

ReAMoプロジェクト シンポジウム

実施者名：株式会社 三菱総合研究所

調査項目②

全体アーキテクチャ・要素技術調査

2023年3月10日

1.事業概要説明

調査項目②

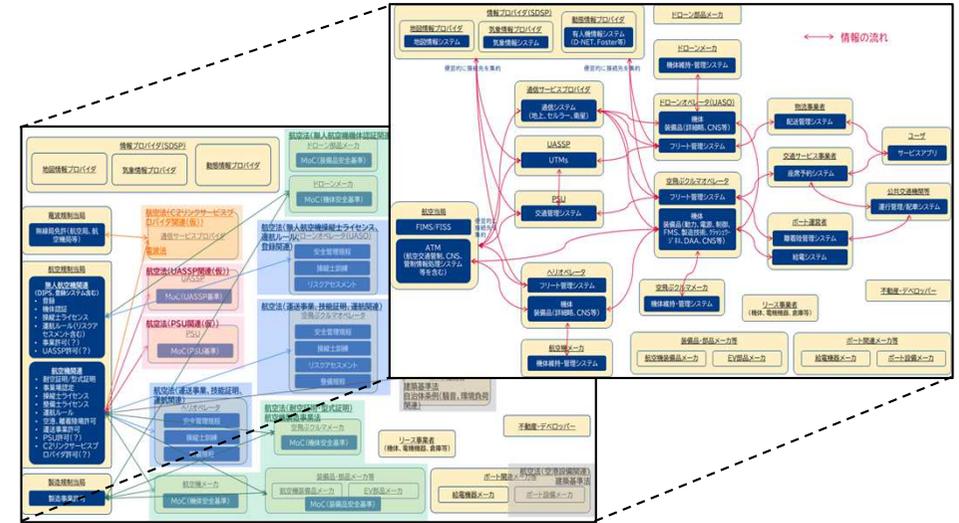
全体アーキテクチャ・要素技術調査

公開資料

事業内容

- 全体アーキテクチャ検討会**
「成熟度レベルのフレームワーク」の成熟度レベル2～4について、全体アーキテクチャ設計を行うための検討会を実施する。
(※)成熟度レベルの定義については <https://www.nedo.go.jp/content/100944265.pdf> を参照のこと。
- 要素技術調査**
「要素技術ロードマップ」について、各要素技術の最新動向や課題解決に向けた議論を行う。
- 事業推進委員会**
全体アーキテクチャ検討会及び要素技術調査のアプトプットをReAMoプロジェクトに反映するとともに、ReAMoプロジェクト全体を効率的・効果的に推進するため、事業推進委員会を開催する。

アーキテクチャのイメージ (運航)



アーキテクチャのイメージ (基準・ルール・安全)

実施体制

株式会社 三菱総合研究所

達成目標

- 中間目標 (2024年度)**
- 大阪・関西万博における商用運航、およびその後の展開を見据えた全体アーキテクチャの設計 (成熟度レベル2～3)
 - 2020年代後半～2030年頃を見据えた技術戦略の策定
- 最終目標 (2026年度)**
- 自動・自律化、高密度運航、多様な低高度空域サービスの普及・拡大を見据えた全体アーキテクチャの設計 (成熟度レベル4)
 - 2030年代以降を見据えた技術戦略の策定

技術ロードマップの策定イメージ

成熟度レベル	レベル1	レベル2	レベル3	レベル4	レベル5	レベル6
実現時期	2023年～	2025年～	2028年～	2030年～	2035年～	2040年～
要求値	通信可能範囲	…	…	…	…	…
	通信速度	●●kbps	…	…	○●Mbps	…
	遅延時間	●●秒	○○秒	…	…	…
	可用性	…	…	△△%	…	▲△%
実現方式 ※日本に優位な方式	地上系通信	VHF	VHF	VHF 5G	C帯航空 L5G	C帯航空 B5G
	衛星系通信	LEO(L帯)	LEO(L帯)	LEO(L帯)	LEO(Ku帯)	LEO(Ku帯)
	…	…	…	…	…	…
技術成熟度レベル向上に向けた課題と開発方針	…	…	…	…	…	…
技術的ブレークスルー	-	-	-	○	-	○
日本の注力ポイント	-	-	-	…	-	-

2.今年度(2022年度)の取組内容と成果

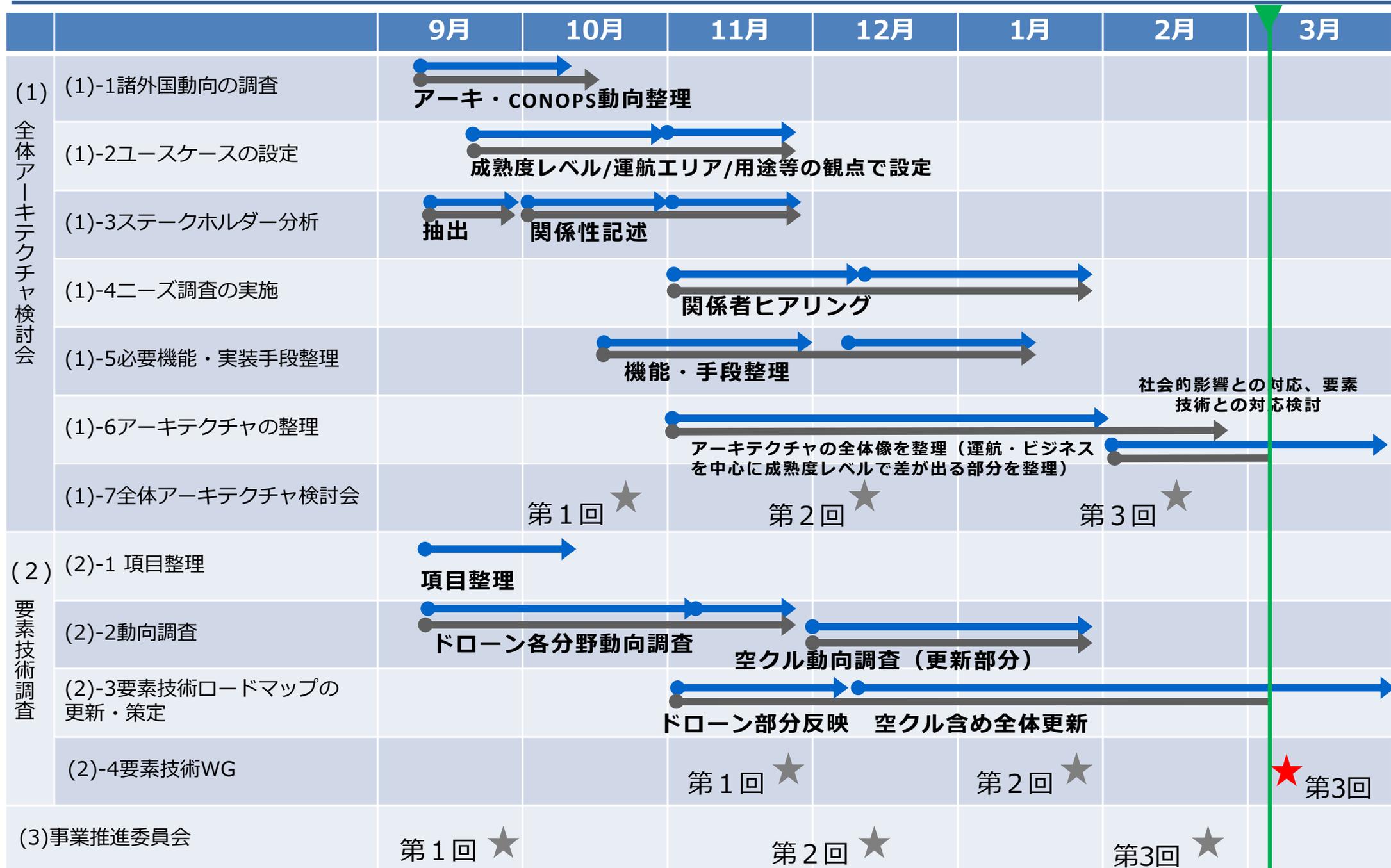
2022年度 実施内容と達成目標



事業内容（2022年度）	取り組み内容	本年度の成果（2022年度2月末現在）
(1)全体アーキテクチャ検討会	実施内容：「成熟度レベルのフレームワーク」の成熟度レベル2～4について、全体アーキテクチャの全体像を仮説として設定する。また、検討会を実施する。	ユースケースの設定、ステークホルダーの特定作業、必要機能・実装手段整理を完了。アーキテクチャの整理作業は進めており、年度内作業は予定通り実施予定。アーキテクチャの全体像を整理（運航・ビジネスを中心に成熟度レベルで差が出る部分を整理）した。
(2) 要素技術調査	ドローンを含めた要素技術ロードマップの全体像を設定する。	ドローンおよび空飛ぶクルマそれぞれについて動向調査を完了。3回目のWGにてドローンおよび空飛ぶクルマのロードマップ案を提示予定。委員との議論を経て成熟度レベル1～2部分を確定させていく。
(3)事業推進委員会	全体アーキテクチャ検討会及び要素技術調査のアウトプットを ReAMoプロジェクトに反映し、効率的に事業推進を行うための委員会を開催する。	当初計画通り3回の事業推進委員会を開催した。今年度は進捗確認の方法を確立し、次年度以降の活動方針を定めた。次年度は、第5回に集中討議ができる場・時間を設け、事業の加速・効果的な成果につながるよう推進予定。

事業実施計画（2022年度）

計画： 
 実績： 
 変更： 



- 低高度空域サービスの産業構造を把握し、今後の産業発展に向けた施策検討に寄与すると共に、国際競争力の向上に向けたアーキテクチャ戦略、技術戦略、国際標準化戦略の策定に寄与する。
- 低高度空域サービスのシステム全体の整合性を確保し、ステークホルダ間で共有することで、安全性確保と産業発展の双方に資するルール整備に寄与する。

【成果】 (1) 全体アーキテクチャ検討会 検討方針



- 空飛ぶクルマ、ドローンについて、下図に示した「**空飛ぶクルマの成熟度レベルのフレームワーク**」(昨年度作成)に基づき、**成熟度レベル2、3、4**それぞれのユースケースを設定しアーキテクチャを作成する。
- 運航エリアについては、成熟度レベルに対応させつつ、**都市／地方／緊急時の3つのパターン**で検討を行う。レベル毎の違いを比較するために、同じ運航エリアについては類似のユースケースとする。
- 都市・地方を優先して検討を行う。

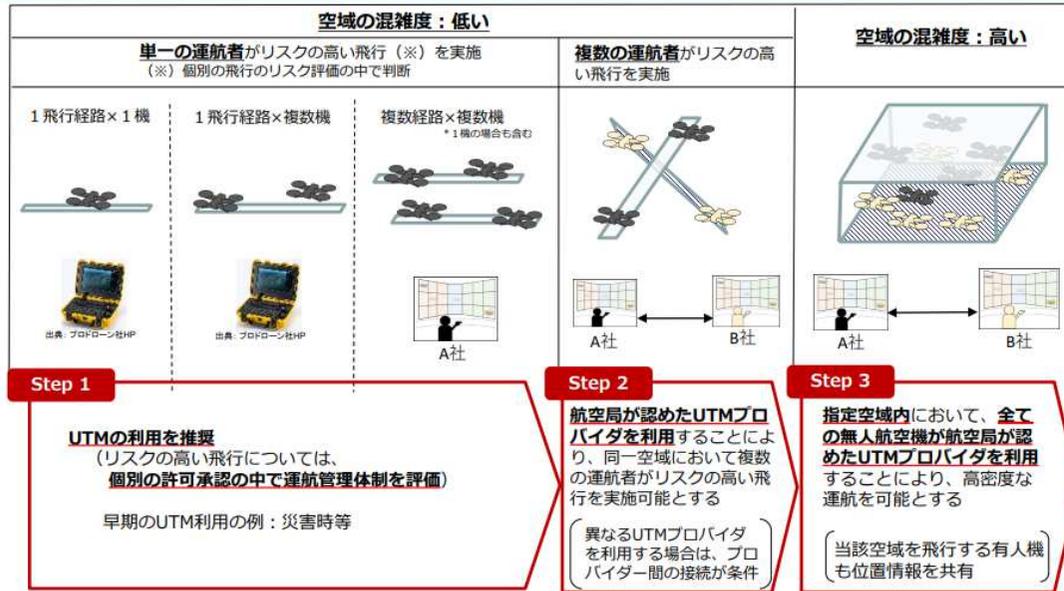
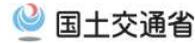
成熟度レベルのフレームワーク ※2021年度 空飛ぶクルマの先導調査研究より

