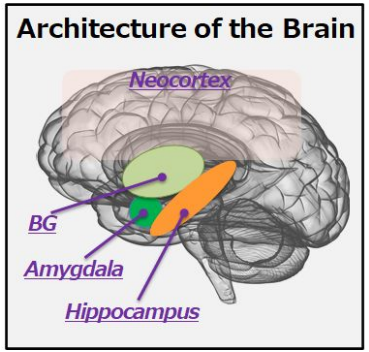
趣旨説明

全脳アーキテクチャ・イニシアティブ

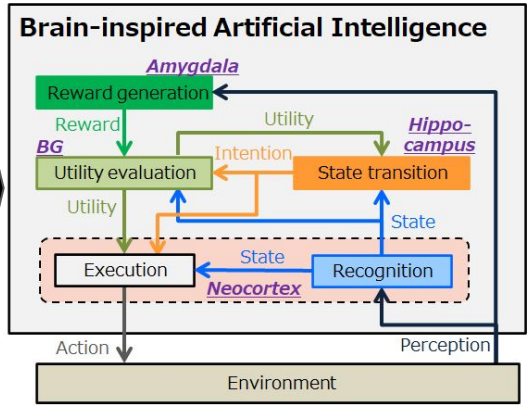
山川 宏

全脳アーキテクチャ・アプローチ　Since 2014

脳全体のアーキテクチャに学び人間のようなAGIを創る(工学)



