

脳の計算アーキテクチャ： 汎用性を可能にする全体構造

玉川大学
脳科学研究所
大森隆司

自己紹介

第二次NNブームの直前に学位取得

1986-2000：東京農工大学

2000-2006：北海道大学

2006-現在：玉川大学

- ・視覚系モデル(1987)
- ・海馬系モデル(1994)
- ・記憶運用による推論モデル(1999)
- ・語彙獲得処理のメタ学習(2003)
- ・脳の機能部品組合せモデル(2005)
- ・意図推定による行動決定(2009)
- ・ロボット-人インタラクション(2013)

本日のお題「統合アーキテクチャ」

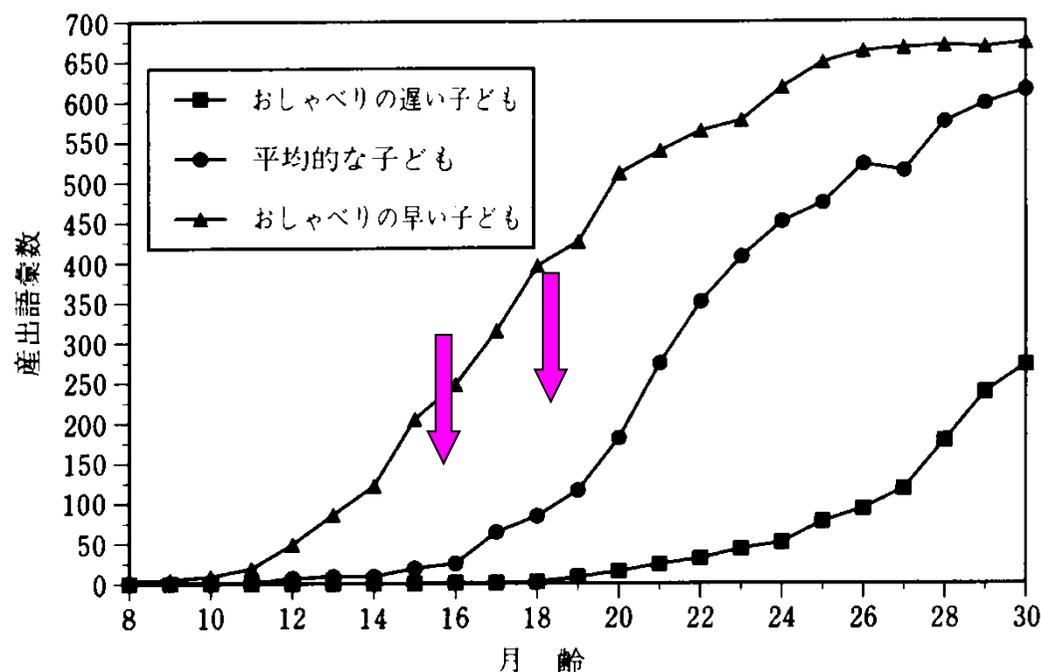
- 「アーキテクチャ」：
機能を可能とするシステム構造＋理論
- 概要
 1. 脳処理のイベント駆動仮説
 2. 脳処理の機能部品組み合わせ仮説
 3. 情報処理アーキテクチャとしての脳

前提：脳は動的世界に適応した装置である

- 我々は多様なタスクに囲まれている
 - 次々と異なるタスクに直面する
 - 文脈を含んだ処理のスイッチが必要
- すばやい行動(処理)選択が必要
 - 背後に多くの処理ライブラリ
- 類似場面の認識 → 類似の処理の適用
 - まったく同じ場面は存在しない

各場面に応じた、新しい行動を素早く探索

例：幼児語彙発達におけるルール獲得



幼児の語彙獲得戦略

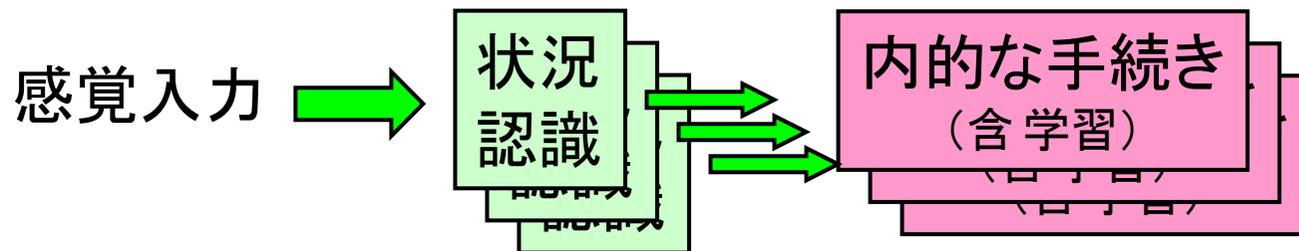
1. 全体バイアス
2. 形バイアス
3. カテゴリーバイアス

を状況に応じて切り替える
(適用ルールの獲得)