成熟度レベル		レベル1	レベル2	レベル3	レベル4	レベル5	レベル6
自動化の進展	人の関与の程度	Human within the loop		Human on the loop		Human over the loop	
	機上パイロットの有無	機上パイロット有り・無し双方の機体の実証	機上パイロット有りの機体のみが飛行	機上パイロット無しの機体(遠隔操縦、遠隔監視、自律飛行等を含む)も飛行			
空域利用の進展	気象状態	VMC限定	VMC中心(一部緩和)	IMC相当			
	空域利用	・空域分離された限定エリア内の運航	・従来方式・手順(VFR)を原則、一部修正 ・ATMとの通信は従来通り	・従来方式・手順(IMC対応可)を原則、一部修正 ・サービスプロバイダによる運航調整の導入	・サービスプロバイダによるATM・UTMとの連携と交通管理の開始 ・高リスク空域への効率的な進入	・ATM・UTMとの高度な連携 ・自動化された交通管理・空域管理	・他の航空機、無人航空機等との自律的なコンフリクト解消
離着陸場所の進展	人口密集地外(既存ヘリポート等、港湾部への新規設置等)	人口密集地外(既存ヘリポート等、港湾部や観光地への新規設置等)	人口密集地内(ユーザの集まる交通・観光拠点等への拡大、建物屋上を含む)	人口密集地内(商業・オフィスエリア等への拡大)	人口密集地内(ユーザの多い居住エリア内の拠点等、日常生活圏への拡大)	人口密集地内(住宅地近隣を含め、日常生活圏への統合)	
機体価格	高		中(製造効率化↓+高機能化↑)		低	最低(大衆化へ)	
安全性(TLS)	-		VFR機/GAと同等程度以上(段階的に向上)				

【成果】（1）全体アーキテクチャ検討会 ドローンの成熟度レベル設定



空域の混雑度や運航形態に応じたUTMの段階的導入



- スケジュール**
- UTMプロバイダの認定要件の整備を進め、**2025年頃のStep 2の実現を目指す**。また、異なるUTMプロバイダ間の接続について、技術仕様の検討、官民の役割分担等について検討を進める。
 - 空飛ぶクルマを含めた有人機と無人機の調和した交通管理に関する技術検証を進めるとともに、Step 3による管理が必要となる程度にドローンが輻輳する時期を見極めつつ、**Step 3の導入時期については引き続き検討**。

出所) 第18回小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会
資料1：レベル4飛行の実現に向けた新たな制度整備等

UTMの段階的導入ステップを参考に、空飛ぶクルマ成熟度レベルを考慮したドローンの成熟度レベル2~4を設定

成熟度レベル	レベル2 (UTM Step2)	レベル3 (UTM Step3)	レベル4 (UTM Step3以降)
運航方法	目視外飛行、第三者上空飛行		
運航密度	運航密度“中” （複数の運航者がリスクの高い飛行を実施）	運航密度“中～高” （指定空域内での混雑度が高い）	
UTM導入	同一空域では航空局が認めたUTMプロバイダを利用	指定空域内では全ての無人航空機が航空局が認めたUTMプロバイダを利用	
UTM機能	飛行経路のコンフリクト検知、情報提供		飛行経路調整の自動化

【成果】 (1) 全体アーキテクチャ検討会(1)-2ユースケースの設定 ドローンのユースケース案



- ドローンに関するユースケースを以下の通り整理。

		都市	地方	緊急時
成熟度レベル	インフラ点検	インフラ設備の点検 <ul style="list-style-type: none"> 複数の異なる用途のインフラ点検ドローンの目視外飛行 複数オペレータによる運航 飛行エリアの人口密度中 飛行エリアは狭域 	離島間での荷物配送 <ul style="list-style-type: none"> 離島間の物流ドローンの低頻度目視外飛行 複数オペレータによる運航 飛行エリアの人口密度低 基本的には海上を飛行 	発災時の緊急時対応 <ul style="list-style-type: none"> 災害発生数日後の緊急物資の運搬 <ul style="list-style-type: none"> 緊急物資輸送の目視外飛行 複数オペレータによる運航 ヘリコプターとの干渉 飛行エリアの人口密度中 災害発生直後(数時間以内)被災状況の調査・行方不明者の探索 <ul style="list-style-type: none"> 多数の空撮ドローンの目視外飛行 複数オペレータによる運航 ヘリコプターとの干渉 人口密度中、夜間の飛行 災害発生直後(数時間以内)警察・自衛隊等と連携した救出救助 <ul style="list-style-type: none"> 多数の空撮ドローンや緊急物資輸送ドローンの目視外飛行 複数オペレータによる運航 複数ヘリコプターとの干渉 人口密度高、夜間の飛行
	物流	河川上空を飛行経路とし、集配拠点から河川周辺の荷物受取拠点への荷物配送 <ul style="list-style-type: none"> 物流ドローンの中頻度目視外飛行 他のインフラ点検ドローンと干渉 飛行エリアの人口密度高 UTM指定空域を飛行(飛行経路は全てUTM指定空域) 	地方都市の住宅地エリアのコンビニから各住宅への荷物配送 <ul style="list-style-type: none"> 住宅街での物流ドローンの中頻度目視外飛行 複数オペレータによる運航 飛行エリアの人口密度中 	
	物流	空港付近の集配拠点から高層ビルの屋上に荷物配送(ドローン交差数大) <ul style="list-style-type: none"> 都心高層ビル屋上への物流ドローンの高頻度目視外飛行 混雑空港付近の集配拠点から飛行 他の物流や点検ドローンと干渉 UTM指定空域の飛行 高度約300mを飛行 複数機体を同時に運航 空港周辺の制限空域内を飛行 	地方空港から市街地・離島への荷物配送 <ul style="list-style-type: none"> 地方空港から市街地のマンション屋上への中頻度目視外飛行 他の物流や点検ドローンと干渉 複数機体を同時に運航 飛行エリアの人口密度中 空港周辺の制限空域内を飛行 	

【成果】 (1) 全体アーキテクチャ検討会(1)-2ユースケースの設定 空飛ぶクルマのユースケース案



※Weather-tolerant : 強風
Low-visibility : 低視界、運用限界の風

- 空飛ぶクルマに関するユースケースを以下の通り整理。

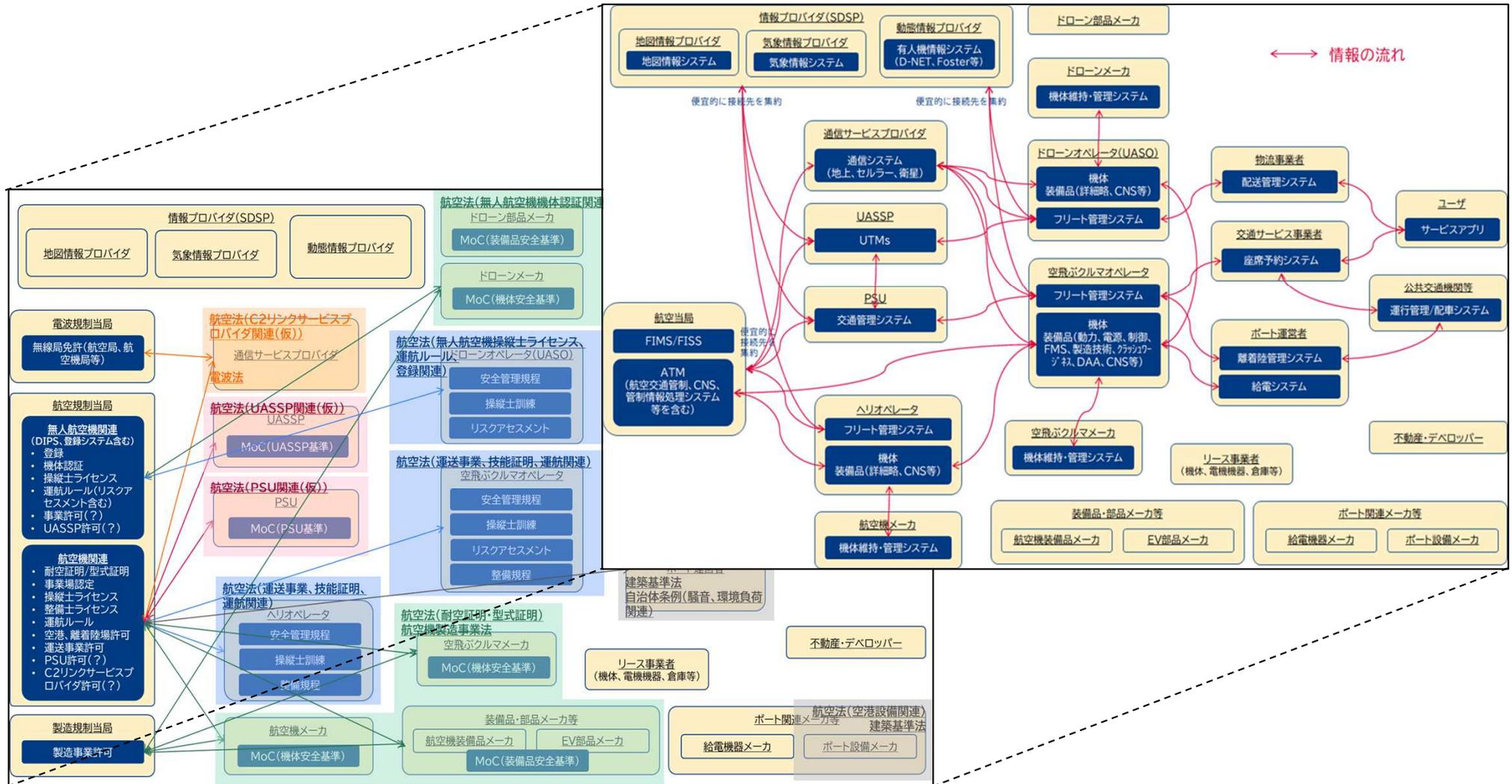
	都市	地方	緊急時
成熟度レベル2	<p>大阪・関西万博における会場周辺の遊覧飛行、空港からの2地点間の海上商用飛行</p> <ul style="list-style-type: none"> 大阪湾岸、関西空港間の低頻度の商用運航 移動距離は50km以内 好気象条件 	<p>地方都市沿岸部での観光客の遊覧飛行、2地点間の商用飛行</p> <ul style="list-style-type: none"> 非密集地・管制圏外エリアにおける1~2地点間路線での低頻度の商用運航 移動距離は50km以内 好気象条件 	<p>救命救急医療・災害救助</p> <p>ドクターを救急現場に搬送を行うエアアンビュランス (昼間・移動距離短)</p> <ul style="list-style-type: none"> 空域環境のトラフィック密度の向上に対する、運用・安全性等の検討(ドローンとの衝突回避含む) 好気象条件
成熟度レベル3	<p>都市内におけるエアタクシーでの市民の輸送</p> <ul style="list-style-type: none"> 運航の確実性・定時性の向上 就航率向上 中頻度化 建築物上、狭い場所での離着陸 Weather-tolerant 	<p>地方空港間経路におけるエアタクシーによる観光客の輸送</p> <ul style="list-style-type: none"> 定時性・就航率向上・長距離化 100-200km Weather-tolerant 	<p>ドクターを救急現場に搬送を行うエアアンビュランス (夜間・移動距離長)</p> <ul style="list-style-type: none"> 就航率向上・長距離化(基地病院以外も含む) 空域への優先アクセス Weather-tolerant 夜間も運航
成熟度レベル4	<p>都市内の旅客輸送としてのエアタクシーでの市民の輸送 (高頻度化・行き先拡大)</p> <ul style="list-style-type: none"> 大規模ポートで最大1~2分毎の離着陸頻度 他の乗り物との乗り換えが安定化(屋上含むポートへのアクセス) 機上パイロットなし Low-visibility、夜間も運航 複数オペレータの同時運航 	<p>大規模空港と地方空港間経路におけるエアタクシーによる観光客の輸送 (高頻度化・行き先拡大)</p> <ul style="list-style-type: none"> 15~30分毎の離着陸頻度 他の乗り物との乗り換えが安定化(地方空港へのアクセス) 機上パイロットなし 1人で複数機を遠隔操縦 Low-visibilityも運航 	<p>ドクターを救急現場に搬送・患者の病院への搬送を行うエアアンビュランス</p> <ul style="list-style-type: none"> 機上パイロットなし Low-visibilityも運航

【成果】(1) 全体アーキテクチャ検討会(1)-6アーキテクチャの整理



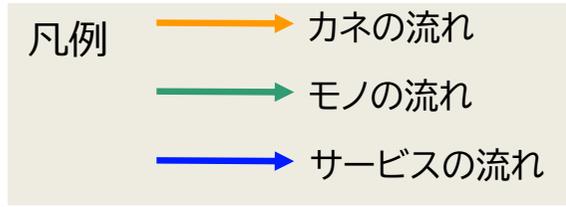
- システムアーキテクチャは、運航、ビジネス、基準・ルール・安全等の複数の観点にもとづくレイヤ構造で整理する。
- **今年度は、運航とビジネスのレイヤについて整理した。**
- 今後、他のレイヤ(安全・ルール)についても整理していくとともに、来年度は、成熟度レベル2-3のアーキテクチャについて詳細検討を実施する。

アーキテクチャのイメージ (運航)

