

天候の変動を考慮したパッシブ気候図

A PASSIVE CLIMATIC CHART DEVELOPED ON ANALYSIS OF WEATHER CHANGE

梅 干 野 晃*
Akira HOYANO何 江**
Jiang HE

Abstract

Weather change is an important climatic characteristic in the climatic analysis for a passive system design. Weather conditions were classified into snow, rain and the other. And changes of the weather in the period without rainfall/snowfall were focused in the present paper. 「Genzaitenki」 (the present weather) data in the SDP tape was used for determining the period throughout which it does not rain or snow. Weather changes are patterned based on the results of the Furier analysis and cluster analysis with respect to the data of cloud cover in the period during which no rain/snow falls. As a result, 9 weather patterns are obtained, and a weather pattern chart for each station over all Japan has been developed. Furthermore, the validity of the weather patterns was described by showing the fact that there are differences in the characteristics of weather change among the stations with equal daily mean solar radiation. An example of application was given in analysing the possibility of direct heat gain system.

Key words : Passive climatic chart, Patterns of weather change, Period without rainfall/snowfall, Cloud cover, Furier analysis, Direct heat gain

1. 緒 言

パッシブシステムの基本的な考え方は対象とする場所の気候特性に適應しながら、その自然エネルギーを有効に利用することである。このため、パッシブシステムの設計においては、地域の自然エネルギーのポテンシャルを正確に把握することが基本となる。

この自然エネルギーのポテンシャルは気温や日射量などの気候要素によって表現する試みがなされているが、パッシブシステムの性能を評価・予測するとき、指摘されているように^{(1),(2)}、気候条件として天候の変動も重要な要素となる。しかし、パッシブ気候特性に関する従来の研究^{(4),(5)}では、日射や気温、風などの気候要素別に行われているものが多く、天候の変動を考慮した例はほとんどみられない。また、吉田・篠木によって作成された日射量の全国マップ⁽⁶⁾のように月平均日射量が把握できるため、パッシブシ

テムのポテンシャルを検討する上で有意であるが、日射の変動特性までは捉えられない。

以上のことから、本研究では天候の変動に着目し、雲量データを用いてこのパターン化を試みた。また、天候パターンを用い、地域ごとに気候特性を視覚的に把握できるパッシブ気候図を提案し、その妥当性を検討した。さらに、ダイレクトヒートゲインを例として取り上げ、提案した天候パターンの有効性を示した。

2. 基本的な考え方

晴天や雨天などのような天気状態によってパッシブ手法の対策が大きく異なるため、本研究では、まずはじめに、雨と雪が降っている期間と、それ以外の期間に分けることとした。雨と雪以外の期間における日射の状態はダイレクトヒートゲインなどのパッシブ手法を考える場合には重要となることから、雨または雪が降らない期間の天候の変動に着目することにした。

天候の変動を捉えるため、天候の変動と直接関係す

原稿受付 平成2年12月13日

* 東京工業大学・総理工・社会開発工学専攻、助教授

** 東京工業大学・総理工・社会開発工学専攻、博士課程

る日射量を用いる方法が考えられるが、各気象観測所で観測された時刻別の日射データはほとんど磁気テープに編集されていないことから、全国的な検討が困難である。また、雲量を用いて日射量が推定されるように、雲量と日照時間や、気温日較差、夜間放射量等との相関が高いことは既に研究報告⁽⁷⁾がある。そして、雲量によって晴れや曇りなどに天気を分類するように、雲量と気候の変動との関係は深い。このようなことから、本研究では雲量データを用いて天候の変動を表現することとした。

3. 解析方法

本研究では、雨または雪が降っている期間とそれ以外の期間に分けて天候の変動を考えるため、降雨または降雪の期間を記録するデータ及び雲量データを含む気象データが必要となる。上記の条件を満たすものとして、気象庁から入手できる地上気象通報観測データ（SDPデータ）を解析の基礎データとした。SDPデータは、全国153の気象官署で3時間おきに観測された各気象要素が磁気テープに収録されたものである。以後の解析には、欠測値がない全国62地点の一年間（1987年度）のSDPデータを使用した。

