政策研究院
自然資本マネジメント
に関する研究会

# DXの思考法

2022年9月

東京大学未来ビジョン研究センター客員教授
経営共創基盤シニア・エグゼクティブ・フェロー
三井住友海上火災保険顧問

西山圭太

# 自己紹介

- 1985年に通商産業省(現・経済産業省)に入省。2020年に退官するまで、民間と行き来しつつ、様々なプロジェクトを構想、手がける
  電力システム改革、不良債権問題、統合報告、RCEP、デリームンバイ産業大動脈
  産業革新機構、地方創生、地域医療再生、東電再建、DFFT
- 東京大学法学部、オックスフォード大学哲学・政治学・経済学コースを卒業

# 国土審議会計画部会でお話ししたこと・・・私の考え方

■ これから**国土の捉え方は大きく変わる**のではないか。(いわば**国土2.0**)
- 簡単に言えばハードのインフラ整備＝国土開発ではない。
- デジタルという局面で言えば、例えば5Gネットワークはもちろん大事だが、より大事なのはそれによる社会活動の変化である。
- (専門外だが)地球環境のアングルから見ても同様のことがあるのではないか。

■ そうした変化を現時点で全て予見して**「計画する」ことはできない**。

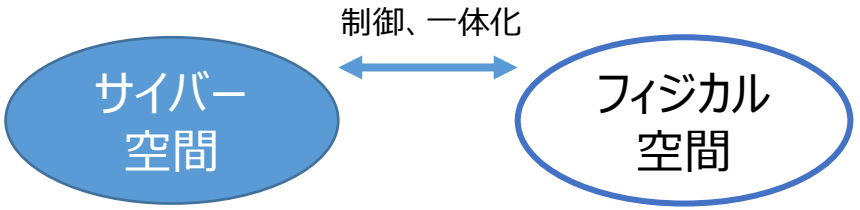
■ だとすると**「前提が変わりつつある」**という問題意識を表明した方が良い。
- そうでないと国土計画をなぜいま作るのか、適切な説明ができなくなるのではないか。

■ それが**「中高生に伝える」**という意味でもある。

自然資本マネジメントについては門外漢だが、「その捉え方が大きく変わる」のはおそらく共通。そのお話をさせていただく。

## 先に全体像をお話しすると

CPS(サイバーフィジカルシステム)
狭く言えばIoT

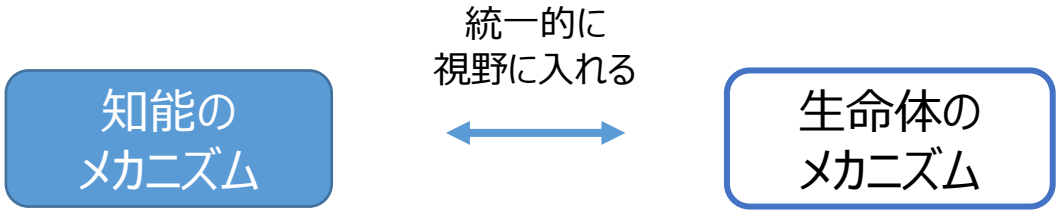



例:自動運転、自動保守、エンジニアリングチェーン

DX(デジタルトランスフォメーション)

**レイヤー構造**　　**ピラミッド構造**

AIの発展



## 文字で表現すると・・・

■ フィジカルな空間(工場、交通、物流)がサイバー空間側で制御されるようになる
(ハードの機能の多くがソフトで規定される)

■ サイバー空間・ソフトウェアを「かたち」で表現すれば、**レイヤー構造**になる。
■ それは「全体が先にあってそれを部分に分ける」という**ピラミッド構造とは異なっている**。

■ その端的な表れが**AI技術の最先端**である。
・ディープラーニングはその名の通り「ディープ」なレイヤー構造をとっている。
・Foundation Modelと呼ばれているように、例えば自然言語処理のモデルは一つに収斂しつつある。(「一皮むけば全部同じ」という横割り構造)

■ AIの持つメカニズムを観察すると、生命体の持つメカニズムと共通点が多いことがわかる
⇨外部環境の変化を予測する。
⇨繰り返し学習することで能力を向上させ、安定的なパターンを認識する。
⇨予測と同時に外部環境に物理的に働きかけて制御しようとする。

■ つまりは人間の知能は(そしておそらく言語、論理という仕組も)、生命体と連続的に理解した方が良いかもしれない、ということ。

■ 以上をまとめると、社会システム、知能システム、生命体システム、機械システムを連続的に捉える・横割りな見方が有効になりつつあるのではないか、ということ

# 本日の構成

Ⅰ　デジタル化とは何か

Ⅱ　DXはどう進めるべきか

Ⅲ　DXと国土計画

Ⅳ　AIをどう捉えれば良いのか

Ⅴ　DX、AIが世界の見方を変える

# Ⅰ　デジタル化とは何か

# 1.1 デジタル化を一言で

人間の課題が解ける

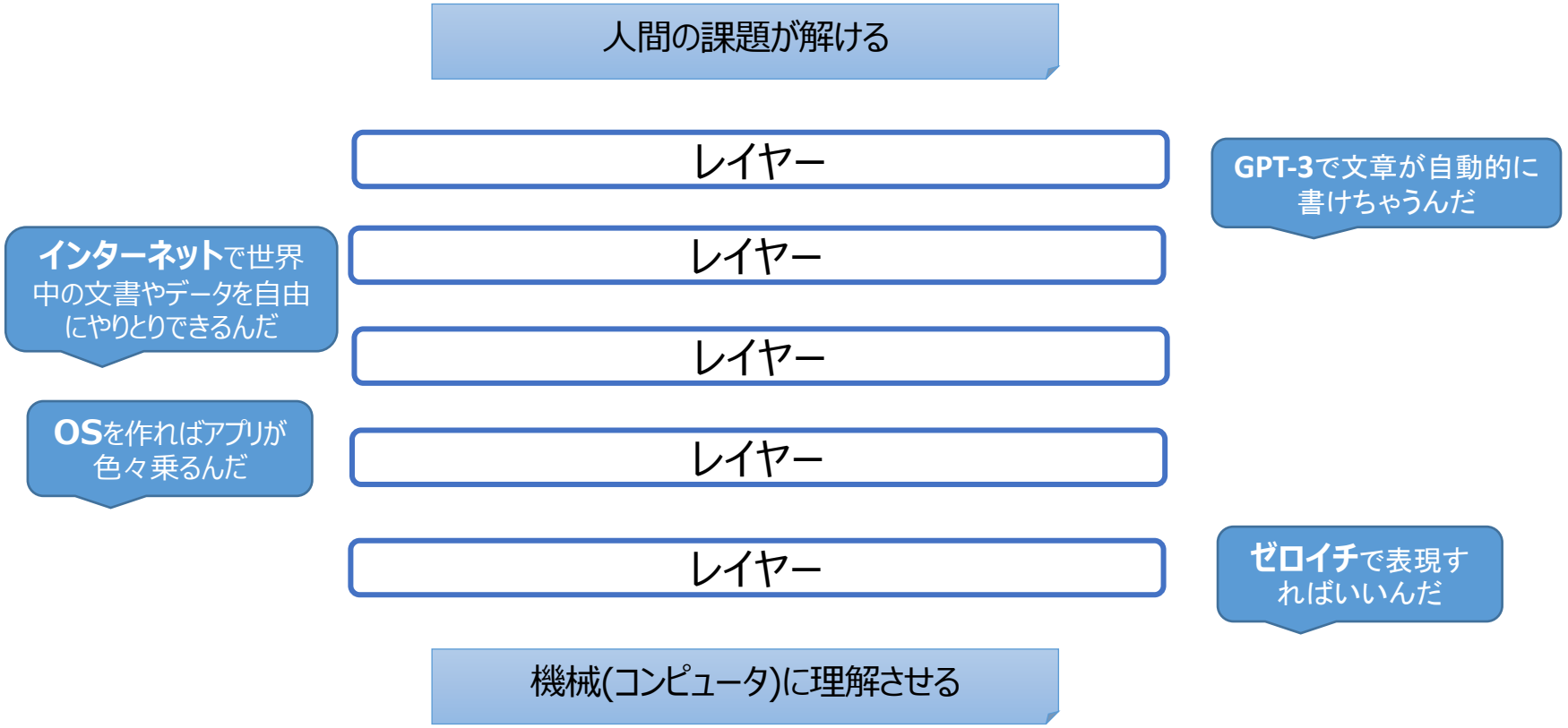
**ここをどうつなぐのか?**

機械(コンピュータ)に理解させる

- 最初は**大きくかけ離れて**いた。
- コンピュータは**万能**そうだったが、ゼロイチしかわからず、人間の解きたい**課題をどう伝えれば**良いのかわからなかった。
- つまり、なんかすごそうだが持ち主が使い方がわからない**アラジンの魔法のランプ**だった。

