令和３年度省エネルギー等に関する国際標準の獲得・普及促進事業委託費（国際ルールインテリジェンスに関する調査（システムオブシステムズの安全性・信頼性確保））報告書

～システム オブ システムズの安全性・信頼性確保に向けたガバナンスの検討～

2022年3月

（株）三菱総合研究所

報告書概要版構成案

1. 基本方針

- 1.1 基本方針、位置づけ
- 1.2 用語の概念整理

2. ビジョン

- 2.1 コンセプト
- 2.2 ユースケース①ドローン
- 2.3 ユースケース②スマートビル
- 2.4 経済性分析

3.アーキテクチャ

- 3.1 要求事項
- 3.2 ガバナンスの在り方（アーキテクチャ）
- 3.3 提案するガバナンスを実現する重要技術とその課題
- 3.4 社会実装に向けた施策

4.検討体制

- 4.1 今年度の有識者検討会の概要
- 4.2 来年度の検討体制

（参考）仕様書との対応

- 我が国が提唱するSociety5.0においては、データを介して異なるシステム同士が複雑につながることで予期しない挙動を行うようなケースも想定される。今後、益々システムのコネクト化が進む中においては、システム単体の安全性・信頼性のみならず、つながったシステム全体（システムオブシステムズ）としての安全性・信頼性を実現することが不可欠となる。
- システムオブシステムズのアーキテクチャを踏まえた安全性・信頼性の担保に必要なシステムの在り方の検討と、このような新しいシステムの特性を考慮した規制や商習慣の確立に向けた検討を並行して行う。

実施項目	報告書該当箇所
業務内容（１）(ア) 国内外のルールと今後生じうる課題の論点整理	1．基本方針 2．ビジョン Appendix
業務内容（１）(イ) システムオブシステムズの安全性・信頼性における重要技術に関する調査	3.3　提案するガバナンスを実現する重要技術とその課題
業務内容（１）(ウ) 国際標準等を活用したルール形成によって期待される経済的効果及びエネルギー効率化効果の調査	2.4　経済性分析
業務内容（１）(エ)システムオブシステムズの実装に向けたシステムとルールの在り方に関する提言	３．アーキテクチャ
業務内容（２）有識者検討会等の運営	４．検討体制

1. 基本方針

1.1 基本方針、位置づけ

1.2 用語の概念整理

1. 基本方針

1.1 基本方針、位置づけ

1.2 用語の概念整理

基本方針

- 我が国が提唱する**Society5.0が「サイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させたシステム」を前提**としているように、我々の社会において、サイバー空間は、もはやリアルな空間に従属するものではなく、リアルな空間と対をなすもう一つの世界となりつつある。

- Society5.0においては、データを介して異なるシステム同士が複雑につながることで、設計段階では予見しえない領域が拡大するため、単体では安全性・信頼性が確保されたシステムであっても、それらをつなげた際に予期しない挙動を行うようなケースも想定される。このため、今後、**益々システムのコネクト化が進む中においては、システム単体の安全性・信頼性のみならず、つながったシステム全体（システムオブシステムズ）としての安全性・信頼性を実現することが不可欠**となる。

- 他方、現在の安全性・信頼性確保に向けたガバナンスは現状及び近未来に対応するためのガバナンスであり、既存の産業や慣習を前提に規律している。これからは**現状とは大きく異なる将来像**を描いた上で、その実現に向けて、**政府が主導して、企業、ユーザー、社会等全体で対話・協力しながら、目的やアクションを明確化し、それを実現するシステム等の設計や、その取組を促すインセンティブの付与と阻害要因の排除を伴うガバナンス**を実現する必要がある。

- データを収集して機械・システムを制御するアーキテクチャの設計に当たっては、システムや機械の機能設計に加えて、その**実現のための規範やインセンティブ等を含むガバナンスの設計**を行う必要がある。本検討では、**ドローン及びスマートビルの分野をユースケースとしてガバナンスの基本的な設計**を行う。その上で、Society5.0における、データを収集して機械・システムを制御するアーキテクチャの設計全般における**ガバナンス設計の基本原理を導出**する。

自律移動ロボットプログラムの主な検討スコープ

全体

将来ビジョン

デジタル技術を活用し、モビリティ横断で産業構造を変革して産業発展と社会的課題解決を実現する将来ビジョンを描きながら、①**全体アーキテクチャ**や②**取組のロードマップ**、③**ユースケース**、④**要求事項**や⑤**各レイヤーの整合性・妥当性**の確認等を行う。

ガバナンス

ガバナンス ※本事業の主なスコープ

システム全体の安全性・信頼性の向上とイノベーションを両立するガバナンスを実現するべく、**データ管理、トラスト、民事責任、保険、刑事責任等の在り方**も含めて、ガバナンスに関するアーキテクチャを設計する。

運行

ドローン | **サービスロボット** | **その他モビリティ**

関係するシステム間の相互運用性を担保しながら、
多数のモビリティが安全かつ効率的に運行できる仕組みのアーキテクチャの設計を行う。

共通データ

3次元空間情報基盤

ドローンやサービスロボットなど自動移動ロボットの普及を見据え、移動やインフラ整備等の効率化を図るべく、①空間情報の共通の基準としての**空間ID**を通じて、②**利用者が活用しやすい形であらゆる空間情報を簡単に取得できる仕組み**のアーキテクチャを設計する。

政府保有データ | **民間保有データ**

利用者のニーズを踏まえて、分散して存在する空間情報を配信しやすい形で共通基準に沿って順次デジタル化

IoT インフラ

IoTインフラ

駐機場、通信設備、充電設備等のインフラの整備についてアーキテクチャを設計する。

自律移動ロボットプログラムに関するＤＡＤＣにおける検討会

全体

将来ビジョン ＠ ビジョン検討会※自律移動ロボットに関する将来ビジョン検討会

※以下の3つの検討会での検討内容はビジョン検討会に報告する。

ガバナンス

ガバナンス ＠ ガバナンス検討会

※システム オブ システムズの安全性・信頼性確保に向けたガバナンス検討会

運行

ドローン ＠ ドローンアーキテクチャ検討会

サービスロボット

※ビジョン検討会で議論

その他モビリティ

※ビジョン検討会で議論

共通データ

3次元空間情報基盤 ＠ ３次元空間情報基盤アーキテクチャ検討会

政府保有データ

※３次元空間情報基盤アーキテクチャ検討会で議論

民間保有データ

※３次元空間情報基盤アーキテクチャ検討会で議論

IoT インフラ

IoTインフラ

※ビジョン検討会で議論

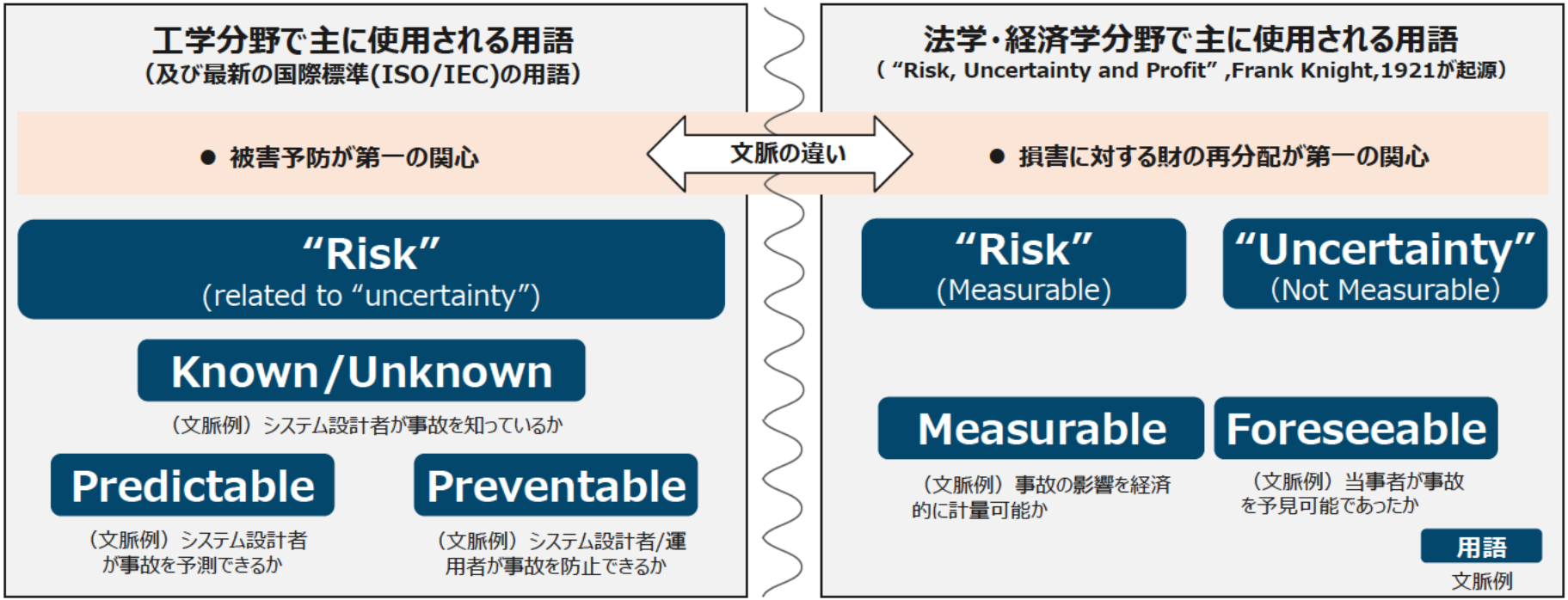
1. 基本方針

1.1 基本方針、位置づけ

1.2 用語の概念整理

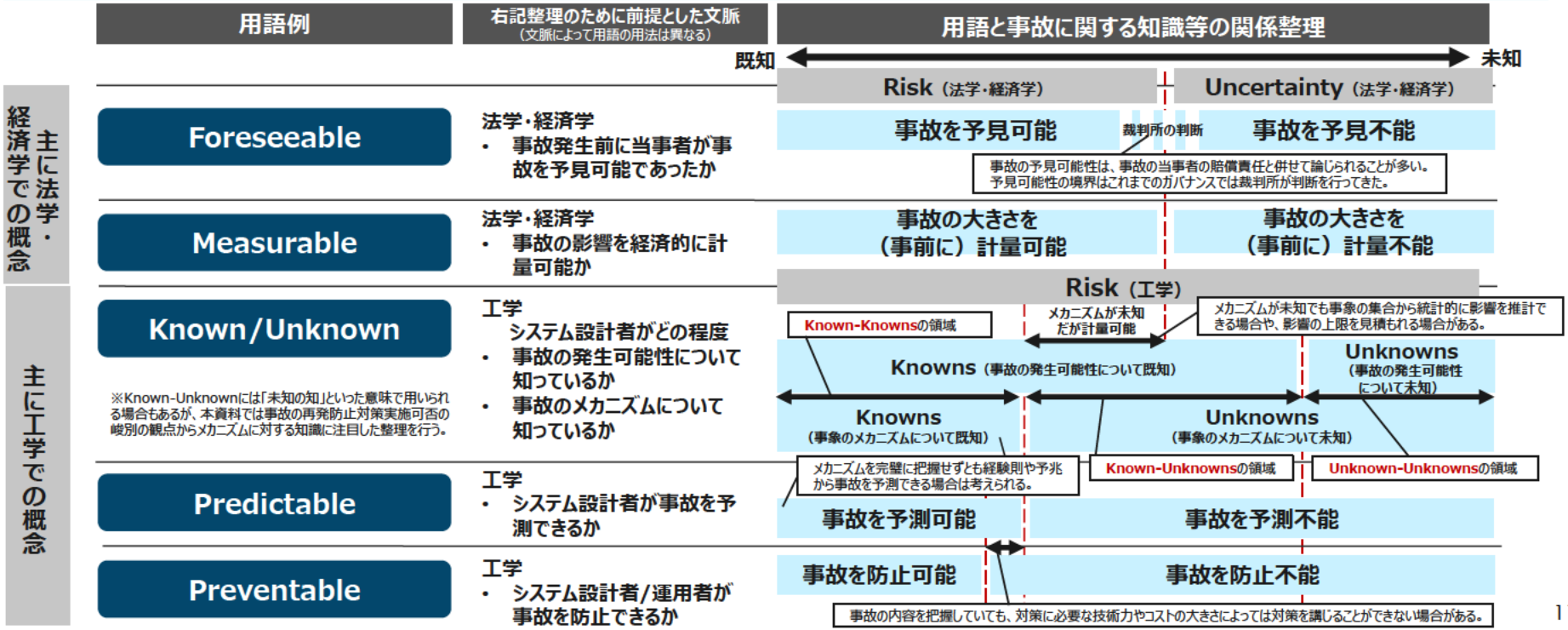
使用される文脈に基づく用語の概念整理（1/2）

- 「Foreseeable」「Known/Unknown」などの用語の詳細な意味やニュアンスは用語が**使用される文脈（工学、法学等の分野）によって異なっている**。（有識者コメント）
- **リスクに関する用語は、工学では主に事故等の影響や起こりやすさを適正に表現する観点、法学・経済学では事故の影響に基づく財の分配の観点に主眼を置いている**と考えられる。



使用される文脈に基づく用語の概念整理（2/2）

- これまで、裁判所では賠償責任を負う主体を特定するために事故の予見可能性の判断が行われ、その結果に応じて人に帰責されてきた。**裁判所による判断は事故が予見可能であったと（企業の想定以上に）判断される場合が多く、賠償責任への恐れからイノベーションが阻害される可能性**が（委員会では）指摘された。また、**人に帰責する方法は必ずしもシステムを改善する動きに繋がるとは限らない懸念がある。**
- 新技術のような予見不能な事故の危険性を孕む製品・サービスを便益を享受しつつ安全に社会に導入するためには、**予見不能な事故を前提としたガバナンスを構築し、社会が知見を蓄積しながら未知の事象を既知にしていく改善プロセス（下図のUnknown-UnknownsからKnown-Unknowns、Known-Knownsへ移行するイメージ）が重要**である。



2. ビジョン

2.1 コンセプト
2.2 ユースケース①ドローン
2.3 ユースケース②スマートビル
2.4 経済性分析

2. ビジョン

2.1 コンセプト

2.2 ユースケース①ドローン

2.3 ユースケース②スマートビル

2.4 経済性分析

イノベーションの加速に向けたガバナンス上の課題を誘因する技術的要因

- 社会全体の利益を最大化することを目的に下図のシステム オブ システムズ（以下、SoSという。）の特徴を踏まえると、**現在のガバナンスモデルでは新しい産業構造や技術変化へ適合できずにイノベーションを阻害してしまうおそれ**がある。
- 産業構造の変化に伴って**責任を負える範囲が変化**することや、ステークホルダー毎に**データのアクセシビリティをマネジメント**する必要が発生するなど、取引におけるガバナンスの在り方も変化していくことを考慮し、SoSに関する安全性・信頼性の確保に向けた**新しいガバナンスモデルを確立**すべきある。
- そこで、リーガル面として、**過失責任だけではなく厳格責任の適用**を、また、システム面として、**予知保全（事後的なデータ収集だけではなく事故が発生する前からリアルタイムでデータを収集し、事故防止に努める）及び事後検証を行う仕組み**を想定し、ガバナンス上の課題を誘因する技術的要因を洗い出した。

システム オブ システムズ（SoS）の特徴

システム同士の相互接続

SoSを構成するシステムの数が増えて、目的・対象範囲・責任主体・設計思想等が**異なるシステムが複雑に相互接続**することで、サブシステムレベルでは適切に動作していても相互接続によって想定外のリスクが顕在化する可能性がある。さらには、各システムを運営する企業同士の情報の非対称性が拡大する。そのため、事故要因の因果関係及び責任関係を解明するためのデータの収集及び分析並びに調整に多大なコストが発生し、責任特定の追求を行うことが難しくなる。

サブシステムの急速な変化

技術革新等のスピードが速いことから、**SoSが早いサイクルで変化**するため、既存の仕組みにおいて適切とされた行為の範囲内で対応をすることが難しくなる。安全性・信頼性を確保するために適切な行為の変化も速くなるため、設計したガバナンスモデルの妥当性を常に検証して必要に応じて更新するサイクルを回す必要がある。

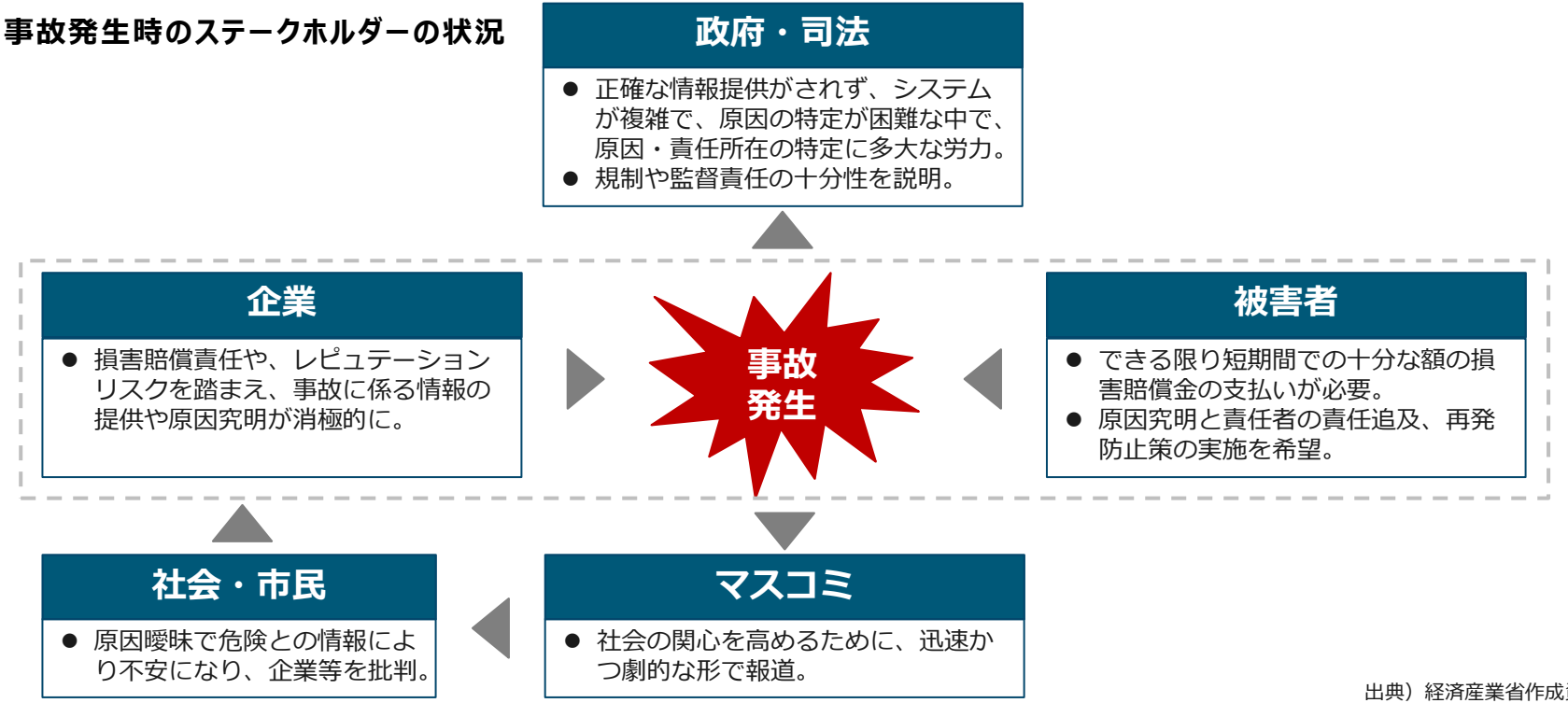
ブラックボックス化

SoSがＡＩを含む場合には、自然人が判断を行うのではなく、AIが機械学習により生成したアルゴリズムにより判断が行われる。また、AIの学習データや学習プロセス等によって判断のパフォーマンスが時々刻々と変わる。また、技術革新が進むことで、企業と他のステークホルダーとの情報の非対称性は拡大する。**判断過程がブラックボックス化**することで、自然人の過失責任を認定して被害者の救済を図ることが難しくなるおそれがある。

新たなガバナンスの確立に向けたステークホルダー毎の課題

- 様々な**ステークホルダー（社会・市民、政府・司法、マスコミ、企業、被害者等）**の動機を加味した上で、社会全体で享受できるイノベーションの便益を最大化するための**シンプルなガバナンスモデルを構築することが重要**になる。
- 特に責任追及が焦点化する傾向にあるので、これを**システムオブシステムズの安全性向上に向けた建設的な議論に焦点が当たるようなガバナンスモデルに転換する必要**がある。

例）事故発生時のステークホルダーの状況

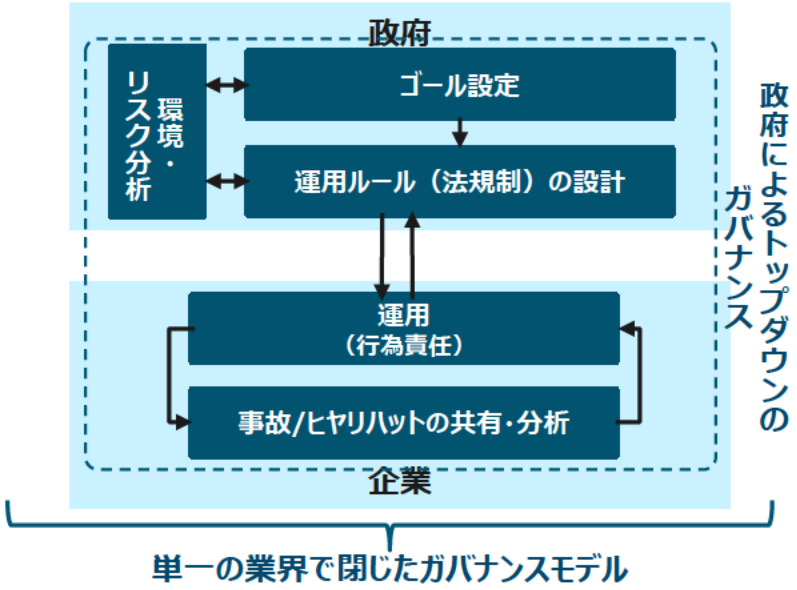


出典）経済産業省作成資料

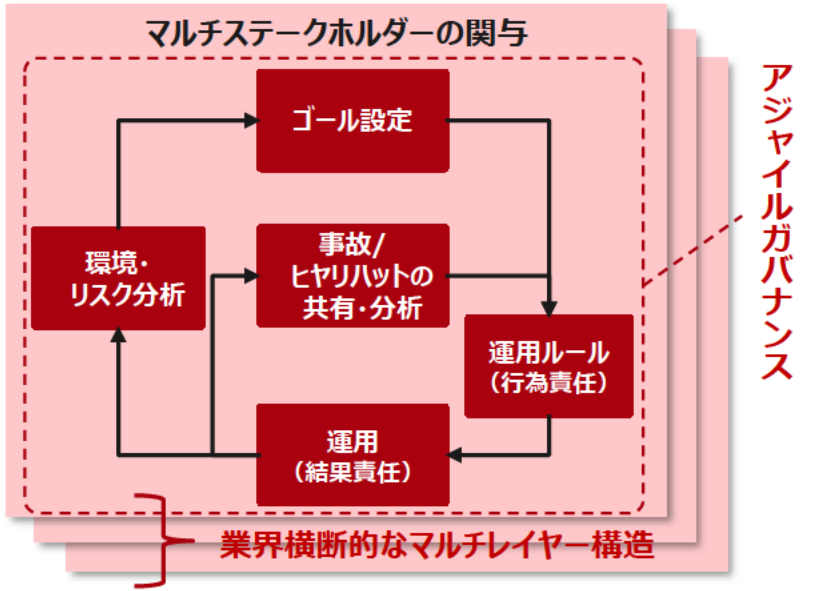
ガバナンスシステムに求められる変化

- 従来は、**政府が業界毎に一律の詳細な法規制を行為責任として課し、監督をしたうえで違反した者には制裁を科すというガバナンスモデル**であったが、SoSになると適切なリスクマネジメントは困難となる。
- そこで、政府による法規制だけでなく、市場メカニズムや市民参加に基づく**マルチステークホルダーによるアジャイルなガバナンスモデルを目指す**。さらに、産業構造の変化を前提とした**業界横断的に必要な機能は共通化・連携させたマルチレイヤー構造を構築する**ことで、より効率的なガバナンスも目指す。

