

アルソミトラの種子の表面形状が滑空に及ぼす影響

荒尾空輝 川染翔吾 多田英資 坪本颯史

アルソミトラの種子は滑空を行うことで有名で表面には細かな凹凸がある。その凹凸が滑空にどのような影響を及ぼしているのか気になり研究した。

凹凸によって抗力が減少するには条件があることが分かった。同じ大きさ形の凹凸でも風速が異なれば翼の周りの空気の流れも異なった。アルソミトラはその凹凸の大きさに対し十分に滑空速度が遅いため、凹凸が有効に働くと考えられる。

Alsomitra seeds are well known for high ability to glide long distances. We focused on effect of rough surfaces on the glide of these seeds.

We measured the drag of some types of wing models which have bumps on the surface or not. We did this by using our own balance, and observed the current of air around model wings by using wind tunnel.

We found that the bumps reduce the drag when subject to certain conditions, and *Alsomitra*'s seeds probably need these conditions. But, we couldn't clearly conditions, because we height of the bumps of the model wings was too small and air speed was too slow.

【研究の動機と目的】

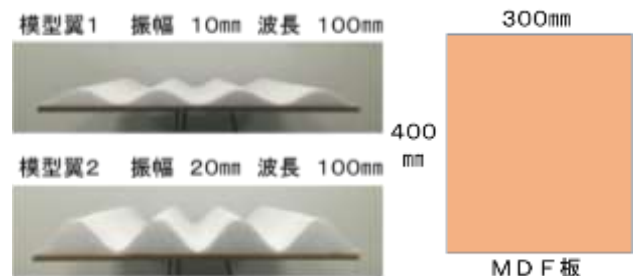
アルソミトラは無風状態でも能動的に長距離を滑空することで有名で多くの研究がなされてきた。科学雑誌「Newton」にはアルソミトラの表面には細かな凹凸があり、それが滑空に影響を及ぼしているとあった。また、これまで多くの研究でアルソミトラの飛行模型が作成されてきたが、私たちが調べた限りそれらの模型には本体にみられる凹凸が模倣されていなかった。

そこで凹凸が滑空に及ぼす影響や凹凸が模倣された模型とされていない模型では滑空性能どのように異なるのか、またその原因が気になり、研究するに至った。

【実験器具】

【模型翼】(図1)

アルソミトラを sin カーブでモデル化。
MDF 板に発泡スチロールを接着。



(図1)

【実験①で用いた器具】

模型翼 1 模型 2

扇風機 (三脚折りたたみ式工場扇 45cm)

効力測定用自作天秤 (図2)

: 棒 (1537mm, 350g の金属棒) おもり



(図2)

【実験②で用いた器具】

模型翼 1 模型翼 2

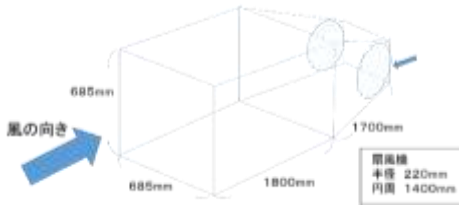
扇風機 (三脚折りたたみ式工場扇 45cm)

スモークマシン

自作風洞装置(図 3)

: 開口部、閉口部に整流発生のための網(20#, 1.03mm)を設置する。

風速約 1.2m/s



(図 3)

【実験③で用いた器具】

模型翼 3 扇風機

スモークマシン

自作風洞装置

【実験方法】

【実験①】 抗力の測定

実験 1 では、実験器具のページで説明した図 2 の装置を用いる。

天秤の片側に模倣翼を棒に対して垂直に設置し、無風時に錘の位置を調節し、釣り合いの状態をつくる。上の状態で棒を手で持ち、模型翼に上から下向きに風を当てる。棒から手を離れた後、時間をおき、天秤の揺れが大きい場合は釣り合っていない、揺れが極めて少ないまたは無い場合は釣り合っている、とみなすこととし、錘の位置を調整することで釣り合いの位置 X を測定する。

(この計測の仕方を採用した理由: ただ風をあて続けるのみでは、模倣翼が色々な角度から風を受けることになり、正確な値を録ることができないから。) 測定した X と錘の重さをもとに、力のモーメントを用いて抗力を測定する。

本実験では 80, 100, 120 [g] の重りを用いる。

【実験②】 気流の観察

実験 2 では実験器具のページで説明した図②の装置を用いる。

風洞機に模倣翼を設置し、スモークマシンの煙を用いて気流を可視化することによって、それぞれの模倣翼の表面の気流の流れを観察する。

発生させる風の風速は 1.2 [m/s] に統一する。

【実験方法—実験 3】

レイノルズの相似則をもとに、実際の気流を再現するため模型翼の波長と振幅、風洞機の風速を以下のように設定する

	波長	振幅	風速
実物	2.10 mm	0.33 mm	0.30 m/s
模型翼 3	2.00 cm	0.30 cm	0.25 m/s

(図 7)

上の条件下では模型翼 3 の気流はアルソミトラが約 2.5m/s で滑空を行っていることになる。これは気流を観測できる最小の凹凸の大きさと、風洞機の最低風速であるためである。

