

その制御の心は？

先行開発プロジェクトにおける“制御意図”を可視化する試み
～ USDМのモデル解説書としての活用 ～

株式会社エクスマーシオン 庄司 順和



経験発表の内容

- 車載ソフトウェア開発の現状とモデルベース開発
- モデルベース開発における課題
- USDMを活用した制御意図の可視化
- 制御意図を可視化した効果
- まとめ



車載ソフトウェア開発の現状と モデルベース開発



車載ソフトウェアの開発競争

■ 自動運転市販化の主な動き

- トヨタ自動車、第21回ITS世界会議デトロイト2014で自動運転技術を公開
- Audi、時速60キロ以下での高速道路自動走行機能を2017年に市販化予定
- 日産自動車、混雑した市街地でも走れる自動運転車をNASAと共同開発し2020年までに実用化する計画

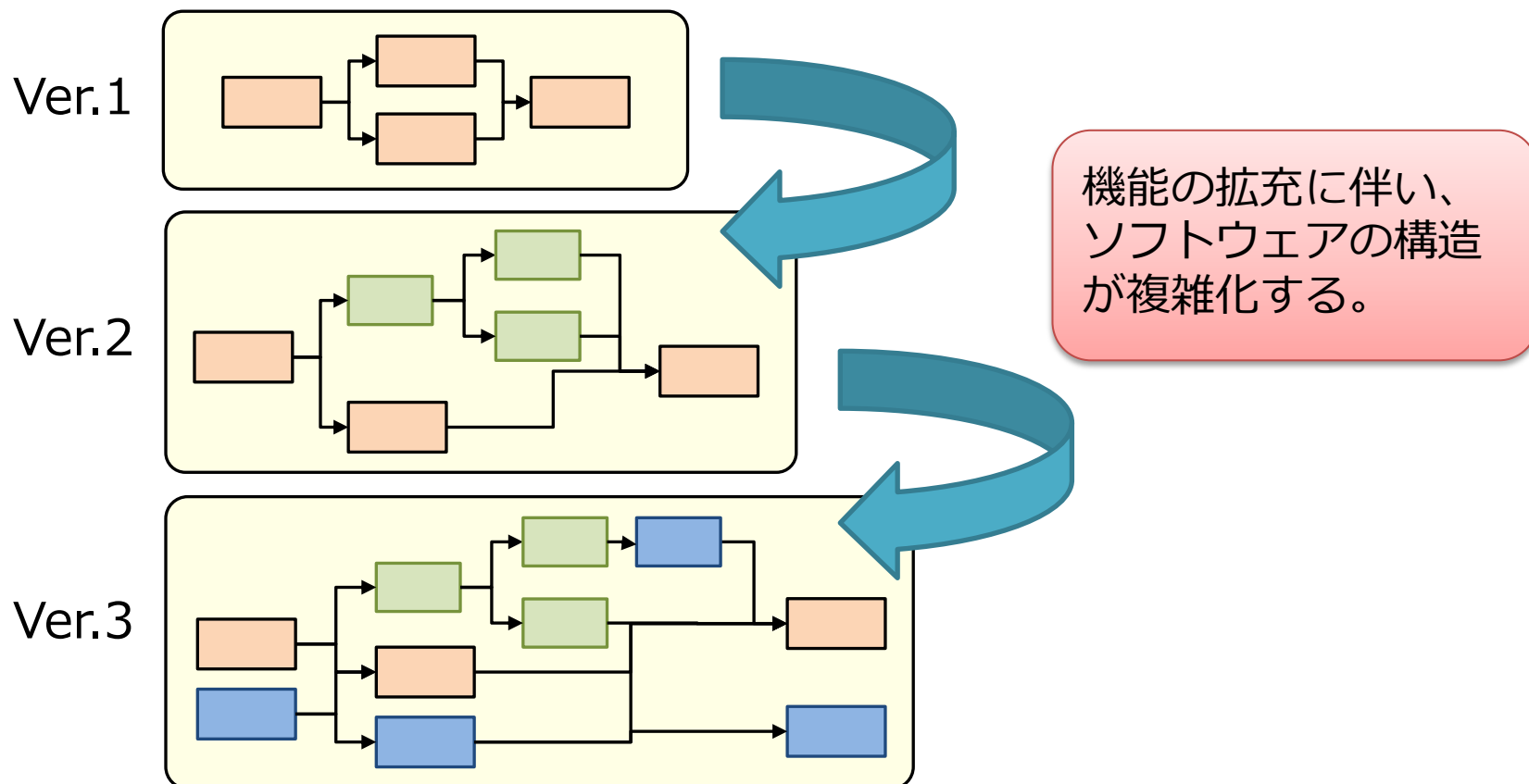
■ 他業種からの参入

- Google、ハンドルもペダルもないドライバーレスカーのプロトタイプ版を2014年に公開
- Apple、Uberも自動運転技術の開発に着手



複雑化するソフトウェア

- 激しい開発競争のなかで、ソフトウェアは次第に複雑なものになっていく



派生開発に向けた土台作り

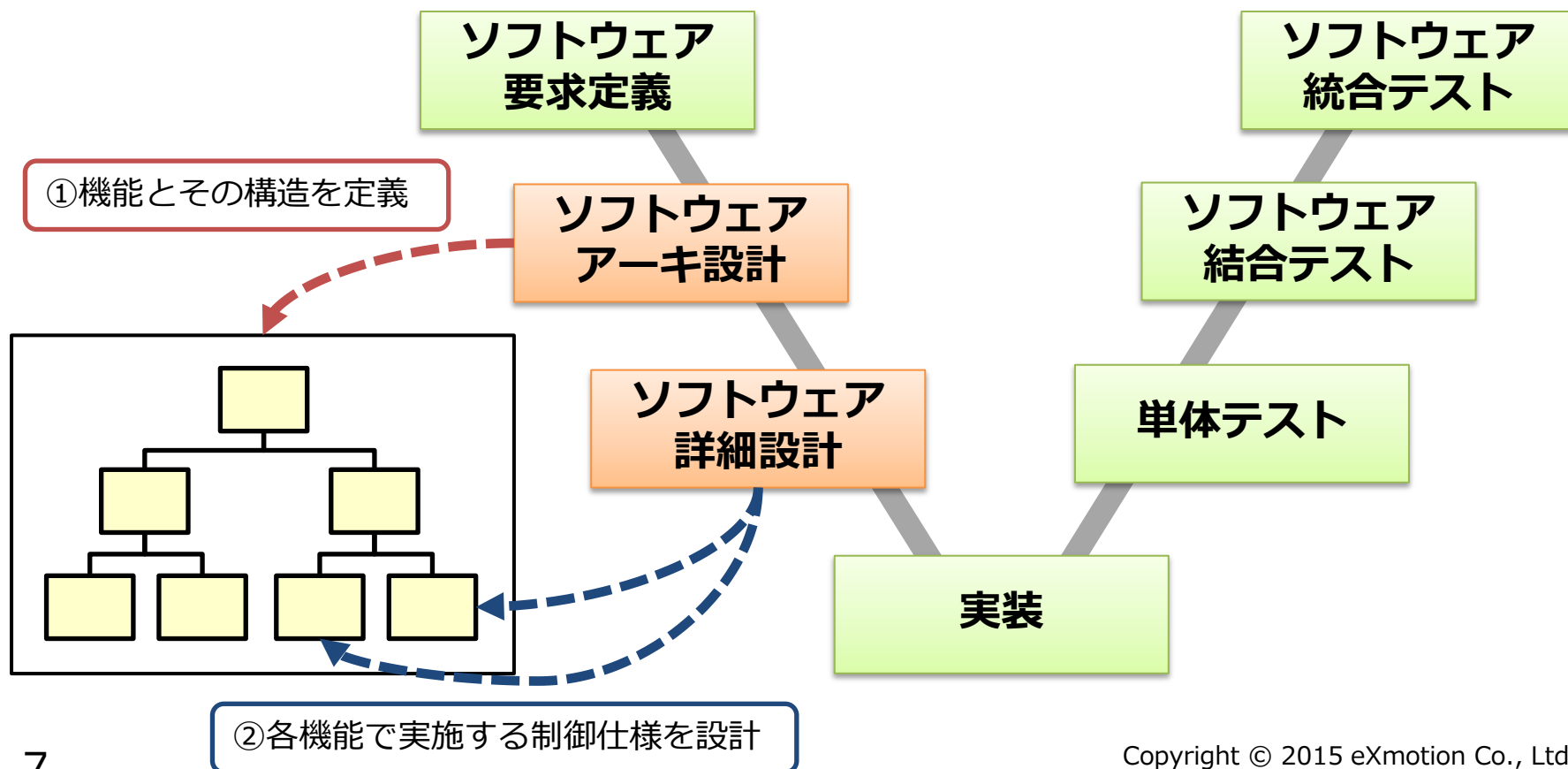
- 製品の競争優位性を確保するには、新機能をいち早くリリースしていかなければならない
- ただし、開発スピードを重視しながらも、継続した機能拡充(派生開発)のための土台作りも必要
- 派生開発をやりやすくするには？
 - ✓ 見通しの良い機能構造になっていること
 - ✓ 各機能が実現している内容を的確に把握できること

