

## どうして飛行機は飛べるの？

田崎 晴明 + 田崎 真理子

**リカ** あ、博士。こんにちは。質問いいですか？ 質問！

**博士** おー、これはリカちゃん。じゃない、リカ先生。なんだね？ 先月のビッグバンの質問の続きかな？

**リカ** そっちもありますけど、今日は緊急。飛行機が飛ぶ理由ってちゃんとわかってるんですよね？

**博士** おっ、出たな。定番の難題じゃない。

**リカ** えっ？ 難題ってことは、やっぱりわかってないんですか？

**博士** いやいや、そんなことはない。いくら何でも、飛行機が飛ぶ理屈は、わかっている。物理の言葉できちんと説明できておるぞ。

**リカ** ああ、よかった。

なんかね、同僚の F 先生が「今の科学では飛行機がとぶ理由もわかってない」とか言うんですよ。で、私が「そんなの、ちゃんとわかっているはずだ」って言ったら、科学なんてみんな「仮説」なんだから、そういう風に科学を盲信している人は頭が堅いんだって。その先生は、ナントカいう本を読んで頭が柔らかくなったらしいんですよ。

**博士** おー、そうか、頭がグニャグニャに柔らかくなったんじゃない。その先生が読んだのは、竹内薫の『99.9 %は仮説』という本じゃろ。その本の出版社が送ってくれたんで持っておる。あ、これじゃ



短距離離着陸実験機「飛鳥」(JAXA提供、転載禁止)

これ。たしか、出だしに飛行機の話が書いてあったはず。

**リカ** ヘー、そんなことが書いてあるってことは、これって、インチキな本なんですか？

**博士** いや、竹内さんは物理を専門的に学んだ人で、分野によってはむしろなんかよりもしっかりとした知識を持っておるはず。きちんとした解説書もいっぱい書いておるよ。

**リカ** ふーん。で、この本はちゃんとしてるんですか？

**博士** さーて、そ



こが難しい。ウソは書いてないんじゃないが、何というか、書き方が妙に偏っているとわしは感じる。科学の、一見「いい加減」っぽく見えるようなところばかりを強調していると言えいいかのお。

**リカ** ちゃんと専門的な勉強をした人が、なんでそんな本を書いたんでしょうね？

**博士** 世の中には「科学は絶対に 100 % 正しい」と思いこんでいる人がいる。そんなことはないんだよって、竹内さんは言いたいんじゃないかのお。それには、わしも大賛成じゃ。

じゃが、思いこみをぶち壊すのに精を出しすぎて、科学のよいところまでぶち壊しているように思うんじゃないよ。

### 揚力が生じる理由（？）

**博士** たとえば、冒頭から「『飛行機がとぶしくみ』なんてものは、案外、よくわかっていないものなのです。」と来る。その理由というのが、これまで色々なところに書いてあった「飛行機が飛ぶ理由のわかりやすい説明」は実はマチガイだという話なんじゃ。

