

無人機開発における MATLAB[®]/Simulink[®]の活用事例



発表日：2017-10-31
発表者：青木 啓高

- **UMS事業推進部の事業紹介**
- **MATLAB/Simulinkの活用事例**
 - **無人バギー車**
 - **無人小型艇**
 - **産業用ヘリコプター**
- **まとめ**

UMS事業推進部の事業紹介

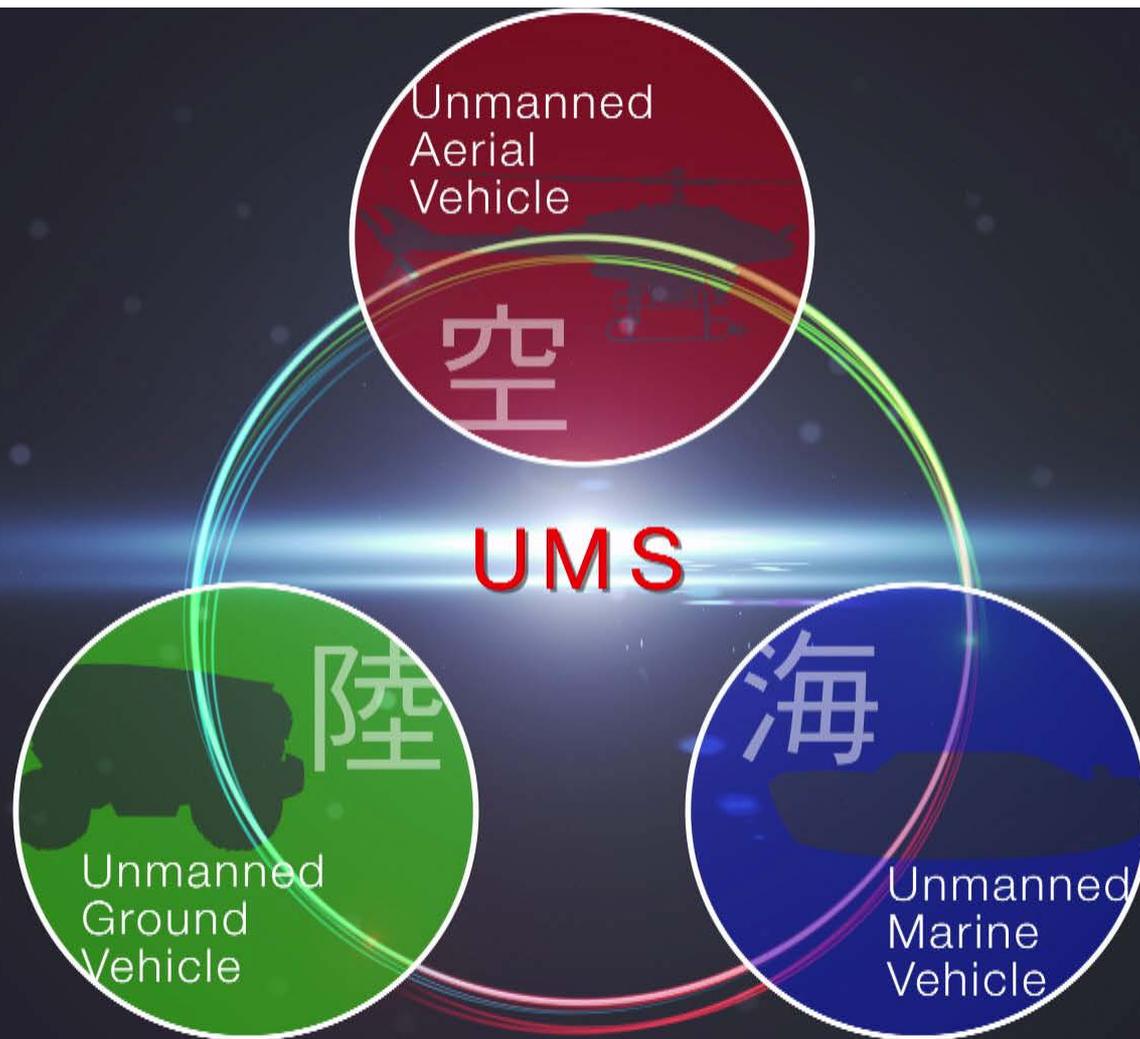
UMS事業推進部の事業紹介



2013年、産業用ヘリコプターを取り扱っていたスカイ事業推進部から、無人バギー車、無人小型艇の事業化を含めたUMS（UnManned Systems）事業推進部として発足。