解析方法では、まず、SDPデータの「現在天気」を用いて、雨または雪が止んでから次にまた雨または雪が降り始めるまでの継続した期間を1単位として抽出した。この期間、すなわち、雨・雪以外の期間においてパッシブ手法を考える上ではこの期間の全体的な変動と、日射や気温等のように昼と夜の日変化がみられる気象要素を考慮して1日の変動を捉える必要があると考えられる。そのため、雨・雪以外の期間において考慮すべき天候の変動は上記1単位の期間の全体的な変動と1日周期の変動を取り上げることとした。前述のように本研究では雲量データを用いて天候の変動を表現することから、雨・雪以外の期間内の雲量についてフーリエ解析を行い、雲量の基本波と1日周期成分のパワースペクトルによって、1つの期間の全体的な変動特性と1日周期の変動特性を表現することとした。さらに、天候の状態を表す要素として、従来からも取り上げている期間の平均雲量と期間の長さも加えた。すなわち、次の4項目

- i) 期間の平均雲量
 - ii) 期間の長さ
 - iii) 雲量の基本波成分のパワースペクトル
 - iv) 波長1日の高調波成分のパワースペクトル
- を雨・雪以外の期間の天候の変動を表現する説明変数

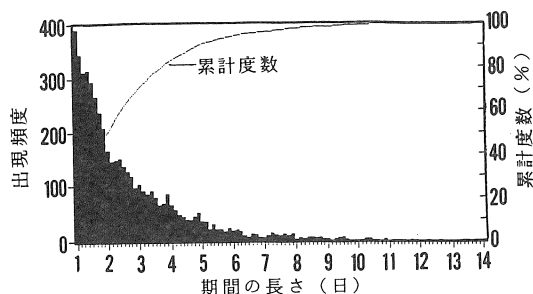


図1 雨・雪が降らない1日以上期間の出現頻度

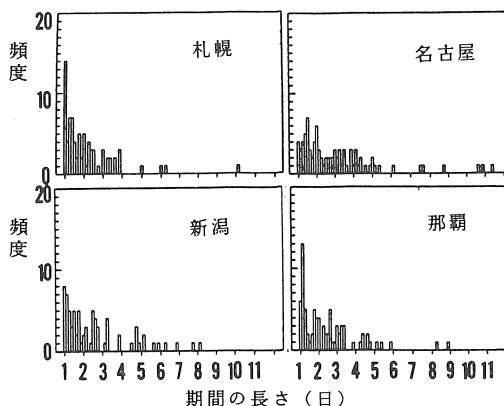


図2 4地点における雨・雪以外の期間の頻度グラフ

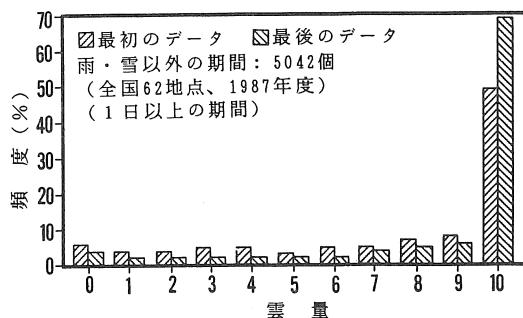


図3 雨・雪以外期間の最初及び最後の雲量頻度分布

とした。

上述のように一つの期間の全体的な変動と1日周期の天候の変動に注目するため、雨・雪が降らない天気が1日以上続く期間のみをフーリエ解析の対象にした。図1にフーリエ解析に用いた1日以上期間（5042個）の頻度グラフを示す。1日～2日未満の期間の出現頻度が高く、その累計度数が全体の50%を占めているが、全体的にはカイ2乗分布に近い。地点ごとの各期間の頻度グラフをみると、図2のように地点差があり、カイ2乗分布から外れる地点もある。

また、雨と雪が止んだ直後、または降り始める直前

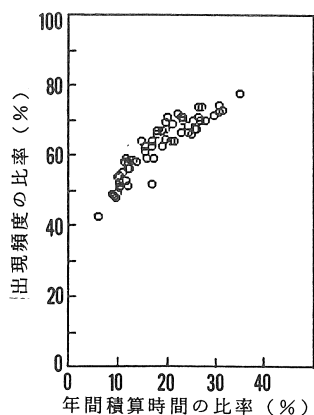


図4 各地点に1日未満の期間が占める比率
(年間の雨・雪以外の期間について)

