

飛行機は何して飛ぶか

東大工学部助教授 山本峰雄
東大航空研究所員



山本峰雄 教授

滑走

問 飛行機は、何故飛ぶので

答 簡單に滑走の

に申しますと、先づ發動機によつて、プロペラを廻らせ、それによつて空気を後ろに押しやつて前進します。それは水泳の時、水を後に押し進めて進むのと同じです。飛行機が空気を蹴つて進むことを滑走といひます。滑走が始まると翼は風を受けます。

問 滑走が始まると翼が風を受けるといふのは、

答 風を考へてごらん下さい。風は風のある

出来るのです。この二つが加はつて揚力となるのです。揚力は常に風の方向と直角方向に起ります。

問 押し上げる力といふのは何ですか。

答 前の翼を上げる場合の話でいひますと、風が翼に當ると、翼は所謂『迎へ角』といつて斜め上に向いてゐるため、風は翼にぶつかるとFの方へ押し下げられ、翼はその反動で翼の上へられる。それが翼の浮く理由です。

飛行機の翼も、やはり、翼のやうに迎へ角を持つて取りつけてありますから、そこに當る空気が押し下げられ、反動に飛行機は浮き上がるやうになるのです。

然し飛行機が浮き上がるのは、この押し上げる力の働きの割合に小さく、もう一つの吸ひ上げる力の働きの方が遙に大きいのです。

問 吸ひ上げる力と云ふのは何ですか。

答 翼のやうに半紙を持つて、口を半紙の縁に付けて上側に沿つて、息を強く吹いてごらん下さい。息を吹く前は半紙はその重みの爲に下つてをりますが、息を吹くと、翼の點線のやうに半紙は持ち上ります。一寸考へると風の爲に、半紙は却て下りさうに思はれるのですが、事實は反對になります。これは風が半紙の上を

押し上げる力と吸ひ上げる力

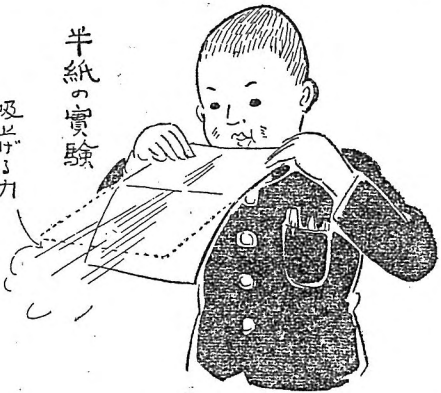
問 揚力といふのは何ですか。

答 一口にいへば浮き上がる力です。翼に風を受けると、翼の下面の空気に翼を押し上げる力、翼の上面の空気に翼を吸ひ上げる力が

通ると、そこに半紙を吸ひ上げる力の出来る證據です。大風の時など、よくトタン屋根が飛ばされることありますね。これは下から風が吹き上げることもありますが、下から吹き上げなくとも飛ぶことがあります。強い風が屋根の上を通るとそこに物を吸ひ上げる力が生ずるからです。

半紙の實驗

吸ひ上げる力



問 何故、風が物の上を通ると、吸ひ上げる力を生ずるので

答 それは物理学でいふ、ベルヌリの定理といふ現象が働いてからです。

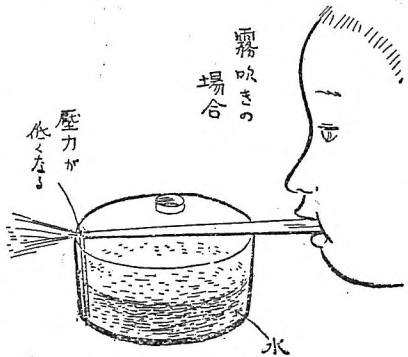
ここに、ベルヌリの定理といふものを説明します。

水とか空気とか即ち流体の流れは、動壓と静壓と二つの壓力を持つてゐるが、その動壓と静

壓の和は常に等しい。それがベルヌリの定理です。動壓といふのは流体が運動して居る爲に持つて居る壓力、静壓といふのは流体の中に働いて居る壓力です。それで動壓は流速の速度が早ければ早いほど大きくなります。さうすると、動壓と静壓の和は常に等しいので、動壓が小さくなるわけです。即ち、風の速度が早ければ早いほど、動壓が増し、静壓が減り、遅ければ遅いだけ、動壓が減つて静壓が増すのです。

