

“Connected Industries”政策の新展開 【作成中】

～是非、忌憚のないご意見をお寄せください～

経済産業省

製造産業局

参事官

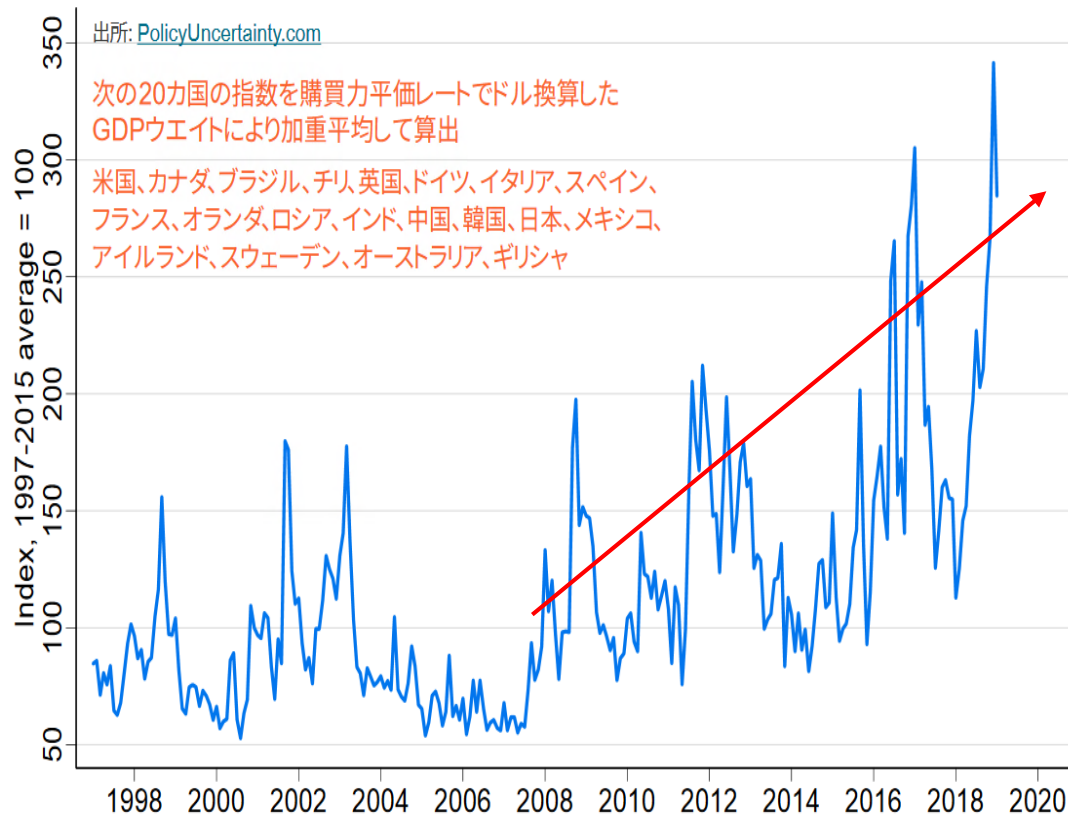
中野剛志

1. **不確実性**が高まる世界と “Connected Industries”政策

不確実性が高まる世界（1）

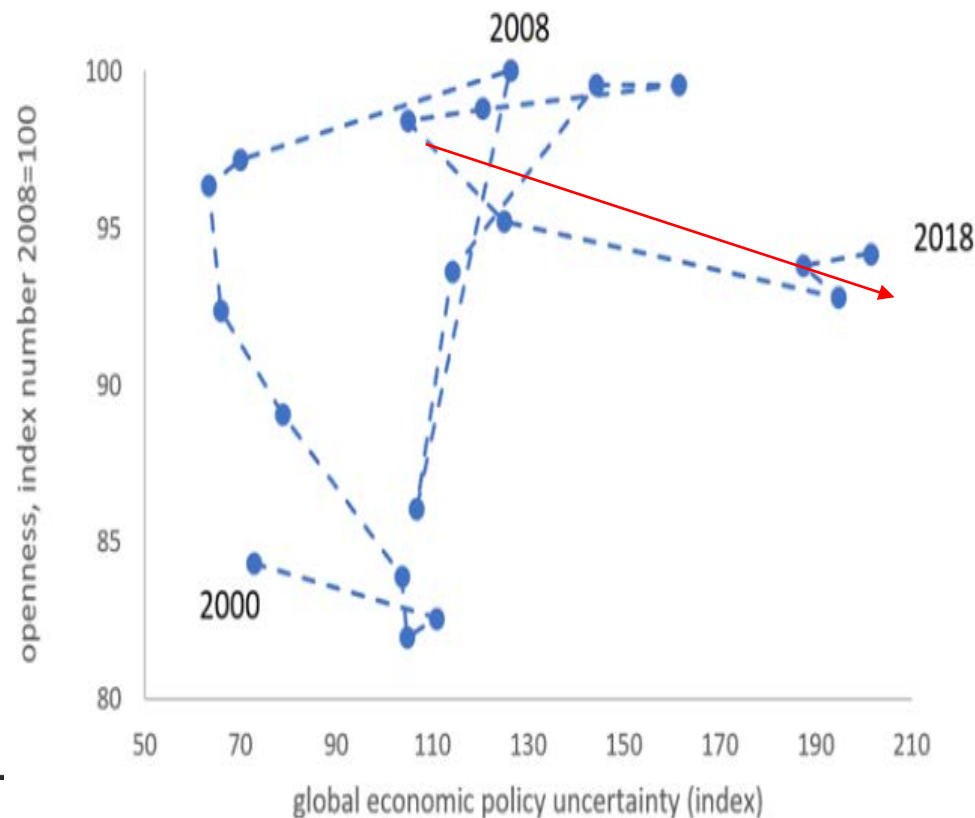
- 近年、地政学リスク、米中貿易戦争、ブレグジット、ポピュリズム、保護主義、サイバー攻撃等、かつてなく不確実性が高まっている。
- この他にも、企業は、不連続な技術革新や自然災害、予期せぬ規制の変更等、様々な不確実性の高まりに直面している。
- 不確実性は企業のグローバル展開や投資を阻害。**デジタル化投資も鈍化する恐れ大。**

世界の政策不確実性指数, 1997.1-2019.1



世界経済の開放指数と不確実性指数の相関

<https://voxeu.org/article/brexit-delay-will-not-postpone-deglobalisation>

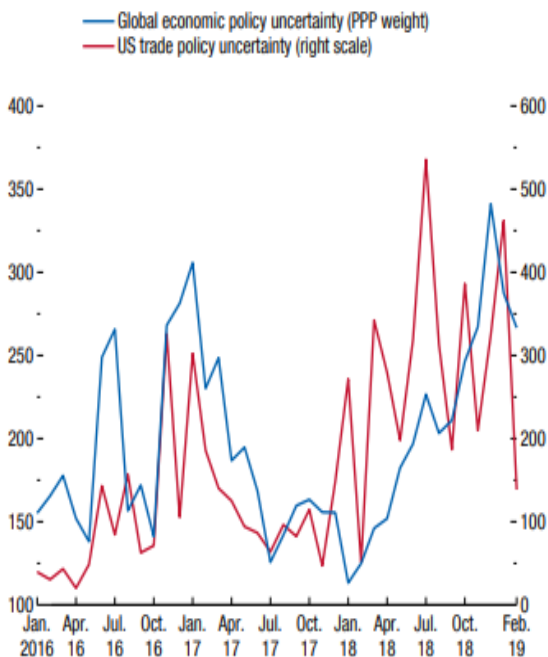


不確実性が高まる世界（2）

- IMF等も、世界経済の下降リスクとして、政策不確実性と地政学リスクの高まりを指摘

Figure 1.19. Policy Uncertainty and Trade Tensions
(Index)

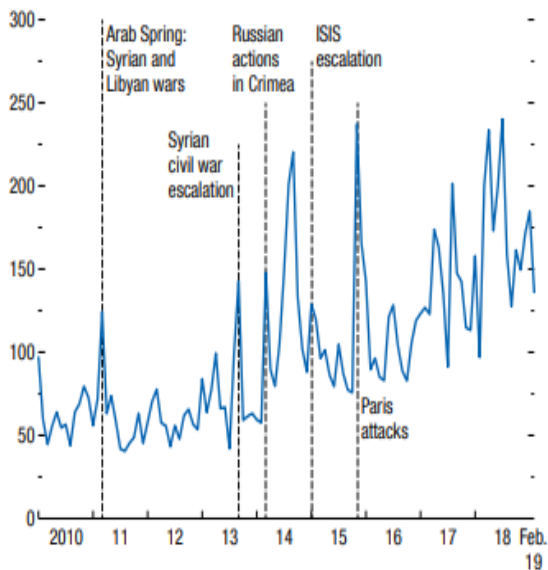
Global economic policy uncertainty remains elevated, notwithstanding a decline in US trade policy uncertainty.



Source: Baker, Bloom, and Davis (2016).
Note: The Baker-Bloom-Davis index of Global Economic Policy Uncertainty (GEPU) is a GDP-weighted average of national EPU indices for 20 countries: Australia, Brazil, Canada, Chile, China, France, Germany, Greece, India, Ireland, Italy, Japan, Korea, Mexico, the Netherlands, Russia, Spain, Sweden, the United Kingdom, and the United States. Mean of global economic policy uncertainty index from 1997 to 2015 = 100; mean of US trade policy uncertainty index from 1985 to 2010 = 100. PPP = purchasing power parity.

Figure 1.20. Geopolitical Risk Index
(Index)

High geopolitical risk complicates the outlook.



Source: Caldara and Iacoviello (2018).
Note: ISIS = Islamic State. The Caldara and Iacoviello Geopolitical Risk index reflects automated text-search results of the electronic archives of 11 national and international newspapers. The index is calculated by counting the number of articles related to geopolitical risk in each newspaper for each month (as a share of the total number of news articles), and normalized to average a value of 100 in the 2000-09 decade.

ユーラシアグループ「トップリスク2019」

「世界の地政学的情勢は、ここ数10年で最も危険な状態」

1. 悪性の種—長期的な潜在リスク分子
米国の政治制度、欧州、同盟関係、ポピュリズム/ナショナリズム
2. 米中関係
3. 熾烈化するサイバー戦争
4. 欧州のポピュリズム
5. 米国の内憂
6. イノベーション冬の時代
7. 非有志連合（秩序破壊的な国家指導者たち）
8. メキシコ
9. ウクライナ
10. ナイジェリア

※英国のEU離脱（ブレクジット）

不確実性が高まる世界（3）

「我々は世界的なイノベーション冬の時代、つまり政治的圧力によって、次世代の新技术を推進するための財政的・人的資本を減らさざるを得ない時代に向かっている。」 出典) ユーラシア・グループ「トップリスク2019」

- ①セキュリティ上の懸念から、各国政府が国家安全保障上重要な領域において外国のサプライヤーとの関わりを減らそうとしている
- ②個人情報保護に関する懸念から、政府は国民のデータの利用方法をより厳しく規制するようになっている
- ③経済上の懸念から、各国が障壁を設けて、国内の有望な新興テクノロジー企業を海外の業界大手から守ろうとしている

例えば、自動車「CASE」は、重層的な政策不確実性に直面している。

CASE	業界動向	政策不確実性	イノベーション 阻害リスク
Connectivity	車両データの収集 ビッグデータ解析 自動車メーカーとIT企業等の連携	国・地域におけるデータ保護・移転規制 (例: EUのGDPR、米国等のHuawei排除)	②
Autonomous	自動運転技術開発 自動車メーカーとIT企業等の連携 自動運転車両の市場投入	自動運転関連の技術や自国産業の保護 (例: 米国のAI技術等の輸出規制(ECRA)) 自動運転に関する規制 サイバー攻撃	①③
Shared /Service	カーシェア・ライドシェア MaaSの進展 自動車メーカーとIT企業等の連携	自動車の社会インフラ化に伴う公的規制 (例: タクシー業界の保護) サイバー攻撃	①③
Electricity	電動化技術開発 自動車メーカーと電池メーカーの連携	電動化関連の技術や自国産業の保護 (例: 中国の新エネルギー車規制)	③

