

# 狭隘空間における小型ドローンの空力性能評価方法 および評価試験用プラットフォームの開発

国立大学法人 千葉大学 鈴木 智

研究開発項目/調査項目①(1)

2026年5月13日

ドローンの性能評価手法の開発

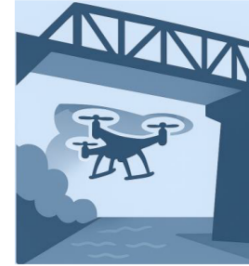
制約環境下におけるドローンの性能評価法の研究開発

実施担当:名古屋工業大学コンソーシアム

# 事業概要：研究開発の背景

## ● ドローン市場の拡大と技術競争

- ・ インフラ点検や災害対応などで利用が急増
- ・ 世界的に技術競争が激化、性能差が競争力に直結



## ● 複雑・厳しい運用環境でのニーズ増加

- ・ **狭隘空間**（トンネル・配管・地下施設など）
- ・ **非GPS環境**（屋内・地下）
- ・ **低視程環境**（霧・煙・粉塵）  
→ 安全かつ確実な運用技術が求められる



## ● 評価手法の未整備

- ・ 現場環境に対応した評価基準が存在せず
- ・ メーカー間の比較が困難  
→ **客観性・再現性・信頼性に課題**



## ● 標準化の必要性

- ・ 客観的な性能評価の基盤を構築
- ・ 日本発の手法を国際標準へ

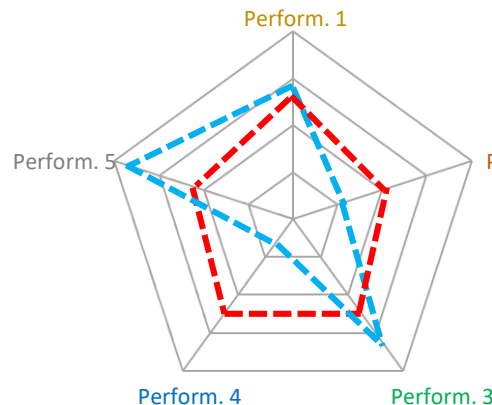
# 事業概要：我々のスタンス

## ● 本研究で扱う性能評価法とは

- 対象（ドローン）が備えておくべき要素的・基盤的な性能について評価、比較を行うための標準的な方法（枠組み）



試験によって対象性能を量化して抽出する



What's the best for that mission?



