

2022/12/20

政策提言AIシステムの仕組みと活用

株式会社日立製作所 研究開発グループ
先端AIイノベーション研究センタ
日立東大ラボ
主任研究員

福田幸二

- 1. 政策提言 A I
「2050年の日本の持続可能性について政策提言」**
- 2. 「Policy recommendation for Carbon
Neutrality」 (COP26)**
- 3. まとめ**

◆ 政府・自治体におけるEBPM(証拠にもとづく政策立案)への関心

- ・ 人口減少、高い成長が望めない社会
 - ⇒ リソースの最適な配分がより重要に
 - ⇒ 決定した政策(リソース配分)に対する説明責任

◆ 政策提言AI

政府・自治体の(中長期の)政策立案を支援

- ・ 起こりえる得る未来シナリオを列挙し、各シナリオのメリット／リスクや、シナリオ間の関係性を考慮した上で、意思決定(政策立案)を行う。

- ・ 少子化対策
- ・ 産業振興
- ・ 高齢者福祉
- ・ 教育環境の充実
- ・ 道路網／交通機関の充実
- ...

政策立案とは

優先すべき政策課題や
リソース配分を決定すること



自治体職員(首長)

どれも重要だけど
今すぐに取り組むべきは？

- 2012年頃
 - ・企業経営者向けの戦略検討AIの研究を開始。
- 2016年
 - ・日立京大ラボ設立。
 - ・京都大学広井先生との共同研究の中で、
長期の政策検討に使えないかというアイデアをいただく
- 2017年9月
 - ・京都大学と日立製作所の共同で
「2050年の日本の持続可能性について政策提言」
についてニュースリリース
- 2018～19年
 - ・政府・自治体との協力によりPoC
- 2020年
 - ・事業開始(政府・自治体向け)
http://www.hitachiconsulting.co.jp/business/public/ai_policy/index.html?p=top_b
 - ・日立コンサルティング「ポストコロナ社会に向けた政策提言」
<https://www.hitachiconsulting.co.jp/news/2021/210224.html>
- 2021年
 - ・日立東大ラボ「2050年のめざすべき国土構造」
<http://www.ht-lab.ducr.u-tokyo.ac.jp/wp-content/uploads/2021/10/1cf26b0e65157f6d26f8716a97a8d7da.pdf>
 - ・COP26「Policy recommendation AI for carbon neutrality」
https://youtu.be/IZkm5c_rEEA
 - ・岩手県立大学 共同研究

