

小型ビークルを用いた 信号制限フィルタの検証実験

202A4

○中林 佑多 (熊本大学)

岡島 寛 (熊本大学)

松永 信智 (熊本大学)

背景

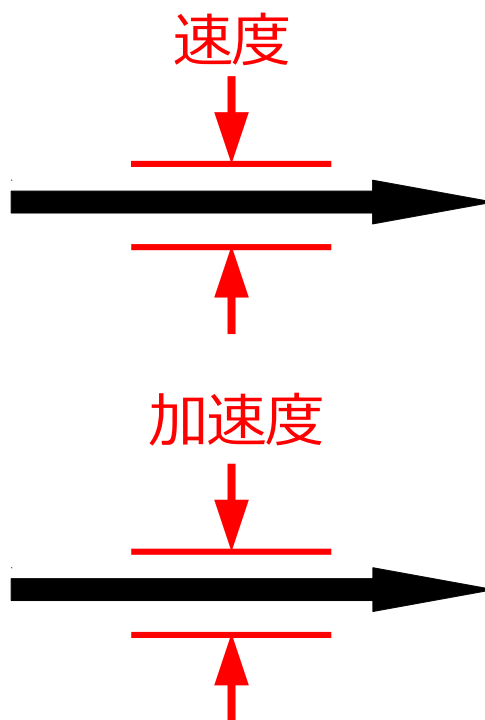
制御システムの物理的保護や乗り心地向上のため
入力信号の速度成分・加速度成分が制限される場合がある

制御器



三菱電機 :MELSEC-L
www.mitsubishielectric.co.jp/fa/products/cnt/plc

入力信号



制御システム



FANUC:M-900iA
www.fanuc.co.jp/ja/product

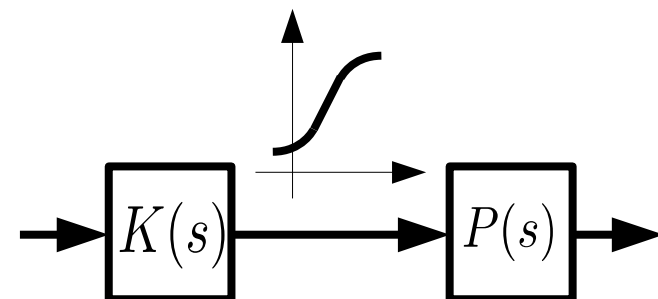


川崎重工 :E5 系
www.khi.co.jp/rs/product/detail/jre5

背景

従来研究

制限を満たす信号をオフラインで生成する



未来展望

■ アクセルの踏み間違え事故・煽り運転防止など

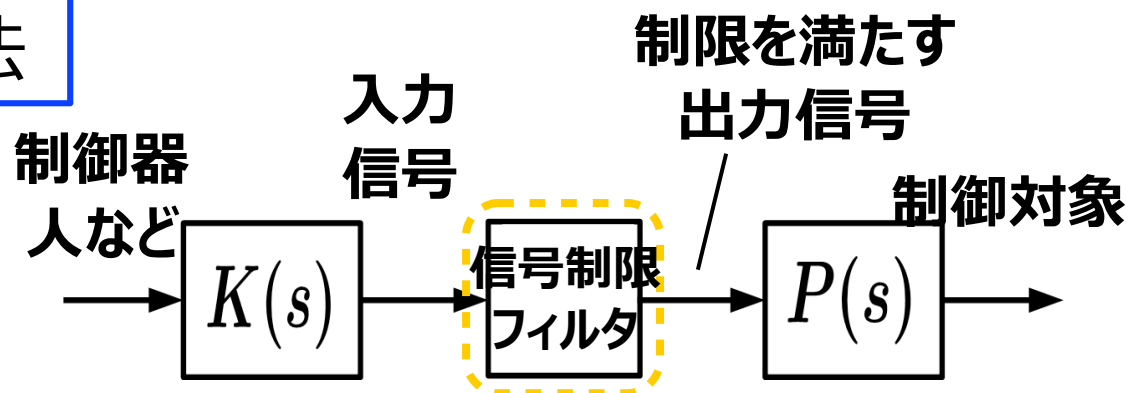


Toyota: gazoo.com /car/love/Pages/drivingmovie04



速度・加速度制限を満たす信号に整形する
リアルタイムの信号制限フィルタが必要

方法

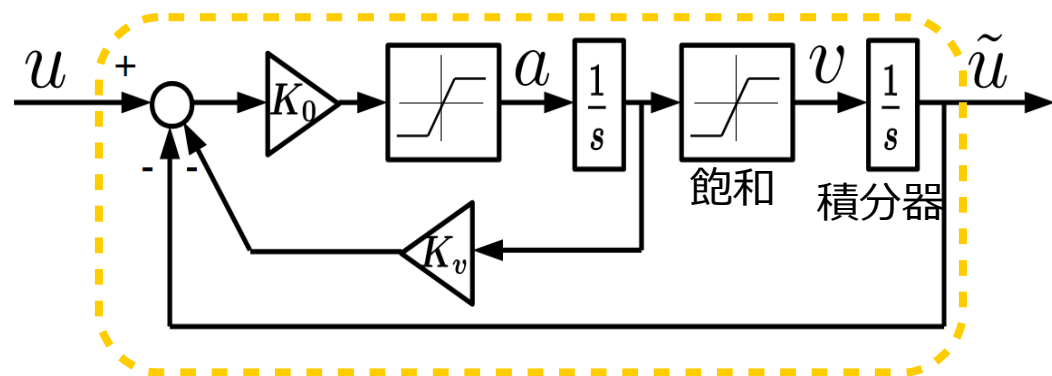


リアルタイムで所望の速度制限や加速度制限を満たす信号を生成

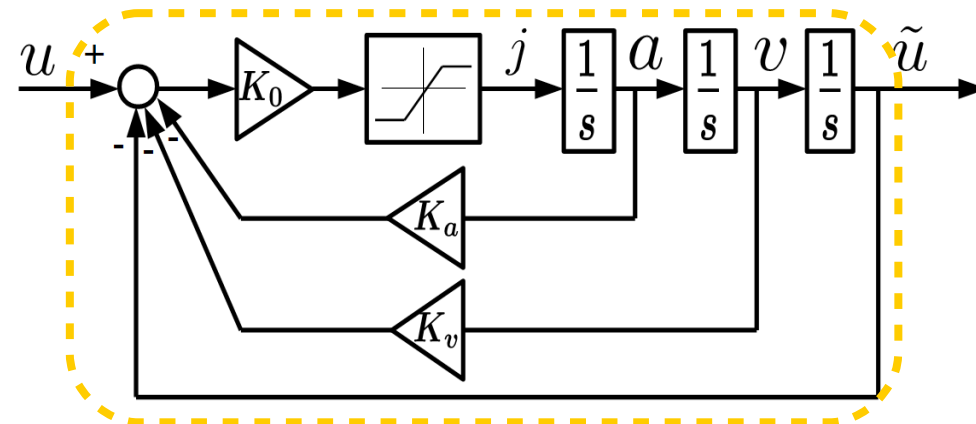
先行研究 1)2)

