

移動ロボットの開発経験



田中 秀幸

知能システム研究部門

サービスロボティクス研究グループ

- 自己紹介・研究紹介
- 再利用プロジェクトの概要
- 構築したロボットシステム
- 成果と課題
- RTCの再利用性向上に向けて

■ 産総研勤務 3年目

- ポスドク 2年間, 今年度から任期付研究員

■ 研究テーマ

- 環境構造化を活用した生活支援ロボットの研究
 - ロボットアーム, 移動ロボット
- QOL向上に資するロボット開発の基盤構築
 - 生活分析 → 開発 → 評価 → … のサイクル



■ 「再利用プロジェクト」に1年間従事

- RTコンポーネント(RTC)の組み合わせによる移動ロボットシステム構築を担当

開発したロボットシステムの例 1

上肢障害者の自立生活を支援するロボットアーム

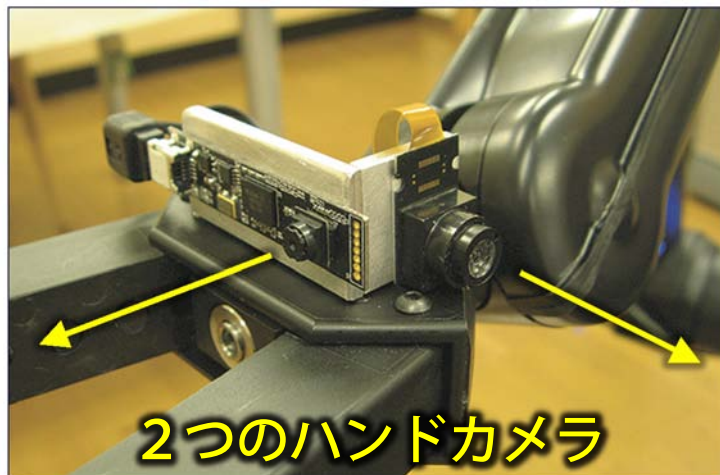
環境構造化



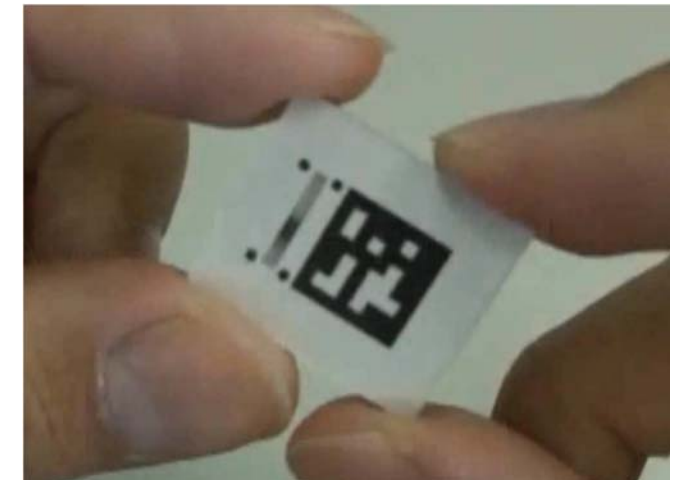
扉開け作業の自動化



顔認識による食事支援



高精度な姿勢
計測が可能な
マーカの開発



開発したロボットシステムの例 2

上空画像を利用した移動ロボットナビゲーション



上空画像



人ごみの中でも
安定した視界

上空画像列でルートを教示



上空画像マッチングで
位置推定・自律走行



- GPSと上空画像は相補的
- 屋外都市環境での自律移動技術

RTミドルウェア(RTM)の利用は？

- 一部のソフトウェアはRTC化，今後も順次RTC化したいと考えている
- だが現状のシステムはRTMとは独立に構築
 - (言い訳1) どうせ一人で開発するんだし，手馴れたやり方でプログラムを書くのが手っ取り早い．システムがちゃんと動けば良い．
 - (言い訳2) 誰かのコンポーネントを流用できれば良いが，あるかどうか分からないし，あっても本当に使えるかどうか分からない．
 - (言い訳3) どのようにモジュール化するのがベストか分からない．結局ボトムアップ・試行錯誤的なシステム構築になってしまう．

=> ・ **車輪の再発明**

・ **開発した技術(ソフトウェア)が他で使われない**

=> **ロボットシステム全般の問題**

“共有・再利用への意志”が必要

- 自己紹介・研究紹介
- **再利用プロジェクトの概要**
- 構築したロボットシステム
- 成果と課題
- RTCの再利用性向上に向けて

■ “ロボット知能ソフトウェア再利用性向上技術の開発”

