

次世代産業用ドローン共通基盤技術検討会 とりまとめ

平成29年2月10日

目次

1.	はじめに	3
2.	ドローン技術の俯瞰	4
3.	技術課題の整理	8
	（ユースケース）	8
	（構成員からの話題提供）	9
4.	研究開発の方向性	9
	（技術開発項目）	9
	（研究開発の方向性）	10
	（今後の検討課題）	11
	構成員名簿（敬称略、五十音順）	13
	開催実績・議事次第	15

1. はじめに

近年、ドローン¹（小型無人機）に係るビジネス展開と技術開発が急速に進み、これまでよりも幅広い分野での産業応用について期待が寄せられている。そこで、「次世代産業用ドローン共通基盤技術検討会」（以下「本検討会」という。）を専門家の参画の下に開催し、我が国の産業競争力の確保や新たなイノベーション創出に向けて必要な次世代産業用ドローンについて、ドローン技術の俯瞰、技術課題の整理、研究開発の方向性に関する検討を行ってきた。

検討スコープは、ドローンのアプリケーションによらず、ドローンの共通基盤となる技術、ドローンの構成要素となるモータ、バッテリー、センサ等のハードウェアとした。

<共通基盤となる技術>

- ・ 目視²内飛行、目視外飛行にかかわらず、離陸から着陸まで自動操縦のまま飛行を行うための「自律飛行³技術」
- ・ 空域や電波の共用を効率的に行うための「運航管理システム技術」
- ・ 異常診断、耐故障性、冗長性、落下時の安全性等の確保のための「地上安全性技術」
- ・ ドローンの識別・認証、通信の乗っ取りや情報漏えい等の防止性能、耐妨害性の向上のための「セキュリティ技術」
- ・ これらのうち、機体に関わる技術を統合するための「機体システム化技術」

¹ 改正航空法を踏まえ、ここでは、以下の要件を満たすものをドローンとする。

- ・ 回転翼航空機、固定翼航空機またはこれら融合型航空機
- ・ 人が乗ることができない
- ・ 遠隔操作（プロポ等の操縦装置を活用し、空中での上昇、ホバリング、水平飛行、降下等の操作を行うこと）又は自動操縦（機器に組み込まれたプログラムにより自動的に操縦を行うこと）により飛行

² ドローンを飛行させる者本人が自分の目でみること（無人航空機に係る規制の運用における解釈 航空局を参考にした）。

³ 自動操縦の一例「飛行途中に人が操作介入することができず離陸から着陸まで完全に自律的に飛行するもの」（無人航空機に係る規制の運用における解釈 航空局）を参考にした。自律飛行中、人が操作介入することを一切含まないものではない。

平成28年2月に本検討会第1回を開催した。その後、平成28年4月、「小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会」（以下「官民協議会」という。）において「小型無人機の利活用と技術開発のロードマップと制度設計に関する論点整理⁴」（以下「官民協議会ロードマップ」という。）が示された。官民協議会ロードマップにおいて、「今後は目視外での運用も期待され、まずは、無人地帯での目視外飛行（レベル3）（例えば離島や山間部等への荷物配送）を本格化させつつ、将来的には運航管理システムや衝突回避技術等を活用した有人地帯での目視外飛行（レベル4）（例えば、都市を含む地域における荷物配送）の実現に向けて、官民の関係者が一丸となって、取り組んでいくべきと考えられる」とされ、本検討会では、官民協議会ロードマップにおける技術開発や「制度設計の方向性⁵」との整合性を図りつつ、技術課題を整理することとした。

本検討会における検討結果は、事務局であるNEDO技術戦略研究センターが技術戦略としてとりまとめ、次世代産業用ドローンの研究開発案件の形成のための技術課題の整理につなげていく。

