

# 実世界に埋め込まれる人間中心の 人工知能技術の研究開発

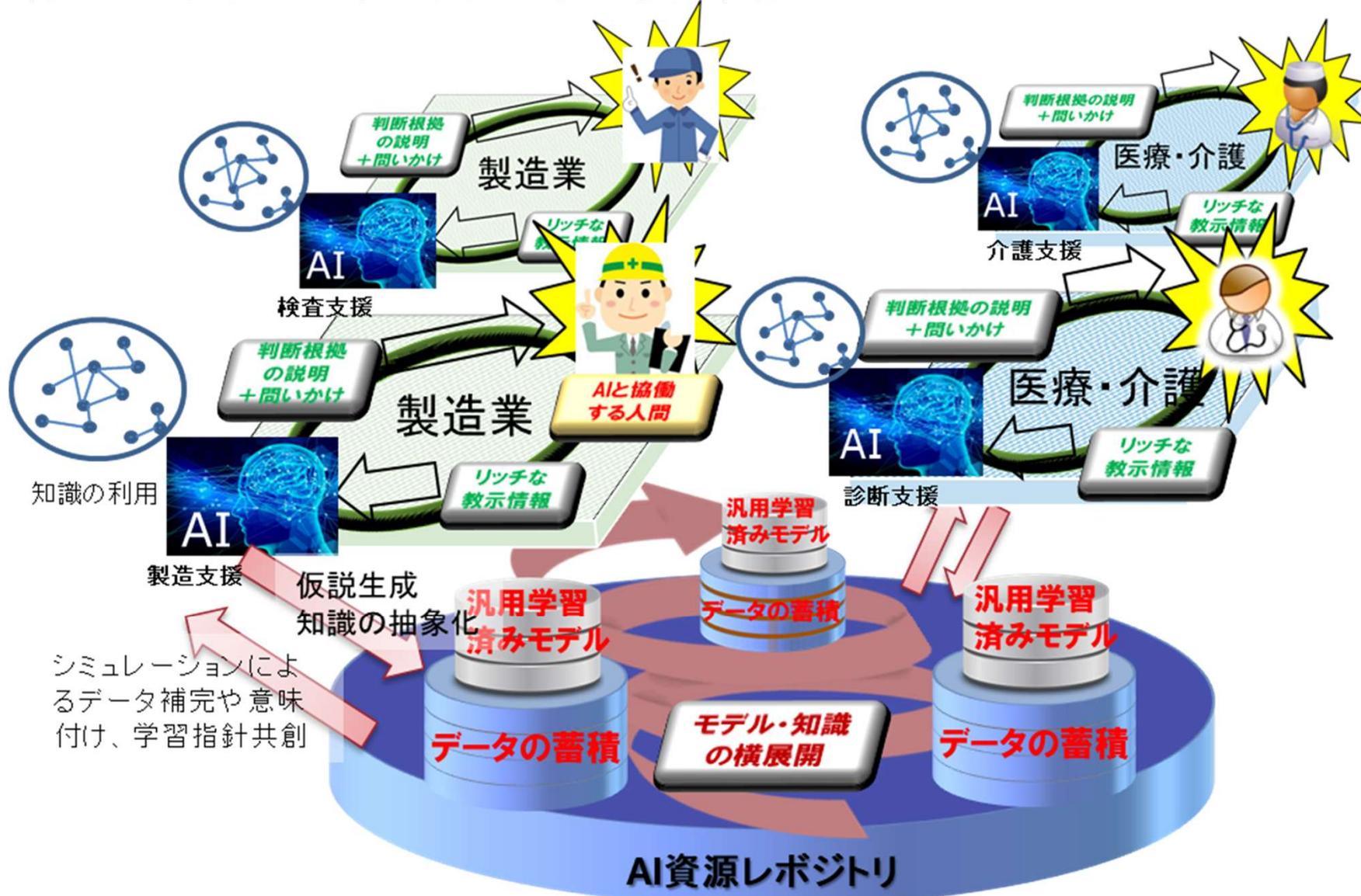
2022年 6月 16日

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

人工知能研究センター

副研究センター長 村川 正宏

- AIと人との間の狭いチャンネルを大きく広げる研究開発を推進し、人をループの外におく現在のAI技術の限界の克服を目指す
- 容易に構築・導入できるAIの開発と一つの研究開発拠点で同時並行的に進め、得られた知見の共有や密な意見交換を実施



# NEDO PJ「実世界に埋め込まれる人間中心の人工知能技術の研究開発」

2020年度～2024年度

## ①人と共に進化するAIシステムの基盤技術開発

①-1-(1)

ワールドモデルに基づく人・ロボットの  
**共進化フレームワーク**の構築

①-1-(2)

人の生活・安全、安心のための  
**データ・知識融合フレームワーク**の構築

①-1-(3)

人と協働して知識を生成・蓄積する  
**AIフレームワーク**の構築

①-2

人と共に進化する  
AIにおける視覚的  
説明と言語的説明  
技術の**基盤開発**

①-3

状況を考慮して  
データを解釈し情  
報伝達する人工知  
能**基盤技術**の開発

## ③容易に構築・導入できる AIの開発

③-(2)

**汎用学習済みモデル**  
利活用に関する基盤技  
術の開発

③-(1)

