

無人航空機の日視外及び第三者 上空等での飛行に関する情報提供

中村裕子

東京大学総括プロジェクト機構

航空イノベーション総括寄付講座 特任准教授

管理コンソーシアム(JUTM)事務局次長

日本無人機運行管理コンソーシアム(JUTM)

- ドローンを含む無人機にかかわる各種施策実現の支援と事業化を推進するための実行組織として、2016年7月に設立
- 現在、無人機の安全運行と社会実装の推進に必要な技術開発と環境整備について検討し、実現に向けた活動を行う。
 - 無人機の安全運行、環境整備に関連するシンポジウム
 - 連携する福島ロボットテストフィールドでの運行管理システム、衝突回避技術などの研究と事業モデルの社会実証
 - 国との研究交流会などの異業種、産学官間連携、NASA UTMとの交流の活動
 - 無人移動体画像伝送システムの制度整備に基づく運用調整
- 2017年8月時点で産業界、アカデミア、公的研究機関、自治体の約140機関が参加。

運営会議メンバー

ANAホールディングス株式会社, 株式会社NTTドコモ, 日本郵便株式会社, 株式会社日立製作所, 富士重工業株式会社, ヤマトホールディングス株式会社

国立大学法人 東京大学大学院教授 鈴木真二, 浅間一

産業技術総合研究所, 情報通信研究機構, 宇宙航空研究開発機構 航空技術部門, 海上・港湾・航空技術研究所 電子航法研究所

福島県

無人航空機の日視外及び第三者上空等 での飛行に関する情報提供

- 一般財団法人 総合研究奨励会 日本無人機運行管理コンソーシアム
- 海外の事例から
 - Joint Authorities for Rulemaking of Unmanned Systems (JARUS) guidelines on Specific Operations Risk Assessment (SORA)
 - – アメリカ ASSUREのGround Collision Severity Research: 日視外および第三者上空飛行のリスク評価
 - フランス 民間ドローン委員会長距離飛行に関するワーキンググループの事例
 - アメリカ 航空局、NASAおよびNASA-民間UTMプロジェクトでの運行管理についての検討
- JUTM 福島デモンストレーション

EASAのRisk Based Approach

- EASA(欧州安全航空局)は産業の発展と安全の確保の調和のためにRisk Based Approachを発表(2015. 3)
- 運航をOpen(公開)、Specified(特例)、Certified(認証)の3レベルに分類

Open (オープン)

- 地上設備、人的被害の程度が極端に低い運用に適応される制度
- 操縦者資格、耐空証明不要
- 目視離範囲内(500m)、高度150m以下に限定
- 安全装置は各メーカーに委ねられる

Specific Operations (用途限定)

- オープンよりリスクが高い運用概念に適応
- 操縦者資格、耐空証明と規制当局による安全レビューが必要
- 有人機との共有空域を使用する際は航空管制の許可が必要

Certified (要・耐空証明)