UMS事業推進部の事業紹介



※講演時は動画

MATLAB/Simulinkの活用事例

～ 無人バギー車 ～

無人バギー車の紹介

無人バギー車は、オフロードに加えて、GNSSのみでの運用が厳しい環境下での活用を目的に研究され、現在、農業分野のビジネスモデルを構築中。

試験用バギー車#1



アグリビジネス創出フェア2013のパネル

無人バギー車の紹介



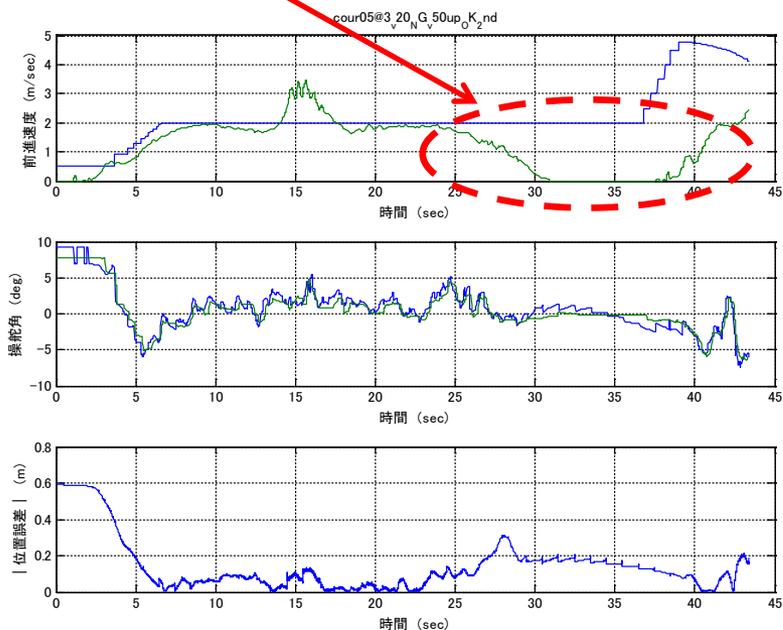
※講演時は動画

無人バギー車の事例①

■ 測量用無人バギー車の課題抽出

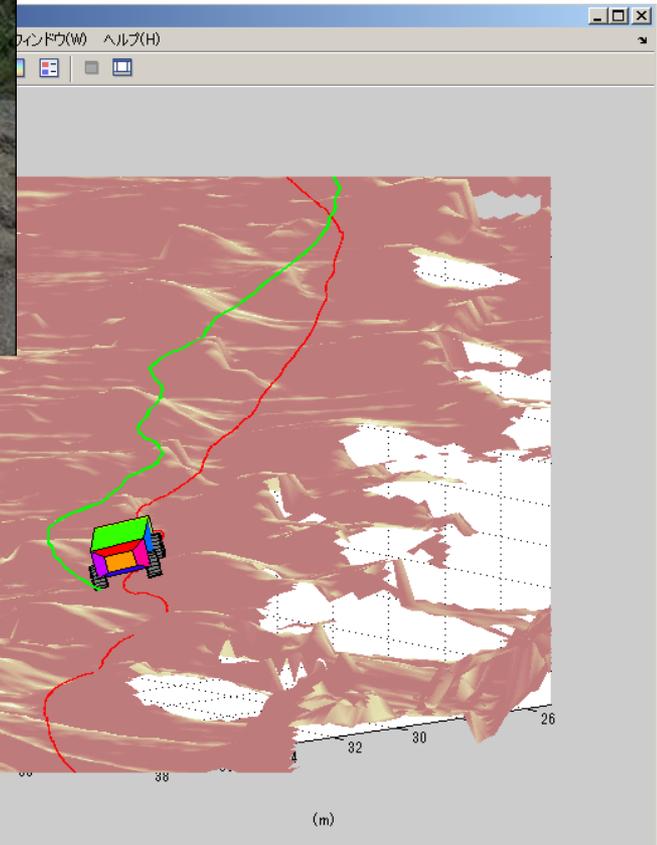
— 指令値
— 実機

平面を想定した測量用の制御では
傾斜面では速度指令に追従できない。



傾斜面における経路追従試験結果

無人バギー車の事例①



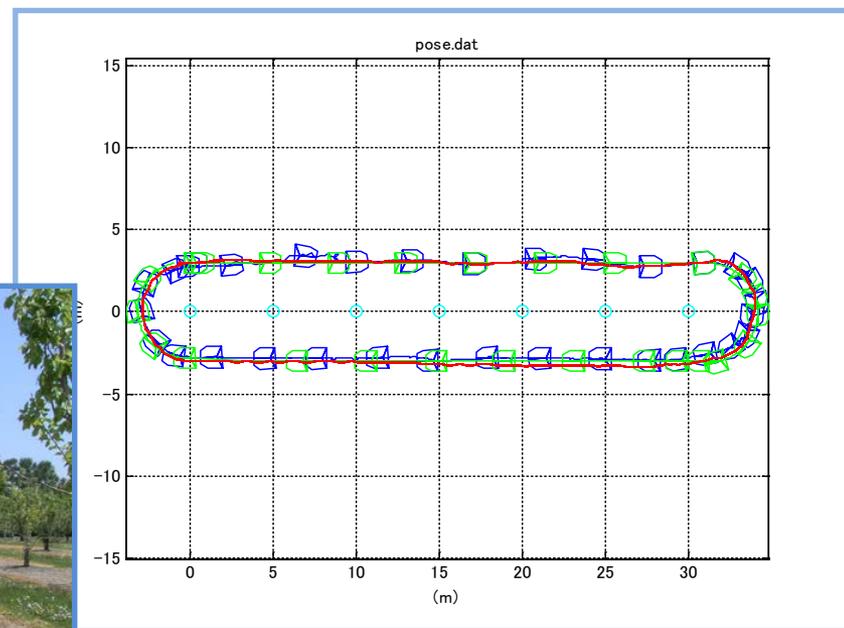
※講演時は動画

無人バギー車の事例②

■ GSH ∞ 速度 + 操舵制御



- 自己位置
- 参照車両
- GPS (精度20cm)



実機試験結果の描画

各制御器の設計は、Robust Control Toolbox™ を使用

無人バギー車の事例②



※講演時は動画

- 挙動の可視化により制御仕様の策定へ寄与
- MATLABによる特性解析や適合結果の確認
- Robust Control Toolboxを用いることで
開発期間短縮と信頼性確保
- 車両運動シミュレーションを含めた