**汎用学習済みモデル**  
**構築**に関する基盤技術  
の開発

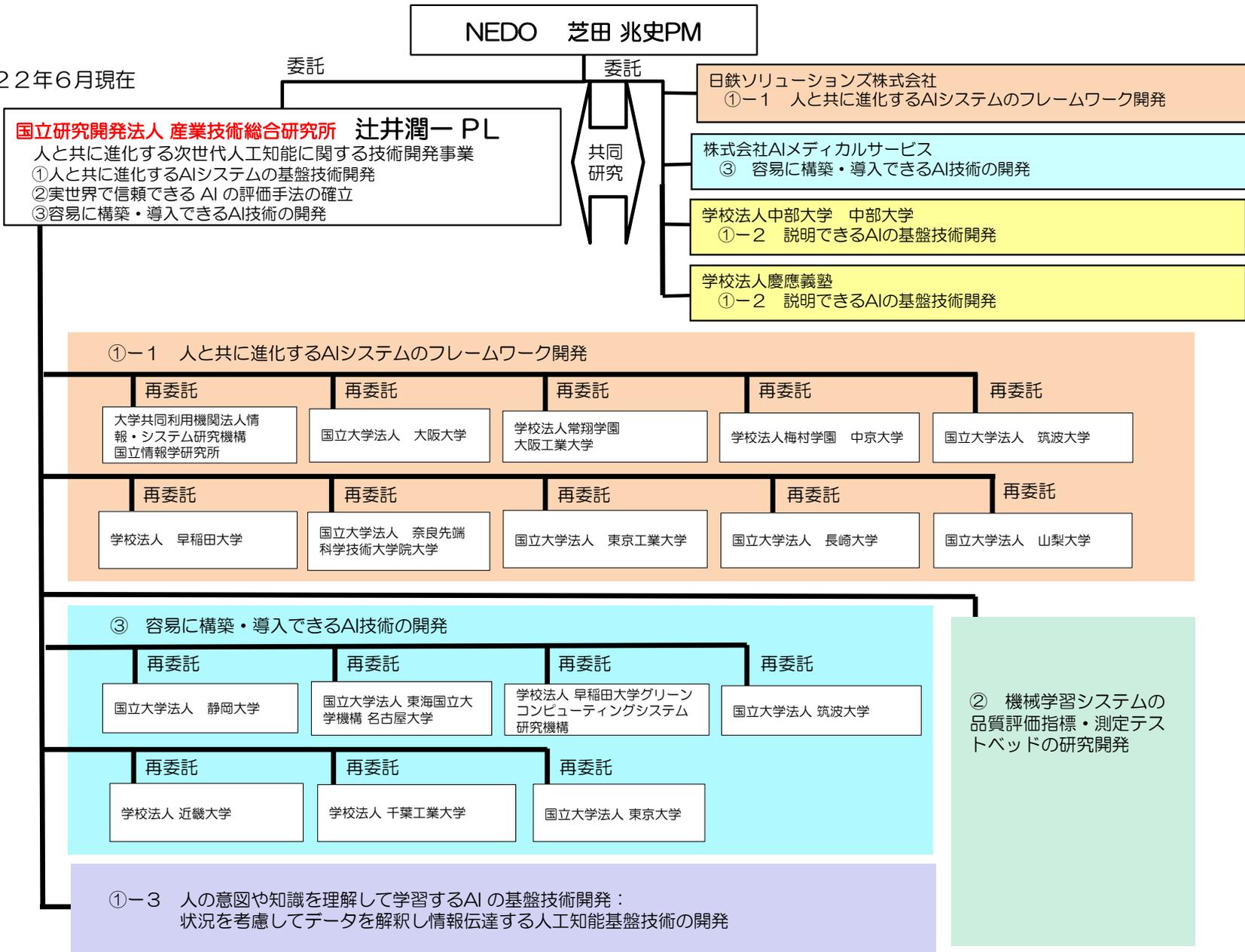
③-(3)

データ・モデルの  
効率的な管理・利活用  
のための**プラット**  
**フォーム技術**の開発

サイバーフィジカルシステム研究棟  
(模擬工場など4種類の模擬環境)



2022年6月現在



17の大学研究室が拠点参画、企業出向者も参加

# 共進化PJ「実世界に埋め込まれる人間中心の人工知能技術の研究開発」

2020年度～2024年度

## ①人と共に進化するAIシステムの基盤技術開発

①-1-(1)

ワールドモデルに基づく人・ロボットの  
共進化フレームワークの構築

①-1-(2)

人の生活・安全、安心のための  
データ・知識融合フレームワークの構築

①-1-(3)

人と協働して知識を生成・蓄積する  
AIフレームワークの構築

①-2

人と共に進化する  
AIにおける視覚的  
説明と言語的説明  
技術の基盤開発

①-3

状況を考慮して  
データを解釈し情  
報伝達する人工知  
能基盤技術の開発

## ③容易に構築・導入できる AIの開発

③-(2)

汎用学習済みモデル  
利活用に関する基盤技  
術の開発

③-(1)

汎用学習済みモデル  
構築に関する基盤技術  
の開発

③-(3)

データ・モデルの  
効率的な管理・利活用  
のためのプラットフォーム  
技術の開発

サイバーフィジカルシステム研究棟  
(模擬工場など4種類の模擬環境)

超高性能AI計算基盤: 産総研 AI 橋渡しクラウド  ABCI  
AI Bridging Cloud Infrastructure

# ①-1 人と共に進化するAIシステムのフレームワーク開発

## ● 研究開発内容

● データ駆動のAIと人間のもつ知識とをつなぐAI技術を開発

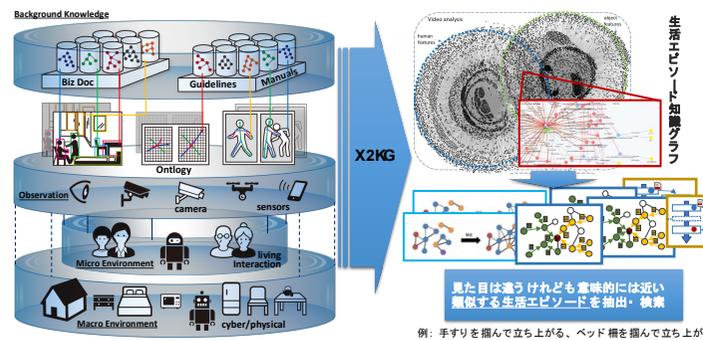
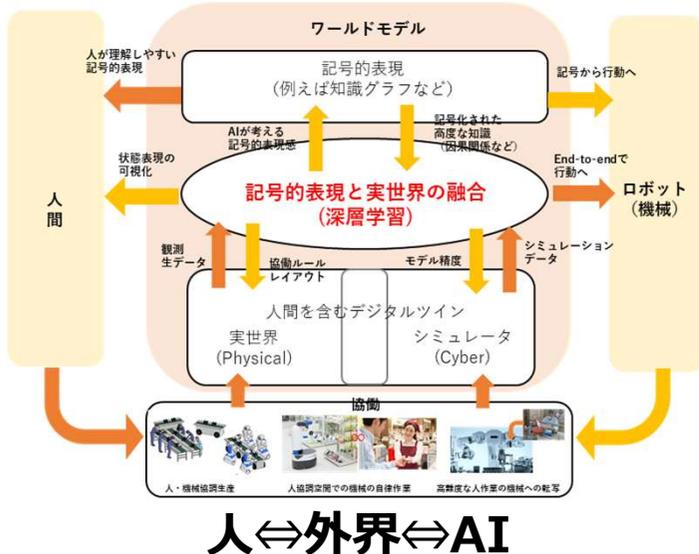
## ● 研究開発アプローチ

