

— 解 説 —

北東日本の気温の長期変動と北太平洋の大気海洋変動

北海道大学地球環境科学研究科 谷 本 陽 一

1. エルニーニョと10年スケール変動

地球規模の気候変動に関する話題がちまたで話されるようになり、マスメディアにも頻繁にとりあげられ（センセーショナルなことだけに集中しがちのところがあるものの）、非常に多くの注目を受けるようになってきました。東部赤道太平洋の海水温度の上昇を意味するエルニーニョという用語はすでに広く定着し、「気候変動と言えば、エルニーニョ」とまで言われるようになってきています。「原稿執筆のご参考に」として、頂きました「細氷44号」にも、今世紀最大として知られる1997/98エルニーニョ現象の解説があり、1998年天候経緯の解説にもエルニーニョと日本の天候の関連が示されています。私は季節予報に携わったことはありませんけれども、その表（第1表、80ページ）に示されていますように「エルニーニョが発生すれば、日本の天候は暖冬・冷夏となる」ということは、わがコミュニティの常識までいかずとも、広く知られた相関関係だと思えます。

しかしながら、1980年代以降の観測データをよく吟味しますと、上記の統計上の相関関係は崩れてきていることが指摘されています。図1は中村（1999）から引用したものです。実線は中東部赤道大西洋（赤道を挟み緯度5度まで東西方向には西経90から150度まで）で領域平均された北半球冬季（12-2月）の海面水温差を示しています。この時系列はエルニーニョイベントとその逆位相であるラニーニャイベントのよい指標となっています。棒グラフは日本の冬季平均気温を示しています。この2つの時系列の同時の相関係数は0.31であり、係数の大きさそのものも小さいばかりか、統計的にも有意ではありません。「北半球冬季における熱帯の正（負）の水温偏差と日本の正（負）の気温偏差」という関係は1980年頃までは定性的にあると