本検討会を7回（メールレビューを含む。）開催し議論を積み重ねてきた。議論の中心となった技術を現時点で整理するとともに、今後さらに検討を要すべき点をまとめた。

2. ドローン技術の俯瞰

官民協議会ロードマップの「レベル3⁶」「レベル4⁷」を実現していくためには、目視外飛行、更なる安全、更なるセキュリティを確保していくことが、現在のドローンに増して求められる。つまり、目視の範囲外において自動操縦を行うことが求められ、具体的には、高度な自律飛行技術が必要となる。また、ドローン単体での飛行性能を補完するため、空域や電波を効率的に共用する運航管理システム技術も必要となる。

レベル3、レベル4を技術的に俯瞰すると、自律飛行技術、運航管理システム技術、

⁴ http://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamujinki/kanminkyougi_dai4/siryou3.pdf

⁵ 「日本再興戦略2016」（本年6月閣議決定）【小型無人機：本年夏までに制度設計の方向性を取りまとめ】

⁶ 目視外・無人地帯

⁷ 目視外・有人地帯

地上安全性技術、セキュリティ技術が必要となる。また、これらのうち、機体に関わる技術を統合する機体システム化技術も必要となる。これら技術の向上が、ドローンの性能向上につながる。これらを「共通基盤技術」と呼ぶこととする。ドローンの構成要素となるモータ、バッテリー、センサ等の技術についても、ドローンの性能を高めるため必要な技術である。これらを「ハードウェア関連技術」と呼ぶこととする。

