

平成 28 年度 卒業論文

気温急変の気候学的見解

Climatological view of sudden temperature change

三重大大学 生物資源学部

共生環境学科 自然環境システム学講座

気象・気候ダイナミクス研究室 513349

関 陽平

指導教員：立花 義裕 教授

概要

健康面、経済面においての気温の急変はとても重要であるため、前日差の地域性・季節性の統計的解析とその原理の解明を行った。前日差を統計的に検討するために、気温急低下指数と気温急上昇指数の二つの指数を作成した。これらの指数を用いることで、春を中心に気温の急変は大きく、気温急変が大きい地域、小さい地域がそれぞれ示された。特に気温急変が大きかった北海道東部と中部地方北部に着目し、気温急変にはフェーン現象が起こりやすい地形、海陸温度コントラストが大きい季節で大きくなることが示された。また、それらを支持する風の有無も極めて重要であることがわかった。

目次

第1章 序論.....	3
第2章 使用データ.....	4
2.1 アメダス	
2.2 OI-SST 再解析データ	
第3章 解析方法.....	6
3.1 パーセンタイル	
3.2 前日差	
3.3.1 気温急低下指数	
3.3.2 気温急上昇指数	
第4章 気温急変現象の地域性・季節性の結果と考察.....	8
4.1 気温急変指数	
4.2.1 気温急低下マップ	
4.2.2 気温急上昇マップ	
4.3 低気圧の通過頻度	
第5章 季節進行に伴う地域性の結果と考察.....	15
5.1 北海道東部	
5.1.1 海面水温と最高気温	
5.1.2 合成風配図	
5.2 中部地方北部	
5.2.1 海面水温と最高気温	
5.2.2 合成風配図	
第6章 まとめと結論.....	32
第7章 謝辞.....	33
第8章 参考・引用文献.....	33

第1章 序論

近年耳にする言葉として、寒暖差アレルギーというものがある。前日との気温差（前日差）が大きくなると起こる自律神経失調症の一つであり、アレルギー性鼻炎と同じように人体に大きな影響をもたらす症状をもつ。また、熱中症は、激しい気温差によっても発症することが知られていて、いつ気温差が大きくなるのかが精確にわかることが望ましい。

さらに、常盤（2012）では、体感温度の変化に伴って買い上げ率が上昇する商品が存在することを示しており、これらの商品は天気予報を用いることで、より大きな収益を上げることが期待でき、経済面からも予報の向上は重要となる。

現段階としては予報の精度は良いものとは言い難い。このことを踏まえて、前日差の地域性・季節性が気候学的に大きいのか小さいのかだけでも理解しておくことは重要になる。しかしながら、そのようなことを詳細に検討した研究事例は未だに無い。また、前日差が大きい地域と小さい地域で前日差の感じ方に差があれば、上記で述べた対処も変わってくる可能性がある。この研究はそういったもの基礎となり得る研究にもなるだろう。

よって、本研究の目的として、日本全国における日々の気温急変現象の地域性・季節性を統計的に解析し、その原理を解明することとする。

第2章 使用データ

2.1 アメダス

アメダス (AMeDAS) とは、「Automated Meteorological Data Acquisition System」の略で、「地域気象観測システム」という。アメダスは雨、風、雪などの気象状況を時間的、地域的に細かく監視するために、降水量、風向・風速、気温、日照時間の観測を自動的におこない、気象災害の防止・軽減に重要な役割を果たしている。アメダスは1974年11月1日に運用を開始しているが、本研究では、1986年1月1日から2015年12月31日までの30年分（欠損日は除く）の気温、最大風速、風向のデータを使用する。対象地点はデータの欠損が著しい地点を除き、気温、風を観測している819地点である。参考として、以下に4月の最高気温のデータを各地点で30年平均したものを示す (Fig.1)。緯度が高くなるにつれて、最高気温が低くなることがわかる。

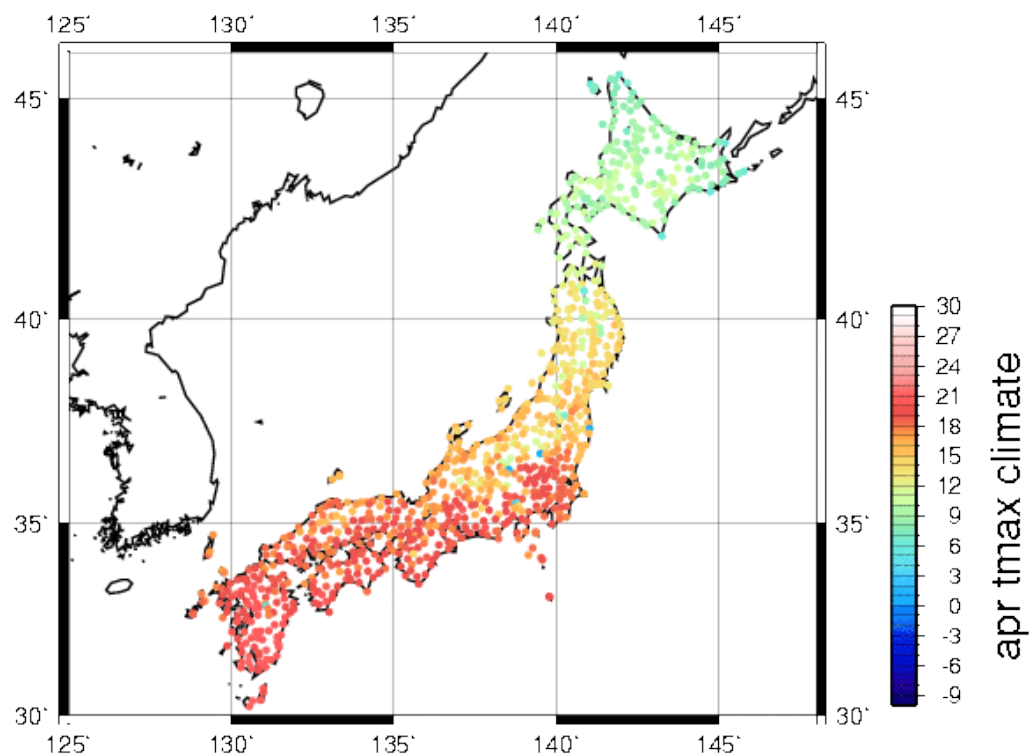


Fig.1 1986年－2015年の4月の日最高気温データの各地点の気候値 [°C]

2.2 OI-SST 再解析データ

OI-SST 再解析データとは，Optimum Interpolation Sea Surface Temperature を指し，解像度が 0.25 度×0.25 度における日平均海面水温 [°C] データを使用した．解析期間はアメダス同様，1986 年 1 月 1 日から 2015 年 12 月 31 日までのデータを用いる．参考として，以下に 4 月の海面水温のデータを 30 年平均したものを示す (Fig.2)．緯度が高くなるにつれて，海面水温が低くなることがわかる．解像度が細かいことから，紀伊半島南部の黒潮や北海道の西部の対馬海流などの暖流が再現されていることがわかる．

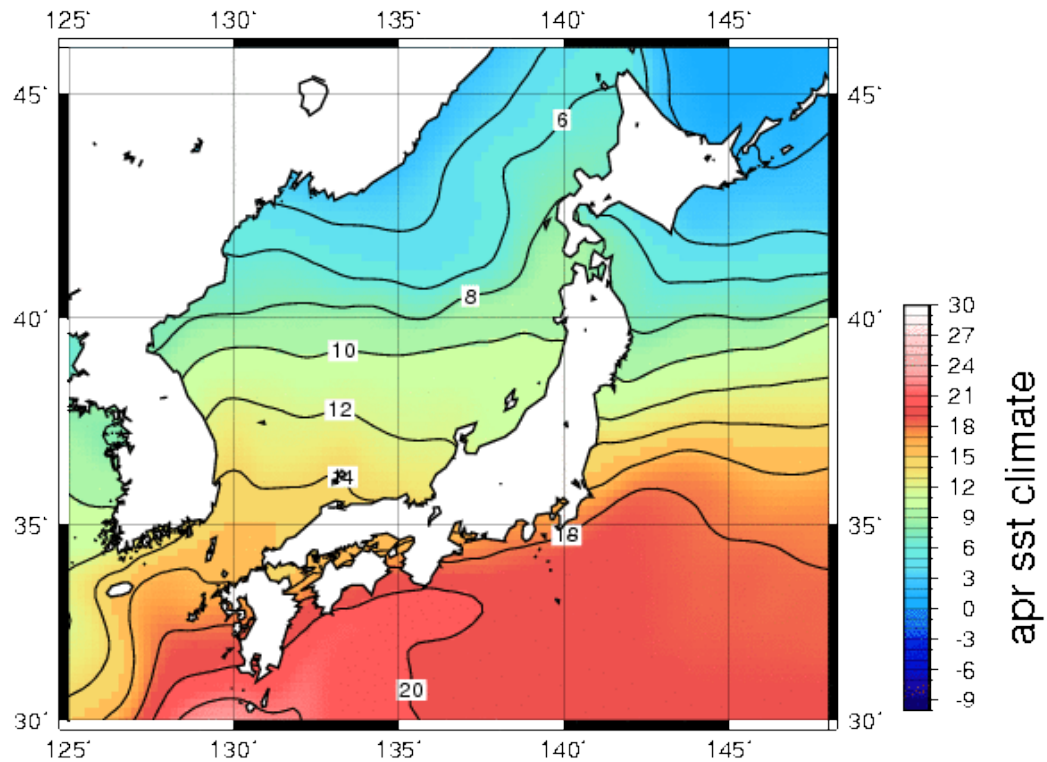


Fig.2 1986 年－2015 年の 4 月の海面水温の気候値 [°C]

第3章 解析方法

3.1 パーセンタイル

ばらつきのあるデータを小さいデータから順に並び替え、小さい方から $100p\%$ ($0 \leq p \leq 1$) の所にある値を $100p$ パーセンタイルという。具体的に p が 0.5 のときは、 50 パーセンタイルといい、中央値ともいう。本研究では指数の定義に 10 パーセンタイルと 90 パーセンタイルを用いる。データが 30 個あれば、 10 パーセンタイルは小さいものから 3 番目の値を示し、 90 パーセンタイルは小さいものから 27 番目の値を示す。

3.2 前日差

本研究では、前日差 ΔT_{day} [$^{\circ}\text{C}$] を前日との最高気温の差のことを指し、下記のように示す。

$$\Delta T_{day} = T \max_{day} - T \max_{day-1}$$

$T \max_{day}$: 最高気温 [$^{\circ}\text{C}$]

さらに、前日差を気候学的に評価するために、以下に示す手順で気温急低下指数と気温急上昇指数の二つの指数を定めた。

3.3.1 気温急低下指数

前日差の 30 年間分の各月，各地点の 10 パーセンタイル値を求める．その後，10 パーセンタイル以下の前日差の値のみを条件として標準偏差の計算を行う．

$$\text{気温急低下指数} = \frac{1}{N-1} \sum_{day=1}^N \sqrt{(\Delta T_{day} - \overline{\Delta T})^2}$$

($\Delta T_{day} - \overline{\Delta T} \leq 10 \text{ percentile} [^{\circ}\text{C}]$ のとき)
N: 各月のデータの数 (欠損日は除く)

この指数の値が大きいほどその月は気温の急低下が大きいことを示す．

3.3.2 気温急上昇指数

前日差の 30 年間分の各月，各地点の 90 パーセンタイルを求める．その後，90 パーセンタイル以上の前日差の値のみを条件として標準偏差の計算を行う．

$$\text{気温急上昇指数} = \frac{1}{N-1} \sum_{day=1}^N \sqrt{(\Delta T_{day} - \overline{\Delta T})^2}$$

($\Delta T_{day} - \overline{\Delta T} \geq 90 \text{ percentile} [^{\circ}\text{C}]$ のとき)
N: 各月のデータの数 (欠損日は除く)