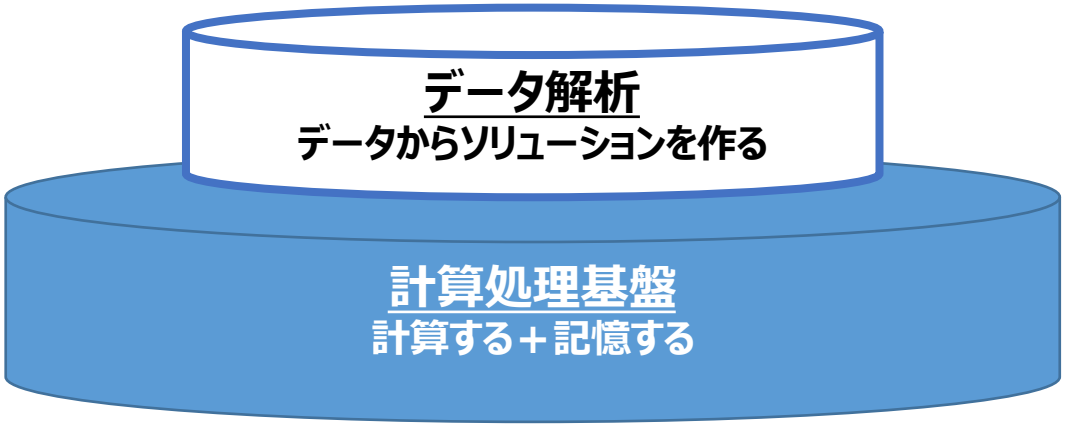
# 1.2 デジタル化のかたち①

コンピューターと人間の間をレイヤーを積み重ねることで結びつけてきた歴史。



# 1.3 デジタル化のかたち②

- 単純化すると、上下2段のウェディテングケーキのようになっている。
- クラウドサービスはこういうかたちをしている。



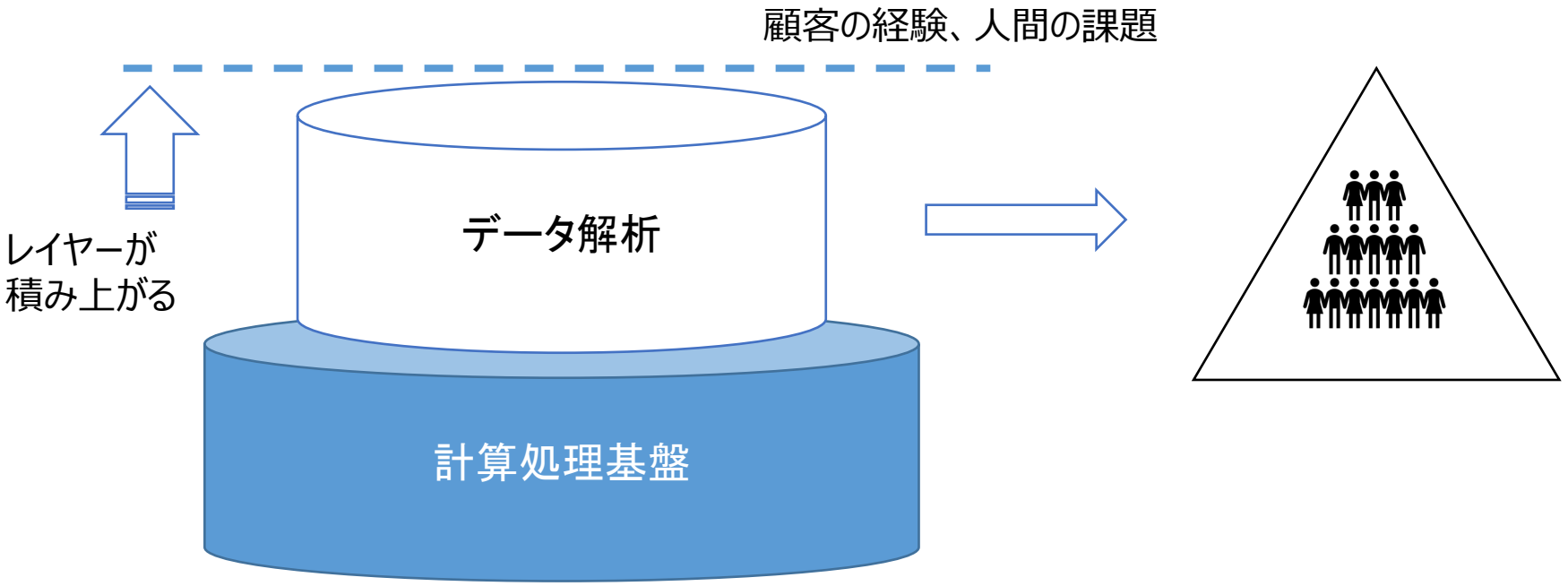

(出所)ミン・ゾン「アリババ」の情報を元に筆者作成

# 1.4 デジタル化の現在地①

- レイヤーが積み上がって、ミルフィーユのような形になった。
- 一番上の層が人間の実課題と直接接するようになった。
- **顧客の経験する内容をソフトウェアが決める**ようになった。
  ⇨様々なレコメンド機能
  ⇨Netflixのサービス
  ⇨**UX**が大事だと、ことさらに言われる
- 人間が処理してきた多くのことを**ソフトウェアで置き換え/サポート**できるようになった。

