

夏季および冬季における伊勢湾周辺域の気温の日変動

山田二久次^{1*}, 中村 亨², 岡田 果林², 関根 義彦¹, 長屋 祐一¹

¹ 三重大学大学院生物資源学研究科, ² 三重大学大学院生物資源学研究科附属練習船勢水丸

Daily variations of air temperature in summer and winter around the Ise Bay

Fukuji YAMADA¹, Toru NAKAMURA², Karin OKADA²,
Yoshihiko SEKINE¹, and Yuichi NAGAYA¹

¹ Graduate School of Biorcsources, Mie University, 1577 Kurimamachiya-cho, Tsu, Mie 514-8507, Japan

² SEISUIMARU, Graduate School of Biorcsources, Mie University, 1819-18 Oguchi-cho, Matsusaka, Mie 515-0001, Japan

Abstract

Daily variations of air temperature in summer and winter around the Ise Bay are examined by use of AMEDAS temperature data in Aichi, Gifu, Mie and Shiga Prefectures during 1979–2001. In this study, temperature data in consideration of adiabatic cooling are used, corrected sea level data by mean temperature lapse rate (0.0065Km^{-1}). From daily maximum and minimum temperature distributions in summer and winter, daily maximum temperatures are high in both seasons northeast off the Nobi Plain and daily minimum temperatures are low. Around the bay mouth of the Ise Bay, daily maximum temperatures are low in summer and daily minimum temperatures are high in summer and winter. To see the daily temperature variations in summer and winter, hourly mean temperature data are calculated. At several stations, the hours to be highest temperature are different from those at other stations in summer. To divide the stations into similar groups, cluster analysis is examined using both summer-time mean by maximum and minimum temperature data and winter-time mean by maximum and minimum temperature data. As a result, all of the stations were classified into several characteristic groups: the group affected by the open ocean, the group located at a high altitude, the group affected by the urbanization and so on. Daily temperature variation is small around the bay mouth of the Ise Bay. On the contrary, daily temperature variation is large northeast off the Nobi Plain. The urbanized area in the Nobi Plain is significantly warmer than the rural part of the Nobi Plain from 17 to 24. In conclusion, the characteristic daily temperature variations are found in the area around the Ise Bay

Key words: Ise Bay, air temperature, AMEDAS, cluster analysis

1. はじめに

日本三大内湾の 1 つである伊勢湾には、周辺地域に濃尾平野、岡崎平野、伊勢平野などの平野部とそれを取り囲むように鈴鹿山脈、養老山地、伊

吹山地などの山岳部が存在している。また、東海地方は関東、近畿などと同様に人口密集地であり大都市も存在している。気温変動にはさまざまな要素が関連しているが、その 1 つとして周辺域の地形の違いに伴う局地風循環が関係している。伊

2015 年 12 月 10 日受理

¹ 〒 514-8507 三重県津市栗真町屋町 1577

² 〒 515-0001 三重県松阪市大町 1819-18 (練習船基地)

* For correspondence (e-mail: fyamada@bio.mie-u.ac.jp)

勢湾周辺域についても局地循環は過去にいくつか研究されている。例えば、森ら¹⁾は1985年4月～10月の暖候期の気象データから海陸風日进行分类し、伊勢湾を起源とする「伊勢湾海風」と遠州灘方面からの「遠州灘海風」が存在することを示している。Tsunematsu and Kai²⁾は1990～1999年の夏季の晴天日を対象として統計解析を行い、伊勢湾からの南西寄りの海風とその前方の弱風域および関ヶ原からの西寄りの風が名古屋市北部で収束していることを示した。また数値実験の結果、この地上風の収束が夏季晴天日における濃尾平野の雲の形成に重要な役割を果たすことを指摘している。Kitada et al.³⁾は数値モデルを用いて、濃尾平野の風、気温と地形効果、都市化の影響との関係について調べ、濃尾平野全体の風に対する影響は日本アルプスの地形の影響が大きく、都市化の影響はほとんど見られないことを示している。

都市化による気温上昇については、大、中、小都市を対象として過去にさまざまな研究が行われている。特に、日本最大の都市である東京を含めた関東平野については多くの研究がある⁴⁻⁶⁾。伊勢湾周辺域である濃尾平野についても同様に都市化の影響が指摘されている⁷⁾。例えば、加藤・森⁸⁾では、1月の最低気温の1966～70年と1951～55年の各5年間の名古屋と周辺の観測所との気温差の分布を示している。結果として、名古屋が愛知県山間部や三重県南部に比べて1℃以上最低気温が上昇していることから都市化による気温上昇を示唆している。足立⁹⁾は名古屋市の気温変動に対する経済活動の影響について調べ、1970～89年の20年間で最低気温が約0.6℃/10年で上昇していることを示している。この0.6℃の上昇のうち、自然の気候変化によるものは約0.2℃/10年で、都市化によるものが約0.4℃/10年であると推定している。

伊勢湾周辺域の気温場の特性についての研究は、関東平野の場合と比較して少なく、アメダスのような時空間的に密な長期の気温データを用いた詳細な解析は行われていない。そこで、本研究では伊勢湾周辺域である愛知、岐阜、三重、滋賀県のアメダス時別値データを用いて、夏季、冬季の気温場の特性を把握することを目的とする。解析の結果として、いくつかの代表的なグループに分類することができたため、グループ間の日変動

