

循環経済の実現に向けた ものづくりの役割

2025年11月7日 (金)

日本学術会議講堂×リモート

話題提供 2

“つながる” 製造業の課題 ～ システムからエコシステムへ～

藤田 喜久雄 (日本学術会議連携会員／大阪大学大学院工学研究科機械工学専攻教授)

本話題提供の内容は下記の2冊の書籍に基づく：

- ・ 藤田喜久雄、設計論 — 製品設計からシステムズイノベーションへ、コロナ社、2023年7月刊・494頁
- ・ 藤田喜久雄、構想設計の方法論 — ディスラプションからトランジションへ、コロナ社、2026年3月30日発刊予定・544頁

資料中の図やデータの出典などは、p. 18 以降に一括して示している

“設計工学”というレンズを通じて考えてみると、……

□ 専門：設計工学



□ 略歴：

1990年 大阪大学大学院工学研究科博士後期課程修了、工学博士 (大阪大学)

1990年 大阪大学助手、1993年 講師、1995年 助教授
1995～1996年 スタンフォード大学 客員研究員 (兼任)

2002年 大阪大学教授

2011～2017年度 文部科学省 博士課程教育リーディングプログラム (オールラウンド型) 『超域イノベーション博士課程プログラム』 プログラムコーディネーター

2023年 日本学術会議連携会員 (併任) 現在に至る

□ 所属学会：

日本機械学会 (設計工学・システム部門長 (2006年度)、理事 (2016・2017年度))、ASME (米国機械学会)、The Design Society など



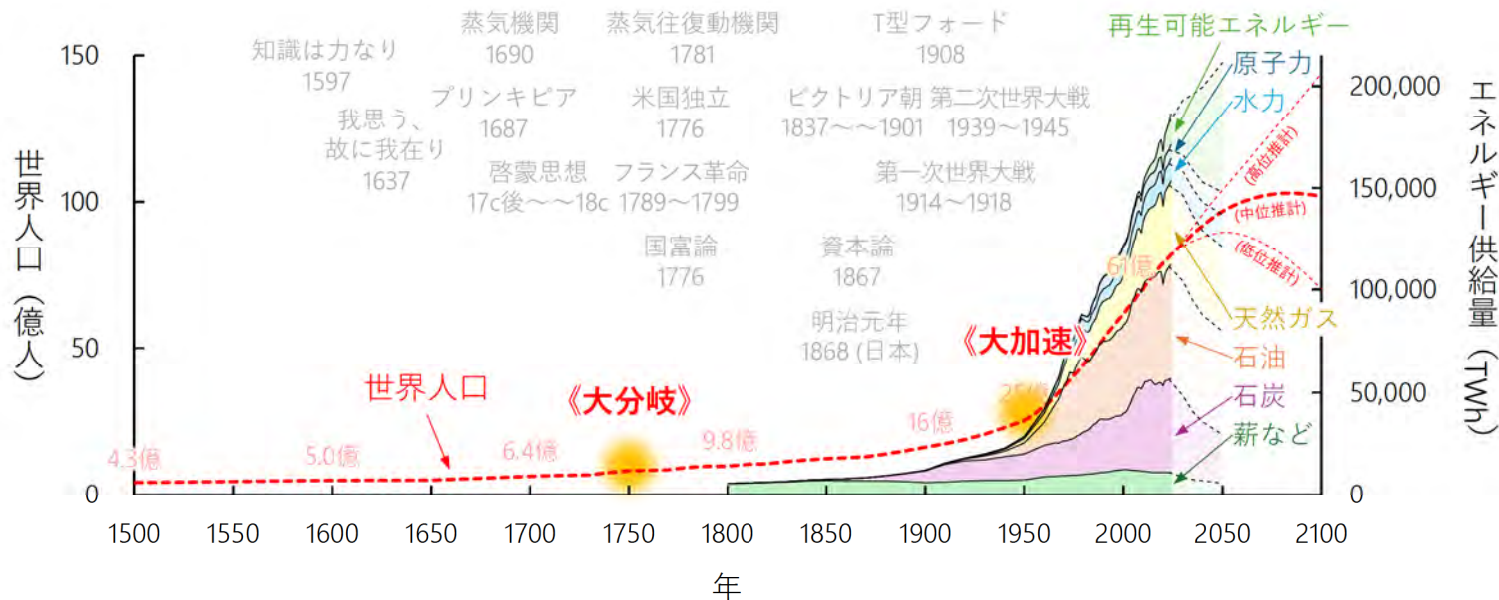
2023年7月刊、494頁



2026年3月30日発行予定、544頁

Disruptive、破壊的な：従来にはなかった劇的な変化を生むような

世界の人口と一次エネルギー供給の推移と推計



□ 18世紀半ば頃 ⇒ 工業化 = 線形経済の興り

- ☞ 農業での生産性向上を受けて都市化が進んでいたイギリスで、石炭と新市場に恵まれて、第1次産業革命が起こった

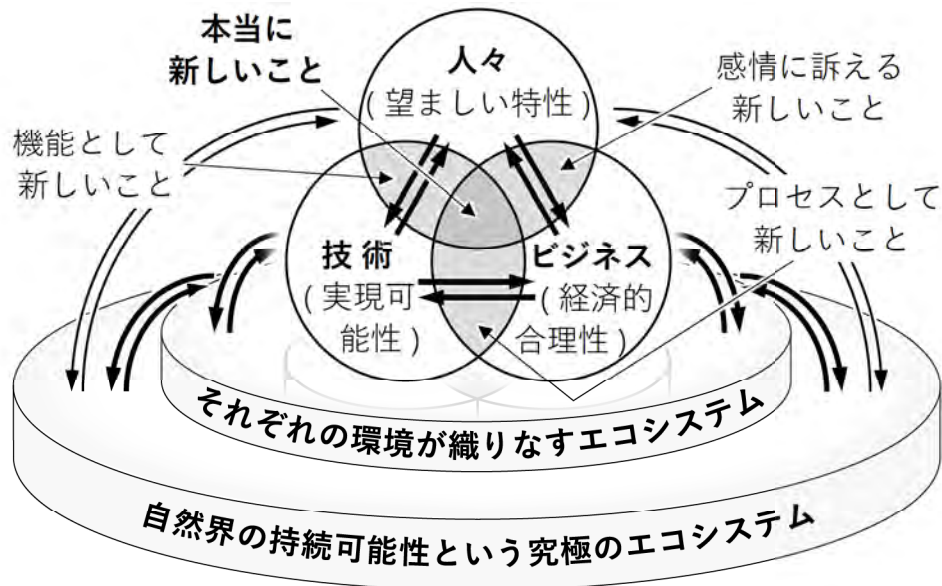
□ 1950年 ⇒ ?

- ☞ 人口、エネルギーに限らず、経済活動の拡大や各種資源利用の増加での傾向が変質した

□ 2025年?

