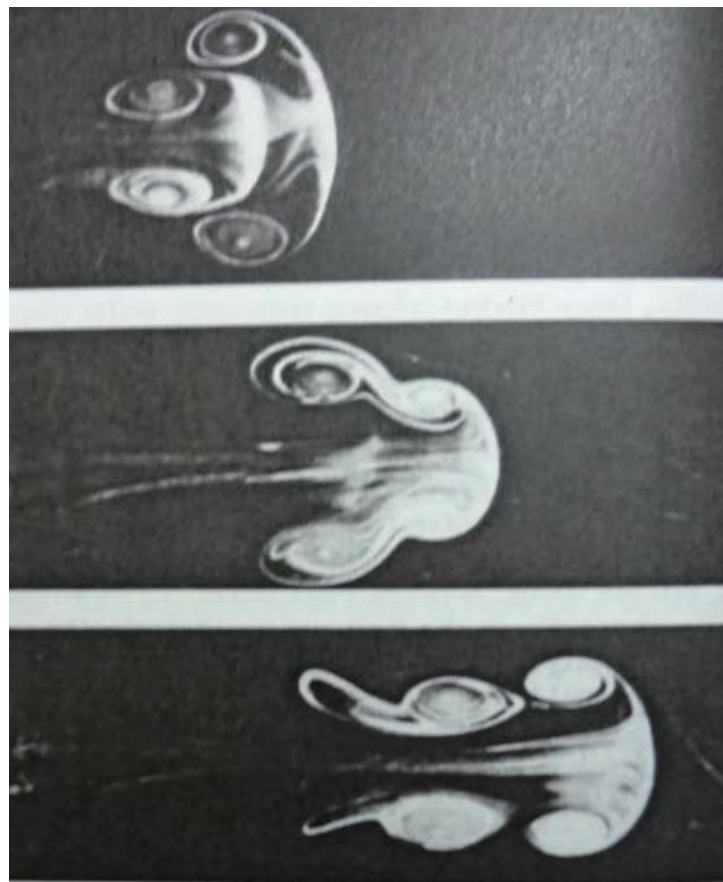


エンジニアのための **流れ学**

上巻

ヴィリー・ボール 著 中川 武夫 訳



2021

白山アカデミー出版局

再販の序

ボール博士の名著、「エンジニアのための流れ学」の訳著が 2007 年に日本において出版されて以来、すでに 14 年を経過した。この間に流れ学の研究は目覚ましい進歩発展をとげたが、本書の価値はいささかも衰えることはなかった。このため、学生、研究者、そしてエンジニアからの強い要望に応じて内容を変えず書籍の体裁を変えて再販することとした。

読者は、本書の行間に秘められている無限の流れ学の妙を的確に嗅ぎ分けて、新たな研究テーマを見つけ出し、日々の流れ問題を解決する糸口をつかみ取って欲しい。本書が、これまでと同様、多くの読者の支持を得て、流れ研究の進歩に貢献すること信じて疑わない。

2021 年 2 月 4 日

白山寓居にて

中川 武夫

緒 言

賢愚を分かたず、国境を厭わず、語学の壁をものともせず、世界の無数の人々から本書「エンジニアのための流れ学」は古典と賞揚されて久しく、すでにその発祥地、ドイツにおいては12版を重ねた。本書はヴィリー・ポール教授が週4時間の講義のために準備した「工業流れ学」(Technische Strömungslehre)のノートを基に同教授が人智を尽くして丹念に書き上げたものである。ポール教授は1963年以来、ハイルブロン工科大学において機械工学専攻の学生のためにこの講義を行ってきた。ただ、第6章の「流れの測定法」はポール教授自身が編集した流体機械と流体技術に関する指導書の一部を改編したものである。