AsIs：従来のガバナンスモデル



ToBe：目指すべきガバナンスモデル



2. ビジョン

2.1 コンセプト

2.2 ユースケース①ドローン

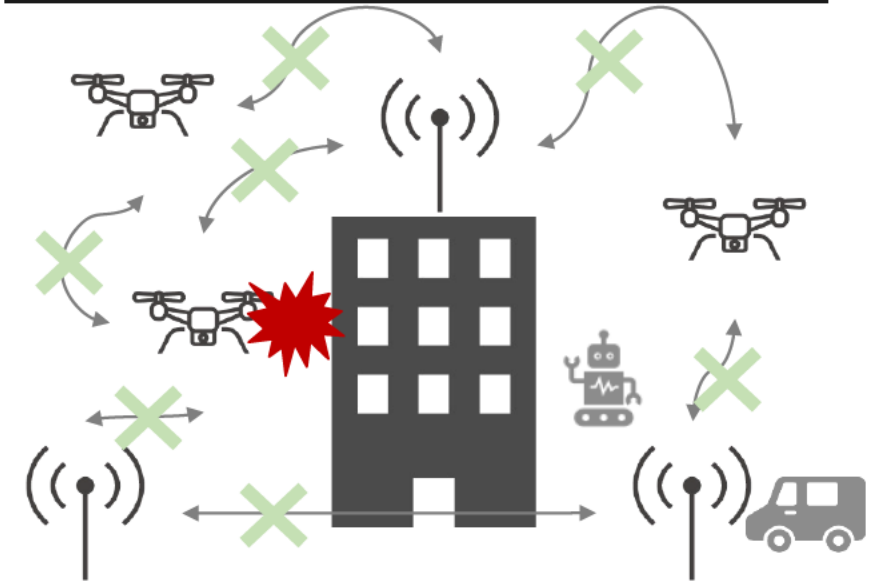
2.3 ユースケース②スマートビル

2.4 経済性分析

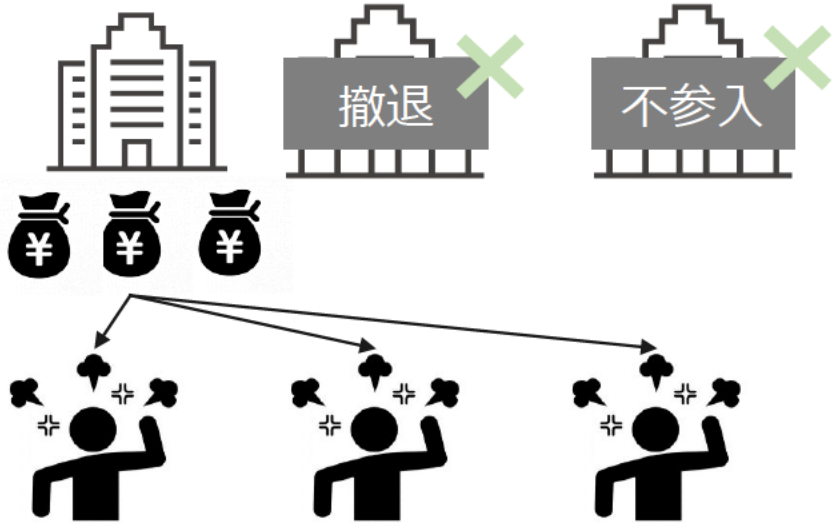
自律移動ロボットの安全性・信頼性確保に当たっての主な課題

- 多数の自律移動ロボット及びシステムが接続する場合、事故が発生した際には、その原因を特定して解決策を講じるまでの間に、全てのシステムを停止させることになり、**消費者や企業の経済活動に重大な影響を与え、事故原因の企業が莫大な損害賠償を担うことになる可能性**。
- そのため、企業の事業展開が萎縮するとともに、自律移動ロボット及びシステムの社会的受容性が低下し、ドローンを活用した社会的課題の解決や産業発展が遅れてしまい、わずかな事故で社会全体の効用が低下するおそれ。

1つの事故により、関係する可能性のある全システムが停止



事故時のリスクが大きく、事業を展開する企業が減少、社会的受容性が低下し、イノベーションが停滞



出典）経済産業省作成資料

大量・高頻度・高密度にドローン等が運行する場合の課題

自律移動ロボットが大量・高頻度・高密度に運行する場合には、「システム同士の相互接続」、「サブシステムの急速な変化」、「ブラックボックス化」により、**認証の回数・頻度が膨大になる上に、認証が難しいシステム**も含まれるため、**長時間かつ低頻度での認証を行う方法では、安全性や信頼性を十分には確保できないおそれ**がある。

As-Is

- 一人の操縦者が、**単一の自律移動ロボットを運行**することが前提。
- 少量運行に必要な制御ソフトウェアや支援システム等の構造は比較的単純であり**ソフトウェア更新は低頻度**である。
- 設計者の**意図に基づいて設計**され運用者の**指示通りに動作**する。

To-Be

- 目的・対象範囲・責任主体・設計思想が**異なる自律移動ロボットが複雑に相互接続**する。

システム同士の相互接続

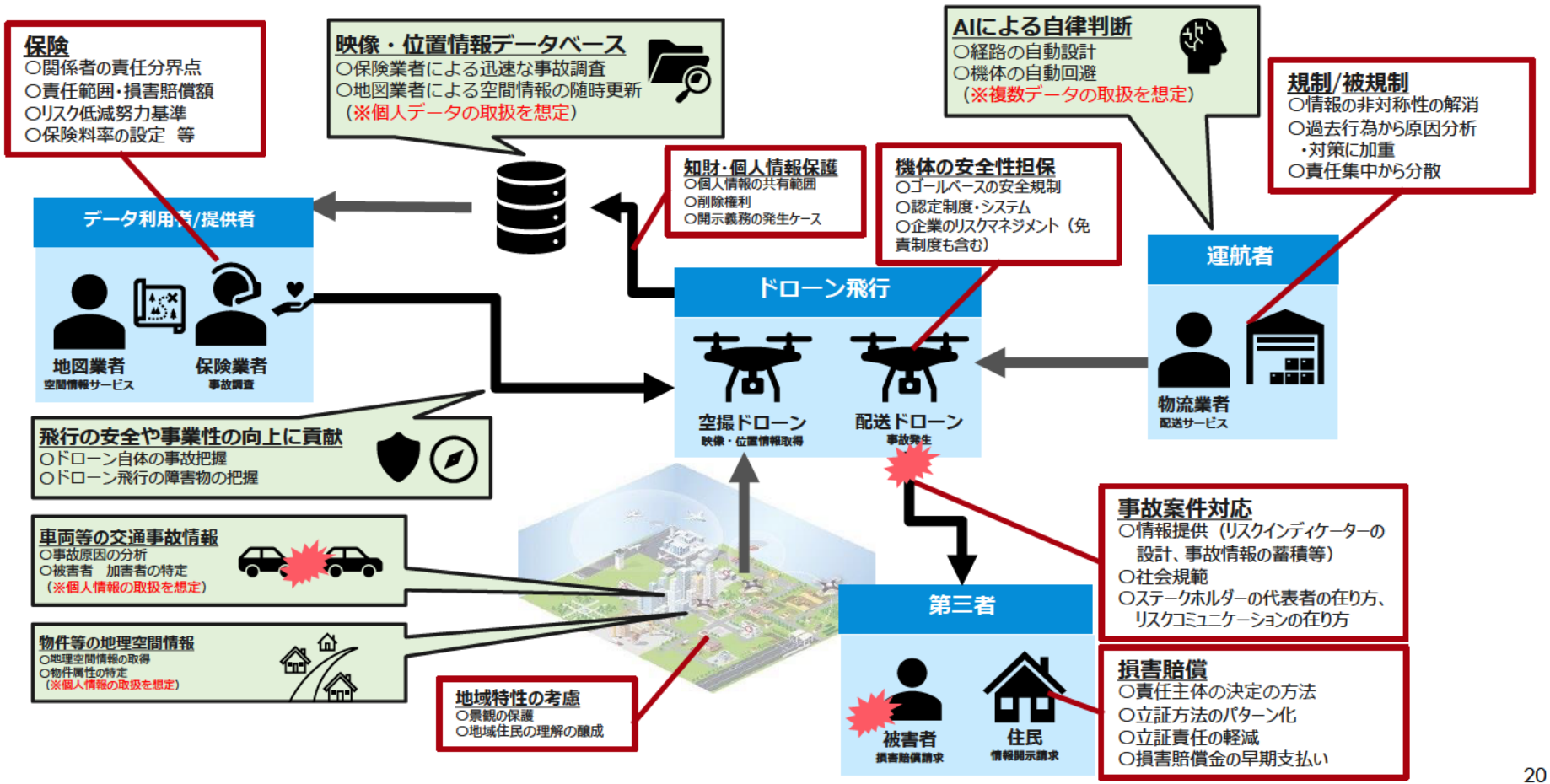
- 制御ソフトウェアや支援システム等の構造が複雑化し**ソフトウェア更新も高頻度となる**。

サブシステムの急速な変化

- 自律移動・運行支援のためにAI導入が進み**判断過程がブラックボックス化**する。

ブラックボックス化

自律移動ロボットのガバナンスに関する主な論点



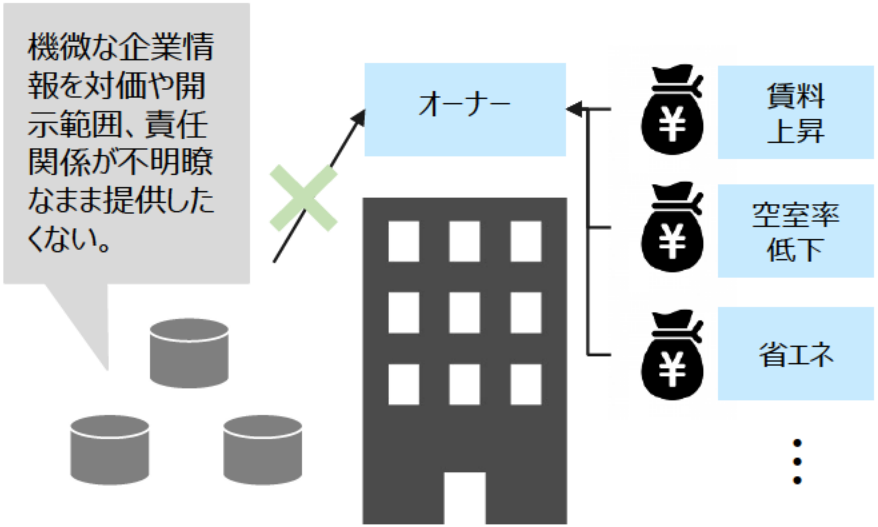
2. ビジョン

2.1 コンセプト
2.2 ユースケース①ドローン
2.3 ユースケース②スマートビル
2.4 経済性分析

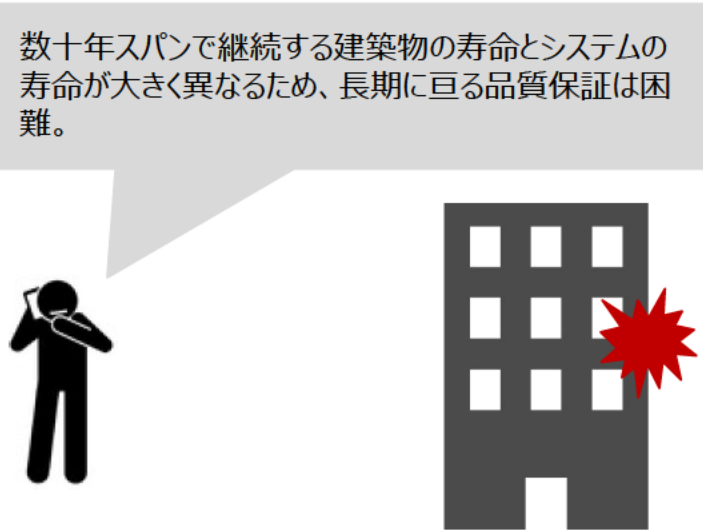
スマートビル総論（主な課題）

- 建築物の運用に用いられるソフトウェアが随時更新又は追加されていくことで、建築物の付加価値が上がるような（下がりにくくなる）仕組みの実現がスマートビルとして建設業界で検討・開発されている。
- しかし、**建築物は製造、建設、運用までの各工程を様々な事業者が分業して取り組むため、運用工程において得られる便益が、製造や建設工程のデータやシステムを提供する者に行き渡らず、サービス開発や事故時の原因究明に当たって、製造や建設工程で関わる関係者の十分な協力を得られない**構造。
- また、**システム納品後の瑕疵担保責任が永続してしまうことを忌避して、サービス開発が進まない**おそれがある。

データ等を提供する仕組みの欠落



納品後の瑕疵担保責任の忌避



出典）経済産業省作成資料

スマートビルを運用する場合の課題

- 来年度以降、ドローンの検討成果を活用しながら民法を中心としたガバナンスの在り方が検討される予定。
- 価値源泉であるハードは物理的に老朽化するのみで、ビルの提供価値が高まっていく形になっていない現在のビルシステムから、**データ・アプリケーションを価値源泉とした運用段階での機能（価値）の継続的な向上の実現により、企業の積極的なリスクマネジメントの推進を目指す**。**現状のエコシステム、ステークホルダーのみでは、安全性や信頼性を十分には確保できないおそれ**がある。

As-Is

- **異業種間の連携はほぼなされておらず**、データ収集や蓄積されたデータの活用は限定的。
- 設計、施工、維持管理・運営の**ライフサイクルステージごとに分業**され、データ・図面の整備、業務の検収・検査を実施。
- 設計者の**意図に基づいて設計**され、引渡し後はオーナーにより**維持管理がなされる**。

To-Be

- 構造材・設備等の構成要素間、都市インフラ等の外部と接続、**多業種間の連携を実現。**

システム同士の相互接続

- 人を介さずにデータでライフサイクルステージを連接し、**データオリエンテッドな方法で随時更新・機能拡張を実現**。

サブシステムの急速な変化

- 設計～維持管理の各段階のアプリケーションにAI導入が進み**判断過程がブラックボックス化**する。

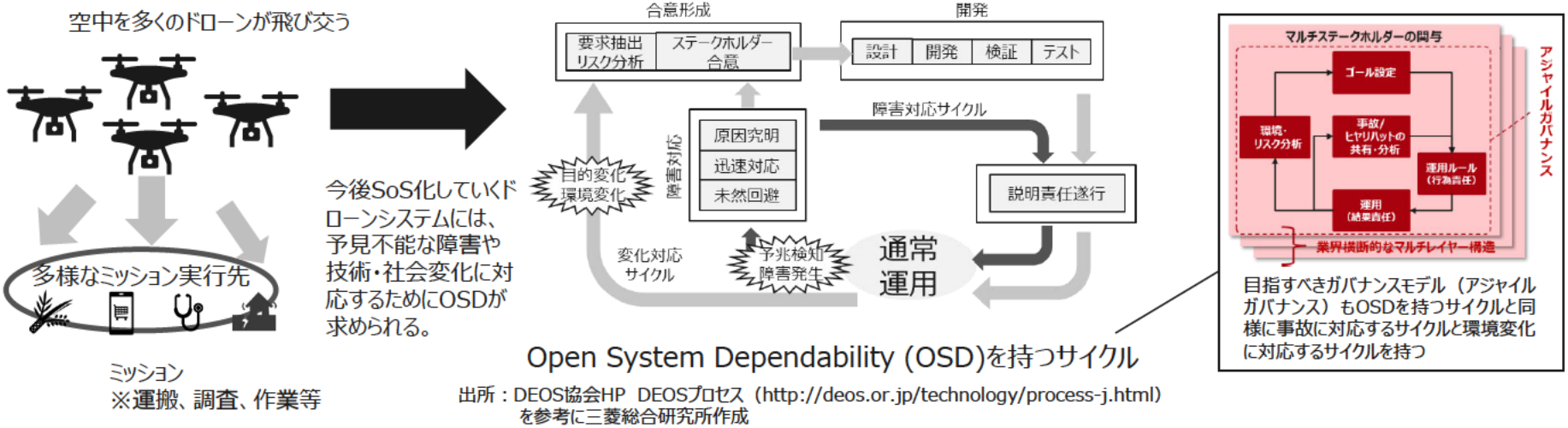
ブラックボックス化

2. ビジョン

2.1 コンセプト
2.2 ユースケース①ドローン
2.3 ユースケース②スマートビル
2.4 経済性分析

ドローンのシステム要件の国際標準化による経済的効果（１/２）

- ドローンシステムは、今後レベル4の運航が実現し機体数も増えて相互接続することでSoSとなることが想定される。
- SoSとなったドローンシステムには、変化し続ける目的や環境の中でシステムを適切に対応させ、継続的にユーザが求めるサービスを提供することが求められる。このような能力はDEOS協会によって**Open System Dependability (OSD)**として定義され、一般的なシステム要件のみでなく、**障害や環境変化に対してステークホルダーが合意形成しつつ問題解決するような要素が含まれている**。
- OSDにおけるサイクルは**障害対応サイクルと変化対応サイクル**の二つから構成され、この構造は**目指すべきガバナンスモデル（アジャイルガバナンス）にも共通する**。
- OSDのための基本的要件は**IEC 62853として日本提案により国際標準化**されている。



出所：DEOS協会HP　DEOSプロセス（http://deos.or.jp/technology/process-j.html）を参考に三菱総合研究所作成

今後想定されるドローンシステム

ドローンのシステム要件の国際標準化による経済的効果（２/２）

- IEC 62853はOpen System Dependabilityの一般的な要求事項を定義したものであるが、SoSとなった**ドローンシステム固有のサブシステム（運航管理システム）等を考慮するためには、IEC 62853をベースにしたドローン分野のセクター規格が必要**になると想定される。
- ドローン分野におけるOSDに関する要件を国際標準化することで下図のような影響が見込まれる。ガバナンスの検討では**国際標準を市場への参入要件として考慮することでステークホルダーが障害や環境変化に対して責任回避に終始せず、原因究明に協力することを確認することができる**。また、**事業者にとっては参入要件が国際標準化されることによって予見不能な事象に伴う賠償責任等の恐れが軽減される**ことが考えられる。
- **ドローンサービスは特に輸送・配送サービス分野の成長ではサービスの許認可が進む**ことが想定されており、**世界市場規模は2025年には2018年と比較して4700億円増加する**と予測されている。
- 市場拡大において増えると思われる輸送・配送サービスのような多くのステークホルダーが関与する事業領域において、**障害や環境変化に協力して対応するための規格が無ければ、サービスの許認可も限定的となり、市場拡大が想定通り進まない**ことが考えられる。

IEC 62853（OSDに関する一般的規格）

↓ ドローン固有のサブシステム等を考慮

IEC XXXXX（ドローン分野のセクター規格）

↓ ガバナンスにおける要件として機能

事故調査協力、システムの改善、知見の社会還元等

ドローンサービス（機体を活用した商用サービス）の世界市場規模予測※	
2018年	2025年
約 2,400 億円	約 7,100 億円

4700億円増

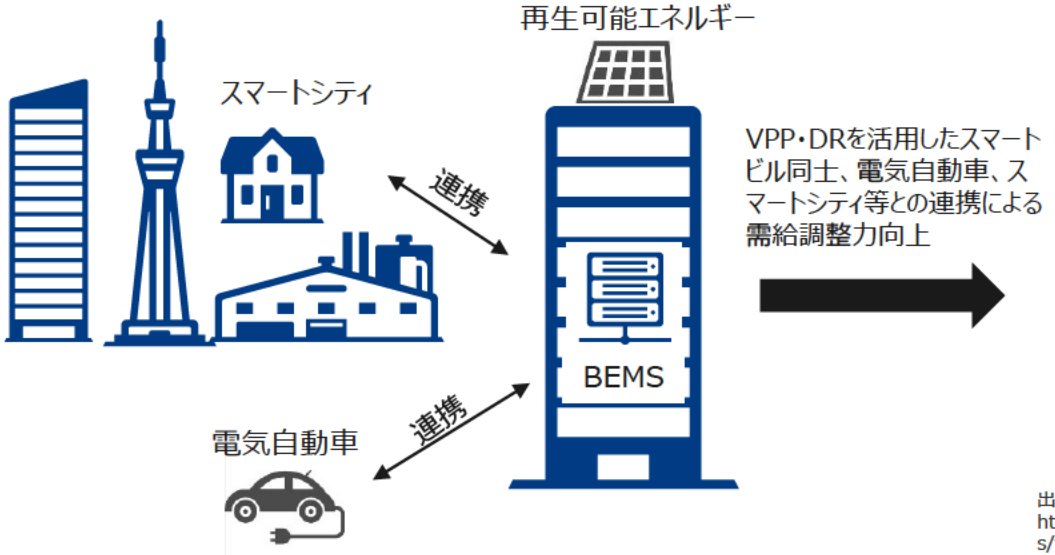
輸送・配送サービス分野の成長率が最も高く、予測の**背景には先進国にて輸送・配送サービスに対する許認可が進むことが想定されている**。

多くのステークホルダーが関与する複雑なシステムにおいて、**障害や環境変化に協力して対応するための規格が開発・活用されなければ事故調査やシステムの改善が進まず、市場拡大が想定通り進まない恐れ**がある。

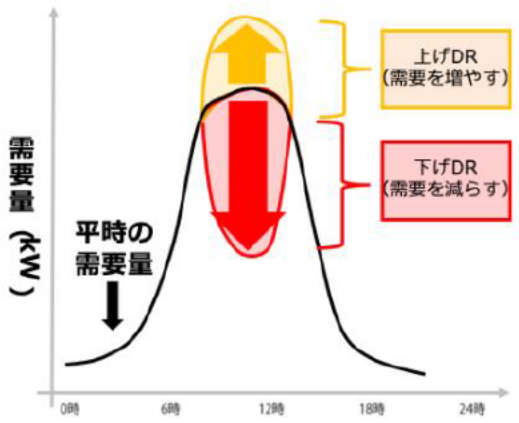
※出所：株式会社矢野経済研究所（https://www.yano.co.jp/press-release/show/press_id/2373）より推計

スマートビルによるエネルギー効率化・経済的効果（１/３）

- 現状のスマートビルではビルエネルギーマネジメントシステム（BEMS）を活用したエネルギー効率化や、ソーラーパネルの導入による自家発電が行われているが、今後はスマートビルがSoSを構成する一つのサブシステムとして捉えられ、スマートシティや自動運転等と連携して将来的には**スマートビル同士やスマートシティ、自動運転車との連携**が行われることが想定される。
- スマートビルがより広い範囲で連携することによって、**VPP(Virtual Power Plant)やDR(Demand Response)等の仕組みを活用することによる需給調整力向上が見込まれる。**
- スマートビル単体における調整力は限定的であるが、**アグリゲーターによって複数のスマートビルや他の調整力と連携することで、需給調整市場等の電力市場の参入に必要な規模が確保され、市場への参入が可能となる**。



VPP・DRを活用したスマートビル同士、電気自動車、スマートシティ等との連携による需給調整力向上

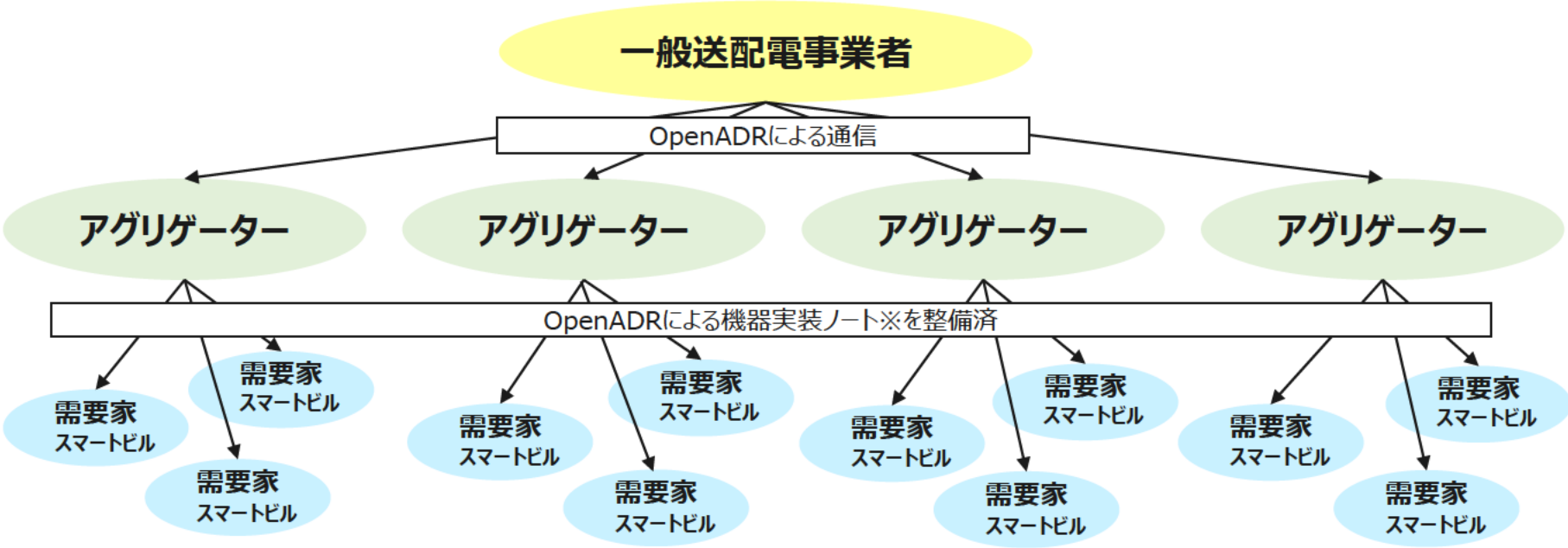


需要制御のパターン

出所：経済産業省資源エネルギー庁,
https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/advanced_systems/vpp_dr/about.html