● 「次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト」の一部

- NEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構), 08-11年度

■ 狙い

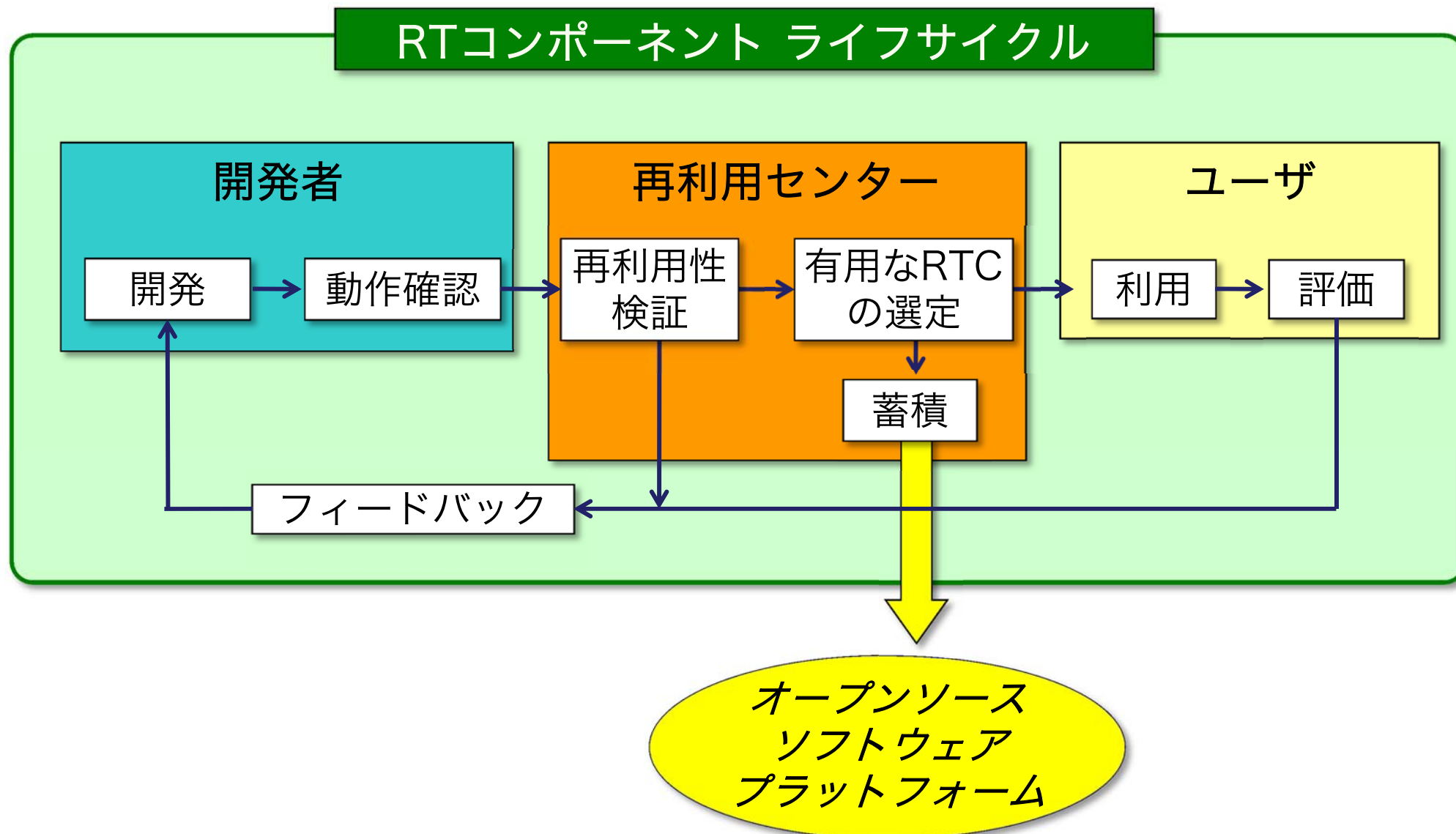
● 企業・大学・研究機関の技術の共有・再利用を促進

- 垂直型の閉じられたロボット開発から脱却
- ソフトウェアの共有により開発の効率化・高度化

● 共有可能なRTコンポーネント(RTC)の蓄積を図る

- RTCライフサイクルの確立
- オープンソース・ソフトウェアの蓄積

RTコンポーネント ライフサイクル



1. RTCを収集

- 企業, 大学, 研究機関から約25団体が各種RTCを作成
- 作業知能, 移動知能, コミュニケーション知能の3分類

2. 実際のロボットシステムでRTCの動作を検証

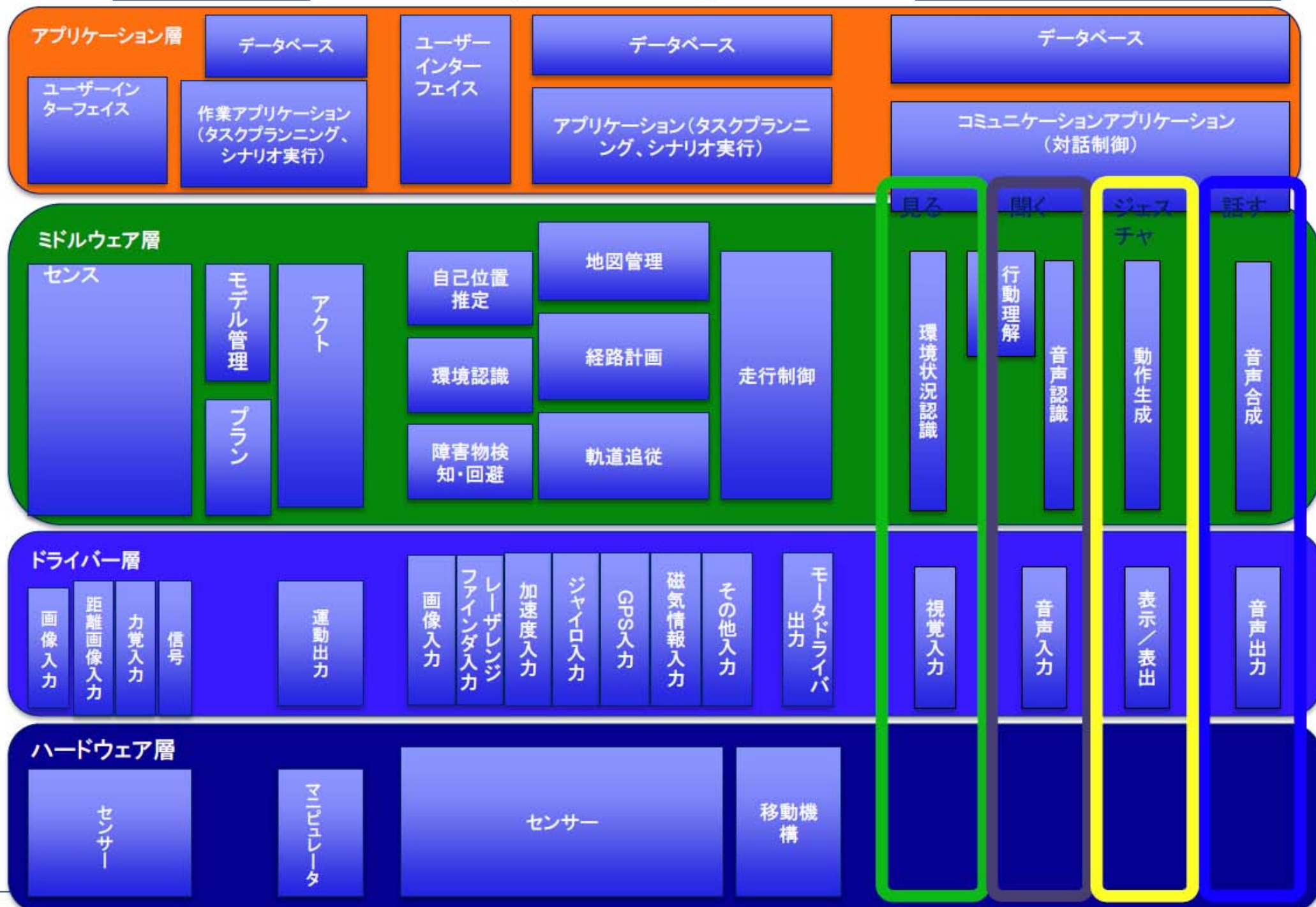
- オフィスでのアプリケーションを想定したロボットシステム
- 目的に合った有用なRTCを選定, システムを構築
- 同等の機能をもつRTCと組み換え, 再利用性を検証