の雲量について以下の考察を行った結果により、フーリエ解析に用いたすべての期間の最初及び最後の雲量を10にすることにした。解析に用いた期間の最初及び最後の雲量頻度分布図を図3に示す。この図により、雲量10, 9, 8のケースが最も多く、期間の最初の雲量が10である期間は50%, 期間の最後の雲量が10であるのは70%も占めている。

次に、期間の長さが1日以下である雨・雪以外の期間の扱いについて述べる。62地点について、雨・雪が降らない期間の年間積算時間に対する1日未満の期間の比率を算出した。図4に示すように、地点により若干の差がみられる。1日未満の期間の出現頻度は40%~80%に達しているが、年間積算時間の比率は少なく10%~30%である。また、図5でみられるように、平均雲量が8以上、すなわち、天気について曇りの期間が80%を占めている。1日未満の期間の天候の変動については後述する。

4. 天候の変動のパターン化

天候の変動をパターン化するために、前述した4つの説明変数(期間の平均雲量、期間の長さ、雲量の基本波成分のパワースペクトル、波長1日の高調波成分のパワースペクトル)を用いて、全国62地点(5042ケース)を対象としてクラスター分析(東京工業大学総合情報処理センターのSAS統計パッケージのFASTCLUSプロシジャ)を行った。その結果、図6のような9つのパターンが得られた。

各パターンは次のように解釈される。パターン1は、9個のパターンのうち期間の長さが最も長く8日前後で、雲量の変化が小さい期間を表すパターンである。また、パターン2, 7, 8に分類された期間では、期