の違いについても検討を行う。

2. 使用データ

本研究で使用するデータは、伊勢湾周辺域である愛知、岐阜、三重、滋賀、4県の気象庁によって観測されたアメダス時別値である。アメダスの観測点には降水量のみを観測している観測点と、気温、風向、風速、日照時間を加えて測定している観測点があるが、解析には後者のみを用いている。対象とした領域は伊勢湾口付近から伊勢湾周辺の平野部および山岳地を含む、北緯34.4度から35.6度、東経135.8度から137.7度の範囲とした。対象域の地形と観測点の分布を図1に示す。観測点の総数は37点で、アメダス観測点の対象領域に比較的均等に配置されていること、平野部から標高の高い部分まで比較的均等にカバーしていることが分かる。気温は観測機器の設置している標高の違いに伴う気圧の違いによって変化するため、気温の平均高度減率(0.0065K m^{-1})¹⁰⁾を用いて海面高度に補正して使用する。

この領域でのデータ取得状況を表1にまとめた。1976年から観測が始められたが、開始当初の観測点数は少ないことから、データが比較的多く存在している1979年から2001年の23年間を対象とした。次に、使用期間中のデータ欠損状況(表1)を見ると、すべての観測点でデータ欠測が存在していることが分かる。データの総欠測数、最大連続欠測数とも観測点間で異なっているが、期間でのデータ総数に対してデータの欠損が最大でも2210個(観測全期間の1.10%)となっている。このことから、データ欠測による影響は比較的小さいと思われる。アメダスでは観測点の移動が行われた地点が存在する(表2)。本研究で使用する範囲では、9点で計11回の移動が行われている。南知多、津で約3kmの観測点の移動が見られ、南知多、黒川では観測点の移動に伴う比較的大きな標高の変化が見られた。観測点の移動による影響が考えられるが、移動が見られた時期の前後で明瞭な違いが見られないこと、上野、津を除いてはデータ使用期間の比較的后半に移動が行われていることから、今回は移動の高度補正のみを行ってデータを使用した。

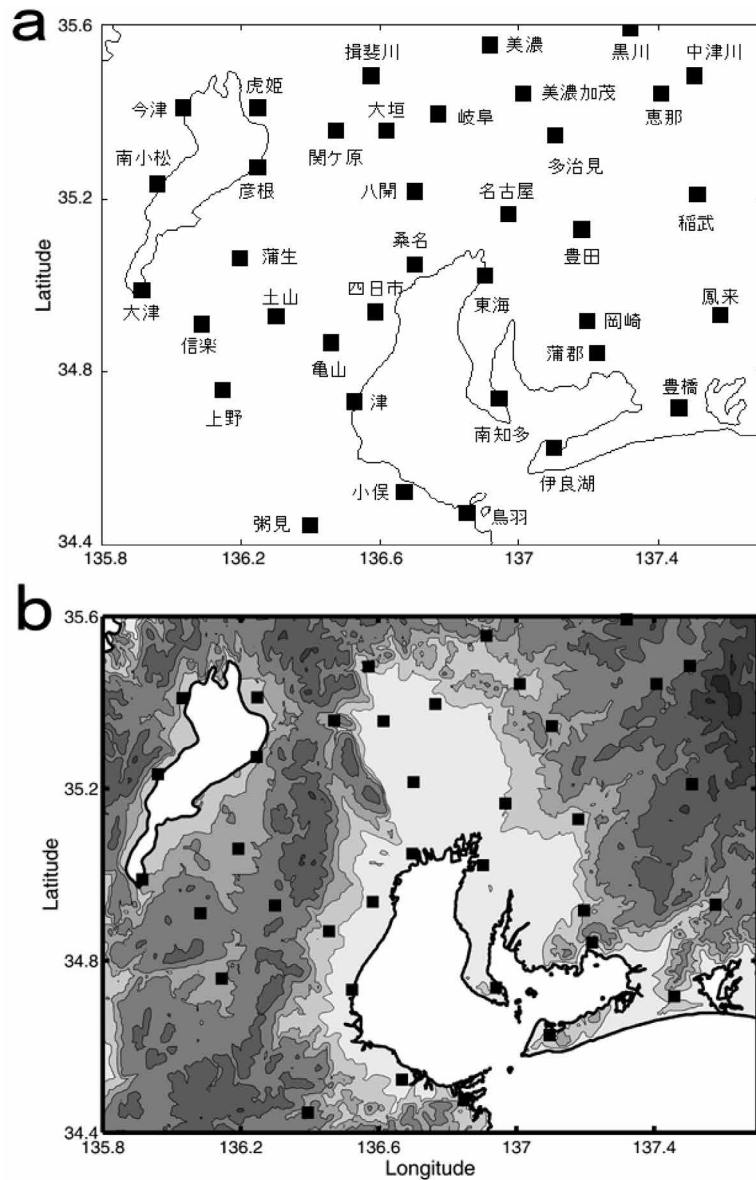


図1 (a) 伊勢湾周辺域のアメダス観測点。横軸、縦軸の数字はそれぞれ東経(度)、北緯(度)を示す。(b) アメダス観測点周辺の地形図。等値線は100m, 200m, 500m, 1000m, 1500mをそれぞれ示しており、標高が高くなるにつれて暗色になるよう色付けしている。

