

人間の睡眠モデルに基づく 知覚情報処理系の構築とその応用

筑波大学大学院 図書館情報メディア研究科
三河 正彦

第53回知的コミュニティ基盤研究センター研究談話会
2008年6月24日(火)

はじめに

<背景>

- 単純な知覚情報処理システム: タスクに応じた一連の処理を決まった手順

<< 不必要な時にも全力で処理 >>

- 知的な知覚システム: 多くの知覚センサ情報を処理

<< 計算機能力の不足 >>

- 人間: 弛緩/緊張(睡眠/覚醒)を必要に応じて使い分け

内的な処理と外的な処理を動的に制御

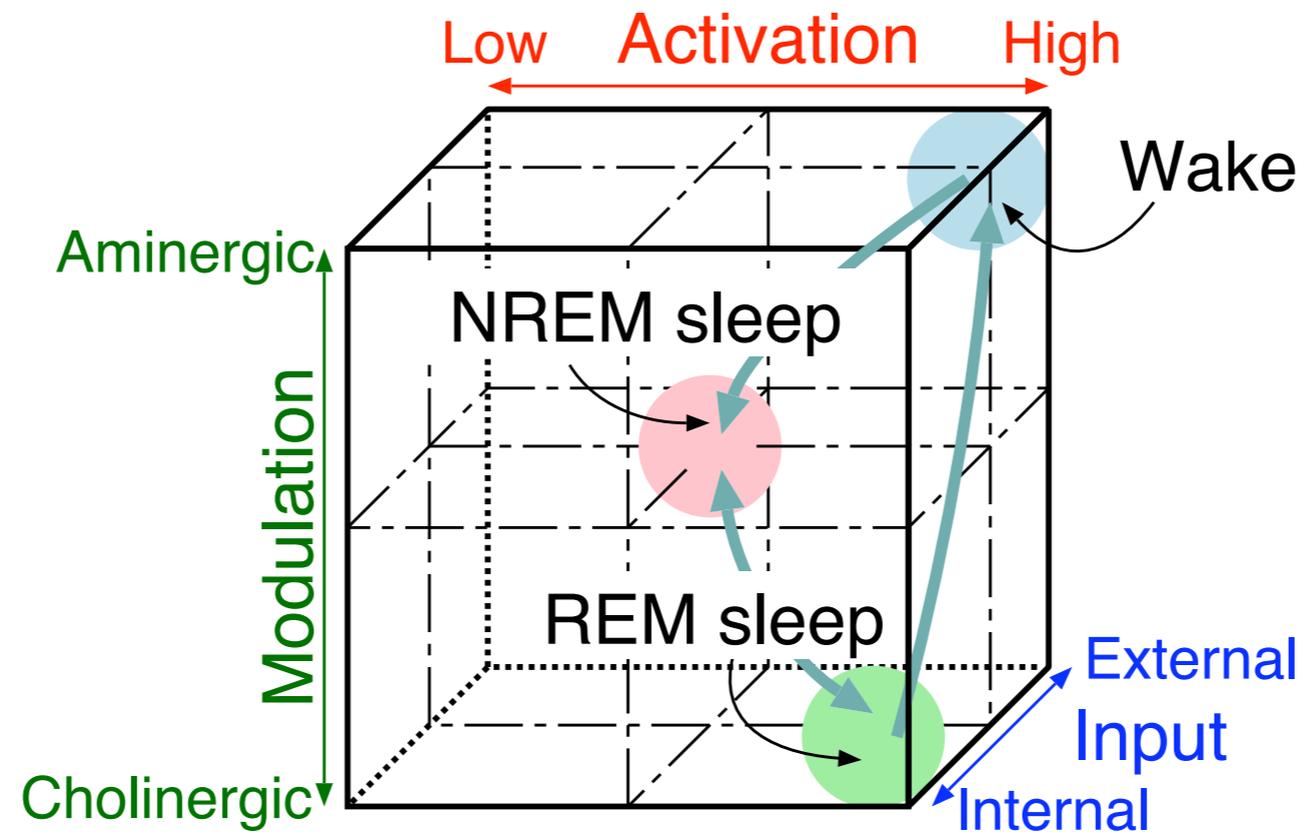
- ♦ 外部刺激 多 → 外部情報を優先して処理(視覚, 聴覚, 触覚...)
- ♦ 外部刺激 少 → 内部情報を優先して処理(睡眠, 考えごと)

<本研究の提案>

- 人間の意識状態をモデル化
 - ♦ **Activation-Input-Modulation(AIM)モデル**: 意識状態を3次元で表現
- 数理AIMモデルに基づく知覚情報処理システムの提案

<< 必要な処理が必要な時に実行 >>

Activation-Input-Modulation(AIM)モデル (Hobson, 2001)