CANバス確認とHILSの実施

参考文献

- (1) 深尾隆則, 石山健二, 青木啓高, 村上則幸,
果樹園UGV, 第55回自動制御連合講演会, CD-ROM, 2012
- (2) 加藤彰一, 倉鋪圭太, 深尾隆則, 青木啓高, 石山健二, 村上則幸,
UGVの H^∞ 制御によるロバストな経路追従, 自動車技術会春期大会前刷集, Vol.16-12, (2012), pp.1-4.
- (3) 吉本達也, 倉鋪圭太, 深尾隆則, 青木啓高, 石山健二, 村上則幸,
 H^∞ 制御によるUGVの速度制御系設計法, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会講演論文集,
CD-ROM, 2012
- (4) 深尾隆則, 石山健二, 青木啓高, 村上則幸,
果樹園UGVの実用化に向けて, システム制御情報学会研究発表講演会講演論文集。CD-ROM, 2013
- (5) 加藤彰一, 深尾隆則, 青木啓高, 石山健二, 村上則幸,
UGVのゲインスケジュールド H^∞ 制御による不整地での経路追従,
第13回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 2012
- (6) 吉本達也, 深尾隆則, 青木啓高, 石山健二, 村上則幸,
ゲインスケジュールド H^∞ 制御によるUGVの速度制御,
第13回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 2012

