

## 北海道を事例にした Climate Severity Index と主成分分析結果の比較

COMPARISON WITH CLIMATE SEVERITY INDEX AND RESULTS BY  
USING PRINCIPLE COMPONENT ANALYSIS IN CASE OF HOKKAIDO

絵内正道\*1, 吉原美保子\*2, 羽山広文\*3, 森太郎\*4, 田村佳愛\*5

Masamichi ENAI, Mihoko YOSHIHARA, Hirofumi HAYAMA,

Taro MORI and Kaai TAMURA

In cold region like Hokkaido, severity index evaluated by weather conditions and sense of climate in each area is required for defining winter's misery.

1) When assuming total hours of snowstorm or freezing precipitation in case of Japan, climate severity index (CSI) in Hokkaido can be calculated. CSI in Hokkaido had a range from 32 to 50.

2) Six levels of adaptation to winter defined by N. Pressman were asked to staffs of promotion section of Cities in Hokkaido and to two groups of students in Hokkaido University as a questionnaire. Replies of enduring winter were the most among the six levels. Reply pattern of each group to the six levels was very similar.

3) Regional climate map (Hokkaido) was proposed by using coefficient from principle component analysis. The analysis used data of questionnaire results to officials of Hokkaido Government and of weather condition. Regional climate map was well relative to CSI.

**Keywords:** climate severity index, climate map, weather conditions, principle component analysis, outdoor actions

気候の厳しさ指数、気候図、気象条件、主成分分析、屋外活動

## 1. はじめに

高断熱高気密住宅が普及し、中央暖房化が目覚ましい現在でも、北海道の冬は厳しい、という。何と比較して、あるいは何をもちその様な言動になるのか、道外者と道内者の間に、あるいは道内者であっても北海道の冬に対する受け止め方に違いはあるのか、あるとすればどの様な違いがあるのか、と問われたとき、その実体は必ずしも定かではない。

Winter Cities Associationの初代会長、N. Pressman (教授・都市計画家)は、PLEA 1997 KUSHIRO<sup>1)</sup>や Winter Cities 2002 AOMORI<sup>2)</sup>の基調講演において、寒冷気候帯に位置する都市の微気候を基盤にした冬の美しさを備えた都市デザインや、冬の各種イベントを通じて積極的に屋外に出るライフスタイルの創成を提唱している。

省エネルギーと共に、より感受性の豊かな環境計画が希求される地球環境時代にあつて、自ら地域の風土や特有の個性を知ることが、これから益々大切になってくるに違いない。その結果として、マクロな地域特性の把握やその土地に密着した都市デザインの提案、更には、雪と寒さに適応した屋外活動や地域性に即したライフスタイルの実現が可能になるだろう。<sup>3)</sup>

本論文では、R. Crow と D. Phillips が提案した 1) Climate Severity Index<sup>3)</sup>の北海道バージョンの作成を目的とした北海道の気象条件を用いた算定結果、N. Pressman が提起した「冬への適応に関する6水準」を準用し、2) 冬の捉え方の実態把握を目的とした道外出身者と道内出身者に対するアンケート調査結果、地域性にに基づいた

3) 気候の自己評価の実態把握を目的とした気象データに基づく主成分分析結果や気候図との比較検討について報告する。

2. Climate Severity Index の算出<sup>5), 6), 7)</sup>

D. Phillipsらは、評価項目を10に整理し、各々に重み付けを行い、10項目の総合ポイントをもってその地域のClimate Severity Index(CSI)と定義した(1984年)<sup>3)</sup>CSIは、主にカナダで、冬季の屋外活動や仕事(工事現場や生産産業等)、レジャー用やそのための休暇用に用いることが可能な、有益なIndexと位置付けられている。

CSIは全体で100points(以下pointsをptsと略す)、不快要因: 56pts(風冷却24pts+冬の長さ16pts+冬の厳しさ16pts)、心理要因: 14pts(暗さ8pts+湿り気日数6pts)、危険性要因: 15pts(強風5pts+吹雪7pts+降雪3pts)、移動不能要因: 15pts(降雪5pts+凍降水10pts)で構成される(Appendix A参照)。各々の地域の各項目のポイント(pts)を算出し、その総合ポイントがその地域のCSIとなる。本論文では、北海道のCSIの算定に際し、図1に示す167地点のEA気象データを用いた。またマップの作成には、EA気象データ付属ソフトColor Mapを使用している。<sup>8)</sup>

a. 不快要因: 風冷却(24pts)は、1月の日平均外気温、風速を用いて、Court(1948)の提案式を利用して算出する。

$$H = (10.47 + 12.69(v)0.5 - 1.16) \Delta T \quad [W/m^2] \quad \dots(1)$$

v: 風速 [m/s]  $\Delta T$ : 皮膚温 [33°C] と外気温との差

\*1 北海道大学大学院工学研究科 教授・工博

\*2 榊良品計画 修士(工学)

\*3 北海道大学大学院工学研究科 助教授・博士(工学)

\*4 北海道大学大学院工学研究科 助手・博士(工学)

\*5 北海道立総合建築研究所 研究員・修士(工学)

Prof., Graduate School of Engineering, Hokkaido University, Dr. Eng.

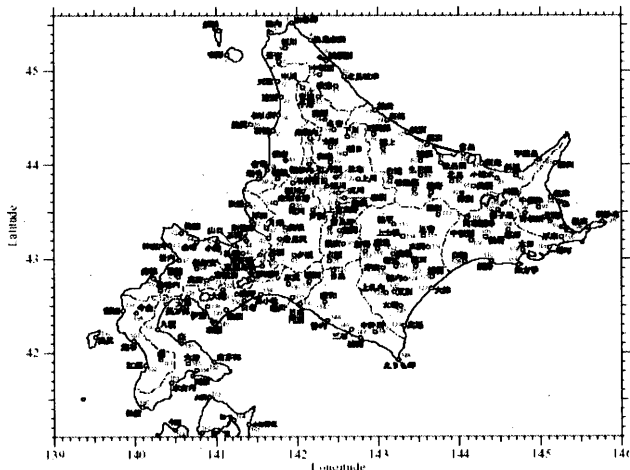
Ryohinkeikaku Corporation, M. Eng.

