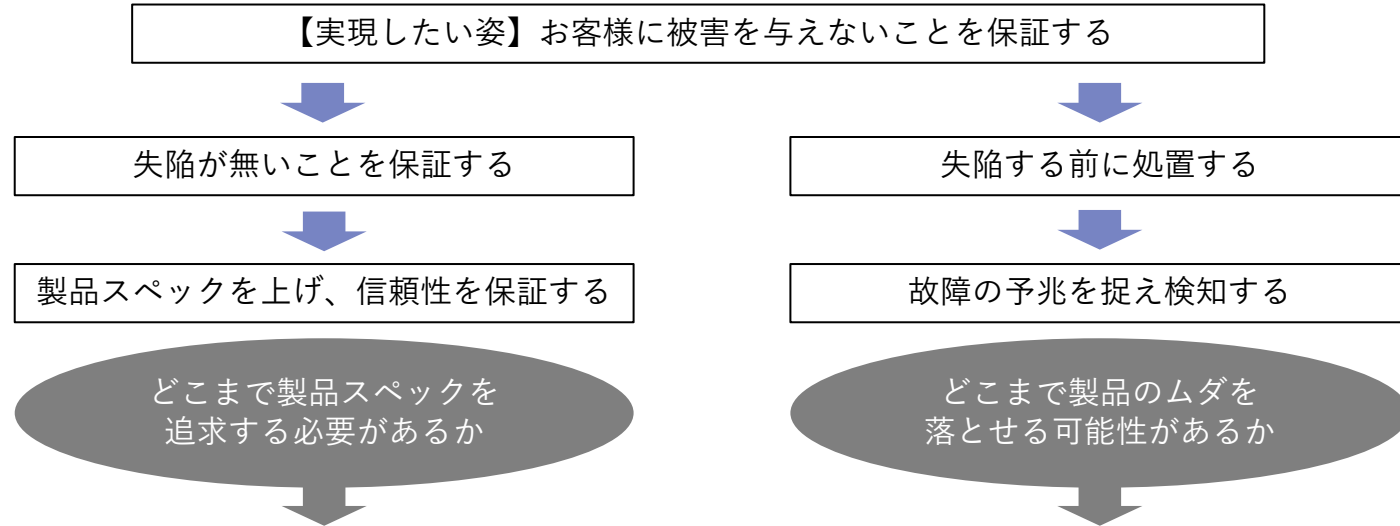


安全性・信頼性分析ツール MADE ご紹介

株式会社 電通総研
製造ソリューション事業部
エンジニアリング技術開発部

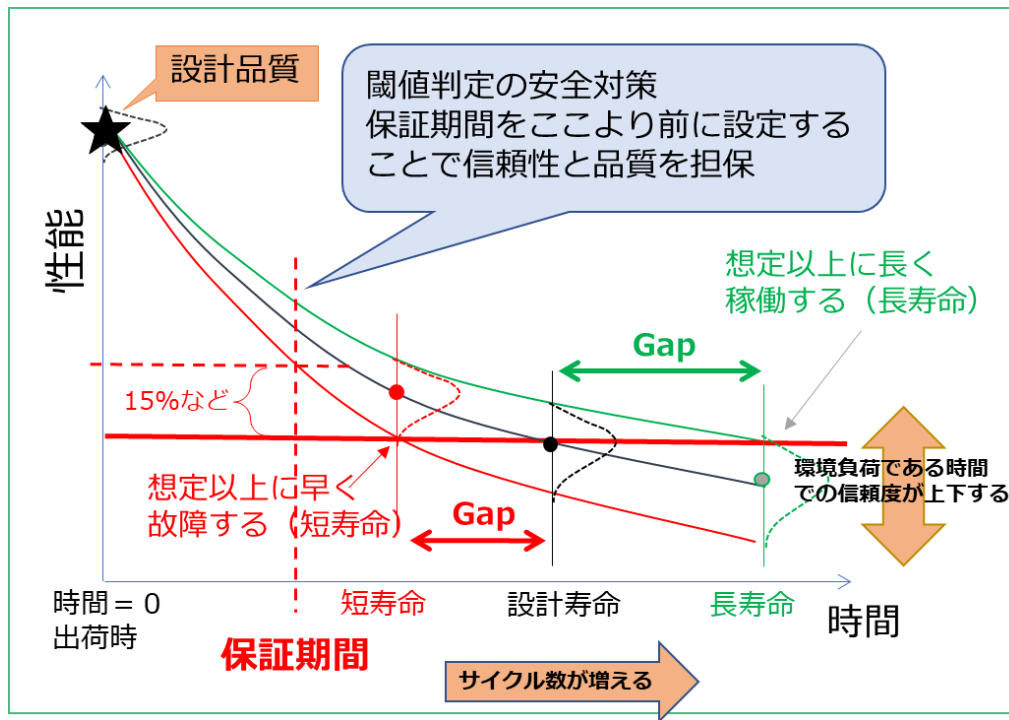
「お客様が**損失を受けない**サービスを提供する」ためのソリューションをご提案します



