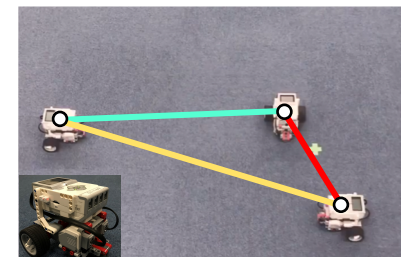
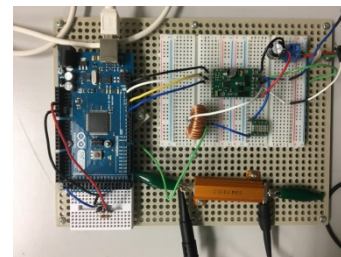
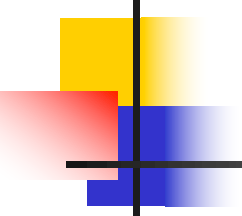


宇都宮大学工学部電気電子工学科
情報通信システム工学分野
平田研究室
(Advanced Control Laboratory)





2020年度 平田研究室

■メンバー構成

教員	平田光男 教授, 鈴木雅康 助教
事務補佐員	杉本裕理
修士2年	6名
修士1年	5名
学部	5～7名（例年）

■研究のキーワード

アドバンスト制御理論, ナノスケールサーボ制御,
振動制御, 自動車及び自動車関連機器制御,
モーションコントロール, 及びそれらの産業応用

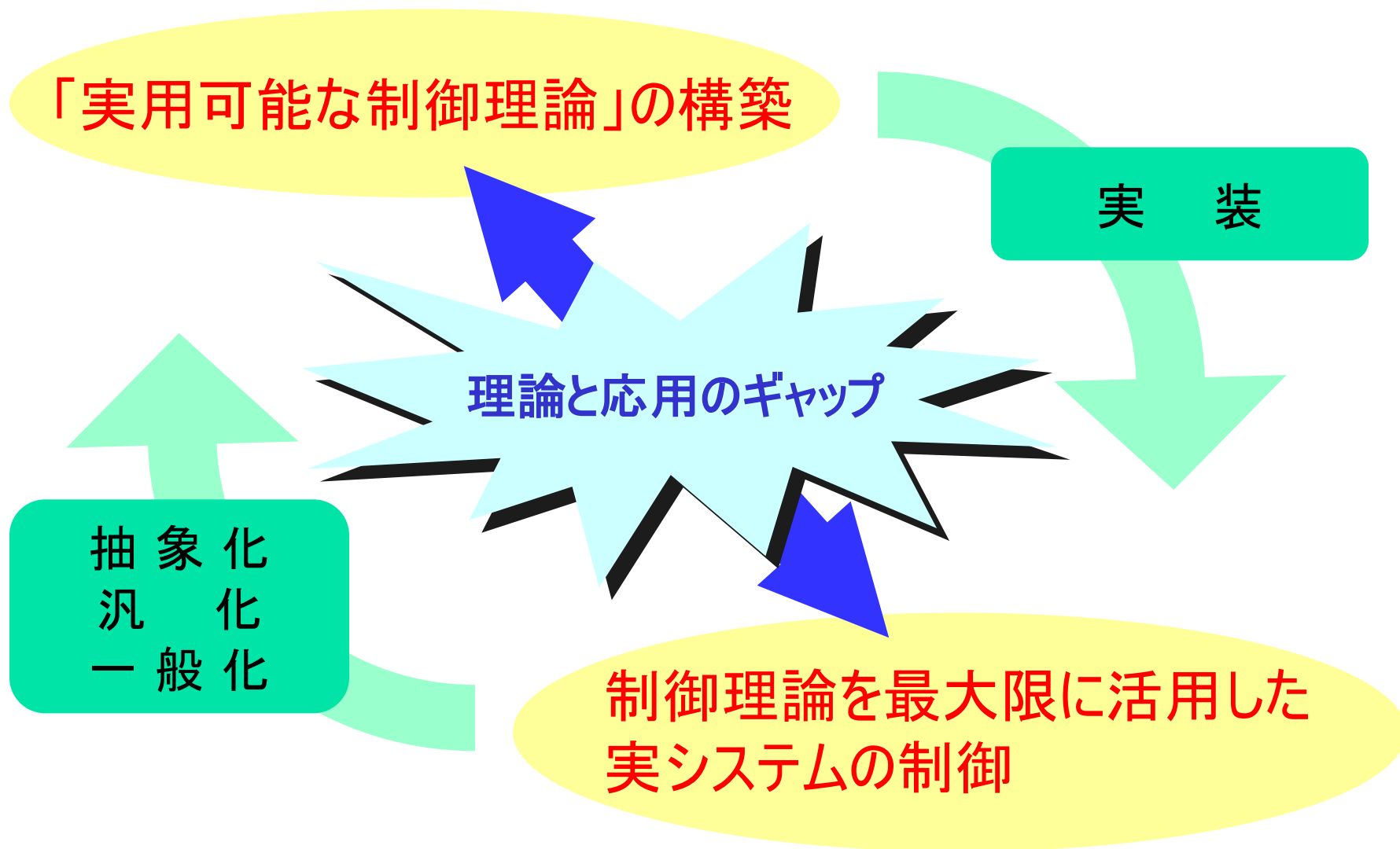
■大型プロジェクト

自動車用内燃機関技術組合（AICE）（2019～2020年度）

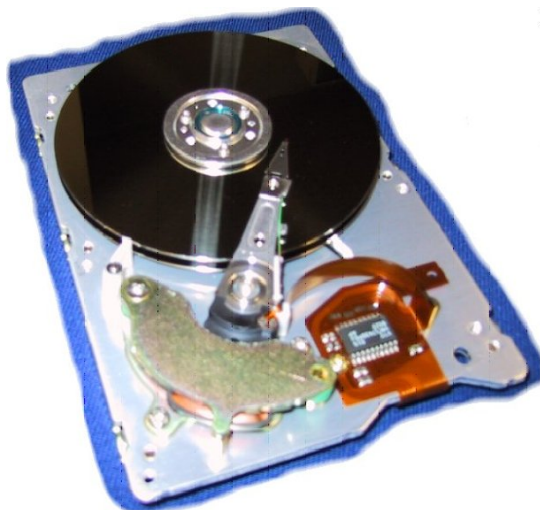
■科学研究費補助金や民間企業との共同研究

複数あり

研究方針



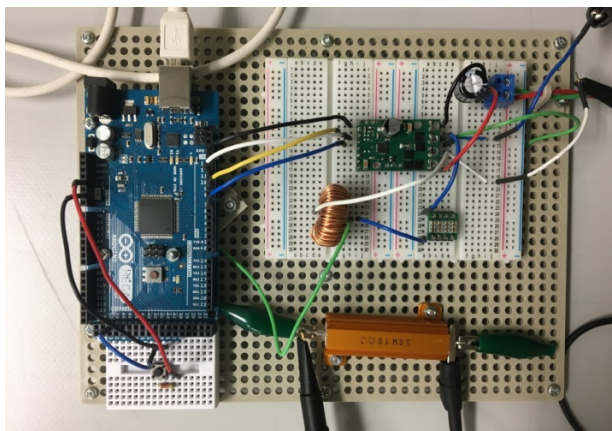
研究内容



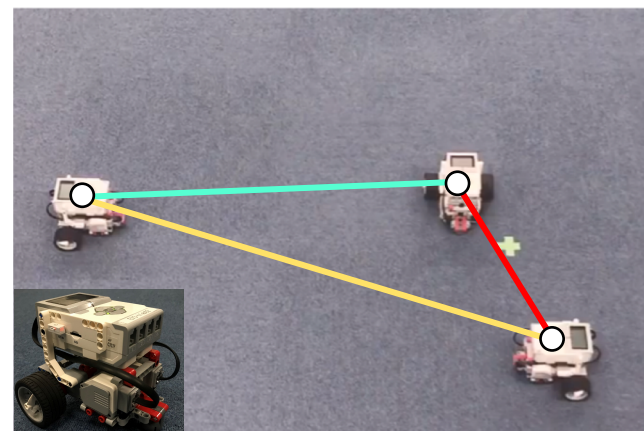
ナノスケールサーボ制御



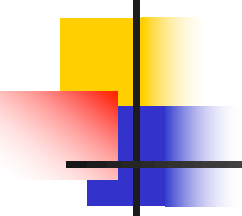
自動車関係の制御



ハイブリッドシステムの制御



分散システムの解析・制御



年間スケジュール

- 4月～7月：基礎力アップ
 - 制御ゼミ(制御の基礎を学ぶ)
 - オープンキャンパスプロジェクト(マイコン制御等)
- 8月：具体的なテーマの決定
- 9月：研究室合宿(4年生の初めての発表)
- 10月～1月：月に一度の進捗報告
- 2月：卒論発表会
- 3月：卒論提出

