

①

地方都市におけるクリマアトラスの作成による
都市気候の実態に関する研究

ー 長野市と松本市を事例にして ー

2001年 3月

岩井 一博

目 次

第1章 序論	1
1.1 研究の背景と目的	1
1.2 既往の研究と本研究の位置づけ	4
1.2.1 本研究に関係する既往の論文	4
1.2.2 本研究の位置づけ	9
1.3 本論文の構成	11
第2章 対象地域の概要	13
2.1 長野県北部の地形	13
2.2 長野県北部の気象	17
2.3 長野県北部の人口	20
2.4 まとめ	20
第3章 気象台のデータを基準とした長野県北部の気象特性	21
3.1 はじめに	21
3.2 移動測定による属性の分類と代表点の抽出	22
3.2.1 測定方法	22
3.2.2 気象台における外界気象状況	23
3.2.3 気象台のデータに基づく移動測定の結果	25
3.2.4 測定結果の分類	27
3.3 500m メッシュ内における外界気象の代表性	31
3.4 気象台と各代表点の外界気象	33
3.4.1 定点の観測方法	33
3.4.2 気象台における気温の平年差	33
3.4.3 通年における各代表点の気象状況	34
3.4.4 最寒日と最暑日の気象状況	36
3.5 同一の土地利用におけるデータの代表性の検証	39
3.6 まとめ	41

第4章 長野県北部における500mメッシュを用いたクリマアトラスの作成	43
4.1 はじめに	43
4.2 前章までの研究内容と本章の位置づけ	44
4.3 測定方法	46
4.4 対象地域周囲におけるデータの同一性の検証	46
4.5 500mメッシュによるクリマアトラスの作成	49
4.5.1 クリマアトラスの作成条件	49
4.5.2 最寒日と最暑日のクリマアトラス	50
4.5.3 クリマアトラスの誤差の検討	54
4.6 地方都市における商業地域の気温	56
4.6.1 気温と建物表面温度の相関	56
4.6.2 他の地方都市における商業地域の実態	58
4.7 まとめ	60
 第5章 リモートセンシングデータと実測値を用いたクリマアトラスの作成	 63
5.1 はじめに	63
5.2 前章までの研究内容と本章の位置づけ	64
5.3 解析の準備	67
5.4 長野市におけるリモートセンシングデータによる土地利用図の作成	69
5.4.1 対象地域とカテゴリーの選定	69
5.4.2 教師データの選定	69
5.4.3 土地利用図の作成	70
5.5 長野市におけるクリマアトラスの作成	71
5.5.1 クリマアトラスの作成条件	71
5.5.2 最寒日と最暑日におけるクリマアトラス	72
5.6 他の地方都市におけるクリマアトラス作成の応用	75
5.6.1 松本市の土地利用図	75
5.6.2 松本市の代表点における気温と相対湿度	77
5.6.3 松本市のクリマアトラスの作成条件	79
5.6.4 松本市の最寒日と最暑日におけるクリマアトラス	79
5.7 まとめ	82

第6章 パッシブ手法を検討するためのクリマアトラスの作成	83
6.1 はじめに	83
6.2 前章までの研究内容と本章の位置づけ	83
6.3 測定方法	87
6.4 各種クリマアトラスの作成方法	88
6.4.1 リモートセンシングデータを用いたクリマアトラスの作成	88
6.4.2 法線面直達日射量と水平面天空日射量の算出	90
6.4.3 風向、風速図の作成方法	90
6.4.4 クリマアトラスの妥当性	91
6.5 各種気象の最寒日と最暑日におけるクリマアトラスの作成	91
6.6 各種気象の時系列による違い	95
6.7 まとめ	99
 第7章 結論	 101
7.1 結論	101
7.2 今後の展望	103
 研究業績	 104
1. 本研究の内容に関する発表論文	104
2. その他 関連する発表論文	106
 参考文献	 107
 謝 辞	 112

第 1 章

序 論

第1章 序 論

1.1 研究の背景と目的

都市気候に関する問題は、19世紀の終わり頃から発生している。例えば、ドイツの J.Hann の気候の教科書には、都市の中心部がその周囲より高くなる現象について紹介している。そのため、この頃から既に人間の活動が気候に対して影響を与えていたと言える。その後、都市の規模の拡大に伴って世界中で、気温の上昇、湿度の低下、大気汚染などの様々な都市気候に関する問題が浮上する事になる。

1940 年頃には、ロサンゼルス光化学スモッグや大阪の煤煙問題が発生している。特にイギリスでは、G.S.Callendar が化石燃料の消費の拡大により二酸化炭素濃度が増え、それが気候に影響する事を指摘している。

1970 年代に入ると、公害問題や異常気象問題が世界各国で起こり、それにより公害病や食料の需給に対する障害などの社会問題が発生している。また、これと同時に都市部における熱汚染もさらに増大する事になる。

その後 1980 年代からは、世界気象機関 (WMO) を中心に気候の変動が社会に影響する事についての検討が行われ、世界的に都市気候に関する対策が講じられるようになった。

しかしながら、今日でも人間活動が気候に影響を及ぼし、それがまた人間社会に還元される現象は益々増大していると言わざるを得ない。特に、ヒートアイランド現象、オゾン層の破壊、酸性雨、地球温暖化などの環境問題は年々深刻さを増している。

こうした問題に対する改善への取り組みと同期し、都市気候に関する学問的な取り組みが進められてきた。その具体的な内容は、人間活動に伴うエネルギー消費と排熱に関するものや、地表面の形状や材料の変化に伴う気候の変動についてなどである。このうち、人間活動に伴うエネルギー消費と排熱に関しては、燃料種別や消費用途別などの区分や、民生、産業、運輸などの分類によりその実態や予測についての検討が行われてきた。また、地表面の形状や材料の変化に関しては、気温、湿度、風速などの気象因子の実測やシミュレーション計算が行われ、地域毎にその実態が明らかにされてきた。

一方、研究を行う上でのスケールは、国や地方を対象とした広範囲のものから数 m 四方の領域を対象とするものまで、様々なレベルで研究が行われてきた。このうち、広範囲をテーマとした研究は標準気象データや AMeDAS データが用いられ、対象地域内における

実態を中気候の立場から明らかにしてきた。また、比較的狭い領域を対象としたものについては、実測や解析により微気候の面から個々のケースを明らかにしてきた。これらの成果は、地域における大気汚染の対策や都市計画の検討資料として活かされてきた。

この様な取り組みと共に、建築環境工学の分野では建物に対する熱的影響についての研究が行われてきた。それは、主には建物を建てる際の基本設計や実施設計の段階でその必要性が生じたと言える。例えば、「建てる場所の気候条件は」、「有効なパッシブ手法は何か」、「必要とする断熱気密性能は」、「暖房負荷や室温の設定は」などがそれである。そのため、地域や場所毎のより詳細な気象データが必要となった。

しかしながら、現在の段階ではその資料の整備は必ずしも十分であるとは言えない。例えば、長野市内に建物を建てる際は長野地方気象台のデータを参照する事が多い。また、標準気象データを利用する場合は、長野市のデータが整備されていないため松本市のデータを用いるのが一般的である。そのため、これらのデータは当該建設地点における参考値としては活用できるものの、実際の気象とは一致しないケースが生じている。従って、地域や場所に対応した実際の気象データを整備する事が必要不可欠であると言える。

これを表現する方法の一つに、クリマアトラス^{※1)}が挙げられる。クリマアトラスは、地域内における気温や湿度などの分布状況を地図上に現したものである。これを作成する事により、対象地域内の任意の地点における建物の熱環境形成に関わる気象を、研究者から市民レベルまで分かりやすく表現する事が可能になる。

この様な観点より、本研究では各種クリマアトラスを作成し、これらの資料に基づいて都市気候の実態を明らかにする。その方法は、メッシュ単位及び土地利用単位の気象観測を行い、得られたデータを基に対象地域全体の分布状況を明らかにする。スケールはAMeDASの観測網の内側となる約10km四方を対象とし、その地域内に市街地、住宅地、農地などの多様な土地利用を含むものとする。また、都市の規模は今日では首都圏などの大都市を対象とした報告は多くあるものの、地方都市をテーマとしたものは希少であるため、人口が数10万人規模の都市を対象とする。

以上に基づき、本研究では「地方都市におけるクリマアトラスの作成による都市気候の

実態に関する研究」を実施する。この結果が、建物を設計する際の外界の熱環境に関する基礎資料となる事を研究の目的とする。

注1)

本研究では当初、気象の状態を地図上に現したものを「気象マップ」と呼称していたが、2000 年度日本建築学会大会を契機に都市気候の分野で、「クリマアトラス」の名称が一般的に使用され始めた。従って、本論文でも同様にクリマアトラスの語句を用いる事とした。

なお、「クリマ」は気候を、「アトラス」は地図集を意味するドイツ語であるが、ドイツでは 1970 年頃より、都市の気候に関する研究成果を大気汚染対策や都市環境計画に活かす目的として、「Klimaatlas」という言葉を用いている。

1.2 既往の研究と本研究の位置づけ

1.2.1 本研究に関する既往の論文

過去 15 年間における、本研究に関連する既往の都市気候に関する論文を年代別に概説する。

1986 年

(1) 中村、平岡、西村¹⁾

市街地キャビティ空間における、夏期の気温の空間分布特性について実測により確認している。その結果、キャビティ内における気温の空間分布のばらつきは、標準偏差で現して 0.5K を超えない事が明らかになった。また、移流に伴う風向の変化に応じて気温が変化することや、キャビティ内部の平均気温がキャビティ上部の外部気温と差がない事について明らかにしている。

(2) 中村、平岡、西村²⁾

市街地キャビティにおける、夏期の壁表面及び地表面の温度と熱流の実態について検討している。結論として、直達日射による表面温度と表面熱流に及ぼす影響は大きい事、日射による表面の熱は伝導で内部に伝わり、次いで対流と放射で空中に放熱される事、またその熱放散は建物の上部ほど増大する事を明らかにしている。

1987 年

(1) 片山、石井、西田、堤、森川、橋田³⁾

建物の密集地及びそれに隣接する水面を有する公園を対象として、それぞれを挟む 3 地点の気温、風速、湿度の垂直分布を同時観測している。その結果、正午頃の市街地の地表面温度は 30~80℃の広い分布であるが、大きな池の水面温度は 30℃程度のほぼ気温に等しい値になる事などを明らかにしている。

1988 年

(1) 石井、片山、塩月、吉水、安部⁴⁾

夏期における屋外の快適感について検討している。それにより、各種温熱感覚で快適感と最も相関が高いのは温冷感であり、発汗感や放射感がこれに次ぐ事、気流感は日向では相関が低いが見陰では中程度の相関がある事、乾湿感是被験者ごとのばらつきが大きい事などを明らかにしている。

(2) 村川、関根、成田、西名⁵⁾

居住環境の快適性と河川との関わりを考察する研究の一環として、都市内河川の熱的効果の把握を目的に、河道内及び河川周辺部を対象とした気温分布の観測を実施している。その結果、河道内の温度を冷源および熱源として活用できる事が明らかになった。

(3) 堤、片山、石井、西田、北山⁶⁾

国内の夏期の風データにおける海陸風の風向、風速の安定性を定量的に現すための適当な統計処理方法を提案し、その特性を明らかにする事を目的としている。その結果、全体的に海風の風速は陸風より大きく、また日射量が大きくなると海陸風が発達しやすい事などを明らかにしている。

1989 年

(1) 片山、石井、西田、堤、中島、増田⁷⁾

キャビティ空間内の日射、放射、気流速度、表面温度、グローブ温度の推定値と実測値の比較を行っている。その結果、幾何学的に相似な模型を使用し、アプローチフローの垂直分布を実測値と一致させて風洞模型実験を行う事により、屋上基準風の平均風速に対する住棟間測定点の平均風速の比率が、実測による値とほぼ一致する事などを明らかにしている。

1990 年

(1) 村川、関根、成田、西名、千田⁸⁾

都市内河川の熱的効果の把握を目的に、河川及びその周辺市街地における微気象観測を実施している。その結果、日中に海風がほぼ河道に沿って侵入している場合、河川効果が周辺市街地に及ぶ範囲は、河川幅、河川と直交する街路幅、及び河川周辺の建物密集度に影響される事などを明らかにしている。

(2) 片山、石井、西田、林、堤、塩月、北山、高山、大黒⁹⁾

夏期における河川とその周辺の熱環境に関して実測を行っている。その結果、気温が最高に達する時刻に陸風から海風への変化がある場合、気温の低下が明確に認められている。特に、河川上における気温の低下幅は3～4℃に達し、この低下幅は海岸に近いほど大きい。街路上でも1～2℃の気温の低下が認められる。

1991 年

(1) 岡、不破¹⁰⁾

宇都宮市を対象に土地利用形態別に顕熱流の測定を行い、その違いを明らかにしている。また、顕熱流の日変動や夏期と冬期の比較を行っている。その結果、顕熱流と純放射量の日変動では、市街地における顕熱流は夜間においても正であり、熱流は夏期冬期とも常に上向きである事などが明らかになった。

1992 年

(1) 成田¹¹⁾

夏期の暑熱緩和効果の把握を目的に、都市内河川周辺における微気象観測結果の検討を念頭に、人工的な水路による風洞実験を実施している。その結果、河川周辺の建物密度が低いほど、また河川と直交する街路の街路幅が広いほど、河川の影響範囲は広くなる事が実験と実測で一致した。

(2) 梅干野、八木、木村¹²⁾

並木の中や芝生の上などの植栽空間を含む建築外部空間を対象に、夏期の晴天日形成される熱環境をとらえるため、気温、風速、3 中空球温度を測定している。その結果、植栽の多い空間は日向日影に関わらず熱放射が少なく、夏の良好な熱環境の形成に有効である事などを明らかにしている。

(3) 武政、小玉¹³⁾

AMeDAS データを用いて、日本全体の 1 月の平均気温マップ、暖房デグリーデーマップ、1 月の水平面全天日射量マップをそれぞれ作成している。

(4) 小玉、武政¹⁴⁾

パッシブ地域係数（暖房度日に対する南鉛直面全天日射量の比）を定義し、日本におけるその分布状況をマップにしている。

1993 年

(1) 渡辺、依田、尾島¹⁵⁾

ランドサット飛来時刻と同時刻における土地被覆別地表面温度の地上実測調査を行い、その結果、ランドサットデータによる地表面温度分布と数値情報処理による数値情報利用による地表面温度分布の整合を行う事ができた。また、ランドサットで捉えきれない都市広域の地表面温度日変化の推定を行う事ができた。

(2) 石野、郡、谷本¹⁶⁾

空調設計に用いる気象データのうち外気温度について、東京首都圏の分布特性に関して、自治体データと AMeDAS データを用いて解析を行っている。その結果、冬期、夏期それぞれについて時刻別超過危険率 2.5%適用の日最低、日最高外気温と連続生起を考慮した冬期日最高、夏期日最低外気温の等温線図を東京 100km 圏について作成している。

1994 年

(1) 高、三浦、尾島¹⁷⁾

東京下町地区における河川、緑地の熱環境の実態を明らかにすると共に、それらの整備によって得られる都市の熱環境への冷却効果を目的としている。その結果、緑地の最高気温は街路空間より 1～2℃低い事、建ぺい率が高い場所ほど気温が高くなる事などが明らかになった。

1995 年

(1) 梅干野、飯野、古賀、佐野¹⁸⁾

川崎市の丘陵開発地域を対象としてヒートアイランドポテンシャルを用い、冬期の晴天日における熱環境の実態把握を行っている。その結果、冬期の晴天日における正午及び日没時の地区のヒートアイランドポテンシャルは、緑被率や建物の構造別の容積率による特徴が現れており、日中の日射による蓄熱や室内からの放熱の影響が大きい事が明らかになった。

1996 年

(1) 首藤、杉山、泉、岡¹⁹⁾

札幌市の土地利用形態から都市の気温を予測する解析式を導き、人工物、農耕地、樹木林、水域の 4 種類の土地利用形態及び標高が気温形成に与える影響を定量的に分析している。その結果、土地利用形態が気温形成に与える影響は、冬期に強く現れ、さらに最低気温において顕著になる事などを明らかにしている。

(2) 谷本、石野²⁰⁾

細密数値情報を用いて、東京首都圏の空調設計用外気温度分布を推定する手法について検討している。特に、細密数値情報の土地利用 10m メッシュデータと当該地点の海岸線からの距離と標高を用いて、暖房及び冷房設計用日最高、最低外気温度を推定する重回帰式を時刻別超過危険率 2.5%適用と連続生起考慮の場合について作成し、良好が回帰結果を

得ている。

(3) 森山、鈴木、宮崎²¹⁾

ランドサット TM から得られる NVI 値と、輝度温度のデータを用いて熱環境要素(気温、湿度、風速、MRT) の地域分布を推定し、SET* の分布図を作成している。特に、輝度温度と標高を説明変数とする重回帰分析では高い相関が得られている。

1997 年

(1) JEONG、堀越、梅村、宮本、水谷²²⁾

街路・開放空間の熱環境に対して、相互反射の影響を考慮した Net Radiation 法による日射量と長波長放射の相互反射を取り入れた平均法射温度 MRTn を導き、作用温度 OTn、標準作用温度 SOTn を求め、立位姿勢の人体に及ぼす屋外熱環境の影響に関する実験を行っている。

(2) 首藤、程、横尾、岡²³⁾

東海、東北、関東地域における、土地利用形態と標高が気温形成に与える影響について定量的に分析している。その結果、人口面は年間を通じて 1～3℃ の昇温効果を示す事、逆に農耕地は年間を通じて概ね冷却効果を示す事などが明らかになった。

(3) 吉田²⁴⁾

近畿地方を対象に、気象データのモデル化により都市気候を明らかにしている。そのため、平均気温、年平均日較差などのクリマアトラスを作成している。

(4) 永村、永村²⁵⁾

気温を対象に AMeDAS データの欠測処理を行っている。このうち、6 時間以下の処理については欠測前後の観測値を用いて直線補間している。また、長時間の欠測については対象地点の観測値を目的変数として、周辺の 3 地点の観測値を説明変数とする重回帰により補間している。

1998 年

(1) 西川、斉藤、石原²⁶⁾

九州地方を対象に、建物の温熱性能の評価を目的とした気象データの整備と自然エネルギー野の利用を前提とした気候マップの作成方法について検討を行っている。その結果、SDP データ、AMeDAS データ、国土数値情報標高データを基に気象データの整備を行い、1992 年の九州地域 137 ヶ所の標準化気象データを作成した。

1999 年

(1) 森山、竹林、宮崎²⁷⁾

大阪地域を対象に一次元熱収支モデルを用い、観測値と計算値との比較により蒸発効率と人口排熱成分の決定を試みている。その結果、NVI 値と蒸発効率の関係はほぼ正比例となっている事がわかり、また人口排熱は NVI 値とほぼ反比例の関係にある事を明らかにしている。

(2) 辻原、中村、田中²⁸⁾

都市の半戸外空間の温熱環境設計に役立てる事を目的として、冬期の西ヨーロッパにおける実態を調査している。その結果、半戸外空間内部の気候の評価指標として「気候緩和率」を提案している。

1.2.2 本研究の位置づけ

都市気候に関する既往の研究をまとめると次の通りになる。

- ① キャビティの様な限られた空間内における微気象
- ② 夏期における市街地の緑地や水域の暑熱緩和効果
- ③ 特定の気象因子による観測結果
- ④ 首都圏などの大都市を対象とした都市気候
- ⑤ 日本全体などの広域におけるクリマアトラスの作成
- ⑥ リモートセンシングデータや AMeDAS データを用いた気象の推定

このうち、①は住棟間における狭隘な空間の微気象を扱った研究であり、これによって得られた成果は地域毎の気象や建物の形態などによりそれぞれ異なる可能性があると考ええる。②は、夏期における市街地の防暑計画について検討しているが、緑地や水域の通年における影響については明らかになっていない。③の内では主に気温をテーマとした研究例は多く見られるが、その他の湿度、日射量、風などを含めた総合的な気象観測による研究は少ない。④は、首都圏などの大都市を扱ったテーマは多く、ヒートアイランドの原因究明などが行われているものの地方の都市気候を言及したものは少ない。⑤は、日本全体や九州地方などの広域について AMeDAS データを用いたクリマアトラスの作成は行われて

いるが、AMeDASの観測網の内部を対象とした研究テーマは少ない。⑥は、各種シミュレーション計算などにより都市気候の実態は明らかにされているが、その整合性については十分に示されていない場合がある。

以上の点を踏まえ、今後必要とされる研究テーマは次の事項になると考える。

- a. 地方都市における都市気候の研究
- b. AMeDASの観測網の内部を対象にした気象の調査
- c. 対象地域内における総合的な気象の観測
- d. 通年における気象データの集積

この結果、本研究では以下の点に着目して研究を実施する。

a については、本研究では人口が数十万人規模の内陸の地方都市を対象とする。特に、長野市の都市気候を重点的に調査し、併せて松本市においても比較検証のための実測調査を行う。これらをまとめて地方都市の実態を明らかにする。b については、AMeDASの観測網である約 21km 四方より狭い範囲について解析を行う。そのため、対象地域内において移動測定と定点観測を行い、これらのデータに基づくクリマアトラスの作成により分布状況を明らかにする。c については、気温、相対湿度、水平面全天日射量、風向、風速の実測を行い、またこれらのデータより絶対湿度、SET*、夜間放射量、法線面直達日射量、水平面天空日射量を算出し、屋外の熱環境における総合的な実態を明らかにする。d については、10 分毎の気象の連続測定を開始し、対象地域内の通年における実態を明らかにする。

よって、本研究では長野市と松本市を主たる対象地域とし、「地方都市におけるクリマアトラスの作成による都市気候の実態に関する研究」をテーマとする。

1.3 本論文の構成

本論文は7章から構成されている。各章の内容は次の通りである。

第1章は、本論文の背景と目的について述べる。関連する研究の紹介を行い、本論文の位置づけを明確にする。また、研究の意義や論文全体の構成についても示す。

第2章は、対象地域の概要について述べる。長野県北部の地形を明らかにした上で、気温、相対湿度、日照時間、降水量などの気象と暖房と冷房の日数とデGREEデーについて、日本海側の高田と内陸の松本のデータを用いて比較する。

第3章は、長野県北部の対象地域内を500m×500mのメッシュで分割し、気象台の実測値を基準にしてそれぞれの気象データをグループ化する。そこから、土地利用ごとの代表点を選出して通年における外界気象の連続測定を行う。また、代表点で得られたデータの対象地域内における代表性についても検証を行う。

第4章は、第3章で得られた結論の「土地利用が等しい場合は気温と相対湿度は同様である」という判断に基づき、対象地域内の都市気候を明らかにする。そのため、T-検定に基づく研究対象地域の確定、対象地域内における500mメッシュによる気温と相対湿度のマップの作成、500mメッシュ内の土地利用が混在する場合の誤差、商業地域における冬期と夏期の気温特性についてそれぞれ検討する。

第5章は、第4章で課題となったクリマアトラスの500mメッシュ内における土地利用が混在する場合の誤差について検討する。そのため、人工衛星によるリモートセンシングデータを活用して約30mメッシュによる土地利用図を作成する。これに土地利用毎の気象観測データを対応させて誤差の低減を図る。また、クリマアトラスの作成の応用として、松本市においても同様の解析が可能か検討を行い、その結果と併せて地方都市における都市気候の特性について明らかにする。

第6章は、バッシブ手法を検討するためのクリマアトラスの作成を行う。第4章では長野市の平地部を対象に、500mメッシュを用いた気温と相対湿度のクリマアトラスを作成した。また、第5章でも同様にリモートセンシングデータを用いた約30mの気温と相対湿度

のクリマアトラスを作成した。しかし、これらのクリマアトラスを有効なパッシブ手法の検討に用いる場合には、気象因子の種類については未だ十分ではない。そこで気象項目を、気温、絶対湿度、夜間放射量、法線面直達日射量、水平面天空日射量、風向、風速の7項目に増やし、それぞれのクリマアトラスを作成する。特に、最寒日と最暑日を対象にそれぞれの気象の時系列での変化について言及する。

第7章は、以上の各章の分析から得られた結果の統括を行い、まとめ及び今後の展望について述べる。

第 2 章

対 象 地 域 の 概 要

第2章 対象地域の概要

2.1 長野県北部の地形

本研究で対象とする長野県北部地域は、北緯 $36^{\circ} \sim 37^{\circ}$ と東経 $138^{\circ} \sim 139^{\circ}$ の範囲で、図 2.1 に示す本州の内陸部に位置している。^{注1)}

この地域には、北部、西部、東部にそれぞれの山地が分布している。北部は黒姫山や飯縄山等の火山で、これらは富士火山帯の末端をなしている。また、西部は白馬岳や鹿島槍ヶ岳の飛騨山脈が、また東部は白根山、苗場山等の三国山脈（志賀高原）があり、これらはどれも 2,000m \sim 3,000m 級の高さである。

本研究で主として扱う長野市は、これらの山地に周囲を囲まれている。この長野市は国内の人口 30 万人以上の都市の中では最も高所に位置している。標高の最高地点は飯縄山の山頂の 1,917m で、最低地点は北東部の千曲川流域の 330m である。長野市全体の高度分布をさらに詳しく知るため、図 2.2 に傾斜毎の面積率を示す。面積比率は 1/25,000 地形図²⁹⁾を用い、傾斜角毎に区分した紙を分析用電子天秤（最小表示:0.01mg）で計測し、その重量比を用いている。これより、長野市は $0 \sim 10^{\circ}$ の範囲の平坦な部分が全体の約半分を占めている事が分かる。この平坦な部分が主に長野盆地であるが、この盆地は南西－北東方向に伸びた縦長の楕円形であり、千曲川がその長手方向を貫いている。盆地の横幅は、西方向からの犀川や北方向からの裾花川が流入する場所で最も広く、10km 程度となっている。

本研究では、主にこの盆地を対象にして当該地域内の都市気候の実態を明らかにする。

注1)

図 2.1 の作成においては、'95 年 5 月 18 日に撮影したランドサット 5 号 TM データの関東甲信越地方を使用し、図中に行政区域、地名、山名、河川名などを挿入した。

日本海



0 50 km

図 2.1 長野県北部の地形

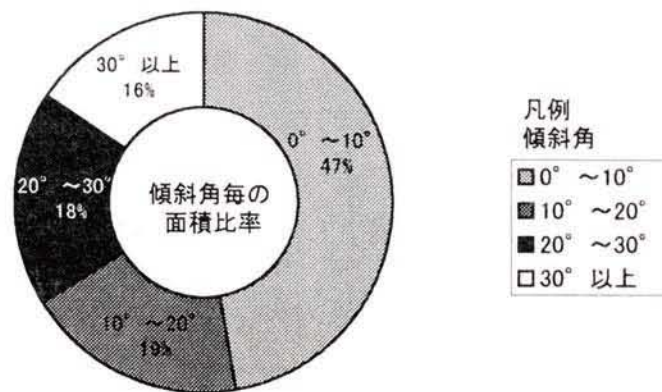


図 2.2 長野市内の傾斜角毎の面積比率

2.2 長野県北部の気象

長野県北部の気候は、地理学の分野では様々な尺度で区分されている。

関口³⁰⁾は気象データの年変化に基づき、長野県北部を北陸地方と中部内陸地方の漸移気候区としている。前島ら³¹⁾は降水現象に着目し、日本海側東北区と太平洋側中央区の境界と定義している。吉野³²⁾は年最深積雪量により、この地域を中部地方の日本海岸と太平洋側の境として位置づけている。これらの区分は、それぞれ用いる尺度は異なるが、全てに共通する事は長野県北部地域を気候の境界としている点である。これに関しての具体的な気象を確認するため、長野県北部の長野市を例に、高田、松本の両気象データとの比較を行う。なお、ここで用いるデータは、理科年表³³⁾と長野県気象月報³⁴⁾による平年値である。

3地点の位置関係を図2.1に示す。また、3地点にある各気象観測所の概要を表2.1に示す。高田は日本海に面した平野で、長野と松本は共に周囲が山地で覆われた盆地である。それぞれの位置は約50kmづつの等間隔で、南北にほぼ一直線上となっている。

図2.3に3地点の1月と8月における、気温、相対湿度、日照時間、降水量の平年値を示す。気温は、1月の平均気温は高田では1.8℃であるが、長野と松本では共に0℃以下である。一方、8月の平均気温は高田、長野、松本の順に高く、それぞれの差は約1℃ずつである。相対湿度は、1月と8月では同様に、共に松本が最も乾燥傾向である。日照時間は、8月には地域毎の差は見られないが、1月には内陸地方ほど値が大きい。降水量は、冬期において高田が最も多い。この要因は、上越地方が我国でも有数の豪雪地帯である事による。

次に、暖房と冷房について3地点を比較する。図 2.4 には、暖房と冷房のそれぞれの日数とデGREEデーの平年値を示す。^{注2)} 冬期において、長野の暖房日数と暖房デGREEデーの値は、共に高田に比べて大きく松本に近い。一方、夏期の値は冬期に比べ何れも小さいが、高田、長野、松本の順となっている。

以上の結果より、高田と松本を比較対象とした長野の具体的な気象特性を確認する事ができた。

注2)

暖房日数は日平均気温が10℃以下になると暖房を行うものとし、10℃以下の平年の初日と終日の期間をその日数とした。暖房デGREEデーはこの期間について基準温度を14℃とし、毎日の日平均気温との差を積算している。

冷房日数は日平均気温が24℃以上になると冷房を行うものとし、24℃以上の平年の初日と終日の期間をその日数とした。冷房デGREEデーはこの期間について基準温度を24℃とし、毎日の日平均気温との差を積算している。

表 2.1 各気象観測所の概要

気 象 観 測 所	緯 度	経 度	標 高
長野地方気象台	36° 40′	138° 12′	418.2m
高田測候所	37° 06′	138° 15′	12.9m
松本測候所	36° 15′	137° 58′	610.0m

