

2.2. 風況変動データの作成

風力発電事業を事業者やレンダーが評価する際は、期待できる年間総発電量の確率分布を推定することで、ある年の年間総発電量が想定よりも低い場合でも事業が継続可能な年間総発電量の下限値を見積もっている。この見積りをおこなう際、年間の風況の変動幅を把握することは必須である。

このように風力発電事業は年間で期待される電力量を基準に評価される。従って、風力発電事業の変動リスクを適切に評価するためには、解析対象地点における「年平均風速」の変動幅を把握する必要がある。

また、複数基の風車を配置するウインドファームでは、風車の配置は当該地域の卓越風向を考慮して決定する必要がある。風車の風下に形成される風況の乱れた領域はウェーク領域と呼ばれ、この領域に風車を設置した場合、エネルギー取得量は大きく減少する。このため、ウインドファーム全体としての発電量を最大限に得るためには、卓越風向を考慮した風車配置の検討が必要となる。したがって、最適な風車配置の検討に資する情報として、解析対象地点における長期間の風向の変動特性を把握することは重要である。

本事業では風況変動データ作成のために、20年分の風速を解析し、北海道地方における風況の年平均風速の平均値および変動幅（標準偏差、最大値、最小値）の解析を実施した。さらには、北海道地方における風向の特性を把握するために、風向（16方位）別の風速出現頻度の解析を実施した。

2.2.1. 北海道地方における風況変動の解析手法

2.2.1.1. 年平均風速の解析

北海道地方における風況変動を明らかにするために、気象シミュレーションで得られた北海道地方の各地点における詳細メッシュ（500mメッシュ）のデータを用いて年平均風速の解析を行った。解析仕様を表 2-2に示す。

気象シミュレーションによって計算された風況データは20年間にわたって、各年毎に8,760時間分（＝365日×24時間）のデータがあるため、年平均風速の変動幅を分析するために、北海道地方の各詳細メッシュの年平均風速データを解析し、北海道地方における20年分の年平均風速のデータベースを整備した。

表 2-2 北海道地方における年平均風速データベース作成に関する仕様

計算領域	計算期間	水平解像度	時間解像度
北海道電力供給管内	1991年～2010年の詳細メッシュの風況データを使用	水平解像度 500mメッシュ以下の詳細メッシュの風況データを使用	20年間×365日×24時間=175,200時間分のデータを使用して平均化処理



図 2-13 時間別風速データから年平均風速データに変換する処理の概念図

年平均風速の計算にあたっては、まず、時間解像度 1 時間・水平解像度 500m メッシュのシミュレーション計算結果 20 年分を集計し、1991 年から 2010 年の各年の年平均風速をメッシュ毎に計算した。

なお、シミュレーションでは風は空間 3 成分（水平方向（東西・南北）、鉛直方向）の値を計算している。ある時間の風を $V_i(u_i, v_i, w_i)$ とし、以下のように水平風速および年平均風速の計算を実施した。

- 風速

$$|V_i| = \sqrt{(u_i^2 + v_i^2)} \quad (2-1)$$

- 年平均風速

$$|\bar{V}_{\text{年}}(j)| = \frac{1}{n} \sum_i^n \sqrt{(u_i^2 + v_i^2)} \quad (n = (1 \text{ 年間の日数}) * 24 \text{ 時間}) \quad (2-2)$$

2.2.1.2. 風況変動の解析

北海道地方における20年分の詳細メッシュの年平均風速のデータベースをもとに風況の変動幅の解析を実施した。20年分の風況の変動幅については、標準偏差の指標を用いて分析した。現在、国際的に用いられている風力発電事業のリスク評価は、各々のリスク要因(年変動、シミュレーション誤差等)の変動が正規分布していると仮定して評価をおこなっている。風力発電事業全体のリスク(標準偏差)は、各々のリスク要因の標準偏差を重ね合わせる事によって算出されている。従って、国際的に用いられているリスク評価手法と適合させるためには、年平均風速の変動に関する標準偏差を算出することが重要である。

具体的には以下に示す流れで、年平均風速の変動幅だけでなく、年平均風速の推定の際のシミュレーション誤差によって発生するリスクも考慮し、東北地方の風況の変動幅に関するリスク解析を実施した。

(1) 年平均風速データベースを用いた風況の変動幅解析

まず、北海道地方で作成された20年分の年平均風速をもとに、各メッシュにおける年平均風速自体の標準偏差 $\sigma_{\text{シミュレーション年変動幅}}$ を解析することで、気象シミュレーションによって算出された年平均風速の変動幅に関する解析を実施した。

1.で計算した20年分の年平均風速データから、20年平均風速およびシミュレーション年変動幅(20年の年平均風速の標準偏差)をメッシュ毎に計算した。また、年平均風速の最大値および最小値の計算も行った。年平均風速の最大値は20年間のうち年平均風速が最も大きい年の平均風速とし、年平均風速の最小値は平均風速が最も小さい年の平均風速とした。

20年平均風速およびシミュレーション年変動は、以下の式に従って計算した。

- 20年平均風速

$$|\bar{V}_{20\text{年}}| = \frac{1}{N} \sum_j^N |\bar{V}_{\text{年}}(j)| \quad (N=20\text{年}) \quad (2-3)$$

- シミュレーション年変動幅

$$\sigma_{\text{シミュレーション年変動幅}} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_j^N (|\bar{V}_{\text{年}}(j)| - |\bar{V}_{20\text{年}}|)^2} \quad (N=20\text{年}) \quad (2-4)$$

(2) 年平均風速データベースのシミュレーション誤差解析

次に、北海道地方における年平均風速データベースのシミュレーション誤差に対する標準偏差 $\sigma_{\text{シミュレーション誤差}}$ を把握するために、気象官署および測候所で長年にわたって観測された風況の実測データを用いてシミュレーションの誤差解析を行った。

具体的な誤差評価手法については後述。

(3) 年平均風速の変動幅に関するリスク評価

20年間の気象シミュレーションによって各メッシュにおいて算出される年平均風速自体の標準偏差 $\sigma_{\text{シミュレーション年変動幅}}$ および、気象シミュレーションの誤差の標準偏差 $\sigma_{\text{シミュレーション誤差}}$ は、それぞれの変動が正規分布に従っていると仮定すると、正規分布の加法性により、以下の式を用いて合成することができる。

$$\sigma_{\text{年変動リスク}}^2 = \sigma_{\text{シミュレーション年変動幅}}^2 + \sigma_{\text{シミュレーション誤差}}^2 \quad (2-5)$$

気象シミュレーションによる年変動幅の評価だけでなく、気象シミュレーションの誤差も併せて評価することで、風力発電の事業性評価に利用可能な風況変動リスクを算出した。

2.2.1.3. 風向（16方位）別の風速出現頻度の解析

北海道地方における、20年間にわたる風向（16方位）別の風速出現頻度については、2.1項で整備された各詳細メッシュにおける20年分の時別の風況データ（20年間×365日×24時間＝175,200時間分のデータ）を風向別・風速階級別に解析を行なうことで整備した。



図 2-14 北海道地方における風向（16方位）別の風速出現頻度データ作成フロー

まず、2.1項で整備された各詳細メッシュにおける20年分の時別の風況データ（20年間×365日×24時間＝175,200時間分のデータ）を用いて、風向別風速出現頻度の解析を風速階級別および全風速域に対して実施した。また、全風速域に対する風向別の平均値の算出も行った。さらに、公開用データにおいてメッシュ内に矢印として表示するために、5.5m/s以上の風速域に対して最頻風向の集計も行った。

2.1項で整備された各詳細メッシュにおける20年分の時別の風況データには、水平風速（東西方向、南北方向）及び鉛直風速のデータが整備されている。16方位の風向の情報はこの水平風速データを利用して作成可能である。各詳細メッシュにおける風向別風速出現頻

度はこの風向(16方位)の情報と水平風速データを利用して作成した。風向は16方位別(北、北北東、北東、東北東、東、東南東、南東、南南東、南、南南西、南西、西南西、西、西北西、北西、北北西)に分類し、風速階級は2~3m/s間隔で分類した。表2-3に風向別風速出現頻度の解析例を示す。

表 2-3 風向(16方位)別の風速出現頻度と平均風速、および最頻風向の例(北海道地方)

最頻風向 西北西

	0.3[m/s]	4.0[m/s]	6.0[m/s]	9.0[m/s]	12.0[m/s]	15.0[m/s]	全風速	風向別 平均風速
	~ 4.0[m/s]	~ 6.0[m/s]	~ 9.0[m/s]	~ 12.0[m/s]	~ 15.0[m/s]	~		
北北東	0.75	0.73	0.88	0.44	0.29	0.26	3.34	7.63
北東	0.73	0.68	0.81	0.46	0.2	0.22	3.09	7.41
東北東	0.83	0.65	0.79	0.4	0.22	0.24	3.14	7.35
東	0.81	0.71	0.87	0.44	0.21	0.24	3.29	7.34
東南東	0.74	0.69	0.97	0.56	0.29	0.29	3.53	7.85
東南	0.77	0.85	1.08	0.6	0.39	0.48	4.18	8.39
南南東	0.9	0.94	1.4	0.98	0.57	0.62	5.41	8.67
南	1.06	1.14	2.08	1.52	0.9	0.86	7.57	8.96
南南西	0.95	1.24	2.27	2.02	1.16	0.93	8.56	9.23
南西	0.94	1.29	2.21	1.79	0.97	0.66	7.86	8.75
西南西	1.01	1.33	2.24	2.06	1.08	0.48	8.18	8.61
西	0.97	1.22	2.83	2.94	1.99	2.5	12.44	10.8
西北西	0.9	1.11	2.45	3.31	3.36	4.33	15.45	12.07
北西	0.75	0.85	1.38	1.33	0.97	0.72	6.01	9.36
北北西	0.73	0.72	1.04	0.7	0.43	0.35	3.98	8.31
北	0.77	0.74	1.12	0.6	0.35	0.39	3.97	8.21

次に、各詳細メッシュ別に整備した風向（16方位）別の風速出現頻度データの可視化を行った。可視化には、風向（16方位）別の風速出現頻度を表現する図として一般的な風配図を利用した。この風配図は、ある地点の風向の特性を可視化するために利用される図であり、卓越風向やその他風向・風速特性などが一目で把握可能となる。本事業では各詳細メッシュ別にこの風配図を作成し、北海道地方における風向特性を一目で把握することが可能なデータを整備した。図 2-15に風配図の例を示す。

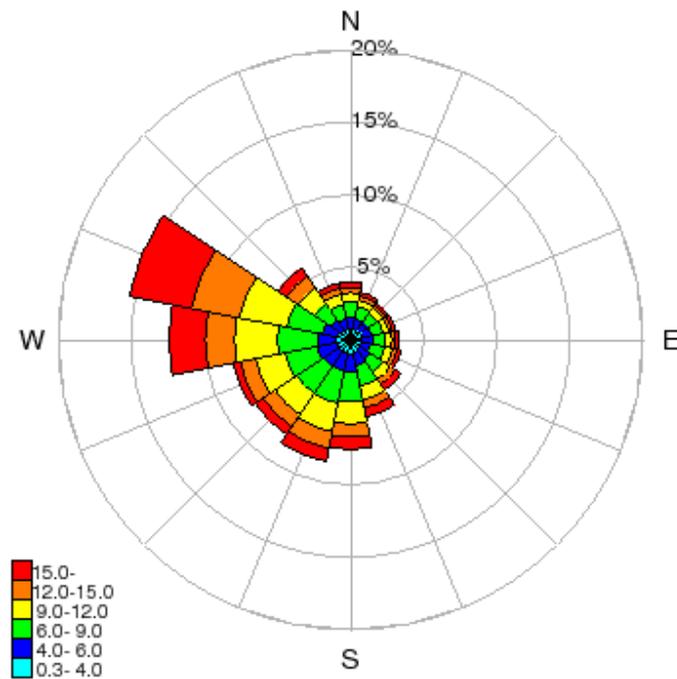


図 2-15 風配図の例（北海道地方）

2.2.1.4. 風況変動データの作成

北海道地方における各メッシュの 20 年分の年平均風速の平均値、変動幅（標準偏差、最大値、最小値）、および風向（16 方位）別の風速出現頻度データを使用して、風力発電事業の風況変動リスク評価に資する風況変動データを作成した。本業務で作成した風況変動データの仕様を表 2-4 に示す。

風況変動データベースの作成にあたっては、国内風力発電事業者およびレンダーに対して実施したヒアリングの結果を反映させた。ヒアリング結果によると、風況変動リスクについては、シミュレーション誤差を加味した年平均風速の標準偏差の指標による評価は有用であるが、さらに、風向情報を用いることができれば、事前の風車配置の選定がより行いやすくなるとの意見もあった。以上を踏まえて、データベースの要素としては、「20 年間の年平均風速」「年平均風速の標準偏差」「年平均風速の最大値」「年平均風速の最小値」「風向（16 方位）別の風速出現頻度」の 5 要素とすることにした。

また、ヒアリングの結果として、以下のような意見もあった。

（事業者）

- ・本業務等で整備された風況変動データは、毎年最新のデータにて更新されるとよい
- ・最新 1 年間の風速の時系列データが毎年取得できるようになるとよい（毎年更新される風況変動データにより平年値化されたもの）

（レンダー）

- ・風況データに基づいた発電量評価に関する標準的な基準等が整備されるとよい（コンサルタントからのレポートを評価するうえで有用（ロスファクターや不確実性の評価に関する裏付け））
- ・落雷や雪（雹）に関する情報が整備されるとよい
- ・O&M費用や利用可能率、故障情報等に関するデータが整備されるとよい

表 2-4 北海道地方における風況変動データの仕様

データベース要素	内容
20 年間の年平均風速	20 年間の年平均風速の平均値[m/s] (シミュレーション誤差を加味せず)
年平均風速の標準偏差	20 年間の年平均風速の標準偏差[%] (シミュレーション誤差を加味)
年平均風速の最大値	20 年間の年平均風速の最大値[m/s] (シミュレーション誤差を加味せず)
年平均風速の最小値	20 年間の年平均風速の最小値[m/s] (シミュレーション誤差を加味せず)
風向（16 方位）別の 風速出現頻度	20 年間の風向（16 方位）別の 風速出現頻度

2.2.2. シミュレーション誤差評価

- 気象官署における 20 年間の年平均風速との比較

北海道電力供給管内の気象官署 22 地点の過去 20 年間分（1991 年～2010 年）の年平均風速を対象とし、シミュレーション誤差の分析を実施した。気象官署の年平均風速との比較のために、シミュレーション値は各気象官署の風速計の計測高度に対応した値を抽出した（表 2-6 参照）。一般的に、大形の風力発電機の回転に必要な最低風速（カットイン風速）は 3.0～5.0[m/s]とされているため、本シミュレーション誤差の分析においては、年平均風速が 4.0[m/s]以上の地点（稚内・羽幌・留萌・釧路・根室・室蘭・浦河・江差）のみをシミュレーション誤差評価の対象とした。

また、気象官署および測候所の機器等の変更により統計データとして使用できないものは比較対象のデータから除いている（表 2-5 参照）。

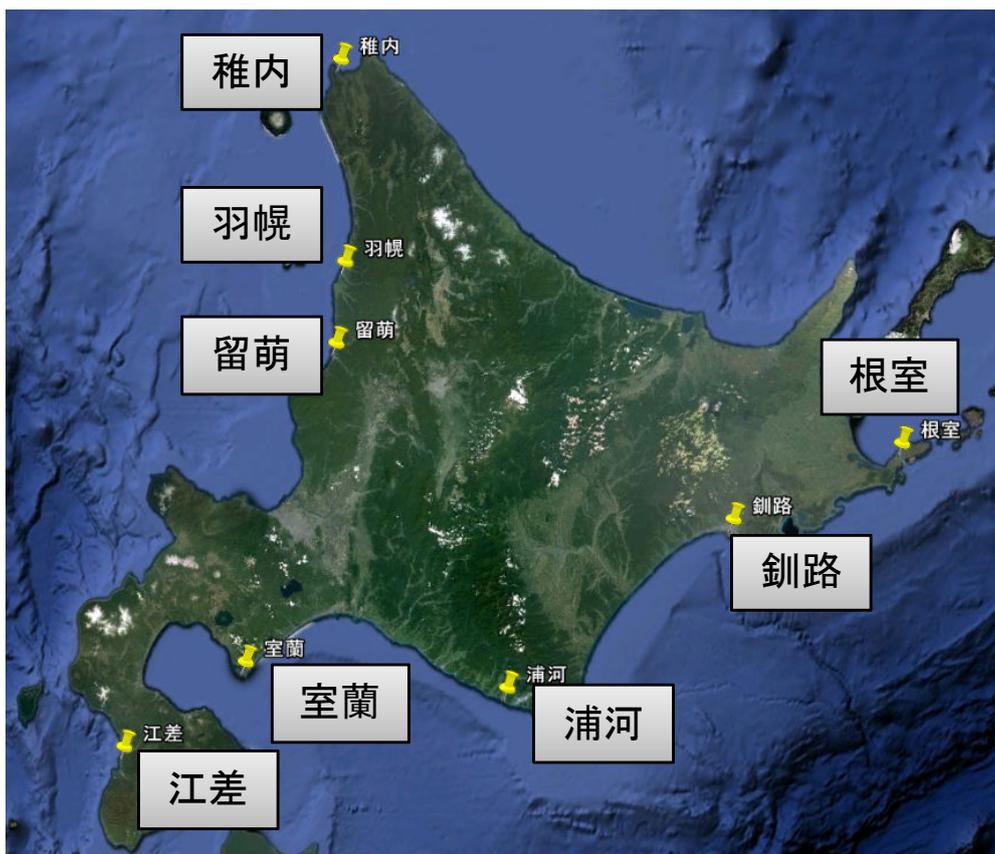


図 2-16 平均風速が 4.0[m/s]以上の地点

表 2-5 気象官署の 20 年間の年平均風速[m/s]

年/観測所	稚内	羽幌	留萌	釧路	根室	室蘭	浦河	江差
1991	4.5	3.7	4.9	3.4	4.1	4.7	4.4	4.7
1992	4.5	3.6	4.8	3.3	4.8	4.5	4.2	4.4
1993	4.5	3.7	5	3.7	5.3	4.9	4.7	4.6
1994	4.7	3.8	5	3.7	5.6	4.7	4.7	4.8
1995	4.4	3.6	4.7	3.5	5.4	4.5	4.1	4.4
1996	4.4	3.8	5	3.5	5.3	4.8	4.5	4.7
1997	4.5	3.7	4.8	3.6	5.2	4.5	4.1	4.5
1998	4.6	3.7	5.1	3.6	5.6	4.6	4.3	4.6
1999	4.6	3.8	5.1	3.7	5.4	4.6	4.5	4.7
2000	4.3	3.6	4.8	4.1	5.3	4.6	4.4	4.7
2001	4.7	4.3	5.2	5	5.2	4.6	4.4	4.8
2002	4.5	4.2	4.9	5.1	5.4	4.6	4.2	4.6
2003	4.4	4.1	4.9	4.7	5	4.3	4.2	4.2
2004	4.9	4.5	5.2	5.1	5.5	4.8	4.4	4.7
2005	4.7	4.1	4.9	5	5.3	4.7	4.5	4.8
2006	4.4	4.2	5	5.1	5.4	4.7	4.6	4.6
2007	4.3	4.2	5	4.9	5.1	4.4	4.2	4.6
2008	4.2	4.1	5	4.9	5.1	4.4	4.1	4.4
2009	4.4	4.3	5	5.1	5.5	4.5	4.3	4.5
2010	4.4	4.4	5.4	5	5.2	4.5	4.3	4.6

※ 赤線は、観測場所の移転、観測方法の変更、測器の変更などにより、観測データがこの前後で均質でない可能性があることを示す（気象庁のホームページより）。そのため、本解析では、赤線を含む年以降を評価対象としている。赤線を含む年も評価対象から外している。

表 2-6 気象官署の位置と風速計の高さ

観測所	緯度		経度		海面上の高さ [m]	風速計の高さ [m]
	度	分	度	分		
稚内	45	24.9	141	40.7	2.8	23.5
羽幌	44	21.8	141	42	7.9	21.4
留萌	43	56.7	141	37.9	23.6	16.3
釧路	42	59.1	144	22.6	4.5	66.1
根室	43	19.8	145	35.1	25.2	29.2
室蘭	42	18.7	140	58.5	39.9	18.2
浦河	42	9.7	142	46.6	36.7	17.9
江差	41	52	140	7.4	3.7	19.6

● シミュレーション誤差の分析

シミュレーション誤差は以下の式で求めた。

誤差

$$\text{Err}_i = \text{SIM}_i - \text{OBS}_i \quad (2-6)$$

OBS_i : 年平均風速 (気象官署)

SIM_i : 年平均風速 (シミュレーション値)

シミュレーション誤差の標準偏差

$$\sigma_{\text{シミュレーション誤差}} = \sqrt{\frac{\sum_i^n (\overline{\text{Err}} - \text{Err}_i)^2}{n}} \quad (2-7)$$

平均誤差

$$\overline{\text{Err}} = \frac{\sum_i^n (\text{SIM}_i - \text{OBS}_i)}{n} \quad (2-8)$$

n : 20年間,5地点の年平均実測値の有効なサンプル数.