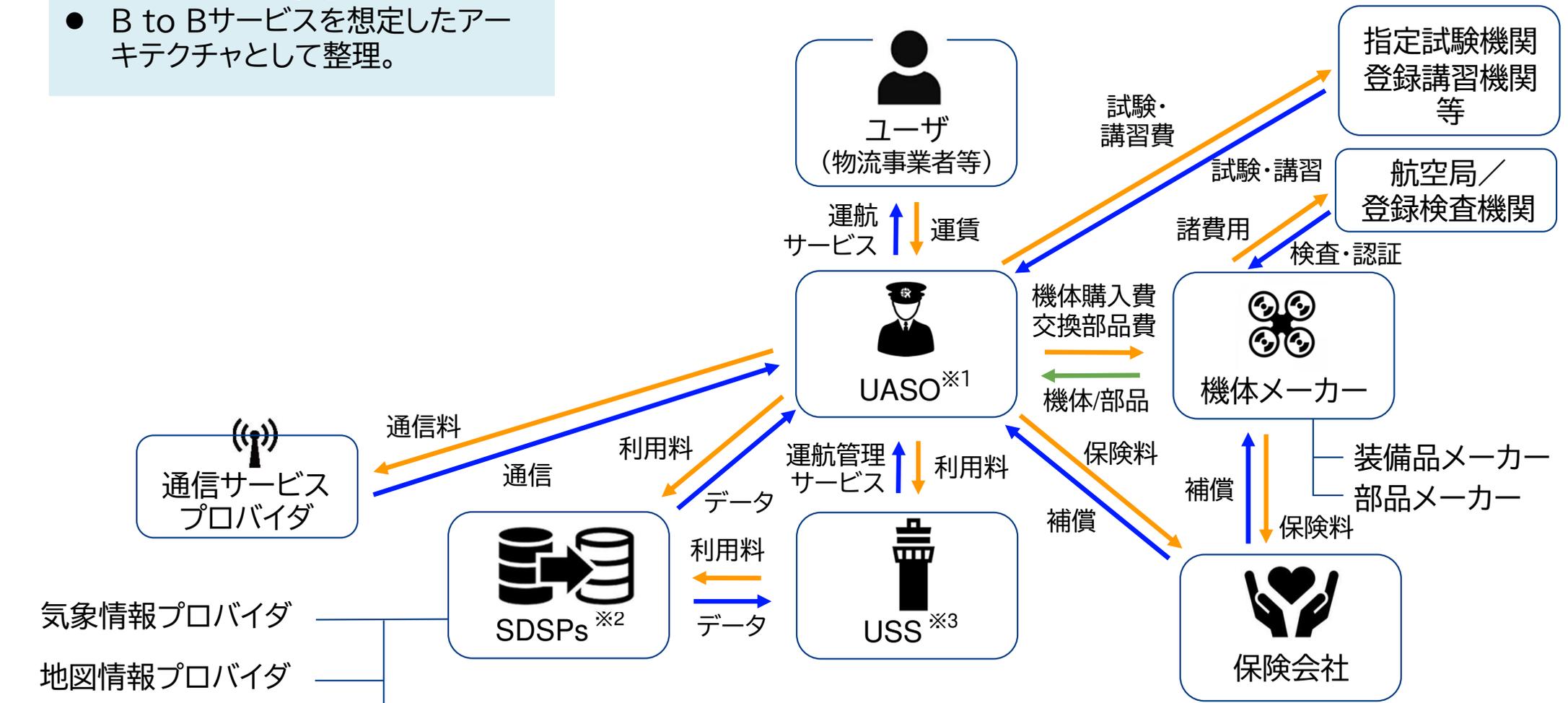


アーキテクチャのイメージ (基準・ルール・安全)

【成果】 (1) 全体アーキテクチャ検討会(1)-6アーキテクチャの整理 ドローンのアーキテクチャ：成熟度レベル2（ビジネスレイヤ）



- 航空局に認められたUSSによるUTMサービス提供。
- B to Bサービスを想定したアーキテクチャとして整理。



※1 UAS Operatorの略。無人航空機の運航事業者。
 ※2 Supplemental Data Service Providerの略。気象や地図情報等の情報提供機能。
 ※3 UAS Service Supplierの略。無人航空機を管理・制御するシステムのサービス提供者。

【成果】 (1) 全体アーキテクチャ検討会(1)-6アーキテクチャの整理 ドローンのアーキテクチャ：成熟度レベル3（ビジネスレイヤ）

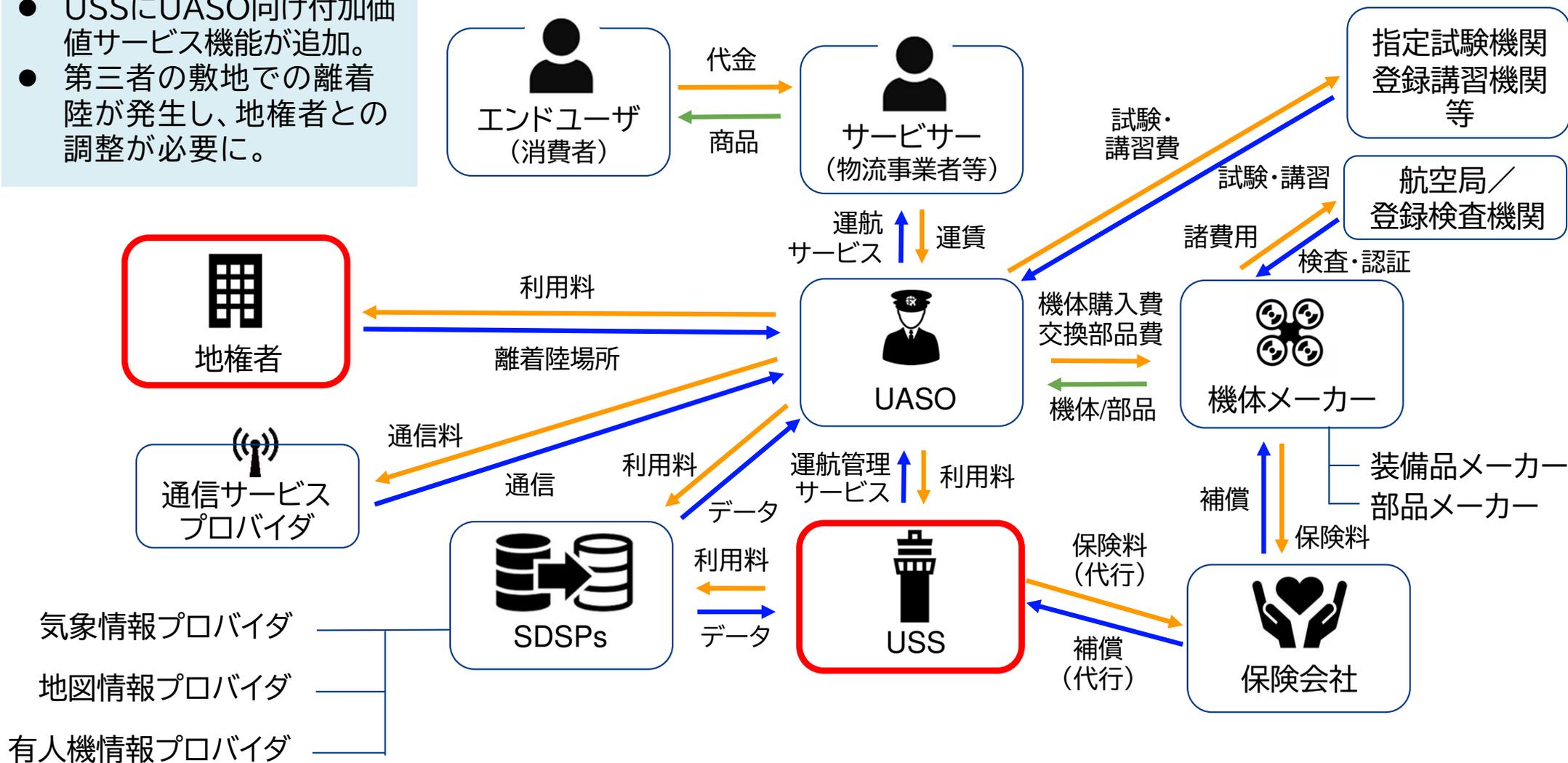


- B to B to Cサービスを想定したアーキテクチャとして整理。
- USSにUASO向け付加価値サービス機能が追加。
- 第三者の敷地での離着陸が発生し、地権者との調整が必要に。

凡例

レベル間で特に変化が発生する箇所

- カネの流れ
- モノの流れ
- サービスの流れ



【成果】 (1) 全体アーキテクチャ検討会(1)-6アーキテクチャの整理 ドローンのアーキテクチャ：成熟度レベル4（ビジネスレイヤ）

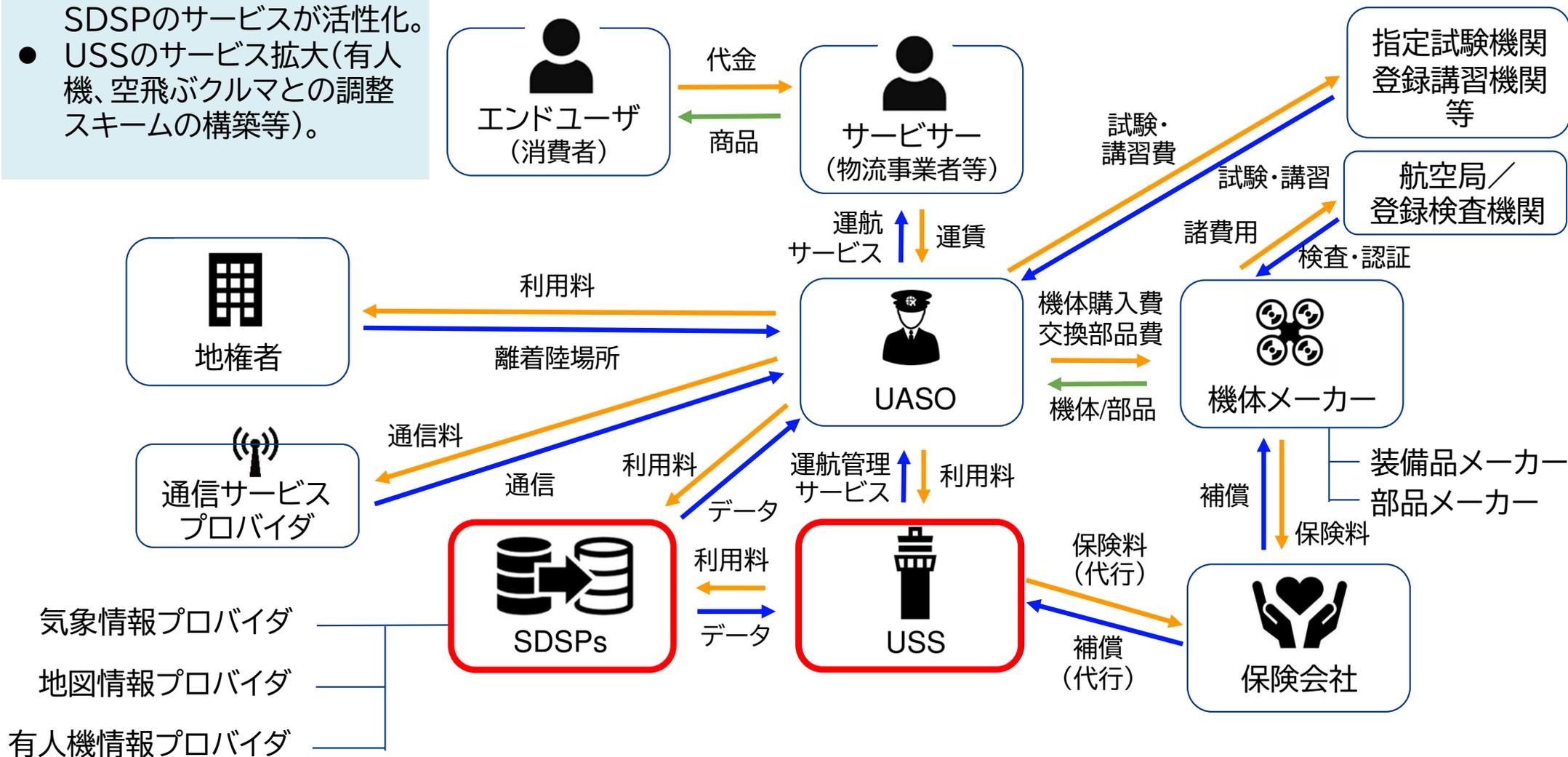


- ドローンの運航密度増加、空飛ぶクルマ・有人機との空域共有の進展に伴い、SDSPのサービスが活性化。
- USSのサービス拡大(有人機、空飛ぶクルマとの調整スキームの構築等)。