● タスク規定が明確にでき、かつ、その解決が一般への拡張の糸口となる典型的な3つのタスクを設定して、そのフレームワークを構築

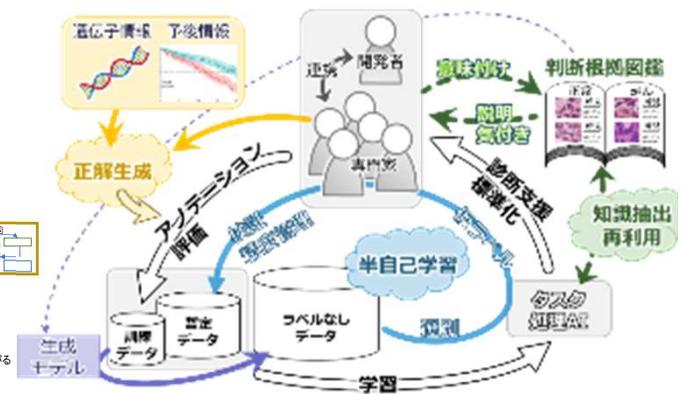
フレームワーク ①-1-1) :  
ワールドモデルに基づく人・ロボットの共進化フレームワークの構築

フレームワーク ①-1-2) :  
人の生活・安全、安心のためのデータ・知識融合フレームワークの構築

フレームワーク ①-1-3) :  
人と協働して知識を生成・蓄積するAIフレームワークの構築



人⇒AI



AI⇒人

## ①人と共に進化するAIシステムの基盤技術開発

- 人間の知識を取り込み、人間との協働、協調、共進化を目指した次世代のAI技術を開発中
- いくつかの方法論での取り組み：
  - ユーザーに対して機械学習の透明性をあげる
  - AIの設計者としての人間が、機械学習に手を入れられやすくする
  - 人間の知識を紐づけていく
  - ワールドモデルとして、共通の理解をデジタルツインとして構築する

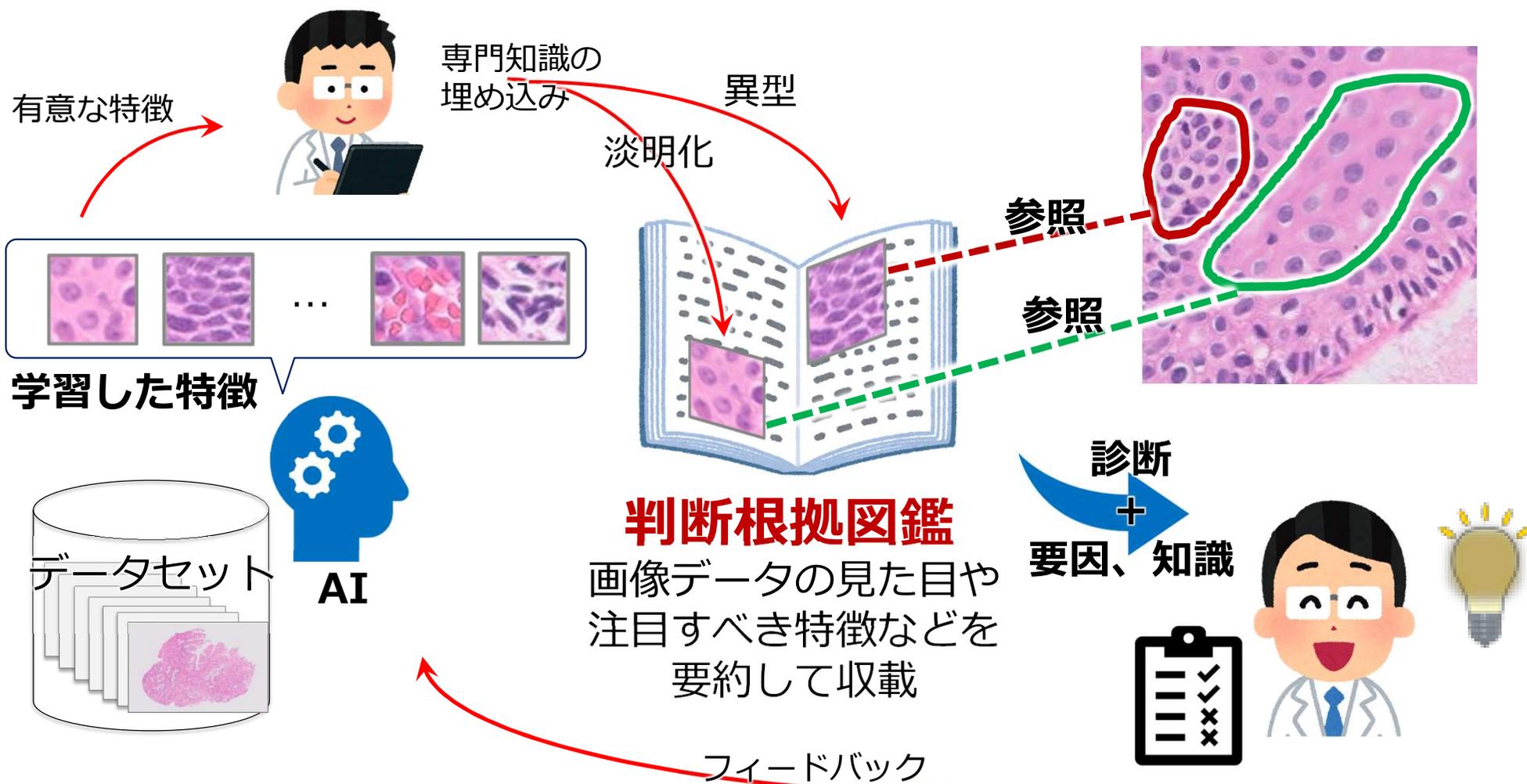
## ①人と共に進化するAIシステムの基盤技術開発

- 人間の知識を取り込み、人間との協働、協調、共進化を目指した次世代のAI技術を開発中
- いくつかの方法論での取り組み：
  - ユーザーに対して機械学習の透明性をあげる
  - AIの設計者としての人間が、機械学習に手を入れられやすくする
  - 人間の知識を紐づけていく
  - ワールドモデルとして、共通の理解をデジタルツインとして構築する