①脳の各器官を機械学習モジュールとして開発
②それらを統合した認知アーキテクチャの構築



他のアプローチによってAGIが完成しても依然として残る利点

本アプローチの利点

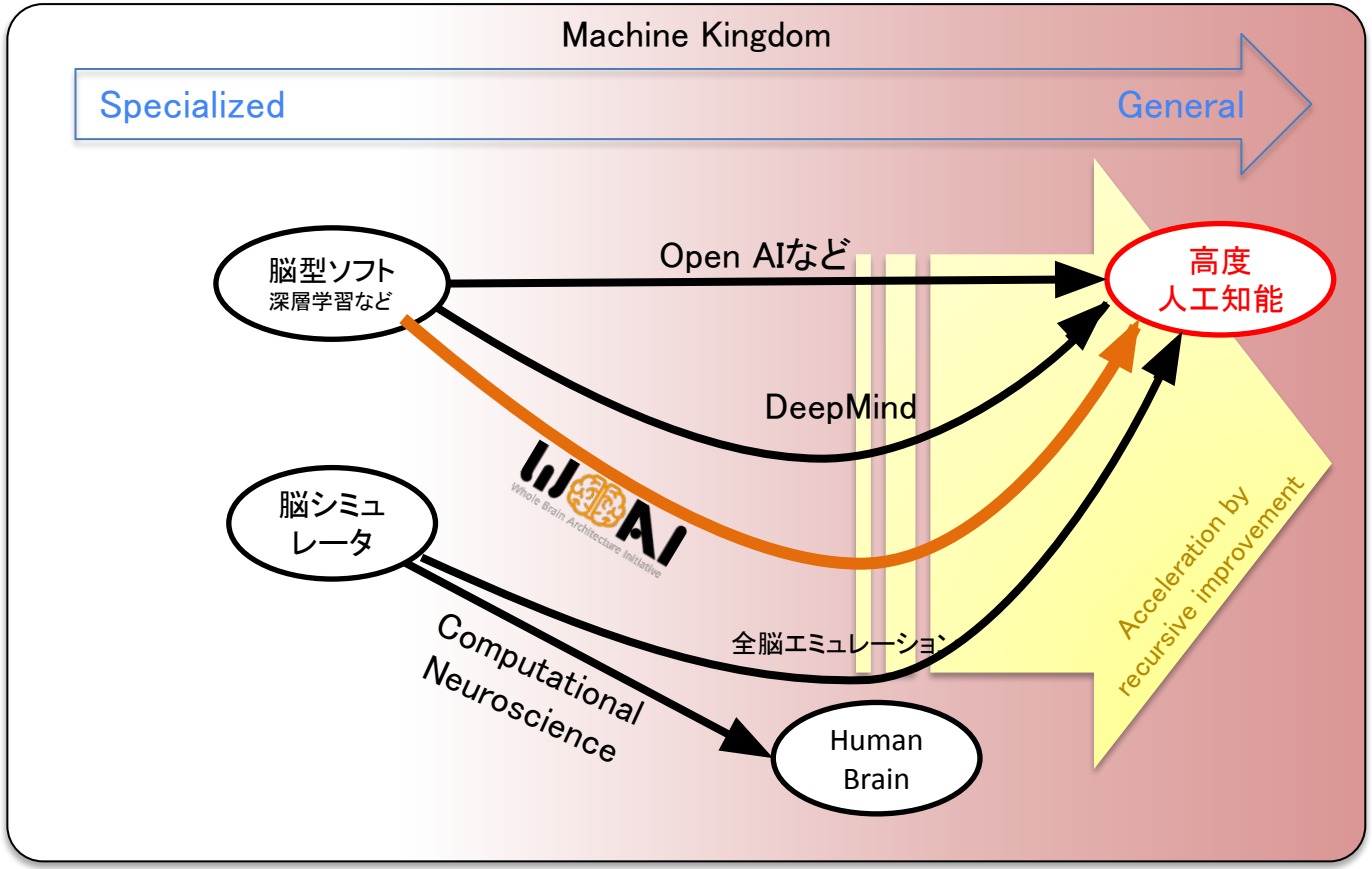
共同開発の基盤として脳の構造を利用して開発を加速

- 人間に関わる諸分野の科学知見を活用できる
- 開発の発散を防げる合意しうる認知アーキテクチャ
- 技術の統合を先送りせずに取り組める

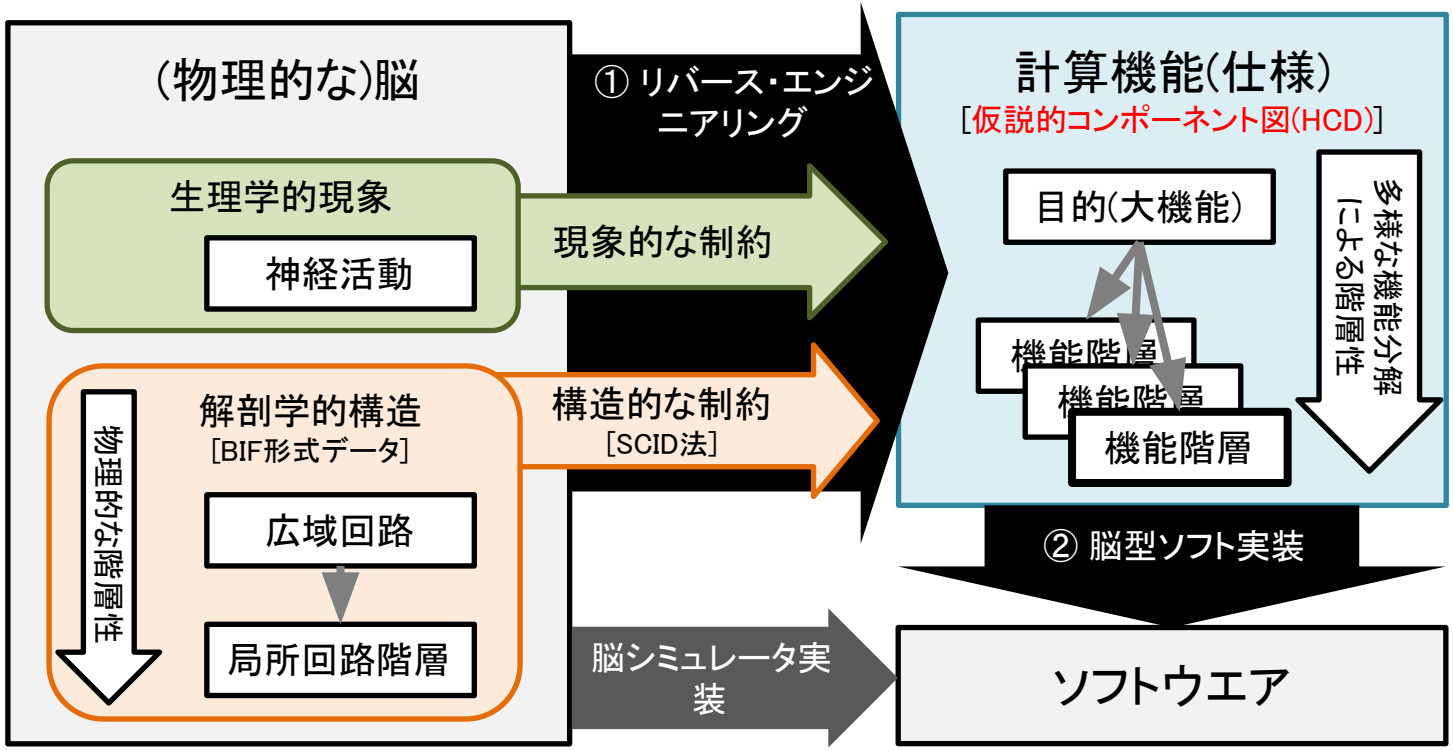
人と親和性の高いAGIを作れる

- 対人インタラクションが必要な応用
- 精神疾患などのモデル化など医療応用
- マインド・アップローディングの器

高度人工知能への道筋


Machine Kingdom
Specialized
General
脳型ソフト
深層学習など
Open AIなど
高度
人工知能
DeepMind
脳シミュレータ
Whole Brain Architecture Initiative
全脳エミュレーション
Computational Neuroscience
Human Brain
Acceleration by recursive improvement

(シミュレータでなく) 脳型ソフトウエアをつくるということ



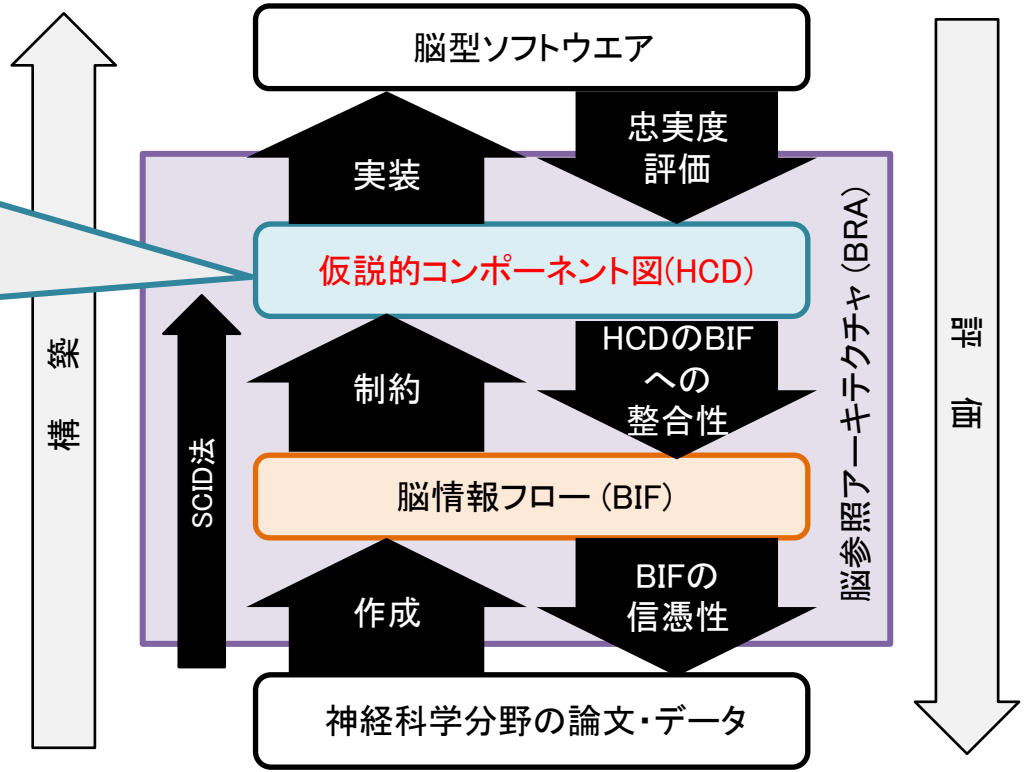
脳を**リバースエンジニアリング**することで<u>機能を理解</u>しながら脳型ソフトを設計し実装する