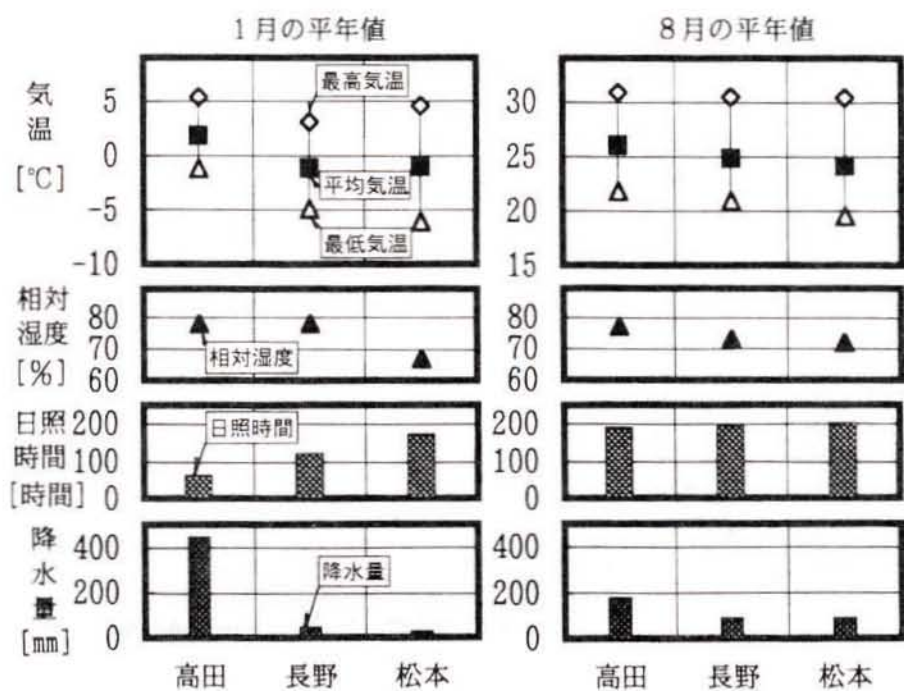


図 2.3 1 月と 8 月の気温, 相対湿度, 日照時間, 降水量の平年値

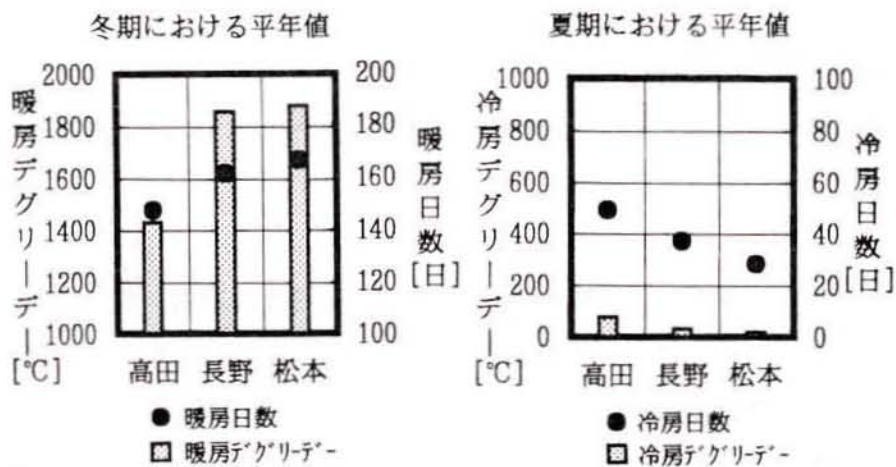


図 2.4 暖房と冷房の日数とデGREEデー

2.3 長野県北部の人口

本研究で主に対象とする長野市の人口について明らかにする。長野市の人口は平成 10 年現在約 36 万人³⁵⁾で、最近 5 年間では年間約 4.5% ずつ増加している。

図 2.5 に地域内における人口密度の分布を示す。これより、人口が集中している地域は市内の北東部であり、特に中心市街地の東側に当たる住宅地域でその傾向が顕著となっている。これに対して、市の北西部や南東部の山地は人口密度が低く、1,000 人/km²以下となっている。



図 2.5 長野市の人口密度

2.4 まとめ

対象地域の地形、気候、人口について調査を行ったところ、次に示す結果が得られた。

- (1) 本研究で対象とする長野市内の平地部の面積は、市内全体の 47% に相当した。また、その地域を取り囲む周囲の地形について概説した。
- (2) 長野市の、気温、相対湿度、日照時間、降水量、暖房及び冷房デGREEーを、高田、松本と比較したところ、両都市とは異なる独自の気象を確認する事ができた。
- (3) 長野市内で人口が集中している地域は市の北東部で、特に中心市街地の東側に当たる住宅地域でその傾向が顕著である。

ここに示した長野市の地形、気候、人口を前提に、対象地域内における都市気候の詳細を次章以降で明らかにする。

第 3 章

気象台のデータを基準とした

長野県北部の気象特性

第3章 気象台のデータを基準とした長野県北部の気象特性

3.1 はじめに

建物の熱負荷シミュレーション計算や有効なパッシブ手法を検討する場合、当該地点に最も近い気象台の測定値や標準気象データを用いるのが一般的である。しかしながらこれらのデータは、参考値としては活用できるものの、その地点の気象とは異なる場合がある。

一方、近年においてAMeDASデータが整備され、そのポイント数は、気温、降水量、日照時間、風向・風速を観測する場合で、約21km四方当たり1点の割合となっている。しかし、このような詳細な観測網においても、未だ充分な細かさであるとは言えない場合がある。例えば、比較的狭い範囲に用途地域や土地利用の違いが存在する場合は、それぞれに気象データが必要である。

このような背景により、本論文では比較的狭い範囲に多種多様な用途地域や土地利用が存在する、長野県北部を対象地域として選定した。また当該地域は、冬季オリンピック開催を契機に土地利用の大きな変化が予想され、今後の都市計画を進める上でも地域の現状を明らかにしておく事が必要と考える。

よって本章では、長野県北部において、温熱環境に関する総合的な気象観測を行い、地域内の都市気候を明らかにする事を目的とする。その際、地域内を500mメッシュで分割し、個々の領域における気象データを長野地方気象台に設けた基準点と比較する。この結果に基づき、長野県北部における、より詳細な気象データを整備する事を研究目標とする。

次に都市気候に関する既往の研究について整理する。

土地利用と気温の関係について、首藤ら^{10), 23)}は主に首都圏を中心に解析を行っている。都市における緑地や河川の影響については、片山ら^{3), 9)}や村川ら⁵⁾による夏期の冷却効果についての報告がある。住棟間の様な限られた空間については、中村ら¹⁾や片山ら⁷⁾は夏期の気温分布の実態を測定値と計算値により求めている。一方、空調設計用データを整備する観点からは、石野ら^{16), 20)}はAMeDASデータと細密数値情報を用いて外気温データを作成している。また、人体における屋外の環境評価については石井ら⁴⁾によるSET*を尺度とした快適性の評価がある。実測以外の手法ではリモートセンシングデータを用いた例があり、渡辺ら¹⁵⁾や梅干野ら³⁶⁾は主に地表面温度の分布について報告している。

こうした一連の研究により、都市における気象の実態が明らかとなり、建築的にも都市計画的にも熱特性を把握する事が可能となった。一方、これらの研究は主に首都圏の大都

市を対象とした報告や、気温を主体とした実測例が多い。従って、地方都市を対象とした解析は不足しており、また今後は温熱環境要素を総合的に実測した研究や、外界気象の長期計測などが重要であると考える。

そこで本章では、長野県北部の地方都市を対象に、通年での気温、グローブ温度、相対湿度、風速、風向の計測を行った。このうちグローブ温度については、当該地域の風速が比較的小さいため、周囲の土地利用がほぼ均一な場合は、都市空間のふく射熱として使用が可能であると判断した。また、これらの温熱環境について、人体が受ける感覚としての評価を行うため、SET*による違いを求めた。

本章ではこれらの結果に基づいて都市気候の実態を明らかにする。その手順として、最初に対象地域内をメッシュ分割し、気象台の実測値を基準にそれぞれのデータをグループ化している。その中より代表点を選出し、通年における各種外界気象の連続測定を行っている。最後に代表点で得られたデータの対象地域内における代表性を検証し、それらをまとめて長野県北部における都市気候を明らかにしている。

3.2 移動測定による属性の分類と代表点の抽出

3.2.1 測定方法

本章では図 3.1 に示す領域を研究対象とした。対象地域は、長野市内のDID地区を含めた都市計画区域内の、500m×500mのメッシュからなる 470点である。また、エリア内の基準点とする長野地方気象台（以下、気象台と略す。）は、標高418mの丘陵地に建ち、その周囲には寺社や公園などの樹木が多い。

測定期間は'96年9月4日～18日までの晴天日（8日間）で、日中の9～17時（12～13時は除く）を測定時間帯とした。測定項目は、気温、グローブ温度、相対湿度、風速、風向で、それぞれの測定器は、温度がサーミスタ式、相対湿度が高分子型、風速が風杯式と熱式の併用、風向は方位磁石と紐による簡易測定器を使用した。測定方法は、基準点となる気象台の露場内では1分毎の瞬時値を連続測定した。また、対象とする 470点では地面より1.5mの高さで移動測定を行い、測定器設置15分後より1分毎の瞬時値を5分間測定した。なお、本章の移動測定では、晴天日が連続する短期間に、対象地域全体の傾向とそのグルーピングを行う事を目的とした。そのため、同時に4班を編成して実測を行ったが、この編成による複数回の測定は、期間が長期化し季節の影響が生じると判断したため、各点1回ずつの測定とした。なお、測定中に天候が急変した場合や、異常値と判断したデータについて

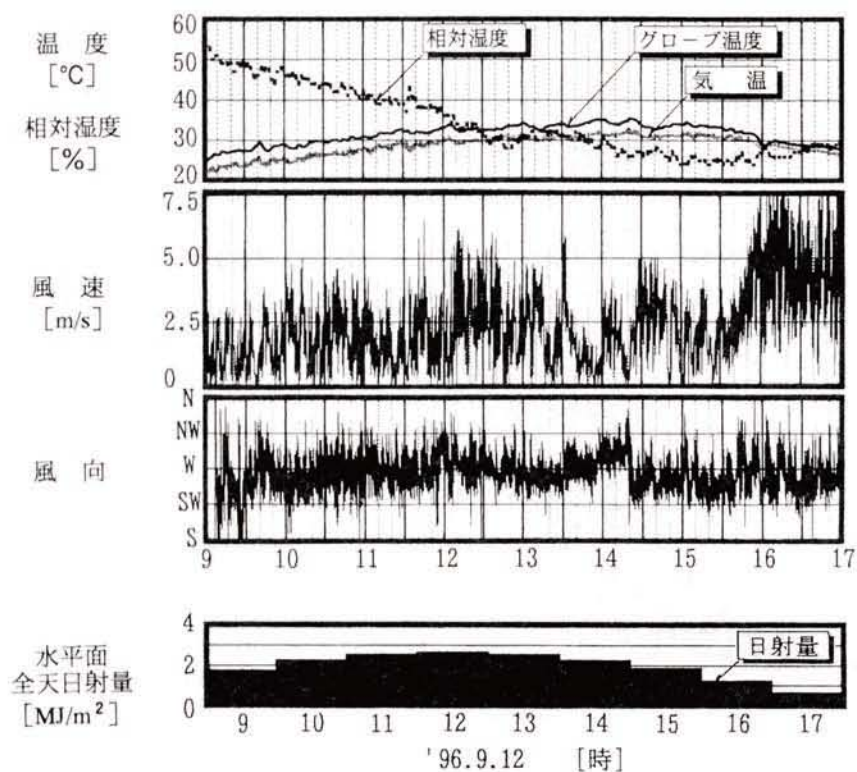


図 3.2 測定期間中における気象台の外界気象

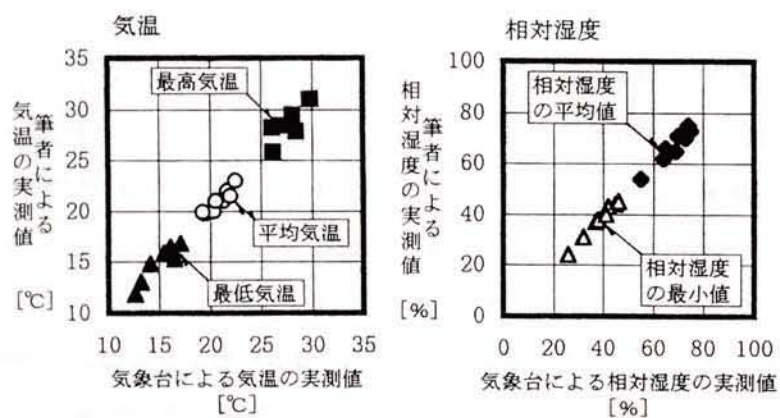


図 3.3 露場内における気象台と著者による実測値の比較

3.2.3 気象台のデータに基づく移動測定の結果

図 3.4 に対象地域内における用途地域の区分を示す。なお、各用途名は都市計画図³⁷⁾に基づき、領域内の面積率が60%以上占めるものをその用途とした。図 3.5～3.8 に気温、グローブ温度、相対湿度、風速の気象台で同時に測定した値との差を、また図 3.9 に風向の分布の一例をそれぞれ示す。なお、気温、グローブ温度、相対湿度、風速については5分間の平均値を、また風向については測定値の中で最も頻度が高い方位を示している。

気温は、気象台の値より高い地点が多く、全体の平均で 1.5°C 上回る。この事は、主に気象台の立地条件が関係していると考ええる。長野地方気象台は丘陵地にあり、周囲には神社や公園などの樹木が多いために植物からの蒸散作用が多く、その事が要因と考える。また、全体的に農業関係の地域では高く、逆に商工業関係では低い場合が多い。この傾向は、グローブ温度についても同様である。石野ら¹⁶⁾の報告によると、首都圏の都心部の気温は周囲より高くなる事が示されており、この結果とは異なるものとなった。本章で対象とする地方都市の気温の実態を知るためには、さらに詳細な測定が必要となる。相対湿度は気象台より低い場所が多く、主に全測定エリアの中央部において顕著である。風速は、実測値をビュフォートの風力階級に置き換え、その階級差を用いて評価した。なおビュフォートの風力階級は、 0.3m/s 未満が0、 $0.3\sim 1.6\text{m/s}$ が1、 $1.6\sim 3.4\text{m/s}$ が2、 $3.4\sim 5.5\text{m/s}$ が3で、実測中に風力階級4以上の値は計測されなかった。これより、風力階級は気象台と比較して商工業関係の地域では小さく、また農業関係では大きい傾向である。風向は、全体的に測定点毎にばらつきがあるが、河川の流れ方向と風向の一致は多く見られる。



図 3.4 用途地域の区分



図 3.5 気温の分布



図 3.6 グローブ温度の分布

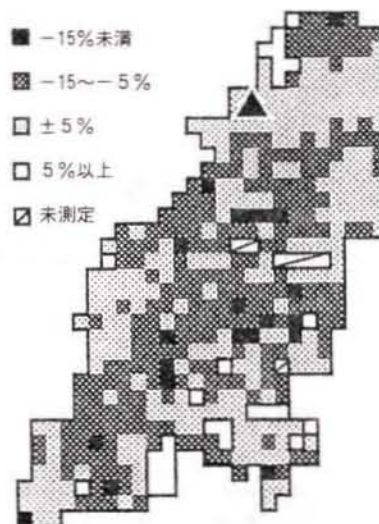
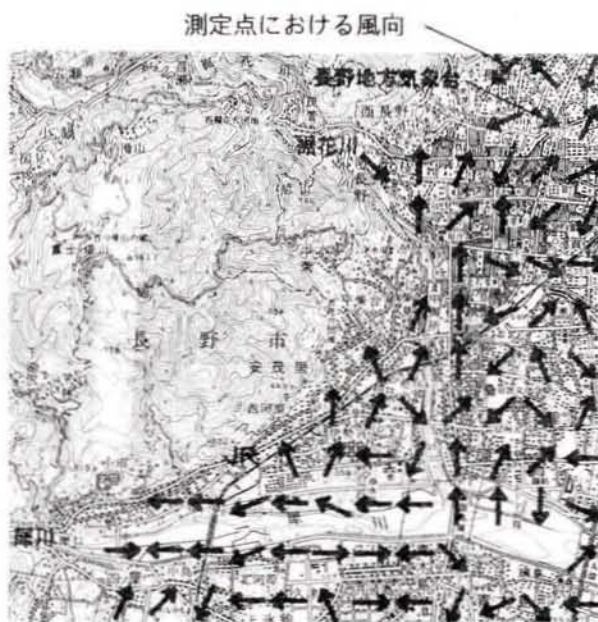


図 3.7 相対湿度の分布



図 3.8 風速の分布



出典:建設省国土地理院発行 1/50,000 地形図 長野

図 3.9 風向の分布の一例

3.2.4 測定結果の分類

風向以外の4要素のデータを使用し、クラスター分析（Ward法）によるグループ化を行った。その際、それぞれのデータは9～11時、11～15時、15～17時の3時間帯に分け、表3.1に示す凡例の値を用いて解析を行った。なお使用するデータは、標高が340～420mの範囲にある451点とした。標高に伴う気温減率を0.6℃/100mとすると、この範囲での気温差は0.5℃以下となり、解析上の影響は少ないと判断した。

図3.4の用途地域に基づき、時間帯毎の分類を1日のデータとして組合せたところ、表3.1に示す7グループ（c1～c7）にまとめる事ができた。現地調査による確認を行い、各グループは、c1:低層住宅地域、c2:中層住宅地域、c3:水田農家地域、c4:畑農家地域、c5:果樹農家(りんご)地域、c6:商業地域、c7:公園地域とそれぞれ呼称する事とした。この結果、気象台はc7の公園地域に属する事となった。

移動測定では、測定時間帯にずれが生じるため、都市全体の傾向を捉える事は可能であるが、この結果のみで当該地域内の都市気候を評価するのは困難である。そのため7グループのうち、公園、商業、中層住宅、低層住宅、果樹農家の各地域を対象に、通年における連続測定を行った。公園地域は気象台が建つ場所として、全体の基準点となる。商業、中層住宅、低層住宅の各地域は、3.2.3節で問題とした地方都市の外界気象を明らかにする事が目的となる。果樹農家地域は、この地域に広く分布するりんご栽培地の実態を明らかにし、他の地域との比較を行う。

以上の結果、連続測定の場所を図3.10に示す5カ所とし、中央近くの定点において観測を開始した。なお、定点の周辺部の状況は写真3.1～3.5に示す通りである。

表 3.1 クラスター分析によるデータの分類

		クラスター分析による分類							凡 例	
		c1	c2	c3	c4	c5	c6	c7	表中 の値	気象台 の比較
気 温	朝	4	3	3	4	3	2	2	4	3℃以上
	昼	3	2	3	4	3	3	2	3	1～3℃
	夕	3	2	2	3	2	2	2	2	±1℃
									1	-1℃未満
グロ ー ブ 温 度	朝	4	3	3	4	3	2	2	4	6℃以上
	昼	3	2	3	4	3	3	2	3	2～6℃
	夕	3	2	2	3	3	2	2	2	±2℃
									1	-2℃未満
相 対 湿 度	朝	3	3	2	3	3	2	2	4	-15%未満
	昼	3	2	2	3	3	3	2	3	-15～-5%
	夕	3	2	2	3	2	2	2	2	±5%
									1	5%以上
風 速	朝	3	3	3	3	3	3	3	4	1階級大
	昼	3	2	3	3	4	3	3	3	同一階級
	夕	2	2	2	2	4	2	3	2	1階級小
									1	2階級小

朝：9:00-11:00 昼：11:00-15:00 夕：15:00-17:00

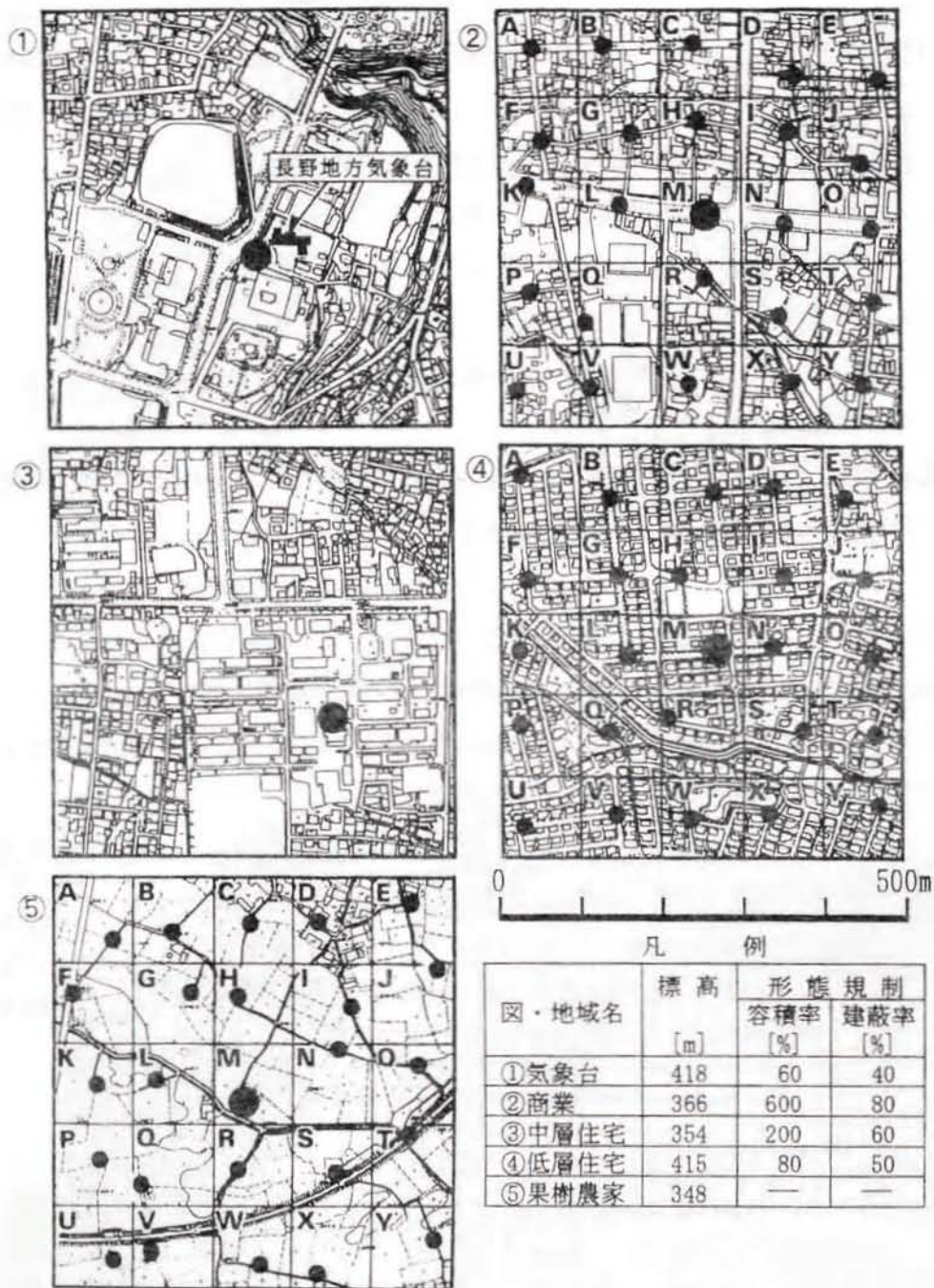


図 3.10 連続測定の定点の概要



写真 3.1 気象台（公園地域）周辺の状況



写真 3.2 商業地域周辺の状況



写真 3.3 中層住宅地域周辺の状況



写真 3.4 低層住宅地域周辺の状況



写真 3.5 果樹農家地域周辺の状況

3.3 500m メッシュ内における外界気象の代表性

本章では500mのメッシュを使用して、当該地域内の都市気候を明らかにする事を試みている。そのため、メッシュ内における中央近くにある定点の代表性については、別途に検証する必要がある。よって連続測定と移動測定の定点のうち、商業、低層住宅、果樹農家の3地域を対象に、メッシュ内での気象データの検証を行った。これらの地域は図3.10の②、④、⑤に示す通り、何れも土地利用が均一で建物などの工作物がほぼ規則的に配置されている。

検証方法は、各地域共に中央のM点では連続測定を、また100m毎に分割した他の24点では移動測定を行い、両者の測定値を比較した。なお、使用した測定器と測定方法は3.2.1節と同様で、実施日は何れも11月中の14:00頃とした。

3地域における測定の結果を図3.11に示す。なお、このうち風速については、3.2.3節と同様にビュフォートの風力階級を用いて評価する。各地域共に、気温、グローブ温度、相対湿度、風速の4項目において、連続測定と移動測定の値は近似している。特に果樹農家地域の測定時の様に、定点での気温やグローブ温度の時間変化が大きい場合においても、他点の値はそれに追従している。そのため、M点のデータと他の移動測定点の値との差が0であるという仮説を立ててT-検定を行った。その結果、有意水準5%で棄却されなかった。よって、M点のデータと他の移動測定点の値に差があるとは言えない結果となった。但し、風速については今回の実測では同様となる結果であったが、実際の環境では異なる場合があり、本研究では風向と同様に100m以下の範囲で微気象が存在すると判断した。

よって100～500mの領域において、気温、グローブ温度、相対湿度の3項目は、土地利用が均一で建物などの工作物がほぼ規則的に配置されている場合は、定点にその代表性があると判断した。

3.4 気象台と各代表点の外界気象

3.4.1 定点の観測方法

選定した5カ所の定点（以下、代表点と呼称する。）において、気温、グローブ温度、相対湿度、風速の測定を、'96年12月1日より開始し、現在も継続中である。本章では、このうちの'96年12月から'97年11月までの1年間の実測データを使用し、通年における外界気象と、最暑日、最寒日の実態を明らかにする。なお、測定器と測定方法は3.2.1節と同様であるが、風速計については風車型風向風速計を使用している。また、低層住宅地域と果樹農家地域の風速の値は、共に南方向に約1,000m離れた場所のデータを用いている。

3.4.2 気象台における気温の平年差

図3.12に、測定期間中の気象台における気温の平年差を示す。なお図中の階級は、'61～'90年の過去30年間のデータを基準に、「かなり高い」、「やや高い」、「平年並み」、「やや低い」、「かなり低い」の5段階に分類した。各階級の生起確率は、気象庁による区分に基づき、それぞれ10%、20%、40%、20%、10%とした。

測定期間中は3月と11月において、平均値より高くなる他は概ね「平年並み」である。従って、気温の結果から判断して当該期間の温熱関係の気象は、3月と11月以外は平年値に近い状況であったと推定できる。

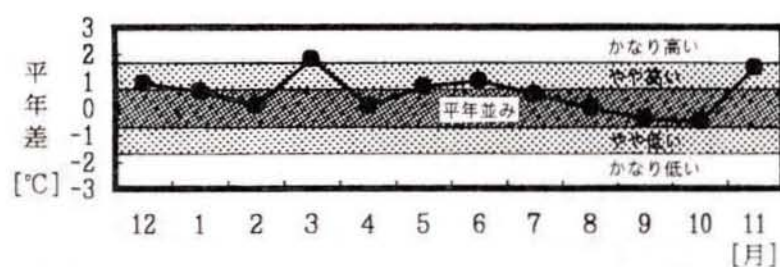


図 3.12 実測年における気象台の気温の平年値

3.4.3 通年における各代表点の気象状況

気象台における1年間の気温、グローブ温度、相対湿度の測定結果を図3.13に示す。なお図中の値は、1日毎のデータを1ヶ月間で積算平均した値である。

気温は、平均値が最も低いのは1月の -0.6°C で、最も高いのは8月の 24.8°C である。その温度差は 25.4°C となるため、年較差が大きいと言える。また、各月毎の最高気温と最低気温を見ると、両者の差は年平均で 10.3°C あり、年間を通じて日較差が大きい。

グローブ温度は、気温より年間で平均 1.7°C 高い。従って、グローブ温度と気温の差が比較的小さいことから、当該測定点におけるふく射の影響は少ないと言える。

相対湿度は年間を通じて値が低く、特に3～5月の最小値は40%以下である。

以上に示した気象台での実測値を基準に、他の4地域における気温、グローブ温度、相対湿度の実態を図3.14に示す。図中の値は、何れも気象台との差を用いている。

気温は、各代表点の平均気温が何れも年間を通じて気象台より高く、その差は平均で 1.5°C である。この結果は、3.2.3節で示した気象台に比べて他の地域の気温が高くなる結果と一致する。一方、最高気温は地域毎の差が大きく、低層住宅地域や果樹農家地域は気象台より高く、商業地域は気象台より低い傾向である。これに対して最低気温は、気象台より低いのは果樹農家地域で、逆に商業地域は年平均で約 2°C 高くなる。この結果、日較差は商業地域では小さく、低層住宅地域や果樹農家地域では大きい事が明らかとなった。

グローブ温度は、平均値は地域毎の差が小さいが、最大値及び最小値ではその差が大きい。これは気温と同様の状況である。

相対湿度は、平均値と最小値の両者において、4地域は気象台より低い傾向であった。

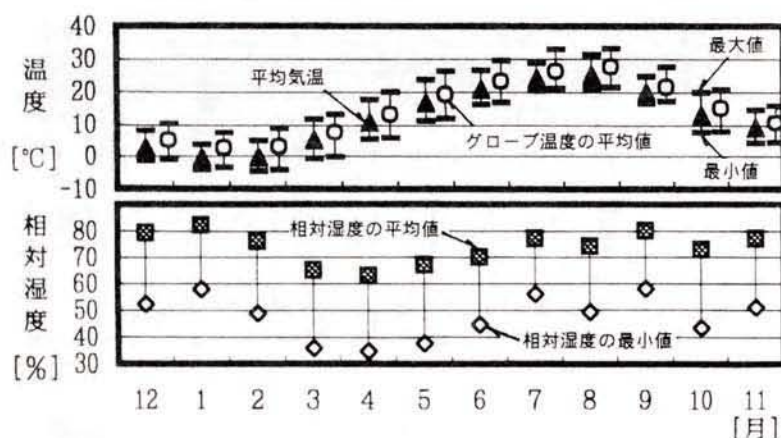


図 3.13 気象台における気温、グローブ温度、相対湿度

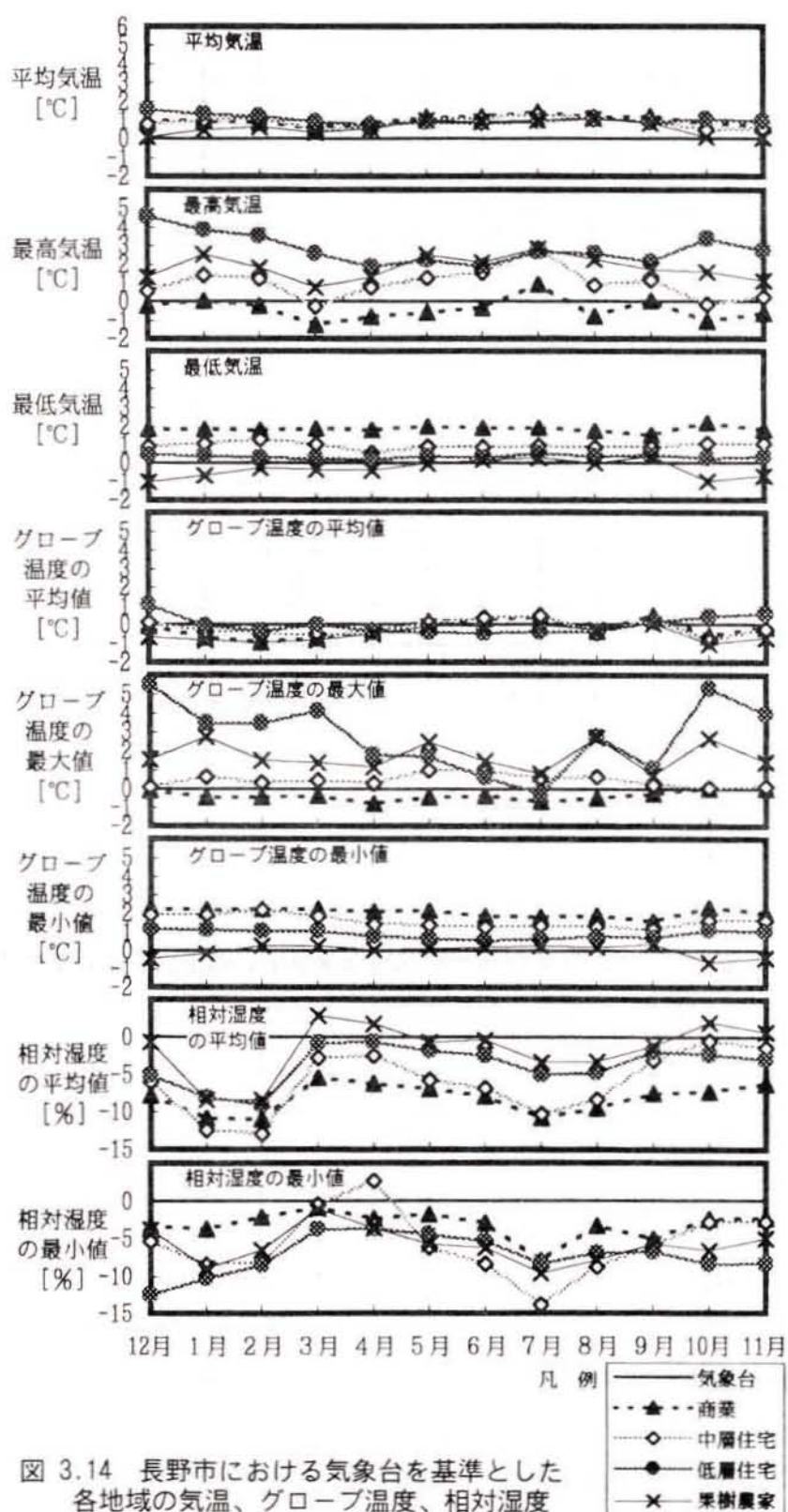


図 3.14 長野市における気象台を基準とした各地域の気温、グローブ温度、相対湿度

3.4.4 最寒日と最暑日の気象状況

通年における外界気象より、最寒日と最暑日を取り上げて各地域の比較を行う。図 3.15 及び図 3.16 に、最寒日と最暑日における当該日前後 5 日間の晴天日の気温、グローブ温度、相対湿度、風速、SET*の各平均値をそれぞれ示す。なお、風速については値にばらつきがあるため、1 時間毎の値に整理している。また SET*の計算は、物理量についてはそれぞれのグラフに示した値を用いている。作業強度は、3.2km/h の一定歩行を前提とした 2.0 Met を、着衣量は、冬期には 1.8clo、夏期には 0.5clo の値をそれぞれ使用している。