この指数の値が大きいほどその月は気温の急上昇が大きいことを示す．

第4章 気温急変現象の地域性・季節性の結果と考察

4.1 気温急変指数

気温急低下指数と気温急上昇指数を前章で示したが，本研究で示す結果は定義に対して手法依存しない．様々な定義式を用いたが，シグナルが強い地域は変わらなかった．

各月，各地点において気温急低下指数，気温急上昇指数をそれぞれ30年間で平均したものを日本全国の地点で平均した（Fig.3）．日本全体で評価したとき，気温急低下指数は春に大きく，秋に小さくなる．気温急上昇指数は気温急低下指数ほど明瞭な季節変化は見られなかった．

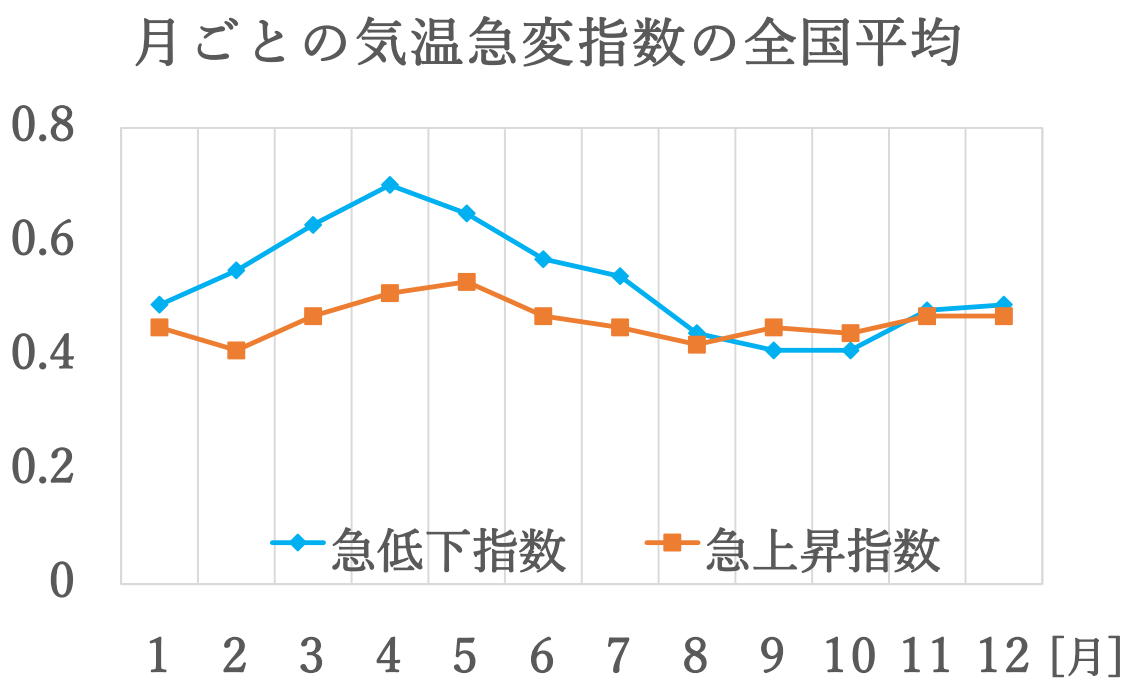


Fig.3 各地点で気温急低下指数，気温急上昇指数の気候値を求めたものをすべての地点で平均したものの季節変化．

4.2.1 気温急低下マップ

気温急低下指数を用いて、地点ごとに比較するために、気温急低下マップを示す (Fig.4, 5). 気温急低下指数の値が大きい地点ほど、日々の最高気温の急低下する温度が大きいことを示す。特にシグナルが強い地域は北海道東部、中部地方北部であった。多くの地点では、4月にピークを迎えるが、北海道では5月にピークを迎える。

4.2.2 気温急上昇マップ

気温急上昇指数を用いて、地点ごとに比較するために、気温急上昇マップを示す (Fig.6, 7). 気温急上昇指数の値が大きい地点ほど、日々の最高気温の急上昇する温度が大きいことを示す。各月の気温急上昇マップを見たところ、気温急低下マップと比べ、季節変動に対するシグナルの変化は小さい。5月の北海道東部や岩手県の海岸沿いでは気温急低下マップに類似した分布も存在した。

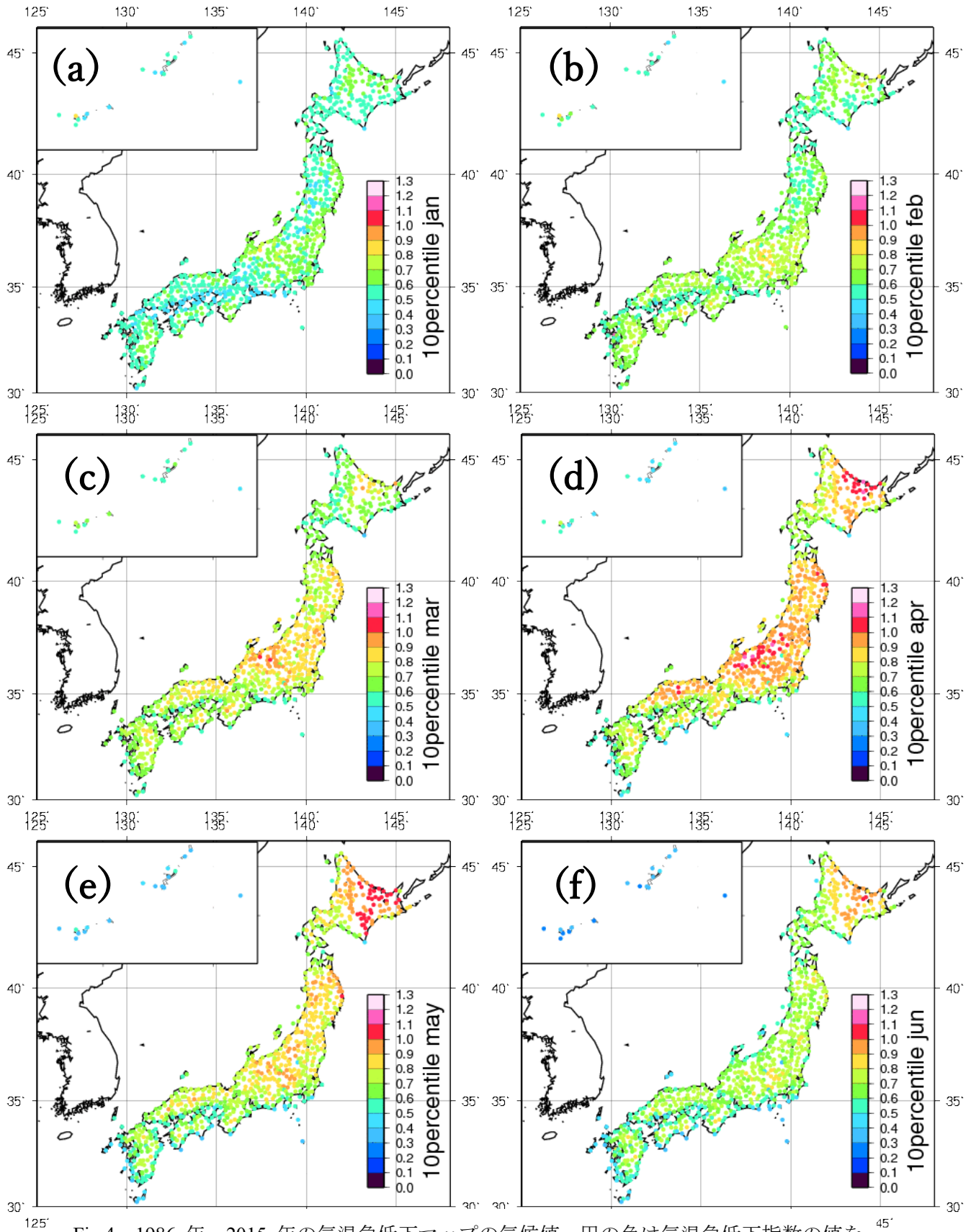


Fig.4 1986 年ー2015 年の気温急低下マップの気候値。円の色は気温急低下指数の値を示す。(a) 1 月, (b) 2 月, (c) 3 月, (d) 4 月, (e) 5 月, (f) 6 月をそれぞれ示す。

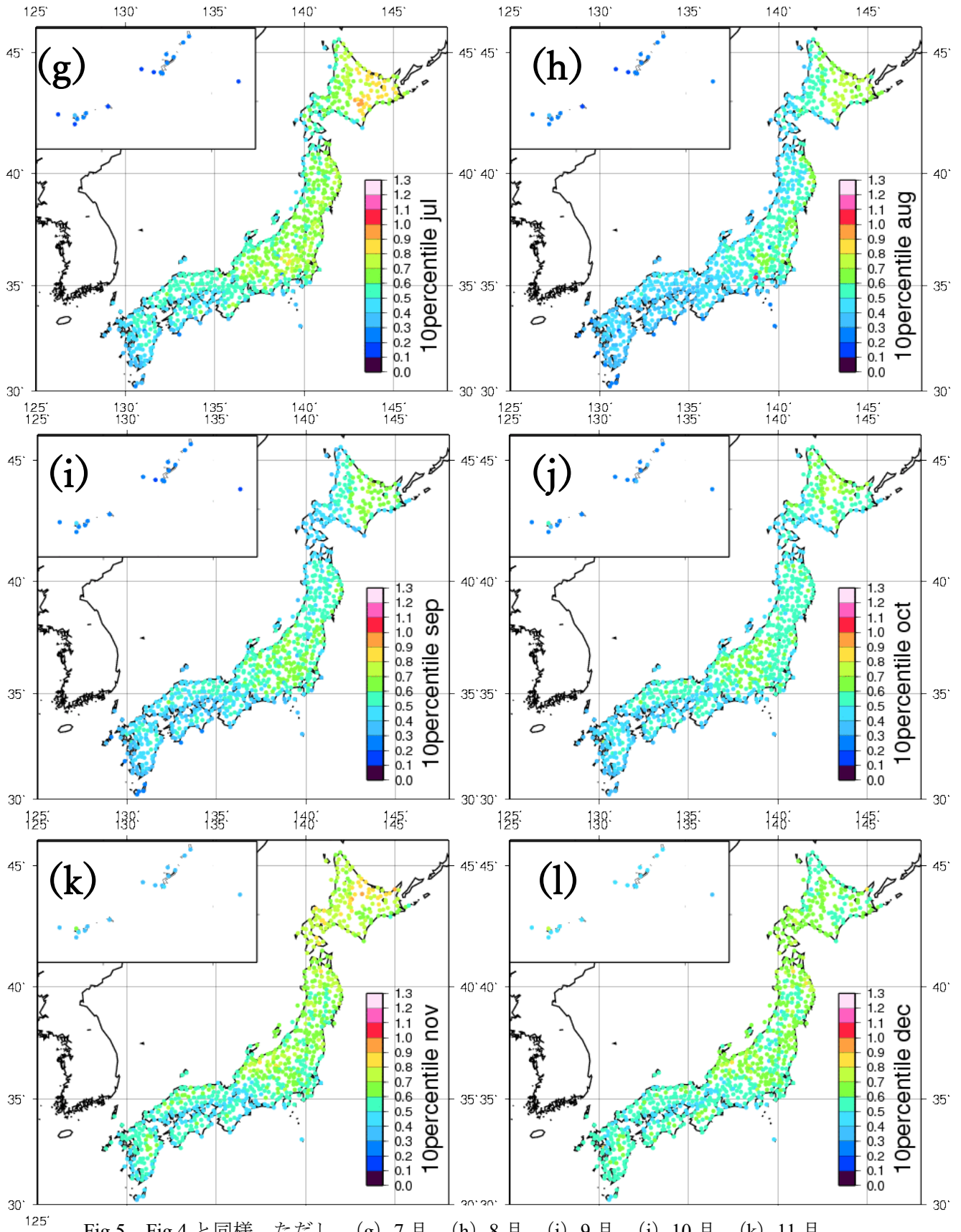


Fig.5 Fig.4 と同様. ただし, (g) 7 月, (h) 8 月, (i) 9 月, (j) 10 月, (k) 11 月, (l) 12 月をそれぞれ示す.

