

# TMITの主なマイルストーン

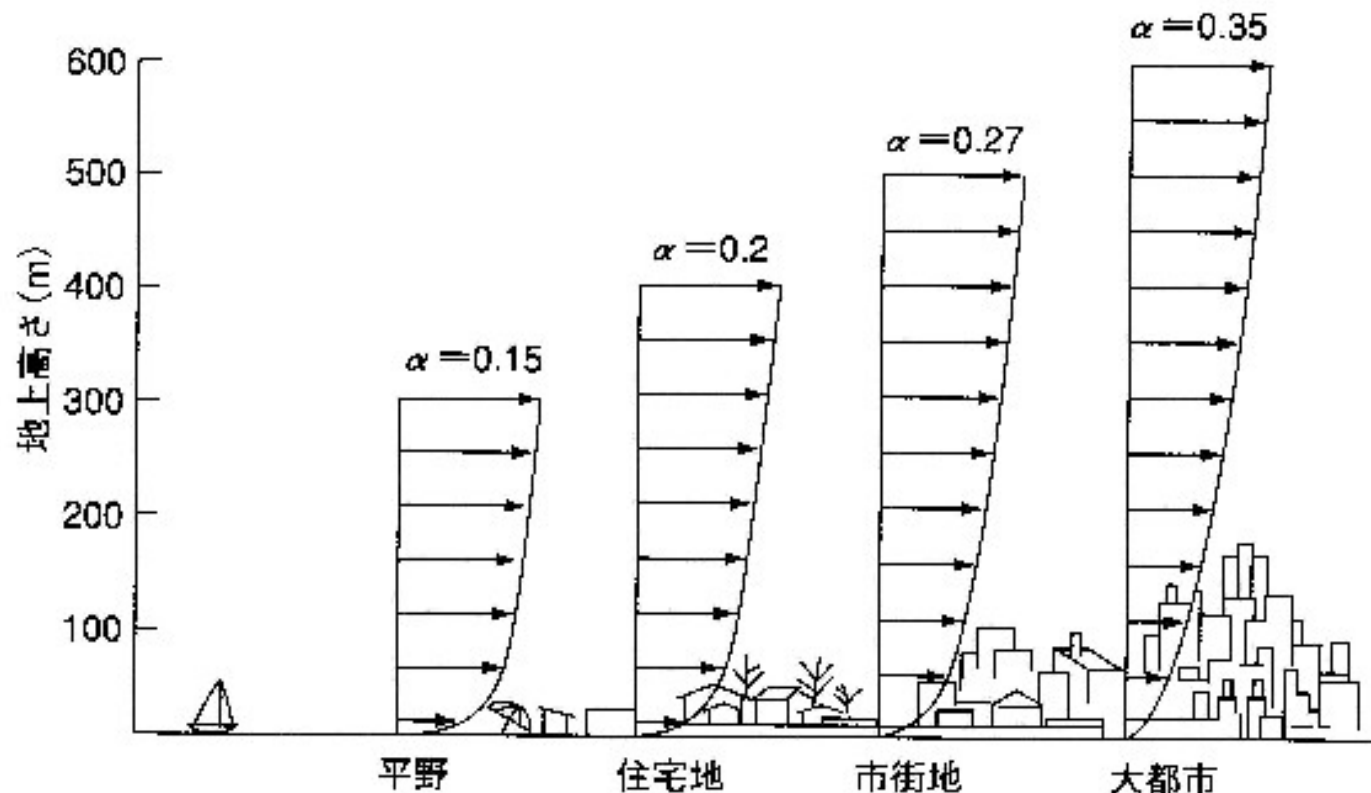
- 2007年8月16日 首都大学東京のベンチャー企業第1号として設立。
- 2010年8月 観測ロケットS520-25による132.6mスーパーテザーの宇宙伸展に世界で初めて成功。日本・米国・欧州・豪州の国際協力。



- 2015年2月3日 科学研究費補助金取扱規程に規定する研究機関に指定
- 2015年3月30日 「高空風力発電研究会」 第1回全体会議（日大駿河台校舎）

宇宙テザー技術の波及効果

高空風力発電  
AWE  
(Airborne  
Wind Energy)



◎ Google, EON, Shell, Schlumberger, Tata、さらに、ソフトバンクのような先端企業が2兆米ドルを超える投資を行っている。このためAWEは今後成長を加速すると思われる。