はじめに、'97 年 1 月 10 日前後の最寒日における実態を示す。

気温は、日中に最も低いのは商業地域で、高いのは低層住宅地域である。これに対し、中層住宅地域は両者の中間の値となる。図 3.10 に示した各地域の形態規制を見ると、商業地域、中層住宅地域、低層住宅地域の各容積率は 600%、200%、50% で、また各建ぺい率は 80%、60%、50% と、共に段階的である。従って、建物の容積率と建ぺい率の大きさが日中の気温の上昇に影響し、日射が遮蔽されやすい場所ほど気温が低くなると考える。一方、夜間においては商業地域が最も高く気象台や果樹農家地域は低い、この点は 4 章と 5 章において松本市で同様の実測を行い検討を加えた。

グローブ温度は、日中は低層住宅地域と果樹農家地域が気温より高いが、他の地域では同様の値となる。この要因も気温と同様、建物などの日陰の影響によるものと考えられる。

相対湿度は、商業地域の変動幅が最も小さく、その範囲は約 20% となる。これに対し、低層住宅地域や果樹農家地域では変動幅が約 40% と大きく、特に日中は低湿である。

風速は、全体的に午前中は小さく、午後は若干大きくなる傾向である。地域の中では果樹農家地域近傍の風速が最も大きく、これは 3.2.3 節の結果と一致する。

SET*は、全ての地域で寒冷であるが、気温とグローブ温度が高く風速が小さい低層住宅地域は、日中の値が緩和されている。

次に、'97 年 8 月 12 日前後の最暑日における実態を示す。

気温とグローブ温度は、共に最寒日と比較して地域毎の差が小さい。しかしながら商業地域は他の地域と若干異なり、その値は日中は低く、夜間は高くなる。この結果により、3.2.3 節で問題とした長野県北部の様な地方都市は、首都圏の都心部とは異なり、最寒日と同様に日中の気温とグローブ温度は低くなる事が明らかとなった。この要因についても最寒日と同様に、次章以降で松本市における実測で検討を行った。

相対湿度は、日中は全地域で同様の値となるが夜間には差が生じる。最寒日と同様に、果樹農家地域が最も高く商業地域が最も低い。

風速は、午前中は小さいが、午後の16時頃にピークが現れる。

SET*は、日中は何れの地域も約30℃となるため不快な状況である。しかしながら、夜間においては気象台と果樹農家地域では25℃以下の値となる。石井ら⁴⁾の報告では、夏期における屋外のSET*は26～27℃以下を快適としており、それに近い値となっている。この様に最暑日においても、夜間は過ごしやすくなる事がこれらの地域の気象特性であると言える。

全体的に地域による差は、最寒日の方が最暑日に比べて大きい結果となった。

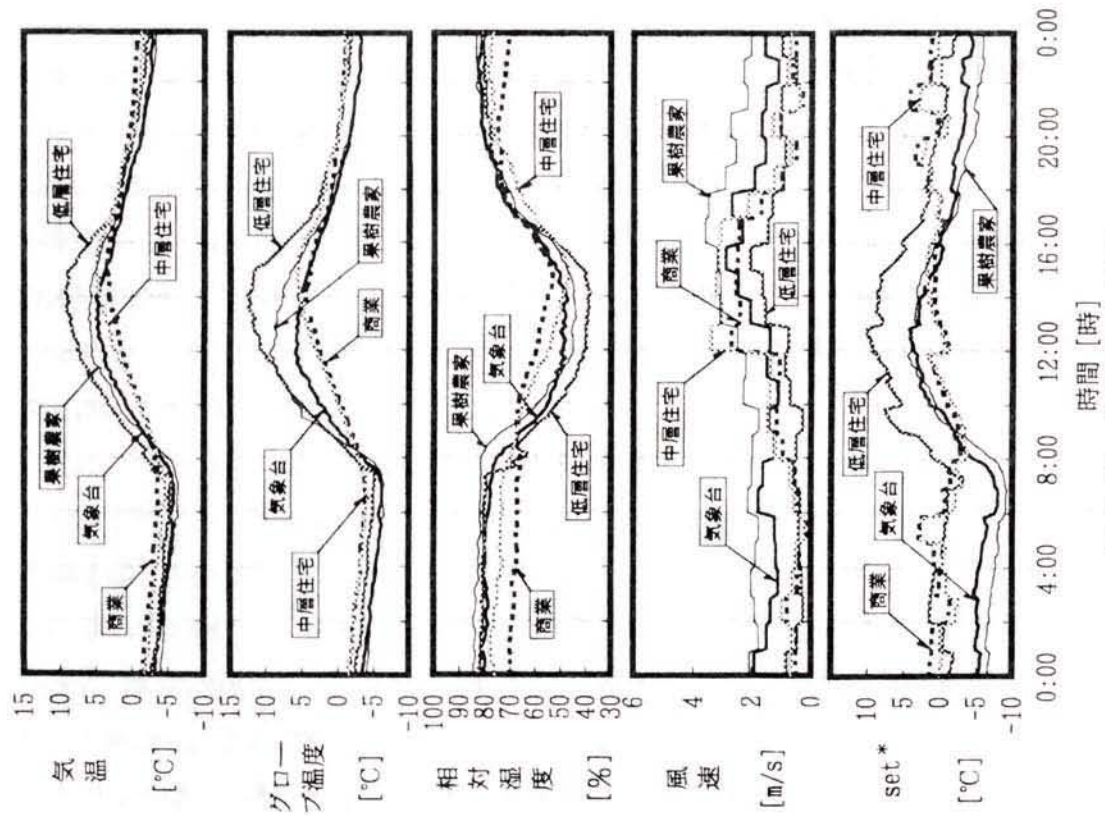


図 3.15 最寒日における
気温、グローブ温度、相対湿度、SET*の比較

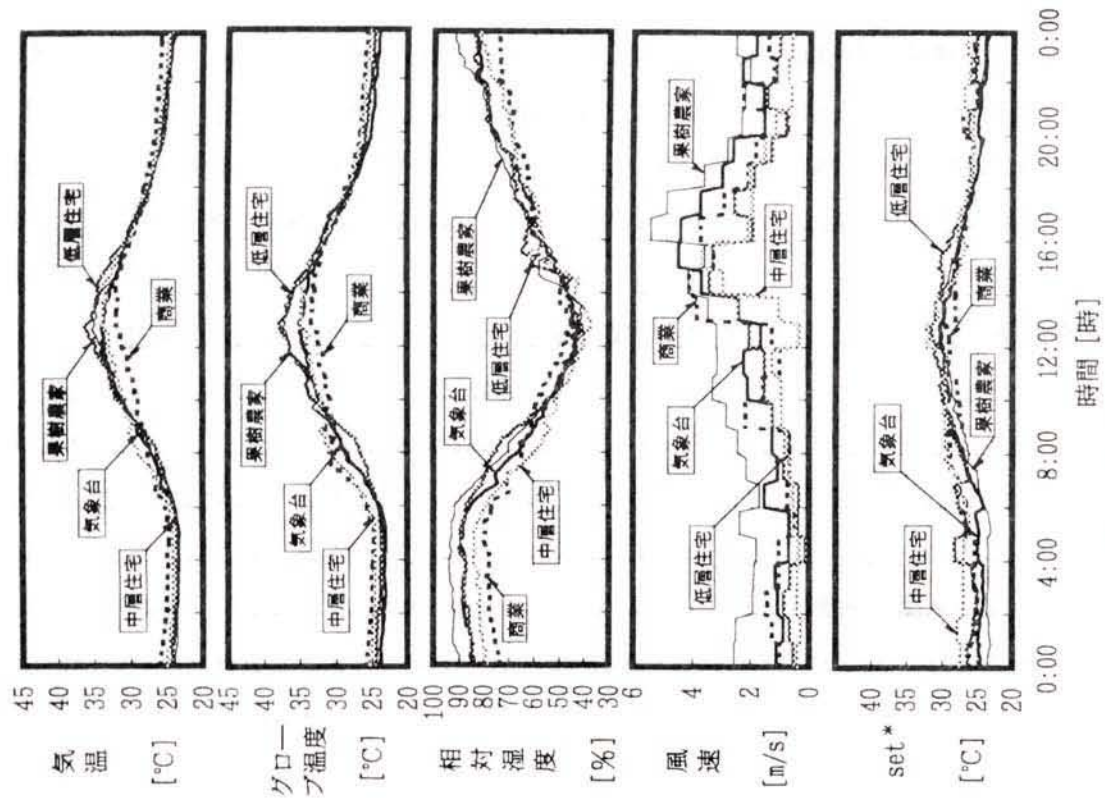


図 3.16 最暑日における
気温、グローブ温度、相対湿度、SET*の比較

3.5 同一の土地利用におけるデータの代表性の検証

前項では、各代表点毎の気象特性について明らかにした。よって、この結果の対象地域全体への適応を検証する必要がある。そのため、商業、低層住宅、果樹農家の3地域を取り上げ、同一の土地利用における代表性の検定を行った。検証方法は、各地域毎に標高と土地利用が同様の場所を対象地域内より5カ所ずつ選定する。その5カ所を検証点とし、先に選出した代表点と同時測定を行い両者のデータを比較した。測定は'97年10月～11月に行い、気温、グローブ温度、相対湿度の3項目について測定した。ここでは、その期間における晴天日の3日間のデータを抽出し、代表点もデータと同一の時刻に測定した検証点の値の差が0であるという仮説を立ててT-検定を行った。なお、測定方法については前記と同様の方法である。

各代表点と検証点の概要を表3.2に示す。このうち、容積率と建ぺい率は都市計画図³⁷⁾より、また建物率、敷地率、道路率は、メッシュ内の面積率により示している。なお、面積率はそれぞれに区分した紙を分析用電子天秤(最小表示:0.01mg)で計測し、その重量比で現している。

図3.17に代表点と検証点における各実測値を、また表3.2にT-検定の結果をそれぞれ示す。共に有意水準5%で棄却されなかったものには○を、棄却されたものには×を記している。

土地利用別では、果樹農家地域は全ての測定項目で代表点と検証点では差があるとは言えない事が明らかになった。また測定項目別では、気温のデータが全ての地域で代表点と検証点では差があるとは言えない結果となった。全体的には45データの内の40データが代表点と検証点の差があるとは言えない結果となり、その比率は89%であった。

以上の結果より、一部のデータを除き、代表点で得られた気温、グローブ温度、相対湿度は検証点の値と同様であると考え、対象地域内の全体に対して適応が可能であると判断した。

表 3.2 代表点と検証点の概要と検証結果

標高 [m]	形態規制 [％]	500mメッシュ内 の面積率[％]				T-検定による 基準点との比較	
		容積率	建築率	敷道路率	相対湿度	気温度	グロoup温度
代表点	366	600	80	41	14	45	—
s1	369	400	—	46	23	31	×
s2	366	400	—	32	27	41	×
s3	364	600	—	22	21	58	×
s4	369	500	—	23	25	52	×
s5	363	500	—	42	28	30	×
平均	366	500	80	34	23	43	—
代表点	415	80	50	22	54	24	—
t1	404	—	—	22	51	27	×
t2	407	—	—	27	44	29	×
t3	403	—	—	25	41	34	×
t4	396	—	—	32	45	24	×
t5	369	—	—	36	49	15	×
平均	399	80	50	27	47	26	—
代表点	348	—	—	13	75	12	—
k1	355	—	—	12	75	13	×
k2	344	—	—	15	78	7	×
k3	346	—	—	24	69	7	×
k4	348	—	—	14	78	9	×
k5	350	—	—	13	82	5	×
平均	349	—	—	15	76	9	—

注 1) 平成8年度長野都市計画図に基づく
 注 2) 全体(100%)より建築物と道路率を除いた値
 注 3) ○はT-検定の結果、同様と判断したもの
 ×はT-検定の結果、同様と判断できなかったもの

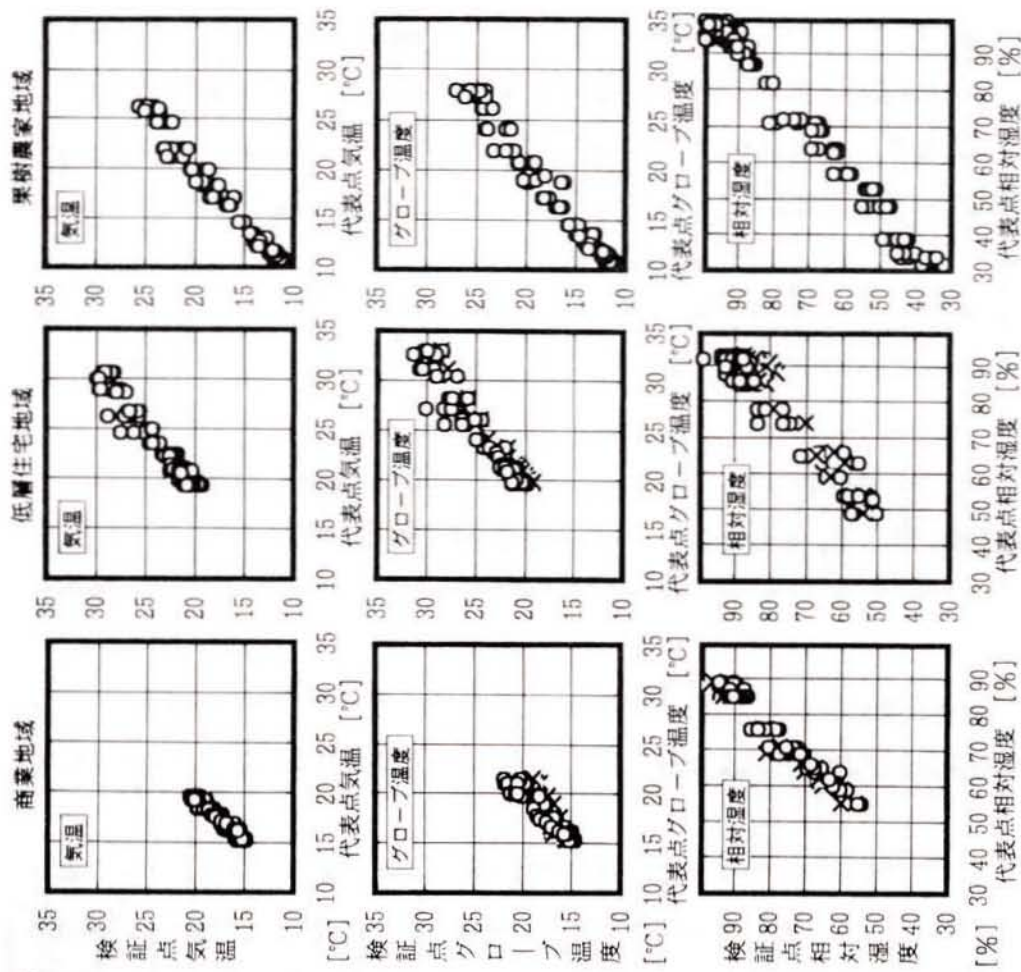


図 3.17 代表点と検証点の気温、グロoup温度、相対湿度の比較

凡例
 ○: T-検定の結果、同様と判断したもの
 ×: T-検定の結果、同様と判断できなかったもの

3.6 まとめ

長野県北部に位置する長野市を対象に、気象台での実測値を基準とした外界気象の測定を行ったところ、次に示す結果が得られた。

- (1) 対象地域を500mメッシュで分割し、気象台を基準とした移動測定を行ったところ、気温、グローブ温度、相対湿度、風速の要素を使用して7グループに区分する事ができた。
- (2) 500mメッシュ内において気象データの代表性を検証した。その結果、100～500mの範囲において、土地利用が均一で建物などの工作物がほぼ規則的に配置されている場合は、気温、グローブ温度、相対湿度については代表性があると判断した。
- (3) 通年における外界気象の測定より、次の事項が明らかとなった。
 - ・ 平均気温は、気象台より他の地域の値が平均で1.5℃高い。
 - ・ 最高気温と最低気温は、平均気温に比べて地域毎の差が大きい。
 - ・ 相対湿度は、気象台より他の4地域の値が低い傾向である。
- (4) 最寒日と最暑日における各地域の気象を比較したところ、地域による差は最寒日の方が大きい結果となった。また、各地域では次に示す気象特性がそれぞれ明らかとなった。
 - ・ 気象台（公園地域）は、日中の気温とグローブ温度が低層住宅地域や果樹農家地域より低く、中層住宅地域や商業地域より高い。
 - ・ 商業地域は他の地域に比べ、日中の気温とグローブ温度が低い。また、相対湿度の変動幅が小さい。
 - ・ 低層住宅地域は日中の気温とグローブ温度が高く、またその日較差が大きい。冬期における日中のSET*は、他の地域より高い。
 - ・ 中層住宅地域は、気温、グローブ温度、相対湿度は商業地域と低層住宅地域の間値となる。
 - ・ 果樹農家地域は、気温、グローブ温度、相対湿度は低層住宅地域と同様であるが、風速が大きいためSET*の値が低い。
- (5) 商業地域、低層住宅地域、果樹農家地域の3地域については、同一の土地利用の場所より5点の検証点を選出し、代表点との同一性を検定したところ、気温、グローブ温度、相対湿度の値は、一部を除いて両者に差があるとは言えない結果となった。従って、両者は同様であると判断した。

以上の結果より、本章で対象とした長野県北部地域では、その土地利用毎に、気象台とは異なる独自の気象が存在する事が明らかになった。

第 4 章

長野県北部における 500m メッシュを用いた クリマアトラスの作成

第4章 長野県北部における500mメッシュを用いた クリマアトラスの作成

4.1 はじめに

建物の設計を行う上では、当該建設地の気象状況を把握しておく事が重要である。例えば、建物の熱負荷シミュレーション計算や有効なパッシブ手法を検討する場合は、その地点の具体的な気象データが必要となる。しかしながらその様な検討の際は、一般的に当該地点に最も近い気象台のデータや、標準気象データを用いる事が多く、そのデータが必ずしも現地に対応していないケースが見られる。

一方、近年においてAMeDASが整備され、気温、降水量、日照時間、風向、風速の観測が行われているが、未だ十分な細かさとは言えない場合がある。比較的狭い範囲に土地利用の違いがある場合には、その地点毎に微気象が存在するため、それを考慮した気象データが必要である。

この様な背景により、筆者はAMeDASの観測網より狭い領域を対象とし、実測値を用いたクリマアトラスの作成を試みた。

既に報告されているクリマアトラスの一例として、武政ら¹³⁾や小玉ら¹⁴⁾は建築設計用地域気候マップを作成し、冬期における日本全体の気温や日射量の実態を明らかにしている。また、西川ら²⁶⁾は九州地方を対象に、各種気象データを用いて自然エネルギー活用のためのクリマアトラスを作成している。吉田²⁴⁾は近畿地方を対象に、気象データのモデル化により都市気候を明らかにしている。この他、気象データの整備を目的として、永村²⁵⁾らによる気象データの欠測処理や、二宮³⁸⁾らによる大気放射量の推定、石野¹⁶⁾らによる空調設計用外気温度の作成などの研究が報告されている。こうした一連の研究により、国内各地の気象データやその特性について究明する事が可能となった。

しかし、これらの報告は比較的広い領域を扱うため、AMeDASの観測網である約21km四方より狭い領域については、必ずしも十分なデータとは言えない場合がある。特に気温や相対湿度は、土地利用の違いにより値が異なるため、詳細な観測データが必要である。そのため、筆者は数10km四方を対象に、地域内における気温と相対湿度の実測値に基づくクリマアトラスの作成を行った。対象地域は、多種多様な土地利用が存在する長野市を選定した。当該地域は、冬季オリンピックを契機に土地利用の変化が予想され、今後の都市計画を進める上でも現状を明らかにしておく事が必要と考える。また、地方の都市気候の実態を明らかにし、大都市との違いを知る上でも有効であると考ええる。

よって、本章では長野市における気温と相対湿度の実測を行い、地域内のクリマアトラスを作成し、その都市気候を明らかにする。また作成したクリマアトラスより特に中心商業地域を取り上げ、気温の実態について検討を行う。そのため、同一性の検証に基づく研究対象地域の確定、対象地域内における気温と相対湿度のマップの作成、クリマアトラスの500mメッシュ内の土地利用が混在する場合の誤差、商業地域における冬期と夏期の気温特性の各項目について検討を行う。この結果が、建物の熱負荷シミュレーション計算や有効なパッシブ手法の検討のための資料となる事を研究目標とする。

4.2 前章までの研究内容と本章の位置づけ

前章の研究内容について整理する。図 4.1 にそのフローチャートを示す。

前章では、始めに長野市の気象を他の都市と比較する事により、その特性を明らかにした。そして、その様な気象特性を持つ対象地域を500m×500mのメッシュで470点に分割し、気象台を定点とした移動測定を行い、そのデータをクラスター分析によりグループ化した。次に、各グループの気象データは土地利用と相関があると仮定し、土地利用毎に代表点を選定して気温と相対湿度の連続測定を行い、時系列変化を観測した。また、土地利用が均一である500mメッシュ内の微気象を知るため、内部を100mメッシュで分割し、中央点（代表点）と分割した他の点について、気温と相対湿度の同一性を検証した。最後に、代表点で得られたデータの対象地域内における土地利用毎の代表性を検証し、対象地域内では土地利用が等しい場合、気温と相対湿度は同様であると判断した。

次に、本章の研究内容について整理する。図 4.2 にそのフローチャートを示す。

前章では、対象地域内において土地利用が等しい場合は、気温と相対湿度は同様であると判断した。本章では主にここで得られた結果に基づき、当該地域の気温と相対湿度の分布を明らかにする。その手順として、始めに対象地域外にあたる飯山市から坂城町までの計6点の気象を観測し、同一のデータとして取り扱う事が可能な範囲を明らかにしている。次に、土地利用に基づく対象地域の気温と相対湿度の時系列でのクリマアトラスを作成し、併せてその誤差について検討している。そして、作成したクリマアトラスより都市の中心部にあたる商業地域に着目して、冬期と夏期の気温の実態について検討している。ここでは気温に影響を及ぼす要因として、周辺の建物や地面の表面温度を取り上げる。また、長野市と同規模の都市の松本市を対象にして同様の測定を行っている。これらをまとめて、対象地域の都市気候の実態を明らかにしている。

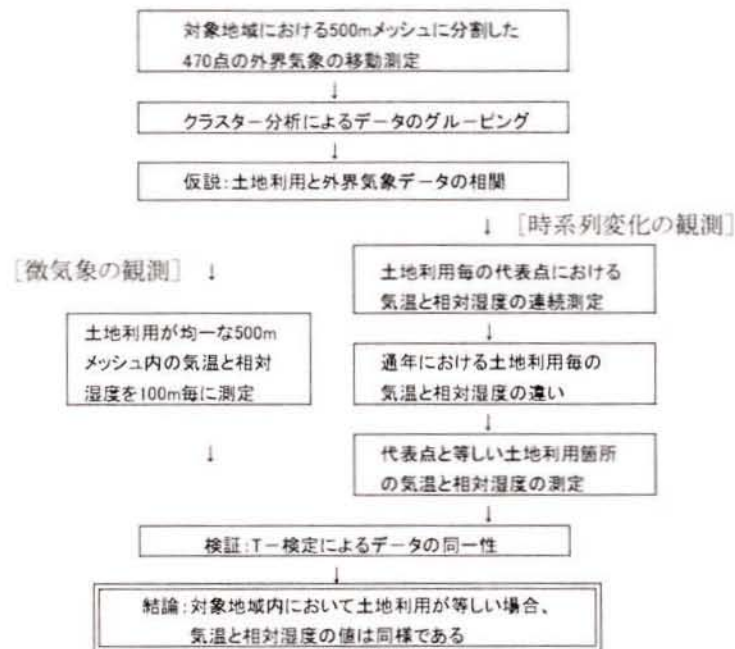


図 4.1 前章の研究内容

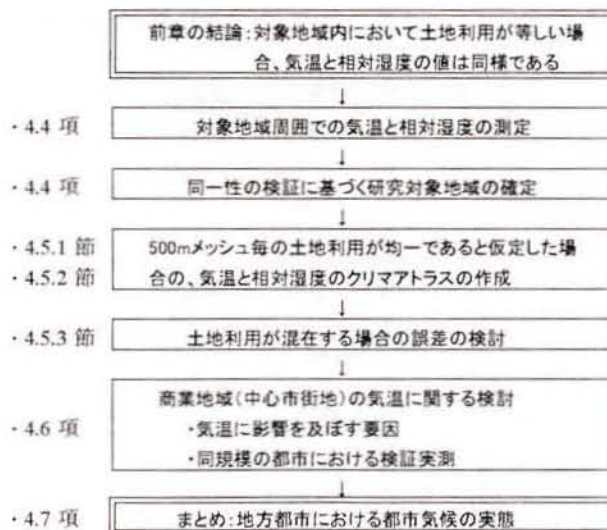


図 4.2 本章の研究内容

4.3 測定方法

本章では、図 3.1 に示す領域を研究対象とする。対象地域は、長野市内のDID地区を含めた都市計画区域内の500mメッシュで分割した470点である。図 3.10 に連続測定を行っている代表点の概要をそれぞれ示す。各代表点は何れも土地利用に基づいて選定しており、それぞれ、公園地域、商業地域、中層住宅地域、低層住宅地域、果樹農家地域と呼称する。

各代表点では、何れも●印の地面より1.5mの高さの地点において、'96年12月より10分毎の瞬時値の記録を開始し、現在も測定を継続している。使用した測定器は、温度がサーミスタ式で相対湿度が高分子型である。なお、測定点の選定方法は500mメッシュ内の土地利用を代表する中央付近とし、測定器に直射日光が当たらず、建物から1m以上離れた場所とした。

4.4 対象地域周囲におけるデータの同一性の検証

対象地域における土地利用が等しい場合の、気温と相対湿度のデータの同一性については前章で検証済みである。

一方、データの同一性は、本来は行政区域の境界で区分するのではなく、同様のデータとなる範囲を明らかにし、その領域を共通のデータとして扱う事が望ましい。従って、土地利用の中の低層住宅地域を取り上げ、対象地域の周囲より検証点を選出して、代表点との同一性について検定を行った。

対象地域周囲となる飯山市から坂城町までの検証点の位置を図 4.3 に示す。これらの地点は何れも一連の盆地内に位置し、長野市の中心部からのおよその距離は、北部と南部にそれぞれ 15km, 20km, 25kmとなっている。

検証方法は、先に選出した代表点と対象地域周囲の検証点で同時測定を行い、両者の値の差が0であるという仮説を立ててT-検定を行った。解析には、'97年10月～11月の間における晴天日の3日間より、毎正時の72データを用いた。なお、測定器と測定方法については前項と同様である。

代表点と検証点の概要を表 4.1 に示す。このうち、容積率と建ぺい率は都市計画図³⁷⁾より、また建物率、敷地率、道路率は、測定点を中心とする500mメッシュ内の面積率により示している。なお、面積率は 1/2,500の国土基本図³⁹⁾を用い、建物、敷地、道路に区分した紙を分析用電子天秤（最小表示：0.01mg）で計測し、その重量比で現している。

図 4.4 に代表点と検証点における各実測値を、また表 4.1 にT-検定の結果をそれぞれ示

す。比較のため、前章で行った対象地域内における検証の中から、低層住宅地域の結果を併せて示す。共に有意水準5%で棄却されなかったものには○を、棄却されたものには×をそれぞれ記している。

解析の結果、対象地域周囲では中野市の低層住宅地域の気温のみが代表点の値と差があるとは言えない結果となり、それ以外については差があると判断された。この様に差が生じる理由としては、地形による影響が考えられる。本章で対象とした長野市を中心とした地域は、約120km²の県内でも比較的広い盆地であり、北西から東方向に2%以下の緩い勾配となっている。これに対して、須坂市は逆に東から西方向へ最大5%の傾斜である。また、飯山、更埴、戸倉、坂城は何れも平地部が比較的狭く、周囲は700~1,000mの山で覆われている。このような地形の違いにより、対象地域と対象地域周辺では風向、風速、日照時間、日射量、降水量などが異なり、気温や相対湿度についても同様の理由により違いが生じたものとする。

これに対し、対象地域内では「t4」の相対湿度のデータ以外は差があるとは言えない結果となった。この理由としては、対象地域内の地形が同様であるためと考える。

従って、本研究では当初に設定した対象地域を研究対象とし、今回実測を行った対象地域周囲については、気象が異なるため研究の対象には含まない事とした。

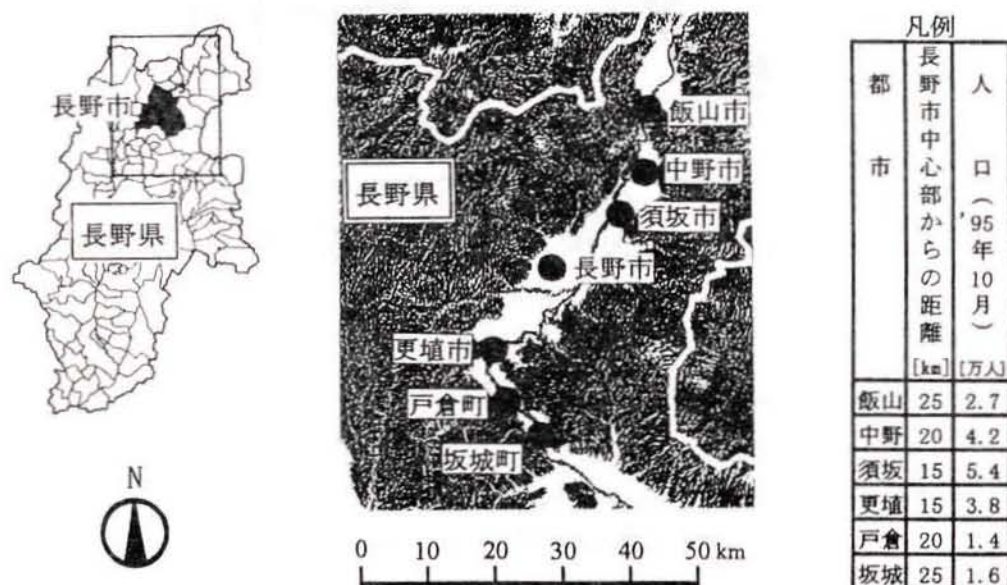


図 4.3 対象地域周囲の検証点の位置図

表 4.1 代表点と検証点の概要と検証結果

		標高 [m]	形態規制 [%] ¹⁾		500mメッシュ内の 面積率 [%] ²⁾			T-検定による 基準点との比較 ³⁾	
			容積率	建ぺい率	建物率	敷地率	道路率	気温	相対湿度
代表点		415	80	50	22	54	24	—	—
対象地域の 検証点 周囲	飯山市	363	80	50	30	42	28	×	×
	中野市	358	〃	〃	38	43	19	○	×
	須坂市	370	〃	〃	39	46	15	×	×
	更埴市	362	〃	〃	27	58	15	×	×
	戸倉町	373	〃	〃	23	54	23	×	×
	坂城町	390	〃	〃	25	51	24	×	×
対象地域の 検証点 内	t1	404	80	50	22	51	27	○	○
	t2	407	〃	〃	27	44	29	○	○
	t3	403	〃	〃	25	41	34	○	○
	t4	396	〃	〃	32	45	23	○	×
	t5	369	〃	〃	36	49	15	○	○

