

2021 年作成

船舶電気装備技術講座(中級)

電気計算編

一般社団法人 日本船舶電装協会

目 次

	論·····	
1.1 電流	流・電圧・抵抗	
1.1.1	電流の大きさ	
1.1.2	電圧の大きさ	
1.1.3	電力	
1.1.4	電力量	2
1.1.5	ジュールの法則とジュール熱	3
1.1.6	オームの法則	5
1.1.7	電気抵抗、抵抗率、導電率	5
1.1.8	温度による抵抗の変化	
1.1.9	抵抗の変化を利用した温度測定	7
1.2 静電	電気・電流による磁界	
1.2.1	静電容量(一般式)	7
1.2.2	平行板の静電容量(平行板コンデン静電容量)	8
1.2.3	コンデンサの接続と合成容量	
1.2.4	線電流による磁界	
1.2.5	環状ソレノイド内部の磁界	9
1.2.6	無限長単層ソレノイド内部の磁界	
1.2.7	起磁力	_
1.2.8	磁化力	
1.2.9	磁束	
1.3 電磁	滋誘導	
1.3.1	誘導起電力	10
1.3.2	平等磁界と直角方向を軸心として等速円運動をする導体の誘導起電力 …	11
1.3.3	交番起電力	
1.3.4	周波・周期・周波数	
1.3.5	インダクタンス	12
1.3.6	相互インダクタンス、自己インダクタンス	
1.3.7	磁界中の電流に働く力(フレミング左手の法則適用)	13
1.3.8	直線状平行2導体間の電流力	
1.3.9	磁気的吸引力	
1.4 交流	流の測定量・電力	15
1.4.1		
1.4.2	単相交流及び三相交流の電力	
1.4.3	等価抵抗、等価インピーダンス、等価リアクタンス	16
1.4.4	電力量	
1.5 回路	各網	
1.5.1	オームの法則(再出)	
1.5.2	インピーダンス	
1.5.3	回路の合成インピーダンス	
1.5.4	基本交流回路	20

	1.5.5 R·L·C などの直列回路	21
	1.5.6 R·L·C などの並列回路	23
	1.5.7 共振条件	26
	1.5.8 ホイートストンブリッジ回路	26
	1.5.9 三相回路(正弦波平衡回路の場合)	27
	1.5.10 回転磁界	30
	1.5.11 回転磁界の回転速度(同期速度)	30
	1.5.12 回転磁界の回転方向と逆転(三相の例)	31
	1.6 復習問題 (1)	32
2	. 計測	33
	- 11 70.7 2.1 指示計器の確度上からの分類と用途	
	2.2 誤差と補正	
	2.3 分流器 (直流電流測定の場合)	
	2.4 倍率器(直流電圧測定の場合)	
	2.5 計器用変流器(交流電流測定の場合)略してCT	
	2.6 計器用変圧器 (交流電圧測定の場合) 略して VT (PT の表記も使われる。) ·	
	2.7 中抵抗の測定	
	2.7.1 被測定抵抗 R が大きい場合 ····································	
	2.7.2 被測定抵抗 R が小さい場合	
	2.7.3 ホイートストンブリッジ法	
	2.8 直流電力の測定	
	2.9 単相交流電力・力率測定・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
	2.9.1 3電圧計法	
	2.9.2 3 電流計法	
	2.10 三相交流電力の測定	
	2.10.1 2 電力計法	
	2.10.2 1 電力計法	
	2.11 三相交流力率の測定	
	2.12 水抵抗器の設計	
	2.12.1 二極平行平板電極の場合	
	2.12.2 三極円筒形電極の場合	37
	2.12.3 三極平行平板電極の場合	37
	2.12.4 液の抵抗	
	2.12.5 電流密度	38
	2.13 復習問題 (2)	38
9	. 配 電	. 20
ა.	3.1 配電方式	
	3.1.1 直流又は単相 2 線式電線量	
	3.1.2 直流又は単相 3 線式電線量	
	3.1.3 三相 3 線式電線量	
	3.1.4 三相 4 線式電線量	
	3.1.5 各方式の電線量比較	
	3.1.6 同一断面積の導体 1 本当りの配雷雷力の比較	

	3.2 配電	這回路の電圧降下	
	3.2.1	直流 2 線式単一負荷の電圧降下	41
	3.2.2	直流 2 線式多数負荷の電圧降下	42
	3.2.3	交流単相 2 線式単一負荷の電圧降下	42
	3.2.4	交流三相 3 線式単一負荷の電圧降下	42
	3.2.5	$k1$ と δ について(3.2.1、2、3 及び 4 項に関連)	43
	3.2.6	電圧降下許容値	45
	3.3 負荷	f力率改善用コンデンサの容量計算 ······	46
	3.4 力率	三改善用コンデンサ容量と設置	47
	3.5 配電	這回路における短絡電流計算	49
	3.5.1	最大推定短絡電流の目安	49
	3.5.2	配電回路の短絡電流計算法の一方法 (パーセントインピーダンス法) …	49
	3.6 復習	引問題(3)	59
1	次 電 泥	Ī ·····	co
4.		s計画 ······	
	4.1 電源 4.1.1	r計画 直流 ······	
	4.1.1 $4.1.2$	交流	
	4.1.2 $4.1.3$	発電機容量算定と電力調査表	
	4.1.5 $4.1.4$	需要率、不等率、負荷率	
		而安平、小寺平、貝川平 習問題 (4)······	
		i 问思 (4) i 機械 ······	
	4.3.1	直流発電機 ······	
	4.3.1 $4.3.2$	<u> </u>	
	4.3.2 $4.3.3$	集魚灯用発電機の出力 ·······	
		果黒り用光电機の山力 習問題 (5)	
5.		į	
	5.1 変月	- 史 - 命	
	5.1.1	電圧、電流と巻数比の関係	
	5.1.2	定格容量(定格出力)	
	5.1.3	効率	
	5.1.4	等価回路 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	72
	5.1.5	電圧変動率	72
	5.1.6	変圧器の短絡インピーダンス	
	5.1.7	単相変圧器三相結線時の容量	
	5.1.8	単相変圧器 V 結線時の容量 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
	5.1.9	変圧器のスコット結線 (T 結線)	
