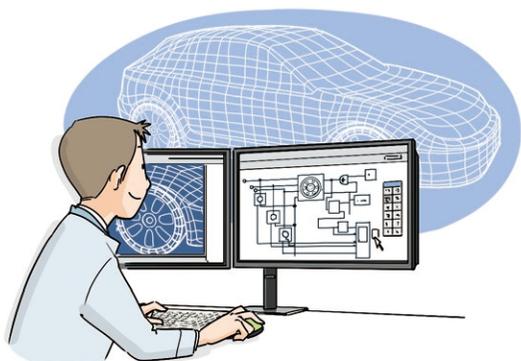


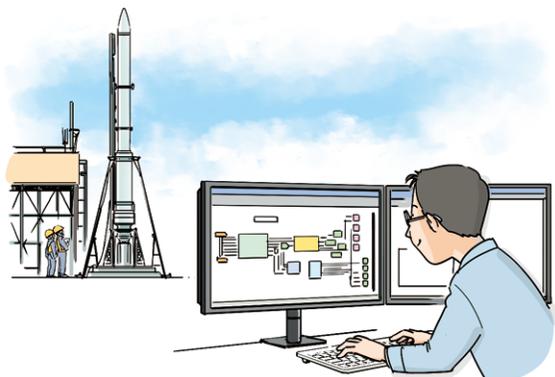
イントロダクション

直感的 / 制御機能 / マルチフィジックス…
これからのモノづくりのスタンダード設計⇔動作確認が何度でもできる！
モデルベース開発のススメ

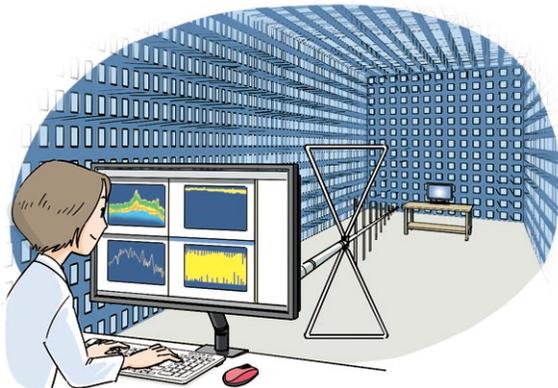
新井 正敏



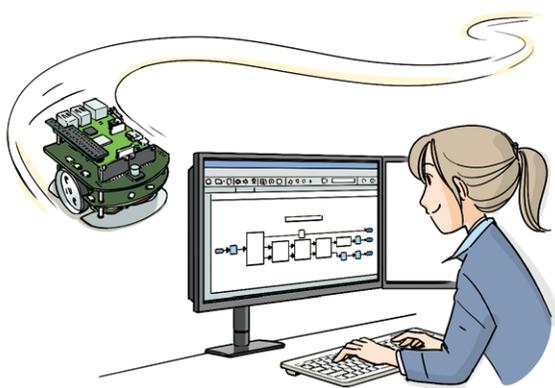
(a) 人の命を預かる製品の短期開発



(b) 試作すると何兆円もかかる開発



(c) 高速かつ見えない電波の開発



(d) プログラム・コード不要な制御の開発

図1 モデルベース開発はさまざまな現場で使われている

開発の現場や大学の授業、研究室などで、「MATLAB」や「モデルベース」という言葉に聞き覚えがあるのではないでしょうか。

モデルベース開発 (MBD: Model-Based Development) や MATLAB/Simulink は、現在多くの企業や大学の研究で使われています (図1)。MathWorks 社とサブスクリプション契約を結んで、MATLAB/Simulink が Microsoft 365 のように使い放題の企業や学校も多くなっています。モデルベースを基本から学

びたいのに、いまさら聞けないと思っている人も多いのではないのでしょうか。ここでは初学者でも分かるように、モデルとは何なのか、どんなメリットがあるのかを知っていただこうと思います。

ノーベル賞にも一役買っている「モデル」

● 「モデル」とは…有益な模倣品と考えよう

モデルという言葉は、モデルベースに限らず一般的

にもよく使われています。しかし、辞書で調べたり検索したりしても、分かるようで分からないと感じる人も多いのではないのでしょうか。

例えば、プラモデルや住宅のモデル・ルームなど、少し乱暴ですがモデルとは「有益な模倣品」と考えてみましょう。

スーパーカーの1/24プラモデルは、当然本物ではないので運転できません。材質も大きく違います。ここで、プラモデルの目的を「自分で組み立てること、そして組み立てたスーパーカーを眺めて満足感を得ること」だとします。実際のスーパーカーを組み立てるのは困難ですが、1/24のプラスチック素材の部品であれば、図面(仕様書)に従って組み立てられます。組み立てることを楽しんで自ら完成させたものを眺めれば、見えないところが空洞で、なおかつ1/24の縮尺であっても満足感を得られると思います(図2)。