*年平均風速は実測値・シミュレーション値ともに気象官署で測定された実測値の20年平均で規格化している。

シミュレーション誤差分析結果

以下に、実施したシミュレーション誤差分析の結果を示す。分析の結果得られたシミュレーション誤差の標準偏差 ($\sigma_{\text{シミュレーション誤差}}$: 6.4%) をシミュレーション自体の標準偏差 $\sigma_{\text{シミュレーション年変動}}$ に加味することで、年変動リスク (シミュレーション誤差も加味した年平均風速の標準偏差) を算出した。

シミュレーション誤差の平均値 (μ) : -0.11[%]

シミュレーション誤差の標準偏差 (σ) : 6.4[%]

※シミュレーション誤差は、平均風速に対する誤差の割合[%]で示す。

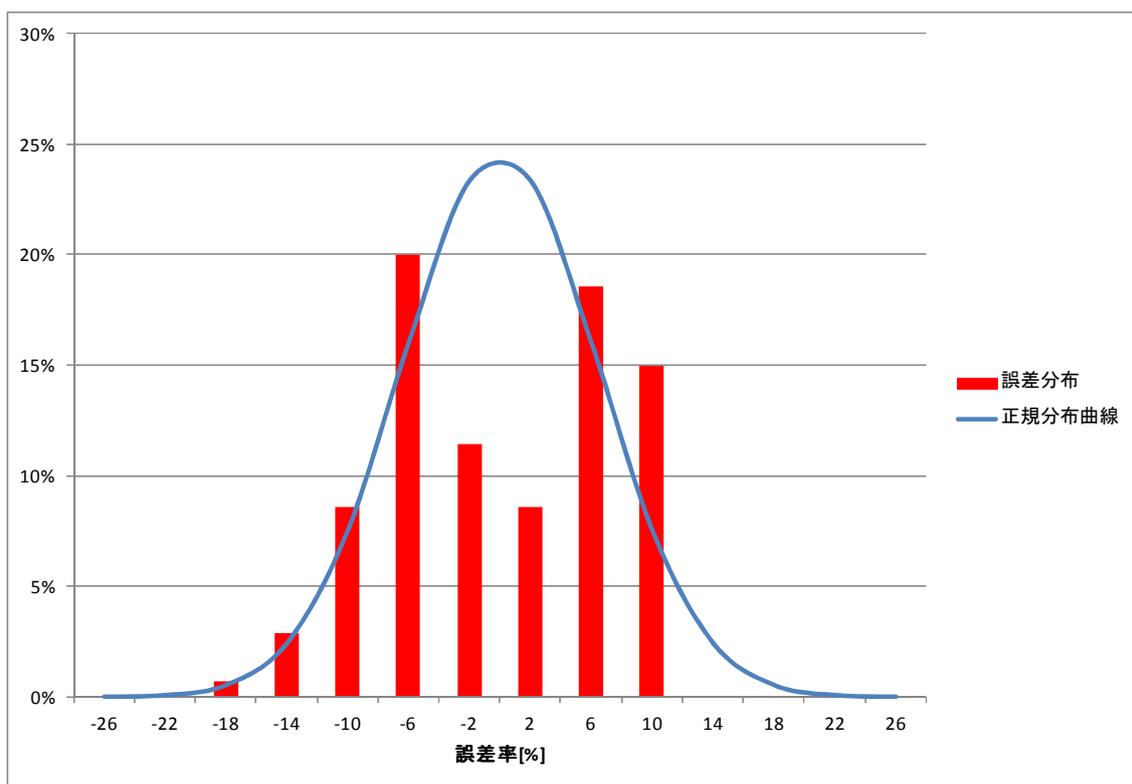


図 2-17 シミュレーション誤差頻度分布

横軸にシミュレーション誤差率[%] (誤差[m/s]を平均風速[m/s]で規格化した値) を示し、縦軸に頻度[%]を示す。青線は算出したシミュレーション誤差の平均値および標準偏差から算出した正規分布曲線を示す。

2.2.3. 20年間の年平均風速の解析結果

気象シミュレーションにより算出した1991年～2010年の20年間の風況データ（500mメッシュ・地上高80m）に基づき実施した年平均風速の解析結果を図2-18～図2-22に示す。

図2-18に北海道エリア全域の20年間の年平均風速を図示した。

図2-19には、20年間の年平均風速に基づき算出した年平均風速の年変動リスク（ $\sigma_{\text{年変動リスク}}$ ）を図示した。この年変動リスクは、20年間の年平均風速に基づき算出したシミュレーション自体の年変動幅（ $\sigma_{\text{シミュレーション年変動幅}}$ ）だけでなくシミュレーション誤差の標準偏差（ $\sigma_{\text{シミュレーション誤差}}$ ）を加味した値である。一方、図2-20には、シミュレーション誤差を加味していないシミュレーション自体の年変動幅（ $\sigma_{\text{シミュレーション年変動幅}}$ ）の分布を図示した。また、20年間の年平均風速の最大値および最小値をそれぞれ図2-21・図2-22に図示した。

- 20年間の年平均風速

20year Average Wind speed

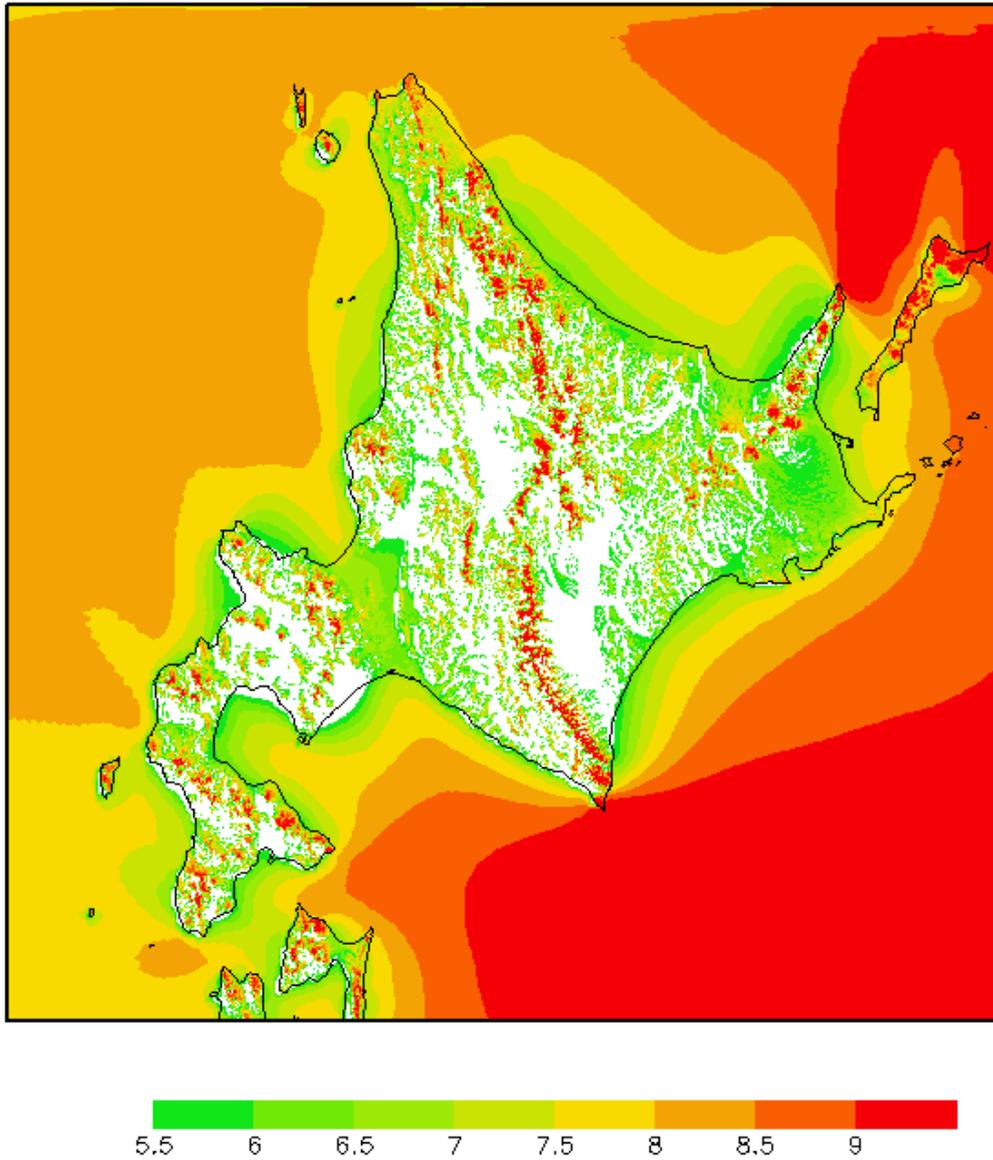


図 2-18 20年間の年平均風速[m/s]
風速 5.5m/s 以上のメッシュのみ色塗りした。

- 年平均風速の年変動リスク ($\sigma_{\text{年変動リスク}}$)

20year Variance of Wind speed(Sim error Add.)

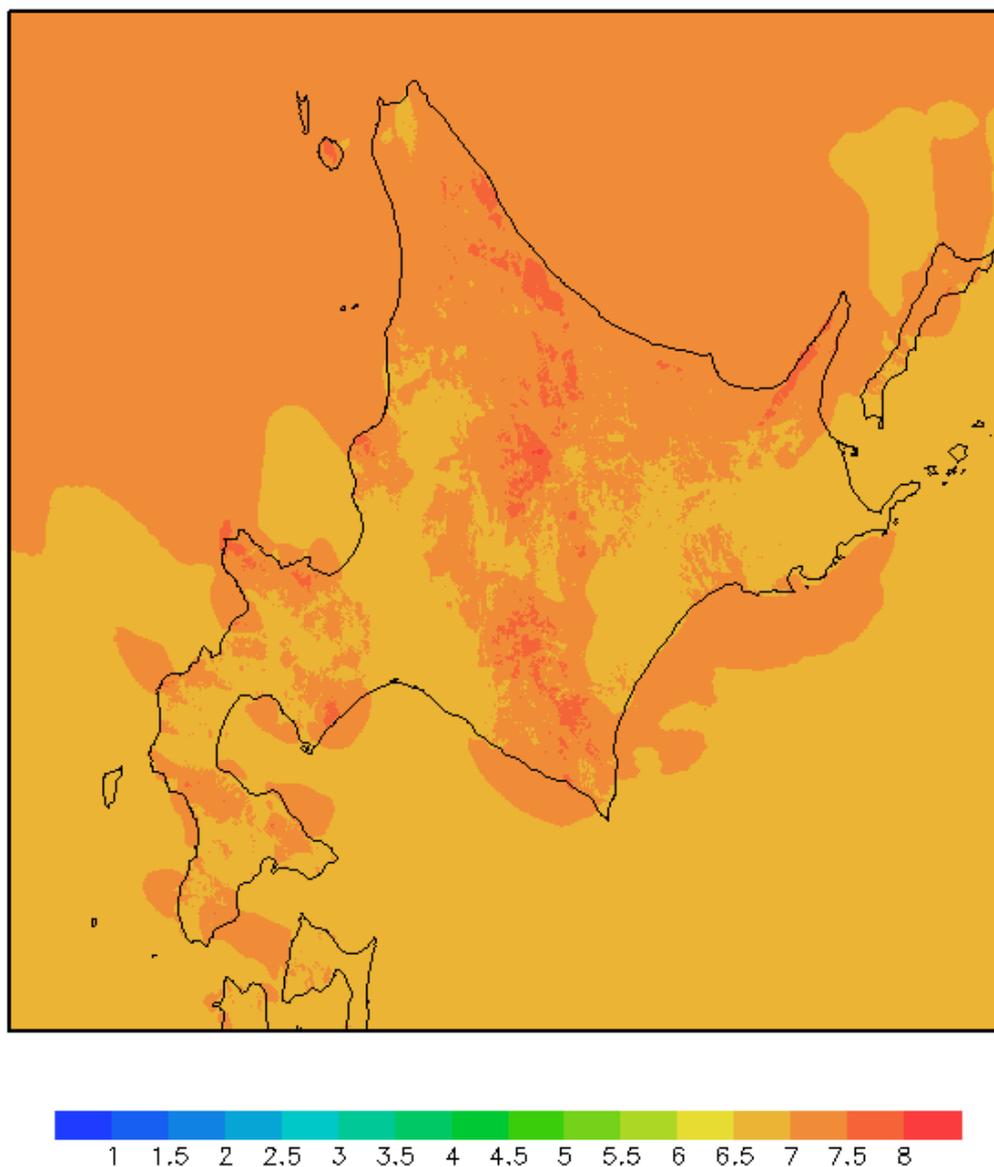


図 2-19 年変動リスク[%]

シミュレーション自体の20年間の年平均風速の標準偏差にシミュレーション誤差の標準偏差を加味。各メッシュにおける標準偏差を、20年間の年平均風速で規格化。

- シミュレーション年変動幅 ($\sigma_{\text{シミュレーション年変 動幅}}$)

20year Variance of Wind speed(Sim error NOT Add.)

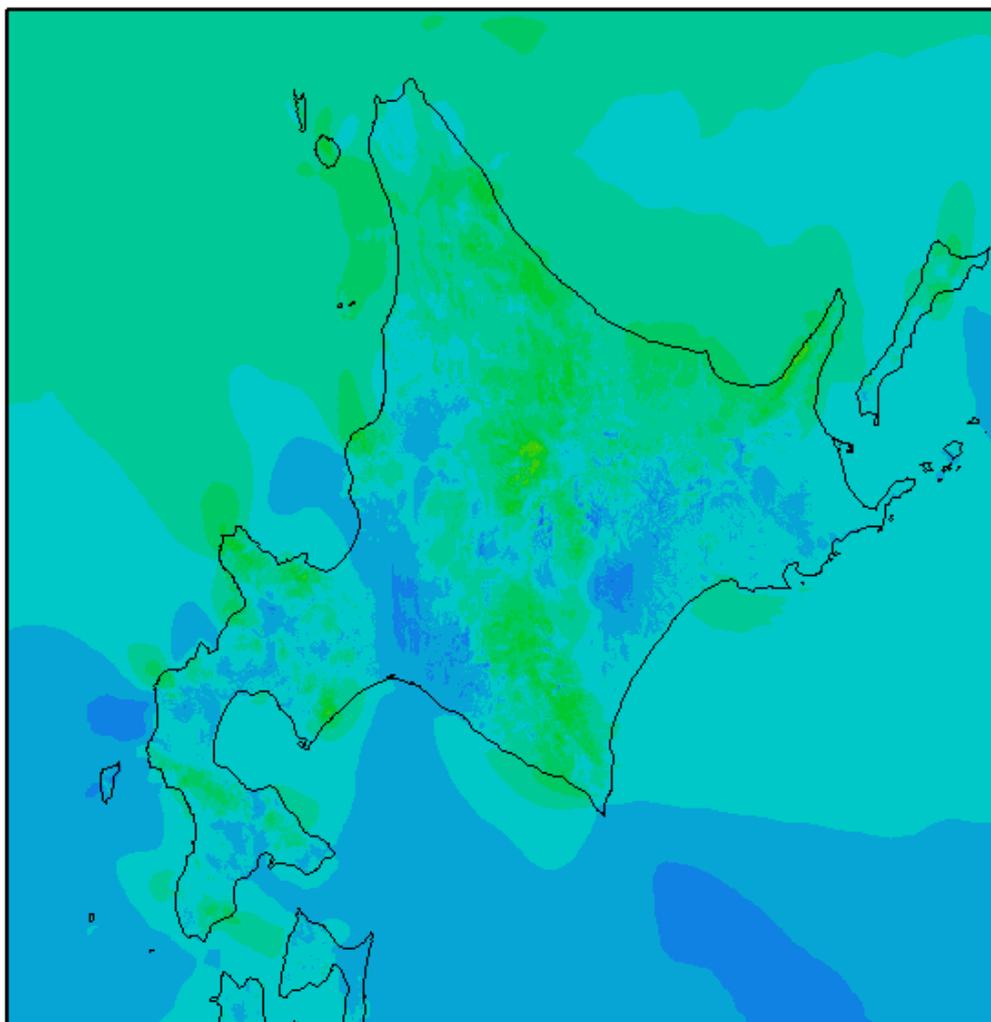


図 2-20 シミュレーション年変動幅[%]

シミュレーション自体の 20 年間の年平均風速の標準偏差。
各メッシュにおける標準偏差を、20 年間の年平均風速で規格化。

- 20年間の年平均風速の最大値

Maximum Wind speed

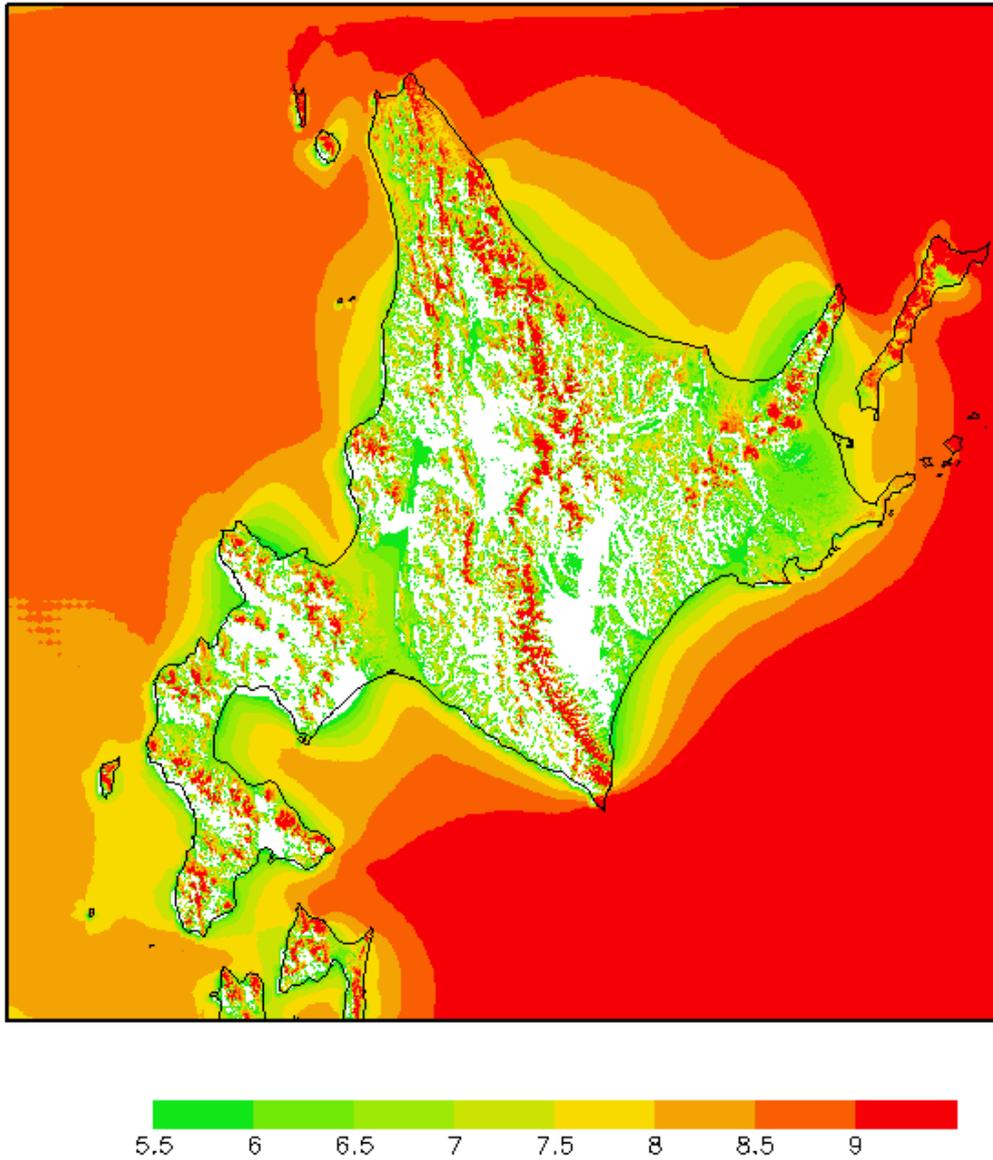


図 2-21 20年間の年平均風速の最大値[m/s]
風速 5.5m/s 以上のメッシュのみ色塗りした。

- 20年間の年平均風速の最小値

Minimum Wind speed

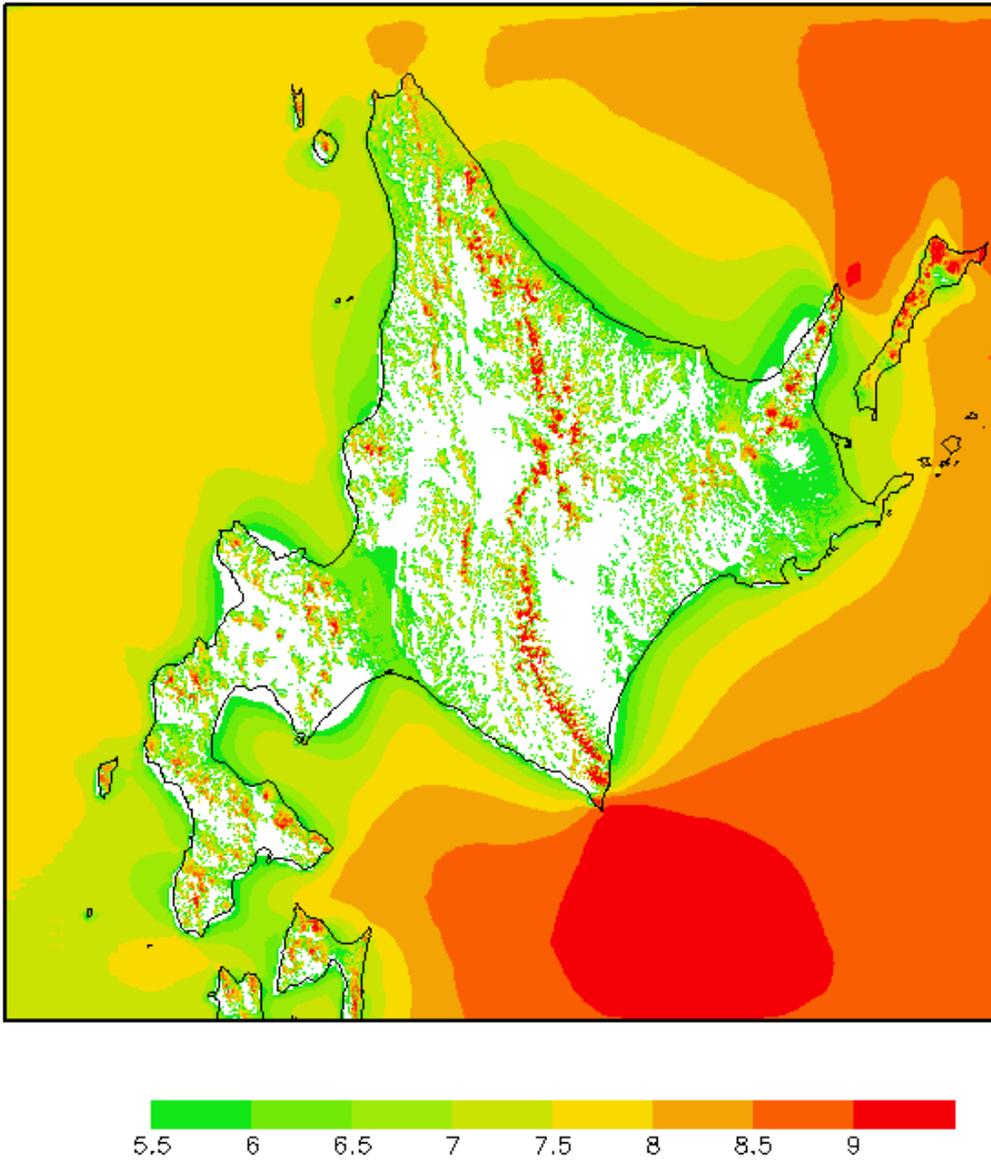


図 2-22 20年間の年平均風速の最小値[m/s]
風速 5.5m/s 以上のメッシュのみ色塗りした。

2.2.4. 北海道地方の長期風況トレンドの考察

気象シミュレーションにより算出した 1991 年～2010 年の 20 年間の風況データ（500m メッシュ・地上高 80m）に基づき、その年平均風速の長期トレンドに関する考察を実施した。

北海道エリア全域的な風況にどのような年変動があるかを考察するために、シミュレーション対象とした北海道エリア全域（図 2-18に図示した領域）の年平均風速の長期トレンドを調べた。図 2-23および表 2-7に 1991 年～2010 年の 20 年間の北海道エリア全域で平均した年平均風速の年変動を示す。