# ①-1-(3) 人と協働して知識を生成・蓄積する AIフレームワークの構築

## AIの判断根拠を解釈可能にする「判断根拠図鑑」

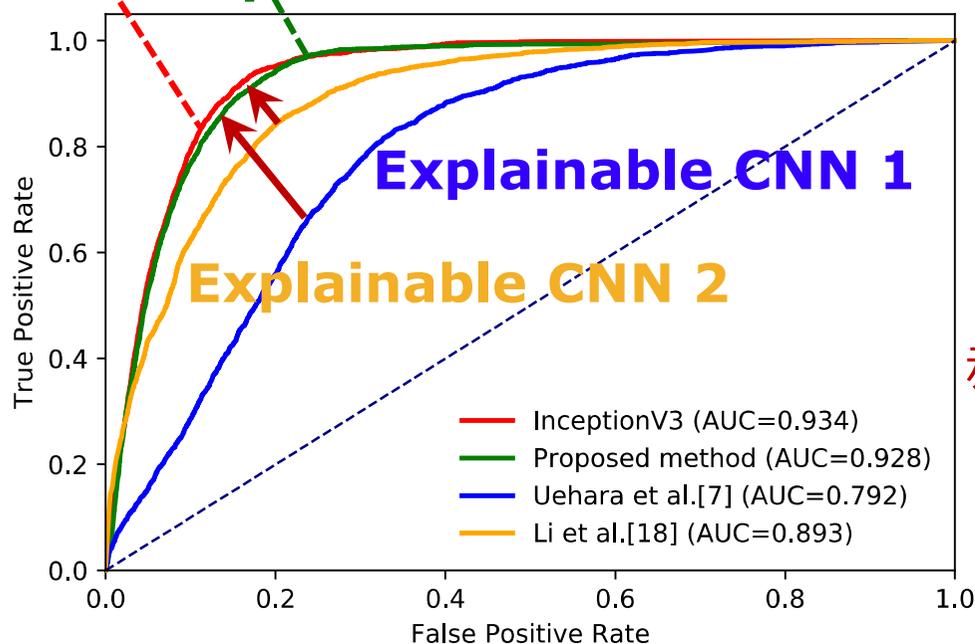
深層畳込みニューラルネットワーク（CNN）が学習した特徴的なパターンを集約した辞書に専門家の知識を紐付ける



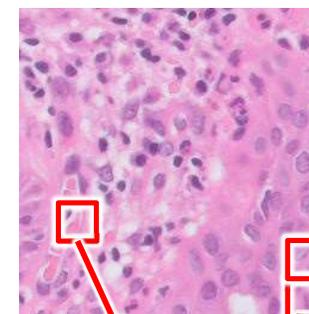
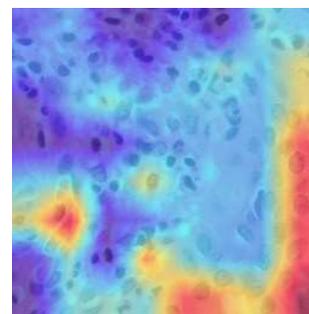
# 判断根拠図鑑 成果

判断根拠を提示可能としながら病理画像診断において  
最高水準の診断性能を達成

**InceptionV3**(black box)  
**Proposed method**



異常画像を異常と判定した結果



赤：診断に重要



淡色



核肥大



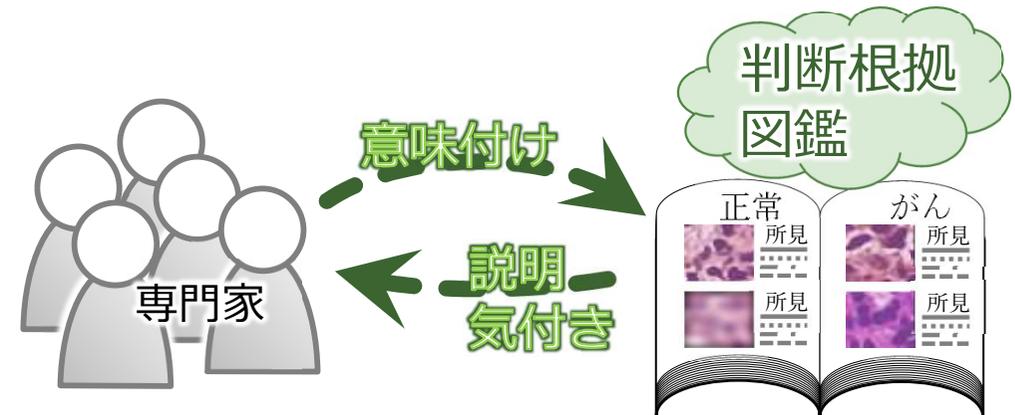
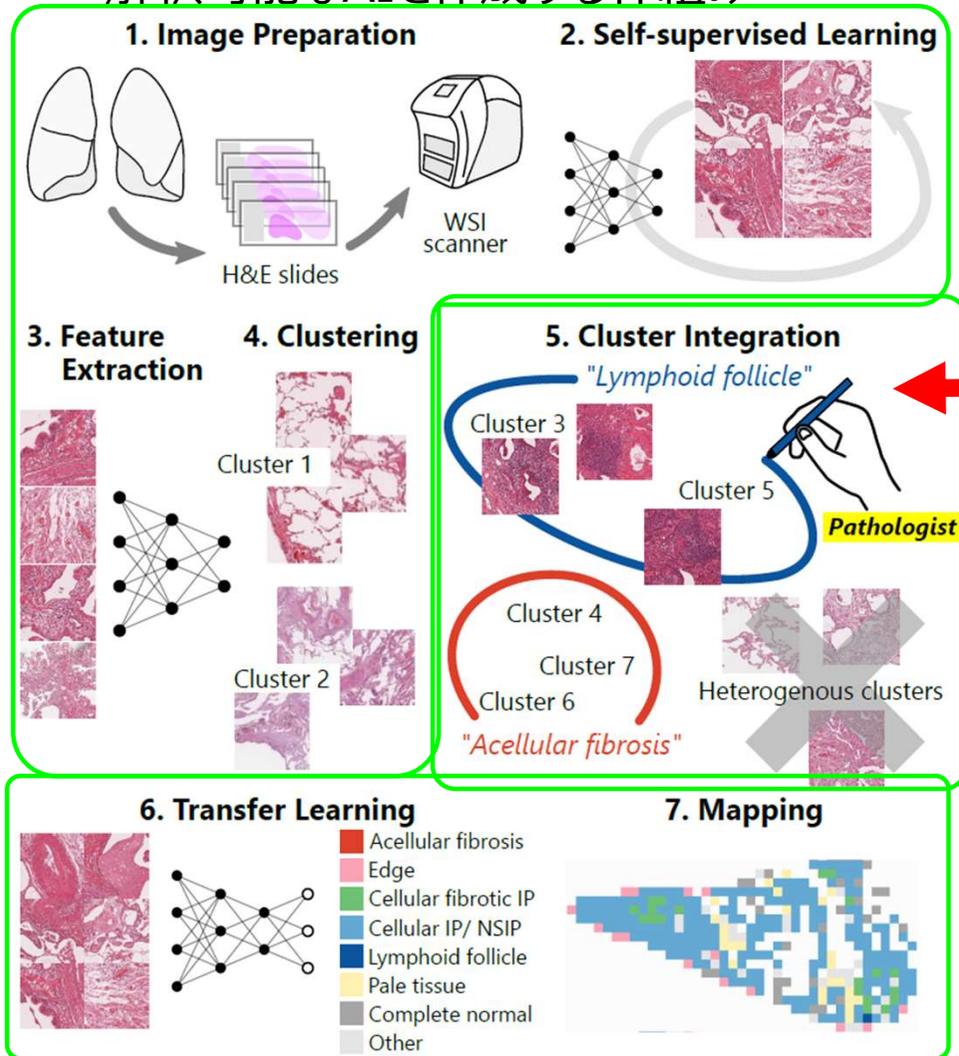
核肥大

