SUBARU

UMLとSimulink®による
車両制御向けモデルベース開発の実践

～量産開発への新技術の適用方法、教えます!
富士重工業様の事例より～

※Simulink はThe MathWorks, Inc.の登録商標です。
※UML、Unified Modeling Languageは
OMG（Object Management Group）の商標です。
※記載されている社名、製品名は
各社の商標または登録商標です

株式会社 オージス総研
Osaka Gas Information System Research Institute Co., Ltd.

目次

1．モデルベース開発について
- はじめに
- 分析の必要性
- 開発の進め方
- お客様の声

2．モデルベース開発導入の背景

3．モデルベース開発適用への道のり

4．今後の課題・展望

SUBARU

１．モデルベース開発について

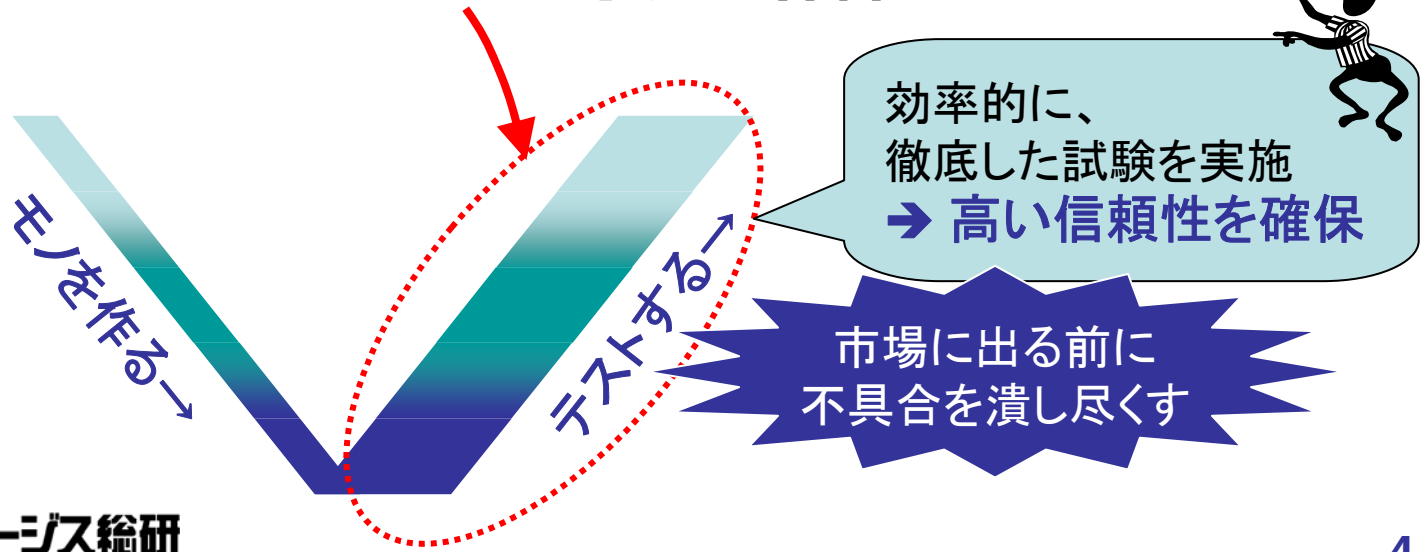
～はじめに～

株式会社 オージス総研
Osaka Gas Information System Research Institute Co., Ltd.

車両制御の品質向上へのアプローチ

- **世間で注目されているのは、効率的な試験による信頼性の向上**
  - HILS(Hardware in the Loop Simulation), SILS(Software in the Loop Simulation)**の導入など**

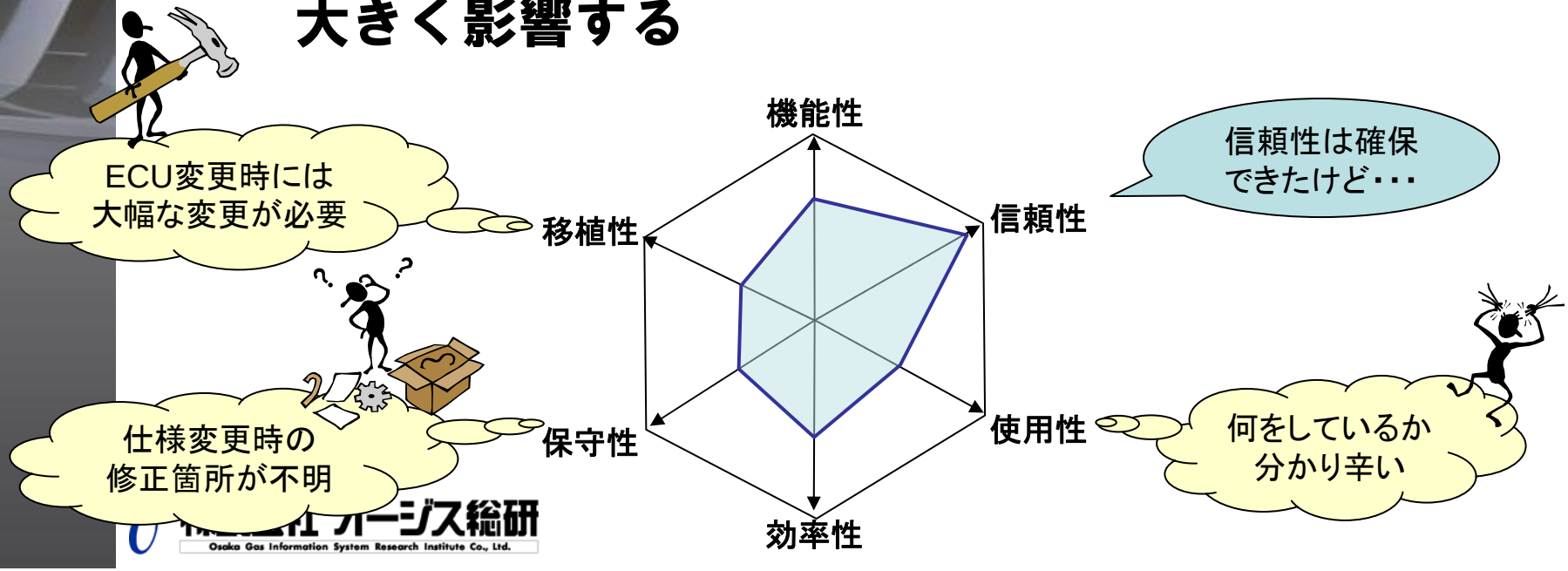
▶ **Vプロセスではこっちを手厚く保障**



株式会社 オージス総研
Osaka Gas Information System Research Institute Co., Ltd.

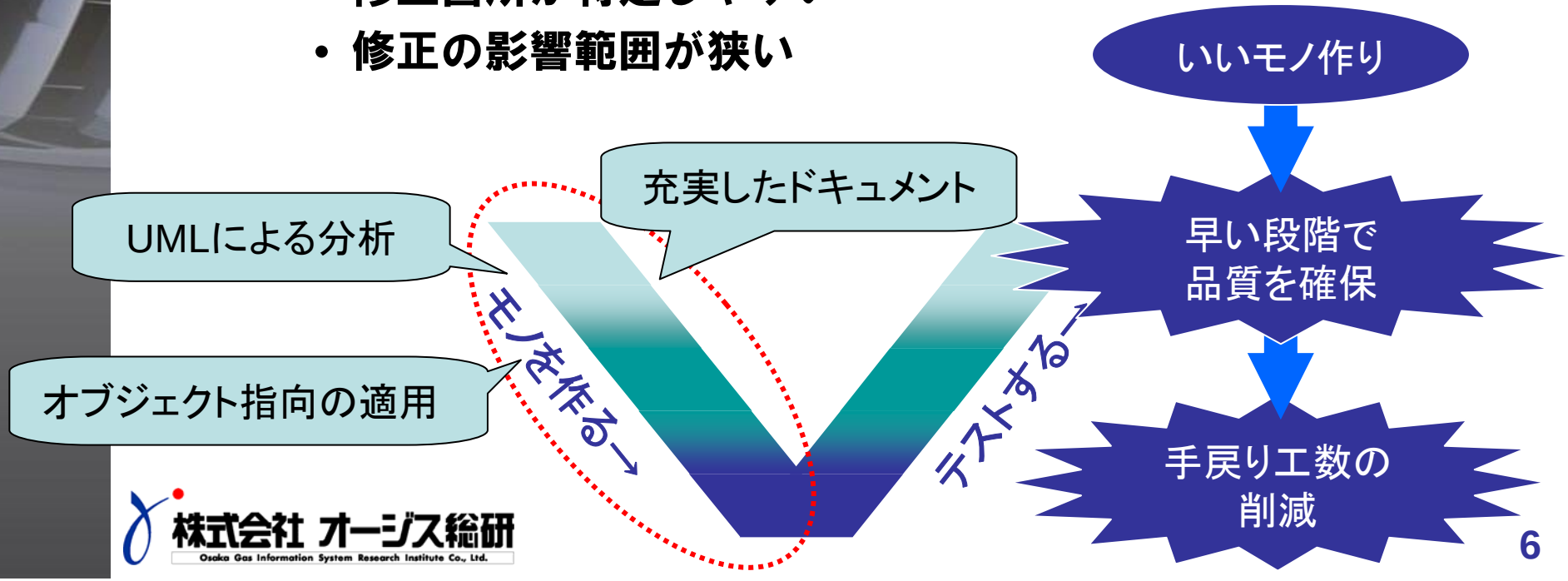
それだけで十分なのか？

- 効率的な試験も重要だが、信頼性だけが品質ではない
  - ISO 9126で規定されるソフトウェア品質
    - 信頼性以外に、機能性、使用性、効率性、保守性、移植性
  - 保守性・移植性といった設計品質は、開発効率にも大きく影響する



