



派生開発カンファレンス2016

# プロダクトライン開発を見据えた システム全体最適設計の取組み

～自動車：電動パワーステアリング開発における事例～

2016年5月27日

ステアリング総合技術センター

ステアリングR&Dセンター

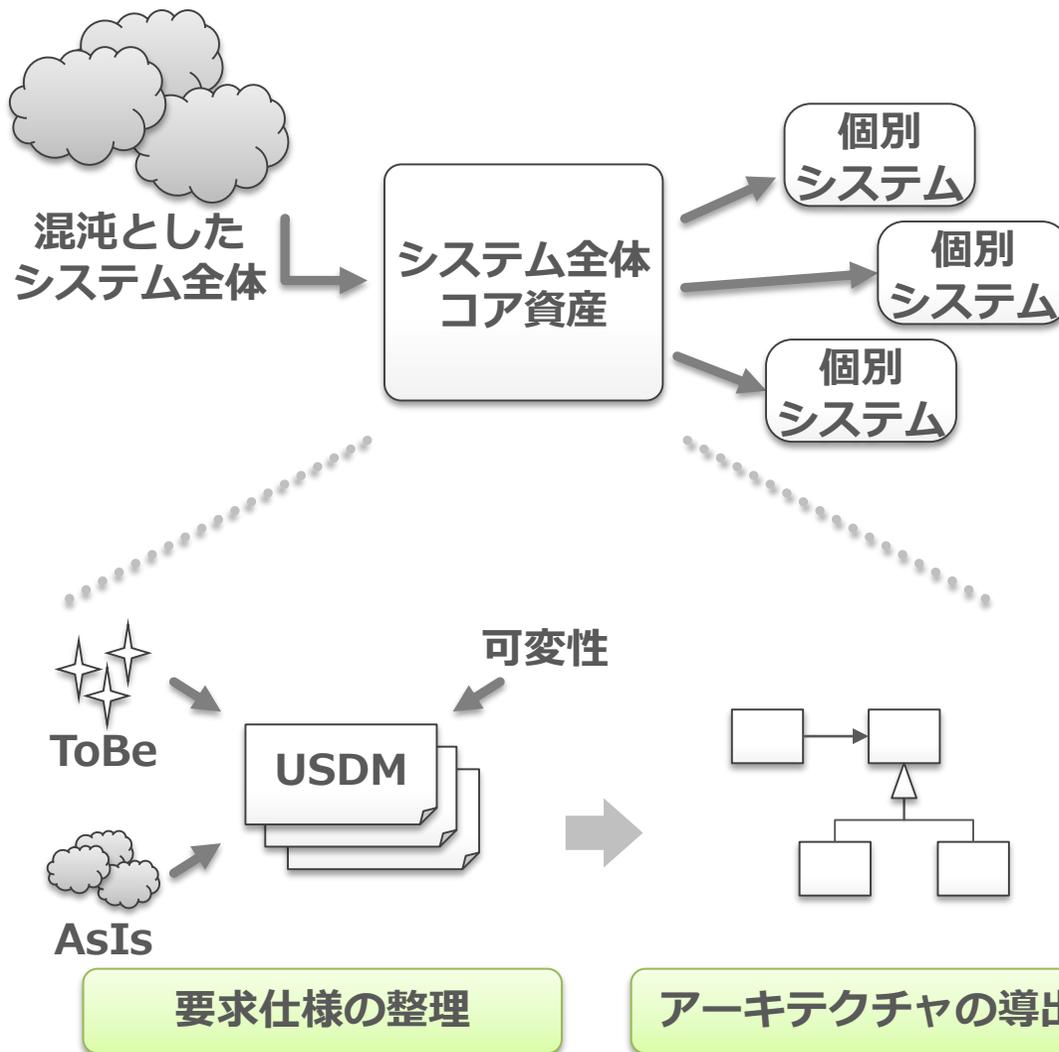
次世代コラムEPS開発部

高橋 寛之

日本精工株式会社

プロダクトライン  
開発を見据えた

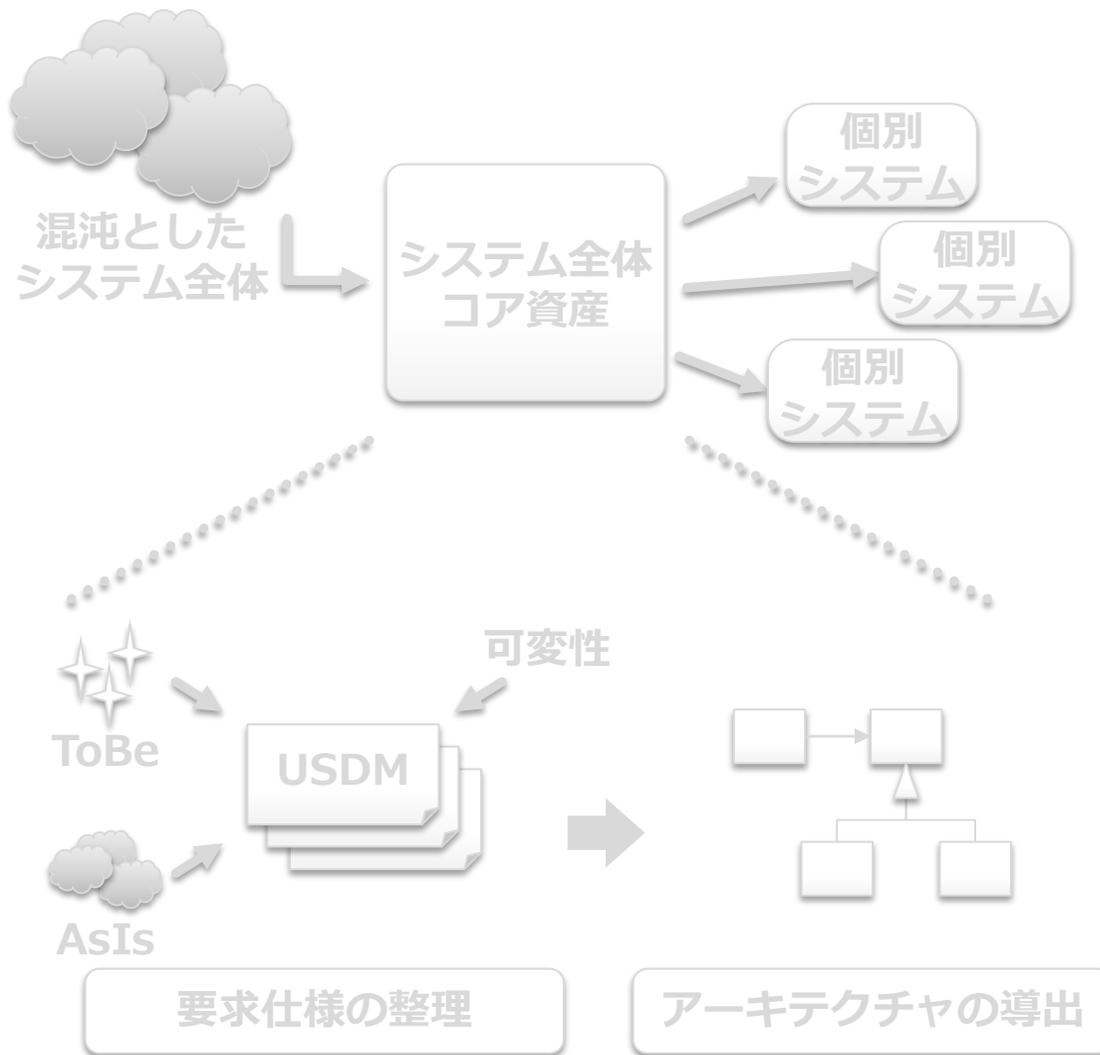
システム全体  
最適設計の取組み



1. 導入
  - 1-1. 開発対象紹介
  - 1-2. 背景と目指す姿
  - 1-3. 課題と対策
2. 取組み内容
  - 2-1. 要求仕様の整理
  - 2-2. アーキテクチャの導出
3. 今後の課題

プロダクトライン  
開発を見据えた

システム全体  
最適設計の取組み



1. 導入
  - 1-1. 開発対象紹介
  - 1-2. 背景と目指す姿
  - 1-3. 課題と対策
2. 取組み内容
  - 2-1. 要求仕様の整理
  - 2-2. アーキテクチャの導出
3. 今後の課題

## 電動パワーステアリング : EPSとは

※EPS : Electric Power Steering

ハンドルを操作  
→センサで感知  
→ECUでアシスト量演算  
→モータがアシスト  
→軸が回転  
→軸が左右移動  
→タイヤが方向転換

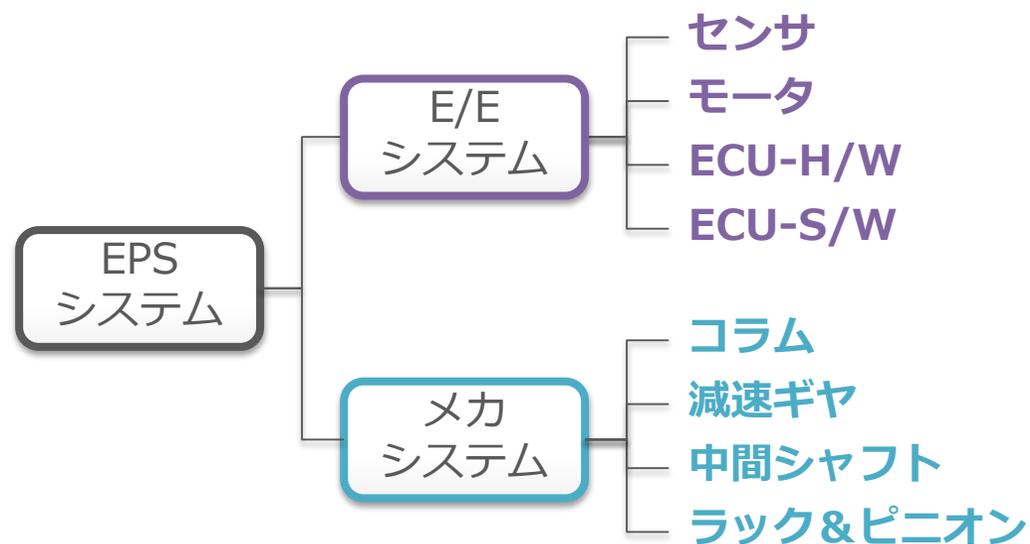
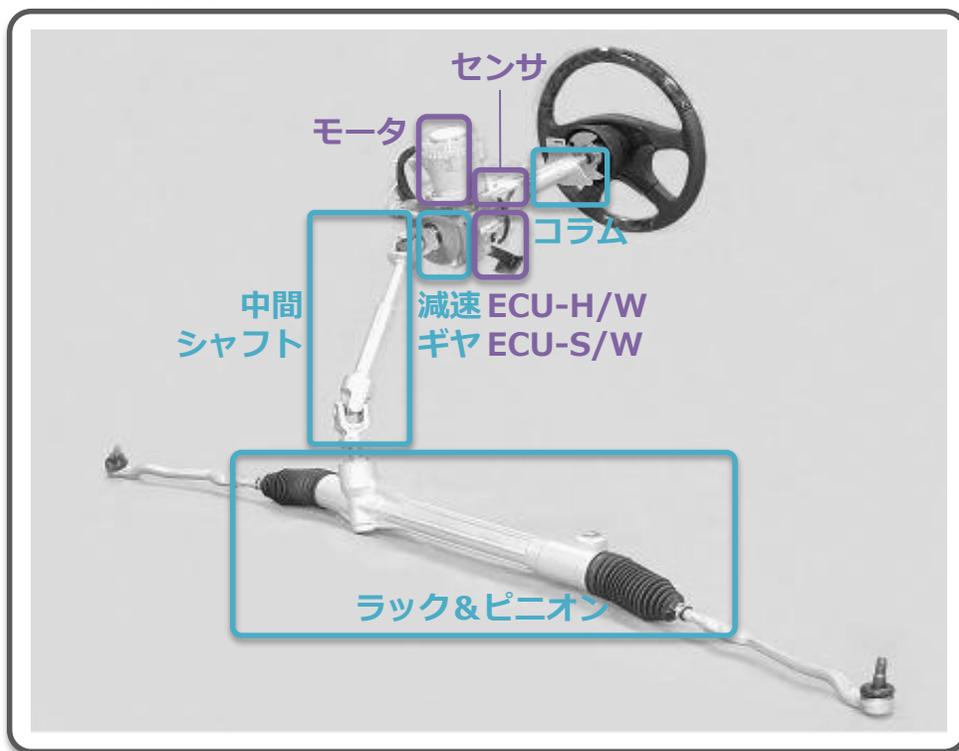