本書は、その内容と構成からも明らかなように、専門の機械工学、河川工学、海岸工学、熱工学、電子工学、燃焼工学、医工学、化学工学、土木工学、航空宇宙工学、生命工学、環境工学、建築学、電気工学、輸送技術およびプロセス技術の学生を対象とする流れ学の教科書として執筆された。そのために、重要な基礎方程式の導出法、並びに計算精度が明示されている。詳細な計算過程が示された全部で43個におよぶ例題は、学生用の試験問題や練習問題として価値のあるものである。これらの例題を有効に用いることによって、教師の諸兄は個々の学習段階における学生一人ひとりの理解度を容易にチェックすることが可能となる。

本書は、しかしながら、見方を変えれば流れ学の一人の天才によって体系的にまとめられた専門書である。この本はすでに実務に就いている技術者または工学者の座右の書としても十分に耐えうる。すなわち、本編者は流体技術分野における重要な文献の購読と並行して、読者がより流れ学の知見を深化せしめようとする際に、本書ほど簡潔にして、明快な副読本はこの世に存在しないと信ずる。

本書には物性や実験係数を含む、エンジニアが日常業務をこなす上で必要な多くの表や図がふんだんに含まれている。これらの情報はエンジニアが現場においてさまざまな問題を解く際に直接役立つはずである。

ところで、本書を理解するための物理学と数学に関する予備知識としては、基本的な力学、並びに微分と積分にすぎない。

本書が多くの大学や大学院における流れ学の教科書としてのみならず、1971年の初版発行より今日までの間、極めて広い範囲にわたる教材として用いられてきたことに鑑み、その導出または他の原典より引用された法則と公式は、原則として次元方程式として表されているので、用いられる単位系から独立である。ただし、例題の解法においては、一貫して国際単位系を用いた。

本書の原書「Technische Strömungslehre」を平成元(1989)年8月7日に、ユーリゲン・ツィーレップ教授の招聘により研究滞在していたカールス・ルーエ大学の正門隣にあった本屋の棚から偶然に発見し、その内容の非凡さを確信した後に歓喜・勇躍して購入以来、すでに18年有余の年月が流れ去ってしまった。この間、原書を入手した瞬間に誓った自らの手で和訳出版するという情熱は絶えて冷めることはなかったが、越えようとしても越えられなかった経済的かつ時間的な試練を克服して、ここに、ボール教授の流れ学の不朽の名著を日本の学徒に紹介できる機会を得た幸せを天の神に率直に謝して、本書の緒言に替える。

平成19年元旦
白山市寓居にて

白山連峰学院
総長 中川 武夫(流水)

総目次

緒言	5	2.2.3 静水圧の発生	46
重要公式記号と単位	10	2.2.3.1 ピストン圧力	46
第 1 巻			
1 流体と気体の物性	13	2.2.3.2 圧力仕事	48
1.1 序論	13	2.2.3.3 静水圧	48
1.2 密度、比体積	13	2.2.3.4 連結容器	49
1.2.1 定義	13	2.3 圧力	50
1.2.2 流体の密度	14	2.3.1 ピストン圧の作用による圧力	50
1.2.3 気体と蒸気の密度	15	2.3.1.1 平面壁に加えられる圧力	50
1.2.4 空気の密度	15	2.3.1.2 曲面壁に加えられる圧力	51
1.3 音速	16	2.3.2 静水圧の作用による圧力	53
1.4 粘性	18	2.3.2.1 平板壁に加えられる圧力	53
1.4.1 序論	18	2.3.2.2 曲面壁に加えられる圧力	57
1.4.2 ニュートン流体の粘性	18	2.3.2.3 上方へ向かう垂直圧力(上方圧)	62
1.4.2.1 力学的粘性係数	18	2.4 浮力と浮動	63
1.4.2.2 動粘性係数	19	2.4.1 静浮力	63
1.4.2.3 粘性の温度依存性	20	2.4.2 熱浮力	64
1.4.2.4 粘性の圧力依存性	21	2.4.3 浮動と浮遊	65
1.4.2.5 仕事の基礎と実用公式	23	2.4.4 安定性	65
1.4.3 非ニュートン流体の粘性	26	2.4.4.1 序論	65
1.5 熱物性値	27	2.4.4.2 完全に没した物体の安定性	66
1.5.1 序論	27	2.4.4.3 部分的に没した物体の安定性	67
1.5.2 比熱容量	27	3 空気静力学	71
1.5.3 気体定数	30	3.1 序論	71
1.5.4 エンタルピー	31	3.2 大気の組成	71
1.5.5 蒸気圧	31	3.3 大気の成層	72
1.6 表面張力と毛管現象	31	3.4 等温成層	74
1.6.1 序論	31	3.5 等エントロピー成層	75
1.6.2 表面張力	32	3.6 標準大気	77
1.6.3 付着応力	33	第 2 巻	
1.6.4 境界面圧力(毛管圧力)	35	4 非圧縮性流れ	79
1.6.5 毛管現象	37	4.1 基礎概念	79
2 静水力学	41	4.2 基礎方程式	81
2.1 自由表面の形成	41	4.2.1 連続方程式(貫流方程式)	81
2.2 静水圧	44	4.2.2 エネルギー方程式	
2.2.1 基礎概念	44	(ベルヌーイ方程式)	82
2.2.2 単位	45	4.2.2.1 エネルギー方程式の導出	82
		4.2.2.2 エネルギー方程式の応用	85