出典) 久保田洋介・石垣圭一・大久保華子「CASEが助長する保護主義化と自動車産業の対応」知的資産創造（2009年4月）表2を元に作成

不確実性が高まる世界（４）

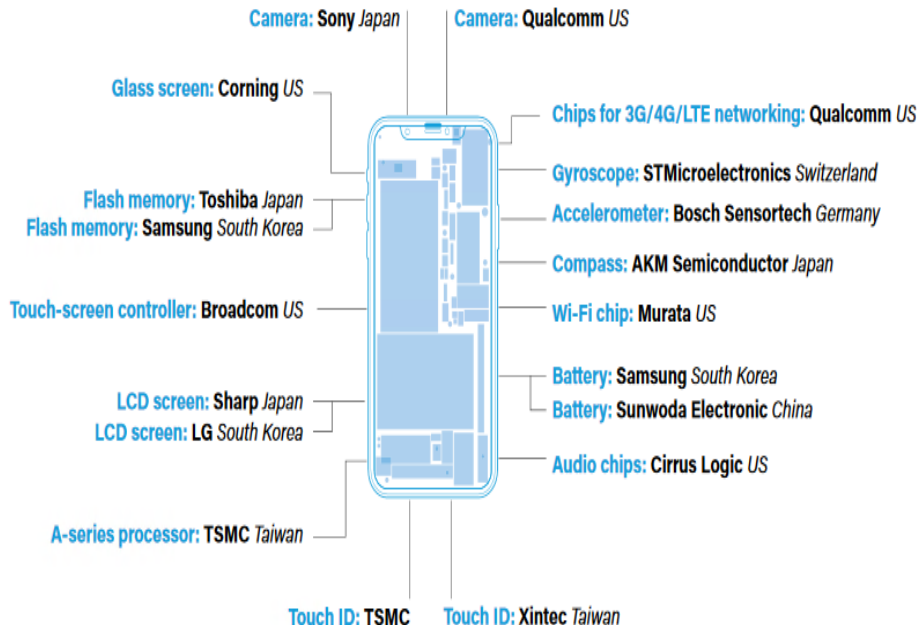
- 不確実な変化により、従来のグローバル化を前提とした既存のビジネス・モデルが崩れる可能性がある。
- グローバル化の時代を席卷してきたモジュラー型のビジネス・モデルは、システム的な変化には、脆弱。

<モジュラリティの限界（by Dieter Ernst(2005)）>

- ①設計・製造技術開発時の全体調整の負荷が非常に大きい
 - ②インターフェイスが標準化されているため、アーキテクチャが変わった場合の適応が難しい（「モジュラリティの罨」）
- 不確実でシステム的な変化に対応できる、新たな企業組織・ビジネスモデルが必要になる。

iPhoneのモジュラー型ビジネスモデルが、地政学リスクに直面

iPhone is poster boy for the tech globalization now under threat



Source: Eurasia Group

「モジュラリティの罨」

「企業内では、標準内で競争する製品の開発への集中は、システムレベルの知識を蝕んでいく・・・集中化した企業は、既存のアーキテクチャに接続するには効果的だが、新しいアーキテクチャにどう接続するかを俯瞰する知識を欠く。」

産業内では、モジュラリティ信者が称賛する集中化した企業は、そのシステムをどう進化させるかの集合的な知識を欠く。そうした企業は、高度に相互接続したあるシステムから新たなシステムへの移行を調整するのに必要な集合行為を行う能力もないかもしれない。」

Henry Chesbrough, 'Towards a Dynamics of Modularity :A Cyclical Model of Technical Advance,' in Andrea Prencipe, Andrew Davies and Michael Hobda (eds.), The Business of Systems Integration (Oxford, 2004), 181.

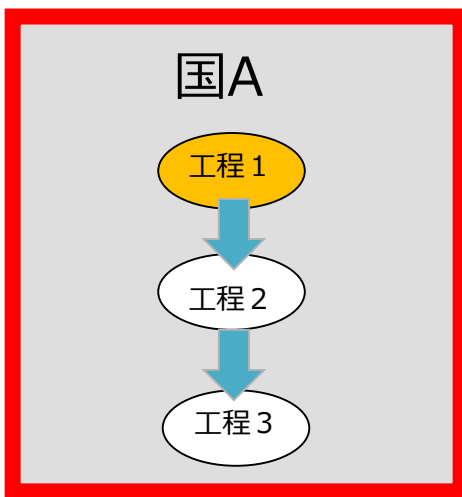
不確実性によるグローバル・サプライチェーンの再編

1990年代以降、ITにより製造工程がアンバンドル化し、グローバル・サプライチェーンを形成
(リチャード・ボールドウィン)

しかし、近年の地政学リスクや保護主義等により、グローバル・サプライチェーン寸断のリスク浮上。
強靱なサプライチェーンの再構築（リバンドル化・リショアリング）の動きが始まっている。

～1980年代

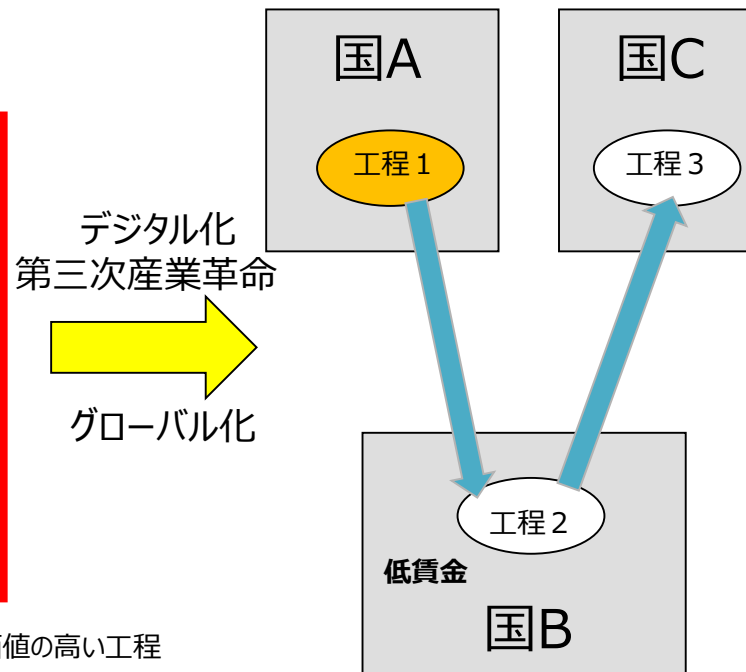
製造工程が国内で完結
ドメスティックな垂直統合



●は付加価値の高い工程

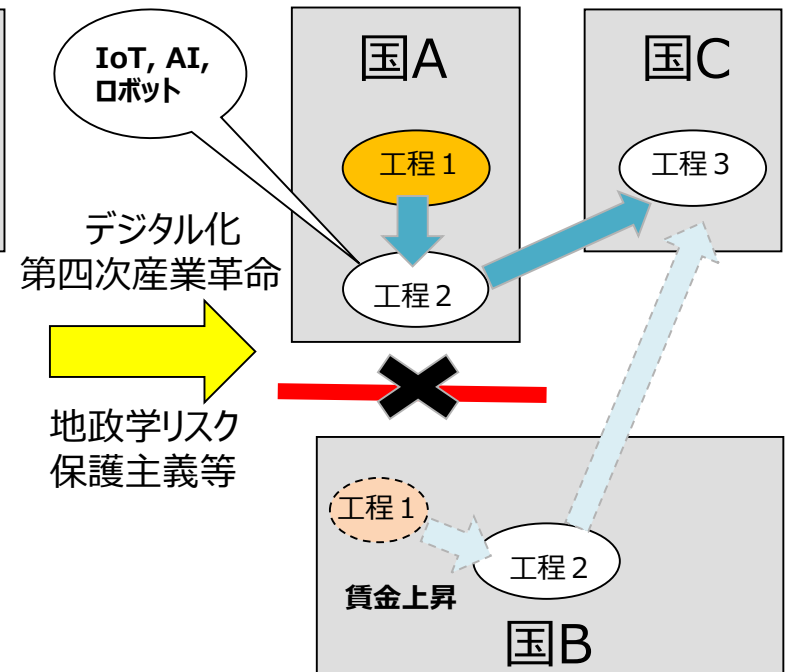
1990年代～

製造工程のアンバンドル化・オフショアリング
垂直統合のバーチャル化



現在～

製造工程のリバンドル化・リショアリング
垂直統合のリアル化



2. 不確実性に対応する組織能力 「ダイナミック・ケイパビリティ」

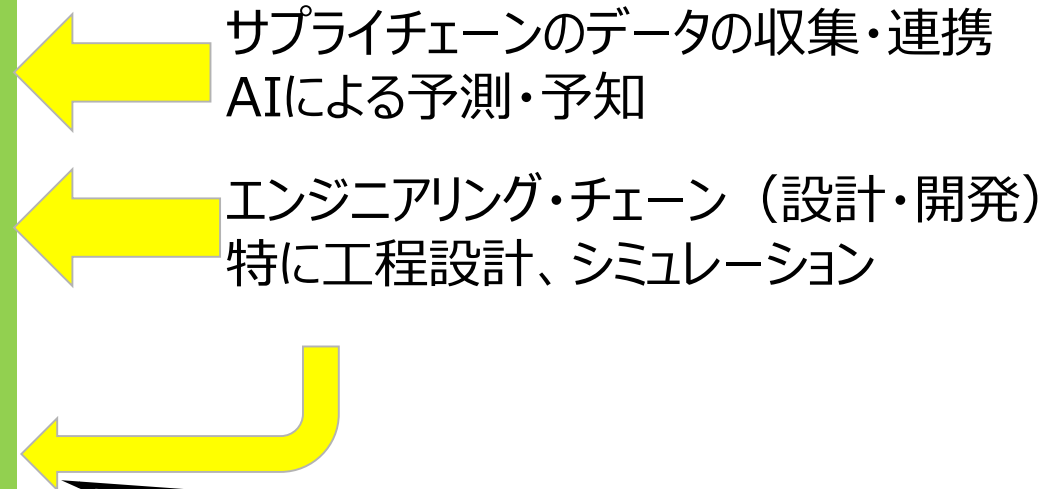
「ダイナミック・ケイパビリティ」の理論

- 不確実な世界では、利益最大化原理は、企業の行動指針たり得ない。
- 不確実な世界では、**環境変化に対応するために、組織内外の経営資源を再結合・再構成する経営者や組織の能力（ダイナミック・ケイパビリティ）**が競争力の源泉となる。
(デビッド・J・ティース・UCバークレー校ビジネススクール教授)
- **デジタル化の意味は、「ダイナミック・ケイパビリティの強化」にある。**

ダイナミック・ケイパビリティに必要な3つの能力

- ① 脅威・機会の感知 (Sensing)
- ② 機会を捕捉して、資源を再構成・再結合し、競争優位を獲得 (Seizing)
- ③ 競争優位性を持続可能なものにするために組織全体を変容 (Transforming)

デジタル化



多くの経験的証拠が支持するように、生産、経営の双方におけるプロセスの理解は、プロセス改善のカギとなる。つまり**組織は、理解していないプロセスを改善することはできない。**

生産工程のデジタル化と「ダイナミック・ケイパビリティ」

- 「オーディナリー・ケイパビリティ」：同じ顧客に同じ製品・サービスを提供するために、同じ技術を使い、同じ規模で企業が活動する組織能力
- 「ダイナミック・ケイパビリティ」：大きな変化に対応して企業の活動全体を変えたり、企業活動を拡張したりする組織能力（メタ組織能力）
- IoT等のデジタル技術を、生産性向上や安定稼働に用いるだけでは、「オーディナリー・ケイパビリティ」止まり。
- デジタル技術によって「**ダイナミック・ケイパビリティ**」まで高めていくことが、これから目指すべき方向。

生産工程におけるダイナミック・ケイパビリティの例

三菱電機のe-F@ctoryソリューションの場合（同社資料を元に作成）

		自動ライン 少品種大量	人セル 多品種少量	ロボットセル 多品種大量	SmartFactory2017 変種変量	SmartFactory2019 マスカスタマイ ゼーション
オーディナリー ケイパビリティ	生産性向上	○	×	○	○	○
	安定稼働	×	×	×	○	○
ダイナミック ケイパビリティ	柔軟性	×	○	○	○	○
	リアルタイム	×	×	×	○	○
	工程変更	×	○	×	×	○