1. 政策提言 A I （意思決定支援 A I ）

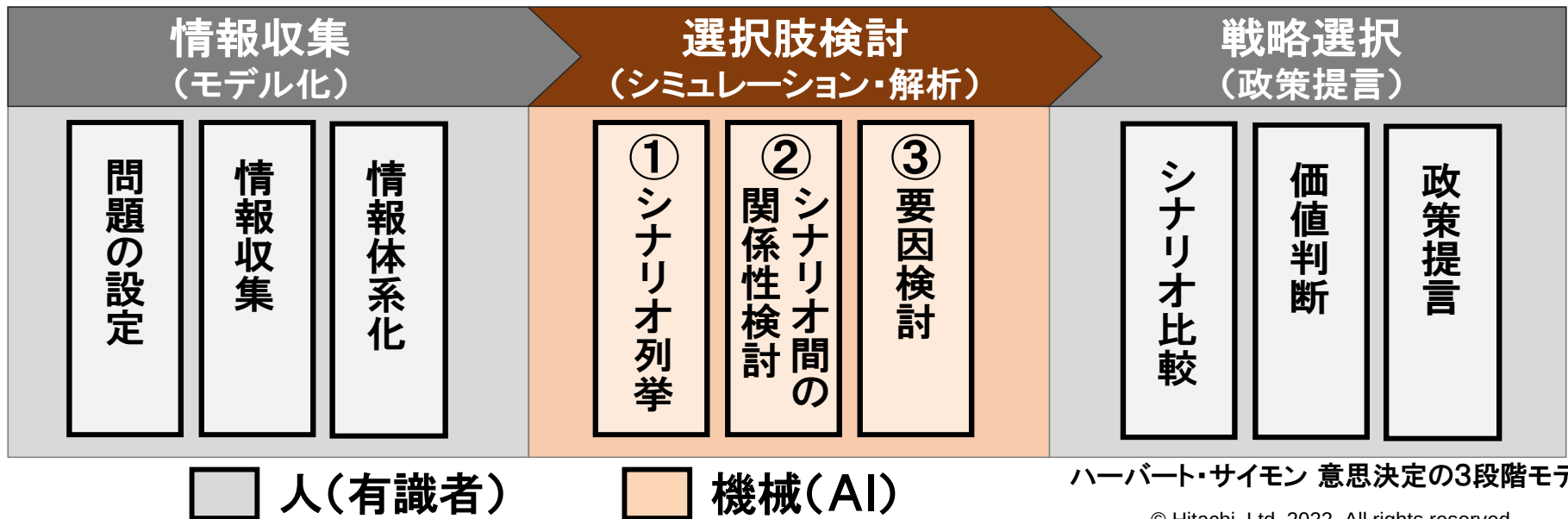
◆ 意思決定とは

不確実な状況のもとで、特定の目的を達成するために、最善な行動を決めること

◆ 意思決定を支援するAIに求められること

- ・状況をできるだけ正確に把握すること
⇒ ビッグデータ活用、機械学習
- ・不確実な状況のもとで、各選択肢のメリット・リスクを示すこと
⇒ 本発表

◆ 政策提言の3ステージ



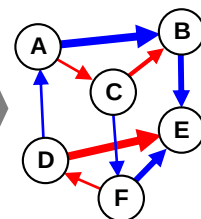
ハーバート・サイモン 意思決定の3段階モデル

2. 今回の政策提言の全体フロー

情報収集 ステージ

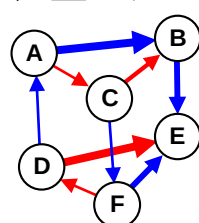


定量モデル



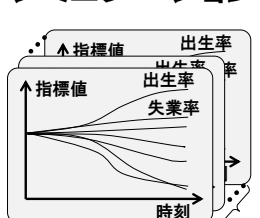
選択枝検討 ステージ

定量モデル

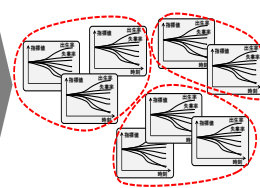


①シナリオ列挙

多数シナリオ シミュレーション

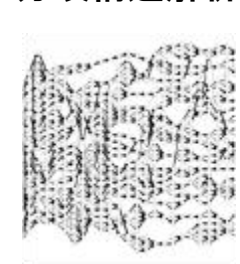


シナリオ分類



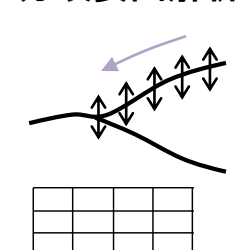
②関係性検討

分岐構造解析



③要因検討

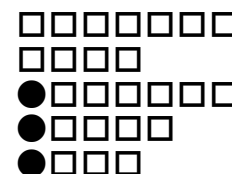
分岐要因解析



シナリオ比較／価値判断



政策提言



戦略選択 ステージ

3. 情報収集ステージ

情報収集 ステージ

問題設定

2050年の日本の
持続可能性
の確保

情報収集

人(有識者)の
知の蓄積

情報体系化

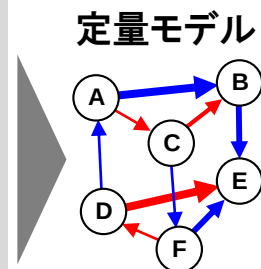
因果洗い出し



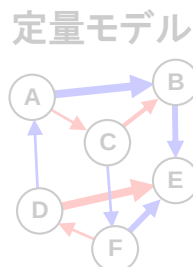
係数設定

□□□□	□□□□	□□□□	□□□□
□□□□	□□□□	□□□□	□□□□
□□□□	□□□□	□□□□	□□□□
□□□□	□□□□	□□□□	□□□□

統計データの利用

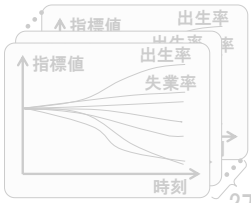


選択枝検討 ステージ

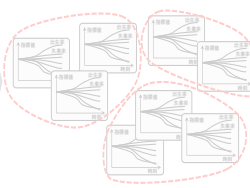


シナリオ列挙

多数シナリオ
シミュレーション



シナリオ分類



2万シナリオ

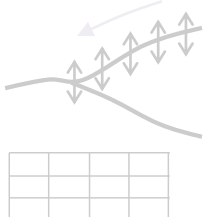
②関係性検討

分岐構造解析



③要因検討

分岐要因解析

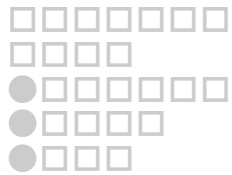


戦略選択 ステージ

シナリオ比較／価値判断



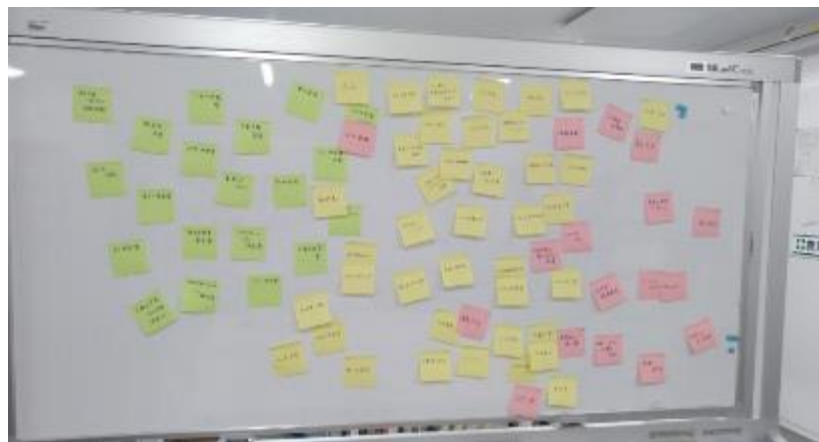
政策提言



4. 因果洗い出し

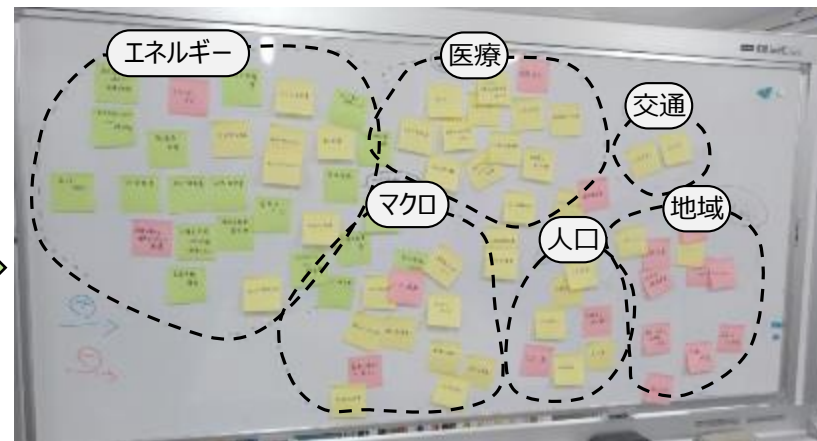
◆ ワークショップによる因果関係の洗い出し

1. キーワードの洗い出し

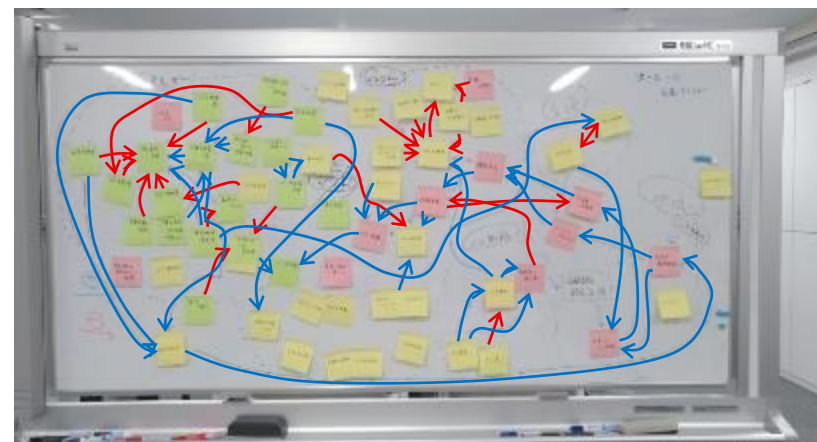


例) GDP、出生率、失業率、健康寿命、、

2. キーワードのクラスタリング



3. 因果関係を付加



青線: 正の因果関係
赤線: 負の因果関係

◆ 定量モデル構築における課題

パラメータ(強度・時間遅れ)をどうやって定めるか？ 値の信頼性は？



採用した方針

方針1.

パラメータの不確実性をそのまま表現し、
大量シミュレーションにより、全ての可能性(未来シナリオ)を調べる。

方針2.

未来シナリオ間の関係性(分岐構造)に注目し、
分岐に関係するパラメータを特定する。

6. 定量モデル構築（係数設定）

◆ 係数設定のフロー

- 1) 各エッジに、人手で係数を付与。
 - ・強度(相関係数)、とその信頼度(ばらつき)
 - ・時間遅れ、とその信頼度(ばらつき)
- 2) 設定した強度・時間遅れの値をもとに、シミュレーションモデルを構築。
- 3) シミュレーション結果からモデルのパラメータを修正。
(過去の統計データを考慮する)

符号	From	To	線形	遅延[m]	線形.ばらつき[σ]	遅延.ばらつき[±m]
+	(公的)健康保険	医療アクセス	0.1	60	0.1	12
+	(公的)健康保険	健康寿命	0.2	60	0.1	12
+	FIT買取価格	地域内製エネルギー(太陽光, 風力, 水)	0.7	12	0.1	6
+	FIT買取価格	売電収入	1	12	0.3	1
+	GNH／幸福度指標	豊かさ	0.8	0	0.2	0
+	ICT/遠隔医療	医療アクセス	1	12	0.1	6
+	Uターン・Iターン	生産人口	0.7	12	0.3	3
+	Uターン・Iターン	地域人口	1	12	0.3	3
+	アウトカム指標(死亡率など)	健康寿命	0.5	0	0.3	6
-	グローバル化	地域内経済循環	0.5	12	0.5	12
+	コミュニティ貨幣	地域内経済循環	1	1	0.5	1
+	コミュニティ貨幣	地域内経済循環	1	12	0.1	3
-	ストレス	健康寿命	0.2	60	0.1	12
-	ストレス	主観的幸福感	0.2	0	0.1	0
+	ソーシャルキャピタル	健康寿命	0.5	48	0.3	24
+	ソーシャルキャピタル	主観的幸福感	0.6	36	0.3	18
+	ソーシャルキャピタル	取り組みに対する地元市民の認知度	0.8	18	0.2	9
+	ソーシャルキャピタル	地域の経済主体	1.5	16	0.3	4

7. 過去の統計データを用いた係数設定（兵庫県）

関係性洗い出し（回帰分析の手順）

① 指標の実績値の一覧化

- 統計データ等から実績値を収集 105個の指標

20年間分

年度	出生数	待機児童数	県内総生産	...
2000年	54,455人	1,516人	206,99,876 百万円	...
2001年	52,585人	1,589人	200,99,900 百万円	...
...	...	...	...	...

