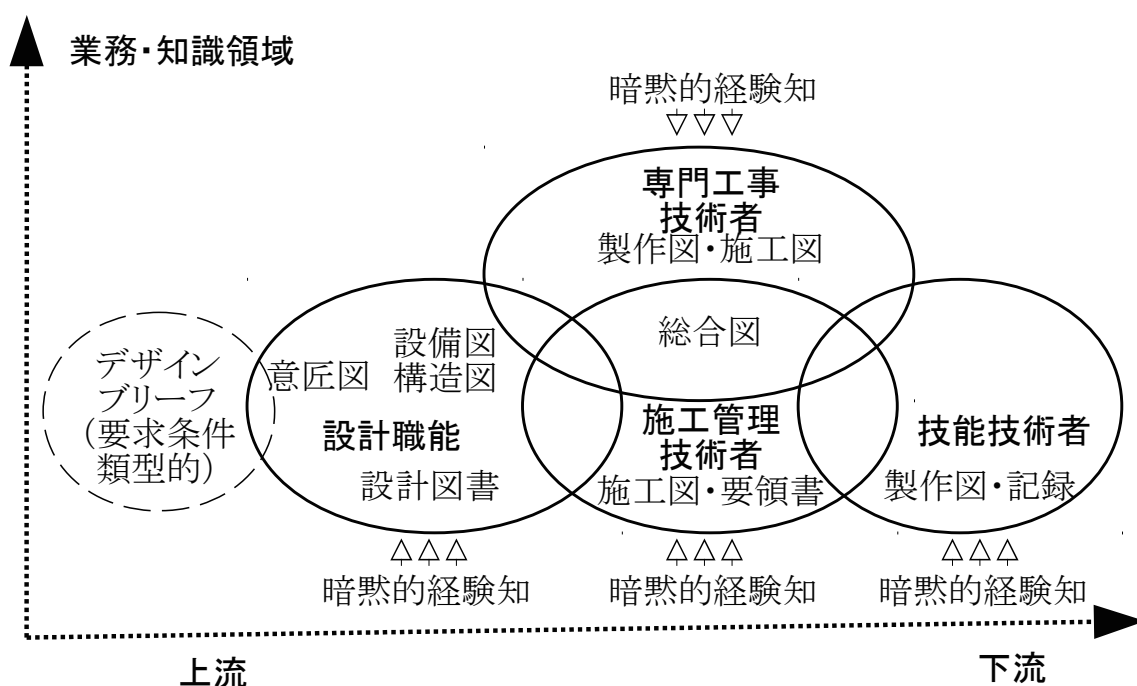
建築設計品質は、様々な主体の関与が連鎖しながら、集積的に形成される (collective approach) ことから

1. デザイン・ブリーフの作成者
2. 建築設計者
3. 建築の生産プロセスにおいて図面等の情報を作成する元請企業、専門工事業、部材・材料生産者など
4. 技能技術者
5. 部材・材料の生産現場の技術者
6. 建築生産管理技術者
7. 監理技術者
8. 建築の使用者・居住者
9. 使用者・居住者への情報提供者

# 建築設計品質に係わる建設産業のキャパシティ 野城による定義

当該国または当該地域における建設産業が、  
その時点で利用可能な経営資源によって、  
使用者・居住者からみて  
受け入れ可能な建築設計品質水準を満たすことを前提に  
生産可能な  
アウトプットの最大量

## 建築設計品質は如何にして担保されてきたか 補完的な連鎖・集積による建築設計品質の作り込み慣行・概念図



## 補完的な連鎖・集積による 建築設計品質の作り込み慣行

1. 設計職能が作成する設計図書において、構想された建築の形状、空間、機能が、図面等の設計情報に必ずしも過不足なく表現されているわけではない しかし
  - 元請企業の施工管理技術者や、専門工事企業の技術者と、濃密なコミュニケーションをとることにより、
  - 不足内容は施工図、製作図、総合図のなかで表現されてきた。
2. 施工図、製作図の意図を読み取り理解できる技能技術者が、仮に要領書・作業手順書が示されなくとも、
  - 自らの経験知に基づいて技術的詳細を決定し、
  - 図面等の設計情報に込められた意図を人工物として実現していた

## 補完的な連鎖・集積による 建築設計品質の作り込み慣行を支えてきた 暗黙的経験知

### 設計職能

- どのような情報を設計図書で明示し、
- どのようなことがらを口頭で議論しておけば、
- 施工管理技術者、専門工事技術者、技能技術者が具現化していってくれるのか

### 施工管理技術者

- 施工可能性(Buildability)を向上させるために建築の技術的詳細(detail)を如何に洗練させていけばよいのか
- 設計職能と如何にコミュニケーションすればよいのか
- 専門工事技術者が作成する施工図をどのようにして整合させればよいのか



## 補完的な連鎖・集積による 建築設計品質の作り込み慣行を支えてきた 暗黙的経験知

### 専門工事技術者

- 発注者もしくは建築の使用者・居住者の暗黙の要求条件を推測設定する
- 設計職能、施工管理技術者から示された明示的要求条件及び前記の発注者・使用者・居住者の暗黙の要求条件を満たすための技術的詳細を構成する

### 技能技術者

- 図面、要領書・手順書に示された要求条件や、
- 想像されうる発注者・使用者・居住者の暗黙の要求条件を満たすために、
- どのような手順でどのように生産作業をすればよいのかを決めていく

## 建築設計品質に懸念を抱かざるを得ない案件例

### 1. 設計職能の作成する設計図書に関する問題

建築の形状、空間、機能を理解することが困難

- 限定された情報しか示されていない
- 内容が不整合である
- 施工可能性(Buildability)に関する問題を含んでいる

## 建築設計品質に懸念を抱かざるを得ない案件例 2. 施工管理技術者の監督下で書かれた施工図

- 設計職能の意図と大きく乖離している。
- 他プロジェクトの施工図の使い回し、もしくは標準図の使い回しにより、当該プロジェクトが適用範囲とはなりえない技術・構法が含まれている。
- 他の施工図、各専門工事技術者が作成した図面の内容と整合しない

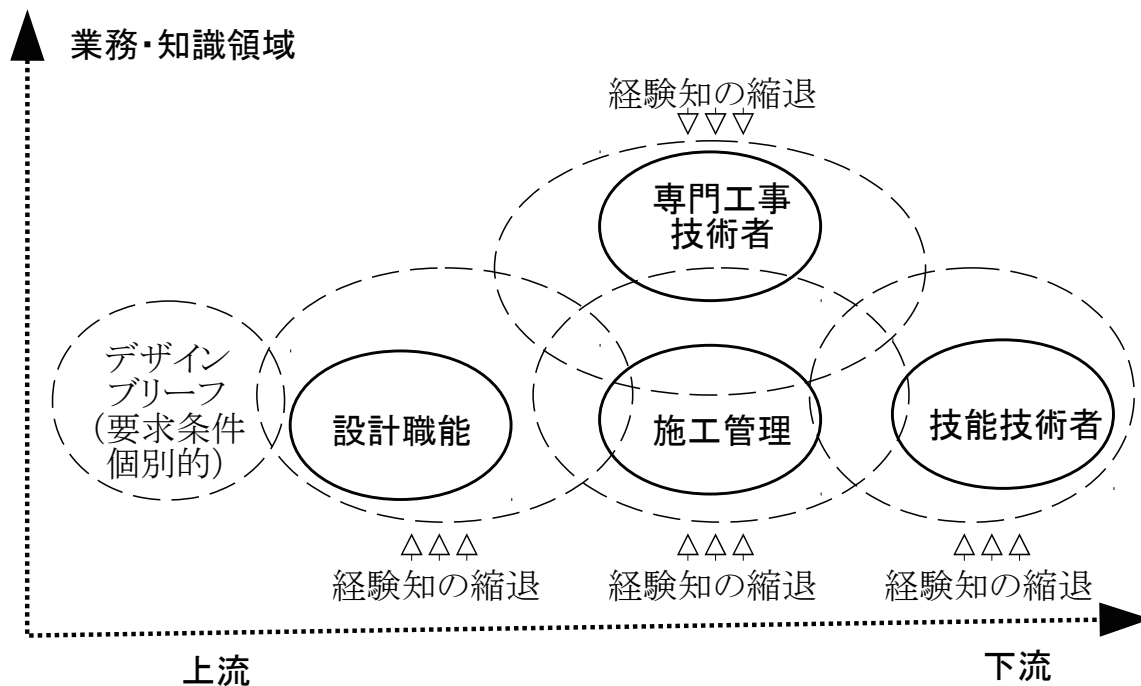
## 建築設計品質に懸念を抱かざるを得ない案件例 3. 専門工事技術者の作成した施工図