	5.1.10	並列運転の条件	
	5.1.11	単巻変圧器 (オートトランスフォーマ)	
	5.2 蓄電	『池(鉛蓄電池)	
	5.2.1	鉛蓄電池の充放電反応	
	5.2.2	電解液比重	
	5.2.3	蓄電池の放電条件	
	5.2.4	容量	81

	5.2.5	容量の温度換算	81
	5.2.6	充電中のガス発生量(蓄電池1セル当り)	
	5.2.7	蓄電池の強制換気量	
	5.2.8	蓄電池の短絡電流計算式	
	5.3 復習	習問題 (6)	82
c	電動機 1	:応用	0.0
6.		: 心用 ···································	
		『竜動機 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
	6.1.1	编于電圧·逆起電力 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
	6.1.2	#ガ回転速度 トルク(回転力)	
	6.1.3	トルク (回転刀) · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
	6.1.4	出力	
	6.1.5	四刀 効率 ······	
	6.1.6	刻率 規約効率 ····································	
	6.1.7	速度変動率	
	6.1.8		
		目誘導電動機 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
	•	■誘導電期機 ····································	
	6.3.1	出力	
	6.3.2		
	6.3.3	回転磁界の回転速度(同期速度)	
	6.3.4	すべり (slip)	
	6.3.5	電動機の回転速度 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
	6.3.6	効率トルク(回転力)	
	6.3.7		
	6.3.8	始動電圧と始動トルクとの関係 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
	6.3.9	始動器による始動電流 ····································	
	6.3.10	負荷時間率 (%ED)	
	6.3.11	短時間定格の定格時間と%EDとの関係	
		目誘導電動機の推定始動時間	
	6.4.1	理論式・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
	6.4.2	巻線形三相誘導電動機の場合の経験式・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
	6.4.3	減電圧始動方式における経験式	
		助力応用 ······	
	6.5.1	補機用電動機	
	6.5.2	全電動式操舵装置	
		ベルトコンベヤ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
		壁による応力	
		カ加速度	
	6.8 復習	習問題(7)	99
7.	電気加勢	ti	100
• •		- 224	100
			100
			100
	,,,-	_	-

8.1 光源 106 8.1.1 タングステン電球特性 106 8.1.2 蛍光灯の特性 107 8.2 照明の基礎 108 8.2.1 光東 108 8.2.2 照度 108 8.2.3 光度 108 8.2.4 輝度 (輝き) 109 8.2.5 反射率、透過率、吸収率 110 8.2.6 光東発散度 111 8.2.7 電灯の効率 112 8.2.8 照明率 112 8.2.9 器具効率 112 8.3.1 光の方向に垂直な面の照度 112 8.3.1 光の方向に対し面が角度 θ傾いた場合の照度 112 8.3.2 光の方向に対し面が角度 θ 112 8.3.1 光の方向に対し面が角度 θ 112 8.3.2 光の方向に対し面が角度 θ 112 8.3.1 光の方向に対し面が角度 112 8.3.2 光の方向に対し面が角度 112 8.3.3 上水の方向に対し面が角度 112 8.3.4 点光源による直射照度 113 8.5 球光源による阻度 114 8.6 被照面に平行な有限直線光源による直射照度 115 8.7 室内照明計算 116 8.7.1 光東法 116 8.7.2 灯数決定の簡便法 117 8.8 投光照明 118 8.9 航海灯の光度 118 8.8.1 投光器の位置と取付け高さ 118 8.8.2 投光器数の計算 118 8.9 航海灯の光度 (照射距離との関係) 119 8.10 採照灯の光度 (照射距離との関係) 119 8.11 採照灯の最大光度 120 8.13 復習問題 (9) 121	7.4 電熱器の容量計算	101
7.4.3 機関機器用加熱器 102 7.5 交流アーク溶接機 103 7.5.1 定格使用率 103 7.5.2 温度上昇 103 7.5.2 温度上昇 104 7.6 復習問題 (8) 105 8. 電灯照明 106 8.1 光源 106 8.1.1 タングステン電球特性 106 8.1.1 ダングステン電球特性 107 8.2 照明の基礎 108 8.2.1 光東 108 8.2.2 照度 108 8.2.3 光度 108 8.2.3 光度 108 8.2.4 輝度(輝き) 109 8.2.5 反射率、透過率、吸収率 110 8.2.6 光東発散度 111 8.2.7 電灯の効率 112 8.2.8 照明率 112 8.2.9 器具効率 112 8.3.1 光の方向に垂直な面の照度 112 8.3.1 光の方向に垂直な面の照度 112 8.3.1 光の方向に垂直な面の照度 112 8.3.1 光の方向に垂直な面の照度 112 8.3.1 光次による原度 112 8.3.1 光の方向に乗直な面の照度 112 8.3.1 光の方向に乗直な面の照度 112 8.3.1 光の方向に乗回な面が角度 θ 傾いた場合の照度 112 8.3.1 光の方向に乗回な面が角度 θ 112 8.3.1 光の方向に乗回な面が角度 θ 112 8.3.1 光の方向に乗回な面が角度 112 8.3.1 光の方向に乗回な面が角度 112 8.3.1 光の方向に乗回な面が角度 112 8.3.1 光の方向に乗回な声が戻しまる回り 114 8.5 球光源による回り照度 115 8.7.2 対象決定の簡便法 116 8.7.1 光東法 116 8.7.1 光東珠 116 8.7.1 光東珠 116 8.7.1 光東 117 8.8.1 投光器のの間と取付け高さ 118 8.8.2 投光器数の計算 118 8.8.1 投光器のの間と取付け高さ 118 8.8.2 投光器数の計算 118 8.8.1 投光器のの間と取付け高さ 118 8.8.2 投光器数の計算 118 8.8.1 投光器のの計算 119 8.11 採照灯の最大光度 120 8.13 復習問題 (9) 121	7.4.1 湯沸器	101