⇒ 循環経済へ

本当に新しいこと



≪ 各年代は主として米国の場合 ≫

👉 イノベーション<新結合> (1911)

□ 技術の時代

👉 技術で先んずれば、……

👉 リニアモデル (1935)

👉 中央研究所ブーム

□ 技術経営の時代

👉 市場の特性を踏まえて、……

👉 連鎖モデル (1985)

□ デザイン思考の時代

👉 そもそも、社会や人々にとって、…… (1987)

□ 共創の時代へ

👉 オープンイノベーション (2003)

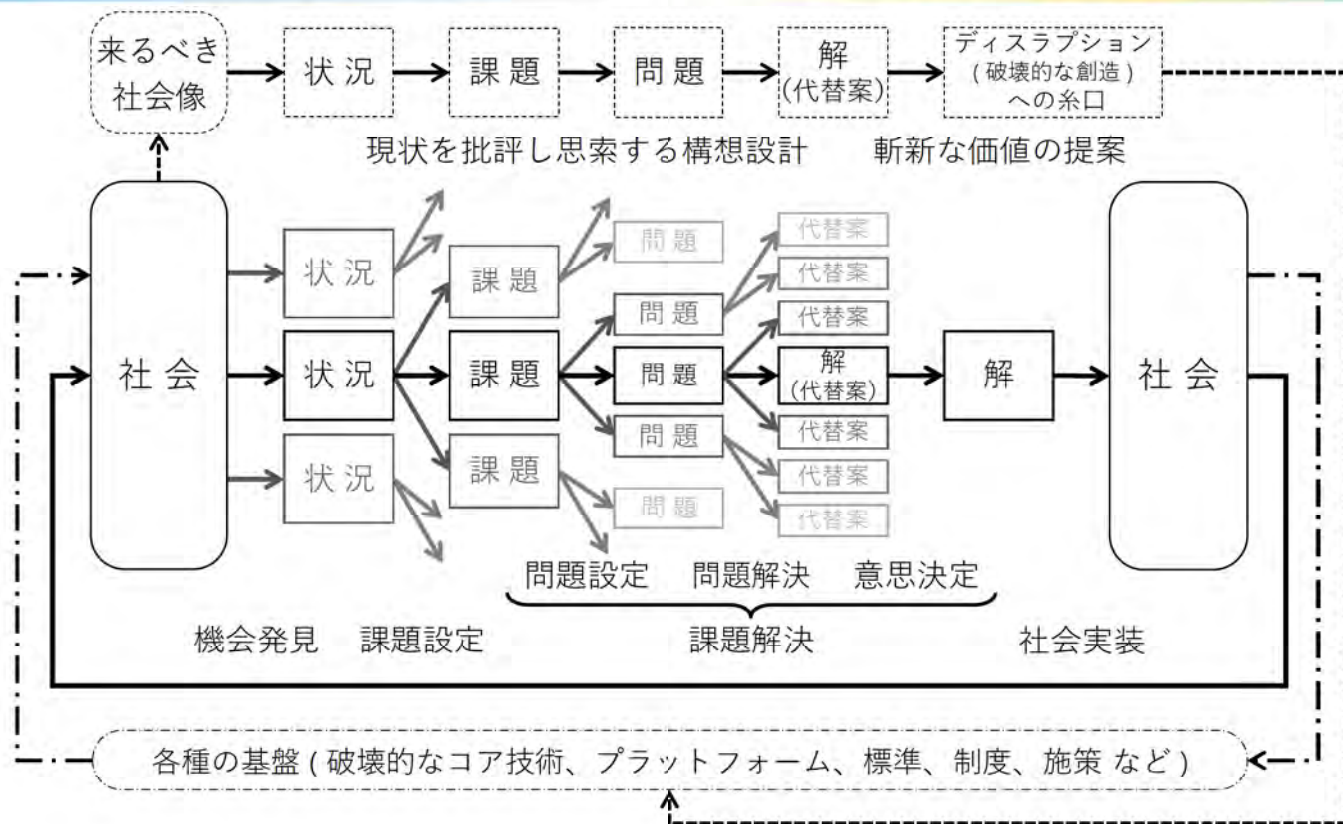
👉 イノベーションエコシステム (2004)

□ 共存の時代へ

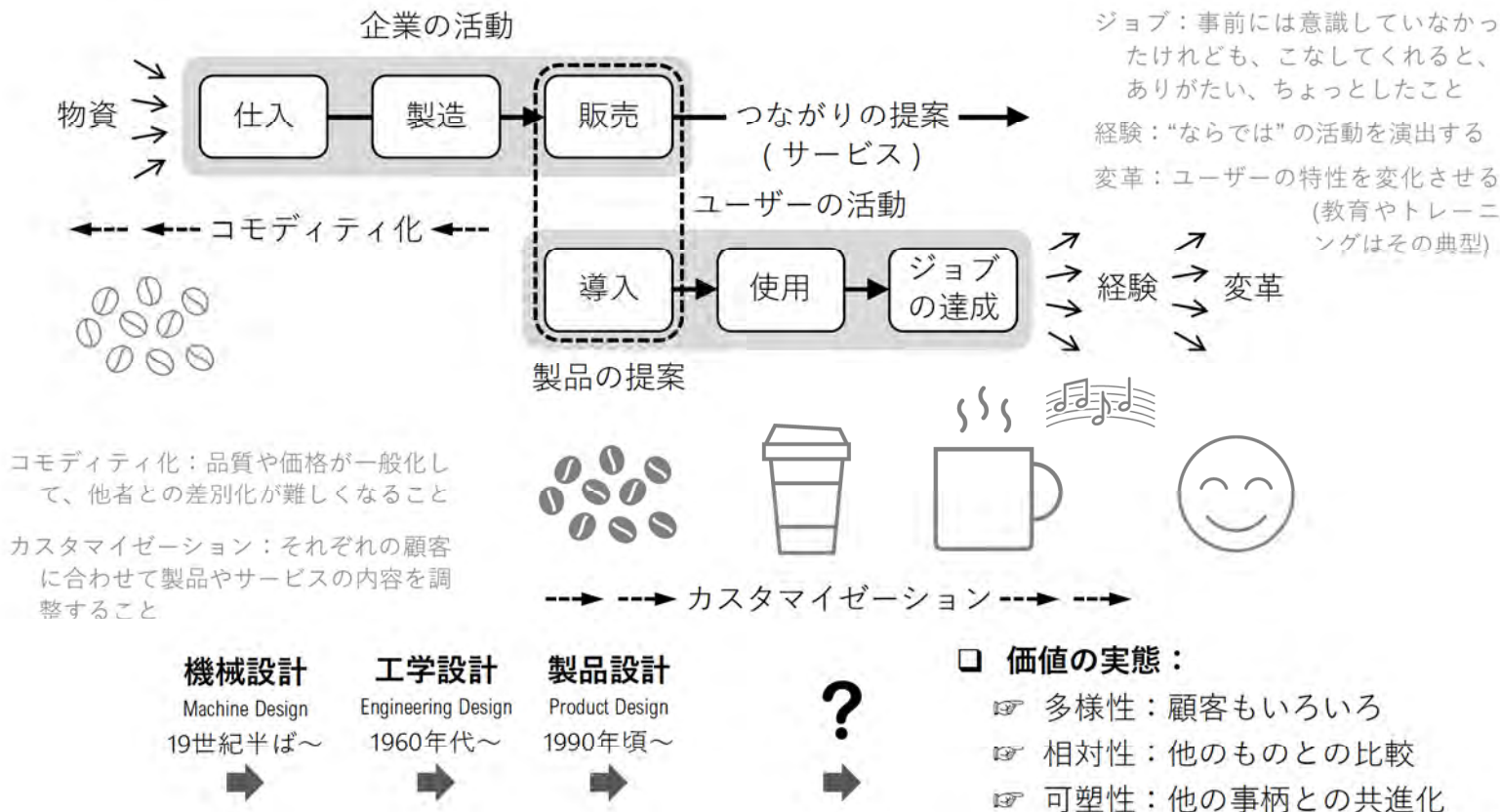
👉 いやいや、地球の持続可能性を考えると、…… (SDGs: 2015～)