ユースケースを仮定し、システム全体の目標信頼度を達成する為の部品毎の信頼度/平均故障寿命を算出
開発目標値の適正化を目指す

故障時の影響やコストを考慮しながら監視対象を決定
異常発生時の故障診断の為のセンサ配置を分析

信頼性設計と故障検知



閾値判定はリスクー

- 想定される寿命が間違っていたり
- マージンが不十分だったり過剰だったり



予兆判定のメリット

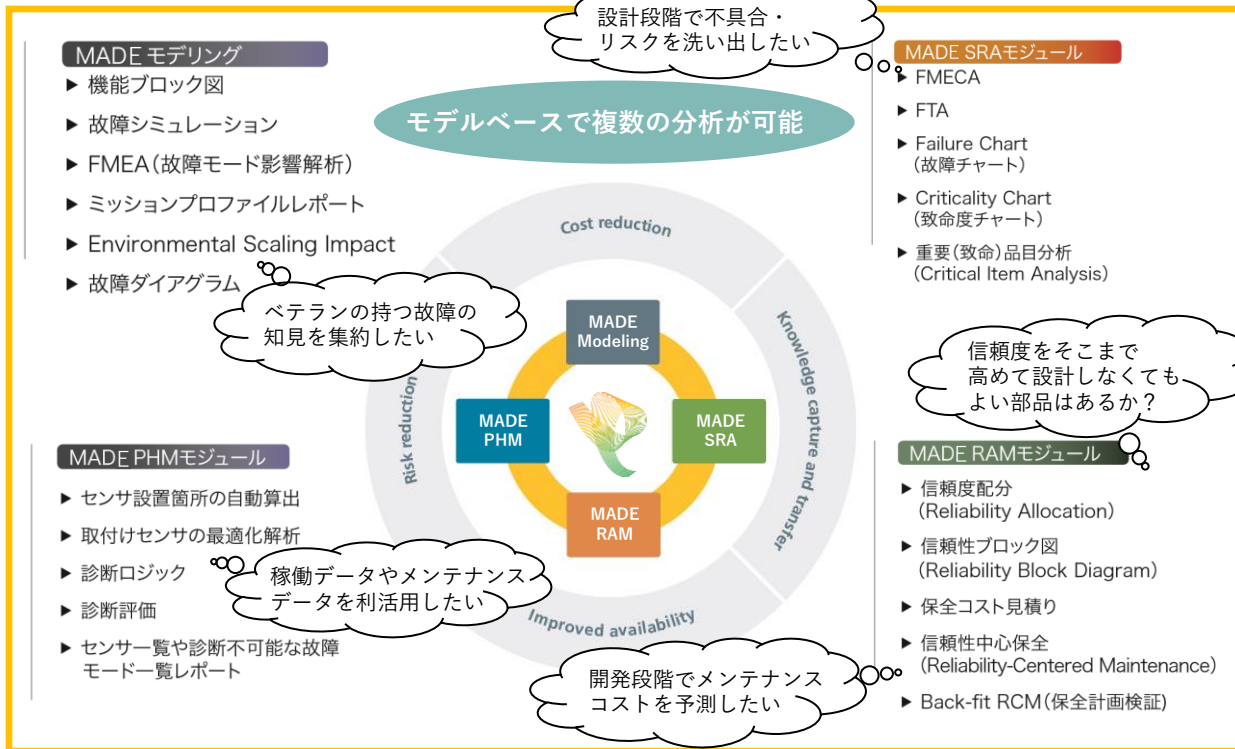
- 予兆発生から性能限界 (寿命) までの時間で止められる (閾値は関係ない)
- 想定外の使い方にも対応。

課題とソリューション



MADE
MAINTENANCE AWARE DESIGN ECOSYSTEM

The MADE Suite (MADE) の概要



「The MADE Suite」は
複数のモジュールを統合した製品

●MADEモデリング
解析の基礎となるデータベース
モデルライブラリを搭載

●SRA
(Safety and Risk Assessment)
安全性・リスク評価

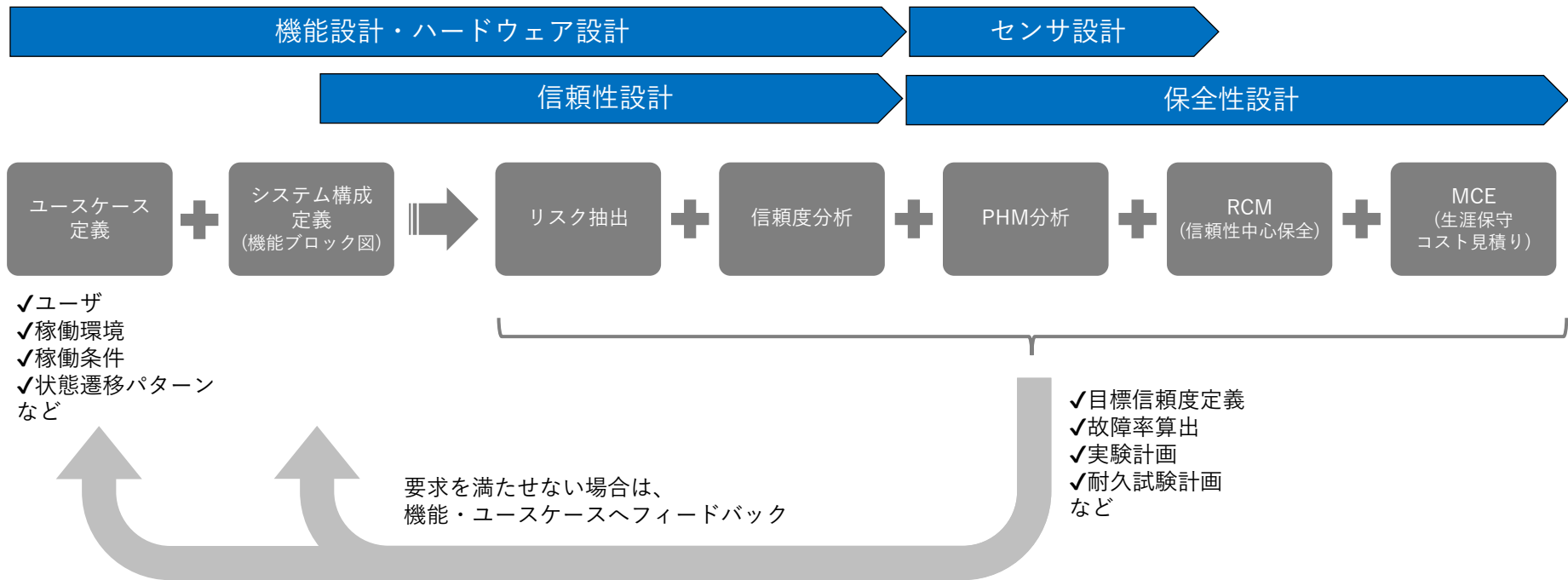
●RAM
(Reliability, Availability and Maintainability)
信頼性解析

●PHM
(Prognostics and Health Management)
故障診断性能評価

MADE-Tc API (Teamcenter連携モジュール)