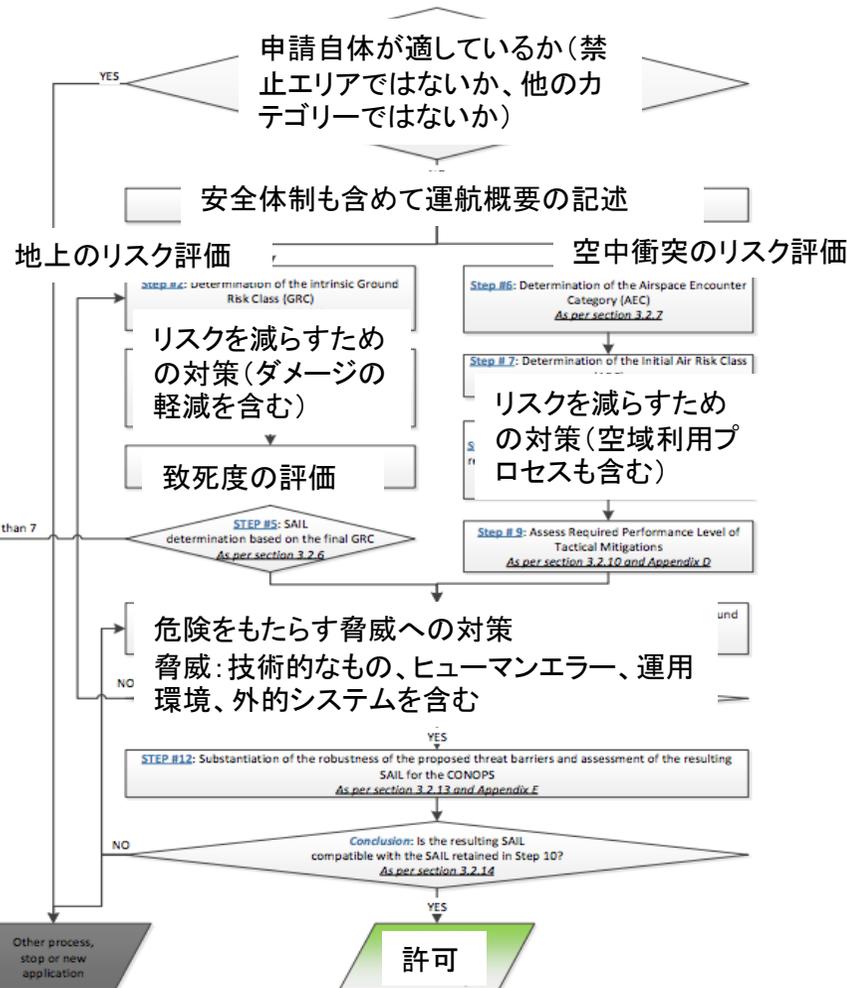
- リスクが高い運用概念に適応
- 有人機と変わらない必須条件
- コマンドコントロール(c2)リンクと衝突回避装置(DAA)を別途に認定が必要

システマティックに判断できる手法をJARUSにて検討
→第1版が2017年7月31日に発行

http://rpa-regulations.com/wp-content/uploads/2017/07/170626_JARUS_Specific-Operations-Risk-Assessment_SORA_v1.0.pdf

Specific Operations Risk Assessment (SORA)

- 左のSORAプロセスにて、申請される運航プランが許容範囲のリスクであるかを分析する。
- 運航者／申請者が情報を提供する
- 様々な制限により、評価は質的なものとなるとしながら、量的なリスク評価の参考として以下のようなパラメーターを紹介している。



	Number of fatal injuries to third parties on ground (per flight hour)	Number of hazards (per flight hour)	Number of persons struck (per hazard)	Probability that a person suffers a fatal injury, if struck
Certified Category	1E-6	1E-6 to 1E-4	1E-2 to >1	1
Specific Category	1E-6	1E-6 to 1	1E-5 to > 1	0.01 to 1
Open Category	1E-6	1E-2 to 1	1E-5 to 1E-2	0 (harmless) or 0.01 to 1

※ 1 – Range of notional probabilities for parameters affecting the likelihood of fatal injuries to third parties on ground

Likelihood of Fatal injuries to third parties on ground	=	Likelihood of having UAS operation out-of-control	X	Likelihood of person struck by the UA if the operation is out of control	X	Likelihood that, if struck, person is killed
Likelihood of Fatal injuries to third parties in the air	=	Likelihood of having UAS operation out-of-control	X	Likelihood of other A/C struck by the UA if the operation is out of control	X	Likelihood that, if struck, the other A/C cannot continue a safe flight and landing
Likelihood of Damage to critical infrastructure	=	Likelihood of having UAS operation out-of-control	X	Likelihood of critical infrastructure struck by the UA if the operation is out of control	X	Likelihood that, if struck, the critical infrastructure is damaged

分析を容易にするためのツール

- “JARUS SORAの提案は、オペレーターと許可を下す当局に、その運航が安全に行われるものかをガイドする全体観的モデルの提案である。”

Intrinsic UAS Ground Risk Class				
Max UAS characteristics dimension	1 m / approx. 3ft	3 m / approx. 10ft	8 m / approx. 25ft	>8 m / approx. 25ft
Typical kinetic energy expected	< 700 J (approx. 529 Ft Lb)	< 34 KJ (approx. 25000 Ft Lb)	< 1084 KJ (approx. 800000 Ft Lb)	> 1084 KJ (approx. 800000 Ft Lb)
Operational scenarios				
VLOS over controlled area, located inside a sparsely populated environment	1	2	3	5
BVLOS over sparsely populated environment (over-flown areas uniformly inhabited)	2	3	4	6
VLOS over controlled area, located inside a populated environment	3	4	6	8
VLOS over populated environment	4	5	7	9
BVLOS over controlled area, located inside a populated environment	5	6	8	10
BVLOS over populated environment	6	7	9	11
VLOS over gathering of people	7			

