

平成28年度製造基盤技術実態等調査
(モデルベース開発に係る自動車産業への影響に係る調査) 報告書

平成29年3月
AZAPA株式会社

目次

1. 背景・目的
2. 調査内容と調査方法
 - 2-1) 調査内容
 - 2-2) 調査方法
3. 今年度の調査結果
 - 3-1) 活動の経緯
 - 3-2) 今年度の活動テーマ
 - 3-3) 今年度の成果と課題
 - 3-4) 今年度の成果物概要
 - 3-4)-1 ガイドラインの整備
 - 3-4)-2 ガイドライン準拠モデルの構築
 - 3-5) ガイドライン準拠モデルでの効果の検証
 - 3-6) モデル利用の普及と人材育成
4. 研究会、ワーキンググループの実施結果
5. 総括・提言
 - 5-1) 総括
 - 5-2) 提言
6. 添付資料
 - 6-1) アンケート1
 - 6-2) アンケート2
 - 6-3) アンケート3

1. 背景・目的

IoT (Internet of Things)時代においては、モノのデジタル化・ネットワーク化が急速に拡大し、実世界と IT が緊密に結合されたシステムである Cyber Physical System(CPS) が進展していくことが見込まれる。自動車産業分野においても、既に部品の受発注における電子かんばんシステムや商用車テレマティクス情報を活用したアフターサービスなど様々な取組が進んでいる。

特に、近年、自動車の高機能化（電子制御システム及び安全運転システムの導入、ネットワーク化）、パワートレインの多様化等によって自動車設計開発業務が複雑化することに伴って、先行開発、設計開発の効率化、性能・品質の向上が極めて高いレベルで行うことが求められる中で、開発・性能評価のプロセスをバーチャル・シミュレーション（いわゆるモデルベース開発。以下「MBD」という。）で行う重要性が拡大し、従来日本の自動車産業の強みとする開発段階のいわゆる「擦り合わせ」のプロセスにも、今後、大きな変化をもたらす可能性が高い。

こうした中で、自動車部品をシステム単位で、モデルを伴って納入することができるメガサプライヤーの存在感が増大している傾向も見られるが、開発初期段階でモデルを使った「擦り合わせ」を行うことは抜本的に開発を効率化し、またモデルを活用した開発領域と生産領域の解析の連携は高度化する自動車の性能・品質の向上を高いレベルで実現することが可能であることから、我が国自動車産業の開発基盤・生産技術力の維持・強化の観点からは、自動車メーカーと中小規模を含めた部品メーカーが、共存共栄の考え方に基づく連携の下で、従来の「擦り合わせ」の強みを活かしつつ、効率的にMBDを活用していくことを強力に進めていく必要がある。

現在、MBDの推進に当たっては、①多くの自動車部品メーカーにおいて、モデル化に対応可能な人材、設備（ソフトウェア）面で課題があるとともに、②モデルの標記等に関する統一されたルールが無く、自動車部品メーカーは自動車メーカーごとに異なる複数のモデルに対応を余儀なくされる、自動車メーカーは部品メーカーから納入されたモデルが自社モデルとルールが異なって使用できないなど、モデルの流通可能性にも課題があり、その潜在力が十分に発揮されていない状況にある。

このため、部品メーカーの競争力の源泉となる差別化領域を適切に確保しつつ、MBD推進に係る協調領域を適切に設定していくためモデル流通、シミュレーションの高度化、標記ルールの統一のあり方や、その推進による我が国の自動車産業への影響について調査するため、平成 27 年度に「自動車産業におけるモデル利用のあり方に関する研究会」を開催。自動車メーカーとサプライヤー間でモデル流通を行い、標記ルールが適切に機能することの確認を行ったところ。今年度調査では、上記研究会の成果や課題などを踏まえ、更なる検討内容の深化、検討範囲の拡大を前提に行う。

2. 調査内容と調査方法

2-1) 調査内容

モデル流通を前提とした車両プラントモデル（ガイドライン基準モデル）を使用した効果等の調査・分析

自動車メーカーとサプライヤーの各社が協力して作成した「ガイドライン案」を基盤とした、一般的な「ガイドライン基準モデル」を構築し、自動車関連会社が当該モデルを介してモデル流通を行うにあたって必要となる以下の項目を調査・分析する。ここで、27年度参加した自動車メーカー（4社）、サプライヤー（6社）以外の参加も進めるために必要なモデル流通支援等を行う。

- ①ガイドライン基準モデルを利用することによる省エネ効果や効率化等の事例やサンプルデータを抽出する。
- ②ガイドライン基準モデルの利用のあり方について、抽出された課題等を整理し、必要に応じてガイドライン案に反映させる。
- ③ガイドライン基準モデルの利用に必要なマニュアルを作成する。

補足) 調査内容を本調査報告書で解説する参照先

①ガイドライン基準モデルを利用することによる省エネ効果や効率化等の事例やサンプルデータを抽出する。

本調査報告書では、3-5)、3-6) にて解説

②ガイドライン基準モデルの利用のあり方について、抽出された課題等を整理し、必要に応じてガイドライン案に反映させる。

本調査報告書では、3-2)、3-3) にて解説

③ガイドライン基準モデルの利用に必要なマニュアルを作成する。

本調査報告書では、3-4) にて解説

2-2) 調査方法

モデルベース開発について積極的な取り組みを行っている国内企業（サプライヤーを含む）10社程度を中心に研究会（2回）の実施する。さらにこれら国内企業10社程度の実務者によるワーキンググループ開催を通じ、調査内容についての議論を行うとともに並行してアンケートを実施し、上記調査内容における項目について調査・分析を実施する。

①研究会の実施

国内企業（サプライヤーを含む）10社程度及び関連団体の代表者にて、モデルベース開発が日本の自動車産業の強みとする開発段階のいわゆる「擦り合わせ」のプロセスにも、大きな変化をもたらす可能性が高いことを研究会で調査・分析を実施する。

②ワーキンググループの実施

国内企業（サプライヤーを含む）10社程度の実務者にて、モデルベース開発におけるガイドラインを基盤とした、ガイドライン準拠モデルを構築し、自動車関連会社が当該モデルを介してモデル流通を行うにあたって必要となる2-1) 調査内容の調査・分析を実施する。

③アンケートの実施

ガイドライン基準モデルを利用することによる省エネ効果や効率化等の事例やサンプルデータ抽出するためのアンケート。ガイドライン準拠モデルの利用のあり方について、抽出された課題等を整理し、ガイドラインへ反映するためのアンケート。モデルベース開発の実態についてのアンケートを実施する。

補足) 調査方法を解説する参照先

①研究会の実施

データを抽出する。

本調査報告書では、4-1)、4-2) にて解説

②ワーキンググループの実施

本調査報告書では、4-3)、4-4)、4-5)、4-6)、4-7)
4-8)、4-9)、4-10)、4-11)、4-12) にて解説

③アンケートの実施

本調査報告書では、6-1)、6-2)、6-3) にて解説

3. 今年度の調査結果

3-1) 活動の経緯

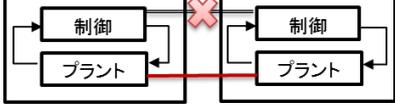
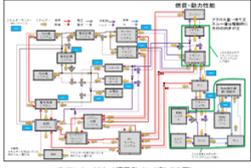
- All Japan パワートレインコンソーシアム活動から4年、昨年からは経産省の主導でモデル利用による研究会を発足
- 昨年度、モデル流通のトライアルによって課題が明確となり、今年度、ガイドラインおよびガイドライン準拠モデルを構築、動くモデルによる検証環境により、モデル流通における課題解決と普及シナリオを検討した。

FY11 — FY14		FY15	今年度の活動 FY16
<p style="text-align: center;">All Japan パワートレインコンソーシアム活動</p>		<p style="text-align: center;">モデル利用に関する研究会（経産省）</p>	
<p>エネルギーマネージメントモデル表記の統一 [狙い]</p> <p>① 国内自動車産業の標準となるモデル表記規格の策定によるモデル流通促進、パワートレイン開発の生産性向上</p> <p>② 継続的なモデル表記規格の運用を自動車技術会などへ移管、自動車産業全体への普及・啓蒙</p>		<p>初版ガイドラインの検討</p> <p>モデル流通のトライアル [狙い]</p> <p>① モデル流通における課題の洗い出し</p>	<p>ガイドラインを経産省より公開</p> <p>ガイドライン及びガイドライン準拠モデルの整備(昨年の課題解決)と普及シナリオの仮説に基づく効果調査</p> <p>[狙い]</p> <p>① 自動車産業での”日本の強み”を生かした開発プロセスの構築</p> <p>② モデル利用の普及、人材育成</p>

3-2) 今年度の活動テーマ

- モデル流通のトライアル結果、モデル接続、シミュレーション精度、検証などに大別される課題が挙げられた。
- 課題解決のために、“ガイドライン整備”、“ガイドライン準拠モデル構築”、“モデル解説書作成”を行う。

モデル接続に関して

No.	モデル接続での課題	今年度の活動テーマ	参照p5												
1	<p>制御信号に関するルールがない。</p> <p>サブシステム1(エンジン) サブシステム2(ミッション)</p> 	<p>制御信号の取扱、ガイドライン準拠モデルに織り込み、接続を検討する。</p> <p>ガイドライン整備 ガイドライン準拠モデル</p>	②												
2	<p>すべての車両を対象としたルール化は困難である為、線引きが必要。</p> <p>初版ガイドラインはHEVに限定したガイドライン</p> 	<p>対象車両を意識しなくても接続できる基本原則を構築し、ガイドラインに織り込み。</p> <p>ガイドライン整備</p> <table border="1" data-bbox="1005 828 1289 1041"> <thead> <tr> <th>基本原則</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>第一</td> <td>プラントモデル間はアクロス変数とスルー変数でつなぐ。また、アクロス変数とスルー変数の向きは互いに逆向きとする。</td> </tr> <tr> <td>第二</td> <td>エネルギーソースからエネルギーシンクへ流れる方をエネルギーの正とする。</td> </tr> <tr> <td>第三</td> <td>スルー量・アクロス量を監視する要素を基準として、全体の1/Fを算出する。</td> </tr> <tr> <td>第四</td> <td>スルー変数の正負は、エネルギーの流れとスルー変数の入出力の向きが同じとき、正とする。</td> </tr> <tr> <td>第五</td> <td>入出力の単位は SI 単位系、SI 組立単位系を利用する。 量記号は、JIS 規格を使用する。</td> </tr> </tbody> </table>	基本原則		第一	プラントモデル間はアクロス変数とスルー変数でつなぐ。また、アクロス変数とスルー変数の向きは互いに逆向きとする。	第二	エネルギーソースからエネルギーシンクへ流れる方をエネルギーの正とする。	第三	スルー量・アクロス量を監視する要素を基準として、全体の1/Fを算出する。	第四	スルー変数の正負は、エネルギーの流れとスルー変数の入出力の向きが同じとき、正とする。	第五	入出力の単位は SI 単位系、SI 組立単位系を利用する。 量記号は、JIS 規格を使用する。	①
基本原則															
第一	プラントモデル間はアクロス変数とスルー変数でつなぐ。また、アクロス変数とスルー変数の向きは互いに逆向きとする。														
第二	エネルギーソースからエネルギーシンクへ流れる方をエネルギーの正とする。														
第三	スルー量・アクロス量を監視する要素を基準として、全体の1/Fを算出する。														
第四	スルー変数の正負は、エネルギーの流れとスルー変数の入出力の向きが同じとき、正とする。														
第五	入出力の単位は SI 単位系、SI 組立単位系を利用する。 量記号は、JIS 規格を使用する。														
3	<p>サンプリングタイム、パラメータ不整合のルールがない。</p>	<p>JMAAB「プラントモデルガイドライン」、自技会「モデル流通のための仕様書」のルールに準拠した。 (動作環境、使用環境、モデルの計算条件、システム構成、モデル化モデルの入出力情報、その他)</p> <p>ガイドライン解説書</p>	③												

モデル流通のトライアル結果（シミュレーション精度）

No.	シミュレーション精度での課題	今年度の活動テーマ	参照p5
4	<p>モデル粒度の違いによるシミュレーション精度の低下</p> <p>挿入するモデル粒度に引きずられ、精度落ちが起こる</p>	<p>ガイドライン準拠モデルで粒度を同じ精度で作成。</p> <p>ガイドライン準拠モデル作成</p>	②
5	<p>受け取ったモデルが秘匿されていると、詳細な検証が出来ず、妥当性を確認できない</p> <p>例) A社がB社からトランスミッションモデルを調達したがA社は社内の車両モデルとの接続が出来ず、原因を追及出来ない場合あり。</p>	<p>モデル流通の相互で振る舞い(出力データ)とシミュレーション環境を合わせる「共通のものさし」を作成する</p> <p>ガイドライン準拠モデル作成</p>	②