Assoc. Prof., Graduate School of Engineering, Hokkaido University, Dr. Eng.

Instructor, Graduate School of Engineering, Hokkaido University, Dr. Eng.

Researcher, Hokkaido Prefectural Cold Region Housing and Urban Institute,

M. Eng.



EA気象データは、観測所は少ないが、測定データが正確な有人観測である気象官署と、観測地点が多いがデータの欠損が見られる無人観測システムAMeDAS (Automated Meteorological Data Acquisition System)それぞれの長所を併せた気象データであると言われている。

図1 EA気象データの観測地点<sup>8)</sup>

Hが1400を超える日数の割合から風冷却のptsは決定される。冬の長さ(16pts)は、日平均気温が0℃以下になる月の合計数から決定される。冬の厳しさ(16pts)は、最寒月における日平均気温の中の最低気温の値から決定される。

b. 心理要因：暗さ(8pts)の0ptsは、緯度56°に相当する。北海道では最北の稚内が北緯45°故に、北海道の全都市は0ptsとなる。湿り日数(6pts)は、1月、2月と12月の降雪日数の合計日数で決定される。

c. 危険性要因：強風(5pts)は、1月の日平均風速が8.3[m/s]を超える日数の割合で決定される。吹雪(7pts)は、降雪に強風が加わったその積算時間から決定される。現在、我国の気象官署およびAMeDASの観測項目は、気温、湿度、風速、日照時間や降雨(雪)等であり、気象月報中の概況において大気現象として「吹雪」の記録が残されているのみで、冬期間における吹雪の積算時間の算定は難しい。そこで、北海道地区における時刻毎の地吹雪の発生風速と気温の関係<sup>9)</sup>を関数近似し(Appendix B参照)、それにEA気象データの降雪の有無を加えて吹雪と判定し、その積算時間を算出した結果、北海道では1年当たりに換算して120[h]を超える地域はないことが判明し

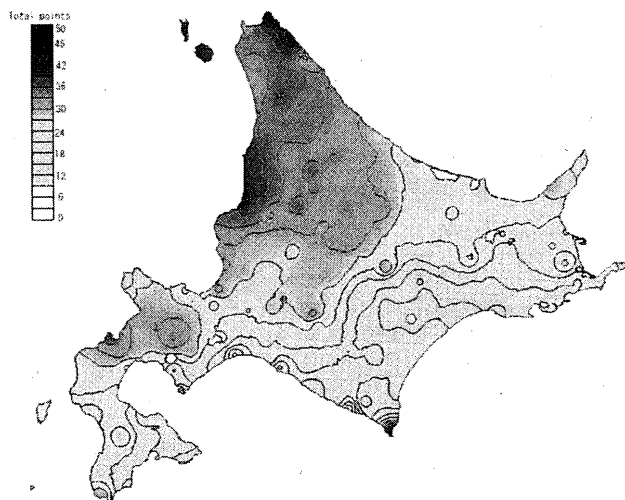


図2 Climate Severity Indexの総合ポイント

た。降雪(3pts)は、1年間の降雪量[cm]の合計で決定される。30年統計に拠れば北海道では、9月から5月まで降雪の記録がある。

d: 移動不能要因：降雪(5pts)は、先の降雪と同様にして値が決定される。凍降水(10pts)は、時間積算で決定される。しかし、我国の観測日別値に降水量や降雪深さの観測はあるが、日照時間のように降雪(ひょう、あられ、みぞれを含む)時間の量的な計測がなされていない。そこで、吹雪と同様にAMeDASデータから凍降水時間を算定した(ただし、吹雪の限界温度が±0℃であるのに対し、凍降水は、EA気象データを用いて気温が+3℃以下±0℃未満で、降水量が観測された時間を時刻毎に積算して、算出した)。

図2は、以上10項目の総合結果を、3ptsコンター毎に分けて表記したものである。総合ptsを見ると、日本海側沿岸部が大きなpts値を示し、道東太平洋沿いでは相対的に小さいという結果が得られた。冬期の季節風が強い日本海側及び岬では風速が大きくなること、降雪量に関しては道南・道東の太平洋沿岸以外は何れも大きな値を示すことから、先の様な結果となったと考えられる。

### 3. 冬への適応レベル

N. Pressmanからの私信によれば、下記の「冬への適応に関する6水準: Six Levels of Adaptation to Winter」は、10年ほど前に開催されたLulea(Sweden)のワークショップで議論されたが、北欧諸国におけるアンケート調査の実施例はないと言う。冬に対する適応のレベルがどのような状況にあるのか、単独あるいは複数選択の回答を可とし、6水準の合計が100%になる様をお願いして、次のグループを対象にアンケート調査を行った。6水準の合計を100%とした理由は、冬の捉え方や冬への適用に向けた適応申告が個人々人の中でも一つのレベルで決められる訳ではなく、色々な面が錯綜していると考えたからである。

Six Levels of Adaptation to Winter (図3～図5の横軸の表記)

- |                        |         |
|------------------------|---------|
| 1. Enduring Winter     | 冬を忍耐する  |
| 2. Tolerating Winter   | 冬を大目にする |
| 3. Accepting Winter    | 冬を受け容れる |
| 4. Respecting Winter   | 冬に期待する  |
| 5. Appreciating Winter | 冬に感謝する  |
| 6. Celebrating Winter  | 冬を祝賀する  |

○道内市町の冬のイベント企画担当者グループ：北海道内では、地域振興、冬の期間の活性化、観光開発の一環として、冬のイベント企画が行われている。2002年2月11日、日本建築学会北海道支部主催による国際フォーラム“積雪寒冷気候に対応した都市デザイン”に併設して、“雪と寒さとわが町”をテーマに、冬のイベント・ポスター(パンフレット)展を開催した。表1に示す市町からポスター等の提供・協力があつた。既に開催数50回を超え、全国的に有名なイベントから、産声を上げたばかりの取り組みもある。積極的に冬のイベントを開催する市や町では、冬期間、積極的に屋外に出ることを奨励している。その様な市町においては、冬をポジティブに捉えている可能性があるのではないかと考え、イベントの企画組織にアンケートを配布した。(22市町・23組織に配布、回収率52%、回収後のアンケートには、相談した回答、自分個人の回答、コメントなし回答が混在している)