学習戦略の獲得と適用制御

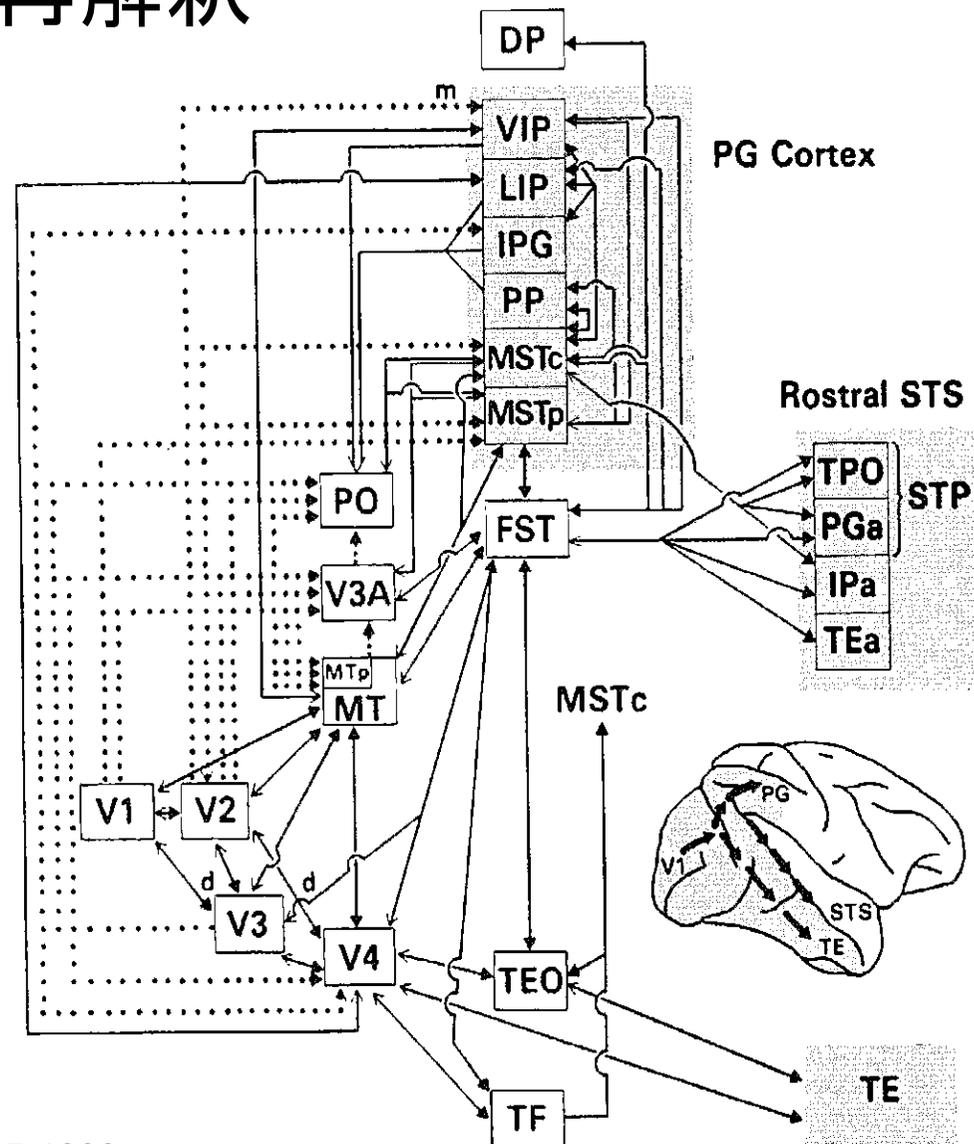
言語獲得バイアスの 状況駆動の学習手続き モデル

- 個々の「状況」に応じて「学習という内的行動」
ex. 対象の形に注目して語と連合(名詞)
動作に注目して語と連合(動詞)
- それぞれの学習行動は多くの状況で有効な
ヒューリスティクス(理論的でも最適でもない, 手続き)
- 「状況」と「行動」は獲得される



視覚の二つの流れの再解釈

- Ventral / Dorsal stream
- 形状と空間 ではない
- 状況認知と行動生成 ではないか？
- なぜなら
Dorsalだけで
行動可能



前頭葉障害の症例

- Human Autonomy

- F. Lhermitte : Human Automy Part I, Annals of Neurology, p.326-334,Vol.19,No.4,1986
- F. Lhermitte : Human Automy Part II, Annals of Neurology, p.335-343,Vol.19,No.4,1986

- Imitation Behavior

- Utilization Behavior

- 前頭葉の障害



高度に自動化
された行動の
自動的実行



A



B



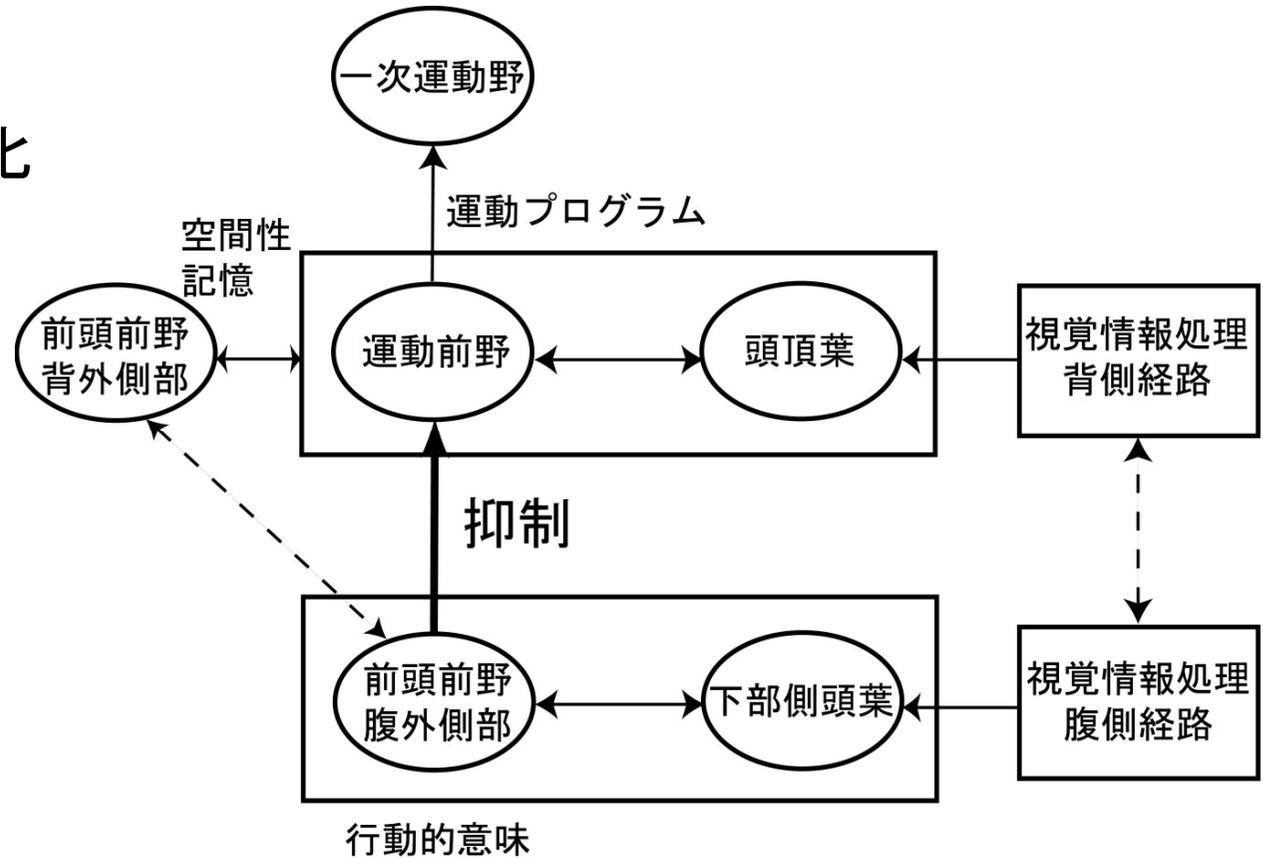
C



D

前頭葉の役割

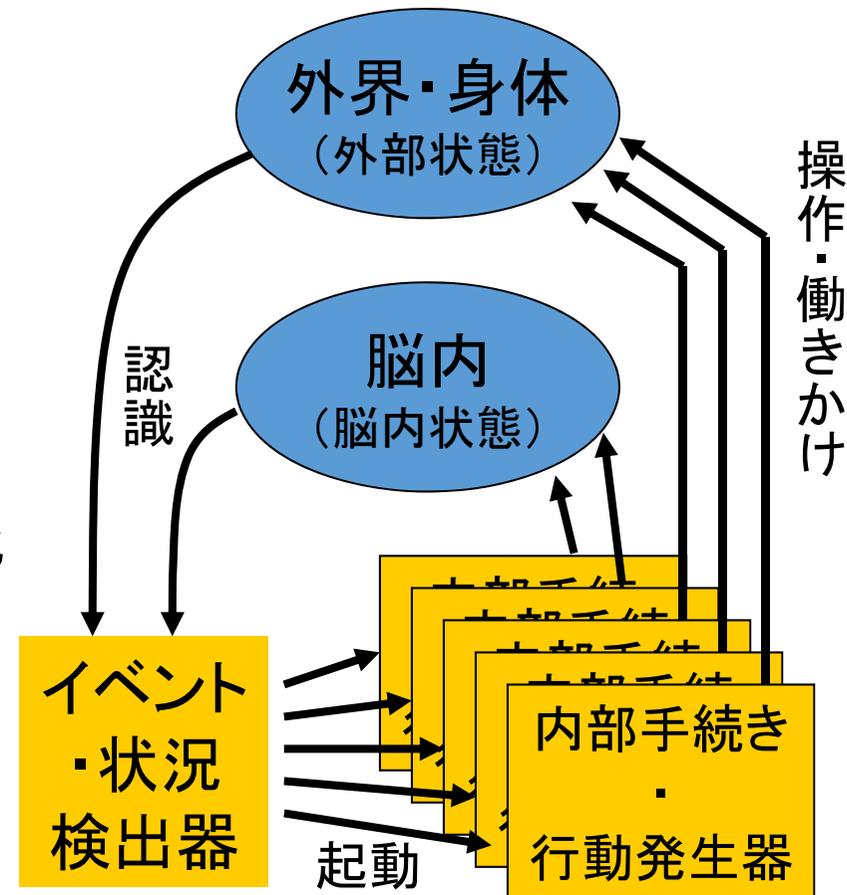
- 行動的意味の符号化
→ 状況検出
- 脱抑制による
運動の選択
- 前頭葉は
空間的記憶