# 1.5 デジタル化の現在地②

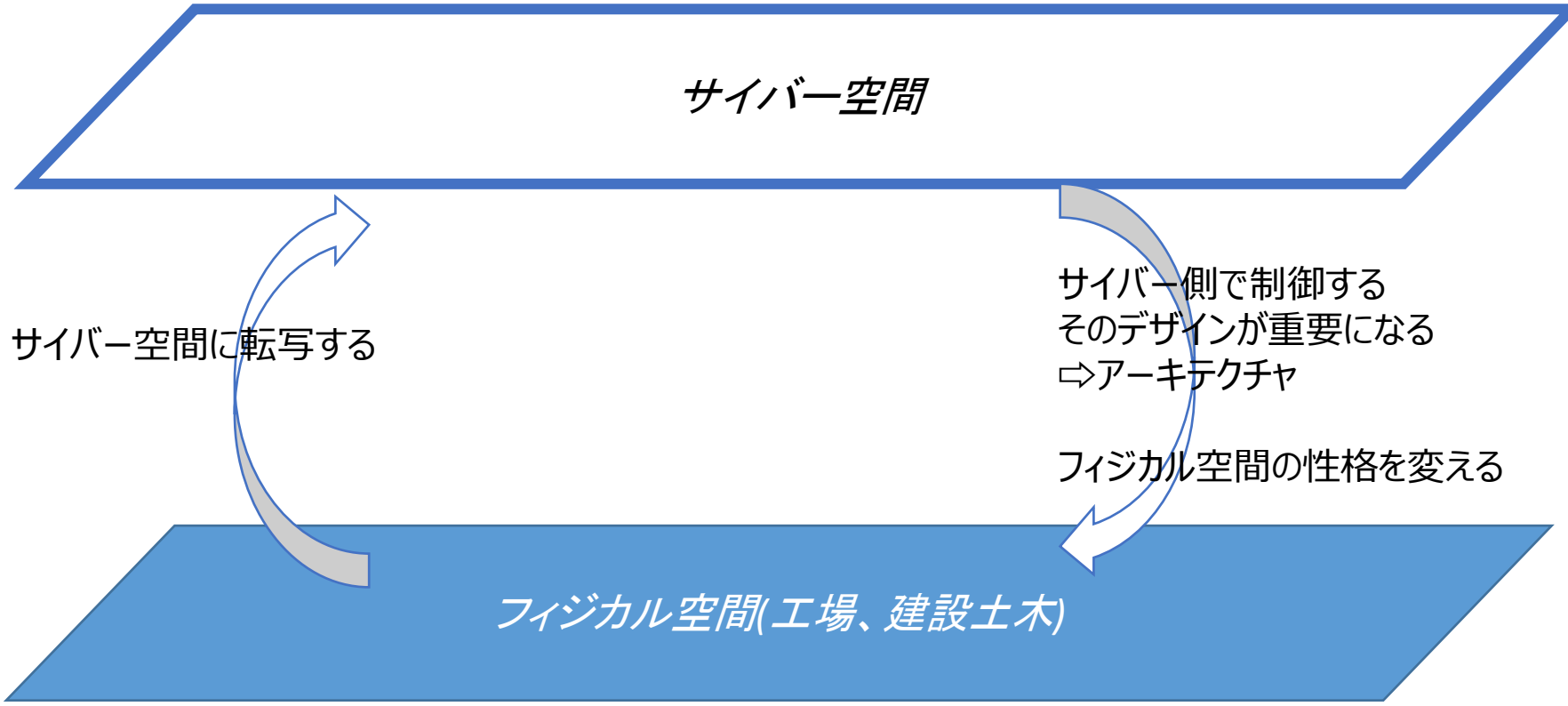
DX ＝ ピラミッド型の組織・仕組みがレイヤー構造に置きかわる。




**身近な例**
部下や他部門にいちいち聞いたり(ブロックチェーンとは何か?)資料を発注するよりも、自分で検索してしまった方がずっと早いし、わかりやすい資料が山ほどある ⇨ それがレイヤー構造 残業もなくなる

# 1.6 デジタル化の現在地③

いま起こりつつあること・・・**CPS(Cyber=Physical System)**への移行
⇨日本産業にとっての最大のチャレンジ

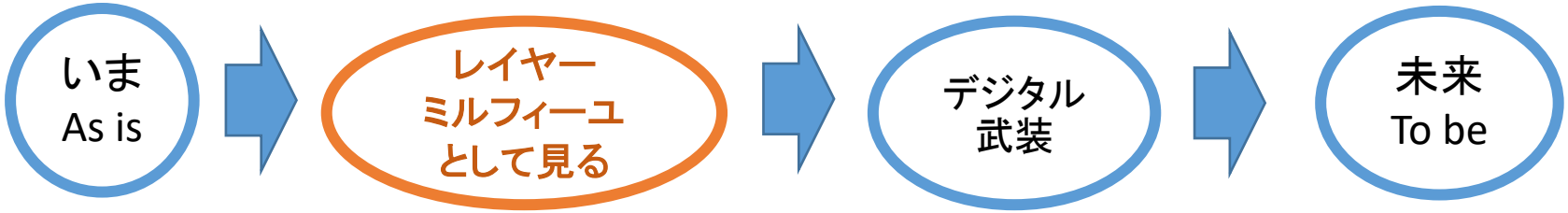


# II　DXはどう進めるべきか

# 2.1 DXとは

■ DXとは今のビジネスをそのままデジタル化することではない

■ まずビジネスを「レイヤー、ミルフィーユとして捉え直す」ことが必要



## 2.2 レイヤー化しないでデジタル化すると「なんちゃってDX」になる。

身近な例で言うと・・・
Q:　なぜ**紙の書類がいつまでも無くならない**のか?
A:　**書類をそのままデジタル化しようとするから**である。

⇨そんなことをすると「ファックスは廃止したので、プリントアウトして押印した文書をスキャンして
　pdfにしてメールで送ってください」という話になり、一体全体何を解決しているのかさっぱりわからなくなる。
　そして結局書類は無くならない。

しかしこの「おかしさ」に気づくと、「ホンモノDX」ができる。
⇨本来やるべきことは「意思決定・情報共有の効率化」であり
「書類の廃止・デジタル化」ではない。

## 2.3 「本屋にない本を探す」「白地図を書く」

■ 本屋の本棚にある本(**既存のツール、ソフトウェア**)をまず眺める。

■ 使えるものは使って自分のビジネスを**組み立てて**みる。
↔いまある業務フローをシステム化する

■ そうすると自分のビジネスを自然にレイヤー構造として捉えられる。
∵ツールはレイヤー構造になっているから

■ 無理には自前で作らない/ない場合にはじめて自分で**作って足し算**する。

■ 作ったら他社にも使ってもらう。(それがプラットフォーマーになる、ということ。)

## 2.4「レイヤー」で考える　～　ラーメンの例で

ラーメン屋に行った(経営している)あなた

とりあえずいつもの「特製○○ラーメン」を注文する
⇨美味しいけどいつも同じじゃ飽きるな・・・
⇨気分に合わせて好みのラーメンを注文したい・・・

- 麺の硬さを変えてみる(硬め、バリ硬、ハリガネ・・・)
- 脂っこく(なく)してみる
- トッピングを変える
- スープの種類を変える(醤油、味噌、塩)