7.5 交流アーク溶接機 103 7.5.1 定格使用率 103 7.5.2 温度上昇 103 7.5.3 許容使用率 104 7.6 復習問題 (8) 105 8. 電灯照明 106 8.1 光源 106 8.1.1 タングステン電球特性 106 8.1.2 蛍光灯の特性 107 8.2 照明の基礎 108 8.2.1 光東 108 8.2.2 照度 108 8.2.3 光度 108 8.2.3 光度 108 8.2.3 光度 108 8.2.4 輝度 (輝き) 109 8.2.5 反射率 透過率、吸収率 110 8.2.6 光東発散度 111 8.2.7 電灯の効率 112 8.2.8 照明率 112 8.2.9 器見効率 112 8.2.9 器見効率 112 8.3.1 光の方向に垂直な面の照度 112 8.3.1 光の方向に対し面が角度 θ 傾いた場合の照度 112 8.3.1 光の方向に垂直な面の照度 112 8.3.1 光次派による面射照度 113 8.5 泉光源による面射照度 114 8.6 被照面に平行な有限直線光源による直射照度 115 8.7 室内照明計算 116 8.7.1 光東法 116 8.7.1 光東法 116 8.7.2 灯数決定の簡便法 117 8.8 投光照明 118 8.8.1 投光器数の計算 116 8.7.1 光東法 116 8.7.2 灯数决定の簡便法 117 8.8 投光照明 118 8.8.1 投光器数の計算 118 8.8.1 投光器の計算 119 8.11 探照灯の光度(照射距離との関係) 119 8.11 探照灯の最大光度 119 8.11 探照灯の最大光度 119 8.11 探照灯の最大光度 119 8.11 探照灯の最大光度 119 8.11 探照灯の光度(照射距離との関係) 119 8.11 探照灯の最大光度 119 8.11 探照灯の最大光度 119	7.4.2 電気暖房器	101
7.5.1 定格使用率 103 7.5.2 温度上昇 103 7.5.3 許容使用率 104 7.6 復習問題 (8) 105 8. 電灯照明 106 8.1 光源 106 8.1. グックステン電球特性 106 8.1.2 蛍光灯の特性 107 8.2 照明の基礎 108 8.2.1 光東 108 8.2.2 照度 108 8.2.3 光度 108 8.2.4 輝度(輝き) 109 8.2.5 反射率、透過率、吸収率 110 8.2.6 光東発散度 111 8.2.7 電灯の効率 112 8.2.8 照明率 112 8.2.9 器具効率 112 8.2.9 器具効率 112 8.3.1 光の方向に垂直な面の照度 112 8.3.1 光の方向に対し面が角度 θ傾いた場合の照度 112 8.3.1 光の方向に対し面が角度 θ傾いた場合の照度 112 8.3.1 光の方向に対し面が角度 112 8.3.1 光の方向に対し面が角度 112 8.3.1 光の方向に対し面が角度 112 8.3.2 光光源による直射照度 113 8.5 球光源による直射照度 114 8.6 被照面に平行な有限直線光源による直射照度 115 8.7 室内照明計算 116 8.7.1 大東法 116 8.7.2 灯数決定の簡便法 117 8.8 投光器の位置と取付け高さ 118 8.8.1 投光器の位置と取付け高さ 118 8.8.2 投光器の位置と取付け高さ 118 8.8.2 投光器数の計算 116 8.7.2 灯数決定の簡便法 117 8.8 投光器の位置と取付け高さ 118 8.8.1 投光器の位置と取付け高さ 118 8.8.2 投光器数の計算 116 8.7.1 妊娠形灯の光度(照射距離との関係) 119 8.10 採照灯の光度(照射距離との関係) 119 8.11 採照灯の光度(照射距離との関係) 119 8.11 採照灯の光度(照射距離との関係) 119 8.11 採照灯の光度(照射距離との関係) 119 8.11 採照灯の光度(照射距離との関係) 119	7.4.3 機関機器用加熱器	102
7.5.2 温度上昇 103 7.5.3 許容使用率 104 7.6 復習問題 (8) 105 8. 電灯照明 106 8.1 光源 106 8.1.1 タングステン電球特性 106 8.1.2 蛍光灯の特性 107 8.2 照明の基礎 108 8.2.1 光東 108 8.2.2 照度 108 8.2.2 照度 108 8.2.3 光度 108 8.2.4 輝度 (輝き) 109 8.2.5 反射率、透過率、吸収率 110 8.2.6 光束発散度 111 8.2.7 電灯の効率 112 8.2.8 照明率 112 8.2.9 器具効率 112 8.3 照度と光度との関係 112 8.3.1 光の方向に垂直な面の照度 112 8.3.1 光の方向に垂直な面の照度 112 8.3.1 光の方向に垂直な面の照度 112 8.3.1 光の方向に垂直な面の照度 112 8.4 点光源による直射照度 113 8.5 球光源による直射照度 114 8.6 被服面に平行な有限直線光源による直射照度 115 8.7 室内照明計算 116 8.7.1 光東法 116 8.7.2 灯数決定の簡便法 117 8.8 投光照明 118 8.8.1 投光器の位置と取付け高さ 118 8.8.1 投光器の位置と取付け高さ 118 8.8.2 投光器の計算 116 8.7.1 光東法 116 8.7.2 灯数決定の簡便法 117 8.8 投光照明 118 8.8.1 投光器の位置と取付け高さ 118 8.8.1 投光器の計算 116 8.7.1 光東法 116 8.7.1 光東法 116 8.7.1 光東法 116 8.7.1 光東法 117 8.8 投光器の計算 118 8.8.1 投光器の計算 119 8.10 採照灯の光度 119 8.11 採照灯の最大光度 119 8.11 複習問題 (9) 121	7.5 交流アーク溶接機	103
