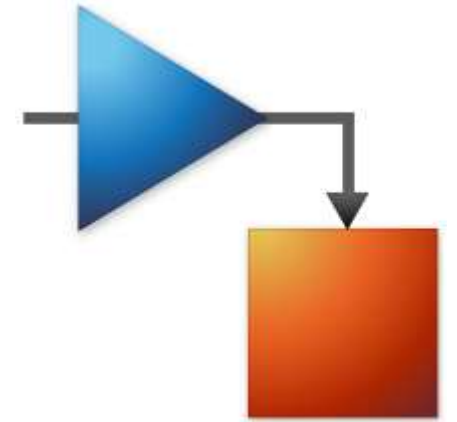
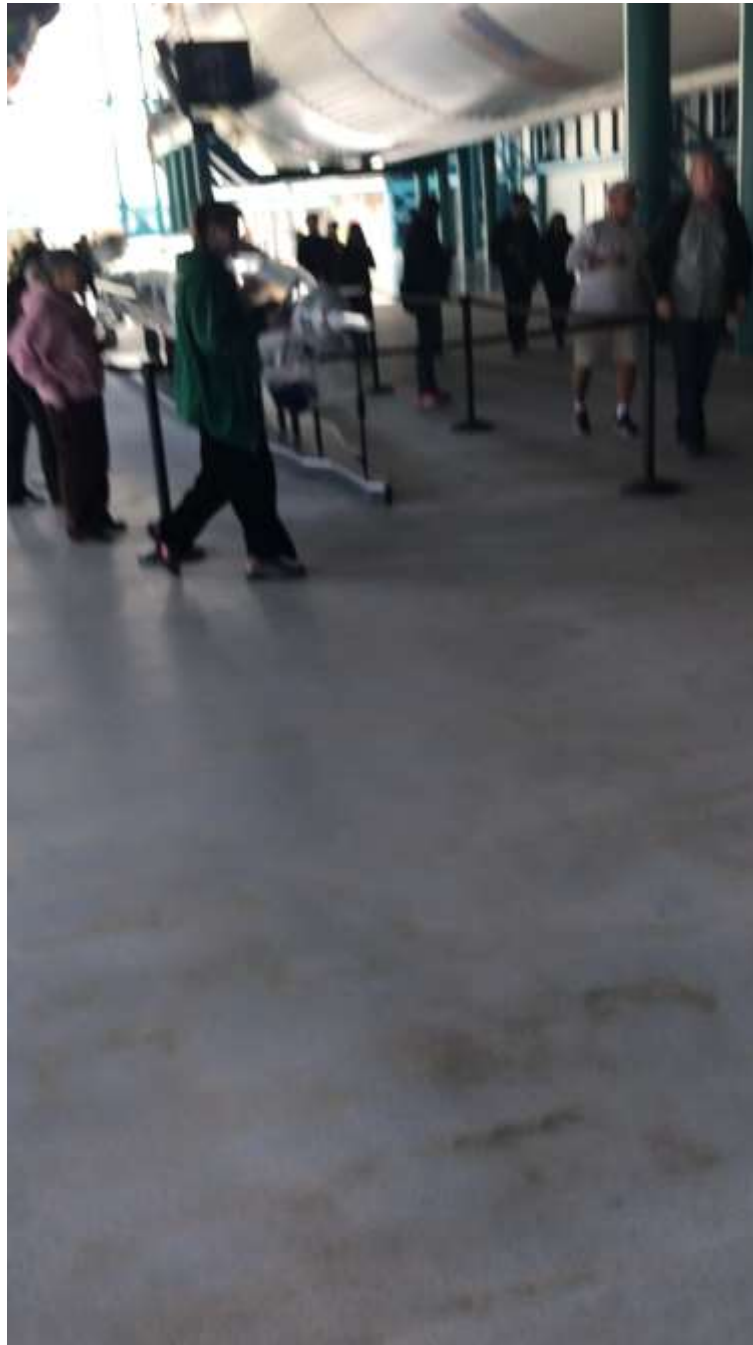


Simulink入門

プログラミング不要な数値シミュレーション

MathWorks Japan
Application Engineering





昭和44年(1969年) 7月21日 (月曜日)

第33512号

いま月を踏んだ



月面に作業急ぐ阿飛行士

月面にカメラを据付けたあと、
アームストロング船長とオルドリ

毎日新聞

夕刊

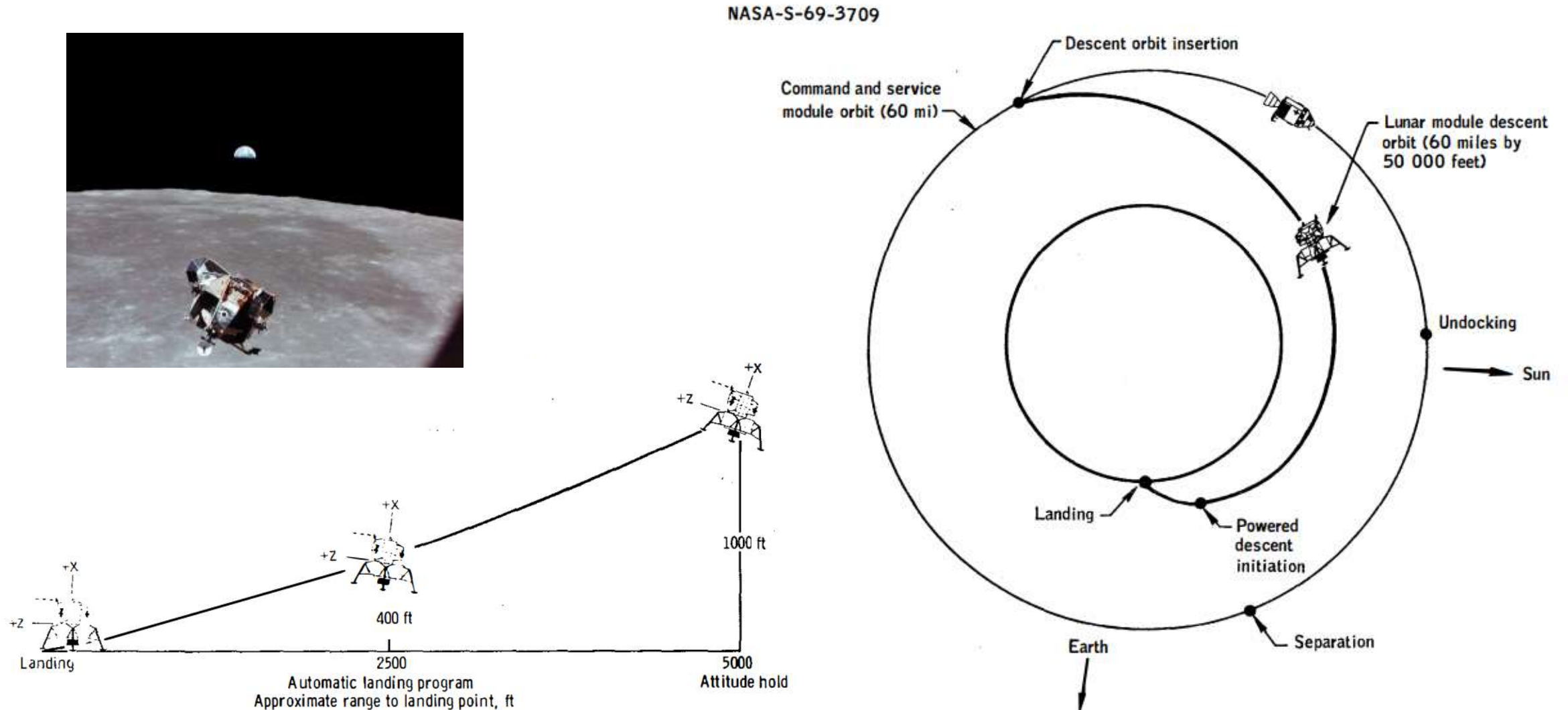
毎日新聞社(東京)
〒100 東京都千代田区千代田1-1-1
TEL 03-5561-0111