**ラーメンをこのように分解するのが、「レイヤー構造で考える」ということ**
・「特製○○ラーメン」しか許さないのが垂直統合型・ピラミッド型＝昭和の会社
・「○○社(省)特製意思決定」をしているのが、いま世にある書類

レイヤーに分けてパラメータ設定を増やせば、**ありとあらゆるラーメン**を自由に作れる
⇨それが**ソフトウェアの発想、変革の思考法**

# III　DXと国土計画

## 3.1　地方創生から話を始める

人口減少下の地方創生とは「**地方経営改革**」問題であり、DXはその手段である。

■ 「データを共有してサービス・ソリューションを提供する」というのは、間違いではないが、問題の核心・本質ではない。

■ 地方でも**DXは「経営問題」だ**と考えるべきである。
地方を経営するとは?
⇨個々の企業の経営ではないし、自治体経営に止まらない

# これまでの発想

- 官民は分ける
- 企業も独立独歩

**企業はそれを利用し**
**各々独立して経営し**
**競争する**

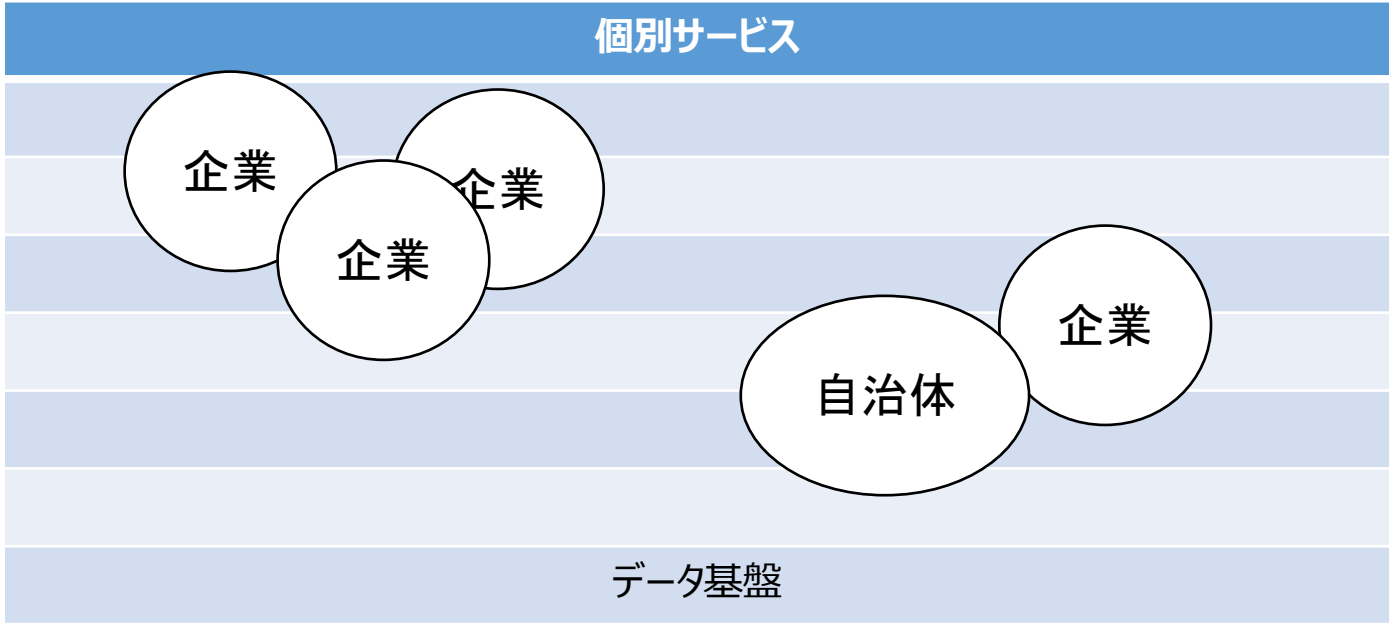
企業　企業　病院　企業

地方公共団体等がインフラ(道路、水道、消防・・・)を整備する

これまでの国土計画もこう
いう発想でできているはず。

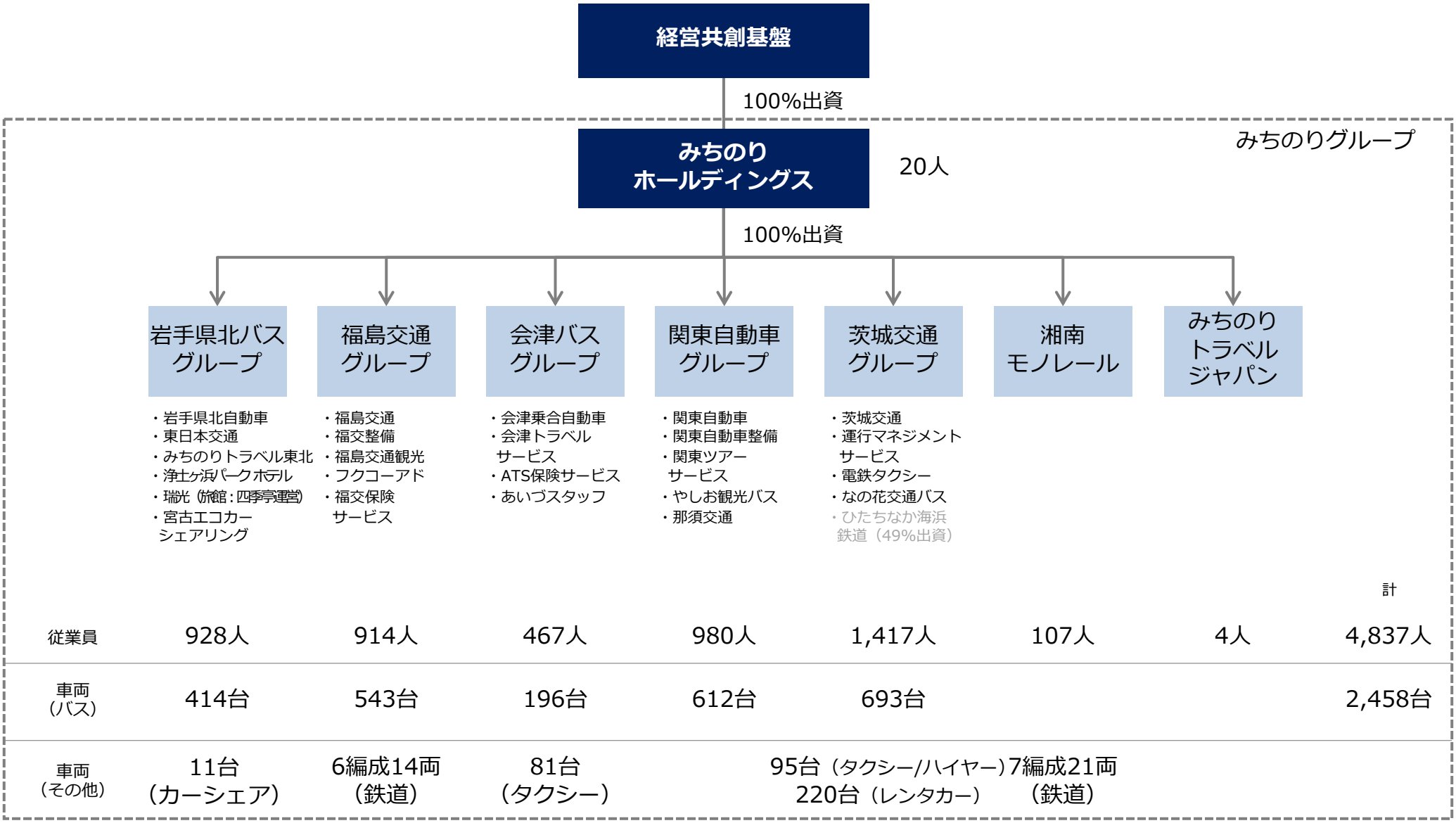
# これからの発想

- 官民は分けられない。(重なりが大きくなる。)
- 地域全体がレイヤー構造になる(サンドイッチのようになる?)
- 企業はデータとツールを共有する。
- その全体を「誰がどのように経営するのか」が課題になる。



# 3.2 実例の紹介①：地方交通

## みちのりグループ




| | | | | | | | | 計 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 従業員 | 928人 | 914人 | 467人 | 980人 | 1,417人 | 107人 | 4人 | 4,837人 |
| 車両（バス） | 414台 | 543台 | 196台 | 612台 | 693台 | | | 2,458台 |
| 車両（その他） | 11台（カーシェア） | 6編成14両（鉄道） | 81台（タクシー） | 95台（タクシー/ハイヤー）<br>220台（レンタカー） | | 7編成21両（鉄道） | | |

※従業員数・車両台数は2021年8月31日時点

# 縦串・横串のグループ経営　～　みちのりのケース

※人数はイメージ

# みちのりが実現したこと

**「生産性格差問題」(＝慢性的赤字問題)解決した**
How: 横串を刺して「仕組み」を持ち込んだ

■ 大企業人材を中小企業に招聘すると効果があるのはなぜか
⇨大企業では当たり前の「**仕組み**」(経理、人事、生産管理、営業・・・)を導入できるから

■ 「仕組み」を持ち込むということは、企業・部門・ラインに固有ではない「横割りの発想」で考える、のと同じこと・・・つまり「レイヤー」を持ち込んでいる

■ 地域ごとに地理も人口もコミュニティも違うが、**バス会社のオペレーションを分解してしまえば横串・レイヤーになり**、後はパラメータ設定次第だと考えた

■ 元々はデジタル化を意識したものではないが、「レイヤーで捉える」という発想がDXにつながった
- 脱自前主義・・・他社のツールでも便利なものはどんどん使えば良いという発想
- **バス事業は「レイヤーの掛け算」だと捉える癖**

# みちのりが目指すこと

**DXで地方創生をサポートする**
How: **地域を一つのUX**として考える

■ みちのりが目指すこと①
まずは**交通を一つのUX**にする
→ ダイナミックルーティング＋どこでもバス停
→混乗(路線、スクール、市民)もやりやすく
→送迎をオンタイムで(安全安心)
→”Transportation”から”Mobility”への転換・・・・MaaS、シェアリング

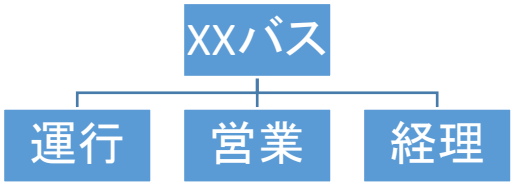
■ みちのりが目指すこと②
- 交通以外も組み合わせた**地域UX**を実現する

→交通＋生活＋観光

◆ ○○バス会社経営といった**ハコ**を起点に考えない。
◆ 住民、ユーザーの**経験**を起点に考える。
◆ それをサポートするのがデジタルツールであり、積極的に取り入れる。
◆ データも連携する。