もうひとつのアプローチ

- モノを作る段階で品質を確保する
  - そもそも不具合が発生しにくい作り
    - 論理的でわかりやすく、ムリ・ムダ・ムラのない作り
  - 不具合が発生しても、修正しやすい作り
    - 修正箇所が特定しやすい
    - 修正の影響範囲が狭い

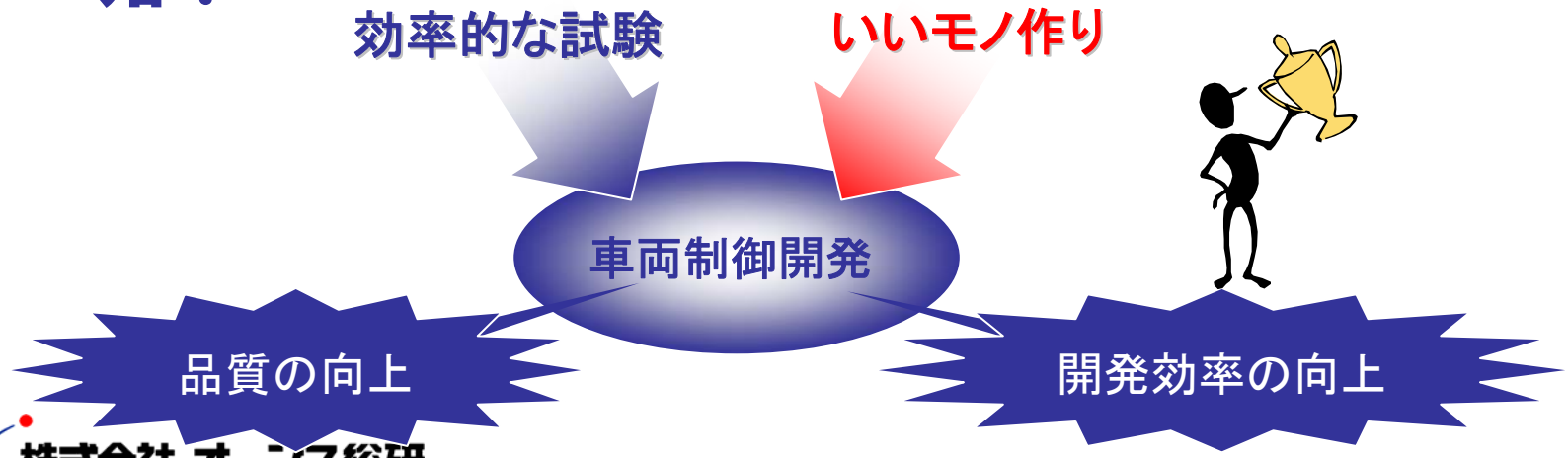


株式会社 オージス総研
Osaka Gas Information System Research Institute Co., Ltd.

モデルベース開発の導入

- 「効率的な試験」に加え、「いいモノ作り」も併せて行うことで、トータルな品質向上・開発効率向上を目指す

- 2006年4月より、オージス総研支援のもと、モデルベース開発適用による改善活動を開始！



株式会社 オージス総研
Osaka Gas Information System Research Institute Co., Ltd.

SUBARU

１．モデルベース開発について

～分析の必要性～

株式会社 オージス総研
Osaka Gas Information System Research Institute Co., Ltd.

分析をしないケース

- “やりたいこと”が実現できるSimulinkモデルをいきなり作る
  - 実際に動作させて確認する、プロトタイピング型開発
    - 動くモデルが描けるのはSimulinkの大きな利点

“あんなことしたい…”

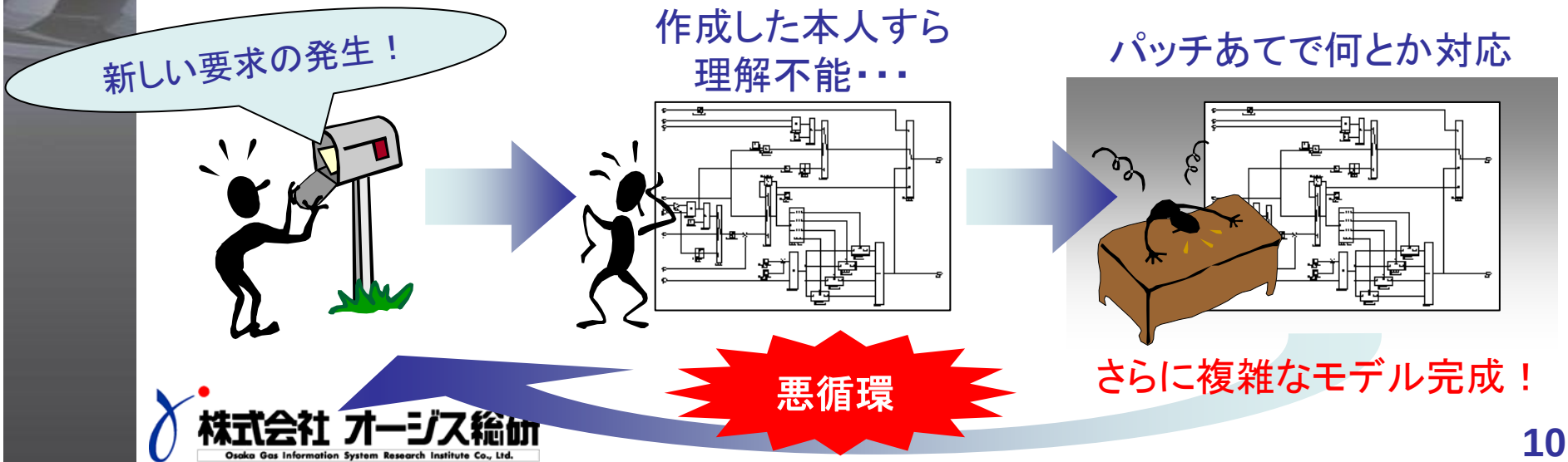
実現方法(How)に
頭を悩ませ…

「動くモデル」の完成

株式会社 オージス総研
Osaka Gas Information System Research Institute Co., Ltd.

何がマズイのか

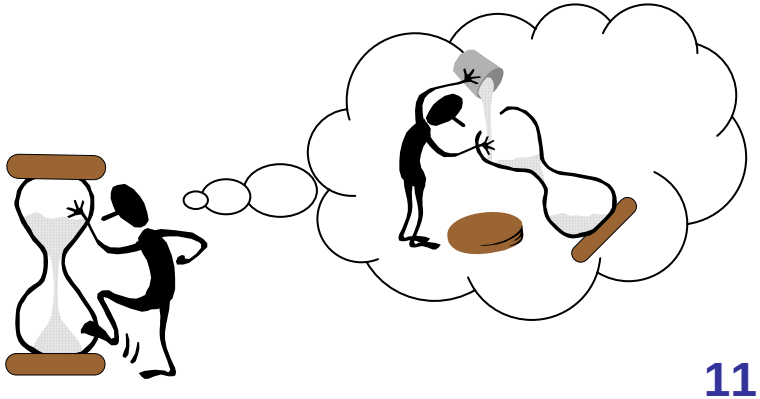
- 確かに”動く”モデルはできるものの…
  - 結果しかなく意図・目的が不明
  - サブシステム構造が非論理的
- 読み解くのが困難
- 不用意に手を入れられない
  - どこをどうやって修正すれば良いかが分からない



生産性の悪化

- 車両制御開発では、生産性の悪化をまねきかねない
  - 高い再利用率
    - 信頼性を確保するため
  - 多くの人が維持・管理に携わる

- 現在の車両制御開発を取り巻く環境においては致命的
  - ソフトウェアの肥大化
  - 短縮される開発期間



さらに、Simulinkモデルの品質は･･･

- ありがちなモデル構築手順は
  - 思いつくままにモデル化
  - 規模が大きくなってくると、適当に（≠適切に）サブシステム化
    - サブシステムが意味のくくりではないため、サブシステムの命名も不適切
    - 名が体を表さず、読み解くのが困難に･･･

- ムリ・ムダ・ムラが生じやすい
  - 似たような処理が散在
  - 処理間の干渉
  - 干渉を回避するためのつじつま合わせ

さらに、テストでは・・・

- 要求が明確になっていないと、何を確認すればよいのか分からない
  - レビューの観点も実現方法の確認に偏ってしまう

- 場当たり的なテストになりがち
  - 「何となく動いたからOK」？？？
- 機能追加時に、本来の機能が損なわれていることに気付けない

株式会社 オージス総研
Osaka Gas Information System Research Institute Co., Ltd.

では、どうするか？

- まずは分析から！
- 「分析」とは
  - 解くべき問題の整理・整頓
    - 整理・整頓ができていると問題がわかりやすくなり、どんな人でも仕事がやりやすい

  - 開発対象の本質を明らかにする
    - 本質に沿って制御を作ることで、理解しやすく安定したものができる

- 部分最適から全体最適へ！

SUBARU

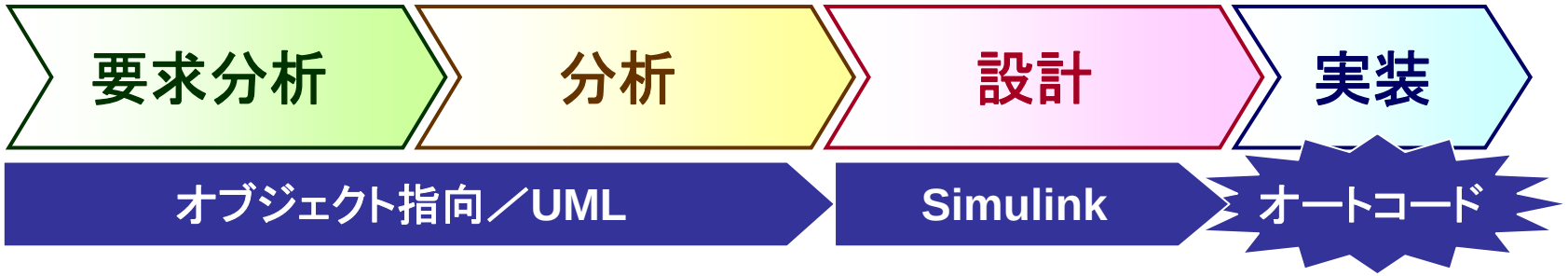
１．モデルベース開発について

～開発の進め方～

株式会社 オージス総研
Osaka Gas Information System Research Institute Co., Ltd.

