



NSITEXE Data Flow Processorを用いた モデル予測制御ソリューション“DFP-MPC”のご紹介

January, 19th-21st 2022

NSITEXE, Inc.

COPYRIGHT 2022 NSITEXE. ALL RIGHTS RESERVED.

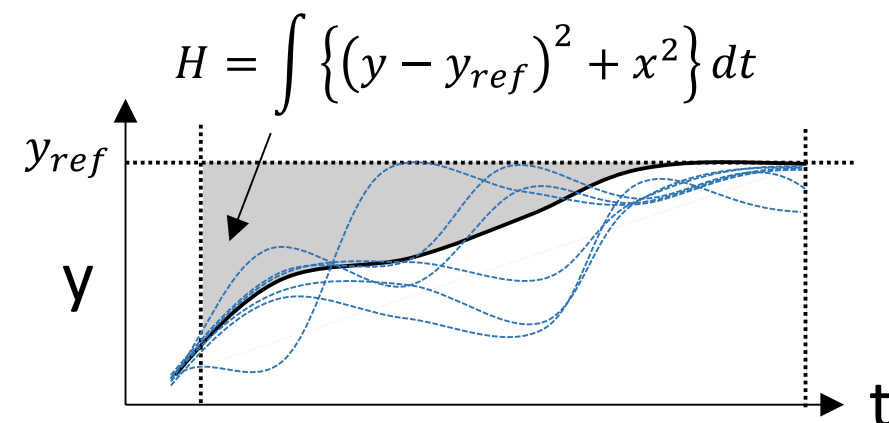
Document No. : NSI-C01-2021-00269

モデル予測制御(MPC)概要

- モデル予測制御とは？

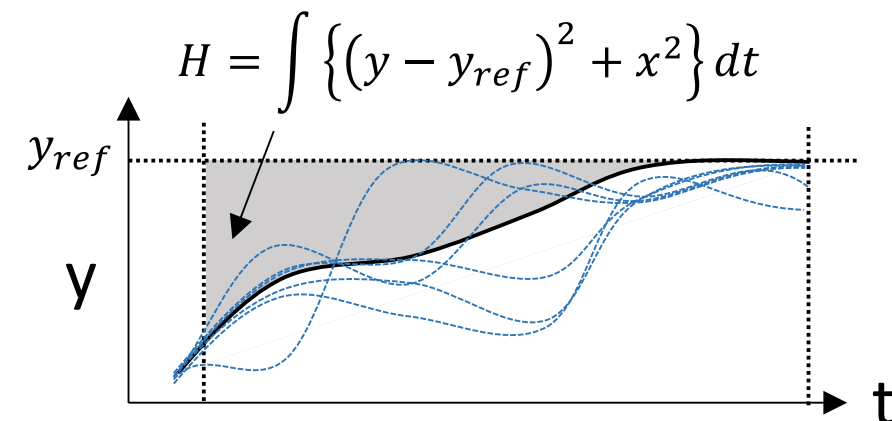
MPC : Model Predictive Control

- 制御対象(プラント)の出力を予測、予測された出力が制御目的をどの程度満たすかを評価関数 H で記述し、 H が最適となる操作量をリアルタイムで探索する制御手法
- 最適操作量探索手法(ソルバ)、プラント出力予測手法(モデリング手法)の組合せが多数存在