上記2点目に対する取り組みを今回実施した



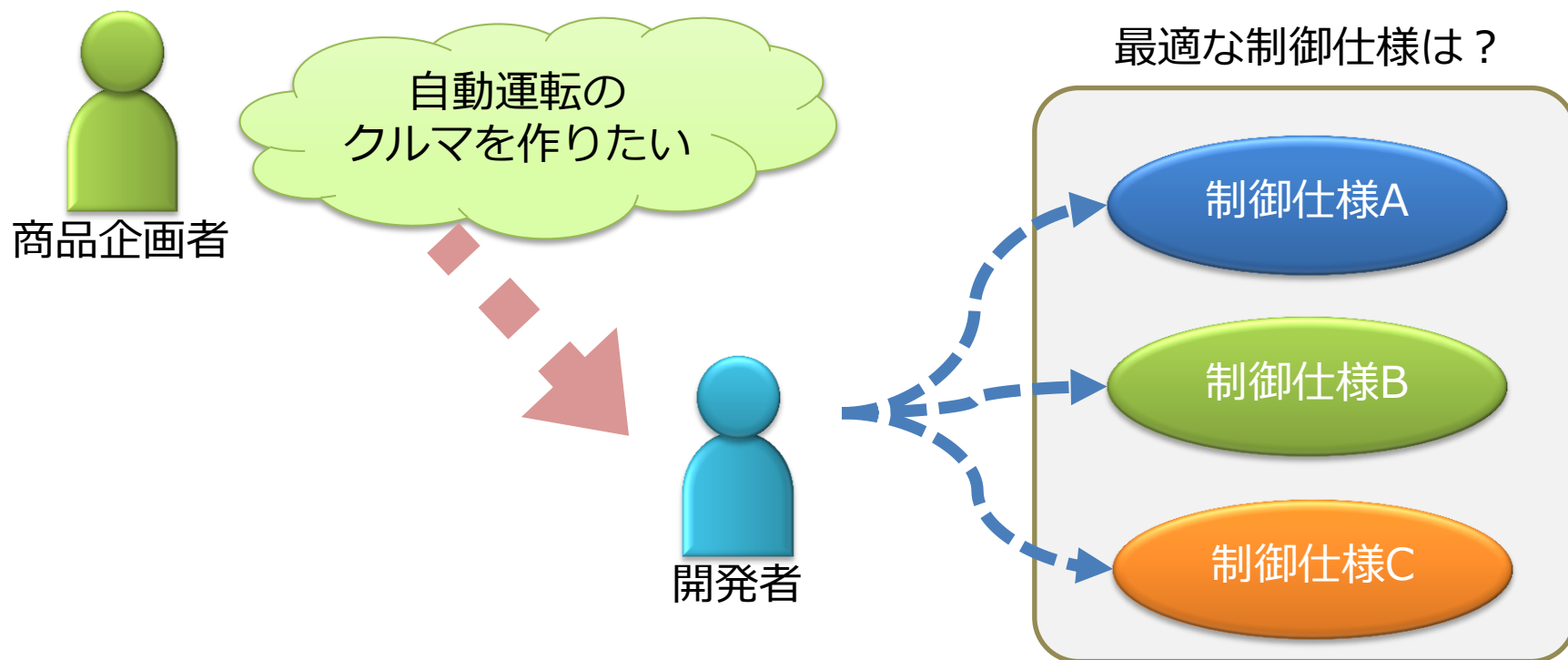
制御ソフトウェアの開発プロセス

- アーキテクチャ設計で必要な機能を定義し、詳細設計で制御のアルゴリズム設計などを実施する



制御仕様は作ってみなければ分からない

- これまでにない新規機能を開発するプロジェクトでは、最適な制御仕様を最初から決められない
- 実際に作ってみることで、制御仕様を固めていく



生産性向上の手段としてのモデルベース開発

- モデルによる設計と実行が可能なモデルベース開発(MBD)を採用することで、トライアル&エラーのサイクルを短くできる

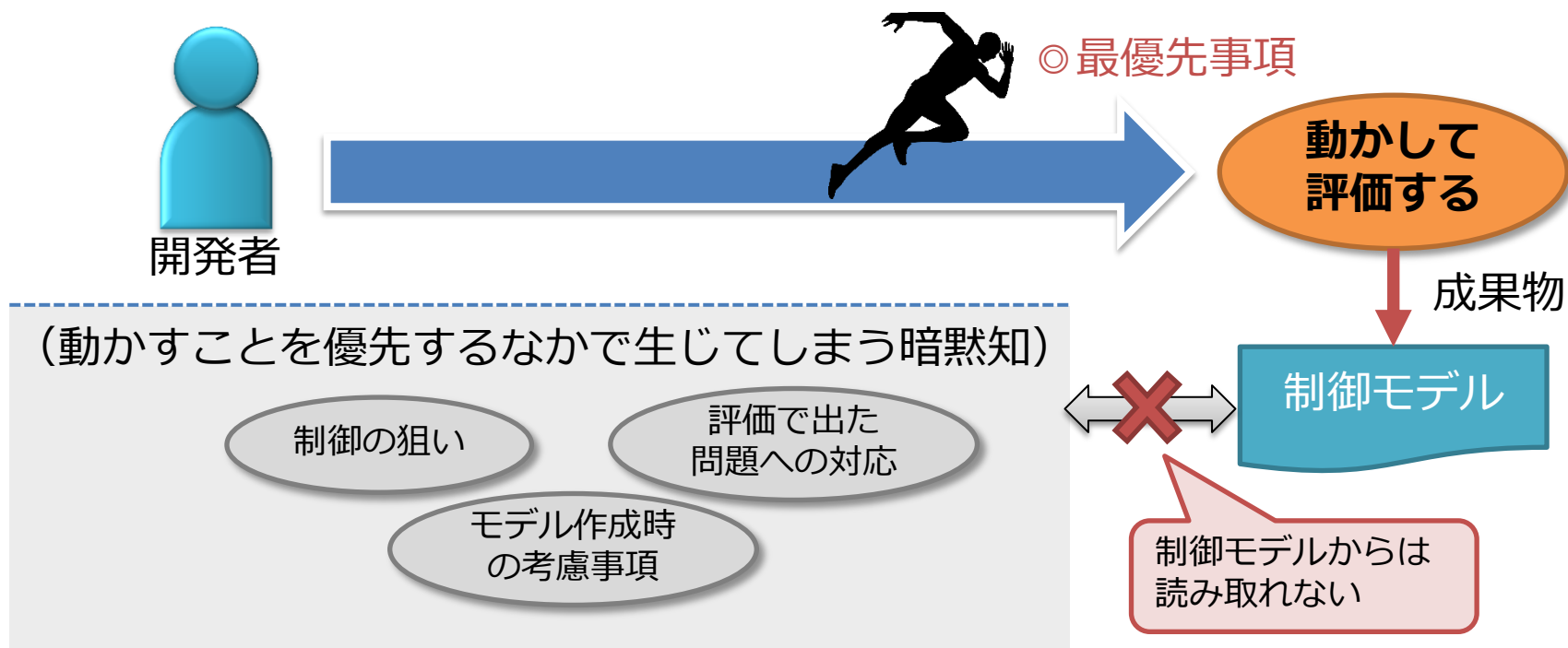


モデルベース開発における課題



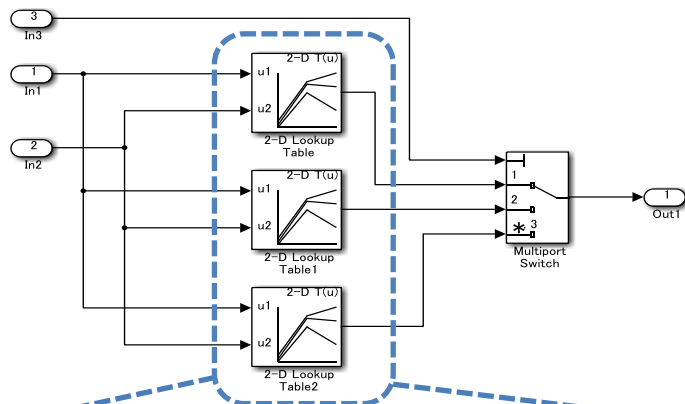
モデルから読み取れる情報は…？

- 試行錯誤の段階では評価のための制御ロジックを組むことが最優先
- 設計過程のなかで生じる課題に対する様々な検討が行われても、それらは暗黙知になりがち



モデルから制御内容が読み取れない例

演算結果をテーブルで表現した場合、
その値がどのように算出されたものなのが見えなくなる。



| 設計速度 V[km/h] | 横すべり 摩擦係数 f | カーブ半径 R[m] | | |
|-----------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
| | | 片勾配 i = 6% | 片勾配 i = 8% | 片勾配 i = 10% |
| 120 | 0.10 | 709 | 630 | 567 |
| 100 | 0.11 | 463 | 414 | 375 |
| 80 | 0.12 | 280 | 252 | 229 |
| 60 | 0.13 | 149 | 135 | 123 |
| 50 | 0.14 | 98 | 89 | 82 |
| 40 | 0.15 | 60 | 55 | 50 |
| 30 | 0.15 | 34 | 31 | 28 |
| 20 | 0.15 | 15 | 14 | 13 |

制御モデルで実現したいこと

$$Z = \frac{G}{g} \frac{U^2}{R} \quad \dots(1) \text{式}$$

- Z : 遠心力(N)
- U : 自動車の速度(m/s)
- g : 重力の加速度(≒9.81 m/s²)
- G : 自動車の総重量(N)
- f : 横すべりに対する路面とタイヤの摩擦係数
- i : 路面の片勾配(=tan α)
- R : 曲線半径(m)

