

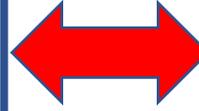
# rFlow3D を中心とした JAXA との 共同研究について

名古屋大学

砂田 茂

今のドローン

回転数を変化させて飛行



従来の航空工学

翼と流れの成す角度を変化させて飛行

回転翼

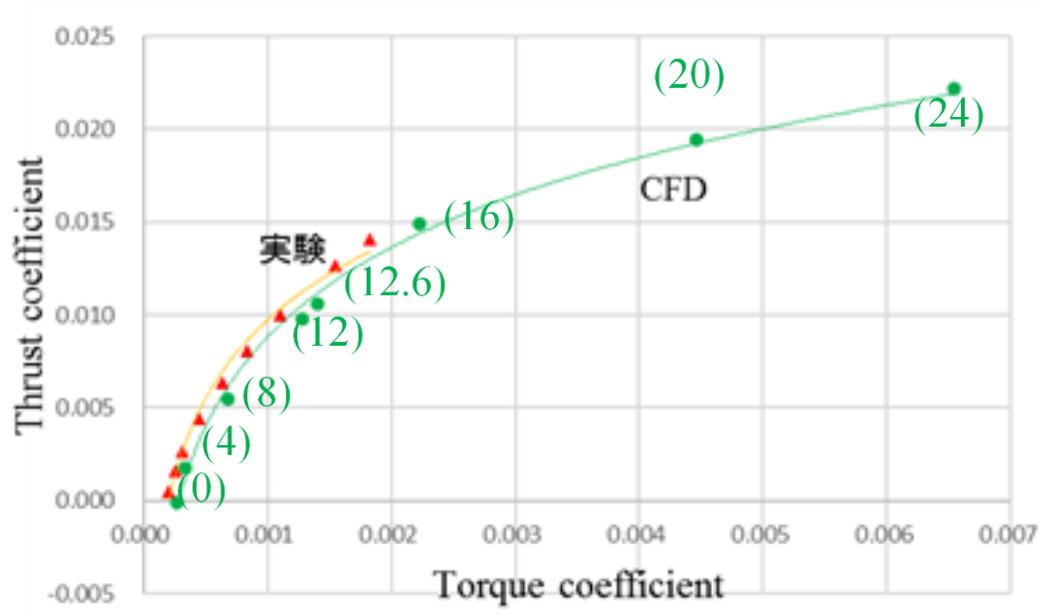
回転翼の下方にあるフィンも



1988年，名古屋大学（鈴木正之名誉教授，丹羽昌平講師（当時），杉浦一郎名誉教授）と日立造船㈱との共同研究によって開発されたもの

名大博物館

# Collective Pitchによる飛行するドローン



高い信頼性  
自信を持って論文を作成可能

「マルチロータ機におけるロボット工学と航空工学の融合」  
日本ロボット学会論文集

## J A X A 泉 耕二氏の分析

(1) これからの日本で伸びる交通手段：  
首都圏の「地下鉄」、郊外の中・長距離では「航空機」

地下と空中利用の「3次元移動手段」

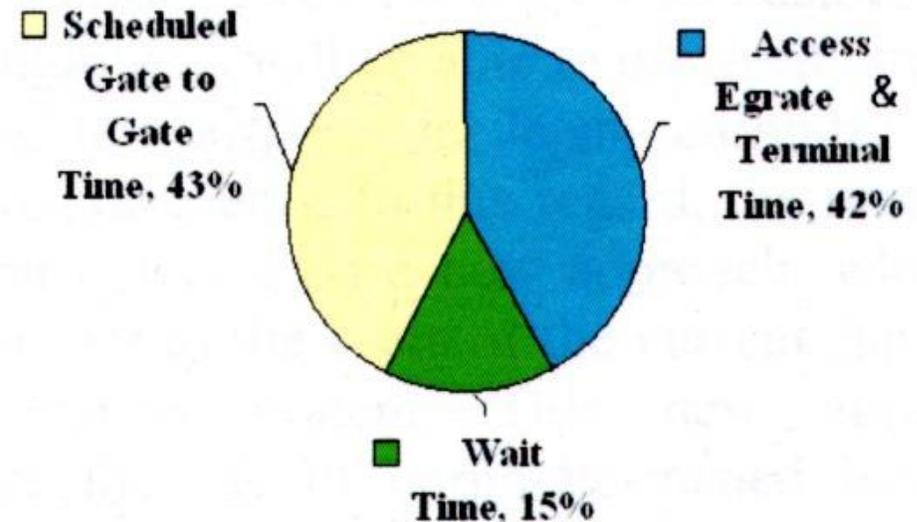
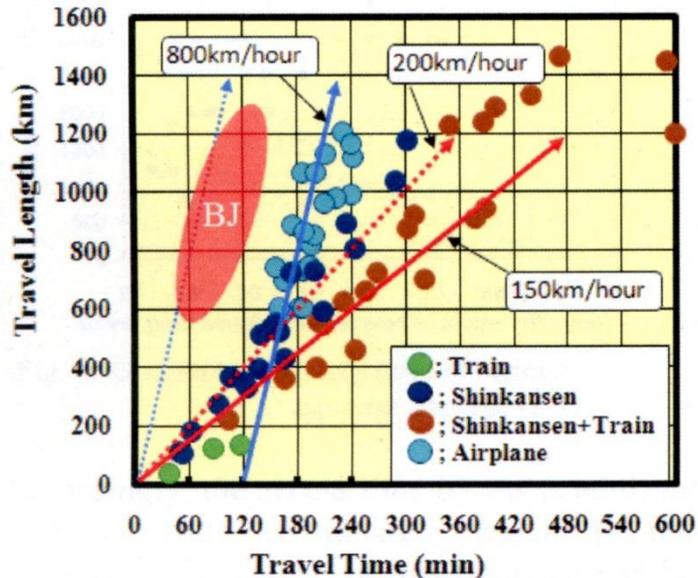
Ref. 「J A X A の航空と世界の動き」：ながれ 25 (2006) pp.525-532.