※ECU : Electronic Control Unit

- 業界状況 : 油圧式からの置き換えが進み、乗用車はほぼ搭載
- 弊社状況 : 独立系サプライヤとして、  
複数のカーメーカ/車種向けに納入  
→ 多数のバリエーションを同時に開発している

「システム全体」が指すもの  
→“ソフトウェアのシステム”ではなく、  
ソフト・ハード・メカ等含めた全体のシステム

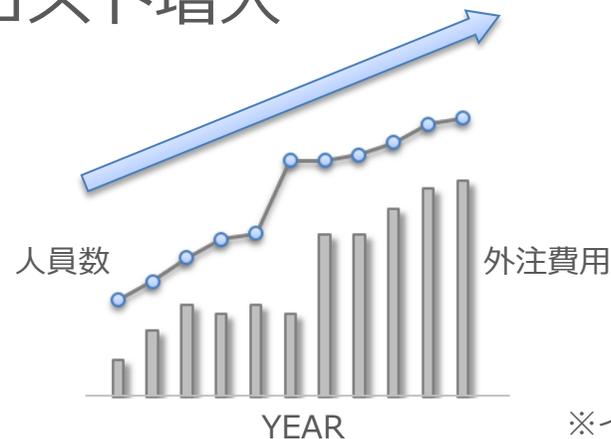
EPSシステム



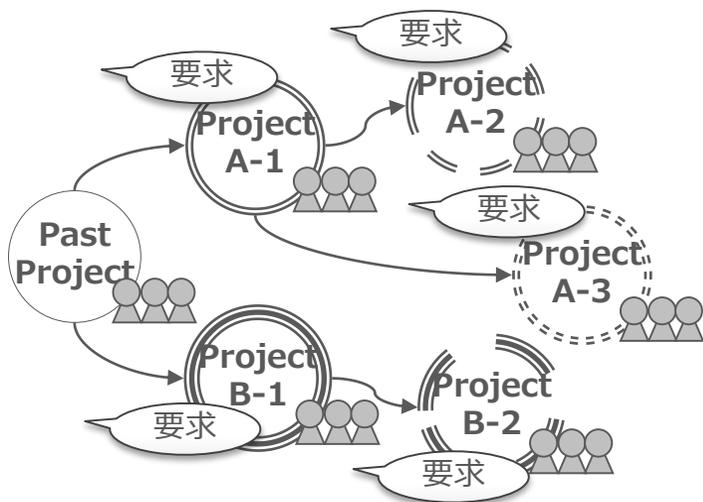
- 要求の複雑化、多様化



- コスト増大



- なぜコスト増が続いているか

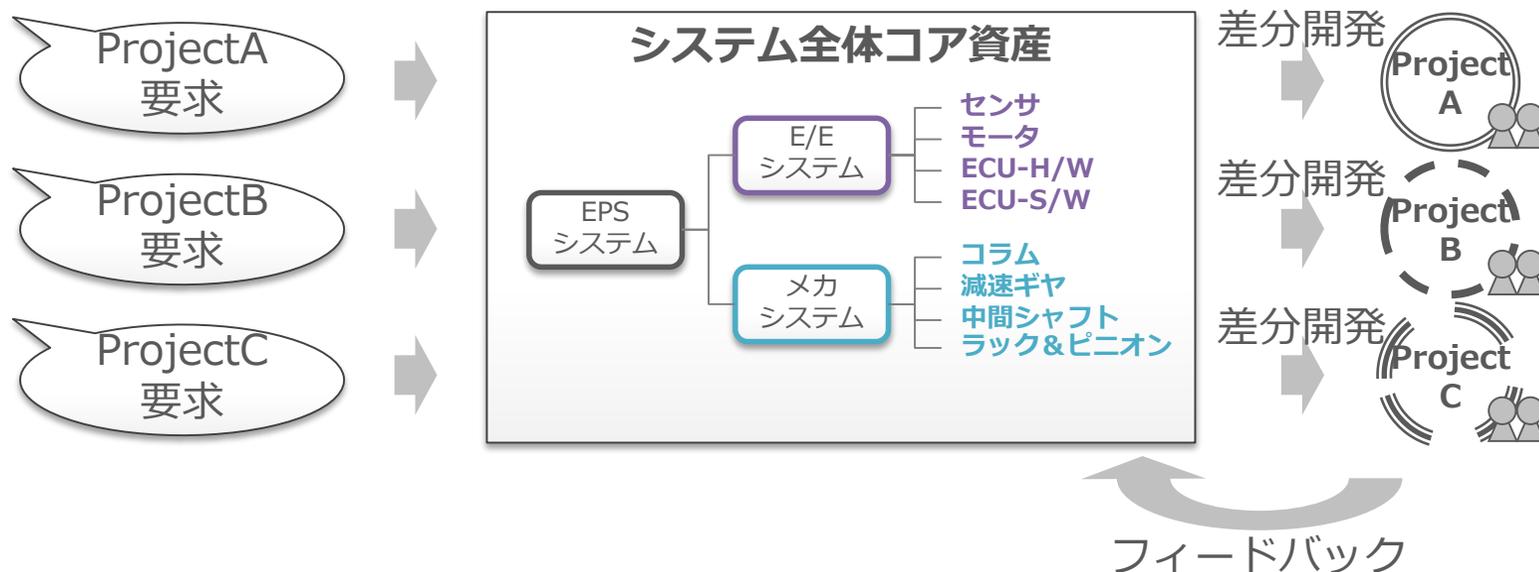


一品一様の開発スタイル

→製品が顧客・車種毎に独自に進化し、  
収束しない

破綻の  
恐れ

## 一品一様からの脱却



システム全体のコア資産を確立し、その設計思想の下で  
差分開発により製品を実現する姿を目指す

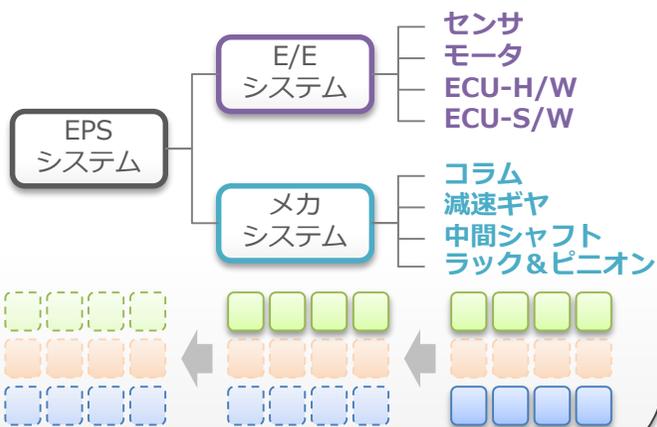
# 要求仕様 および アーキテクチャに課題



## 課題①：要求明確化

要求が明文化されておらず、各部分が何を行っているのか、なぜその必要があるのかが不明確

システムの上位階層になるにつれ、既存成果物が乏しくなる傾向も

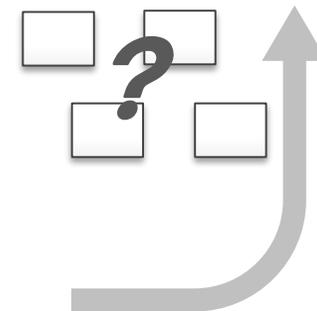


顧客要求	顧客要求	顧客要求	顧客要求
製品要求	製品要求	製品要求	製品要求
製品仕様	製品仕様	製品仕様	製品仕様
A社向け	B社向け	C社向け	D社向け



## 課題③：アーキテクチャ反映

可変性を表現できたとして、それをソフトウェアアーキテクチャへ反映・表現する方法が不明確



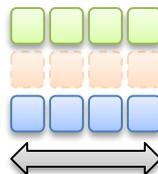
## 課題②：可変性見極めと表現

全案件の要求仕様を整理した記述が存在せず、要求仕様の可変性(共通部分と固有部分)が不明確

**課題①：**  
要求明確化



**課題②：**  
可変性見極めと表現



**課題③：**  
アーキテクチャ反映



**対策①**

トップダウンにより  
上位からの要求を明確  
化する

ボトムアップにより  
現状の要求仕様を整理  
する

**対策②**

製品間での要求仕様の可変性(共通・固有)を明確に区別して定義する

**対策③**

定義した可変性を  
ヒントにして構造  
を導く

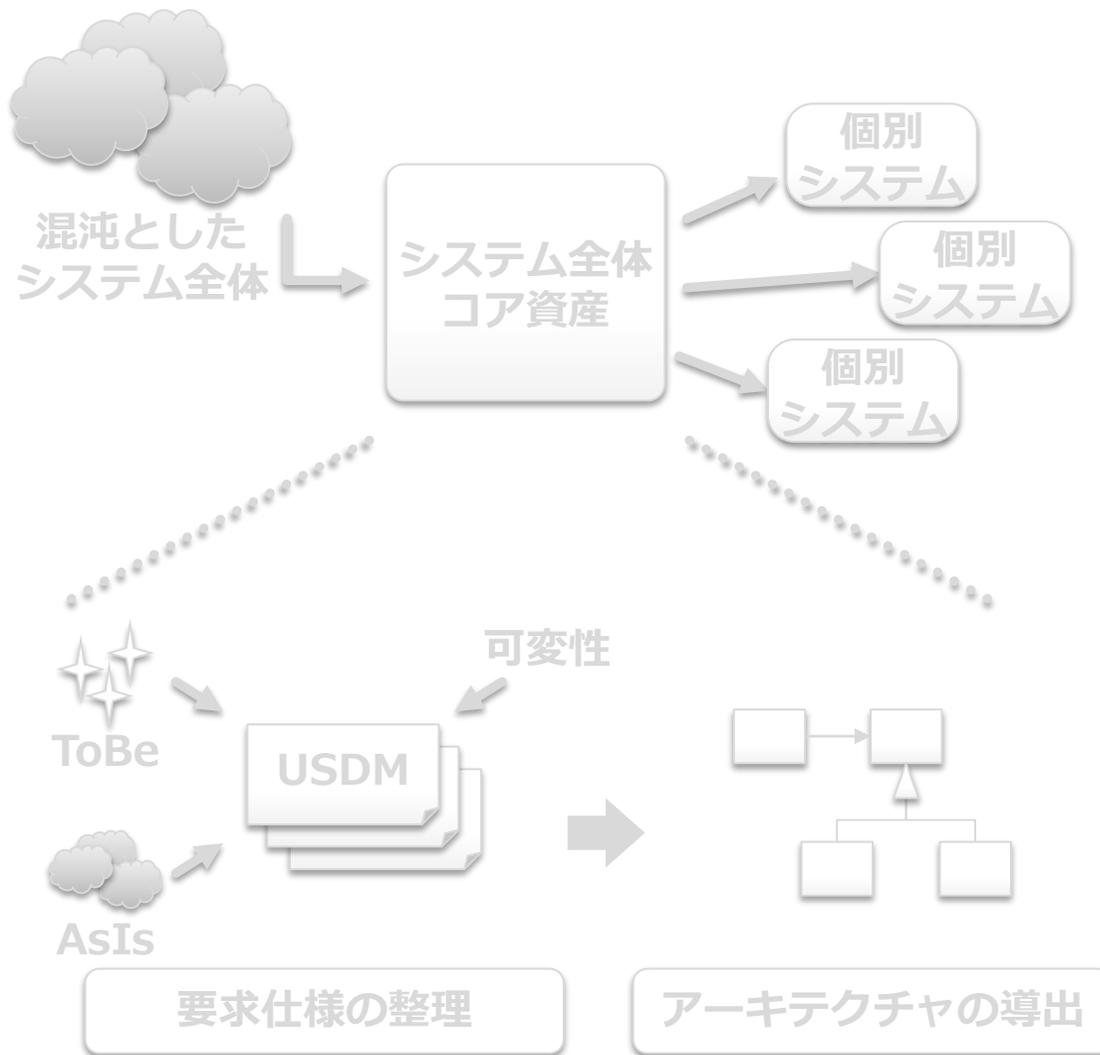


要求仕様の整理

アーキテクチャの導出

プロダクトライン  
開発を見据えた

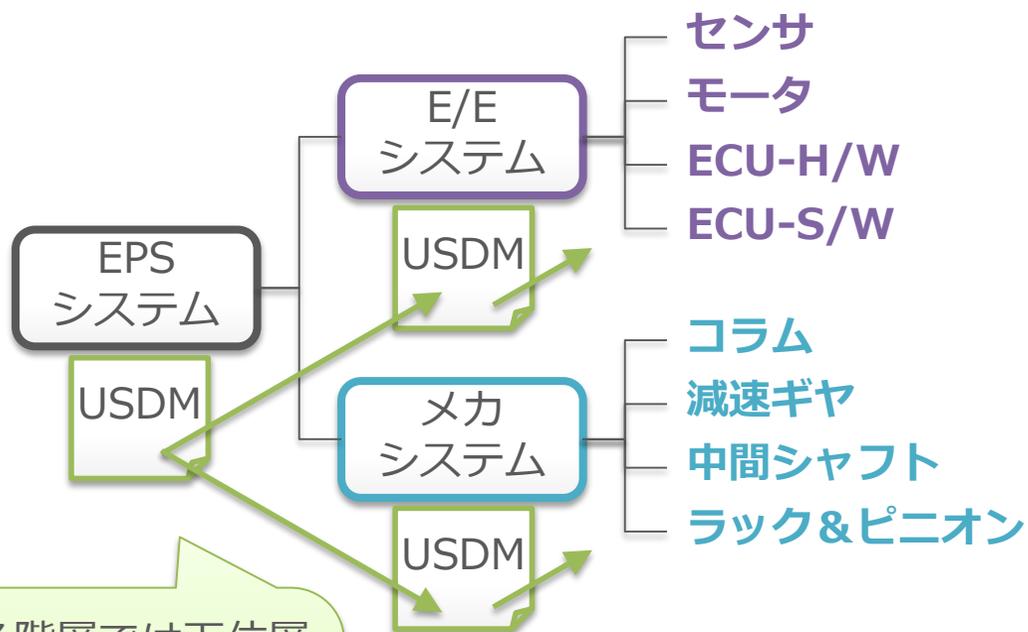
システム全体  
最適設計の取組み



1. 導入
  - 1-1. 開発対象紹介
  - 1-2. 背景と目指す姿
  - 1-3. 課題と対策
2. 取組み内容
  - 2-1. 要求仕様の整理
  - 2-2. アーキテクチャの導出
3. 今後の課題

## 上位階層からの要求の明確化

【やること】



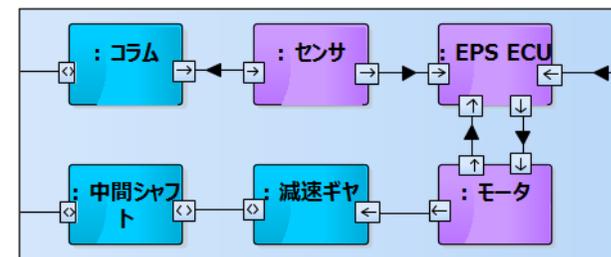
各階層では下位層への仕事の分配を見出し、それを「仕様」として記述する

上位層の「仕様」を該当層の「要求」として扱う

【やり方】



最上位階層(EPSシステム)への要求は、ユースケース分析等を用いて見出す



各階層でその構成要素を見出しながら、TMで対応付ける

## 対策実施例

仕様を構成要素へ分配



EPSシステム			E	センサ	EPS ECU
理由 説明	ドライバのステアリング操作によって生じる操舵トルクを検出し、ドライバが意図したタイヤ角となるように、ナックルアームへの推力を発生させる。				
	ドライバが楽な操作で思い通りに車両を操舵できるようにするため。 「EPS教育資料」にて、一連の動作を説明するアニメーションがある。				
<b>&lt;ドライバ操舵の検出&gt;</b>					
要求	EPS.01.01	ステアリングから入力される操舵トルクの大きさと方向を検出する。			
理由	ドライバの操舵内容に応じて適切なアシストトルクを決めるため。				
説明	-				
<b>&lt;ステアリング操舵トルクの入力&gt;</b>					
<b>&lt;操舵トルクの検出&gt;</b>					
□□□	EPS.01.01.11				
□□□	EPS.01.01.12				
□□□	EPS.01.01.13	センサによって、トーションバーのねじれを検出する。		●	
□□□	EPS.01.01.14				●

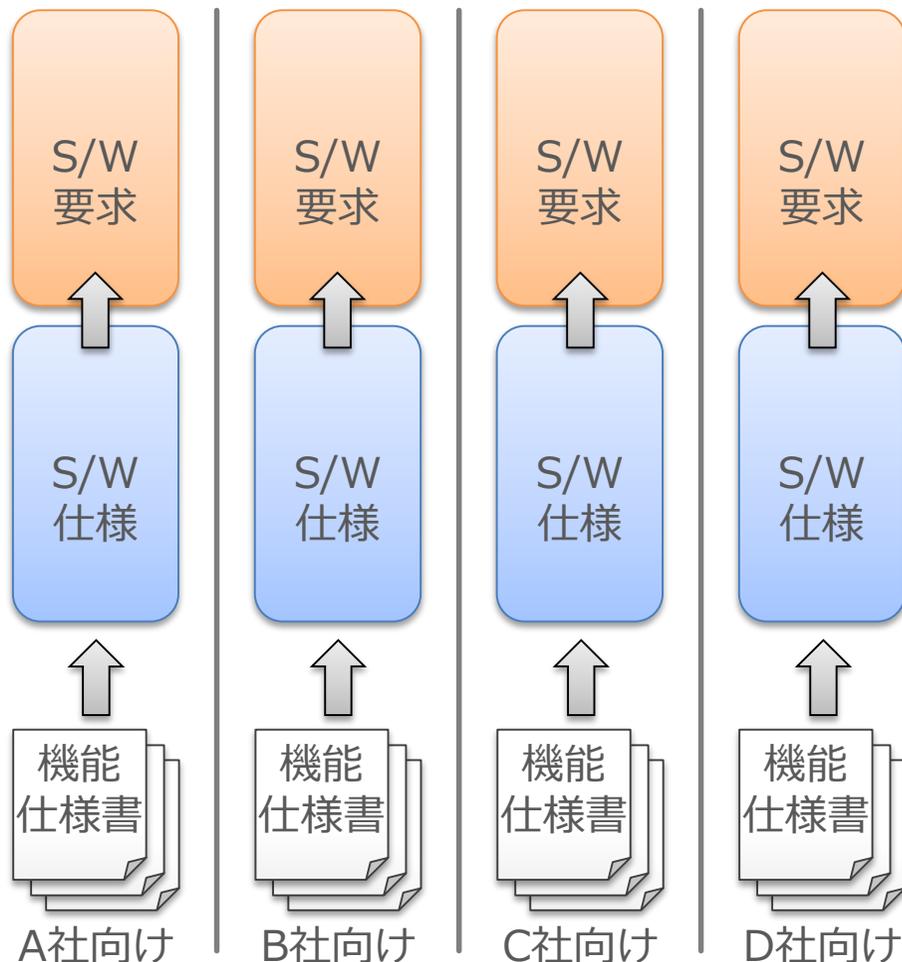
効果

- ✓ 不明確だった上位層の要求の明確化
- ✓ 記載粒度および構成要素との対応の明確化

E/Eシステム		
理由	EPS.01.01.13	センサによって、トーションバーのねじれを検出する。
説明	-	
<b>&lt;入出力軸位置の測定&gt;</b>		
要求	EPS.01.01.13.01	トーションバー入力軸、出力軸の位置を測定する。
理由	ねじれ量の推定をするには量軸の位置が必要となるため。	
説明	-	
<b>&lt;位置検出の手段&gt;</b>		
□□□	EPS.01.01.13.01.01	
□□□	EPS.01.01.13.01.02	