全体的な傾向としては、過去 20 年間ににおいては非常に緩やかな正の風況トレンド（年平均風速が若干強くなるトレンド）があるといえるが、その回帰直線の傾きはほぼ 0 に等しく、顕著なトレンドはみられない。年変動については、1991 年から 2003 年までは 20 年平均風速から±3%程度の変動であるのに対し、2004 年以降は大きく変動していることが分かった（2004 年は 20 年平均風速の+6%程度、2008 年は 20 年平均風速の-4%弱程度）。

図 2-24～図 2-43に 1991 年～2010 年の各年毎の年平均風速に対し、20 年間平均風速からの年平均風速の偏差に関する水平分布を図示する。これらの図から、地域によって風況のトレンドが異なっていることが分かった。例えば 1993 年についてみると、エリア全域的な風況としては 20 年間の平均風速と同等であったといえるが（図 2-23参照）、20 年間の平均風速からの偏差の分布図（図 2-26参照）をみると、大まかな傾向として太平洋・オホーツク海側では負の偏差であり日本海側では正の偏差であったことが分かった。

北海道エリア全域年平均風速の年変化

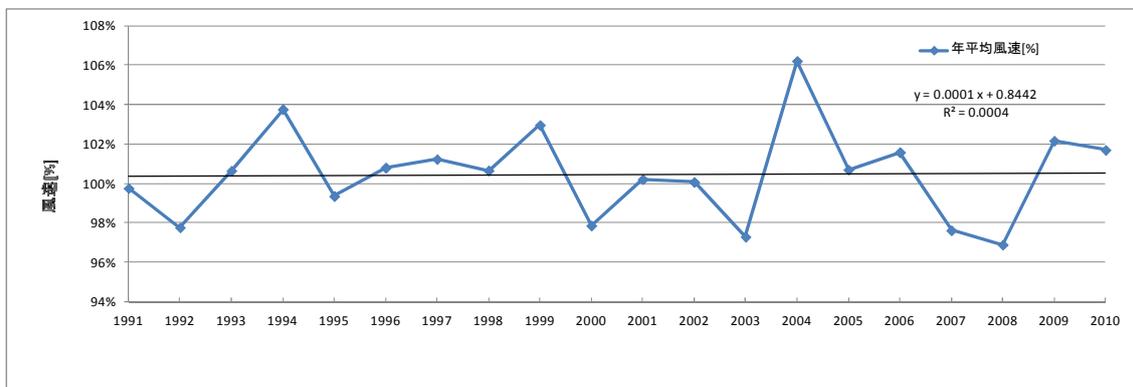


図 2-23 北海道エリア全域年平均風速の年変化[%]
 風速は 20 年間の北海道エリア全域平均風速で規格化した。

表 2-7 北海道エリア全域年平均風速
 年平均風速[m/s] (2 列目) および
 20 年間の年平均風速の平均値で規格化した値[%] (3 列目) を示す。

年	年平均風速[m/s]	年平均風速[%]
1991	7.67	100%
1992	7.52	98%
1993	7.74	101%
1994	7.98	104%
1995	7.64	99%
1996	7.75	101%
1997	7.79	101%
1998	7.74	101%
1999	7.92	103%
2000	7.53	98%
2001	7.71	100%
2002	7.70	100%
2003	7.48	97%
2004	8.17	106%
2005	7.74	101%
2006	7.81	102%
2007	7.51	98%
2008	7.45	97%
2009	7.86	102%
2010	7.82	102%

1991 Wind Speed Variance from Average

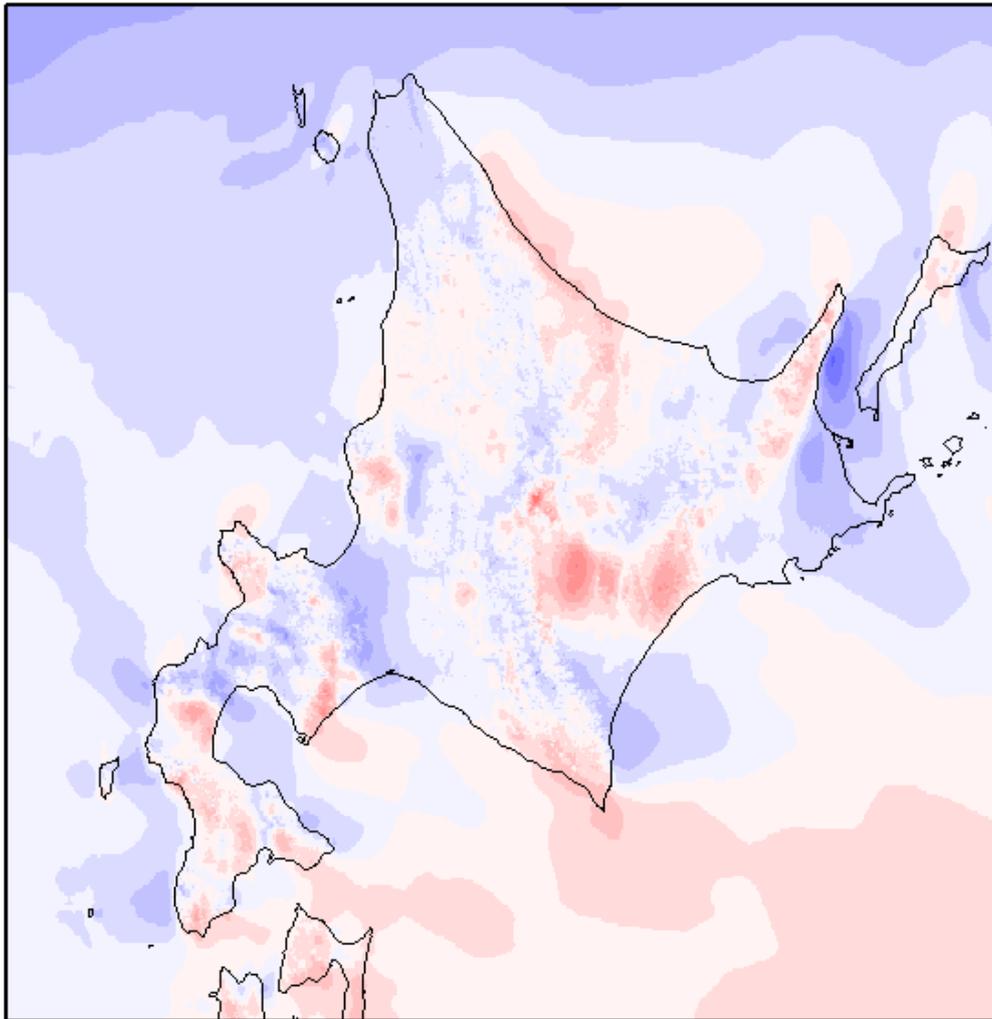


図 2-24 1991 年における年平均風速の 20 年平均風速からの偏差[%]
20 年間の北海道エリア全域平均風速で規格化した

1992 Wind Speed Variance from Average

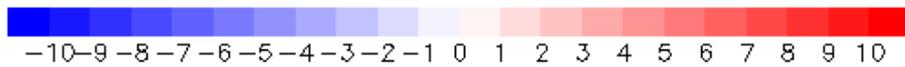
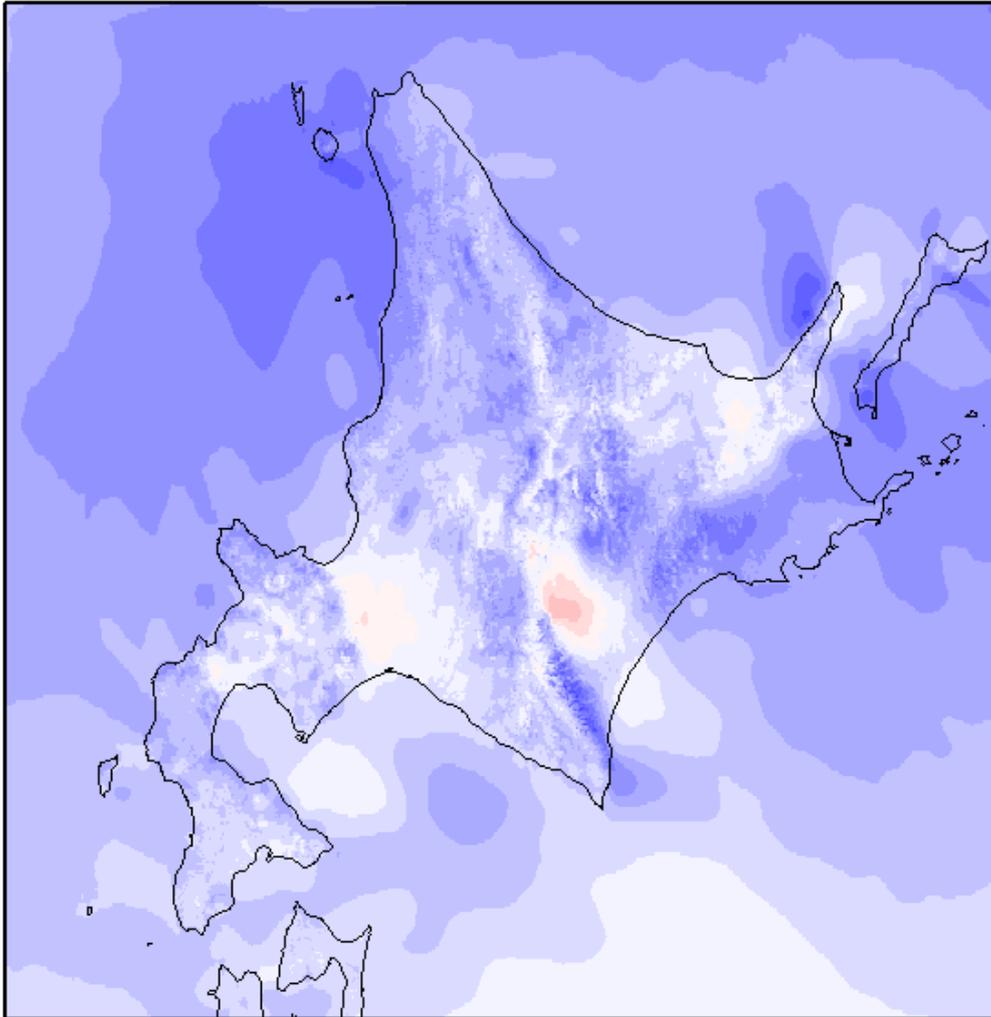


図 2-25 1992 年における年平均風速の 20 年平均風速からの偏差[%]
20 年間の北海道エリア全域平均風速で規格化した。

1993 Wind Speed Variance from Average

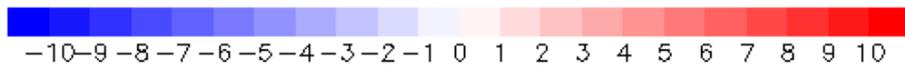
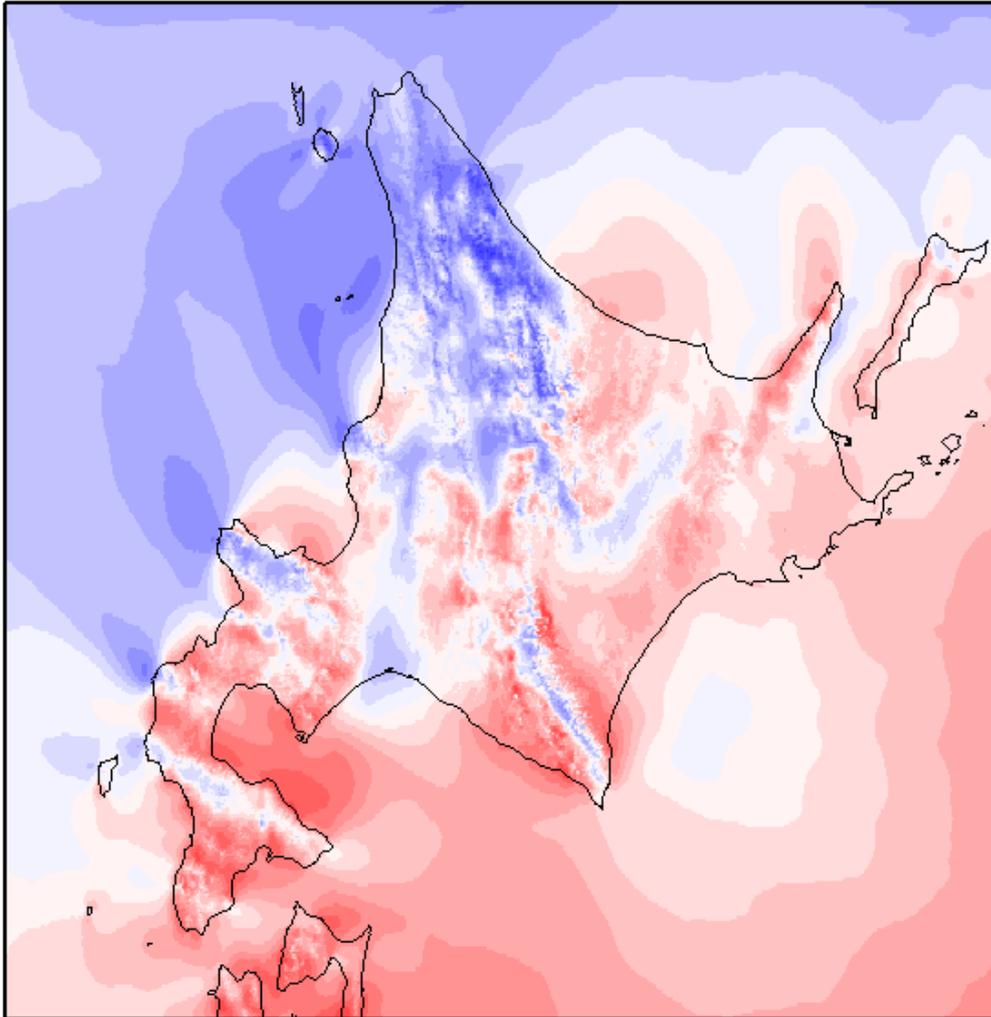


図 2-26 1993 年における年平均風速の 20 年平均風速からの偏差[%]
20 年間の北海道エリア全域平均風速で規格化した。

1994 Wind Speed Variance from Average

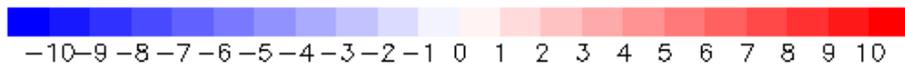
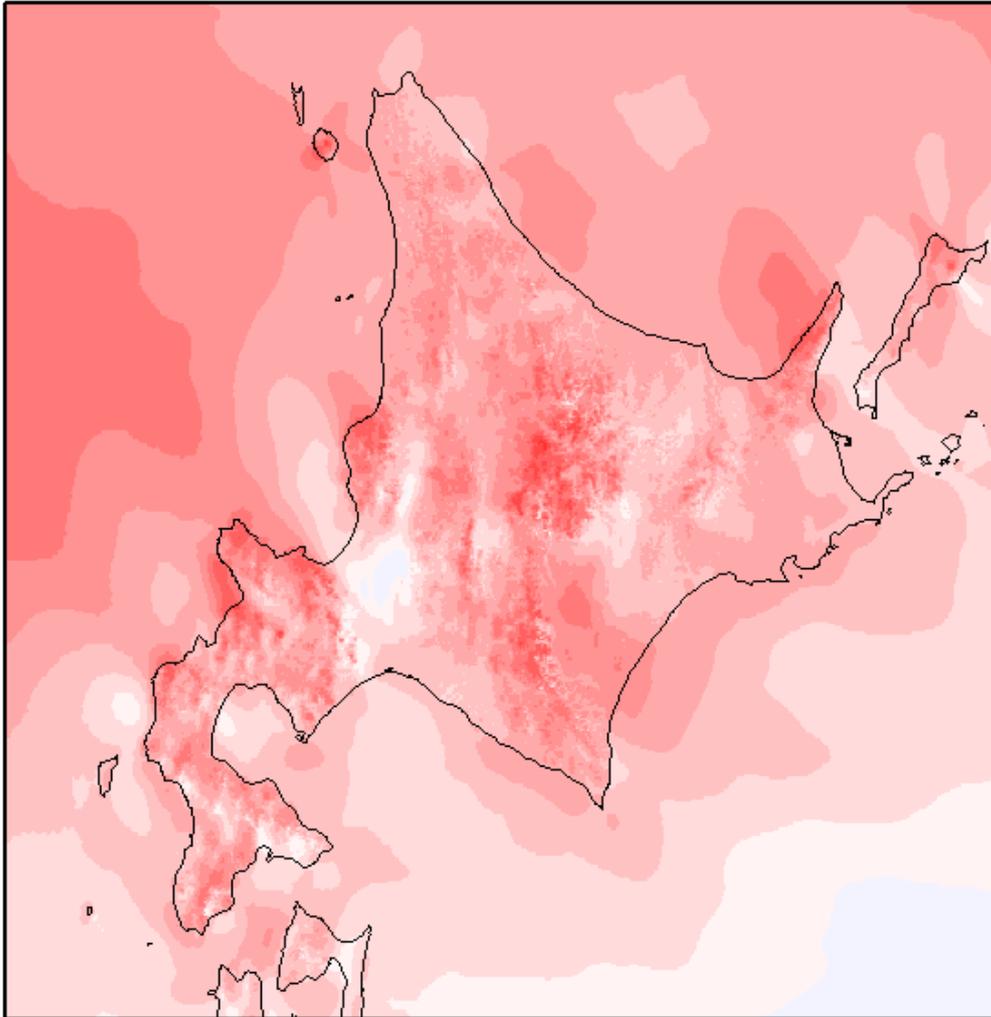


図 2-27 1994 年における年平均風速の 20 年平均風速からの偏差[%]
20 年間の北海道エリア全域平均風速で規格化した。

1995 Wind Speed Variance from Average

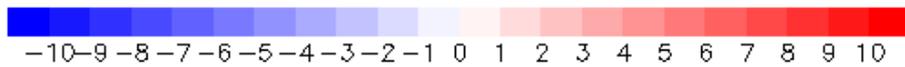
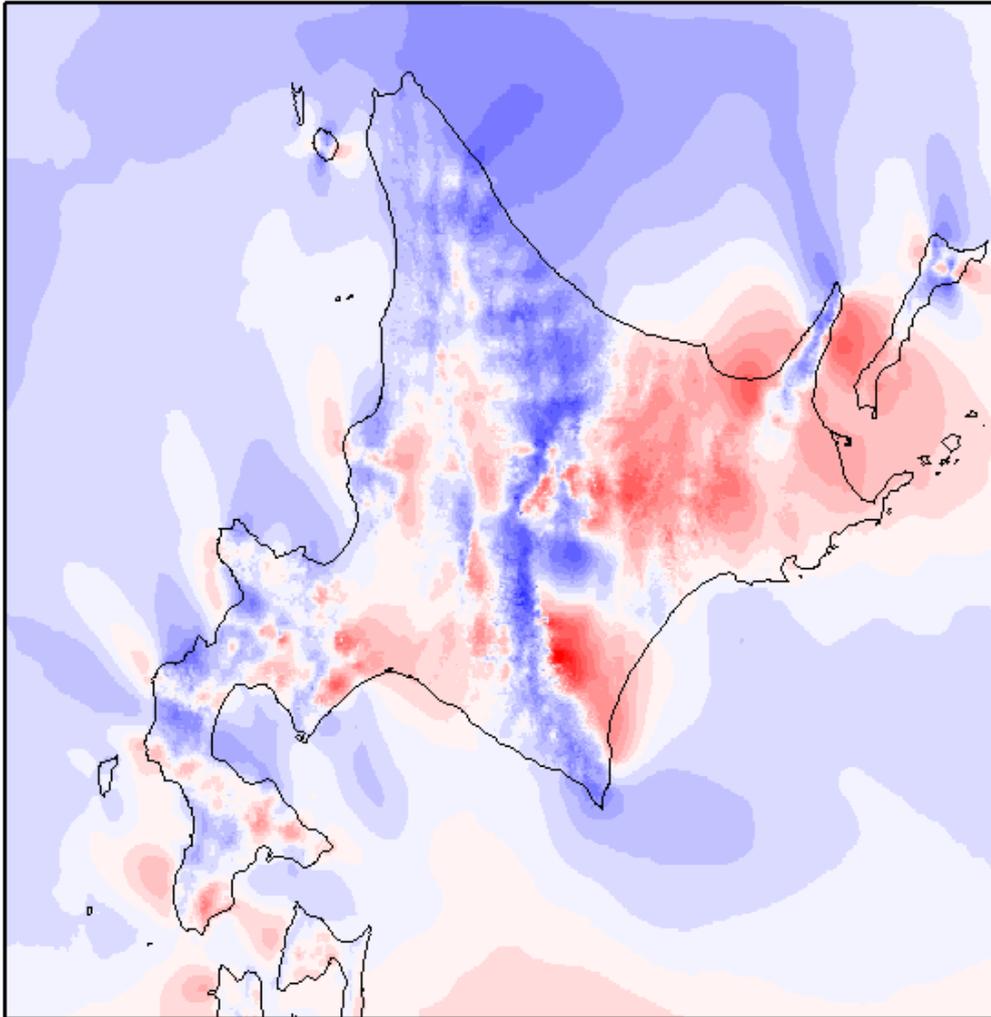