# JAXA 泉 耕二氏の分析

## (2) 乗り換え時間、待ち時間 = ムダ時間

### Personal 化、Door To Door の移動手段

Ref. 'The Potential for an air taxi business in Japan's skies',  
ICAS 2010



# 空飛ぶクルマの意義

○2次元から3次元の移動へ

○Personal

○Door To Door

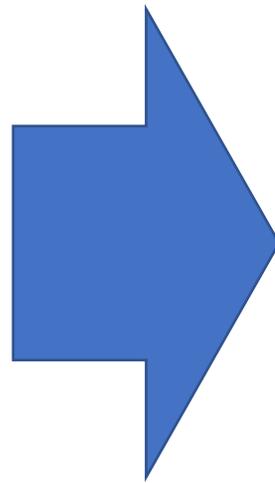
○トータルの移動時間の短縮

○ストレス軽減

## 周囲への影響

- (1) 風
- (2) 騒音

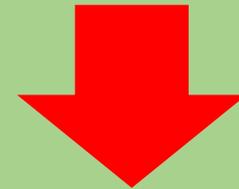
## 安全性の問題



- ・既存のヘリコプタの知見を応用し評価可能

- ・新しい技術

- ・どこまで許容可能か？



設計の指針、生活空間に入れるかどうかが決まる

# 2重反転ロータを有する空飛ぶクルマのロータの設計法の検討

## 空力性能 (rFlow3D)と騒音 (rNoise) 詳細は4月の航空宇宙学会年会にて

表1 3種類のロータで共通の諸元

ロータ半径, $R$ [m]	0.75
合計ブレード枚数, $b$	6
鉛直方向発生空気力, $L$ [N]	981
$C_T/\sigma$ (上下段のブレードの合計推力で $C_T$ を, 2段の全ブレードで $\sigma$ を定義)	0.11
上下ロータ間距離, $h$ [m]	0.225
ブレードカットアウト[m]	0.15
平面形	矩形
捩じり下げ [deg]	8 (線形)
翼型	NACA4412

表2 3種類のロータで異なる諸元

項目/ロータ番号	1	2	3
ホバ時の翼端マッハ数, $M_{tip}$	0.3	0.45	0.6
コード長, $c$ [m]	0.155	0.0689	0.0388
回転角速度, $\Omega$ [rad/s]	136	204	272
アスペクト比, $AR$	4.84	10.9	19.4
$h/c$	1.45	3.27	5.81
ホバ時の翼端レイノルズ数, $Re_{tip}$	$1.08 \times 10^6$	$7.23 \times 10^5$	$5.42 \times 10^5$

表2 3種類のロータで異なる諸元

ロータ半径, $R$ [m]	0.75
合計ブレード枚数, $b$	6
鉛直方向発生空気力, $L$ [N]	981
$C_T/\sigma$ (上下段のブレードの合計推力で $C_T$ を, 2段の全ブレードで $\sigma$ を定義)	0.11
上下ロータ間距離, $h$ [m]	0.225
ブレードカットアウト[m]	0.15
平面形	矩形
捩じり下げ [deg]	8 (線形)
翼型	NACA4412

項目/ロータ番号	ロータ2	シングルロータ
ホバ時の翼端マッハ数, $M_{tip}$	0.45	
コード長, $c$ [m]	0.0689	
回転角速度, $\Omega$ [rad/s]	204	
アスペクト比, $AR$	10.9	
$h/c$	3.27	
ホバ時の翼端レイノルズ数, $Re_{tip}$	$7.23 \times 10^5$	

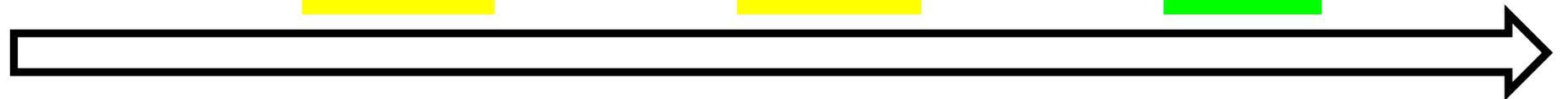
# 結果1 ホバリング

	ロータ1	ロータ2	6ブレード のシングル ロータ	ロータ3
75%Rでの $(\theta_u, \theta_l)$ [deg]	(16.2, 17.0)	(11.3, 12.0)	12.6	(8.7, 9.1)
FOM	0.76	0.78	0.71	0.76
地上での平均音圧[dB]	57.8	59.6	42.8	62.3

高AR

低Re

高M



2重反転、高Mは騒音の点で劣る

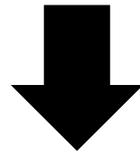
## 結果 2 前進飛行

	ロータ2	シングルロータ
75% $R$ での $(\theta_u, \theta_l)$ [deg]	(9.37, 9.92)	11.1
無次元振動数 $k = \Omega c / 2V$	0.25	
$L/D_E$	2.37	1.95
平均音圧 [dB]	66.4	51.1

- ・ 2重反転、高Mは騒音の点で劣る
- ・ サイクリックピッチが入らない：1周期中の流入速度に加え迎角も大きく変化。非定常空気力の関与が増の可能性

**空力性能 (rFlow3D) と騒音 (rNoise)**

**高い信頼性**



**空飛ぶクルマを初めとした  
新しい回転翼の使用状況の分析に適用可能**



ありがとうございました