

# 谷口に位置する市街地におけるヒートアイランドの時空間変動

狩 野 真 規

## 1 はじめに

近年、都市域に形成されるヒートアイランド現象については熱的影響という側面から注目が集まっている。このような都市気候に関する研究はこれまでも多く存在するが、複雑地形という要素を含む地域での研究の割合は決して多いとは言えない。このような背景の中でGoldreich (1984) はこれまでに行われてきた平野以外の地形条件を持つ都市の研究について幾つか述べており、中でも、都市に向かって吹く冷気流は、温暖前線的に吹走する場合と、寒冷前線的に吹走する場合の二つのタイプに分けられることを指摘している。

近年の研究に注目するとSavijävi and Liya (2001) は二次元モデルを用いることにより、谷の中の局地循環は谷底に都市が位置している場合、谷の中において大気汚染質が滞留しやすくなるという点を指摘している。また、Kuttler et al (1996) では谷の中に位置する都市のヒートアイランドを対象とした調査を行い、夜半前には都市への冷気の移流が起きていなかったが、夜半後には冷気の流入が起きることによって都市の冷却が大きくなることを見い出している。彼らはまた、谷底に位置する都市と谷の上部との夜間の気温を比較して、谷底部では都市において形成されるヒートアイランドにより高温になるため、谷の中においては気温の逆転が起きにくくなっていることも指摘してい

る。

我が国においても冷気による都市の冷却に着目した研究としては竹林ほか (2001) などが存在する。彼らは谷からの冷気流の出現頻度と市街地への影響距離について述べていて、冷気流の流出は広域海陸風の弱い時に認められ、その影響距離は山際から1 km程度までとしている。

上述のような研究から、複雑地形上に立地する都市においては冷気の流入によりヒートアイランド現象の軽減が起き得ることを予測できる。そこで、複雑地形上に立地している都市の大気についての研究は、都市気候改善という側面からその意義が大きいと考えられている。

ここで、過去の研究で行われてきた手法に注目すると、地表付近で発生するヒートアイランドを捉えるには移動観測による水平分布の把握、もしくは既存の気象観測点による点的データからの時間変化の把握といったものを主たる手法としてあげられる。前者については事例解析的な色彩が強く、その分布の詳細な時間変化や季節変化を捉えることは極めて困難である。反対に後者はヒートアイランド強度の時間変化や季節変化を詳細に捉えることは容易であるが、気温分布の時間変化を捉えることは難しい。上述のような二つの視点を同時に捉える研究を行うにあたっては多地点同時観測の実施が不可欠であろうと考えられる。

このような視点から近年、日本の首都圏におけ

る多地点同時観測が長期にわたって展開されたことにより、大都市圏のヒートアイランドの時空間分布が明らかになりつつある。例えば鈴木ほか（2001）では、東京での100地点の気温のデータに対して主成分分析を行うことにより、夏季の東京における気温の日変化パターンを見い出している。このような手法は従来、グローバルスケールにおける気温変動や降水量の変動について言及した研究で用いられることが主であったが、比較的小ローカルなスケールで気温や湿度の多地点同時観測を行い、それらのデータに対する解析手法として主成分分析を用いた研究は少ない。また、武市（2002）のように移動観測によって得られたデータから主成分分析を行い、ヒートアイランドの形成要因を求めたものは貴重な存在である。しかし、この研究でさえ、多地点同時観測によるものではないし、多量のデータを解析している訳ではない。そのため、多地点同時観測の結果に基づく統計的手法から、ヒートアイランドの時空間分布について言及する意義は大きいと考えられる。

そこで冷気として機能することが期待される山風の吹走する、谷口のような複雑地形上の都市において多地点同時観測を行い、統計的手法を用いながらかかる地域におけるヒートアイランドの時空間変動に見られる特徴を明らかにすることを本研究の目的とする。

