



第9回日本地学オリンピック本選

(第11回国際地学オリンピック二次選抜)

解答例

- I 地質分野
- II 固体地球分野
- III 気象分野
- IV 海洋分野
- V 天文分野
- VI 標本鑑定（鉱物・化石）

第9回日本地学オリンピック本選 模範解答・配点

地質分野 (満点 50 点)

問 1 計算 解答 N47E30W ± 5 度 (5 点)

問 2 計算 解答 N47E45E ± 5 度 (5 点)

問 3 図に記入 (5 点) 問 4 正断層 (5 点)

問 5 断層は南東方向に傾斜し、北西に傾斜した地層が断面図のようにずらされているため、この断層は正断層である。 (5 点)

問 6 118±10 m (5 点)

問 7 計算 $13\text{mm} \times \sin 30^\circ \times (100\text{m}/20\text{mm}) = 32.5$
解答 32.5m (5 点)

問 8 計算 $420 - 390 = 30 \text{ m}$ 解答 30±10m (5 点)

問 9 【正答：級化層理、荷重痕（ロードキャスト）、流痕、火炎構造（フレーム構造）、生痕化石、漣痕（リップルマーク）、斜交葉理】などから 3 つ回答。
(配点：3 つ正答 5 点、2 つ正答 3 点、1 つ正答 1 点)

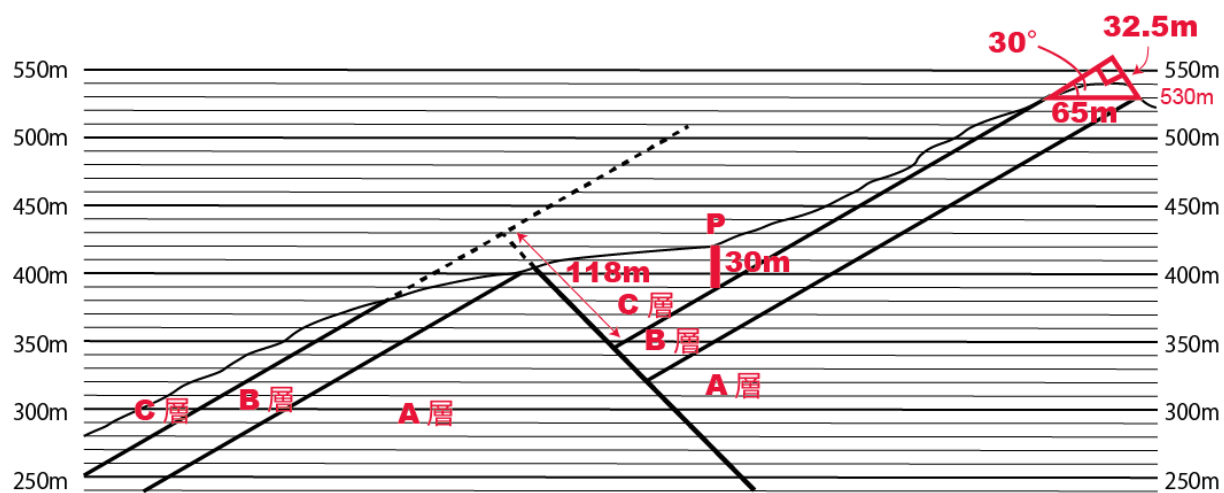
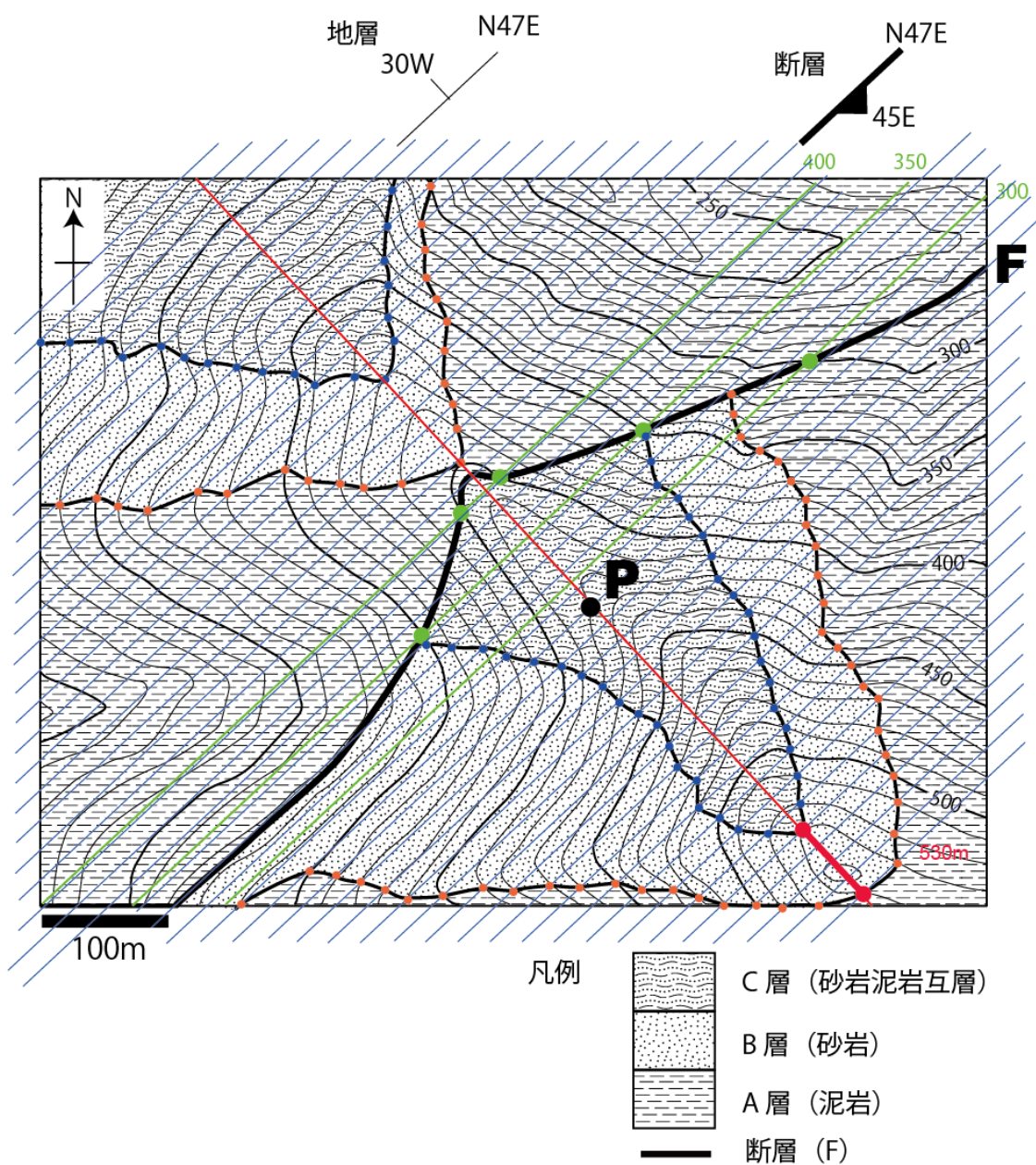
問 10 【正答例】断層トレンチ調査などにより交差切りの法則を用いて、断層が切っている地層および切っていない地層に含まれる化石や放射性同位体年代から断層の活動年代を決定することができる。
(別解) 断層粘土（ガウジ）に含まれる熱水性自生粘土鉱物の K-Ar 年代、電子スピン共鳴（ESR）法による断層活動の推定、などの説明でもよい。
(配点 5 点)

