

地球惑星科学II 試験問題 (基礎クラス: 23 ~ 30)

- 試験開始の指示があるまで, 試験問題を見ないこと.
- 地球惑星科学入門・地学図表・自筆ノート・筆記具のみ持ちこみ可.
- 携帯電話やアラーム付きの時計の電源を切り, 鞆にしまうこと.
- 試験中は, 他受験者の迷惑となる行為は厳に慎み, 静粛を保つこと.
- 不正行為は決して行わないこと. 不正行為を行った場合には 0 点とする.
- 問 1 から 問 5 の全ての問題に解答せよ.
- 解答用紙は指定のものを使うこと. 解答欄は解答用紙の裏面に続いている. 必ず学生番号と氏名を記入すること.
- 計算をする場合には, 計算過程も記すこと. その際, 四捨五入によって概数だけを求めれば良い. 例えば

$$3.14 \sim 3,$$
$$365 \sim 400$$

などと計算せよ. ただし, どのような近似を行ったかがわかるように記述すること.

2015 年 01 月 29 日

問 1 図 1 は降水量の緯度分布を示したものである。以下の問に答えよ。

- (a) 降水量は赤道付近と緯度 40-50 度の中緯度領域で大きくなっている。この理由を大気大循環と関連づけて説明せよ。
- (b) 降水量が最大となる北緯 5 度域において、降水が起こる際に生じる 1 秒あたり底面積 1 m² あたりの凝結加熱量 (単位: W/m² = J/sec/m²) を計算せよ。ただし、水の密度を 999.97 kg/m³, 水の潜熱 (1 kg の水が凝結するとき発生する熱量) を 2.5×10^6 J/kg とせよ。この凝結加熱は大気にとって熱源となる。この熱源の大気循環にとっての重要性を説明せよ。
- (c) 熱帯域の 1 m² あたりの大気中に平均的に含まれる水蒸気量は、降水量に換算するとおよそ 50 mm である。この水蒸気を、図 1 における降水量最大値 (北緯 5 度における値) で除去とした場合、何日かかるか計算せよ。この日数は、おおまかには大気に入った水蒸気が大気中に留まる時間 (滞留時間という) を表すものである。計算で求めた滞留時間から、火山の噴火等で一時的に大気中にもたらされる水蒸気変動は長期の時間スケールでは気候に影響を及ぼさないことを説明せよ。
- (d) 降水過程が天気予報や温暖化予測で用いられる数値モデル (大気大循環モデル) の不確定性をもたらしている理由を説明せよ。

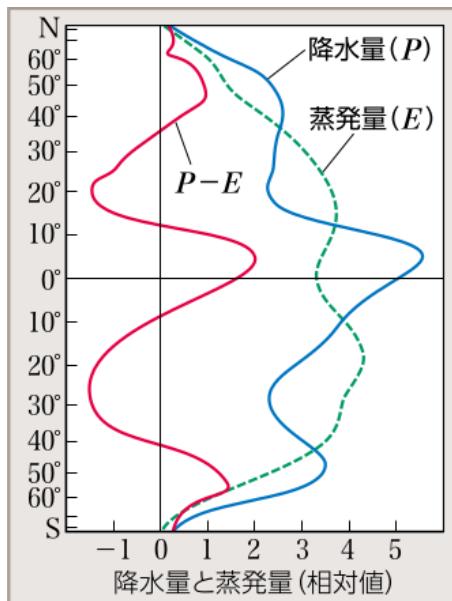


図 1: 降水量の緯度分布。年平均、経度平均した分布を示す。横軸の単位は mm/日である。つまり北緯 5 度における降水量の最大値は、1 日あたり 5.6 mm の高さの雨が降ることを示している。原図は地学図表 162 ページ。

問 2 図 2 は海洋表層の流れを示したものである。以下の問に答えよ。

- (a) 亜熱帯循環 (図中の ①, ②, ④, ⑨ で表現される渦) において流れが 1 周するおよその時間を計算せよ。日単位で解答せよ。ただし、表層の海洋循環の流速の速度スケールは 1 m/sec とせよ (この流速は黒潮域における値であり、かなり大きめなものである)。これより、海洋が季節の長さを越えた気候変動をもたらしうることを説明せよ。
- (b) 図 2 で示された亜熱帯循環はどのようにして形成されているか、説明せよ。
- (c) 亜熱帯循環によって熱は南北どちらの方向に輸送されているか? 流れのパターンに基づき説明せよ。
また、亜熱帯循環が弱くなったとすると赤道域の海洋表層温度は上がるか、下がるか、どちらと考えられるか。理由とともに答えよ。
これより、亜熱帯循環が弱くなったとするとハドレー循環の強度はどのように変化すると考えられるか。これについても、理由とともに答えよ。
- (d) 前問 (b) と (c) で見たように、大気は海洋に、海洋は大気に影響を及ぼしている。大気も海洋が互いに影響を及ぼしあっている現象の例としてエルニーニョ現象がある。エルニーニョ現象において大気が海洋に与える効果と、海洋が大気に与える効果を挙げて、それぞれそれらがどのように起こるのかを説明せよ。

