

ES-5



活用が広がるモデルベース開発

東芝情報システム(株)
エンベデッドアプリケーション事業部
エキスパート

三島 隆司

活用が広がる モデルベース開発

東芝情報システム株式会社
エンベデッドシステム事業部
三島 隆司

ESEC 第14回 組込みシステム開発技術展

Copyright 2011, TOSHIBA INFORMATION SYSTEMS (JAPAN) CORPORATION

アジェンダ

- 1.はじめに
- 2.組込みソフトウェアの動向
- 3.組込みソフトウェア開発の現状と課題
 - 3-1 H/Wとのすり合わせ開発
 - 3-2 過去の資産の流用
 - 3-3 QCDの向上は永遠の課題
- 4.モデルベース開発導入のすすめ
 - 4-1 モデルベース開発とは
 - 4-2 モデルベース開発の利点／導入効果
 - 4-3 モデルベース開発の効果のまとめ
- 5.モデルベース開発導入事例
 - 5-1 バッテリマネジメントシステム(BMS)開発
 - 5-2 半導体製造装置への導入事例
- 6.モデルベース開発の課題／対策
 - 6-1 設計工程の肥大化
 - 6-2 自動生成コードのサイズと性能
 - 6-3 モデルベース開発者不足
- 7.まとめ
 - 7-1 モデルベース開発適応領域の拡大
 - 7-2 モデルIPの拡充
 - 7-3 モデルベース開発者の育成
 - 7-4 おさらい

ESEC 第14回 組込みシステム開発技術展

Copyright 2011, TOSHIBA INFORMATION SYSTEMS (JAPAN) CORPORATION

1.はじめに

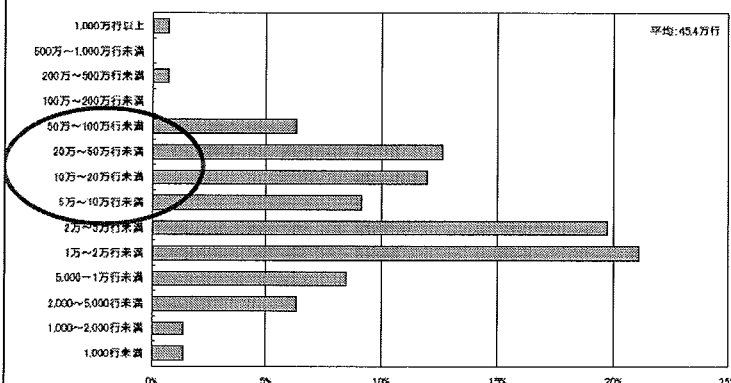
モデルベース開発の取組みは、製造装置、エネルギー関連、OA機器等の組込みソフトウェア分野にも拡大しつつあります。本セミナーでは、その実績と成果および今後の課題を活用事例を交えてご紹介します。

2.ソフトウェア開発規模／複雑度の増大

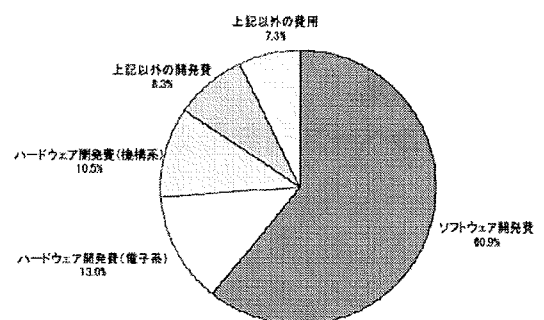
組込みソフトウェアは、環境問題への対応、顧客ニーズの多様化により、ますます複雑化している。

- ◆新規作成開発ステップは平均で45.5万
- ◆組込み製品の開発費全体の60%
- ◆ソフトウェアの複雑度の増大

新規開発行数



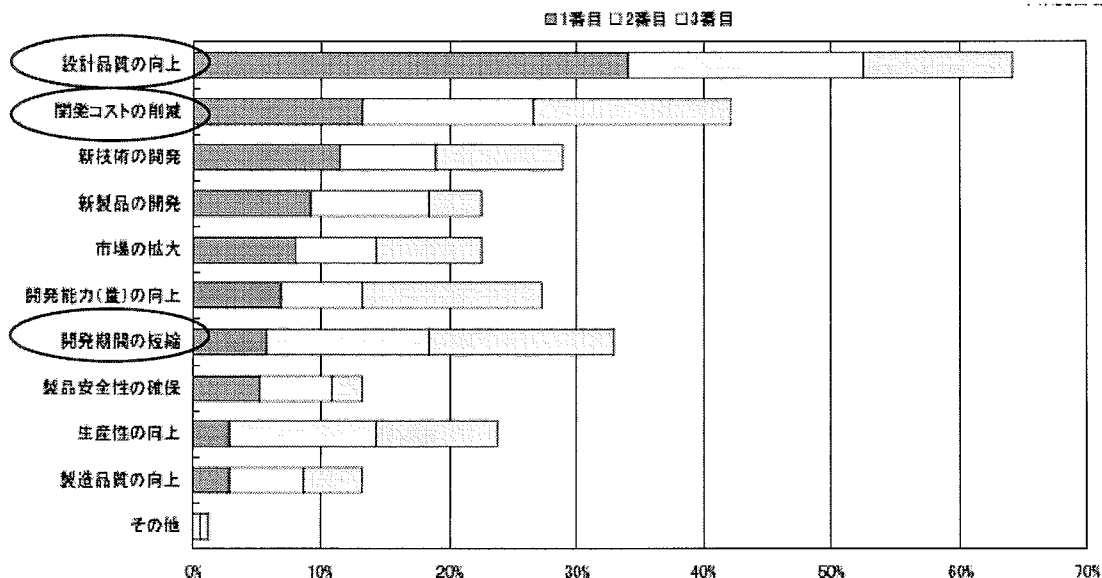
製品開発における開発費の割合



経産省
2010年度 組込みソフトウェア産業実態調査より

3.組込みソフトウェア開発の現状と課題

設計品質の向上、開発コストの削減、開発期間の短縮が課題



※ 経済産業省
2010年度 組込みソフトウェア産業実態調査より

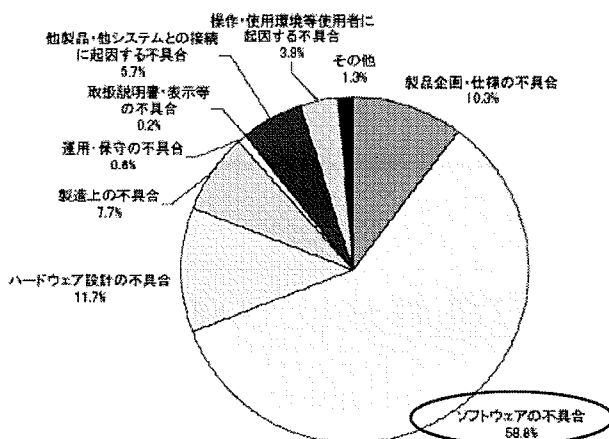
ESEC 第14回 組込みシステム開発技術展

Copyright 2011, TOSHIBA INFORMATION SYSTEMS (JAPAN) CORPORATION

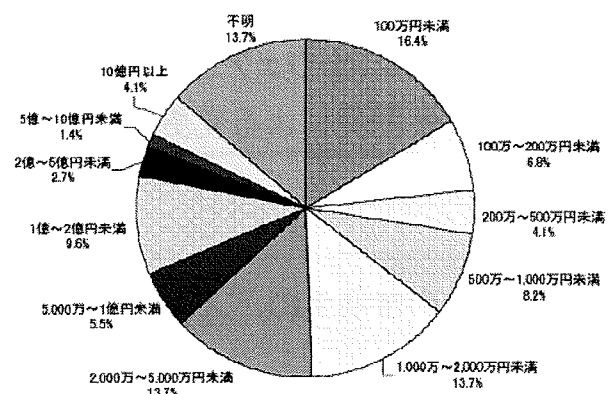
3.組込みソフトウェア開発の現状と課題

製品の不具合の約60%がソフトウェアの不具合に起因する

製品における不具合の要因



不具合の対策費



※ 経済産業省
2010年度 組込みソフトウェア産業実態調査より

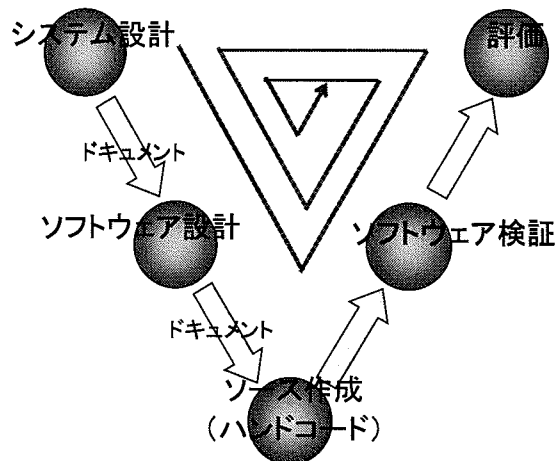
ESEC 第14回 組込みシステム開発技術展

Copyright 2011, TOSHIBA INFORMATION SYSTEMS (JAPAN) CORPORATION

3-1 H/Wとのすり合わせ開発

『すり合わせ開発』という言葉が示すとおり、組込みマイコンによる制御システムは、『メカを制御する』ため、現物合わせの開発

- ◆『仕様追加・変更』が多発
- ◆下図のような繰り返し開発

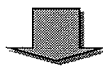


課題

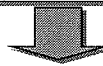
- ◆設計品質の向上
- ◆開発コスト削減
- ◆開発期間短縮

3-2 過去の資産の流用

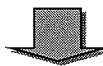
組込み製品の特徴として、全て新規で開発することは珍しく、多くの場合過去の製品をベースとした開発



