

問 1 通風乾湿計で測定した乾球温度 t が 19.8°C 、湿球温度 t' が 17.4°C であり、現地気圧 P が 985.2hPa であった。このときの露点温度と相対湿度を算出する手順について述べた次の文章の空欄 (a) ~ (d) に入る適切な数値の組み合わせを、下記の①~⑤の中から一つ選べ。

$$19.8 - 17.4 = 2.4$$

水蒸気圧 e は、次のスプルングの式を用いて算出できる。

$$e = E' - \frac{A}{755} P (t - t')$$

定数 $A = \begin{cases} 0.50 & (\text{湿球が非氷結時}) \\ 0.44 & (\text{湿球が氷結時}) \end{cases}$

まず、式の第 1 項であるこの湿球温度における飽和水蒸気圧の値 E' は、表 1 から (a) hPa となり、また、第 2 項の値は表 2 から (b) hPa となる。

次に、これら二つの値から得られる水蒸気圧 e と表 1 から、露点温度は (c) $^{\circ}\text{C}$ となる。さらに、表 1 から乾球温度における飽和水蒸気圧が得られ、これと水蒸気圧 e の値から相対湿度は (d) % となる。

$$(a) = 19.86 \quad (b) = 1.57$$

$$19.86 - 1.57 = 18.29$$

表 1 水の飽和水蒸気圧表 (hPa)

		温度の小数部 ($^{\circ}\text{C}$)									
		.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
温度の整数位 ($^{\circ}\text{C}$)	22	26.43	26.59	26.75	26.92	27.08	27.24	27.41	27.58	27.75	27.91
	21	24.86	25.01	25.17	25.32	25.48	25.63	25.79	25.95	26.11	26.27
	20	23.37	23.52	23.66	23.81	23.96	24.10	24.25	24.40	24.55	24.71
	19	21.96	22.10	22.24	22.38	22.52	22.66	22.80	22.94	23.08	23.23
	18	20.63	20.76	20.89	21.02	21.15	21.29	21.42	21.55	21.69	21.83
	17	19.37	19.49	19.61	19.74	19.86	19.99	20.11	20.24	20.37	20.50
	16	18.17	18.29	18.40	18.52	18.64	18.74	18.88	19.00	19.12	19.24
	15	17.04	17.15	17.26	17.37	17.49	17.60	17.71	17.83	17.94	18.06

表 2 スプルングの式の第 2 項 (湿球が非氷結時) を算出する表 (hPa)

		現地気圧 (hPa)												
		970	975	980	985	990	995	1000	1005	1010	1015	1020	1025	1030
乾湿球温度差 ($^{\circ}\text{C}$)	3.0	1.93	1.94	1.95	1.96	1.97	1.98	1.99	2.00	2.01	2.02	2.03	2.04	2.05
	2.8	1.80	1.81	1.82	1.83	1.84	1.85	1.85	1.86	1.87	1.88	1.89	1.90	1.91
	2.6	1.67	1.68	1.69	1.70	1.70	1.71	1.72	1.73	1.74	1.75	1.76	1.76	1.77
	2.4	1.54	1.55	1.56	1.57	1.57	1.58	1.59	1.60	1.61	1.61	1.62	1.63	1.64
	2.2	1.41	1.42	1.43	1.44	1.44	1.45	1.46	1.46	1.47	1.48	1.49	1.49	1.50
	2.0	1.28	1.29	1.30	1.30	1.31	1.32	1.32	1.33	1.34	1.34	1.35	1.36	1.36
	1.8	1.16	1.16	1.17	1.17	1.18	1.19	1.19	1.20	1.20	1.21	1.22	1.22	1.23
	1.6	1.03	1.03	1.04	1.04	1.05	1.05	1.06	1.06	1.07	1.08	1.08	1.09	1.09

