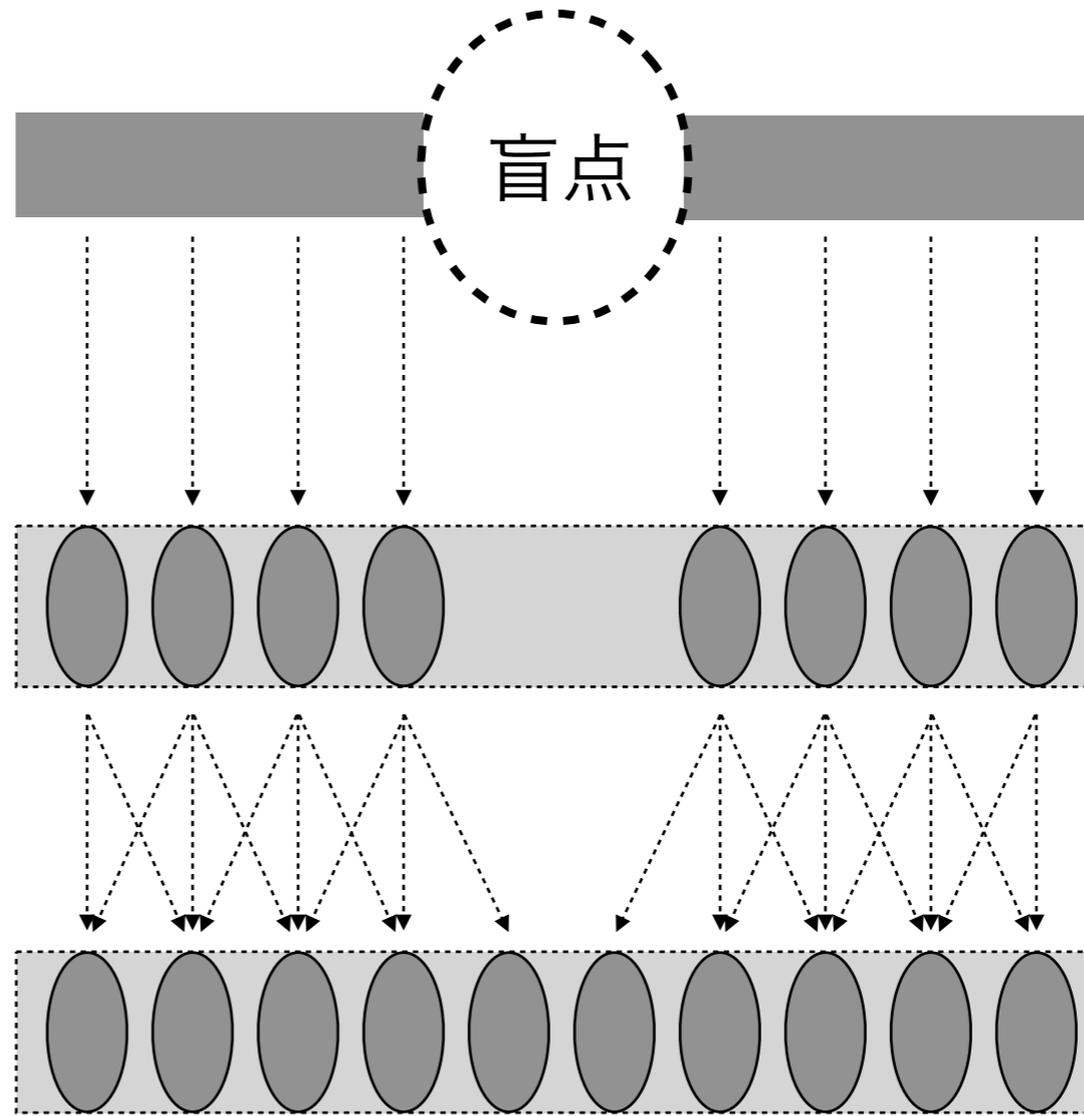


視覚刺激

盲点

網膜の視細胞

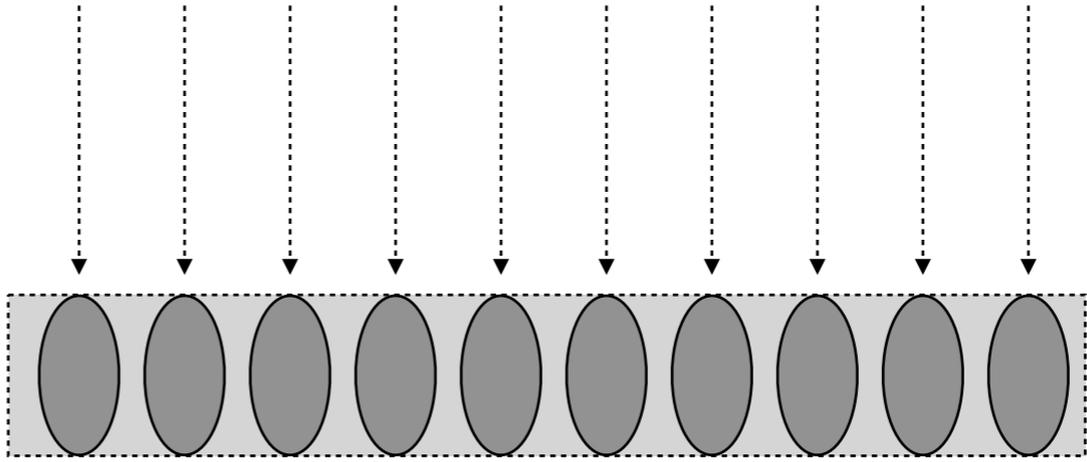
第一次視覚皮質
の神経細胞



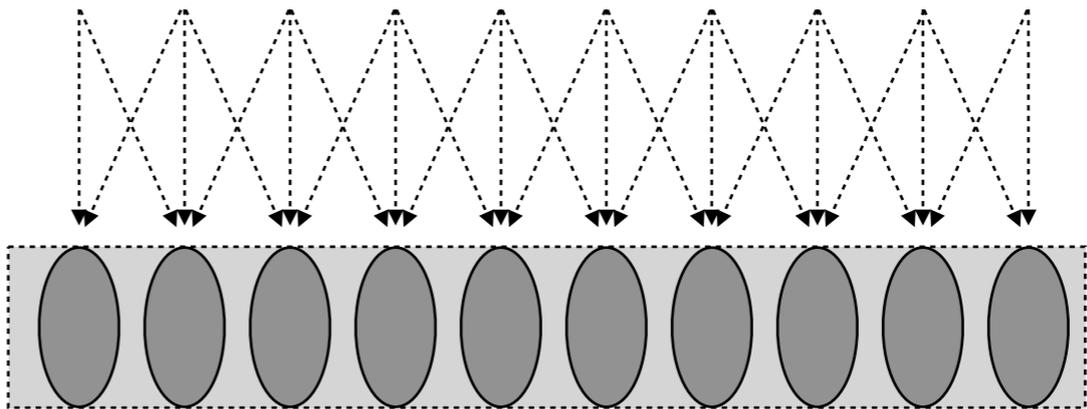
視野の位置



網膜の視細胞



第一次視覚皮質
の神経細胞



(A)

画像i

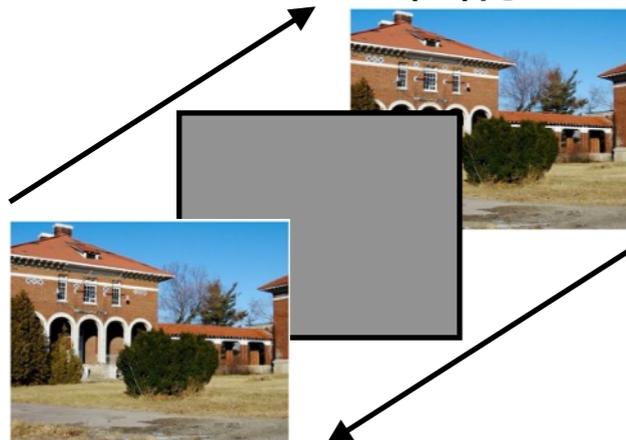


画像ii



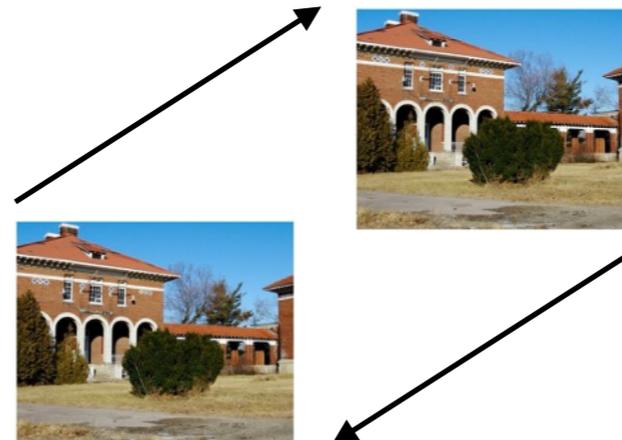
(B)

画像ii

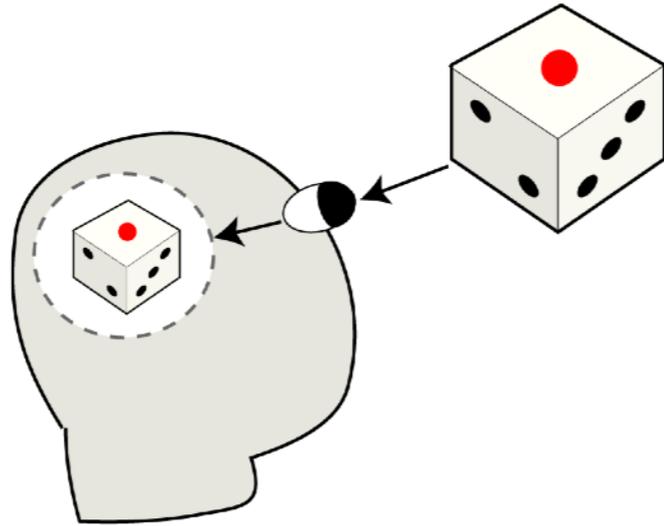


画像i

(C)

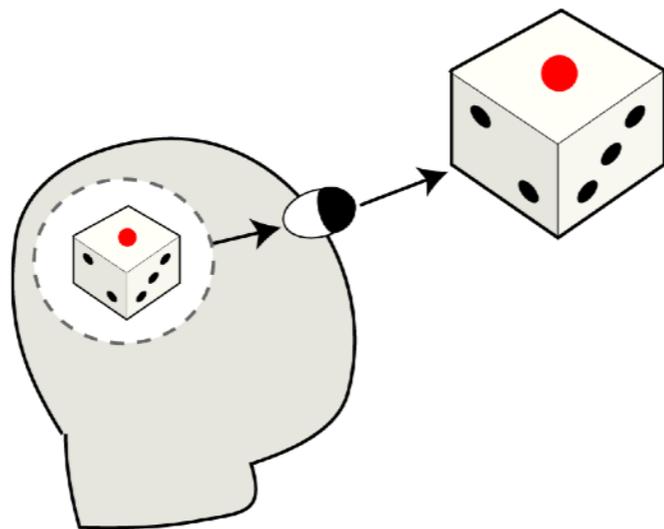


表象説



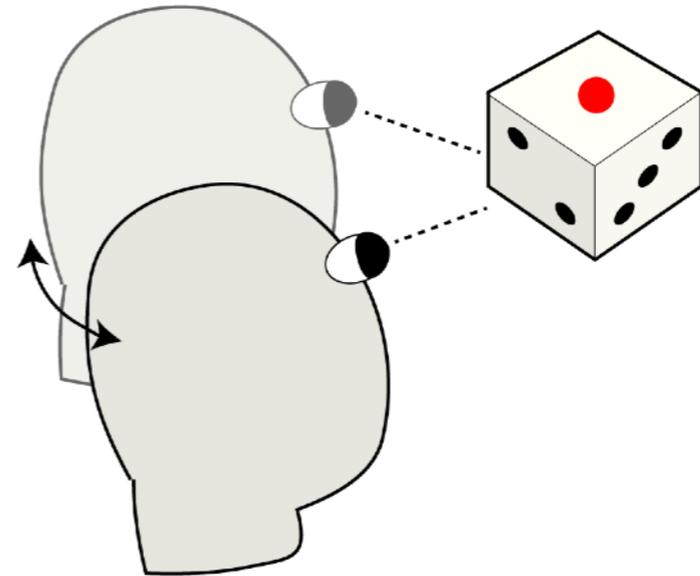
「見る」 = 内的表象の形成

無意識的推論



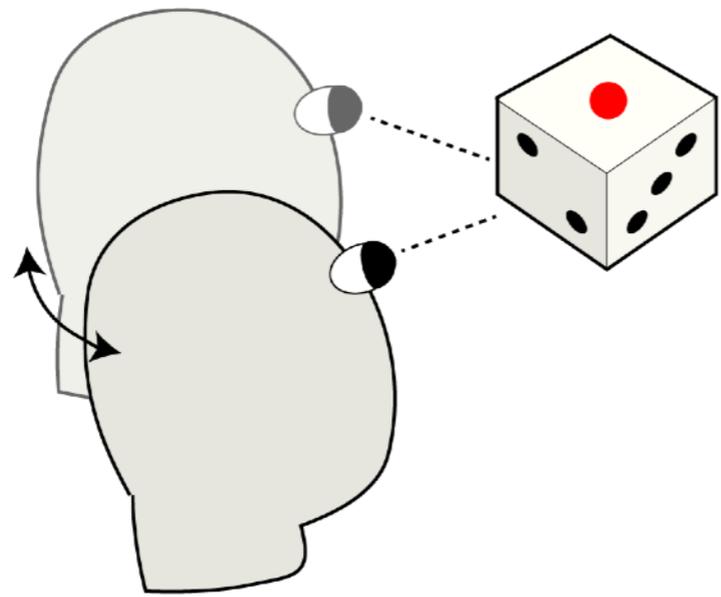
「見る」 = 外界の状態の推定

SMC 説

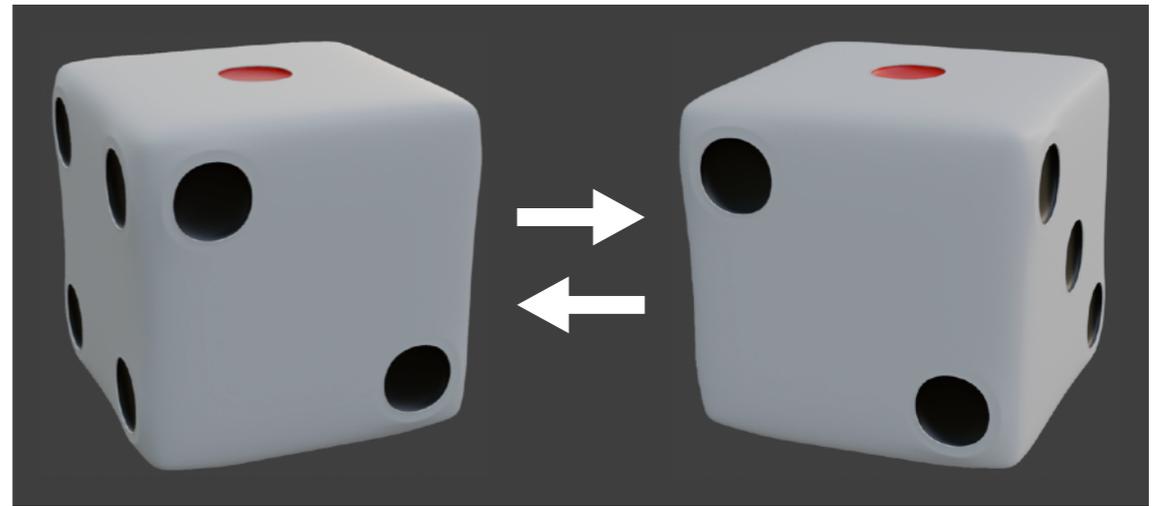


「見る」 =
感覚運動随伴性の習熟
に媒介された探索的活動

(A)



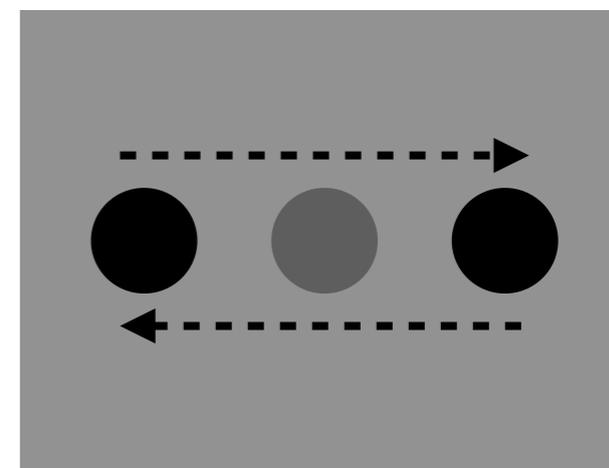
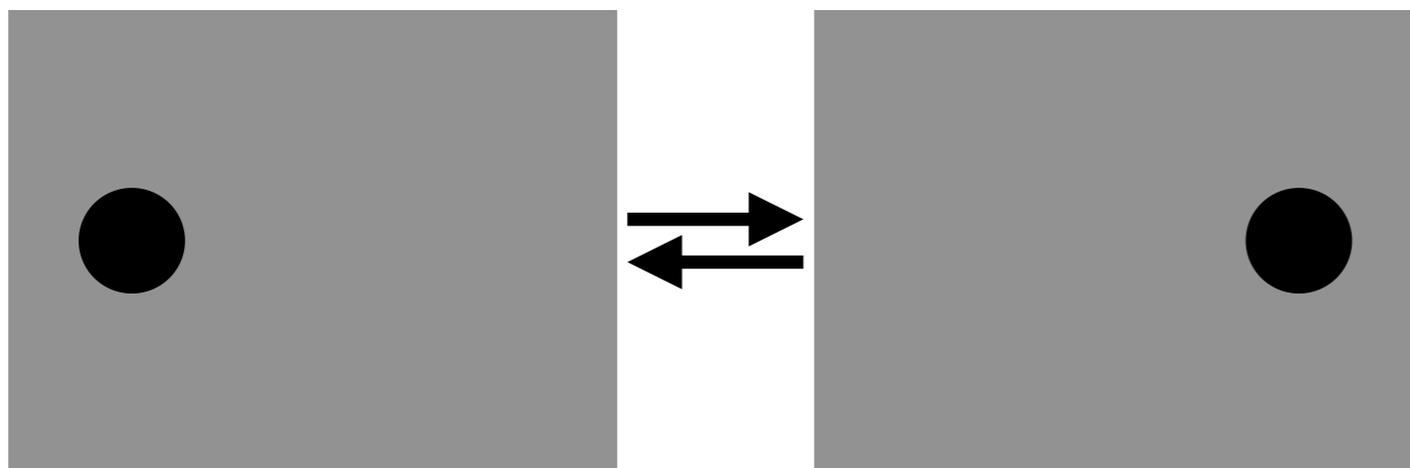
(B)



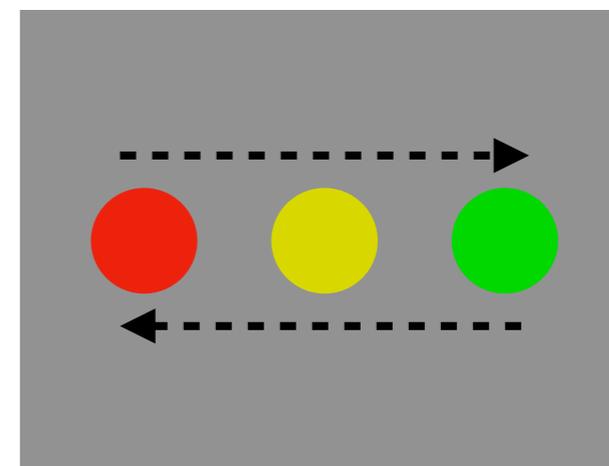
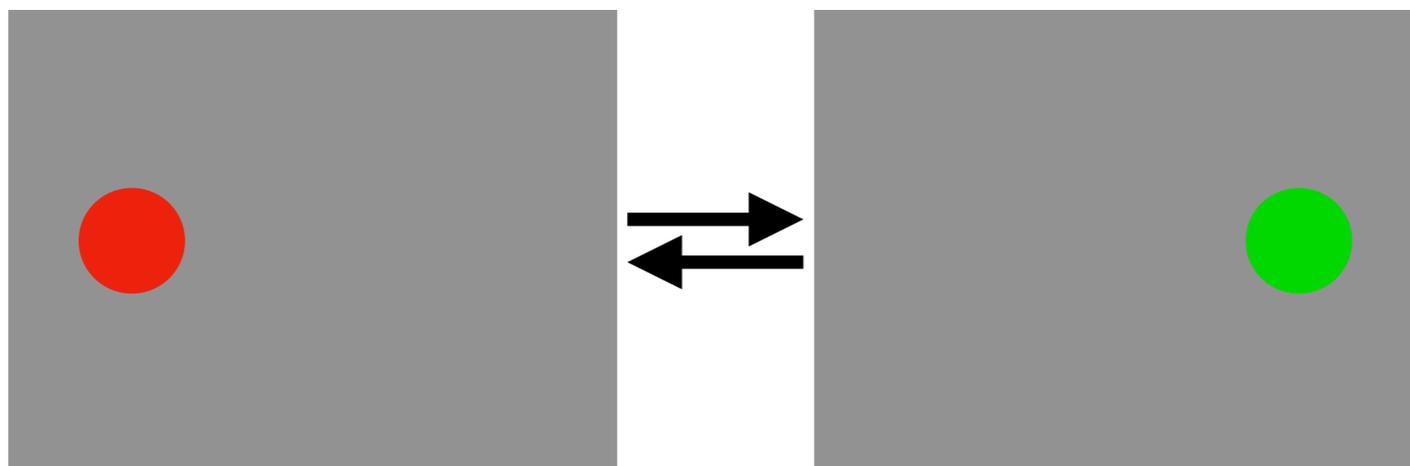
提示された視覚刺激

我々の知覚経験

a)



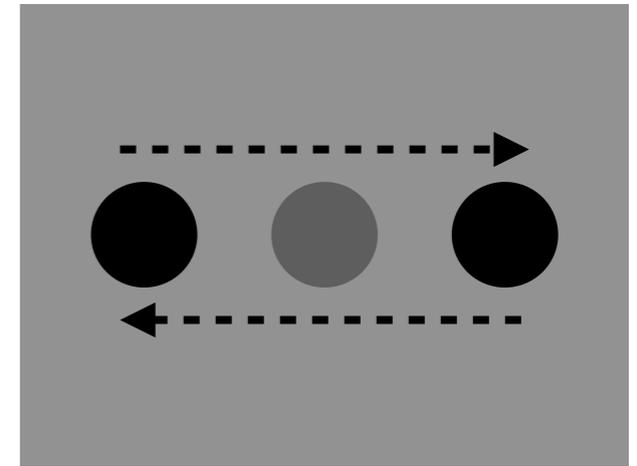
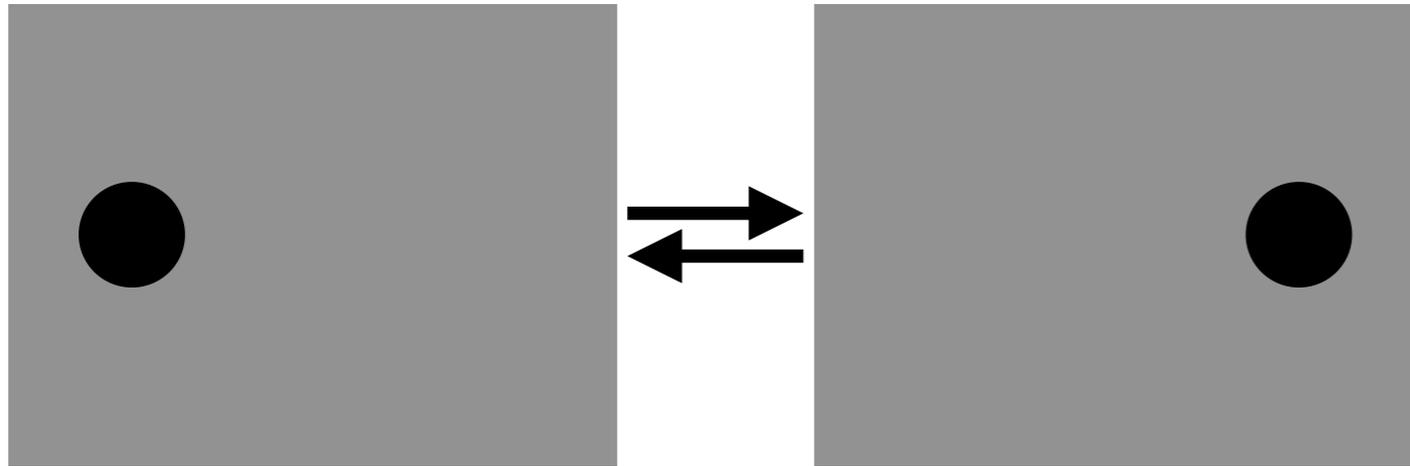
b)



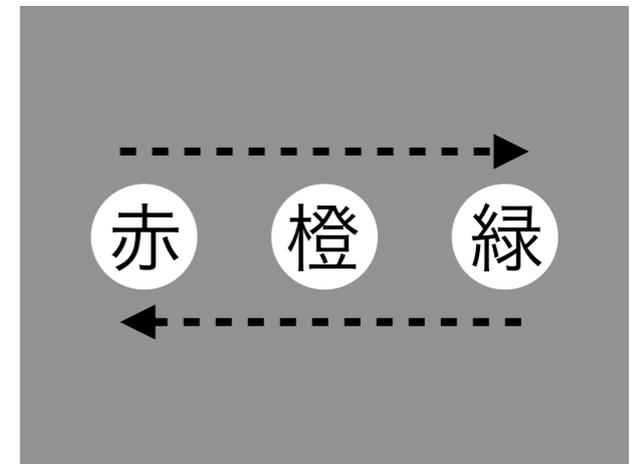
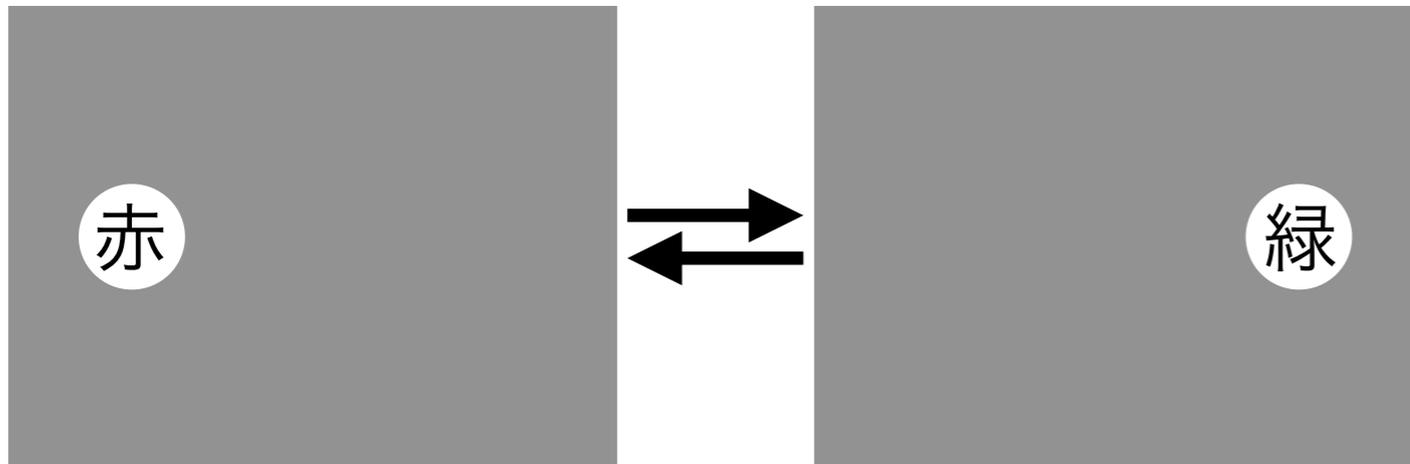
提示された視覚刺激

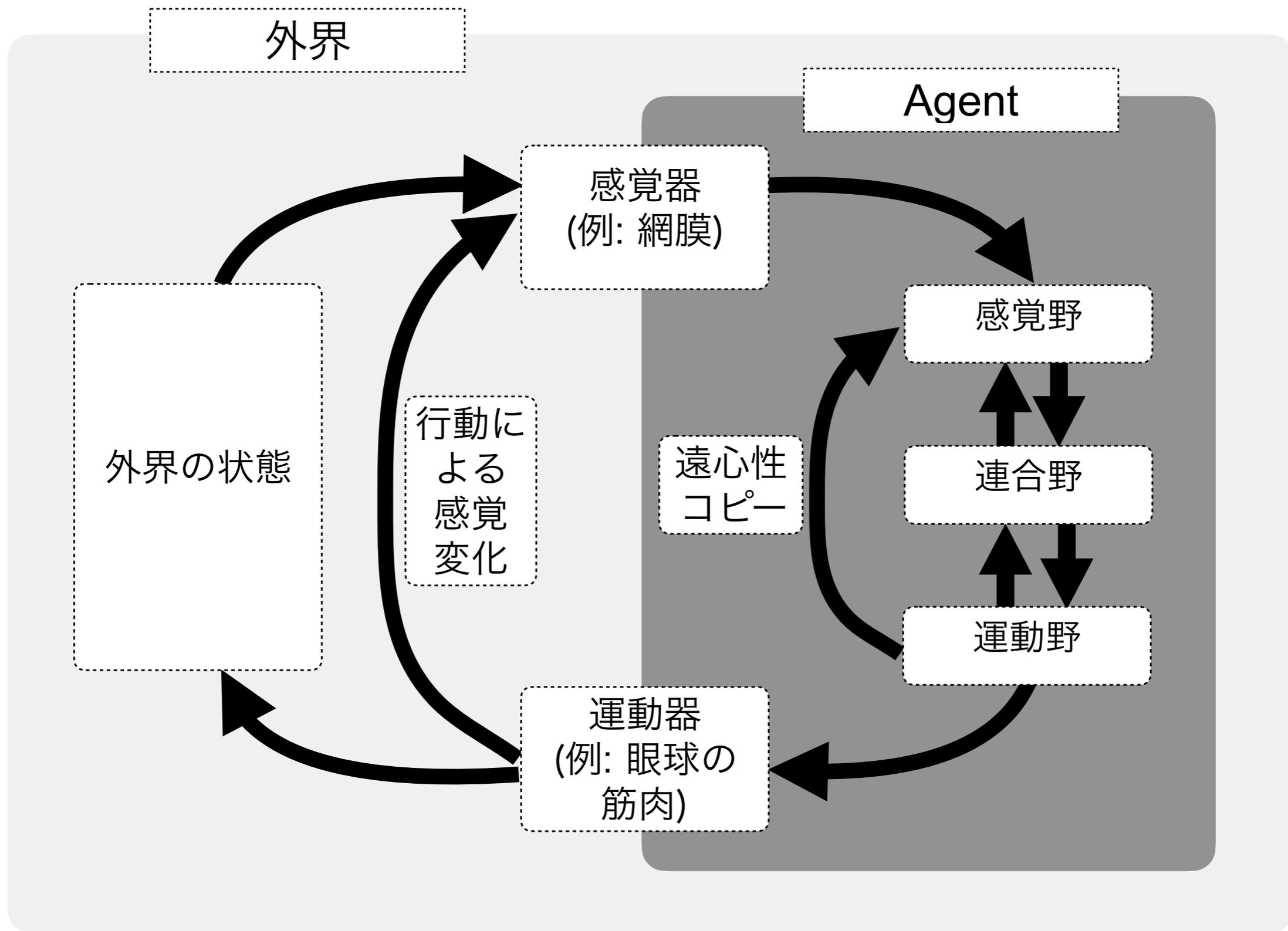
我々の知覚経験

(A)



(B)





エナクティヴィズムとは

表象主義

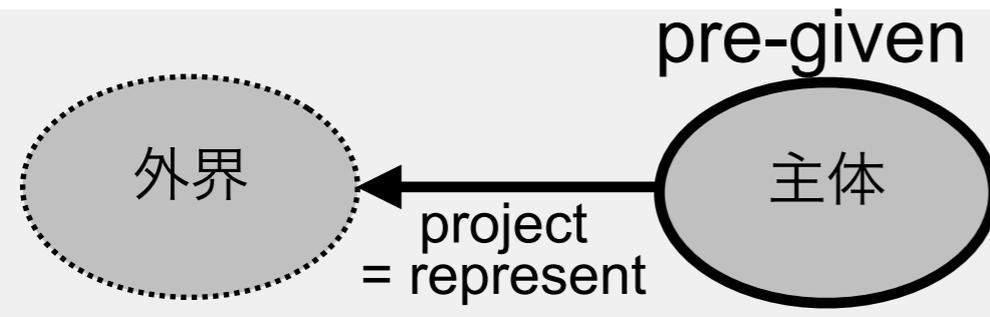
古典的表象主義

pre-given



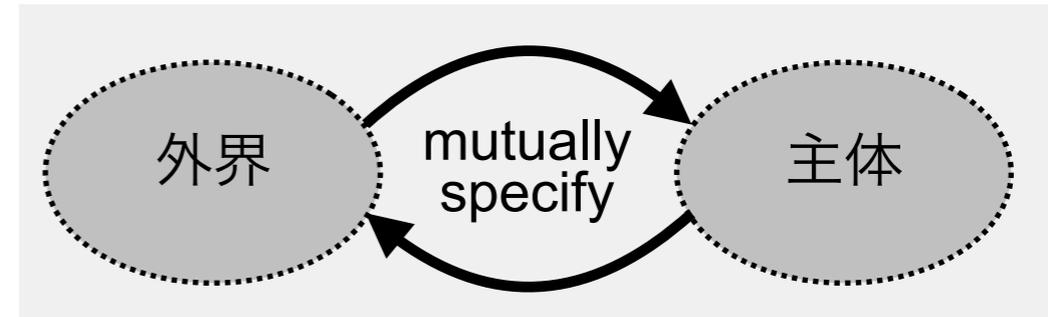
Cognition as the recovery of a pre-given outer world

ヘルムホルツの無意識的推論



Cognition as the projection of a pre-given inner world

エナクティヴィズム



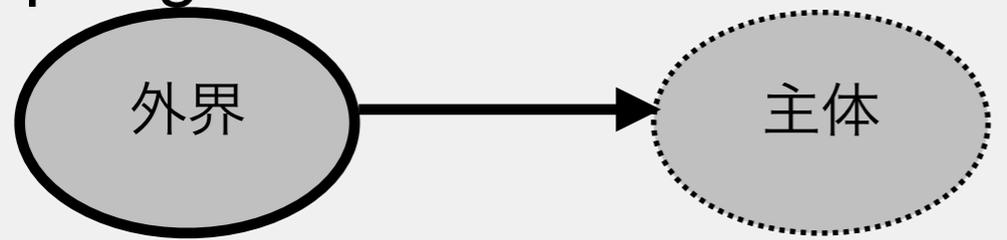
Perception consists in perceptually guided action.