7.5.3 許容使用率 104 7.6 復習問題 (8) 105 8. 電灯照明 106 8.1 光源 106 8.1.1 タングステン電球特性 106 8.1.2 蛍光灯の特性 107 8.2 照明の基礎 108 8.2.1 光束 108 8.2.2 照度 108 8.2.2 照度 108 8.2.3 光度 108 8.2.4 輝度 (輝き) 108 8.2.5 反射率、透過率、吸収率 110 8.2.6 光束発散度 111 8.2.7 電灯の効率 112 8.2.8 照明率 112 8.2.9 器具効率 112 8.2.9 器具効率 112 8.3 照度と光度との関係 111 8.3 照度と光度との関係 111 8.3.1 光の方向に垂直な面の照度 112 8.3.2 光の方向に対し面が角度 θ傾いた場合の照度 112 8.3.1 光の方向に対し面が角度 θ 112 8.3.2 光の方向に対し面が角度 112 8.3.1 光の方向に対し面が角度 112 8.3.2 光の方向に対し面が角度 112 8.3.1 光の方向に対し面が角度 112 8.3.1 光の方向に対し面が角度 112 8.3.2 光がの方向に対し面が角度 112 8.3.1 光の方向に対し面が角度 112 8.3.1 光の方向に対し面が角度 113 8.5 球光源による直射照度 114 8.6 被屈面に平行な有限直線光源による直射照度 114 8.7 室内照明計算 116 8.7.2 灯数決定の簡便法 117 8.8 投光照明 118 8.8.1 投光器の位置と取付け高さ 118 8.8.1 投光器の位置と取付け高さ 118 8.8.2 投光器数の計算 118 8.9 航海灯の光度 (照射距離との関係) 119 8.10 採照灯の光度 (照射距離との関係) 119 8.11 採照灯の最大光度 119 8.11 採照灯の最大光度 120 8.13 復習問題解答 122	7.5.1 定格使用率	103
7.6 復習問題 (8) 105 8. 電灯照明 106 8.1 光源 106 8.1.1 タングステン電球特性 106 8.1.2 蛍光灯の特性 107 8.2 照明の基礎 108 8.2.1 光束 108 8.2.1 光束 108 8.2.2 照度 108 8.2.3 光度 108 8.2.3 光度 108 8.2.4 輝度 (輝き) 109 8.2.5 反射率、透過率、吸収率 110 8.2.6 光束発散度 111 8.2.7 電灯の効率 112 8.2.9 器具効率 112 8.2.9 器具効率 112 8.3.1 光の方向に垂直な面の照度 112 8.3.2 光の方向に対し面が角度 θ傾いた場合の照度 112 8.3.2 光の方向に対し面が角度 θ傾いた場合の照度 112 8.3.2 光の方向に対し面が角度 112 8.3.1 光の方向に対し面が角度 112 8.3.2 光の方向に対し面が角度 112 8.3.2 光の方向に対し面が角度 112 8.3.1 光が源による直射照度 113 8.5 球光源による頂射 114 8.6 被照面に平行な有限直線光源による直射照度 114 8.7 室内照明計算 116 8.7.1 光束法 116 8.7.2 灯数決定の簡便法 117 8.8 投光照明 118 8.8.1 投光器の位置と取付け高さ 118 8.8.1 投光器の位置と取付け高さ 118 8.8.1 投光器の位置と取付け高さ 118 8.8.1 投光器の企置と取付け高さ 118 8.8.1 投光器の計算 118 8.8.2 投光器数の計算 118 8.9 航海灯の光度 (照射距離との関係) 119 8.11 採照灯の最大光度 120 8.13 復習問題 (9) 121	7.5.2 温度上昇	103
8. 電灯照明 106 8.1 光源 106 8.1.1 タングステン電球特性 106 8.1.2 蛍光灯の特性 107 8.2 照明の基礎 108 8.2.1 光東 108 8.2.2 照度 108 8.2.2 照度 108 8.2.3 光度 108 8.2.4 輝度 (輝き) 109 8.2.5 反射率、透過率、吸収率 110 8.2.6 光東発散度 111 8.2.7 電灯の効率 112 8.2.8 照明率 112 8.2.9 器具効率 112 8.2.9 器具効率 112 8.3.1 光の方向に対し面が角度 θ傾いた場合の照度 112 8.3.1 光の方向に対し面が角度 θ 112 8.3.1 光の海に乗直な面の照度 112 8.3.1 光の海に乗直な面の照度 112 8.3.2 光の方向に対し面が角度 θ 115 8.7 室内照明計算 116 8.7.1 光東法 116 8.7.2 灯数決定の簡便法 117 8.8 投光器の位置と取付け高さ 115 8.8 投光器の位置と取付け高さ 118 8.8.1 投光器の位置と取付け高さ 118 8.8.1 投光器の位置と取付け高さ 118 8.8.2 投光器数の計算 118 8.8.1 探照灯の光度 119 8.10 採照灯の光度 119 8.11 探照灯の光度 119 8.11 複習問題解答 120 8.13 復習問題解答 122	7.5.3 許容使用率	104