## 既存成果物から現状の整理

【やること】



【やり方】

Step2. 「仕様」より「要求」  
および「理由」を導出

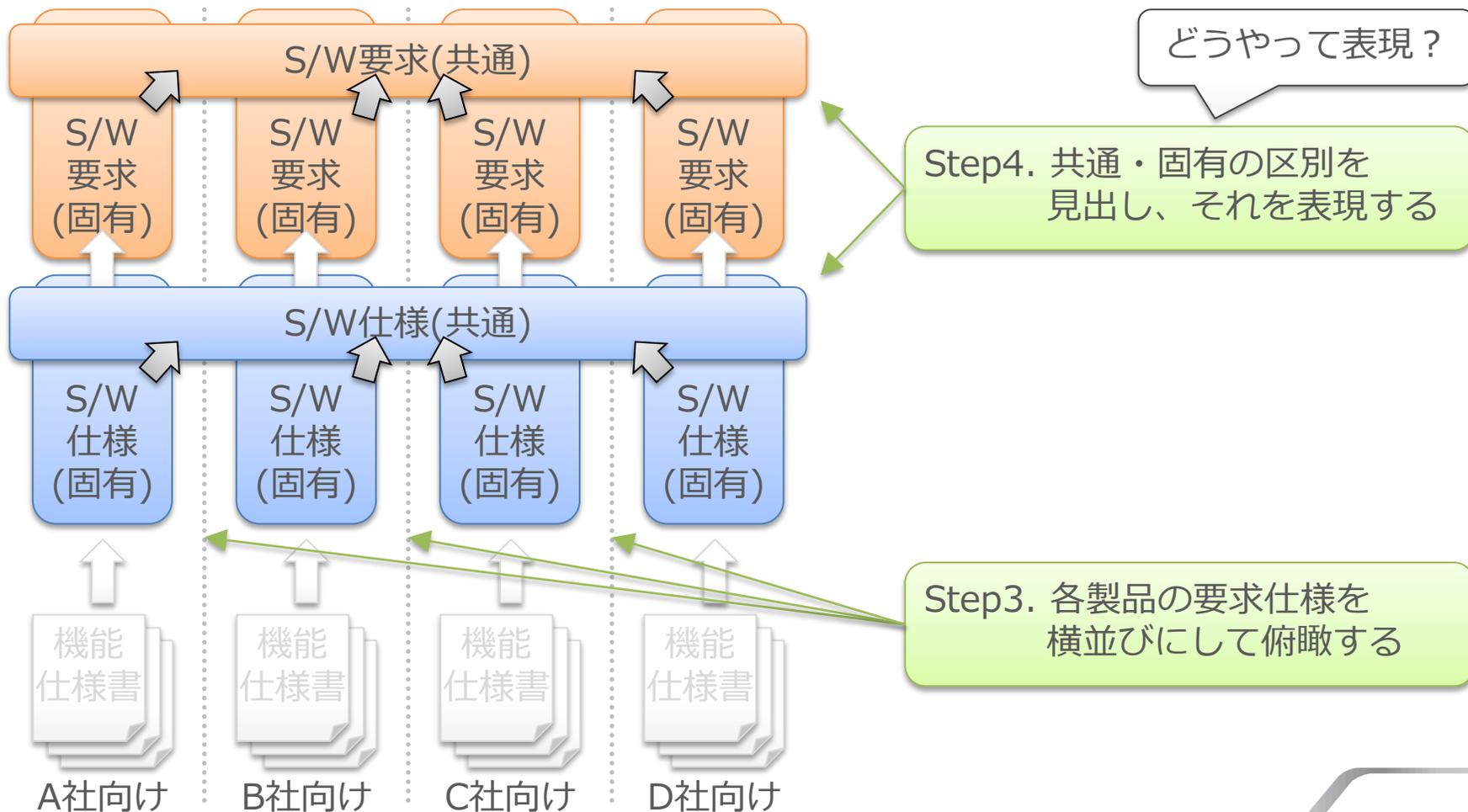
Step1. USDMの「仕様」へ抽出

既存S/Wの「機能仕様書」  
(仕様：あり、要求：不明確)

## 既存成果物から現状の整理(続き)

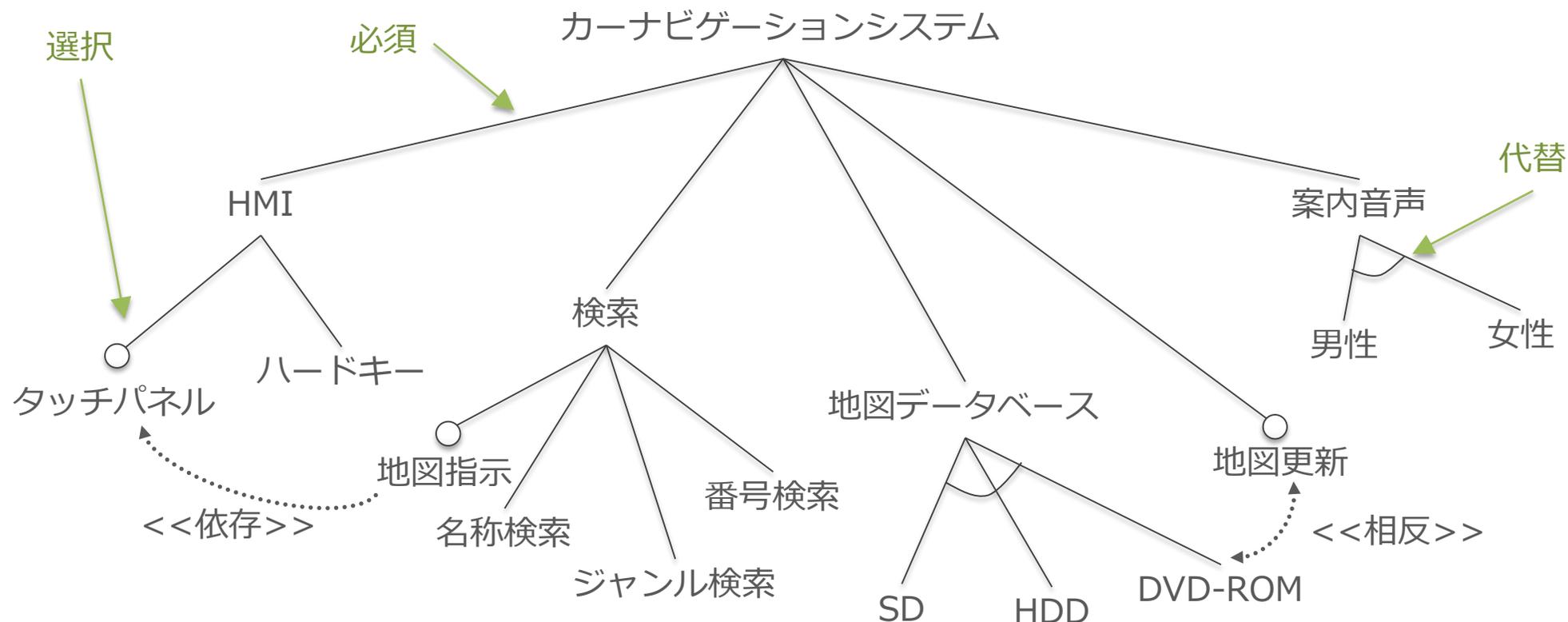
【やること】

【やり方】



可変性の表現方法：SPLでは ※SPL：Software Product Line

■SPLでは、ツリー状のフィーチャモデルとして整理する例がよく見られる

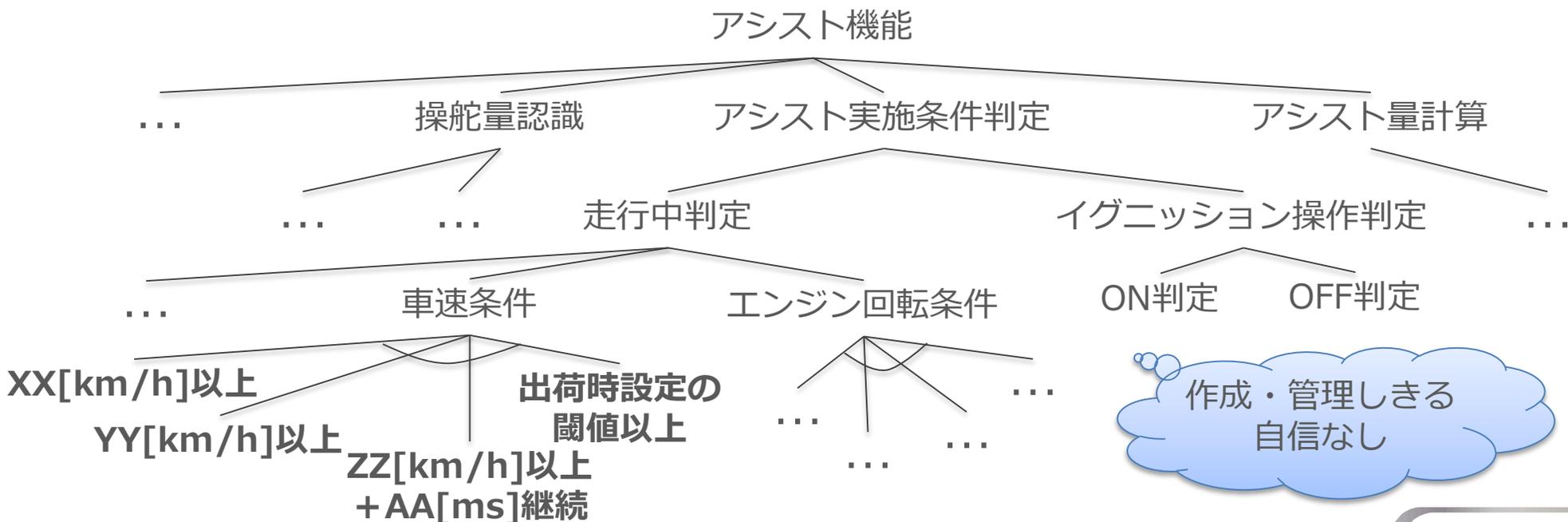


## 扱いたい例

### ■例：車両が走行中かどうかの車速による判断

A社	B社	C社	D社
XX[km/h]以上	YY[km/h]以上	ZZ[km/h]以上 + AA[ms]継続	出荷時設定の 閾値以上

アシストをするか  
しないかの判断に  
利用



作成・管理しきる  
自信なし

## 対策実施例

### ■ USDMの記載を拡張し、可変性の表現を追加

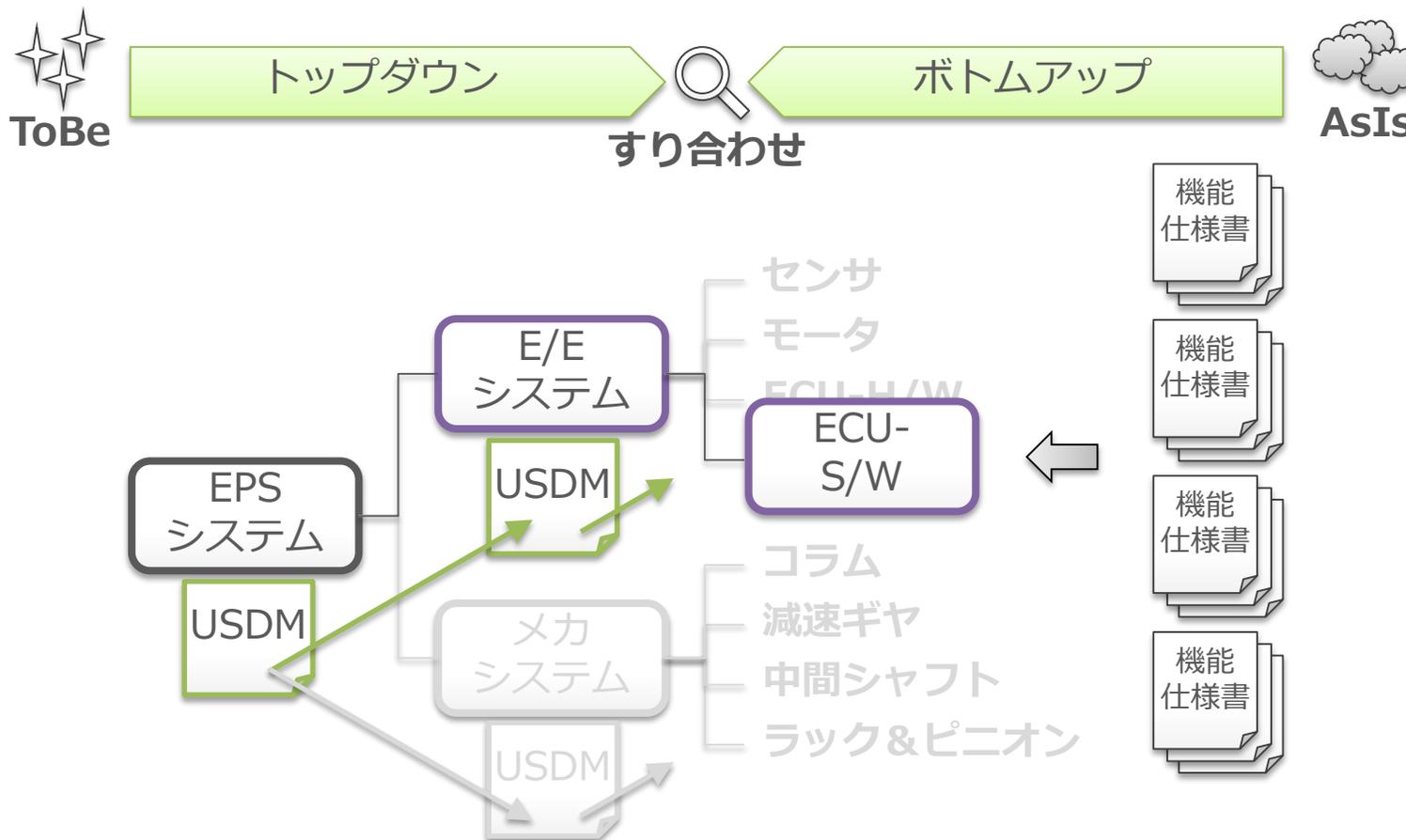
要求	VEHICLE-R-03.11	エンジンECUから、CAN通信でエンジン情報を取得する。	
理由		エンジン情報がCAN通信により車両から提供されるため。	
説明		エンジン回転数の情報については、「VEHICLE-R-03.01」参照。	
<CAN情報取得>			
CAN情報取得	要求	VEHICLE-R-03.11.01	同上
	理由		同上
			同上
	□□□	<バリエーション1> VEHICLE-S-03.11.001	
	□□□	<バリエーション2> VEHICLE-S-03.11.011	
	□□□	<バリエーション3> VEHICLE-S-03.11.021	
	□□□	VEHICLE-S-03.11.022	