性能3,5に注目



多機能性に注目

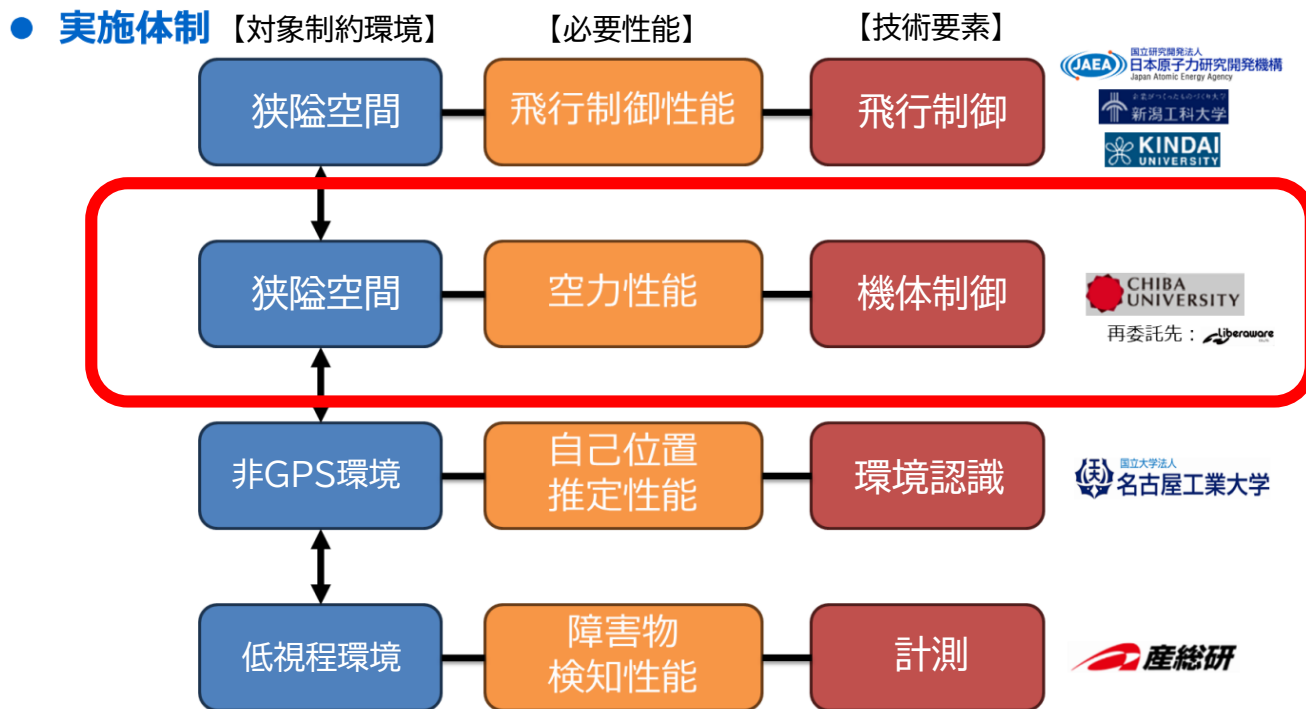
ユーザーが望む機体を総合的かつ相対的に見出すための参照情報の生成、提示

試験による要素的な性能の定量化  
機体の総合的な性能の可視化

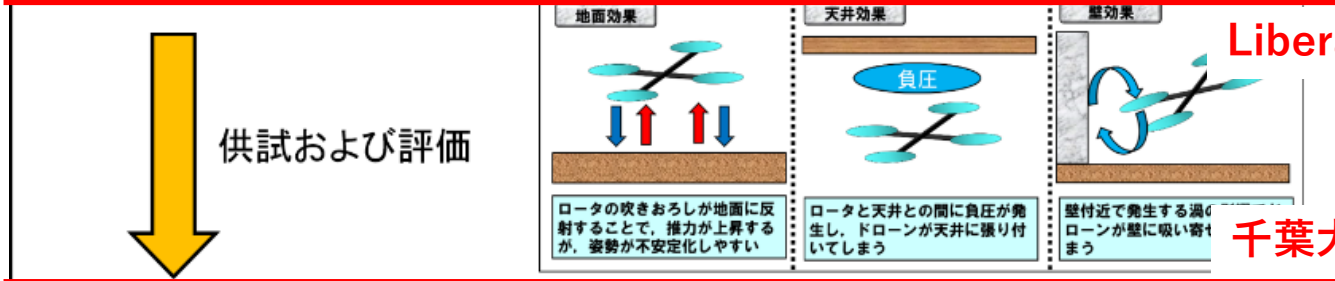
ユーザが用途に対して最適な機体を総合的に判断するための情報生成

# 事業概要：目的と実施体制

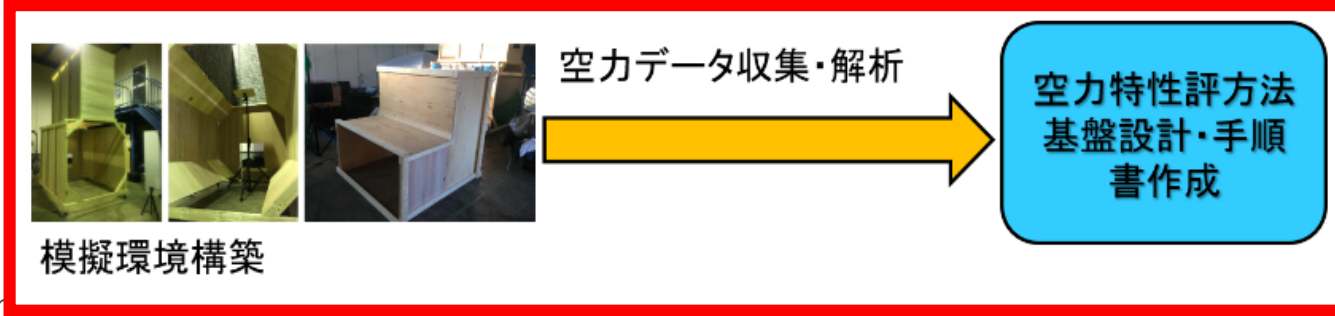
- **目的:** 狭隘・低視程・非GPSといった制約環境下でのドローン性能評価手法の研究開発 → 手順書の策定と公開