BRA駆動開発の概要

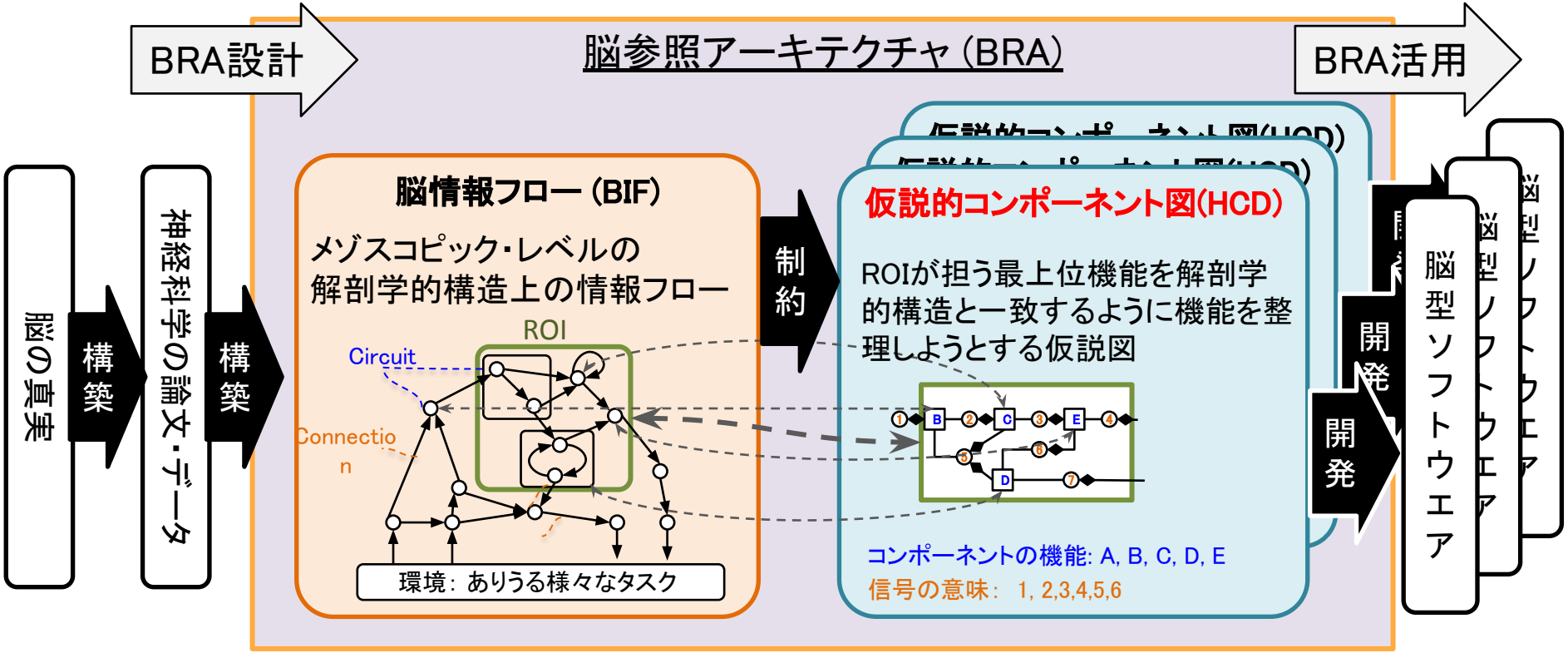
<u>なぜHCDデータをつくるのか？</u>

有用性

- 脳型ソフトウエアの標準化された仕様書を提供
- 神経科学実験で検証すべき仮説の提供
- 計算論的神経科学の成果を統合する方法論となりうる



脳参照アーキテクチャ(BRA)駆動開発



脳全体の神経回路を参照することで、人間の解剖学的構造に整合性の高い認知機能を再現するソフトウェアを構築する手法

脳情報フロー (Brain Information Flow: BIF)