・下図において、横すべりを生じさせないための条件

$$Z \cos \alpha - G \sin \alpha \leq f(Z \sin \alpha + G \cos \alpha) \quad \dots(2) \text{式}$$

(2)式に(1)式を代入し、式展開により

$$R \geq \frac{V^2}{127(i+f)} \quad \dots(3) \text{式}$$

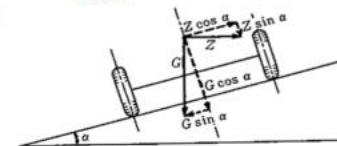
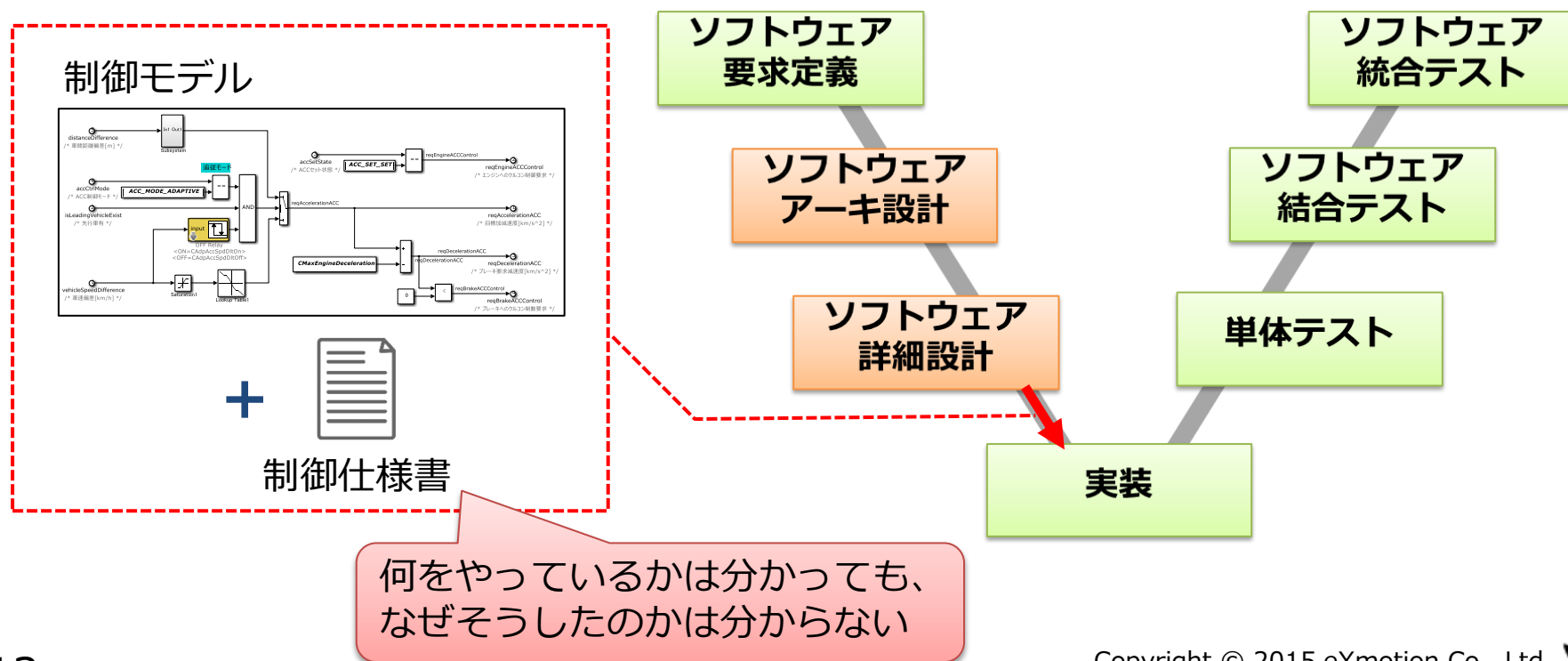


図 曲線部走行時の横すべりの限度

日本道路協会. 道路構造令の解説と運用, 2004
の記載内容を元に作成

実装工程への成果物

- 詳細設計の結果は**制御モデル**と、制御ロジックを文書化した**制御仕様書**として実装工程に渡される
- これは制御ロジックを記述したものであり、**制御意図**も含めて記述したのではない



制御意図がわからないと…

- 第三者による客観的な評価がしづらい
 - なぜその制御でよいのか判断できない
 - 意図しない動作をしても、制御仕様通りであれば見逃してしまう
- 属人性が高く、担当者が抜けると保守が難しい
 - 意図がわからないロジックは怖くて触れない
 - わからないながらの対処として、既存のロジックはそのままにパッチのような変更が繰り返される
 - いよいよ制御モデルの意図がわからなくなる

保守性の低下が派生開発の障壁となってしまう



USDMを活用した制御意図の可視化



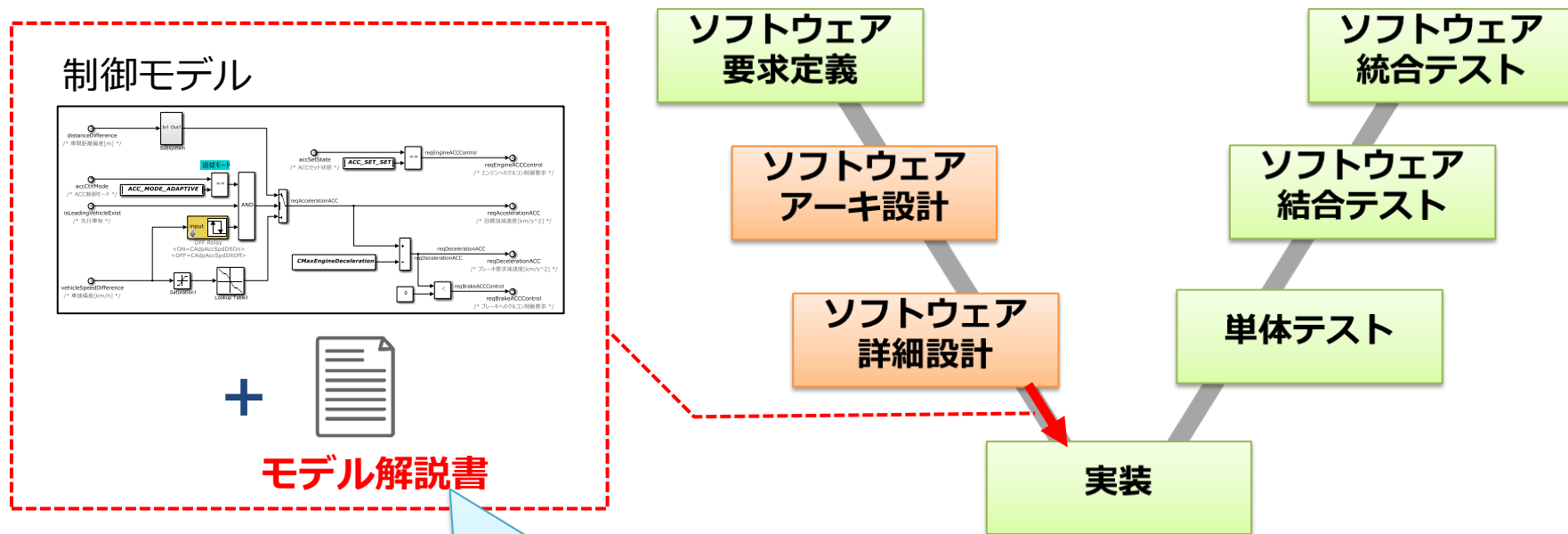
適用プロジェクトの概要

- 車載ソフトウェアの開発
- 今後の市販化に向けた先行開発案件
- MATLAB/Simulinkで制御モデル（ブロック線図）を作成
- 要求と機能構造は定義されているが、そこから最適な制御仕様を探りながら開発を進めている状態