👉 ディスラプション&トランジション

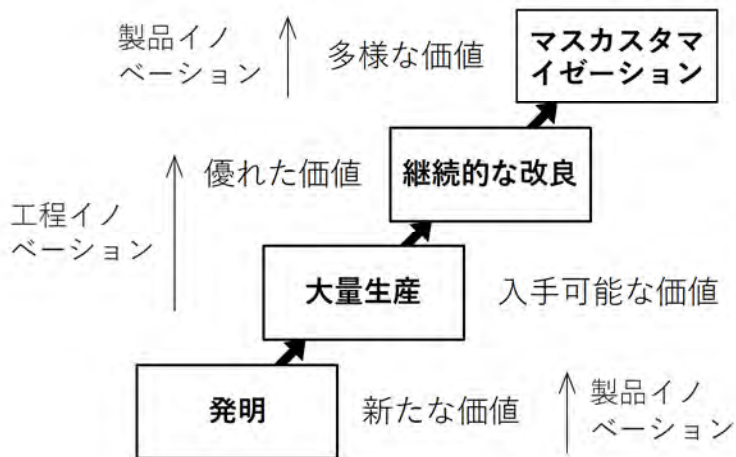
社会における課題を解くこととその循環



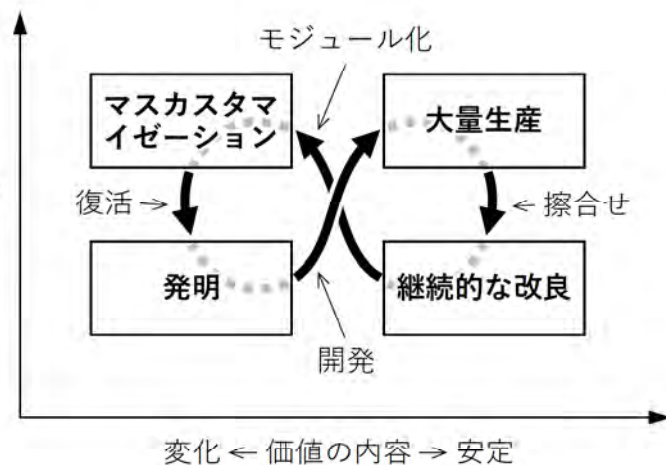
顧客価値の“つながり”を介した拡大



価値を提供する側での局面とそれらの循環



安定
↑
価値を創り出す工程
↓
変化



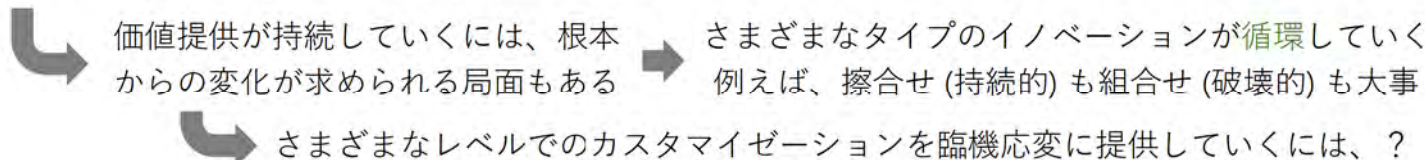
マスカスタマイゼーション：大量生産×顧客の個別要求への対応

擦合せ：然るべき構造のもとで細部を調整していく

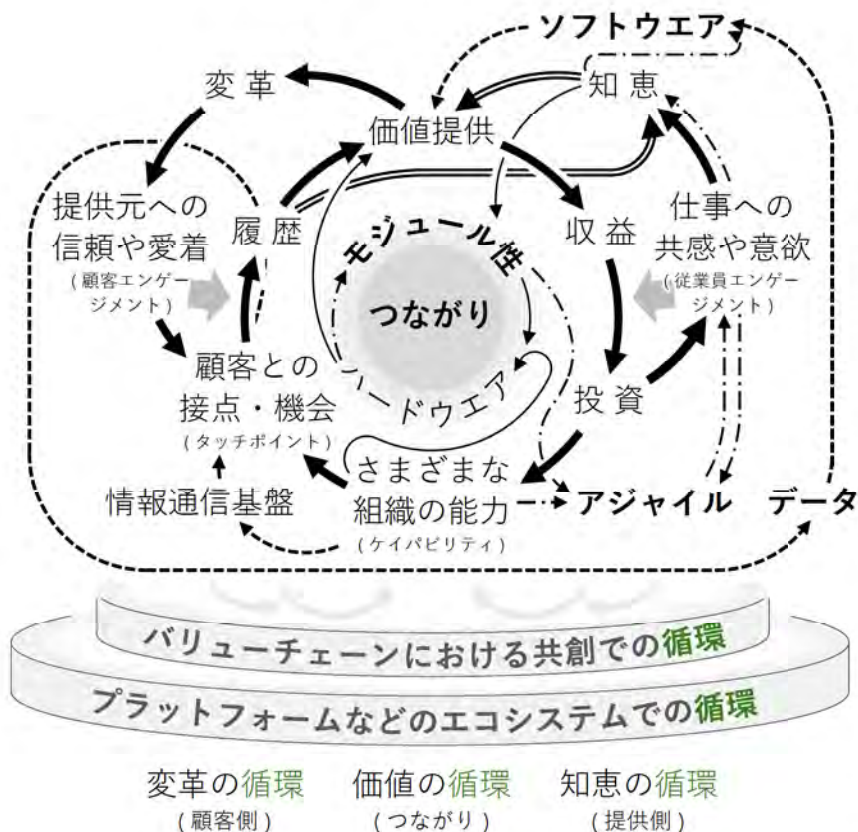
モジュール化：部分の独立性を高めていく

組合せ：部分を入れ替えて新しい組合せを生み出す

ある製品におけるイノベーションのダイナミクス



“つながりの提案” (p.6 参照) に潜む各種の循環とその要所



- ☞ デジタル技術は手段に過ぎない
- ☞ 新たな手段はゲームのありようを変質させる
- ☞ ハードウェアのモジュール性も支配因子になる
- ☞ 人間系のアジャイル性こそが鍵を握る

- : 製品の提案
- : つながりの輪
- ➡ : 信頼や共感によるつながりの強化
- ⇒ : 価値提供の更新とその連鎖
- > : デジタル技術による自動化
- : アジャイル性の向上による強化