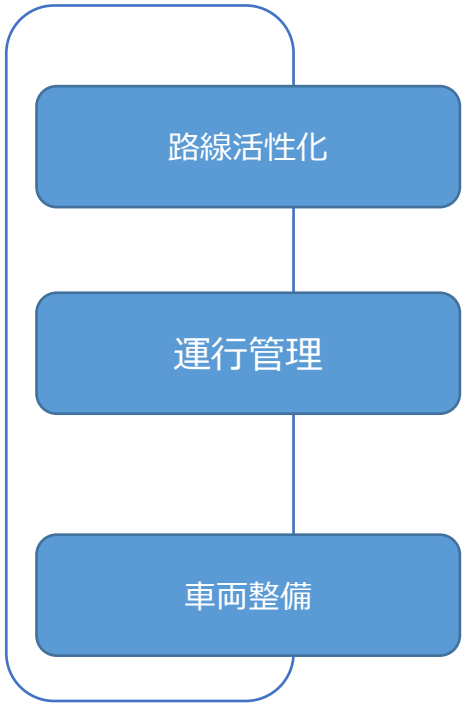
段階論的に書くとこういうこと

## ステップ0



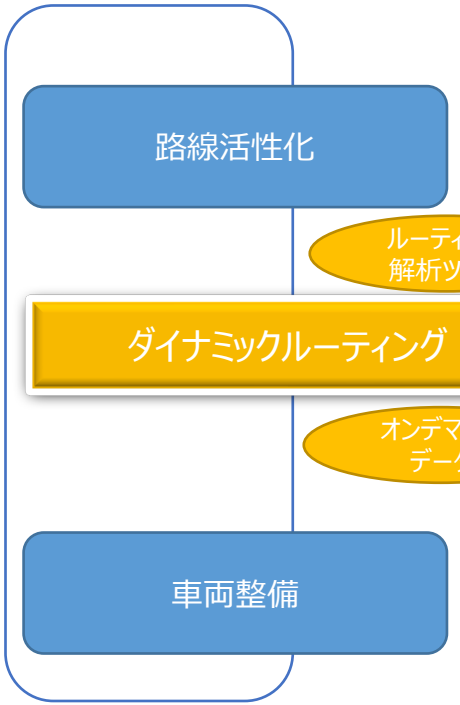

- 各社自前
- 垂直統合

## ステップ1



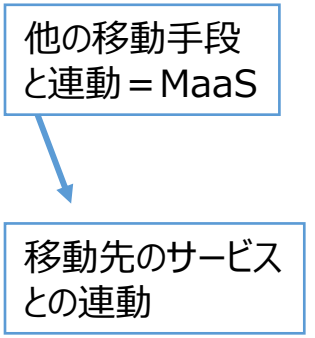

- みちのり内横串
- **レイヤー構造経営**

## ステップ2




- **他社システム＋データ**
- **アンバンドル**
- **効率化**

## 次のステップ




- **ビジネスモデル転換**
- **脱バス会社**

# ここで国土計画に立ち戻る

みちのりがやっいてることを一般化すると何をしていることだと言えるのか

ダイナミックルーティングを入れてみると・・・
⇨路線バス、病院バス、スクールバス・・・等を物理的に分ける意味はない

合わせて車両も変えてみると・・・
⇨貨客の区別の意味がなくなる

いずれ・・・
⇨シェアリングと区別がなくなる(公共交通とは何か?ということになる)
⇨通院や移動中の遠隔診断と組み合わせれば、医療サービスとの垣根もなくなる

デジタルツールを用いて転写すると**フィジカル側がreconfigurable(応用自在)に**なる
- ツールは一つ(ものすごく単純化すればAI)であり、共有化されていく
- 車種の区別は意味が薄れる
- 安全走行、車内のセキュリティ確保を含めてツールは一つになっていく
- **UXをどう設計するか、が先**であり、物理的なモノやインフラの設計ありきではない
- 個々の住民・利用者が得る経験はカスタマイズ可能になる

# 3.3 実例の紹介②： 病院DX(石川記念会HITO病院の例)

| Step 1 | Step 2 | Step 3 | Step 4 |
|---|---|---|---|
| **iPhone導入**<br>カメラ機能　音声入力 | **業務用SNS**<br>タスクシフト・シェア<br>多職種協働　チーム医療 | **院外利用**<br>場所・時間に縛られない働き方 | **AI、ロボット活用**<br>情報収集・解析・共有 |
| ■ 業務マニュアル<br>いつでも・動画でも・見たいところだけ<br>■ 学習アプリ開発<br>■ 電子カルテ<br>音声、写真を使って入力<br>■ QRコード認証<br>安全性確保<br>■ HITO Bar<br>医療＋<br>デジタルリテラシー支援 | ■ コラボレーション ツール<br>■ 薬剤師医師連携<br>■ 書類作成負担を シフト | ■ オンラインで回診<br>■ セキュアな環境<br>■ 訪問介護で活用<br>■ リモートワーク<br>■ 地域医療連携 | ■ 排尿予測デバイス<br>■ 転倒転落予測<br>■ 装着型サイボーグ |

<出典>社会医療法人石川記念会HITO病院「iPhoneでできる病院DX」をもとに筆者加工

**壁を乗り越えるための7項目**

① 低コストで始める・・・試算、効果を示す
② 企業との協働も視野に入れる・・・国内初・医療業界で初めて
③ 初めから作り込みすぎない
④ 慣習に縛られず新たに院内の決まりを作る
⑤ 何かを足すときには必ず引くものを決める
⑥ 変化に対する恐れや不安を軽減する対策を講じる
⑦ 集合研修ではなく現場でレクチャーする

本棚にない本を探す

今のビジネスをそのままデジタル化しない

<出典>社会医療法人石川記念会HITO病院「iPhoneでできる病院DX」をもとに筆者加工

# HITO病院の事例をレイヤーで考える(私なりの仮説)

「iPhoneでできる」 ＝ 上から順番にレイヤーにした ＋ 「データの利活用」から考えていない

# 冒頭に戻る・・・私の考え方

■ これから**国土の捉え方は大きく変わる**のではないか。(いわば**国土2.0**)
- 簡単に言えばハードのインフラ整備＝国土開発ではない。
- デジタルという局面で言えば、例えば5Gネットワークはもちろん大事だが、より大事なのはそれによる社会活動の変化である。
- (専門外だが)地球環境のアングルから見ても同様のことがあるのではないか。

■ そうした変化を現時点で全て予見して**「計画する」ことはできない**。

■ だとすると**「前提が変わりつつある」**という問題意識を表明した方が良い。
- そうでないと国土計画をなぜいま作るのか、適切な説明ができなくなるのではないか。

■ それが**「中高生に伝える」**という意味でもある。

自然資本マネジメントについては門外漢だが「その捉え方が大きく変わる」のはおそらく共通。そのお話をさせていただく。

# 国土2.0?

## 国土1.0

- 重いものの順に決める
- 新しく作るものを決める
- 社会インフラの上に民間活動が乗る
- 役割を分ける
- ハードインフラの配置を決める
- 決めたら順次実施する

## 国土2.0

- 軽いものが重いものに影響する
- 残すものを決める
- 社会インフラと民間活動が入れ子になる
- 役割を兼ねる
- ハードとソフトを合わせてデザインする
  - ・規制
  - ・政府のあり方
- アジャイルに根本から見直し続ける