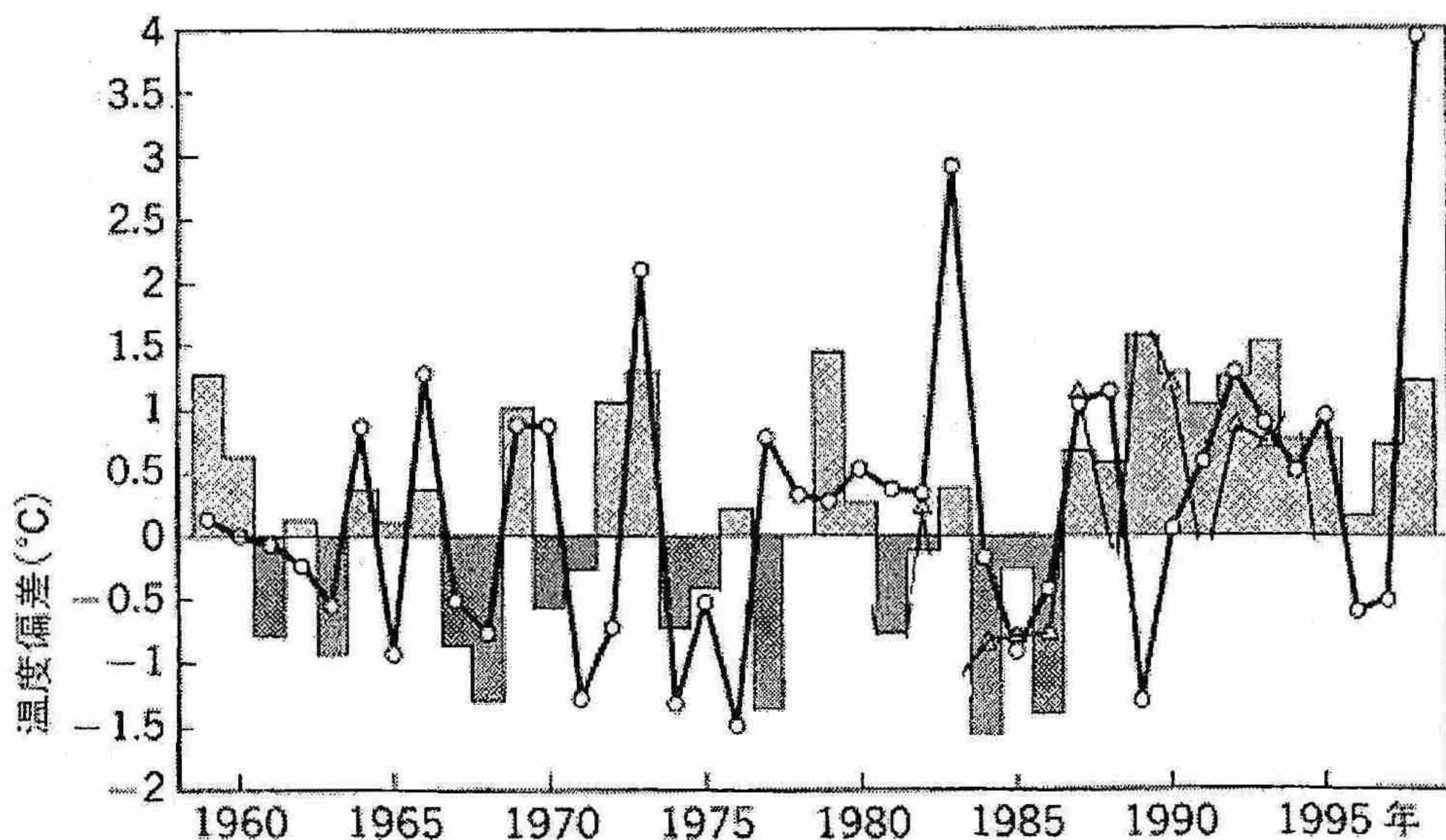


図1：北半球冬季における中東部赤道太平洋の海面水温偏差（太線）と日本の平均気温偏差（棒グラフ），中村（1999）より引用，細線はここでは議論していません。

見ることもできますが、振幅まで考慮に入れますとよい関係にあるとは言えません。1985年以降になると、日本の気温偏差には暖冬傾向が10年以上も続き、数年より長い時間スケールでも変動していることがわかります。エルニーニョ・ラニーニャは大気海洋結合変動の海洋側の現象でありますから、もう一方の大気変動の指標として南方振動インデックスを用いても上記の結果に大きな違いはありません。

2. 日本における気温の長期変動特性

そもそも日本の地上気温はどのような変化をしてきているのでしょうか。図1に示したように、熱帯の変動との関連に注目するということが重要な観点ですけれども、日本の気温変動にどのような時空間的変動特性があるのかを踏まえておくという視点も大切であると思います。

ここでは、数年よりも長い時間スケールに着目したデータ解析の結果を示します(図2)。用いたデータは気象庁気象官署における気象要素別月別累年値(通称SMP)の月平均気温を用いました。対象期間は1900年から1993年までの94年間です。解析地点は南西諸島と東京を除いた欠測のない地点を採用することにして、冬季においては51カ所、夏季においては54カ所の地点のデータが得られました。現実には、観測地点