効果

✓ 可変性を見出し、その表現方法を確立

双方向の視点から、より適切な要求仕様構成を見出す



## 双方のUSDM構成例

### ■ トップダウンによるUSDM

EPS システム	要求	EPS.02.31	走行状況に応じて、ドライバーがステアリング操作しやすいと感じる最適なアシストトルクを算出する。
	E/E システム	要求	EPS.EE.02.02

### ■ ボトムアップによるUSDM

要求 ECU-S/W	要求	VEHICLE-R-04	外部ECUから取得した情報をもとに、車速および車両の走行状態を算出する。通信異常によって正確な情報が取得できていない場合には、固定値の採用や車速の不使用などの手段をとる。 また、車速の急激な変化を検出した場合には、違和感の少ない変化になるように車速に対して補正をかける。	必須	●	●	●	●
	理由		・車速情報をチェックし、各機能で安全に車速を扱えるようにするため ・車速の急激な変化によってアシストの急制動が発生すると、危険挙動となる恐れがあるため。					
	説明		—					
	<車速算出>			必須	●	●	●	●
CAN車速取得	要求	VEHICLE-R-04.01	外部ECUから取得した車速関連情報を利用して、現在の車速を算出する。通信が正常に行われていない場合は、異常状態の通知もしくは固定車速の使用を行う。	必須	●	●	●	●
	理由		車速情報は車載通信を通じて他ECUにより提供されるため					
	説明		—					
制御用車速算出	要求	VEHICLE-R-04.02	実際には起こりえない急激な車速の変化を緩和し、違和感の少ない車速情報(制御車速)を算出する。	必須	●	●	●	●
	理由		アシストの急制動によって、危険挙動とならないようにするため。					
	説明		—					
車輪速算出	要求	VEHICLE-R-04.03	外部ECUから取得した車速関連情報を利用して、各車輪の速度を算出する。通信が正常に行われていない場合は、固定車速の使用を行う。	選択				●
	理由		車輪速情報は車載通信を通じて他ECUにより提供されるため					
	説明		—					
	<走行状態判定>			選択	●		●	●
車両走行状態判定	要求	VEHICLE-R-04.11	外部ECUから取得した車速情報によって、車両の走行状態を判別する。	必須	●		●	●
	理由		車速情報から車両が走行しているか停車しているかを判別することでアシスト要否等の条件判断を容易にするため					
	説明		—					

## 対策検討例

### ■ トップダウンによるUSDM

EPS システム	要求	EPS.02.31	走行状況に応じて、ドライバがステアリング操作しやすいと感じる最適なアシストトルクを算出する。
E/E システム	要求	EPS.EE.02.02	手入力トルクの大きさおよび方向と、外部システムより得られる車速情報に基づいて発生すべきアシストトルクを算出する。

### ■ ボトムアップによるUSDM

要求	理由	説明	必須	●	●	●	●
VEHICLE-R-04	外部ECUから取得した車速情報を利用し、固定値の採用や車速の不使用	外部ECUから取得した車速情報を利用し、固定値の採用や車速の不使用	必須	●	●	●	●
<車速算出>			必須	●	●	●	●
CAN車速取得	理由 車速情報は車載通信を通じて他ECUにより提供されるため	理由 車速情報は車載通信を通じて他ECUにより提供されるため	必須	●	●	●	●
制御用車速算出	理由 アシストの急制動によって、危険挙動	理由 アシストの急制動によって、危険挙動	必須	●	●	●	●
車輪速算出	理由 外部ECUから取得した車速情報を利用して、各機能で安全に車速情報を利用している場合は、固定車速の使用を行う。	理由 外部ECUから取得した車速情報を利用して、各機能で安全に車速情報を利用している場合は、固定車速の使用を行う。	選択	●	●	●	●
車両走行状態判定	理由 車速情報から車両が走行しているか停止しているかを判断することがアシスト要件等の条件判断を容易にするため	理由 車速情報から車両が走行しているか停止しているかを判断することがアシスト要件等の条件判断を容易にするため	必須	●	●	●	●

「車輪速算出」は上位要求から繋がらない  
 →要求構成の見直しネタ  
 (他の適切な上位要求へリンク、存在しなければ上位要求を見直す)

この要求は1製品でのみ不要  
 →可変性を見直しネタ  
 (共通要求にできるか検討)

車輪速算出

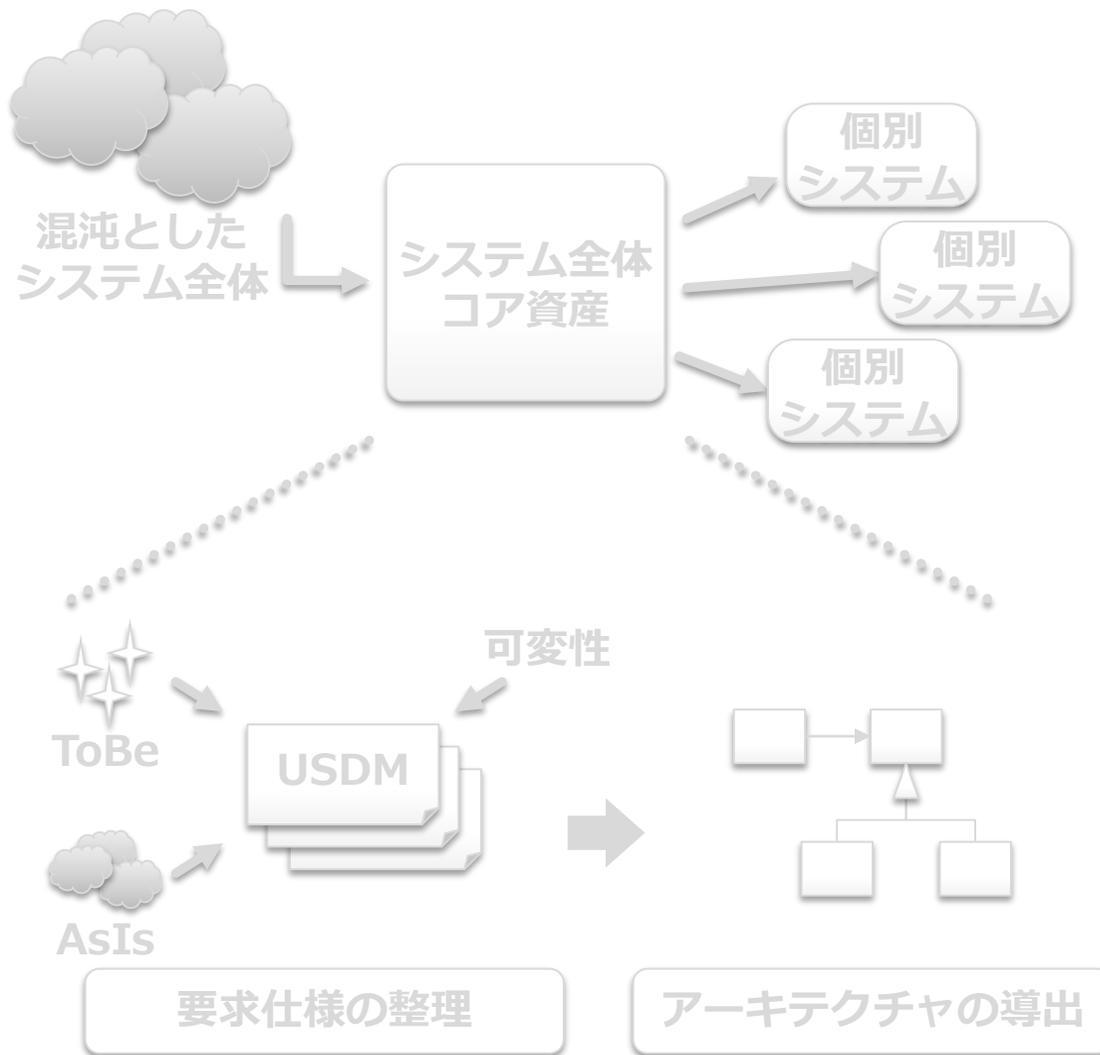
選択



✓ より適切な要求仕様構成の導出

プロダクトライン  
開発を見据えた

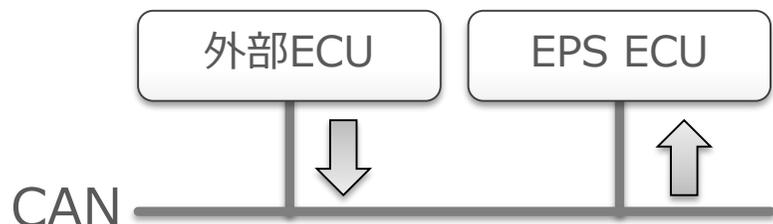
システム全体  
最適設計の取組み



1. 導入
  - 1-1. 開発対象紹介
  - 1-2. 背景と目指す姿
  - 1-3. 課題と対策
2. 取組み内容
  - 2-1. 要求仕様の整理
  - 2-2. アーキテクチャの導出
3. 今後の課題

## 車両情報(車速)

要求	VEHICLE-R-04	外部ECUから取得した情報をもとに、車速および車両の走行状態を算出する。通信異常によって正確な情報が取得できていない場合には、固定値の採用や車速の不使用などの手段をとる。 また、車速の急速な変化を検出した場合には、違和感の少ない変化になるように車速に対して補正をかける。	必須	●	●	●	●
理由		・車速情報をチェックし、各機能で安全に車速を扱えるようにするため ・車速の急激な変化によってアシストの急制動が発生すると、危険挙動となる恐れがあるため。					
説明		—					
<車速算出>			必須	●	●	●	●
CAN車速取得	要求	VEHICLE-R-04.01 外部ECUから取得した車速関連情報を利用して、現在の車速を算出する。通信が正常に行われていない場合は、異常状態の通知もしくは固定車速の使用を行う。	必須	●	●	●	●
	理由	車速情報は車載通信を通じて他ECUにより提供されるため					
	説明	—					
制御用車速算出	要求	VEHICLE-R-04.02 実際には起こりえない急激な車速の変化を緩和し、違和感の少ない車速情報(制御車速)を算出する。	必須	●	●	●	●
	理由	アシストの急制動によって、危険挙動とならないようにするため。					
	説明	—					
<走行状態判定>			選択	●	●	●	●
車両走行状態判定	要求	VEHICLE-R-04.11 外部ECUから取得した車速情報によって、車両の走行状態を判別する。	必須	●	●	●	●
	理由	車速情報から車両が走行しているか停車しているかを判別することでアシスト要否等の条件判断を容易にするため					
	説明	—					