3. RTCを公開, ユーザからのフィードバックにより洗練

作業知能

移動知能

コミュニケーション知能



■ RTC再利用技術研究センター

- 富士ソフト株式会社、産業技術総合研究所

■ 活動内容

- 多様な開発者が作成したRTCの動作検証
- 有用なRTCを用いたRTシステムの統合
- 開発者・ユーザを含めたRTCライフサイクルの構築



秋葉原ダイビル13F

- 自己紹介・研究紹介
- 再利用プロジェクトの概要
- **構築したロボットシステム**
- 成果と課題
- RTCの再利用性向上に向けて

■ 来訪者受付システム - サービス内容

■ 受付

訪問者の検知，端末操作による
担当者への連絡



■ 給仕

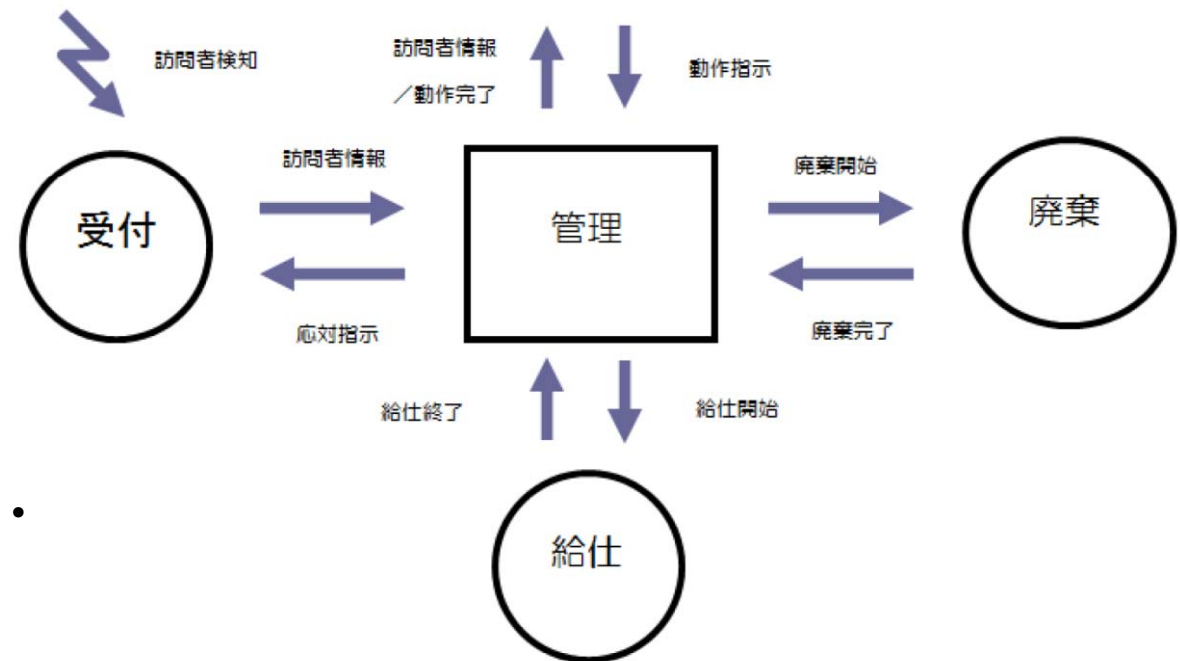
来訪者に飲み物を提供

■ 廃棄

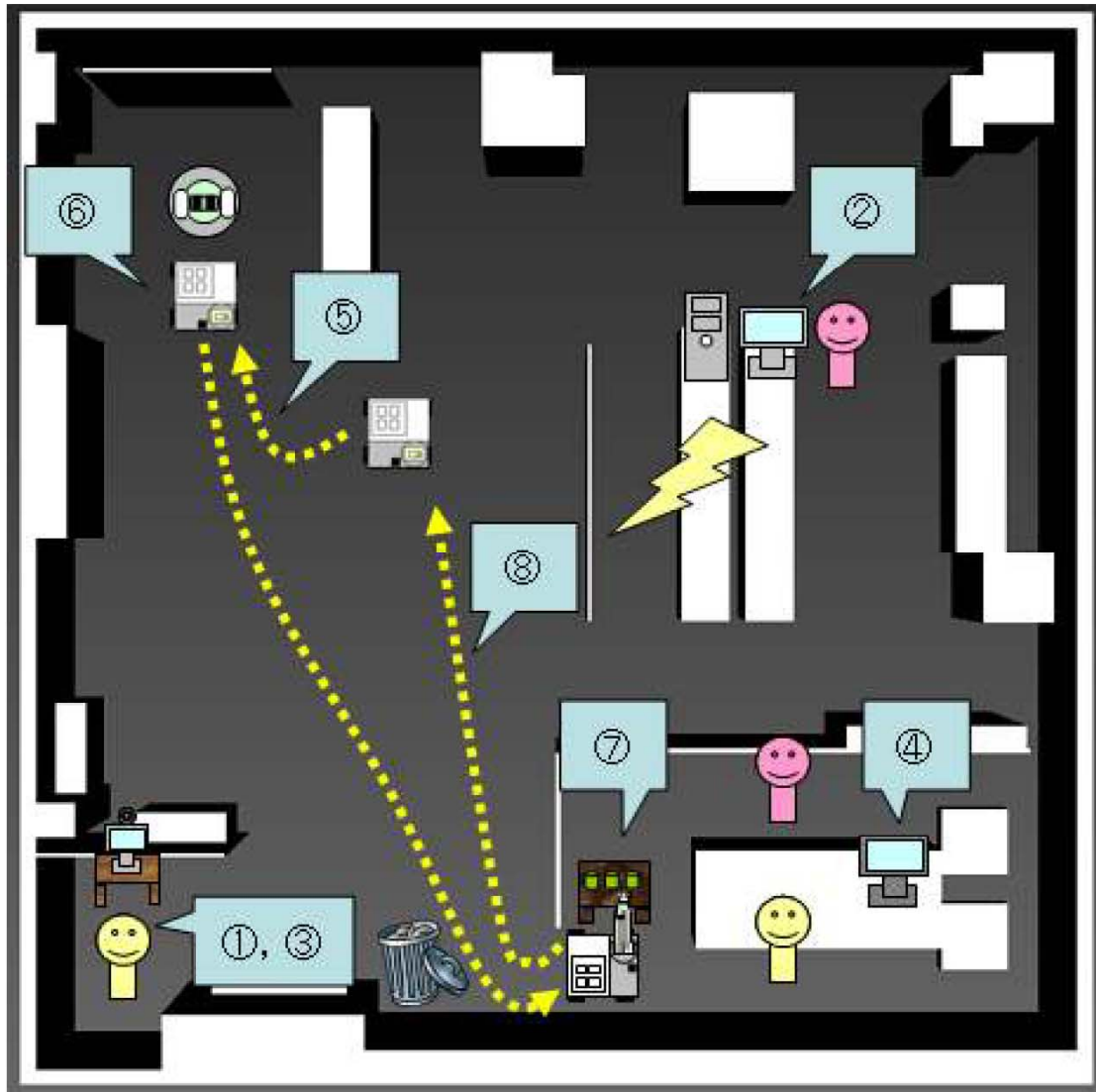
飲み終わった空き容器の回収・廃棄

■ 管理

サービスの状態管理や来訪者の入館・
退館の管理



■ 来訪者受付システム - 機器配置と経路

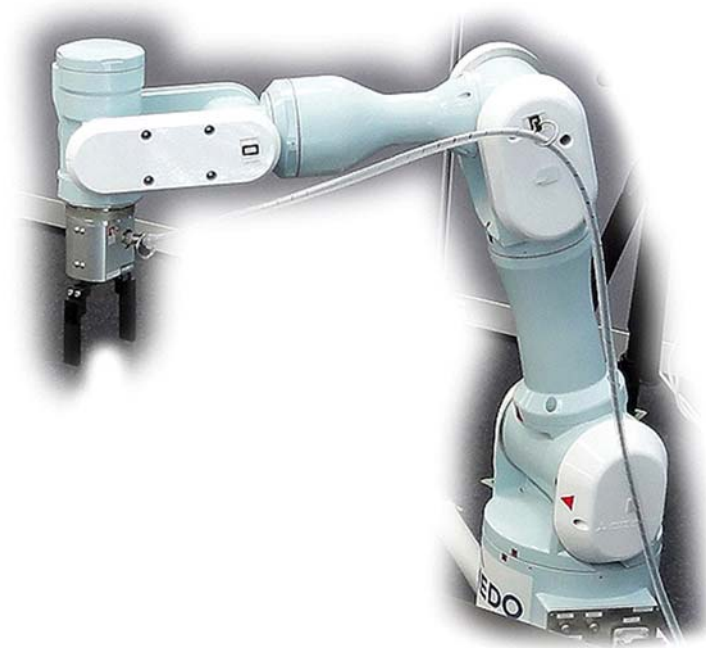


- ①受付 ②対応方法指示 ③受付案内
④給仕指示 ⑤飲物の受取 ⑥棚出し・配膳 ⑦搬送 ⑧待機 ⑨廃棄

2つのロボットを使用

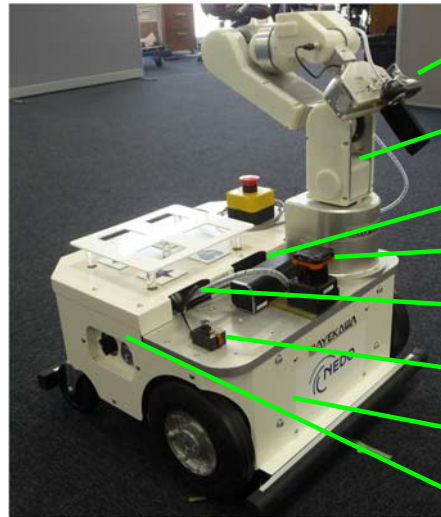


前川製作所社製 リファレンス
ハードウェア2号機 (略称：RH)



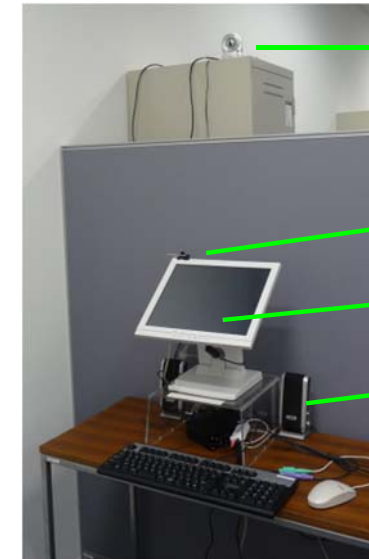
三菱重工業社製 汎用ロボット
PA10 (略称：PA10)

RH



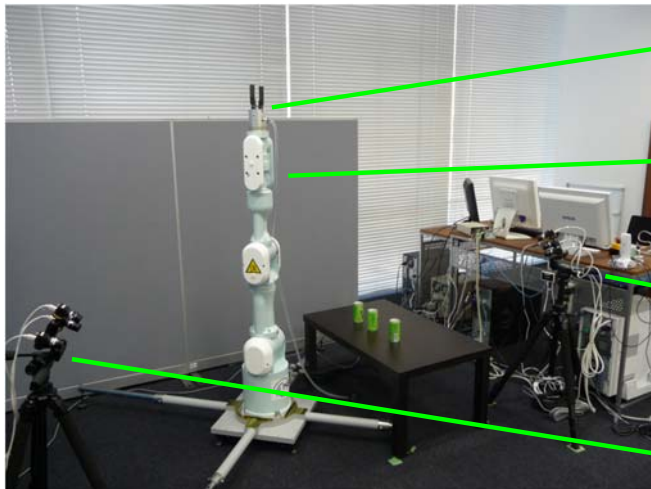
- 空缶位置認識用カメラ
- RHアーム (6自由度)
+ 平行グリッパ
- スピーカ
- レーザーレンジセンサー
- 無線LAN
- 天井画像撮影用カメラ
- RH移動台車
- RH制御PC (内蔵)