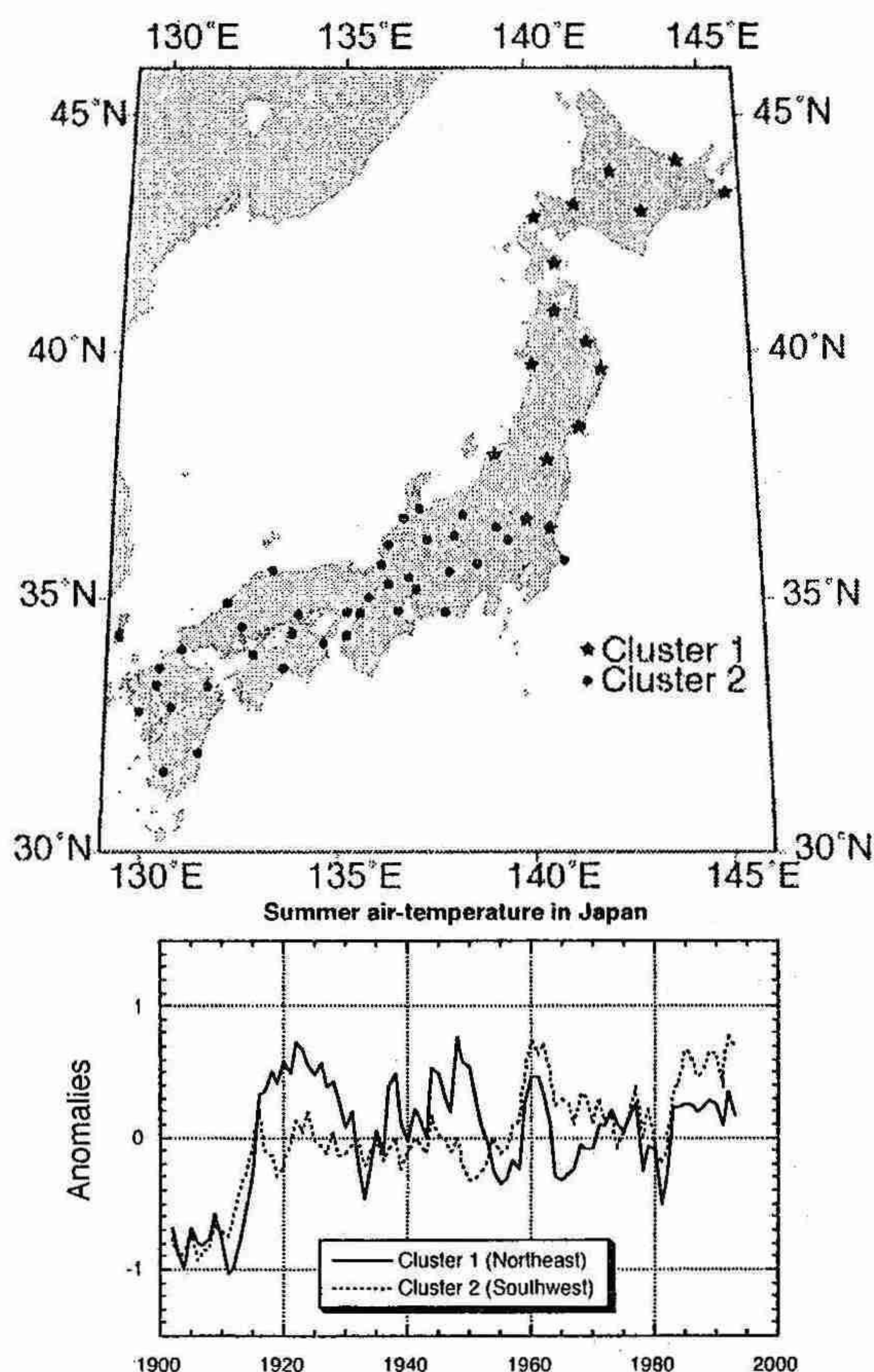


図2：日本の夏季平均気温の5年移動平均偏差に対するクラスター解析の結果。上のパネルが示すようにクラスターは北東日本と南西日本に分けられる。下のパネルにそれぞれのクラスター内における平均時系列を示す。