スマートビルによるエネルギー効率化・経済的効果（２/３）

- DRにおける通信プロトコルとして、日本のVPP実証事業等では**OpenADR**が用いられており、OpenADRはIEC 62746-10として**国際標準に採用されている**。
- このような**システム間の接続方法を規定する国際標準**は、SoSのような繋がるシステムの普及において重要な役割を果たすと考えられる。



※出所：資源エネルギー「OpenADR 機器別実装ノート 第1.1版」

スマートビルによるエネルギー効率化・経済的効果（３/３）

- スマートビルが他システムと連携し、**電力市場に参入した場合の経済的効果**を下記の通り算出した。
- スマートビルによる需要家側エネルギーリソース、分散型エネルギーリソースのポテンシャルは第17回エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネス検討会資料を参照した。**2030年度の産業・業務・家庭分野のリソース供出ポテンシャルの内、スマートビルと関連の深い業務分野の割合を2030年度の電力市場の想定容量に乗じることで、スマートビルによる電力市場への参入ポテンシャルを推計した**。
- 推計の結果、**2030年度のスマートビルによる国内電力市場における経済的効果は約863億円**となった。
- **電力消費量と経済的効果が比例すると仮定**して、世界的に電力消費量が多い**中国、米国、欧州**の電力消費量※5から、**日本も含めた世界の電力市場における経済的効果を推計すると、約14,551億円**となった。

電力市場	スマートビルの 参入ポテンシャル※1	取引価格 (kW・円)	取引額
容量市場	1.6 GW	3,495 円/kW・年 ※2	56 億円
一次調整力	0.02 GW	11,724 円/kW・年 ※3	2 億円
二次調整力①	0 GW	11,724 円/kW・年 ※3	0 億円
二次調整力②	0.7 GW	11,724 円/kW・年 ※3	82 億円
三次調整力①	1.1 GW	11,724 円/kW・年 ※3	129 億円
三次調整力②	0.6 GW	40,296 円/kW・年 ※4	242 億円
卸電力市場	0.8 TWh	44.05円/kWh ※1	352 億円

※1 第17回エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネス検討会 資料5-1 p21,p29 を参照した。
※2 容量市場メインオークション約定結果（対象実需給年度：2025年度）（https://www.occto.or.jp/market-board/market/oshirase/2021/files/220119_mainauction_keiyakukekka_saikouhyou_jitsujukyu2025.pdf（閲覧日：2022年３月２３日））における北海道・九州エリア以外の値を参照した。
※3：需給調整市場における実績がないため、一次から三次①の必要量を含む電源Ⅰ-aの2022年度の平均価格（制度設計専門会合（第68回）資料5）を参照した。
※4：制度設計専門会合（第68回）資料4における平均約定価格を参照した。
※5：各国の電力消費量はBP「Statistical Review of World Energy, Energy sectors, Electricity」における2020年の値を参照した。

計 863億円

3. アーキテクチャ

3.1 要求事項
3.2 アーキテクチャ
3.3 提案するガバナンスを実現する重要技術とその課題
3.4 社会実装に向けた施策

3. アーキテクチャ

3.1 要求事項

3.2 アーキテクチャ

3.3 提案するガバナンスを実現する重要技術とその課題

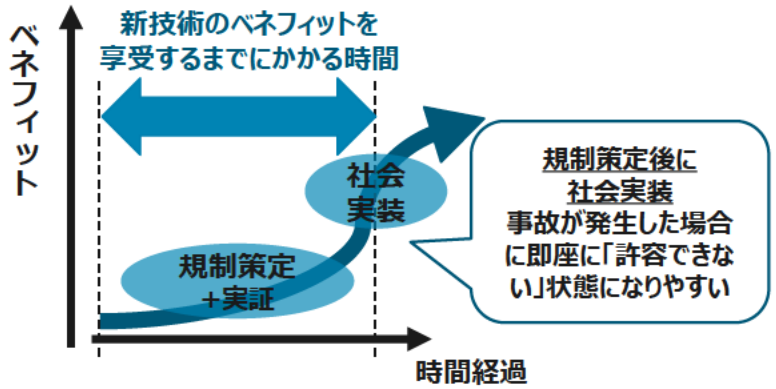
3.4 社会実装に向けた施策

新技術の社会実装の在り方

- 新技術の社会実装の在り方としては、以下の大きく2つの方向性がある。

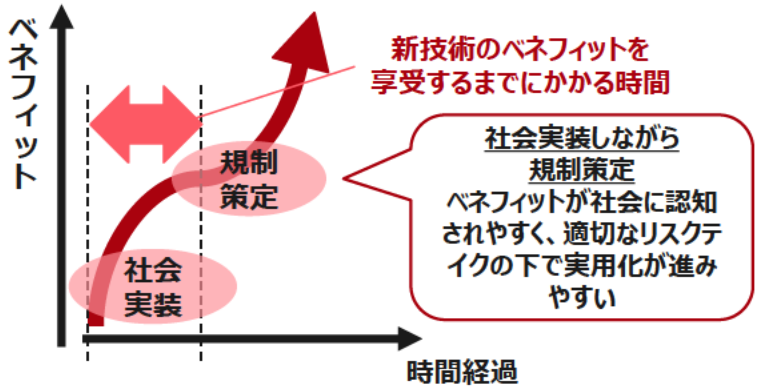
①負の影響を考慮したリスクマネジメント方法を確立した上での社会実装の推進：従来の姿
②社会実装をまず推進し、ベネフィット享受した社会の姿を実現しながらリスクマネジメントの実施：目指すべき姿

従来の新技術の社会実装戦略



VS

目指すべき新技術の社会実装戦略

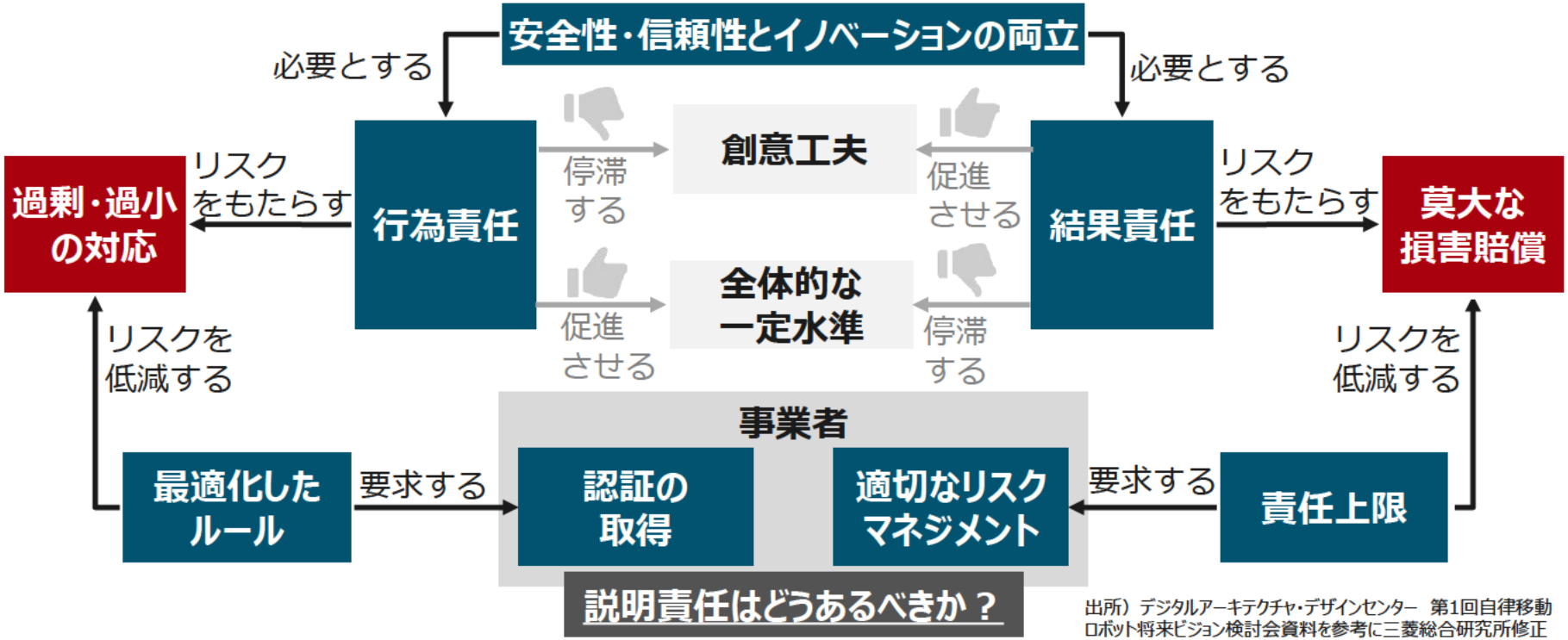


上記を踏まえ、新技術の社会実装戦略はどうあるべきか。
（特に、負の影響のマネジメント、社会的受容性をどのようにガバナンスシステムとして取り入れるべきか）

①ステークホルダーの責任の在り方 （ガバナンスにおける責任制度の設計）	②社会的受容性の在り方

ガバナンスアーキテクチャにおける主な論点（1/2）

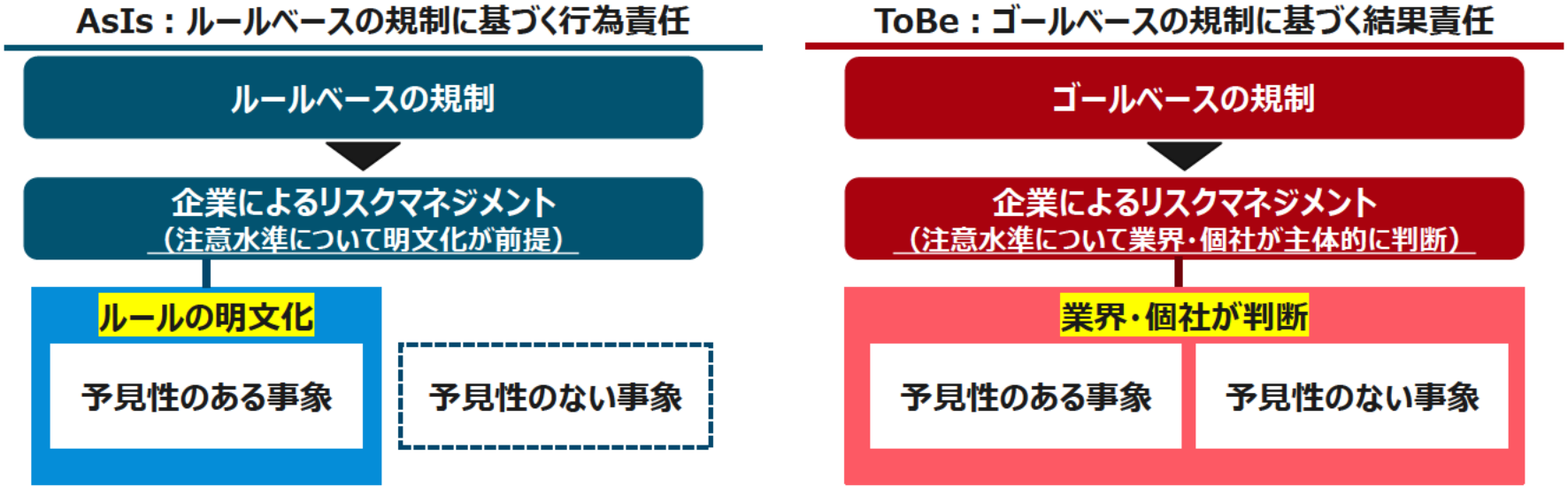
AIがシステムに採用される範囲が拡大していく中で、各システムの更新頻度が高く、様々なシステムが相互に連携していても、安全性・信頼性を高めながらイノベーションを促進するために、ガバナンスとして①**結果責任（厳格責任）と行為責任（過失責任）の設定の方法**や、②**技術革新が著しく、多様なステークホルダー間で価値基準が異なる中で、運用についての社会的な合意の方法**を検討する必要がある。



出所）デジタルアーキテクチャ・デザインセンター　第1回自律移動ロボット将来ビジョン検討会資料を参考に三菱総合研究所修正

ガバナンスアーキテクチャにおける主な論点（２/２）

- 従来のルールベースの規制に基づく行為責任への対応を要求するガバナンスのままであると、リスクマネジメントの創意工夫を停滞させかねない。他方で、**結果責任を中心としたガバナンスとなった場合は、企業にとっては莫大な損害賠償を伴う無限の責任とも捉えられ市場参入の難易度を上げてしまう**。
- そこで、企業のリスクマネジメントの適正化を図るために、「**予見性がない事象」が起こることを前提としたルール化が必要であり、「予見性がない事象」が起きた際に、それを新たに「予見性がある事象」に取り込むこと及びそれぞれの事象に対する結果責任をどのように具体化するべきか**について検討が必要。



（参考）適用する規範の整理

損害賠償の責任を規定する規範（民事責任）

故意又は過失による損害に責任を負う過失責任

▶発生原因及び対策が一般に明瞭な事故

損害があれば必ず責任を負う厳格責任

▶発生原因又は対策が一般に不明瞭な事故

民事・刑事の責任免責を規定する規範

民事責任の免責

▶不確実性であること（適切なリスクマネジメントを行ったとしても特定できないリスク）を条件に公的補償

刑事責任の免責

▶調査への協力、事故の再発防止、被害回復措置を取ること等を条件に訴追延期

責任者を規定する規範

運行者に責任集中

▶発生原因が明らかでない場合は運行者に責任を集中
ただし、損害の回復義務は関係者にも課す。

運行者及び関係者で責任分散

▶発生原因が明らかな場合は運行者から発生原因の関係者への求償権を付与

企業の義務を規定する規範

企業が実施する行為を規定

▶長期で最適解が変化しない行為

企業が実現する性能を規定

▶技術革新等により短期で最適解が変化する行為

紛争時の立証責任を規定する規範

被害者による立証

▶ドローンの運行等で生じた損害と相当因果関係

加害者による立証

▶ドローンの運行等で生じた損害に関する無過失

保険における保険料を規定する規範

リスクに応じた保険料等

▶リスクマネジメントの内容や結果に応じた保険料設定

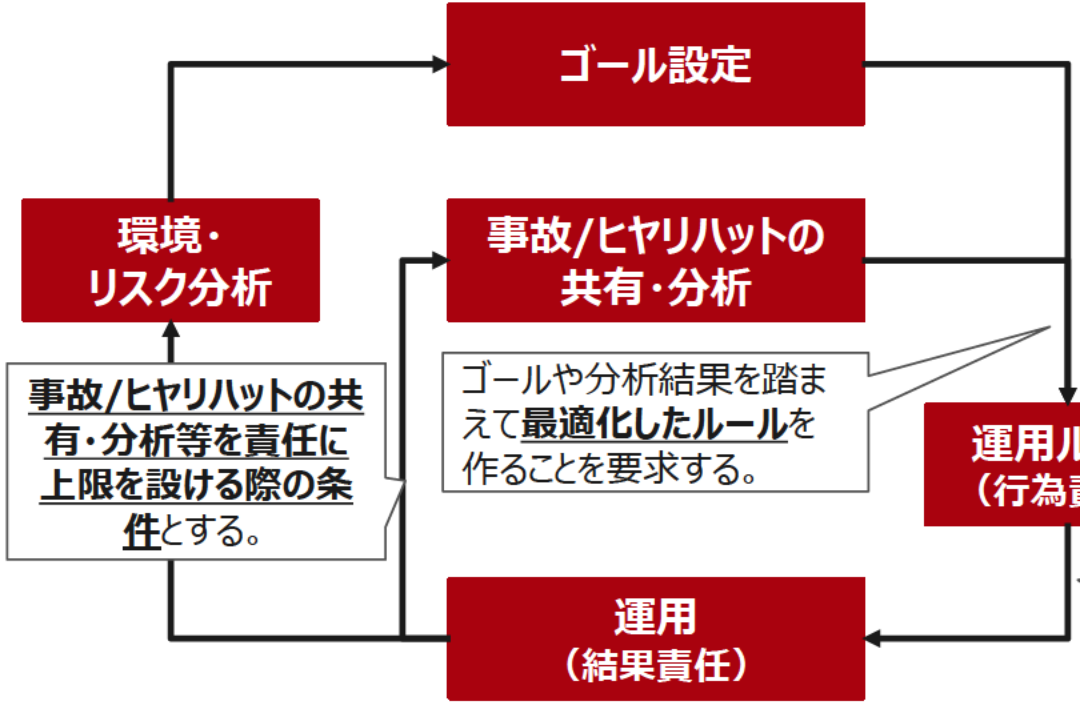
結果に応じた保険料等

▶損害を生じた場合に相当額を保険料で回収

※加害者と被害者の紛争解決や国と事業者の規制対応、加害者の保身に過大な労力を割くのではなく、**システム全体の安全性を高めることで事故の発生を抑制するための取組や社会課題解決や顧客の効用を高めるサービスの開発に労力を割くことに注力するようなインセンティブ**を持つ規範を設計

行為責任と結果責任の再設計（1/2）

適切なマネジメントには、多数のシステムが相互作用する環境においては**何らかの不確実性を扱う必要**がある。この不確実性とイノベーションが両立する（イノベーションにより不確実性が極小化する）仕組みとして、**ゴール設定とルール化の設計**を検討する必要。



運用ルールの遵守が責任に上限を設ける際（保険・訴追延期等）の条件となる。

ルール化する対象（案）

①全体の水準を底上げするために、**事象の原因・結果・対策の全てが明確な事象についてはルール化**してはどうか。

②ルール化に当たっては、**民間主導で決定・運用し、必要に応じて機動的に更新**できるようにしてはどうか。

③その他の場合は、事業者の創意工夫を促すために、**原則はルールを定めずに結果責任を問う**としてはどうか。

出典）経済産業省作成資料

行為責任と結果責任の再設計（２/２）

リスクマネジメントの在り方

行為責任のルール化

行為を規定

原則の提示

and/or

ネガティブリストの提示

or

ポジティブリストの提示

性能を規定

安全性確保など特定の目的を達成するために必要不可欠な性能を提示

結果責任を通じたリスクマネジメントの在り方

●責任を取るべき結果に対して、責任の上限を得る条件としての事故情報等のパフォーマンスを**共有する範囲**（共有対象者※1、共有内容※2、共有タイミング）の設定

※1保険会社、認証機関、行政機関等を想定

※2事故・ヒヤリハット情報、原因分析、対策等を想定

認証の在り方

認証の対象

ロボット
⇒型式・機体認証

＋

接続する他のシステム
⇒システム認証

相互認証

認証の方法

システム数が増大

自動認証

システムが複雑化

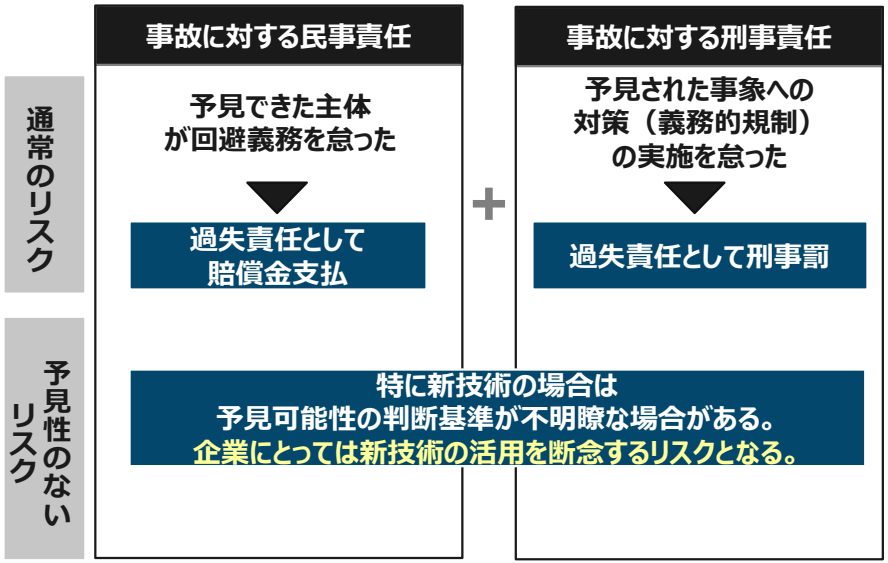
常時モニタリング

出典）経済産業省作成資料

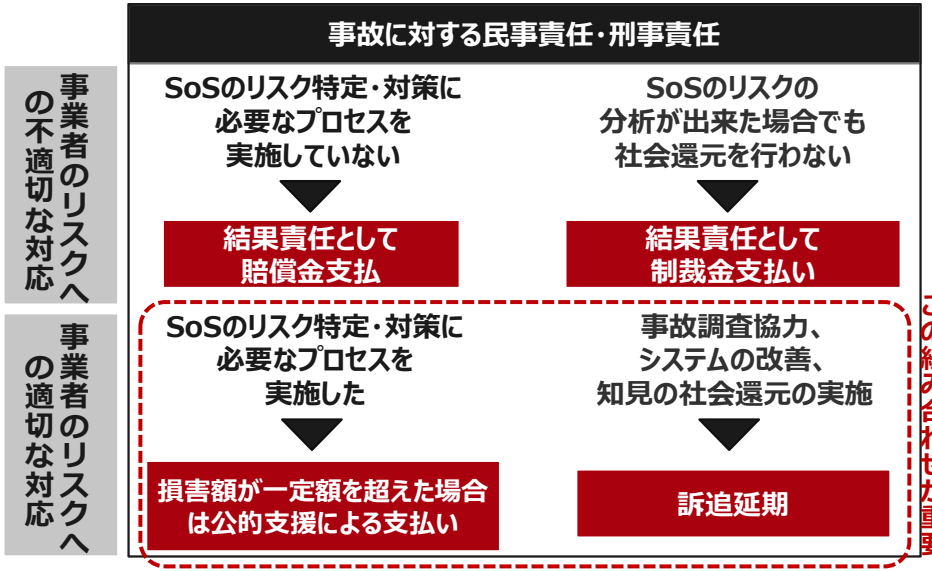
行為責任と結果責任の再設計による免責範囲の明確化（１/２）

- 従来の行為責任においては、**「特定主体（自然人・法人等）の責任に帰着できることを前提」として「事前にリスクの予見と対策が講じられていること」の観点からの過失を特定して特定主体に責任を帰着させるフレームワーク**であった。しかし、そのような判断基準では**システムオブシステムにおける複合的な事故要因の特定と改善が進まない。**
- あるべき姿として、**「予見できない事象の存在を前提」としたうえで「予見できなかったリスクの発見と対策を能動的に実施し、かつリスク対応のための知見を社会還元することを企業に促すインセンティブ」を創出する。**

AsIs：人の過失を前提とした行為責任のしくみ



ToBe：社会改善を促進する結果責任のしくみ



（参考）民事責任制度及び刑事責任制度のコンセプトに関する詳細説明

	民事責任の在り方	刑事責任の在り方
実現したい目的	事業者側のイニシアティブに基づくリスクマネジメントに適切なインセンティブを与えることよって、社会的に最適なレベルでのリスクマネジメントを実現すること	以下の問題の解決を図ること ① SoSに係る専門性を持たない主体による不適切な責任判断がなされる可能性 ② 捜査当局と企業との情報の非対称性の解消コストがかかり、刑事制裁の執行が最適なレベルで実施されない可能性 ③ SoSの複合的な要因による事故が個人責任とされ、SoSの改善が果たされない可能性 ④ 企業レピュテーションの不合理な低下が発生する可能性
基本的なコンセプト	厳格責任（結果責任）制度を活用して、事業者自らがリスク評価及びリスク対応を適切に実施するインセンティブを与える。	事故に関連する製品・サービスを供給した企業に対する刑事厳格責任制度と訴追延期合意制度をセットで導入する。その際には、事故調査委員会などの専門的知見を有する機関の意見を尊重した実施とする。
制度設計で考慮すべきポイント	問題①リスク評価の段階で発見できないリスクのレベルによっては過剰なリスクマネジメントが要求される可能性 → 対応策①業界標準的なリスク評価を実施しても発見できないリスクについては、免責制度の対象とする。（ただし、免責制度自体の制度運営費用に鑑み、一定額以上のみを対象とする） 問題②当該分野に関して十分な知見を有しない新規事業者に対する事実上の参入障壁を作る可能性 → 対応策②リスクを許容可能にする手段が特定されており、かつその難易度及び費用が低い場合には、特別にその措置の履行を義務化する。 問題③リスク対応コストが高い領域（事業としては複雑and/orハイリスクなもの）に十分な対応力を持たない事業者が参入することで大惨事を招く可能性 → 対応策③保険加入義務化、参入の原則禁止、特定の措置の実施義務化などの政策により、大惨事の未然防止を図る。	以下を通じて、SoSガバナンス（リスクマネジメント）システム自体が進化する仕組みとなる。 ● 専門知識に基づく判断に従って、企業によるリスク評価が適正になされていたかを判断することができるようになる ● 企業自身が捜査及び調査に協力し、必要なデータを提出することが刑事免責の要件の一つとなるため、情報の非対称性を解消することが容易になる ● SoSシステムのリスクについて、システム全体で対応策を協議し、実施することを刑事免責の要件の一つとすることで、SoSシステムのリスクマネジメントが改善し、必要な情報・知見が蓄積される ● 訴追延期合意の内容やそこに至る過程を公表すること、被害者に対して十分な情報公開と意見交換の機会を与えることにより、不合理な社会的制裁を蒙ることを予防し、事業者が「賢く失敗」できるようにする
	事業者のリスクマネジメントのインセンティブ創出	補完関係 SoSガバナンスシステム自体が進化する社会的な仕組み