モデル流通のトライアル結果（検証）

No.	モデル実行での課題	今年度の活動テーマ	参照p6
6	<p>熱・電気・流体エネルギーの検証</p>	<p>検証モデルの作成 今年度は、機械系電気系モデルを議論できるモデルを作成。</p> <p>ガイドライン準拠モデル作成</p>	②

3-3) 今年度の成果と課題

- 昨年度の課題を基に、ガイドラインやガイドライン準拠モデルを作成した。
- 今後の課題について、次年度に向けて、各社の優先順位を調整し、具体的な活動計画を策定する。

	今年度のテーマ	今年度成果	今後の課題
①	<p>ガイドライン整備</p> <p>プラントモデルI/Fガイドラインの分かりやすさの向上 基本原則/HVを前提とした車両ドメイン(燃費)の定義/サブシステムI/F定義書</p>	<p>ガイドラインv1.0を作成</p> <p>○自動車開発におけるプラントモデルI/Fガイドライン</p> <p>5つの基本原則/HV車両の運動、電気、熱のエネルギードメイン(燃費)の定義/サブシステムI/F定義書</p> <p>ガイドライン解説書作成</p> <p>ガイドライン理解向上のための解説書を作成</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ガイドラインの拡張 流体領域の議論 制御モデルI/Fの拡張 燃費以外の性能領域 ・海外連携 ・産学連携 ・ガイドラインとモデルの管理 公開の位置づけ 国内浸透
②	<p>ガイドライン準拠モデル作成</p> <p>燃費性能の検討用のCVT(一般的な情報を基に)制御・プラントモデルを作成し、参加企業に公開する。</p>	<p>ガイドライン準拠モデルv1.0の作成</p> <ul style="list-style-type: none"> ・減速回生制御、アイドリングストップ制御 ・制御モデルの織り込み(エンジン、CVT、オルタネータの基本部 作成) ・v1.0のモデル粒度での部品配置はモデルへ実装 	<ul style="list-style-type: none"> ・モデル粒度の議論 ・みんなが使いたいモデルへ深化(高精度化) 熱領域 Simulink以外のツール適応 V字右バンクへ
③	<p>モデル解説書作成</p> <p>モデル交換時にモデル解説書を添付することを約束事とし、ガイドライン準拠モデルにおける解説書を作成</p>	<p>ガイドライン準拠モデルにおける解説書の作成</p> <ul style="list-style-type: none"> ・モデルの説明、モデルの使い方の説明、モデルの記述方法の説明を記述 ・モデルを実行するための項目を記載 	<ul style="list-style-type: none"> ・モデル流通のための取り決めの議論 取り決め項目の明確化

3-4) 今年度の成果概要

●ガイドライン整備

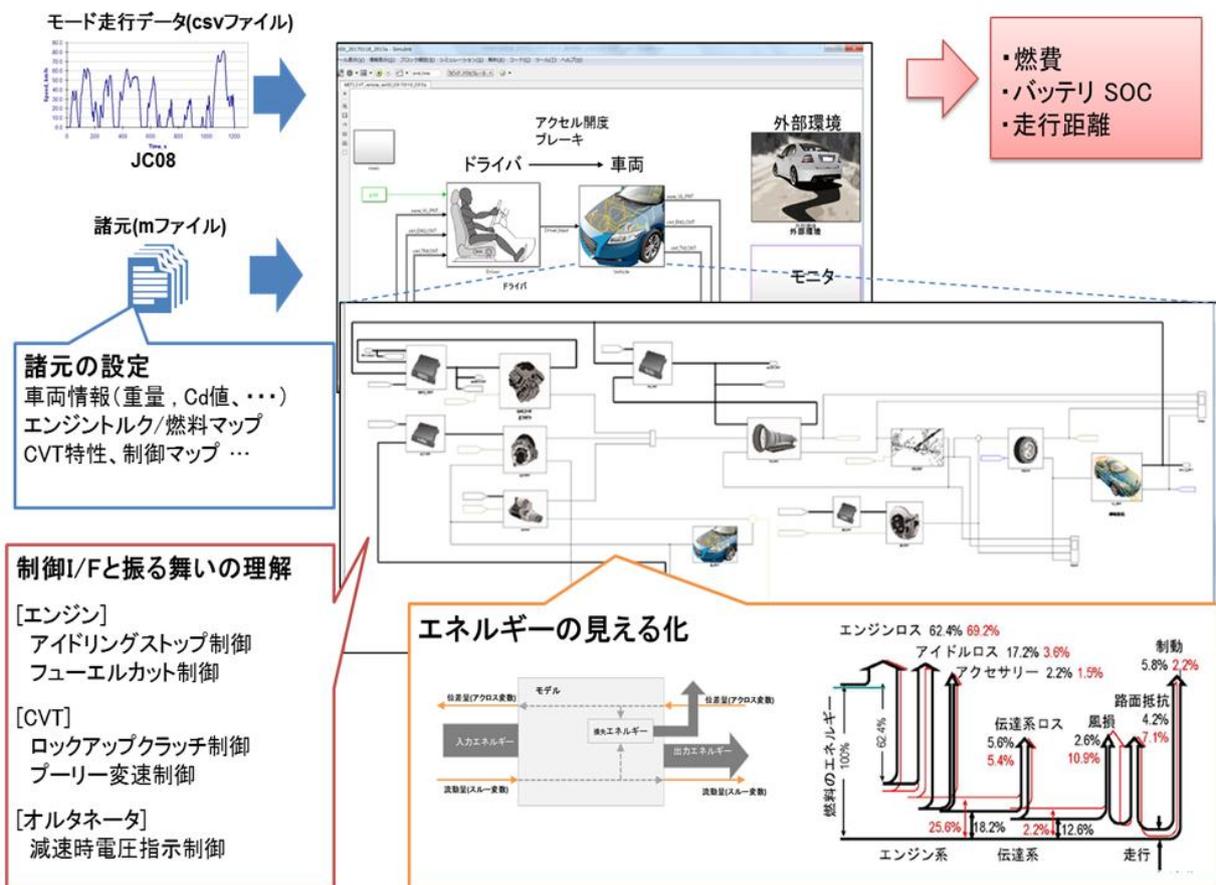
- ・「自動車開発におけるプラントモデル I/F ガイドライン」 発行
- ・ガイドライン解説書作成

●ガイドライン準拠モデルの作成

- ・ガイドライン準拠モデルで技術的相場検討→p15

●モデル解説書作成

- ・モデルの使い方の説明
- ・ガイドライン準拠モデルにおける解説書の作成
- ・モデルの記述方法の説明を記述



3-4) - 1. ガイドラインの整備

- ・ガイドラインの前提として、①エネルギーを有するサブシステムの定義、②エネルギーの流れの方向の定義、③物理領域ごとの単位を統一。
- ・インターフェイスを共通化するにあたって基本原則を5つ設定。

基本原則	
第一	プラントモデル間にはアクロス変数とスルー変数でつなぐ。 また、アクロス変数とスルー変数の向きは互いに逆向きとする。
第二	エネルギーソースからエネルギーシンクへ流れる方向をエネルギーの正の向きとする。
第三	スルー量・アクロス量を蓄積する要素を基準として、全体のI/Fを考える。
第四	スルー変数の正負は、エネルギーの正の流れの向きとスルー変数の入出力の向きが同じとき、正とする。
第五	入出力の単位はSI単位系、SI組立単位系を利用する。 量記号は、JIS規格を使用する。

3-4) - 1-1. 第一原則

「プラントモデル間にはアクロス変数とスルー変数でつなぐ。また、アクロス変数とスルー変数の向きは互いに逆向きとする。」

- ・エネルギーの流れが分かる物理量 = スルー変数、
- ・エネルギーのポテンシャルが分かる物理量 = アクロス変数
- ・仕事率(W) = アクロス変数×スルー変数

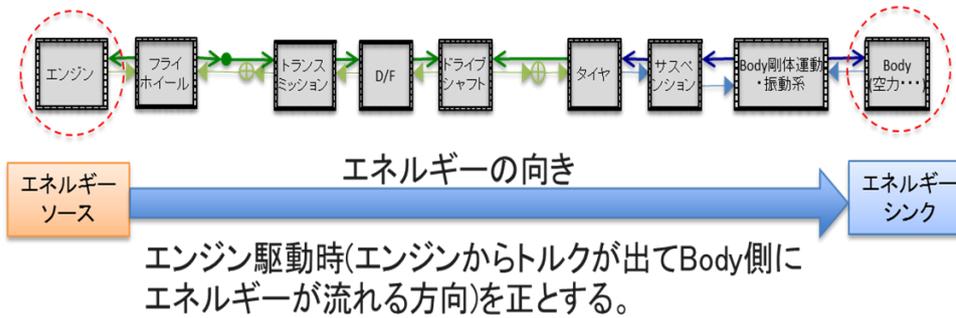
■ドメインごとのアクロス変数とスルー変数一覧

物理領域 Domain	アクロス変数 (横断変数)	スルー変数 (流動変数)
電気 Electrical	電位・電圧 (Voltage)	電流 (Current)
並進運動 Translational	速度 (Velocity)	力 (Force)
回転運動 Rotational	角速度 (Angular Velocity)	トルク (Torque)
熱 Heat	温度 (Temperature)	熱流量 (Heat flow)

記載されていない他の物理領域は、今後の議論として決定する。

3-4) - 1-2. 第二原則

エネルギーソースからエネルギーシンクへ流れる方向をエネルギーの正の向きとする。

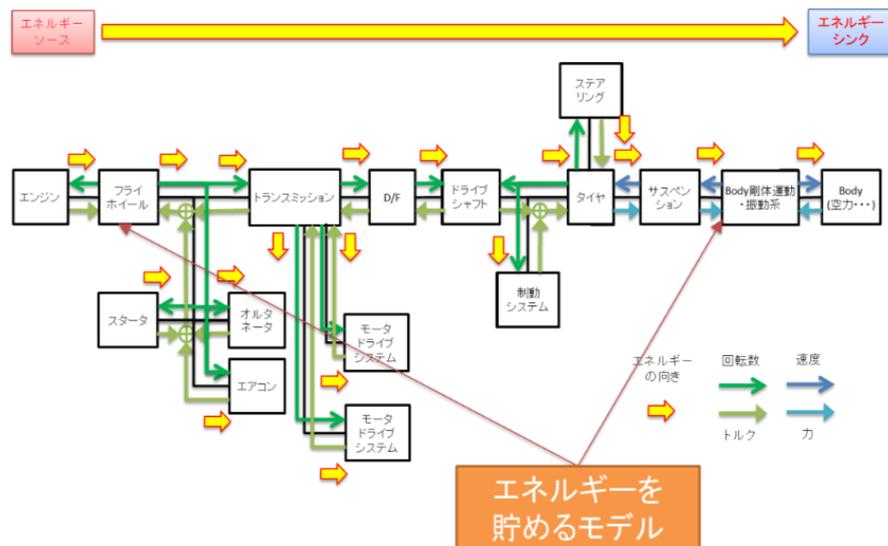


- 回転数(アクロス変数)
- トルク(スルー変数)

3-4) - 1-3. 第三原則

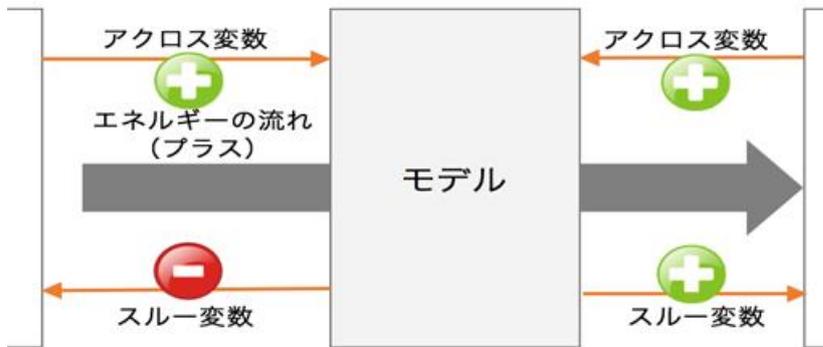
スルー量・アクロス量を蓄積する要素を基準として、全体の I/F を考える。

	運動		電気	熱
	慣性質量	慣性モーメント	コンデンサ	熱容量
エネルギーを蓄積するモデル (スルー量受け取り)				
	運動		電気	熱
	パネ	ねじりパネ	コイル	-
エネルギーを蓄積するモデル (アクロス量受け取り)				-