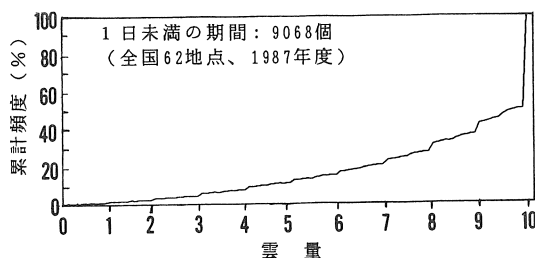


図5 雨・雪以外の1日未満の期間における
平均雲量の頻度分布

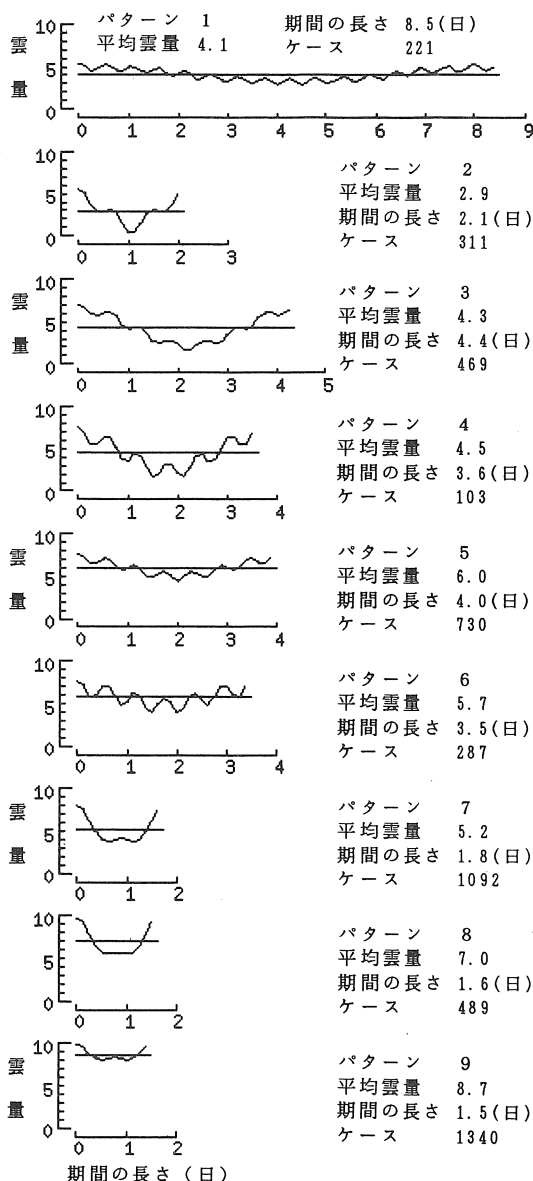


図6 9個のパターンに分類された
期間の雲量の変動特性

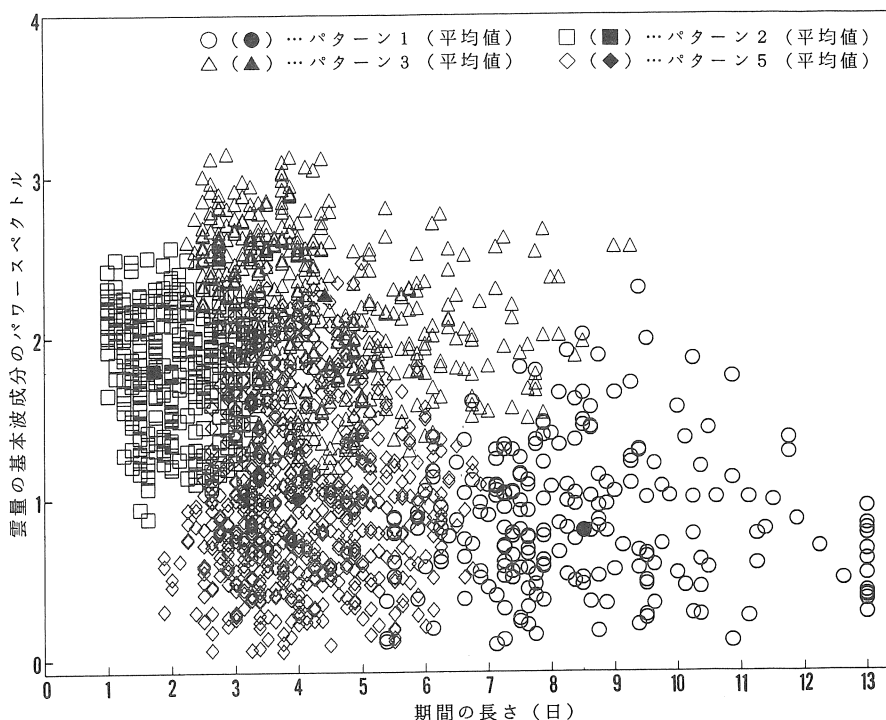


図7 各パターンに分類された期間の長さ及び
雲量の基本波成分のパワースペクトルの比較例

間の長さが同様に2日前後であるが、期間の平均雲量がそれぞれに異なることはわかる。これに対して、パターン9が表す期間は2日前後であり、雲量も多くかつ雲量の変化もほとんどない期間である。その他、パターン3と4のように、両者の平均雲量及び期間の長さがほぼ同じでも、波長1日の成分のパワースペクトルは後者の方が比較的大きくなっている。パターン5と6についても同様に解釈できる。上述のように、それぞれに異なる雲量の変動特性を表す9個のパターンによって、雨・雪が降らない期間の天候の変動をパターン化した。

上述した9個のパターンに分類された各ケースの分布状態の一例を図7に示す。同図は、パターン1, 2, 3, 5に分類されたすべての期間について、期間の長さと雲量の基本波成分のパワースペクトルを横軸と縦軸にとって作成したものである。各パターンの全ケースを白抜きマークで、平均値を黒マークで布置してあるように、平均値を中心として比較的ばらつきの大きいものや他のクラスターと重なりのみられるものもあるが、全体的に各パターンの特徴が表現されている。例えば、パターン1は、雲量の基本波成分のパワースペクトルが小さくかつ期間の長さが8日前後である期間を表すパターンであることが読み取れる。

5. 天候変動パターン図の作成とその有効性

前節で得られた9個のパターンに雪と雨を加えた11個のパターンを天候の変動を表現する天候パターンとして、日本全国各地点において天候変動パターン図を作成した。図8は東京を例に示したものである。縦軸と横軸に1日の時刻と月をとり、1年間の1日以上期間について11個の天候パターンによって表現した。