TeamcenterのBOMデータからMADEモデルを生成する等、Teamcenterとの連携用モジュール
※MADE Suiteには含まれていません

MADEの位置づけ



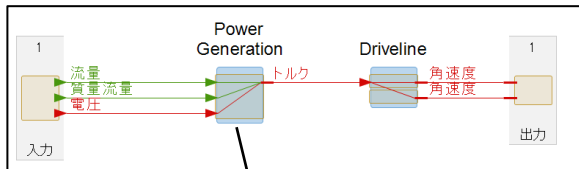
設計の段階で“リスクとコストの最適解”検討を支援するツール

モデリング（特徴）

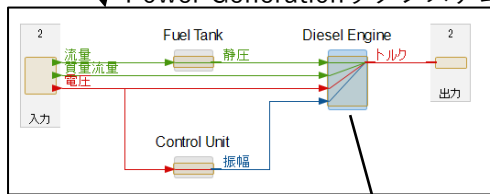
特徴

システム構成要素の機能・入力／出力を整理し、ライブラリを活用してその因果関係を可視化する

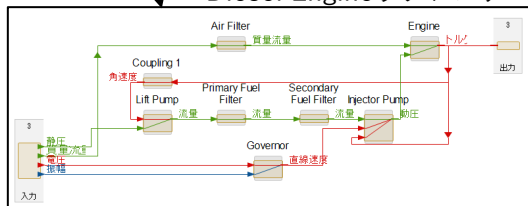
< Power GenerationとDrivelineの機能ブロック図 >



Power Generationサブシステム

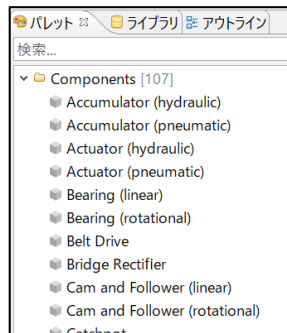


Diesel Engineサブシステム

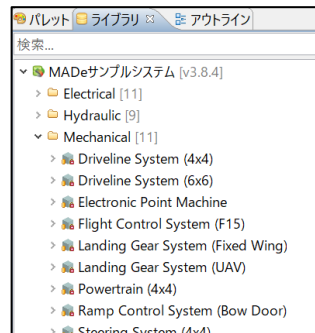


ライブラリから作業スペースにドラッグ&ドロップで使用可能

部品レベルのライブラリ



システムレベルのライブラリ

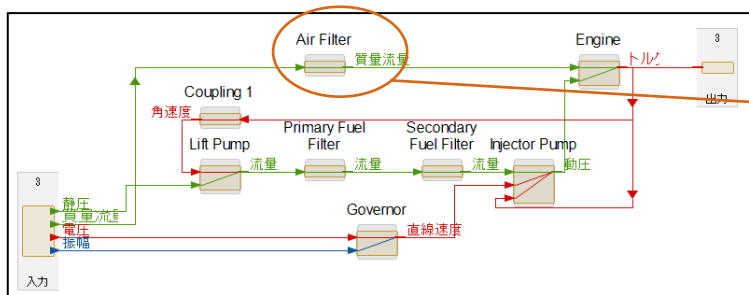


機能ブロック図の作成方法

- ①事前定義されたコンポーネントを使用（ライブラリ）
- ②コンポーネントの新規作成

モデリング（機能ブロック図 – 機能定義）

- ・モデルの粒度は自由に定義可能
- ・各コンポーネントに機能、フロー、故障ダイアグラムを定義



Diesel Engineサブシステム

機能

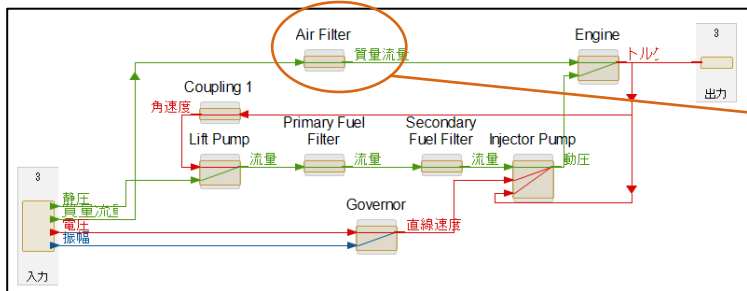
Air Filterの機能は、外部からの空気を取り込み、
空気の質量流量を「精製」すること

機能ライブラリ

機能とフローをドラッグ&ドロップで定義

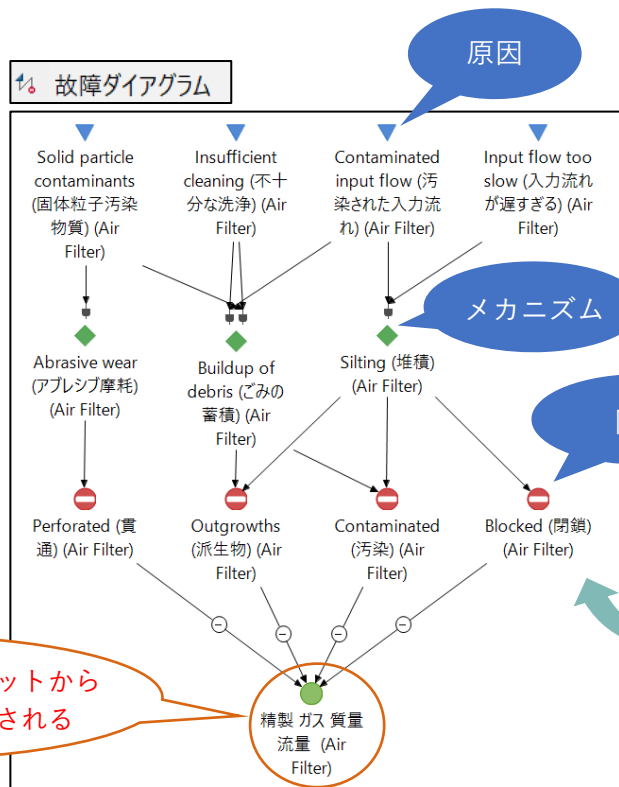
SRA (機能ブロック図 – 故障ダイアグラム定義)

- 各コンポーネントに故障メカニズムを定義
- 故障ライブラリを使用



Diesel Engineサブシステム

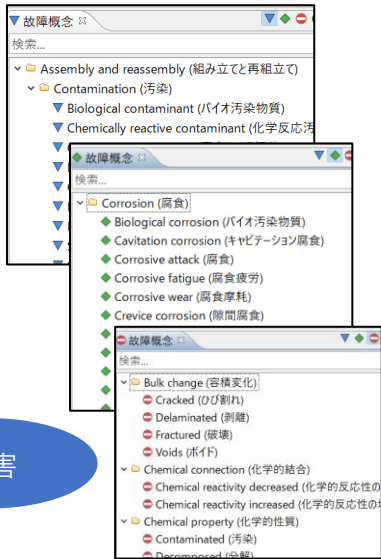
機能で定義したアウトプットから
自動で故障モードが作成される



原因

メカニズム

障害

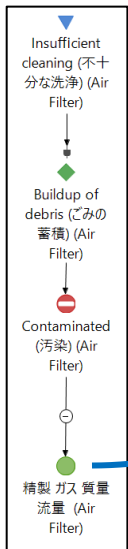


故障ライブラリから
ドラッグ&ドロップ
で定義
メカニズムを選択
すると原因と障害も
同時に定義可能

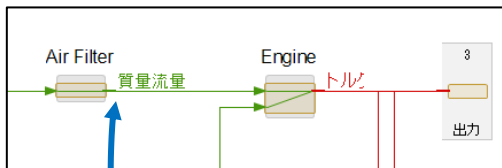
SRA (リスク抽出 - FMEA、FTA)