NSITEXEの独自MPC: DFP-MPC

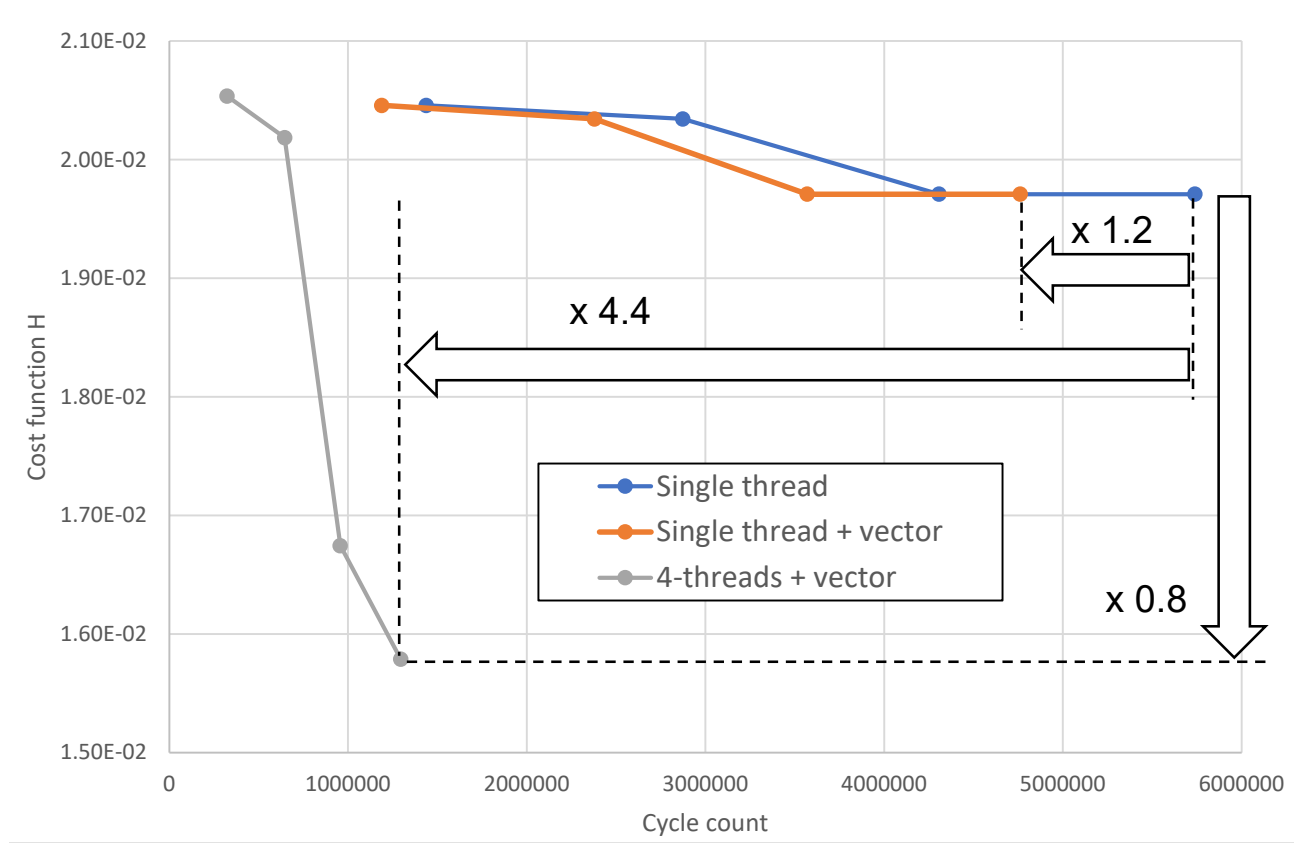
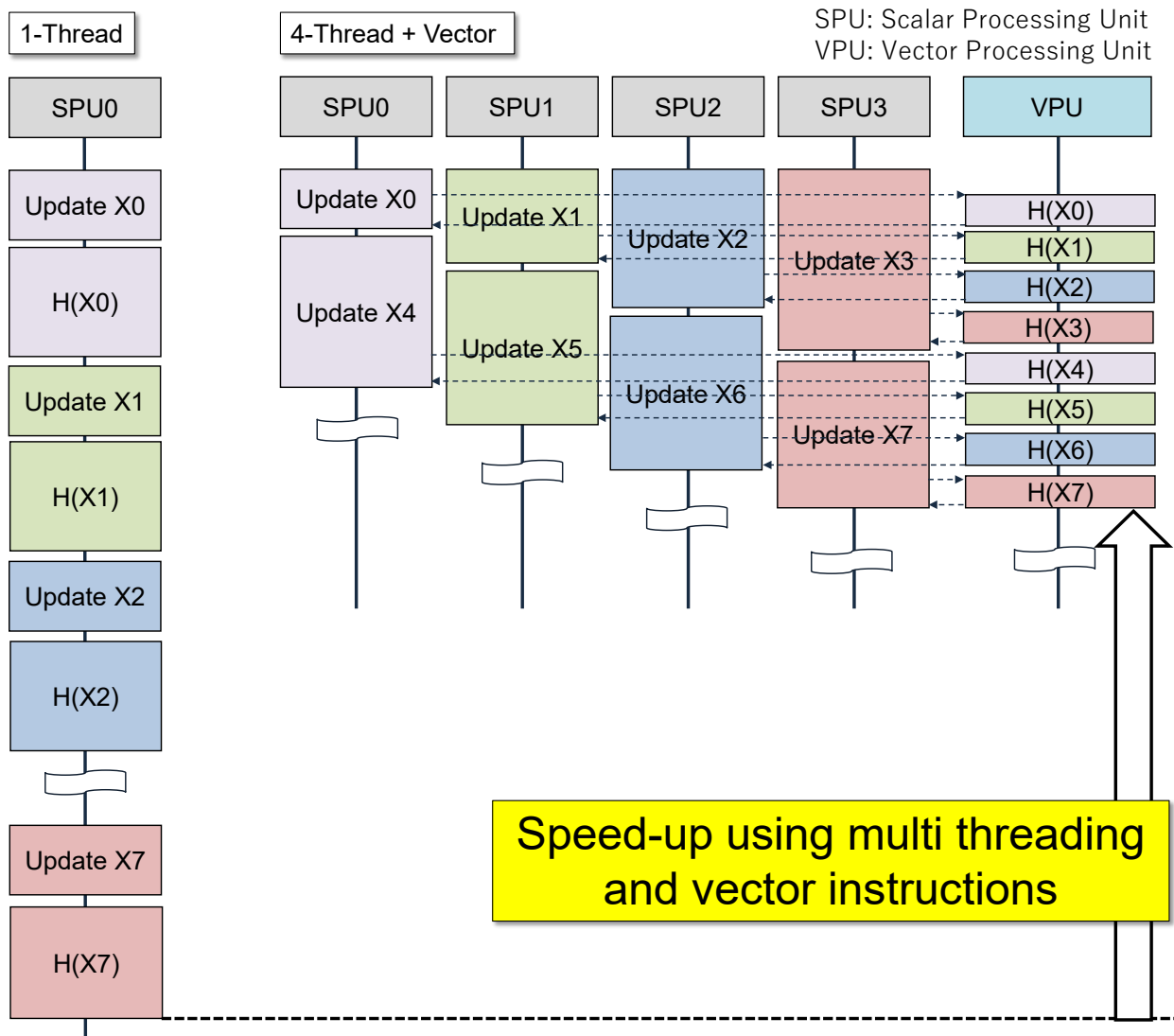
- 制御対象(プラント)の出力を予測、予測された出力が制御目的をどの程度満たすかを評価関数Hで記述し、Hが最適となる操作量をリアルタイムで探索する制御手法
- 最適操作量探索手法(ソルバ)、プラント出力予測手法(モデリング手法)の組合せが多数存在
- NSITEXE独自プロセッサDFPで動作するMPCである“DFP-MPC”は以下を採用
 - 最適操作量探索: ABC(Artificial Bee Colony)アルゴリズム
 - プラント出力予測は以下の2タイプを選択可能:
 - DFP-MPC-D: 差分方程式(DE: Difference Equation)
 - DFP-MPC-N: Neural Network(NN)