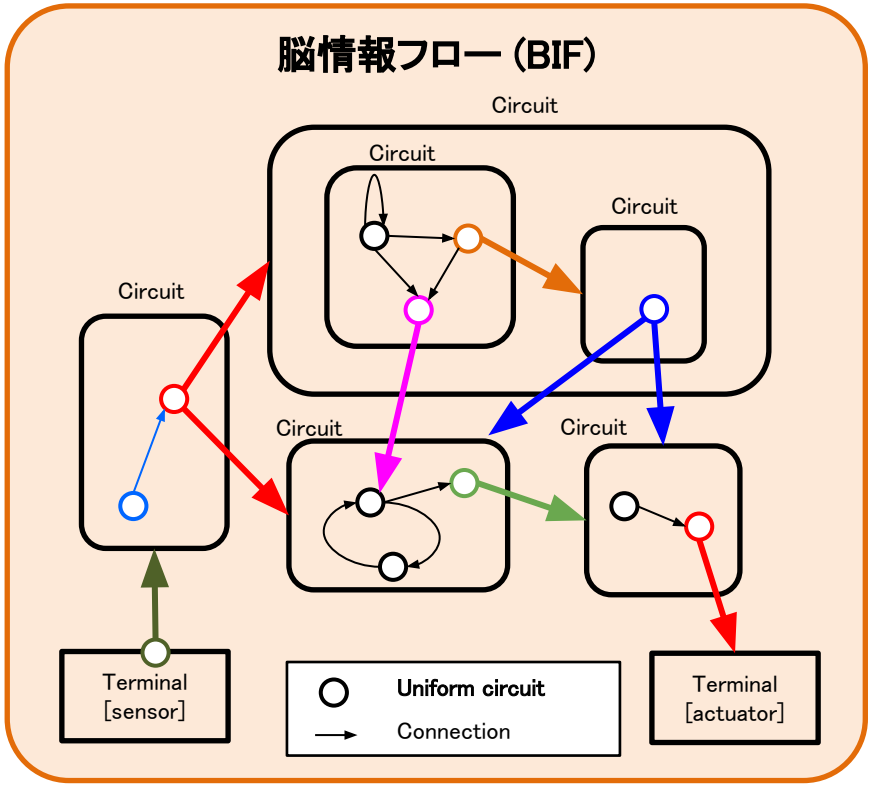
メゾスコピック・レベルの解剖学的構造上の情報フロー

<u>Circuit（ノード）</u>

- 脳内の何らかの神経回路(器官）に対応付
- 分類
  - Uniform circuits：記述の最小単位(次ページ)
  - Other circuits: 一つ以上の（均一）Circuitを含む。
- 複数のCircuitの間では重複部分があってもよい

