

自動運転モデルにおける モデル結合ガイドライン

2022年3月 自動運転WG

1) 本書の目的

2) 今回の範囲の設定

3) AD・ADASにおけるモデル接続のユースケース

3-1) ユースケース設定

3-2) 走行軌道モデル

①環境設定

②シナリオ

3-3) 認識部

3-4) 制御部

3-5) 車両部(プラント)

4) まとめ

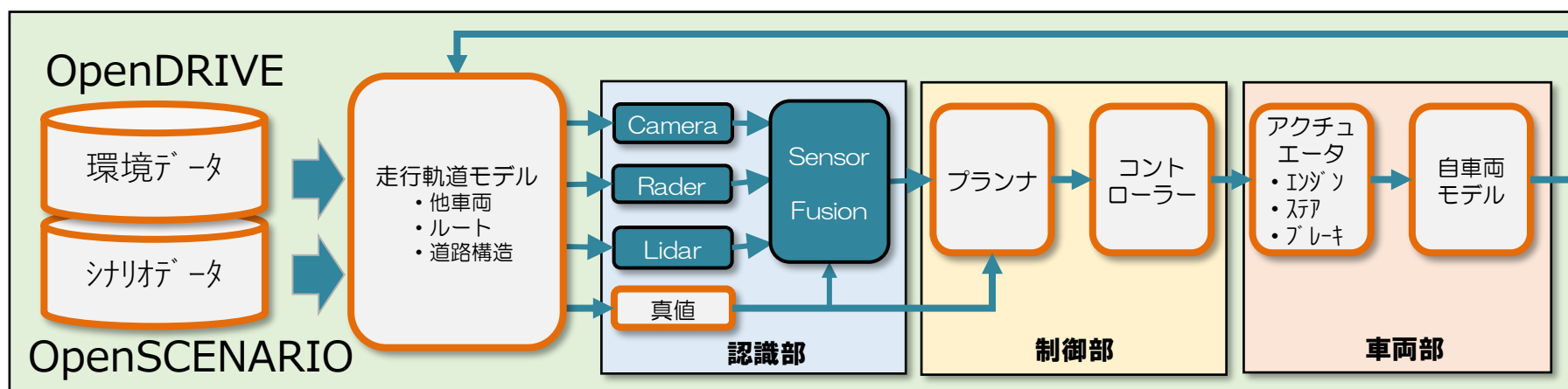
1 自動運転モデルにおけるモデル結合ガイドライン

- 本ガイドラインは、AD/ADASモデルにおけるTraffic Jam Pilot(TJP) Lv3※の安全論証での交通流シナリオを仮想評価するユースケースにおいて、モデル接続のデファクトスタンダードのガイドラインを接続するためのガイドラインである。モデル流通の手戻り防止や流通促進に役立てるためのガイドラインである。

1) 本書の目的

現在、様々な場所で、自動運転における制御開発や検証環境におけるガイドラインが作られている。

- ①そのガイドラインをうまく活用して、車と環境全体のモデル接続の時の具体的な事例を理解してもらい、自動運転モデル作成における結合の全体像を理解してもらう。(詳細なデータ形式やフォーマットは、**次項の「参照規格」に記載した引用した6種のデファクトスタンダード仕様を参照する。**)
- ②また、上記を理解することで、モデル間の接続作業を容易(手戻り防止)にしたり、モデル流通を促進させる
今回は、TJP Lv3の安全論証で交通流シナリオ※を仮想評価するユースケースを特に制御部の機能について問題がないかを前提に検証するためのモデルをベースに全体像を記述する。



AD/ADAS 概要図モデル

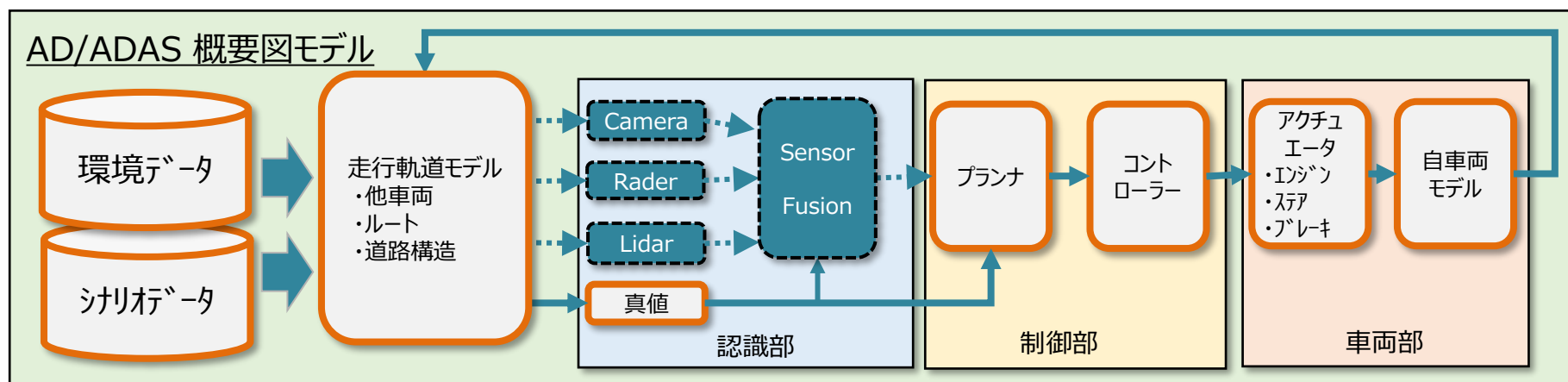
※ JAMAで検討されている自動運転の安全論証のシナリオ、Traffic Jam Pilot(TJP) Lv3については、日本自動車工業会「自動運転の安全性評価フレームワーク Ver1.0」を参考のこと。
URL: http://www.jama.or.jp/safe/automated_driving/

1 車両制御性能モデルのI/F仕様ベース案：サマリー

- シナリオデータから車両部まで、それぞれ設定した対応方針に則って、下記の外部団体と連携しながらI/F GL・モデルの作成を推進する

○自動運転における各外部団体とその範囲について

下記のような団体の各規格と連携しながら進めていく。また、認識部については、今回は範囲外として進める。



対象	■ ①環境データ ■ ②シナリオデータ	■ 走行軌道	■ 認識部	■ 制御部	■ 車両部
連携団体	■ ①②A S A M	■ A S A M ■ J A M A	■ A S A M	■ J A S P A R	■ J M A A B
参照規格	■ ①OpenDRIVE ■ ②OpenSCENARIO	■ OpenDRIVE ■ 自動運転の安全性評価 フレームワーク	■ O S I (破線部：DIVP規格は 今回は範囲外とする)	■ AD/ADAS車両制御 インタフェース仕様	■ Simscape® による プラントモデリング
作成方針	■ ①道路構造変更毎にOpen DRIVEデータを入れ替えて作成 ■ ②連携先のI/F情報を加味し 接続性を確認しながら作成	■ OpenDriveの仕様に 準拠して作成	■ Open Simulation Interface(OSI)の仕様に 準拠して作成	■ JASPAR発行のI/F 仕様を参照し作成	■ 一般的なモデルを採用 JMAABの公開モデル を参考に作成

1) 本書の目的

2) 今回の範囲の設定

3) AD・ADASにおけるモデル接続のユースケース

3-1) ユースケース設定

3-2) 走行軌道モデル

①環境設定

②シナリオ

3-3) 認識部

3-4) 制御部

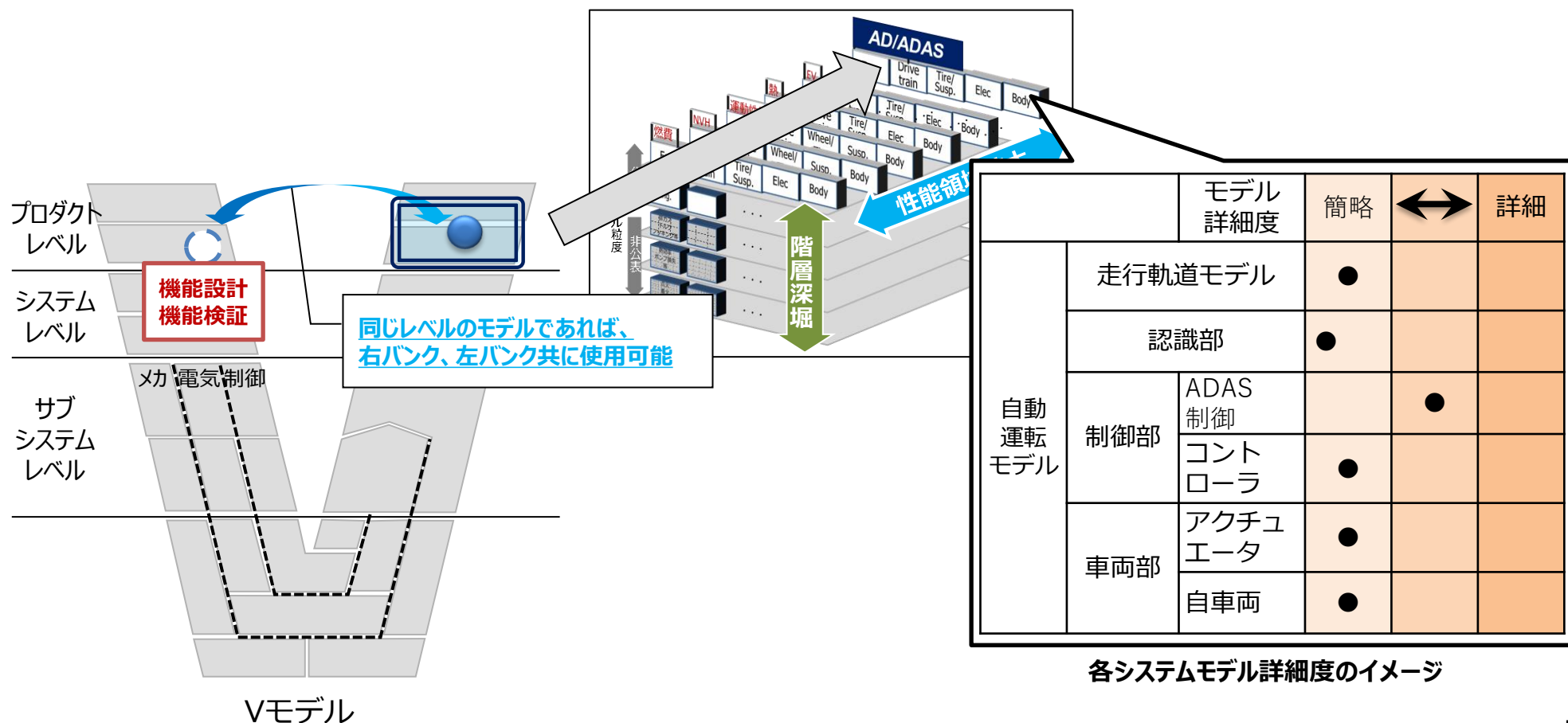
3-5) 車両部(プラント)