8.1 光源 106 8.1.1 タングステン電球特性 106 8.1.2 蛍光灯の特性 107 8.2 照明の基礎 108 8.2.1 光東 108 8.2.2 照度 108 8.2.3 光度 108 8.2.4 輝度(輝き) 109 8.2.5 反射率、透過率、吸収率 110 8.2.6 光東発散度 111 8.2.7 電灯の効率 112 8.2.8 照明率 112 8.2.9 器具効率 112 8.3.1 光の方向に転直な面の照度 112 8.3.1 光の方向に対し面が角度 θ傾いた場合の照度 112 8.3.2 光の方向に対し面が角度 θ 112 8.3.1 光の方向に対し面が角度 θ 112 8.3.2 光の方向に対し面が角度 112 8.3.1 光の方向に対し面が角度 112 8.3.2 光の方向に対し面が角度 112 8.3.3 採腹による直射照度 113 8.5 球光源による正射照度 114 8.6 被照面に平行な有限直線光源による直射照度 115 8.7 室内照明計算 116 8.7.1 光東法 116 8.7.2 灯数決定の簡便法 117 8.8 投光照明 118 8.9 航海灯の光度 118 8.8.1 投光器の位置と取付け高さ 118 8.8.2 投光器数の計算 118 8.9 航海灯の光度 (照射距離との関係) 119 8.10 採照灯の光度 (照射距離との関係) 119 8.11 採照灯の最大光度 120 8.13 復習問題 (9) 121	7.6 復習問題 (8)	105
8.1.1 タングステン電球特性 107 8.2 照明の基礎 108 8.2.1 光東 108 8.2.2 照度 108 8.2.3 光度 108 8.2.4 輝度 (輝き) 109 8.2.5 反射率、透過率、吸収率 110 8.2.6 光束発散度 111 8.2.7 電灯の効率 112 8.2.8 照明率 112 8.2.9 器具効率 112 8.3.1 光の方向に垂直な面の照度 112 8.3.1 光の方向に対し面が角度 θ 傾いた場合の照度 112 8.3.1 光の方向に対し面が角度 θ 112 8.3.1 光の方向に対し面が角度 112 8.3.2 光の方向に対し面が角度 112 8.3.1 光の方向に対し面が角度 112 8.3.1 光の方向に対し面が角度 112 8.3.1 光の形成が表別であるの形度 113 8.5 球光源による直射照度 114 8.6 被照面に平行な有限直線光源による直射照度 115 8.7 室内照明計算 116 8.7.1 大東法 116 8.7.2 灯数決定の簡便法 117 8.8 投光照明 118 8.8.1 投光器の位置と取付け高さ 118 8.8.2 投光器数の計算 118 8.9 航海灯の光度 119 8.10 採照灯の光度 (照射距離との関係) 119 8.11 採照灯の光度 (照射距離との関係) 119 8.11 採照灯の未た光度 120 8.13 復習問題 (9) 121	8. 電灯照明	106
8.1.1 タングステン電球特性 107 8.2 照明の基礎 108 8.2.1 光東 108 8.2.1 光東 108 8.2.2 照度 108 8.2.3 光度 108 8.2.4 輝度 (輝き) 109 8.2.5 反射率、透過率、吸収率 110 8.2.6 光東発散度 111 8.2.7 電灯の効率 112 8.2.8 照明率 112 8.2.9 器具効率 112 8.3.1 光の方向に垂直な面の照度 112 8.3.1 光の方向に対し面が角度 θ 傾いた場合の照度 112 8.3.1 光の方向に対し面が角度 θ 112 8.3.2 光の方向に対し面が角度 112 8.3.1 光の方向に対し面が角度 112 8.3.1 光の方向に対し面が角度 112 8.3.2 光の方向に対し面が角度 112 8.3.1 光の方向に対し面が角度 112 8.3.2 光の方向に対し面が角度 112 8.3.1 光の方向に対し面が角度 112 8.3.2 光の方向に対し面が角度 112 8.3.3 照度と光度との関係 113 8.5 球光源による直射照度 114 8.6 被照面に平行な有限直線光源による直射照度 115 8.7 室内照明計算 116 8.7.1 光東法 116 8.7.2 灯数決定の簡便法 117 8.8 投光照明 118 8.8.1 投光器の位置と取付け高さ 118 8.8.2 投光器数の計算 118 8.8.1 投光器の位置と取付け高さ 118 8.8.2 投光器数の計算 118 8.9 航海灯の光度 (照射距離との関係) 119 8.10 採照灯の光度 (照射距離との関係) 119 8.11 採照灯の光度 (照射距離との関係) 119 8.11 採照灯の未入光度 120 8.13 復習問題 (9) 121	8.1 光源	106
8.2 照明の基礎 108 8.2.1 光東 108 8.2.2 照度 108 8.2.3 光度 108 8.2.4 輝度 (輝き) 109 8.2.5 反射率、透過率、吸収率 110 8.2.6 光東発散度 111 8.2.7 電灯の効率 112 8.2.8 照明率 112 8.2.9 器具効率 112 8.2.9 器具効率 112 8.3.1 光の方向に垂直な面の照度 112 8.3.2 光の方向に乗直な面の照度 112 8.3.1 光の方向に乗直な面の照度 112 8.3.1 光の方向に乗しな可原度 112 8.3.2 光の方向に対し面が角度 θ傾いた場合の照度 112 8.4 点光源による直射照度 113 8.5 球光源による照度 114 8.6 被照面に平行な有限直線光源による直射照度 115 8.7 室内照明計算 116 8.7.1 光東法 116 8.7.2 灯数決定の簡便法 117 8.8 投光照明 118 8.8.1 投光器の位置と取付け高さ 118 8.8.2 投光器数の計算 118 8.9 航海灯の光度 119 8.10 探照灯の光度 (照射距離との関係) 119 8.11 探照灯の光度 (照射距離との関係) 119 8.11 探照灯の光度 (照射距離との関係) 119 8.11 探照灯の光度 (照射距離との関係) 119 8.11 探照灯の光度 (照射距離との関係) 120 8.13 復習問題 (9) 121	8.1.1 タングステン電球特性	
8.2 照明の基礎 108 8.2.1 光東 108 8.2.2 照度 108 8.2.3 光度 108 8.2.4 輝度 (輝き) 109 8.2.5 反射率、透過率、吸収率 110 8.2.6 光東発散度 111 8.2.7 電灯の効率 112 8.2.8 照明率 112 8.2.9 器具効率 112 8.2.9 器具効率 112 8.3.1 光の方向に垂直な面の照度 112 8.3.2 光の方向に乗直な面の照度 112 8.3.1 光の方向に乗直な面の照度 112 8.3.1 光の方向に乗しな可原度 112 8.3.2 光の方向に対し面が角度 θ傾いた場合の照度 112 8.4 点光源による直射照度 113 8.5 球光源による照度 114 8.6 被照面に平行な有限直線光源による直射照度 115 8.7 室内照明計算 116 8.7.1 光東法 116 8.7.2 灯数決定の簡便法 117 8.8 投光照明 118 8.8.1 投光器の位置と取付け高さ 118 8.8.2 投光器数の計算 118 8.9 航海灯の光度 119 8.10 探照灯の光度 (照射距離との関係) 119 8.11 探照灯の光度 (照射距離との関係) 119 8.11 探照灯の光度 (照射距離との関係) 119 8.11 探照灯の光度 (照射距離との関係) 119 8.11 探照灯の光度 (照射距離との関係) 120 8.13 復習問題 (9) 121	8.1.2 蛍光灯の特性	107