<u>Connection（リンク）</u>

- Circuit間の信号伝達を担う軸索の束に相当
- Connectionの始点はUniform Circuitに限る



Uniform Circuit: 脳構造記述の最小単位＆インタフェース対応

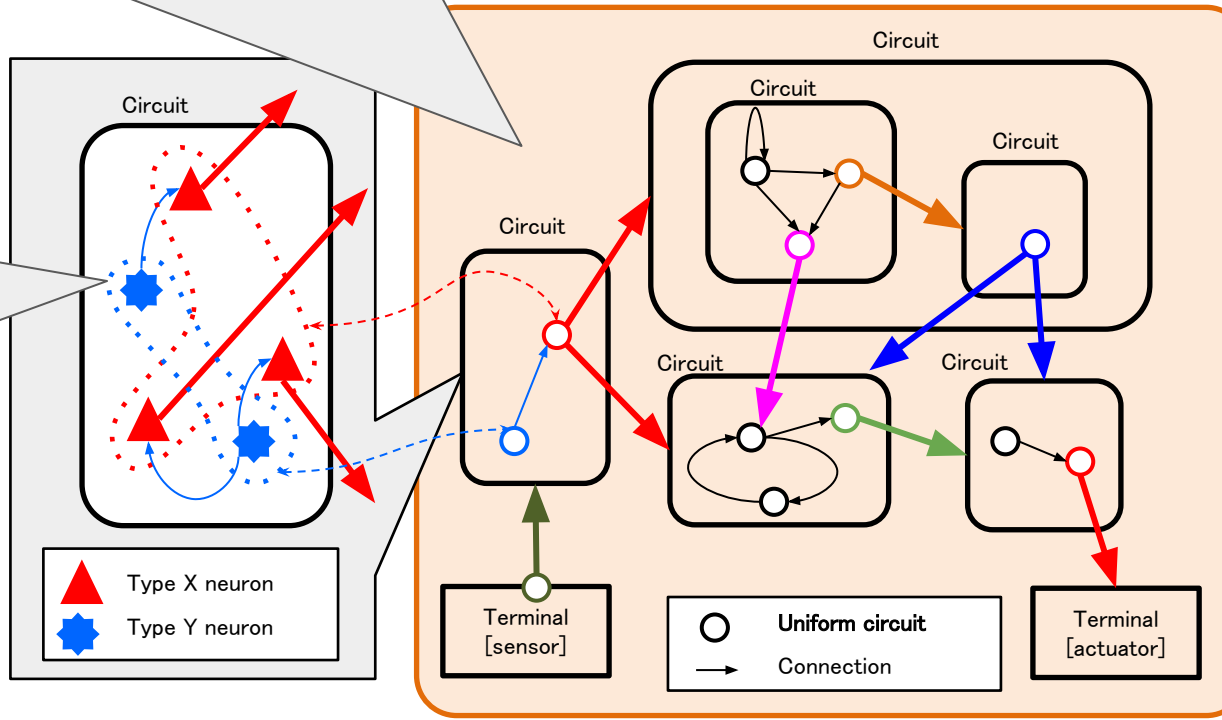
Uniform Circuit とは

ソフトウェア・コンポーネントの**インタフェース**である単純引数(ベクトルなど)に対応づく

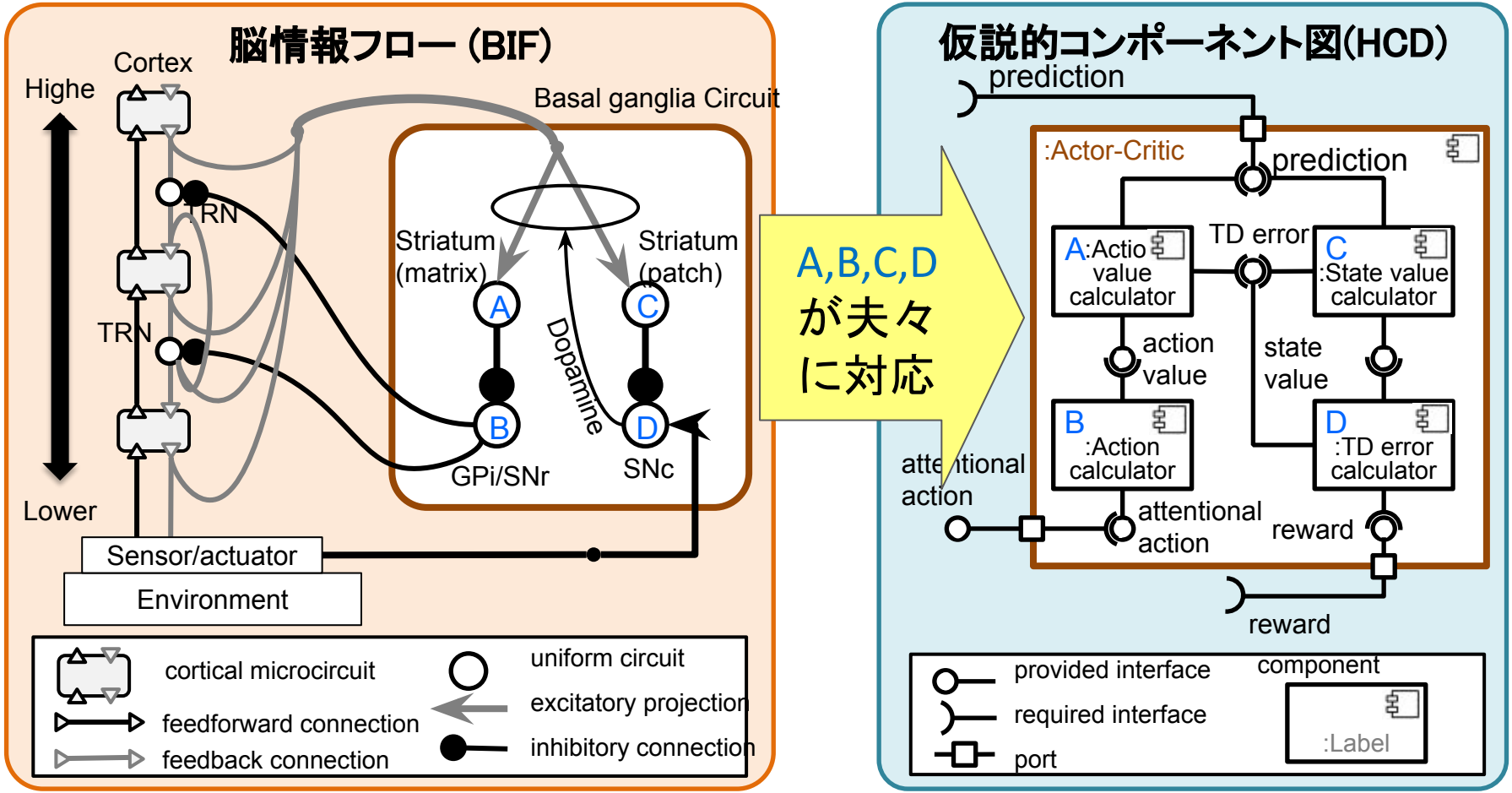
脳構造記述の最小単位: 特定の脳領域内で、特定の細胞タイプで構成されたニューロン群

Uniform Circuitの具体例

- Striatum: Matrix と Patch
- Layer II of Medial entorhinal cortex: Pyramidal と Stellate
- Pyramidal neuron in Layer V of the neocortex: Intratelencephalic とPyramidal tract



HCD:BIFに対応づく仮説的ソフトウエアコンポーネント図



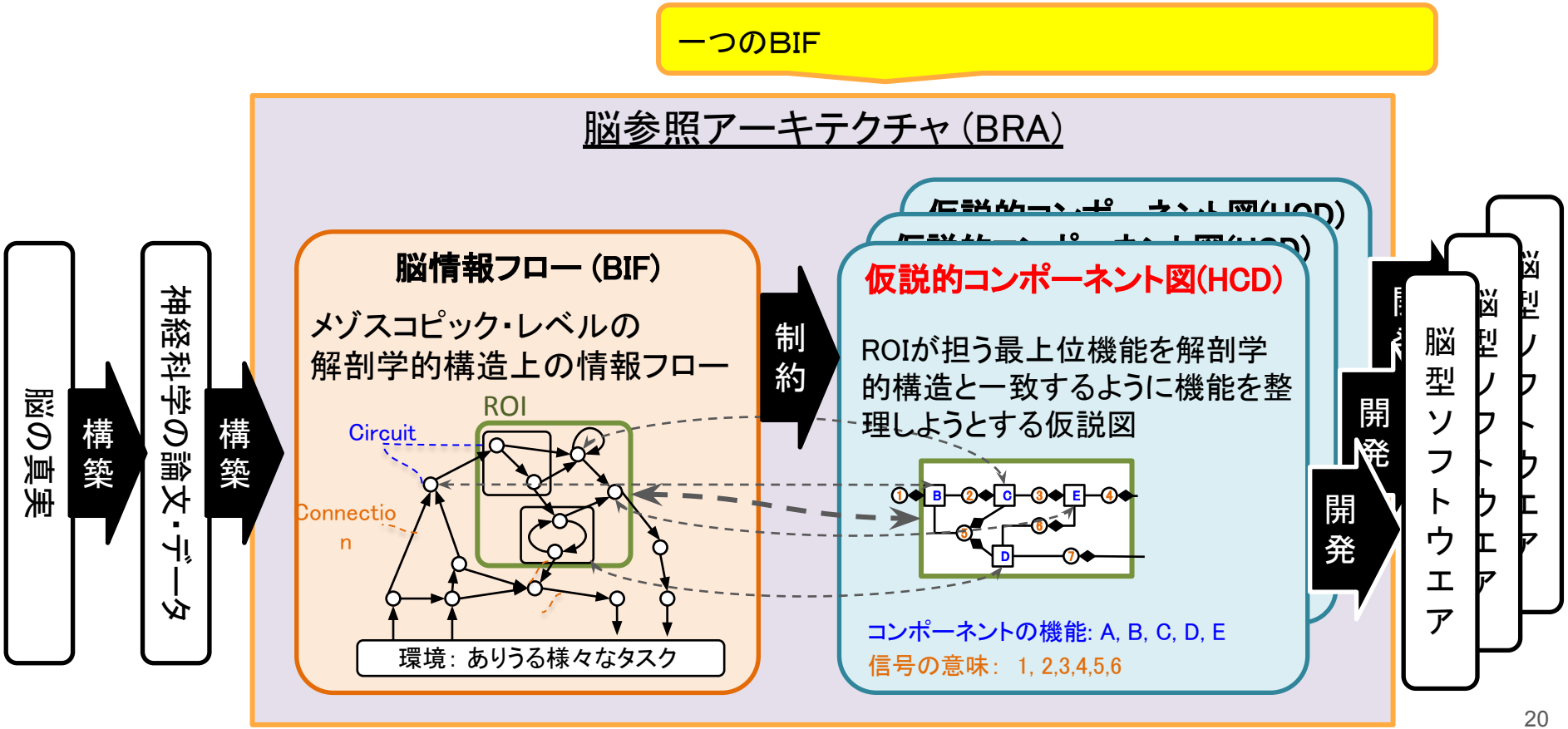
仮説的コンポーネント図(HCD)の重要な3特徴

- <u>構造：</u>
  コンポーネント図は **解剖学的構造に整合的**でありつつ**多様**

- <u>インタフェース：</u>
  Uniform Circuitが解剖学的に扱う最小単であり、
  それは、コンポーネントの単純引数（ベクトルなど）に対応づく