制御意図を可視化する

- 制御仕様に、その意図を加えた**モデル解説書**を作成することで、制御意図の可視化を試みる

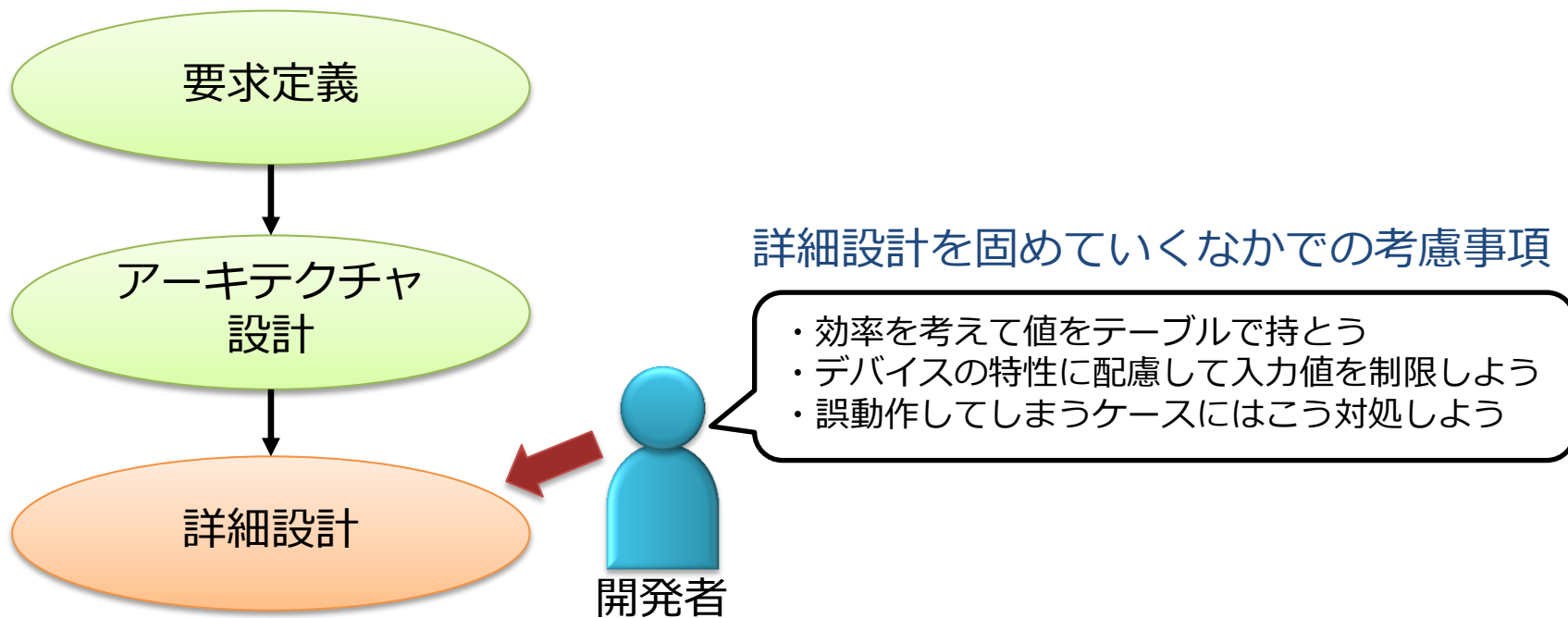


制御仕様に加えて、設計工程で暗黙知と
なってしまう“制御意図”も記述する。

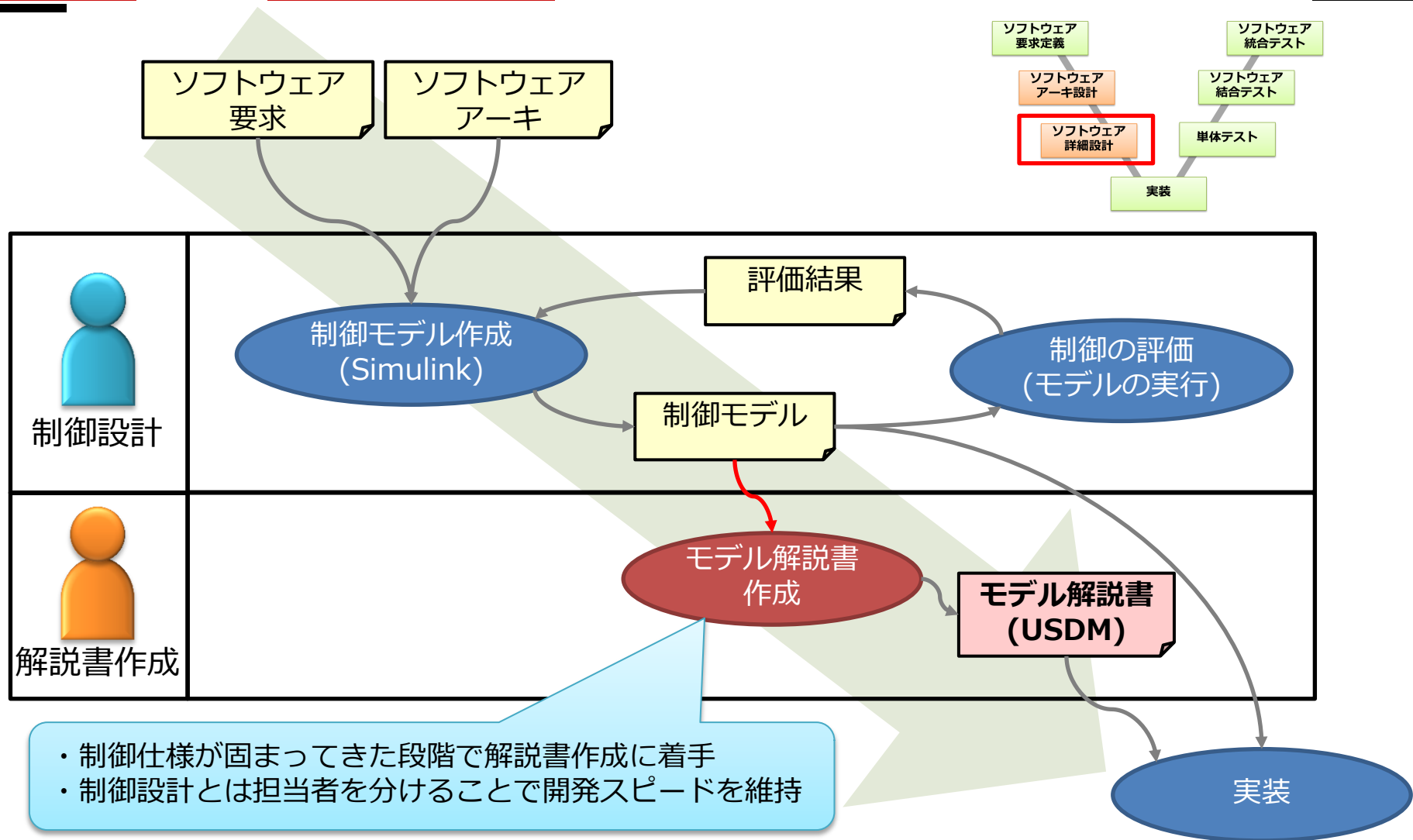


制御意図とは

- 詳細設計工程において、要求を満たすために検討した制御上の考慮事項を“**制御意図**”と呼ぶ
- 制御仕様は考慮事項の結果であり、その背景には必ず制御意図がある



モデル解説書作成の流れ



モデル解説書作成の実施内容

- 要求と設計コンセプト（実現手段となる物理計算などを記載）から機能を理解する
- 制御モデルを読み、要求がどのように実現されているかを把握する
 - 意図がわからないところは適宜ヒアリングを実施
- 把握した内容をモデル解説書として整理する



モデル解説書に求める内容

- 対象システムを把握していない第三者でも、制御内容を把握しやすい解説書とするには？

| 評価ポイント | モデル解説書に求める内容 |
|-----------------|-------------------------------------|
| ①その制御で何をやりたいのか？ | 制御モデルがどのような要求に基づくものなのか明示されている。 |
| ②どのように実現しているのか？ | 制御内容の記述を、要求の実現手段という位置づけで読むことができる。 |
| ③なぜ、その制御にしたのか？ | 制御設計の結果だけでなく、その制御の狙い・意図も含めて記述されている。 |

既存の制御モデル+制御仕様書では、上記②しか把握できない。



USDMで記述する

- 要求から段階的に仕様を記述していくUSDMの特徴が、制御モデルを解説する文書として適している

① その制御で何をやりたいのか？
制御モデルが満たす要求を明示できる。

② どのように実現しているのか？
制御仕様を要求に紐付けて階層的に記述できる。

③ なぜ、その制御にしたのか？
理由欄に制御の意図を記述できる。また、必要に応じて仕様項目にも詳細に書ける。

上記をひとつの文書にまとめられる
点がUSDMのメリット

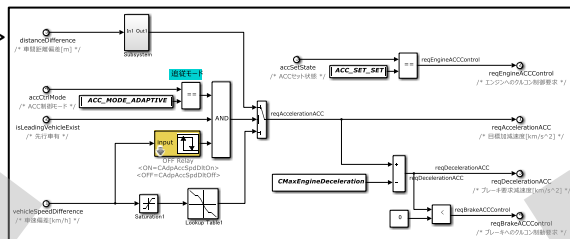
| 目標加速度演算 | 要求 | ACC.04 | 先行車両の認識結果、クルーズコントロール設定車速、及び現在の車速に基づいて、先行車に追従するための目標加速度を算出する。 | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------------|-------------------|---|----|--|----|-----------|---------|--|----------|-----------------|----|-------|------------|----|
| | 理由 | | 先行車に追従して走行するには、先行車との車間距離が保たれるように加減速を行う必要があるため。 | | | | | | | | | | | | |
| | 説明 | | ここで算出する目標加速度は、パワトレへの要求値である。目標加速度に基づいたパワトレ出力は、本機能の対象外。 | | | | | | | | | | | | |
| | 要求 | ACC.04.0 1 | 先行車追従の方法として、加速・減速のどちらを実施するか判定する。 | | | | | | | | | | | | |
| | 理由 | | 加速度の向きによって目標加速度の特性を分けるため。加速は常にゆるやかにするが、減速は安全を考慮して強めに要求する。 | | | | | | | | | | | | |
| | 説明 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | □□□ ACC.04.0 1.01 | 先行車との相対車速[m/s]、車間距離[m]から、先行車との車間時間t[s]を算出する。 | | | | | | | | | | | | |
| | | □□□ ACC.04.0 1.02 | 先行車との相対車速[m/s]、及び算出した車間時間t[s]から下記表に従って加速・減速の判定を行う。 | | | | | | | | | | | | |
| | | | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">条件</th> <th>判定</th> </tr> <tr> <th>相対車速[m/s]</th> <th>車間時間[s]</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>≥ 0</td> <td>$\geq \bigcirc$</td> <td>加速</td> </tr> <tr> <td>< 0</td> <td>$< \Delta$</td> <td>減速</td> </tr> </tbody> </table> | 条件 | | 判定 | 相対車速[m/s] | 車間時間[s] | | ≥ 0 | $\geq \bigcirc$ | 加速 | < 0 | $< \Delta$ | 減速 |
| 条件 | | 判定 | | | | | | | | | | | | | |
| 相対車速[m/s] | 車間時間[s] | | | | | | | | | | | | | | |
| ≥ 0 | $\geq \bigcirc$ | 加速 | | | | | | | | | | | | | |
| < 0 | $< \Delta$ | 減速 | | | | | | | | | | | | | |
| | 要求 | ACC.04.0 2 | ドライバーのアクセル操作状態を確認し、ドライバーがアクセル操作中の場合は目標加速度を算出しない。 | | | | | | | | | | | | |
| | 理由 | | ドライバー操作中に加速度を与えることで制御に対する不安感を与えないため。 | | | | | | | | | | | | |
| | 説明 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | □□□ ACC.04.02.01 | ... | | | | | | | | | | | | |