要は、モデルとは目的に合わせて本物から必要なところだけを抽出し、簡略化した「便利で有益な模倣品」だと思ってください。

モデル・ルームも、実際に住むとどのようになるかを、住宅展示場に来たお客さんが想像できるようにするための、本物ではない有益な部屋とも考えられます。

● モデルとシミュレーションの関係

2021年にノーベル物理学賞を受賞した真鍋 淑郎氏(図3)のウェブ記事⁽¹⁾では、「循環モデルを提唱し」、「予測モデルを世界に先駆けて」と、2回もモデルという言葉が出ています。

このモデルも、物理現象という本物から、必要なところだけを抽出し、簡略化した「便利で有益な模倣品」です。真鍋氏の貢献は、地球温暖化などに関する主要因だけを抽出して、コンピュータで有限時間内にシミュレーションできるようなモデルを作ったことです。

ここでモデルの目的を「何千年、何万年先の地球温暖化を予測すること」とします。スーパー・コンピュータや量子コンピュータを使ってシミュレーション予測する場合、1万年先の予測に1万年かかってしまっただけでは意味がありません。このため、有限時間内でシミュレーションできるように、主要因だけを抽出したモデルが重要になります。

● 物理現象を抽象化しシミュレーション可能にする

物理現象からモデルを設計することをモデル化と言います。モデルベース開発の現場の課題を分かりやすく書いた書籍⁽²⁾によると、モデル化とは「システムの抽象化」であると述べています。非常に的を射た言葉だと思います。

本特集も同様に、シミュレーションのためのモデル

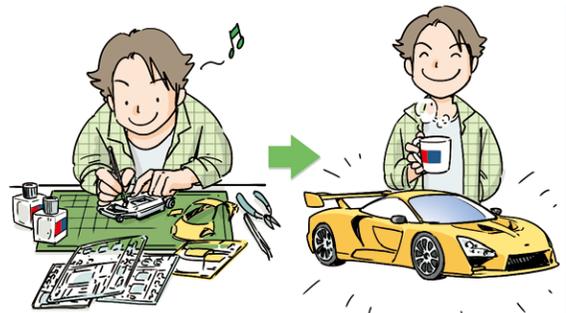


図2 モデルとは…本物から必要なところだけを抽出して簡略化した「有益な模倣品」

目的が「自分で組み立てること、そして組み立てたスーパーカーを眺めて満足感を得ること」であれば、見えないところが空洞で、なおかつ1/24の縮尺であっても満足感を得られる

化とは、「物理現象を抽象化しシミュレーション可能にすること」とします。このためモデルとは、シミュレーション可能なように抽象化した物理現象を動かせるようにした仕様書、または設計書とします。

また、モデルベース開発(MBD, Model-based Development)とは、このようにモデルを使ってシミュレーションを行いながら開発することと考えてください。なお、本特集では、モデルを使った開発だけでなく、工学全般に適用するという意味で、あまり聞きなれない言葉かもしれませんが、MBE (Model-based Engineering) とします。

モデルベースを使うメリット

● その①…危険やコストを伴わずに何度も設計をやり直せる

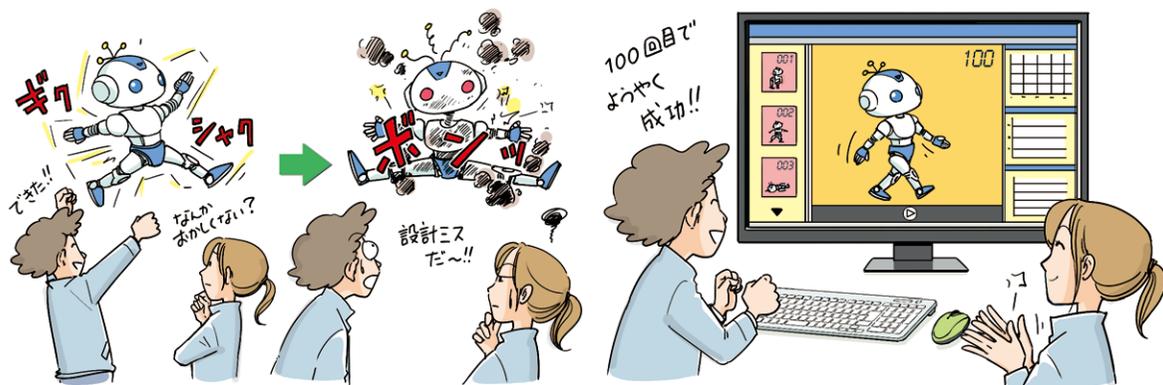
モデルは、シミュレーションによって動かせる仕様書です。このため、設計したモデルはシミュレーションで効率よく確認することができます。