- <u>内部記述：</u>
  コンポーネント毎のプロセス記述は、実装者の観点行われる

構造：**解剖学に整合的**な構造だが**多様**なコンポーネント図

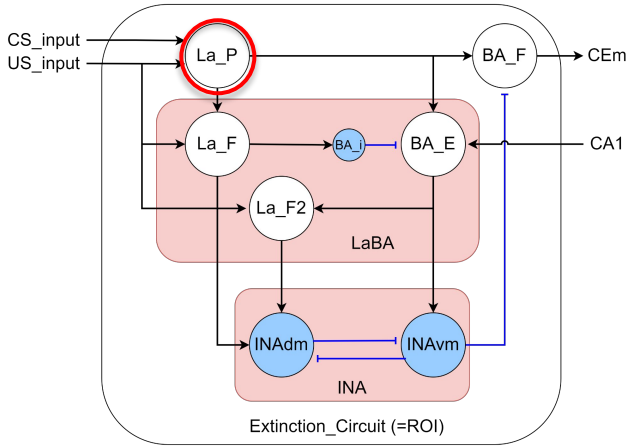


実装のためのCircuit毎のプロセス記述

ソフトウェア・コンポーネントに対応するCircuitにおいて、一つ以上の入力I(・)を処理して、自身の出力O(・)を得るプロセスが記述される。

この記述が実装についての直接的な仕様となる。
今後は、コード生成の(半)自動化をめざしたい

図：扁桃体の一部のBIF



Circuit La_P の記述

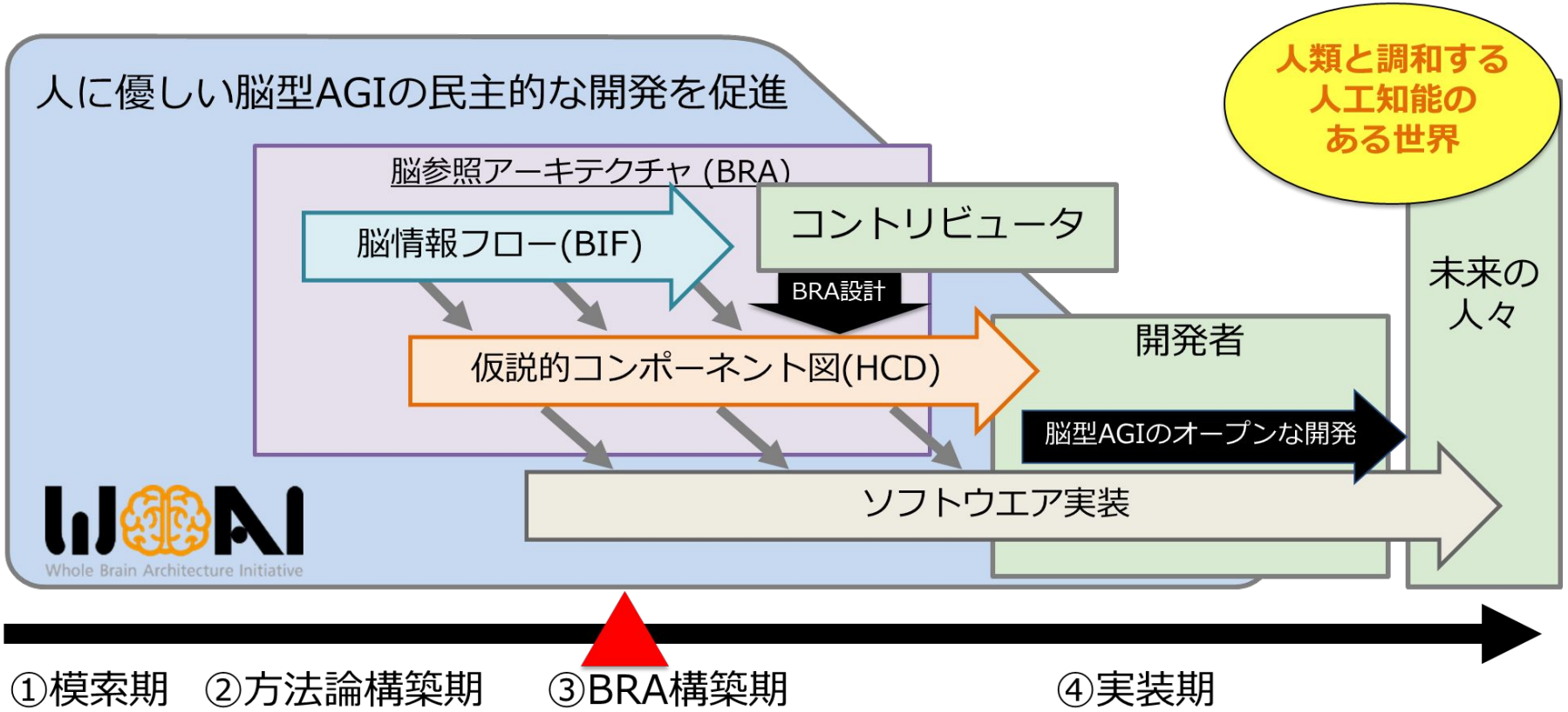
La_P (La_P) [U] -- Input Circuits -- CS_input US_input -- Output Circuits -- BA_F; BA_E; La_F1;	O(La_P) is generated when I(CS_input) matches I(CS_input) that was previously input at the same time as I(US_input).	O(La_P) :Information on detection of conditioned CS_input