- **Activation(活性化)**

活性化レベルを制御

- **Input(入出力のゲーティング)**

外的刺激と内的刺激の入出力を制御

- **Modulation(神経修飾)**

外的処理と内的処理のバランスを制御

- 覚醒

視覚/聴覚等の外部情報の処理

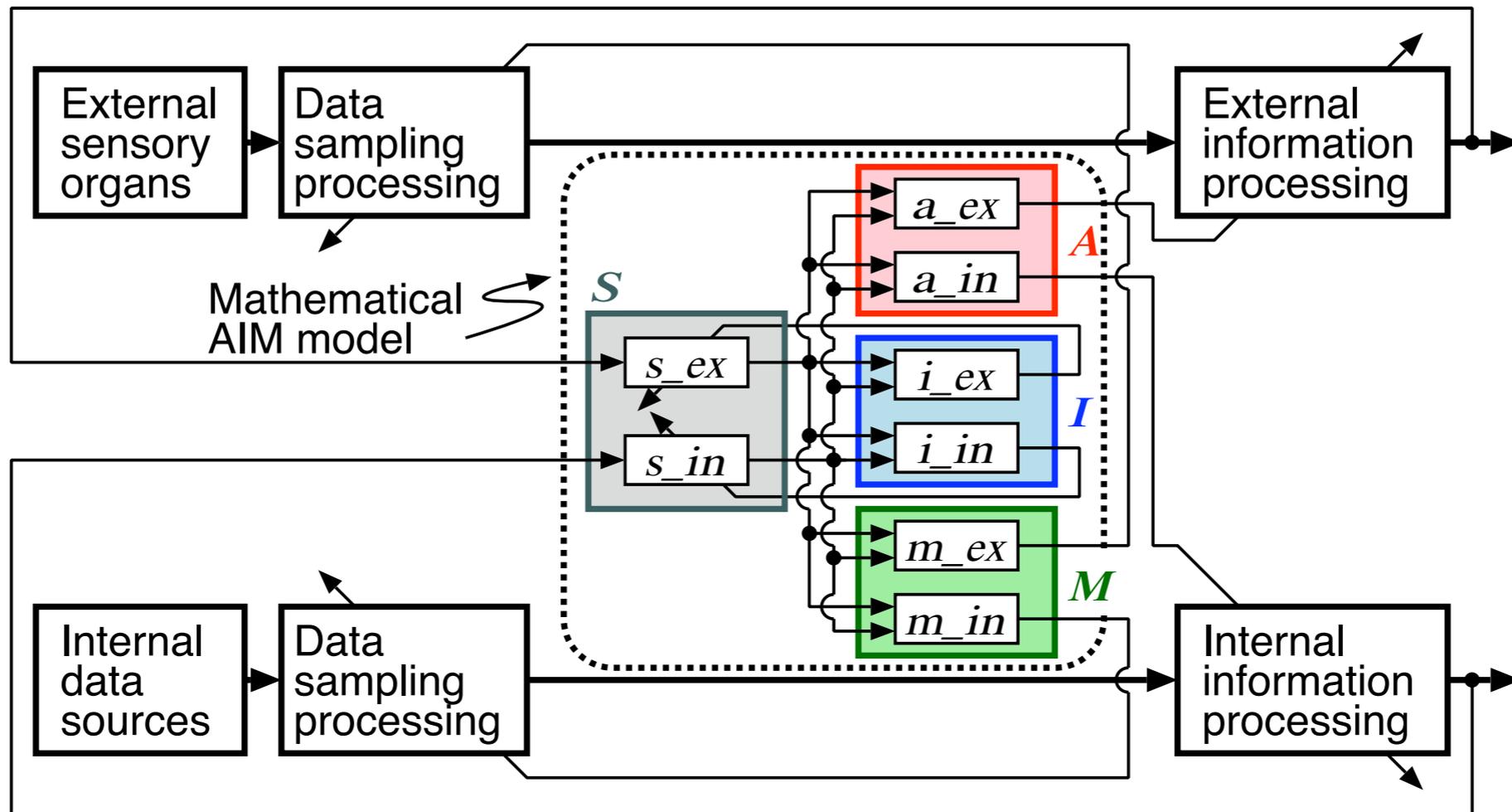
- レム睡眠

記憶等の内部情報の処理

- ノンレム睡眠

処理能力低下

AIMモデルの数理化



- 外部情報処理

- ◆ 実時間処理が必要
- ◆ 視覚, 聴覚等の情報

- 内部情報処理

- ◆ 時間のかかる処理
- ◆ 記憶領域内の情報

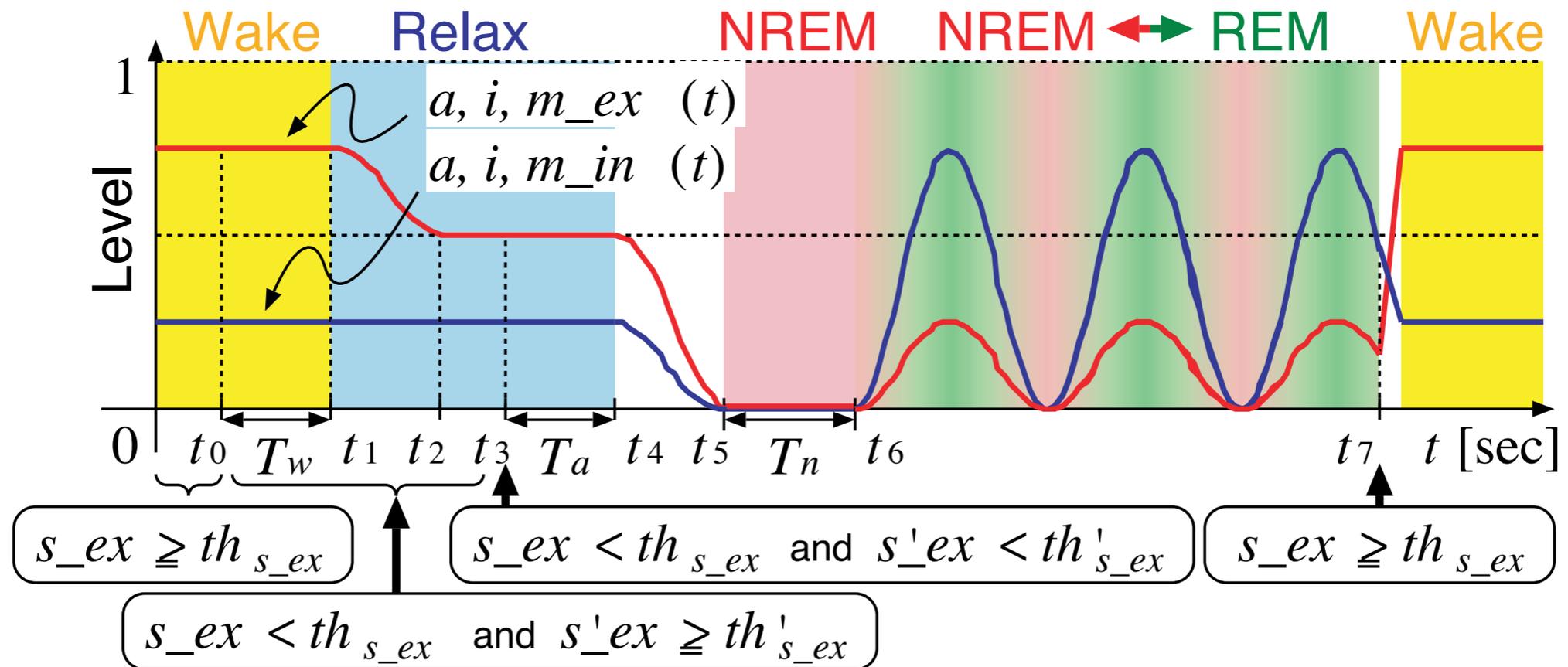
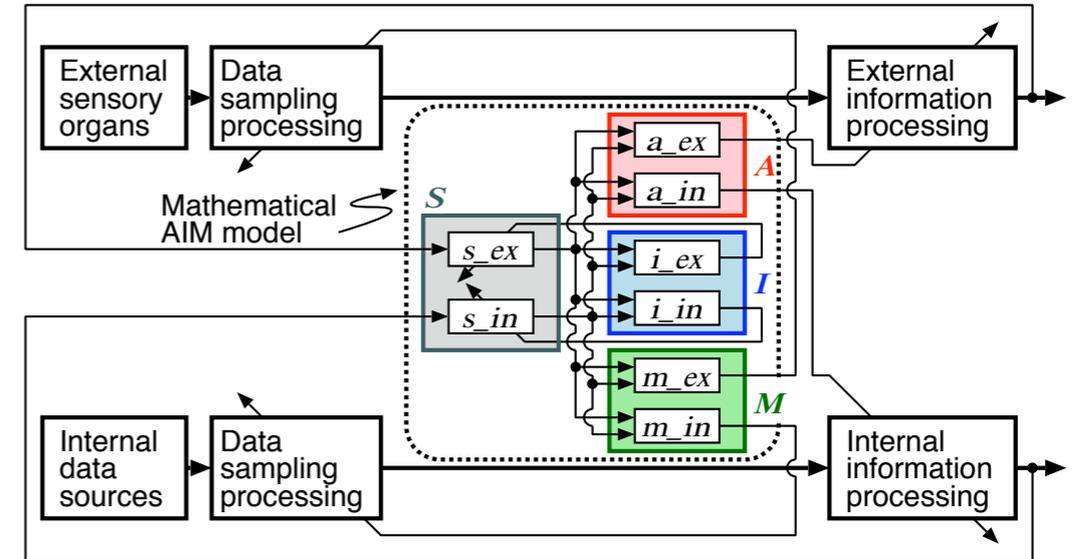
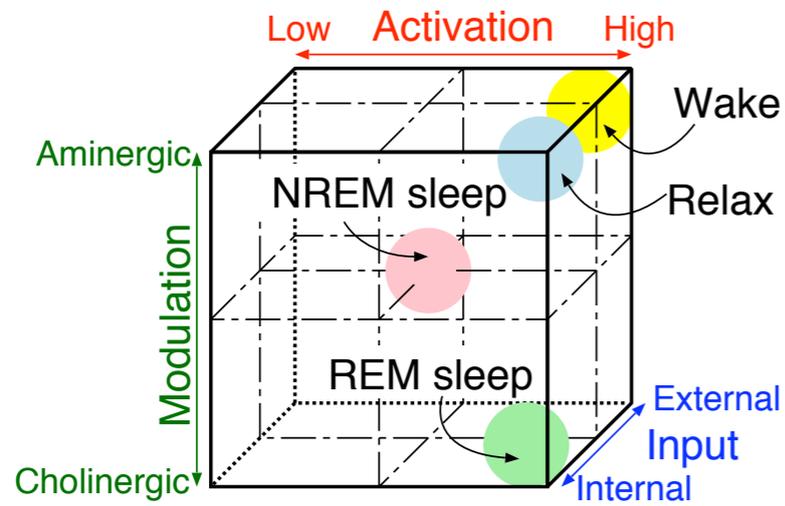
- 要素 S