② 実績値の単位統一

- 前年度からの変化率を算出することで、単位を%に統一

年度	出生数	待機児童数	県内総生産	...
2000年度から 2001年度	0.96%	104%	97%	...
2001年度から 2002年度	0.99%	130%	97%	...
...	...	...	...	...

③ 回帰分析の実施

- 105個の指標のすべての組合せにて、回帰分析を実施

From	To	符号	線形	...	p値
出生数	待機児童数	+	10.74	...	0.005
出生数	県内総生産	+	0.86	...	0.012
...	...	...	...	...	...

④ 有意水準のエッジを抽出

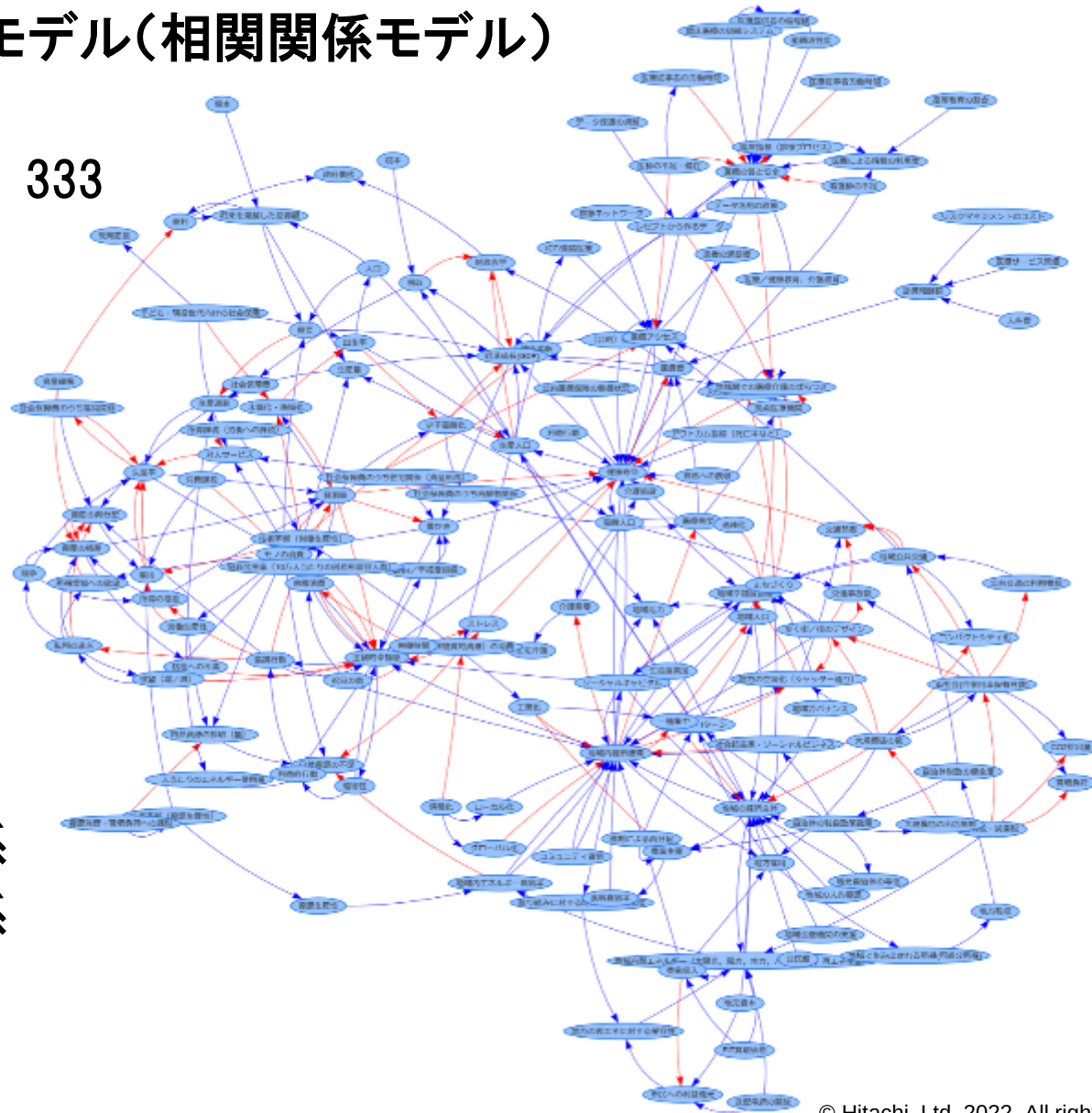
- p値を基に、有意水準のエッジを抽出
※今回は、「0.005」未満を有意水準と設定

約1,200個の
エッジ

From	To	...
出生数	農林水産算出額	...
県内人口	単身世帯比率	...
...	...	...

◆ 構築した定量モデル(相関関係モデル)

- ・指標数: 149
- ・相関(矢印)の数: 333



青線: 正の因果関係
赤線: 負の因果関係

9. 選択肢検討、戦略選択ステージ

情報収集 ステージ

問題設定

2050年の日本の
持続可能性
の確保

情報収集

人(有識者)の
知の蓄積

情報体系化

因果洗い出し

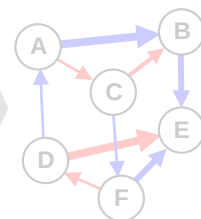


係数設定

□□□□	□□□□	□□□□	□□□□
□□□□	□□□□	□□□□	□□□□
□□□□	□□□□	□□□□	□□□□
□□□□	□□□□	□□□□	□□□□

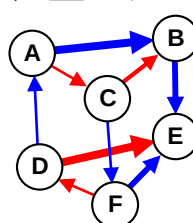
統計データの利用

定量モデル



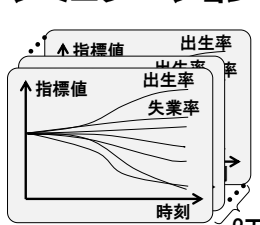
選択肢検討 ステージ

定量モデル

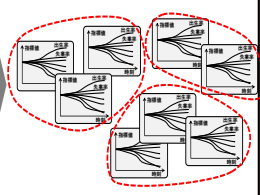


①シナリオ列挙

多数シナリオ シミュレーション



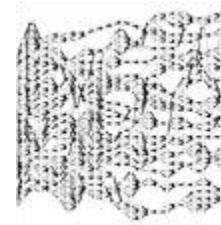
シナリオ分類



2万シナリオ

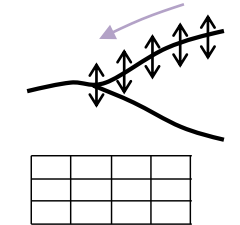
②関係性検討

分岐構造解析



③要因検討

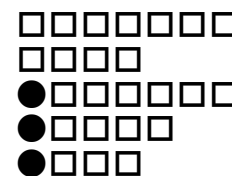
分岐要因解析



シナリオ比較／価値判断



政策提言



戦略選択 ステージ

◆ AIを活用したシナリオ列挙プロセス(What)

人が思い描けるシナリオには漏れ・偏りがある

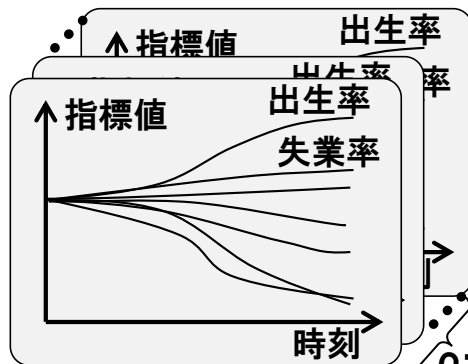
➡ AI の活用により、将来起こり得るシナリオを、抜け／偏りなく列挙できる。

◆ 多数シミュレーション機能

目的： 将来起こり得るシナリオを
漏れなく列挙する

方法：

- ・作成したモデルをもとに、
2万回のシミュレーションを実行。
- ・35年間(2018～2052年)