ソフトウェアに関しても、ベースとなる製品のソフトウェアに対して、追加・変更を行う形の開発



実績のあるソフトウェアを流用することで品質を確保しながら、H/Wとのすり合わせ開発による変更の繰り返し

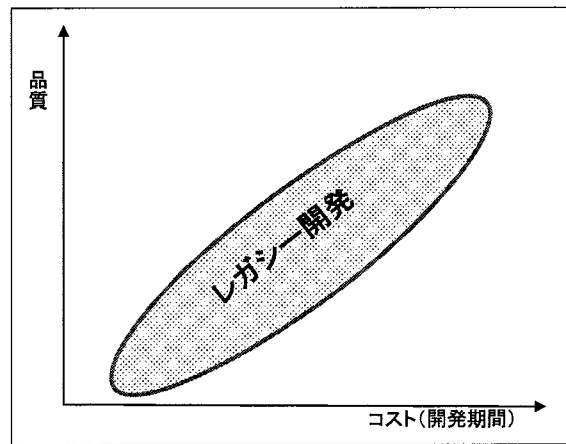
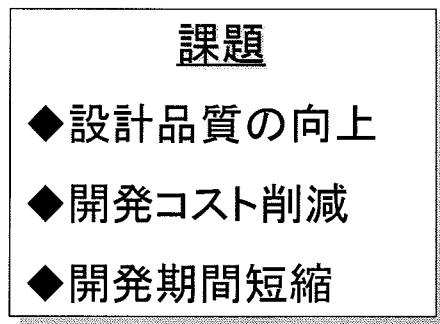


実績と引き換えに、ソフトウェア構造の乱れが生じているのが現状

3-3 QCD向上は永遠の課題

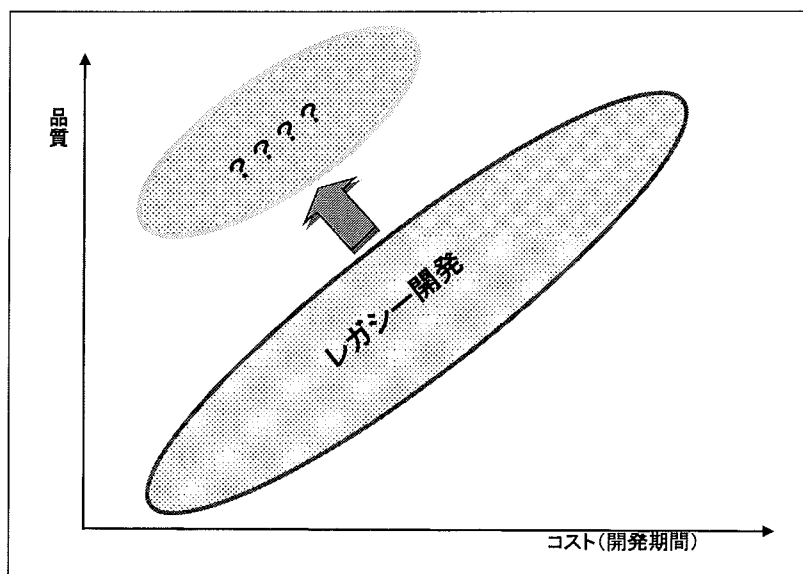
従来の開発手法（本資料では“レガシー開発”と呼ぶ）では、品質とコストの関係は下図のような関係になる

◆品質向上とコスト削減（開発期間短縮）の両立は、永遠の課題



4. モデルベース開発導入のすすめ

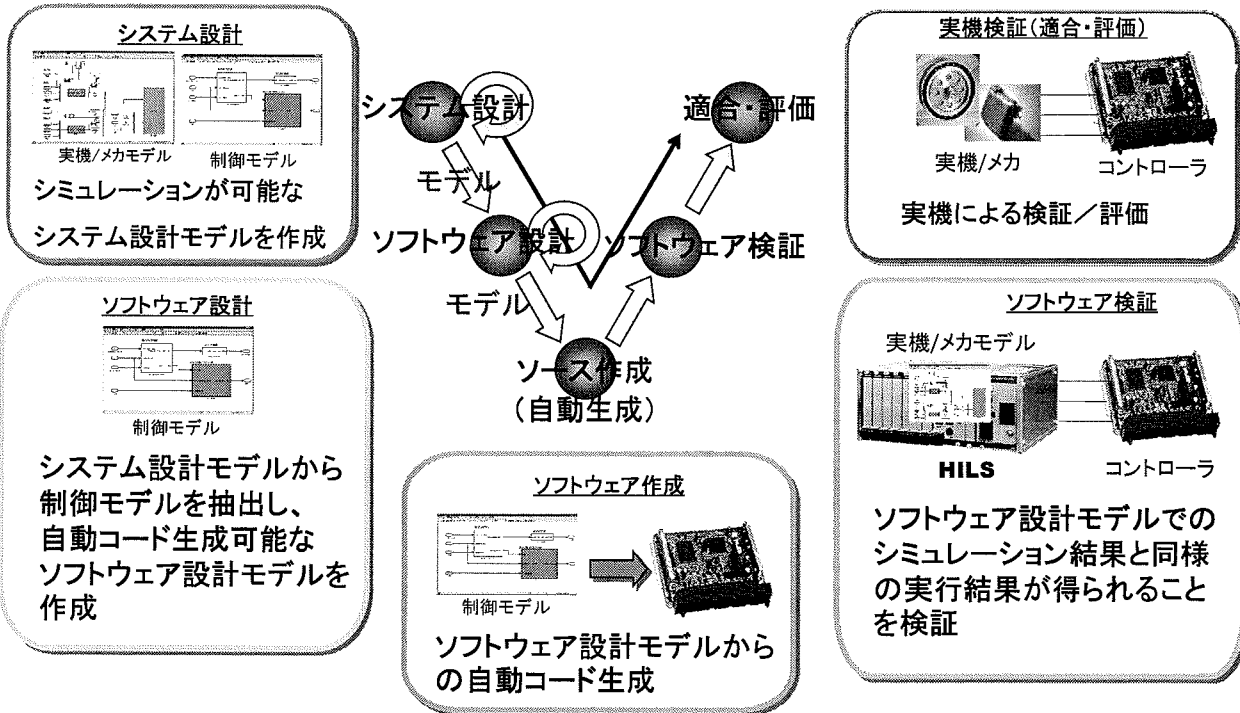
品質向上と相反する開発コスト削減、（開発期間短縮）の両立が可能な開発手法はないのでしょうか？



それがモデルベース開発です

4-1 モデルベース開発とは

シミュレーション技術をソフトウェア開発に取り入れた開発プロセス

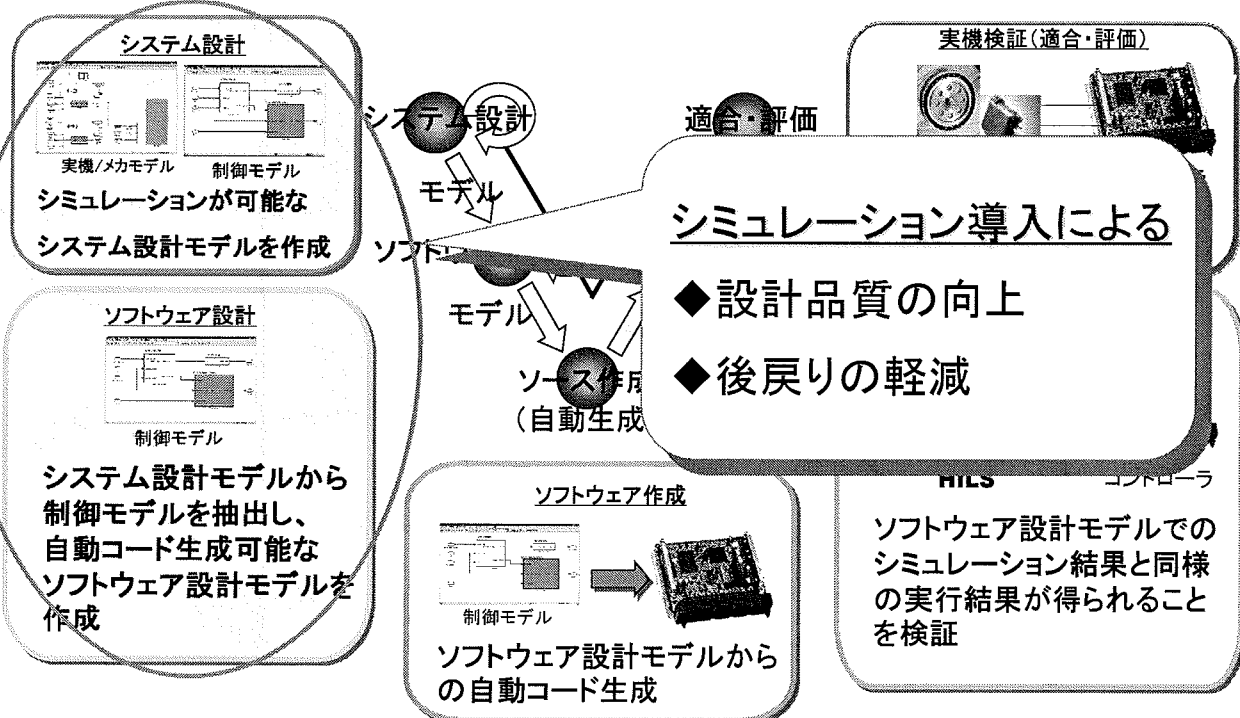


ESEC 組込みシステム開発技術展

Copyright 2011, TOSHIBA INFORMATION SYSTEMS (JAPAN) CORPORATION

4-2 モデルベース開発の利点／導入効果(1)