欧州各国はCO2軽減のロードマップ2050などに乗り遅れないために、クリーンなAWEに期待を持ち援助を行っている。

## 空中風力発電の2タイプ

1. 風車を装備したUAV.
  2. 風車を装備しないUAV. (翼を風車ブレードとして使う：ポンピング型)
- 両者とも横切り飛行を利用。

### 1. 風速を増加:

**Makani Power (米), など.**



### 2. 揚力による仕事(張力×伸展速度)を増加

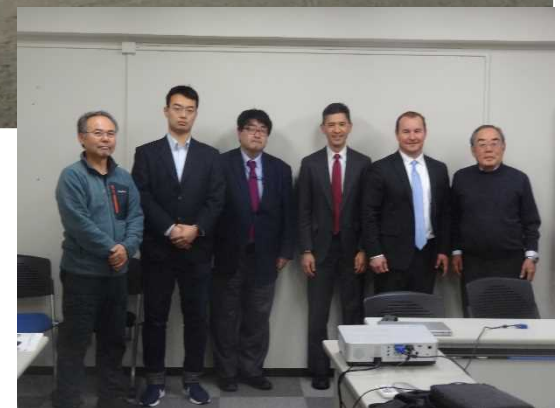
**Ampyx Power (蘭), など.**



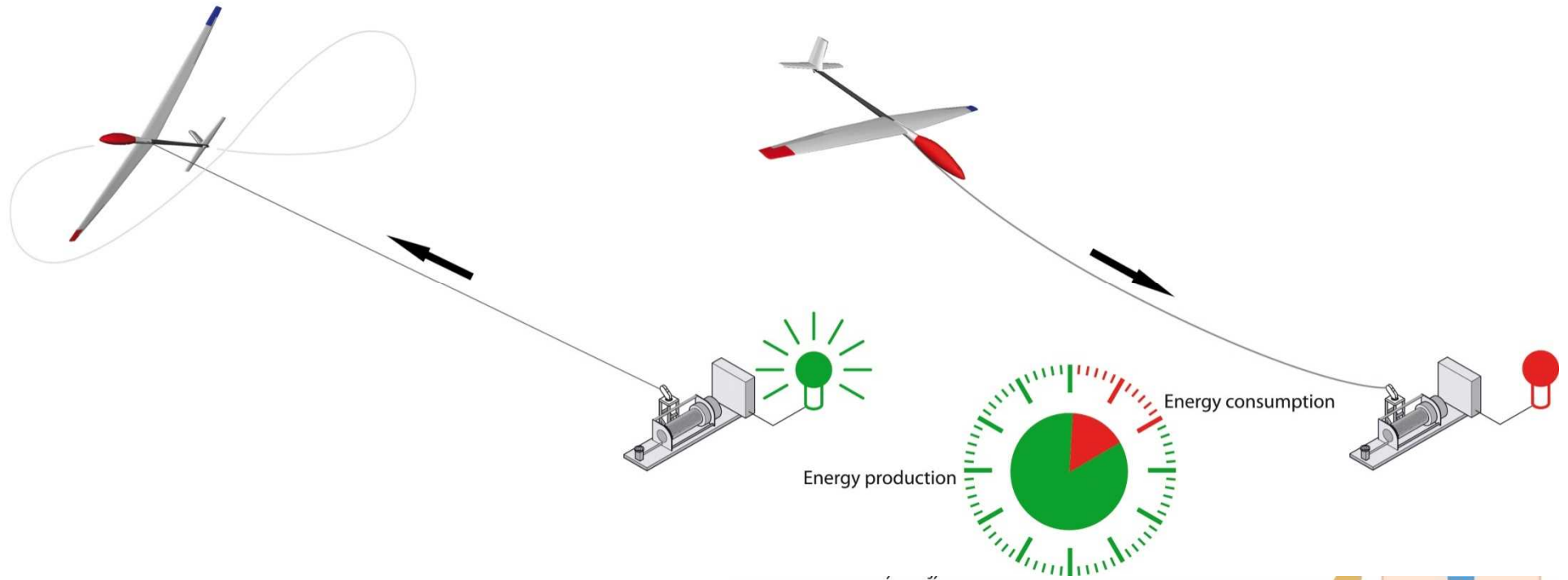


Fig.1 Makani power社 The M600 energy kite (600 k W級) (21 Nov 2016)

<https://x.company/makani/journey/>

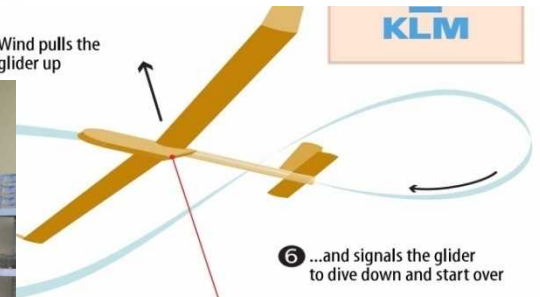


## 2. ポンピング型空中発電



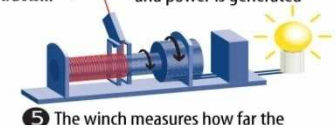
- Best-in-class team
- Solid investors and technology partners

1 Wind pulls the glider up



3 The cable extracts...

4 ...drives the drum and power is generated



# わが国における空中風力発電

AIRBORNE WIND ENERGY CONFERENCE 2017

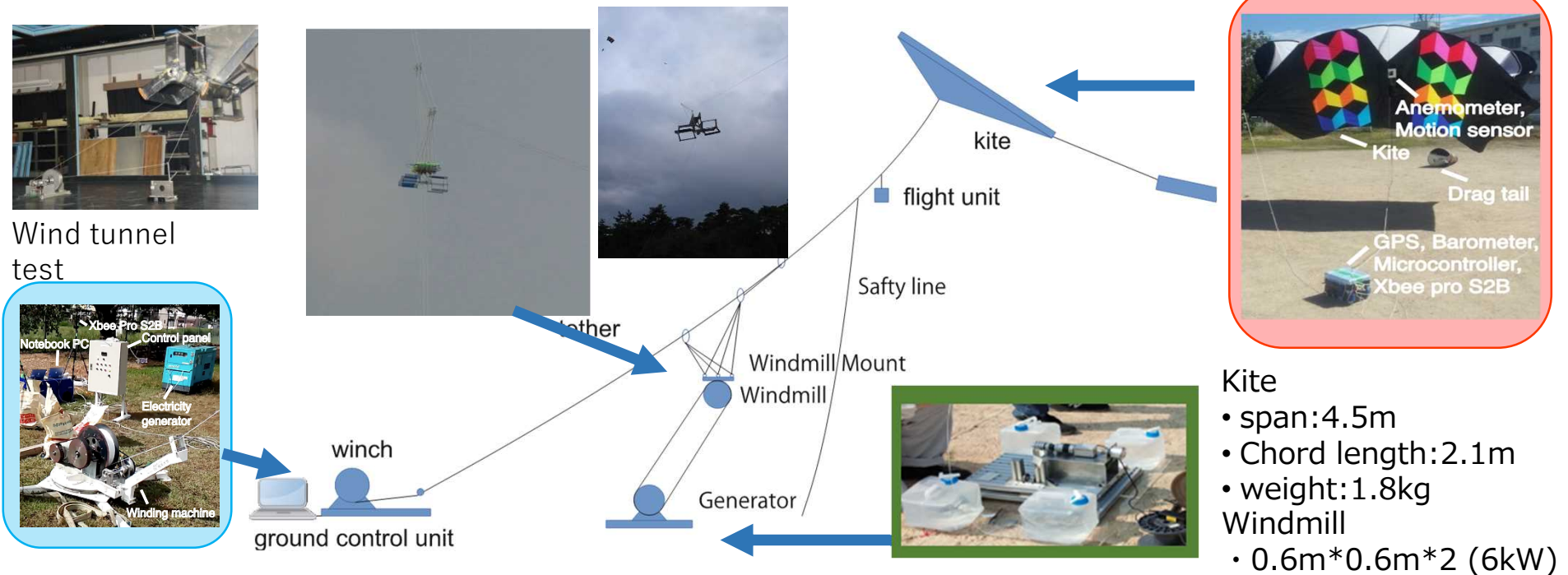
Freiburg, Germany 2017/10/5-6

## HSWG(High Sky Wind energy Generation) on tethered system



Hironori A. FUJII[1][2], Hiroshi OKUBO[3], Yasutake TAKAHASHI[4], Yusuke MARUYAMA[5]  
 Tairo KUSAGAYA[6], Shigeo YOSHIDA[7], Kazuo ARAKAWA[7], Hiroki ENDO[1][7],  
 Kenji UCHIYAMA[8], Kazuichi SEKI[9], and Takeo WATANABE[3]

[1]TMIT & Co., [2]Tokyo Metropolitan University, [3]Kanagawa Institute of Technology,  
 [4]University of Fukui, [5]Maeda Corporation, [6]Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology,  
 [7]Kyusyu University, [8]Nihon University, [9]Tokai University