4) まとめ

2 範囲の設定

- 本ガイドラインのユースケースの使用想定は、機能設計・検証レベル、および、安全論証のシナリオ評価フェーズを想定している。
- モデルの粒度としては、車両のバウンダリモデル(第1階層)を前提とする。

接続を考えるモデルは、Vモデルの右側をターゲットにしているが、今回の中身は同じ粒度の左側で具体事例を検討する。



② 自動運転WGにおける検討内容：自動運転GLの構造図

- 全体システムレイヤーの例(Prostep iViP Re v2.0) 欧州のProstepでもアーキテクトを出しており、同じアーキテクトで設定した。

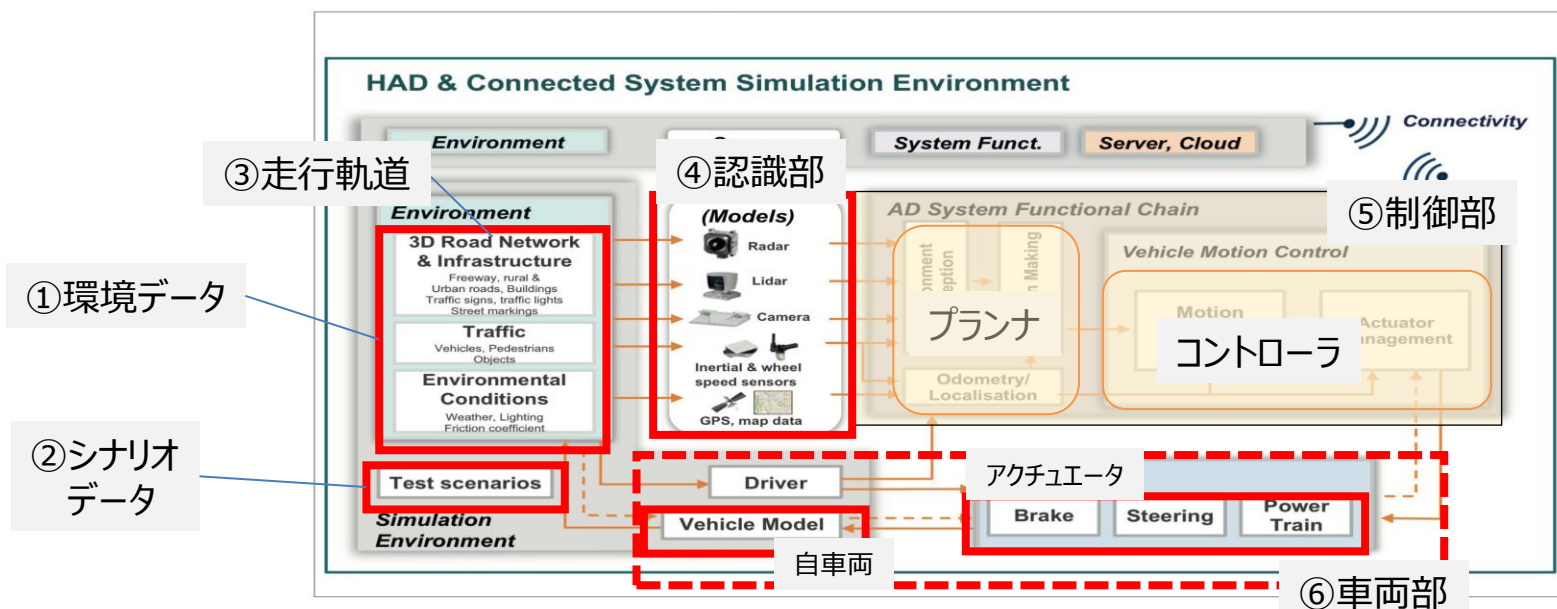
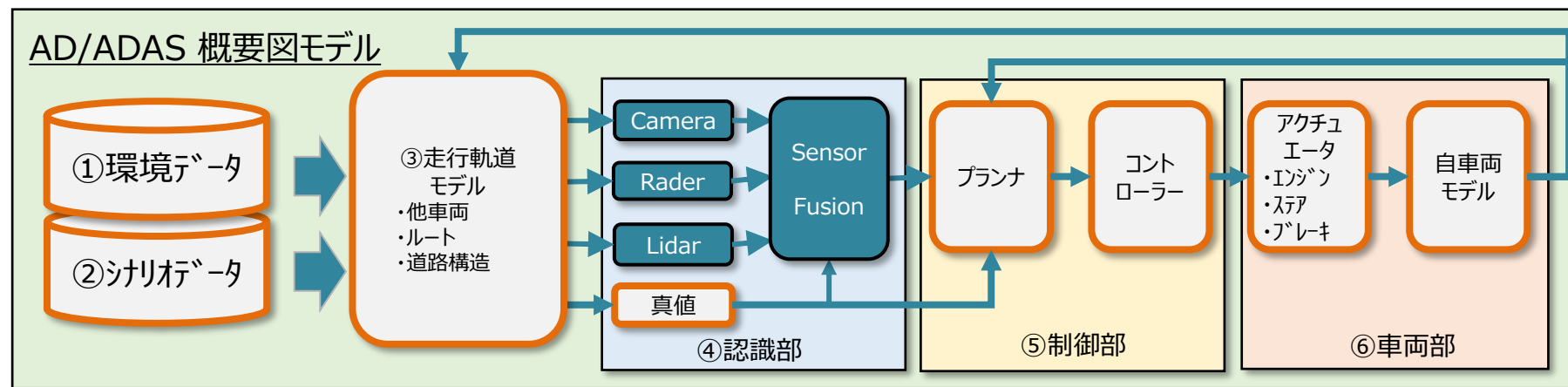


Figure 12: Example of Purpose-oriented Simulation System Architecture Layer 2 Topology for HAD

- 1) 本書の目的
- 2) 今回の範囲の設定
- 3) AD・ADASにおけるモデル接続のユースケース**
 - 3-1) ユースケース設定**
 - 3-2) 環境設定
 - 3-3) シナリオ設定
 - 3-3) 認識部
 - 3-4) 制御部
 - 3-5) 車両部(プラント)
- 4) まとめ

