地学雑誌
Journal of Geography
115(2) 193–207 2006

北海道・東北地方における冬期の早朝に最低気温が記録される時刻の地理的分布

千　葉　　晃*

Geographical Distribution of Time at Which Minimum Temperatures are Recorded during Early Winter Morning in Hokkaido and Tohoku Districts, Japan

Akira CHIBA*

Abstract

The object of this study was to obtain the geographical distribution of minimum temperatures in northeastern Japan during winter using ten-minute Automated Meteorological Data Acquisition System (AMeDAS) readings. The area under analysis included the Hokkaido and Tohoku districts, as well as north of 37 North Latitude in Niigata Prefecture. Within this area there are 332 observation sites from which data were collected. Data were obtained from AMeDAS, which records data every ten minutes. The observation period covered the months of January and February from 1998 through 2003. There were a total of 355 days of readings. For each station, seventy-one of the days from this period were extracted for an analysis of lowest temperature, being a 20 percent representation of the data. In this paper, the author defines minimum temperature as not being a record low but rather above a rank of six from data taken between 00:10 and 09:00 Japan Standard Time.

The time at which minimum temperatures were most frequently observed was 06:50, with a frequency of 4.49%. The time at which minimum temperatures were observed least was 01:40, with a frequency of 1.14%. From 07:20, the frequency decreases abruptly.

Using a Correspondence Analysis, the author classified the data into four types according to time and geographical distribution.

In type I, there is no prominent overall peak of frequency, but the frequency increases slightly after 07:30. This type I was distributed along the eastern coast of the Hokkaido and Tohoku districts, as well as within Aomori prefecture. The type most closely identified with sunrise time (06:20 ～ 07:30) was located in the basins of inland areas in Hokkaido, Iwate, and Fukushima prefectures (type II). Pre-sunrise times were defined as 04:40 to 06:10 (type III). This type was distributed along the eastern coast of Hokkaido and the Pacific Ocean coast. Data from before 04:30 are classified as type IV. Type IV has a small peak in temperature variation before 01:00. Type I has a small peak after 07:30. These two types can be seen along the coast of the Sea of

* 亜細亜大学
* Asia University

Japan. Types Ⅱ and Ⅲ are related to sunrise time. In these areas there is frequent radiative cooling and a good probability of a clear sky throughout the night. Types I and Ⅳ have less relation to sunrise time.

Key words：correspondence analysis, minimum temperature, Hokkaido, Tohoku, sunrise
キーワード：コレスポンデンス分析，最低気温，北海道，東北，日の出

I. はじめに

1）研究の目的

一般に日最低気温は，晴天日であるならば日の出頃に記録されることが多いと言われている（冨岡, 1965）。福井（1938）には，日最低気温は季節を考慮しなければ午前 4 時から 7 時半の間に記録される，と記述されている。西日本は東日本よりも相対的に日の出時刻が遅いため，日最低気温の出現時刻もこれに対応して遅れることが Okada（1931）に示されている。

日最低気温が何時頃に記録されるかという研究は，次のような報告で扱われている。まず西山（1985）は，冬季の日最低気温出現が日の出時刻前後の 30 分位の間に集中している点を指摘している。また鈴木ほか（1988）によれば，日最低気温の出現頻度は日の出の 2 時間前から徐々に増え，日の出の 11 ～ 20 分後に最大となると報じられている。これらはいずれも茨城県館野における報告で，かつ日の出からの時間差を主眼としているので時刻情報が不明確である。このようなことから，日最低気温が記録される時刻の地域性を捉えた研究が必要であると考えた。

近年，気象庁の地域気象観測所（以下, アメダスと呼ぶ）の 10 分値が公開された（例えば, 藤部・中鉢, 2003; 藤部, 2004 など）ことにより，気象官署以外の地点において従来の 1 時間値よりも詳細な気候値の表現が可能となった[1)]。そこで，この観測間隔の短いデータを利用して日最低気温の出現時刻を決める手法を確立し，その地理的分布の特徴を把握したい。10 分値での議論が可能となれば，例えば脳卒中疾病研究などへの社会的な研究ニーズに寄与できうるものと考えた。

本研究の目的は，北海道と東北地方（新潟県の一部を含む）のアメダス 10 分値を使用し，冬季の早朝に限定した場合，日最低気温の出現時刻（記録された時刻）がどのような空間分布となるかを把握することにある。

II. 解析方法と資料

1）解析に用いた資料

解析に使用した資料は，アメダス 10 分値データ（気象庁提供の CD-ROM, CSV 形式）の気温観測値で, 1998 ～ 2003 年の 1 月および 2 月（合計 6 冬期, 355 日分）を解析対象期間とした。解析対象地域は北海道，東北地方と北緯 37 度以北の新潟県とした（図 1）。

解析対象地域には 332 地点の四要素を観測できるアメダスがある[2)]。

解析対象期間を 2 ヶ月に限定した理由は次の通りである。まず日の出時刻と日最低気温出現時刻の両者には関連性があるのではないかという仮説を設定したので，日の出時刻を調べた。長沢（1999）や五十嵐（2001）によると日の出時刻は日々変化しており，経緯度や標高によって異なるものの冬期の 2 ヶ月間で 1 時間弱の差異がある[3)]。しかしながら，解析対象期間を 1 ヶ月間に限定してしまうと事例数が極端に少なくなる。その一方で 3 月まで含めると期間内における日の出時刻の差が大きくなりすぎ[4)]，適当ではないと判断したからである[5)]。図 2 に解析対象期間の中央部にある 2 月 1 日の日の出等時刻線を示した。これによると東北日本地域での日の出時刻には最大で 20 分程度の差があることがわかった。

さて，日の出時刻に近い朝方に記録される日最低気温で，かつ既往の極値あるいはそれに準ずる

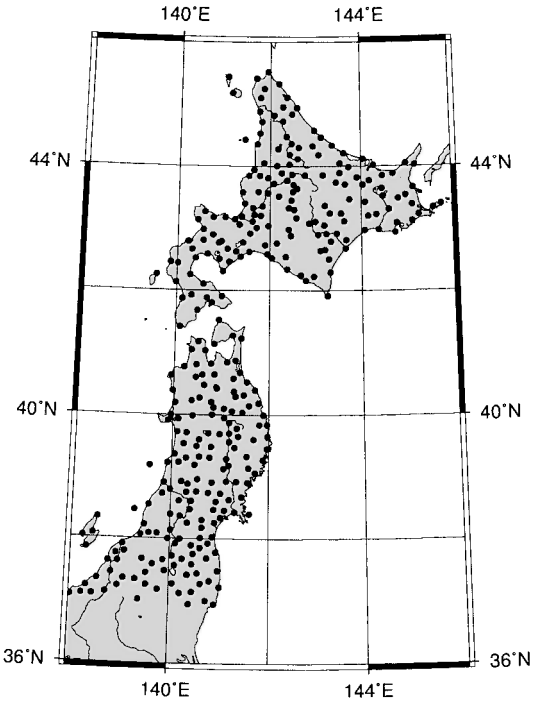


図 1　観測対象地域内にあるアメダス四要素の観測地点分布図.

Fig. 1　Geographical distribution of AMeDAS observatories.

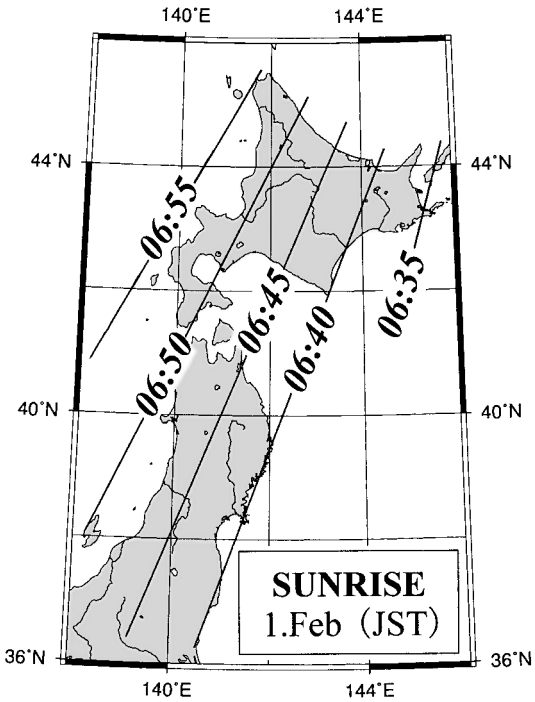


図 2　2 月 1 日の日の出等時刻線.