研究室の様子



4月卒研究生歓迎会



8月オープンキャンパス



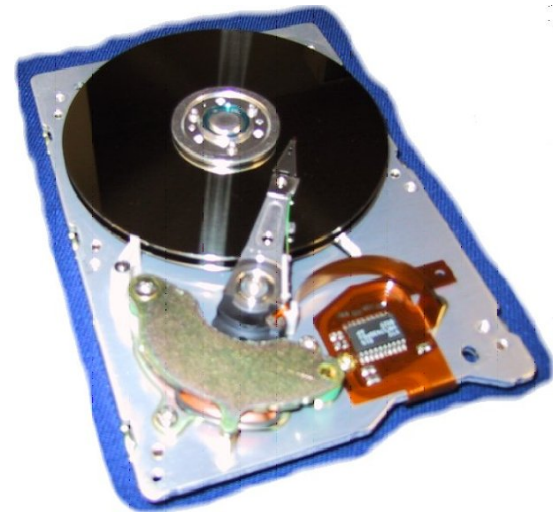
9月 研究室夏合宿



2月 卒論発表会

ナノスケールサーボ制御

～ナノメートル領域の制御系設計～



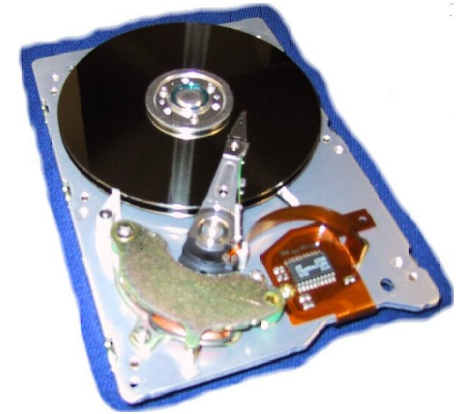
機械システムのナノスケールサーボ制御

- 精密な位置決め制御を必要とする制御対象
 - ハードディスクディスクドライブ
 - 半導体露光装置
 - ガルバノスキャナ(レーザー加工機)

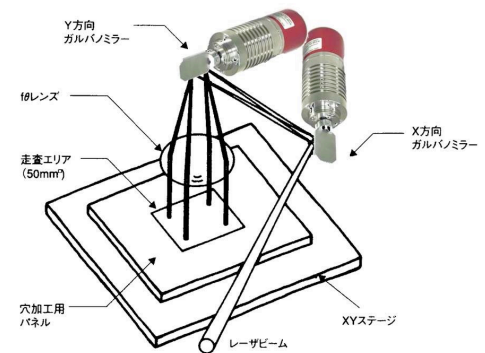
ナノスケールサーボ制御の実現



- ハードディスクディスクの記憶容量の増加
- 集積回路の低コスト化, 高速化



ハードディスク装置

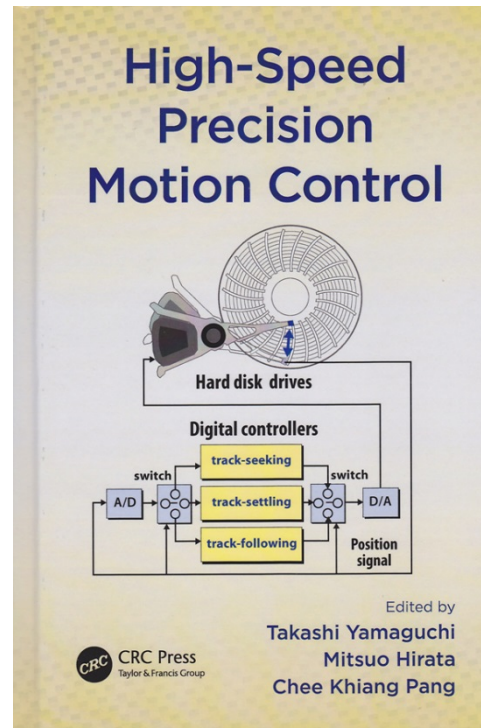


レーザー加工機

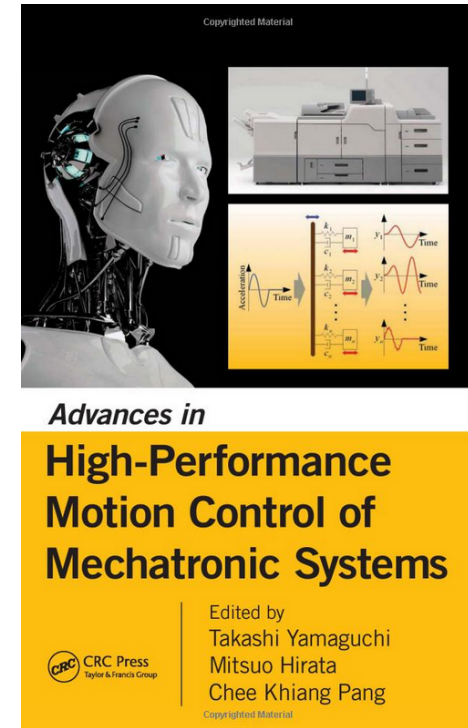
ナノスケールサーボ制御



① 2007年10月20日発売



② 2011年12月20日発売



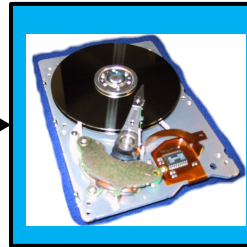
③ 2013年8月6日発売

本研究室は、ナノスケールサーボ制御に関して昔から力を入れて研究している

- ① 平田が編著者の一人となって、大学の研究者とハードディスクメーカーの技術者が著者となってハードディスクの制御をまとめた1冊
- ② ①を英訳したもの
- ③ 平田が編著者の一人となって、ハードディスク制御のよりディープな世界を自由に書いた書籍

