



Safety Engineering for Automotive ML-controlled System

SEAMS

「人工知能搭載システムの安全設計ガイドライン」
(SEAMSガイドライン)
～ エッセンシャル版 ～

2020年4月3日
SEAMS Project



株式会社 ヴァイツ



名古屋大学

ArcSystemSolutions



株式会社
アトリエ

Copyright 2020 by SEAMS Project

※本資料における「SEAMS」は、「Safety Engineering for Automotive ML-controlled System」の略称です。

本書について

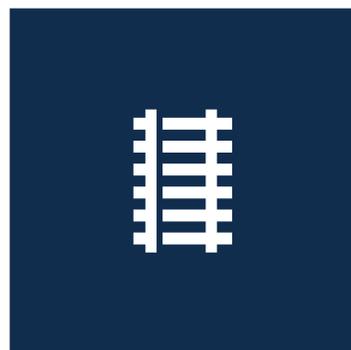
- 本書は、2017年10月から2020年3月までのSEAMS Projectの研究活動知見や安全設計手順を整理した「人工知能搭載システムの安全設計ガイドライン 第2版」（略称：SEAMS ガイドライン）の技術ポイントをまとめたエッセンシャル版です。
- 本書は、以下の内容で構成されます。
 1. SEAMS Projectの概要
 2. 安全系システムにおけるAIの課題
 3. AI搭載システムの安全設計パターン
 4. AI搭載システムの安全開発プロセス
 5. 具体的な適用事例の概要
 6. おわりに

※ SEAMS Project (<https://www.seams-p.jp/>)

平成29年度中小企業庁および中部経済産業局の戦略的基盤技術高度化支援事業の採択事業
「自律的自動運転の実現を支える人工知能搭載システムの安全性立証技術の研究開発」

1. SEAMS Projectの概要

SEAMS Projectとは



SEAMS

- SEAMS Project = 本研究プロジェクトの活動名称
- SEAM = 縫い目、つなぎ目の意味
- SEAMSは、人工知能を活用するための「つなぐ」を実現する技術群

SEAMS Project 活動概要

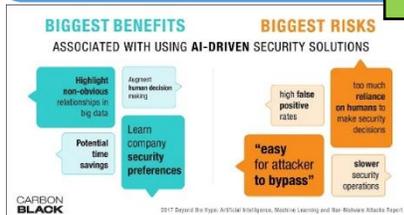


中部経済産業局 平成29年度 戦略的基盤技術高度化支援事業 (2017年10月~2020年3月)
「自律的自動運転の実現を支える人工知能搭載システムの安全性立証技術の研究開発」

従来技術

人工知能は万能ではない
2016年3月Google社の自動運転車両が人工知能の認識不備による事故 (techradarより引用)

人工知能への理解不足
人工知能の活用は利益と損益を正確に理解する必要がある (Carbon Blackより引用)



完全自動化が前提の投資
完全自動化へ投資しているが、実現できなければ市場規模は維持が縮小 (EY総研調査より引用)



新技術

人工知能搭載システム
安全ガイドライン
「SEAMS」ガイドライン
人工知能搭載システムを安全に利用するために、人工知能の利用分類と、利用目的に沿った安全開発工程を明確にする

人工知能搭載システム
安全分析手法
人工知能搭載システム全体を俯瞰して分析を行うことで過誤や見過ごし、潜在リスクを見出すための安全分析手法

人工知能搭載システム
安全対策
人工知能搭載システムの不具合や異常動作を未然に検知することで、対象システムを安全な状態に移行させるためのソフトウェア部品を開発し、開発投資を抑える

Conventional Policy	Human	Safety-related System	
1st Policy	Human	Safety-related System	AI
2nd Policy	Human	Safety-related System	AI
3rd Policy	AI	Safety-related System	

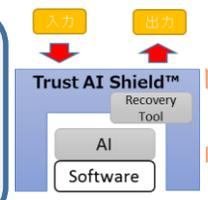
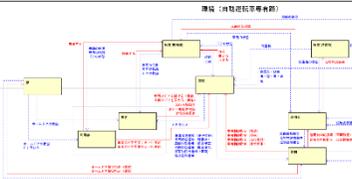
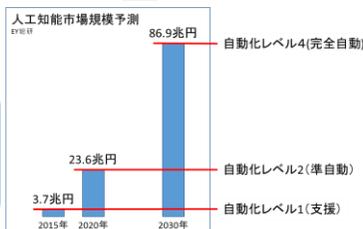
自動運転レベル4
リスク評価&安全
策検討

AI搭載システム
安全アーキ設計

安全コンセプト
認証機関レビュー

知見をガイド文書
に整理

人工知能を安全に
利用する方法の実
現が急務



課題

- 人工知能搭載システムへの極度な過信
- 潜在リスクの見過ごし
- 投資失敗時の sunk cost

川下企業の課題

- 人工知能搭載システムの安全評価ができない
- 安全評価の実施コストが計算できない

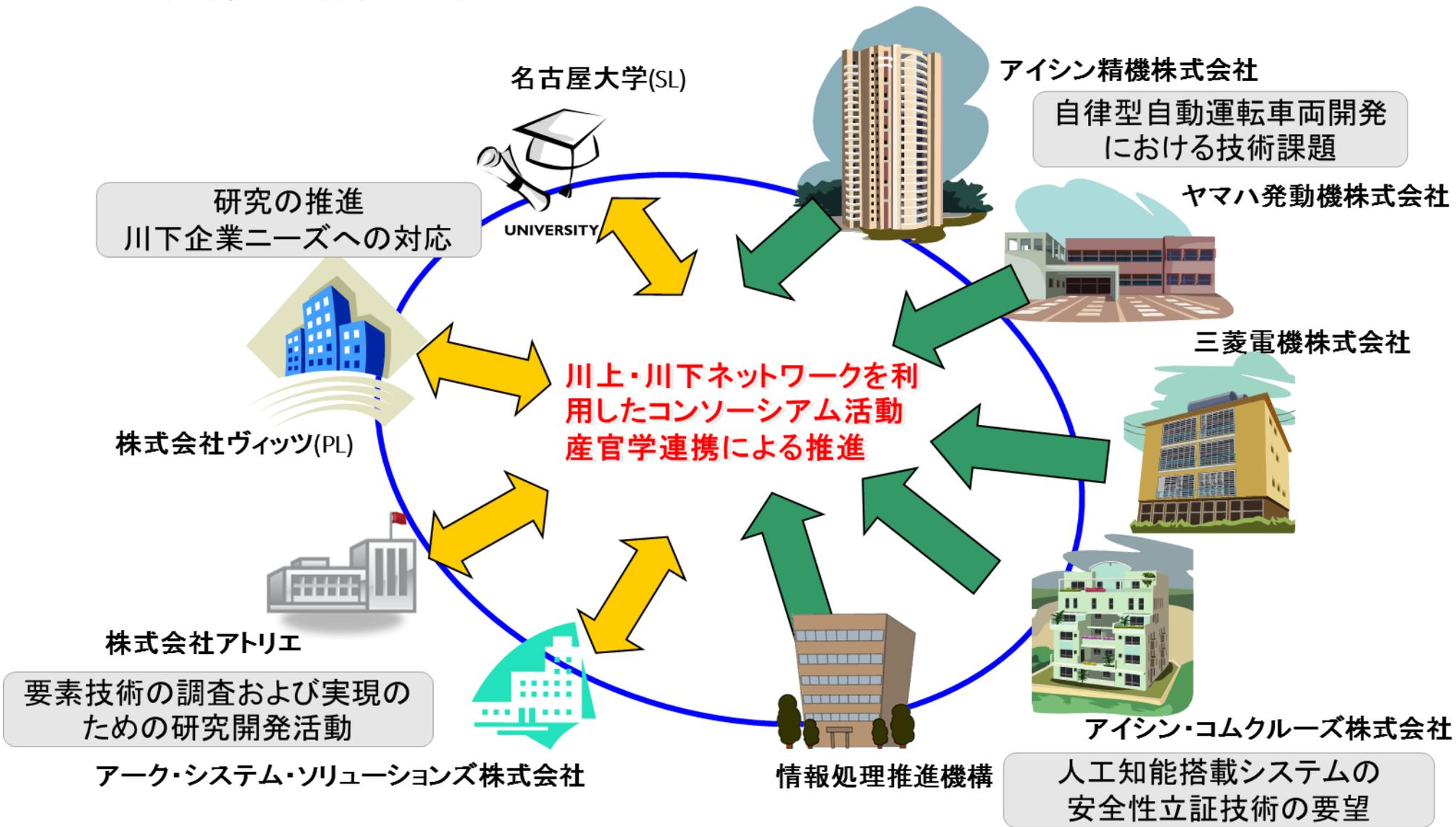
特徴

- 人工知能搭載システムを安全に利用可能
- リスクを予見し事前対策を実施
- 投資額を最小限に低減させる

川下企業のメリット

- 人工知能搭載システムの安全性を客観的に立証できる
- 安全評価のコストを事前に見積もれる

研究実施体制



SEAMSガイドライン 位置づけ

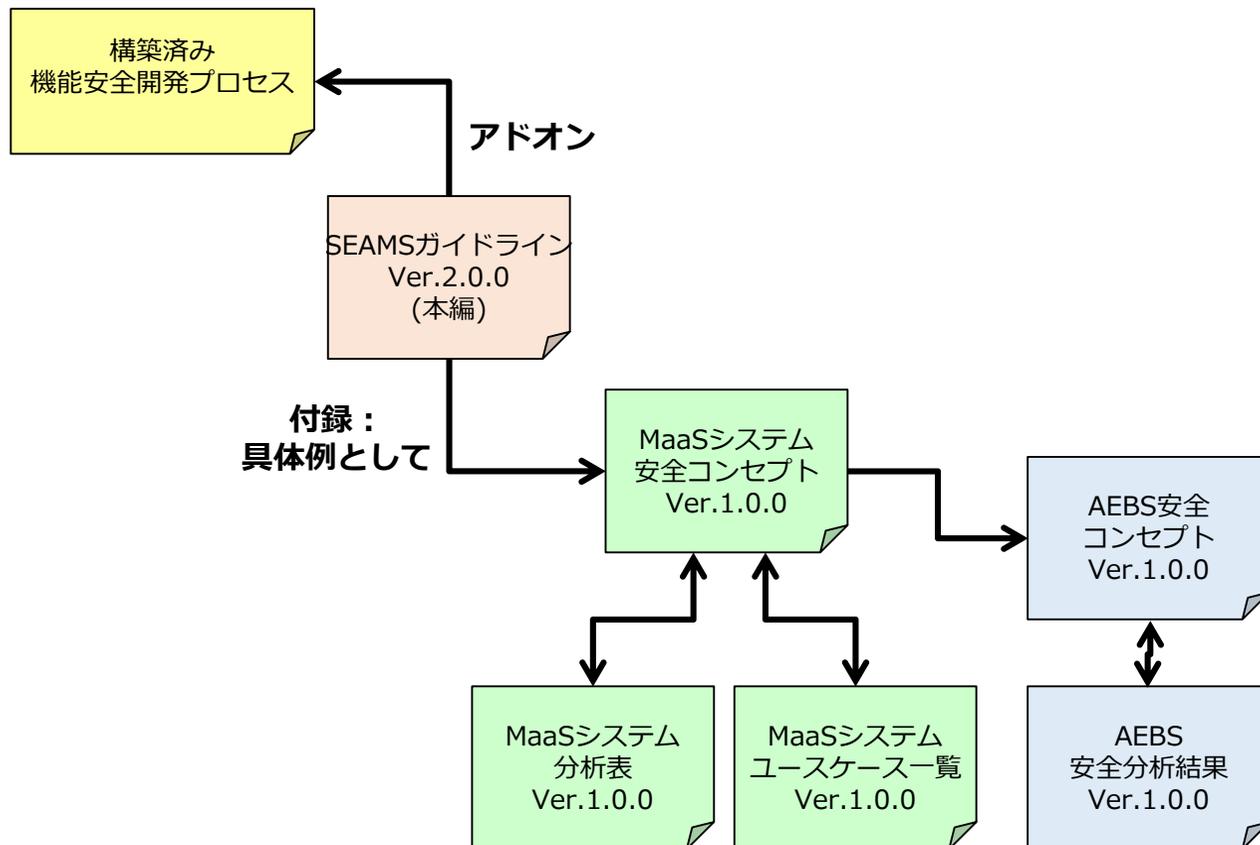
- 目的：AI技術を搭載したシステムの安全性の示し方をガイド
- 想定読者：当該システムの開発者向け
 - 前提スキル：機能安全開発の知見を保有していること
- 手段：機能安全規格への適合方法を提示
 - 記載範囲：AIに特化した対応事項に限定
 - 従来の機能安全開発に従うことは記載を省略
 - 対象製品分野：全て可
 - 分野（例：自動車）や規格（例：IEC61508, ISO26262）を問わず、基本的な考え方・設計方法・開発プロセスを整理
 - 具体的事例は、MaaS、AEBS（自動車, ISO26262）を適用