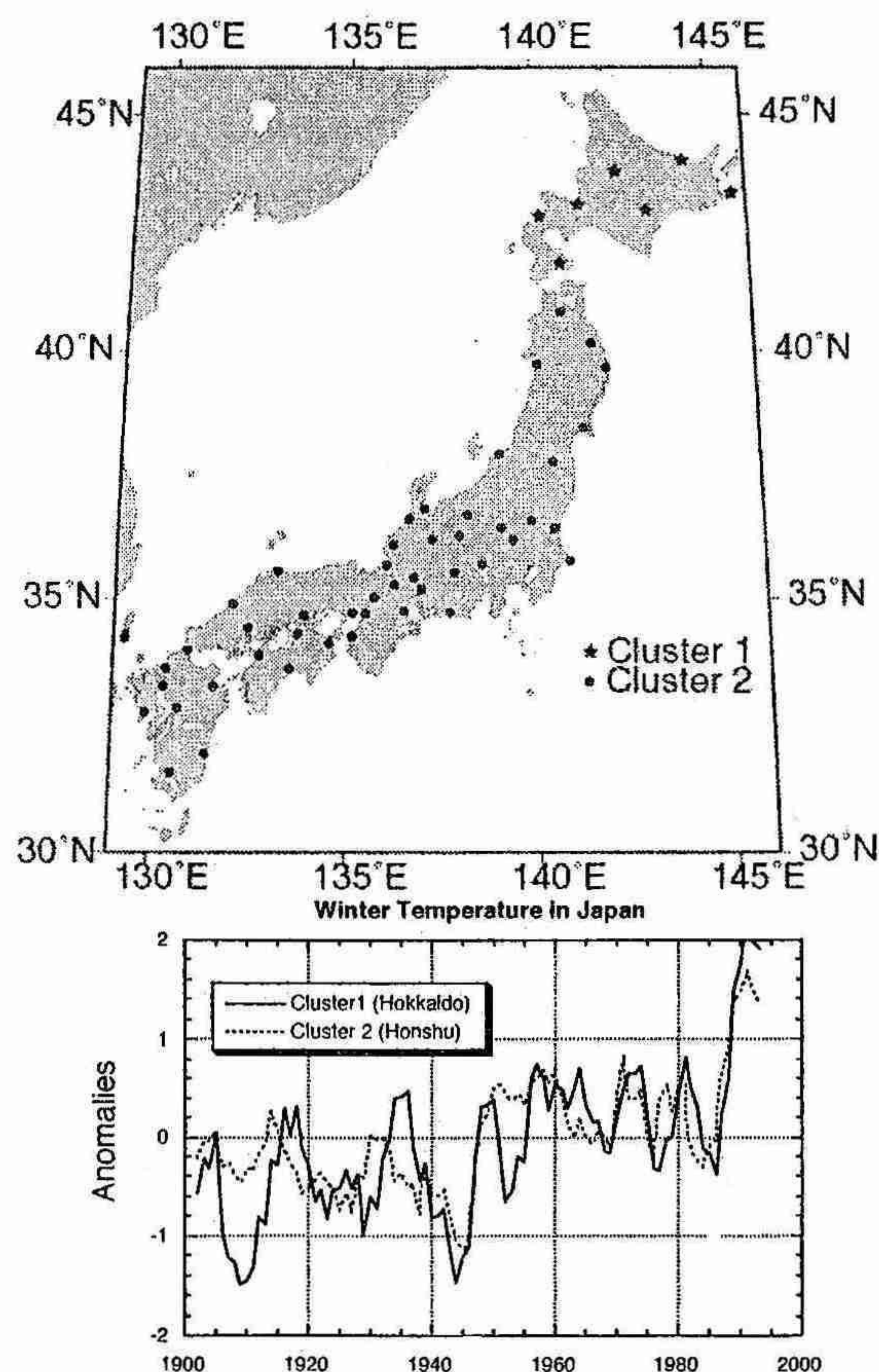


図3：日本の冬季平均気温の5年移動平均偏差に対するクラスター解析の結果。上のパネルが示すようにクラスターは北海道と本州以南に分けられる。下のパネルにそれぞれのクラスター内における平均時系列を示す。

の都市化によるトレンド、観測地点の移動などによる系統誤差が含まれていますが、それがどの程度であるかの見積もりは一概に言えません。ここでは、それもシグナルのうちとして解析を進めています。

解析手法としてはクラスター解析（Ward法）を採用しています。これは、各地点における94年にわたる時系列の変動特性が相似であるかどうかを判定しながら、相似なものから順に平均時系列を作成し、代表的な時系列を作成するものです。本解析では、クラスターの計算の前に、夏季（7-9月）と冬季（12-2月）との季節平均偏差を算出し、さらに5年の移動平均を施しています。

夏季におけるクラスター解析の結果を図2に示します。クラスターは最終的に北東日本と西南日本のクラスターに明確に分けられています。2つのクラスターの境界は茨城、栃木、群馬、新潟の各県付近を横切っており、いくつかの地点が飛び地となるようにはなっていません。このことは気温の長期変動に北東日本と南西日本の地域性があることを示していると思われます。

クラスター内で平均された偏差の時系列は2つのクラスターとも1915年付近に約1度の昇温ジャンプを示します。これ以降1950年頃まで、北東日本で正の偏差が南西日本より大きく、変動量（分散量）も北東日本の方が大きくなっています。一方、1950年以降は南西日本クラスターの正の偏差が大きい期間が持続していき、言い換えますと、1950年前後で夏季の長期気温変動は北暑西冷型の持続から北冷西暑型の持続に移行していると言えます。

冬季におけるクラスターの解析結果を図3に示します。夏季と同様、クラスターは最終的に2つに絞られました。しかし、その境界は津軽海峡付近まで北にシフトしています。実際に、例えば、松村・謝（1998）によっても、冬季における北緯40度以北気温変動は本州以南と異なっていると指摘されています。

北海道のクラスター平均時系列は顕著な10年から数十年の振動を示しています。1950年以降では、その周期帯での変動サイクルが多少短くなっているようにも見えます。本州以南のクラスターでは、北海道のクラスターとは異なった変動をしていて、10年程度のサイクルを持つ振動はあまり顕著ではありません。冬季の場合も1950年頃に気候の変化が示されています。すなわち、1950年頃に全国的に急激な昇温があり、どちらのクラスターの時系列も1950年以降、気候値に対して負の偏差をとることがほとんどありません。これは、10年程度よりももっと長い時間スケールの存在を示唆しているのかもしれませんが。

日本における気温の長期変動と言っても、10年程度から数十年の時間スケールがあることが示されました。大気を持つ固有スケールによって、このような長期変動を担うことは大変困難です。大気以外の何らかの媒体による外部強制力、または大気と媒体との相互作用により、長期変動がもたらされるものとしている可能性が高いと言っていいでしょう。大気以外の媒体としては、海洋、陸面、植生、雪氷などが挙げられますが、ここでは、熱慣性が大きい海洋の長期変動がどのようなようであり、それが大気大循環場とどのような関係にあるかを概観したいと思います。表層の熱的状态をもっともよく表す表層水温データは限られているので、ここでは比較的よく調べられている1950年以降の海面水温変動場に対する解析結果を紹介します。