凡例

レベル間で特に変化が発生する箇所

- カネの流れ
- モノの流れ
- サービスの流れ

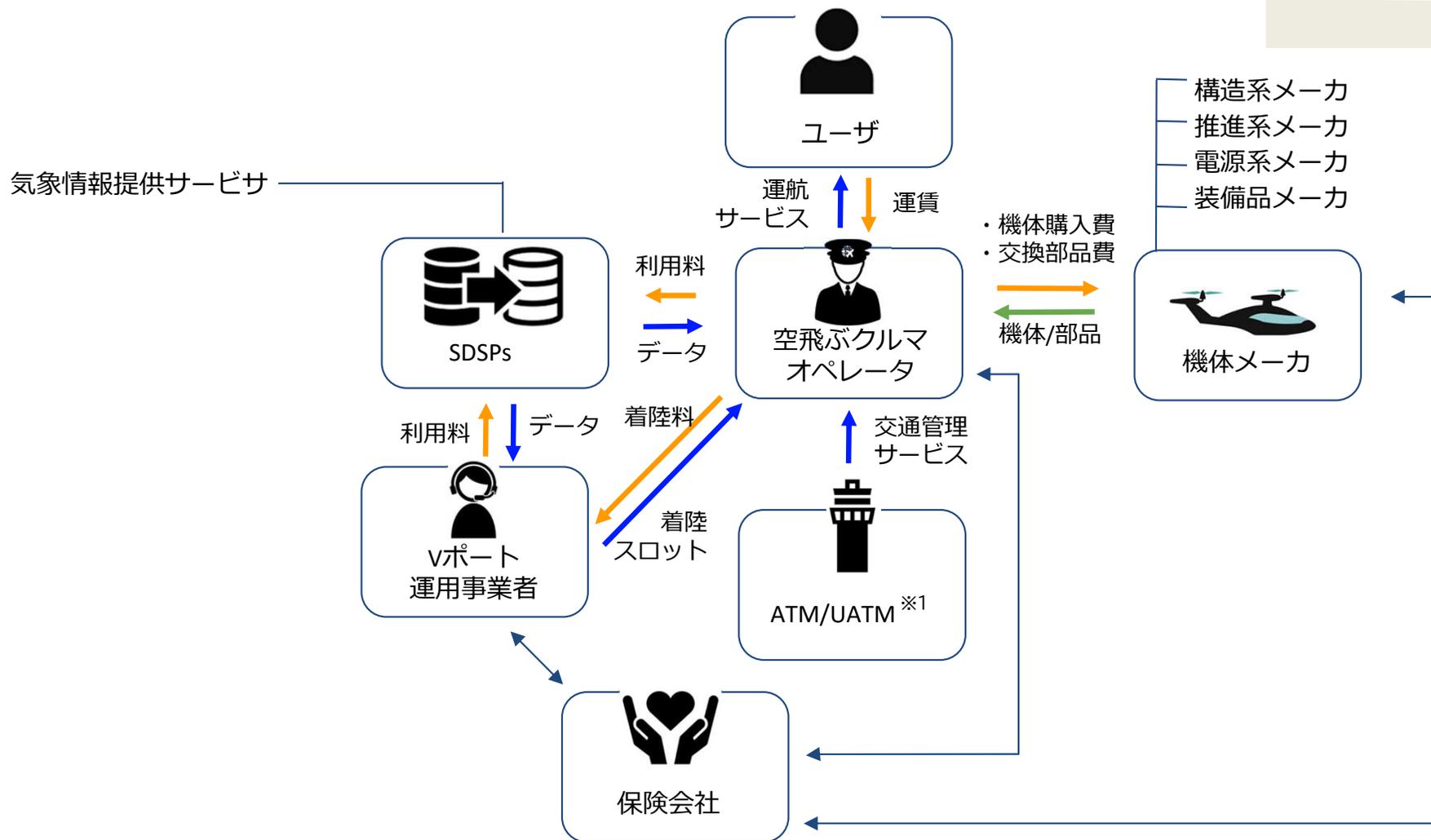
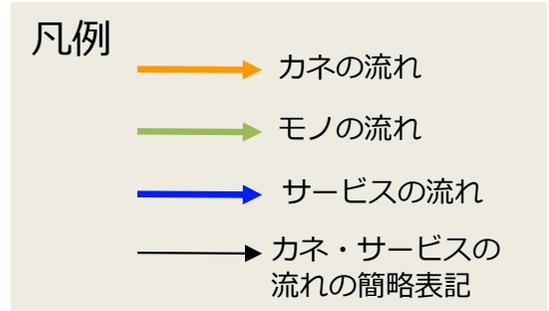


【成果】 (1) 全体アーキテクチャ検討会(1)-6アーキテクチャの整理

空飛ぶクルマのアーキテクチャ：成熟度レベル2（ビジネスレイヤ）



- 空飛ぶクルマの商用サービス開始初期のアーキテクチャ。



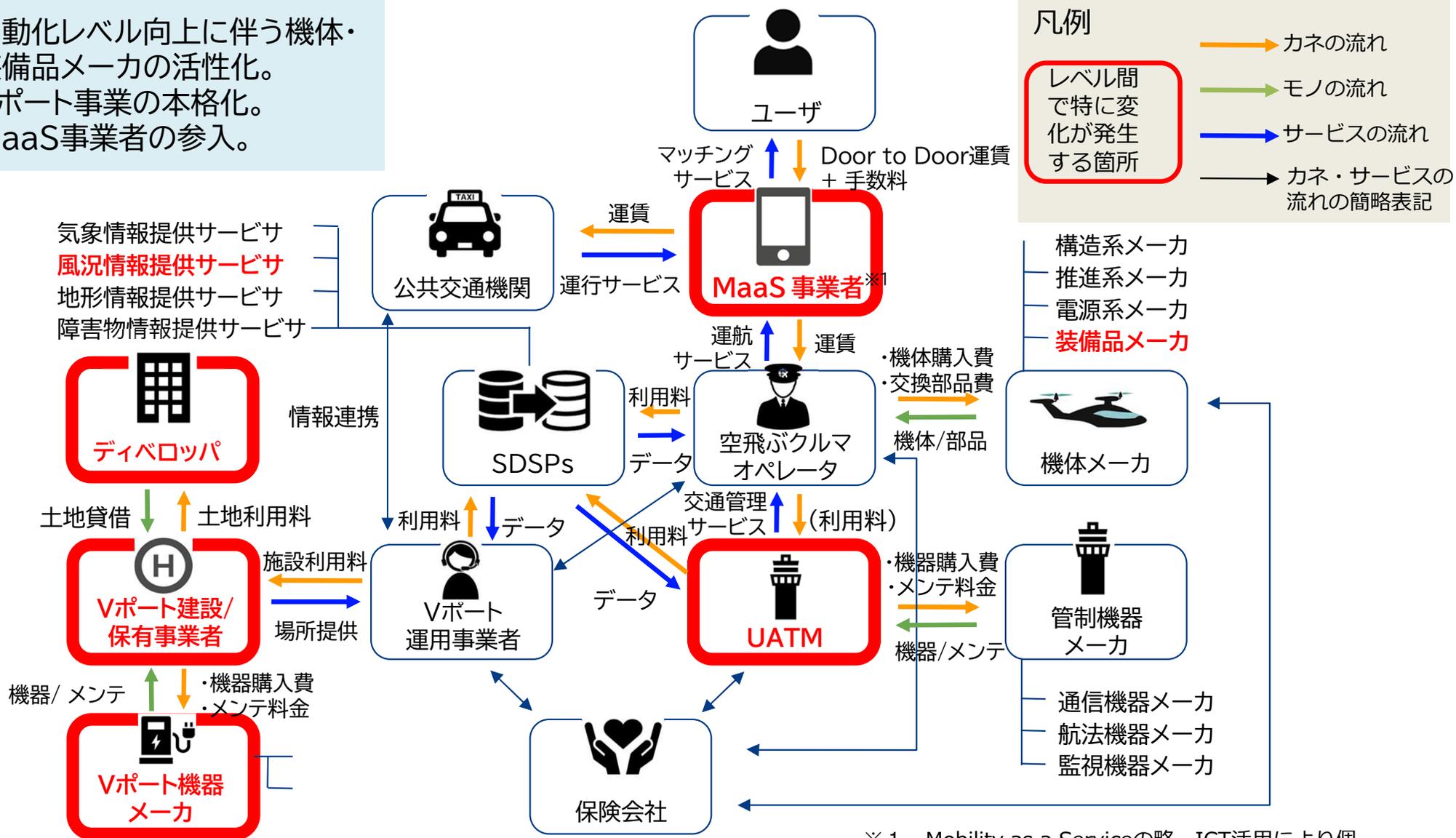
※1 Urban Air Traffic Managementの略。空飛ぶクルマ向け交通管理サービス。

【成果】 (1) 全体アーキテクチャ検討会(1)-6アーキテクチャの整理

空飛ぶクルマのアーキテクチャ：成熟度レベル3（ビジネスレイヤ）



- 自動化レベル向上に伴う機体・装備品メーカーの活性化。
- Vポート事業の本格化。
- MaaS事業者の参入。



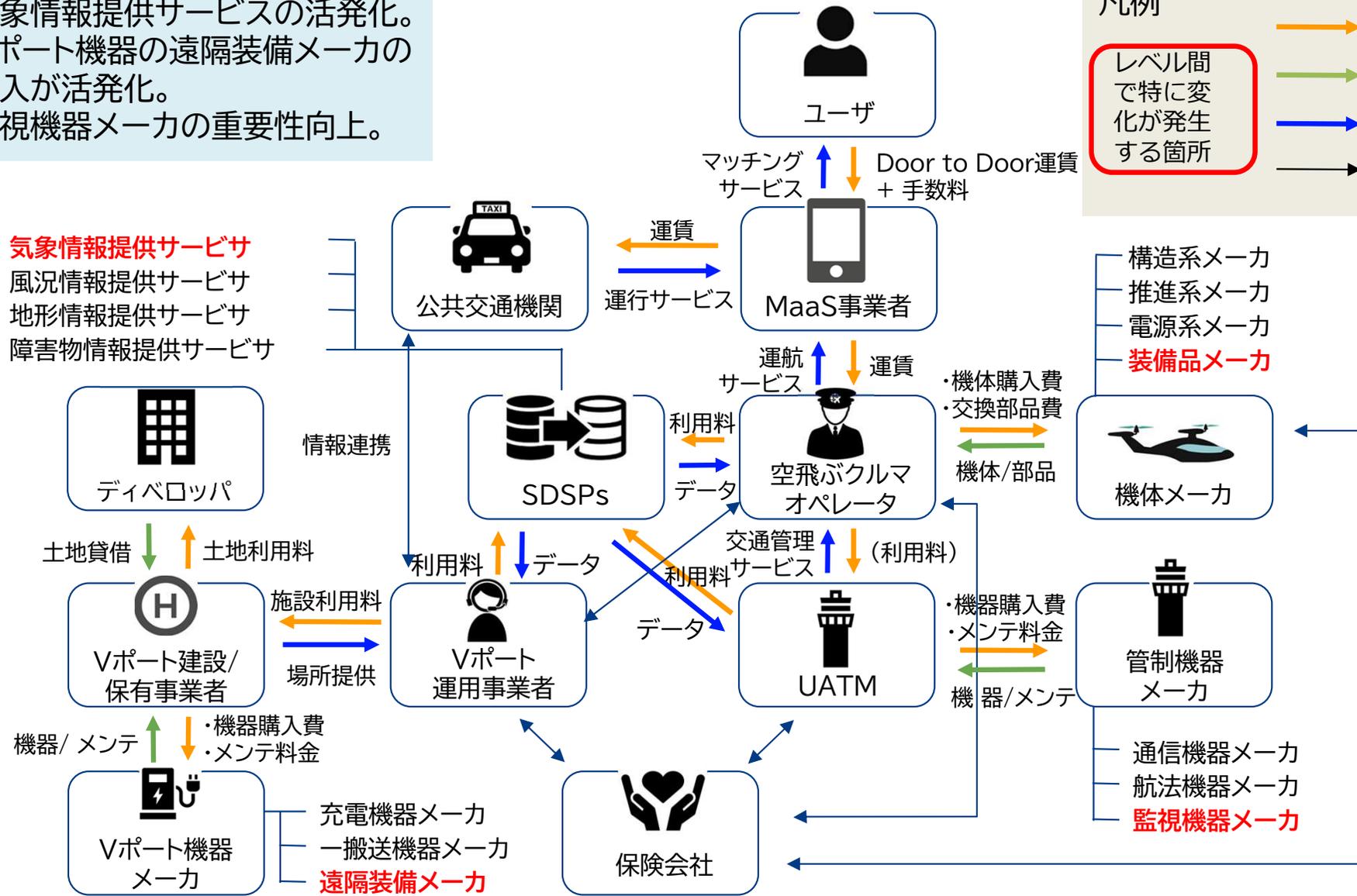
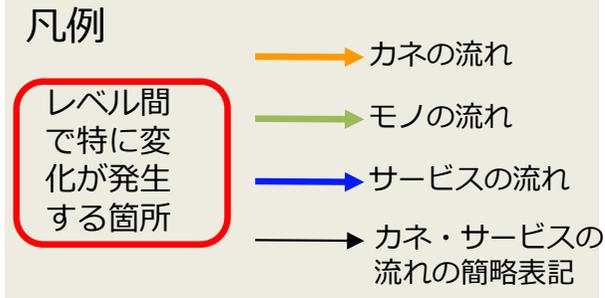
※1 Mobility as a Serviceの略。ICT活用により個別の運営会社による交通システムをシームレスに利用できるようにするサービス。