制御方式比較

制御方式	特徴	Pros	Cons
PID	<ul style="list-style-type: none"> プラントモデル: 線形伝達関数 設計パラメータ: P/I/Dゲイン 	<ul style="list-style-type: none"> 多くの実績があり設計手法が確立 計算負荷小 	<p>所望の制御特性を得るため実機を用いた試行錯誤的なパラメータチューニングが必要</p>
MPC (従来方式)	<ul style="list-style-type: none"> プラントモデル: 差分方程式 ソルバ: 数理最適化ソルバ 設計パラメータ: 評価関数 	<ul style="list-style-type: none"> 設計意図を評価関数で直接表現 評価関数を最小とする最適制御を実現 	<ul style="list-style-type: none"> ソルバ動作のためプラントモデル、評価関数に制約あり プラントモデル高精度化のための工数大
DFP-MPC-D DEMO	<ul style="list-style-type: none"> プラントモデル: 差分方程式 ソルバ: メタヒューリスティックソルバ(ABC) 設計パラメータ: 評価関数 	<ul style="list-style-type: none"> 設計意図を評価関数で直接表現 評価関数を最小とする最適制御を実現 プラントモデル、評価関数の制約無し 	<p>メタヒューリスティックソルバ(ABC)の演算負荷大 ⇒DR1000Cでアクセラレーション</p>
DFP-MPC-N	<ul style="list-style-type: none"> プラントモデル: NN(Ex. LSTM) ソルバ: メタヒューリスティックソルバ(ABC) 設計パラメータ: 評価関数 	<ul style="list-style-type: none"> 同上 学習により高精度モデルを自動的生成 再学習により個体ばらつき、経年劣化に追従可 	<p>従来MPCの弱点を克服 適用範囲を大幅に拡大</p>