- ◆ 外部/内部情報から刺激に変換

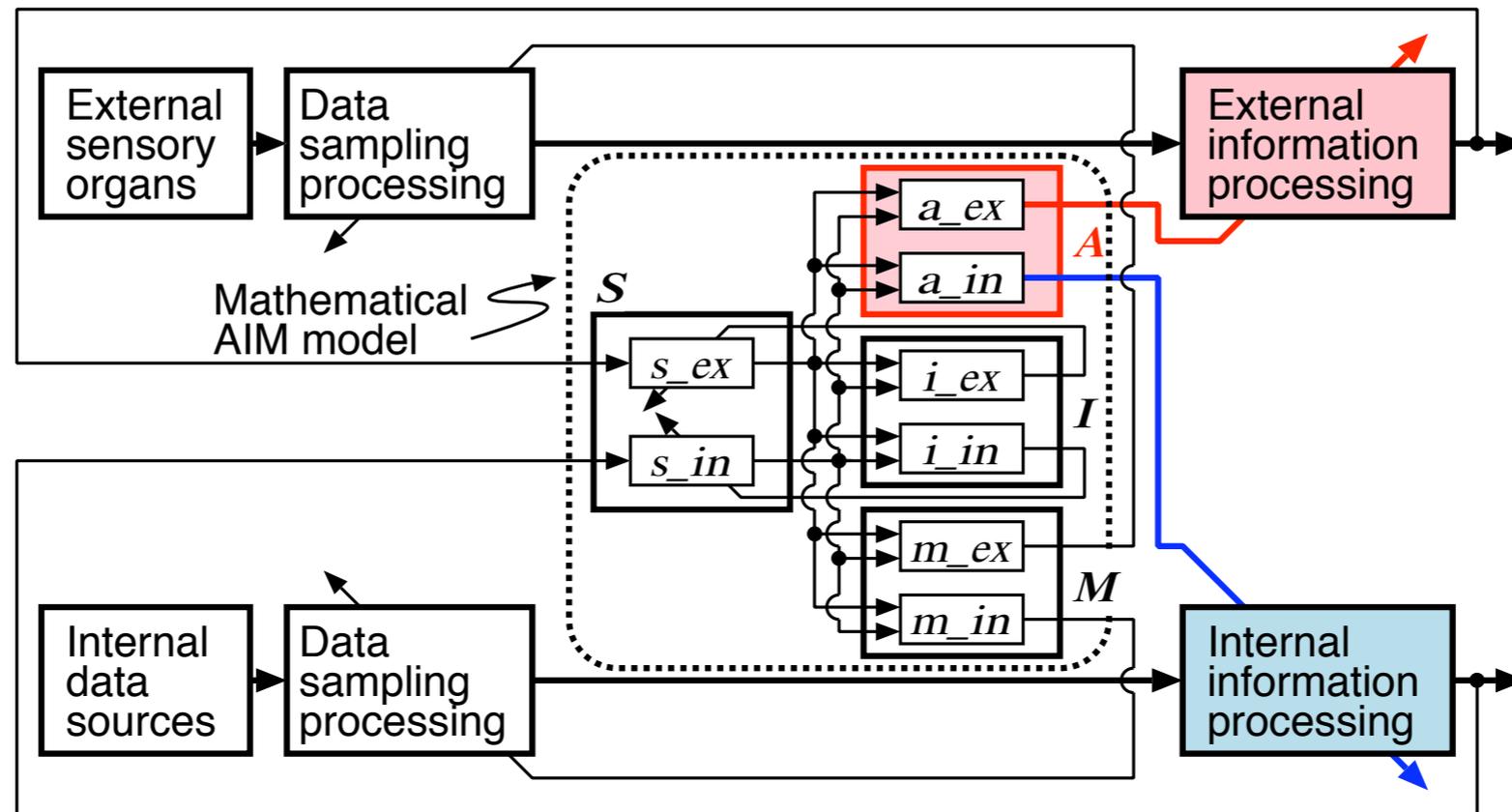
- 要素 A, I, M

- ◆ 外部刺激(要素 S)により制御される

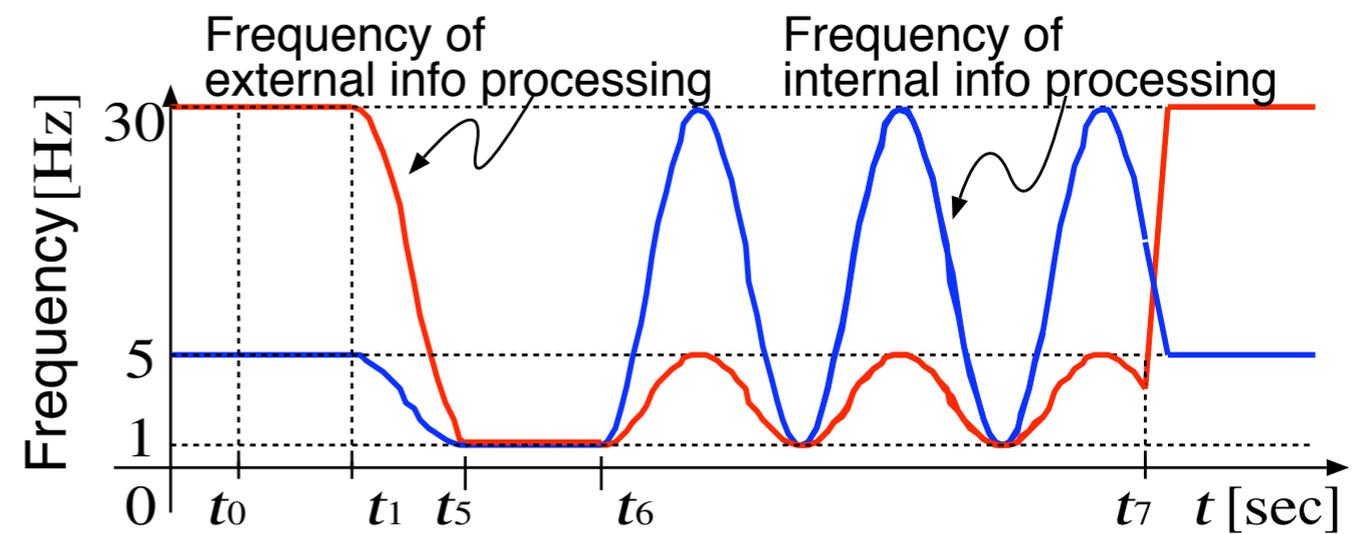
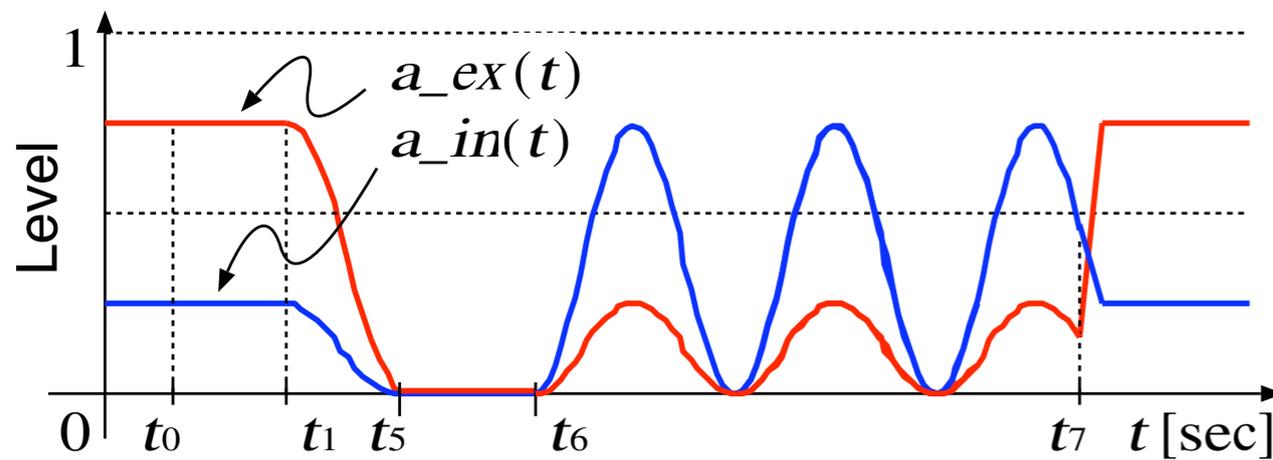
数理AIMモデル：要素A, I, Mの時間変化



要素 A , I , M の変化を情報処理系へフィードバック

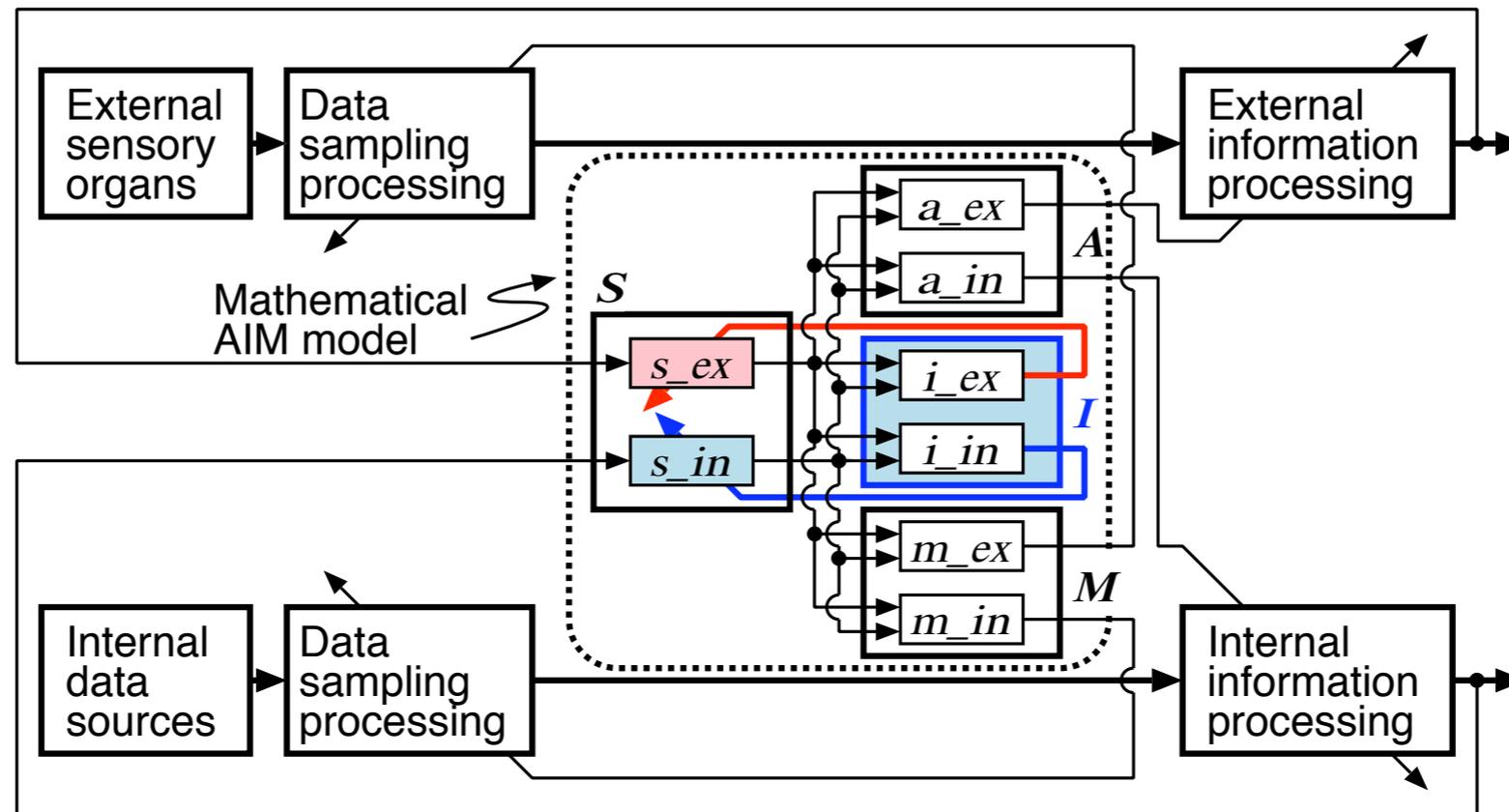


要素 A : active level を制御

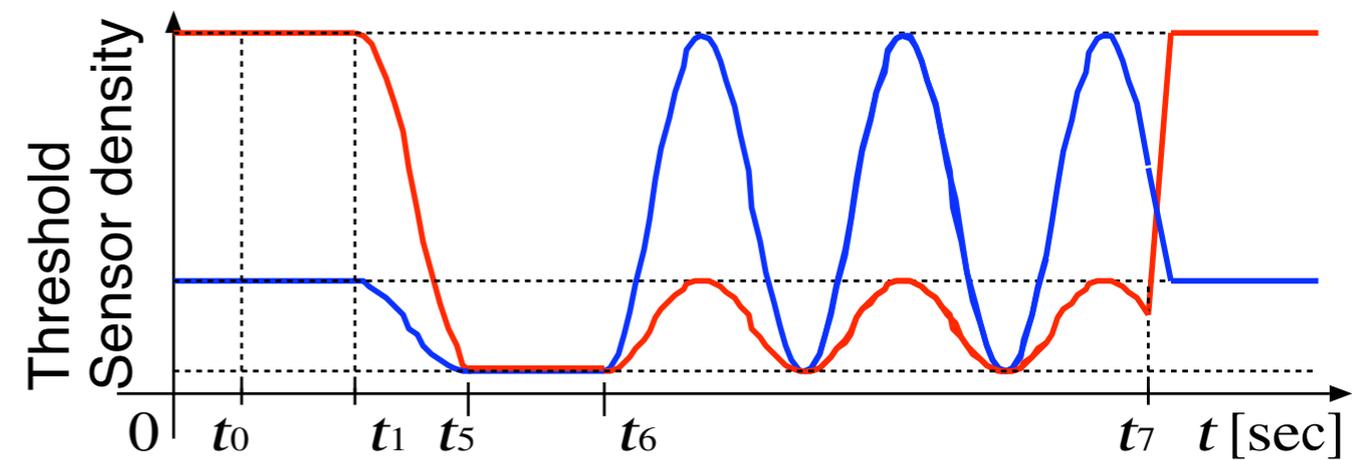
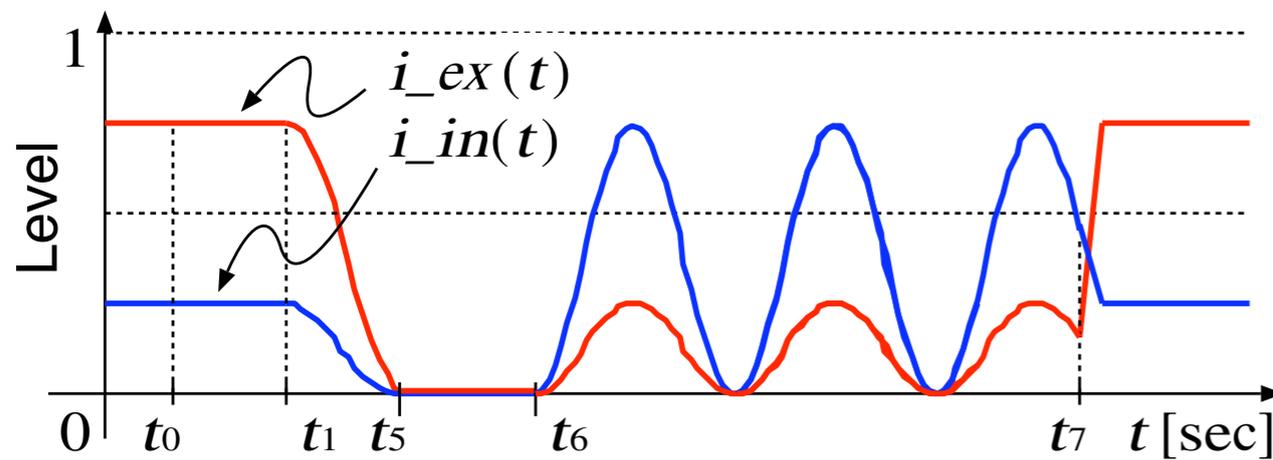