3. 北太平洋における大気海洋場の10年スケール変動

図4に冬季北太平洋海面水温偏差場における10年スケール変動の主成分解析の結果（空間パターン）を示します。主成分解析はどのような変動パターンがもっとも卓越するかを求める統計手法です。中緯度海域で馬蹄形のパターンで負の偏差を示すとき、アメリカ西海岸に沿う海域では正の偏差を示しています。この図には表していませんが、東部熱帯太平洋でも正偏差が現れることが知られています。西部北太平洋に大きなシグナルはほとんどありません。

図5はこの空間パターンがどの時期に卓越していたかの指標であり、負の値をもつときは図4の偏差がすべて反対の符号をもっているときにあたります。1950年以降、正と負の位相が何度か出現していることがわかります。50年程度のデータ期間から正確な周期を限定することは難しいのですが、10年程度の時間スケールに無視できない変動エネルギーがあることは理解していただければと思います。同じ図5には、北海道における冬季気温偏差の長期変動が破線で重ねられています。相関関係はあまりよくないものの、上昇傾向・下

降傾向が一致する時期があります。図4では日本付近にほとんどシグナルがないことを考慮しますと、この2つの時系列の関連性についてはもう少し注意して進める必要がありますので、これ以上の議論はしません。

これら海面水温偏差のパターンは水温偏差を形成する大気と海洋間の運動量・熱海面フラックス場にその理由が求められます。図6は、図4の海面水温偏差が現れるときの、海面における冬季の運動量フラックス（風の応力）偏差の分布を示しています。中緯度の北太平洋全体で偏西風が強化されている結果、風の応力も大きくなっています。このような中緯度における大気循環の変化に対応し、水温偏差を形成するプロセスも変化します。北緯25～40度帯は海面水温の南北傾度が気候学的に特に大きい海域であり、大きい風の応力は結果として強い南向きのエクマン流による水温偏差の移流をもたらします。図7は冬季の海面の熱フラックスの分布図を示しています。10年スケールの変動では、偏西風の強化が広範囲の東西スケールで生じていることを受け、アメリカ大陸付近を除くほとんどの海域でより多い熱放出がされています。特に、北赤道海流西部から黒潮・黒潮続流にかけての海域で放出量が多いことは興味深いと思われます。