○北海道大学工学部建築都市学科学生・院生グループ：対象者の半数近くが道外出身者であり、出身地の差異による冬の捉え方の違いを知ることができるのではないかと考え、学生・院生を対象にアンケートを配布した。(配布数59枚、回収率100%)

アンケート結果を図3から図5に示す。横軸の表記は「1. 忍耐

表1 道内の冬のイベント(冬への適応アンケート配布先)

市町名	イベント名	ポスター・企画
浦幌町	ワイルド寒風伍けりフェスティバル	浦幌町企画商工課
網走市	あばしり林ツ流氷まつり	網走市観光課観光振興係
杜町	昭和新年国際雪合戦大会	杜町経済課内
陸別町	しばれフェスティバル	陸別町企画商工課
千歳市	千歳・支笏湖氷濤まつり	千歳観光連盟
小樽市	小樽雪あかりの路	小樽市経済部観光振興室
稚内市	全国犬ぞり稚内大会	稚内市観光振興課
苫前町	北海道風上げ大会	風上げ大会実行委員会事務局
小清水町	林ツ流氷バルーンフェスティバル	小清水町商工会
札幌市	さっぽろ雪まつり	札幌市観光振興課
木古内町	寒中みそぎ祭り	木古内町観光協会
倶知安町	雪トビフェスティバル	倶知安町産業観光課観光振興係
斜里町	知床ファンジ7	知床斜里町観光協会
帯広市	帯広氷まつり	帯広観光協会
旭川市	冬まつり	旭川市商工観光部観光課
旭川市	ハースキー大会	旭川市社会教育部スポーツ課
士別市	国際雪合戦選手権	士別市観光協会事務局
名寄市	冬まつり	名寄市経済部産業振興課
富良野市	スノーまつり	社団法人富良野観光協会事務局
上川町	氷瀑まつり	上川町商工観光課観光係
下川町	アイスランドフェスティバル & ハーク	下川町観光協会事務局
鹿追町	然別湖コタン	然別湖ネイチャーセンター
上川町	層雲峡滝壺探勝体験	層雲峡観光協会・他

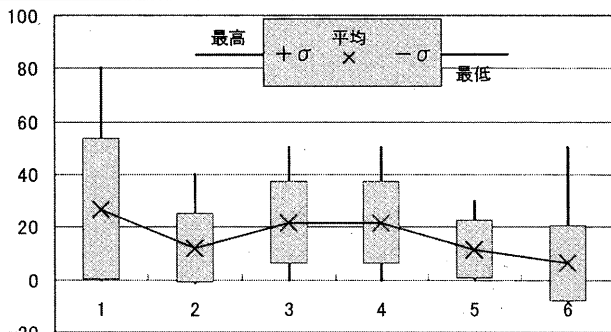


図3 道内の冬のイベント開催企画組織職員の適応結果[縦軸: %]

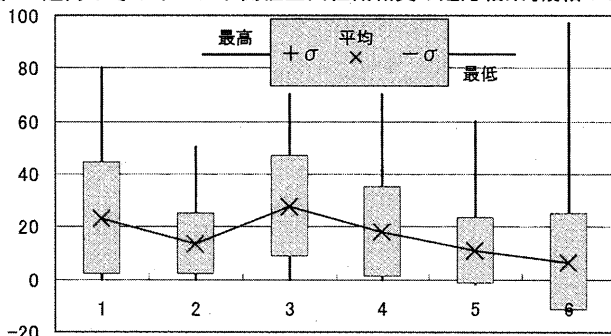


図4 道内出身学生・院生の適応結果[縦軸: %]

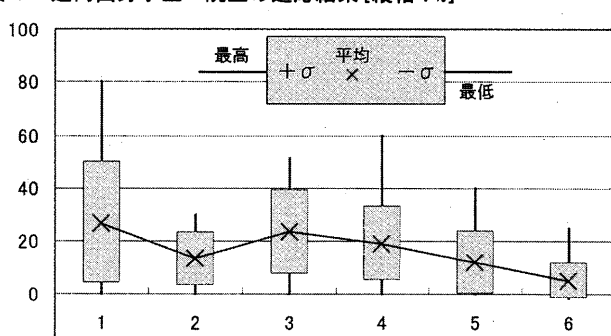


図5 道外出身学生・院生の適応結果[縦軸: %]

する」から「6. 祝賀する」まで、上記の適応レベルに対応する。1から2までの適応は、冬をネガティブに捉えた場合の回答であり、5から6に至る適応は、冬をポジティブに捉えた場合の回答と考えられる。

調査結果は全体的に右下がりの傾向、即ち、自己申告の中では相対的に冬をネガティブに捉え、冬をポジティブに評価する適応は減少する傾向を示している。冬を「忍耐する」適応の比率が最も高く、「受け容れる」や「期待する」が次いで高く、冬に「感謝する」や「祝賀する」適応の比率は10%以下になった。

出身地の気候と北海道の気候の双方を経験している道外出身学生の適応が、道内出身者のそれと比較して異なった様相を示すか否か、関心を持って整理をしたが、平均値を見る限り、道内市町、道内出身学生、道外出身学生の冬への適応に対する回答には、それ程大きな隔たりを見出すことができなかった。しかし、道内のごく少数者には、「冬を祝賀する」という評価があり、現在の冬が決してネガティブ一辺倒の受け止め方ではないとも理解される。

3グループとも、「忍耐する」と「受け容れる」との間の「大目にする」に対する回答採用の数値が低く現れた。これは、対象者の申告通りなのか、それに充てた記述が不相当で設問の理解が難しく低い数値となったのか(注1. 参照)、あるいは未だに主体は「忍耐する」に止まっているけれども、冬を「受け容れる」や「期待する」という適応へと関心度合いが移りつつあるのか、については定かではない。この種のアンケート調査を5年程度の間隔で実施し、冬への適応の経年的な変化を観察する必要があるのかも知れない。

