



University of Tsukuba

進捗報告

情報学学位プログラム M1

藤澤研究室

矢花 明莉

昼花火



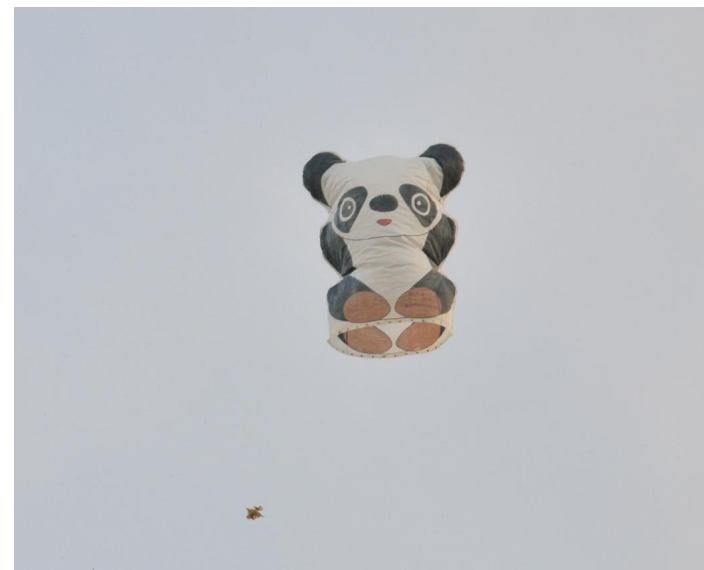
<http://toyotaenka.co.jp/blog/working/781>

割物 (煙菊, 煙柳など)



https://omatsurijapan.com/blog/omagarinohanabi_natsu/

吊物 (煙竜など)



<https://www.onestory-media.jp/post/?id=756>

細工小物

研究背景

- 試し打ちコストの削減
- 花火師以外のアーティストも作成できる
- ゲーム、CG目的



研究目的

気流を考慮した昼花火のシミュレーション

ポイント

- 煙竜のシミュレーション
- まわりの空気の影響を考慮した動き
- リアルタイム性



煙竜

- 吊物
- 発煙筒をつけたパラシュートが落下
- 螺旋を描くように落ちる



<http://www.hosoya-hanabi.co.jp/science/kind/01010301.htm>

パラシュートの種類



円型

- 傘が潰れにくい
- 操作しにくい



ラムエア型

- 傘が潰れやすい
- 操作しやすい



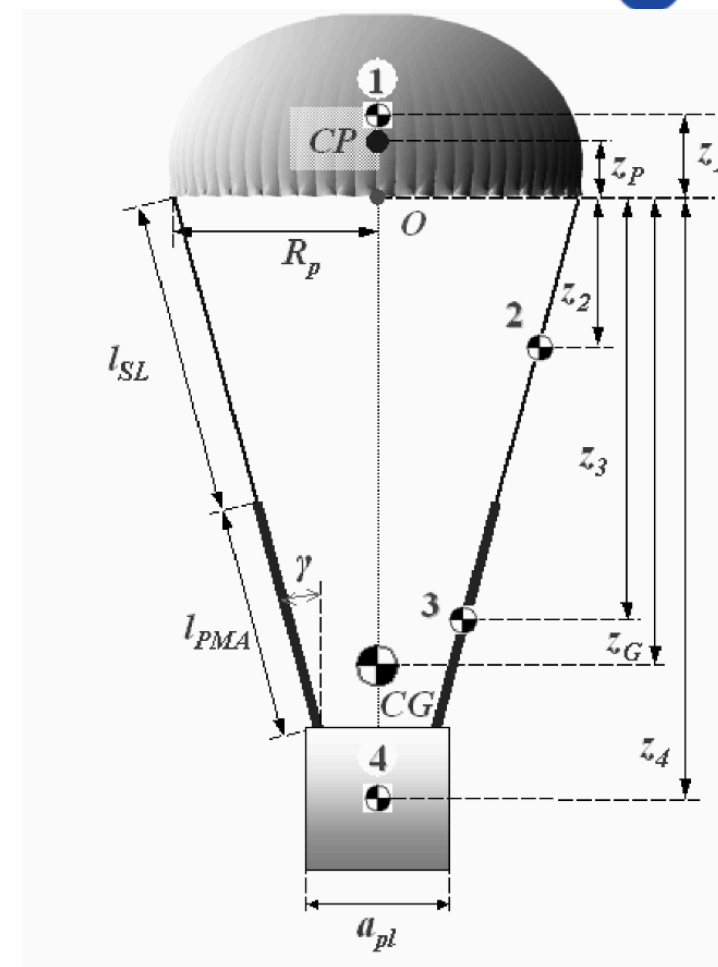
University of Tsukuba

パラシュートモデル実装

円形パラシュートモデル

円形パラシュートの動きを
数値的に計算するモデル

- 1 : キャノピー (屋根)
- 2 : サスペンションライン
- 3 : ライザー (可変長)
- 4 : ペイロード (荷物)



Six-degree-of-freedom model of a controlled circular parachute.