企業のDXとダイナミック・ケイパビリティ(1)

- DXはダイナミック・ケイパビリティを高めるだけでなく、**ダイナミック・ケイパビリティの高い企業が、DXに成功する。**
- しかし、DXに向けた取り組みが非常に有効だと回答した企業は、13%に過ぎない・・・。

DX成功の可否は、協力的な企業文化に依存

デジタル先導企業において見られるより多くの企業文化

貴社にはこれらの文化的特徴がどの程度見られますか？

● デジタルトランスフォーメーションの先導企業 ● 全回答者

適応性(例:情報がスムーズに巡っている、個人に判断したり変化する状況に対応したりすることが認められている、実験と学習が奨励されている)



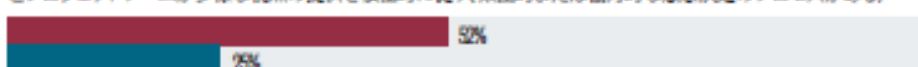
協力(例:業務の分担に向けたサポートがある、プロジェクトの立ち上げ時にはグループが形成される、他のプロジェクトグループと効果的に連携して機能横断的チームが構築される)



透明性(例:個人やチームが日常的に自身の計画、製品、またはプロセスを複数の利害関係者に伝えている、意思決定者がデータやリソースを開示している)



受容性(例:フィードバック、またはプロジェクトや活動についての学習を提供する確立された経路がある、リーダーとプロジェクトチームが多様な視点の提供を積極的に促す、集団的または協力的な意思決定のプロセスがある)



出典:ハーバード・ビジネス・レビュー・アナリティクス・サービスによる調査、2018年7月

重要なのは、「迅速さ」

デジタルトランスフォーメーションの技術的能力

デジタルトランスフォーメーションに向けた自社の取り組みにおいて、以下の技術的能力が非常に重要だと回答した回答者の割合

● デジタルトランスフォーメーションの先導企業 ● 全回答者

顧客の要求に迅速に対応する



システムを効率的に更新する



新しいアプリケーションを開発し、迅速に市場に投入する



革新により多くの予算を割くため保守費用を抑制する



出典:ハーバード・ビジネス・レビュー・アナリティクス・サービスによる調査、2018年7月

企業のDXとダイナミック・ケイパビリティ(2)

- 「有用なのは、ITだけではなく企業全体で**アジャイルなアプローチ**を取ることです。

『真にアジャイルな企業では、**現場のプロジェクトリーダーたちは、製品について重要な決断を下す権限を与えられています**』とヒンチクリフは言います。

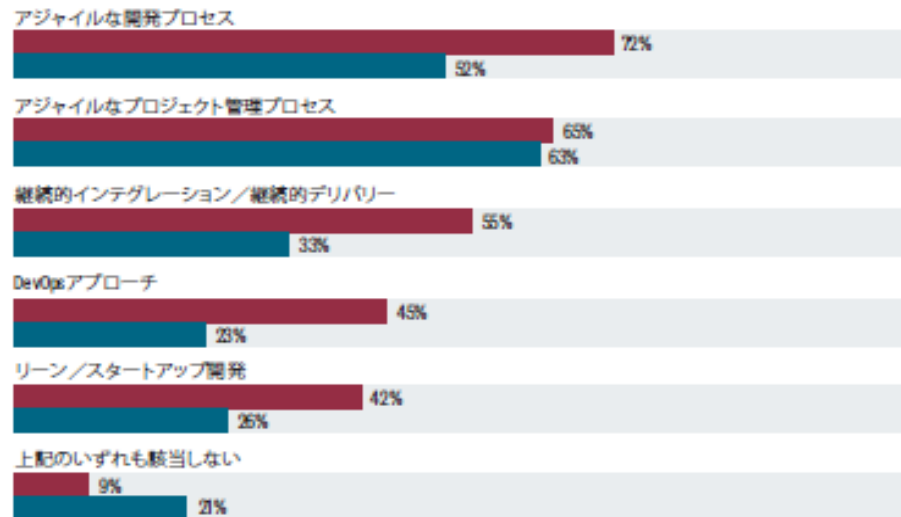
『アジャイルは、多くの大手企業が現在有している**従来型のプロジェクトやプログラムの管理制度と統合すると、機能しなくなります**。リーダーシップに至るレベルでアジャイルに投資しない限り、その恩恵を最大限に受けることはできません。』』

出典) Harvard Business Review「デジタルトランスフォーメーションの再評価：企業文化とプロセスの不可欠な変化」

デジタル先導企業では新しいアジャイルプロセスを導入

デジタルトランスフォーメーションの実現のために以下のプロセスの変化を実施したと回答した回答者の割合

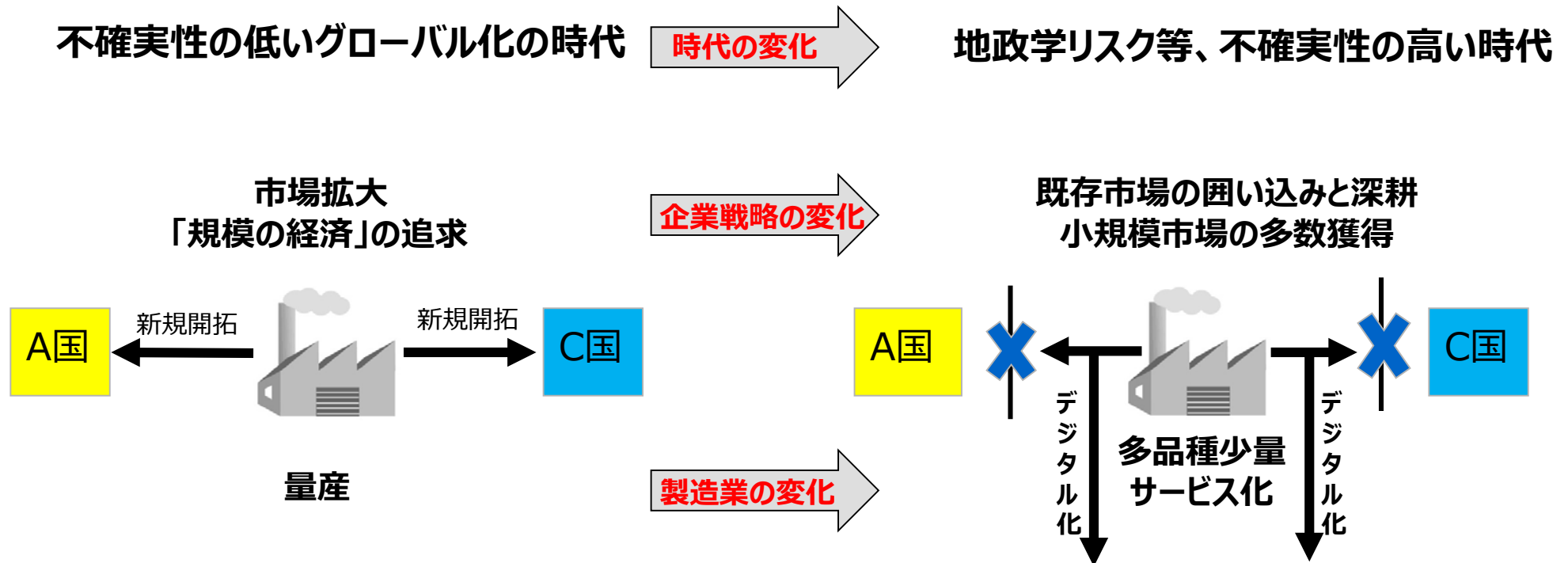
● デジタルトランスフォーメーションの先導企業 ● 全回答者



出典:ハーバード・ビジネス・レビュー・アナリティクス・サービスによる調査、2018年7月

企業戦略の変化とデジタル化

- 地政学リスク等、不確実性の高い時代には、グローバル化による「規模の経済」の追求に、限界。
- したがって、不確実性の時代の製造業の戦略は、
 - ①既に獲得した市場の囲い込みと深耕（製造業のサービス化（前方統合））
 - ②小規模市場の多数獲得（マスカスタマイゼーション）のウェイトが大きくなる可能性がある。
- ①②いずれにも、高いダイナミック・ケイパビリティ、そしてデジタル化が不可欠。

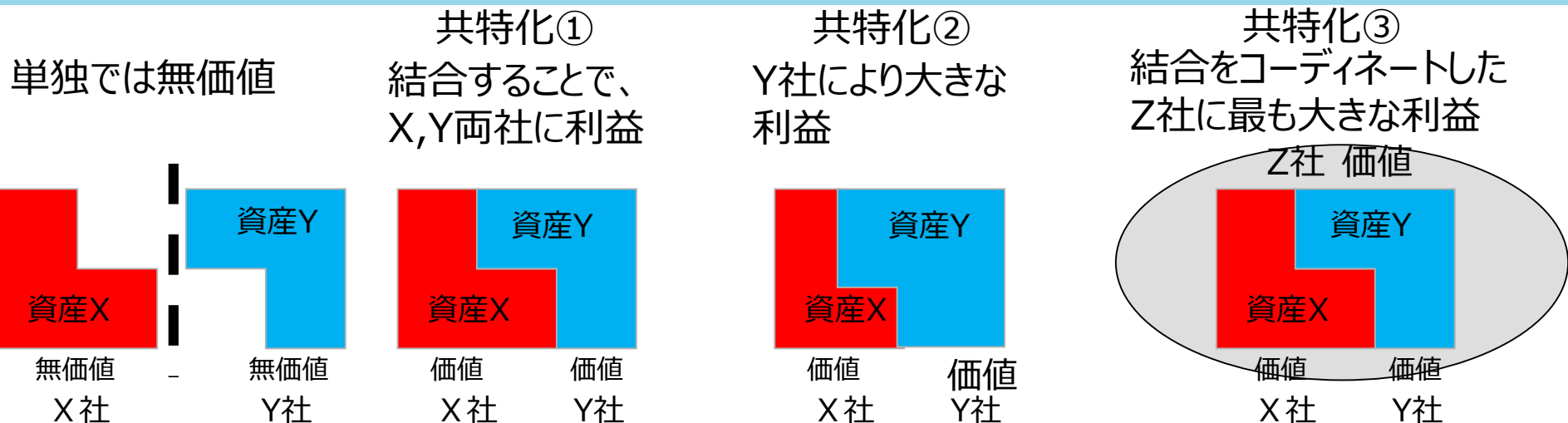


3. “Connected Industries”の 理論的基礎

—「**共特化**」の原理—

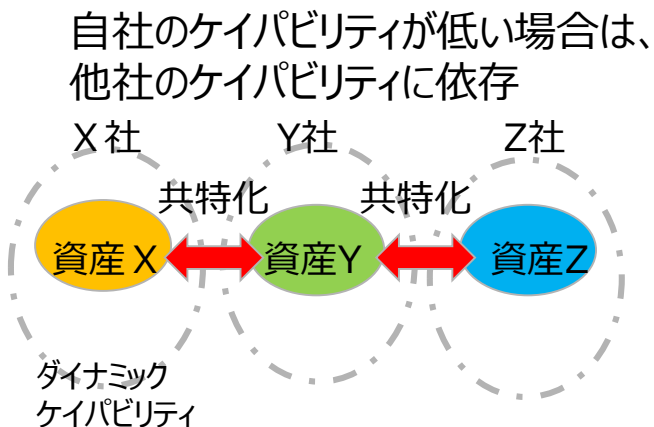
Connected Industriesの理論的基礎：「共特化」の原理

- 「共特化（co-specialisation）」資産と資産の間の相互補完関係による価値の創造
例）モバイル機器とリチウムイオン電池、自動運転とAI、半導体製造とレジスト、健康データとヘルスケア技術
IoTとは、ITとOTの「共特化」
- イノベーションとは、共特化資産の結合。
共特化の原理を巧みに利用することで、差別化、模倣困難化、費用の節約が可能。
- Connected Industriesの意義は、「共特化」のバリュー・チェーンの形成にある。
ただし、共特化の設計次第で、利益配分や支配力のポジションは変わる（ロックイン等）。
例）プラットフォーム、グローバル・ニッチ・トップの中小企業
- 共特化のニーズや機会を感知・捕捉し、結合する設計・実行能力がダイナミック・ケイパビリティ。