3. 結果

気温変動の特徴を把握するため、各地の特別値気温データにスペクトル解析を行った。データの欠測部分は内挿して補ってある。結果は図示しないが、観測全点で日変動と季節変動が卓越していた。このことから、気温の季節による違いと日変動に注目する。これらの経年変動を見るため、代表点として沿岸域に位置している伊良湖と内陸部に位置している中津川の日平均気温と日気温差の月別アノマリの時系列を図2に示す。これらの時

系列を比較すると、変動の幅はやや中津川の方が大きいものの平均気温、気温差ともに、測点間で同調して変動していることが分かる。他の測点についても同様の解析を行ったが、観測点間の違いは小さい。この原因として、気温は日射量や湿度など気塊の性質に影響を受けるため、総観スケールの変動の影響を受け広い地域で同調して変動したことが予測される。経年変動では地域による違いが見られなかったため、季節変動の特徴の出る夏(7月, 8月)と冬(1月, 2月)を対象として、日変動の平均的な違いに注目して解析を行うこと

表 1 観測点ごとの観測開始日, 欠損数, 最大連続欠損数, データ数

観測点名	最初の観測日時			全欠測数	最大連続欠測数	データ数
	年	月	日			
八開	1979	1	11	474	72	201150
稲武	1979	1	9	572	167	201052
名古屋	1976	1	1	6	2	227922
豊田	1979	1	9	485	162	201139
東海	1979	3	22	2128	73	199496
岡崎	1979	1	9	1103	433	200521
鳳来	1979	1	9	563	216	201061
蒲郡	1979	1	10	355	49	201269
南知多	1979	1	10	442	51	201182
豊橋	1976	12	7	183	75	219545
伊良湖	1976	1	1	44	12	227884
美濃	1978	11	15	225	50	202513
黒川	1978	11	22	280	74	202289
揖斐川	1978	11	14	809	573	201956
美濃加茂	1978	11	15	195	74	202547
恵那	1976	3	8	656	360	225653
中津川	1978	11	24	314	117	202211
関ヶ原	1978	11	13	215	76	202570
大垣	1978	11	13	2042	1367	200748
岐阜	1976	1	1	14	2	227914
多治見	1978	11	24	149	76	202374
桑名	1979	1	12	534	76	201090
四日市	1976	1	1	82	49	227846
亀山	1979	1	12	613	51	201011
上野	1976	1	1	138	91	227790
津	1976	1	1	20	8	227908
小俣	1979	1	16	971	128	200653
粥見	1979	1	16	2210	1342	199414
鳥羽	1977	12	21	275	105	210358
今津	1978	11	16	289	74	202422
虎姫	1978	11	17	287	98	202404
南小松	1978	11	16	226	28	202491
彦根	1976	1	1	22	2	227906
蒲生	1978	12	20	182	50	201714
大津	1977	12	22	447	75	210162
信楽	1978	12	20	339	144	201557
土山	1978	12	21	725	494	201150