図1は、ハードウェア関連技術上に搭載する共通基盤技術を階層的に示したものである⁸。

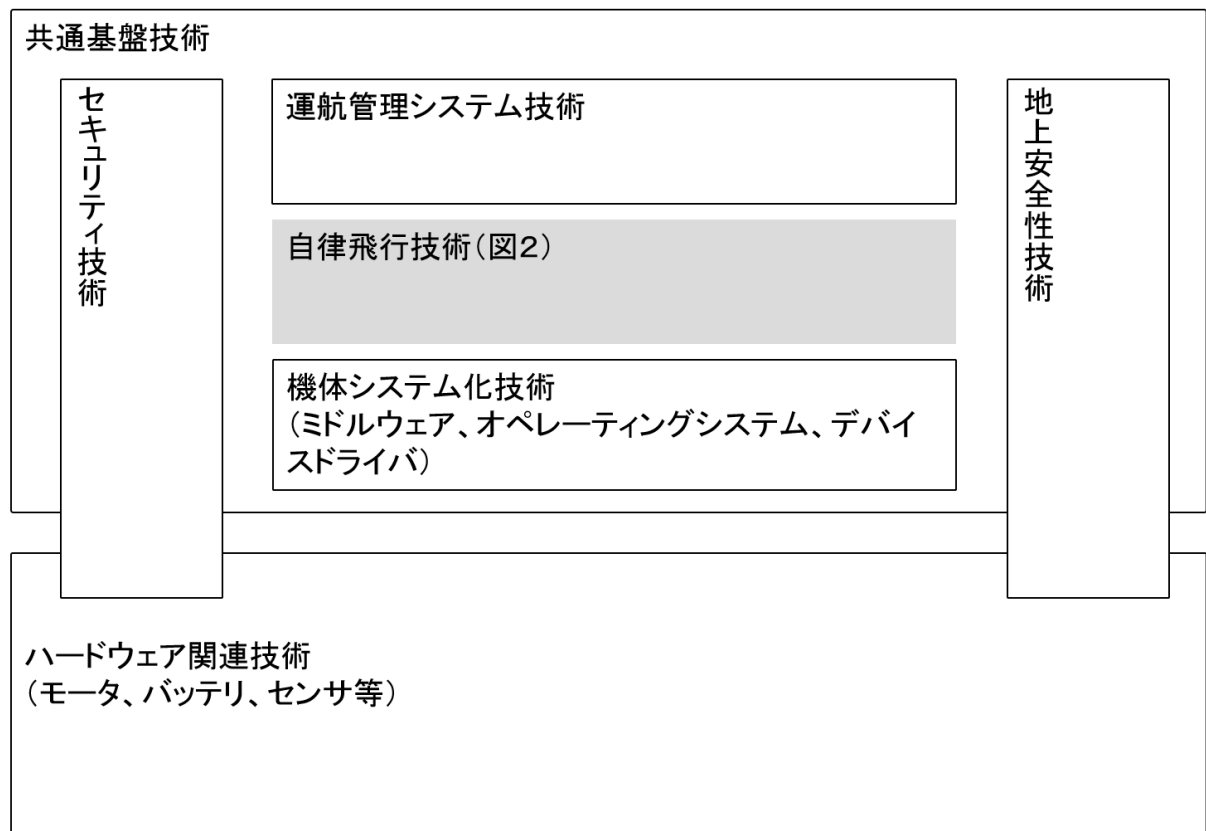


図1 技術レイヤ図(一例)

自律飛行技術は、目視内飛行、目視外飛行にかかわらず、離陸から着陸まで自動

⁸ 図1は、あくまでも一例を示したものである。共通基盤技術、ハードウェア関連技術は、必ずしも全てのドローンに利用される必要はなく、アプリケーションに応じて決められる。

操縦のまま飛行を行うための技術のことである。詳細は、図2に示す⁹。

運航管理システム技術は、ドローンの機体や操縦者等の登録・管理に加えて、空域や電波の共用を行うための地上支援システム技術のことである。運航管理システム技術の構成要素は、通信システム¹⁰、ジオフェンス¹¹、飛行計画データベース¹²、3Dマップシステム¹³、気象情報システム¹⁴、地上評価システム¹⁵、運航統制支援システム¹⁶、機体位置データベース¹⁷等である。ドクターヘリの緊急着陸時等におけるドローンとの衝突可能性、災害現場等で複数のドローンが飛行することによるドローン同士の衝突可能性が官民協議会で取り上げられており、空中での安全性が重要となってくる。これら課題への対応のため、まずは¹⁸、空域の共用に資する運航管理システム技術が有効な技術である。

地上安全性技術は、機体の不具合発生等に伴う地上に及ぼすリスクを評価した上で、リスクに応じた対策を行うための技術のことである。地上安全性技術の構成要素は、異常診断、耐故障性、冗長性、落下時の安全性、信頼性、フライトレコーダ等である。

セキュリティ技術は、ドローンが不正に利用されること等を防ぐための技術のことである。セキュリティ技術の構成要素は、ドローンの識別・認証、サイバーセキュリティ対策¹⁹等である。

機体システム化技術は、ドローンの飛行を実現するため、自律飛行技術、運航管理技術、地上安全性技術、セキュリティ技術のうち、機体に関わる技術を統合しシ

⁹ 自律飛行技術は、構成要素が多いため、図2に詳細を示すこととした。

¹⁰ ドローンと運航管理システムとの間の通信を提供するシステム。

¹¹ 侵入禁止空域を表現する仮想的な地理的境界線。

¹² 空域の管理を行うため、ドローンの飛行に関する情報を格納するデータベース。

¹³ 地形、建造物、侵入禁止空域、緊急着陸地点などの静的情報や、建設工事、臨時の物件などの動的情報から地図情報を提供するシステム。

¹⁴ 風向、風速、天候などドローンの飛行に関する気象情報を提供するシステム。

¹⁵ 飛行計画データベース、3Dマップシステム、気象情報システムを参照しつつ、運航ルールに従った空域内の全てのドローンの運航をシミュレーションし、空域共有の成立性を検証するためのシステム。