5.4	衝撃波と膨張波	197	6.1.3	ピストン圧力測定装置	234
5.4.1	序論	197	6.1.4	バネ弾性マノメータ	234
5.4.2	衝撃波	197	6.1.5	電気圧力測定装置	238
5.4.3	膨張波	199	6.2	速度測定	239
5.5	円管流	199	6.2.1	機械的方法	239
5.5.1	序論	199	6.2.1.1	ロビンソン風速計	239
5.5.2	任意熱交換を伴う 圧力降下方程式	200	6.2.1.2	風車風速計	240
5.5.3	等温流れ中の圧力降下	202	6.2.1.3	水車流速計	240
5.5.4	断熱流れ中の圧力降下	202	6.2.1.4	風向計	241
5.5.5	絞りによる圧力降下	204	6.2.2	ピトー管と測定気球	241
5.6	流出過程	206	6.2.2.1	プラントル管	241
5.6.1	圧力容器からの流出	206	6.2.2.2	よどみ板風力計	242
5.6.1.1	流出速度	206	6.2.2.3	総圧管	243
5.6.1.2	流出質量流率	208	6.2.2.4	方向測定器	243
5.6.1.3	臨界圧力比	209	6.2.3	熱線風速計	245
5.6.1.4	臨界速度	211	6.3	流体面測定(水準面測定)	246
5.6.1.5	初期速度を有する場合の流出	212	6.4	容積測定	246
5.6.2	ラバール・ノズル	214	6.4.1	ドラム計量器	246
5.6.2.1	序論	214	6.4.2	環状ピストン計量器	247
5.6.2.2	拡がり点における流れ関係	215	6.4.3	卵形回転計量器	248
5.6.2.3	不適切な背圧の場合の流れ関係	216	6.4.4	羽根車計量器	249
5.6.2.4	ラバール・ノズルの構造形態	218	6.4.5	ボルトマン計量器	249
5.7	圧縮性流れ	219	6.5	流量測定	250
5.7.1	亜音速ディフューザー	219	6.5.1	流速分布と導管(開水路横)断面積 から体積流量を求める方法	250
5.7.2	超音速ディフューザー	220	6.5.2	絞り装置	251
5.8	物体周辺流	223	6.5.3	越流堰	254
5.8.1	流れ構造	223	6.5.4	ベンチュリー水路	255
5.8.2	よどみ点における圧力・温度上昇	223	6.5.5	浮遊物体装置による流量測定	256
5.8.3	物体周辺流の抗力	225	6.5.6	電磁流量測定装置	257
5.8.3.1	平板抗力	225	6.5.7	超音速流量計	258
5.8.3.2	空間に伸展された物体抗力	225	6.6	粘度測定法	259
5.8.4	翼形	226	6.6.1	細管法	259
5.8.4.1	亜音速流中の翼形	226	6.6.2	回転法	259
5.8.4.2	局所的圧縮衝撃波を伴う翼形	227	6.6.3	落下物体法	260
5.8.4.3	超音速流中の翼形	227			