注 1) 平成8年度における各地域の都市計画図に基づく

注 2) 全体(100%)より建物率と道路率を除いた値

注 3) ○は検定の結果、同様と判断したもの

×は検定の結果、同様と判断できなかったもの

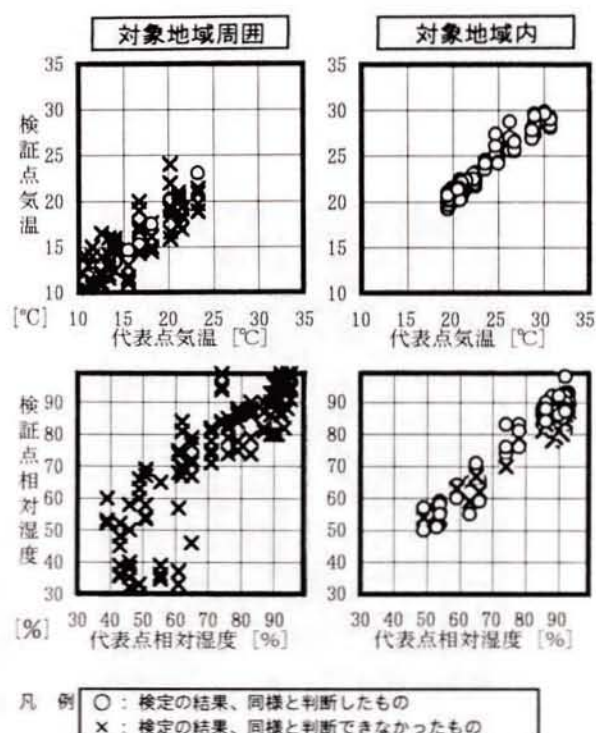


図 4.4 代表点と検証点における気温と相対湿度の比較

4.5 500mメッシュによるクリマアトラスの作成

4.5.1 クリマアトラスの作成条件

対象地域において、気温と相対湿度の値は土地利用毎にほぼ一致する事が分かったので、代表点の気象データと対象地域内の土地利用を対応させ、クリマアトラスを作成する事とした。その際、対象地域内を500mメッシュで分割し、気象因子別に時系列での分布図をコンピュータ処理により作成した。なお、クリマアトラス作成時の条件は次の通りである。

- ①風向、風速など、他の気象因子の影響は考慮しない。
- ②各500mメッシュ内の土地利用はそれぞれ均一であると仮定する。
- ③土地利用として図4.5を用いる。
- ④各代表点における2年間分のデータを使用する。

この内①は前章により、風向、風速は100mメッシュより狭い範囲で微気象が存在する事が明らかになっており、このような気象因子については考慮に入れない事とした。②は現地調査を主体に、また1/2,500の国土基本図³⁹⁾を参考資料にして、メッシュ内の面積率が60%以上占めるものをその地点の土地利用とした。その際、国土基本図からの読み取りについては、それぞれの地図記号が占める面積を算出して判断した。また分類項目は、公園地域、商業地域、中層住宅地域、低層住宅地域、果樹農家地域、水田、畑、水域の8項目を使用し、何れの土地利用も60%に満たない場合には「未測定」とし、解析の対象外とした。③は、この内の連続測定を行っている5項目（公園地域、商業地域、中層住宅地域、低層住宅地域、果樹農家地域）を用い、図4.5を作成した。なお、5項目と各代表点の土地利用は、形態規制と500mメッシュ内の建物率、敷地率、道路率の値が、全て同様であると仮定した。④は気温と相対湿度の'96年12月1日より10分間隔でサンプリングしている2年間分のデータを用い、この値を同一の土地利用に対応させ、この期間における任意の季節、時間、天候の尺度で図を作成する事を可能とした。

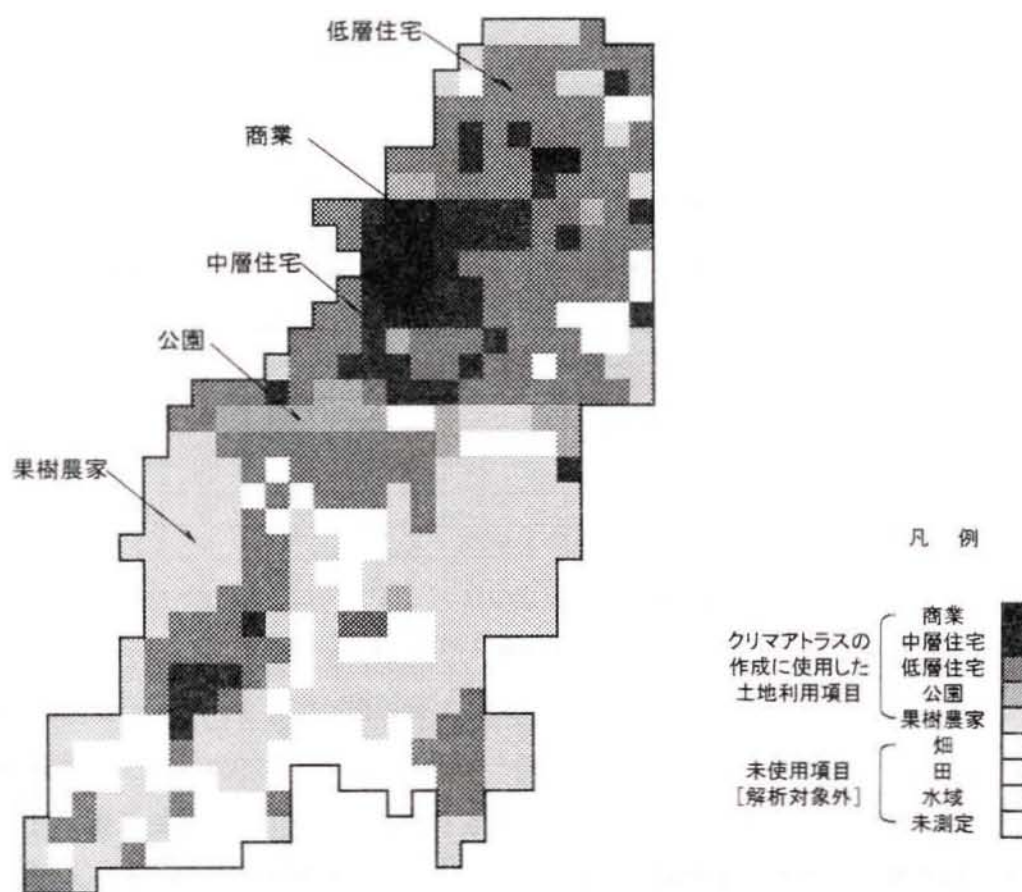


図 4.5 長野市における土地利用図

4.5.2 最寒日と最暑日のクリマアトラス

一例として、'97年における最寒日（1/10）と最暑日（8/2）のクリマアトラスを示す。作成した図は何れも1日を4時間毎に区分し、当該時間の前後10分間の平均値を用いている。なお、両日は共に晴天日で、対象地域のほぼ中央で観測した1日の平均風速と水平面全天日射量の最大値は、最寒日が 1.2m/s と 1.9MJ/m^2 で最暑日が 2.5m/s と 3.5MJ/m^2 であった。

最寒日の気温と相対湿度を図4.6と4.7にそれぞれ示す。

気温は、0:00には全体が $-4\sim-2^{\circ}\text{C}$ であるのに対し、北部の商業地域では $-2\sim 0^{\circ}\text{C}$ と高い値である。その傾向は4:00においても同様であるが、8:00には南部の果樹農家地域が他の地点より低くなる。12:00と16:00では、果樹農家地域と低層住宅地域の気温の上昇が顕著であり、逆に商業地域は低くなる。また、20:00には0:00と同様に商業地域の気温が高く、他の地点はそれより低い値である。

相対湿度は、20:00～8:00の夜間から早朝にかけては、商業地域では値が低い、その周辺部では高くなっている。しかし、日中の12:00には次第に商業地域の値が高くなり、16:00には地域全体の相対湿度が等しくなる。

次に、最暑日の気温と相対湿度について図 4.8 と 4.9 に示す。

気温は、16:00～8:00の夕方から早朝にかけては、全体がほぼ同様の値か、北部の商業地域で値が高い。しかし、日中12:00には他の地域に比べて商業地域の値が低くなっている。この結果は、ヒートアイランド現象の一般常識とは異なるが、その原因は中心商業地域の周囲 2 kmには山林があり、また100～200m程の距離に住宅や寺社の植生があるため、これらの影響によりヒートアイランド現象が防がれていると考える。

一方、石野ら¹⁶⁾は'78年～'91年までの間の自治体の観測データとAMeDASデータを使用し、首都圏から100km圏内の冬期と夏期の最高気温と最低気温の分布を明らかにしている。これによると、首都圏の気温は周囲の地域より最高気温と最低気温が共に高い傾向となっている。また、この研究ではさらにJRを利用した移動測定を行っており、東京駅を中心に取手や八王子など郊外までの気温分布を測定している。この結果においても冬期と夏期の両方で都心の気温が高い傾向となっている。この様な大規模都市の実態に比べて、本論文ではそれとは異なる結果となった。そのため、別途に詳しい実測を行い、長野市とそれと同規模の都市の気温の実態を明らかにする事とした。

相対湿度は、16:00以外は商業地域が低く、また周囲が高い結果となった。これは最寒日と同様の傾向となっている。

全体的には、北部の商業地域の気象変化が特徴的である。

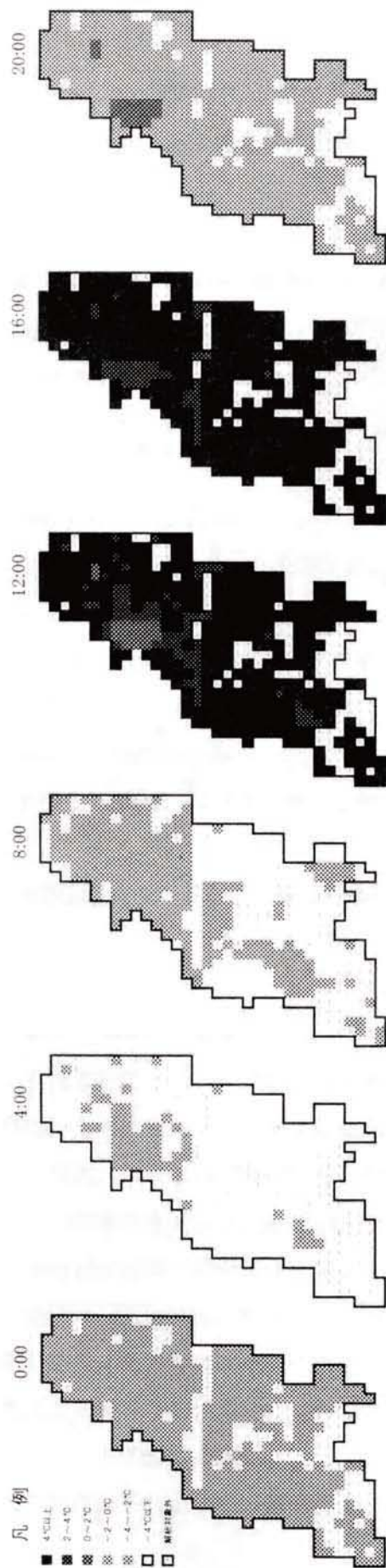


図 4.6 最寒日の気温のクリマアトラス

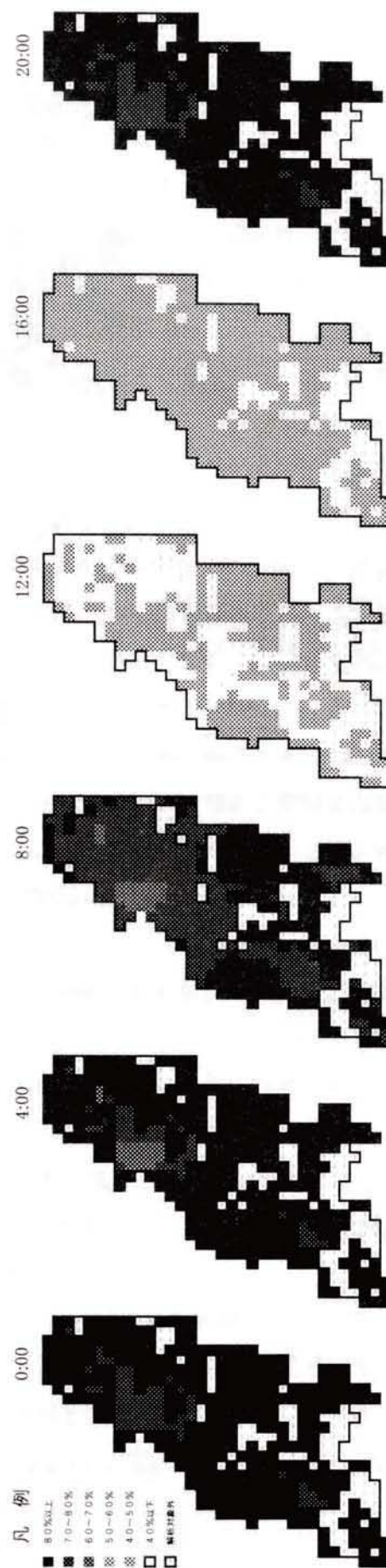


図 4.7 最寒日の相対湿度のクリマアトラス

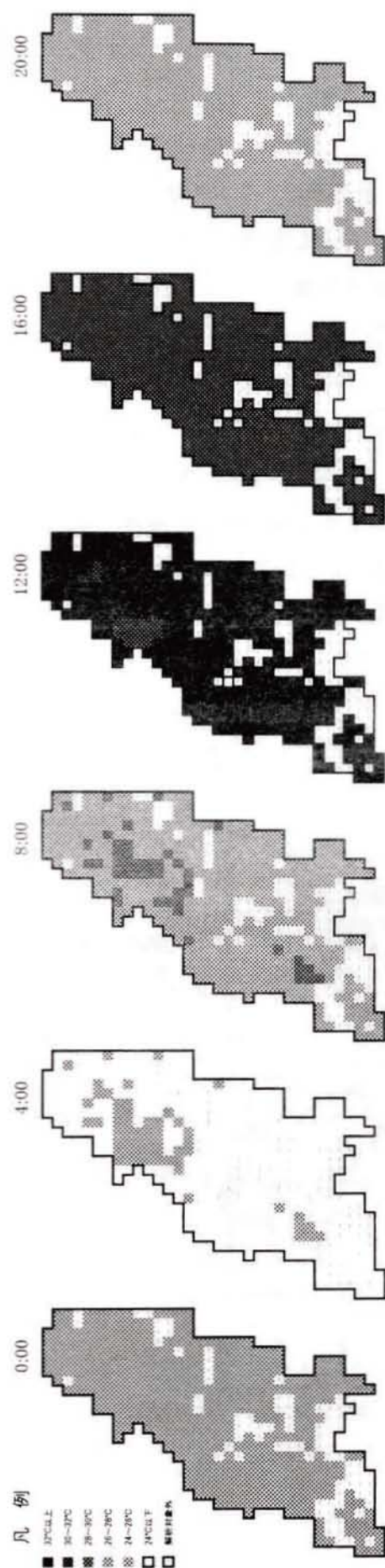


図 4.8 最暑日の気温のクリマアトラス

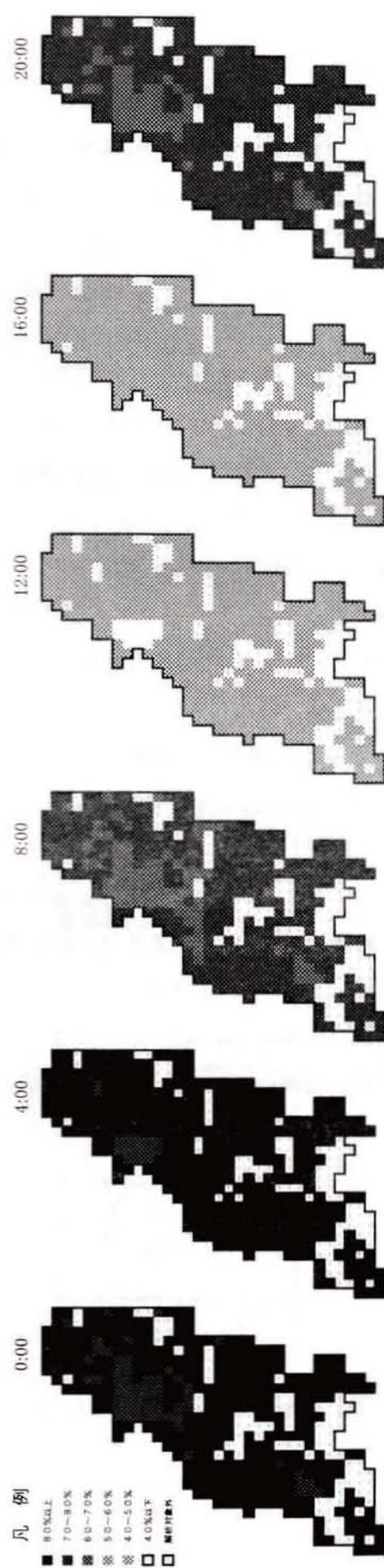


図 4.9 最暑日の相対湿度のクリマアトラス

4.5.3 クリマアトラスの誤差の検討

前項において、クリマアトラスの作成条件として500mメッシュ内の土地利用が均一である事を仮定した。しかしながら、実際の環境では複数の土地利用が混在する場合が見られ、実際に近いクリマアトラスを作成するためには、メッシュ内の土地利用を詳しく分析する必要がある。そこで、各メッシュ内で2番目に多い土地利用を調べ、その面積率が20%以上になる組合せを抽出した。調査の結果、表4.2に示す「ケース a~g」の7通りの組合せがある事が分かった。本論文では、この内の「ケース a, c, e, g」を対象に、2番目に多い土地利用がメッシュ内を100%占めるものとし、作成したクリマアトラスとの違いを誤差として定義した。これは、解析対象の建物が2番目に多い土地利用に該当する場合を想定している。即ち、気温と相対湿度の知りたいポイントが、もし2番目の土地利用に含まれていた場合、クリマアトラスとの差がどの程度生じるかについて検討を行ったものである。この結果により作成したクリマアトラスの、誤差の最大値が推定できるものとする。なお、「ケース b, d, f」の組合せについては、それぞれ「ケース a, c, e」の土の反転により検討が可能である。

図4.10と4.11に最寒日と最暑日の誤差をそれぞれ示す。

最寒日の気温は、誤差が大きいのは12:00の「ケース c」と、「ケース g」の組合せで、平均値でそれぞれ 3.2℃と4.6℃の差が生じている。同様に、最寒日の相対湿度においても「ケース c」と「ケース g」で誤差が大きく、その最大値は14%となっている。

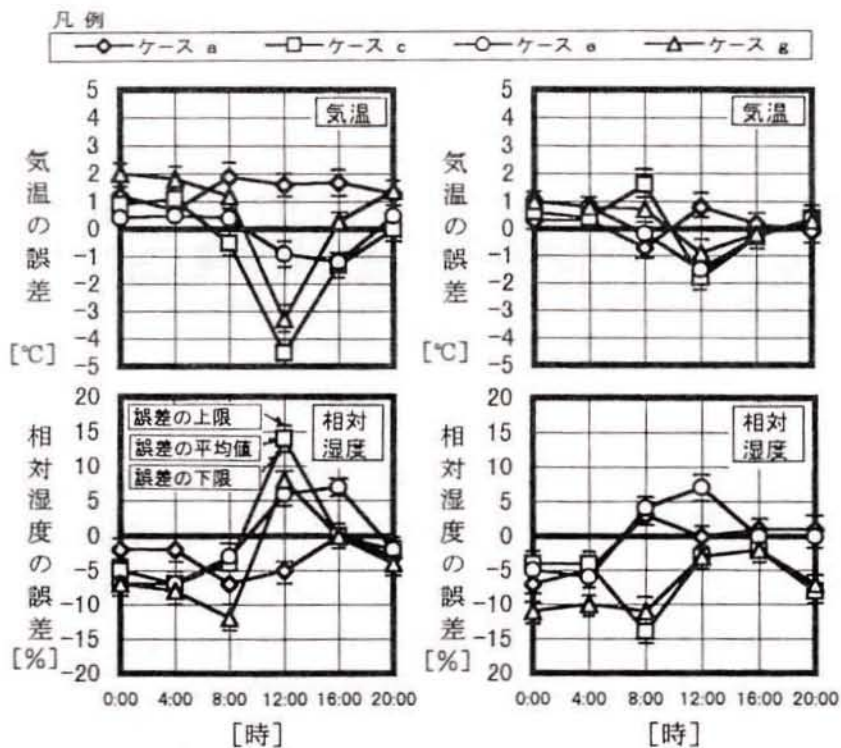
一方、最暑日では、気温の誤差は日中に多少生じるが、夜間は小さい傾向である。また、相対湿度は「ケース c」の 8:00と「ケース g」の夜間から早朝にかけて誤差が大きくなる。

この結果、クリマアトラスの誤差は気温が 4.6℃以下、相対湿度が 14%以下であり、最寒日の中層住宅地域が混在するケースで誤差が最も大きくなる事が分かった。

表 4.2 500m メッシュ内における複数の土地利用の組み合わせ

ケース	500m メッシュ内に占める 土地利用の順位とその面積率		比率 [%] [*]
	1番 (60 % 以上)	2番 (20 % 以上)	
a	果樹農家地域	低層住宅地域	4
b	低層住宅地域	果樹農家地域	2
c	低層住宅地域	中層住宅地域	8
d	中層住宅地域	低層住宅地域	5
e	中層住宅地域	商業地域	10
f	商業地域	中層住宅地域	3
g	果樹農家地域	中層住宅地域	5

※ 全解析対象地点 (389 点) に対する比率



4.6 地方都市における商業地域の気温

4.6.1 気温と建物表面温度の相関

ここでは、前項で問題とした地方都市における商業地域の気温について考察する。そのため、前章において商業地域とは異なる気温分布となった低層住宅地域を取り上げ、同一日での比較を行った。また、それぞれの地域内において表面積の最も多く占める材料が都市気候に影響を与えるものと考え、その表面温度についても併せて参照する事とした。商業地域ではコンクリート壁面温度を、低層住宅地域では表 4.1 の結果に従い地表面温度を参照した。これらの測定を行った周囲の状況は、商業地域は図 3.10② に示す様に容積率が 600% で建ぺい率が 80% の地域で、6～8 階建てのコンクリート系建物が多い。一方、低層住宅地域は図 3.10④ の通り容積率が 80% で建ぺい率が 50% の地域で、木造 2 階建てが主体である。そのため、商業地域の方が熱容量が大きく、また天空率が小さい地域と言える。なお、表面温度の実測は、何れも直射日光が当たらず、図中の気温の測定点から 2m 以内の地点とした。

図 4.12 に最寒日の事例として '97 年 1 月 10 日の実態を示す。当日は風速がほぼ静穏状態で、また水平面全天日射量が最大 $1.9\text{MJ}/\text{m}^2$ の晴天日であった。商業地域と低層住宅地域の気温を比較すると、日中は低層住宅地域が高く、夜間は商業地域が高くなる。日中の気温については前章で示した様に、メッシュ内の建物、道路、敷地の各面積率や建物の建ぺい率、容積率が影響し、周辺に日影が多い商業地域は低層住宅地域より低い値となる。また、低層住宅地域の気温と地表面温度の関係に比べて、商業地域の気温と壁面温度は夜間に一定の差を保っているため相関が大きいと言える。一方、日射が周囲に当たる 8:00 から 17:00 頃までは、気温が壁面温度より高くなっている。

次に、日射量が比較的少ない日の実測結果を参照する。図 4.13 に冬期の不照日の例として '97 年 1 月 7 日の状況を示す。当日は、風速は晴天日と同様で、また水平面全天日射量は最大 $0.6\text{MJ}/\text{m}^2$ の曇天日である。低層住宅地域における気温と地表面温度については晴天日と同様に相関が小さい。しかし商業地域を見ると、気温と壁面温度は約 0.8°C の一定な差を保っている。このことから、日射の影響が少ない不照日の気温は、コンクリート壁面からの放熱が主な要因であると考ええる。

次に、最暑日の商業地域の気温について、最寒日と同様の検討を行う。併せてその時の気象条件を図中に示す。図 4.14 は '97 年 8 月 2 日の晴天日の例である。商業地域の気温と壁面温度は、夜間は両者の値が一定の差を保っており、また日中は気温が壁面温度より高くなっている。これは最寒日と同様の傾向となっている。

図 4.15 の'97年 8 月 5 日の不照日についても確認すると、商業地域の気温は終日壁面温度の影響を受けていると言える。

従って、これらの結果から長野市の商業地域の気温は、日射や建物の表面からの放熱が主に関係している事が分かった。一方、交通や産業からの廃熱の影響は比較的少ないと予想されるが、これについては詳細な実測と解析が必要である。また、日中と夜間における気温の分布は、長野市の商業地域では 4.4.2 節に示した様な石野ら¹⁶⁾による大規模都市の調査結果とは異なり、日中は低層住宅地域より低く、また夜間は逆に高くなる事が明らかとなった。

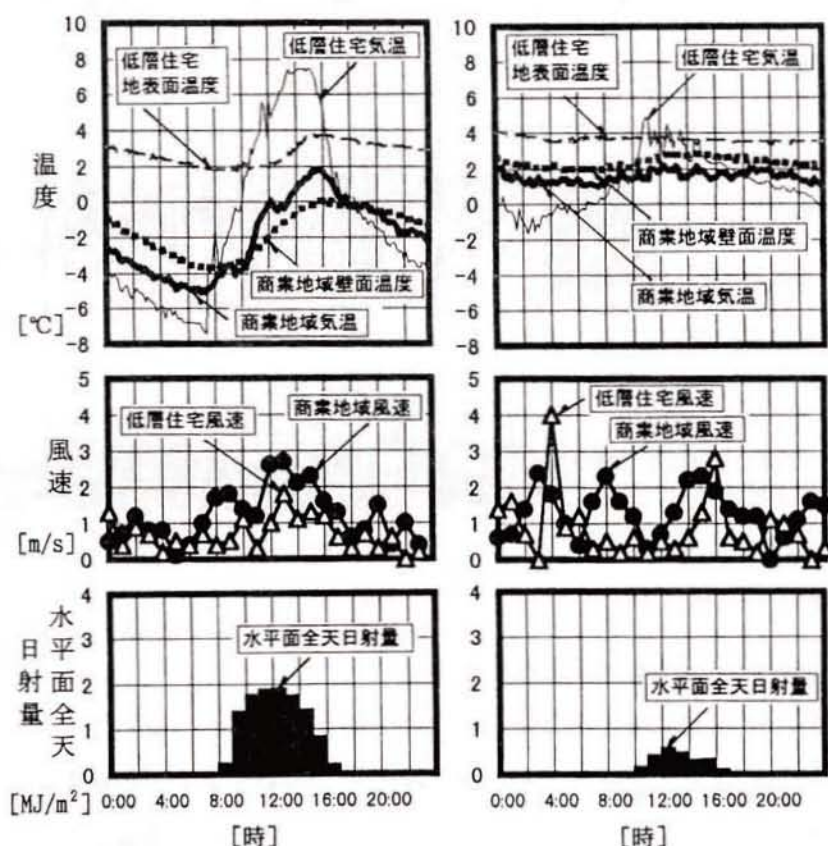


図 4.12 最寒日（晴天日）の商業地域と低層住宅地域の気象状況

図 4.13 最寒日頃の不照日の商業地域と低層住宅地域の気象状況

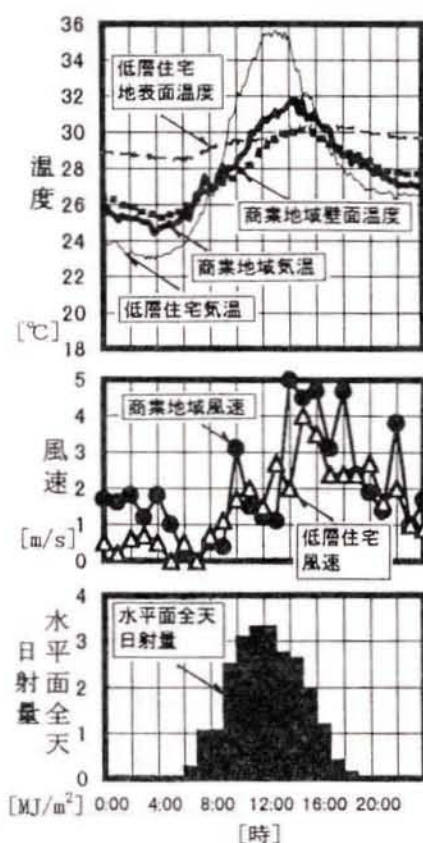


図 4.14 最暑日（晴天日）の商業地域と低層住宅地域の気象状況

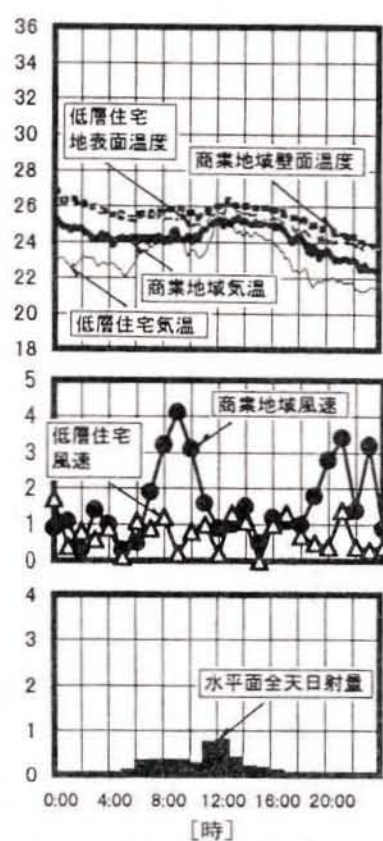


図 4.15 最暑日頃の日照の商業地域と低層住宅地域の気象状況

4.6.2 他の地方都市における商業地域の実態

前節では、長野市の商業地域の気温特性について明らかにした。よって、この事が他の同規模の都市においても生じる現象であるか、確認する必要がある。そのため、松本市を対象に長野市と同様の測定を'98年6月より開始している。'98年6月現在の人口が約20万人で、中心市街地の規模が2km四方程度である。よって、松本市は地理的にも人口的にも長野市の実態と近似しており、商業地域の気温を検証する上で有効であると判断した。図4.16に松本市の商業地域と、それと比較するための低層住宅地域の測定点をそれぞれ示す。この内、両者の形態規制については、図3.10の長野市の値とほぼ同様となっている。なお、気温の測定は図中に示す●印の地点で行っており、また実測方法については前記と同様の方法を用いている。