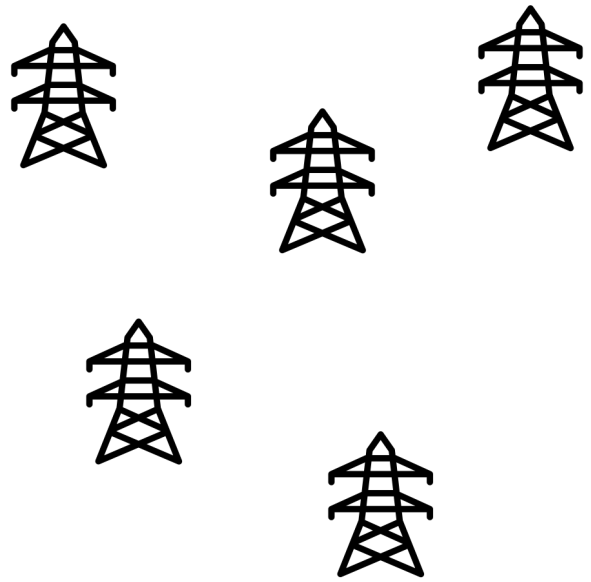
## 国土1.0: 重いものの順に決める

**道路が整備**
**されると、**
**経済社会活動**
**の範囲が決まり、**
**自動車が走る**

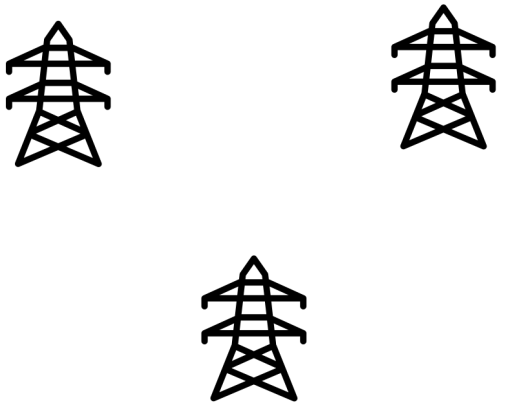
## 国土2.0: 軽いものが重いものに影響する

**自動走行技術**
**ができると、**
**経済社会活動**
**のあり方が決まり、**
**道路の整備方針が決まる**

## 国土1.0　新しく作るものを決める



## 国土2.0 残す(守る)ものを決める



Before
- 社会インフラの上に民間活動が乗る
- 役割を分ける(学校/病院/家庭/カフェ)
- ハードインフラの配置を決める

After
- 社会インフラと民間活動が入れ子になる
- 役割を兼ねる
- ハードとソフト・規制を合わせてデザインする

## 国土1.0: 役割を分ける

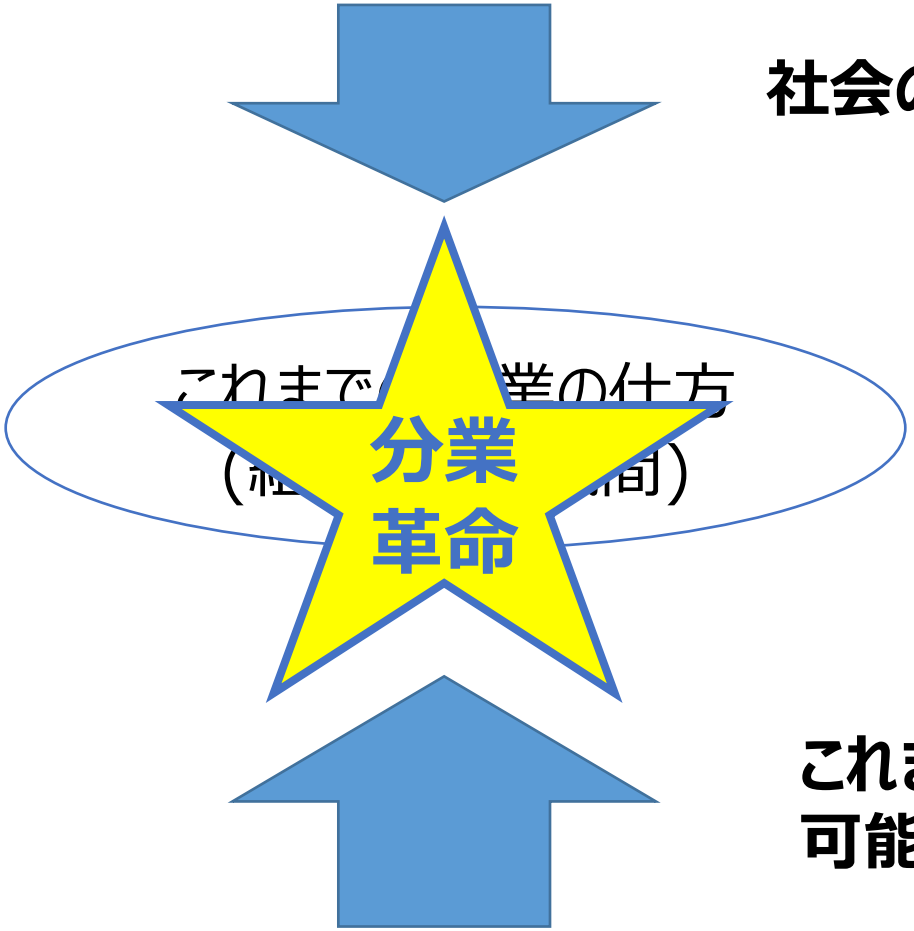
## 国土2.0: 役割を兼ねる

国土2.0
人間の課題の解決＝UX
ガバナンス、規制
国土1.0
フィジカル空間
サイバー空間
計算処理基盤＋データ解析

## 同じことを別の角度から表現すると、こうも言える。

■ AI、デジタルツールは、人間と技術の分業関係を変える
(つまりAIが人間の仕事を代替・補完するということ)

■ 同時にそれは人と人、組織と組織との分業関係を大きく変化させようとしている。
⇨分業革命




**社会の変化、複雑化**

**これまでとは異なる分業を**
**可能にする技術(デジタル)**

# Ⅳ　AIをどのように捉えるべきか

# 4.1 AIをどのように捉えるべきか

## AIは単なる技術ではない

■ 「知能とは何か」「人間とは何か」「科学とは何か」について、我々に大きな転換を迫りつつある

■ 自然科学で言えば・・・
- 生命体を「情報処理機構」として捉える
- 基礎物理学も「法則ではなく、立ち現れるパターン(の中に安定的なものがある)から組み立てる」と考える

■ 単に「人間中心」と言ってみてもあまり意味はない

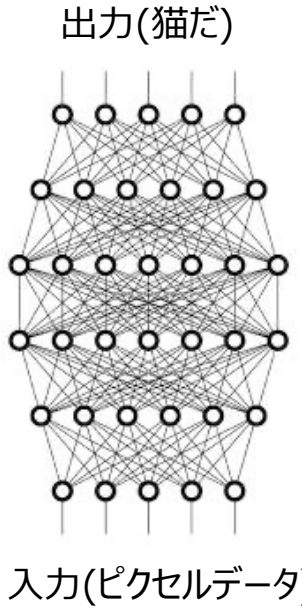
## これからの産業、社会のあり方についてイメージを与える

# 4.2 ディープラーニング超入門

達成したこと
- 画像認識の精度向上(人間を上回った)
- アルファ碁
- 自然言語処理(GPT-3、BERT)

人工知能の歴史
- 第一の波:探索木
- 第二の波:エキスパートシステム
- 第三の波:ディープラーニング

⇨**人間の論理や知識を教え込んだのではない**




仕組み
- ニューラルネットワーク
- 入力⇄出力の学習・・・大量のデータ
- 隠れ層・・・「深層」学習
- 誤差逆伝播法
- 確率的勾配下降法(SGD)
- 活性化関数
- 教師あり・なし

課題
- 言語処理 ⇨ シンボルグラウンディング

## 4.3 ディープラーニングが意味すること

**Deep**

- ディープラーニングでは、**何層ものレイヤーからなる構造**を使っている
- その設計をAI自体に任せている
  ⇨隠れ層、スキップコネクション
- 「人間が理解しにくい」と言う課題を抱えている

**Learning**

「人間の持っている論理を教える」

vs

「人間の論理も人類が長年学習した結果だから学習の仕方を習得させる方が早い」

**パターン認識**

パターン(猫が猫であること)を見出し、その表現を習得している

⇨表現学習(representation learning)

## 4.4　AIが「パターン認識」をすることがなぜ重大なことなのか

**不得意科目を克服した**

- AIがパターン認識ができた　⇨ Deep Learning(2012年頃)
- その典型例がアルファ碁・・・「チェスはできても囲碁はできない」が常識だった
  $10^{170}$ vs $10^{80}$ (探索木の限界・・・不得意科目だった)
- 人間の棋譜を勉強するのとは違うやり方で一から勉強して、2-3日で名人に勝てる
  ⇨「こうやったら勝てるっぽい」＝「これは猫っぽい」
- 本当にAIがどうやっているのかはわからないが、脳の仕組み(に違いないと我々が思っているもの)を真似たら、大成功した。・・・ニューラルネットワーク

⇩

同時にさまざまな根源的な問いを提起しつつある

## かつてはこう思われていた

私はここで1つの仮説を提起しよう。それは、人間のもっている、そして人間だけに高度に恵まれている形態に対する認知能力が数学の本当の起源なのだ。それは今日流行の表現をかりれば、**パターン認識**の能力であるといってもよい。今日、驚異的な能力をもったコンピュータが出現しつつあるが、それは一定のプログラムを設定してやれば人間をはるかに超える能力を発揮することはよく知られている。だがこのことに幻惑されて人間の能力について悲観的になる人がいるとしたら、それは愚かなことだ。＜中略＞コンピュータがどれほど発達してもおそらく人間を追い越すことのできない能力が人間には備わっている。それが、ここでいう**パターン認識**そのものである。

遠山啓「代数的構造」
(ちくま学芸文庫・原著1972年刊行)