BVLOS, Populated area

Harm barriers for GRC adaptation	Robustness		
	Low/None	Medium	High
An Emergency Response Plan (ERP) is in place, operator validated and effective	1	0	-1
Effects of ground impact are reduced ^d (e.g. emergency parachute, shelter)	0	-1	-2
Technical containment in place and effective ^e (e.g. tether)	0	-2	-4

Lethality	Ground Risk SAIL						
	UAS Ground Risk Class						
	7	6	5	4	3	2	1
HIGH	VI	VI	V	IV	III	II	I
AVERAGE	VI	V	IV	III	II	I	0
LOW	V	IV	III	II	I	0	0

→
GRCを7より下げられなかったら Specificではダメ

技術的なリスクとその対処	SAIL					
	I	II	III	IV	V	VI
オペレーター的能力、訓練	O	L	M	H	H	H
機体の製造、整備状況	O	O	L	M	H	H
フェールセーフ、通信性能等	L	L	M	M	H	H
Proven entity (e.g. industry standards)		L	M	M	H	H
ヒューマンエラーリスクとその対処						
Operational procedures are defined					H	H
運用手順、異常時に対する訓練状況、複数クルーとの連携等					H	H
Remote crew trained and current and appropriate for the mission					H	H
空中衝突リスクとその対処						
Collision risk of collision has been addressed in previous steps of the SORA.						
Adverse operating conditions						
外的要因に起因するリスクとその対処			H	H	H	H
The remote crew is trained to identify						
運用手順、異常な状況を避ける訓練状況、安全な環境の定義	O	L	M	M	M	H
Weather conditions	L	L	M	M	H	H
外部システムの不具合リスクとその対処						
Not certified for use						
不具合対応策、機体の設計、外部サービスの適切さ						
Environmental conditions for safe operations defined, measurable and	L	L	M	M	H	H

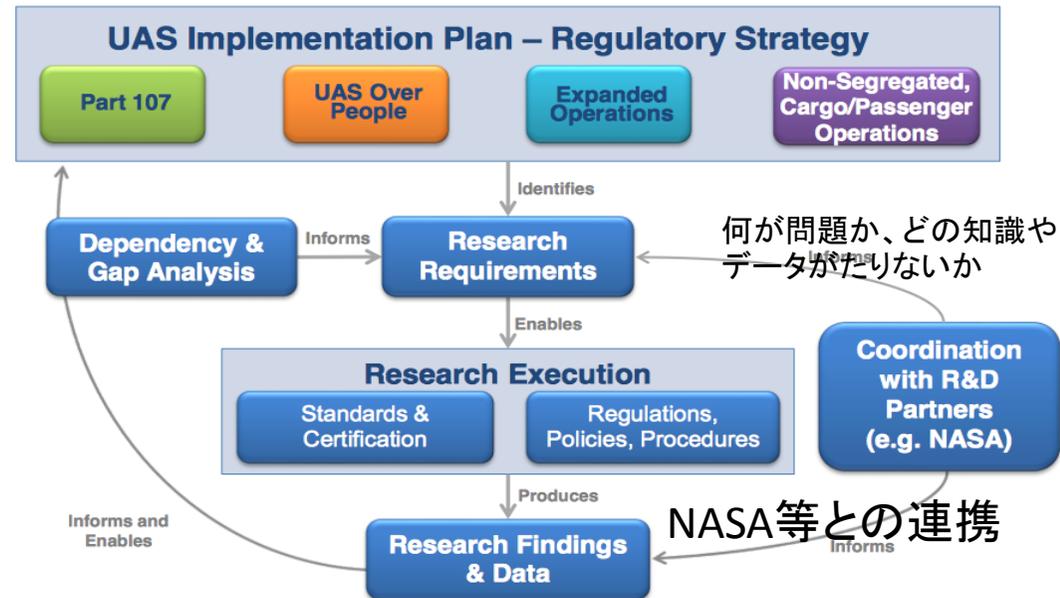
無人航空機の日視外及び第三者上空等 での飛行に関する情報提供

- 一般財団法人 総合研究奨励会 日本無人機運行管理コンソーシアム
- 海外の事例から
 - Joint Authorities for Rulemaking of Unmanned Systems (JARUS) guidelines on Specific Operations Risk Assessment (SORA)
 - アメリカ ASSUREのGround Collision Severity Research: 日視外および第三者上空飛行のリスク評価
 - – フランス 民間ドローン委員会長距離飛行に関するワーキンググループの事例
 - アメリカ 航空局、NASAおよびNASA-民間UTMプロジェクトでの運行管理についての検討
- JUTM 福島デモンストレーション