先行研究のフィルタ構成

u : 入力信号
 \tilde{u} : 出力信号
 v : 速度信号
 a : 加速度信号
 j : 躍度信号
 K : ゲイン



速度・加速度制限フィルタ



躍度制限フィルタ

単純なフィードバックと飽和関数で構成

1) G.Chen, H.Hayashi and I.Takami : Time-Optimal trajectory generator under jerk constraints, The International Federation of Automatic Control, Vol.41, No.2, pp.6033-6038 (2008)

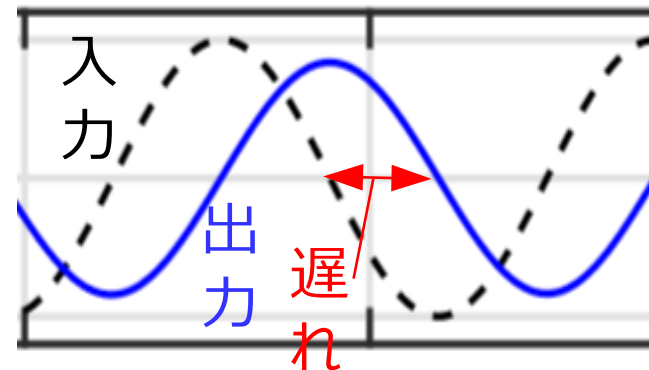
2) 奥田, 林, 陳, 高見 : 加速度制約・速度制約を考慮したフィードフォワード設計, 電気学会産業応用部門全国大会講演論文集, pp.315-320 (2006)