第9回日本地学オリンピック本選 模範解答・配点

模範解答・解説

- 問1 【正答：N47E30W】地層境界線のうち、同一等高線と2点で交わる境界を見つけて結ぶことで、走向が分かる。次に、異なる2つの高度で引いた走向線（地層等高線）の幅と、その2点の高度差から、正接（tan）を用いて傾斜を求めることができる。図中のどの位置で構わないので、上記の計算により、N47E30Wの走向・傾斜が求められていれば正解。角度5°程度の誤差は正解とする。（配点5点）
- 問2 【正答：N47E45E】問1と同様に、断層面の走向と傾斜を求める。角度5°程度の誤差は正解とする。（配点5点）
- 問3 【正答：正答図参照】断面図は、走向に直交する方向に測線を引く。また、尾根や谷など、地形的な特徴が表せる位置に引く。図中では、北西-南東方向に測線を引くのが最も適切であり、この方向に尾根が伸びているため、図の赤線の位置に測線を引いて断面図を作成する。断層および地層境界は、問1および問2で求めた傾斜を用いて作図する。測線の位置が若干ずれていても、正しく断面図が作成されていれば正答とする。（配点5点）
- 問4 【正答：正断層】断層は南東方向に傾斜し、北西に傾斜した地層が断面図のようにずらされているため、この断層は正断層である。（配点5点）
- 問5 【正答：北西-南東方向に引っ張りの力が加わることにより、正断層性の運動によって形成された。】（配点5点）
- 問6 【正答：118m】断面図において、断層面に沿ったB-C層境界のずれの量は、118mである。10m程度の誤差は正答とする。（配点5点）
- 問7 【正答：32.5m】断面図からB層の厚さを計測する。5度前後の誤差は正答とする。（配点5点）（別解）B層が露出する、本地域南東部に着目すると、走向に直交する方向（断面図の測線）に同一高度（530m）でA-B層境界、B-C層境界が交わっている。このことから、この2点の水平距離に、傾斜30度の正弦（sin）をかけることで、B層の厚さが求められる。水平距離 $13\text{mm} \times \sin 30^\circ \times \text{縮尺}(100\text{m}/20\text{mm}) = 32.5\text{m}$
- 問8 【正答：30m】点Pの標高は420mである。地層等高線の延長でB層とC層の境界と交わる点は390mである。すなわち、 $420\text{m} - 390\text{m} = 30\text{m}$ となる。断面図から求めてもよい。10m程度の誤差は正答とする。（配点5点）
- 問9 【正答：級化層理、荷重痕（ロードキャスト）、流痕、火炎構造（フレーム構造）、生痕化石、漣痕（リップルマーク）、斜交葉理】などから3つ回答。（配点：3つ正答5点、2つ正答3点、1つ正答1点）
- 問10 【正答例】断層トレンチ調査などにより交差切りの法則を用いて、断層が切っている地層および切っていない地層に含まれる化石や放射性同位体年代から断層の活動年代を決定することができる。（別解）断層粘土（ガウジ）に含まれる熱水性自生粘土鉱物のK-Ar年代、電子スピン共鳴（ESR）法による断層活動の推定、などの説明でもよい。（配点5点）