- 設計職能の意図と大きく乖離している。
- 設計職能の設計図書が、想像されうる発注者・使用者・居住者の暗黙の要求条件に適合していない疑いが生じても、そのまま設計してしまう。
- 他の専門工事の担当範囲とのインタフェースに関する配慮が不十分である

### 4. 技能技術者

- 明確に指示されたこと以外には関心を払わなくなり、発注者・使用者・居住者の要求条件を想像しつつ生産作業を行わなくなった。

## 経験知縮退により発生する設計品質確保上の乖離



Copyright(C)2015 Tomonari Yashiro, Inst. of Industrial Science, The Univ. of Tokyo, All rights reserved

21

### 補完的な連鎖・集積による建築設計品質の作り込みプロセスを支えてきた暗黙的経験知が縮退

1. 建築設計職能、建築生産管理技術者、技能技術者数の減少
2. 建築市場の縮小に伴う経験知識の縮小
  - (経験的知識を形成する機会の減少)
3. 経験知の移転制約
  - (引退する高齢技術者の暗黙的経験知が移転されない)
4. 専門分化による知識の分散化
5. まとめ役人材の減少、能力低下

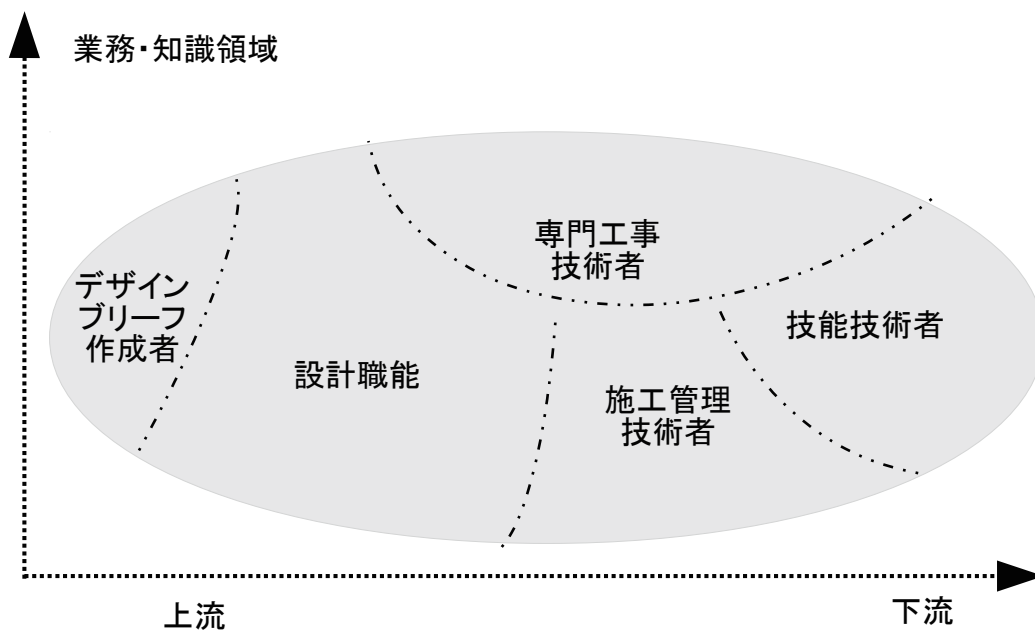
Copyright(C)2015 Tomonari Yashiro, Inst. of Industrial Science, The Univ. of Tokyo, All rights reserved

22

## 将来シナリオの必要性

- 建築設計品質の確保が、我が国の建設産業のキャパシティ全体を決定づける制約条件になりうる可能性
- 社会的課題の解決に対して、建設産業が対応出来なくなってしまう可能性
- 経験知縮退による乖離を放置することは不作為
- 建築設計品質にかかわる諸主体の分担関係について見直す（＝個人能力依存による不確実性を低める）

## シナリオ1:各主体への業務分担割り付け 設計情報枠組基準(仮称)



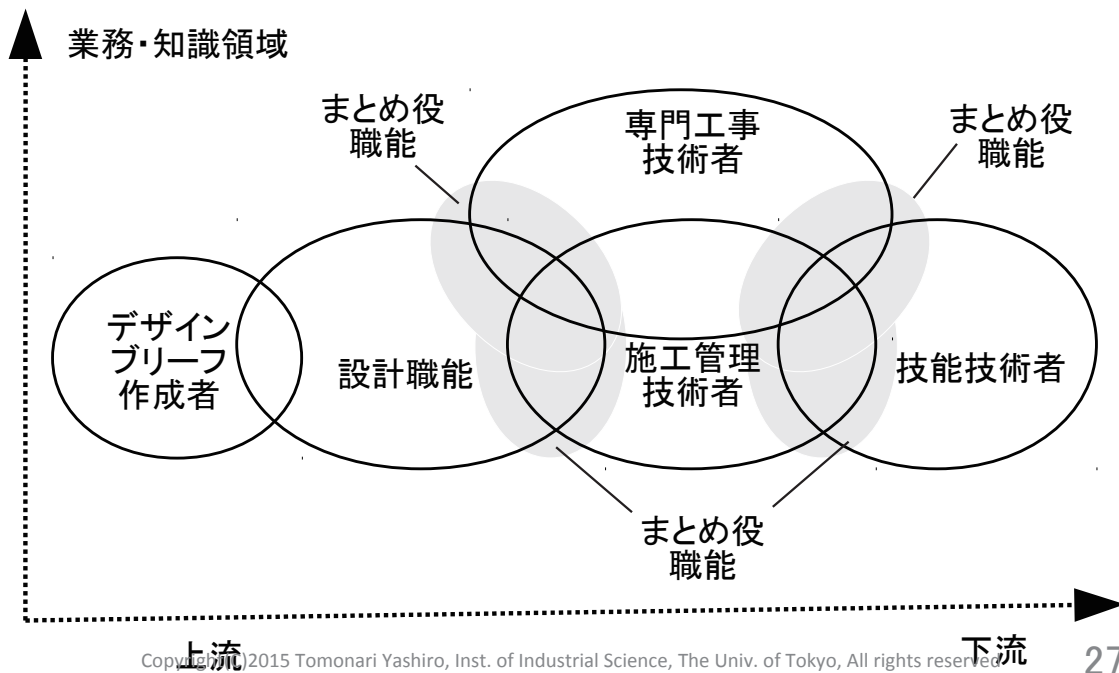
## シナリオ1:各主体への業務分担割り付け 期待される利点

1. 理屈上は、主体間の乖離はおきづらくなる
2. 責任範囲の明確化
  - 担当領域にかかわる経験知の蓄積・涵養に動機付け
  - 縮退しつつある経験知に歯止め
  - 責任の裏付けとなる能力構築を促す
3. 設計情報枠組基準(仮称)に即してBIM(Building Information model)を設定
  - 設計の効率性及び設計品質の向上を図ることができる

## シナリオ1:各主体への業務分担割り付け シナリオ実行にあたっての課題

1. 従来の契約とは異なる考え方
  - 標準約款などの改訂が必要
  - 改訂のために合意形成は必ずしも容易でない
2. 自らの責任範囲が明確にされるというあり方が、従来の慣行と異なる
  - マインドセットが変更できるか未知数
3. BIMを導入
  - 設計職能から技能技術者に至るまで全ての主体が、一貫して3次元の情報モデルを扱う能力を構築していく必要性

## シナリオ2:「まとめ役」の導入 隙間になる領域を紡いでいく「まとめ役」を明示的に指名 (cf.自動車産業:重量級プロダクト・マネージャー、 ソフトウェア産業:システム・インテグレーター)



27

## シナリオ2:「まとめ役」の導入 期待される利点

1. 十分な資質をもった「まとめ役」がその役割を果たすことができるならば、領域乖離による建築設計品質は抑止できる。
2. 各主体のマインドセットや業務慣行を大きく変える必要はない
3. 標準約款などを改訂する必要もない

