熱流体トレーニング（7）

刑部真弘＊1
OSAKABE Masahiro

おだてるのが上手な人が多く，この熱流体トレーニングも7回目となってしまった。今回は本学会とも関連深いタービンの羽に働く力について考えてみる。

図1に示す曲がり板をもつ車に噴流を当て，推進力を得る場合を考える。曲がり板への入口噴流速度はc_1(m/s)，噴流流量をG(kg/s)，車は噴流を受けu(m/s)で移動しているとする。また，曲がり板に沿っての摩擦がない理想的な場合を考える。この車に乗っている人から見た曲がり板入口相対速度は

$$w_1 = c_1 - u \qquad (1)$$

この水平方向相対速度は，曲がり板の中央で0となり，曲がり板に対して水平方向の衝動力

$$F_1 = G(c_1 - u) \qquad (2)$$

を与える。水平方向相対速度0となった噴流は，曲がり板に沿って摩擦による減速なしで流れ，相対速度

$$w_2 = -(c_1 - u) \qquad (3)$$

で後方に打ち出される。このとき曲がり板は反動力

$$F_2 = G(c_1 - u) \qquad (4)$$

を受ける。

この反動力というのが初学者には非常に理解し難いが，運動量0の流体をある運動量で打ち出すには力が必要なのである。例えば，消防士が放水ホースから運動量をもった水を放水するときには，後方へ大きな反動力を受ける。ピストルやバズーカ砲を撃つ時だってかなりの反動力がかかるのである。なお，曲がり板が平板だとすると衝動力しか利用できない。曲がり板は反動力も利用できるのでパワフルである。プールの中で早く歩こうとして，手のひらを曲げて水をかくのは反動力を利用しているのである。

さて，話を図1に戻して，噴流がこの車になす1秒間当たりの仕事は，

$$L = (F_1 + F_2)u = 2Gu(c_1 - u) \qquad (5)$$

となる。仕事は力に移動距離をかけたもので定義される。また，噴流の持っていた運動エネルギーの何%が仕事に使われたかを表す効率は

$$\eta = \frac{L}{\frac{1}{2}Gc_1{}^2} = 4\frac{u}{c_1}\left(1 - \frac{u}{c_1}\right) \qquad (6)$$

図2に，式(6)による効率曲線を示す。速度比u/c_1が0.5のとき効率は最大値1をとることがわかる。すなわち，噴流絶対速度の半分の速度で，車を動かす場合が最も効率が高いことを示している。

なぜ速度比u/c_1が0.5のとき効率は最大になるのであろうか。これを考えるのに，曲がり板を出たところの噴流の絶対速度を考えてみる。曲がり板出口の噴流絶対速度c_2(m/s)は，式（3）で表される出口相対速度に車の移動速度を加えたものであるので，

$$c_2 = -(c_1 - 2u) \qquad (7)$$

すなわち速度比u/c_1が0.5のとき，この噴流絶対速度は0となり，噴流の運動エネルギーがすべて車の駆動に使われていることを示す。タービン翼は，この曲がり板を持つ車がローターに設置されたようなものであり，噴流速度とローターの回転周速度の間に，効率を最大とするような最適条件がある。今，あなたの家に電気を供給しているタービン発電機の翼も，やたらとブンブン回っているわけではないのである。

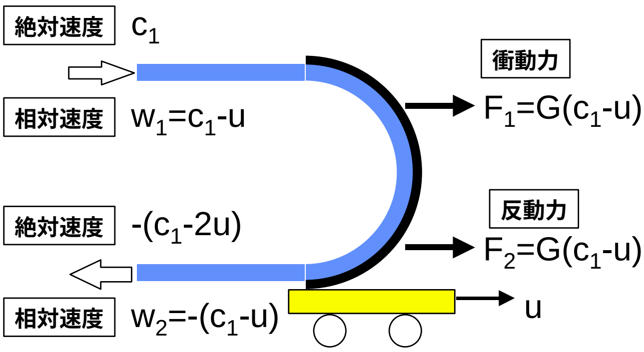

図**1**　曲がり板をもつ車に働く力

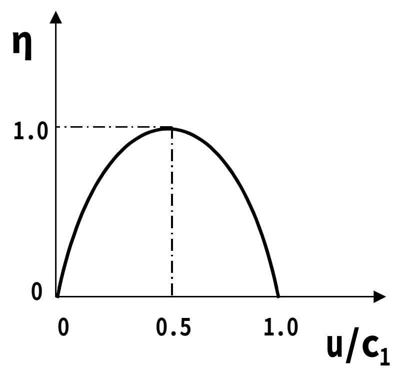

図**2**　曲がり板をもつ車の効率

参考文献
(1)　刑部真弘，ターボ動力工学，海文堂，(2001)

＊1　東京海洋大学海洋工学部　海洋電子機械工学科
（江東区越中島2-1-6）．