医師の知識が紐づけられて  
図鑑に収載された特徴

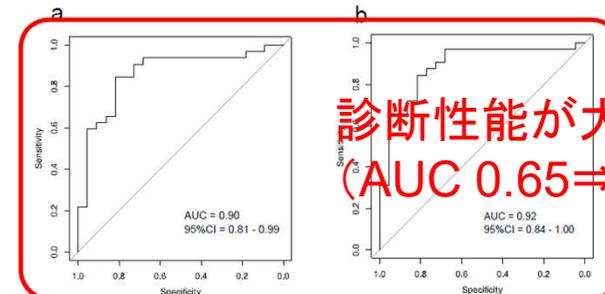
- ACPR 2019, **Best Poster Award**
- ICIP 2020, Google Scholar Top-14, h5-index 45 (2020. 5)
- ICPR 2020, Google Scholar Top-18, h5-index 38 (2020. 6)

# 専門家（病理医）と共進化する人工知能

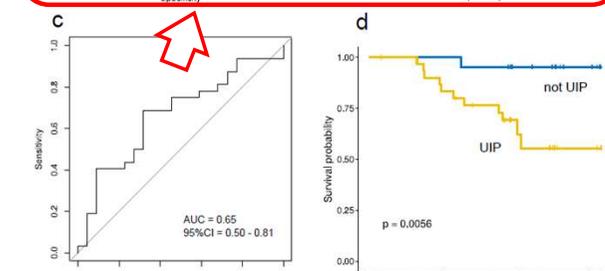
病理医を中心として効率的に  
解釈可能なAIを作成する枠組み



- AIが判断根拠として着重点（特徴的な画像）を提示
- 医師が医学的知識に基づき着重点を整理
- 整理された着重点をAIが学習プロセスに再利用



診断性能が大幅向上  
(AUC 0.65⇒0.90)



左記モデルを利用した間質性肺炎の診断および予後予測

長崎大学との共同研究

## ①人と共に進化するAIシステムの基盤技術開発

- 人間の知識を取り込み、人間との協働、協調、共進化を目指した次世代のAI技術を開発中
- いくつかの方法論での取り組み：
  - ユーザーに対して機械学習の透明性をあげる
  - AIの設計者としての人間が、機械学習に手を入れられやすくする
  - 人間の知識を紐づけていく
  - ワールドモデルとして、共通の理解をデジタルツインとして構築する

## ①-3：人の意図や知識を理解して学習するAIの基盤技術開発

データの処理や解釈、人工知能と人とのコミュニケーションにおいて、背景や意図を含む**状況(コンテキスト)**が十分に考慮できていない

### 実現するためのポイント

- 手がかりは様々な形をしている => **マルチモーダル**な情報処理
- 外部知識の利用 => 入力の**構造化**と**知識**ベースへの接続
- 人へ適切に伝える => 何をどう伝えるか**プランニング**

# Visual Storytelling課題において、重要な概念を選択し内容プランとする技術開発

[Chen et al., AAAI 2021]