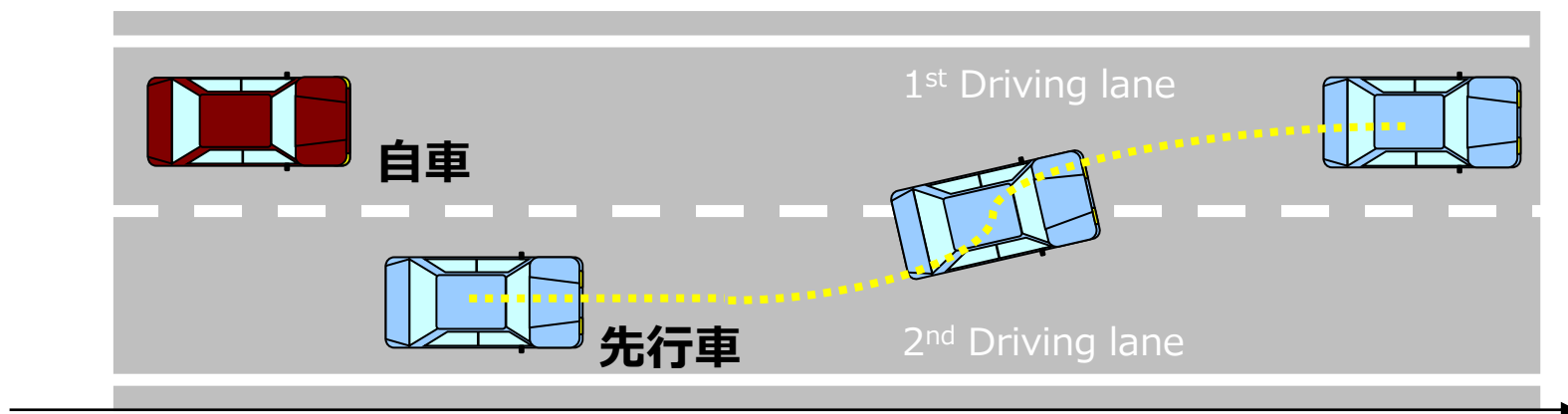
- ユースケース例：先行車がカットインしてきた場合の事例をベースに考える

ユースケース（高速での直線での先行車カットイン）

自車：ある一定速度で走行

先行車：走行開始2秒後に2nd Driving lane → 1st Driving lane に移動する。

自車は先行車との距離に合わせてぶつからないようにブレーキをかけて減速する。



初期位置, 2秒後, レーンID 2→1

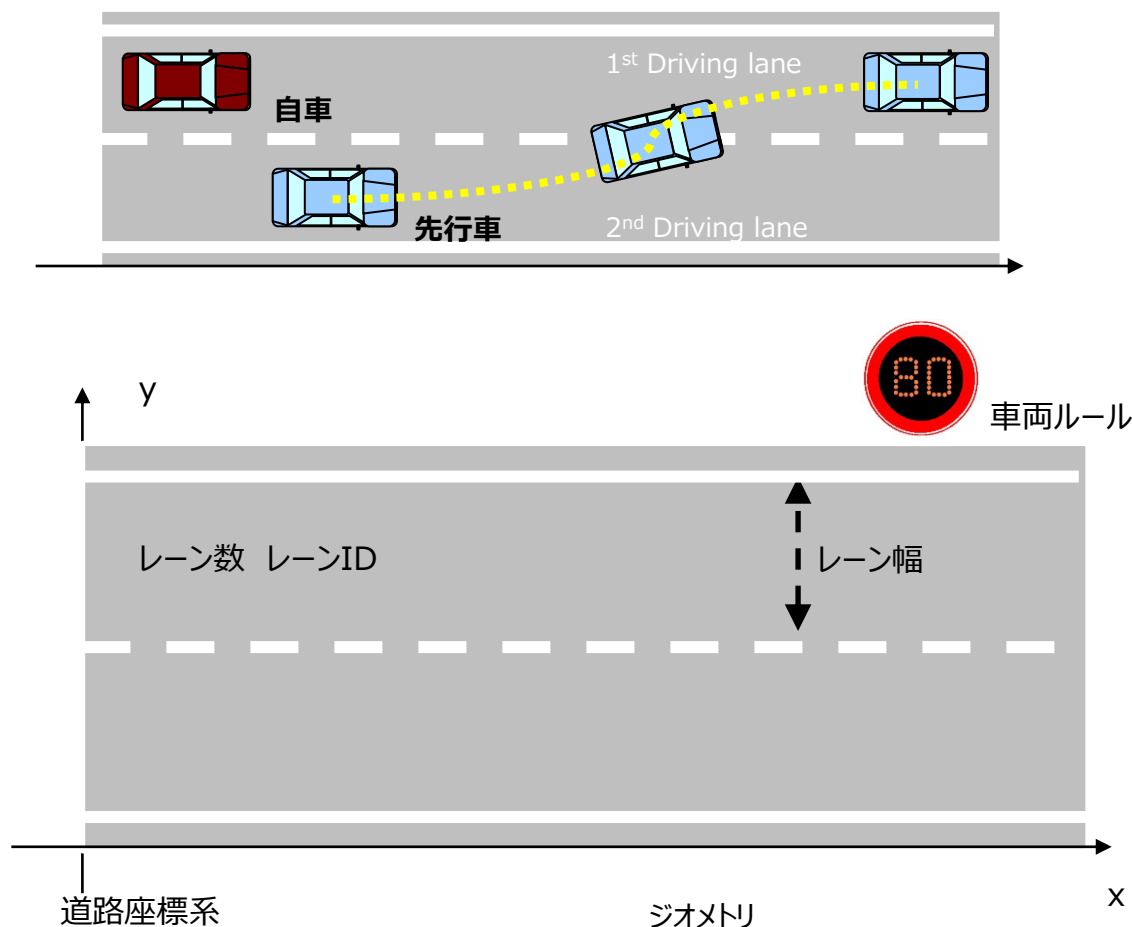
● 先行車がカットインしてきた場合の事例

環境データの設定については、

OpenDRIVE※1では、

- ・道路座標系※2
- ・ジオメトリ
- ・レーン数
- ・レーンID
- ・レーン幅
- ・車両ルール
- ・etc

が設定される。



※1. ASAM OpenDRIVEの詳細は下記を参考のこと。
<https://www.asam.net/standards/detail/opendrive/>

※2. 道路座標系の基準点は任意の場所で設定できる。本ガイドラインでは、規定していない。

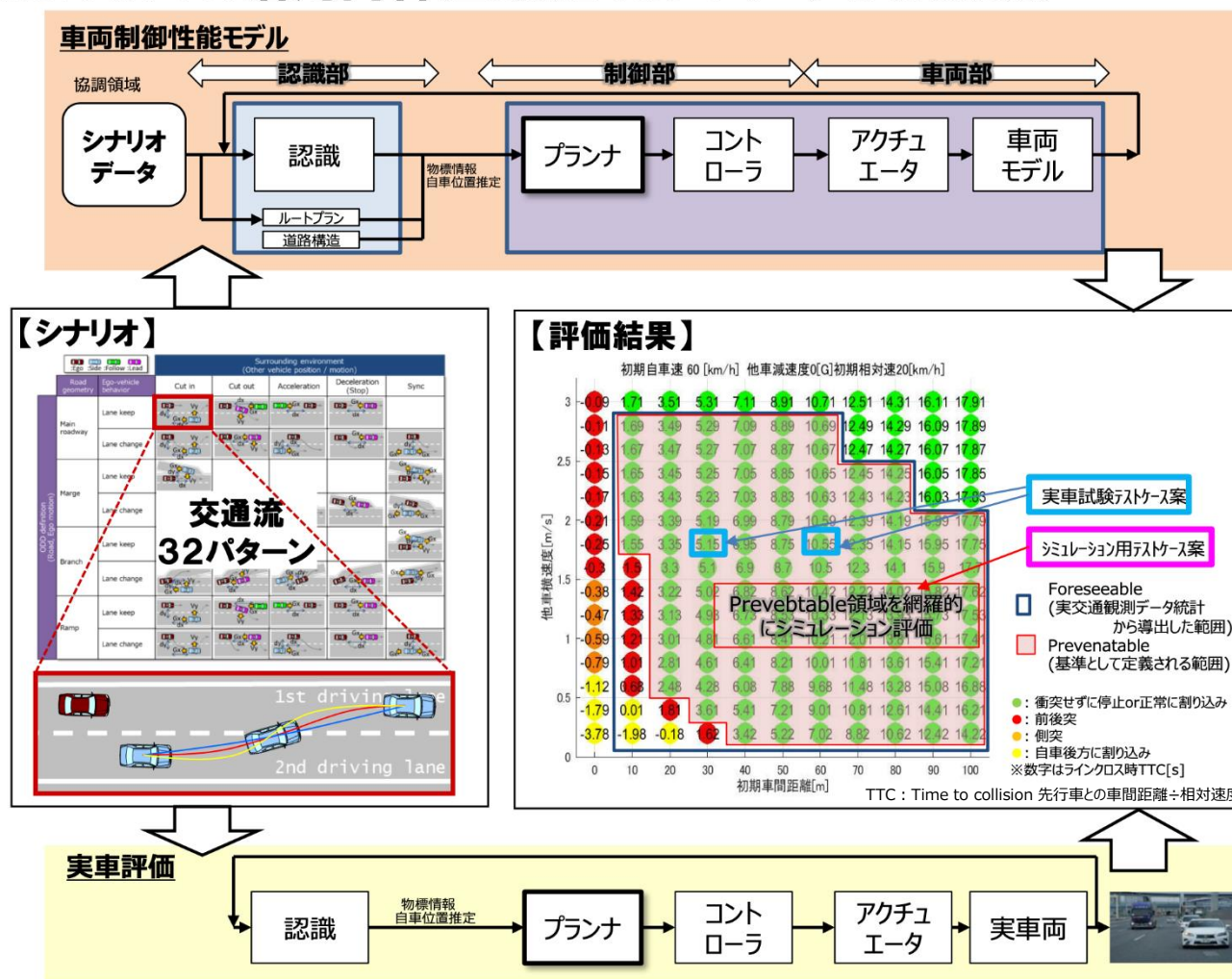
- 1) 本書の目的
- 2) 今回の範囲の設定
- 3) AD・ADASにおけるモデル接続のユースケース**
 - 3-1) ユースケース設定
 - 3-2) 走行軌道モデル**
 - ①環境設定**
 - ②シナリオ
 - 3-3) 認識部
 - 3-4) 制御部
 - 3-5) 車両部(プラント)
- 4) まとめ

③ AD・ADASにおけるモデル接続のユースケース

- 自動運転モデルのI/F GLのユースケースは、JASPARでの活用と同様に、型式認証のための安全論証※をベースとし、今回の範囲はカットイン/カットアウトとする。

JASPARでの活用内容(型式認証でのシミュレーション評価活用)

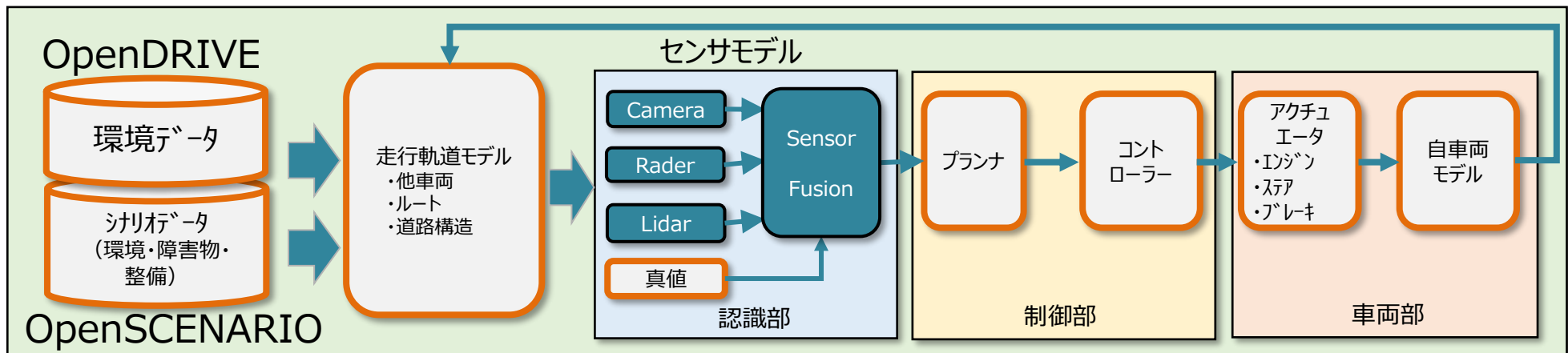
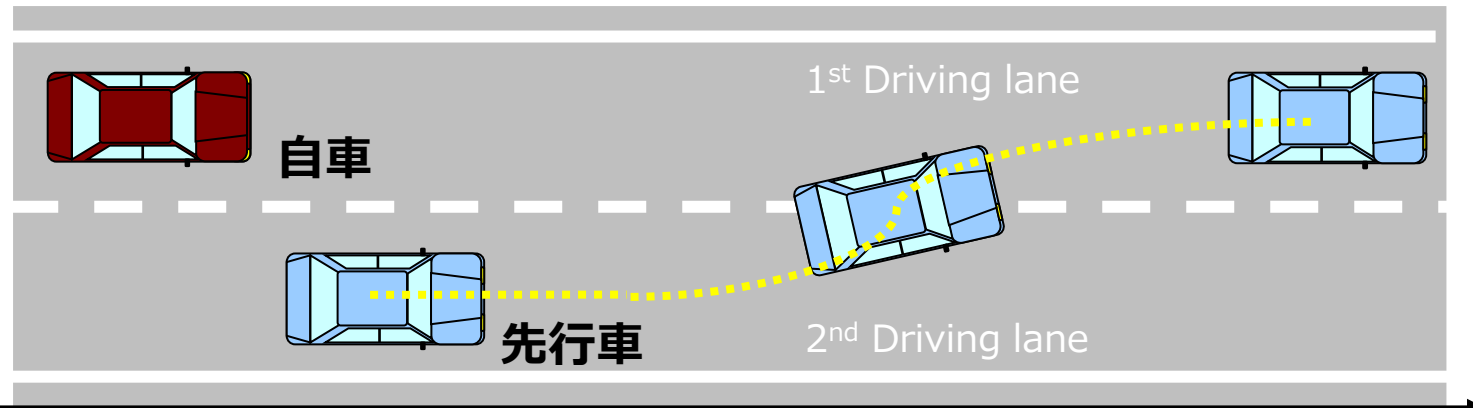
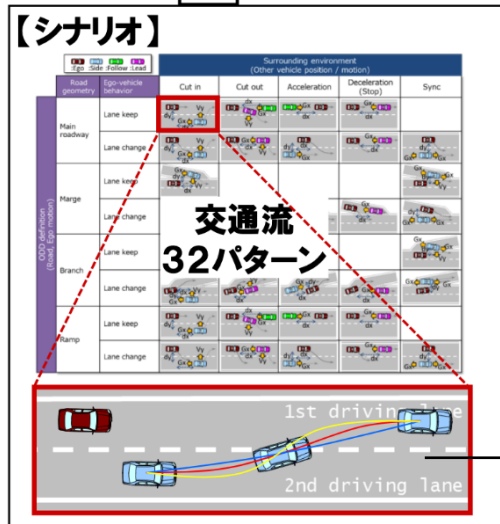
前年度第4回研究会資料を基に作成