風速が非常に小さいため抗力の測定はできなかった。

気流の観察の基本的な操作方法は【実験 2】と同様に行うこととする。

【実験結果—実験①・②】

【実験①】				
	80 g	100 g	120 g	平均
模型翼①ラップ無	0.101	0.087	0.101	0.096
模型翼①ラップ有	0.033	0.022	0.029	0.028
模型翼②ラップ無	0.172	0.136	0.145	0.151
模型翼②ラップ有	0.101	0.077	0.093	0.09

模型翼 1・模型翼 2 共に凹凸有りのほうが抗力は大きくなった。

また、振幅が大きい凹凸のほうが抗力が大きくなることが分かった。

【実験②】

凹凸の谷に渦が発生した。しかし、発生した渦は乱れたものであった。

また、模型翼の周りに流れる気流は乱れていた。

(図 5)



模型翼 1 周辺の気流



模型翼 2 周辺の気流

【考察—実験①・②】

下図のように、凹凸の谷で減圧状態と高圧状態が交互にできたと考えた。

この高圧状態と減圧状態によって、風と逆方向に力が働き、これが抗力になったと考えられる。

「Newton」には凹凸によって抗力は減少するとあったが、実験①では凹凸ありのほうが抗力が大きくなったのは、模型翼の周りの空気の流れがアルソミトラの周りの気流とは異なったためだと考えられる。

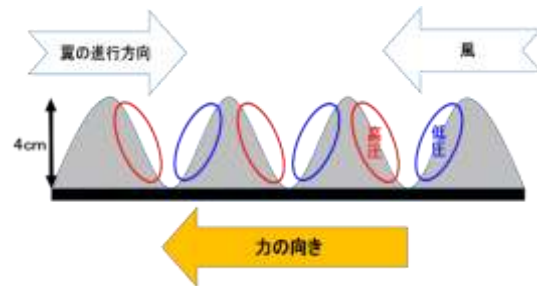
実際にアルソミトラを購入し、波長と振幅の比、また滑空速度を計測した。

計測結果から、模型翼 1・2 はともに波長と振幅は実際のものとは異なるものの、波長は約 50 倍であった。

実験②では風速が 1.2m/s だったのでレイノルズの相似則（資料 2 を参照）より

模型翼の周りの気流の流れはアルソミトラが約 60m/s で滑空を行っているときの流れと相似ということになる。実際にアルソミトラが滑空を行っているときの周囲の気流と相似にしなければアルソミトラにおける凹凸の効果は調べられないため、レイノルズの相似則をもとに波長、振幅、風速を変更する必要がある。そうすると、流れ方は異なり抗力が小さくなると考える。

(図 6)



【結果・考察 実験③】

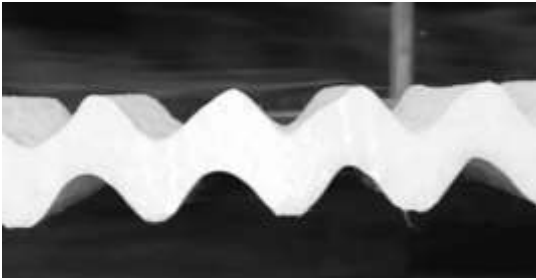
【結果】

実験凹凸の谷全体に綺麗な渦が発生した。翼の周りの気流は乱れず整流だった。

【考察】

凹凸により抗力が小さくなる時、凹凸の大きさと飛行速度が一定の条件を満たす必要があると考えられる。模型翼 3 では模型翼 1・2 と比べて明らかに空気の流れ方が変わった。抗力を測定することは出来なかったが、もっと風速を遅くする、つまりアルソミトラの周辺の気流と相似にすると凹凸の一つの谷の一つのきれいな渦が発生し気流がより安定すると考える。そしてその気流が抗力を減らしていると考え。逆に飛行速度が速い飛行体には凹凸は有効ではなくなる。

(図 8)



【各種資料】

【資料 1】

アルソミトラ・クロカルパとはウリ科、アルソミトラ属の一種。インドネシアやニューギニアなどに分布するツル植物である。ほかの樹木に巻き付き 30 メートル以上の高さまでに伸び、人頭大の果実をつける。この実には、薄い膜質の翼をもった種子が 400 個程度つまっている。種子の翼幅は 12～14 センチメートルほどで、実が熟すと果実の底部に穴が空き、そこから種子が順次落下し散布する。

カエデやツクバなどの種子も翼をもっているが、風任せの受動的な落下散布である。それに対しアルソミトラは全く異なっており、能動的ともいえる滑空を行う。その滑空性能は非常に高く、下がった高度の約 4 倍も水平方向に滑空する。飛行速度は、無風状態で毎秒 30 センチメートルほどだ。その滑空性能を実現しているのは適切な重心位置とその翼の形状だといわれている。



(アルソミトラ 1 cm 方眼用紙の上で撮影)

【資料 2】

<レイノルズの相似則>

流体の密度、粘性率は一定であるとする。

上の式から、実際の状況と相似な状況で実験を行うためには、物体の大きさと流速が反比例の関係になる、という性質を用いて風速を決定する必要がある。

$$R = \frac{\rho UL}{\eta}$$

R	レイノルズ数	L	物体の大きさ
ρ	流体の密度		
η	流体の粘性率		

【参考文献】

- ・科学雑誌 Newton 「植物—驚異の生態」 2013 年 10 月
- ・アルソミトラマクロカルパの種子の模型製作
著者・萩原信介
- ・図解入門よくわかる最新流体工学の基本 2016 年 著者・小峯龍男 秀和システム