$a_{ex}(t)$ と $a_{in}(t)$ の値に基づき, 外部/内部情報処理の頻度を決定

要素 A , I , M の変化を情報処理系へフィードバック

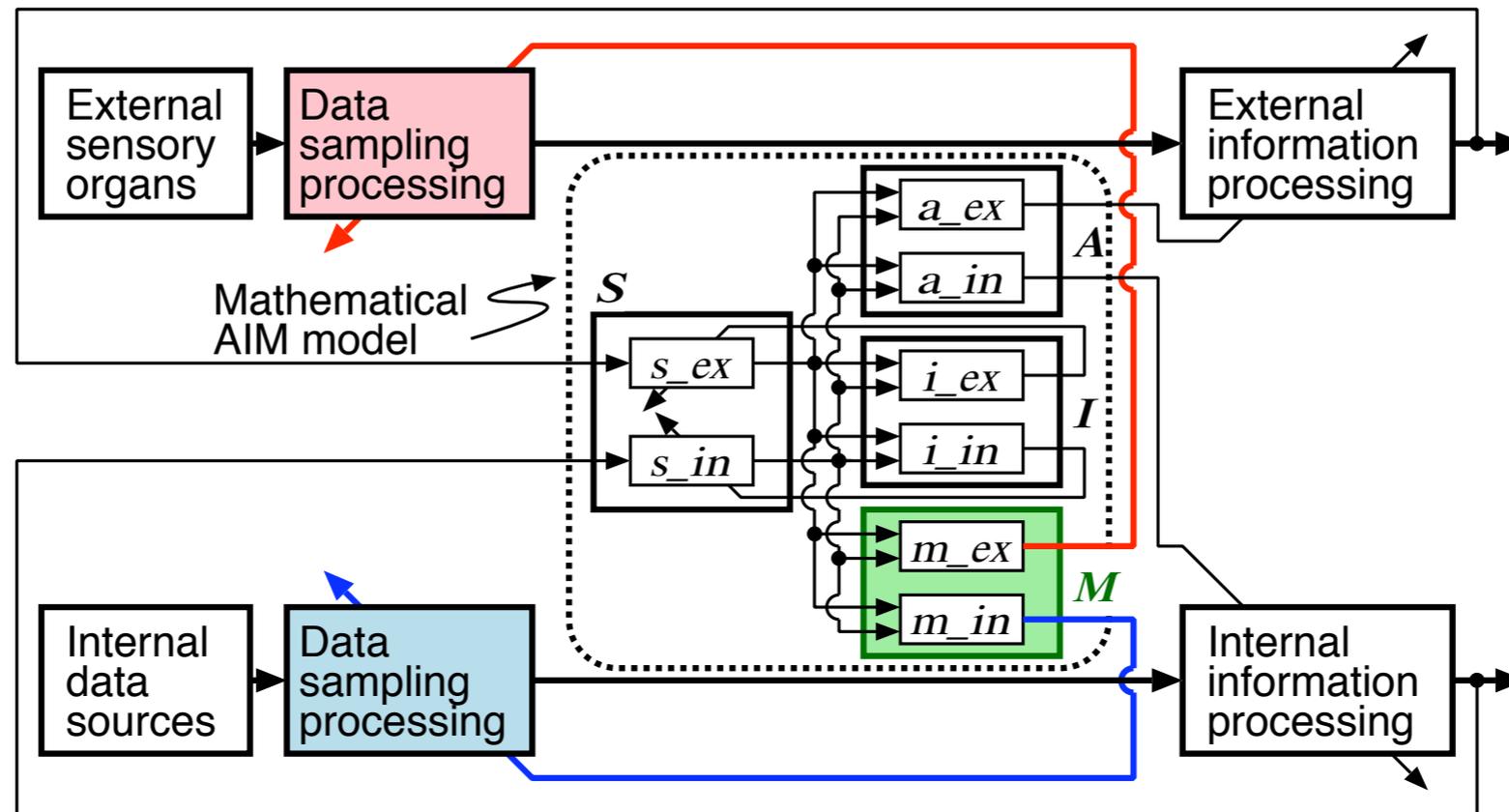


要素 I : 外部/内部刺激の入出力を制御

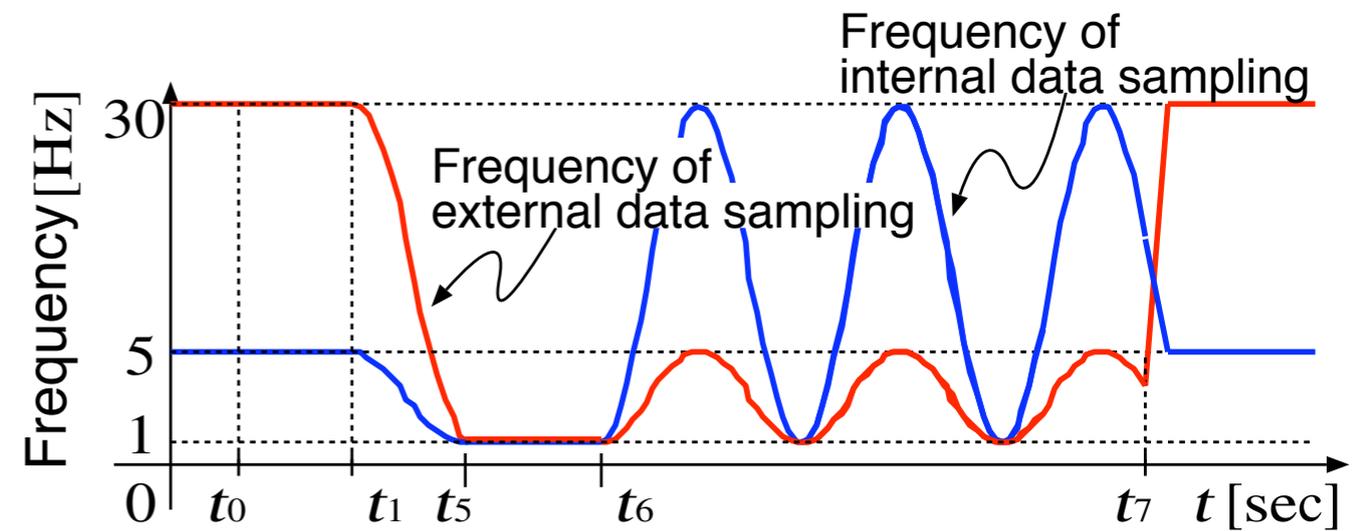
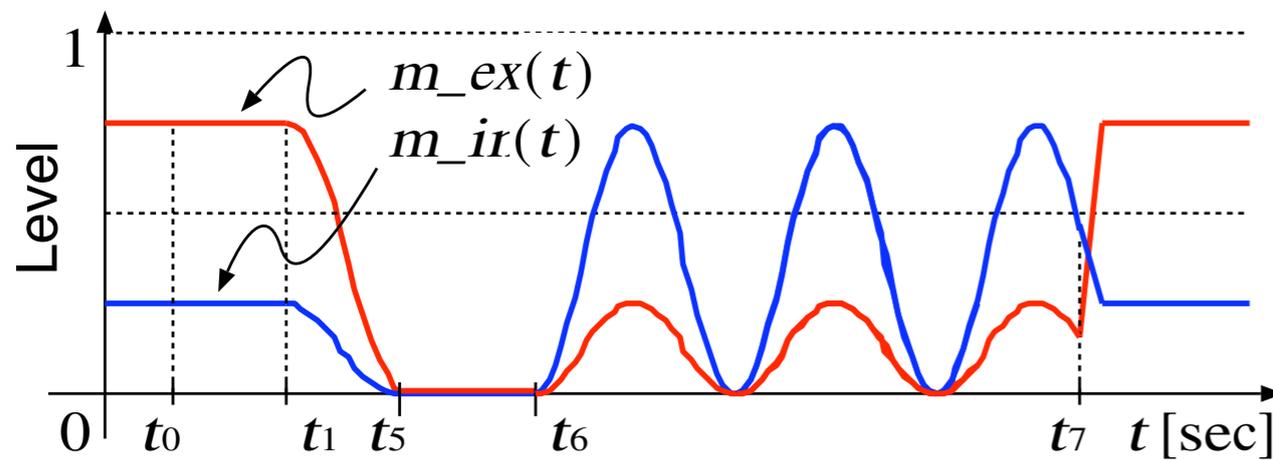