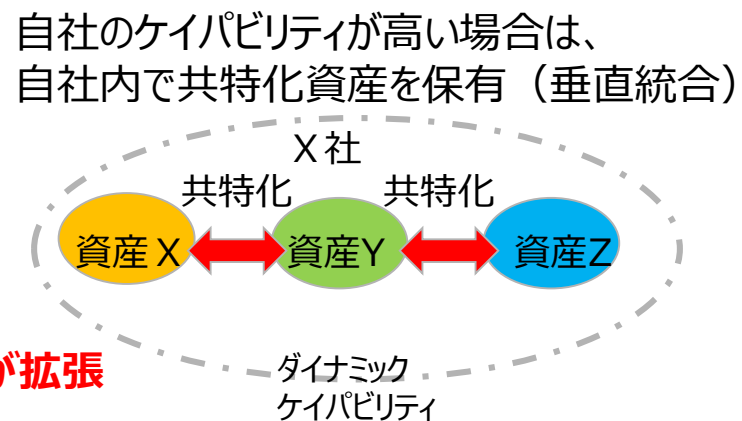


ダイナミック・ケイパビリティと垂直統合

- ダイナミック・ケイパビリティの高い大企業は、「共特化」のバリューチェーンをより広く支配下に置くべく、「**垂直統合**」を志向する可能性がある。
- 近年、**巨大IT企業等は、共特化資産であるハードウェアとソフトウェアの「垂直統合」**を積極的に進めている。単なる「規模の経済」ではなく、「共特化」原理を意識した戦略。
- 日本企業は「自前主義」ゆえに失敗したとされてきた。しかし、**近年の巨大IT企業やDXが進んだ企業は、垂直統合（メガ自前主義！）**を志向。
- **製造業のサービス化（製品の運営・保守サービスのビジネス化）**とは、**消費市場への垂直統合（前方統合）**。
- **ダイナミック・ケイパビリティが低い企業が自前主義を志向すると失敗する。自社に不足するケイパビリティは、他社との連携・協調やオープン・イノベーションで補完するのが合理的。**



デジタル化によって
ダイナミック・ケイパビリティが拡張



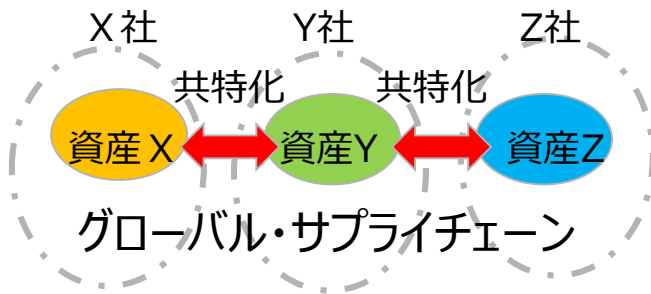
不確実性と垂直統合（バーチャルな垂直統合のリアル化）

- **不確実性**（サプライチェーン寸断・変更のリスク）の高まりもまた、**垂直統合・自社開発の方向へのドライブ**となる。
- 国家レベルであれば、不確実性は、海外依存度の低下・国産化・保護主義へのドライブとなる。
- 逆に、各国の保護主義へのドライブが、不確実性をいっそう高め、さらに保護主義を加速する。

例) 米国の保護主義、欧州のデータ保護主義、中国のデジタル保護主義や中国製造2025

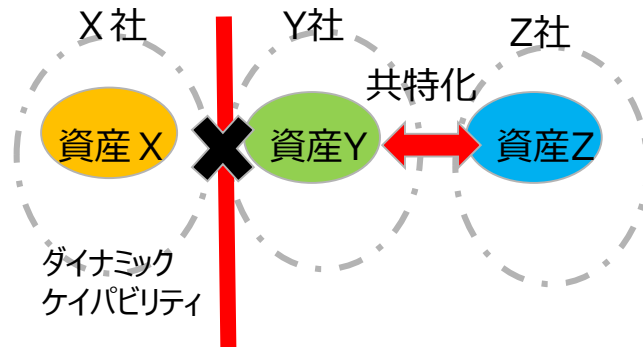
- 企業であれ国家であれ、**ダイナミック・ケイパビリティの高い者が生き残る**

バーチャルな垂直統合

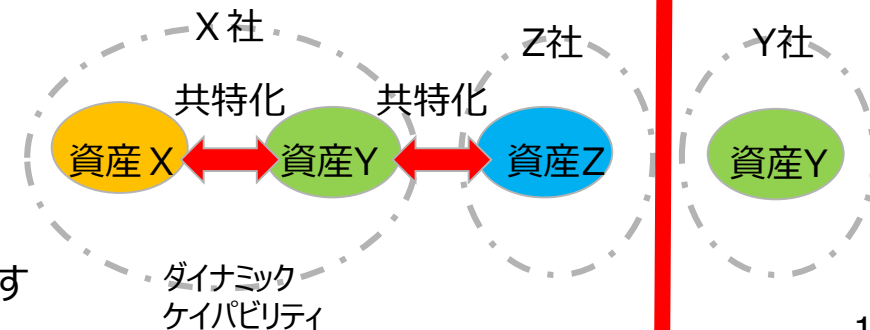


Y社の立地国で
地政学リスク勃発

Y社の立地国に地政学リスクがある場合、
X社は、ダイナミック・ケイパビリティを高めて、
資産YをY社に依存せず、自社開発を目指す

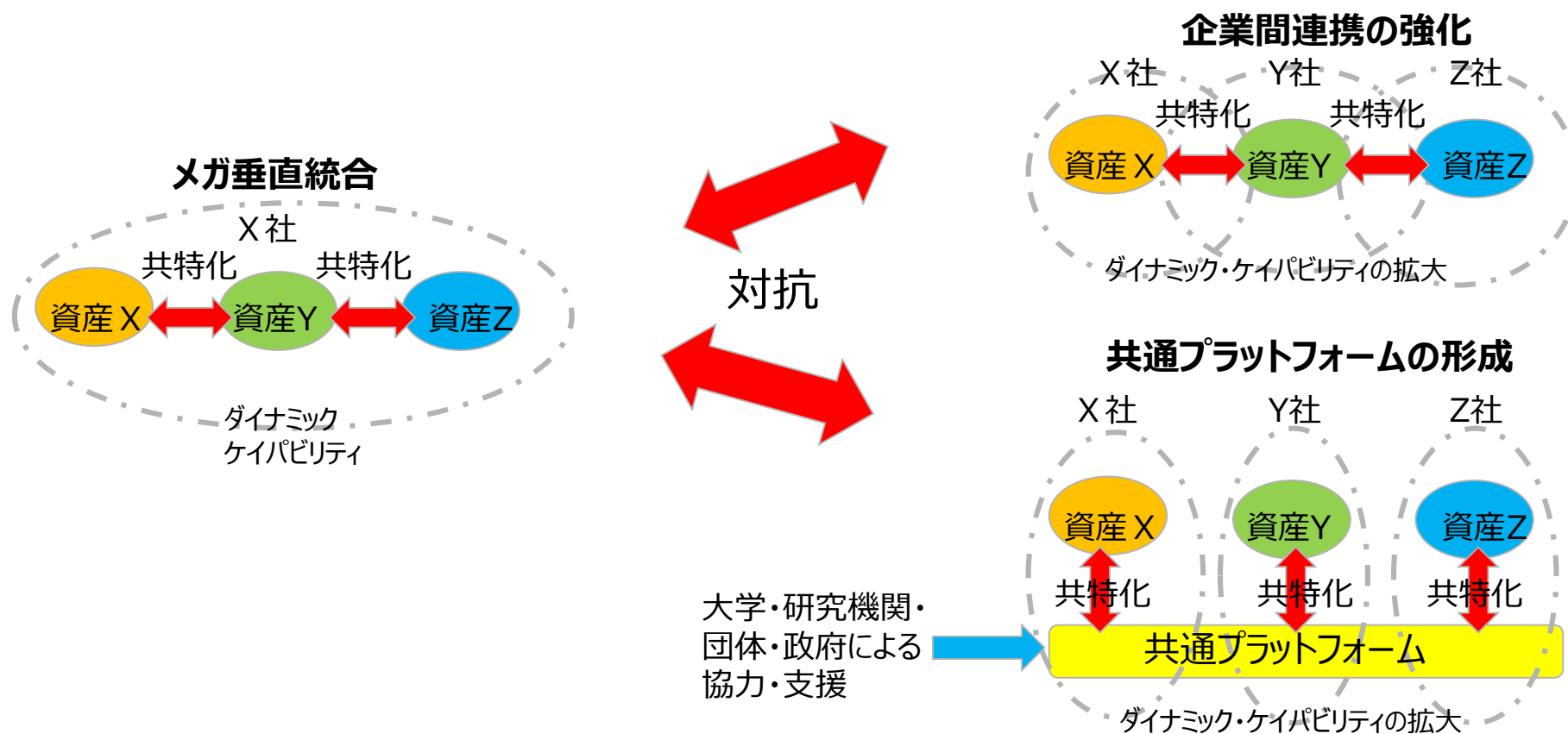


リアルな垂直統合



巨大IT企業のメガ垂直統合に対抗する連携・協調戦略

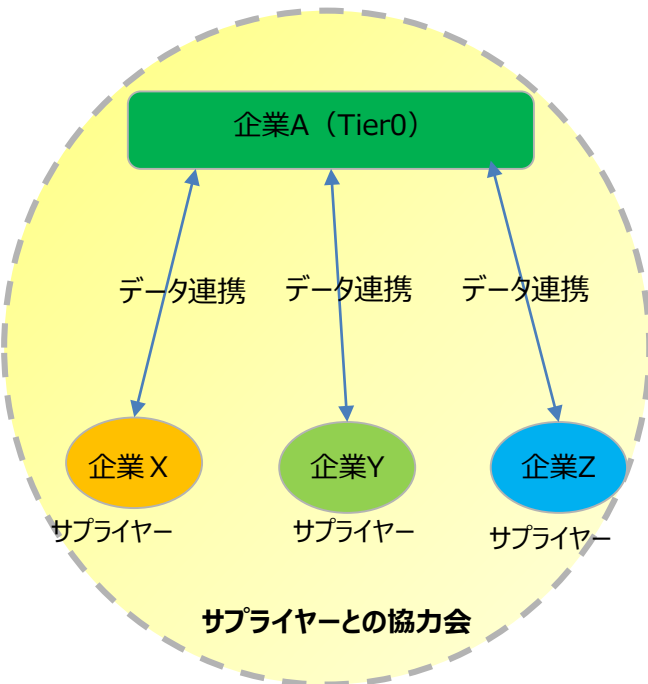
- ダイナミック・ケイパビリティが不十分な企業は、**企業間・産学官の連携・協調**を強化する方向に向かう。
- かつての系列はデジタル化によって、再度凝集力を強める可能性がある。さらには、共同で**協調領域における共通プラットフォーム**を形成し、メガ垂直統合に対抗する。
- ただし、デジタル化をより進め、**ダイナミック・ケイパビリティ**をより高めなければ、**連携・協調も不可能**。



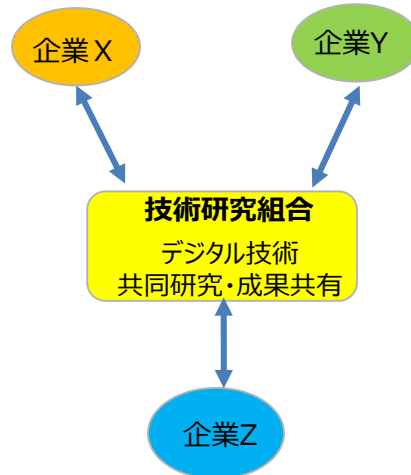
Connected Industries成功のカギ – プレデジタル・コミュニティの存在