Vladimir N. Dobrokhodov, Oleg A. Yakimenko, and Christopher J. Junge. Journal of Aircraft, Vol. 40, No. 3, pp. 482–493, 2003.

パラシュートの支配方程式

- $\mathbf{F}_a + \mathbf{F}_{gravity} = m \frac{d\mathbf{V}}{dt} + m(\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{V})$
- $\mathbf{M}_a = \mathbf{I} \frac{d\boldsymbol{\omega}}{dt} + \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{I} \boldsymbol{\omega}$

\mathbf{F}_a : aerodynamic force
 $\mathbf{F}_{gravity}$: 重力
 m : パラシュートの質量
 \mathbf{V} : パラシュートの速度

\mathbf{M}_a : aerodynamic moment
 \mathbf{I} : 慣性モーメント
 $\boldsymbol{\omega}$: パラシュートの角速度

Six-degree-of-freedom model of a controlled circular parachute.

Vladimir N. Dobrokhodov, Oleg A. Yakimenko, and Christopher J. Junge. Journal of Aircraft, Vol. 40, No. 3, pp. 482–493, 2003.

F_a : aerodynamic force

Aerodynamics(航空力学)

- 揚力(Lift force) : 流れに垂直な成分
- 抗力(Drag force) : 流れの方向の成分

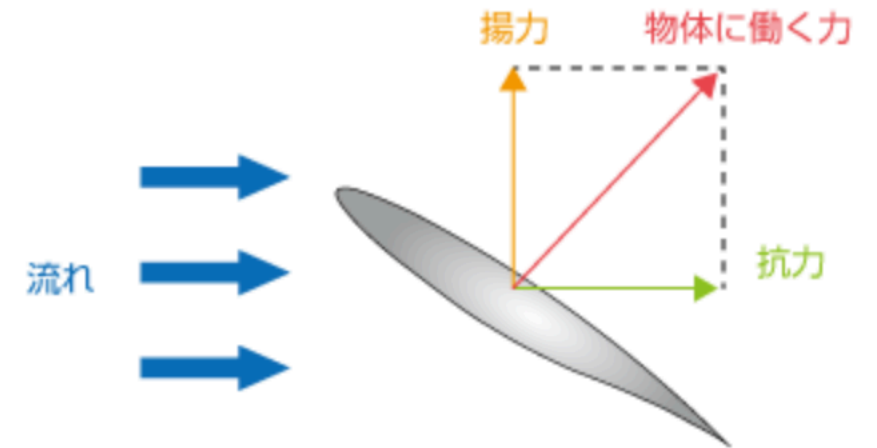


図3.47 抗力と揚力

<https://www.cradle.co.jp/media/column/a185>



F_a : aerodynamic force

$$F_a = C_D (\alpha_{sp}) q S_0 \left(\frac{V_a}{||V_a||} \right)$$
$$q = 0.5 \rho V_a^2$$