図3 2021年ノーベル物理学賞を受賞した真鍋 淑郎氏

理由 勧める 特集でTRY
 する こと
 MATLAB
 Simulinkの使い方
 数学と
 モデル設計
 Simscapeで
 回路のモデル化
 PWM制御と
 フィードバック制御
 インバーター
 モデルベース
 設計総ざらい

特集 MATLABで物理&電気基礎 モデルベース超入門



(a) 従来のように実物を作って動作確認すると…壊れたり爆発したりする危険があった

(b) モデルベースなら、モデルが壊れることはないので、何度も動作確認して設計をやり直せる

図4 モデルベース開発なら危険やコストを伴わずに何度も設計をやり直せる

従来は実物を作って動作確認をしていたので、お金と時間がかかっていました。また、間違った設計により、壊れたり爆発したりする危険を伴う状況でした。

MBEでモデル設計を行うと、モデルが壊れることはなく、何度も設計し直すことができます(図4)。このため、開発や設計の効率が向上することが1つ目のメリットです。このような状況から、MBEは大学だけでなく、多くの企業で採用されてきており、世界的な広がりを見せています。

● その②…直感的に設計できる

本特集では、MBEの設計ツールとしてMATLAB/Simulink、Simscapeを使ってモデル設計を行います。あらかじめ用意された部品を線で接続するだけでPC上でモデルを設計します(図5)。プログラム・コードは使いません。このように直感的に設計できることが2つ目のメリットです。

本特集では、前述したプラモデルのように、部品を

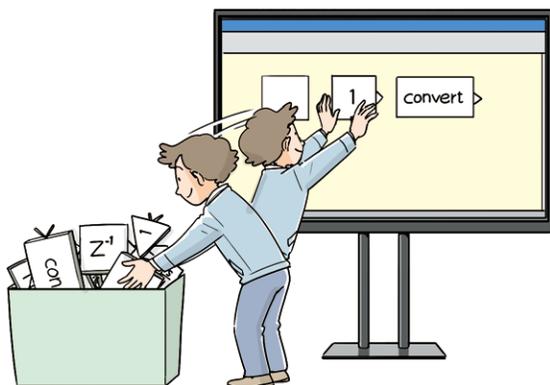


図5 モデルベースなら直感的に設計できる
あらかじめ用意された部品を線で接続するだけでモデルを設計できる

電気回路図面(仕様書)に従ってモデル設計を行います。ぜひ、自ら手を動かしてモデル設計の楽しさを実感してください。ただし、モデル設計を行うには数式などを使って論理的に設計を重ねる必要があります。単に図面通りに部品を並べる、いわゆるオペレータにならないでください。

● その③…制御機能も持っている

シミュレーションだけであれば、SPICEなどの電子回路シミュレータにも同じ機能があります。しかし、MBEを使ったツールの多くは制御機能も持っているのが3つ目のメリットです。このため、制御を含めてシステム全体を効率良く設計できます。

● その④…自動コード生成機能

モデルから自動でコードを生成できます。モデルからCまたはC++のコードを自動生成できるので、組み込みシステムに実装できることが4つ目のメリットです。ただし、今回の特集ではこの自動コード生成機能は使用しません。

● その⑤…機械系や電気系などを結合できる

MATLAB/Simulinkという、機械系の設計に適していると思われがちです。機械系だけでなく、電気系など複数の物理現象をモデルで統合できる(マルチフィジックス)のが5つ目のメリットです(図6)。このため本特集では、あまりモデル設計として取り上げられていない電気系を扱います。