ケイパビリティ：組織として発揮される独自のさまざまな能力
 タッチポイント：顧客とのあらゆる接点、それに向けた機会
 エンゲージメント：強い結びつき、愛着心、貢献意欲など
 モジュール性：製品などを構成する部分を入れ替える柔軟性
 アジャイル：俊敏であること、変化を先読みする適応的な行動

“仕事への共感や意欲”と“デジタル競争力”の関係

□ 3極化？

☞ 先進国の場合

✓ 好循環

✓ 停滞

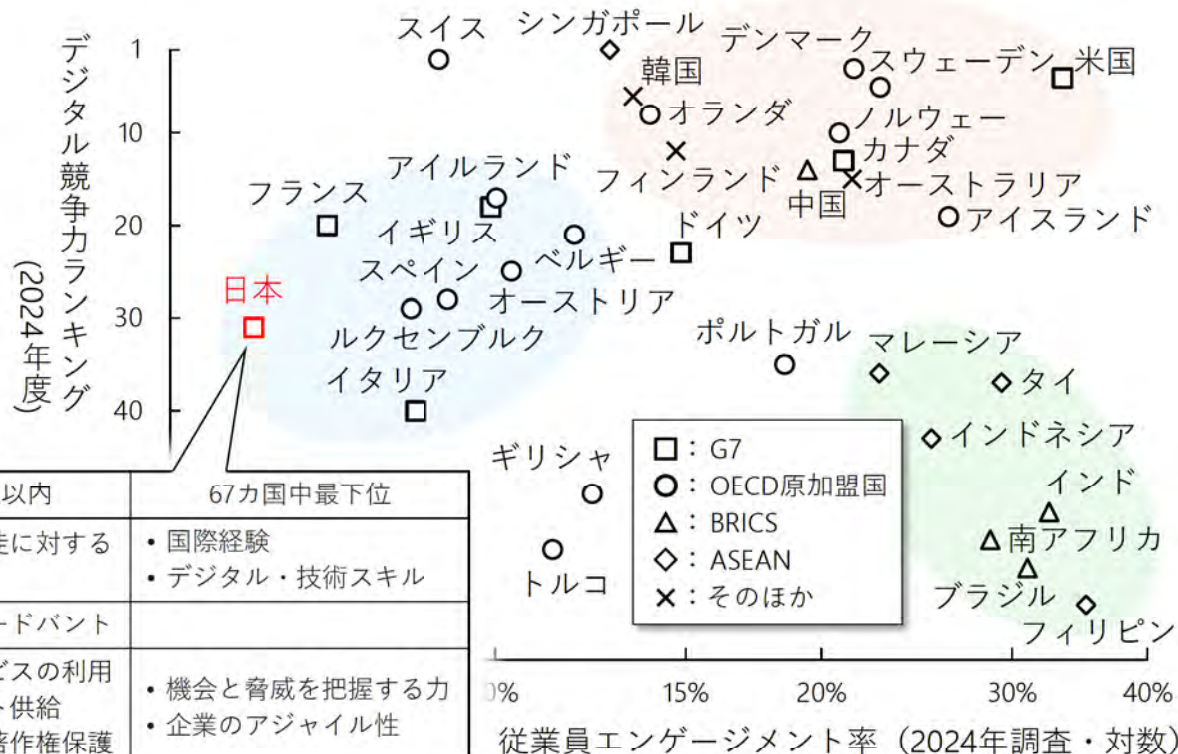
☞ 新興国の場合

□ やる気と豊かさが 循環していく鍵は？

デジタル競争力ランキング
(2024年度)

デジタル競争力の内訳

分野	67カ国中 3 位以内	67カ国中最下位
知識	・ 高等教育での生徒に対する教師の比率	・ 国際経験 ・ デジタル・技術スキル
技術	・ ワイヤレスブロードバンド	
将来への準備	・ オンラインサービスの利用 ・ 世界へのロボット供給 ・ ソフトウェアの著作権保護	・ 機会と脅威を把握する力 ・ 企業のアジャイル性

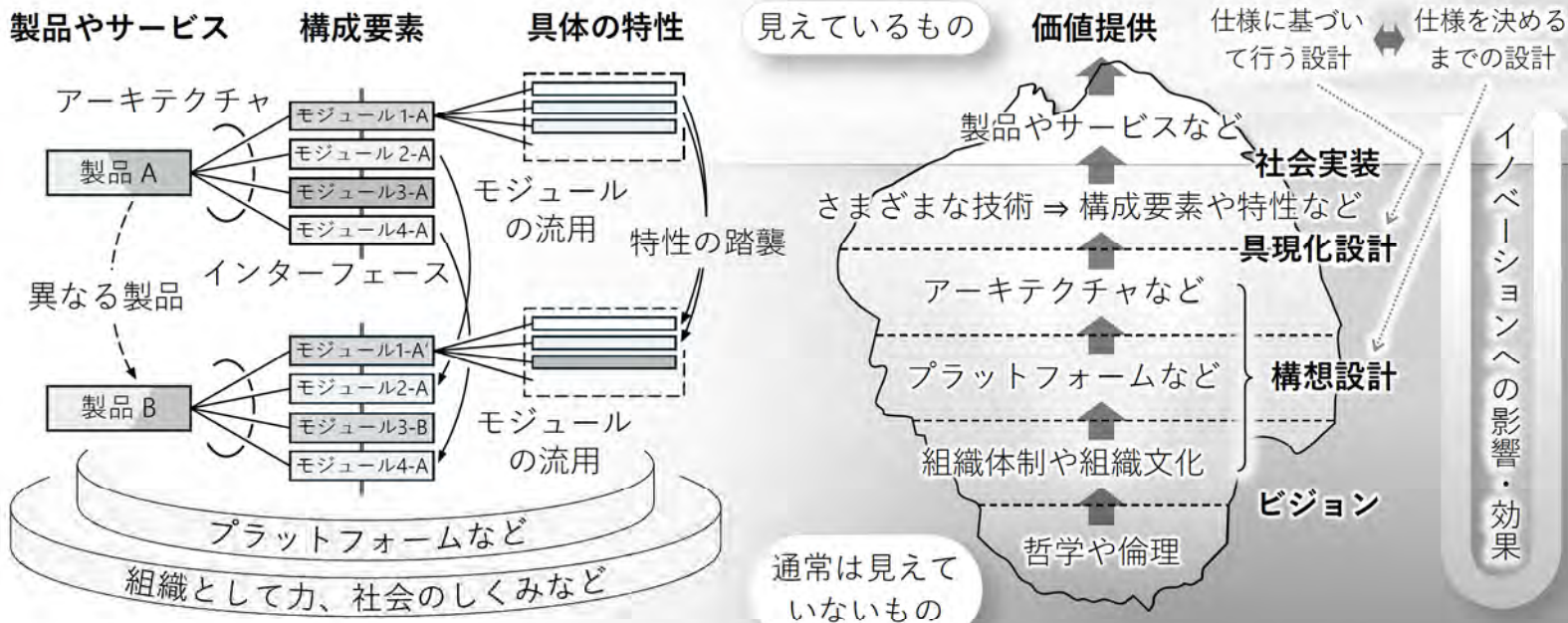


・ デジタル競争力ランキングは、スイス・国際経営開発研究所 (International Institute for Management Development, IMD) による