図 2-28 1995 年における年平均風速の 20 年平均風速からの偏差[%]
20 年間の北海道エリア全域平均風速で規格化した。

1996 Wind Speed Variance from Average

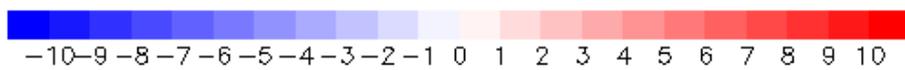
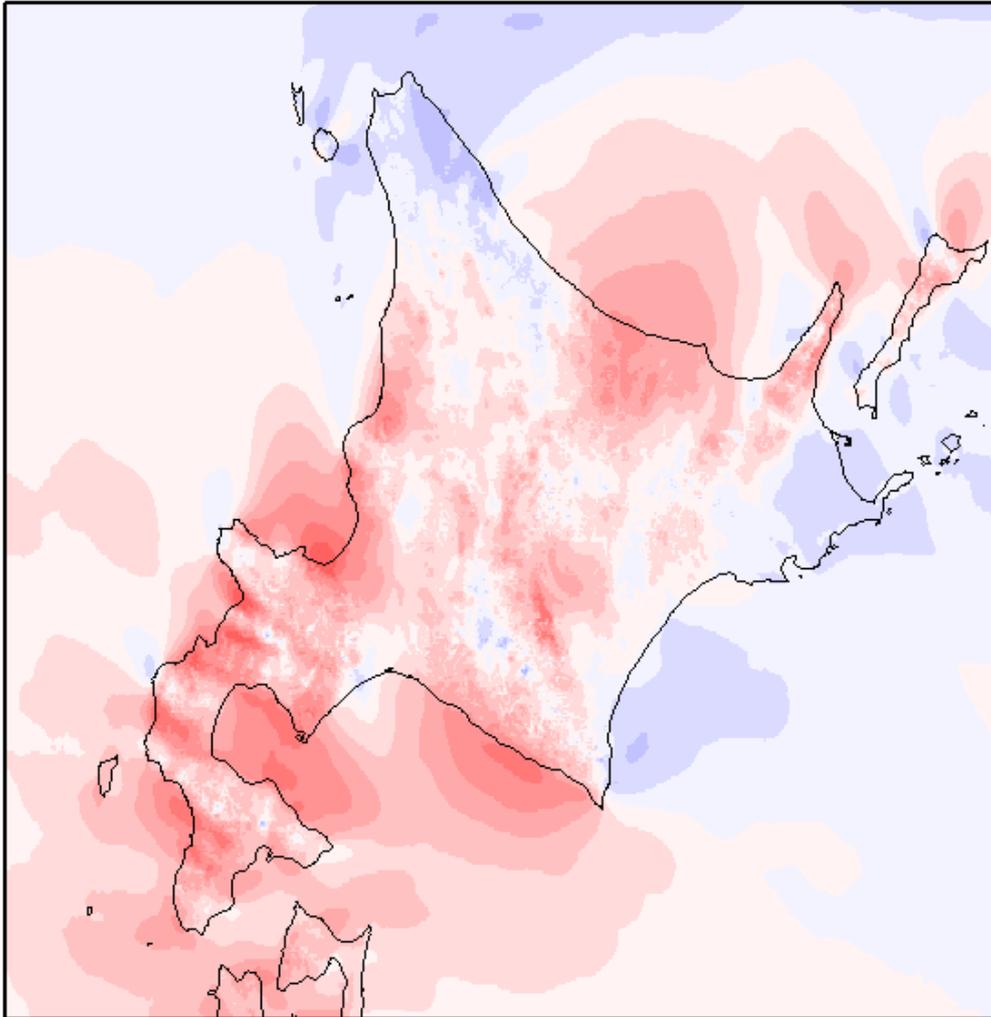


図 2-29 1996 年における年平均風速の 20 年平均風速からの偏差[%]
20 年間の北海道エリア全域平均風速で規格化した。

1997 Wind Speed Variance from Average

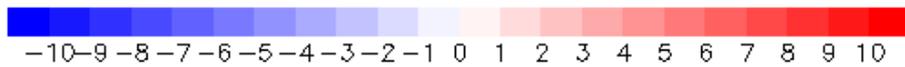
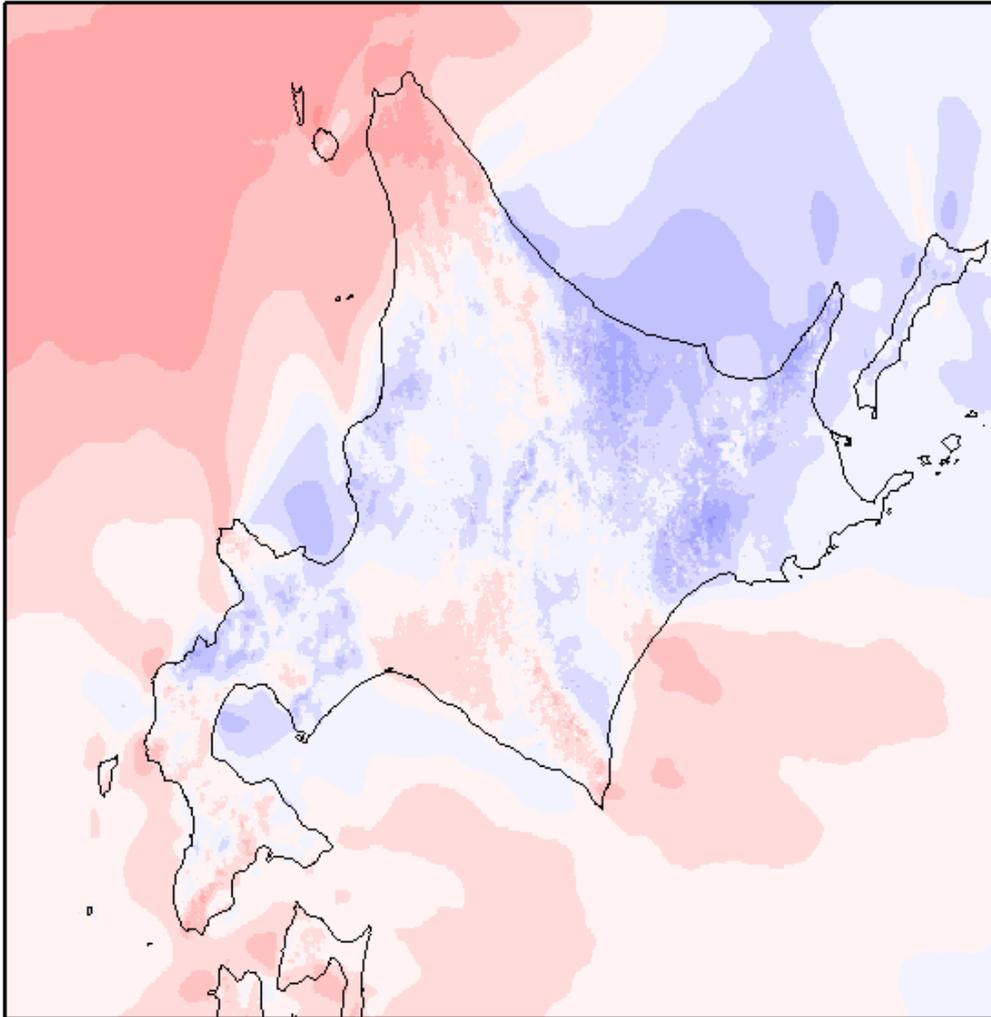


図 2-30 1997 年における年平均風速の 20 年平均風速からの偏差[%]
20 年間の北海道エリア全域平均風速で規格化した。

1998 Wind Speed Variance from Average

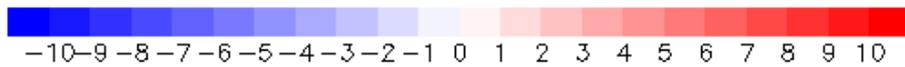
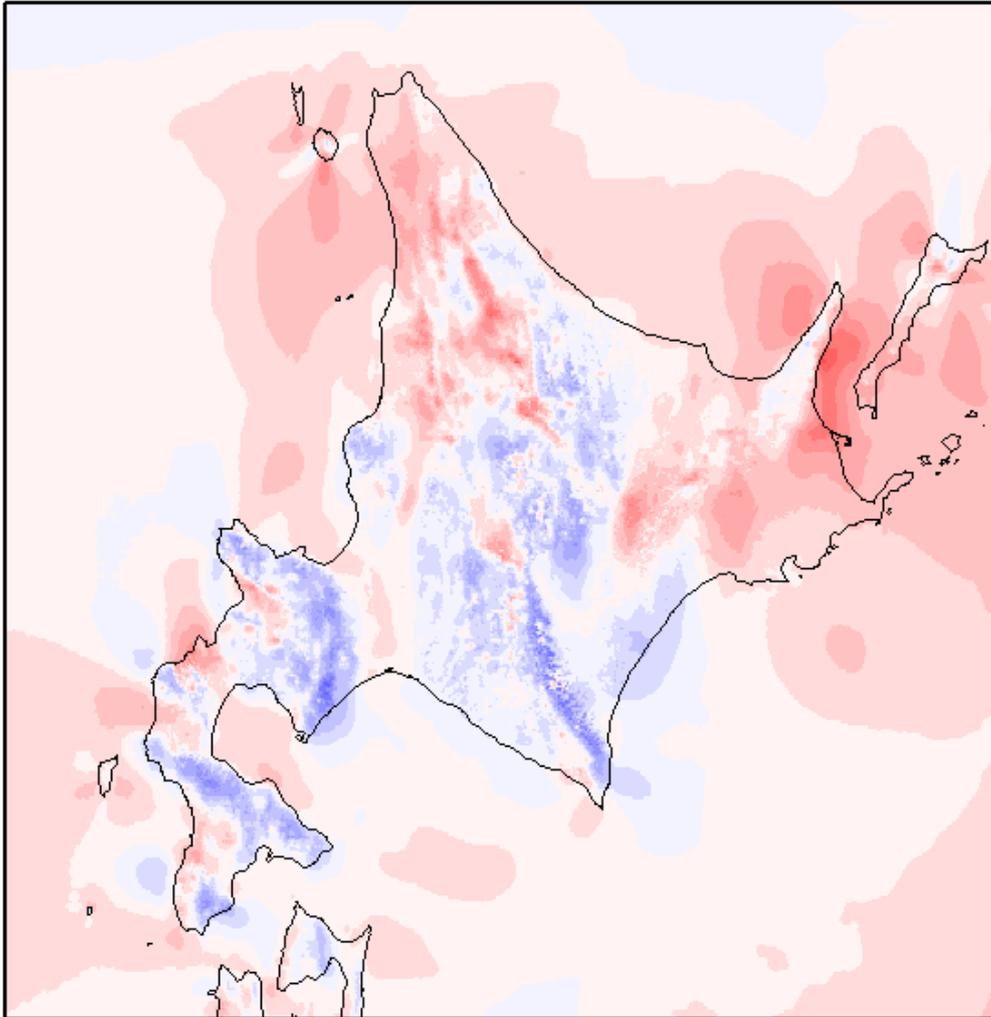


図 2-31 1998 年における年平均風速の 20 年平均風速からの偏差[%]
20 年間の北海道エリア全域平均風速で規格化した。

1999 Wind Speed Variance from Average

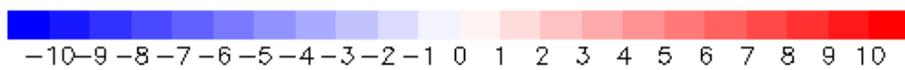
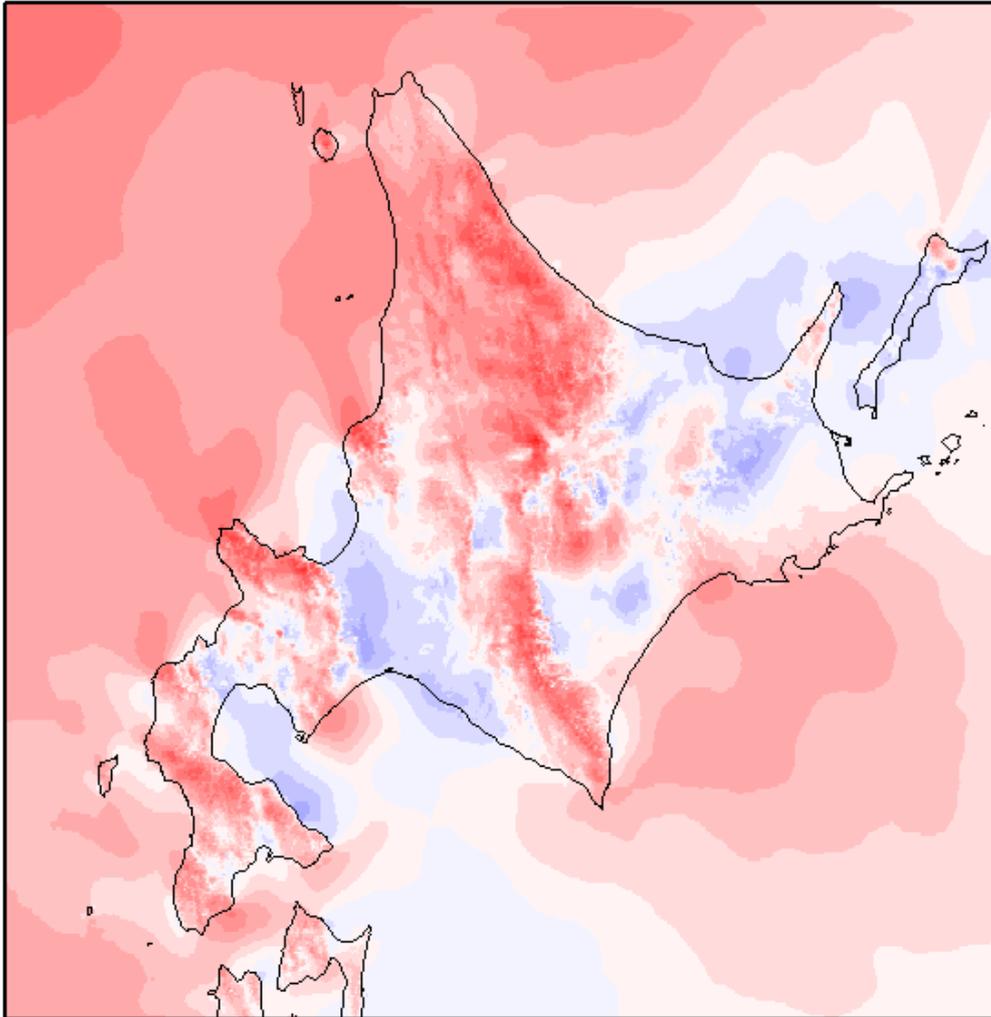


図 2-32 1999 年における年平均風速の 20 年平均風速からの偏差[%]
20 年間の北海道エリア全域平均風速で規格化した。

2000 Wind Speed Variance from Average

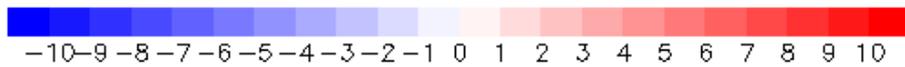
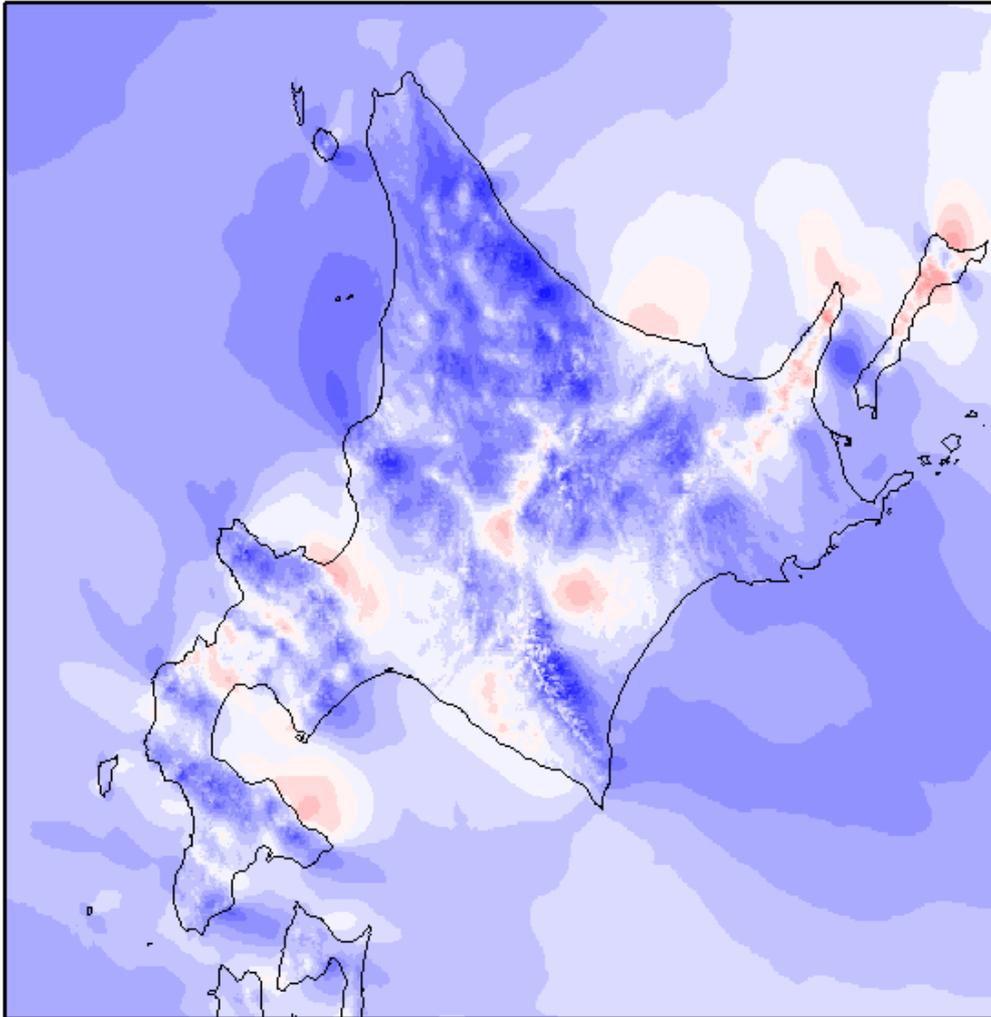


図 2-33 2000 年における年平均風速の 20 年平均風速からの偏差[%]
20 年間の北海道エリア全域平均風速で規格化した。

2001 Wind Speed Variance from Average

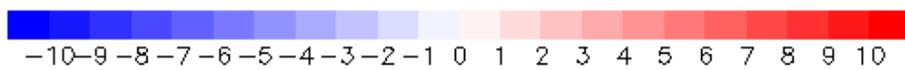
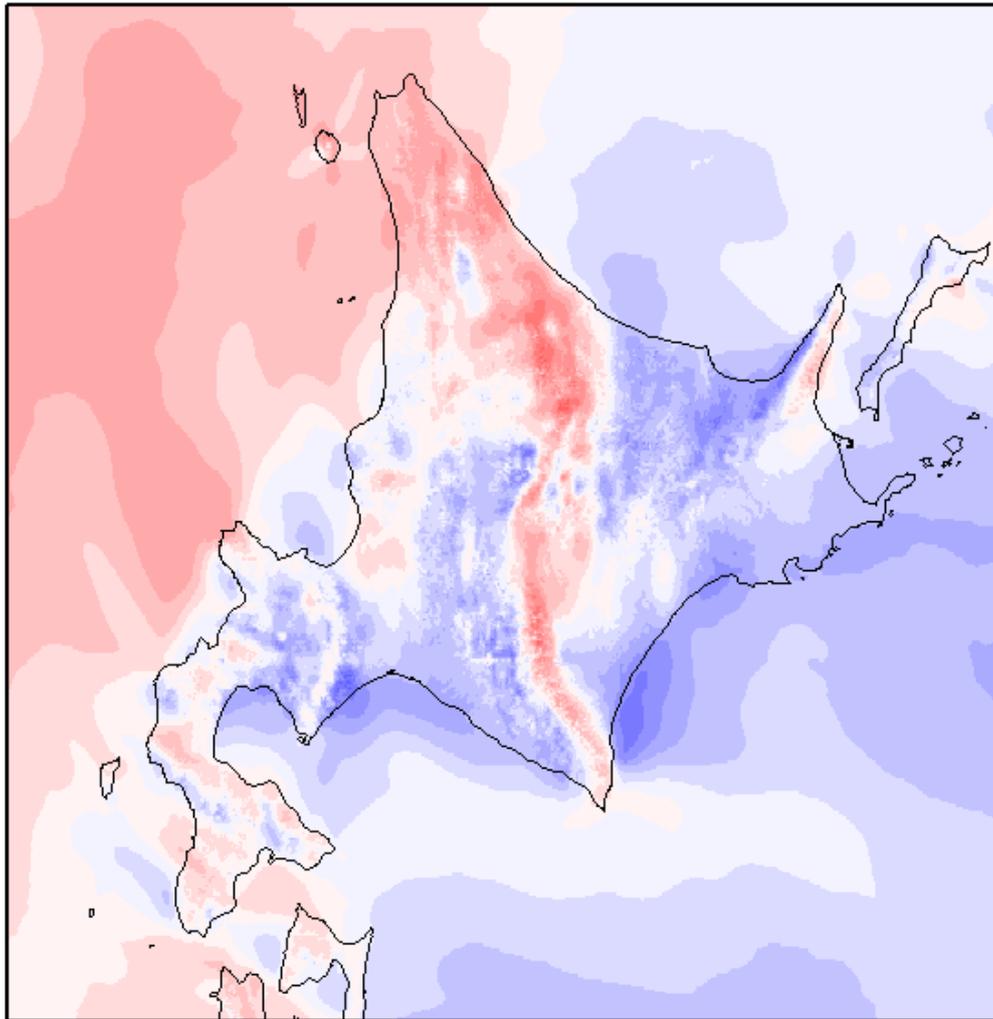


図 2-34 2001 年における年平均風速の 20 年平均風速からの偏差[%]
20 年間の北海道エリア全域平均風速で規格化した。

2002 Wind Speed Variance from Average

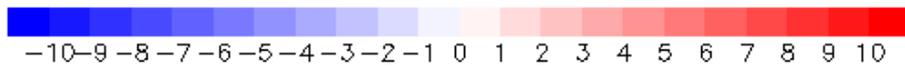
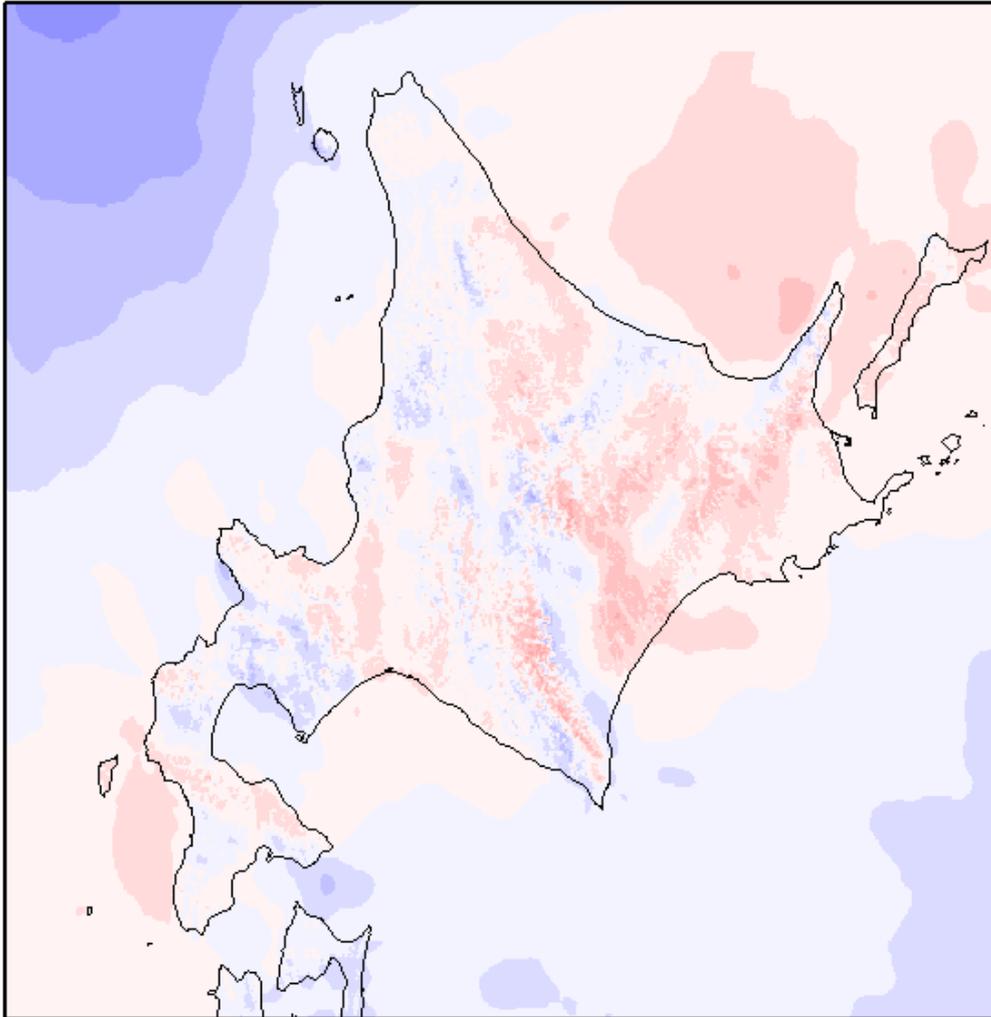