MATLAB/Simulinkの活用事例

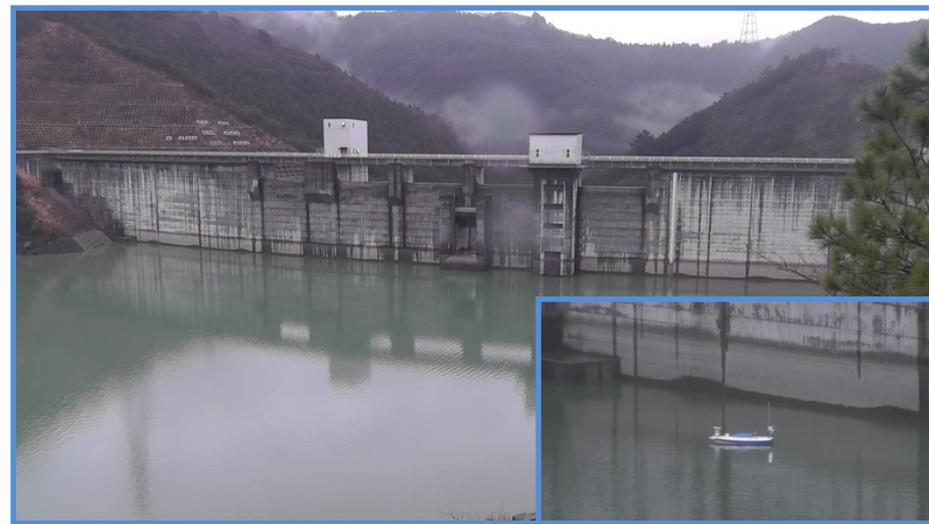
～ 無人小型艇 ～

無人小型艇の紹介

無人小型艇は、ダム湖等の平水面環境下での監視役務やマルチビームによる水中測量、マリン事業への展開を目的に研究され、現在、ビジネスモデルを検証中。



夜間での監視役務



ダム湖での測量試験





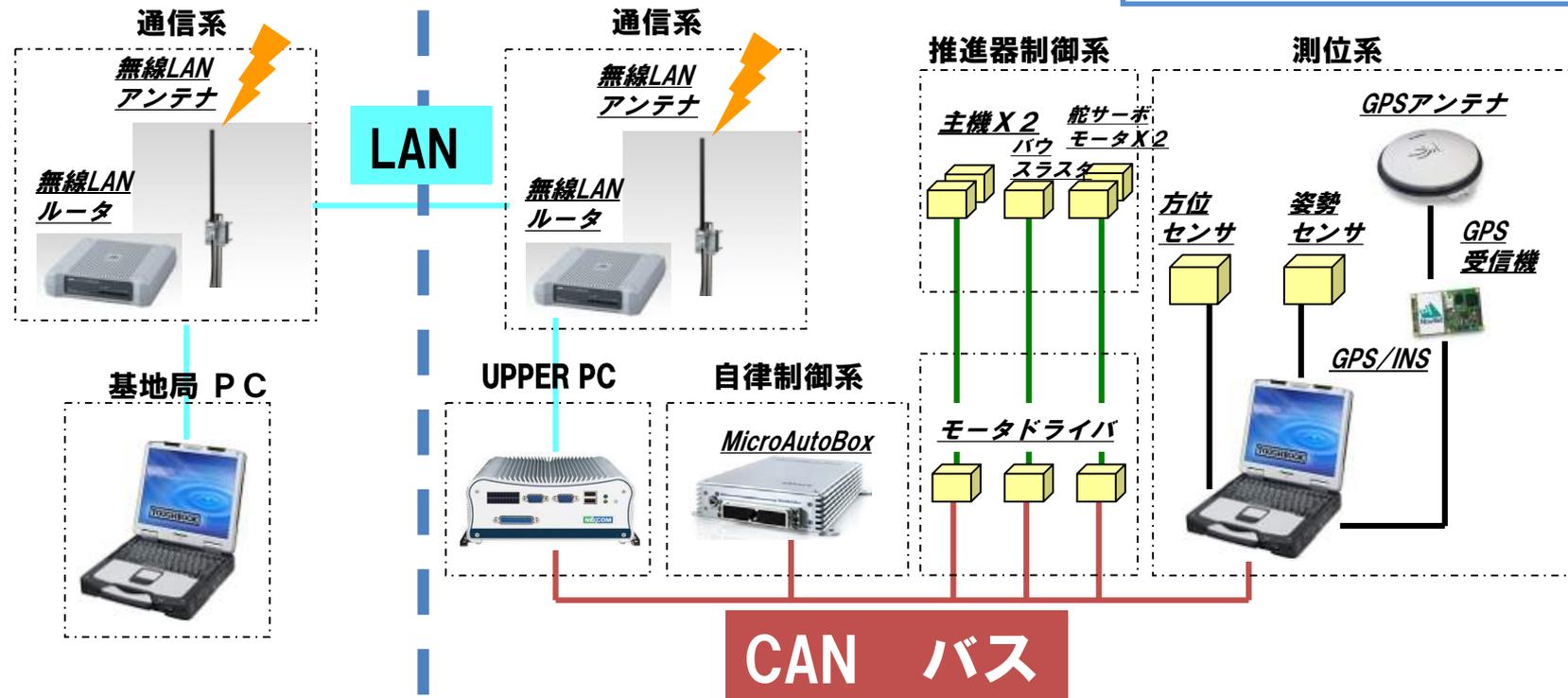