与えられた画像列に対してストーリーを生成する課題

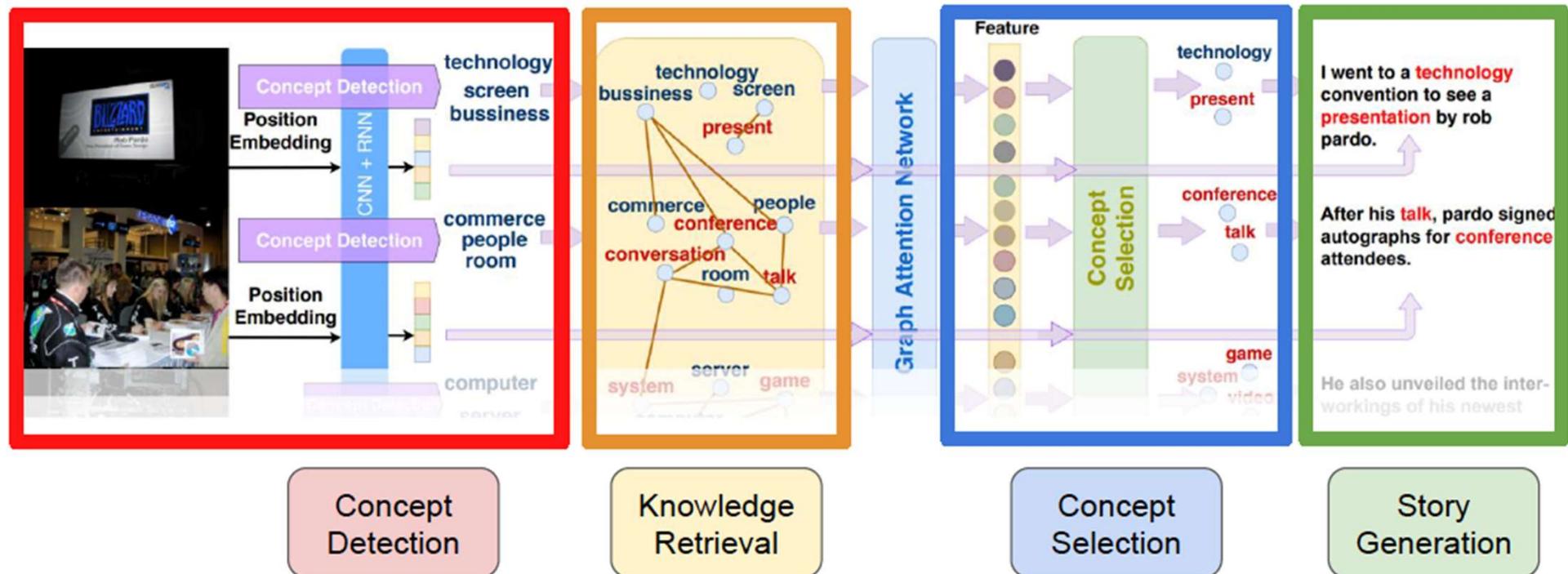
※ 文脈としての履歴を考慮する必要がある

画像で表されている概念  
(物体を含む)を認識

外部知識を利用し  
関連する概念を連結

グラフ中の密な部分が主  
題であるとして**概念選択**

文章生成



# Commonsense Knowledge Aware Visual Storytelling

- 提案モデルにより、多様性にとんだ情報量の多い文章を生成できている

	
<p><b>[state-of-the-art]</b> <i>The basketball game was intense. The opposing team was very competitive. <b>The game was intense.</b> The fans cheered. It was a great game .</i></p>	<p><b>[state-of-the-art]</b> <i>It was a great day for the baseball game. It was a lot of fun. The crowd was cheering on. <b>The game was intense.</b> It was a great day to see the game .</i></p>
<p><b>[Ours]</b> <i>The <b>team</b> was on the court on the last night of the <b>basketball</b> game. The <b>player</b> on the team was on a <b>shot</b>. The <b>ball</b> kept getting <b>blocked</b> during the game. Team <b>fans</b> on the sidelines were cheering the team. The other team on the other <b>shot</b> was also <b>blocked</b>.</i></p>	<p><b>[Ours]</b> <i>This was the <b>baseball</b> game. The <b>players</b> were all excited to be playing against each other in the game. We all watched as the <b>team</b> played together. The players got in on the <b>action</b> and played hard. This was my favorite part of the game. The <b>game</b> was just too great. Our team <b>won</b> the game !</i></p>

Figure from H. Chen+: Commonsense Knowledge Aware Concept Selection For Diverse and Informative Visual Storytelling, AAAI 2021.

# 共進化PJ「実世界に埋め込まれる人間中心の人工知能技術の研究開発」

2020年度～2024年度

## ①人と共に進化するAIシステムの基盤技術開発

①-1-(1)

ワールドモデルに基づく人・ロボットの  
共進化フレームワークの構築

①-1-(2)

人の生活・安全、安心のための  
データ・知識融合フレームワークの構築

①-1-(3)

人と協働して知識を生成・蓄積する  
AIフレームワークの構築

①-2

人と共に進化する  
AIにおける視覚的  
説明と言語的説明  
技術の基盤開発

①-3

状況を考慮して  
データを解釈し情  
報伝達する人工知  
能基盤技術の開発

サイバーフィジカルシステム研究棟  
(模擬工場など4種類の模擬環境)

## ③容易に構築・導入できる AIの開発

③-(2)

汎用学習済みモデル  
利活用に関する基盤技  
術の開発

③-(1)

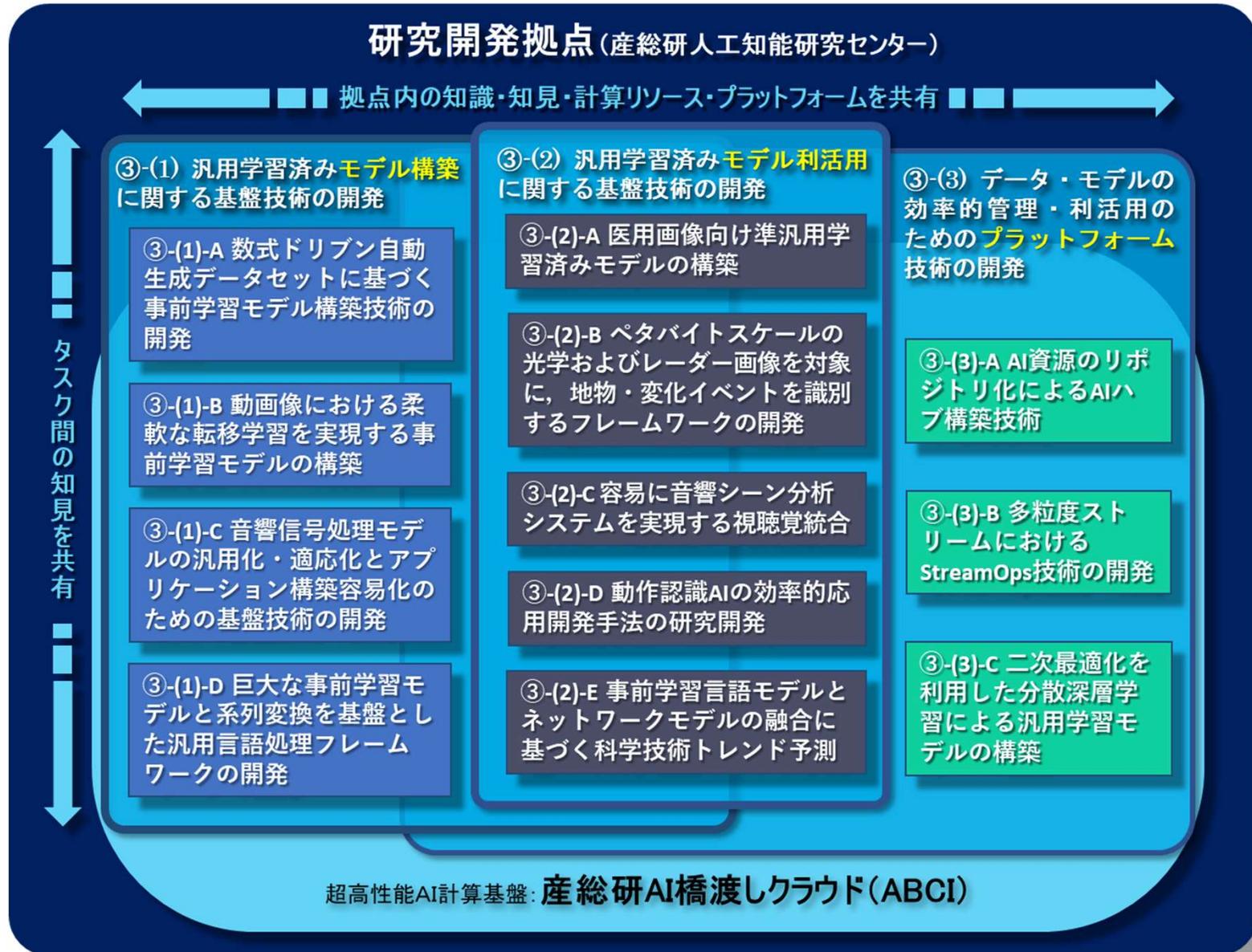
汎用学習済みモデル  
構築に関する基盤技術  
の開発

③-(3)

データ・モデルの  
効率的な管理・利活用  
のためのプラットフォーム  
技術の開発

### ③容易に構築・導入できるAIの開発

・AI技術の容易な構築・導入を可能にするため、画像、動画、音響信号、自然言語など様々な情報を対象とした汎用学習済みモデルの構築および利活用に関する基盤技術の開発、および開発したデータ・モデルの効率的な管理・利活用のためのプラットフォーム技術の開発を行う。