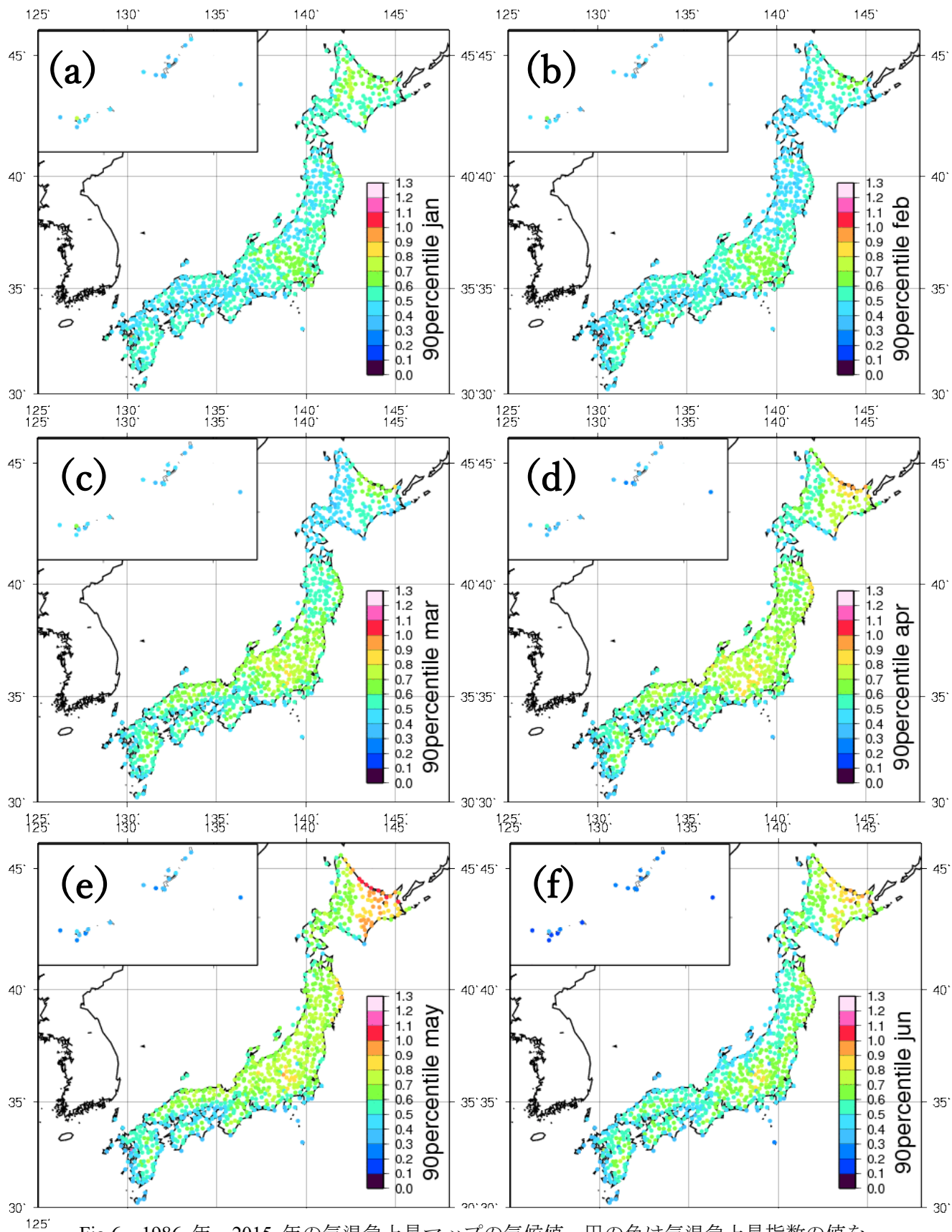


Fig.6 1986 年－2015 年の気温急上昇マップの気候値. 円の色は気温急上昇指数の値を示す. (a) 1 月, (b) 2 月, (c) 3 月, (d) 4 月, (e) 5 月, (f) 6 月をそれぞれ示す.

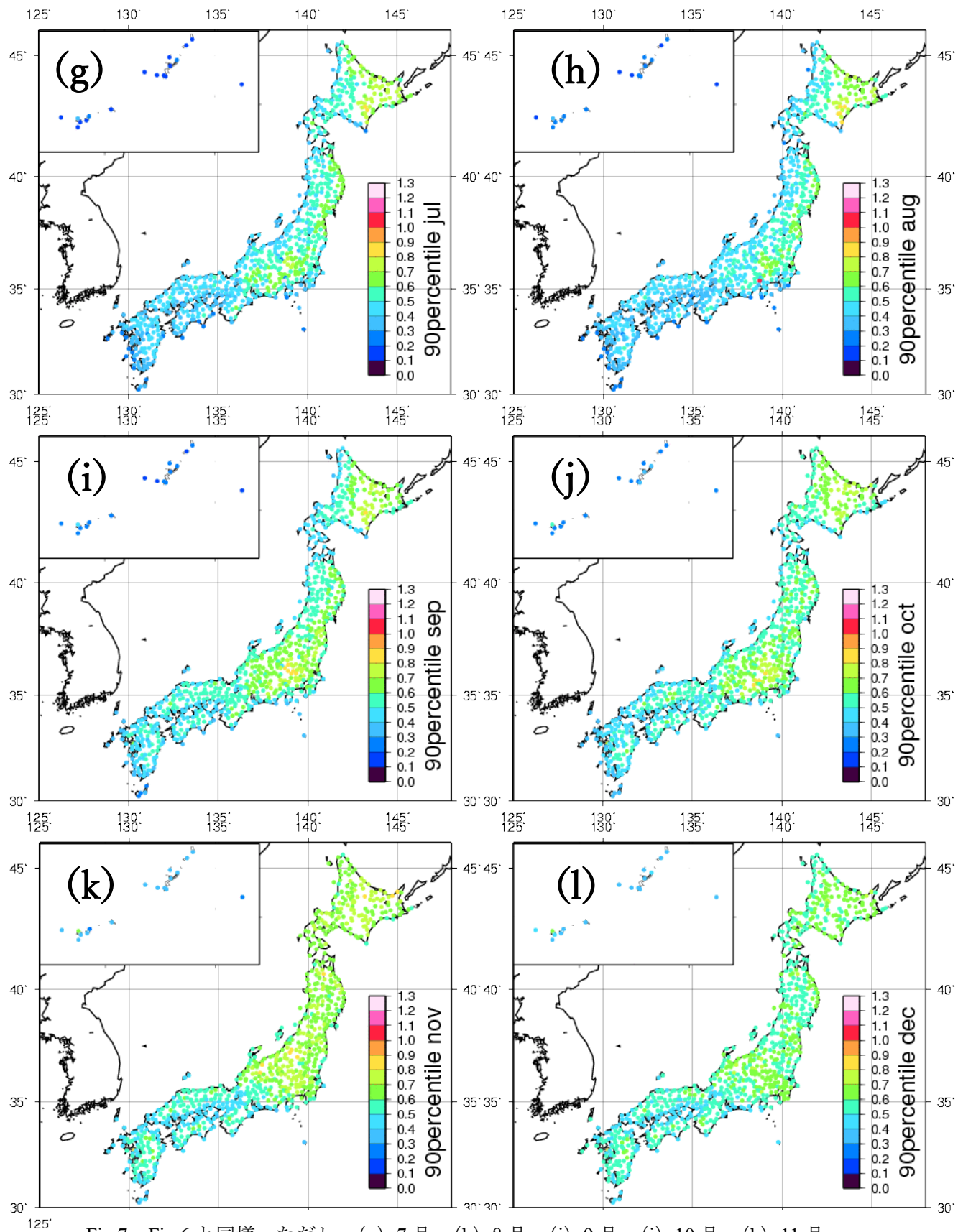


Fig.7 Fig.6と同様. ただし, (g) 7月, (h) 8月, (i) 9月, (j) 10月, (k) 11月, (l) 12月をそれぞれ示す.

4.3 低気圧の通過頻度

気温急変のピークが春に迎えた理由として低気圧の通過が考えられる。低気圧の通過は前線の通過やフェーン現象の誘因、雨をもたらすなどの効果があるためとても重要となってくる。そこで、低気圧の通過頻度を見ると (Fig.8), 3 月はすべての低気圧の通過頻度と爆弾低気圧 (急速に発達して強風をもたらすことで知られる低気圧) の通過頻度ともに最も多いことがわかる。しかし、気温急変のピークは 4 月や 5 月に来ていることから、低気圧の通過頻度では、気温急変の大小の決定的な要因とならないことがわかった。

日本周辺	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May
total cyclone	11.6	10.2	10.6	10.8	11.3	14.5	12.8	12.9
explosive cyclone	3.6	4.3	5.6	5.6	5.7	6.3	2.8	1.2

Fig.8 日本付近 (30-50N, 130-150E) を通過する全低気圧・爆弾低気圧の頻度 (単位: 平均個数/month)。10 月－5 月のみ, 1979 年 10 月～2012 年 5 月の平均 (33-yr mean)。

(「高・低気圧, 前線」早崎 web トップ - 対流圏科学研究室 - 九州大学 より引用)

第5章 季節進行に伴う地域性の結果と考察

5章では、気温急変のシグナルが強かった2つの地域の季節進行に伴う地域性に着目することで、気温急変が大きくなるメカニズムを解明していきたいと思う。

5.1 北海道東部

はじめに、4章の Fig.4, 5, 6, 7 より気温急変マップのシグナルが特に大きかった北海道東部に着目する。この地域の気温急変のピークは5月である。

北海道東部は北海道中央にある日高山脈の東側にある地域で、気候としてはオホーツク側と太平洋側によって分かれる。一般に冬の寒さは厳しく、降雪はそれほど多くなく、年間降水量も少ない。オホーツク海は海水を作る海で2月から3月にそのピークを迎える (Fig.9)。すぐ東には寒流である親潮が流れていて、とても冷たい海に囲まれた地域である。

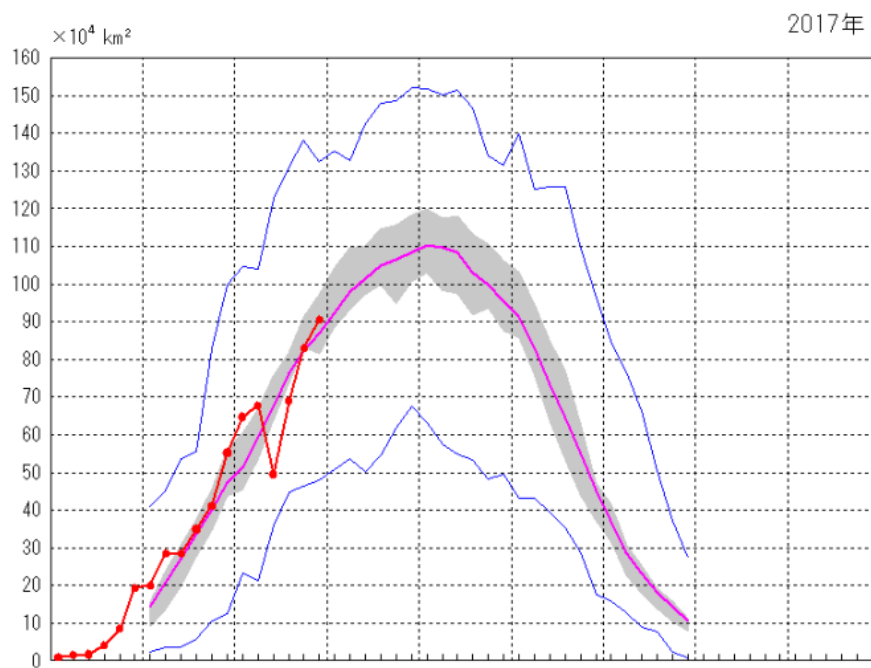


Fig.9 オホーツク海の海水域面積 (2016年11月～2017年01月)。

(「オホーツク海の海水分布 (月概要)」気象庁 より引用)

5.1.1 海面水温と最高気温

海面水温と各地点の最高気温の各月のそれぞれの気候値を示す (Fig.10, 11). 北海道東部は東に流れる親潮の影響で、とても冷たい海が隣接していることが確認できる. 北海道西岸には対馬暖流による比較的温かい水が流れている. 気温の急変が大きかった春に着目すると (Fig.10c, d, e, f), 季節が進むにつれて、海面水温も最高気温も昇温しているが、海と陸の熱容量の違いから、最高気温のほうが暖くなる. 北海道は全国的に見ても海陸温度コントラストが大きく、5月に最大となる地域であることがわかった (Fig.12).