受付端末



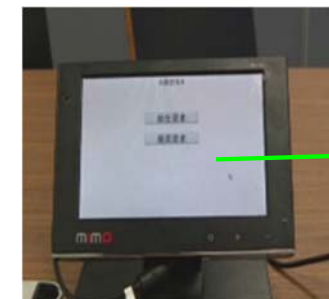
- ネットワークカメラ
- マイク
- タッチパネルモニタ
- スピーカ

PA10

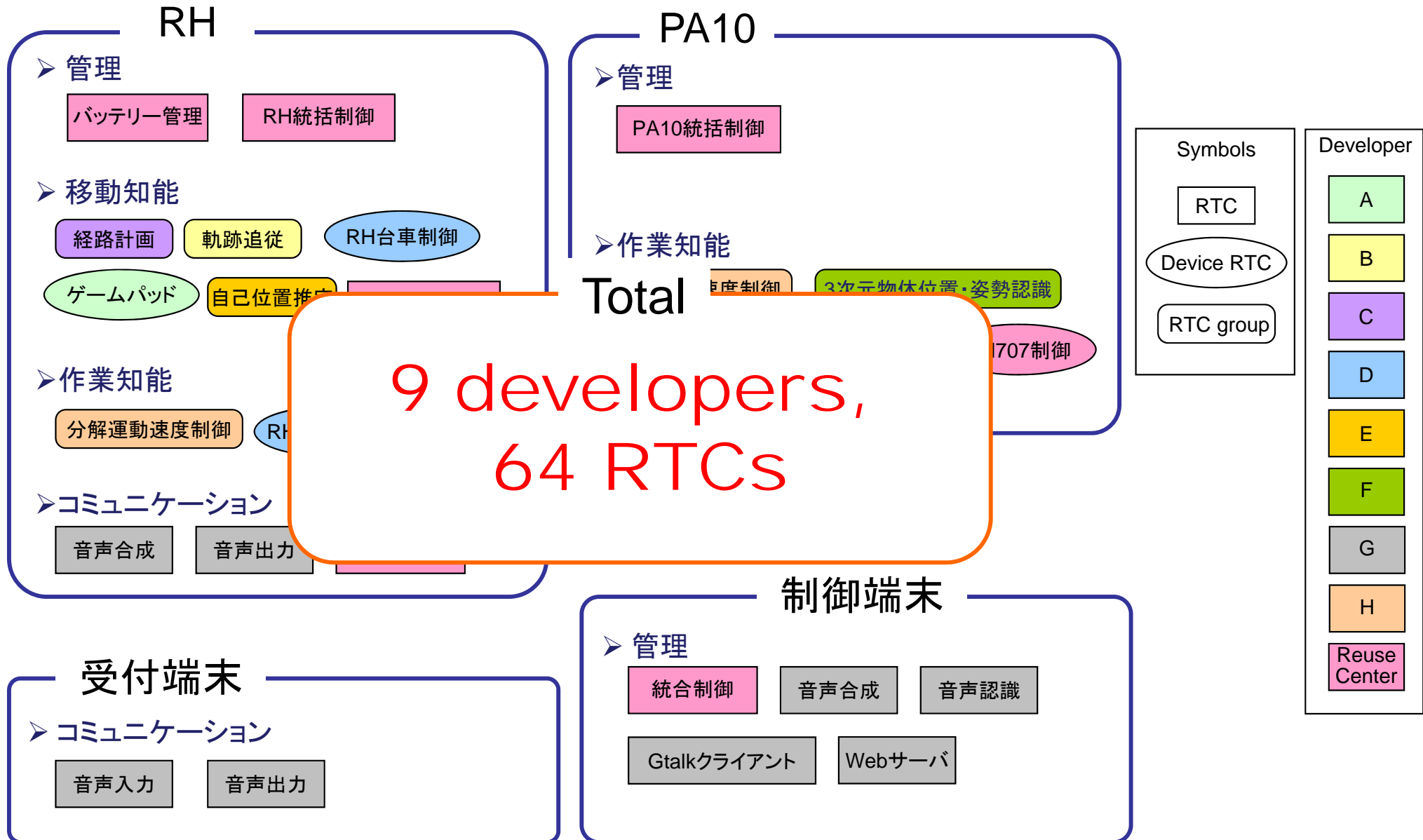


- RH707 (平行グリッパ)
- PA10 (7自由度アーム)
- ドリンク認識用カメラ
×3
- RH認識用カメラ×3

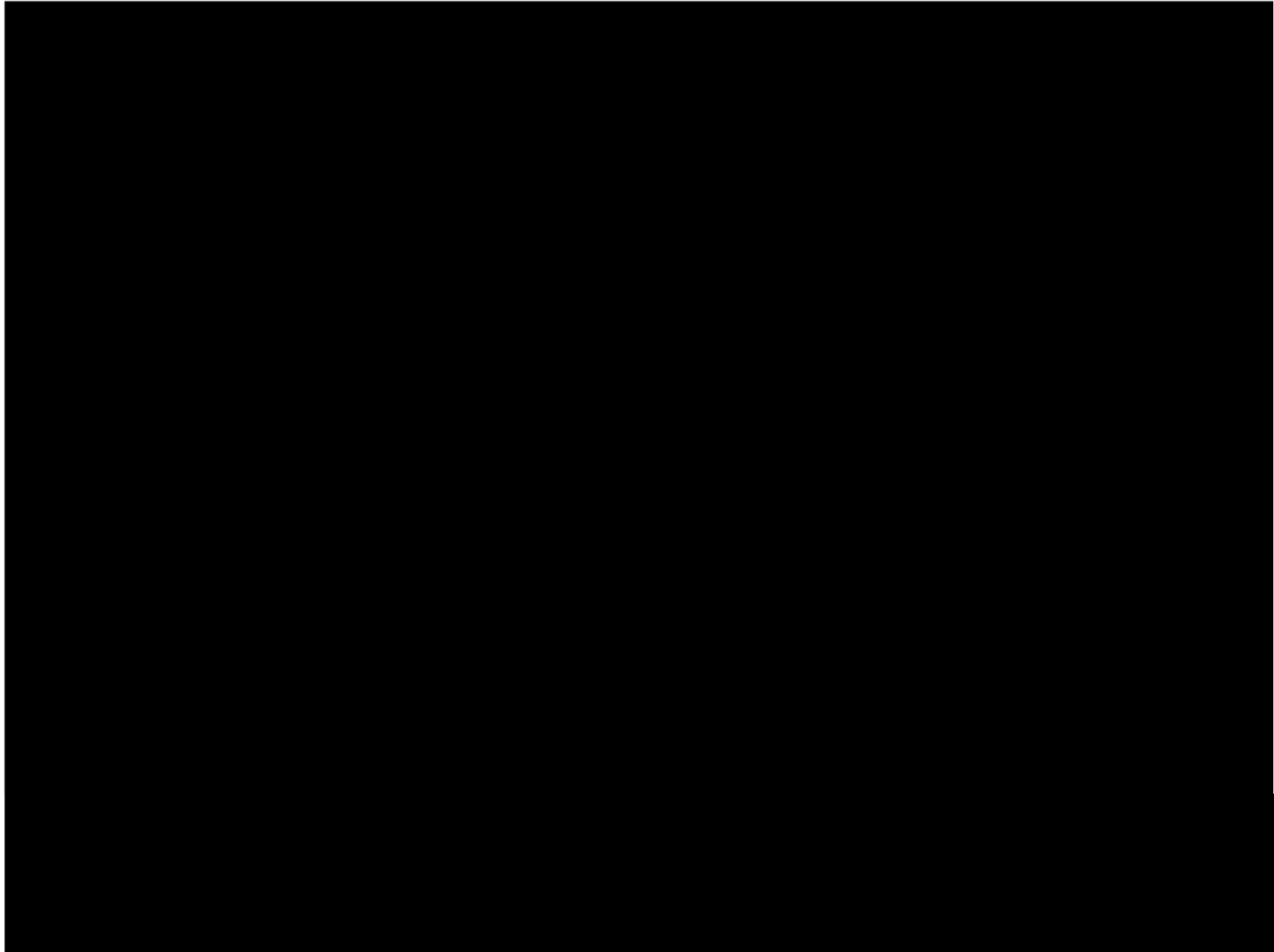
会議室端末



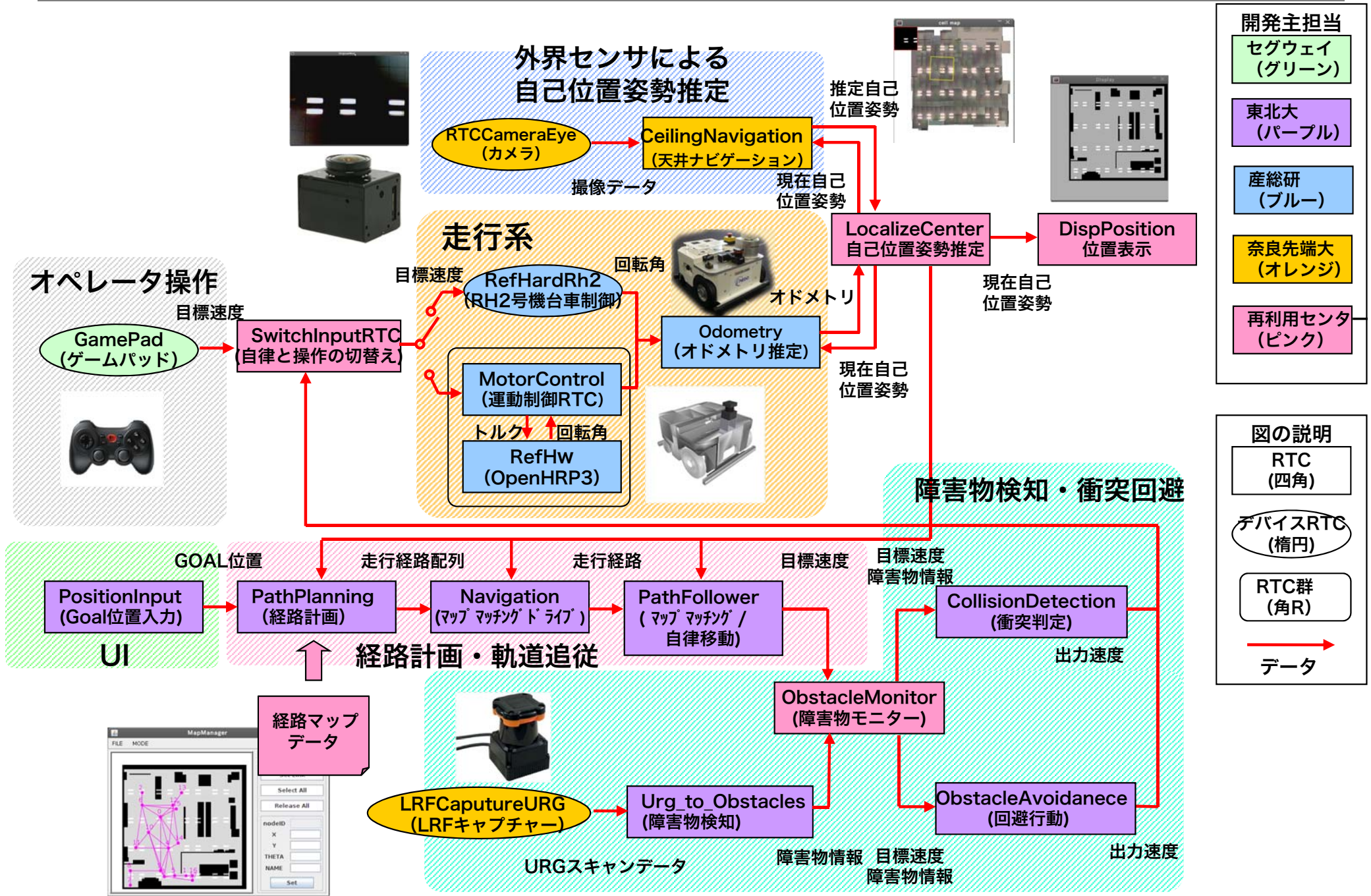
- タッチパネルモニタ



デモ動画



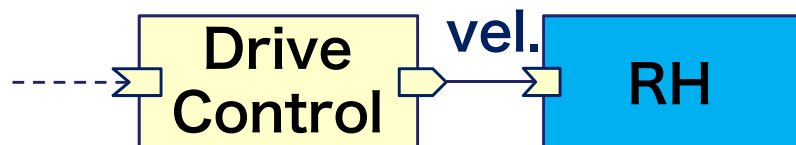
移動系の構成