¹⁶ 空域の共用を効率的に行うとともに、飛行の安全を確保するため、飛行指示を与えることを支援するシステム。

¹⁷ ドローンの位置に関する情報を格納するデータベース。

¹⁸ 空域を適切に割り当てることにより、衝突自体が発生する可能性を低減させる環境づくりがまずは必要となる。DAA等は、言わば、最終手段として位置づけられる。

¹⁹ 通信の乗っ取りや情報漏えい等の防止性能、耐妨害性の向上。

システム化するための技術のことである。機体システム化技術の構成要素は、センサ信号処理や通信信号処理などを担うミドルウェア（MW）、Linuxなどのオペレーティングシステム（OS）、モータなどを駆動させるデバイスドライバ（DD）等である。MWは、モジュール化することにより、検証、標準化の効率化を図ることができる。

図2は、図1のうち、自律飛行技術を詳細に示したものである。

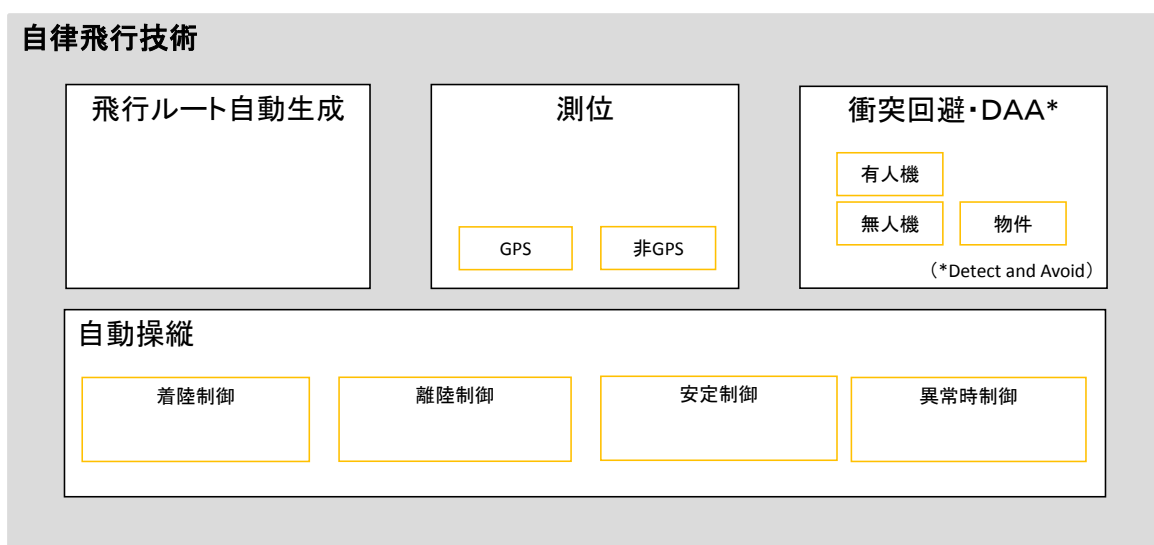


図2 自律飛行技術

自律飛行技術の構成要素は、飛行ルート自動生成²⁰、測位²¹、衝突回避²²・DAA²³、自動操縦²⁴等である。

²⁰ 出発地から目的地までのルートを算出して自動生成する。飛行中にルートを再生成することも含む（リルート）。

²¹ 衛星測位、センサデータから機体の位置を算出する。準天頂衛星が利用可能となると、より高い測位精度が得られる。

²² 有人機、無人機からの信号受信により衝突可能性を判定し、必要な場合には回避行動をとる、言わば、協調的な回避のこと。運航管理システムからの情報に基づく回避軌道生成も含む。なお、回避行動ルールに関しては別途検討される必要がある。

²³ Detect And Avoid の略。レーザスキャナ、カメラ、ソナー等のセンサを用いた能動的監視により有人機、無人機、物件との衝突可能性を判定し、必要な場合には回避行動をとる、言わば、非協調的な回避のこと。なお、回避行動ルールに関しては別途検討される必要がある。