図 4.17 に松本市における冬期の晴天日の例として、'98年11月26日を取り上げて両地域を比較する。当日の気象条件は、図中の通り風速は共に平均1.5m/s程度で、水平面全天日射量は最大 2.1MJ/m²である。商業地域の気温は、夜間は低層住宅地域より平均で2.2℃高く、また日中は最大で2.5℃低い値となっている。この要因は都市の規模が長野市と同様である事から、松本市の商業地域も夜間は建物の持つ熱容量が原因で放熱が行われ、日中は中高層の建物により日射が遮られている事がある理由であると考えられる。

次に、図 4.18 の夏期の晴天日である '98年 8 月23日の例を見ると、商業地域は低層住宅地域に比べ夜間は高く、また日中は低くなっており、冬期と同様の傾向となっている。

従って、長野市における商業地域の気温の特性が松本市でも確認する事ができ、これらの地方都市では大規模都市とは異なる気候になる事が明らかとなった。

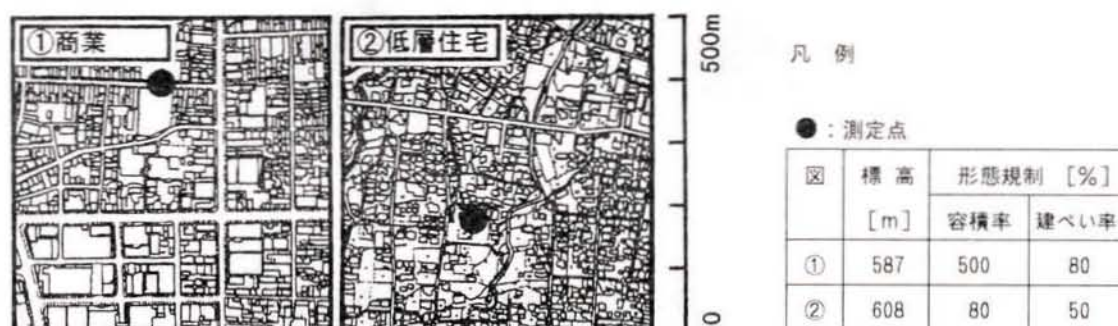


図 4.16 松本市における商業地域と低層住宅地域の測定点の概要

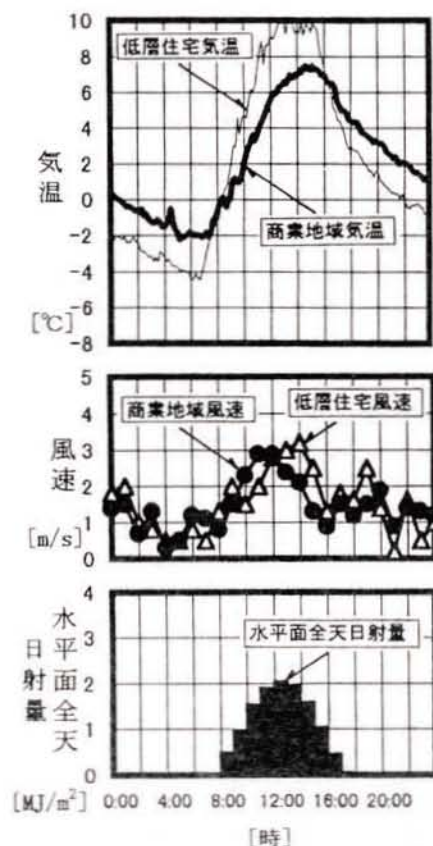


図 4.17 松本市の冬期における商業地域と低層住宅地域の気温

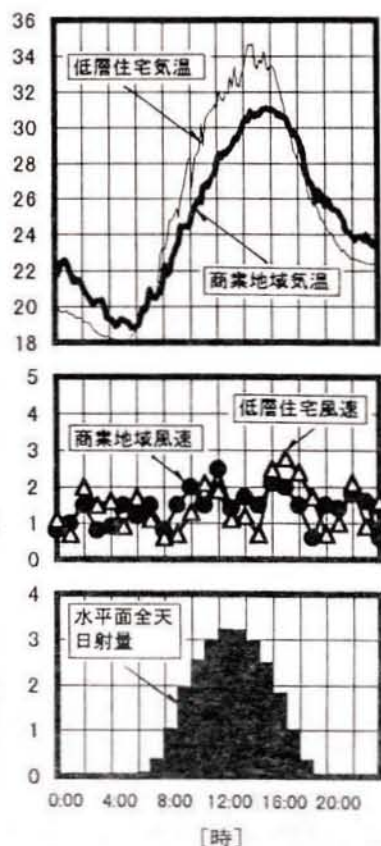


図 4.18 松本市の夏期における商業地域と低層住宅地域の気温

4.7 まとめ

長野市を対象に、500mメッシュ毎の実測データに基づくクリマアトラスを作成し、都市気候の実態について検討を行ったところ、次に示す結果が得られた。

- (1) 対象地域周囲の実測値をT-検定し、同様の気温と相対湿度になるエリアを明らかにする事ができた。
- (2) 前章で得られた結果に基づいて、季節、時間、天候の尺度でクリマアトラスを作成する事が可能となった。また、一例として最寒日と最暑日における気温と相対湿度のクリマアトラスを作成した。
- (3) クリマアトラスの誤差は気温が4.6℃以下、相対湿度が14%以下であり、最寒日の中層住宅地域が混在するケースで誤差が最も大きくなる事が明らかとなった。

(4) 長野市の商業地域における気温の実態について検討したところ、日射や建物からの放熱が主に関係している事が分かった。

(5) 長野市における商業地域の気温の特性が、松本市でも確認する事ができ、これらの都市では 4.5.2節に示した石野ら¹⁶⁾による大規模都市の実態とは異なる事が明らかとなった。

以上の結果、作成したクリマアトラスや商業地域の気温の特性から、地域内の都市気候の実態を知る事ができた。これらの結果は、建物の熱負荷シミュレーション計算やパッシブ手法の検討を行う際の資料として活用が可能であると考ええる。

但し、クリマアトラスの誤差については今後の検討課題である。

第 5 章

リモートセンシングデータと実測値を用いた クリマアトラスの作成

第5章 リモートセンシングデータと実測値を用いた クリマアトラスの作成

5.1 はじめに

気温と相対湿度は10km四方程度の比較的狭い範囲でも、土地利用毎に微気象が存在する事が3章で明らかになっている。そのため、最寄りの気象台のデータだけでは、その範囲の気象を評価する事は困難な状況となっている。例えば、任意の地点における建物の熱負荷シミュレーション計算や有効なパッシブ手法の検討をする場合も、土地利用毎の気象データが必要である。このような背景により、土地利用毎に観測した気温と相対湿度のクリマアトラスが必要であり、これにより都市気候の実態が明らかになるものと考ええる。

既に報告されているクリマアトラスの一例としては、前章で示した様に、武政ら¹³⁾や小玉ら¹⁴⁾による建築設計用地域気候マップの作成や、西川ら²⁶⁾による九州地方を対象とした自然エネルギー活用のためのクリマアトラスの作成などがある。こうした一連の研究により、国内各地の気象データやその特性が明らかになった。

しかしながら、何れの報告も標準気象データや AMeDAS データを用いる事が多く、これらの気象観測網である約21km四方より狭い範囲については、土地利用との対応が十分に行われていない場合がある。そこで、本章ではその範囲の土地利用の実態を明らかにする方法として、リモートセンシングデータの活用を検討した。

リモートセンシング技術を利用した都市気候の研究には、梅干野ら⁴⁰⁾による土地被覆面の凹凸を考慮した放射温度の分布、渡辺ら⁴¹⁾による赤外線波長帯を用いた地表面温度分布図の作成、徳永ら⁴²⁾による NVI 値を用いた夏季の最低気温の算出などがある。これらの研究により、精度の高い土地被覆分類が行われ、また熱環境についても明らかになった。従って、リモートセンシングデータを用いた土地被覆分類は有効な方法であり、このデータをクリマアトラスの作成に活用する事は意義あるものと考ええる。また、これにより4章で問題とした、500mメッシュ内の土地利用が混在する場合の誤差についても改善されるものと考ええる。

よって、本章ではリモートセンシングデータと外界気象の観測データを組み合わせたクリマアトラスを作成し、より詳細な都市気候を明らかにする事を目的とする。研究の対象地域は、多種多様な土地利用が存在する長野市と松本市の平地部とする。この両都市の気象データを比較する事により、地方都市における気候の実態を明らかにする。

なお、ここで言う地方都市とは10km四方程度の人口が15~40万人で、その中に公園地

域、商業地域、中層住宅地域、低層住宅地域、果樹農家地域がそれぞれ存在する内陸の都市を指している。

この様にして、リモートセンシング技術を利用する事により、建物の熱負荷シミュレーション計算や有効なパッシブ手法の検討のための資料となる事を研究目標とする。

5.2 前章までの研究内容と本章の位置づけ

前章までの研究内容について整理する。そのフローチャートを図 5.1 に示す。

3 章では、始めに対象地域を 500m×500m のメッシュで 470 点に分割し、気象台を定点とした移動測定を行い、そのデータをクラスター分析によりグループ化した。次に、各グループの気象データが土地利用と相関すると仮定し、土地利用毎に代表点を選定して気温と相対湿度の連続測定を行い、時系列変化を観測した。また、土地利用が均一である 500m メッシュ内の微気象を知るため、内部を 100m メッシュで分割し、中央点（代表点）と分割した他の点について、気温と相対湿度の同一性を検証した。最後に、代表点で得られたデータの対象地域内における土地利用毎の代表性を検証し、対象地域内では土地利用が等しい場合、気温と相対湿度は同様であると判断した。

4 章では 3 章で得られた結果を前提に、500m メッシュ毎の土地利用を用い、対象地域の気温と相対湿度のクリマアトラスを作成した。また、併せて 500m メッシュ内で土地利用が不均一な場合の誤差についても検討を行った。この結果、通年における気温と相対湿度のクリマアトラスを作成する事が可能になったが、誤差の低減が課題として残った。

一方、本章のフローチャートを図 5.2 に示す。

ここでは、リモートセンシングデータと外界気象の実測値を用いたクリマアトラスの作成を行い、4 章で問題とした 500m メッシュ内の土地利用が混在する場合の誤差について改善を図っている。その手順として、始めに長野市における 3 章と同一の地域を対象に、リモートセンシングデータによる土地利用図の作成を行っている。そして、そこで得られた結論の「対象地域内において土地利用が等しい場合は気温と相対湿度の値は同様である」を条件とし、土地利用図と土地利用毎の代表点で測定したデータを対応させ、気温と相対湿度のクリマアトラスを作成している。次に、長野市の土地利用図の作成時に用いた教師データにより、松本市における土地利用図を作成している。その図より代表点 5 点（公園、商業、中層住宅、低層住宅、果樹農家）を選出し、気温と相対湿度の連続測定を行い、土地利用による気象の違いを明らかにしている。そして松本市においても、長野市と同様に

土地利用が等しい場合は気温と相対湿度の値は同様であると仮定し、土地利用図と各代表点の実測値によるクリマアトラスを作成している。最後に、長野市と松本市の気象を比較し、それらをまとめて地方都市における都市気候の実態を明らかにしている。

なお、本章ではリモートセンシングデータを使用し、代表点を教師データとした土地被覆分類を行った。そのため、教師データにより分類された地域はそれぞれ同一の土地被覆になるものとする。これらの地域について現地調査を行ったところ、教師データの土地利用と同じ土地利用の場所が多く見られた。例えば、商業地域はコンクリート系の建物やアスファルト道路が主体で、土や植生などの敷地の占める割合が少ない。また、中層住宅地域は商業地域と同様にコンクリート系の建物やアスファルト道路が多いが、その中に土や植生が混在している。低層住宅地域は敷地が主体であり、そこに瓦やトタン葺きの屋根やアスファルト道路が分布している。果樹農家地域は、長野市と松本市では共にリンゴやブドウ畑が主体で、所々に建物が集合している。公園地域は土や植生がほとんどを占め、緑被率が高い地域である点などである。なお、土地被覆状況と土地利用が明らかに異なる地点のデータについては解析対象外とした。例えば、商業地域や中層住宅地域の中に小規模の公園や神社などの緑地がある場合や、果樹農家地域や公園地域内に建築物が点在する場合はそれに相当する。またその比率は地域全体の 0.8%であり、面積的には僅かであった。

これらの地域の具体的な建物、道路、敷地の各面積率については、商業地域、低層住宅地域、果樹農家地域は表 3.2 に示す値に準拠している。また、中層住宅地域は表中の商業地域と低層住宅地域の間値で、公園地域は土や植生による敷地率が 60%以上占める地域となっている。

以上の事項に基づき、土地被覆分類のデータを土地利用分類のデータとして使用し、これによって分類した図を土地利用図と呼称した。

なお、長野市における土地被覆分類と土地利用分類の相関に基づく研究例には、参考文献⁴³⁾がある。

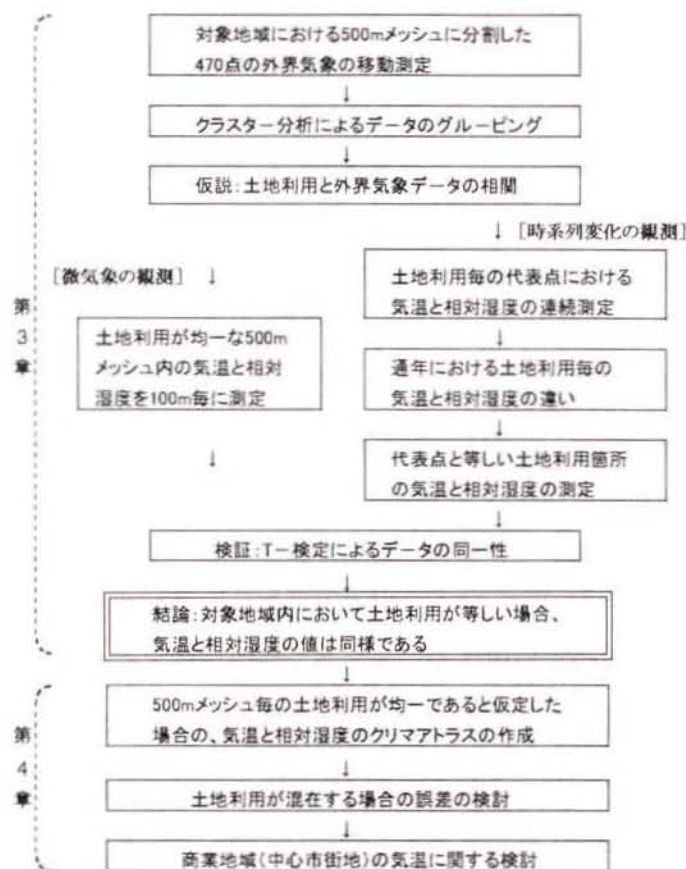


図 5.1 前章までの研究内容

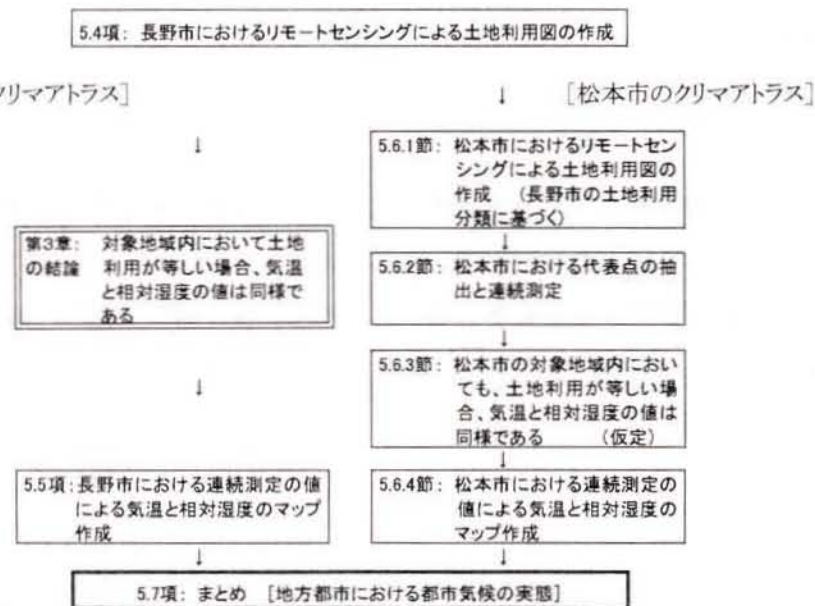


図 5.2 本章の研究内容

5.3 解析の準備

気温と相対湿度の測定を、長野市では'96年12月より、また松本市では'98年6月よりそれぞれ開始し、現在も継続中である。測定方法は、両都市の対象地域内より選定した、公園地域、商業地域、中層住宅地域、低層住宅地域、果樹農家地域の各代表点において、サーミスタ式温度計と高分子型相対湿度計を地面より1.5mの高さに設置し、10分毎の瞬時値を自動記録している。なお、測定点の選定方法は、周囲の土地利用を代表する地点とし、測定器に直射日光が当たらず、建物から1m以上離れた場所とした。

一方、解析に使用したリモートセンシングデータは、'94年9月20日のランドサット5号TMデータで、関東甲信越地方における185km×185kmのフルシーンである。使用データの概要を表5.1に示す。これより、長野市と松本市の対象地域をそれぞれ切り出し、地域毎に1/25,000地形図²⁹⁾上に設けたG.C.P.により、アフィン変換による幾何補正を行った。なお、変換時のパラメータは6ヶ(A,B,C,D,E,F)であり、変換される座標点は次式で表現される。

$$\begin{aligned} u &= Ax + By + C \\ v &= Dx + Ey + F \\ (u,v) &= (Ax + By + C, Dx + Ey + F) \end{aligned} \quad \text{----- (1)}$$

ここで、

(x,y): 地図上の座標

(u,v): 画像上の座標

A, B, C, D, E, F: パラメータ

(1)式を用い、補正時の誤差を0.5ピクセル以下になる様にした。

表 5.1 リモートセンシング使用データの詳細

搭載放射計	TM 注1)
撮影日	1994/9/20
撮影時刻(標準時)	A.M.9:29
PATH-LOW 注2)	108-35
補正	バルク補正 注3)

注1)

TM (Thematic Mapper) とは、解析度、波長分解能、幾何学的制度、ラジオメトリック精度・分解能の向上を目的として設計された多重スペクトル走査放射計である。TMは7つのスペクトルバンドで同時に地表を観測する。その各バンドの波長帯と主な応用分野を以下に示す。なお、バンド1～5及び7の瞬時視野は地表上で30m、バンド6は120mである。

バンド	波長帯 (μm)	主な応用分野
1	0.45～0.52	・沿岸水のマッピング ・土壌と植物の区別 ・落葉樹と針葉樹の区別
2	0.52～0.60	・植物の活力度
3	0.63～0.69	・植物の種類を決定する為のクロロフィル吸収
4	0.76～0.90	・バイオマス調査 ・水塊分布
5	1.55～1.75	・植物水分測定 ・雪と雲の区分
6	10.4～12.5	・植物のヒートストレス測定 ・温度のマッピング
7	2.08～2.35	・熱水作用のマッピング

バンド1：沿岸水の様子や落葉樹と針葉樹の判別などができるが、水域の区別はつけにくい。波長が短い
ため大気の影響を受けやすく、気象条件や季節の変化などの影響を受けやすい。

バンド2：バンド1より水陸の判別は良くできるが、水域と植物が同じように見え、また道路、鉄道、地
表構造物などの判別ができる。

バンド3：水陸の境界、植物域、地表構造物の識別ができる。

バンド4：水陸の境界がはっきり見える。街路網も見えるが小水路との判別がつきにくい。また、高層建
築物植物量の調査などに適している。

バンド5：植物や土壌の水分含有量の推定などに適しており、雲と雪の区別、空き地、草地、高層建築物
地域、水陸の境界、小水路の識別ができる。

バンド6：地表や海面の温度分布を表示できる。

バンド7：地質における熱水変質地域の識別を目的としており、高層建築物地域、水陸の境界がはっきり
見える。

注2)

PATH は、衛星が北アメリカ大陸を通過する最初の位置を PATH 1 として、東から西へ PATH 233 まで付されており、衛星の軌跡を現したものである。

LOW はそれぞれの PATH 上で等分割されたシーンに対応する連番号を現している。衛星が PATH に沿って進行する間に TM は連続して真下の地表を走査する。ランドサット 5 号 TM データは、便宜上約 23.9 秒間に取得されたこのフレーム画像として分割され、衛星の周期（約 99 分）を 23.9 秒で割って 248 を LOW 番号の最大値として定義している。

注3)

衛星の姿勢は刻々変動しており、それに伴い画像に幾何学的歪みが生じている。これを補正したものがバルク補正である。この補正方法は、衛星姿勢関数の推定に AMS（姿勢計測サブシステム）からの情報を用いて行う。

5.4 長野市におけるリモートセンシングデータによる土地利用図の作成

5.4.1 対象地域とカテゴリーの選定

長野市における対象地域を図 3.1 に示す。対象地域は、長野市内の DID 地区を含めた都市計画区域内の 500m メッシュで分割した 470 点である。この地域に対し、3 章で用いた公園、商業、中層住宅、低層住宅、果樹農家の 5 つの土地利用に、田畑、山林、水域を加えた計 8 カテゴリーを用いて土地利用の分類を行った。

5.4.2 教師データの選定

3 章では土地利用が等しい場合、気温と相対湿度の値は同様である事が明らかになった。その検定に用いた図 3.10 の土地利用毎の代表点と検証点を含めたトレーニングエリアを選定し、これを教師データとして土地利用図を作成した。

5.4.3 土地利用図の作成

本章では最尤法を用いて土地利用の分類を行った。具体的にはTMデータの計7バンドより、分類に使用するバンド数を4～7までの全ての組合せ（全64通り）について総当たり計算を行い、教師データとの正答率が最も高い分類を採用する事にした。この結果、90%以上の正答率（公園地域：99%、商業地域：97%、中層住宅地域：90%、低層住宅地域：92%、果樹農家地域：98%）が得られた図5.3を土地利用図とした。

前章では、500mメッシュを用いて土地利用の分類を行った。その際、各メッシュ内で土地利用が60%以上占めるものをその範囲の土地利用として定義した。しかしながら、この方法は実際の土地利用に比べて細部が省略される欠点が生じる。これに対して本章では、土地利用の分類をリモートセンシングデータで判別するため、実際に近い分類を行う事ができた。

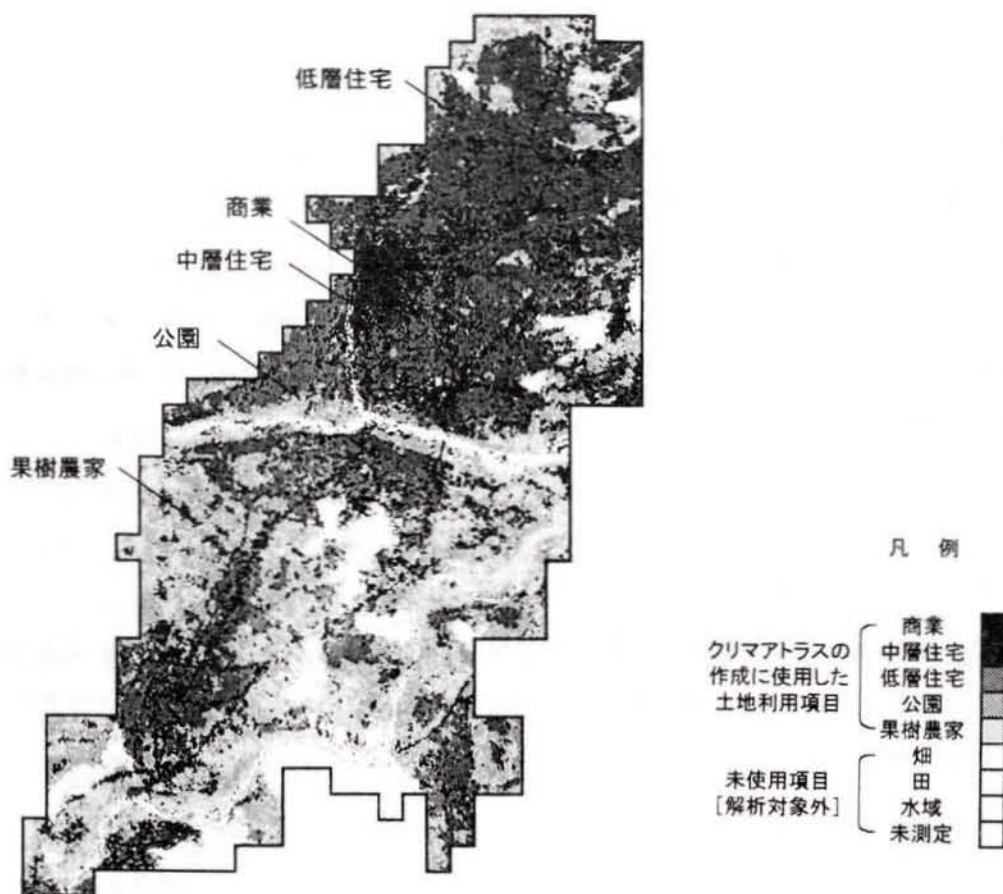


図 5.3 リモートセンシングデータを用いた長野市の対象地域における土地利用図

5.5 長野市におけるクリマアトラスの作成

5.5.1 クリマアトラスの作成条件

5.4 項で作成した土地利用図と各代表点の実測データを対応させ、コンピュータ処理によりクリマアトラスの作成を行った。なお、クリマアトラス作成時の条件は次の通りである。

- ①対象地域内における他の気象因子の影響は無視する。
- ②リモートセンシングデータの1ピクセルを最小単位として作図する。
- ③土地利用として図 5.3 を使用する。
- ④各代表点における2年4ヶ月分の気象データを使用する。

この内①については、本章では前述した様に500mメッシュで作成した図の精度を向上させ、細部が省略化される欠点を防ぐ事を主目的としている。そのため、本来生じると考える風、河川、都市廃熱などの影響については無いものと仮定してクリマアトラスを作成した。②は、今回使用するリモートセンシングデータの解像度は1ピクセルが約30mであるため、これをメッシュ単位として作図を行った。③は、図 5.3 の土地利用図より、公園地域、商業地域、中層住宅地域、低層住宅地域、果樹農家地域の5つのカテゴリーを対象として作図した。また、分類した地域は図 3.10 の各代表点と何れも土地利用が一致するものと仮定した。④は、気温と相対湿度の'96年12月より10分間隔でサンプリングしている2年4ヶ月分のデータを用い、この値をコンピュータ処理により同一の土地利用に対応させ、この期間におけるクリマアトラスの作成を可能にした。

なお、解析に使用したリモートセンシングデータと実測データでは年次に差が生じているが、その間に新しく建設された建物の中で比較的面積が大きいものについては解析の対象外とした。またそれ以外の土地利用については、この期間での違いが軽微であったため、両者の整合性はあるものと判断した。

5.5.2 最寒日と最暑日におけるクリマアトラス

作成したクリマアトラスの一例として、'97 年の最寒日と最暑日におけるクリマアトラスを示す。何れも 1 日を 4 時間毎に区分し、当該時間の前後 10 分間の平均値を用いて作図している。また、両日は何れも晴天日であり、対象地域のほぼ中央で観測した 1 日の平均風速と水平面全天日射量の最大値は、最寒日が 1.2m/s と 1.9MJ/m²で、最暑日が 2.5m/s と 3.5MJ/m²であった。

最寒日の気温と相対湿度を図 5.4 と 5.5 にそれぞれ示す。気温は、夜間から早朝の 20:00～8:00 は北部の商業地域が周辺部より高いが、日中の 12:00 と 16:00 には逆に商業地域の値が周囲より約 2℃低い。商業地域の気温が日中低い原因は、3 章に示した様に商業地域内では建物の建ぺい率や容積率が高いために日影部が多く、そのため日中の気温が低くなる。相対湿度は、夜間から日中は商業地域では低い傾向である。但し、日中の 12:00 には商業地域の値が高く、また 16:00 には全体が均一な値となる。

次に、最暑日の気温と相対湿度について図 5.6 と 5.7 に示す。気温は、12:00 の商業地域を見ると他の地域より低い、これは最寒日と同様に建物の日影による影響と考える。一方、その他の時間帯では商業地域は他の地域より若干高いか同様の値となっている。相対湿度は 16:00 を除いて商業地域では低く、周囲では高い値となった。