# 本研究開発の概要 (1/2)



Liberawareで実施



# 本研究開発の概要（2/2）

## <本研究開発の課題1>

開発した性能評価手法自体が妥当であるかを何かしらの方法で評価する必要がある。

### ⇒ <研究開発1> 評価用プラットフォームの開発

既知の性能差をつけた複数の評価用プラットフォーム(ドローン)を開発し、性能評価手法で正確に性能差を定量化できるかによって評価手法の妥当性を示す。

## <本研究開発の課題2>

狭隘空間においては自身の生成する気流と環境との干渉である近接効果によって、機体挙動が大きく乱れる

### ⇒ <研究開発2> 空力性能評価手法の開発

近接効果への対抗性能を空力性能と定義したうえで、狭隘空間での空力現象を再現する模擬環境を構築、空力データを収集・解析し、空力性能を定量化する手段を考案、評価基盤の設計に反映してその手順を明文化する。

# これまでの成果の概要

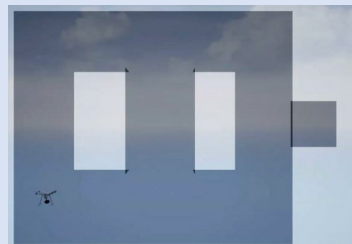
## 具体的内容

### ● 空力性能評価手法の開発

- ・ 模擬環境内での実験及び空力解析により、機体と環境との位置関係・距離に応じて発生する空力現象の再現性を確認し、性能定量化の可能性を見出した
- ・ 得られた知見を基に、モジュール化された評価環境を開発した。



空気流可視化試験



狭隘空間飛行シミュレータ



モジュール化した評価環境

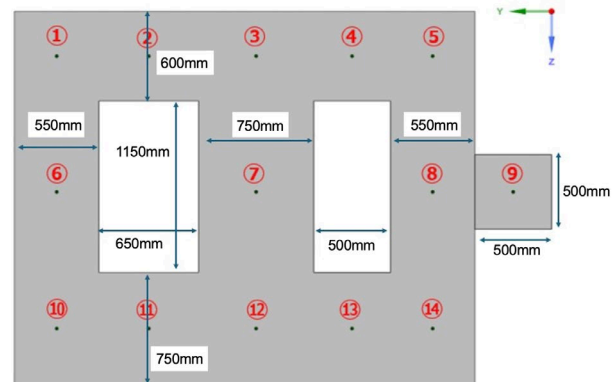
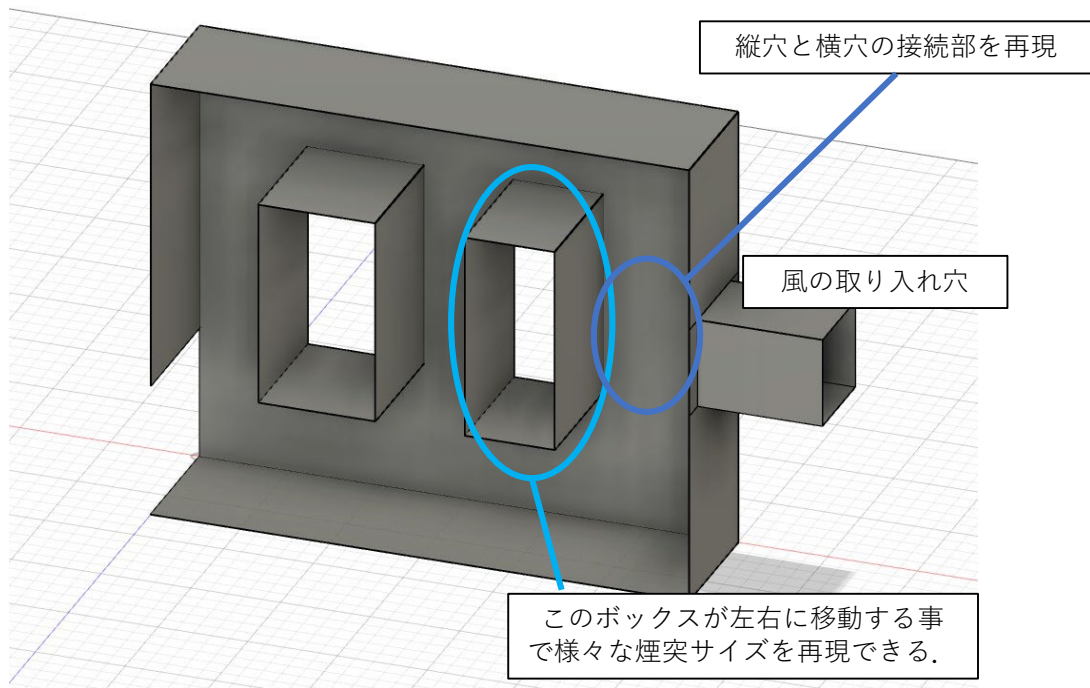
### ● 評価用プラットフォームの開発