**リカ** おー、それは、言いがかりですなあ。

**博士** いやいや、言いがかりじゃない。マチガイの説明が広まっているというのは事実で、わしも前々から気になっておった。

けれど、解説本の説明がマチガッているからといって、一足飛びに「飛行機が飛ぶのは『仮説』だ」というのは、ちょっと困りものじゃよなあ。

**リカ** ぬぬ。なんか話が込み入って来ましたねえ。

**博士** そうじゃな。せっかくだから、まず「よく見かけるマチガッタ説明」につ

いて説明しておこう。

**リカ** 子供にわかりやすい説明を心がけるリカ先生としては、反面教師にする所存で伺います。

**博士** まず、確認しておこう。飛んでいる飛行機にはどういう力が働いておるかな？

**リカ** まずは重力ですね。機体は重いですからねえ。

**博士** その通り。もし重力だけが働くとなると、飛行機は下に落っこちてしまう。よって、それを打ち消すような上向きの力が働くことになる。

**リカ** それが、揚力ですね。浮力じゃないんですよね。

**博士** お、よく知っておるなあ。ま、言葉はどうでもいいんじゃないがな。

揚力は飛行機を上向きに押す力じゃが、重要なのは、飛行機が止まっているときには揚力はないということ。そこが浮力との大きなちがいじゃ。

**リカ** あ、なるほど。気球は浮力で浮いているから、とまって漂っていられるわけですね。飛行機は揚力をつかっているから、びゅーんと飛び続けていないと落っこちちゃうわけだ。

**博士** そのとおり。ジェットエンジンやプロペラで、飛行機が空気抵抗にさからって飛び続けるための力を作っておるんじゃない。そうやって飛行機が空気の中をびゅーんと飛ぶことで揚力が生まれる。

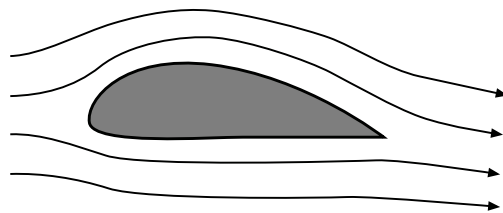


図1 翼に沿って生じる空気の流れ

さて、この図を見てごらん（図 1）。  
どうやって揚力ができるかのウソの説明  
を始めるぞ。

**リカ** リカは、そう簡単にはだまされませんよ。

**博士** 飛行機の中から翼を見たつもりになっておくれ。翼は止まっていて、前からまっすぐに風が吹いてくると考えよう（これは、別にインチキじゃない）。

この説明のポイントは、飛行機の翼の形じゃ。カマボコ型をしていて、下が平らで上が丸くなっている。飛行機が前に進むとき、この翼のまわりを空気がどう流れるかを、まわりに曲線で描きこんである。

**リカ** 翼にあたって二つに分かれて、後ろでまた合流するわけですね。

**博士** そう。そこがポイントじゃ。マチガッタ説明の筋書きはこうだ。

- (1) 翼の上と下を通る流れを比べると、上の方が道のりが長い、
- (2) 翼のところで分かれた空気は、翼の後ろで同時に合流するから、上を通る方が速く流れる、
- (3) 流れが速い空気の方が圧力が低い、
- (4) 翼の上で圧力が低くなれば、翼は上向きの力を受ける。

さて、納得できるかのお？

**リカ** ええと、(1) は見たまんまだし、(4) は確かにそうだと思いますねえ。(2) は、そう言われればそうかなって感じかな？(3) は意味不明ですにや。

**博士** まずまずじゃな。(1), (4) が正しいのは、その通り。(3) は「ベルヌーイの定理」と呼ばれる法則で、現実の空気ではおおむね正しい。ただし、「同じ流れに沿った二つの部分を比べたとき、速さが速い部分の方が圧力が低い」というのが正確な言い方じゃが。

ここで問題なのは (2) なんじゃ。分かれた空気が後ろで同時に出会う理由などないし、実際、調べてみると同時に出会ったりはせんのだ。

**リカ** 言われてみれば、そうでしょうねえ。別に時計を持って待ち合わせをしているわけじゃないし。

**博士** そもそも、理屈抜きでも、この説明がおかしい事はすぐにわかる。

飛行機の翼には、平板翼という平らな板に近いものもある。それなら、上下を通る道の長さは変わらんはずじゃが、ちゃんと揚力は発生する。それに、翼の形で揚力が決まるんじやったら、飛行機がひっくりかえって飛ぶ背面飛行もできないことになってしまうじゃろ。