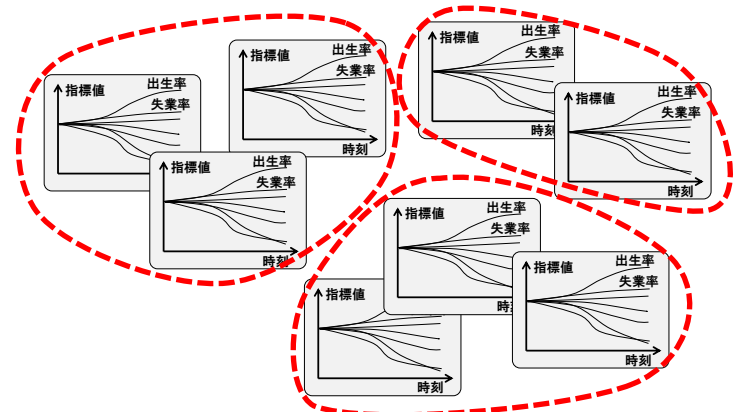
2万シナリオ

◆ シナリオ分類機能

目的： 少数の偏りのない
代表シナリオを抽出する

方法：

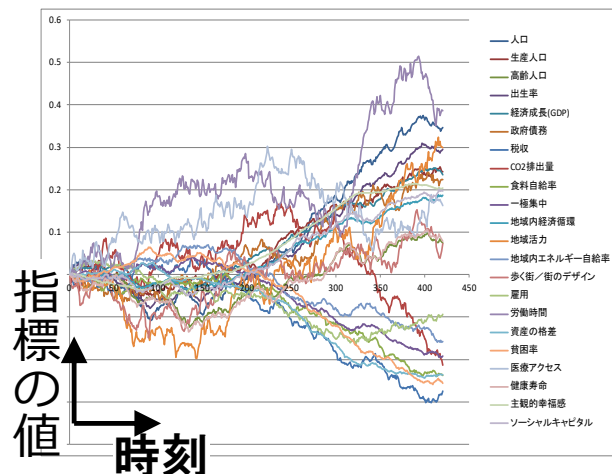
- ・2万シナリオを、23個に分類。
(類似シナリオのグループ化)



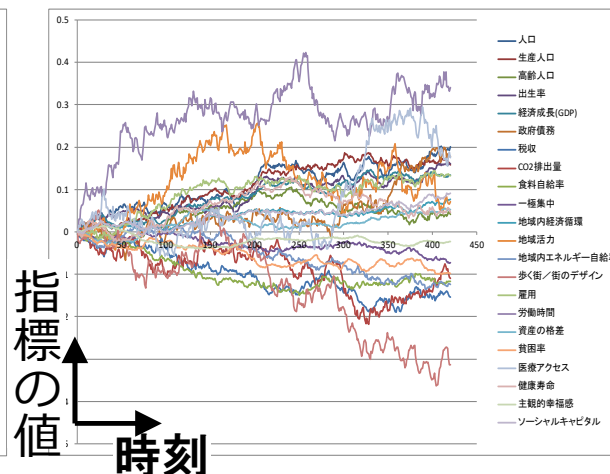
11. 将来シナリオの例

◆ 各グループの代表的なシナリオ例

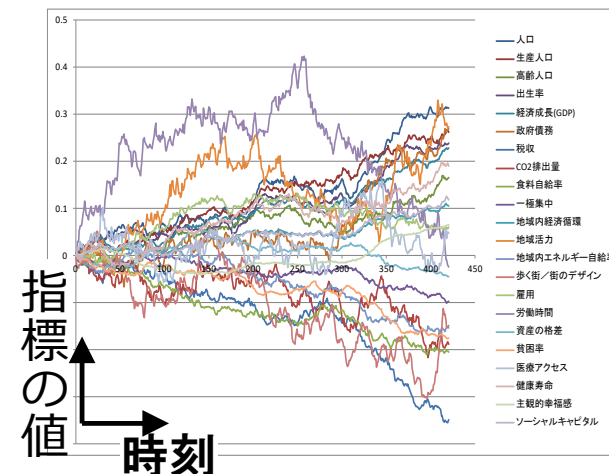
#1 地域再生・持続可能



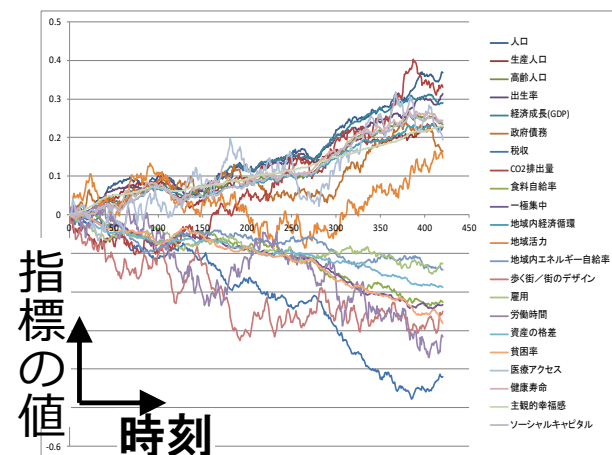
#5 持続性不良・不満



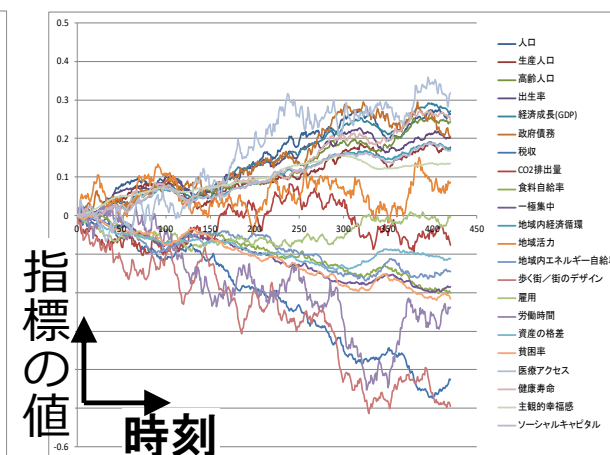
#8 人口持続可能・不満



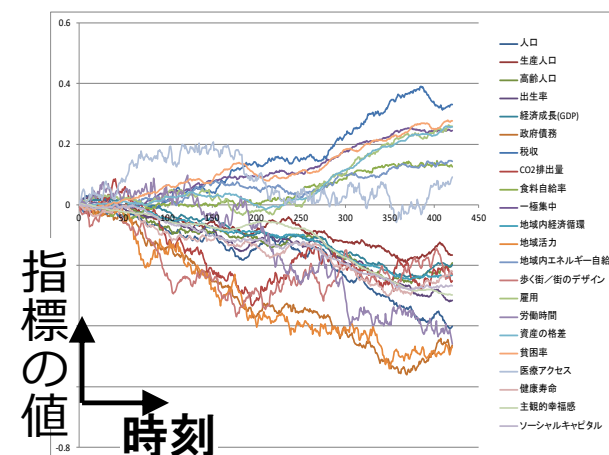
#12 環境持続不能



#16 財政持続不能



#21 都市集中



◆ 各グループの代表シナリオを人(有識者)が解釈し意味付け

35年後(2052年)の状態を、
4+4つの観点(人口、財政、地域、環境・資源、雇用、格差、健康、幸福)で評価

各シナリオグループの解釈結果

シナリオ グループ#	人口	財政	地域	環境 資源	雇用	格差	健康	幸福	解釈
1～4	○	△	○	△	△	○	△	○	地域再生・持続可能 財政持続性に注意要
5～7	△	△	△	△	△	△	△	△	持続性不良・不満
8～11	○	△	△	△	△	○	△	△	人口持続可能・不満
12～15	○	△	○	×	△	○	○	○	環境持続不能
16～20	○	×	○	○	△	○	○	△	財政持続不能
21～23	×	○	×	○	○	×	×	×	都市集中・格差拡大 人口持続困難