ルールメイキングのためのASSURE

Alliance for System Safety of UAS through Research Excellence

アメリカの規制にかんする戦略



研究を行い、標準化、認証制度、規制、政策へフィードバック

目視外および第三者上空を可能にするために

Part 107 Operations

第三者上空

目視外等

Non-Segregated, Cargo/Passenger Operations

FAA Integrated Research (AUS, AVS, ASH, ATO, ARP, APO, ANG/Tech Center)

Focus Area Pathfinders 運航プロセスとリスクの評価

- ConOps
- Operational procedures and risk analysis
- Standards development
- Flight testing

UAS Center of Excellence 運動エネルギー研究

- Kinetic energy research
- **Ground and Airborne Collision Evaluation**
- Impact risk analysis

地上／上空
衝突評価

NASA 衝突リスク

- UAS Traffic Management (UTM) 運航管理
- UAS in the NAS

UAS ExCom SARP (FAA, DoD, NASA, DHS, DOJ, DOI, DOC, DOE)

- Population & airspace density risk assessment
 - 'Well Clear' definition
- 人口 & 空域密度リスク分析

UAS Test Sites

- Missions & research lessons learned
- International 実験結果等からのレッスンラーン
- Standards and procedures harmonization (ICAO, JARUS, SESAR, CAAs)

FFRDCs 標準化

- Data forecasting, airworthiness standards, risk analysis
 - Small cargo delivery analysis
 - Technical performance-based standards
- データ予測、耐空性標準、リスク分析

ASTM International

- Standards development for ops over people and BVLOS
 - Operational risk analysis
- 第三者上空／目視外標準化