※AEBS：Advanced Emergency Braking System, 衝突被害軽減ブレーキ

SEAMSガイドライン 構成

<構成物>

- 本編 Ver2.00 (85ページ) (目次：次ページ)
- 実施例： MaaS自動運転レベル4 安全コンセプト文書一式、
自動運転レベル4対応AEBS安全コンセプト文書一式



SEAMSガイドライン 目次

1. 本ガイドラインについて 1	4.2.5. リスクアセスメント 32	7.2. 説明可能性の高いAIモデル開発ワークフロー 58
1.1. 目的 1	4.2.6. 参考:シミュレーション環境による自動化 33	7.2.1. ワークフローの概要 58
1.2. 対象範囲 1	4.3. (3)サービスレベルの安全要求導出 34	7.2.2. ①探索的データ分析(EDA) & 視覚化 59
1.3. 想定読者 1	4.4. (4)サービスレベルの安全要求割り付け 34	7.2.3. ②ベンチマークや再現性の確立 61
1.4. 本ガイドラインによって改善できるAIの課題 1	4.5. (5)システム単体のアーキテクチャ設計 34	7.2.4. ③手動な、個人的な、まばらな、わかりやすい特徴選択 61
1.5. 本ガイドラインの位置付け 2	4.6. (6)システムレベルの安全要求導出 34	7.2.5. ④公平性、プライバシー、セキュリティのための前処理 62
1.6. QA4AIとの関係 3	4.7. (7)システム安全分析 35	7.2.6. ⑤制約された、公平な、解釈可能な、個人的な、シンプルなモデル 63
1.7. 用語集 3	4.8. (8)初期AIコンポーネント開発 35	7.2.7. ⑥予測の調整 64
2. 背景 8	4.9. (9)AI学習フェーズ 35	7.2.8. ⑦伝統的なモデル評価&診断 64
2.1. 普及するAI搭載システム 8	4.9.1. Automotive SPICEのテラリング 35	7.2.9. ⑧説明 65
2.2. AIの分類整理 9	4.9.2. SOTIFにおけるAI学習ワークフロー 36	7.2.10. ⑨モデルデバッグ 66
2.3. AIを搭載した安全関連システムの課題認識 12	4.9.3. 説明可能性の高いAIモデルワークフロー 38	7.2.11. ⑩社会的偏見の考査と修復 67
2.3.1. AIの信頼性 12	4.10. (10)ハードウェア・ソフトウェア開発 38	7.2.12. ⑪リスクの定量化と計画 68
2.3.2. 安全に影響のあるAIの特性 12	4.11. (11)システムレベル統合試験 38	7.2.13. ⑫人間のレビューと文書化 69
2.3.3. AIの構成要素と信頼性 13	4.12. まとめ 38	7.2.14. ⑬配備、管理、監視 69
2.3.4. AIは機能安全規格では非推奨 14	5. 付録 A: AI関連資料の調査 39	7.2.15. ⑭自動化されたモデル決定のヒューマンアピール 69
2.3.5. AIの安全立証における課題 16	5.1. 既存のガイドラインの調査 39	7.2.16. ⑮根本原因分析 70
2.3.6. 説明可能性の高いAI 17	5.2. 先行研究の調査 40	7.2.17. ⑯反復 70
3. AI搭載システムの安全設計パターン 18	5.3. AIの研究開発の原則の策定 42	7.2.18. ⑰廃止 70
3.1. AI搭載システムの安全設計における注意点や課題 18	5.4. QA4AIガイドラインの概要 43	7.3. QA4AIガイドラインの活用 71
3.2. 方針1: AI自体を安全設計する 19	6. 付録 B: IEC 62998の概要とAI搭載システムへの適合 46	8. 付録 D: 関連標準の概要 72
3.2.1. 1a) 機能安全開発パターン 20	6.1. IEC 62998の概要 46	8.1. ISO/PAS 21448 (SOTIF) 72
3.2.2. 1b) 安全性評価パターン 20	6.2. IEC 62998の特徴 46	8.1.1. ISO/PAS 21448のプロセス概要 72
3.2.3. 1c) Proven-in-useパターン 20	6.3. IEC 62998における開発の流れ 47	8.1.2. ISO 26262との関係 73
3.2.4. 1d) 多重化設計パターン 22	6.3.1. 安全関連システム(SRS/SRSS)の定義とハザード分析 47	8.1.3. 自動運転Level 3以上への適用 73
3.2.5. ソフトウェアの不確かさへの対応 22	6.3.2. SRS/SRSSの目標パフォーマンスクラス決定 48	8.2. IEC 62853 (DEOS) 74
3.3. 方針2: AIは安全設計せず、外部に安全メカニズムを設ける 24	6.3.3. SRS/SRSSの設計 48	8.3. IEC 60721 75
3.3.1. 2a) 機能安全機能パターン 24	6.3.4. 信頼性情報の評価(あるいは、SRSのパフォーマンスクラスの評価) 49	8.4. 国や地域による安全の考え方の違い 76
3.3.2. 2b) 比較パターン 25	6.3.5. SRSSのパフォーマンスクラスの評価 54	9. 付録 E: 自動運転と安全 78
3.3.3. 2c) 防御設計パターン 25	6.3.6. 統合と設置 55	9.1. SAE J3016で定義されている自動運転のレベル 78
3.4. 一時故障の影響と対策 26	6.3.7. 検証 55	9.2. 自動運転における「安全状態」の例 79
4. AI搭載システムを用いたサービスの安全開発プロセス 28	6.4. IEC 62998のAI搭載システムへの応用 56	9.3. 自動運転における「安全時間」の例 81
4.1. (1)サービスレベルのシステム定義 30	6.5. IEC 62998の課題 56	9.4. 自動運転システムの構成要素 81
4.2. (2)ハザード分析及びリスクアセスメント 30	6.6. 参考情報: IEC 62998を満たしているセンサの例 57	9.5. 自動運転における一般的なセンサ・フュージョン 82
4.2.1. アクシデント・ハザード・安全制約の決定 31	7. 付録 C: 説明可能性の高いAIとは 58	9.6. 自動運転システムにおける環境条件の例 83
4.2.2. コントロールストラクチャの作成 31	7.1. 説明可能なAI(XAI) 58	9.7. 自動運転技術のリスクアセスメントの必要性 84
4.2.3. UCAの抽出 31		10. 付録 F: 具体的な適用事例 85
4.2.4. UCAを含めたユースケースでの非安全シナリオ導出 32		

本ガイドによって改善できるAIの課題

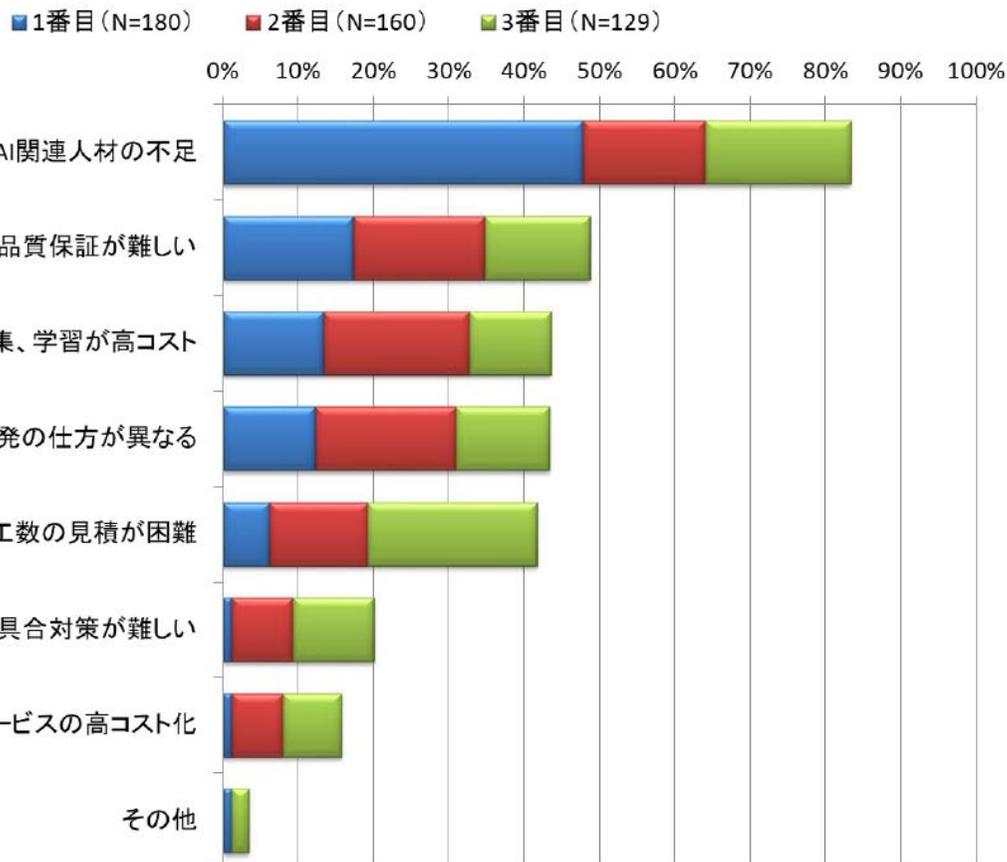
出典：IPA「2018年度組込み/IoTに関する動向調査」

Q23 AI技術を活用する／している際の課題

今年度
新規設問

AI + 機能安全の
スキルの底上げ

機能安全規格への
準拠方法をガイド

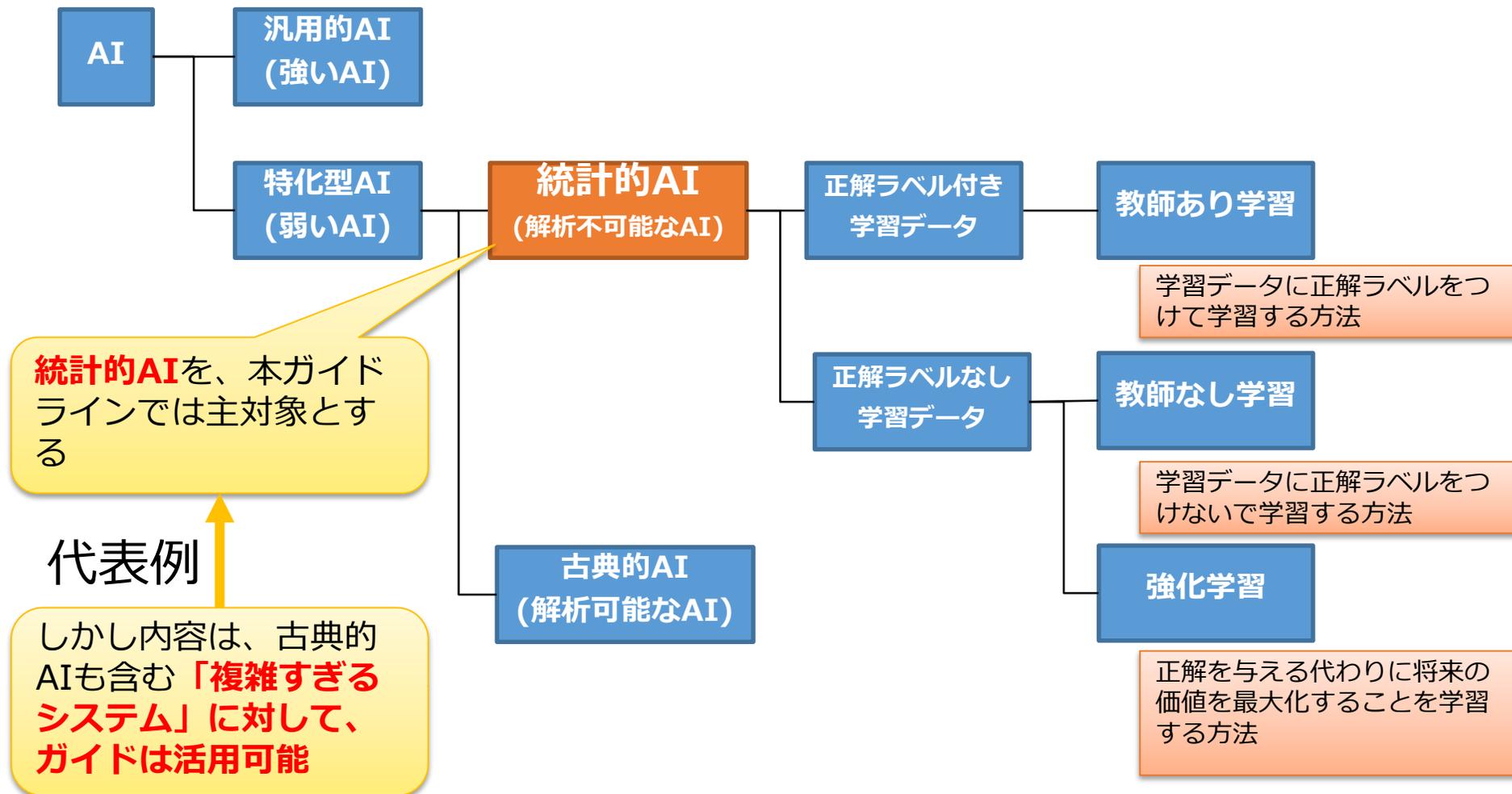


2. 安全系システムにおけるAIの課題

AIの分類例と、ガイドの対象

• さまざまな文献、AI知見者の意見を踏まえ、AIを分類整理（下図）

• AI関連は、多種多様な技術、様々な捉え方があり、整理の仕方に正解は無い



AI搭載システムを安全だと主張するには

- **機能安全規格に適合するのが最も妥当**と考える。

- 理由：電子系システムの安全設計標準は機能安全である。AI搭載システムは電子系システム、AIはソフトであり、機能安全規格が該当する。

- 備考：AIの機能安全規格化は、現在検討が進められている。（ISO/IEC JTC1 SC42など）しかし、まだ完成したものは存在していない。

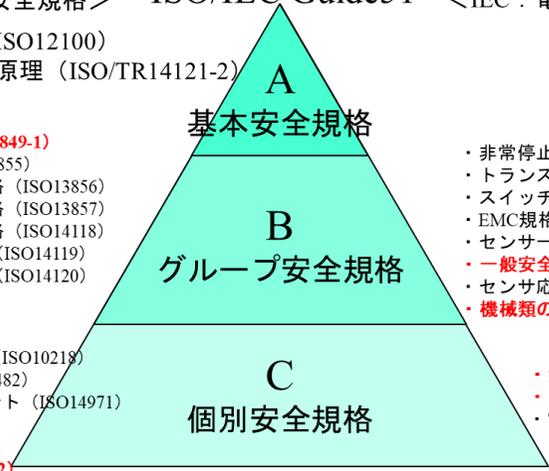
- 機能安全規格とは

- 電子系製品のPL訴訟対策を目的として、安全設計の知見をまとめたものとして標準化された。機能安全に適合することで、「**実質的に安全な製品の実現**」をすることともに、「**安全設計済みであることを第3者へ説明**」できることも狙っている。