F_a : aerodynamic force

C_D : 抗力係数

q : 動圧

V_a : 対気速度ベクトル

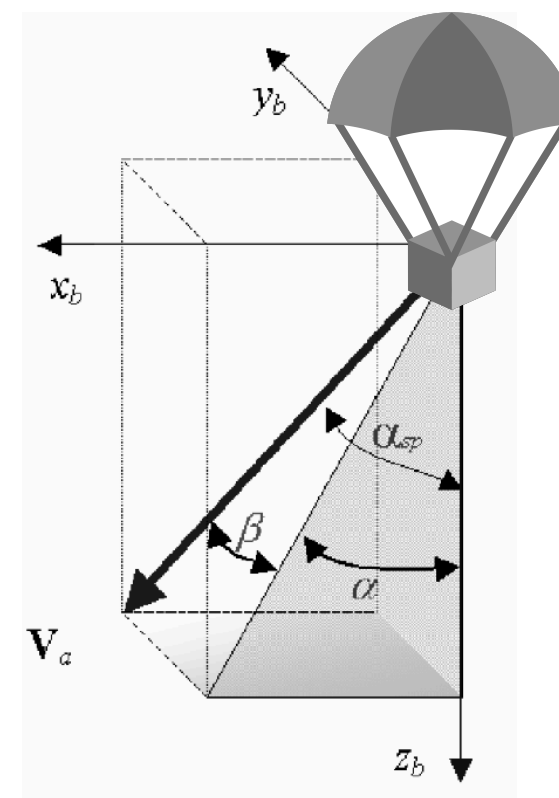
S_0 : 投影面積

α_{sp} : 迎角

ρ : 空気密度

Six-degree-of-freedom model of a controlled circular parachute.

Vladimir N. Dobrokhodov, Oleg A. Yakimenko, and Christopher J. Junge. Journal of Aircraft, Vol. 40, No. 3, pp. 482–493, 2003.

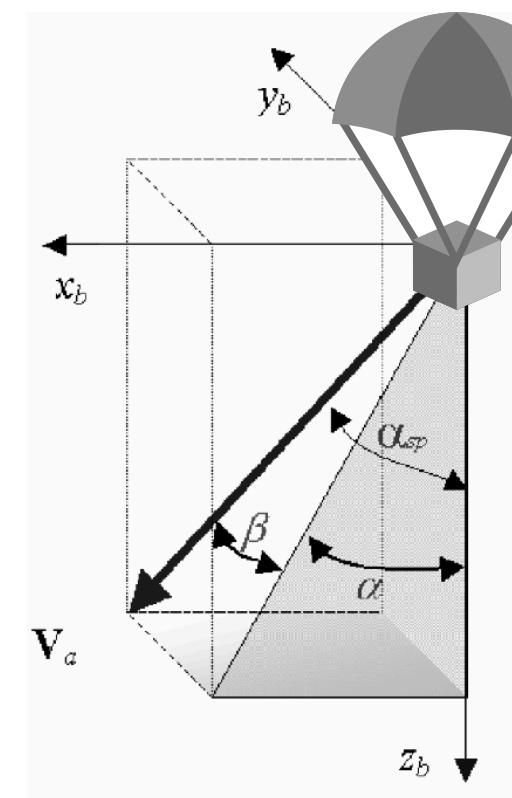


M_a : aerodynamic moment (1)

$$\mathbf{M}_a = 2q S_0 R_0 \begin{bmatrix} C_m(\beta) \\ C_m(\alpha) \\ \textcolor{red}{C_n} \end{bmatrix}$$

\mathbf{M}_a : aerodynamic moment
 C_m : 空力モーメント係数
 q : 動圧

S_0 : 投影面積
 R_0 : キャンピの半径



Six-degree-of-freedom model of a controlled circular parachute.

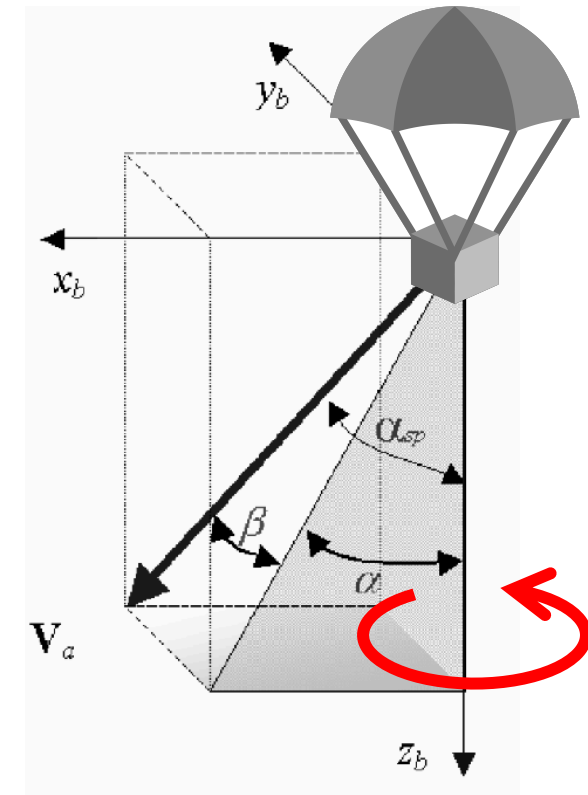
Vladimir N. Dobrokhodov, Oleg A. Yakimenko, and Christopher J. Junge. Journal of Aircraft, Vol. 40, No. 3, pp. 482–493, 2003.