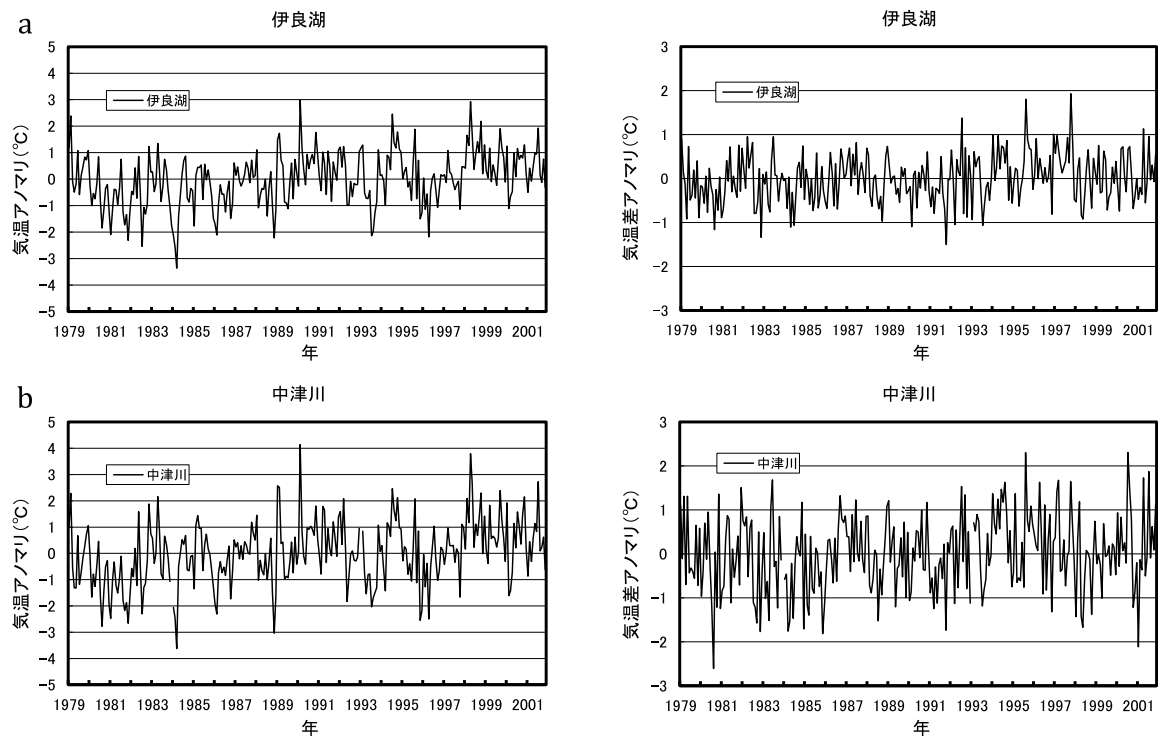


図2 (a) 伊良湖と (b) 中津川の海面レベルに補正した月別気温アノマリ (左) と最高、最低気温の月別気温差アノマリ (右)。

表2 移動が見られたアメダス観測点

観測点名	移動時期		移動距離 (m)	標高 (m)	
	年	月		移動前	移動後
豊田	1991	3	約 1400	70	75
南知多	2000	12	約 3200	39	16
黒川	1998	9	約 200	460	517
四日市	2000	4	約 1000	47	55
上野	1985	1	約 400	159	159
	1998	4	約 300	159	159
津	1987	9	約 3400	2	3
	1998	4	約 200	3	3
鳥羽	1996	1	約 1900	2	2
南小松	1992	2	約 1700	87	90
大津	1990	8	約 1200	89	86

にした。

伊勢湾周辺域の気温分布の特徴を見るため、夏季、冬季の日最高気温、日最低気温の空間分布を図3に示す。ここで、日最高気温、日最低気温はアメダス時別値データから求めた最高最低気温で、

日の最高最低気温とは異なっている。夏の最高気温では、北東部に位置する高地から濃尾平野の都市部にかけての地域と上野で高い値を示している。伊勢湾湾口域から三重県沿岸部と琵琶湖北岸で低い傾向がある。最低気温では、濃尾平野の都市部、伊勢湾西岸部、湾口付近で高く、高地と琵琶湖北岸で低い傾向がある。一方、冬の最高気温では濃尾平野の都市部、伊勢湾沿岸域、伊勢湾湾口部で高く、琵琶湖周辺で低い値を取っている。最低気温では伊勢湾湾口部付近で特に高い値を示し、北東部の高地の広い領域で0℃以下の地域が存在し、琵琶湖南部の高地でも0℃以下の地域が存在している。また、冬の最低気温は場所による温度差が大きく、夏は最低気温に局所的に低温（信楽）、高温（蒲郡、伊良湖）域が存在しているが、領域全体の温度差は若干最高気温の方が大きい傾向がある。

季節平均の日最高最低気温に特徴的な空間変動が見られたため、類型化を行うためにクラスター解析を行った。用いた方法は階層的クラスター解析で、各地の夏季、冬季の日最高、日平均、日最高気温からユークリッド距離を計算し、類型後の距離の再計算はウォード法で行った。クラスター