● その⑥…世界共通! 動く仕様書

モデルは世界の共通言語と言っても過言ではありません。世界の共通言語は英語だというのも事実です。しかし、今や世界のエンジニア同士はモデルを共通語

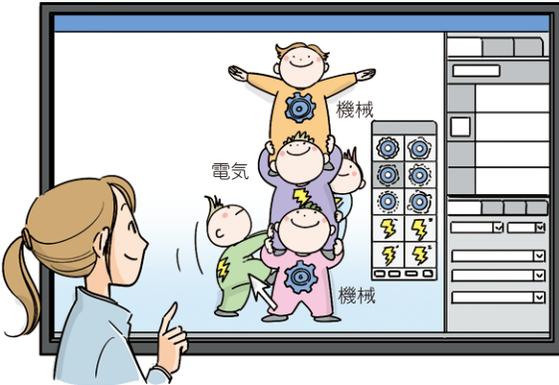


図6 機械系だけでなく電気系などマルチフィジックスでモデルが結合できる

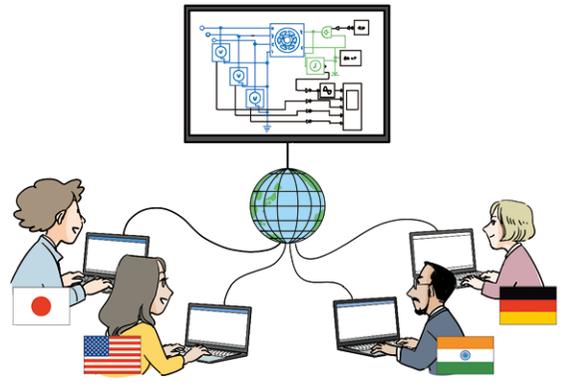


図7 動く仕様書である「モデル」は世界中のエンジニアの共通言語でもある

のように扱っています(図7)。設計の意図はモデルの中に入っていますし、実際に動かしてみることもできます。設計の現場で、モデルでやりとりしてお互いに確認し合うことができる点が6つ目のメリットです。本特集で扱うモデルは、全て付録DVD-ROMに収録してあります。Windows, Mac, LinuxのPCさえあれば、実際に動かしてみるができます。

応じて用意しています。このアプリケーションは、Windows版とMac版を用意していて、これも付録DVD-ROMに収録しているので、ぜひ使ってみてください。

◆参考・引用*文献◆

- (1) *2021年のノーベル物理学賞に真鍋淑郎さん 二酸化炭素の温暖化影響を予測 | ノーベル賞2021 NHK特設サイト, NHK. https://www3.nhk.or.jp/news/special/nobelprize/2021/physics/news/news_04.html
- (2) 齋藤 芳明: 残念なモデルベース開発 (Kindle版), 2022年, Amazon Services International <https://amzn.asia/d/7Xyq22o>

あらい・まさとし

シミュレーション結果をアニメーションで確認できるツールを用意

MBEのシミュレーション結果はグラフ形式で見るのが主体で、直感的に結果を見るできません。シミュレーション結果をCSV形式で出力して、アニメーションで動作を確認するアプリケーション(SILS: Software In the Loop Simulation)を必要に

コラム 本特集における用語概説
新井 正敏

本特集は、直感的に理解できることに重点を置いているので、厳密な言葉使いとは異なるかもしれません。本特集で扱う用語の概説を示しておきます。

- モデル
シミュレーションなどで実行または動かせる仕様書または設計書
- モデル化
対象システムを抽象化し、シミュレーション可能にすること
- モデル化ツール
モデル設計に用いるツール。本書ではMATLAB/Simulink, Simscapeを用いる
- MBD (Model-based Development/Design)
モデルを使った開発/設計

- MBE (Model-based Engineering)
モデルを使ったエンジニアリング全般
- MILS (Model In the Loop Simulation)
複数のモデルを使ってモデルの状態で行うPC上でのシミュレーション
- SILS (Software In the Loop Simulation)
モデルをコード化したソフトウェアのPC上でのシミュレーション
- HILS (Hardware In the Loop Simulation)
モデルをコード化したソフトを実機上でリアルタイム検証
- RCP (Rapid Control Prototyping)
PC上のモデルと実機の混在状態でのシミュレーション

理由 勧める 特集でTRY
 すること
 MATLAB
 Simulinkの使い方
 数学と
 モデル設計
 Simscapeで
 回路のモデル化
 PWM制御と
 フィードバック制御
 インバーター
 モデルベース
 設計総ざらい