エナクティヴィズムとは

表象主義

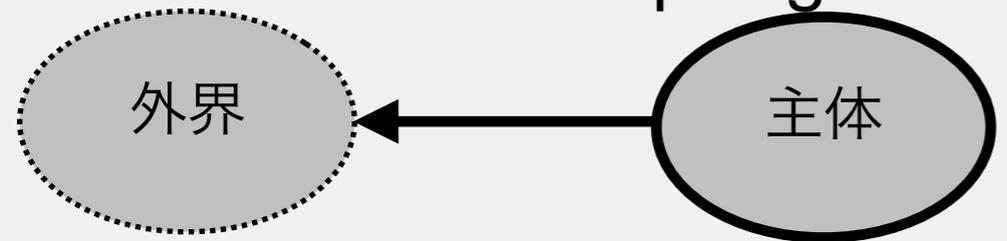
古典的表象主義

pre-given

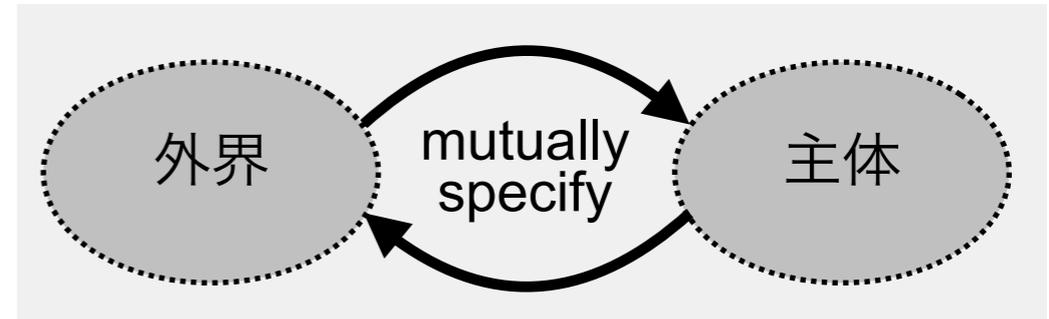


ヘルムホルツの無意識的推論

pre-given



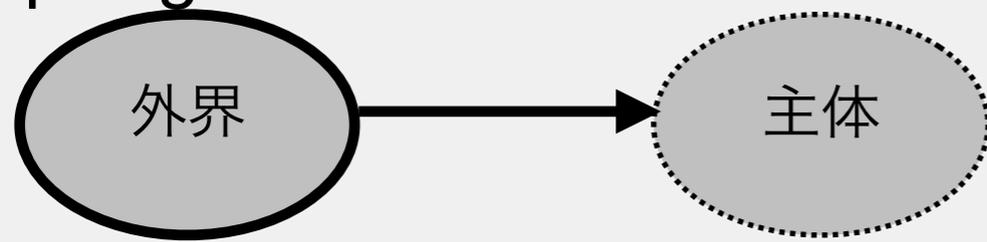
エナクティヴィズム



表象主義

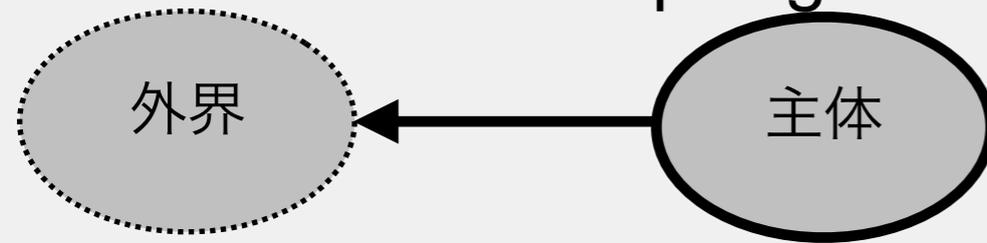
古典的表象主義

pre-given

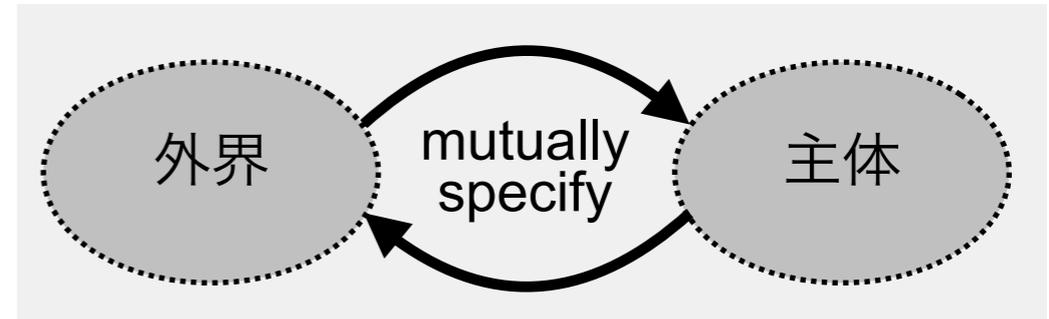


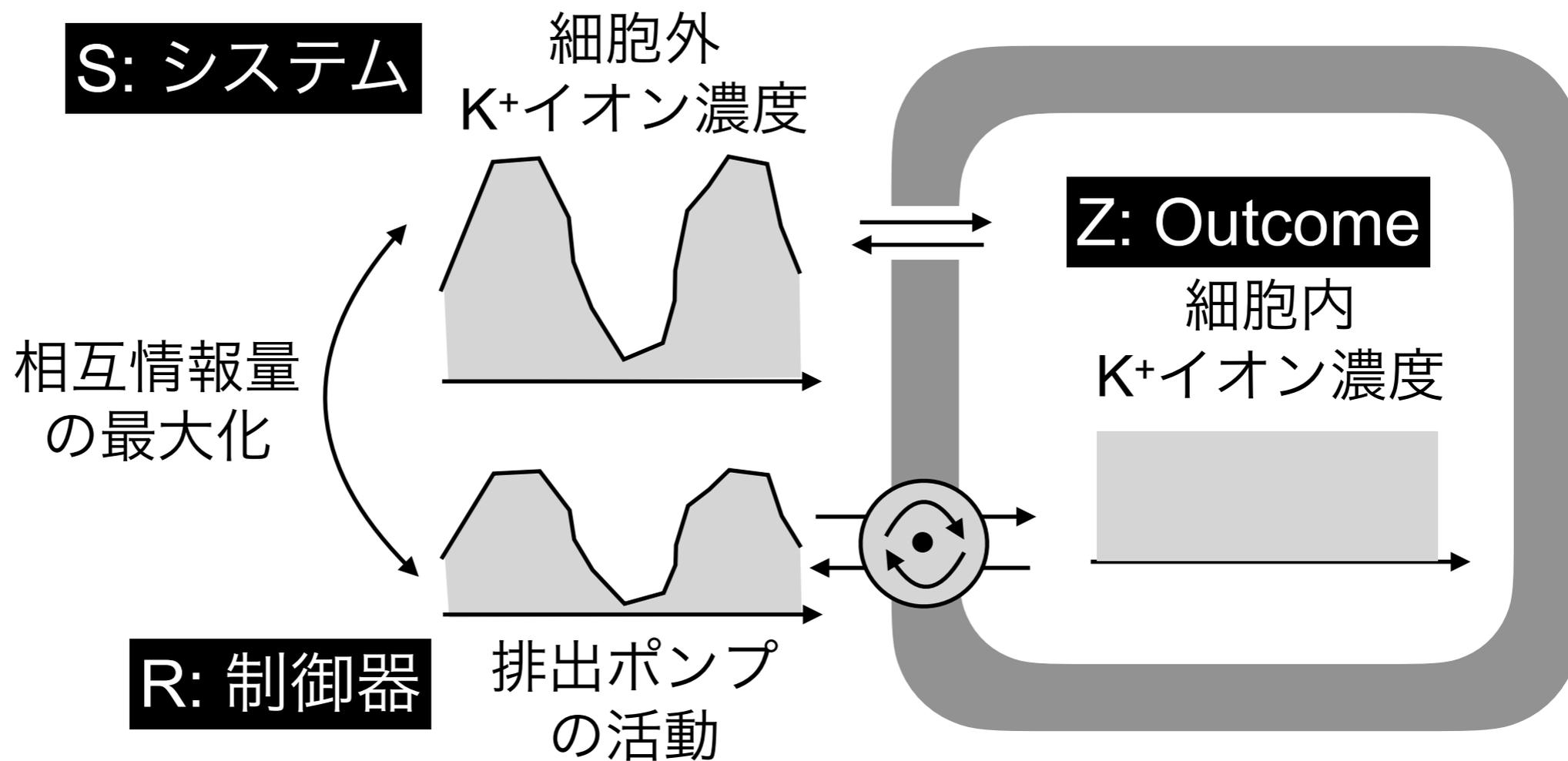
ヘルムホルツの無意識的推論

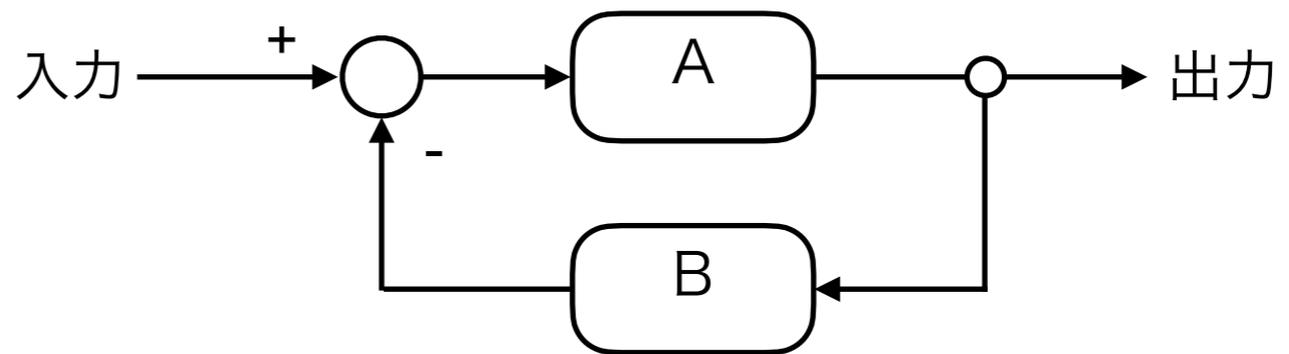
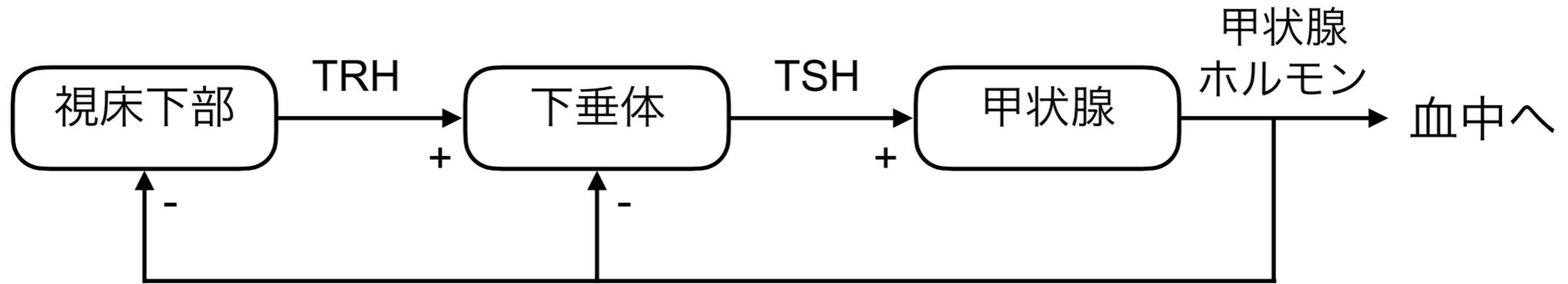
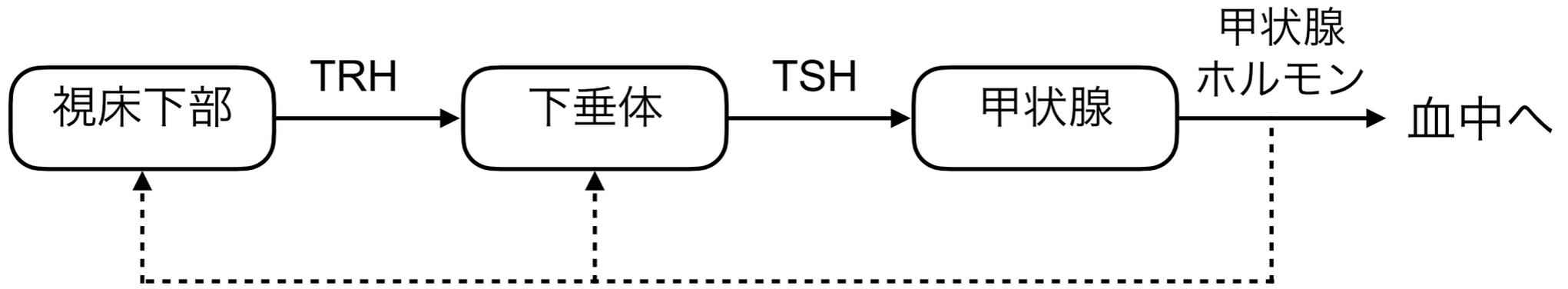
pre-given



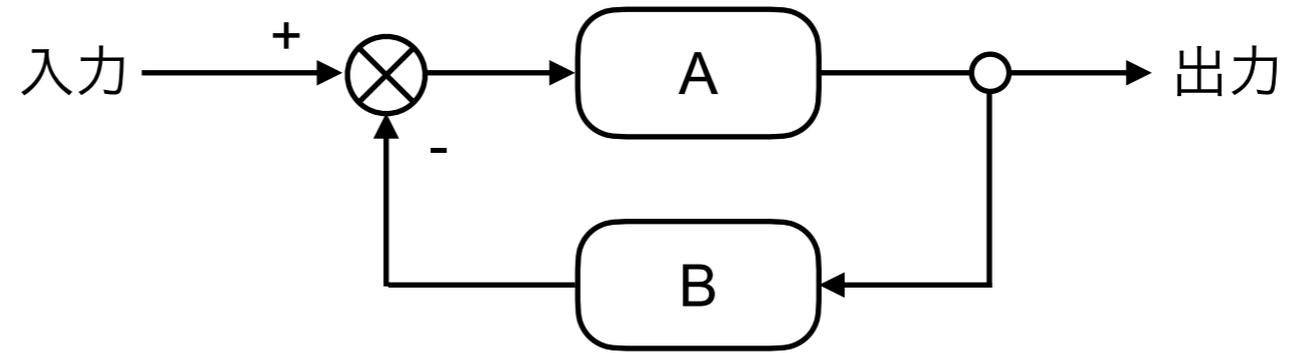
エナクティヴ・アプローチ



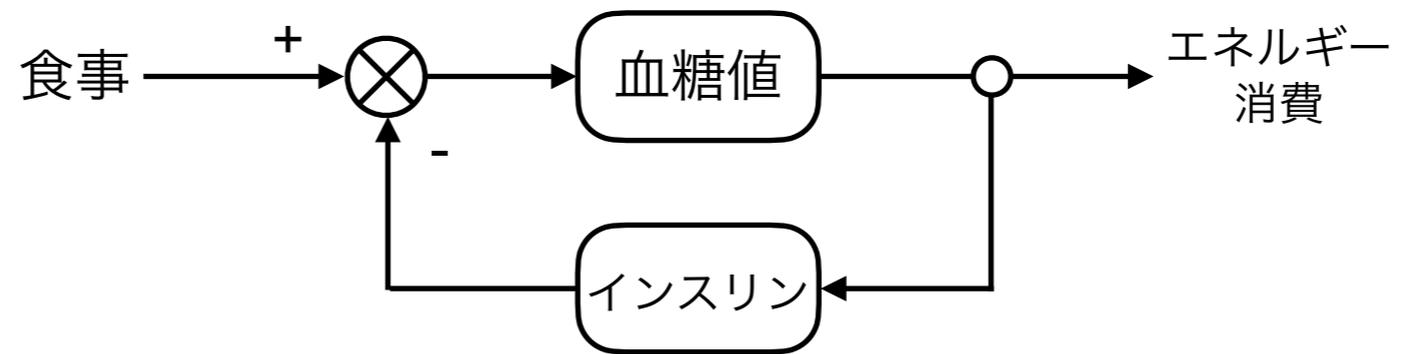


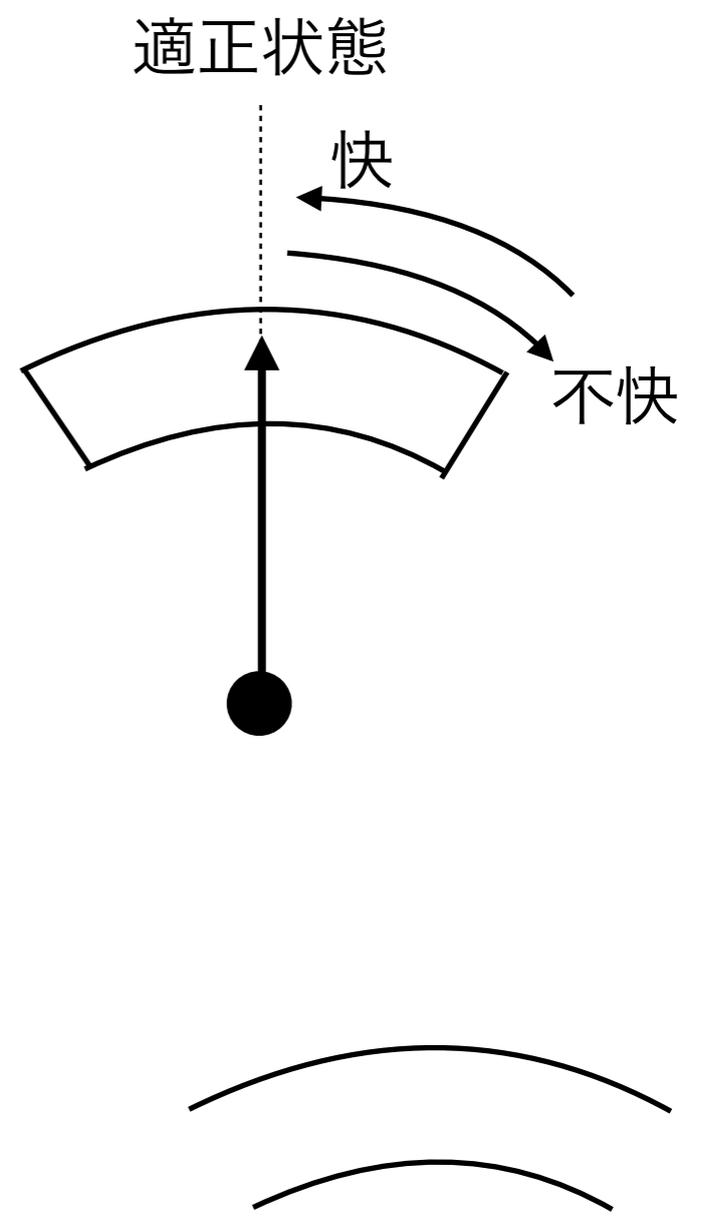
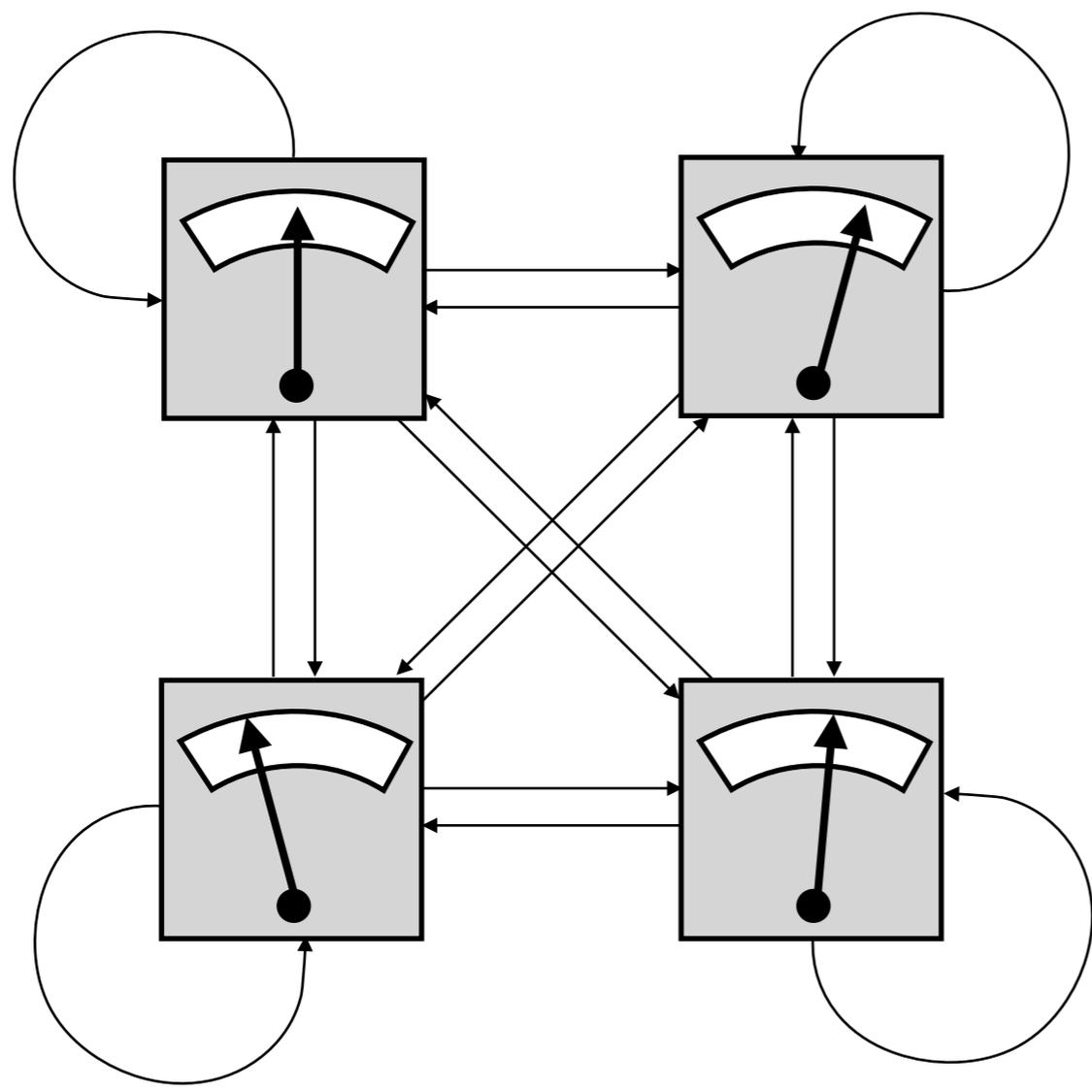


(A)

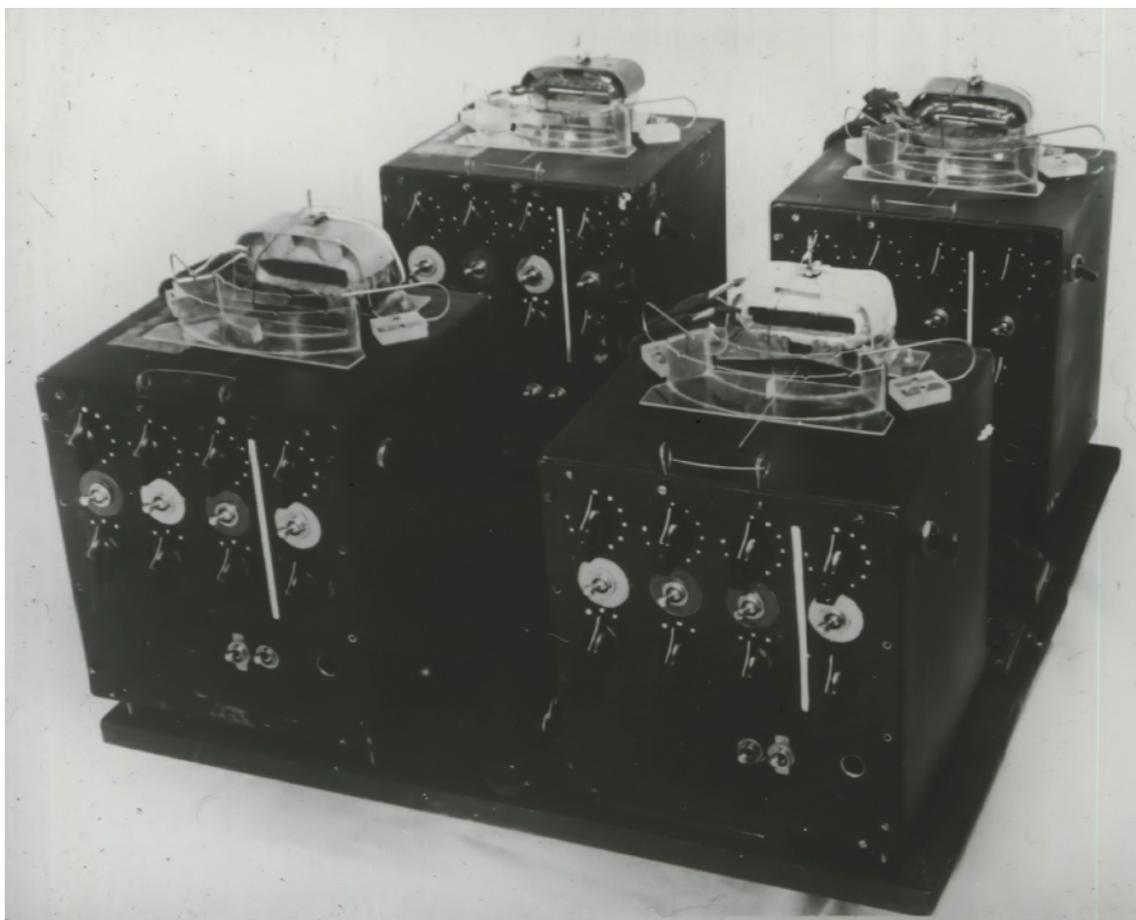


(B)

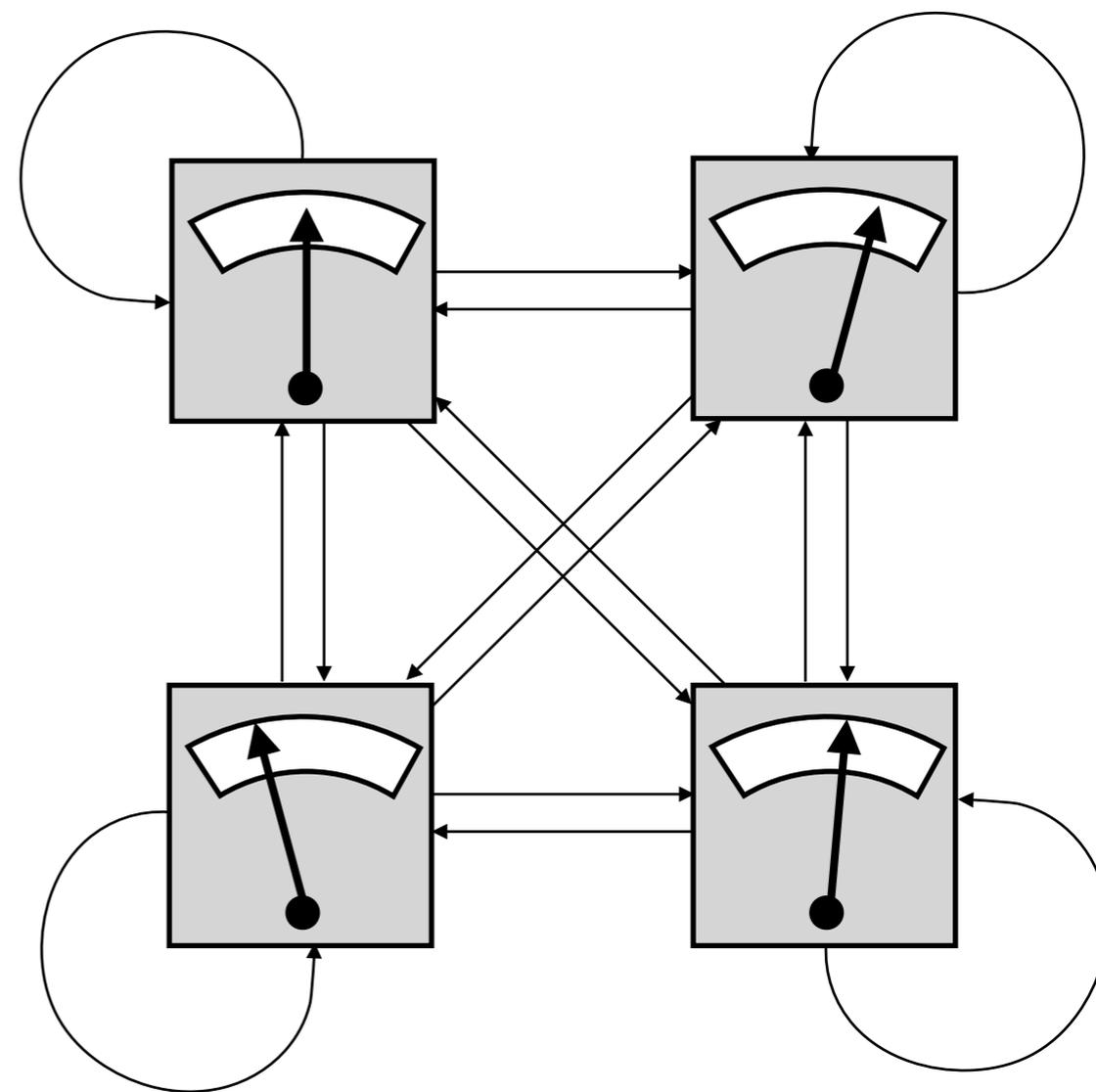


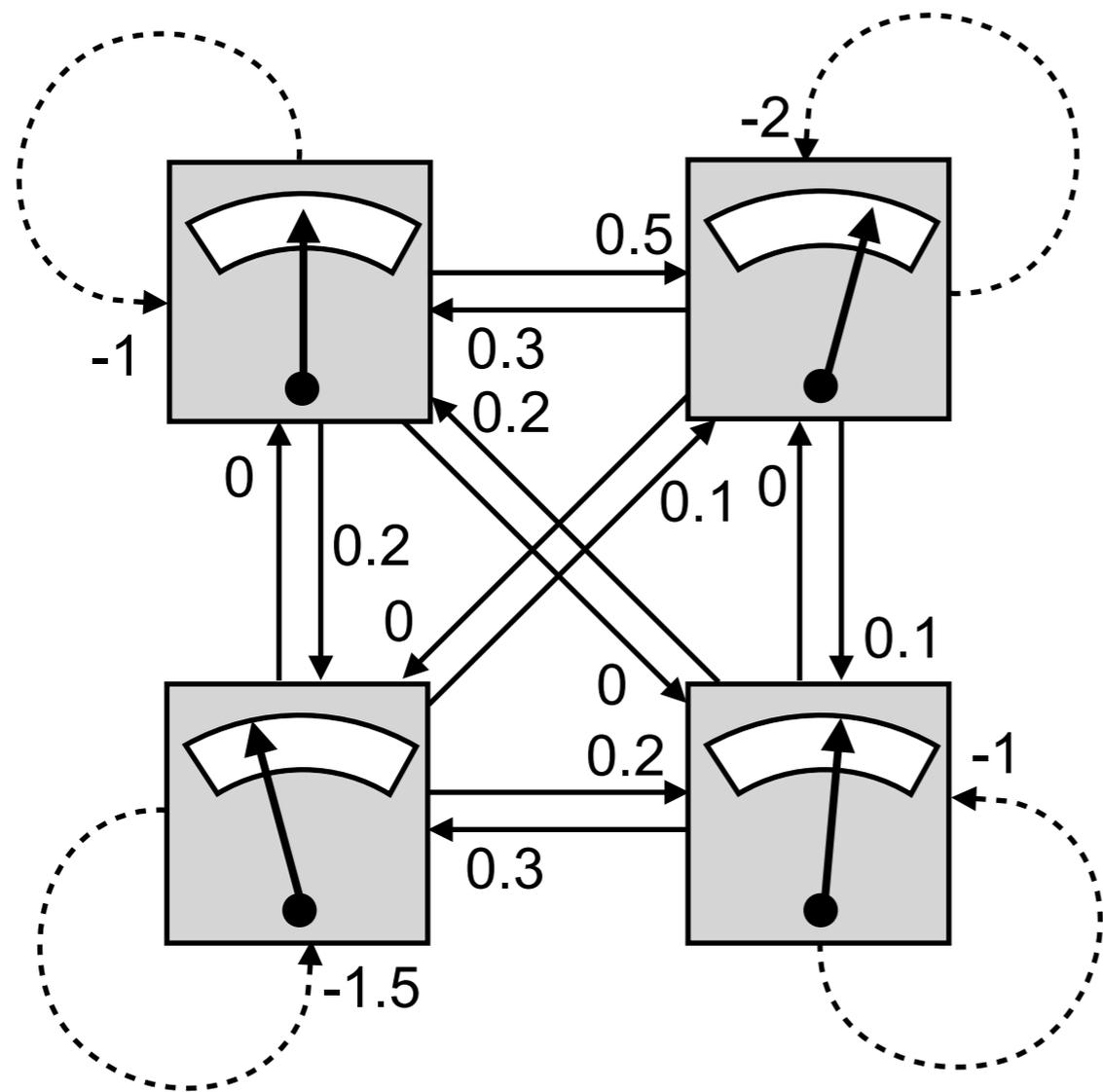


(A)

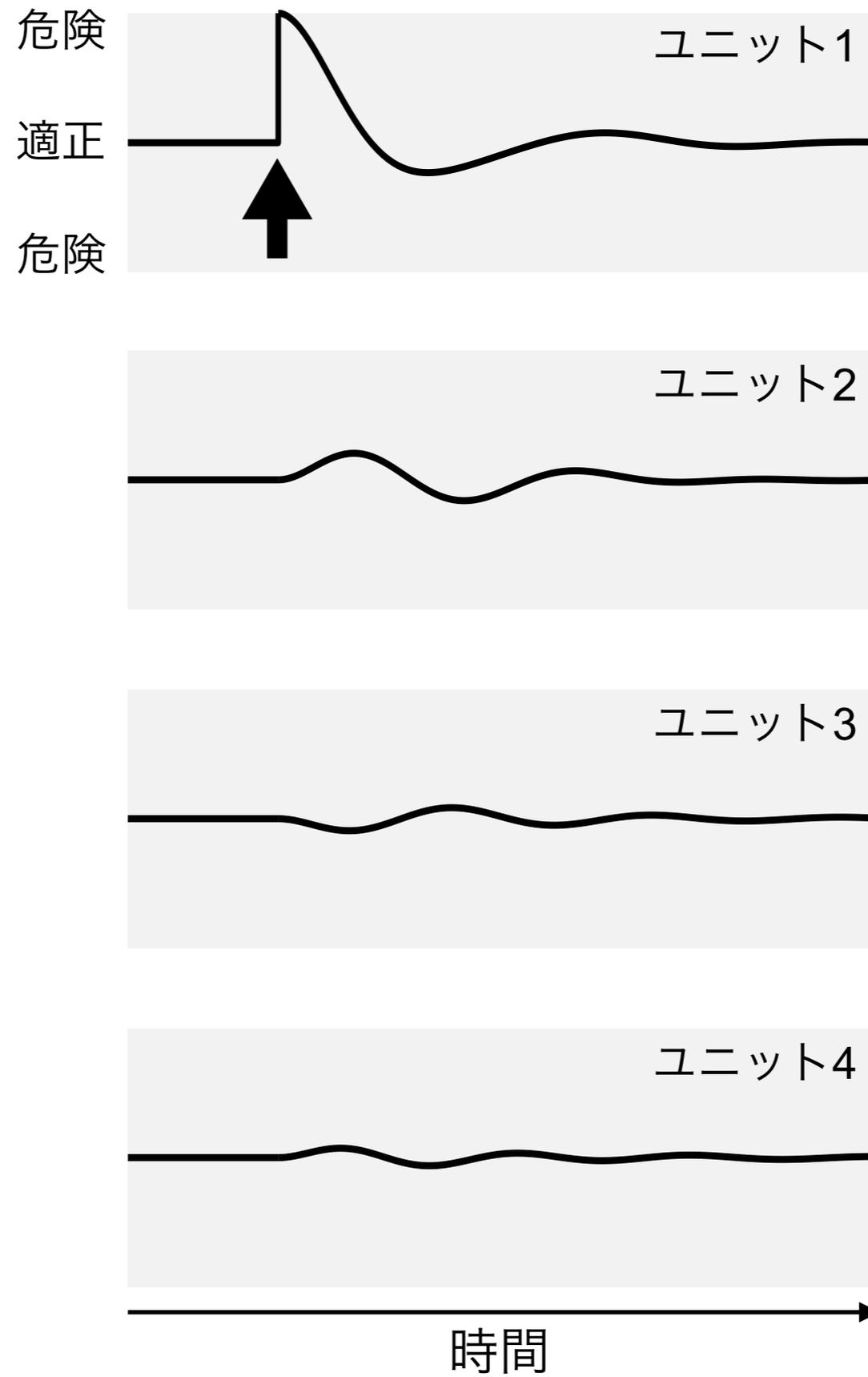


(B)