・ 従業員エンゲージメント率は、米国・ギャラップ社 (Gallup, Inc.) による

(出典の具体は p.19 に記載)

価値提供のスパイラルアップ(循環 ≠ ループ)に向けて？



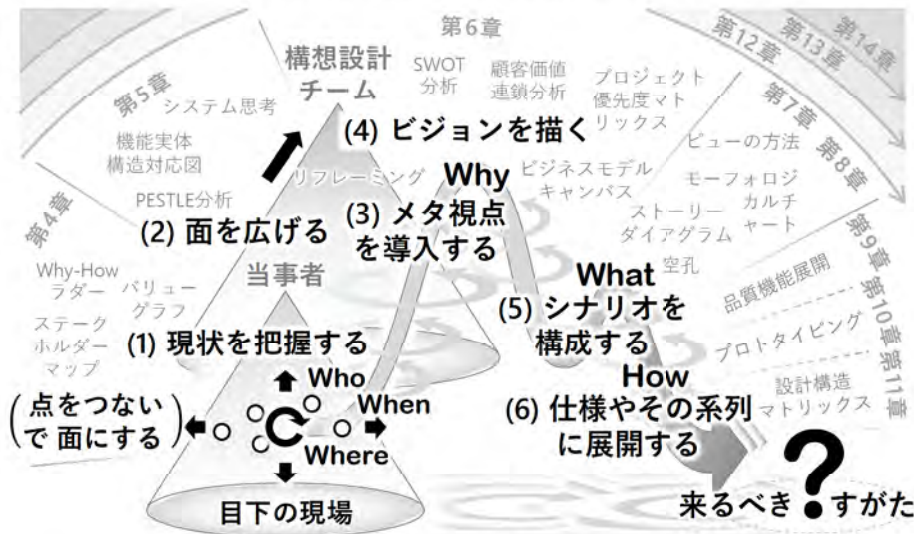
アーキテクチャ： 全体を構成する部分の間の接続関係の様式
 モジュール： 交換しても全体が機能するような独立性の高い部分
 インターフェース： 部分と部分を接続しているしくみ
 プラットフォーム： 製品やサービスを提供していく上での共通的な基盤
 例えば、バリューチェーンの構造、各種の標準など

□ 価値の実態 (p.6 参照)：

- ☞ 多様性：顧客もいろいろ
- ☞ 相対性：他のものとの比較
- ☞ 可塑性：他の事柄との共進化

構想設計の方法論についての試論

- ✓ 1960年代半ばから1990年頃にあつては、俯瞰的な設計のための方法論がさまざまに論じられていた。
- ✓ それらを現前の状況や背景に沿って更新し、体系付けつつ不足する部分を補っていくと、……



図出典： 構想設計の方法論、2.9節中の「図2.14 構想設計のロードマップと本書の構成」

構想設計の方法論

ディスラプションから
トランジションへ

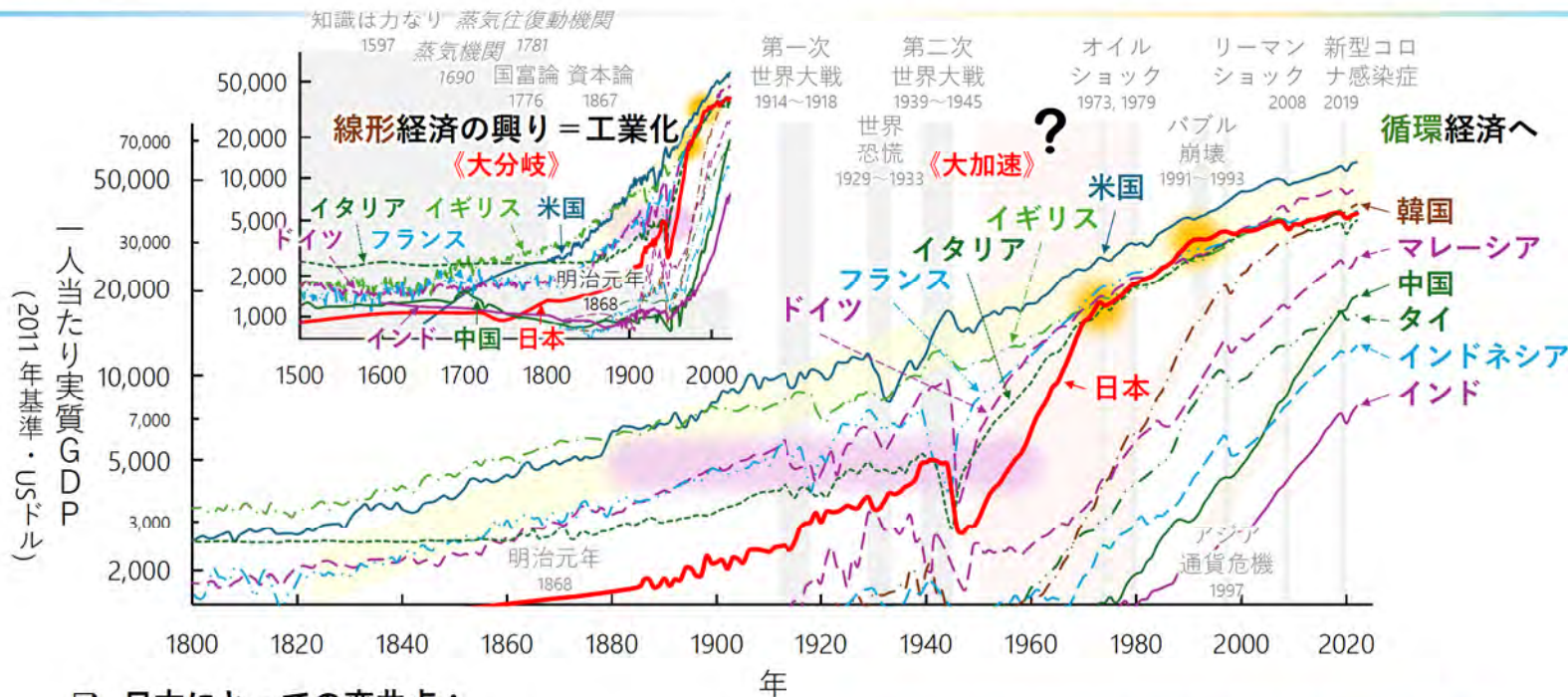
藤田 喜久雄

2026年3月30日発行予定、544頁

- 第1章： 構想設計を要請する
- 第2章： 構想設計を位置付ける
- 第3章： 構想なるものを規定する
- 第4章： 起点を設ける
- 第5章： 論点を広げる
- 第6章： 目標を定める
- 第7章： 構想を描き出す
- 第8章： 構想を練り上げる
- 第9章： 構想を展開していく
- 第10章： 学習を促していく
- 第11章： 展開を拡大していく
- 第12章： プロジェクトを動していく
- 第13章： 構想を超えていく
- 第14章： 構想設計に挑んでいく
- 付録A： 来るべきを追求し続ける
- 付録B： 構想設計力を育む
- 付録C： 構想設計を眺望する