先行研究の問題点

問題点：リアルタイムで制限を満たす信号を生成するが
目標値応答性が悪く
入出力信号間に遅れが生じる



人がリアルタイムで任意の操作を行うシステムへの
適応が難しい



目的

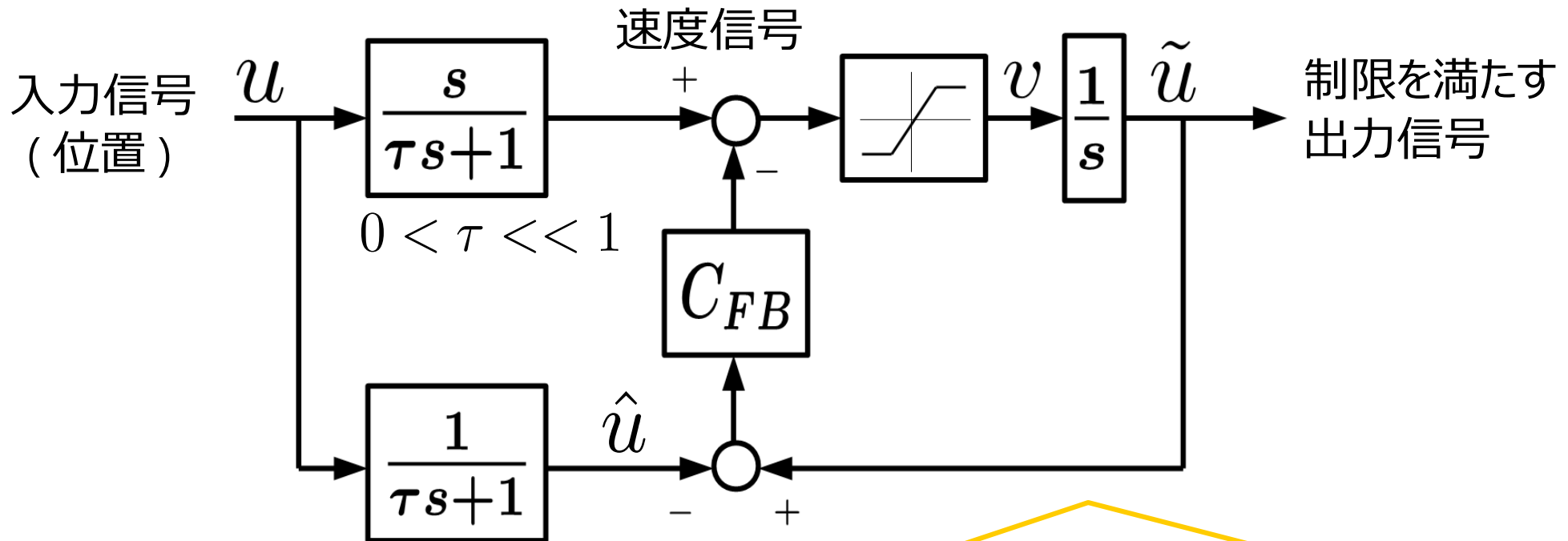
目的

遅延の少ない信号制限フィルタの構築

手法

- モデル誤差抑制補償器の構造を応用した信号制限フィルタを構築
- 小型ビークルへの速度指令値を入力とし信号制限フィルタを実装することで有効性を検証

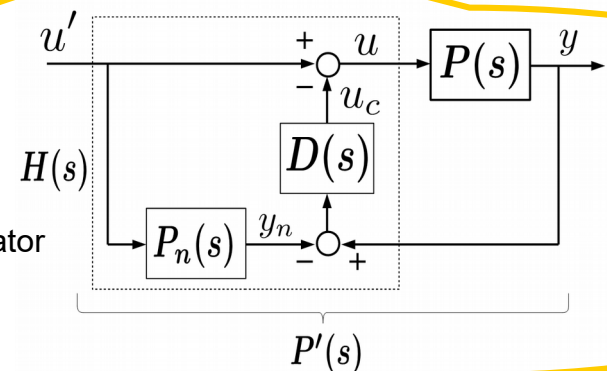
提案手法 3)4) による速度制限フィルタ



モデル誤差抑制補償器 (MEC) のアイデア

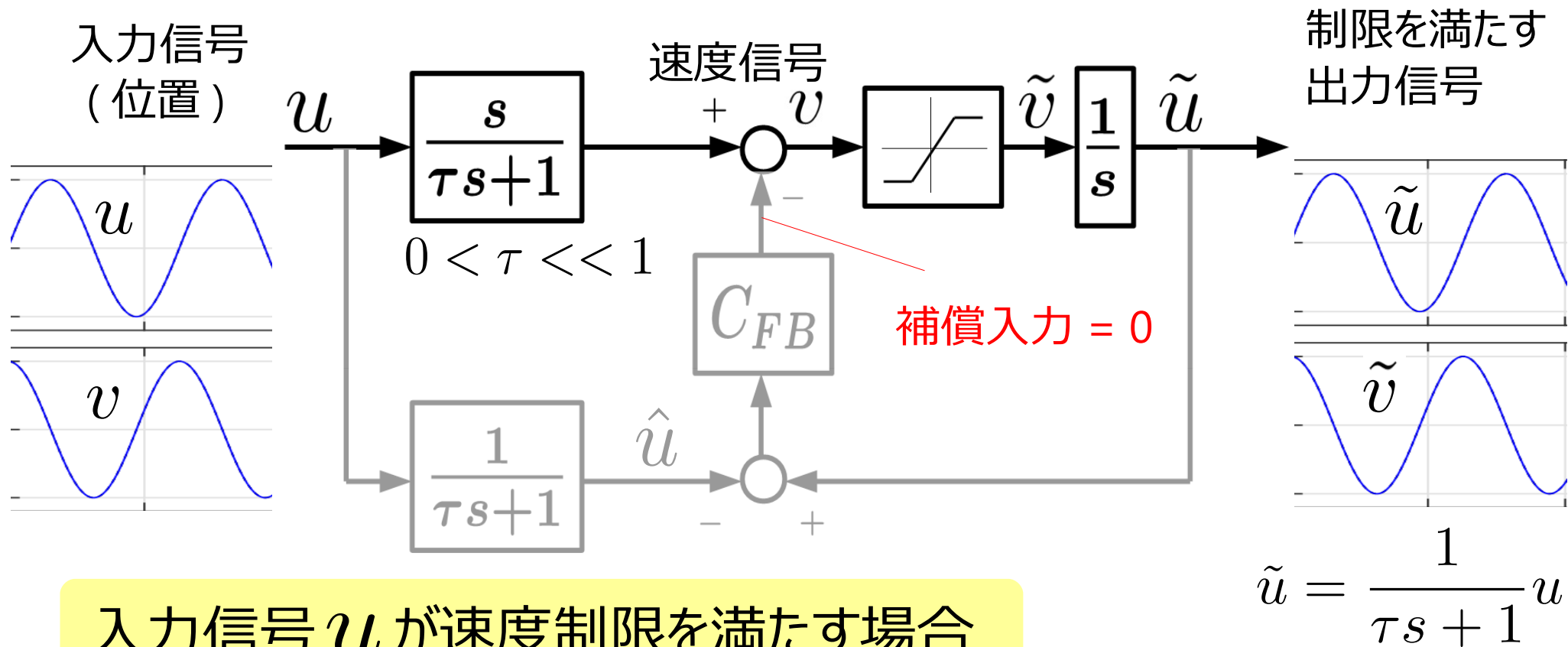
補償入力によりモデル誤差を抑制する

H.Okajima, H.Umei, N.Matsunaga and T.Asai : A design method of compensator to minimize model error ; SICE JCMSI, Vol.6, No.4, pp.267-275 (2013)



- 3) 岡島, 中林, 松永 : モデル誤差抑制補償器に基づいた任意信号の速度を制約する信号制限フィルタの設計, 第34回 センシングフォーラム計測部門大会, 241 (2017)
- 4) Y.Nakabayashi, H.Okajima, N.Matsunaga : Signal limitation filter to satisfy velocity and acceleration constraints for arbitrary input signals, SICE Annual Conference, 1197/1201 (2017)