National Academies

- Probabilistic risk study

RTCA

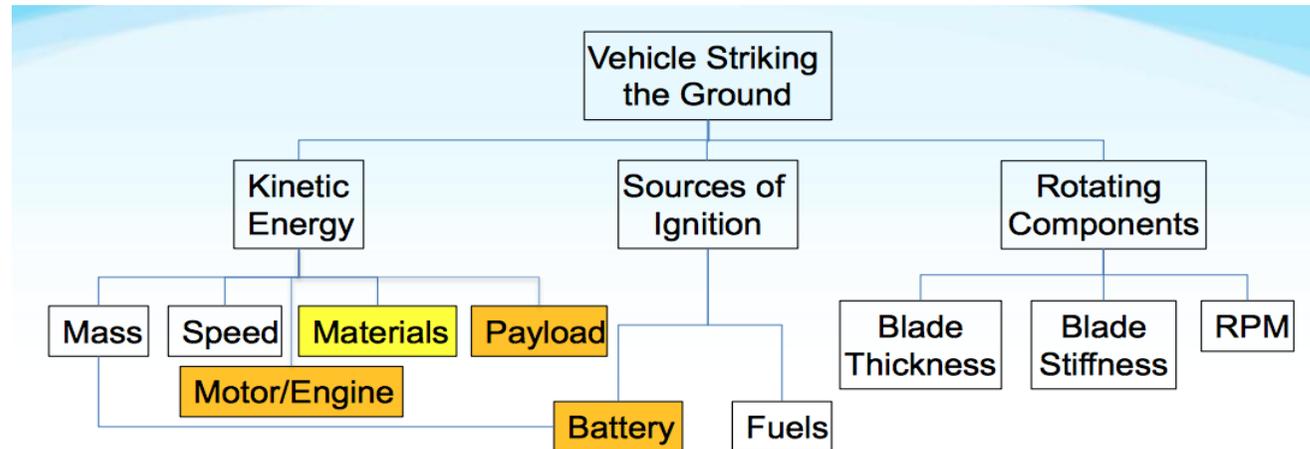
- DAA and C2 standards development

Ground Collision Severity Brief

- アプローチ

1) Ground Collision Severity 分類: 危険な機体の特徴や関連する物理的特性

装備品、バッテリー、モーターは密度も高く、しかしエネルギーを分散できるよう何かあったらバラバラになるようにはなっていない



2) 文献調査: 様々なクラスの機体の特徴、怪我や損失のメカニズム、模型飛行機の怪我や損害イベント、他分野も含め死傷や負傷評価モデル・分析手法

- Micro-UAS Advisory Rulemaking

- https://www.faa.gov/uas/resources/uas_regulations_policy/media/Micro-UAS-ARC-FINAL-Report.pdf

3) のメカニズム、模型飛行機の怪我や損害イベント、他分野も含め死傷や負傷評価モデル・分析手法

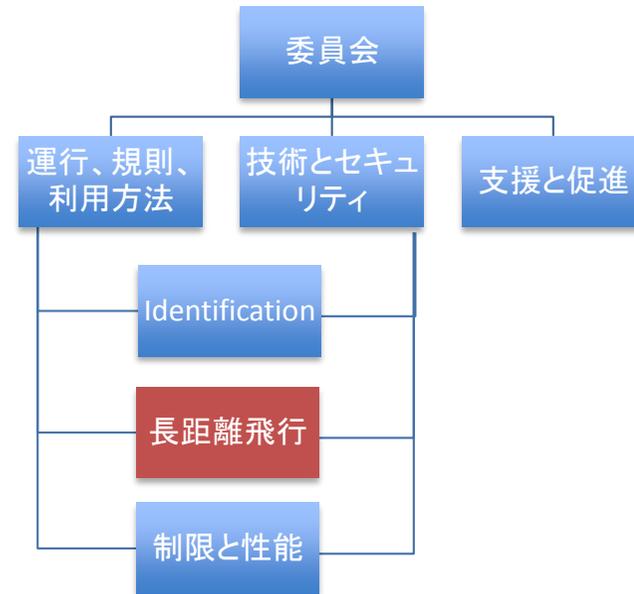
無人航空機の日視外及び第三者上空等 での飛行に関する情報提供

- 一般財団法人 総合研究奨励会 日本無人機運行管理コンソーシアム
- 海外の事例から
 - Joint Authorities for Rulemaking of Unmanned Systems (JARUS) guidelines on Specific Operations Risk Assessment (SORA)
 - アメリカ ASSUREのGround Collision Severity Research: 日視外および第三者上空飛行のリスク評価
 - フランス 民間ドローン委員会長距離飛行に関するワーキンググループの事例
 - アメリカ 航空局、NASAおよびNASA-民間UTMプロジェクトでの運行管理についての検討
- JUTM 福島デモンストレーション