M_a : aerodynamic moment (2)

C_n : モーメントのyaw成分

- ライザーの長さが全て等しい時は 0
- 0以外の時パラシュートが回転

ライザーの長さと C_n の関係を調査中

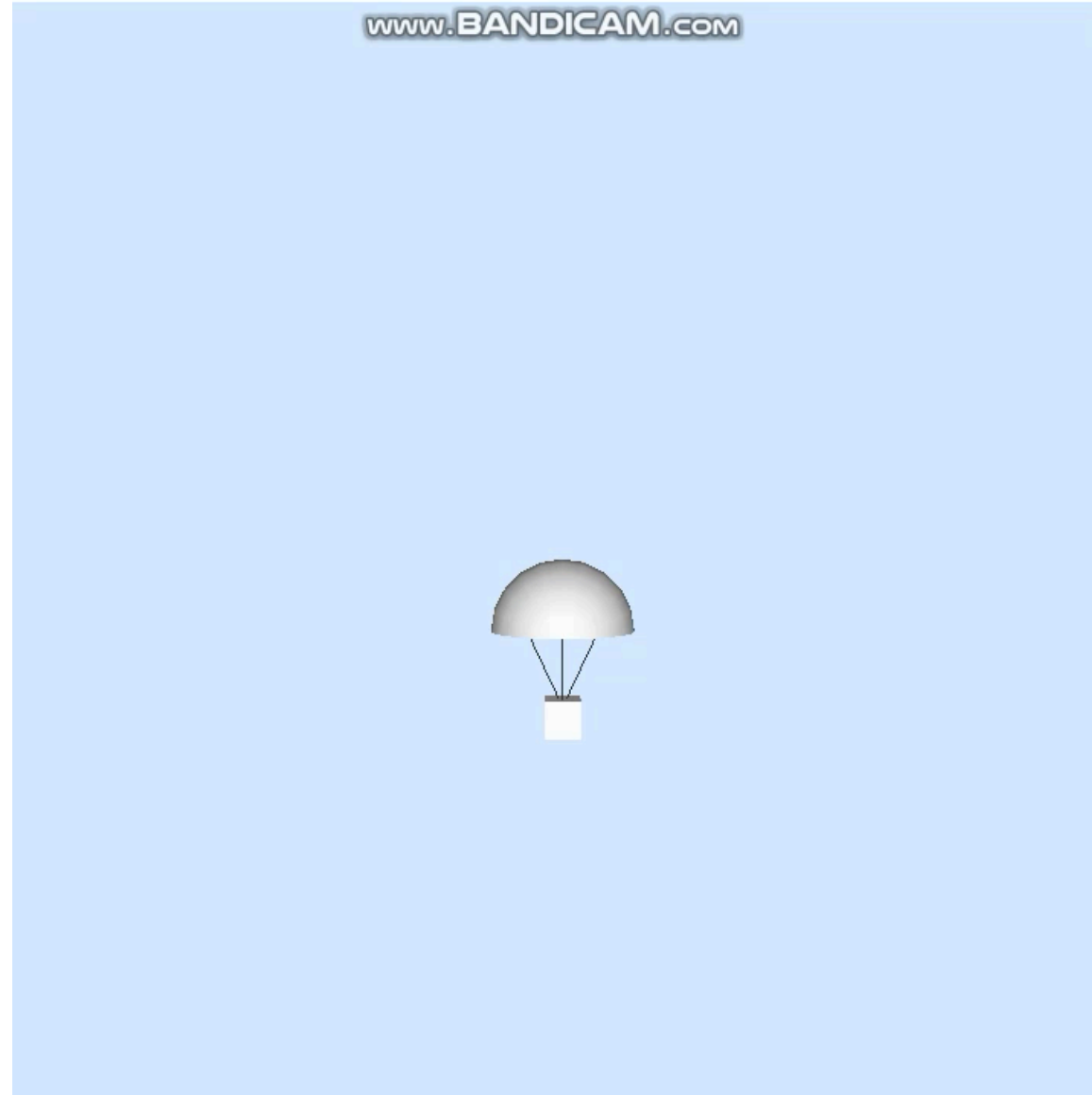


Six-degree-of-freedom model of a controlled circular parachute.