USDMを使う理由

- 要求なら要求、仕様なら仕様を記述するのに適した方法は他にもあるが、制御仕様を中心に据えながら要求と制御意図も交えて記述するにはUSDMがより適している

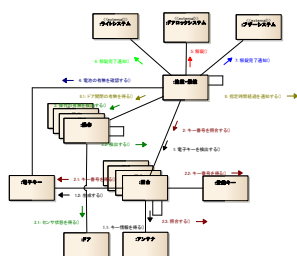
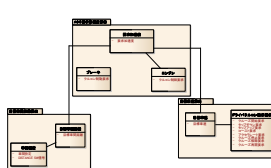
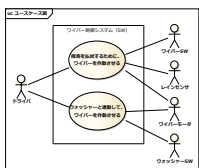
＜制御モデル＞



制御内容を把握する目的であれば、制御仕様を中心に階層的にまとめられるUSDMがわかりやすい。

＜UMLで要求、構造、振舞いを別々にモデル化＞

＜USDMで要求と制御意図を交えて記述＞



- 要求と仕様をひとつに書けない
- 制御意図を書くのに適した場所がない

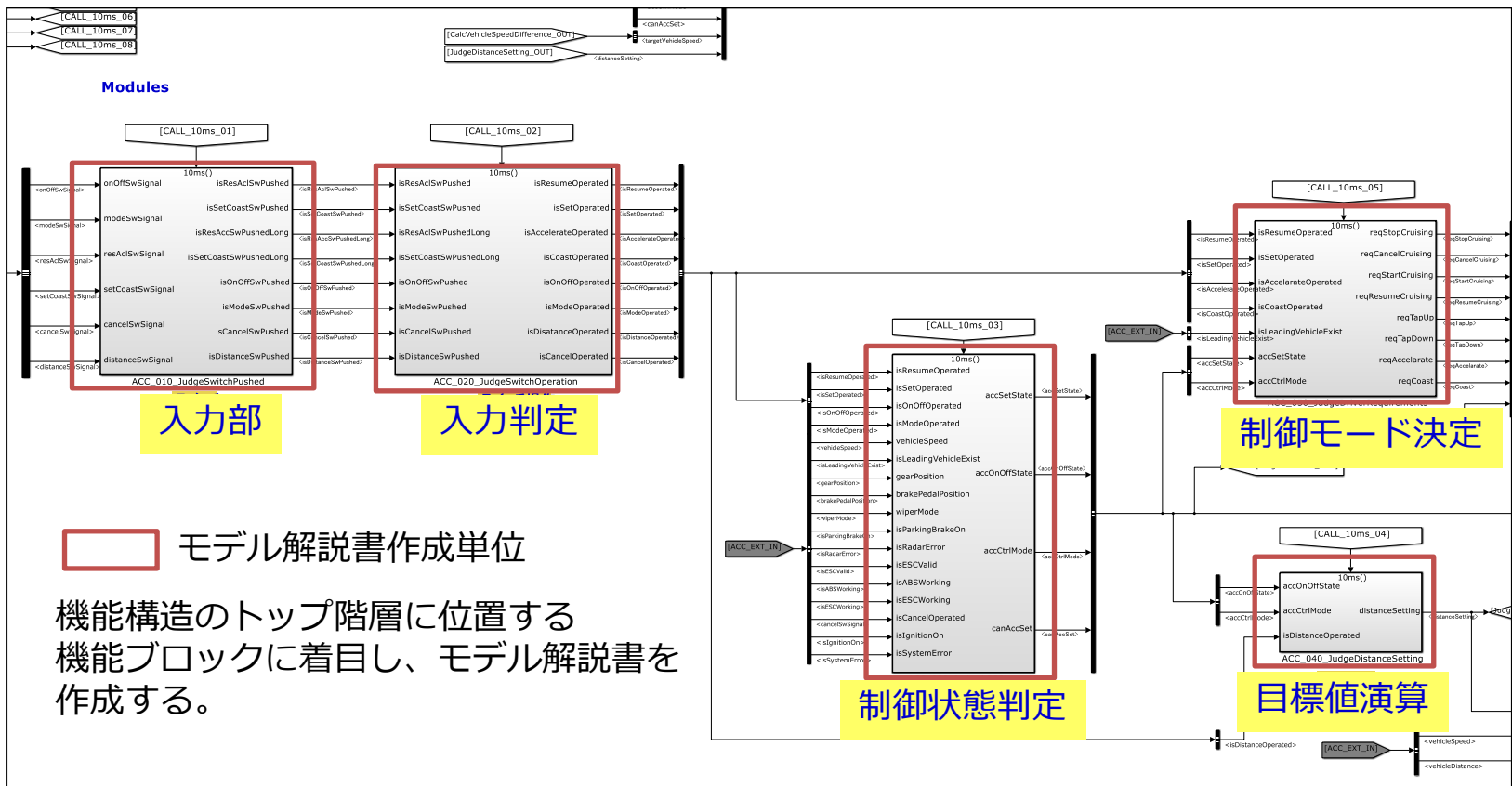
| 目標加速度演算 | 要求 | ACC.04 | 先行車両の認識結果、クルーズコントロール設定車速、及び現在の車速に基づいて、先行車に追従するための目標加速度を算出する。 | | | | | | | | | | | | |
|-----------|---------|------------------|---|----|--|--|-----------|---------|----|-----|-----|----|-----|-----|----|
| | 理由 | | 先行車に追従して走行するには、先行車との車間距離が保たれるように加減速を行う必要があるため。 | | | | | | | | | | | | |
| | 説明 | | ここで算出する目標加速度は、パワトレへの要求値である。目標加速度に基づいたパワトレ出力は、本機能の対象外。 | | | | | | | | | | | | |
| | 要求 | ACC.04.0 1 | 先行車追従の方法として、加速・減速のどちらを実施するか判定する。 | | | | | | | | | | | | |
| | 理由 | | 加速度の向きによって目標加速度の特性を分けるため。 | | | | | | | | | | | | |
| | 説明 | | 加速は常にゆるやかにするが、減速は安全を考慮して強めに要求する。 | | | | | | | | | | | | |
| | | □□ ACC.04.0 1.01 | 先行車との相対車速[m/s]、車間距離[m]から、先行車との車間時間[s]を算出する。 | | | | | | | | | | | | |
| | | □□ ACC.04.0 1.02 | 先行車との相対車速[m/s]、及び算出した車間時間[s]から下記表に従って加速・減速の判定を行う。 | | | | | | | | | | | | |
| | | | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">条件</th> </tr> <tr> <th>相対車速[m/s]</th> <th>車間時間[s]</th> <th>判定</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>≥ 0</td> <td>≥ 〇</td> <td>加速</td> </tr> <tr> <td>< 0</td> <td>< Δ</td> <td>減速</td> </tr> </tbody> </table> | 条件 | | | 相対車速[m/s] | 車間時間[s] | 判定 | ≥ 0 | ≥ 〇 | 加速 | < 0 | < Δ | 減速 |
| 条件 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 相対車速[m/s] | 車間時間[s] | 判定 | | | | | | | | | | | | | |
| ≥ 0 | ≥ 〇 | 加速 | | | | | | | | | | | | | |
| < 0 | < Δ | 減速 | | | | | | | | | | | | | |
| | 要求 | ACC.04.0 2 | ドライバのアクセル操作状態を確認し、ドライバがアクセル操作中の場合は目標加速度を算出しない。 | | | | | | | | | | | | |
| | 理由 | | ドライバ操作中に加速度を与えることで制御に対する不安感を与えないため。 | | | | | | | | | | | | |
| | 説明 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | □□ ACC.04.02.01 | ... | | | | | | | | | | | | |