なお、1日未満の期間については以下のように扱うこととした。1日未満の期間では、図5からもわかるように平均雲量が5以下の期間は約10%しか存在しない。特に平均雲量が9以上の期間は60%以上も占めている。また、1日未満の期間については雲量の変動の特徴を特に考慮する必要がないと思われる。一方、図6でみられるように、1日以上を対象にしたクラスター分析から得られたパターン7, 8, 9では期間の平均長さは1.5~1.8日であり、平均雲量はいずれも5以上である。以上のから、実用上はできるだけパターン数が少ない方が好ましいと思われるので、1日未満の期間については、平均雲量が5以下のものをパターン7、平均雲量が5~8である期間をパターン8、平均雲量が8以上の期間をパターン9によって表現した。

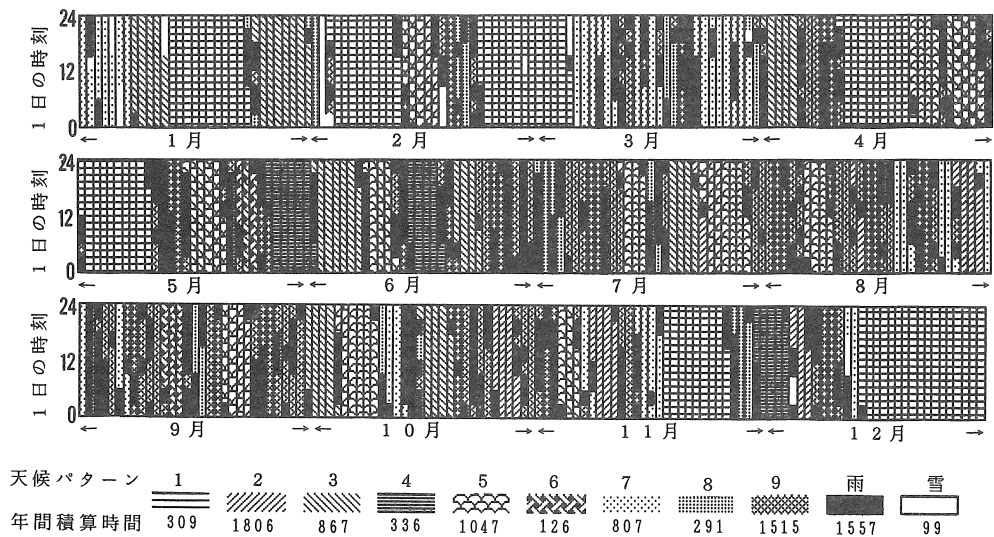


図8 東京における1年間の天候変動パターン図(1987年)