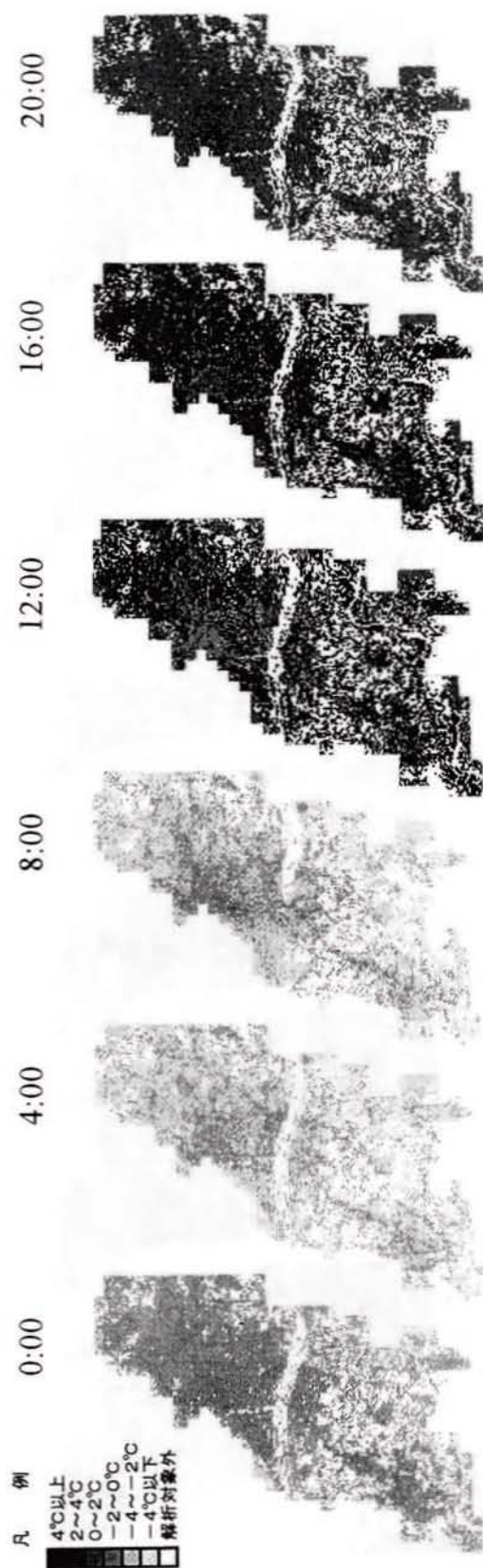


図 5.4 リモートセンシングデータを用いた最寒日の気温のクリマアトラス

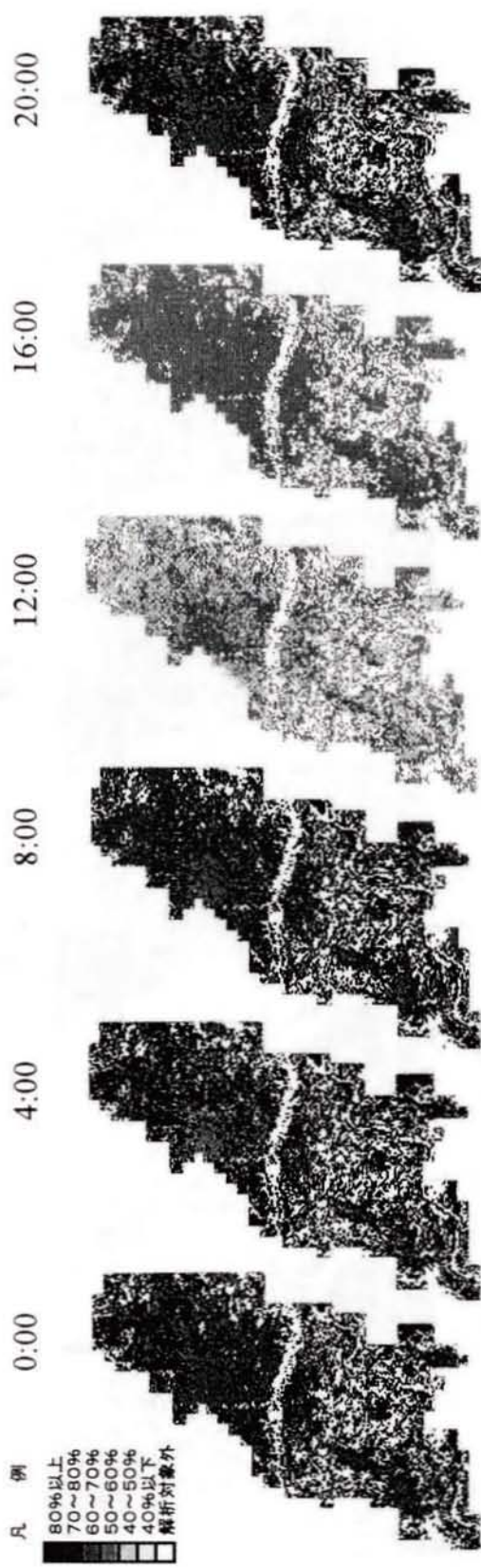


図 5.5 リモートセンシングデータを用いた最寒日の相対湿度のクリマアトラス

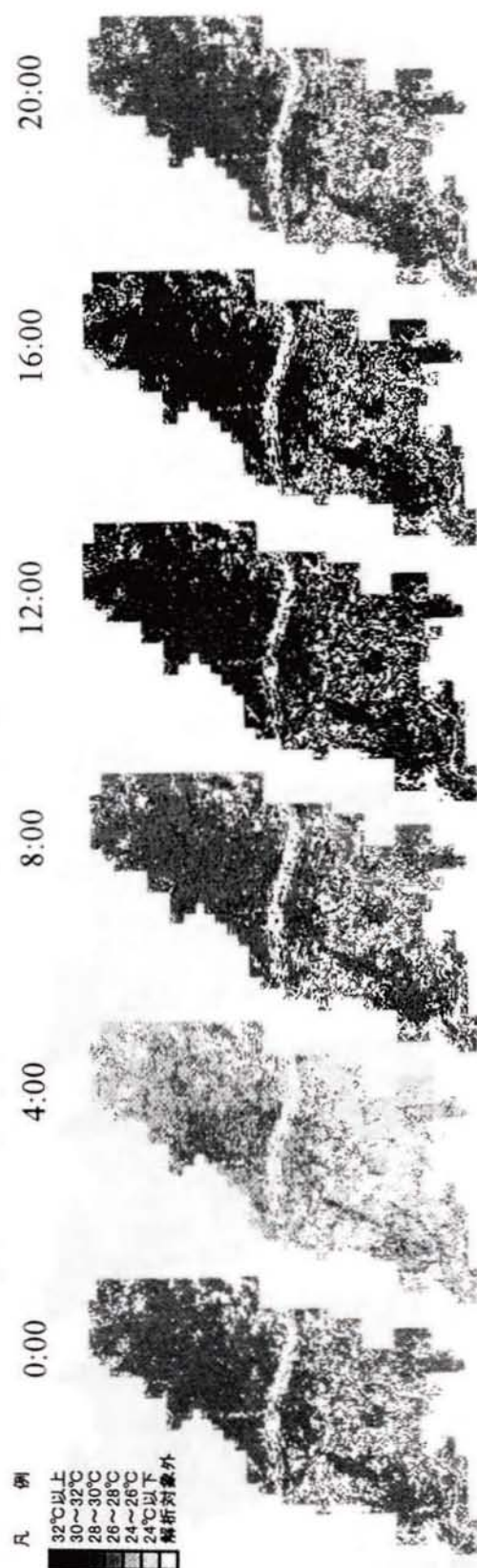


図 5.6 リモートセンシングデータを用いた最暑日の気温のクリマトラス

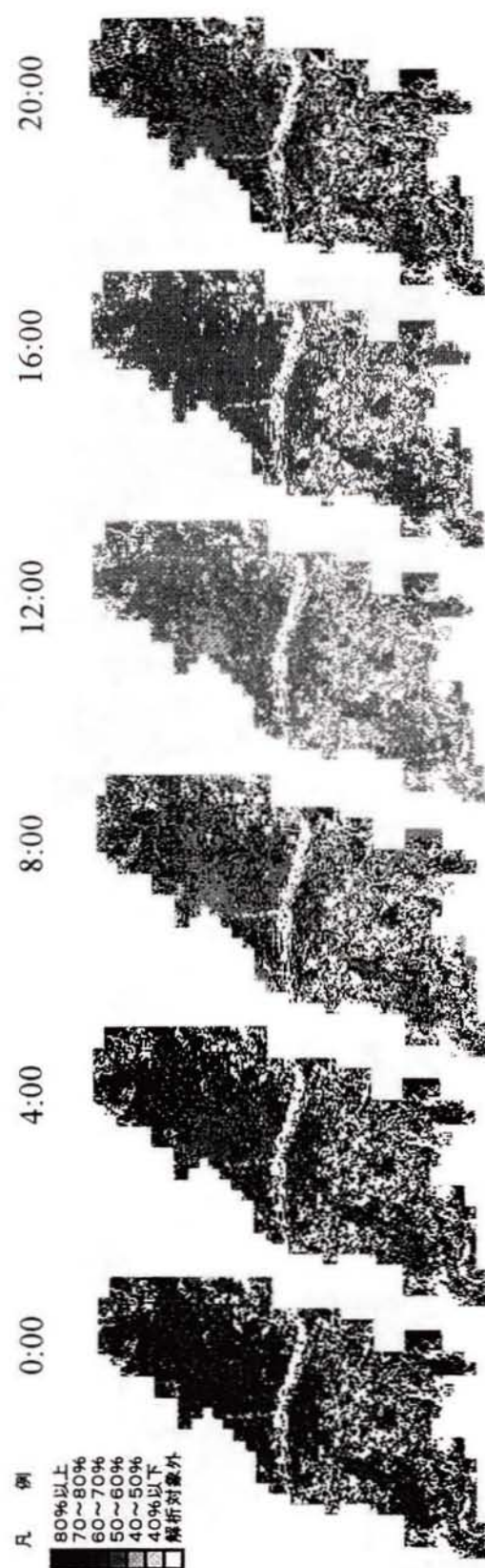


図 5.7 リモートセンシングデータを用いた最暑日の相対湿度のクリマトラス

5.6 他の地方都市におけるクリマアトラス作成の応用

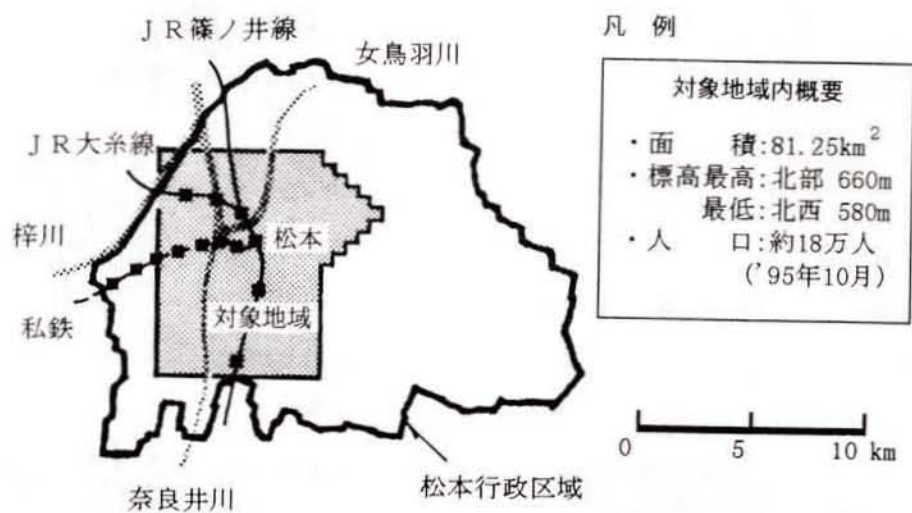
5.6.1 松本市の土地利用図

長野市を対象にリモートセンシング技術を用いてクリマアトラスの作成を試みたが、土地利用の詳細が分からない都市においてもクリマアトラスを作成する事ができれば、リモートセンシング技術がさらに有効に活用できるものと考えた。

前項で用いたリモートセンシングデータは、'94年9月20日の関東甲信越地方のフルシーンから切り出したものである。そのため、このフルシーンより長野市と同規模の地方都市を選定し、都市気候の比較を行う事とした。都市の規模と土地利用が長野市と近似している理由により、長野県松本市を選定した。図 5.8 に松本市の対象地域を示す。対象地域は松本市の DID 地区を含めた都市計画区域内の 81.25km^2 のエリアで、その範囲の人口は約 18 万人、標高は 580m~660m である。標高に伴う気温減率を 0.6°C とすると範囲内の気温差は 0.5°C 以下となり、解析上の影響は少ないと判断した。

このエリアに対して、始めに 5.3 項の方法によりリモートセンシングデータの解析準備を行った。次に、5.4 項で行った長野市の土地利用の分類に用いた教師データで松本市の対象地域を分類し、図 5.9 の土地利用図を作成した。この図を現地調査により確認したところ、商業、中層住宅、低層住宅、果樹農家、公園、山林、田畑などの土地利用が実際とほぼ一致する事が分かった。この内、松本市の解析では長野市と同様に、公園、商業、中層住宅、低層住宅、果樹農家の 5 つの土地利用を用いる事にした。そして、対象地域内を 500m メッシュで分割し、土地利用毎に代表点を選定した。

その結果、松本市における土地利用毎の代表点を図 5.10 の 5 カ所とし、図中の●印の地点で 5.3 項の方法により '98 年 6 月より気温と相対湿度の測定を開始した。



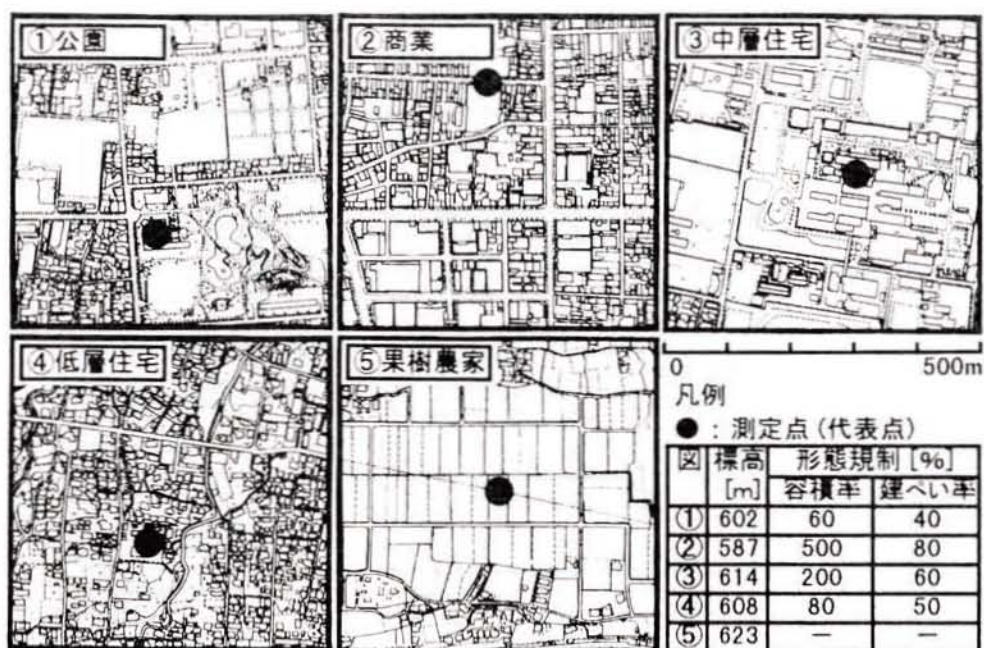


図 5.10 松本市における土地利用毎の代表点

5.6.2 松本市の代表点における気温と相対湿度

’98年6月から実測した気温と相対湿度の1年間の結果を図5.11に示す。なお、図中の値は何れも3章と同様に、公園地域との差を用いて表している。

平均気温は、商業地域、中層住宅地域、低層住宅地域、果樹農家地域は何れも公園地域と比較して高い傾向である。期間中における公園地域との差は、平均では商業地域が1.1℃で最も大きく、中層住宅地域、低層住宅地域、果樹農家地域は何れも0.5℃であった。一方、最高気温は地域毎の差が大きく、低層住宅地域や果樹農家地域は公園地域より高く、商業地域と中層住宅地域は同様となっている。これに対し、最低気温は低層住宅地域と果樹農家地域が公園地域より低く、商業地域と中層住宅地域は高い傾向である。この結果、低層住宅地域と果樹農家地域は日較差が大きく、商業地域と中層住宅地域は日較差が小さい事が明らかとなった。

相対湿度は、全体的に公園地域より低い値となった。果樹農家地域の一部で公園地域より高い場合が見られるが、これは当該地域で栽培しているリンゴやブドウからの蒸散作用によるものと考ええる。

これらの土地利用毎の結果について、3章の長野市における代表点の測定結果と比較したところ、それぞれの気候特性がほぼ一致する事が明らかになった。

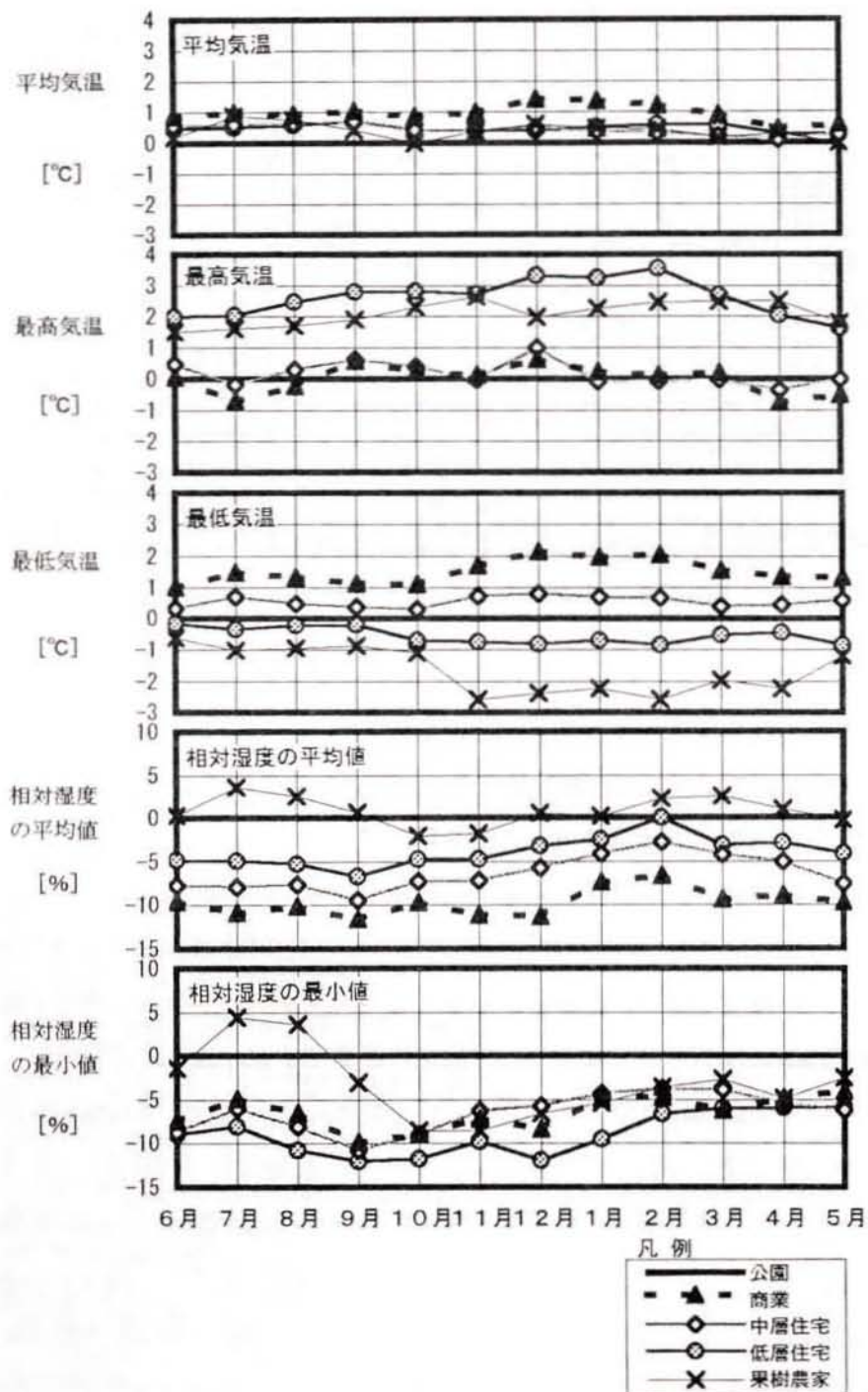


図 5.11 松本市における公園地域を基準とした各地域の気温、グローブ温度、相対湿度

5.6.3 松本市のクリマアトラスの作成条件

松本市において、5.6.1 節で作成した土地利用図と、5.6.2 節で得た各代表点での実測値を用い、コンピュータ処理による気温と相対湿度のクリマアトラスを作成した。なお、クリマアトラスの作成条件は次の通りである。

- ①土地利用が等しい場合は、気温と相対湿度の値は同様であると仮定する。
- ②対象地域内における他の気象因子の影響は無視する。
- ③リモートセンシングデータの1ピクセルを最小単位として作図する。
- ④土地利用として図 5.9 を使用する。
- ⑤各代表点における、'98 年 6 月～'99 年 2 月までの気象データを使用する。

この内、①は長野市と同様に、対象地域内においても土地利用が等しい場合は、気温と相対湿度の値は同様であると仮定してクリマアトラスを作成する。また、②～⑤については前記と同様の理由により作成時の条件とした。

なお、リモートセンシングデータと実測データの年次の差についても前記と同様の判断をした。

5.6.4 松本市の最寒日と最暑日におけるクリマアトラス

全データより、'98 年度の最寒日と最暑日における早朝と日中のクリマアトラスを示す。何れの図も、当該時間の前後 10 分間の平均値を用いている。また両日は共に晴天日で、対象地域のほぼ中央で観測した 1 日の平均風速と水平面全天日射量の最大値は、最寒日が 2.7m/s と 2.2MJ/m²で、最暑日が 1.6m/s と 3.2MJ/m²であった。

最寒日の気温と相対湿度を図 5.12 と 5.13 にそれぞれ示す。気温は、早朝の 4:00 は商業地域と中層住宅地域が他の地域より高いが、日中の 12:00 には逆に低くなる。相対湿度は、4:00 には商業地域と中層住宅地域で低いが、12:00 には全体が均一な値となる。

次に、最暑日の気温と相対湿度を図 5.14 と 5.15 にそれぞれ示す。気温は、早朝は商業地域と中層住宅地域で高いが、日中は低層住宅地域で高くなる。相対湿度は、冬期と同様に早朝は商業地域と中層住宅地域で低いが、日中は均一な値となっている。

また、この他松本市のクリマアトラスからは以下の様な特性が抽出された。冬期の早朝の気温を見ると、商業地域が最も高く、農業地域が最も低い。その差は約 4℃になっている。昼間の気温では商業地域は公園地域と同程度であり低い値になっている。最も気温が高いのは低層住宅地域である。夏期においても、同様の傾向があるが、地域ごとの温度差

が少なくなり2℃程度になる。相対湿度の図からは、夏期の農業地域の相対湿度は高い値を示している事が分かる。これは代表点とした測定点が、ブドウ畑の中にあつたため、大量の蒸散が行われた事によるものと考えられる。

以上の結果を、5.5 項で作成した長野市のクリマアトラスと比較する。両都市で共通する事項は、気温については、商業地域は早朝には他の地域より高いが日中には低くなる。また低層住宅地域と果樹農家地域は商業地域より日較差が大きい。相対湿度については、商業地域が早朝に周囲より低い。これらの点が挙げられる。

従って、長野市や松本市の地方都市では、中心市街地において終日気温が高い大規模都市とは異なる気候特性になる事が明らかとなった。

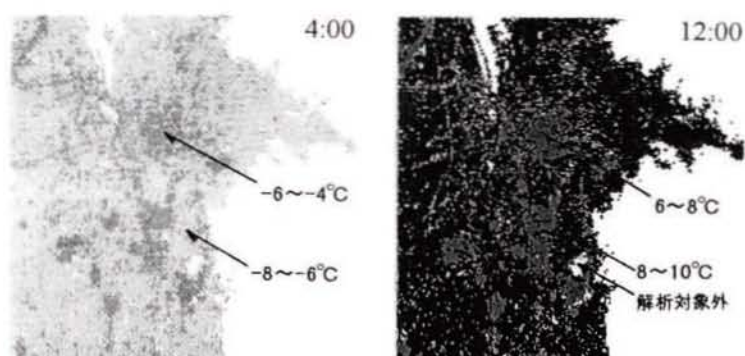


図 5.12 松本市における最寒日の気温のクリマアトラス

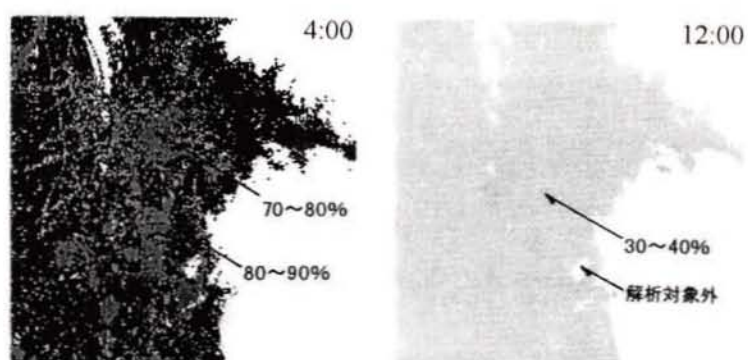


図 5.13 松本市における最寒日の相対湿度のクリマアトラス

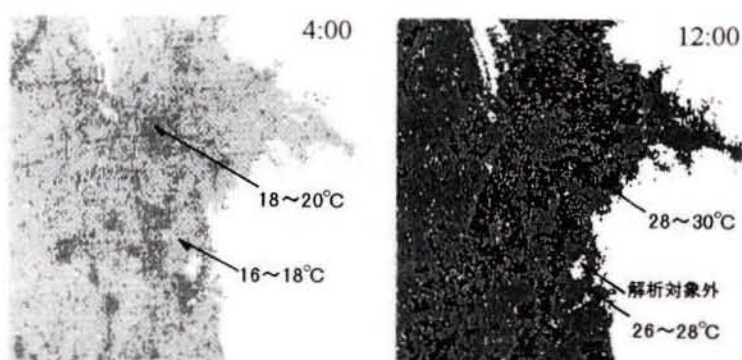


図 5.14 松本市における最暑日の気温のクリマアトラス

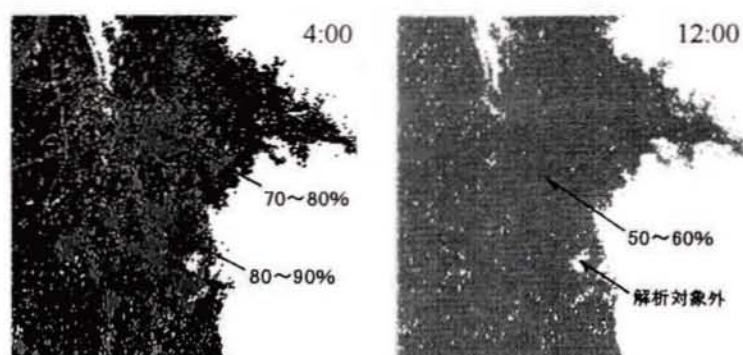


図 5.15 松本市における最暑日の相対湿度のクリマアトラス

5.7 まとめ

長野市と松本市を対象に、リモートセンシングデータと外界気象の実測データに基づくクリマアトラスを作成し、都市気候の実態について検討したところ、次に示す結果が得られた。

- (1) 長野市におけるリモートセンシングデータを用いた土地利用図を作成した。また、土地利用毎の気温と相対湿度のデータを整備した。
- (2) 松本市において、長野市の教師データを用いて土地利用図を作成した。現地調査の結果、解析結果は概ね妥当であった。従って、長野市と松本市の様に比較的近くに位置し、10km 四方の範囲内の人口が 15~40 万人で、その中に公園地域、商業地域、中層住宅地域、低層住宅地域、果樹農家地域がそれぞれ存在する内陸の地方都市については、一つの教師データで他の都市の解析が可能であると考ええる。
- (3) 上記データを用い、長野市と松本市の最寒日と最暑日における気温と相対湿度の時系列でのクリマアトラスを作成した。
- (4) 松本市における気象データの連続測定を行ったところ、長野市での測定結果と同様に、土地利用毎に次の事項が明らかになった。

- ・ 公園地域は他の土地利用より平均気温が低く、相対湿度が高い傾向である。
- ・ 商業地域と中層住宅地域は気温の日較差が小さく、また相対湿度の平均値は他の地域より低い。
- ・ 低層住宅地域と果樹農家地域は共に気温の日較差が大きく、特に冬期にその傾向が強い。また相対湿度の最小値が低層住宅地域では他より低く、果樹農家地域では季節により変動する事が明らかとなった。

- (5) 長野市と松本市のクリマアトラスを比較したところ、共通した気象特性として、以下の事項が明らかになった。

- ・ 商業地域の気温は、早朝は他の地域より高いが日中は低い。
- ・ 低層住宅地域と果樹農家地域は、商業地域に比べて日較差が大きい。
- ・ 相対湿度は、早朝の商業地域の値が低い。

以上の結果、作成したクリマアトラスは地域内の都市気候を知る上で有効であり、また、建物の熱負荷シミュレーション計算やパッシブ手法の検討をする資料として利用できるものとする。さらに、経年での気象データを蓄積する事により、GIS データとしても活用が可能と考える。

第 6 章

パッシブ手法を検討するための クリマアトラスの作成

第6章 パッシブ手法を検討するためのクリマアトラスの作成

6.1 はじめに

任意の地点における建物の有効なパッシブ手法を検討する場合は、より詳細な気象データが必要である。そのため、実際に近い気象状況を現した各種クリマアトラスが必要であり、これにより地域内の都市気候が明らかになるものとする。

このような背景により、4章では長野市の平地部を対象に、500m×500mのメッシュを用いた気温と相対湿度のクリマアトラスを作成した。また、同様に5章ではリモートセンシングデータを用いた約30m×30mの気温と相対湿度のクリマアトラスを作成した。この結果、地域内における気温と相対湿度の概要については明らかにすることができた。しかし、このクリマアトラスを有効なパッシブ手法の検討に用いる場合、クリマアトラスの種類が未だ十分ではないことが課題となった。そこで本章では、気象項目を気温、絶対湿度、夜間放射量、法線面直達日射量、水平面天空日射量、風向、風速の7項目に増やした。

なお、前章までは湿度は相対湿度で求めたが、本章では蒸散作用等を的確に捉える可能性が高い絶対湿度を用いた。

よって本章では、長野市の平地部を対象に、建物のパッシブ手法を検討するための各種クリマアトラスを作成することを目的とする。この結果により、土地利用や場所毎の気象データを標準化し、地方都市における都市気候の実態を明らかにすることを研究の目標とする。

6.2 前章までの研究内容と本章の位置づけ

前章までの研究内容について整理する。図6.1にそのフローチャートを示す。

3章では、始めに対象地域を500mメッシュで470点に分割し、気象台を定点とした移動測定を行い、そのデータをクラスター分析によりグループ化した。次に、各グループの気象データは土地利用と相関があると仮定し、土地利用毎に代表点を選定して気温と相対湿度の連続測定を行い、時系列変化を観測した。また、土地利用が均一である500mメッシュ内の微気象を知るため、内部を100mメッシュで分割し、中央点（代表点）と分割した他の点について、気温と相対湿度の同一性を検証した。最後に、代表点で得られたデータの代表性を同様の土地利用の5点を用いて検証し、対象地域内では土地利用が等しい場合は、気温と相対湿度は同様であると判断した。但し、その際には図3.17に示す程度の誤差が生

じる。

4章では3章で得られた結果を前提に、500m メッシュ毎の土地利用を用い、対象地域の気温と相対湿度のクリマアトラスを作成した。また、併せて500m メッシュ内で土地利用が不均一な場合の誤差についても検討を行った。この結果、通年における気温と相対湿度のクリマアトラスを作成する事が可能になったが、誤差の低減が課題として残った。

5章では、4章で問題となった500m メッシュ内の土地利用が混在する場合の誤差について検討を行った。まず始めに長野市における3章と同一の地域を対象に、リモートセンシングデータによる土地利用図の作成を行った。そして、そこで得られた結論の「対象地域内において土地利用が等しい場合は気温と相対湿度の値は同様である」を条件とし、土地利用図と土地利用毎の代表点で測定したデータを対応させ、気温と相対湿度のクリマアトラスを作成した。次に、長野市の土地利用図の作成時に用いた教師データにより、松本市における土地利用図を作成している。その図より代表点5点（公園、商業、中層住宅、低層住宅、果樹農家）を選出し、気温と相対湿度の連続測定を行い、土地利用による気象の違いを明らかにした。そして松本市においても、長野市と同様に土地利用が等しい場合は気温と相対湿度の値は一致するものと仮定し、土地利用図と各代表点の実測値によるクリマアトラスを作成した。最後に、長野市と松本市の気象を比較し、それらをまとめて地方都市における都市気候の実態を明らかにした。

次に、本章の研究内容について整理する。図 6.2 にそのフローチャートを示す。

本章では、パッシブ手法の検討を行うための各種クリマアトラスの作成を目的としている。その手順として、始めに気温、絶対湿度、夜間放射量の3項目については、前章と同様にリモートセンシングデータを用いた土地利用図^{註1)}を作成し、これに土地利用毎の代表点のデータを対応させてクリマアトラスを作成している。

次に、法線面直達日射量と水平面天空日射量は、水平面全天日射量のデータを直散分離により求めている。また、対象地域内の複数の測定データから観測点間の値を算出し、等値線によるクリマアトラスを作成している。