※型式認証のための安全論証の詳細については、日本自動車工業会「自動運転の安全性評価フレームワーク Ver1.0」の2章P2～P24を参考のこと。

URL: https://www.jama.or.jp/safe/automated_driving/pdf/framework.pdf

- ユースケース例：先行車がカットインしてきた場合の事例をベースに考える



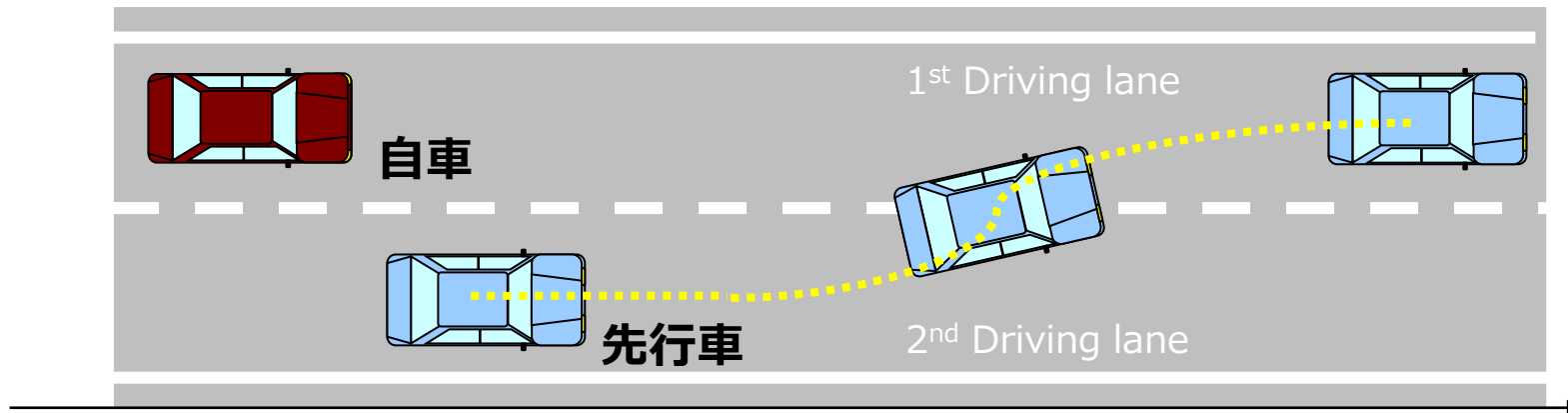
- ユースケース例：先行車がカットインしてきた場合の事例をベースに考える

ユースケース（高速道路、舗装ドライ路面での直線での先行車カットイン）

自車：ある一定速度で走行

先行車：走行開始2秒後に2nd Driving lane→1st Driving laneに移動する。

自車は先行車との距離に合わせてぶつからないようにブレーキをかけて減速する。



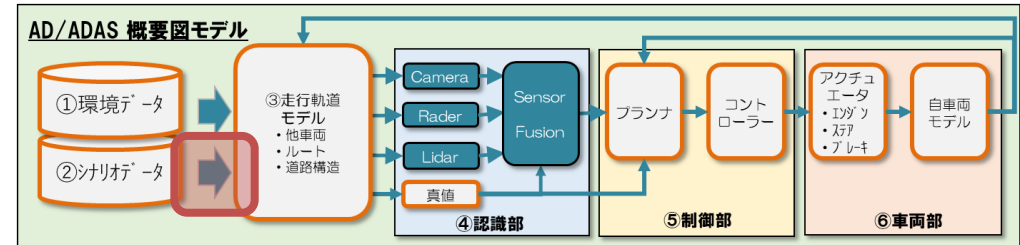
初期位置, 2秒後, レーンID 2→1

- 1) 本書の目的
- 2) 今回の範囲の設定
- 3) AD・ADASにおけるモデル接続のユースケース**
 - 3-1) ユースケース設定
 - 3-2) 走行軌道モデル**
 - ①環境設定
 - ②シナリオ**
 - 3-3) 認識部
 - 3-4) 制御部
 - 3-5) 車両部(プラント)
- 4) まとめ

A 3-2) 走行軌道モデル ②シナリオ

- 自動運転でのシナリオについては、ASAMのHPにより、OpenSCENARIOが設定されている。
この情報を使って、シミュレーションのストーリーを設定する。

シナリオデータの設定について、
OpenSCENARIOが活用されている。



OpenSCENARIO :

オブジェクト設定 :

車両コントローラー(ドライバモデル,自動運転選択)、各車両のルートやレーン位置などを規定している。

車両設定 :

初期状態(速度や位置)、他車(先行車や隣接車)の動きを規定する。

ASAM OpenSCENARIO® のウェブサイトスクリーンショット。ヘッダーには「GET STANDARD」ボタンがある。ナビゲーションメニューには「Standards」、「Domain Simulation」、「Standard Compliance」がある。メインコンテンツには「Standards > ASAM OpenSCENARIO®」のリンクがあり、「Current Version」と「Previous versions」のタブがある。下部には「ASAM OpenSCENARIO®」の紹介文と「(The download of ASAM OpenSCENARIO is free of charge)」の注釈がある。右側には「DATASHEET」の表がある。

DATASHEET	
Domain	Simulation
Current Version	1.0.0
Release Date	13 Mar 2020
Application Areas	• Description of vehicle maneuvers • Policy simulation

- 自動運転でのシナリオについては、下記のようなオブジェクトを設定する。今回対象としているユースケース「カットイン」の場合は赤字で設定しているものが対象になる。

A.2.2. クラスのインデックス

◎ オブジェクト

・位置特定可能なオブジェクト

○ 交通参加者

車両

車両コントローラー

(ドライバモデル, 自動運転選択)

車両以外

○ 非交通参加者

障害

風景

建物

植生

・アンビエントオブジェクト(周囲オブジェクト)

○ 道路ネットポロジ

道路

レーン

信号

ジャンクション

ルート

○ 環境

・交通参加者のフロー

○ 車両の流れ

○ 車両以外の流れ

参考 : ASAM OpenSCENARIO: Version 2.0.0 Concepts. → A.2.2. Index of Classes

https://www.asam.net/index.php?eID=dumpFile&t=f&f=3460&token=14e7c7fab9c9b75118bb4939c725738fa0521fe9#_symbols_and_abbreviated_terms
からの翻訳

A 3-2) 走行軌道モデル ②シナリオ

- 自動運転のシナリオとして、下記のような事例の場合、車両は自車や先行車の速度、初期位置を設定する。

カットインでの事例：

下記太字の**Ve0**などは、下図の変数説明である。

○速度

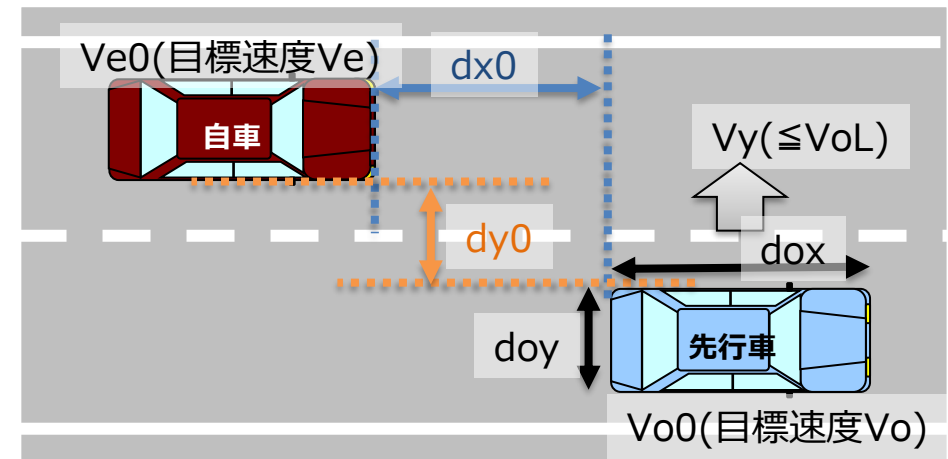
- ・初期速度の設定（自車(**Ve0**)・先行車(**Vo0**))
- ・目標速度の設定（自車(**Ve**)・先行車(**Vo**))
- ・先行車の横方向の速度(**Vy**)
- ・カットイン車両最大横速度 (**VoL**)

○位置

- ・自車の車線または隣接車線における自車の前端と先行車両の後端との間の縦方向の距離(**dx0**)
- ・車線内の車両の中央縦方向平面に平行な自車の外側端線と、隣接する線の車両の中央縦方向平面に平行な先行車両の外側端線との間の内側横方向距離(**dy0**)

○先行車情報

- ・先行車幅(**doy**)、先行車長さ(**dox**)



上記参照 ▼自動運転の安全性評価フレームワーク Ver1.0

http://www.jama.or.jp/safe/automated_driving/pdf/framework.pdf

1) 本書の目的

2) 今回の範囲の設定

3) AD・ADASにおけるモデル接続のユースケース

3-1) ユースケース設定

3-2) 走行軌道モデル

①環境設定

②シナリオ

3-3) 認識部

3-4) 制御部

3-5) 車両部(プラント)