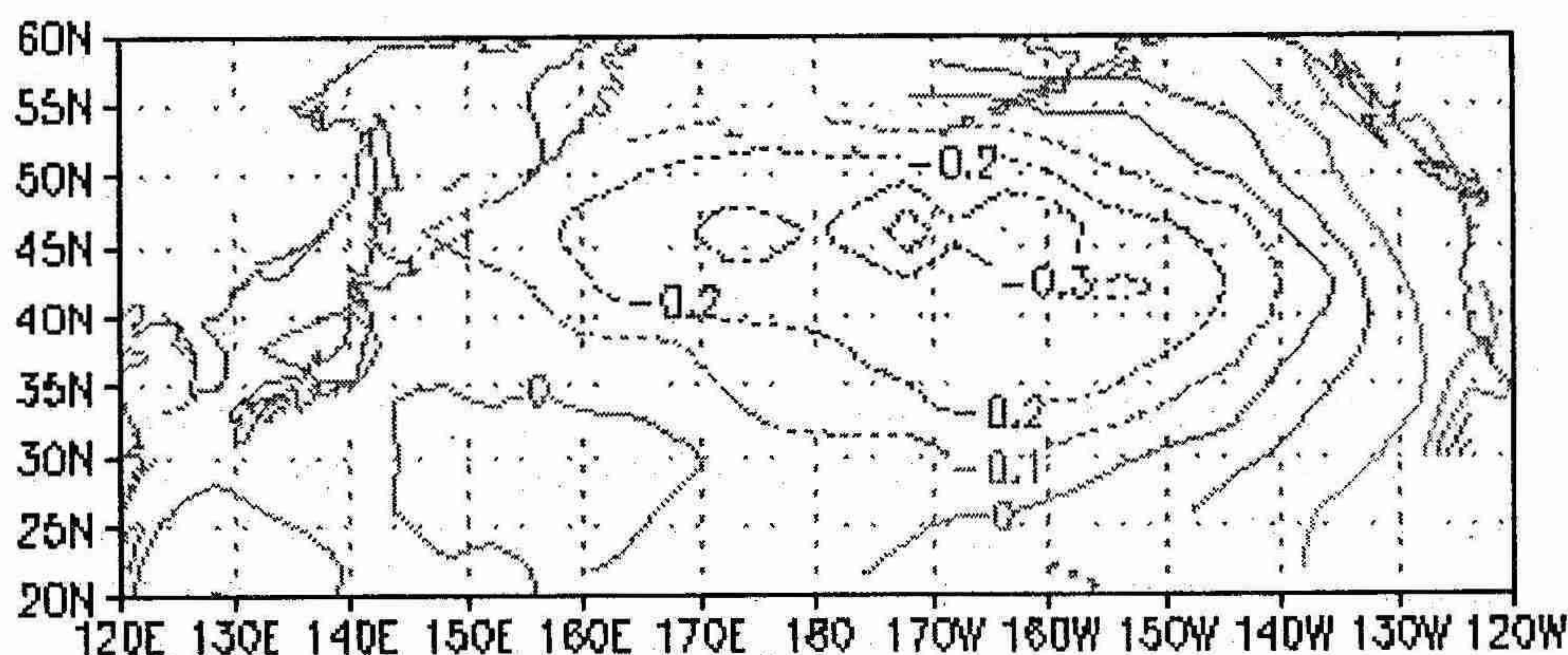


図4：北太平洋における海面水温偏差の10年スケール変動場に対する第1主成分の空間パターン。図5に示された時系列に対する回帰係数分布を示している。等値線は0.1度間隔、破線は負の偏差を示している。

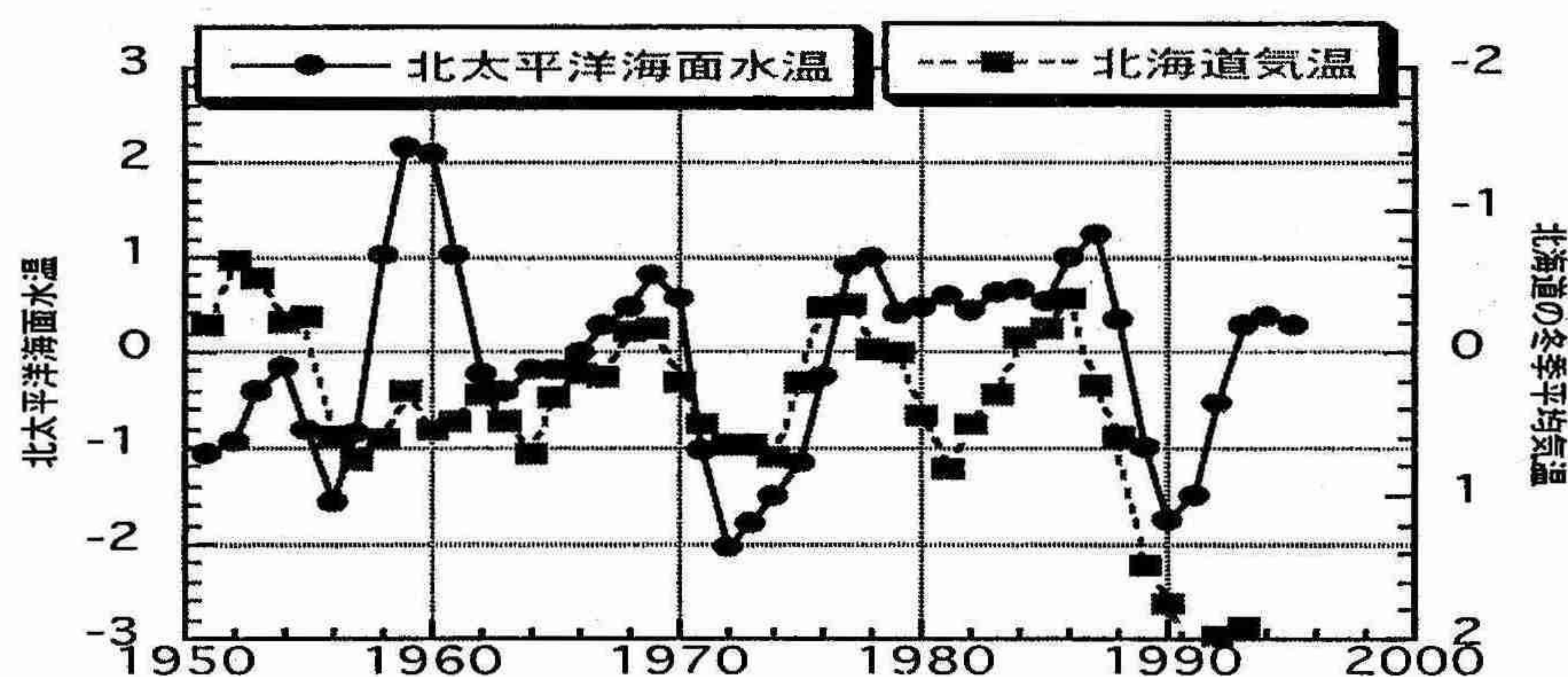


図5：北太平洋における海面水温偏差の10年スケール変動場の第1主成分（太線）。時系列全体で規格化（標準化）している。図3に示された北海道のクラスターの平均時系列が1950年以降だけ重ねられている（破線）。