第9回日本地学オリンピック本選 模範解答・配点

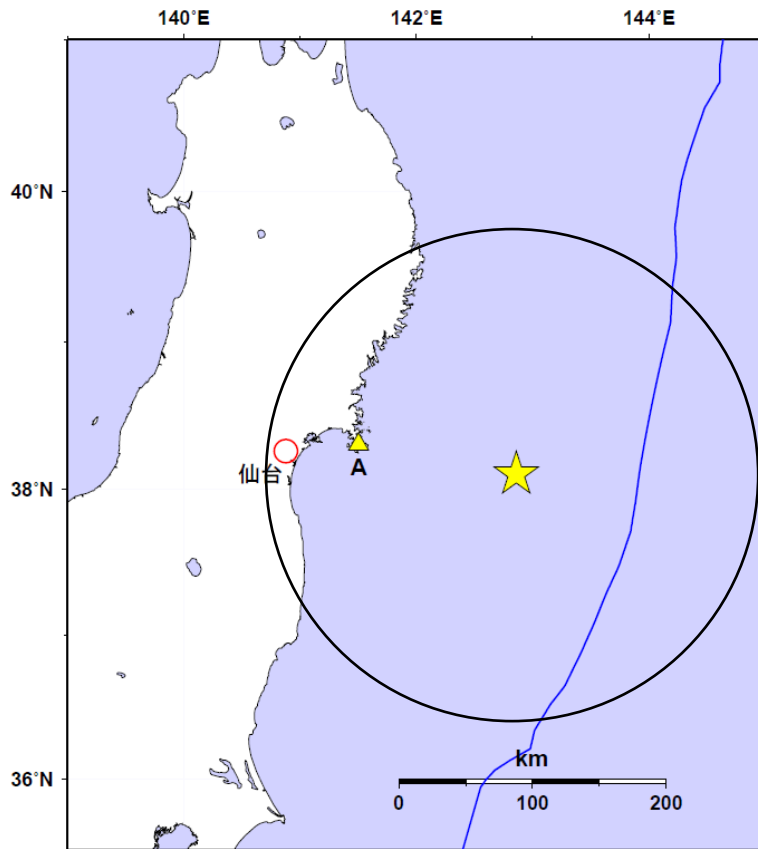


第9回日本地学オリンピック本選 模範解答・配点

固体地球分野（満点 50 点）

*計算問題、作図問題については、導出の考え方が正しければ、数値が多少異なっても正解とする。

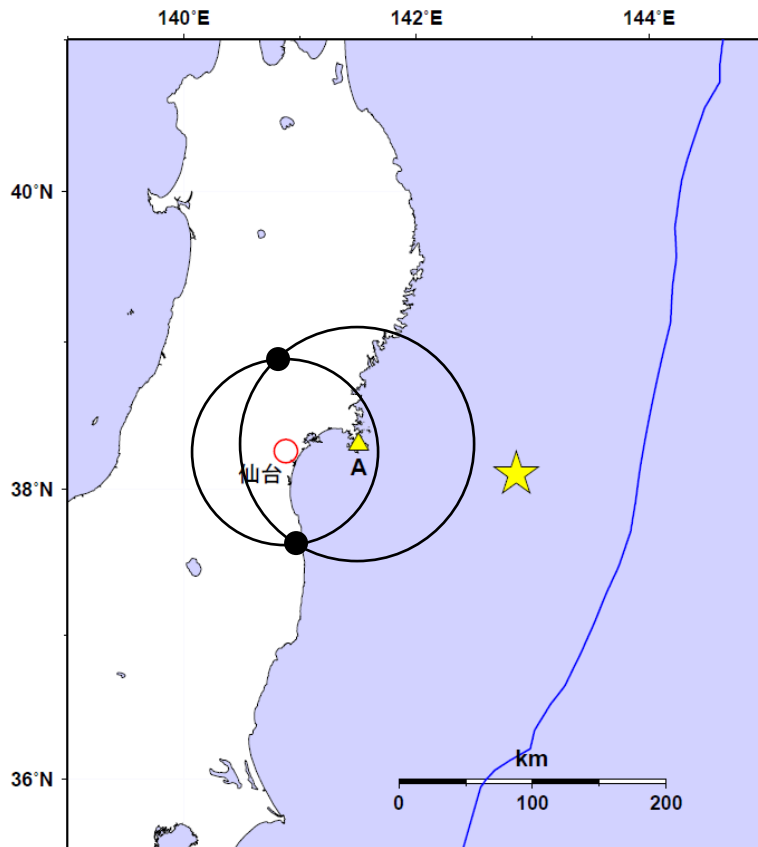
問1 (配点 7 点)