【成果】 (1) 全体アーキテクチャ検討会(1)-6アーキテクチャの整理

空飛ぶクルマのアーキテクチャ：成熟度レベル4（ビジネスレイヤ）

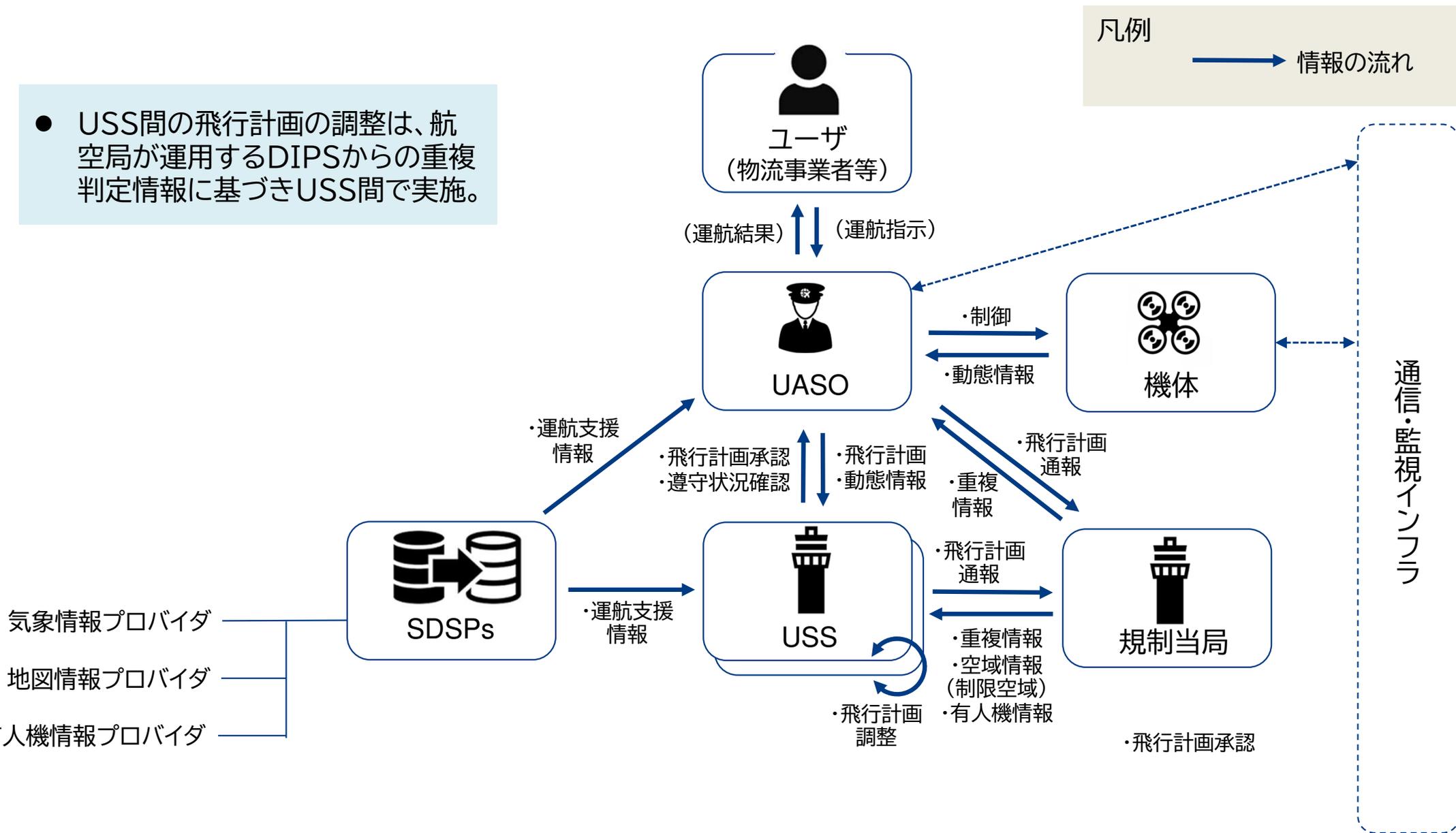


- 気象情報提供サービスの活発化。
- Vポート機器の遠隔装備メーカーの参入が活発化。
- 監視機器メーカーの重要性向上。



【成果】 (1) 全体アーキテクチャ検討会(1)-6アーキテクチャの整理 ドローンのアーキテクチャ：成熟度レベル2（運航レイヤ）

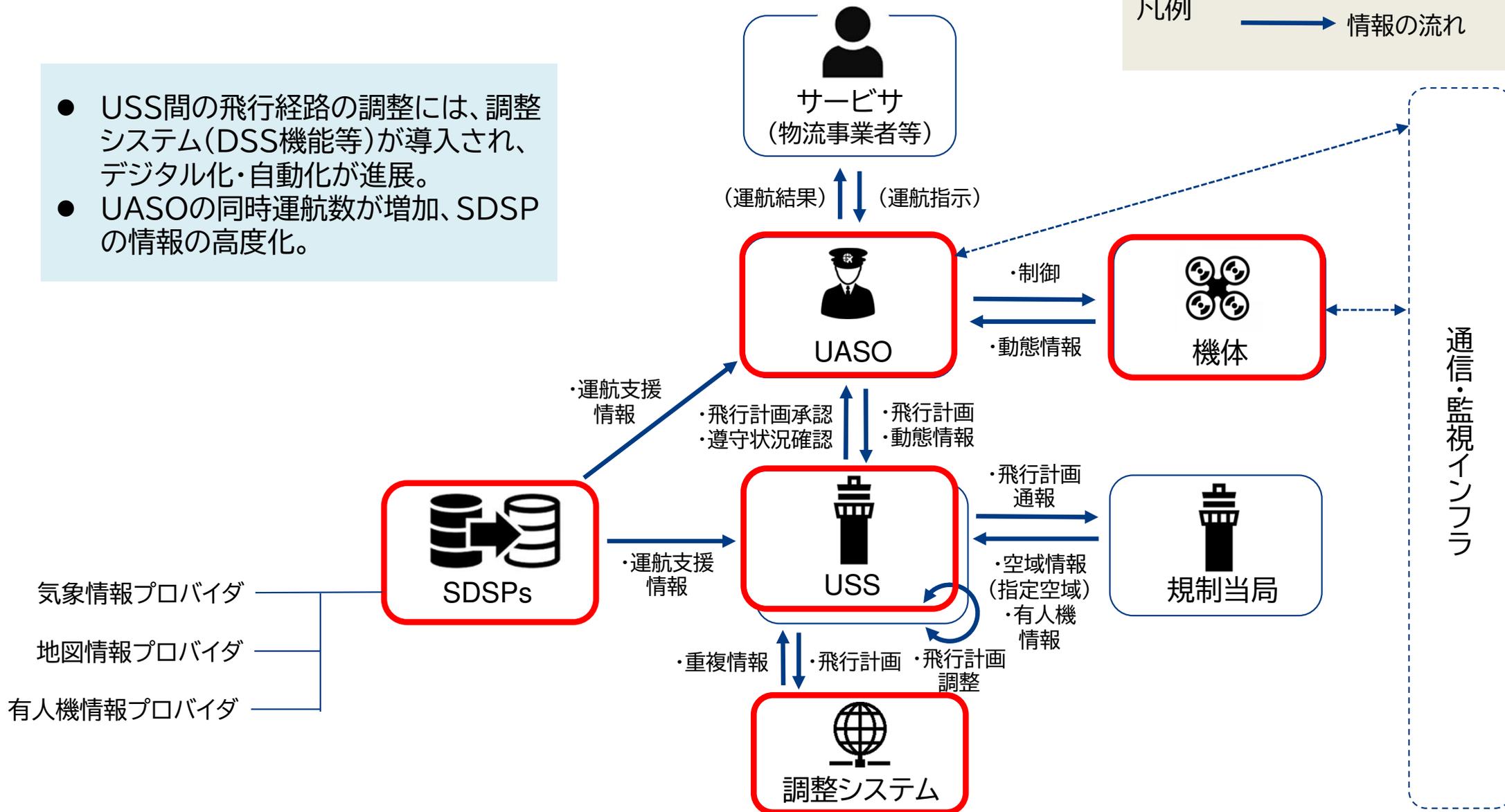
- USS間の飛行計画の調整は、航空局が運用するDIPSからの重複判定情報に基づきUSS間で実施。



【成果】 (1) 全体アーキテクチャ検討会(1)-6アーキテクチャの整理 ドローンのアーキテクチャ：成熟度レベル3（運航レイヤ）

凡例 → 情報の流れ

- USS間の飛行経路の調整には、調整システム(DSS機能等)が導入され、デジタル化・自動化が進展。
- UASOの同時運航数が増加、SDSPの情報の高度化。



【成果】 (1) 全体アーキテクチャ検討会(1)-6アーキテクチャの整理 ドローンのアーキテクチャ：成熟度レベル4（運航レイヤ）

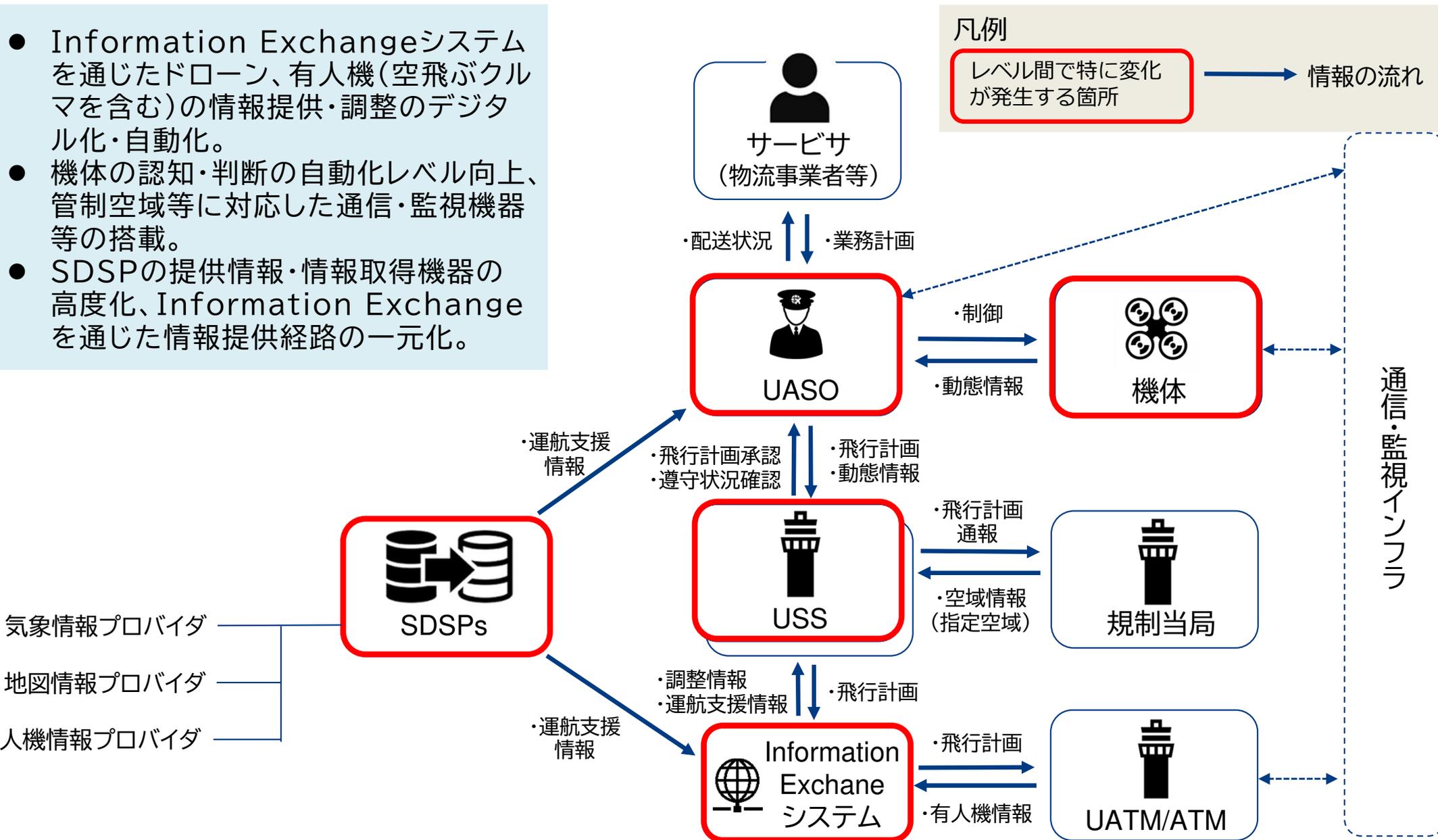
- Information Exchangeシステムを通じたドローン、有人機(空飛ぶクルマを含む)の情報提供・調整のデジタル化・自動化。
- 機体の認知・判断の自動化レベル向上、管制空域等に対応した通信・監視機器等の搭載。
- SDSPの提供情報・情報取得機器の高度化、Information Exchangeを通じた情報提供経路の一元化。