ピスケント
東鳩

アポ

例：アポロ月着陸船の自動操縦システムの開発

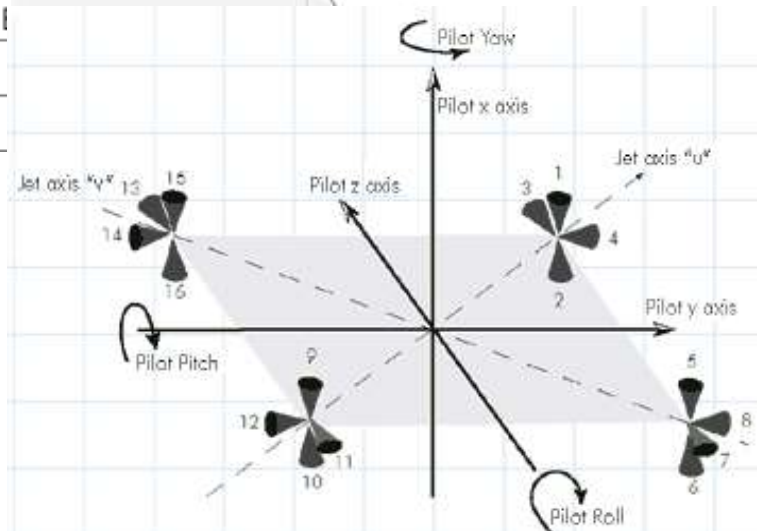
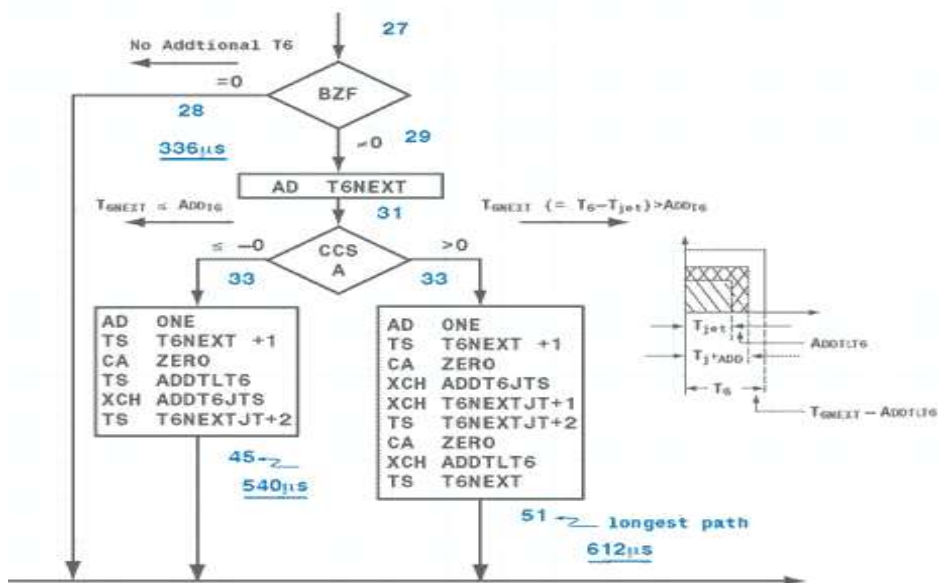
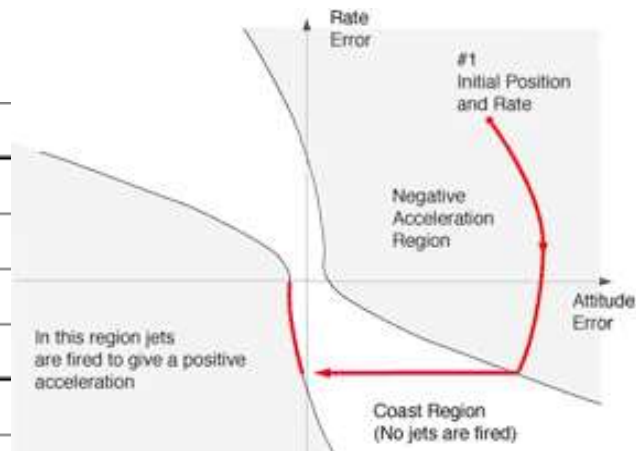


出典：https://www.nasa.gov/specials/apollo50th/pdf/A11_MissionReport.pdf

例：アポロ月着陸船の自動操縦システムの開発



OP Code	0	1	2	3	4	5
Extend=0		CCS	DAS			INDEX
	TC	TCF	LXCH	CA	CS	DXCH
			NCR			TS
			ADS			XCH
Extend=1	Read/Wite	DV	MSU			
	Rand/Wand	BZF	QXCH	DCA	DCS	INDEX I
	Ror/Wor		AUG			
	Rxor		DIM			



Thrust of 100 pounds per jet

- Possible jet firings for negative pitch rotation:
- Jets 1, 6, 10 or 13 alone
 - Jets 1 & 6 or 10 & 13 as a couple
 - Jets 1, 6, 10 & 13 for four-jet rotation

例：アポロ月着陸船の自動操縦システムの開発

システムのテストは？

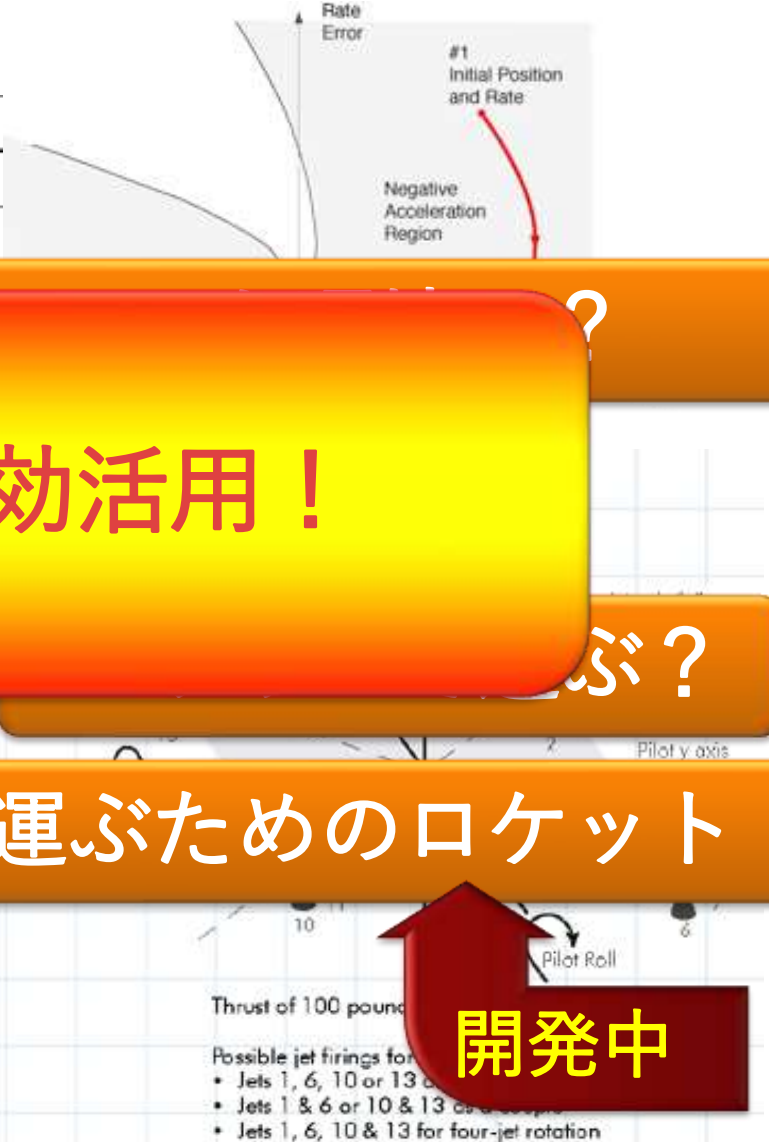
自動操縦
着

シミュレーションを有効活用！

リアル環境でのテストは
非現実的

運ぶためのロケット

開発中



例：アポロ月着陸船の自動操縦システムの開発 シミュレーションによるシステムのテストのために

① 立式

- システムを数式で表現 (数式モデル)

$$\bar{F}_b = \begin{bmatrix} F_x \\ F_y \\ F_z \end{bmatrix} = m(\dot{\bar{V}}_b + \bar{\omega}_b \times \bar{V}_b + DCM_{bf} \bar{\omega}_e \times \bar{V}_b + DCM_{bf} (\bar{\omega}_e \times (\bar{\omega}_e \times \bar{X}_f)))$$

$$\dot{\bar{x}}_f = DCM_{fb} \bar{V}_b$$

$$\bar{V}_b = \begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix}, \bar{\omega}_{rel} = \begin{bmatrix} p \\ q \\ r \end{bmatrix}, \bar{\omega}_e = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \omega_e \end{bmatrix}, \bar{\omega}_b = \bar{\omega}_{rel} + DCM_{bf} \bar{\omega}_e + DCM_{be} \bar{\omega}_{ned}$$

$$\bar{\omega}_{ned} = \begin{bmatrix} \dot{l} \cos \mu \\ -\dot{\mu} \\ -\dot{l} \sin \mu \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_E / (N + h) \\ -V_N / (M + h) \\ -V_E \cdot \tan \mu / (N + h) \end{bmatrix}$$

$$A_{bb} = \begin{bmatrix} \dot{u}_b \\ \dot{v}_b \\ \dot{w}_b \end{bmatrix} = \frac{1}{m} \bar{F}_b - [\bar{\omega}_b \times \bar{V}_b + DCM_{bf} \bar{\omega}_e \times \bar{V}_b + DCM_{bf} (\bar{\omega}_e \times (\bar{\omega}_e \times \bar{X}_f))]$$

$$A_{becef} = \frac{F_b}{m}$$

$$\bar{M}_b = \begin{bmatrix} L \\ M \\ N \end{bmatrix} = I \bar{\omega}_b + \bar{\omega}_b \times (I \bar{\omega}_b)$$

$$I = \begin{bmatrix} I_{xx} & -I_{xy} & -I_{xz} \\ -I_{yx} & I_{yy} & -I_{yz} \\ -I_{zx} & -I_{zy} & I_{zz} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \dot{q}_0 \\ \dot{q}_1 \\ \dot{q}_2 \\ \dot{q}_3 \end{bmatrix} = -1/2 \begin{bmatrix} 0 & \omega_b(1) & \omega_b(2) & \omega_b(3) \\ -\omega_b(1) & 0 & -\omega_b(3) & \omega_b(2) \\ -\omega_b(2) & \omega_b(3) & 0 & -\omega_b(1) \\ -\omega_b(3) & -\omega_b(2) & \omega_b(1) & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} q_0 \\ q_1 \\ q_2 \\ q_3 \end{bmatrix}$$