提案手法 3)4) による速度制限フィルタ



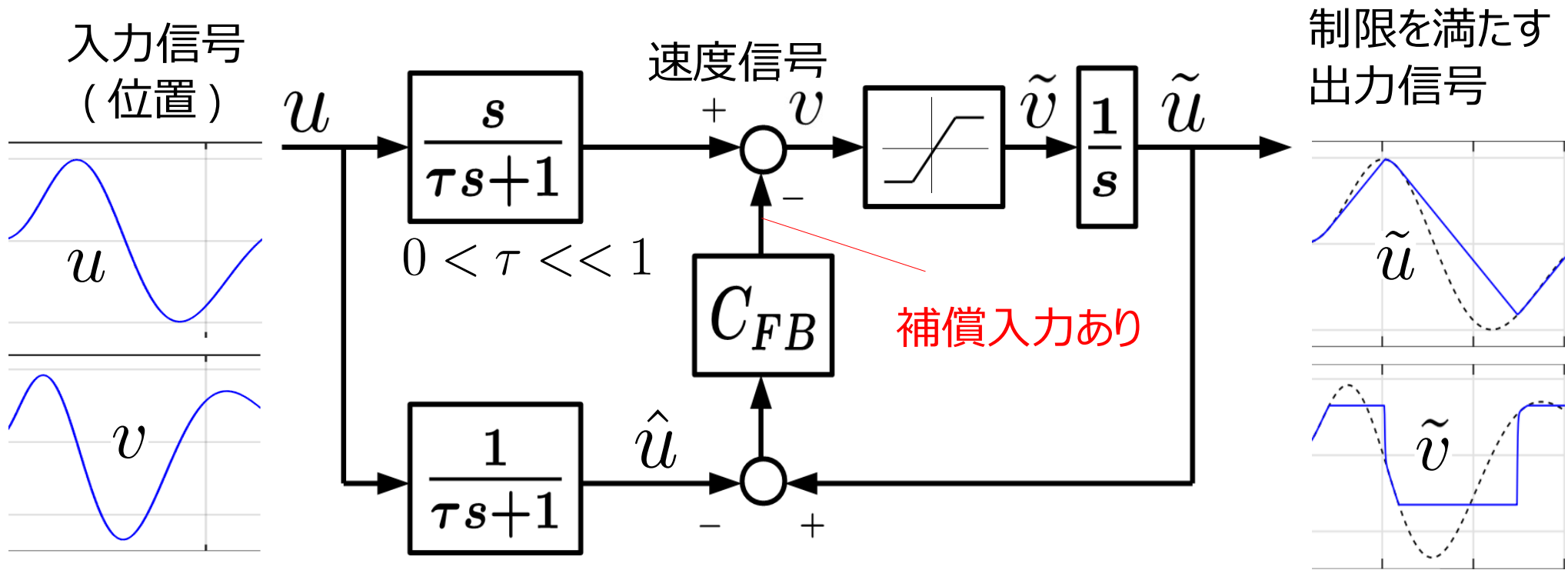
入力信号 u が速度制限を満たす場合

補償入力 = 0 のため $u \simeq \tilde{u}$ が達成される

入力信号 u が速度制限を満たさない場合

出力信号 \tilde{u} が入力信号 u に近づくよう補償器が働く

提案手法 3)4) による速度制限フィルタ



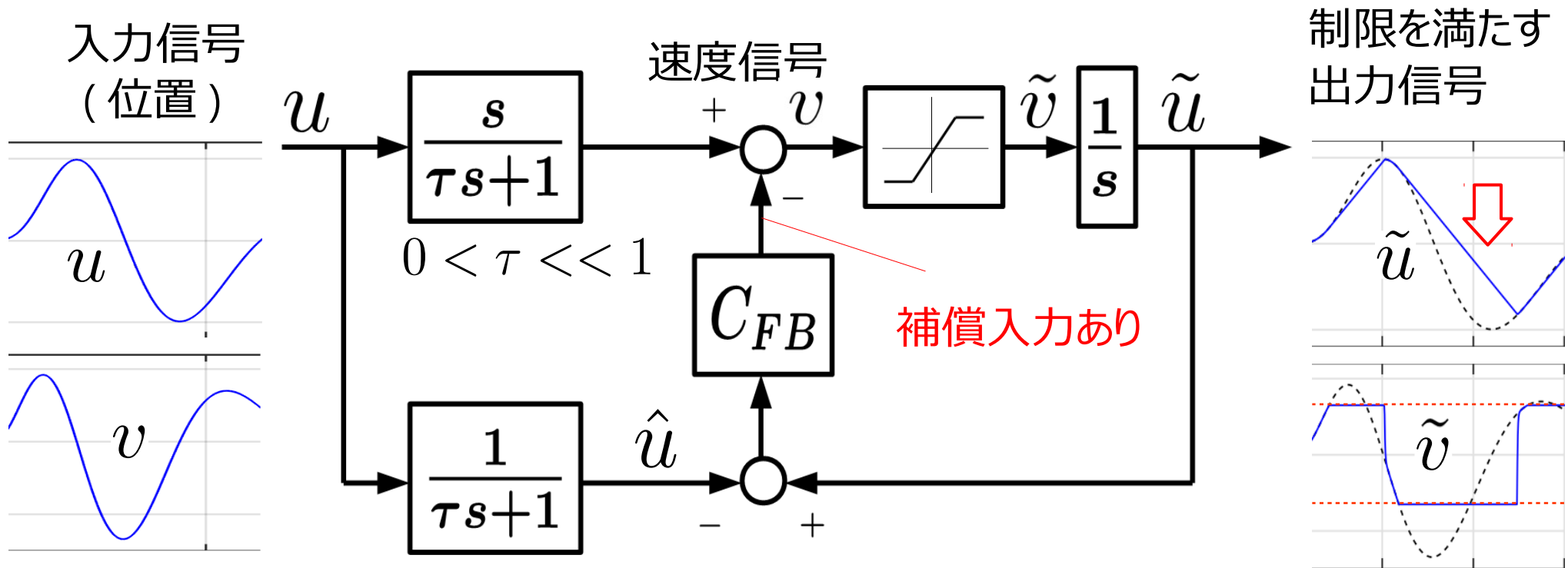
入力信号 u が速度制限を満たす場合

補償入力 = 0 のため $u \simeq \tilde{u}$ が達成される

入力信号 u が速度制限を満たさない場合

出力信号 \tilde{u} が入力信号 u に近づくよう補償器が働く

提案手法 3)4) による速度制限フィルタ



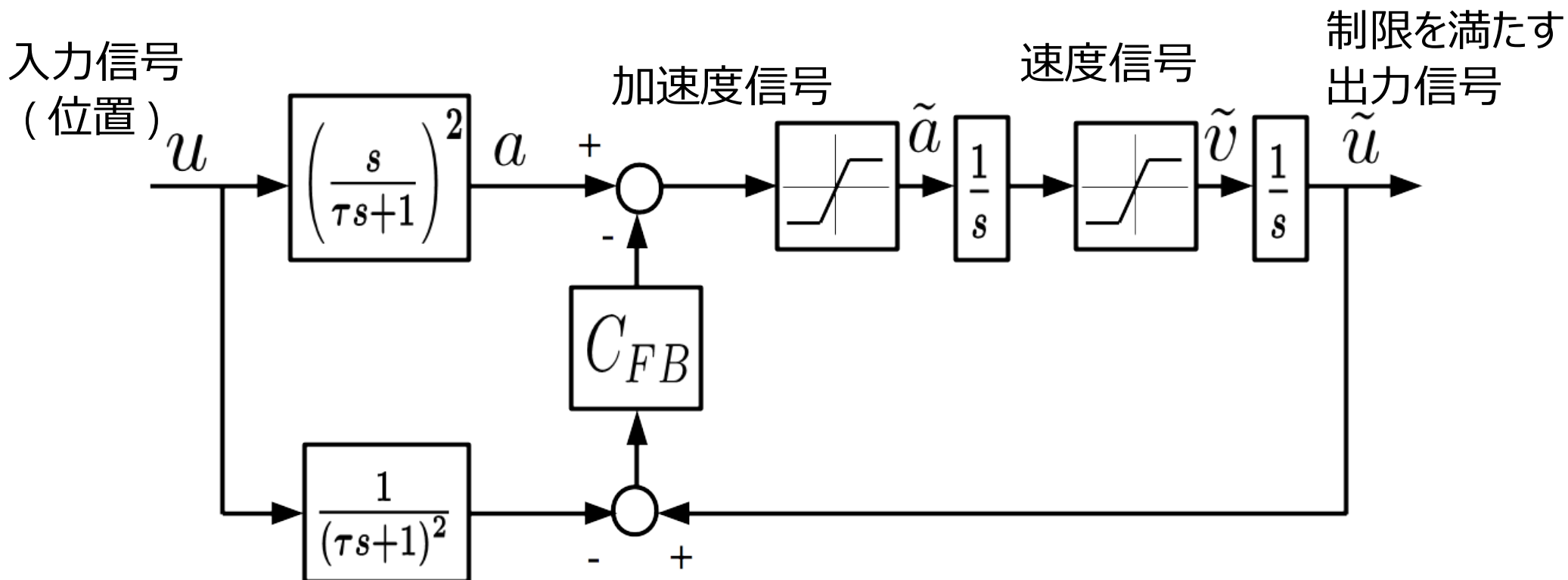
入力信号 u が速度制限を満たす場合

補償入力 = 0 のため $u \simeq \tilde{u}$ が達成される

入力信号 u が速度制限を満たさない場合

