

# 目 次

<b>1. 流体の基礎</b>	————— 1
1.1 流体とは 1	
a. 物質の分類 1	
b. 連続体としての流体 1	
1.2 流体の状態量 2	
a. 密度 2	
b. 温度 3	
c. 圧力 3	
1.3 流体の性質 4	
a. 粘性 5	
b. 圧縮性 6	
演習問題 7	
<b>2. 流体の運動</b>	————— 9
2.1 流れの分類 9	
2.2 流跡, 流脈, 流線 9	
a. 流跡 10	
b. 流線 10	
c. 流脈 10	
2.3 変形と回転 12	
a. 伸びの変形 12	
b. ずれの変形 14	
c. 回転 15	
2.4 循環 16	
2.5 速度ポテンシャル 18	
a. ポテンシャルとは 18	

b. 速度ポテンシャル	19	
2.6 流れ関数	20	
2.7 コーシー・リーマンの方程式とラプラスの方程式	21	
2.8 2次元ポテンシャル流れ	22	
a. 複素速度ポテンシャル	22	
b. いろいろなポテンシャル流れ	23	
c. 円柱を過ぎる流れ	27	
d. 翼まわりの流れ	28	
2.9 渦の法則と運動	30	
a. 渦の法則	30	
b. ビオ・サバールの定理	31	
c. 渦の運動	32	
演習問題	33	
<b>3. 運動量の法則</b>		<b>35</b>
3.1 運動量の法則	35	
3.2 角運動量の法則	37	
3.3 運動量の法則の応用	38	
a. 衝突噴流	38	
b. 噴流と後流	39	
c. 羽根車	40	
演習問題	40	
<b>4. 理想流体の流れ</b>		<b>42</b>
4.1 ラグランジュの方法とオイラーの方法	42	
4.2 オイラーの運動方程式	44	
4.3 連続の式	46	
4.4 ベルヌーイの定理	47	
4.5 ベルヌーイの定理の応用	50	
a. 静止流体	50	
b. トリチェリの定理	51	
c. 管路における流れ	52	
d. 円柱まわりの流れとピトー管	54	

4.6	物体に働く力	56	
a.	浮力	56	
b.	揚力と抗力	57	
	演習問題	63	
<b>5.</b>	<b>粘性流体の流れ</b>		<b>65</b>
5.1	粘性流体に生ずる力	65	
a.	変形と応力	65	
b.	流体要素に働く粘性による力	67	
5.2	ナビエ・ストークスの運動方程式	68	
5.3	境界条件と初期条件	69	
a.	境界条件	70	
b.	初期条件	70	
5.4	ナビエ・ストークスの運動方程式の厳密解	70	
a.	平行平板間の流れ	71	
b.	軸受の油膜の流れ	72	
c.	円管内の流れ	74	
5.5	流れの相似則	76	
5.6	境界層近似	78	
a.	境界層	79	
b.	境界層の流れ	81	
c.	境界層近似による解法	83	
	演習問題	87	
<b>6.</b>	<b>乱流と乱流境界層</b>		<b>89</b>
6.1	流れの遷移	89	
6.2	乱流の取り扱い	91	
6.3	乱流境界層	94	
	演習問題	97	
<b>7.</b>	<b>いろいろな粘性流体の流れ</b>		<b>99</b>
7.1	円管内の流れ	99	
7.2	円柱まわりの流れと抗力	103	
7.3	球の抗力	106	

7.4 翼の性能	106	
演習問題	109	
<b>8. 圧縮性流体の流れ</b>		<b>111</b>
8.1 圧縮性流体の基礎	111	
a. 気体の状態式	111	
b. エンタルピ	111	
c. エントロピ	113	
8.2 音速	113	
a. 音とは?	113	
b. 音の伝播	116	
8.3 断面積の変化する管路における1次元流れ	117	
a. 1次元圧縮性流れの基礎	117	
b. 先細ノズル	120	
c. ラバールノズル	121	
8.4 衝撃波	122	
a. 圧縮波と膨張波	122	
b. 垂直衝撃波	123	
c. 斜め衝撃波	124	
d. 離脱衝撃波	126	
8.5 薄い2次元物体まわりの圧縮性流れ	127	
a. 微小攪乱をもつ流れの基礎式	127	
b. 亜音速流れ	128	
c. 超音速流れ	130	
演習問題	131	
<b>9. 流れの計測</b>		<b>133</b>
9.1 圧力の計測	133	
9.2 流量の計測	136	
a. 絞り流量計	136	
b. 層流流量計	139	
c. 渦流量計	140	
9.3 流速の計測	140	

a. ピトー管	140	
b. 熱線流速計	142	
c. レーザ流速計	143	
演習問題	143	
<b>10. いろいろな流れの現象</b>		<b>145</b>
10.1 2次流れ	145	
a. 竜巻	146	
b. 曲り管の流れ	147	
10.2 物体による渦の生成	148	
a. カルマン渦	148	
b. 襟巻渦	149	
c. 翼端渦	150	
10.3 流体関連振動	151	
a. 水撃	151	
b. ギャロッピング	154	
c. フラッタ	157	
演習問題	159	
<b>11. 流れの可視化と数値解析</b>		<b>161</b>
11.1 流れの可視化	161	
a. 流れの可視化の歴史	161	
b. 手法の分類と概要	162	
c. 流れの可視化の例	162	
d. コンピュータ利用による可視化	166	
11.2 数値解析	167	
a. 差分法	167	
b. 有限要素法	172	
c. 境界要素法	175	
<b>付 録</b>		<b>179</b>
A. 複素数と解析関数	179	
B. ベクトルとベクトル表示	180	

C. 円筒座標系におけるナビエ・ストークスの 運動方程式と連続の式	184
D. 次元解析と相似則	185
E. 単 位	186
F. 流体の性質	187
演習問題解答	————— 189
文 献	————— 192
索 引	————— 193