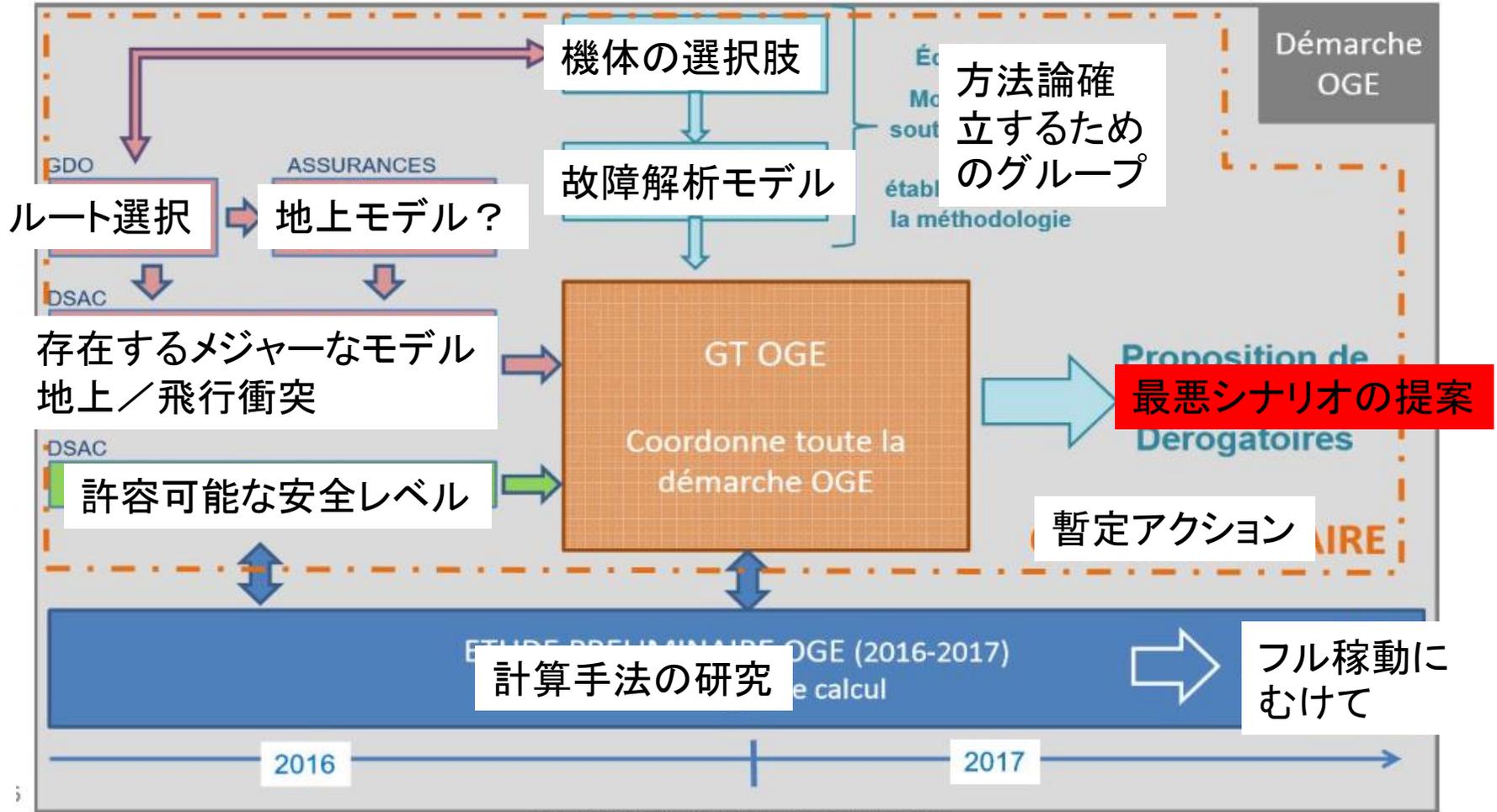
フランス 民間ドローン委員会

Le Conseil pour les Drones Civiles

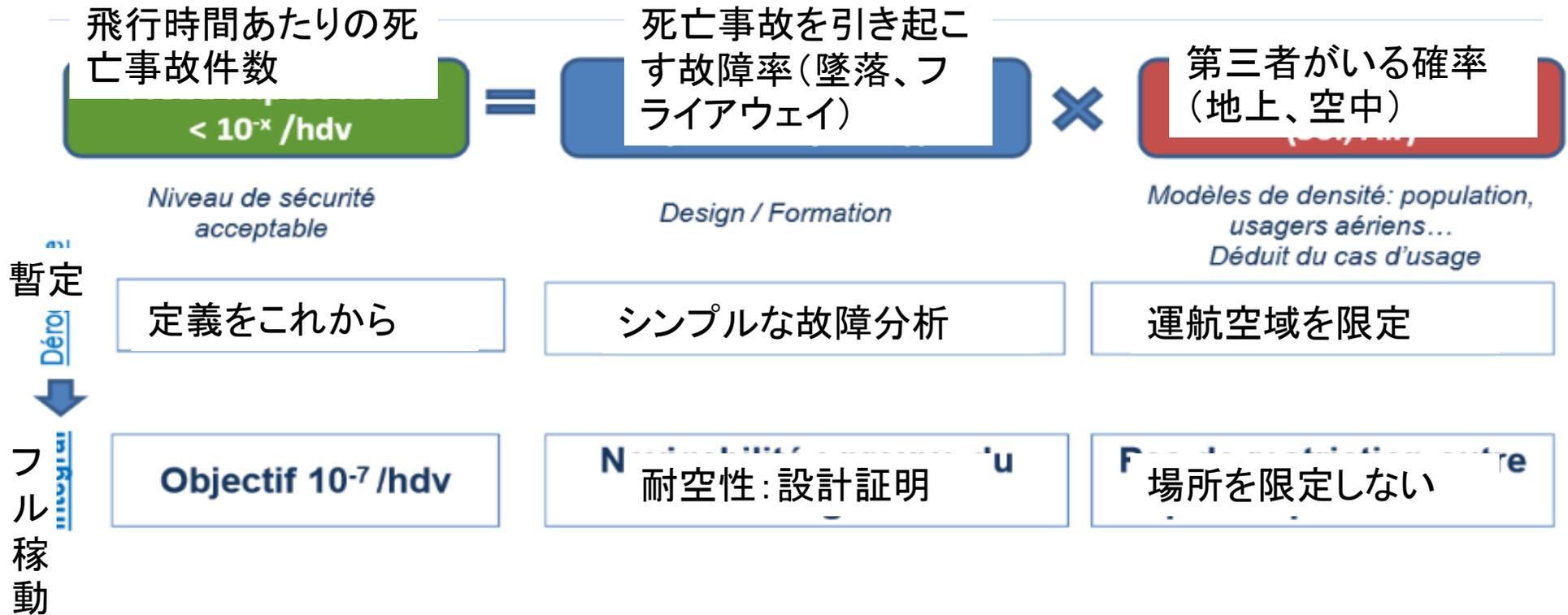
- 政府 (DGAC, DGE, DGA, Armes de l'air, CNIL)
- ドローンメーカー & オペレーター (Parrot等)
- 航空に関する組織や企業 (Airbus, Thales等)
- 主要顧客 (snCF, EDF, VINCI等)
- 研究所 (onera)
- クラスター、投資家等
- 保険、弁護士会