- MADeモデルの故障モードは複数の故障パス (物理的な故障) を持つ

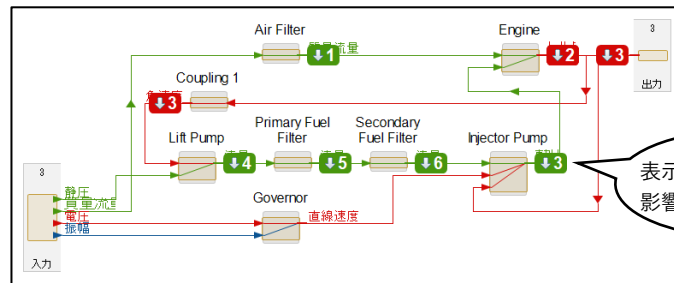
故障パス (物理的な故障)



MIL-STD-1629A 故障モード
=MADe故障モード (機能的な故障のみ)



故障シミュレーション (Air Filterの機能低下の影響確認)



表示されている番号は影響の順番

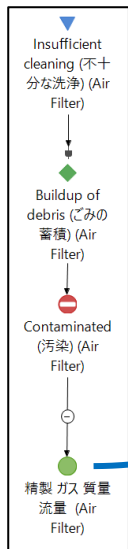
レポートの自動出力 FMEA(MIL-STD-1629A) (複数のフォーマット選択可能)

品名	アイテムの 説明	機能	故障モード の発生原因	ミッドレベル/ 故障モード	故障の影響	故障発生率	難	優先度
Air Filter	An air purifying device, removing particle contaminants from the air.	精製ガス質量流量 Modeled as a resistive device, slightly restricting air flow and removing particles.	Low ガス 質量流量 Air Filterの汚染が増加します buildup of debris (ごみの蓄積)の結果として insufficient cleaning (不十分な洗浄)によって引き起こされる Low ガス 質量流量 Air Filterの汚染が増加します buildup of debris (ごみの蓄積)の結果として insufficient cleaning (不十分な洗浄)によって引き起こされる	Long Trip 1: Start-up 1.1: Ignition (50%) 2: Acceleration (100%) 3: Cruise (100%) 4: Trailing (100%) 5: Cruise#2 (100%) 6: Deceleration (100%) 7: Shut-down (50%) Regular Trip 1: Start-up 1.1: Ignition (50%) 2: Acceleration (100%) 3: Cruise (100%) 4: Trailing (100%) 5: Cruise#2 (100%) 6: Deceleration (100%) 7: Shut-down (50%)	精製 ガス 質量流量 Low (Air Filter) 交換 機械 - 回転 トルク Low (Diesel Engine) 交換 機械 - 回転 角速度 Low (Vehicle System)			1
					精製 ガス 質量流量 Low (Air Filter) 交換 機械 - 回転 トルク Low (Diesel Engine) 交換 機械 - 回転 角速度 Low (Vehicle System)			1

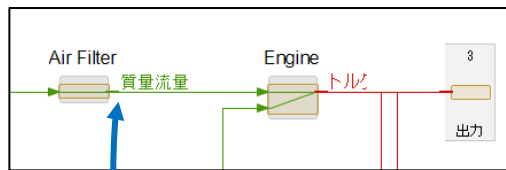
SRA (リスク抽出 - FMEA、FTA)

・FTAの自動作成が可能

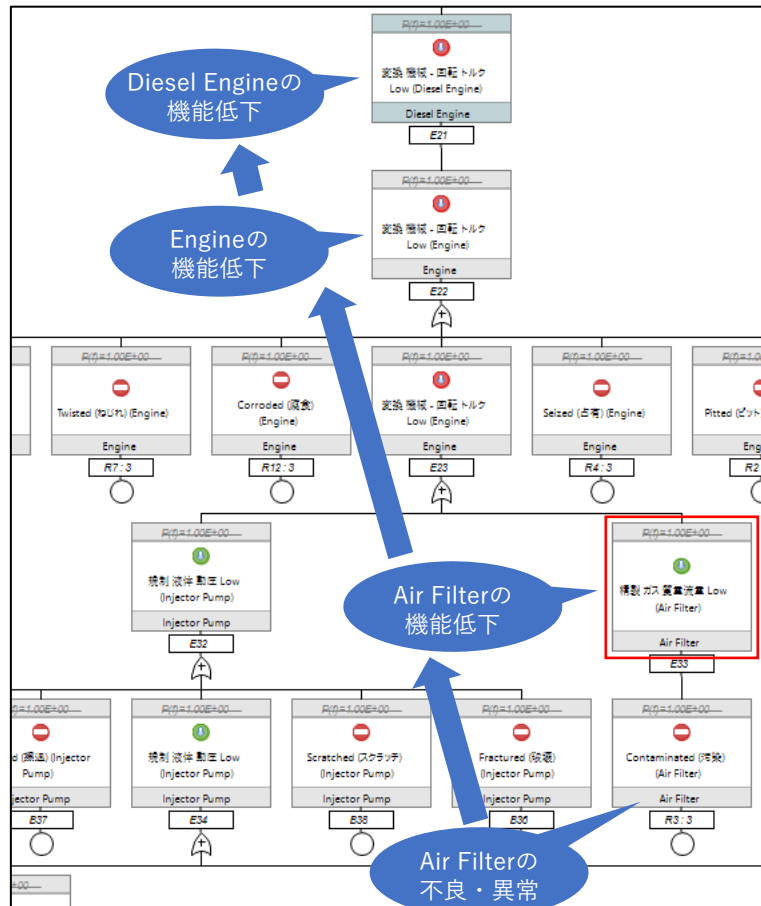
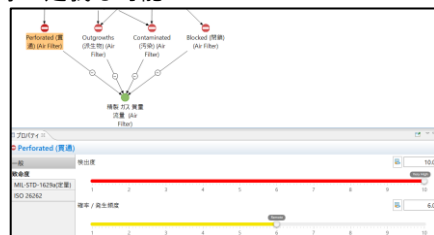
故障パス (物理的な故障)