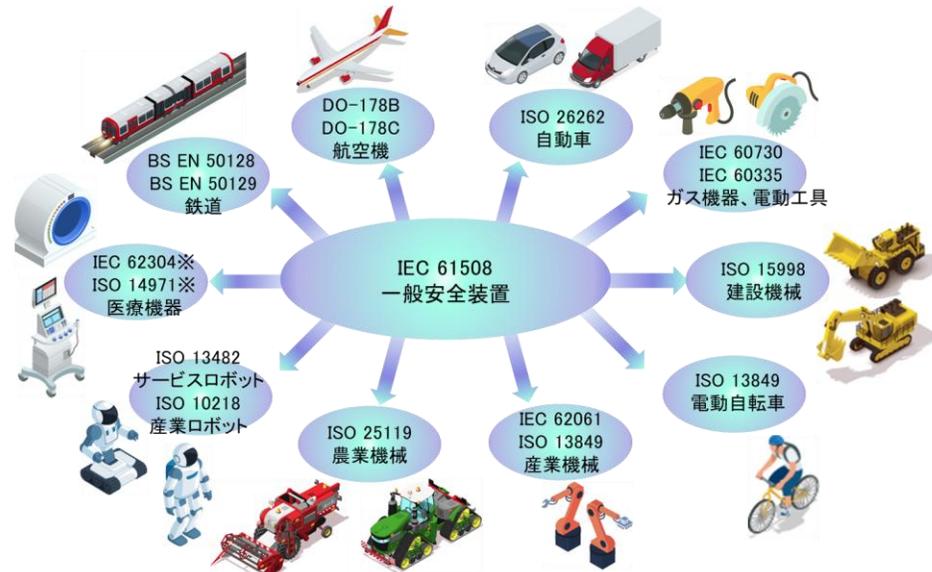
※下図赤字は、詳細な機能安全要求が記載の規格。
 ※多くの製品安全規格から、機能安全規格は参照されている。

<ISO：機械系の安全規格> ISO/IEC Guide51 <IEC：電気系の安全規格>

- ・基本概念、設計原則 (ISO12100)
- ・リスクアセスメントの原理 (ISO/TR14121-2)



- ・非常停止規格 (IEC13850)
- ・トランス規格 (IEC60076)
- ・スイッチ類規格 (IEC60947)
- ・EMC規格 (IEC61000)
- ・センサー一般安全規格 (IEC61496)
- ・**一般安全装置の機能安全 (IEC61508)**
- ・センサー応用規格 (IEC62046)
- ・**機械類の安全規格 (IEC62061)**
- ・**鉄道 (IEC62278)**
- ・**医療機器ソフト (IEC62304)**
- ・電動工具 (IEC62841)



※注）医療機器規格は機能安全規格として扱われていないが、実施すべきことは他の機能安全規格と同等である。

従来ソフトウェアの機能安全規格適合方法の考え方

- A) 機能安全開発による十分な信頼性確認
 - 十分なホワイトボックス検証
 - ソースコードレビュー
 - テストのコードカバレッジ基準
 - 十分に検証されたソフトウェアの積み重ね
 - ソフトウェアの設計検証
 - ソフトウェアの結合テストカバレッジ
 - 静的に確定した対象に対する網羅的なテスト
 - 設計/検証だけでなく、管理不足等による不具合リスクの徹底的な回避
- B) 使用実績による十分な信頼性確認
 - 十分な使用実績のエビデンスに基づく評価
 - 同等条件下での利用に限り、機能安全に活用可能

AIの特性と機能安全規格適合への課題

- AI の信頼性低下の要因
 - バグ、不具合 … ソフトウェアとしての特性
 - 誤り（誤判定） … 従来のソフトウェアにはない特性
- 安全に影響のあるAIの特性
 - 非透明であること（ブラックボックス）
 - 内部パラメータの構造や状態は学習の結果である。内部構造をロジカルに説明できない
 - どうしてその答えを出したか説明できない
 - 誤りを持つこと（機能安全に不適合）
 - いかに精巧な構造を持つAIを構築しても、一定割合で誤りが起こる
 - 誤りの状況が明確化できない（非決定的な振る舞い）
 - 学習が必要なこと（機能安全では未定義）
 - 機能安全規格では学習の位置づけが未定義
 - 機能安全規格の考え方を適用できない

課題：AIを機能安全規格適合する方法が未確立 → 安全説明が困難

AI は機能安全規格では非推奨

ソフトウェア設計及び開発—ソフトウェアアーキテクチャ設計 (IEC 61508-3:2010 Table A.2 から一部抜粋)

	アーキテクチャ及び設計技法	IEC61508-7 参照先	SIL 1	SIL 2	SIL 3	SIL 4
4a	グレースフルグラデーション	C.3.8	R	R	HR	HR
5	人工知能-フォールト是正	C.3.9	...	NR	NR	NR
6	動的再構成	C.3.10	...	NR	NR	NR

5 人工知能-フォールト是正 NR ← **AI は非推奨**

6 動的再構成 NR ← **学習し改善する特性が該当する**

NR

Not Recommended

NR: この安全度水準には、技法又は措置を使用することが積極的には**推奨されない**。この技法又は措置を使用する場合は、使用する理論的根拠について、附属書Cを参照して安全計画時に詳述しなければならず、また評価者と合意することが望ましい

AIの仕様明確化が困難

- ソフトウェアの仕様として振舞の明確化が必要

振る舞いの明確化

- 入力に対する結果(出力)が、仕様上明確に決定
- テストの再現も可能

特性					
ソフトウェアで対応する安全ニーズの 完全性	ソフトウェアで対応する安全ニーズの 正確性	曖昧さの回避 を含む、固有使用フォールトの回避性	安全要求事項の 理解容易性	ソフトウェアの安全以外の機能が安全機能へ危険な干渉を及ぼさない性質	適合確認及び妥当性確認の基礎となる対応能力

IEC 61508-3:2010 Table C.1 決定論的安全度の特性—ソフトウェア安全要求仕様より

機能安全に対応するためには、上記の特性を満たす必要がある。AIでは仕様として振舞を明確にできないため、テストを網羅的に実施できず、信頼性の保証が困難

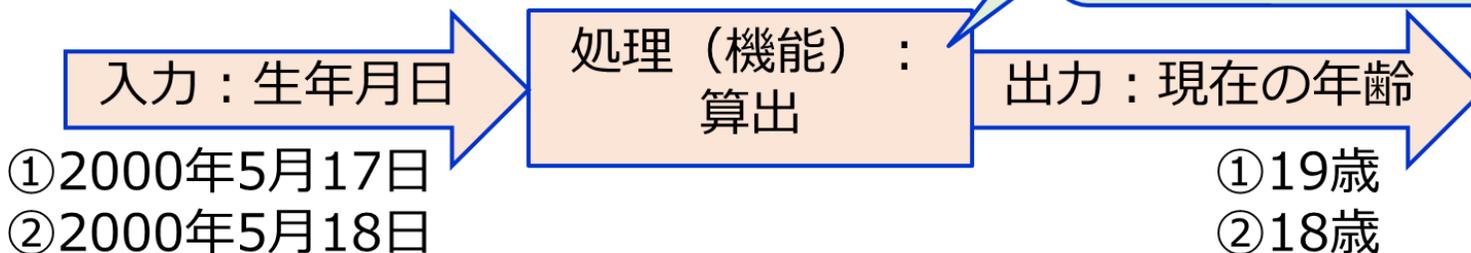
シンプルなシステムと複雑なシステムの違いの例

- 本質的な課題は、AIではなく“複雑なシステム”

■ シンプルなシステムの場合：

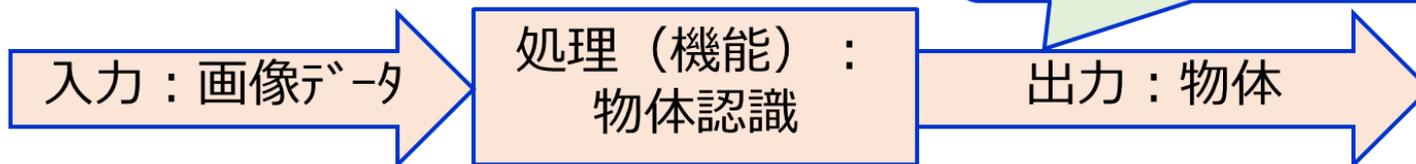
ある「処理（機能）」について、「入力」に対する「出力」を一意に事前定義可能

ルール化でき、誰でも同じ判断結果になる（正解が一意）



■ 複雑なシステム（AI含む）の場合：
一意に事前定義することは困難

人によって判断結果（正解）が異なる



複雑なシステム（AI含む）の場合、システム仕様を明確に定義できないため、入力に対する期待値を決定論的に決めることができない

AIでは従来のテスト技術の適用が困難

ひいては、機能安全要求レベルの検証、信頼性担保が困難

テスト種別	テスト手法	テスト手法の具体的方法	古典的AI(エキスパートシステム) 搭載システムへの適用可否	統計的AI(機械学習) 搭載システムへの適用可否
機能試験	要求網羅試験	機能仕様からトレーサビリティ情報を活用して、網羅的にテスト項目を抽出する。	△: 明確な仕様定義ができれば適用可。しかし、明確な仕様定義ができない場合、適用不可。	△: 明確な仕様定義ができれば適用可。しかし、明確な仕様定義ができない場合、適用不可。
	インタフェース試験	人とシステム間、サブシステム間のインタフェース仕様に基づいて、トレーサビリティ情報を活用して、網羅的にテスト項目を抽出する。	△: 明確な仕様定義ができれば適用可。しかし、明確な仕様定義ができない場合、適用不可。	△: 明確な仕様定義ができれば適用可。しかし、明確な仕様定義ができない場合、適用不可。
	境界値試験	入力データや状態パラメータが連続値の場合、ある値を境界にシステムの結果が変わる場合、境界値の前後をテスト項目として抽出する。	△: 明確な仕様定義ができれば適用可。しかし、明確な仕様定義ができない場合、適用不可。	△: 明確な仕様定義ができれば適用可。しかし、明確な仕様定義ができない場合、適用不可。
	同値クラス	同じ結果になる入力データや状態パラメータでグルーピングし、グループの代表値でテストする。境界値試験とセットで使用する事が多い手法。	△: 明確な仕様定義ができれば適用可。しかし、明確な仕様定義ができない場合、適用不可。	△: 明確な仕様定義ができれば適用可。しかし、明確な仕様定義ができない場合、適用不可。
	限界値試験	入力データや状態パラメータの末端値をテスト項目として抽出する。	△: 明確な仕様定義ができれば適用可。しかし、明確な仕様定義ができない場合、適用不可。	△: 明確な仕様定義ができれば適用可。しかし、明確な仕様定義ができない場合、適用不可。
異常時試験	ストレス試験	時間的(長時間稼働)、空間的(メモリ使用量の限界)、処理的(例えば高頻度割り込み)な観点で、負荷をかけたテスト。確認観点は、機能が正常動作すること。	△: 明確な仕様定義ができれば適用可。しかし、明確な仕様定義ができない場合、適用不可。	△: 明確な仕様定義ができれば適用可。しかし、明確な仕様定義ができない場合、適用不可。
	故障注入試験	機能安全設計時に検討している部品の故障を起こし(手作業もしくは模擬的に)、安全メカニズムが設計通り機能し、安全目標を実現できることを確認するテスト。	○: 安全目標、安全状態、安全メカニズムを明確に定義することが前提。その上で、内部設計は行っているため、安全設計に対する安全分析が実施できるため、故障注入試験も実施可能。	△: 安全目標、安全状態、安全メカニズムを明確に定義することが前提。例えば、ネットワークの重みづけなどの情報を変更することで、故障注入試験が実施可能な範囲あり。
環境試験		温度、湿度、粉塵、振動、EMC などについて、製品仕様に基づいて限界環境において機能保証できることを確認する。 機能安全開発では、故障時の安全メカニズム機能(故障注入試験)についても確認する。	△: 明確な仕様定義ができれば適用可。しかし、明確な仕様定義ができない場合、適用不可。	△: 明確な仕様定義ができれば適用可。しかし、明確な仕様定義ができない場合、適用不可。
ホワイトボックス試験	カバレッジ試験	ソフトウェアの関数やコードについて、実行文やパスについて、全て実行されているかを確認する。ツールで計測するのが一般的。	○: 内部設計を行っているため、内部設計が正しいことを前提とすると、適用可。	○: AIのコードは存在するため、ツールによるカバレッジ計測は可能。但し、ネットワークの重みづけなどはパラメータにすぎない想定とすること、ブラックボックス試験を同時実施しているわけではないことを前提とする。