【設計工程】

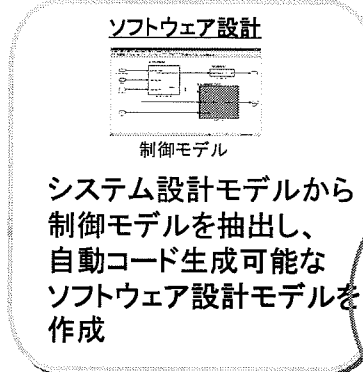
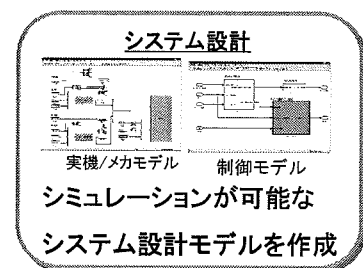


ESEC 組込みシステム開発技術展

Copyright 2011, TOSHIBA INFORMATION SYSTEMS (JAPAN) CORPORATION

4-2 モデルベース開発の利点／導入効果(2)

【プログラム作成工程】

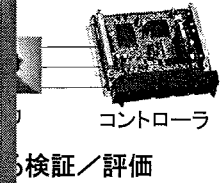


自動コード生成による

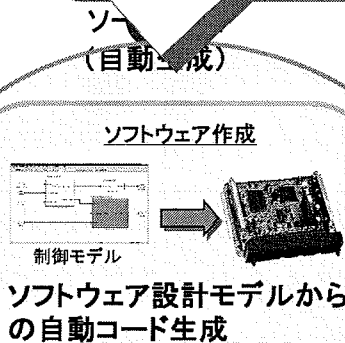
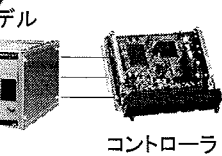
- ◆ 正確なプログラミング
- ◆ ヒューマンエラーの低減
- ◆ 飛躍的な生産性向上

システム
モデル
ソフト

検証(適合・評価)



ソフトウェア検証



ESEC 組込みシステム開発技術展

Copyright 2011, TOSHIBA INFORMATION SYSTEMS (JAPAN) CORPORATION

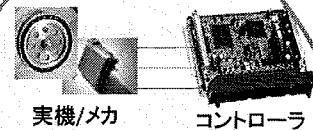
4-2 モデルベース開発の利点／導入効果(3)

【検証工程】

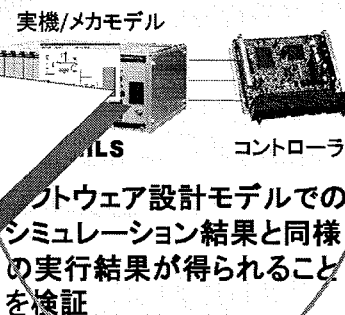
リアルタイムシミュレータの導入により

- ◆ 設計時に作成したモデルを活用
- ◆ 検証項目のデータ化による正確な検証
- ◆ 検証の繰り返し／自動化を実現
- ◆ レアケースの検証の実現
- ◆ ログ出力による確実な検証

実機検証(適合・評価)



ソフトウェア検証



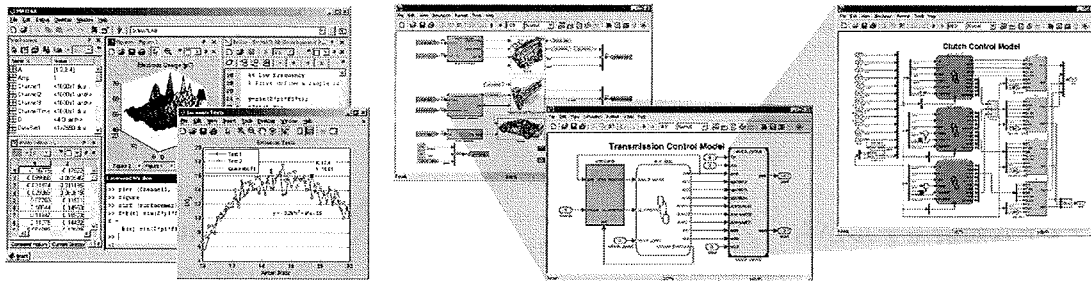
ESEC 組込みシステム開発技術展

Copyright 2011, TOSHIBA INFORMATION SYSTEMS (JAPAN) CORPORATION

4-2 モデルベース開発の利点／導入効果(4)

シミュレーションツール: MATLAB[®] / Simulink[®]

- ◆MATLAB: 米国MathWorks社の製品で、行列計算およびグラフィックスに優れたソフトウェアであり、世界的に広く使われているツール
- ◆Simulink: MATLABの演算機能を活用して動作する、モデル化、シミュレーション、解析を行うツール



MATLAB/Simulinkと自動コード生成ツール(Real-Time Workshop / Embedded Coderなど)を組み合わせることにより、モデルベース開発のプラットフォームとして活用することが可能

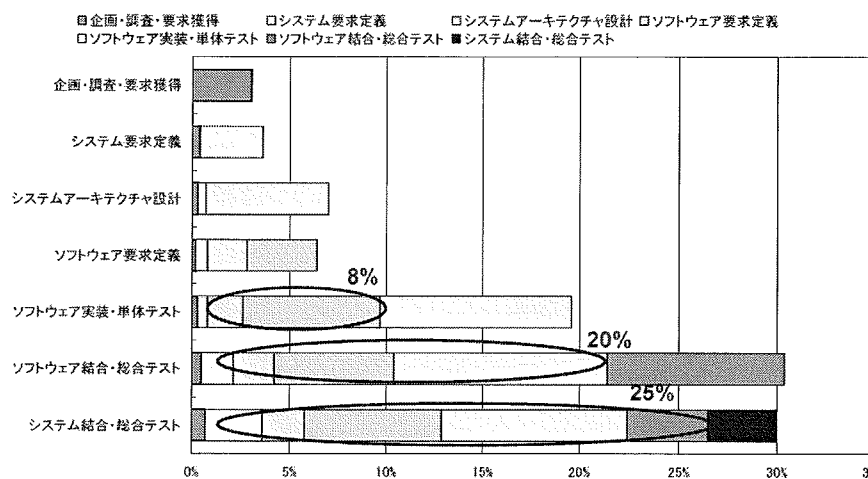
ESEC 14回 組込みシステム開発技術展

Copyright 2011, TOSHIBA INFORMATION SYSTEMS(JAPAN) CORPORATION

4-3 モデルベース開発の効果のまとめ(1)

- ◆ソフトウェアの不具合の50%以上が上流で作りこまれる
- ◆モデルベース開発を導入することにより、後工程への不具合流出の大幅軽減

レガシー開発によるソフトウェアの不具合発生工程と発見工程



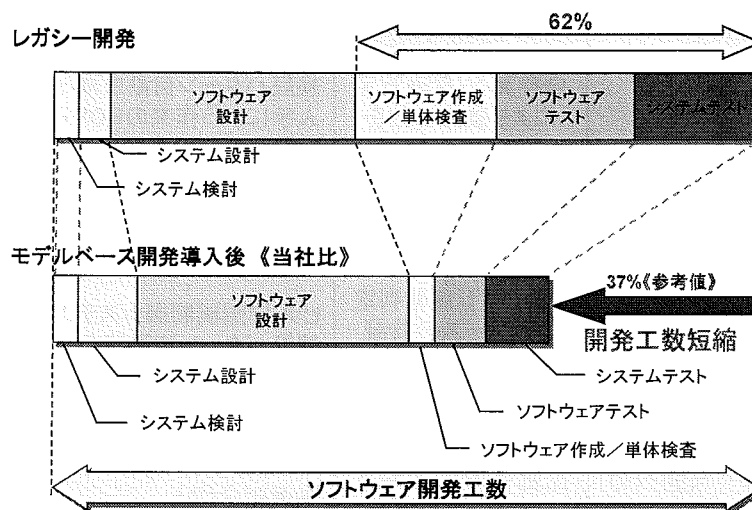
株式会社 組込みシステム開発技術展
2010年版 組込みソフトウェア開発技術展より

ESEC 14回 組込みシステム開発技術展

Copyright 2011, TOSHIBA INFORMATION SYSTEMS(JAPAN) CORPORATION

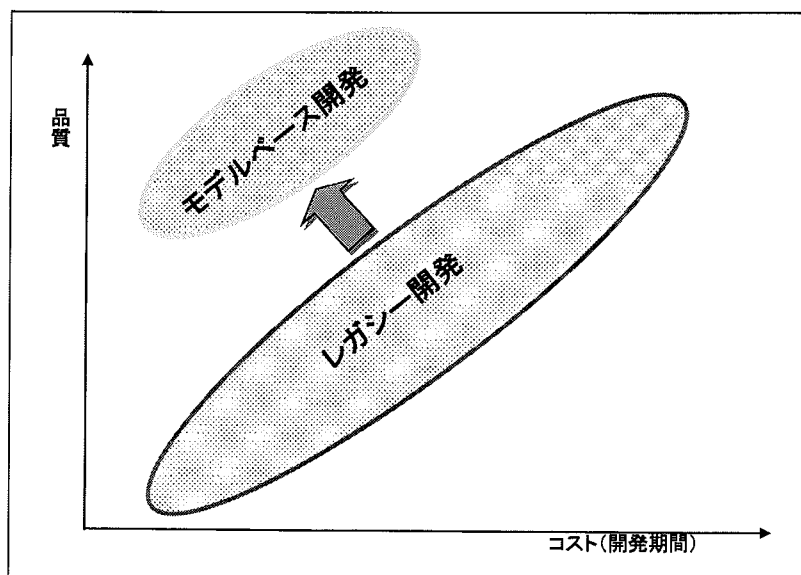
4-3 モデルベース開発の効果のまとめ(2)