- 企業間の連携・協調に成功している事例には、デジタル技術の導入以前に、すでに存在する企業間の信頼・取引関係がある連携・協調の仕組み（企業間コミュニティ）を活用しているものがある。
- Connected Industriesの形成には、**既存の企業間コミュニティのデジタル化・プラットフォーム化**が有効。
ならば、**プレデジタルな企業間コミュニティ**の形成・強化こそが、Connected Industries成功のカギ。
- プレデジタルな企業間コミュニティの形成に、政府・独法・地方自治体・大学・研究機関は貢献可能。

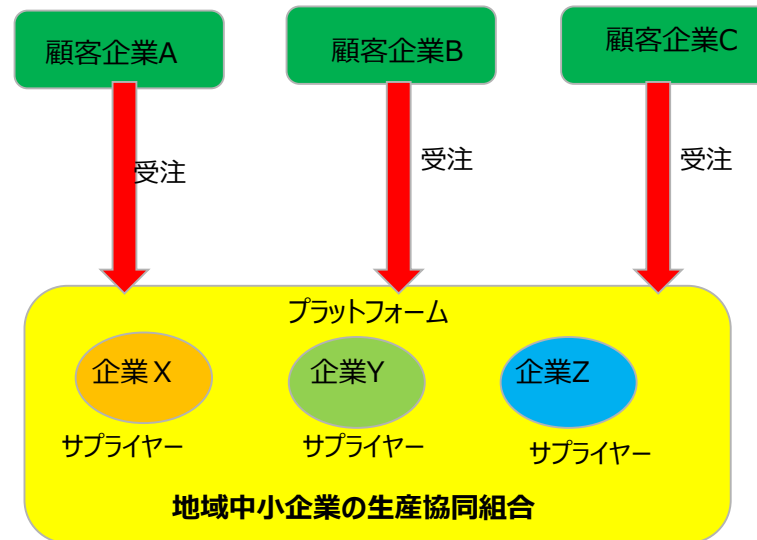
既存のサプライヤーとの協力関係をデジタル化



技術研究組合をプラットフォーム化



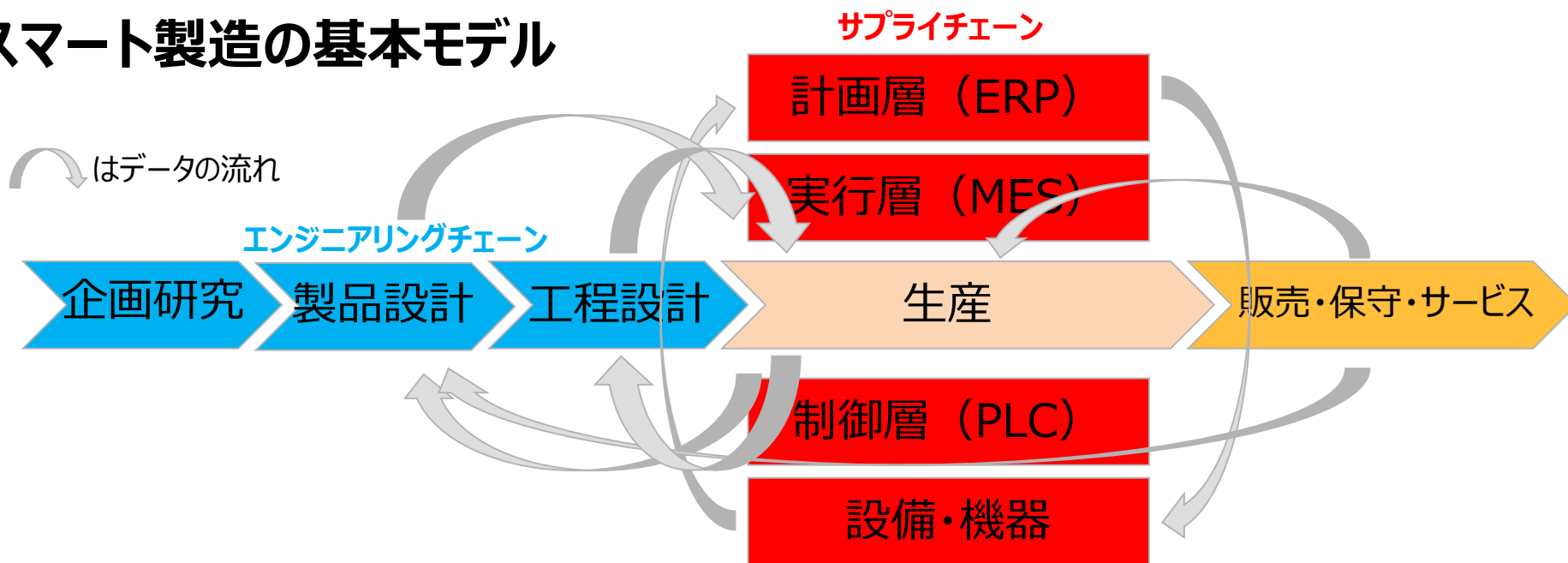
地域の生産協同組合等をプラットフォーム化



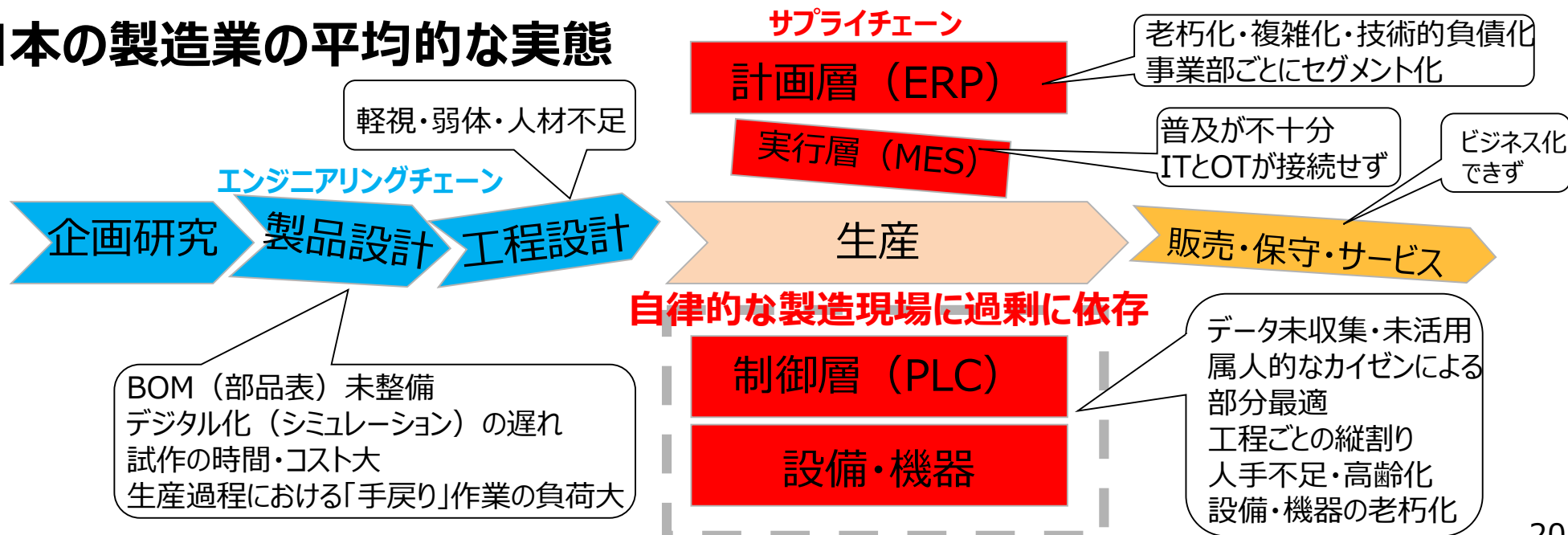
4. Connected Industriesの加速

—エンジニアリング・チェーン戦略—

スマート製造の基本モデル

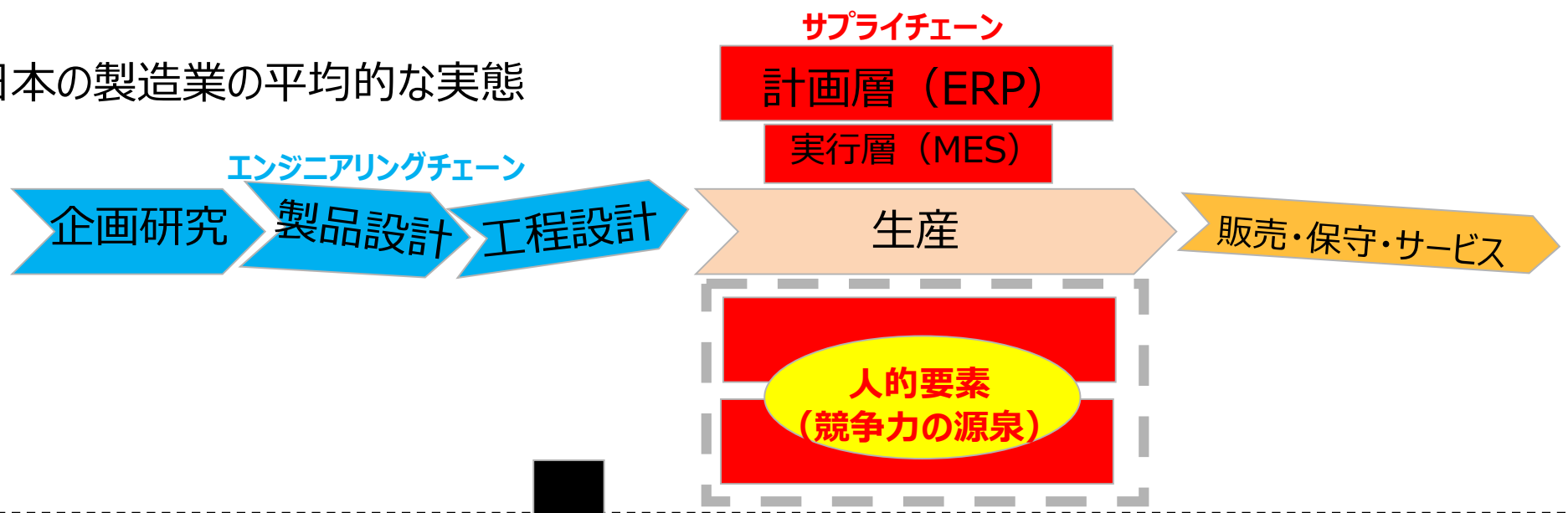


日本の製造業の平均的な実態

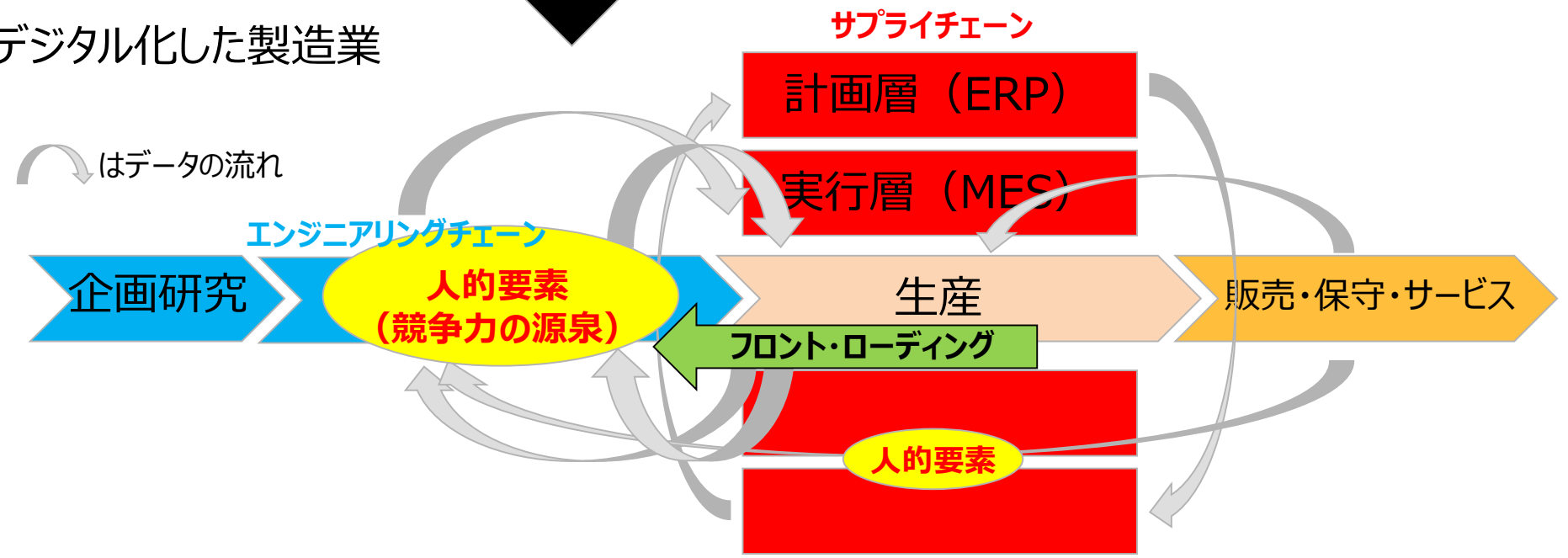


デジタル化の進展に伴い、人的要素（競争力の源泉）は、エンジニアリング・チェーンへとシフト

日本の製造業の平均的な実態



デジタル化した製造業

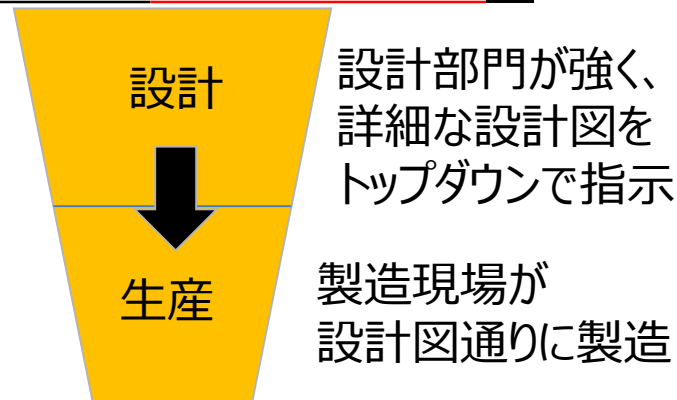


エンジニアリング・チェーン：Connected Industriesのアキレス腱

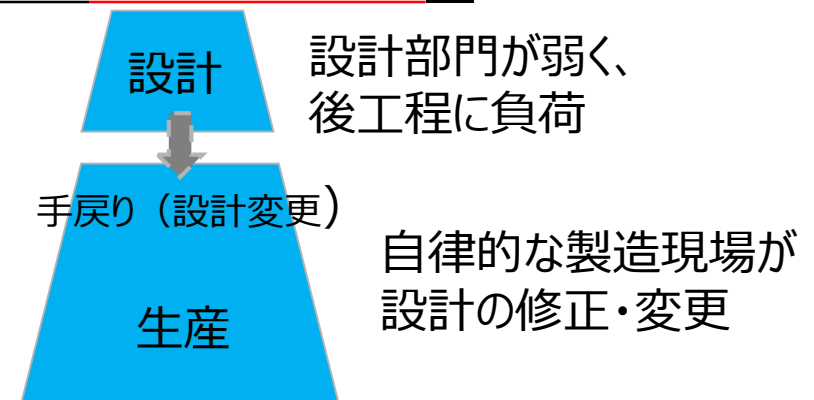
- 不確実性に対応し、共特化資産の結合を設計するのは、エンジニアリング・チェーン。
エンジニアリング・チェーンこそ、製造業の頭脳であり、ダイナミック・ケイパビリティの中核。
- サプライ・チェーンのデジタル化が進むにつれ、競争力のウエイトは、サプライ・チェーンから、エンジニアリング・チェーンへと移っていく。
- 日本の製造業は、製造部門の現場力は高いが、エンジニアリング・チェーン（特に、工程設計）は弱体化しているのではないか？
- 組織の肥大化やグローバル化により、設計部門が生産部門から遠くなり、設計力が低下？
その他、縦割りの製造現場（現場任せ）、工程設計（生産技術部）の弱体化（リストラ）、システム工学（全体最適）の欠如といった問題点はないか？

日独ともに、製造業に優位があるとは言え、組織構造・文化は大きく異なる

ドイツ（設計 > 製造現場）



日本（製造現場 > 設計）