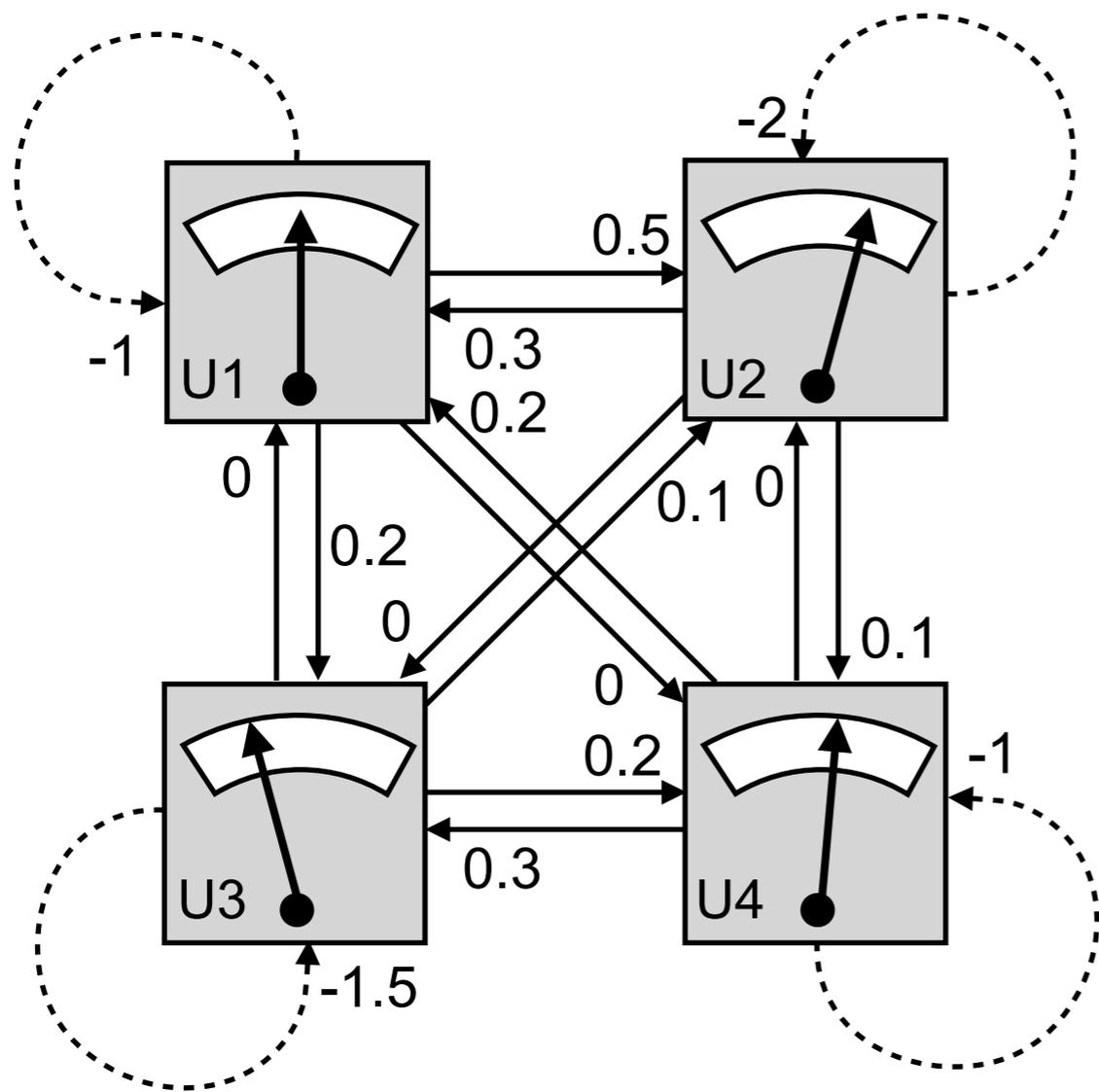




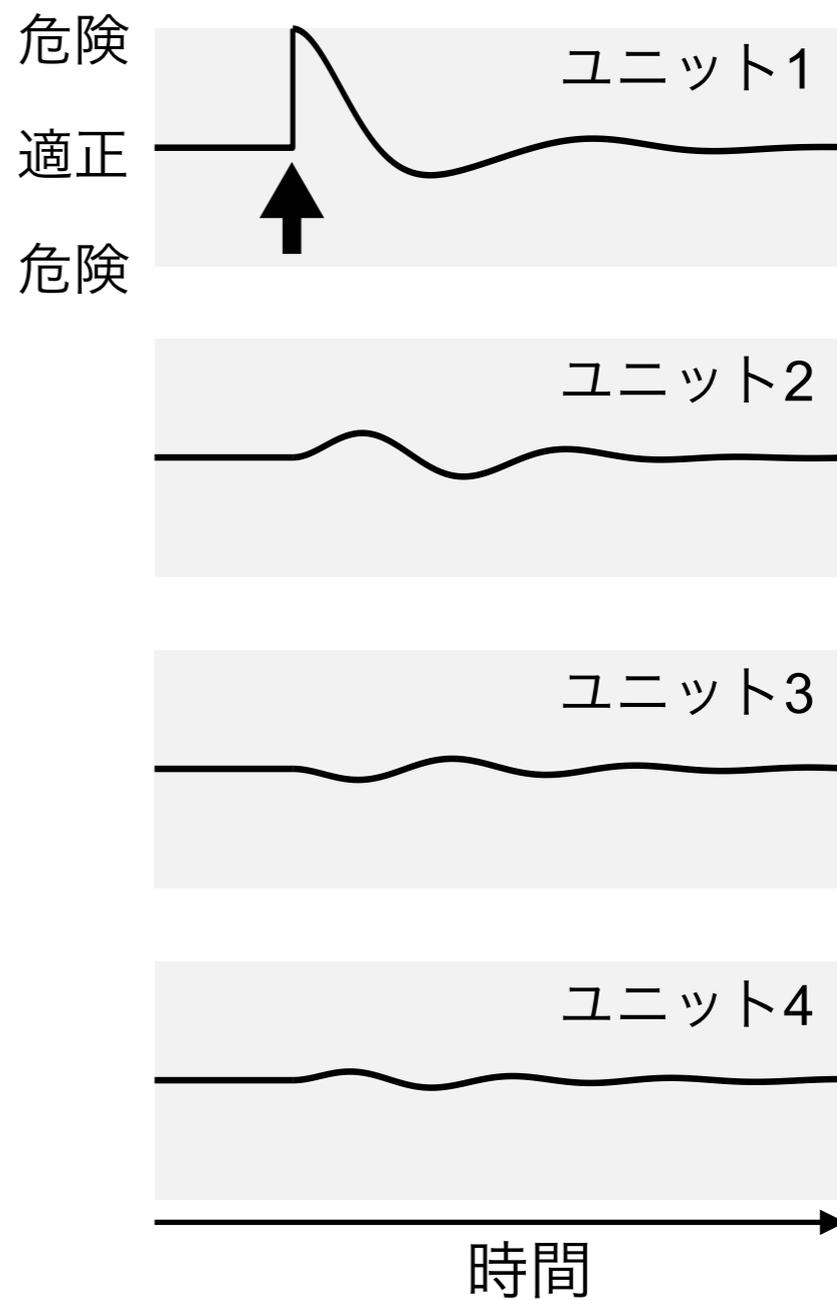
homeostat_fig10.ai



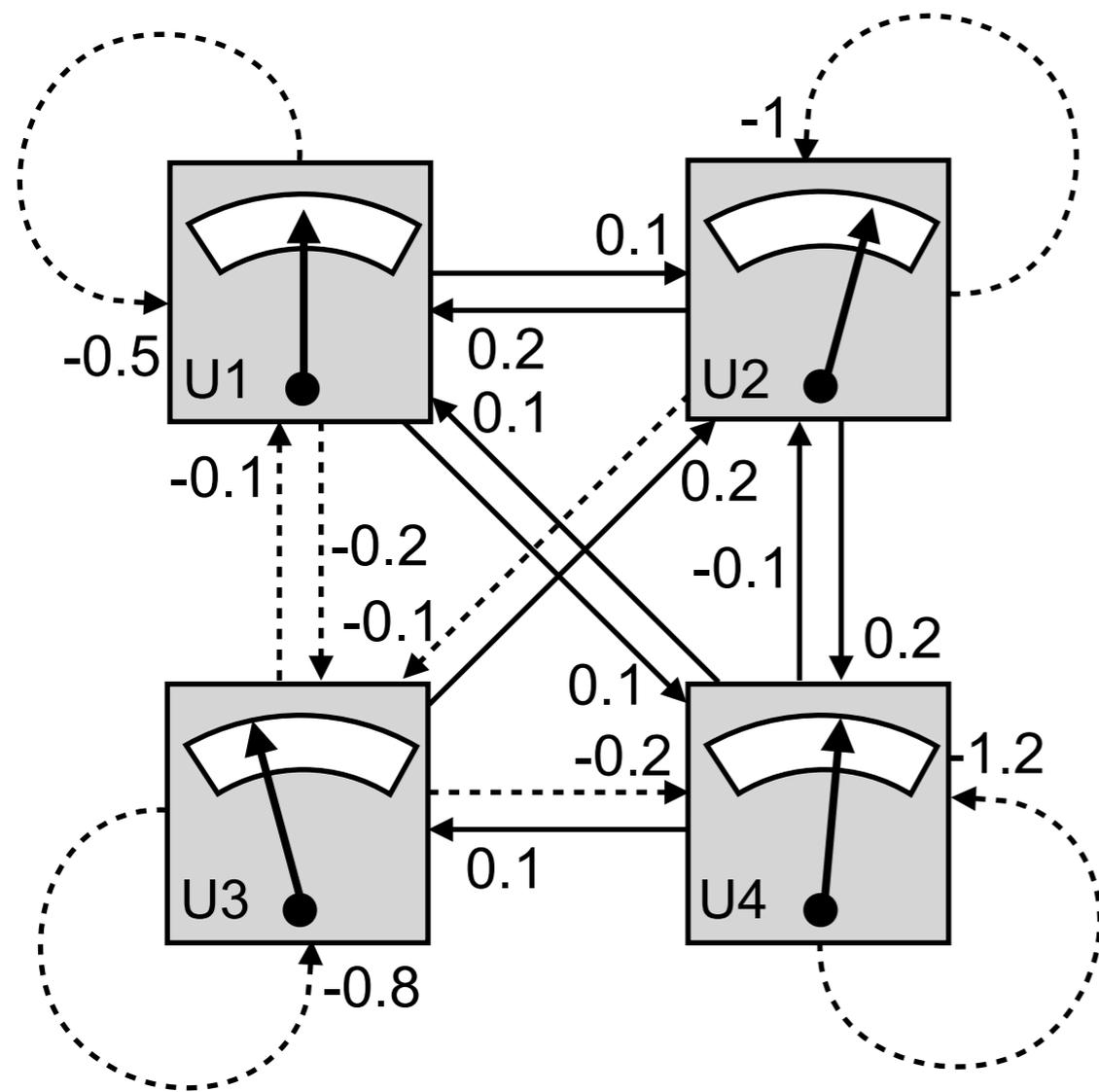
(A)



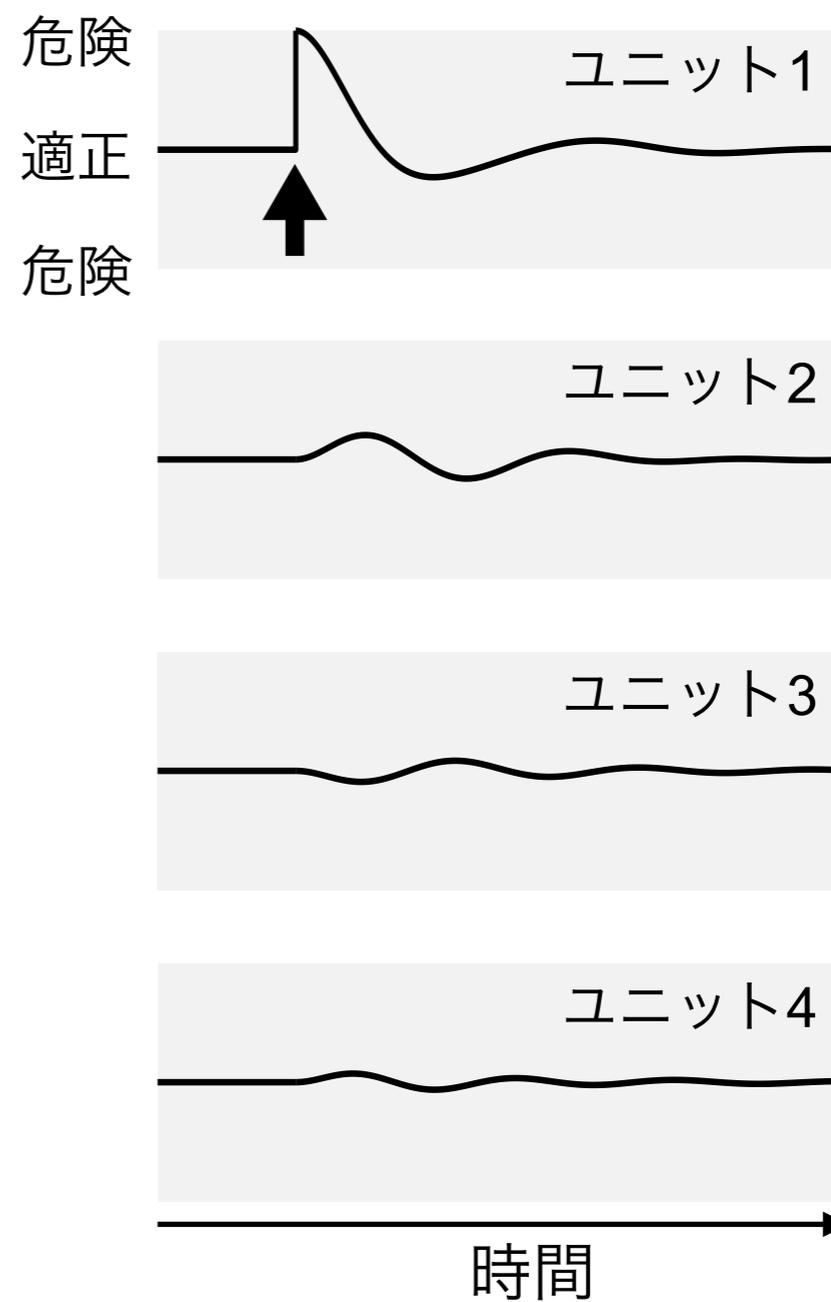
(B)



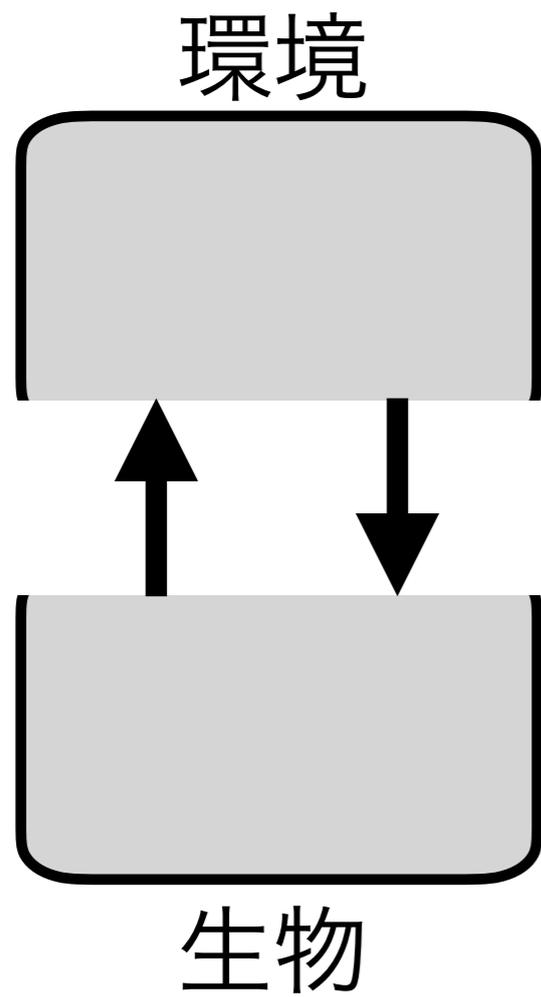
(A)



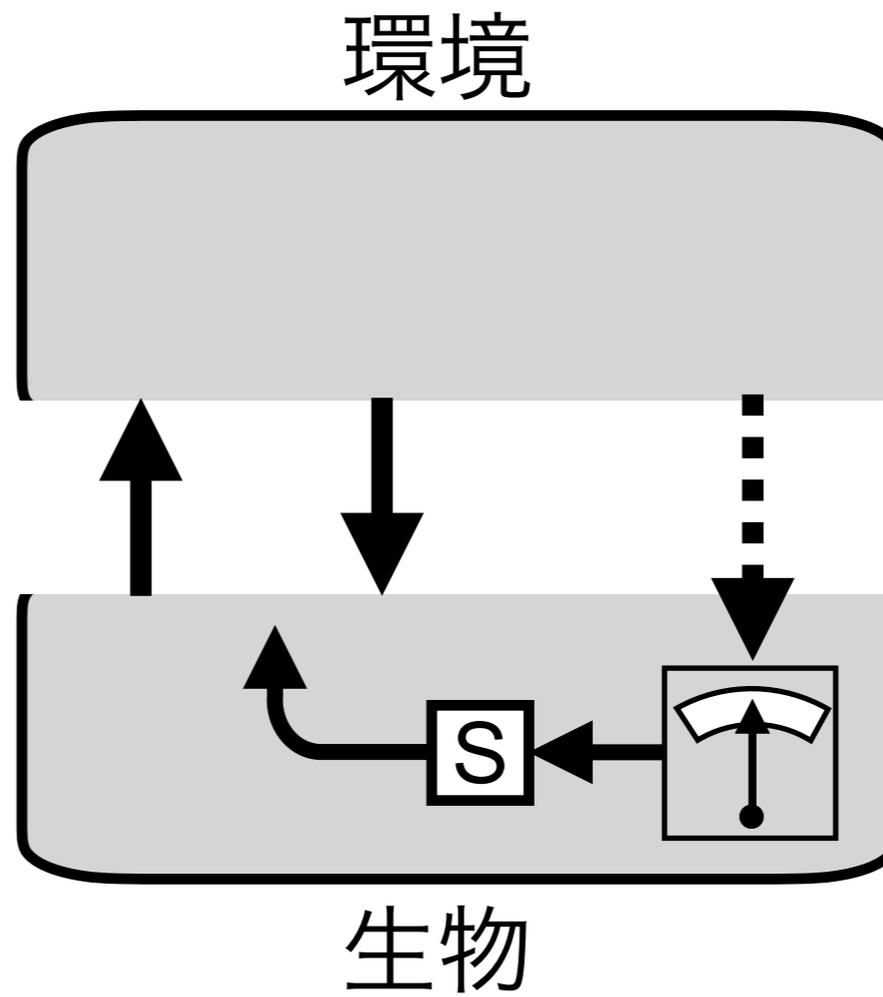
(B)



(A)



(B)



脳の状態

		神経細胞A の活動	神経細胞B の活動	神経細胞C の活動	神経細胞D の活動
外界の 状態	おばあさん	+	-	-	-
	おじいさん	-	+	-	-
	おかあさん	-	-	+	-
	おとうさん	-	-	-	+

(A)

脳の状態

おばあさん
おじいさん
おかあさん
細胞

	おばあさん 細胞	おじいさん 細胞	おかあさん 細胞
おばあさん	+	-	-
おじいさん	-	+	-
おかあさん	-	-	+

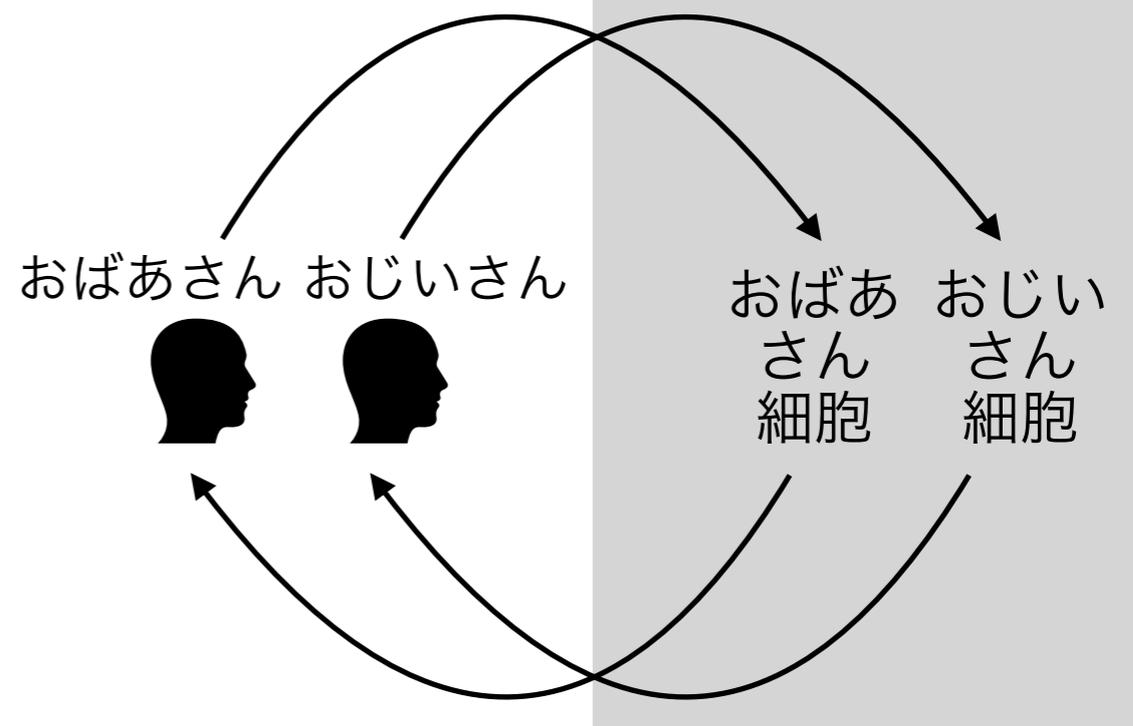
外界の
状態

おばあさん
おじいさん
おかあさん

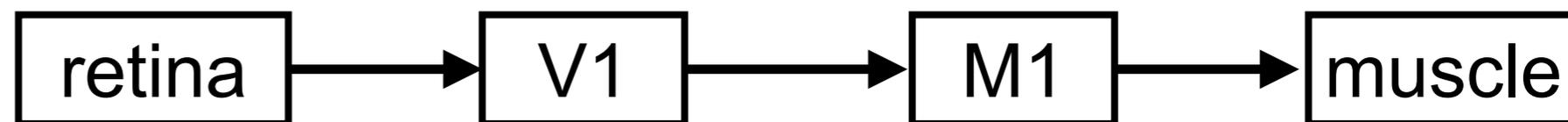
(B)

環境

生物



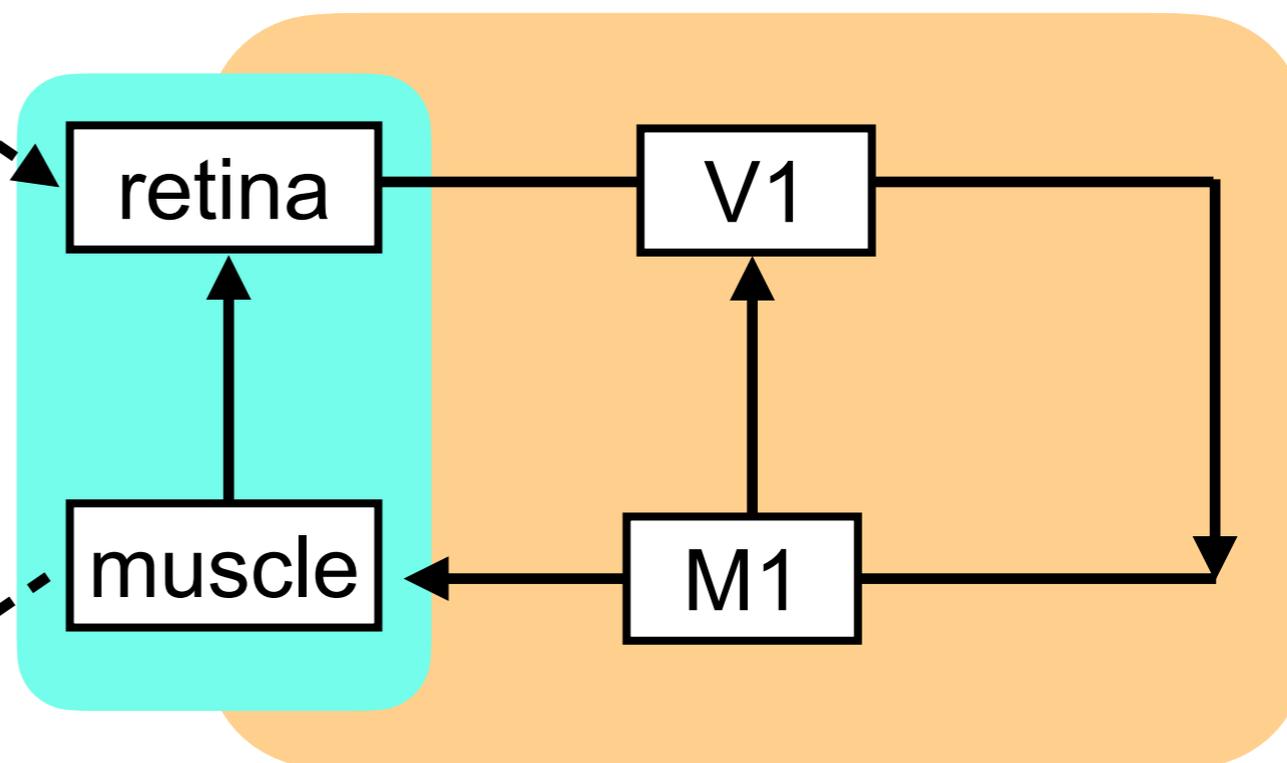
“Open loop” 入出力装置



“Closed loop” オートポイエーシス

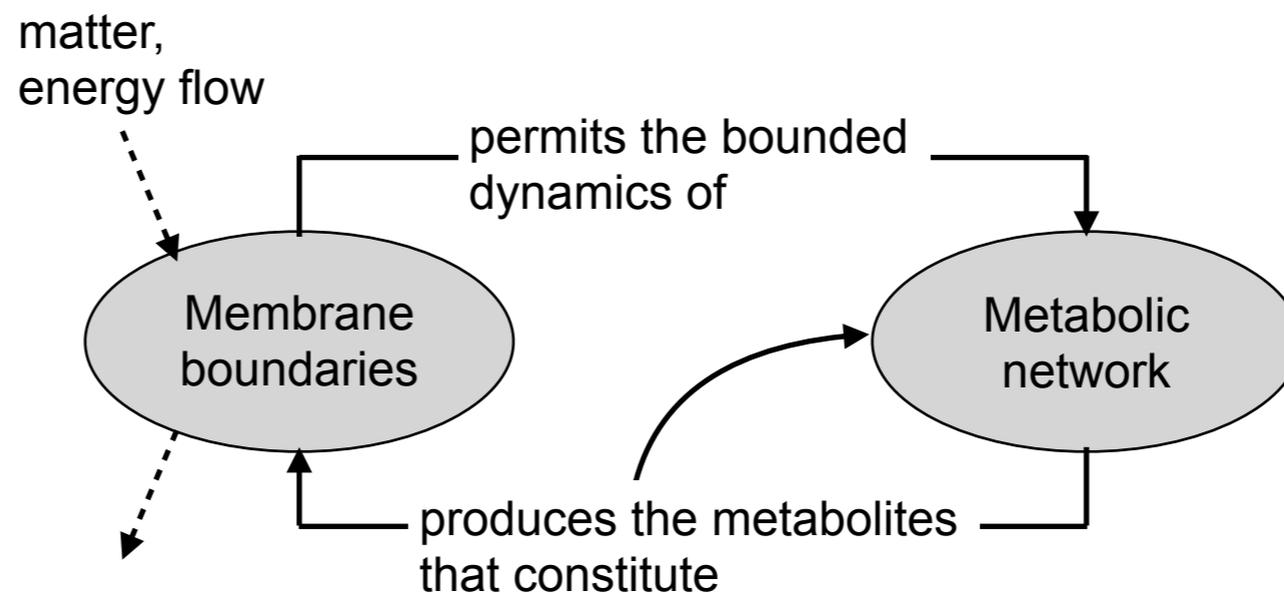
Perturbations

Effects

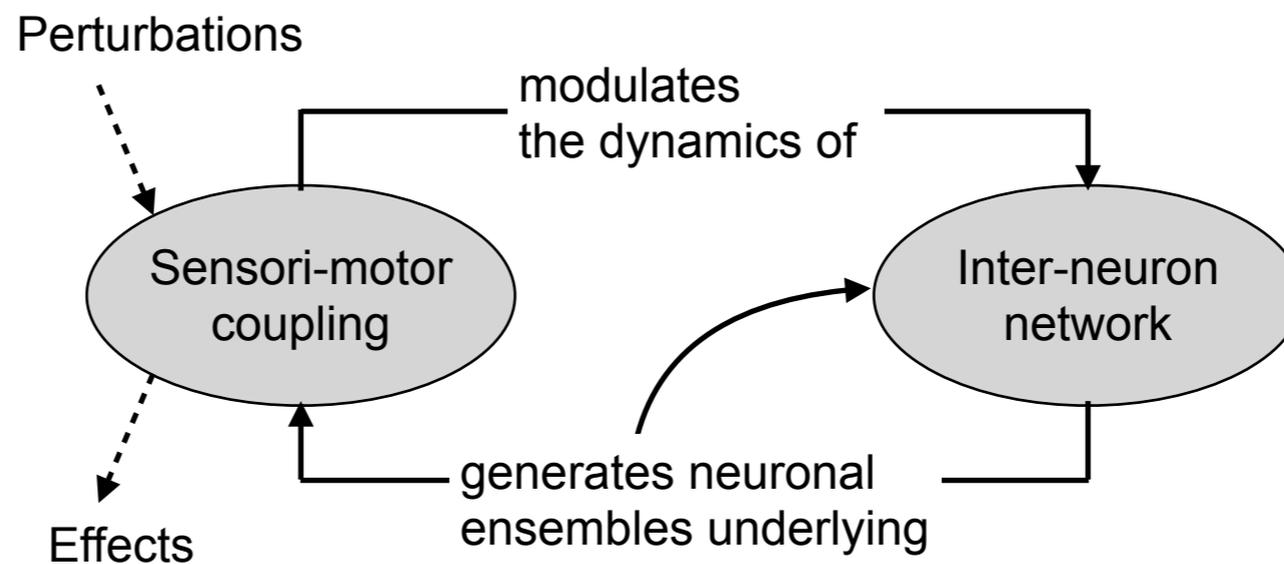


細胞も(認知する)個体もオートポイエーシス

Life:
Single cell



Cognition:
Brain, body and environment



オートポイエーシスとしての(認知する)個体

“Open loop”

入出力装置

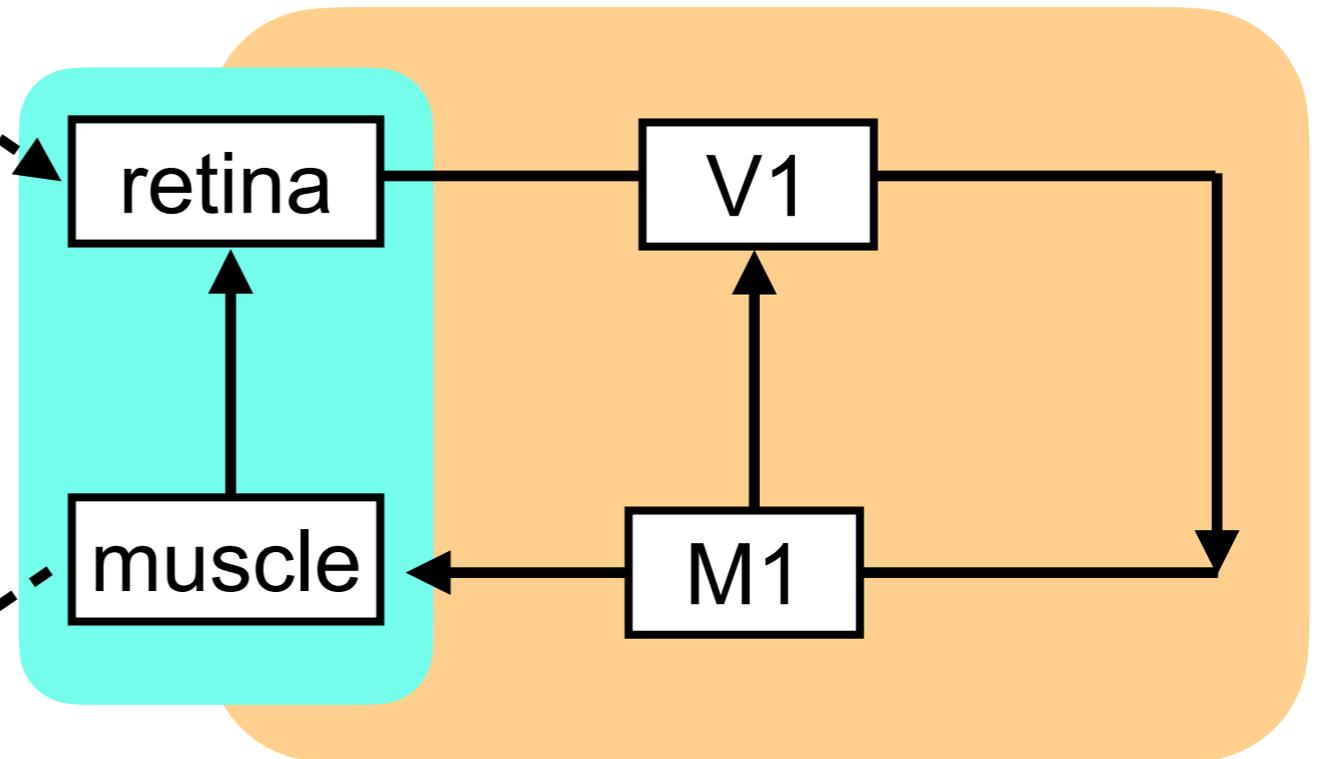


Perturbations

“Closed loop”