◆ AIを活用した関係性検討プロセス(When)

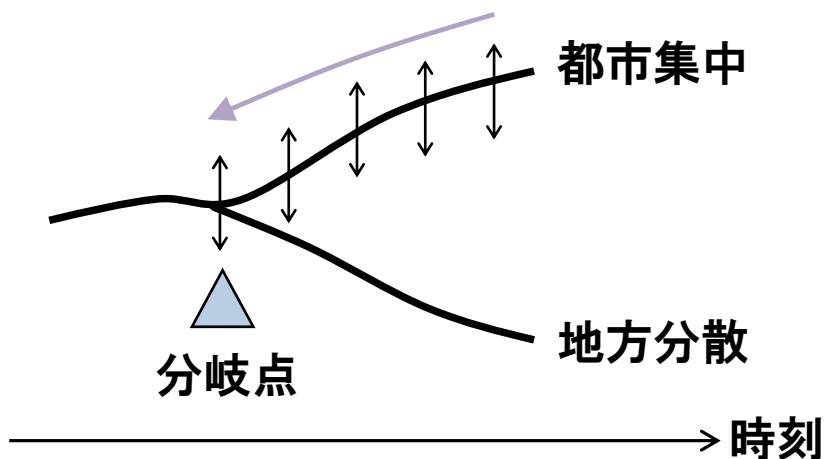
人は、将来のいろいろな出来事の関係性を考えることが苦手

➡ AI の活用により、シナリオ間の分岐が、いつ、どのような順番で、発生するかがわかる。

◆ 分岐構造解析技術

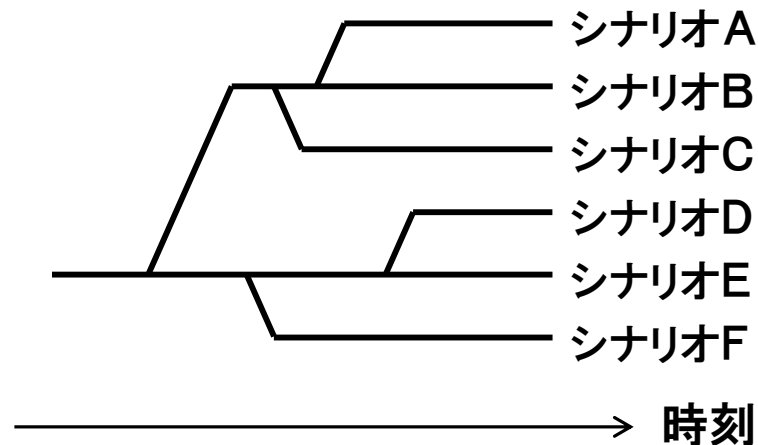
・バックキャスティング解析

時間をさかのぼりながら、摂動を加えてシミュレーションを繰り返すことで2つのシナリオ間の分岐点を特定。



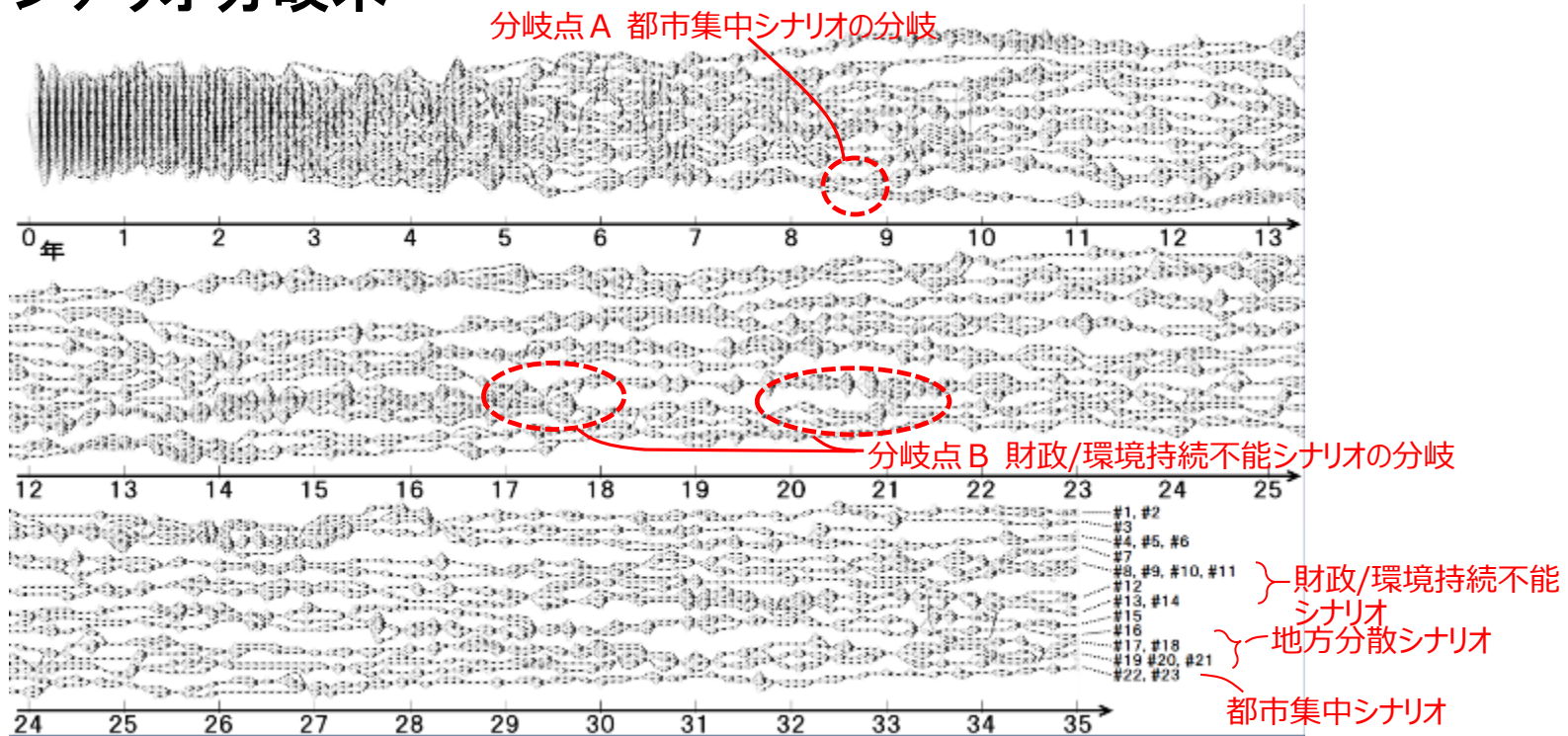
・シナリオ分岐木の構築

複数のシナリオ間の分岐構造を木構造として表す。



14. シナリオ分岐図および分岐点

◆ シナリオ分岐木



◆ 重要な分岐点

分岐点 A (8～10年後): 都市集中シナリオと地方分散シナリオの分岐
以降、2つのシナリオが再び交わることはない。 ⇒ 提言(2)

分岐点 B (17～20年後): 地方分散シナリオから財政/環境持続不能シナリオが分岐
ただし、完全に分離するわけではない。 ⇒ 提言(3)

◆ AIを活用した要因検討プロセス(How)