図 2-35 2002 年における年平均風速の 20 年平均風速からの偏差[%]
20 年間の北海道エリア全域平均風速で規格化した。

2003 Wind Speed Variance from Average

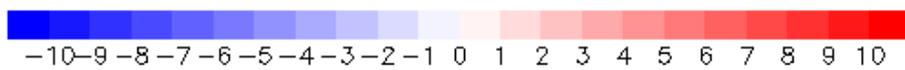
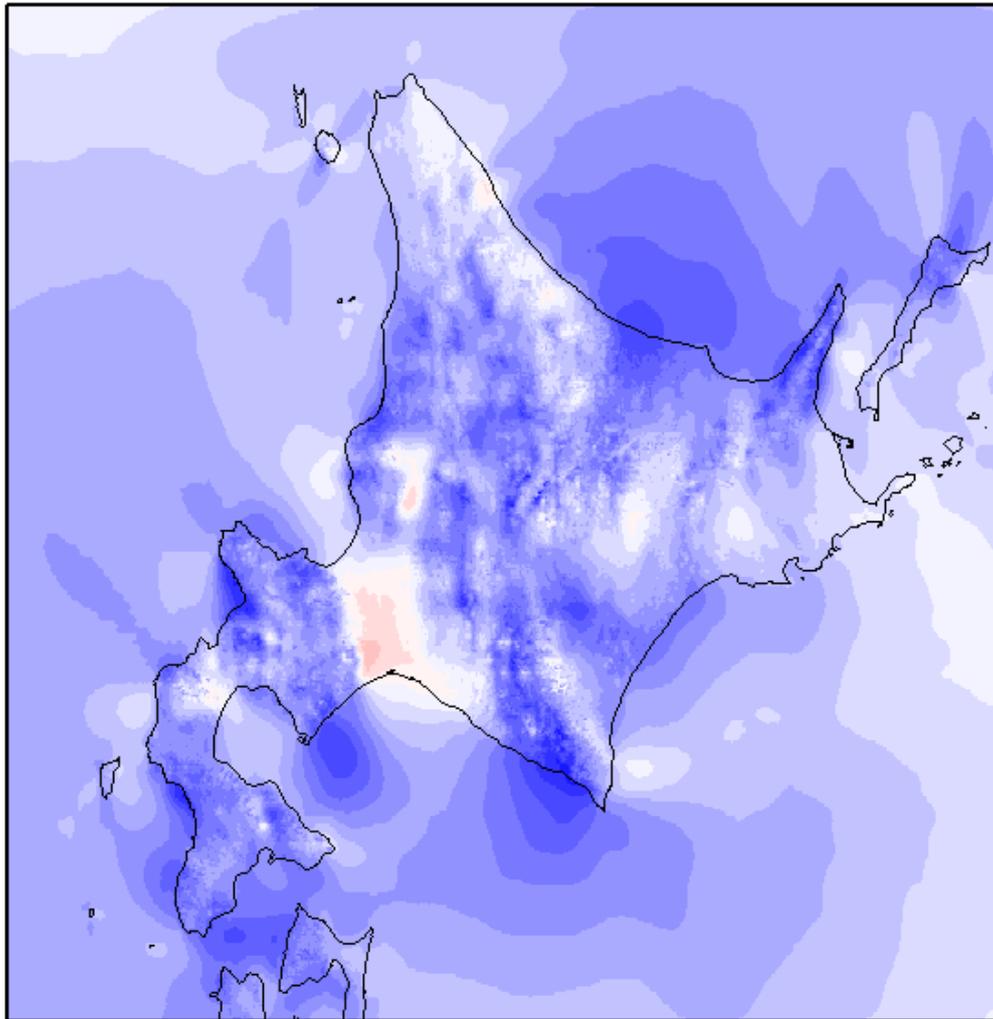


図 2-36 2003 年における年平均風速の 20 年平均風速からの偏差[%]
20 年間の北海道エリア全域平均風速で規格化した。

2004 Wind Speed Variance from Average

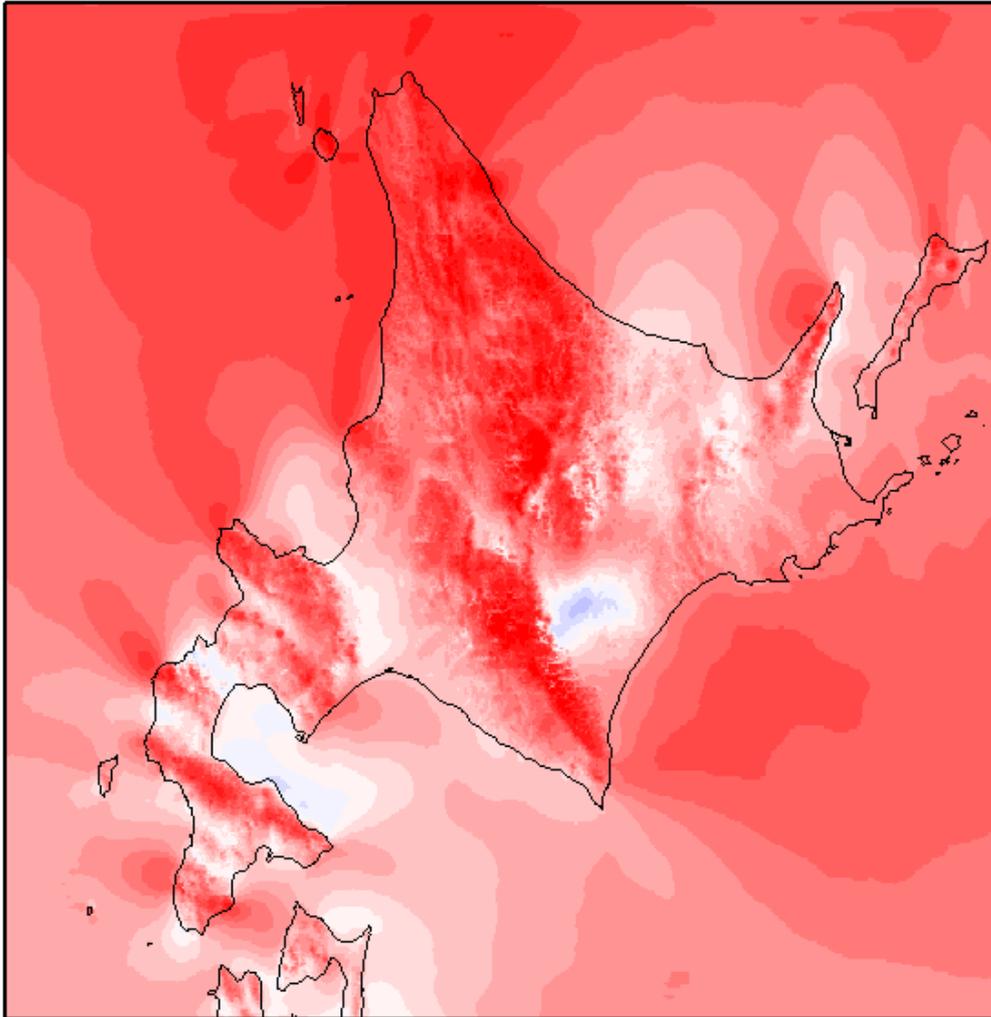


図 2-37 2004 年における年平均風速の 20 年平均風速からの偏差[%]
20 年間の北海道エリア全域平均風速で規格化した。

2005 Wind Speed Variance from Average

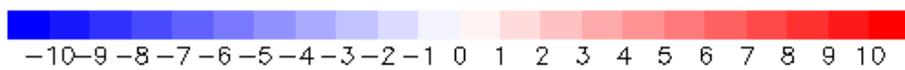
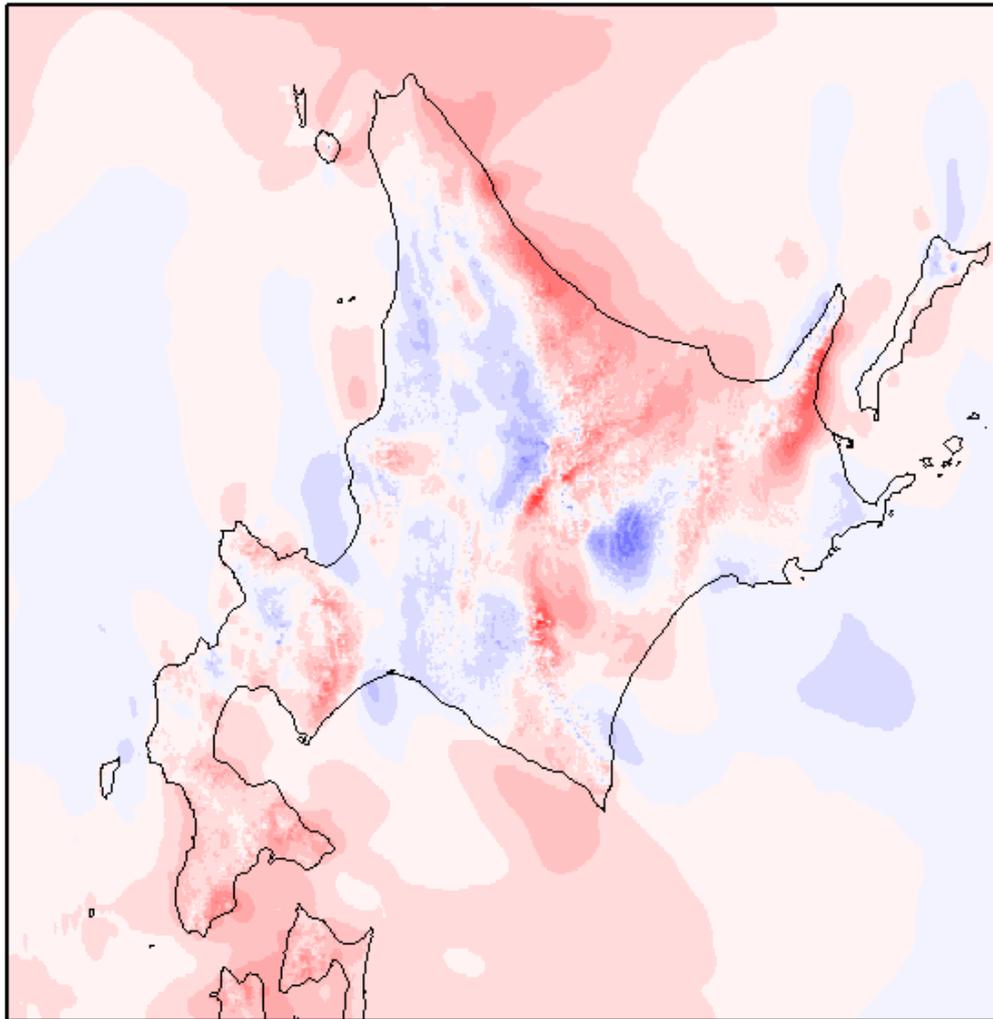


図 2-38 2005 年における年平均風速の 20 年平均風速からの偏差[%]
20 年間の北海道エリア全域平均風速で規格化した。

2006 Wind Speed Variance from Average

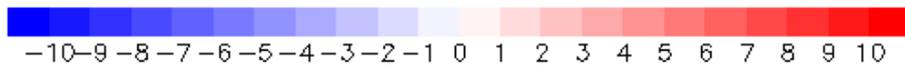
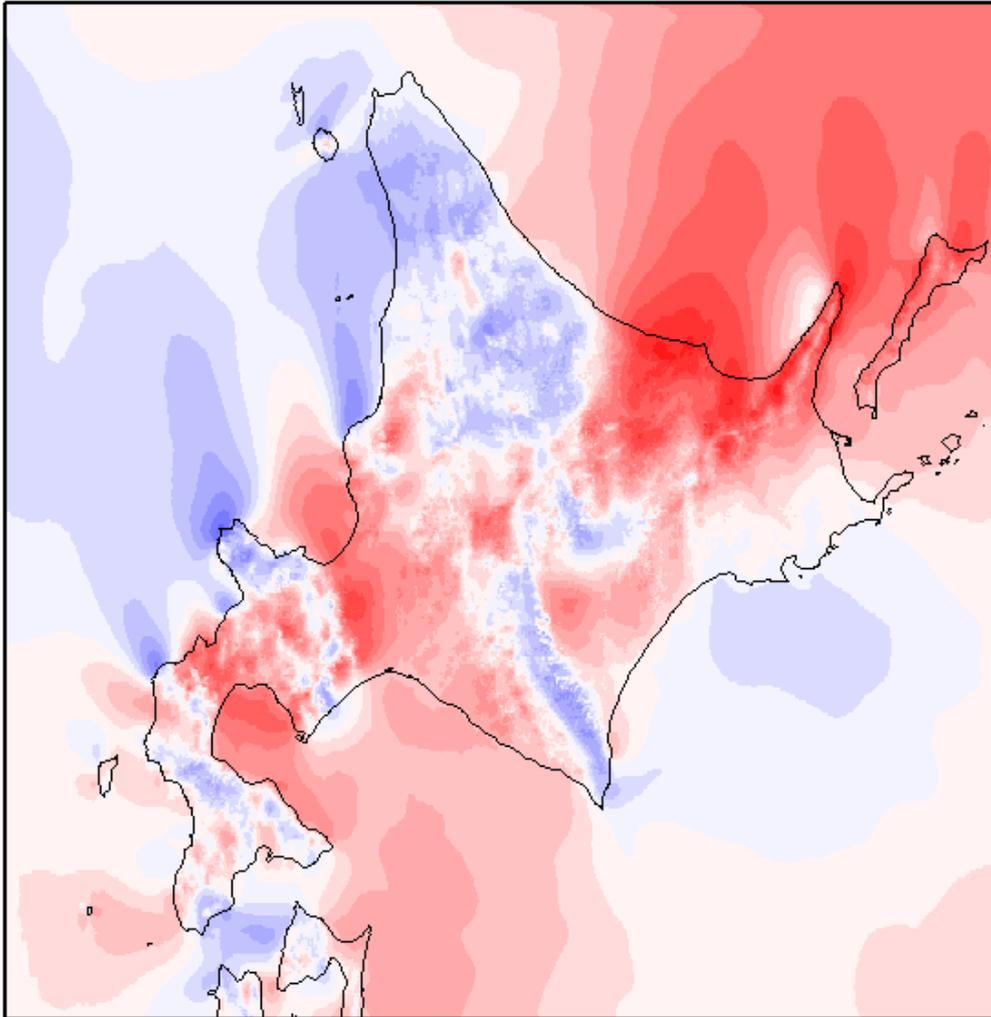


図 2-39 2006 年における年平均風速の 20 年平均風速からの偏差[%]
20 年間の北海道エリア全域平均風速で規格化した。

2007 Wind Speed Variance from Average

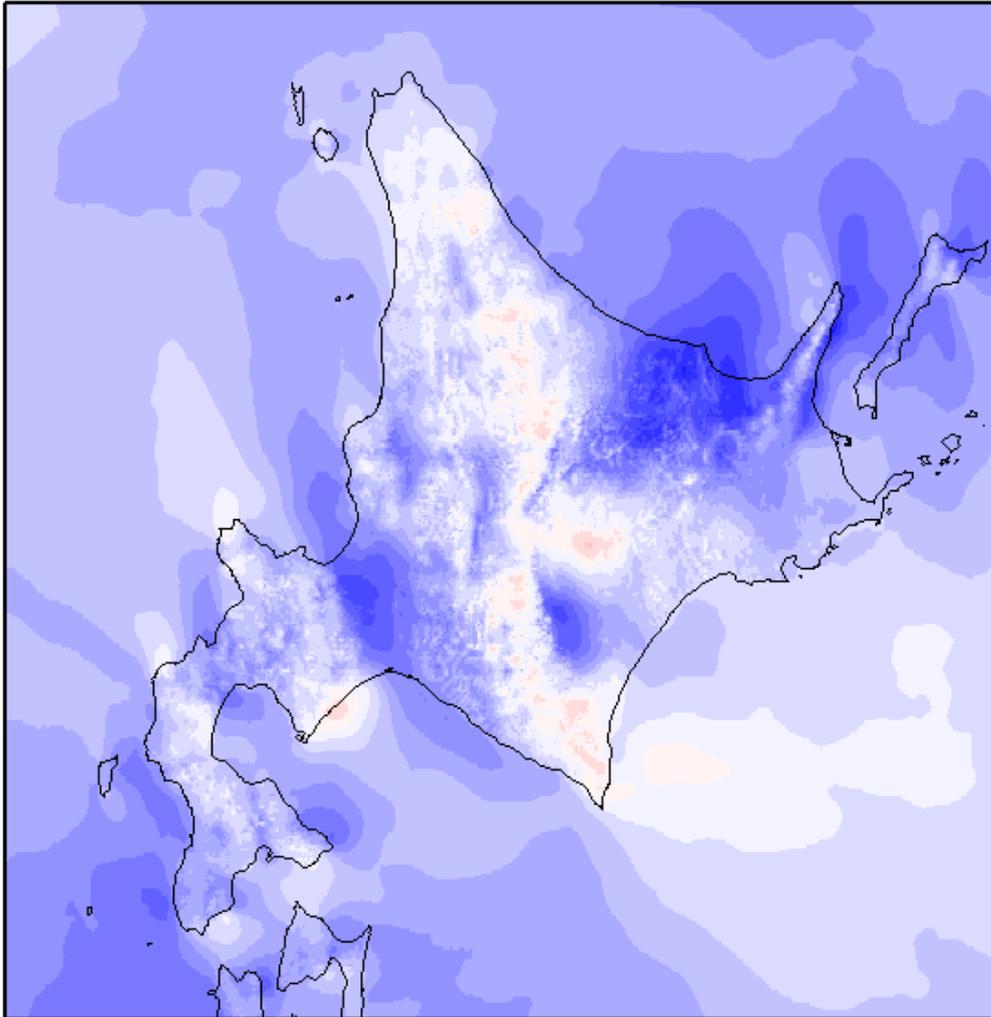


図 2-40 2007 年における年平均風速の 20 年平均風速からの偏差[%]
20 年間の北海道エリア全域平均風速で規格化した。

2008 Wind Speed Variance from Average

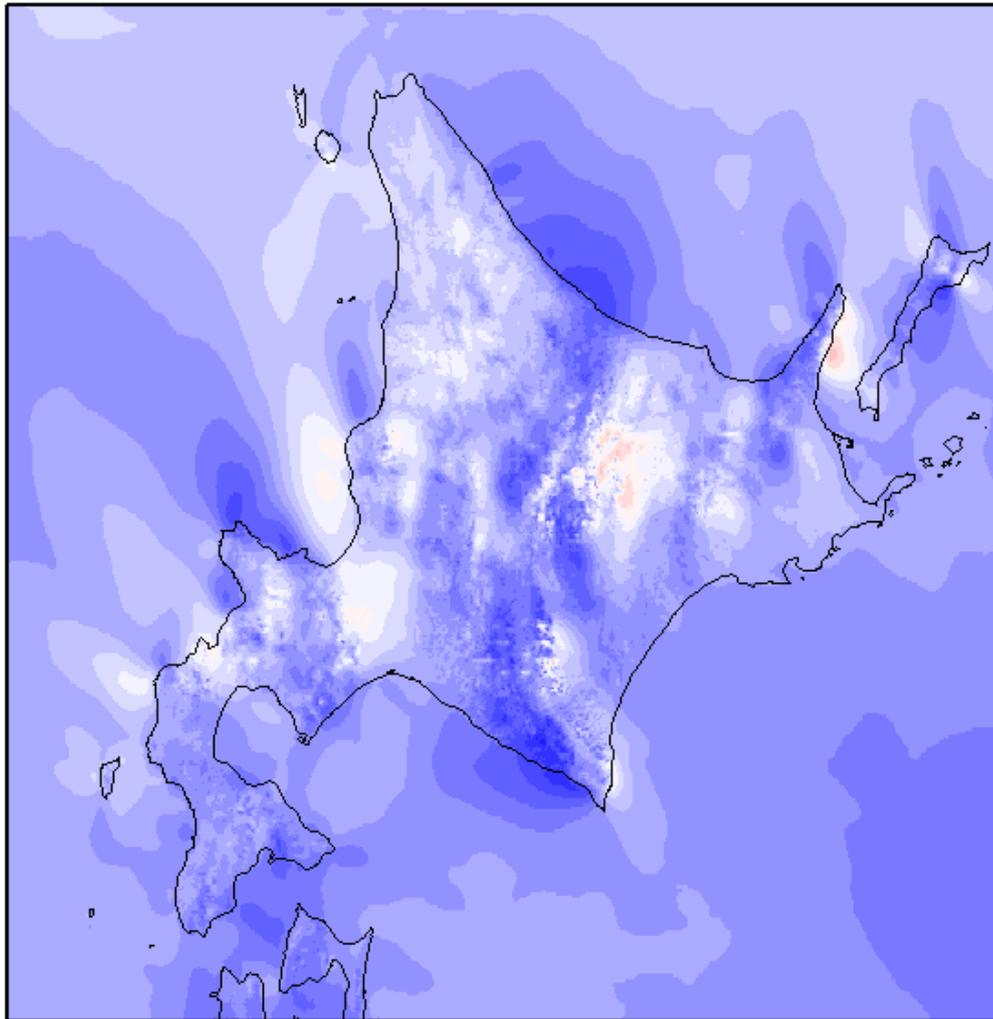


図 2-41 2008 年における年平均風速の 20 年平均風速からの偏差[%]
20 年間の北海道エリア全域平均風速で規格化した。

2009 Wind Speed Variance from Average

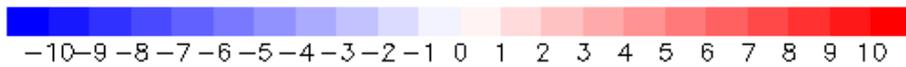
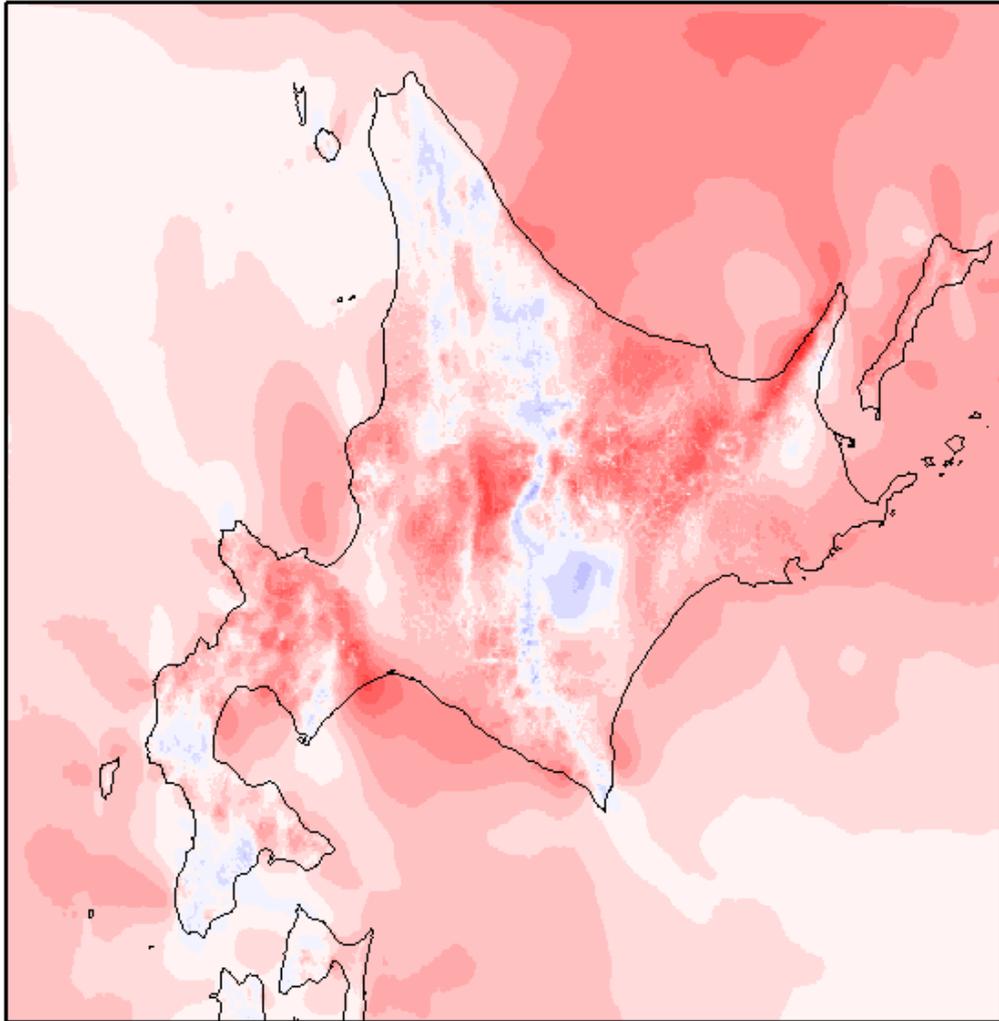