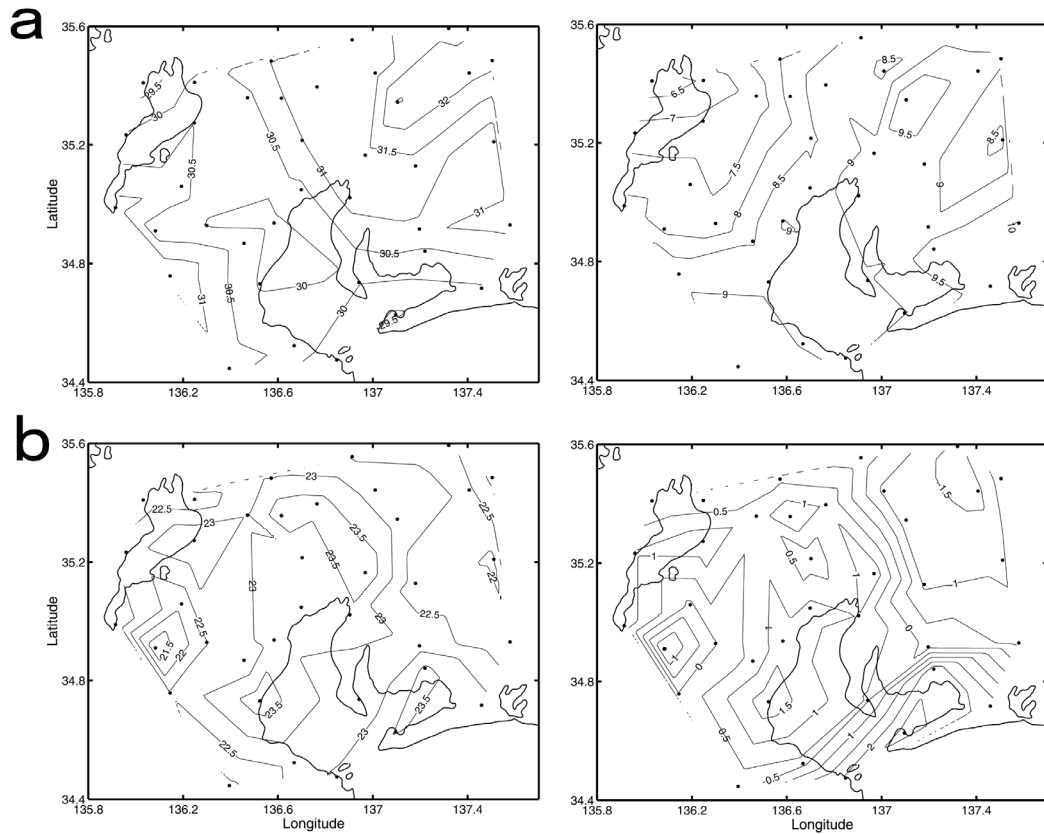


図3 (a) 夏季(左)と冬季(右)の日最高気温の空間分布。(b) 同様の日最低気温の空間分布。ここで、等値線間隔は0.5℃となっている。

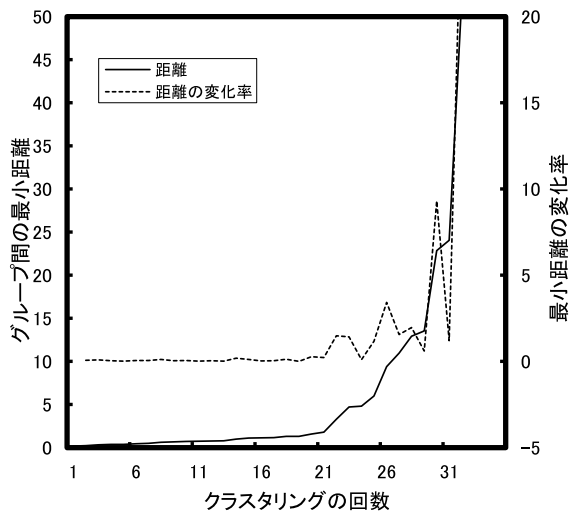


図4 クラスタリングの回数とクラスター間の最短距離、最短距離の変化率。

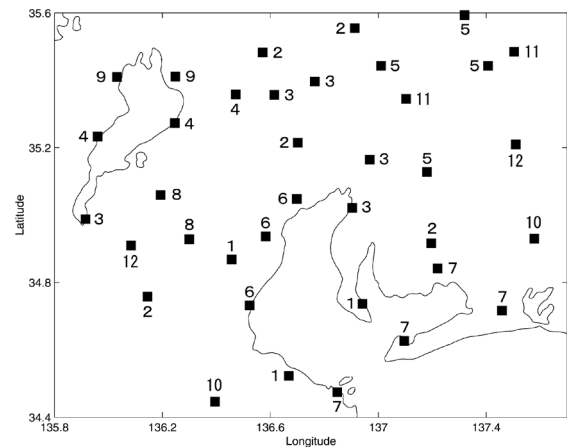


図5 クラスタ解析によって分類された12グループ。

ングの回数と最短距離、最短距離の変化率の関係を図4に示す。クラスター解析は距離の近いもの同士をグループ化していく手法であるため、クラスタリングを行うに従い最短距離は増加していく。しかし、距離の変化率は単調増加ではなく、極大、極小値が存在している。距離の変化率が大きいと

ころでは異なる性質のクラスターがグループ化されることになるため、距離の変化率が極大となる1つ手前までクラスタリングすると異なった性質のものが同じグループに入りにくくなる。このことから、本研究では、最初の明瞭な極大値の1つ手前である25回のクラスタリングを行った時点