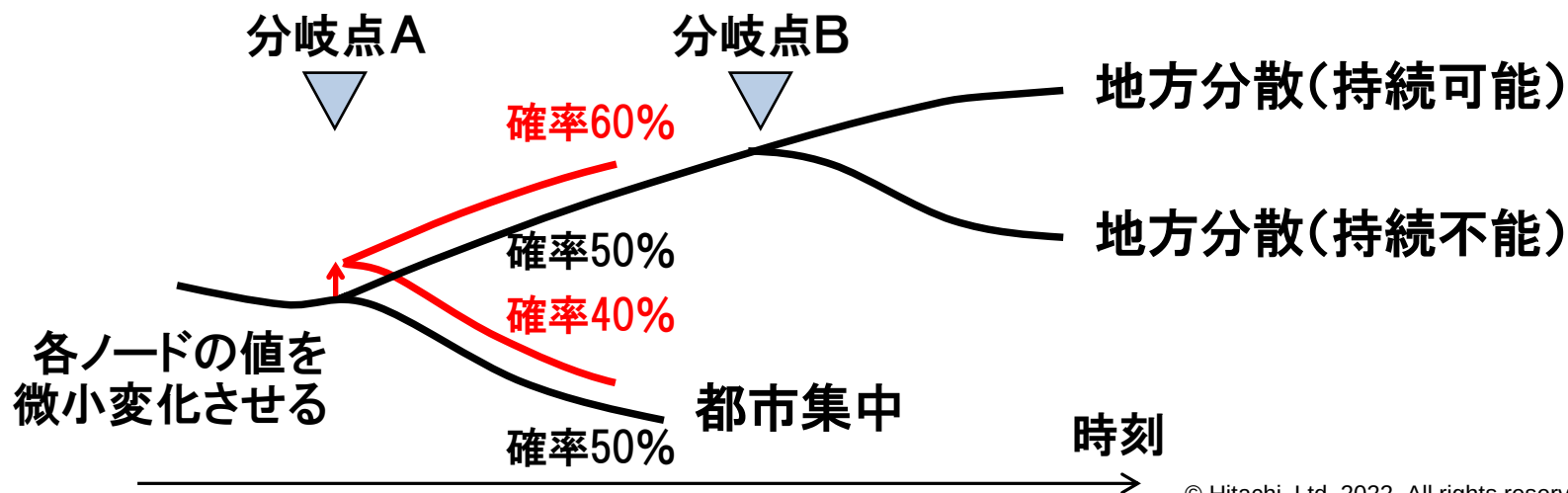
シナリオの分岐が、どうして発生するのか知りたい。

- ➡ AI の活用により、シナリオの分岐に影響を与える要因が、わかる。
- ➡ 望ましいシナリオに誘導する、具体的な政策を提言できる。

◆ 分岐要因解析技術

・シナリオ分岐点における感度解析

シナリオ分岐点において、各ノード(指標)の値を微小に変化させ、特定のシナリオの実現確率がどれだけ変化するか(感度)を調べる。



◆ 分岐点①(都市集中シナリオと、地方分散シナリオの分岐)の要因解析

地方分散シナリオに誘導するには

- ・環境課税
- ・地域の公共交通機関の充実等の政策が有効。

地方分散シナリオ
に導く要因Top15

指標	感度
人口	-1.87136
道徳性	-1.08274
環境税・炭素税	-0.96044
地域公共交通	-0.89472
送配電網の開放	-0.57887
グローバル化	-0.44046
生産人口	-0.42775
データ活用の政策	-0.42306
利他的行動	-0.35874
社会保障費のうち住宅関係(資産形成)	-0.35169
地域人口	-0.34987
出生率	-0.31291
ICT/遠隔医療	-0.30209
まちづくり	-0.28955
FIT買取価格	-0.27806

都市集中シナリオ
に導く要因Top15

少子高齢化	0.146284
工業化	0.147702
情報化	0.160375
大規模店の数	0.172628
貧困率	0.180344
過疎化	0.190511
医師の不足・偏在	0.200149
食料自給率	0.226676
失業率	0.229613
医療／健康教育、介護教育	0.278999
車社会(自家用車保有台数)	0.287131
私利の追求	0.289293
資本	0.348559
所得課税(労働への課税)	0.418607
一極集中	0.672344

◆ 分岐点②(地方分散シナリオの持続可能性に関する分岐)の要因解析

持続可能シナリオへの誘導には

- ・地域内経済循環の維持
 - ・環境負荷の削減
- が必要。



- ・地方税収
- ・地域内エネルギー自給率
- ・地方雇用

といった指標に注意しながら、
経済循環を高める政策を
継続的に実行する必要がある。

持続可能シナリオ
に導く要因Top15

ノード	感度
地域内経済循環	-0.47959
地域で生み出される所得(可処分所得)	-0.42367
地方税収	-0.40579
自治体財政の健全度	-0.39416
地域内エネルギー自給率	-0.37847
生産人口	-0.36124
税収	-0.34434
地方雇用	-0.34277
健康寿命	-0.33984
地域の経済主体	-0.32454
出生率	-0.31999
地域の人的資源	-0.31555
地域ガバナンス	-0.30571
Uターン・Iターン	-0.30566
地元資本	-0.29803