Fig. 2　Lines show sunrise times on February 1st.

値を記録するような日は，晴天日でかつ放射冷却現象が顕著に現れる（例えば, 千葉, 1999 など）。このような点から，各地点の気温観測値に等質性を持たせるため，各地点ごとに，00 ～ 09 時までの日最低気温の低い順から 20%となる 71 日を解析対象日として抽出した[6, 7]。ここで 20%とした理由は，近藤・山沢（1983）による「一晩中快晴が続く確率」が 0.2 程度であることを基準にしており，上空の寒気団が流入したり晴天で放射冷却が強く効いた日とみなした[8]。

2）最低気温出現時刻特定についての問題

この解析を実施するにあたり，観測の日界と日最低気温の定義についての問題点を解決する必要がある。そもそも日最低気温とは，24 時間内にもっとも低い気温と定義されている（吉野ほか編, 1985）。ただし日最低気温の出現時刻を単純に集計すると，朝方以外にも日界に近接した時間帯にその出現頻度が大きくなることが知られている（例えば, 藤部, 1999）。これは前夜から翌朝にかけて気温が低下する過程において，日界の存在によりデータが不連続となるためである。さらに日中に寒冷前線が通過するような日であれば，寒気の流入のため午後にかけて気温が低くなる事例となる。このように日最低気温は必ずしも朝方に記録されないことが日常的に多く存在することが経験的にわかっている。よって中島（1999）が指摘するように，気温変化の「谷」をうまく捕捉する方法を考える必要性が生じてくる。ここでは，藤部（1999）が示唆した「明け方の真の低極」に注目する。

前述したように日界を午前 0 時として 24 時間全ての観測値を解析対象とすると，午後に日最低気温が記録されるケースが当然抽出される。鈴木ほか（1988）の手法と同様に，解析対象時刻を

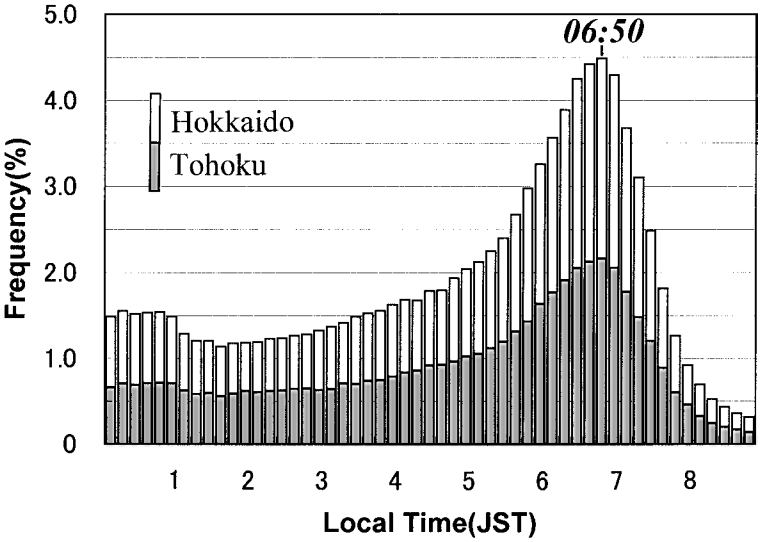


図 3　解析対象地点全体での最低気温出現頻度.

Fig. 3　Histogram of times of minimum temperatures occur at all AMeDAS observatories.

午前 0 時 10 分から午前 9 時まで（以後時刻は 24 時間制で 00:10, 09:00 などと表記する）に絞った。本研究ではこれを，単に「最低気温」と呼ぶことにした。

さらにこの最低気温の定義に関して，解析対象日の気温最低値[9] と 2 位以下の値が記録された時刻に隔たりがあれば，2 位以下のデータも軽視せずに取り入れたほうが解析に都合がよいと考えた。旧来の 1 時間値（60 分）という時間枠とその母集団の大きさを考慮し，解析対象当日の気温最低値から 6 位までの値も解析するデータに含めた[10]。これらの手法を用いると日界付近の最頻値は現れず，本研究の目的に合致したデータを抽出することができた。以上のような過程により作成した資料から次の結果が得られた。

III. 結果と考察

1）統計値による結果

全解析対象地点の日最低気温のデータから，ヒストグラムを作成した（図 3）。00:10 に最低気温が記録される頻度は 1.49%で，日の出前で出現頻度が最も小さい 01:40 に向けてその値は減少する。01:40 は日最低気温が最も記録されにくい時刻であることも明らかになった。この間 01:00 までは 1.50%程度の出現頻度を保っているものの，01:10 からは 0.25%小さくなる。その後 01:50 から出現頻度が大きくなり始め，最大は 06:50 の 4.49%（6348 事例）で，それに次いで 06:40 の 4.42%（6258 事例）であった。その間 04:30（1.785%）と 04:50（1.793%）のみ，出現頻度の増え方が前後の時刻よりも小さく，グラフが階段状になる。全体としては 06:30 ～ 07:00 の 30 分間が日最低気温出現のピークであると言える。07:20 頃からは出現頻度の減少が著しく，08:30 以降には 0.50%を下回る。東北と北海道の両地方を分離して出現頻度の検討を試みても（図 3），両者のヒストグラム形状に差異はほとんどなかった。

このヒストグラムから判断し，解析対象地域における最低気温出現の「核心時刻」を 06:50 と定め，この時刻の前後 20 分のデータ[11] を併せて検討した。

解析対象期間内において，06:30 ～ 07:10 の間に最低気温が記録される頻度（記録回数）の分布

表 1　各時間帯別の最低気温出現頻度.

Table 1　Frequencies minimum temperatures occur at each time interval.

時間帯	06:10 ～ 06:50		06:30 ～ 07:10		06:50 ～ 07:30	
順位	地点	頻度(回)	順位	地点	順位	地点	頻度(回)
1	陸　別(十勝)	213	1	足　寄(十勝)	197	1	浦　幌(十勝)	186
2	標　茶(釧路)	182	2	陸　別(十勝)	193	2	足　寄(十勝)	185
3	帯　広(十勝)	174	3	本　別(十勝)	186	3	本　別(十勝)	157
4	本　別(十勝)	172	4	浦　幌(十勝)	183	4	大　津(十勝)	150
5	足　寄(十勝)	161	5	大　津(十勝)	164	5	遠　野(岩手)	142
6	二本松(福島)	161	6	東白川(福島)	162	6	北　上(岩手)	140
7	東白川(福島)	161	7	標　茶(釧路)	157	7	新　和(日高)	135
8	小名浜(福島)	157	8	遠　野(岩手)	156	8	金　山(福島)	135
9	北　見(網走)	154	9	川　内(福島)	155	9	陸　別(十勝)	130
10	糠　平(十勝)	150	10	帯　広(十勝)	154	10	只　見(福島)	128