- ・ Libraware社のIBIS2.0をベースとして評価用プラットフォームを開発した。
- ・ プラットフォームを他機関に供与するとともに空力性能評価環境の妥当性を明らかにした



IBIS 2.0

# 模擬環境の構築



# 模擬環境における実験・空力解析 (1/4)

## IBIS1.0



Size[mm]	L200 × W150 × H20
Mass[g]	120
Rotor diameter:2R [mm]	76.2

## IBIS2.0



Size[mm]	L194 × W198.5 × H58
Mass[g]	243
Rotor diameter:2R [mm]	76.2

## DJI Flip



Size[mm]	L233 × W280 × H79
Mass[g]	248.5
Rotor diameter:2R [mm]	101.6

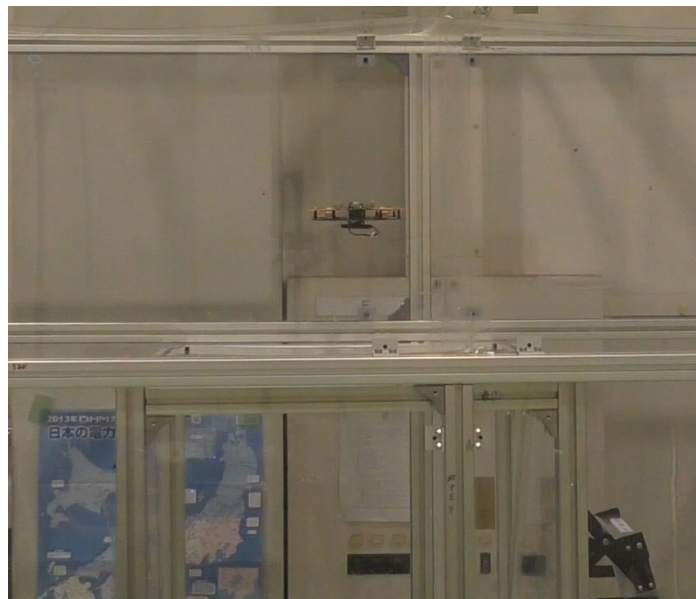
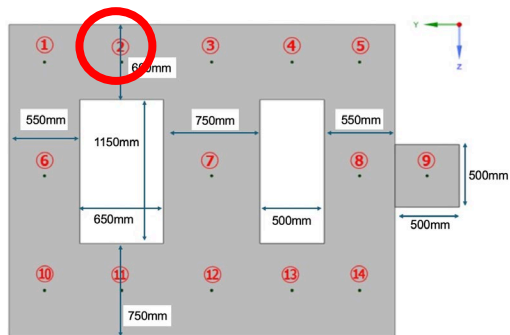
## DJI Neo



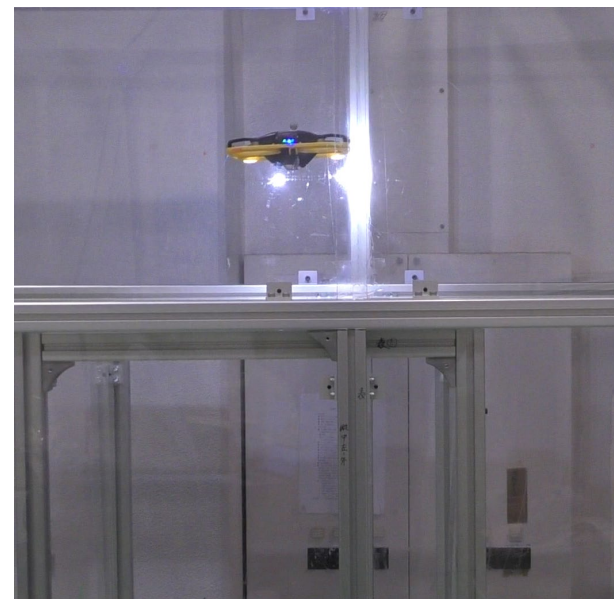
Size[mm]	L130 × W157 × H48.5
Mass[g]	137
Rotor diameter:2R [mm]	50.8