$$18.29 / 23.08 = 0.792$$

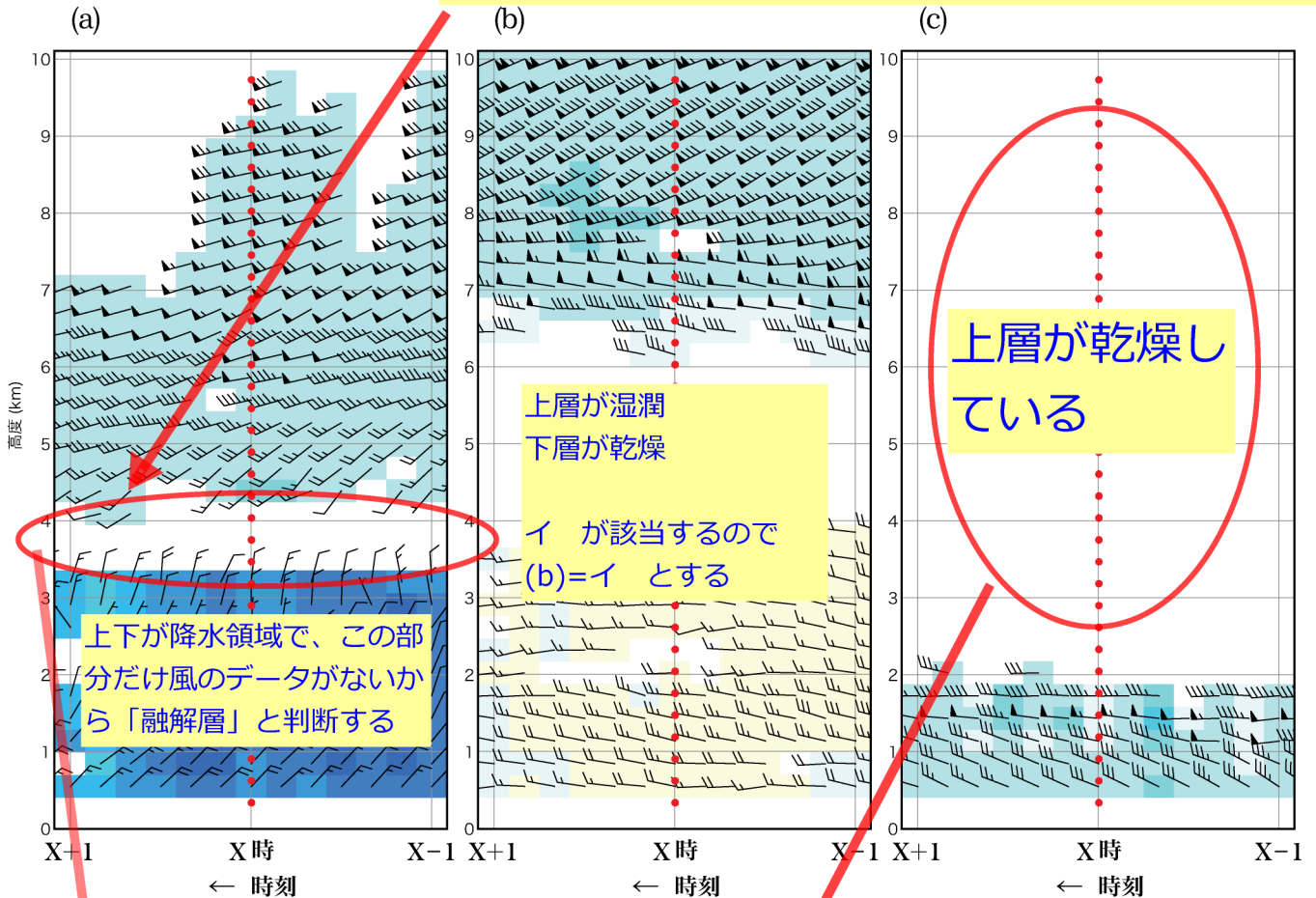
- | | | | | |
|---|-------|------|------|-----|
| | (a) | (b) | (c) | (d) |
| ① | 23.08 | 1.57 | 18.7 | 93 |
| ② | 23.08 | 1.59 | 18.7 | 80 |
| ③ | 19.86 | 1.57 | 16.1 | 79 |
| ④ | 19.86 | 1.57 | 16.1 | 92 |
| ⑤ | 19.86 | 1.59 | 16.1 | 93 |

この色の順に矢印を追ってください。

問 2 図 (a)~(c) は, 気象庁のウィンドプロファイラで得られた高層風の時系列であり, 次ページの図ア~エのうちの三つは, (a)~(c) のいずれかの図中の赤い点線で示した時刻と同じ場所で観測された高層気象観測の結果である。図 (a)~(c) と図ア~エの組み合わせとして最も適切なものを, 次ページの①~⑤の中から一つ選べ。