② プログラミング

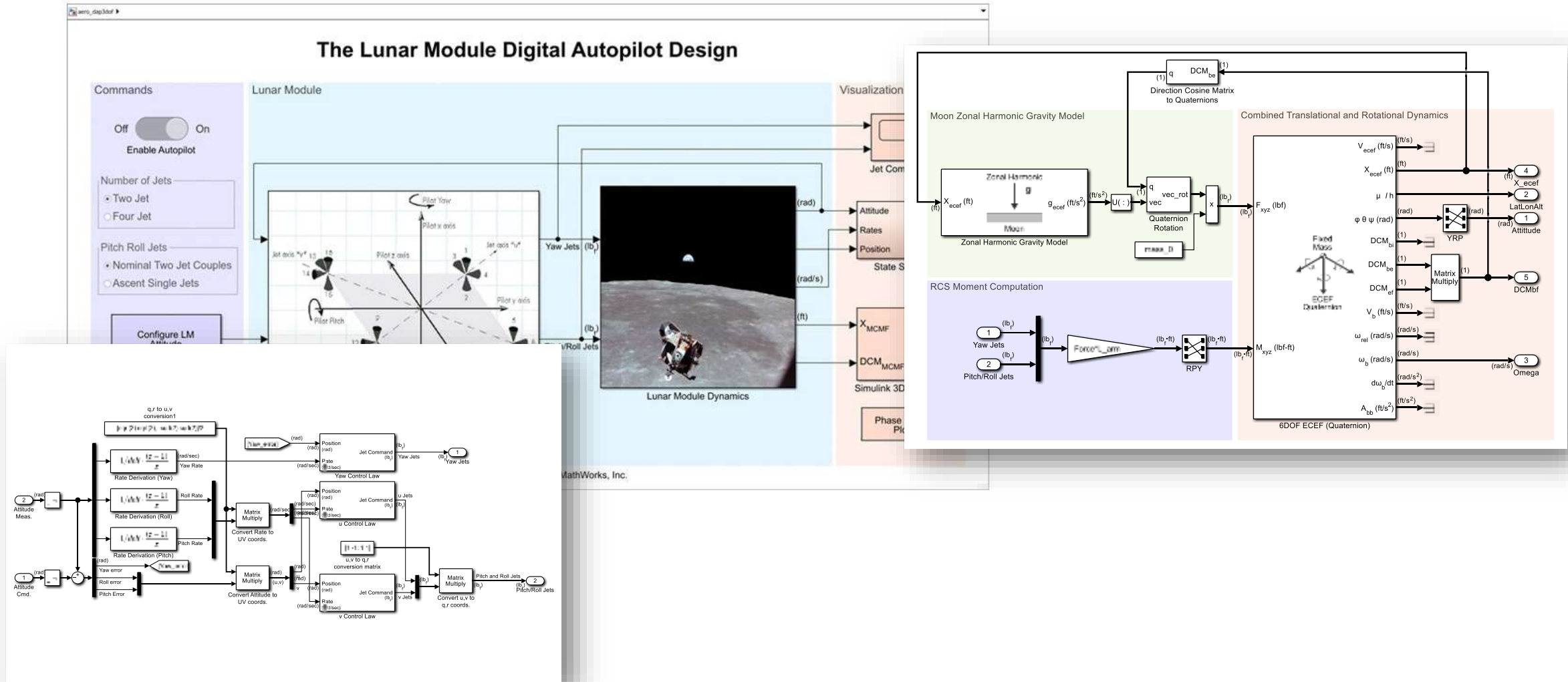
- 数式モデルを「動かす」プログラムを作成

開発を進めたいが本質ではない勉強を
しなければならない、、、



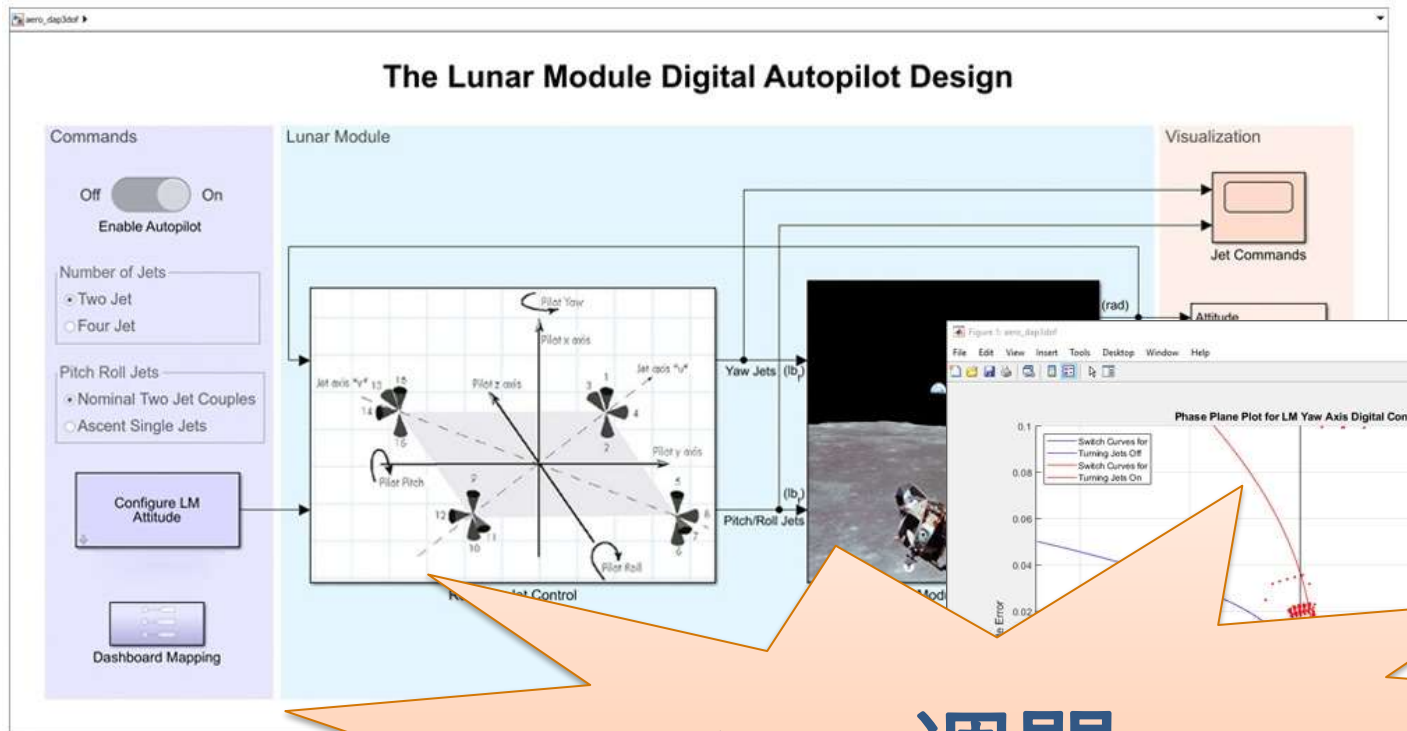
Simulink を使うと？

当時の設計者が自らSimulinkを使って月着陸船の自動操縦システムを開発



Simulink を使うと？

当時の設計者が自らSimulinkを使って月着陸船の自動操縦システムを開発



システム全体の設計、解析

フルシステムテスト

実装コードの自動生成

わずか一週間で完成！

Simulinkは、

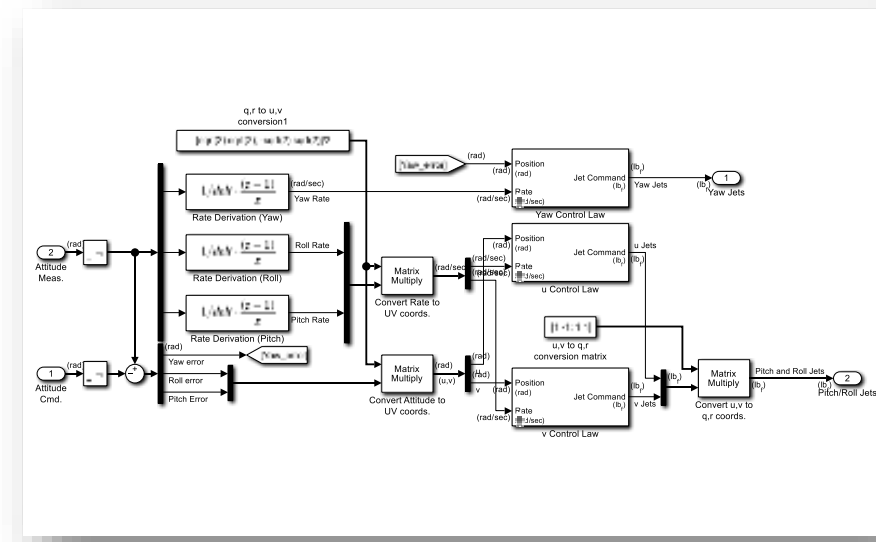
Simulinkユーザー様の声

■ 早い！

- 思いついたアイデアをすぐに試せるので早い段階で試行錯誤ができた
- 複雑な処理をCコードへ実装する作業がすごく簡単になった
- シミュレーションの活用が進み、ハードウェアの試作回数を低減できた