坂上雅道, 小泉昌司: 行動抑制と前頭葉,
Brain Medical, Vol.13, No.1, 29-35 (2001)

脳の汎用性のメカニズム(1): 「脳内手続きのイベント駆動仮説」

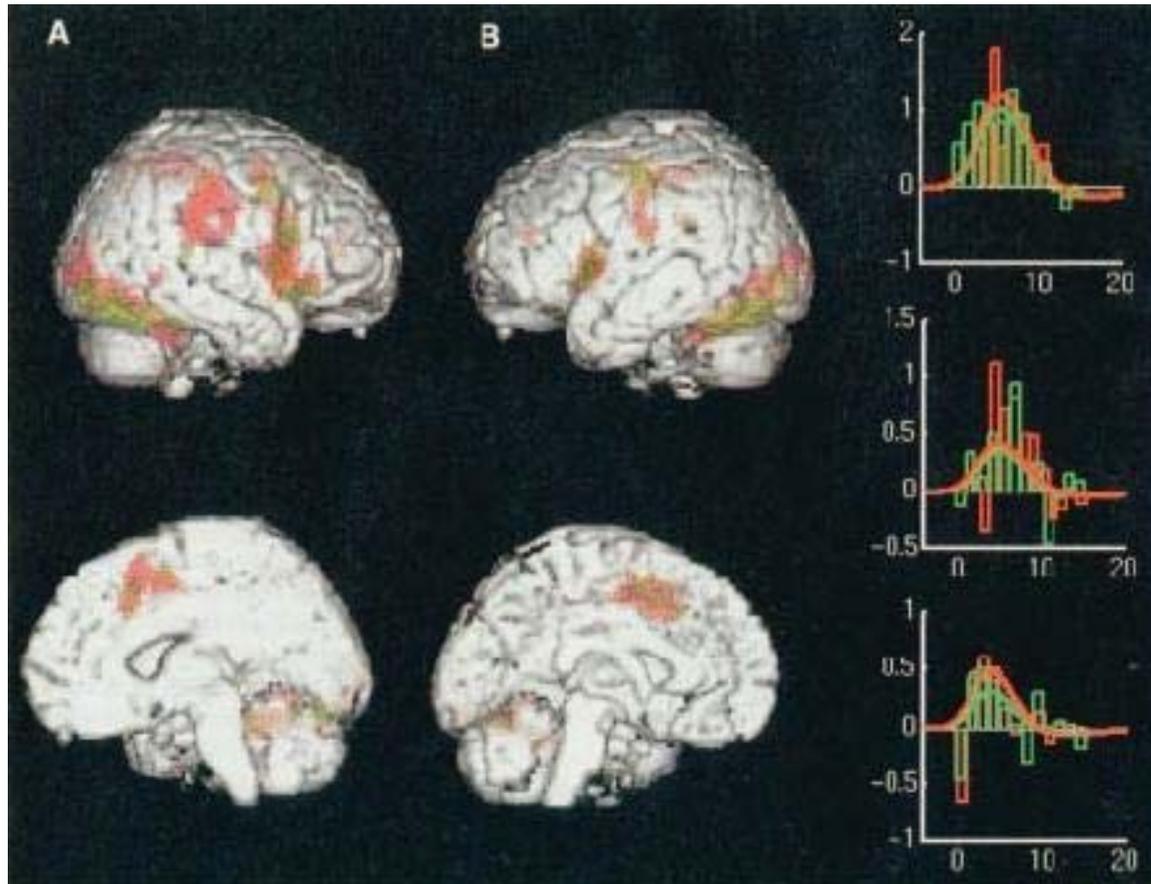
- ① 外部／脳内の事象の認識
- ② 認識によって処理手続きを起動
- ③ 手続き・行動による
内的／外的世界の状態変化
- ④ 新たな事象の発生 → ①に戻る
- ⑤ 上記 ①～④の動作のチャンク化
→ 新たなマクロ処理の発生
→ 状態空間の複雑化



脳における「手続き (Procedure)」

- 問題解決の脳過程そのもの
→ 入力から出力までの神経回路
- 順次的な手続きもある(普通は順次的)
- 自覚的には離散的探索＋確率的処理
 - 離散：反復・段階的に見える
 - 探索：直感的／思考的
 - 記銘：一度できると以降は探索なし
 - 領域依存性

Procedure in brain?

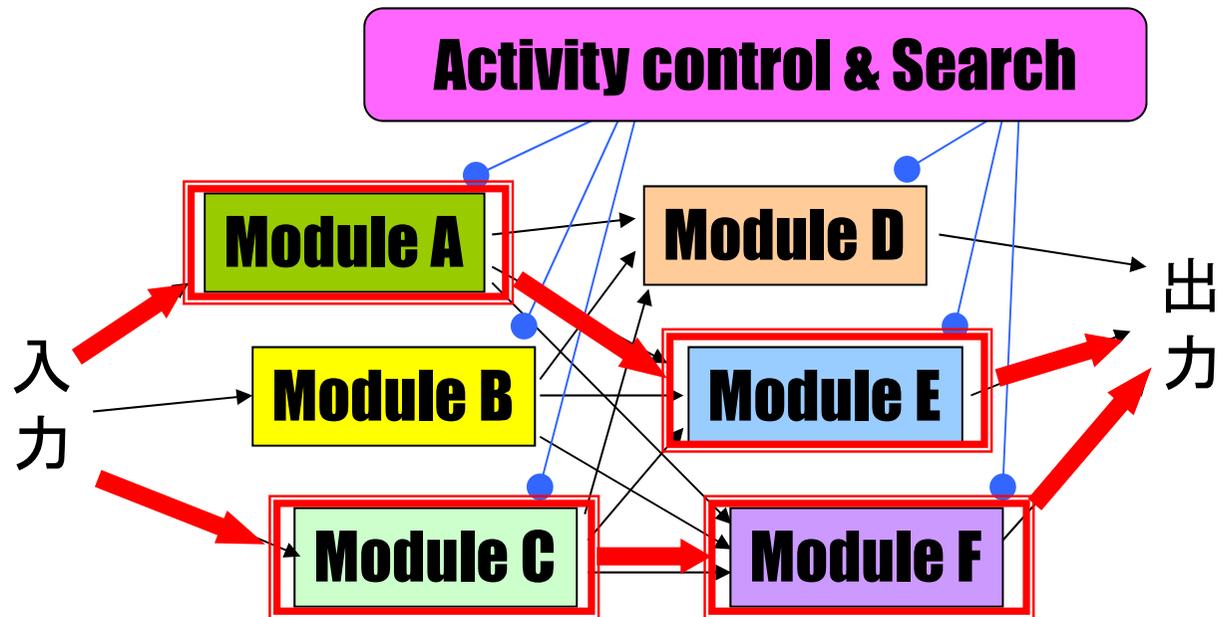


Toga A. W., Mazziotta J. C., Brain Mapping, ACADEMIC PRESS, 2000.