なお, ウィンドプロファイラ観測においては, 電波の散乱が弱い層や大気または降水粒子の鉛直速度の変化が大きい層では風のデータが得られないことがある。

雪から雨に変わる融解層を指していると解釈できる。
全層で降水がありながら、一部が欠損しているのは、融解層であろう。



上下が降水領域で、この部分だけ風のデータがないから「融解層」と判断する

上層が湿潤
下層が乾燥

イ が該当するので
(b)=イ とする

上層が乾燥している

融解層付近はほぼ0°Cであるから
高度3700m(640hPa付近)が
0°Cである。

上層が乾燥しているのは
ウ だけなので
(c)=ウ とする

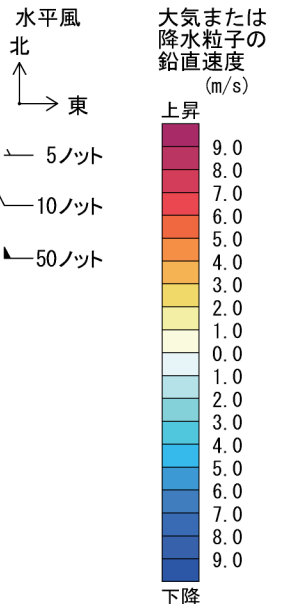
全層湿潤なのは ア と エ

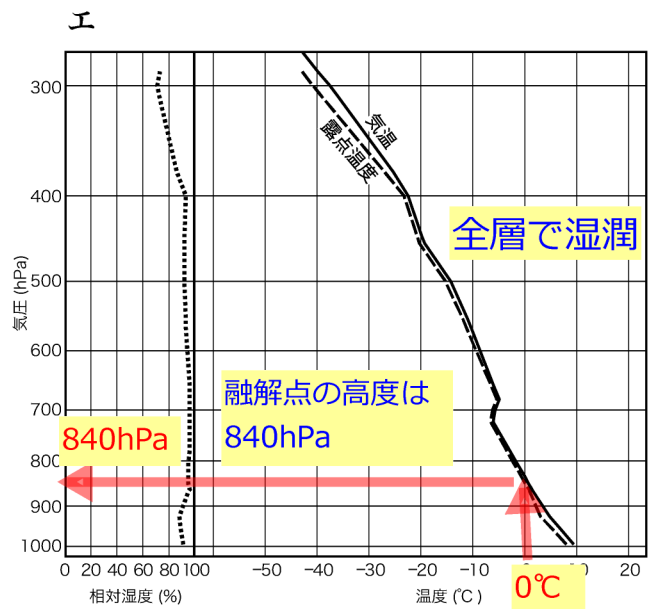
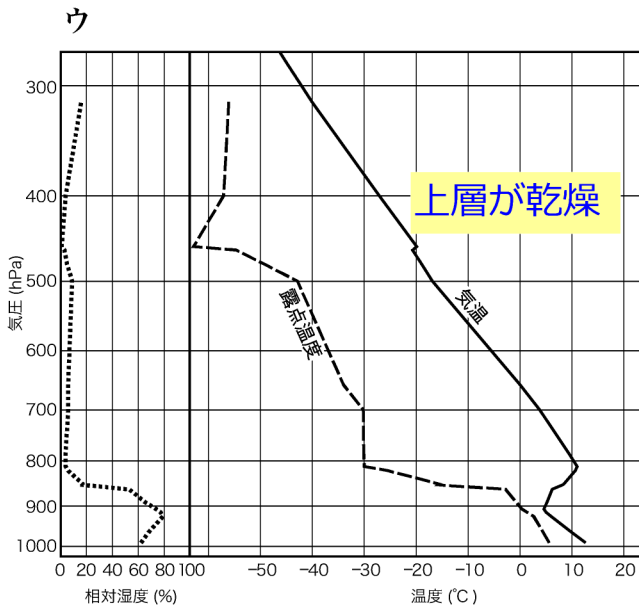
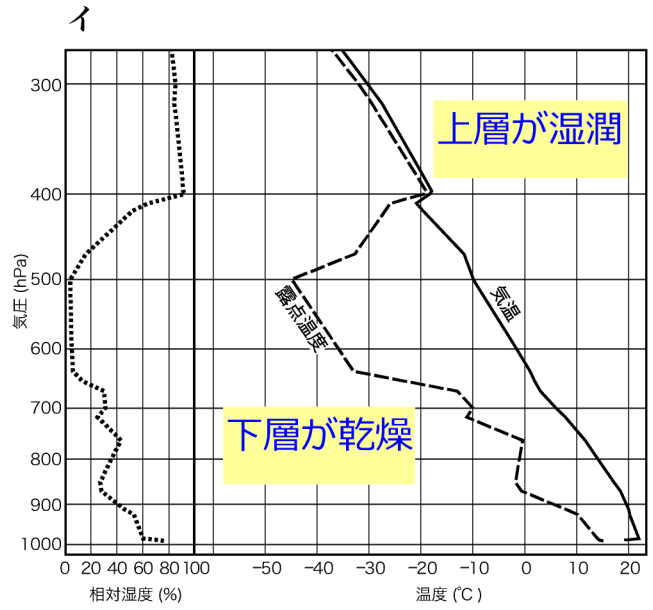
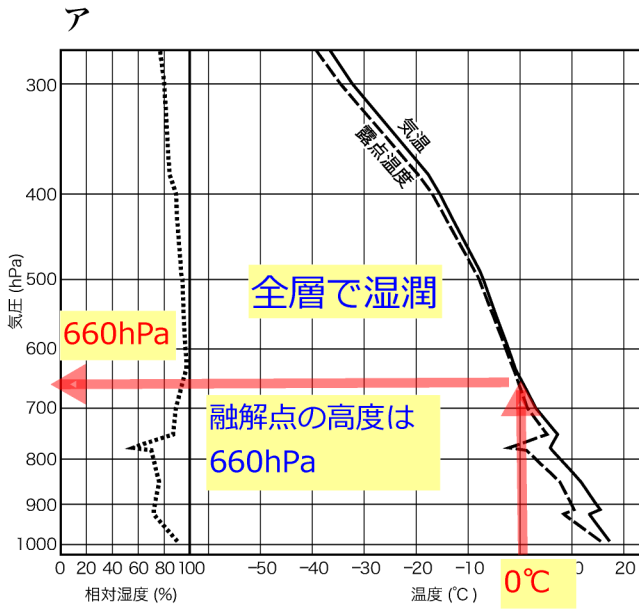
アの0°Cの高度は660hPa

エの0°Cの高度は840hPa

条件が適合するので
(a)=ア とする

不適合





- | | | | |
|---|-----|-----|-----|
| | (a) | (b) | (c) |
| ① | ア | イ | ウ |
| ② | ア | ウ | エ |
| ③ | エ | イ | ウ |
| ④ | エ | ウ | イ |
| ⑤ | イ | ア | エ |