## シナリオ2:「まとめ役」の導入 シナリオ実行にあたっての課題

1. 「まとめ役」を務めることのできる人材は経験知の集積から生まれる
  - 有能な「まとめ役」職能を如何に育成するのか？
2. 自らの責任範囲を意識して、経験知の蓄積・涵養、能力構築する動機付けが弱い
  - 経験知の縮退歯止めには有効に機能しないおそれ
3. 全ての負担、責任を「まとめ役」に押しつけられるおそれ
4. BIMを導入する動機付け弱い

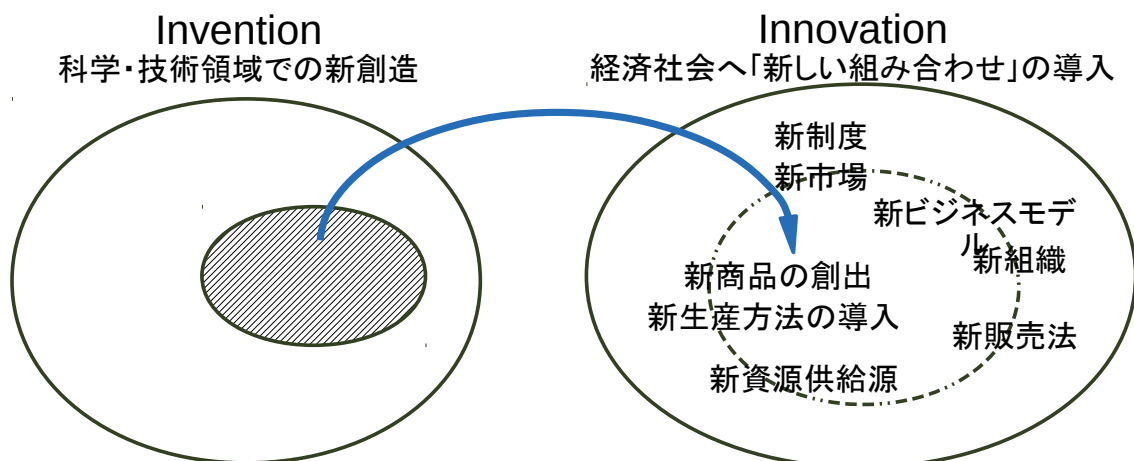
## 二つのシナリオ;二者択一ではない シナリオ1:各主体への業務分担割り付け シナリオ2:「まとめ役」の導入

プロジェクト特性による適用範囲の相違  
試行しながらシナリオを修正していく

乖離(設計品質の穴)を放置してはいけない

### 3. イノベーションとは何か？

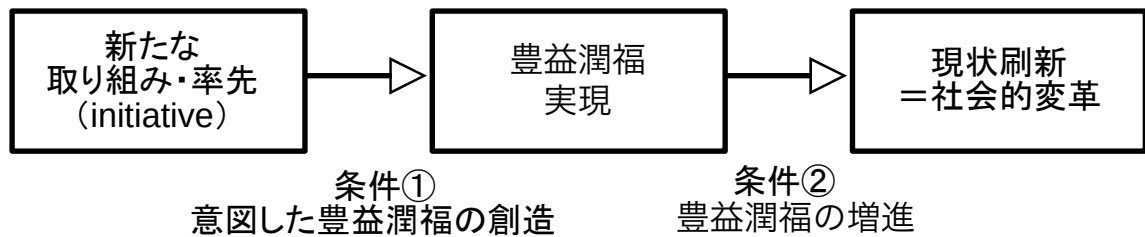
Innovation ≠ 技術革新  
Innovation ≠ 発明(invention)





## イノベーションとは？

何らかの新たな取り組み・率先 (initiative) により、  
何らかの豊益潤福を創造・増進し、  
現状を刷新するような社会的変革を生み出すこと



Innovation ≠ 技術革新  
Innovation ≠ 発明(invention)

Copyright(C)2015 Tomonari Yashiro, Inst. of Industrial Science, The Univ. of Tokyo, All rights reserved

33

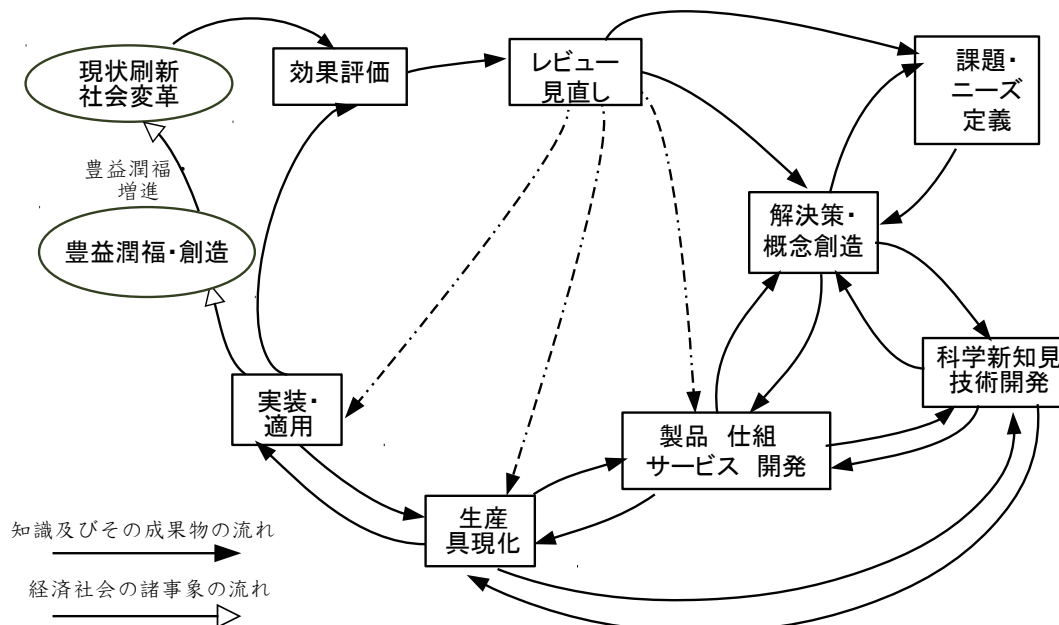
## 豊益潤福とは

- 野城による造語
- 「豊」= 精神的・身体的・経済的な充足  
(richness and fullness)
- 「益」= 人や社会に役立つこと 利便性、便益の向上  
(benefit)
- 「潤」= 精神的・身体的・経済的な潤い  
(amenity)
- 「福」= しあわせ  
(welfare)

Copyright(C)2015 Tomonari Yashiro, Inst. of Industrial Science, The Univ. of Tokyo, All rights reserved

34

## Innovation Process Mata-Model 現代イノベーションは分担協調型 単線プロセスではなく、複線循環



Copyright(C)2015 Tomonari Yashiro, Inst. of Industrial Science, The Univ. of Tokyo, All rights reserved

35

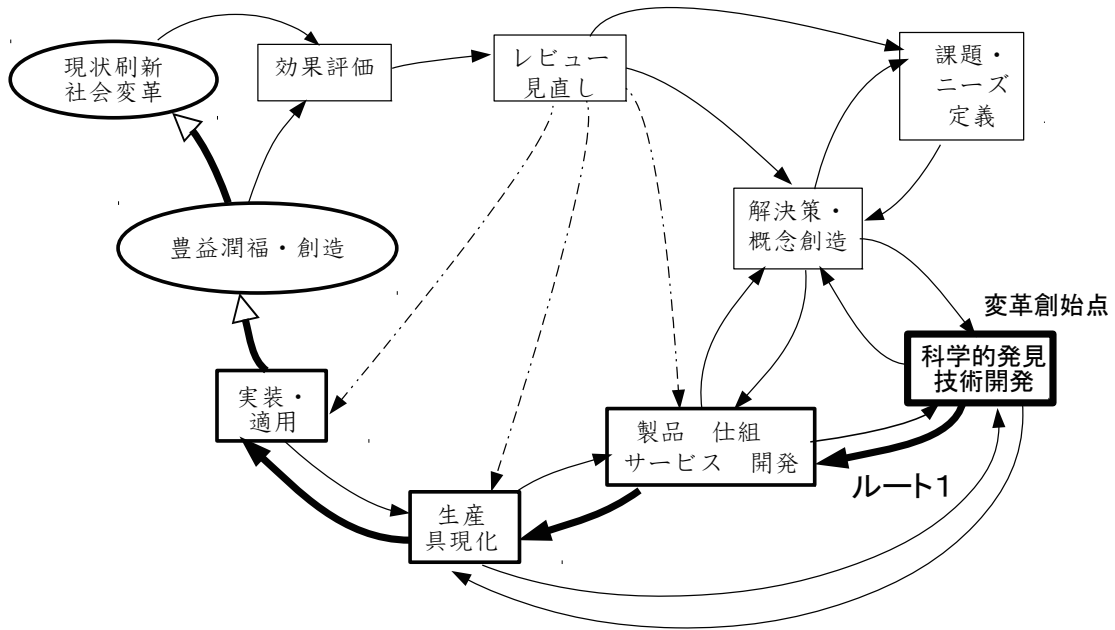
### IPMmodel: Innovation Process Meta model 循環型・複線型