$i_{ex}(t)$ と $i_{in}(t)$ の値に基づき, 刺激に対する感度を決定

要素 A , I , M の変化を情報処理系へフィードバック

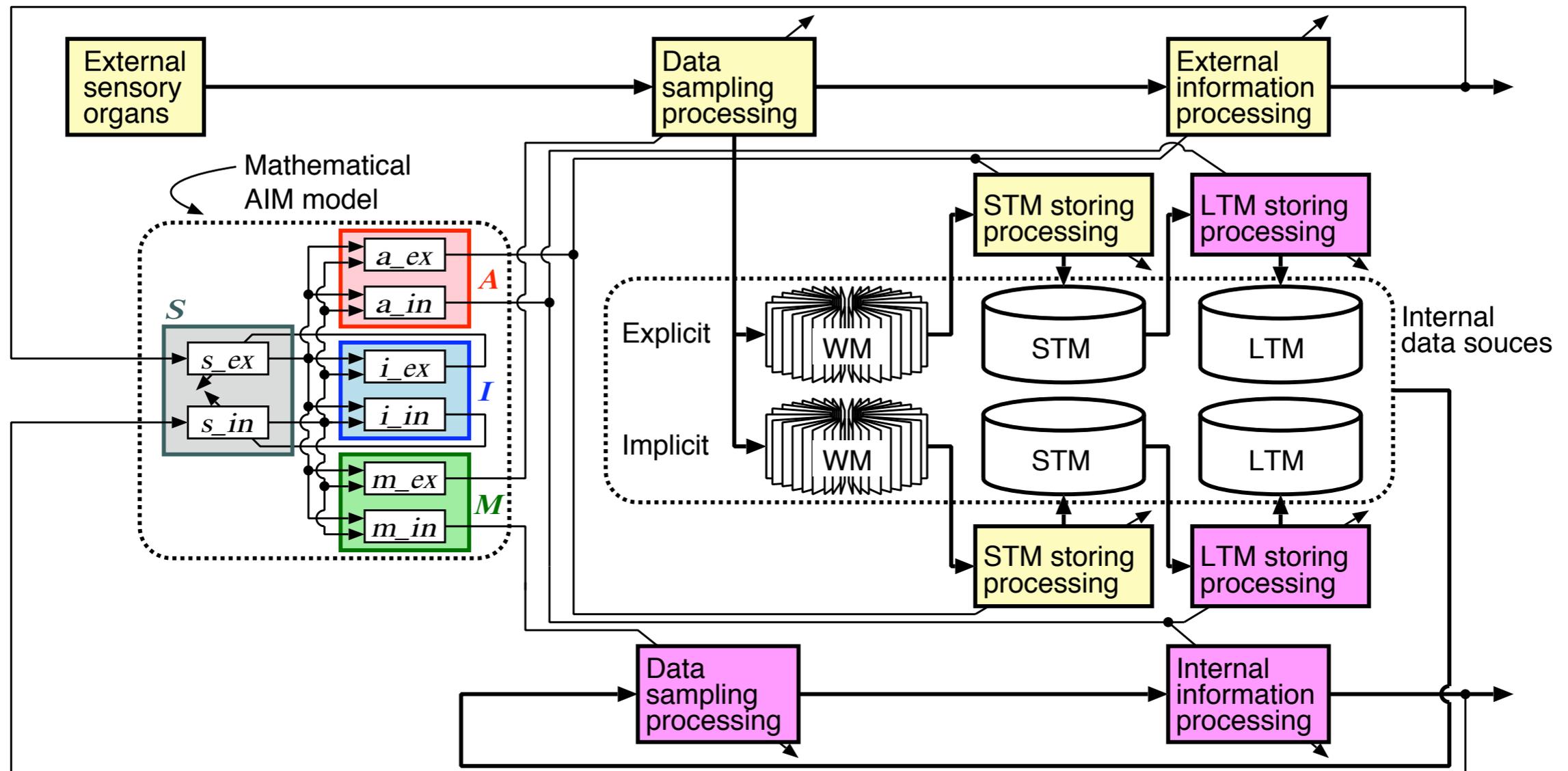


要素 M : 外部/内部刺激の入出力を制御



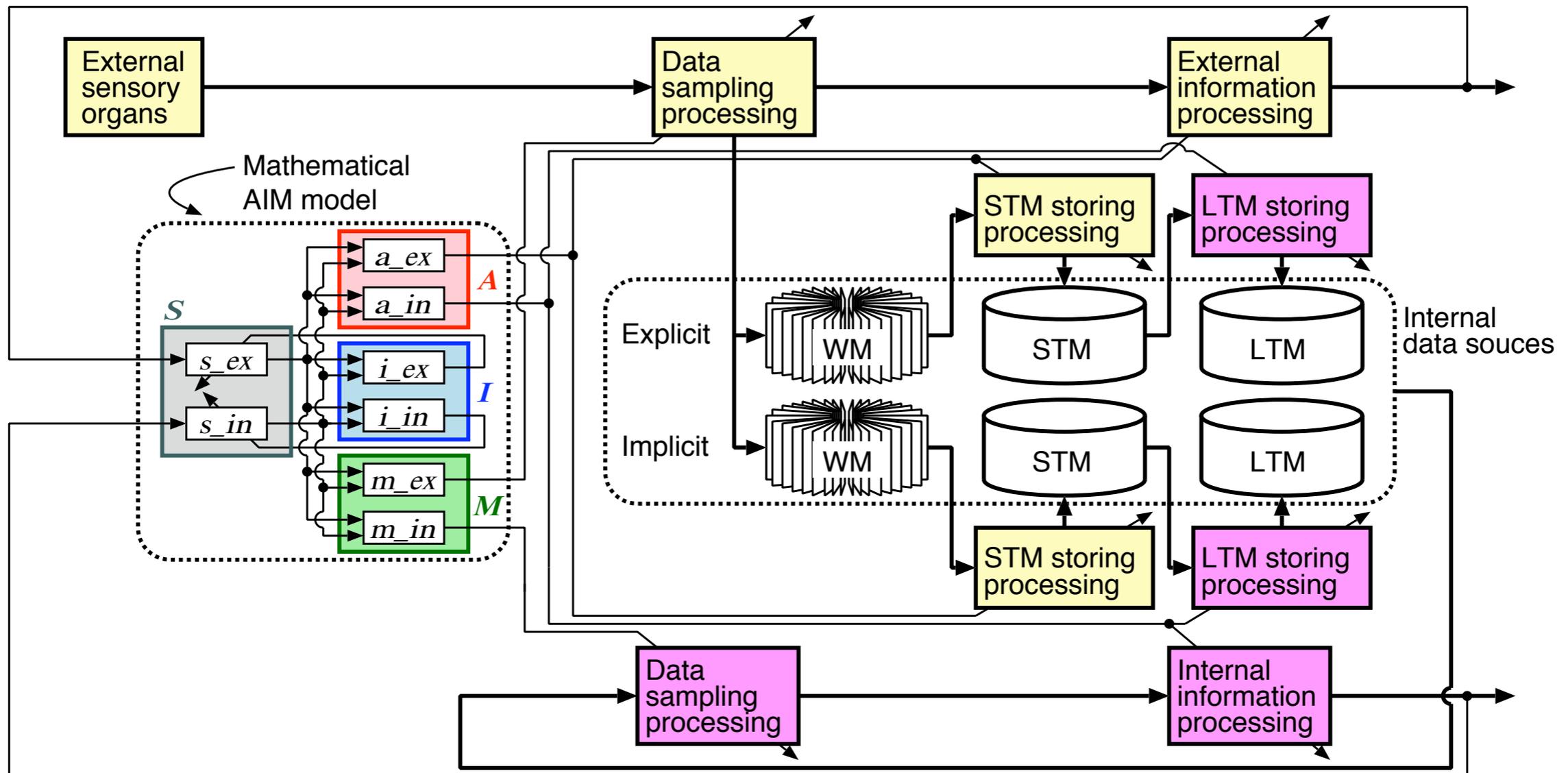
$m_{ex}(t)$ と $m_{in}(t)$ の値に基づき、データサンプリングの頻度を決定

記憶機能



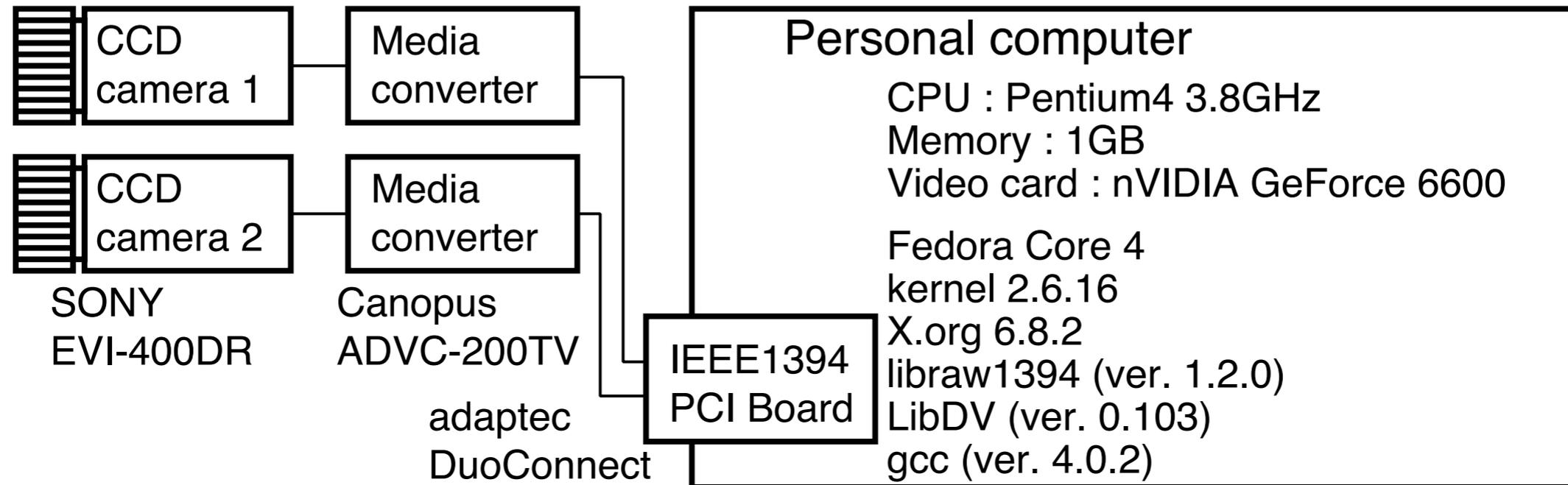
- 顕在(Explicit)記憶：意識下の記憶 -> 外部刺激に応じて記憶
 - ✦ 作動記憶(Working Memory), 短期記憶(Short-Term Memory), 長期記憶(Long-Term Memory)
- 潜在(implicit)記憶：無意識下の記憶 -> 一定時間毎に記憶
 - ✦ 作動記憶(Working Memory), 短期記憶(Short-Term Memory), 長期記憶(Long-Term Memory)

記憶機能



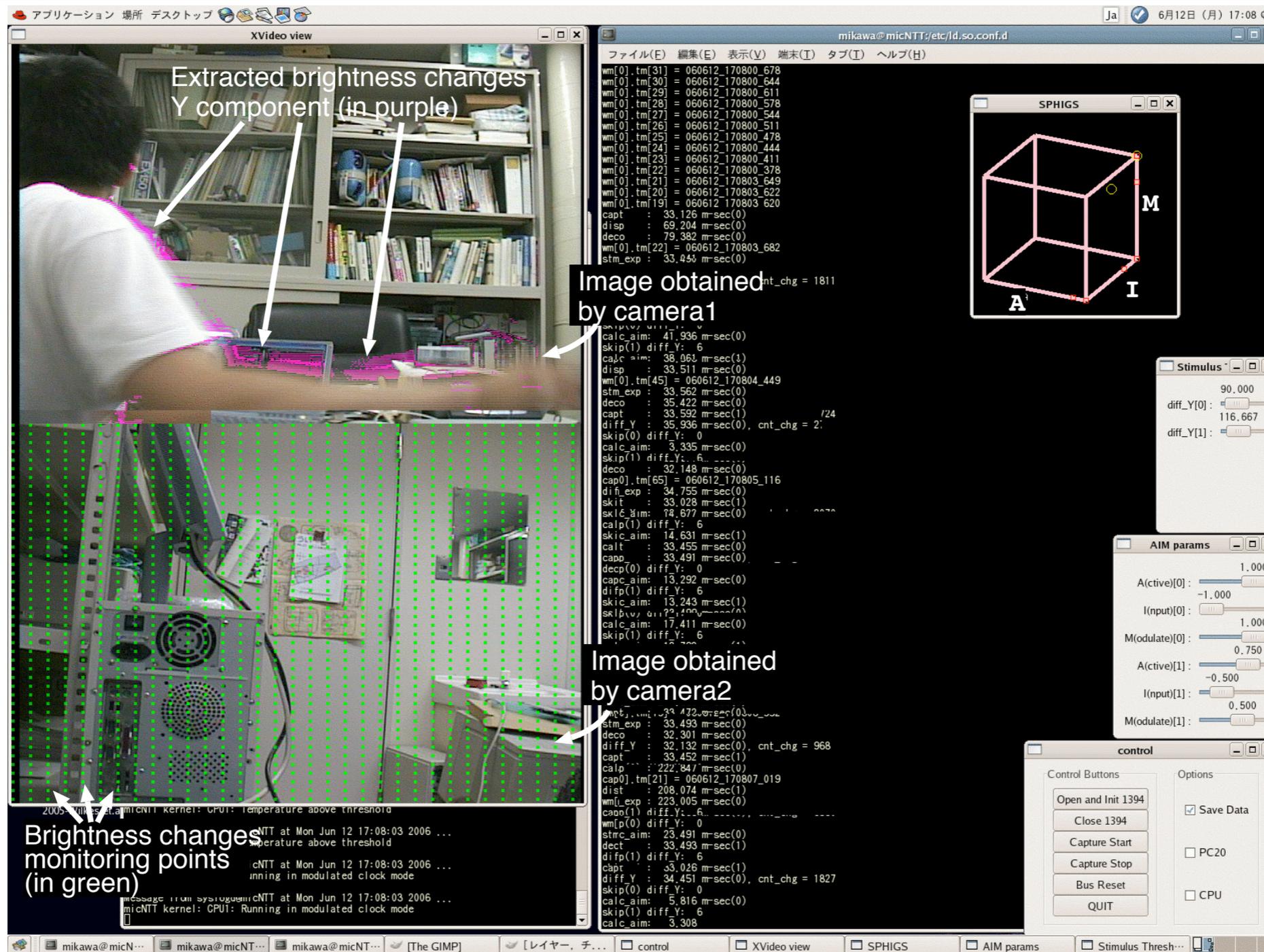
- 顕在/潜在作動記憶(WM)：数秒間の記憶 -> リングバッファ
- 顕在短期記憶(Explicit STM)：外部刺激に応じ顕在作動記憶からHDに保存
- 潜在短期記憶(Implicit STM)：一定時間毎に潜在作動記憶からHDに保存
- 顕在長期記憶(Explicit LTM)：レム睡眠時に顕在短期記憶の重複を整理
- 潜在長期記憶(Implicit LTM)：レム睡眠時に潜在短期記憶の重複を整理