4) まとめ

A 3-3) 認識部

- 車両の認識部として、今回の範囲では、真値（シミュレーション結果からの計算値）を設定する。

認識部については、様々なセンサモデルがあるが、今回の範囲では、

- ・自車と先行車との真値
 - ・センサ通信・処理などの遅れ項
- を設定する。

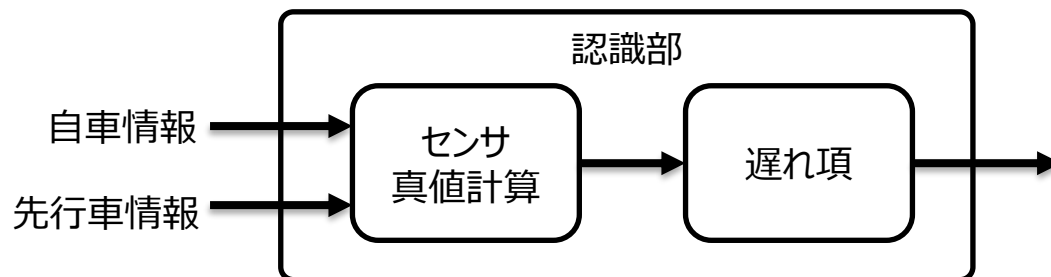
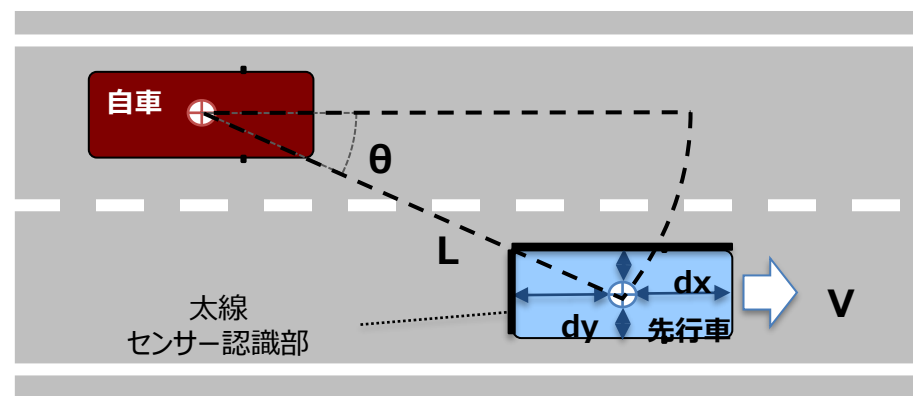
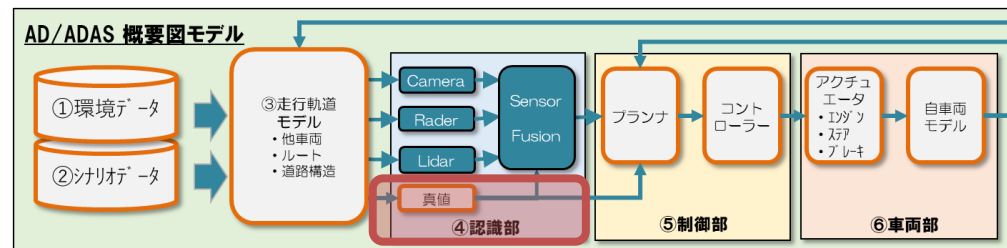
センサの真値として、下記を設定する。※

- ①車車間距離(基準点距離(L))
- ②方位(基準点からの角度(θ))
- ③先行車速度(先行車の進行方向(V))
- ④先行車サイズ(中心点からの距離(dx, dy))

基準点は、今回車両の中心を基準点として設定している。基準点間で接触を判定している。基準点は各社で決めることができるが、モデル流通時には明確に定義する必要がある。各社の検討条件に合わせて、外形距離間での判定する場合はモデルをカスタマイズすることになる。

※今回の真値は、FoVや遮蔽は考慮せず、すべての範囲を認識可能と設定する。

※センサーの真値に関する設定についてはDIVPコンソでも規定しており、次のVersionでは整合を確認する必要がある。



1) 本書の目的

2) 今回の範囲の設定

3) AD・ADASにおけるモデル接続のユースケース

3-1) ユースケース設定

3-2) 走行軌道モデル

①環境設定

②シナリオ

3-3) 認識部

3-4) 制御部

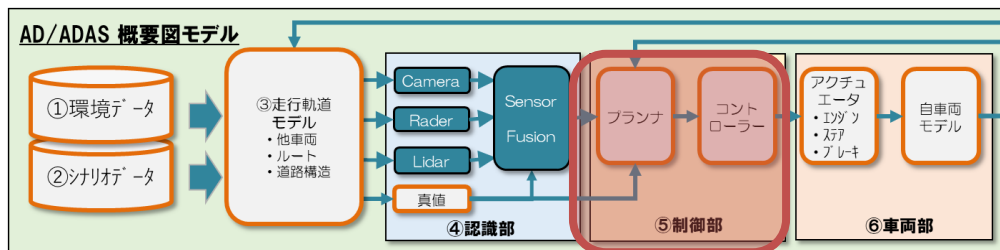
3-5) 車両部(プラント)

4) まとめ

A 3-4) 制御部

- 車両の制御部については、JASPARの『AD/ADAS車両制御インタフェース仕様書Ver.1.0』を参照し、制御部のI/Fを考慮する。

制御部は一般社団法人JASPARのHPで『AD/ADAS車両制御インタフェース仕様書』が公開されている。本ガイドラインはVer.1.0を基に作成した。今回はこの仕様書を参照し、今回の事例に適用する。なお、現在はVer.3.01 ※¹が最新である。



Japan Automotive Software Platform and Architecture

JasPar

ENGLISH

LOGIN

JASPARのご案内	活動内容と成果	よくある質問	お問い合わせ	アクセス	ご利用にあたって
------------	---------	--------	--------	------	----------

規格文書/解説書

AD/ADAS車両制御IF WG

AD/ADAS車両制御インタフェース仕様書Ver.1.0

日本語	2020-03-13公開	英語	2020-03-13公開
-----	--------------	----	--------------

文書区分：規格文書 文書番号：ST-AVI-1

本仕様書は、ADAS (ACC、AEB、LKA) に関する車両制御アーキテクチャ仕様を規定した文書です。

※当文書には知財権の確認書が提出されています。
詳しくは文書末尾の付属書をご覧ください。
※※当文書は、和英併記で書かれております。

JASPARのHP、AD/ADAS車両制御インタフェース仕様書Ver.1.0を今回ガイドラインでは参照

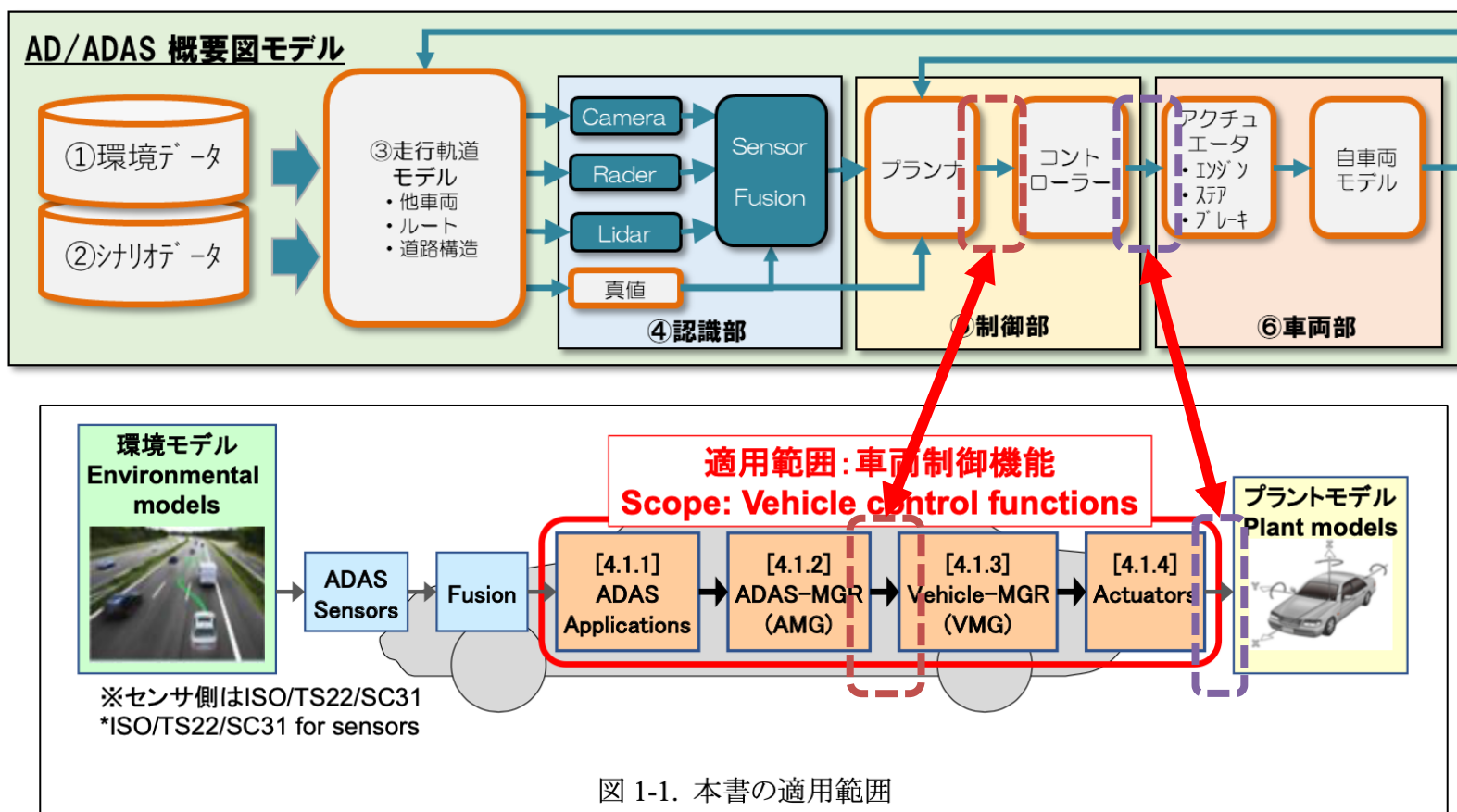
※1 現在は最新版となる AD/ADAS車両制御インタフェース仕様書Ver.3.01 のみ閲覧可能となっている。

<https://www.jaspar.jp/standardDocumentFrom2018>

A 3-4) 制御部

- JASPARの『AD/ADAS車両制御インタフェース仕様書Ver.1.0』の範囲で、下記のように設定されている。

『AD/ADAS車両制御インタフェース仕様書Ver.1.0※¹』の適用範囲は下記のようにっており、制御のI/Fや抜き差ししやすいアーキテクチャの標準化が行われている。



- 仕様書は下記のような目次になっており、AD/ADASのユースケースでの機能開発で機能追加・修正しやすい制御I/Fやアーキテクチャ、座標系や各種変数の設定をしている。

『AD/ADAS車両制御インタフェース仕様書Ver.1.0※1』

目次 の抜粋

本書について ABOUT THIS DOCUMENT	9
2.1 目的 PURPOSE OF THIS DOCUMENT	9
2.2 留意事項 POINT TO CONSIDER	13
各種パラメータ VARIOUS PARAMETERS	15
3.1 座標系 COORDINATE SYSTEMS	15
3.2 各種変数 VARIABLES	18
アーキテクチャ ARCHITECTURE	20
4.1 機能構造 FUNCTIONAL STRUCTURE	20
4.2 I/F	27
4.3 スケーラビリティ SCALABILITY	27
附属書 A:インターフェイス表 VER.1.0 APPENDIX A: INTERFACE TABLE VER.1.0.	31
5.1 インターフェイス表 INTERFACE TABLE	31
5.2 集計結果 COLLATED RESULTS	35
附属書 B APPENDIX B	36