# 3-(1) 汎用学習済みモデル構築に関する基盤技術の開発

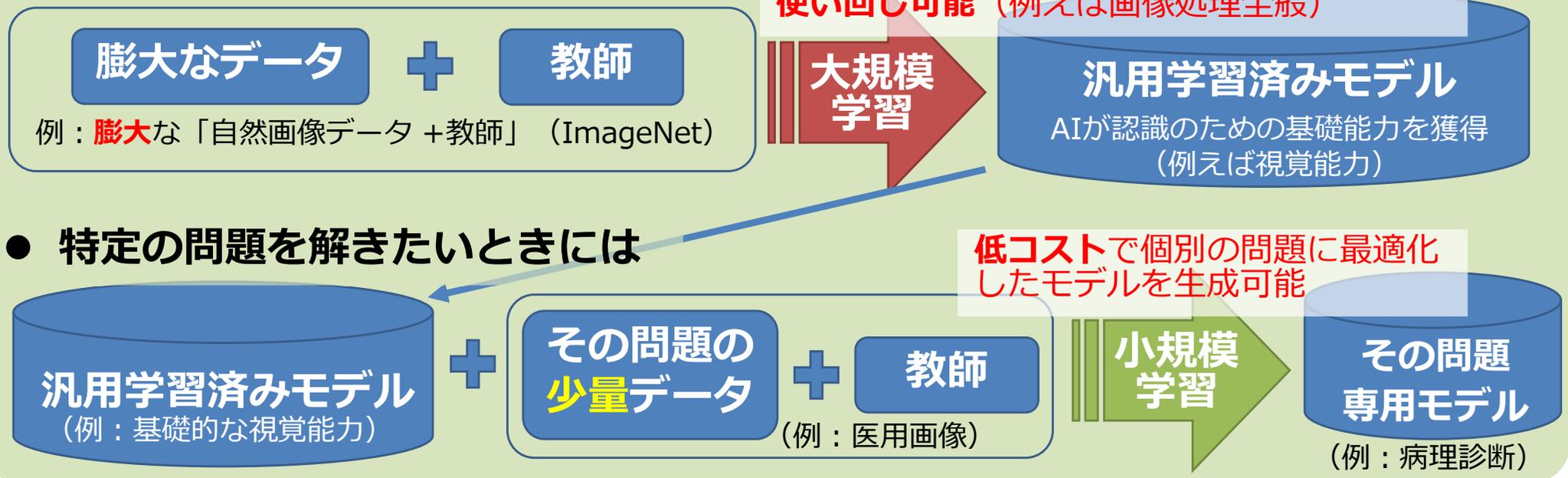
## -数式ドリブン教師あり学習の提案-

### ● 深層学習の問題点

深層学習では膨大なデータの学習が必要で、以下の問題がある

- データ収集のコストが高い（現場によっては大量には収集できないことも）
- 教師データを人間が与えるアノテーションのコストが高い
- 計算コストが高い（膨大な計算時間・課金）

### ● 事前学習とは？



### ● 特定の問題を解きたいときには

### ● 事前学習に関する問題

- 膨大なデータを収集し、アノテーションを人手でつけるには限界がある
- データの偏りや、プライバシー・権利問題などが発生している  
（例：画像認識のスタンダードであるImageNetでも大きな問題に発展、商用利用は禁止されている）

# 3-(1) 汎用学習済みモデル構築に関する基盤技術の開発

## -数式ドリブン教師あり学習の提案-

- 世界初，数式で生成した幾何図形による画像認識AI用汎用学習済みモデルの学習に成功
- **実画像を一切用いないにも関わらず、実画像の標準DBと同等の性能を実現**
- 数式生成のデータは**完全な透明性**を持ち原理的に**プライバシ・権利侵害も起こり得ない**
- **教師データも自動生成**、産業応用の妨げとなっている**アノテーション問題も解決**



完全自動生成が可能に！

**生成規則(式)**

ラベルの生成 (ランダムサンプリング)  
 $\theta = \{(\theta_i, p_i)\}_{i=1}^N$

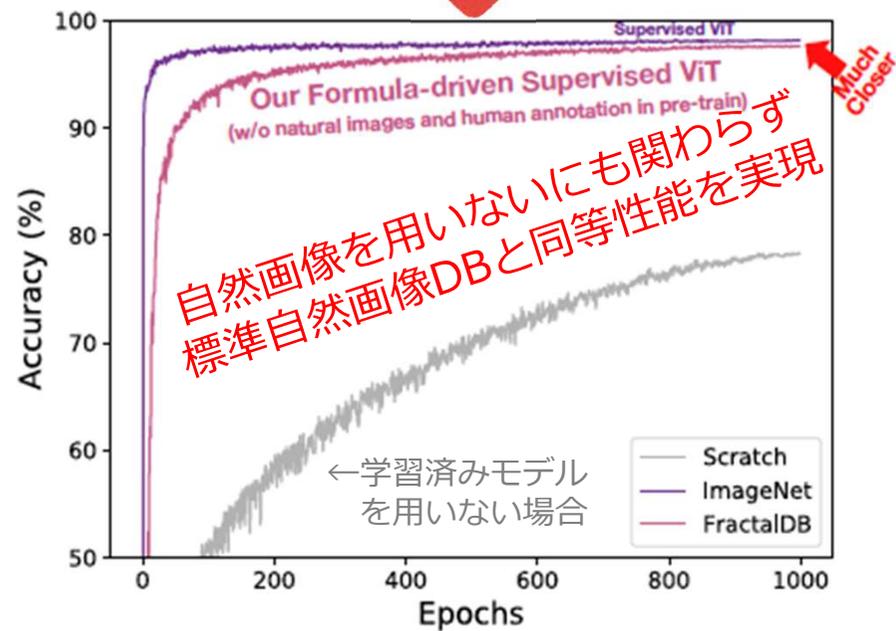
データの生成 (IFS)  
 $IFS = \{X; w_1, w_2, \dots, w_N; p_1, p_2, \dots, p_N\}$

$$w_i(x; \theta_i) = \begin{bmatrix} a_i & b_i \\ c_i & d_i \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} e_i \\ f_i \end{bmatrix}$$

$$p_i = p(w^* = w_i) \quad x_{t+1} = w^*(x_t)$$

Fractal Database

- データ + 教師を数式 (フラクタル幾何等) で完全自動生成
- 原理的には無限のデータを生成可能



# 3-(1) 汎用学習済みモデル構築に関する基盤技術の開発 -数式ドリブン教師あり学習の提案-

2022.6.13 プレスリリース

## (1) 実利用レベルへの到達

～実画像による一般物体認識の学習において人間が教示するよりも高い画像理解性能を実現（**トップ会議CVPR2022**に論文採択）

## (2) データの拡張性の検討

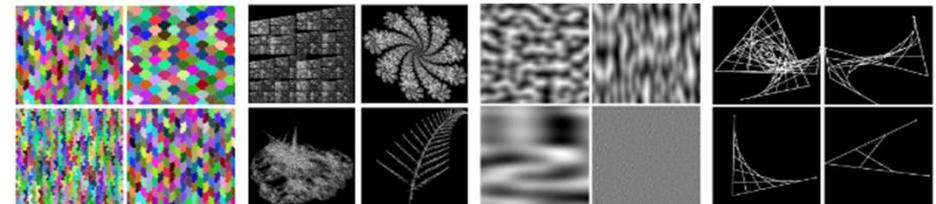
～フラクタル幾何以外の数式でも学習効果が得られることを確認、特にViTにおいては図形の輪郭が重要であることを明らかにし**トップ会議AAAI2022**に論文採択