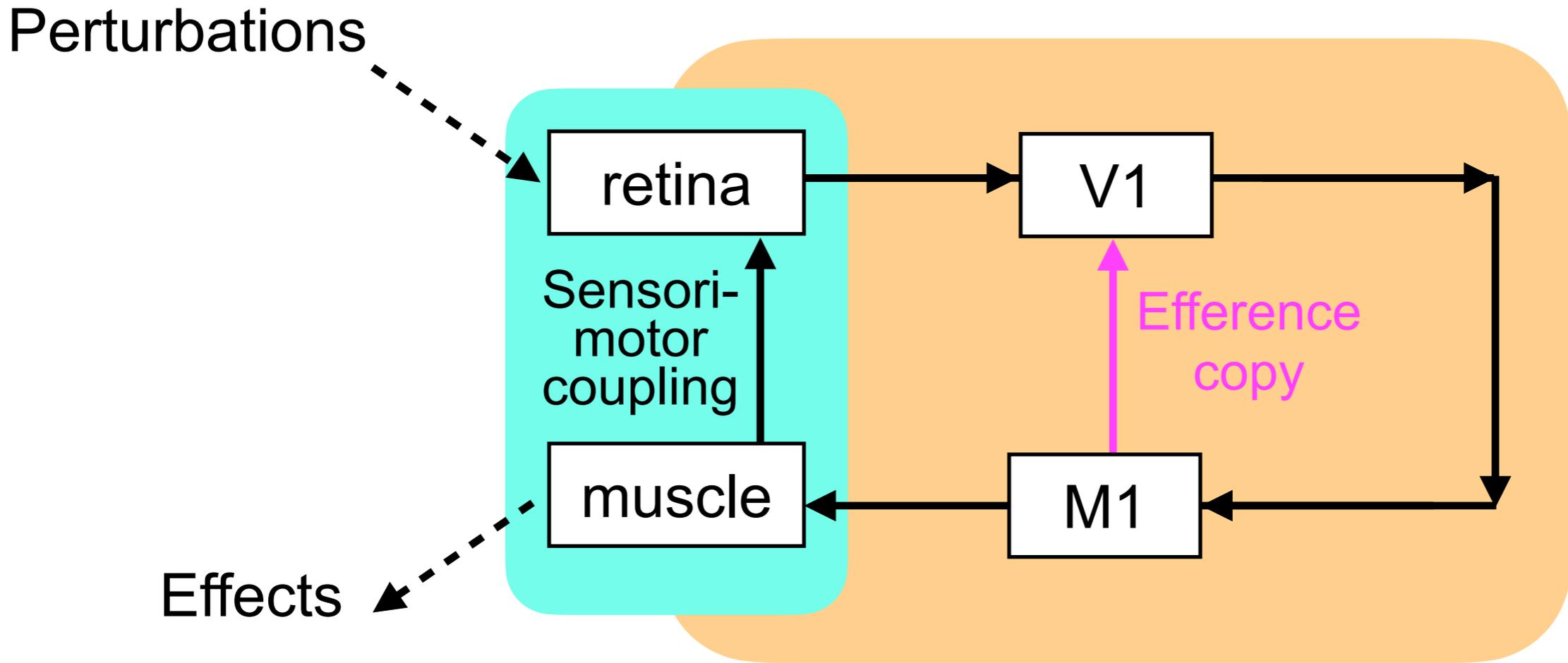
「入出力関係
によっては
規定されない」

Effects



=>オートポイエーシス

オートポイエーシス = 操作的閉包 + 構造的カップリング



3) 構造的カップリング

外界とagentの内部状態は相互作用の履歴の結果、お互いの適合につながっている

1) 境界の自己決定

たとえば、マルコフブランケットによる実現

2) 操作的閉包

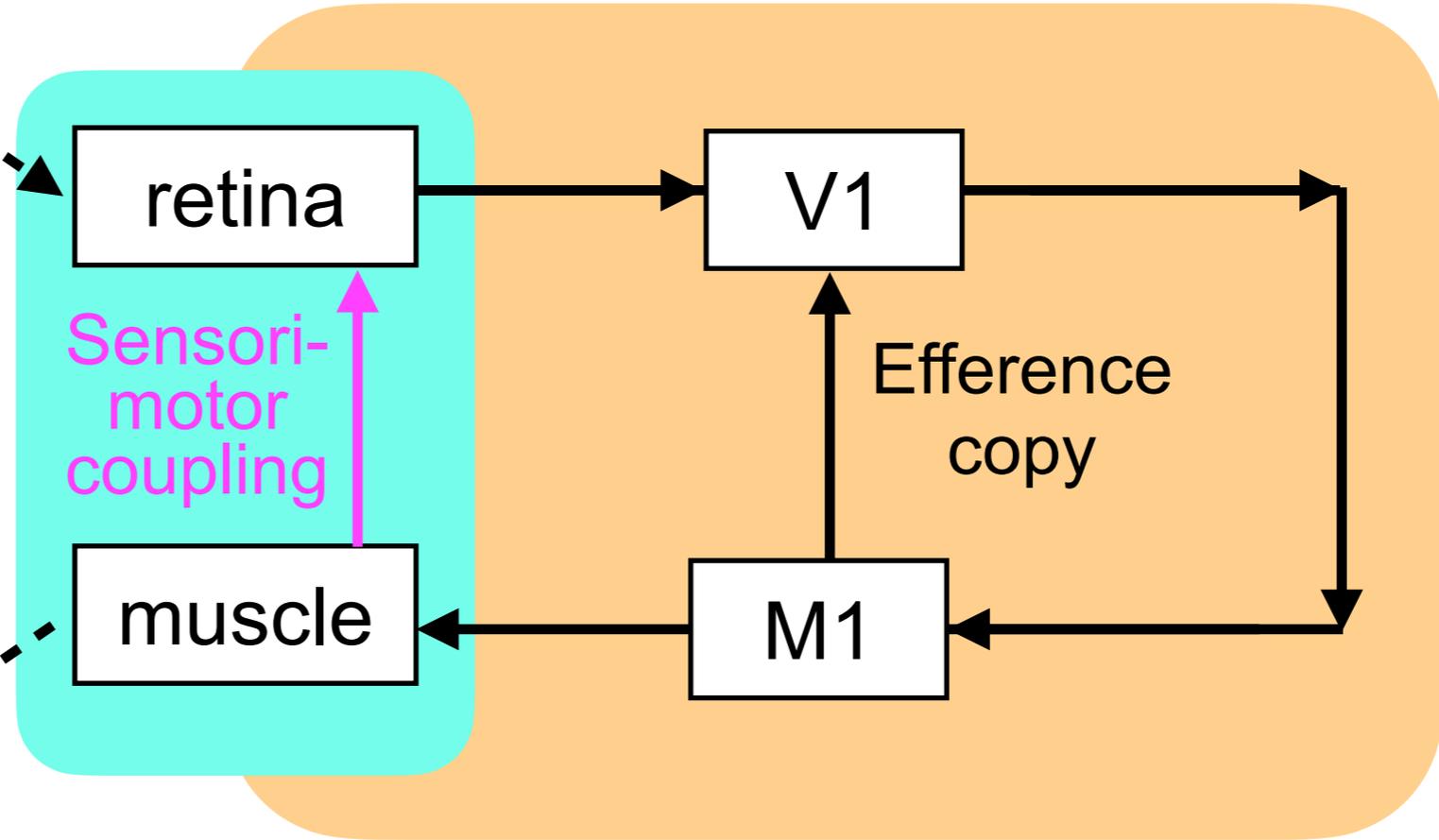
活動電位という「通貨」をやり取りしながら互いを維持している

エネルギーのやり取りはこのループとはカップルしていない

オートポイエーシス = 操作的閉包 + 構造的カップリング

Perturbations

Effects



3) 構造的カップリング

外界とagentの内部状態は相互作用の履歴の結果、お互いの適合につながっている

1) 境界の自己決定

たとえば、マルコフブランケットによる実現

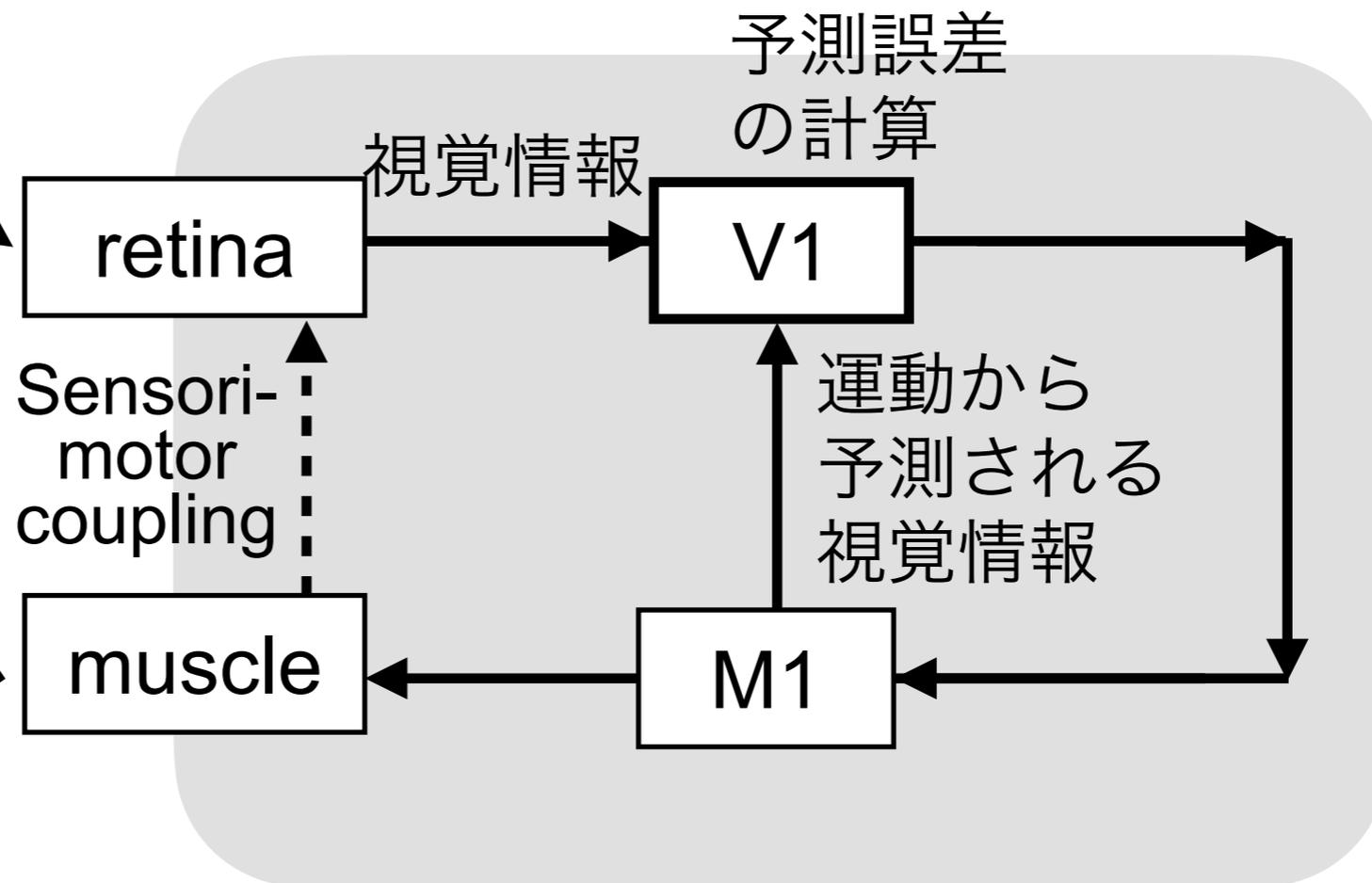
2) 操作的閉包

活動電位という「通貨」をやり取りしながら互いを維持している

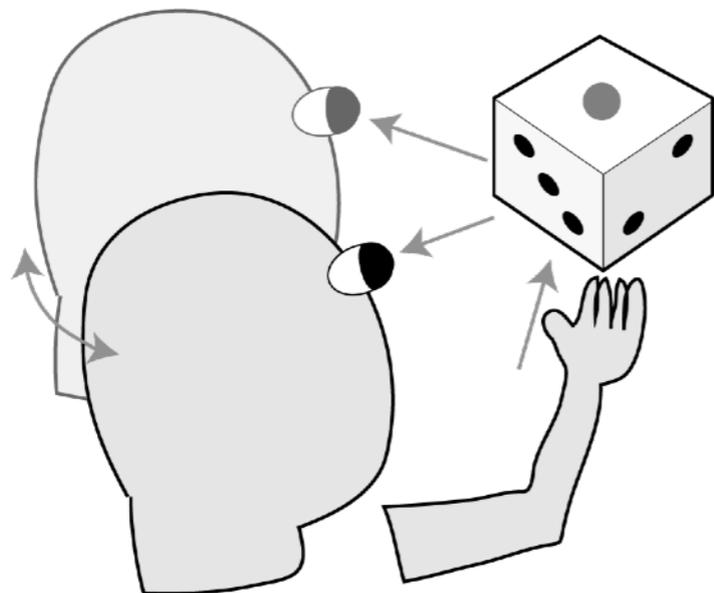
エネルギーのやり取りはこのループとはカップルしていない

Perturbations

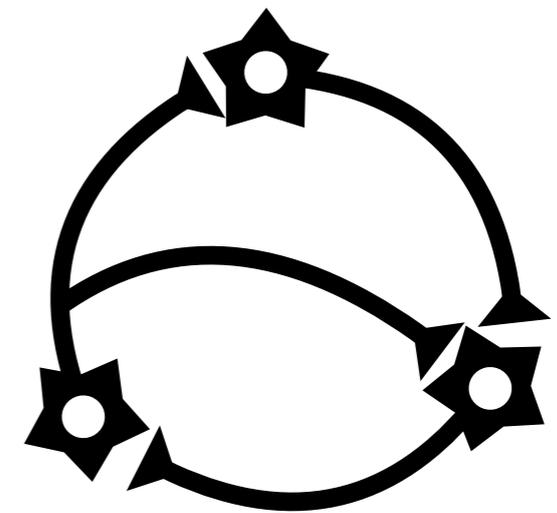
Effects



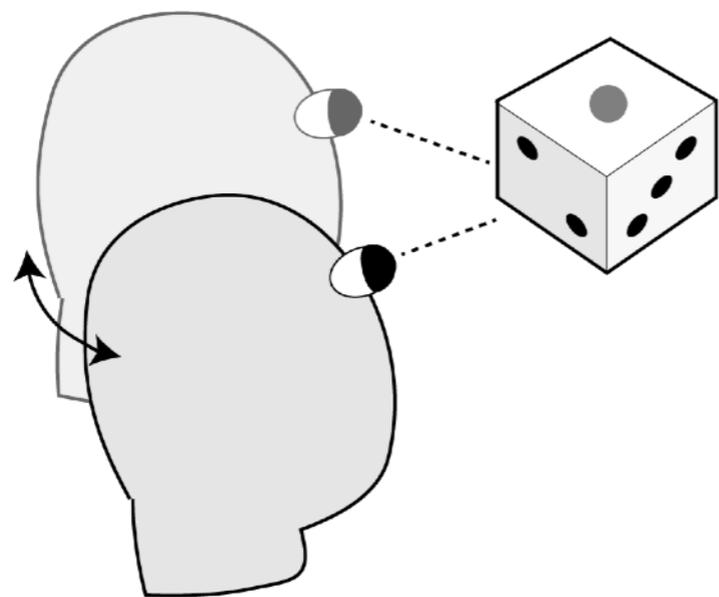
感覚運動
カップリング



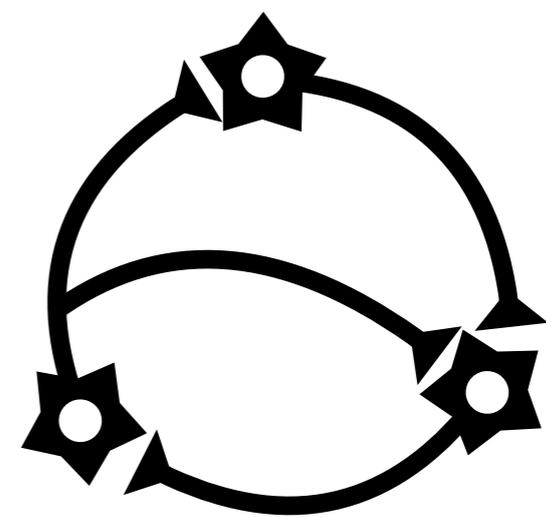
ニューロン間
ネットワーク



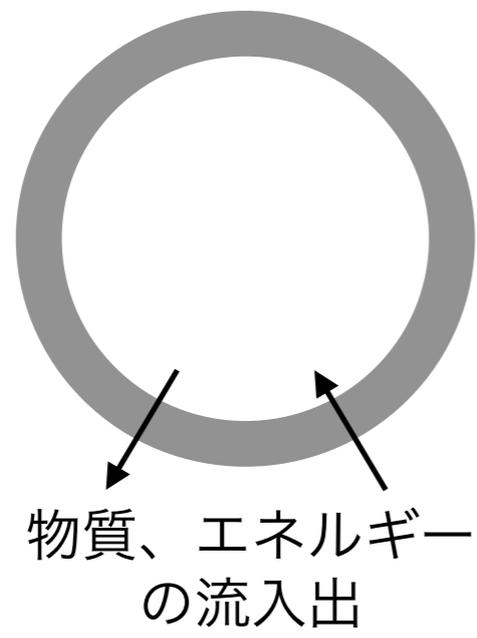
感覚運動
カップリング



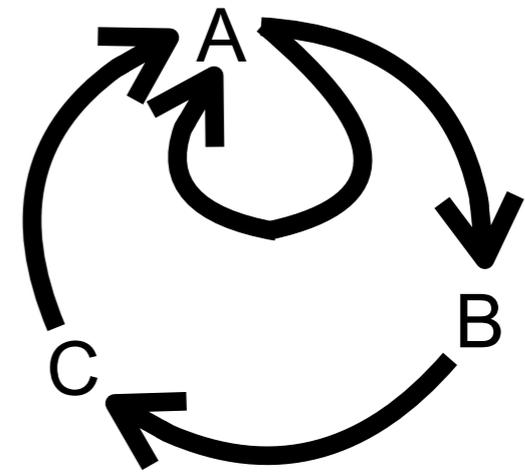
ニューロン間
ネットワーク

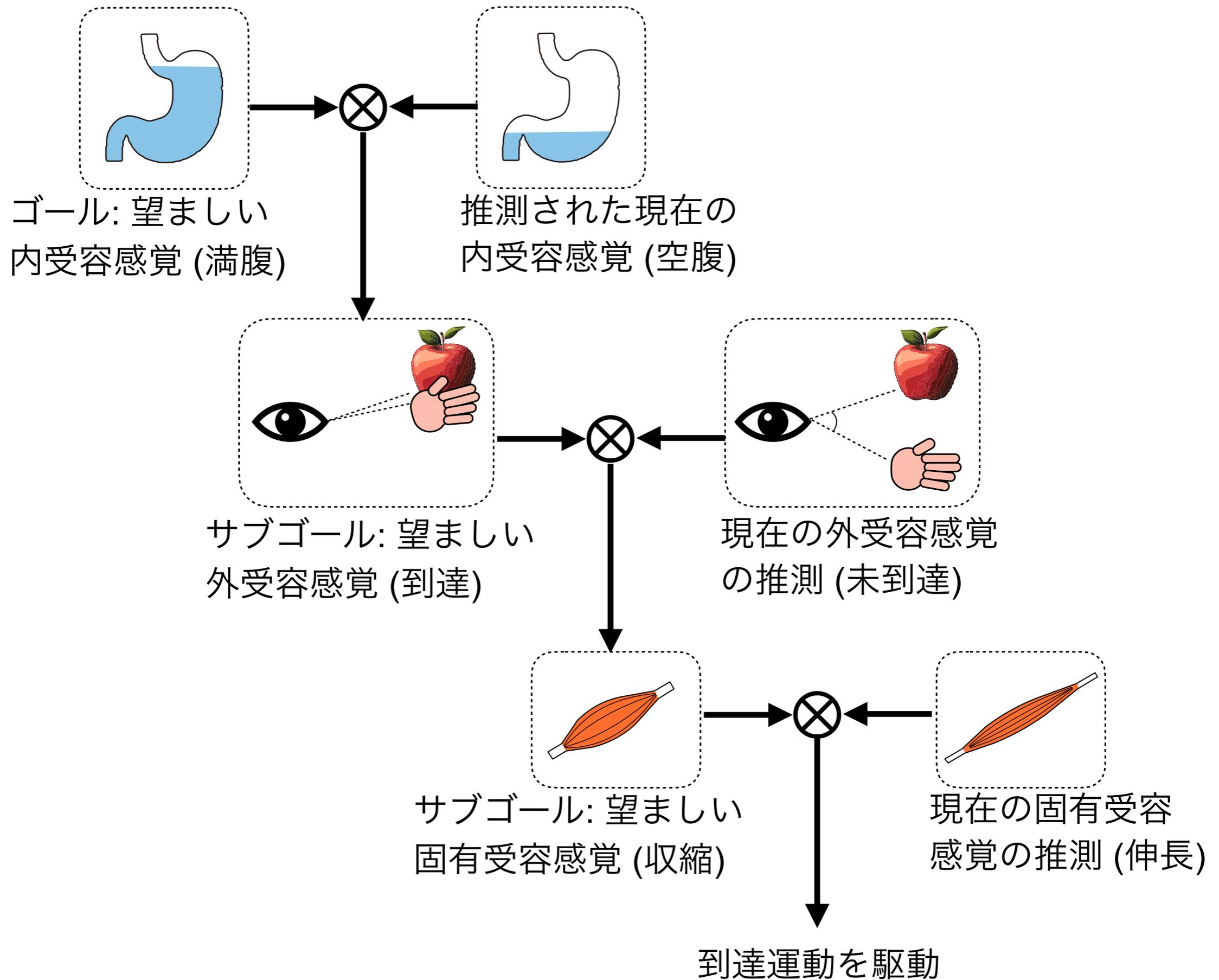


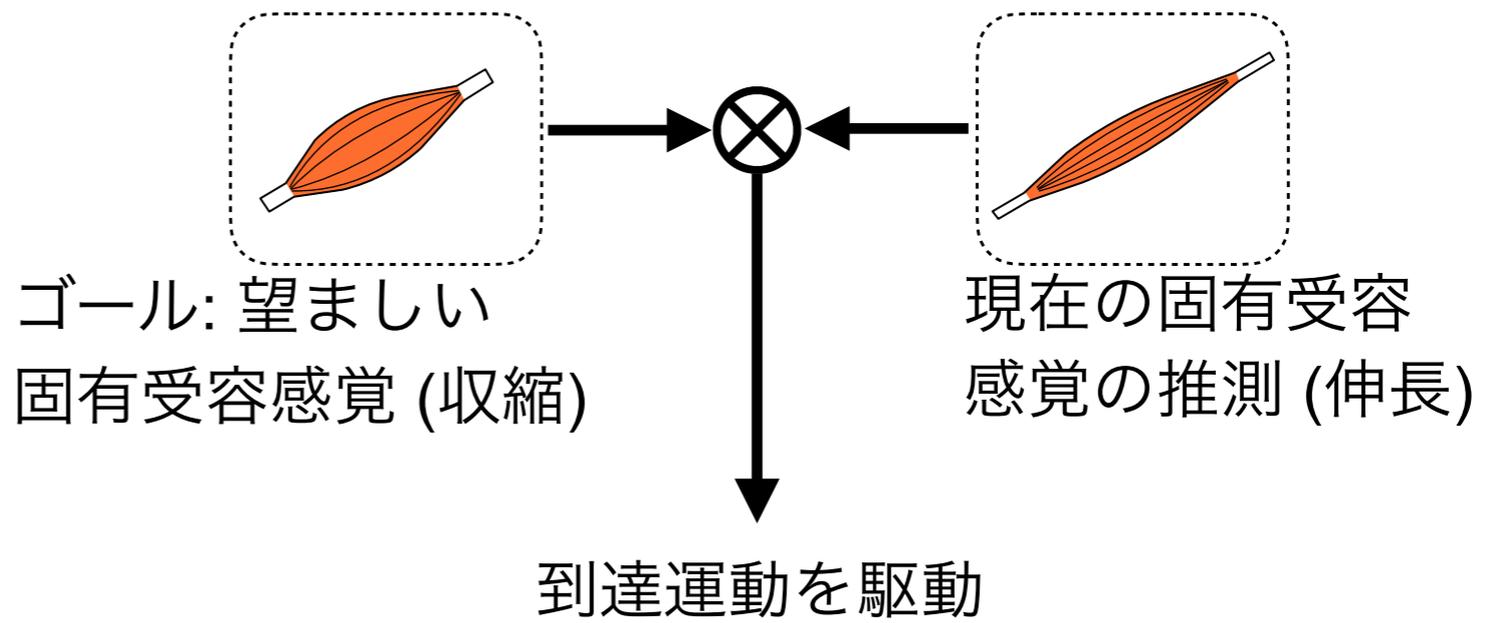
細胞膜の
空間配置



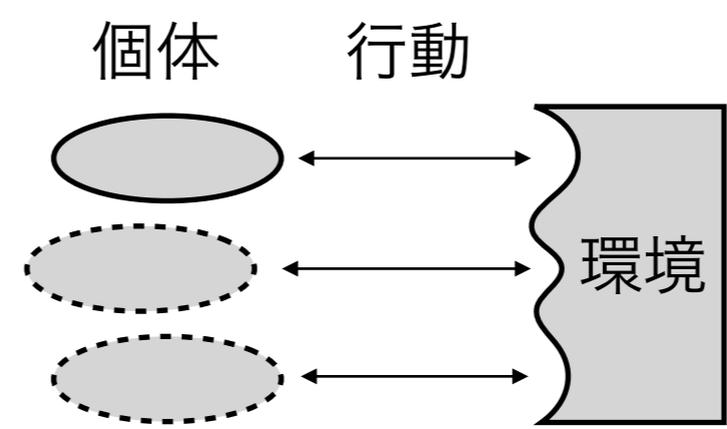
細胞内代謝
ネットワーク



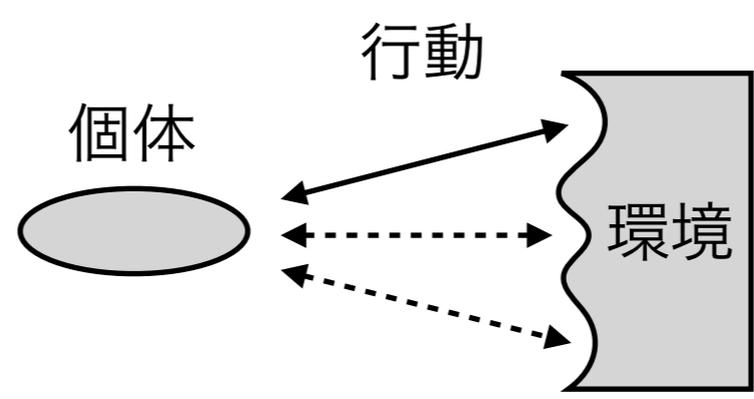




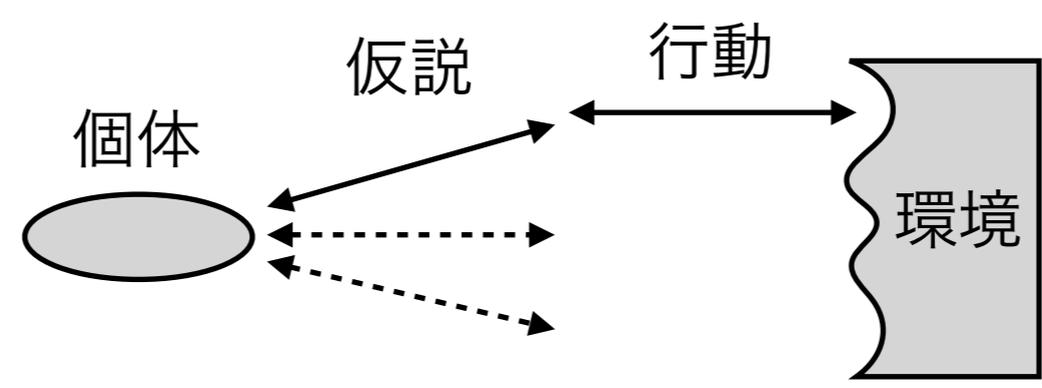
ダーウィン型生物



スキナー型生物

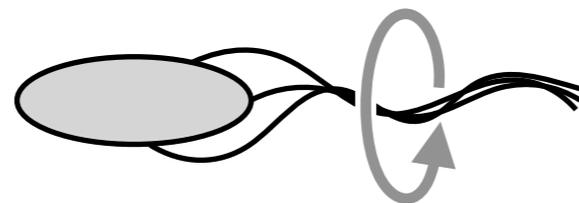


ポパー型生物

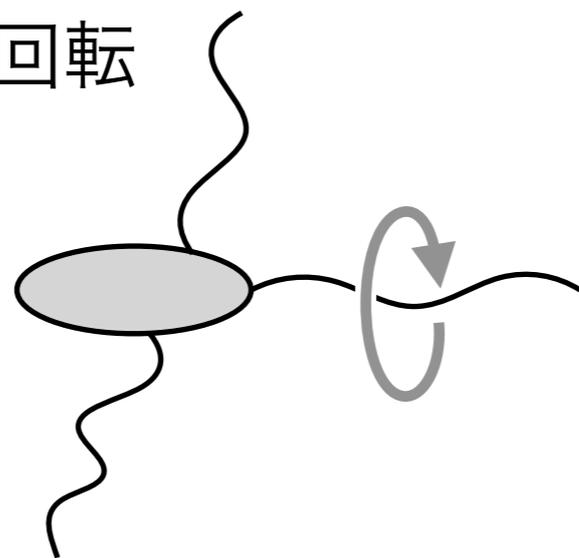


A)

前進

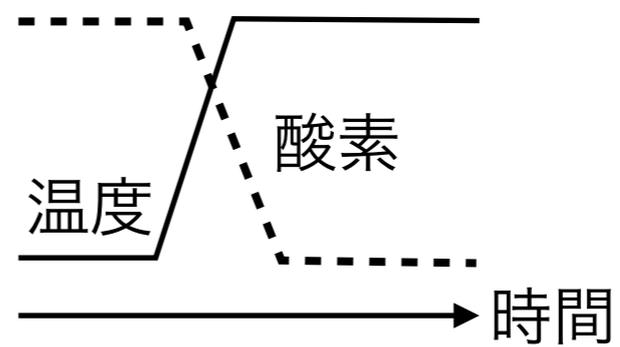


回転

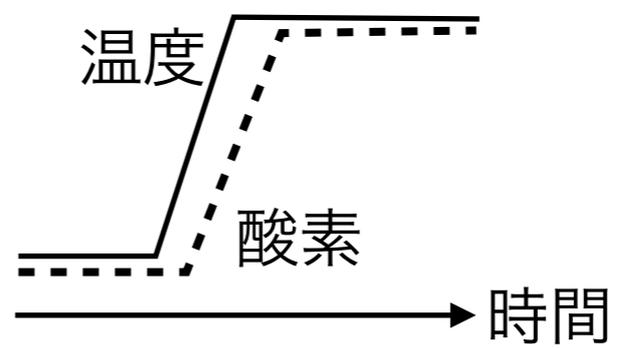


B)

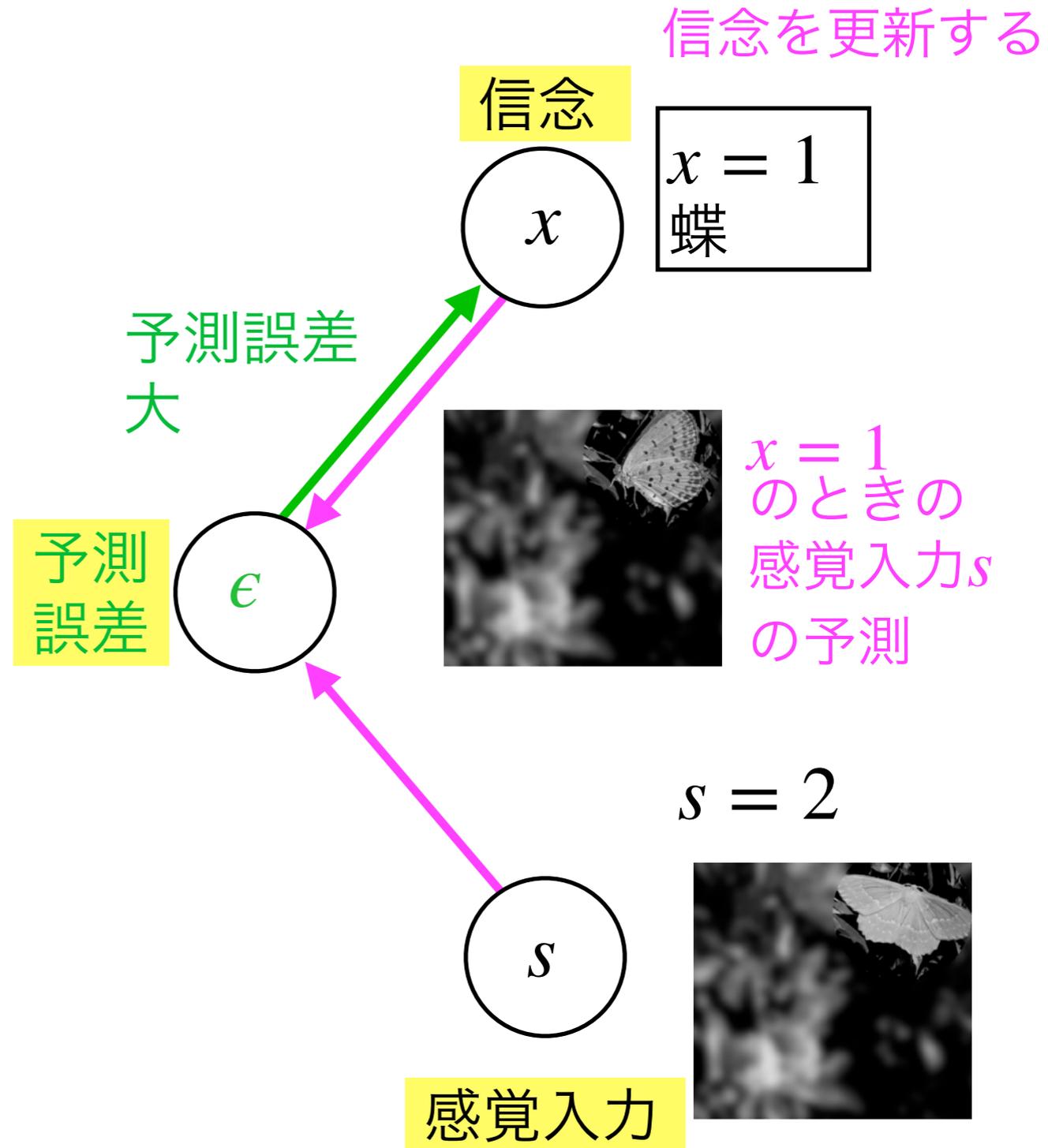
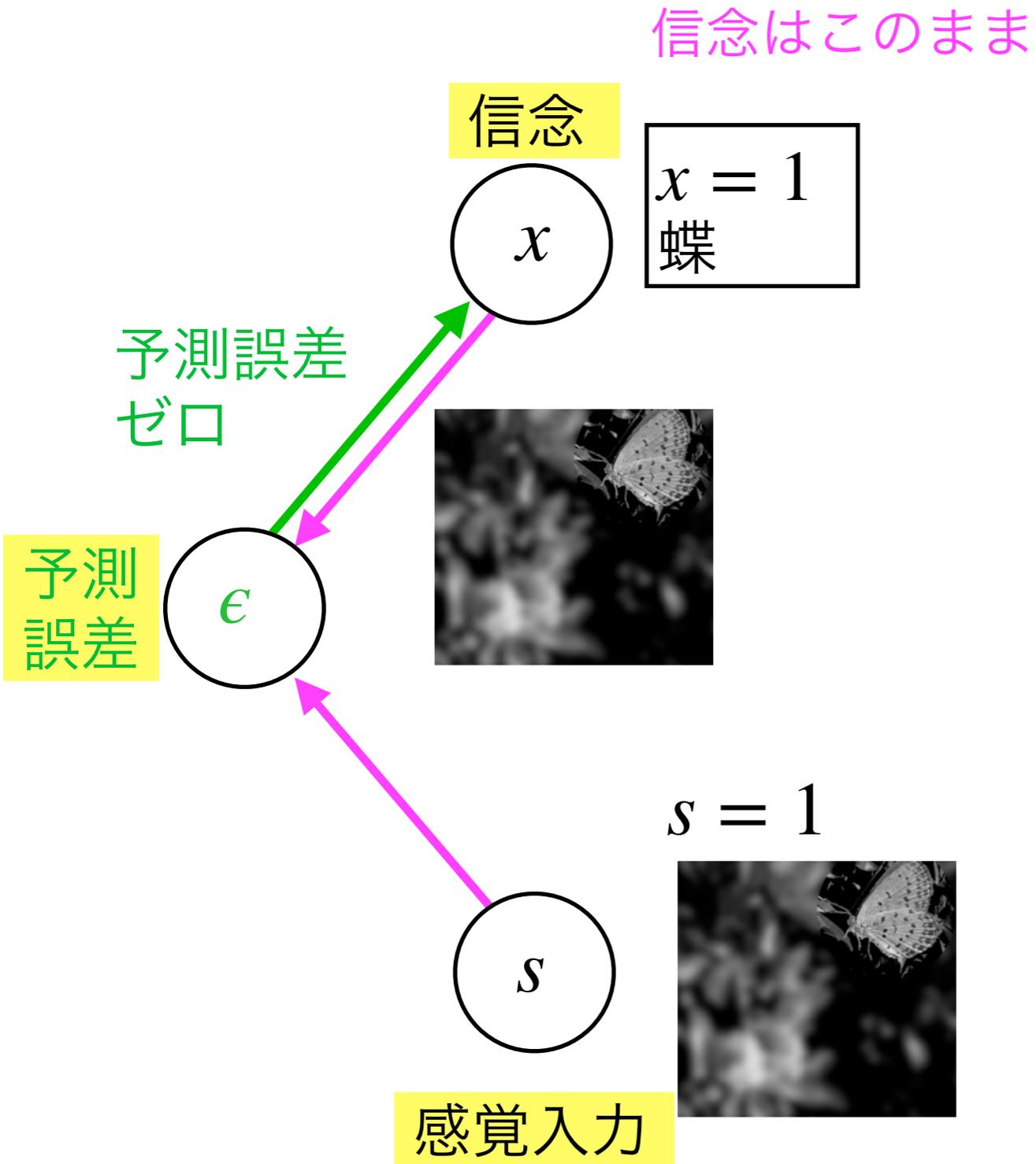
通常の環境