- 車両の制御部については、JASPARの『AD/ADAS車両制御インタフェース仕様書Ver.1.0』を参照し、制御部のI/Fを考慮する。

AD/ADAS車両制御インタフェース仕様書概要

○各種パラメータ概要

3.1 座標系

ISO8855に準拠した直交座標系・極座標系の設定・符号の設定

3.2 各種変数

車両周辺（先行車）との相対位置の用語定義と位置設定
 走路の用語定義と位置設定

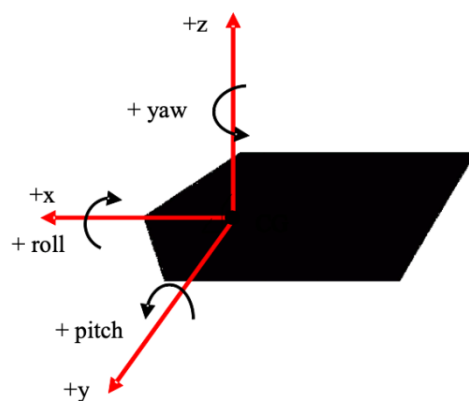


図 3-1. 直交座標系

a) 走路
Road

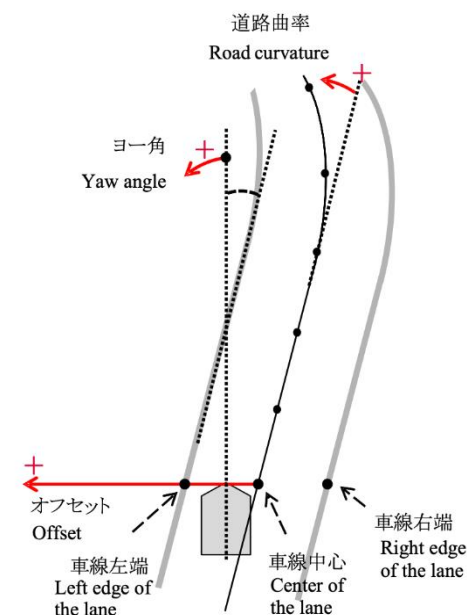


図 3-7. 走路の各種変数

- 車両の制御部については、JASPARの『AD/ADAS車両制御インタフェース仕様書Ver.1.0』を参照し、制御部のI/Fを考慮する。

AD/ADAS車両制御インタフェース仕様書概要

○アーキテクチャ概要

4.1 機能構造

1. ADAS Application 2. ADAS-MGR 3. Vehicle-MGR 4. Actuator の4つの構造にして、それぞれにおける機能設定を行っている。

4.2 I/F

付属書Aインターフェース表を作成し、上記で設定したアーキテクトにおいてI/Fの設定を行っている。

→参考) 仕様書におけるI/F定義事例：ブレーキ制御

4.3 スケーラビリティ

上記のアーキテクチャの[ACC,AEB, LKA]※ に適用するユースケースを示す。

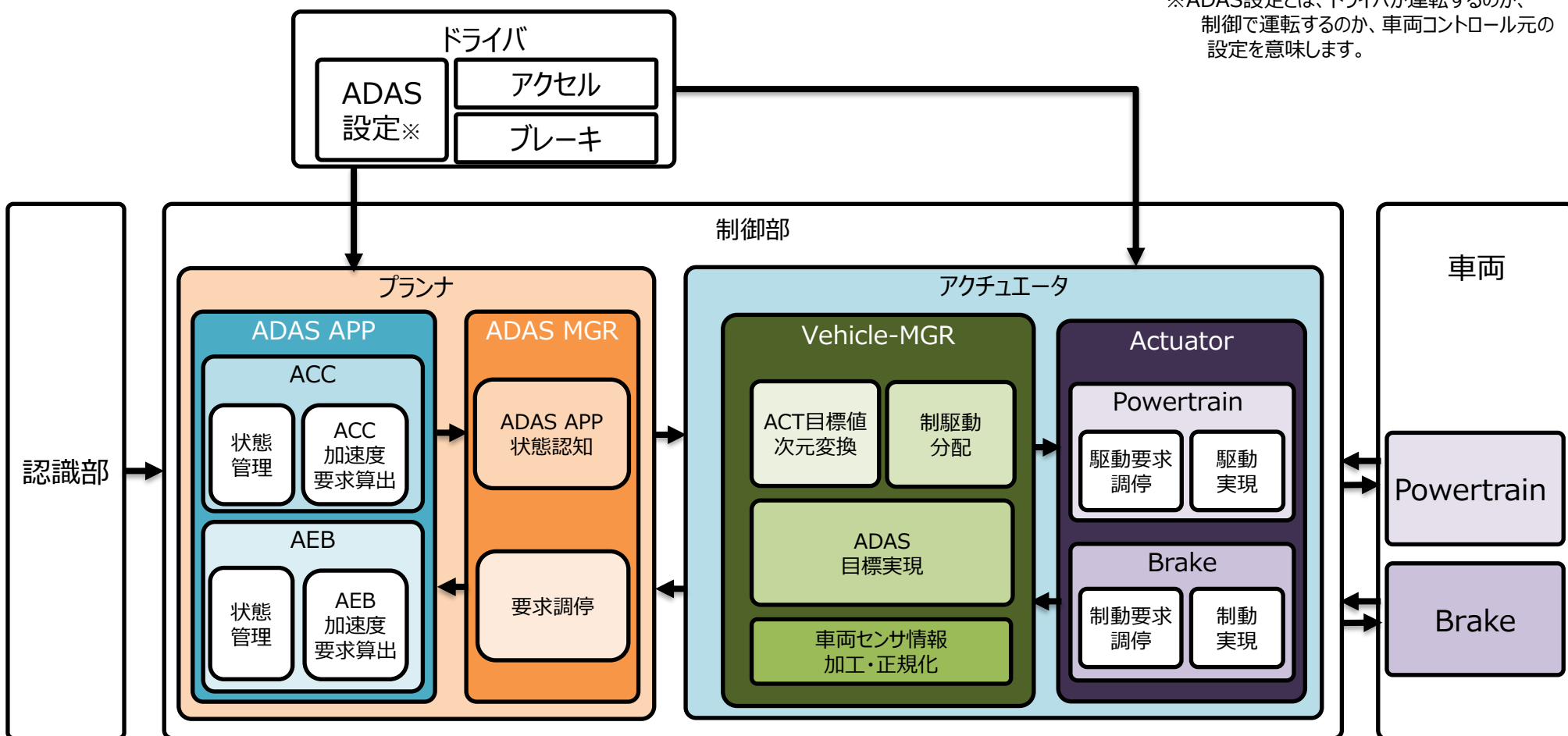
※ACC : Adaptive Cruise Control
Keeping Assist

AEB : Autonomous Emergency Braking. LKA : Lane

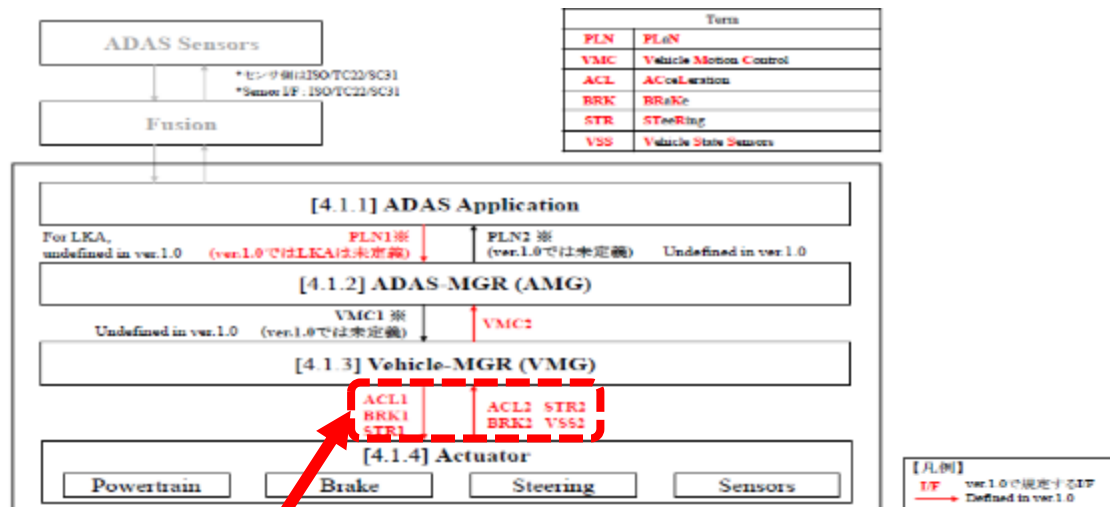
- 車両の制御部については、JASPARの『AD/ADAS車両制御インタフェース仕様書Ver.1.0』を参照すると、ユースケースのアーキテクト例は下記のように設定する。

今回のカットインでのユースケースでの制御部のアーキテクチャ案は下記のように設定できる。
 それぞれのI/Fは、JASPARのI/F仕様を参考にしながら、設定する。

※ADAS設定とは、ドライバが運転するのか、
 制御で運転するのか、車両コントロール元の
 設定を意味します。



- 各モデルのIN/OUTのI/Fについて、下記事例のように各制御ごとに定義されている



BRK1	1		Braking torque for brake control	Indicates the braking torque requested of to the BRK, assuming the Min selection with the driver request braking torque		VMG	BRK	Nm			0
BRK1	2	BRK1-1	Mode for brake control	Indicates the signal for specifying the arbitration method for driver request braking torque and Min selection braking torque	The method of arbitration is when the request source application is switch to the other, use the characteristics of application information to optimize brake control, such as input step value or modulated value for control. → Characteristics of request application * mode	VMG	BRK	-		0: Mode not requested 1: Mode request A 2: Mode request B ... 127: Mode request XX	0
BRK1	3		Braking preparation request	Indicates the request for the status where braking can be applied immediately	Defined as a value that can be realized for the vehicle within ** msec of the BRK receiving the request **Defined individually for **	VMG	BRK	-		0: Not requested 1: Requested	0
BRK2	1	BRK2-5	Brake pedal ON/OFF information	Indicates whether or not the brake pedal is depressed		BRK	VMG	-		0: Brake pedal released (driver braking not requested) 1: Brake pedal depressed (driver braking requested)	
BRK2	2	BRK2-5	Driver braking request torque	Indicates the braking torque requested via the brake pedal		BRK	VMG	Nm			
BRK2	3	BRK2-5	Braking request torque after arbitration	Indicates the arbitration result for the BRK internal driver request and VMG request as the requested torque value		BRK	VMG	Nm			
BRK2	4	BRK2-5	Braking realized torque after arbitration	Indicates the current braking torque (estimated value) calculated by BRK		BRK	VMG	Nm			
BRK2	5		Brake system reliability information	Indicates the BRK internal status required for coordinating the entire ADAS system		BRK	VMG	-		0: Initializing 1: Calibrating 2: Normal 3: Under protection control 4: Invalid (before confirmation) 5: Failure (confirmed) 6-F: Spare	
BRK2	6	BRK2-5	Operation status of braking force stabilization process (longitudinal)	Indicates whether or not the braking force stabilization process is operating		BRK	VMG	-		0: Stopped 1: Operating	