震源から A 地点まで約 120km あるため、震源から A 地点までの P 波伝播時間は $120/7.0=17.14$ 秒である。したがって、地震発生から $17.14+8=25.14$ 秒後に緊急地震速報が発せられる。そのため、地震発生から $25.14+20=45.14$ 秒後以降に S 波が到達する領域が、速報から S 波到達までに 20 秒以上の余裕がある地域となる。地震発生から 45.14 秒後には、S 波は $45.14 \times 4.0=180.6\text{km}$ 伝播するため、震源から半径約 181km の円が求まる円である。

第9回日本地学オリンピック本選 模範解答・配点

問2 (配点7点)



P-S 時間より、震源-仙台間の距離は $10 \times (7.0 \times 4.0) / (7.0 - 4.0) = 93.3 \text{ km}$ 。したがって、地震発生から S 波が仙台に到達するまでに要する時間は $93.3 / 4.0 = 23.3$ 秒である。一方、震源から A 地点までの距離を x とすると、A 地点までの P 波の伝播時間は $x / 7.0$ 秒となる。したがって、緊急地震速報が仙台に届くまでに要する時間は $x / 7.0 + 8$ 秒である。この時間と S 波の到達時間が同じなので、 $x / 7.0 + 8 = 23.3$ より、 $x = 107.1 \text{ km}$ となる。ゆえに、三平方の定理を利用すると、仙台からの震央距離は $\sqrt{93.3^2 - 60^2} = 71.4 \text{ km}$ 、A 地点からの震央距離は $\sqrt{107.1^2 - 60^2} = 88.7 \text{ km}$ となる。図中に仙台と A 地点を中心とする半径 71km、89km の円をそれぞれ描き、交差した地点（2箇所。図中●）が震央位置の候補となる。

第9回日本地学オリンピック本選 模範解答・配点

問3 (配点6点)

東北地震により発生した表面波が濃尾平野の柔らかい堆積層の中で増幅され、さらに高層ビルの固有周期が表面波の固有周期と一致し共振現象を起こしたため、ゆっくりとした大きな揺れが発生した。

問4 配点6点 (理由も含めて)

P波：S波は海中を伝わらず、P波のみが海中を伝播するため。

問5 配点6点

津波の高さは水深が浅くなるほど増幅する。したがって陸から離れるほど水深が深くなり、津波の高さが小さくなって、被害を免れやすくなるため。

問6 配点6点

表面波の大振幅は約3時間20分おきに繰り返し到達している。地球一周の距離は約4万kmだから、平均伝播速度は $40000\text{km}/200\text{分}=3.3\text{km/s}$ 。

問7 配点6点

2週目と3週目のピークの振幅はそれぞれ約 0.0125mm/s と 0.0045mm/s であるため、地球を一周する間に表面波の振幅は36%に減少する。エネルギーは振幅の2乗に比例するため、表面波のエネルギーは $0.36^2=0.13$ 、すなわち13%まで減少する。したがって、地球を一周する間に $100-13=87\%$ の波動エネルギーが熱エネルギーに変換される。

問8 配点6点 (1つ2点)

ア：太平洋プレート

イ：逆断層

ウ：正断層

第9回日本地学オリンピック本選 模範解答・配点

気象分野 (満点 50 点)

問1 B 計算

$$30^{\circ}\text{C} - \text{T B} = 5^{\circ}\text{C} / \text{km} \times 10 \text{ km} \text{ であるから、}$$

$$\text{T B} = -20^{\circ}\text{C}。$$

2 点

B -20 °C

C 計算

$$30^{\circ}\text{C} - \text{T C} = 6.5^{\circ}\text{C} / \text{km} \times 10 \text{ km} \text{ であるから、}$$

$$\text{T C} = -35^{\circ}\text{C}$$

2 点

C -35 °C

問2 計算

$$1000 \text{ (J/kg} \cdot \text{K)} \times 1 \text{ (kg)} \times 50 \text{ (K)} = 50000 \text{ J}$$

8 点

解答 5000 J

問3 計算

$$1000 \text{ (J/kg} \cdot \text{K)} \times 1 \text{ (kg)} \times 15 \text{ (K)}$$

$$= 5.67 \times 10^{-8} \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K}^4) \times 253^4 \times 1 \text{ (m}^2) \times t \text{ (s)}$$

$$\rightarrow t = 15000 / 5.67 \times 4.10 \times 10^9 \times 10^{-8} = 64.5 \text{ (s)}$$

8 点

解答 64.5 秒

問4 計算

$$-35 \text{ (}^{\circ}\text{C)} + 10 \text{ (}^{\circ}\text{C/km)} \times 10 \text{ (km)} = 65^{\circ}\text{C}$$

8 点

解答 65 °C

問5

解答 二酸化炭素、水蒸気、エアロゾル 3 点 (1×3)