機械振動を抑えて高速高精度に制御する

駆動
電圧



ヘッド
位置

駆動電圧

時間

ヘッド位置

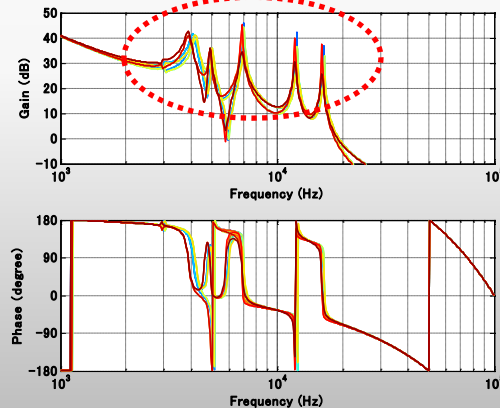
時間

フーリエ変換

スペクトル

ω

ω_1 ω_2 ω_3 ω_4



初期
状態

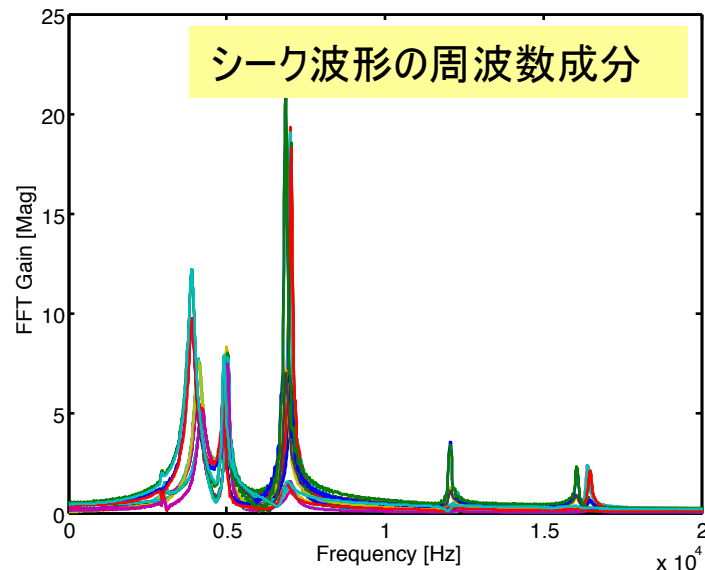
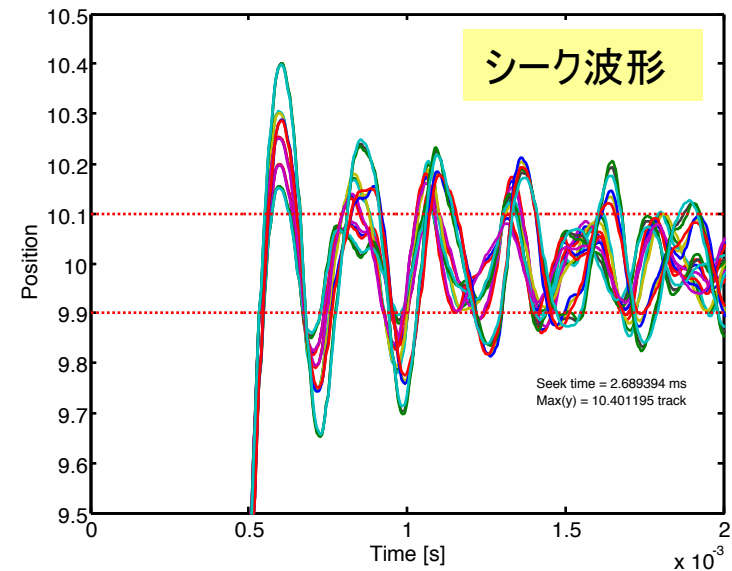
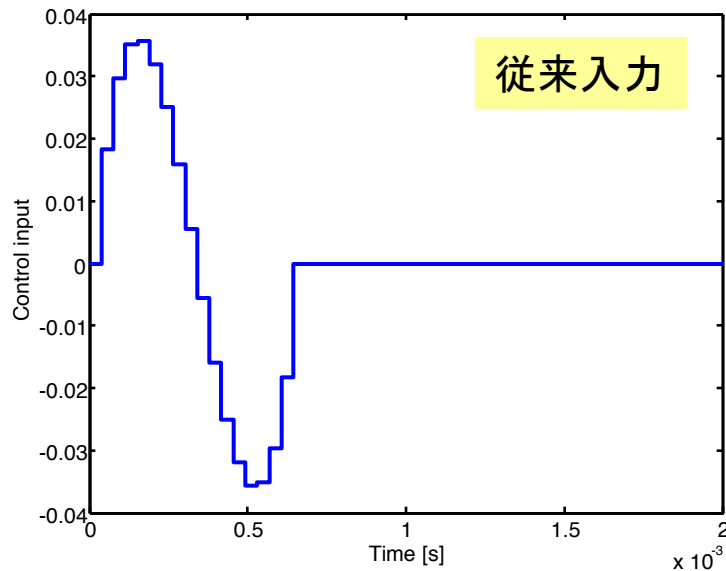
終端
状態

拘束条件

$$\Sigma U = x[N] - A^N x[0]$$

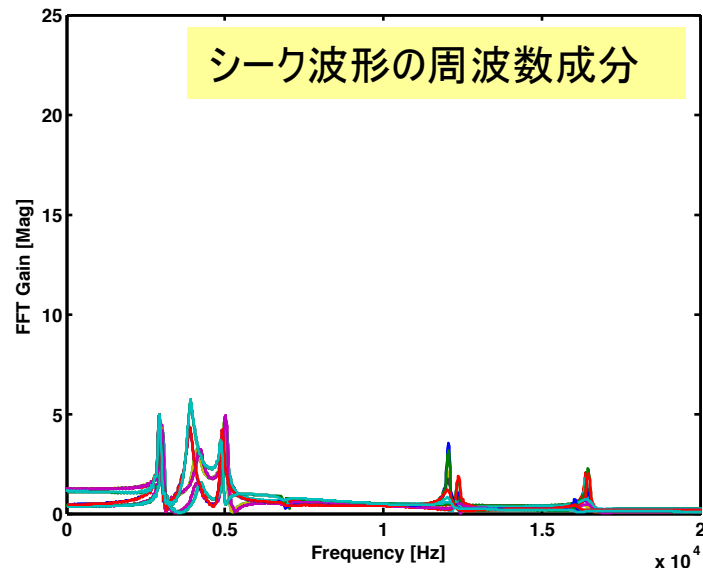
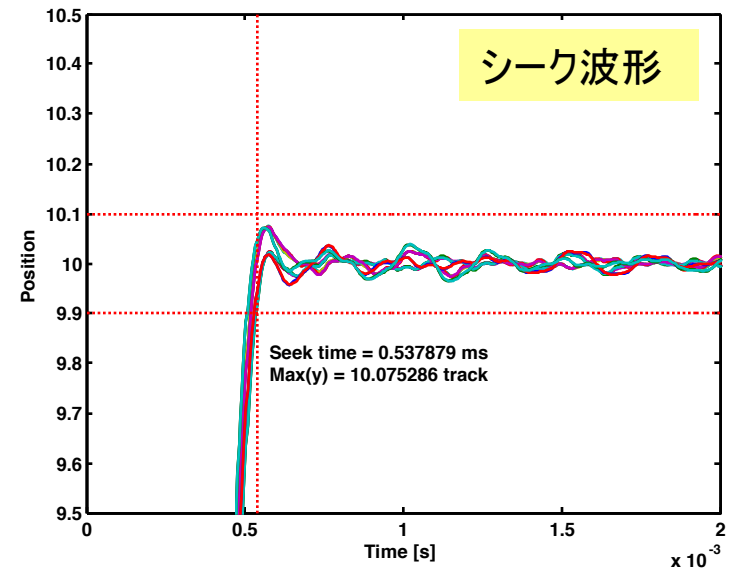
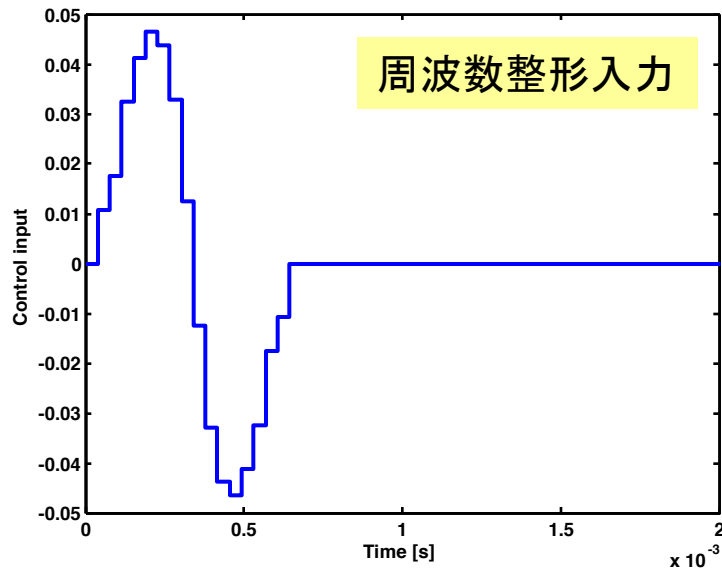
共振周波数において
入力スペクトルを最小化

HDDの10トラックシーク制御(従来入力)



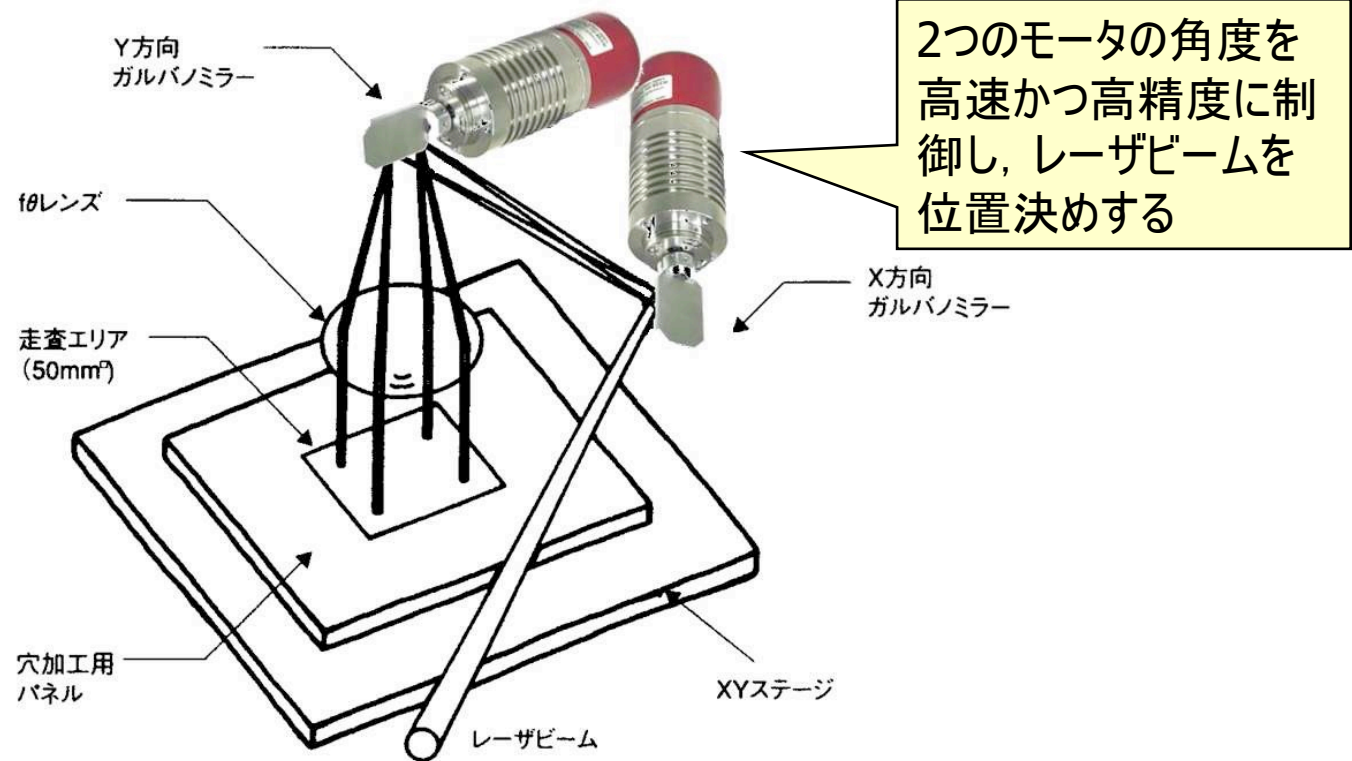
Sin波に近い滑らかな入力を加えても、目標トラック(10トラック)付近で残留振動が残る。シーク波形の周波数成分からもそれが確認できる。なお、応答が複数あるのは、複数のHDDの特性バラツキを考慮したシミュレーションを行っているから。