MIL-STD-1629A 故障モード
=MADE故障モード (機能的な故障のみ)



⊖ (異常) には検出度・確率/発生頻度等の定義も可能



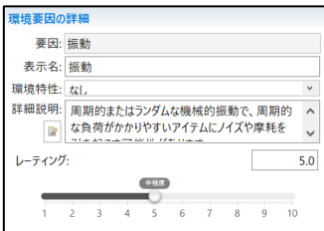
RAM (ユースケース定義 – 稼働環境・稼働状態)

■ 稼働環境定義

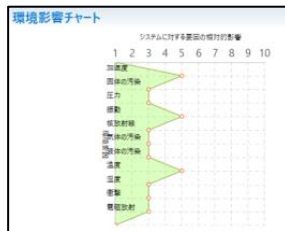
→ 環境要因の特性、要因による影響の度合いを設定



環境ライブラリ



環境要因のレーティングを設定
(表示名は変更可能)



■ 稼働状態 (ミッションプロファイル)

→ 使用期間、状態遷移、システム構成品の使用率を設定

名前:	Regular Trip
期間:	1時間 17分 10秒
合計:	112.00 Kilometer
ミッションサイクル:	1.00

ID	名前	期間
1	Start-up	5秒
1.1	Ignition	5秒
2	Acceleration	1分
3	Cruise	15分
4	Turning	1分
5	Cruise 2	1時間
6	Deceleration	0時間
7	Shut-down	5秒

1サイクルの状態遷移

アイテム	期間(h)	1	2	3	4	5	
期間(h):	1時間 17分 10秒	0.00	0.02	0.25	0.02	1.0	0
Vehicle System	1時間 17分 10秒	100%	100%	100%	100%	100%	1
Driveline	1時間 17分	0%	100%	100%	100%	100%	1
Differential	1時間 17分	100%	100%	100%	100%	100%	1
Driveshaft	1時間 17分	100%	100%	100%	100%	100%	1
Half Shaft Front	1時間 17分	100%	100%	100%	100%	100%	1
Half Shaft Rear	1時間 17分	100%	100%	100%	100%	100%	1
Planetary Gearbox Front	1時間 17分	100%	100%	100%	100%	100%	1
Planetary Gearbox Rear	1時間 17分	100%	100%	100%	100%	100%	1
Transmission	1時間 17分	100%	100%	100%	100%	100%	1
Wheel Front	1時間 17分	100%	100%	100%	100%	100%	1

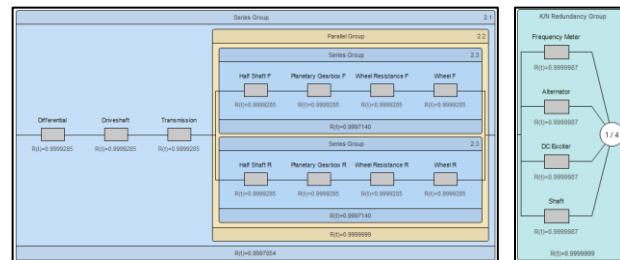
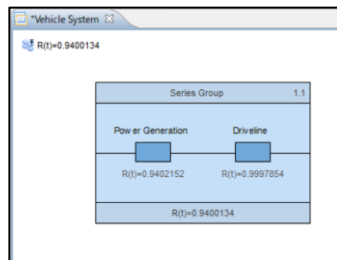
RAM (信頼度分析)

■信頼性ブロック図

：システムを構成する各製品の故障がシステム全体へ影響するかどうかを示したもの

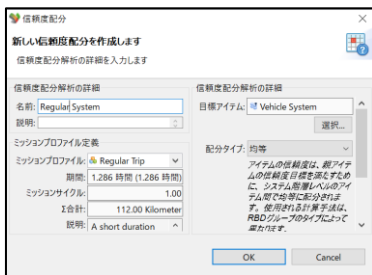


MADeモデルから簡単にグループの作成が可能



■信頼度配分

→ 選択したミッションプロファイルでシステム全体の信頼度目標を設定



ミッションプロファイルを指定して信頼度を割り付け

アイテム	割り当てられた信頼度	割り当てられた故障率	割り当てられたMTTF
Power Generation	0.9500000	199.628	5009.32
Control Unit	0.9830475	66.5427	15027.96
Diesel Engine	0.9830475	66.5427	15027.96
Series Group	0.9830475	66.5427	15027.96
K/N Redundancy Group	0.9965862	13.3085	75139.78
Air Filter	0.8494286	635.123	1574.50
Primary Fuel Filter	0.8494286	635.123	1574.50
Secondary Fuel Filter	0.8494286	635.123	1574.50
Coupling 1	0.9965862	13.3085	75139.78
Engine	0.9965862	13.3085	75139.78