（括弧内は県名・支庁名）

を図 4a に示した。大局的には北海道の南東部および東北地方の太平洋岸でその頻度が大きく，日本海側で小さいというコントラストを示した。とりわけ足寄，陸別，本別，浦幌，大津の十勝支庁管内の地点が上位 5 位までを占め（表 1），頻度はいずれも 150 回以上となった。沿岸部では頻度が 90 回未満であるものの，例外として新和(頻度 151 回)，静内（同 132 回），日高門別（同 129 回）など，日高支庁での頻度は大きい。また秋田県内陸部（雄物川および米代川沿い）では，頻度が 90 ～ 119 回の地点も列状に分布しており，山形県や青森県の内陸部よりも比較的大きい傾向にある。この間に最低気温が記録される頻度が小さい地点は，今別（青森・頻度 40 回 : 以下地名に括弧書きがある場合は県名および支庁名の表記である)，礼文島の船泊（宗谷・同 38 回)，松前(渡島・同 35 回)，相川（新潟・同 34 回)，粟島(新潟・同 30 回)（表省略）で，いずれも日本海側の地点であった。

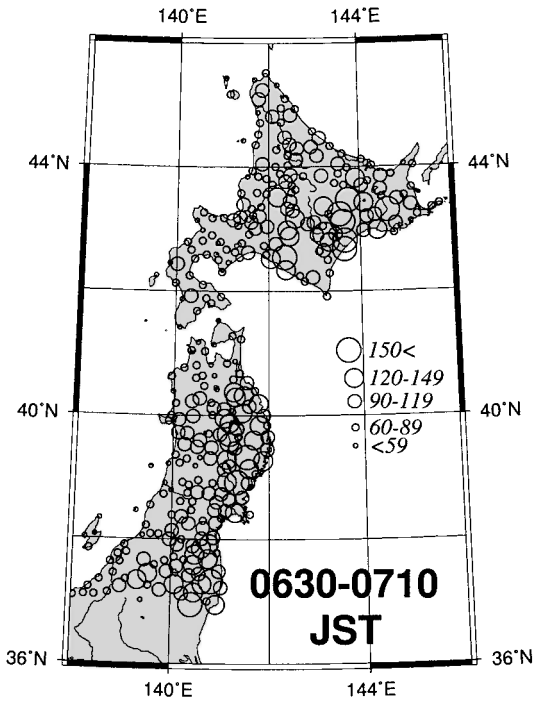
同様に図 4b には，図 4a よりも前に 20 分ずらした 06:10 ～ 06:50 の出現頻度を空間分布図として示し，同様に後に 20 分ずらした 06:50 ～ 07:30 の頻度分布図（図 4c）と対比させた。出現頻度の多寡について，図 4b と図 4c の分布形態に大きな相違はないが，特に根室および納沙布岬(根室)，上越（新潟）では 06:10 ～ 06:50 の時間帯に極大がみられ，周辺の地点とは異なる傾向を示した。道東，三陸海岸の各地点および宮城県内の平野部においては 06:50 ～ 07:30 の出現頻度は小さく，それ以前の比較的早い時間帯に最低気温が記録されることがわかった。青森県内の地点はいずれの時間帯でも常に出現頻度が小さく，これら以外の時間帯で最低気温が記録されているとみられる。ここで解析を行なった 1 時間 20 分の間では，内陸と沿岸部の相違が明白に示された。

2）コレスポンデンス分析による結果

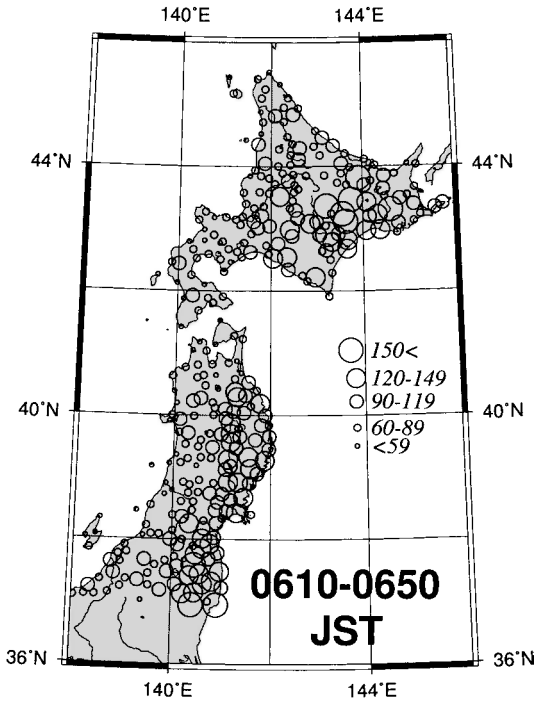
1. コレスポンデンス分析について

この節では，統計的な議論を行なうためにコレスポンデンス分析を利用して，日最低気温出現時刻の地点別および時間別の類型化を行なった。

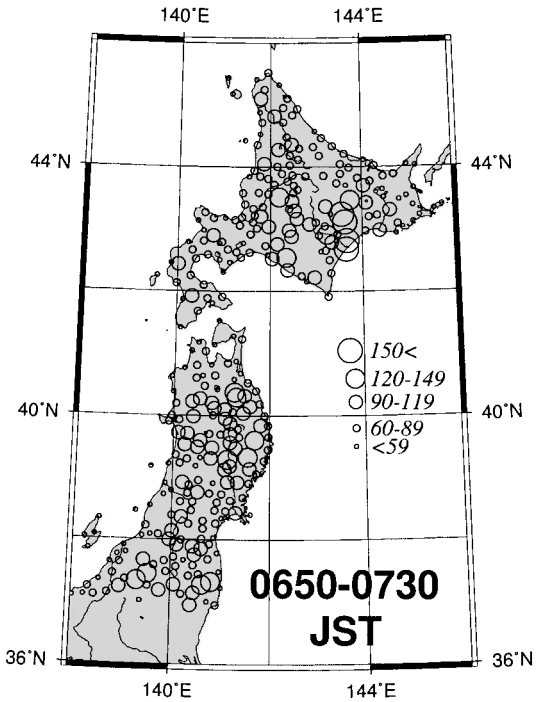
コレスポンデンス分析とは，日本では数量化理論Ⅲ類とも呼ばれており質的データを量的データに変換して，その特性を明らかにするとき用いられる手法である（森本, 1997; 村山, 1988; 内田, 1997 など）[12]。解析すべきデータが多数の行列で全体の特性が見渡せにくいデータを，大まかに分類するのに適しており，クロス集計表を点グラフ化できることが最大の特徴である（高橋, 2005）[13]。したがってデータ量が多いマーケティング分野のアンケート集計などで積極的に活用さ



(a)



(b)



(c)

図 4　下記の時間帯に最低気温を記録した回数の分布図.
(a) 06:30 ～ 07:10
(b) 06:10 ～ 06:50
(c) 06:50 ～ 07:30

Fig. 4　Spatial distribution of frequencies of minimum temperatures (a) between 6:30 and 7:10, (b) between 6:10 and 6:50, and (c) between 6:50 and 7:30.

表 2　コレスポンデンス分析によって解析するデータ行列の例.

Table 2　Example of determinants used by correspondence analysis.