図 2-42 2009 年における年平均風速の 20 年平均風速からの偏差[%]
20 年間の北海道エリア全域平均風速で規格化した。

2010 Wind Speed Variance from Average

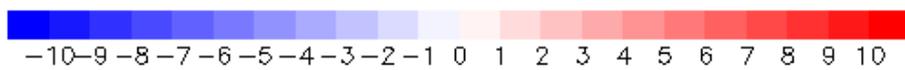
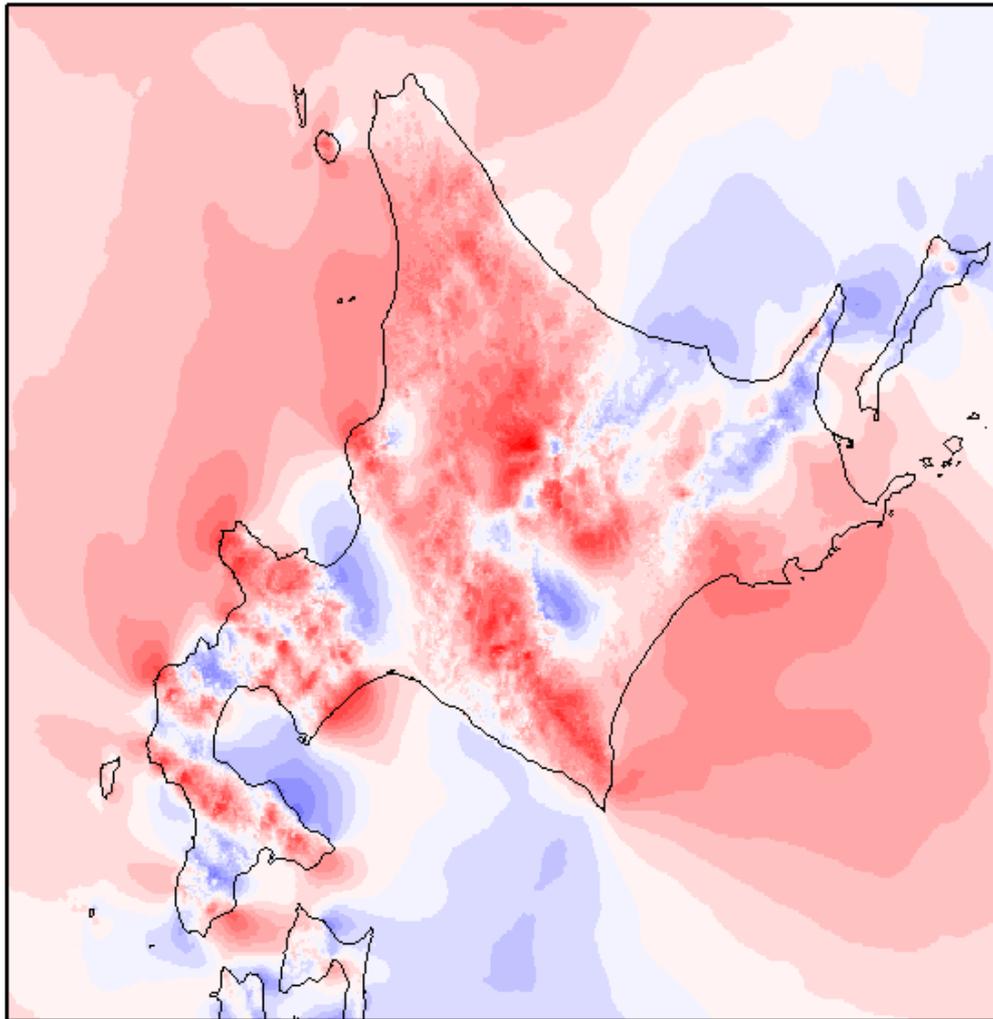


図 2-43 2010 年における年平均風速の 20 年間平均風速からの偏差[%]
20 年間の北海道エリア全域平均風速で規格化した。

- 月別平均風速

図 2-44および図 2-45に月別に集計した北海道エリア全域の20年間の平均風速およびその標準偏差を示す。これらの図から、冬季（11月～3月）は風速が大きいという特徴があることが分かった。

また、図 2-46～図 2-57に1991年～2010年の各年の月平均風速の時系列を月別に示す。これらの図からも、冬季は風速が大きくなるということが分かった。

A) 月別20年間平均風速

風速[%]は20年間の北海道エリア全域平均風速で規格化した。

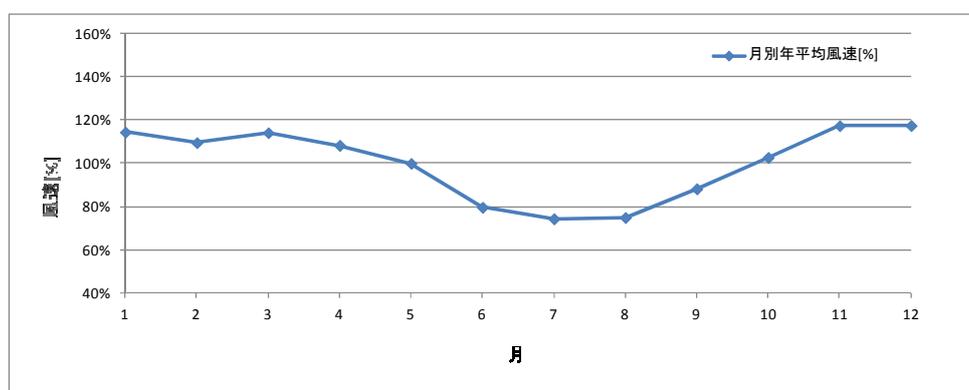


図 2-44 月別20年平均風速[%]

風速は20年間の北海道エリア全域平均風速で規格化した。

B) 月別20年平均風速の標準偏差

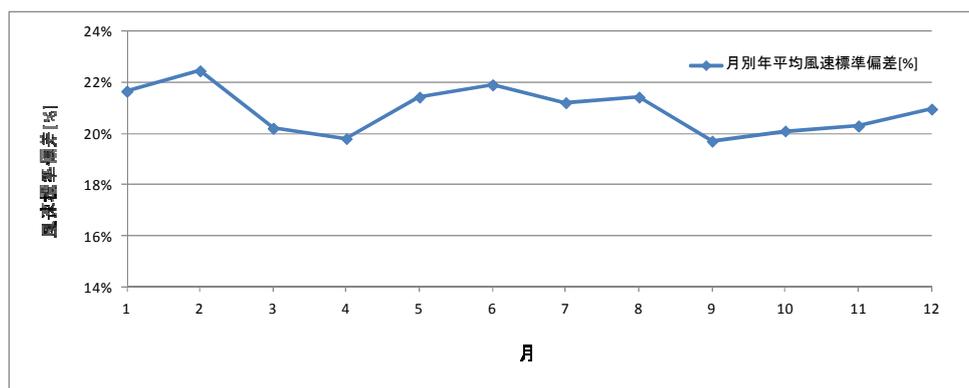


図 2-45 月別20年平均風速の標準偏差[%]

風速は20年間の北海道エリア全域平均風速で規格化した。

C) 各月別年変動グラフ

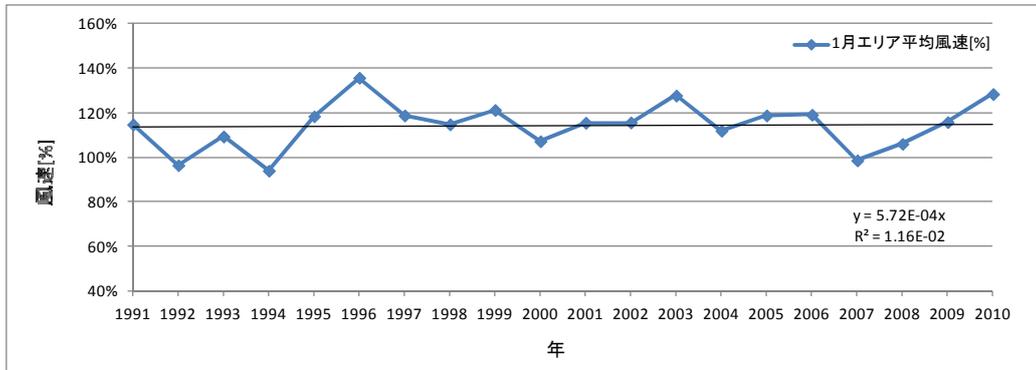


図 2-46 1月 北海道エリア平均風速[%]

風速は 20 年間の北海道エリア全域平均風速で規格化した。

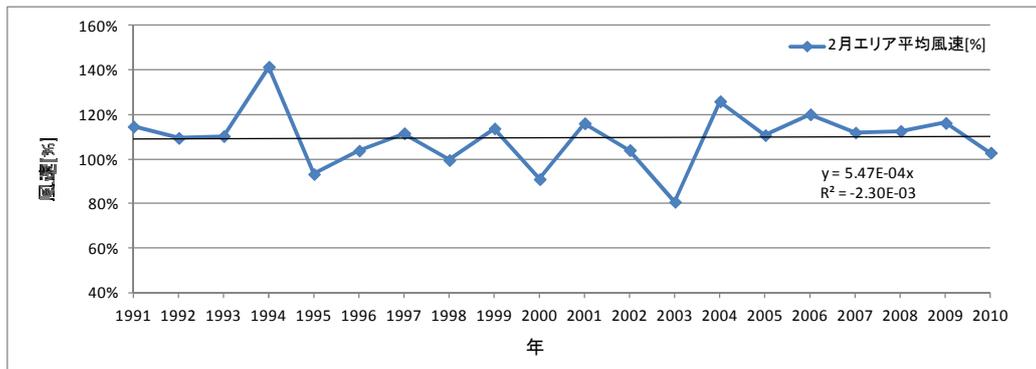


図 2-47 2月 北海道エリア平均風速[%]

風速は 20 年間の北海道エリア全域平均風速で規格化した。

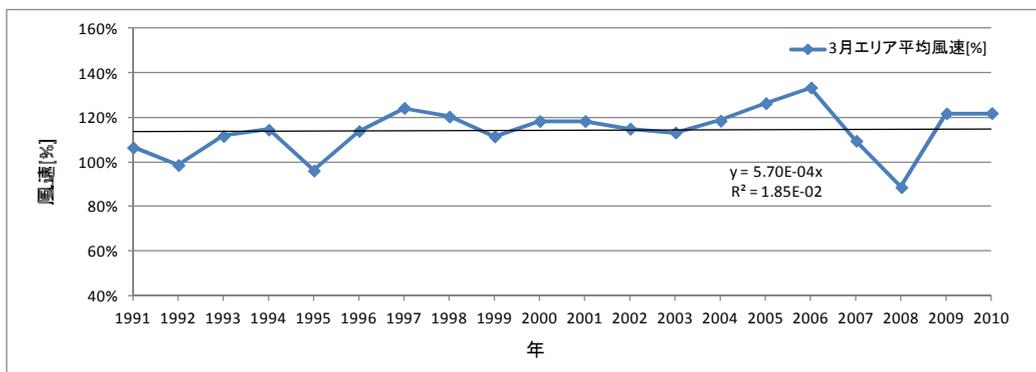


図 2-48 3月 北海道エリア平均風速[%]