GT OGE (WG Long range Operation)



暫定モデルとフル稼働モデル



無人航空機の日視外及び第三者上空等 での飛行に関する情報提供

- 一般財団法人 総合研究奨励会 日本無人機運行管理コンソーシアム
- 海外の事例から
 - Joint Authorities for Rulemaking of Unmanned Systems (JARUS) guidelines on Specific Operations Risk Assessment (SORA)
 - アメリカ ASSUREのGround Collision Severity Research: 日視外および第三者上空飛行のリスク評価
 - フランス 民間ドローン委員会長距離飛行に関するワーキンググループの事例
 - アメリカ 航空局、NASAおよびNASA-民間UTMプロジェクトでの運行管理についての検討
- JUTM 福島デモンストレーション



Exchange and Information Architecture working group (RTT DEIA DWG)

- UTM Data Working Group Demonstration 1 Final Report (https://utm.arc.nasa.gov/docs/Rios_NASA-Tech-Memo-2017-219494v2.pdf)
- 2014年から活動。正式には2016年7月より。TCL2にてフィールドテストを行った。
- 実証の概要: 2016年11月、以下のイベントを含むシナリオを作成し、実行。NASAがFIMS (& ANSP)、NASAとパートナーがUSSを提供。
 - 遠隔地でドローンがどこかにいってしまう
 - 飛行禁止ゾーンに侵入してしまう
 - 緊急着陸指示
 - キャパシティーマネジメント
- 実証の目的
 - FAAが考える(automated environment、less than 55lbs、Part107(商用) & Part101-E(ホビー))リクワイアメントとNASA UTMが現在実装しているスキーマの比較→reasonable schema for future automated management of operations and the airspace
 - 合理的なsituation awarenessが提供できるかの実証
 - Accelerate related efforts
 - Develop an Initial architecture
- 概ね良好な結果。Security, Scalabilityの懸念の他、データの遅延やロストの検知や反応の構築の必要性が参加者からコメントとしてあげられた。

- BVLOSを考える上で重要。
- さらに人口密集地を想定。

その他、Next Stepとしてあげられた項目

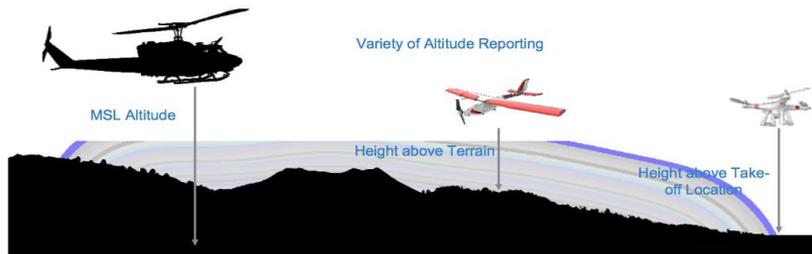
1. What data are required to be shared amongst USSs?
2. How should those data be shared?
3. How does a USS become vetted?
4. How do other stakeholders "find" or "discover" a USS?