- 特徴1 ループ状の循環プロセスである
  - Learning by doing (実行しながら学ぶ)
  - Learning by using (使いながら学ぶ)
- 特徴2 変革創始点を限定していない
- 特徴3 複線のフィードバック・プロセスを含んでいる
- 特徴4 イノベーションの隘路を俯瞰的に表現しやすい
- 特徴5 Demand side及び Supply sideの行動・活動を含む

Copyright(C)2015 Tomonari Yashiro, Inst. of Industrial Science, The Univ. of Tokyo, All rights reserved

36

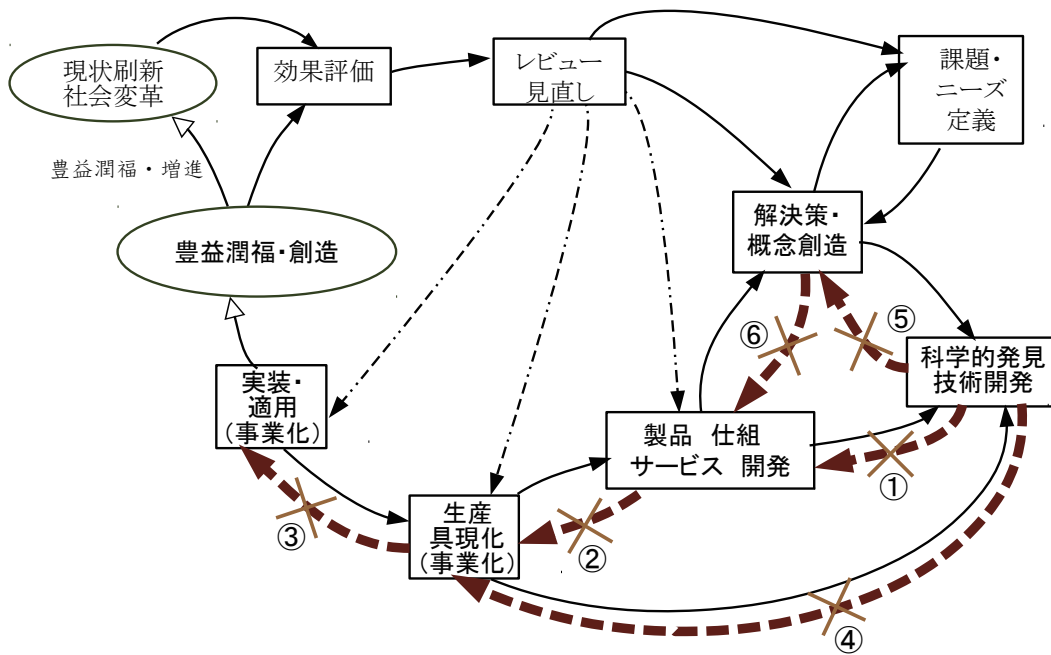
# 科学推動型(Science push)イノベーション



Copyright(C)2015 Tomonari Yashiro, Inst. of Industrial Science, The Univ. of Tokyo, All rights reserved

37

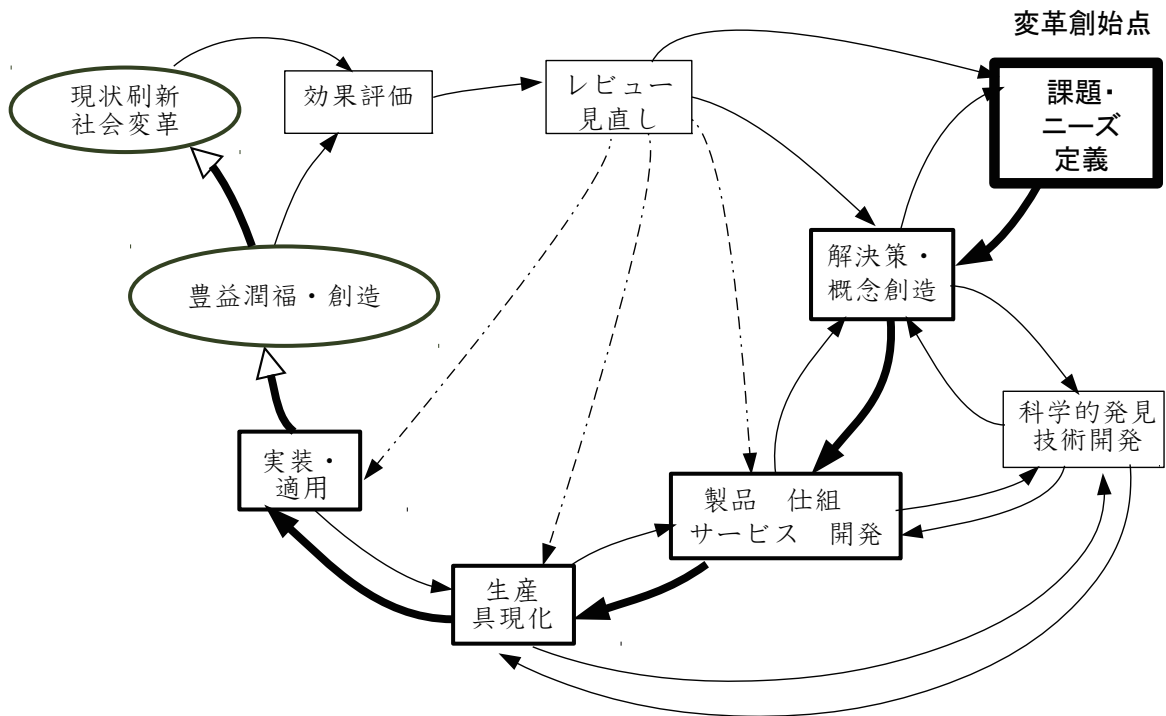
# 「死の谷valley of death」



Copyright(C)2015 Tomonari Yashiro, Inst. of Industrial Science, The Univ. of Tokyo, All rights reserved