Circuit ID、ラベル
入力、出力

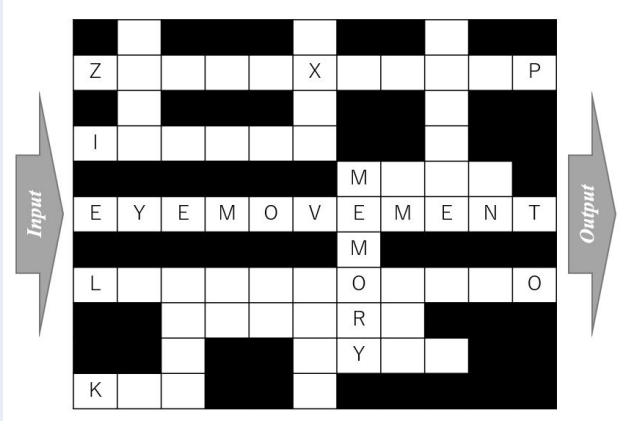
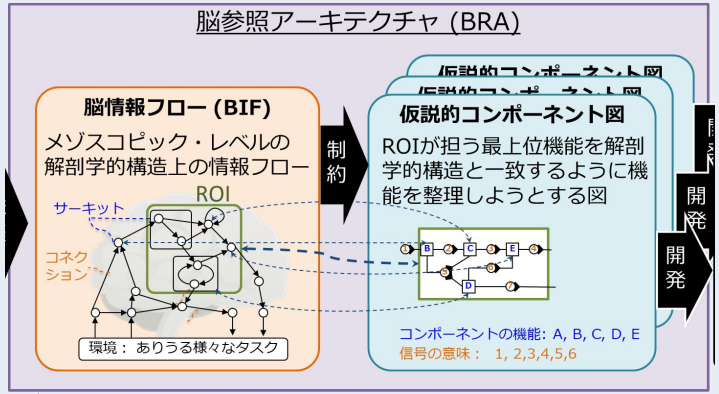
プロセス
(実装の対象)