- ◆レガシー開発では、ソフトウェア作成～システムテストの工数が62%を占有
- ◆モデルベース開発は、ソフトウェア作成～システムテストの工程で、劇的な開発工数短縮



4-3 モデルベース開発の効果のまとめ(3)

モデルベース開発によって、品質向上と相反する
開発コスト削減、(開発期間短縮)の両立を実現



5. モデルベース開発導入事例(1)

No.	事例	導入効果	備考
1	ロボット用モータ制御コントローラ開発	工期短縮 2ヶ月以上	実機(H/W)との並行開発 実機レスで結合検査を開始
2	インバータECU開発	実機による 検査工数の1/3	レアケースの検証にHILSを導入 フォールトインジェクションの実現
3	ミラー制御ECU開発	検査の自動実行により 検証工数削減	基本形のテストシナリオを用意することにより、横展開時の検証を効率化
4	シート制御ECU開発	設計品質向上	RapidPrototypingの導入により、設計品質を向上し、後戻り工数の削減
5	車載ECU電源電圧変動試験装置	自動実行/自動判定により 検証工数を80%以上削減	検証パターン自動生成/自動実行/自動判定を実現 人手による作業の80%以上を自動化 検証ケースの大幅増強(数百倍以上)
6	自動発券機コントローラ開発	工期短縮 2ヶ月以上	実機(H/W)との並行開発 レアケースの検証にHILSを導入 自動実行による工数/工期削減(2週間→1日)
7	照明制御システムの検証システム	自動実行/自動判定 レアケースの検証 検証効率/品質向上	ビル向照明制御システムの検証を効率化 検証パターン自動実行/自動判定を実現
8	バッテリーマネージメントシステム開発	レアケースの検証 検証時間の短縮	事例紹介(1)
9	半導体ボンディング装置へのモデルベース開発導入	品質/開発効率向上	事例紹介(2)

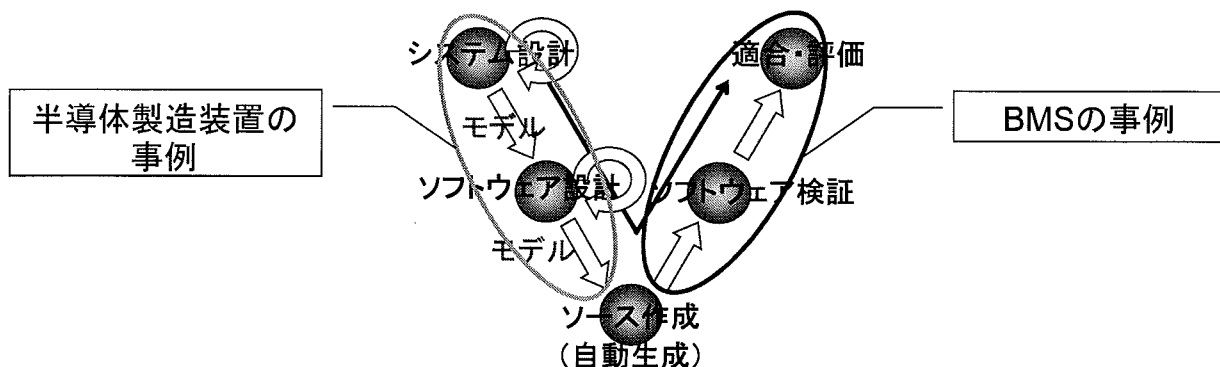
ESEC 組込みシステム開発技術展

Copyright 2011, TOSHIBA INFORMATION SYSTEMS(JAPAN) CORPORATION

5. モデルベース開発導入事例(2)

◆バッテリーマネージメントシステム(BMS)開発 HILS(M-RADSHIPS®)導入

◆半導体製造装置開発 モデルベース開発導入

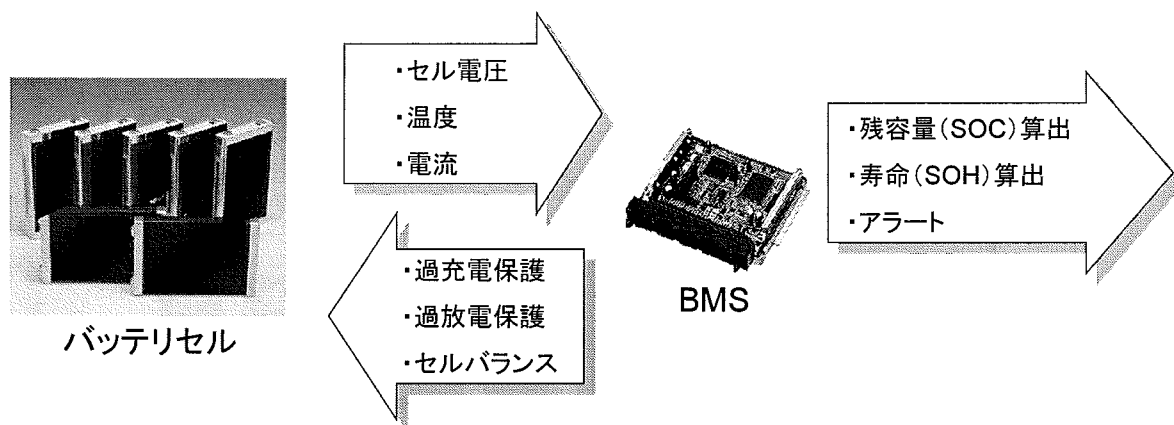


ESEC 組込みシステム開発技術展

Copyright 2011, TOSHIBA INFORMATION SYSTEMS(JAPAN) CORPORATION

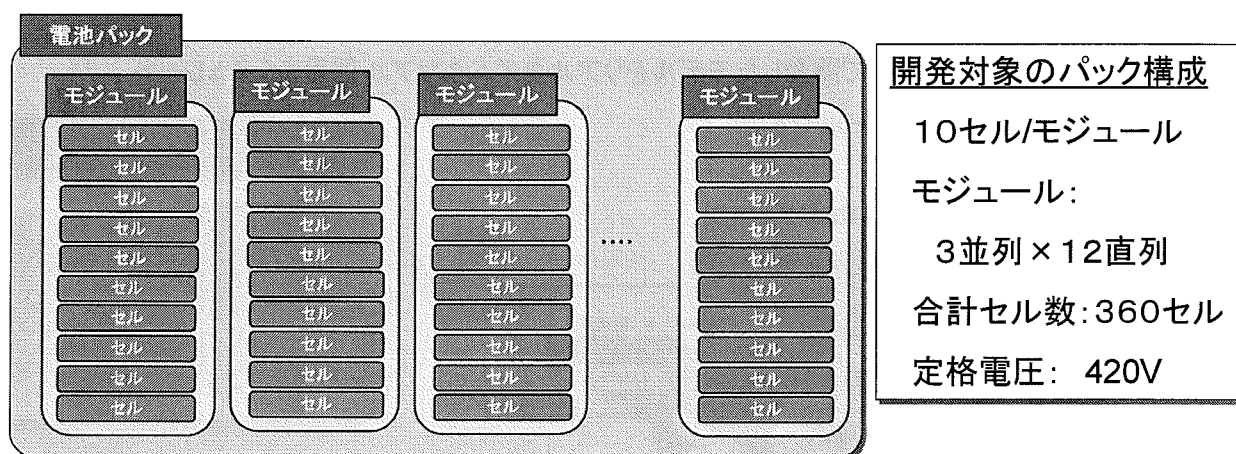
5-1 バッテリマネージメントシステム(BMS)開発(1)

バッテリマネージメントシステムとは、リチウムイオン電池の寿命を保つために、過充電／過放電からの保護、複数の電池セルの電荷のバランスを整える等のマネージメントを行うシステムです。



5-1 バッテリマネージメントシステム(BMS)開発(2)