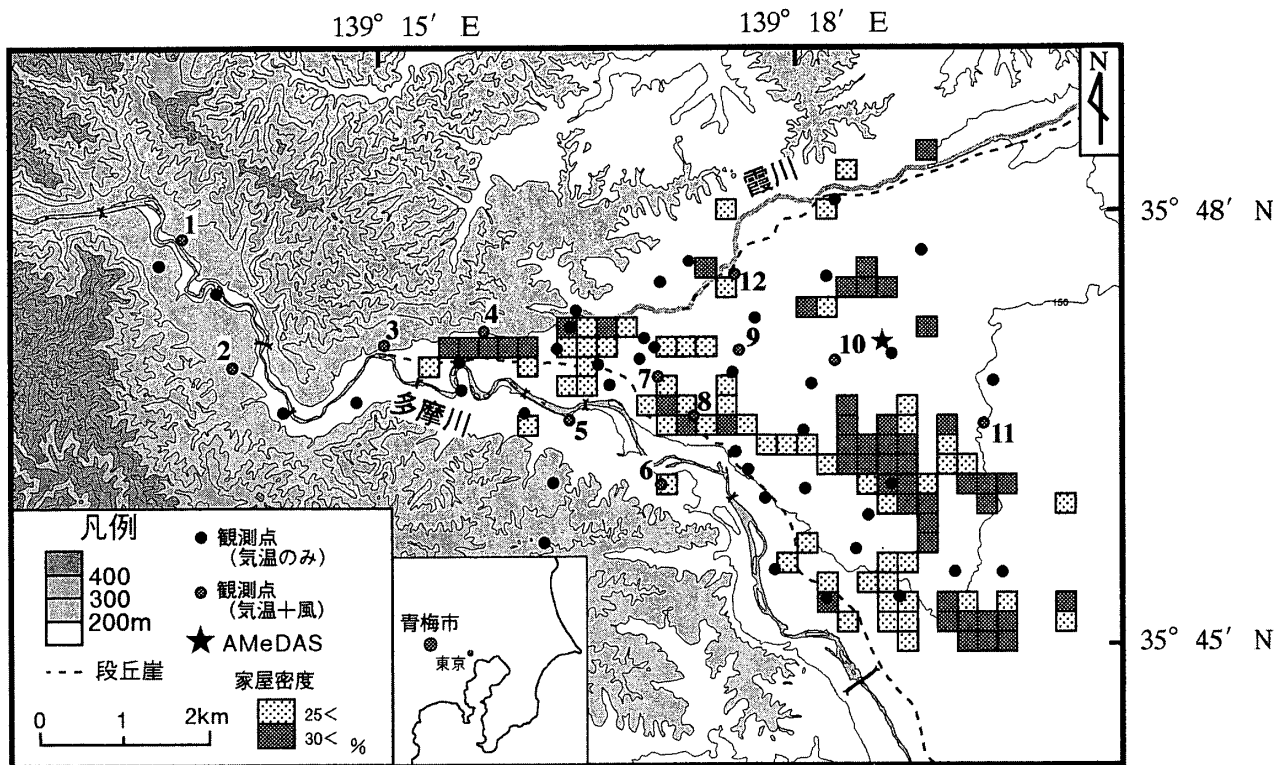
## 2 観測について

研究対象地域として、谷口付近に市街地が立地するという地形条件を満たす東京都青梅市とその周辺域を選定した。第1図に対象地域の概観を示す。

青梅市の人口は約14万人（2000年現在）で、都心から約40kmという地の利からベッドタウンとしての役割を担っている。そのため、現在も一般住宅の建築が進行している。対象地域西部から谷口にかけては多摩川による深い谷が形成されており、河川の流路は谷口から平野に出ると南東部を流れる。家屋密度の高い市街地は谷口周辺（地点4や7の周辺）と南東部（地点7の東南東方向）に分かれて存在し、近年は集合住宅のような高層建築物が増加しつつある。また、地点10南部およびその北東部には工業団地が立地している。一方、北部を流れる霞川沿い（地点12周辺）には水田が点在し、北東部（地点11の北部）には茶畑を中心とした畑地が広く存在している。また、対象地域内の東京都畜産試験場内に気象庁の地域気象観測所（AMeDAS）が存在する。

谷口付近の市街地における気温及び風の挙動と、その時空間分布を把握することを目的として、2000年10月から11月にかけての約1ヶ月にわたって10分毎の連続観測を行った。気温については対象地域内の学校ならびに、公的機関の計52地点にデータロガー（タバイエスペック製RS-11/10もしくはSATO製SK-L200TH）を百葉箱ないしは自然通風筒付きのケース（高さ約1.5m）の中に収納して計測した。今回の解析にあたり、これらの測値に対しては補正を施している。また、52地点中12地点の小・中学校では屋上（地上高13～14m）に風向風速計（牧野応用測器研究所製：ポテンショ風向計 VR 536 J，電接風速計 AC 540 J）も合わせて設置してそれぞれ10分間隔で連続観測した。この観測のため、観測機器を設置した地点は第1図に示した。