3. AI搭載システムの安全設計パターン

AI搭載システムの安全設計パターン

パターン名称(仮)	安全設計パターン
【方針1】 AIコンポーネント自体の安全性を示すパターン (AIをSIL評価)	
1a) 機能安全開発パターン	AIコンポーネントを機能安全準拠開発する (例えば、IEC 61508に準拠した開発) ⇒課題: XAIでは準拠可か?
1b) 安全性評価パターン	AIコンポーネントについて、機能安全規格適合相当の安全性を示す ⇒ IEC/TS 62998-1を応用
1c) Proven-in-useパターン	AIコンポーネントについて、使用実績によって十分な安全性を示す(Proven-in-use)
1d) 多重化設計パターン	QM品質相当のコンポーネントを多重化し安全度水準を満たす方法
【方針2】 AIコンポーネント自体は非安全系とし、外部に安全メカニズムを設ける	
2a) 機能安全機能パターン	制御 (QM) と独立した安全機能 (SIL) を搭載
2b) 比較パターン	AIコンポーネント (QM) と他の非AIコンポーネント (SIL) による多重化比較
2c) 防御設計パターン	動的にロバスト性の確認をするための防御設計 (ガード) を搭載

1a) 機能安全開発パターン ～XAIの可能性検討～

- 説明可能なAI (XAI : eXplainable AI)
 - XAIとは
 - アメリカの国防高等研究計画局 (DARPA) の研究プロジェクトでの用語
 - AIの推定結果 (出力) について、説明可能になっているAIや、説明可能にする技術のこと
 - XAIの目的 : 「ブラックボックスなAIは信頼できない」という不信の払拭
 - 参考 : 大阪大学産業科学研究所 原聡先生 記事
 - https://www.ai-gakkai.or.jp/my-bookmark_vol34-no4/
- XAIのアプローチの大分類
 - ①大域的な説明 … ブラックボックスモデルを可読性の高い解釈可能なモデルで表現
 - ②局所的な説明 … 特定の入力に対するブラックボックスモデルの予測の根拠を提示
 - ③説明可能モデルの設計 … 可読性の高い解釈可能なモデルでAIを設計

■ ギャップ大 ■

- 機能安全規格が要求する検証レベル感
 - 高信頼コンポーネントの積み重ね
 - ホワイトボックス化 (コードレビュー、コードカバレッジ) ←③で対応可? (検討中)
 - 検証 (設計検証、テスト) の網羅性 ←不足感あり (②は特定ケースのみ)
 - (可能な限り) 実システムに対する動作試験実施 ←XAIでの机上説明だけでは不十分

1b) 安全性評価パターン

- 安全センサシステム規格IEC/TS 62998-1の評価方法を応用できる
- SEAMSガイドラインでは、具体的な評価手順を記載
- IEC 62998の概要
 - Safety of machinery – Safety-related sensors used for the protection of persons
 - 従来の安全センサ規格（IEC 61496、IEC 60947-5-2）では未対象のセンサを対象
 - レーダー、超音波、物体位置計測、物体認識（AI含む）、etc
 - センサフュージョン（センサの組み合わせ）
 - 外部環境の影響を考慮
 - 屋外も対象（雨、風、太陽光、霧、etc）
 - 安全関連情報の「不確かさ」の確率を元にした、定量的指標を定義
 - パフォーマンスクラス（A～F）⇒ IEC 61508（SIL）, ISO 13849（PL）
 - 参考：http://www.jmf.or.jp/content/files/hyoujunka/syu3109_h03.pdf
- AIとセンサシステムには類似性あり
 - 人間の期待値とは異なる情報（非決定的な情報）を出力する可能性がある
 - 例）複雑な外部環境の影響を受け、センサの出力値は変化する

1c) Proven-in-use パターン

- 機能安全規格(IEC 61508)が要求する Proven-in-use (使用実績) 基準を満たすことによって、十分な安全性があると評する方法
 - 今回のシステムにおいて、仕様変更せずに使用すること
 - さまざまなアプリケーションのシステムで実績があること
 - 少なくとも1年間のサービス履歴があること
 - 安全度レベルまたは適切な要求数に応じた動作時間; 以下の安全性に関連しない故障率の実証
 - ① 95%の信頼度で作動要求あたりの失敗率が 10^{-2} 以下であることの実証には、300回の作動が必要
 - ② 99.9%の信頼度で作動要求あたりの失敗率が 10^{-5} 以下であることの実証には、690,000回の作動が必要
 - 上記の基準を満たしていることの実証 (証拠)

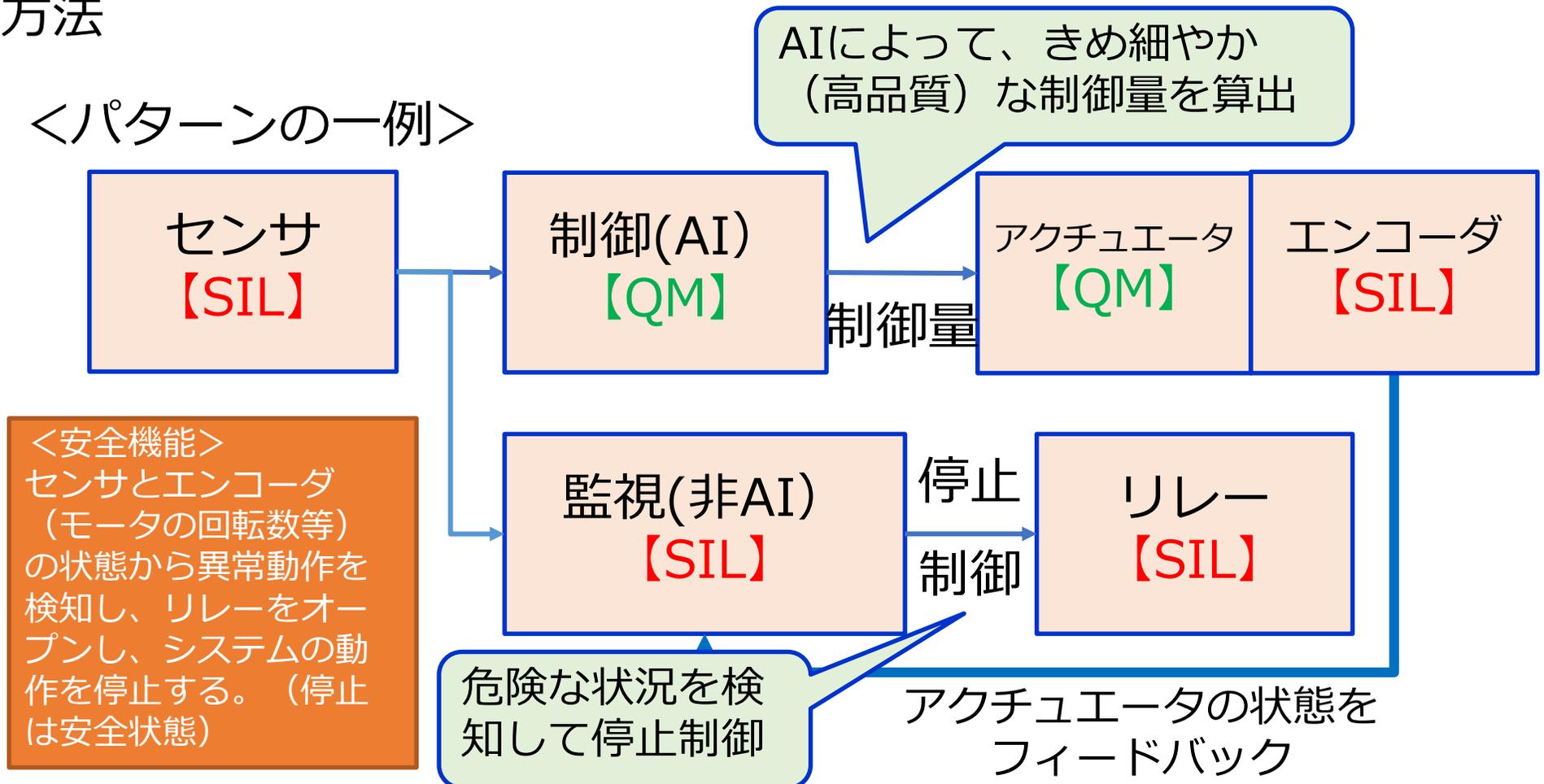
1d) 多重化設計パターン

- QM品質相当のコンポーネントを**多重化（冗長）設計**することにより、安全度水準を満たす方法
 - 例えば、ISO 26262では**最大二重故障までしか考慮する必要がない**ため、三重故障はsafe faultとして扱ってよい（参照：ISO 26262-1:2018 3.130 safe fault、ISO 26262-5:2018 Figure B.2 NOTE 1）
 - 「**いずれか2つが故障したとしても安全要求を満たせるように三重化で冗長設計すれば、各コンポーネントはQM品質であっても安全度水準を満たせる**」ということである
 - 三重化設計は、多数決ではなく、冗長化である