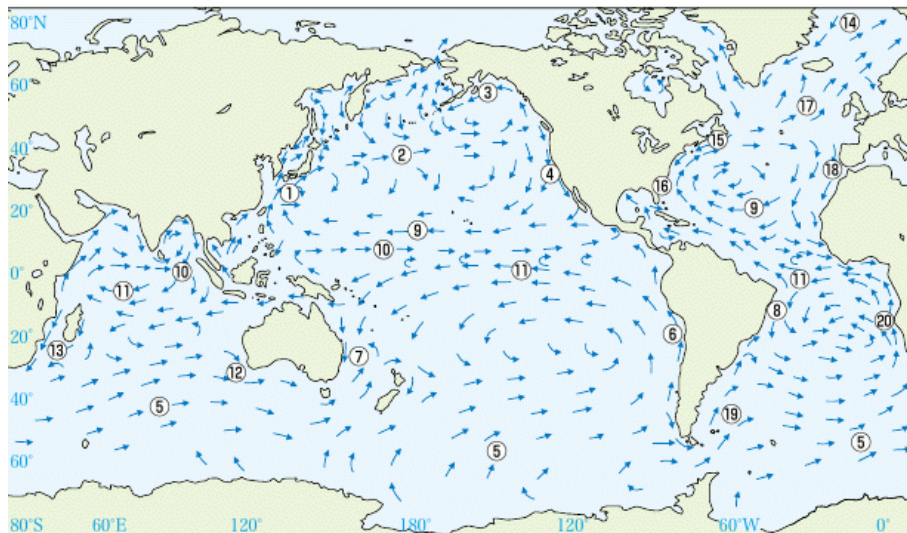


図 2: 海洋表層における海流の模式図。原図は地学図表 176 ページ。

問3 表1は恒星の緒量を並べたものである。以下の問に答えよ。

- (a) この表には恒星までの距離も示されている。天体までの距離を決定する方法のうちの1つを選んで距離を求める原理を説明せよ。
- (b) 主系列星の1つである「ほうおう座ζA」の寿命を求めよ。恒星の寿命は質量に比例し、明るさに反比例すると考えよ。太陽の寿命は100億年として考えよ。また、その星は最終的にどのような状態になると考えられるか、答えよ。
- (c) 巨星の1つである「ケンタウルス座β」の周囲で地球程度の太陽定数をもつ惑星はこの恒星からどの程度の距離に存在するか？天文単位で答えよ。
- (d) 「ケンタウルス座β」のまわりで生命存在可能な惑星が存在するか、しないか？惑星形成過程および恒星進化過程の観点から議論せよ。