出力の意味

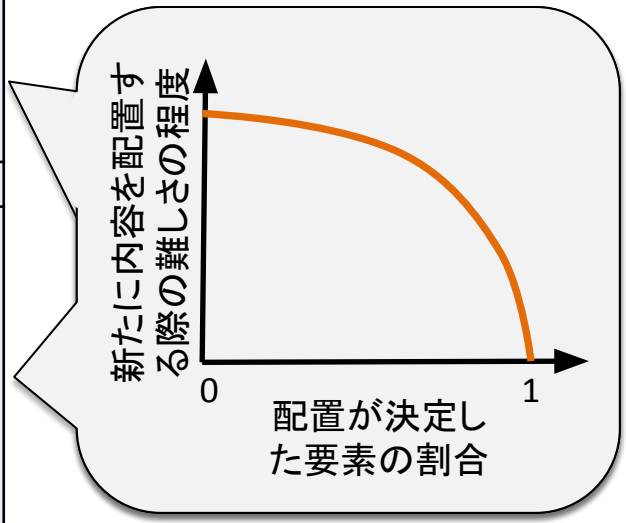
WBAIのビジョンにむけた技術ロードマップ



HCD統合の終盤で加速：脳機能の全容は巨大クロスワードの如く急速に解明されうる

クロスワードパズル 	パズルの枠組み	文字（要素）	単語
	構造	内容	
	解剖学的構造（BIF）	要素機能（HCD）	機能（HCD）

脳機能の決定も、クロスワードパズルのように、配置がある程度決まると急速に簡単になると予想



BRA駆動開発の未来: 多くの加速要因と一つのボトルネック

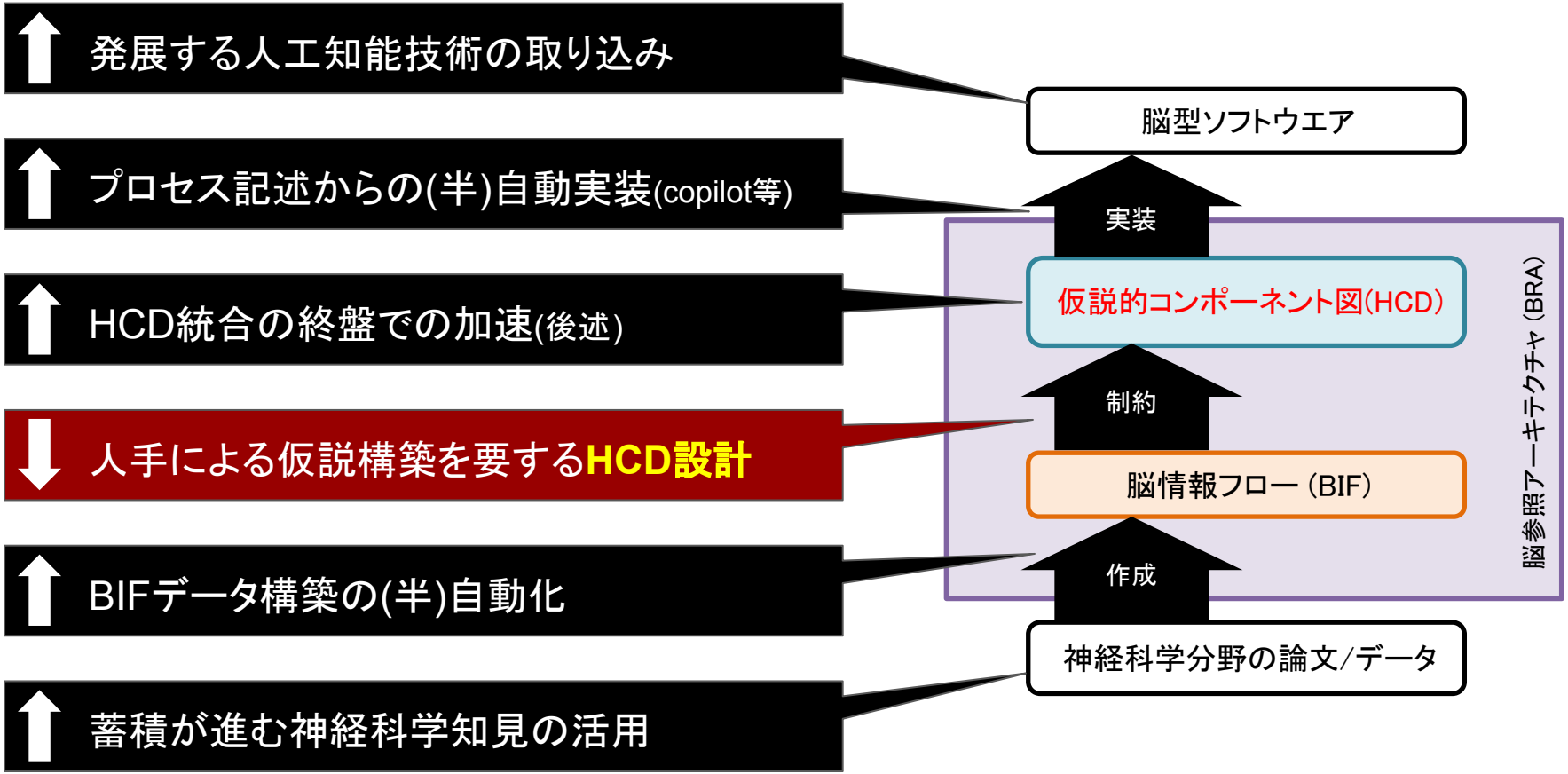


図: BRA駆動開発の構築の流れ

学術的コラボレーションを通じた**HCD設計**の加速

人手による仮説構築を要する全脳HCD設計には、多数の**工学的センスをもつ人材**によるクラウド上で共同作業が必要

神経科学の深い専門性は必須でない

データ作成者にも様々なメリットが期待される

作成時の効果

- 解剖学的構造に整合した計算モデルの設計ツールとして有効
- 計算論的な神経科学理解を促進するトレーニングする教材として有用
- 脳の機能を解き明かすことはパズルのように楽しい (が、限りがある)

作成後の効果

- 学術的な成果になりうる（仮説構築論文として）
- （公開を通じて）作成者のHCDデータ作成への貢献をアピール

HCDデータ投稿企画「脳アーキテクチャ」NC研究会(来春3月)

電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会で
第2回目のHCDデータ投稿企画

スケジュール:

- 2023年1月中旬:　登録〆切
- 2023年2月下旬:　データ投稿
- 2023年3月上旬:　データ審査(公開)
- 2023年3月13-15日(最終調整中):当日
  電気通信大学(ハイブリッド)

データ投稿の提出内容[**3点セット**]:

- HCD data (Google Spreadsheet形式)
- HCD image(画像形式)
- HCD descitive text(テキスト形式)

公開方法:

- 原則Creative Common License(CC-BY-SA:表示-継承)にて公開
- Whole Brain Architecture Initiative(WBAI)のサイトにおいて公開

開催趣旨：脳のコンポーネント図の作り方：
プロセス間関係の整理と確率モデルによる記述

- WBAIでは、脳全体のアーキテクチャに学んで脳型ソフトウェアを構築するための方法論として、BRA駆動開発を発展させてきた 。
  - それは、解剖学的知見をBIFデータとして構築し、それと整合するようにHCDデータを付与する脳機能のリバースエンジニアリング
- HCDデータ作成の(学術的)コラボレーションを推進
  - HCDデータ自体の有用性
  - データ作成者に期待されるメリット（作成時および作成後）
- 本レクチャーでは、以下を行う
  - HCDの作成方法の基礎を説明し、簡単なハンズオンを実施
  - HCDを確率的生成モデルとして記述するアプローチを詳説

「認知科学講座4　心をとらえるフレームワークの展開」

2022年09月16日発売

目次:

序　　第三世代の認知科学の可能性（横澤一彦）

第1章　統合的認知（横澤一彦）

第2章　プロジェクション科学（鈴木宏昭）

第3章　内受容感覚の予測的処理（大平英樹）

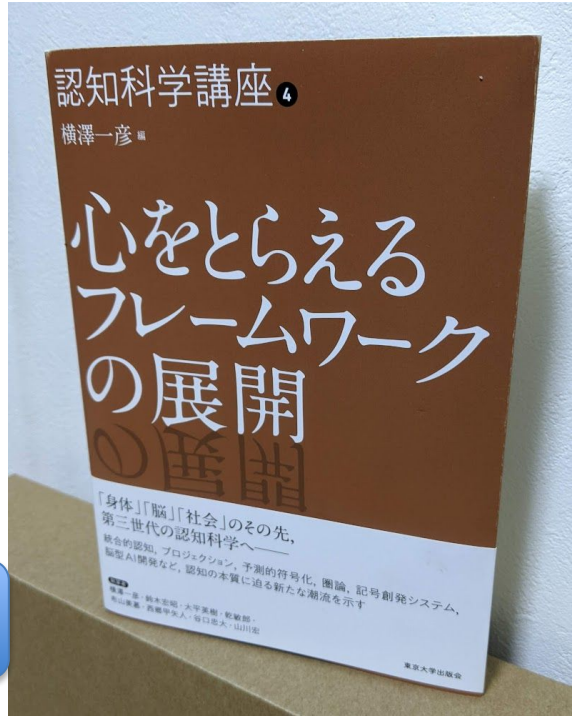
第4章　自由エネルギー原理（乾敏郎）

第5章　圏論による認知の理解（布山美慕・西郷甲矢人）

第6章　**記号創発ロボティクス**（谷口忠大）

第7章　**全脳アーキテクチャ**

　　――機能を理解しながら脳型AIを設計・開発する

　　（山川　宏）

全脳確率的
生成モデル