Combination of a areas → functional circuit
→ [input -> internal processing -> output]
→ procedure

脳の汎用性のメカニズム(2): 手続き探索のモジュールスイッチ仮説

- 過去のタスクで処理モジュール(機能単位)が形成
- モジュール動作と相互接続のon-offができる
- 組み合わせ探索ができる(ex.類推)



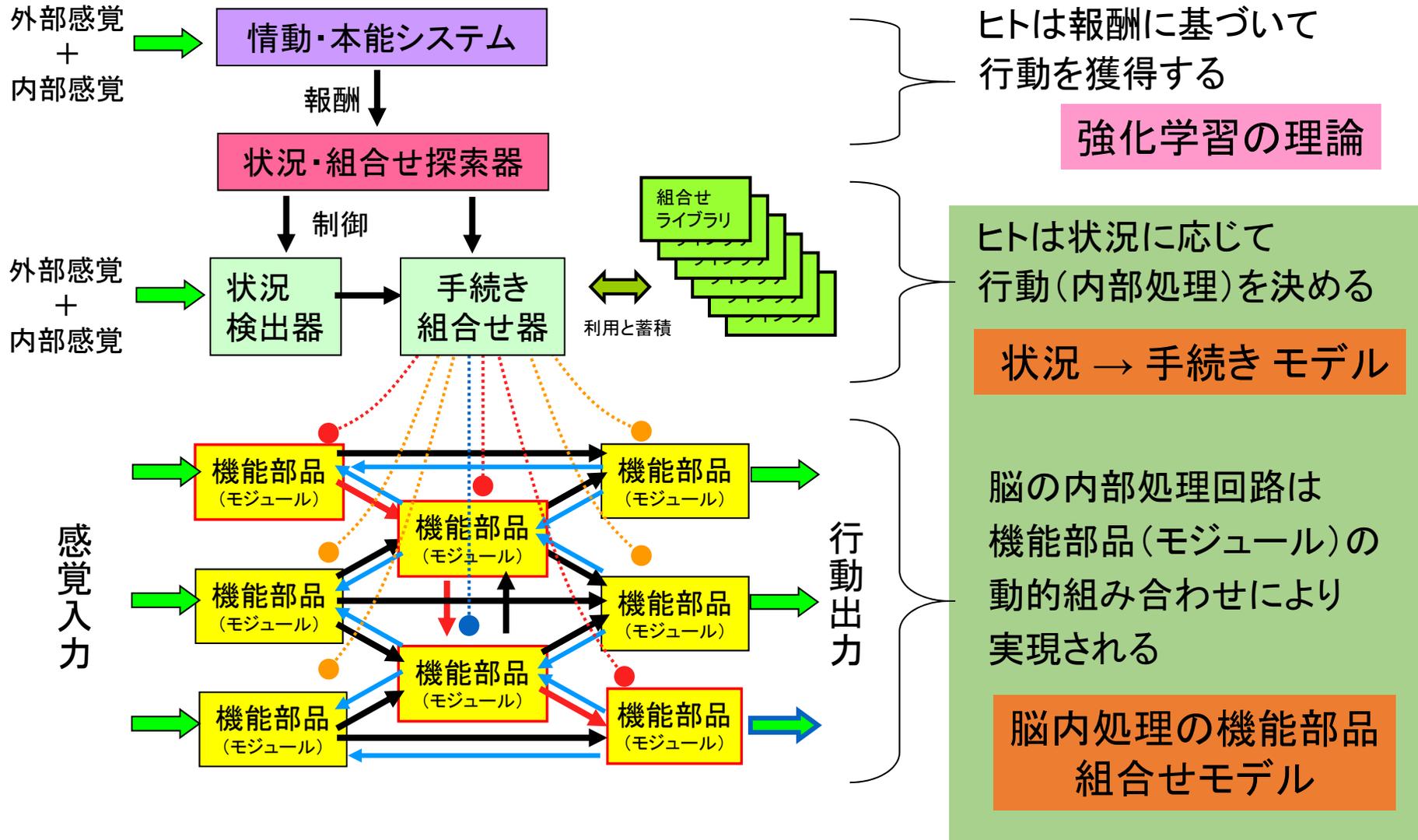
まとめ：機能部品組合せ(FPC)モデル

- 世界は次々とタスクが発生する**動的環境**である。
- 脳はその場に応じた**処理を発見**する情報処理装置である(基本原理:松本 元)
- 遺伝子は脳にそういう**基盤機能**を与え、そこから**個々のタスクの処理**が獲得される。
- **基盤機能 = 機能部品形成 + 組合せ探索**

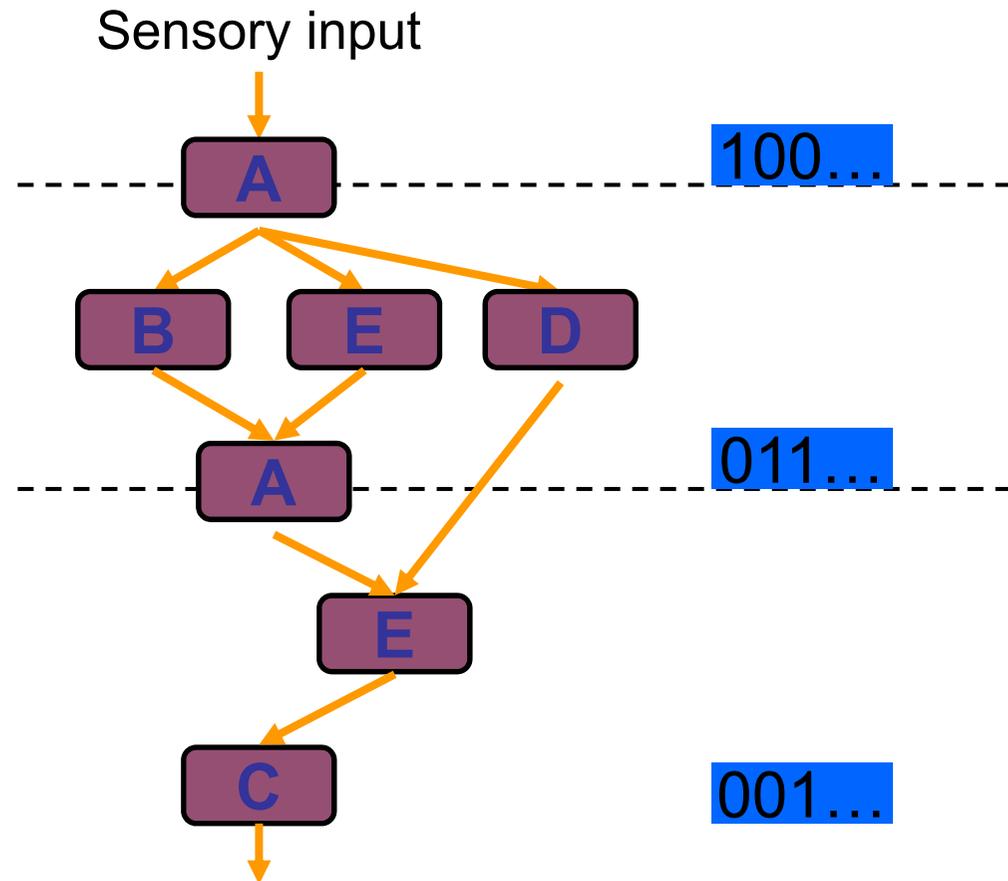
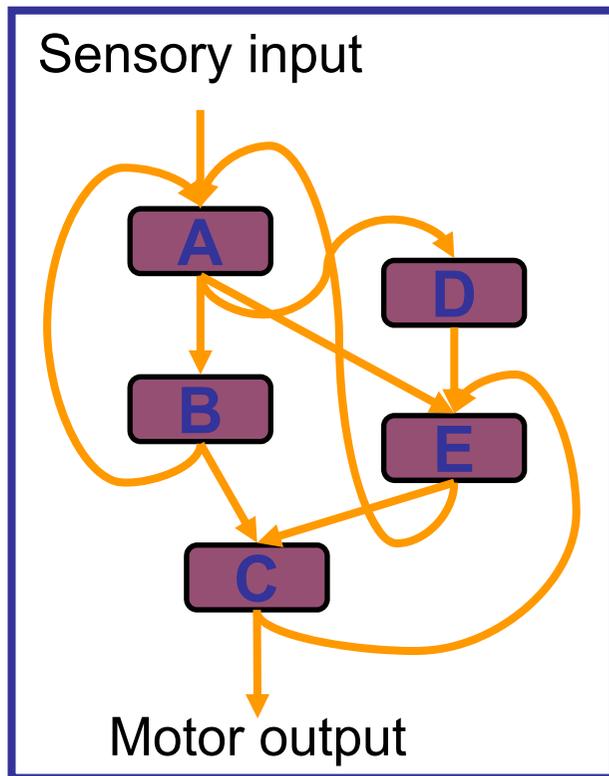
Functional Parts Combination (FPC) Model