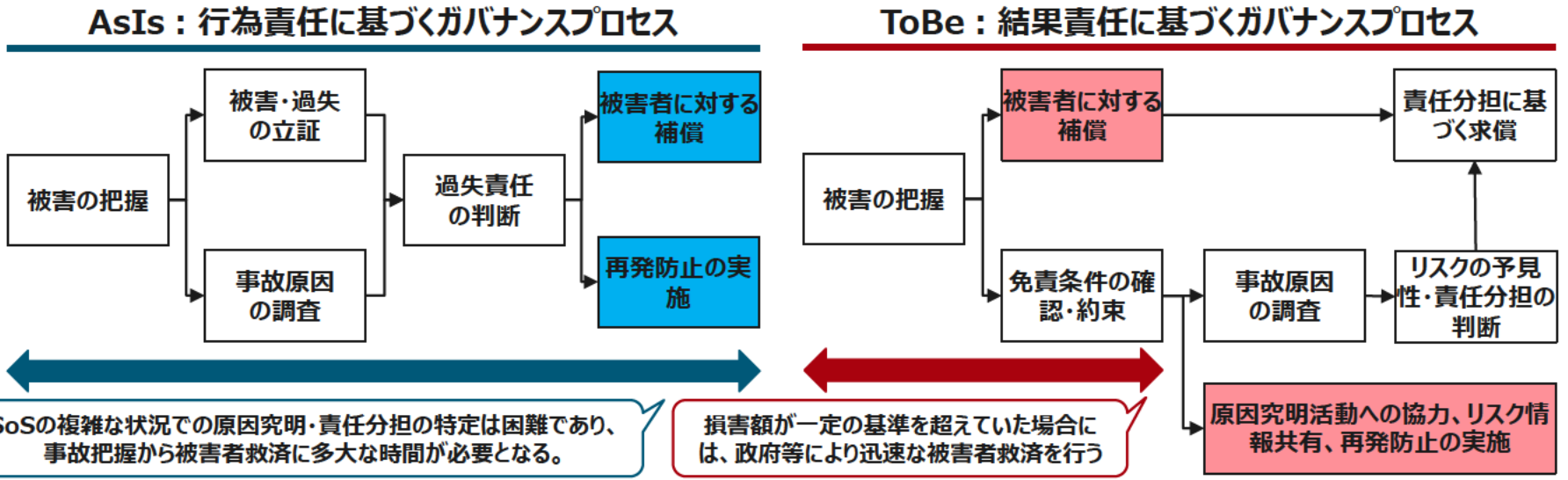
（参考）企業の視点からの民事責任制度及び刑事責任制度のコンセプト

新しい製品・サービスを展開する意欲と能力を持つ企業の対応

	平時	事故時
AsIs	● **政府により定められた業界毎の一律の詳細な法規制を順守**する ● **企業のリスクマネジメントの方法・手段に対する裁量は限定的であり、製品・サービスの価格競争力強化に寄与しない**ため、創意工夫を凝らした対応措置を開発するインセンティブは働かない ● SoSのリスクマネジメントに関する**知見・情報は基本的には個社それぞれに蓄積**していく（官民の間での情報の非対称性は拡大する可能性）	● **過失責任として、義務を果たしていない場合に生じた事故についての責任を負う** 【現状の問題点（例）】 ➢ **予見困難な事象についても企業責任が問われる可能性があり、企業にとっては新技術の活用を断念するリスク**となる ➢ 捜査当局と企業との**情報の非対称性の解消は困難** ➢ SoSの複合的な要因による事故が個人責任とされ、**システムとしての改善が果たされない可能性**がある
	新技術リスクへの対応責任が企業に集中し、イノベーションが停滞する可能性がある。 また、新技術に係る知見・情報の非対称性を解消できず、SoSガバナンスシステムの改善も進まない。	
ToBe	● **企業自身が業界標準の策定に積極的に関与し、リスク評価方法・手段を標準化する。** ● **業界標準のリスク評価に基づき、管理すべきリスクを特定**する ● 特定されたリスクについて、**創意工夫を凝らした対応措置を開発することにより、製品・サービスの価格競争力を高める** ● リスク対応の観点から保険を購入して保険会社とデータを共有することにより、**製品・サービスのリスクマネジメントを一層合理化**することで、さらなる競争力の強化を進める ● SoSのリスクマネジメントに関する**知見・情報は随時アップデート**されるため、それを活用して、製品・サービスのリスクマネジメントを合理化する	● **生じた事故について自ら分析し、必要なデータや分析結果を検察及び検察を通じて事故調査委員会とも共有**する 【事故が民事免責対象となる場合】 ● 訴追延期制度を活用し、製品・サービスの改善に向けて協力し、その過程で得た知見を共有することによって、**SoSリスクマネジメントシステム全体の改善に貢献**する。 【事故が民事免責対象とならない場合】 ● 事故が免責対象とならない場合には、**被害者に対して補償金を支払い、事件を解決する**。
	予見困難な事象に対するステークホルダーの協力を条件に損失を社会全体で担保し、リスクテイク・イノベーションを促進。 また、新技術に係る知見・情報を社会還元させることでSoSガバナンスシステム自体が進化する社会的な仕組みとなる。	

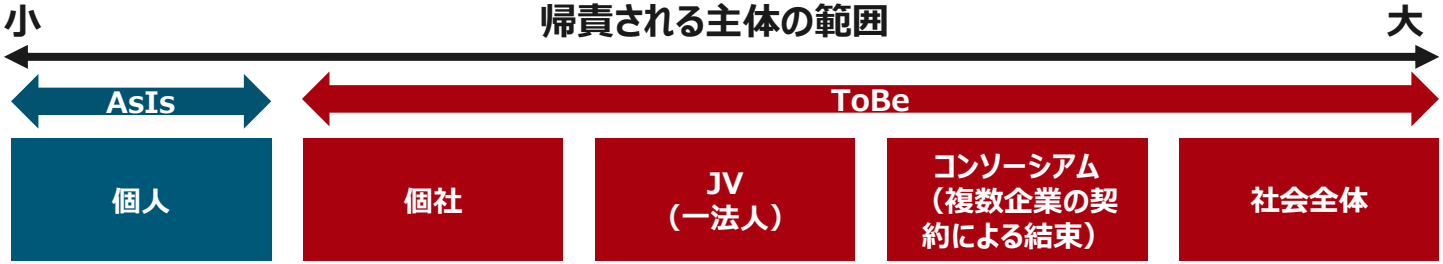
再発防止と被害者救済に関する責任追及（帰責の在り方）

- 従来、**事故対応において重要な二つの責任①原因究明に基づく、再発防止に係る責任、②被害者救済（補償）に係る責任について主に同一主体に帰責**されてきた。
- しかし、**SoSの原因究明は容易ではなく、特定主体に帰責できない可能性もあるため、被害者救済も再発防止も共に遅れる可能性**がある。
- そこで、**「事故の原因究明・再発防止プロセス（DPAを参考）」と「被害者救済プロセス」を「分離」することが「新技術リスクに対する新しいアジャイルガバナンスを支える法政策技術のポイント」**となる。



帰責される主体

- 従来、事故対応において重要な二つの責任**①原因究明に基づく、再発防止に係る責任、②被害者救済（補償）に係る責任**について主に同一主体に帰責されてきた。
- しかし、**事故の責任については誰か一主体ではなく繋がったシステムを運用する複数の企業の集合体で考えることが前提となる**ため、**各事業者がどのようなスキームの中でどのように行動するかという点も並行して考える必要**がある。

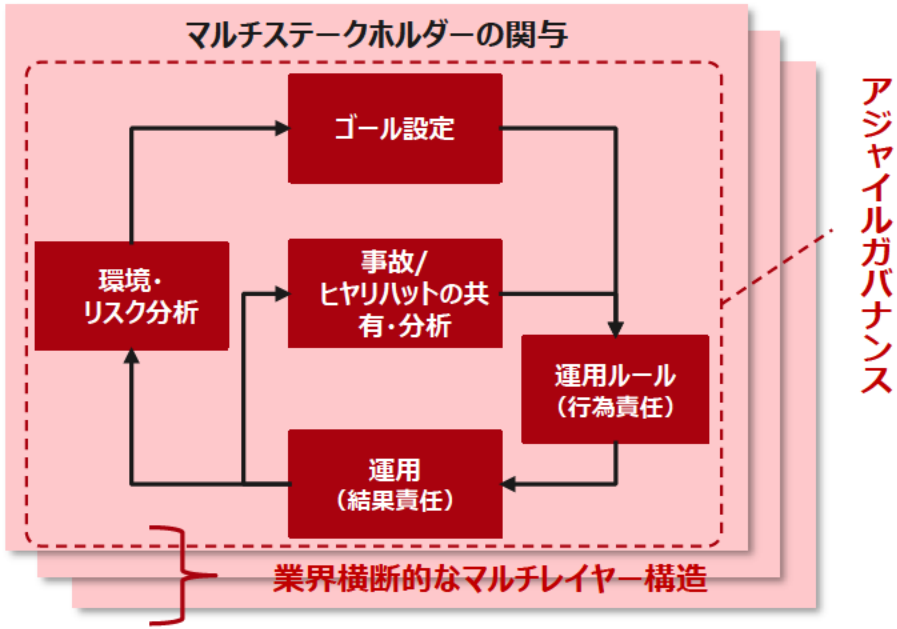


自動車を例とした場合の具体例：	経営者/管理者/設計者等	自動車メーカー	自動車業界の複数企業の共同出資法人	自動車工業会	政府
ドローンを例とした場合の具体例：	経営者/管理者/設計者/操縦士等	ドローンメーカー	ドローン業界の複数企業の共同出資法人	業界団体	政府
スマートビルを例とした場合の具体例：	経営者/管理者等	ゼネコン	ビル業界の複数企業の共同出資法人	業界団体	政府

ガバナンスオブガバナンスの在り方

- 特に**SoSにおける「原因の予見性が無い」「原因の特定が困難」「原因が複数存在」といった想定の下では、個別の企業や行政機関等では、SoS全体としての最適な判断ができないケースも考えられる。**
- ついては、SoS全体のガバナンスをガバナンスする仕組みが必要ではないか。また、どのような主体がそれを実施するべきか検討する必要がある。

ガバナンスオブガバナンスのサイクル



（参考）フランス・ドイツの「電動キックボード」の事例

- フランスにおいて2017年に電動キックボードの利用が開始。**事故の多発や無秩序な駐車が問題**となり、パリ市では**2019年7月に最高時速度20km**に規制、フランス政府は全土で同年10月に最高時速度25kmに規制。しかし、**その後も事故が多発**。パリ市は**2021年11月に基本最高時速度10km**に変更。利便性・安全性のバランスに鑑み適宜見直し実施。
- ドイツは、他国や他のシェアリングサービスの状況に鑑み、**電動小型モビリティに対する規制（eKFV）**制定後に電動キックボードの利用を開始。eKFV制定に加え、2002年の**都市交通計画の見直し**で考慮されている、**環境影響やコンパクトなまちづくりとの親和性の高さ**も受容確保の土壌に。

	フランス政府	（パリ市）	ドイツ政府
2017年	**電動キックボード導入** ※法整備なし		※2002年より自転車を中心とした都市交通計画を推進※3
2019年	最高時速度**25km**規制※1 その他禁止事項、罰則規程	最高時速度**20km**規制※1	電動小型モビリティの規制（eKFV）施行※3 **→電動キックボード導入**
2021年		最高時速度**10km**規制※2 （例外あり）	

以下の４点の科学的見地を踏まえた規制
①アクティブセーフティ
②パッシブセーフティ
③乗員の行動
④道路交通におけるリスク評価

アプローチの違い

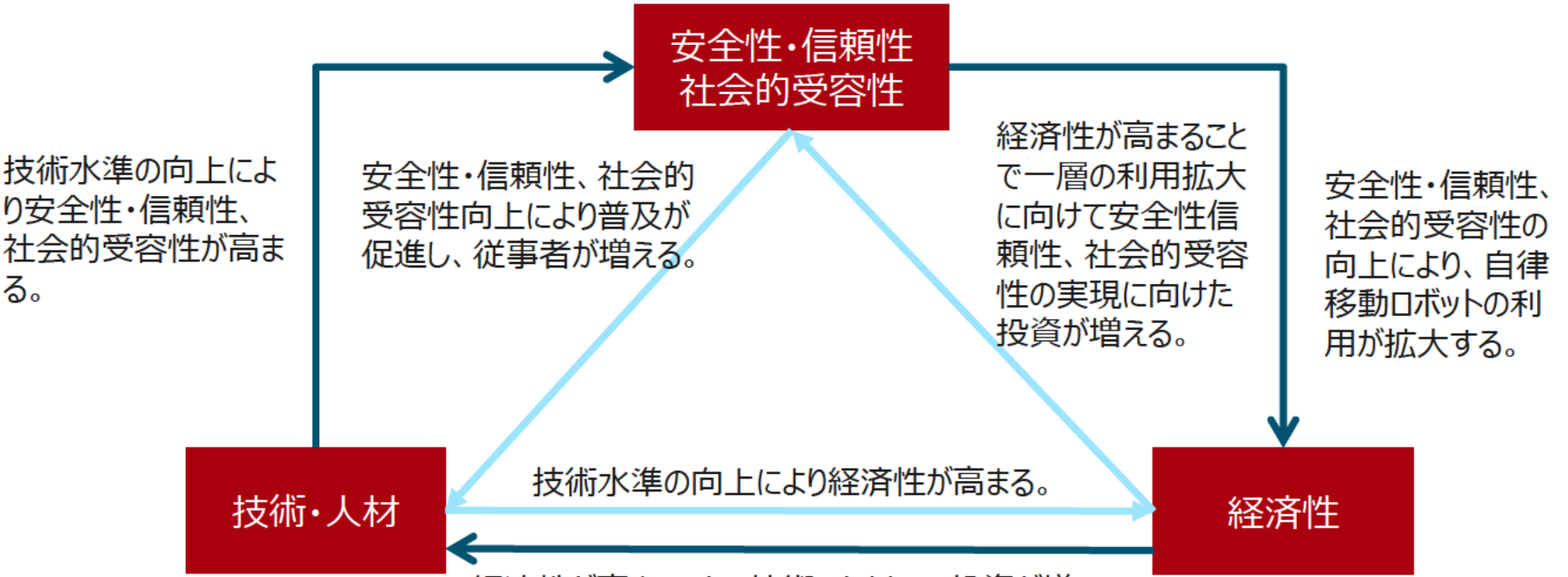
活用後に“やってはいけないこと”を決める
（まず実用化を進め、その結果に基づき禁止事項明確化）
- すぐに新技術活用・市場拡大を実現できる
- 発生した事故の重大さによっては社会の反発を生みやすい

“やっていいこと”を決めてから活用開始
（規制策定できるまでは、実用化を進めない）
- 健全かつ安全性を一定程度確保した新技術活用・市場拡大を実現できる
- 新技術活用・市場拡大に時間を要する

※１：JETRO「ビジネス短信「電動キックボードの走行を規制する政令を施行（フランス）」、https://www.jetro.go.jp/biznews/2019/11/08e284883b5152ed.html、（閲覧日2022/3/25、以下同じ）
※２：JETRO「ビジネス短信「パリ市、電動キックボードの最高速度を時速10キロに制限（フランス）」、https://www.jetro.go.jp/biznews/2021/12/a6d5030fda34a3e2.html
※３：SOMPO未来研究所「電動マイクロモビリティブームとドイツにおける受容～電動キックボードを中心に～」、http://www.sompo-ri.co.jp/issue/quarterly/data/qt75-2.pdf

運用に関する社会的受容性（1/2）

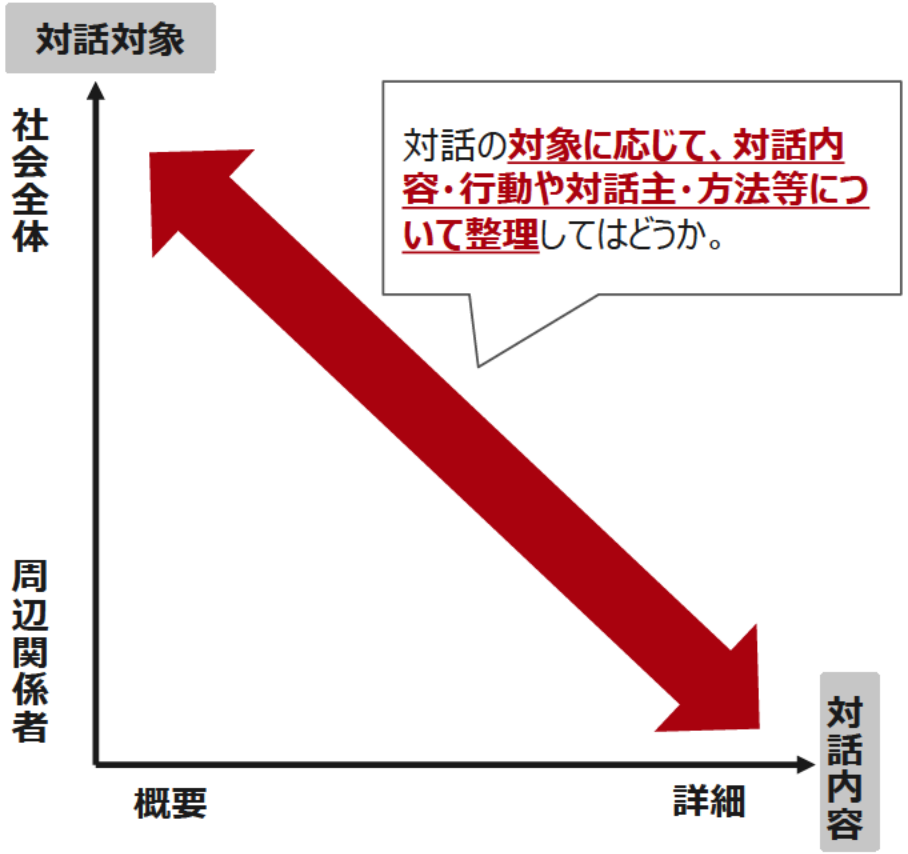
様々なシステムが相互に連携し、各システムの更新頻度が高くなり、さらにはAIによる判断が増大していく中で、**安全性・信頼性、社会的受容性、経済性、技術・人材を相乗的に高めるポジティブループを回していくことが重要だが、どうすればポジティブループが回りはじめるか**について検討が必要。



出典）デジタルアーキテクチャ・デザインセンター
第1回自律移動ロボット将来ビジョン検討会資料

運用に関する社会的受容性（2/2）

対話対象と対話内容の関係



対話内容・行動

外部環境に悪影響を与える運行 → 外部環境に配慮した運行

安全性・信頼性に対する不安 → 安全性・信頼性に関するアカウンタビリティ

事故時の対応に対する不安 → 事故時の迅速かつ必要十分な対応

＋

経済的必要性

社会的必要性

対話主・方法

利用者　事業者

周辺住民　コミュニケーションテクノロジー ※シビックテック等を含む。　第三者機関等

自治体　規制当局

出典）デジタルアーキテクチャ・デザインセンター　第1回自律移動ロボット将来ビジョン検討会資料

3. アーキテクチャ

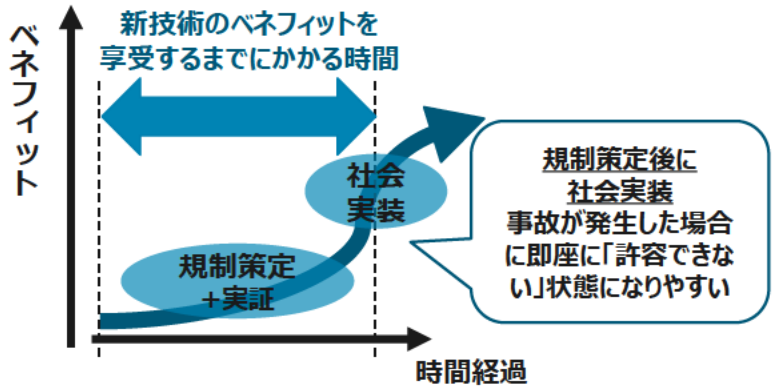
3.1 要求事項
3.2 アーキテクチャ
3.3 提案するガバナンスを実現する重要技術とその課題
3.4 社会実装に向けた施策

新技術の社会実装の在り方　※再掲

- 新技術の社会実装の在り方としては、以下の大きく2つの方向性が存在する。

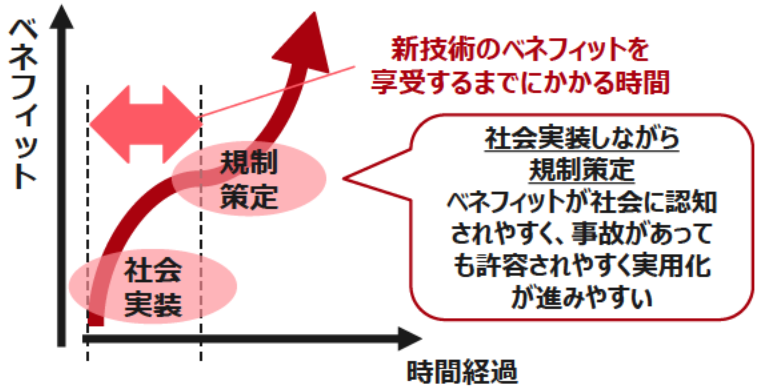
①負の影響を考慮したリスクマネジメント方法を確立したうえでの社会実装の推進：従来の姿
②社会実装をまず推進し、ベネフィット享受した社会の姿を実現しながらリスクマネジメントの実施：目指すべき姿

従来の新技術の社会実装戦略



VS

目指すべき新技術の社会実装戦略



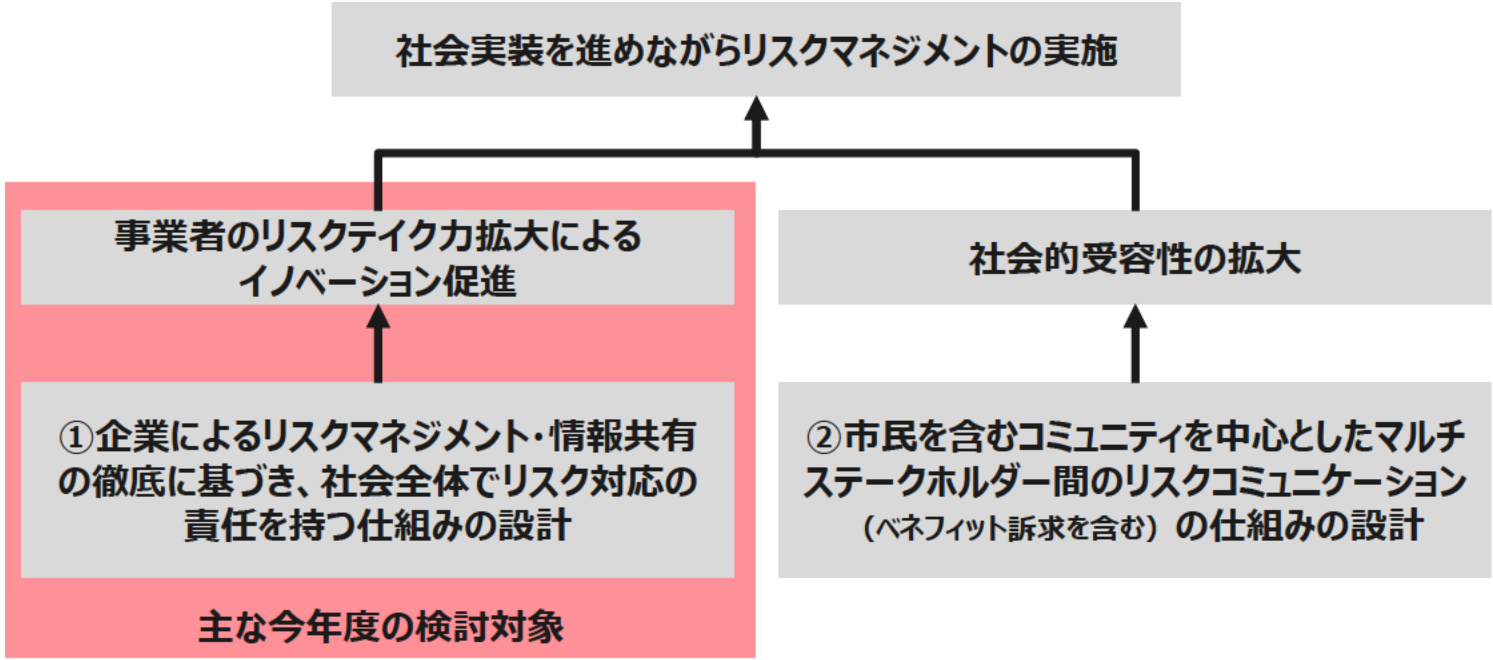
上記を踏まえ、新技術の社会実装戦略はどうあるべきか。
（特に、負の影響のマネジメント、社会的受容性をどの様にガバナンスシステムとして取り入れるべきか）