凡例

レベル間で特に変化が発生する箇所

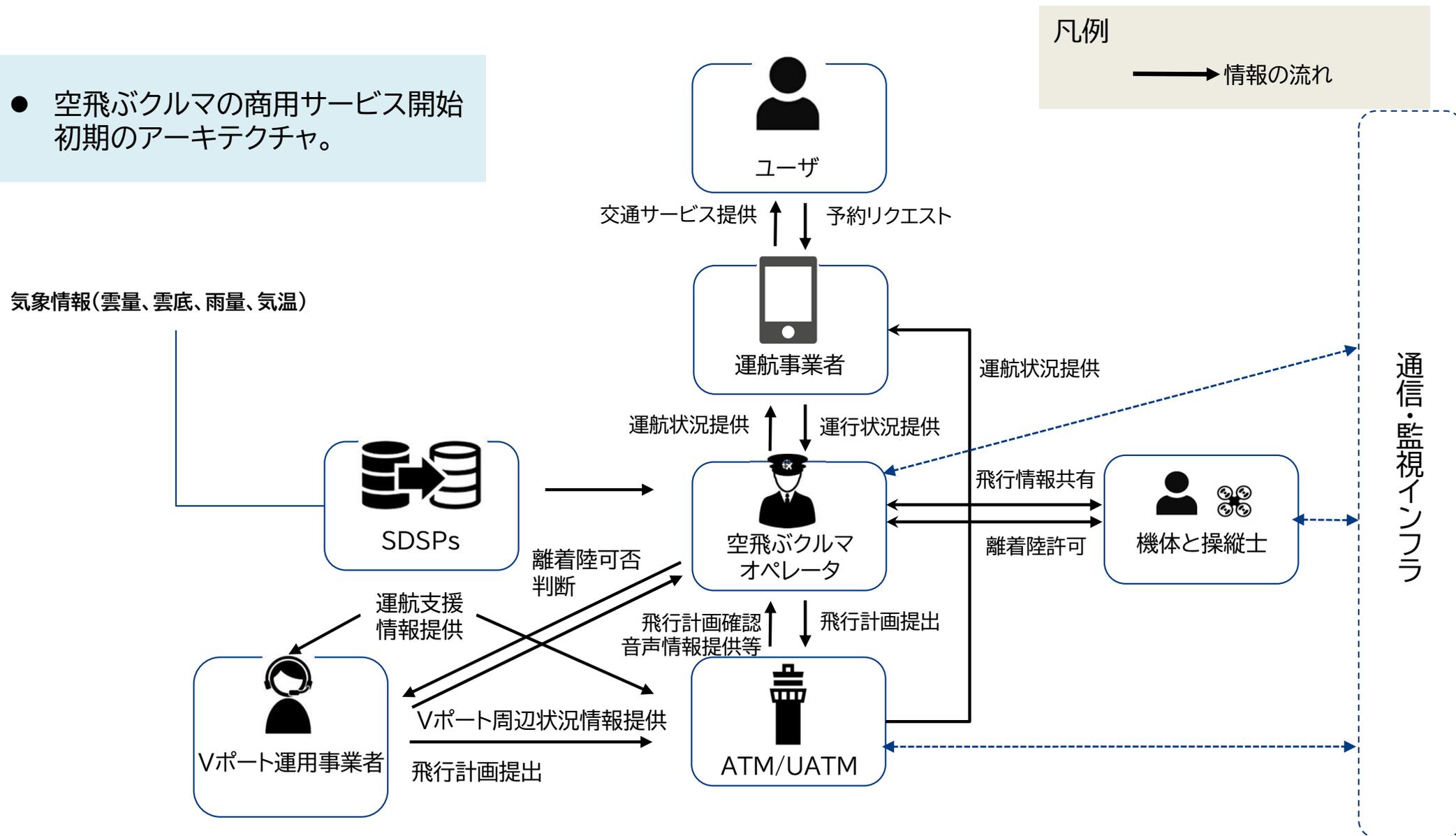
情報の流れ

通信・監視インフラ



【成果】 (1) 全体アーキテクチャ検討会(1)-6アーキテクチャの整理 空飛ぶクルマのアーキテクチャ：成熟度レベル2（運航レイヤ）

- 空飛ぶクルマの商用サービス開始初期のアーキテクチャ。



【成果】 (1) 全体アーキテクチャ検討会(1)-6アーキテクチャの整理

空飛ぶクルマのアーキテクチャ：成熟度レベル3（運航レイヤ）

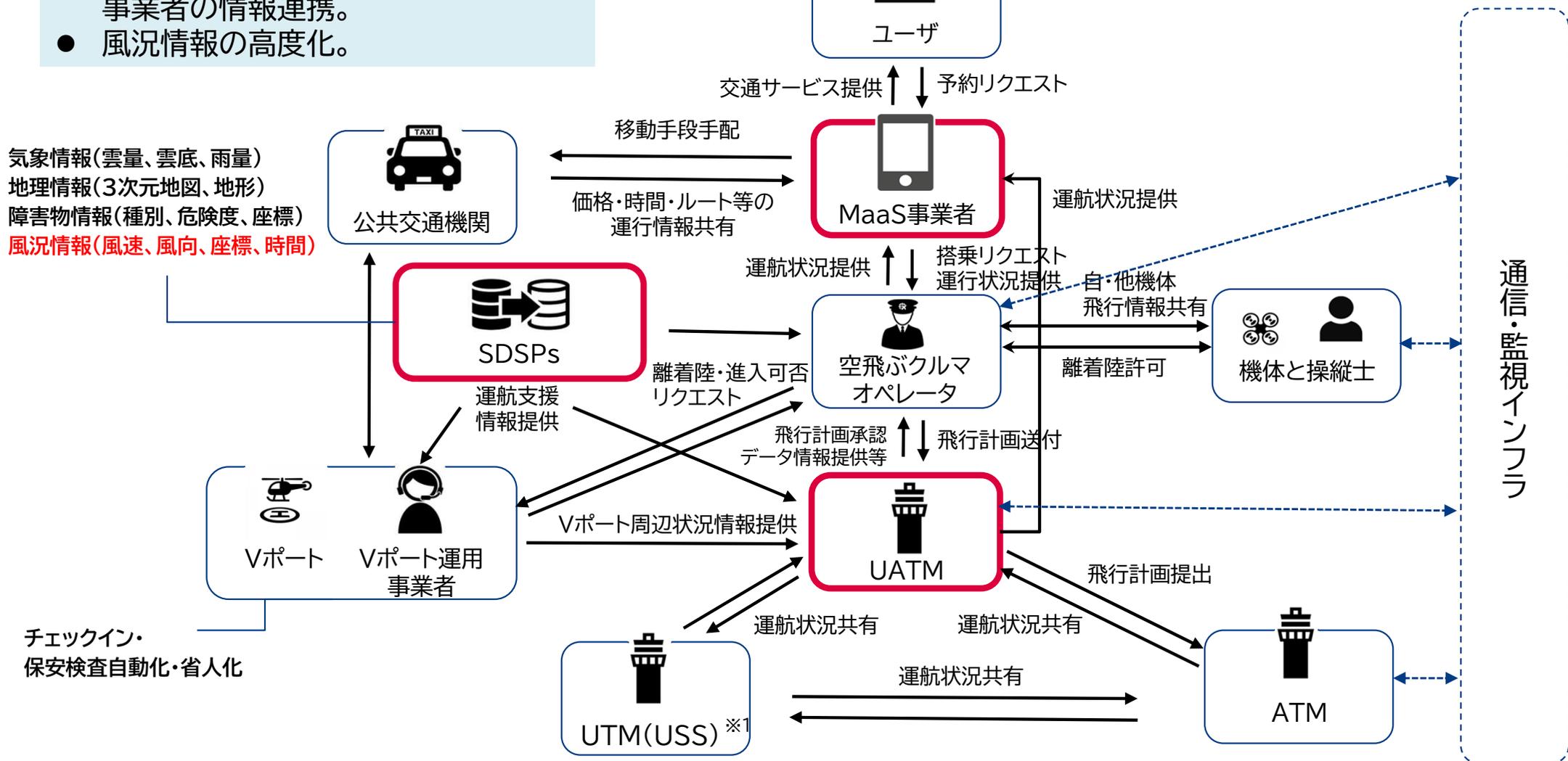


- 運航規模拡大に伴うUATMの機能・性能向上。
- MaaS、公共交通機関、Vポート運用事業者の情報連携。
- 風況情報の高度化。

凡例

レベル間で特に変化が発生する箇所

情報の流れ



※1 UTM(Unmanned Traffic Management)の略。無人航空機の管制。

【成果】 (1) 全体アーキテクチャ検討会(1)-6アーキテクチャの整理

空飛ぶクルマのアーキテクチャ：成熟度レベル4（運航レイヤ）

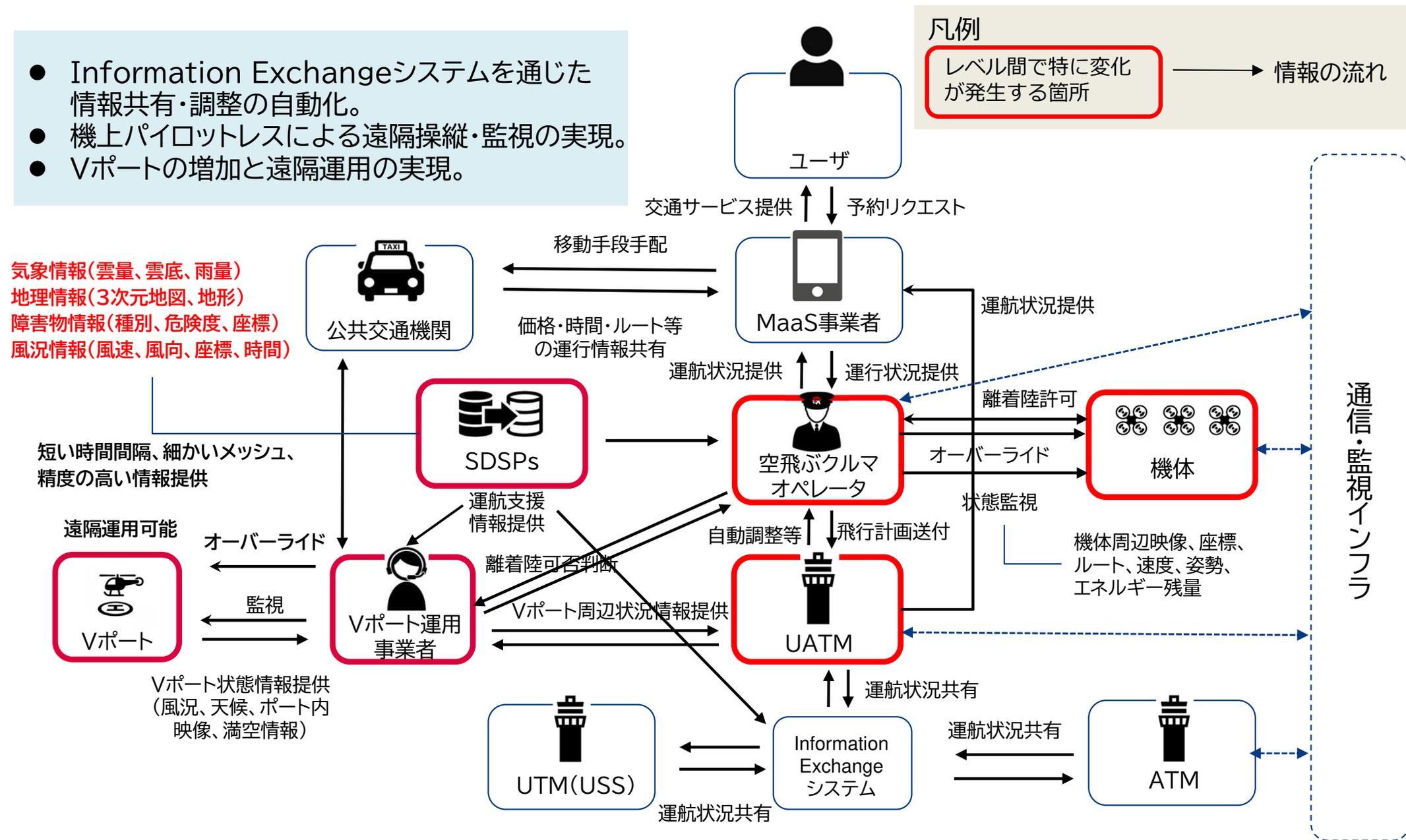


- Information Exchangeシステムを通じた情報共有・調整の自動化。
- 機上パイロットレスによる遠隔操縦・監視の実現。
- Vポートの増加と遠隔運用の実現。

凡例

レベル間で特に変化が発生する箇所

情報の流れ



【成果】(2) 要素技術調査：(2)-1 項目整理



- ドローンの要素技術項目については、空飛ぶクルマの要素技術項目と基本的に項目区分を整合させつつ、ドローン特有の技術の追加（非GPS環境飛行技術）や空飛ぶクルマとの差異を考慮して整理した。

要素技術の項目整理案

要素技術項目		空飛ぶクルマ	ドローン
機体	コンセプト・方式、自動化機能	○	○
動力	モータ、インバータ / ESC	○	○
	冷却機能	○	-
電源	蓄電、発電、BMS	○	○
装備品	FMS、飛行制御システム DAA・GPWS / DAA・構造物衝突防止・離隔保持 クラッシュワージネス / 墜落時安全確保用装備	○	○
	リモートID	-	○
	CNS装備品	○	-
製造技術	構造素材、アセンブリ技術	○	○
CNS	通信、航法、監視	○	○
運航管理技術	交通管理システム / UTM、フリート管理システム	○	○
地上システム	給電、気象情報、3D地図、ポート自動化	○	○
非GPS環境飛行技術	センサ、自己位置推定、SLAM	-	○
クラッシュワージネス/ 墜落時安全確保用装備	座席、フローティング、姿勢安定・降下率低減	○	○
システム関連技術	ソフトウェアフレームワーク、データ管理スキーム、異常診断	○	○