1) 本書の目的

2) 今回の範囲の設定

3) AD・ADASにおけるモデル接続のユースケース

3-1) ユースケース設定

3-2) 走行軌道モデル

①環境設定

②シナリオ

3-3) 認識部

3-4) 制御部

3-5) 車両部(プラント)

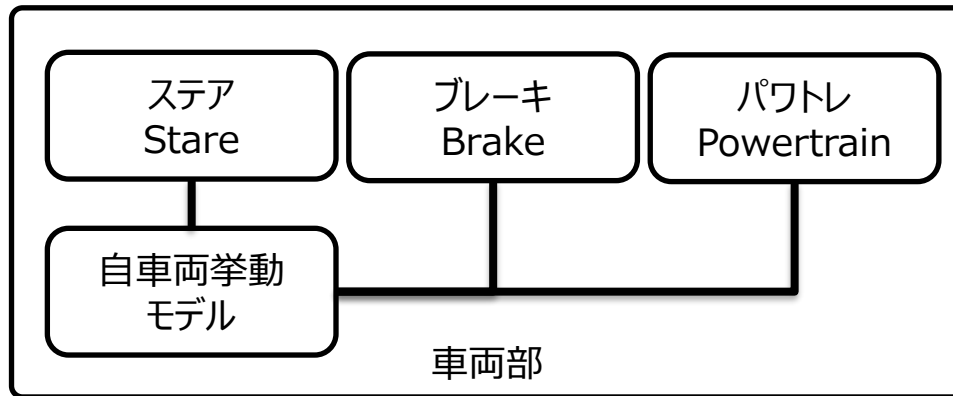
4) まとめ

A 3-5) 車両部(プラント)

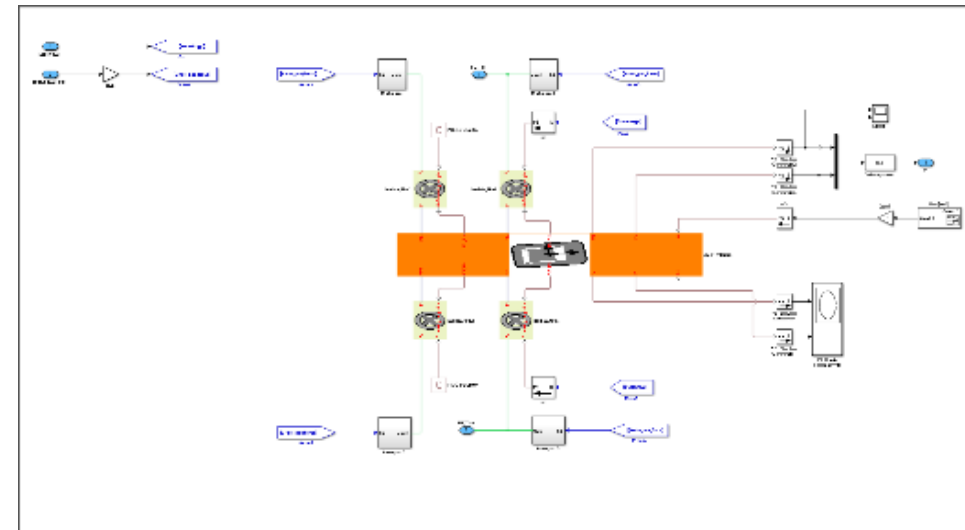
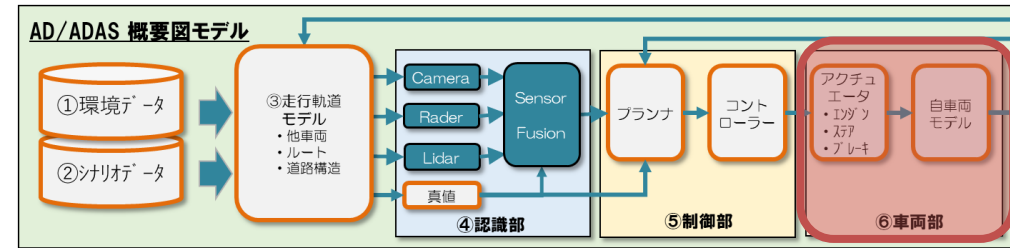
- 車両部のI/Fについては、JMAAB公開の運動車両モデルを参考にし、制御モデル等とのI/Fを考慮する。

車両部のモデルは、指示を受けて走る・曲がる・止まる程度の機能で良いとすると、プラントモデルの構成は、下記のような構成でモデル化を考えることができる。

自動車の一般的な運動挙動をシミュレーションするJMAABの公開モデルを参考に制御モデルI/Fと整合を見ながら、I/Fを考慮する。



車両運動模擬を考慮したモデル構成



運動車両モデル

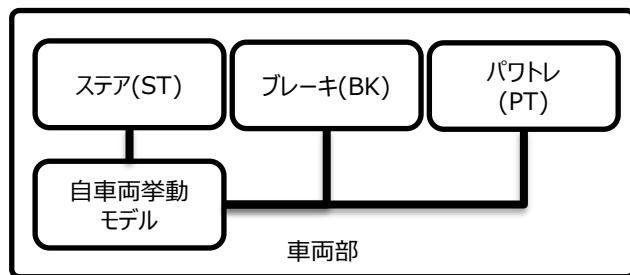
(『Simscape® による プラントモデリング入門』※より抜粋)

※ http://jmaab.mathworks.jp/free/IntroPlantModeling_with_Simscape_v20170622.pdf

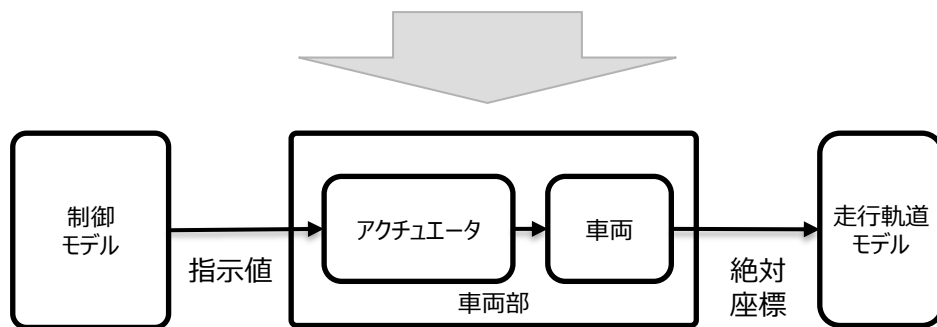
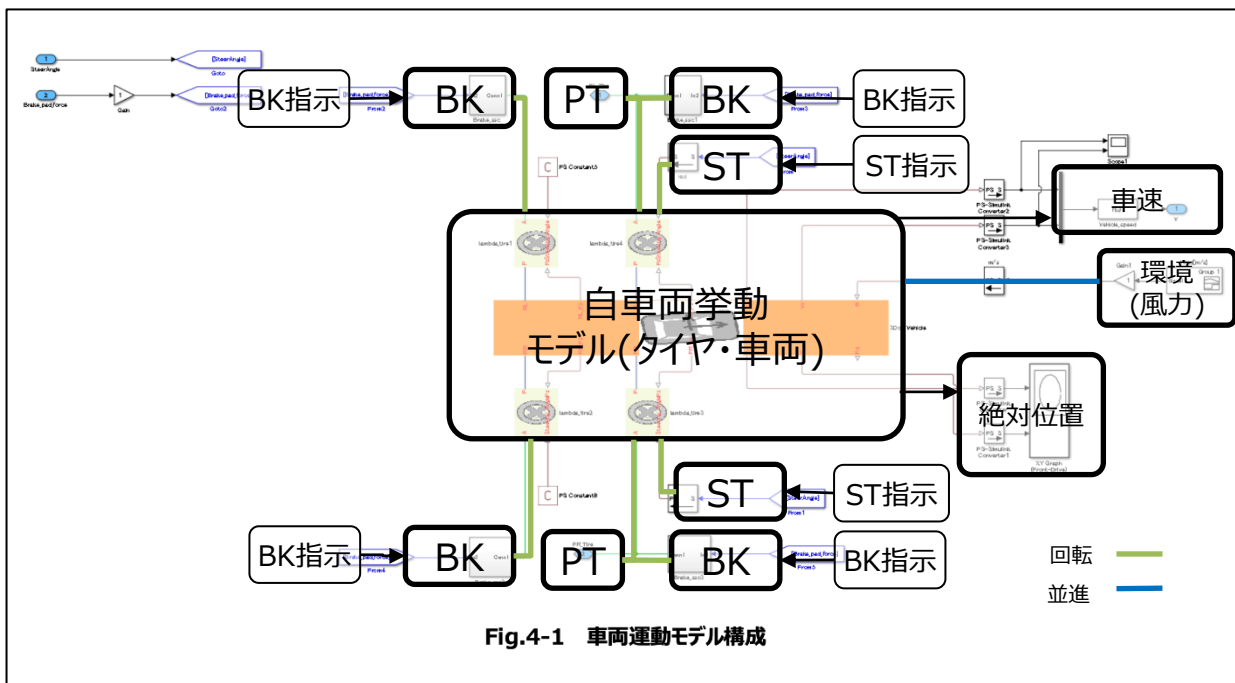
A 3-5) 車両部(プラント)