電池の構造



BMSに要求される機能

セル1つ1つの電圧、温度情報を取得し下記の制御をしなければならない

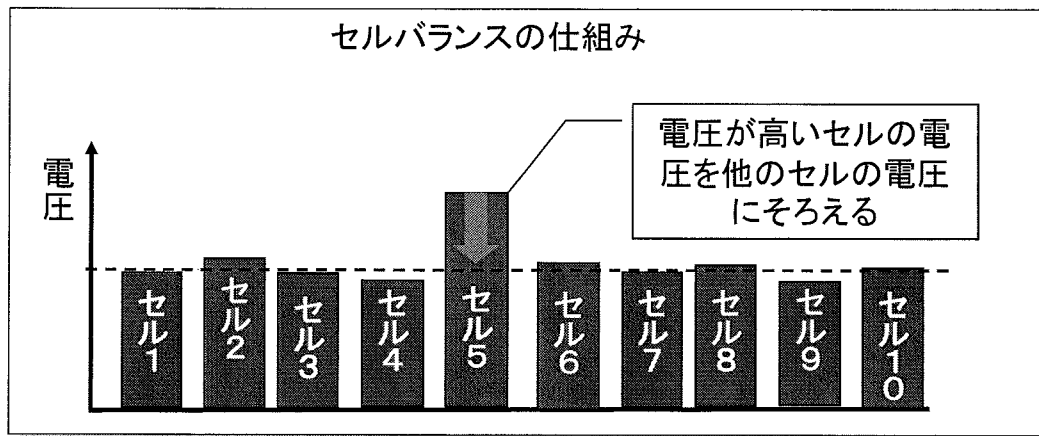
- ◆ 過充電／過放電の保護
- ◆ バランス制御

5-1 バッテリマネージメントシステム(BMS)開発(3)

課題

BMSの検証をするためには、下記のような課題があります。

- ◆セルの数が多いため、手作業での検証では非常に手間がかかる
- ◆バランス制御はフィードバック制御が必要なため、単純な治具では検証できない
- ◆検証を行うためには、充放電を繰り返す必要があり、実機では時間がかかりすぎる
- ◆電池の定格電圧は400Vを超えているため、取り扱いが難しい



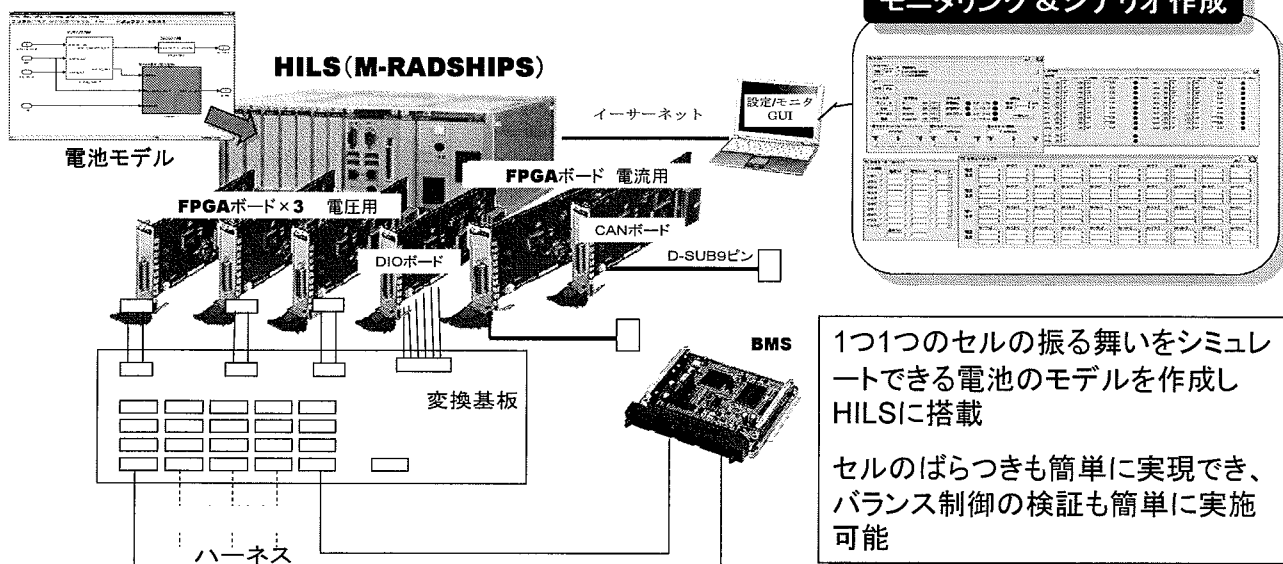
ESEC 組込みシステム開発技術展

Copyright 2011, TOSHIBA INFORMATION SYSTEMS(JAPAN) CORPORATION

5-1 バッテリマネージメントシステム(BMS)開発(4)

課題に対する対策:HILSの導入

HILS (Hardware In the Loop Simulationの略)とは、リアルタイムシミュレータで、MATLAB/Simulinkにて開発したモデルをリアルタイム&リアル信号をシミュレートさせることができるツールです。



ESEC 組込みシステム開発技術展

Copyright 2011, TOSHIBA INFORMATION SYSTEMS(JAPAN) CORPORATION

5-1 バッテリマネージメントシステム(BMS)開発(5)

導入効果(1)

◆レアケースの検証

- ・過充電/過放電の保護機能の検証
- ・セルバランスの検証
- ・温度変化に対する制御の検証
- ・電流に対する制御の検証

◆検証工数削減

- ・テストシナリオによる繰り返し検査の簡略化
- ・検査環境設定時間の短縮(数時間/件→数秒～数分/件)

◆安全上のリスク回避

- ・大電圧を取り扱う必要がない
(実機では数百Vという電圧を扱わなければならない)

※ソフトウェア検証工程の80%は、HILSを使用して行っている

ESEC

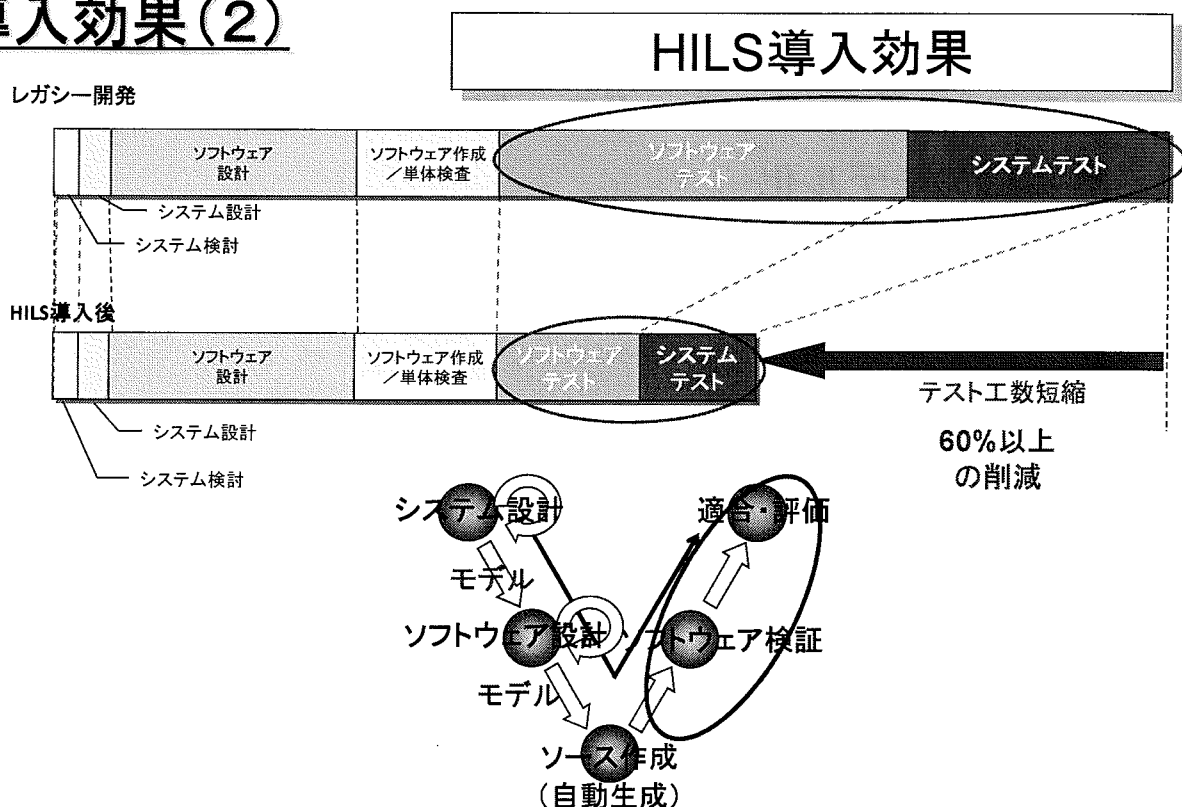
第14回

組込みシステム開発技術展

Copyright 2011, TOSHIBA INFORMATION SYSTEMS(JAPAN) CORPORATION

5-1 バッテリマネージメントシステム(BMS)開発(6)

導入効果(2)



ESEC

第14回

組込みシステム開発技術展

Copyright 2011, TOSHIBA INFORMATION SYSTEMS(JAPAN) CORPORATION

5-1 バッテリマネージメントシステム(BMS)開発(7)

課題

BMS開発全体をモデルベース開発にすることを検討



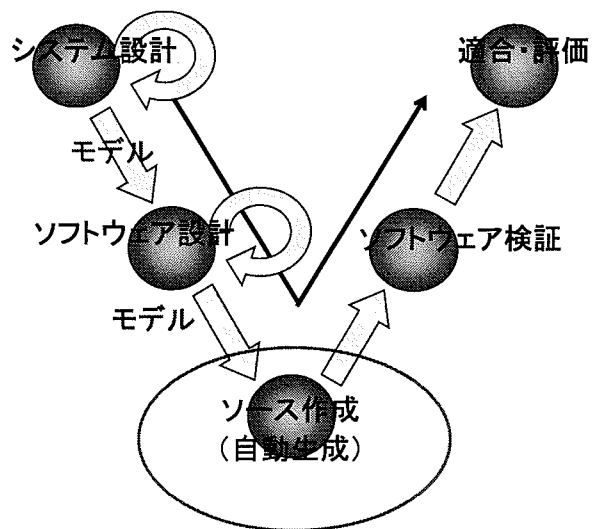
BMSのマイコンが小さいため、自動生成コードが搭載できない



自動コード生成が利用できなければ、モデルベース開発の利点を十分享受できない。



費用対効果の再検討

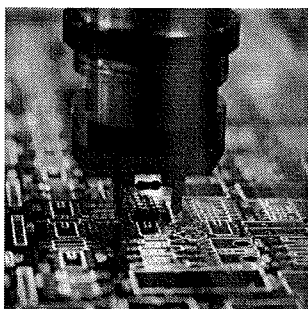


5-2 半導体製造装置への導入事例(1)