※講演時は動画

無人小型艇の事例①

■ 無人小型艇システム【実機】

地上基地局側

船体側



搭載している推進器

- 左右主機：独立指令可能
- 舵左右：独立指令可能
- ハウ斯拉スター

主機 x 2 & 舵 x 2

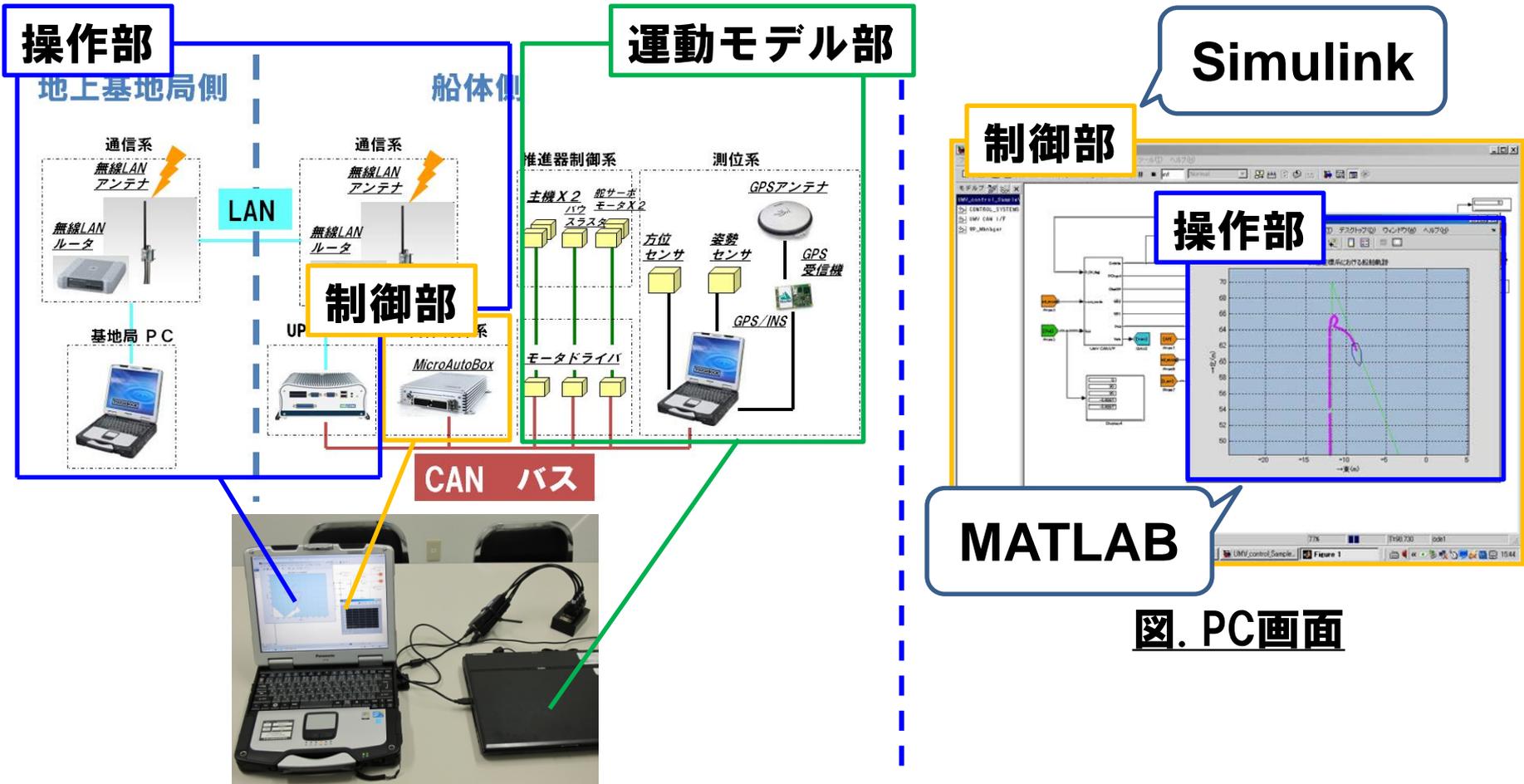
ハウ斯拉スター



無人小型艇の事例①

■ 無人小型艇システム【シミュレータ】 (2014年4月当時)