8.2.1 光東 108 8.2.2 照度 108 8.2.3 光度 108 8.2.4 輝度(輝き) 109 8.2.5 反射率、透過率、吸収率 110 8.2.6 光束発散度 111 8.2.7 電灯の効率 112 8.2.8 照明率 112 8.2.8 照明率 112 8.3 照度と光度との関係 112 8.3.1 光の方向に垂直な面の照度 112 8.3.1 光の方向に対し面が角度 θ 傾いた場合の照度 112 8.3.2 光の方向に対し面が角度 θ 112 8.4 点光源による直射照度 113 8.5 球光源による直射照度 114 8.6 被照面に平行な有限直線光源による直射照度 115 8.7 室内照明計算 116 8.7.1 光束法 116 8.7.2 灯数決定の簡便法 117 8.8 投光器の位置と取付け高さ 118 8.8.1 投光器の位置と取付け高さ 118 8.8.2 投光器数の計算 118 8.9 航海灯の光度 119 8.10 探照灯の光度 (照射距離との関係) 119 8.11 探照灯の光度 (照射距離との関係) 119 8.11 探照灯の光度 (照射距離との関係) 120 8.12 地理学的光達距離 120 8.13 復習問題 (9) 121		
8.2.2 照度 108 8.2.3 光度 108 8.2.4 輝度(輝き) 109 8.2.5 反射率、透過率、吸収率 110 8.2.6 光束発散度 111 8.2.7 電灯の効率 112 8.2.8 照明率 112 8.2.9 器具効率 112 8.3.1 光の方向に垂直な面の照度 112 8.3.1 光の方向に垂直な面の照度 112 8.3.1 光の方向に対し面が角度 θ傾いた場合の照度 112 8.3.2 光の方向に対し面が角度 度 112 8.4 点光源による直射照度 113 8.5 球光源による直射照度 114 8.6 被照面に平行な有限直線光源による直射照度 115 8.7 室内照明計算 116 8.7.1 光束法 116 8.7.2 灯数決定の簡便法 117 8.8 投光器明 118 8.8.1 投光器の位置と取付け高さ 118 8.8.2 投光器数の計算 118 8.8.1 探照灯の光度 119 8.10 探照灯の光度 (照射距離との関係) 119 8.11 探照灯の光度 (照射距離との関係) 119 8.11 探照灯の光度 (照射距離との関係) 119 8.11 探照灯の光度 (照射距離との関係) 120 8.12 地理学的光達距離 120 8.13 復習問題 (9) 121	8.2.1 光束	
8.2.3 光度 108 8.2.4 輝度 (輝き) 109 8.2.5 反射率、透過率、吸収率 110 8.2.6 光束発散度 111 8.2.7 電灯の効率 112 8.2.8 照明率 112 8.2.9 器具効率 112 8.3.1 光の方向に垂直な面の照度 112 8.3.1 光の方向に垂直な面の照度 112 8.3.2 光の方向に対し面が角度 θ 傾いた場合の照度 112 8.4 点光源による直射照度 113 8.5 球光源による風度 114 8.6 被照面に平行な有限直線光源による直射照度 115 8.7 室内照明計算 116 8.7.1 光束法 116 8.7.2 灯数決定の簡便法 117 8.8 投光照明 118 8.8.1 投光器の位置と取付け高さ 118 8.8.1 投光器数の計算 118 8.8.1 投光器数の計算 118 8.8.1 投光器数の計算 118 8.8.2 投光器数の計算 118 8.8.1 探照灯の光度 (照射距離との関係) 119 8.11 探照灯の光度 (照射距離との関係) 119 8.11 探照灯の光度 (照射距離との関係) 119 8.11 探照灯の最大光度 120 8.12 地理学的光達距離 120 8.13 復習問題 (9) 121	8.2.2 照度	
8.2.5 反射率、透過率、吸収率 110 8.2.6 光東発散度 111 8.2.7 電灯の効率 112 8.2.8 照明率 112 8.2.9 器具効率 112 8.3 照度と光度との関係 112 8.3.1 光の方向に垂直な面の照度 112 8.3.2 光の方向に対し面が角度 θ傾いた場合の照度 112 8.4 点光源による直射照度 113 8.5 球光源による直射照度 114 8.6 被照面に平行な有限直線光源による直射照度 115 8.7 室内照明計算 116 8.7.1 光東法 116 8.7.2 灯数決定の簡便法 117 8.8 投光照明 118 8.8.1 投光器の位置と取付け高さ 118 8.8.2 投光器数の計算 118 8.8.1 投光器の位置と取付け高さ 118 8.8.2 投光器数の計算 118 8.9 航海灯の光度 119 8.10 探照灯の光度 (照射距離との関係) 119 8.11 探照灯の最大光度 120 8.12 地理学的光達距離 120 8.13 復習問題 (9) 121	8.2.3 光度	
8.2.6 光東発散度 111 8.2.7 電灯の効率 112 8.2.8 照明率 112 8.2.9 器具効率 112 8.3 照度と光度との関係 112 8.3.1 光の方向に垂直な面の照度 112 8.3.2 光の方向に対し面が角度 θ傾いた場合の照度 112 8.4 点光源による直射照度 113 8.5 球光源による直射照度 114 8.6 被照面に平行な有限直線光源による直射照度 115 8.7 室内照明計算 116 8.7.1 光東法 116 8.7.2 灯数決定の簡便法 117 8.8 投光照明 118 8.8.1 投光器の位置と取付け高さ 118 8.8.1 投光器の位置と取付け高さ 118 8.8.2 投光器数の計算 118 8.8.1 探照灯の光度 (照射距離との関係) 119 8.10 探照灯の光度 (照射距離との関係) 119 8.11 探照灯の最大光度 120 8.12 地理学的光達距離 120 8.13 復習問題 (9) 121	8.2.4 輝度(輝き)	109