3-4) - 1-4. 第四原則

「スルー変数の正負は、エネルギーの正の流れの向きとスルー変数の入出力の向きが同じとき、正とし、逆の時、負とする。」



3-4) - 1-5. 第五原則

「入出力の単位は SI 単位系、SI 組立単位系を利用する。量記号は、JIS 規格を使用する。」

・国際単位系「SI (Système international d'unités)」を利用。

■アクロス変数スルー変数の単位

領域 Domain	横断変数(位差量) Across Variable		通過変数(流動量) Through Variable			
		量記号	単位 UNIT		量記号	単位 UNIT
電気 Electrical	電位・電圧 (Voltage)	V	V	電流 (Current)	I	A
並進運動 Translational	速度 (Velocity)	v	m/s	力 (Force)	F	N
回転運動 Rotational	角速度 (Angular Velocity)	ω	rad/s	トルク (Torque)	M,T	Nm
熱 Heat	温度 (Temperature)	T	K	熱流量 (Heatflow)	ϕ	W

例外事項の取扱

モデルの流通を行うときには、サブシステム I/F 定義書を用いて、I/F を確認するものとして使用できる。

サブシステムI/F定義書
サブシステム名 = エンジン

サブシステム名

I/Fと機能を記載

プラントモデル入力I/F

制御入力I/F

プラントモデル出力I/F

制御出力I/F

エネルギーの向き

履歴

モデル機能概要

機能概要を記載

入力

プラントモデルI/F		名称	単位	極性向き	説明
回転数 ω	rad/s	—	—	エンジン回転数	
温度T	K	—	—	エンジン冷却水温度	
制御モデルI/F		名称	単位	範囲	説明

出力

プラントモデルI/F		名称	単位	極性向き	説明
トルクT	Nm	出力側が正	—	エンジン軸トルク	
熱流量 Φ	W	出力側が正	—	エンジン冷却水熱流量	
制御モデルI/F		名称	単位	範囲	説明

エネルギーの向き

名称	エネルギー正の向き	説明
回転E	出力	エンジン回転
熱E	出力	エンジン冷却水

備考

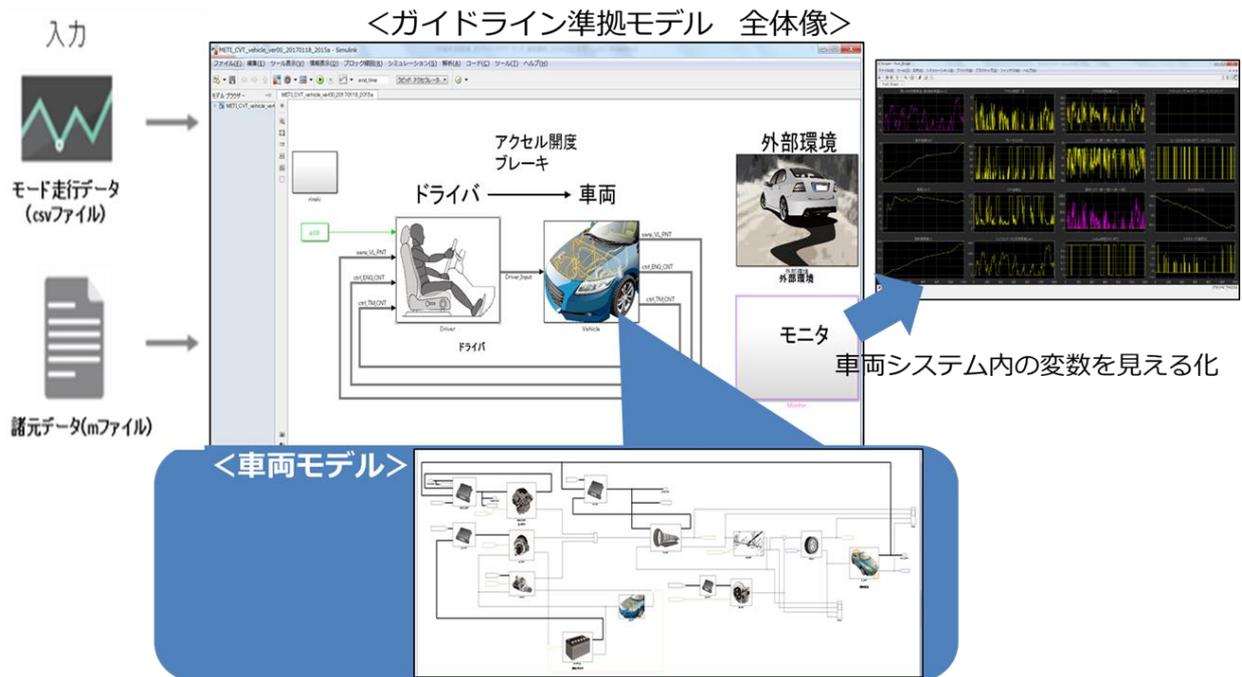
・MTの場合、エンジン-TM間のフライホイールを取り込んでも良い。

備考欄
ガイドラインの原則と違う場合、理由と内容を明記

ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AZAPA	市原純一	2017/3/15

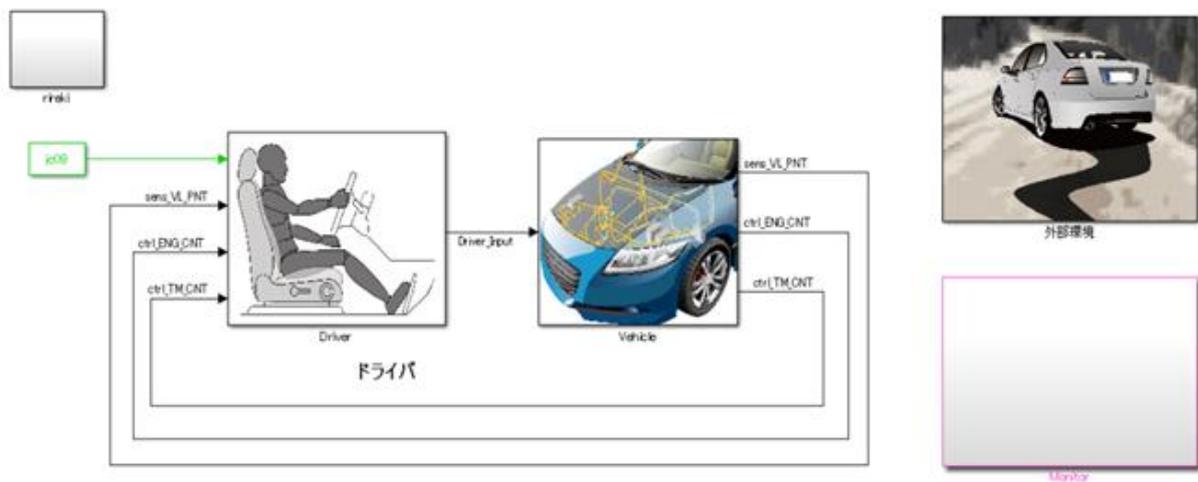
3-4) - 2. ガイドライン準拠モデルの構築

- ・ガイドラインだけでは理解しにくい部分を「準拠モデル」でカバー。
- ・モード走行データ、諸元データ等を入力設定情報として読み込み、演算を行う。
→実際に動作させることで、体験的にガイドラインの意味と価値を理解する事が出来る。



- ・ガイドライン準拠モデルは、第一階層（ドライバー・車両・外部環境・モニタ・履歴）、第二階層、第三階層で構成。
- ・モデル利用の拡大に向け、ガイドラインとは別に解説書を作成。社内外問わず、教育コンテンツとしての要素を含む。

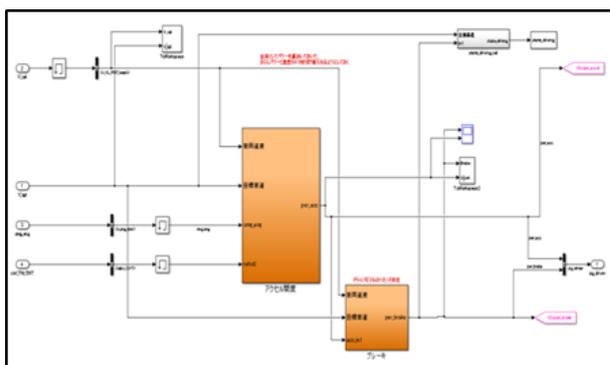
ガイドライン準拠モデル第1階層



第一階層のモデルとその機能概要

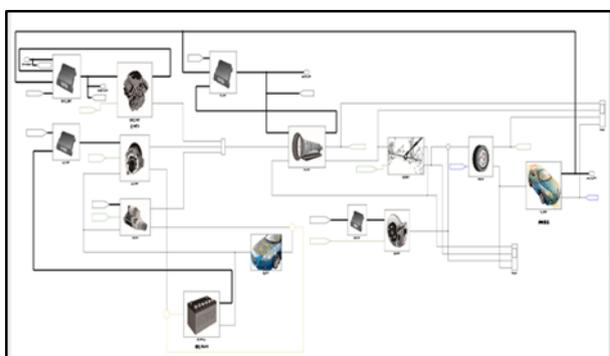
No.	モデル名	機能概要
A	Driver	モード走行パターン(JCO8)を読み取り、アクセルとブレーキの操作を行う。
B	Vehicle	アクセルとブレーキの操作を読み取り、エンジン出力や変速比を制御して車両速度を算出する。
C	外部環境	<実装TBD>
D	Monitor	Vehicleシステム内の各種変数をモニタする。
他	rireki	モデルの変更履歴を記載するもの。

ドライバーモデル



走行パターン(例 JC08)に合わせて、アクセル開度・ブレーキ踏み込み量を算出

車両モデル



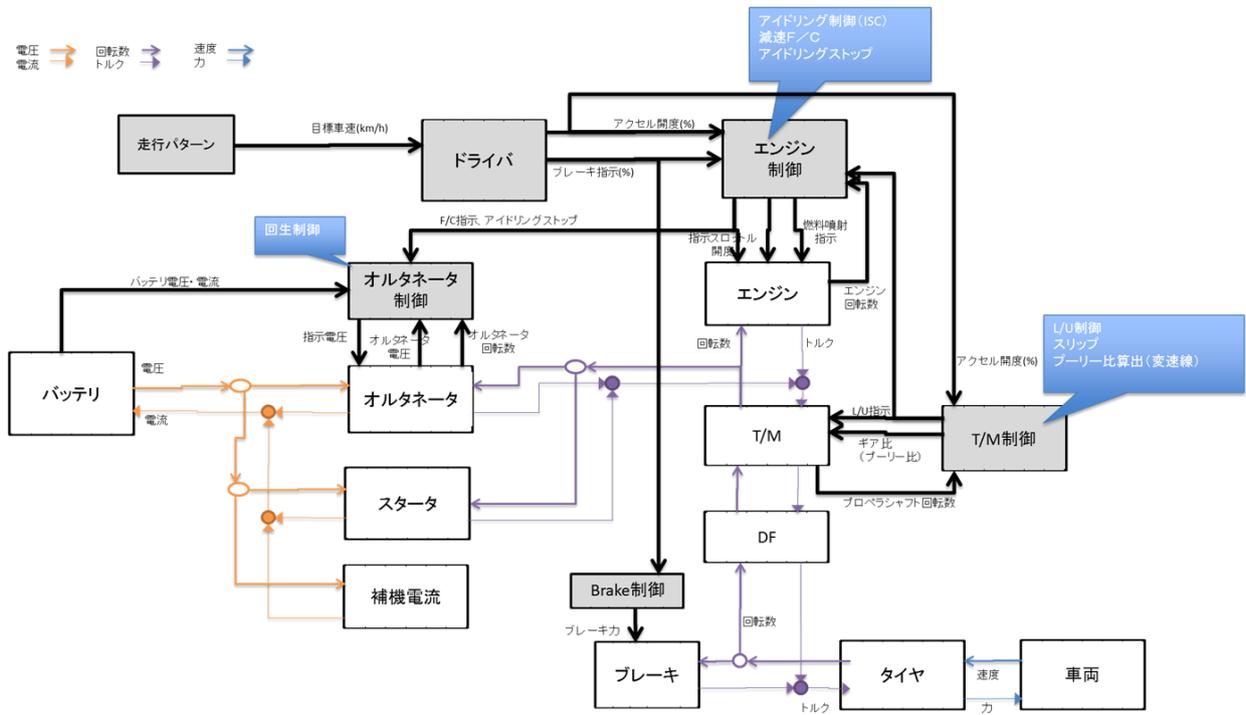
ドライバモデルのアクセルとブレーキ操作により化原則を行い、モード走行パターンに追従する走行における燃費を算出。