従来型の強化学習(状況→行動モデル)
の自然な拡張 (状況→処理→組合せ)

脳の汎用的処理発見アーキテクチャ



FPCによる計算過程 → コンピュータ



制御信号

タスクに応じて獲得



コンピュータゲームにおける人工知能

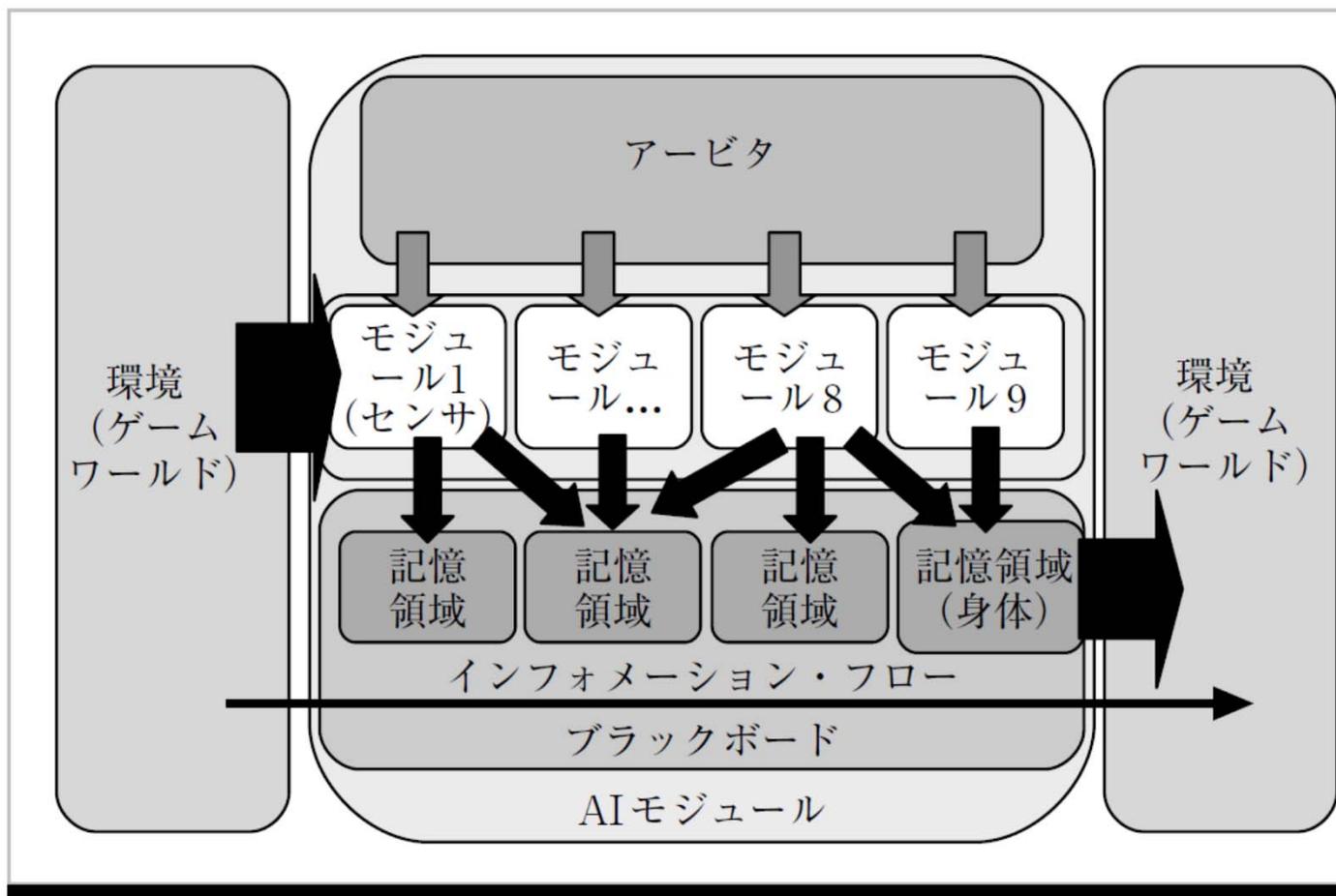
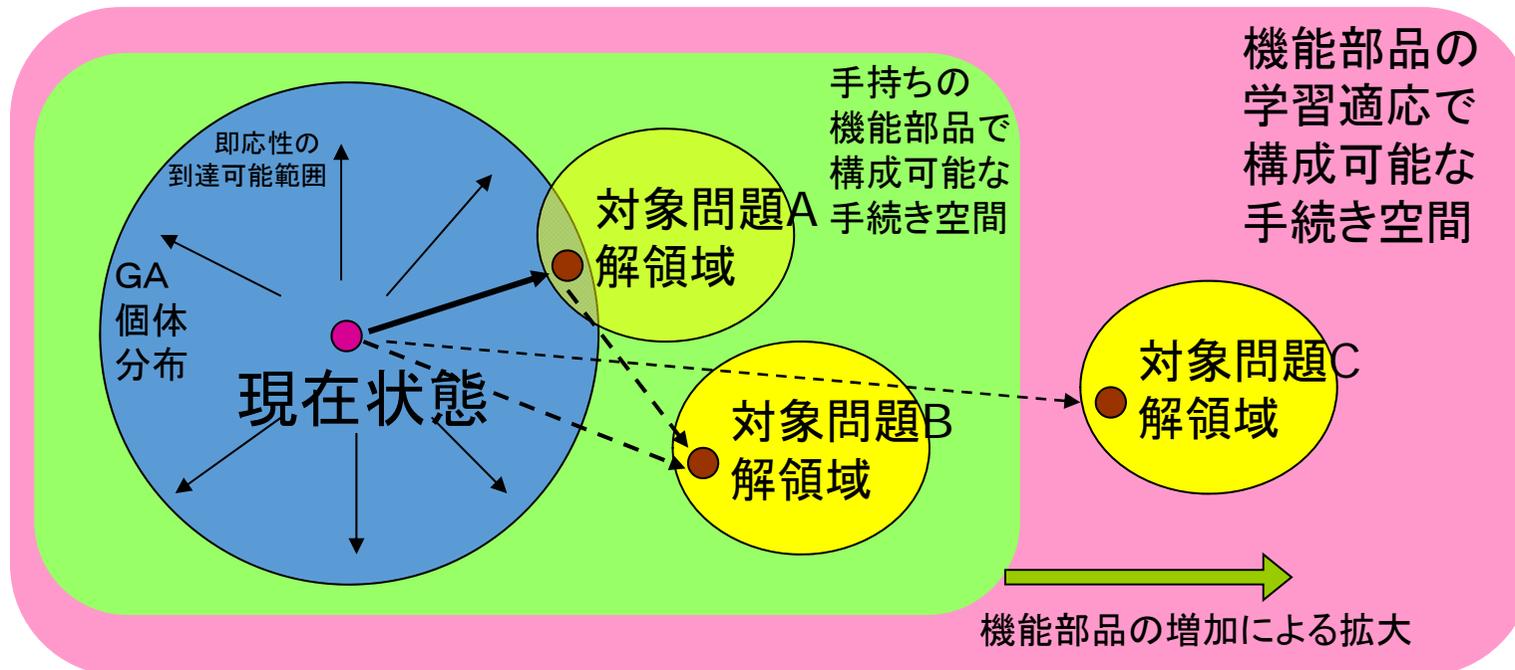