地点 / 時刻	1	2	3	4	5	10	11	12	13	14
宗谷岬	6	7	13	12	8	12	5	8	9	8
船舶	12	17	12	14	13	10	7	8	3	7
稚内	9	9	8	10	9	10	6	3	7	4
浜鬼士別	12	13	13	15	13	13	12	9	9	12
沼川	3	6	6	5	6	7	8	9	4	9
沓形	10	9	9	7	2	8	8	7	11	6
豊富	5	6	6	5	4	3	6	5	3	4
浜頓別	8	6	3	6	9	10	10	6	9	8
・				・			・			
・				・			・			
十日町	6	7	6	4	3	4	7	8	4	7
糸魚川	8	7	7	4	5	6	7	6	6	8
能生	10	11	14	14	14	11	4	9	10	6

（縦方向に地点名，横方向は 00:10 ～ 01:40 の時刻を表す）

れている。この分野においては例えば，似たような消費行動をとる人を 2 次元散布図上で近くに集め，結果を可視化するような解析事例で目にすることがある（豊田・齋藤, 2005）。

前節では，最低気温が記録された時刻と出現頻度のみに注目するために，汎用の表計算ソフト（Excel）によって表 2 に示したようなクロス集計表を作成していた。ここでの数値とは，各地点における最低気温の出現頻度（記録回数）である。

コレスポンデンス分析は一般的に計算機上で行われ，本研究では汎用統計パッケージ（StatWorks）によって分析を実施させた。分析は次のような手順を踏む。最初にデータ各項目の総和による基準化を行ない，得られる特異ベクトルを規格化して地点ごとのスコアを算出する。すなわち，サンプル（各地点）と特性（時刻）の相関係数が最大になるように並べ替えを自動的に繰り返し，この過程で地点ごとの相関係数が求まっていく。これらの相関係数に対して座標上での距離を与える。この距離情報を表す値がスコアで，仮に任意の 2 地点の相関係数が 1 ならば座標上で重なり，－1 となれば最も離れたところに位置するように決めている（大村, 1983）。この結果各地点間の座標上での遠近も表現可能で，本研究においては地域および時刻分布のパターン化が可能となる[14]。

なお，各地点におけるスコアは第 3 成分，第 4 成分と続いていくが，本分析結果での累積寄与率は第 2 成分までで 51.1%であった。座標として表現する次元の決定に際しては，1 つの次元での寄与率が 10%以上のものを取り上げることとし，第 3 成分，第 4 成分は本研究では無視することとした。なお，行数と列数が多い本研究のようなデータにおいては，寄与率が低めに算出される傾向にある。

まず，最低気温出現頻度の分布状況を分類するために地点のスコア散布図[15]（図 5）を作成した。地域的な特徴がわかりやすいように，北海道の東部と西部（留萌, 石狩, 胆振支庁以西）と青森県，東北地方の東部太平洋側（岩手, 宮城, 福島），同西部日本海側（秋田, 山形）および新潟県の地点に便宜上分別してプロットした。散布図の原点付近は，解析対象地点において標準的な性質を持つ地点である。したがってスコアが± 0.4 以下の地点は V 型として分類し，Ⅰ～Ⅳの地点からは予め除外した。

このコレスポンデンス分析では，スコア符号に基づいて解析対象の時間帯も 2 次元の座標軸に

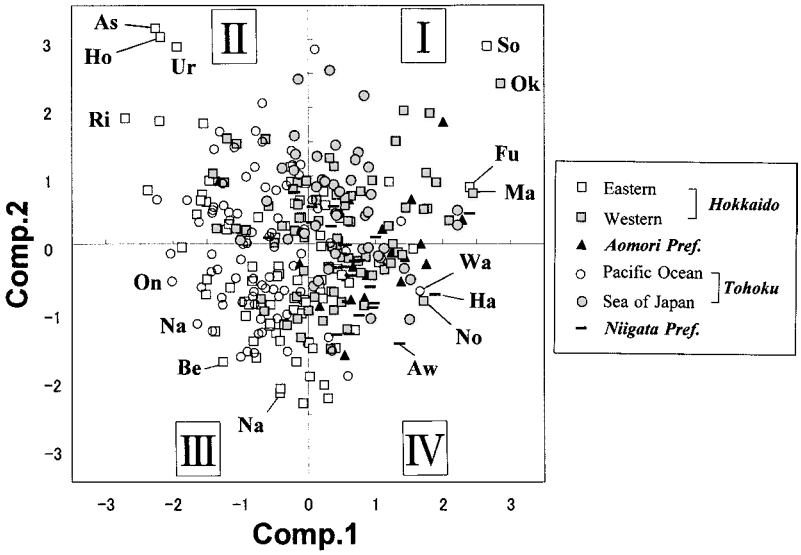


図 5　コレスポンデンス分析による地点のスコア散布図.

Fig. 5　Scatter diagram of AMeDAS observatories according to Correspondence Analysis.

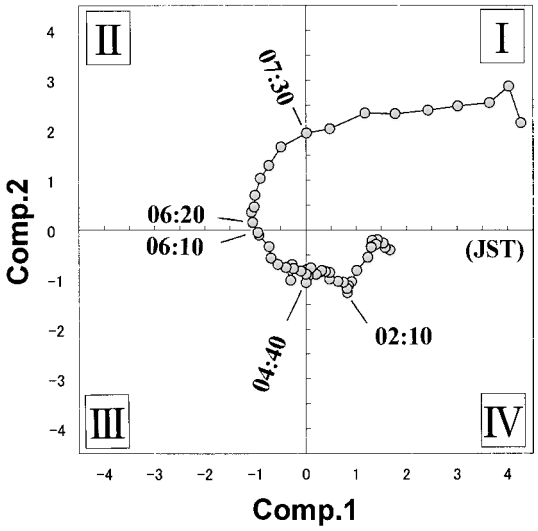


図 6　コレスポンデンス分析による時刻のスコア散布図.

Fig. 6　Scatter diagram by time（00:10 to 09:00）according to Correspondence Analysis.

置いて分類することが可能である（図 6）。

2. コレスポンデンス分析による地点類型化の結果

上記の手順によって作成された各図（図 6 および図 7）によれば，① 07:30 以降は日の出時刻から遅れて記録されるタイプ（以後 I 型と呼ぶ），②日の出時刻に対応している時刻は，06:20 ～ 07:30 まで（同じく II 型），③日の出時刻前とは 04:40 ～ 06:10 まで（III 型），④日の出時刻にあまり依存しないタイプの 00:10 ～ 04:30（IV 型）とそれぞれ解釈できる。これら 4 つの時間区分は，前述した地点のスコア散布図（図 5）とも対応させることができる。次に，この地点のスコア散布図によって分類された各タイプごとに分けた空間分布図を作成した（図 8 ～図 11 の a）。また，コレスポンデンス分析では，散布図上の原点から離れた地点が特異的・個性的な地点として表現される。したがって，地理的な関係を考慮しながら各タイプの特徴が浮き彫りになるよう，代表的なアメダス地点を 4 箇所ずつ選定した。以下に各タイプの特徴を述べる。

I 型は，07:30 以降に最低気温が出現している

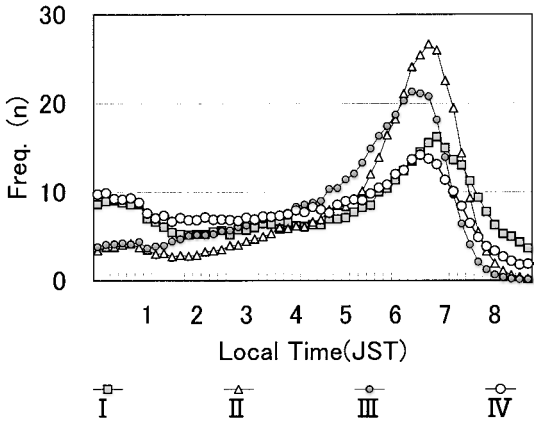


図 7　各タイプに分類された地点の最低気温出現頻度の平均値.

Fig. 7　Variations of the average frequency of times minimum temperatures occur for each type.