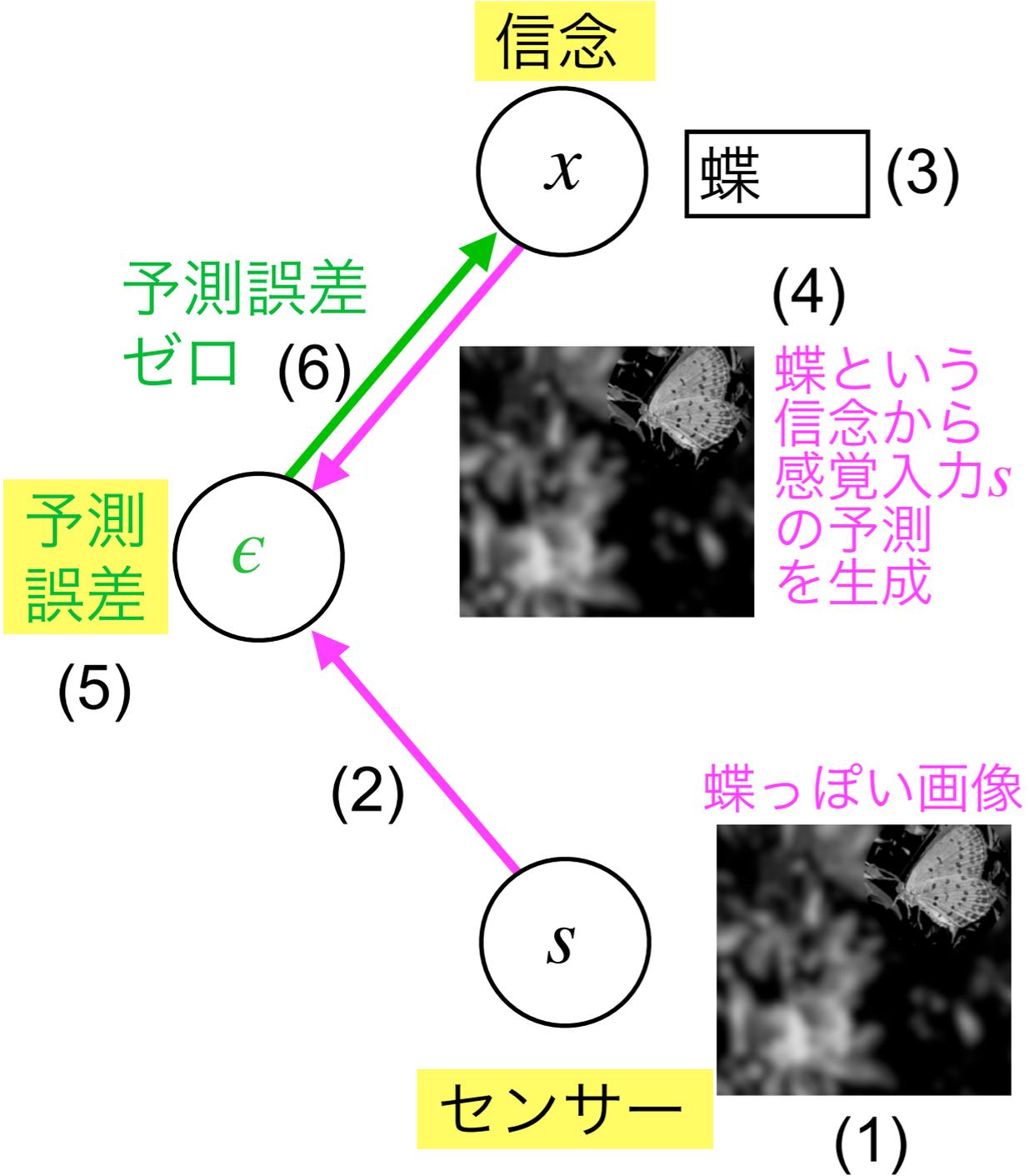
実験室での操作



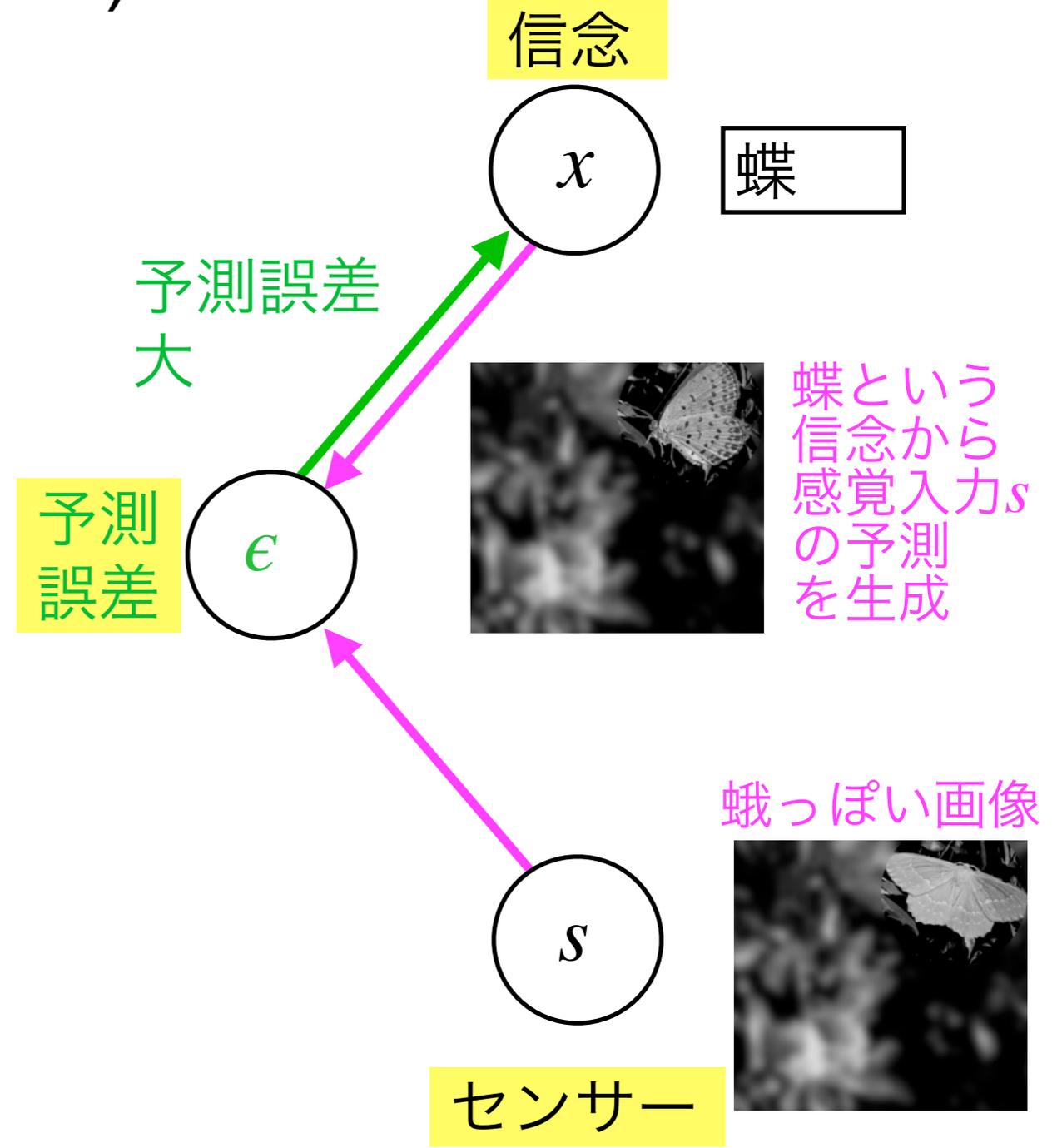
知覚を予測誤差最小化で説明



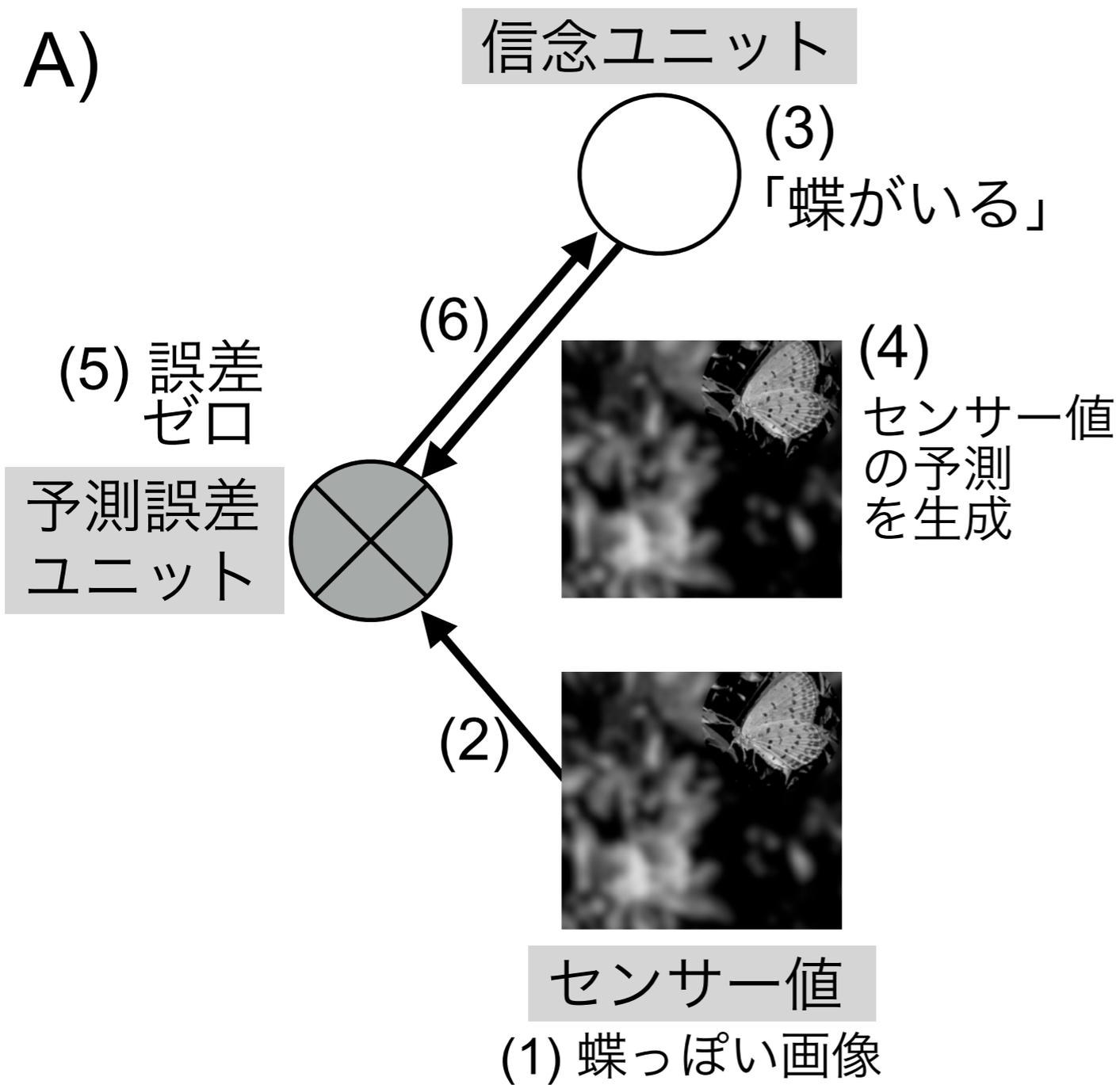
A)



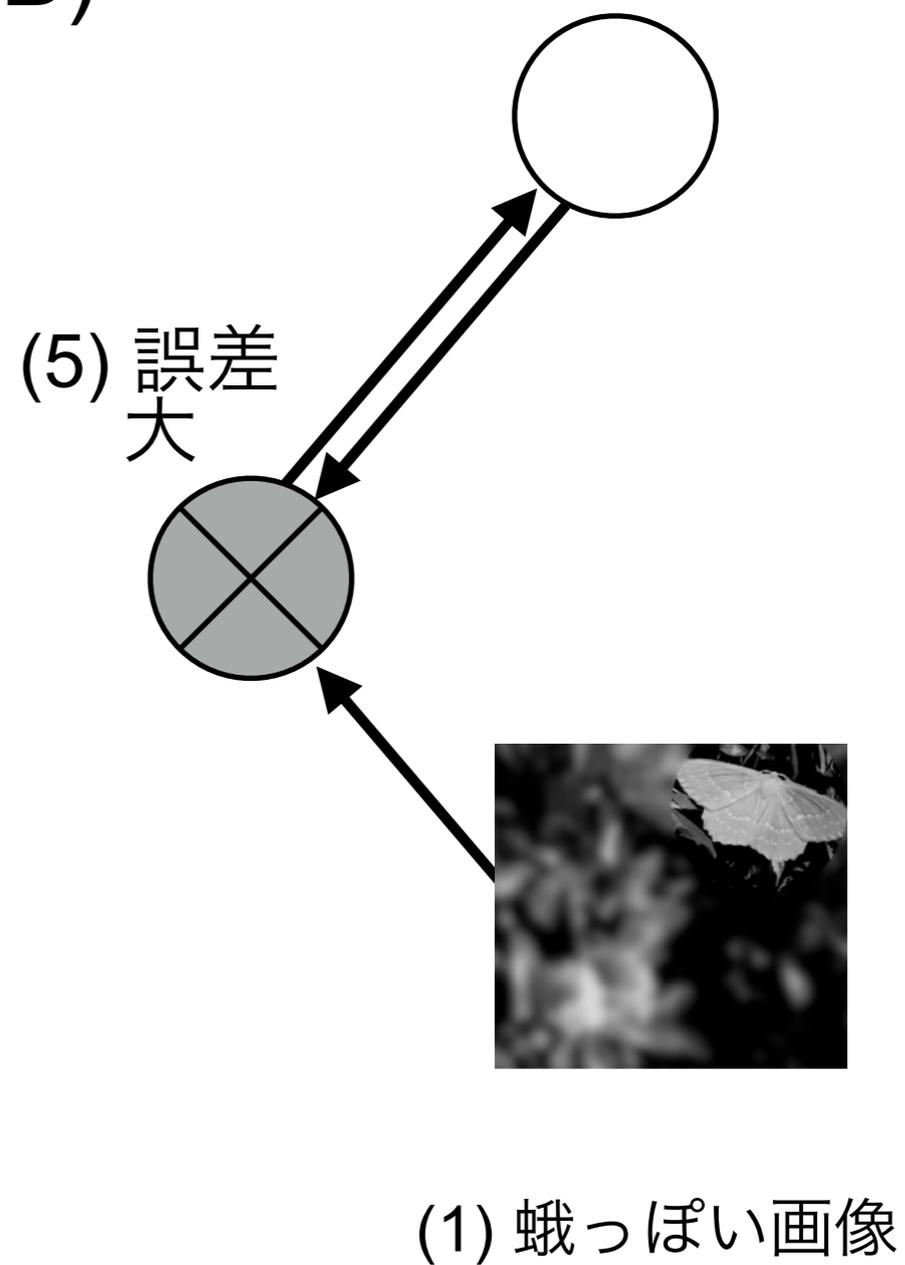
B)



A)

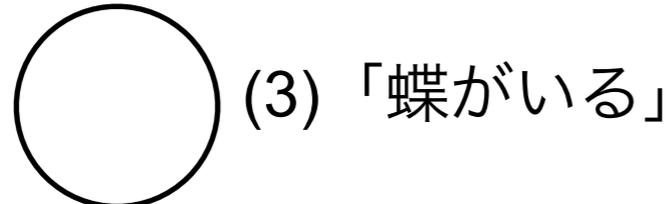


B)



A)

信念ユニット

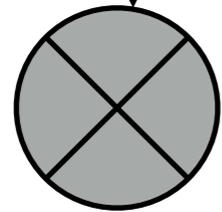


生成モデル



(4) センサー値
の予測
を生成

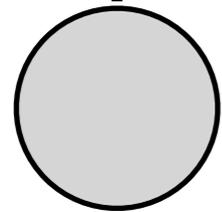
(6)



(5) 誤差ゼロ
予測誤差
ユニット

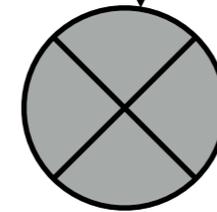
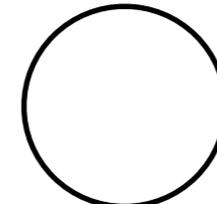
(2)

(1) 蝶っぽい画像



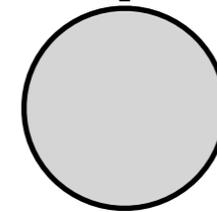
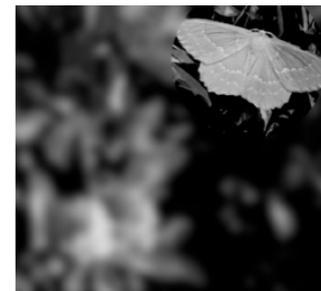
センサー値

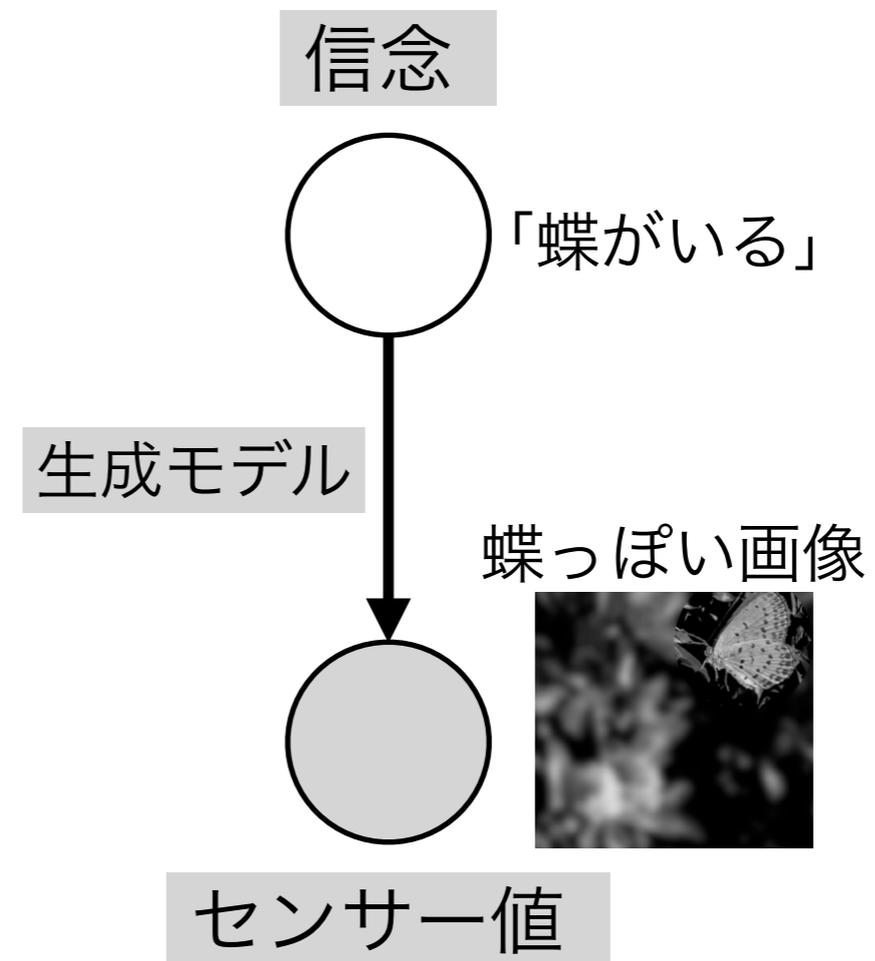
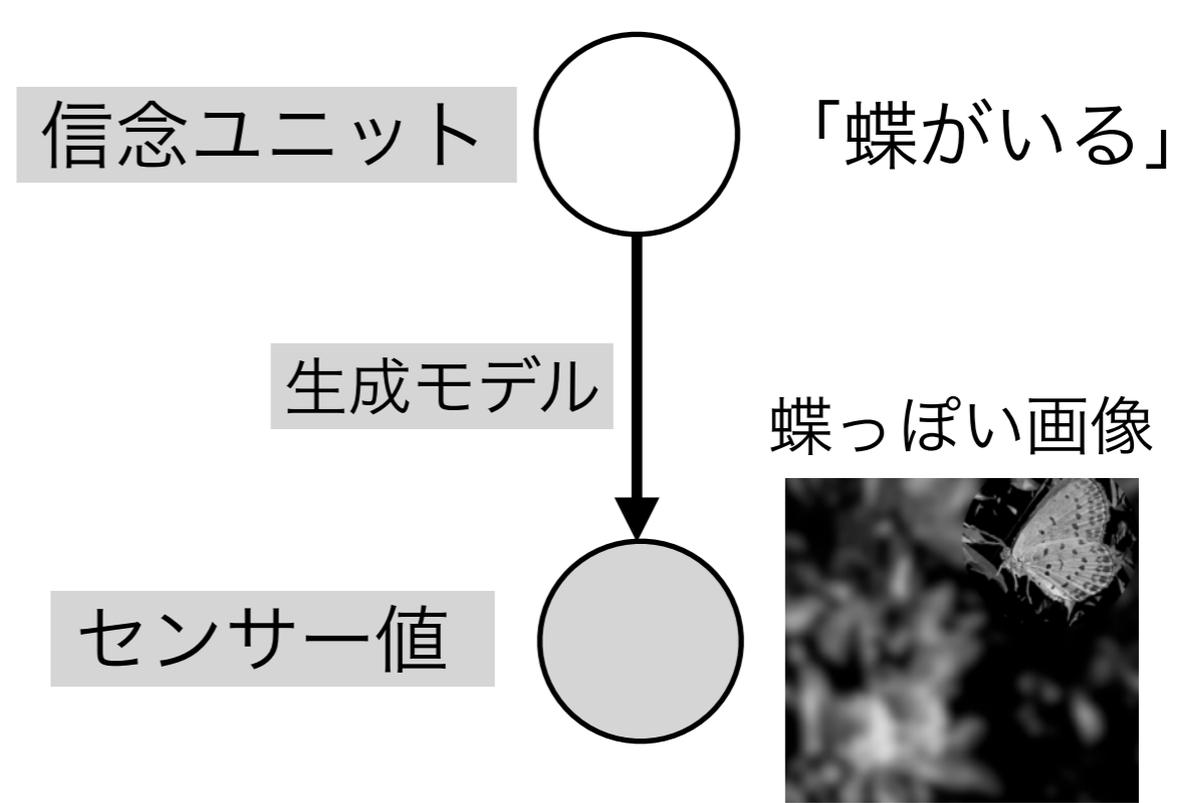
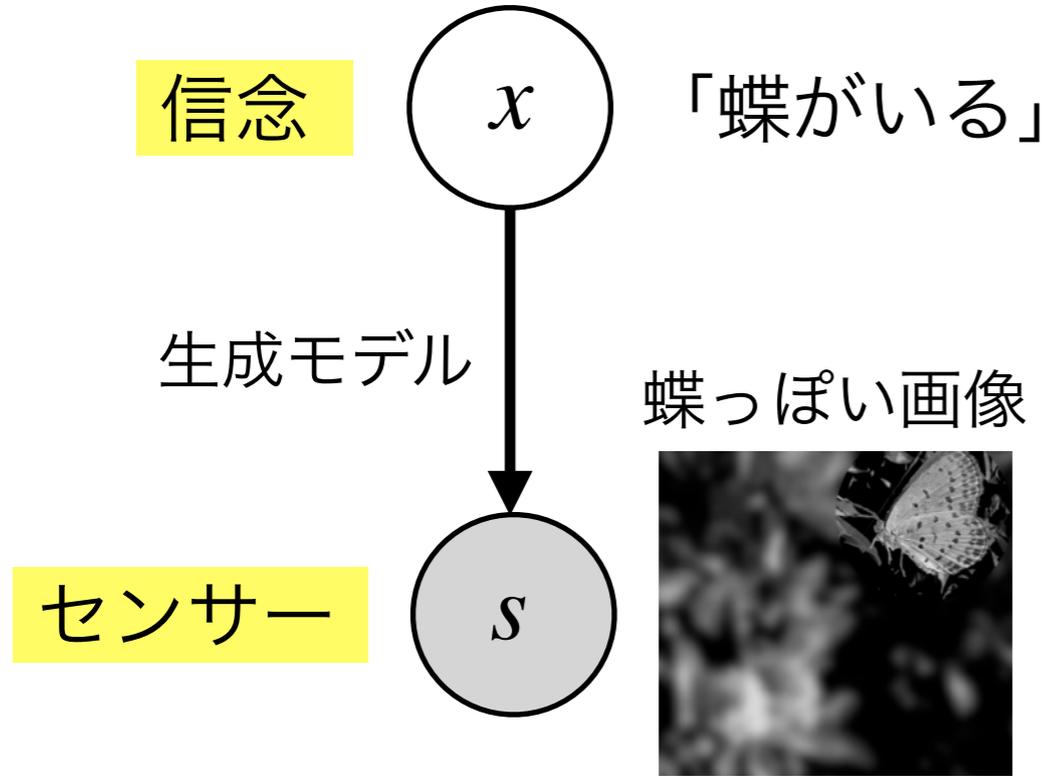
B)



(5) 誤差大

(1) 蛾っぽい画像





骨格筋の状態

信念ユニット

生成モデル

センサー値

筋紡錘

骨格筋の状態

信念

x

生成モデル

センサー

s

筋紡錘

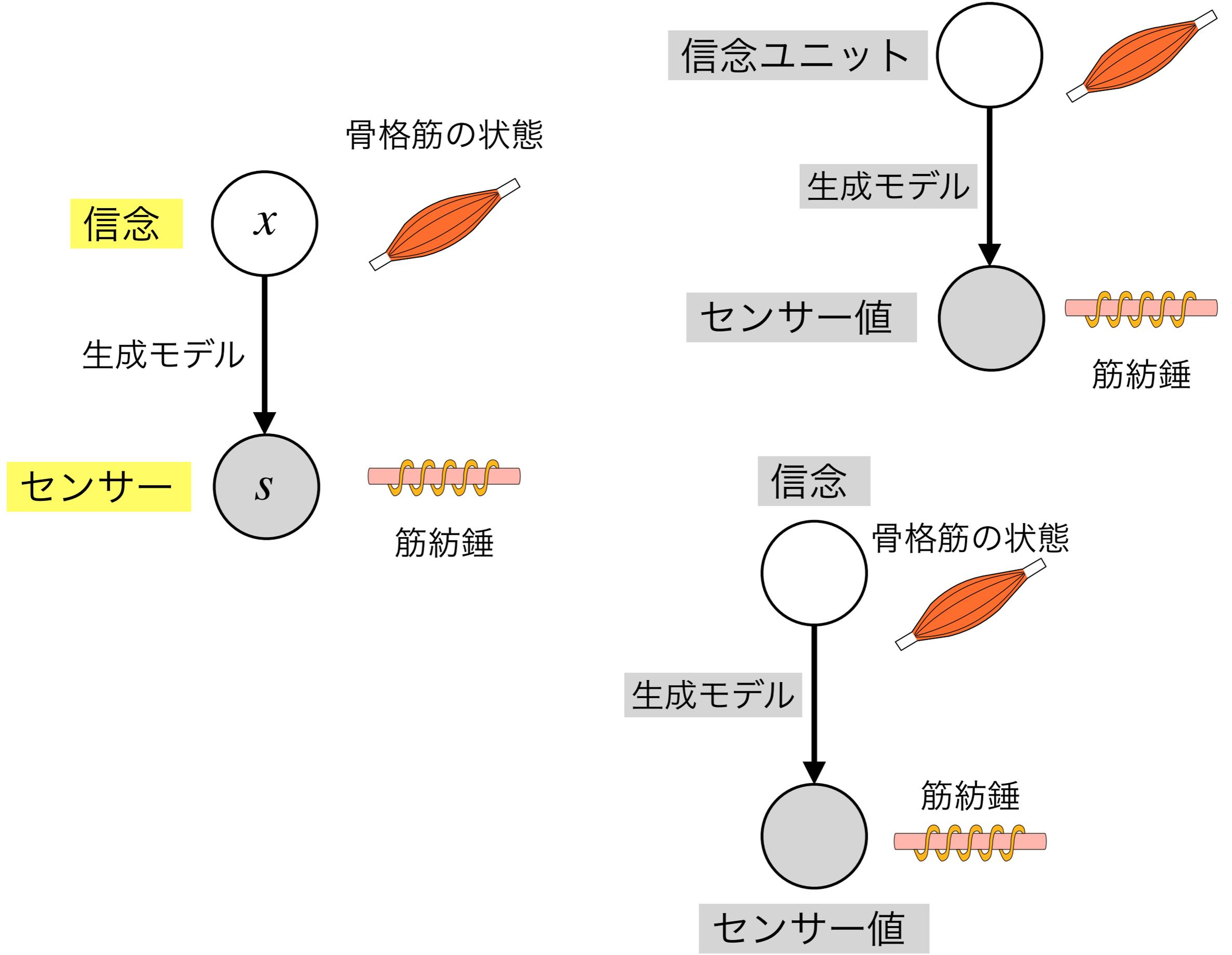
信念

骨格筋の状態

生成モデル

センサー値

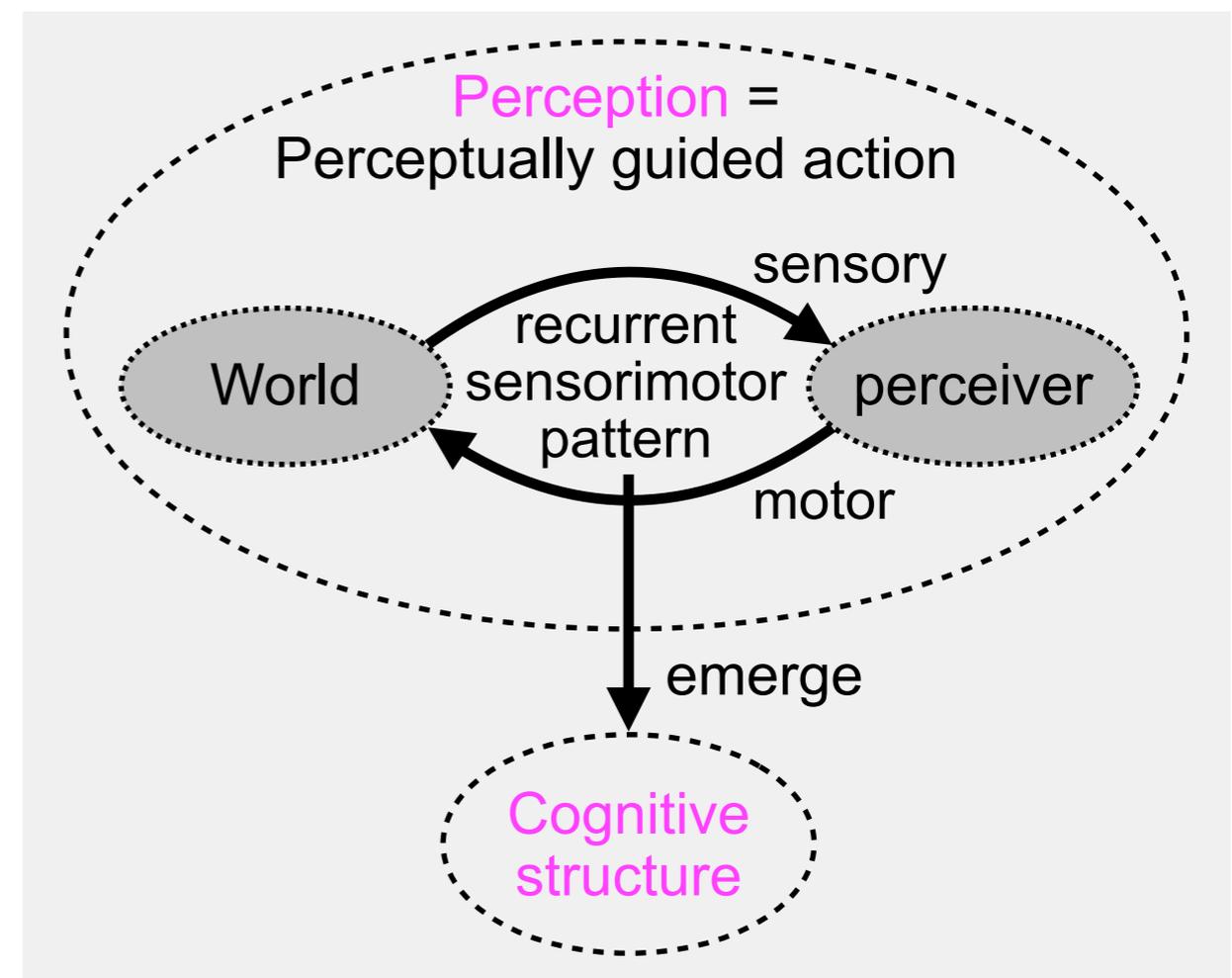
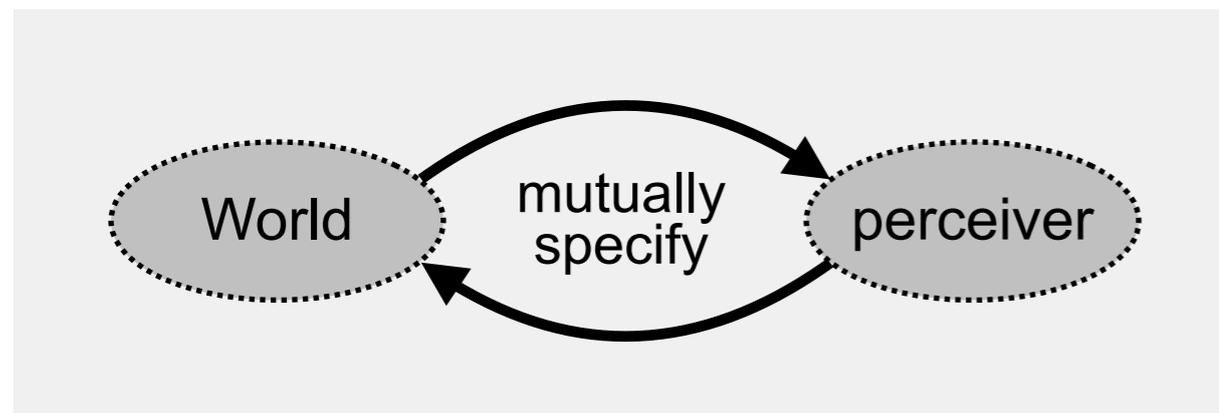
筋紡錘



Cognition as Embodied Action

What is the **enactive approach**?

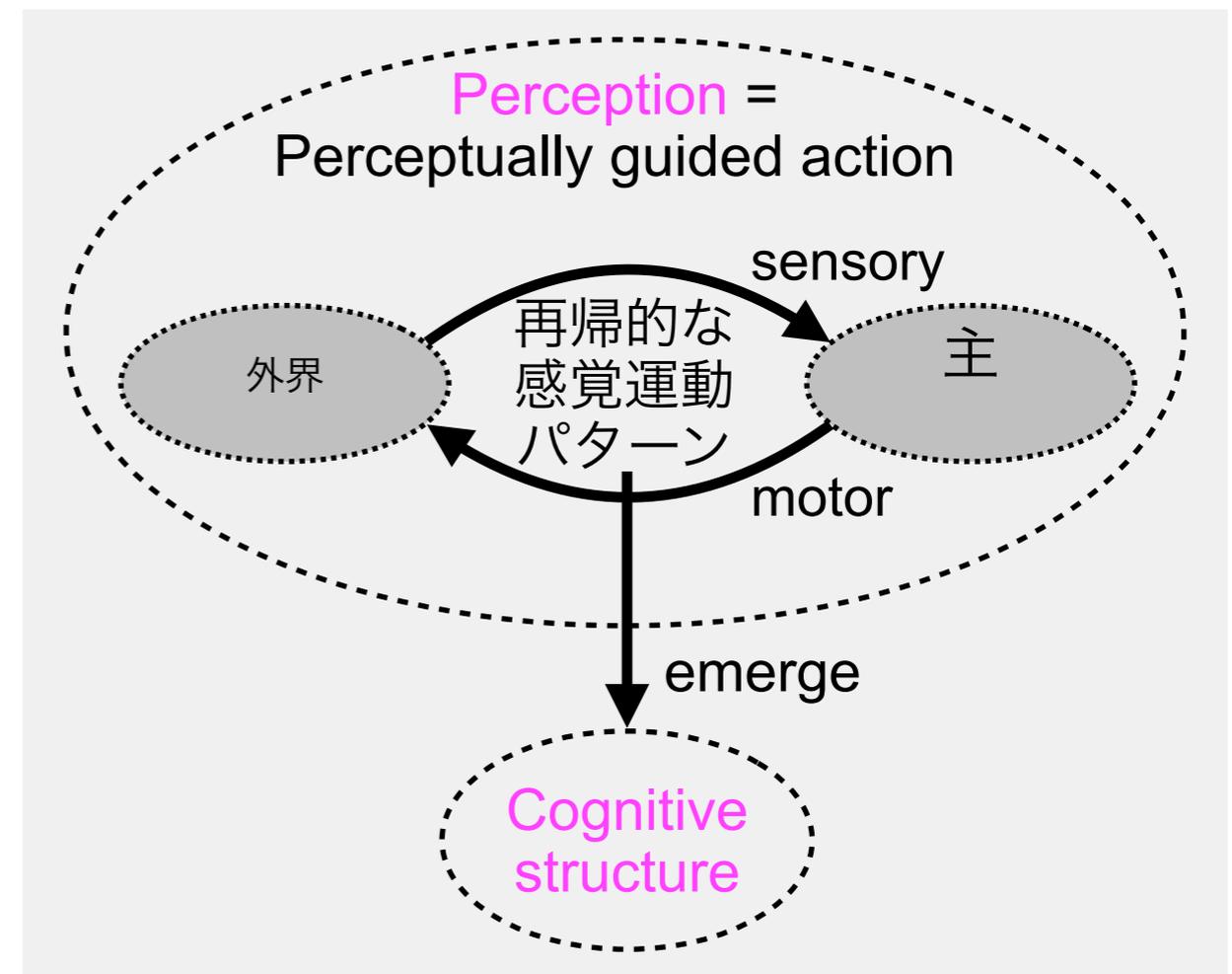
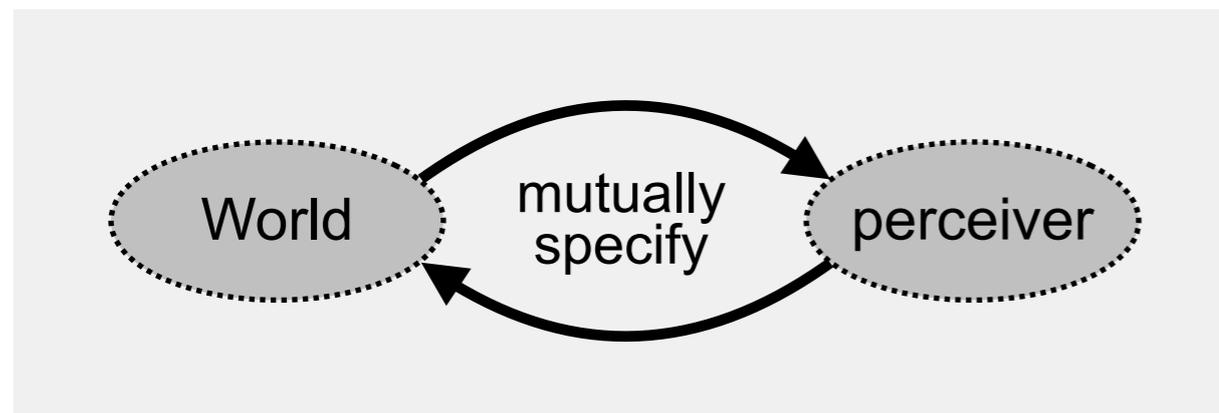
- (1) **Perception** consists in perceptually guided action.
- (2) **Cognitive structures** emerge from the recurrent sensorimotor patterns that enable action to be perceptually guided.



Cognition as Embodied Action

What is the **enactive approach**?

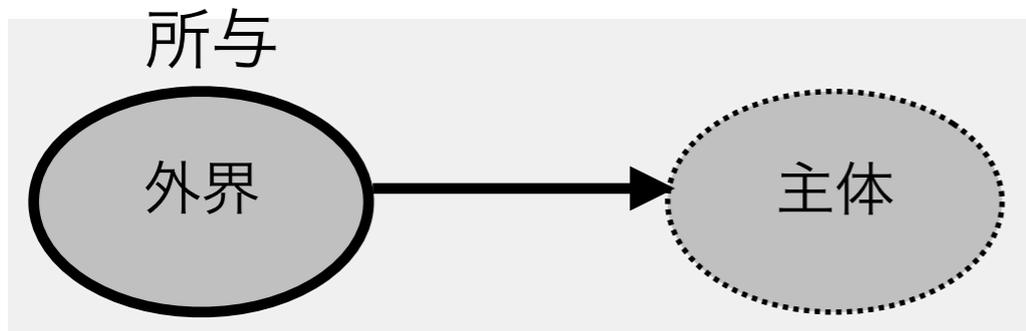
- (1) **Perception** consists in perceptually guided action.
- (2) **Cognitive structures** emerge from the recurrent sensorimotor patterns that enable action to be perceptually guided.



