

不確実性を有するセンサフュージョンシステムの 性能評価・検証手法

株式会社日立製作所
 キヤノン株式会社

鈴木 真太郎
 渡邊 権人

開発における問題点

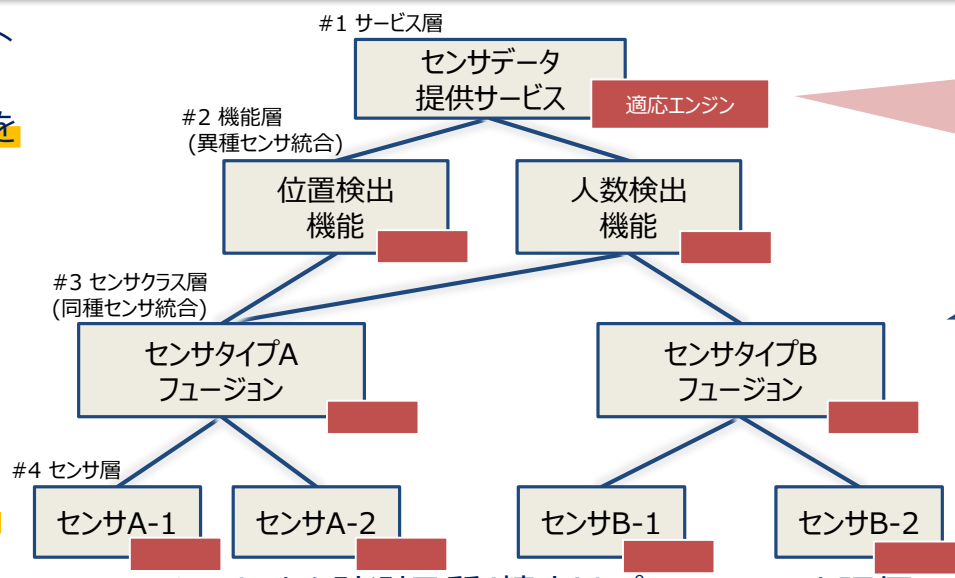
デジタルツインやCPS(Cyber-Physical System)の実現には、多くのセンサで取得した情報を統合し活用するセンサフュージョンシステムが不可欠であるが、計測精度や安定性はセンサの設置環境によって変化する。このような計測の不確実性を考慮したシステム設計・運用方法が課題であった。

手法・ツールの適用による解決

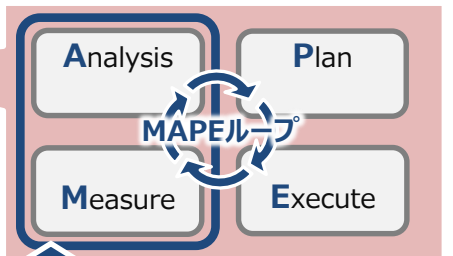
環境によらず安定した計測品質・パフォーマンス（計測頻度、遅延、消費電力）を提供するため、自己適応的なセンサシステムアーキテクチャを考案し、計測の不確実性を考慮したモデル化・検証手法を提案、PRISMモデルを構築し、ケーススタディにより手法の妥当性を確認した。

自己適応的なセンサシステムアーキテクチャの提案

- システムを構成するオブジェクトをツリー構造で表現
- 各オブジェクトに適応エンジンを付与して自己適応を行う
- 各オブジェクト毎に要求達成度合いを計測
- 小規模な適応は下層の変更のみで局所的に解決
- 下層で適応できない場合は上位のオブジェクトに適応を移譲することで大域的に解決



各オブジェクトが自己適応を行う



本演習のスコープ

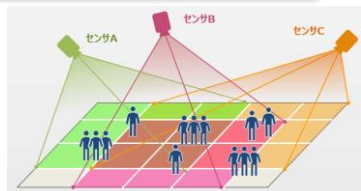
システムをモデル化し
 要求を満たせるかどうか
 見積もる手法を提案

システムツリーから計測品質(精度)とパフォーマンスを評価

計測品質のモデル化・検証

モデル化において考慮した特性

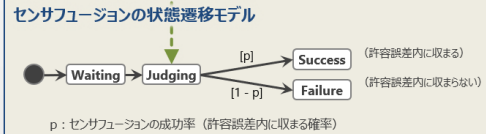
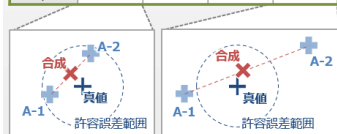
- 場所による計測品質の違い
- センサごとの性能特性の違い
- 環境条件による計測品質変化
- センサフュージョンによる計測品質向上



▲グリッド分割されたエリアごとにモデル化

位置検出 成功確率 p_P (許容誤差範囲に収まる確率)	A-1/B-2 ともに成功	A-1 のみ成功	A-2 のみ成功	A-1/A-2 ともに失敗
環境条件A	1.00	0.80	0.70	0.40
環境条件B	1.00	0.50	0.65	0.35

計測やフュージョンの不確実な振る舞いを
 DTMC (離散時間マルコフ連鎖) でモデル化



パフォーマンスのモデル化・検証

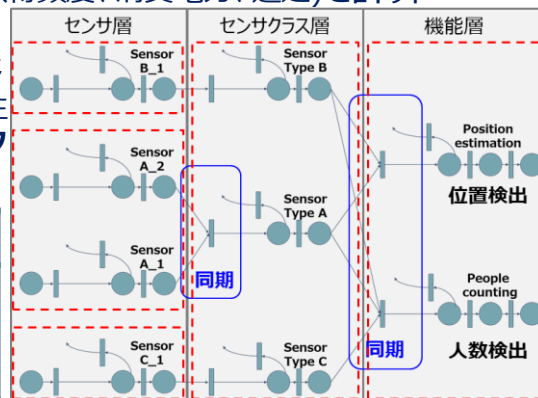
定常的な値を求めるため、CTMC(連続時間マルコフ連鎖)を用いて
 状態遷移からパフォーマンス(取得頻度、消費電力、遅延)を計算

各層のモデル

- 各層は入力、処理、出力の状態遷移
- センサ特性によってリトライ動作が発生
- 遷移条件、遷移レート、状態内トークン数からパフォーマンスを計算

提案計算手法

- ツリー同期部分で分割(赤枠)
- 下層の結果を上層に使用
- トークン数大でも計算時間小



機能	要求仕様	位置検出		人数検出	
パターン	-	③	④	③	④
取得頻度	3Hz以上	0.72Hz	3.69Hz	0.72Hz	3.69Hz
消費電力	500W以下	694W	333W	718W	357W
遅延	1sec以下	638msec	729msec	638msec	729msec

要求仕様を満たすパターンはパターン④

要求品質達成確率の評価