第4巻

6	流れの計測	229
6.1	圧力測定	229
6.1.1	序論	229
6.1.2	流体圧力計	230

第5巻

7	参考文献	263
8	付表	269
9	索引	313

重要公式記号と単位

公式記号	S I 単 位	意 味
<i>A</i>	m^2	面積、横断面
<i>a</i>	m/s^2	加速度、減速度
<i>a</i>	m, mm	直径
<i>a</i>	m/s	音速
<i>B</i>	m	幅
<i>b</i>	m	幅
<i>C</i>	N	遠心力
<i>C</i>	1	速度係数
<i>C_S</i>	1	推力係数
<i>c</i>	m/s	絶対速度
<i>c_A</i>	1	揚力係数
<i>c_a</i>	1	揚力係数
<i>c_D</i>	1	形状抵抗係数
<i>c_F</i>	1	抵抗係数
<i>c_M</i>	1	回転モーメント係数
<i>c_m</i>	1	モーメント係数
<i>c_p</i>	J/(kg · K)	等圧比熱容量
<i>c_S</i>	1	側風力係数
<i>c_v</i>	J/(kg · K)	等容比熱容量
<i>c_w</i>	1	抵抗係数
<i>c_{wi}</i>	1	誘導抵抗係数
<i>D</i>	m	直径
<i>D</i>	s^{-1}	速度勾配
<i>d</i>	m	直径
<i>E</i>	N/m^2	弾性係数
<i>e</i>	m	距離、クリアランス
<i>F</i>	N	力
<i>Fr</i>	1	フルード数
<i>f</i>	雑多	係数
<i>f</i>	s^{-1}	周波数
<i>G</i>	N	重力
<i>g</i>	m/s^2	重力加速度
<i>H</i>	m	高さ、落下高さ、全水頭
<i>H</i>	N	水平力
<i>h</i>	m	高さ、越流高
<i>h</i>	$\frac{J}{kg} ; \frac{N \cdot m}{kg} ; \frac{m^2}{s^2}$	比エンタルピー
<i>He</i>	1	ヘドストローム数
<i>I</i>	m^4	慣性モーメント、遠心モーメント
<i>I</i>	kg · m/s	力積
<i>I</i>	A ; mA	電流強度

公式記号	S I 単 位	意 味
i	1	位数
J	1 ; % ; ‰	水路勾配
K	雑多	積分定数
K	1	係数
K	雑多	装置定数
K_{Ch}	$m^{0.5}/s$	バジンの速度係数
K_{MS}	$m^{1/3}/s$	マニング-ストリックラーの速度係数
k_K	m^2 N	圧縮性係数
k	m ; mm	粗度高さ
k	雑多	係数
L	m	長さ
l	m	長さ、区間
l	mm	寸法偏差
M	N · m	モーメント、回転モーメント
Ma	1	マッハ数
M_d	N · m	モーメント、回転モーメント
M_i	kg/kmol	モル質量
m	kg	質量
\dot{m}	kg/s	質量流率
m	1	絞り装置の開口比
n	1	混合部分の空隙部分
n	1	速度分布の指数
n	1	容器の開口比
n	1	ある数、ある不定数
O	m^2	面積
P	W	仕事率
p	Pa ; bar	圧力
R	m	半径
R	N	合力
Re	1	レイノルズ数
R_i	J/(kg · K)	特殊気体定数または比気体定数
R_m	J/(kmol · K)	モル気体定数または一般気体定数
r	m	半径
s	m	路程、区間、長さ、距離、板厚
Sr	1	ストローハル数
T	K	絶対温度
t	m	翼弦、喫水深、距離、分離距離
t	s	時間
t		摂氏温度
U	m	円周

続きは
完成版で
お楽しみ下さい。