■ 誤解がない！

- 仕様書での情報交換で発生していた認識のズレが減ったので手戻りがへった
- 共通言語として使えたので海外の技術者・研究者との意思疎通がスムーズになった



Agenda

- MATLAB および Simulink を使用している業界
- Simulink を使ってみた
- Simulink 活用事例
- 知っ得、参考情報

MATLAB および Simulink を使用している業界



航空宇宙および防衛



自動車



生物科学



生命工学および製薬



通信



エレクトロニクス



エネルギー生産



金融サービス



産業機械



医療機器



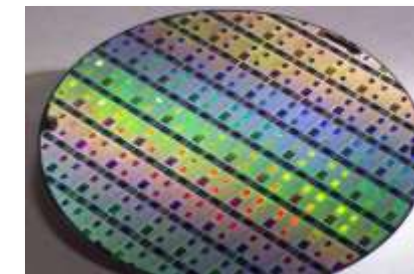
金属、材料、鉱業



神経科学



鉄道システム



半導体

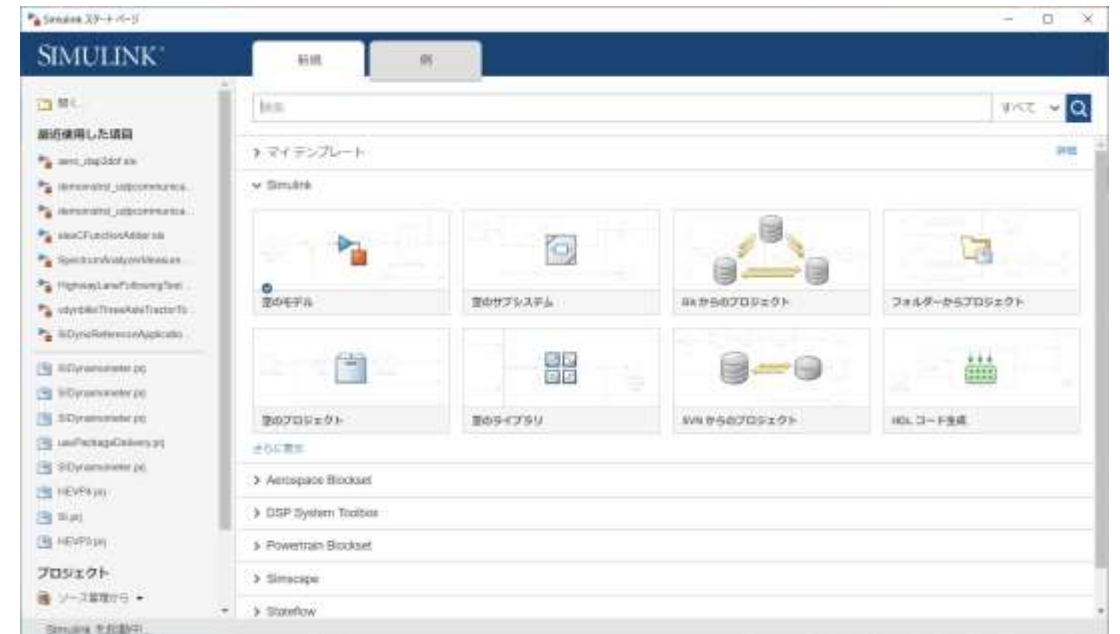
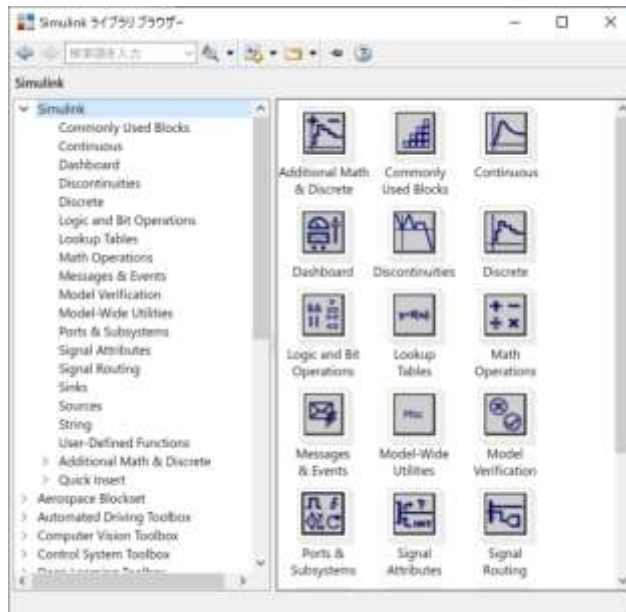