**リカ** おかしな事ばかりですね。そもそも、この説明はちっともわかりやすいと思わないんですけど。

**博士** そうじゃよなあ。ベルヌーイの定理なんてぜんぜん当たり前じゃないしのお。なんで皆が、こんなややこしい理屈（しかもマチガッてる）をわかりやすい説明だと思ったのかが、未だ解けぬ最大の謎じゃ！

## 揚力は反作用

**博士** ところで、リカ先生は、力学の「作用反作用の法則」は知っとるよな？

**リカ** 「私が何か他の物に力を及ぼすと、物からも私に力を及ぼす」みたいな奴でしたっけ？

**博士** それであつとるよ。簡単そうだが、これこそ、天体から原子・分子まで、ものすごく広い範囲で成り立つ重要な物理法則じゃ。

この法則のわかりやすい例は、この絵みたいに、静止したトロッコに乗っている人が、地面に触れずにどうやってト

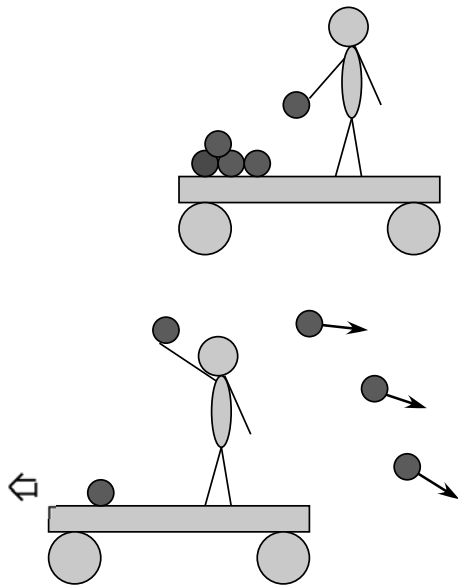


図 2 ボールに力を加えて後ろに投げた反作用で、トロツコを動かす

ロツコを走らせるか、という奴じゃろうな（図 2）。

**リカ** あ、それわかりますよ。ボールを後ろ向きに投げるとしては、ボールに力を加えるってことで、その反作用を受けるからトロツコは前に進む。この前、子供たちとペットボトルロケットを作ったとき、ちゃんと勉強したのですじゃ。

**博士** ふーむ、それでスラスラと答えられたわけか。ペットボトルロケットもいい例じゃな。わしらが歩けるのも、地面を蹴ったときの反作用のおかげじゃ。そして、実は、飛行機に働く揚力だって反作用なんじゃよ。

**リカ** え？ でも、ペットボトルロケットと違って水を噴射するわけじゃないし、もちろん、ボールも投げてないでしょ。何か代わりになるものがあるのかにや？

**博士** ここで、水やボールの代わりになるのは、空気の流れじゃ。さっきの「マ

チガッタ説明」の図を見てごらん。この絵に描いてある空気の流れは、だいたい正しいんじゃ。翼の後ろの空気はどうなっておるかな？

**リカ** 少し下向きに流れてますね。

**博士** そのとおり。というか、そういう風に描いたんじゃがな。

でも、実際にも翼の後ろの空気は、多かれ少なかれ、かならず下向きに流れておるんじゃ。前からまっすぐにやってきた空気が、下向きを向いているということは・・・

**リカ** あっ、空気は下向きの力を受けたってことか！

**博士** そのとおり。空気に力を与えることができるのは、もちろん、翼だけじゃ。ということは・・・

**リカ** 翼は反作用で上向きの力を受ける！！

**博士** それが揚力じゃ。圧力だとか渦だとか、難しい話をもちださなくても、ペットボトルロケットと同じ理屈で、飛行機が落ちない理由は説明できるんじゃよ。

## 下向きの流れができるわけ

**リカ** 「翼は下向きの空気の流れを作り出す。その反作用が揚力」ってことですね。でも、その肝心の下向きの流れはどうやってできるんだろう？

**博士** ふむ、正しい質問じゃな。実のところ、それは、まあ、一言では片づかない話じゃ。世の中にはいろいろな種類の翼があつて、それぞれ空気の流れをうまくコントロールして下向きの流れを作っているくらいのこととしか言えんのお。

いかにも下向きの流れができそうな翼もあるし、なぜそんな流れができるのか不思議な翼もある。航空宇宙技術研究所

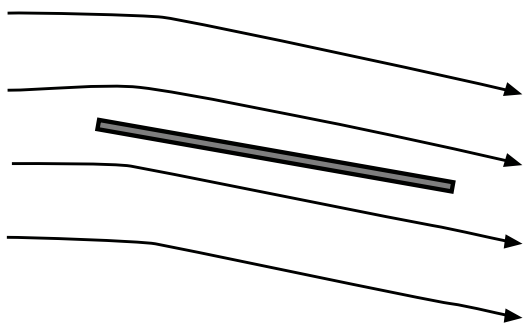


図 3 迎え角をもつ平らな翼に沿って生じる空気の流れ。下向きの空気の流れができるのがポイント

（現在は、宇宙航空研究開発機構 JAXA）が開発した「飛鳥」という飛行機なんかは、エンジンを翼の上にのせて下向きの空気の流れをつくりだしている。大きな揚力ができるので、短い滑走路でも離着陸できるそうだ。