モデル解説書の作成単位

■ 機能構造に基づいて作成する

- 制御モデルと対応付けるため、機能構造のトップ階層をモデル解説書の作成単位とする

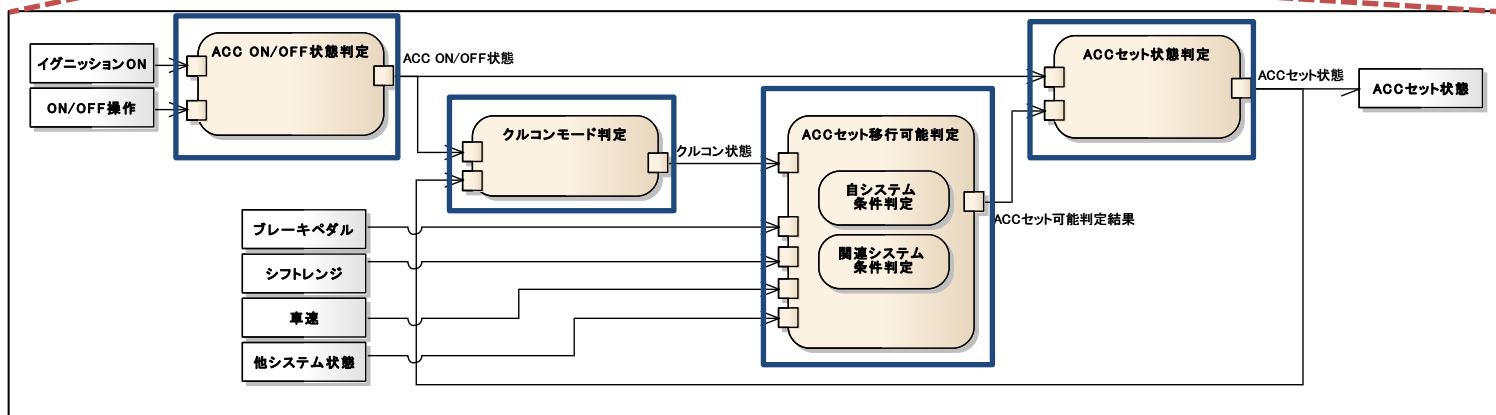


サブ機能の概要を記述

- 作成対象の機能に着目し、その機能がどのように構成されているかをアクティビティ図で記述する
 - アクティビティ図にはサブアクティビティが書けるため、ブロック線図そのままよりも中身を把握しやすい
- サブ機能のアクティビティを対象にUSDMで制御内容を記述する



機能ブロックに着目し、それがどのように構成されているかをアクティビティ図で表現。そこから、の単位でUSDMを記述する。



USDMに制御仕様を記述

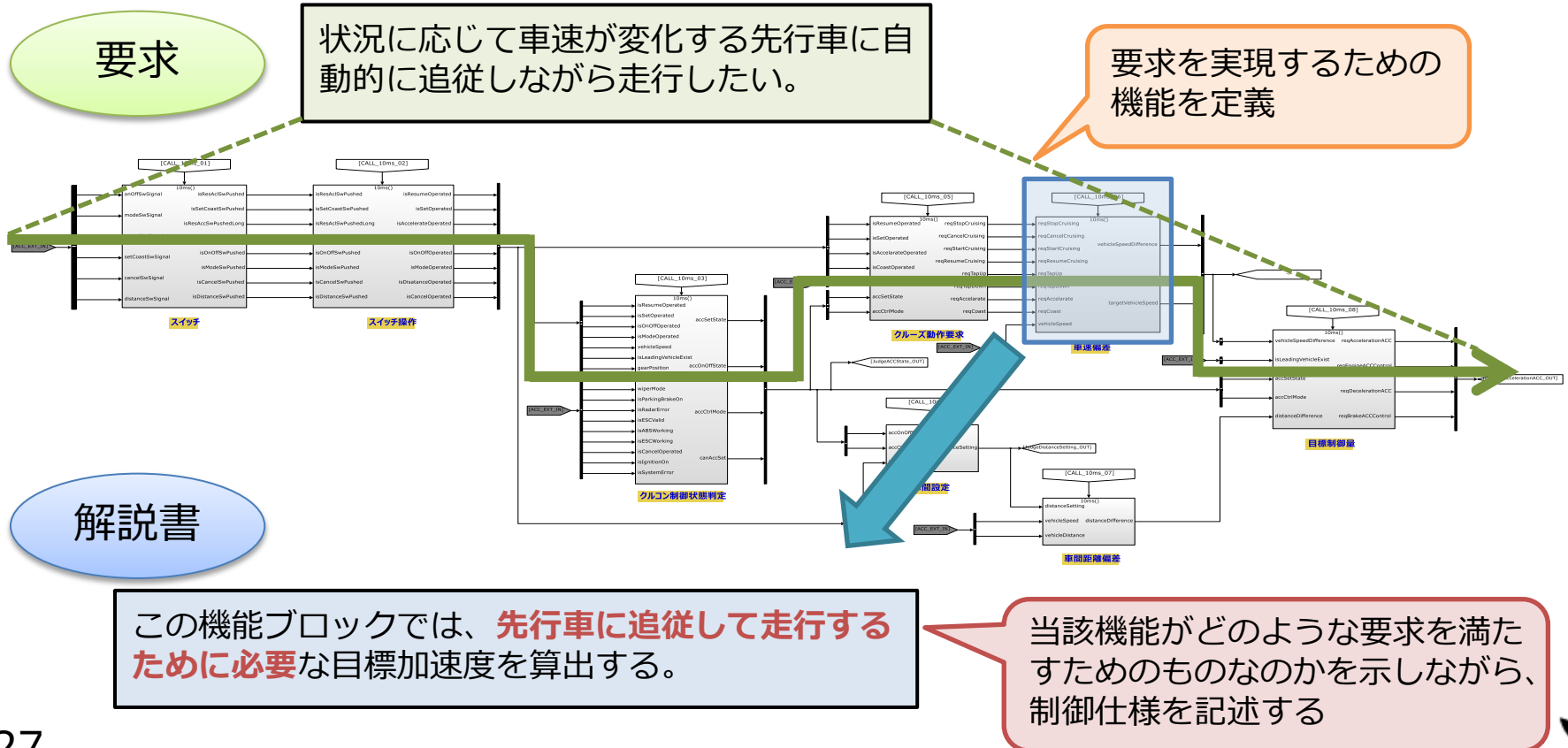
- 前頁の作成単位に基づき、制御モデルを読みながらUSDMで制御仕様を記述する

| 目標加速度演算 | 要求 | ACC.04 | 先行車両の認識結果、クルーズコントロール設定車速、及び現在の車速に基づいて、先行車に追従するための目標加速度を算出する。 | 第1階層にこの制御モデルが満たす要求を記述 | | | | | | | | | | | | |
|-----------|---------------|--|--|---|-----------------|--|----|-----------|---------|------|------|----|-----|-----|----|--|
| | 理由 | | 先行車に追従して走行するには、先行車との車間距離が保たれるように加減速を行う必要があるため。 | | | | | | | | | | | | | |
| | 説明 | | ここで算出する目標加速度は、パワトレへの要求値である。目標加速度に基づいたパワトレ出力は、本機能の対象外。 | 第2階層に要求を実現するための振る舞いを記述 | | | | | | | | | | | | |
| | 要求 | ACC.04.0 1 | 先行車追従の方法として、加速・減速のどちらを実施するか判定する。 | | | | | | | | | | | | | |
| | 理由 | | 加速度の向きによって目標加速度の特性を分けるため。加速は常にゆるやかにするが、減速は安全を考慮して強めに要求する。 | | | | | | | | | | | | | |
| | 説明 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | □□□ | ACC.04.0 1.01 | 先行車との相対車速[m/s]、車間距離[m]から、先行車との車間時間t[s]を算出する。 | | | | | | | | | | | | |
| | | □□□ | ACC.04.0 1.02 | 先行車との相対車速[m/s]、及び算出した車間時間t[s]から下記表に従って加速・減速の判定を行う。 | 仕様項目として、制御仕様を記述 | | | | | | | | | | | |
| | | | | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">条件</th> <th rowspan="2">判定</th> </tr> <tr> <th>相対車速[m/s]</th> <th>車間時間[s]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>>= 0</td> <td>>= 〇</td> <td>加速</td> </tr> <tr> <td>< 0</td> <td>< Δ</td> <td>減速</td> </tr> </tbody> </table> | 条件 | | 判定 | 相対車速[m/s] | 車間時間[s] | >= 0 | >= 〇 | 加速 | < 0 | < Δ | 減速 | |
| | 条件 | | 判定 | | | | | | | | | | | | | |
| 相対車速[m/s] | 車間時間[s] | | | | | | | | | | | | | | | |
| >= 0 | >= 〇 | 加速 | | | | | | | | | | | | | | |
| < 0 | < Δ | 減速 | | | | | | | | | | | | | | |
| 要求 | ACC.04.0 2 | ドライバのアクセル操作状態を確認し、ドライバがアクセル操作中の場合は目標加速度を算出しない。 | | | | | | | | | | | | | | |
| 理由 | | ドライバ操作中に加速度を与えることで制御に対する不安感を与えないため。 | | | | | | | | | | | | | | |
| 説明 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | □□□ | ACC.04.02.01 | ... | | | | | | | | | | | | | |



モデル解説書と要求との関係

- 要求は入力から出力まで、ソフトウェア全体を対象とするのに対して、モデル解説書では要求から定義された機能を対象に記述する。



モデル解説書作成における工夫

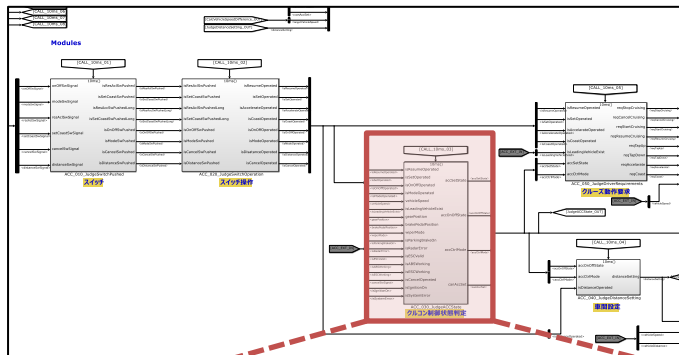
- モデル解説書は、制御意図を文書として残すことが目的
- 制御仕様を淡々と記述するのではなく、制御意図が伝わりやすくなるように次の工夫を行った
 1. 機能全体像と解説対象箇所 の明示
 2. 図表の活用
 3. 制御の結論から書く
 4. インタフェースの記述