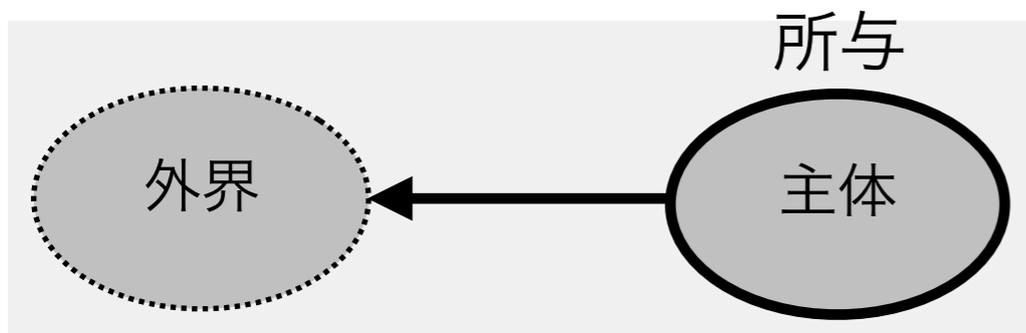
エナクティヴィズムとは

表象主義

古典的表象主義



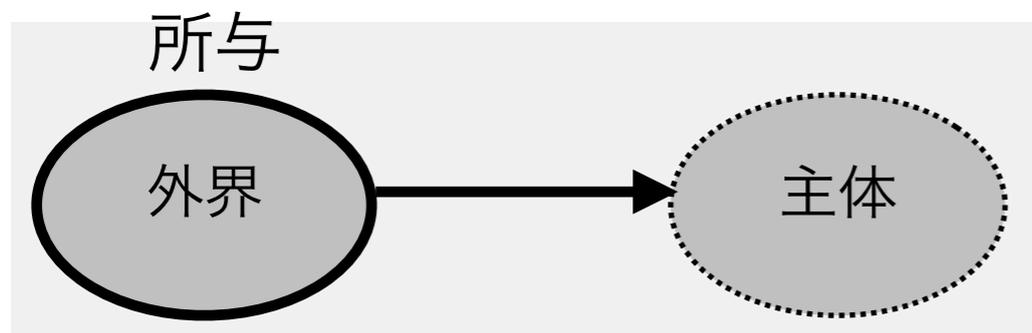
ヘルムホルツの無意識的推論



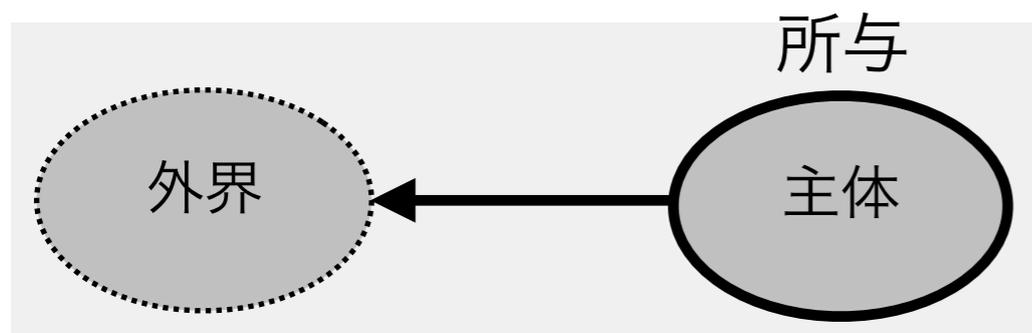
Enactiveアプローチ



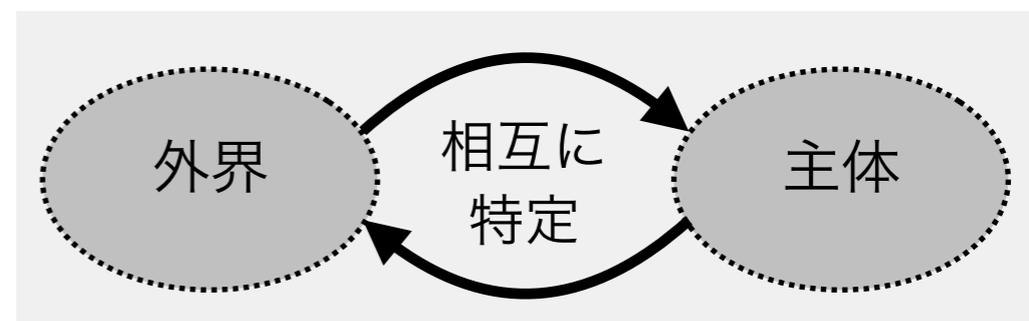
古典的表象主義



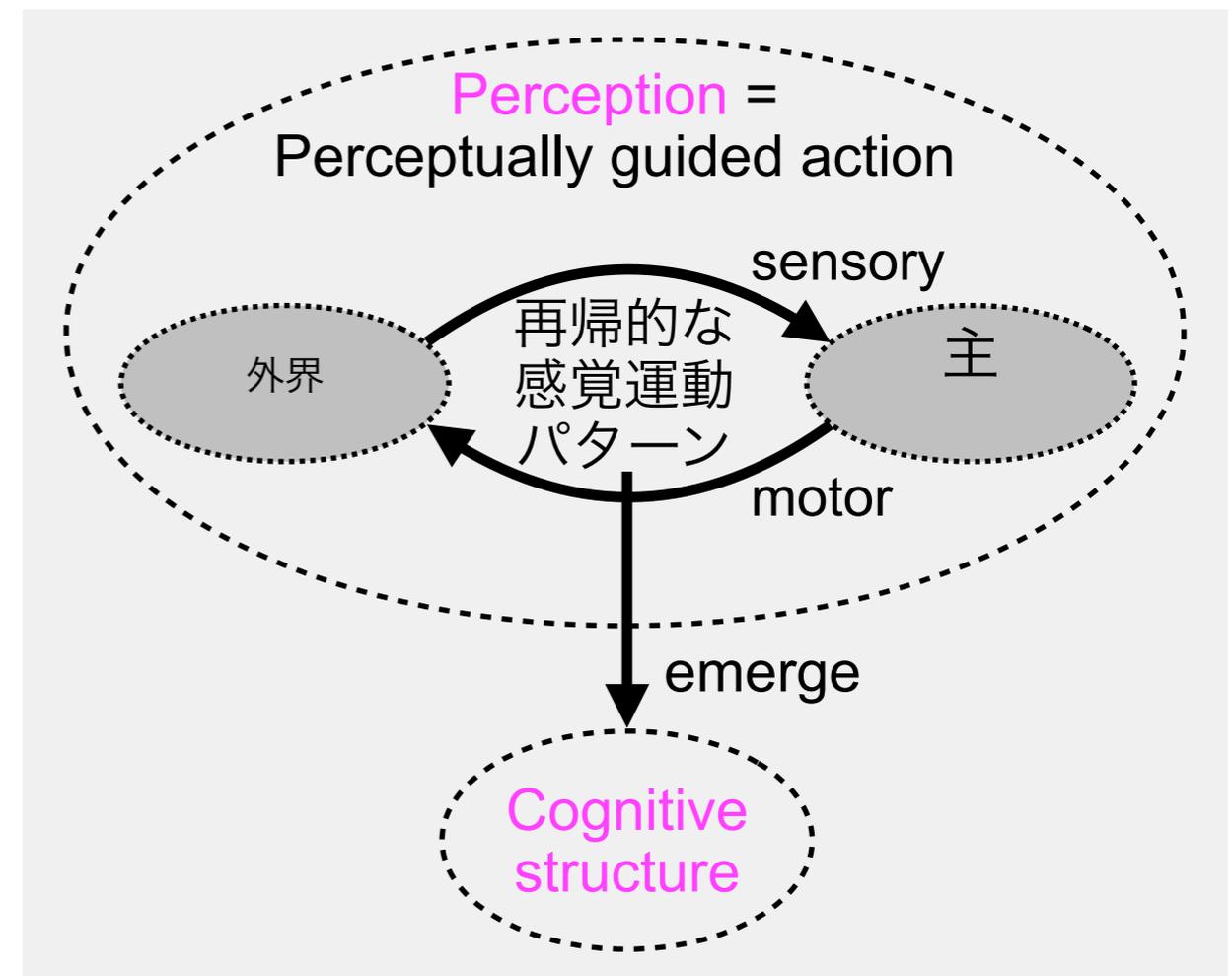
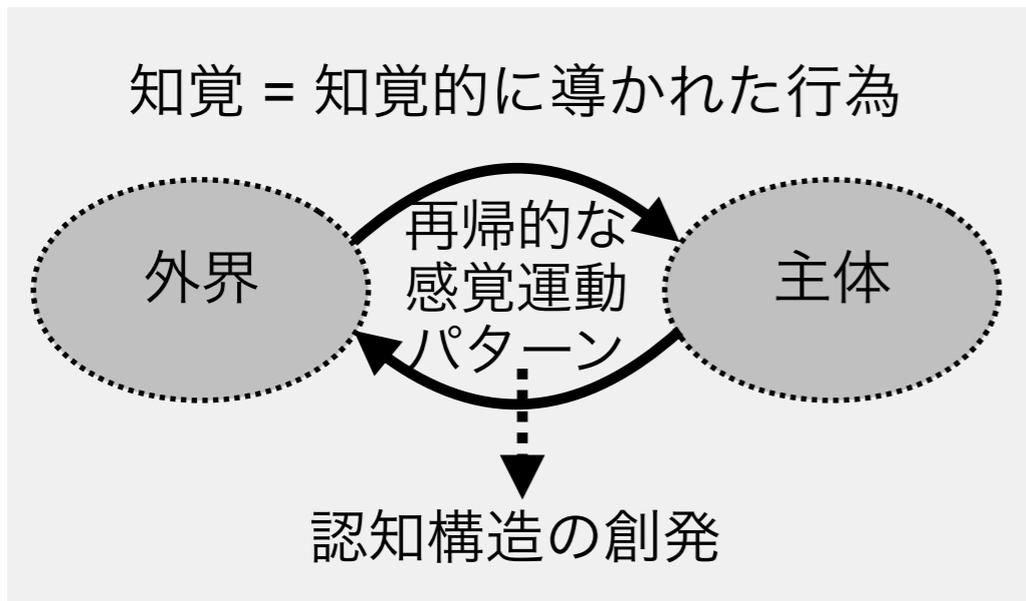
独我論



Enactiveアプローチ



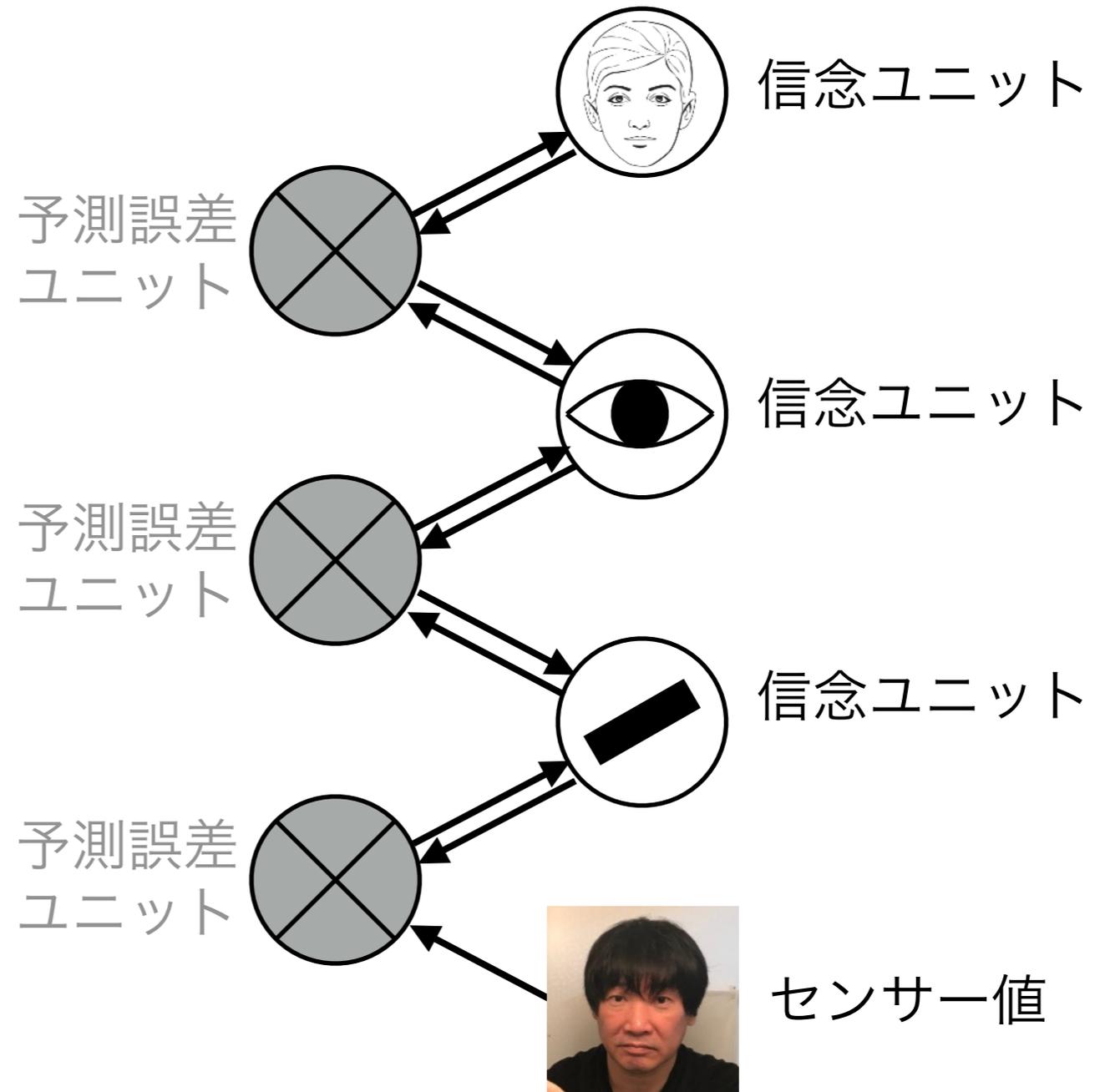
エナクティヴィズムとは



予測誤差最小化理論

神経細胞を
予測する
ユニットと
予測誤差を送る
ユニットの
組み合わせ
として捉える

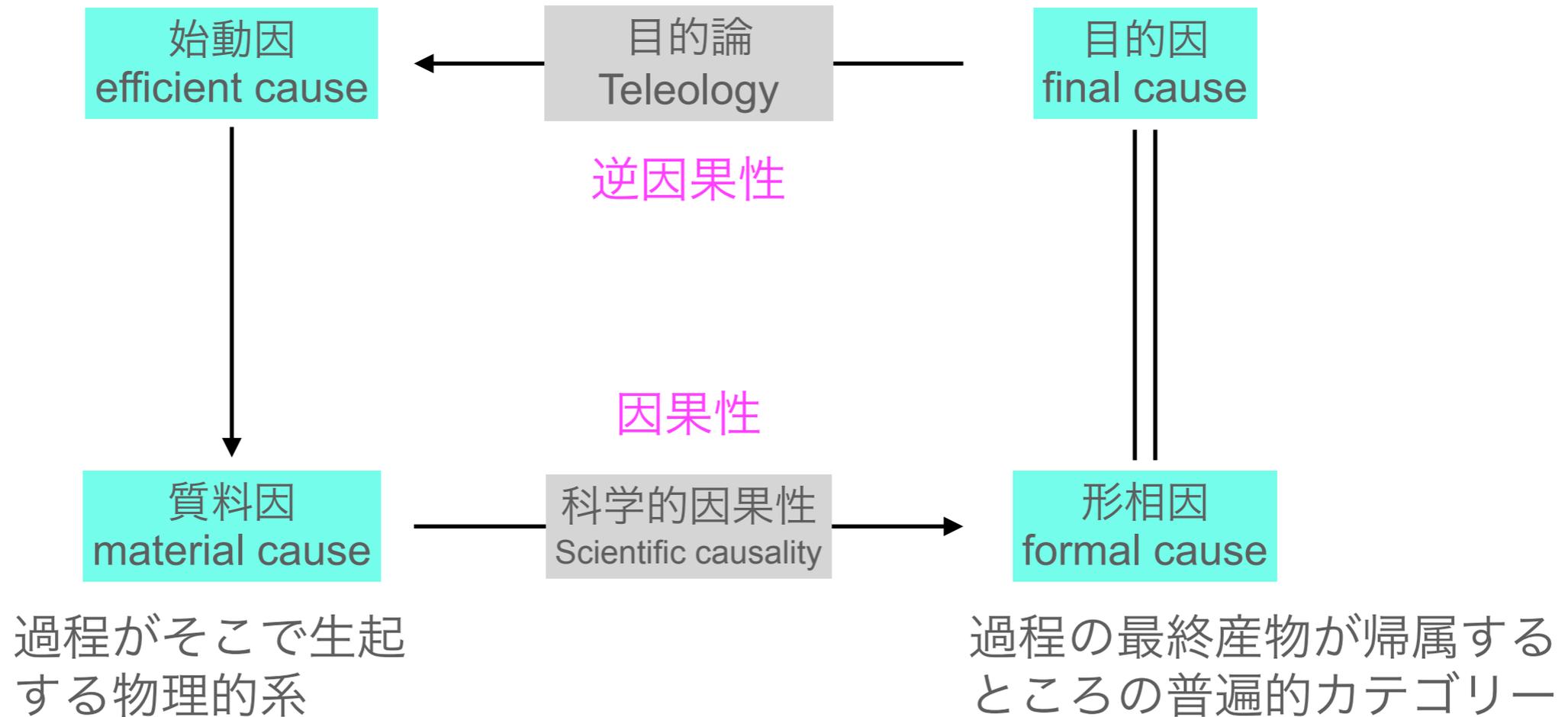
PredNetのような
DNNに対応



「アリストテレスの四原因」の再解釈

ある過程を開始する行為者が遂行する意図的行動

この過程においてこの行為者によって意図された対象もしくは事態



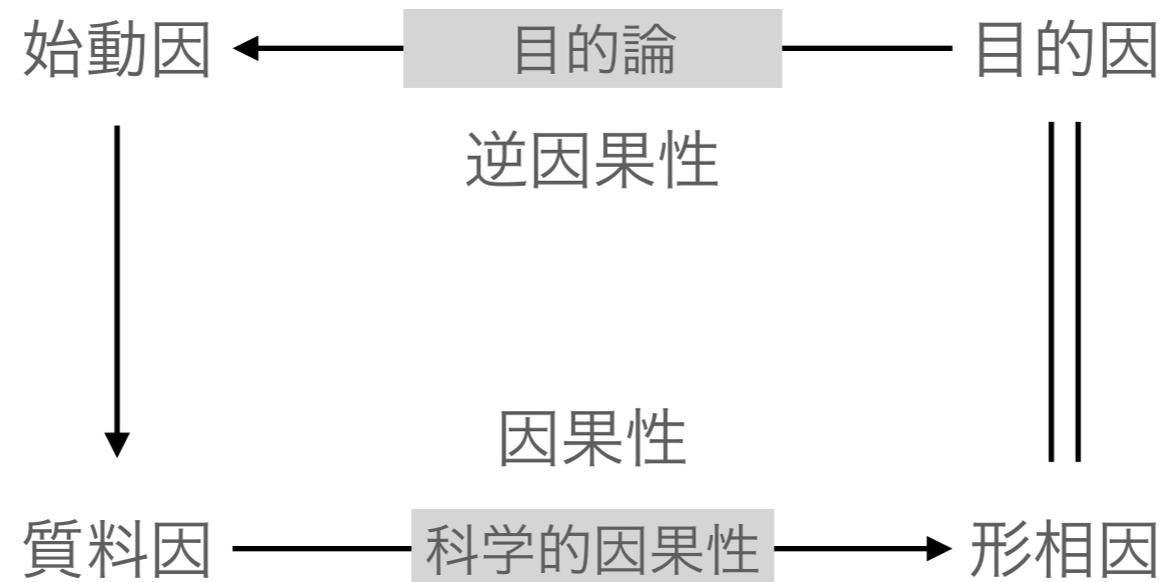
価値の基礎にあるものは「目的因」。(時間的に後にあるものが、時間的に前にあるものを決定)

「始動因」(過去の状態が未来の状態を決定)を因果性と呼ぶなら、

目的因は「逆因果性」と呼べる。

価値追求性を与えているものが物理系にあるとすれば、それは逆因果性。(p.184)

「アリストテレスの四原因」の再解釈



価値の基礎にあるものは「目的因」。(時間的に後にあるものが、時間的に前にあるものを決定)

「始動因」(過去の状態が未来の状態を決定)を因果性と呼ぶなら、

目的因は「逆因果性」と呼べる。

価値追求性を与えているものが物理系にあるとすれば、それは逆因果性。(p.184)

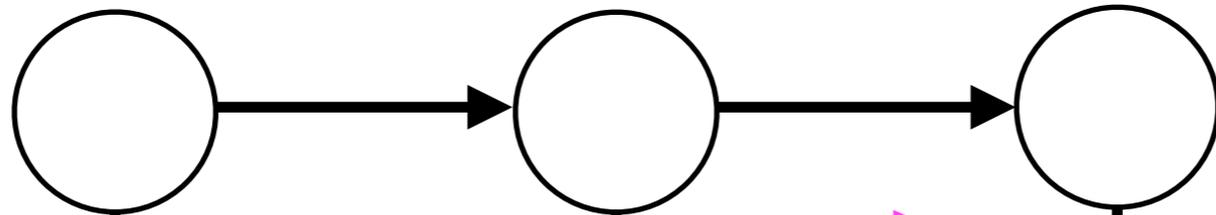
—— 時点1 —— 時点2 —— 時点3 ——>

「蝶がいる」

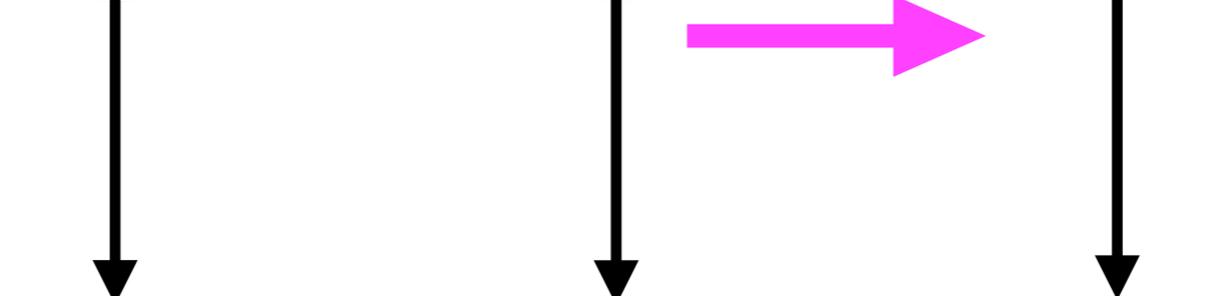
「蝶がいる」

「蛾がいる」

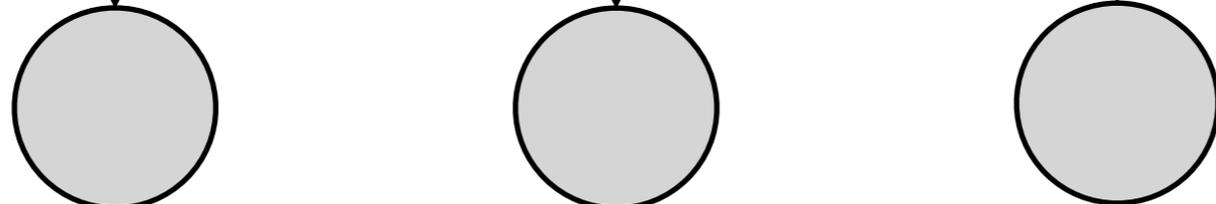
信念



生成モデル



センサー値



蝶っぽい画像

蛾っぽい画像

蛾っぽい画像



—— 時点1 —— 時点2 ——>

信念

「蝶がいる」

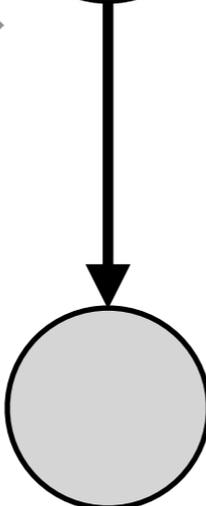
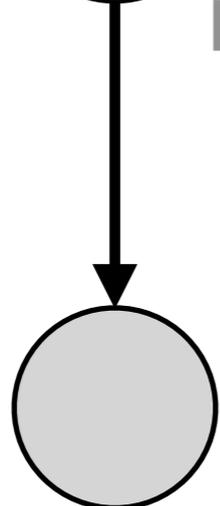
「蛾がいる」



生成モデル



センサー値



蝶っぽい画像

蛾っぽい画像



—— 時点1 —— 時点2 ——>

信念

「蝶がいる」

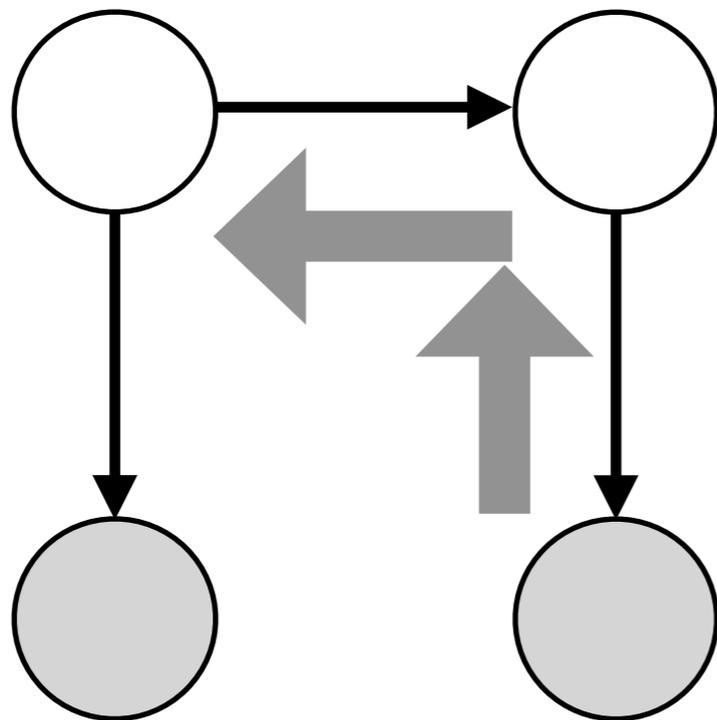
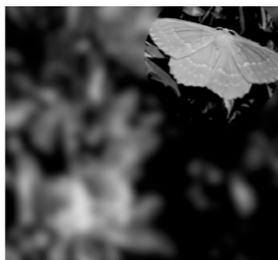
「蛾がいる」

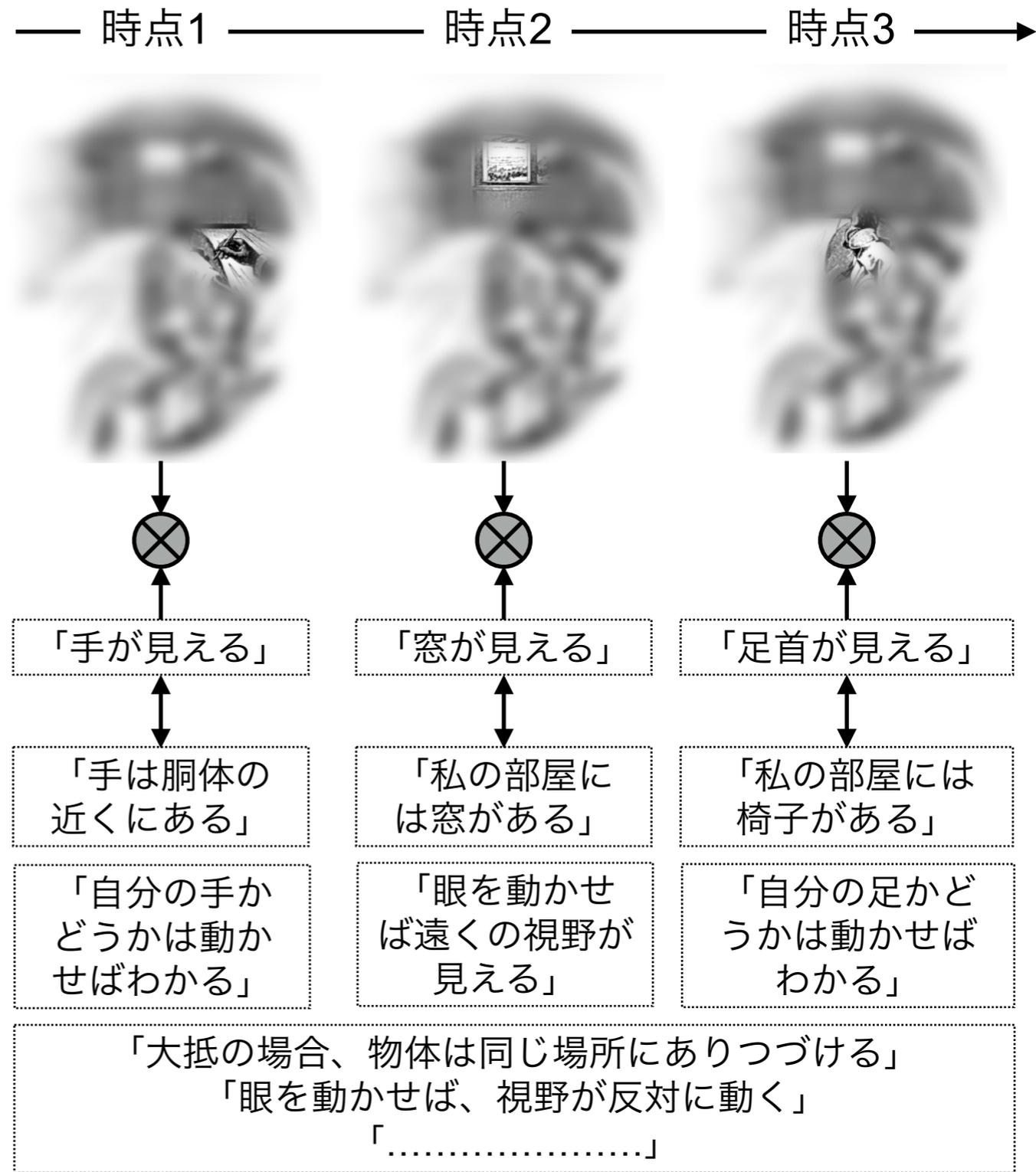
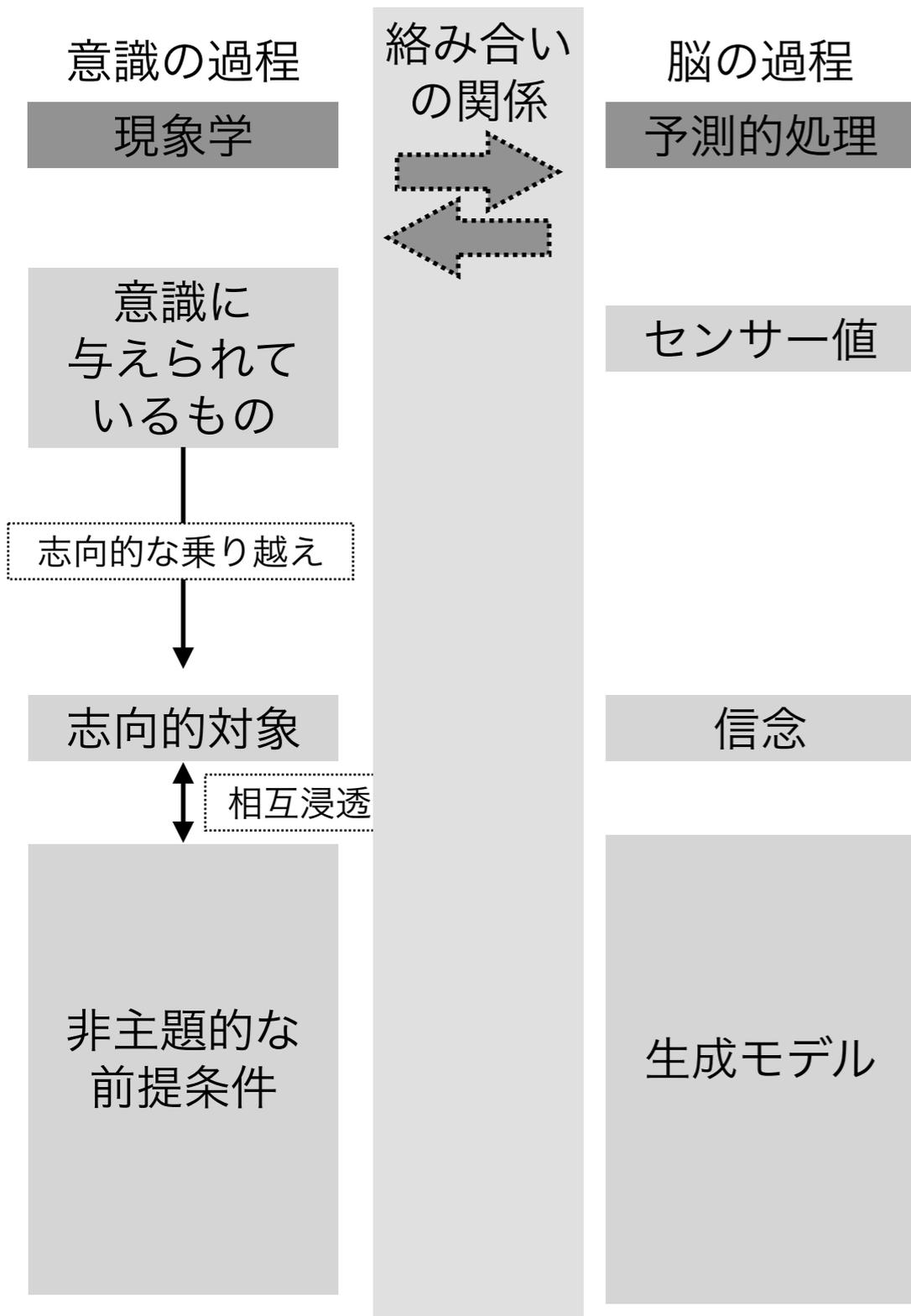
生成モデル