HDDの10トラックシーク制御(周波数整形入力)



入力の波形を本研究室で提案する方法で最適化すると、目標トラック(10トラック)付近の残留振動が大幅に低減することがわかる。シーク波形の周波数成分も大きく低減している。

ガルバノスキャナへの展開



ガルバノスキャナによるレーザー加工

応用例

- ペットボトル表面への文字加工
- プリント基板の穴あけ加工

自動車関連の制御



ディーゼルエンジン吸排気系の制御

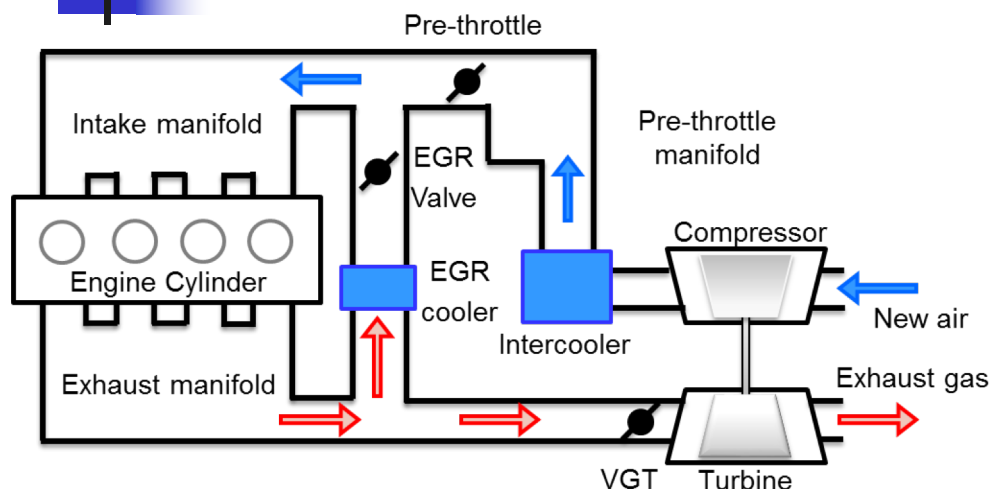


図 ディーゼルエンジン吸排気系の概要

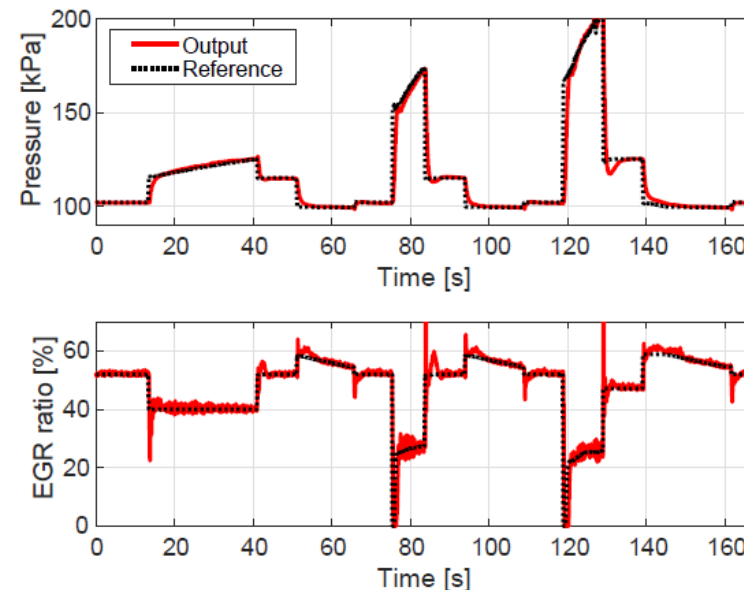


図 東大エンジンベンチ

研究プロジェクト

- 2014～2019 内閣府SIP (5年間で100億円巨大PJ)
- 2019年～
 - AICEプロジェクト (東大＋慶應＋熊大＋宇大)
 - 企業との共同研究

メディアの反応



TOP > モーターファンデック > ニュース・トピック > ニュース

2019/02/01 | Motor Fan illustrated編集部

ガソリンエンジンおよびディーゼルエンジンともに正味最高熱効率50%超を「産産学連携」で達成

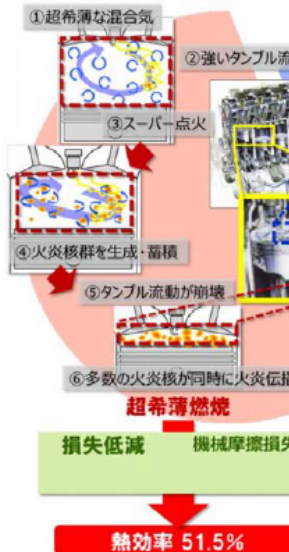
燃焼、摩擦、ターボ過給、熱電変換の技術で環境にやさしい内燃機関へ

ツイート | いいね! 5 | シェア | B!ブックマーク

ブックマークする



ガソリン燃焼



TOP > モーターファンデック > ニュース・トピック > コラム・連載記事

2019/02/03 | Motor Fan illustrated編集部

モデルベース制御システム「RAICA」の威力を目の当たりにする

ディーゼルエンジンの高効率化に著しく寄与

ツイート | いいね! 0 | シェア | B!ブックマーク

ブックマークする



MONOist > オートモーティブ > 熱効率50%をより実用的に、SIPから生まれた「モデル...

エコカー技術:

熱効率50%をより実用的に、SIPから生まれた「モデルベース燃焼制御システム」(1/3)

2019年01月29日 06時00分 公開

[齊藤由希, MONOist]

印刷

通知

11

43

B! 1

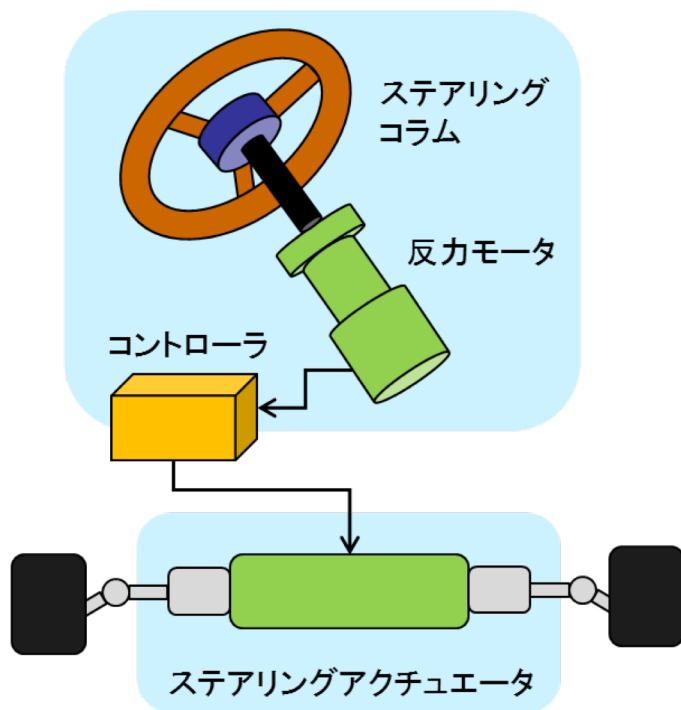
✓

科学技術振興機構（JST）は2019年1月28日、東京都内で戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）の取り組みの1つである「革新的燃焼技術」の成果を報告する公開シンポジウムを開催した。