38

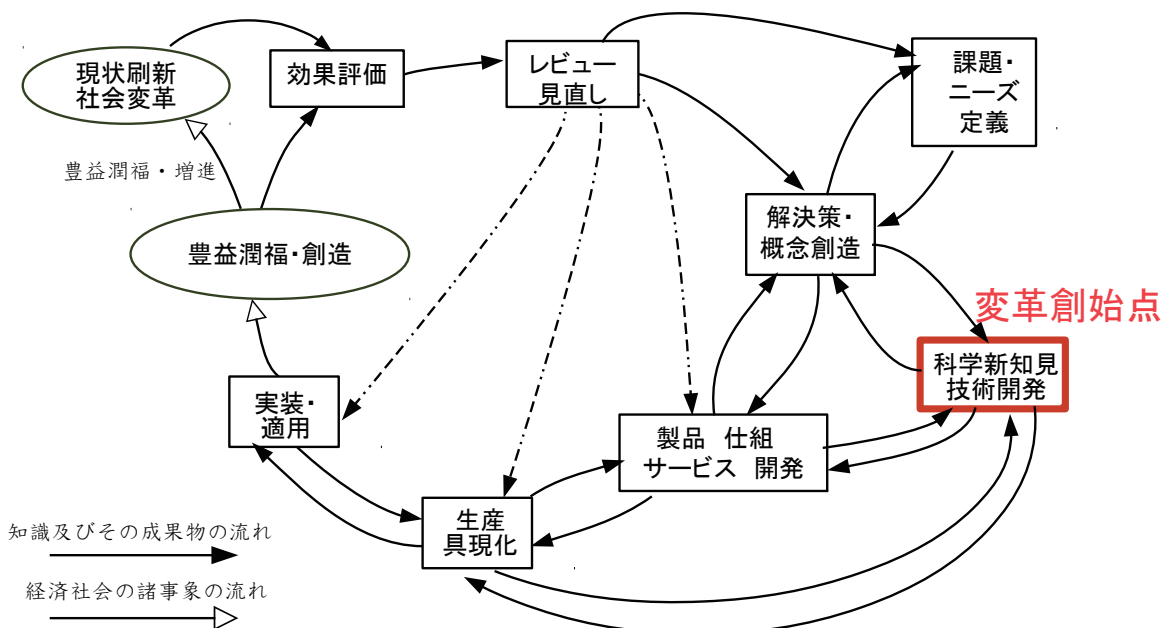
# 課題引動型(Demand Pull)イノベーション



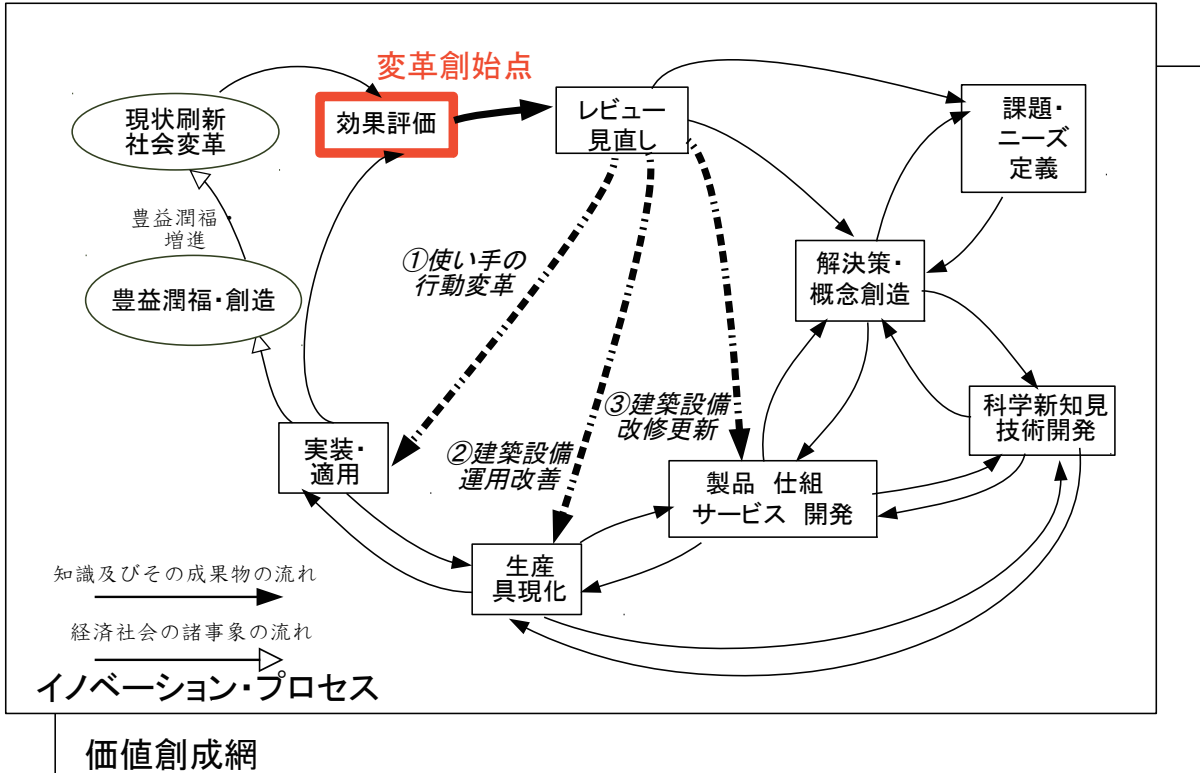
Copyright(C)2015 Tomonari Yashiro, Inst. of Industrial Science, The Univ. of Tokyo, All rights reserved

39

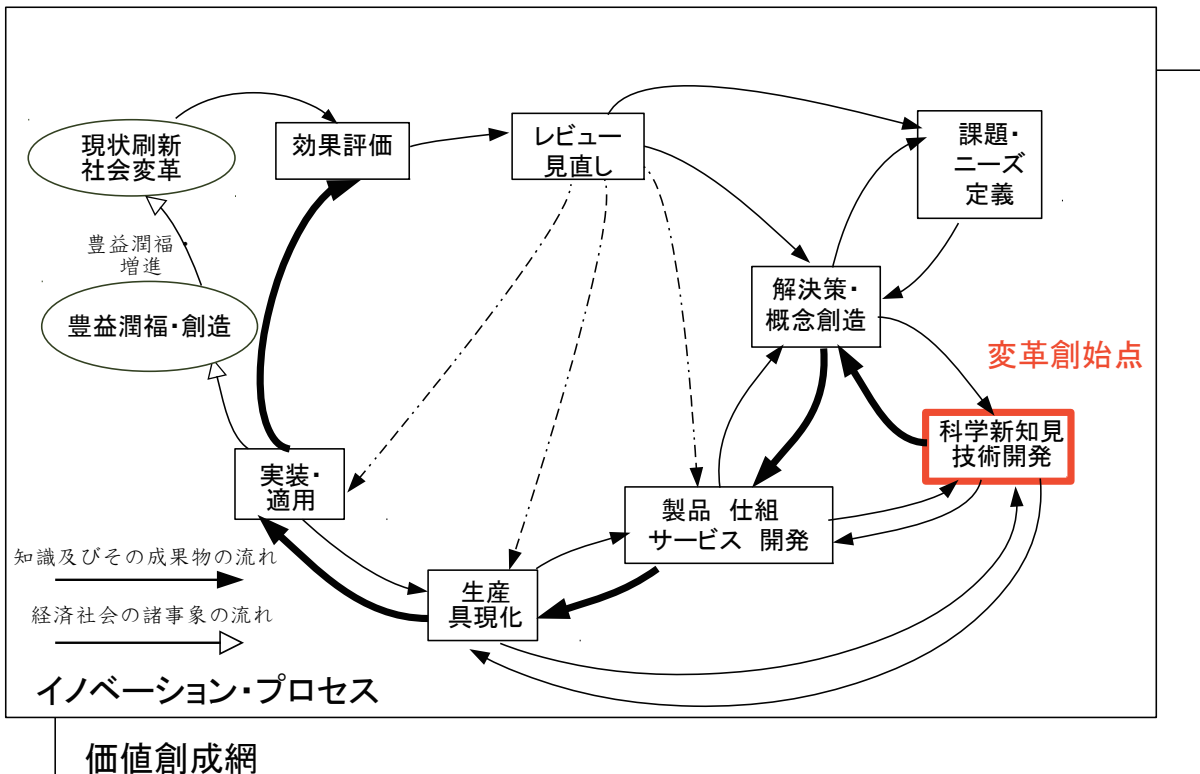
変革創始点 stages at which innovative changes has launched  
 イノベーション・プロセスにおいて、新たな取り組み・率先 (initiative) がなされ、  
 イノベーションに至る変革が生起・創始される活動段階