①ステークホルダーの責任の在り方 （ガバナンスにおける責任制度の設計）	②社会的受容性の在り方

新技術の社会実装のあるべき姿に向けた必要要素

- 「社会実装をまず推進し、ベネフィット享受した社会の姿を実現しながらリスクマネジメントの実施」を可能とする社会にするためには、下記の①と②の要素が必要である。②の具体的な検討は来年度以降の実施とする。

① 企業によるリスクマネジメント・情報共有の徹底に基づき、社会全体でリスク対応の責任を持つ仕組みの設計
② 市民を含むコミュニティを中心としたマルチステークホルダー間のリスクコミュニケーション（ベネフィット訴求を含む）の仕組みの設計

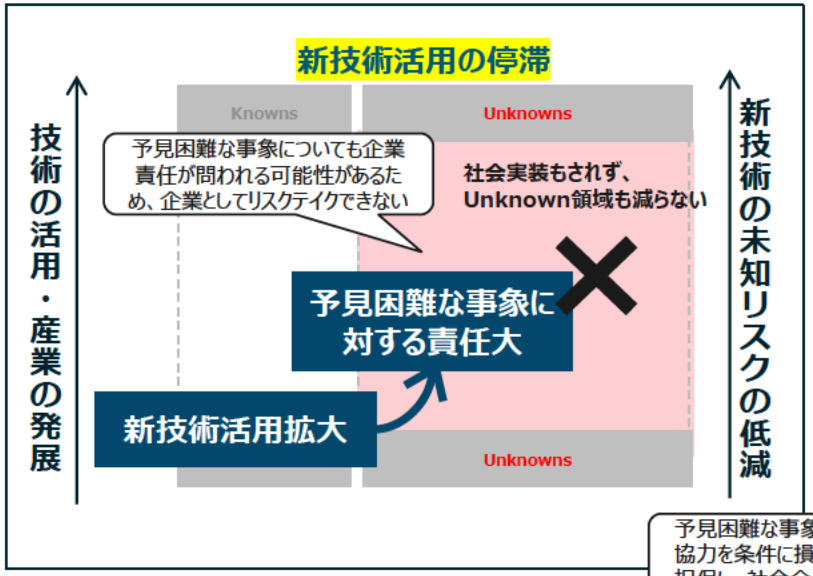


①社会全体でリスク対応の責任を持つ仕組みの設計（1/2）

- **社会実装をまず推進し、ベネフィット享受した社会の姿を実現しながらより高度なリスクマネジメントを実施するためには、新技術活用リスクが個社単体に課され、イノベーションへの過剰なブレーキとなりえる現状**から、**社会全体でそのリスクへの対応の責任及び情報を共有して社会全体のイノベーションを促進**していく仕組みにしていく必要がある。

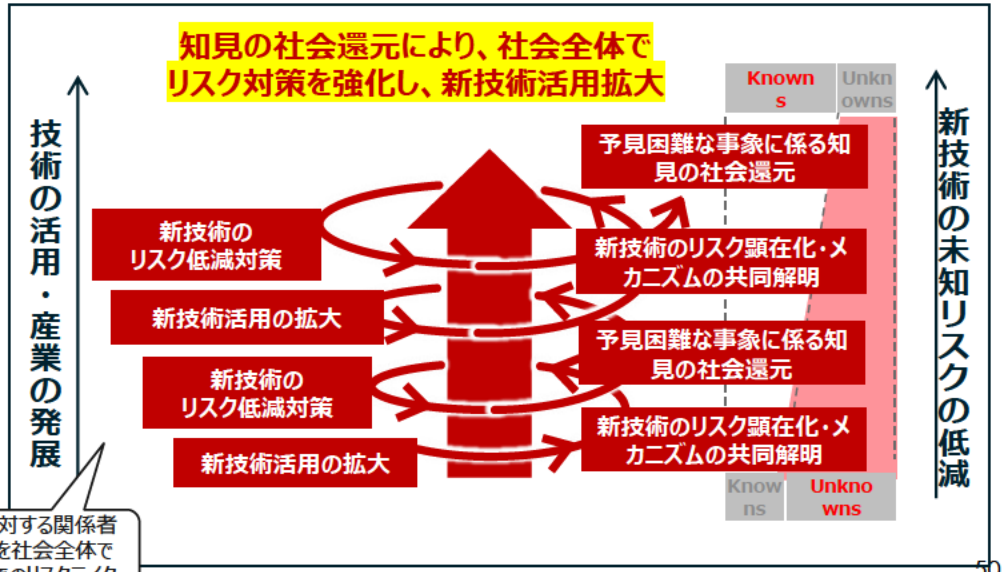
AsIs：従来のガバナンスシステム

- 行為責任制度では、新技術リスクと情報が企業に集中し、イノベーションとシステム改善が停滞する可能性



ToBe：目指すべきガバナンスシステム

- 結果責任制度では、新技術に係る知見の社会還元と社会全体でのリスク負担を組み合せることでイノベーションを促進



①社会全体でリスク対応の責任を持つ仕組みの設計（２/２）

- 企業による**適正なリスク評価、リスク情報・知見に関する社会還元、再発防止に向けたシステム改善などを条件**に、予見困難な被害（リスク）に関して公的補償等を活用することで、**企業のイノベーション（新技術・新産業）と社会全体による適正なリスクマネジメントを両立**する。

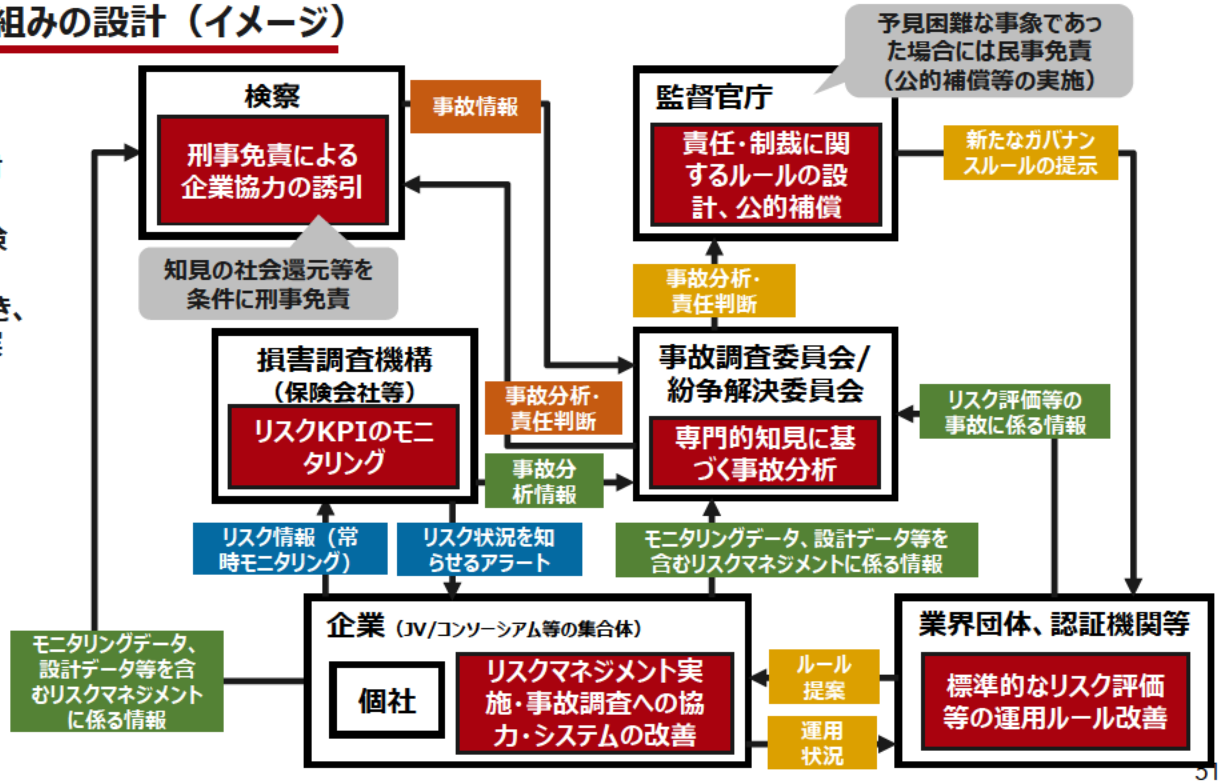
①社会全体でリスク対応の責任を持つ仕組みの設計（イメージ）

青 A) 平常時には、企業自身や損害調査機構等がリスク状況を常時モニタリングし、閾値を超えた場合に企業にアラートが伝達され、リスク対応を実施。

緑 B) 事故発生時には、訴追延期合意に基づき、検察に事故に係る情報が集約される。

橙 C) 検察の集約情報を活用し、専門知識に基づき、事故調査委員会が事故分析・責任判断を実施。

黄 D) 事故分析・責任判断の結果を基に、監督官庁はガバナンスルールを再設計し、それに伴い業界団体等が業界標準となる運用ルールを改善する。



②マルチステークホルダー間のリスクコミュニケーションの仕組みの設計

- **市民を含むコミュニティが適切な情報（ベネフィットを訴求するための情報も含む）に触れられる仕組みとガバナンスの改善を進めるための対話の仕組みが必要である。**

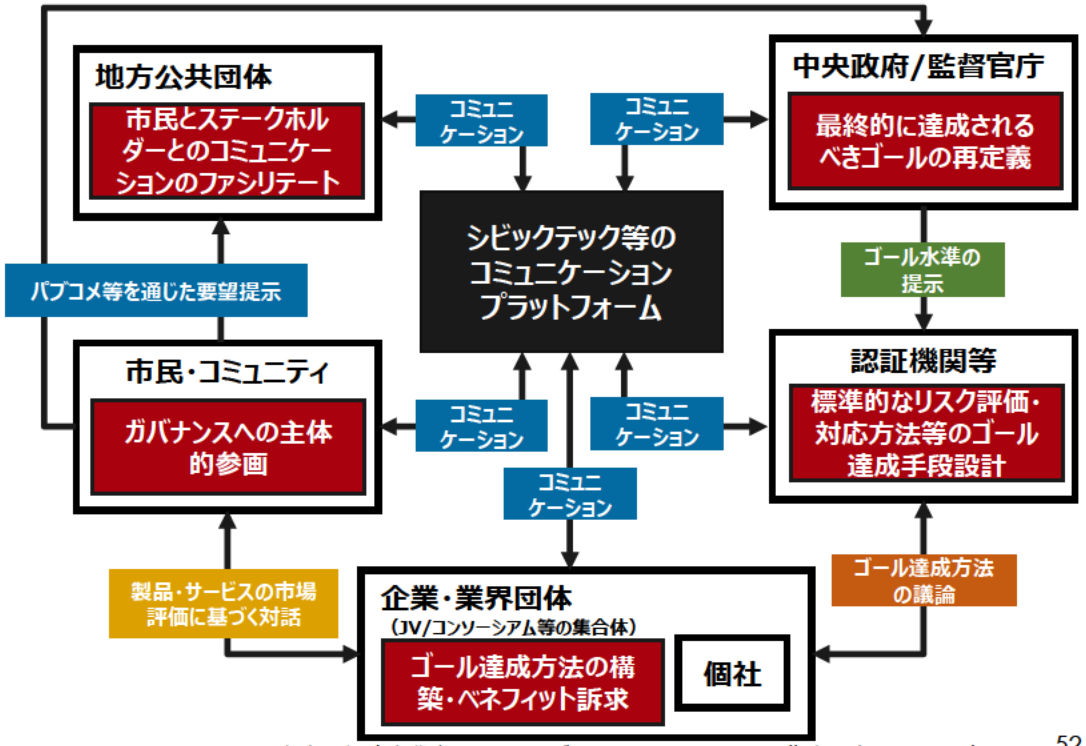
②マルチステークホルダー間のリスクコミュニケーションの仕組みの設計（イメージ）

青 **A) システム内外環境変化等のモニタリングを通じ、監督官庁・企業・地方公共団体・市民等の双方向的なコミュニケーションによりゴール再設定の必要性を共有する。**（地方公共団体等の市民と近い立場の機関が、シビックテック等を活用し市民を巻き込みながら議論を進める。）

緑 **B) 最終的に達成されるべきゴールについて法律を用いて再定義を行う。**

橙 **C) ゴールを具体的に達成するための方法については、企業の自主的な取組に委ねる。**（業界団体等を中心とした標準的なリスク評価方法の設計、企業のリスクマネジメントシステムの構築等を実施）

黄 **D) 上記の様々なステークホルダーの行為を、市場参加者や市民・コミュニティが継続的に評価し、ステークホルダーとの対話を行う。**



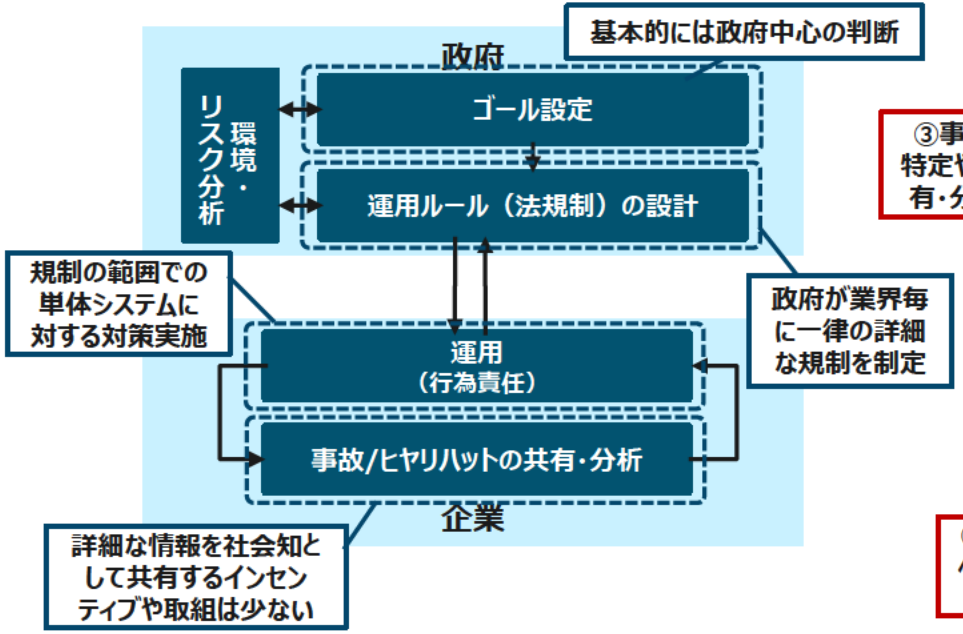
参考）経済産業省「アジャイル・ガバナンスの概要と現状」報告書（案）（2022年3月）

3. アーキテクチャ

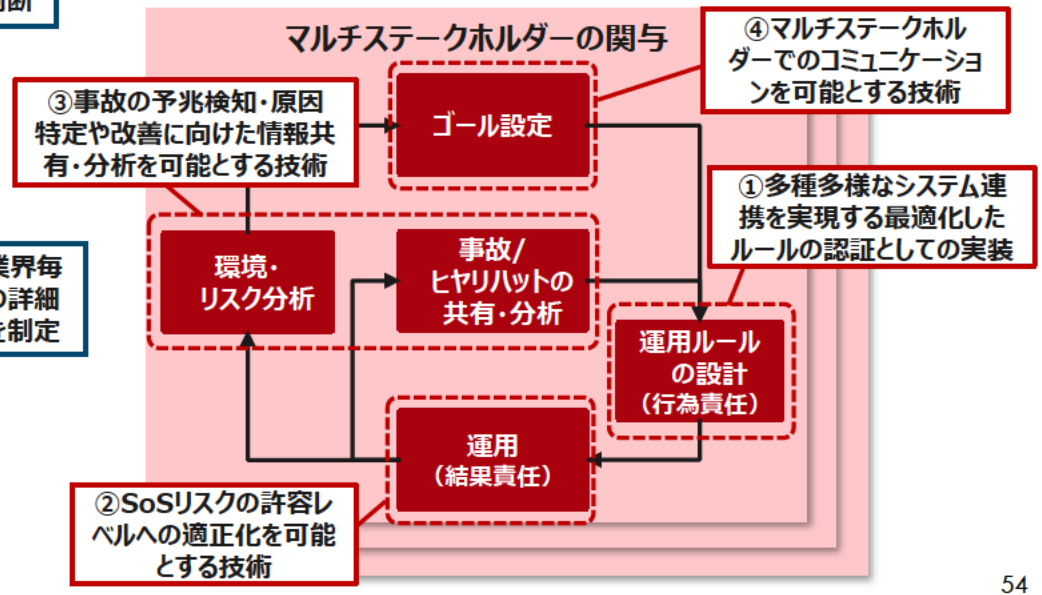
SoSの安全ガバナンス改善のために必要なデータ・技術等（１/３）

- 目指すべきSoSガバナンスの在り方においては、**社会全体でリスクへの対応の責任及び情報を共有することで安全性・信頼性を高めていきながら、社会全体のイノベーションを促進することが重要となる**。
- そのためには、**①SoSリスクの許容レベルへの適正化（事故シナリオの進展を防止等）、②多種多様なシステム連携を実現する最適化したルールの認証としての実装、③事故の予兆検知・原因特定や改善に向けた情報共有・分析、④市民を含むマルチステークホルダーでのコミュニケーション** を可能とする技術や仕組みが必要となる。

AsIs：従来のガバナンスモデル



ToBe：目指すべきガバナンスモデルに必要な要素とは



SoSの安全ガバナンス改善のために必要なデータ･技術等（２/３）

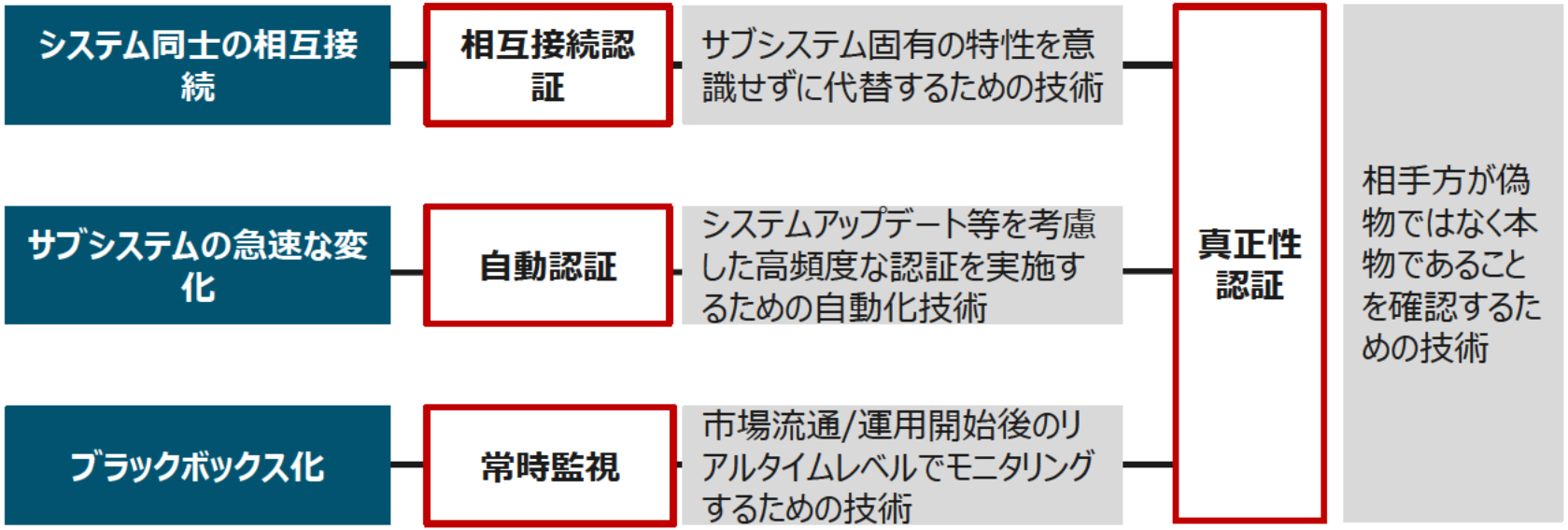
観点	分類	技術概要
①多種多様なシステム連携を実現する最適化したルールの認証としての実装	Ⓐ相互接続認証	SoSを構成するサブシステム固有の特性を意識せずに代替（相互接続）するための技術
	Ⓑ自動認証	サブシステムの急速な変化（システムアップデート等）を考慮した高頻度な認証を実施するための自動化技術
	Ⓒ常時監視	AI等による市場流通/運用開始後もシステムの変化が発生することを考慮し、市場流通/運用開始後もリアルタイムレベルでモニタリングするための技術
	Ⓓ真正性認証	接続される相手方や伝達されるデータが偽物ではなく本物であることを確認するための技術
②SoSリスクの許容レベルへの適正化を可能とする技術	Ⓔ安全性解析	複数の専門家の連携などが求められるシステム同士の接続を考慮した安全性解析･リスクアセスメント手法
	Ⓕシミュレーション技術	実機を用いることなく、実機を仮想的に再現した環境で実機では困難な危険なケースのテストを可能とするシミュレーション技術
	Ⓖサイバーセキュリティ技術	サイバー領域における不正アクセス、情報の窃取や流出･改ざんを防止するための技術
	Ⓗオペレーション/制御技術	機器やシステムの運転･管理し、制御するための技術
	Ⓘロバスト性向上技術	不確定要因（ノイズ/揺らぎ/ばらつき）を考慮してシステムの安定性や信頼性の向上を実現するための技術。
③事故の予兆検知･原因特定や改善に向けた情報共有･分析を可能とする技術	Ⓙデータ取得技術	システムの管理主体の特定、識別情報および位置情報を共有するための技術
	Ⓚログ記録技術	取得したデータを記録として蓄積するための技術
	Ⓛ分析技術（ガバナンス改善に向けた）	蓄積されたデータを分析し、事故の再現性の確保による原因特定やガバナンス改善に活用するための技術（及び観点）
④マルチステークホルダーでのコミュニケーションを可能とする技術	Ⓜシビックテック	社会課題や行政サービスの問題を、市民の自主的な参加と技術を組み合わせて解決する手法