4. 主成分分析

道内市町(職員)、道内出身学生と道外出身学生を対象に、冬への適応をアンケート調査をしたところそれ程大きな隔たりを見出すことができなかった。地域性への認識は、その地域の気候特性ばかりでなく、住民の生活意識によってもたらされる可能性も否定できないものであることから、複数の地域の生活体験に基づく回答(相対評価)が加われば、より妥当な厳しさ指数の入手が可能になるであろうと考えた。実際に北海道民が冬季にどのような気候要素をもって冬を厳しいと捉えているのか、を把握するためにアンケート調査を行い、主成分分析を試みた。本論文では、道内で複数支庁の勤務経験のある20代から50代の北海道庁の支庁職員(建築指導課)を調査対象(標本)とし、居住の経験から「冬の厳しさ」を回答してもらった。対象を道職員に限定した本調査は、居住年数にややばらつきが見られるものの複数地域の居住経験に基づいた相対的な評価を期待できる。ただし、調査対象に一次、二次産業従事者が加わっ

表2 アンケートサンプル

問4	最も特徴的な気候要素は何ですか。(1つ)	積雪が多い	強風	寒い	暖かい	みぞれ・雨が多い
		積雪が少ない	吹雪が多い	日照時間が長い		日照時間が短い
問5	冬の寒さを評価すると	とても寒い	寒い	やや寒い	それほど寒くはない	暖かい
問6	雪の多さを評価すると	とても多い	多い	やや多い	それほど多くはない	雪は少ない
問7	吹雪きの多さを評価すると	とても多い	多い	やや多い	それほど多くはない	吹雪は無い
問8	風の強さを評価すると	とても強い	強い	やや強い	それほど強くはない	風は弱い
問9	冬の日照時間を評価すると	とても長い	長い	やや長い	それほど長くはない	短い
問10	屋外を避けたい気候要素はなんですか。(1つ)	雪	風の有無	寒さ	吹雪	日射量(日差しの強さ等)
問11	では逆に、屋外に出たい(誘発される)気候要素はなんですか。(1つ)	雪	風の有無	寒さ	吹雪	日射量(日差しの強さ等)

表3 アンケート結果 [%] (屋外忌避気候要素)

寒さ	雪	吹雪	風の有無	日照時間
24	7	41	27	1

表4 アンケート結果 [%] (屋外誘発気候要素)

寒さ	雪	吹雪	風の有無	日照時間
3	9	0	16	72

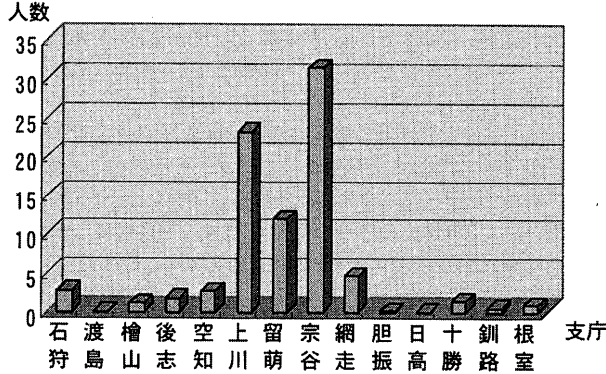


図6 アンケート結果 (最厳寒地域の選択)

ていないと言う欠点がある。しかし、この調査方法に拠れば、広い北海道の各地域を比較的公平にカバーできるものと仮定し、解析を進めた。

4-1 調査項目と最厳寒地

属性を省いた質問例を表2に示す。配布総数は267、回収は240で回収率は89.7%であった。調査では、各地域毎に五つの気候要素(寒さ、積雪、吹雪、日照時間)に関わって5段階評価を行った。

表3は、どのような気候要素が屋外に出ることの妨げと感ずるのかについての回答結果である。吹雪を避ける傾向が強く、続いて風の有無をあげている。これらを“風”の影響と捉え、D. Phillipsらが風冷却を全体の24%を占める評価項目としたことの妥当性を傍証していると言える。

次いで、これまでの居住経験の中で、最も冬が厳しかった地域の回答結果を図6に示す。宗谷支庁や上川支庁等をあげる回答数が多く、図2に示すCSIの結果に沿う形になっている。

表4はどのような気候要素が屋外に出ることを誘発するかの回答結果である。“日照時間”を取り上げる回答が多く、70%の人々は晴れていることを前提にしている。次いで“風の有無”を申告した人が15%程度になる。これは表3に示した“風の有無”の逆で、風が無ければ屋外に出ても良いと思う人が1割を超えていることを意味する。屋外活動では、“風”の影響の大きさを伺い知ることができる。

風や日照の要因が、冬の屋外活動を大きく左右していることが分かってきた。CSIは日本海沿岸の冬が厳しいという結果を示しているが、日照のポジティブさについてはあまり配慮されていない。地域性を再考し、積極的な屋外活動を促すためには、ネガティブな要因に向けた対処とともに、ポジティブな要因である日照についても考慮する必要がある。

4-2 主成分分析による係数の決定

寒さ、積雪、吹雪、強風、日照時間に対し、どのような割合で気候要素を捉えているか、数値的に把握するために、主成分分析の導入を試みた。主成分分析は、多数の指標を統合して評価項目のグループ分けを可能にし、観察対象の位置付けを視覚的に把握させることが可能になると言われている。分析に際し、各地域毎の気象要素の評価サンプルを対象にして、気象要素別の平均値を求め、14のデータに整理した。表5は、相関行列から、因子負荷量を求め、新しい変数Z<sub>1</sub>を算出したものである。

表6の累積寄与率より、第1主成分と第2主成分だけで、5つの気候要素(変数)が有する情報の78%を説明できることが分

表5 因子負荷量

	z1	z2	z3	z4	z5
寒冷	-0.3322	0.4718	0.783741	0.229742	-0.00415
積雪	-0.41954	0.516227	-0.52061	0.099731	-0.52585
吹雪	-0.55597	-0.17061	-0.26263	0.45362	0.622128
強風	-0.35853	-0.6917	0.205999	0.189168	-0.56106
日照時間	0.525339	0.057982	-0.05751	0.834097	-0.14708