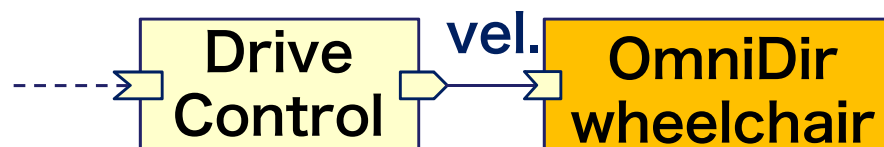
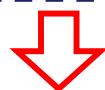
- 自己紹介・研究紹介
- 再利用プロジェクトの概要
- 構築したロボットシステム
- **成果と課題**
- RTCの再利用性向上に向けて

RTC利用の効果

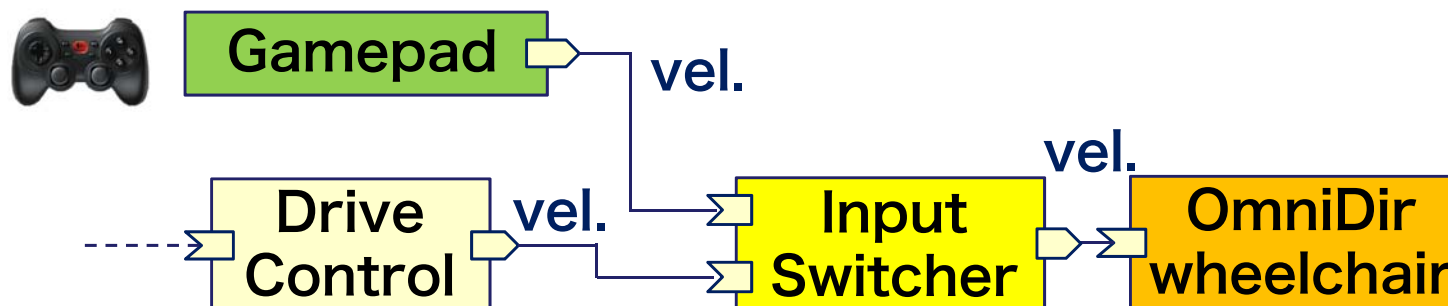
■ H/Wの変更や追加に対応



H/W 変更



H/W 追加



デモ動画（全方位車椅子）

- RH用のRTCを利用して全方位車椅子を制御
- ゲームパッドによる手動操作への切り替え

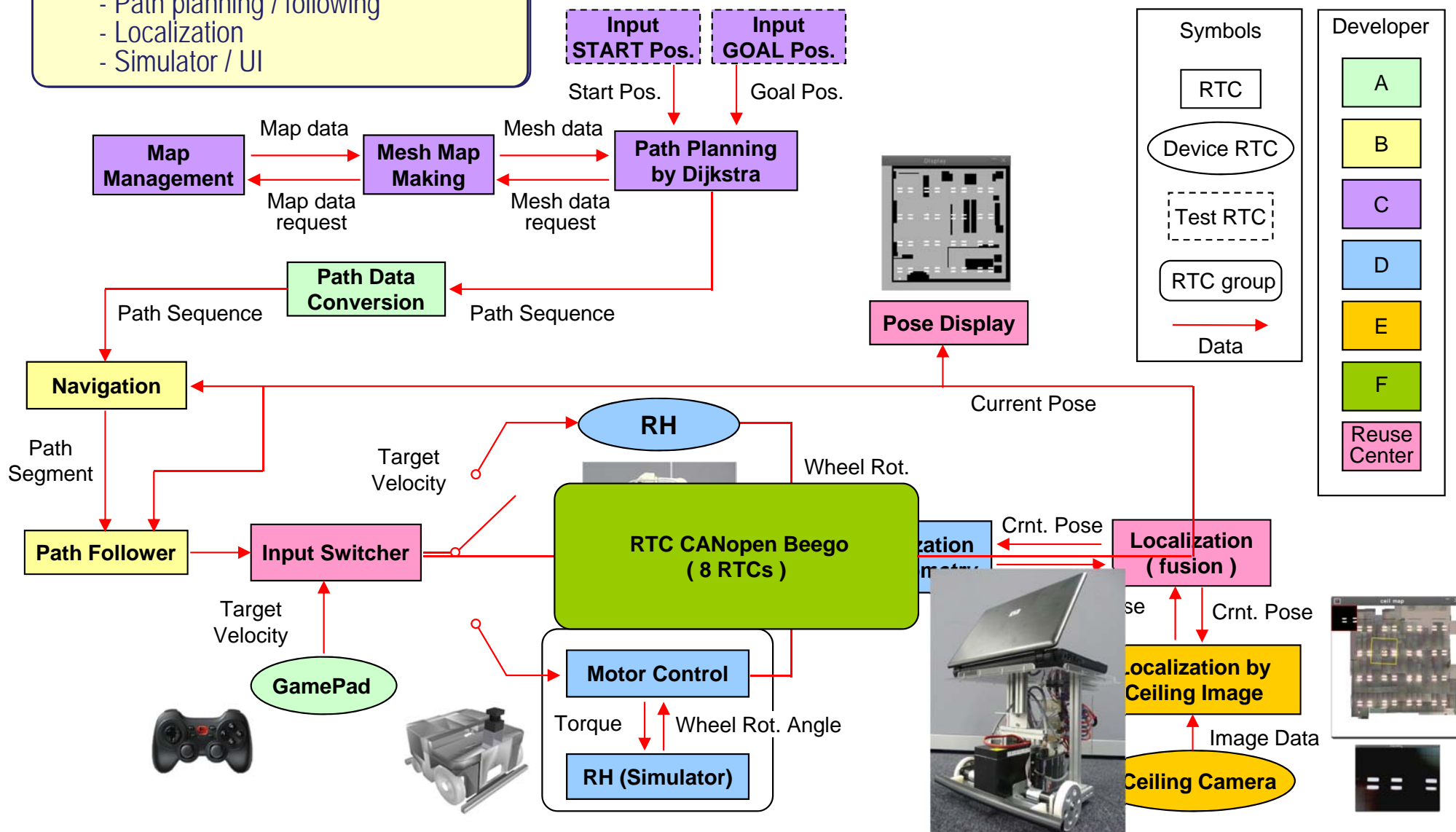


RTC利用の効果

■ 最小限のモジュール交換でシステム変更 (移動系)