問 3 図はある日に 20 分間隔で観測された東北地方のレーダーエコー強度である。
 図中の赤い破線で囲んだ A, B の特徴的なエコー域の成因について述べた次の文
 (a) ~ (e) のうち、正しいものの組み合わせを、下記の①~⑤の中から一つ選べ。

~~(a)~~ A のエコー域は長時間にわたって同じ場所に留まっているので、降水ではなく、地形で反射された電波による地形エコーである。

形状が変化しているので地形エコー（グランドエコー）ではない

(b) A のエコー域は留まっているように見えるが、その内部では風上側の同じような場所でエコーが次々と発生し、発達しながら下流に移動して衰弱しているものである。

テーパーリングクラウドに代表されるラインエコーである

~~(c)~~ A のエコー域は、東から移動してきた降水域が、北上山地や奥羽山脈を越えて日本海側に流れ込む際に、地形の影響で収束してできた線状降水域によるものである。

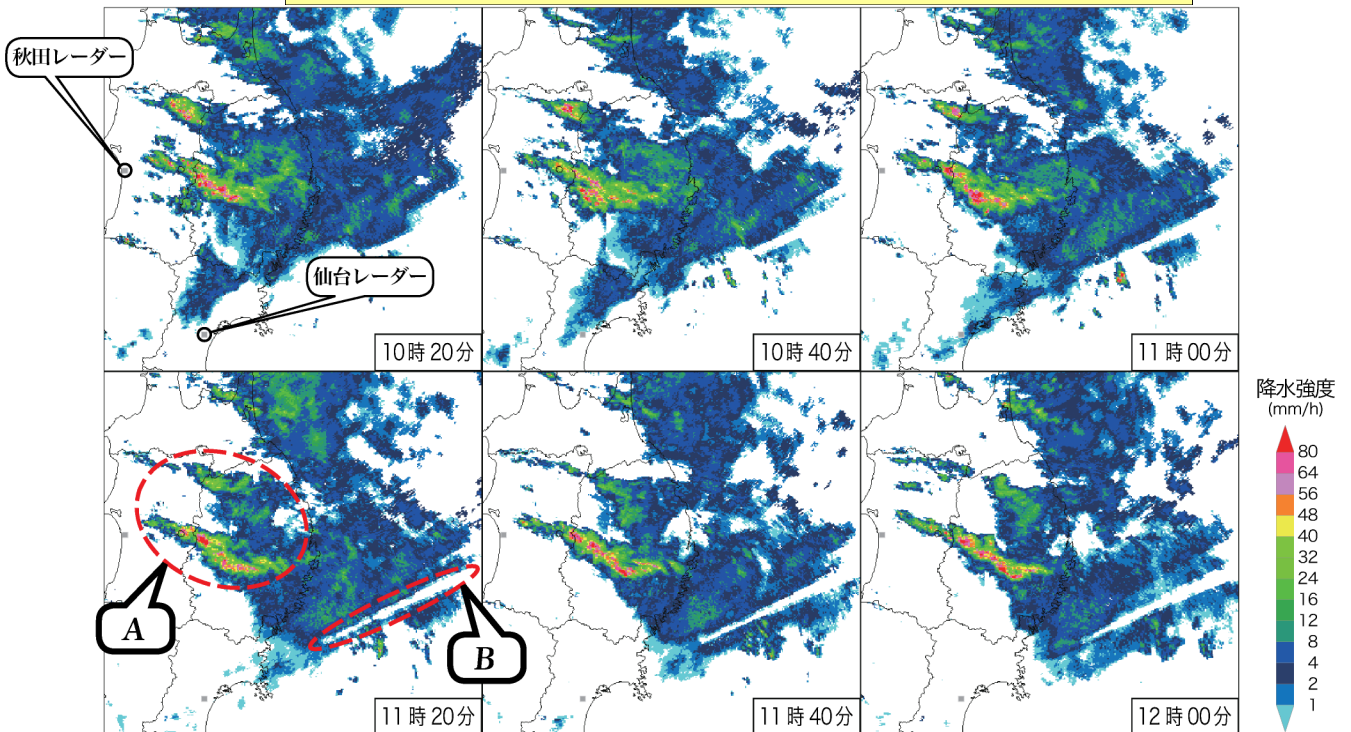
一般に、降水域は東から西には移動しない

~~(d)~~ B のエコー域の白い部分は、異常伝搬によってレーダーの電波が海上で反射して生じたものである。

シークラッターはこんなに直線的ではない

(e) B のエコー域の白い部分は、仙台レーダーから見たこの方向にビルや地物などの障害物があるために、それ以遠のエコーが観測できない部分である。

ブラインドエコーと呼ばれる現象である



- ① (a), (d)
- ② (a), (e)
- ③ (b), (d)
- ④ (b), (e)
- ⑤ (c), (d)

問 4 静止気象衛星ひまわりの赤外面像について述べた次の文 (a) ~ (c) の正誤の組み合わせとして正しいものを、下記の①~⑤の中から一つ選べ。

- (a) 赤外面像では、輝度温度が低い雲ほど明るく表示される。
- (b) 赤外面像では、低緯度や中緯度の薄い上層雲は、下から来る赤外線の一部透過させるため、同じ高さにある厚い上層雲よりも ~~明るく~~ **薄暗く** 表示される。
- (c) 赤外面像では、上空に雲がなく温度が非常に低い地表面は、明るく表示される。 **シベリアなどで超低温のときに、地表が灰色に表現されることがある**