1.機能全体像と解説対象箇所への明示

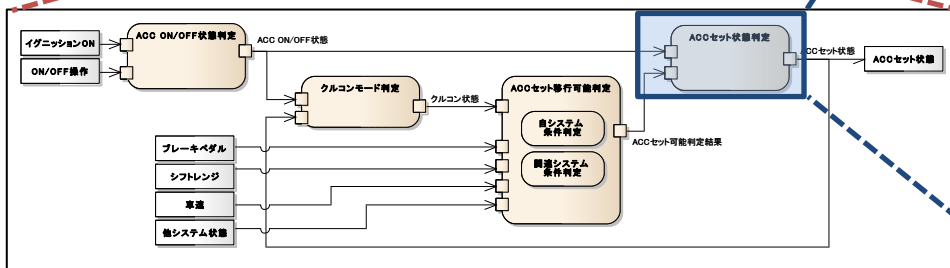
- 制御モデルのどの部分を解説しているのかを示すことで、見るべきモデル解説書を探しやすくする

全体構造



制御仕様解説

| 要求 | ACC.04 | 先行車両の認識結果、クルーズコントロール設定車速、及び現在の車速に基づいて、先行車に追従するための目標加速度を算出する。 | | | | | | | | | | | |
|-----------|-------------------|---|----|--|----|-----------|---------|----------|---------------|----|-------|------------|----|
| 理由 | | 先行車に追従して走行するには、先行車との車間距離が保たれるように加減速を行う必要があるため。 | | | | | | | | | | | |
| 説明 | | ここで算出する目標加速度は、パワトレへの要求値である。目標加速度に基づいたパワトレ出力は、本機能の対象外。 | | | | | | | | | | | |
| 要求 | ACC.04.0 1 | 先行車追従の方法として、加速・減速のどちらを実施するか判定する。 | | | | | | | | | | | |
| 理由 | | 加速度の向きによって目標加速度の特性を分けるため。加速は常にゆるやかにするが、減速は安全を考慮して強めに要求する。 | | | | | | | | | | | |
| 説明 | | | | | | | | | | | | | |
| | □□□ ACC.04.0 1.01 | 先行車との相対車速[m/s]、車間距離[m]から、先行車との車間時間t[s]を算出する。 | | | | | | | | | | | |
| | □□□ ACC.04.0 1.02 | 先行車との相対車速[m/s]、及び算出した車間時間t[s]から下記表に従って加速・減速の判定を行う。 | | | | | | | | | | | |
| | | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">条件</th> <th rowspan="2">判定</th> </tr> <tr> <th>相対車速[m/s]</th> <th>車間時間[s]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>≥ 0</td> <td>$\geq \Delta$</td> <td>加速</td> </tr> <tr> <td>< 0</td> <td>$< \Delta$</td> <td>減速</td> </tr> </tbody> </table> | 条件 | | 判定 | 相対車速[m/s] | 車間時間[s] | ≥ 0 | $\geq \Delta$ | 加速 | < 0 | $< \Delta$ | 減速 |
| 条件 | | 判定 | | | | | | | | | | | |
| 相対車速[m/s] | 車間時間[s] | | | | | | | | | | | | |
| ≥ 0 | $\geq \Delta$ | 加速 | | | | | | | | | | | |
| < 0 | $< \Delta$ | 減速 | | | | | | | | | | | |
| 要求 | ACC.04.0 2 | ドライバのアクセル操作状態を確認し、ドライバがアクセル操作中の場合は目標加速度を算出する。 | | | | | | | | | | | |
| 理由 | | ドライバ操作中に加速度を与えることで制御に対する不安感を与えないため。 | | | | | | | | | | | |
| 説明 | | | | | | | | | | | | | |
| | □□□ ACC.04.02.01 | --- | | | | | | | | | | | |

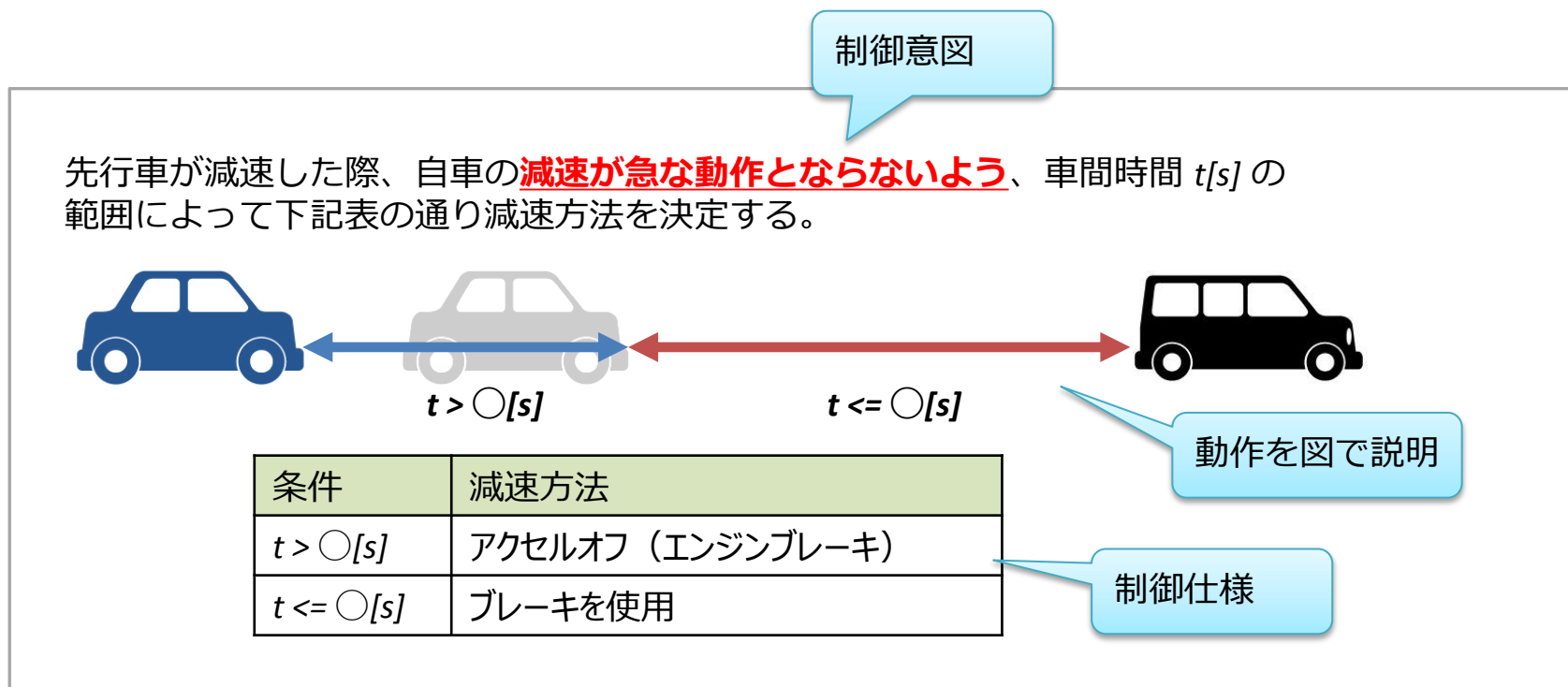


サブ機能構造



2. 図表の活用

- 制御意図を文章だけで伝えることは難しい
- その制御によってどのような動作にさせようとしているのか、図表を多用することで視覚的に理解できるようにする



3. 制御の結論から書く

- 制御モデルをなぞるように順番に書いても、全部読まない
と何をしているのかわからない
- 何をしたいのかを先に示すことで、制御意図を素早く把握
できるようにする

1. 相対車速を算出する。算出方法は...
2. 車間時間を算出する。算出方法は...
3. 減速方法を決定する。決定方法は...
4. 決定した減速方法に応じて、**先行車接近時の要求減速Gを算出**する。