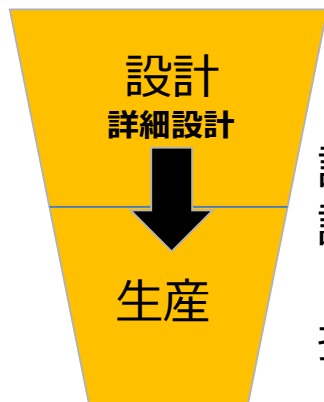
「設計－生産」連携：日本のエンジニアリング・チェーン戦略（アジャイル型）

- 設計－生産－販売（顧客）の少人数の連携（「スクラム」）によって、顧客ニーズや生産部門の現場力を設計部門に反映しつつ、試行錯誤を繰り返す戦略が有効（アジャイル型）。
- 「設計－生産－販売」を同期的に連携させ、手戻りをなくすことで、設計から生産までのリードタイムを極限まで短縮し、顧客への対応や製品の市場投入を迅速化するとともに、生産ノウハウを蓄積して設計能力を進化。
- 日本は、弱体化した設計部門（特に**工程設計**）を再生し、生産部門と再結合する必要がある。そのためにも、エンジニアリング・チェーンとサプライ・チェーンのデジタル化は有効。

（E-BOM（設計の部品表）とM-BOM（製造の部品表）の整備が大前提）

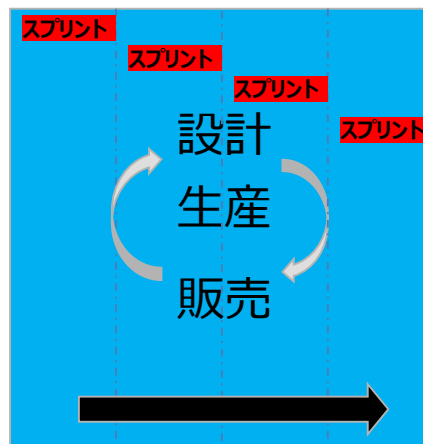
- 「アジャイル型」は、日本の製造業のお家芸？ 今も、そうか？ デジタル化は？

ウォーターフォール型生産



設計部門が
詳細設計を
トップダウンで
指示

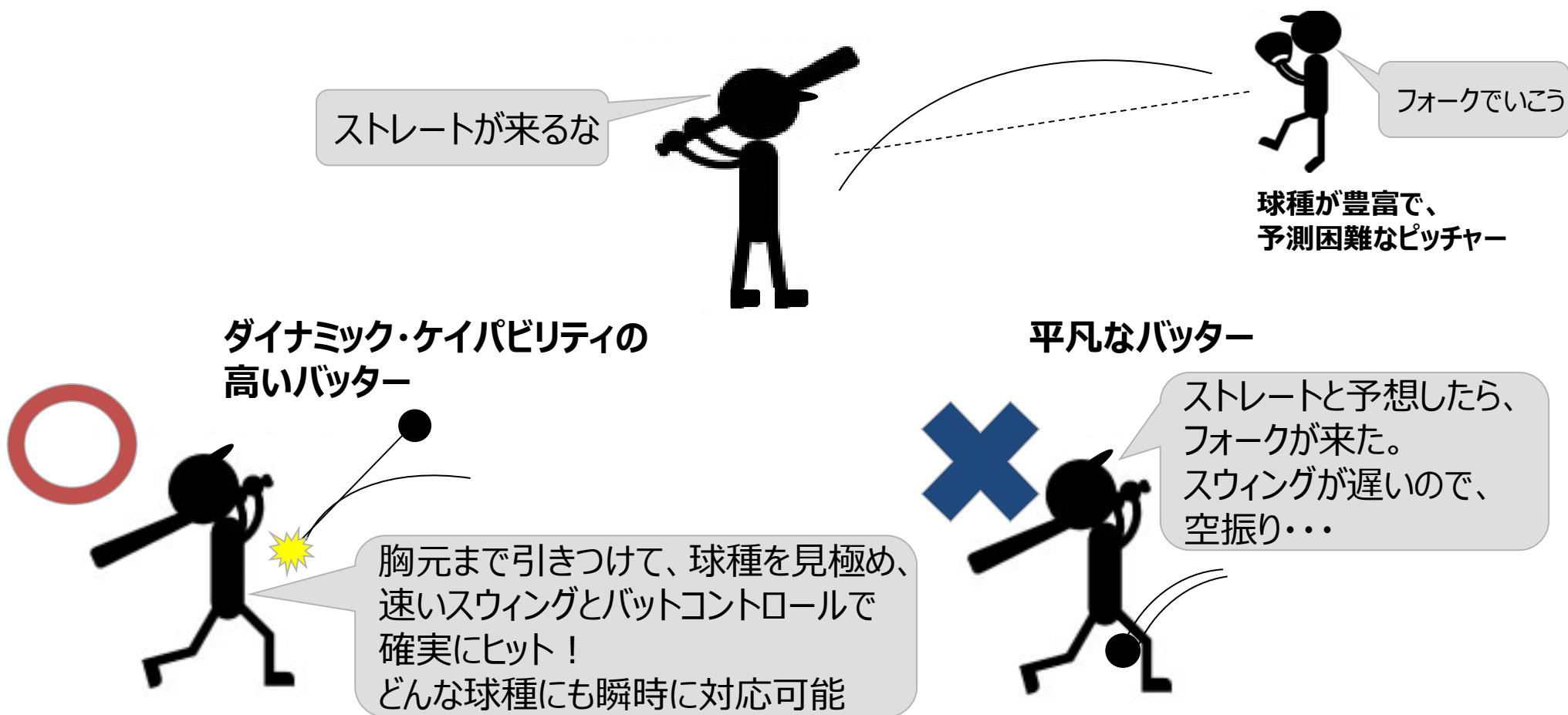
アジャイル型生産



顧客のニーズ、
製造現場の現場力を
設計部門に反映（スクラム）
生産ノウハウの蓄積と
設計能力の進化

不確実性、ダイナミック・ケイパビリティ、アジャイル型生産

- 不確実性が高い場合は、**詳細設計の決定や生産をできるだけ先延ばし（アジャイル型）**し、市場動向をギリギリまで見極めた方が、成功する確率は高い（迅速な意思決定がいいとは限らない！）。
- ただし、それができるのは、市場動向を見極め、意思決定をした後は、既存の事業・組織を速やかに変更できる高度な「**ダイナミック・ケイパビリティ**」を有する企業だけ。



事例紹介

(エンジニアリング・チェーンの強化)

設計の可能性を広げるスタートアップ企業の出現①

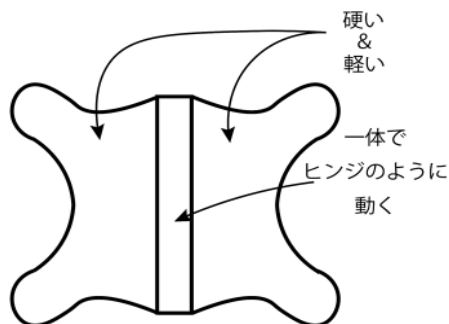
- 設計のデジタル化が進んだことにより、設計分野で、これまでにない画期的な技術を開発するスタートアップ企業が登場しつつある。
- 例) **Nature Architects**社 (CEO 大嶋泰介氏 (未踏スーパークリエイター)
ユーザーが求める機能から逆算して、メカニカル・メタマテリアルの構造を導出する独自のアルゴリズムを開発した
東大発ベンチャー

Nature Architectsのテクノロジー



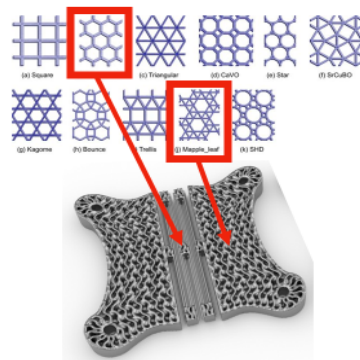
独自技術「Direct Functional Modeling」により、あらゆる機能を設計可能にする世界を目指す