モデル解説書



モデルの動作・使用環境、基本構造からパラメーターの仕様について開設

- ・プラントモデルだけでなく、制御モデルも作成。
(燃費性能での基本的な機能をベースにモデル化)
- ・今後は、必要な性能や機能を議論し、協調領域の範囲を広げていく活動のベースとする。

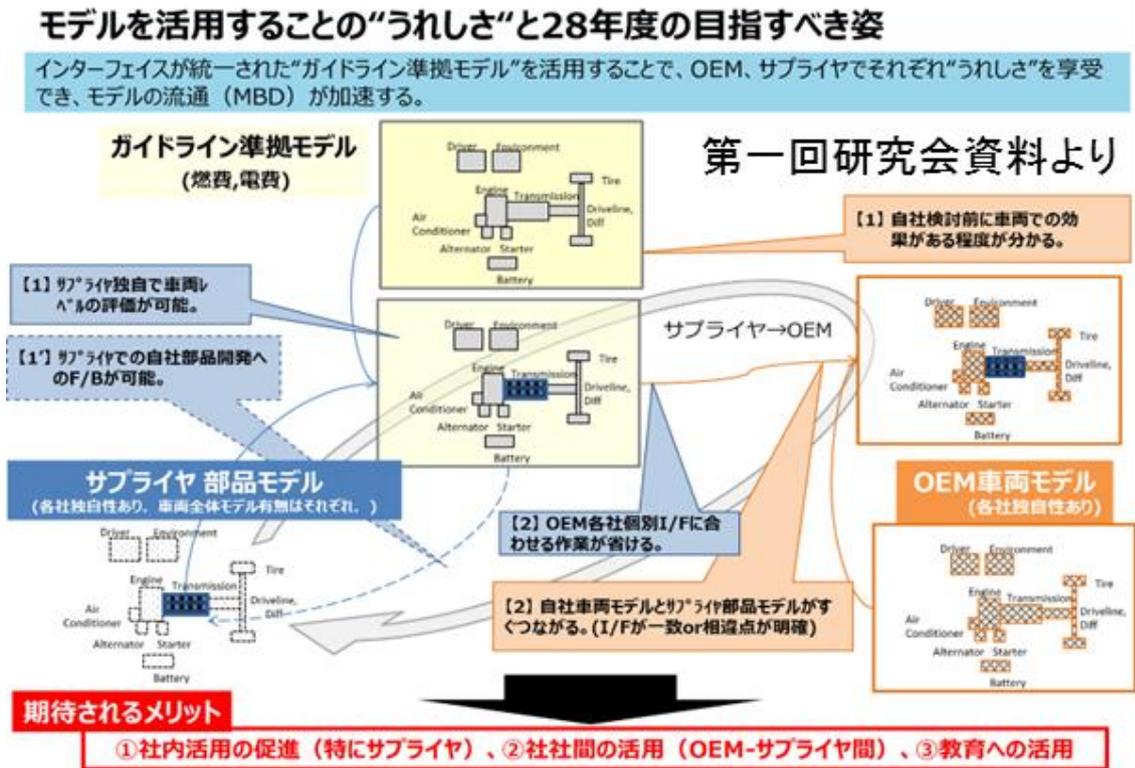


3-5) ガイドライン準拠モデルでの効果の検証

検討項目：OEM-サプライヤ間での燃費における効果の検証

[仮説]

ガイドライン準拠モデルにおける技術的な効果検証が可能となる。

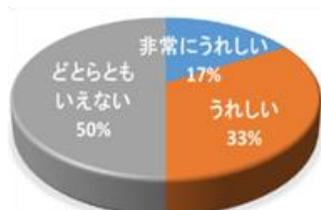


ガイドライン準拠モデルを活用して流通させることの嬉しさをアンケートで確認した。

【1】 サプライヤでの自社部品開発でのフィードバックが可能。

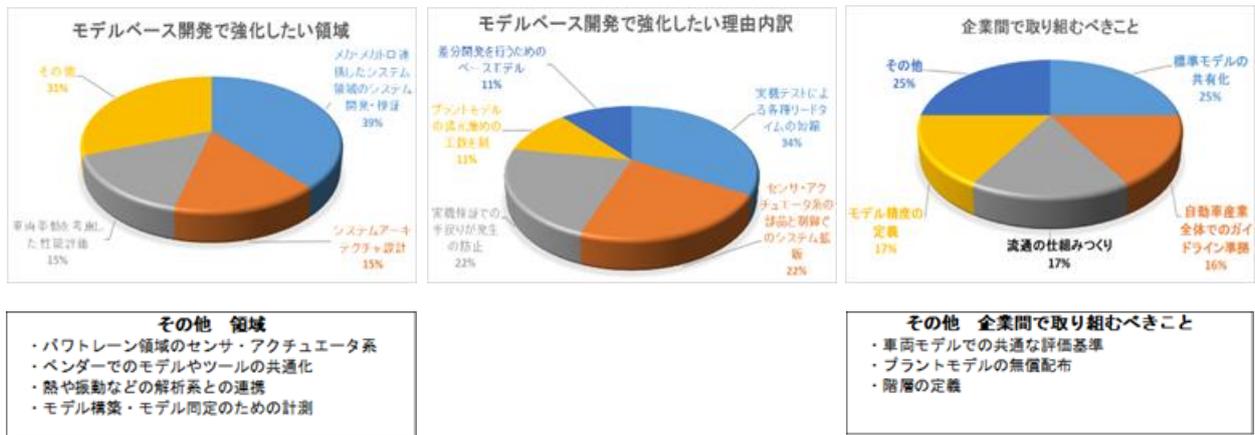
【1’】 サプライヤ独自で車両レベルの評価ができる。

【2】 OEM各社個別I/Fに合わせる作業が省ける。



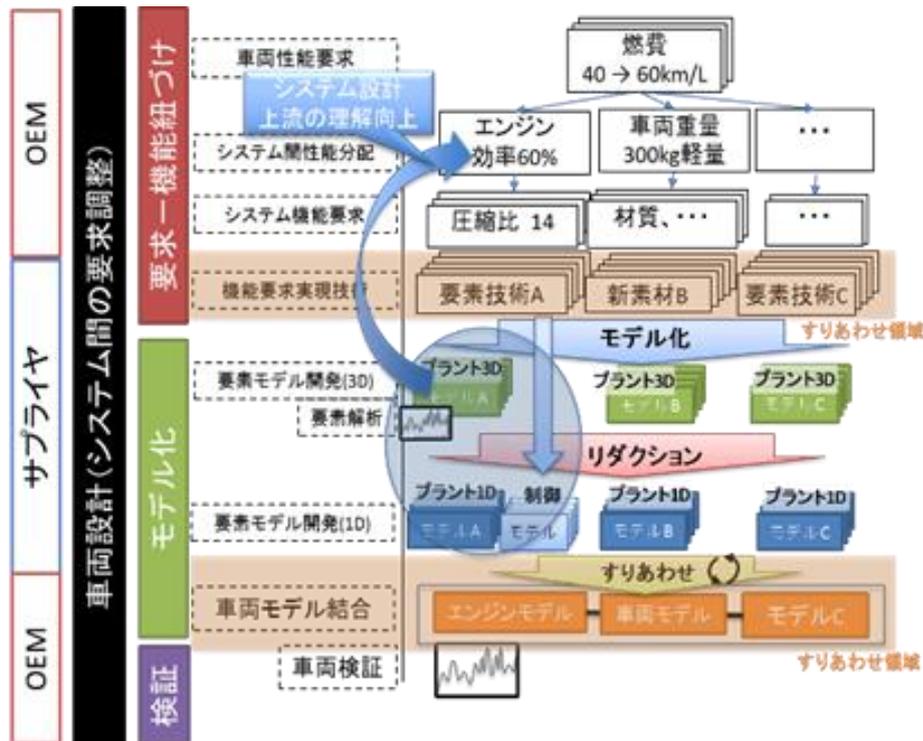
モデルベース開発の必要性を再認識できるアンケート結果

アンケートからシステム設計から開発でモデルベース開発の必要性を再認識できる結果が得られた。



期待される具体的なメリット

前頁の[仮説]による開発プロセスのどこで、どんな”嬉しさ”があるのか、期待させる具体的なメリットと今後、取り組むべきことが明確となった。

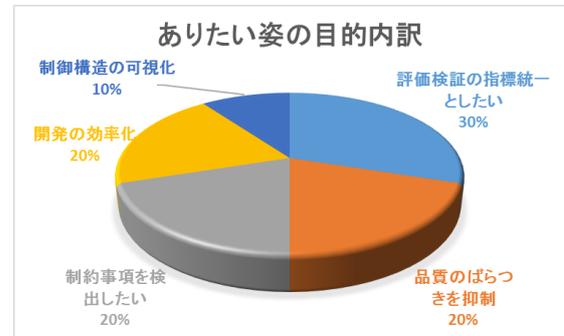
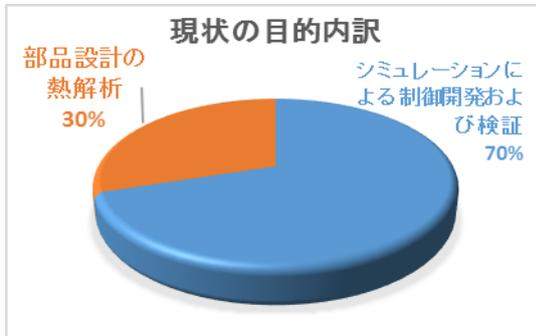


- ① 社内活用の促進 (上図中、横のつながり)
 - ・ 共通の要件理解による効率化
 - ・ 教育への活用
 - ・ 個々のモデル検証
- ② 社社間の活用 (上図中、縦のつながり)
 - ・ システムの性能、機能要件の明確化
 - ・ 各社ごとの I/F 違いの対応レス
 - ・ モデル接続のトラブル削減

3-6) モデル利用の普及と人材育成

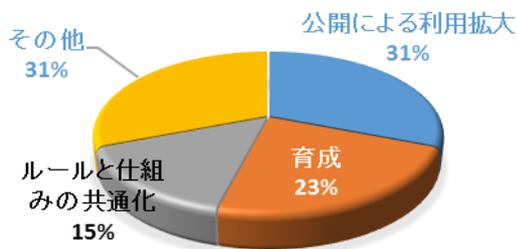
MBD 開発を裾野まで広め、モデル流通をシステム設計開発へ推進

モデル利用のアンケート結果



現状、モデルはシミュレーションによる制御開発および検証もしくは部品設計の熱解析に利用されている。この現状に対してありたい姿としては評価検証の指標統一、品質のばらつき抑制、制約事項の検出、開発の効率化、制御構造の可視化とモデルへの幅広い利用が期待されていることがわかった。

中長期的なガイドラインへの期待

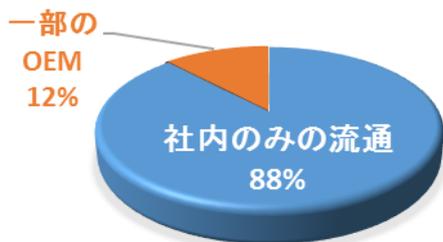


中長期的な観点として、ガイドラインならびにモデルの公開によって利用が拡大、ルールと仕組みの共通化が図れることに期待されている。

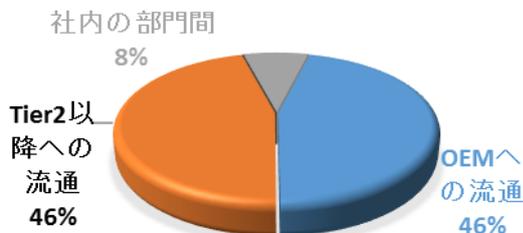
[モデルの流通]

モデルの流通は12%と一部 OEM-サプライヤー間で実施されていたが、88%と大半は社内のみが占めていることがわかった。ありがたい姿としては、OEM-サプライヤー間もしくは Tier 2 以降とのモデルの流通が実施されることへの期待もわかった。

モデルの交換相手は？



ありがたい姿の交換相手はどこですか？



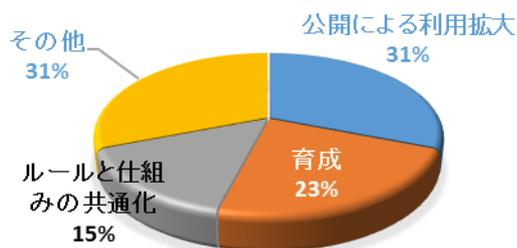
[人材育成]