# 模擬環境における実験・空力解析 (2/4)

## ポイント2における飛行検証 (IBISを用いた検証)



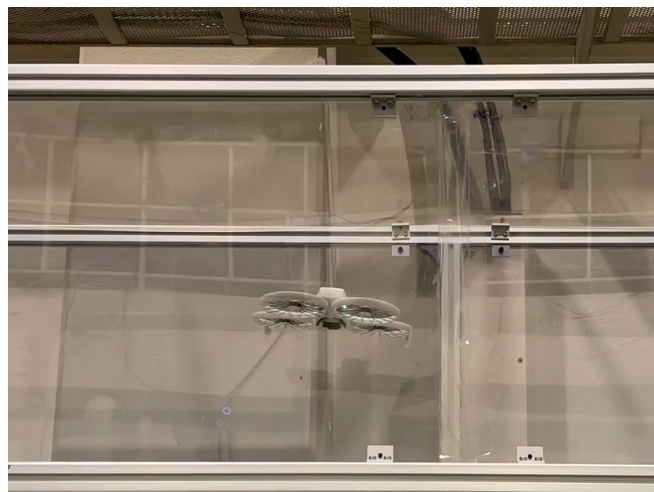
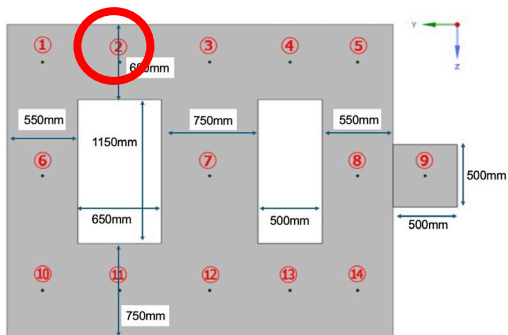
IBIS1.0



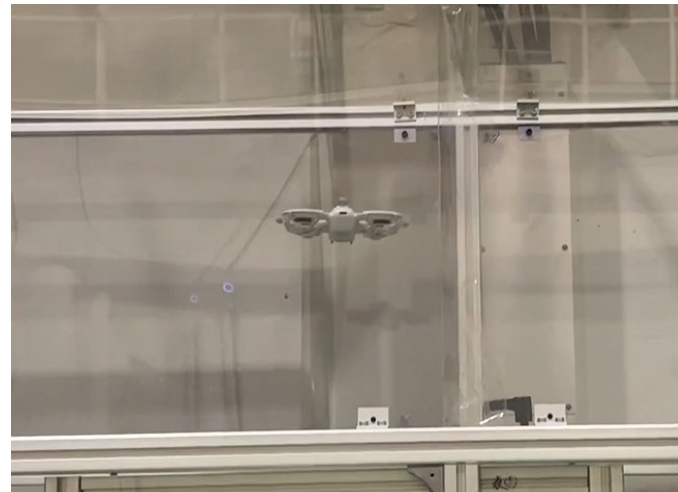
IBIS2.0

# 模擬環境における実験・空力解析 (3/4)

ポイント2における飛行検証 (DJI機体を用いた検証)



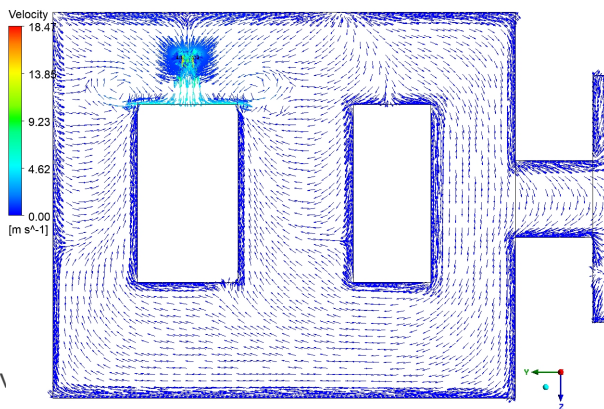
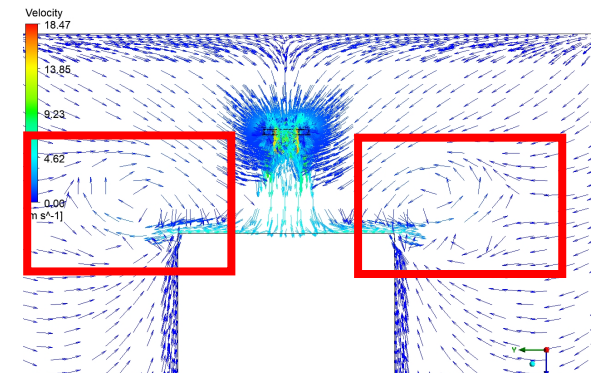
Flip