表6 累積寄与数

z1	z2	z3	z4	z5
0.528187	0.77889	0.912237	0.987966	1

かる。それ故、新しい変数Z<sub>1</sub>やZ<sub>2</sub>に集約したとしても、情報の損失を(100-78)=22%に押さえることが可能になるだろう。新しい変数Z<sub>1</sub>とZ<sub>2</sub>に対する5気候要素の係数は次のようになった。

$$Z_1 = -0.3322 \cdot (\text{寒冷}) - 0.41954 \cdot (\text{積雪}) - 0.55597 \cdot (\text{吹雪}) - 0.35853 \cdot (\text{風}) + 0.525339 \cdot (\text{日照時間}) \quad \dots (2)$$

$$Z_2 = 0.4718 \cdot (\text{寒冷}) + 0.516227 \cdot (\text{積雪}) - 0.17061 \cdot (\text{吹雪}) - 0.6917 \cdot (\text{風}) + 0.057982 \cdot (\text{日照時間}) \quad \dots (3)$$

変数Z<sub>1</sub>の場合、“日照時間”以外の変数は正の相関となった。ややばらついているものの、係数値は0.4前後になっている。変数Z<sub>2</sub>の場合、(寒冷)と(積雪)の係数値が0.5前後で得られ、(日照時間)は正の係数、(強風)と(吹雪)は負の係数になった。

“人が最も不快と感ずられる要素がその地域の気候判断の主要因となる”と考え、Z<sub>1</sub>は、(日照時間)が0.5で正の係数、(寒冷)、(積雪)、(吹雪)、(強風)といった忌避要素が0.3から0.5と大きく、負の係数であることから、一つの考えとして冬の厳しさを総合的に示す指数とすることができよう。一方、Z<sub>2</sub>は、(寒冷)、(積雪)、(日照時間)が正の係数であり、(吹雪)、(強風)が負の係数であることから、冬の気候型を示す評価軸(積雪寒冷型か、強風吹雪型かを表す)とすることも可能になるだろう。

このZ<sub>1</sub>とZ<sub>2</sub>を横軸、縦軸に取り、14支庁をプロットしたものを図7に示す。先に触れたように、Z<sub>1</sub>の横軸は“冬の厳しさ”を示す軸、Z<sub>2</sub>の縦軸は“風の影響度合い”を表す軸と仮定すると、この二軸で構成される4象限を対象に次の4気候区域の分類が可能になる。

- A; 冬が厳しく、風の影響は少ない気候区域。
  - B; さほど厳しい冬ではないが、風の影響は小さい気候区域。
  - C; 冬が厳しく、風の影響が大きい気候区域。
  - D; さほど厳しい冬ではないが、風の影響は大きい気候区域。
- 図5に示した宗谷支庁や留萌支庁の冬の厳しさは、風の影響が加わった結果であることが理解できる。

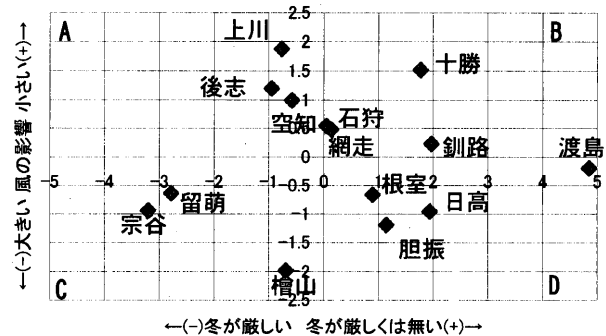


図7 主成分スコアによる散布図

表7 使用データ詳細

気候要素	データ内容	記録年	レンジ
降雪	年間降雪量 [mm]	1985~1995年の標準年	70mm
吹雪	年間吹雪時間 [h]	1985~1995年の標準年	16時間
風	風速8.3[m/s]を超える日数 [日]	1985~1995年の標準年	2.5日
日射時間	12・1・2月の合計日照時間 [h]	1985~1995年の標準年	60時間

表8 因子負荷量から求めた係数

寒冷	積雪	吹雪	強風	日照時間
11.04%	17.60%	30.91%	12.85%	27.60%

表5のz1列の二乗値を影響割合と仮定した。

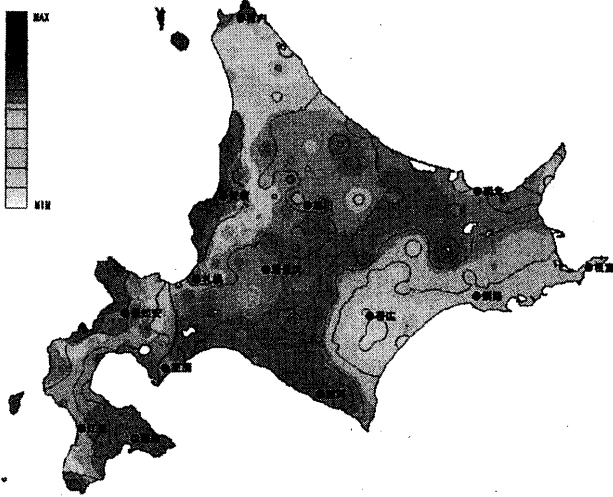


図8 屋外活動に向けた北海道の気候評価マップ (吉原・繪内)

4-3 北海道の気候評価マップの提案

北海道の気候評価マップの作成にあたり、入手の容易な気象要素の使用を前提にしている。使用データと記録年、ノートレンジの数値を表7に示す。

北海道庁の支庁職員を調査対象(標本)としたアンケートによって得られた各気候要素の“厳しさ”評価から係数を決定した。忌避と誘発の両方を合わせた冬の評価を得るために、係数は相関行列による主成分分析の因子負荷量の2乗値の合計が1になる、即ち100%になることを利用し、5つの負荷量の2乗値を係数[%]として利用した。その結果を表8に示す。