(必須)CAN車速取得：CANから車速データを取る  
 (必須)制御用車速算出：車速の急変を抑える  
 (選択)車両走行状態判定：走行中・停車中を判断

※CAN：Controller Area Network, 車載で広く用いられるデータ転送規格

要求	VEHICLE-R-04	外部ECUから取得した情報をもとに、車速および車両の走行状態を算出する。通信異常によって正確な情報が取得できていない場合には、固定値の採用や車速の不使用などの手段をとる。 また、車速の急激な変化を検出した場合には、違和感の少ない変化になるように車速に対して補正をかける。	必須	●	●	●	●
理由		・車速情報をチェックし、各機能で安全に車速を扱えるようにするため ・車速の急激な変化によってアシストの急制動が発生すると、危険挙動となる恐れがあるため。					
説明		-					
<車速算出>			必須	●	●	●	●
CAN車速取得	要求	VEHICLE-R-04.01 外部ECUから取得した車速関連情報を利用して、現在の車速を算出する。通信が正常に行われていない場合は、異常状態の通知もしくは固定車速の使用を行う。	必須	●	●	●	●
	理由	車速情報は車載通信を通じて他ECUにより提供されるため					
	説明	-					
	<CAN情報取得>		必須	●	●	●	●
	CAN情報取得	要求	VEHICLE-R-04.01.01	CAN通信によって、外部ECUから車速情報を取得する。	必須	●	●
		理由		同上			
		説明		-			
		<バリエーション1>				代替1	●
		<バリエーション2>				代替2	●
		<バリエーション3>				代替3	●
		<バリエーション4>				代替4	●
制御用車速算出	要求	VEHICLE-R-04.02 実際には起こりえない急激な車速の変化を緩和し、違和感の少ない車速情報(制御車速)を算出する。	必須	●	●	●	●
	理由	アシストの急制動によって、危険挙動とならないようにするため。					
	説明	-					
	<制御車速の決定>		必須	●	●	●	●
	制御車速算出	要求	VEHICLE-R-04.02.41	実際には起こりえない急激な車速の変化を緩和し、違和感の少ない車速情報を算出する。	必須	●	●
		理由		急激な車速変化が発生すると、過剰なアシスト制御が行われるため。			
		説明		-			
		<算出周期>				必須	●
		<変化割合制限>				必須	●
		<車速変化の許容量>				必須	●
	<走行状態判定>					選択	●
車両走行状態判定	要求	VEHICLE-R-04.11 外部ECUから取得した車速情報によって、車両の走行状態を判別する。	必須	●	●	●	●
	理由	車速情報から車両が走行しているか停車しているかを判別することでアシスト要否等の条件判断を容易にするため					
	説明	-					
		<バリエーション1>				代替1	●
		<バリエーション2>				代替2	●
		<バリエーション3>				代替3	●

通信データは製品により異なる

急変の抑え方は同じ

判定方法は何種類かある



## 要求と可変性からソフトウェア構造を検討

要求	VEHICLE-R-04	外部ECUから取得した情報をもとに、車速および車両の走行状態を算出する。通信異常によって正確な情報が取得できていない場合には、固定値の採用や車速の不使用などの手段をとる。 また、車速の急速な変化を検出した場合には、違和感の少ない変化になるように車速に対して補正をかける。	必須	●	●	●	●
理由		・車速情報をチェックし、各機能で安全に車速を扱えるようにするため ・車速の急激な変化によってアシストの急制動が発生すると、危険挙動となる恐れがあるため。					
説明		-					
	<車速算出>		必須	●	●	●	●
CAN車速取得	要求	VEHICLE-R-04.01 外部ECUから取得した車速関連情報を利用して、現在の車速を算出する。通信が正常に行われていない場合は、異常状態の通知もしくは固定車速の使用を行う。	必須	●	●	●	●
	理由	車速情報は車載通信を通じて他ECUにより提供されるため					
	説明	-					
制御用車速算出	要求	VEHICLE-R-04.02 実際には起こりえない急激な車速の変化を緩和し、違和感の少ない車速情報(制御車速)を算出する。	必須	●	●	●	●
	理由	アシストの急制動によって、危険挙動とならないようにするため。					
	説明	-					
	<走行状態判定>		選択	●	●	●	●
車両走行状態判定	要求	VEHICLE-R-04.11 外部ECUから取得した車速情報によって、車両の走行状態を判別する。	必須	●	●	●	●
	理由	車速情報から車両が走行しているか停車しているかを判別することでアシスト要否等の条件判断を容易にするため					
	説明	-					

要求：やりたいこと  
→責務と考え、クラス抽出のヒント

可変性：その在り方  
→クラス間の関連、継承のヒント

## 要求からクラスを検討

		<車速算出>		必須	●	●	●	●
CAN車速取得	要求	VEHICLE-R-04.01	外部ECUから取得した車速関連情報を利用して、現在の車速を算出する。通信が正常に行われていない場合は、異常状態の通知もしくは固定車速の使用を行う。	必須	●	●	●	●
	理由 説明	-	車速情報は車載通信を通じて他ECUにより提供されるため					
制御用車速算出	要求	VEHICLE-R-04.02	実際には起こりえない急激な車速の変化を緩和し、違和感の少ない車速情報(制御車速)を算出する。	必須	●	●	●	●
	理由 説明	-	アシストの急制動によって、危険挙動とならないようにするため。					
		<走行状態判定>		選択	●		●	●
車両走行状態判定	要求	VEHICLE-R-04.11	外部ECUから取得した車速情報によって、車両の走行状態を判別する。	必須	●		●	●
	理由 説明	-	車速情報から車両が走行しているか停車しているかを判別することでアシスト要否等の条件判断を容易にするため					

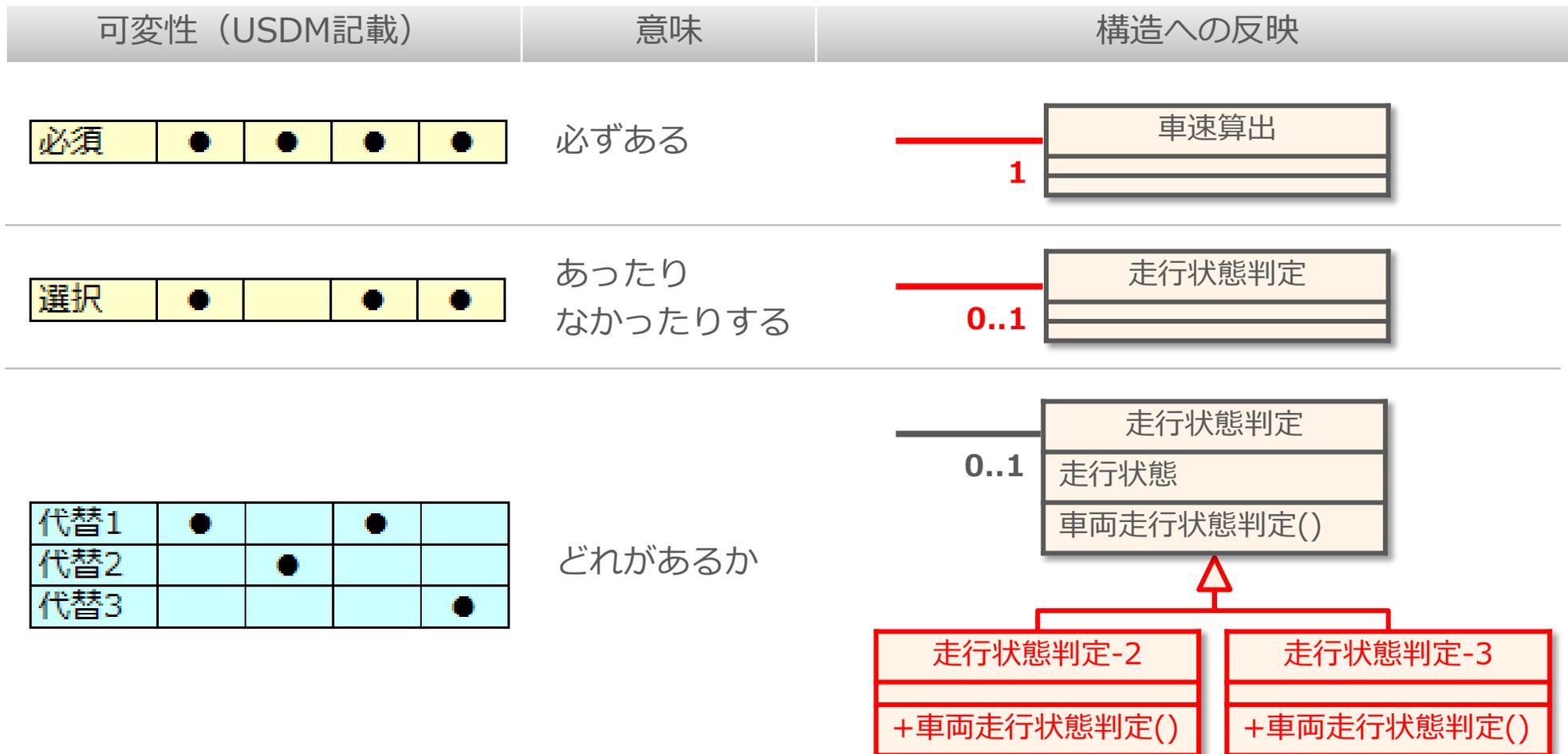
車両走行状態判定 を行う  
<走行状態判定> クラスを出す

走行状態判定
走行状態
車両走行状態判定()