SoSの安全ガバナンス改善のために必要なデータ･技術等（３/３）

観点	分類	検討が必要なポイント･今後の課題
①多種多様なシステム連携を実現する最適化したルールの認証としての実装	Ⓐ相互接続認証	SoSのような多種多様で膨大なシステム同士の相互接続認証を行うためには、第三者機関により実機試験を実施する方法ではなく、リモートアテステーションのようなリモートの接続対象の認証を可能とする技術や仕組みの導入を検討することが必要となる。
	Ⓑ自動認証	システムのアップデート等の頻度が上がった場合を考慮して、認証自動化は今後のテーマとなり得る。具体的にはシミュレーション技術を活用することでアップデート毎の認証を自動化し、その結果を暗号技術を活用したIDや電子証明書として発行する形が考えられる。
	Ⓒ常時監視	システム同士の接続による複雑化やAI活用範囲の拡大を想定し、常時監視の在り方を検討する必要がある。また、監視対象の特定の際には、公表情報と報告情報の区別・報告者にとって不利益な情報の扱いなど適切なアクセスコントロールの検討が必要。
	Ⓓ真正性認証	相互接続認証、自動認証、常時監視を実現するために、信頼を構成するアーキテクチャ（トラストアーキテクチャとも言う）の根幹となるハードウエア自体の真正性確保が重要となるためどのような手段（例えば、IDや電子証明書）を適用するのか検討が必要。
②SoSリスクの許容レベルへの適正化を可能とする技術	Ⓔ安全性解析	まずは、システムに適切な安全要求を明確にする検討が必要。また、責任制度における免責条件となるSoSに対する標準的なリスク評価方法（経済合理性の考慮が必要）やいずれの主体が実施すべきかの明確化を行うことも必要。
	Ⓕシミュレーション技術	ドローン分野では、衝突回避のルールの在り方等のルール設計へのシミュレーションの活用を検討する必要あり。スマートビル分野では、接続先とのデータの扱い（スキーム、カタログ）を統一することによるシミュレーションの精度等の向上が課題。
	Ⓖサイバーセキュリティ技術	ドローンシステムのセキュリティ対策は十分に行われておらず、ガイドラインから個社が具体の対策として落とし込むことが必要。スマートビル分野では、繋がる対象のサードパーティーシステムとの関係が論点であり、システム間のフィルタリング等の考慮が必要。
	Ⓗオペレーション/制御技術	ドローン分野の管制自動化は構想段階であり、検討を具体化するためには多くの無人航空機の飛行によるニーズの醸成が必要。スマートビル分野のビルOSは、インターフェースやアーキテクチャの議論が少なく、拡張性や同業種・異業種間連携、ビジネスモデルに課題。
	①ロバスト性向上技術	不確定要因を考慮したロバスト性向上技術としては現状ハード面の対策が中心であり、ソフト面の検討はあまり進んでいない。
③事故の予兆検知･原因特定や改善に向けた情報共有･分析を可能とする技術	Ⓙデータ取得技術	ドローン分野ではネットワーク型リモートIDのみならず、事故原因の追求等のために位置情報を地上で記録する仕組みの検討が必要。スマートビル分野では複数のセンサーの取得情報から正しい値を推定する「センサーフュージョン技術」の開発の必要性が大きい。
	Ⓚログ記録技術	ドローン分野ではロガー技術の標準化が喫緊の課題、その上で制度を作っていく必要がある。スマートビル分野では効率的なデータ計測と高頻度更新が課題。
	Ⓛ分析技術（ガバナンス改善に向けた）	ドローン分野ではフライトログの提出について特段の要件はない現状から、制度上でもステークホルダー連携による知見共有・情報分析を要求することが必要。スマートビル分野においては、まずデータのカタログやスキーム等を統一することが喫緊の課題。
④マルチステークホルダーでのコミュニケーションを可能とする技術	Ⓜシビックテック	市民等のステークホルダーの意見や評価を実質的にゴール設定やルール形成に反映させるためにはコミュニケーションを促進するテクノロジーが必要不可欠であり、シビックテックの効果的な活用が期待される。まずは活用事例を増やし、認知度向上を図る必要がある。

（参考）SoSの安全性・信頼性確保に向けた認証の在り方

- 「システム同士の相互接続」「サブシステムの急速な変化」「ブラックボックス化」が進む場合は、**「相互接続認証」**、**「自動認証」**、**「常時監視」**、**「真正性認証」**の仕組みで安全性や信頼性を確保することが重要となる。



3. アーキテクチャ

技術調査（詳細）

分野共通

分類	Ⓐ相互接続認証

技術内容（詳細）

- サブシステム固有の特性を意識せずに代替できることを可能とする技術。
- 具体的事例としては、スマートホームの中核となるインターフェース「ECHONET Lite」がある。ECHONET Lite通信プロトコルの相互接続性を確保するためにインターフェース仕様を制定し、その仕様適合性認証（相互接続認証）を実施することで相互接続性を担保している。
- 上記に記載した方法は第三者機関により実機試験を実施することで仕様適合性を認証するものとなっているが、膨大な数のIoTデバイスやAIエッジ等の相互接続性とトラストを確保するためには、遠隔での認証を可能とすることが必要。実用化された技術例、「リモートアテステーション」がある。リモートアテステーションとは、接続先となるリモートのターゲットが「意図通り」動いているのかをシステム（機器・ソフトウエア）に埋め込んだRoot of Trust（Ⓓ真正性認証を参照）を通じて確認する技術のこと。
  - 具体例としては、AppleのiPhoneにおける生体認証がある。元々は端末のロックを外すための機能だったが、今はオンラインで重要な作業をするときにサービサーが認証を信じられるかをアテステーションするために使用とされている。
  - インターネット標準化団体 ITFにおけるリモートアテステーションWGではautomated GRC（Governance Risk Compliance）が取り上げられており、末端の情報システムやデバイスをリモートアテステーションによってリアルタイムでチェックし、ガバナンスリスクコンプライアンスを達成する考え方を提唱している。

ドローン分野/スマートビル分野における取組状況	既存の取組事例なし

検討が必要なポイント・今後の課題 ▶ SoSの特性を考慮した技術・仕組みの検討が課題

- ドローン分野ではまだ検討は進んでいないものの、**SoSの特性を考慮した認証の方法を検討することが機体本体・インフラそれぞれにおいて必要**。前述の通り、**多種多様で膨大なシステム同士の相互接続認証を行うためには、第三者機関により実機試験を実施する方法ではなく、リモートアテステーションのようなリモートの接続対象の認証を可能とする技術や仕組みの導入を検討することが必要となる**。自動車のECU等の他分野での先行事例を参考とすべき。（ECUとはエンジンコントロールユニットのこと。エンジン動作やドア開閉等の際に社内のECU同士が通信して信号を送り合う不法なECUの接続が行われると自動車全体の信頼が確保できなくなることを問題とし、2020年以降、ECUに識別用の暗号チップを内蔵し、その暗号チップを通じたリモートアテステーションを実施することでECU同士の信頼性を確保した相互接続を担保するような仕組みとなった。）
- スマートビル分野については、ビル内外にスマートビルを構成する機器は数多いため、安全や利便性に直結する機器については対応が必要。

技術調査（詳細）

分野共通

分類	Ⓑ自動認証

技術内容（詳細）

- システムアップデート等を考慮した高頻度な認証を実施するための技術であり、自動認証技術には以下の2つの観点がある。
  - ① システムアップデートを考慮し高頻度で認証を行うこと：「アップデート」をしたシステムに対して認証を実施、電子証明書等を発行
  - ② よく接続するシステム同士で逐一認証作業をせず接続を可能とすること：システム間の接続のタイミングで認証を実施
- サブシステムに変更が生じた時には、まずそのシステムの真正性を改めて認証することが必要であり、上記のうち①のプロセスで行われる。さらに、その変更が生じたサブシステムを他のシステムとの接続を継続させるために、①で検証された真正性を踏まえシステム間での認証を行う②のプロセスが必要となる。
- ①の具体例としては、航空分野のLSAP（Loadable Software Airplane Parts）がある。航空機部品では、運用開始後も機上でソフトウェアのアップデートを可能とするLSAPが増加している。PKI(Public Key Infrastructure: 公開鍵暗号基盤)認証によるデジタル署名付き暗号化によってソフトウェアを暗号化して送信することで、セキュアな通信を実現する。
- ②は相互接続性認証・真正性認証を逐次行うことによって実現される。

ドローン分野/スマートビル分野における取組状況	既存の取組事例なし

検討が必要なポイント・今後の課題 ▶ システムのアップデート頻度の上昇等の状況を想定した認証の仕組みの検討が必要

- ドローン分野については、現状米国FAAの所有するテストサイトでは認証手段としてシミュレータが使われている。実態として、システムに軽微な変更であっても変更が発生するたびに認証は再取得が必要なため、**システムのアップデート等の頻度が上がった場合を考慮して、自動認証は今後のテーマとなり得る。**具体的には、**シミュレーション技術を活用することでアップデート毎の認証を自動化し、その結果を暗号技術を活用したIDや電子証明書として発行する形**が考えられる。
- スマートビル分野においては、**スマートビルシステムの切り分けを踏まえて認証を行っていく必要**がある。ロボットや自動運転車等のサブシステムと接続されることが想定されるが、基本的な認証の在り方としてはサブシステムそれぞれが認証取得する形になると考えられる。各サブシステムのアップデートの頻度が上がった際には自動認証も検討される可能性あり。

技術調査（詳細）

分野共通

分類	©常時監視

技術内容（詳細）

- SoSの安全性・信頼性確保には、システム・組織の運用パフォーマンス指標(安全に関わるKPI)を常時確認することが求められる。運用パフォーマンスに基づいて評価するためには、運用パフォーマンスを常時性高くデータとして収集し、複数事業者や有資格者の運用パフォーマンスを比較・分析する機能が必要。
- また、実装には公表情報と報告情報の区別、報告者にとって不利益な情報の扱いなど適切なアクセスコントロールが必要。
- 具体事例としては、航空分野（ボーイング）で、Airplane Health Management（AHM）というボーイング社のWebポータル上で提供されるメンテナンスの意思決定支援機能がある。AHMはリアルタイムの航空機データ（例えば、燃費消費量やCO2排出量と航空機性能モニタリングを組み合わせたモニタリングによるデータ）を活用することで、故障状況の伝達、トラブルシューティング・修理等のメンテナンスの効率化・コスト削減や定時運行の信頼性向上を図る。
  - 具体的なプロセスとしては、①巡行データとして大気データ、エンジンおよび機体の性能パラメータを記録し、②ソフトウェアが読み取れる形式にデータを変換・分析し、③分析されたデータ（燃費、燃料流量、必要推力の偏差）を航空会社のエンジニアに提供することで、飛行計画やフライトマネージメントコンピューターを操作する必要があるかどうかを検討できるようになる。

ドローン分野/スマートビル分野における取組状況	既存の取組事例なし

検討が必要なポイント・今後の課題　▶　常時性の必要性を踏まえた仕組み、アクセスコントロールの在り方の検討が必要

- システム同士の接続による複雑化やAI活用範囲の拡大を想定すると、常時監視は必要となるものの、目的に応じてどの程度の間隔で監視を実施すべきかの検討が重要となる。
- 常時監視技術の実装には**公表情報と報告情報の区別、報告者にとって不利益な情報の扱いなど適切なアクセスコントロールの検討が必要**。

技術調査（詳細）

分野共通

分類	Ⓓ真正性認証

技術内容（詳細）

- 相手方が偽物ではなく本物であることを確認する技術。IDや電子証明書が正しいものであることを検証し、認証をする。
- 具体的には、接続するシステム間においてシステムの識別子とそのシステムの真正性を証明する電子証明書が一致するかを検証し、認証を与える一連の技術を指す。電子証明書は、個人や特定のデバイス・システムの真正性を証明するものとして、電子署名・電子証拠・電子サイン・タイムスタンプ等様々な形式で提供されており、デバイスやシステムに対しては認証書配布システムを通してコピー不可能な電子証明書を発行し、デバイスやシステムの真正性を証明するシステムが多く整備されている。また、真正性を証明するためのコンポーネントをデバイスやシステムに組み込んでいる例も存在する。電子証明書の発行については、サブシステムの急速な変化を踏まえた「自動認証」において発行されるものとして別途考慮する。
- また、ISO/IEC62443で使用されているRoot Of Trustという用語がある。Root of Trustは、「ソフトウエアの完全性検証機能」、「デバイス認証機能（暗号技術を活用したにユニークなマシンIDを提供する等）」、「検証、認証、暗号鍵、ホワイトリストの保護機能」等の機能を提供し、サーバやデバイスが正しいことを検証・信頼性を保証する技術。暗号技術による信頼性を実現するアーキテクチャに必要不可欠な要素であり、真正性認証の一部の役割を担う。
  - ➢ 具体事例としては、2019年にGoogleが、ハードウェアに埋め込まれて改ざんできない情報を活用して、稼働するソフトウェアなどの真正性を保証するマイクロコントローラーであるRoTチップを発表。

ドローン分野/スマートビル分野における取組状況	既存の取組事例なし

検討が必要なポイント・今後の課題 ▶ 真正性認証はシステムの信頼性担保を実現するアーキテクチャの一要素であることを踏まえ、どのような手段で実装すべきかを検討する必要がある

- 前述の相互接続認証、自動認証、常時監視を実現するために、**信頼を構成するアーキテクチャ（トラストアーキテクチャとも言う）の根幹となるハードウエア自体の真正性確保が重要となるためどのような手段（例えば、IDや電子証明書）を適用するのか検討が必要。**

3. アーキテクチャ

技術調査（詳細）

ドローン分野

分類	Ⓔ安全性解析	技術名称	リスクアセスメント手法

技術内容（詳細）

- システムオブシステムズでは、複雑にシステムが絡み合い大きなシステムを構成しているためリスクアセスメントのためには複数の専門家の連携が必要となる。また障害が発生した際には社会的な影響も大きいことから、リスクアセスメントは重要な技術として位置づけられる。
- 特にシステムオブシステムズにおけるリスクアセスメント手法では以下のような観点が必要となる。
  - あるサブシステムの故障が他のサブシステムに影響しないよう、分離した制御設計
  - 複数の専門家による依存関係の明示化・整合性確保が必要な項目の明確化
  - STAMP/STPAやFTAなど確立された手法の適用及び新しい分析手法の適用
- 例えば、有人航空機分野では、複雑なシステムに対していフォルトツリー解析(FTA)によるリスクアセスメントがなされているが、システムオブシステムズを対象とする場合には、サブシステムのフォルトツリーをシステム全体のモデルに統合して、サブシステム間の障害の伝播を分析することが必要となる。

ドローン分野における取組状況	存在している（想定企業：JARUS SORA、テララボ）

検討が必要なポイント・今後の課題 ▶ 免責条件の前提となる標準的なリスク評価方法の確立

- 国内では、ドローンに対するFTA等の安全解析手法はほぼ実施していないのが現状であり、ドローンメーカーは主にはベンチャー企業であるため**安全性解析に係る知識不足が問題となっており、安全性解析手法の教育・リスクアセッサー等の人材育成も併せて考慮する必要**がある。一方で、米国のFAA認証取得の際には要件のひとつとしてリスク分析が含まれており、米国認証を取得する試みを実施しているため企業（例：テララボ）は安全性解析手法を知見として獲得できつつある。
- 有人航空機のAviation認証をそのまま自律移動ロボットに適用すると、経済合理性が成り立たないという問題意識があり、**ドローンに適切な安全要求を明確にする検討が必要**である。現在、DRESSプロジェクトでそのような検討が進みつつある。
- ガバナンスとしては、**免責条件となるSoSに対する標準的なリスク評価方法を明確化する必要**がある。

技術調査（詳細）

スマートビル分野

分類	Ⓔ安全性解析	技術名称	リスクアセスメント手法

技術内容（詳細）※再掲

- システムオブシステムズでは、複雑にシステムが絡み合い大きなシステムを構成しているためリスクアセスメントのためには複数の専門家の連携が必要となる。また障害が発生した際には社会的な影響も大きいことから、リスクアセスメントは重要な技術として位置づけられる。
- 特にシステムオブシステムズにおけるリスクアセスメント手法では以下のような観点が必要となる。
  - あるサブシステムの故障が他のサブシステムに影響しないよう、分離した制御設計
  - 複数の専門家による依存関係の明示化・整合性確保が必要な項目の明確化
  - STAMP/STPAやFTAなど確立された手法の適用及び新しい分析手法の適用
- 具体事例として、森ビルのIoT技術による「土地建物格付けシステム」がある。地盤と建物の揺れ特性の定量評価により、都市全体の震災リスクを見える化する技術がある。（出所：森ビルニュースリリース https://www.mori.co.jp/company/press/release/2022/01/20220117140000004265.html）

スマートビル分野における取組状況	存在している（想定企業：森ビル）

検討が必要なポイント・今後の課題 ▶ SoSとしてのスマートビルに対するリスクアセスメント手法・責任の明確化が課題

- 従前サブシステム単位では安全性解析が行われており、また、**ビルシステム自体も外部ネットワークとつながることが少なかったため、全体での安全性解析の必要性は高くなかった**が、今後SoSの進展に伴い安全性解析を行う範囲やその実施方法・技術の検討が必要。例えば、今後検討すべきユースケースとしては、複数のロボットが建物の中で同時に活動し、エレベーターの前で突然停止する等の、ロボットが想定しない挙動や危険な挙動をするといった、**建物の中に外部システムが導入された際のコンフリクトのリスクシナリオは検討が必要**。一方で、ロボットはロボットのシステムとして管理されることが現状想定されており、全体システムとして統合した安全性解析・リスクアセスメントが実施されておらず、その**責任分界点も曖昧であるためにいずれの主体も実施しない（自身の責任として認識しない）恐れ**がある。
- また、天気予報や人流情報を活用したAIについては精度の問題が付きまとうため、**契約時点でどの程度のリスクを許容するのかKPIを適切に設定し契約書に反映させることが必要**となるものの、業界にノウハウが少なく検討が進んでいないため、**許容可能なリスク基準としてのKPIの業界標準化等の施策は有益**と考えられる。

技術調査（詳細）

ドローン分野

分類	Ⓕシミュレーション技術	技術名称	シミュレーション技術

技術内容（詳細）

- Hardware-in-the-Loop Simulation、Processor-in-the-Loop Simulationなどのシミュレーション技術が含まれる。
- 実機を用いることなく、実機を仮想的に再現した環境でシミュレーションを行うことで、実機では困難な危険なケースのテストが可能となる。また、不具合が発生する条件を把握し、不具合の出る環境を再現して繰り返しテストが可能。結果、ユーザーがデザインした制御モデルを迅速に実機テスト環境へと移行させ、実機テストを行うことが可能となる。
- 現状、ドローン分野では、操縦訓練や操縦士試験にはシミュレーターは活用されている。また、JAXAによる飛行の混雑度をパラメーターとしたシミュレーションや仙台市での干渉リスクが少ない場合を想定した密度の検証を目的としたシミュレーションは実施されている。
  また、USS同時が繋がった際の試験システムに関してシミュレーションは実施された実績あり。（USS間のコミュニケーションを促進するプラットフォームの開発がオープンソースで行われている。）（参考：InterUSS Platform https://github.com/interuss）

ドローン分野における取組状況	存在している（想定企業：JAXA, Intel）

検討が必要なポイント・今後の課題 ▶ シミュレーションにおけるリアルタイム性の必要性や活用対象拡大に向けた検討が課題

- シミュレーションにおいて、どの程度「リアルタイム性」を要求するかはシミュレーションの対象次第であり、現状としては（SoSほどの複雑で高度なシステムの接続を想定していないため、）**飛行前にシミュレーションをやったうえでその結果を活用することで十分であり、リアルタイム性の必要性はあまり認識されていない**。
- ガバナンスという観点では、**衝突回避等のルール設計へのシミュレーションの活用**はあり得る。

技術調査（詳細）

スマートビル分野

分類	Ⓕシミュレーション技術	技術名称	シミュレーション技術

技術内容（詳細）※再掲

- 実機を用いることなく、実機を仮想的に再現した環境でシミュレーションを行うことで、実機では困難な危険なケースのテストが可能となる。また、不具合が発生する条件を把握し、不具合の出る環境を再現して繰り返しテストが可能。結果、ユーザーがデザインした制御モデルを迅速に実機テスト環境へと移行させ、実機テストを行うことが可能となる。
- インフラ分野では、人間や環境を含むインフラや都市に関するデータを取得し、モデリングや可視化を可能にすることで、シミュレーション用テストケースを提供するサービス事例あり。具体事例としては以下。
  - 日立産業制御ソリューションズ「人流シミュレーションシステム」：イベントや災害時における避難誘導計画の事前評価や、新規集客施設建設にともなう混雑状況の事前評価など、人が局所的に集中することで発生する課題への対応策を評価可能。（出所：日立産業制御ソリューションズ「人流シミュレーションシステム」https://info.hitachi-ics.co.jp/product/h_flow/）
  - 三菱地所「災害ダッシュボード4.0」：首都直下地震と感染症対策の双方に係るエリア防災の取組み。①帰宅困難者受入施設での入退館をQR コードでデジタル化、②人流データを取得・解析し、受入施設周辺の混雑状況を見える化　の2つの機能を持つ。（出所：三菱地所「首都直下地震×感染症対策×デジタル化「災害ダッシュボード 4.0」実験実施」https://www.mec.co.jp/j/news/archives/mec210202_dashboard4.pdf）

スマートビル分野における取組状況	存在している（想定企業：日立産業制御ソリューションズ、三菱地所）

検討が必要なポイント・今後の課題　▶　データの取扱ルールの統一によるシミュレーションやモデルの精度向上が課題

- 現状**シミュレーションは設計前のみで、運用開始後はその計算負荷からダイナミックな見直しは行われていない**。BIMの精度の向上、バーチャルセンサーの活用等も含めたシミュレーション技術の活用のあり方について検討が必要。
- バーチャルセンサー等のビルOSのアプリケーションでシステム動作を予測し、最適化をするような検討は今後進展していくと考えられるものの、その普及には、**ビルのモデル化の精度向上が課題**。
- 人流情報を活用したシミュレーションは検討されつつあり、ビル内部のみならず、街のシミュレーションについて、人流情報のリアルタイムデータと一日単位等のバッチデータを均等に扱うことが重要という認識で検討が進められている。まずは街側とビル側等の**接続先同士でのデータの取扱ルール（スキーム、カタログ等）を統一することが課題**となっており、統一が進めばシミュレーションやモデルの精度の向上に寄与する。

技術調査（詳細）

ドローン分野

分類	Ⓖサイバーセキュリティ技術	技術名称	サイバーセキュリティ技術

技術内容（詳細）

- ドローンへのサイバー攻撃による影響としては、①データ漏えいと②不正操作の２つのリスクが考慮される。ドローンに対する脆弱性を検証したうえで、その結果に基づきセキュリティ対策を検討することが必要。
- すでに海外ではドローンを利用したテロが発生しており、また、ドローンの不具合や電波障害による墜落事故などが発生している状況を受けて、セキュリティ脆弱性に対する問題認識が持たれるようにもなり、2020年9月には内閣官房より「ドローンに関するセキュリティリスクへの対応について」という資料が発表された。その資料をきっかけとして、以下のドローンに関するセキュリティ対策ガイドラインが発表された。
  - ➢ 独立行政法人情報処理推進機構「ドローンセキュリティハンドブック～安全なドローン利活用の勘どころ～」（2021年6月）
  - ✓ 本ガイドラインでは、攻撃経路の検討を基に模擬攻撃プログラムによる脆弱性の検証がなされている。具体的には、①ドローンへの不正な制御信号の送信、②ドローンとWi-Fi操作端末との接続断、③不正なGPS信号の送信、④開発者ツールの仕様、⑤通信盗聴による撮影映像・画像の窃取というような攻撃経路が挙げられている。
  - ✓ それに対し、サイバー攻撃対策例として、不要なネットワークポートの閉塞、通信の暗号化、安全なWi-Fiの仕様、Wi-Fiネットワークの監視、Wi-Fi以外の無線通信傍受への対策、位置情報の改ざん対策、機体と開発者ツールの登録が挙げられている。
  - ➢ 一般社団法人セキュアドローン協議会「ドローンセキュリティガイド　第2版」（2021年4月）
  - ✓ 安心・安全な操作環境とデータ送信環境を確立するための指標としてガイドを発行。

ドローン分野における取組状況	存在している（想定企業：独立行政法人情報処理推進機構、一般社団法人セキュアドローン協議会）

検討が必要なポイント・今後の課題　▶　個社におけるセキュリティ対策の具体化が課題

- 上記のガイドラインはあくまで業界指針であり、個社それぞれが設計から運用に渡るライフサイクルにおいて具体対策としての検討を深堀することが必要。現状、ドローンシステムのセキュリティ対策は十分に行われておらず、システムとしての脆弱性は課題となっている。

技術調査（詳細）

スマートビル分野

分類	Ⓖサイバーセキュリティ技術	技術名称	サイバーセキュリティ技術

技術内容（詳細）

- 産業サイバーセキュリティ研究会にビルサブワーキングがあり、サイバーセキュリティをビルに導入する必要が検討されている。
- 同サブWGにおいては、ビルシステムに対するサイバーセキュリティ上のリスクを考える上でのビルシステムの大きな特徴として、①超長期の運用、②複数のフェースに分かれた長いライフサイクルを持つこと、③マルチステークホルダであること、④多種多様なビルの存在、の4点を挙げた上で、ビル内の場所、その場所に置かれる機器や装置単位で、どのようなサイバーリスクが存在するかを整理し、そのリスクへの必要な対策を整理したガイドラインがまとめられている。
- 具体的なサイバーセキュリティ技術として、ビルシステムの稼働状況やログの記録・確認、外部アクセス制限、中央管理室への入退室管理、アクセスログ・操作履歴の適正管理、IDS（侵入検知システム）、UTM（統合脅威管理）の導入などが挙げられている。