8.2.7 電灯の効率 112 8.2.8 照明率 112 8.2.9 器具効率 112 8.3 照度と光度との関係 112 8.3 照度と光度との関係 112 8.3.1 光の方向に垂直な面の照度 112 8.3.2 光の方向に対し面が角度 θ傾いた場合の照度 112 8.4 点光源による直射照度 113 8.5 球光源による正射照度 114 8.6 被照面に平行な有限直線光源による直射照度 115 8.7 室内照明計算 116 8.7.1 光束法 116 8.7.2 灯数決定の簡便法 117 8.8 投光照明 118 8.8.1 投光器の位置と取付け高さ 118 8.8.1 投光器の位置と取付け高さ 118 8.8.2 投光器数の計算 118 8.8.1 採照灯の光度 119 8.10 採照灯の光度 (照射距離との関係) 119 8.11 採照灯の表大光度 120 8.12 地理学的光達距離 120 8.13 復習問題 (9) 121	8.2.5 反射率、透過率、吸収率	110
8.2.8 照明率 112 8.2.9 器具効率 112 8.3 照度と光度との関係 112 8.3.1 光の方向に垂直な面の照度 112 8.3.2 光の方向に対し面が角度 θ傾いた場合の照度 112 8.4 点光源による直射照度 113 8.5 球光源による照度 114 8.6 被照面に平行な有限直線光源による直射照度 115 8.7 室内照明計算 116 8.7.1 光東法 116 8.7.2 灯数決定の簡便法 117 8.8 投光照明 118 8.8.1 投光器の位置と取付け高さ 118 8.8.1 投光器の位置と取付け高さ 118 8.8.2 投光器数の計算 118 8.9 航海灯の光度 (照射距離との関係) 119 8.10 探照灯の光度 (照射距離との関係) 119 8.11 探照灯の最大光度 120 8.12 地理学的光達距離 120 8.13 復習問題 (9) 121	8.2.6 光束発散度	111
8.2.9 器具効率 112 8.3 照度と光度との関係 112 8.3.1 光の方向に垂直な面の照度 112 8.3.2 光の方向に対し面が角度 θ傾いた場合の照度 112 8.4 点光源による直射照度 113 8.5 球光源による照度 114 8.6 被照面に平行な有限直線光源による直射照度 115 8.7 室内照明計算 116 8.7.1 光束法 116 8.7.2 灯数決定の簡便法 117 8.8 投光照明 118 8.8.1 投光器の位置と取付け高さ 118 8.8.1 投光器の位置と取付け高さ 118 8.8.2 投光器数の計算 118 8.9 航海灯の光度 119 8.10 探照灯の光度 (照射距離との関係) 119 8.11 探照灯の最大光度 120 8.12 地理学的光達距離 120 8.13 復習問題 (9) 121	8.2.7 電灯の効率	112
8.2.9 器具効率 112 8.3 照度と光度との関係 112 8.3.1 光の方向に垂直な面の照度 112 8.3.2 光の方向に対し面が角度 θ傾いた場合の照度 112 8.4 点光源による直射照度 113 8.5 球光源による照度 114 8.6 被照面に平行な有限直線光源による直射照度 115 8.7 室内照明計算 116 8.7.1 光束法 116 8.7.2 灯数決定の簡便法 117 8.8 投光照明 118 8.8.1 投光器の位置と取付け高さ 118 8.8.1 投光器の位置と取付け高さ 118 8.8.2 投光器数の計算 118 8.9 航海灯の光度 119 8.10 探照灯の光度 (照射距離との関係) 119 8.11 探照灯の最大光度 120 8.12 地理学的光達距離 120 8.13 復習問題 (9) 121	8.2.8 照明率	112
8.3.1 光の方向に垂直な面の照度 112 8.3.2 光の方向に対し面が角度 θ傾いた場合の照度 112 8.4 点光源による直射照度 113 8.5 球光源による照度 114 8.6 被照面に平行な有限直線光源による直射照度 115 8.7 室内照明計算 116 8.7.1 光東法 116 8.7.2 灯数決定の簡便法 117 8.8 投光照明 118 8.8.1 投光器の位置と取付け高さ 118 8.8.2 投光器数の計算 118 8.8.2 投光器数の計算 118 8.9 航海灯の光度 119 8.10 探照灯の光度 (照射距離との関係) 119 8.11 探照灯の最大光度 120 8.12 地理学的光達距離 120 8.13 復習問題 (9) 121		112
8.3.2 光の方向に対し面が角度 0 傾いた場合の照度 112 8.4 点光源による直射照度 113 8.5 球光源による照度 114 8.6 被照面に平行な有限直線光源による直射照度 115 8.7 室内照明計算 116 8.7.1 光束法 116 8.7.2 灯数決定の簡便法 117 8.8 投光照明 118 8.8.1 投光器の位置と取付け高さ 118 8.8.2 投光器数の計算 118 8.9 航海灯の光度 119 8.10 探照灯の光度(照射距離との関係) 119 8.11 探照灯の最大光度 120 8.12 地理学的光達距離 120 8.13 復習問題(9) 121 9. 復習問題解答 122	8.3 照度と光度との関係	112
8.4 点光源による直射照度1138.5 球光源による照度1148.6 被照面に平行な有限直線光源による直射照度1158.7 室内照明計算1168.7.1 光束法1168.7.2 灯数決定の簡便法1178.8 投光照明1188.8.1 投光器の位置と取付け高さ1188.8.2 投光器数の計算1188.9 航海灯の光度1198.10 探照灯の光度(照射距離との関係)1198.11 探照灯の最大光度1208.12 地理学的光達距離1208.13 復習問題(9)1219. 復習問題解答122	8.3.1 光の方向に垂直な面の照度	112