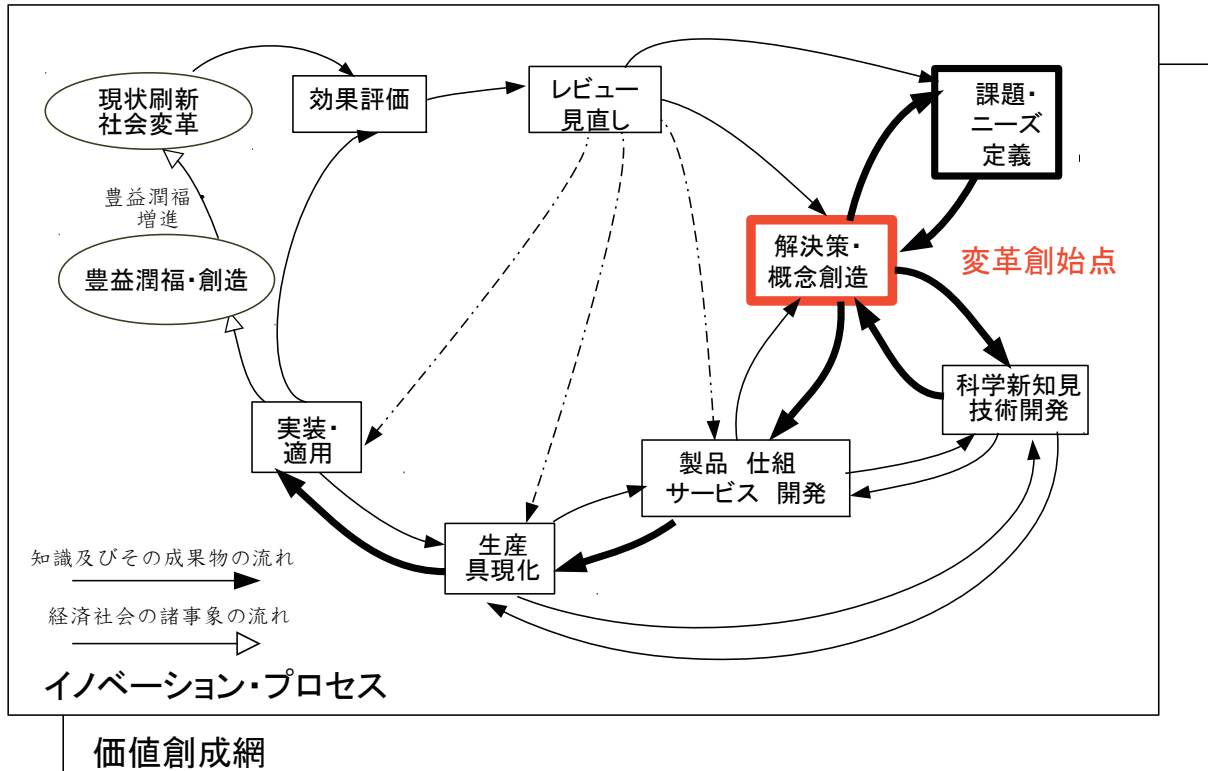
# Smart energy management system



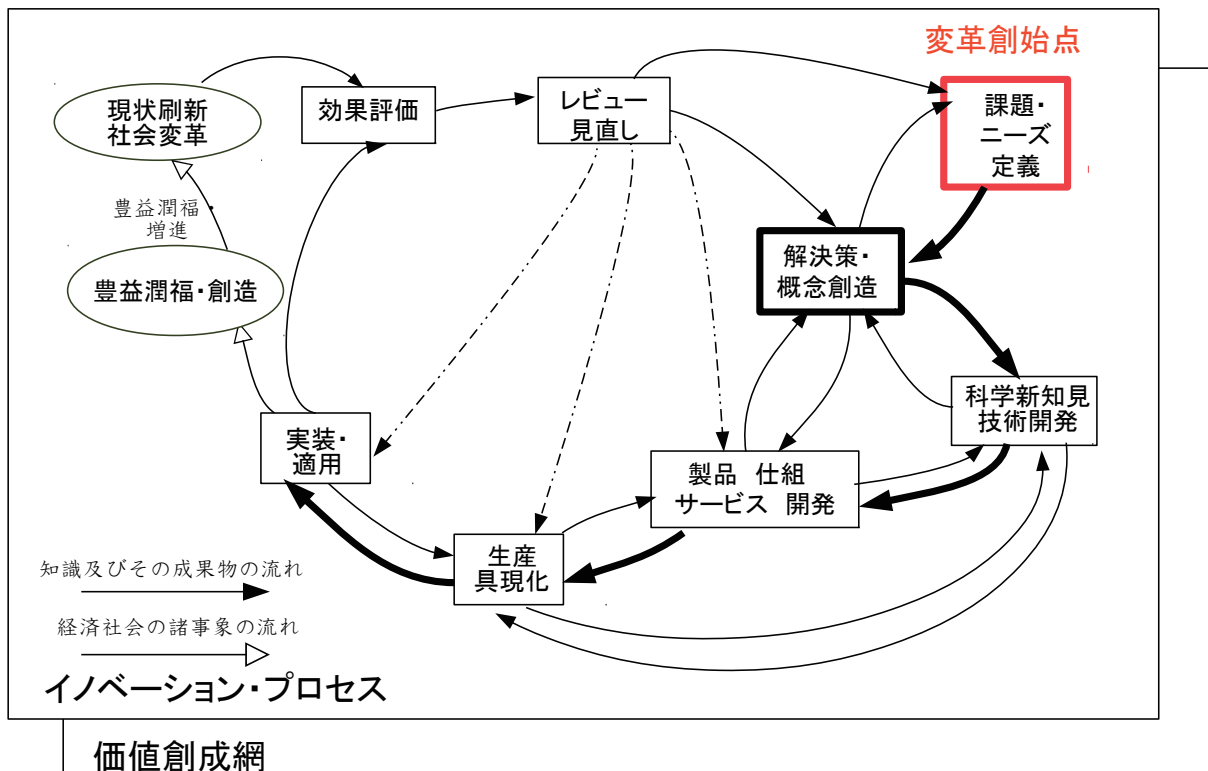
# スマート建築開発



# いえかるて 住宅履歴書



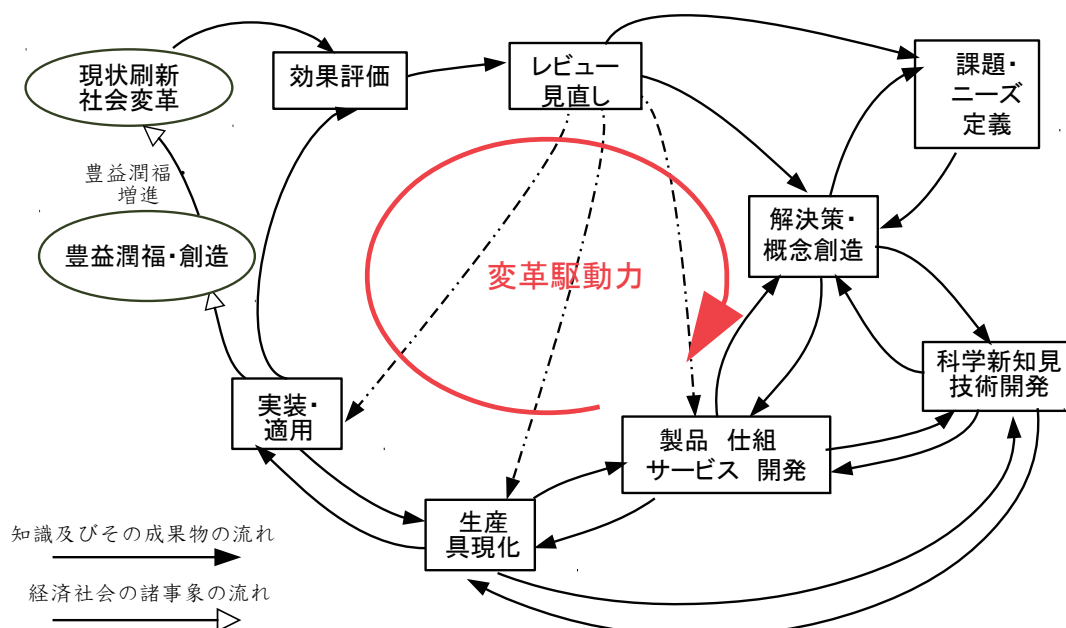
# 国内森林活用トレーサビリティ



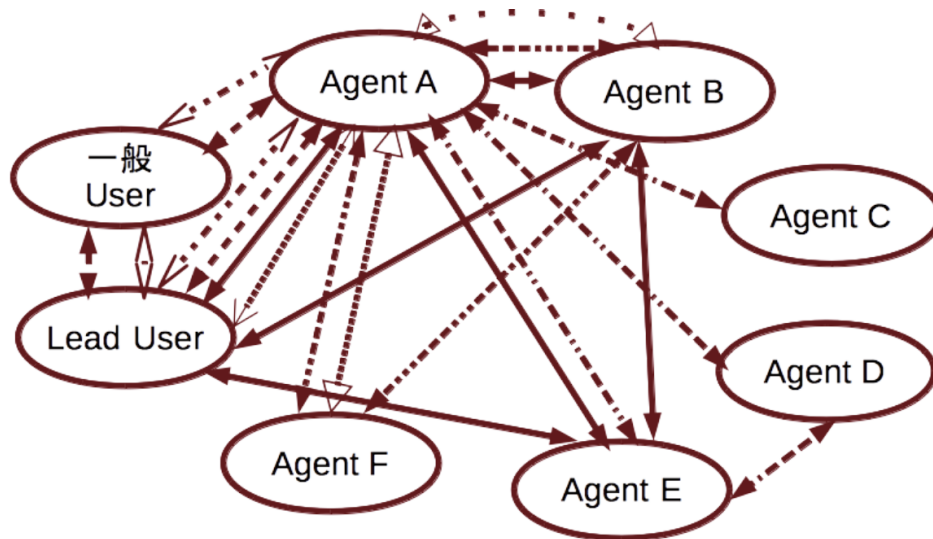
# イノベーション・メタモデルにかかわる諸概念

- 価値創成源 sources of innovation :
  - 価値創成網に関与する主体(組織・人)から提供される情報・知識・能力など、イノベーションにおける価値創成、すなはち豊益潤福の実現の元手となる経営資源
- 変革創始点 stages at which innovative changes has launched. :
  - イノベーション・プロセスにおいて、新たな取り組み・率先(initiative)がなされ、イノベーションに至る変革が生起・創始される活動段階。
- 変革駆動力 Driving potential of innovative changes :
  - イノベーション・プロセスを推進させる諸要因
- 変革展開力 Evolving and adapting potential of innovative changes :
  - ひとつのイノベーション・プロセスが他の目的のイノベーション・プロセスとして展開していくことを推進させる諸要因