風向と風速データは計10ヶ所の測定値を地図上にグラフ化し、観測地点毎の比較を行っている。

最後に、各気象の時系列での違いを明らかにし、これらの結果をまとめて、建物に対する有効なパッシブ手法を検討するための資料としている。

注1)

5章に示した様に、本論文ではリモートセンシングデータを使用し、代表点を教師データとした土地被覆分類を行った。そのため、教師データにより分類された地域はそれぞれ同一の土地被覆になるものと考ええる。

これらの地域について現地調査を行ったところ、教師データの土地利用と同じ土地利用の場所が多く見られた。例えば、商業地域はコンクリート系の建物やアスファルト道路が主体で、土や植生などの敷地の占める割合が少ない。中層住宅地域は、商業地域と同様にコンクリート系の建物やアスファルト道路が多いが、その中に土や植生が混在している。低層住宅地域は敷地が主であり、そこに瓦やトタン葺きの屋根やアスファルト道路が分布している。果樹農家地域はリンゴやブドウ畑が主体で、所々に建物が集合している。公園地域は土や植生がほとんどを占め、緑被率が高い地域である。

なお、土地被覆状況と土地利用が明らかに異なる地点のデータについては解析対象外とした。

これらの地域の具体的な建物、道路、敷地の各面積率については、商業地域、低層住宅地域、果樹農家地域は表 3.2に示す値に準拠している。また、中層住宅地域は表中の商業地域と低層住宅地域の中間値で、公園地域は土や植生による敷地率が60%以上占める地域となっている。

以上の事項に基づき、土地被覆分類のデータを土地利用分類のデータとして使用し、これによって分類した図を土地利用図と呼称した。

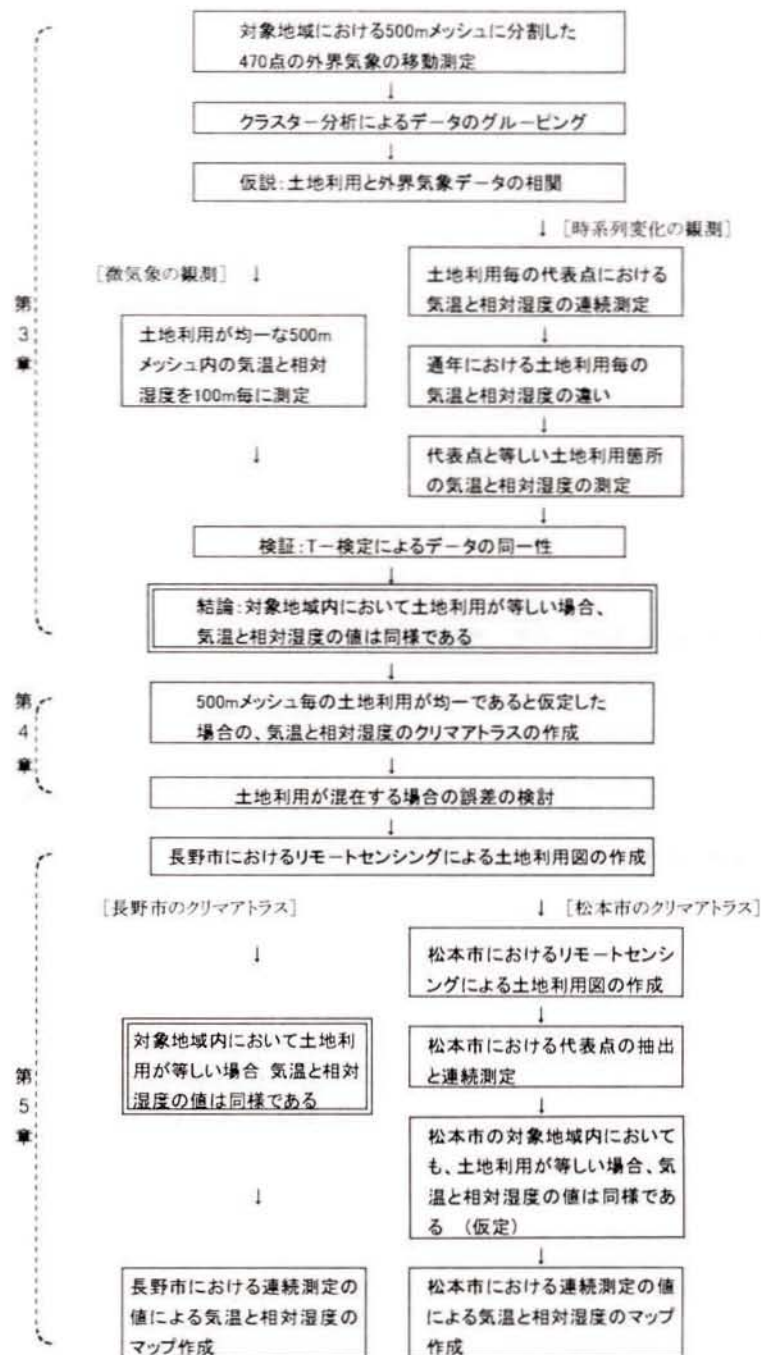


図 6.1 前章までの研究内容

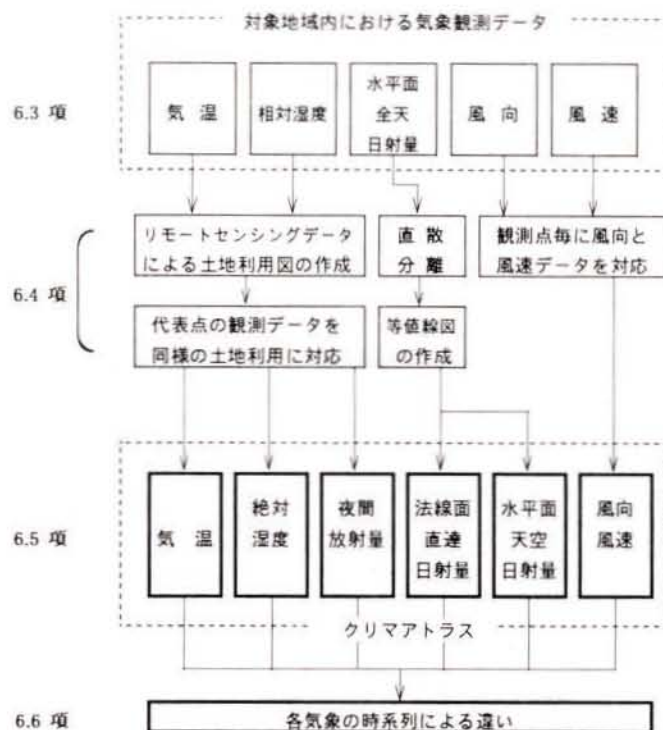


図 6.2 本章の研究内容

6.3 測定方法

本章では図 6.3 に示す領域を研究対象とする。対象地域は、長野市内の DID 地区を含めた都市計画区域内の 117.75km²で、人口は'95 年 10 月現在で約 33 万人である。

測定項目は、図 6.3 に示す気温、相対湿度、水平面全天日射量、風向、風速の 5 項目である。このうち気温と相対湿度は、図 3.10 の土地利用毎の公園、商業、中層住宅、低層住宅、果樹農家の各代表点で '96 年 12 月より観測を行っており、現在も測定を継続中である。何れも地面から 1.5m の測定位置で 10 分毎の瞬時値を記録している。使用した測定器は気温がサーミスタ式で、相対湿度が高分子型である。これらの測定器の信頼性については、図 3.3 に示した様に、長野地方気象台の露場内において気象台と筆者の測定器の比較を行っている。この結果、両者の値がほぼ一致したことから測定器の誤差は少ないと判断した。なお、測定点の選定方法は、土地利用が均一で測定器に直射日光が当たらない、建物から 1 m 以上離れた場所とした。

水平面全天日射量は、図 6.3 の領域内で計 7 ケ所の観測を行っている。測定器には全天日射計を用い、1 時間毎の積算値を自動記録している。

風向と風速は、建物などの障害物による影響を極力避け、地上 5 ～15m の高さで観測を行っている。測定器は光電発信型矢羽式風向計と三杯式風速計を用い、対象地域内の計 10

ヶ所で何れも毎正時の値を記録している。

なお、水平面全天日射量と風向風速データについては、長野地方気象台、長野県、長野市に属する公的機関で経年測定しているものであり、これらのデータはそれぞれ信頼性があるものと判断して研究に使用した。

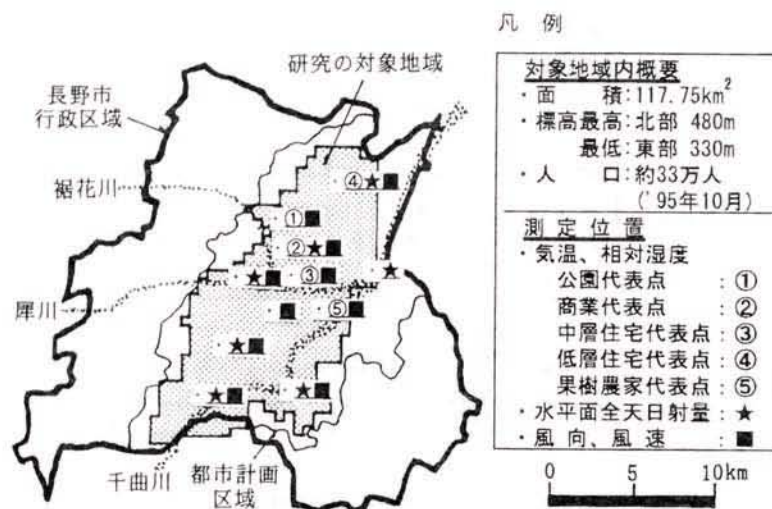


図 6.3 研究の対象地域及び測定位置

6.4 各種クリマアトラスの作成方法

6.4.1 リモートセンシングデータを用いたクリマアトラスの作成

土地利用との相関が大きいと考える気温、絶対湿度、夜間放射量の3項目については、始めにリモートセンシングデータによる土地利用図を作成し、次に土地利用毎の代表点の観測データを土地利用図に対応させてクリマアトラスを作成した。なお、夜間放射量の算出には表 6.1 の計算式を用いている。このうち、雲高係数と雲量については対象地域内にある長野地方気象台の観測値を用い、地域内全体が均一であると仮定して計算を行った。

1) リモートセンシングデータの概要

解析に使用したデータは、'94年9月20日のランドサット5号TMデータで、関東甲信越地方における185km×185kmのフルシーンである。このシーンより対象地域を切り出し、1/25,000地形図²⁾⁹⁾上にG.C.P.を選定してアフィン変換による幾何補正を行った。なお、補正時の誤差は0.5ピクセル以下となっている。

2) 教師データの選定

3章では土地利用が等しい場合は、気温と相対湿度は信頼度 95%でほぼ一致する事が明らかとなった。その検定に用いた図 3.10 の土地利用毎の代表点と検証点を含めたトレーニングエリアを選定し、これを教師データとして土地利用図を作成した。なお、土地利用図を作成する際のカテゴリーは、3章で用いた公園、商業、中層住宅、低層住宅、果樹農家の 5 項目に、田畑、山林、水域を加えた計 8 項目である。

3) 土地利用図の作成

本研究では最尤法を用いて土地利用の分類を行った。その際、ランドサット 5 号 TM データの 7 バンドの中から、分類に使用するバンド数を 4～7 までの全ての組合せ（全 64 通り）で総当たり計算を行い、教師データとの正答率が最も高い分類を採用した。その結果、各カテゴリーで 90%以上の正答率が得られた図 5.3 を土地利用図とした。

4) クリマアトラスの作成条件

前項で作成した土地利用図と各代表点の実測データを対応させ、コンピュータ処理によりクリマアトラスを作成した。なお、クリマアトラス作成時の条件は次の通りである。

- ①他の気象因子による影響は無いものとする。
- ②リモートセンシングデータの 1 ピクセルを最小単位として作図する。
- ③土地利用として図 5.3 を使用する。
- ④各代表点における 3 年分の気象データを使用する。

このうち①については、対象地域内においては、本章で対象とした気象以外の影響は無いものと仮定してクリマアトラスを作成した。②は、今回使用するリモートセンシングデータの解像度（1 ピクセル：約 30m×30m）を最小のメッシュ単位として作図した。③は、図 5.3 の土地利用図より、公園、商業、中層住宅、低層住宅、果樹農家の 5 つのカテゴリーを対象にして作図した。また、分類した各カテゴリーは、何れも図 3.10 のそれぞれの代表点と土地利用が一致するものと仮定した。④は、気温と相対湿度の '96 年 12 月より 10 分間隔でサンプリングしている 3 年分のデータを用い、気温、絶対湿度、夜間放射量の各データを整備した。また、この値を同一の土地利用に対応させ、この期間の各クリマアトラスを作成した。

表 6.1 気象データの算出方法

・ 夜間放射量式		
$J_{NC} = \sigma \cdot T^4 \left(0.474 - 0.076 \sqrt{f} \right) \cdot \{ 1 - (1 - k) c / 10 \}$		
ここで、	J_{NC} : 夜間放射量	[W/m ²]
	σ : Stephan-Boltzman 常数	[W/m ² ・K ⁴]
	T : 絶対温度	[K°]
	f : 水蒸気分圧	[mmHg]
	k : 雲高係数	
	c : 雲量	
・ 直散分離式		
$I_{ND} = K_D \cdot I_0$		
$I_{HD} = K_D \cdot I_0 \cdot \sinh$		
$I_{HS} = K_S \cdot I_0 \cdot \sinh$		
$K_T = I_{HT} / I_0 \cdot \sinh$		
$K_{TC} = 0.5163 + 0.333 \cdot \sinh + 0.00803 \cdot \sin^2 h$		
($K_T < K_{TC}$ の時)		
・ $K_D = (2.277 - 1.258 \cdot \sinh + 0.2396 \cdot \sin^2 h) K_T^3$		
($K_T \geq K_{TC}$ の時)		
・ $K_D = -0.43 + 1.43 \cdot K_T$		
$K_S = K_T - K_D$		
ここで、	I_{ND} : 法線面直達日射量	[kcal/m ² h]
	I_{HD} : 水平面直達日射量	[kcal/m ² h]
	I_{HS} : 水平面天空日射量	[kcal/m ² h]
	I_{HT} : 水平面全天日射量	[kcal/m ² h]
	I_0 : 大気圏外日射量	[kcal/m ² h]
	K_T : 無次元全天日射量	[kcal/m ² h]
	K_D : 無次元直達日射量	[kcal/m ² h]
	K_S : 無次元天空日射量	[kcal/m ² h]
	h : 太陽高度	[°]

6.4.2 法線面直達日射量と水平面天空日射量の算出

計 7 ケ所の水平面全天日射量の値を表 6.1 に示す宇田川⁴⁴⁾による直散分離式により、法線面直達日射量と水平面天空日射量をそれぞれ算出した。この値を用い、測定点間のデータを尾留川⁴⁵⁾の比例配分による方法で求め、等値線によるクリマアトラスを作成した。

6.4.3 風向、風速図の作成方法

対象地域内における 10 ケ所の風向と風速のデータを、観測地点毎に地図上にグラフ化した。なお、風向、風速データはベクトル量であり、また地理的条件により微気象が生じるため、測定点間の値については算出しない事にした。

6.4.4 クリマアトラスの妥当性

本章では、気温と相対湿度については、3章に示した様に土地利用毎に代表点と検証点の値がほぼ一致したため、データの信頼性については満たしているものとする。また、本章では前述した様に、500m メッシュで作成した図の細部が省略化される欠点を防ぐ事が主目的である。そのため、本来生じると考える河川や都市廃熱などの影響については無いものと仮定してクリマアトラスを作成した。この結果、500m メッシュを用いたクリマアトラスに比べ、建物や植生の影響をより現実捉える事が可能になったと考える。但し、その際に土地利用が数ピクセルの単位で孤立する様な場合については解析の対象外とした。

水平面全天日射量については、対象地域内における7ヶ所のデータを用いて地域全体の分布状況を明らかにした。図6.3に示す様に、測定点は約10km四方の範囲内に分散しているため、全体の傾向を知る事は可能であるとする。

風向風速については、10ヶ所の気象データをそのまま忠実に地図上に記載した。

以上の点より、本章で作成するクリマアトラスは妥当性があるものと判断した。

6.5 各種気象の最寒日と最暑日におけるクリマアトラスの作成

作成したクリマアトラスの一例として、'97年の最寒日(1/10)と最暑日(8/2)における、日中12時と早朝4時のクリマアトラスを図6.4と6.5にそれぞれ示す。なお、両日の気象状態は凡例の通りで共に晴天日であった。

図6.4に最寒日における気温、絶対湿度、夜間放射量、法線面直達日射量、水平面天空日射量、風向・風速の各クリマアトラスを示す。

気温は、日中は北部の商業地域ではその周囲より約2℃低い。この原因は、4章で示した様に商業地域では、建物の建ぺい率や容積率が高いため日影部が多く、そのため日中の値が低くなる。一方、早朝は周囲より商業地域の値が高いが、これは建物の躯体表面からの放熱によるものとする。

絶対湿度は、12時には商業地域では約0.5g/kg' 低いが、4時には対象地域全体が均一である。これらの値は何れも低く、冬期に乾燥しやすい内陸性の気候特性を示している。

夜間放射量は1日を通して土地利用による違いは少ないが、日中の商業地域では若干低い。

法線面直達日射量は南西部で高い値を示している。また、この傾向は水平面天空日射量も同様である。この要因については、今後さらに詳しい実測と解析を行う事により究明し

ていく必要がある。

風向は、日中と早朝では共に北東方向の風が卓越しており、また風速は 3 m/s 以下の値である。長野地方気象台⁴⁶⁾の報告によると、当該地域は周囲の山地が北東から南西方向に連なるため、これにより北西の季節風が北東方向に変わり、風速も山地によって弱められる事を指摘している。当該日もそれと同様の状況が現れている。

次に、最暑日の各クリマアトラスを図 6.5 に示す。

気温は、商業地域では日中は周囲より低いが逆に早朝は高くなり、最寒日と同様の傾向である。また、低層住宅や果樹農家の地域では日中と早朝で 8°C 以上の違いがあり日較差が大きい。

絶対湿度は地域により多少の違いは見られるが、全体的には値が低い。

夜間放射量は日中は商業地域や中層住宅地域で値が若干高いが、早朝は対象地域全体が均一になる。

法線面直達日射量と水平面天空日射量は、最寒日と同様に地域内の東西で値に違いが生じる。

風向は、12 時には西北西と東方向の相反する方位が主体である。この理由は、強い日射を受けて山の斜面が急速に暖まり、そこに上昇気流が生じて中央の盆地底から東西の山方向に谷風が吹くためと考える。一方、4 時には 12 時とは逆に盆地底に向かう風が幾つか見られる。これは放射冷却により山の斜面に接する空気が重くなり、そのため盆地底に山風が吹くものとする。一方、風速は日中に 3 m/s 以上になる場所もあるが、全体的には冬期と同様に値は小さい。

以上の結果、対象地域内における最寒日と最暑日の各気象の分布状況が明らかになった。

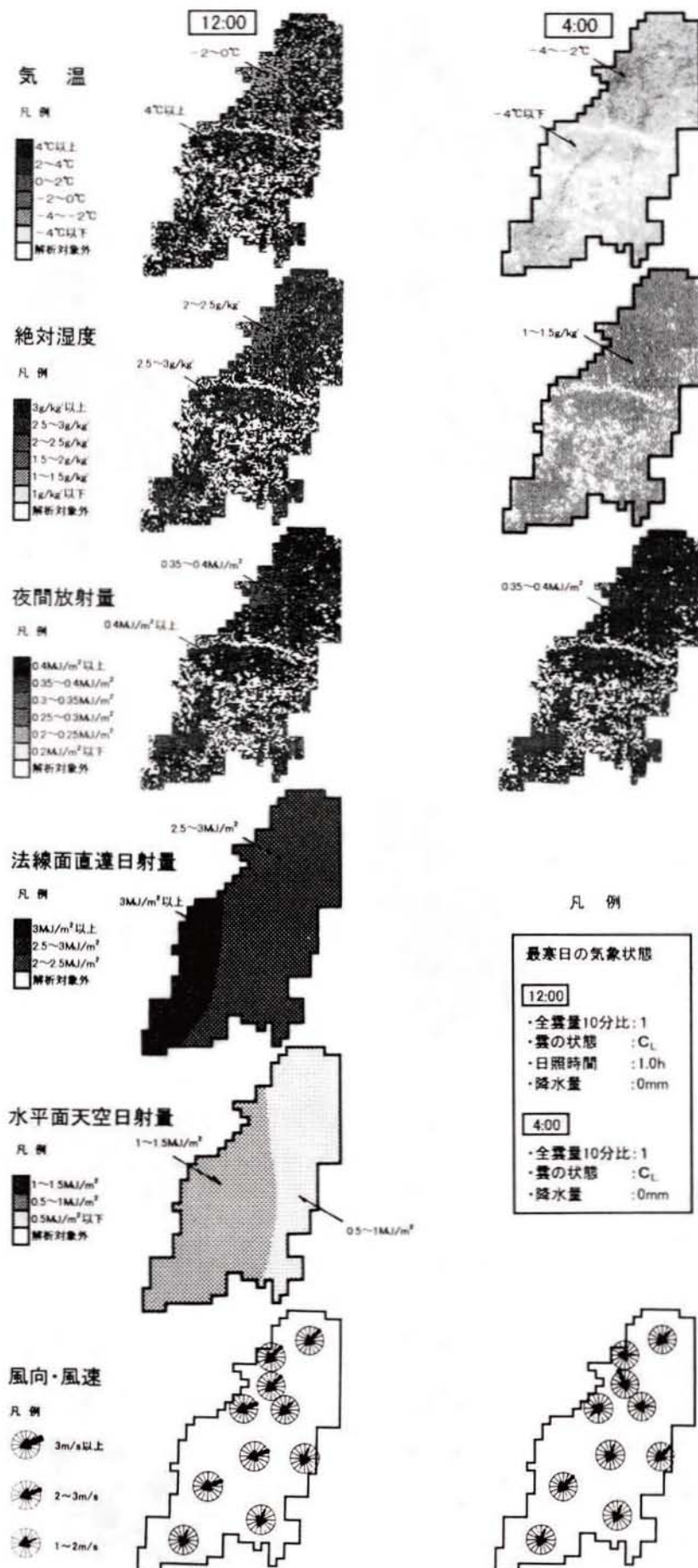


図 6.4 最寒日におけるクリマアトラス

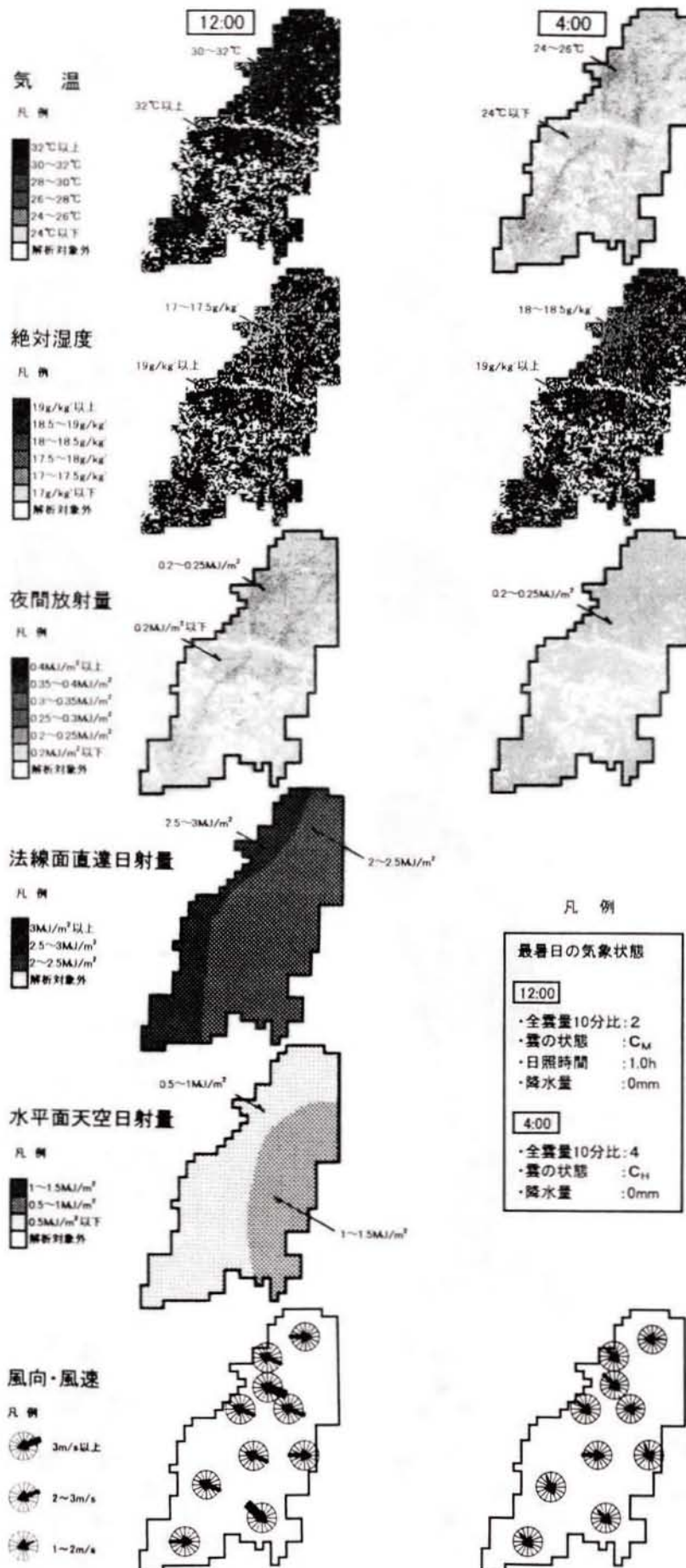


図 6.5 最暑日におけるクリマアトラス

6.6 各種気象の時系列による違い

前項の内容をさらに詳しく知るため、全体の中から商業地域と低層住宅地域の代表点を対象に、時系列での気象の違いを図 6.6 と 6.7 に示す。それぞれの測定位置は、商業地域が図 6.3 の②で、低層住宅が図 6.3 の④である。なお、図中に示す値は長野地方気象台での実測値と平年値を比較した結果、何れも値が近似していることから平年並みのデータであると言える。

図 6.6 に、'97 年の最寒日頃の晴天日(1/9,10,11)と降雪日(1/5,6,7)における、各気象の共に 3 日間の日平均値を示す。なお、晴天日と降雪日における雲、日照、降雪の各気象状態は図中に示す通りである。

気温は、降雪日は両地域共に 1 日を通して $-1 \sim 3^{\circ}\text{C}$ の安定した値であり、晴天日の早朝の様な気温の低下は見られない。一方、晴天日は降雪日に比べて日較差があり、特に低層住宅地域では日中と早朝では約 15°C の差がある。よって、最寒日でも晴天日の日中は気温が上昇するため、この熱をパッシブヒーティングに利用する事が可能と考える。その一例には、参考文献⁴⁷⁾で明らかにしたこの地域特有の屋根雪処理が挙げられる。屋根面に熱を与える事により、低温融雪として積雪の二次凍結によるすがもりの発生を防ぐ事ができる。

絶対湿度は、地域、天候、時間による違いはほとんど無く、 5 g/kg 以下の低い値である。よって、建物内の暖房を検討する際は湿度が過剰に低下しない様に、暖房器具の選定について注意する必要がある。

夜間放射量は晴天日と降雪日では $0.3 \sim 0.4\text{ MJ/m}^2$ の差が生じている。また、降雪日には商業地域と低層住宅地域ではほぼ同様の値であるが、晴天日では若干の違いが見られる。

法線面直達日射量は、晴天日は日中に 3 MJ/m^2 を超える。そのため、冬期においても晴天日には太陽熱や太陽光の利用が可能である。

水平面天空日射量は、晴天日と降雪日では同様に、日中の最大値は $0.7 \sim 0.8\text{ MJ/m}^2$ である。

風向は、晴天日は全体的に北東方向の風であるが、降雪日は様々な方向である。

風速は、全体的に 3 m/s 以下で値が小さいが、晴天日の方が降雪日に比べて若干値が大きい。従って、図中の降雪日には強い風を伴う吹雪にはなっていない事が分かる。

次に、'97 年の最暑日頃の晴天日(8/2,3,4)と降雨日(8/6,7,8)における、各気象の共に 3 日間の日平均値を図 6.7 に示す。

気温は、晴天日は日中に 30°C を超えるが早朝には 25°C 以下になる。よって、早朝の外気

を室内に導入する防暑計画が検討可能である。

絶対湿度は、約 20g/kg の値であるが、晴天日の日中に約 5g/kg の低下が見られる。

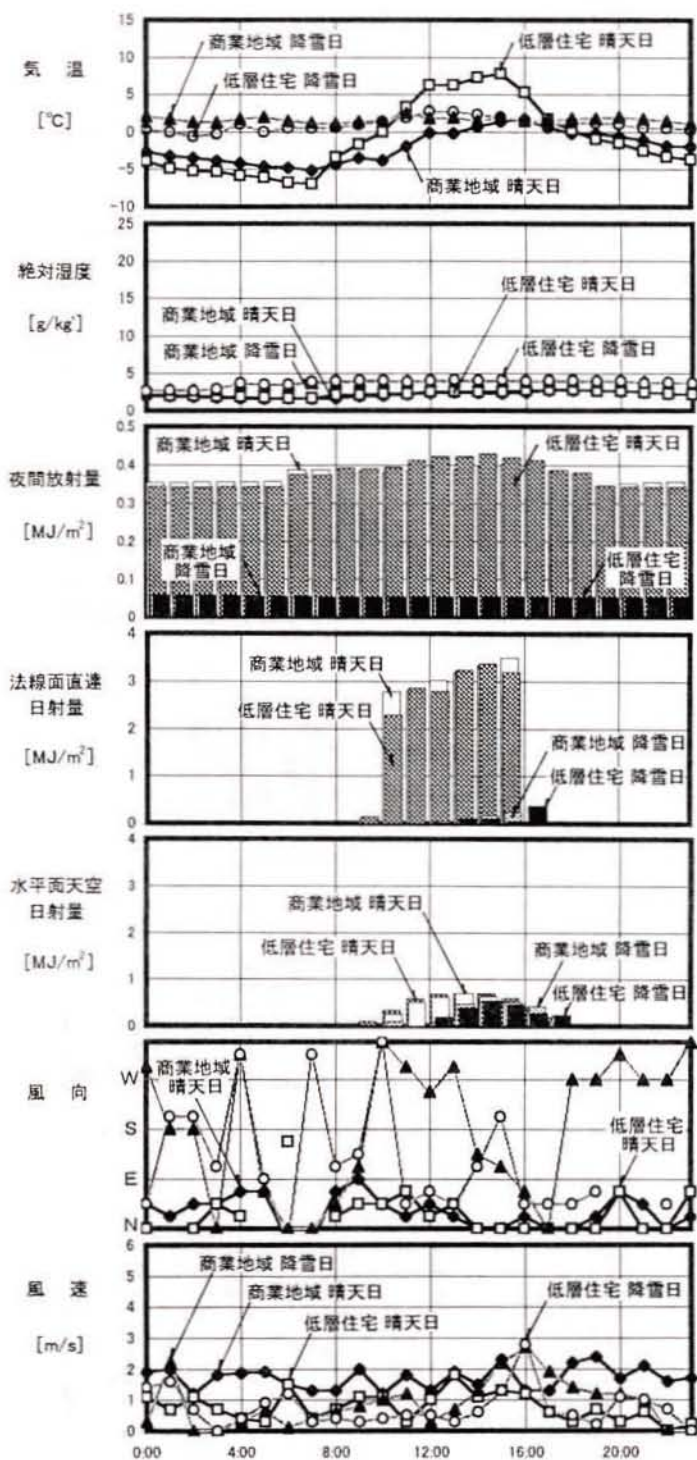
夜間放射量は、晴天日において商業地域は低層住宅地域より若干高いが、共 0.3MJ/m^2 以下の値である。