- 車両部と制御部については、各指示値、車両モデルから走行軌道モデルへは、絶対座標系などの情報を与える。

JMAABの運動車両モデルは左記のような構成になっている。

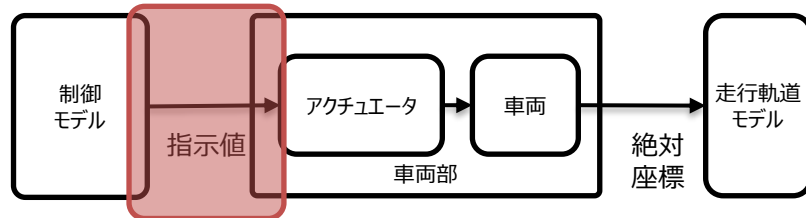


各アクチュエータに対して、指示値があり車両モデルから、絶対座標や速度を出力する。



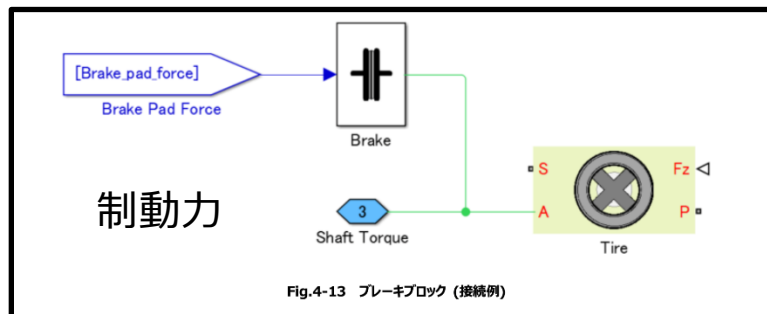
- 車両部と制御部について、今回の範囲では、モデルの詳細度は簡略化されており、制御したいアクチュエータの物理値を指示値としている。

JMAABの運動モデルを参考に、制御部から車両部の指示値を設定する。

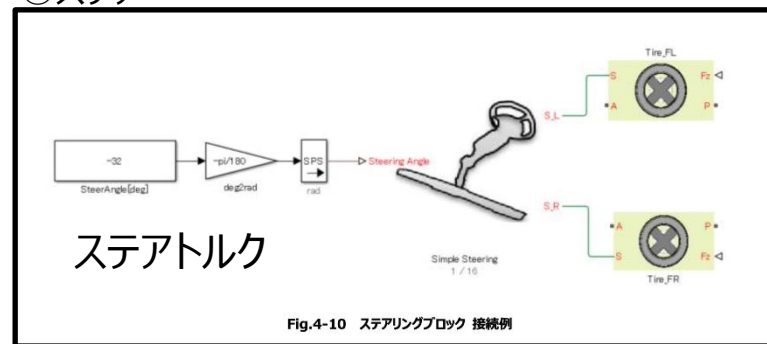


今回のモデル詳細度は簡略化されており、各アクチュエータモデルに対して、直接制御したい物理値を指示値としている。これを参考にし、今回のユースケース事例として下記のように設定する。また、各制御部で欲しいセンサ情報があれば、各アクチュエータから情報を入れる。

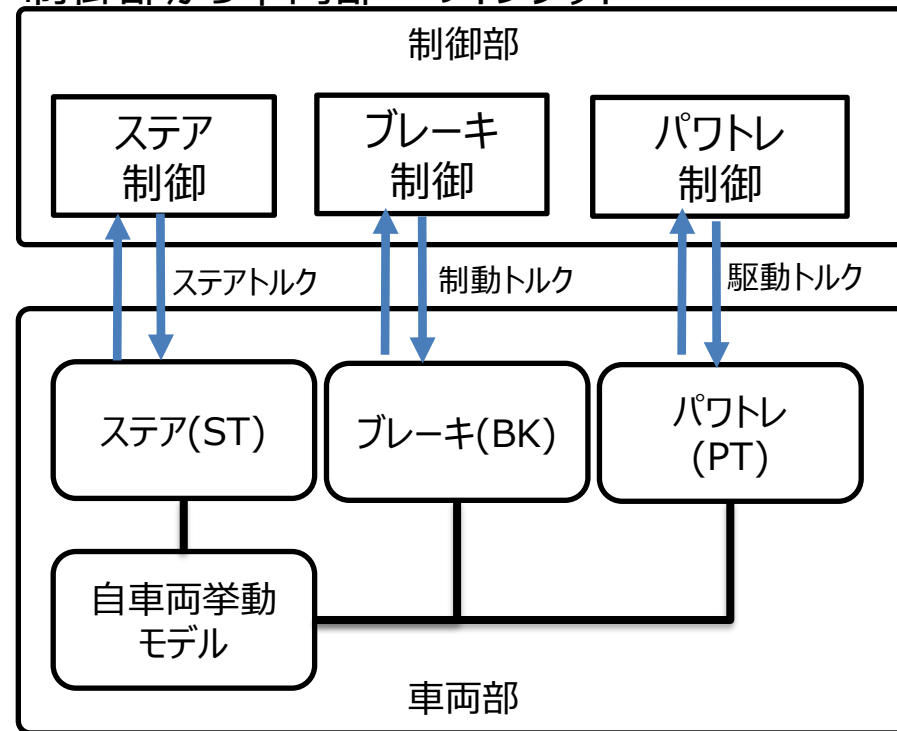
○ブレーキ



○ステア

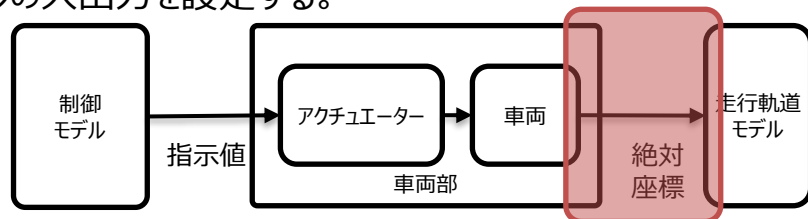


制御部から車両部へのインプット



- 車両部と走行軌道モデル間については、車両部で、絶対座標系での車両情報を計算し、走行軌道モデルへ出力する。

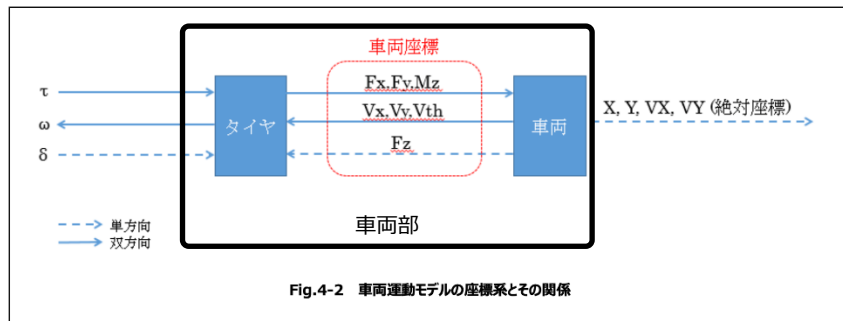
JMAABの運動モデルを参考に、車両部から走行軌道モデルの入出力を設定する。



左記より、走行軌道モデルへは、車両部で絶対座標系に変換した位置や速度情報を出力する。

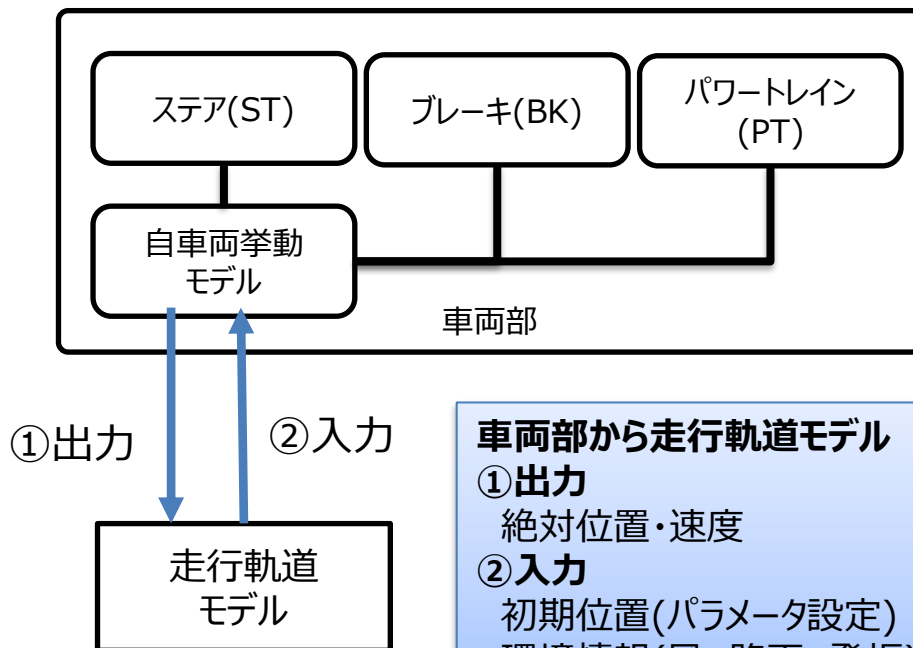
また、絶対座標系の初期位置などの情報、また、環境からの情報として（風の風速や向き）路面の転がり抵抗 μ 、登坂角度などが入力として考えられる。

○車両での座標計算



車両部では、車両座標系(ISO8855)で計算を行い、車両モデル内で絶対座標系に変換して出力をしている。

また、モデルとしては、風力を受けて空気抵抗計算が変化するように設定してある。



車両部から走行軌道モデル

①出力

絶対位置・速度

②入力

初期位置(パラメータ設定)
環境情報(風、路面、登坂)

- 1) 本書の目的
- 2) 今回の範囲の設定
- 3) AD・ADASにおけるモデル接続のユースケース
 - 3-1) ユースケース設定
 - 3-2) 走行軌道モデル
 - ①環境設定
 - ②シナリオ
 - 3-3) 認識部
 - 3-4) 制御部
 - 3-5) 車両部(プラント)
- 4) まとめ**

このように自動運転モデルの環境について、走行軌道モデル～車両部モデルに至るまで、引用したデファクトスタンダード仕様を参考にして、アーキテクチャとインターフェースを設定してきた。

今回の目的では、**モデルの接続について進めることが可能**である。

ただ、曖昧なI/Fがまだ存在するので、今後、どのようなガイドラインを検討するかを考慮する必要がある。

また、各デファクトスタンダード仕様は、モデル詳細度が異なる場合があるので、今後モデルの詳細度を変化させて、連携先と今回のI/F仕様の検討を行う必要がある。

用語名	説明
AD/ADAS	自動運転/先進運転支援システム
ASAM	Association for Standardization of Automation and Measuring Systems
JAMA	一般社団法人日本自動車工業会
JASPAR	一般社団法人JASPAR(Japan Automotive Software Platform and Architecture)
JMAAB	Japan MBD Automotive Advisory Board
I/F	インターフェース
GL	ガイドライン
DIVP	センサーメーカー、ソフトウェア会社、大学など産学 12 機関からなる「DIVP コンソーシアム」のこと（ Driving Intelligence Validation Platform ）
MGR	マネージャー
ACC	Adaptive Cruise Control
AEB	Autonomous Emergency Braking
LKA	Lane Keeping Assist