図3 ブラックボードを用いたエージェントアーキテクチャ

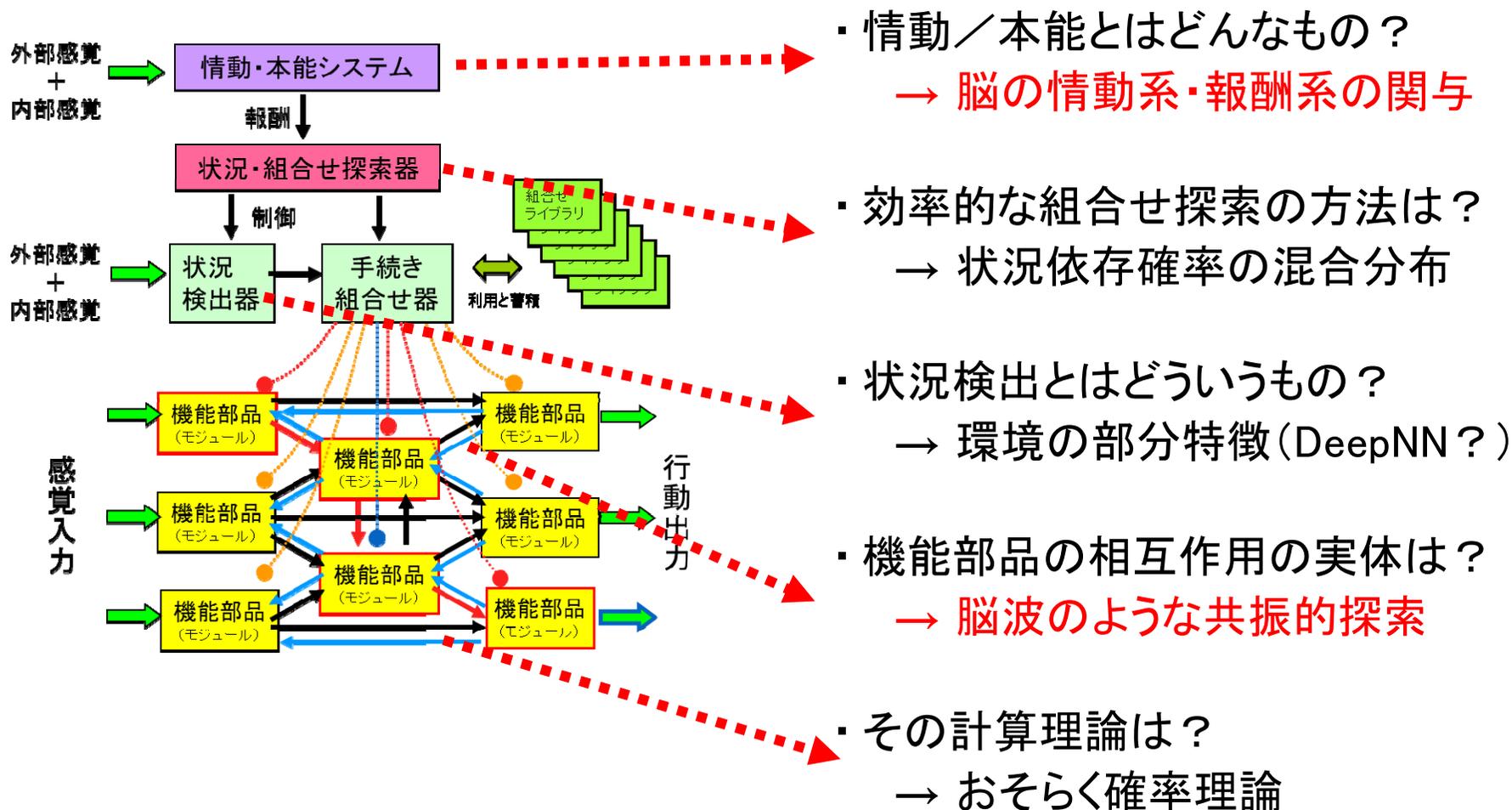
FPC型学習システムの特徴

- 機能部品とその組合せ(知識)の再利用
- 知識の再利用によって**即応性**が創発

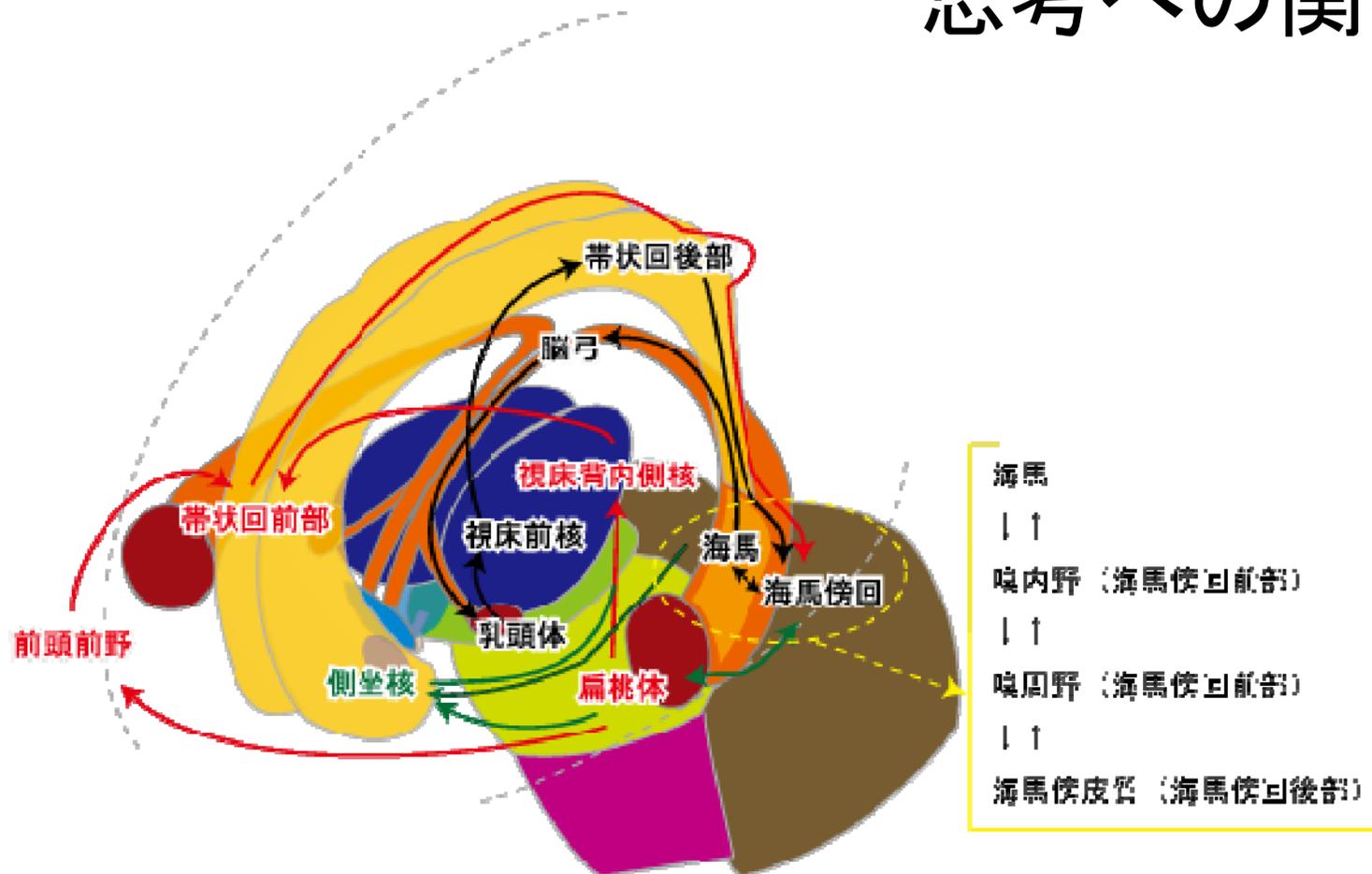


他手法との関係：ネットワーク構造が柔軟 → 広い探索空間
脳の手法はGA？：ある種の確率的な探索ではある