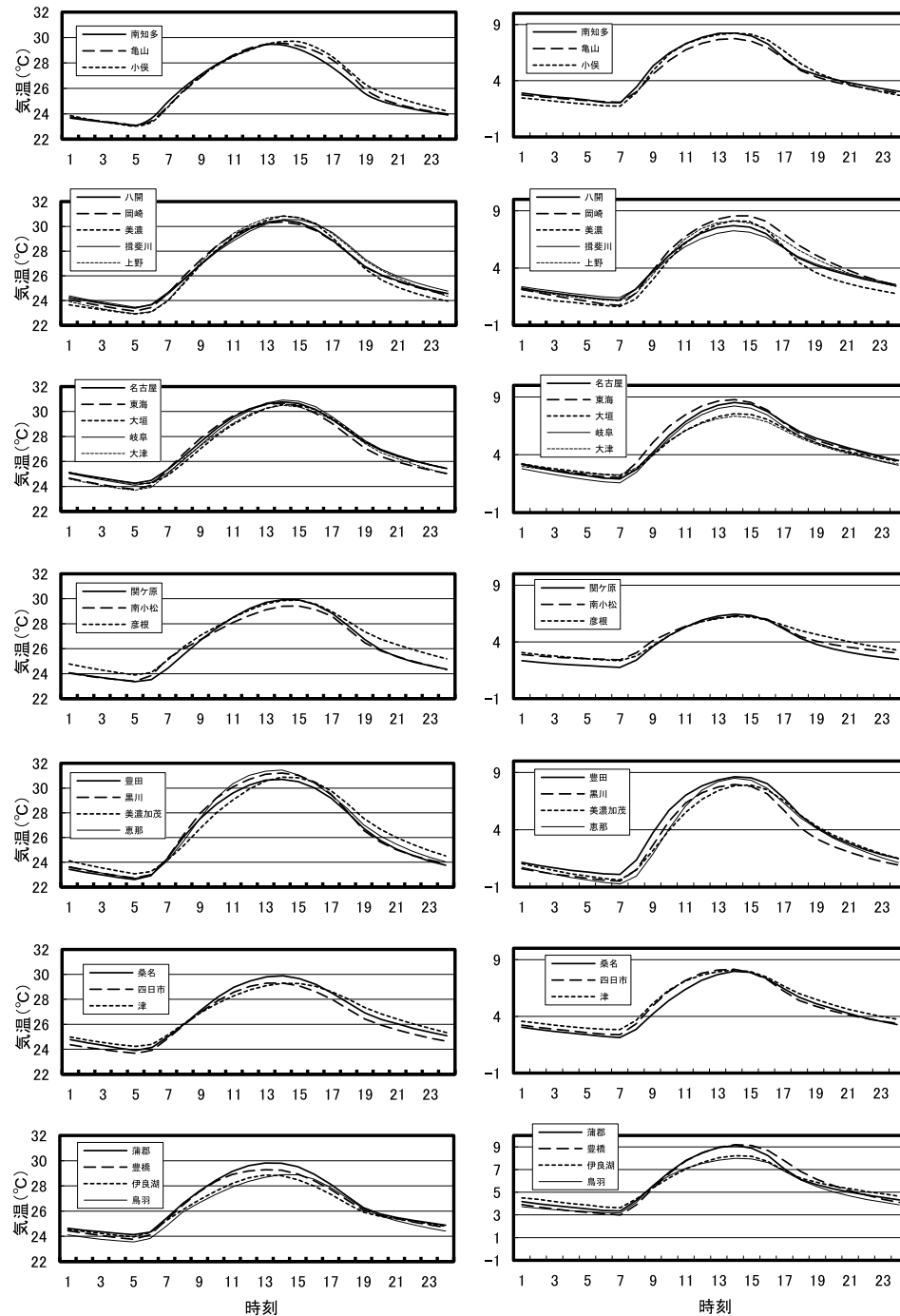


図6 海面レベルに補正した各グループの気温の日変動。左のグラフが夏季の気温，右が冬季，上から下に向かってグループ1～7の順で示している。

で類型化（12個のクラスターに分類）を行う。前述したクラスターの空間分布は図5のようになる。一見して観測点の位置に近いもの同士が同じクラスターに存在している傾向がある。しかし、内陸部に存在しているいくつかの地点で、離れた観測点とグループ化されているところがある。例えば、鳳来と粥見、稻武と信楽は図1の地形図から比較的似た地形に位置しており、高地ではロー

カルな地形の影響が大きいために、離れた地点でグループ化が行われた可能性が考えられる。

クラスター解析によって分類されたクラスターのうち、3つ以上の観測点から構成されているグループについて、夏季、冬季の時間ごとの平均値を計算した（図6）。平均値の計算を行う際、全ての観測点で1つでもデータの欠測がある場合はその日のデータは使用していない。最高気温、平

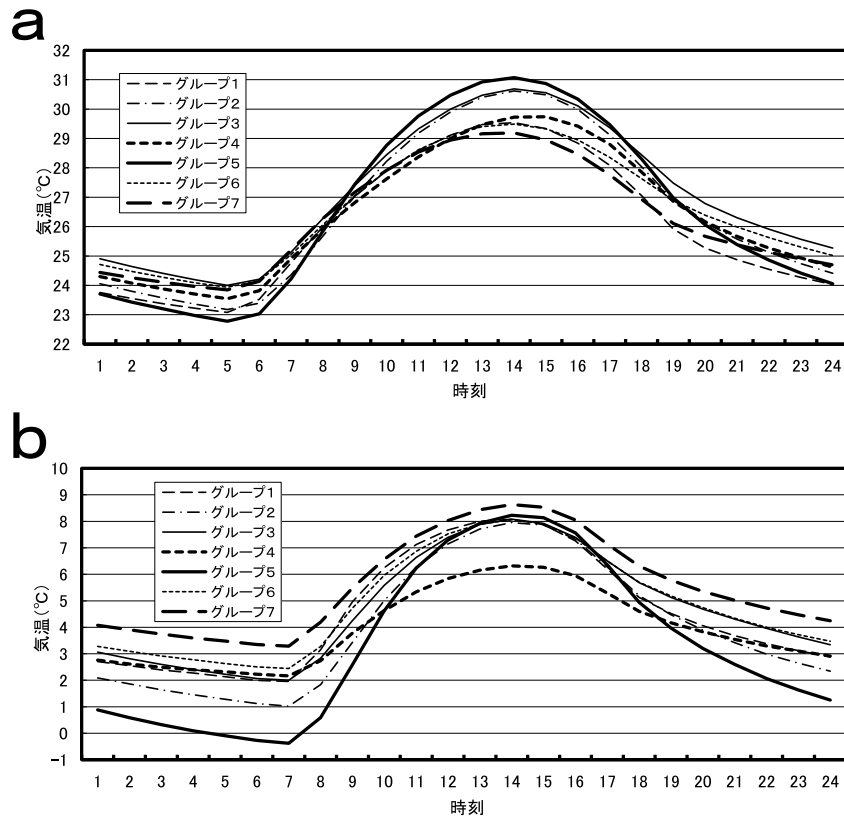


図7 海面レベルに補正した各グループの (a) 夏, (b) 冬の平均気温の日変動。

均気温, 最低気温の3つでクラスタリングを行ったが, グループ7の高温時とグループ3の冬の高温時にグループ内で若干の違いが見られるものの, グループ内では全体的に類似した気温変動を示しており, 類型化は比較的うまく行われていることが分かる。夏の日中の気温が高い時間帯に注目すると, 伊勢湾沿岸東南部に位置する南知多, 蒲郡, 豊橋, 伊良湖では, 他のほとんどの地点で14時に最高気温に達しているのに対して, 1時間早い13時が最高気温となっている。逆に, 南小松, 彦根では1時間遅い15時が最高気温となっている。また, 伊勢湾沿岸西南部に位置する津, 小俣, 鳥羽と美濃加茂, 関ヶ原では, 他の地点と同様に14時に最高気温に達するが, 15時の気温低下が小さく, 高気温が持続する傾向がある。一方, 冬では美濃加茂で15時に最高気温となり, 桑名で14時に最高気温に達し15時の気温低下が小さいが, 夏と比較して最高気温の時間は一定している。