出力信号 \tilde{u} が入力信号 u に近づくよう補償器が働く

提案手法 3)4) による速度・加速度同時制限フィルタ



速度・加速度制限を同時に満たす場合

入力信号にほぼ等しい近い信号を出力

速度・加速度制限のどちらか一方または両方満たさない場合

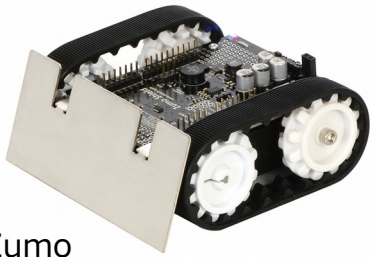
制限を満たし, かつ入力信号に近い信号を出力

実験環境

■ 実験車両

ZUMO Robot + Arduino UNO

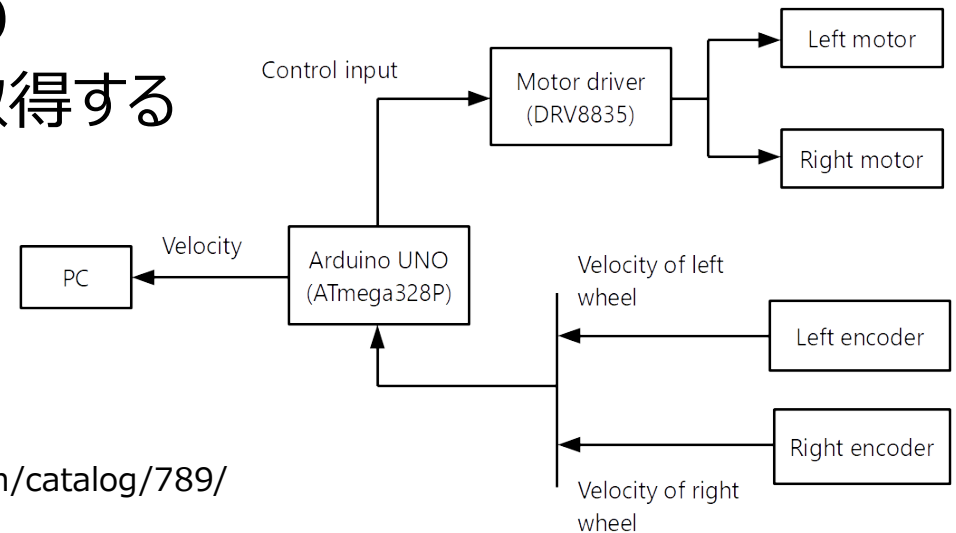
※ 速度値は内蔵エンコーダにより取得する



Pololu : Zumo
www.pololu.com/product/2506



Arduino : Arduino UNO
www.switch-science.com/catalog/789/



■ 実験内容

- ▶ 速度制限フィルタ
- ▶ 速度・加速度同時制限フィルタ

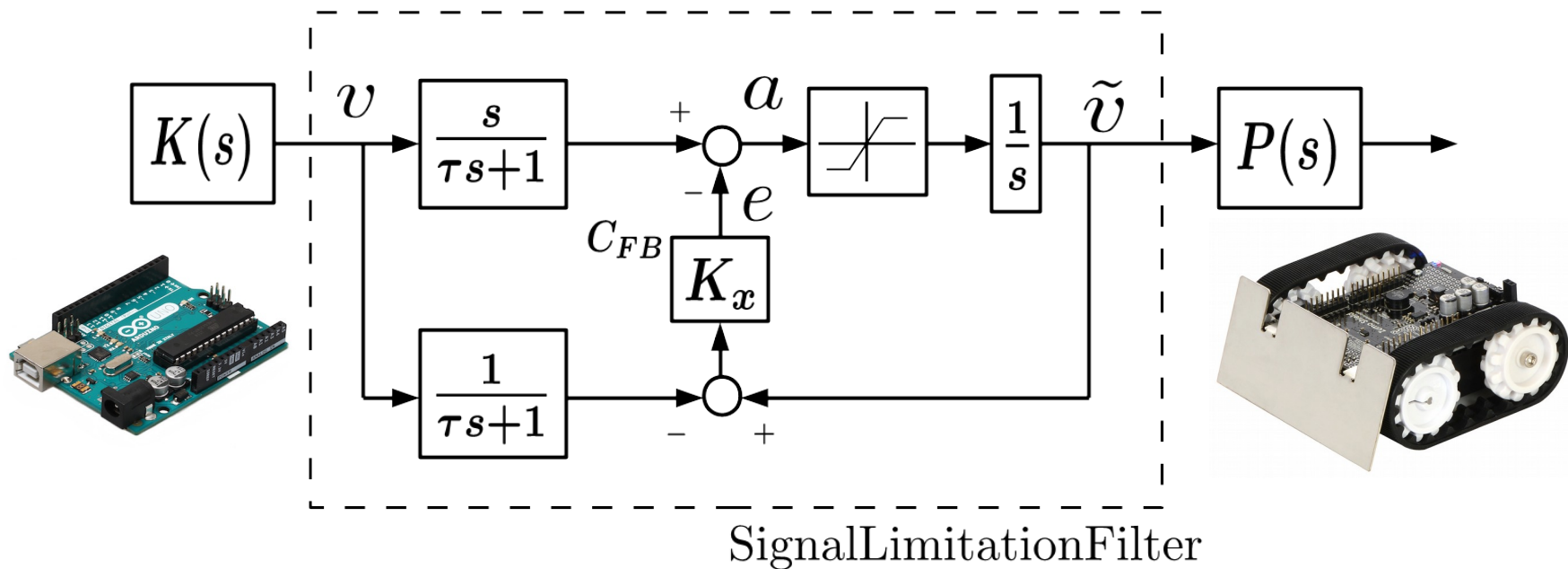
マイコンから車両内蔵モーターへの速度指令値を入力とし提案フィルタを実装し有効に機能しているかを検証する