タイプと解釈される。最低気温出現時刻の頻度経時変化（図 8b）を見る限り，00 時から 01 時の間に山があり，全体としては 03 ～ 04 時に底のある時間変化となっている。図 8a によると，えりも岬（日高）を除いてほとんどの地点が日本海側に分布している。また大間，脇野沢，野辺地（いずれも青森）を代表とする津軽海峡，陸奥湾に面した地点もこの I 型に分類された。

続いてⅡ型は 06:20 から 07:30 までの時間帯に相当する。図 9b の経時変化を見ると，陸別（十勝）のみ他の地点と比較してやや早い 06:30 に出現頻度のピークが存在する。Ⅱ型の空間分布（図 9a）によれば，北海道内では空知，十勝，日高，釧路の各支庁管内に，また東北地方では北上盆地，山形盆地のほか北上高地，阿武隈高地にも分布している。図 9a 中にプロットされた秋田県内の 2 地点は，鷹巣，大館である。

Ⅲ型は 04:40 ～ 06:10 の時間帯に該当し，出現頻度の経時変化ではピークが 06 時台に存在することがわかった（図 10b）。ただし，03 時頃から徐々に頻度が増加している点がⅡ型との大きな違いになっている。ここで 04:40 という時刻は，解析対象全体の出現頻度が 06:50 のピークに向けて増加傾向にあるなかで，一時的にその増加が抑え

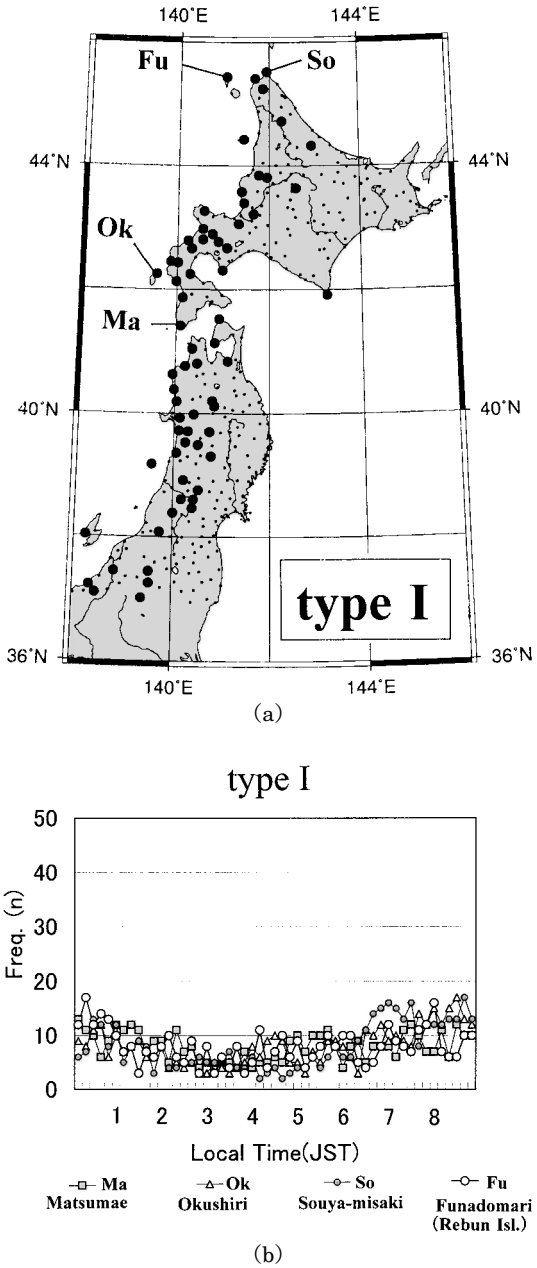


図 8　(a) I 型に分類された地点の空間分布図.
(b) I 型に分類された代表的な地点における最低気温出現頻度の経時変化.

Fig. 8　(a) The spatial distribution of AMeDAS observatories classified as Type I.
(b) Variations of frequency of times minimum temperatures occur at representative observatories classified as Type I.

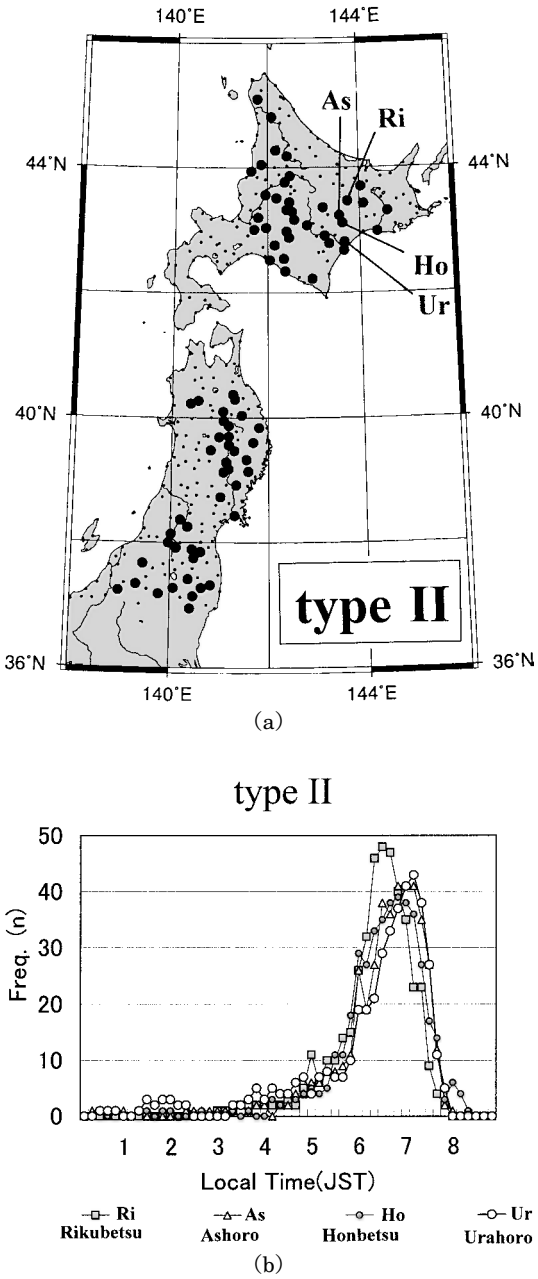


図 9 (a) II 型に分類された地点の空間分布図.
(b) II 型に分類された代表的な地点における最低気温出現頻度の経時変化.

Fig. 9 (a) Spatial distribution of AMeDAS observatories classified as Type II.
(b) Variations of frequency of times minimum temperatures occur at representative observatories classified as Type II.

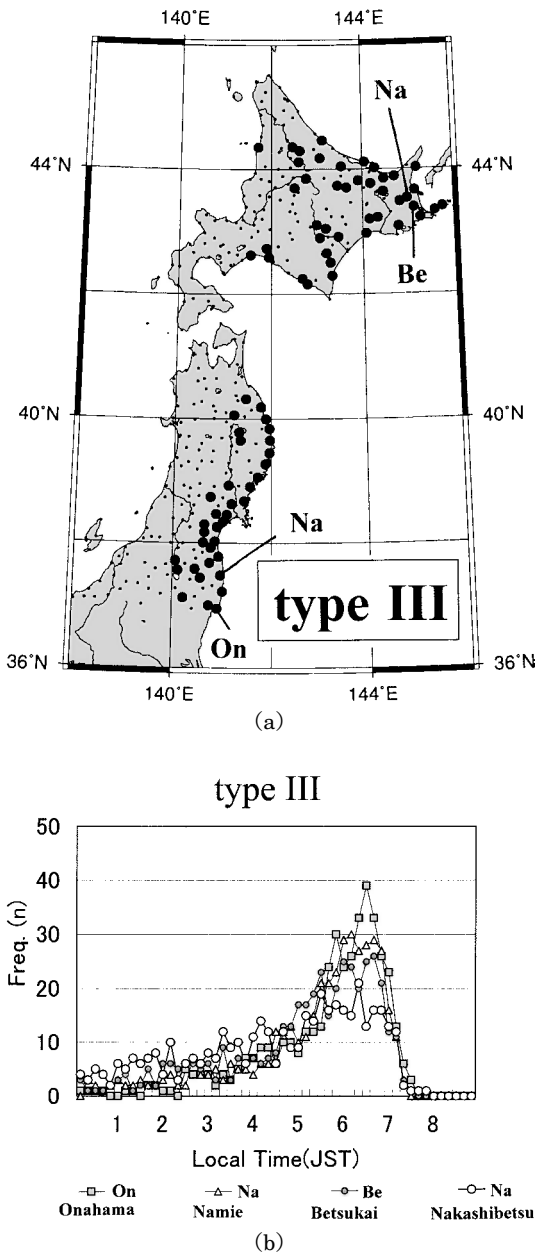
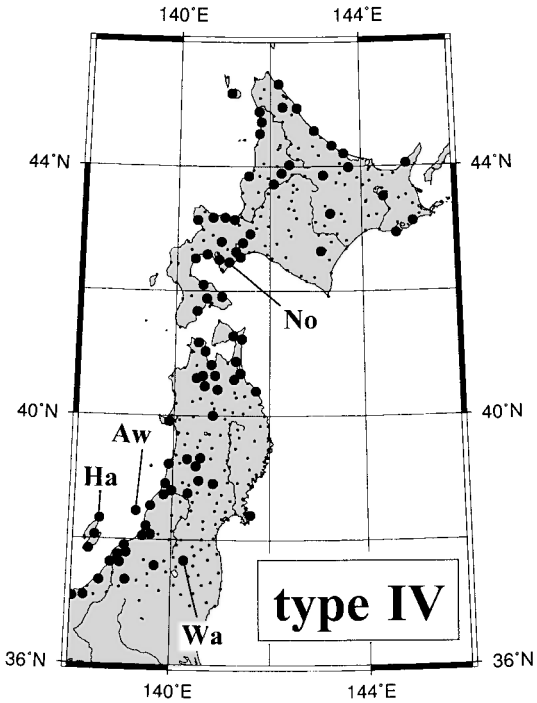
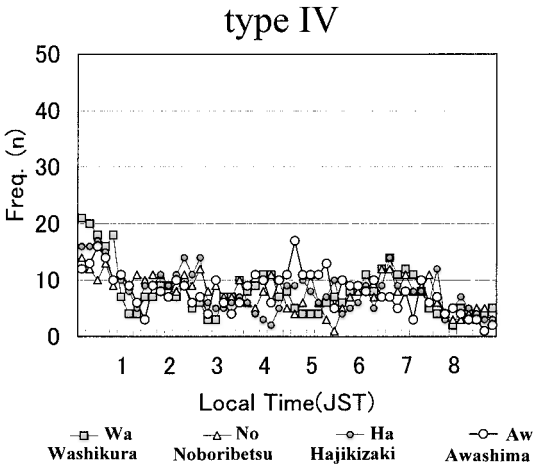