風速は 20 年間の北海道エリア全域平均風速で規格化した。

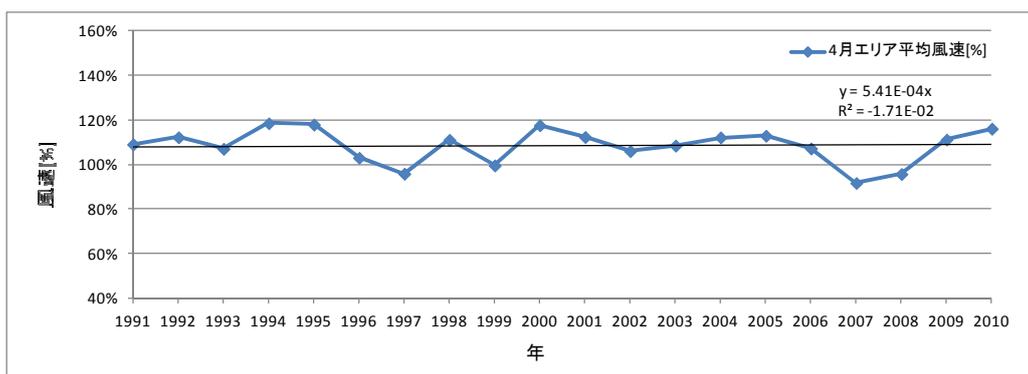


図 2-49 4月 北海道エリア平均風速[%]
 風速は 20 年間の北海道エリア全域平均風速で規格化した。

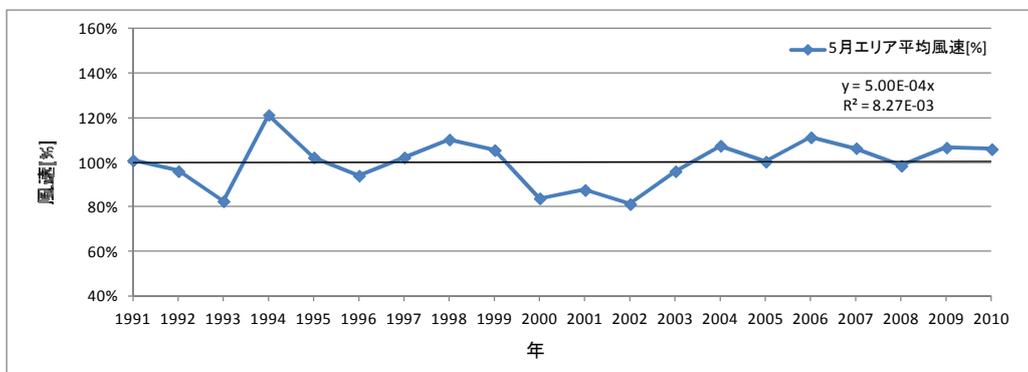


図 2-50 5月 北海道エリア平均風速[%]
 風速は 20 年間の北海道エリア全域平均風速で規格化した。

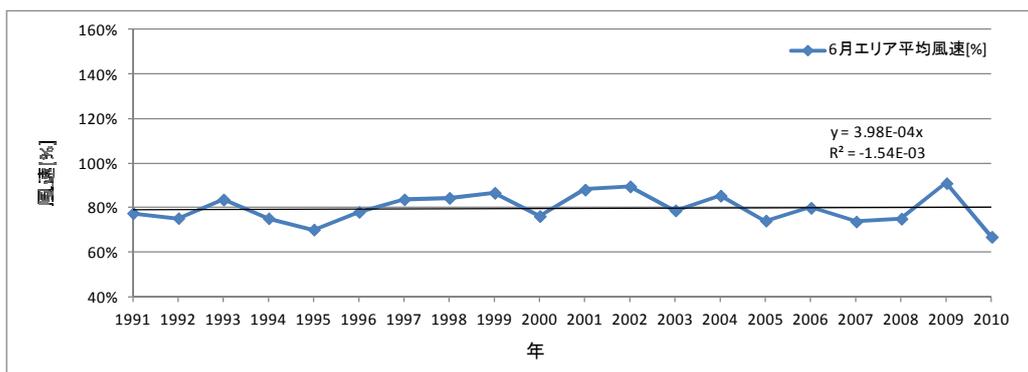


図 2-51 6月 北海道エリア平均風速[%]
 風速は 20 年間の北海道エリア全域平均風速で規格化した。

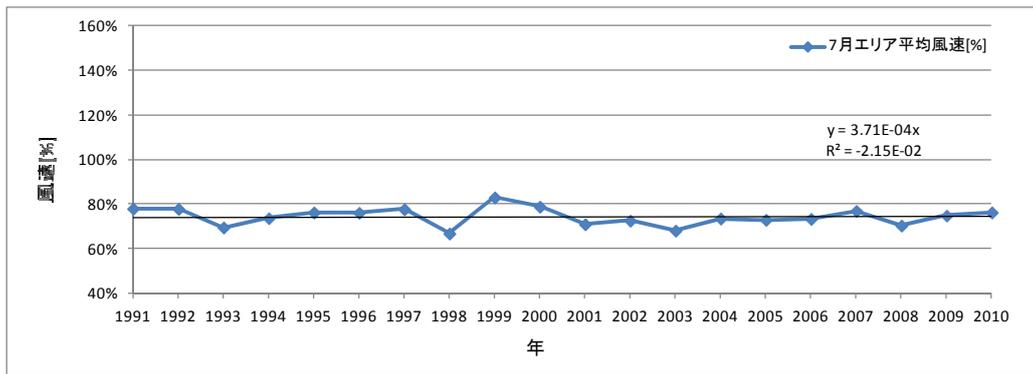


図 2-52 7月 北海道エリア平均風速[%]
 風速は 20 年間の北海道エリア全域平均風速で規格化した。

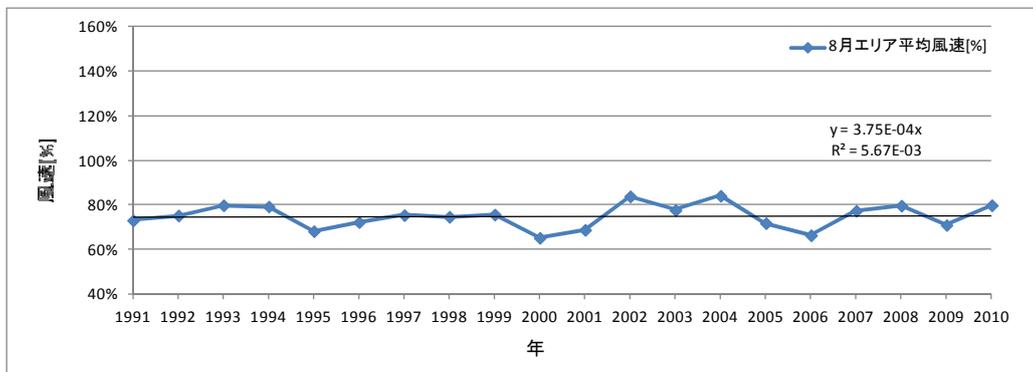


図 2-53 8月 北海道エリア平均風速[%]
 風速は 20 年間の北海道エリア全域平均風速で規格化した。

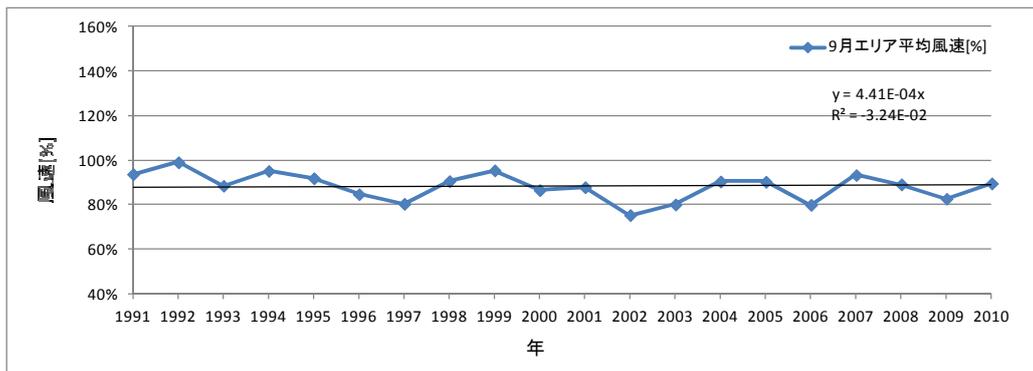


図 2-54 9月 東北エリア平均風速[%]
 風速は 20 年間の東北エリア全域平均風速で規格化した。

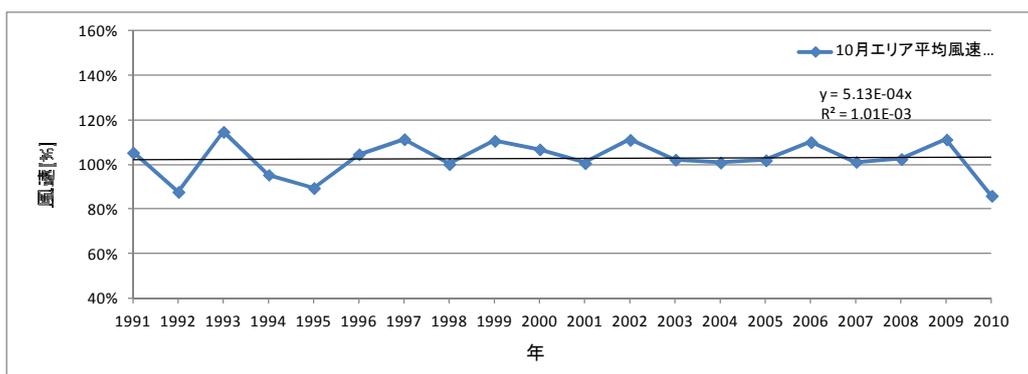


図 2-55 10月 北海道エリア平均風速[%]
風速は 20 年間の北海道エリア全域平均風速で規格化した。

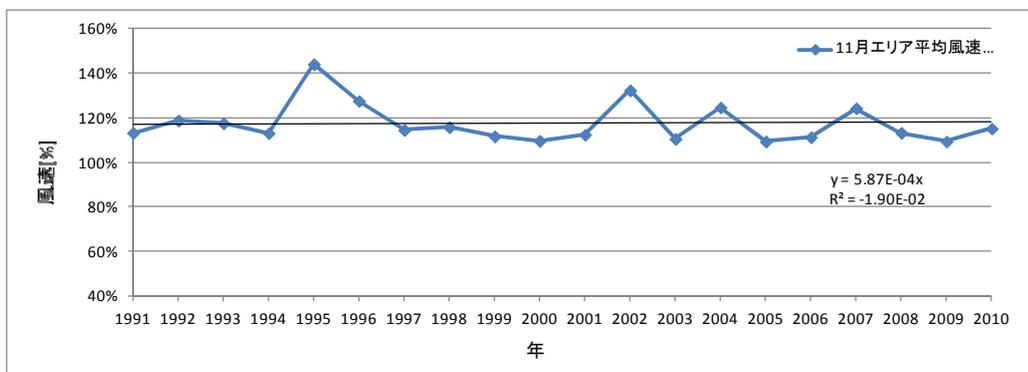


図 2-56 11月 北海道エリア平均風速[%]
風速は 20 年間の北海道エリア全域平均風速で規格化した。

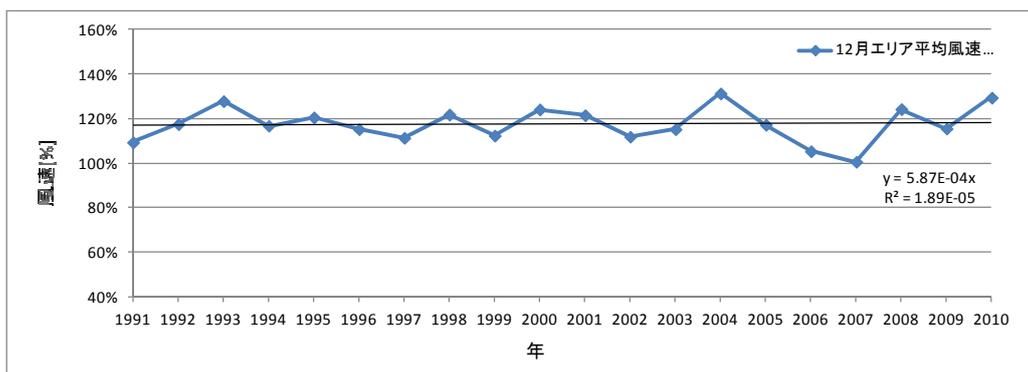


図 2-57 12月 北海道エリア平均風速[%]
風速は 20 年間の北海道エリア全域平均風速で規格化した。

- D) 各月別年平均風速マップ
- 1月における20年間の平均風速

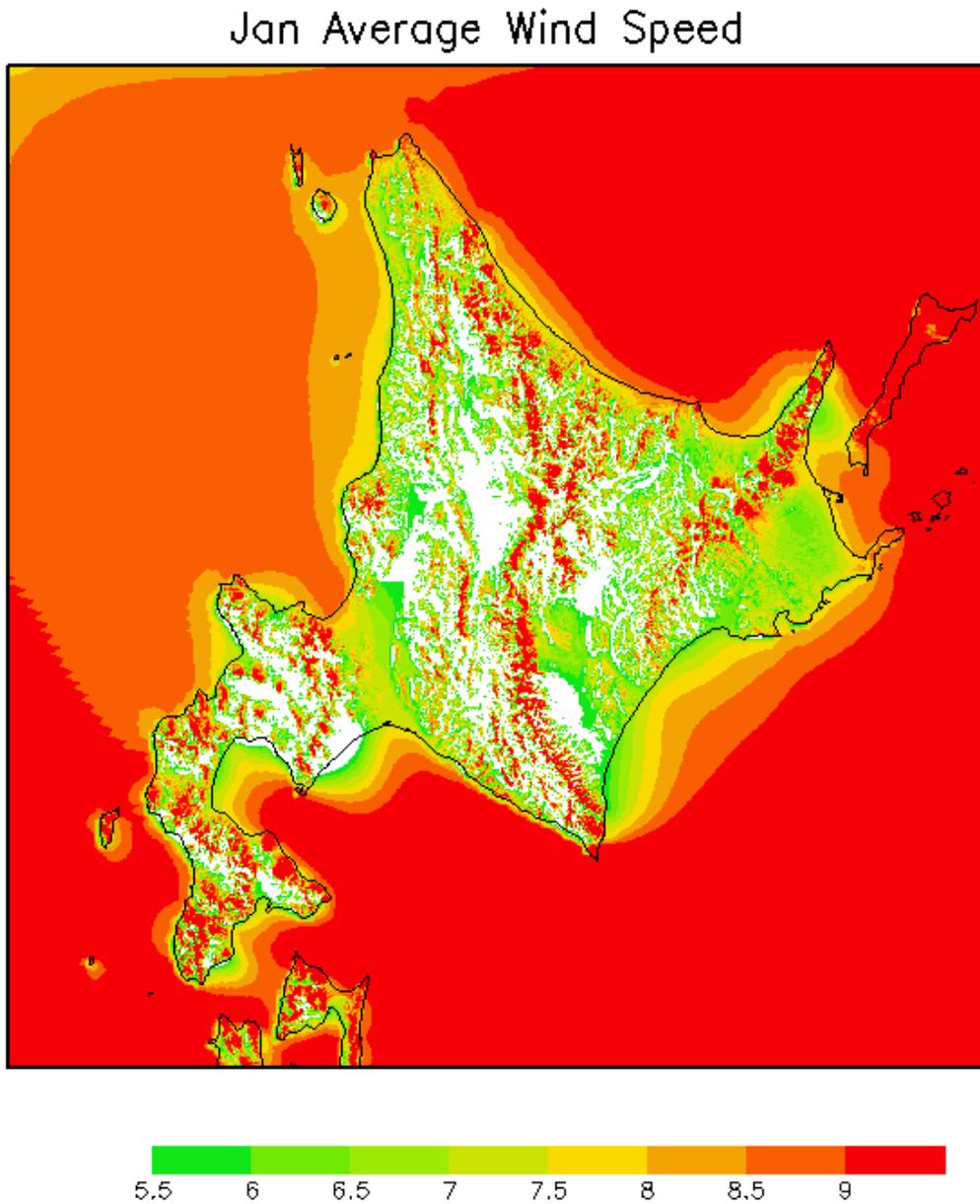


図 2-58 1月における20年間の平均風速[m/s]

- 2月における20年間の平均風速

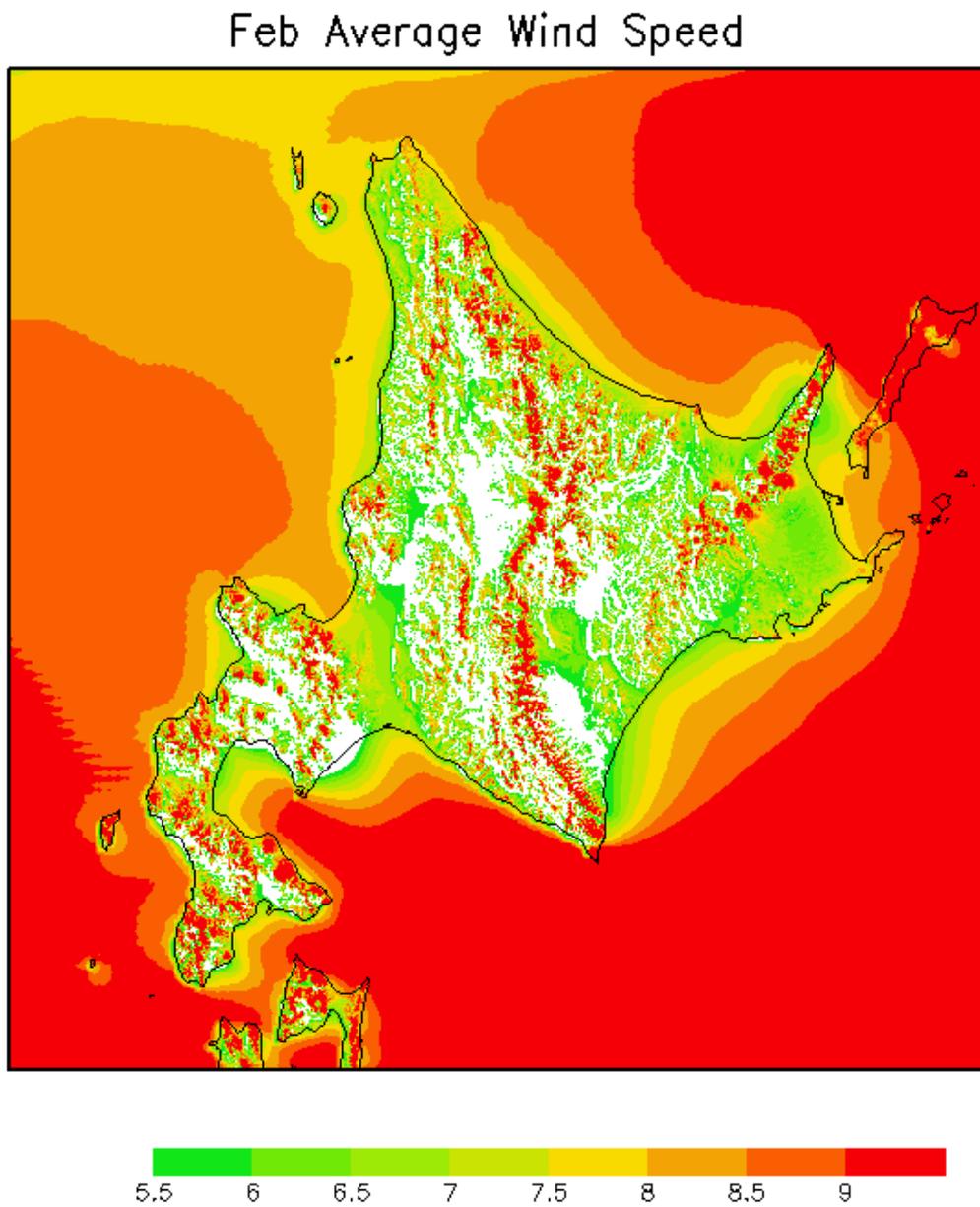


図 2-59 2月における20年間の平均風速[m/s]

- 3月における20年間の平均風速

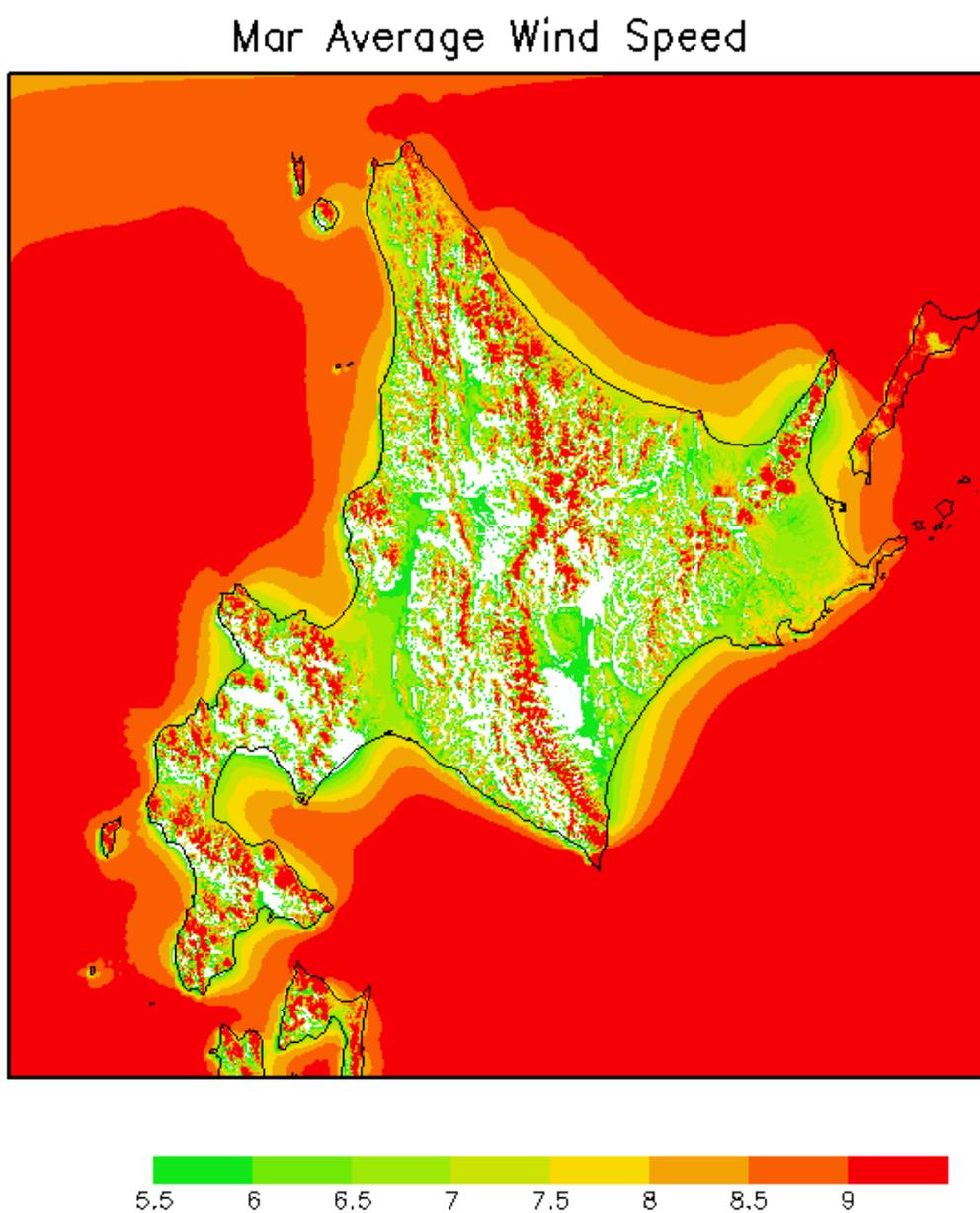


図 2-60 3月における20年間の平均風速[m/s]

- 5月における20年間の平均風速

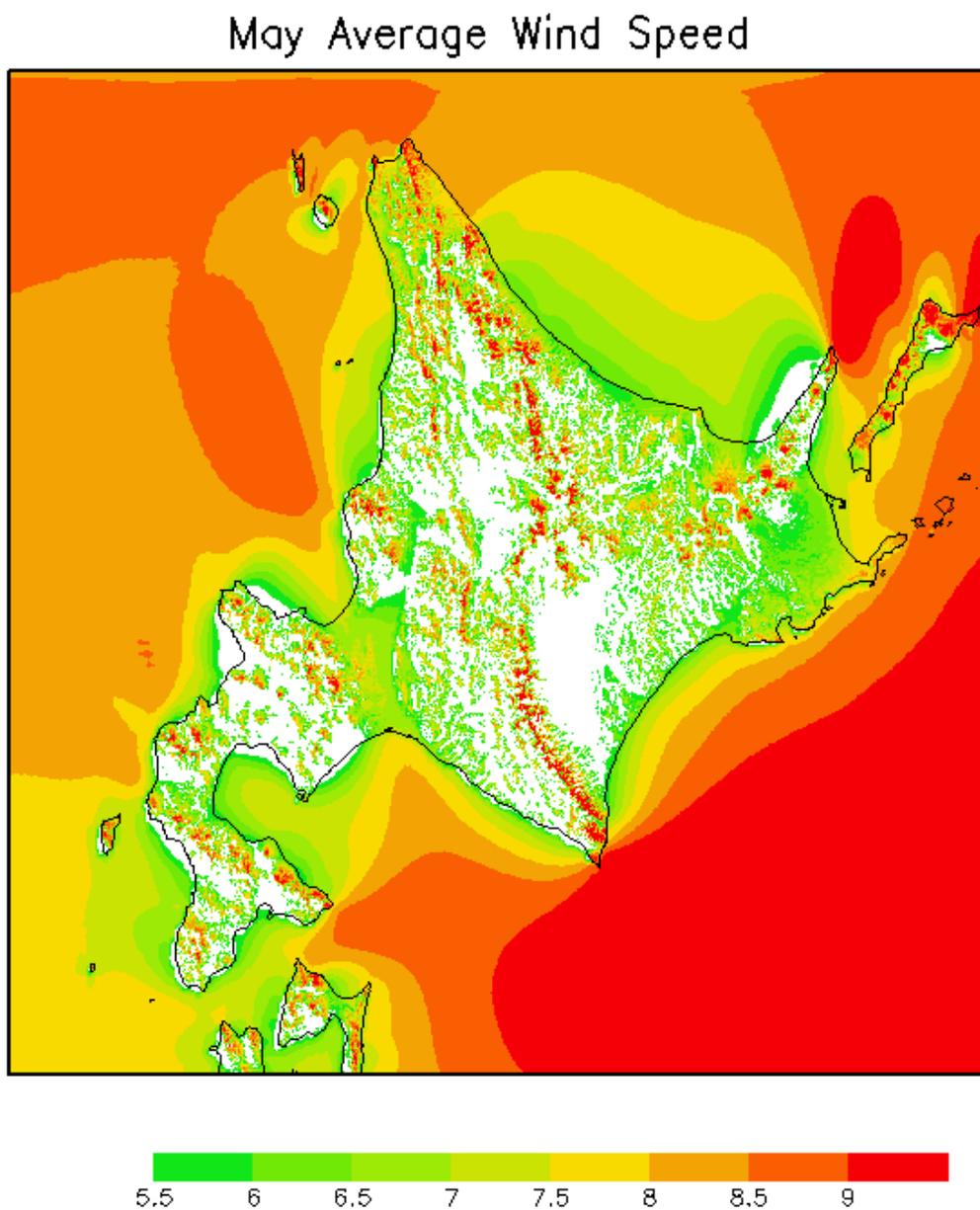


図 2-62 5月における20年間の平均風速[m/s]

- 6月における20年間の平均風速

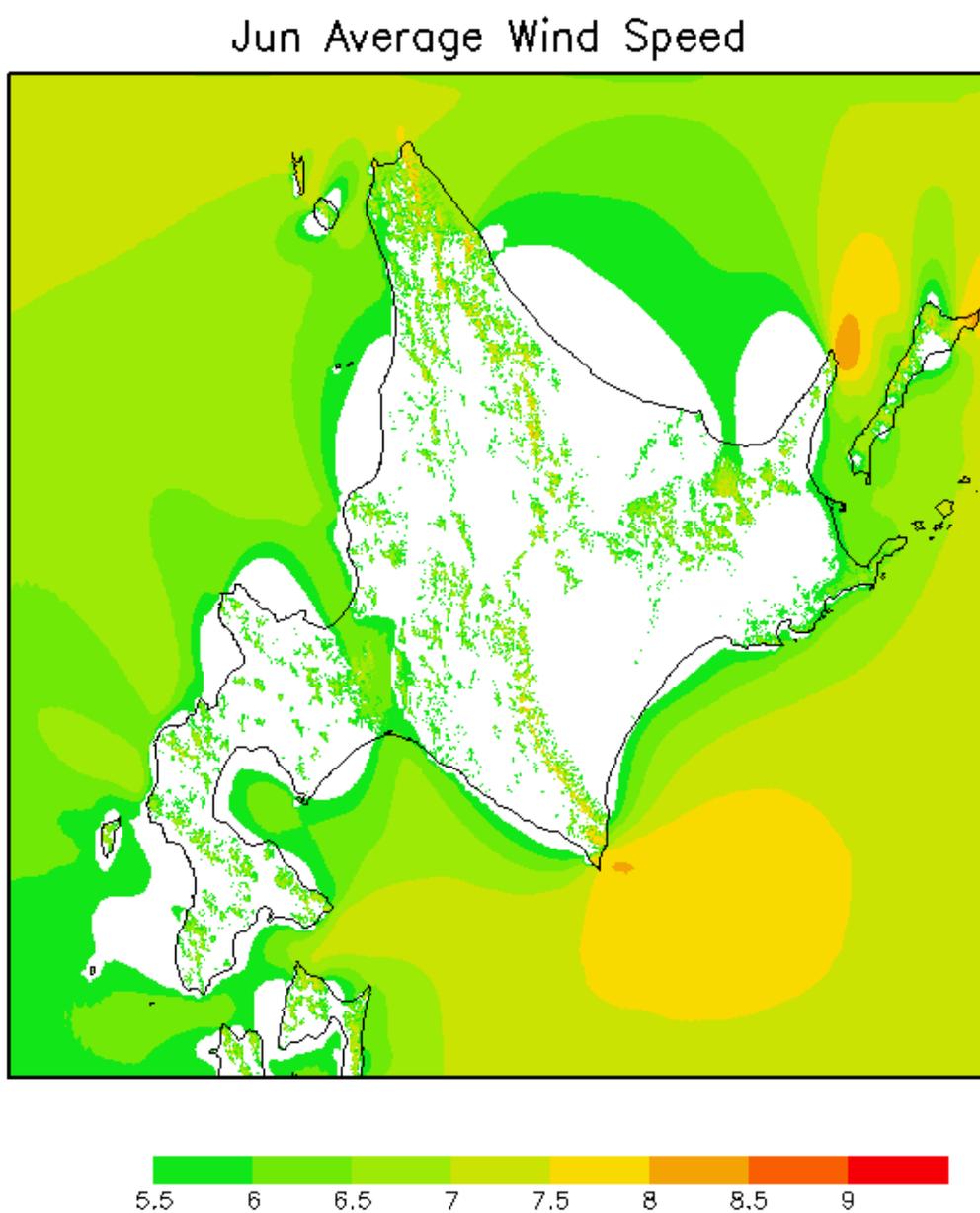


図 2-63 6月における20年間の平均風速[m/s]