○：ドローンに関して重点的に調査する項目

【成果】(2) 要素技術調査：(2)-2 動向調査

ドローンについては、空飛ぶクルマと項目と整合性を取りつつ、ドローン特有の項目について重点的に調査を実施した。

運搬用途ドローンの調査結果

- 農業・林業・水産業の生産物、工事現場の資材等の重量物の運搬目的で使用されるドローンは、積載重量数十kg程度の大型ペイロード機体が多く開発されている。
- 一方、近年では、積載重量100kgを超える大型ドローンの開発が進められおり、特に大型のものでは、積載重量500～800kg程度を想定したドローンの開発が行われている。
- 大型機体の墜落を想定した際の安全基準・補償問題の整備の観点で、大型機体の実用には課題がある。
- また、大型の貨物を輸送する搭載治具も重量が大型化することが想定され、治具の軽量化も課題に挙げられる。

	SkyDrive 「SkyLift」	Blue Bee 「Xylocopa3 020」	Shandong UNID Intelligent Technology 「HT-200」	ARDN technology 「SKYF」	Volocopter 「VoloDrone」	BAE Systems 「T650」	テクノシステムズ 「スペースフレーム ドローン」
国籍	日本	日本	中国	ロシア	ドイツ	英国	日本
形状	全長1.9m 全幅1.2m	全長2.6 全高0.78m	全長3.4m 全高0.6m	全長2.2m 全幅5.2m	直径9.2m 全高2.15m	公開情報なし	全長3.0m 全幅3.0m
ペイロード	30kg	50kg	100kg	181kg	200kg	300kg	400～800kg
機体重量	35kg	公開情報なし	公開情報なし	公開情報なし	公開情報なし	公開情報なし	公開情報なし
航続距離	公開情報なし	公開情報なし	公開情報なし	公開情報なし	40km	公開情報なし	公開情報なし
飛行速度	36km/h	65km/h	公開情報なし	公開情報なし	公開情報なし	140km/h	公開情報なし
イメージ図							

【成果】(2) 要素技術調査：(2)-2 動向調査



空飛ぶクルマについては最新のアップデート状況を調査した。

空飛ぶクルマの機体調査結果（1/2）

2020年代後半には座席数が5席を超える機体や航続距離が400km程度の機体が出現し、200km/hを超える巡航速度を誇る機体の開発も検討されている。昨年度からの更新情報を**赤字**で示す。

サービス開始 予定時期	2026年	2020年代後半	2028年	2030年以降	
事業者/製品名	New Future Transportation, Inc. /ASKA	Eve Air Mobility, LLC /Eve	Ehang /Ehang 216	Supernal (IBHyundai) /S-A1 (コンセプトモデル)	Honda/Honda eVTOL
イメージ図					
推進方式	Vectored Thrust	Lift + Cruise	Multirotor	Lift + Cruise	Lift + Cruise (ハイブリッド方式)
座席数	4	5(乗員1、乗客4)	2	5 (パイロット1、乗客4)	4
質量	公開情報なし	公開情報なし	公開情報なし	公開情報なし	公開情報なし
ペイロード	公開情報なし	公開情報なし	220kg	公開情報なし	400kg以上
形状	翼長:約15m	公開情報なし	高さ:1.77m 幅:5.61m	公開情報なし	公開情報なし
速度	241km/h	201km/h	最高速度:130km/h 巡航速度:約100km/h	290km/h	最大巡航速度:270km/h以上
航続距離	最大402km	100km	35km (最大ペイロードの場合)	100km	400km
飛行可能時間	公開情報なし	公開情報なし	21分	公開情報なし	公開情報なし

【成果】(2) 要素技術調査：(2)-2 動向調査

空飛ぶクルマについては最新のアップデート状況を調査した。

空飛ぶクルマの機体調査結果（2/2）

サービス開始予定時期が不明な機体についても整理した。昨年度からの更新情報を**赤字**で示す。

事業者/製品名	Volocopter /VoloConnect	Airbus /City Airbus	Airbus/CityAirbus NextGen	Alaka'i Technologies /Skai	Wisk/Cora (第6世代機)
イメージ図					
推進方式	Lift + Cruise	Multicopter	Lift + Cruise	Multicopter	Lift + Cruise
座席数	4 (パイロット1、乗客3)	4	4	5	4
質量	公開情報なし	2.2t (MTOW)	公開情報なし	公開情報なし	公開情報なし
ペイロード	300~400kg (660~880lb)	250kg	公開情報なし	453kg (1000lb)	公開情報なし
形状	公開情報なし	長さ: 8m 幅: 8m 高さ: 不明	公開情報なし	公開情報なし	長さ: 約15m
速度	最高速度: 250km/h 巡航速度: 180km/h	巡航速度: 120km/h 最低速度: ホバリング	120km/h	185km/h (115mph)	222km/h
航続距離	100km (60mile)	30km	公開情報なし	16~240km (10~150mile)	約144km
飛行可能時間	公開情報なし	15分	1回の充電での飛行時間: 40分	・4時間まで ・補助燃料タンクを追加して10時間以上に増やすことができる	公開情報なし
サービス開始年(予定)	公開情報なし	公開情報なし	公開情報なし ※2025年頃、認証取得予定	公開情報なし	公開情報なし

【成果】(2) 要素技術調査： (2)-3要素技術ロードマップの更新・策定



動向調査からロードマップに反映すべき方向性を定めており、その方向性に基づき策定を進めている。

ドローンのロードマップ策定の方向性 (1/2)

動向調査に基づき、要素技術ごとにロードマップへの反映ポイントを整理した。要求値の性能指標および実現方式を定めたと上で、反映ポイントを落とし込む形でロードマップの策定を実施する予定。

要素技術項目		ロードマップ策定にあたっての反映ポイント (案)
機体	コンセプト・方式、自動化機能	<ul style="list-style-type: none"> ● ユースケース共通の方向性：自律飛行機能、自動帰還機能等の向上、飛行時間・距離の増加。 ● ユースケース別の方向性： <ul style="list-style-type: none"> ✓ 運搬：高速化・大型化 ✓ 過酷環境利用：全天候型の開発、耐熱性の向上 ✓ 屋内利用：軽量化・小型化、屋内環境での耐衝撃性向上
動力	モータ、インバータ / ESC	● 小型軽量化、防塵防水性、耐熱性の向上
	冷却機能	● 冷却性能の向上
電源	蓄電、発電、BMS	● 容量密度、出力密度、サイクル寿命、システム電圧等の向上
装備品	DAA・GPWS / DAA・構造物衝突防止・離隔保持	● DAA関連：使用するセンサーの種類増、判断の自動化
	リモートID	<ul style="list-style-type: none"> ● 小型化、通信速度の向上、通信距離の増加 ● 地上での情報共有（ネットワーク型）の開始

【成果】(2) 要素技術調査：

(2)-3要素技術ロードマップの更新・策定



動向調査からロードマップに反映すべき方向性を定めており、その方向性に基づき策定を進めている。

ドローンのロードマップ策定の方向性 (2/2)

動向調査に基づき、要素技術ごとにロードマップへの反映ポイントを整理した。要求値の性能指標および実現方式を定めた上で、反映ポイントを落とし込む形でロードマップの策定を実施する予定。

要素技術項目		ロードマップ策定にあたっての反映ポイント (案)
製造技術	構造素材、アセンブリ技術	● 軽量化、耐久性・堅牢性向上や組立技術の高度化
CNS	通信、航法、監視	● 通信：通信範囲、通信速度の増加 ● 航法：位置精度の向上、更新頻度の増加 ● 監視：監視範囲、監視精度、リアルタイム性の向上
運航管理技術	ドローン運航管理システム (UTM)	● 成熟度レベルおよび交通量ごとに必要となる機能を整理 (飛行計画の自動調整、動的管理)
地上システム	給電、気象情報、3D地図、ポート自動化	● 気象情報：情報粒度 (エリア・時間) の詳細化、低高度空域を対象とした気象情報の取得 (落雷可能性予測等)、情報粒度 (メッシュ・予測単位) の詳細化 ● 3D地図：人流・他モビ等の動的データの統合、空域情報、規制情報等の統合
非GPS環境飛行技術	センサ、自己位置推定、SLAM	● GNSS信号の補強 ● 使用するセンサーの種類増 ● AIによる予測精度向上
システム関連技術	ソフトウェアフレームワーク、データ管理スキーム、異常診断	● 管理対象の拡大 ● 自動化の進展

3. 次年度以降の取り組み

事業実施計画（2022年度～2026年度）



	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度
目標・成果物および関連イベント		▲ レベル4 制度開始	中間目標・成果 大阪・関西万博以降を見据えた全体設計 <成熟レベル2～3>	▲ 大阪・関西万博	最終目標・成果 低高度空域サービスの普及・拡大を見据えた見据えた全体設計 <成熟レベル4>
(1)全体アーキテクチャ検討会	<ul style="list-style-type: none"> ●成熟度レベル2～4の全体アーキの仮説設定 ●成熟度レベルの目標年次の設定 ●検討課題の整理 	<ul style="list-style-type: none"> ●成熟度レベル2・3運航に関するアーキの策定 ●大阪・関西万博時のアーキの確定 	<ul style="list-style-type: none"> ●成熟度レベル2・3の全体アーキの取りまとめ ●UTM基準案の取りまとめ 	<ul style="list-style-type: none"> ●成熟度レベル4の運航に関するアーキの策定 	<ul style="list-style-type: none"> ●成熟度レベル4の全体アーキの取りまとめ
(2)要素技術調査	<ul style="list-style-type: none"> ●昨年度成果をベースに初年度暫定版 ●以降の更新計画策定 	<ul style="list-style-type: none"> ●成熟度レベル3・4のロードマップの検討 ●技術的ブレイクスルーの調査・特定 	<ul style="list-style-type: none"> ●成熟度レベル4までのロードマップ取りまとめ ●2020年代後半に向けた技術戦略策定 	<ul style="list-style-type: none"> ●成熟度レベル5・6のロードマップの検討 	<ul style="list-style-type: none"> ●成熟度レベル6までのロードマップ全体取りまとめ ●2030年代に向けた技術戦略策定
(3)事業推進委員会	毎年運営	毎年運営	毎年運営	毎年運営	毎年運営
研究開発項目〔1〕 「性能評価手法の開発」 研究開発項目〔2〕 「運航管理技術の開発」	連携	連携	連携	連携	連携
研究開発項目と綿密に調整し、進捗を共有・連携しながら進める。					

(参考) 調査内容詳細

(参考) アーキテクチャ検討の進め方



- 全体アーキテクチャ検討会を開催し、低高度空域サービスのアーキテクチャについて議論。
- 研究開発項目の実施者には、研究成果のインプットを依頼。実施者からの成果を基にアーキテクチャの一般化、レイヤ構造への拡張を図る。

全体計画

年度	進め方（主な検討事項）
2022年度	<ul style="list-style-type: none"> ・ 検討範囲、計画、進め方について ・ 成熟度レベル2～4のConOps、アーキテクチャの仮説検討（低空域全体、空飛ぶクルマ、ドローン） ・ 詳細検討に向けた課題整理
2023年度	<ul style="list-style-type: none"> ・ 成熟度レベル2・3のConOpsについて ・ 成熟度レベル2・3のステークホルダ整理 ・ 成熟度レベル2・3のアーキテクチャ設計（運航中心） ・ UTM基準案について ・ 大阪・関西万博時点のアーキテクチャ定義
2024年度	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2023年度の課題を踏まえたアーキテクチャ更新・詳細化（ビジネス、基準・ルール・安全性、社会影響等） ・ UTM基準案について ・ 要素技術ロードマップとの対応整理 ・ 成熟度レベル4検討に向けた論点整理
2025年度	<ul style="list-style-type: none"> ・ 成熟度レベル4のConOpsについて ・ 成熟度レベル2・3のステークホルダ整理 ・ 成熟度レベル2・3のアーキテクチャ設計（運航中心）
2026年度	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2025年度の課題を踏まえたアーキテクチャ更新、詳細化（ビジネス、基準・ルール・安全性、社会影響等） ・ 要素技術ロードマップとの対応整理 ・ 全体取りまとめ

2022年度計画

年度	進め方（主な検討事項）
第1回 10月中旬	<ul style="list-style-type: none"> ・ 検討範囲、計画、進め方について ・ 諸外国動向、ユースケース議論 ・ ステークホルダー一覧とニーズ調査の進め方
第2回 12月上旬	<ul style="list-style-type: none"> ・ ニーズ調査結果 ・ 成熟度レベル2～4のConOps、アーキテクチャの仮説提示
第3回 2月中旬	<ul style="list-style-type: none"> ・ 成熟度レベル2～4のConOps、アーキテクチャの仮説取りまとめ ・ 詳細検討に向けた課題整理

(参考) 要素技術WGの開催



- ドローン・空飛ぶクルマの有識者や機体・装備品・部品メーカーで構成される要素技術WGを設置し、要素技術の整理項目の各分野をカバーする専門家を委員として選定する。
- 昨年度に実施した「空飛ぶクルマの先導調査研究」の一環で開催された「空飛ぶクルマに関する要素技術WG」との議論の整合性・継続性を確保することで、検討の効率化を図る。
- 全体アーキテクチャとの整合性、要素技術の過不足を検証するとともに、全体アーキテクチャに対応した要素技術ロードマップを成果として取りまとめる。