2016年10月3日の研究会で『教育は非常に重要、末端サプライヤもこれにつながり、日本の競争力向上につながる。』という意見が出された。

2016年11月8日のワーキングでは、『大部屋活動の強みが失われつつある。車両システムが複雑にかつ目標が高くなり維持しつづけることが要件。以前はスーパーマンみたいな人が全部見ていたが、限界が近づいてきた。部門間でも差がある。メカ系は興味無いし、制御ではMBDを当然使っている。ただ、将来的には開発効率、品質を考えて進んでいく。システム思考の人材はとても欲しい。』

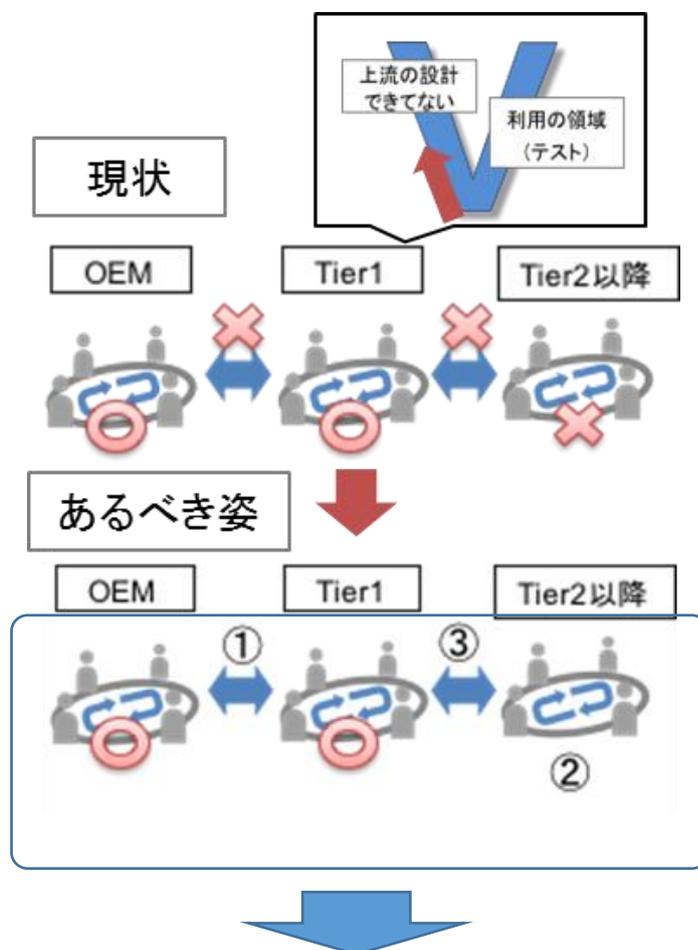
2017年2月21日の研究会では『高専や大学までの巻き込みを考えた人材育成。』『人材育成の話を盛り上げたい。中小企業政策でもモデルベースの活用という意味での強化で環境整備をすることを考えていきたい』という課題の提起がなされた。

中長期的なガイドラインへの期待



中長期的なガイドラインへの期待をアンケートした結果、人材育成に対して23%の期待があることから、来年度以降も取り組みとして必要とされる。

モデル利用の普及と人材育成の調査結果



① OEM-Tier1 間でのモデル流通を浸透

ガイドラインおよびガイドライン準拠モデルを公開することで、普及と人材育成に貢献する。

② Tier2 以降でのモデル普及

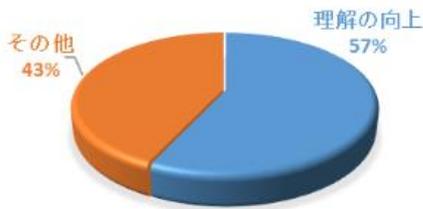
省エネ法適応によるモデル利用の障害を軽減する。

③ Tier1-Tier2 以降でのモデル流通を浸透

ガイドライン及びガイドライン準拠モデルの利用期待におけるアンケート結果

ガイドライン及びガイドライン準拠モデルの利用は、” MBD 普及と育成”、” モデル流通” に期待できる。

ガイドライン利用のベネフィット



- 「理解度の向上」の内訳**
- ・ 共通のものさし
 - ・ システム全体の理解
 - ・ 相互理解の上での合意
 - ・ 性能限界やロバスト性の把握

- 「その他」の内訳**
- ・ 車両システムの検証
 - ・ モデルベース教育
 - ・ 工数削減

中長期的なガイドラインへの期待

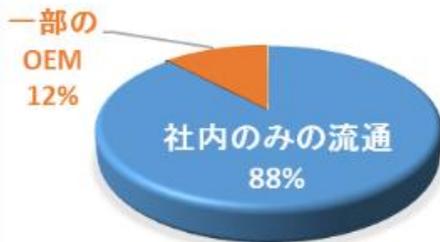


- 「その他」の内訳**
- ・ 標準化
 - ・ ワールドワイドな展開
 - ・ 電動系のほかモデル展開
 - ・ 産学連携と研究

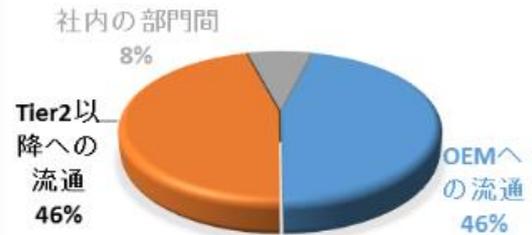


中長期的なガイドラインを核とした戦略の骨子

モデルの交換相手は？



ありたい姿の交換相手はどこですか？



4. 研究会、ワーキンググループの実施内容及び実施結果

2-2) 調査方法に基づき、研究会、ワーキンググループ、アンケートを実施した。
 本調査を行うために開催した研究会、ワーキンググループの実績を図表 4-1、図表 4-2 に示す。
 なお、第一回研究会において、研究会及びワーキンググループの議事は原則として非公開とすることが確認された。

研究会)

研究会	実施日/時間	会場
第一回研究会	2016年10月3日 15:00~17:00	経済産業省 別館9階948共用会議室
第二回研究会	2017年2月21日 15:00~17:00	経済産業省 本館17階東7 第2~3共用会議室

図表 4-1 自動車産業におけるモデル利用のあり方に関する研究会の開催実績

ワーキンググループ)

ワーキンググループ	実施日/時間	会場
ワーキンググループ	2016年9月27日 13:00~16:30	経済産業省 別館104号室
ワーキンググループ	2016年10月24日 13:00~15:30	AZAPA 株式会社 プレゼンルーム
ワーキンググループ	2016年11月8日 13:00~15:30	経済産業省 103共有会議室
ワーキンググループ	2016年12月7日 13:00~16:30	AZAPA 株式会社 プレゼンルーム
ワーキンググループ	2017年1月24日 13:00~16:30	AZAPA 株式会社 プレゼンルーム
ワーキンググループ	2017年3月2日 16:50~18:30	AZAPA 株式会社 プレゼンルーム

図表 4-2 ワーキンググループの開催実績

アンケート)

アンケート	実施日	参照先
アンケート1	2016年9月16日	6-1)
アンケート2	2016年10月24日	6-2)
アンケート3	2016年11月8日	6-3)

5. 総括・提言

5-1) 総括

平成28年製造基盤技術実態等調査（以降、本調査という）において、仕様書に記載されるモデル流通を目的とする以下の整備を行った。

- ・自動車開発におけるプラントモデル I/F ガイドライン
- ・自動車開発におけるプラントモデル I/F ガイドライン解説書
- ・ガイドライン準拠モデル（ガイドライン基準モデル）
- ・自動車開発におけるプラントモデル I/F ガイドライン準拠モデル解説書

ガイドライン準拠モデルを使用した効果等の調査・分析として、研究会を2回開催し、ワーキングの開催、参加企業を通じたアンケートからガイドライン準拠モデルの利用によって社内活用促進への期待が高い、社社間活用への期待が高いことがわかった。

社内活用促進では、共通となる要件理解による効率化が図れる、教育へ活用ができる、個々のモデル検証につながる、と回答を得た。

社社間活用では、システムの性能、機能要件の明確化、各社ごとの I/F 違いの対応工数低減、モデル接続のトラブルが削減、システム設計での上流の理解が向上すると回答を得た。

アンケート結果からは、サプライヤーが自社部品開発でのフィードバックが可能となることに70%の企業はうれしいと回答、サプライヤー独自で車両レベルの評価ができることに50%の企業はうれしいと回答、OEMとサプライヤー間でインターフェースの共通化によって作業が省けることは100%の企業がうれしいと回答した。

これからガイドライン準拠モデルを利用することによる効率化が図れるという結果を得ることができた。

以上、本調査は必要とされた調査内容を終了し、昨年度研究会から更なる検討内容の深化、検討範囲の拡大を成すことができた。

5-2) 提言

本調査における第一回研究会での委員のご指摘で中で最も多数であった“目指すところ”、“自動車産業での競争力”、“教育の重要性”、“産官学の連携”などをワーキングで検討し、今年度の第一ステップを経て、来年度以降で“日本版車両モデル”の作成とそれを活用した開発の実現として以下の具体的な活動を課題として提言する。

1. 誰でも使える車両モデル

欧州の規格を参考にしつつ、細やかなルールと技術によって、皆が使える車両モデルを作成する（広さ）。

- 1) ガイドライン準拠モデルの利用
- 2) ツールソフトの選定
- 3) 海外メーカーとの連携

2. 高精度

学との連携で最新の物理モデルと実装差別化を行う（深さ）。

(物理モデルのカバレッジと高精度モデル化)

- 1) AICE との連携 (FY17)
- 2) その他、機能システムは学との連携

3. 人材育成

産官学によるシステム思考～MBD 利用によるシステム設計のための育成を行う。

- 1) MBD の必要性が実感できる人材育成
- 2) システム設計のできる人材育成
- 3) 産官学連携による教育施策支援

6. 参考資料

6-1) アンケート1

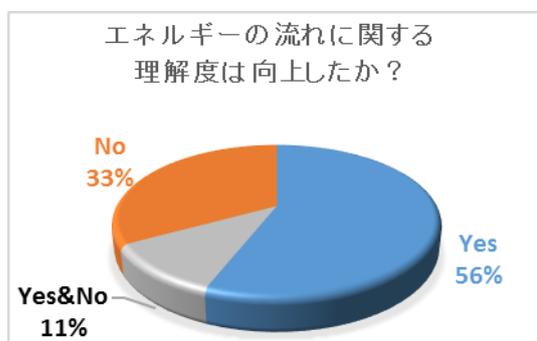
実施日：2016年9月16日

「0次-ガイドライン準拠モデル」に関する理解度のアンケート

0次-ガイドライン準拠を作成、旧ガイドライン改修を含めて、今回のガイドラインおよびガイドライン準拠モデルの理解度についての調査をします。

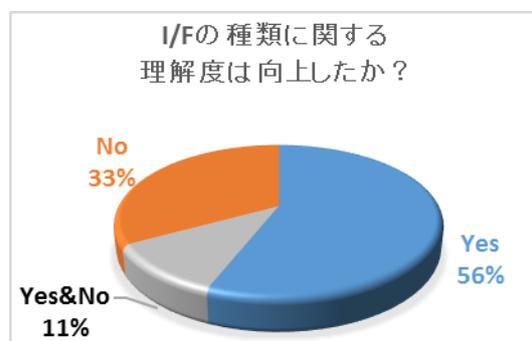
1. ガイドラインの理解度

ガイドラインの理解度において、下記の項目を調査。同時に改善案があればご提示ください。



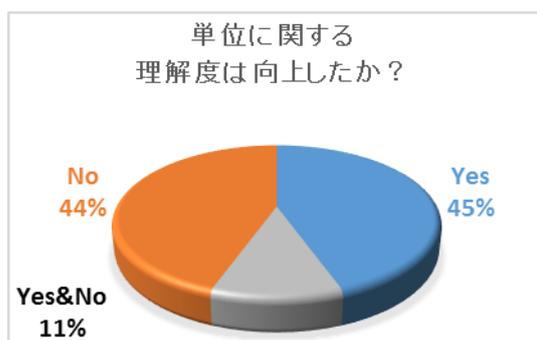
NOの意見

- ・可読性がない
- ・実機相当のモデルレイアウトにすべき



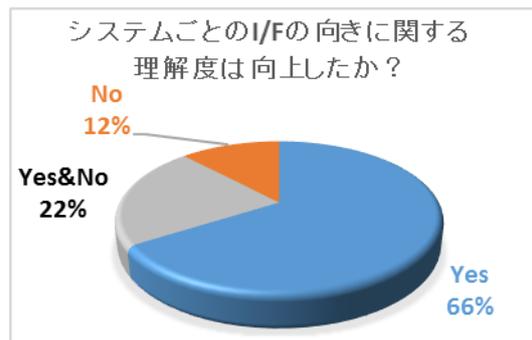
NOの意見

- ・現状、マルチドメインではない
- ・内部のモニターが必要



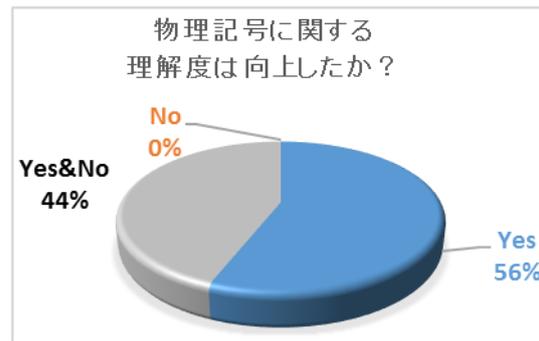
NOの意見

- ・回転数は (rad/sec) ではなく (rpm) で表現
- ・秒の単位は [sec] か [s] か、どちらかに統一してほしい



NOの意見

- ・状態遷移によって向きが変わるものがあるはず。



NOの意見

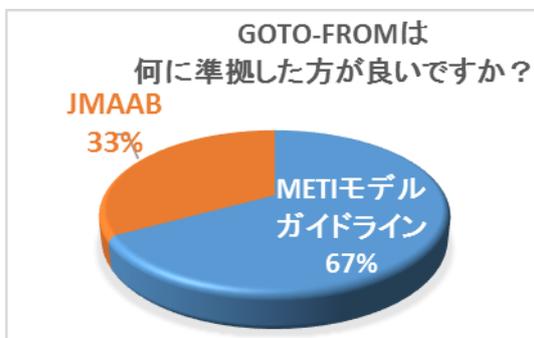
- ・コンポーネント毎の極性が一向に決まらない場合があるので、ガイドでは幾つか例示してほしい
- ・矢印の向きがばらばらなのでエンジントルクを基点にする