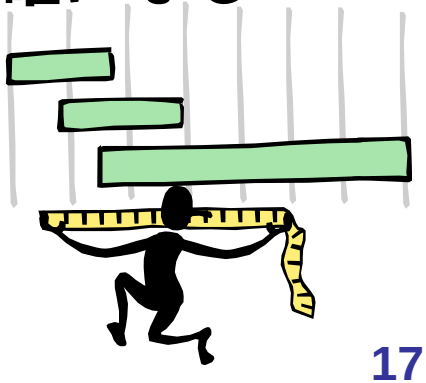
全工程をモデルベースで開発

- UMLとSimulinkの強みを活かして使い分ける
  - 上流工程はオブジェクト指向／UMLを適用
    - 目的／実現方法を個別に表現できる
    - 抽象化を用いた簡略表現ができる
  - 下流工程はSimulinkを適用
    - 動くモデルが書ける
    - 机上／実車で容易に動作検証が可能



要求分析

- 機能要求・非機能要求を抽出する
  - 車両制御においては、非機能要求が重要な場合が多い
- 要求分析をしっかり行うことで期待できる効果
  - 関係者間の認識合わせ
  - 検証段階で何を確認すればよいのか明確になる
  - 開発ボリュームの見積もりが行える

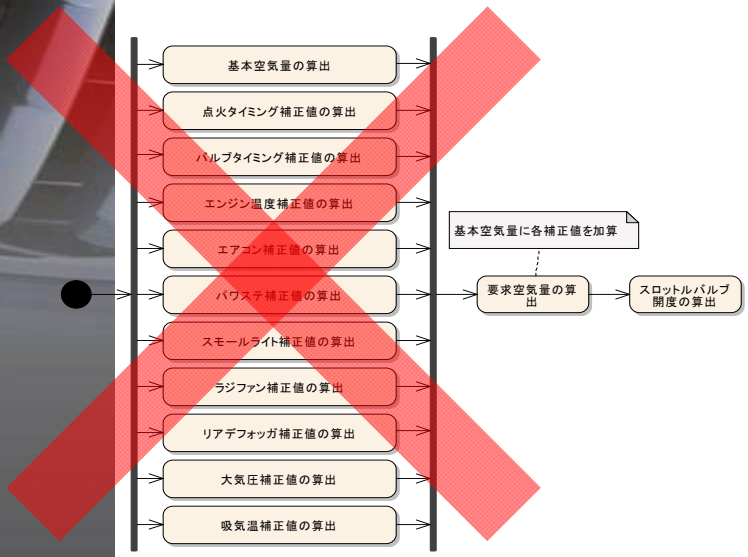


株式会社 オージス総研
Osaka Gas Information System Research Institute Co., Ltd.

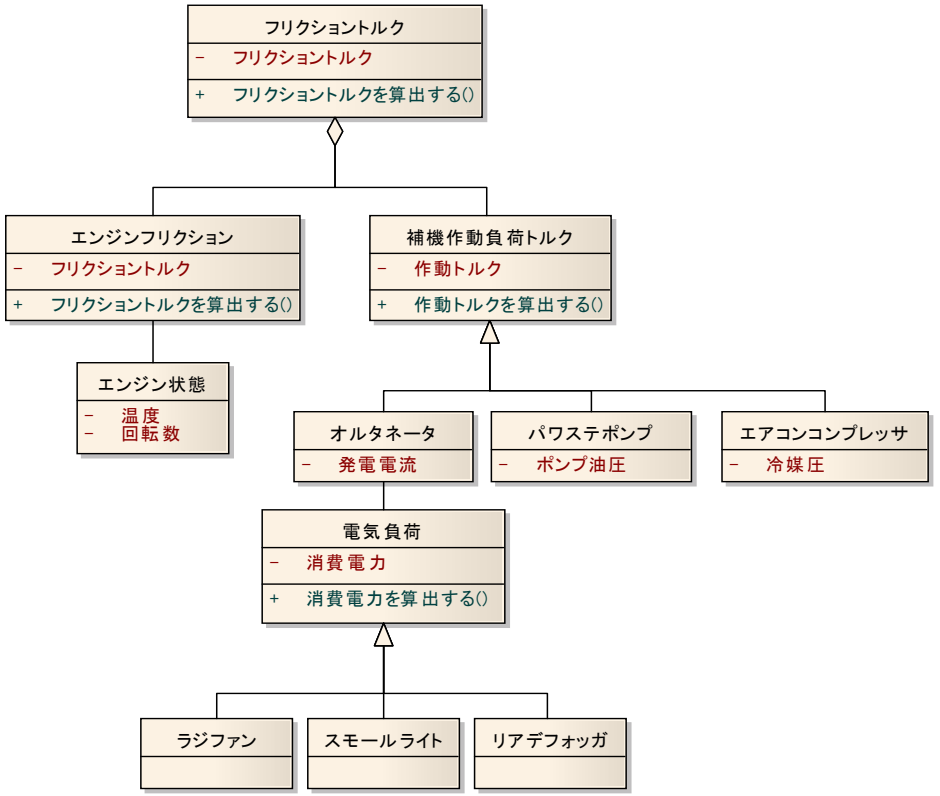
UMLによる分析(1/2)

- **制御の本質に沿った、論理的な構造を作成**

手段レベル・アクション主体の
モデルをいきなり書かずに・・・



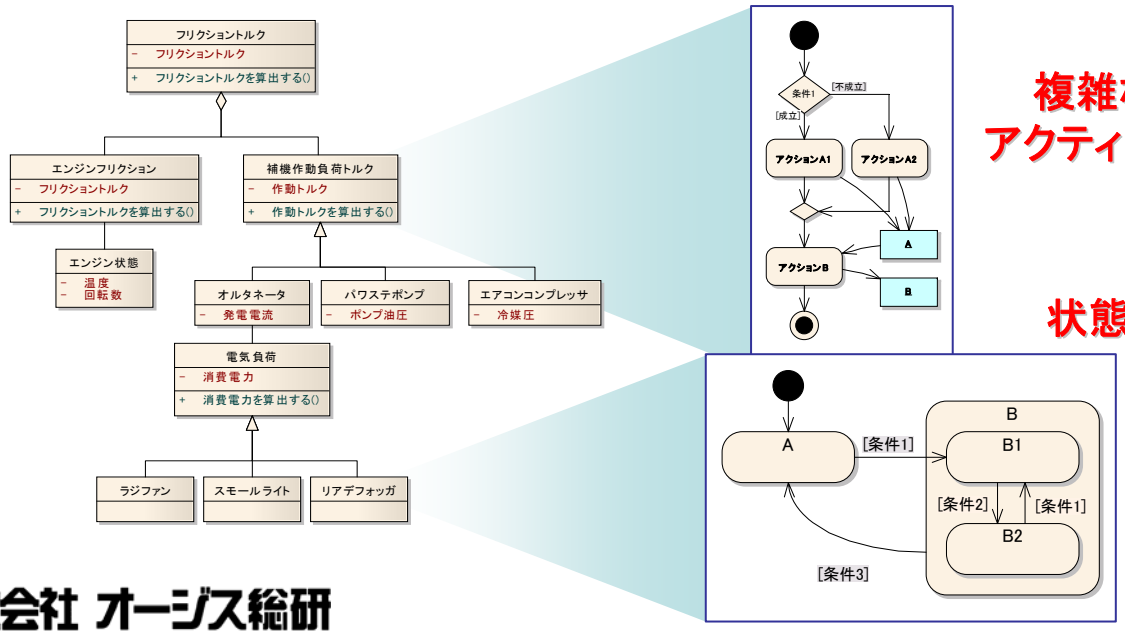
目的レベル・知識主体の
モデルを書く！



株式会社 オージス総研
Osaka Gas Information System Research Institute Co., Ltd.