## 変革駆動力 Driving potential of innovative changes : イノベーション・プロセスを推進させる諸要因



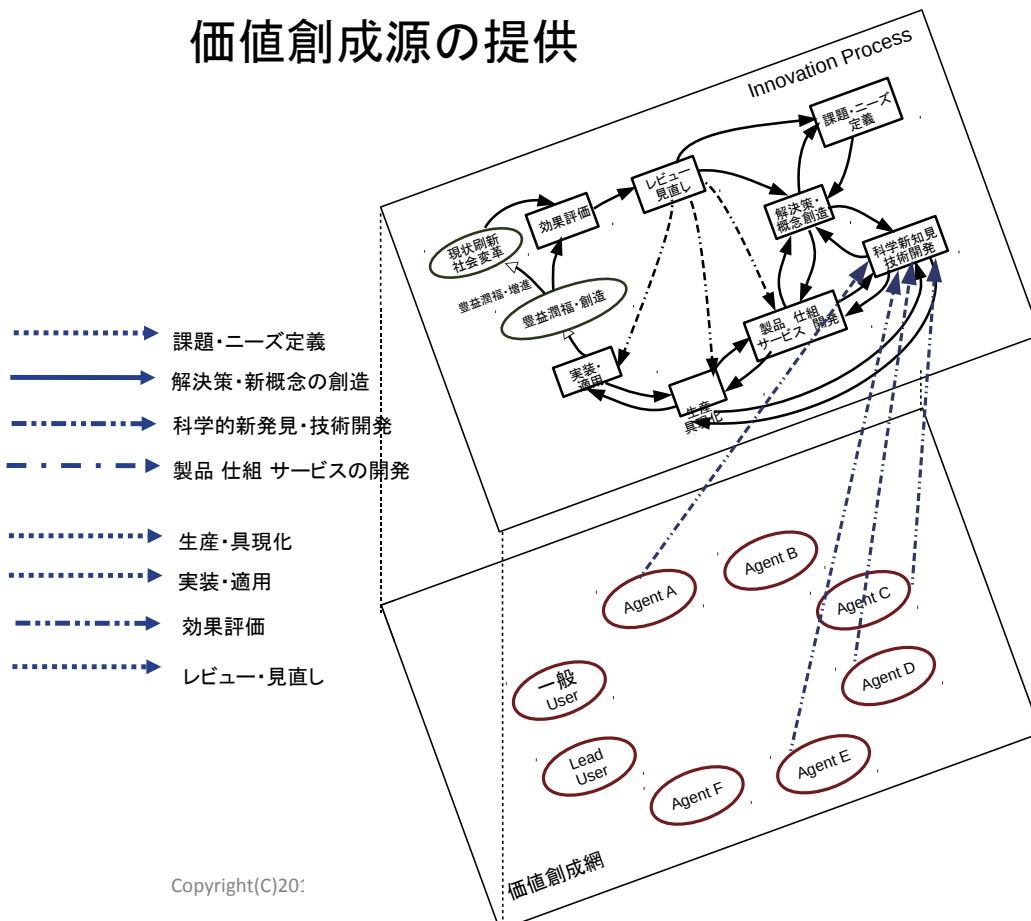
# 価値創成網



- ← - - - - - → 課題・ニーズ定義
- ← - - - - - → 解決策・新概念の創造
- ← - - - - - → 科学的新発見・技術開発
- ← - - - - - → 製品 仕組 サービスの開発
- ◁ - - - - - ▷ 生産・具現化
- ◁ - - - - - ▷ 実装・適用
- ◁ - - - - - ▷ 効果評価
- ◁ - - - - - ▷ レビュー・見直し

Copyright(C)2015 Tomonari Yashiro, Inst. of Industrial Science, The Univ. of Tokyo, All rights reserved

# 価値創成源の提供



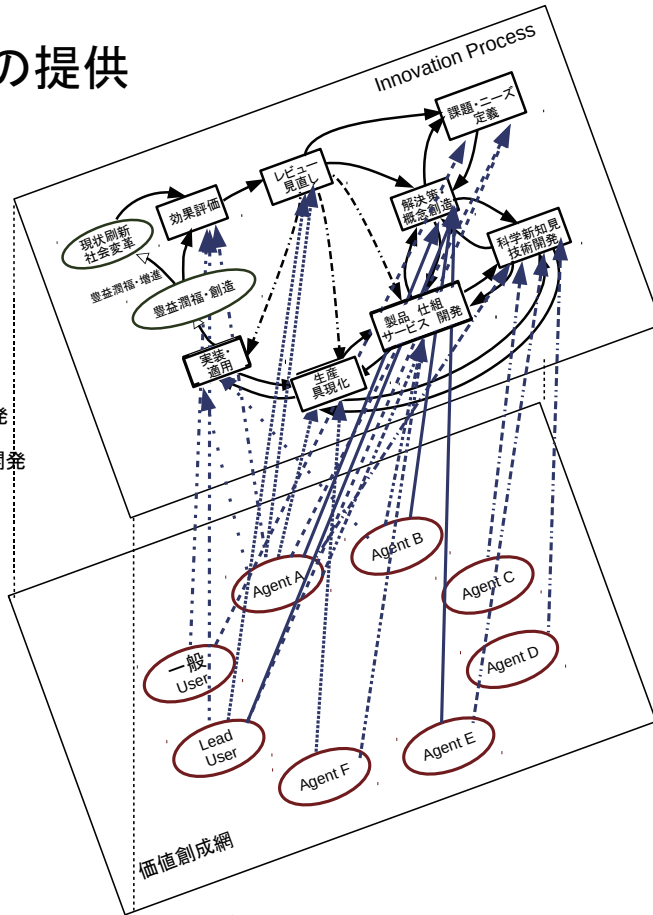
- - - - - - 課題・ニーズ定義
- - - - - - 解決策・新概念の創造
- - - - - - 科学的新発見・技術開発
- - - - - - 製品 仕組 サービスの開発
- - - - - - 生産・具現化
- - - - - - 実装・適用
- - - - - - 効果評価
- - - - - - レビュー・見直し

Copyright(C)20:

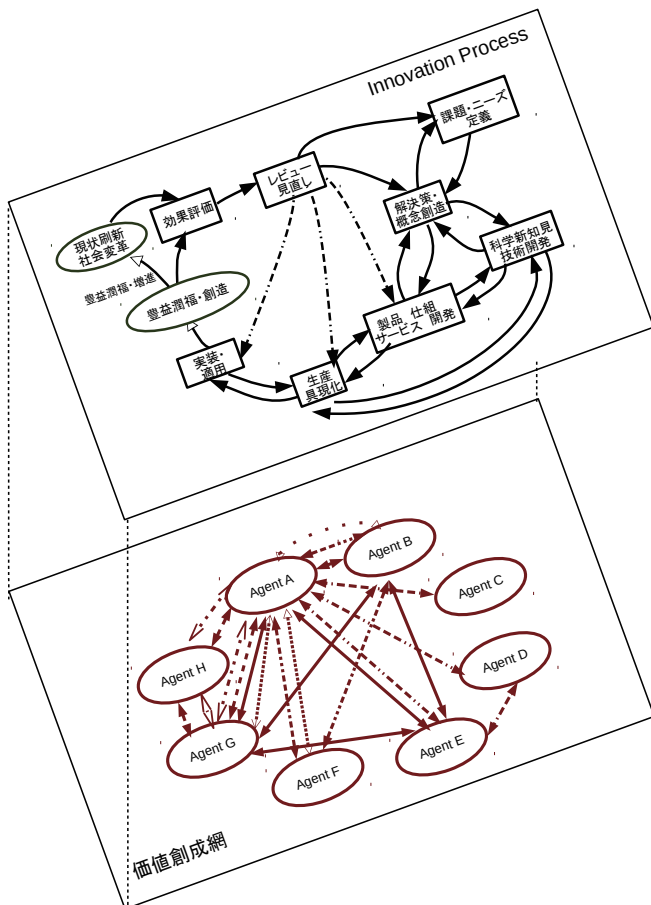


# 価値創成源の提供

- ⋯⋯⋯ 課題・ニーズ定義
- 解決策・新概念の創造
- ⋯⋯⋯ 科学的新発見・技術開発
- - - - - 製品 仕組 サービスの開発
- ⋯⋯⋯ 生産・具現化
- ⋯⋯⋯ 実装・適用
- 効果評価
- ⋯⋯⋯ レビュー・見直し