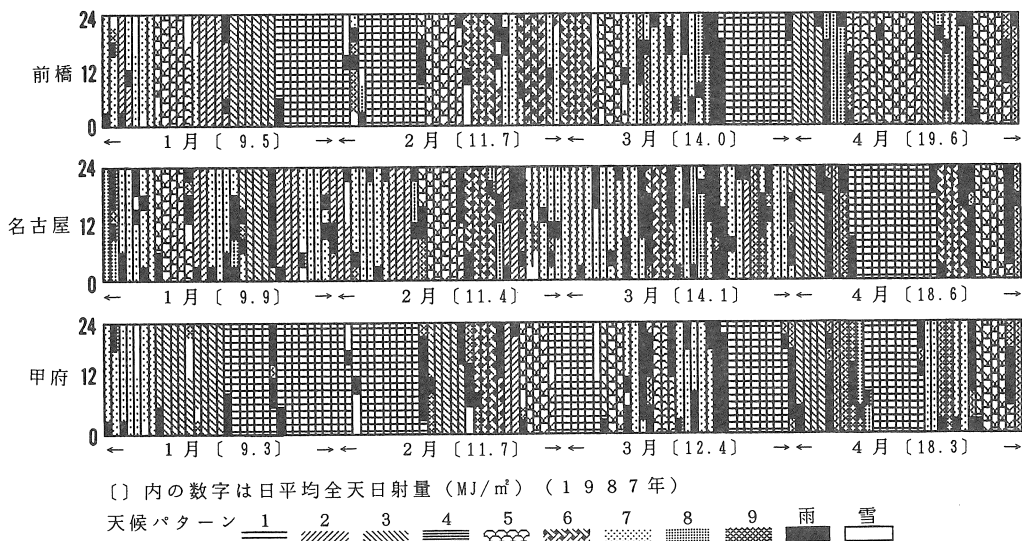


図9 1～4月の日平均日射量がほぼ等しい3地点の天候変動パターン図

図8より、1年間を通じて各天候パターンが出現する期間やその出現頻度などを視覚的に把握できる。例えば、パッシブヒーティングの重点的な検討期間にあたる12月～2月には天候パターン1が長く続くことが読み取れる。6月～8月の天候変動パターンをみると、6月後半から7月前半にかけて長い雨の期間があり、8月には短い雨の期間が多くある。これに加え、曇りの期間を表す天候パターン9の出現頻度が最も大きくなっている。

天候パターン図の有効性を示すために、1～4月の月別日平均全天日射量がほぼ等しい3地点(前橋、名

古屋、甲府)を一例として検討した。図9にこれらの3地点の天候パターン図を示す。例えば、2月では甲府、前橋、名古屋の日平均全天日射量がそれぞれ11.7、11.4、11.7 MJ/m^2 である。図10に示した2月の各天候パターンに分類された期間の長さを比較してみると、前橋ではよく現れる天候パターンはパターン1、6、5であり、名古屋ではパターン1の期間が全くなかつ長さが比較的短い天候パターン7の期間が多い。これに対して、甲府の場合、天候パターン1が2週間ほど続く。

以上に述べたように、月別日平均日射量の等しい地

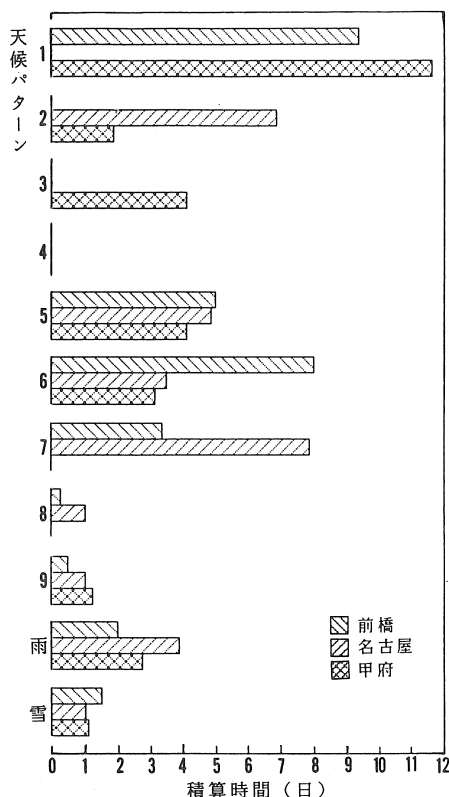


図10 前橋，名古屋，甲府において2月の各天気パターンの出現期間の比較

点においても天候の変動パターンの出現期間に大きな差異があることは提案した天候パターン図によって把握できる。

6. 天候パターンと平均日射量との関係

検討すべきバッシブ手法によって重点的に考慮しなければならない天候パターンは異なる。ここでは天候の変動を考慮することの有効性を示すために、ダイレクトヒートゲインシステムの検討例を取り上げる。第一に取得日射量が重要であるが、安定した日射量が得られるか否か、すなわち、天候の変動を考慮する必要もある。ここで、平均雲量の少ない天候パターン1～6は、ダイレクトヒートゲインの有効性を検討するうえで有効な天候パターンと考え、全国の62地点について次のような検討を行った。

バッシブヒーティングの対象期間とした冬季（雨・雪以外の期間の平均気温が14℃以下のものを冬季とする）において上記の6個のパターンに分類されたすべての期間の長さを算出した。さらに、各パターンの期間の長さが占める百分率を円グラフで図11のような日本地図に表した。比較のために、月平均外気温、日射量及び風速によって日本を6つの気候区に分類した木村らによる建築気候図⁽⁴⁾も示している。