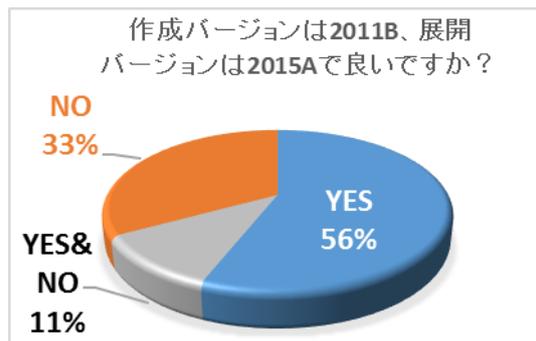
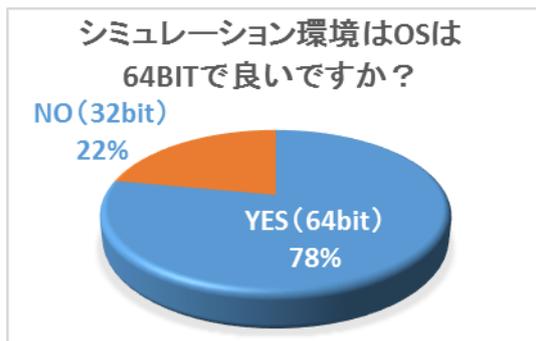
NOの意見

- ・JIS 記号でよいのか？SI 単位、SI 記号で考えなくてよいのか？
- ・信号名の命名則を決めたほうが良いと思います。

2. Simulink 表記ルールに関して

ガイドライン準拠モデルの表記ルールおよび動作環境などに関して、下記の項目を調査。同時に改善案があればご提示ください。



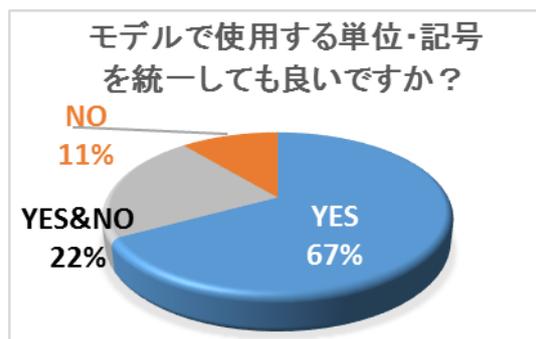
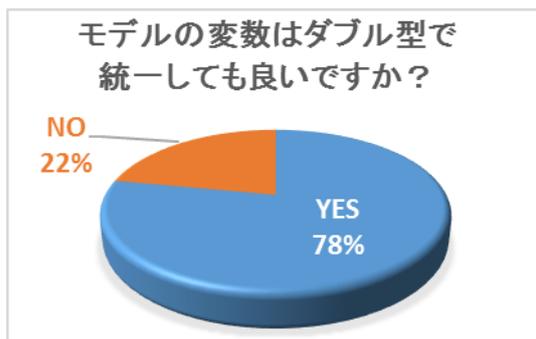


NOの意見

- ・2011b をベースとするのであれば、32 ビットサポートも必要では？
- ・マイクロソフトがサポート外と宣言している OS で展開する理由が不明

NOの意見

- ・上位互換は mex ファイル等で問題が発生する場合は HP に記載

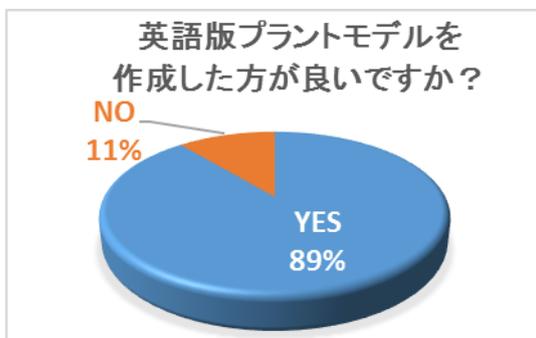


NOの意見

- ・なぜ double 型なのか理由が不明
- ・カウンタ等をダブル型で記載すると誤差がのりませんか？

NOの意見

- ・物理記号と単位記号にはしっかり規則性を持たせるべき

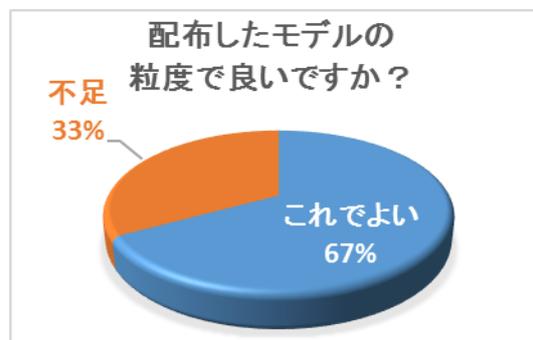
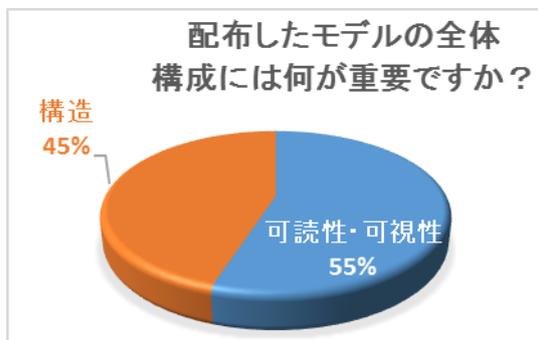


NOの意見

- ・誤解が生じないように、初期は日本語のガイドも表記して欲しい

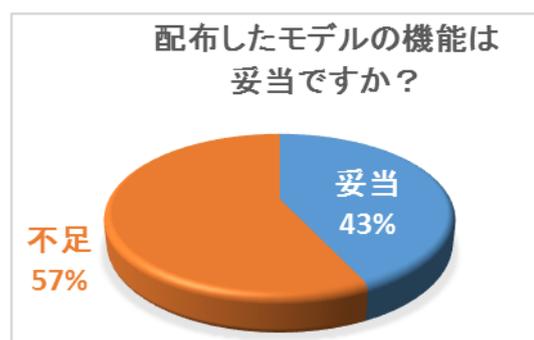
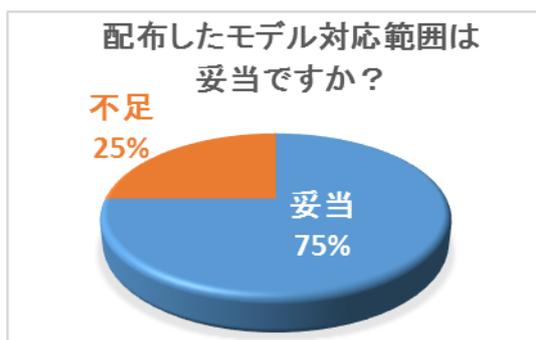
3. ガイドライン準拠モデルに関して

ガイドライン準拠モデルの内容に関する下記の項目を調査。同時に改善案があればご提示ください。



不足の意見

- ・設計したい物のモデルの粒度と感度の持たせ方を定義して論議する。



不足の意見

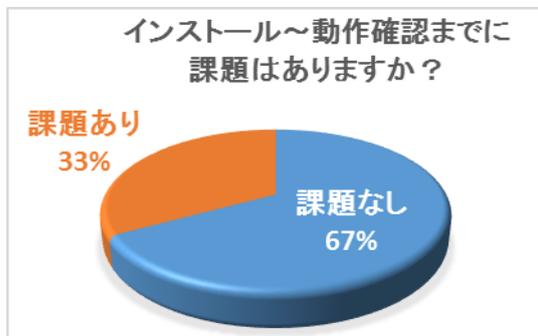
- ・EV、HEVもあった方が望ましい
- ・電気デバイスや熱が不足気味、最低限補った状態でリリースを急ぎたい。

不足の意見

- ・モニターがないとスタディーできない
- ・温度変化のフィードバック、エンジ

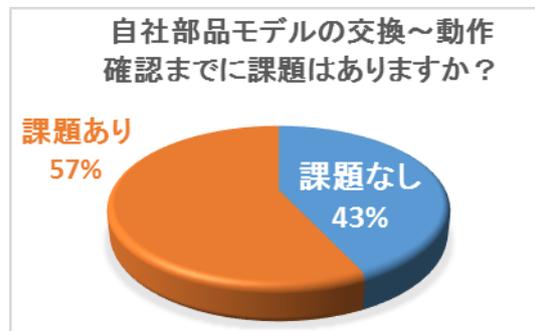
4. ガイドライン準拠モデルの動作検証における課題に関して

ガイドライン準拠モデルによる自社部品モデルの交換、動作検証までの想定する課題に関して下記の項目を調査。同時に改善案があればご提示ください。



NOの意見

- ・バージョン、ソルバー、動作環境の設定等の確認が必要

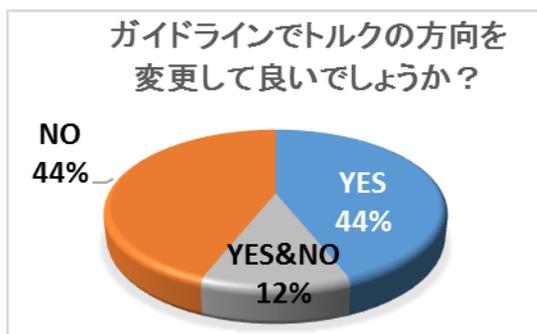


NOの意見

- ・パラメータ設計の見直し必要
- ・計算速度差
- ・他ブロックモデルを接続させたが、懸念挙動している。

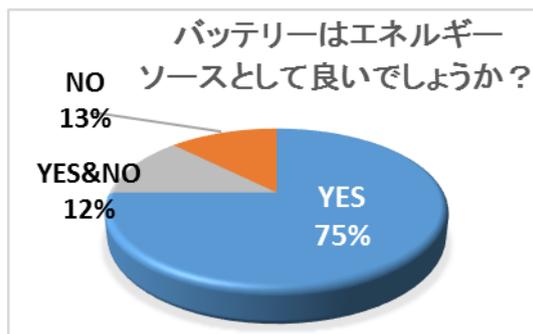
5. ガイドラインにおける改修案

ガイドラインの改修案を提示、下記の改修項目に関して調査。同時に改善案があればご提示ください。



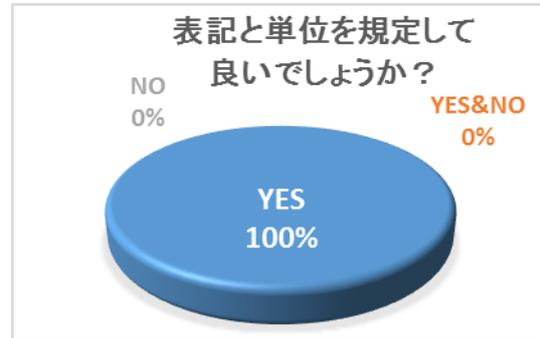
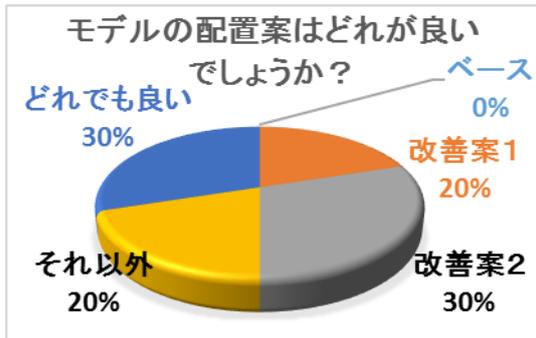
NOの意見