スマートビル分野における取組状況	存在している（想定企業：ジョンソンコントロールズ、NTTファシリティーズ）

検討が必要なポイント・今後の課題 ▶ そもそもサイバーセキュリティに関する検討が遅れており、対策の実装が課題

- 従来のビルシステムは外部システムとの接続を前提としておらず（スタンドアロンを前提としていた）、サイバーセキュリティを考慮されていないため、**既存システムにおけるサイバーセキュリティ技術の導入及びサイバーセキュリティ対策の実施に課題**がある。
- 物理的なセキュリティとしては既に商業ビル等の犯罪数はかなり減少している状況だが、万が一物理的にビル内部に侵入されると脆弱でありマルウェアを拡散された場合には非常に危険な状態となる。さらに、**ビル警備組織のサイバーセキュリティの緊急時対応に関する知見獲得も課題**である。
- サイバーセキュリティの観点から、**クラウドへの侵入や設備統合ネットワークが一般化される中で電気系統システムや空調システム等に対するハッキングへの対策が論点**となる。また、SoSとなった場合には**繋がる対象のサードパーティーシステムとの関係も論点になり、システム間のフィルタリング等の考慮**が必要。

技術調査（詳細）

ドローン分野

機能(#)	Ⓗオペレーション/制御技術	技術名称	管制自動化

技術内容（詳細）

- 管制（機体間の間隔設定）におけるシステム支援・自動化により安全性を向上する技術。
- 有人航空機では、着陸部分等一部の自動化は実施されているが、管制が不要になるレベルには至っていない。自己間隔設定（self separation）が検討されており、ADS-b inという通信技術により前後の２機体間で間隔設定を自動化する技術が開発されている。
- 無人航空機では、有人機の例に倣って概念検討は実施されているが、開発や実証は未実施の状況にある。自動化のためのステップとして、欧州U-spaceコンセプトでは２段階の機能が検討されている。
  - 戦略的コンフリクト解決：航空機の飛行前にコンフリクトを解決する。実現に向けては4Dトラジェクトリーの予測精度を向上する必要がある。
  - 戦術的コンフリクト解決：航空機の飛行中にリアルタイムでコンフリクトを解決する。実現に向けて航空機の周りに最小間隔バブルを設定し、１機ずつ間隔設定が実施されているかを確認する方法が提唱されている。

ドローン分野における取組状況	存在している（想定企業：Boeing, Airbus, Thales）

検討が必要なポイント・今後の課題　▶　現状、開発や実証は未実施の状況であり、業界として必要性の認識を醸成することが課題

- まだ、**自動化の必要性が十分に認識されておらず、構想段階**にある(Boeing, Airbus, Thales等において検討はされている)。
- 検討を具体化するに当たって多くの無人航空機が多数飛行することが必要であり、併せて技術開発を検討する必要がある。

技術調査（詳細）

スマートビル分野

分類	Ⓗオペレーション/制御技術、 Ⓚログ記録技術	技術名称	ビルOS

技術内容（詳細）

- 建物内にある空調や照明、カメラ、入退室管理機器、エレベーター、自動ドア、ロボット、デジタルサイネージ等について、開発メーカーを問わずに連携させるためのクラウド型のデータ・プラットフォームのこと。
- 建物設備システムやIoTセンサなどの稼働データ（ビックデータ）の取得と保存、アプリケーションを介した設備の遠隔設備操作、ロボット連携等を実現する。
- 高度なネットワーク技術とオープンなデータ基盤技術を組み合わせることで、建物内のシステムとクラウドをセキュアにつなぎ、高付加価値の建物サービスを継続的に提供する。

スマートビル分野における取組状況	存在している（想定企業：竹中工務店、清水建設、日立製作所）

検討が必要なポイント・今後の課題 ▶ 拡張性や同業種・異業種間連携、ビジネスモデルの確立が課題

- スマートビルのデータ連携基盤として、2020年後半から、国内の大手ゼネコン、デベロッパー各社、メーカーが次々と発表を始めて乱立している状況であるが、**インターフェースやアーキテクチャの議論がほとんどなく、拡張性や同業種・異業種間連携、ビジネスモデルに課題。**
- ビルと他産業をつなぐための**協調領域として、データモデルや基本サービスのAPI**を設定することで、異なるOS間で基本サービスの連携が可能となり、サービスの再利用・スケールアップを実現することで、提供コスト低減とビルOSそのものの普及が加速すると考えられる。
- 都市のデジタルデータ基盤（都市OS）とのデータ連携等も期待されている。**都市OS等他システムとの接続を踏まえ、データのカタログやスキーム等を統一することが必要**である。例えば、電力分野のアグリゲーターは、ビルOSに対して現時点での電力供給状況や電力の使用抑制要請を情報として提供する仕組みになっているものの、その情報源となる**データの取得ルール（例：データの取得の頻度、メーターの検針）が整備・統一されておらず、データの信頼性確保に係る課題**となっている。データの取得ルールに対する要求事項を整理することは今後取り組むべき課題。

技術調査（詳細）

スマートビル分野

分類	Ⓗオペレーション/制御技術	技術名称	クラウドセンター・クラウド型自動制御システム

技術内容（詳細）

- クラウド上にソフトウェア化した制御盤機能と監視盤機能を構築し、ネットワークを介して計測値の収集と機器への操作設定を行うシステム
- 建物内の環境を維持管理する業務を自動化し、24時間監視制御することで、警備員の巡回や作業員の設備点検業務等の回数を減らし業務効率化に寄与。また、火災や事故など異常事態が発生した場合に、システムが検知しビル管理者に通知が行くことですぐに警備員や作業員を現場に派遣する体制の構築が可能。さらに照明や空調の集中制御による省エネルギーやCO2排出量削減にも貢献。

スマートビル分野における取組状況	存在している（想定企業：電通国際情報サービス,日立ビルシステム、NECネッツエスアイ、アズビル株式会社）

検討が必要なポイント・今後の課題 ▶ 運用開始後のサービス・機能の拡張性や多様なステークホルダーとの連携が課題

- 従来のビル管理システムは、主に大規模ビルで導入され、常駐管理者がホストコンピュータで操作・管理する形態（オンサイト型）であったが、今後は中小規模ビル等への普及も見据えて以下のような技術開発が必要である。
  - 導入・メンテナンスの容易さ：イニシャルコストを抑え**必要なサービス・機能を後から容易に追加**できる拡張性が必要
  - 複数ユーザー利用の許容：省エネ法等の改正によりオーナーやビルメンテナンス事業者だけでなく、**テナント関係者等もビル運営に関わり始めており、複数のユーザーが利用**できるシステム設計が必要
  - 複数拠点の同時監視：**複数の拠点を同時にリモートで一元的に管理し、制御**できるシステムの構築が必要
  - 柔軟な拡張性：スマートグリッドの実用化が進む中で、**BEMS（ビル・エネルギー管理システム）をビル単体ではなく、CEMS（地域やコミュニティのエネルギー管理システム）等と連携**できるように柔軟な拡張性を持たせることが必要
- これらの技術開発を進めることで、**異なるシステムが複雑に相互接続**することにつながるため、SoSの観点での対策が必要

技術調査（詳細）

ドローン分野

機能(#)	①ロバスト性向上技術	技術名称	ロバスト性向上技術

技術内容（詳細）

- 不確定要因（ノイズ/揺らぎ/ばらつき）を考慮してシステムの安定性や信頼性の向上を実現するための技術。想定内の入力の揺らぎを制御する、ファジィ制御やモデル化誤差などのロバスト制御の技術も含まれる。
- システムオブシステムズでは、システムの入出力が不確定要因に対して安定するような設計が重要になる。事前に、あり得る環境の全てを把握することは不可能であるが、安全とコストのバランスを考慮しながら、一定レベルは設計・モデルに組み込む必要がある。
- 電力分野では、ロバスト制御のアプローチのひとつ「冗長センサ」からの信号を予想される信号と比較する等により、冗長センサの障害を自動で判別する技術も導入されている。（発電所などのロバスト性を高めるためのアプローチとしてセンサを冗長化する方法があるが、(人の手を介さず)自動的に障害のタイプを判別することが困難で、その障害のタイプを自動判別する技術）

ドローン分野における取組状況	存在している（想定企業：ACSL）

検討が必要なポイント・今後の課題 ▶ ハード面の対策が中心であり、ソフト面での対策増強が課題

- ドローンは通信が機能していないと正常・異常の判断ができないため、**自律飛行の最後の障壁は通信の安定性と認識されており、二重の通信ラインを確保する等のロバスト性向上に係る対策の実証が実施**されている。
- ドローンは、**モーターもプロペラも複数あるが、一つ壊れた場合にどのような動作をするかを想定しきることが困難であり、ロバストな制御が課題**となっている。大学の研究において、一部のモーターもしくはプロペラが故障した状況下での安全着陸の研究が進められているが、ドローンに係る取組全体から見た場合ではごく一部となる。現状では、故障緊急時対応は制御というよりもパラシュートを活用する方法がメイン。他方、バッテリーの二重化やコントローラーの二重化に取り組んでいるメーカーもあるため、今後そういった取組は進むとも考えられる。
- 前述の通り、不確定要因を考慮した**ロバスト性向上技術としては現状ハード面の対策が中心であり、ソフト面の検討はあまり進んでいない**。

3. アーキテクチャ

技術調査（詳細）

ドローン分野

機能(#)	⑨データ取得技術	技術名称	リモートID

技術内容（詳細）

- 機体所有者を特定できない事案をなくし、運航の効率化するために識別情報および位置情報を共有するための技術。
- ドローンに搭載した送信機からリモートIDを発信する方式には、送信機から受信機に直接送信するブロードキャスト型と、地上の通信インフラ機器を介して通信を行うネットワーク型がある。ブロードキャスト型にはBluetooth5.0やWiFi Awareを使用する通信方式が定義されており、ネットワーク型にはLTEを使用する方式等が定義されており、それぞれ複数の方式が考えられている。
- 機体重量100g以上の無人航空機（ドローン・ラジコン機含む）を対象として2022年6月20日よりブロードキャスト型リモートIDの装備が義務化される。

ドローン分野における取組状況	存在している（想定企業：KDDI, 日立等）

検討が必要なポイント・今後の課題 ▶ 事故原因の追求等のために位置情報を地上で記録する仕組みが必要。
位置情報以外の情報取得にはまず制度整備が必要。

- ドローンにおいてはリモートIDが義務化され、国内の対象ドローンは全て位置情報を発出することになる。ただし、**義務化が予定されているブロードキャスト型リモートIDでは、地上での受信の仕組みは義務化されていない。**また、Bluetooth 5を許容しているため**到達距離が800m~1.6kmと短いことも課題**。ネットワーク型リモートID（各機体の登録情報等をインターネットを通じてシステムで共有し、管理するもの）が実現された時点で多くのドローンの位置情報の把握ができるようになる。
- **ネットワーク型リモートIDが実装されたとしても、事故原因の追求等のために位置情報を地上で記録する仕組みが必要**となる。位置情報以外の操作コマンド、機体の状態（バッテリ容量、モーター回転数等）、センサ取得情報等については対象外。**特に操作コマンド、機体の状態等を取得・記録する仕組みの検討が必要**となる。
- 真正性認証にはリモートIDが必要となるため、どの様にリモートIDの信頼性を担保するかも今後検討が必要。（例えば、暗号技術を活用したユニークなマシンIDを提供する等の方法も他分野先行事例として存在する。）

技術調査（詳細）

スマートビル分野

分類	Ⓙデータ取得技術	技術名称	位置特定技術

技術内容（詳細）

- 車両の自律的な移動を支援するための自己位置特定技術のことを指す。
- 主に3つの手法①電磁誘導、②高精度GPS、③高精度3次元地図の活用、が考えられるがスマートビルの観点では、③高精度3次元地図の活用が想定される。
- 高精度3次元地図との組合せによる技術の一つとして、SLAM（Simultaneous Localization and Mapping）技術が存在し、自己位置推定と環境地図作成を同時に行い、移動体が「センシングによって得た計測値」と「移動することで得た計測値」を照らし合わせ、その誤差を収束計算することで、作成した地図上に自己位置を推定する技術である。

スマートビル分野における取組状況	存在している（想定企業：ソフトバンク、イクシス）

検討が必要なポイント・今後の課題 ▶ データの種類や取得機器・主体の数が爆発的に増加した状況を想定した技術的対応（例えばセンサーフュージョン技術の活用）の進展が課題

- センサーそのものの技術的な向上は事業者の競争力になっていくと考えられると同時に、**複数のセンサーから取得された情報から正しい値を推定する「センサーフュージョン技術」は自己位置推定制度向上の観点から必要性が大きい**と考えられる。
- センサーフュージョン技術とは、多種多様な機器から発信されるデータを統合することにより、個別のデータからは特定できない情報・知見（例えば、より精度・正確性の高い自己位置）を抽出することを可能とする技術である。既にロボット分野では導入が進んでいるものの、スマートビル分野ではまだ研究段階である。スマートビルがSoSとして価値創出を図る際には、データの種類や取得機器・主体の数が爆発的に増加するため、センサーフュージョン技術は重要となる。

技術調査（詳細）

ドローン分野

機能(#)	Ⓚログ記録技術	技術名称	ロガー

技術内容（詳細）

- 主に事故の調査を目的として運用中のシステムの状態を連続的に記録する装置。
- 大型航空機の場合は、コックピットボイスレコーダー(CVR)とフライトデータレコーダー(FDR)が搭載されている。
- ヘリはCVR/FDRの搭載義務のない機体が多く、事故原因が究明できない場合が発生している（長野・群馬での防災ヘリ墜落等）。そのため安価な簡易型FDRの普及促進に向けた仕組み検討が航空局において行われている。
- ドローンの場合は、FDRの開発が行われ、機能を備える機体も一部存在するが、メーカー間で技術が共通化されてはいない。

ドローン分野における取組状況	存在している（想定企業：ACSL）

検討が必要なポイント・今後の課題 ▶ ロガー技術の標準化が喫緊の課題、その上で制度を作っていく必要がある。

- リモートID義務化により位置情報は地上で取得・記録が可能になるが、リモートIDだけでは機体操作、機体の状態、カメラ画像等のセンシングデータを含むログ情報までは取得できず、事故原因究明に繋がらないケースが想定される。
- 無人航空機ではログ情報は**各社ごとに様々な形式で記録されており、技術的に標準化されていない。**（機体メーカーによってはフライトログをSDカードに記録し、着陸後に確認できる機種はあるが、情報の標準化はされていない。）
- 技術的に未成熟であることから**ロガーの搭載義務化・フライトログの提出の義務化等の制度上の検討に至っていない**。
- ロガーで蓄積された情報をガバナンスやリスクマネジメントの改善に活用していく場合には、公表情報と報告情報の区別、報告者にとって不利益な情報の扱いなど適切なアクセスコントロールの検討が必要。

技術調査（詳細）

スマートビル分野

分類	Ⓚログ記録技術	技術名称	高精度3次元地図

技術内容（詳細）

- 膨大な容量の高精度3次元点群データを基に「図化技術」と「データ統合技術」を用いて生成するデジタル地図。
- 自動運転の領域で先行して検討が進められており、自動走行や先進運転支援システムに必要とされる「cm級」の絶対精度を実現可能。
- スマートビルの領域においては、ビル設備の状態やモビリティの位置に通行可能な経路情報などの動的情報を付加した地図（ダイナミックマップ）としての整備も始まっている。各種モビリティ（清掃・警備・配送・案内用サービスロボットや次世代型電動車椅子などのパーソナルモビリティ）の移動や、エレベーターや入退室管理システム等の各種設備と連動させることで、効率的かつ安全なビル内の移動、ビル管理の省力化等の実現に向けた技術開発が進んでいる。

スマートビル分野における取組状況	存在している（想定企業：三菱電機、ゼンリン）

検討が必要なポイント･今後の課題 ▶ 効率的なデータ計測と高頻度な更新が課題

- 3次元地図作成のための**効率的なデータ計測と高頻度（理想はリアルタイム）な更新が喫緊の課題**である。
- 様々な主体が様々な手法でデータを整備している状況であり、国土地理院では**屋内３次元地図データの標準仕様**等も作成している。
- スマートビルにおいては、建物内部の状況やレイアウトもテナント等の出入りに伴い定期的な更新を必要とするため、**AI･画像解析による変化点検知など効率的な手法が必要**である。
- AI･画像解析の誤検知や過検出が原因で高精度3次元地図が適切に更新されていなかった場合に、自動走行車両等が事故を引き起こすことや、逆に高頻度で停止してしまうこと等、適切な走行ができなくなるケースが想定されるため、責任の観点ではAIのブラックボックス化が課題となる（そのため実運用においては高精度3次元地図のみではなく、LiDAR等による自己位置推定技術との併用が想定されている場合が多い）。

技術調査（詳細）

スマートビル分野

分類	Ⓚログ記録技術	技術名称	BIM

技術内容（詳細）

- Building Information Modeling（ビルディング インフォメーション モデリング）の略称であり、コンピューター上に現実と同じ建物の立体モデル（BIMモデル）を再現して、よりよい建物づくりに活用していく仕組み。
- BIMモデルは、オブジェクトの集合体であり、建材パーツには幅や奥行き、高さに加え、素材や組み立てる工程（時間）なども盛り込め、図面以外の多様なデータの出し入れが可能。構造体の入力、設備機器も再現可能であり、設備機器には品番、メーカー、価格なども詳しく入れられるため、メンテナンスや資材管理にも活用可能である。

スマートビル分野における取組状況	存在している（想定企業：Autodesk, Bentley）

検討が必要なポイント･今後の課題 ▶ BIMの必要性の認識の醸成、データの信頼性確保が課題

- 海外等の先進国においては、BIMデータの納品が義務付けられている一方で、日本では国土交通省がBIMガイドラインを発表しているものの、義務化はされていない。（国土交通省は2023年までに小規模工事を除く全ての公共事業にBIM/CIMを原則適用する方針）さらに、**BIMを導入するためには高額なソフトウェアに加えて、ハイスペックなハードウェアも必要であることから費用対効果を考慮して導入するメリットがないと判断する企業が大半である**ことが課題となっている。
- 海外においてはISO19650（BIMを基盤とした設計から建設、保守、廃棄まで、建設資産のライフサイクル全体にわたる情報マネジメントを行うための業務プロセスを示した国際規格）に準拠して業務が実施されているが、国内においては設計、施工、維持管理の建設生産システムの各段階でデータが適切に引き継がれず（「データの不連続」）、**データの流通･蓄積手法の確立、関係主体間のデータ連携の仕組みの構築、長期間経過後でも活用可能となる情報共有基盤の構築**が求められている。
- 併せて、**データの真正性確保、セキュリティ、デジタル証明などBIMデータそのものの信頼性を確保する技術**も必要とされている。

技術調査（詳細）

分野共通

分類	Ⓛ分析技術（ガバナンスの改善に向けた）

技術内容（詳細）

- 製品・サービスのモニタリングの市場サーベイランス（Post Market Surveillance）を通し蓄積された情報の分析の手法・在り方のこと。以下の通り、他分野事例として自動運転車の現状を整理した。
- 自動車は型式認証と言われる法規制、技術要件、要求される安全性を満たした製品のみが認証を取得する仕組みを備えている。この型式認証を取得した自動車のみが、出荷検査を経て市場流通が可能。自動運転車については型式認証のみならず、製品・サービスのモニタリングの市場サーベイランスとして、出荷後の追跡やOTA（Over the Air；ソフトウエアを無線で更新する技術）によるリコール対応の仕組み、個体識別、ソフトウエア更新、学習済AIモデルの証跡管理等が規制上で要求されるようになっている。
- PEGASUSプロジェクトにおいては、製品モニタリングと市場サーベイランスを実施し、以下の分析を行うことが要求されている。（出所：Pegusus projekt「Requirements and condition-booth no.11 SOCIAL ACCEPTANCE OF HAD」https://www.pegasusprojekt.de/files/tmpl/Pegasus-Abschlussveranstaltung/11_Social_Acceptance.pdf）
  - ✓ STAMP/STPA等のシステム理論的アプローチを活用した事故モデルの高度化
  - ✓ 自動運転システムの欠陥に関するKPIの更新
  - ✓ 事故解析手法の高度化
  - ✓ 自動運転車を所有する顧客に対するアンケート調査の実施とその分析

ドローン分野/スマートビル分野における取組状況	既存の取組事例なし

検討が必要なポイント・今後の課題 ▶ 未然防止・再発防止に向けたリスク対策に資する分析の在り方を制度上で示すことが必要

- ドローン分野においては、**制度上でフライトログの提出に特段の要件はないことが事故に係るデータの分析が進まない一要因**となっており、安全性・信頼性向上に向けた知見の社会還元を進めて行くためには、**制度上（規制上）でマルチステークホルダー連携による知見共有・情報分析を要求することや責任の在り方を示すことが必要**となる。
- スマートビル分野では、**データのカタログやスキーム等を統一することにより効果的・効率的な事故分析を可能とすることが喫緊の課題**。

3. アーキテクチャ

技術調査（詳細）

分野共通

分類	シビックテック

技術内容（詳細）

- 社会課題や行政サービスの問題を、市民の自主的な参加と技術を組み合わせて解決する手法のこと。シビックテックを活用しながら、**市民を含むコミュニティが適切な情報（ベネフィットを訴求するための情報も含む）に触れられる仕組みとガバナンスの改善を進めるための対話の仕組みの実装**を進めることが重要。
- 米国ナイト財団によるとシビックテックのカバーする範囲は、①政府オープンデータの活用、②シェアリングエコノミー、③クラウドファンディング、④社会ネットワーキング、⑤コミュニティ形成　である。シビックテックの事例は以下の通り。
  - 愛知県半田市・大分県別府市等の取組「街の不具合報告ツール」：道路等の公共物に係るトラブルについて気付いた市民からスマホアプリを通じて通報・情報共有するツール。市民と行政が協力し、道路の破損、落書き、街灯の故障、不法投棄などの地域・街の課題をスマホを使って解決・共有していくための仕組みとなっている。（出所：地域・街の課題をスマホで解決 | FixMyStreet Japan - まちもん　https://www.fixmystreet.jp/）
  - 兵庫県加古川市の取組「市民参加型デジタルプラットフォーム」：オンラインで多様な市民の意見を集め、議論を集約し、政策に結びつけるという参加型民主主義の実現のためのオンラインツールの活用事例。一般社団法人Code for Japanと兵庫県加古川市は、2020年10月にスマートシティ促進に関する協定を締結し、加古川市スマートシティ構想の策定に向けて、市民参加型デジタルプラットフォーム「Decidim（デシディム）」の導入を決定。（出所：経済産業省「アジャイル・ガバナンスの概要と現状」報告書（案）（2022年3月）
    https://www.meti.go.jp/press/2021/03/20220303003/20220303003-1.pdf）
  - 東京都の取組「新型コロナウイルス感染症対策サイト」：都内におけるコロナウイルスの陽性患者数の推移や検査実施件数、コールセンターへの相談件数等を可視化し公開。ソースコードをGitHubで公開しており、Webページへの改善案等について市民から提案が600件程度集まったという、市民を巻き込みながら改善を継続的に実施した事例。（出所：総務省「令和2年　情報通信白書」（2021年）
    https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r02/html/nd123120.html）

ドローン分野/スマートビル分野における取組状況	既存の取組事例なし

検討が必要なポイント・今後の課題　▶　活用事例を増やすことによる認知度向上

市民等のステークホルダーの意見や評価を実質的にゴール設定やルール形成に反映させるためにはコミュニケーションを促進するテクノロジーが必要不可欠であり、シビックテックの効果的な活用が期待される。まずは活用事例を増やし、認知度向上を図る必要がある。