図 10 (a) III 型に分類された地点の空間分布図.
(b) III 型に分類された代表的な地点における最低気温出現頻度の経時変化.

Fig. 10 (a) Spatial distribution of AMeDAS observatories classified as Type III.
(b) Variations of frequency of times minimum temperatures occur at representative observatories classified as Type III.



(a)



(b)

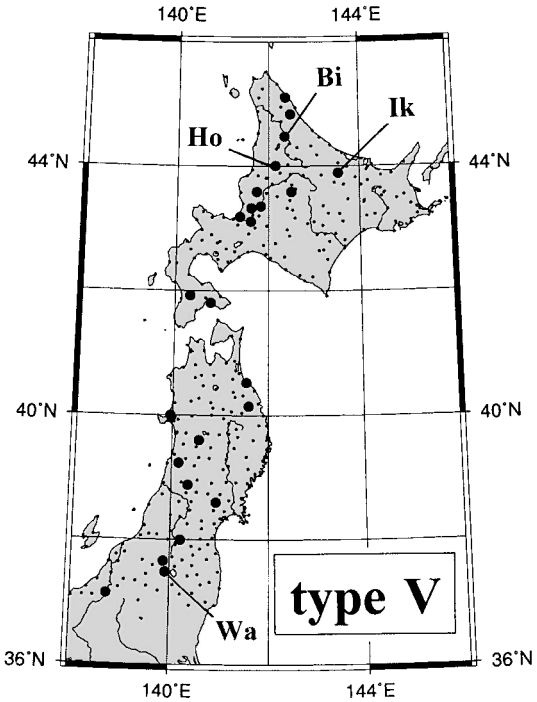
図 11 (a) Ⅳ型に分類された地点の空間分布図.
(b) Ⅳ型に分類された代表的な地点における最低気温出現頻度の経時変化.

Fig. 11 (a) Spatial distribution of AMeDAS observatories classified as Type Ⅳ.
(b) Variations of frequency of times minimum temperatures occur at representative observatories classified as Type Ⅳ.

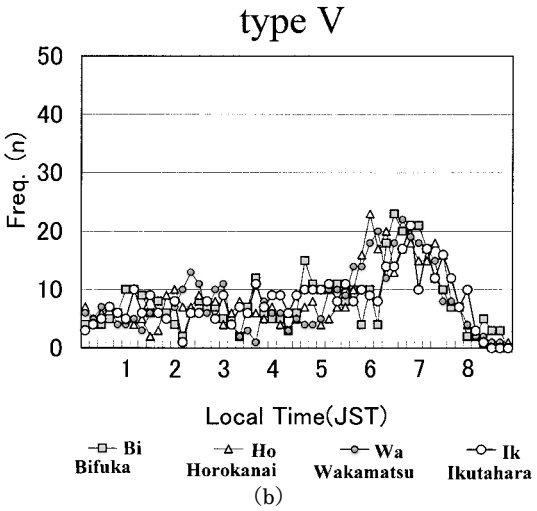
られる時刻と一致している。図 10a に示した空間分布について，網走，根室，釧路管内の北海道東部，三陸沿岸の八戸（青森）から志津川（宮城）の間では，種市（岩手）を除いて全ての地点がこのⅢ型に分類されていた。三陸海岸沿いにあるアメダスの立地状況に関しては，海岸から離れていない高台に立地しているケースが多いので，このような結果となったものと考えられる。

最後にⅣ型は，先のⅠ型と同様に明確な極大を持たないタイプである。しかしながら 01 時までの出現頻度についてはⅠ型と比較して大きく（図 11b），日の出時刻頃の極大は存在しない。このタイプの地点は，むしろ前日の夕方から夜半にかけての夜間の気温低下量が大きいものと解釈できる。空間分布図（図 11a）を見ると，沿岸部および内陸部にもこのタイプの地点が分布しており，明確な地域的特徴は見られない。北海道内に目を移すと，Ⅳ型に分類された地点はオホーツク海沿岸部，石狩川流域，石狩湾沿岸，胆振支庁に分布しているほか，青森，秋田，山形，新潟の各県沿岸部に集中している。佐渡島では，西海岸の相川を除いて，弾崎，両津，羽茂のいずれもこのタイプとなった。東北地方の南部太平洋側には分布地点が極端に少なく，江ノ島（宮城）と鷲倉（福島）のみであった。前者は女川町沖の島嶼部で，後者は標高 1220 m に位置する地点で，両者ともに周辺の地点とは地理的性格が明らかに異なる。そのほか矢島，東由利，湯沢，横手などの秋田県南部では内陸部に至るまで，このⅣ型が支配的である。アメダスによる観測が開始されて以降，国内での最低気温を記録した上川支庁管内の江丹別（千葉, 2000）も，このタイプに分類された。

ところで，コレスポンデンス分析による地点のスコア散布図上で原点に近い点は，地域的な個性が弱く言わば「標準的な地点」であると述べた。地点のスコア散布図上（図 5）の第 1 成分および第 2 成分がそれぞれ± 0.4 以下の 24 地点を選定し，これらをⅤ型として分類した（図 12a）。時刻別の最低気温出現頻度と，同全地点平均値と比較したところ（図 13），両者はほぼ同じ時刻分布を示しており，Ⅴ型がこの東北日本地域の言わば



(a)



(b)

図 12 (a) V 型に分類された地点の空間分布図.
(b) V 型に分類された代表的な地点における最低気温出現頻度の経時変化.

Fig. 12 (a) The spatial distribution of AMeDAS observatories classified as Type V.
(b) Variations of frequency times of minimum temperatures occur at representative observatories classified as Type V.