革新的燃焼技術のプログラムディレクターであるトヨタ自動車の杉山雅則氏（クリックして拡大）

ステアバイワイヤの制御系構築



■ バイワイヤ技術

- 「機械的結合」を「電氣的結合」に置き換える技術。
- 操作感と車両運動性能を同時に向上させるなど自動車の付加価値向上に寄与できる。

■ ステアバイワイヤ

- ハンドルと前輪操舵系が機械的ではなく電氣的に結合
- ハンドル角をセンサが感知し、モータが前輪を操舵する
- ハンドルに取り付けられたモータで、ドライバーへ操舵感を返す

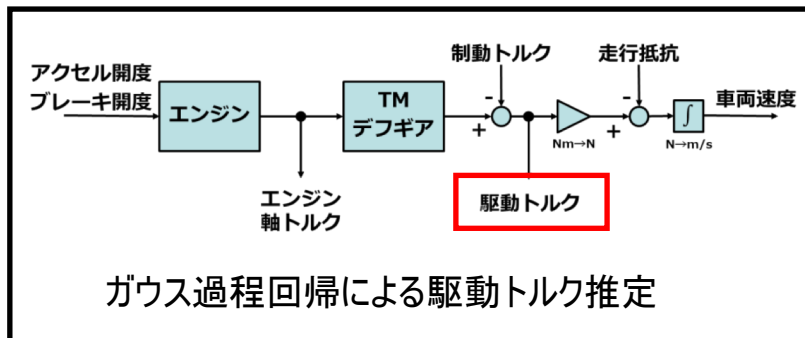
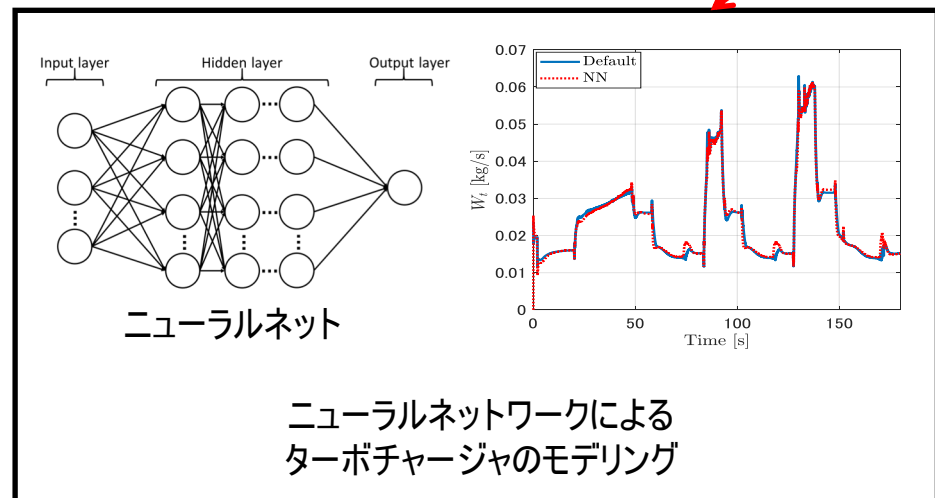
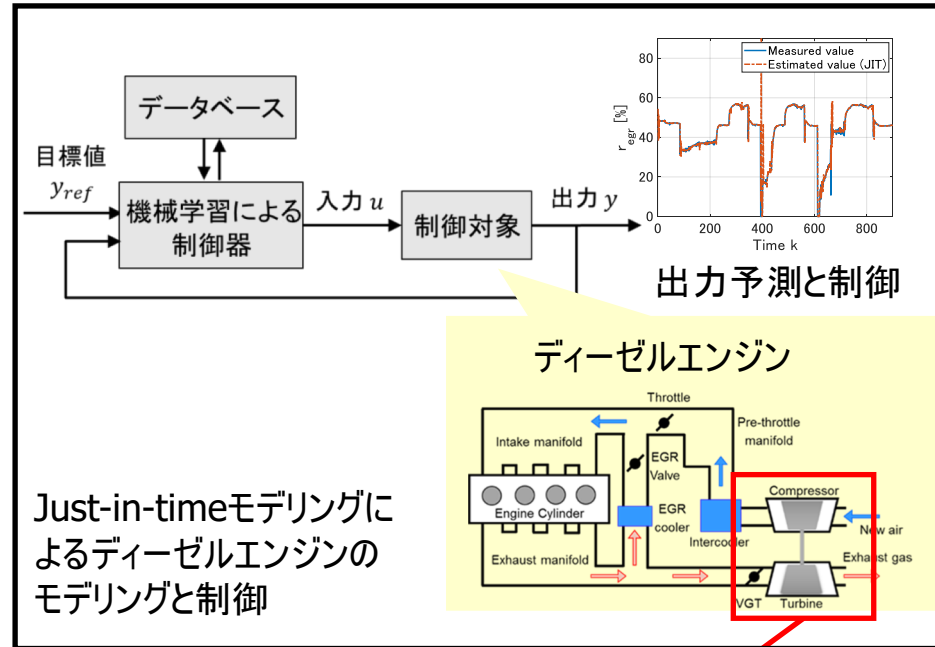
制御と機械学習の融合と自動車制御への応用

制御屋から見た
研究課題はいっぱいある

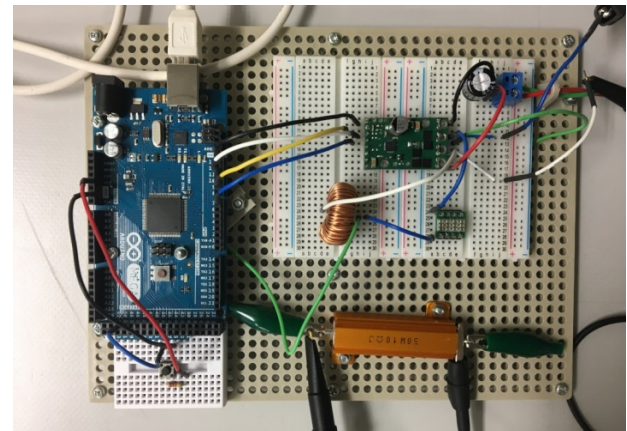
- 機械学習は強力！
 - なぜうまくいくのか？ 制御にどう使うえばよいのか？
- 従来の制御理論では解決の難しい問題を機械学習の力を借りて解決できないか？
- さまざまな機械学習の手法
 - サポートベクタマシン
 - Just-in-time モデリング
 - ニューラルネットワーク(ディープラーニング)
 - ガウス過程回帰
 - 強化学習

自動車制御への応用

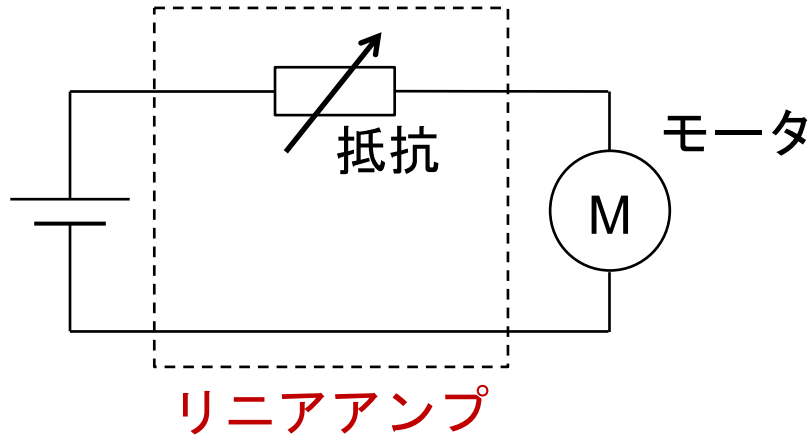
- Just-in-timeモデリングによるディーゼルエンジンの吸排気系モデリング
- ニューラルネットワークによる自動車のモデリング
 - 走行抵抗の推定
 - ターボチャージャのモデリング
- ガウス過程回帰による, エンジントルク推定
- 不安定なメカカルシステムに対する強化学習の適用