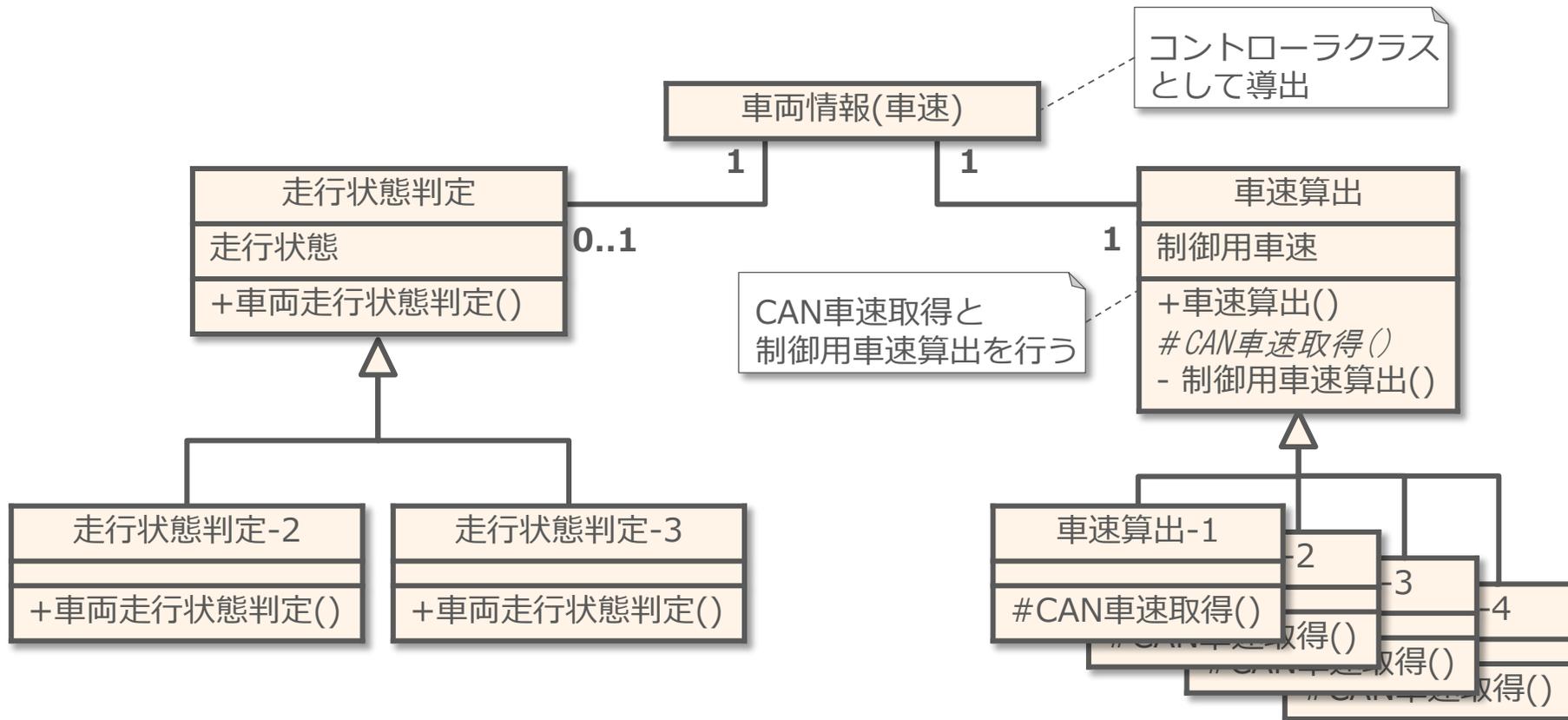
CAN車速取得 と 制御用車速算出 を行う  
<車速算出> クラスを出す

車速算出
制御用車速
CAN車速取得()
制御用車速算出()