北海道東部において、海陸温度コントラストの季節進行と気温急低下マップの季節進行が見事に一致することから、気温の急低下には海陸温度コントラストが重要であることが示唆される. 一致した要因として、海陸温度コントラストが大きいときに北風が起これば相対的に冷たい移流となり、気温を大きく低下させたと考えられる.

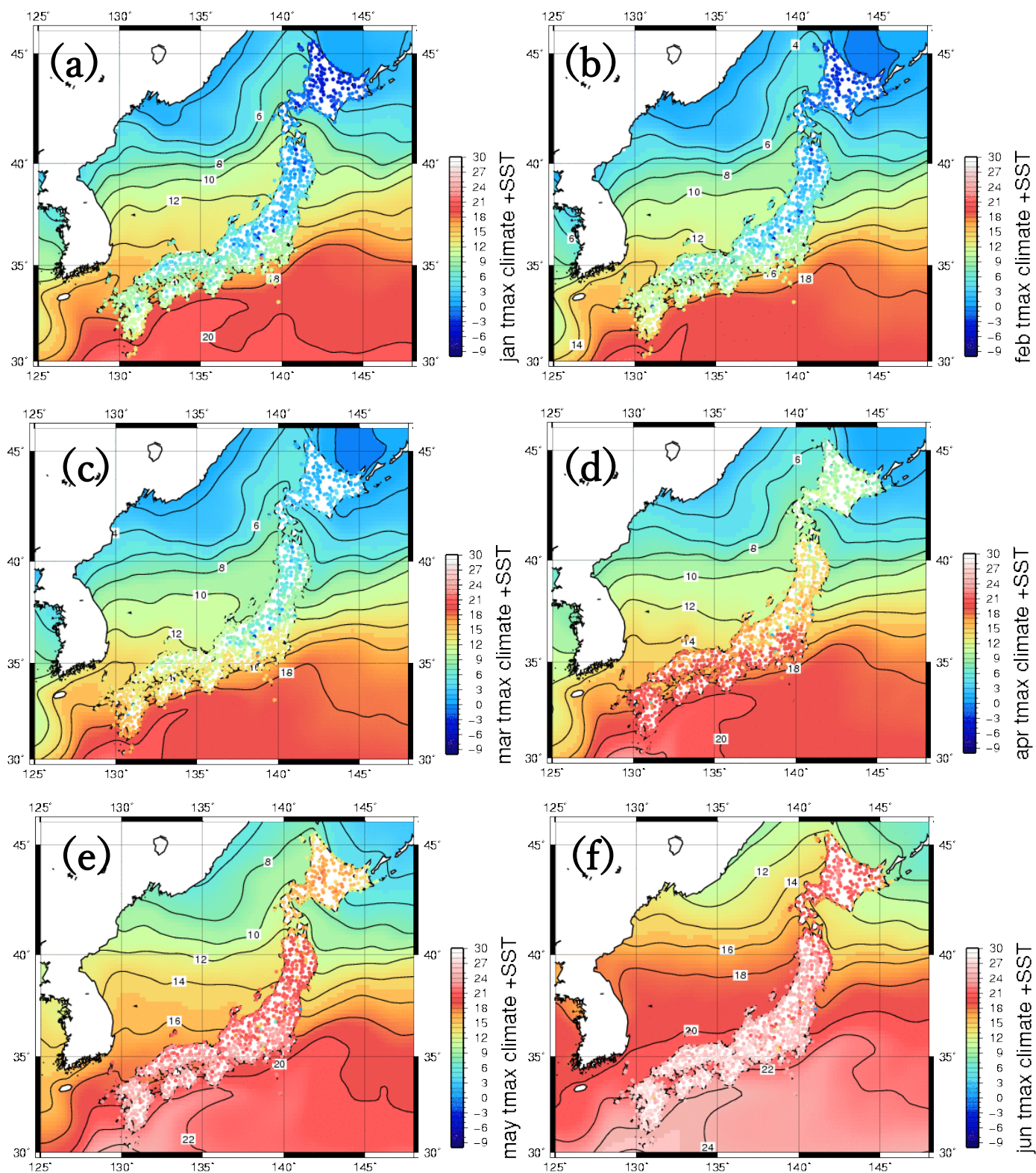


Fig.10 同じカラースケールで陸の円の色は最高気温 [°C] を、海の色は海面水温 [°C] のそれぞれの気候値を示す. (a) 1月, (b) 2月, (c) 3月, (d) 4月, (e) 5月, (f) 6月をそれぞれ示す.

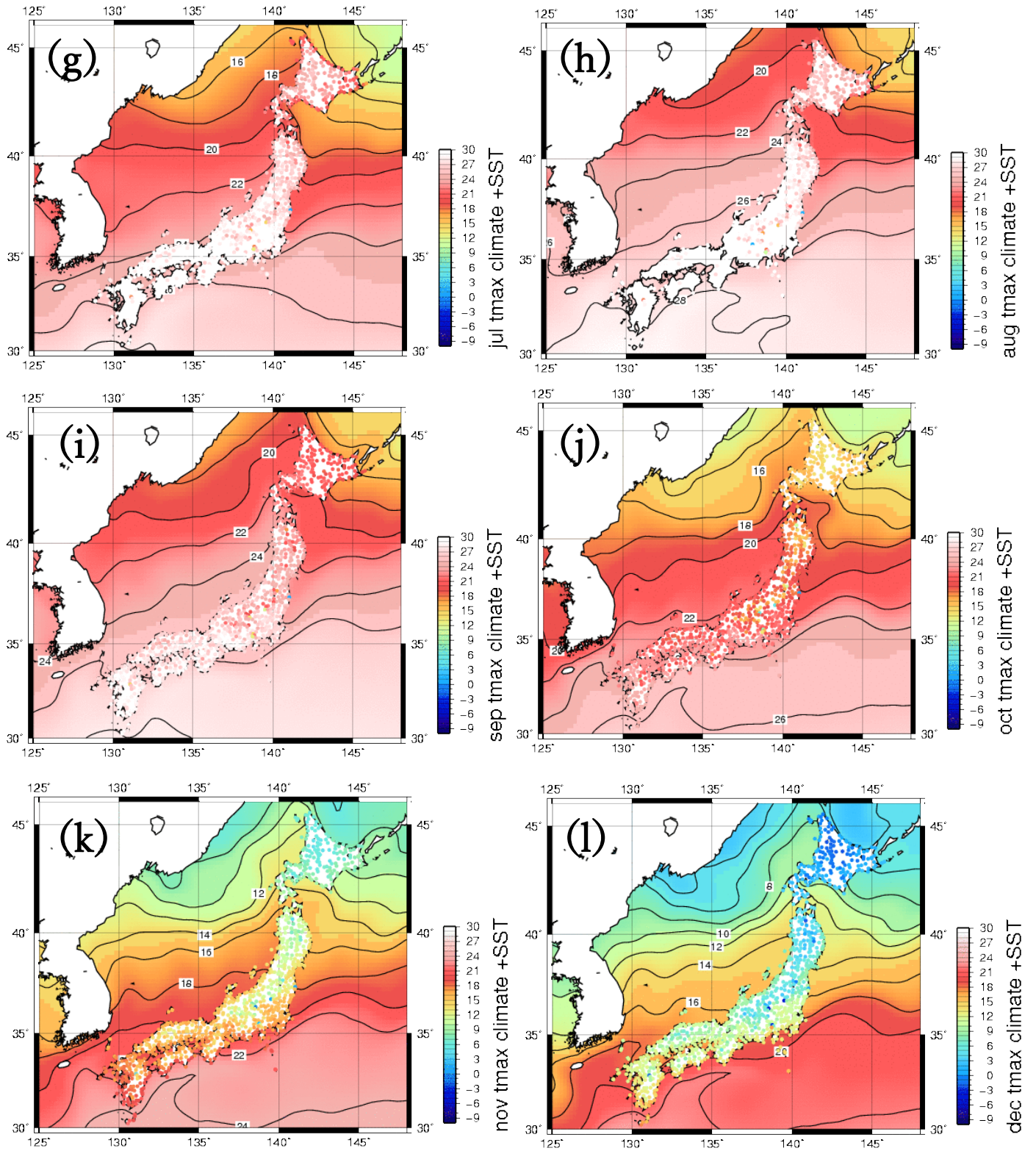


Fig.11 Fig.10 と同様. ただし, (g) 7 月, (h) 8 月, (i) 9 月, (j) 10 月, (k) 11 月, (l) 12 月をそれぞれ示す.

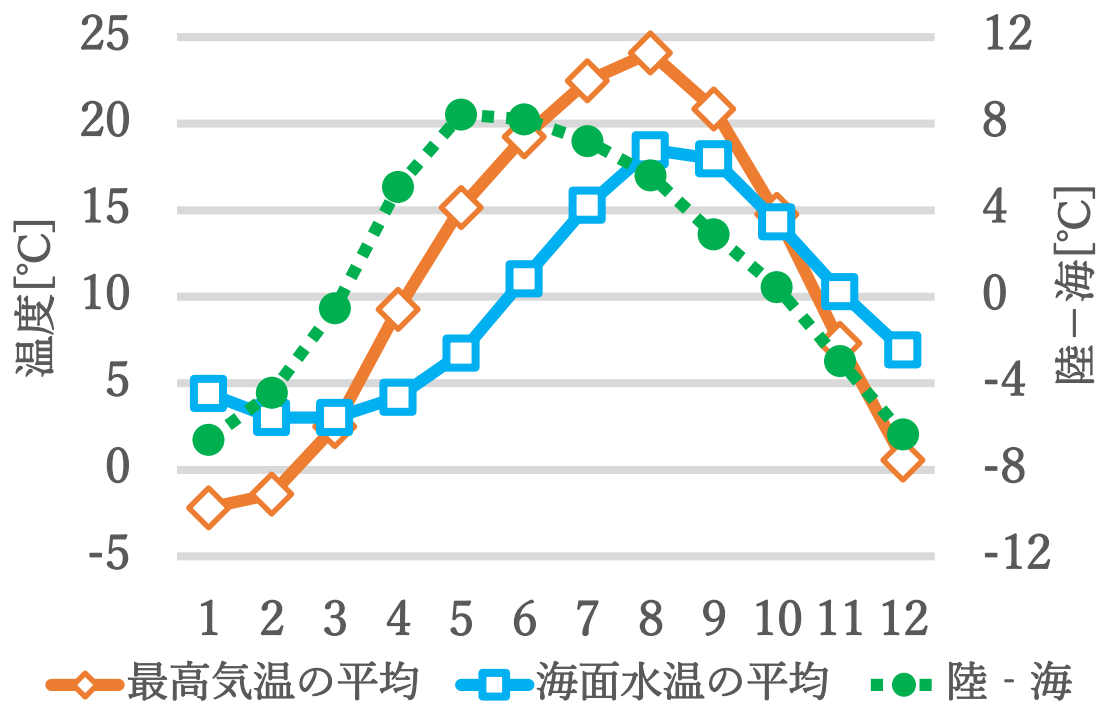


Fig.12 北海道のアメダス地点で平均した最高気温の気候値 [°C] (橙色の線), 北海道周辺 (41°N-46°N, 138°E-148°E) を領域平均した海面水温の気候値 [°C] (青色の線), 最高気温と海面水温の差 [°C] (緑色の線) を示した.