マルチコアのPCでは、操作部と制御部のSimulinkモデルを同時に実行。
各部毎にCANのチャンネルを設定。(MATLAB起動数：2)



無人小型艇の事例②

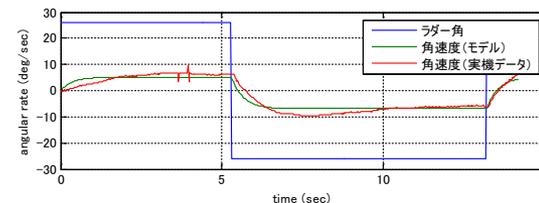
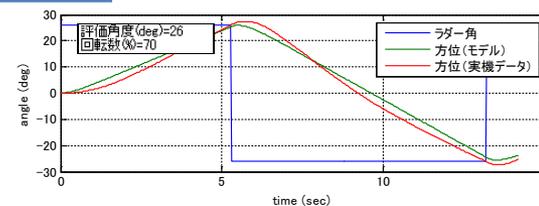
簡易モデルと線形制御理論

Nomoto's Model

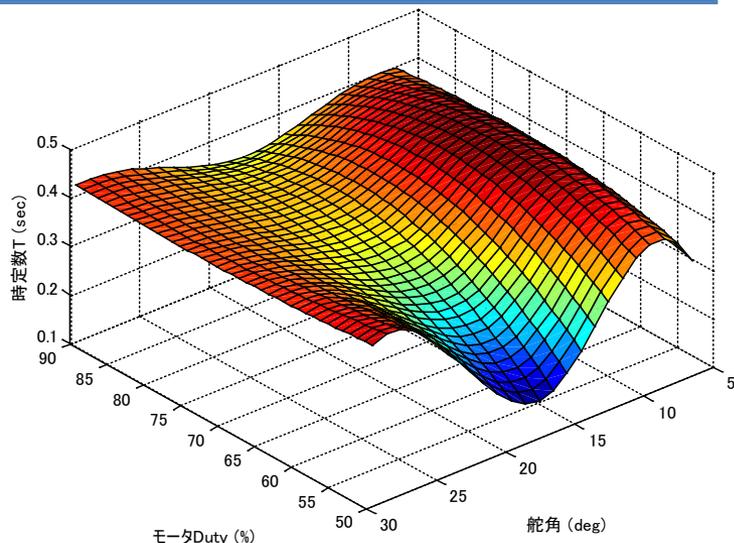
$$T\ddot{\psi} + \dot{\psi} = K\delta$$

T : 時定数 Ψ : 方位角
K : 定数ゲイン δ : 舵角

モデル同定



線形制御理論でロバスト安定化



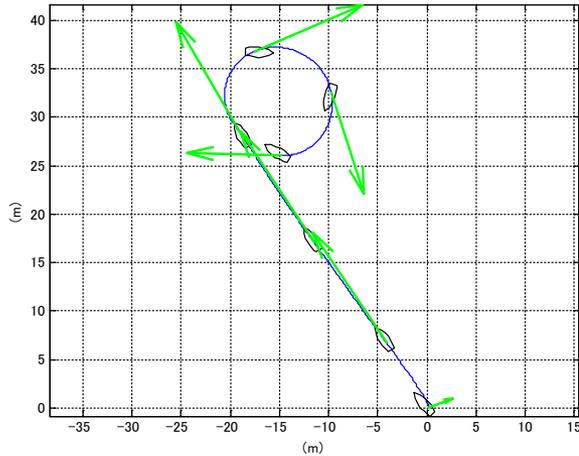
自動着岸の試験風景



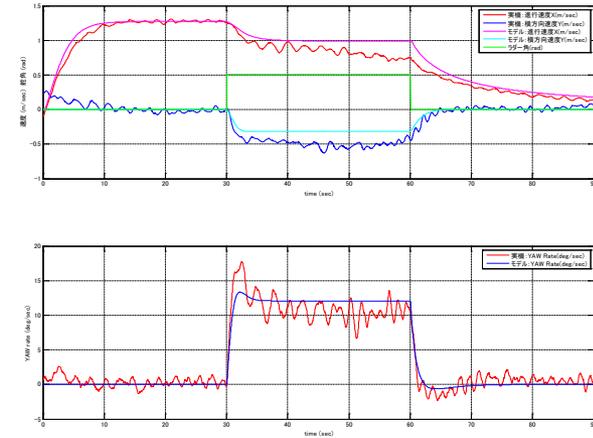