# 4.5 AIの最先端で起こっていること: Foundation Models

**1)学習の仕方が変わる**:
Supervised learning から Self-supervised learningへ/非構造化データが主流に
- 人間のannotationがいらない(より「知識」から離れる)
- 初期に言われたこと・・・AIを使うには所詮専門家のアノテーションという膨大な作業が必要になる

**2)「コンテクスト」を学習させる**: Self-attention、transformer (BERT, GPT-3)

これまでの機械翻訳の課題・・・単語を単語に変換はできるが、「コンテクスト」が理解できない
⇨シークエンスで原文を読み込ませるのではなく、語順自体も合わせて学習させてしまえば良いのではないか。
⇨すると結果として、単語(例えば"king")は他の単語との関係性(よく一緒に登場するか、前後なのか・・・)を自己学習するようなイメージになる。
⇨すると結果として、単語自体が構文上の位置だけではなくて、意味空間上の位置どりを学習するような感じになる。

**3)表現を総合的に学習させる**
- multimodality:言語、視覚、身体感覚
- それが仮にできると基礎的なAIモデルは共通のプラットフォームになり、アプリケーションは(少ない学習で) できることになる ⇨ Foundation Models
- **シミュレーション**を使う

Percy Liang, *et al.*, "On the Opportunities and Risks of Foundation Models"

# <参考> AIがもたらすシステムの遷移

「基本的に個別(縦割り)」から「基本的に共通(横割り)」へ

① ハード: 部品は別々
② ソフト(アルゴリズム): レイヤー構造(部品を横切る)
③ Machine Learning: 学習するアルゴリズム(例:ロジスティック回帰)が共通
④ Deep Learning: モデルアーキテクチャ(例:CNN)が共通
⑤ Foundation Model: モデル自体が共通(例:GPT3, BERT)

(source)Percy Liang, et.al.,
“On the Opportunities and Risks of Foundation Models”

## The Economist 特集記事 (June 11, 2022)末尾

EconoBot itself seems to like the idea. Appropriately prompted with the phrase "Foundation models are great for journalists," it had this to say: They take away the heavy lifting of figuring out what a story is about. But sometimes, a good story needs more than just a foundation model. It needs something to kick off the writing process, so something that sparks the journalist's imagination and offers a clear path towards writing. The best models, then, are not just predictive but also inspirational.

# Ⅴ　DX、AIが世界の見方を変える

## 5.1 AIが提起する問い

**①知能は人間に特有ではないのではないか**

⇨人間の知能と生命体一般に共通のメカニズムがあるのではないか

**②「脳っぽいこと」をコンピュータにやらせたら成功してしまった**

⇨人間の心(意識)のメカニズムも物理メカニズムで説明することができるのではないか

**③パターンとは何か**

⇨パターン(猫)は実在するのか　人間の認識に特有の現象に過ぎないのか

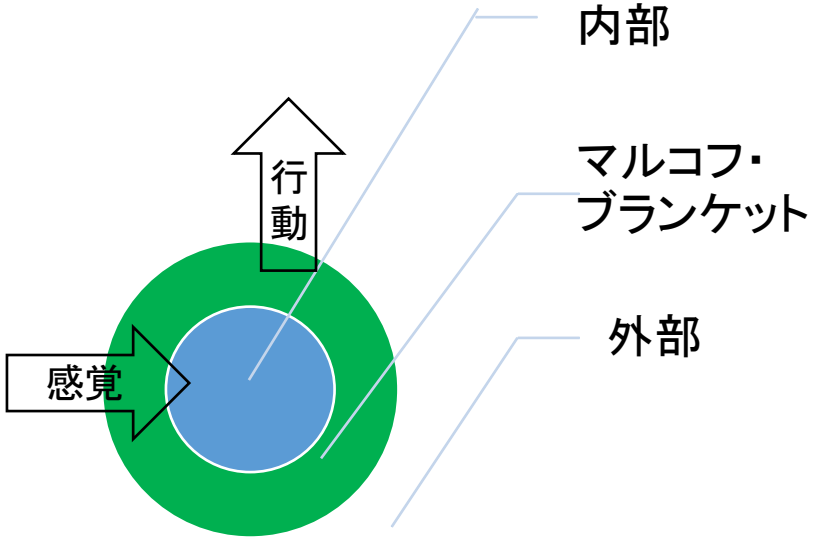
**これらに答えることは、我々の世界の見方を問い直すことになる**

- 物心二元論、心身二元論　(デカルト)
- 物自体(カント)　・・・　実在論　vs　唯名論　(中世普遍論争)
- 要素還元主義　・・・　粒子という基礎的な実体があるのか　(アインシュタイン)
- 人間中心主義　・・・　近代

# 5.2 生命体＝機械学習

## マルコフ・ブランケット

カール・フリストン(脳神経科学者):生命体の基本的なメカニズムは、機械学習の延長線上で説明可能である




- 与件: システムが局所的な作用を中心に構成されるときのメカニズム
- **機械学習**のメカニズムの応用(active inference)
- **現れるメカニズム: 外部環境を予測し、介入し、適応しようとする**
- 内部と外部に仕切りが生ずる・・・**細胞膜**
- 外部環境の「パターン」を知ろうとすると、自分に「パターン」が生ずる

注目も批判もあるが、拙著と同様な捉え方をする研究者(Anil Seth “Being You”)も現れている

## 5.3　マルコフブランケットのもう一つの含意

- マルコフブランケットは「**自由エネルギー原理**」とも呼ばれる
- 生命体は外部環境から自由エネルギーを得てそれを利用している。
  (もちろん地球環境というシステムについても同じことが言える。)
- 熱力学第二法則として知られるように、閉鎖系システムでは、エントロピーが増大する。
  (秩序・安定的なパターンがなくなりランダムになる)
- したがって、生命体は、利用する自由エネルギーを最小化しないと、内部のエントロピーが増大し存続できなくなる。
- **それに抗うために、外部環境を予測し、それに適応する能力を向上させるているのが生命体の基本原理だ**というのが、カール・フリストンの主張である。
- つまりは、エネルギー効率の向上、生命体や地球環境システムの維持、予測と学習能力の向上という意味での情報理論、つまりはAIのメカニズムは、**同じことを別々の角度から見たものだ**、ということである。(それを私は「同型論」と名付けている。)

# 5.4 デザインするとは何か: クリストファー・アレグザンダー(建築家・都市計画家)の問い

■ **アレグザンダーの問い: 物理的なもののデザインのプロセスはどうあるべきか**
■ デザインとは何か
- 形態とコンテクストとの適合性を担保すること ⇨ フリストン的には「システムと環境」
- システムの持つ課題(の解決)と形態とを結びつけること

■ 基本的なチャレンジ: 環境・コンテクストをシステムのデザイナーは完全には理解できない
- 最適化アプローチは取れず、不適合をなくすしかない ⇨ 外部環境の予測に近づく
- ルール、様式は解決策ではない ⇨ 単純化しすぎ

■ 過去に立ち戻る・・・近代以前の文化で人はどう建物・住居を建てていたのか?
- 言葉は使わなかった・・・不具合が直接行動・介入に結びつく。
- つまり**フィードバック**(その抑制も必要・・・伝統) ⇨ **ホメオスタティック**・自己組織的な構造

■ **それを複雑化した/伝統のない/自由な現代にどう回復するか**
- 現代のデザイナーは、自らあらゆる変数と向き合う必要がある。
- 過去には戻れない

■ チャレンジの**克服の仕方に問題**がある
- 「経済性」「音響」等の既存のカテゴリーに分け、そのカテゴリー毎の原理・ルールを使おうとする。
- そのカテゴリーが現実のシステムのサブシステムと合致していない限り、ソリューションの提供には結びつかない。
- 全てのシステムが持つ課題は異なる構造を持つが、それを説明する言語の側は、課題の構造ではない別の要因で(≒既存の縦割りで)規定されている。従って課題解決という意味では限られた有効性しかない。
- 現在のプロセスは、解決すべき課題に対する手段という意味での構造を全く提供していない。

Christopher Alexander(1964) “Notes on the Synthesis of Form”

■ アレグザンダー: **課題の構造を記述・表現するグラフ表現**を探求

■ 何では**ない**か
- 選択肢を明確化に表現できて、課題とコンテクストが表現されているなら、デザイナーの出番はない。
- 建築では、課題の解決に結びつくような**一般原則(やそのバリエーション)という表現型はない。**
- 建築では(科学と同様に)**データだけから一般則に到達することはできない** ⇨「パターン認識」の話