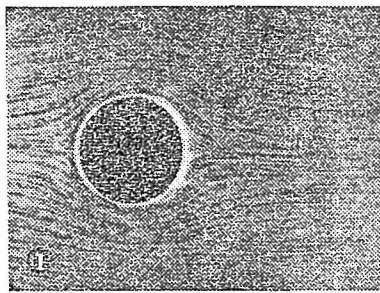
問 それで、物の上を急速に風が流れて静壓が減ると、どういふことになるのですか。

答 静壓が減ると物を吸ひ上げる力がそこに働きます。それは始めに話した半紙の實驗でもわかりますが、もう一つ實例をお話ししましょう。皆さんの自宅でお使ひに



霧吹きの場合

ち、飛行機を押し上げる力は翼の下の空気に高い氣壓が加はる以上、上の空気の氣壓が低くなつた爲めですから、これは下の氣壓が押し上

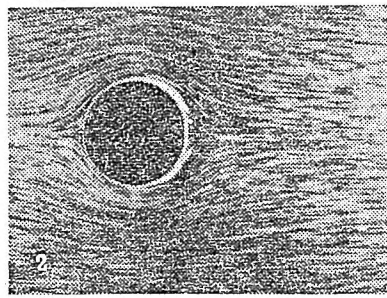


空気（くうき）に粘り（ねば）気（け）がある

問 ちよつと待つて下さい。低い気圧が吸ひ上げるといふのは、それでいふとして、しかし、飛行機は翼の上にも下にも同じ風を受けるのではありませんか。それが上の方の風は気圧が低くなり、下の風はさうでないといふのは、おかしいではありませんか。

答 その通りです。飛行機の理論のむづかしいのは、あなたの御質問はまことに御尤です。飛行機が、翼の上と下に同じ風を受けながら、上の方の気圧は低くなり、下の気圧はさうでない

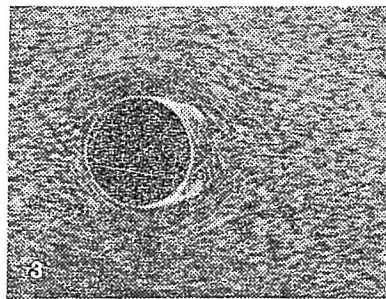
げたのでなく、上の気圧が吸ひ上げたといふのです。



といふところに、面白いことがあるのです。それは空気に粘り気があるといふことから起る現象なのです。

問 空気に粘り気があるといふことは珍らしいお話ですね。

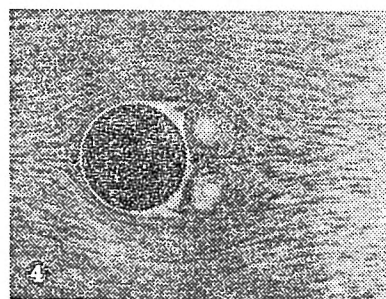
答 わかりやすいやうに、空気の流れの中に圓筒を置いた場合から説明しませう。



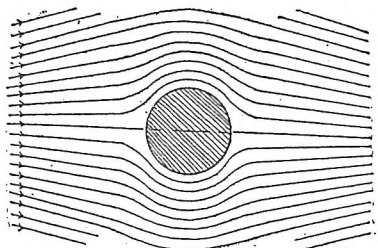
を隔つて置かなければならぬことがあります。それは、水でも空気でも、流れは、その流れる場所が狭くなればそれだけ速度を増し、廣くなればそれだけ減るといふ法則であります。河川の廣いところでは水がゆつくり流れ、狭いところ

では速く流れるといふことは、皆様が目に見ることが出来ますが、空気もそれと同じ現象を持つて居るのです。即ち、一つの管の中に空気を流して見ますと、管の太くなつたところではゆつくり流れ、小さくなつたところでは速く流れるのです。

そこで本論に入りまして、空気の流れ、即ち風の中に一つの圓筒を置きますと、これによつた空気の流れる経路を書いて見ると、その如くになります。之を流線と云ひます。隣合った流線の間を一つの管と考へ、これを前の法則に照合せますと、圓筒の頂点に行くに従つて