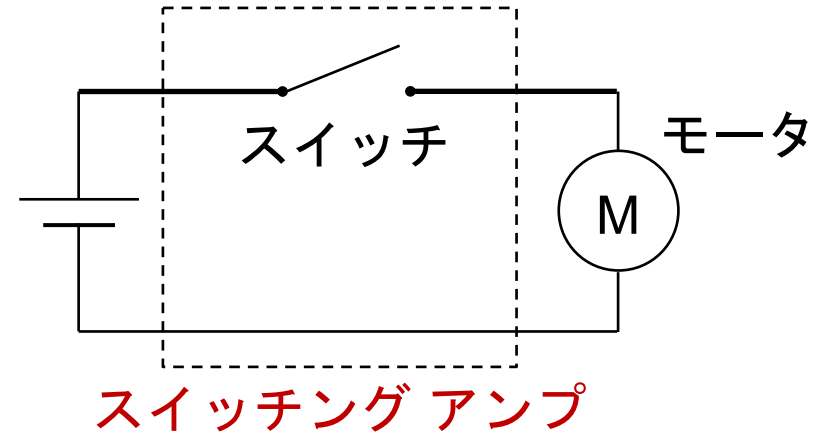
ハイブリッドシステムの制御



PWM(パルス幅変調方式)アンプの制御



- 消費電力: 大きい ☹
- モータへの入力の実数値
→ 制御しやすい

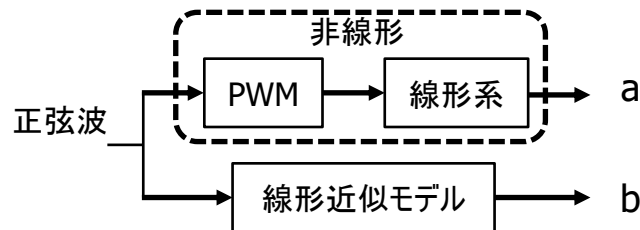
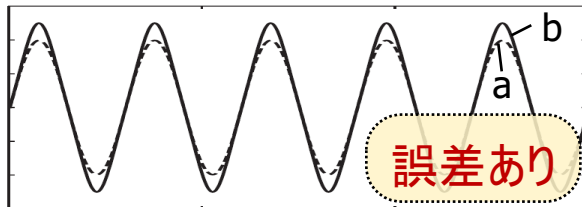
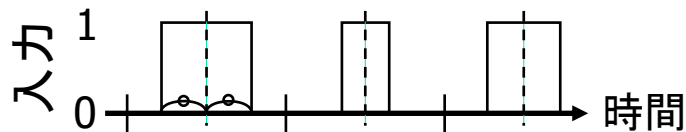


- 消費電力: 小さい ☺
- モータへの入力は有限個の値
→ 高精度制御が難しい

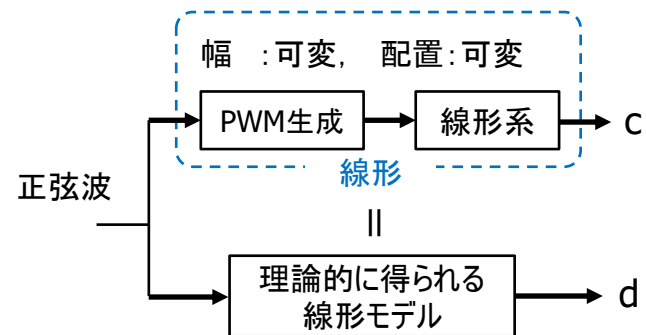
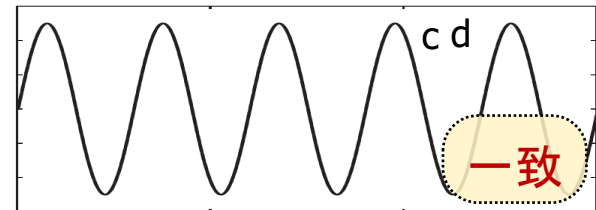
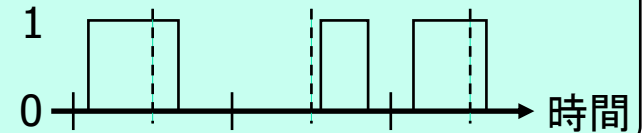
応用先: モータ制御, インバータ,
スラスタ(人工衛星), 除振台

PWM(パルス幅変調方式)アンプの制御

通常の方法

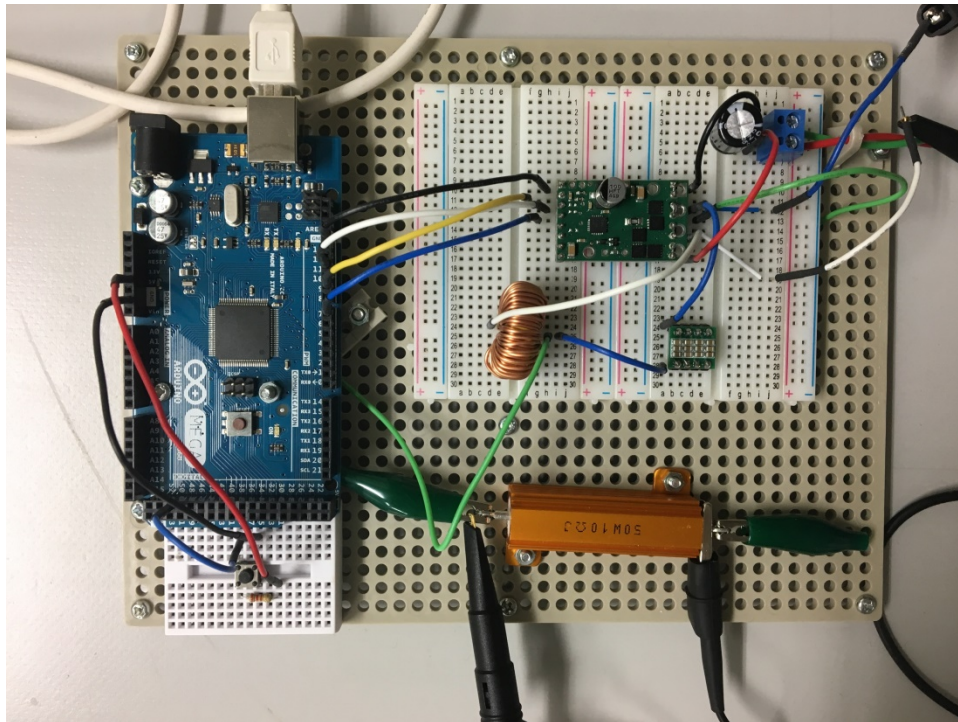


中心をずらす(提案手法)

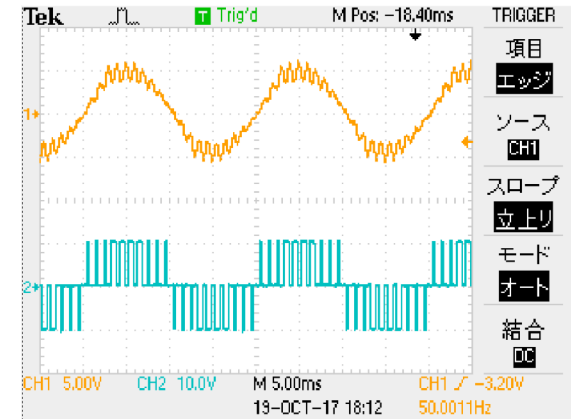


PWM(パルス幅変調方式)アンプの制御

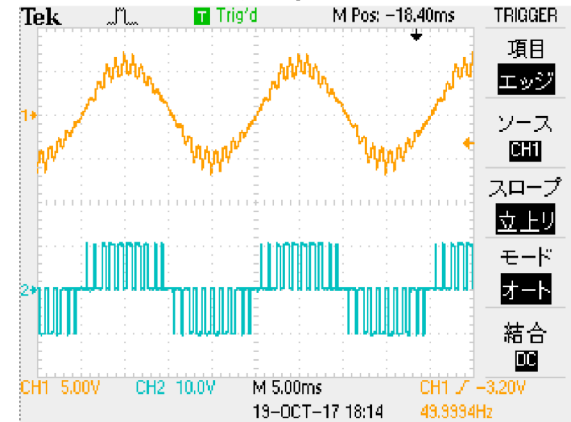
実験装置



従来法



提案法



[北垣, 2017年度卒業研究]

平成31年2月15日に特許成立！

The certificate is a formal document with a yellow background and gold-colored text and decorative elements. At the top center is the Japanese Imperial Seal (Chrysanthemum Seal). Flanking it are two golden phoenixes (Ho-o) with long, flowing tails. The title '特許証' (Certificate of Patent) is prominently displayed in the center, with '(CERTIFICATE OF PATENT)' in smaller English letters below it. The patent number '特許第6479419号' (PATENT NUMBER) is listed below the title. The invention's name, 'PWM制御装置、及び、PWM制御方法' (PWM control device, and PWM control method), is written in the middle section. The patentee, '国立大学法人宇都宮大学' (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology), is listed below the invention name. The inventor, '平田 光男' (Hirata Mitsuo) and '鈴木 雅康' (Suzuki Masahiro), is listed in the bottom left section. The application number '特願2014-224296' and the filing date '平成26年11月4日' (November 4, 2014) are listed in the bottom right section. The registration date '平成31年2月15日' (February 15, 2019) is listed below the filing date. A statement of certification is printed at the bottom, followed by the signature of the Commissioner of the Japan Patent Office, '宗像直子' (Sonomoto Naoko), and a red square seal.