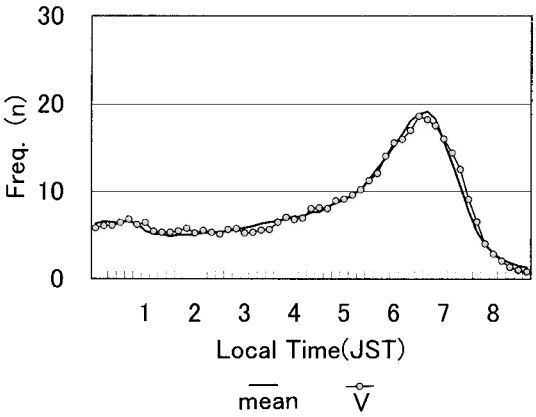


図 13 V 型に分類された地点と全地点における最低気温出現頻度の平均値の比較.

Fig. 13 Same as Fig. 7, but type V and at all AMeDAS observatories.

「平均的な地点」であることが証明された。この型の地点の空間分布状況を見ると，函館（渡島），大潟（秋田）と種市（岩手）を除いて全て内陸部に位置していた。各タイプごとに 1 地点となるように，美深（上川），幌加内（空知），若松（福島），生田原（網走）の 4 地点をその代表例として選定し経時変化を示した（図 12b）。前述の図 7 とも併せて検討した結果，最低気温出現頻度の集中の程度において V 型は I 型と III 型の中間型で，ピークの位置においては II 型に相当することがわかった。

3）考察

上記の解析結果から，II 型と III 型は夜間冷却量の大きい地点に該当すると推測され，出現頻度の経時変化に明確なピークの存在がうかがえる。このピークは先に示した図 2 の日の出時刻と対応しているものと考えられる。この時期の日の出の等時刻線は北東–南西方向に走っており（長沢，1999），根室や小名浜などでその時刻が早く，稚内や新潟では遅い。III 型では出現頻度のピークが 06:30 頃となっており，この等時刻線の走向によく対応している。また II 型の地点の空間分布状況は，III 型よりも内陸部に広がっている。しかしながら III 型の西側に分布しているということは，日

の出時刻の相違が第一要因で，次いで考えられる要因としては，内陸部や盆地に位置している点である。特に，Ⅱ型は夜半から早朝まで晴天が継続する地点であると推測できる。このⅡおよびⅢ型の地点に関しては，千葉（2000）で指摘したような冷え込みが厳しい地点という特徴に加えて，放射冷却現象が持続しやすいということも示唆される[16)]。

一方で，Ⅰ型とⅣ型に関しては日の出時刻との関連性は薄いことが明らかになった。この2つのタイプに関しては，気温の変化量がそれほど大きくないこと，海洋に近接しているという影響などの要因が考えられる。そもそもアメダス地点には，標高，谷の走向，傾斜方向，角度をはじめとした地点固有の特性がある（例えば, 黒瀬ほか, 1999）。したがって今後，個々の地点でアメダスの風データを利用して最低気温の発現に及ぼす諸過程を確認することが必要である。

アメダス10分値とコレスポンデンス分析の手法を導入することにより，最低気温出現の場において1時間値では不明確であった時間区分と空間分布特性を明らかにすることが可能となった。この点が本研究の大きな成果である。北海道や東北地方の気温分布を扱った研究（例えば, 佐藤・金沢, 1982; 加藤, 1983; 千葉, 2000; 千葉, 2002など）の解析結果を見ると，内陸部と沿岸部の気温差が明確に表現されている。気温の観測値のみではなく時刻の概念を取り入れることによって，従来の研究では全く見えなかった空間分布を表現することができた。本研究では地点の時間・空間分布の分類手法とその結果に主眼を置いている。そのため原因やメカニズムの探究が，次の研究への課題となった。

Ⅳ. ま と め

①解析対象にあるアメダス全地点のデータにおいて，最低気温記録頻度の最も大きい時刻は06:50である。

②最も最低気温が記録されにくい時刻は01:40であった。また，04:30と04:50頃は，その前後と比較すると一時的に最低気温の出現頻度の増え方が小さい時刻である。

③北海道と東北の地点を分離し，最低気温出現頻度の経時変化を検討しても，両者に大きな差異はないことが明らかになった。

③コレスポンデンス分析（数量化理論Ⅲ類）の手法により，各地点を4タイプと原点に近い平均的なタイプの計5つに類型化することができた。

④5つのタイプは以下のように説明できた。

Ⅰ型：全体的に最低気温出現頻度の極大は明瞭ではないが，07:30以降に小さなピークがある。北海道，東北地方の日本海側および青森県内はこのタイプの地点が支配的であった。

Ⅱ型：06:20から07:30までの1時間10分の間に最低気温出現頻度が集中し，特にそのピークの形が明瞭である点がこのタイプの特徴である。同時に日の出時刻と最もよく対応している。このⅡ型に分類された地点は，北海道内および東北地方の岩手，福島を中心とした内陸の盆地に分布していた。

Ⅲ型：04:40 ～ 06:10にピークがある。最低気温出現頻度の経時変化の様相は上記のⅡ型と大きく変わらないものの，ピークはⅡ型ほど急峻ではない。分布域は道東および三陸沿岸をはじめとした太平洋側となっていた。

Ⅳ型：Ⅰ型と同様にヒストグラムの経時変化に明確な極大が見られないものの，00:10 ～ 04:30の間と分類されたタイプである。01時までの間に最低気温出現頻度の緩やかなピークがある。このⅣ型の地点は，解析対象地域全体に散在しているが，とりわけ日本海側に多く分布していた。このⅣ型の地点では，日の出時間帯の最低気温出現は期待できないと言える。

Ⅴ型：コレスポンデンス分析で地点の散布図を作成し，その図の原点に近い地点，すなわち解析対象地域全体を代表するような平均的な地点をⅤ型として分類した。出現頻度の経時変化のピークはⅢ型に最も近いが，日の出時刻付近の出現頻度はⅢ型よりも小さい。分類された24地点は，ほとんどの地点が内陸部に位置していた。

謝　辞

本研究を行なうにあたり，法政大学文学部地理学教室教授の佐藤典人先生にご指導いただきました。また，統計解析に関しては，東京情報大学総合情報学部環境情報学科助教授の内田　治先生にご指導いただきました。法政大学大学院・気候学ゼミの大貫礼史さん，壷阪真理子さん（当時）からは貴重な意見を頂戴しました。2 名の査読者からは有益な意見を頂きました。各位に対して改めて感謝申し上げます。

本研究は，東北地理学会（2003 年春季および秋季，2004 年秋季学術大会）と日本地理学会 2004 年春季学術大会で発表した内容を骨子としてまとめたものである。

注

1）例えば櫃間（1998）のように，気象官署のデータを利用して最高気温の出現時刻を 1 時間よりも細かく表現した報告例は存在する。また，小気候観測の自記温度計等によって連続的な気温変化を把握することは従来より行なわれている。

2）本研究の解析対象年次のアメダス地点数を意味しており，その後の地点増減は考慮されていない。また，空港併設の観測データは含まれていない。

3）日の出時刻は，地点と日付が同じであれば毎年ほとんど変わらない（長沢, 1999）。理科年表（例えば国立天文台編, 2004）には，国内代表地点の計算値が掲載されている。ただし本研究では，海上保安庁のホームページ上で公開されている「日月出没時刻方位サービス」によって上記の計算値を補った。それらによると稚内の 1 月 1 日の日の出時刻は 07:13，2 月 28 日の日の出時刻は 06:14 で 59 分の差がある。一方新潟では 42 分の差となっており高緯度になるほど時間差が大きくなる。

4）3 月 31 日の日の出時刻は，稚内で 05:16，新潟で 05:31 である。1 月 1 日との差は，稚内で 1 時間 57 分，新潟で 1 時間 28 分となる。

5）Maejima（1962）によると，日最低気温の 5 日平均値で最も低い値をとる時期は 1 月下旬である。同様に倉嶋（1966）による日平均気温 0℃以下の日も，1 月下旬に記録されている。したがって，1 月下旬を中心に前後 1 ヶ月が厳冬期になると判断し，1 月と 2 月を解析対象月と定めた。