2a) 機能安全機能パターン

AIとは独立した機能安全機能（SIL）を搭載することによって、AIが誤った結果を出力したとしても危険にならない設計にする方法

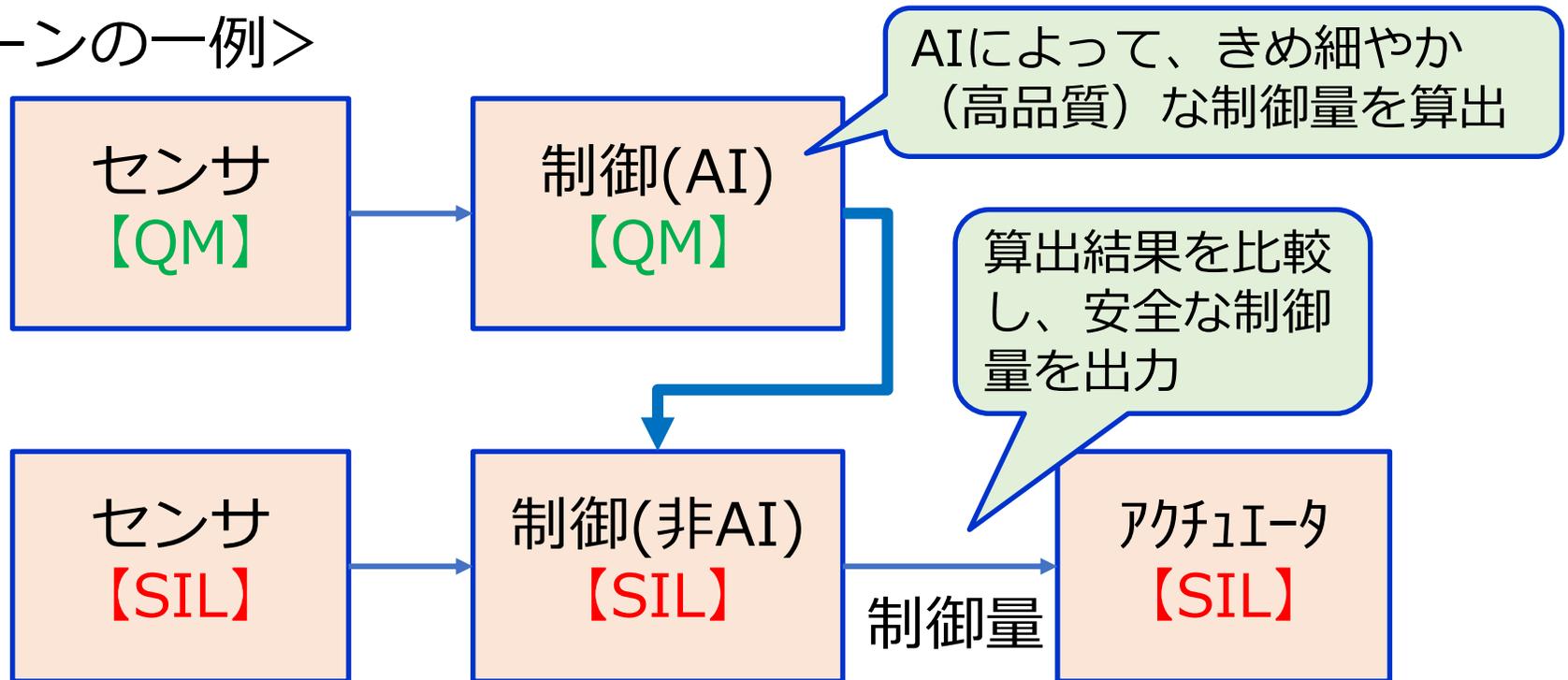
<パターンの一例>



2b) 比較パターン

AIと非AI（簡易版）による2種類の算出結果を比較し、AIの算出結果が安全範囲かを判断

<パターンの一例>



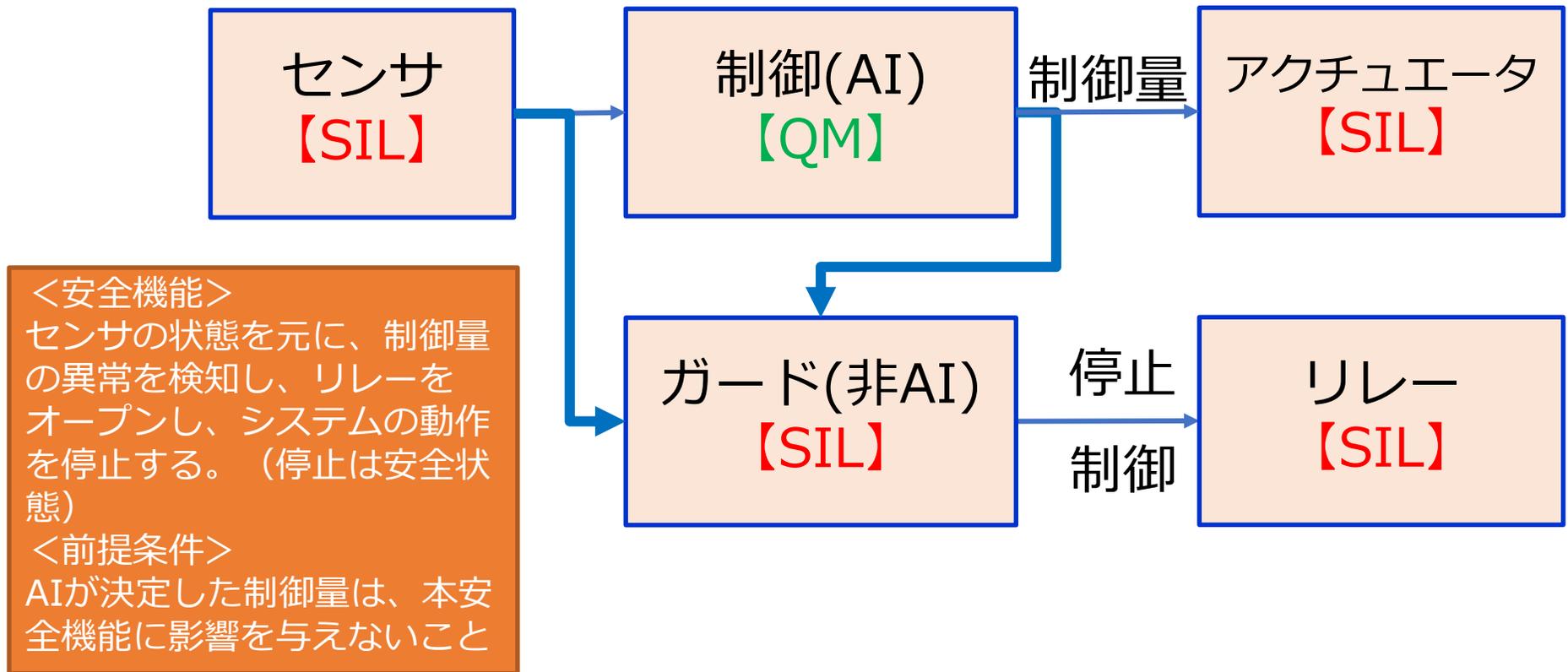
<安全機能>

センサの状態に応じて、安全範囲の制御量でアクチュエータを制御する。
AIの決定値が安全範囲であれば採用する。

2c) 防御設計パターン

動的にロバスト性の確認をするための防御設計（ガード）を搭載する方法

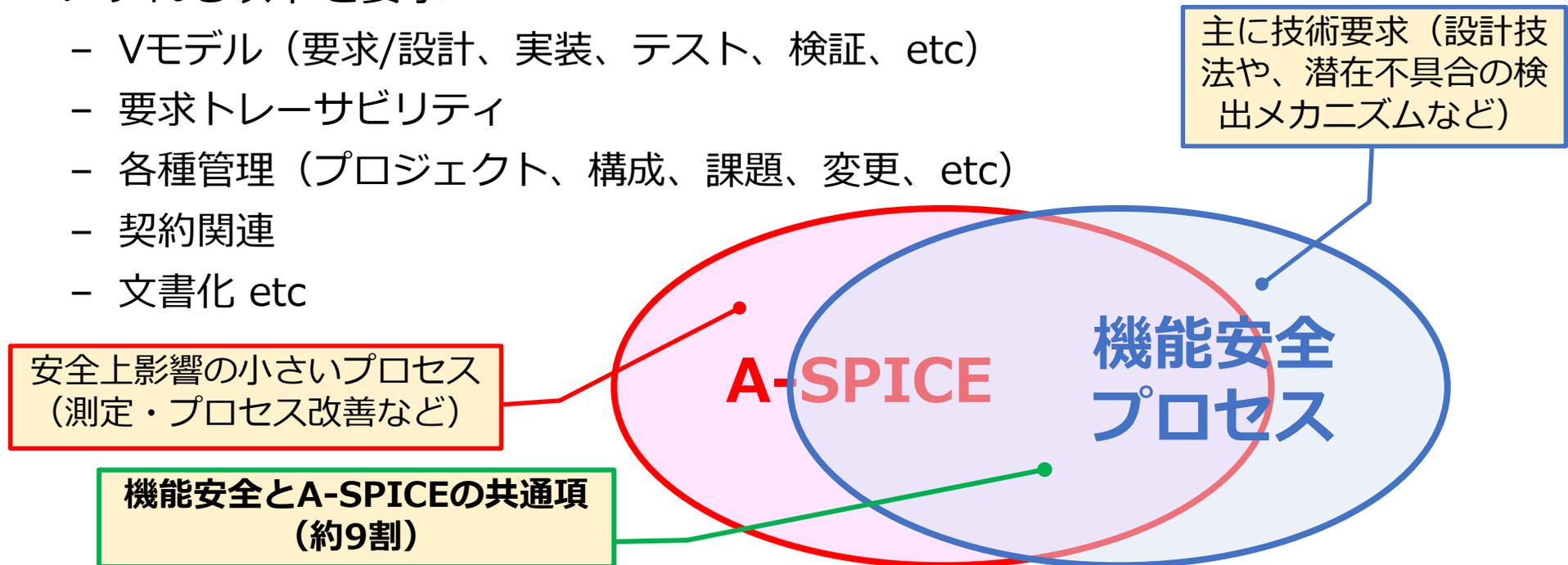
＜パターンの一例＞



4. AI搭載システムの安全開発プロセス

従来の安全開発プロセスの概要

- 安全クリティカルシステムの開発では、“機能安全”が必須化
- 自動車のECU開発の設計品質担保（リスク対策）と品質説明（エビデンス）には、“AutomotiveSPICE (A-SPICE)” がトレンド
- いずれも以下を要求
 - Vモデル（要求/設計、実装、テスト、検証、etc）
 - 要求トレーサビリティ
 - 各種管理（プロジェクト、構成、課題、変更、etc）
 - 契約関連
 - 文書化 etc



安全開発プロセスのベースはA-SPICEが望ましい
(QM開発、機能安全開発、両方向につぶしがきく)

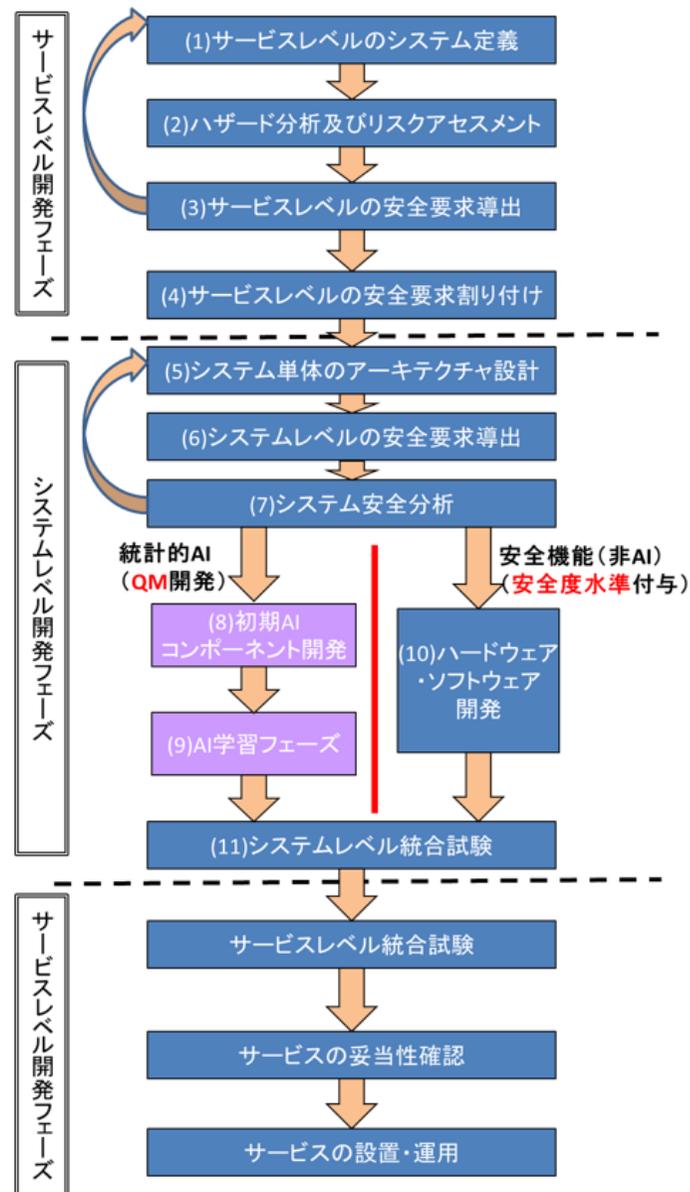
AI搭載システムの安全開発プロセス

● AI 搭載システム開発

- 前述 “方針 2” の場合の開発プロセス
- AIはQM開発
 - 例えばAutomotiveSPICE(A-SPICE)レベル3に準拠
- 安全機能は機能安全設計
 - ISO 26262 に準拠

● AIのQM開発

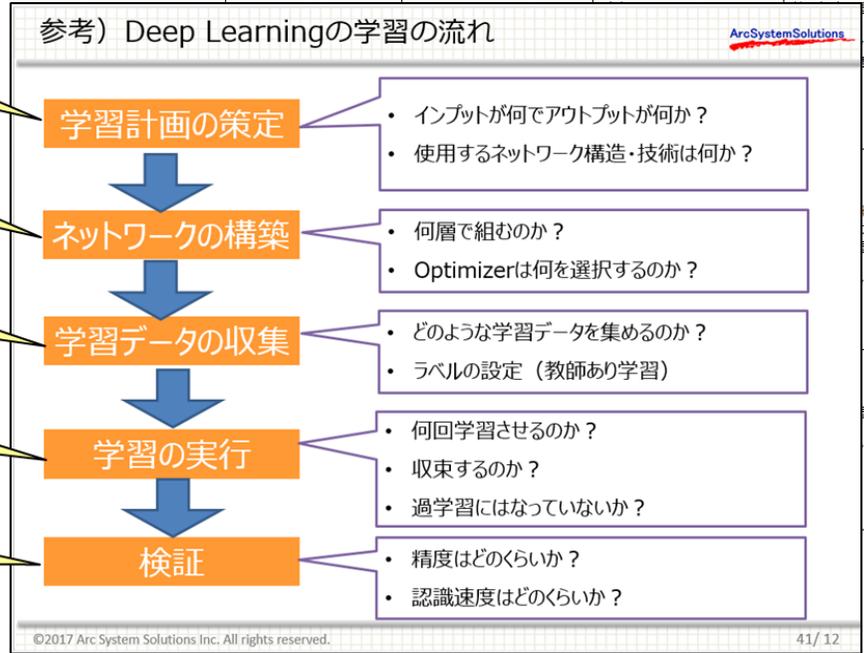
- (8)初期AIコンポーネント開発
 - ベースとなるAIアルゴリズム開発。従来のソフトウェアと同等のため、A-SPICE開発可能。
- (9)AI学習フェーズ
 - AIモデル開発。品質・安全についての標準化検討は現在進行中。(ISO/IEC JTC1 SC42など)



(9)AI学習フェーズ(QM) (1/3)