- | | | | |
|---|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| | (a) | (b) | (c) |
| ① | <input checked="" type="radio"/> 正 | <input checked="" type="radio"/> 正 | <input checked="" type="radio"/> 正 |
| ② | <input checked="" type="radio"/> 正 | <input checked="" type="radio"/> 誤 | <input checked="" type="radio"/> 正 |
| ③ | <input checked="" type="radio"/> 正 | <input checked="" type="radio"/> 誤 | <input checked="" type="radio"/> 誤 |
| ④ | <input checked="" type="radio"/> 誤 | <input checked="" type="radio"/> 正 | <input checked="" type="radio"/> 正 |
| ⑤ | <input checked="" type="radio"/> 誤 | <input checked="" type="radio"/> 正 | <input checked="" type="radio"/> 誤 |

薄い上層雲ではその下からの赤外放射を一部透過するため相対的に輝度温度が高くなり、雲頂高度が高くても灰色に近い色で表現される。

問 5 数値予報における積雲の取り扱いや中小規模擾乱の予測について述べた次の文 (a) ~ (c) の正誤の組み合わせとして正しいものを、下記の①~⑤の中から一つ選べ。

- (a) 大気現象のスケールが小さくなると、一般に予測可能な期間は短くなる。中小規模擾乱の予測可能な期間は 10 日 ~ 2 週間程度である。
総観規模以上の現象で 10 ~ 15 日で、中小規模では 1 日程度
- (b) メソ数値予報における客観解析では、積雲や中小規模の擾乱の予測精度を高めるため、レーダー反射強度のデータが利用されている。
レーダーの反射強度を利用して相対湿度を推定する
- (c) 積雲の効果をパラメタリゼーションの手法を用いて計算している数値予報モデルでは、個々の積雲の発達、衰弱について予測することはできない。
検討中だが、まだ実用には至っていない

- | | | | |
|---|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| | (a) | (b) | (c) |
| ① | <input checked="" type="radio"/> 正 | <input checked="" type="radio"/> 正 | <input checked="" type="radio"/> 誤 |
| ② | <input checked="" type="radio"/> 正 | <input checked="" type="radio"/> 誤 | <input checked="" type="radio"/> 正 |
| ③ | <input checked="" type="radio"/> 誤 | <input checked="" type="radio"/> 正 | <input checked="" type="radio"/> 正 |
| ④ | <input checked="" type="radio"/> 誤 | <input checked="" type="radio"/> 誤 | <input checked="" type="radio"/> 正 |
| ⑤ | <input checked="" type="radio"/> 誤 | <input checked="" type="radio"/> 誤 | <input checked="" type="radio"/> 誤 |

問 6 次の式は数値予報モデルの基礎となる大気中の微小気塊の温位 θ の時間変化を表したものである。

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} + u \frac{\partial \theta}{\partial x} + v \frac{\partial \theta}{\partial y} + w \frac{\partial \theta}{\partial z} = Q$$

この式では、 t は時間を、 x, y, z はそれぞれ東西、南北、鉛直方向の座標を、 u, v, w はそれぞれ東西、南北、鉛直方向の速度の成分を、 Q は単位時間の熱量の出入りを表している。

次に挙げたア～ウの過程のうち、 Q に含まれるものの組み合わせとして正しいものを、下記の①～⑤の中から一つ選べ。

~~ア~~ 断熱膨張による冷却 断熱膨張による冷却では、温位は変化しない

イ 長波放射による冷却

ウ 水蒸気の凝結による加熱

- ① ア
- ② ウ
- ③ ア, イ
- ④ ア, ウ
- ⑤ イ, ウ

問 7 数値予報資料として使用される高層の予想天気図の特徴について述べた次の文章の空欄 (a) ~ (d) に入る適切な語句の組み合わせを、下記の①～⑤の中から一つ選べ。

700hPa 面は高度約 3000m に相当し、その等圧面の予想天気図は (a) の分布から (b) の解析・予測等に用いられる。一方、500hPa は発散が比較的 (c) 高度なので、その等圧面の予想天気図の (d) を追跡することは、気圧の谷の動向の把握に有効である。

- | | (a) | (b) | (c) | (d) |
|---|------------|------------------|------------|-----------|
| ① | 温度傾度 | 温度風 | 大きい | 渦度 |
| ② | 温度傾度 | 中・下層雲の広がり | 大きい | 鉛直p速度 |
| ③ | 温度傾度 | 中・下層雲の広がり | 小さい | 渦度 |
| ④ | <u>湿潤域</u> | 温度風 | 大きい | 鉛直p速度 |
| ⑤ | <u>湿潤域</u> | <u>中・下層雲の広がり</u> | <u>小さい</u> | <u>渦度</u> |