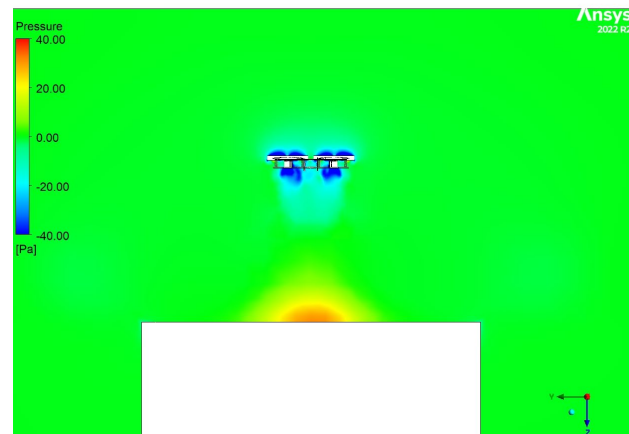
NEO

# 模擬環境における実験・空力解析（4/4）

## ポイント2における空力解析結果

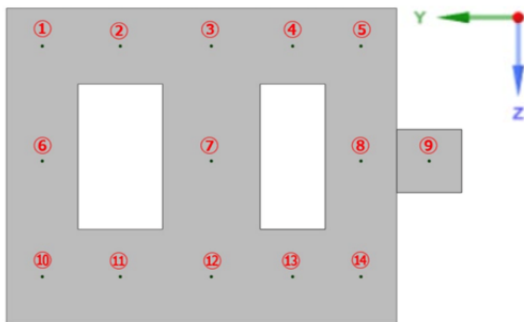


エッジ部分で大きな渦が発生していることが明らかとなった

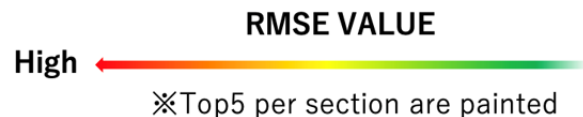


# 模擬環境の妥当性評価(1/2)

	point	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
RMSE_X	IBIS1.0	0.0198	0.0700	0.0268	0.0489	0.0141	0.0542	0.0224	0.0307	0.0662	0.0228	0.0289	0.0495	0.0460	0.0196
	IBIS2.0	0.0067	0.0155	0.0103	0.0190	0.0073	0.0189	0.0095	0.0293	0.0545	0.0109	0.0137	0.0064	0.0173	0.0132
	DJI Flip	0.005	0.0096	0.0047	0.0105	0.0072	0.0121	0.0072	0.0116	0.0103	0.0067	0.0071	0.0083	0.0081	0.0085
	DJI Neo	0.0147	0.0324	0.01	0.0246	0.0151	0.0188	0.0059	0.0126	0.0168	0.0091	0.0089	0.015	0.0159	0.0104
RMSE_Y	IBIS1.0	0.0128	0.0592	0.0472	0.0521	0.0143	0.0541	0.0227	0.0395	0.0742	0.0199	0.0487	0.0698	0.0610	0.0284
	IBIS2.0	0.0421	0.0565	0.0325	0.0398	0.0226	0.0583	0.0196	0.0630	0.0228	0.0147	0.0192	0.0085	0.0268	0.0235
	DJI Flip	0.0157	0.0405	0.0113	0.0149	0.0087	0.0145	0.0084	0.0146	0.0087	0.0097	0.0109	0.0076	0.0099	0.0158
	DJI Neo	0.011	0.0644	0.0111	0.0198	0.0094	0.0167	0.0094	0.0142	0.0149	0.0104	0.0129	0.0075	0.0119	0.0103
RMSE_Z	IBIS1.0	0.0057	0.0957	0.0081	0.0664	0.0054	0.0262	0.0117	0.0173	0.0787	0.0093	0.0593	0.1128	0.0393	0.0109
	IBIS2.0	0.0075	0.0230	0.0153	0.0167	0.0117	0.0232	0.0076	0.0273	0.0178	0.0116	0.0080	0.0102	0.0130	0.0115
	DJI Flip	0.0538	0.0068	0.0059	0.0065	0.0062	0.0615	0.0074	0.0309	0.0087	0.0056	0.0111	0.0193	0.0105	0.0118
	DJI Neo	0.0101	0.0339	0.0093	0.0144	0.0089	0.0209	0.0044	0.0111	0.0118	0.008	0.0073	0.0086	0.0127	0.0062
RMSE_AVERAGE	IBIS1.0	0.0128	0.0750	0.0274	0.0558	0.0113	0.0448	0.0189	0.0292	0.0730	0.0173	0.0456	0.0774	0.0488	0.0196
	IBIS2.0	0.0188	0.0316	0.0194	0.0252	0.0139	0.0334	0.0123	0.0399	0.0317	0.0124	0.0136	0.0084	0.0190	0.0160
	DJI Flip	0.0248	0.0189	0.0073	0.0106	0.0074	0.0294	0.0077	0.019	0.0093	0.0074	0.0097	0.0117	0.0095	0.012
	DJI Neo	0.0119	0.0435	0.0101	0.0196	0.0111	0.0188	0.0066	0.0126	0.0145	0.0091	0.0097	0.0104	0.0135	0.009