図11によれば、半径の大きい円は、木村らの建築気候図に示した日射が多い地域（D，E気候区）に多く

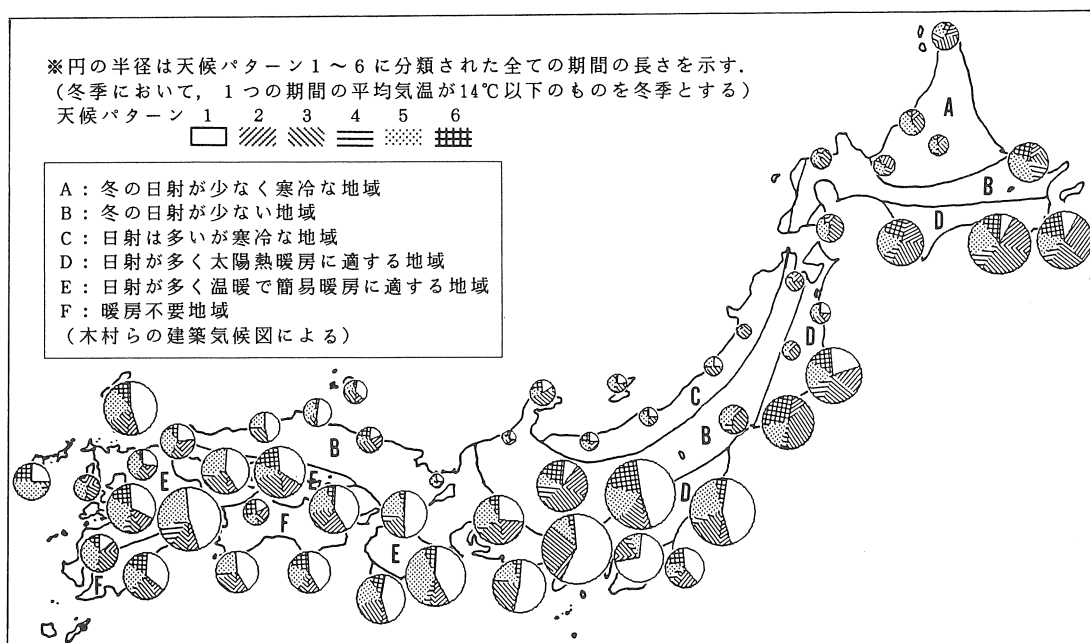


図11 1987年冬季における全国62地点の各天気パターンの出現率

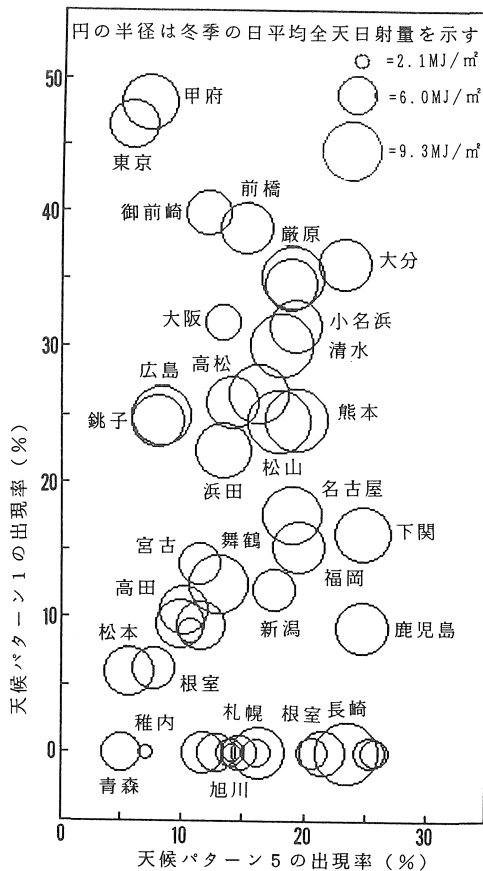


図12 各地点の日平均全日射量と天候パターンとの関係（冬季において）

あることがみられる。しかし、木村らの気候図によって同じ気候区に分類された地点、すなわち、平均的な日射特性などが同様と扱われる地点においても、天候の変動パターンが異なることも読み取れる。