発散、収束があると
相対渦度が保存されないので、発散が小さいことが条件となる

問 8 ガイダンスについて述べた次の文章の空欄 (a) ~ (c) に入る適切な語句または数値の組み合わせを、下記の①~⑤の中から一つ選べ。

線形重回帰方式やカルマンフィルターを用いたガイダンス手法では、ガイダンス値を予報モデルの出力値の線形結合として表現する。

今、気温ガイダンスの値 G が下記の式によって、数値予報モデルから出力された気温の値 T 、東西風速の値 U 、および係数 A, B, C から求められるとする。また、ある期間の 1 日目と 2 日目の数値予報モデルから出力された T と U および気温の観測値が下の表 1、表 2 の通りであったとする。表 1 は係数が固定されている場合であり、この場合には 2 日間のガイダンス値の平均誤差は (a)°C となる。表 2 は前日までの予想誤差に基づいて係数が日々更新される (b) 方式のガイダンスの例であり、2 日目の係数が表のように変わったとすると、2 日目の誤差の大きさは 1 日目よりも (c) なる。

$$G = A + B \times T + C \times U$$

表 1

	T (°C)	U (m/s)	A	B	C	観測値 (°C)	
1 日目	10	4	0.0	1.10	0.52	16	12
2 日目	20	2	0.0	1.20	0.51	25	21

$$\{(12-16)+(21-25)\}/2=-4$$

表 2

	T (°C)	U (m/s)	A	B	C	観測値 (°C)	
1 日目	10	4	0.0	1.10	0.52	16	12
2 日目	20	2	1.1	1.20	1.2	25	23

$$\{(12-16)+(23-25)\}/2=-3$$

- | | | | |
|---|-----|-----------|-----|
| | (a) | (b) | (c) |
| ① | -4 | カルマンフィルター | 小さく |
| ② | -4 | 線形重回帰方式 | 小さく |
| ③ | -4 | 線形重回帰方式 | 大きく |
| ④ | 5.6 | カルマンフィルター | 小さく |
| ⑤ | 5.6 | 線形重回帰方式 | 大きく |

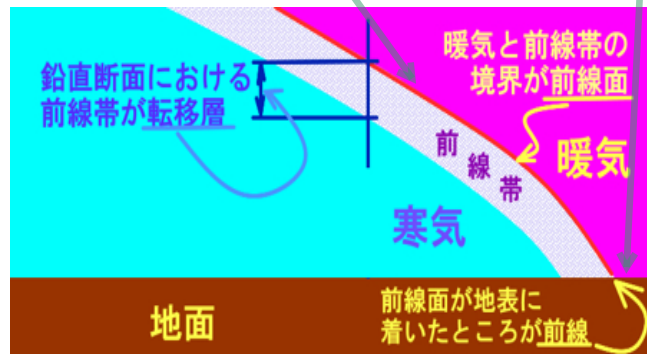
表 1 の結果 (-4) よりも誤差が小さくなった

問 9 温帯低気圧に伴う温暖前線や寒冷前線について述べた次の文 (a) ~ (d) の正誤について、下記の①~⑤の中から正しいものを一つ選べ。

- (a) 地上天気図では、前線の転移層が地表面と交わる暖気側の境界を前線とする。
- (b) 前線付近では、地上の等圧線は気圧が高い方に凸となるように湾曲し、風は低気圧性の水平シアーを持つ。 台風と同じく左回転 (北半球では)
- (c) 前線面は、高度が高くなるとともに寒気側に傾いている。
- (d) 前線の転移層は、成層状態が不安定な気層となっている。

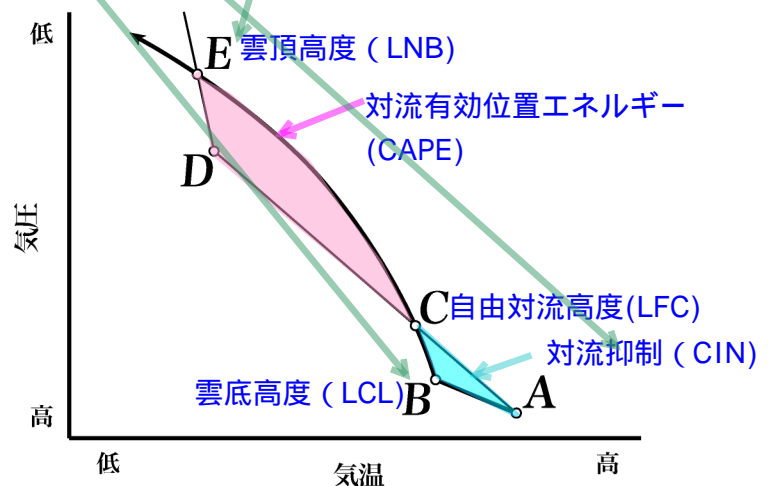
逆転層となり安定である

- ① (a) のみ誤り
- ② (b) のみ誤り
- ③ (c) のみ誤り
- ④ (d) のみ誤り
- ⑤ すべて正しい



問 10 図はエマグラム上での空気塊の断熱変化を模式的に表したものである。細線は観測された気温の鉛直分布 (状態曲線) であり、太線は地上付近の A 点にある未飽和の空気塊を断熱的に持ち上げたときの温度変化である。この図について述べた次の文 (a) ~ (d) の正誤について、下記の①~⑤の中から正しいものを一つ選べ。