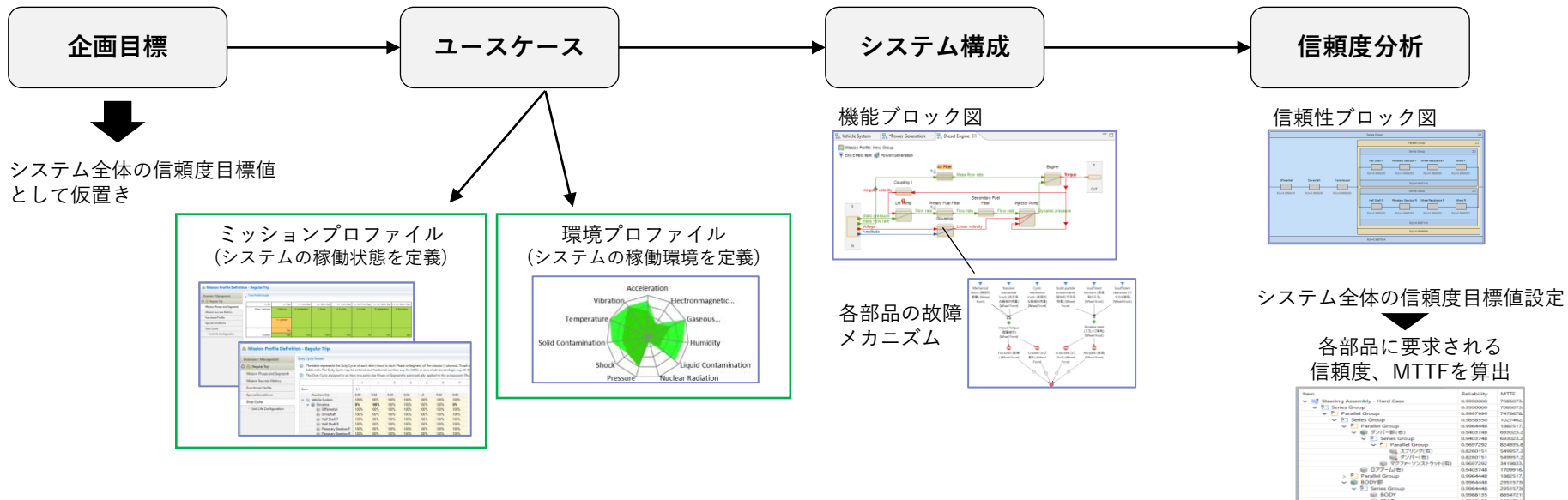
算出された信頼度はモデルの構成要素に反映

RAM (開発目標値の適正化 - 信頼度分析)

現状、市場包含率を高める、厳しい環境条件・運転条件まで仮定した信頼性設計を実施している

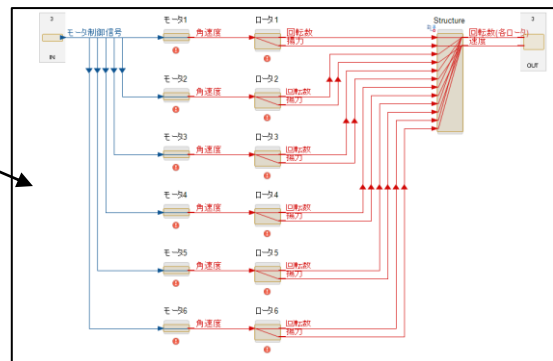
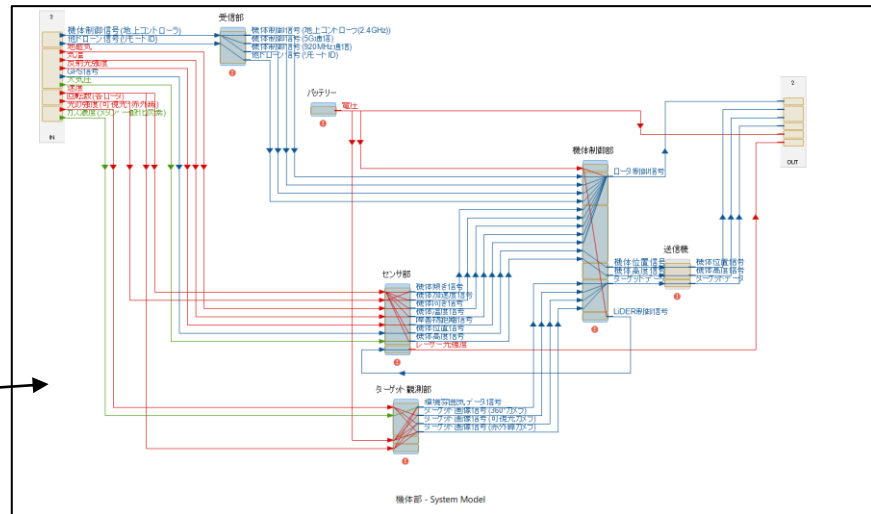
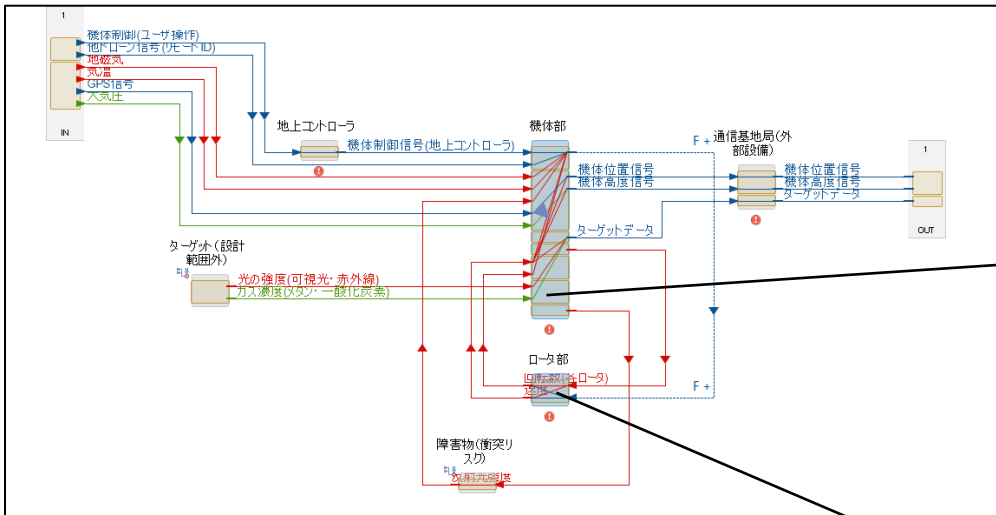