2019年1月25日 フェーズ1.5フィールドテスト 埼玉県熊谷市妻沼グライダー滑空場







# 垂直軸風車を空中に浮遊させる

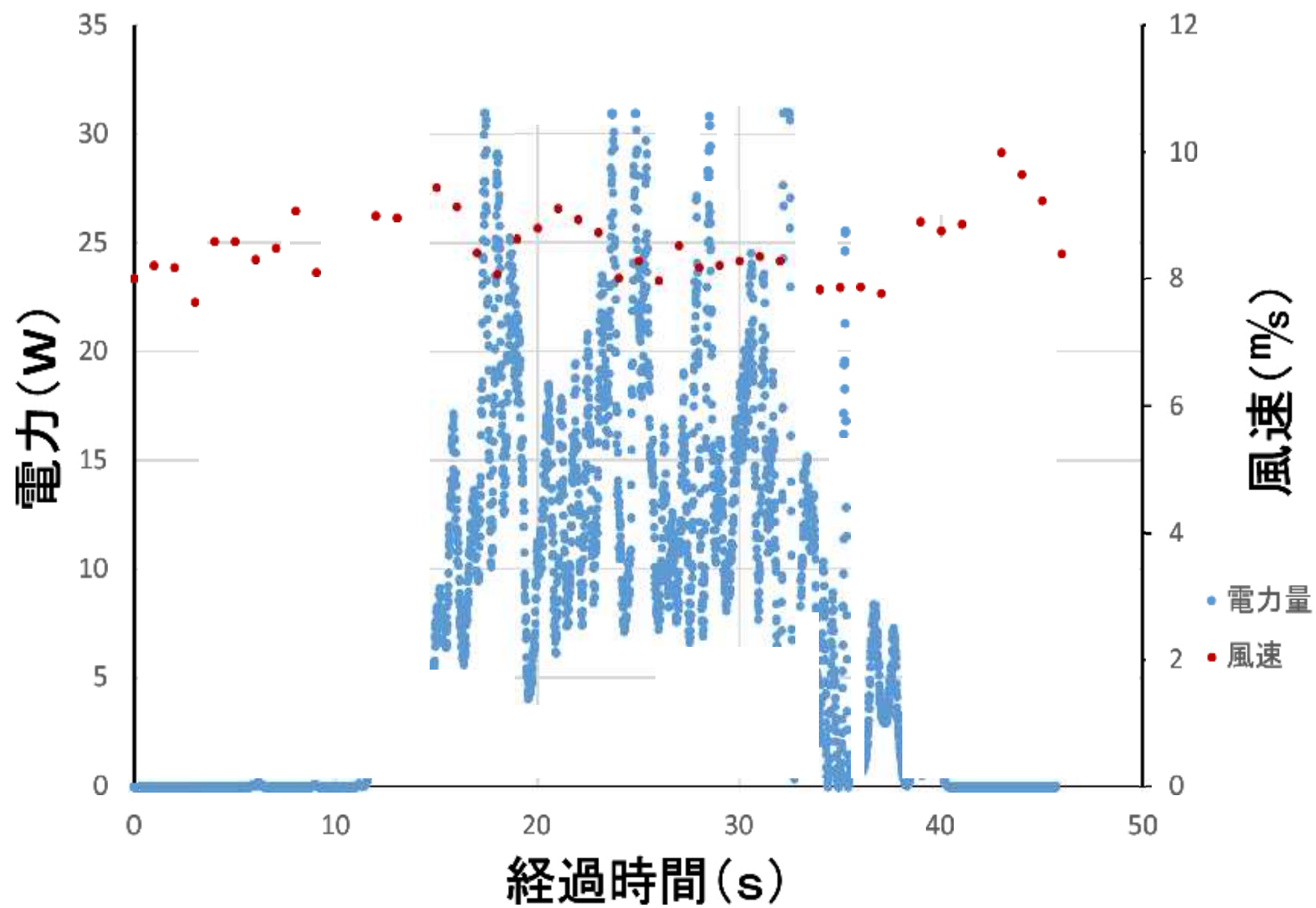
プロジェクト型に移行するための準備段階

空中風力発電（AWE）

の要素技術：

1. 風車の浮揚技術
2. 効果的なエネルギー伝達
3. 性能の向上
4. わが国独自の技術と安全基準 > 100kw





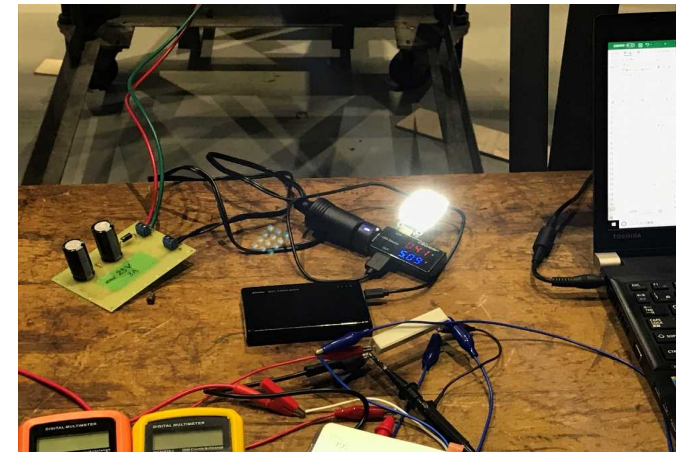
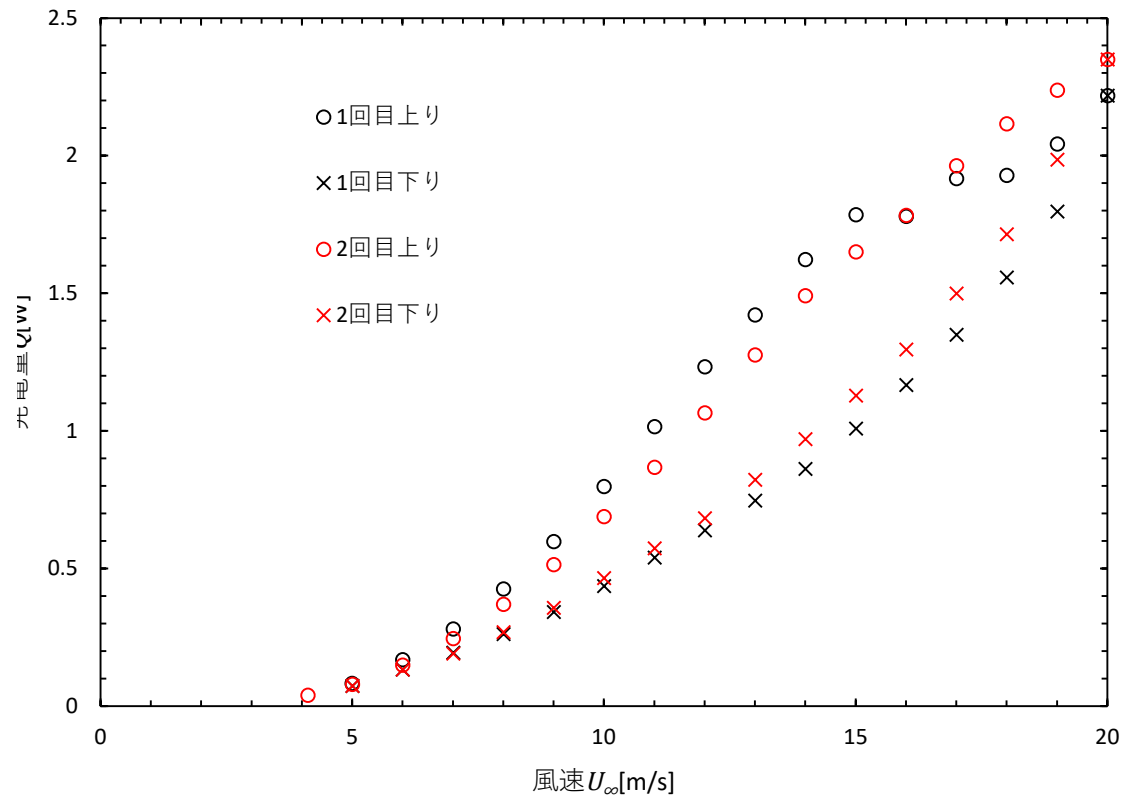