実験システム



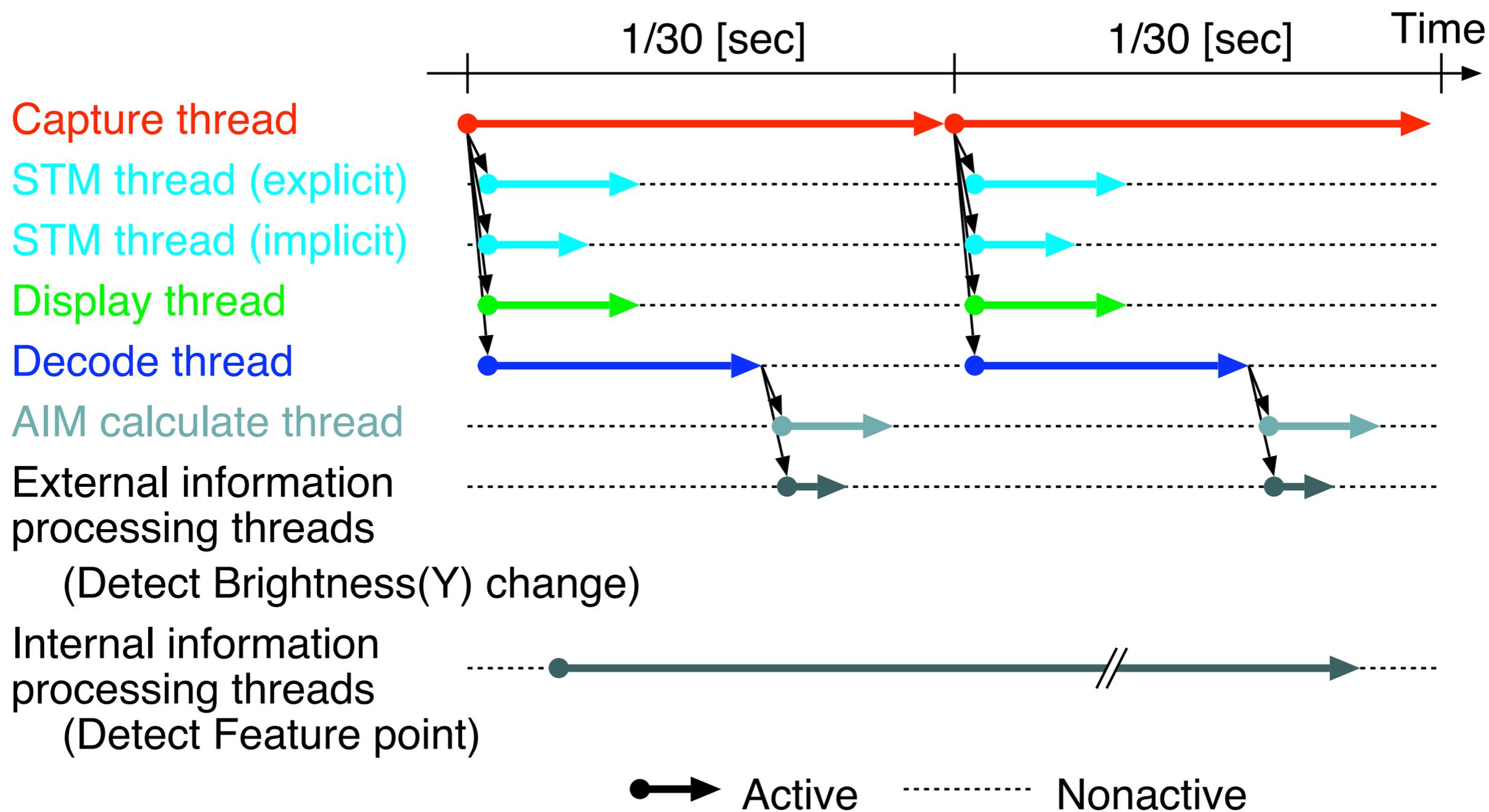
- 実時間ステレオビジョンシステム
- IEEE 1394 API
- マルチスレッドによる並列処理

実験システム



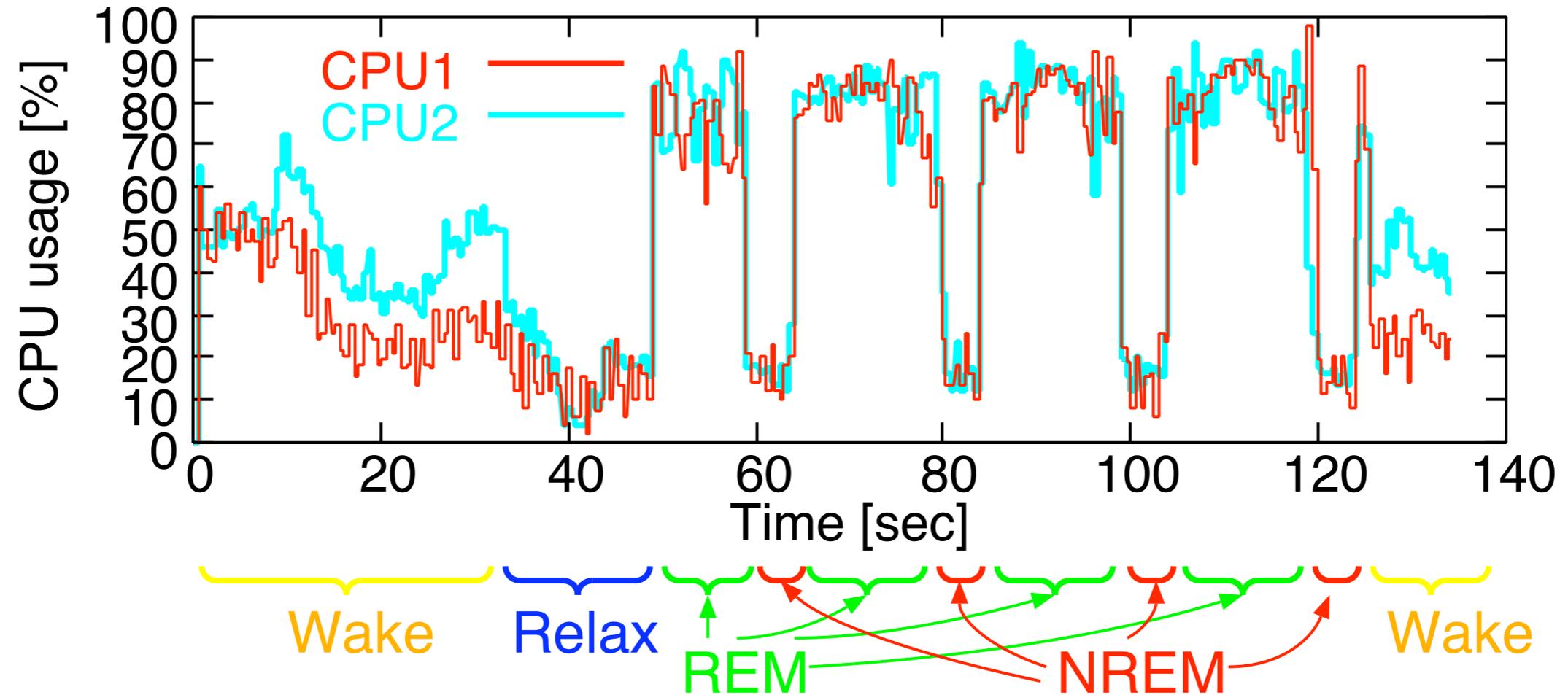
- 刺激 → 輝度変化のみ
- 外部情報処理: 輝度変化の検出, 顕在記憶
- 内部情報処理: 潜在記憶

マルチスレッドによる並列処理



実験結果

<CPU使用率の時間変化>



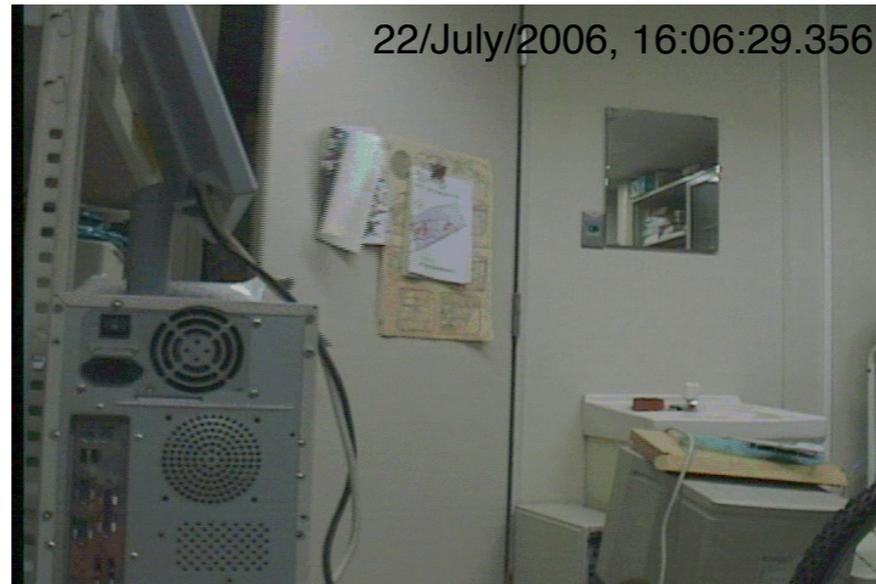
- 外部刺激: 多 => 覚醒 => 外部情報を主に処理
- 外部刺激: 少 => 睡眠 => 内部情報(記憶)を主に処理

↓↓
<< 計算機資源の有効活用 >>

実験結果 その2 (1/2)