UMLによる分析(2/2)

- 必要に応じて各クラスの振る舞いを分析
  - ✓複雑なロジックをもつクラス
  - ✓状態を管理するクラス
    - ×数式主体のクラスはわざわざUMLで表現する必要なし



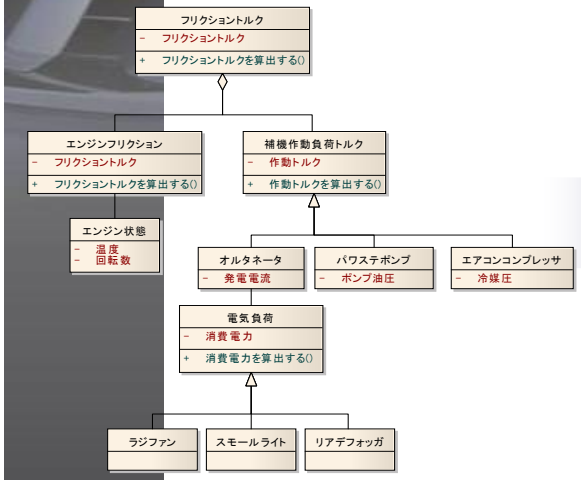
複雑なロジックは
アクティビティ図を作成

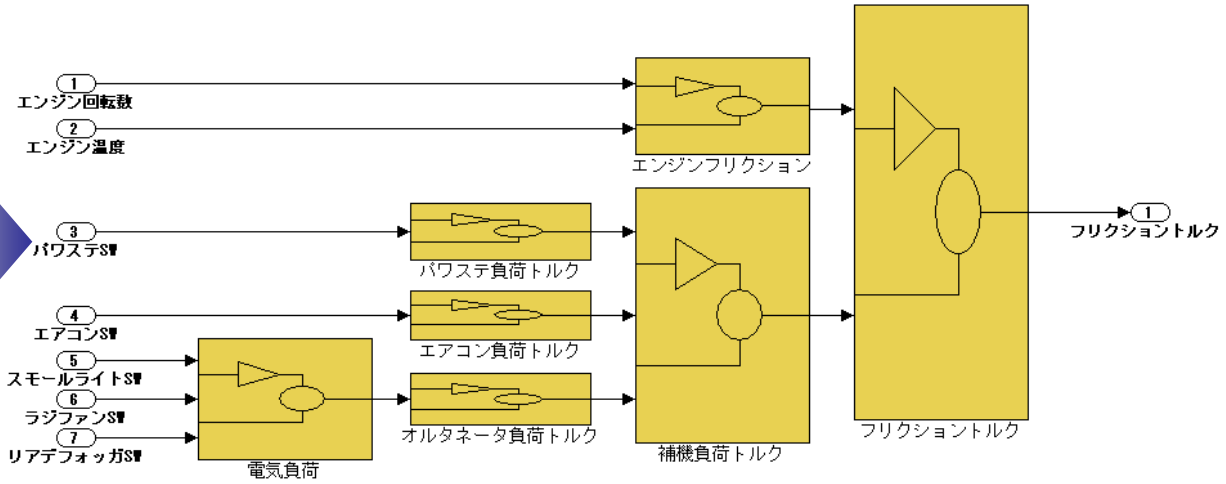
状態をもつクラスは状態図や
状態遷移表を作成

株式会社 オージス総研
Osaka Gas Information System Research Institute Co., Ltd.

Simulinkによる設計

- **分析段階で品質を確保したUMLモデルから、Simulinkモデルを作成**
  - **分析で洗練された結果が、そのままSimulinkモデルへ継承される**
- **クラス図はサブシステム構成へ**

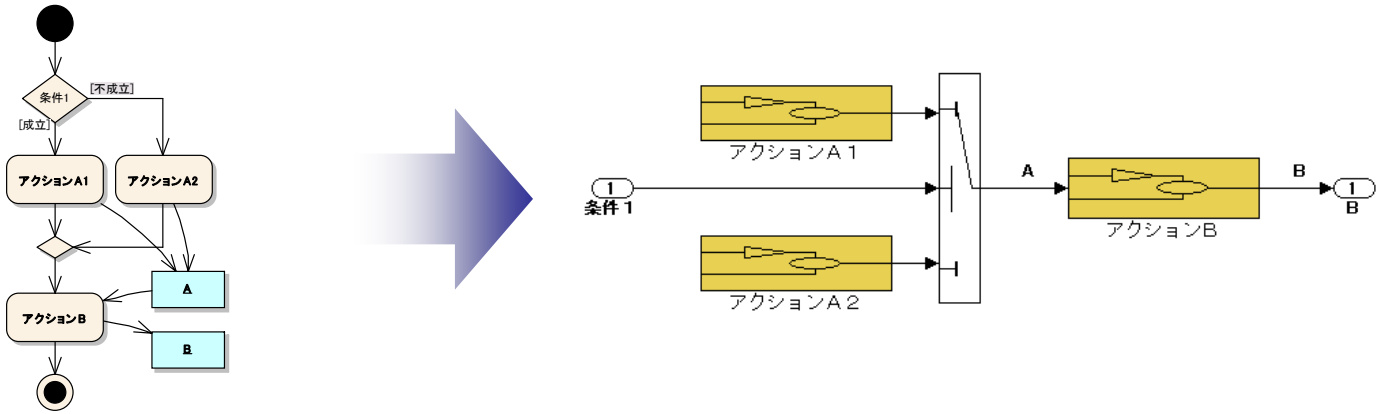




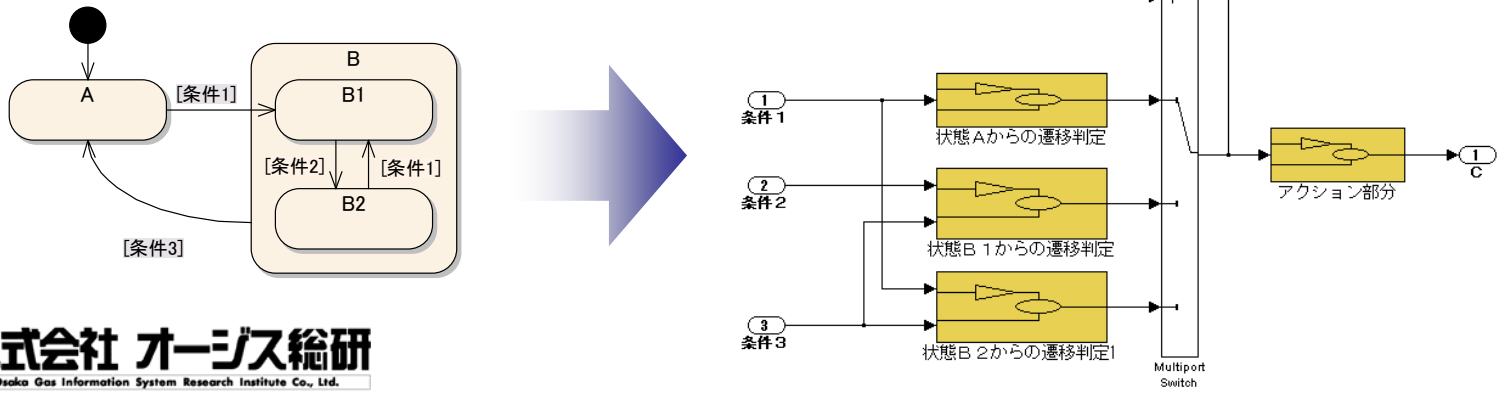
株式会社 オージス総研
Osaka Gas Information System Research Institute Co., Ltd.

Simulinkによる設計

- アクティビティ図はサブシステム内のブロック群へ変換



- 状態図はStateflowモデル、またはSimulinkブロック群へ変換



株式会社 オージス総研
Osaka Gas Information System Research Institute Co., Ltd.

SUBARU

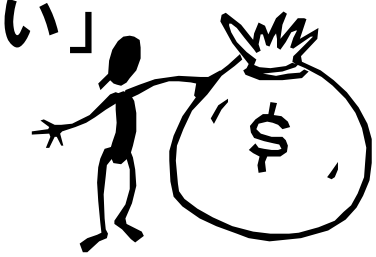
１．モデルベース開発について

～お客様の声～

株式会社 オージス総研
Osaka Gas Information System Research Institute Co., Ltd.

富士重工業社員様の声

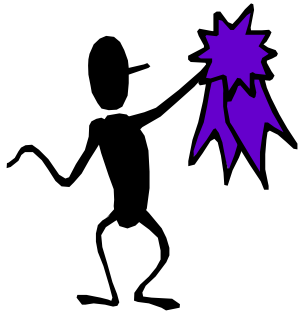
- ✓UMLに関して
  - 「システムの理解が早まり、制御を知らない人でもすぐに戦力になれる環境が整えられる」
  - 「複雑な対象を判りやすく表現できる」
  - 「検討結果が成果物として残るのが嬉しい」



- ✓その他
  - 「これまでの開発に対して、どれぐらい工数削減が出来たのか比較できないのは残念」
  - 「（制御対象によるが）まだ”オブジェクト指向”というより”モジュール化”のレベル」

サプライヤ様の声

- Simulinkモデルを受け取って
  - 「構造がちゃんと意味で区切られているため、**わかりやすい**」
  - 「他メーカーさんと比べて、Simulinkモデルの**品質が高い**」



株式会社 オージス総研
Osaka Gas Information System Research Institute Co., Ltd.

SUBARU

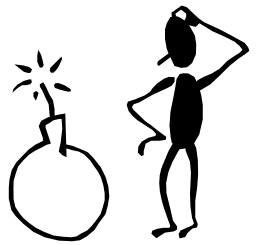
2．モデルベース開発導入の背景

株式会社 オージス総研
Osaka Gas Information System Research Institute Co., Ltd.

