

Event-Bによる2台のクレーン協調制御のシステム分析

鹿島建設株式会社

岩田 理史

masafumi-iwata@kajima.com

開発における問題点

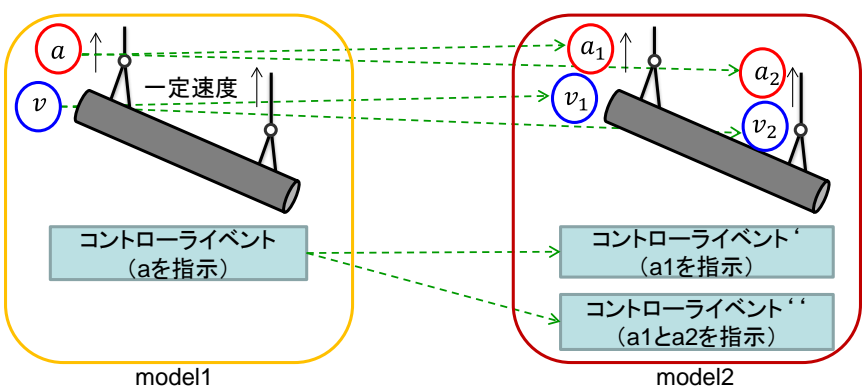
2台のクレーンを用いて荷を吊り上げる“相吊り”は、荷を落下させないために荷の傾きを一定にしなければならず、人手で行うのは非常に難しい。協調制御を導入することによって、この問題を解決できると考えられるが、事象が複雑であるため、荷の傾きを一定にする制御方法を検討するのは困難である。

手法・ツールの適用による解決

ProBによるアニメーション・モデル検査、AtelierBProverによる定理証明が利用できるEvent-Bを採用した。アニメーションは事象の理解、制御方法のブラッシュアップに有効であり、モデル検査と定理証明は荷の傾きが一定の範囲内に収まることを確実に保証する制御方法を検討するのに有効であった。

Event-Bによるシステム分析

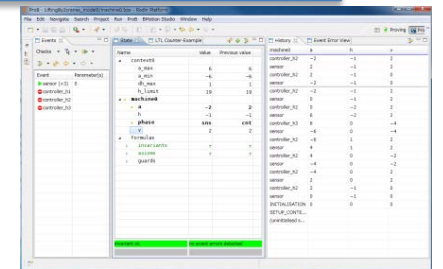
【モデル化】



- ・クレーン1、クレーン2の相対速度 v 、相対加速度 a に着目した抽象モデル(model1)を作成
- ・model1をリファインメントすることによって、各クレーンの速度 v_1 、 v_2 、加速度 a_1 、 a_2 に着目した具象モデル(model2)を作成
- ・荷の傾きが制御目標内($|h_{cnt}|$)になるように協調制御

【アニメーション】

- ・事象の理解、制御動作の直観的把握
- ・制御方法のブラッシュアップ



ProBによるアニメーション・モデル検査

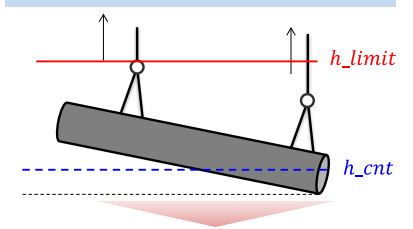
【モデル検査】

- ・制御方法が意図通りであるかの妥当性の検証
- ・制御方法のブラッシュアップ

$$-h_limit < \text{荷の傾き} < h_limit$$

【定理証明】

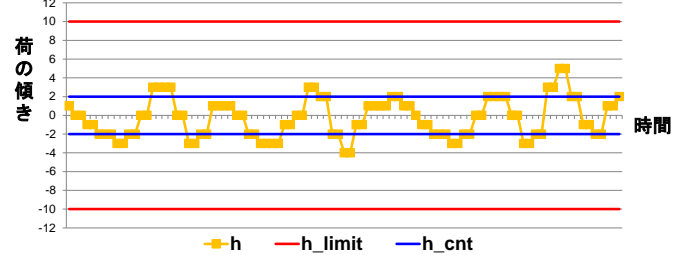
- ・荷の傾きが一定の範囲内に収まることの確実性の検証
- ・証明責務を証明する過程で制御に必要な条件の抽出



AtelierBProverで生成される証明責務を証明することで保証

model1の妥当性と検証結果

【アニメーション】



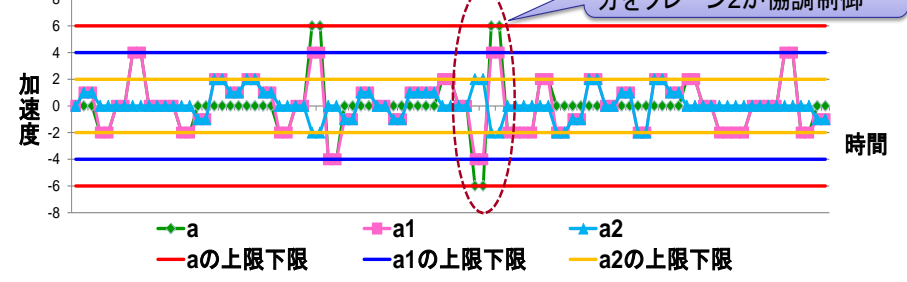
【モデル検査】 実行した範囲内で荷の傾きが一定範囲内であることを確認

【定理証明】

	証明責務総数	自動証明数	対話証明数
model1	35	13	22

model2の妥当性と検証結果

【アニメーション】



【モデル検査】 実行した範囲内でクレーン1、クレーン2の加速度が上限下限内であることを確認

【定理証明】

	証明責務総数	自動証明数	対話証明数
model2	180	68	112

モデル検査 ⇒ 制御方法が意図通りであることを確認
 定理証明 ⇒ 荷の傾きが一定範囲内であることを保証