Brainwhere (スイス)  
President Michael Perlberger





実験風速は10-11m/s,  
0.3A~0.4Aでもスマートフォン  
およびモバイルバッテリーが充電  
されることを確認した。



USB出力部にLEDを  
接続したときの様子  
を図6に示す。図より  
LEDが明るく光って  
いることがわかる。



# ねじれ伝達 テザー支柱型





負荷吸収電力：※負荷抵抗値と印加電圧からの計算推定値

実施日：R1.10.5 AM11:00～

実施場所：千葉県富津市 富津海岸（富津公園北側海岸）

天候：晴れ

計測条件：風速3.7~3.8m/s 気温25.8°C

負荷抵抗510Ω 測定回数2回

負荷吸収電力：  
※負荷抵抗値と  
印加電圧からの  
計算推定値

①

平均9.2[W]

最大15.0[W]

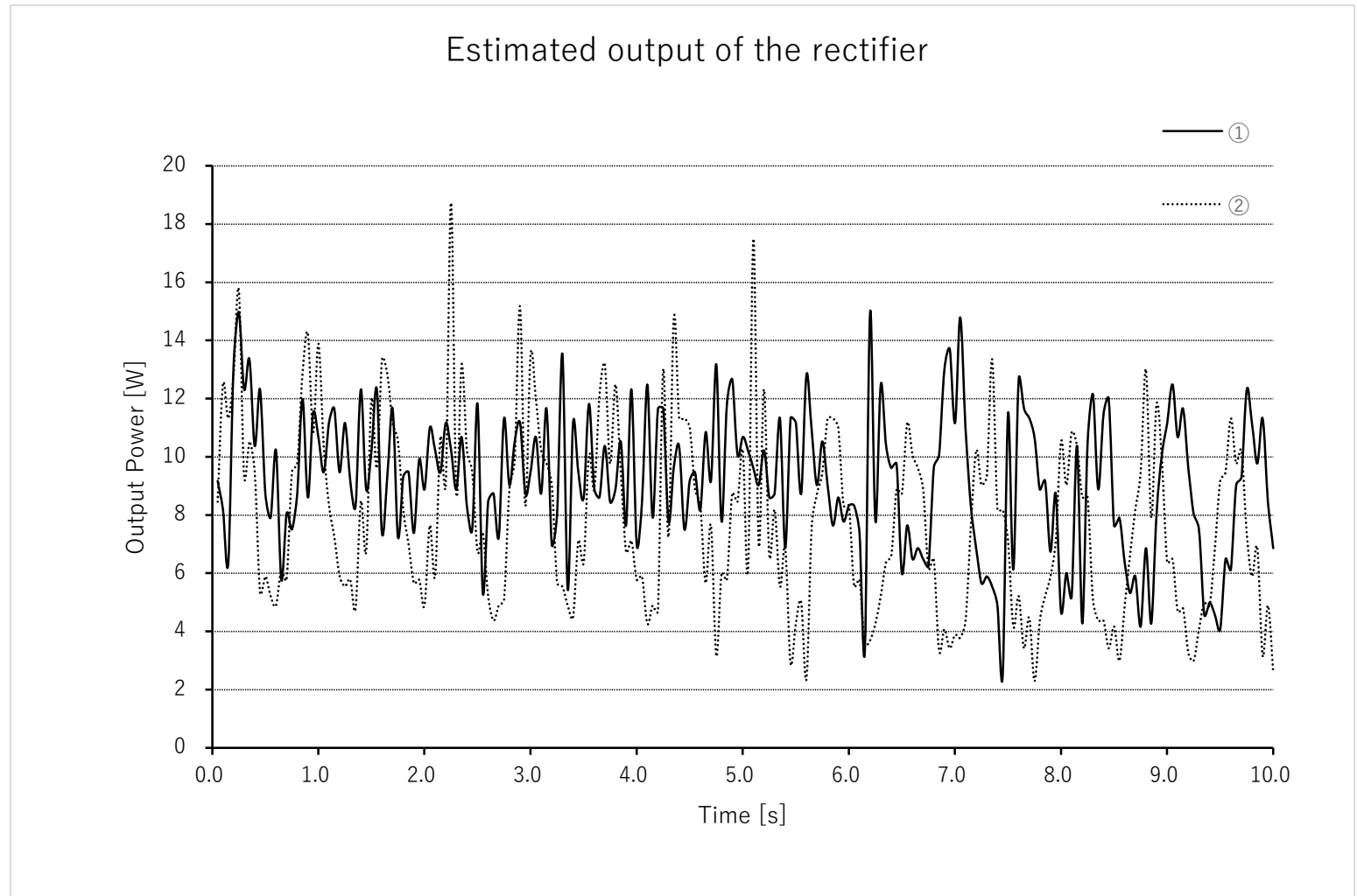
最小2.5[W]

②

平均7.8[W]

最大18.7[W]

最小2.3[W]





Rod Read

# Windswept and Interesting Limited

15a Aiginis, Isle of Lewis, UK HS2 0PB

<http://windswept-and-interesting.co.uk>



# Three-Dimensional Flight Trajectories of Tethered UAV for Optimal Power Production

Hironori A. FUJII<sup>1</sup>, Takumi TOMITA<sup>2</sup>, Tairo KUSAGAYA<sup>3</sup>, and Hiroki YAMAMOTO<sup>3</sup>,  
<sup>1</sup>Tokyo Metropolitan Institute of Technology, <sup>2</sup>Tokyo Metropolitan University,  
<sup>3</sup>Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology,

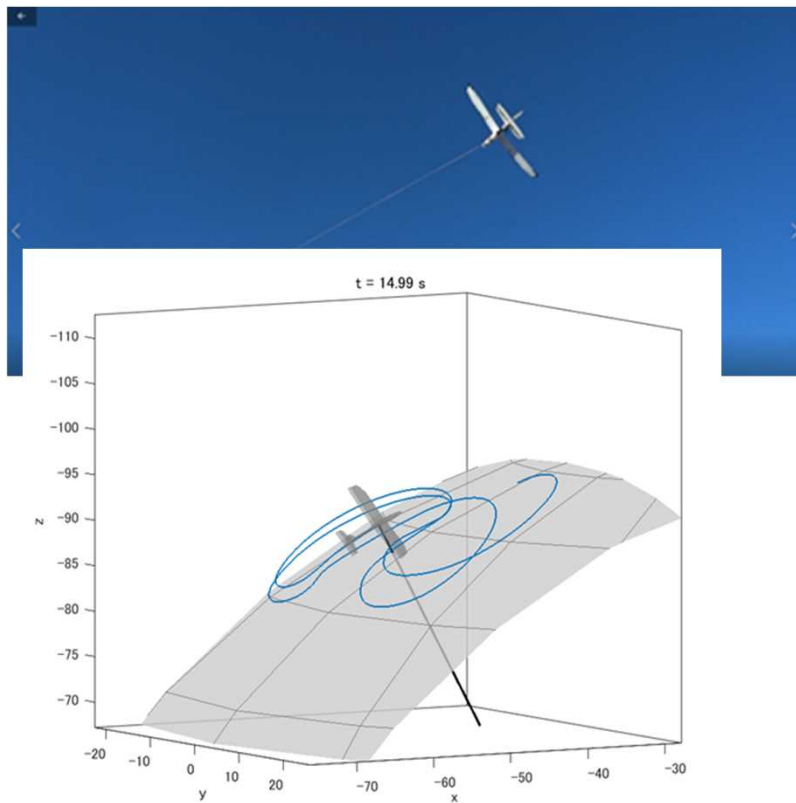


Fig.3(a) 2D periodic orbit  
(Many turns in deployment  
followed by a decent)