## 谷口に位置する市街地におけるヒートアイランドの時空間変動



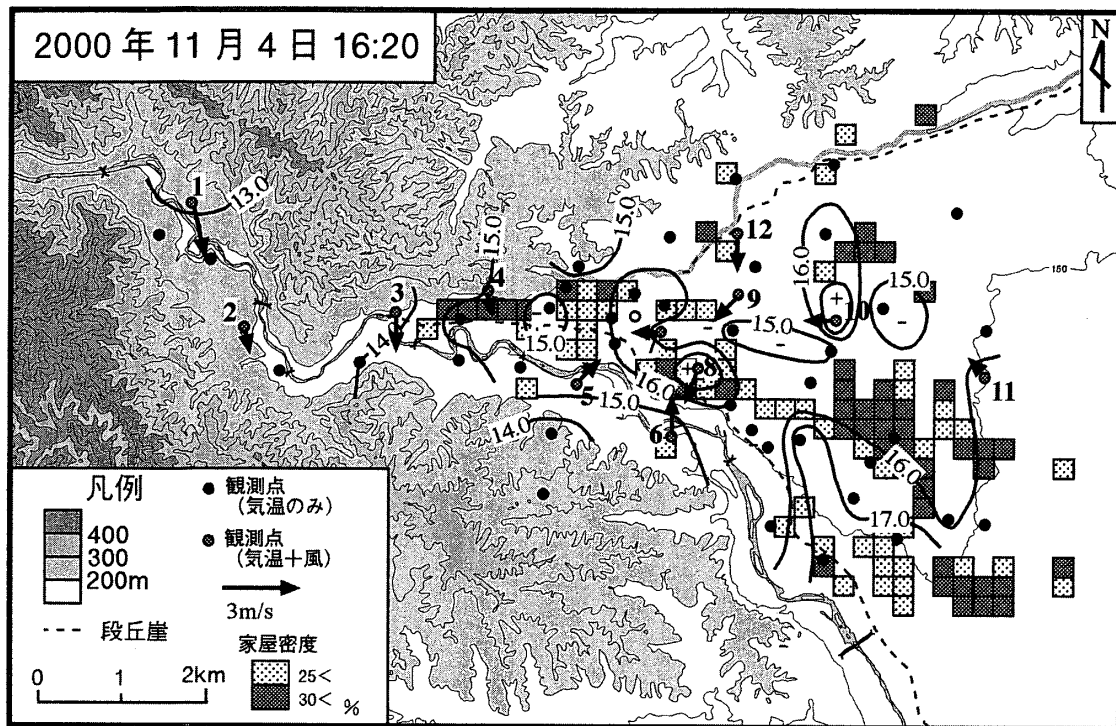
第1図 対象地域概観図（図中の数字は風の観測をした地点を示す）

### 3 山風吹走開始に伴う気温分布の変化

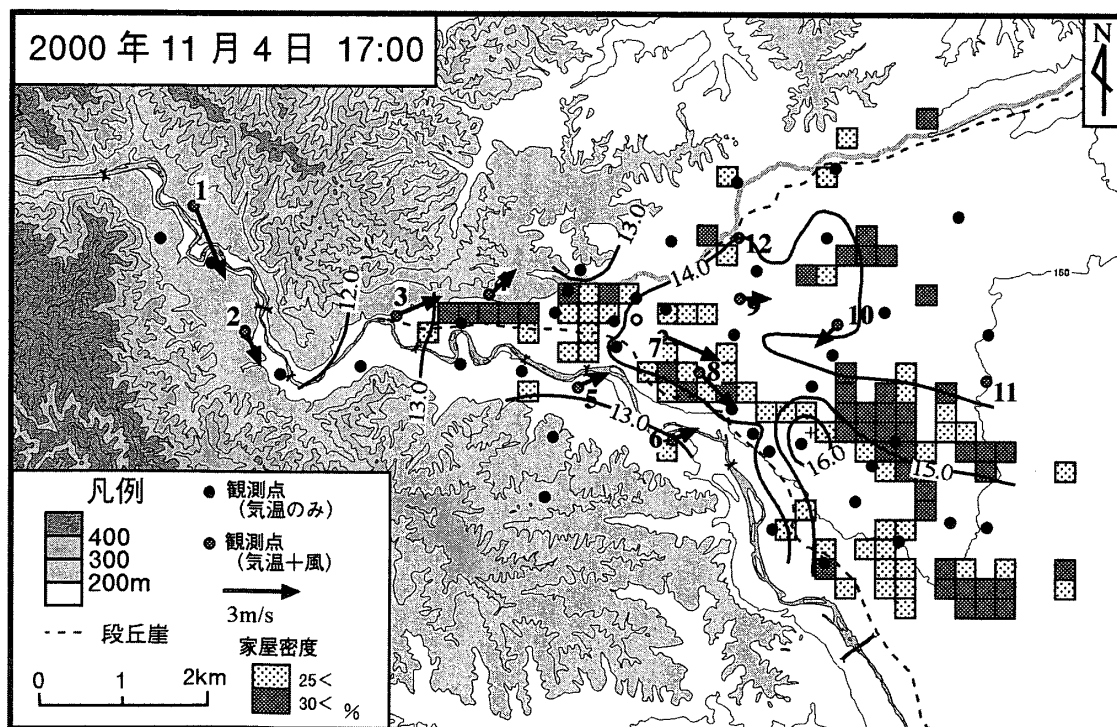
狩野・三上（2003）において、谷口に位置する市街地における気温分布は日中と早朝とではその形態が変化していたことを示した。一般に谷口付近では日中と夜間で山谷風の交替が起きている。このような局地循環系の風系が交替する時間帯で地表付近の気温分布を捉えるにあたって、藤野・浅枝（1999）において指摘された点は見逃せない。彼らは局地循環の風系が大きく変化するような地形条件を有する地域で数地点の点的データを用いることにより得られたヒートアイランド強度は、風系の変化に伴い過剰に評価されるので注意を要すると指摘している。つまり、風系の変化を挟む時間帯の観測には十分な注意が必要であるという点も考慮すべきである。しかし、多地点同時観測ならば上述のような問題点を解消できるメ