星名		赤経	赤緯	スペクトル型	見かけの等級	絶対等級	有効温度 (K)	質量 (太陽=1)	半径 (太陽=1)	平均密度 (g/cm ³)	年周視差	距離 (光年)	
巨星	北極星	αUMi	02 ^h 32 ^m	+89°16'	F7: I b - II v	2.0	-3.6	—	6	46	—	0.008 [°]	433
	アルデバラン	αTau	04 36	+16 31	K5 III	0.8	-0.8	3300	4	60	3×10 ⁻⁵	0.049	67
	ぎょしゃ座ζ	ζAur	05 02	+41 04	K4 I b	4.0	-2.9	3700	8.3	160	2.4×10 ⁻⁶	0.004	786
	リゲル	βOri	05 15	-08 12	B8 Iae:	0.1	-7.0	—	—	—	—	0.004	863
	カペラA	αAur	05 17	+46 00	G5 III e + G0 III	0.1 d	-0.5	5500	4.2	12	0.0034	0.076	43
	ベテルギウス	αOri	05 55	+07 24	M1-2 I a - I ab	0.42	-5.5	3600	15	690	8×10 ⁻⁷	0.007	498
	ケンタウルス座β	βCen	14 04	-60 22	B1 III	0.6	-4.8	21000	25	11	0.026	0.008	392
	アークトゥルス	αBoo	14 16	+19 11	K1 III b	-0.06	-0.3	4200	8	26	4×10 ⁻⁴	0.089	37
	アンタレス	αSco	16 29	-26 26	M1.5 I ab - I b	0.96	-5.2	3500	3	720	4×10 ⁻⁷	0.006	554
	はくちょう座32A	32Cyg	20 15	+47 43	K6 I	4.2	-3.4	3200	23	350	7.5×10 ⁻⁷	0.003	1059
	ペガス座β	βPeg	23 04	+28 05	M2.5 II - III	2.42	-1.5	3300	9	110	3×10 ⁻⁶	0.017	196
主系列星	太陽	—	—	G2 V	-26.75	4.82	5777	1	1	1.41	—	—	
	カシオペア座ηA	ηCas	00 49	+57 49	G0 V	3.44	4.6	5940	0.87	1.03	1.14	0.168	19.4
	カシオペア座ηB	ηCas	00 49	+57 49	M0 V	7.22	8.3	3800	0.54	0.81	1.41	0.168	19.4
	ほうおう座ζA	ζPhe	01 08	-55 15	B6 V	3.9	-0.9	15000	6.1	3.4	0.22	0.011	299
	ほうおう座ζB	ζPhe	01 08	-55 15	A0 V	5.8	1.0	11000	3.0	2.0	0.53	0.011	299
	アケルナル	αEri	01 38	-57 14	B3 Vpe	0.5	-2.7	—	—	—	—	0.023	140
	シリウスA	αCma	06 45	-16 43	A1 V	-1.44	1.45	10400	2.14	1.7	0.55	0.379	8.6
	カストル	αGem	07 35	+31 53	A1 V + A2 Vm	1.6 d	0.6	—	—	—	—	0.064	51
	プロキオンA	αCMi	07 39	+05 14	F5 IV - V	0.40	2.67	6450	1.78	2.1	0.25	0.285	11.5
	レグルス	αLeo	10 08	+11 58	B7 V	1.35	-0.6	13000	—	3.7	—	0.041	79
	ケンタウルス座α	αCen	14 40	-60 50	G2 V + K1 V	-0.3 d	4.1	—	—	—	—	0.755	4.3
	へびつかい座70A	70Oph	18 05	+02 30	K0 V	4.03	5.5	5290	0.89	0.85	2.0	0.197	16.6
	へびつかい座70B	70Oph	18 05	+02 30	K6 V	5.98	7.4	4250	0.66	0.80	1.8	0.197	16.6
	ベガ	αLyr	18 37	+38 47	A0 V a	0.03	0.6	9500	3.0	2.6	0.16	0.130	25
	アルタイル	αAql	19 51	+08 52	A7 V	0.77	2.2	8250	1.7	1.9	0.8	0.195	17
	はくちょう座61A	61Cyg	21 07	+38 44	K5 Ve	5.20	7.49	5100	0.9	1.0	1	0.287	11.4
	クリューガー60A	—	22 28	+57 42	M2 V	9.59	11.58	3150	0.26	0.32	11	0.250	13.0
	クリューガー60B	—	22 28	+57 42	M5 Ve	11.41	13.40	2950	0.16	0.25	14	0.250	13.0
フォーマルハウト	αPsa	22 58	-29 37	A3 V	1.16	1.7	9300	—	1.8	—	0.130	25	
白色矮星	ファン・マーン星	—	00 49	+05 24	DG	12.37	14.23	7500	0.14	0.007	6×10 ⁵	0.235	13.9
	エリダヌス座α ² B	α ² Eri	04 15	-07 39	DA	9.6	11.1	12900	0.44	0.020	8×10 ⁴	0.201	16.3
	シリウスB	αCma	06 45	-16 43	DA	8.58	11.47	14800	1.06	0.016	4×10 ⁵	0.379	8.6

表1: 恒星の緒量. 原表は地学図表39ページ.

問 4 地球の海洋はどのように作られたかものを説明せよ。ただし、水分子 (H_2O) 中に含まれる水素原子と酸素原子がどのように作られたのかも含めて、宇宙の歴史と地球の形成過程と関連させて記述せよ。

問 5 以下のそれぞれは、この授業の内容を正しく理解していない者の発言を想定したものである。これらはいずれも間違いあるいは不正確な内容を含んでいる。発言者の誤解を正すための解説文を作成せよ。

- (a) 「地球温暖化の予測に使われている気象モデルには不確定性が大きいと言っていた。だから大気中の CO_2 濃度が増加しても地球の温度が上がるかどうかはわからない。」
- (b) 「地球大気の熱源は太陽の光だと言っていた。だから上空に行くほど、太陽に近くなるので気温は上がるはずだ。」
- (c) 「水蒸気の凝結熱は大気の熱源だと言っていた。だからもし水蒸気が無くなると大気の循環も無くなる。」
- (d) 「太陽系の形成に関しては、観測からわかることは何もなく証拠は 1 つも無い。なぜなら、大昔に起きたことだから。」