## 位置の二乗平均平方根誤差



# 模擬環境の妥当性評価(2/2)

## IBIS1.0とIBIS2.0のデータのみ抽出

ポイント	IBIS1.0	IBIS2.0
1	0.02426	0.04326
2	0.13253	0.06292
3	0.05490	0.03738
4	0.09751	0.04717
5	0.02082	0.02647
6	0.08093	0.06551
7	0.03390	0.02312
8	0.05296	0.07462
9	0.12682	0.06165
10	0.03167	0.02168
11	0.08201	0.02486
12	0.14160	0.01480
13	0.08590	0.03445
14	0.03619	0.02926

The average value of RMSE[m]

IBIS1.0	IBIS2.0
0.07157	0.04051



狭隘空間専用に設計され、優れた空力性能を有するIBIS2.0の飛行性能が優れている結果が模擬環境での試験により定量化できた

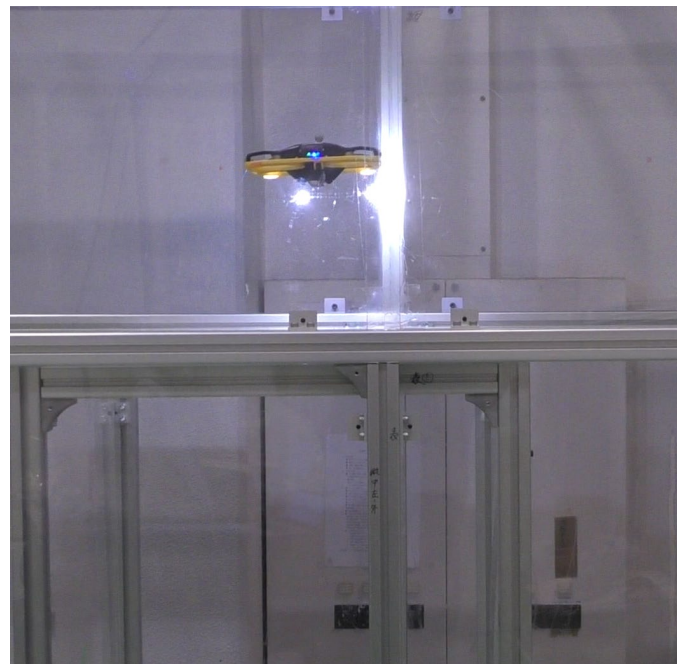
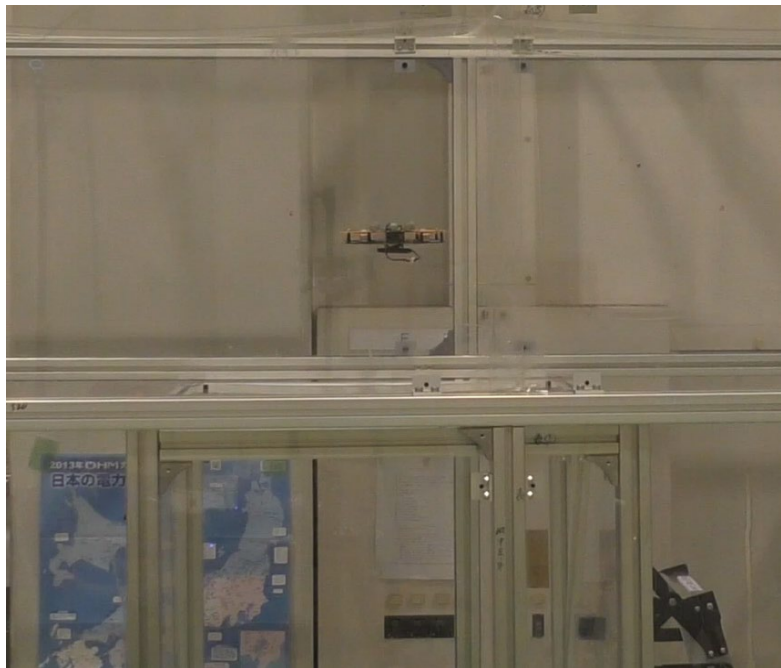
# 評価環境のモジュール化

- ・ 組み立ての簡便さを向上させ、多様な評価空間を構築するために、評価環境のモジュール化を行った。
- ・ モジュールごとに飛行難易度を設定し、それらを組み合わせることで様々な飛行難易度の評価環境を構築する