5.1.2 合成風配図

次に、移流が起こるには風がその方向から吹いている必要がある．よって、風配図を作成した．風配図とは、ある地点のある期間における、各方位の風向および風速の頻度を表した図である．4月の気温急低下マップのシグナルが大きかった北海道東部の Fig.13 で示す地点を一つの風配図に示した合成風配図を作成した (Fig.14)．この合成風配図の利点は地点ではなく地域で考えられるために、この地域の平均を見ることができ考察が容易になる点である．さらに、同様の地点で急低下した日、急上昇した日のみの合成風配図も作成した (Fig.15, 16)．この地域では、気温が急上昇する際には南西風が多いことを示し、北海道の南西方向を流れる対馬暖流から熱を供給していたと考えられる．6月には風速が弱い頻度が多いことから、移流による気温の急変が起こりづらい場となっていたことが示唆される．

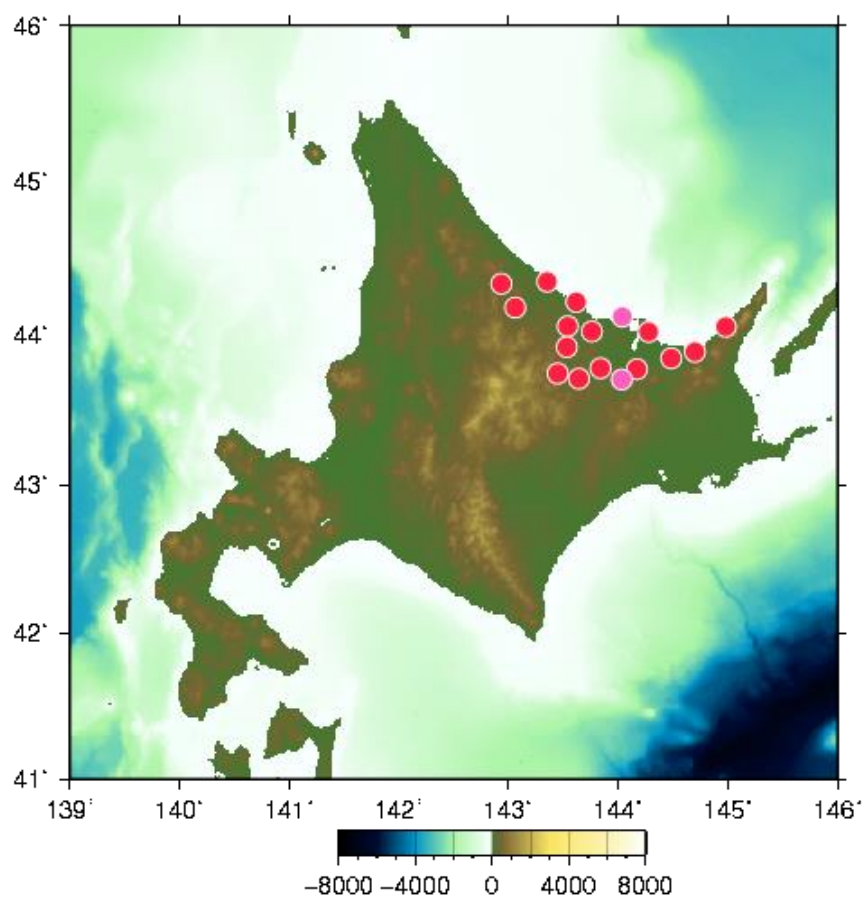


Fig.13 北海道の標高を色で表した地図上に 4 月の気温急低下指数が大きかった地点をプロットした．上記の地点の合成風配図を作成した．

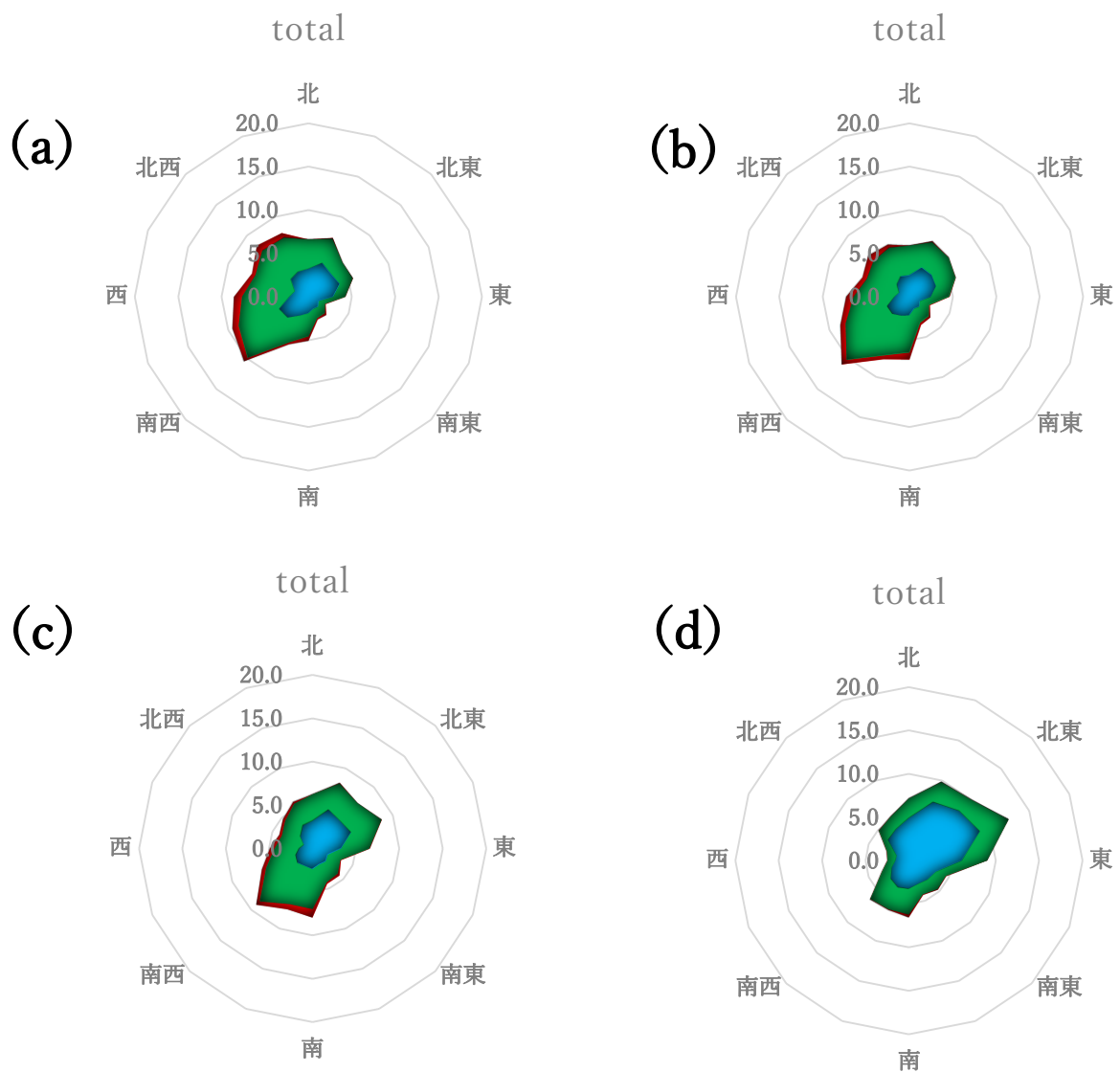


Fig.14 Fig.10 で示した地点の 1960 年－2015 年の合成風配図．頻度はパーセント表記で，色は最大風速 [m/s] を表し，青色が 5m/s 未満，緑色が 5m/s 以上 10m/s 未満，赤色が 10m/s 以上を示す．(a) 3 月，(b) 4 月，(c) 5 月，(d) 6 月をそれぞれ示す．

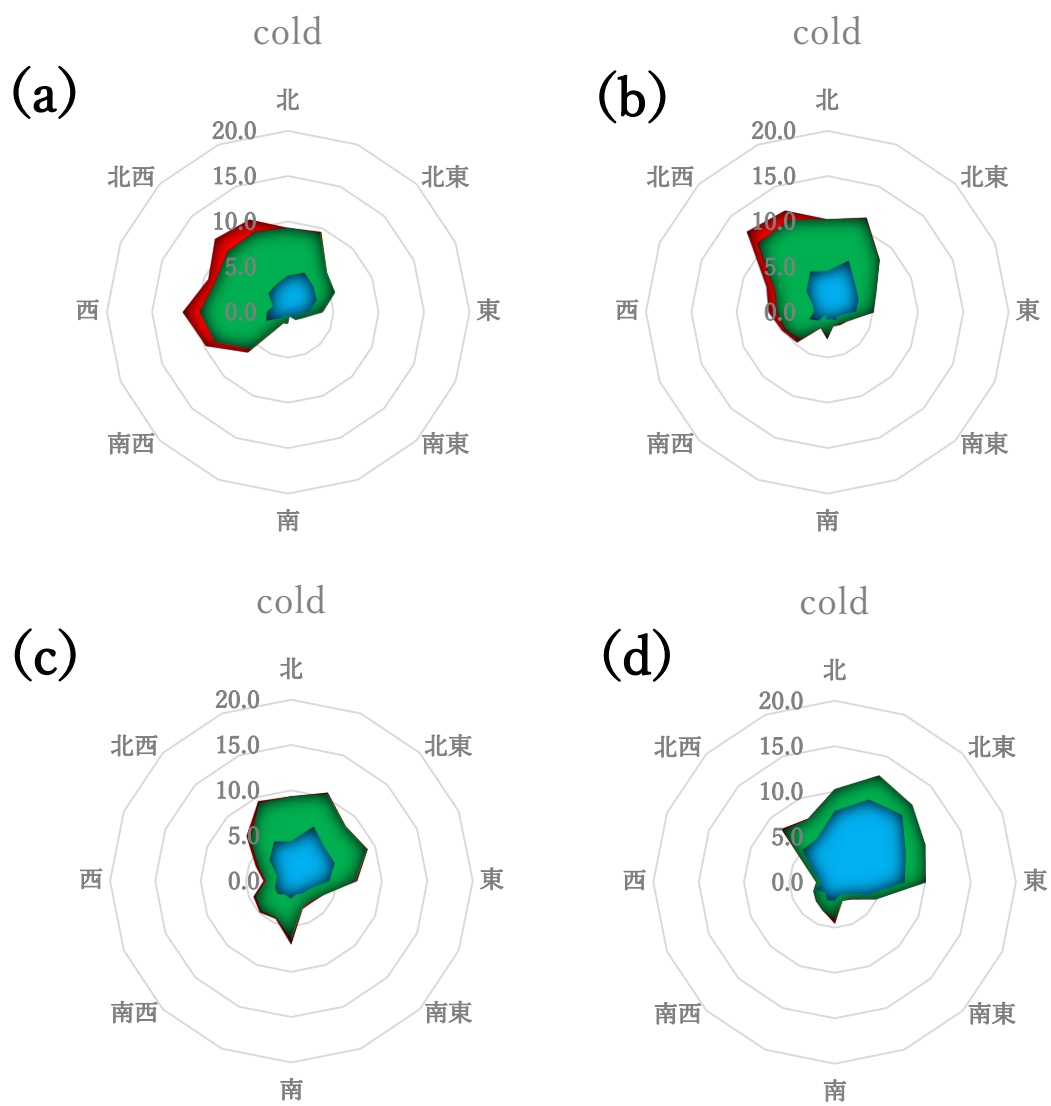


Fig.15 Fig.14 と同様. ただし, 各地点の気温急低下した日のみで作成した.