²⁴ 測位データおよびIMU（Inertial Measurement Unit）から機体の位置、姿勢を算出し、目標地と現在地との差から、位置の誤差、速度の誤差、姿勢の誤差を算出し、制御を行う。離陸・着陸制御、横風・突風に対し姿勢を保つ安定制御、ハードウェア・ソフトウェア・通信モジュール

3. 技術課題の整理

(ユースケース)

ドローンの代表的なアプリケーションは、農林水産業、警備・監視、探索・救助、計測・観測、輸送・物流、巡視・点検、災害対策、危険区域作業、撮影などである。本検討会では、データの取得が主である「警備・監視」、モノの運搬が主である「輸送・物流」、様々な飛行環境下で一定の作業を伴う「巡視・点検」について、技術課題を整理した。ここで挙げた技術課題は、応用分野に特徴的なものを例として挙げたもので、相互に共通する技術もある。

警備・監視から整理した技術課題は、以下のとおりである。

- ①一定空域自律飛行
- ②一定空域外への飛行回避
- ③地上物の探索に伴う自律飛行（発見）
- ④地上物の移動に伴う自律飛行（追跡）
- ⑤ドローン同士の協調飛行

輸送・物流から整理した技術課題は、以下のとおりである。

- ①飛行経路の設定
- ②バッテリー残量や天候による飛行状況などから飛行可能距離を自動確認
- ③衝突回避
- ④操作用電波遮断時の対応
- ⑤悪天候時安定飛行
- ⑥異常時安全飛行ルート自動生成・自律飛行
- ⑦自動着陸の精度

巡視・点検から整理した技術課題は、以下のとおりである。

- ①目標点への距離測定と維持

の不具合時などに対応する異常時制御を含む。

- ②衛星測位信号取得不能環境下における飛行
- ③姿勢制御維持
- ④突風時安定飛行
- ⑤点検物との衝突回避
- ⑥バッテリー残量からタスク可能時間を自動確認

(構成員からの話題提供)

本検討会では、構成員から次世代産業用ドローンに関しご専門を踏まえた話題を提供いただき、技術課題を整理した。

- ①ユースケースの深堀について
- ②自律飛行制御技術（オートパイロット技術）について
- ③マルチロータヘリ安全運用への取組みについて
- ④自律飛行ドローンと研究開発プラットフォームについて
- ⑤航空安全向上に向けた技術イノベーションについて
- ⑥マルチコプター活用について
- ⑦航空管制について
- ⑧運航管理システムについて

4. 研究開発の方向性

(技術開発項目)

「レベル3」概念の実証（以下「POC²⁵3」という。）と「レベル4」概念の実証（以下「POC4」という。）に向け、「2. ドローン技術の俯瞰」、「3. 技術課題の整理」、本検討会における意見交換を踏まえ、研究開発の方向性を検討した²⁶。

表1は、次世代産業用ドローンの共通基盤技術（自律飛行技術、運航管理システム技術、地上安全性技術、セキュリティ技術、機体システム化技術）、ハードウェア関連技術に関する技術開発項目を示したものである。