1. How is authentication, authorization, and accounting achieved within the UTM System?
2. How do public safety and other public entities interact with UTM?
3. What is the general discovery mechanism needed for the various components in UTM?
4. What levels of quality of service are required for the various components in UTM?
5. What, precisely, is the complete set of roles and responsibilities in UTM?

NASA UTM実験からのBVLOSに対するリ コメンテーション

1. 運用者は、空域情報を確認し、他の運用者の運用目的を得ることができ、不測の事態にたいする行動について共通の理解がある必要がある。
(UTM概念が有効である)
2. 天気情報が未だ不測しているうちは、大気の情報にかんしてGSCとUASからセルフレポートされるべきである。
3. V2Vや高度報告にかんする標準がないうちは、高度によるセパレーションを利用したBVLOSはすべきでない。
4. 高度情報に関して標準化されるべきで、他の(飛行機等)利用者とも共通または互換性のあるものでなくてははいけない。

Increased risk of controlled flight into terrain and airborne collision hazard



Nominal Aircraft Endurance

Multi-Rotors: 20-40 minutes
Fixed-Wing: 45-200+ minutes
Reno-Stead Elevation: 5,050 ft



Cool Temperatures

Density Altitude: 4,000 ft
Winds: 5-35 knots
Aircraft encountered **thermals, microbursts and high winds** which resulted in **reduced endurance** and **degraded flight plan conformance**



Warm Temperatures

Density Altitude: 9,000+ ft
Winds: 5-15 knots
Aircraft experienced **substantially shorter endurance**

UAS should be tested and rated against different operational environments

ドローンの社会実装を加速させるために不可欠な環境整備の推進

- 自動車、航空機の制度設計を参考とし、ドローンの社会実装加速に向けた環境整備を推進する。

項目	有人航空機	自動車	小型無人機(レベル1,2)	小型無人機(レベル3,4)の案	
機器の安全性	安全基準	耐空性審査要領 (航空法施行規則 付属書)	道路運送車両の 保安基準 (道路運送車両法 第3章)	飛行方法に基づかない飛行、飛行禁止空域での飛行の規定有	耐空性審査要領に準ずる公的基準 (レベル3と4に差は必要)
	型式認証	航空局 による審査	型式指定制度 (交通安全環境研究所 が実施、 国交省 認定)	制度は無し 。但し、航空局が 機能性能を確認した機種を公開 。	型式認証制度 (航空局あるいは航空局が承認した機関)
	個別の基準適合性検査	航空局及び認定事業場 による検査	保安基準適合性は、 自動車検査独法 が実施、 国交省 が認定	飛行方法に基づかない飛行、飛行禁止空域での飛行は航空局が総合的判断	機体検査制度 (航空局あるいは航空局が承認した機関)
	点検整備	航空法 第4章(22～36条)航空整備士等の 国家資格	道路運送車両法 第4章	飛行方法に基づかない飛行、飛行禁止空域での飛行は取説の整備を要求	点検整備制度 (整備士資格、整備工場認証)
安全な運行	ルール	航空法 第6章 (57条～99条の2)	道路交通法 第3章、第4章	航空法 132条、132条の2132条の3	150m未満の運航ルール (災害時適用規定も)
	技量	航空法 第4章(22～36条)自家/事業用操縦士 国家資格	道路交通法 第6章各都道府県の公安委員会発行 国家資格	飛行方法に基づかない飛行、飛行禁止空域での飛行の規定有	操縦免許制度 (航空局あるいは航空局が承認した機関)
所有者明確化	航空法 第2章	道路運送車両法	(同右)	登録制度 (200g以上全数)	
第三者賠償	航空法 第7章航空運送事業等の保険	自動車損害賠償保険法	(同右)	保険制度 (責任保険など)	
税制	地方税法(取得税)	自動車重量税法 地方税法(取得税)	(同右)	税制 (重量税、取得税など)	