ユースケースを想定し部品毎の信頼度を算出し、開発目標値の適正化を検証



事例：ドローン 異なるユースケースでの信頼性評価

システム構成要素の機能・入力／出力を整理し、因果関係を可視化



事例：ドローン 異なるユースケースでの信頼性評価

■構成部品の要求信頼度配分

カテゴリ	サブシステム名 1	サブシステム名 2	アイテム名	ELF係数 0.547		ELF係数 0.547		ELF係数 0.547	
				ケース1	ケース2	ケース2	ケース3	ケース3	
通信系	機体部	受信部	地上コントローラ	6.53E+11	1.19E+12	6.53E+11	1.19E+12	6.53E+11	1.19E+12
			受信機(地上コントローラ (2.4GHz))	3.13E+13	5.73E+13	1.04E+14	1.91E+14	1.65E+10	3.02E+10
			受信機(5G通信)	3.13E+13	5.73E+13	1.04E+14	1.91E+14	1.65E+10	3.02E+10
			受信機(920MHz通信)	3.13E+13	5.73E+13	1.04E+14	1.91E+14	1.65E+10	3.02E+10
			受信機(リモートID)	3.13E+13	5.73E+13	1.04E+14	1.91E+14	1.65E+10	3.02E+10
			送信機	7.83E+12	1.43E+13	1.04E+13	1.91E+13	1.65E+09	3.02E+09
センサ系	機体部	センサ部	基地局		0.00E+00		0.00E+00		0.00E+00
			ジャイロセンサ(センサ部)	5.48E+13	1.00E+14	1.83E+14	3.34E+14	2.89E+10	5.28E+10
			加速度センサ	5.48E+13	1.00E+14	1.83E+14	3.34E+14	2.89E+10	5.28E+10
			電子コンパス	5.48E+13	1.00E+14	1.83E+14	3.34E+14	2.89E+10	5.28E+10
			機体温度計	5.48E+13	1.00E+14	1.83E+14	3.34E+14	2.89E+10	5.28E+10
			LiDER	5.48E+13	1.00E+14	1.83E+14	3.34E+14	2.89E+10	5.28E+10
			GPSセンサ	5.48E+13	1.00E+14	1.83E+14	3.34E+14	2.89E+10	5.28E+10
			気圧高度計	5.48E+13	1.00E+14	1.83E+14	3.34E+14	2.89E+10	5.28E+10
		ターゲット 観測部	ジャイロセンサ (ターゲット観測部)	4.89E+06	8.94E+06	6.61E+06	1.21E+07	7.24E+05	1.32E+06
			ガスセンサ	4.89E+06	8.94E+06	6.61E+06	1.21E+07	7.24E+05	1.32E+06
カメラ系	機体部	ターゲット 観測部	360° カメラ	4.89E+06	8.94E+06	6.61E+06	1.21E+07	7.24E+05	1.32E+06
			可視光カメラ	2.44E+06	4.47E+06	3.31E+06	6.05E+06	3.62E+05	6.62E+05
			赤外線カメラ	2.44E+06	4.47E+06	3.31E+06	6.05E+06	3.62E+05	6.62E+05
			カメラ台		0.00E+00		0.00E+00		0.00E+00
コンピュー タ系	機体部	機体制御部	ミッション用コンピュータ	1.57E+13	2.86E+13	5.22E+13	9.55E+13	8.26E+09	1.51E+10
	ロータ部		フライトコントローラ	1.57E+13	2.86E+13	5.22E+13	9.55E+13	8.26E+09	1.51E+10
機械系	ロータ部		ESC	2.61E+12	4.77E+12	5.22E+12	9.55E+12	8.26E+08	1.51E+09
			モータ	2.86E+09	5.23E+09	4.05E+09	7.40E+09	5.08E+07	9.28E+07
			ロータ	2.86E+09	5.23E+09	4.05E+09	7.40E+09	5.08E+07	9.28E+07
	機体部	ターゲット 観測部	Structure	5.22E+12	9.55E+12	1.04E+13	1.91E+13	1.65E+09	3.02E+09
電気系	機体部		ブラシレスモータ	4.89E+06	8.94E+06	6.61E+06	1.21E+07	7.24E+05	1.32E+06
			バッテリー	7.15E+08	1.31E+09	1.30E+09	2.38E+09	1.64E+07	3.00E+07
その他			ターゲット						
			障害物						

異なるユースケース時の
要求信頼度（故障率）に関する分析結果
を評価

- ✓ ケース2はケース1より高い信頼度が必要
- ✓ ケース2時は、通信部・センサ部の要求信頼度への影響が最も大きい。
- ✓ ケース別にシステム信頼度を検討する場合、ケース3のコストダウンが可能（保証すべき寿命が3桁異なる）
- ✓ ケース別環境負荷を部品単位でより詳細な要求信頼度評価でさらにコスト最適化を図る。