FPCモデルに関する最近の展開



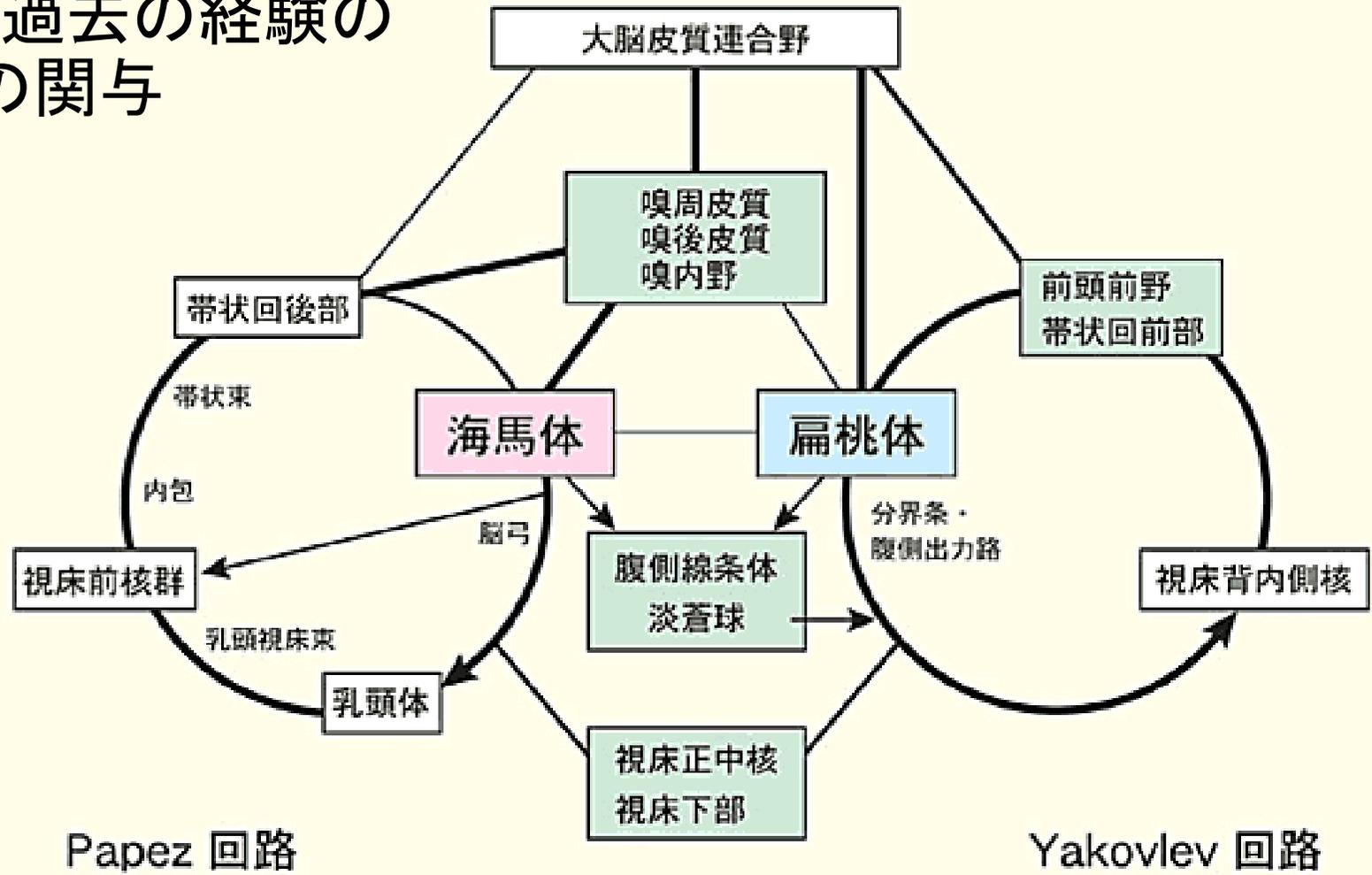
情動系・過去の経験の 思考への関与



黒矢印: Papez 回路 (記憶)
赤矢印: Yakovlev 回路 (情動)
緑矢印: 相互に移動又は移動

図はHomePageより引用

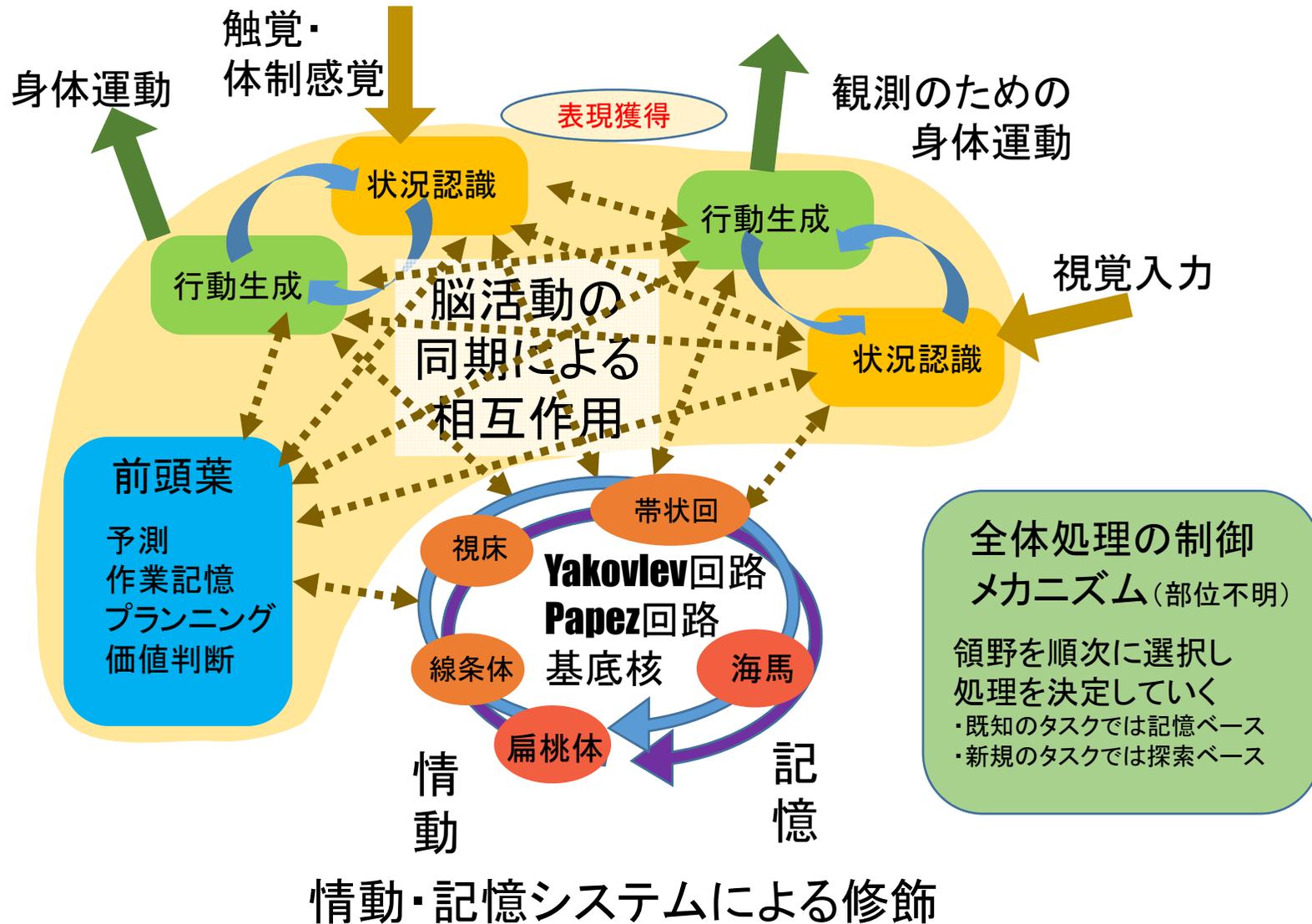
情動系・過去の経験の 思考への関与