- Automotive SPICE のエッセンスをテーラリングした学習プロセスを提案

プロセス名	プロセス概要	基本プラクティス	成果物一覧	確認対象の活動	確認ポイント (基本プラクティスのテーラリング)
SWE.1 ソフトウェア要求分析	ソフトウェア要件のうちソフトウェア関連部分をソフトウェア要件の集合に変換する	<ul style="list-style-type: none"> ソフトウェア要件の仕様化 ソフトウェア要件の構造化 運用環境における影響の分析 検証基準の作成 双方向トレーサビリティの確立 一貫性の確保 合意したソフトウェア要件の伝達 	<ul style="list-style-type: none"> 情報伝達記録 レビュー記録 変更制御記録 トレーサビリティ記録 分析報告書 インタフェース要件仕様書 ソフトウェア要件仕様書 検証基準 	<ul style="list-style-type: none"> 学習計画の策定 インプット、アウトプットの定義 使用するAIの構造、技術の定義 	<ul style="list-style-type: none"> ソフトウェア要件が仕様化されていること 入力、処理、出力の明確化 使用する AI 構造、技術要件の明確化 ソフトウェア要件の構造化 (明確な要件に整理できていること) ソフトウェア要件に過不足がない分析・検証できていること 前提となる運用環境 (使用するネットワーク構造・技術など) を想定した分析ができていないこと 要件分析の検証方法 (レビューチェックリストなど) や合格基準について、明確にルールを設けていること システムからソフトへの双方向トレーサビリティを確立していること 一貫性の確保 (トレーサビリティ情報を使用し、一貫性の確認を行っていること) 合意したソフトウェア要件の伝達 (要件変更時の合意事項を適切に伝達できていること)
	アーキテクチャ設計を確立させ、どのソ	<ul style="list-style-type: none"> ソフトウェアアーキテクチャ設計書の作成 ソフトウェア要件の割り当て ソフトウェアエレメントのインタフェースの定義 	<ul style="list-style-type: none"> ソフトウェアアーキテクチャ設計書 	<ul style="list-style-type: none"> AIの構造 ネットワーク層数の定義 最適化の選択 	<ul style="list-style-type: none"> ソフトウェアアーキテクチャ設計書を作成できていること (設計書にて、ネットワーク層数、最適化、学習データの定義、といった技術的な方針を明確に決定できていること) ソフトウェア要件仕様書とソフトウェアアーキテクチャ設計書の内容は、要件のトレーサビリティをとっており、ソフトウェア要件仕様書の要件がすべて設計されていること ソフトウェアエレメントに分割設計した場合、要件のエレメントへの割り当てが明確にされていること、またエレメント間のインタフェースが明確に定義されていること 学習データの収集 学習データの定義 ラベルの設定 (教師あり学習)
				<ul style="list-style-type: none"> 学習の実施 学習回数数の定義 収束判断基準の定義 過学習になっていないかの確認 	<ul style="list-style-type: none"> ソフトウェア詳細設計書を作成できていること (設計書にて、学習回数数の定義、収束判断基準などについて明確に決定できていること) ソフトウェアアーキテクチャ設計書とソフトウェア詳細設計書の内容は、要件のトレーサビリティをとっており、ソフトウェアアーキテクチャ設計書の要件がすべて設計されていること 設計の方向性が適切であることが評価されていること 設計変更時の合意事項を適切に伝達できていること ソフトウェアが適切に実装されていること (学習回数、学習度合いが適切であること)
				<ul style="list-style-type: none"> 検証 精度の定義 認識速度の定義 	<ul style="list-style-type: none"> AIを含むソフトウェアのテスト仕様書を作成できていること、テスト仕様書には、テスト戦略、テスト項目、テスト手順、期待値、合格基準などが明記されていること ソフトウェアアーキテクチャ設計書、ソフトウェア詳細設計書に記載の要件と、テスト仕様書のトレーサビリティをとっており、設計書の要件がすべてテストされていること テスト項目が妥当であることを検証されていること テストの信頼性100%を考慮できていること テスト仕様変更時の合意事項を適切に伝達できていること

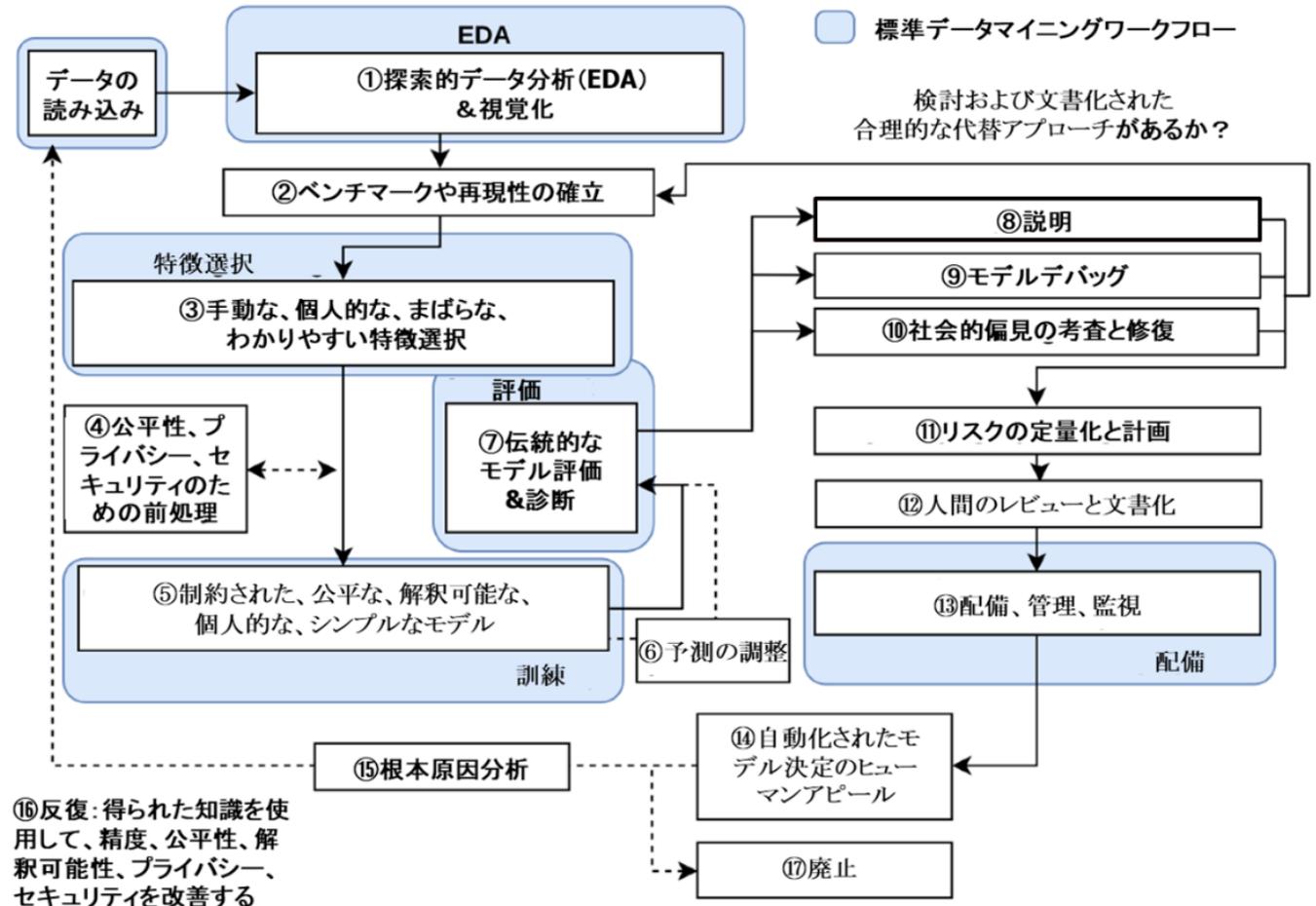


テーラリング結果

(9)AI学習フェーズ(QM) (2/3)

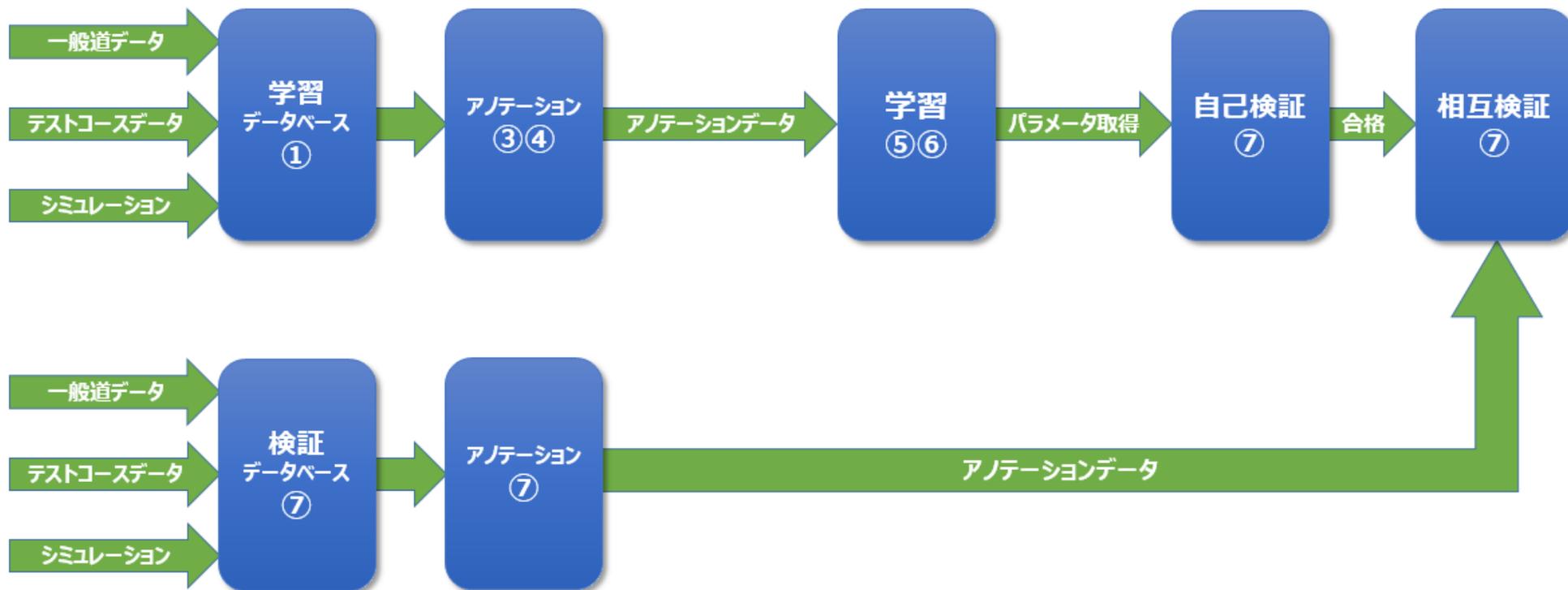
- 説明可能性の高いAIモデルワークフロー（下記論文）を参考に、各工程の実施内容を整理

参照元論文：Proposed Guidelines for the Responsible Use of Explainable Machine Learning
<https://arxiv.org/pdf/1906.03533.pdf>



(9)AI学習フェーズ(QM) (3/3)

- ISO/PAS 21448:2019 (SOTIF) Annex G のワークフローとの対応関係を整理



(11)システムレベル統合試験(機能安全)

- ISO 26262 Part.4 システムレベルの製品開発
 - AIと安全関連系のパーティショニングの検証
 - フォールトインジェクションテスト
 - 安全メカニズムが正しく働くかを確認するために、構成要素のさまざまな故障を発生させることによるテスト手法
 - AIにおいては、AIの誤り（誤判定）などの影響について、本テスト手法で安全性を確認可能