当たり前のことを、根本にまで立ち返って、どこまでもきちんと考え抜く

人口とエネルギー (p.3), 一人当たり GDP の推移にみる変曲点

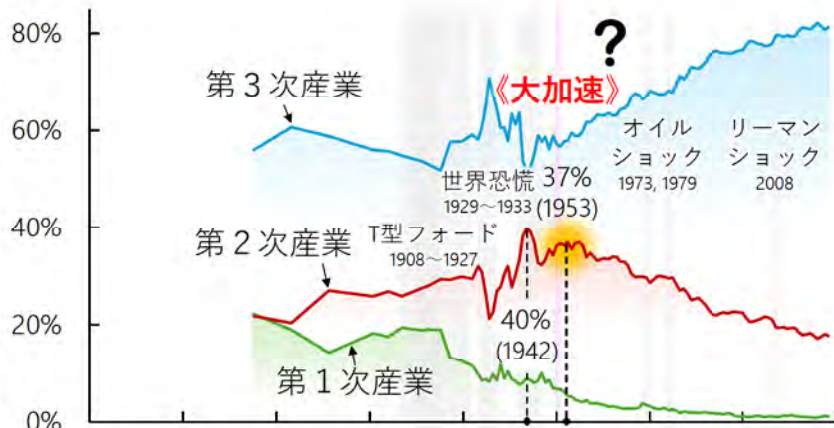


□ 日本にとっての変曲点：

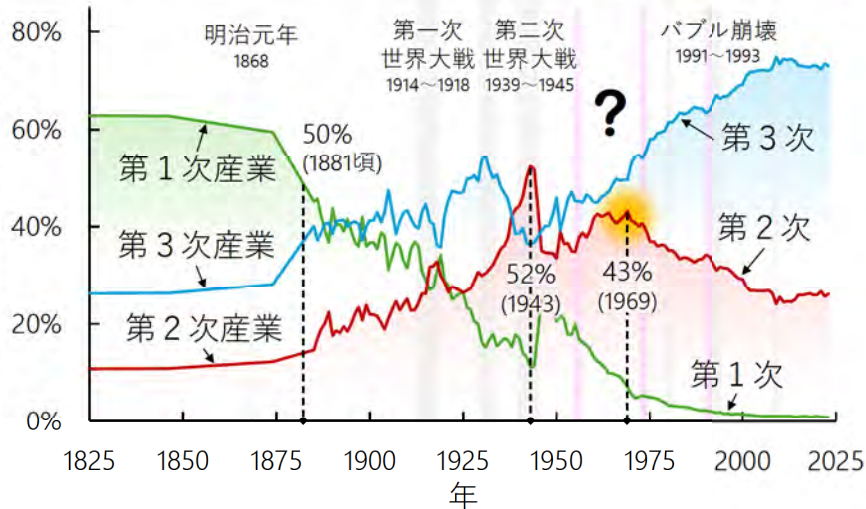
- ☞ 1956年：もはや「戦後」ではない、技術革新
- ☞ 1973年：先進国相当になる変曲点通過
- ☞ 1991年：ピーク、それ以降は、？

欧米が80年ほどの歳月を費やして登った坂を
日本は15年ほどで駆け上がった

米国でのGDPの産業別比率



日本でのGDPの産業別比率



産業構造における変曲点

✓ 各産業区分での絶対値は、戦時下の混乱期を除いて、一貫して増加してきた

□ 第1次産業比率：

☞ 一貫して減少してきた

□ 第2次産業比率：

☞ 増加から減少への転換

✓ 米国では、1950年頃

✓ 日本では、1970年頃

⇒ 20年ほどのずれ

□ 第3次産業比率：

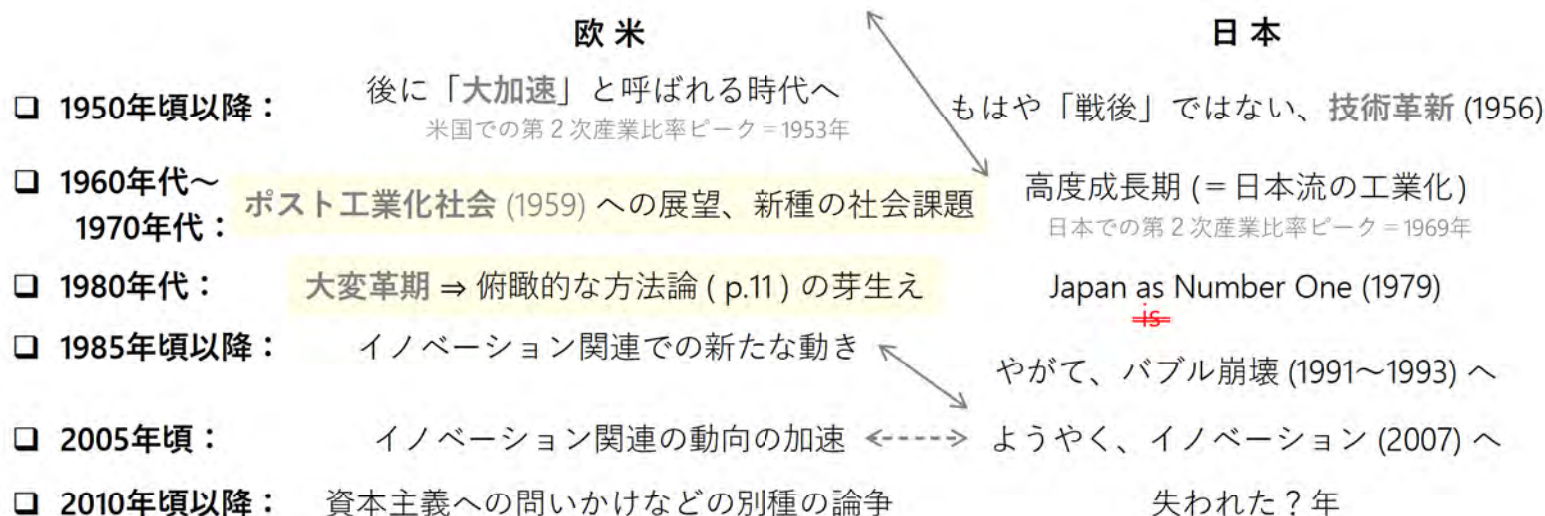
☞ 第2次産業が減少に転じた頃以降、増加し続けてきた

✓ 米国での1929年以前、日本での1885年以前のデータは毎年のものではない

✓ 日本での明治期の振動は第1次産業での絶対値の変動に起因する

どこか、根本のところで論点がずれているのでは？

失われていたのは彼の地での1950年代から1970年代にかけての論争だったのでは？



□ 漠然とした混乱の広がり：

- 👉 積年にわたる諸事の共進化 (p.17 の【参考】を参照) がもたらした
- 👉 もはや、何が混乱かもわからない

□ 日本では、混乱の深層にまで立ち返ることが、特に難しい

- 👉 20年ほどのずれ×2 ⇒ 周回遅れで、同相になっている
- 👉 何が失われたかも曖昧なままで、世代が一巡を超えた

混乱をいなしつつ、スパイラルアップしていくには？



Daniel Bell (1919～2011)