8.4 点光源による直射照度1138.5 球光源による照度1148.6 被照面に平行な有限直線光源による直射照度1158.7 室内照明計算1168.7.1 光束法1168.7.2 灯数決定の簡便法1178.8 投光照明1188.8.1 投光器の位置と取付け高さ1188.8.2 投光器数の計算1188.9 航海灯の光度1198.10 探照灯の光度(照射距離との関係)1198.11 探照灯の最大光度1208.12 地理学的光達距離1208.13 復習問題(9)1219. 復習問題解答122	$8.3.2$ 光の方向に対し面が角度 $ heta$ 傾いた場合の照度 \cdots	
8.6 被照面に平行な有限直線光源による直射照度1158.7 室内照明計算1168.7.1 光束法1168.7.2 灯数決定の簡便法1178.8 投光照明1188.8.1 投光器の位置と取付け高さ1188.8.2 投光器数の計算1188.9 航海灯の光度1198.10 探照灯の光度(照射距離との関係)1198.11 探照灯の最大光度1208.12 地理学的光達距離1208.13 復習問題(9)1219. 復習問題解答122		113
8.7 室内照明計算1168.7.1 光束法1168.7.2 灯数決定の簡便法1178.8 投光照明1188.8.1 投光器の位置と取付け高さ1188.8.2 投光器数の計算1188.9 航海灯の光度1198.10 探照灯の光度(照射距離との関係)1198.11 探照灯の最大光度1208.12 地理学的光達距離1208.13 復習問題(9)1219. 復習問題解答122	8.5 球光源による照度	114
8.7.1 光東法1168.7.2 灯数決定の簡便法1178.8 投光照明1188.8.1 投光器の位置と取付け高さ1188.8.2 投光器数の計算1188.9 航海灯の光度1198.10 探照灯の光度(照射距離との関係)1198.11 探照灯の最大光度1208.12 地理学的光達距離1208.13 復習問題(9)1219. 復習問題解答122	8.6 被照面に平行な有限直線光源による直射照度	115
8.7.2 灯数決定の簡便法1178.8 投光照明1188.8.1 投光器の位置と取付け高さ1188.8.2 投光器数の計算1188.9 航海灯の光度1198.10 探照灯の光度(照射距離との関係)1198.11 探照灯の最大光度1208.12 地理学的光達距離1208.13 復習問題(9)1219. 復習問題解答122	8.7 室内照明計算	116
8.8 投光照明1188.8.1 投光器の位置と取付け高さ1188.8.2 投光器数の計算1188.9 航海灯の光度1198.10 探照灯の光度(照射距離との関係)1198.11 探照灯の最大光度1208.12 地理学的光達距離1208.13 復習問題(9)1219. 復習問題解答122	8.7.1 光束法	116
8.8 投光照明1188.8.1 投光器の位置と取付け高さ1188.8.2 投光器数の計算1188.9 航海灯の光度1198.10 探照灯の光度(照射距離との関係)1198.11 探照灯の最大光度1208.12 地理学的光達距離1208.13 復習問題(9)1219. 復習問題解答122	8.7.2 灯数決定の簡便法	117
8.8.2 投光器数の計算1188.9 航海灯の光度1198.10 探照灯の光度 (照射距離との関係)1198.11 探照灯の最大光度1208.12 地理学的光達距離1208.13 復習問題 (9)1219. 復習問題解答122		118
8.9 航海灯の光度1198.10 探照灯の光度 (照射距離との関係)1198.11 探照灯の最大光度1208.12 地理学的光達距離1208.13 復習問題 (9)1219. 復習問題解答122	8.8.1 投光器の位置と取付け高さ	118
8.10 探照灯の光度(照射距離との関係) 119 8.11 探照灯の最大光度 120 8.12 地理学的光達距離 120 8.13 復習問題 (9) 121 9. 復習問題解答 122	8.8.2 投光器数の計算	118
8.11 探照灯の最大光度1208.12 地理学的光達距離1208.13 復習問題 (9)1219. 復習問題解答122	8.9 航海灯の光度	119
8.12 地理学的光達距離 120 8.13 復習問題 (9) 121 9. 復習問題解答 122	8.10 探照灯の光度(照射距離との関係)	119
8.12 地理学的光達距離 120 8.13 復習問題 (9) 121 9. 復習問題解答 122	8.11 探照灯の最大光度	
8.13 復習問題 (9) ···· 121 9. 復習問題解答 ···· 122	8.12 地理学的光達距離	
	8.13 復習問題 (9)	
	9. 復習問題解答	122
	10. 附録、理工学及び求積関係公式	128

10.1 理二	ご学関係式	128
10.1.1	慣性モーメント $[J]$ とはずみ車効果 $[GD^2]$	128
10.1.2	各種慣性モーメント	129
10.1.3	はずみ車効果 (GD ²) の測定 ······	129
10.1.4	合成はずみ車効果の例	131
10.1.5	圧力、張力の強さ	131
10.1.6	密度	131
10.1.7	比重	131
10.1.8	運動の速さ	131
10.1.9	比熱	131
10.1.10	湿度	132
10.1.11	音波の速度測定法	132
10.1.12	うなりの定理	132
10.1.13	周期と振動数	132
10.1.14	運動のエネルギー	132
10.1.15	位置のエネルギー	132
10.2 求利	貴の式	132
10.2.1	三角形の面積	132
10.2.2	矩形の面積	132
10.2.3	平行四辺形の面積	132
10.2.4	台形の面積	132
10.2.5	円の面積	132
10.2.6	扇形の面積	132
10.2.7	球の表面積	132
10.2.8	直角筒(直円筒)の側面積	133
10.2.9	立方体の体積	133
10.2.10	球の体積	133
10.2.11	角筒(円筒)の体積	133
10.2.12	角筒(円錐)の体積	133
10.2.13	円周の長さ	133
10.3 ギリ	「シャ文字	134