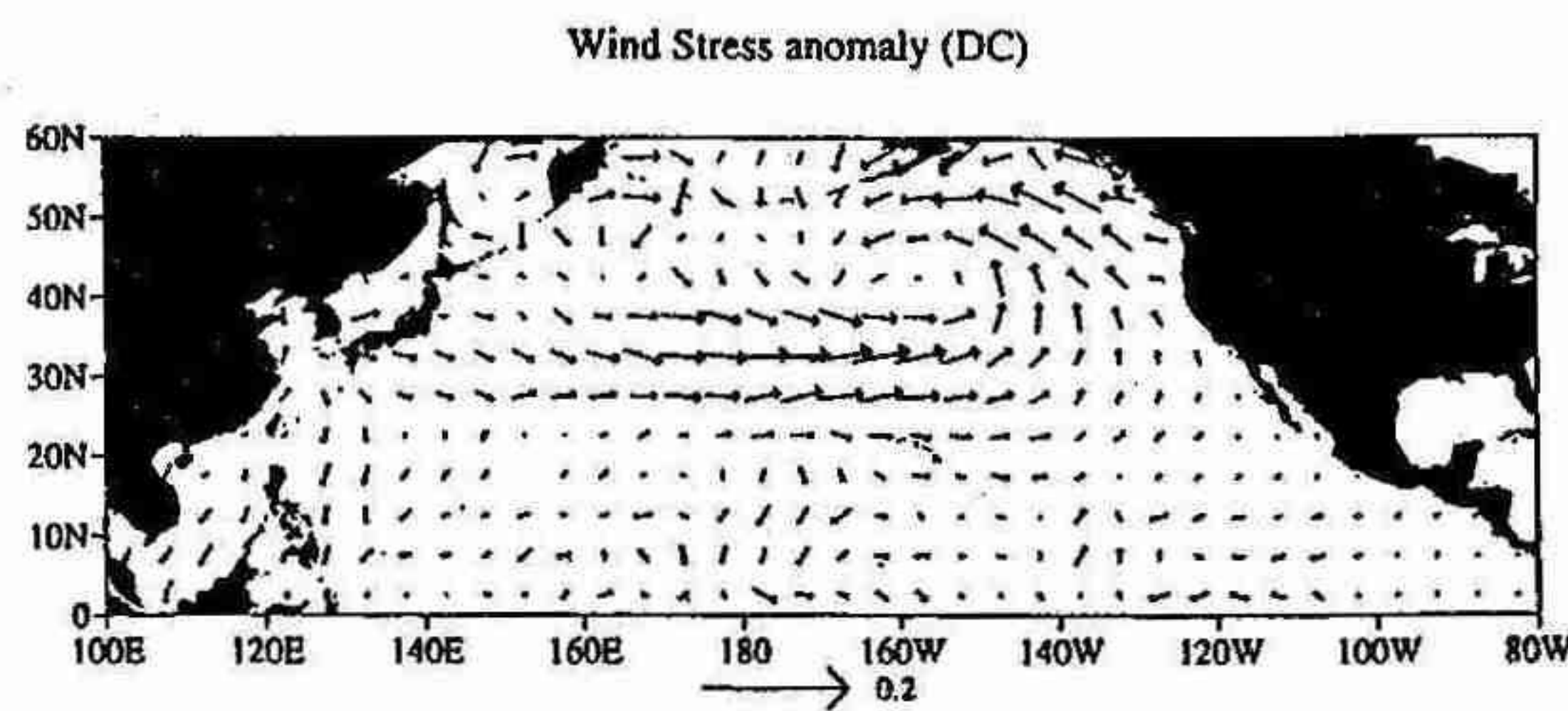


図6：図4の海面水温偏差が現れるときの、海面における冬季の運動量フラックス（風の応力）偏差，大きさのサンプル（ 0.2Nm^{-2} ）がパネルの下に示されている。