① ユーザーが求める機能を設定



- 「柔らかさ・硬さ」や「変形」など、従来では設計するのが難しかった機能要件に対しても、直接入力値として参照することが可能

② 独自の構造ライブラリから構造を抽出・割当て



- 独自に蓄積した膨大な構造ライブラリの中から、ユーザーが求める機能を実現するための構造をパーツ毎に抽出し割り当て

③ 3Dデータを元に造形



- 通常のCADソフトで読み込み可能なデータ形式で出力し、すぐに製造が可能
- 3Dプリンタを活用すれば複数の機能を持つ製品を一体で造形することも可能

設計の可能性を広げるスタートアップ企業の出現②

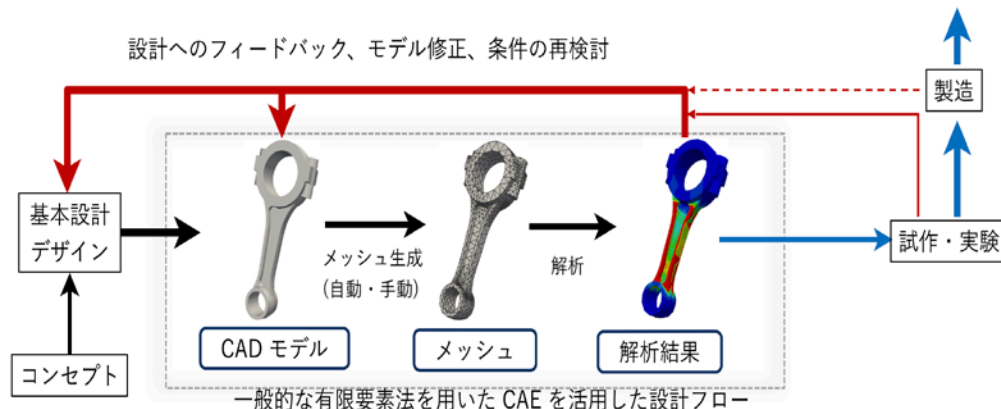
(株)科学計算総合研究所

★コンピュータシミュレーションを用いた工業製品の設計/開発が主流になりつつあるが…

最適な形状・設計を得ることは膨大な試行錯誤が必要

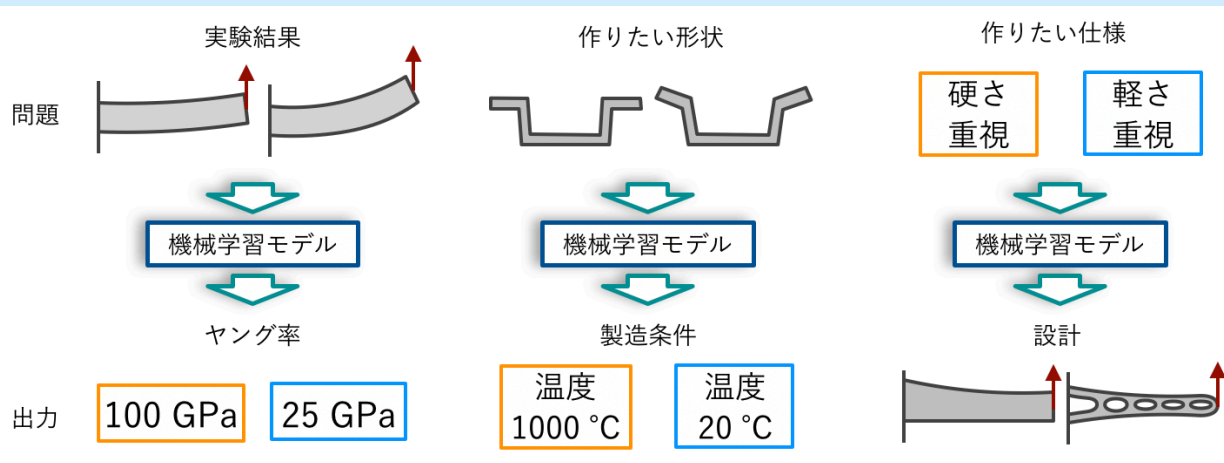
→リードタイムが大きい

(=人的・時間のコストが大きい)



科学計算総合研究所
Research Institute for Computational Science Co. Ltd.

の設計/開発×AI の取り組み



AI を組み合わせることで、
ものづくりの設計/開発の自動化を
目指しています

以下を自動で最適化可能に：
実験と整合するパラメータ（材料物性）
作りたい形状を実現する製造条件
作りたい製品仕様を実現する設計

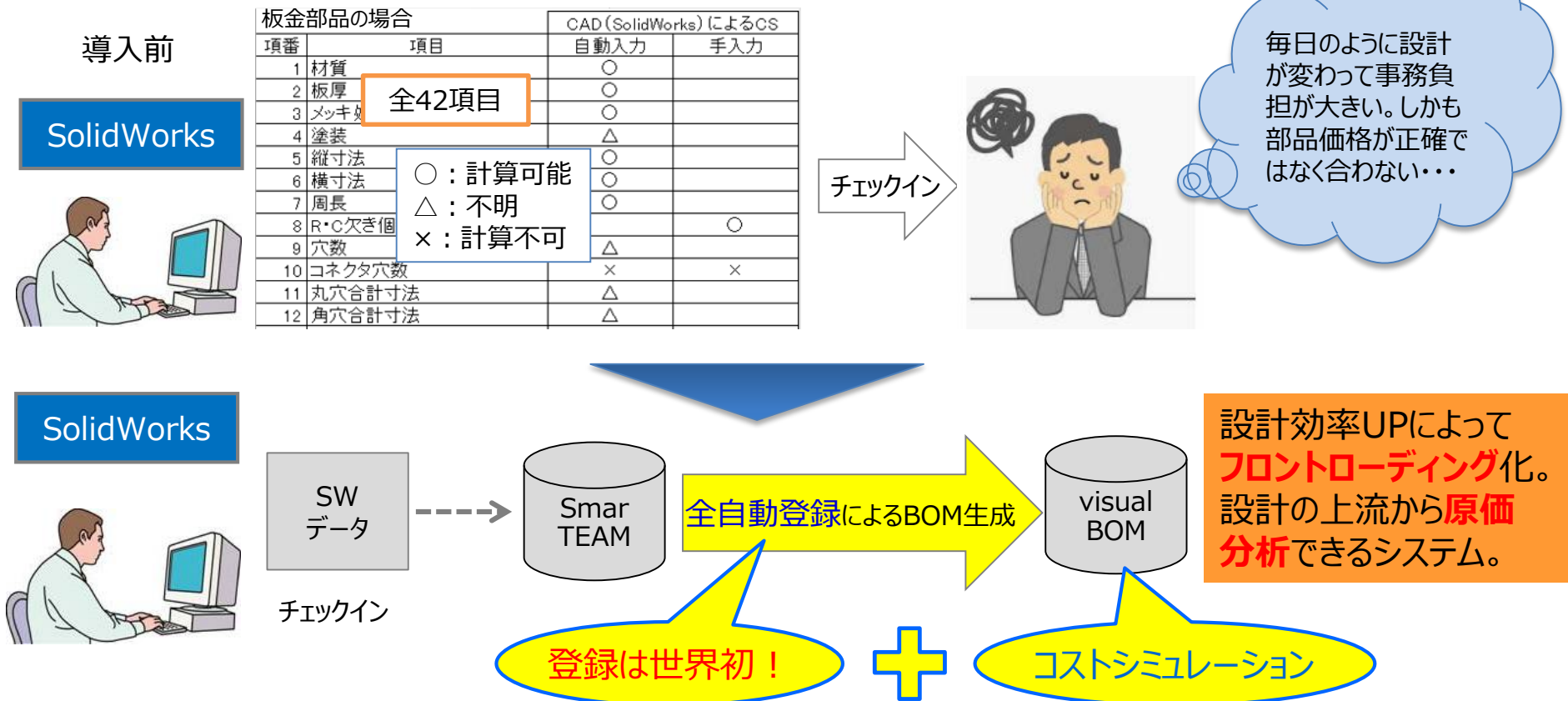


ローレルバンクマシン: visualBOM-CSの導入

<事業概要>

- ローレルは、1946年の創業以来（約70年）、一貫して通貨処理機の専門メーカーとしてのものづくり。
- 主なお客様は、貨幣を扱う金融・流通だが、警備輸送・交通・レジヤ・医療・教育機関・官公庁への製品の提供、そしてオフィス向けではセキュリティー関連の製品の提供など、幅広い分野に貢献。
- 環境問題への関心が高まる中で、環境に配慮した「ものづくり」や品質向上など、お客様に信頼されるものづくりを行う。時代が求める「技術とサービス」を考え、お客様の価値づくりに向けた取り組みを実施。

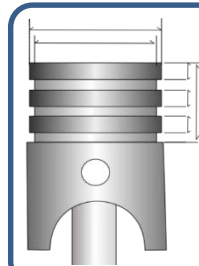
<visualBOM-CSの連携概要>



NEDO : AI を活用したシステムデザイン (AASD)

AASD (AI-**Augmented** System Design) : 設計開発に携わるエンジニアの能力を AI によって拡張(Augment)するためのソフトウェア

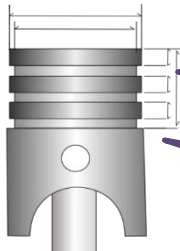
CAD (Computer **Aided** Design) 計算機による設計の**支援**



指示された図を正確に描くことはできる



AASD (AI-**Augmented** System Design) AIによる設計**能力の拡張**



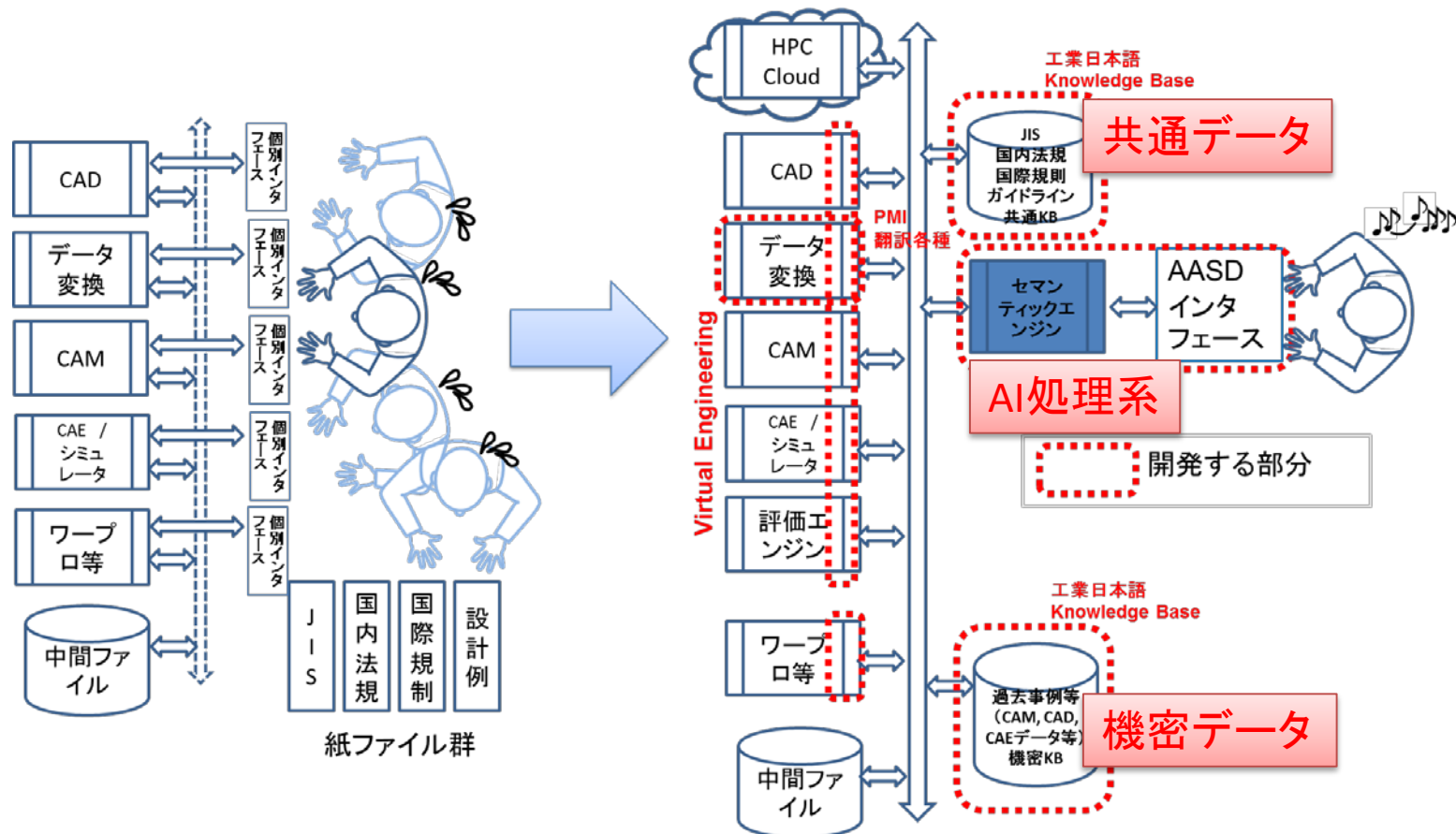
設計内容を理解してチェックしてくれる

この厚さだと質量が過大です

ピストンリング内径が規格に適合しません

AASD: AIにより設計者の能力を拡張する

- セマンティックエンジン（意味理解エンジン）：AI処理系
 - 意味を理解したデジタルツール間のデータ変換
 - 設計情報の意味を理解し知識ベースから類似事例やトラブル事例の検索を行う
- 共通データと機密データを分離し、機密性を維持したデータ流通