■ グラフ表現
- グラフ表現＝要素間の引力表現になる ⇨ システム全体をどのように要素分解すればよいかを示す
- あらゆる課題には最も適した分解の仕方があり、それをプログラムと呼ぶ。(＝あるべきデザイナーの課題の捉え方)
  **分析プロセス**:課題、要件がスタートし、それを分解して要件のツリー構造体になる。グラフ(diagram)の形になる。
  **統合プロセス**:diagramを統合してより複雑なdiagramにする。
- システムと関連する変数の間の統計的な関係が理論的・客観的に観察できればよいのだが、それはできない。
- ただし概念モデルで相互関係を明確化し一定の規則性(☆パターン)を見出すことはできるだろう。

⇨EBPMとは何かという話につながる

■ **リンク**の少ないパターンを選ぶ
■ リンク、コミュニケーションのデザインが重要

**⇨「モジュール化」「インターフェース」の起源の一つ**
**⇨リンクの最小化デザイン(の一つ)がレイヤー構造なのでは**
**⇨ソフトウェアアーキテクチャは、上記と同じことを実現しようとして、AIに至っているのではないか**

# いま建築の最前線で起きていること ≒ IoTを使ったDX

- 温度、音響、対流などを計測できる
- 人体データと結びつけることができる
- 予測もできる
- 全体をサイバー空間上でシミュレーションできる
- 予測に対して適応もできる

■ アレグザンダーの時代との違い

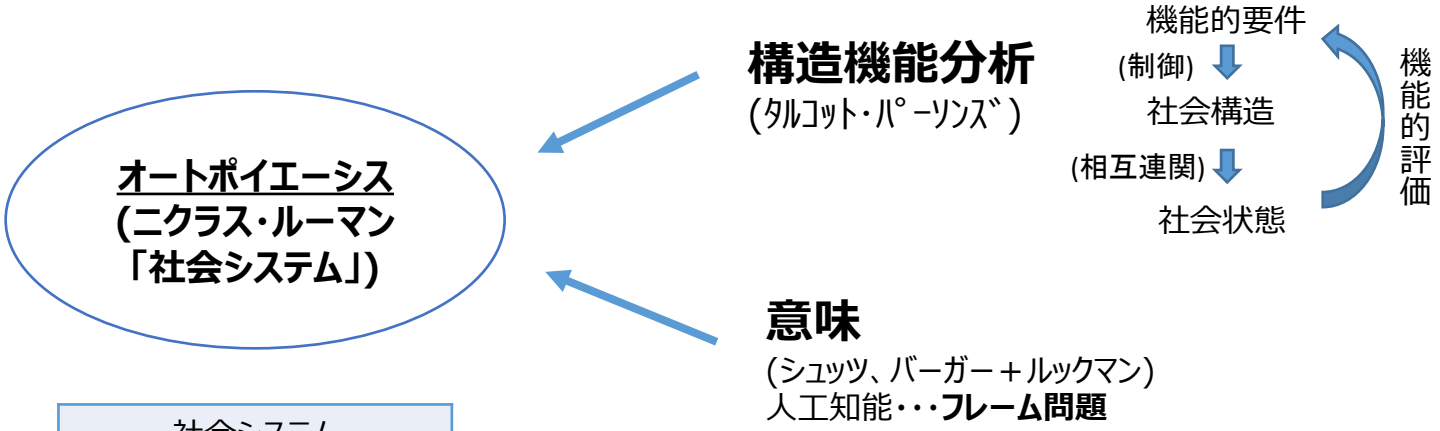
- 可視的でないもの(構造物の機能だと思っていたこと)の「形態」を表現・記述・デザインできる
- そこで使わるのがデジタル技術である

■ アレグザンダーの主張の妥当性がより明らかになっている点

- 「最適化」しているのではない。
- 「予測して環境、コンテクストに適合する」フィードバックループを作ろうとしている。
- それを実現し、デジタル技術を活用しようとすると、既存の縦割りのカテゴリー分けから一旦脱却する必要がある。
- ソフトウェアアーキテクチャは、課題のリンクを簡潔にするように構築される

# 5.5 社会を視野に入れる

社会学の問い(大澤真幸「社会学史」から)＝社会になぜ秩序があるのか(ありそうもないことが起きている)
⇨ボルツマン、シュレーディンガーの問いと同じ




| |
|---|
| 社会システム |
| 精神システム(個人) |
| 有機体システム |
| 機械システム |

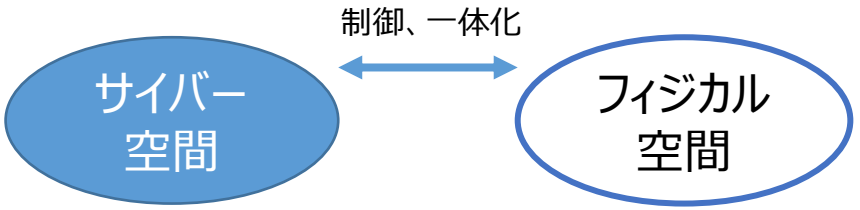
一般システム論

ルーマンのキーワード
**自己言及的**:システムが環境と干渉しながら自己を形成する
**差異化**:「パターン」が形成されること(ルーマンは「パターン」という言葉は使っていない)
**オートポイエーシス**:自己言及的システムが自己を再生産すること
- 有機体の場合: オートポイエーシスで生命が維持される
- 社会システムの場合: オートポイエーシスでプレイヤーのアクションどうしが「つながる」

ルーマンが考えた社会システムの方向、さらにその先に現実は進んでいるようにも見える

全体像に戻る

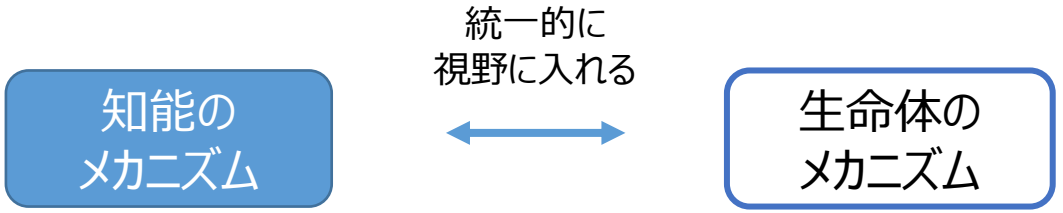
CPS(サイバーフィジカルシステム)
狭く言えばIoT




例:自動運転、自動保守、エンジニアリングチェーン

DX(デジタルトランスフォメーション)

AIの発展



## 統一的に視野に入れた先には何があるのか

- システムのありようは環境との関係性で決定される
- 多くのシステムは環境を予測し、それに適合しようとする
- システムとシステムとの間の関係も同様である

- それをデザインしようとすると、システムとシステムとの間の関係性、特に課題から見た関係性をまず総合的に表現したほうが良い
- 既存の縦割りから対象のシステムを捉えることは間違いのもとになる。
- 表現する場合にはリンクを簡潔にしたほうが良い・・・インターフェス

- デジタル技術は対象となるシステムをシミュレートすることに役立つ
- デジタル技術の基盤であるソフトウェア、その先にあるAIはこのインターフェース
- を簡潔にするという原理に立脚している
- それはレイヤー構造の形をとる

## 問い:「自然資本マネジメント」とは何か

- 自然資本をマネジメントすることと人間が自然を支配するのとは何が違うのか
- 「自然資本のマネジメント」と自然資本以外の資本とはどのような関係に立つのか
- 自然と他のシステムのインタラクションをデザインすると考えてみてはどうか
- そもそも自然とはどのようなシステムだと捉えれば良いのか
- そもそも「システムとして捉える」とは何をすることなのか
- そのこととデジタル化との関係はどう捉えられるのか

アレグザンダーはこうも言っている。
「ほとんど誰でも自然と接するとほっとするものだ。海岸に打ち寄せる波の音を聞き、静けさの湖のほとりや草原、風が渡る丘にたたずむようなときだ。もし我々が時を超えるようなやり方を学ぶことができるとしたら、我々は自分たちが住む街についても同じように感じることができるはずだ。」

ありがとうございました