無人小型艇の事例③

■ 平面内運動モデルと非線形制御理論

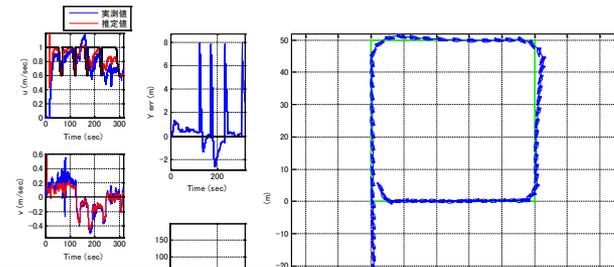
実験データから非線形モデル導出



モデル同定結果の確認



非線形制御理論による検証



GPS周期10Hz+ジャイロなしでの運用見通し
(非線形サンプル値制御+低次元オブザーバ)

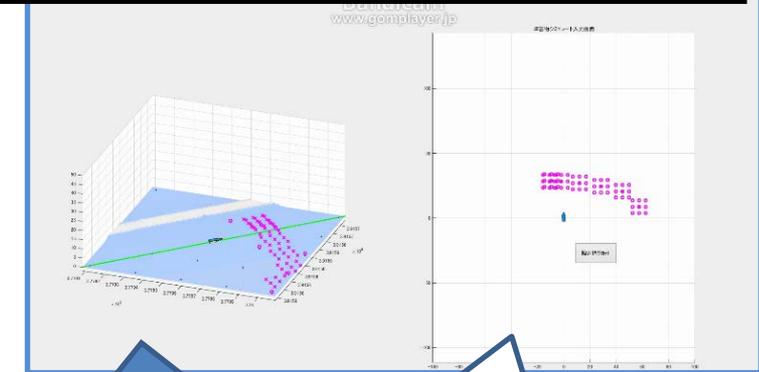
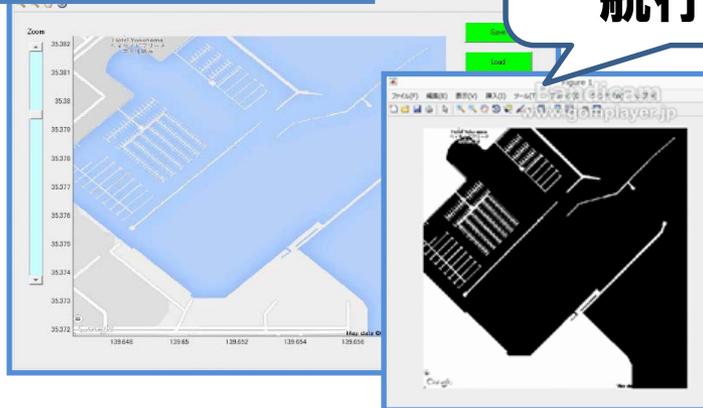
無人小型艇の事例④

■ 地図とセンサ情報の統合による 経路生成シミュレート

地図情報の取得

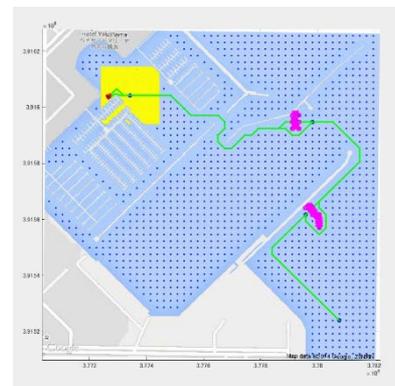
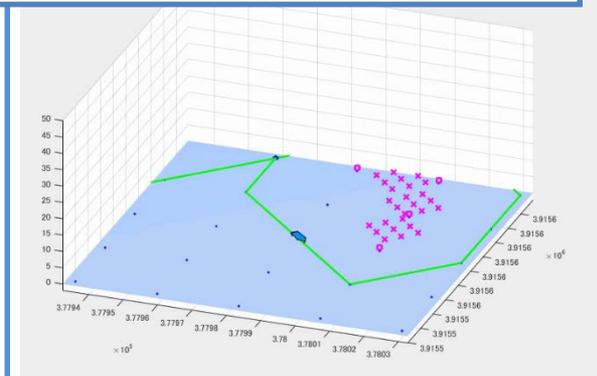
2値化処理で
航行域判別