ネット

MATLAB および Simulink を使用している企業



Simulinkを使ってみた



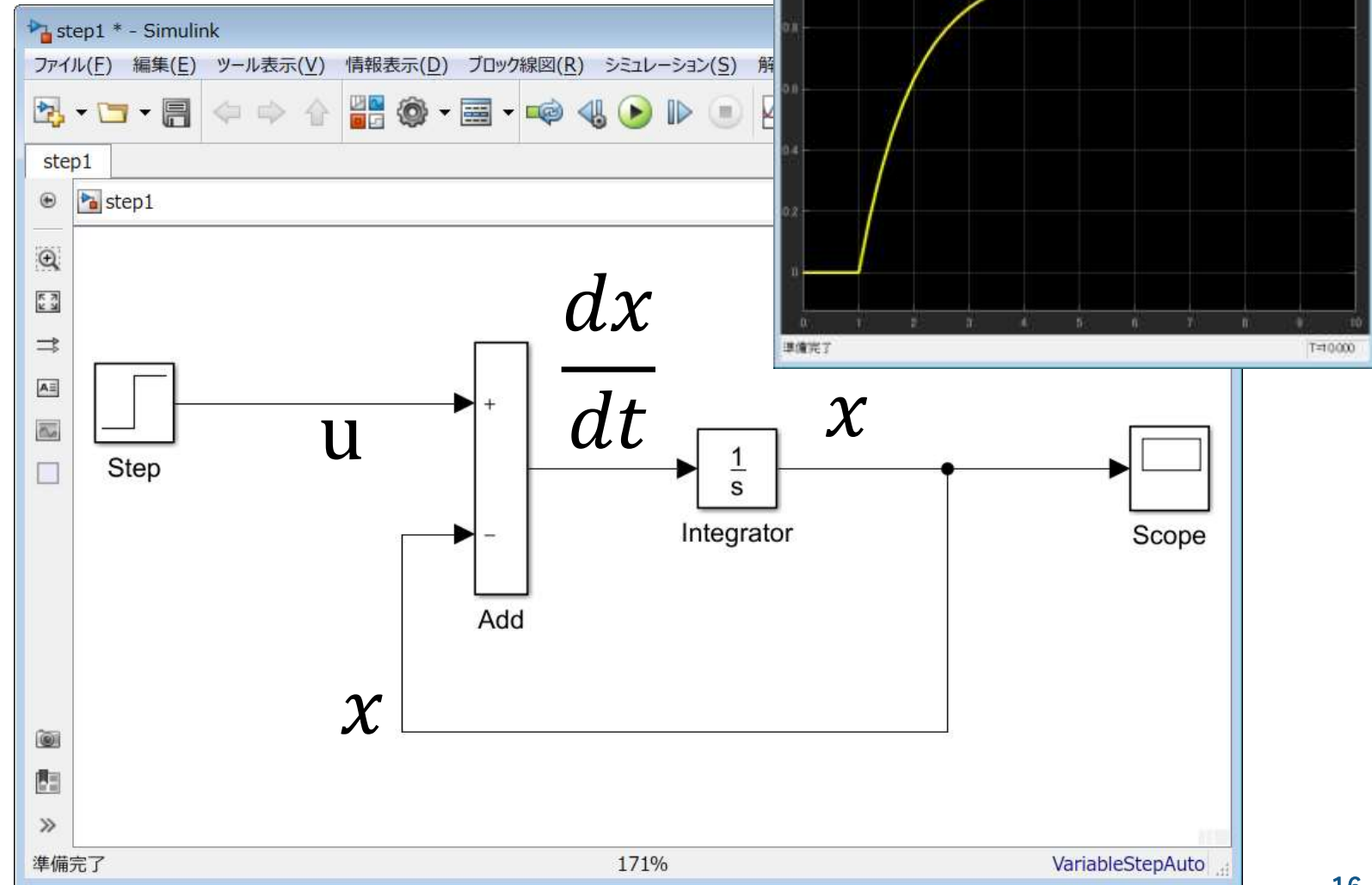
デモ 1 : Simulink 上で微分方程式を動かす！

$$\frac{dx}{dt} = u - x$$

u を入力した場合の x の軌跡は？

デモ 1 : Simulink 上で微分方程式を動かす！

$$\frac{dx}{dt} = u - x$$



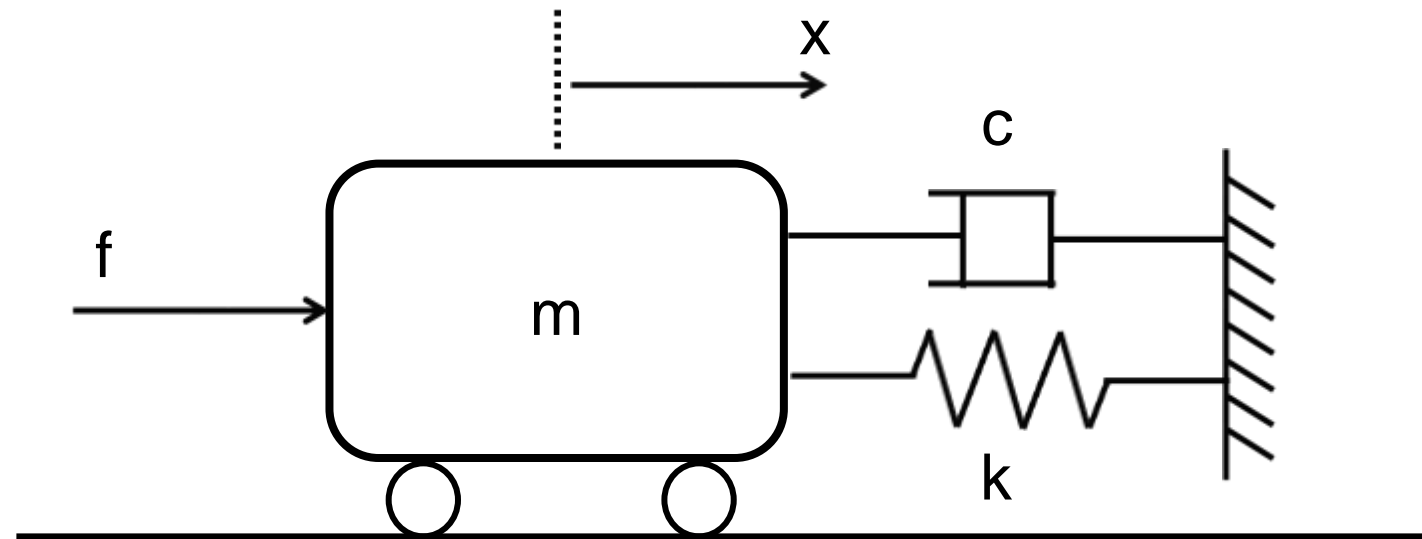
デモ 2 : 台車の位置決め制御系を構築

【台車】 **制御対象**

壁にバネでつながれているので押すと押し返す力（バネ力）が働く

【位置決め制御】 **制御器**

所望の変位 x [m] になるように押す力 f [N] を決める



※ ただし、台車は左右方向にのみ動き、空気抵抗などの外力は加味しない

シミュレーション実行までの手順

① 立式（数式モデルを作成する）

- 解析したい運動に着目して制御対象の振る舞いを表す数式
- 制御のロジックを表す数式

② プログラミング

- C言語？ Fortran？

③ シミュレーション実行

- EXEを実行

実行結果を確認するための可視化プログラミングも別途必要

シミュレーション実行までの手順 Simulink を使うと！

① 立式（数式モデルを作成する）

- 解析したい運動に着目して制御対象の振る舞いを表す数式
- 制御のロジックを表す数式

② モデリング

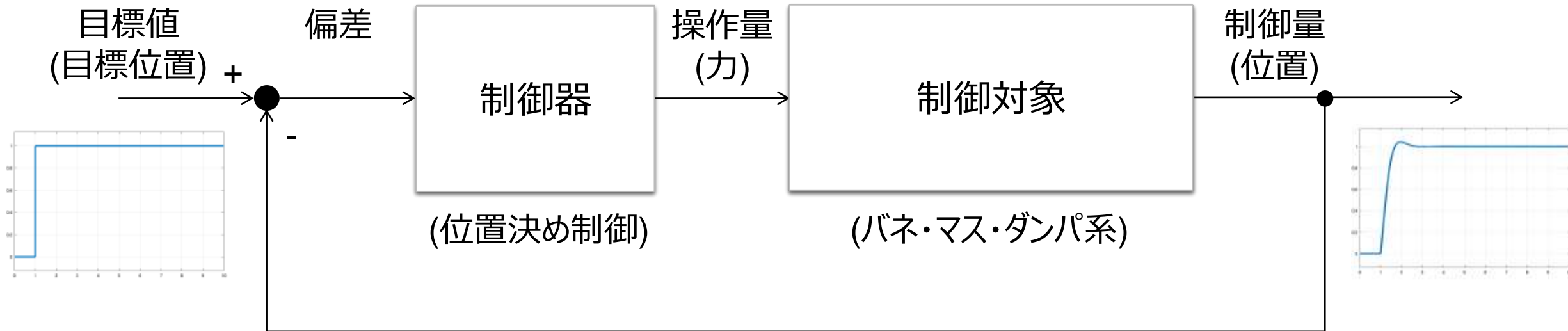
- **ブロック線図で直感的に！**

③ シミュレーション実行

- **ブロック線図を実行！**

Scopeブロックにより、可視化プログラミング不要！

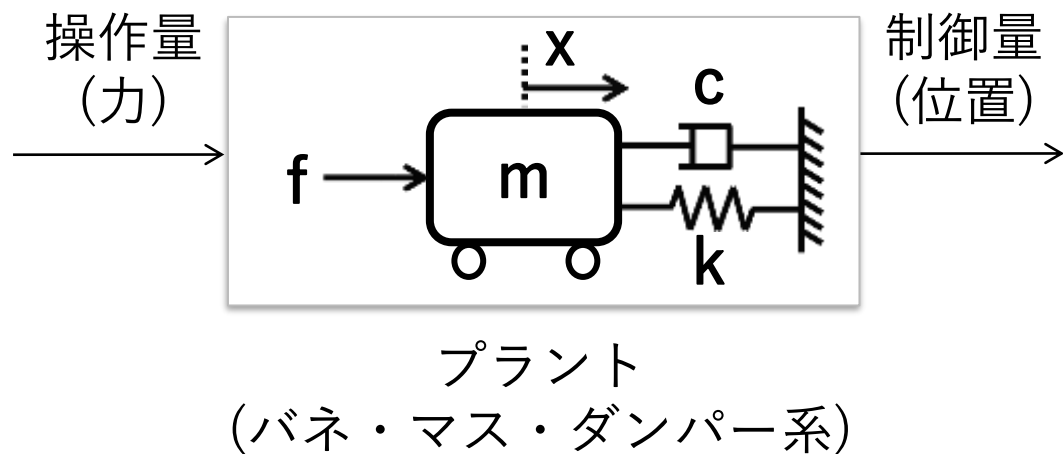
デモ 2 : 台車の位置決め制御系を構築 概念図



- シミュレーションのために、、、
 - 制御対象の動的な振る舞いを表す数式
 - 制御のロジックを表す数式

①数式を立てる

制御対象の振る舞いを表す数式



① 方程式を立てる

$$f = k \cdot x + c \frac{dx}{dt} + m \frac{d^2x}{dt^2}$$

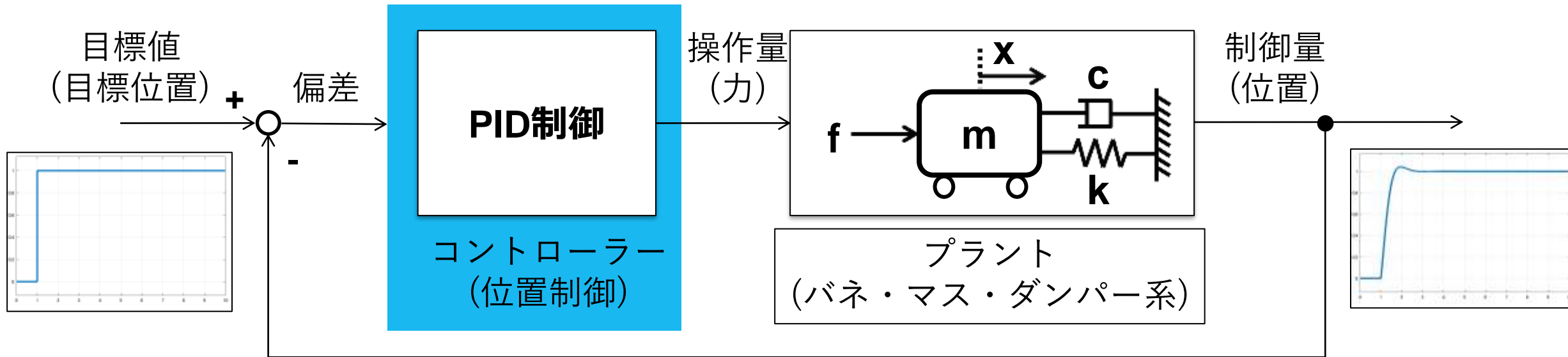
解析したい運動に着目！

② 最高次の微係数について解く

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{1}{m} \left(f - c \frac{dx}{dt} - k \cdot x \right)$$