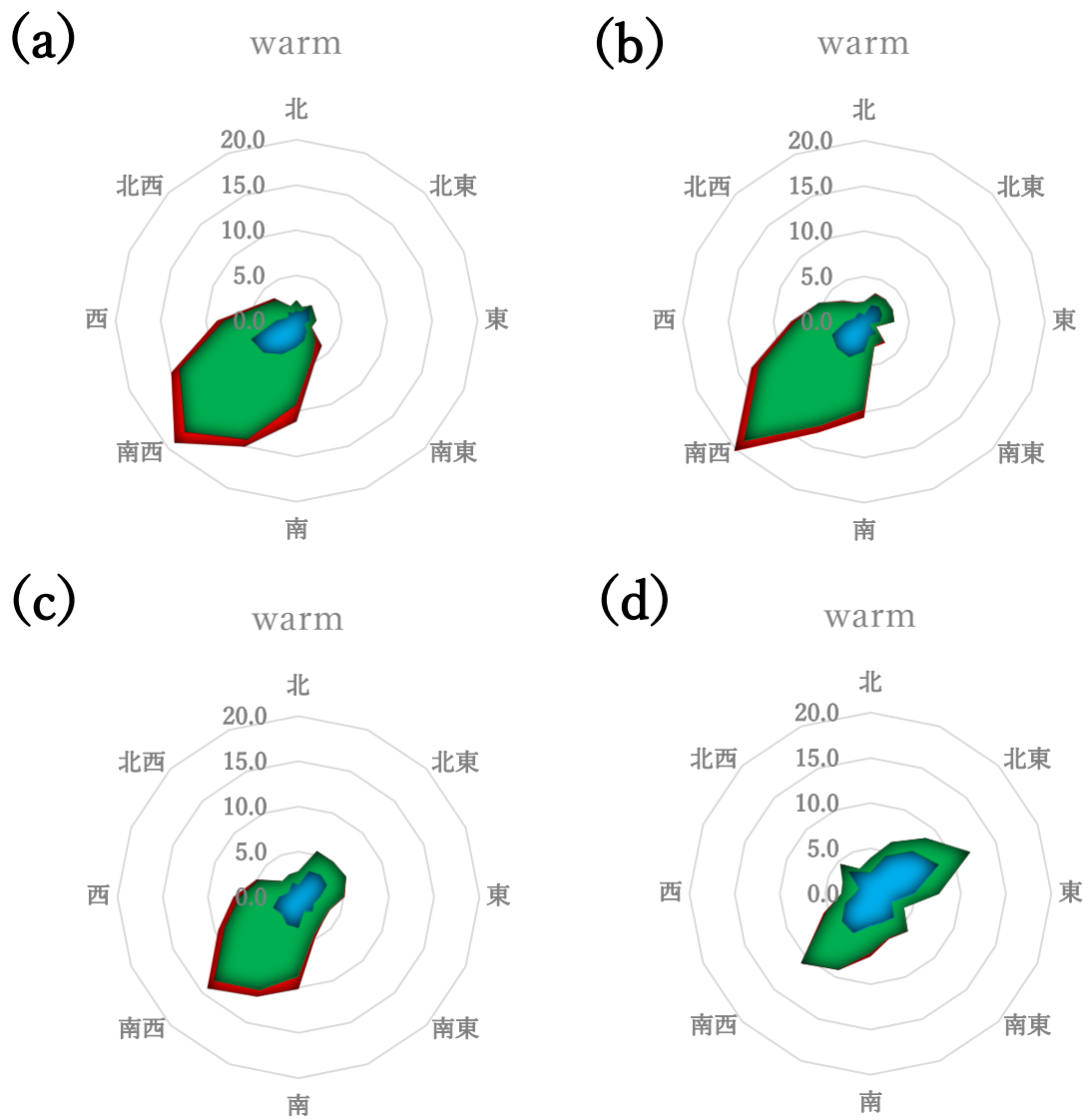


Fig.16 Fig.14 と同様. ただし, 各地点の気温急上昇した日のみで作成した.

5.2 中部地方北部

中部地方は中央に 3000m 級の山々を含む日本アルプスがそびえ立ち，南には世界最大規模の海流である黒潮が流れている．北にある冷たい日本海は，太平洋に比べて季節進行に伴う水温の変化が大きいことが特徴である (Fig.17, 18)．

中部地方の中でも本研究においてシグナルが強かったのは，日本海側気候の地域と中央高地気候であり，太平洋側の平野部ではシグナルが弱かった (Fig.4, 5, 6, 7)．

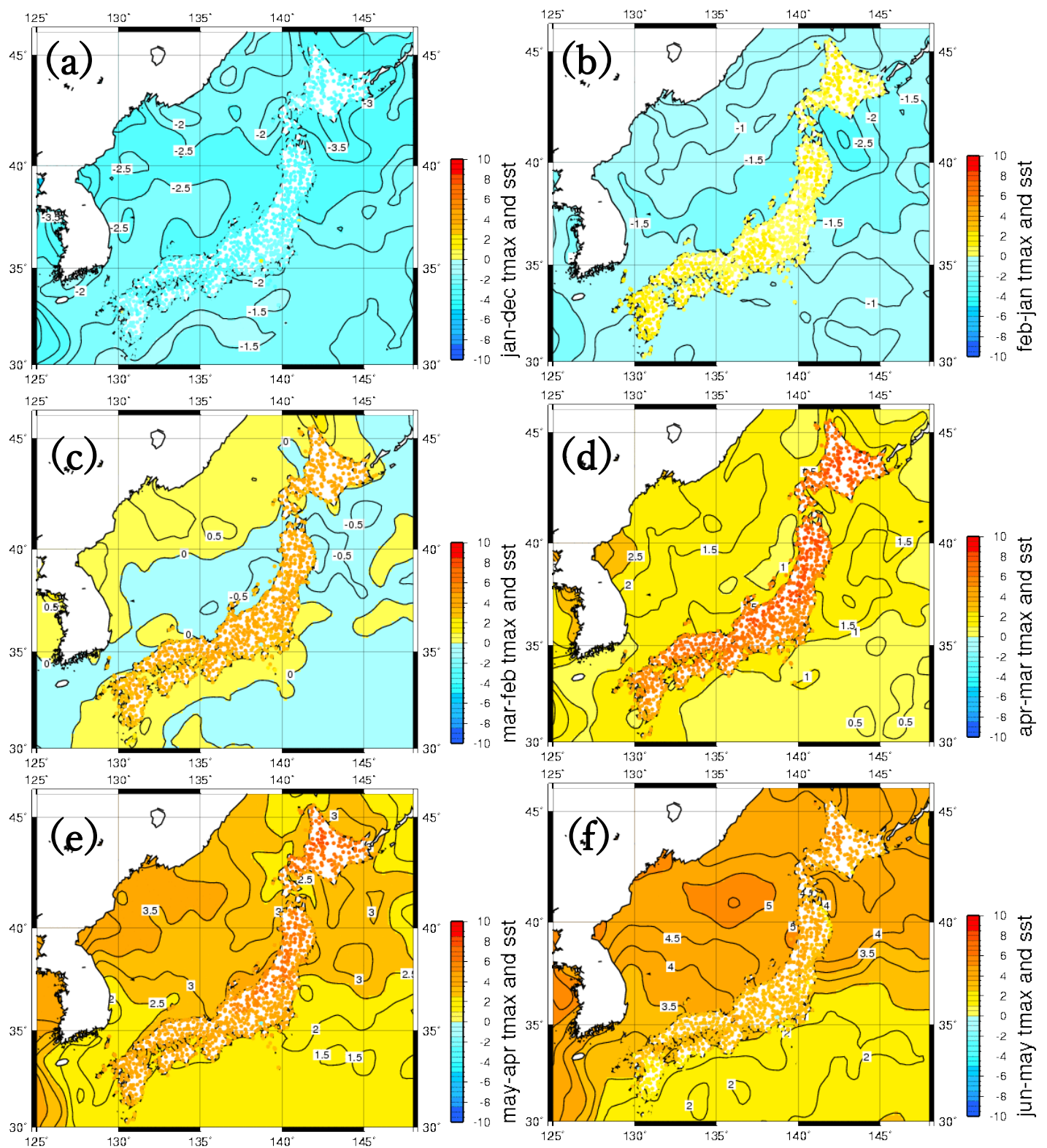


Fig.17 海面水温と最高気温の前月差 [°C] . 同じカレースケールで示してあり, (a) 1月と12月の温度差, (b) 2月と1月の温度差, (c) 3月と2月の温度差, (d) 4月と3月の温度差, (e) 5月と4月の温度差, (f) 6月と5月の温度差をそれぞれ示す.

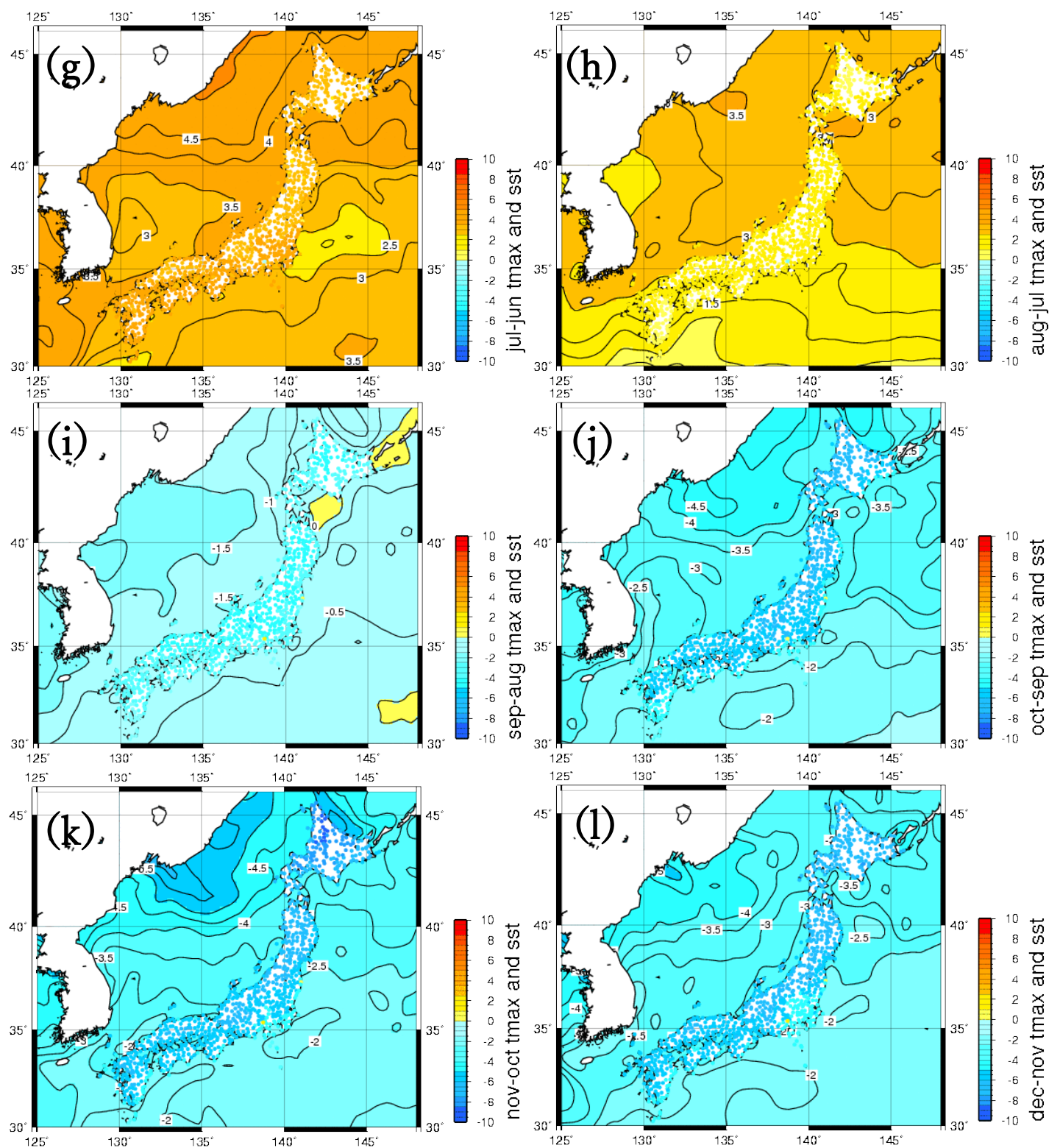


Fig.18 Fig.17と同様. ただし, (g) 7月と6月の温度差, (h) 8月と7月の温度差, (i) 9月と8月の温度差, (j) 10月と9月の温度差, (k) 11月と10月の温度差, (l) 12月と11月の温度差をそれぞれ示す.