■ 5 developers, 19 RTCs

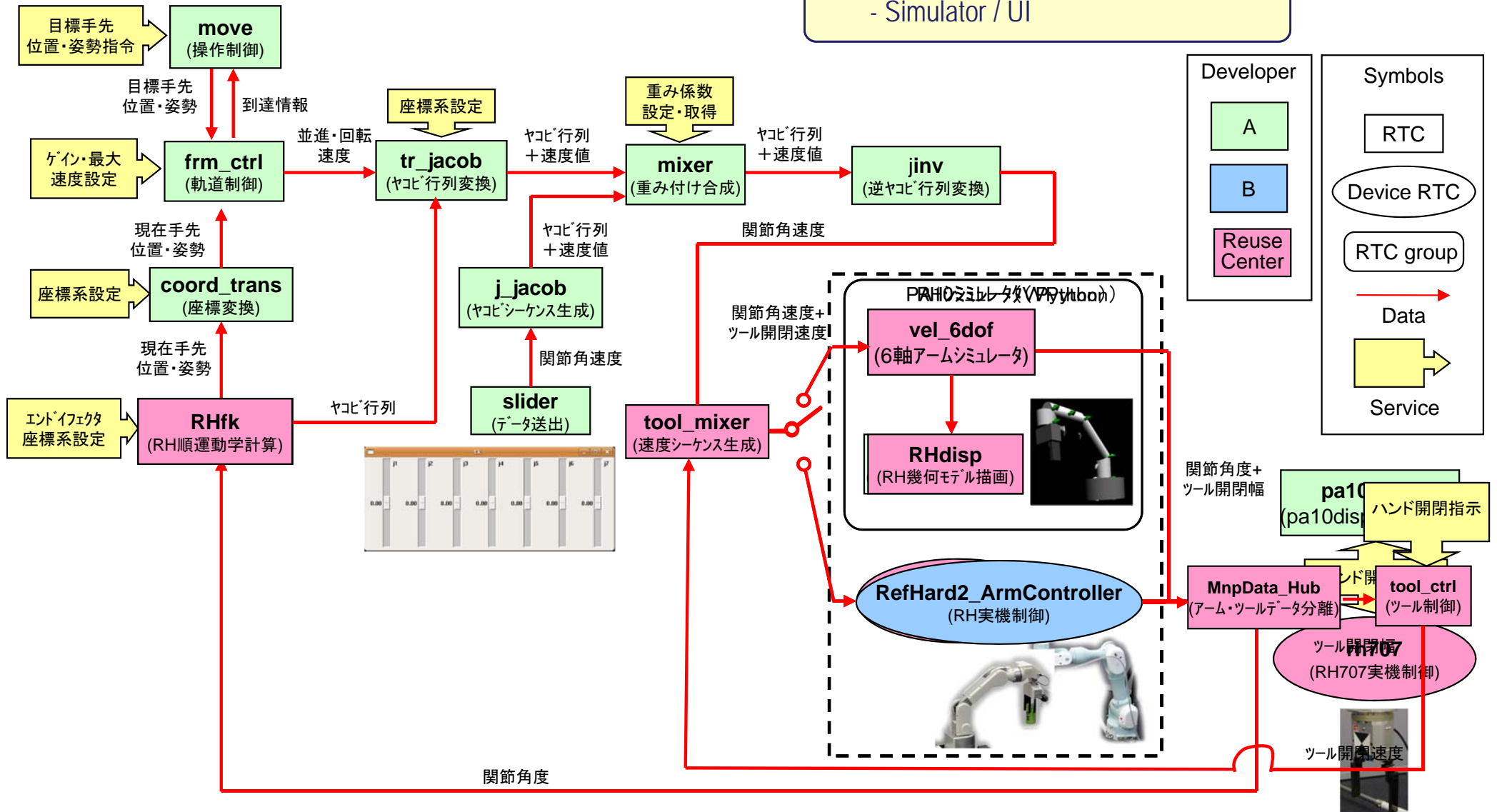
- Map management
- Path planning / following
- Localization
- Simulator / UI



RTC利用の効果

■ 最小限のモジュール交換でシステム変更 (作業系)

■ 3 developers, 15 RTCs
 - Resolved Motion Rate Control
 - Simulator / UI



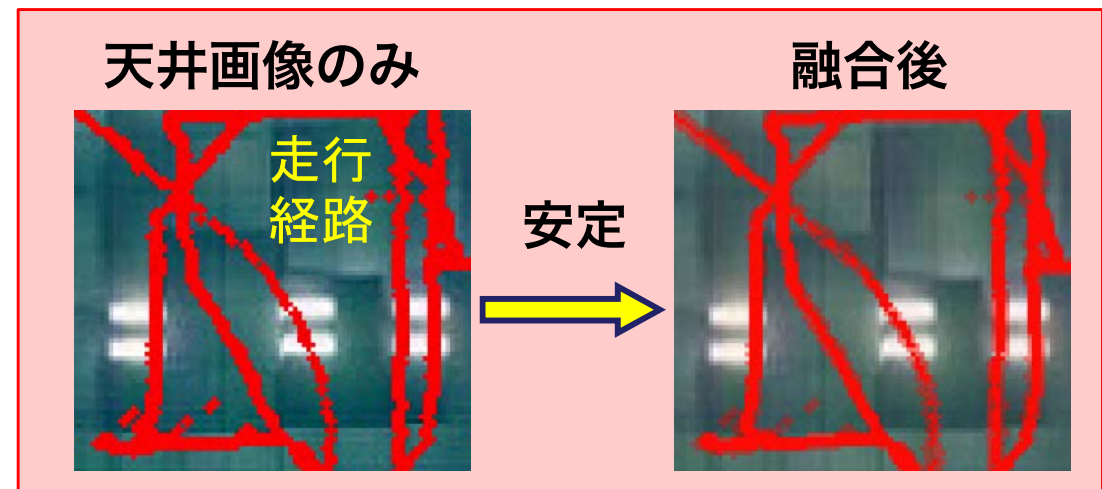
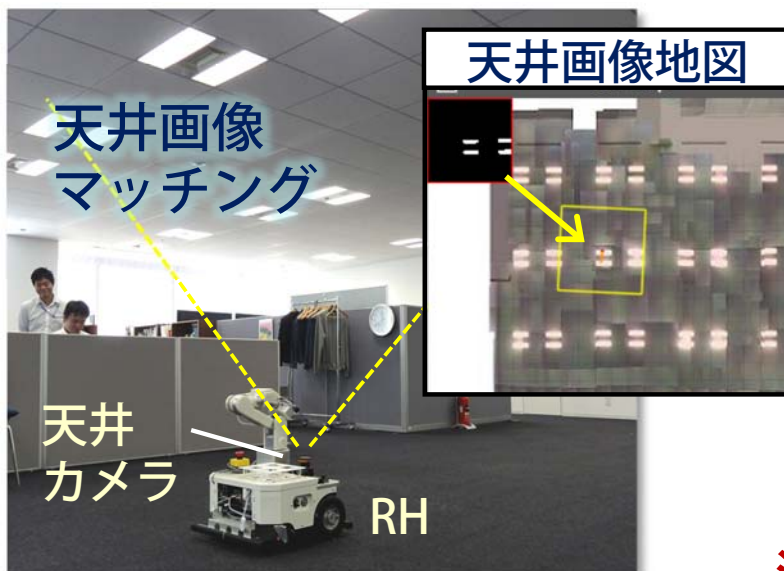
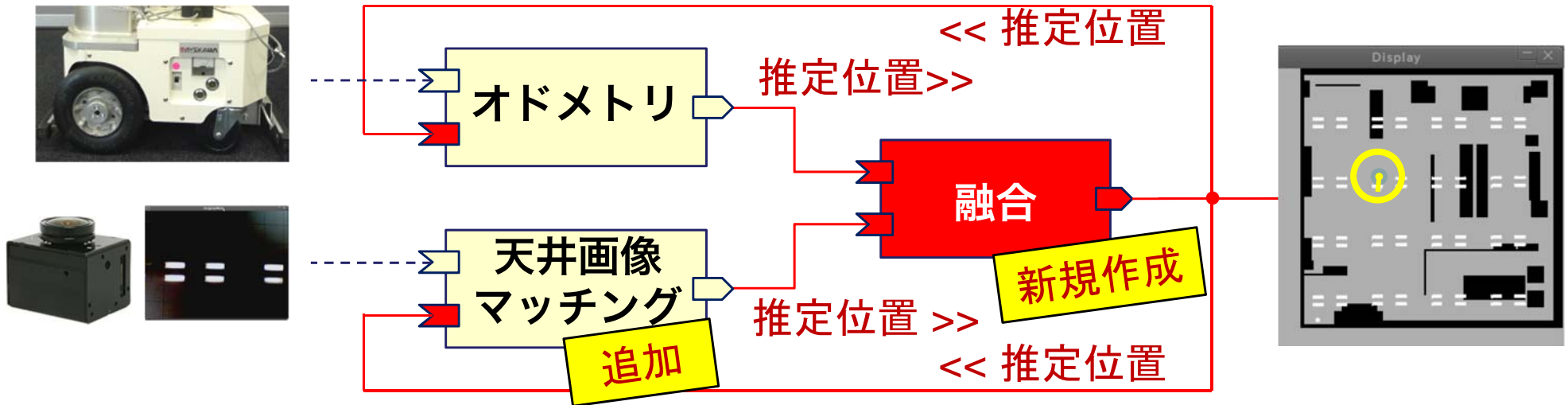
デモ動画 (Beego)