実験環境

■ フィルタ構成

▶ 速度制限フィルタ

(シミュレーションでは位置指令値の微分値を制限したが
実験では速度指令値の微分値を制限する)

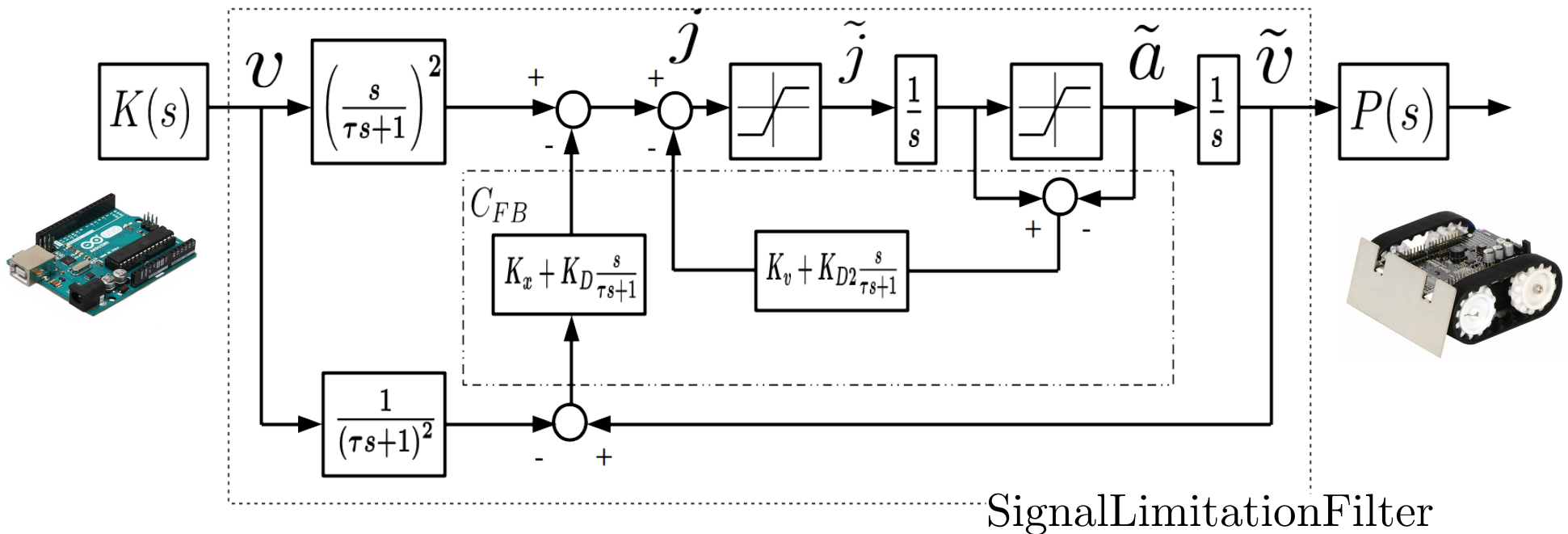


加速度値をリアルタイムで制限する信号を生成

実験環境

■ フィルタ構成

- ▶ 速度・加速度同時制限フィルタ
(実験では速度指令値の微分値と2階微分値を制限する)

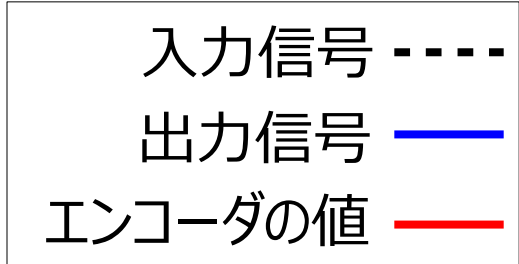
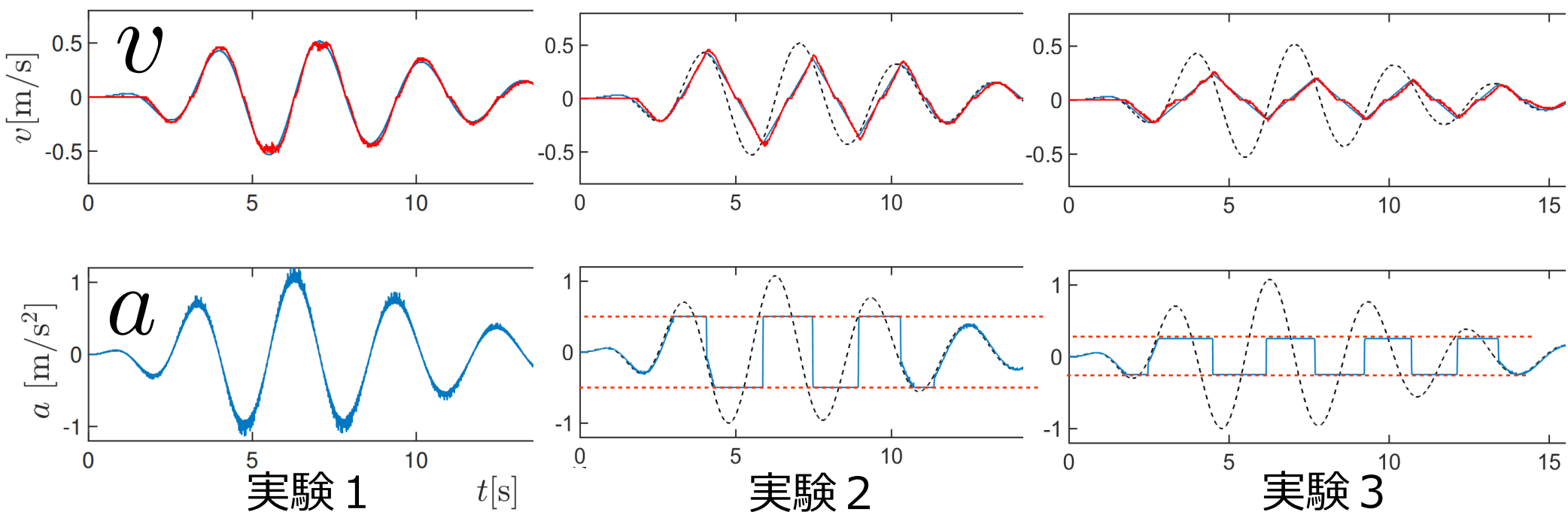