<12時間連続で稼働>

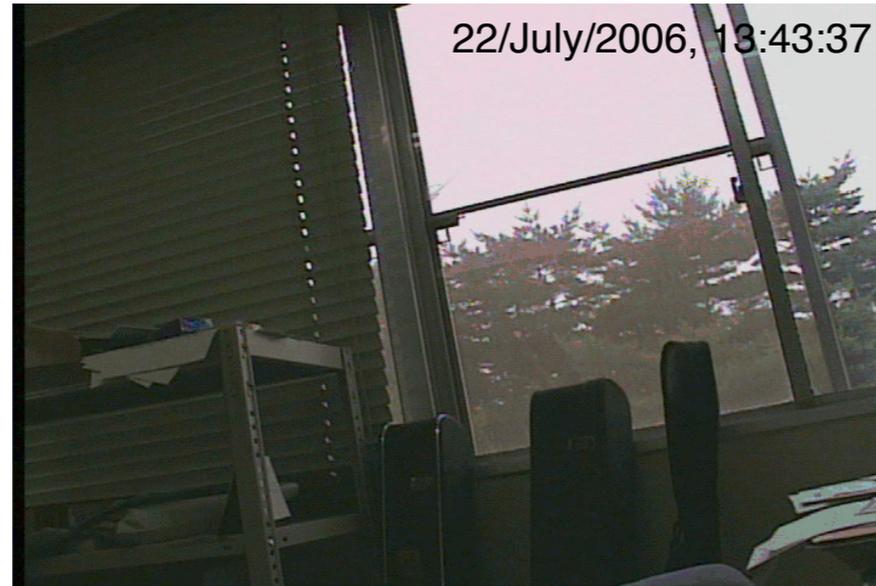
- 顕在長期記憶による人の動きの検出



実験結果 その2 (2/2)

<12時間連続で稼働>

- 潜在長期記憶による緩やかな日照変化, 雲の動きの検出



- 潜在長期記憶による緩やかな日照変化, 雲の動きの検出



まとめ

- ロボットビジョンのための数理AIMモデルと記憶機能の提案
- 実験に本手法の有効性を確認



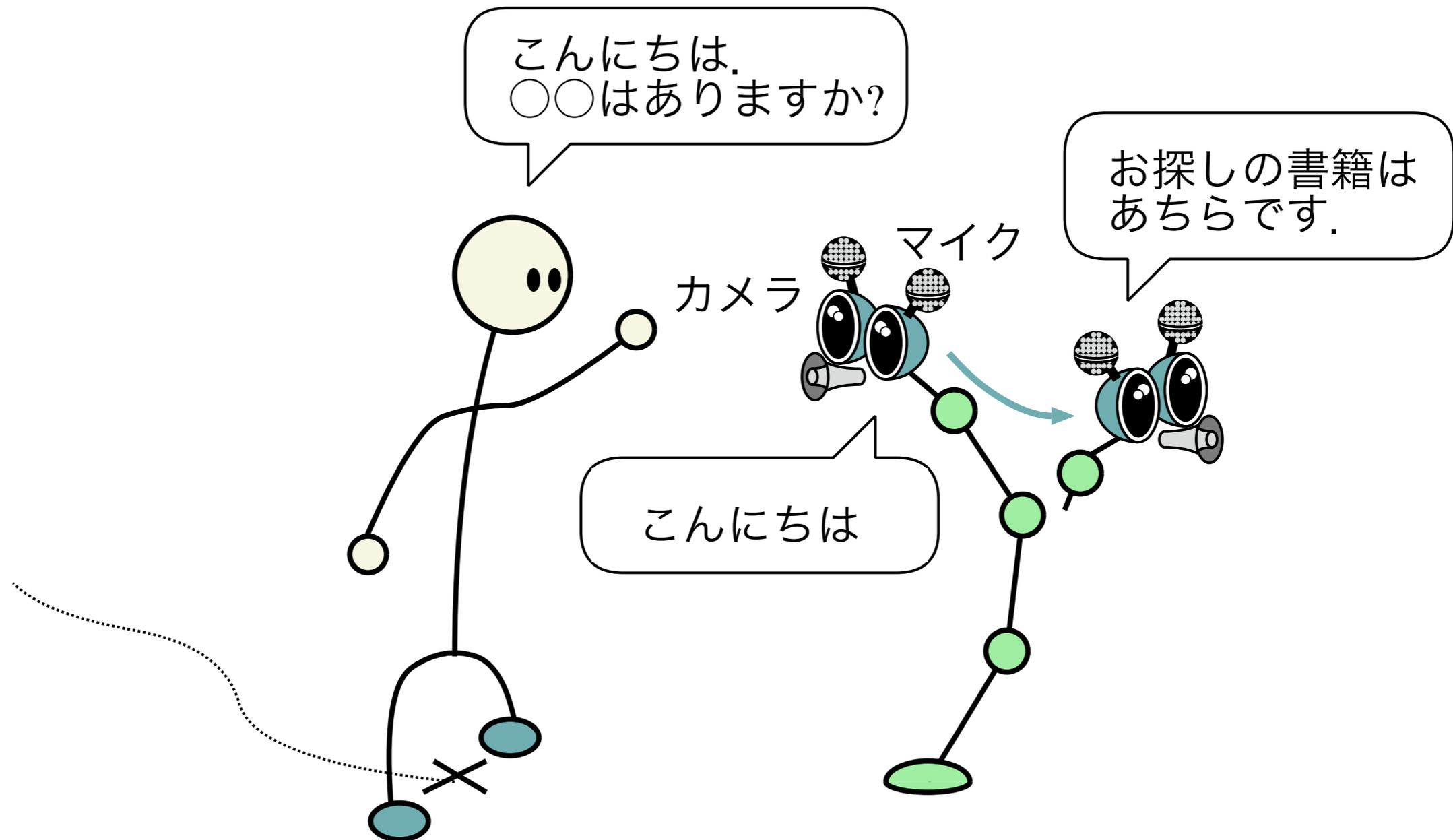
<< 必要な処理が必要な時に実行 >>



柔軟なシステムの実現

今年度の計画

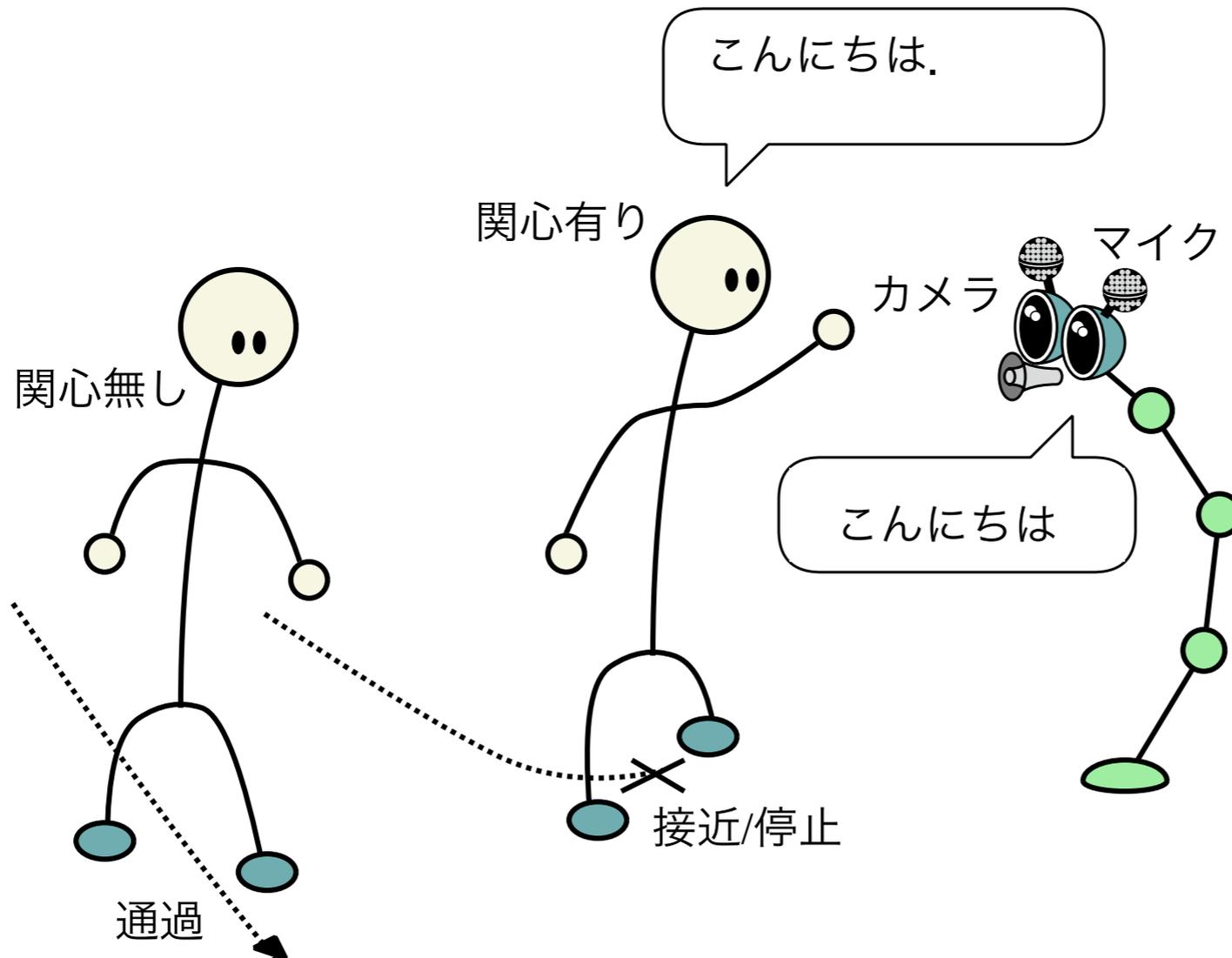
数理AIMモデルの**図書館司書ロボット**への適用



求む! 共同研究者!!