- ・エンジンからタイヤまで向きを同一にした方が分かりやすい。
- ・エンジンから車体へのトルク方向をエネルギーフローと全域で一致させることは叶わない



NOの意見

- ・オープンループとクローズドループの発想が混ざっている。検討が必要。

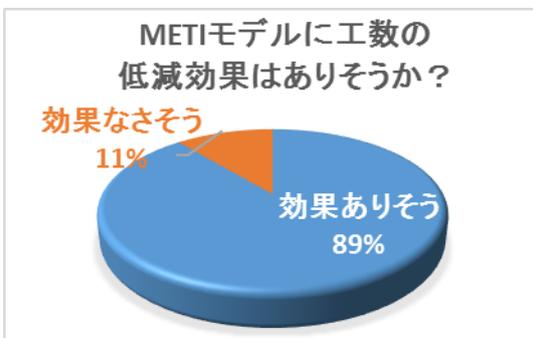


それ以外の意見

- ・モータドライブシステムを PT 系に近づける方がよい。
- ・電気コンポーネントのレイアウトは見直したい。

6. ガイドライン準拠モデルの効果

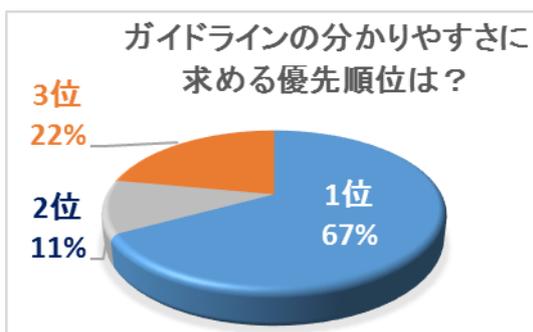
ガイドライン準拠モデルを利用するに当たり、工数の削減など効果が見込めるかに関して調査。同時に改善案があればご提示ください。



- 効果なしの意見
- ・中身の質をある程度標準化されないと効果出し切れない。

7. ガイドライン準拠モデルへの期待値

ガイドライン準拠モデルを利用するに当たり、期待値はどんなところかを調査をします。

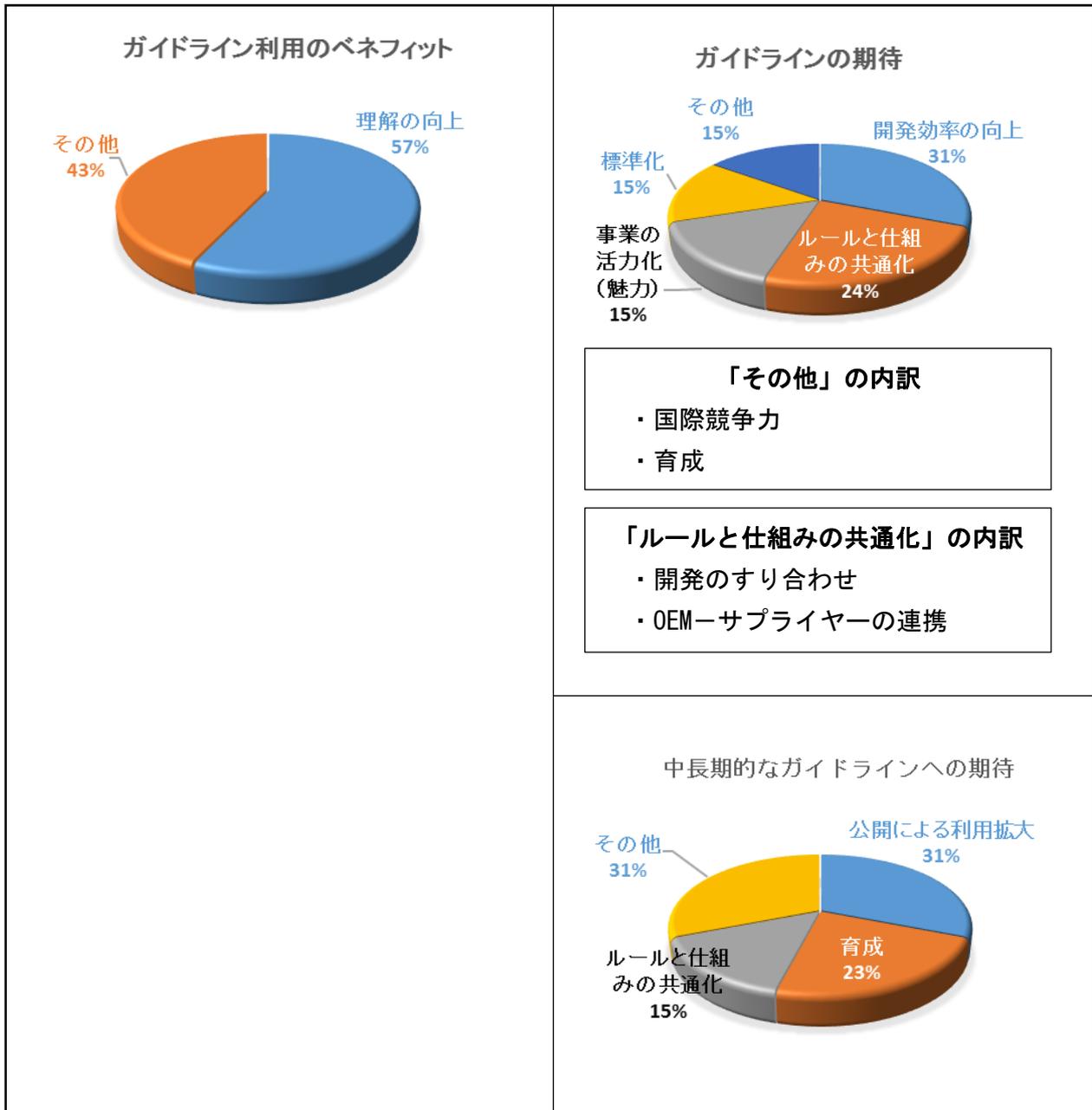


6-2) アンケート2

実施日：2016年10月24日

「ガイドライントライアル」に関するアンケート

ガイドラインのトライアルを実施し、モデルに関する価値（ベネフィット、期待）について調査をします。



6-3) アンケート3

実施日：2016年11月8日

「モデル実態調査」に関するアンケート

モデルベース開発の実態とモデルベースを利用する嬉しさと今後における期待を調査します。

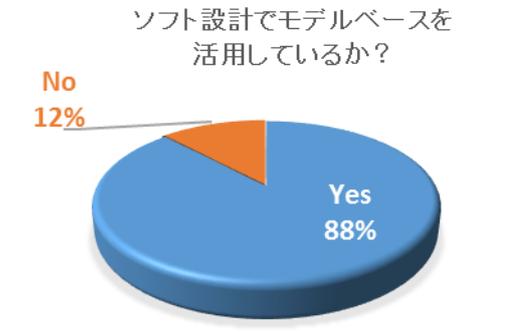
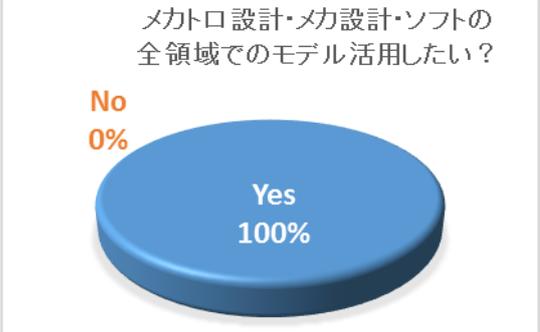
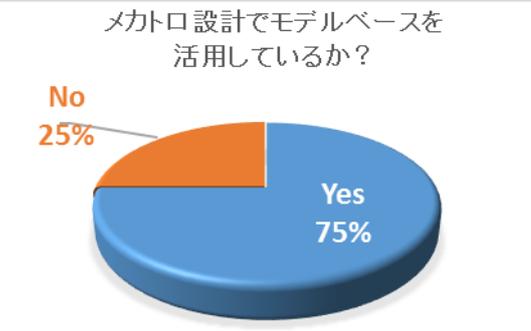
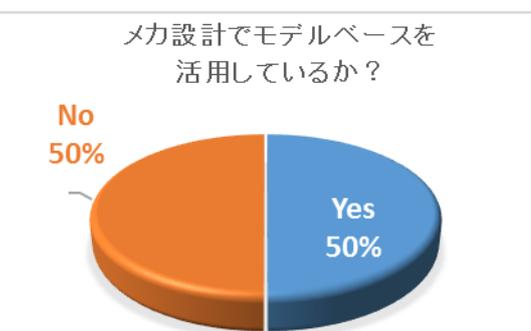
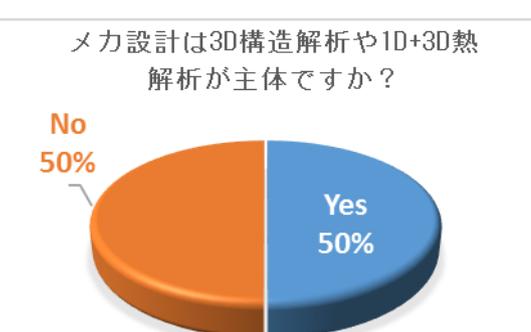
(1) モデル利用について

モデルベース開発の活用領域、目的を調査。現状（目的と理由）、ありたい姿（目的と理由）で分類します。

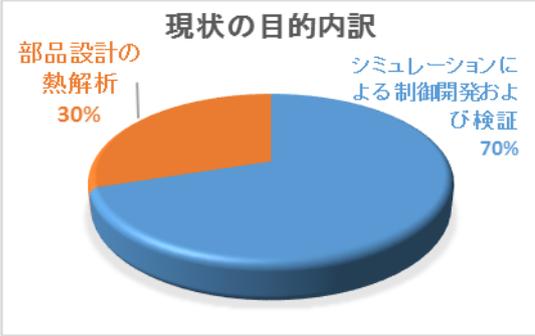
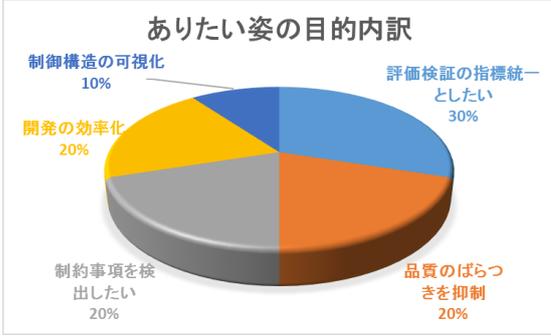
対象分野：

- ・メカトロ設計、メカ設計、制御・ソフト設計
- ・ツール範囲は、MATLAB/Simulink や 1D Simulator (AmeSim, MapleSim など)

モデルベース活用の領域：

現状	ありたい姿
<p>ソフト設計でモデルベースを活用しているか？</p>  <p>No 12%</p> <p>Yes 88%</p>	<p>メカトロ設計・メカ設計・ソフトの全領域でのモデル活用したい？</p>  <p>No 0%</p> <p>Yes 100%</p>
<p>メカトロ設計でモデルベースを活用しているか？</p>  <p>No 25%</p> <p>Yes 75%</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・車両システムの全性能領域 ・3Dモデルの1D連成
<p>メカ設計でモデルベースを活用しているか？</p>  <p>No 50%</p> <p>Yes 50%</p>	
<p>メカ設計は3D構造解析や1D+3D熱解析が主体ですか？</p>  <p>No 50%</p> <p>Yes 50%</p>	