問6 計算

$$(65-30) \times 1 = 35$$

8 点

解答 35 日

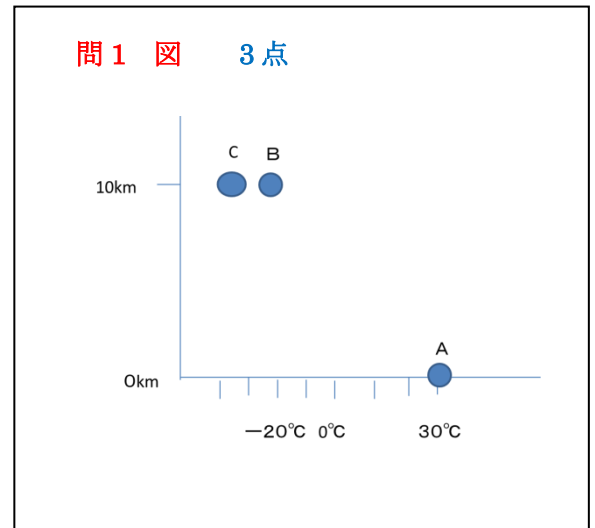
問7 計算

$$2.5 \times 10^3 \text{ (J/g)} \times x = 50000 \text{ J}$$

$$\rightarrow x = 50 / 2.5 = 20 \text{ g}$$

8 点

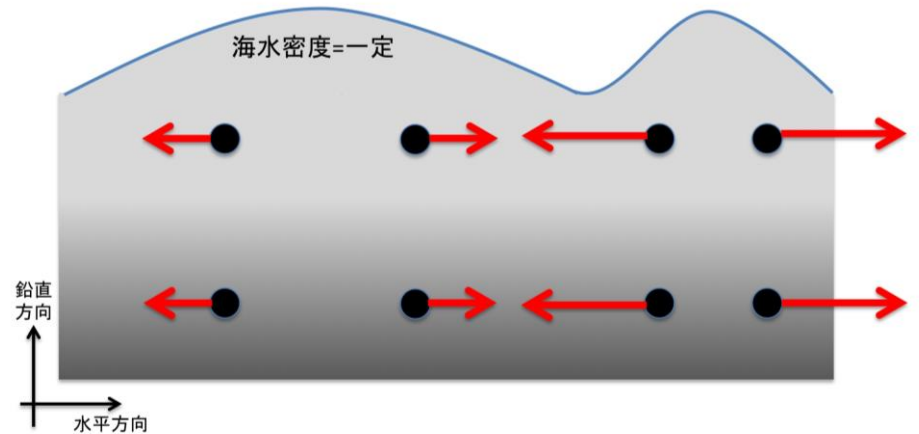
解答 20 g



海洋分野

(満点 100 点)

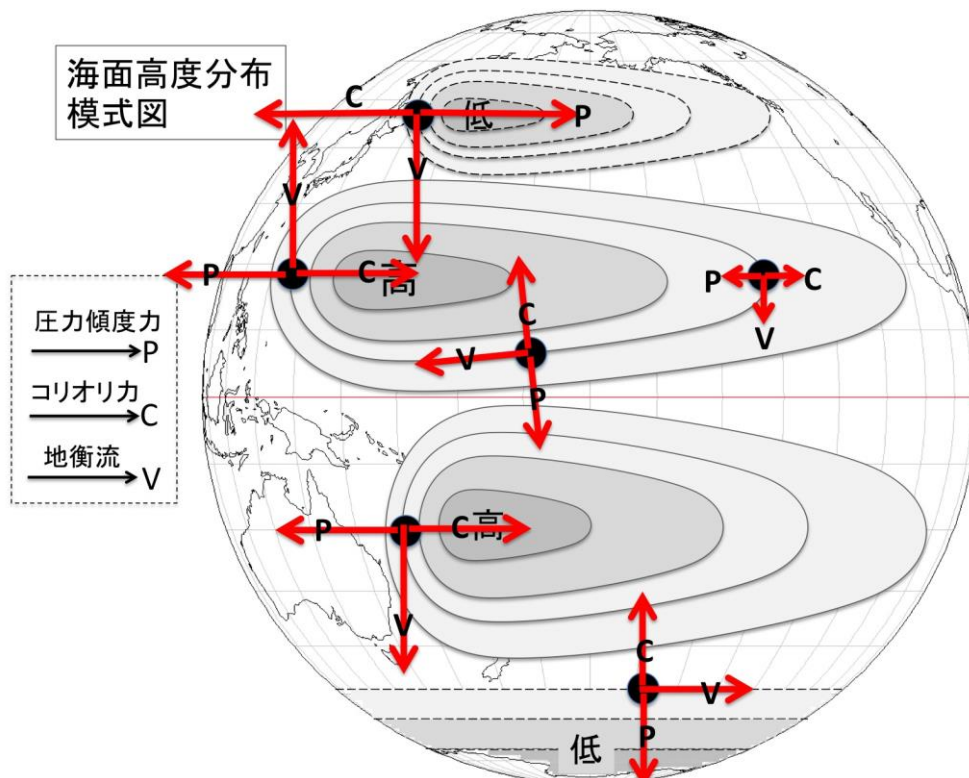
問題 1 配点 8 点



問題 2 配点 10 点

コリオリ力は自転する地球上にいる観測者から見て運動する物体にはたらく見かけの力である。コリオリ力の方向は運動の進行方向に対して [90] 度の角度をなし、北半球では進行方向の [右] 側に、南半球では [左] 側にはたらく。コリオリ力の大きさは速度に比例する。速度が同じ場合には、緯度が高くなるほどコリオリ力は大きくなり、緯度 45 度では緯度 30 度に比べて [$\sqrt{2}$] 倍になる。[赤道] ではコリオリ力ははたらかない。