はつまつて居りますから風は此處で次第に速度を増し、頂点に達すると、それから速度を減じて、その末端に於て、また始

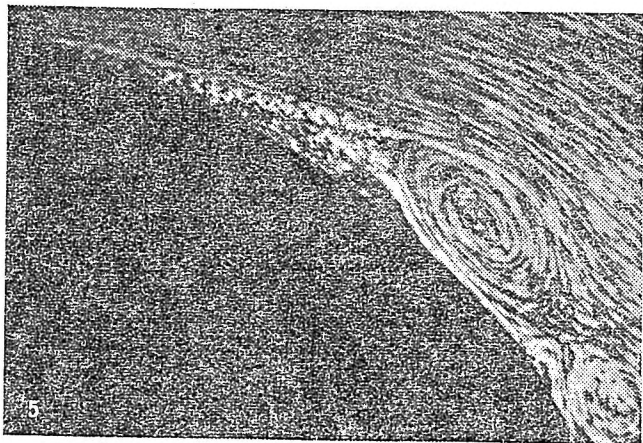


めの速度に歸るわけです。そこで、一つ皆様に御記憶願ひたいことは、前にいつたベルヌリの定理に従つて、風の速度の一番速い圓筒の頂点に於て、空気の静圧が一番低くなつて居ると

いふことでもあります。これをしつかり腹に置いて讀いた上で、空気の粘り氣の話に入ります。

前頁に挿入した寫眞をごらん下さい。これはアルミニウムの粉を入れた水の流しの中に圓筒を置いて、どんな現象が起るかを観た寫眞です。(1)は静止して居る圓筒が動き始めた瞬間で水の流れが極めてゆるやかな場合、(2)(3)(4)は流れの速さが、だん／＼早くなつて來た場合の寫眞です。

さて、(1)の如く、水の流れが極めてゆるやかな時は、水は圓筒の上下を傳はつてゆつくり流れるので、これといふ現象も目立ちませんが、(2)(3)(4)と流れが早くなるに従つて圓筒の後半か



ら末端に變つた現象を見せ居ります。何うして斯ういふ現象が起るかといふと、それは水に粘り氣があるためです。

水に粘り氣のあることは今更説明する必要はありませんが、水の流れの中に圓筒を置きますと、圓筒に接した部分の水は圓筒の表面にね

ばり着いて圓筒の表面の水の速度は零となり、それから外側に行くに従つて、速度は段々と増して、表面から或る一定の厚さの點に至つて始めて一般の水の流れと同じになります。斯うして、外側の流れより遅れて流れる部分を境界層といひますが、この境界層は、寫眞のやうに、圓筒の後方に行くに従つて厚さを増して、末端のある點からは急に流れに亂れを生じて居ります。この流れに亂れを生じた部分を亂流境界層といひます。之に反し、中の流れに亂れがなく、境界層の中の水が層状をなして居る場合は、之を層流境界層と云つて居ります。

さて、こゝで思ひ出して置きます。第一は、この流れは、もと／＼圓筒の頂点に於ては流れの速度が一番早いので、従つて、頂点の部分は壓力が一番低く、圓筒の後尾に於ては速度が遅くなるので、従つてこの部分の流れはだん／＼に壓力が高くなつてゐるといふことです。加ふるに、境界層は後尾に至るほど厚くなり、その境界層内は流れの速度が一層遅いのですから、従つてその部分の壓力は一層高くなつてゐるといふことです。しかも、境界層の外側の壓力は境界層の内にも傳はりますから、さうすると水でも空気でも、すべて流線は、壓力の高い方から低い方へ流れる性質を持つて居りますから、こ

の場合、圓筒の後尾の高い壓力の水が、前部の低い壓力の方へ圓筒に添うて逆流して來ます。さうすると前方から流れて來た水が、これにつき當つて、或る點に集つて水のたまりが出來て、瘤の様になります。さうすると、外側の流れがその逆流して來る水の上部をこすつて流れますから、逆流して來る水はギリ／＼廻されて渦になります。