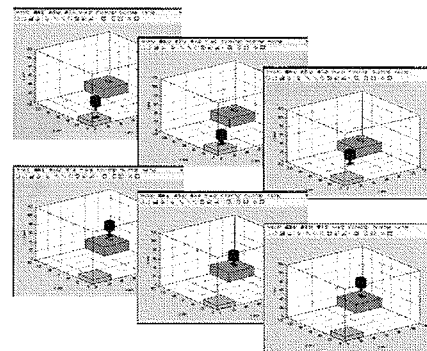
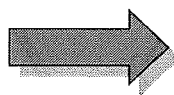
半導体製造装置(本事例ではボンディング装置)

ステッピングモータ、サーボモータによって、各装置を構成

- ◆実機のモデル化
- ◆制御モデルから自動コード生成
- ◆実機検証



実機



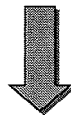
モデルによるアニメーションイメージ

5-2 半導体製造装置への導入事例(2)

課題

現状のソフトウェア

- ◆基本部は、十数年前に設計・製造されたもの
- ◆総ステップ: 十数万step
- ◆変更を加え続けているため、メンテナンスが難しくなっている
- ◆実機とのすり合わせによる検証



新製品の開発

要望

- ◆構造の見直し⇒品質／メンテナンス性向上
- ◆トータルコストの削減

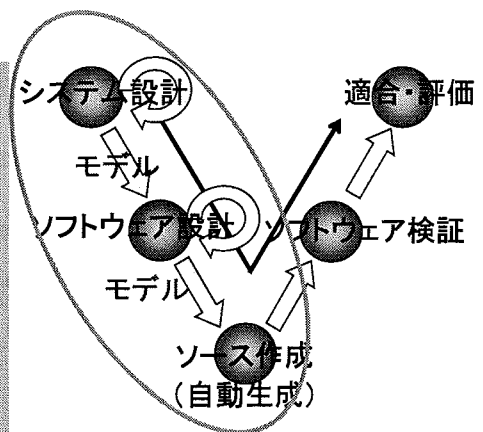
5-2 半導体製造装置への導入事例(3)

対策

モデルベース開発の導入

期待する効果

- ◆ソフトウェアの構造改善
 - ・Simulinkを使用することで、必然的に構造化された形になる
- ◆品質向上効果／メンテナンス性向上
 - ・シミュレーションによる確認ができることで、大きく改善
- ◆開発費削減／開発期間短縮効果
 - ・自動コード生成、シミュレータによる検証を導入することにより、大きく改善



5-2 半導体製造装置への導入事例(4)

モデルベース開発を導入することの課題

◆モデル作成

- ・メカを含めたモデルをどう構築するか？

◆モデル開発／メンテナンス性

- ・開発は一過性のものではなく、継続的に行うためメンテナンス性が重要
- ・モデル開発者の育成はどうするのか？



◆ステッピングモータモデルIPを活用

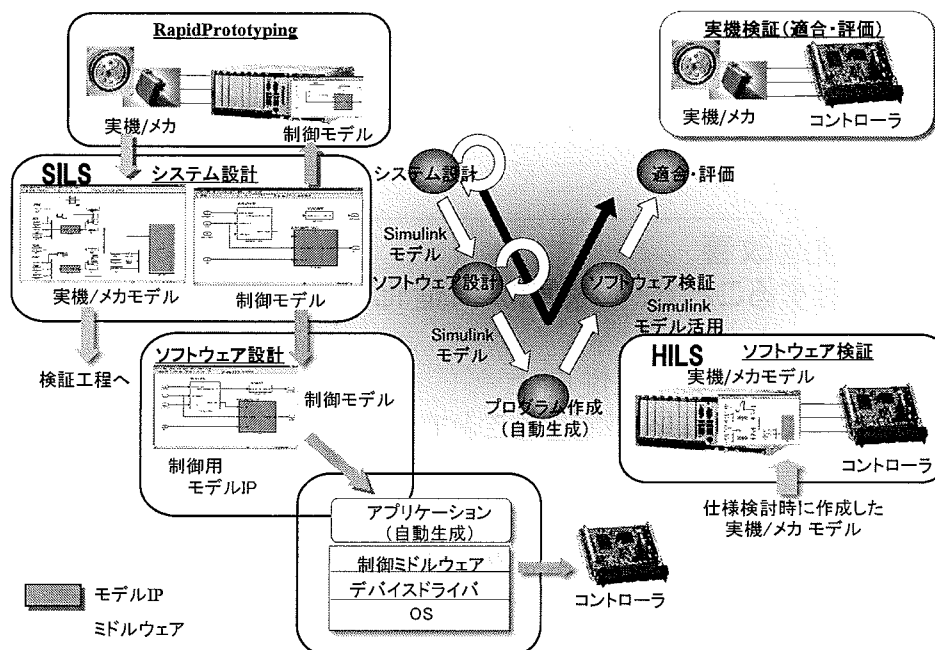
- ・本装置はステッピングモータの組み合わせでできているため、モデルIPを活用し、メカ／制御全体をモデル化

◆モデル開発者育成

- ・モデルベース開発セミナーの開催
- ・モデルベース開発経験者との共同開発

5-2 半導体製造装置への導入事例(5)

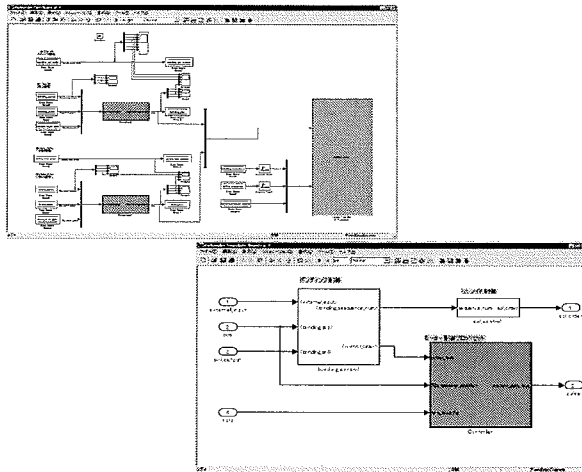
半導体製造装置向けモデルベース開発全体像



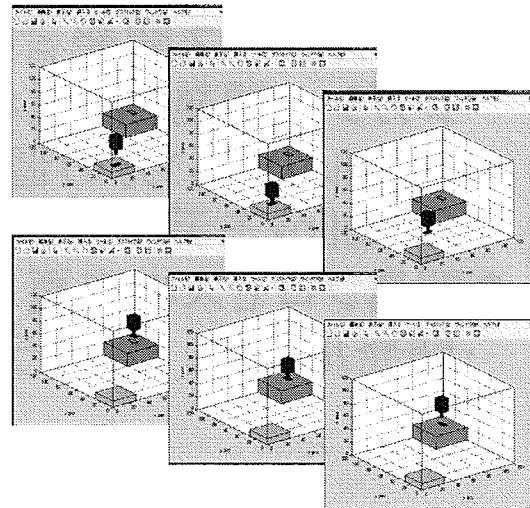
5-2 半導体製造装置への導入事例(6)

半導体製造装置デモ

Simulinkモデル



MATLAB GUI



5-2 半導体製造装置への導入事例(7)

導入効果

- ◆ソフトウェアの構造改善
 - ・Simulinkを使用することで、必然的に構造化された形になる
- ◆品質向上効果／メンテナンス性向上
 - ・シミュレーションによる確認ができることで、大きく改善
- ◆開発費削減／開発期間短縮効果
 - ・自動コード生成、シミュレーションの活用で大幅な削減効果

ステッピングモータモデルIPを活用することで、モデル作成についても大幅な効率化を実現



本装置の中でもっともクリティカルな
ヘッド制御部分の開発を2ヶ月で完了
(レガシー開発の1/2以下)

5-2 半導体製造装置への導入事例(8)

課題

- ◆実機とモデルの差異の工夫
 - ・KnowHow取得要
- ◆モデルベース開発者の育成
 - ・レガシー開発とは異なる開発スタイルとなる
 - ・ツールの使い方の習得
 - ・Simulinkモデルの作り方
- ◆開発プロセスの変更／ルール、ガイドラインの作成
 - ・開発ルール、ガイドラインを見直す必要あり

5-2 半導体製造装置への導入事例(9)

今後の展開

ステッピングモータ、サーボモータを使用する産業機器、ロボット等への活用

シーケンサ(PLC)による制御

- ◆他の機器との連動
- ◆データ管理
- ◆複雑な計算

モデルベース開発の導入

組込みマイコン

産業用PC



産業用機械／産業用ロボット

6.モデルベース開発の課題と対策

◆設計工程の肥大化

- ・設計工程でメカを含めてモデルを作成する必要がある

◆自動生成コードのサイズ／性能の問題

- ・人手による作成に比べれば、サイズ／性能共に劣化する可能性はある

◆モデルベース開発者の不足

- ・現在のところ、モデルベース開発可能な技術者は、ソフトウェア技術者全体の数%

6-1 設計工程の肥大化(1)