これまでの車両制御開発

- 高い再利用性
  - 車両制御開発は、８割が派生開発
    - 既存制御をベースに変更を加える

- 富士重工の抱える課題
  - 設計図の不在
  - 制御の目的や意図が形式知となっていない

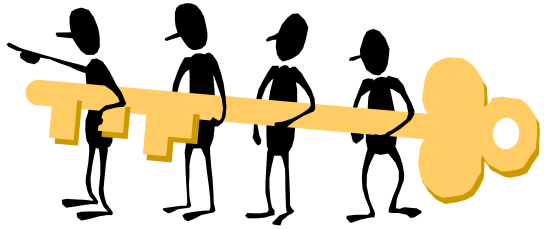


▶ 追加要求、仕様変更への対応コストが増加

最近の車両制御開発

- Simulinkを用いた効率的な開発手法が浸透
  - 作ったSimulinkモデル（ブロック線図）を実車で動作検証できる
    - ▶最初は主に先行プロトタイプ開発向け
- Simulink活用の幅が拡大
  - Simulinkモデルからソースコードを自動生成
    - ▶最近は量産開発にも適用

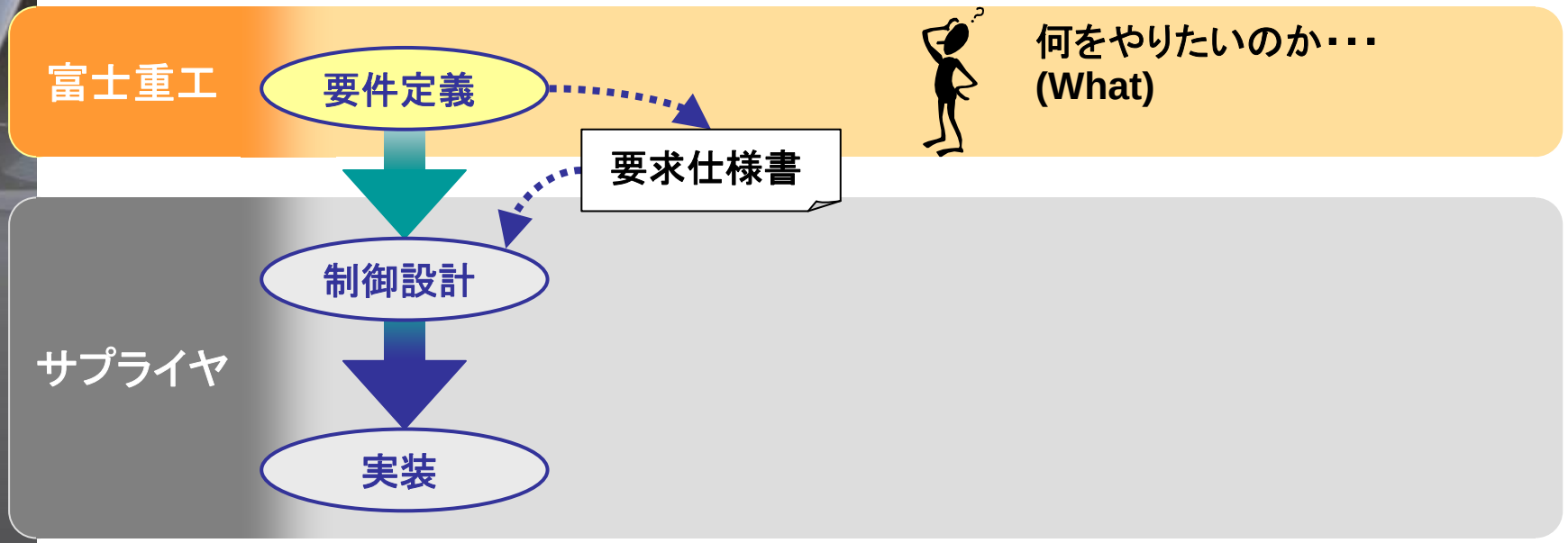
➔個人での利用から、組織で利用できるものにする必要がある



株式会社 オージス総研
Osaka Gas Information System Research Institute Co., Ltd.

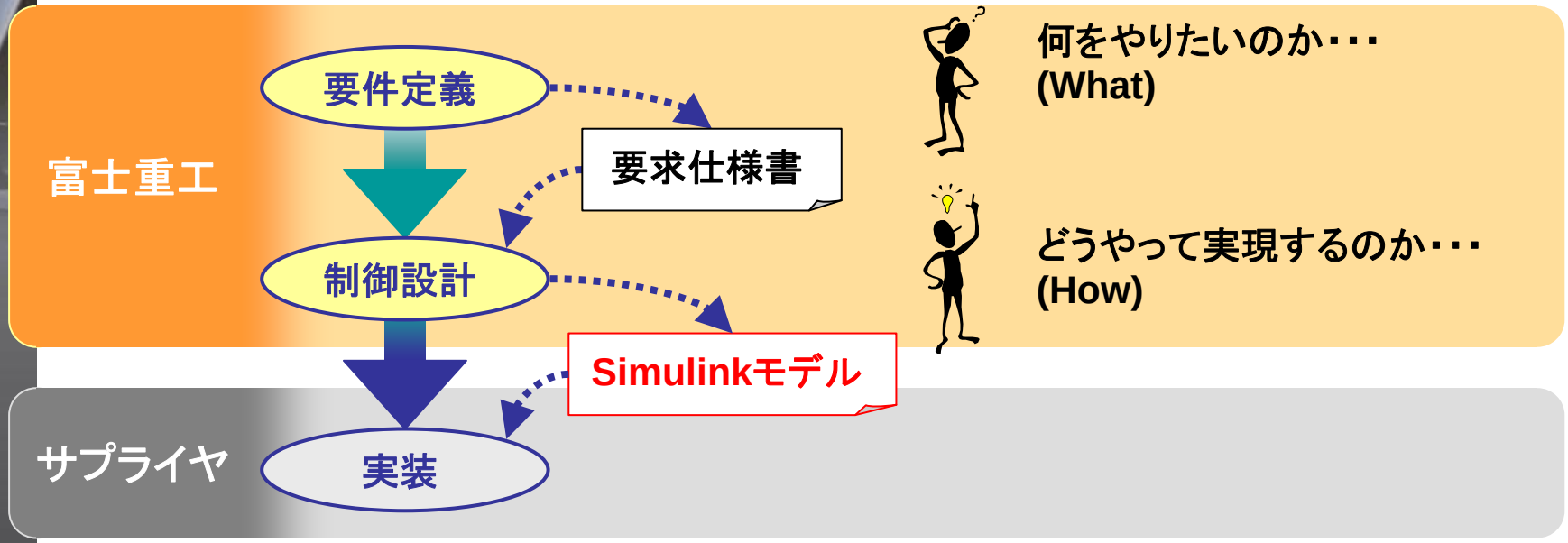
開発スタイルへの影響

- 従来の開発スタイル
  - 要求仕様書を作成し、サプライヤに発注する
    - サプライヤは要求仕様を元に制御設計・実装を行う



開発スタイルへの影響

- Simulinkを用いた開発スタイル
  - 要求を実現するSimulinkモデルを作成し、サプライヤに発注する
    - サプライヤは実装を行う



Simulinkを用いた制御開発のリスク

- Simulinkモデルを作成して発注する開発スタイルでは、<u>自ら制御構造を設計せざるを得ない</u>

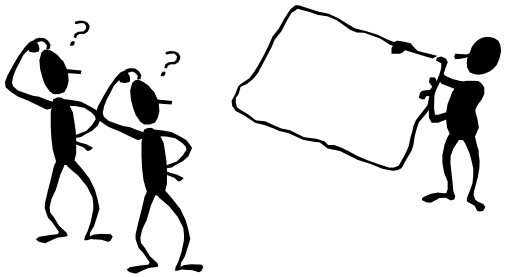
▶ Simulinkモデルの設計品質が確保できるのか？

– Simulinkでは、細かい実現手段の検討に注力しがち

▶ 理解性や移植性を考慮した設計がしづらい

– Simulinkは、抽象度が低く直感的に理解しづらい

▶ レビューの効果が低下する恐れがある

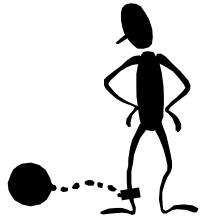


株式会社 オージス総研
Osaka Gas Information System Research Institute Co., Ltd.

既存の課題も解決されない

- Simulinkを用いても、以前から抱えていた課題は解決されない

✓ 課題「設計図の不在」
  - Simulinkモデル＝設計図とはなりえない
    - 抽象度が低く、全体を俯瞰しにくい

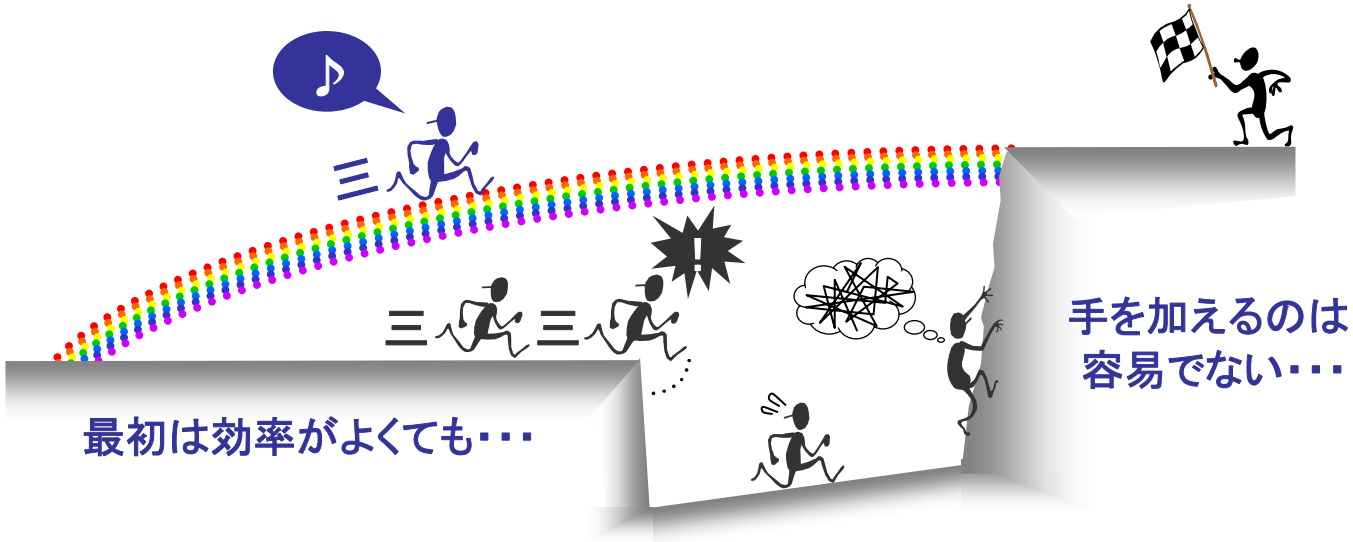


✓ 課題「制御の目的や意図が形式知となっていない」
  - Simulinkモデルで表現できるのは実現手段
    - 制御ロジックは明確だが、その目的や意図は表現できない

始めから”いいモノ”を作りたい

- ✓ そもそも富士重工は自動車業界においてSimulinkでの開発は後発

- ▶ 予測されるリスクは回避して、始めから”いいモノ”を作りたい！



株式会社 オージス総研
Osaka Gas Information System Research Institute Co., Ltd.