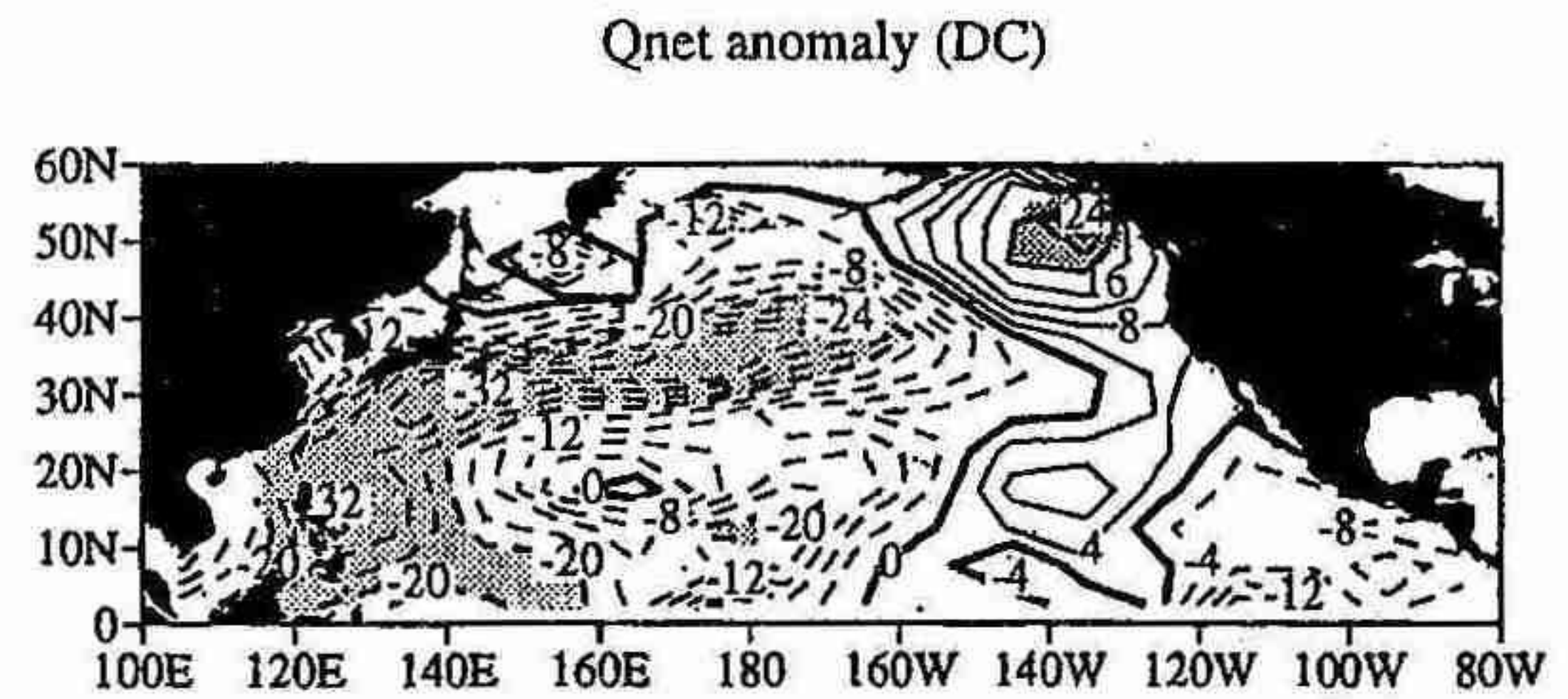


図7：図4の海面水温偏差が現れるときの、海面における冬季の下向き正味熱フラックス偏差，等値線は 4Wm^{-2} 間隔，破線は負の値（上向き熱フラックス）を示す。

以上のように，北太平洋では海盆スケールにおいて，大気と海洋が整合しながら10年スケールで変動していることがわかります。同じような変動は北大西洋にも見られています。これらの時間スケールをもたらす要因はまだ多くの説が並んでいる状態であり，それらに対する議論がたいへん活発な研究課題であります。さらに，図5に見られたように，日本の気温の長期変動とはどのような結びつきがあるのか大変注目されるところです。

4. おわりに

この夏，日中の最高気温が36度にもなる日が2日ありました。4月から札幌に住み始めましたわたくしとしては，意外な猛暑でありました。この高温の直接的な原因はもともと暖気を供給する南風が手稲山系を越えたためフェーン現象となりより高温になったためだと思います。そのような南風傾向が高める循環パターンになれば，札幌付近だけ局所的に高温化してしまうことも知りました。同時に太平洋岸ではこのような高温は見られず，親潮系水による海水温度が非常によく沿岸域の気温に影響していることも実感いたしました。

わたくしのこれまでの研究においてはグローバルスケール，大洋スケールなどにおける長期変動について取り組んで参りました。元になっているデータセットは経緯2度程度のいわばおおざっぱな空間平均場についてのものです。このような大きなスケールの変化が地域の気候変化にどのような影響をもたらすのか，今後の研究課題として重要であると考えています。

いろいろな方の研究成果などを含めて，好きなように書かせていただきました。この場をご提供して下さった石渡正樹さんに感謝申し上げます。

引用文献

中村 尚：日本の冬の天候を左右する10年規模気候変動DICE,科学,69, 601-607(1999)

松村伸治・謝 尚平：日本列島及び日本海上の経年変動に及ぼす冬季季節風の影響,天気,45, 781-791(1998)