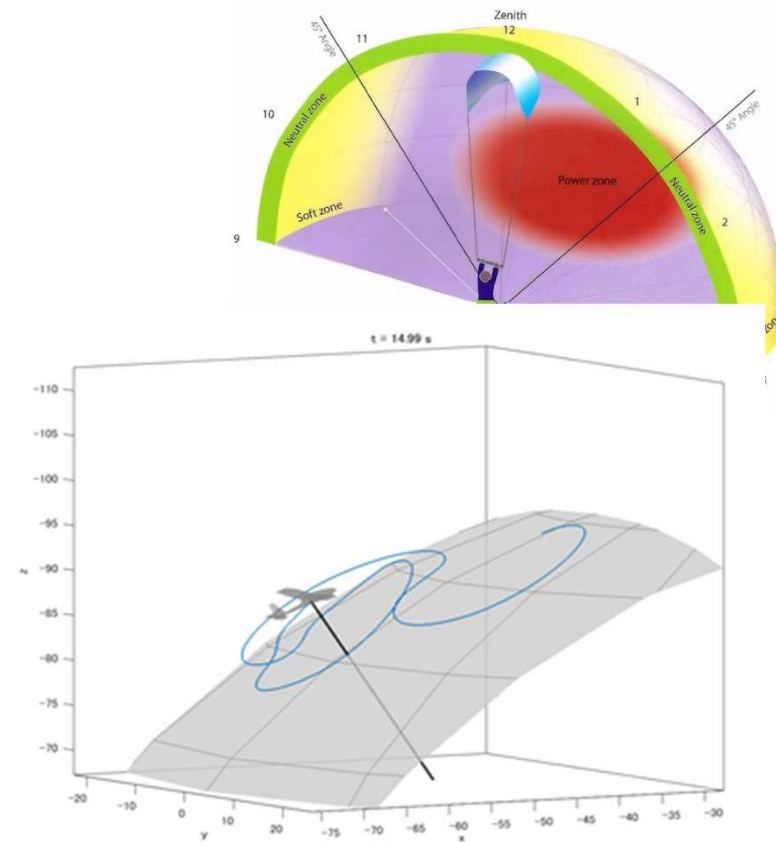


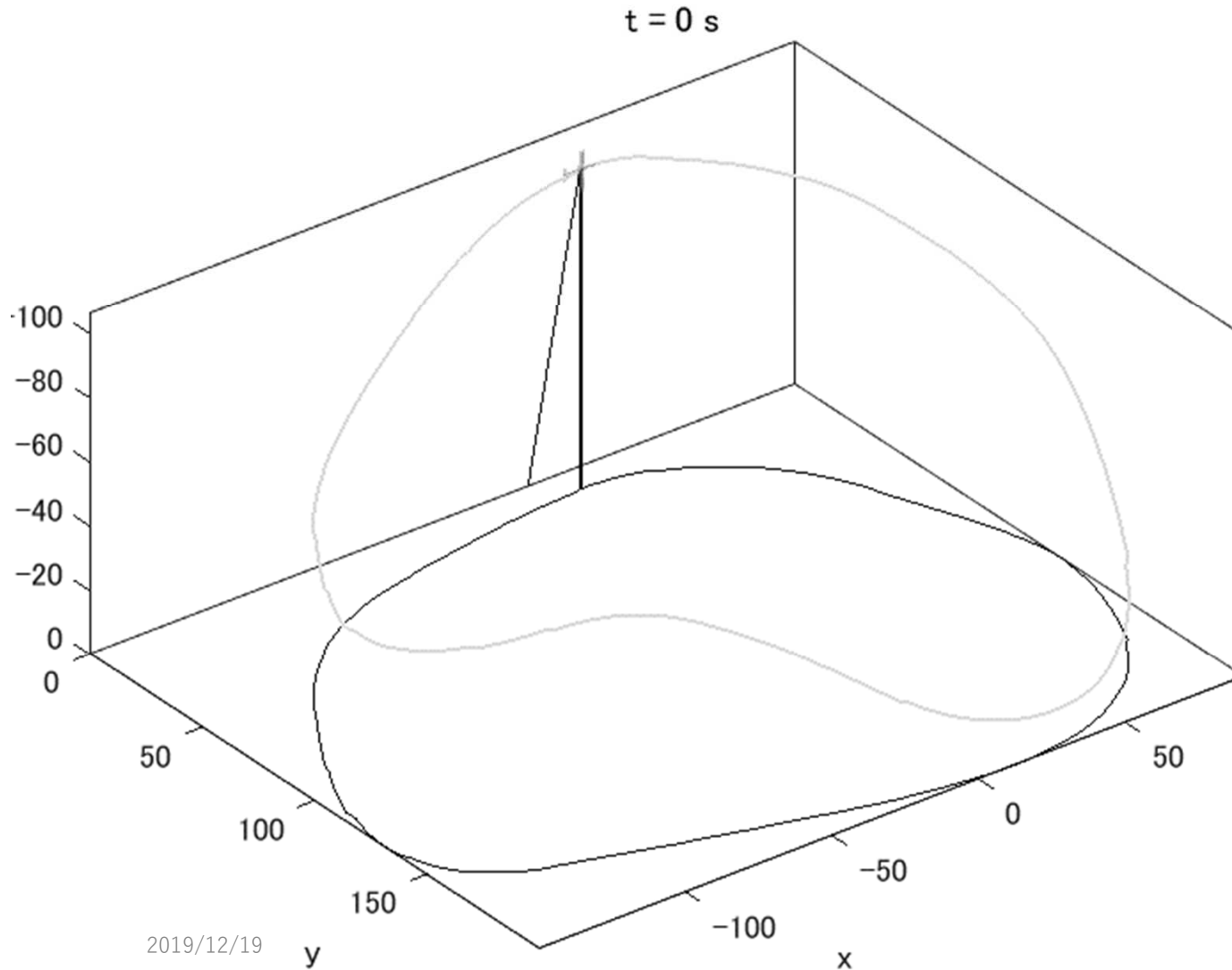
Fig.3(b) 3D One periodic orbit  
(Large-Deployment-Return in one turn)