結論

➔UMLを活用することで、Simulinkモデルの品質を高める！

- さらに期待できる効果
  - 検討内容が可視化され早い段階でのレビューが可能
    - 上流工程での品質確保⇒手戻り工数の削減
  - 検討した内容がそのまま成果物として残る
    - 直感的で抽象度の高いUMLモデルが設計図となる

▶ UML+Simulinkモデルベース開発の導入！

株式会社 オージス総研
Osaka Gas Information System Research Institute Co., Ltd.

SUBARU

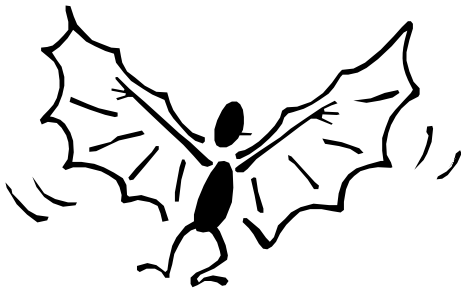
３．モデルベース開発適用への道のり

株式会社 オージス総研
Osaka Gas Information System Research Institute Co., Ltd.

量産適用への道のり

- モデルベース開発を適用した制御のいくつかは、量産車への適用決定

- どのようなステップを踏んで、量産適用へ辿り着けたのかを紹介



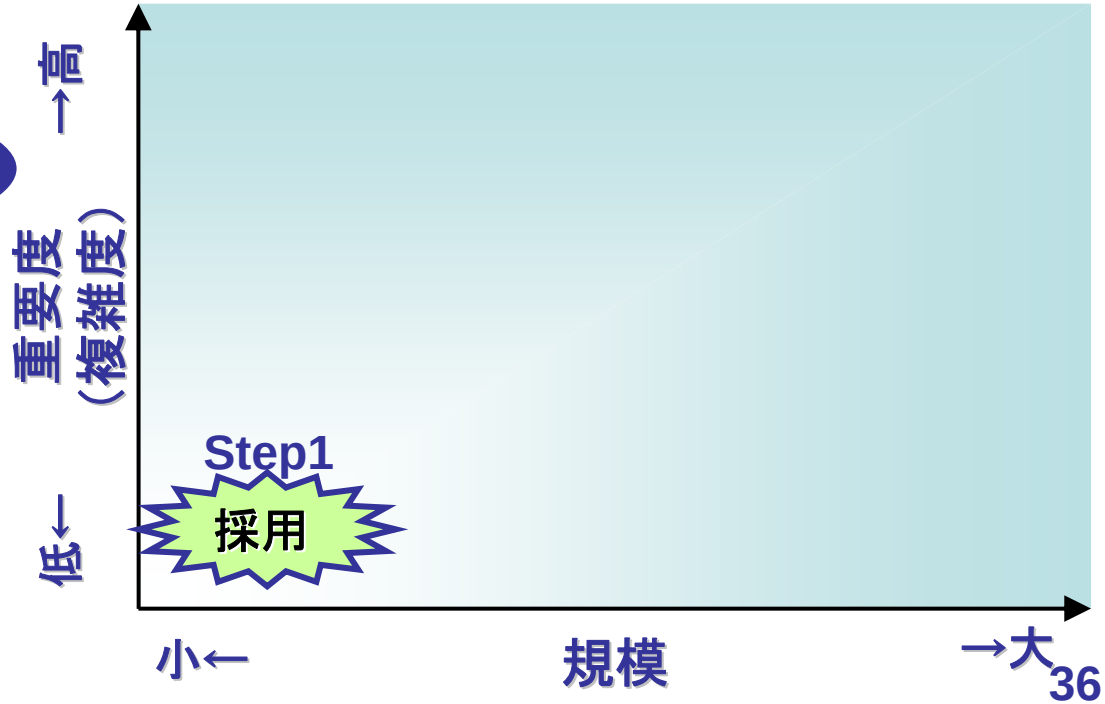
Step1. まずは小さく

※オージス総研の参画前

- リスクを分散し、まずは設計・実装部分のみ
  - 新規制御を対象
  - 規模は小さく、複雑なロジックを含まない

➔○採用（量産車に搭載）

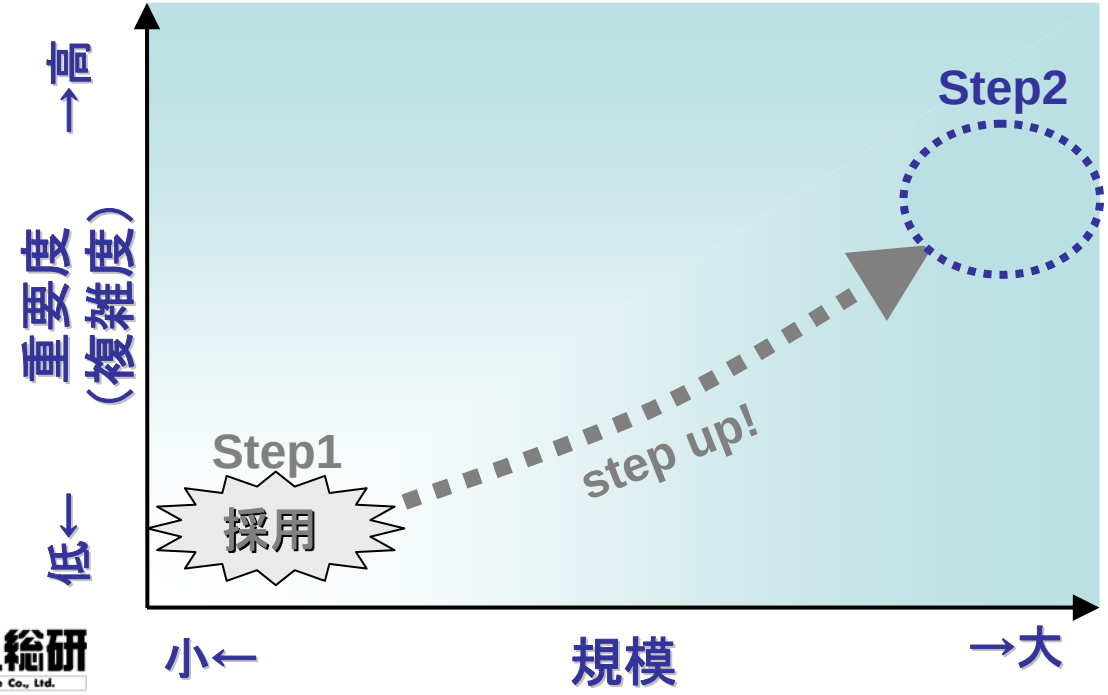
Simulinkを用いた開発のノウハウを蓄積



株式会社 オージス総研
Osaka Gas Information System Research Institute Co., Ltd.

Step2. 既存制御の再構築

- 既存制御を、モデルベース開発を適用して再構築
  - 規模が大きく、重要度も高い
    ※ただし、従来の開発手法でも並行開発



株式会社 オージス総研
Osaka Gas Information System Research Institute Co., Ltd.

Step2の結果

➔△採用見送り

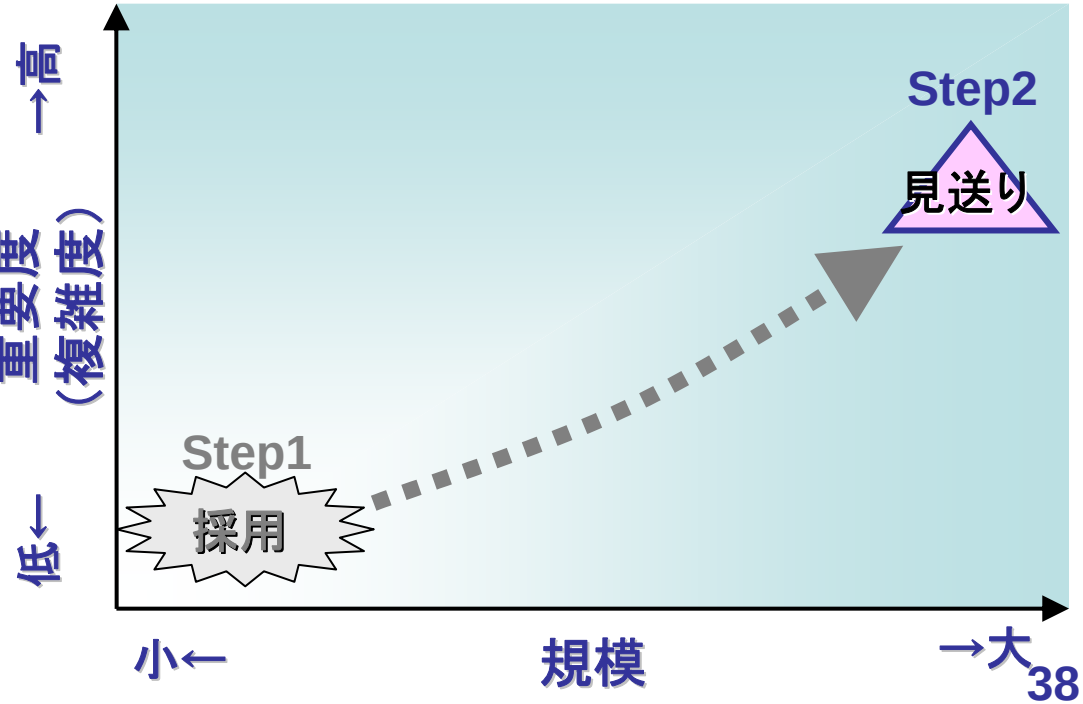
– 当初計画していた新規車種への採用見送り

※現在も量産適用に向け活動継続中

採用は見送られたものの…

UML + Simulinkモデル
ベース開発手法適用
への感触は掴めた！

開発支援ツールなどの
開発効率向上ネタも
揃ってきた！



株式会社 オージス総研
Osaka Gas Information System Research Institute Co., Ltd.