**リカ** 最初のページの写真の飛行機ですね。大きなエンジンがついていて、いかにも浮かすぞって感じですね。

**博士** 下向きの流れの発生が一番わかりやすいのは、こういうふうに傾けて迎え角を持たせた平らな翼じゃろうな（図 3）。

**リカ** いかにも浮きそう。

**博士** そう、その直観は正しいぞ。

板がこういう風に斜めになっていて、前からまっすぐに空気が流れてくる。板の下側にあたった空気の流れは板に邪魔されて下に向く。板の上側を通ろうとした空気の流れは、まっすぐ進むと板の上が真空になってしまうので、やはり下向きに曲げられる。

そこで、板の後ろ側には下向きの流れができることになる。その結果、板には上向きの力が働くんじゃ。

**リカ** おー、わかりやすい。さすが博士！

**博士** ふおっふおっふおっ。そうじゃろそうじゃろ。

じゃが、実は、この説明はわかりやす過ぎて、ちょっとずるいところもある。下向きの流れができるためには、空気の粘性（ねばりつけ）が必要なんだが、実際に、それをきちんと取り入れた計算をするのは、すごく難しいんじゃよ。

**リカ** それで、「飛行機が飛ぶ理由は分かっていない」という話になるんですか？

**博士** まあ、そうだろう。下向きの流れができるのは、経験からいっても確実だが、それを理論計算で完璧に示すのは難しい。

竹内さんは、それを理由に「飛行機が飛ぶというのはただの『仮説』に過ぎない」と言っとるように、わたしには見える。

**リカ** そうなると、さすがに無理があるかも知れないですねえ。

**博士** そう思うぞ。たとえば、地面を蹴ってその反作用で歩くためには、靴と地面のあいだの摩擦が不可欠じゃ。ところが、靴や地面の分子のふるまいからどんな摩擦が生じるかを計算するのは、すごい難問で、未だに解決しておらん。だからといって、「私たちが歩けるっていうことも『仮説』に過ぎないんです」というのはやっぱり変じゃろ。

**リカ** うん。わかった。竹内さんっていう人の本のノリが分かった気がする。

要するに、「(A) 大元の原理（作用反作用の法則）はバッチリわかっているけど、(B) 空気の流れ方の細かいところはイマイチわからない」というときに、(B) のことばかり強調するんだ。本当は、まず (A) のすごさに感動してほしいところなのに！！

**博士** お見事。そういうふうには、物事のレベルを分けて考えられるのが、本当に思考が柔軟ってことじゃよ。

それだけわかったところで「99.9%」の本を読んでみれば色々と学ぶところもあると思うぞ。面白いエピソードも沢山紹介されておる。せっかくだから貸してあげよう。

**リカ** よおし、批判的に読書して、F 先生とどっちが頭が柔らかいか勝負しよう！

#### 【参考文献】

竹内薫『99.9 %は仮説』光文社新書  
2006年

☆リカのおすすめ☆

日本機械学会編『流れのふしぎ』講談社  
ブルーバックス 2004年

☆ ポイント1 ☆身近な物を使ってできる  
遊びや実験が満載！ 小学生から大人  
まで楽しめます。

☆ ポイント2 ☆それがどんな役に立っ  
ているかや、タネあかしをやさしく分か  
りやすく解説。大人もなるほどと思う  
発見があるはず。

RIKATAN 2007 年 5 月号所収

雑誌掲載原稿にごく簡単に手を加えた

リカ先生のイラスト 常田麻里子