Model of UAV : A120RC

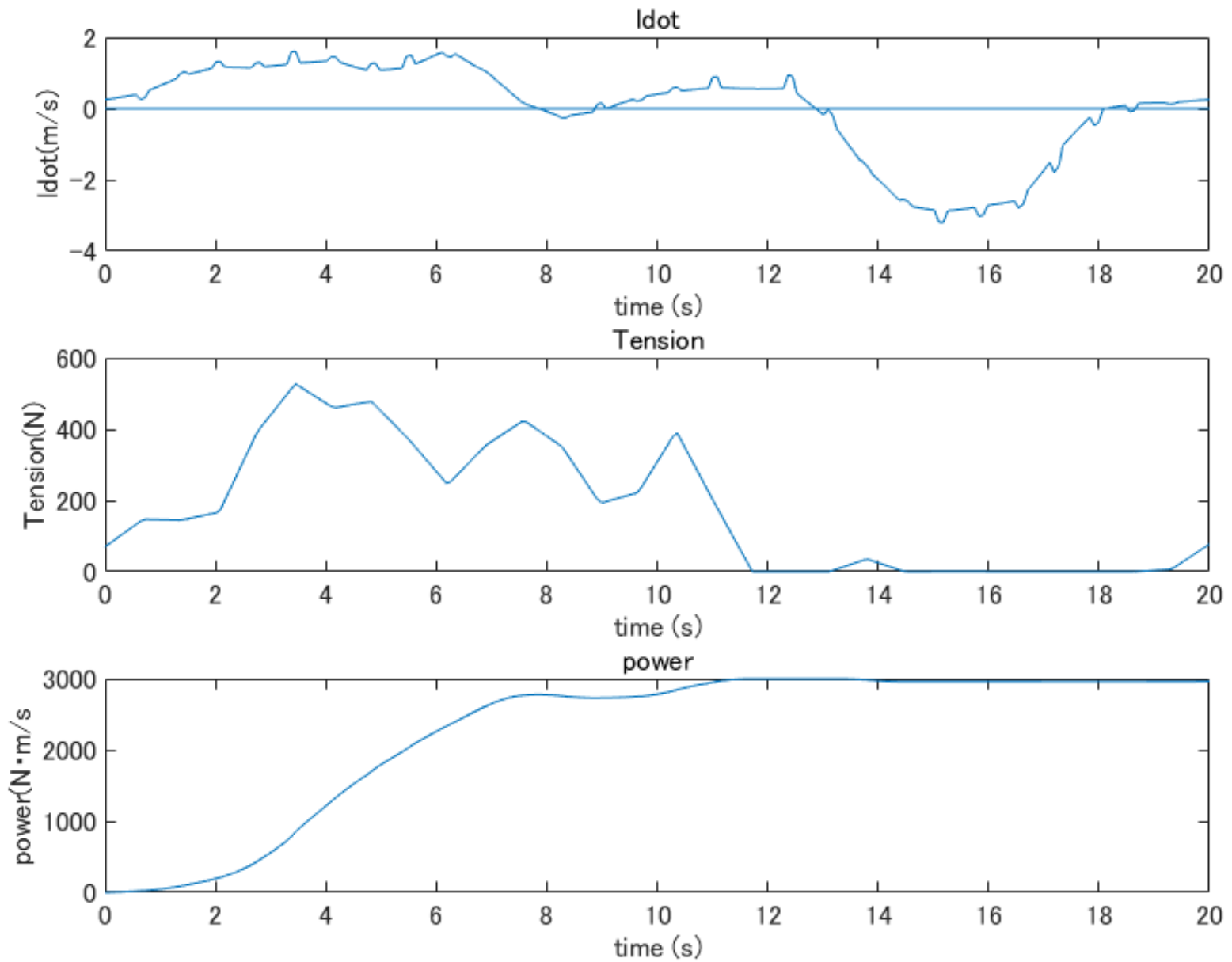
Weight 500g, length 580mm, span 1200mm, Aspect ratio = 7.4,  
Wing area :  $S = 0.1936\text{m}^2$ , Lift coef. gradient :  $C_{L\alpha} = 5.26 / \text{rad.}$ ,  
Drag:  $C_d = C_{d_0} + C_L / (\pi e AR)$ ,  $C_{d_0} = 0.0069$ ,  $e = 0.72$ ,  $C_L / C_d = 14$

Optimal periodic trajectory of UAV (Control input: CL and bank angle) (x0=y0=10m, z0=100m) Performance index Without turbine Power:

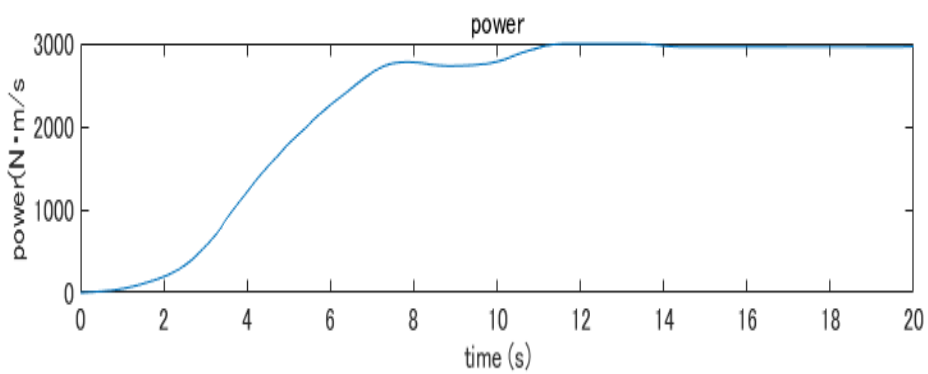
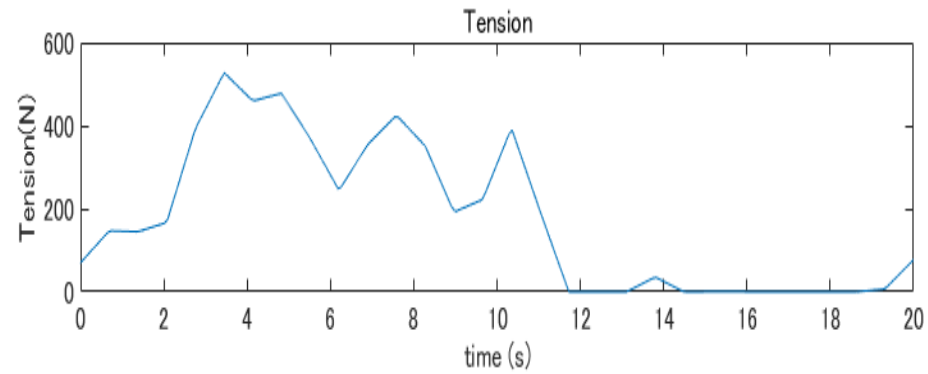
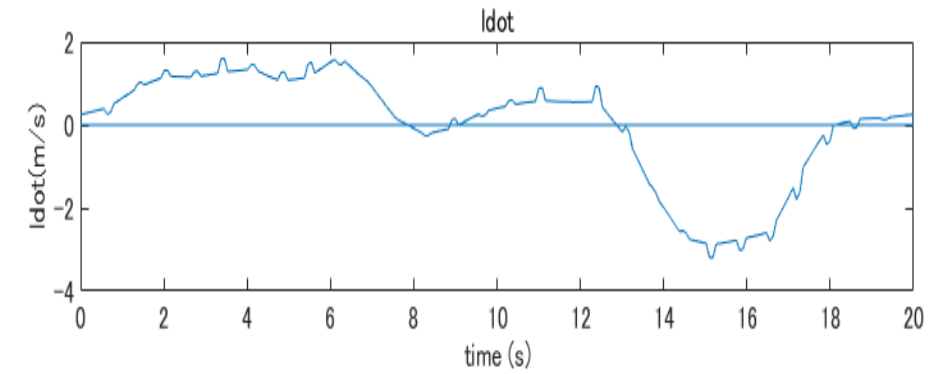