Vladimir N. Dobrokhodov, Oleg A. Yakimenko, and Christopher J. Junge. Journal of Aircraft, Vol. 40, No. 3, pp. 482–493, 2003.

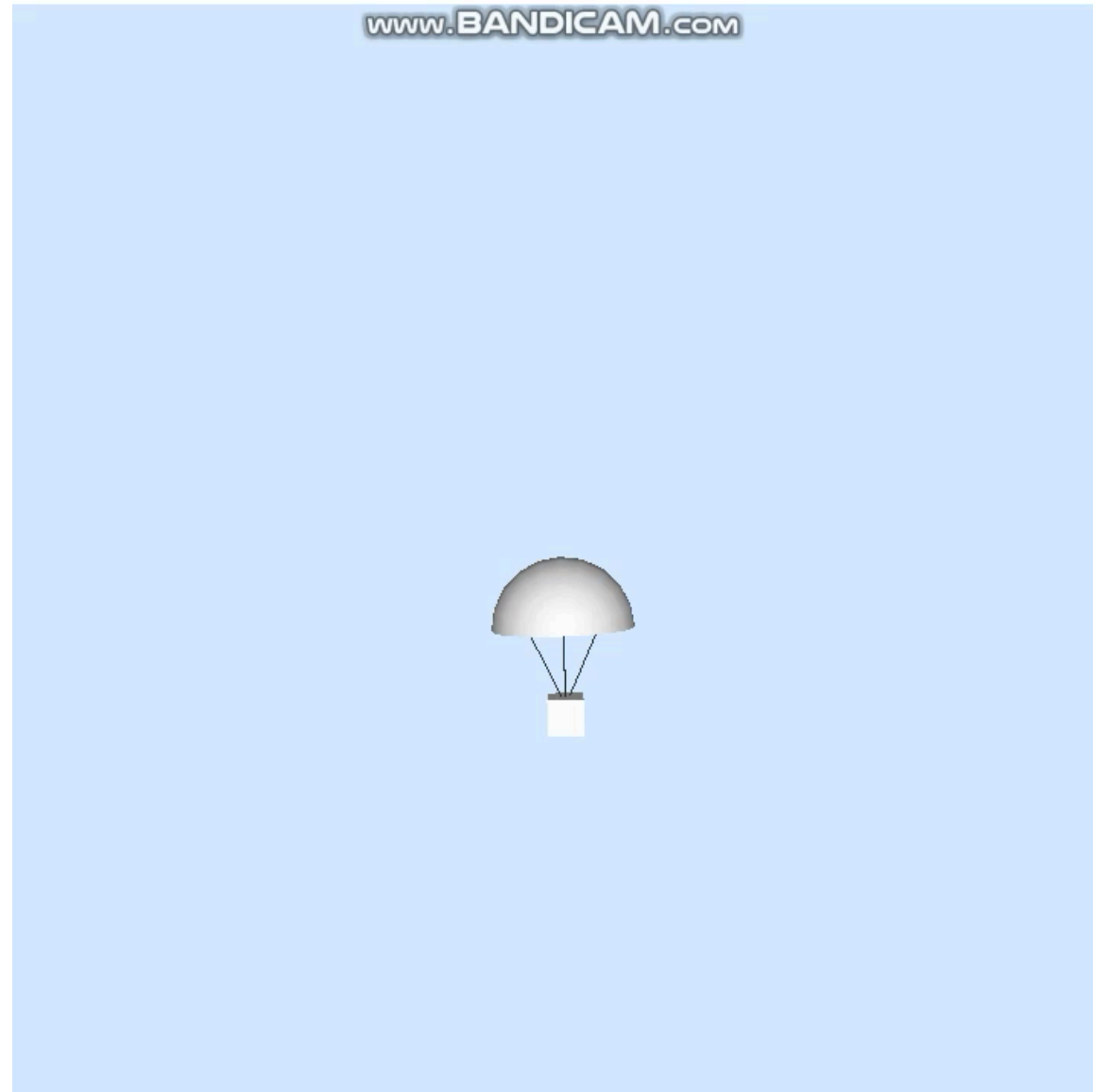
現在の進捗 (1)

- $C_n = 0$
- → 向きの風



現在の進捗 (2)

- $C_n = 2$
- → 向きの風





今後の方針

- モデルについて
 - ライザーの長さと c_n の関係の調査
- パラシュートの見た目について
 - 紐やキャノピーのたわみ
- 昼花火について
 - 煙と組み合わせる