モデルベース活用の目的：

現状	ありたい姿																		
<p data-bbox="432 409 647 443">現状の目的内訳</p>  <table border="1" data-bbox="272 398 807 734"> <caption>現状の目的内訳</caption> <thead> <tr> <th>目的</th> <th>割合</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>シミュレーションによる制御開発および検証</td> <td>70%</td> </tr> <tr> <td>部品設計の熱解析</td> <td>30%</td> </tr> </tbody> </table>	目的	割合	シミュレーションによる制御開発および検証	70%	部品設計の熱解析	30%	<p data-bbox="1007 409 1273 443">ありたい姿の目的内訳</p>  <table border="1" data-bbox="863 398 1414 734"> <caption>ありたい姿の目的内訳</caption> <thead> <tr> <th>目的</th> <th>割合</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>評価検証の指標統一</td> <td>30%</td> </tr> <tr> <td>品質のばらつきを抑制</td> <td>20%</td> </tr> <tr> <td>制約事項を検出した</td> <td>20%</td> </tr> <tr> <td>開発の効率化</td> <td>20%</td> </tr> <tr> <td>制御構造の可視化</td> <td>10%</td> </tr> </tbody> </table>	目的	割合	評価検証の指標統一	30%	品質のばらつきを抑制	20%	制約事項を検出した	20%	開発の効率化	20%	制御構造の可視化	10%
目的	割合																		
シミュレーションによる制御開発および検証	70%																		
部品設計の熱解析	30%																		
目的	割合																		
評価検証の指標統一	30%																		
品質のばらつきを抑制	20%																		
制約事項を検出した	20%																		
開発の効率化	20%																		
制御構造の可視化	10%																		

モデルベース活用の理由：

現状	ありたい姿
<ul data-bbox="276 1111 644 1189" style="list-style-type: none"> ・ 仕様の明確化、仕様書として ・ 機能検証として 	<ul data-bbox="865 1111 1233 1144" style="list-style-type: none"> ・ 仕様の明確化、仕様書として

(2) どのようなモデルを流通させるべきか調査をします。

No.	流通させるべきモデル
1	開発対象における車両制御モデル
2	ベースとなる吸気・排気・燃焼系の適合可能なモデル
3	エンジン詳細モデル
4	規格準拠性が評価できるモデル
5	開発対象の周辺部品モデル
6	構成部品とモデル粒度が1対1で対応しているモデル
7	エンジン制御モデル
8	新しい技術の導入可能なモデル（モデルのSPL化）
9	自社開発領域外の汎用的に使えるモデル
10	EV車両モデルのひな形
11	あらゆる部品のモデル（内装樹脂部品などを含む）
12	開発ステージを通して全領域で使える同一モデル
13	パワートレイン系の部品モデル
14	ボディ系やADAS関連などのモデル
15	三相電流までを表現したモーターインバータモデル

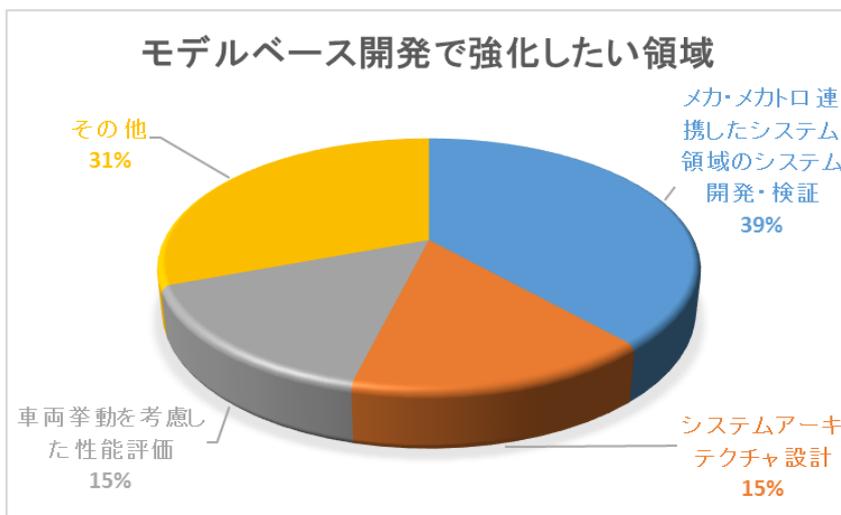
モデル流通の理由：

- ・ 検証環境構築の効率化
- ・ 複数部品がひとかたまりでは、検証が出来ない
- ・ 自前で用意したモデルだと確からしさに不安
- ・ HILS で使用
- ・ 制御開発時に使用

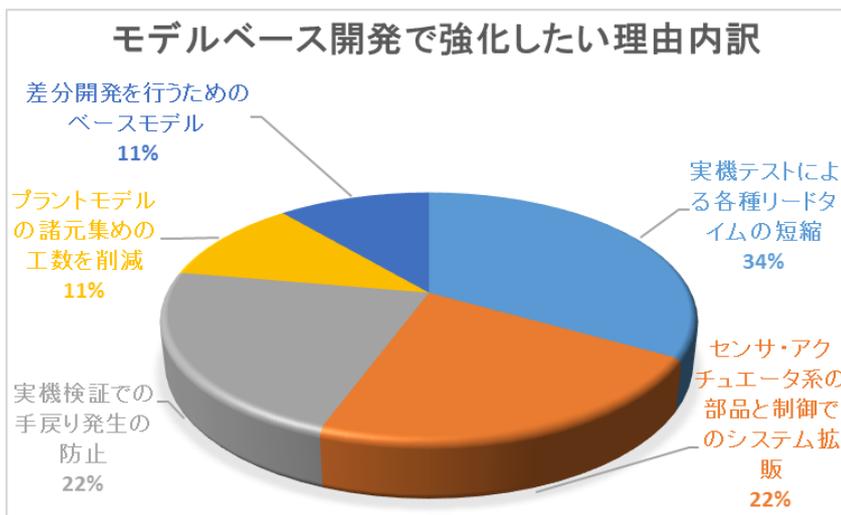
モデル流通の課題：

- ・ 詳細モデルから必要な粒度と範囲のモデルを抽出できる仕組み
- ・ 恒久的なアップデートやサポート

(3) 強化したい領域はどこですか？また、必要な理由もご提示ください。



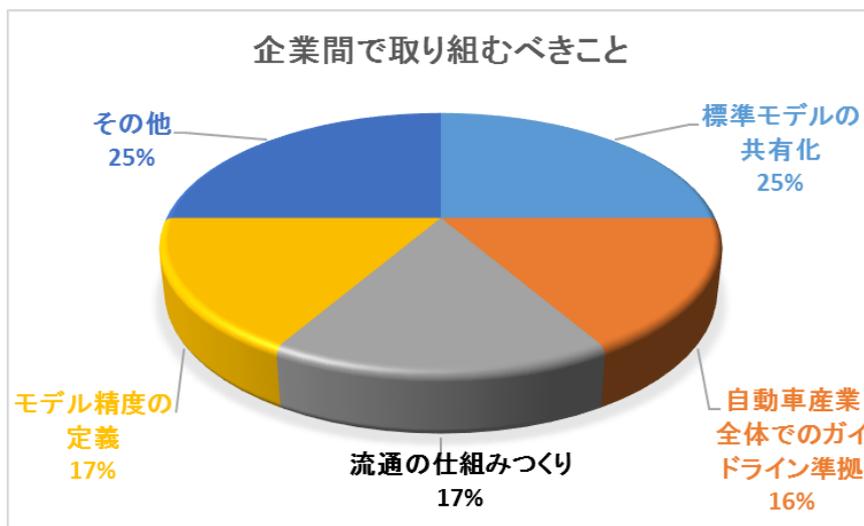
- ### その他の領域
- ・ パワートレイン領域のセンサ・アクチュエータ系
 - ・ ベンダーでのモデルやツールの共通化
 - ・ 熱や振動などの解析系との連携
 - ・ モデル構築・モデル同定のための計測



(4) モデルの流通において、どのような障害があるか調査をします。

No.	障害があると思われる内容
1	ツール導入における金額面
2	部品モデルのシステムレベルでの使用が困難
3	各部品メーカーのノウハウの共有が困難
4	秘匿化したモデルのメンテナンス等
5	ツールの相違で接続できない
6	モデル開発者のスキル不足
7	モデルの構成管理
8	参入障壁低下による垂直統合崩壊への懸念
9	個別な摺り合せによるモデル変更
10	表現できない非機能要件等の共有
11	制御の非競争領域における課題
12	システム、モデルの巨大化
13	モデルの解釈の不一致
14	モデルの品質保証
15	モデル発注者の違いによる要求のばらつき

(5) モデルの流通において企業間で取り組むべきことに関する調査をします。

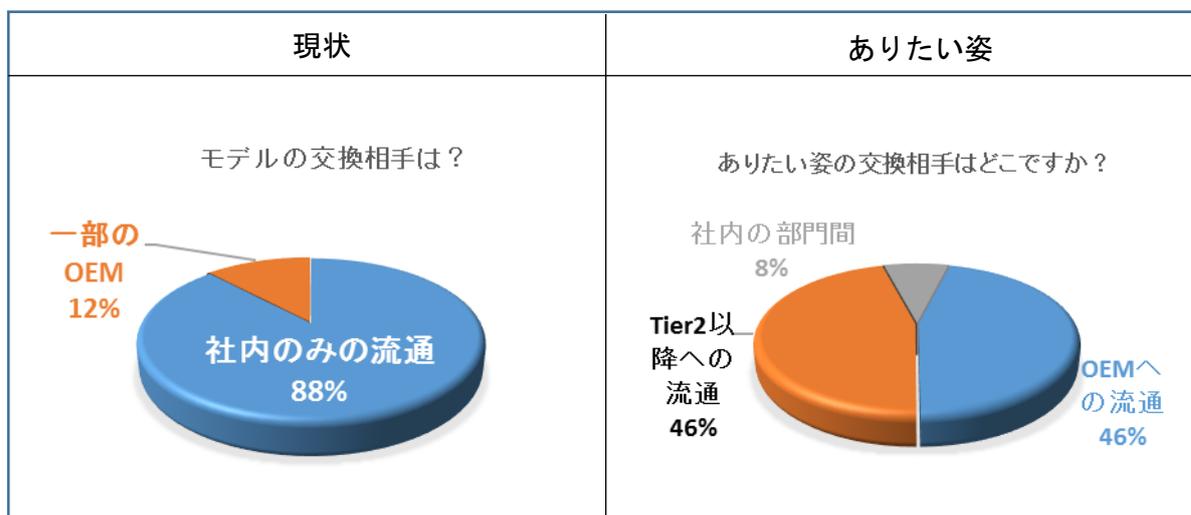


その他 企業間で取り組むべきこと

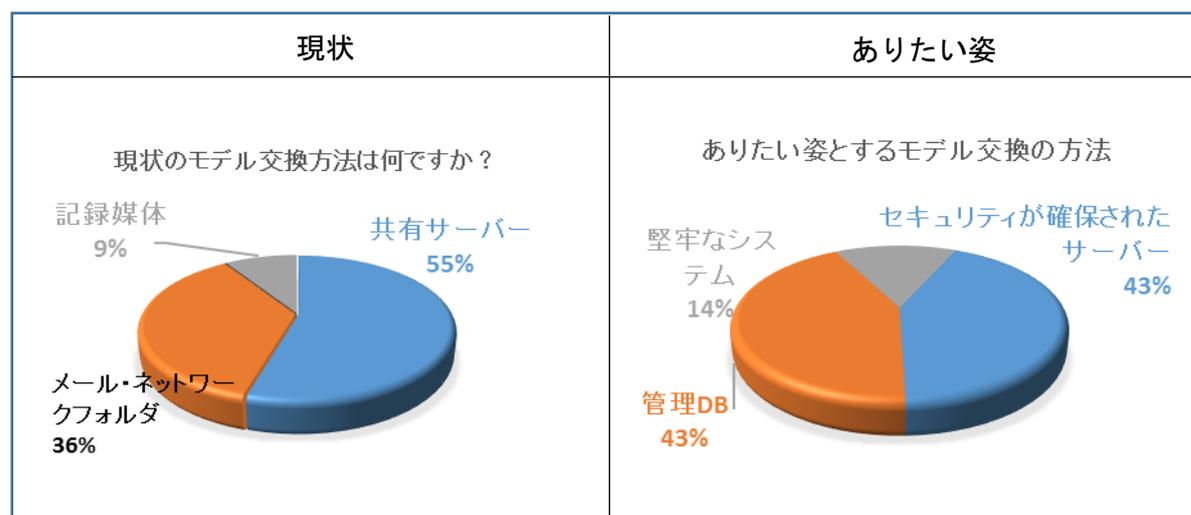
- ・ 車両モデルでの共通な評価基準
- ・ プラントモデルの無償配布
- ・ 階層の定義

(6) モデルの交換相手および方法についての調査をします。

交換相手：



交換方法：



交換の課題：

現状	ありたい姿
<ul style="list-style-type: none"> ・モデルデータの管理が煩雑 ・セキュリティーサーバ容量 ・インタフェースのルール ・デバックの困難 ・検索時間 	