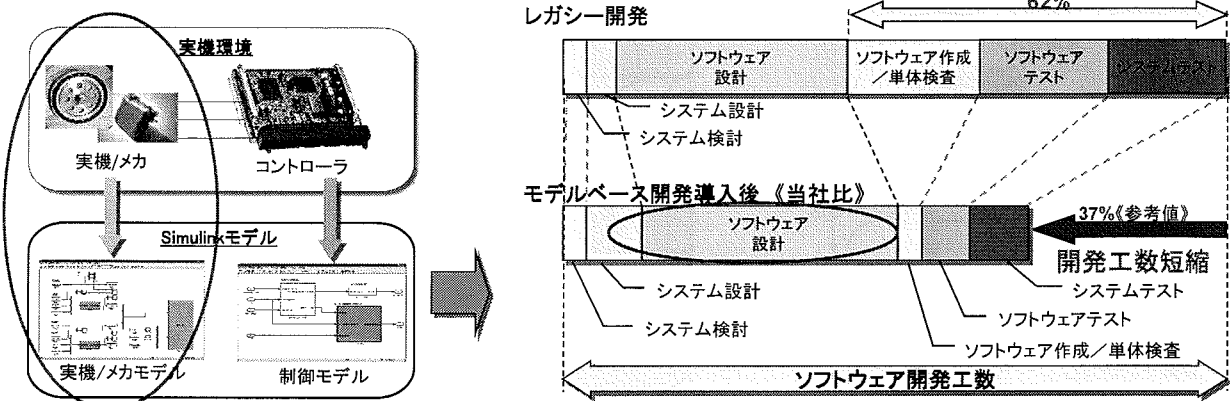
実機/メカのモデルを作成する必要がある



ソフトウェア開発者は、実機/メカをモデル化するのは苦手



実機/メカモデルは、正確さは必要だが、詳細化しすぎるとオーバースペックとなる。さらに、シミュレーション速度が遅くなる



6-1 設計工程の肥大化(2)

対策

市販の実機/メカのモデルを利用する



市販のモデルの種類は、まだ充実していない

市販のモデルは、正確さが重要であるため、ソフトウェアの開発向けとしては、オーバースペックになりがちで、ソフトウェア開発者にとって難解なケースも少なくない



開発用途ごとに、ソフトウェア開発に適した、実機/メカモデルが必要

6-2 自動生成コードのサイズと性能(1)

自動コード生成がもたらす効果は非常に大きいですが、プログラムのサイズの肥大化、性能の劣化が懸念される

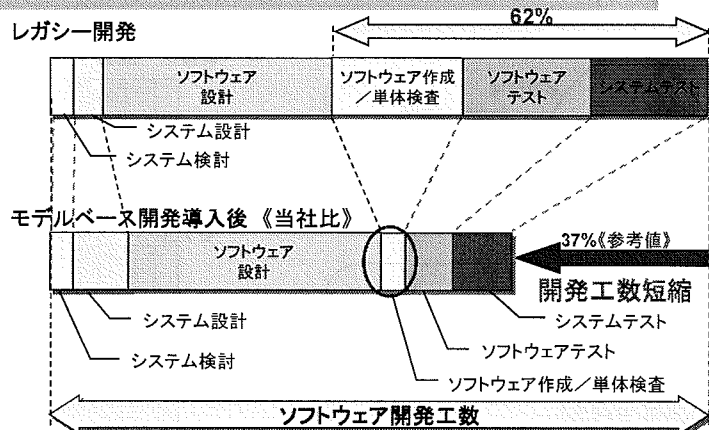
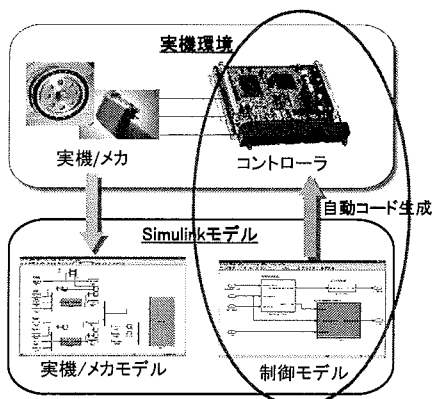


CPU (性能/メモリサイズ)を大きくすれば解決する



トレードオフ

製品コストが上がる

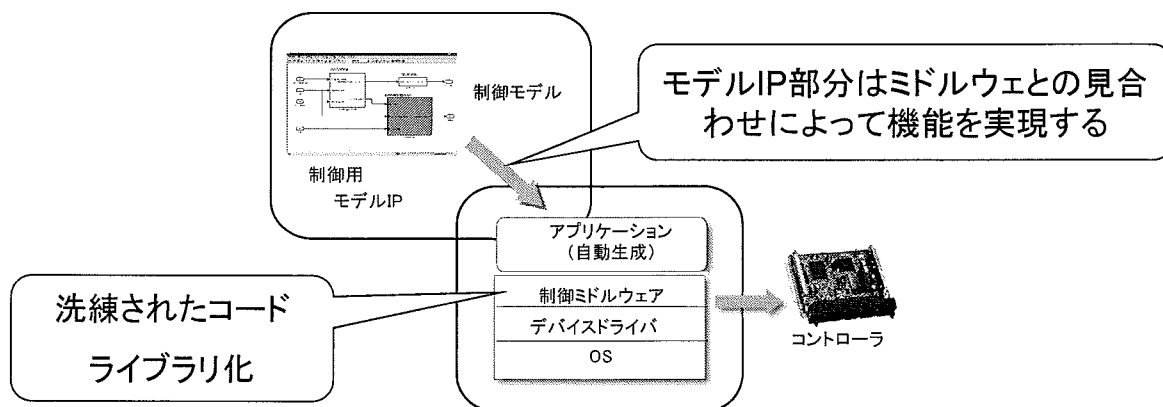


6-2 自動生成コードのサイズと性能(2)

モデルIPの活用

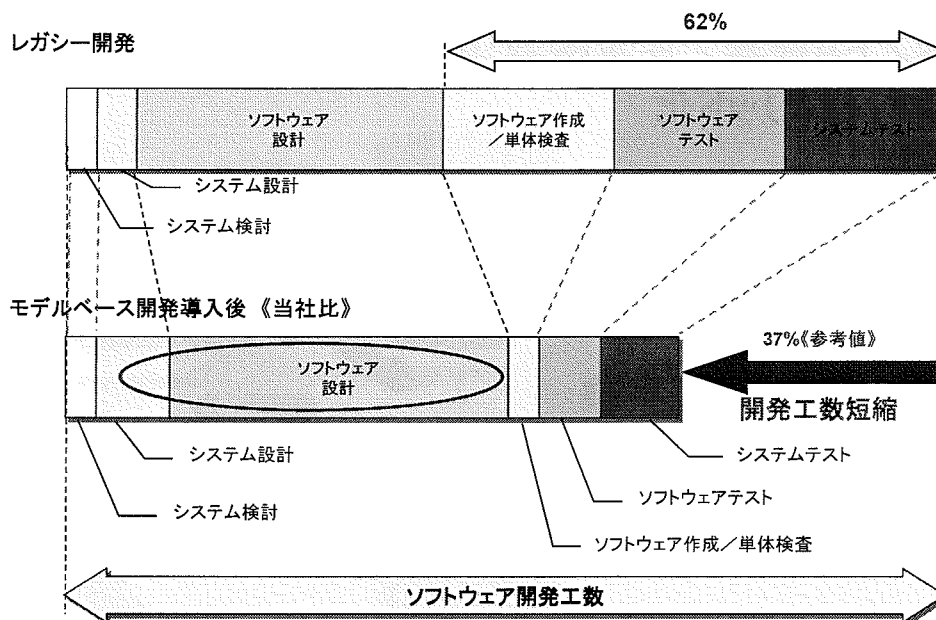


自動生成コードと洗練されたコードの組み合わせ



6-3 モデルベース開発者不足

モデルベース開発を実践するには、上流工程の技術者が必要



7.まとめ

◆モデルベース開発適応領域の拡大

製造装置・エネルギー関連へのモデルベース
開発の拡大

◆モデル関連IPの拡充

モデルベース開発の普及には市販のモデル
IPの拡充は必要不可欠

◆モデルベース開発者の育成

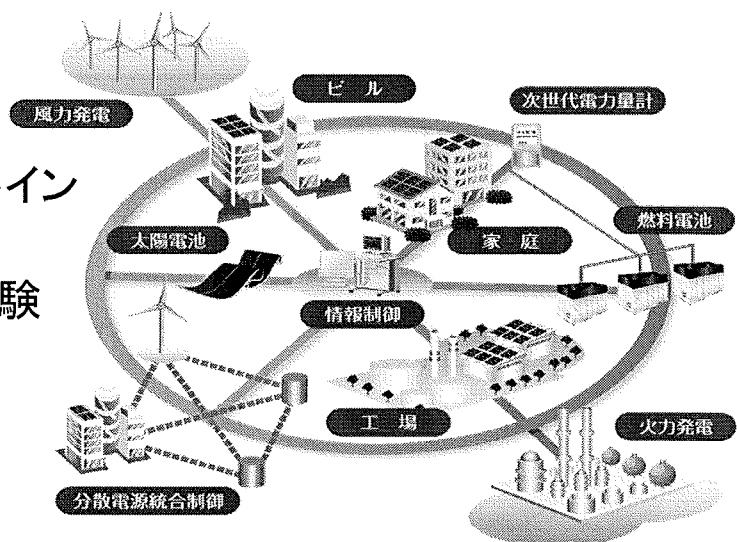
7-1 モデルベース開発適応領域の拡大

適応され始めている領域

- ◆車載関連:モデルベース開発は導入済み
HEV/EV/FC-EVへ拡大



- ◆建設機器/FA機器/産業機器:開発量が多いドメイン
建機のハイブリッド化
生産設備
社会インフラ
- ◆エネルギー関連:注目ドメイン
照明制御
スマートグリッド実証実験