五つの負荷量のうち“寒冷”、“積雪”、“吹雪”、“強風”はネガティブ、“日照時間”はポジティブである。このため、ネガティブな4つは順スケールのノートレンジに係数値を乗じ、ポジティブな日照時間に関しては逆スケールのノートレンジに係数値を操作して、重ね合わせを行った。得られた数値をフルスケールの色相濃度で再表現し、最終的な評価マップとした。

167地点のEA気象データに基づいて作成した北海道の気候マップ(Regional Climate Map:注2参照)を図8に示す(注:算定作業量の軽減のために標準気象データで代替している)。日本海沿岸、知

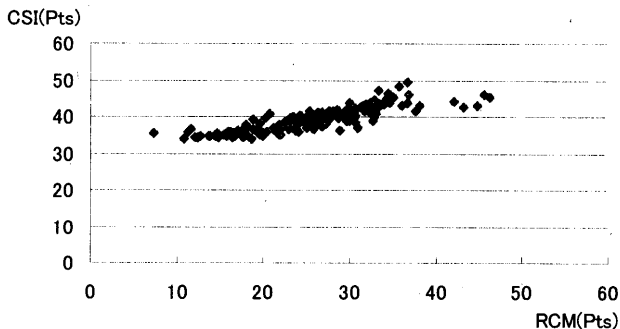


図9 CSI値とRegional Climate Map(RCM)値の相関

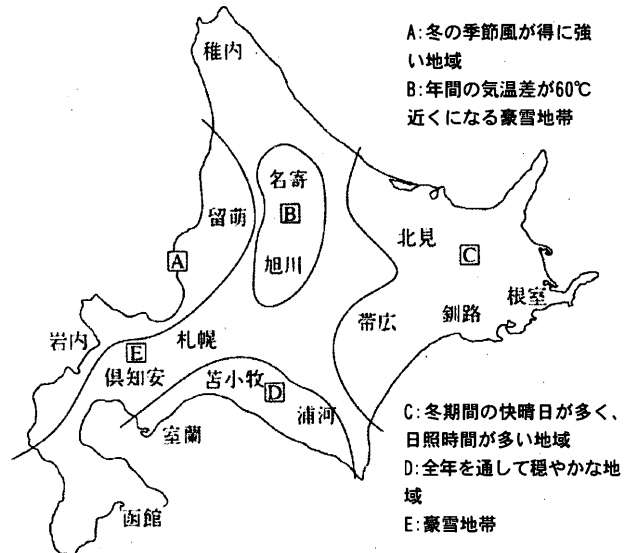


図10 5地域に区域した気候マップ(聞き取り調査:大野)<sup>10)</sup>

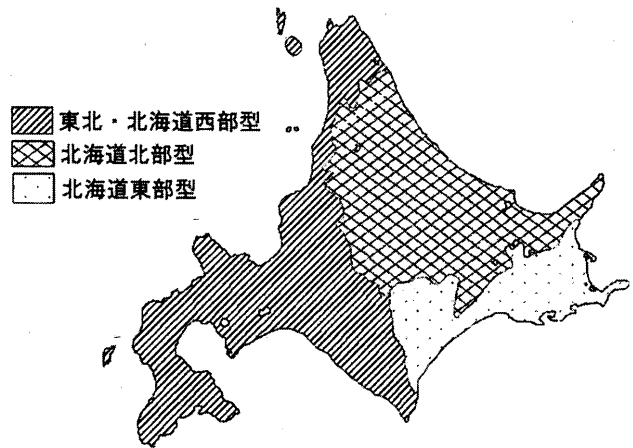
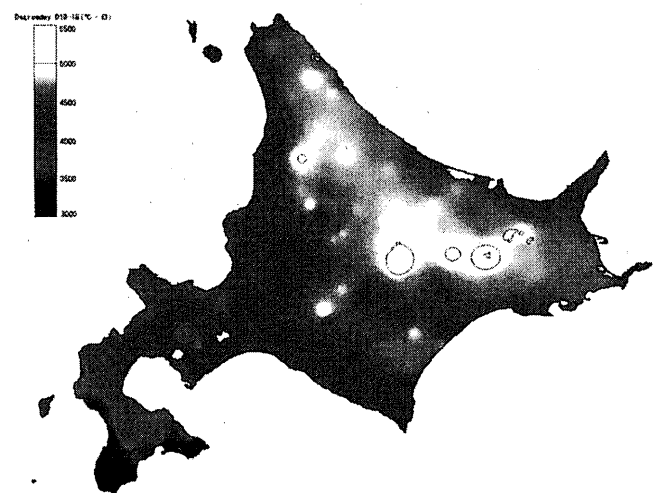


図11 データマップ 日本の気候による北海道の3気候区域<sup>11)</sup>



床面積120m<sup>2</sup>、窓面積率20%で窓面の80%が南面、南向き2階建て・新省エネ基準の断熱性能の住宅を対象に、直散分離を施した窓面透過日射熱や生活取得熱(室内取得熱)から日平均自然温度差を算定し、D<sub>18-18</sub>から差し引いて、正味の暖房費用に係わる度日数を推定した。気象条件はEA気象データの観測地点の測定値を使用。

図12 暖房度日数の分布

床半島で指数が高い。内陸部で所々局所的に指数の高いところは山岳部である。十勝平野周辺および根釧台地では指数が低い。

## 5. 気候マップの比較

### 5-1 Climate Severity Index と Regional Climate Map

先に示した図2のCSIの値と図8に示した北海道の気候評価マップ(RCM)の値の関係を図9に示す。両者は概ね直線的関係にあると考えることができる。D. Phillipsは、カナダ主要都市のCSI値をバンクーバー:10、トロント:34、オタワ:46、モントリオール:47、エドモントン:49、ウイニペグ:62と算定している。北極海に面する地域は90に達している。北海道は32(日高支庁)から50(内陸山間部)の範囲にあるので、トロントからエドモントンのそれに相当しよう。

本論文で提案したRegional Climate Map(Hokkaido)は、気候区域の作成に際し、日照時間の影響を加えると共に、CSI値の32から50の範囲を10から50迄の約2倍の範囲に拡大して評価付けたことになる。