法線面直達日射量と水平面天空日射量は、冬期に比べると両者の差は小さい。また、水平面天空日射量は降雨日においても晴天日と同様の値であることから、冬期に比べて安定した太陽エネルギーが得られる。

風向は、晴天日の商業地域と低層住宅地域の代表点では、共に 10 時と 18 時頃に変化している事が分かる。これは 6.4 項に示した谷風と山風の交代によるものと考ええる。そのため、風を利用したパッシブクーリングや換気を考える場合、盆地内の場所毎に窓や開口部の位置を検討する必要がある。

風速は、晴天日は夜間から 12 時頃までは約 2m/s 以下の小さい値であるが、午後は 5m/s 以上になる場合がある。その現象は降雨日には見られないことから、日射による気温の上昇が風速に影響していると考ええる。

以上の結果、対象地域では 10km 四方程度の比較的狭い範囲でも、土地利用や場所毎に自然エネルギーを利用したパッシブ手法が異なる事が明らかになった。



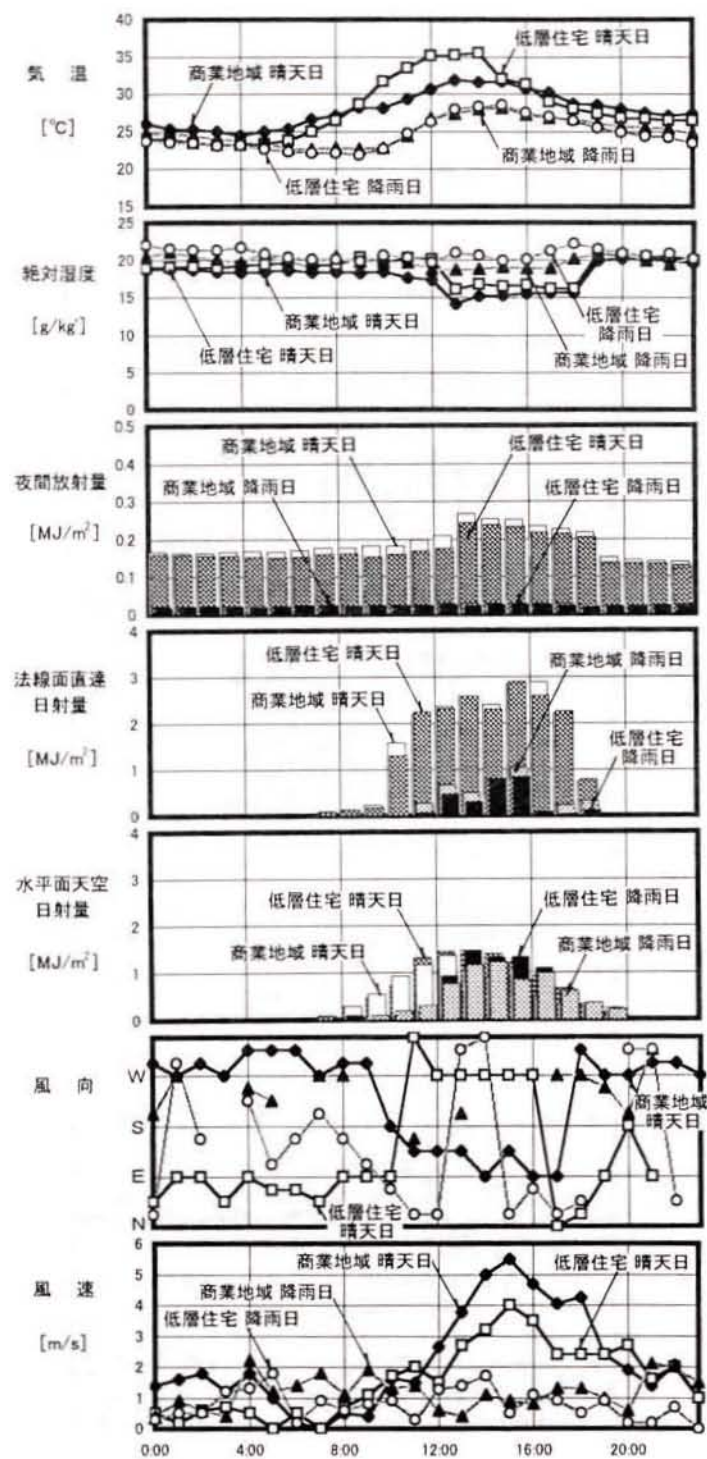
気象状態

凡例

	晴天日の 日平均値	降雪日の 日平均値
雪量の10分比	0.5	8.0
雪の状態	C _L	C _L
日照時間の積算値	8.5h	0h
降水量の積算値	0mm	18.5mm
降雪深さの積算値	0mm	22mm

・気温	● 商業地域 晴天日
・絶対湿度	□ 低層住宅 晴天日
・風向	▲ 商業地域 降雪日
・風速	○ 低層住宅 降雪日
・夜間放射量	□ 商業地域 晴天日
・法線面直達 日射量	※ 低層住宅 晴天日
・水平面天空 日射量	□ 商業地域 降雪日
	■ 低層住宅 降雪日

図 6.6 最寒日頃の晴天日と降雪日における各気象状況



気象状態

	晴天日の 日平均値	降雨日の 日平均値
雲量の10分比	5.8	10.0
雲の状態	C _H	C _L
日照時間の積算値	8.0h	1.0h
降水量の積算値	0mm	64.0mm

凡 例

・気温	● 商業地域 晴天日
・絶対湿度	□ 低層住宅 晴天日
・風 向	▲ 商業地域 降雨日
・風 速	○ 低層住宅 降雨日
・夜間放射量	□ 商業地域 晴天日
・法線面直達 日射量	▨ 低層住宅 晴天日
・水平面天空 日射量	▩ 商業地域 降雨日
	■ 低層住宅 降雨日

図 6.7 最暑日頃の晴天日と降雨日における各気象状況

6.7 まとめ

長野市を対象に各種クリマアトラスを作成し、土地利用や場所毎の気象の違いについて検討を行ったところ、次に示す結果が得られた。

- (1) リモートセンシングデータを用いて土地利用図を作成し、土地利用毎の気温、絶対湿度、夜間放射量の各気象データを整備して、それぞれのクリマアトラスを作成した。
- (2) 複数の観測地点の水平面全天日射量のデータを直散分離し、法線面直達日射量と水平面天空日射量のクリマアトラスを作成した。その結果、対象地域内の分布状況が明らかになった。
- (3) 風向・風速データを用いて 10 ヶ所の観測地点における晴天日のクリマアトラスを作成したところ、最寒日頃には北東方向の風が主体であり、また最暑日頃には時刻によって谷風と山風が発生する事が明らかになった。
- (4) 商業地域と低層住宅地域の代表点の気象データを時系列により比較したところ、10km 四方の比較的狭い範囲でも土地利用や盆地内の場所により、自然エネルギーによるパッシブ手法が異なる事が明らかになった。

以上の結果、作成したクリマアトラスは長野市における建物のパッシブ手法の検討資料として利用できるものとする。また、このデータを蓄積する事により、熱負荷シミュレーション計算のための資料や GIS データとしても活用が可能であるとする。

第 7 章

結 論

第7章 結 論

7.1 結論

本研究では、主に長野市と松本市における各種クリマアトラスの作成を行い、地方都市における都市気候の実態を明らかにした。本研究によって得られた知見を以下に示す。

(1) 気象台のデータを基準とした長野県北部の都市気候

長野市において、気象台での実測値を基準として外界気象の測定を行ったところ、土地利用毎に気象台とは異なる独自の気象が存在する事が明らかになった。

また、対象地域内では土地利用が等しい場合、気温、グローブ温度、相対湿度の値は同様であると判断した。それは、代表点とそれと同様の土地利用である検証点を用いたT-検定の結果に基づくものである。

(2) 500m メッシュを用いたクリマアトラスの作成

長野市の対象地域内では土地利用が等しい場合は、気温と相対湿度の値は同様であると判断した。この結果に基づいて、最寒日と最暑日における気温と相対湿度の500m メッシュによるクリマアトラスを時系列で作成する事ができた。

また、作成した図の精度について検討を行ったところ、500m メッシュ内で土地利用が混在する場合は誤差が生じ、特に最寒日における中層住宅が混在するケースで最も大きくなる事が明らかになった。

商業地域の気温を低層住宅地域と比較したところ、年間を通じて日中は低く、また夜間は高い事が明らかになった。これは、首都圏などの大都市で見られる様な通年において中心商業地域の気温が高くなる現象とは異なるものであった。その要因について検討したところ、日中の建物による直射日光の遮蔽と、夜間におけるコンクリート系建物からの放熱が主に関係している事が明らかになった。

(3) リモートセンシングデータと実測値を用いたクリマアトラスの作成

リモートセンシングデータによる土地利用図と外界気象の実測データを対応させ、クリマアトラスの作成を行った。その結果、約30mを最小単位とした分布図が作成でき、これにより500m メッシュのクリマアトラスで生じた誤差を低減する事ができた。

松本市における土地利用図を、長野市の土地利用図を作成する際に使用した教師データを用いて作成する事ができた。そのため、リモートセンシングデータを活用する事により、同様の土地利用の場所に対して土地利用図の作成が可能である事が明らかになった。

長野市と松本市における商業地域の気温を他の土地利用の地域と比較した結果、両者共に年間を通じて日中は低く、また夜間は高くなる事が明らかになった。

(4) パッシブ手法を検討するためのクリマアトラスの作成

長野市における有効なパッシブ手法を検討するため、気温、絶対湿度、夜間放射量、法線面直達日射量、水平面天空日射量、風向、風速の7項目のクリマアトラスを作成した。このうち、気温、絶対湿度、夜間放射量については、リモートセンシングデータと観測値の対応により作成した。法線面直達日射量と水平面天空日射量は複数の観測地点における水平面全天日射量のデータを直散分離する事により算出した。その結果、対象地域内における日射量の分布状況が明らかになった。また、風向・風速のクリマアトラスを対象地域内における10ヶ所の観測地点のデータを用いて作成したところ、晴天日には最寒日頃に北東方向の風が卓越する事、最暑日には時刻によって谷風と山風が発生する事が明らかになった。

商業地域と低層住宅地域の代表点の気象データを天候の違い毎に時系列で比較したところ、10km 四方位程度の比較的狭い範囲でも土地利用や場所毎に、自然エネルギーによる有効なパッシブ手法が異なる事が明らかになった。

7.2 今後の展望

本研究では、クリマアトラスを作成し地方都市の都市気候の実態について明らかにした。その結果、今後は以下に示す事項について検討して行く必要がある。

(1) データの蓄積

長野市におけるパッシブ手法を検討するためのクリマアトラスは作成できたが、熱負荷シミュレーション計算を行うためのデータの整備やGISデータとしての活用を考えた場合、必ずしも収集したデータは十分であるとは言えない。そのため、土地利用や場所毎の気象データを10年単位で蓄積していく必要がある。

(2) 標高を考慮したクリマアトラスの作成

本研究では、平地部を対象としたクリマアトラスを作成した。従って、山地部については考慮していない。しかしながら、近年長野市において従来は山林であった場所が開発され、年々宅地化が進行している。平成10年版 長野市統計書³⁵⁾によると、その地域の人口は約2万人に及ぶ。よって、今後は長野市の標高差である1,600mを考慮に入れた市内全域を対象としたクリマアトラスを作成する必要がある。

(3) 地方都市における都市気候の実態

本研究では、長野市と松本市を対象とした都市気候の実態を明らかにした。現在、同様の規模の群馬県前橋市における土地利用毎の気象データを収集しているところである。今後も、山梨県甲府市や埼玉県熊谷市などの内陸の地方都市におけるデータを集積し、地方都市における都市気候の共通点や相違点を明らかにしていく必要がある。

(4) 地域内で異なる気象の要因

各種クリマアトラスの作成により、10km四方程度の比較的狭い範囲においても異なる気象が生じる事が明らかになった。しかしながら、例えば地域内における日射の分布の違いは、その理由について未だ明らかにはなっていない。現在のところ、天空率や水蒸気の発生などが影響しているものと予想している。従って、このような地域内における気象の違いについての要因を今後調査していく必要がある。

研究業績

1. 本研究の内容に関する発表論文

審査付発表論文（レフェリー制のある学術雑誌）

- 1) 岩井一博, 高木直樹:長野県北部における気象台のデータを基準とした都市気候に関する研究, 日本建築学会計画系論文集 No.516, pp.69-77, 1999
- 2) 岩井一博, 高木直樹, 浅野良晴, 山下恭弘:地方都市における気象マップの作成と都市気候の実態に関する研究, 日本建築学会計画系論文集 No.526, pp.83-90, 1999
- 3) Kazuhiro Iwai, Naoki Takagi, Yasuhiro Yamashita:Three types measurement and analysis of climate in provincial city —Moving measurement by car, Continuing measurement at some typical points and Moving measurement by bicycle—,The World Resource Review Vol.12 No.2, pp.338-352, 2000
- 4) 岩井一博, 高木直樹, 山下恭弘:長野市におけるパッシブ手法を検討するための気象マップの作成に関する研究, 日本建築学会計画系論文集 No.540, pp.59-66, 2001

審査付発表論文（レフェリー制のある国際会議発表論文）

- 1) Kazuhiro Iwai, Naoki Takagi, Yasuhiro Yamashita:Measurement and analysis of climate in provincial city, Global Warming International Conference & EXPO, pp.123, 1999

口頭発表論文

- 1) 岩井一博, 高木直樹:長野県北部地域における気象台のデータを基準とした気象特性に関する研究 その1. 移動測定によるデータの分類, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 日本建築学会, pp.913-914, 1997
- 2) 岩井一博, 高木直樹:長野県北部地域における気象台のデータを基準とした気象特性に関する研究 その2. 通年における代表点の外界気象, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 日本建築学会, pp.651-652, 1998
- 3) 岩井一博, 高木直樹:500mメッシュ毎の実測データに基づく気象マップの試作, 日本建築学会環境工学委員会 都市設備・環境管理小委員会 都市熱環境形成プロセスワーキンググループシンポジウム, 日本建築学会, pp.43-49, 1998
- 4) 高木直樹, 岩井一博:長野市における定点測定と移動測定を用いた都市気象の実態, Conference on Urban Thermal Environment 12 – Urban Climatology Network 28, pp.1-7, 1999
- 5) 岩井一博, 高木直樹, 山下恭弘:長野県北部地域における気象台のデータを基準とした気象特性に関する研究 その3. 定点の代表性の検証, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.707-708, 1999
- 6) 岩井一博, 高木直樹, 山下恭弘:長野県北部地域における気象台のデータを基準とした気象特性に関する研究 その4. 500mメッシュによる気象マップの作成, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.649-650, 2000
- 7) 尾関俊和, 高木直樹, 岩井一博:自転車を用いた移動測定による地方都市の気候解析, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.647-648, 2000

2. その他 関連する発表論文

審査付発表論文（レフェリー制のある学術雑誌）

- 1) 浅野良晴, 岩井一博:長野県北部地域の屋根雪処理方法としての融雪システムに関する実験的研究, 日本建築学会計画系論文集 No.476, pp.57-65, 1995
- 2) 高木直樹, 岩井一博, 山下恭弘:リモートセンシングデータと実測データを用いた地方都市における気象マップの作成に関する研究, 日本リモートセンシング学会誌論文, Vol.20 No.4, pp.67-79, 2000

口頭発表論文

- 1) 中畠 徹, 高木直樹, 岩井一博:リモートセンシングによる気象観測点周辺の環境調査, 日本建築学会北陸支部研究報告集 第42号, pp.147-150, 1999
- 2) 木村大樹, 高木直樹, 岩井一博:太陽エネルギー利用システムの取得エネルギーに関する研究 取得エネルギーと日積算日射量について, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.439-440, 2000

参考文献

- 1) 中村泰人, 平岡久司, 西村浩一: 市街地空間における気温分布性状に関する実験的研究, 日本建築学会計画系論文報告集 第364号, pp. 48-56, 1986
- 2) 中村泰人, 平岡久司, 西村浩一: 市街地空間における表面の温度および熱流性状に関する実験的研究, 日本建築学会計画系論文報告集 第364号, pp. 57-65, 1986
- 3) 片山忠久, 石井昭夫, 西田勝, 堤純一郎, 森川明夫, 橋田光明: 水面を有する市街地の熱環境に関する調査研究, 日本建築学会計画系論文報告集 第372号, pp. 21-28, 1987
- 4) 石井昭夫, 片山忠久, 塩月義隆, 吉水久雅, 阿部嘉孝: 屋外気候環境における快適感に関する実験的研究, 日本建築学会計画系論文報告集 第386号, pp. 28-36, 1988
- 5) 村川三郎, 関根毅, 成田健一, 西名大作: 都市内河川が周辺の温熱環境に及ぼす効果に関する研究, 日本建築学会計画系論文報告集 第393号, pp. 25-34, 1988
- 6) 堤純一郎, 片山忠久, 石井昭夫, 西田勝, 北山広樹: 夏季の海陸風を対象とする気象データの統計解析, 日本建築学会計画系論文報告集 第389号, pp. 28-35, 1988
- 7) 片山忠久, 石井昭夫, 西田勝, 堤純一郎, 中島哲也, 増田正一: 住棟間の放射環境に関する実測とその推定, 日本建築学会計画系論文報告集 第401号, pp. 1-9, 1989
- 8) 村川三郎, 関根毅, 成田健一, 西名大作, 千田勝也: 都市内河川が周辺の温熱環境に及ぼす効果に関する研究 (続報) 水平及び鉛直的影響範囲の検討, 日本建築学会計画系論文報告集 第415号, pp. 9-19, 1990
- 9) 片山忠久, 石井昭夫, 西田勝, 林徹夫, 堤純一郎, 塩月義隆, 北山広樹, 高山和宏, 大黒雅之: 海岸都市における河川の暑熱緩和効果に関する調査研究, 日本建築学会計画系論文報告集 第418号, pp. 1-9, 1990
- 10) 岡建雄, 不破徹生: 市街地空間の熱的環境に関する研究 その7 地方都市における顕熱流の測定, 日本建築学会計画系論文報告集 第427号, pp. 21-27, 1991
- 11) 成田健一: 都市内河川の微気象的影響範囲に及ぼす周辺建物配列の影響に関する風洞実験, 日本建築学会計画系論文報告集 第442号, pp. 27-35, 1992
- 12) 梅干野晃, 八木澄夫, 木村剛: 建築外部空間における各種植栽により形成される熱環境の位置付け, 日本建築学会計画系論文報告集 第433号, pp. 1-10, 1992
- 13) 武政孝治, 小玉祐一郎: AMeDASデータに基づく建築設計用地域気候マップの作成 (1) 気温、日射量、暖房度日による地域気候特性の表示, 日本建築学会大会学術講演梗概

集, pp. 1017-1018, 1992

- 14) 小玉祐一郎, 武政孝治: AMeDASデータに基づく建築設計用地域気候マップの作成 (2) PSP (パッシブ地域計数) による地域気候特性の表示, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 1019-1020, 1992
- 15) 渡辺浩文, 依田浩敏, 尾島俊雄: リモートセンシングデータと数値情報処理による広域都市の地表面温度分布図の作成に関する研究, 日本建築学会計画系論文報告集 第443号, pp. 21-29, 1993
- 16) 石野久彌, 郡公子, 谷本潤: 東京首都圏における空調設計用外気温度の分布特性に関する研究, 日本建築学会計画系論文報告集 第453号, pp. 17-27, 1993
- 17) 高偉俊, 三浦秀一, 尾島俊雄: 東京江東区における緑地、河川のクールアイランド形成のための実態調査研究 都市環境における緑地オープンスペースによる熱的効果 (その2), 日本建築学会計画系論文報告集 第456号, pp. 75-83, 1994
- 18) 梅干野晃, 飯野秋成, 古賀和博, 佐野仁美: サイドルッキング航空機MSSデータを用いた丘陵開発地域のヒートアイランドポテンシャルの計量及び土地被覆との関係の検討, 日本建築学会計画系論文報告集 第471号, pp. 29-37, 1995
- 19) 首藤治久, 杉山順史, 泉浩光, 岡建雄: 土地利用形態と気温形成に関する研究, 日本建築学会計画系論文報告集 第479号, pp. 49-56, 1996
- 20) 谷本潤, 石野久彌: 細密数値情報を用いた東京首都圏における空調設計用外気温度分布特性に関する研究, 日本建築学会計画系論文報告集 第483号, pp. 27-32, 1996
- 21) 森山正和, 鈴木和弘, 宮崎ひろ志: ランドサットデータを用いた夏季の広域的温熱環境評価に関する研究, 日本建築学会計画系論文報告集 第482号, pp. 51-56, 1996
- 22) Chang Won Jeong, 堀越哲美, 梅村茂樹, 宮本征一, 水谷章夫: 都市の街路および開放空間における熱放射環境が人体に及ぼす影響, 日本建築学会計画系論文報告集 第493号, pp. 74-84, 1997
- 23) 首藤治久, 程青, 横尾昇剛, 岡建雄: 土地利用形態と気温形成に関する研究 その2 東海、東北及び関東地域における解析結果とB値の考察, 日本建築学会計画系論文報告集 第497号, pp. 59-66, 1997
- 24) 吉田治典: 気象データのモデル化と環境設計, 日本建築学会環境工学委員会, 熱環境小委員会第27回熱シンポジウム, pp. 49-58, 1997
- 25) 永村悦子, 永村一雄: AMeDASデータの欠測処理とその精度の確認 (その1) 気温, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 103-104, 1997

- 26) 西川邦彦, 齊藤郁雄, 石原修: 自然エネルギーの活用のための気象データの整備と気候マップの作成, 日本建築学会計画系論文報告集 第509号, pp.15-20, 1998
- 27) 森山正和, 竹林英樹, 宮崎ひろ志: 一次元熱収支モデルによる夏季の都市気候シミュレーションにおける蒸発効率と人口排熱成分の推定に関する一手法, 日本建築学会計画系論文報告集 第519号, pp.85-91, 1999
- 28) 辻原万規彦, 中村泰人, 田中稔: 都市の半戸外空間内部の温熱環境に関する地理的差異を考慮した評価方法の提案, 日本建築学会計画系論文報告集 第519号, pp.101-108, 1999
- 29) 1/25,000地形図(長野, 若槻, 中野西部, 須坂, 松本, 豊科, 三才山, 山辺), 建設省国土地理院, 1994
- 30) 関口武: 日本の気候区分, 東京教育大学地理学研究報告No.3, pp.65-78, 1959
- 31) 前島郁雄, 市川正己, 西川治, 福宿光一, 山名伸作: 地理学図説, 古今書院
- 32) 吉野正敏: 気候学, 大明堂
- 33) 国立天文台編: 理科年表, 丸善
- 34) 長野県気象月報 1996年-1998年, (財)日本気象協会長野センター
- 35) 長野市企画調整部: 長野市統計書 平成10年版
- 36) 梅干野晃, 浦野良美, 小田健一, 浜口典茂: 住宅地における夏季・冬季の熱環境実態 リモートセンシングによる住宅地の熱環境の解析(Ⅲ), 日本建築学会計画系論文報告集 第331号, pp.38-44, 1983
- 37) 平成8年度長野都市計画図, 長野市都市計画課
- 38) 二宮秀興, 赤坂裕, 松尾陽: AMeDASデータを用いた時系列大気放射量の推定法, 空気調和衛生工学会 No.60, pp.133-134, 1996
- 39) 1/2,500 長野国土基本図, 長野市, 1996
- 40) 梅干野晃, 古賀和博, 山下純一: サイドルッキング航空機MSSデータを用いた丘陵開発地域の顕熱熱量の解析, 日本建築学会計画系論文報告集 第462号, pp.49-58, 1994
- 41) 渡辺浩文, 依田浩敏, 尾島俊雄: リモートセンシングデータと数値情報処理による広域都市の地表面温度分布図の作成に関する研究, 日本建築学会計画系論文報告集 第443号, pp.21-29, 1993
- 42) 徳永徹, 森山正和, 宮崎ひろ志: リモートセンシングデータによる気温分布推定 大阪市におけるNVIと気温の相関について, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.1445-1446, 1994

- 43) 平川秀樹, 高木直樹: マルチテンポラル人工衛星データによる土地利用の分類精度に関する研究, 日本建築学会計画系論文報告集 第480号, pp.61-68, 1996
- 44) 宇田川光弘, 木村健一: 水平面全天日射量観測値よりの直達日射量の推定, 日本建築学会論文報告集 第267号, pp.83-89, 1978
- 45) 尾留川正平: 地理調査の基礎, 朝倉書店
- 46) 長野地方気象台編: 信州の気候百年誌, 長野地方気象台
- 47) 浅野良晴, 岩井一博: 長野県北部地域の屋根雪処理方法としての融雪システムに関する実験的研究, 日本建築学会計画系論文報告集 第476号, pp.57-65, 1995
- 48) 日本建築学会編: 都市気候のクリマアトラス 気候情報を活かした都市づくり, ぎょうせい
- 49) 高橋浩一郎, 内田英治, 新田尚: 気象学百年史, 東京堂出版
- 50) 長野市誌編さん委員会: 長野市誌 第1巻 自然編, 東京法令出版
- 51) 新建築学大系編集委員会: 新建築学大系 8 自然環境, 彰国社
- 52) 福井英一郎: 自然地理学 I, 朝倉書店
- 53) 根本順吉, 島田守家, 小林禎作, 荒川正一, 山下脩二, 渡辺和夫, 関口理郎: 図説 気象学, 朝倉書店
- 54) 日本建築学会 地球環境建築特別研究委員会: 建築・地域環境・地球環境のあり方, 日本建築学会
- 55) 日本建築学会 地球環境委員会: 都市熱環境の実態・予測・評価に関する研究成果集, 日本建築学会
- 56) 小川義光: メソ気象の基礎理論, 東京大学出版会
- 57) 岩井一博, 高木直樹: 長野県北部における気象台のデータを基準とした都市気候に関する研究, 日本建築学会計画系論文報告集 第516号, pp.69-77, 1999
- 58) 岩井一博, 高木直樹, 浅野良晴, 山下恭弘: 地方都市における気象マップの作成と都市気候の実態に関する研究, 日本建築学会計画系論文報告集 第526号, pp.83-90, 1999
- 59) Kazuhiro Iwai, Naoki Takagi, Yasuhiro Yamashita: Three types measurement and analysis of climate in provincial city — Moving measurement by car, Continuing measurement at some typical points and Moving measurement by bicycle —, The World Resource Review Vol.12 No.2, pp.338-352, 2000
- 60) 高木直樹, 岩井一博, 山下恭弘: リモートセンシングデータと実測データを用いた地方都市における気象マップの作成に関する研究, 日本リモートセンシング学会誌論文,

Vol.20 No.4, pp.67-79, 2000

- 61) 岩井一博, 高木直樹, 山下恭弘: 長野市におけるパッシブ手法を検討するための気象マップの作成に関する研究, 日本建築学会計画系論文集 No.540, pp.59-66, 2001
- 62) Kazuhiro Iwai, Naoki Takagi, Yasuhiro Yamashita: Measurement and analysis of climate in provincial city, Global Warming International Conference & EXPO, pp.123, 1999
- 63) 岩井一博, 高木直樹: 長野県北部地域における気象台のデータを基準とした気象特性に関する研究 その1. 移動測定によるデータの分類, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 日本建築学会, pp.913-914, 1997
- 64) 岩井一博, 高木直樹: 長野県北部地域における気象台のデータを基準とした気象特性に関する研究 その2. 通年における代表点の外界気象, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 日本建築学会, pp.651-652, 1998
- 65) 岩井一博, 高木直樹: 500mメッシュ毎の実測データに基づく気象マップの試作, 日本建築学会環境工学委員会 都市設備・環境管理小委員会 都市熱環境形成プロセスワーキンググループシンポジウム, 日本建築学会, pp.43-49, 1998
- 66) 高木直樹, 岩井一博: 長野市における定点測定と移動測定を用いた都市気象の実態, Conference on Urban Thermal Environment 12 - Urban Climatology Net work 28, pp.1-7, 1999
- 67) 岩井一博, 高木直樹, 山下恭弘: 長野県北部地域における気象台のデータを基準とした気象特性に関する研究 その3. 定点の代表性の検証, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.707-708, 1999
- 68) 岩井一博, 高木直樹, 山下恭弘: 長野県北部地域における気象台のデータを基準とした気象特性に関する研究 その4. 500mメッシュによる気象マップの作成, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.649-650, 2000
- 69) 尾関俊和, 高木直樹, 岩井一博: 自転車を用いた移動測定による地方都市の気候解析, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.647-648, 2000
- 70) 中畠 徹, 高木直樹, 岩井一博: リモートセンシングによる気象観測点周辺の環境調査, 日本建築学会北陸支部研究報告集 第42号, pp.147-150, 1999
- 71) 木村大樹, 高木直樹, 岩井一博: 太陽エネルギー利用システムの取得エネルギーに関する研究 取得エネルギーと日積算日射量について, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.439-440, 2000

謝 辞

本論文をまとめるにあたり、御指導及び御教示いただいた信州大学工学部社会開発工学科 山下恭弘教授に心より御礼申し上げます。

信州大学工学部社会開発工学科 笹川明教授には、建設省建築研究所から出向以来今日まで、公私に亘って御指導をいただき厚く御礼申し上げます。

信州大学工学部社会開発工学科 浅野良晴教授には、建築環境工学の分野における学会への出席や各種研究会への参加など、今日の研究の基礎を築いていただきました。謹んで感謝の意を表します。

信州大学工学部社会開発工学科 高木直樹助教授には、都市気候に関する研究をまとめる上で貴重な御助言をいただきました。厚く御礼申し上げます。

信州大学工学部社会開発工学科建築コースの教職員の皆様には、研究を行う上での御配慮をいただきました。また、信州大学工学部機械システム工学科 清水保雄教授、信州大学工学部環境機能工学科 藤井恒男教授、元信州大学工学部生産システム工学科 矢澤信八助教授には公私に亘り御助言をいただきました。皆様に心より感謝の意を表します。

建設省建築研究所に在職中は、当時の上司である 現（財）ベターリビング 楢木堯理事に建築の研究分野にデビューさせていただき、その後も適切な御助言をいただき厚く御礼申し上げます。また、国土交通省建築研究所 坊垣和明部長には室内気候に関する御教示をいただきました。心より感謝の意を表します。

大学時代の恩師である法政大学文学部地理学科 佐藤典人教授には、卒業後も地理学の観点から研究の方向性を御指導いただき心より感謝申し上げます。

都市気候の調査を行う上では、多くの方々の長期間に亘る協力が不可欠でした。特に、長野地方气象台、松本測候所、長野県衛生公害研究所、長野県果樹試験所、長野県野菜花

き試験所、長野市環境部には多大な御協力をいただきました。また、高木研究室の学生による実測の補助や、職場及び住民の皆様による測定に対する協力は絶大なものでした。よって心より御礼申し上げます。

最後に、本論文は筆者の建設省建築研究所と信州大学工学部に亘る研究の一部をまとめたものであり、ここまでの研究生活が可能であったのは家族の理解と支援によるものでした。よって、ここに記して深謝いたします。