採用見送りの原因「量産適用への壁」

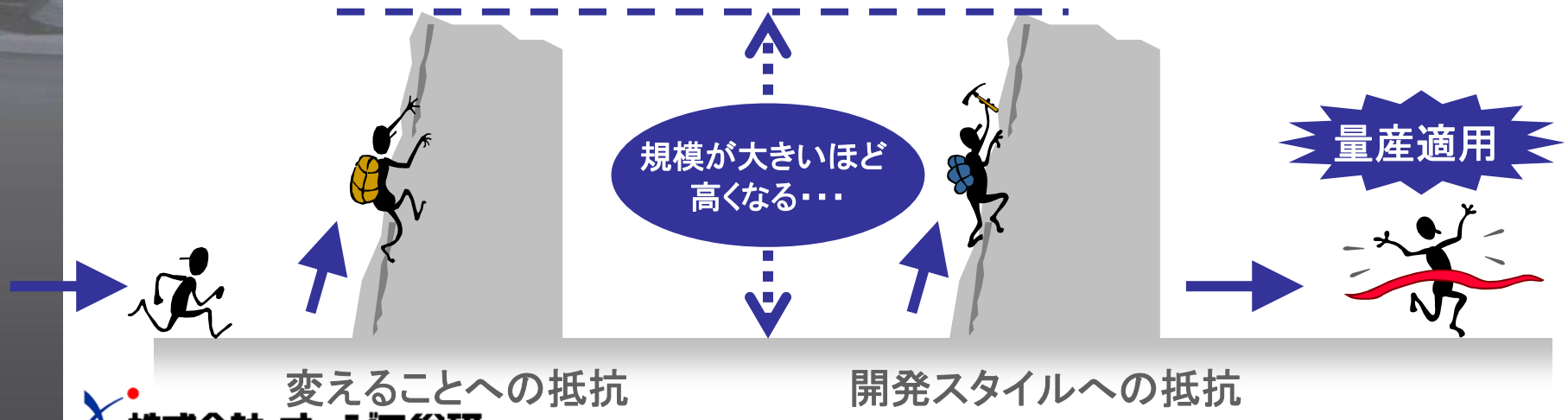
壁①：変えることへの抵抗

- 現在 問題なく動いており、実績があるものを変える
- 変えるリスクに対してメリットが体感できない

壁②：新しい開発スタイルへの抵抗

- これまで蓄積されてきたノウハウが活かせなくなる

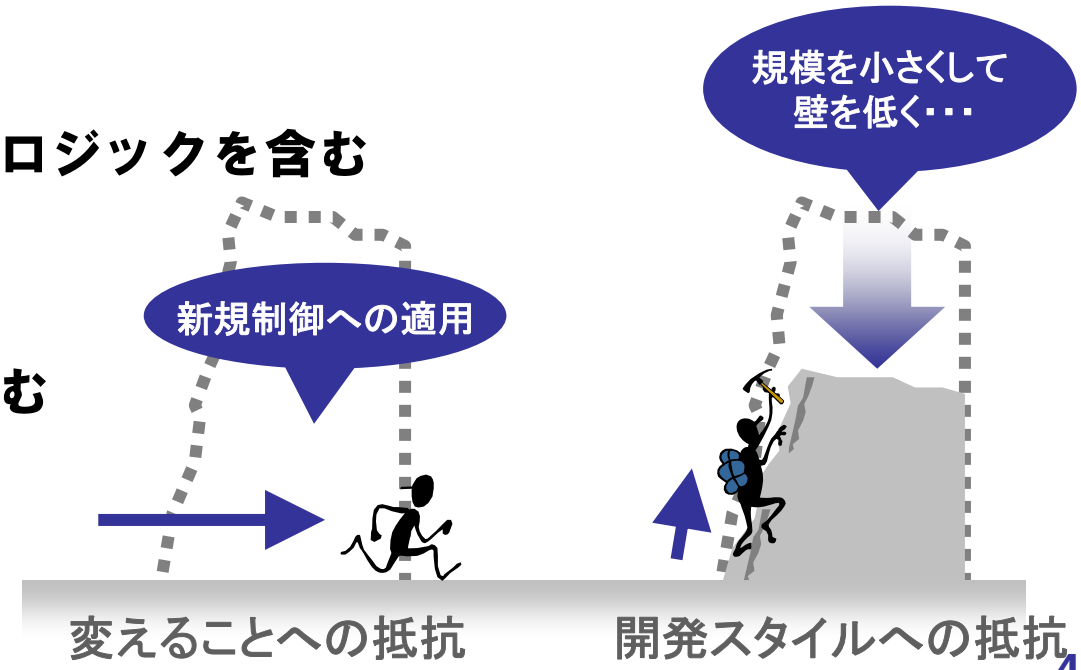
▶ **どちらも乗り越えて初めて量産適用へ行き着く！**



株式会社 オージス総研
Osaka Gas Information System Research Institute Co., Ltd.

Step3. 新規制御で実績作り

- 既存制御の再構築ではなく新規制御を対象に
  - 新規制御 A
    - 規模は小さい
    - 数式が主体で、複雑なロジックを含まない
  - 新規制御 B
    - 規模は中程度
    - 一部に複雑なロジックを含む
  - 新規制御 C
    - 規模は小さい
    - 状態遷移を含む