# 狭隘空間における安全飛行に向けて(1/4)

## ポイント2における飛行 (再掲)

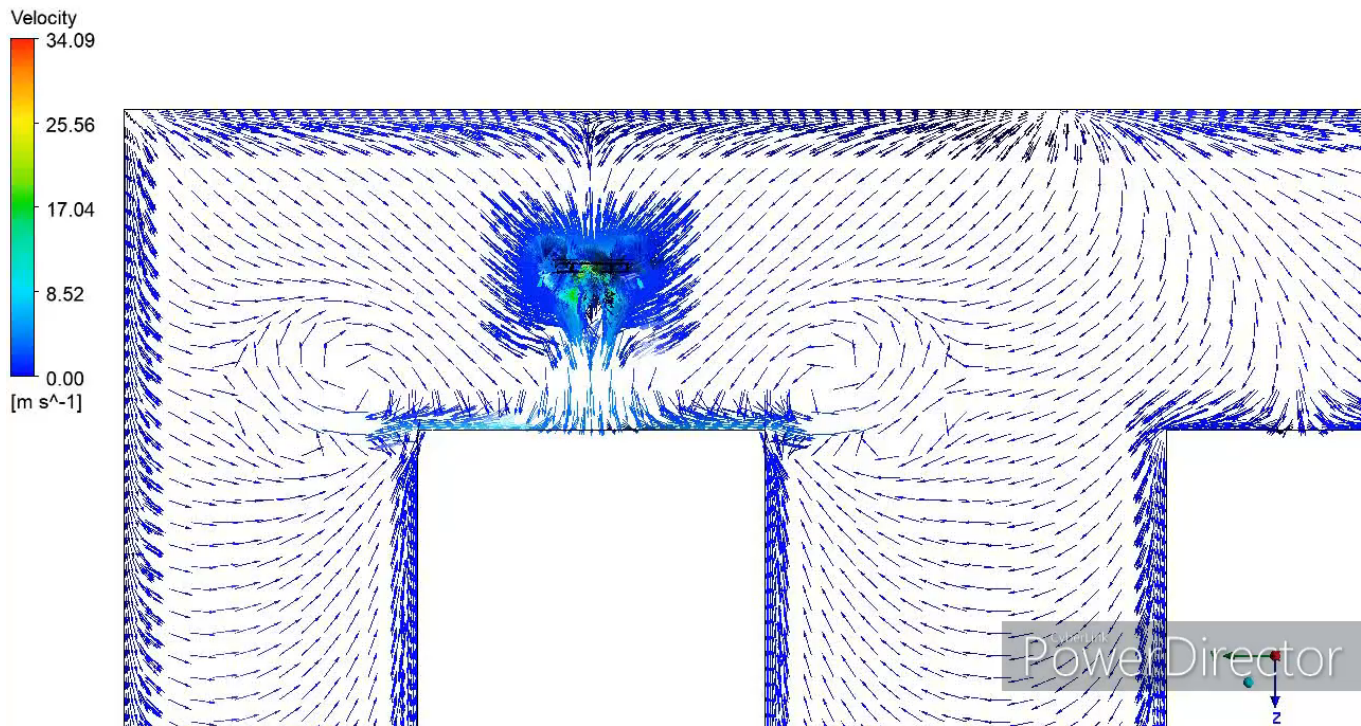


# 狭隘空間における安全飛行に向けて(2/4)



次世代空モビリティの社会実装に向けた実現プロジェクト

## ポイント2における空気流れの非定常解析



# 狭隘空間における安全飛行に向けて(3/4)



次世代空モビリティの社会実装に向けた実現プロジェクト

鉛直狭隘空間における安全飛行軌道の開発

## Safe Trajectories for Quadrotor Flight in Narrow Vertical Spaces

Abner Asignacion Jr and Satoshi Suzuki



Chiba  
University

Autonomous  
Control  
Systems  
Laboratory

# 本研究の成果と残課題

## <評価用プラットフォームの開発>

**成果：**IBIS2.0をベースとした評価用プラットフォームを開発し、コンソーシアム内の評価手法開発者に供与した

**残課題：**開発者からのフィードバックに基づき、制約空間での機体操縦の簡便さを向上させる

## <空力性能評価手法の開発>

**成果：**模擬環境における実験および空力解析に基づき、狭隘空間での空力現象を明らかにし、それらの知見から簡便に組み立て可能なモジュール化された評価環境を開発した。

**残課題：**最終年度前半を目的に、モジュールの組み合わせによって所定の難度を有する評価空間を設計し、当該評価空間を用いた性能評価手法の手順書を策定する