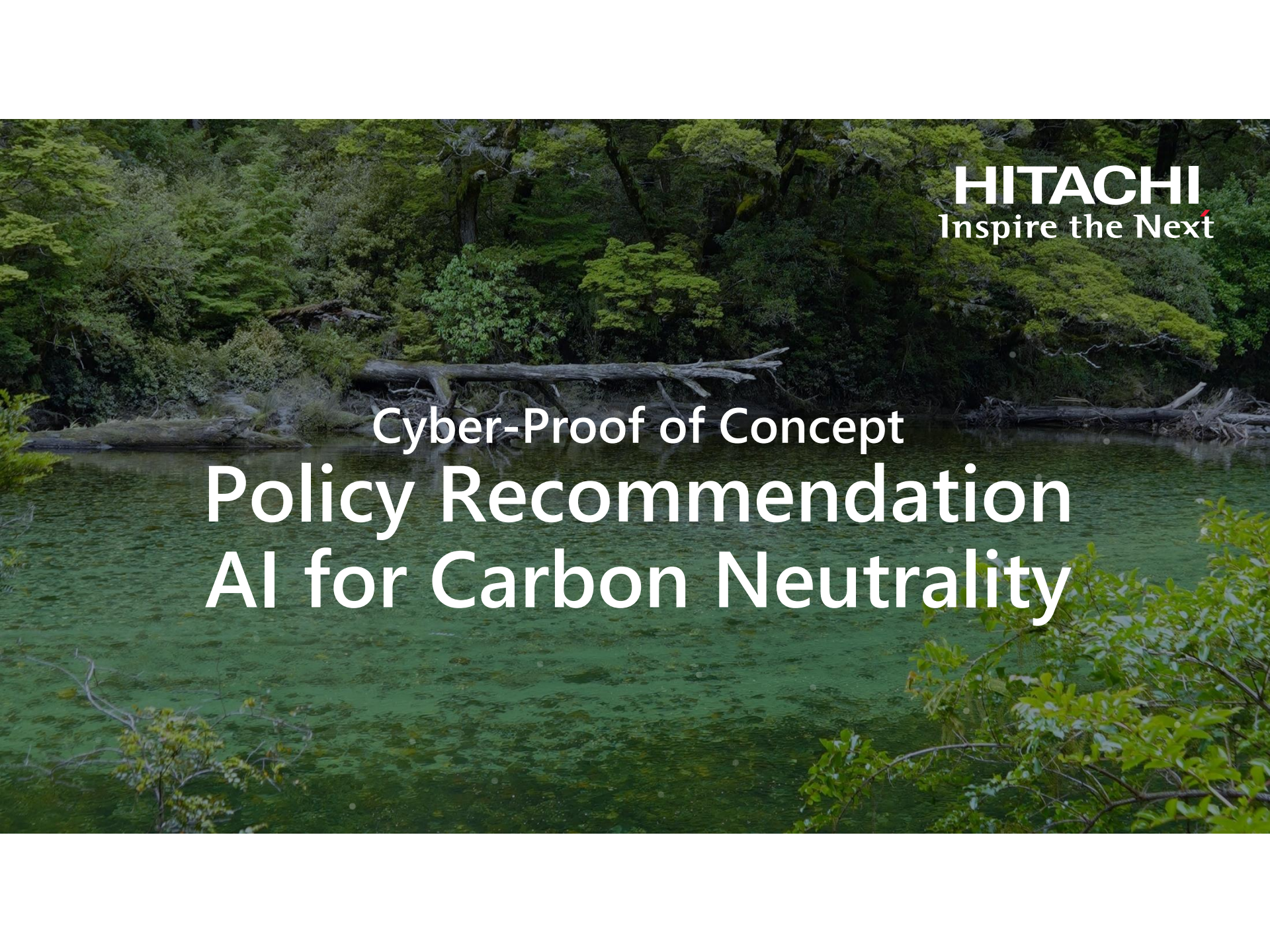
持続不能シナリオ
に導く要因Top15

地方の空洞化(シャッター通り)	0.117763
医療費	0.138634
工業化	0.146495
CO2排出量	0.173845
貧困率	0.180229
政府債務	0.195119
環境負荷	0.195333
医療／健康教育、介護教育	0.199305
一人当たりのエネルギー使用量	0.234752
高齢人口	0.246522
医療需要	0.248886
自然資源の搾取(量)	0.269192
財政赤字	0.307893
社会保障費	0.309396
失業率	0.335747

◆ 政策提言 AI の 3 つの技術

- ・政策提言における「選択肢検討」ステージに AI を活用
- ・開発 AI の特徴技術と効果

- ① シナリオ列挙 (What)
 - ・多数シナリオシミュレーション技術
 - ・シナリオ分類技術
 - ➡ 起こる可能性があるシナリオを、漏れ／偏りなく列挙
 - ➡ 明確な将来予測に基づく政策提言
- ② 関係性解析 (When)
 - ・分岐構造解析技術
 - ➡ シナリオ間の分岐の順序や時期を特定
 - ➡ 政策実行時期が明確な政策提言
- ③ 要因検討 (How)
 - ・分岐要因解析技術
 - ➡ シナリオ間の分岐の発生要因を特定
 - ➡ 政策が具体的な政策提言

The background of the slide is a lush green forest scene. A river flows through the center, reflecting the surrounding foliage. Several large, weathered logs are scattered along the riverbank and in the water. The trees are dense and vibrant green, creating a sense of a healthy, natural environment.

HITACHI
Inspire the Next

Cyber-Proof of Concept
**Policy Recommendation
AI for Carbon Neutrality**

Cyber-Proof of Conceptとは？

顧客経営層などステークホルダーに対して、社会課題を示し、日立のシミュレーション技術により、結果として得られる各種インパクトを可視化することで、協創や合意形成を支援するシミュレーター



【都市】鉄道新線敷設/2014



【産業】物流異業種共同配送/2015



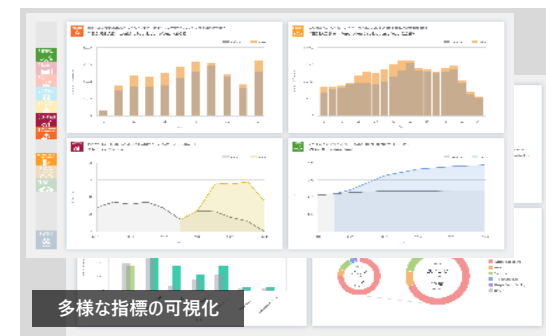
【ヘルスケア】病院経営/2015



https://www.hitachi.co.jp/rdr/research/design/service/case_cyber-poc_for_urban.html



【都市】市民参加型の移動・観光/2017～

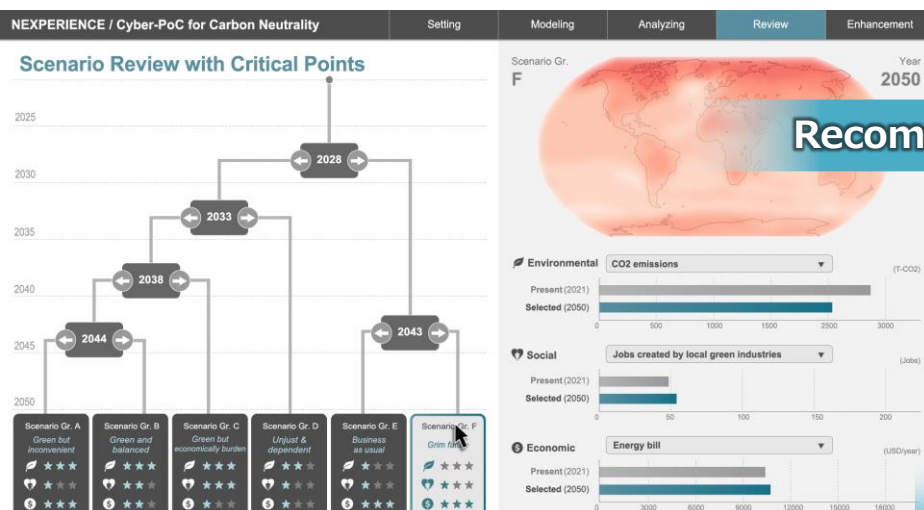


社会・環境・経済の3つの価値をバランスしながら脱炭素することの難しさ



多様な関係者の合意を得ながら、長期的な脱炭素施策を立案することが困難。
（自治体に従事する環境施策の担当者が、3つの価値がバランスされた長期的なロードマップを簡単に描けない）

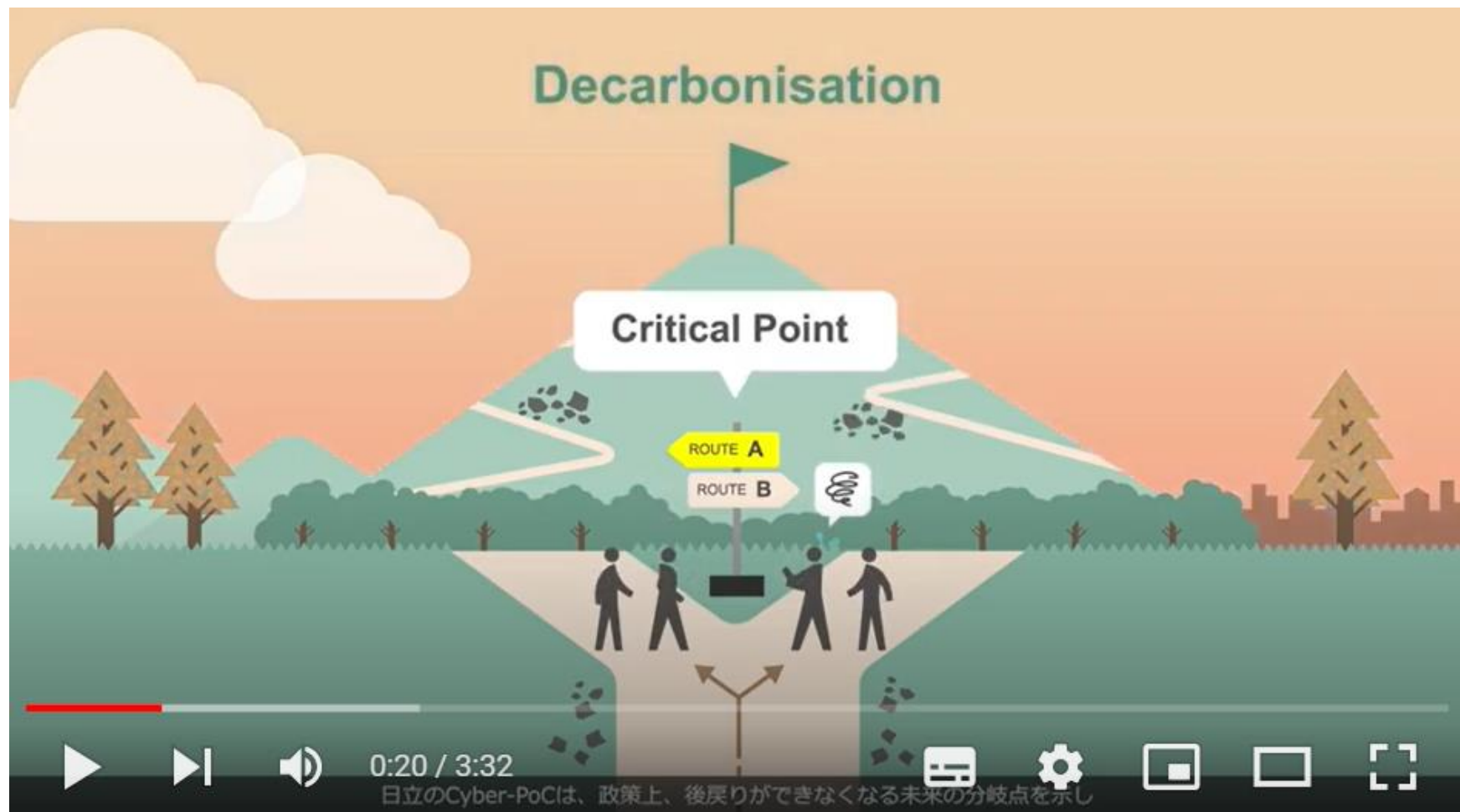
AIが、「3つの価値のKPIを定量化した未来シナリオ」と
「将来の重要な分岐点・施策」を可視化してくれる