<https://ja.wikipedia.org/wiki/ダニエル・ベル>

- *The Coming of Post-Industrial Society: a Venture in Social Forecasting*, Basic Books (1973)〔内田忠夫・ほか(訳): 脱工業社会の到来 — 社会予測の一つの試み(上・下), ダイヤモンド社(1975)〕

(Bell が *Post-Industrial Society* を論じ始めたのは1959年; この書籍は10年以上にわたる彼の研究をまとめたもの)

- ☞ 農耕社会: 自然に対するゲーム
- ☞ 工業化社会: 加工された自然に対するゲーム
- ☞ ポスト工業化社会: 人間相互のゲーム
 - ✓ サービス化に向けて技術が高度化していく
 - ✓ 知識や情報の重要性が増していく
 - ✓ 社会の体制や構造も階層化し多元化していく

- *The Future of Technology and World Society*〔福島範昌(訳): 最後に残る智慧 — テクノロジーと人類社会のゆくえ, たちばな出版(1998)〕

- ☞ 変化、とくに新しい技術に圧倒されている人たちに対する私のアドバイスは、いたってシンプルである。「イスにゆったりと腰をかけて、考えなさい。そして、落ち着いて待ちなさい」である。



経路を支配する“構造”にまで“想い”を巡らせていくことが求められる

すべてが、線形から循環へ

システム

1950年頃～

電力網や通信網の整備での課題

：

イノベーション

〔リニアモデル & 連鎖モデル, p.4 参照〕

：

視点や論点の拡張・拡大

合理性の飽くなき探求

：

具体での熾烈な競争

定量的な分析・アルゴリズム

ルーチン・履行・マネジメント

：

知能・方法の世界

〔機械による代替も見込める？〕



エコシステム

2000年頃～

共創への要請、社会課題解決への要請

：

ディスラプションからトランジションへ

〔“破壊的な創造”から“新しい状況への遷移”へ〕

：

関係者間での創発や共進化

限定合理性・経路依存性・自己成就的予言

：

関係やルールの構築

定性的な構造・コミュニケーション

プロジェクト・学習・リーダーシップ

：

知恵 (p.8 参照) ・方法論の世界

〔人間ならではの・・・〕



【参考】製造業を取り巻く状況 の歴史的な変化とは

●●：本資料(前ページまで)に明示的に出てくる項目、●●：設計工学の変曲点関連での項目
それら以外⇒ ●●：イノベーション関連での項目、●●：1960年頃以降の論争として広く知られる項目、
●●：システム関連での項目、●●：エコシステム関連での項目、●●：哲学や社会学関連での項目



p.2 に示した書籍からの図出典・参考一覧

□ p.3：世界の人口と一次エネルギー供給の推移と推計

図： 構想設計の方法論、C.3節中の「図C.3 世界の一次エネルギー供給（種別毎の積み上げ）と人口の歴史的な推移」+出来事の加筆+推計など

□ p.4：本当に新しいこと

図： 構想設計の方法論、1.1節中の「図1.1 本当に新しいこと」

□ p.5：社会における課題を解くこととその循環

図： 構想設計の方法論、2.1節中の「図2.1 社会における課題を解くこととその循環」

□ p.6：顧客価値の“つながり”を介した拡大

図： 構想設計の方法論、1.2節中の「図1.3 製品がサービスに転換していく構図」

参考： 構想設計の方法論、1.5節中の「図1.7 経済活動における支配原理の変貌」（一部）、4.3節での内容を加筆

□ p.7：価値を提供する側での局面とそれらの循環

参考： 構想設計の方法論、1.7節中の「図1.12 ウォーターフォール型プロセス（コンカレント化やバーチャル化を含む）」

構想設計の方法論、1.7節中の「図1.13 価値の段階的な提供に対応するアジャイルなプロセス（製品の場合）」

右図： 構想設計の方法論、11.9節中の「図11.20 価値の内容とそれをつくり出すプロセスにおける変化と安定の循環」+簡略化

□ p.8：“つながりの提案”（p.6参照）に潜む各種の循環とその要所

図： 構想設計の方法論、13.5節中の「図13.3 つながりの輪とデジタルによる加速」+用語の補足+下部を追記

□ p.9：“仕事への共感や意欲”と“デジタル競争力”の関係

図： 本資料用に新たに作成

参考： 構想設計の方法論、13.7節中のコラム29「図6 従業員エンゲージメント率と就業者一人当たりGDPとの関係の推移の国際比較」

□ p.10：価値提供のスパイラルアップ（循環≠ループ）に向けて？

左図： 構想設計の方法論、3.3節中の「図3.1 製品の場合におけるアーキテクチャの意味合いの一例」+調整

右図： 設計論、17.6節中の「図17.4 イノベーションに向けた統合の要としての設計」、

構想設計の方法論、14.2節中の「図14.1 価値提供における氷山モデル」+改修

□ p.11：構想設計の方法論についての試論

図： 構想設計の方法論、2.9節中の「図2.14 構想設計のロードマップと本書の構成」

□ p.12：人口とエネルギー（p.3）、一人当たりGDPの推移にみる変曲点

図： 設計論、2.1節中の「図2.1 おもな国における人口一人当たりGDPの推移」+1900年以前+イタリアを追記+最新データ

□ p.13：産業構造における変曲点

上図： 構想設計の方法論、C.1節中の「図C.2 米国の場合」

下図： 構想設計の方法論、C.1節中の「図C.1 日本における産業構造の変化」

□ p.14：失われていたのは彼の地での1950年代から1970年代にかけての論争だったのでは？

参考： 構想設計の方法論、C.5節中のコラム32

□ p.15：現前の混乱をいなしつつ、スパイラルアップしていくには？

参考： 構想設計の方法論、C.1節、C.10節、あとがき

□ p.16：すべてが、線形から循環へ

参考： 構想設計の方法論、C.6節とC.9節

□ p.17：【参考】製造業を取り巻く状況の歴史的な変化とは

図： 構想設計の方法論、C.9節中の「図C.5 構想設計に関わる主な出版物や出来事などの経緯」+着色・注釈

データ出典一覧

□ p.3：世界の人口と一次エネルギー供給の推移と推計

- ☞ Maddison Project Database (MPD) version 2023: Bolt, Jutta and Jan Luiten van Zanden, "Maddison style estimates of the evolution of the world economy: A new 2023 update," *Journal of Economic Surveys*, pp.1–41 (2024)

<https://www.rug.nl/ggdc/historicaldevelopment/maddison/releases/maddison-project-database-2023>

- ☞ United Nations, *World Population Prospects 2024*,

<https://population.un.org/wpp/>

- ☞ Our World in Data, *Global Primary Energy Consumption by Source*,

<https://ourworldindata.org/grapher/global-energy-consumption-source>

- ☞ IEA (International Energy Agency), *World Energy Outlook 2024*, Table A.1a: World energy supply,