DR1000Cでのアクセラレーション



性能4.4倍、評価関数値0.8倍を実現

DFP-MPCがもたらすユーザーメリット

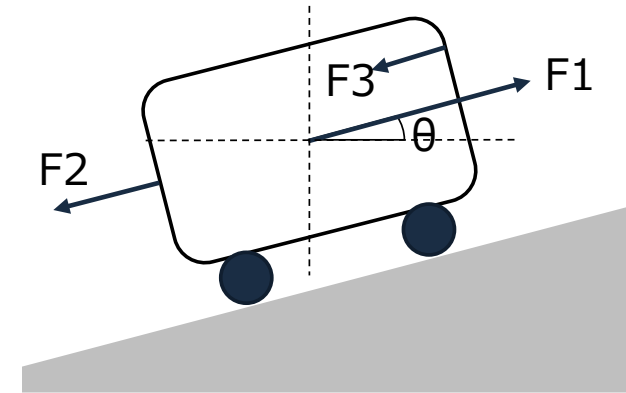
DFP-MPCのシーズ	ユーザーメリット
評価関数を最小化する最適操作量 を出力	制御性能向上: DEMO <ul style="list-style-type: none">FA: スループット向上パワートレイン: 燃費、電燃向上車両制御: 乗り心地向上
メタヒューリスティックソルバにより 任意の評価関数の最適化が可能	制御目的に合わせた任意の評価関数を設計出来るため、 制御特性のチューニング工数を削減可: <ul style="list-style-type: none">複数の制御目的を同時に取り扱えるトレードオフ関係にある制御目的のバランスを調整可
[DFP-MPC-N限定] 開発中 NNを活用したプラントモデル構築	<ul style="list-style-type: none">高精度なプラントモデルを自動生成できるのでモデル作成工数を削減可再学習により、個体ばらつき、経年劣化に追従しモデル精度を確保

DFP-MPC Demo: 制御対象

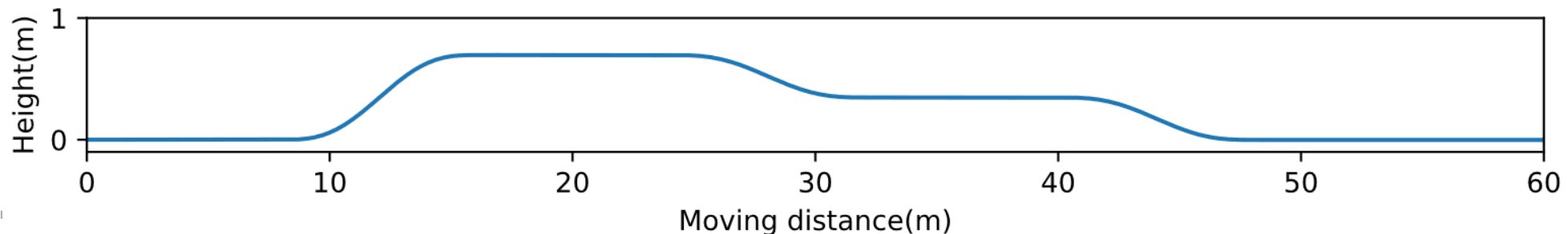
- 自動運転における速度制御

- 車両モデル:

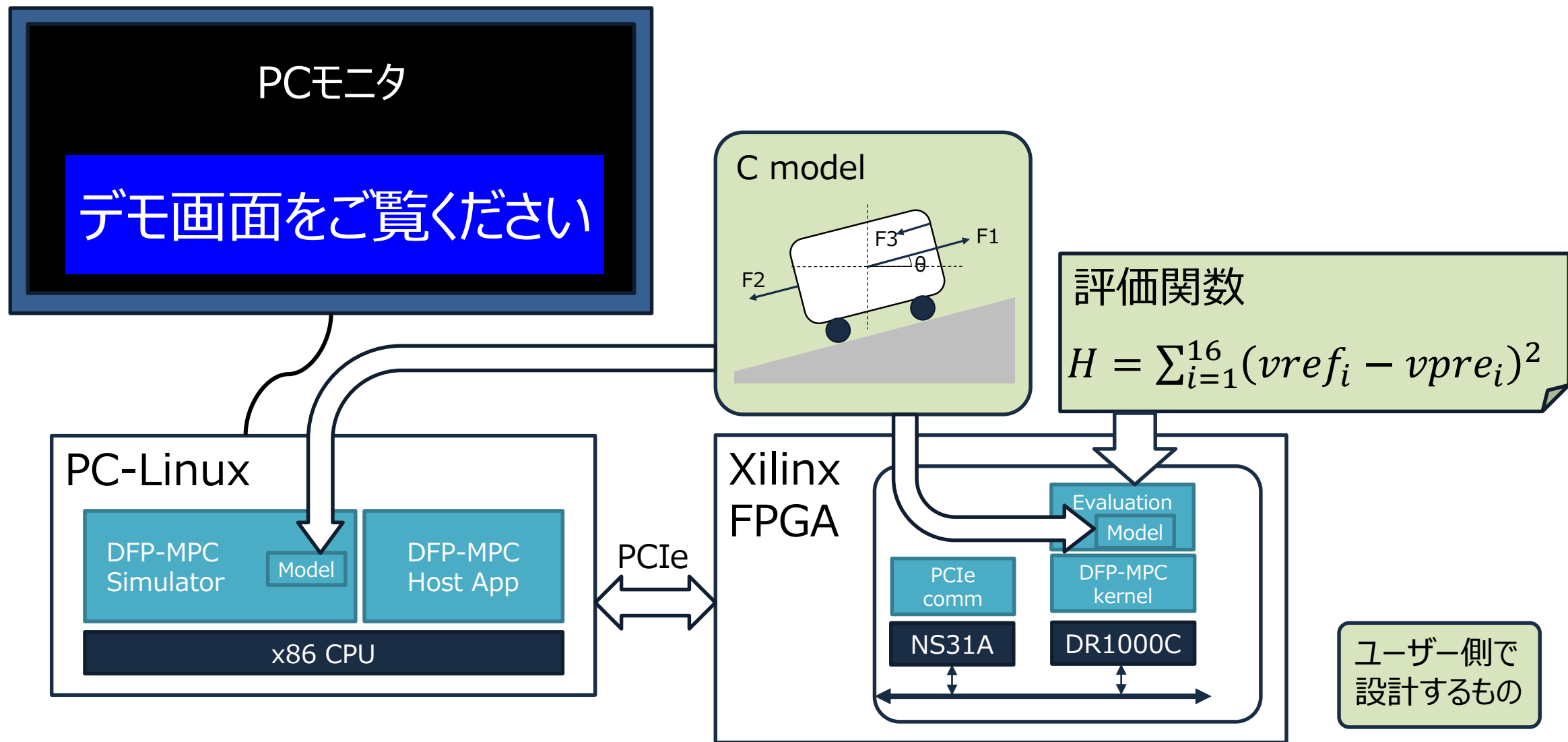
運動方程式: $ma = F1 - F2 - F3$
トラクション: $F1 \rightarrow$ MPCにより計算
勾配抵抗: $F2 = mg \cos(\pi/4 - \theta)$
空気抵抗: $F3 = (1/2) \cdot R \cdot C_d \cdot A \cdot v^2$