問題 3 配点 12 点



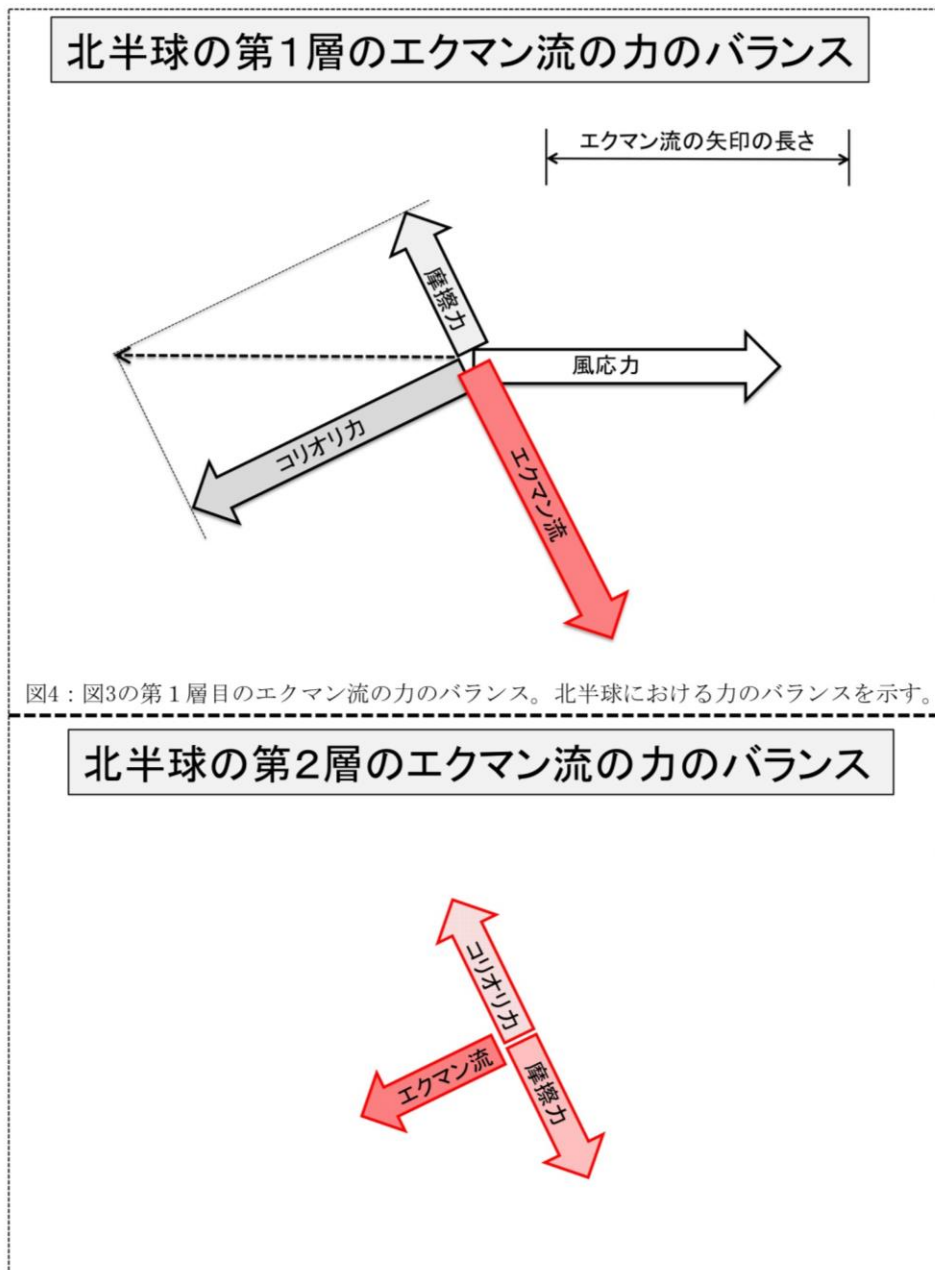
問題 4

[問題 4-1] 配点 10 点

上図：エクマン流の矢印の方向と長さ

[問題 4-2] 配点 10 点

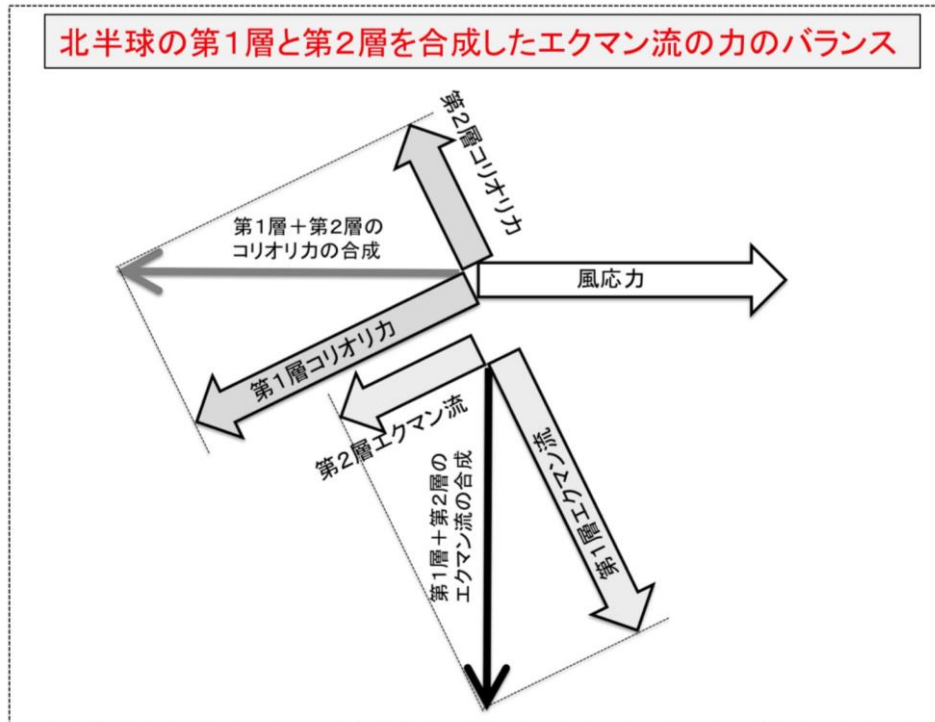
下図：第2層の力のバランス。摩擦力は第1層逆向き同じ長さ。
エクマン流は第1層のコリオリの力の大きさと比例。