<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024>

□ p.9：“仕事への共感や意欲”と“デジタル競争力”の関係

- ☞ State of the Global Workplace: 2024 Report, Gallup, Inc.,
<https://www.gallup.com/workplace/349484/state-of-the-global-workplace.aspx>

- ☞ World Digital Competitiveness Ranking 2024, International Institute for Management Development (IMD)

<https://www.imd.org/centers/wcc/world-competitiveness-center/rankings/world-digital-competitiveness-ranking/>

□ p.12：人口とエネルギー（p.3），一人当たり GDP の推移にみる変曲点

- ☞ Maddison Project Database (MPD) version 2023 《詳細な書誌情報は p.3 のものと同じ》

□ p.13：産業構造における変曲点

- ☞ *Historical Statistics of the United States, Colonial Times to 1970, Bicentennial Edition - Part 1*, U.S. Department of Commerce (1975) [合衆国商務省(編)：[新装版] アメリカ歴史統計 第1巻 (植民地時代～1970年), 東洋書林 (1999)]

- ☞ “GDP by Industry,” Bureau of Economic Analysis (BEA), U.S. Department of Commerce,

<https://www.bea.gov/data/gdp/gdp-industry>

- ☞ 岩波講座 日本経済の歴史, 岩波書店, シリーズのうち、下記の各巻の“巻末付録 生産・物価・所得の推定”中の付表2

- ・ 深尾京司, 中村尚史, 中林真幸(編)：2：近世 — 16世紀末から19世紀前半, p.285 (2017)
- ・ 中村尚史, 中林真幸, 深尾京司(編)：3：近代 1 — 19世紀後半から第一次世界大戦前 (1913), p.276 (2017)
- ・ 深尾京司, 中村尚史, 中林真幸(編)：4：近代 2 — 第一次世界大戦期から日中戦争前 (1914-1936), p.282 (2017)
- ・ 深尾京司, 中村尚史, 中林真幸(編)：5：現代 1 — 日中戦争期から高度成長期 (1937-72), p. 282 (2018)

- ☞ 内閣府：国民経済計算, 国民経済計算年次推計

https://www.esri.cao.go.jp/jp/sna/kakuhou/kakuhou_top.html

重要用語などに関する参考文献

□ p.3 : 世界の人口と一次エネルギー供給の推移と推計

☞ 大分岐 :

- Kenneth Pomeranz : *The Great Divergence: China, Europe, and the Making of the Modern World Economy*, Princeton University Press (2000) 〔川北稔(監訳) : 大分岐—中国、ヨーロッパ、そして近代世界経済の形成, 名古屋大学出版会(2015)〕

☞ 大加速 :

- Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O., & Ludwig, C. : "The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration," *The Anthropocene Review*, 2(1), pp.81-98 (2015)

□ p.4 : 本日に新しいこと

☞ 人々・技術・経済の三重門 :

- Tim Brown : *Change by Design: How Design Thinking Transforms Organizations and Inspires Innovation*, HarperBusiness (2009, Revised and Updated - 2019) 〔千葉敏生(訳) : デザイン思考が世界を変える — イノベーションを導く新しい考え方, 早川書房 (2014, アップデート版 - 2019)〕

☞ 経済・社会・環境のネスト構造 :

- David Griggs, Mark Stafford-Smith, Owen Gaffney, et al. : "Sustainable Development Goals for People and Planet," *Nature*, 495, pp.305-307 (2013)

□ p.6 : 顧客価値の“つながり”を介した拡大

☞ 経験・変革 :

- B. Joseph Pine II, James H. Gilmore : *The Experience Economy: Work Is Theater & Every Business a Stage*, Harvard Business Review Press (1999) 〔岡本慶一, 小高尚子(訳) : [新訳] 経験経済 — 脱コモディティ化のマーケティング戦略, ダイアモンド社 (2005)〕

☞ 継続収益 (Recurring) モデル :

- 川上昌直 : 「つながり」の創りかた : 新時代の収益化戦略 — リカーリングモデル, 東洋経済新報社 (2019)

□ p.7 : 価値を提供する側での局面とそれらの循環

☞ 左図中での製品イノベーションと工程イノベーション

- James M. Utterback : *Mastering the Dynamics of Innovation*, Harvard Business School Press (1994) 〔大津正和, 小川進 (監訳) : イノベーション・ダイナミクス — 事例から学ぶ技術戦略, 有斐閣 (1998)〕

☞ 右図の構図、Product Process Change Matrix :

- Andrew C. Boynton, Bart Victor, B. Joseph Pine II : "New Competitive Strategies: Challenges to Organizations and Information Technology," *IBM Systems Journal*, 32, 1, pp.40-64, (1993)

☞ 右図でのループ、社会生態系を論じる適応循環モデル :

- Lance H. Gunderson, C. S. Holling (eds.) : *Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems*, Island Press (2001)

□ p.8 : “つながりの提案” (p.6 参照) に潜む各種の循環とその要所

☞ アジャイル :

- Zuzana Šochová : *The Agile Leader: Leveraging the Power of Influence*, Pearson Education (2021) 〔株式会社ユーザベース(訳), アジャイルリーダーシップ — 変化に適應するアジャイルな組織をつくる, 共立出版 (2022)〕

□ p.10 : 価値提供のスパイラルアップ (循環 ≠ ループ) に向けて?

☞ システム思考における氷山モデル :

- Peter Senge et al. : "II-6 Systems Thinking," *Schools That Learn: A Fifth Discipline Fieldbook for Educators, Parents, and Everyone Who Cares About Education*, Nicholas Brealey (2000), pp.123-150, Crown (Updated and Revised - 2012) 〔リヒテルズ直子(訳) : “第2章-6 システム思考,” 学習する学校 — 子ども・教員・親・地域で未来の学びを創造する, pp.196-232, 英治出版 (2014)〕

□ p.14 : 失われていたのは彼の地で1950年代から1970年代にかけての論争だったのでは?

☞ もはや「戦後」ではない、技術革新 :

- 経済企画庁, 昭和31年度年次経済財政報告 (通称: 経済白書) (1956)

☞ Japan as Number One :

- Ezra Feivel Vogel : *Japan as Number One: Lessons for America*, Harvard University Press (1979) 〔広中和歌子, 木本彰子(訳) : ジャパン アズ ナンバーワン — アメリカへの教訓, TBSブリタニカ (1979)〕
- Ezra Feivel Vogel, 福島範昌(訳) : ジャパン アズ ナンバーワン — それからどうなった, たちばな出版 (2000)

☞ ポスト工業化社会 :

- p.15 に記載のとおり

□ p.16 : すべてが、線形から循環へ

☞ ビジネスエコシステム :

- James F. Moore : "Predators and Prey: A New Ecology of Competition," *Harvard Business Review*, 71, 3, pp.75-86 (1993) 〔“ビジネスエコシステムの4つの発展段階: 競争の生態学,” *Diamond* ハーバード・ビジネス・レビュー, 47, 9, pp.122-138 (2022)〕

☞ イノベーションエコシステム :

- "III Innovation Ecosystem," *Innovate America: Thriving in a World of Challenge and Change*, pp.46-47, Council on Competitiveness (2004)