地図情報とセンサ情報を統合



統合情報から経路を生成

センサ仮想値
の入力画面



無人小型艇まとめ

- 艇体運動シミュレートを含めた
制御アルゴリズムの動作検証
- 艇体運動の特性解析と制御設計
- MATLABを用いた経路生成アルゴリズム検討

参考文献

- (1) Thor I.Fossen ,
Marine Control Systems
- (2) H. Katayama and H. Aoki,
Reduced-order observers for nonlinear sampled-data systems with application to marine systems,
Proceeding of the 52nd IEEE Conference on Decision and Control,
pp. 5072-5077, Firenze, Italy (2013)
- (3) H. Katayama and H. Aoki,
Sampled-data straight-line path following control for underactuated ships,
Proceeding of 50th IEEE Conference on Decision and Control and European Control Conference,
pp. 3946-3951, Orlando, Florida (2011)
- (4) 片山仁志, 青木啓高,
厳密フィードバック形の非線形サンプル値系の低次元オブザーバの設計,
第13回 制御部門大会予稿集, CD-ROM, 2013
- (5) 青木啓高, 片山仁志,
サンプル値劣駆動船舶の Way-Point トラッキング制御, 第55回自動制御連合講演会, CD-ROM, 2012
- (6) 片山仁志, 青木啓高,
サンプル値劣駆動船舶の直線軌道追従制御: 実機試験による検証, 第41回制御理論シンポジウム予稿集, 2012
- (7) 片山仁志, 青木啓高,
劣駆動船舶のサンプル値直線軌道追従制御, 第54回自動制御連合講演会予稿集, CD-ROM, 2011

MATLAB/Simulinkの活用事例

～ 産業用ヘリコプター ～

産業用ヘリコプターの紹介



産業用ヘリコプターは、農薬散布を代表とする農業分野の他に、放射線測定や地上測量の計測業務、空中撮影など多目的に活用。 ※但し、ペイロード等の運用条件あり。



FAZER R

2016年10月に発表モデル

※2014年航空機製造事業法改正：
離陸時最大重量が変更された



訓練用シミュレータ

産業用ヘリコプターの紹介



Feature of FAZER R

さらなる効率化を実現する進化のポイント



※講演時は動画

産業用ヘリコプター事例

大陸生成の謎探究に貢献した無人ヘリコプター



火山石採取用機材を吊り下げ、西之島の火口付近撮影に向かう「RMAX G1」

弊社HPより https://global.yamaha-motor.com/jp/profile/technology/chassis_hulls/008/

※NHKスペシャル 「新島誕生 西之島～大地創成の謎に迫る～」として2015年8月に放送されました。

産業用ヘリコプター事例

可能性を示した西之島での「RMAX G1」

西之島の撮影・観測作業にあたっては姿勢制御や離発着基地、電波障害などといった新しいハードルもあり

■ 要約

ジャイロセンサーは電源をONする毎に角速度のオフセットが入る。地上では静止時に除去するが、揺れる小型船の上では静止状態を得られず、拡張型カルマンフィルタと呼ぶ推定システムで解決

て解決したのです。

「MATLAB」によるジャイロの特性解析



「Simulink」を用いた推定アルゴリズム



「Embedded Coder[®]」で実装 ⇒ 検証へ



(#5) 2m×2メートルの離着陸台で待機すると「RMAX G1」と西之島

結果は
MATLABで解析

MATLAB/Simulinkの活用事例

～ まとめ ～

- ヤマハ発動機の製品と活用事例を紹介した。
- 制御設計だけでなく、運動のシミュレートや特性解析等にも、MATLAB/Simulink を活用。
- シミュレートや解析結果を視覚化する機能は、自動運転のみならず、開発の一助となっている。
- 本事例では、制御理論とMATLABを積極的に活用することで、短期で機能を実現している。



ご清聴ありがとうございました。

**ヤマハ発動機(株) ビークル&ソリューション事業本部
UMS事業推進部 開発部 UAV開発グループ**