特許証
(CERTIFICATE OF PATENT)

特許第6479419号
(PATENT NUMBER)

発明の名称
(TITLE OF THE INVENTION) PWM制御装置、及び、PWM制御方法

特許権者
(PATENTEE) 栃木県宇都宮市峰町350番地
国立大学法人宇都宮大学

発明者
(INVENTOR) 平田 光男
鈴木 雅康

出願番号
(APPLICATION NUMBER) 特願2014-224296

出願日
(FILING DATE) 平成26年11月4日(November 4, 2014)

登録日
(REGISTRATION DATE) 平成31年2月15日(February 15, 2019)

この発明は、特許するものと確定し、特許原簿に登録されたことを証する。
(THIS IS TO CERTIFY THAT THE PATENT IS REGISTERED ON THE REGISTER OF THE JAPAN PATENT OFFICE.)

平成31年2月15日(February 15, 2019)

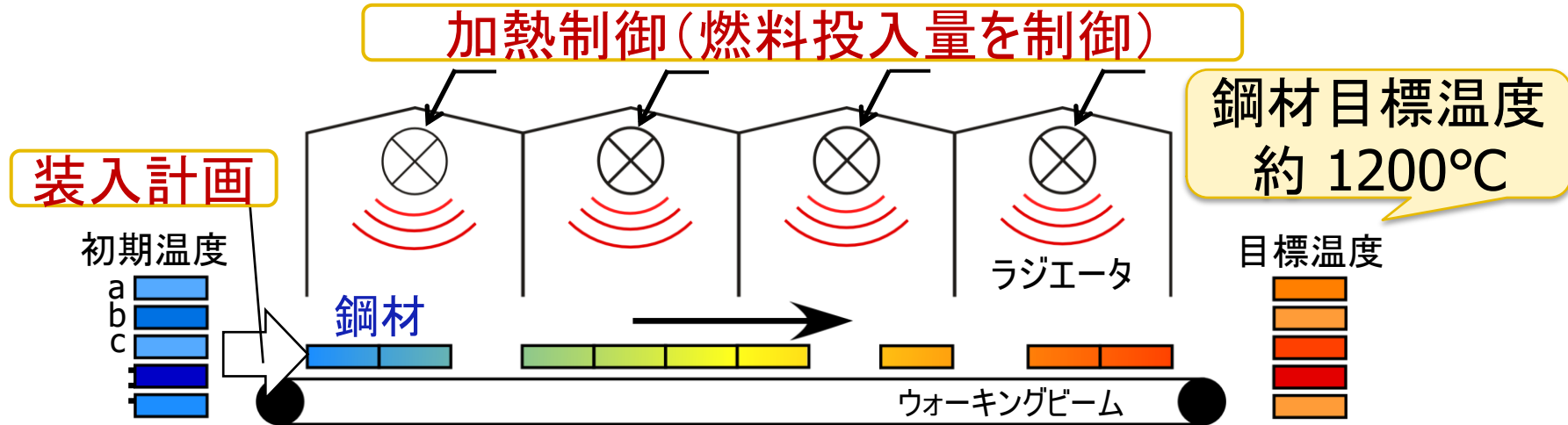
特許庁長官
(COMMISSIONER, JAPAN PATENT OFFICE) 宗像直子

鋼材加熱炉の制御

ホットストリップミル: 圧鋼材より薄鋼板を生産するプロセス



<http://czt.b.la9.jp/prosess2.html>



【背景】

最近の市場要求から“多品種の薄鋼板を生産しなければならない”

↓
小ロット生産

↓
高効率な生産計画が必要



⊖ 工場ラインの仕様の頻繁な
変更は好ましくない

研究目的: “装入計画と加熱制御の同時最適化”

分散事象

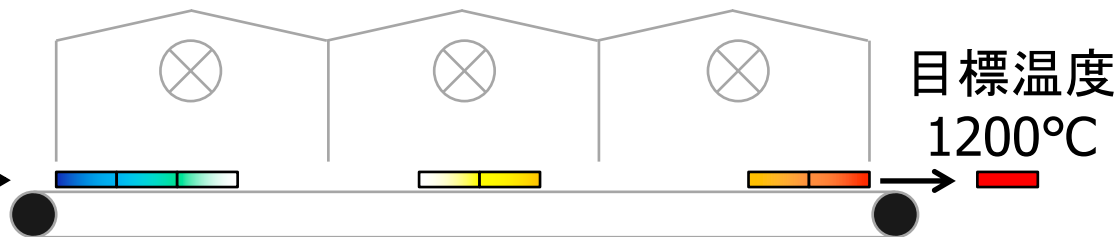
連続事象

→「ハイブリッド系」

鋼材加熱炉の制御：数値例

待機鋼材数：6

a 350°C
b 400°C
c 450°C
d 500°C
e 550°C
f 600°C



- 全工程時間：24ステップ
- 最低鋼材抽出数：21

混合整数計画(MIP)問題

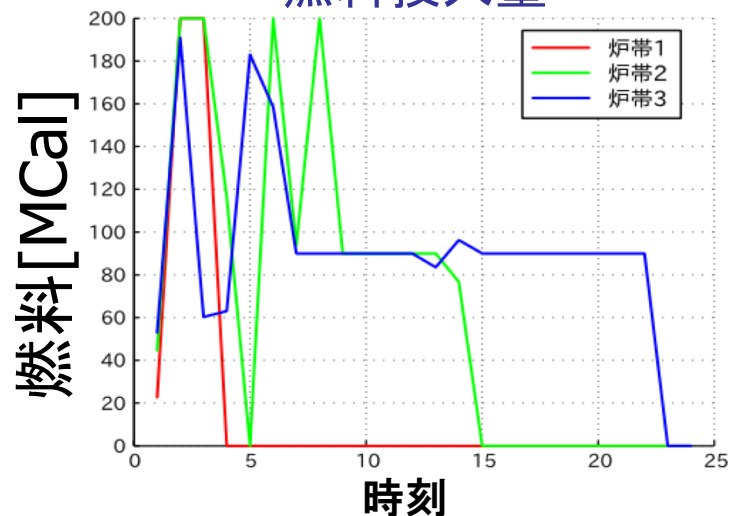
最適解

装入計画

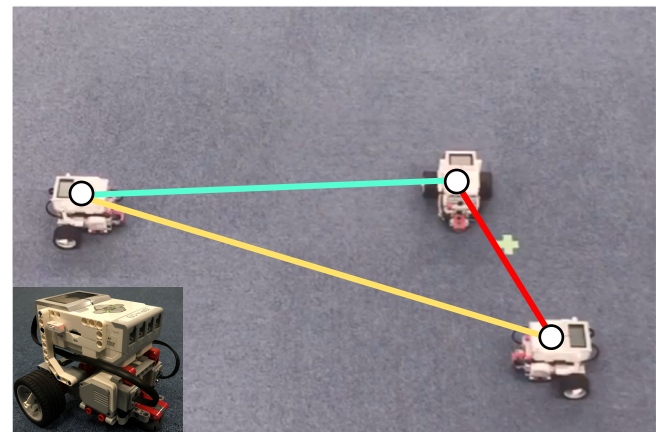
(d → a → c → b → e → f)



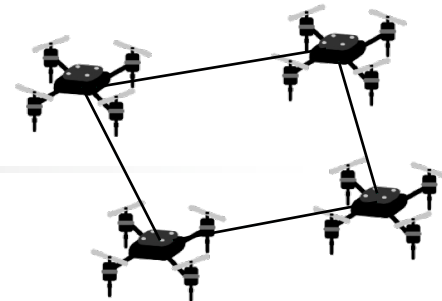
燃料投入量



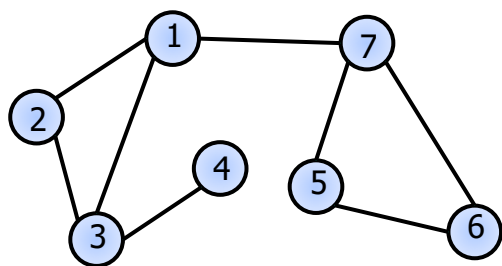
分散システムの解析・制御



ネットワーク系の接続推定

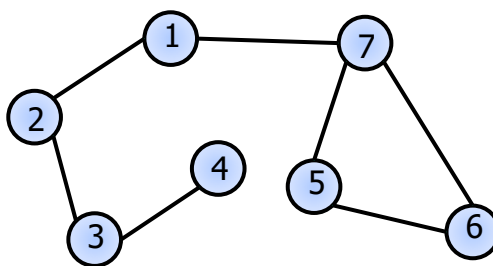


- ネットワークの構造を行列 L で表現
 - L の固有値 $\sim$ 接続強度



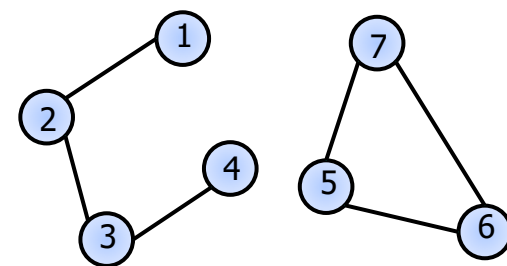
$$L = \begin{bmatrix} 3 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & 3 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 3 \end{bmatrix}$$