①数式を立てる

位置決め制御ロジック（今回はPID制御）のモデルを作成する

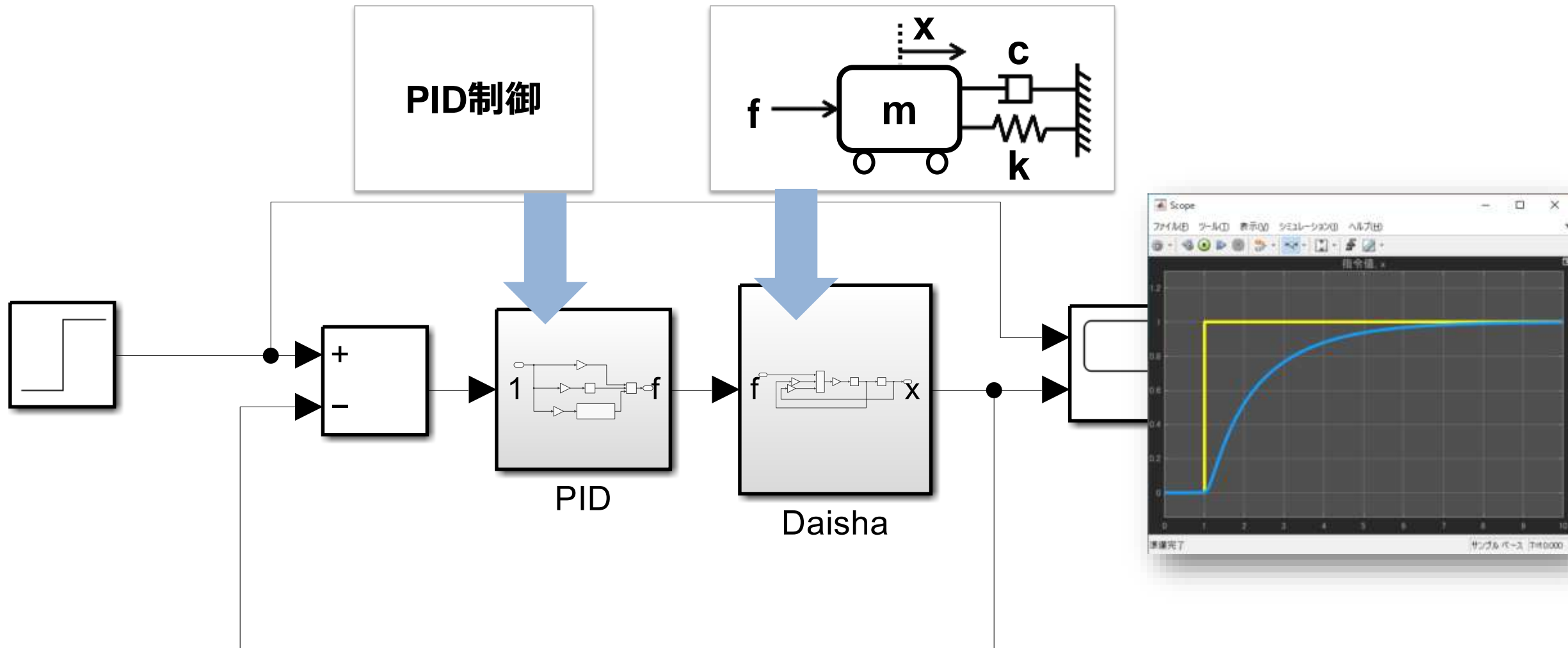


$$C(s) = K_p + K_i \frac{1}{s} + K_d \frac{s}{N \cdot s + 1}$$

PID制御の詳細

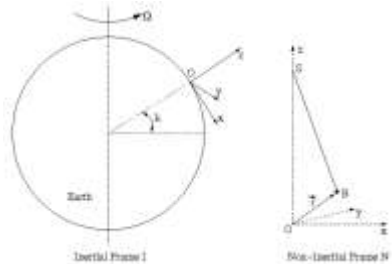
<https://jp.mathworks.com/discovery/pid-control.html>

シミュレーション



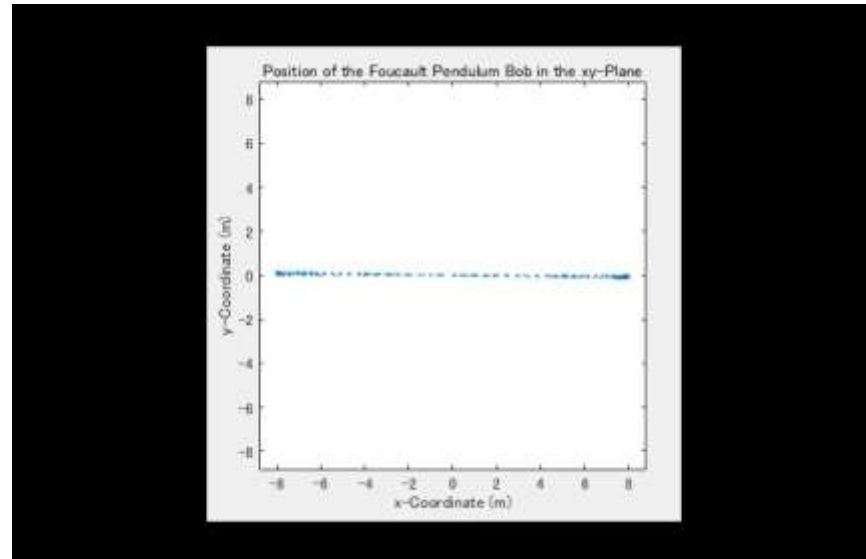
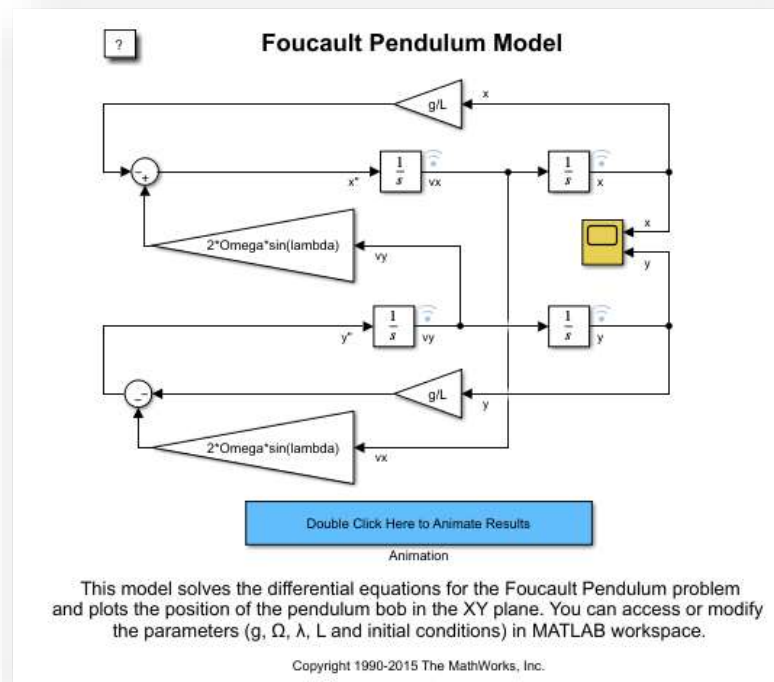
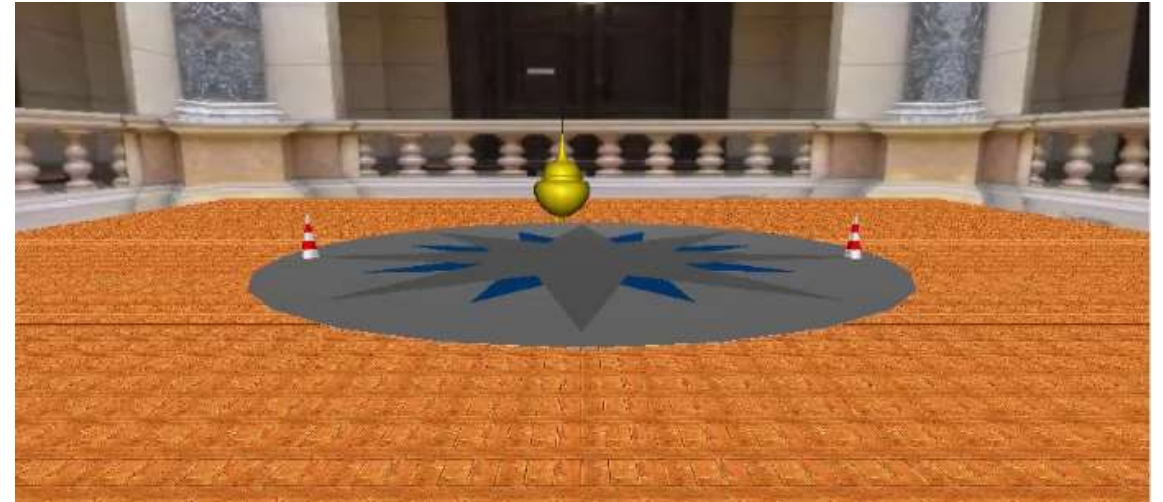
Simulink の活用事例

地球の自転を地上でバーチャルに観測 フーコーの振り子



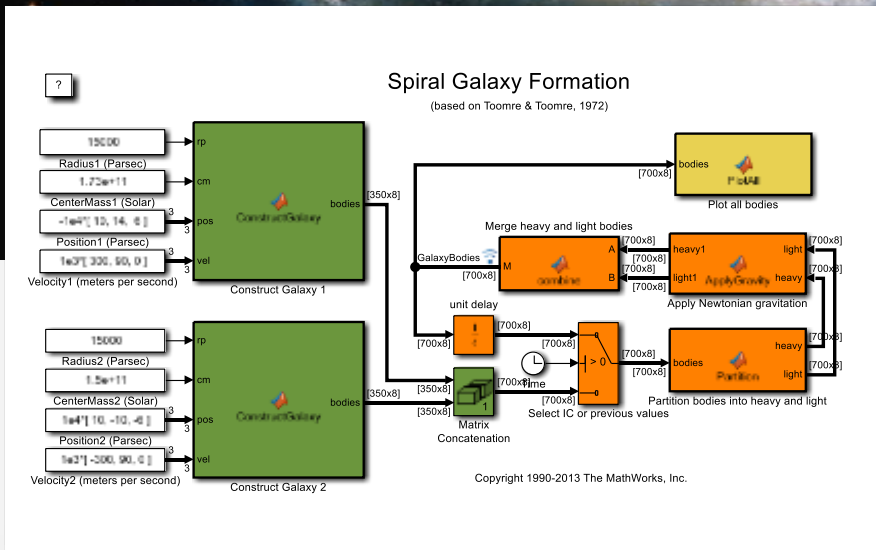
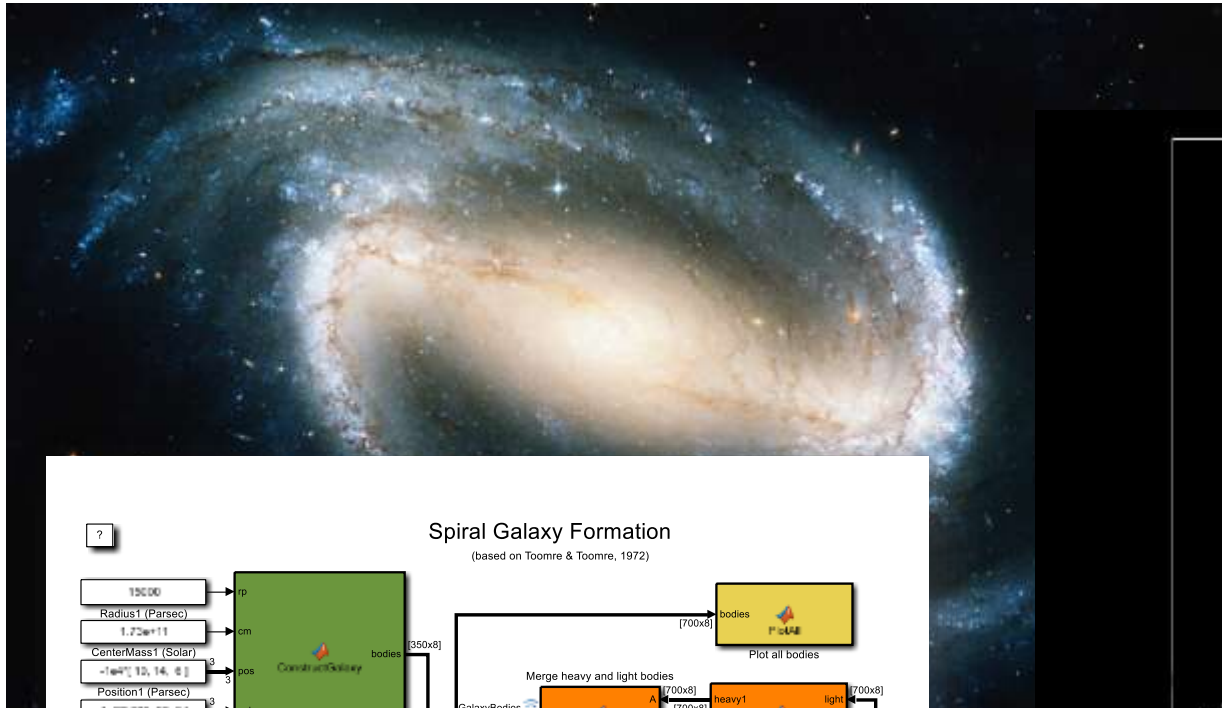
$$\ddot{x} - 2\Omega \dot{y} \sin \lambda + \left(\frac{g}{L} - \Omega^2 \sin^2 \lambda\right) x = 0$$