### 5-2 Regional Climate Map(RCM) とその他の気候マップ

雪、気温、風、日照の4要素を組み合わせると、24通りの組み合わせができるが、実際の気候区域で見ると、3から5区域で提案されている。図10は、北海道内各地域の住民が積雪寒冷に関わって、雪、気温、風、日照の何れを強く意識して生活しているかを聞き取り、5気候区域に整理したマップである。日本海沿岸の季節風を初めて意識して取り上げた気候図と言える。<sup>10)</sup>

日本全体の気候を14気候区域に分けた文献では、北海道を3気候区域にしている。<sup>11)</sup>それを図11に示す。図12に示した暖房日数をベースにして、図10のD地域とE地域、図11の東北・北海道西部型の地域、図10のC地域、図11の北海道北部型・北海道東部型の地域を対比させると、それなりの類似性を認めることはできる。しかし、それぞれの気候区域が、生活感覚からの評価、通年の気象条件による評価、冬期の気象条件による評価、から得られた区域であるとすれば、性急な比較検討には、基となるパラダイム自体に問題が生じてくるので注意を要するところであろう。

本論文で提案した、北海道の気候評価マップ(吉原・繪内)は、図7と併用することで、図10や図11に対する補完的な見方が可能になり、またカナダや北欧地域におけるCSIとの比較は、勿論、図2による直接的な比較もできるが、図9を併用することで指標(CSI)値の間接的な理解が容易になるだろう。

## 6. おわりに

本論文ではD. Phillipsらが提唱したClimate Severity Indexを北海道地域の気象条件に適用させると共に、地域毎のアンケート結果(5気候要素の5段階評価)と気象条件に主成分分析を適用した気候評価マップを提示した。結果をまとめると次のようになる。

1) 冬の屋外活動に影響を与える吹雪や凍降水の積算時間の記録は我国の気象官署の測定項目にはない。北海道における吹雪発生限界から年間吹雪合計時間、更に凍降水積算時間を仮定すると、Climate Severity Indexを算定できる。

2) N. Pressmanが提起した「冬への適応に関する6水準」を評価項目として、道内市町(職員)、道内出身学生と道外出身学生を対象に、冬への適応をアンケート調査をしたところ、ネガティブな回答が多く、その傾向についてもそれ程大きな隔たりを見出すことはできなかった。

3) 北海道庁の支庁職員を対象に行った地域毎のアンケート結果(5気候要素の5段階評価)と気象条件に主成分分析を適用し、北海道の気候評価マップを提示した。Climate Severity Indexと日照時間

の評価を加味した北海道の気候評価マップの値には直線的な相関関係があり、北海道のCSI値の範囲[32から50]は、北海道の気候評価マップの値で見ると約2倍の範囲[10から50]に拡大して得られることが分かった。

ここで強調しておきたいことがある。高い指数値は冬の生活の厳しさを直接的に示しているが、難しさや惨めさを表している訳ではない。むしろ、それを知ることによって際だってくる冬の利点、例えば、積雪量が多ければ利雪を、季節風が強ければ利風を活かした生活改善、屋外活動や街づくりに取り組む工夫が必要になってくることを示していると考えたい。<sup>12)</sup>

○日本海側沿岸は、比較的厳しいと評価されている。冬期間、外出を容易にするためには、吹雪や風の影響を軽減する街づくりの工夫が必要である。

○内陸の高指数の地域は、積雪の影響が大と思われる。街づくりに際し、雁木や除排雪の計画、屋根の形状に配慮が必要となる。

○道東の太平洋沿岸部は相対的に比較的過ごし易い評価となっている。外出を容易にする日溜まり公園の計画や、日中の融雪・夜間の凍結による転倒事故の防止など、歩行者に対する配慮が求められる。

【謝辞】尚、本研究では、北海道全14支庁建設指導部の方々にご協力を頂いた。記して謝意を表す。

注1. N. Pressmanは、Enduringの同義語あるいは同義的な内容を表すものとしてputting up with, suffering, submitting toを取り上げ、同様にToleratingはswallowing, almost accepting, but not quiteを、Acceptingはacknowledging, consenting to, recognition of等を、Respectingはesteem, almost admiration-but not quite, honoringを、Appreciatingはenjoying-but not totally; taking kindly to, understanding, being thankful forを、Celebratingにはexalting, glorifying, rejoicingを同義的な表現を可能にする語句群として列記してくれた。

注2. D. Phillipsらが提唱したClimate Severity Index(CSI)は、カナダのような広大な地域をカバーすることを目的とした指標であるが、北海道の気候評価マップ(吉原・繪内)は、北海道というごく限られた地域の屋外活動を対象としたので、Regional Climate Map(Hokkaido)と呼称することにした。

注3. 本論文は、吉原美保子、絵内正道、羽山広文、森太郎「屋外活動に配慮した気候評価マップの提案」日本建築学会北海道支部研究報告No. 75, pp. 417-420, 2002、絵内正道、羽山広文、森太郎、田村佳愛「建築気候図の評価と冬への適応」日本建築学会北海道支部研究報告No. 75, pp. 383-386, 2002を加筆整理したものである。

### 引用文献:

- 1) N. Pressman: "Northern City Planning", PLEA 1997, Vol. 1, pp. 041-047, 1997
- 2) N. Pressman, A. Luttgen: "Winter Lifestyles and Sustainability; Comfort, Culture and Celebration", Winter Cities 2002 Aomori, pp. 201-206, 2002
- 3) D. Phillips, "Defining Winter's Misery", Chinook Winter/Hiver, pp. 16-19, 1987
- 4) N. Pressman 「北国の街づくりと景観、気候に結びつけた都市デザイン(繪内訳)」北海道大学図書刊行会, 2002
- 5) 絵内正道、D. Phillips 「ウインターシティの定義と冬の厳しさ指数」空調調和衛生工学会北海道支部No. 34, pp. 25-28, 2000
- 6) 絵内正道、N. Pressman, D. Phillips 「冬の厳しさ指数とウインターシティのビジョンに向かって」日本建築学会北海道支部研究報告集No. 73, pp. 471-474, 2000
- 7) 吉原美保子、絵内正道、羽山広文、森太郎 「北海道を例にした気候厳しさ指数の試算」日本建築学会大会(関東)D, pp. 715-716, 2001
- 8) 日本建築学会 「拡張アメダス気象データ」丸善, 2000
- 9) 社団法人 日本建設機械化協会編 「新防雪工学ハンドブック」pp. 61, 森北出版, 1978
- 10) 繪内正道編著 「積雪寒冷型アトリウムの計画と設計」北海道大学図書刊行会, pp. 56-59, 1995
- 11) (財)住宅産業研修財団 「データマップ日本の気候」, pp. 14, 1998