第2固有値 $\lambda_2 = 0.3403$



$$L = \begin{bmatrix} 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 3 \end{bmatrix}$$

$\lambda_2 = 0.2254$



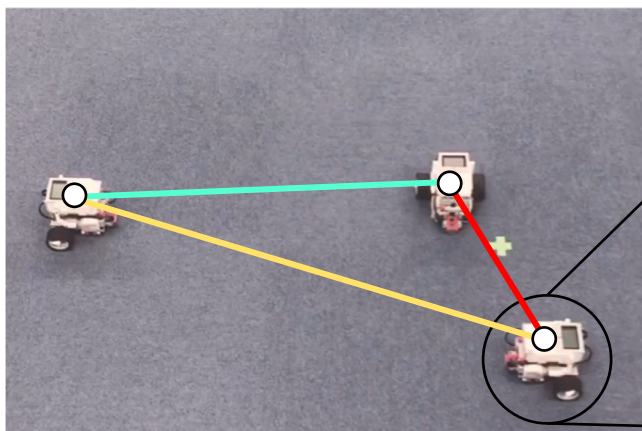
$$L = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 2 \end{bmatrix}$$

$\lambda_2 = 0$
(ネットワークが分断されると0に)

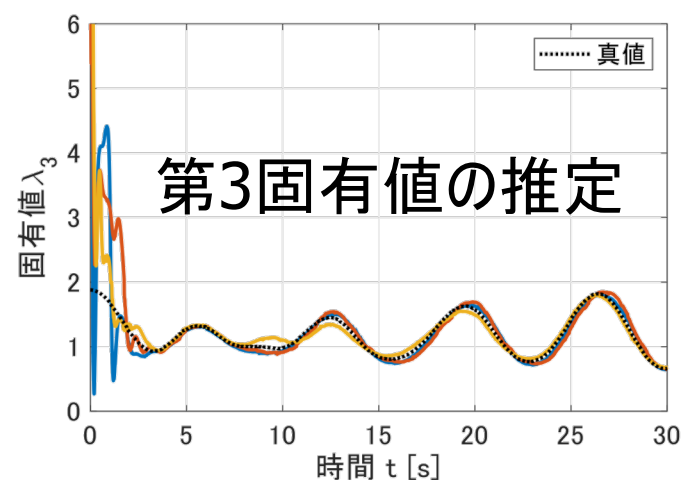
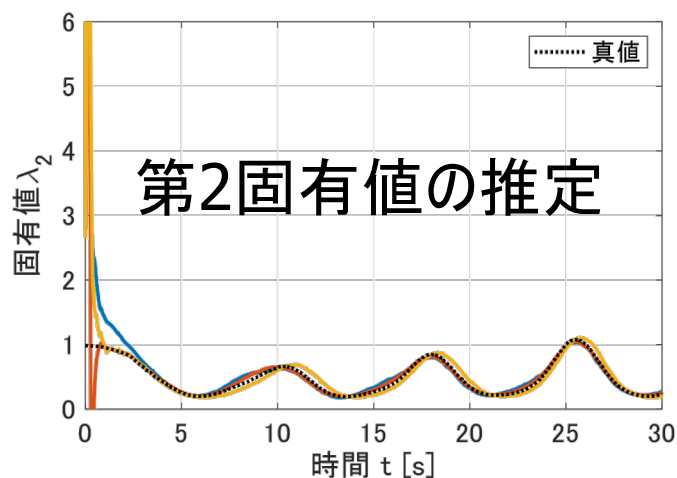
研究: 接続強度を個々のエージェントが推定するアルゴリズムの構築

ネットワーク系の接続推定

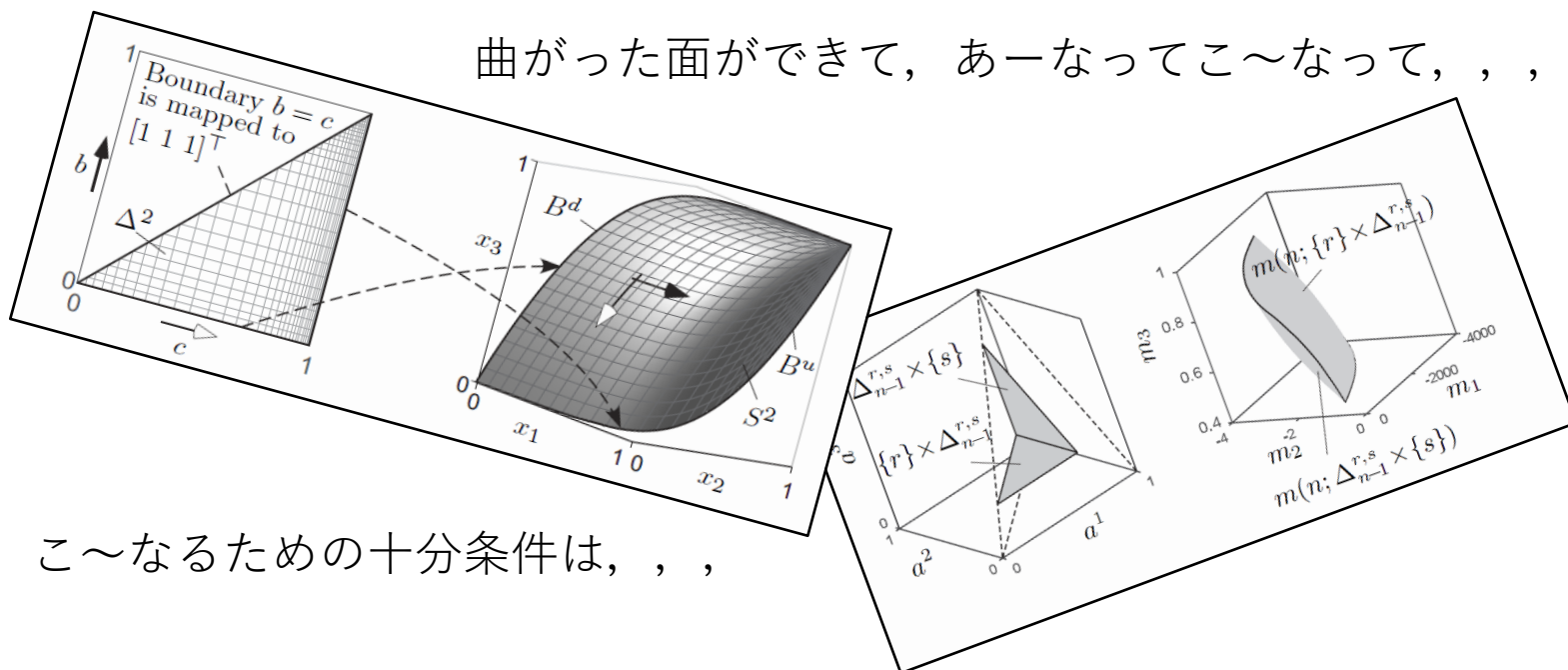
- 複数固有値の同時分散推定法を提案
 - 数値シミュレーションや実機を用いての検証



LEGO MINDSTORMS EV3



曲がった面ができて、あーなってこ～なって、，，



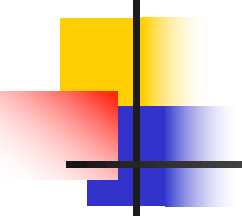
こ～なるための十分条件は、，，

■ 制御システム論

- 論理的思考力を養える！
- いろんなことに応用できる！（汎用性）
- 理論も楽しい！（理論をじっくりやれる希少な機会？）

きみ、ハイゲインだね...

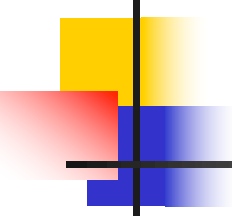




平田研のココが○！

- 制御理論と応用の両方が学べる
- もの作りができる
(プログラミング, 電子工作, 3Dプリンタなど)
- 企業との共同研究も多く, 企業の研究者と交流できる
- MATLAB/Simulinkなど制御分野の標準ツールが勉強できる
- 研究室で学んだ内容が社会に出て役に立つ
 - 制御技術者を企業は求めている
 - 就職先実績(2019年度)
ホンダ(2名), 住友重機械工業, 安川電機, 日立グローバルライフソリューション, A&D

大学院進学希望者は是非志望して下さい！



君も平田研の仲間になろう！

研究に燃えたいと思っている学生さんを
一同お待ちしております