加速度・躍度値をリアルタイムで制限する信号を生成

実験結果 —速度制限フィルター—

入力信号： $v(t) = t^3 \sin(2t)e^{-\frac{1}{2}t}$ (加減速の操作介入があることを想定)

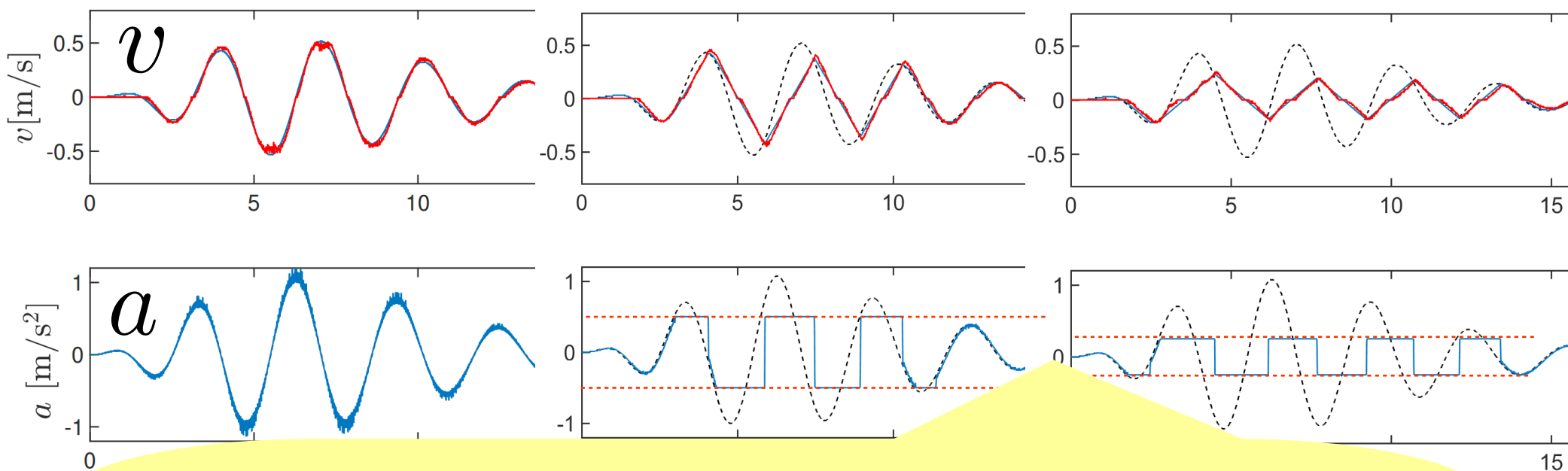
緩い ← 加速度制限 → 厳しい



実験結果 – 加速度制限フィルター –

入力信号： $v(t) = t^3 \sin(2t)e^{-\frac{1}{2}t}$ (加減速の操作介入があることを想定)

緩い ← 加速度制限 → 厳しい



シミュレーションの場合と同様に

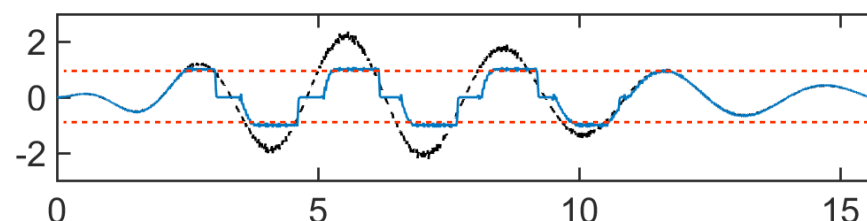
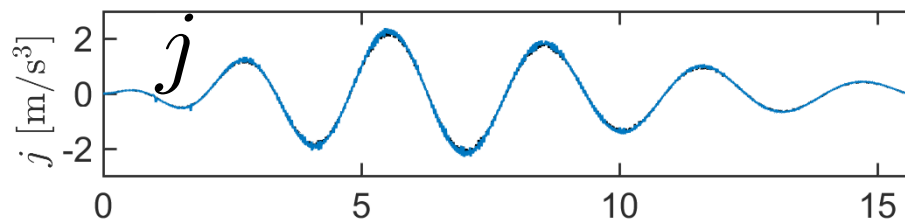
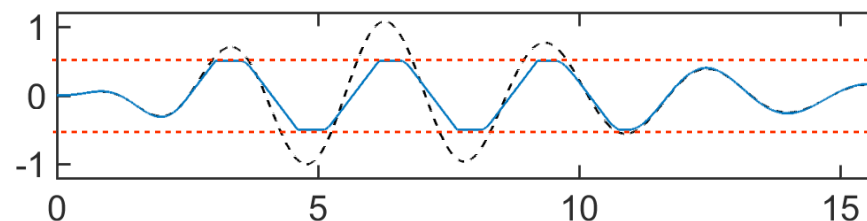
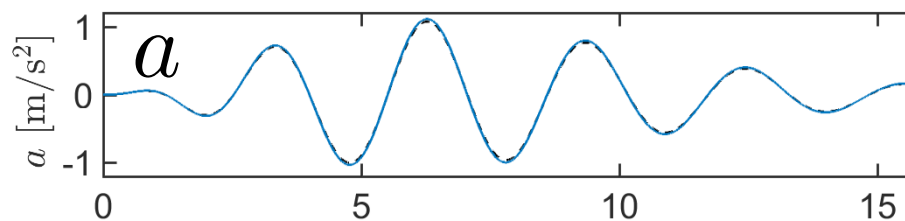
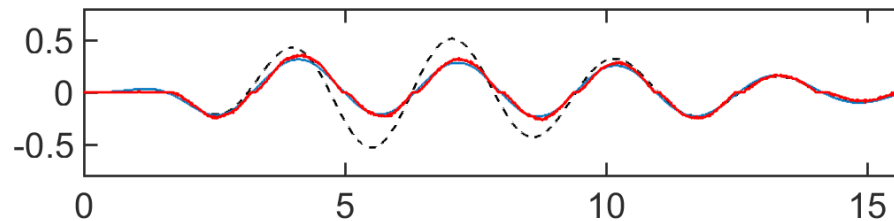
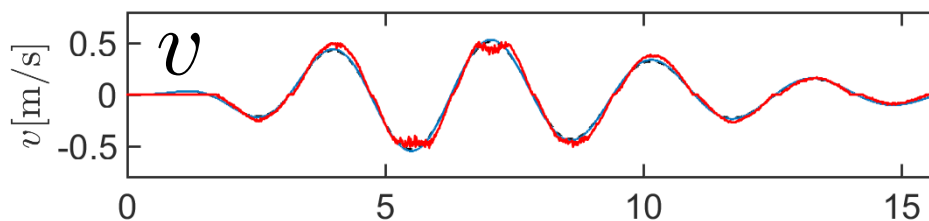
- 遅延がほぼない信号を生成できる
- 様々な制限条件でも出力信号は入力信号に良好に追従する