Step3の結果

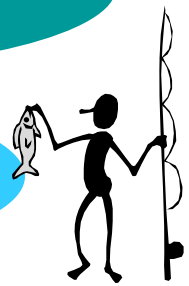
➔○全て採用！

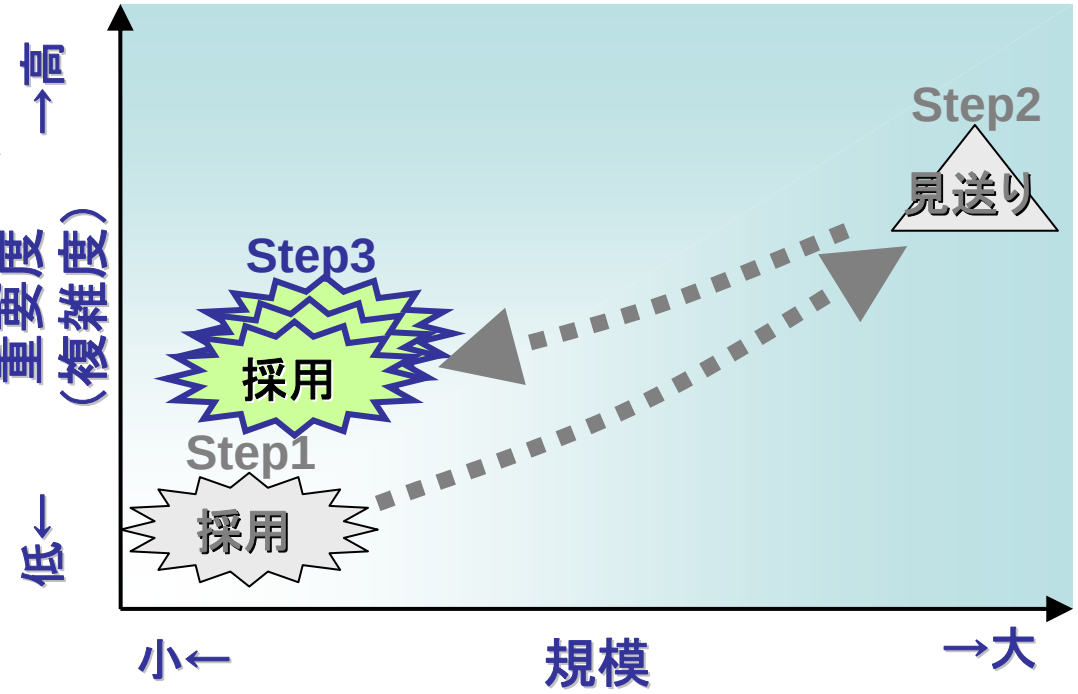
– 量産車に搭載

モデルベース開発
初の量産適用！

ドキュメントの記載項目
も固まってきた

開発効率向上ネタが
さらに充実

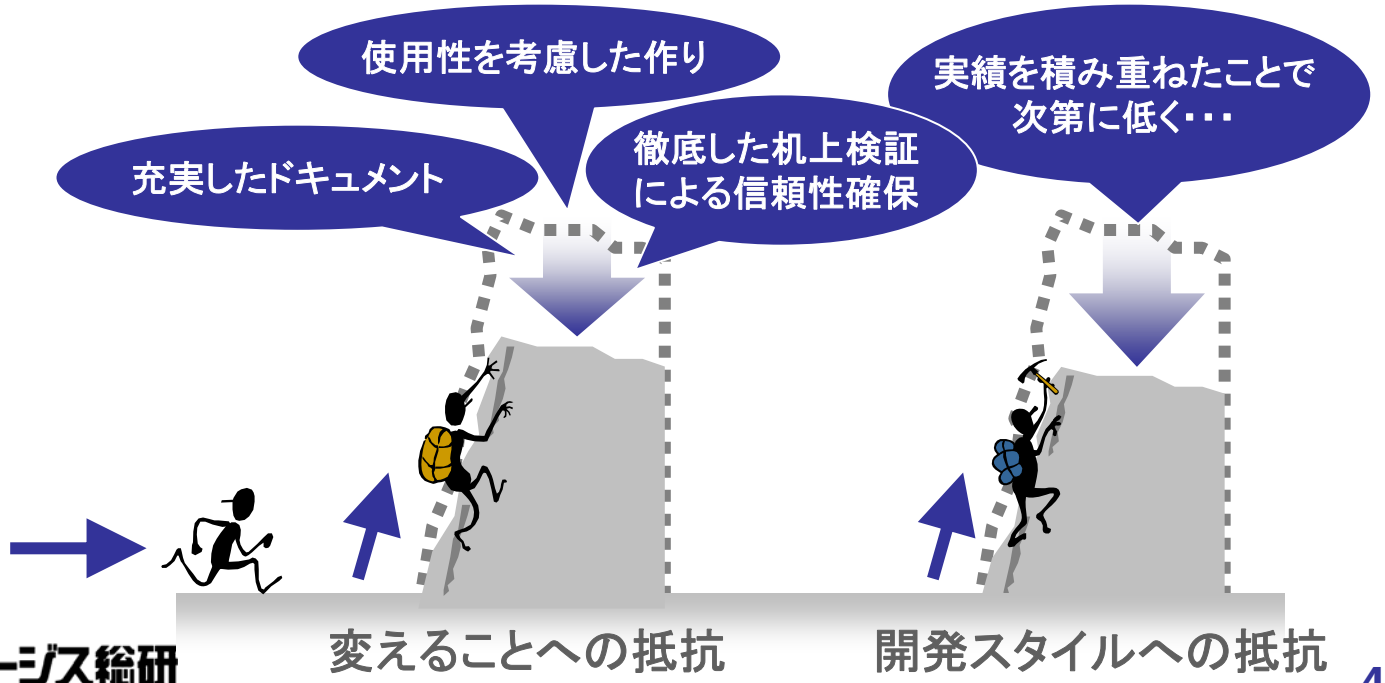




株式会社 オージス総研
Osaka Gas Information System Research Institute Co., Ltd.

Step4. 既存制御の機能向上

- 既存制御を、モデルベース開発を適用して再構築（同時に機能も向上）
  - 規模は中程度
  - 状態遷移・複雑なロジックを含む



Step4の結果

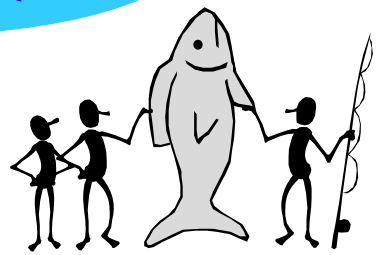
➔○採用！

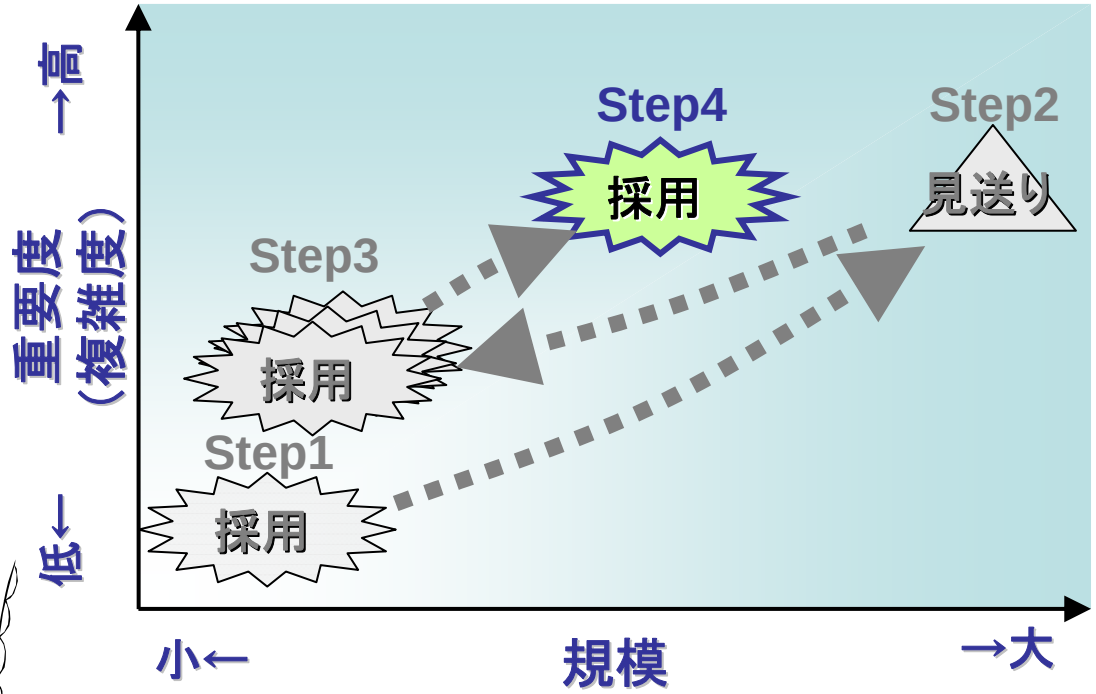
– 量産車に搭載

既存制御再構築
初の量産適用

Simulinkモデルの
検証方法が充実

開発効率向上ネタが
ますます充実





株式会社 オージス総研
Osaka Gas Information System Research Institute Co., Ltd.

「適用への道のり」まとめ

○まずは、部分的にモデルベース開発を適用し、

↓

△次に、いきなり重要度が高い制御に適用して
受け入れられず、

↓

○めげずに、規模が小さい／重要度が低い制御で
実績を重ね、

↓

◎徐々に適用数や規模を拡大できた！

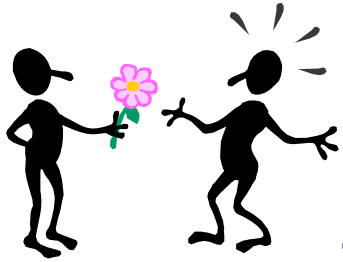
株式会社 オージス総研
Osaka Gas Information System Research Institute Co., Ltd.

適用の秘訣！

- 小規模開発での実績作り
  - 信頼の獲得、メリットの実感

- 不安材料の払拭
  - 検証を充実させることで、実績の少なさをカバー
  - これまでのノウハウが活かせる作り

- うれしさのアピール
  - 制御を開発する側だけでなく、適合する(使用する)側のうれしさを常に意識



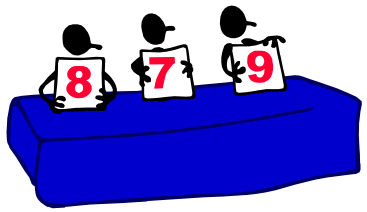
SUBARU

４．今後の課題・展望

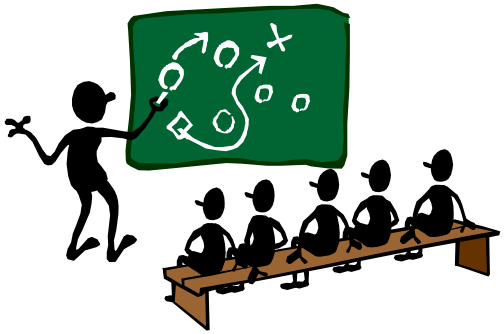
株式会社 オージス総研
Osaka Gas Information System Research Institute Co., Ltd.

今後の課題【運営面】

- ✓ モデルベース開発導入の定量的効果が測定できていない
  - 現在は、定性的な評価ばかり



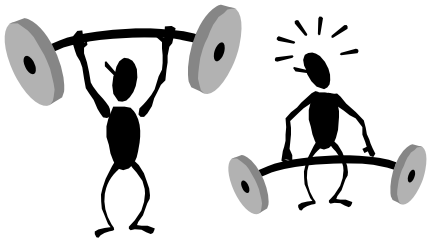
- ✓ 今後もこの開発スタイルを維持できるか
  - 成果物の数が確実に増えた中で、品質・開発効率の向上を実感できる仕組み作りが必要



株式会社 オージス総研
Osaka Gas Information System Research Institute Co., Ltd.

今後の課題【技術面】

- ✓制御への要求を確実に表現できる成果物がない
  - UMLのユースケース図では、表現したい詳細度まで記述できない
- ✓どこまでUMLで、どこからSimulinkなのかの区切りが不明確
  - 明確な区切りがないと、無駄な（重複した）作業をやっていると思われる
- ✓UML習得度合いにばらつきがある
  - ２～３ヶ月に１回程度、トレーニングを開催しているが、実務で使用しないと忘れる



株式会社 オージス総研
Osaka Gas Information System Research Institute Co., Ltd.

今後の展望

- モデルベース開発適用事例の拡大
  - 新規制御開発／既存制御の再構築を問わずモデルベース開発を適用していく
- 検証方法の確立
  - 現在、Simulinkモデルを含めて、体系的な検証方法の確立を目指して活動中
  - 形式手法も視野に入れ、検証方法を検討していく
- SysMLの採用検討
  - 車両制御開発において、UMLよりSysMLが適しているのであれば、SysMLの採用も検討する

SUBARU

ご清聴ありがとうございました

株式会社 オージス総研
Osaka Gas Information System Research Institute Co., Ltd.