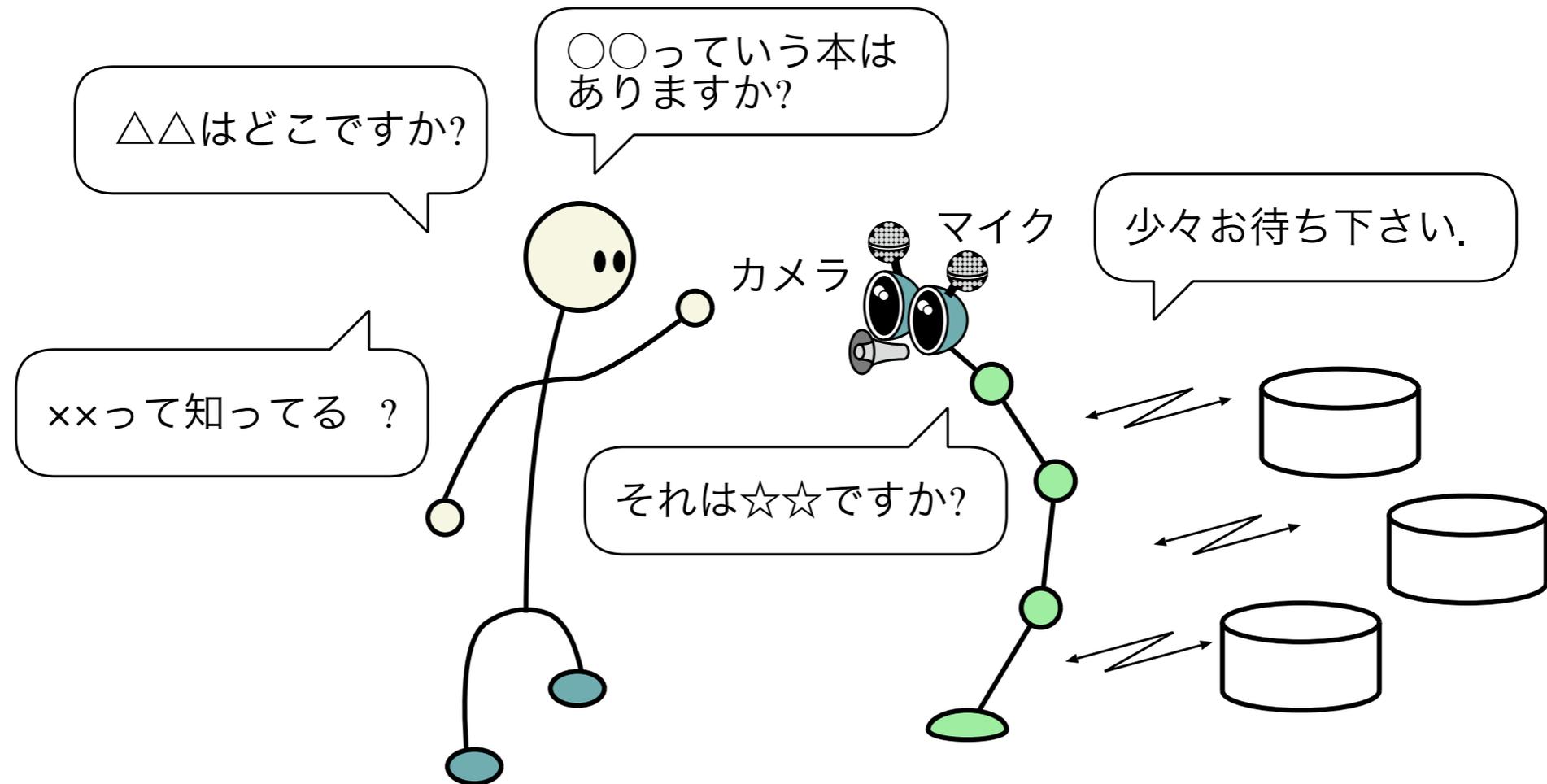
図書館業務の流れ

受付 応対対象者を識別する ← 人間行動予測



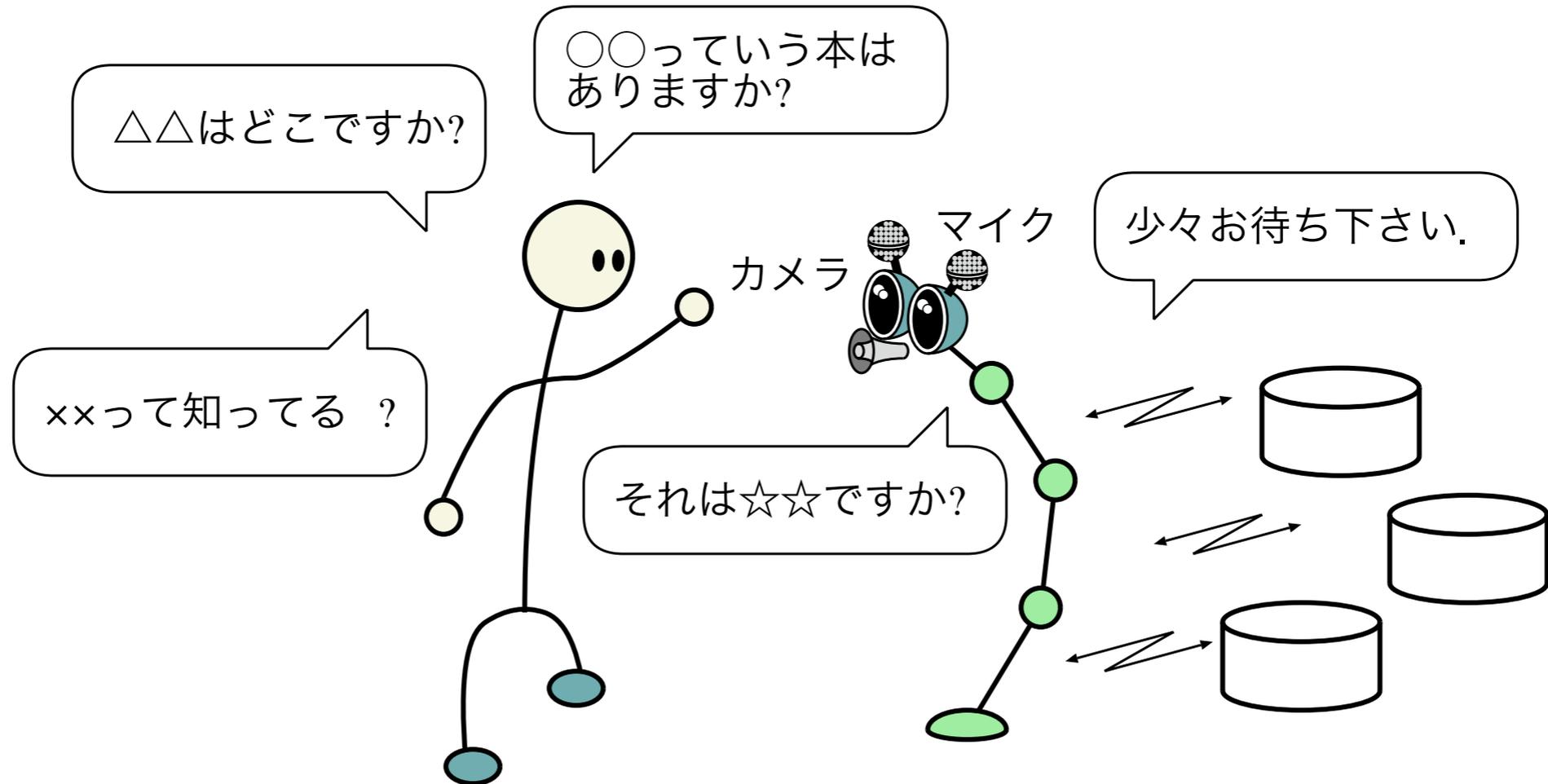
図書館業務の流れ

受付 応対対象者を識別する ← 人間行動予測
応対 要望を聞き出す ← 自然言語対話



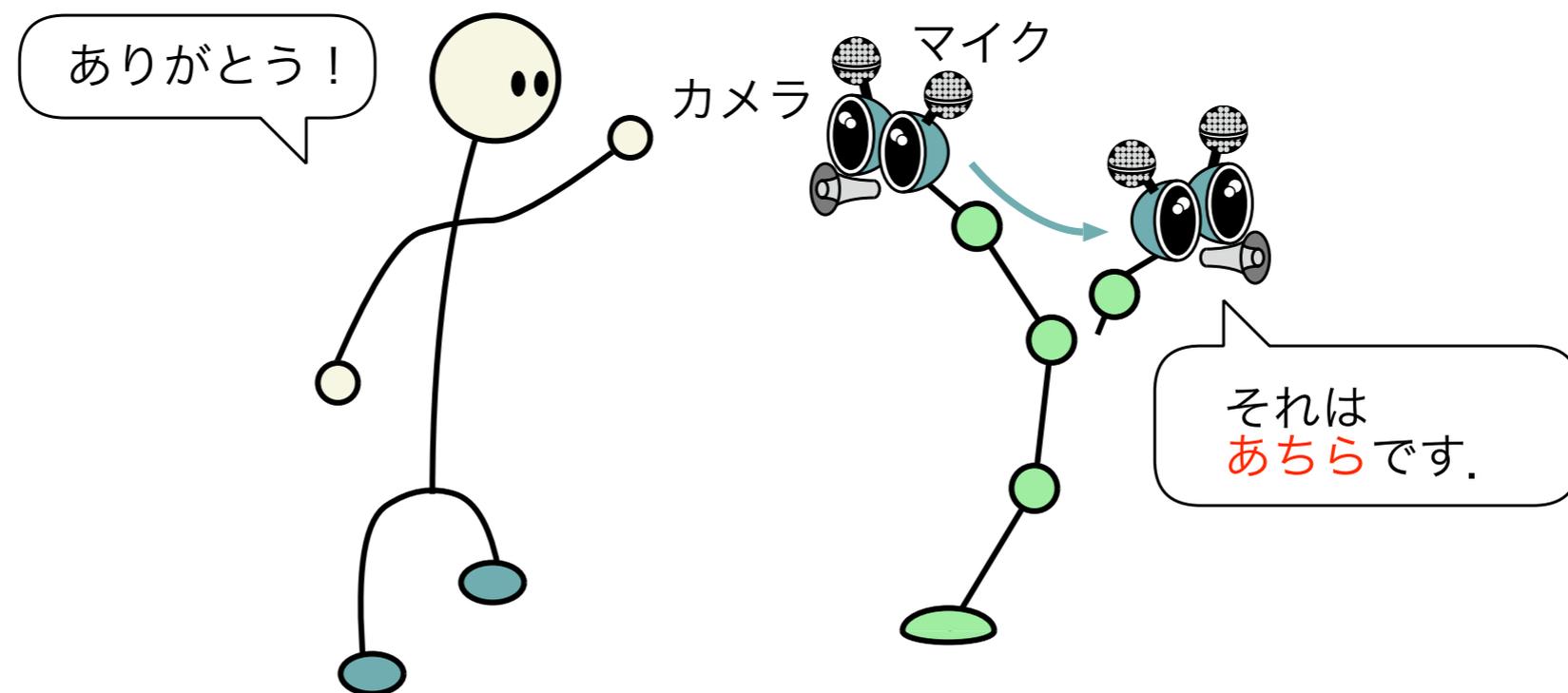
図書館業務の流れ

- 受付** 応対対象者を識別する ← 人間行動予測
- 応対** 要望を聞き出す ← 自然言語対話
- 検索** 情報を探す ← WEB検索



図書館業務の流れ

- 受付** 応対対象者を識別する ← 人間行動予測
- 応対** 要望を聞き出す ← 自然言語対話
- 検索** 情報を探す ← WEB検索
- 提供** 情報を提供する ← 身体性を利用



現在の研究チーム

- 三河 正彦 : ロボットの制御, 視覚情報処理
- 田中 和世教授 : 聴覚情報処理
- Reid Simmons教授 : レーザレンジファインダによる人間行動予測

- 募集中 : 図書館司書業務アドバイザー
- 募集中 : Tulipsとの連携機能
- 募集中 : 人間に好かれる人工物(ロボット動作生成)
- 募集中 : 情報発信端末(学内研究紹介等)
- 募集中 : 等々

使用機器



連絡先

mikawa@slis.tsukuba.ac.jp

029-859-1446

春日キャンパス 201研究室