第9回日本地学オリンピック本選 模範解答・配点

[問題 4-3] 配点 20 点

問題 4-1 と問題 4-2 の第1層と第2層のエクマン流を合成すると層全体でエクマン流はどちらの方向に流れるか。第1層と第2層にはたらく力の合力のバランスとエクマン流を作図して、説明せよ。

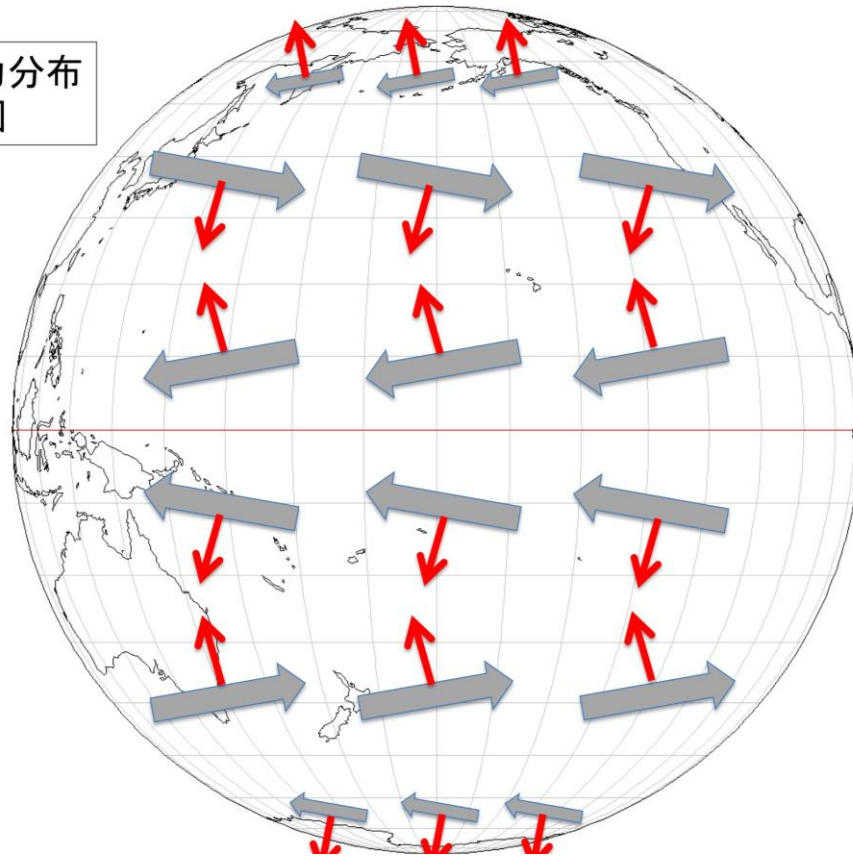


解答：力学の作用・反作用の法則により、第1層の摩擦力和第2層の摩擦力は大きさが同じく反対方向を向くため、第1層と第2層にはたらく力を足し合わせると、第1層の摩擦力和第2層の摩擦力は打ち消し合う。したがって、層全体では第1層と第2層の科リオリカを合成したものと風応力とがバランスすることになる（上図）。エクマン流は科リオリカに直交するため、第1層と第2層のエクマン流を合成したものは風応力と直交する。層全体のエクマン流は北半球では風応力の直交右向き、北半球では直交左向きに流れる。

問題 5

[問題 5-1] 配点 10 点

風応力分布
模式図



解説：問題 4-3 より風応力によって引き起こされるエクマン流は表層全体で、北半球では風応力の直交右向き、南半球では直交左向きに流れる。

[問題 5-2] 配点 20 点

北太平洋の中・低緯度域（図 2 の中で北半球の海面水位が盛り上がった部分）の海洋内部を流れる地衡流がどのように形成されるのかを説明せよ。

[解答] 北半球の中低緯度域では、中緯度帯を吹く西風によりエクマン流は赤道方向、低緯度帯を吹く東風によりエクマン流は極方向に流れるため、表層の海水が収束して海面が盛り上がる。海面が盛り上がると、海面が高いところから低いところにはたらく圧力傾度力が生じる。圧力傾度力は表層から海洋内部まで作用する。この圧力傾度力にバランスするように、北半球の中・低緯度域の海洋内部には時計回りの地衡流の循環ができる。