Recommends

AI・データを活用し政策決定

自治体で働く環境施策の担当者が、多様な関係者と共に
脱炭素社会実現に向けた長期ロードマップを建設的に議論できる



<https://youtu.be/IZkm5c rEEA>



AIが示した代表的な3つのシナリオ



例：シナリオグループ3

再生可能エネルギー・グリーンモビリティ・水素の大量導入に加えて、V2GやV2H、EVや自転車のシェアリングなどモビリティを基軸にした新しい仕組みを提供することで、高い確度で脱炭素に近づく。このシナリオにおいて、市民の幸福度は程よいが、産業や税収に課題が残る。



例：シナリオグループ4

大規模蓄電池を含む各種環境関連の設備を、市民や産業向けに満遍なく配備。加えて域内のモノの循環やシェアを加速させるシステム、植林を中心とした環境価値取引で脱炭素に近づく。このシナリオにおいて、市民の幸福度は高く、多様な観点でバランスは良い。

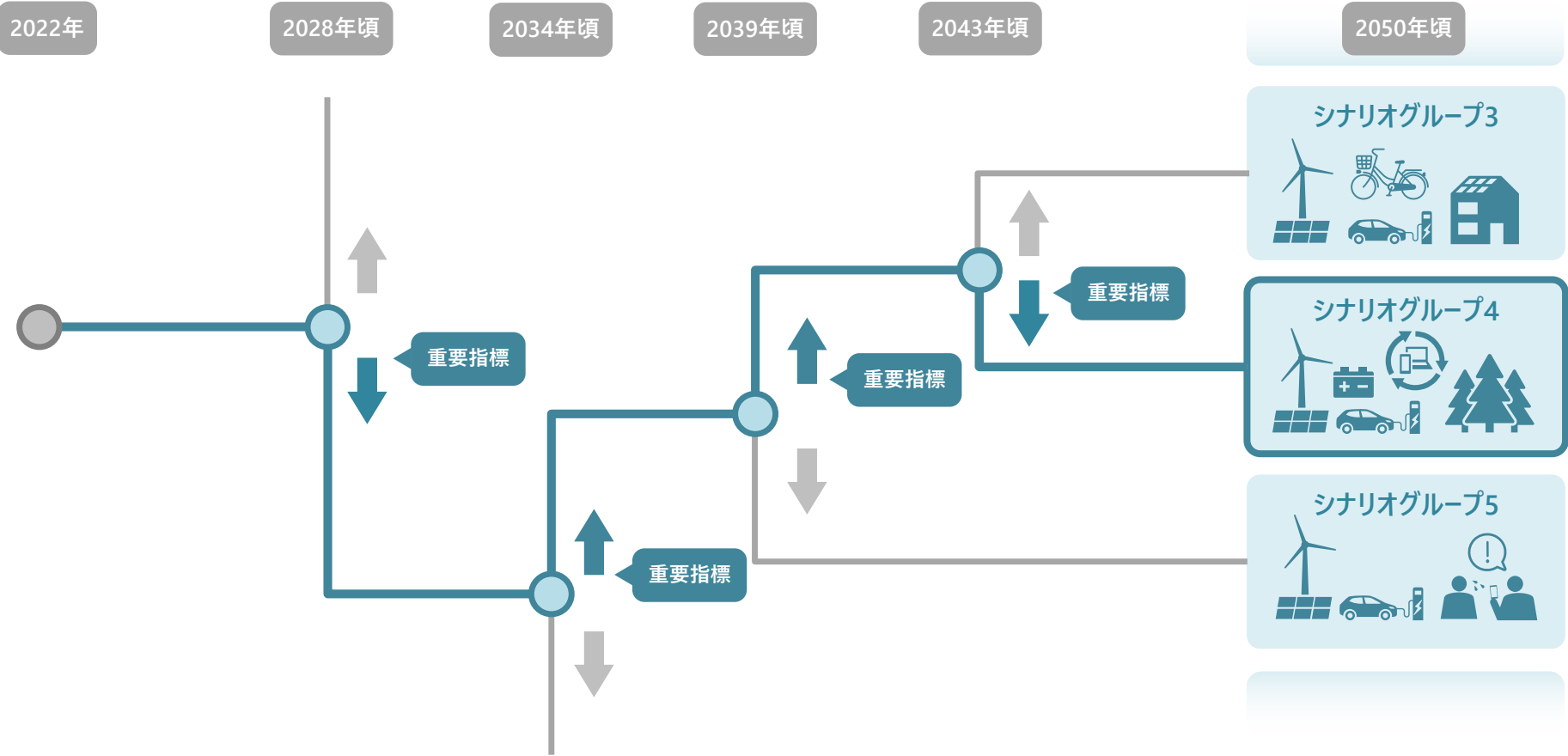


例：シナリオグループ5

再生可能エネルギー・グリーンモビリティ・水素の大量導入に加えて、市民に対して、半強制的な日常生活の行動変容を促すことで、最も高い確度で脱炭素に近づく。ただし、このシナリオにおいて市民の幸福度は低く、産業や税収に課題が残る。

その他のシナリオグループも存在しましたがここでは割愛します

架空都市の脱炭素シナリオ結果事例



◆ 政策提言(意思決定支援)AI

- ・「選択枝検討」ステージを支援する3つの技術
 - ・シナリオ列挙
 - ・関係性解析
 - ・要因検討

◆ 社会実装にむけての活動

- ・政府／自治体における政策検討
- ・COP26「Policy recommendation AI for carbon neutrality」



◆ 背景・意見の異なる人同士が議論できる

- ・意見(支持する政策)の違いは、社会のモデルの違いに起因する
⇒ 各人の社会のモデルを比較することで議論ができる

◆ 誰もが、自分の意見(政策)を、説得力のある形で発信できる

	1990年代(ネット以前)	現在(ネット社会)	将来 (政策提言AI)
データへの アクセス	専門家のみ	誰もが可能	誰もが可能
政策の検討	専門家のみ	専門家のみ	誰もが可能
意見の発信	専門家(政治家) のみ	誰もが可能	誰もが可能