次に平均日射量と天候パターンとの関係を視覚的に表現した一例を述べる。前述した6個のパターンの中でダイレクトヒートゲインのようなパッシブ手法を考える場合、利用の可能性が最も高いパターンとして、期間の平均長さが最も長いパターン1と、雲量の変動が小さくかつ比較的良好に現れるパターン5を取り上げた。図12は、全国62地点についてパターン1と5の出現率を縦軸と横軸にとって作図したものである。図中の円の半径は冬季の日平均全日射量（1987年のSDPデータによる）を表している。同図に示したように、円の大きさが同じくらいの地点、すなわち、日平均日射量がほぼ等しい地点においては、例えば、太平洋側と九州の地点のように地域によって天候パターンの出現率が異なる地点がある。一方、図9で述べた3地点

（前橋、名古屋、甲府）のように天候パターンが異なる場合もあることが明らかになった。これは、雲量が少ない日が続くのと、1日周期での雲量の変動が大きい場合と雲量の変動が小さい場合があることで、天候パターンの構成が異なるためである。

7. まとめ

天候の変動をパッシブ手法の有効性を規定する気候要素のひとつとして天候の変動に着目し、これをパターン化するための検討を行った。まずはじめに、SDPデータを用いて、雨、雪及びその他に天気の状態を分類した。雨・雪以外の期間における天候の変動について、その期間の雲量をフーリエ解析し、その期間の長さ、期間の平均雲量、雲量の基本波成分のパワースペクトル及び波長1日の高調波成分のパワースペクトルを説明変数として天候の変動をパターン化した。その結果、9個の天候パターンが得られた。また、これらに雨と雪を加えた11個の天候パターンを用いて、地点ごとにおける天候の日・年変化を視覚的に把握できるパッシブ気候図を提案した。

さらに、本研究の適用例としてダイレクトヒートゲインシステムを取り上げ、冬季における各天候パターンの出現率を日射量の安定性を評価するパラメータとして全国62地点について検討した。その結果、平均日射量がほぼ等しい地点においても各天候パターンの出現率が異なることを明らかにし、さらにそれを視覚的に表現した。

今後の研究課題として、以下の検討項目が残された。

- ①昼と夜別に天候の変動をパターン化する。
- ②具体的なパッシブ手法を考えるとき、有効な天候パターンを明確にする。

最後に、本研究の一部は日本科学協会笹川科学研究奨励助成金（平成2年度）によるものである。ここに記し深謝の意を表す。

文 献

- (1)小玉祐一郎・武政孝治、日本建築学会計画系論文報告集、設計支援を目的とするパッシブソーラーシステム性能予測技法の研究、第374号（1987）。
- (2)長谷川房雄・吉野博・石川善美・松本博、日本建築学会計画系論文報告集、パッシブソーラーシステムの直接熱取得方式における各種要因の数値シミュレーションによる分析（気候条件および、集熱、蓄熱条件の冬期の室温への影響）、第383号（1988）。

- (3) 松尾陽・井上隆・黒本英智・趙敏寛・間宮尚, 日本建築学会計画系論文報告集, パッシブソーラー・ダイレクトゲインシステムの性能評価に関する研究, 第400号 (1989) .
- (4) 木村建一・宇田川光弘・安江進, 日本建築学会大会学術講演概集, 太陽熱暖房の実効性を中心とした建築気候図 (1975) .
- (5) 梅干野晁・森川明夫・小玉祐一郎・奥村昭雄・藤井修, 日本建築学会九州支部研究報告, 標準気象データを用いた気候要素等値線図の作成, パッシブ気候区に関する基礎的検討, 第27号 (1983) .
- (6) 吉田作松・篠本誓一, 日射量の全国マップ, 太陽エネルギーVol.11-15 (1985~1989) .
- (7) 赤坂裕, 日本建築学会論文報告集, 年間毎時刻雲量データの作成法, 326 (1983) .
- (8) 国立天文台編, 理科年表 (1990) , 270, 丸善社
- (9) 梅干野晁・何江, 天候の変動を考慮したパッシブ気候図の作成, 平成元年度日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー協会合同研究発表会講演論文集, (1989-12) , 25-28.