$$J = \int_{t_0}^{t_f} T \dot{\ell} dt$$

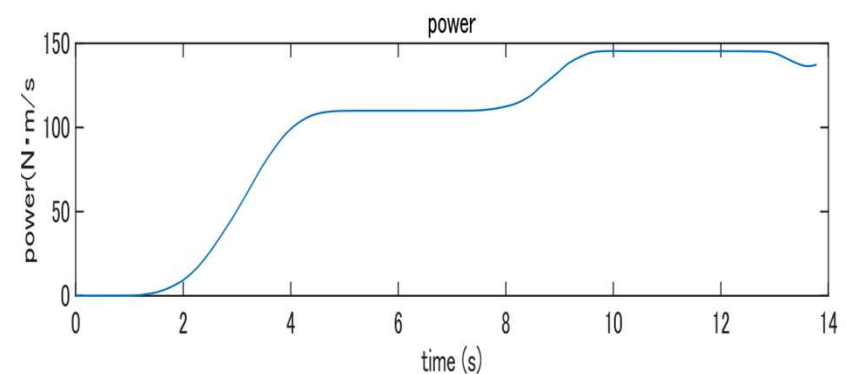
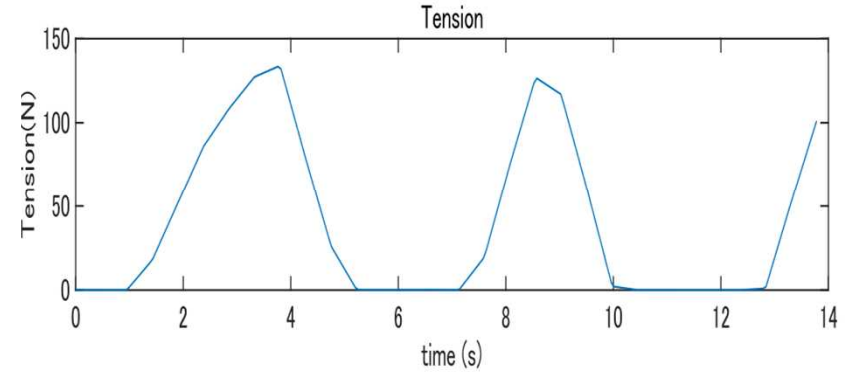
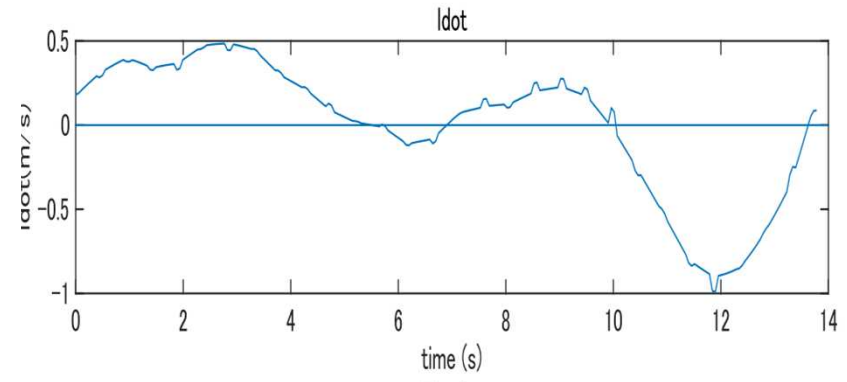
$T$ : tension  
 $\dot{\ell}$ : deployment velocity



Performance index Without turbine



$$Cd = 0.0013, CL / Cd = 14$$



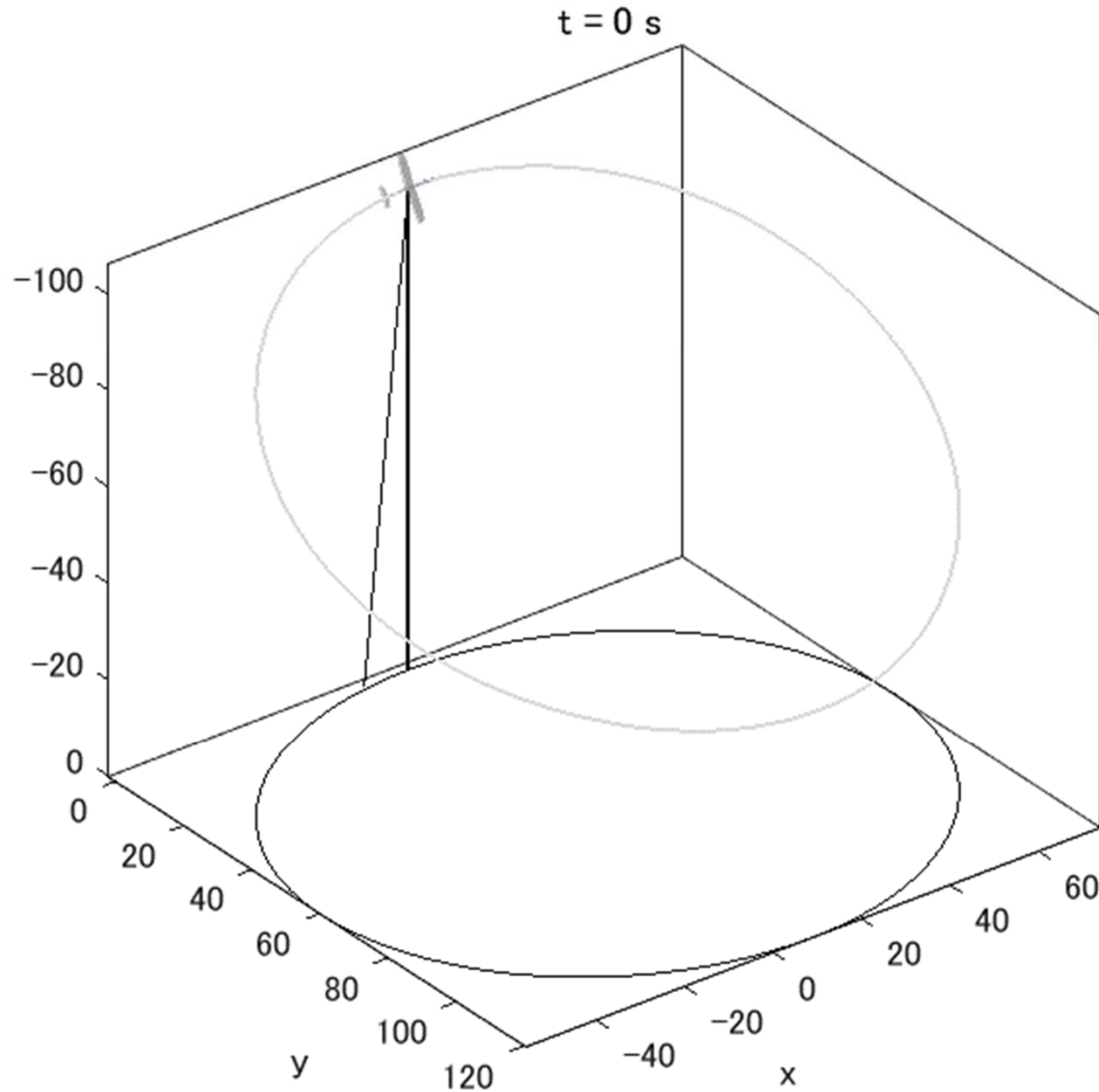
$$Cd = 0.0013 * 4, CL / Cd = 14 / 4 = 3.5$$