(1)~(3)サービスレベルのハザード分析

※特に難易度の高い活動を赤字で記載

- (1)サービスレベルのシステム定義

- システム概要

- **利用条件**

- **環境条件**

- **ユースケース**

- 各サブシステムの機能

- (2)ハザード分析及びリスクアセスメント

- アクシデント・ハザード・安全制約の決定

- **コントロールストラクチャ (CS) の作成**

- UCAの抽出

- UCAを含めたユースケースでの非安全シナリオ導出

- **リスクアセスメント**

- (3)サービスレベルの安全要求導出

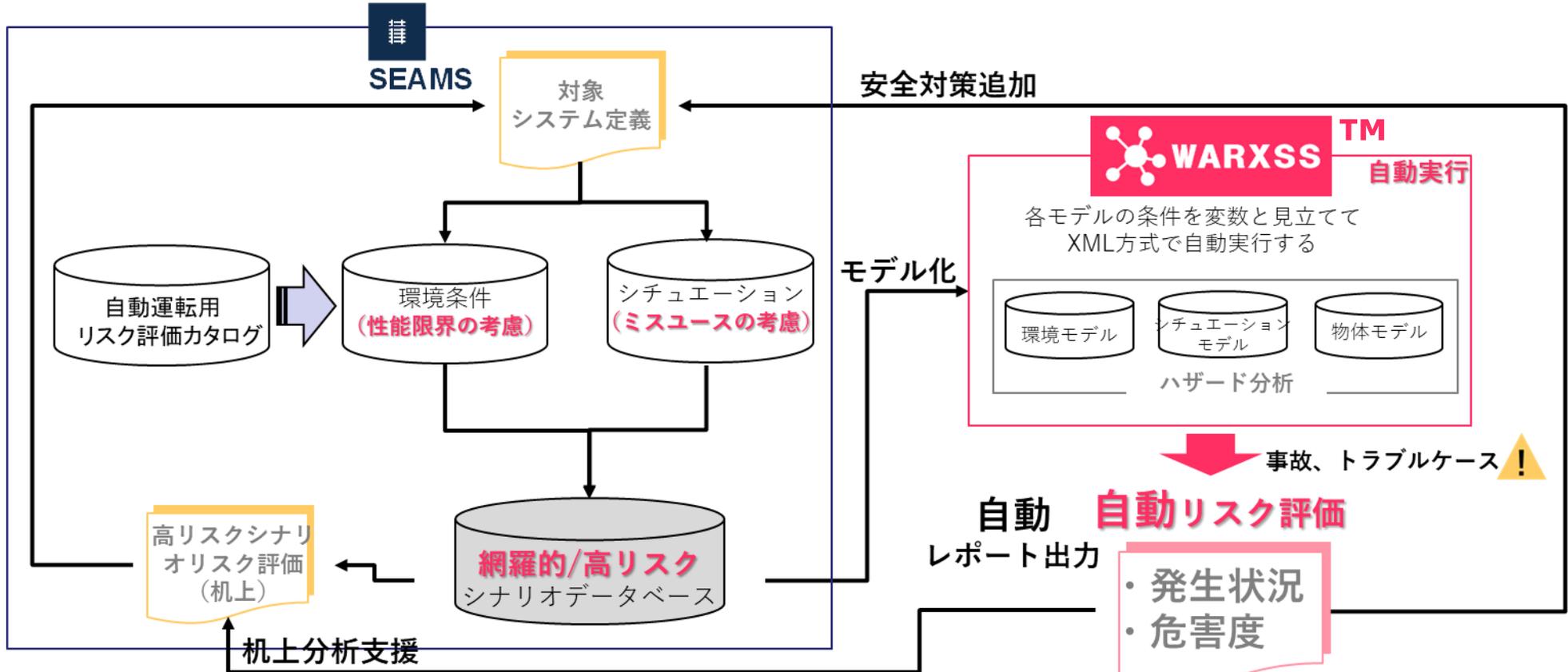
各種条件の抽出はノウハウ集。
(条件漏れは分析漏れを招く)

STAMP/STPAは効率的な分析手法だが、CSの定義が不適切だと、分析漏れが生じる

・膨大な分析量
・分析結果の整合
(作業分担時)

シミュレーション環境を用いたリスク評価環境の提案

- ・ 網羅シナリオ自動実行 × 自動リスク評価 × 改善ループ
- ・ ハイブリッド手法：机上分析（高精度） × シミュレーション（自動＆網羅）



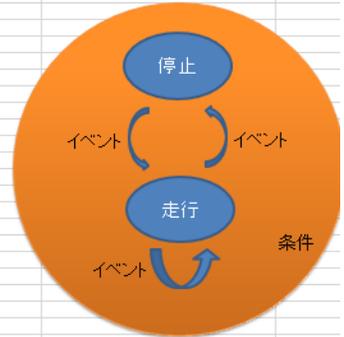
・ WARXSS™は「Way of Advanced Reality for eXtensible Services Solution」の略称で、株式会社ヴィッツの登録商標です。WARXSS™ソリューションは、単なる3Dバーチャルソリューションではなく、レガシーな資産(制御アプリ等)やサードパーティのシミュレータ、ツールと“繋がる”総合ソリューションです。

・ 上図 WARXSS™環境では、シナリオの自動実行シミュレーションだけでなく、実行した結果「どんな条件・状況のときにどのような危害の事故が発生するか」を自動で算出します。結果を机上で把握し素早く安全対策へ反映することができます。

【参考】 (株)ヴィッツの「自動運転用リスク評価カタログ」

恒久的																																																																																			
大項目	中項目	小項目	#	要因	引用																																																																														
物理インフラ	道路タイプ	機能	1	インターチェンジ	NHTSA																																																																														
			2	高速自動車国道 (最高速度120km/h)																																																																															
			3	高速自動車国道 (最高速度100km/h)																																																																															
			4	高速自動車国道 (最高速度80km/h)																																																																															
			5	一般国道自動車専用道路																																																																															
			6	都市高速道路																																																																															
			7	一般道																																																																															
			8	サービス限定区間																																																																															
			9	双方向、上下分割あり、分離帯なし	NHTSA																																																																														
複合的イベント/状況																																																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>大項目</th> <th>中項目</th> <th>小項目</th> <th>#</th> <th>要因</th> <th>引用</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="9">物理インフラ</td> <td rowspan="9">道路表面/特徴</td> <td rowspan="9">車線</td> <td>1</td> <td>バンプ</td> <td>NHTSA</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>穴ぼこ</td> <td>NHTSA</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>轍</td> <td>NHTSA</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>段差</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>工事中に関する状況</td> <td>NHTSA</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>路肩に関する状況</td> <td>NHTSA</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>不十分な設計の道路</td> <td>NHTSA</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>不十分な設計の橋</td> <td>NHTSA</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>ロードコーン</td> <td>NHTSA</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">稼働制約</td> <td rowspan="2">速度制限</td> <td rowspan="2">停止</td> <td>停止</td> <td>走行</td> <td>不定 (停止もしくは走行)</td> </tr> <tr> <td>normal</td> <td>0km/h から 法定速度まで加速 交通量の少ない道路に合流 後退</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2"></td> <td rowspan="2"></td> <td rowspan="2"></td> <td>accidental</td> <td>交通量の多い道路に合流 交通量の極めて多い道路に合流</td> <td></td> </tr> <tr> <td>走行</td> <td>normal</td> <td>+10km/h 加速 -10km/h 減速</td> <td>normal</td> <td>前で青信号から黄色信号になる 前で黄色信号から赤信号になる 前で赤信号から青信号になる</td> </tr> <tr> <td rowspan="2"></td> <td rowspan="2"></td> <td rowspan="2"></td> <td>accidental</td> <td>青信号 矢印信号 (行く方向) 黄色信号点滅 三叉路右折 三叉路左折 交差点右折待ち 交差点左折待ち 長蛇の右折待ちに並ぶ 長蛇の左折待ちに並ぶ 横断歩道上の歩行者 横断歩道上の自転車 踏切 渋滞による停止 ランプ入り待ち渋滞に並ぶ 横断</td> <td>accidental</td> <td>緊急車両の後方からの接近 路上に故障車両、火災車両 信号機の故障、無点火 一般人によるルールに則った赤信号の交通整理 一般人によるルールに則った黄色信号の交通整理 一般人によるルールに則った青信号の交通整理 一般人によるルールに則った右折の交通整理 一般人によるルールに則った左折の交通整理</td> </tr> <tr> <td>threat</td> <td>踏切の車両を追い抜き 前方の車両を追い越し 前方の車両をはみだし追い越し 主要道から脇道に入る 脇道から主要道に入る トンネルに入る 料金所 トンネルから出る 上り坂になる 下り坂になる 右カーブ 左カーブ</td> <td>threat</td> <td>警官による懸濁った信号の交通整理 一般人による懸濁った信号の交通整理 車両による後方からのお呼び運転 車両による前への割り込み 前方車両の急な減速 前方車両の急な停止 前方車両の急な右折 前方車両の急な左折 歩き車両 二輪車による後方からのお呼び運転 二輪車による前への割り込み</td> </tr> <tr> <td rowspan="2"></td> <td rowspan="2"></td> <td rowspan="2"></td> <td>accidental</td> <td>道路の完全閉鎖 道路をふさぐ路上降下物 バトカーによる停止指示 道路冠水 (危険水域) 右前タイヤのパンク 左前タイヤのパンク 後部タイヤのパンク</td> <td>accidental</td> <td>前方二輪車の急な減速 前方二輪車の急な停止 前方二輪車の急な右折 前方二輪車の急な左折 自転車による後方からのお呼び運転 自転車による前への割り込み</td> </tr> <tr> <td>threat</td> <td>歩行者の飛び出し 自転車の飛び出し 二輪車の飛び出し 他の車両の飛び出し 道路幅いっぱいの駐車車両 道路で遊んでいる一般人</td> <td>threat</td> <td>前方自転車の急な減速 進行方向歩行者の追い抜き 進行方向自転車の追い抜き 進行方向二輪車の追い抜き 駐車車両の回避 駐車二輪車の回避 歩行者による前への割り込み 前方歩行者の急な減速</td> </tr> </tbody> </table>						大項目	中項目	小項目	#	要因	引用	物理インフラ	道路表面/特徴	車線	1	バンプ	NHTSA	2	穴ぼこ	NHTSA	3	轍	NHTSA	4	段差		5	工事中に関する状況	NHTSA	6	路肩に関する状況	NHTSA	7	不十分な設計の道路	NHTSA	8	不十分な設計の橋	NHTSA	9	ロードコーン	NHTSA	稼働制約	速度制限	停止	停止	走行	不定 (停止もしくは走行)	normal	0km/h から 法定速度まで加速 交通量の少ない道路に合流 後退					accidental	交通量の多い道路に合流 交通量の極めて多い道路に合流		走行	normal	+10km/h 加速 -10km/h 減速	normal	前で青信号から黄色信号になる 前で黄色信号から赤信号になる 前で赤信号から青信号になる				accidental	青信号 矢印信号 (行く方向) 黄色信号点滅 三叉路右折 三叉路左折 交差点右折待ち 交差点左折待ち 長蛇の右折待ちに並ぶ 長蛇の左折待ちに並ぶ 横断歩道上の歩行者 横断歩道上の自転車 踏切 渋滞による停止 ランプ入り待ち渋滞に並ぶ 横断	accidental	緊急車両の後方からの接近 路上に故障車両、火災車両 信号機の故障、無点火 一般人によるルールに則った赤信号の交通整理 一般人によるルールに則った黄色信号の交通整理 一般人によるルールに則った青信号の交通整理 一般人によるルールに則った右折の交通整理 一般人によるルールに則った左折の交通整理	threat	踏切の車両を追い抜き 前方の車両を追い越し 前方の車両をはみだし追い越し 主要道から脇道に入る 脇道から主要道に入る トンネルに入る 料金所 トンネルから出る 上り坂になる 下り坂になる 右カーブ 左カーブ	threat	警官による懸濁った信号の交通整理 一般人による懸濁った信号の交通整理 車両による後方からのお呼び運転 車両による前への割り込み 前方車両の急な減速 前方車両の急な停止 前方車両の急な右折 前方車両の急な左折 歩き車両 二輪車による後方からのお呼び運転 二輪車による前への割り込み				accidental	道路の完全閉鎖 道路をふさぐ路上降下物 バトカーによる停止指示 道路冠水 (危険水域) 右前タイヤのパンク 左前タイヤのパンク 後部タイヤのパンク	accidental	前方二輪車の急な減速 前方二輪車の急な停止 前方二輪車の急な右折 前方二輪車の急な左折 自転車による後方からのお呼び運転 自転車による前への割り込み	threat	歩行者の飛び出し 自転車の飛び出し 二輪車の飛び出し 他の車両の飛び出し 道路幅いっぱいの駐車車両 道路で遊んでいる一般人	threat	前方自転車の急な減速 進行方向歩行者の追い抜き 進行方向自転車の追い抜き 進行方向二輪車の追い抜き 駐車車両の回避 駐車二輪車の回避 歩行者による前への割り込み 前方歩行者の急な減速
大項目	中項目	小項目	#	要因	引用																																																																														
物理インフラ	道路表面/特徴	車線	1	バンプ	NHTSA																																																																														
			2	穴ぼこ	NHTSA																																																																														
			3	轍	NHTSA																																																																														
			4	段差																																																																															
			5	工事中に関する状況	NHTSA																																																																														
			6	路肩に関する状況	NHTSA																																																																														
			7	不十分な設計の道路	NHTSA																																																																														
			8	不十分な設計の橋	NHTSA																																																																														
			9	ロードコーン	NHTSA																																																																														
稼働制約	速度制限	停止	停止	走行	不定 (停止もしくは走行)																																																																														
			normal	0km/h から 法定速度まで加速 交通量の少ない道路に合流 後退																																																																															
			accidental	交通量の多い道路に合流 交通量の極めて多い道路に合流																																																																															
			走行	normal	+10km/h 加速 -10km/h 減速	normal	前で青信号から黄色信号になる 前で黄色信号から赤信号になる 前で赤信号から青信号になる																																																																												
			accidental	青信号 矢印信号 (行く方向) 黄色信号点滅 三叉路右折 三叉路左折 交差点右折待ち 交差点左折待ち 長蛇の右折待ちに並ぶ 長蛇の左折待ちに並ぶ 横断歩道上の歩行者 横断歩道上の自転車 踏切 渋滞による停止 ランプ入り待ち渋滞に並ぶ 横断	accidental	緊急車両の後方からの接近 路上に故障車両、火災車両 信号機の故障、無点火 一般人によるルールに則った赤信号の交通整理 一般人によるルールに則った黄色信号の交通整理 一般人によるルールに則った青信号の交通整理 一般人によるルールに則った右折の交通整理 一般人によるルールに則った左折の交通整理																																																																													
			threat	踏切の車両を追い抜き 前方の車両を追い越し 前方の車両をはみだし追い越し 主要道から脇道に入る 脇道から主要道に入る トンネルに入る 料金所 トンネルから出る 上り坂になる 下り坂になる 右カーブ 左カーブ	threat	警官による懸濁った信号の交通整理 一般人による懸濁った信号の交通整理 車両による後方からのお呼び運転 車両による前への割り込み 前方車両の急な減速 前方車両の急な停止 前方車両の急な右折 前方車両の急な左折 歩き車両 二輪車による後方からのお呼び運転 二輪車による前への割り込み																																																																													
			accidental	道路の完全閉鎖 道路をふさぐ路上降下物 バトカーによる停止指示 道路冠水 (危険水域) 右前タイヤのパンク 左前タイヤのパンク 後部タイヤのパンク	accidental	前方二輪車の急な減速 前方二輪車の急な停止 前方二輪車の急な右折 前方二輪車の急な左折 自転車による後方からのお呼び運転 自転車による前への割り込み																																																																													
			threat	歩行者の飛び出し 自転車の飛び出し 二輪車の飛び出し 他の車両の飛び出し 道路幅いっぱいの駐車車両 道路で遊んでいる一般人	threat	前方自転車の急な減速 進行方向歩行者の追い抜き 進行方向自転車の追い抜き 進行方向二輪車の追い抜き 駐車車両の回避 駐車二輪車の回避 歩行者による前への割り込み 前方歩行者の急な減速																																																																													
道路表面/特徴	車線																																																																																		
	道路																																																																																		
	路上物体	信号と標識																																																																																	
	交差																																																																																		
		路上許可																																																																																	
		路上不許可																																																																																	
41 歩道、私道上					NHTSA																																																																														