- (a) C点の高度は雲底高度の目安になり、E点の高度は雲頂高度の目安となる。 B点
- (b) C点とE点の間の高度では、空気塊は浮力を得て自力で上昇する。
- (c) ABCで囲まれた領域の面積が大きいほど対流が発生しやすい。 領域ABCは「対流抑制 (CIN)」と言い、対流が発生しにくい目安である
- (d) CDEで囲まれた領域の面積は、A点を含む各高度における気温の分布だけで決まる。 気温と湿度が関係する



- ① (a) のみ正しい
- ② (b) のみ正しい
- ③ (c) のみ正しい
- ④ (d) のみ正しい
- ⑤ すべて誤り

問 11 海陸風について述べた次の文 (a) ~ (d) の正誤の組み合わせとして正しいものを、下記の①~⑤の中から一つ選べ。

~~(a)~~ 海風が吹いているときにはその上層では反流が吹いており、その層の厚さは海風の厚さの半分程度である。**反流のほうが厚く、風速は小さい**

(b) 一般に、海風の方が陸風よりも風速が大きい。

~~(c)~~ 海陸風は空間スケールが小さくコリオリの力が働くことはないので、海岸線に直角の方向に吹く。**直角から少しずれる**

(d) 一般風が海から陸に向けて吹いているときには、海風が内陸に侵入する距離が長くなる傾向がある。**同じ方向に風が吹くから距離も長くなるのだろうな**

- | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|
| | (a) | (b) | (c) | (d) |
| ① | 正 | 正 | 誤 | 正 |
| ② | 正 | 誤 | 正 | 誤 |
| ③ | 正 | 誤 | 誤 | 誤 |
| ④ | 誤 | 正 | 正 | 正 |
| ⑤ | 誤 | 正 | 誤 | 正 |

問 12 台風が発達するときの過程について述べた次の文 (a) ~ (d) の正誤の組み合わせとして正しいものを、下記の①~⑤の中から一つ選べ。

(a) 台風中心から少し離れた地点の接線方向の風速が、大気境界層よりやや上の自由大気中で最も大きくなる。**大気境界層の上2km辺りで最大になる**

~~(b)~~ 台風中心付近に向かう動径方向の風速成分が、大気境界層よりやや上の自由大気中で最も大きくなり、対流圏下層の台風中心付近での暖湿気流の収束が強まる。

~~(c)~~ 台風中心付近の対流圏中層は寒冷となり、鉛直方向の不安定が増大して対流活動が活発になる。**圏界付近まで気温が高い**

(d) 対流活動に伴う潜熱の放出により台風中心付近の気圧が低下するために、台風中心から少し離れた地点の対流圏下層での接線方向の風速が大きくなる。

- | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|
| | (a) | (b) | (c) | (d) |
| ① | 正 | 正 | 誤 | 誤 |
| ② | 正 | 誤 | 正 | 正 |
| ③ | 正 | 誤 | 誤 | 正 |
| ④ | 誤 | 正 | 正 | 誤 |
| ⑤ | 誤 | 誤 | 正 | 正 |

問 13 ブライアスコアの求め方と評価について述べた次の文章の空欄 (a) ~ (d) に入る適切な語句または数値の組み合わせを, 下記の①~⑤の中から一つ選べ。

気象庁は, 降水確率を 0% から 100% まで 10% 刻みで発表している。このような確率予報の評価方法の一つにブライアスコアがある。ブライアスコアは, ある期間内の個々の確率予報値を 0~1 の値 (例えば 60% のときには 0.6) とし, そのときの実況が降水なしのときには (a), 降水ありのときには (b) を実況値として, これらの差の (c) として求められる。ブライアスコアは, その値が (d) ほど予報の精度が高い。

- | | (a) | (b) | (c) | (d) |
|---|-----|-----|-------------|-------|
| ① | 0 | 1 | 2 乗の平均値の平方根 | 小さい |
| ② | 0 | 1 | 2 乗の平均値 | 小さい |
| ③ | 0 | 1 | 2 乗の平均値 | 1 に近い |
| ④ | 1 | 0 | 2 乗の平均値の平方根 | 1 に近い |
| ⑤ | 1 | 0 | 2 乗の平均値 | 小さい |

問 14 気象庁が都道府県と共同で発表する土砂災害警戒情報について述べた次の文 (a) ~ (c) の正誤の組み合わせとして正しいものを, 下記の①~⑤の中から一つ選べ。

① (a) 土砂災害警戒情報は, 土砂災害発生危険度が非常に高まった市町村を対象として発表される。

② (b) 土砂災害警戒情報は, 大雨による土石流や急傾斜地崩壊, ~~地滑り~~, 斜面の深層崩壊のおそれが高まった場合に発表される。地すべりは技術的に予測が困難なので対象外

③ (c) 土砂災害警戒情報は, ~~24 時間雨量と土壌雨量指数を組み合わせた基準~~に基づいて発表される。基準を府県と気象台が各々設定し、双方の基準で超過が予想された場合に、土砂災害警戒情報を発表する

- | | (a) | (b) | (c) |
|---|-----|-----|-----|
| ① | 正 | 正 | 誤 |
| ② | 正 | 誤 | 正 |
| ③ | 正 | 誤 | 誤 |
| ④ | 誤 | 正 | 正 |
| ⑤ | 誤 | 誤 | 正 |