### 可変性から在り方を検討

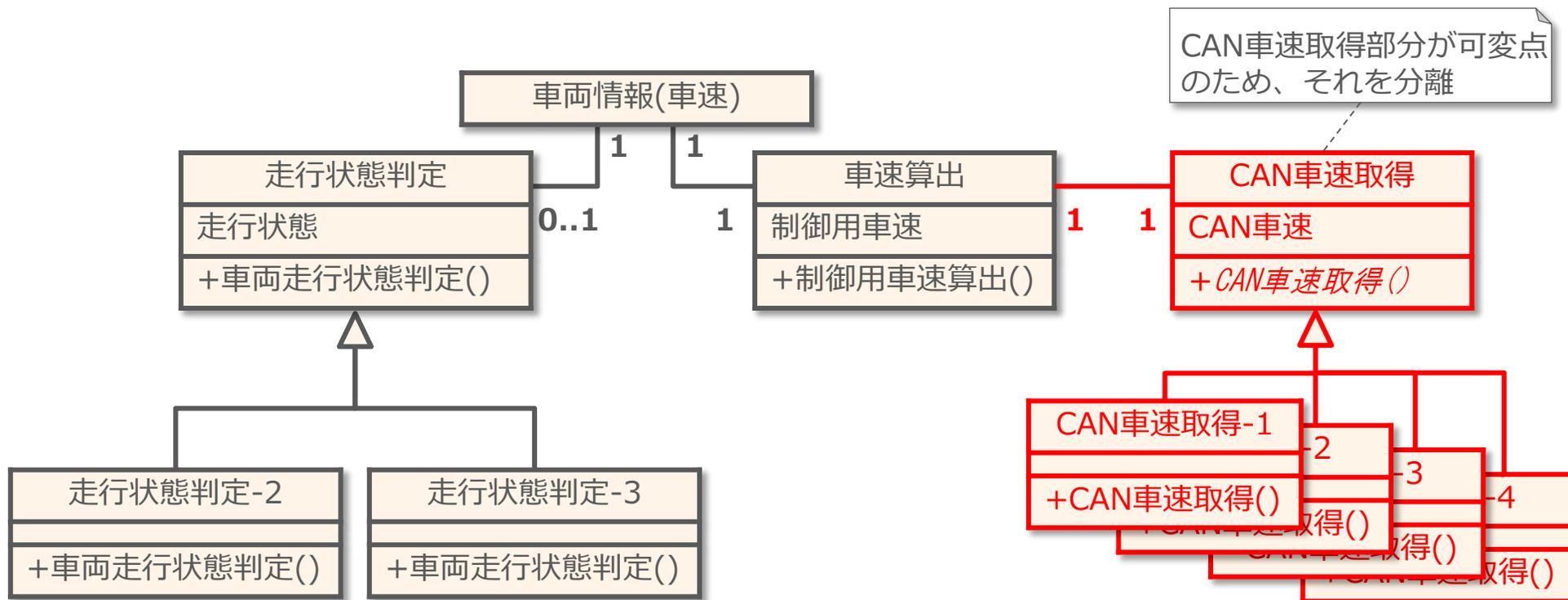


## 導出された構造



要求からクラス、可変性から関連が導出された

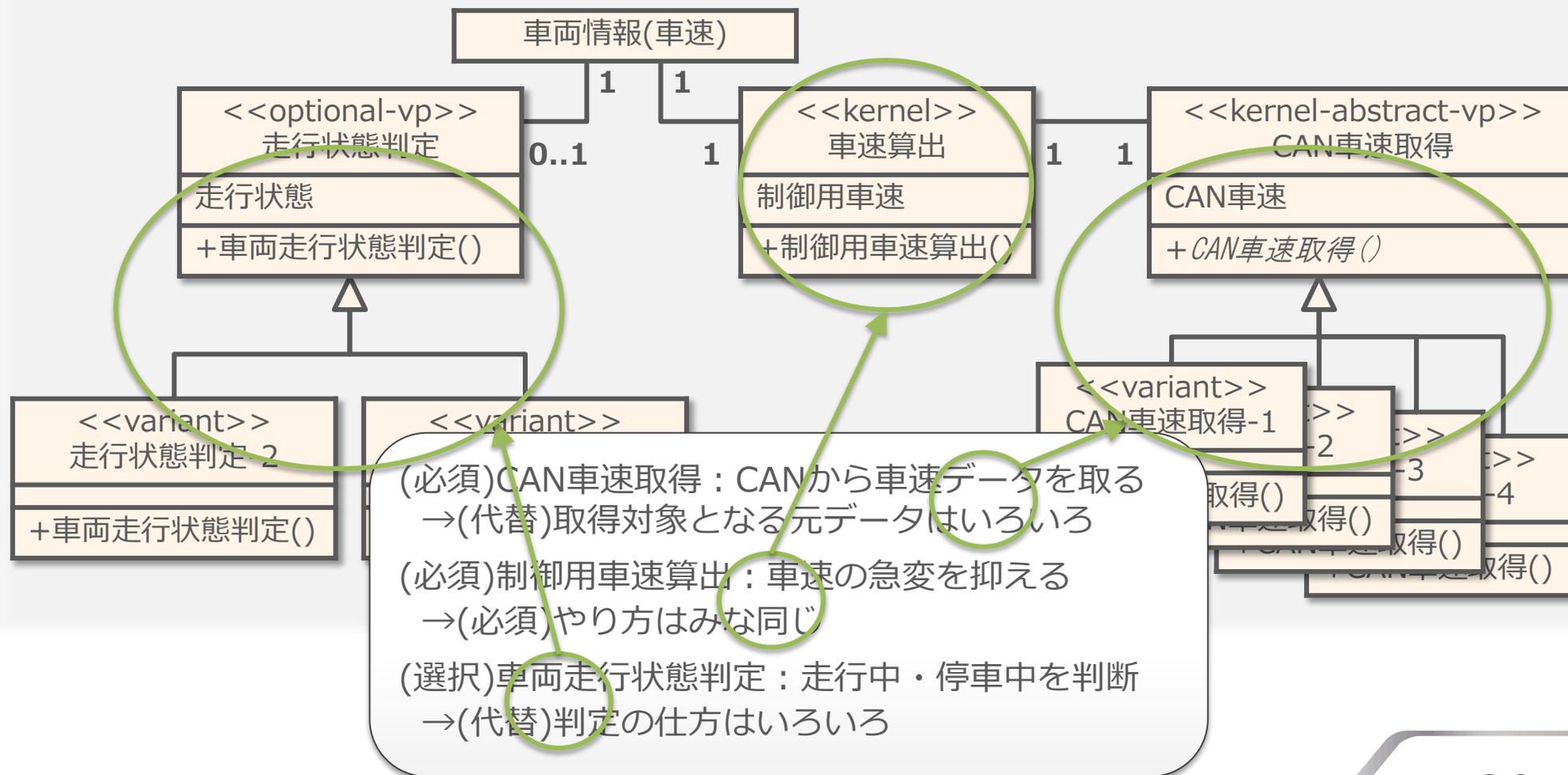
## 不変点・可変点の再検討



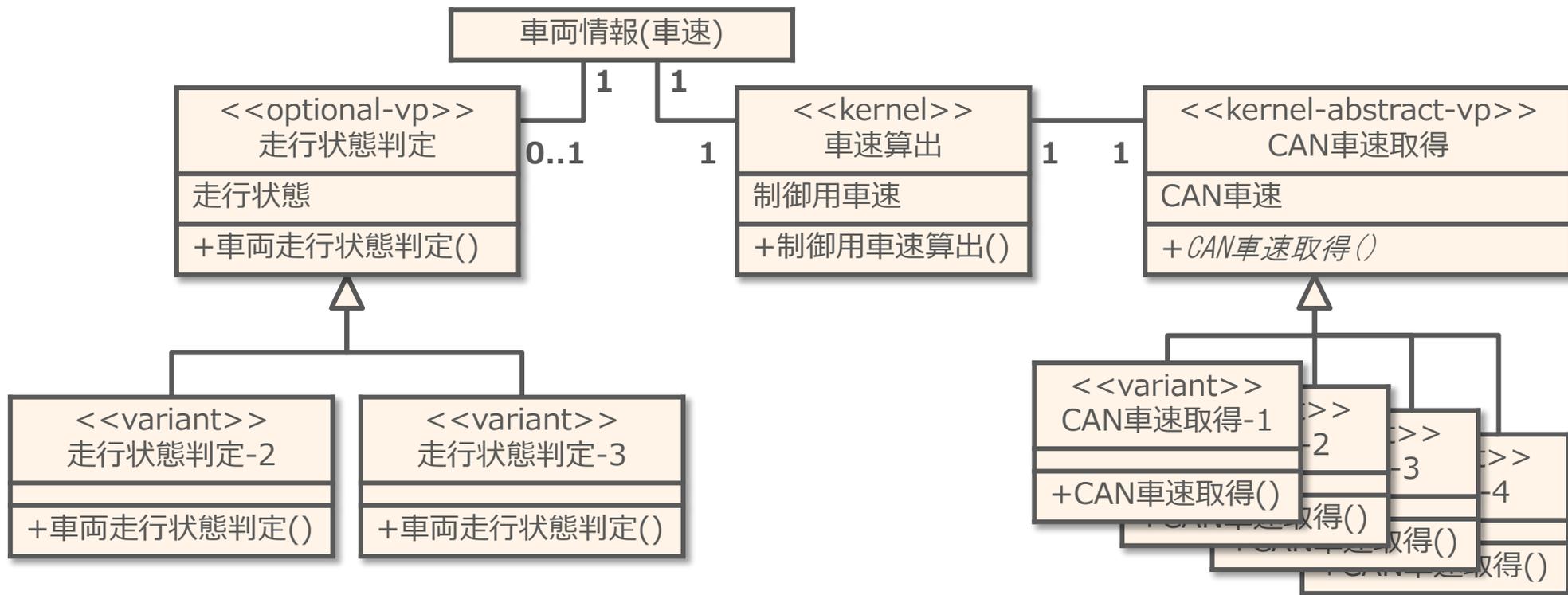
不変点を単独で存在させ、再利用性を高める



## 要求仕様の実現性を確認

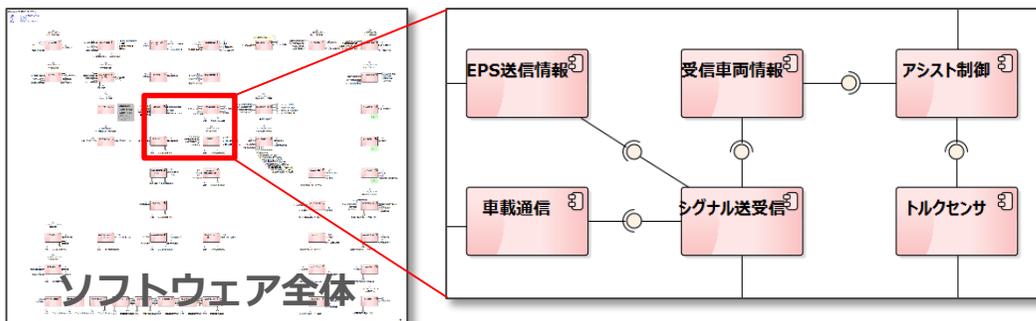


### 導出結果



- ✓ アーキテクチャの導出および表現手法を確立
- ✓ USDMとアーキテクチャを突き合わせたレビューが可能

## ソフトウェア全体をある規準で分割した単位で行う



ある程度の責務の固まり =  
コンポーネントへ分割  
→TMで対応付ける

コンポーネントへ分配

車両情報(車速)			可変性	A	B	C	D	EPS 送信情報	受信 車両情報	シグナル 送受信	車両通信
要求	VEHICLE-R-04	外部ECUから取得した情報をもとに、車速および車両の走行状態を算出する。通信異常によって正確な情報が取得できていない場合には、固定値の採用や車速の不利用などの手段をとる。 また、車速の急速な変化を検出した場合には、違和感の少ない変化になるように車速に対して補正をかける。	必須	●	●	●	●		●	●	
	理由	・車速情報をチェックし、各機能で安全に車速を扱えるようにするため ・車速の急激な変化によってアシストの急制動が発生すると、危険挙動となる恐れがあるため。									
	説明	-									
<車速算出>											
CAN車速取得	要求	VEHICLE-R-04.01 外部ECUから取得した車速関連情報を利用して、現在の車速を算出する。通信が正常に行われていない場合は、異常状態の通知もしくは固定車速の使用を行う。	必須	●	●	●	●		●	●	
	理由	車速情報は車載通信を通して他ECUにより提供されるため									
	説明	-									
制御用車速算出	要求	VEHICLE-R-04.02 実際には起こりえない急激な車速の変化を緩和							●		