- RH用のRTCを利用してBeegoを制御



RTC利用の効果

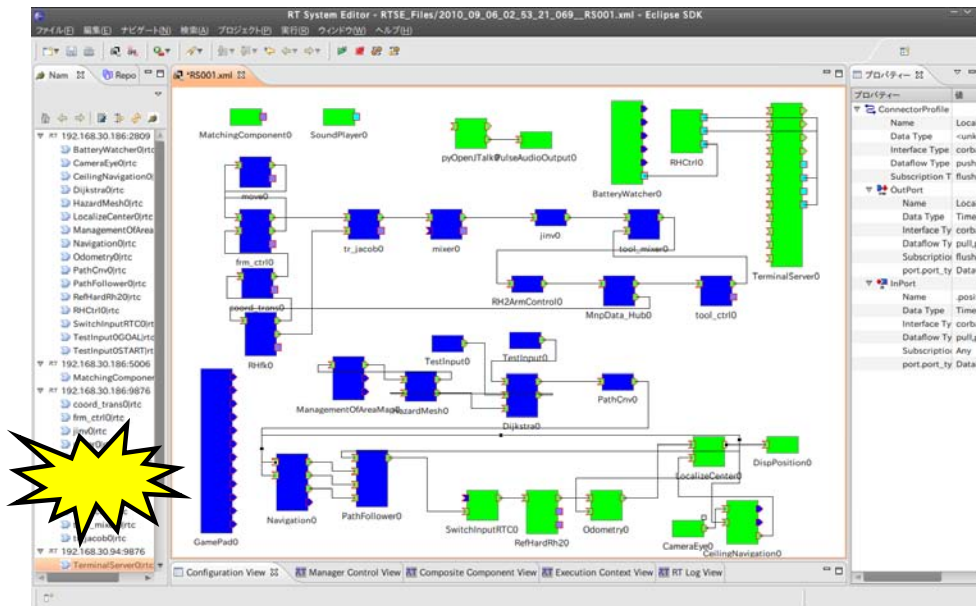
■ アルゴリズムの変更 (情報融合による推定精度向上)



測域センサを用いた位置推定との融合も可能

- 自己紹介・研究紹介
- 再利用プロジェクトの概要
- 構築したロボットシステム
- **成果と課題**
- RTCの再利用性向上に向けて

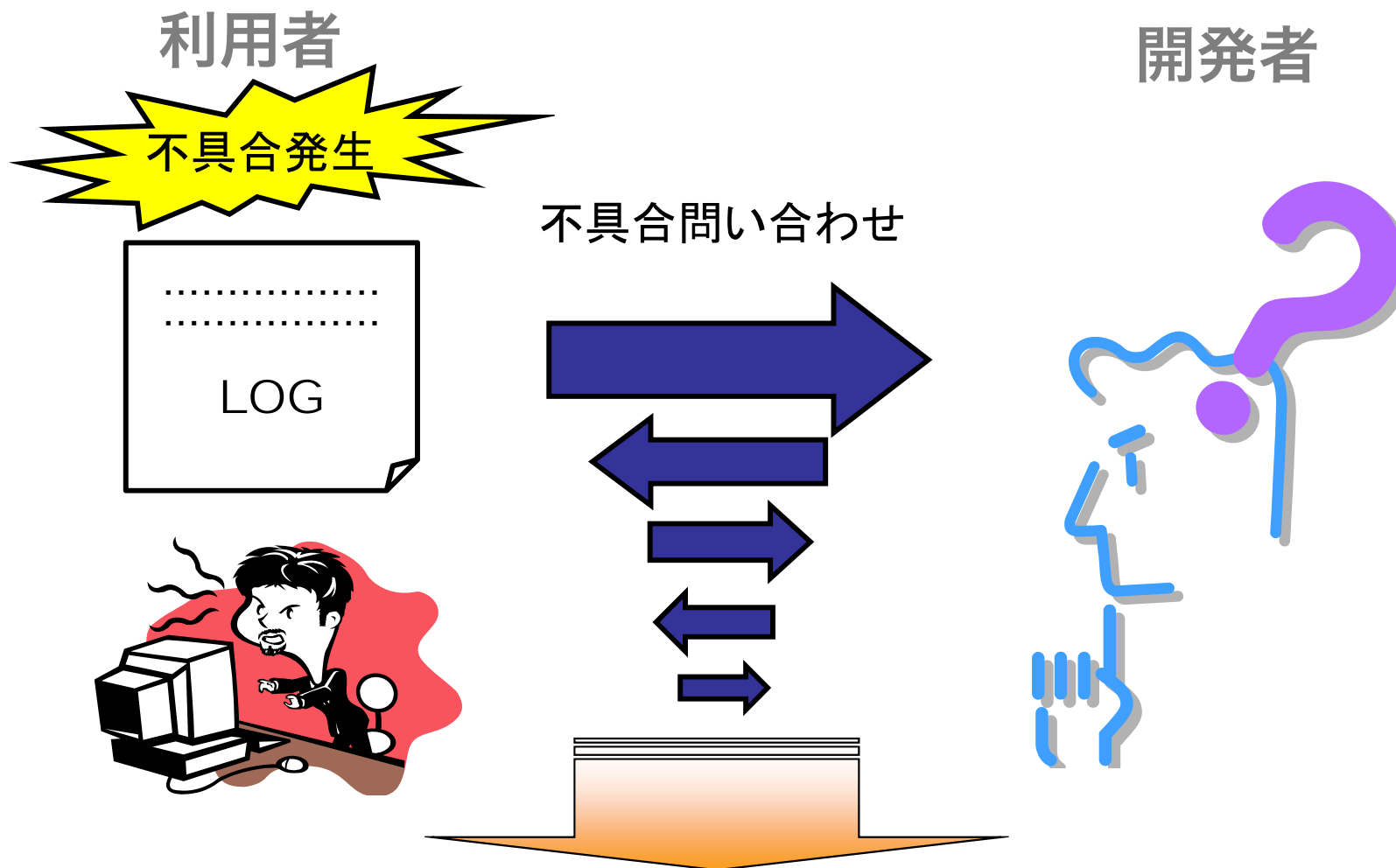
- 異なる複数の開発者のRTCを組み合わせてシステムを構築したところ…



ただ組み合わせただけでは、リソースの奪い等による意図せぬエラーが発生

システム全体としての最適化をするためのガイドライン策定が必要

■ 再利用モジュールでエラーが発生した場合…



有効なログを取得するため、システム内のルール・仕組みが必要

■ 再利用プロジェクトにおける統合検証作業に関する実装規約

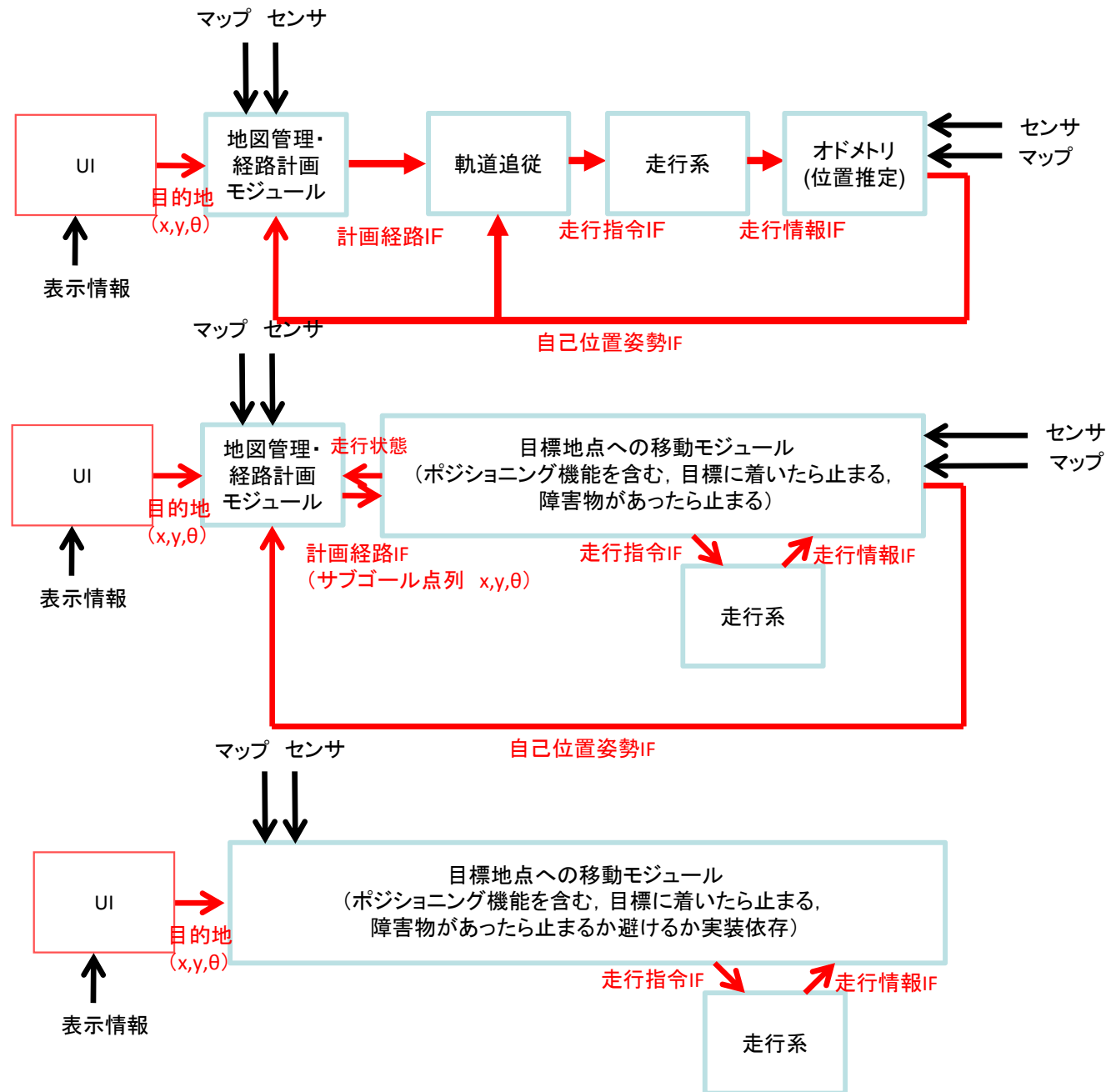
- ログ出力ガイドライン
 - 実装ガイドライン
 - 設定ガイドライン
- モジュール動作の最適化ガイドライン
 - データポートコールバック
 - RTCD
 - 単一RTC化
- 環境の最適化ガイドライン
 - RT-Preemptの適用 (Ubuntu)
 - システムリソースの確保