自動車産業におけるモデルベース開発

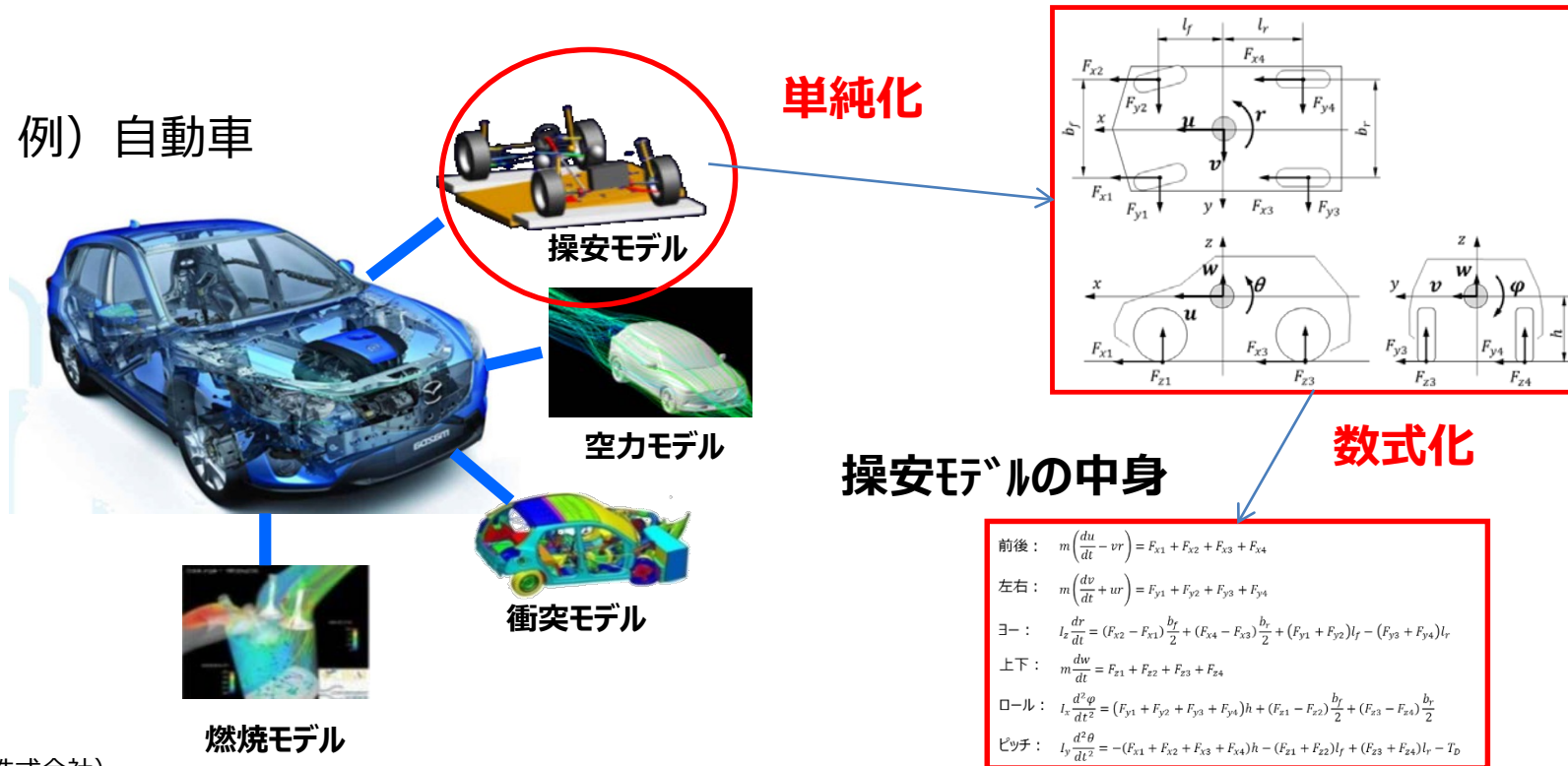
モデルとは

複雑な現象を説明するために用いられる**エッセンスのみで単純化**した理論や数式

モデルベース開発の狙い

- ・**試作車や試作部品を作らずに机上で**商品開発を効率化する
- ・**モデルを共通言語**として部門間, 会社間の連携を飛躍的に強化する
- ・**技術者の発想力を高め**,新しい商品価値を創造する

例) 自動車



単純化

操安モデル

空力モデル

衝突モデル

燃焼モデル

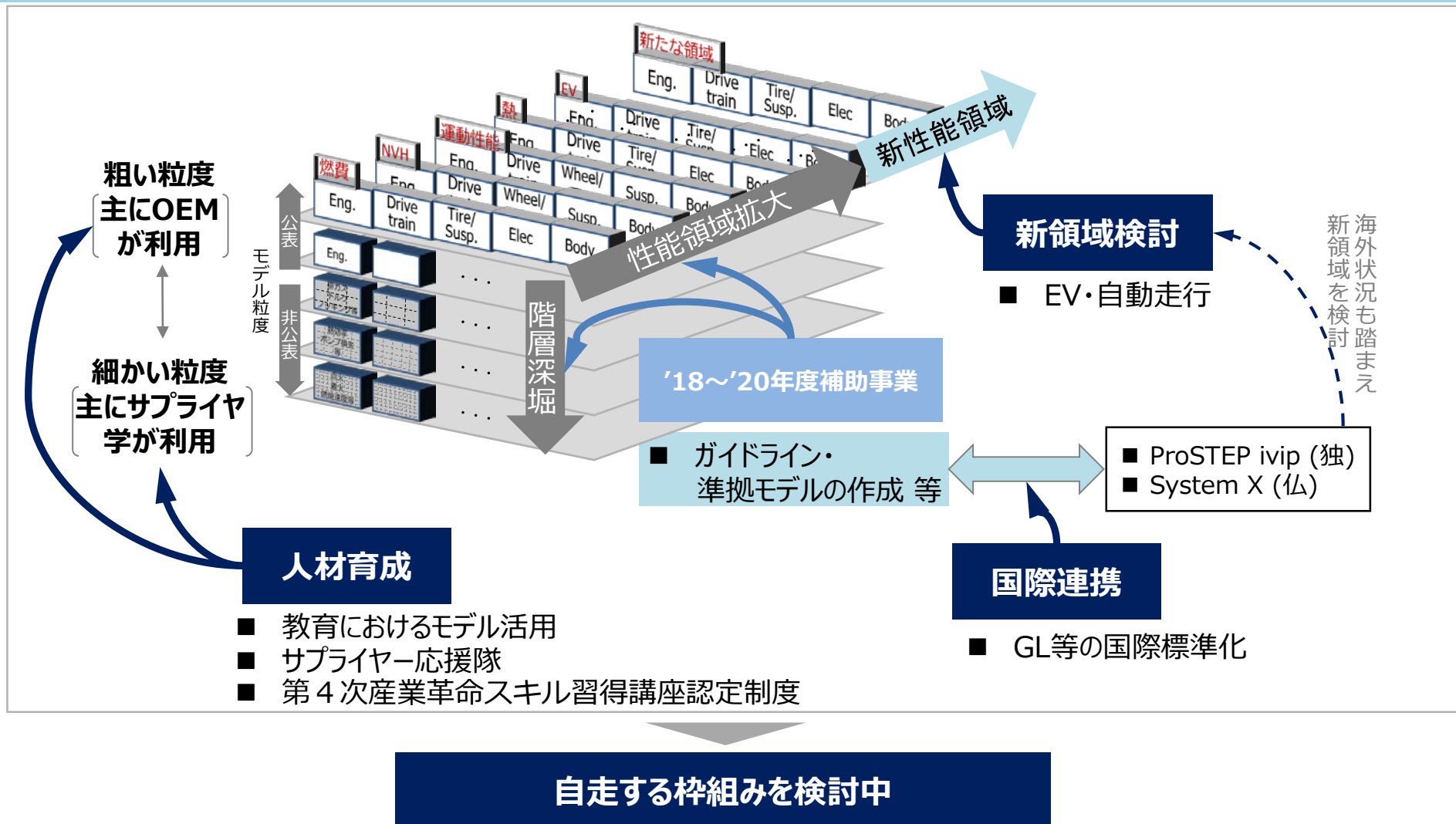
操安モデルの中身

数式化

$$\begin{aligned}
 \text{前後: } & m \left(\frac{du}{dt} - vr \right) = F_{x1} + F_{x2} + F_{x3} + F_{x4} \\
 \text{左右: } & m \left(\frac{dv}{dt} + ur \right) = F_{y1} + F_{y2} + F_{y3} + F_{y4} \\
 \text{ヨー: } & I_z \frac{dr}{dt} = (F_{x2} - F_{x1}) \frac{b_f}{2} + (F_{x4} - F_{x3}) \frac{b_r}{2} + (F_{y1} + F_{y2}) l_f - (F_{y3} + F_{y4}) l_r \\
 \text{上下: } & m \frac{dw}{dt} = F_{z1} + F_{z2} + F_{z3} + F_{z4} \\
 \text{ロール: } & I_x \frac{d^2\phi}{dt^2} = (F_{y1} + F_{y2} + F_{y3} + F_{y4}) h + (F_{x1} - F_{x2}) \frac{b_f}{2} + (F_{x3} - F_{x4}) \frac{b_r}{2} \\
 \text{ピッチ: } & I_y \frac{d^2\theta}{dt^2} = -(F_{x1} + F_{x2} + F_{x3} + F_{x4}) h - (F_{z1} + F_{z2}) l_f + (F_{z3} + F_{z4}) l_r - T_D
 \end{aligned}$$

モデルベース開発（MBD）の取り組み全体像

- 補助事業によるモデル構築等の支援に加え、国際連携、新領域検討や人材育成等の活動を推進
- '21年度からの民間主導による自走について検討を実施



まとめ：目指すべき産業構造と戦略の方向性

- 地政学リスク等の不確実性の高まりは、従来のグローバル・サプライチェーンの破壊・再編の引き金となっている。
- 企業は、変化に対して俊敏・柔軟に対応するダイナミック・ケイパビリティを高める必要がある。
- デジタル化は、ダイナミック・ケイパビリティを飛躍的に高める。
- 特にエンジニアリング・チェーンは、ダイナミック・ケイパビリティの中核をなす。不確実性の高い世界における国の競争優位は、エンジニアリング・チェーンによって決まる。
- しかし、エンジニアリング・チェーンは日本の製造業のアキレス腱。エンジニアリング・チェーンの重点強化は、今後のConnected Industries政策における喫緊・最重要の課題。
- 企業のダイナミック・ケイパビリティを高めるためには、サプライ・チェーンのみならず、エンジニアリング・チェーンのデジタル化を徹底し、アジャイルな生産方式を確立する必要がある。