$$\ddot{y} + 2\Omega \dot{x} \sin \lambda + \left(\frac{g}{L} - \Omega^2\right) y = 0$$

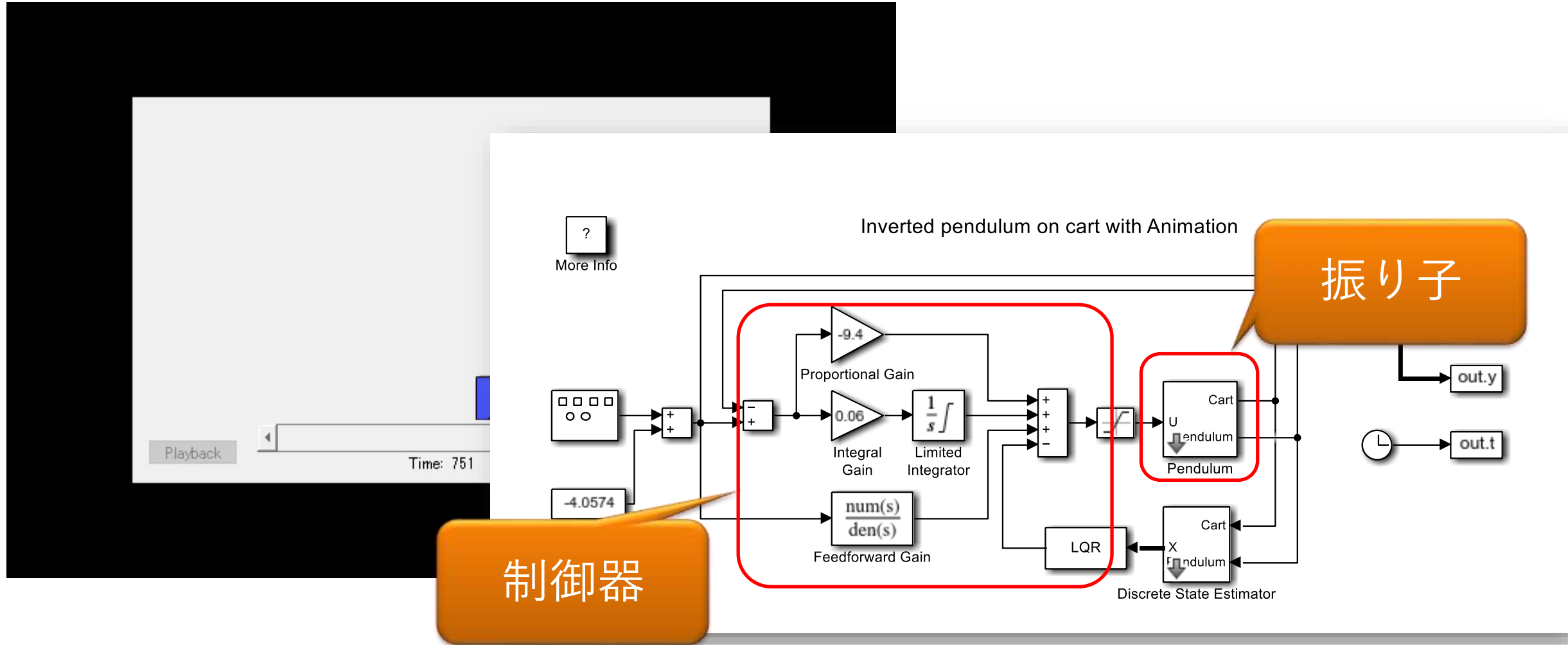


宇宙の真理の探究

渦巻銀河形成シミュレーション



制御をバーチャルに実践 倒立振り子



豊富なサンプルモデルがあります！

The image shows a screenshot of the MathWorks documentation interface. The top left shows the MATLAB environment menu with the 'ヘルプ' (Help) option circled in red and labeled '1'. Below it, the 'ヘルプ' window is open, showing the 'Documentation' page for 'Modeling a Foucault Pendulum'. The 'CONTENTS' sidebar on the left has 'Simulink' circled in red and labeled '2'. The main content area has the 'Examples' tab selected and circled in red, and the title 'Modeling a Foucault Pendulum' circled in red and labeled '3'. The text below the title describes the example.

基本設定
パスの設定
並列環境

アドオン

ヘルプ

コミュニティ
サポートのリクエスト
MATLAB の学習

ヘルプ

Modeling a Foucault Pendulum

Documentation

Search Help

CONTENTS

« Documentation Home

« Simulink

« Applications

« General Applications

Modeling a Foucault Pendulum

ON THIS PAGE

All Examples Functions Blocks

Modeling a Foucault Pendulum

This example shows how to model a Foucault pendulum. The Foucault pendulum was the brainchild of the French physicist Foucault. It was intended to prove that Earth rotates around Foucault. The oscillation plane of a Foucault pendulum rotates through The plane of oscillation completes a whole circle in a time in

産業界での活用 / SUBARU

先進運転支援システム (ADAS)

障害物を三次元的に認識することで、自動ブレーキ、クルーズコントロール等を制御する



産業界での活用 / Blue Origin

再利用可能なロケット

宇宙旅行のための再利用可能なロケット
地球に“ソフト”ランディングで帰還した
世界発のロケット



世界のお客様成功事例を公開しています

https://jp.mathworks.com/company/user_stories.html



製品 ソリューション アカデミア サポート コミュニティ イベント

MATLAB を入手する



HM

日産、エンジン制御ソフトウェアの開発とテストを

加速

ドイツ航空宇宙センター (DLR) のロボット工学・
メカトロニクス研究所による、モデルベース デザイ

ンを使用した自 核燃料デブリ除去用のロボット アームを三菱重工が
開発

「モ
生成
自由
デザ
ムノ
ポッ
の構

- Be

Medrad 社が MRI 血管造影剤注入ポンプの安全性 を確保

「MathWorks ツールにより、システムレ
ベルでコンポーネント間の相互作用を理
解することが可能となり、物理特性をモ
デリングし、ポンプの安全限界を非常に
効率的かつ迅速に判断することができま
した。」

- John F. Kalafut, Medrad



課題

患者への薬品投与を安全なレベルに管理するMRI 血管造影剤
注入ポンプの設計

ソリューション

ポンプの圧力センシング技術の向上に MathWorks ツールを
活用

結果

参考情報を有効活用ください！

MATLAB & Simulinkを活用したモデルベースデザイン ショートムービー



Model-Based Design with MATLAB and Simulink

Use Model-Based Design with MATLAB and Simulink to improve product quality and reduce development time by 50% or more.

https://www.youtube.com/watch?v=MRj_pIEVNeY&t=9s

<https://jp.mathworks.com/videos/model-based-design-with-matlab-and-simulink-69040.html>

モデルベース開発の
雰囲気をつかもう！

Simulinkとは？

ショートムービー



Simulinkの概念を知る
にはこれ！

What Is Simulink?