12) 中島里恵、絵内正道「積雪寒冷気候に対応した都市デザイン」日本建築学会北海道支部研究報告集 No. 72, pp. 377-380, 1999

以下に D. Phillips らが提案した Climate Severity Index の構成要因比率及び算定方法を紹介する。

Table 9 Percentage contribution of each of the four factors and nine subfactors defining winter severity (D. phillips).

Discomfort	56%	Wind Chill	24%
		Length of Winter	16%
		Severity of Winter	16%
Psychological	14%	Darkness Factor	8%
		Wet Days	6%
Hazardousness	15%	Strong Wind	5%
		Blowing Snow	7%
		Snowfall	3%
Outdoor Mobility	15%	Total Snowfall	8%
		Snowfall	5%
		Freezing Precipitation	10%

**Appendix A:**

No. 1 Mean percentage of time in January that **Wind Chill** exceeds 1400 W/m<sup>2</sup>.

Mean Percentage (%)	Points (Max. 24pts)
98-100	24.0
95-97	23.2
92-94	22.4
89-91	21.6
86-88	20.8
83-85	20.0
80-82	19.2
77-79	18.4
74-76	17.6
71-73	16.8
68-70	16.0
65-67	15.2
62-64	14.4
59-61	13.6
56-58	12.8
53-55	12.0
50-52	11.2
47-49	10.4
44-46	9.6
41-43	8.8
38-40	8.0
35-37	7.2
32-34	6.4
28-31	5.6
24-27	4.8
20-23	4.0
16-19	3.2
12-15	2.4
8-11	1.6
4-7	0.8
0-3	0.0

No. 2 Number of months with Mean Daily Temperature less than 0°C (**Length of Winter**).

Months	Points (Max.16 pts)
10 or more	16.0
9	14.4
8	12.8
7	11.2
6	9.6
5	8.0
4	6.4
3	3.6
2	3.2
1	1.6
0	0.0

No. 3 **Severity of Winter** – Mean Daily Temperature of the coldest months.

Temperature (0°C)	Points (Max.16 pts)
-40.0 and less	16.0
-38 to -39.9	15.2
-36 to -37.9	14.4
-34 to -35.9	13.6
-32 to -33.9	12.8
-30 to -31.9	12.0
-28 to -29.9	11.2
-26 to -27.9	10.4
-24 to -25.9	9.6
-22 to -23.9	8.8
-20 to -21.9	8.0
-17.5 to -19.9	7.2
-15 to -17.4	6.4
-12.5 to -14.9	5.6
-10 to -12.4	4.8
-7.5 to -9.9	4.0
-5 to -7.4	3.2
-2.5 to -4.9	2.4
0.0 to -2.4	1.6
2.5 to 0.1	0.8
greater than 2.5	0.0

No. 4 Increasing **Darkness Factor** with increasing latitude.

Latitude	Points (Max.8 pts)
81° N and greater	8
76° 53' to 81°	7
73° 07' to 76° 53'	6
70° 43' to 73° 07'	5
68° 50' to 70° 43'	4
66° 24' to 68° 50'	3
63° 52' to 66° 24'	2
59° 53' to 63° 52'	1
less than 56° 22'	0

**No. 5 Wet Days** – Average number of days with measurable precipitation in December, January and February.

Number of Wet Days	Points (Max.6 pts)
55 and more	6
50-54	5
45-49	4
40-44	3
35-39	2
30-34	1
29 and below	0

**No. 6 Strong Winds** – Mean percentage frequency of January wind speed equal to or greater than 30 km/h.

Frequency of WS	Points (Max.5 pts)
30 and greater	5
24 to 29.9	4
18 to 23.9	3
12 to 17.9	2
6 to 11.9	1
less than 6	0

**No. 7 Blowing Snow** – Absolute frequency of the number of hours with blowing snow over 10 years.

Frequency (Hours)	Points (Max.7 pts)
8000+	7
6800-7999	6
5600-6799	5
4600-5599	4
3600-4599	3
2400-3599	2
1200-2399	1
less than 1200	0

**No. 8 Total Winter Snowfall (cm) for Hazardousness Factor.**

Total Snowfall (cm)	Points (Max.3 pts)
500 or greater	3
325 to 499	2
175 to 324	1
below 175	0

**No. 9 Total Winter Snowfall (cm) for Outdoor Mobility.**

Total Snowfall (cm)	Points (Max.5 pts)
500 or greater	5
400 to 499	4
300 to 399	3
200 to 299	2
100 to 199	1
less than 100	0

**No. 10 Freezing Precipitation** – Absolute frequency of the number of hours with freezing precipitation (over a 1-years period).

Frequency of Hours	Points (Max.10 pts)
1200 or greater	10
900 to 1199	9
700 to 899	8
560 to 699	7
480 to 559	6
400 to 479	5
320 to 399	4
240 to 319	3
160 to 239	2
80 to 159	1
less than 80	0

#### Appendix B:

降雪に加え、下記示す時刻毎の風速条件の下で Blowing snow の積算時間を算定した。

$t_o$ : outdoor temperature [°C],  $v$ : wind velocity [m/s]

$-8\text{ °C} \leq t_o \leq 0\text{ °C}$

$v - \{0.0011 t_o^4 + 0.0336 t_o^3 + 0.413 t_o^2 + 2.4154 t_o + 9.5035\} \geq 0 \rightarrow$  Blowing snow

$-8\text{ °C} > t_o$  and  $v > 3.8\text{ m/s} \rightarrow$  Blowing snow

(2002年11月10日原稿受理, 2003年3月31日採用決定)