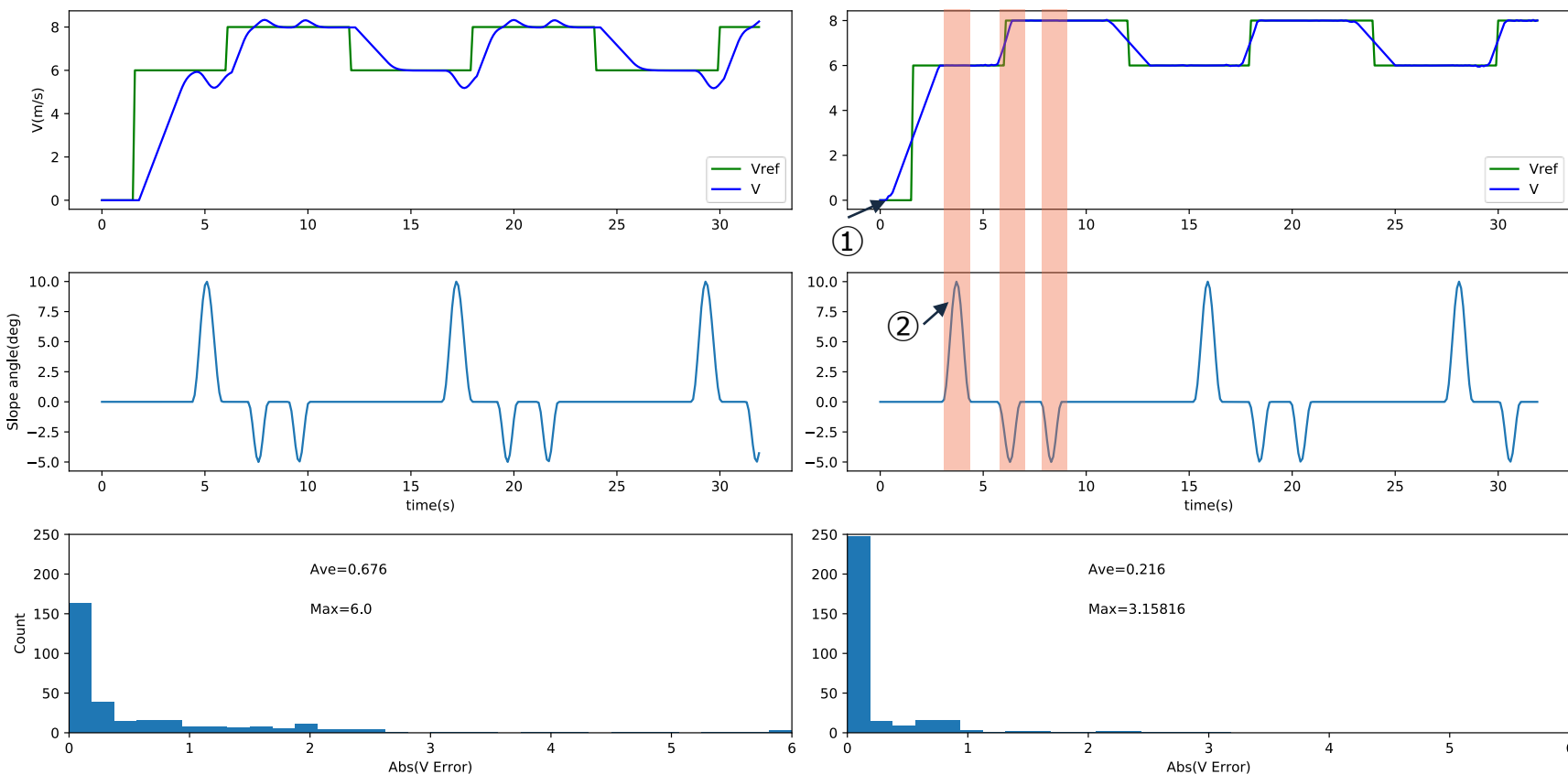
- 評価関数: $H = \sum_{i=1}^{16} (vref_i - vpre_i)^2$ $vref_i$: 目標速度, $vpre_i$: 予測速度
- MPC設定: 制御周期: 0.1s, 予測長: 16点(1.6s)
- 目標速度、および勾配情報は上位システムより与えられる



DFP-MPC Demo: 評価環境

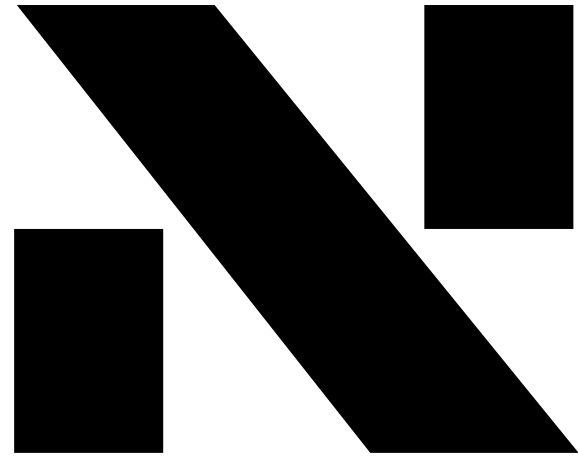


PI制御との比較



- MPCにより以下の最適制御を自動で実行し、速度制御誤差を削減
 - ① 目標値変化を先読みした予備加速
 - ② 勾配抵抗をキャンセルするトラクション発生

Ave: 0.676→0.216
Max: 6.0→3.16



NSI-TEXE

◆ Contact

URL : <https://www.nsitexe.com>

e-mail : support@nsitexe.co.jp