・ 400種以上の具体的な環境条件の整理
 ・ シチュエーションの組合せパターンの整理



5. 具体的な適用事例の概要

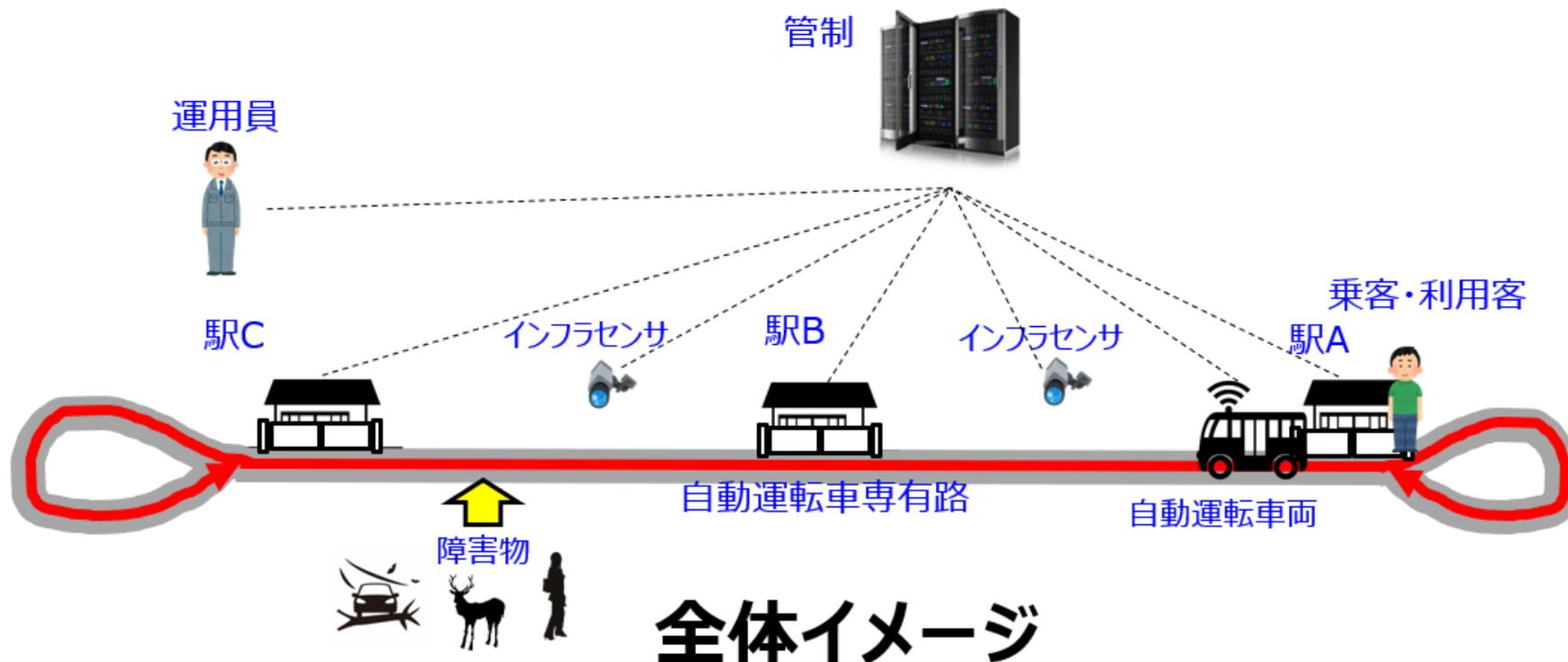
具体的な適用事例 システム全体イメージ

自動運転レベル4
に対応した
システムです

閉鎖区間における無人「人・モノ」輸送サービス

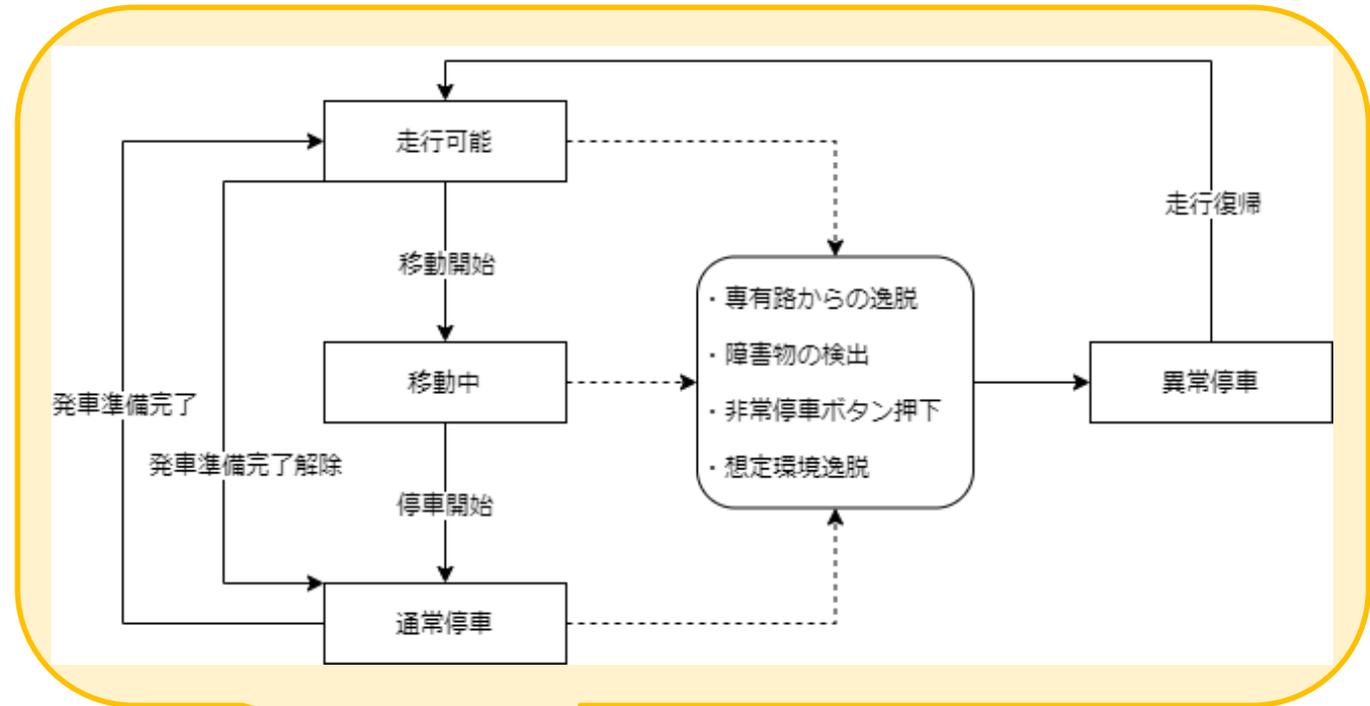
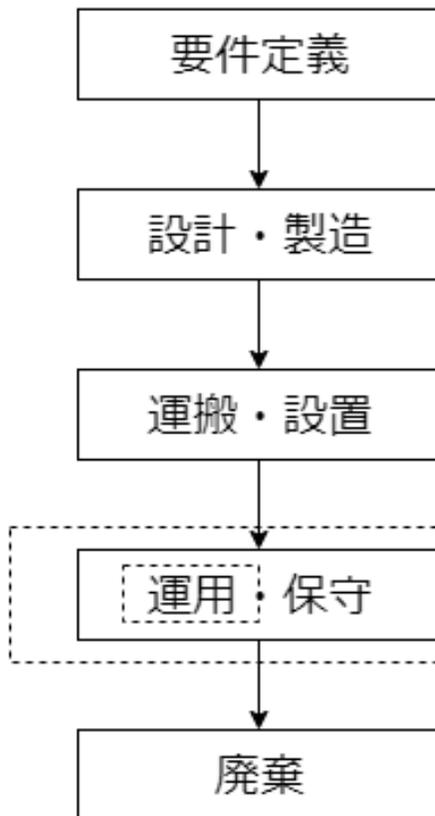
無人車両による限定区間内ピストン輸送システム

管制が各機能と通信を行い運行を管理する事で専用区間内における自動運転車両の
自律的自動運転を支援し、安全な輸送を行うことを目的としたシステム



具体的な適用事例 安全対策範囲

システムのライフサイクル



本システム定義の考慮範囲は「運用」の部分

MaaSシステム安全コンセプト 目次

1 本文書の概要 1	2.5.5 車両の駅での通常停車 18	4 ハザード分析及びリスクアセスメント 43
1.1 目的 1	2.5.6 車両のその他の非常停車 19	4.1 目的 43
1.2 用語定義 1	2.5.7 駅での車両乗降 21	4.2 ハザード分析対象 43
1.3 準拠する規格 1	2.5.8 駅以外での車両乗降 23	4.3 ハザード分析手法 43
1.4 関連文書 1	2.5.9 車両の駅での通常発車 25	4.3.1 アクシデント・ハザード・安全制約の決定 43
2 対象システム定義 3	2.5.10 車両の走行復帰 27	4.3.2 非安全動作 (UCA) の抽出 44
2.1 MaaSシステム概要 3	2.5.11 障害物対応 29	4.3.3 非安全動作 (UCA) を含めたユースケースでのシナリオ導出 44
2.2 システムの登場人物 4	2.5.12 非常停車対応 31	4.3.4 従来の手順との差異 44
2.3 システム全体の機能 4	2.5.13 想定環境逸脱監視 33	4.4 ハザード分析結果 45
2.4 前提条件 7	3 システムの全体設計 34	4.4.1 アクシデント・ハザード・安全制約表 45
2.4.1 自動運転車両 7	3.1 システム全体構成 34	4.4.2 非安全動作 (UCA) の抽出 46
2.4.2 走行環境 9	3.2 各構成要素の詳細 34	4.4.3 非安全動作 (UCA) を含めたユースケースでのシナリオ導出 48
2.4.3 利用環境 11	3.2.1 管制 35	4.5 リスクアセスメント 53
2.4.4 管制 11	3.2.2 車両 36	5 安全対策済みシステム定義 62
2.4.5 駅 12	3.2.3 インフラセンサ 38	5.1 安全要求の割り当て 62
2.4.6 インフラセンサ 12	3.2.4 駅 38	
2.4.7 運行前点検 12	3.2.5 運用員 39	
2.5 ユースケース 13	3.2.6 利用客 39	
2.5.1 車両の走行 13	3.2.7 乗客 40	
2.5.2 車両の専有路逸脱停車 15	3.2.8 環境(専有路) 40	
2.5.3 車両の衝突回避停車 16	3.2.9 環境(障害物) 41	
2.5.4 車両の乗客操作での非常停車 17	3.2.10 環境(その他) 41	

6. おわりに

まとめ

- 本書では、SEAMS Projectが開発した「AI搭載システムの安全設計ガイドライン」の技術ポイントを紹介しました。
- 本書が紹介する技術は、自動運転システムに限らず、安全性を示すのが困難な複雑なシステムに、広く応用いただくことが可能です。
- 我々の技術が、IoT社会の安全性実現に貢献できれば幸いです。

ご覧いただきありがとうございました

本内容の詳細に関しては、以下までご相談ください。

株式会社ウィッツ 機能安全開発部

森川 聡久 morikawa@witz-inc.co.jp

四谷 道夫 m-yotsuya@witz-inc.co.jp



SEAMS