5.2.1 海面水温と最高気温

中部地方北部近辺の日本海の海面水温は 3 月には陸の最高気温の温度とほとんど同じであるが (Fig.19a), 4 月には, 熱容量の違いから陸のほうが暖くなる. 4 月と 5 月の海陸温度コントラストの差をよりわかりやすく見るために, 5 月と 4 月の海面水温と最高気温の差を見ると (Fig.17e), 日本海と陸の昇温が変わらないことから, 海陸温度コントラストも変わらないことを示す. 6 月は日本海の海面水温のほうが最高気温より昇温しているため (Fig.17f), この地域の気温急低下マップのピークは 4 月であったことも整合性があることを示している.

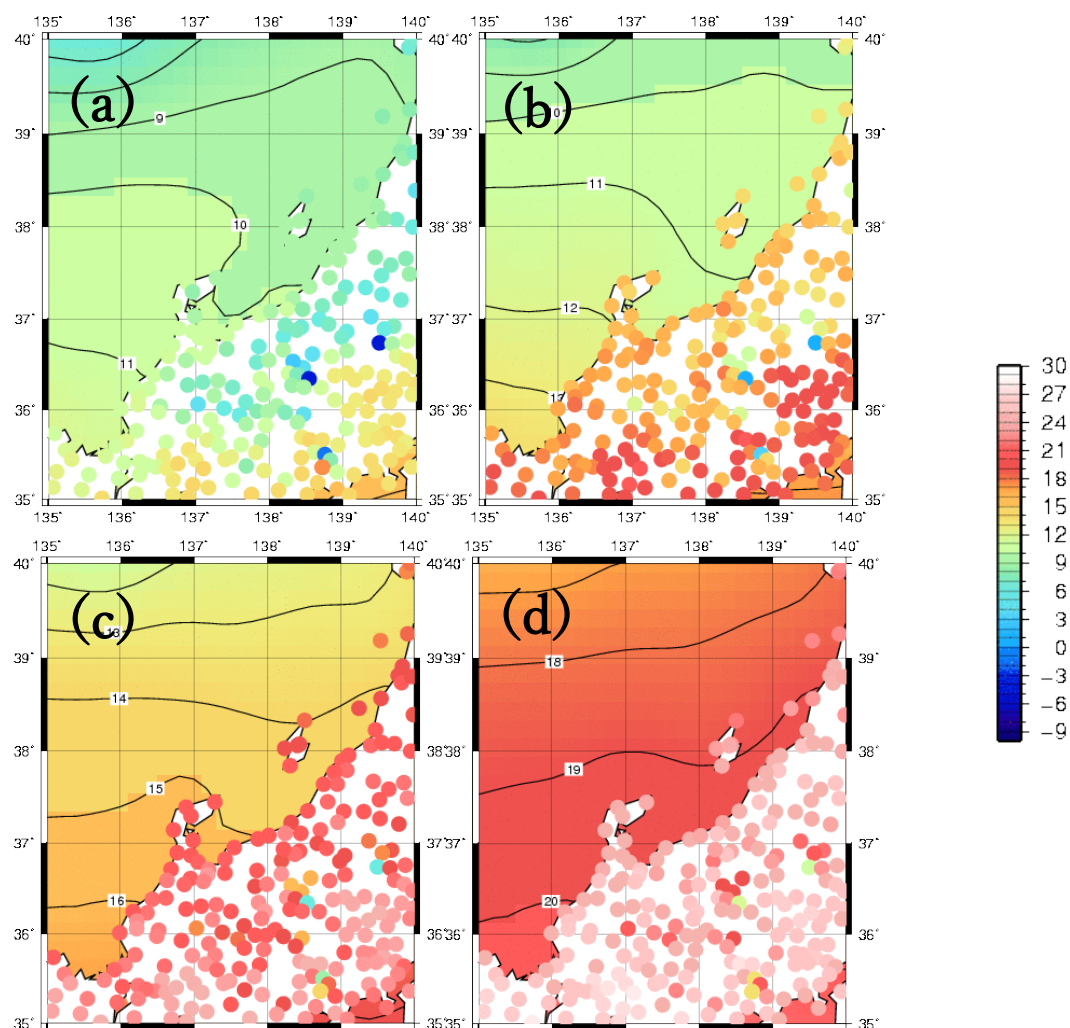


Fig.19 Fig.10 と同様. ただし領域を変更し, (a) 3 月, (b) 4 月, (c) 5 月, (d) 6 月をそれぞれ示す.

5.2.2 合成風配図

中部地方北部も同様に4月の気温急低下マップでシグナルが大きかった Fig.20 で示す地点で合成風配図を作成した (Fig.21). 中部地方北部の合成風配図の特徴としては, 山間部の地点も含むため, 北海道東部に比べて風速が弱い傾向にある. 3月から6月の合成風配図の風向風速ともに似たような分布である. 気温急低下時の北風傾向は季節が進むにつれて弱くなり (Fig.22), 気温急上昇時の南風傾向も季節が進むにつれて弱くなることがわかる (Fig.23). 特に, 5, 6月では通常の合成風配図の形と急上昇時, 急低下時の合成風配図の形が似ていることから, 季節が進むにつれて, 気温急変に対する移流の効果が弱くなっていることが示唆される.

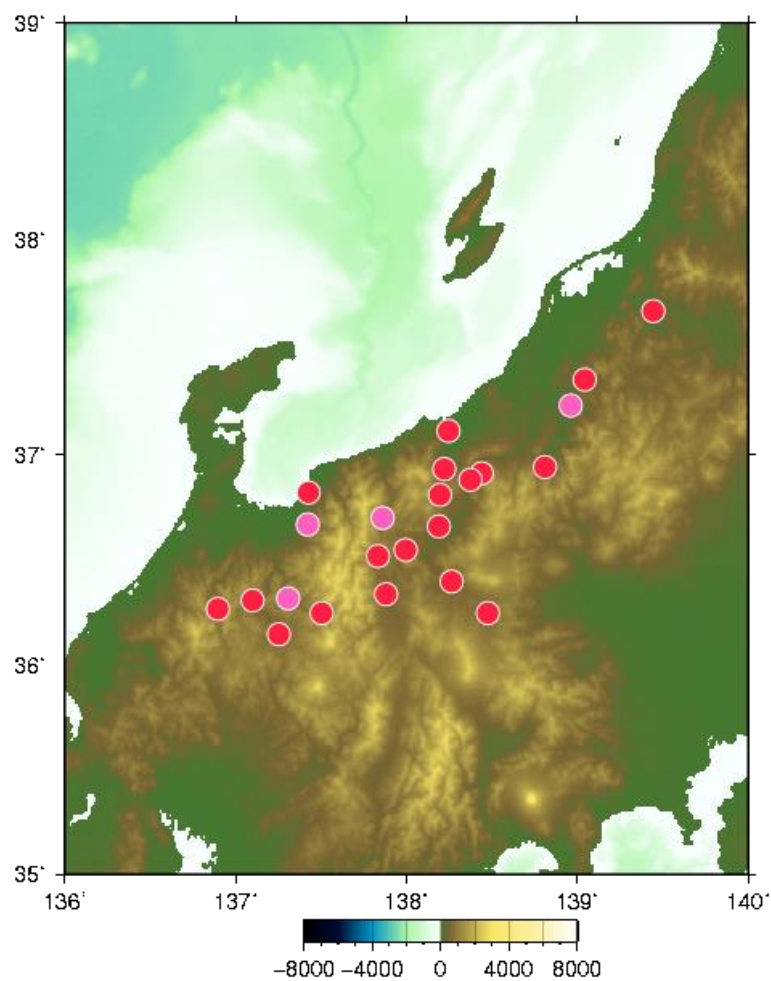


Fig.20 中部を中心とした地図上に4月の気温急低下指数が大きかった地点をプロットした. 上記の地点の合成風配図を作成した. 色は標高 [m] を示す.

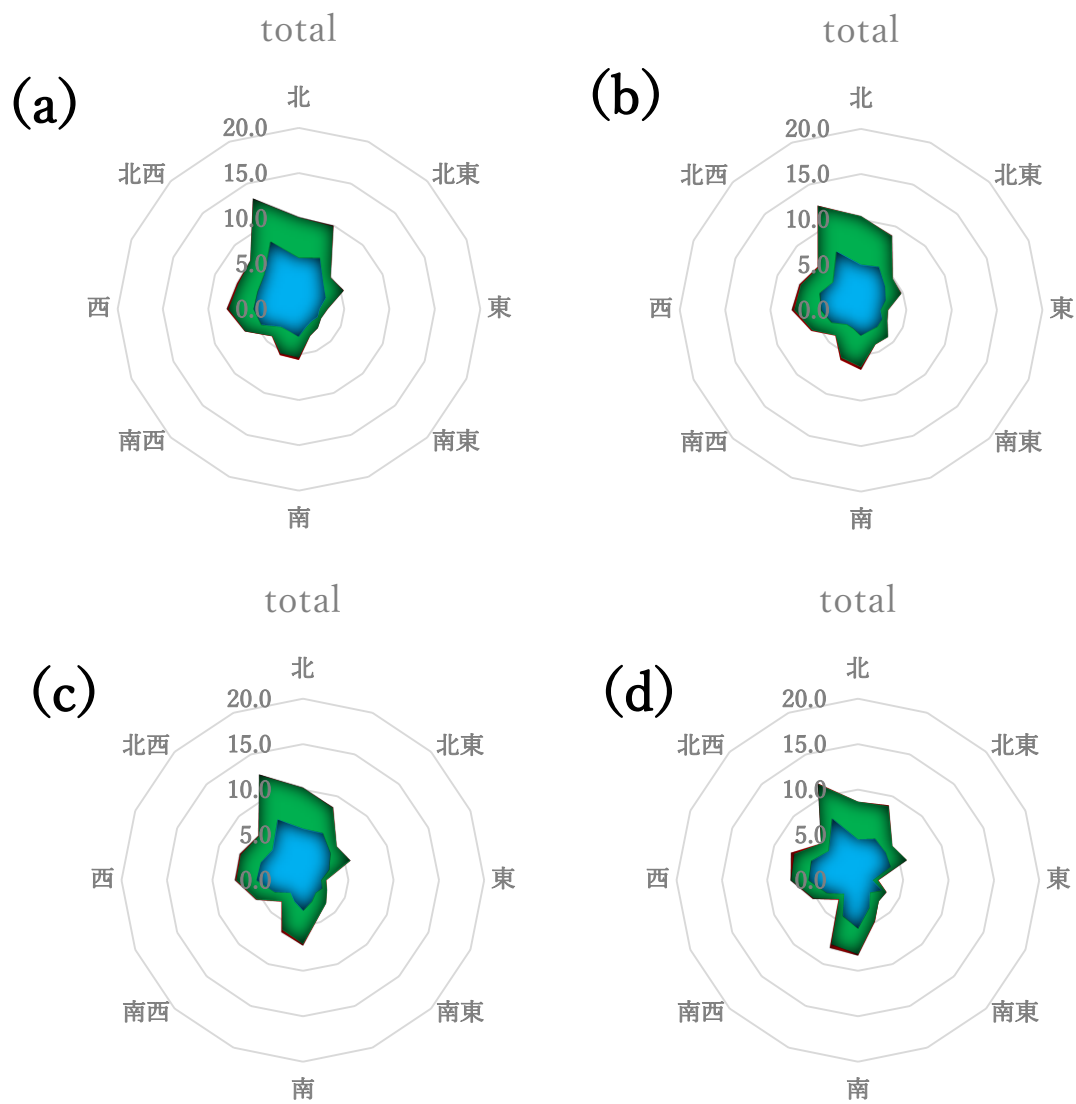


Fig.21 Fig.20 で示した地点の 1960 年–2015 年の合成風配図．頻度はパーセント表記で，色は最大風速 [m/s] を表し，青色が 5m/s 未満，緑色が 5m/s 以上 10m/s 未満，赤色が 10m/s 以上を示す．(a) 3 月，(b) 4 月，(c) 5 月，(d) 6 月をそれぞれ示す．