MATLAB & Simulinkの自己学習用の無料チュートリアル

<https://jp.mathworks.com/support/learn-with-matlab-tutorials.html>



無料チュートリアルで MATLAB および Simulink の学習を始める

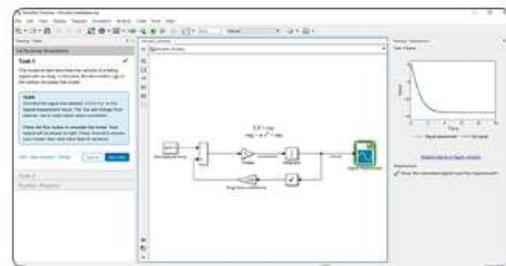
対話型コースで知識を深め、ドキュメンテーションとコード例を確認し、製品機能の入門ビデオを見ます。

対話型コースで基礎を構築する



MATLAB 入門

MATLAB® の基礎を短期間で学習します。



Simulink 入門

Simulink® モデルの作成、編集、トラブルシューティングを学習します。

マイコース

登録済みまたはアクセス可能な自己学習形式コースを、大学が提供しているコースを含めて表示します。

[マイコースを見る](#)

MATLAB & Simulinkの自己学習用の無料チュートリアル

<https://jp.mathworks.com/learn/tutorials/control-design-onramp-with-simulink.html>

MathWorks® 製品 ソリューション アカデミア サポート コミュニティ イベント

MATLAB および Simulink トレーニング

サイト内検索

トレーニングの概要 | コースの検索 | MATLAB 認定について | オンサイトトレーニング
その他

Simulink による制御設計入門

この2時間の無料チュートリアルによって、
Simulink®を使用した制御設計の概要について学
習することができます。

必要条件: Simulink 入門

詳細を見る

Step Plot: Reference tracking

Controller Parameters	
K	1%
tau	0.0
tauI	0.0
tauD	0.0
tauF	0.0
tauFF	0.0
tauFF2	0.0
tauFF3	0.0
tauFF4	0.0
tauFF5	0.0
tauFF6	0.0
tauFF7	0.0
tauFF8	0.0
tauFF9	0.0
tauFF10	0.0
tauFF11	0.0
tauFF12	0.0
tauFF13	0.0
tauFF14	0.0
tauFF15	0.0
tauFF16	0.0
tauFF17	0.0
tauFF18	0.0
tauFF19	0.0
tauFF20	0.0

Performance and Reliability	
Rise time	0.0
Settling time	0.0
Overshoot	0.0
Peak	1.0
Gain margin	inf
Phase margin	inf
Closed-loop stability	Stable

制御設計入門は
これ！



Simulink からアクセス



楽しく学べるビデオチュ
ートリアル



テストとフィードバックが
自動化された実践的な学習



英語のみで受講可能

いつでも尋ねられる日本語/英語の Q&A サイト MATLAB Answers

使い方で迷ったら

- MATLAB に関する過去の質問 & 回答が閲覧可能
- MathWorks アカウントがあれば、誰でも質問・回答できます
- 得意な分野の質問への回答にも是非挑戦を！
- **回答が得られやすい聞き方のコツ**

MATLAB Answers Search Answers

MATLAB Central | ホーム | My MATLAB Answers | 質問する | 回答する | ブラウズ
MATLAB FAQs | コントリビューター | その他 | ヘルプ

Tutorial: MATLAB Answersで早くて確かな回答を得るためのポイント

36 ビュー (過去 30 日間)

micchio **STAFF** 2016 年 10 月 29 日
編集済み: micchio **STAFF** 2020 年 1 月 15 日

MATLAB Answers はサポートセンターではなく、MATLAB/Simulink に興味のある方が staff も含め互いに知識や情報を交換・共有する助け合いの場です。
宿題・研究課題などの丸投げはご勘弁くださいませ。
また、問題点・状況をできるだけ明確することで的確な回答に繋がるかと思ます。

以下にポイントをまとめますので参考にしてください。皆様も思いつくところありましたら、是非コメントください。

>>jp.mathworks.com/matlabcentral/answers/30972-0-tutorial-matlab-answers

MATLAB Answers Search Answers Answers

MATLAB Central | Home | Ask | Answer | Browse | More | Help

Refine by Language
日本語
英語

Refine by Status
Answer Accepted 1367
Answered 1367

Refine by Source
MathWorks Support 1367

Refine by Product
MATLAB 310
Simulink 143
Communications System 5

Recently Added

Sort by: Date updated (Newest-Oldest) | Subscribe to this View | 1 - 50 of 1,367

1 answer | 0 votes | 0 views
スタティックテキストの更新が遅いのはなぜですか?
Asked by MathWorks Support Team about 21 hours ago
Latest activity Answered by MathWorks Support Team about 24 hours ago
Accepted Answer by MathWorks Support Team
Products MATLAB

1 answer | 0 votes | 8 views
ライセンス マネージャーを再起動したり MATLAB を終了せずに、どのようにして利用可能なキーのプールにツール ボックスのライセンス キーを解放または返却できますか
Asked by MathWorks Support Team on 19 Mar 2012
Latest activity Edited by MathWorks Support Team on 8 Jul 2016 at 16:57
Accepted Answer by MathWorks Support Team
Products MATLAB

>>jp.mathworks.com/matlabcentral/answers

Control Tutorials

英語の勉強を兼ねて、制御理論を自己学習！

CONTROL TUTORIALS FOR MATLAB® & SIMULINK®

INTRODUCTION CRUISE CONTROL MOTOR SPEED MOTOR POSITION SUSPENSION INVERTED P

SYSTEM

MODELING

ANALYSIS

CONTROL

PID

ROOT LOCUS

FREQUENCY

STATE-SPACE

DIGITAL

SIMULINK

MODELING

CONTROL

SIMSCAPE

Welcome to the Control Tutorials for MATLAB and Simulink (CTMS): They are designed to help you learn how to use MATLAB and Simulink for the analysis and design of automatic control systems. They cover the basics of MATLAB and Simulink and introduce the most common classical and modern control design techniques.

About the Authors: These tutorials were originally developed by Prof. Bill Messner at Carnegie Mellon and Prof. Dawn Tilbury at the University of Michigan with funding from NSF. With further support from the MathWorks in 2011 and 2017, Prof. Messner, Prof. Rick Hill (Detroit Mercy), and PhD Student JD Taylor (CMU), expanded the tutorials, completely redesigned the web interface, and updated

All contents licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

上から順番に格子をクリック！

もっと使いこなすには： MATLABの使い方に関するWebセミナー

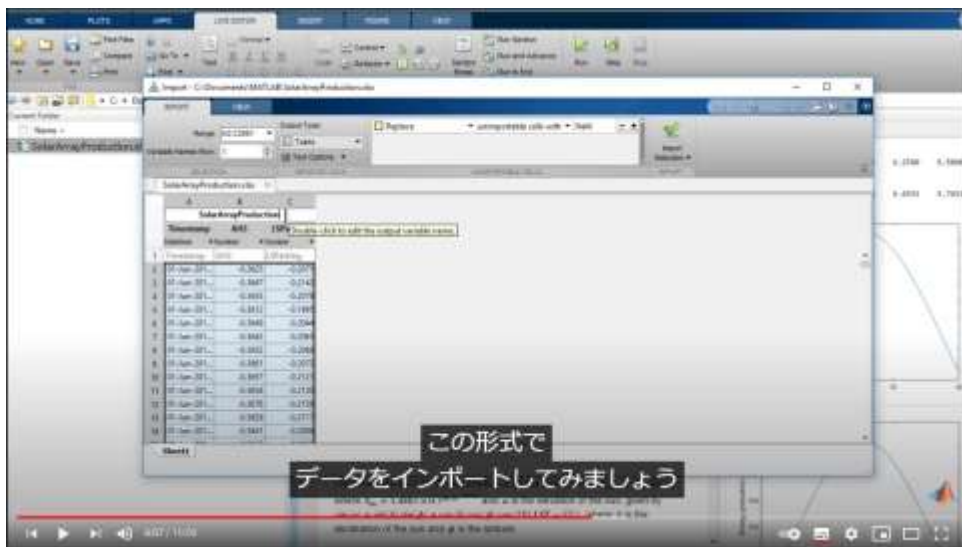
MathWorks 教職員・学生向けMATLAB & Simulink イベント 2021

日付	時間	タイトル
4/21(水)	12:00 - 13:00	MATLABって何？ - ゼロから始めるMATLAB
5/11(火)	14:00 - 15:00	“MATLAB x Python” – 良いところ取りの二刀流がもたらす最新かつ高効率なデータ解析・機械学習ワークフロー
5/14(金)	17:00 - 18:00	知って得する！データサイエンスを快適にするMATLAB基本テクニック
5/19(水)	17:00 - 18:00	Simulink入門 - プログラミング不要な数値シミュレーション
5/28(金)	12:00 - 13:00	【学生向け】MATLAB App Designerを使ったロールセンター計算アプリの作成
6/4(金)	17:00 - 18:00	アプリで楽するMATLAB信号処理 - AIへの応用を想定した活用例
6/6(日)	10:00 - 12:00	無料体験！MATLABおよびSimulinkによるAI・自律ロボティクス開発入門

もっと使いこなすには：

MATLAB Japan YouTubeチャンネル

youtube.com/channel/UC5AM_mmJScY8fvA6Elewx3w



まとめ

研究開発を加速する道具として、MATLAB & Simulinkをご活用下さい

MathWorks 製品 ソリューション アカデミア サポート コミュニティ イベント MATLAB を入手する

Simulink サイト内検索

概要 これから始めるなら 新着情報 機能

評価板 営業へのお問い合わせ

シミュレーションおよびモデルベースデザイン

Simulink では、ハードウェアに実装する前にシステムをシミュレーションできます。シミュレーションがなければ、設計を試し、実装することが可能です。そこでC、C++などでコードを記述する必要はありません。

ビデオを見る 評価

MATLAB & Simulinkを使う際に、以下の内容をご活用下さい。

- MATLAB製品の基本的な使い方のチュートリアル
- モーター制御、機械学習、画像処理などのソリューションを紹介したVideo
- MATLAB Answers -日本語/英語の Q&A サイト
- 専任講師によるMATLAB製品のトレーニング (有償)
- 専任技術者によるコンサルティングサービス (有償) など

<https://jp.mathworks.com/products/simulink.html>



© 2021 The MathWorks, Inc. MATLAB and Simulink are registered trademarks of The MathWorks, Inc. See www.mathworks.com/trademarks for a list of additional trademarks. Other product or brand names may be trademarks or registered trademarks of their respective holders.