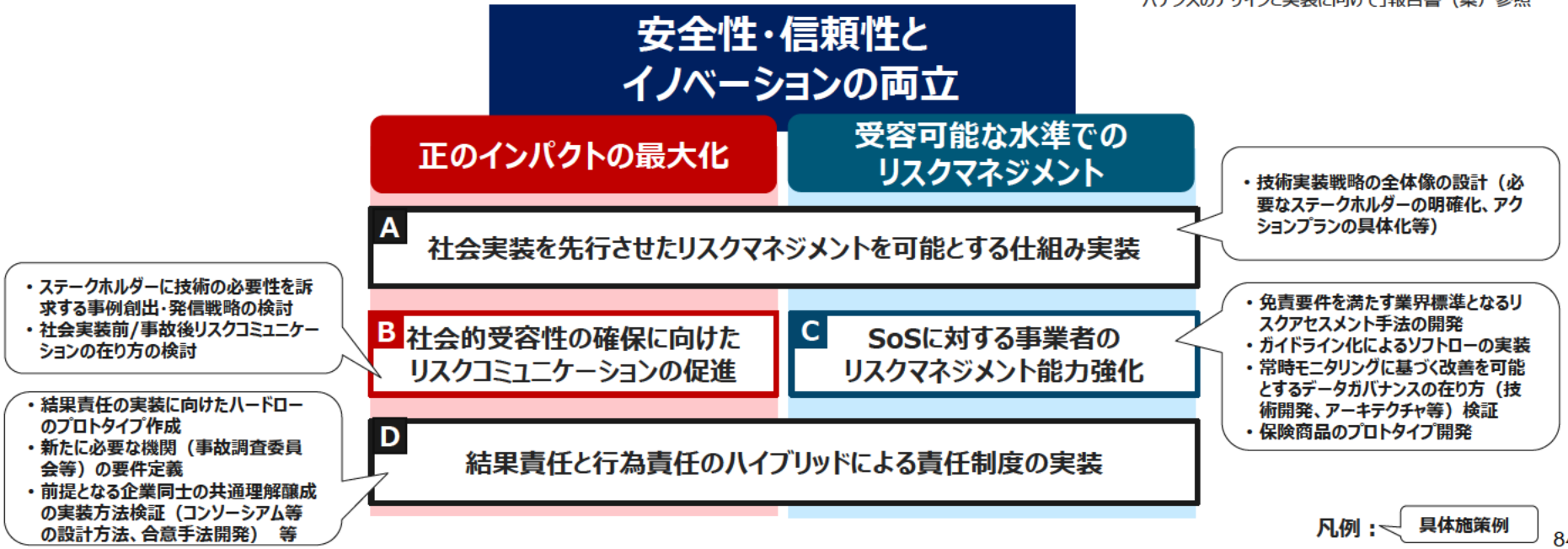
3. アーキテクチャ

3.1 要求事項
3.2 アーキテクチャ
3.3 提案するガバナンスを実現する重要技術とその課題
3.4 社会実装に向けた施策

社会実装に向けた施策（1/2）

- Society5.0におけるガバナンスは、サイバー空間とフィジカル空間を融合するシステム（CPS：Cyber-Physical System）によって生じる**リスクをステークホルダーにとって受容可能な水準で管理しつつ、そこからもたらされる正のインパクトを最大化することを目的**としている。※
- そこで、**「正のインパクト最大化」と「受容可能な水準でのリスクマネジメント」の両面を考慮した施策A～D**を検討する。

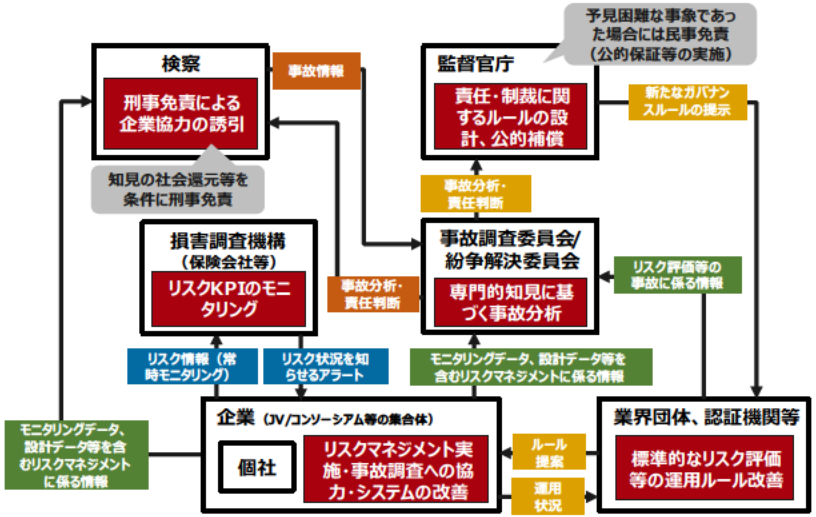
※「GOVERNANCE INNOVATION Ver.2: アジャイル・ガバナンスのデザインと実装に向けて」報告書（案）参照



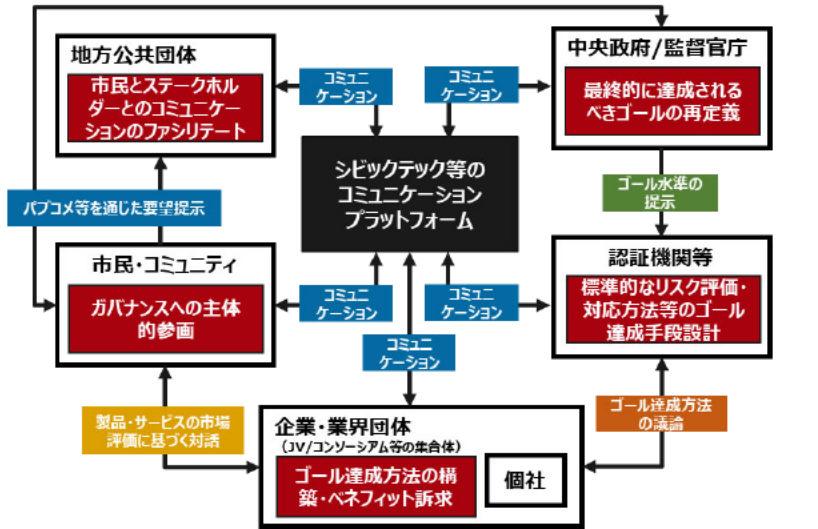
社会実装に向けた施策（２/２）

- 今後、前述で提案したガバナンスの在り方について検討・実証を行っていく。（以下、観点例）
- **保険等の制度の在り方、ガイドラインの検討**
- **SoSを考慮した標準的なリスクアセスメント・対応の在り方の検討と責任制度への適用の検証**
- **リスクモニタリングの対象・リスクKPIの設定の在り方（例：事故の再現性を確保するために必要な情報）**
- **どのような情報を誰にどのようなレベルで開示すべきか（例：設計情報、アルゴリズム等） ルールの在り方**
- **データガバナンス、プライバシー、知的財産権、営業秘密等の考慮**
- **ステークホルダー間のリスクコミュニケーションの在り方**

①社会全体でリスク対応の責任を持つ仕組みの設計（イメージ）



②マルチステークホルダー間のリスクコミュニケーションの仕組みの設計（イメージ）



4. 検討体制

4.1 今年度の有識者検討会の概要
4.2 来年度の検討体制

4. 検討体制

4.1 今年度の有識者検討会の概要

4.2 来年度の検討体制

本事業における委員会の概要

参加者（五十音順、敬称略）

委員

- 稲谷 龍彦（座長）　京都大学大学院法学研究科 教授
- 白坂 成功　慶應義塾大学大学院　システムデザイン・マネジメント研究科 教授
- 菅沼 賢治　自動車技術会　共同研究センター
  自動運転に係わる総合信頼性の継続的確保に向けた標準化検討委員会　幹事
- 徳田 昭雄　学校法人立命館　副総長
- 深水 大輔　長島・大野・常松法律事務所
- 松原 豊　名古屋大学 大学院情報学研究科　准教授
- 村田 祐介　東京海上日動火災保険株式会社 航空保険部　営業課長

オブザーバー

- 音無 知展　京都大学大学院法学研究科　准教授
- 曽我部 真裕　京都大学大学院法学研究科　教授
- 原田 大樹　京都大学大学院法学研究科　教授
- 山下 徹哉　京都大学大学院法学研究科　教授
- 吉政 知広　京都大学大学院法学研究科　教授
- 国立研究開発法人　新エネルギー・産業技術総合開発機構
- デジタルアーキテクチャ・デザインセンター

開催スケジュール

開催回数	開催日
第1回	2021/10/6
第2回	2021/11/17
第3回	2021/12/23
第4回	2022/1/31
第5回	2022/3/1
第6回	2022/3/14

4. 検討体制

4.1　今年度の有識者検討会の概要

4.2　来年度の検討体制

来年度以降の実施体制　産学官の叡智を結集して取組を推進するための全体スキーム

司令塔
デジタル庁

デジタル臨時行政調査会
【総理大臣＋関係閣僚＋有識者】

モビリティに関するWG
【有識者＋関係省庁】

主な役割
・関係省庁との調整
・政府のシステムに関わるルールを整備
・政府のシステムの開発や運用を実施

連携

主催省
経済産業省

主な役割
・産業に関わるルールを整備
・民間企業向けのシステムの開発や導入を支援
※NEDOと連携して実施

NEDO 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

連携

関係省庁
- 内閣官房
- 警察庁
- 総務省
- 国土交通省
- 国土地理院　等

情報処理の促進に関する法律第五十一条第一項第八号に基づく**依頼**

自律移動ロボットに関するアーキテクチャ等を**提出**

自律移動ロボットに関する検討を**支援**

Digital Architecture Design Center

齊藤　裕
センター長
ファナック株式会社顧問

自律移動ロボットプログラム

報告
助言

検討会
【有識者＋関係省庁】

自律移動ロボットに関する検討の具体化に優れたリーダーシップ・専門性を有する人材が**参画**

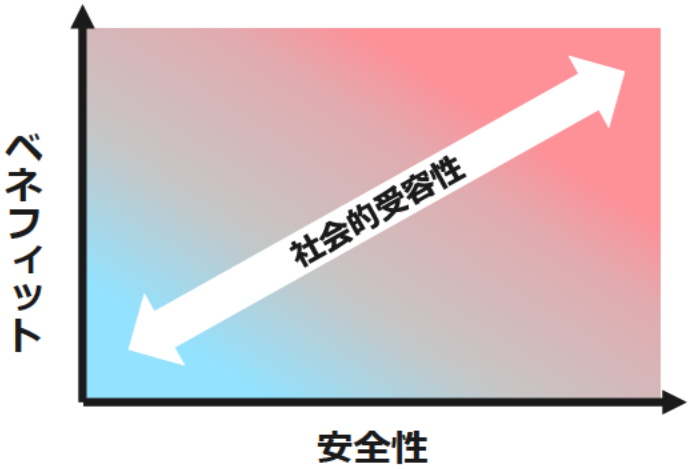
民間企業　/　教育機関

出典）デジタルアーキテクチャ・デザインセンター　第1回自律移動ロボット将来ビジョン検討会資料

Appendix

（参考）新技術の社会実装に向けた普及戦略・社会的受容性の必要性

- 日本では、新技術の社会実装やイノベーションも一般の既存産業と同様「安全第一」の考えから**リスクの未然防止の観点を過剰に重視**しており、**イノベーションを起こし新市場を拡大するという観点が弱い**。
- 新技術の社会実装やイノベーションの実現は、**主体が連携し戦略性を持って進めることが必要**であり、それには社会に新技術を受け入れてもらう、**社会的受容性を損なわないこと**が重要な要素。
- 社会的受容性は、安全性のみならず社会的な必要性・代替性などベネフィットも踏まえて受け止められると考えられる。



＜第5回検討会での関連するご意見＞

- ✓ パリの電動キックバイク（EDPM）導入の事例では、市場において事故が多発していたが暫くそれを放置し、いよいよ安全性の観点から規制をかける段階において市場が350億円にまで成長していた。イノベーションの成果の指標をどのように取り入れるかには予測の確からしさが要求される。そのために**事故情報の共有や標準が重要**なのではないか 。
- ✓ **市民を巻き込んで受容性を考える**ことは、これからのイノベーションのポイントであるだろう。

（参考）日本の「自衛隊機及び米軍機の事故」の事例

- 2022年1月に自衛隊機のF-15戦闘機がレーダーから消失する事案が発生。防衛省は事故を受けた記者会見において、**飛行停止しない**ことを発表※1
- 2011年には、同F-15戦闘機がタンクを落下させた事案が発生、**飛行を停止し全機検査を実施**※2。、また2021年にも米軍機のF-16戦闘機がタンクを投下した事案を受け、防衛省は米軍に**飛行停止を要請**※3。
- 2022年1月の事案における「飛行停止をしない」判断と、2011年・2021年における「飛行停止の要請や停止・全機検査の実施」の違いは以下の２点によるものと見込まれる。
- このように、社会における必要性・代替性によって、各ステークホルダーによる社会的受容性が時系列的に変化していく状況で、どのように社会における必要性（代替性のなさ）を訴求すべきか。

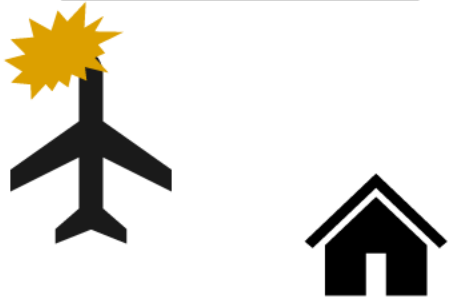
（１）顕在化したリスクと公衆の物理的な距離

- タンク落下・投下は公衆に直接的に危害が生じるもしくは生じた

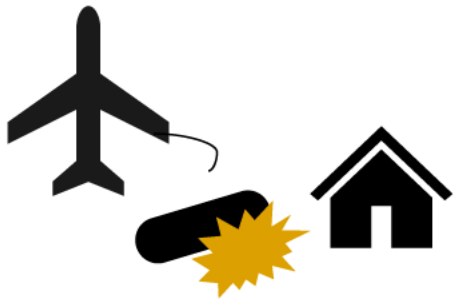
（２）社会における必要性・代替性

- 安全保障上、自衛隊機の入れ替え時期等を踏まえると、現時点においてF-15戦闘機は代替性が低く必要性が高いと判断された可能性がある

2022年　F-15戦闘機事案



2011年/2021年　タンク落下・投下事案



※１：防衛省・自衛隊「防衛大臣記者会見　令和4年2月1日（火）9:00～9:54」、https://www.mod.go.jp/j/press/kisha/2022/0201a.html、（閲覧日2022/3/25、以下同じ）
※２：防衛省・自衛隊「防衛大臣記者会見　平成23年10月28日 10:09～10:25」」、https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/11347003/www.mod.go.jp/j/press/kisha/2011/10/28.html
※３：防衛省・自衛隊「防衛大臣記者会見　令和3年12月3日（金）11:51～12:21 」、https://www.mod.go.jp/j/press/kisha/2021/1203a.html

（参考）厳格責任/責任集中等に関する規定

ドローンについては、厳格責任/責任集中等に関する規定は存在しない。そのため、以下の法令も参考にしながら新しい規定の創設を検討してはどうか。

参照法令	原子力損害の賠償に関する法律

該当条文

第三条　原子炉の運転等の際、当該原子炉の運転等により原子力損害を与えたときは、当該原子炉の運転等に係る原子力事業者がその損害を賠償する責めに任ずる。ただし、その損害が異常に巨大な天災地変又は社会的動乱によつて生じたものであるときは、この限りでない。
２　前項の場合において、その損害が原子力事業者間の核燃料物質等の運搬により生じたものであるときは、当該原子力事業者間に書面による特約がない限り、当該核燃料物質等の発送人である原子力事業者がその損害を賠償する責めに任ずる。

第四条　前条の場合においては、同条の規定により損害を賠償する責めに任ずべき原子力事業者以外の者は、その損害を賠償する責めに任じない。
２　前条第一項の場合において、第七条の二第二項に規定する損害賠償措置を講じて本邦の水域に外国原子力船を立ち入らせる原子力事業者が損害を賠償する責めに任ずべき額は、同項に規定する額までとする。
３　原子炉の運転等により生じた原子力損害については、商法（明治三十二年法律第四十八号）第七百八十九条（同法第七百九十条（同法第七百九十一条において準用する場合を含む。）及び第七百九十一条において準用する場合を含む。）及び第八百十二条、船舶の所有者等の責任の制限に関する法律（昭和五十年法律第九十四号）並びに製造物責任法（平成六年法律第八十五号）の規定は、適用しない。

第四条の二　第三条の場合において、被害者に重大な過失があつたときは、裁判所は、これを考慮して、損害賠償の額を定めることができる。

第五条　第三条の場合において、他にその損害の発生の原因について責めに任ずべき自然人があるとき（当該損害が当該自然人の故意により生じたものである場合に限る。）は、同条の規定により損害を賠償した原子力事業者は、その者に対して求償権を有する。
２　前項の規定は、求償権に関し書面による特約をすることを妨げない。

（参考）厳格責任/責任集中等に関する規定

ドローンについては、厳格責任/責任集中等に関する規定は存在しない。そのため、以下の法令も参考にしながら新しい規定の創設を検討してはどうか。

参照法令	製造物責任法（PL法）

該当条文

（製造物責任）

第三条　製造業者等は、その製造、加工、輸入又は前条第三項第二号若しくは第三号の氏名等の表示をした製造物であって、**その引き渡したものの欠陥により他人の生命、身体又は財産を侵害したときは、これによって生じた損害を賠償する責めに任ずる**。ただし、その損害が当該製造物についてのみ生じたときは、この限りでない。

（免責事由）

第四条　前条の場合において、製造業者等は、次の各号に掲げる事項を証明したときは、同条に規定する賠償の責めに任じない。

一　**当該製造物をその製造業者等が引き渡した時における科学又は技術に関する知見によっては、当該製造物にその欠陥があることを認識することができなかったこと。※**

二　当該製造物が他の製造物の部品又は原材料として使用された場合において、その欠陥が専ら当該他の製造物の製造業者が行った設計に関する指示に従ったことにより生じ、かつ、その欠陥が生じたことにつき過失がないこと。

※開発危険の抗弁

（参考）保険や損害賠償等に関する規定

ドローンについては、保険や損害賠償等に関する規定は存在しない。そのため、以下の法令も参考にしながら新しい規定の創設を検討してはどうか。

参照法令	自動車損害賠償法

該当条文

第五条　自動車は、これについてこの法律で定める**自動車損害賠償責任保険（以下「責任保険」という。）又は自動車損害賠償責任共済（以下「責任共済」という。）の契約が締結されているものでなければ、運行の用に供してはならない**。

第十六条　第三条の規定による保有者の損害賠償の責任が発生したときは、**被害者は、政令で定めるところにより、保険会社に対し、保険金額の限度において、損害賠償額の支払をなすべきことを請求することができる**。（以下、略）

第十七条　保有者が、責任保険の契約に係る自動車の運行によつて他人の生命又は身体を害したときは、**被害者は、**政令で定めるところにより、保険会社に対し、政令で定める金額を第十六条第一項の規定による**損害賠償額の支払のための仮渡金として支払うべきことを請求することができる**。（以下、略）

第二十三条の五　国土交通大臣及び内閣総理大臣は、**保険金等又は共済金等の支払に係る紛争の公正かつ適確な解決による被害者の保護**を図ることを目的とする一般社団法人又は一般財団法人であつて、次条第一項に規定する業務（以下「紛争処理業務」という。）に関し次に掲げる基準に適合すると認められるものを、その申請により、**紛争処理業務を行う者として指定**することができる。（以下、略）

参照法令	原子力損害の賠償に関する法律

該当条文

第九条　**被害者は、損害賠償請求権に関し、責任保険契約の保険金について、他の債権者に優先して弁済を受ける権利を有する**。（以下、略）

第十七条の二　原子炉の運転等を行う原子力事業者は、**原子力損害の賠償の迅速かつ適切な実施を図るための方針（以下この条において「損害賠償実施方針」という。）を作成しなければならない**。（以下、略）

（参考）刑事責任の免責等に関する規定

ドローンについては、刑事責任の免責等に関する規定は存在しない。そのため、以下の法令も参考にしながら新しい規定の創設を検討してはどうか。

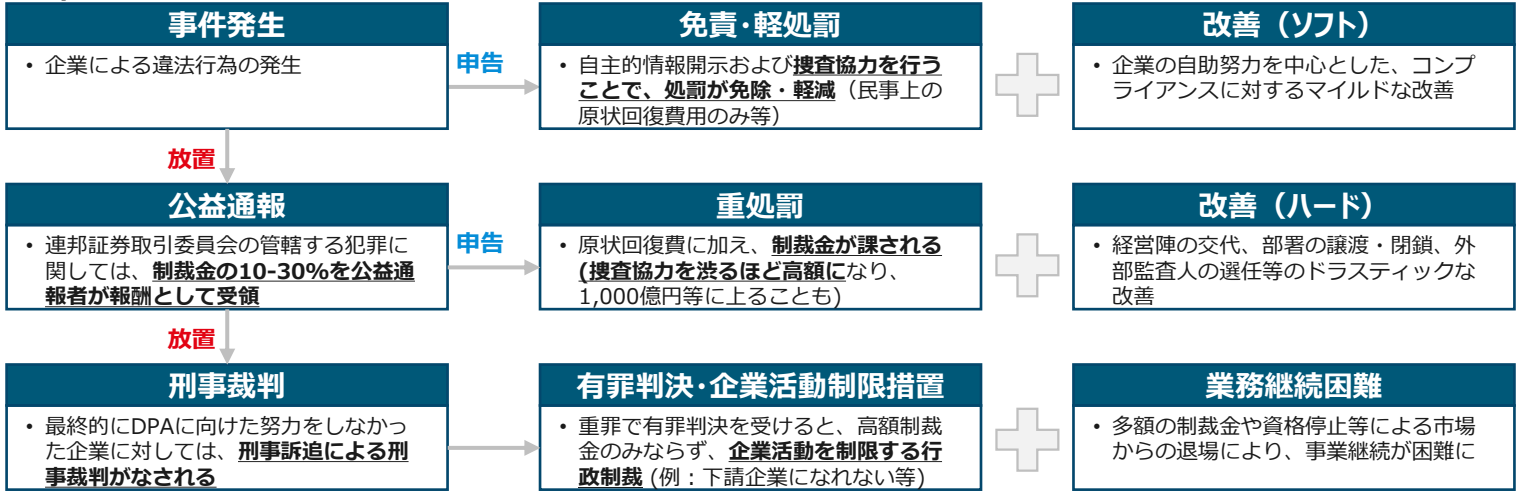
参照法令	訴追延期合意制度（DPA）　※米国の制度

概要

Deferred Prosecution Agreement (訴追延期合意)とは「政府と (違法行為を行なった) 対象企業との間で取り交わされる、以下の要素を持つ契約

- 企業が違法行為を認め、必要な捜査協力を行うと共に、損害を回復するために適切な手段を取り、将来の違法行為を抑止するためのシステムを実施することを合意
- 企業が上記の合意条項をその有効期間中遵守するのであれば、公判には進まないことを合意

<インセンティブ設計(フロー図）>



（参考）民事責任の免責や公助等に関する規定

ドローンについては、民事責任の免責等に関する規定は存在しない。そのため、以下の法令も参考にしながら新しい規定の創設を検討してはどうか。

参照法令	原子力損害の賠償に関する法律

該当条文

第三条　原子炉の運転等の際、当該原子炉の運転等により原子力損害を与えたときは、当該原子炉の運転等に係る原子力事業者がその損害を賠償する責めに任ずる。ただし、**その損害が異常に巨大な天災地変又は社会的動乱によつて生じたものであるときは、この限りでない**。
２　前項の場合において、その損害が原子力事業者間の核燃料物質等の運搬により生じたものであるときは、当該原子力事業者間に書面による特約がない限り、当該核燃料物質等の発送人である原子力事業者がその損害を賠償する責めに任ずる。

参照法令	原子力損害賠償・廃炉等支援機構法

該当条文

第三十八条　原子力事業者（次に掲げる者（これらの者であった者を含む。）であって、原子炉の運転等（賠償法第二条第一項に規定する原子炉の運転等のうち第一号に規定する実用発電用原子炉又は第二号に規定する実用再処理施設に係るものをいう。以下同じ。）をしているものをいう。以下同じ。）は、機構の事業年度ごとに、機構の業務に要する費用に充てるため、機構に対し、負担金を納付しなければならない。（以下、略）

第四十一条　原子力事業者は、賠償法第三条の規定により当該原子力事業者が損害を賠償する責めに任ずべき額・・・が賠償措置額を超えると見込まれる場合には、機構が、原子力損害の賠償の迅速かつ適切な実施及び電気の安定供給その他の原子炉の運転等に係る事業の円滑な運営の確保に資するため、**次に掲げる措置（以下「資金援助」という。）を行うことを、機構に申し込むことができる**。（以下、略）

第五十二条　認定事業者が、当該認定に係る特別期間内にその全部又は一部が含まれる機構の事業年度について納付すべき負担金の額は、第三十九条第一項の規定にかかわらず、同項の規定により算定した額に特別負担金額（認定事業者に追加的に負担させることが相当な額として機構が事業年度ごとに運営委員会の議決を経て定める額をいう。以下この条において同じ。）を加算した額とする。（以下、略）

（参考）行為等を定める規定

ドローンについて、行為義務を定める規定について、性能規定化やデジタル完結・自動化を進めてはどうか。

参照法令	航空法

該当条文
第百三十二条　何人も、次に掲げる空域においては、無人航空機を飛行させてはならない。 一　**無人航空機の飛行により航空機の航行の安全に影響を及ぼすおそれがあるものとして国土交通省令で定める空域**（以下、略）

参照法令	電波法、道路法、道路交通法、自然公園法、国有林野の経営管理に関する法律、河川法、海岸法、港湾法、港則法、海上交通安全法、漁港漁場整備法

該当条文
ドローンの利用に際しての許可・申請・届出に関する規定