6）観測の開始・終了および地点移動にともない，母集団が少ない地点は次の 4 地点である。江別（2000 年まで），森（2002 年まで），奥尻（2000 年 1 月より），寺泊（2001 年まで）。これらの地点も他の地点と同様に解析対象日として 71 日分のデータを使用している。ただし，上川支庁の忠別は志比内と名称変更されているが，同じ地点であるので忠別として解析に含めてある。

7）欠測があった日のデータも含めて解析を行なった。欠測が全くない地点は 274 地点で，欠測が 1 回でもあった地点は 58 地点であった。欠測数が最大の 24 回の地点であっても，欠測率は 1.127%になるので，解析には大きな影響がないものとした。

8）近藤・山沢（1983）によると一晩中快晴が持続する日数は 20%であると指摘されているが，この数値は日本海側と太平洋側では異なる。快晴確率が小さい地点は，秋田（6%）あるいは札幌（12%）で，快晴確率が大きい地点は仙台（41%）と根室（37%）となっている。本研究では，全地点とも一律に 20%までのデータを解析に使用した。

9）各地点において最低気温の最も低い日の起日を検討した。解析対象地域内で 30 地点以上同時に記録された日は 2000 年 1 月 27 日，2001 年 1 月 15 日，1999 年 2 月 4 日であり，いずれの日も冬型の気圧配置となっていた。

10）アメダスに備え付けられている温度計の分解能は 0.1℃であるが，その測定誤差は± 0.25℃ある（鈴木, 1996）。他方，多雪地のアメダスの感温部はその高さを調節している。気象庁編（2001）によれば，冬期に感温部を特に高くしている地点は，空知支庁管内の朱鞠内，幌加内，石狩沼田で，最大で地上 4.0 m となる。冬期間は積雪の状況が刻々と変化するので，無積雪であれば通常より高い位置の気温を観測していることとなり，このような誤差も存在することを念頭に置く必要がある。

11）アメダスによる 5 回の観測分に相当する。

12）コレスポンデンス分析と数量化理論Ⅲ類の差異は，分析しようとするデータにあり後者が 1 あるいは 0 のようなダミー変数行列に限定される点である（朝野, 2000）。

13）気候値の統計解析は，気温の連続値などの量的データを解析するために主成分分析を使うことが多い。しかしながら本研究では，気温の計測値そのものではなく，出現頻度（回数）をデータとしているので，主成分分析の使用は適当ではない。

14）数量化理論Ⅲ類の基本方程式は以下に示される。

$$r = \frac{1}{N} \sum_i \sum_j Z_{ij}\, x_i y_j$$

$$Z_{ij} = \begin{cases} 1：\text{サンプル } j \text{ がカテゴリー } i \text{ に反応した時} \\ 0：\quad 〃 \quad \text{しない時} \end{cases}$$

N：総反応数
（大野, 1997）

このほか岩坪（1987）にも方程式の解法が示されている。また，コレスポンデンス分析においてのスコアの具体的な計算方法については，高橋（2005）に紹介されている。

15）スコア散布図は，布置図とも呼ばれている。

16）大手国産自動車メーカーの低温試験場（テストコース）が士別市と陸別町にある（士別市史編纂室編, 1989；陸別町役場広報広聴町史編さん室編, 1994）。これらの試験場近傍のアメダス地点は，本研究の結

果Ⅱ型およびⅢ型の地域に存在していた。

文　献

朝野熙彦（2000）: 入門多変量解析の実際　第2版．講談社.

千葉　晃（1999）: 東北地方における1月の月最低気温とその総観場．東北の農業気象，**43**，1–8.

千葉　晃（2000）: 北海道に冬期・夏期の最低気温極値をもたらす総観場の特徴．農業気象，**56**，111–121.

千葉　晃（2002）: 冬季の東北日本における0℃および3℃を閾値とした気温の出現率．季刊地理学，**54**，220–235.

藤部文昭（1999）: 日最低・日最高気温の統計値における日界変更の影響．天気，**46**，819–830.

藤部文昭（2004）: 日本における近年の著しい夏季高温の発生状況．地理学評論，**77**，119–132.

藤部文昭・中鉢幸悦（2003）: 10分ごとの資料を使った場合と毎時資料だけを使った場合とのひと雨期間最大1時間降水量の比較．天気，**50**，243–247.

福井英一郎（1938）: 気候学．古今書院.

櫃間道夫（1998）: 夏の東京の日最高気温は13時台に出る．日本気象学会1998年春季大会講演予稿集，**73**，188.

五十嵐英夫（2001）: 資料　東京における「日の出・日の入り」時刻グラフ．国際学院埼玉短期大学研究紀要，**22**，135–138.

岩坪秀一（1987）: 統計ライブラリー　数量化法の基礎．朝倉書店.

加藤央之（1983）: 日照時間・日平均気温の変動形態から見た北海道の地域特性．地理学評論，**56**，1–16.

気象庁編(2001): 地域気象観測所一覧表(平成13年版)．財団法人気象業務支援センター.

国立天文台編（2004）: 理科年表平成16年版．丸善.

近藤純正・山沢弘実（1983）: 夜間の地表面放射冷却と積雪および日本各地の最低気温の極値について．天気，**30**，295–302.

倉嶋　厚（1966）: 日本の気候．古今書院.

黒瀬義孝・長田健二・大場和彦・丸山篤志（1999）: 数値地図50 mメッシュを用いたポテンシャルな日射量分布の推定．農業気象，**55**，315–322.

Maejima, I.（1962）: Natural seasons and weather singularities in Japan. *Geogr. Rept., Tokyo Metorop. Univ.*, **2**, 77–103.

森本栄一（1997）: 数量化理論の形成．科学史研究（第Ⅱ期），**36**，85–95.

村山祐司（1988）: 地理学における多変量解析―7―数量化理論―質的データを数量化する．地理，**33**，136–144.

長沢　工（1999）: 日の出・日の入りの計算：天体の出没時刻の求め方．地人書館.

中島　尚（1999）: 情報の広場　札幌における日最高（最低）気温の日界について．天気，**46**，351–353.

西山　宏（1985）: 館野における最低気温と放射収支について．高層気象台彙報，**45**，6–10.

大村　平（1983）: 評価と数量化のはなし．日科技連出版社.

大野高裕（1997）: 多変量解析活用のコツ―数量化理論Ⅲ類（2）．企業診断，**44**(2)，88–91.

陸別町役場広報広聴町史編さん室編（1994）: 陸別町史別巻．陸別町.

士別市史編纂室編（1989）: 新士別市史．士別市.

佐藤典人・金沢信弘（1982）: 北海道における冬季の日最低気温分布について．環境科学の諸断面―三井嘉都夫教授還暦記念論文集．土木工学社，96–105.

鈴木宣直（1996）: 温度計．気象測器―地上気象観測篇．気象研究ノート，**185**，13–24.

鈴木宣直・小倉英二・阿部　寛・伊藤真人（1988）: 館野における明け方の最低気温出現時刻と放射収支量の変化．高層気象台彙報，**48**，6–10.

高橋　信（2005）: Excelで学ぶコレスポンデンス分析．オーム社.

冨岡定男（1965）: 日平均気温の統計値について―度数分布よりの考察．研究時報，**17**，39–41.

豊田秀樹・齋藤 朗宏（2005）: 職場の心理学（117）データから金脈を探す 心理統計学講座（17）コレスポンデンス分析「就職先と大学」二者の関係性を可視化する法．プレジデント，**43**(5)，112–114.

内田　治（1997）: すぐわかるEXCELによるアンケートの調査・集計・解析．東京図書.

吉野正敏ほか編（1985）: 気候学・気象学辞典．二宮書店.

Okada, T.（1931）: *The Climate of Japan.* Central Meteorological Observatory.

（2005年12月5日受付，2006年4月24日受理）