次に, 各グループの平均値を計算し, グループ間の比較を行った(図7)。夏の結果についてみると, グループ間の違いは日中の気温の高い時間帯で違いが大きい傾向がある。領域の北東部に位置

するグループ5は, グループ間で最高気温が最も高く, 31°Cを超えた値を取っている。また, 最低気温も最も低く, 23°Cを下回っており, 1日の気温差が最も大きいグループとなっている。伊勢湾口付近の観測点からなるグループ7は, これとは対照的に最高気温が最も低く, 最低気温が高くなっている。次に, 気温が高いのは濃尾平野の観測点を多く含むグループ2および3となっているが, 日没後の気温ではグループ3は高いのに対し, グループ2は低くなっている。グループ4の特徴は, 他のグループが14時に最高気温を記録する傾向があるのに対し, 15時に最高気温となり, 16時にも気温の低下が小さい傾向がある。グループ1および6は最低気温が約29.5°Cと他のグループと比較して低くなっているが, グループ6はグループ3と同様に日没後の気温が高くなっている。

同様に冬の結果をみると, 夏とは反対にグループ間の違いが日中の気温の高い時間帯ではなく, 日没から早朝の気温の低い時間帯で大きくなっていることが分かる。夏では伊勢湾口付近に位置しているグループ7が, 日の気温の違いが最も小さかったのに対し, 冬ではグループ4が最も小さく

なっている。グループ7はその次に気温変化が小さいが、全体的に高温傾向があり、最高気温、最低気温ともに最も高くなっている。1日の気温差が最も大きいグループは夏と同様にグループ5で、最高気温はグループ4および7を除いた他のグループとほぼ同じ約8℃となっている。最低気温は-0.38℃と唯一0℃以下の気温となっている。他の4グループを比較すると、グループ3とグループ6が17時から24時位にかけて気温が高くなっている。この傾向は夏にも見られたが、冬にはさらに強まっている。

4. まとめと議論

1979年から2001年の伊勢湾周辺域である愛知、岐阜、三重、滋賀県のアメダスデータを用いて、伊勢湾周辺域の夏、冬の気温の空間的な違いに注目して解析を行った。主な結果をまとめると以下のようなになる。

- 1) 夏の最高気温を示す時間で、地点によって違いが見られた。冬ではこの違いは小さくなる傾向があった。
- 2) 伊勢湾口付近の観測点（グループ7）では冬は1日中暖かく、夏には日中の気温が低い傾向があった。また、このグループでは夏冬共通して1日の気温変化が小さい傾向があった。
- 3) 濃尾平野北東の高地からなるグループ（グループ5）では、夏冬ともに1日気温変化が大きい傾向があった。
- 4) 南小松、彦根、関ヶ原からなるグループ4では、夏に最高気温の到達が他のグループと比較して1時間遅れることや冬には日中の最高気温が他と比べて低くなる傾向があった。
- 5) 主に濃尾平野都市部からなるグループ（グループ3）と伊勢湾西岸都市部のグループ（グループ6）では、周辺の都市化が進んでいない地点からなるグループ（グループ2、1）と比較して、17～24時付近の気温が高い傾向があった。

1) の結果で、伊勢湾湾口付近、伊勢湾沿岸西南部、関ヶ原、美濃加茂の濃尾平野周辺域、南小松、彦根の琵琶湖周辺で、夏の最高気温の到達時間や最高気温からの気温低下に違いが見られた。日中の気温の上昇には日射量の大小、観測点付近

の地表面の違い、大気の流れなど様々な要素が関連していることが推測される。山田ら¹¹⁾はアメダスの風データから、恒流成分と日変動成分の運動エネルギー比を計算し、夏には伊勢湾沿岸域と濃尾平野で恒流成分より日変動成分が大きくなることを指摘している。夏の方が最高気温付近の場所による違いが大きいことから、局地風循環による気温変動が影響している可能性がある。この時間のずれが何によって起こったのかを明らかにするには、アメダス5分値データのようなさらに時間間隔の短いデータを用いることや数値モデルなどが有効な手法となるであろう。