来訪者受付システムのソース，ドキュメント，ガイドラインは
http://210.154.184.16/pukiwiki/?SYS_001_V100 からダウンロード可能

- 自己紹介・研究紹介
- 再利用プロジェクトの概要
- 構築したロボットシステム
- 成果と課題
- **RTCの再利用性向上に向けて**

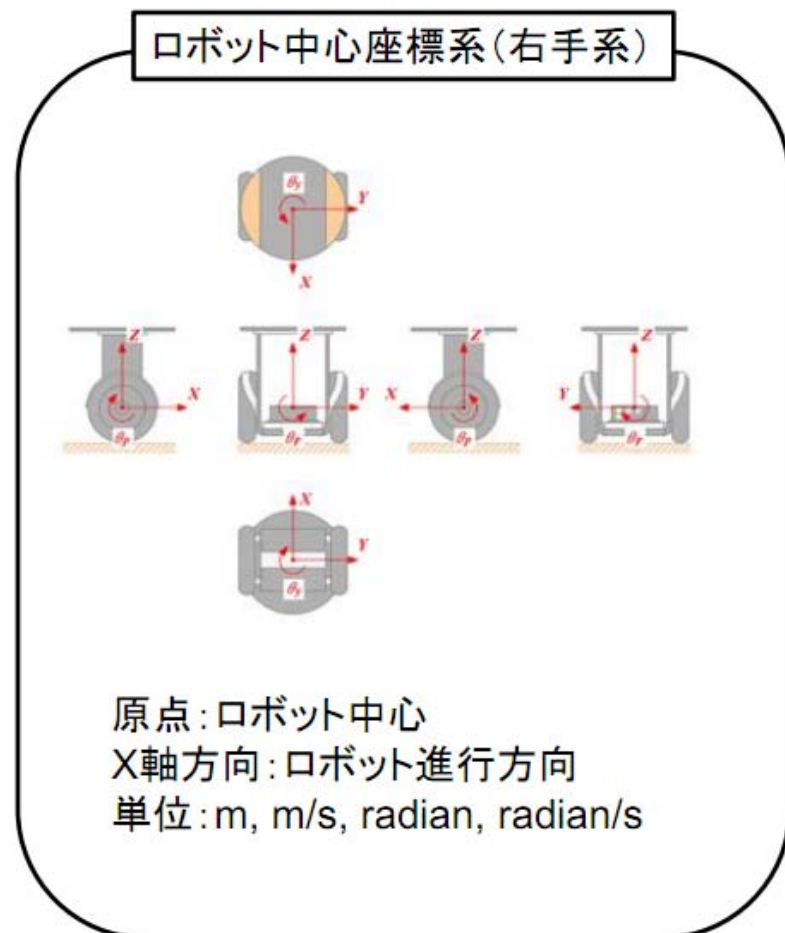
● モジュール粒度の問題

- 3つのレベルが存在
- 優劣を決めるのは困難
- 可搬性と実行性能のバランスが大事



■ 共通インターフェース(IF)が重要

- 位置表現, 経路表現, 座標系... 揃えないとつながらない・動かない
- IF変更に伴い関連するモジュールを全部修正 → 大変



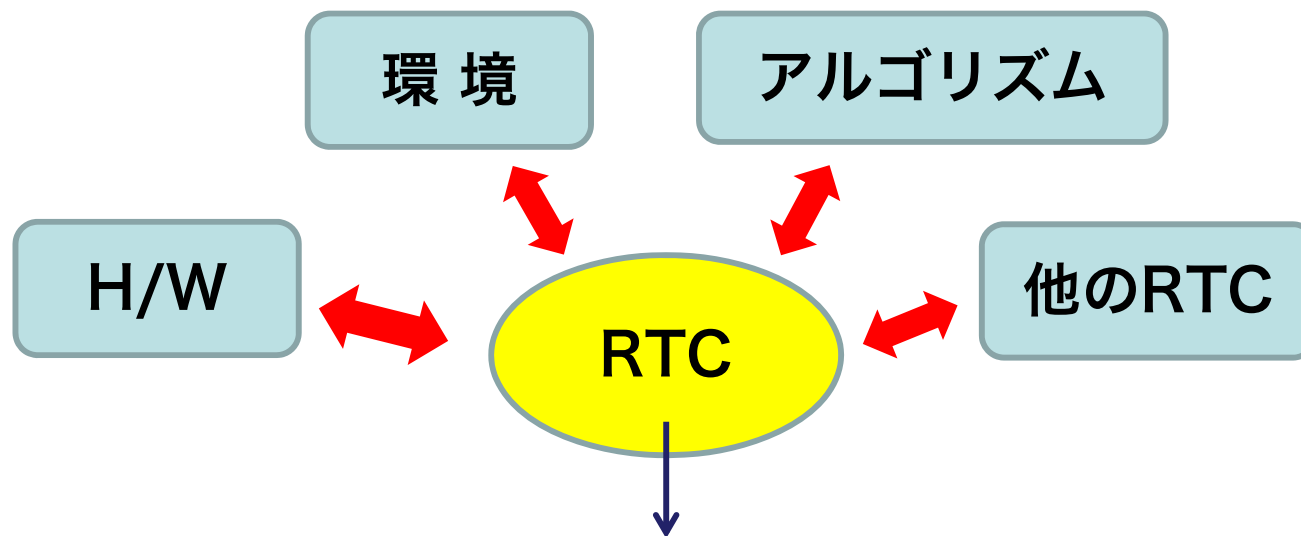
B) 出力: min_path
型: IIS::TimedPath2DSeq

```
struct TimedPath2DSeq {
    RTC::Time tm;
    sequence<long> id;
    sequence<RTC::Pose2D> pose;
    sequence<RTC::Velocity2D> velocity;
    sequence<double> error;
};
```

要素	説明
id[i]	経路情報列番号
velocity[i].vx	速度 x (設定値 1.0)
velocity[i].vy	速度 y (設定値 0.0)
velocity[i].va	加速度 (設定値 0.0)
pose[i].position.x	経路 X 座標
pose[i].position.y	経路 Y 座標
pose[i].heading	経路姿勢角
error[i]	エラー情報 (設定値: 0)

■ RTCをつなげてからが勝負

- 他のRTCとの周期合わせ
- H/Wや環境条件に合わせたパラメータ調整
- アルゴリズムに合わせたポート追加, ソース改訂



結局ソースコードに手を加えて使用することが多い

- ロボット分野では「修正なしでのモジュール再利用」は難しい
 - システム統合のためのモジュール修正が簡単であることがRTソフトウェアの共有・再利用にとって重要

- オープンソースのRTソフトウェアが明確にすべきこと
 - 環境やH/Wに依存しているのはどの部分か
 - 修正によって何がどう変わるか

- ちゃんとしたドキュメントを残すことが最重要
 - RT分野のドキュメントの書き方の標準があるとよい

- 多様な開発者が作成したRTCを用いて移動ロボットシステムを構築
- RTM, RTCのモジュール性の効果を確認
- 実ロボットシステムではRTCをつなぐだけでは動かない
- ガイドライン, 共通IF, しっかりとしたドキュメントが大事