²⁵ Proof Of Concept

²⁶ POC4は、POC3の技術を前提とする。

表 1 次世代産業用ドローン技術開発項目

		POC3	POC4
自律飛行技術	1	侵入禁止空域に対応した飛行中リルート	空域情報、気象情報に対応したリルート
	2		衛星測位による測位精度の向上
	3	非衛星測位環境における測位	非衛星測位環境における測位精度の向上
	4	運航管理システムからの情報等に基づく衝突回避	→
	5	有人機との衝突回避(信号受信)	無人機との衝突回避(信号発信)
	6		DAA
	7	安定制御(横風など)	安定制御(突風など)
運航管理システム技術	8	専有的空域方式(情報共有)	
	9	共有的空域(空路等)方式	
	10	侵入禁止空域の運用管理、表記法策定	侵入禁止空域の表記法標準化、排除手法の開発
	11	機体位置データベース	→
	12	非常時対応支援	→
	13	3Dマップ(静的情報)の作成	3Dマップ(静的、動的情報)の作成と気象情報の統合
	14	気象情報システム	気象情報システム(地形風等対応)
	15	通信チャンネル(チャンネルの静的割り当て)	通信チャンネル(チャンネルの動的割り当て)
地上安全性技術	16	地上評価システム	地上評価システム(混雑対応)
	17	機上での異常の検知(異常診断)	→
	18	データフォーマットの整備(フライトレコーダ)	→
	19	解析ソフトウェアの開発(フライトレコーダ)	学習ソフトウェアの開発(フライトレコーダ)
	20	耐故障性	→
	21	冗長性	→
	22	落下時の安全性	→
	23	信頼性	→
セキュリティ技術	24	評価、試験技術	→
	25	識別・認証プロトコルの開発	識別・認証システムの開発
	26	セキュアな通信プロトコルの開発	→
機体システム化技術	27	ソフトウェアの脆弱性評価	→
	28	POC3	POC4
MW、OS	29	POC3において開発されるソフトウェアの実装 ソフトウェア共通ライブラリの実装	POC4において開発されるソフトウェアの実装 ソフトウェア共通ライブラリの実装
デバイスドライバ	30	固定翼、回転翼、融合型のドローンの種類に応じたDDの開発・評価	→
ハードウェア	31	POC3	POC4
モータ	32	小型軽量化、高出力化、防水性、低騒音性等	→
バッテリー	33	小型軽量化、高容量化、耐温度性等	→
センサ	34	高分解能、小型化、低電力、高速応答性等	→
衝突回避・DAA	35	衝突回避システム用の信号受信器	衝突回避システム用の信号発信器
フライトレコーダ	36	ハードウェア実装	→
識別・認証	37	ハードウェア実装	→
ファシリティ	38	整備	整備・標準化
落下時の安全性	39	パラシュート等の衝突力緩和技術の開発・実装	→
リファレンス用ドローン	40	共通基盤技術を実装可能なリファレンス用ドローンの開発	→

(研究開発の方向性)

以下のドローン単体の飛行能力を補完する研究開発、ドローン単体の飛行能力を高める研究開発を進める。

- ・ 運航管理システムの構築
- ・ 衝突回避機能の向上等のための技術開発
- ・ ハードウェア関連技術の開発
- ・ 次世代産業用ドローンに必要な技術開発

(今後の検討課題)

(標準化)

我が国の産業競争力の確保や新たなイノベーション創出に向け、技術開発のみでなく、国際標準化にも積極的に取り組んでいくことが必要である。

ドローンにおいても、ISO（国際標準化機構）などで、Unmanned Aircraft Systemの標準化の検討が進められている²⁷。次世代産業用ドローン技術開発の成果を国際市場獲得につなげるため、引き続き、地上安全性技術など標準化すべき領域を整理する必要がある。

(固定翼、回転翼、融合型の区別)

これまでの技術課題の整理では、主に、回転翼を見据えたものとなっている。引き続き、回転翼に限らず、固定翼、融合型といった機種の特徴に応じた技術課題・開発目標を整理する必要がある。

(大型化、小型化等の区別)

大型のドローンと、小型のドローンでは、求められる安全基準等が異なることが考えられ、引き続き、機体の大きさに応じた技術課題・開発目標を整理する必要がある。また、運用速度等により安全性が異なる場合も考えられ、引き続き、運用速度等に応じた技術課題・開発目標を整理する必要がある。

(全体安全性の概念の確立)

運航管理システム、地上機器、地上ファシリティなどドローンを安全に飛行させる

²⁷ 「小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会」（第2回）（H28.2.15）資料2「小型無人機に関する国際的な検討状況」より

ための地上を含めた個々の技術を効果的に統合し、全体としての安全性の概念を確立する必要がある。

(ソーシャルオーディット確立に向けた取り組み)