実験結果 —速度・加速度同時制限フィルター—

加速度・躍度制限

緩い ←

→ 厳しい



実験 1

実験 2

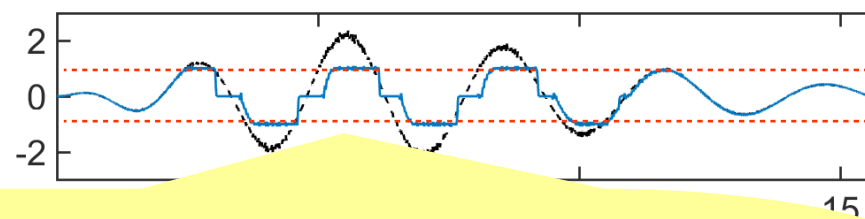
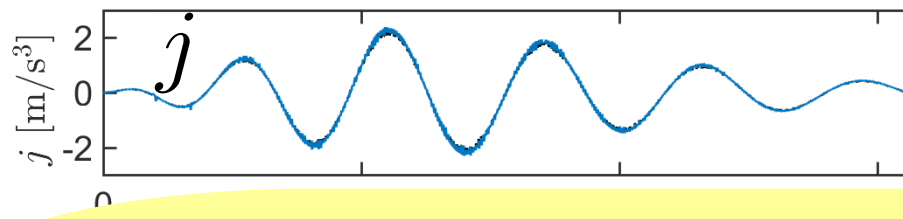
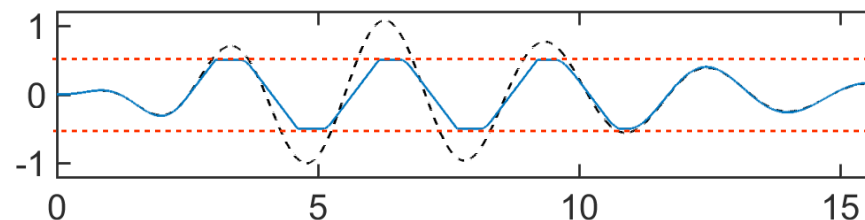
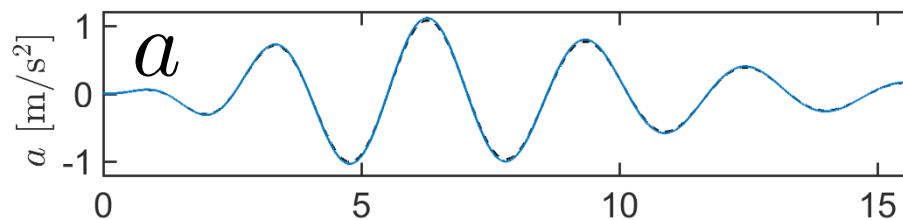
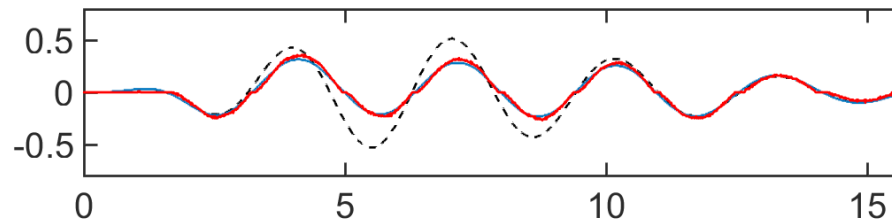
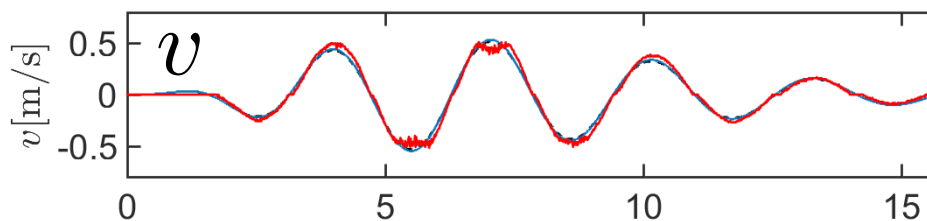
入力信号 - - - -
 出力信号 ————
 エンコーダの値 ————

実験結果 — 加速度・躍度同時制限フィルター —

加速度・躍度制限

緩い

厳しい



シミュレーションの場合と同様に

- 遅延がほぼない信号を生成できる
- 様々な制限条件でも出力信号は入力信号に良好に追従する

おわりに

目的

遅延の少ない信号制限フィルタの構築

手法

- ・モデル誤差抑制補償器の構造を応用した信号制限フィルタを構築
- ・小型ビークルへの速度指令値を入力とし信号制限フィルタを実装することで有効性を検証

結果

遅延の少ない信号制限フィルタの実現性を確認し実システムにおいても有効であることが検証できた