センサー値

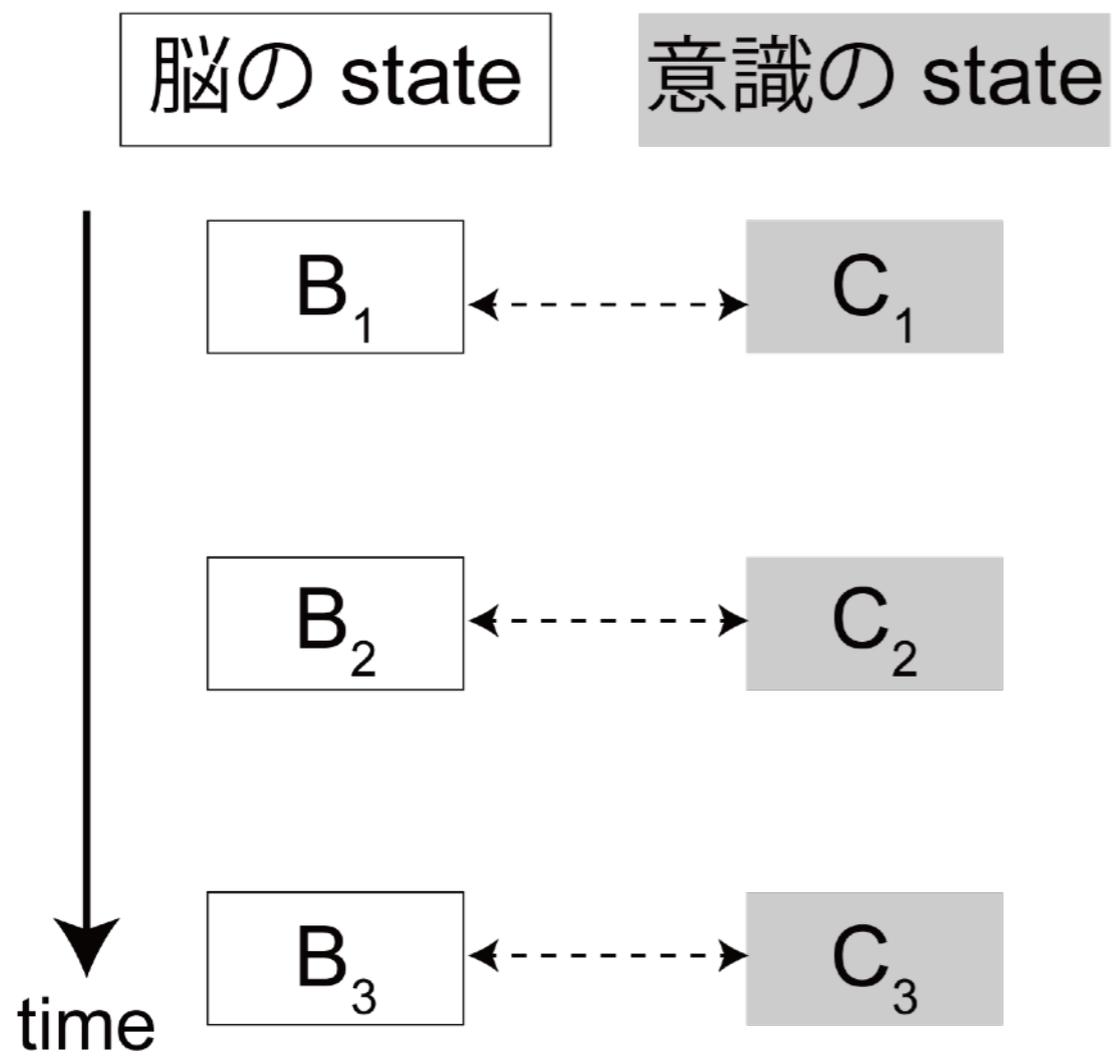
蝶っぽい画像

蛾っぽい画像

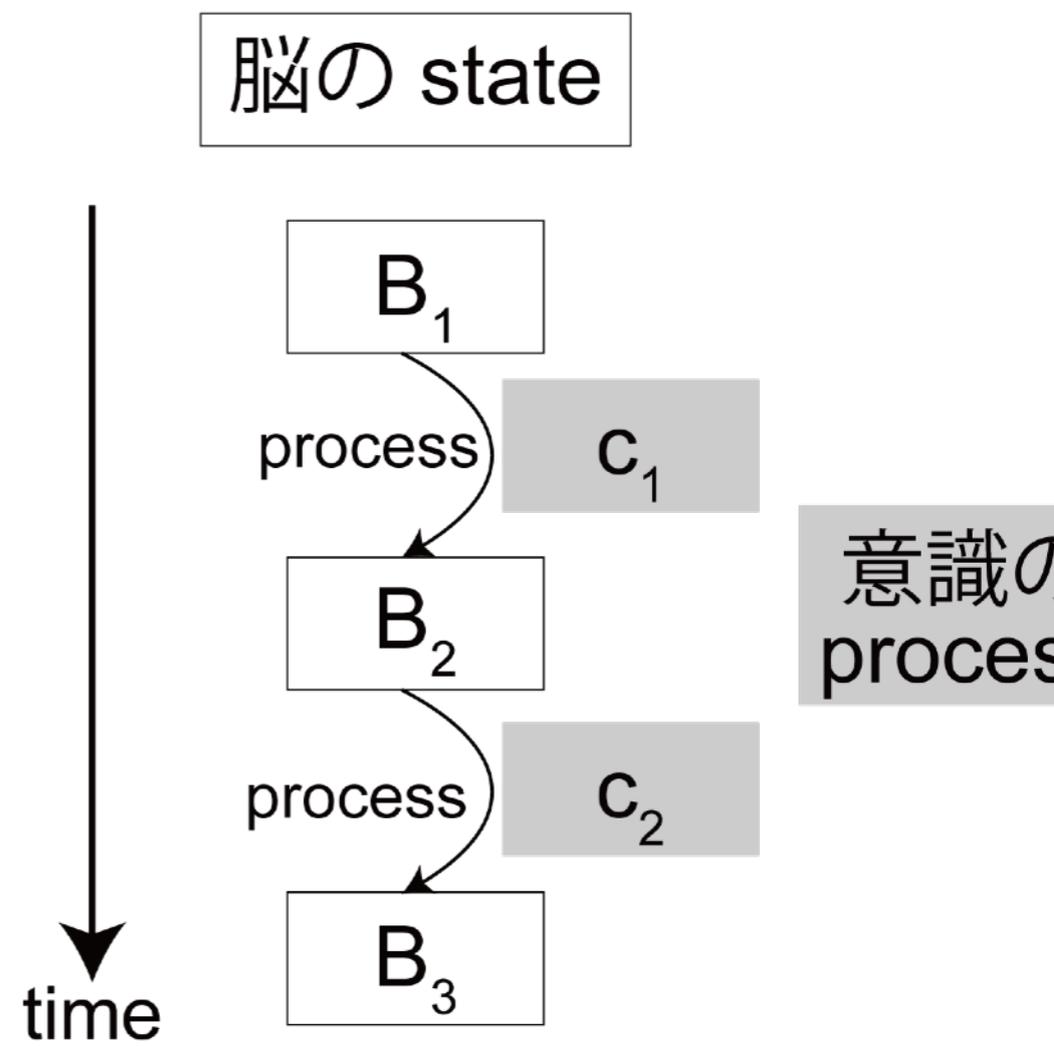




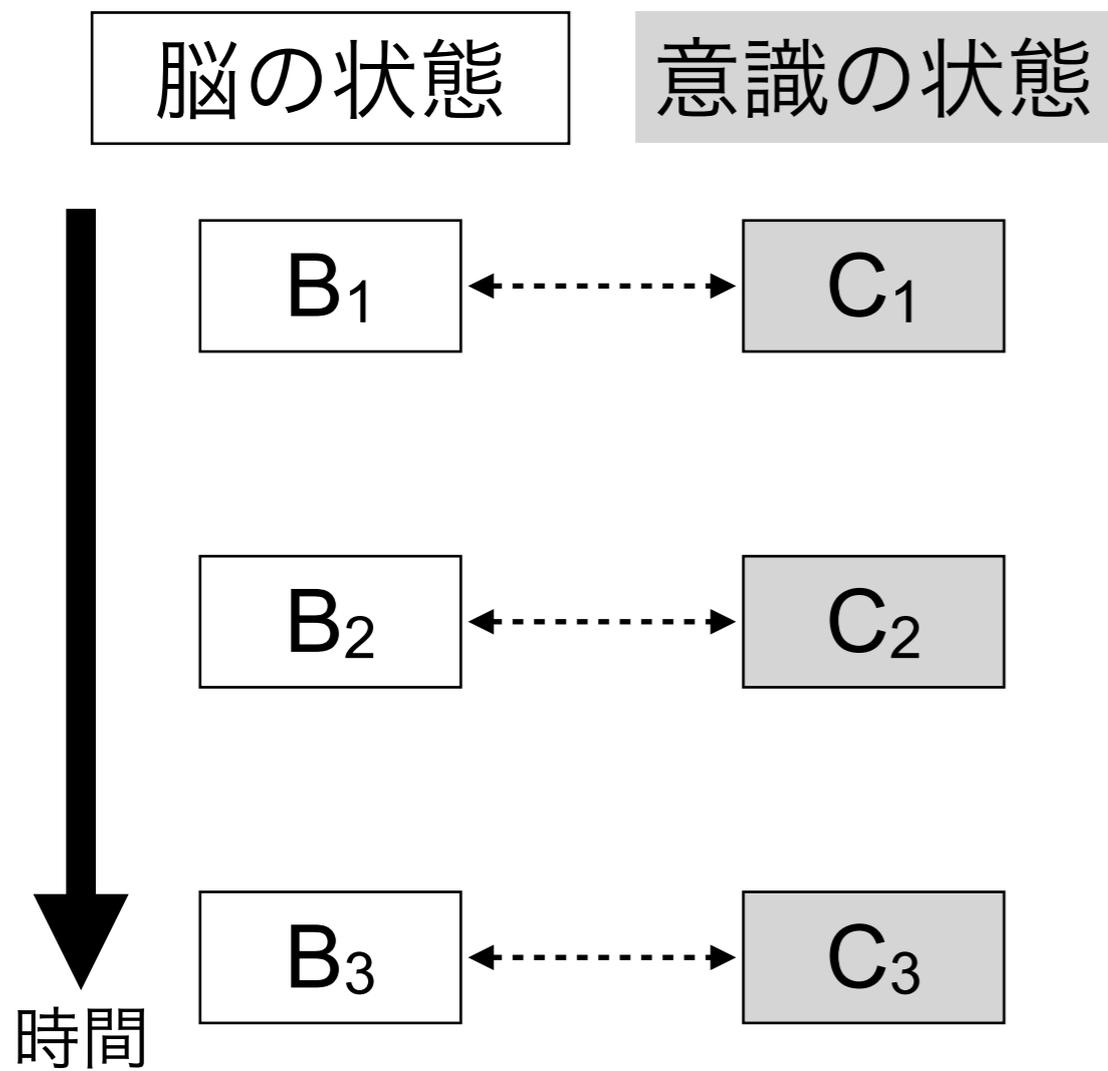
a



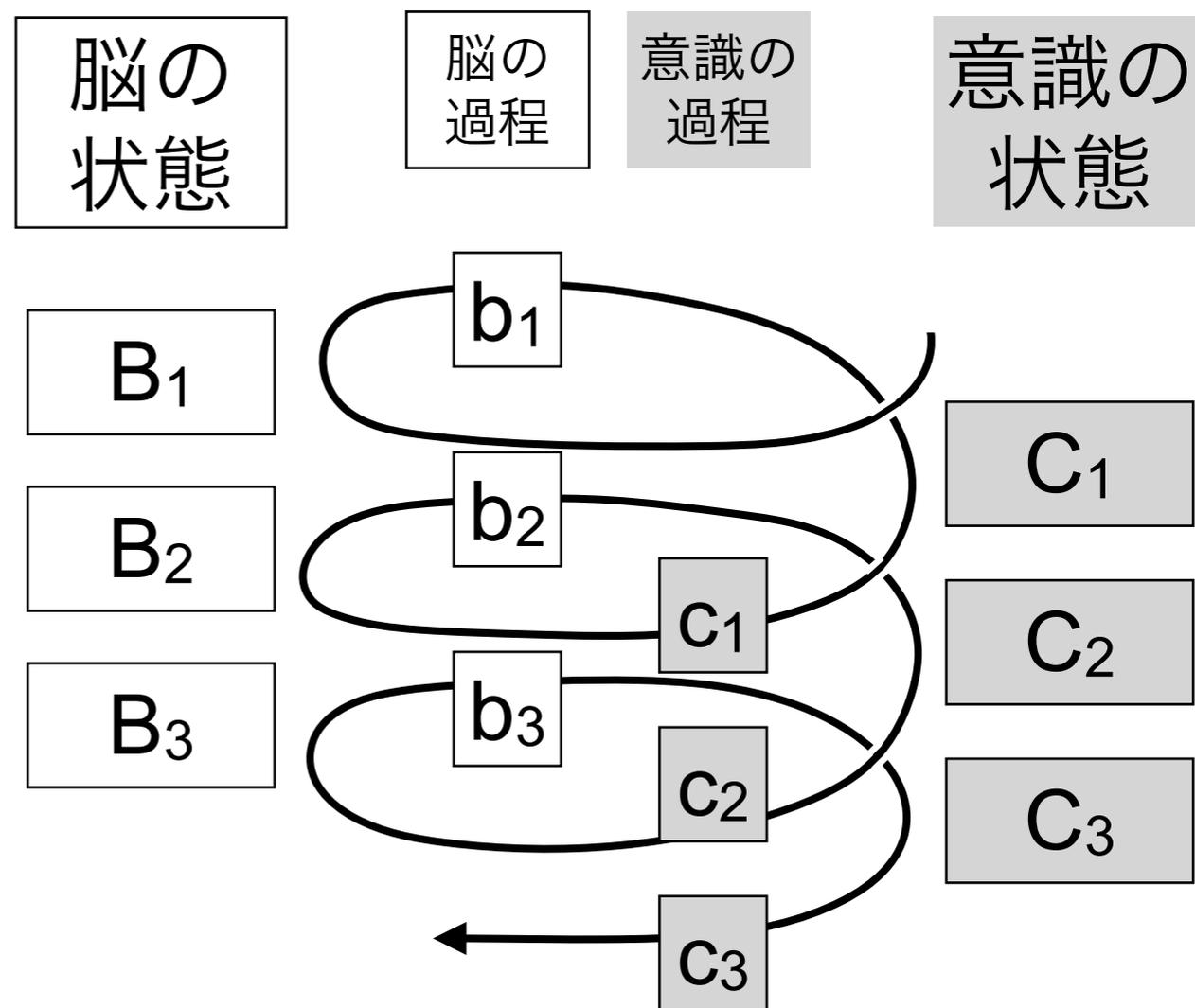
b

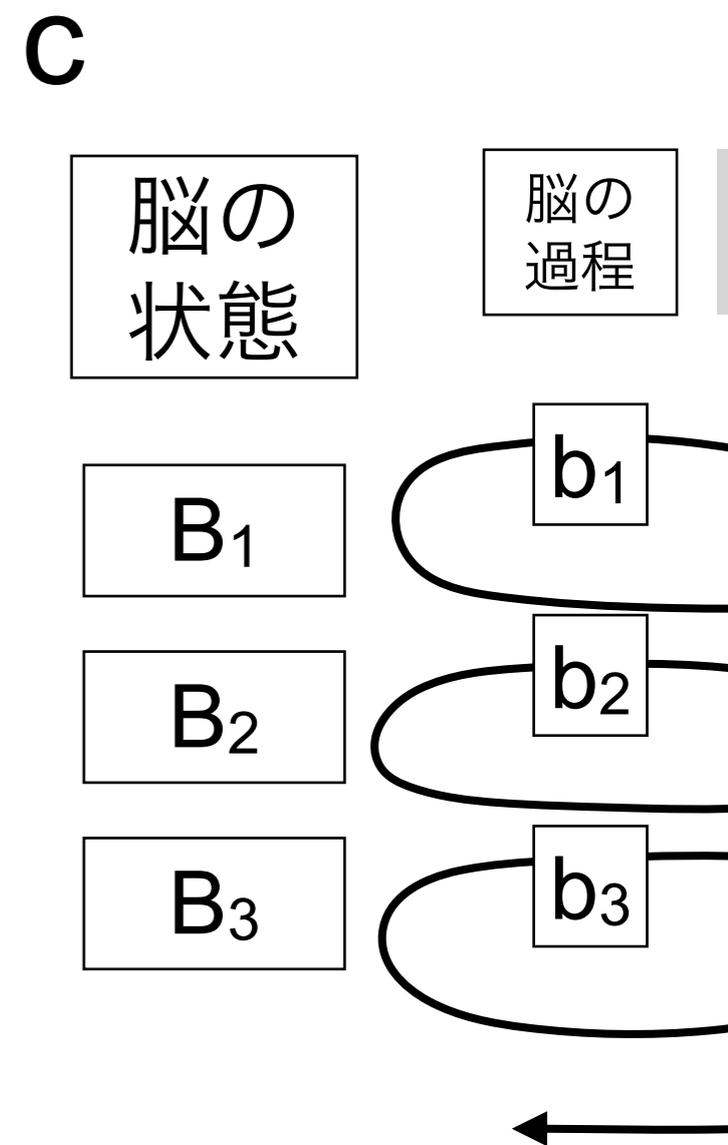
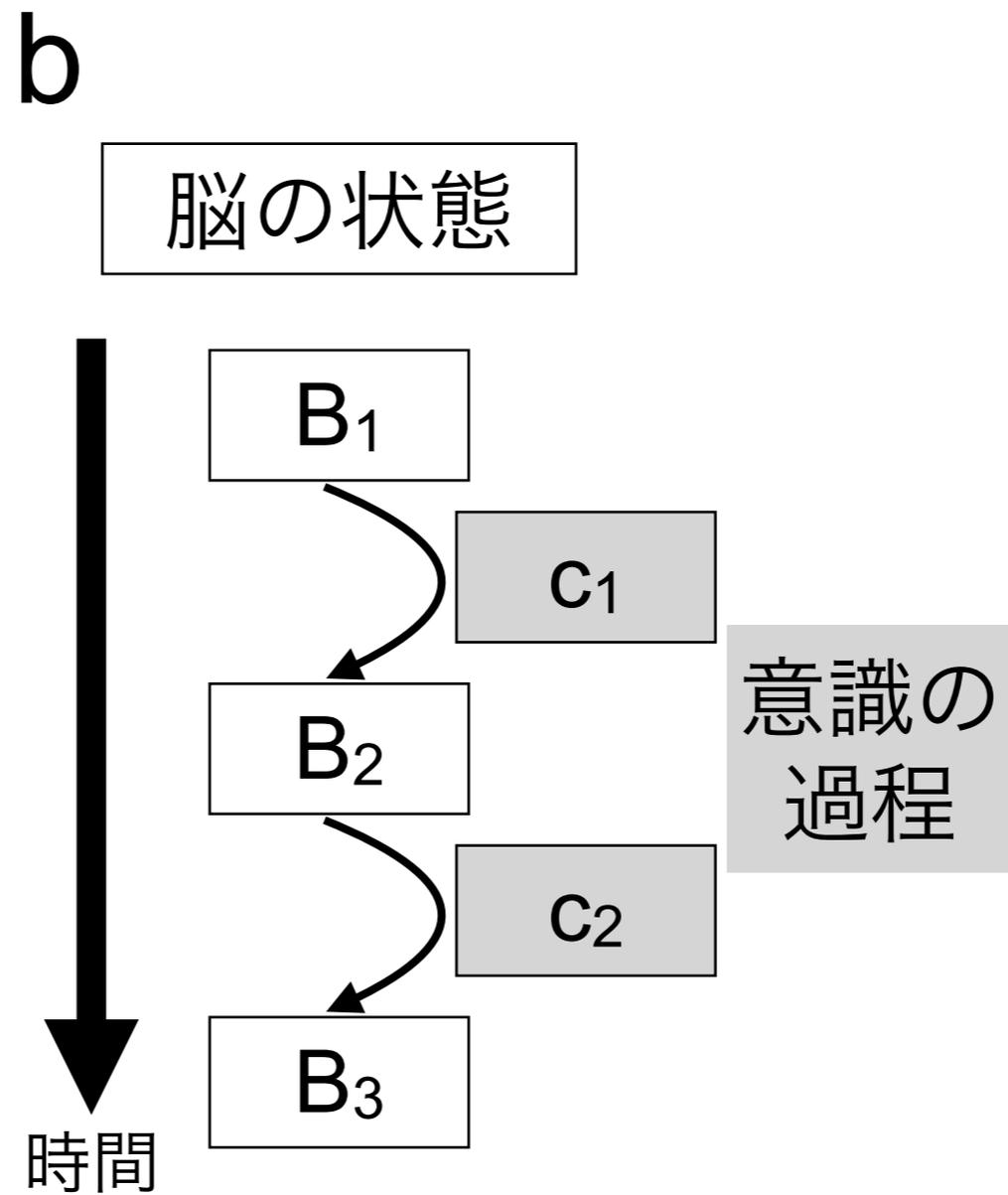
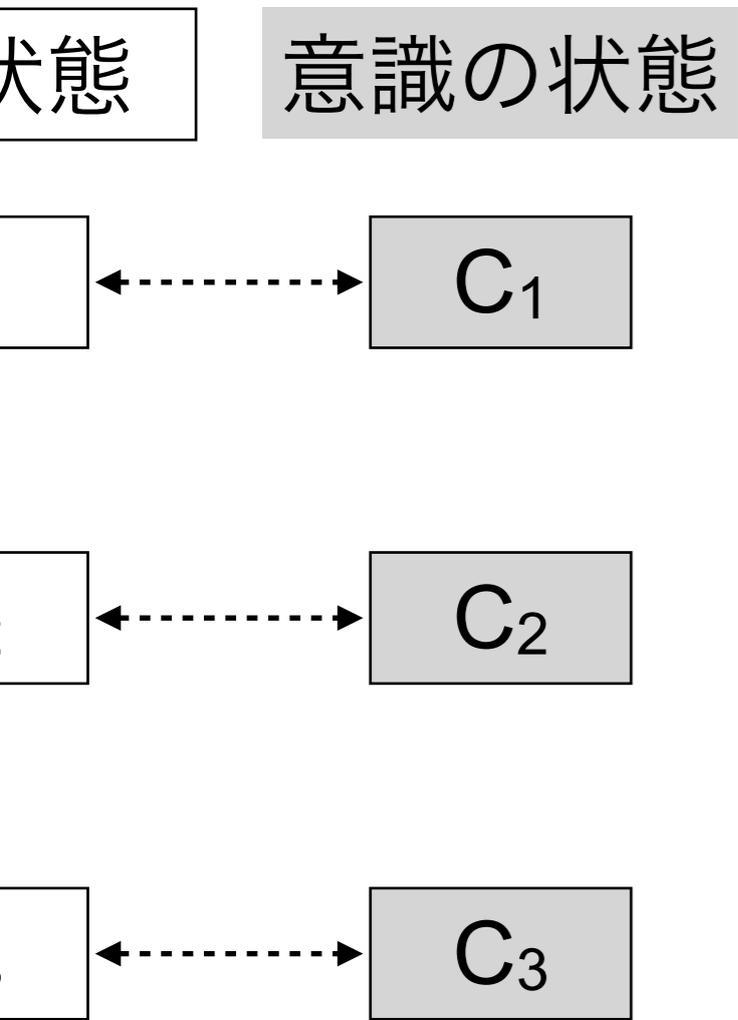


a

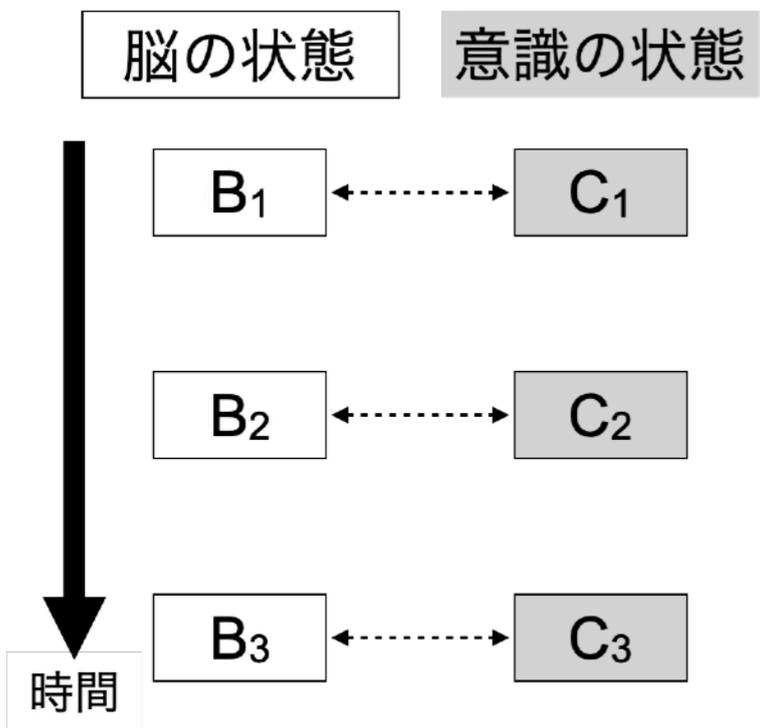


b

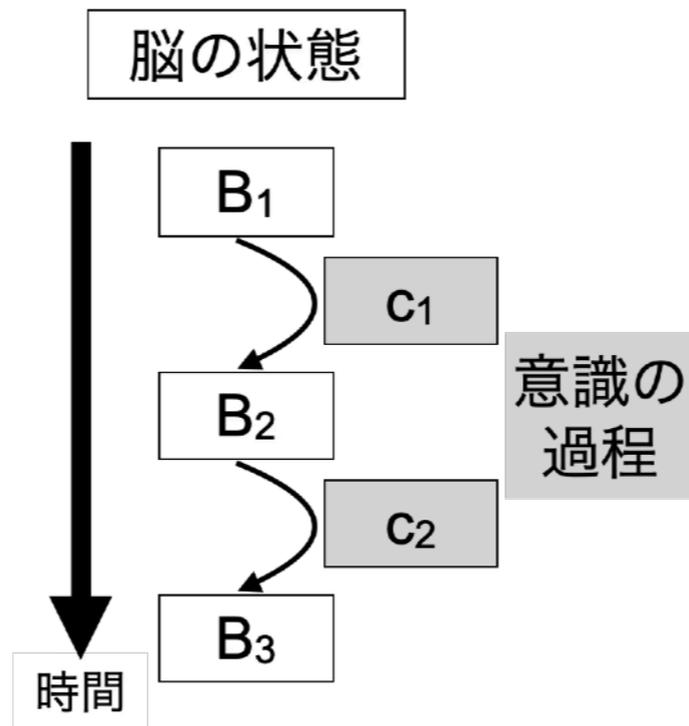




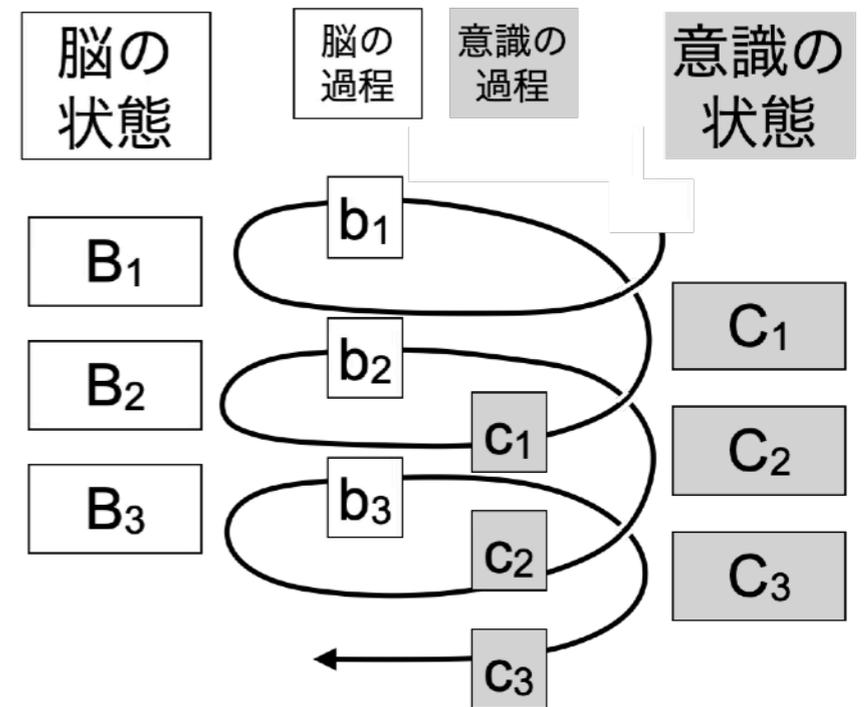
a



b



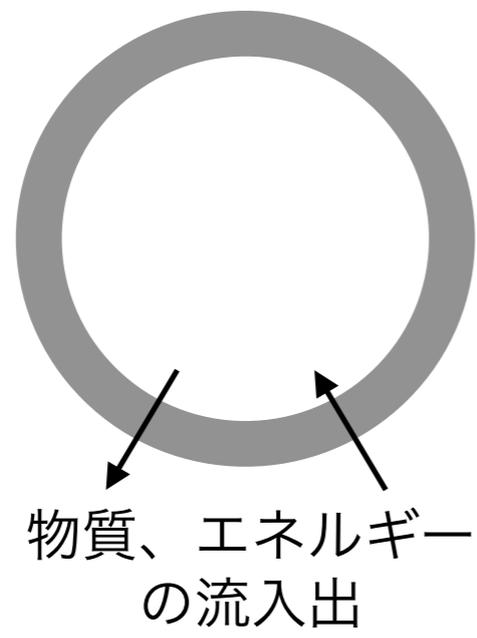
c



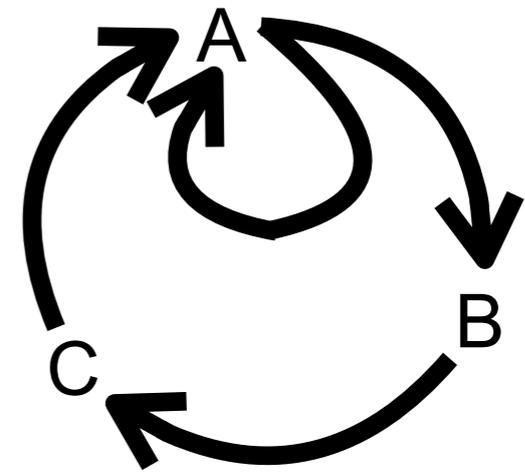
吉田によるパラフレーズ



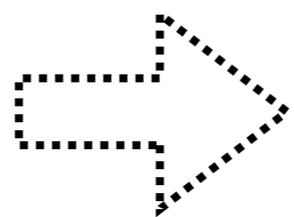
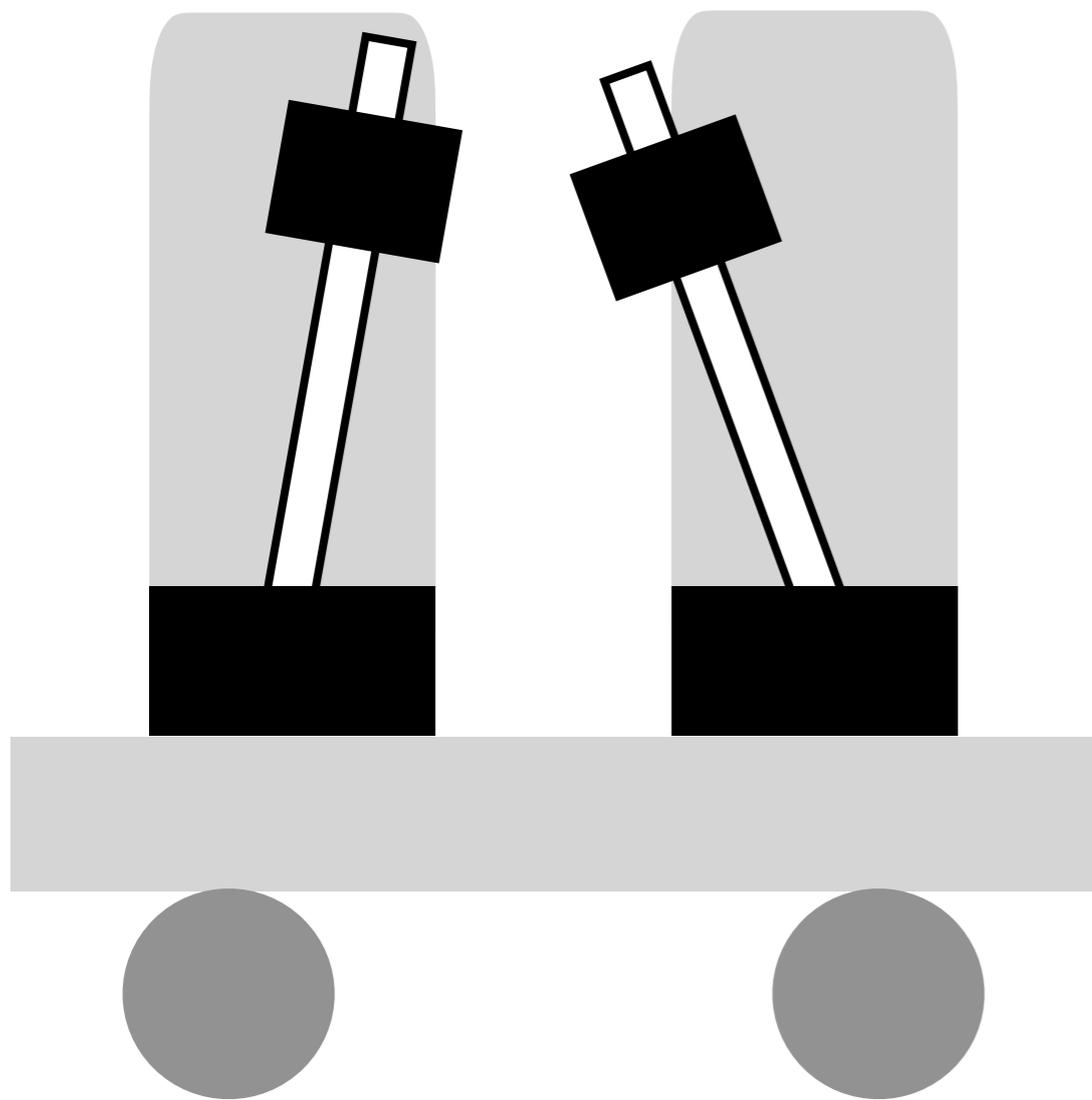
細胞膜の
空間配置



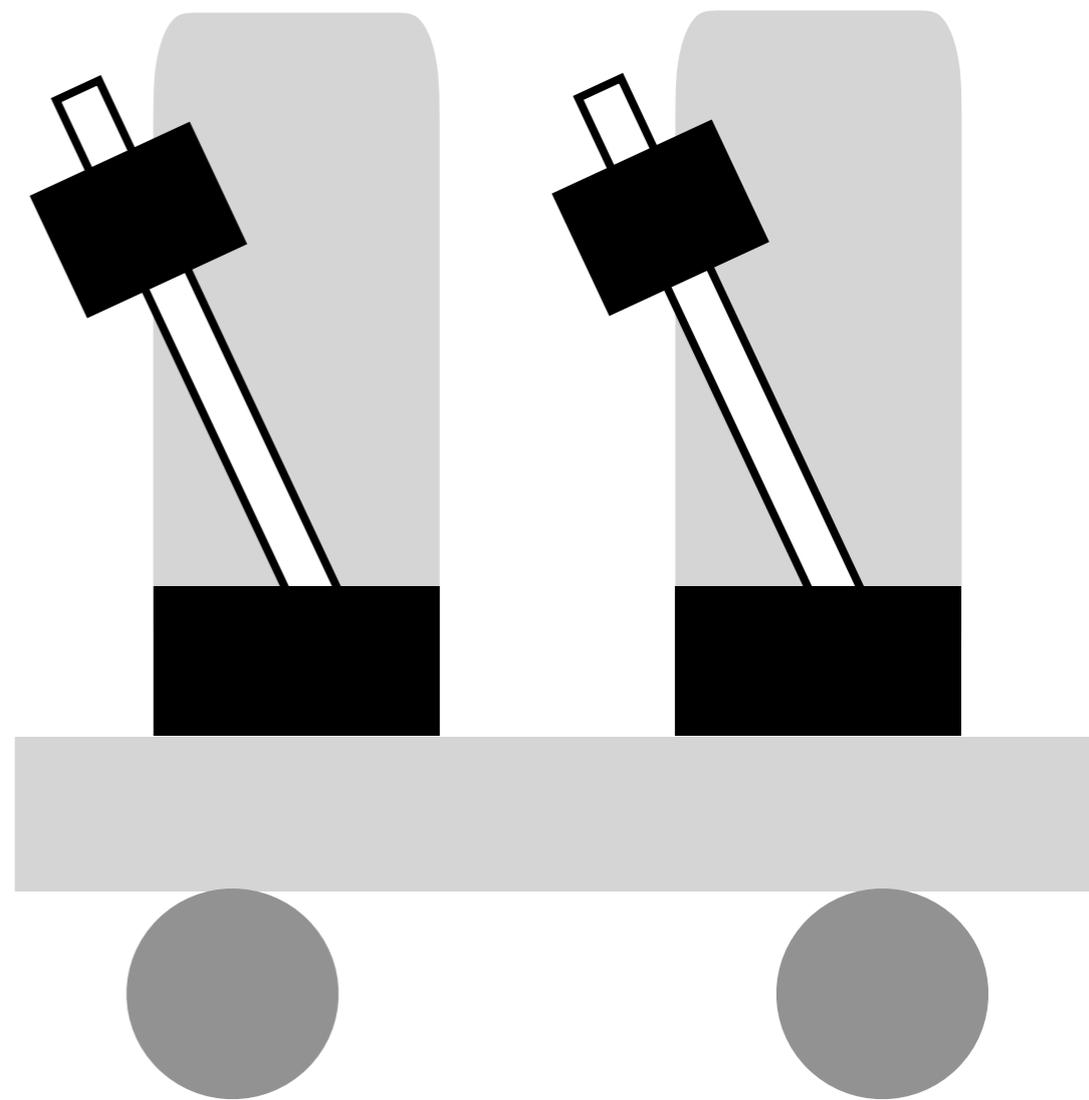
細胞内代謝
ネットワーク



初期状態



位相の同期



振れ角

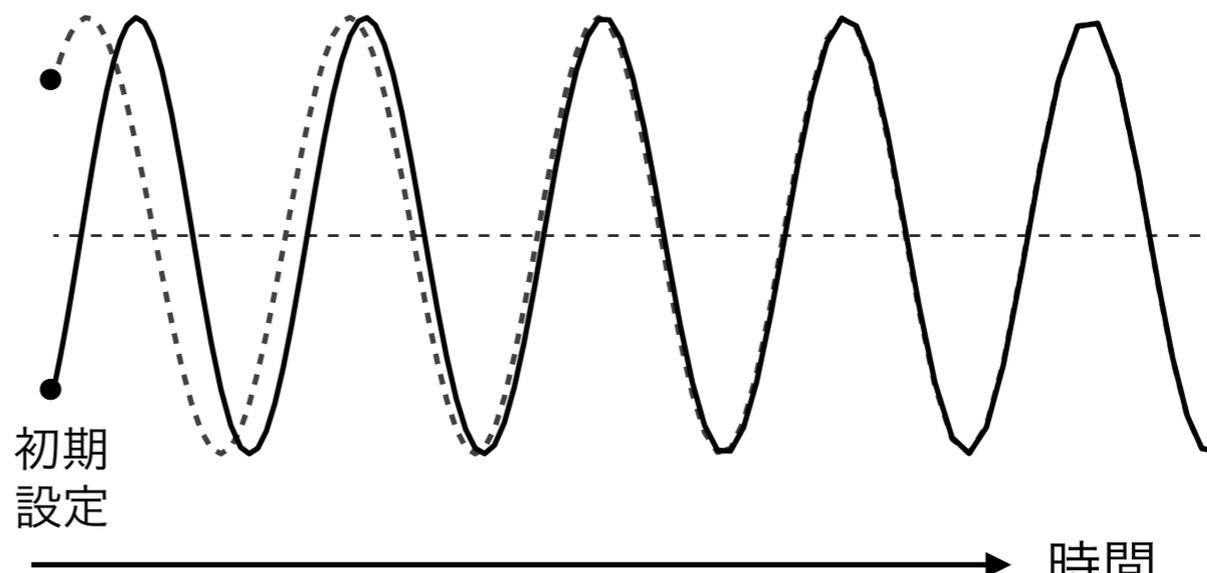
右

真上

左

初期
設定

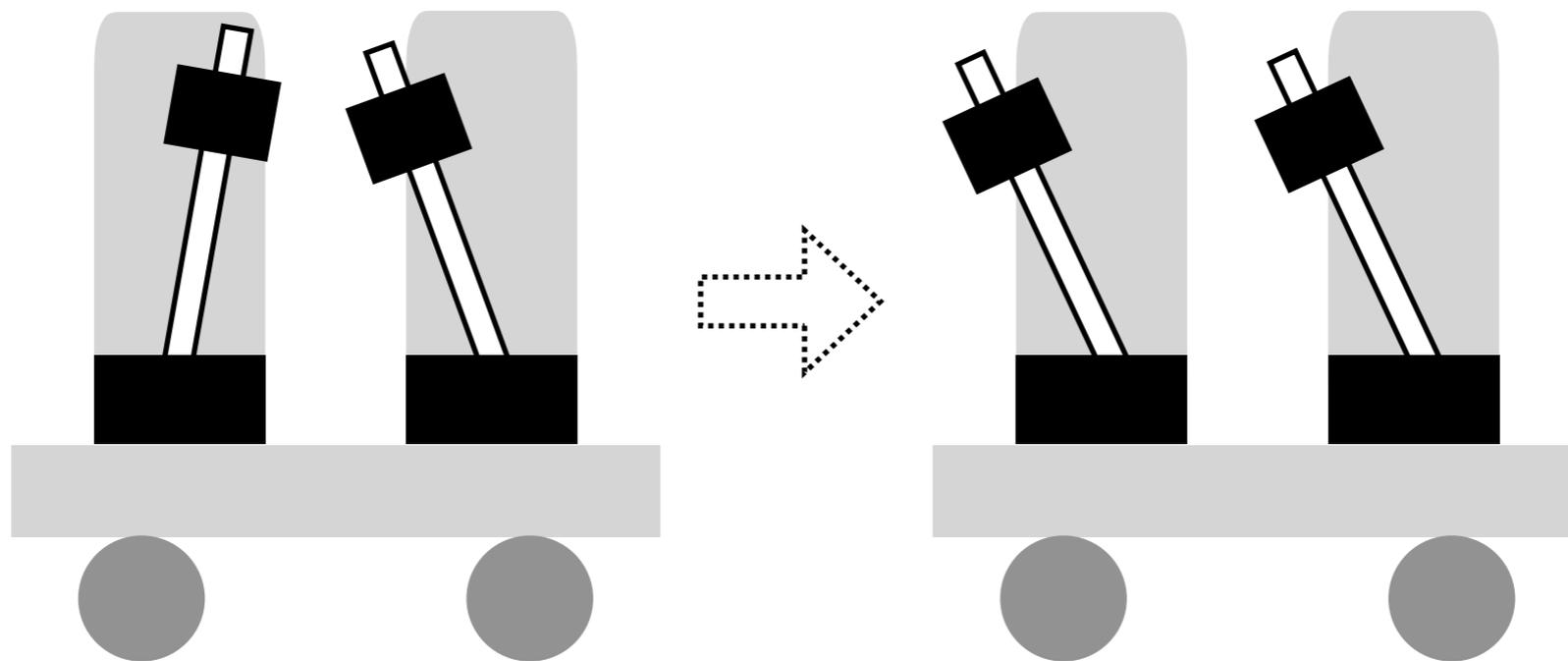
時間



(A)