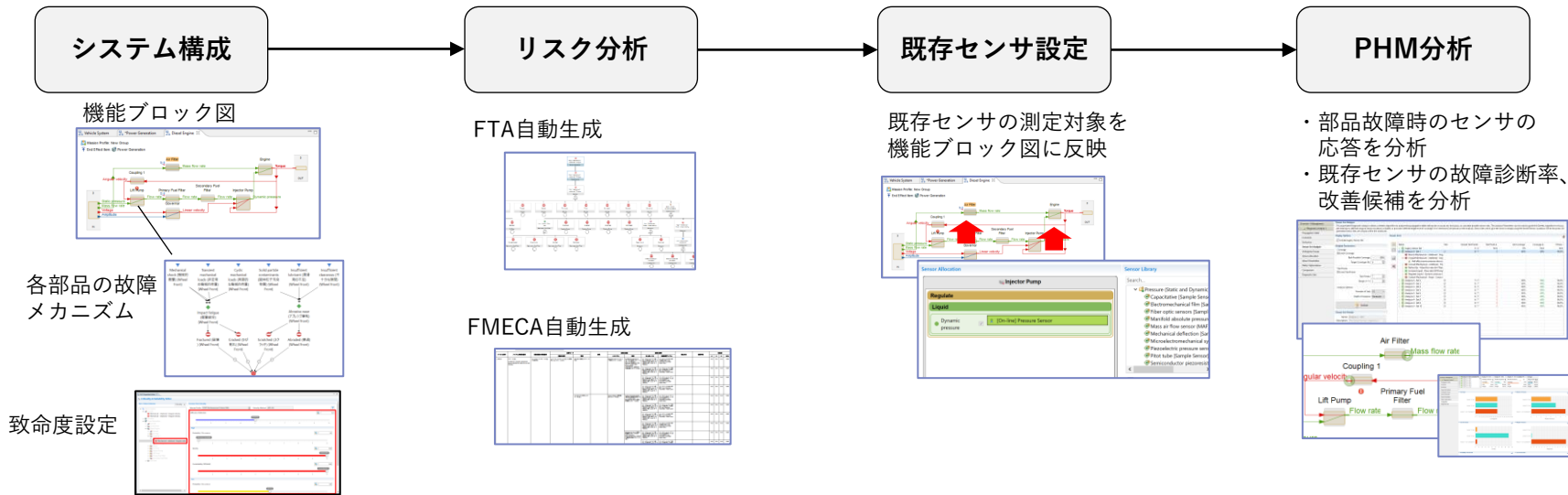
※値は平均故障間隔（MTTF）（hr）

PHM（異常発生時の故障診断）

製品の使われ方が多様化するなか、安全を侵害する障害を確実に検知する必要がある



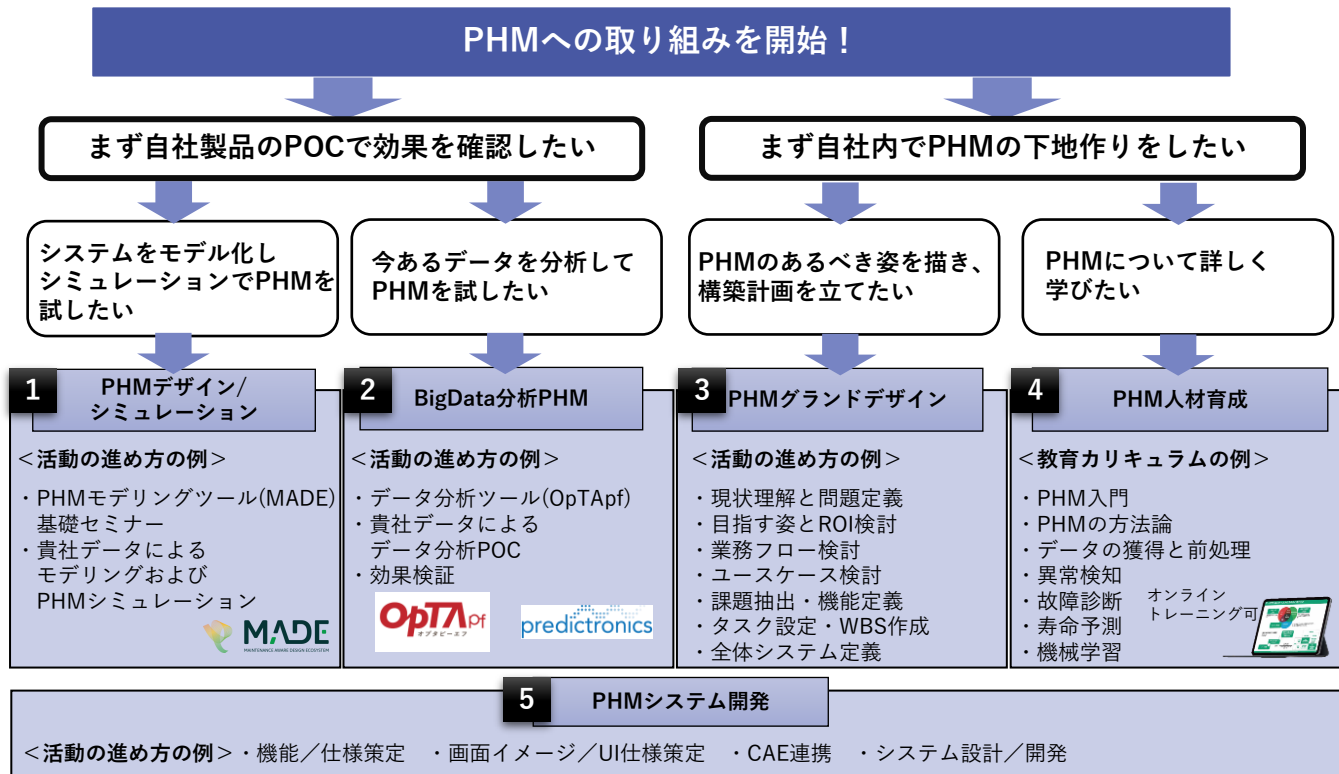
検知したい故障を識別するセンサ応答を分析



Appendix 1

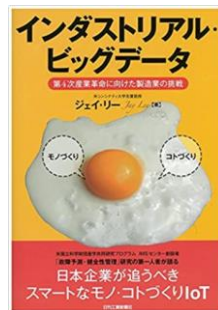
PHMソリューション構成

設計・CAEからIoT、ビッグデータ活用までお客様の状況に応じたPHM構築をご提案



電通総研 PHMのあゆみ

- ◆ 2013.12 米国ベンチャーPredictrionics社への出資・業務提携を開始
- ◆ 2015. 素材メカ データ分析コンサル
- ◆ 2015. MFP データ分析コンサル
- ◆ 2015. 建設機械 データ分析コンサル
- ◆ 2016. インダストリアル・ビッグデータ 出版(Dr. J Lee)
- ◆ 2017. 空調機器データ分析コンサル
- ◆ 2017. ドイツハノーファー CeBIT2017出展
- ◆ 2018. 豪国ベンチャーPHM Technology社MADe代理店契約
- ◆ 2018. プラント設備 センサ最適化 コンサル
- ◆ 2018. 国内初のPHM単独コンファレンスを開催
「PHM Conference 2018 in JAPAN」
- ◆ 2018~ 航空機 データ分析コンサル
- ◆ 2018. 電気機械 センサ最適化コンサル
- ◆ 2018~2019 プラント設備 センサ最適化・データ分析 コンサル
- ◆ 2019. PHM Technology社と戦略的パートナー締結
- ◆ 2019. 「PHM Conference 2019 in JAPAN」開催
- ◆ 2020. 「PHM Conference 2020 in JAPAN」をオンライン開催
- ◆ 2021~ 自動車 センサ最適化・データ分析 コンサル
- ◆ 2022~ 航空宇宙 信頼性分析コンサル



品川プリンスホテル品川大会場に多くの参加者が集まった「PHM Conference 2018 in JAPAN」(ビッグデータ時代のエンジニアリング知識の活かし方)の様子



MADe開発元 PHM Technology社の概要

PHM Technology Inc. とは2006年に設立されたモデルベースのエンジニアリング分析ソリューションを提供しているオーストラリアのソフトウェアベンダである。主要製品である「The MADE Suite」（以降、MADE）はアメリカ国防高等研究計画局（DARPA）とオーストラリア国防局の開発資金支援によって開発されたソフトウェア

会社名	PHM Technology Inc.
住所	9/120 Queens Parade North Fitzroy VIC 3068 Australia
業務内容	モデルベースの先進的エンジニアリングソリューションの提供。 主要製品「The MADE Suite」の開発及び販売。
経営メンバー	Chairman : Roland Thomas(元Moldflow社CEO) Chief Executive Officer : Chris Stecki Principal Engineer : Dr. Jacek Stecki
主要取引先	US Army 他下記参照
従業員数	40名程度



Companies Using Our Solutions

PHM Technology
Decisions better made

Aerospace	Defence	Maritime	Advanced Technology



CONFIDENTIAL

本文書(添付資料を含む)は、株式会社電通総研が著作権その他の権利を有する営業秘密(含サプライヤー等第三者が権利を有するもの)です。当社の許可なく複製し利用すること、また漏洩することは「著作権法」「不正競争防止法」によって禁じられております。本資料内の社名・製品名は各社の登録商標です。