全体計画

年度	進め方（主な検討事項）
2022年度	<ul style="list-style-type: none"> 成熟度レベルの考え方と各レベルの目標年次について 要素技術の項目整理 成熟度レベル1～6に対応した要素技術ロードマップ仮説設定（但し、1～2は最終化） 2023年度以降の詳細検討・更新計画の検討
2023年度	<ul style="list-style-type: none"> 要素技術の国内外開発動向について 成熟度レベル3～4の機能・性能検討（主に機体、制御、FMS、交通管理、CNS、DAA、気象、クラッシュワージー 初関連）
2024年度	<ul style="list-style-type: none"> 要素技術の国内外開発動向について 成熟度レベル3～4の機能・性能検討（主に動力、電源、給電システム、製造技術、地図関連） 中間とりまとめ（成熟度レベル4まで）
2025年度	<ul style="list-style-type: none"> 要素技術の国内外開発動向について 成熟度レベル5～6の機能・性能検討（主に機体、制御、FMS、交通管理、CNS、DAA、気象、クラッシュワージー 初関連）
2026年度	<ul style="list-style-type: none"> 要素技術の国内外開発動向について 成熟度レベル5～6の機能・性能検討（主に動力、電源、給電システム、製造技術、地図関連） 全体取りまとめ（成熟度レベル6まで）

2022年度計画

年度	進め方（主な検討事項）
第1回 10月下旬	<ul style="list-style-type: none"> 検討範囲、計画、進め方について ドローンの要素技術調査結果 ドローンの技術ロードマップへの反映方針
第2回 12月上旬	<ul style="list-style-type: none"> 成熟度レベル1～6に対応した要素技術ロードマップ仮説設定
第3回 2月中旬	<ul style="list-style-type: none"> 成熟度レベル1～6に対応した要素技術ロードマップ仮説設定および1～2最終化 2023年度以降の詳細検討・更新計画の検討

全体アーキテクチャ設計に参考とすべき動向を調査したうえで、空飛ぶクルマ、ドローン、VFR機を含む「低高度空域サービス」を取り巻くシステムの全体像を示す「全体アーキテクチャ」を成熟度レベル2・3・4それぞれについて策定する。アウトプットは、運航、ビジネス、基準・ルール・安全等の複数の観点にもとづくレイヤ構造で整理されたシステムアーキテクチャを目指す。

● 実施内容

● アーキテクチャ策定

- ✓ 昨年度定義した成熟度レベルの内、成熟度レベル2～4を対象とし、主に2025年時点、2020年代後半、2030年代前半のアーキテクチャの変遷の明確化
- ✓ 具体的なサービス実装を見据え、他のモビリティサービスや航空局システムとのインターオペラビリティを確認し関係性の記述
- ✓ 空飛ぶクルマ、ドローン、VFR機の主な用途・ミッションとの対応、各モビリティの干渉を含めた代表的な運航環境など、ユースケースを多数分析することで、アーキテクチャの一般化・精緻化の実施
- ✓ 運航に係るシステムに加え、ビジネス、基準・ルール・安全、要素技術、社会的影響との関係を表現したレイヤ構造のアーキテクチャの策定
- ✓ 技術開発や国際標準化、基準・ルール整備、社会受容性の確保に向けた方策等について、あるべき姿の整理

● 全体アーキテクチャ検討会

- ✓ 全体アーキテクチャ検討会と空飛ぶクルマ・ドローン個別に議論を行うためのWGの設置

● 実施方法

● アーキテクチャ策定プロセス

ConOpsやロードマップ、国際標準規格等の文献から全体アーキテクチャ設計に参考とすべき要素を抽出

成熟度レベル/運航エリア/用途の複数の観点からユースケースを設定・分析

関係するステークホルダの抽出を行い、それらのステークホルダ間の関係性を整理

ステークホルダ間のニーズを調査

運用に係るプロセスを整理し、プロセスステージごとに必要機能と実装手段を整理

レイヤ構造（運航、ビジネス、基準・ルール・安全性の観点、要素技術の位置づけや社会的影響との対応）ごとに整理したアーキテクチャを設計

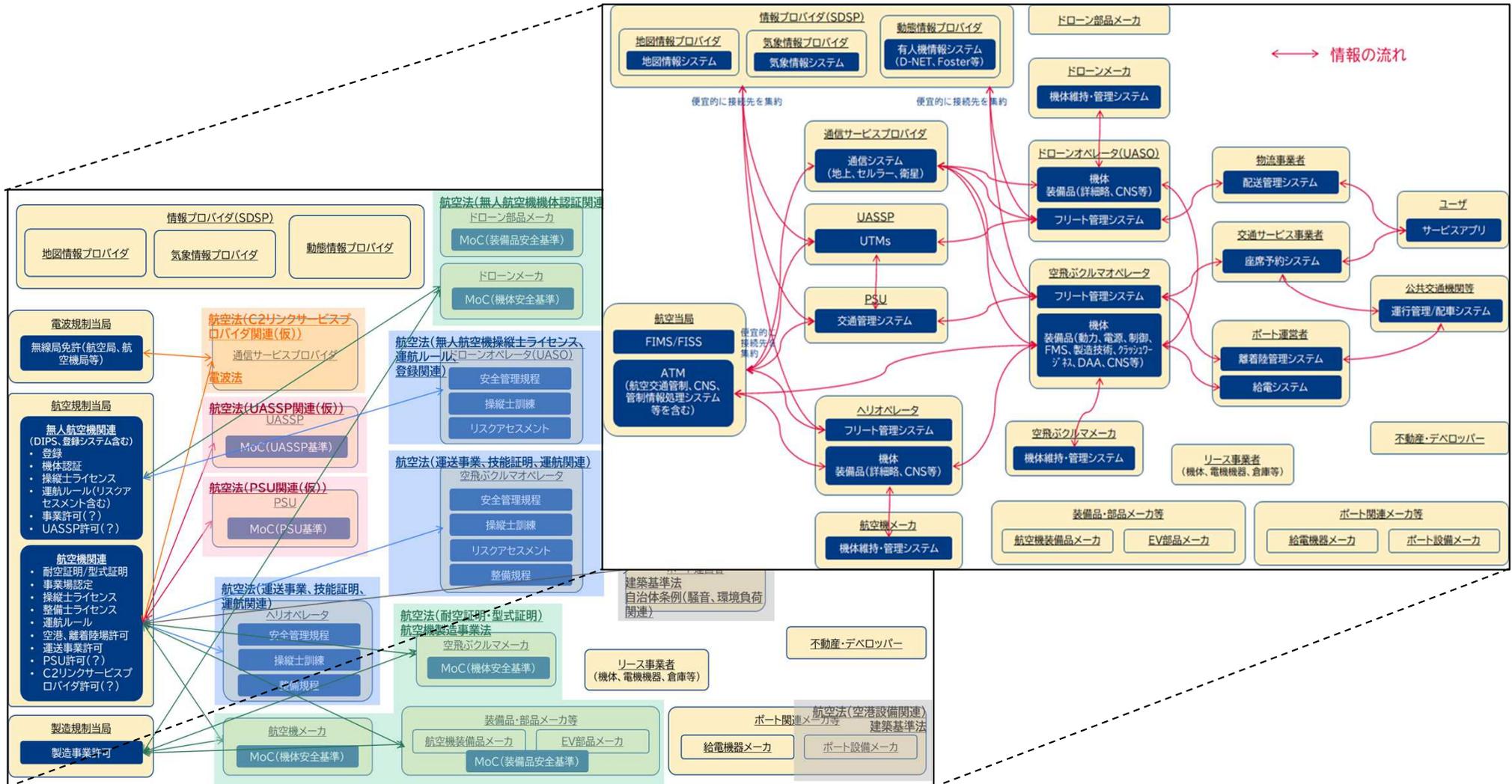
● 全体アーキテクチャ検討会

- 航空交通管理・CNS、アーキテクチャの有識者に加え、航空機（VFR機、空飛ぶクルマを含む）、ドローン、MaaSの業界団体で構成する。

(参考) 全体アーキテクチャの検討

システムアーキテクチャは、運航、ビジネス、基準・ルール・安全等の複数の観点にもとづくレイヤ構造で整理する。以下は運航及び基準・ルール・安全の観点でのアーキテクチャの設計イメージ。

アーキテクチャのイメージ (運航)



アーキテクチャのイメージ (基準・ルール・安全)

- 令和3年度に作成された「要素技術ロードマップ」をベースとして活用し、空飛ぶクルマに関する要素技術の再整理を行うと共に、国内外の技術開発に関する最新動向を調査し、「要素技術ロードマップ」の内容を更新する。
- ドローンに関しても重要な要素技術に関して技術開発動向を調査・整理し、その内容を「要素技術ロードマップ」に追加する。

● 実施内容

● 要素技術の項目整理

- ✓ 「要素技術ロードマップ」における要素技術の整理項目とパラメータを体系的に整理する。
- ✓ 昨年度の整理項目をベースとし、**システム化技術項目を追加**すると共に、**ドローンについては新規の検討内容となるため、要素技術を網羅的に検討し、新規に整理**する。

● 要素動向調査

- ✓ 開発技術、製品化・実用化の動向調査：要素技術ごとに主要プレーヤにおける**開発技術に関する中長期的な方針、機能・性能の進展状況等を調査**する。

● 要素技術ロードマップの更新・策定

- ✓ 要素技術の項目ごとに、**各成熟度レベルに対する要求値、およびそれを実現する技術方式を検討し、要素技術ロードマップとして取りまとめる**。

● 要素技術WGの開催

- ✓ 動向調査やロードマップの策定にあたり、**ドローン・空飛ぶクルマの有識者や機体・装備品・部品メーカーで構成される要素技術WGを設置し、議論**する。

(参考) 要素技術ロードマップの更新・策定 (1/2)



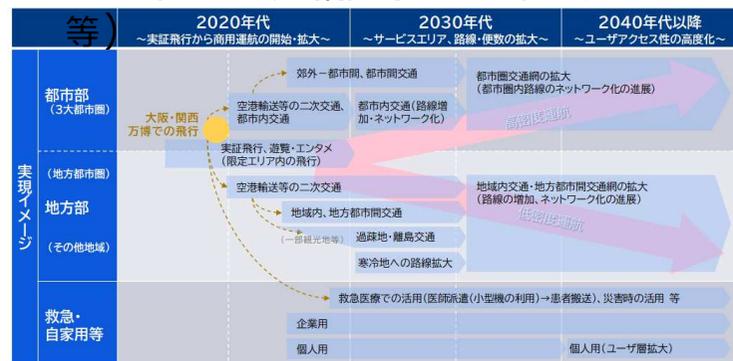
空の移動革命に向けた官民協議会
ユースケース検討会で検討された、
我が国の中長期的なユースケース

- 3大都市（エアタクシー・2次交通等）
- 地方都市（地方都市間交通等）
- その他地域（離島・過疎地交通）

<成熟度レベルのフレームワーク>

※2021年度に取りまとめ

成熟度レベル		1	2	3	4	5	6
共通要素	自動化 空域利用 離着陸場所	低 低 DID 外	低 低 DID 外	中 中 DID 内	中 中 DID 内	高 高 DID 内	高 高 DID 内
	3大都市ユース ケースの要素	低 低 低	低 低 中	低 中 中	中 中 中高	高 高 中高	最高 最高 中高
地方都市ユース ケースの要素	運航密度	低	低	低	低	中	中
	ポート 運航環境	低 低	低 中	低 高	中 高	中 最高	中 最高
離島・過疎地 ユースケースの 要素	運航密度	低	低	低	低	低	低
	ポート 運航環境	低 低	低 中	低 高	低 高	中 最高	中 最高



<要素技術のロードマップ>

成熟度レベルを実現するための
要素技術の要求値と技術方式

成熟度レベル		1	2	3	4	5	6
機体	機体仕様	...	...	...	...	...	...
	自動化機能	...	...	...	...	...	...

動力	出力密度	...	...	...	...	...	...

通信	通信速度	...	...	...	...	...	...

...

※2021年度に空飛ぶクルマ版作成 → 本調査で更新、低高度空域サービス版に拡張

(参考) 要素技術ロードマップの更新・策定 (2/2)



要素技術項目ごとに、要求値、実現方式、TRL向上に向けた課題と開発方策、技術的ブレークスルーを整理すると共に、日本の強み・注力ポイントを特定する。

成熟度レベル		レベル1	レベル2	レベル3	レベル4	レベル5	レベル6
実現時期		2023年～	2025年～	2028年～	2030年～	2035年～	2040年～
要求値	通信可能範囲	...	...	...	...	...	...
	通信速度	●●kbps	...	...	○●Mbps	...	...
	遅延時間	●●秒	○○秒	...	...	...	...
	可用性	...	...	△△%	...	▲△%	...

実現方式 ※日本に優位な方式	地上系通信	VHF	VHF	VHF 5G	C帯航空 L5G	C帯航空 B5G	C帯航空 B5G
	衛星系通信	LEO(L帯)	LEO(L帯)	LEO(L帯)	LEO(Ku帯)	LEO(Ku帯)	LEO(Ku帯)

TRL向上に向けた課題と開発方策		...	...	...	...	...	...
技術的ブレークスルー		—	—	—	○ ...	—	○ ...
日本の注力ポイント		—	—	—	...	—	—