初期状態

位相の同期



(B)

振れ角

右

真上

左

初期
状態

時間

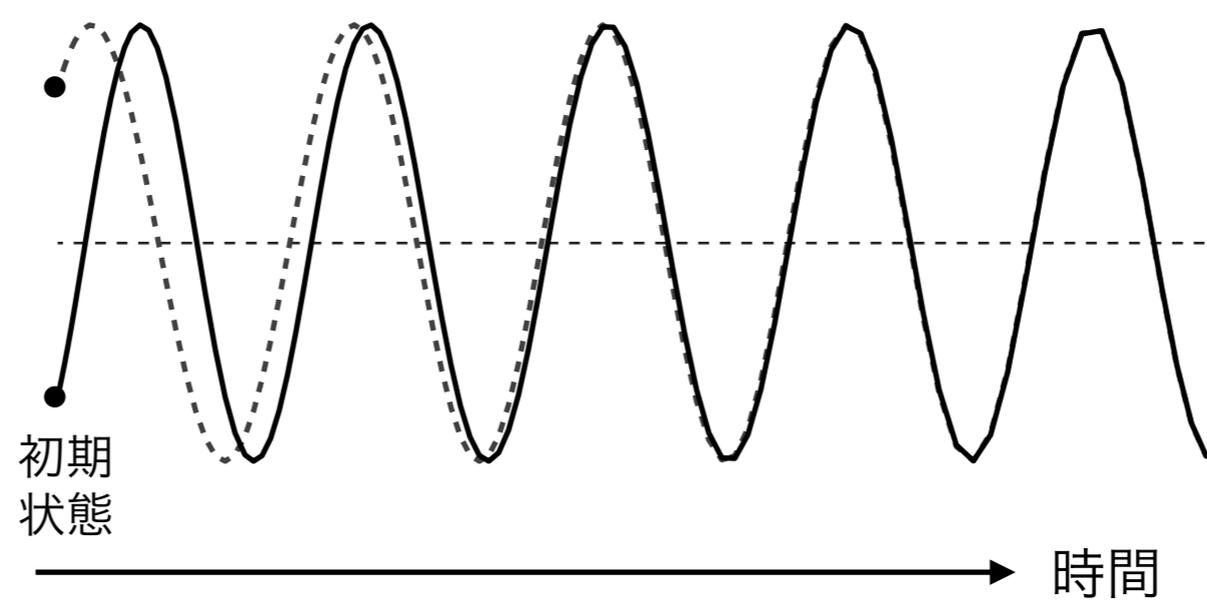
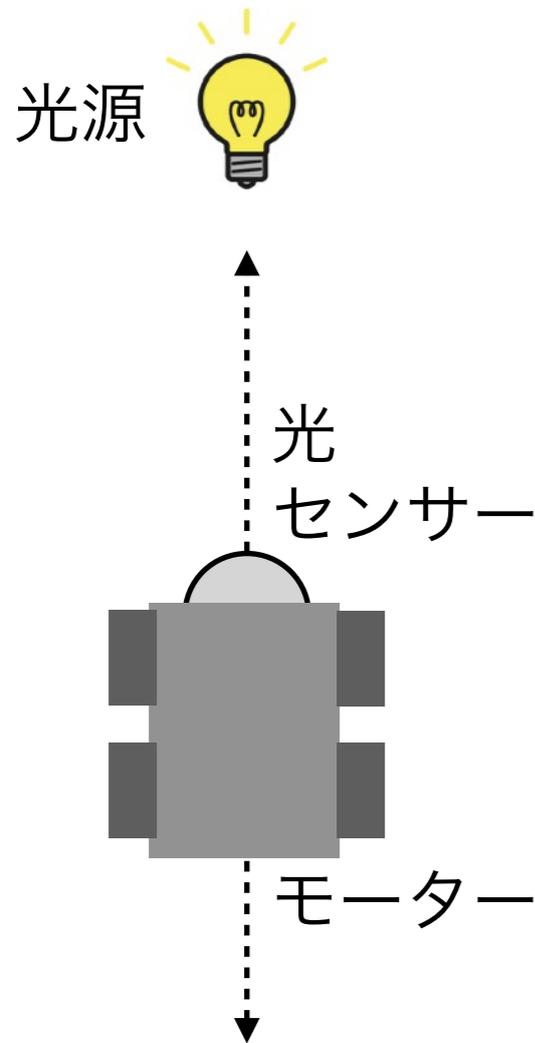
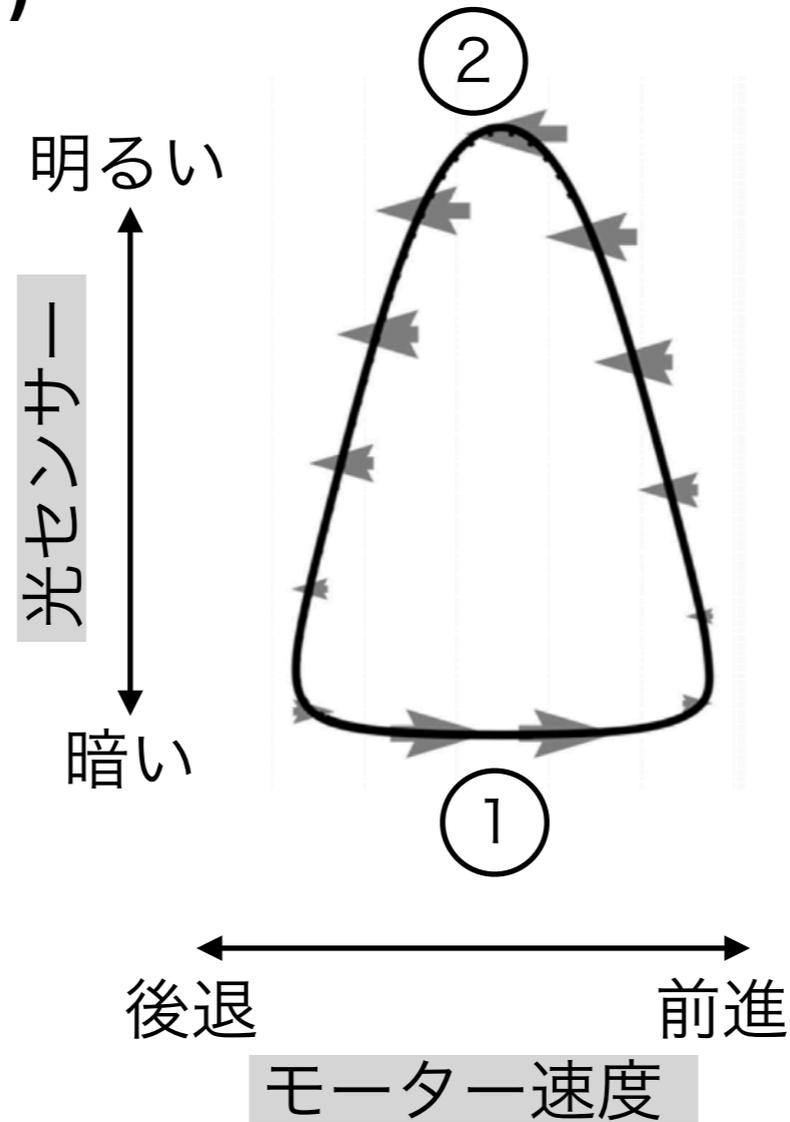


Fig. 8 in 2014 paper

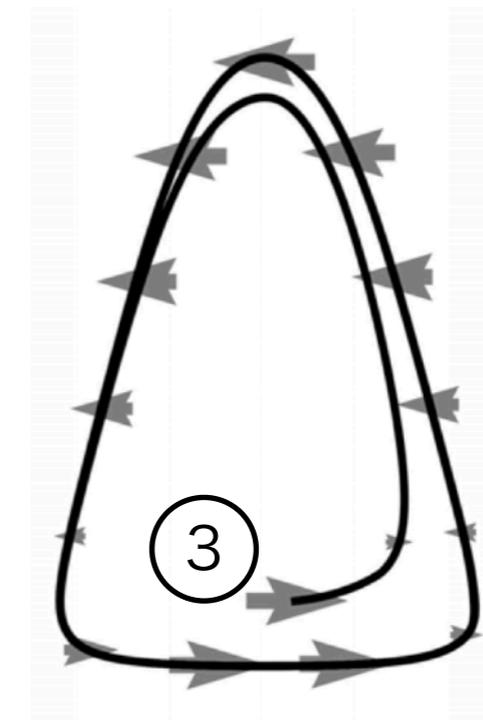
(A)



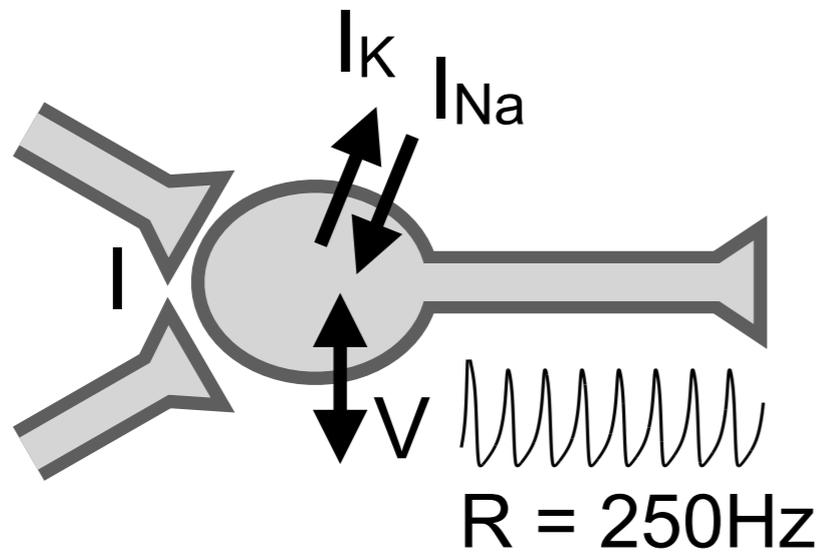
(B)



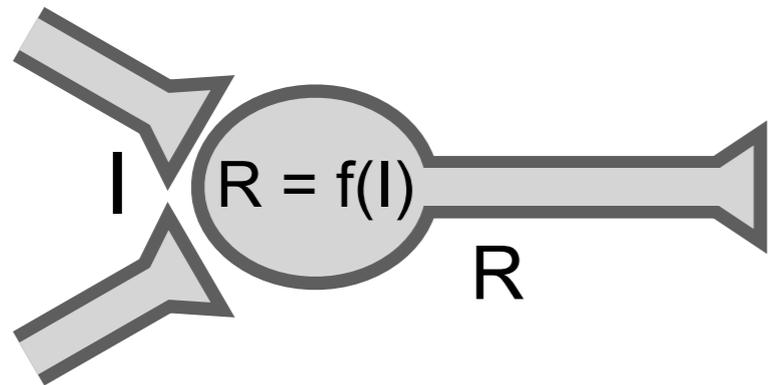
(C)



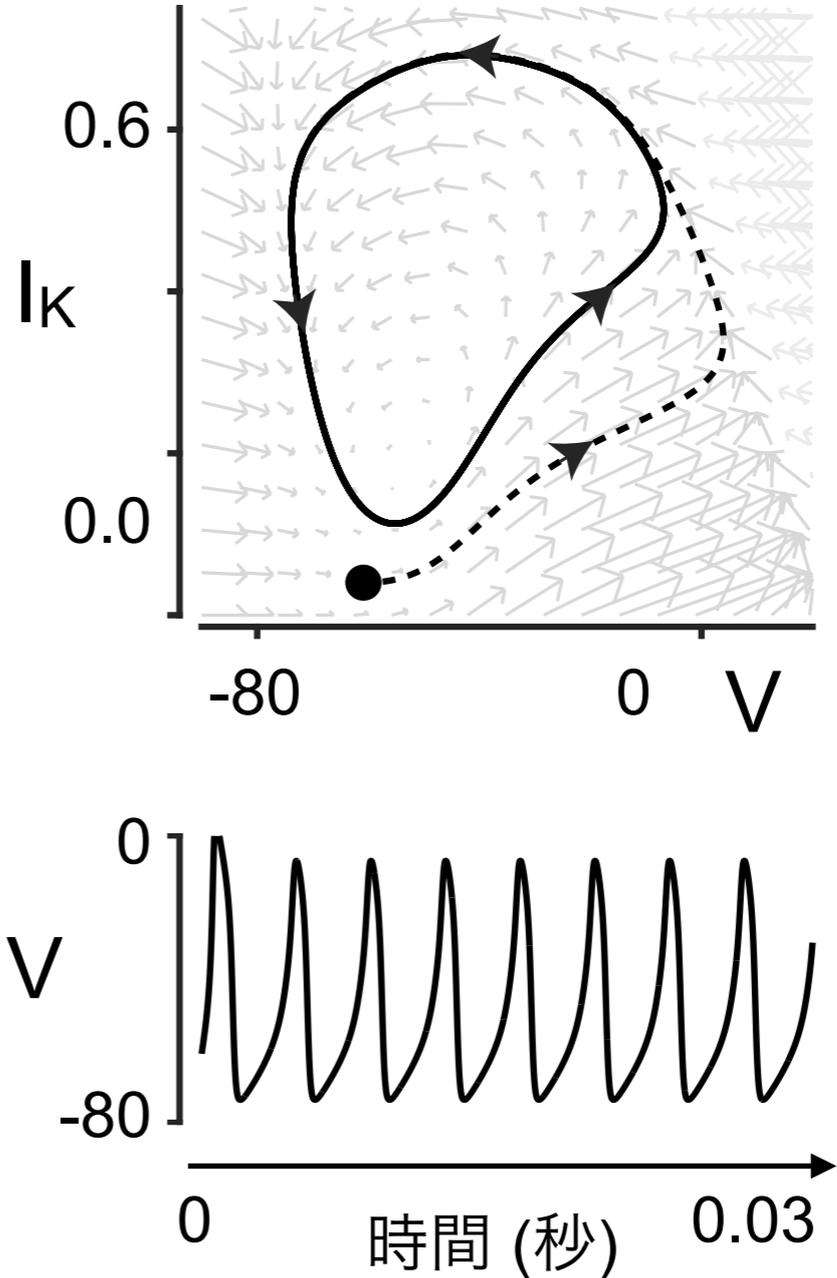
(A) 実際の神経活動



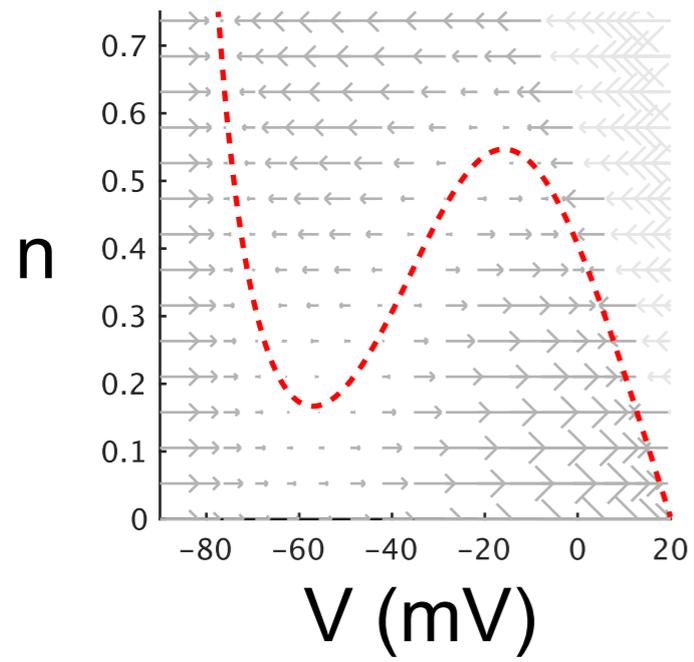
(B) 形式ニューロン



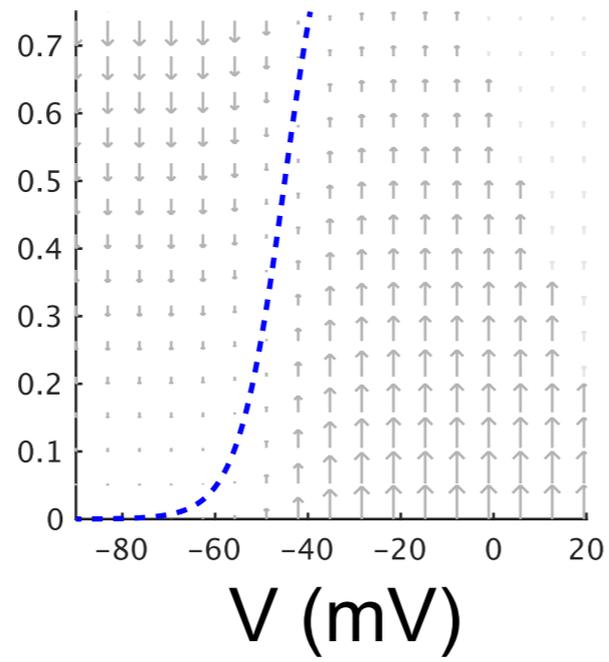
(C) 力学系モデル



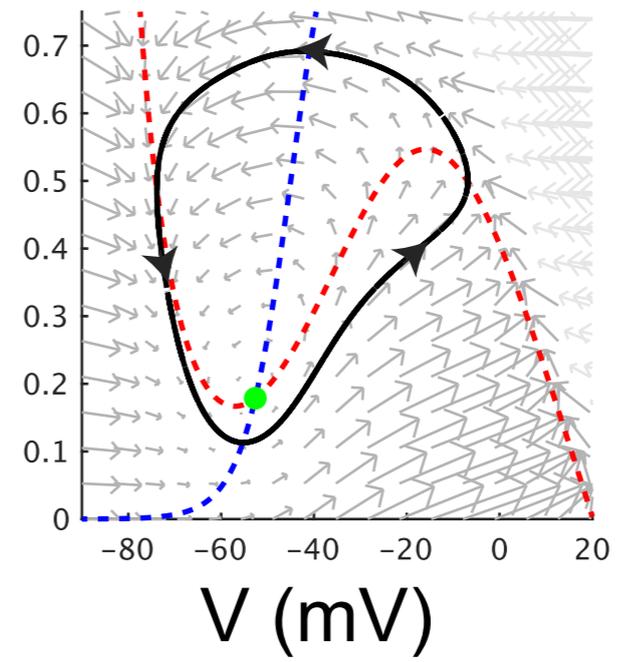
(A) V-ヌルクライン



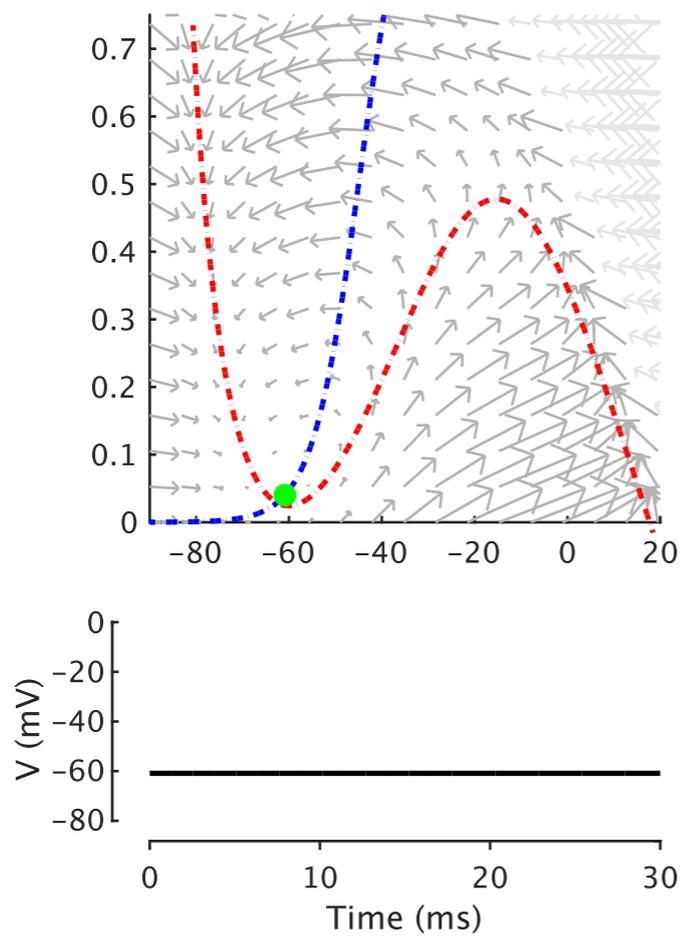
(B) n-ヌルクライン



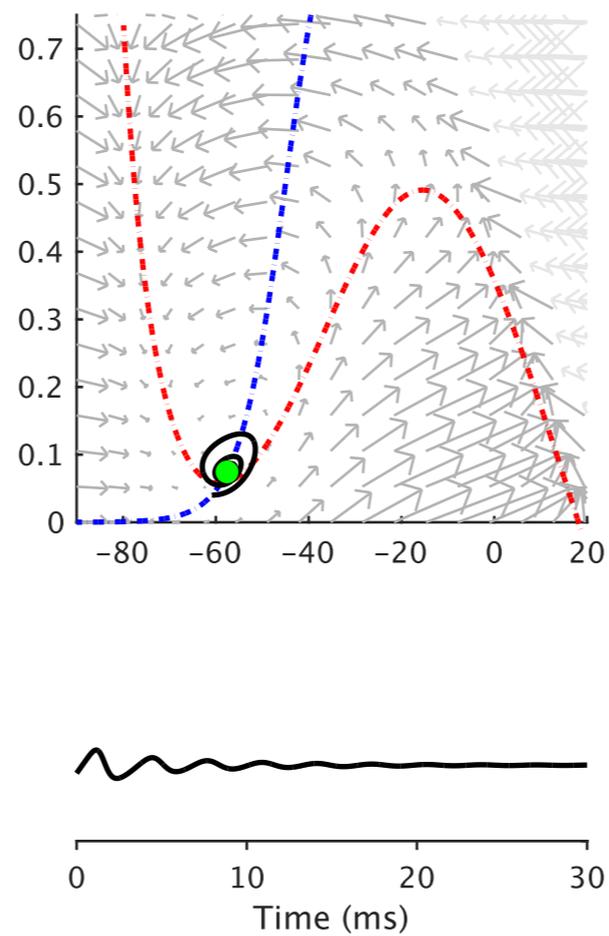
(C) 両方+
リミットサイクル



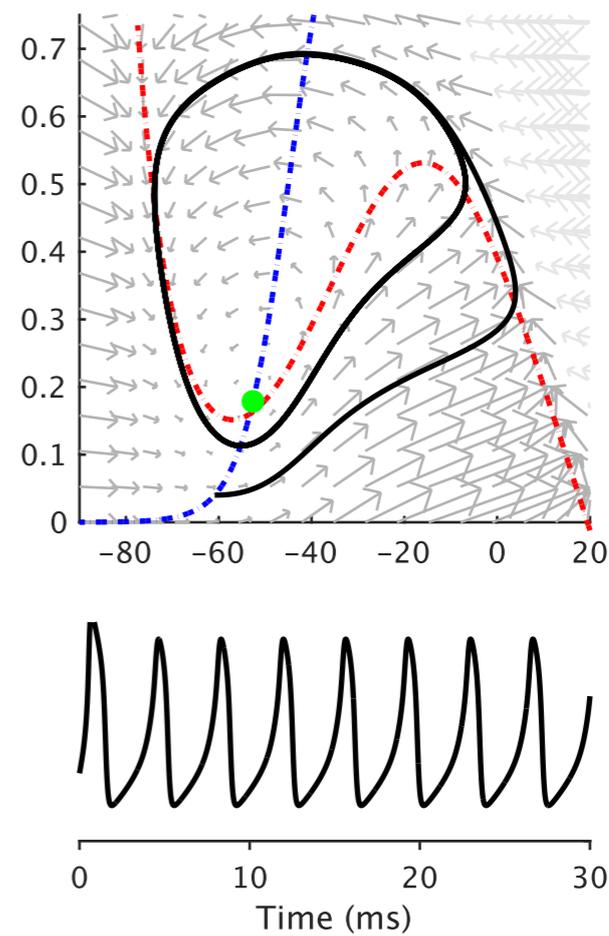
$I = 0$ (mA)



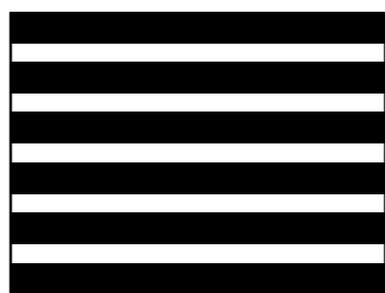
$I = 10$ (mA)



$I = 40$ (mA)



視覚刺激



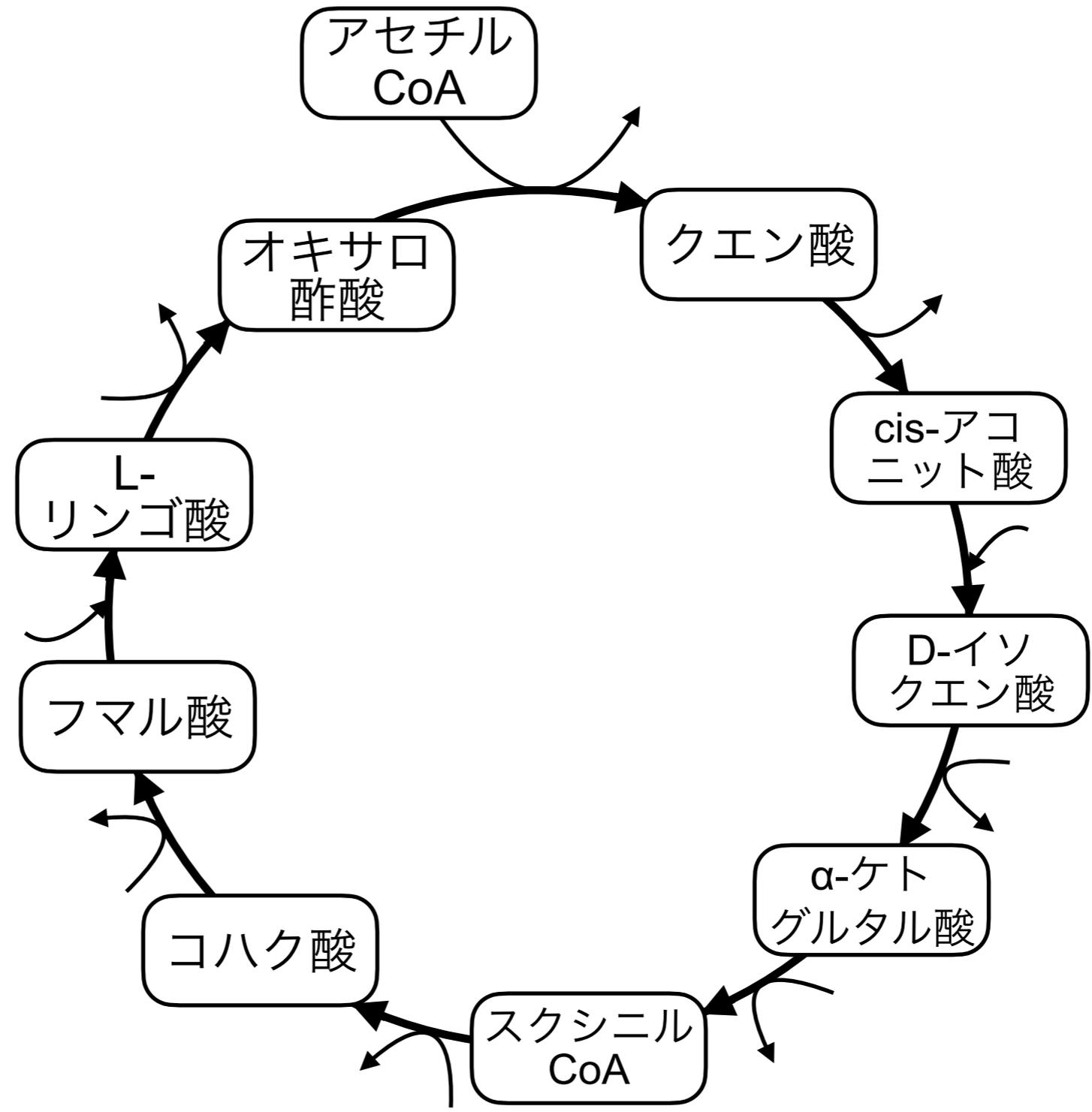
エンコーディング

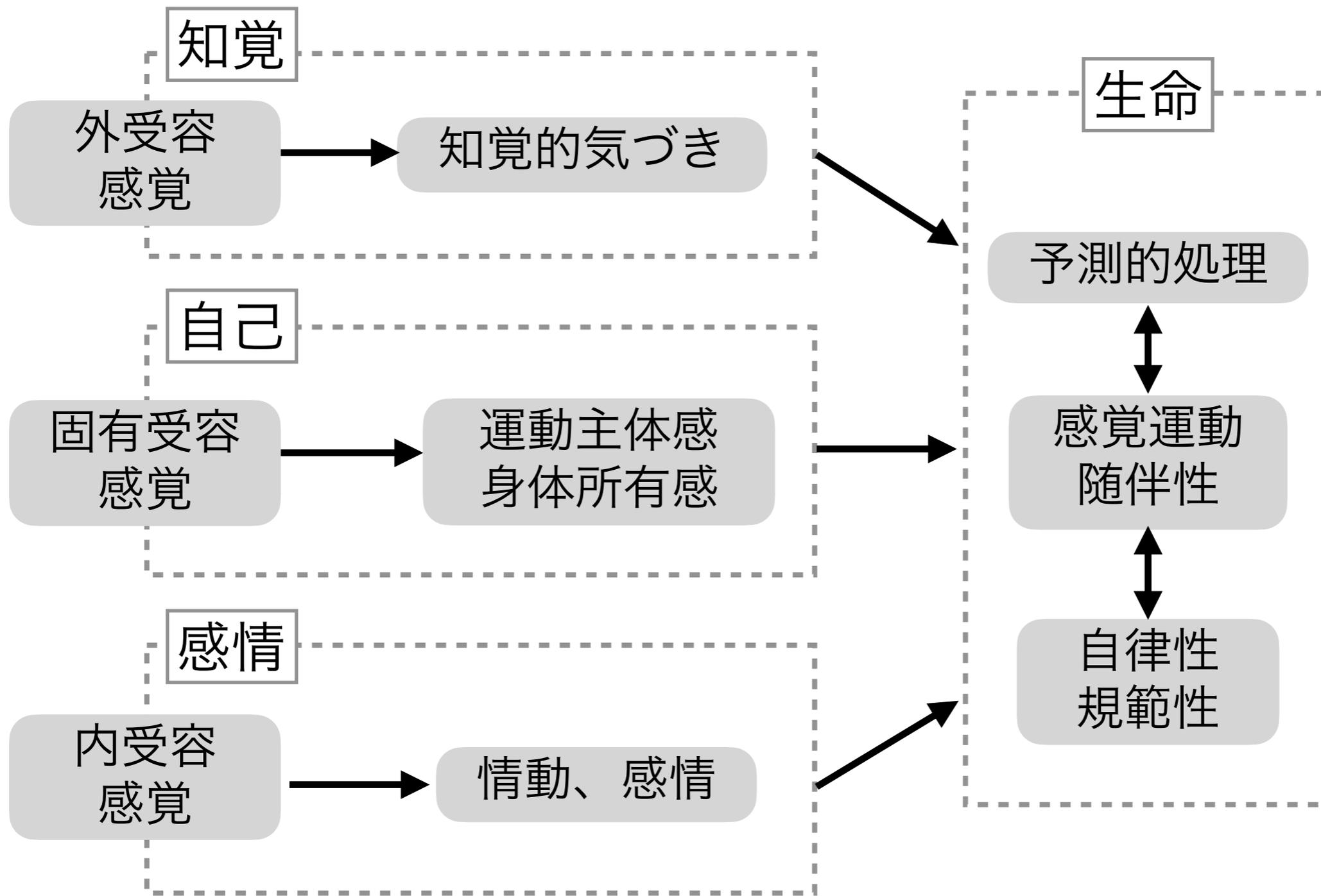


デコーディング

脳活動





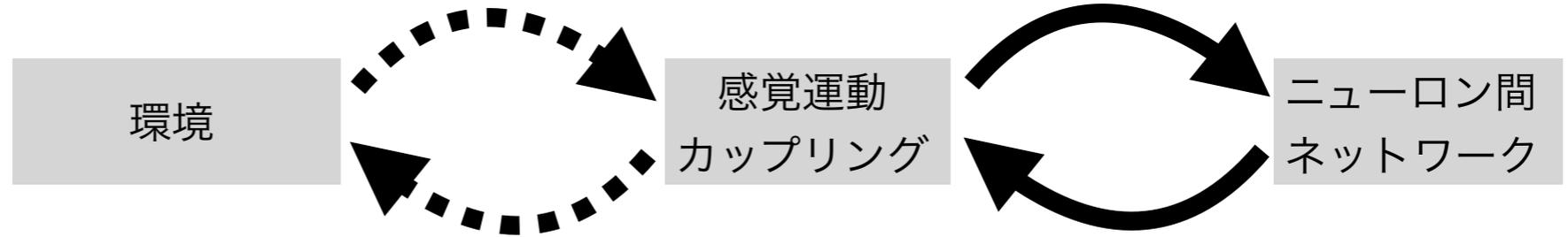


吉田によるパラフレーズ

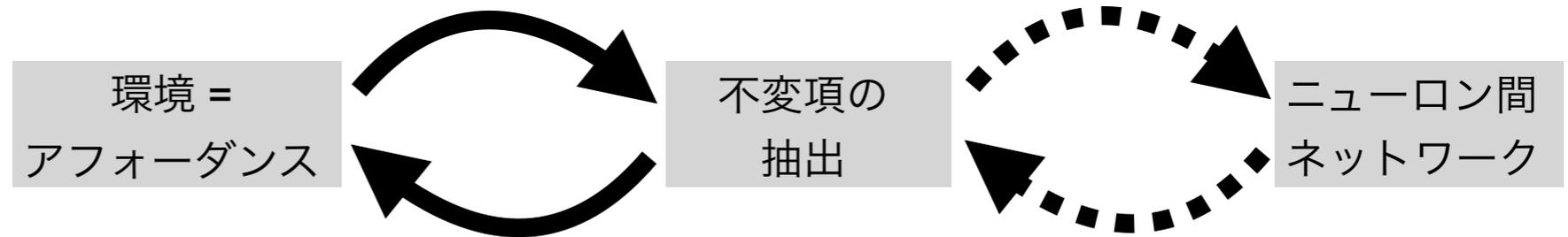
構造的カップリング

操作的閉包

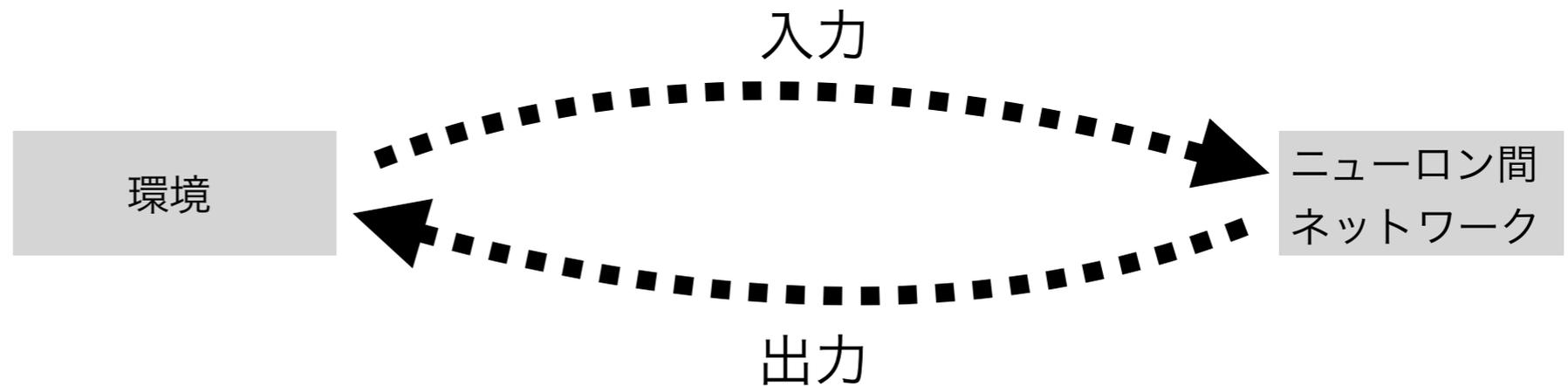
生物学的自律性



生態心理学



認知心理学



(生物学的)自律性とは