Copyright(C)2015



# IPMmodelと 価値創成網の連成系

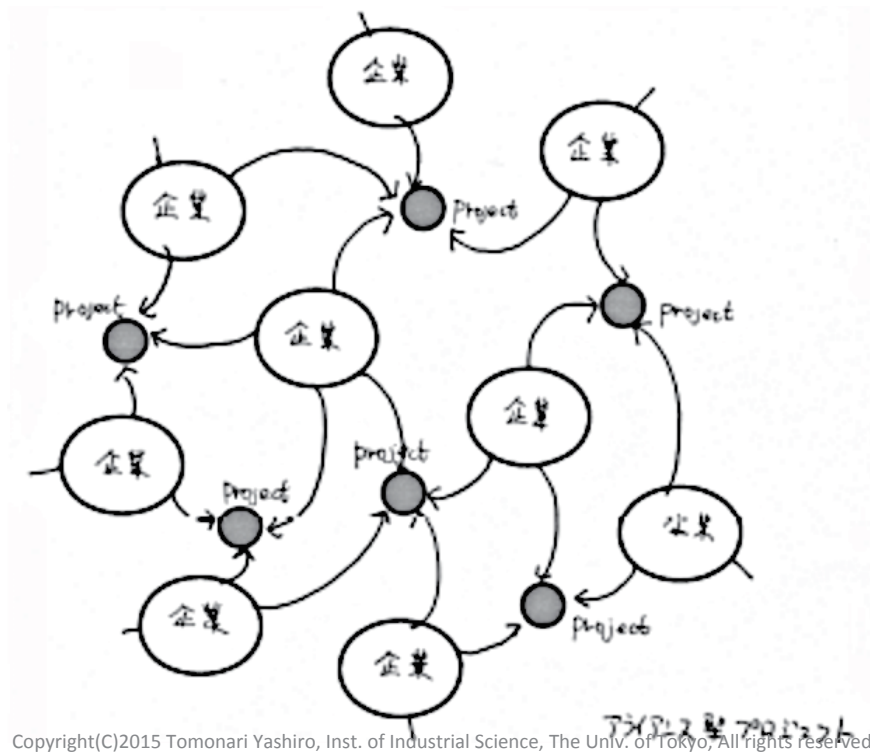
Tokyo, All rights reserved

## 4. 建設産業における イノベーション力を涵養するために

### 枠組の変化がおきている 例えばIoT(Internet of Things)

- 自動車の価値:自動車単体の性能機能
  - 走行性能
  - 燃費
  - 居住性
- 自動車がモビリティ・サービスの一部となると
  - モビリティ・サービスの定時性
  - 移動にあたっての心身のストレスが少なさ
- イニシアチブ移動の可能性
  - 運用データを収集解析し、より優れた移動オペレーションを提供した者
  - サービスの品質を表現する物差しを提供した者

そもそも建設産業の技術開発はプロジェクトベースであった  
プロジェクトベースの連携は、全産業に広がろうとしている

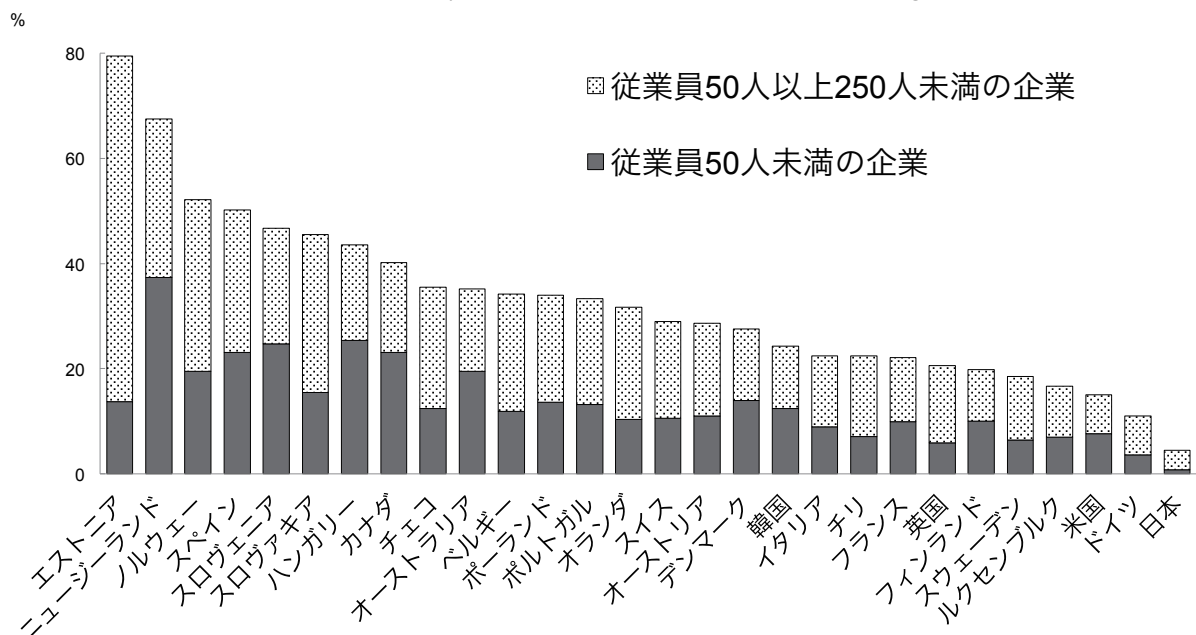


## 日本はR&Dを大企業に依存

2011年 企業規模別研究開発投資比率の国別比較:

従業員250人未満の企業にける研究開発投資総額が一国内の企業  
(business sector)における研究開発投資総額に占める比率:

出典OECD, Research and Development Statistics Database, www.oecd.org/sti/rds, June 2013.



## 建設産業におけるイノベーション留意事項 学びのプロセスの即地性

- 学習のプロセス、知識の創造、普及、イノベーション(新規性のある製品プロセスの)は、
- 大都市地域や産業クラスターなどの地域の条件によって地域色を強める。
- この地域に根ざした学びの特徴というのは、
- 知識というものが特定の個人や機会に集約・埋め込みされており、
- それゆえに生産のコンテクストとある程度不即不離の関係にある。

### 知識のある部分は場所移転困難 (immobile) である

Von Hippel. E. [1994] “**Sticky Information** and the Locus of Problem Solving: Implication for Innovation.  
Management Science, 40 (4) 429-439

#### Sticky information とは

- ある場所に所在する人・組織に張り付いていて他所に移転していかないような情報を固着情報

#### 情報の固着性stickinessとは

- 「その情報をその情報を探している人が使えるような形で特定の場所に移転するためにかかる、費用負担の増加分」
  - この増加費用が小さいのであれば情報の固着性は低く、
  - 費用が高いのであれば固着性は高いということになる

# プロジェクト型イノベーションにおける 中間組織の重要性 中間機関・中間組織 諸名称

- Boundary organizations
- Bricoleurs
- Brokers
- Consultants as bridge builders
- Innovation intermediaries
- Intermediaries
- Intermediary agencies
- Intermediary firms
- Intermediary level bodies
- Knowledge brokers
- Knowledge intermediaries
- Regional institutions
- Superstructure organizations
- Technology brokers
- Third parties

## 中間組織の役割

1. 将来洞察及び問題分析
2. 情報収集及び情報処理
3. 知識の運用、創成及び結合
4. 技術流通の仕切り (Gatekeeping and brokering)
5. 試験、検証及び教育訓練
6. 認証及び標準化
7. 法制化及び仲裁
8. 知的財産: 結果の保護
9. 商業化: アウトカムの探索
10. 評価・査定