

科 目	流れ学 (Hydraulics)		
担当教員	赤対 秀明		
対象学年等	機械システム工学専攻・2年・前期・選択・2単位		
学習・教育目標	工学複合プログラム	A4-2(100%)	JABEE基準1(1) (d)1,(d)2-a,(d)2-d,(g)
授業の概要と方針	流れには、気相または液相の単相流と、固相、気相および液相のうち二つ以上の相が混在して流れる混相流がある。単相流に関して、連続の式（質量保存則）、ナビエ-ストークスの式（運動量保存則）詳述し、粘性流体の力学を深く掘り下げる。また、エネルギーの式（エネルギー保存則）、層流、乱流、境界層、混相流について説明する。		
	到達目標	達成度	到達目標毎の評価方法と基準
1	【A4-2】連続の式およびナビエ-ストークスの式を導出でき、その式を用いて現象を表すことができる。		連続の式およびナビエ-ストークスの式を直交座標および円柱座標の1~3次元で表現でき、簡単な境界条件の場合に厳密解が得られるかどうか演習および定期試験で評価する。
2	【A4-2】エネルギーの式、乱流現象、境界層および混相流を理解できる。		エネルギーの式を理解できているか、乱流現象が不規則な速度変動からの擾乱により発生し発達していくことが理解できているか、層流境界層、乱流境界層、混相流が理解できているか演習および定期試験で評価する。
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
総合評価	到達目標1, 2の期末試験で70~80%, レポートおよび授業中の演習30~20%の比率で評価する。ただし、出席状況の悪いものは不合格とする。		
テキスト	「SI版流体力学（基礎と演習）」：中村克孝ほか（パワー社）		
参考書	「わかりたい人の流体工学(I)(II)」：深野徹（裳華房） 「乱流入門」：藤原仁志ほか訳（東海大学出版会）		
関連科目			
履修上の注意事項	流体工学、応用数学の理解が必要である。		

授業計画 1 (流れ学)		
週	テーマ	内容(目標・準備など)
1	ガイダンス、基礎事項の確認	流体工学で行った1次元の連続の式、ベルヌーイの定理を中心に復習する。また粘性、密度、比重、レイノルズ数などの確認を行う。
2	基礎事項の確認および確認試験	揚力、抗力、運動量の法則の復習を行い、その後、ここまで確認試験を行う。
3	連続の式(1) (質量保存則)	質量保存の法則を流れの場に適用した連続の式を、1次元流れおよび2次元流れの直交座標で導く。圧縮性流体、非定常流の場合の状態で導き、その後、非圧縮性、定常の場合を求める。連続の式は、粘性の有無に関係なく使用できる。
4	連続の式(2) (質量保存則)	3回目と同じであるが、3次元流れについて導く。また直交座標と円柱座標で導く。
5	ナビエ・ストークスの式(1) (運動量保存則)	ニュートンの運動第2法則を粘性流体の運動に適用した運動方程式であるナビエ・ストークスの式を導出する。3次元の直交座標で求める。物質(実質)微分の物理的意味を理解する。
6	ナビエ・ストークスの式(2) (運動量保存則)	5回目に引き続き、ナビエ・ストークスの式の導出を行う。外力(質量力)、圧力による力、粘性力を式で表す。
7	ナビエ・ストークスの式(3) (運動量保存則)	6回目に引き続き、ナビエ・ストークスの式の導出を行う。全ての働く力を基礎式に代入し、導出を完了する。円柱座標への変換も行う。
8	エネルギーの式 (エネルギー保存則)	エネルギーの式は、ナビエ・ストークスの式から導かれる流体力学的エネルギーの式と、熱力学の第1法則を示す熱力学的エネルギーの式をあわせたものであることを理解する。
9	層流とナビエ・ストークスの式の厳密解(1)	基礎式の簡略化を行い、例として、平行平板に挟まれた層流における厳密解を求める。
10	層流とナビエ・ストークスの式の厳密解(2)	9回目に引き続き、円管内層流における厳密解を求める。また、層流の理解を深める。
11	乱流の性質と基礎式	速度、圧力、温度などが時間的に不規則に変動する乱流を理解する。この乱流現象を式で忠実に表すのは困難である。そこで流体粒子の不規則な運動を平均値+変動分として表し、連続の式およびナビエ・ストークスの式に代入して整理する。新たにレイノルズ応力が生じることを理解する。
12	乱流に関する理論	変動成分によって生じる乱流の特性値を求める方法を整理する。狭義の乱流理論および輸送定理(半実験的理論で、運動量輸送理論、渦度輸送理論、カルマンの相似の仮説)を理解する。また、これらの輸送理論により乱流せん断流れの速度分布を求める。
13	境界層	物体のごく近傍で粘性流体として扱う速度勾配の大きい領域を境界層と呼ぶ。この境界層の概念と境界層の厚さ(境界層厚さ、排除厚さ、運動量厚さ、消散エネルギー厚さ)を理解する。
14	境界層方程式	一般に境界層は薄いので、壁面に垂直方向の圧力勾配は無視でき、また運動量は流動方向のみでよいから、ナビエ・ストークスの式は簡略化される。一例として、二次元非圧縮性流れの場合の境界層方程式を導出する。
15	混相流	気体、液体、固体の二つ以上の相が混在した流れを混相流という。気液二相流、固気二相流、固液二相流、液液二相流、固気液三相流の各流動現象と流動様式線図を理解する。
備考	<ul style="list-style-type: none"> <li>・中間試験を実施しない</li> <li>・期末試験を実施する。</li> </ul>	