問 15 図 A ~ C は, 3 か月予報の基礎資料となる, ある冬 (12 月, 1 月, 2 月) の数値予報による予想図である。これらの図に基づく予想について述べた次の文章の下線部 (a) ~ (c) の正誤の組み合わせとして正しいものを, 下記の①~⑤の中から一つ選べ。

図 A では, 東部太平洋赤道域の海面水温が平年より低く, インドネシア周辺では高く, ~~(a)~~ エルニーニョ現象時に見られる特徴が予想されている。図 A の海面水温分布に対応した降水分布 (図略) を反映して, 図 B では, インドからインドシナ半島付近で高気圧性循環偏差, 日本付近からその東海上で低気圧性循環偏差となっている。これは, (b) 亜熱帯ジェット気流が日本の東海上で平年に比ベ南に蛇行している ことに対応している。図 C では, 日本付近は北海道を除き負偏差となっている。これらの大気の流れから, ~~(c)~~ 日本付近では南ほど寒気が南下しにくいことが予想される。北から風が吹いてくるのだから南下し易い

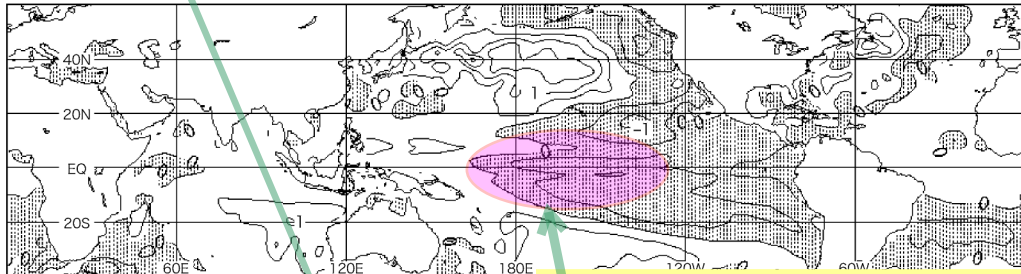


図 A 海面水温平年偏差図

平年偏差: 等値線の間隔は 0.5°C, 陰影は負偏差

低温領域が広がっておりエルニーニョではない

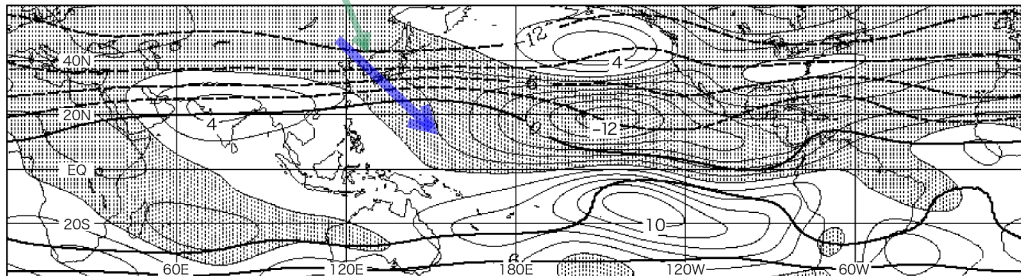


図 B 200hPa 線関数とその平年偏差図

線関数 (太線): 等値線の間隔は $3 \times 10^7 \text{ m}^2/\text{s}$, $-15 \times 10^7 \text{ m}^2/\text{s}$ 以下は省略

平年偏差 (細線): 等値線の間隔は $2 \times 10^6 \text{ m}^2/\text{s}$, 陰影は北半球では低気圧性循環偏差

※ 風は, 線関数の等値線に概ね平行に, 数値が小さい側を左に見る向きに吹く。

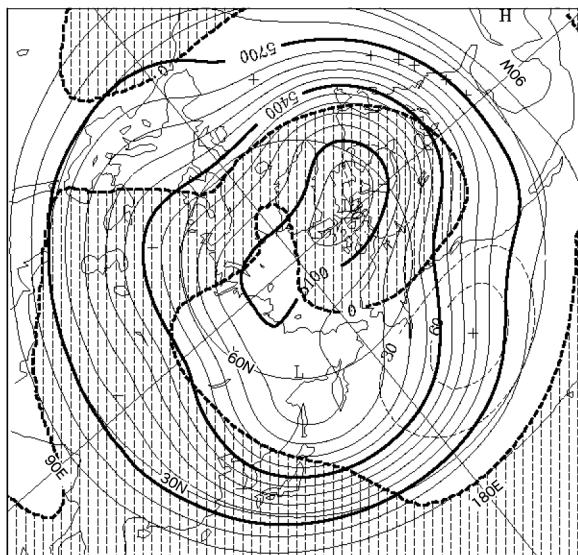


図 C 500hPa 高度とその平年偏差図

高度 (実線):
等値線の間隔は 60m
平年偏差 (破線):
等値線の間隔は 30m,
陰影は負偏差

- | | | | |
|---|-----|-----|-----|
| | (a) | (b) | (c) |
| ① | 正 | 誤 | 正 |
| ② | 正 | 誤 | 誤 |
| ③ | 誤 | 正 | 正 |
| ④ | 誤 | 正 | 誤 |
| ⑤ | 誤 | 誤 | 誤 |