## (3) データベースの大規模化

～今後3億画像DB構築にも挑戦予定、併せて分散学習による学習高速化を実施

## (4) 個別タスクへの応用展開の検討

～ 医用画像認識などでの性能評価、動画認識などへも展開中

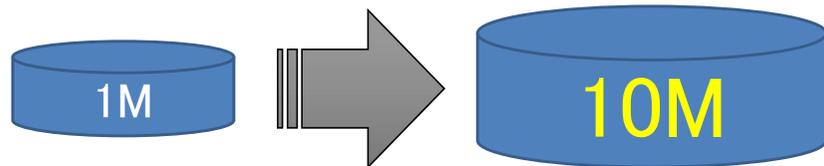


## (1) 実利用レベルへの到達

→人間が教示するImageNet-21kでの事前学習よりも一部の実画像認識タスクで高い性能を実現

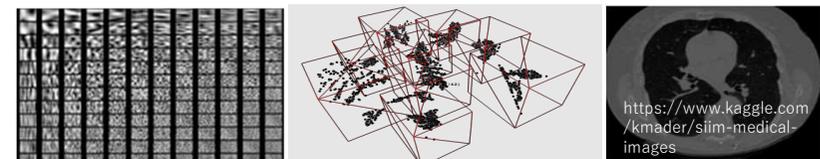
## (2) データの拡張性

→フラクタル以外の画像パターンでの効果を確認



## (3) 画像DBの大規模化

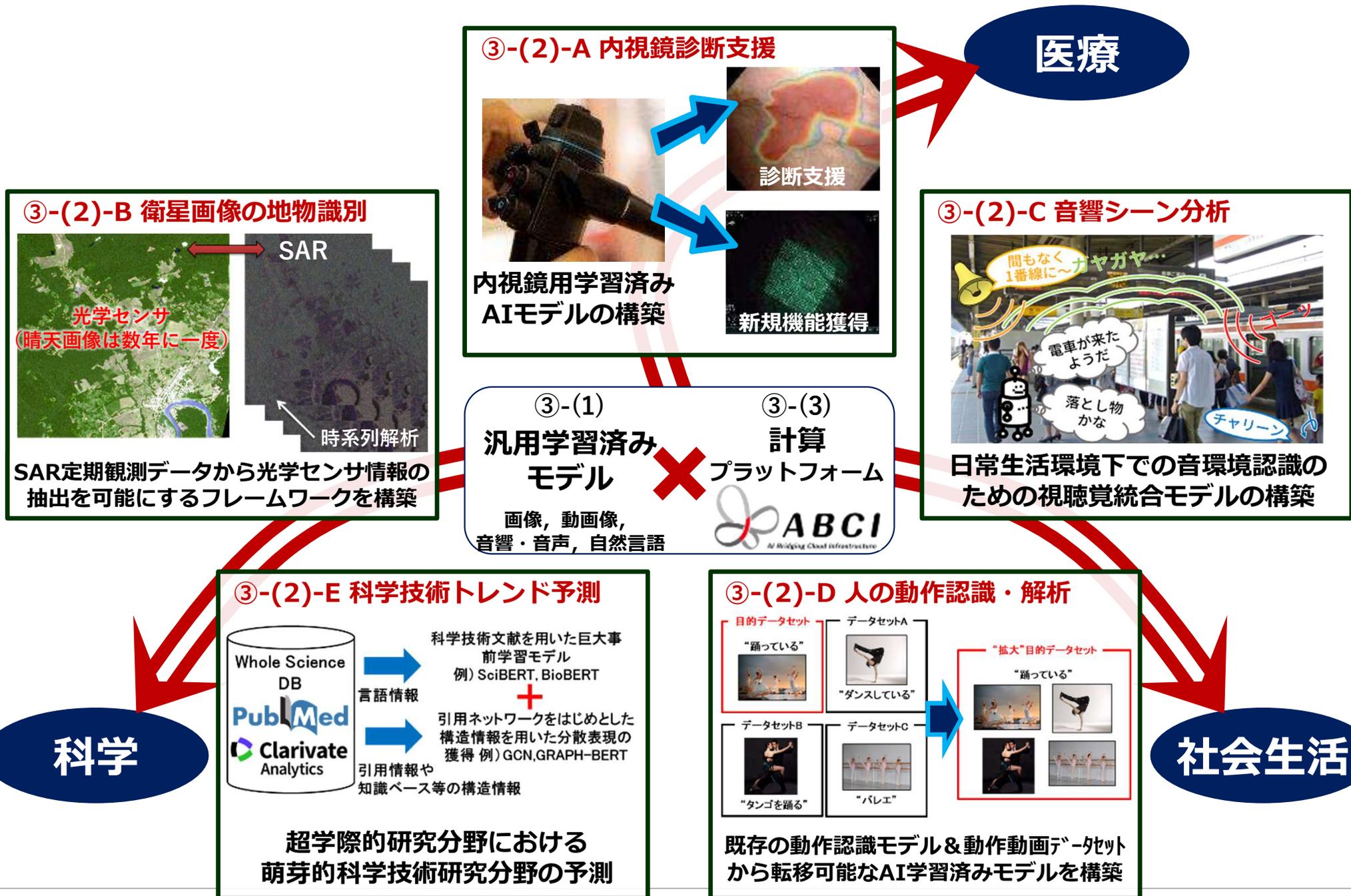
→100万から1000万画像に拡張し精度向上



## (4) 個別タスクへの応用展開

→動画認識・3D検出・医用画像への応用

# 3-(2)汎用学習済みモデル利活用に関する基盤技術の開発



## まとめ

- 産総研人工知能研究センターを拠点として、17の大学研究室が参画し、研究開発を実施
- データ駆動のAI技術と人間のもつ知識とをつなぐAI技術を開発
- 汎用学習済みモデルの構築・管理・利活用について一体的に研究開発を行い、その基盤を構築