	理由	アシストの急制動によって、危険挙動とならない									
	説明	-									
<走行状態判定>											
車両走行状態判定	要求	VEHICLE-R-04.11 外部ECUから取得した車速情報によって、車両の走行状態を判別する。	選択 必須	●		●	●		●		
	理由	車速情報から車両が走行しているか停車しているかを判別することでアシスト要否等の条件判断を容易にするため									
	説明	-									

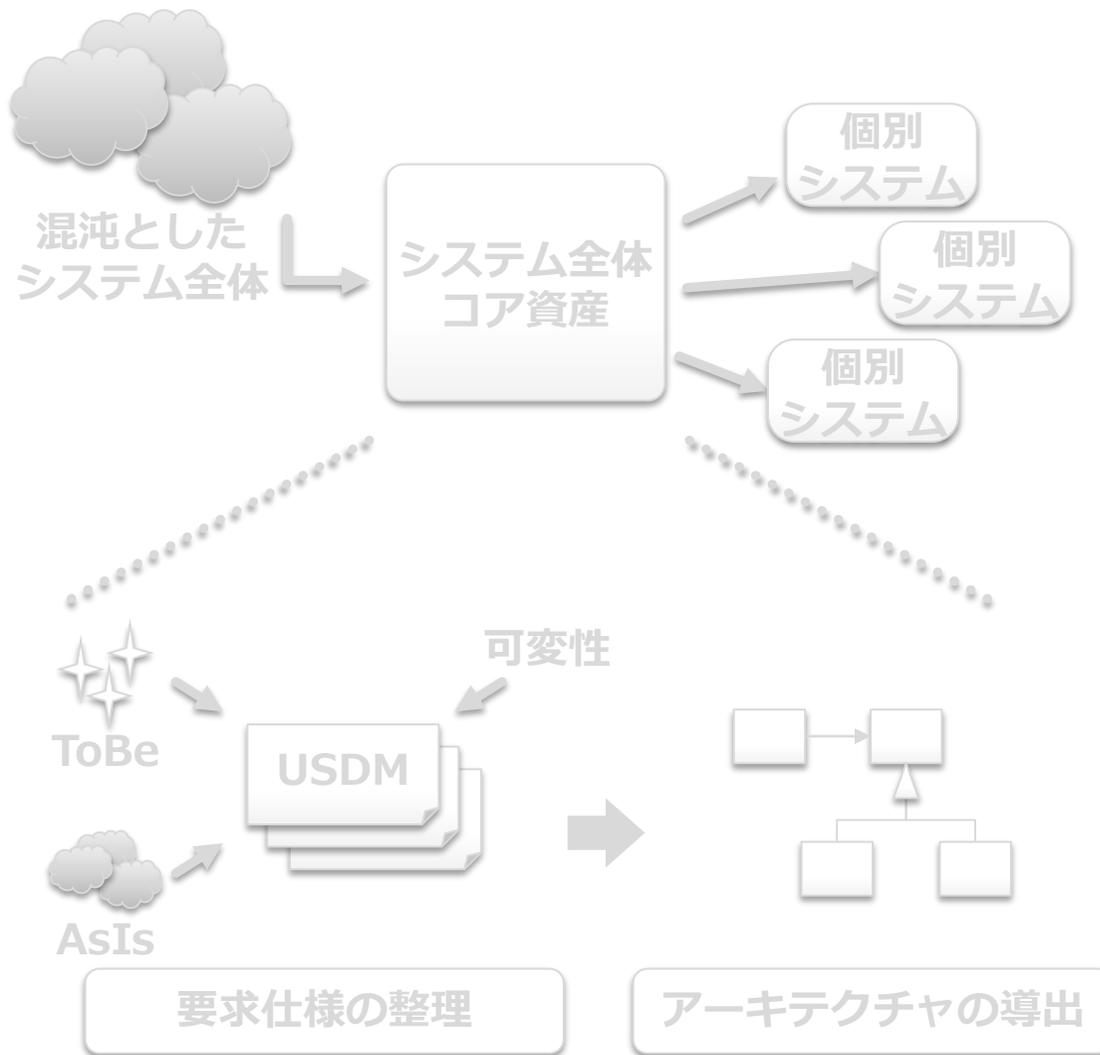
コンポーネント単位で要求仕様を分析

効果

- ✓ コンポーネントという限定された範囲内で、可変性とアーキテクチャの対応を検討できる

プロダクトライン  
開発を見据えた

システム全体  
最適設計の取組み



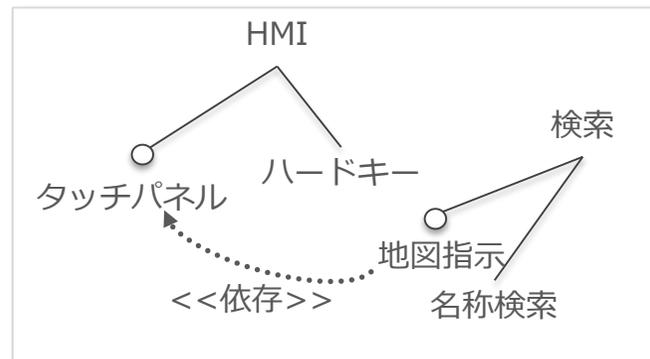
1. 導入
  - 1-1. 開発対象紹介
  - 1-2. 背景と目指す姿
  - 1-3. 課題と対策
  
2. 取組み内容
  - 2-1. 要求仕様の整理
  - 2-2. アーキテクチャの導出
  
3. 今後の課題

### 要求仕様の整理

トップダウン・ボトムアップをやりくり、より適切な要求仕様体系へ  
→ 構成の見直しだけでなく、既存仕様の統廃合や不要な要求仕様の削除なども行いたい

### アーキテクチャの導出

フィーチャの依存関係の扱い方を検討  
→ USDMの時点での仕掛け、アーキテクチャへの反映方法を見出したい



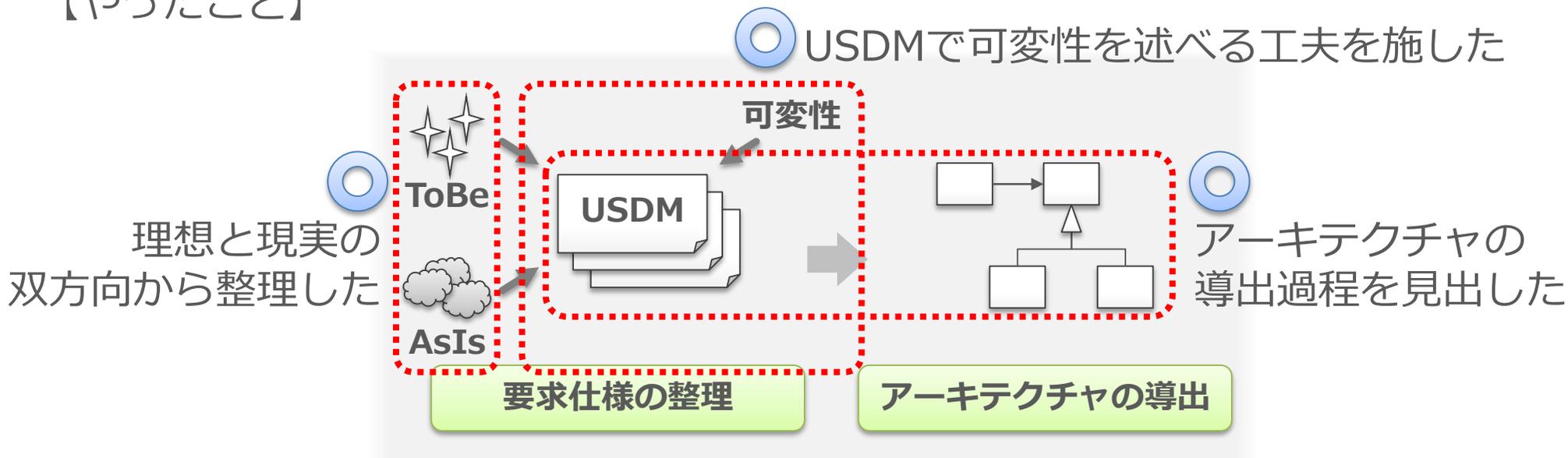
### プロダクトライン開発

プロダクトライン開発の具体的な運用方法

- コア資産としてのUSDM、アーキテクチャの物理的な構築
- 派生開発のプロセス確立（XDDPの適用）
- ツールによるサポート

# プロダクトライン開発を見据えたシステム全体最適設計の取組み

【やったこと】



効果

プロダクトライン開発を実現するための事例の一つとして、  
**USDMで可変性を説き、それをアーキテクチャへ繋ぐ手法**を確立できた

ご静聴ありがとうございました