ソーシャルオーディット確立には、将来ビジョンを示しながら、ドローンの社会的受容を高めるための環境整備が必要である。引き続き、ソーシャルオーディット確立のために、技術課題を整理する必要がある(例えば、飛行しているドローンが不審なドローンではなく、正当なドローンであることを示すための識別・認証システムの導入が考えられる)。

(ユースケースからの安全課題の抽出)

ユースケースとして、「警備・監視」、「輸送・物流」、「巡視・点検」の3つを検討したが、今後ドローンの普及や高度化に伴う新たなユースケース²⁸における安全性について引き続き検討する必要がある。

共有基盤技術やハードウェア関連技術の開発について、これまでの検討を更に深化させるとともに、上記の事項についても、引き続き検討を進めることが必要である。

以上

²⁸ 屋内イベント会場等

構成員名簿（敬称略、五十音順）

伊豆 智幸	株式会社エンルート 代表取締役
片岡 久直	日本電気株式会社 第一官公ソリューション事業部 事業部長代理
加藤 晋	産業技術総合研究所 情報・人間工学領域 知能システム研究部門 フィールドロボティクス研究グループ 研究グループ長
金田 賢哉	本郷飛行機株式会社 代表取締役
此村 領	本郷飛行機株式会社 チーフエンジニア
小松崎 常夫	セコム株式会社 常務執行役員 IS 研究所 所長
佐部 浩太郎	エアロセンス株式会社 取締役 CTO（第5回から）
鈴木 淳	日本電気株式会社 第一官公ソリューション事業部 ATC-技術戦略グループ マネージャー（第5回から）
鈴木 真二	東京大学大学院 工学系研究科 航空宇宙工学専攻 教授
田中 俊明	日本電気株式会社 交通・都市基盤事業部 グローバルシステム部 部長（第3回まで）
西沢 俊広	日本電気株式会社 パブリック SC 統括本部 新事業推進部 マネージャ（第4回から）
野波 健蔵	千葉大学大学院 工学研究科 人工システム科学専攻 特別教授
原田 賢哉	宇宙航空研究開発機構 航空技術部門 航空技術実証研究開発ユニット 研究領域主幹
和田 昭久	日本電気株式会社 防衛ネットワークシステム事業部 シニアエキスパート

(オブザーバ)

株式会社 菊池製作所

株式会社 ゼンリン

国土交通省 航空局 安全企画課

経済産業省 産業技術環境局 研究開発課

経済産業省 製造産業局 産業機械課 ロボット政策室

新エネルギー・産業技術総合開発機構 ロボット・AI部

新エネルギー・産業技術総合開発機構 技術戦略研究センター (TSC)

電子・情報・機械ユニット

(事務局)

新エネルギー・産業技術総合開発機構 技術戦略研究センター (TSC)

新領域・融合 (ロボット・AI) ユニット

開催実績・議事次第

第1回 2016年2月12日(金) 10:00~12:00

- ・自己紹介
- ・趣旨説明・資料説明
- ・構成員話題提供1
- ・意見交換

第2回 2016年3月11日(金) 10:00~12:00

- ・資料説明
- ・構成員話題提供2
- ・構成員話題提供3
- ・意見交換

第3回 2016年3月18日(金) 9:00~11:00

- ・構成員話題提供4
- ・構成員話題提供5
- ・構成員話題提供6
- ・意見交換

第4回 2016年5月13日(金) 15:00~17:00

- ・中間とりまとめ案
- ・意見交換

第5回 2016年6月23日(木) 10:00~12:00

- ・構成員話題提供7
- ・構成員話題提供8
- ・中間とりまとめ案
- ・意見交換

第6回 2016年7月5日(火) 10:00~12:00

- ・ 中間とりまとめ案
- ・ 意見交換

第7回 2016年7月から2016年8月(メールレビュー)

- ・ 中間とりまとめ案