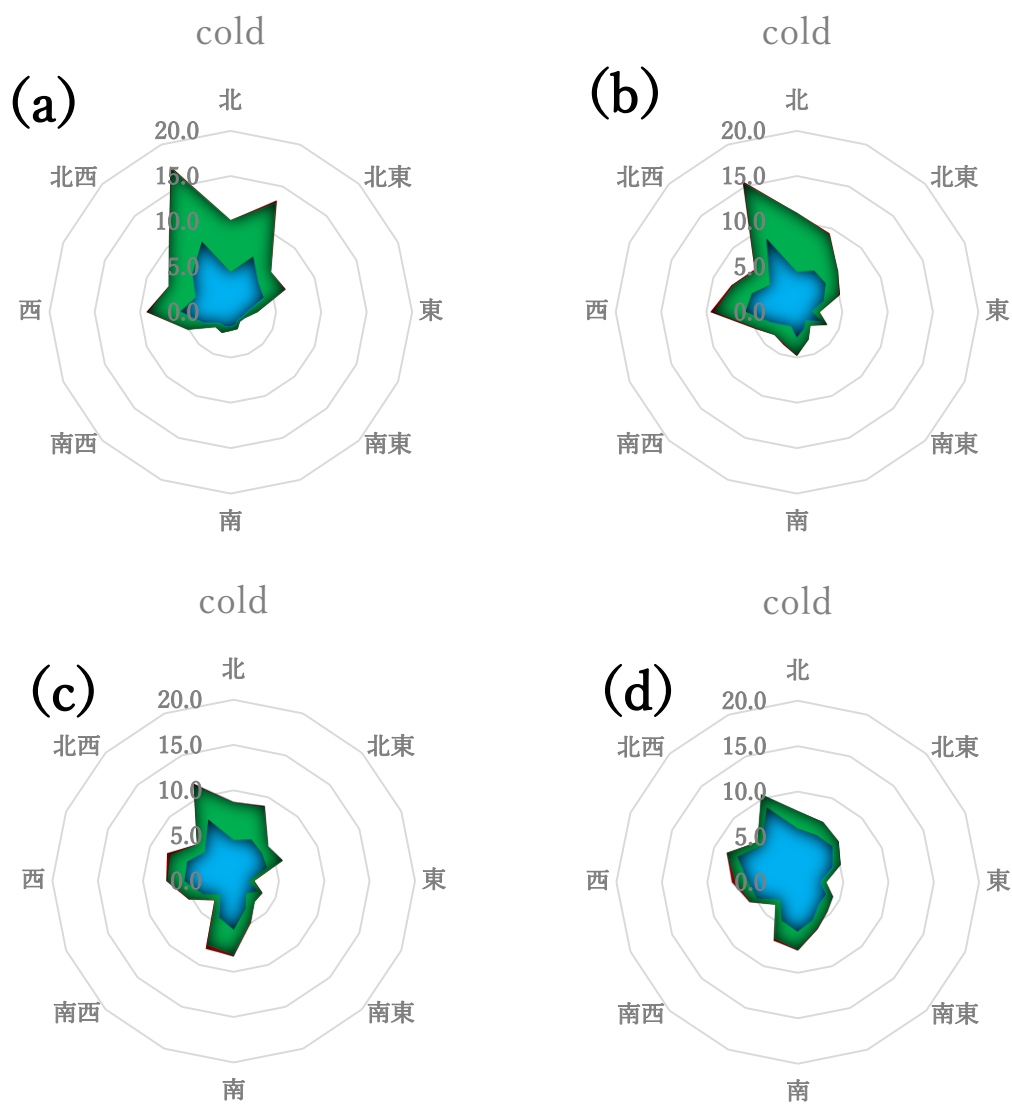


Fig.22 Fig.21 と同様. ただし, 各地点の気温急低下した日のみで作成した.

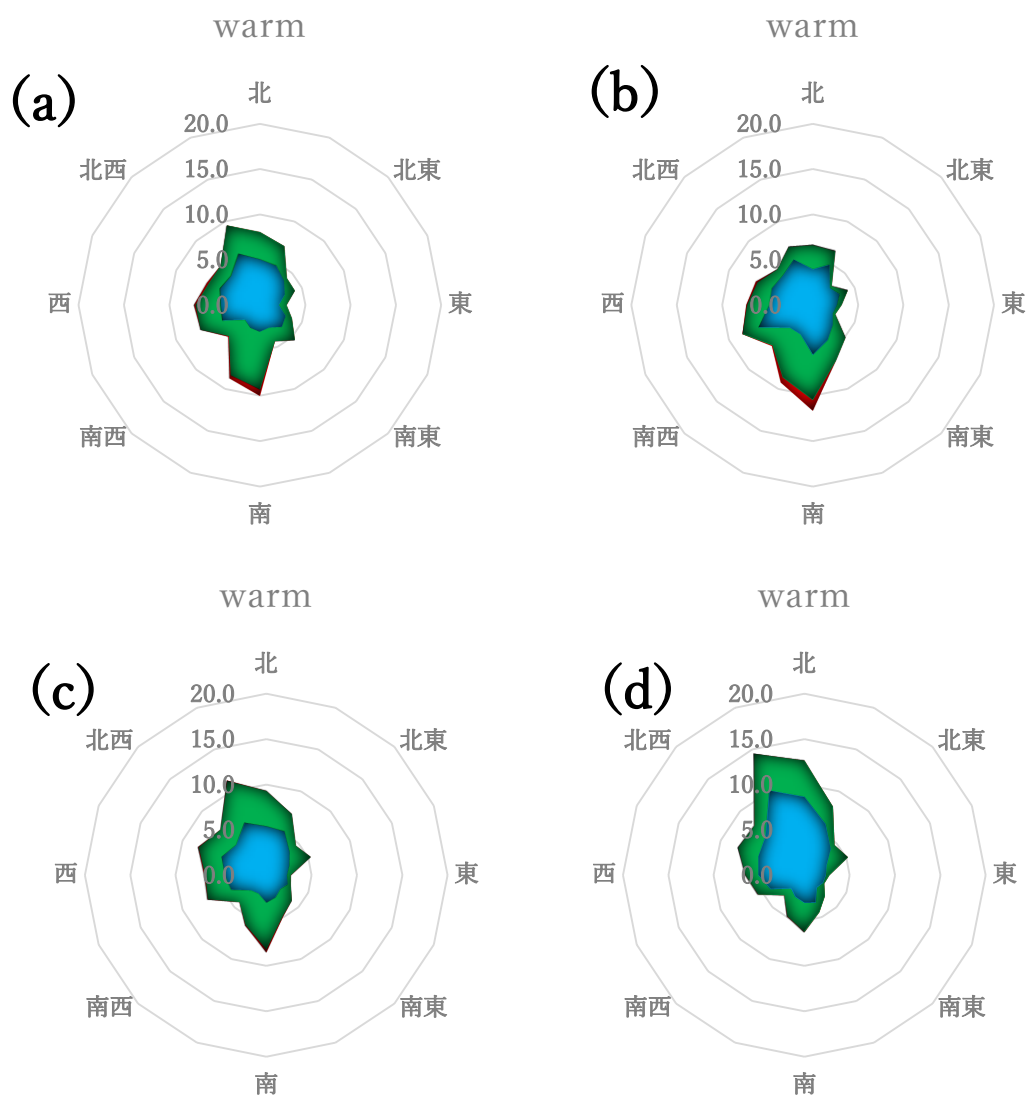


Fig.23 Fig.21 と同様. ただし, 各地点の気温急上昇した日のみで作成した.

第6章 結論

シグナルが強かった北海道東部と中部地方北部の二つの地域に着目した。その二つの地域の地理的特徴として、気温急上昇時には暖流のある方角から風が吹いており、その地域に達するまでに高い山脈を越えなければならない地形であった。そのことから山越え気流に見られるフェーン現象が発生していることが示唆される。フェーン現象が発生すると風下にある地域では、風上の地域より高温になることが知られている。そのため気温急上昇が大きくなりやすい場になったと考えられる。気温上昇後に寒気移流が起きれば、低下した温度は大きくなる。つまり、気温急上昇と気温急低下が起きやすい地域は似ている可能性が高いと考えられる。

また、5.1.1 と 5.2.1 では二つの地域それぞれの直近の冷たい海の海面水温と各地点の最高気温の海陸温度コントラストが大きい季節に、気温急低下マップとのピークが重なることが分かった。そのことは、陸に比べて相対的に冷たい海から吹く風は、より気温を下げる移流となることが示唆された。合成風配図の気温急低下時 (Fig.15, 22) から気温が下がるときは相対的に冷たい海から風が吹いていたことから、これらの結果を支持している。

本研究では上記で述べたことが示唆される結果となったが、実際に海の温度が関係するかなどのより詳細な研究が必要になる。また、シグナルが強かった二つの地域にしか着目できていないため、他地域も検討して、その地域ならではの気温急変の要因を探ることが望ましい。

第7章 謝辞

本研究を進めるにあたり、研究当初から熱く議論し、多くのアドバイスを頂いた指導教員である立花義裕教授に深く感謝いたします。また、合同ゼミなどでの問題点のご指摘、その解決方法のご相談にのって頂きました西井和晃教授、山田二久次教授に厚く御礼申し上げます。同研究室の先輩方には、プログラムの組み方や、要旨の添削、研究を進めるにあたって様々な専門知識の享受など大変お世話になりました。研究生活を共に頑張って乗り越えてきた4年生をはじめとする同研究室の学生の皆様のおかげで、毎日が楽しく充実した日々を送ることができました。改めて感謝いたします。

第8章 参考・引用文献

- ・ 今野昭義，法貴元，24. アレルギー性鼻炎
<http://www.jslm.org/books/guideline/24.pdf> (2017/02/26 アクセス)
- ・ 環境省熱中症予防サイト
http://www.wbgt.env.go.jp/doc_prevention.php (2017/02/26 アクセス)
- ・ 熱中症環境保健マニュアル 2014
<http://www.wbgt.env.go.jp/pdf/envman/full.pdf> (2017/02/26 アクセス)
- ・ 常盤勝美 (2012) マーチャンダイジングと季節. 地球環境, Vol 17, No.1, 99-106
- ・ Reynolds, R. W., N. A. Rayner, T. M. Smith, D. C. Stokes, and W. Wang (2002), An improved in situ and satellite SST analysis for climate, *J. Clim.*, **15**, 1609–1625, doi:10.1175/1520-0442(2002)015<1609:AIISAS>2.0.CO;2
- ・ 早崎 web トップ - 対流圏科学研究室 - 九州大学
<http://www.hysk.sakura.ne.jp/meteorol/cyclone> (2017/02/26 アクセス)
- ・ 気象庁 オホーツク海の海氷分布 (月概況)
http://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/shindan/c_1/okhotsk_monthly/okhotsk_monthly.html (2017/02/26 アクセス)