2), 3), 4) の結果より、外洋の近くに位置する観測点では海洋性の気候の特徴、内陸部もしくは高地に位置する観測点では内陸性の気候の特徴が見られた。このことから、伊勢湾周辺域の気温場の違いをクラスター解析で分類できたことが分かる。図1からグループ7の北部には山地が存在している。この地形の存在が気温場に影響を与えている可能性が考えられる。グループ5のうち、豊田は他の観測点と比べて標高が低く、岡崎平野の端に位置している。平野部の豊田が高地の他の地点と類似した変動をしていることから、これらの地域の影響を受けていることが考えられる。グループ4では夏に最高気温の到達が他のグループと比較して1時間遅れていた。常松、甲斐¹²⁾は夏季晴天日の濃尾平野の地上風について琵琶湖が存在している場合と無い場合を数値実験で調べ、関ヶ原から名古屋に達する西寄りの風は琵琶湖の影響を受けていることを示している。本論で示した最高気温到達時間の遅れが移流によって起こっている可能性がある。7、8月すべての気温データで解析したことを考慮に入れると、この西寄りの風は頻繁に発生しているか発生時に気温変動に大きな影響を与えているかのどちらかになる。また、冬には日中の最高気温が低くなった。これらの地点は冬季には積雪するため、気温上昇が抑えられ最高気温が低くなるものと思われる。

5) の結果より、グループ3とグループ6で夜間、特に17～24時付近の気温が高い傾向があった。両グループとも地理的条件が類似した都市化のあまり進んでいないグループ（グループ1、2）との比較から、夜間の高温傾向は都市化の影響（アスファルト化、コンクリート化、人工排熱など）

を含んでいることが推測される。グループ3では、名古屋、岐阜、東海など人口密度の高く、都市化が進んでいる都市と大垣、大津などのそれほど都市化の進んでいない都市の間で、冬の高気温時に違いがあるもののそれ以外では大きな違いが見られなかった。都市気候の影響を見る意味でも、大都市部から周辺域への熱の移流拡散を定量的に見積もる必要がある。一方、グループ6は大垣、大津と同様にそれほど都市化の進んでいない都市であるが、冬の夜間、真夜中から早朝にかけてはグループ3より高い気温を示していた。夏の気温の高い時間帯では約1℃気温が低くなっていた。グループ6は伊勢湾西部沿岸域に位置していることから、海からの影響も受けていることが予想できる。海は比熱が高く熱容量が大きいため、都市化と類似した影響を与える可能性がある。これらの地域では、気温に対する伊勢湾からの影響と都市化の影響を定量的に見積もる必要がある。

要 旨

1979年から2000年の伊勢湾周辺域である愛知、岐阜、三重、滋賀県のアメダスデータを用いて、夏季、冬季における伊勢湾周辺域の気温の日変動について調べた。気温は気圧の減少に伴い低下するため、気温の平均高度減率 (0.0065K m^{-1}) で補正した。夏季、冬季の日最高気温、日最低気温の空間分布から、夏冬とも濃尾平野北東の高地で日最高気温が高く、日最低気温は低かった。伊勢湾湾口付近では夏の日最高気温が低く、夏冬ともに日最低気温は高かった。夏季、冬季の時間平均気温から、夏に最高気温を示す時間帯で地点によって気温変動に違いが見られた。類似したグループに分けるために、夏冬の日最高最低気温と日平均気温を用いてクラスター解析を行った。結果として、外洋の影響を受けている地域、高地の特徴を持つ地域、都市化の影響を受けている地域などの特徴的なグループに分けることができた。伊勢湾湾口付近の観測点では1日の気温変化が小さかった

が、濃尾平野北東の高地では1日の気温変動が大きい。濃尾平野都市部は周辺の都市化が進んでいないグループより17~24時付近の気温が高かった。結果として、伊勢湾周辺域で特徴的な気温の日変動を示すことができた。

参考文献

- 1) 森 博明, 小川 宏, 北田敏廣: 濃尾平野における海陸風の特徴と広域海風の出現条件, 天気, **41**, 379-385 (1994)
- 2) Tsunematsu, N., K. Kai: Time variation of cloud distribution near surface wind convergence zone in the Nobi Plain during daytime on summer sunny days, J. Meteor. Soc. Japan, **82**, 1505-1520 (2004)
- 3) Kitada, T., K. Okamura, S. Tanaka: Effects of topography and urbanization on local winds and thermal environment in the Nohbi Plain, coastal region of central Japan: A numerical analysis by mesoscale meteorological model with a k-turbulence model, J. Appl. Meteor., **37**: 1026-1046 (1998).
- 4) 藤部文昭: 関東平野における春・夏季晴天日の気温分布の日変化, 天気, **40**, 759-767 (1993)
- 5) 甲斐憲次, 浦 健一, 河村 武, 朴 (小野) 恵淑: 東京環状八号線道路付近の上空に発生する雲 (環八雲) の事例解析—1989年8月21日の例—, 天気, **42**, 417-428 (1995)
- 6) 藤部文昭: 関東内陸域における猛暑日数増加の実態と都市化の影響についての検討, 天気, **45**: 643-653 (1998).
- 7) 大和田道雄: 「伊勢湾岸の大気循環」(名古屋大学出版会), p.219 (1994)
- 8) 加藤久雄, 森 幾也: 大都市における気温上昇について, 天気, **18**, 597-601 (1971)
- 9) 足立アホロ: 経済活動が都市温度に及ぼす影響—名古屋市を例として—, 天気, **44**, 621-629 (1997)
- 10) 近藤純正: 「地表面に近い大気の科学」(東京大学出版会), p.324 (2000)
- 11) 山田二久次, 中西健一, 長屋祐一: 伊勢湾周辺域の地上風系の特徴, 海と空, **83**, 151-159 (2008)
- 12) 常松展充, 甲斐憲次: 夏季晴天日の濃尾平野における地上風収束域の汚染質と雲分布, 天気, **50**, 527-537 (2003)