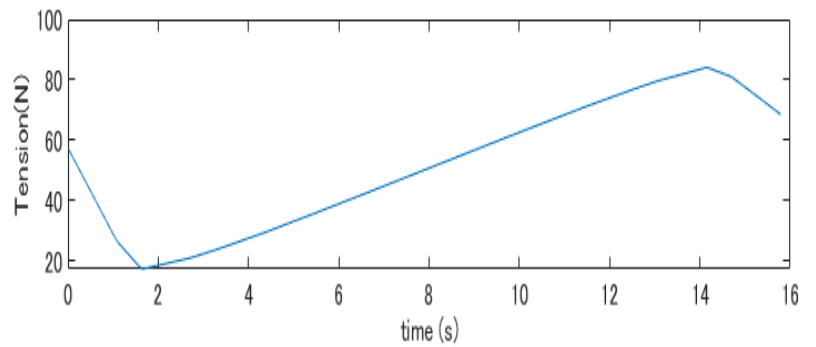
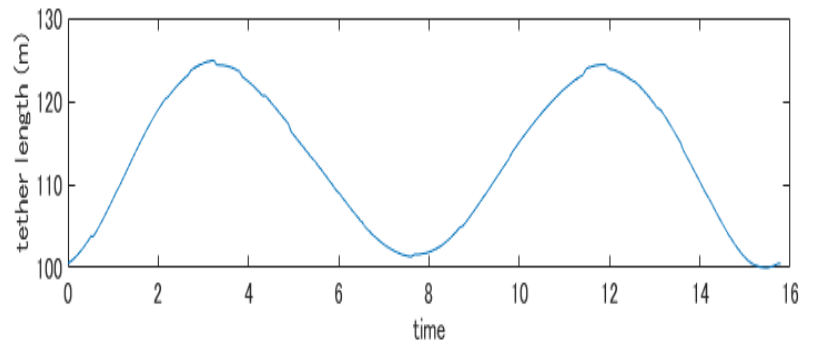
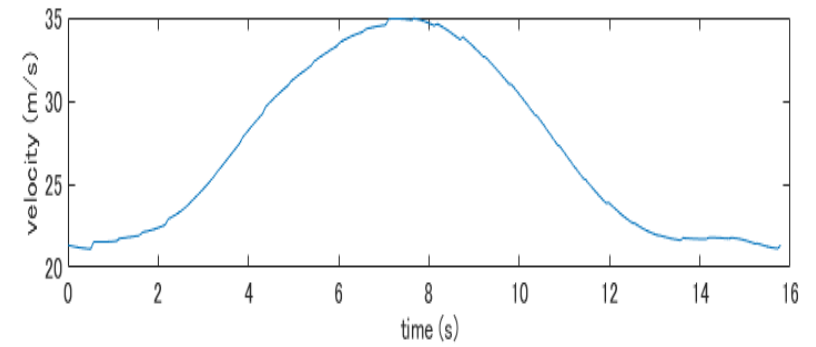
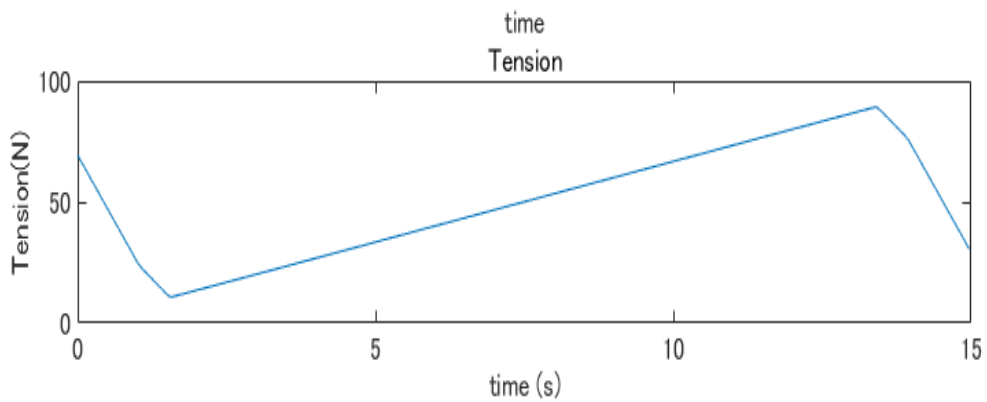
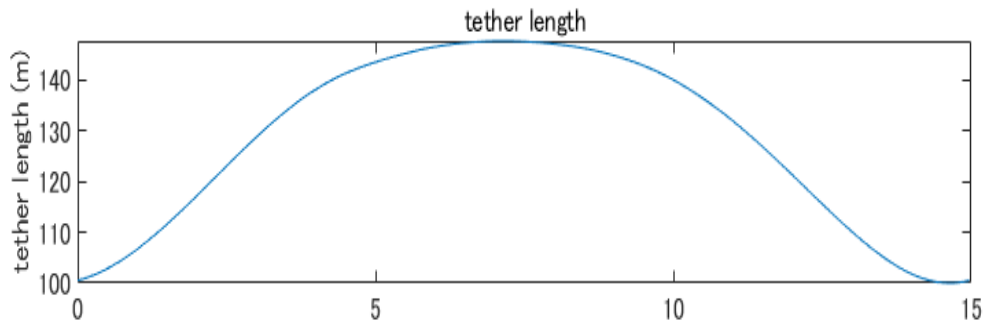
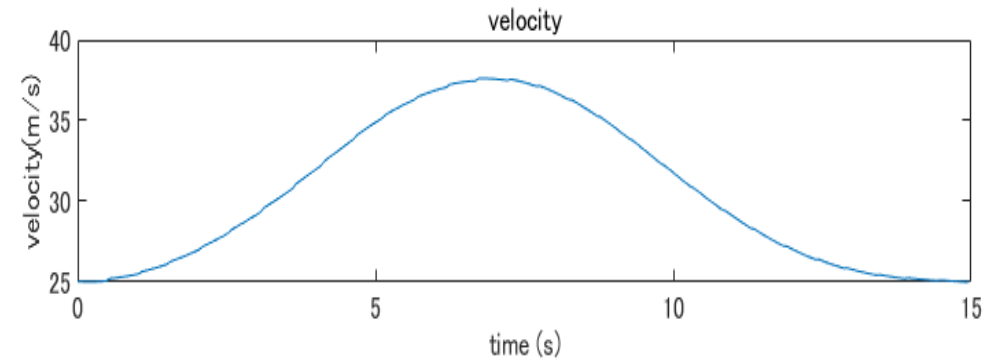
Optimal periodic trajectory of UAV (Control input: CL and bank angle) (x0=10m, y0=0m, z0=100m)

Performance index With turbine  
Velocity

$$J = \int_{t_0}^{t_f} V_a dt$$

Maximum  
Tension < 100N





$$Cd = 0.0013, CL / Cd = 14$$

$$Cd = 0.0013 * 4, CL / Cd = 14 / 4 = 3.5$$





Further study in long-load to kW → MW class:

- Sophisticated models (Including other effects: Tether drag, etc.)
- Aerodynamic refined shape of UAV with windmills.
- Simplify tether mechanics.



TOKYO METROPOLITAN UNIVERSITY  
首都大学東京

Tokyo Metropolitan University  
Bird-man T-MIT



# 高層ビル屋上で の風力発電



# Bio-suit



It's a  
piece of  
cake!



# *Fujii Laboratory*

*Dynamics and Control of Space Infrastructures*