第9回日本地学オリンピック本選 模範解答・配点

天文分野 (満点 50 点)

問1 2つ述べる。 各5点 (計10点)

- ・全ての恒星を同じ明るさと仮定していた (恒星の正確な明るさがわからなかった)
- ・星間吸収を考慮していなかった。
- ・(観測できない) 遠方の恒星を考慮していなかった。

問2

(1) 3つ述べる。 各5点 (計15点)

- ・球状星団は10万から1000万個の恒星の集まりだが、散開星団は数10個から数百個の恒星の集まりである。
- ・球状星団は年齢の高い(100億歳)恒星の集まりだが、散開星団は若い(1-10億歳)恒星の集まりである。
- ・球状星団は銀河系をとりまくように分布しているが、散開星団は天の川(銀河面)に沿って、分布している。
- ・球状星団より散開星団の方が、銀河系の中心方向に多い。
- ・(表1)から、散開星団は地球に比較的近く、球状星団は比較的遠い(離れている)

(2) 5点

球状星団が適している。

散開星団は距離が近く、銀河はかなり遠い。球状星団は様々な方向に分布しており、銀河系全体の大きさを推定するのに適していると考ええる。

問3

(1) 5点

(図3) から、太陽付近の銀河速度を $v=220\text{km/s}$ とし、
また、銀河中心から太陽までの距離を $R=2.8$ 万光年とする。
銀河系の質量を M 、太陽の質量を m 、重力定数を G 、太陽の R での周期 T で公転しているとすると、

$$T=2\pi R/v = 7.6 \times 10^{15} \text{ 秒} = 2.4 \times 10^8 \text{ 年}$$

(2) 5点

$$R^3/T^2 = GM/4\pi^2$$

この式は太陽を公転する地球の場合にもあてはまるので、

$$1/1 = Gm/4\pi^2$$

$$G/4\pi^2 = 1/m$$

したがって

$$R^3/T^2 = GM/4\pi^2 = M/m$$

$$M/m = R^3/T^2 = (2.8 \times 10^4 \times 6.3 \times 10^4)^3 / (2.4 \times 10^8)^2 = 9.5 \times 10^{10} \text{ 個}$$

問4 10点 (2つ述べる)

- ・赤外線で観測することで、銀河系中心を観測することができた。
- ・銀河系中心付近の恒星の運動を観測することで、ブラックホールの質量を求めることができた。
- ・銀河系中心の周囲のガスの運動を観測することで、ブラックホールの質量を求めることができる。

第9回日本地学オリンピック本選 模範解答・配点

標本鑑定 (満点 50 点)

問題 1

(各 1 点×15、全問正答の場合はプラス 1 点で満点は 16 点)

問 1	①	カ、コ、シ	②	ア、ウ、ス
	③	イ、エ、キ、ク、ケ、ソ	④	オ、サ、セ (誤答 1 つにつき 1 点減点)

(各 1 点×8、満点 8 点)

問 2	①	カ・花崗岩 コ・斑レイ岩 シ・カンラン岩
	②	ア・安山岩 ウ・黒曜石 ス・流紋岩
	③	イ・石灰岩 エ・砂岩 キ・頁岩 ク・チャート ケ・凝灰岩 ソ・礫岩
	④	オ・泥質片岩 サ・大理石 セ・片麻岩 (問 1 ④にキがあり、ここでキ・粘板岩とある場合、問 1 ④と問 2 ④とも加点)

(各問ともに、上記のうち 2 組を答える。1 組完答ごとに各 1 点の得点を付与。)

問題 2

(名称各 2 点×5+根拠各 2 点×3、満点 16 点)

問 1	A	名称 アンモナイト	根拠・特徴 殻は平面螺旋形で、ゆるく何重にも巻いており、殻（螺旋）の断面は円形（丸い）。殻には直線的で顕著な放射肋が多数みられる。
	B	名称 三葉虫（エルラシア）	根拠・特徴 形は平たい卵形をしている。体には 3 つの葉が見られる。また、体は頭部、胸部、尾板（部）からなる。頭部には小さめの頭鞍があり、胸部は大きく、多数の体節があり、尾板は小さい。
	C	名称 腕足貝（スピリファー）	根拠・特徴 三角形（扇形）の二枚の殻をもち、両側の殻はよく膨らむ。一つの殻は左右対称の形をしている。殻には放射肋が多数あり、中央部には顕著な縦溝と褶（隆起部）がある。蝶番線は長く直線的である。
	D	名称 貨幣石（ヌムリテス）	E 名称 フズリナ（フズリナ類）

(各 1 点×5、満点 5 点)

問 2	A	中生代白亜紀	B	古生代カンブリア紀
	C	古生代デボン紀	D	新生代古第三紀
	E	古生代ペルム紀		(完答のみ得点を付与、誤字脱字の部分点なし)

(各 1 点×5、満点 5 点)

問 3	A	軟体動物	B	節足動物
	C	腕足動物	D	原生生物
	E	原生生物		(完答のみ得点を付与、誤字脱字の部分点なし)