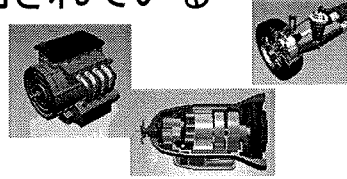


7-2 モデルIPの拡充(1)

モデルベース開発の普及には市販のモデルIPの拡充は必要不可欠

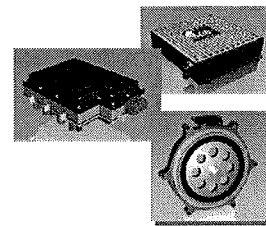
車載系ではすでにモデルIPが活用されている

- ◆エンジンモデル
- ◆車両運動モデル



工業制御／FA機器／産業機器、エネルギー分野

- ◆電池モデル
- ◆インバータモデル
- ◆ステッピングモータモデル
- ◆三相モータモデル

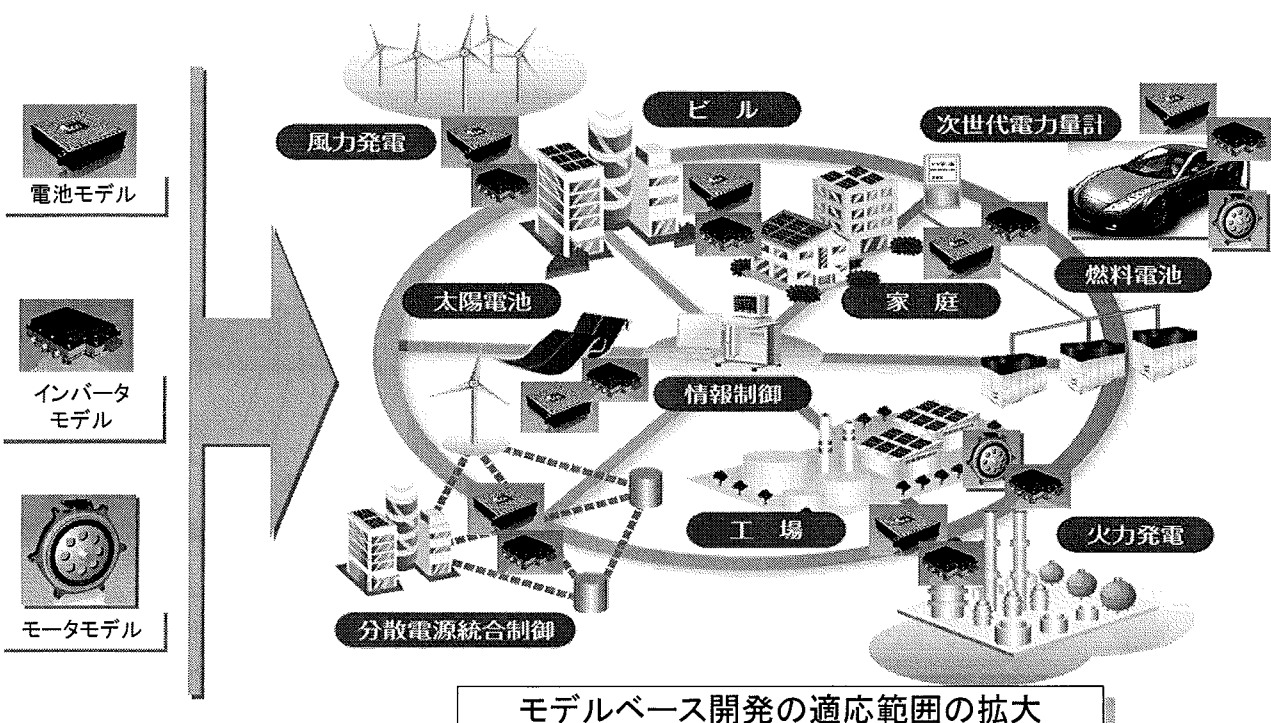


ESEC 第14回 組込みシステム開発技術展

Copyright 2011, TOSHIBA INFORMATION SYSTEMS(JAPAN) CORPORATION

7-2 モデルIPの拡充(2)

モデルベース開発に適したモデルIPの拡充



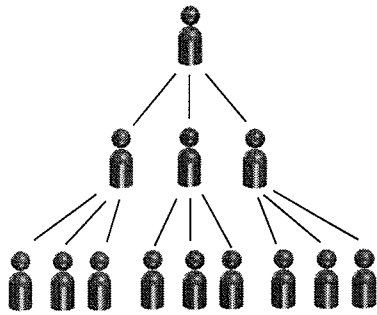
モデルベース開発の適応範囲の拡大

ESEC 第14回 組込みシステム開発技術展

Copyright 2011, TOSHIBA INFORMATION SYSTEMS(JAPAN) CORPORATION

7-3 モデルベース開発者の育成

- ◆モデルベース開発育成カリキュラム
- ◆モデルベース開発者向けセミナーの開催
- ◆モデルベース開発コンサルテーション



育成イメージ

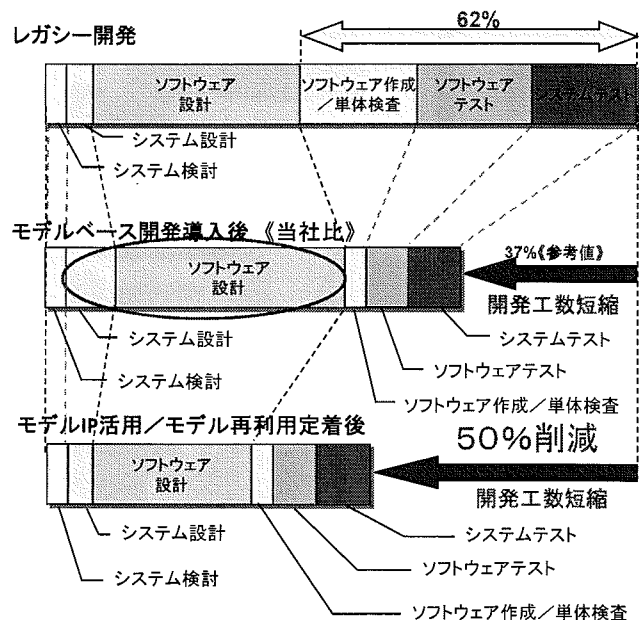
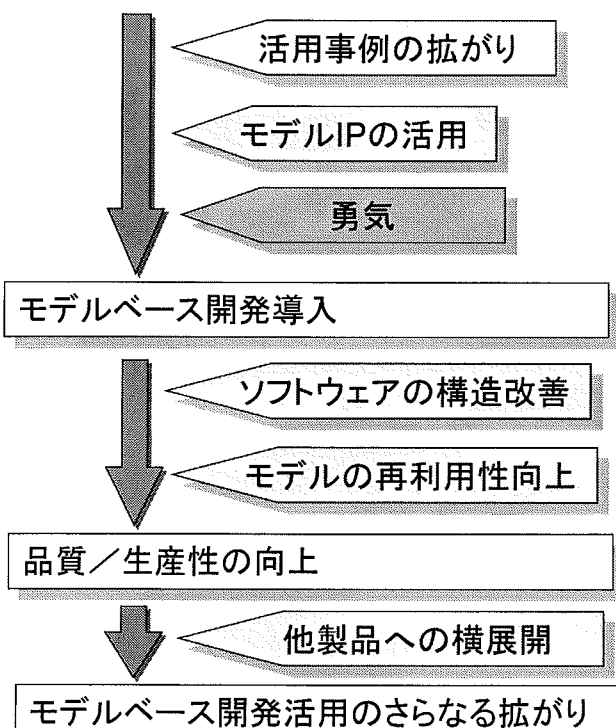
教育項目	項目	内容
モデルベース開発 基礎教育	MATLAB / Simulink 習得	開発ツールである The Mathworks社の MATLAB / Simulink の習得。 - e-learning / 書籍学習 - 社外講習
	モデリング 規約把握	モデル記述規約である JMAAB (Japan MATLAB Automotive Advisory Board) 制定のモデリングガイドライン の把握。
モデルベース開発 実践	モデル設計 モデル作成	モデリング技術の習得。 - OJTによる習得(パイロットJOB) - 有識者による指導
	モデル検査 / チューニング	
	M-ファイル プログラム作成	モデリングプロセスの把握。 - OJTによる把握(パイロットJOB) - 有識者による指導
	モデリング推進 (プロセス把握)	

ESEC 組込みシステム開発技術展

Copyright 2011, TOSHIBA INFORMATION SYSTEMS(JAPAN) CORPORATION

7-4 おさらい

モデルベース開発の導入効果は大きいことはわかっているが...



ESEC 組込みシステム開発技術展

Copyright 2011, TOSHIBA INFORMATION SYSTEMS(JAPAN) CORPORATION

ご静聴ありがとうございました