制御ロジックを転記するような書き方
では理解しやすい記述にならない。

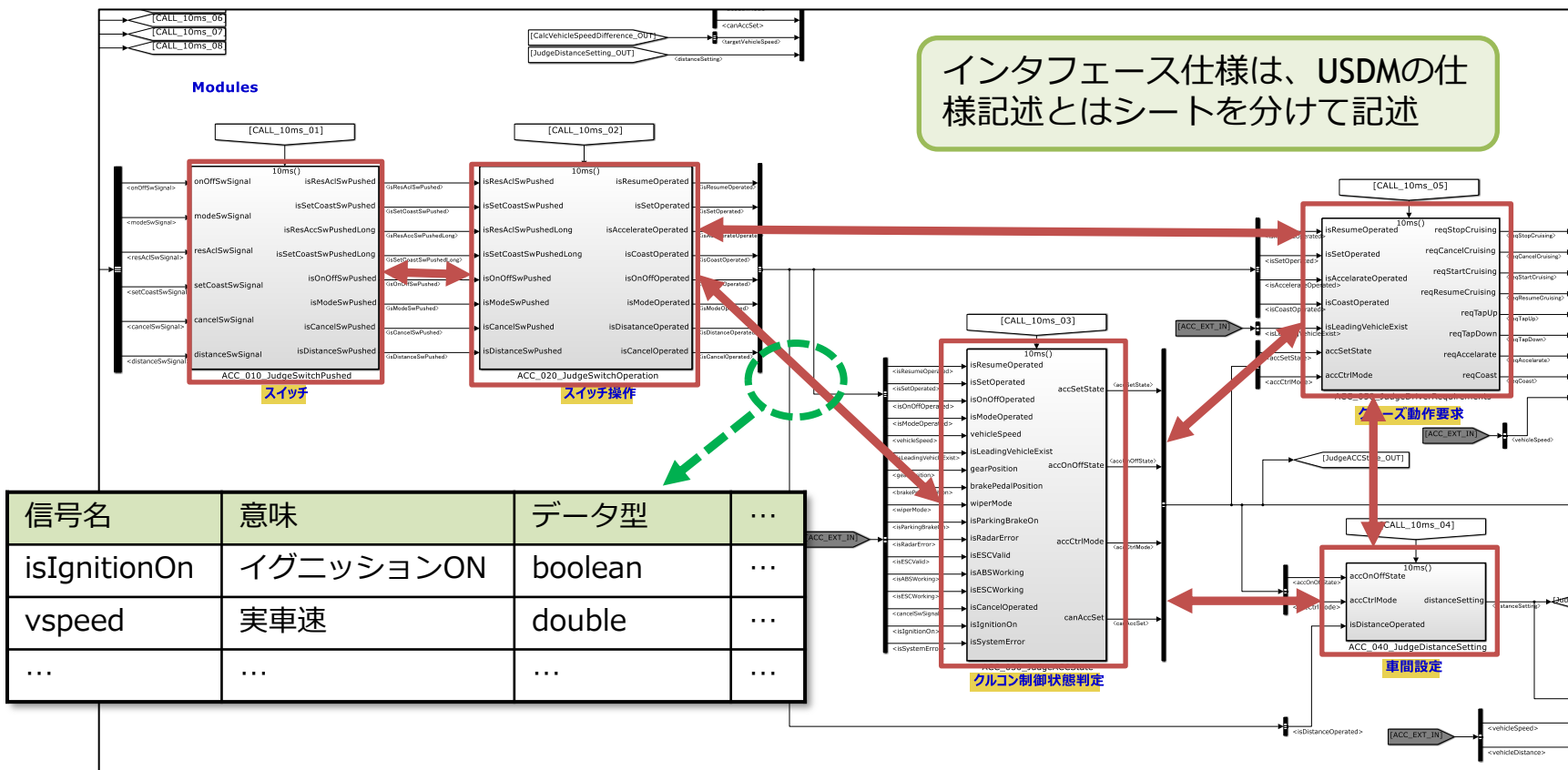
- ↓
1. **先行車接近時の要求減速Gを算出**するため、先行車との相対車速と車
間時間の算出、及び減速方法の決定を行う。
 - 1-1. 相対車速の算出方法は...
 - 1-2. 車間時間の算出方法は...
 - 1-3. 減速方法の決定方法は...

結論から書くことで全部読まなくても
概要をすぐに把握できる。



4. インタフェースの記述

- 対象機能ブロックの入出インタフェースを合わせて記述することで、他機能とのつながりも把握できるようにする



制御意図を可視化した効果



モデル解説書作成の効果(1/2)

- 制御内容を知りたいときにモデルを見なくていい
 - 制御の理由や狙いがわかる形式になったため、制御の妥当性検討を第三者も交えて実施できる
 - 元々やりたかったことに立ち戻って評価できるため、場当たりのな変更が行われなくなった
- 適切な機能追加・変更ができる
 - 機能構造、及びそれらの責務などが明らかであるため、追加・変更したい機能を適切な場所に入れられる



モデル解説書作成の効果(2/2)

- 下流工程へのインプットになる
 - モデル解説書の記述が期待結果となるため、テスト担当者が何をテストすればよいか明確
 - 仕様通りであっても制御意図に反する動作をしていれば、実装担当者、テスト担当者がそれに気づける
- 属人性が低下する
 - そのまま引き継ぎ資料としても使えるため、設計内容を共有し、今後の担当者交代などに備えられる
 - 新メンバに対する教育資料としても活用可能



XDDPへの発展

- トレーサビリティマトリクスでの変更箇所特定後、モデル解説書で示される制御意図を踏まえて、変更設計ができる

| | | | | デバイスレイヤ | サービス | | | | アプリケーション | 機能 | | | |
|-----------|------|--|---------|-------------------|--------|--------|--------|--------|----------|-----------------------|---------|---------|---------|
| 変更要求・変更仕様 | | | | | サービス1 | サービス2 | サービス3 | サービス4 | | 機能1 | 機能2 | 機能3 | 機能4 |
| | | | | | srv1.c | srv2.c | srv3.c | srv4.c | | func1.c | func2.c | func3.c | func4.c |
| 変更要求 | EX01 | 先行車に追従して走行する機能を、現状の○○km/h以上から、全車速に拡大したい | 理由 | 運転支援をより広範囲に実現するため | | | | | | | | | |
| | | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> | EX01.01 | 目標加速度算出の下限値をなくす | | init() | | | | | | | |
| | | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> | EX01.02 | 先行車の停止/発進を認識する | | | | | | <input type="radio"/> | | | f4() |
| 変更要求 | EX02 | ・・・において、・・・の範囲を広げたい | 理由 | ・・・のため | | | | | | | | | |
| | | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> | EX02.01 | ・・・に、・・・を追加する | | | | ○ | | | | | |

モデル解説書の記述が、変更設計における次のような検討とつながる

- どこを変更すればよいか？
- 変更要求の妥当性はあるか？
- 変更後も引き続き考慮すべき仕様はあるか？

| 要求 | ACC.04 | 先行車両の認識結果、クルーズコントロール設定車速、及び現在の車速に基づいて、先行車に追従するための目標加速度を算出する。 | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--|--|---|----|--|----|-----------|---------|--|------|------|----|-----|-----|----|
| 理由 | | 先行車に追従して走行するには、先行車との車間距離が保たれるように加減速を行う必要があるため。 | | | | | | | | | | | | | |
| 説明 | | ここで算出する目標加速度は、パトレへの要求値である。目標加速度に基づいたパトレ出力は、本機能の対象外。 | | | | | | | | | | | | | |
| 要求 | ACC.04.01 | 先行車追従の方法として、加速・減速のどちらを実施するか判定する。 | | | | | | | | | | | | | |
| 理由 | | 加速度の向きによって目標加速度の特性を分けるため。 | | | | | | | | | | | | | |
| 説明 | | 加速は楽にゆるやかにするが、減速は安全を考慮して強めに要求する。 | | | | | | | | | | | | | |
| | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> | ACC.04.1.01 | 先行車との相対車速(m/s)、車間距離(m)から、先行車との車間時間[s]を1 | | | | | | | | | | | | |
| | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> | ACC.04.1.02 | 先行車との相対車速(m/s)、及び算出した車間時間[s]から下記表に従って加速・減速の判定を行う。 | | | | | | | | | | | | |
| | | | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">条件</th> <th>判定</th> </tr> <tr> <th>相対車速[m/s]</th> <th>車間時間[s]</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>>= 0</td> <td>>= 0</td> <td>加速</td> </tr> <tr> <td>< 0</td> <td>< Δ</td> <td>減速</td> </tr> </tbody> </table> | 条件 | | 判定 | 相対車速[m/s] | 車間時間[s] | | >= 0 | >= 0 | 加速 | < 0 | < Δ | 減速 |
| 条件 | | 判定 | | | | | | | | | | | | | |
| 相対車速[m/s] | 車間時間[s] | | | | | | | | | | | | | | |
| >= 0 | >= 0 | 加速 | | | | | | | | | | | | | |
| < 0 | < Δ | 減速 | | | | | | | | | | | | | |
| 要求 | ACC.04.02 | ドライバのアクセル操作状態を確認し、ドライバがアクセル操作中の場合は目 | | | | | | | | | | | | | |
| 理由 | | ドライバ操作中に加速度を与えることで制御に対する不安感を与えないため。 | | | | | | | | | | | | | |
| 説明 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> | ACC.04.02.01 | ... | | | | | | | | | | | | |

今後の課題

- モデル解説書を作成するメリットは大きいですが、機能の変更に合わせて解説書をメンテしていくコストもまた大きい
 - 制御の内容が把握でき、かつ、メンテ可能な粒度の見極めが重要
 - 次の工程への入力成果物として規定（契約）するなど、開発プロセスとして強制される方法も考える必要あり
 - 今回の活動では制御モデルとモデル解説書の担当者を分けることで開発スピードを維持したが、コストとのトレードオフになる



まとめ

- スピード重視の先行開発では、その過程で行われる試行錯誤の内容が暗黙知になってしまいがち
- 暗黙知となってしまう制御意図を可視化すべく、USDMMによるモデル解説書の作成を試みた
- 制御意図が可視化されたことにより、妥当性の評価や属人性の低下などの効果を得た
- 今後ますます複雑化していく制御系のソフトウェア開発において、このような活動は不可欠
- モデル解説書メンテの課題を克服できれば、モデルベースによる派生開発をさらに加速させることができる