- 7月における20年間の平均風速

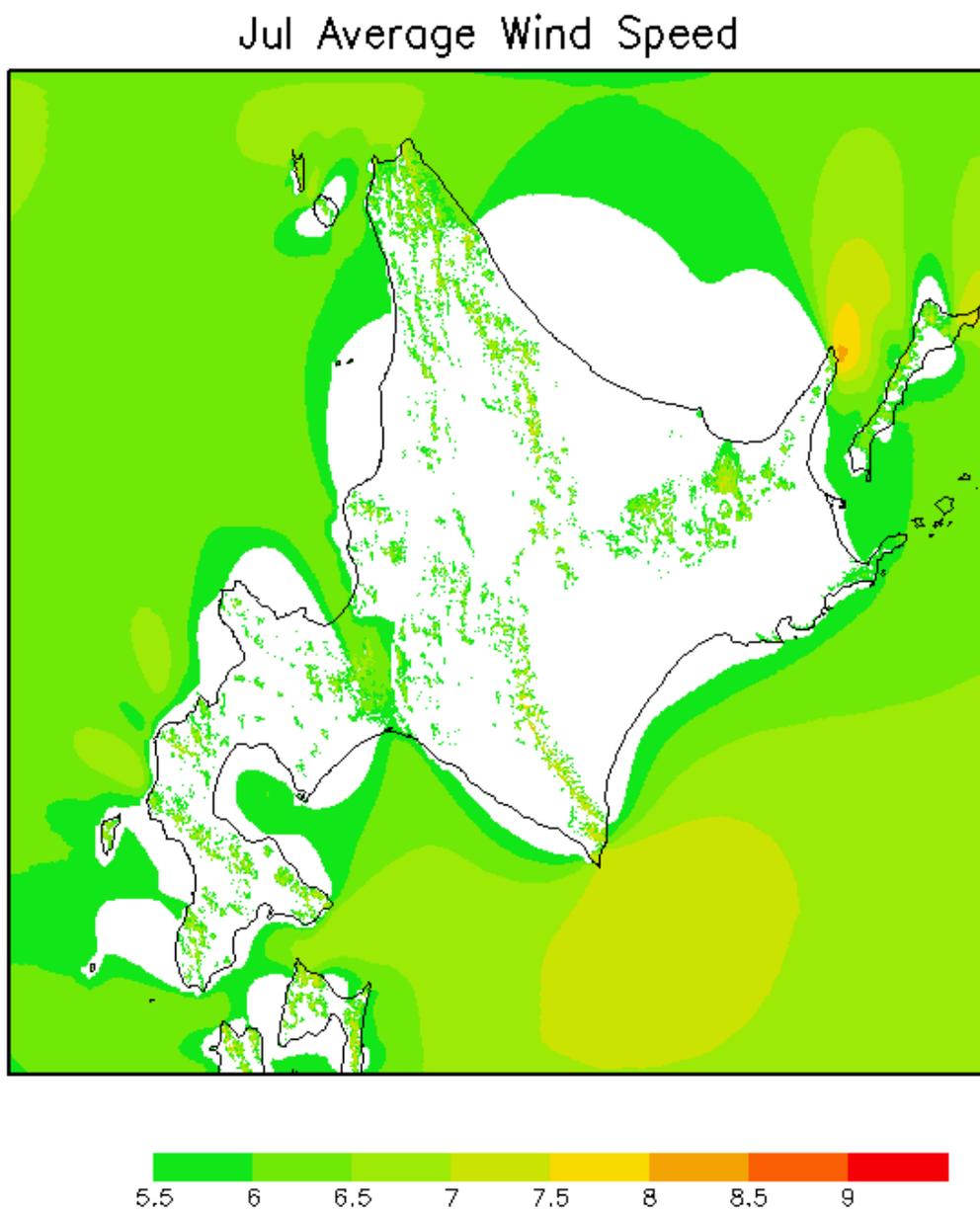


図 2-64 7月における20年間の平均風速[m/s]

- 8月における20年間の平均風速

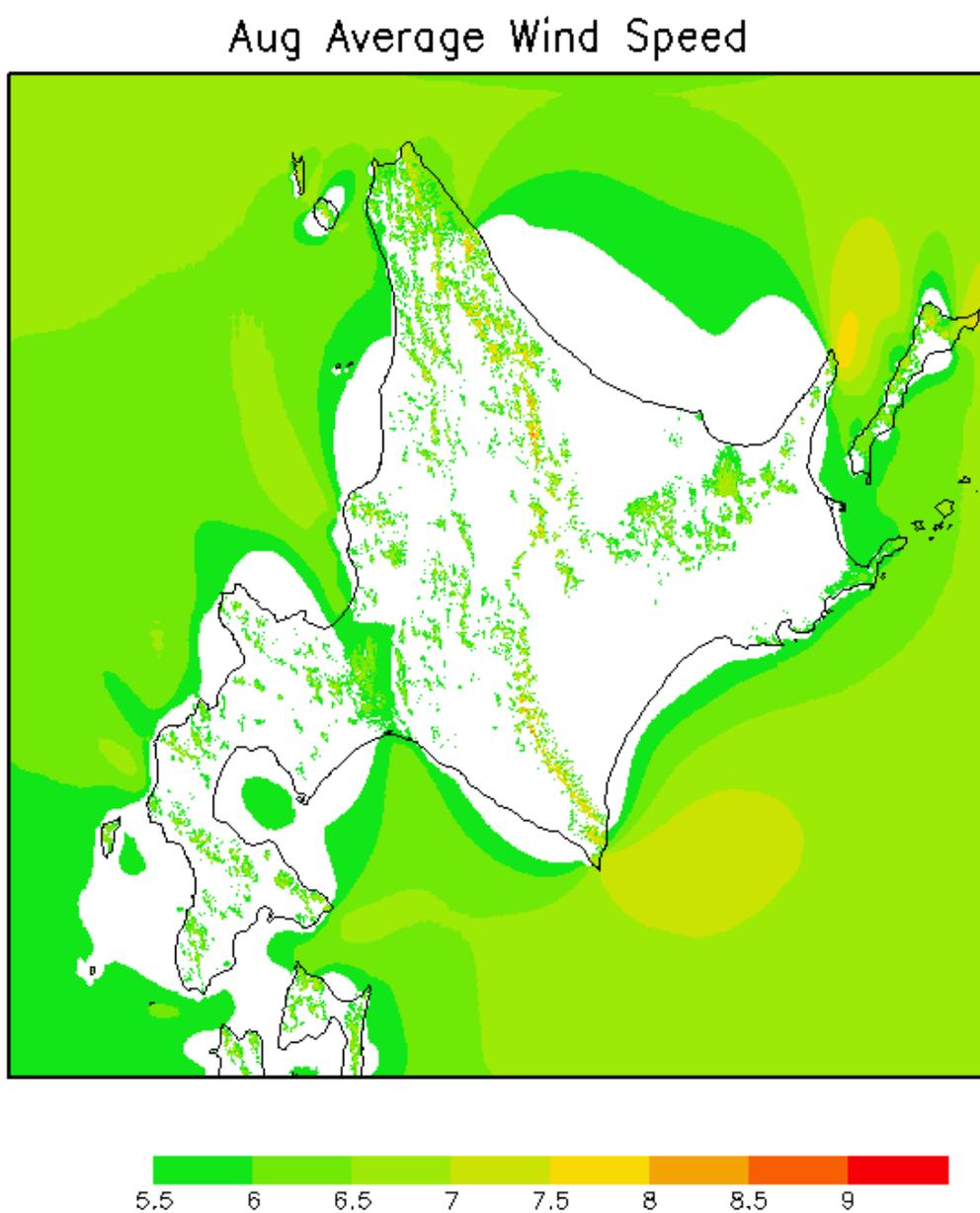


図 2-65 8月における20年間の平均風速[m/s]

- 9月における20年間の平均風速

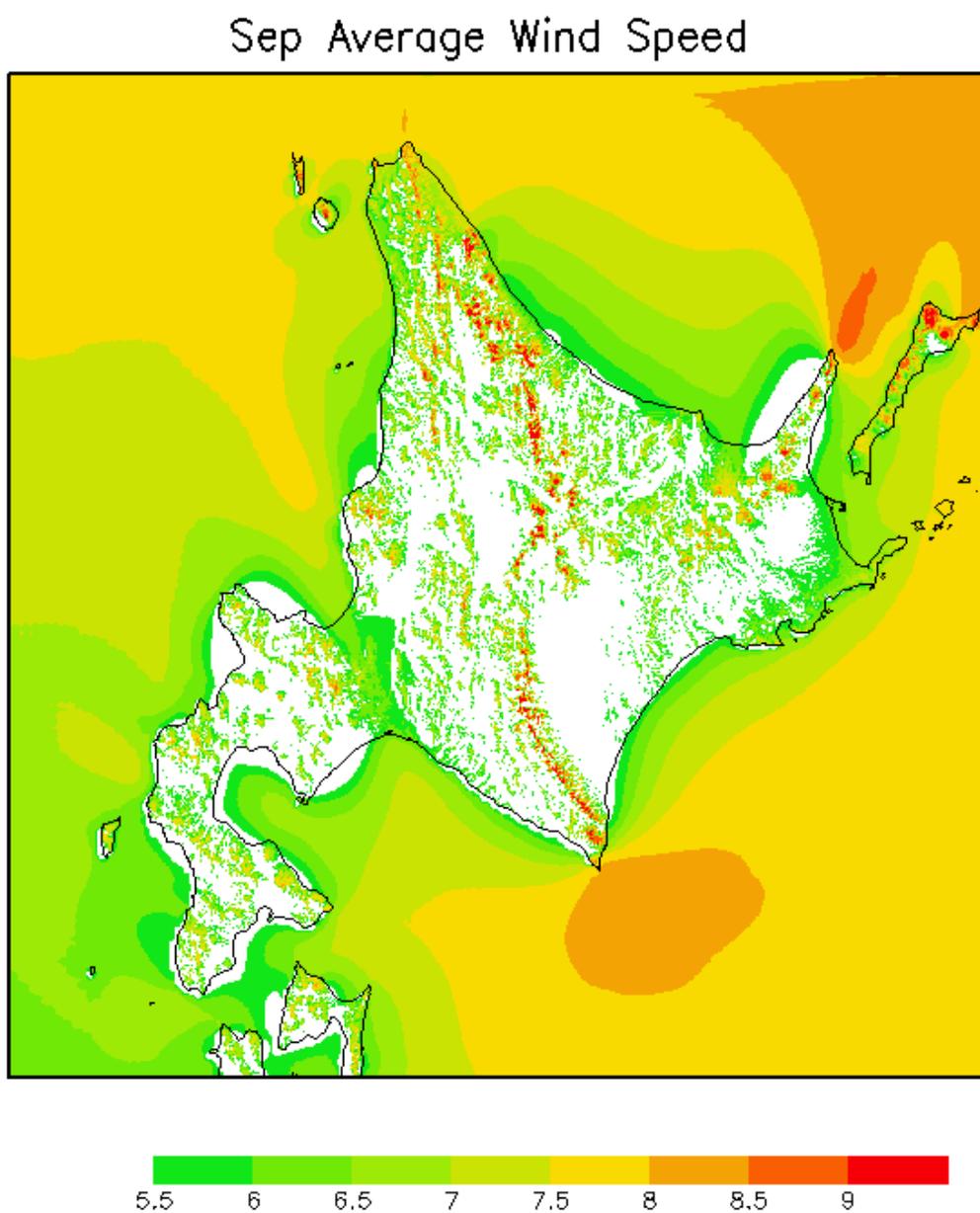


図 2-66 9月における20年間の平均風速[m/s]

- 10月における20年間の平均風速

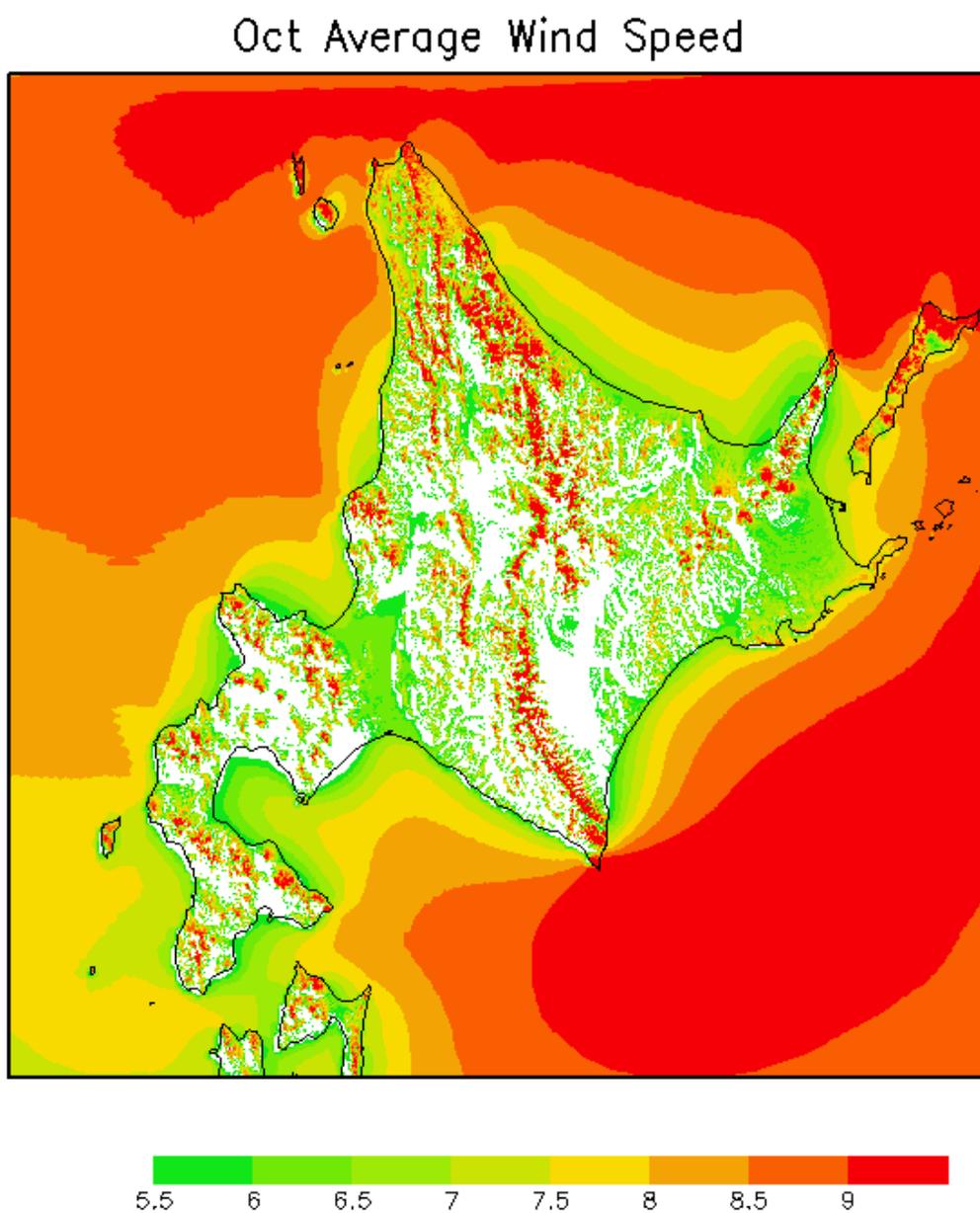


図 2-67 10月における20年間の平均風速[m/s]

- 11月における20年間の平均風速

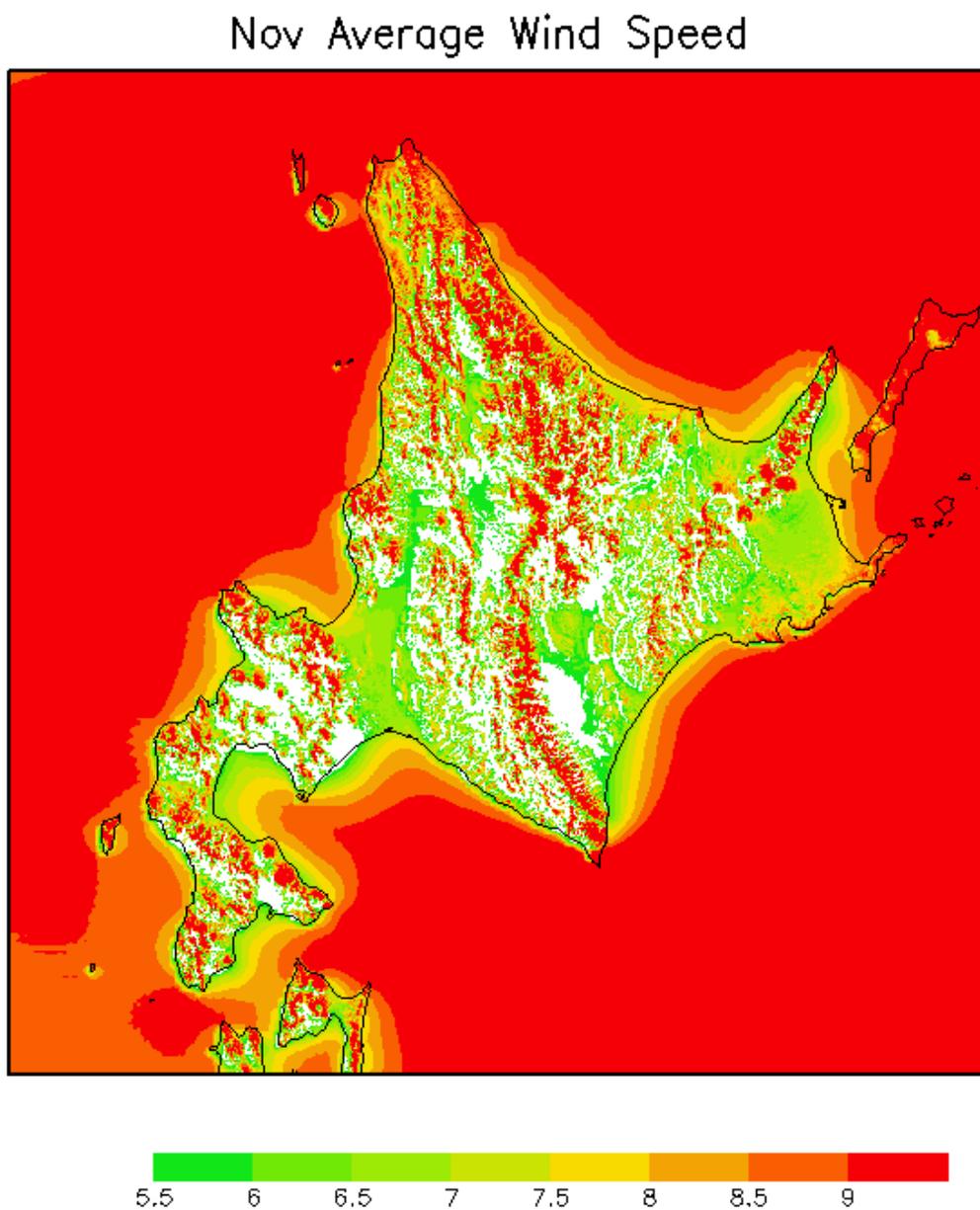


図 2-68 11月における20年間の平均風速[m/s]

- 12月における20年間の平均風速

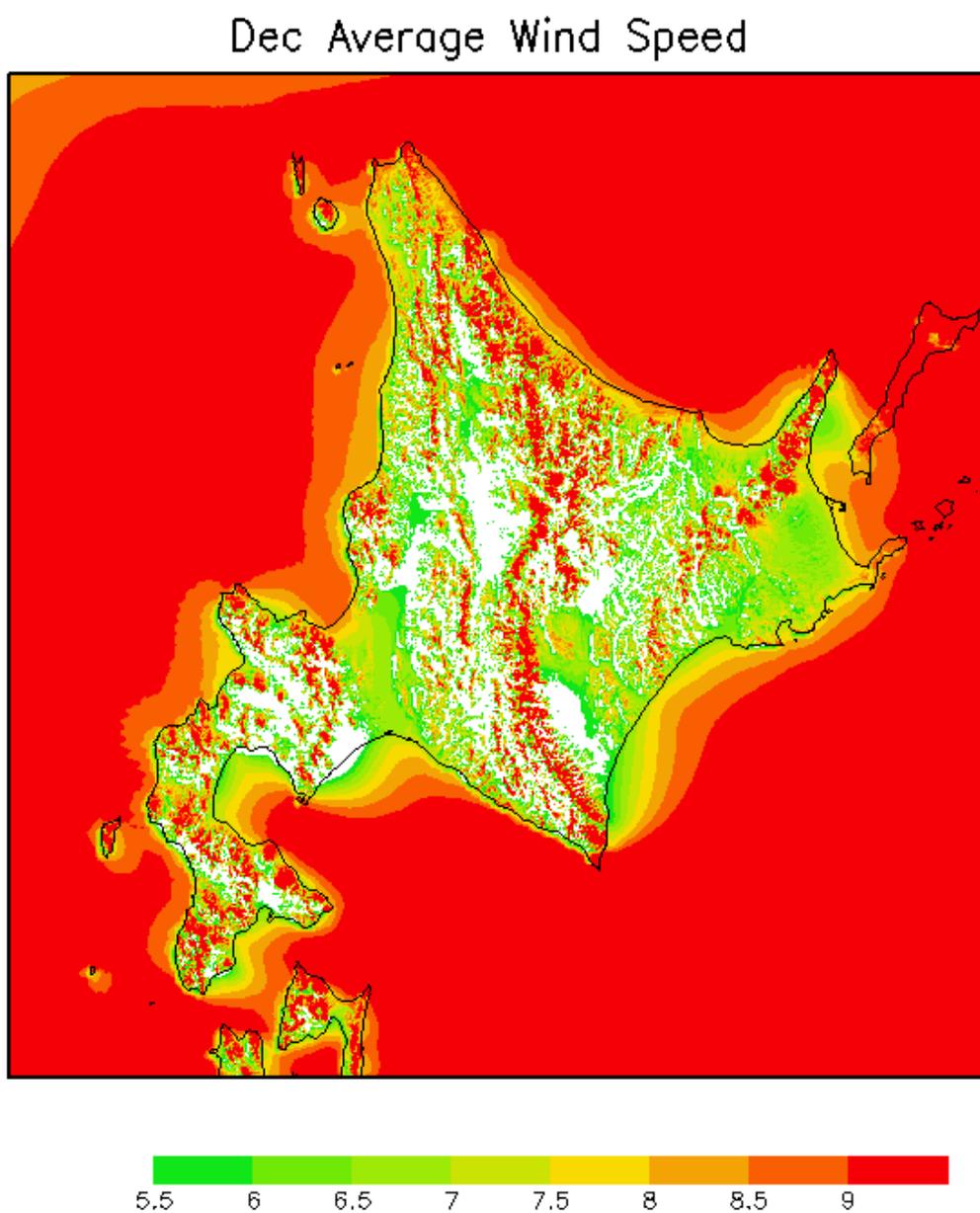


図 2-69 12月における20年間の平均風速[m/s]