問 船の後ろに渦が出來るのもそれなんですか。

答 さうです。(5)の寫眞は、圓筒の表面の境界層の瘤の所から出來る渦の部分の大きき寫したものです。

飛行機の場合

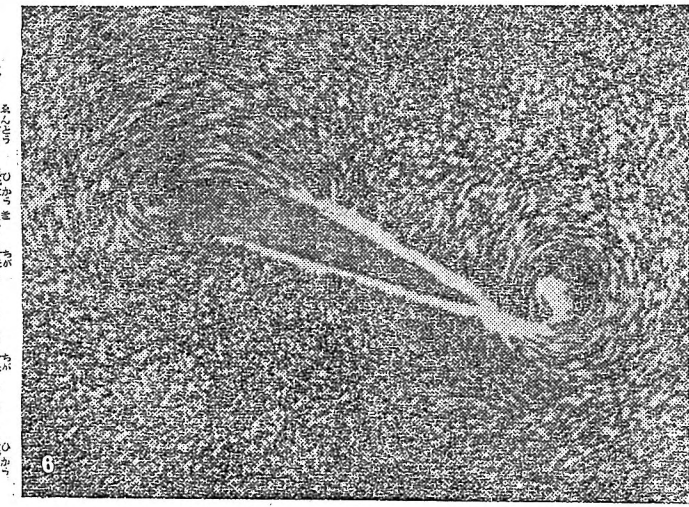
問 それで、その渦が飛行機にとりいふ關係があるのですか。

答 まあ急がないで下さい。この渦がなければ飛行機は飛べないのです。

問 寫眞は水の流れに圓筒を置いた場合ださうですが、空氣の場合も全く同じですか。

答 さうです。全く同じ關係になります。空氣では寫眞が撮れないので、水にアルミニウムの粉を入れて撮つたのです。寫眞で白く光つて見えるのはアルミニウムの粉です。

問 水と空氣は同じ現象になるといふこと、圓筒と飛行機もやはり同じ現象ですか。



答 圓筒と飛行機は違ひます。違ふから飛行機が飛ぶのです。

問 段々むづかしくなつて來ましたね。圓筒

によりまして、翼の下にも前方から後方に吹き抜ける強い風が來ますが、この風はこの逆流する風に作用されて、著しく速力を減じます。さうすると、ベルヌリの定理に従つて翼の下の氣壓は高くなるわけです。一方翼の上では一般の流れの外に循環の流れが作用して一層流速を早くしますから、従つて氣壓は著しく低くなるわけです。下の氣壓は高く、上の氣壓が低ければ、即ちここに翼を吸ひ上げる力を生じ、飛行機が浮び上がるわけです。圓筒の場合には、上も下も氣壓が同じですから浮き上らないのです。此の循環の流れの強さが強ければそれに比例して翼の揚力は増加します。又迎角が大きければ、それに比例して循環の流れは強くなり、従つて揚力も大きくなります。以上で判るやうに飛行機が滑走を始めた所には常に「動出しの渦」が廻され、動出しの渦が出來ると循環の流れが翼の廻りに起る譯です。

圓筒と飛行機の渦の違い

問 大體わかつたやうな氣がいたします。さういふことで、飛行機は浮び上るといふことだけはわかつたやうな氣がいたしますが、もう一

と飛行機はどうちがひますか。

答 質問がよいところへ來ました。さう來ないと飛行機の説明は出來ないのです。

問 上げたたり下げたり、質問者は由返りです。答 冗談は置きて、さて、圓筒の場合と飛行機の場合がどうちがふか。先づ(4)の寫眞を

ごらん下さい。

(4)の寫眞を見ると圓筒の末尾に、渦が二つ上下に出來て居ります。これは圓筒であるため、水が圓筒の上下を同じやうな調子で流れるため、自然渦も二つ、最初上下に出來るので、その上下に出來た渦をよくごらん下さい。渦は上のは右廻り、下のは左廻りになつてゐるでせう。

ところが飛行機の場合には渦の出來方が違ひます。(6)の寫眞をごらん下さい。

(6)の寫眞は飛行機の翼を、同じくアルミニウムの粉を入れた水の中に入れて、引張つた場合の寫眞です。飛行機の翼は、ごらんの通り

の形に造つてありますから、水中にこれを引張ると、運動を始めた瞬間から渦は前と後と二箇所に出來ます。さうして、翼が右から左の方へ運動するものとすれば前の渦は右廻り、後の渦は左廻りになつて居ります。こゝが大切のところですから、よくご記憶下さい。

つお尋ねたいところがあるのです。それは、圓筒の場合には後に二つの渦が出來るが、飛行機の場合は、どうして前後にそれが出來るのでせうか。

答 質問もなかく、急所をついて來ますね。その問題は世界の飛行機學者が一度は皆行き當つた難問題なんです。それを解決するには「ヘルムホルツ」の原則といふものからしてお話しねばなりません。一度に、あまりむづかしいことをたくさんお話すると、却て、わかりにくいでせうから、それはこの次にお話することに

拾つた雑穀か四十六俵

北海通十勝國川上郡清水町宇藤牛松澤の國民學校では、昨秋農家の收穫を終つた後、生徒を動員して放課後、日曜等を利用して落穂類を拾ひ集めた。かうして先生と生徒が一生懸命拾ひ集めた結果は、勿れ大豆、小豆類合せて四十六俵、この賣却金が何んと六百圓。そこで協議の結果この金を國防献金と學校備品費となし、父兄を喜ばせたが、時局稍誠に結構な話だ。(池田 誠市)