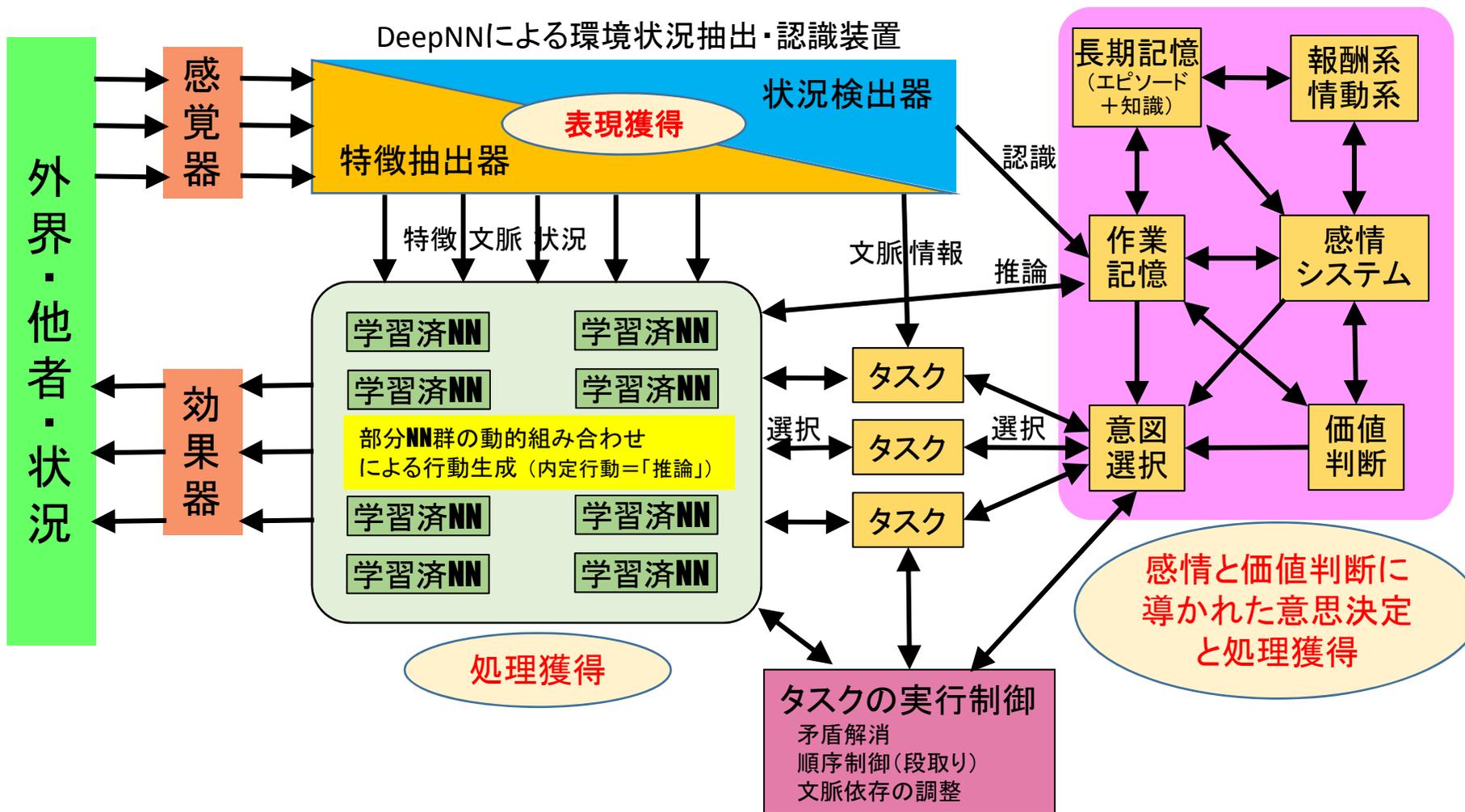
各瞬間の処理に価値が付随する
 → 無意識の過程
 → 処理の選択を誘導・効率化？

図はHomePageより引用

脳の領野間の信号の流れのダイナミクス



脳型の処理発見アーキテクチャ



脳の Operating System 的解釈

- 個々のモジュール学習 → 部分機能の実現
- モジュールの組合せ → 全体機能の実現
- 高次機能 ← 部分機能のシステムの組合せ