リットが存在する。そこで2000年秋季に実施した多地点同時観測のデータから、どのくらいの時間で谷口付近の高温域が変化したかについて注目する。

第2図は晴天日において日没時に山風の吹走した時の気温分布と風の事例である。第2図（a）として16：20の分布を示すと、谷の中では山風の吹走が始まっていたが、谷口付近ではそれが認められず、弱いながらも谷風方向の風となっていた。この時間ではまだ谷口周辺に相対的な高温域が形成されていた。次に第2図（b）として谷口において山風の吹走が始まった17：00の分布を示す。この時間帯では谷口周辺で認められた高温域がほぼ解消されており、等温域となっている。このような谷口周辺における高温域の解消は、観測期間中の他の事例においても谷風が終わってから山風の吹走開始までの40分程度という比較的短時

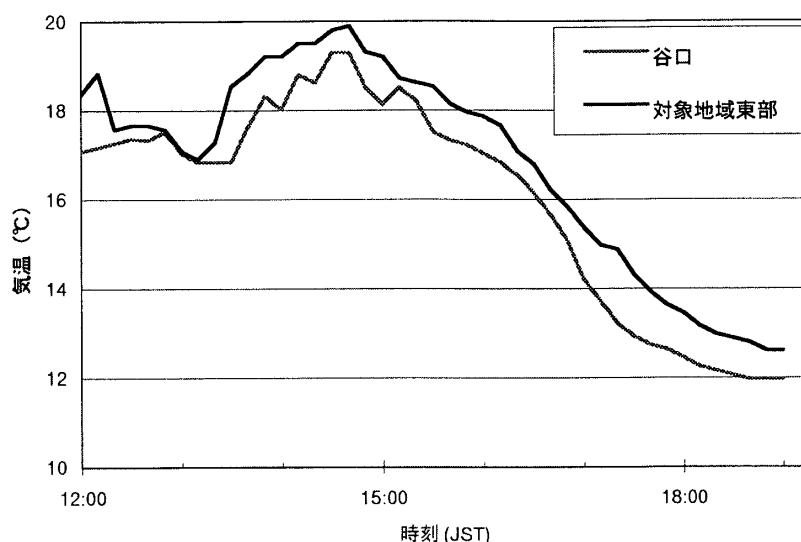


第 2 図 (a) 対象地域内における気温と風の分布 (2000年11月4日16:20；日没前)



第 2 図 (b) 対象地域内における気温と風の分布 (2000年11月4日17:00；日没後)

### 谷口に位置する市街地におけるヒートアイランドの時空間変動



第3図 谷口と対象地域東部との気温差 2000年11月4日  
(谷口は第2図中の地点7そばの白丸地点、対象地域東部は地点10を示す)

間で発現することが多かった。これらのことから谷口周辺の気温は山風の流入開始とともに急速に低下することが指摘できよう。

次に山風吹走前後における気温の低下について、谷口付近および山風の影響の少ない対象地域東部との2地点を比較する。ここでいう山風の影響しない地点とは、第2図より日没前後の時間帯では地点10において山風が認められなかったので地点10を対象地域東部の代表点とした。また、谷口周辺の地点としては地点7の風の変化に対して最も気温変動が明瞭な地点を選出した。第3図に注目すると、17:00頃に2地点の気温差が大きくなっている。これは山風の吹き始めた谷口周辺の地点では、山風の吹走しない地点よりも気温低下量が大きいため気温差が広がったものを示していると考えられる。

## 4 気温偏差についての主成分分析の結果

2000年秋季の観測期間 (2000年10月31日～11月

22日) を通じて得られた10分毎の全測点 (52地点) の平均気温からの気温偏差について、主成分分析を行った。その結果から、ここでは上位3成分について注目し、それらの因子負荷量分布を第4図 (a) から (c) に示す。

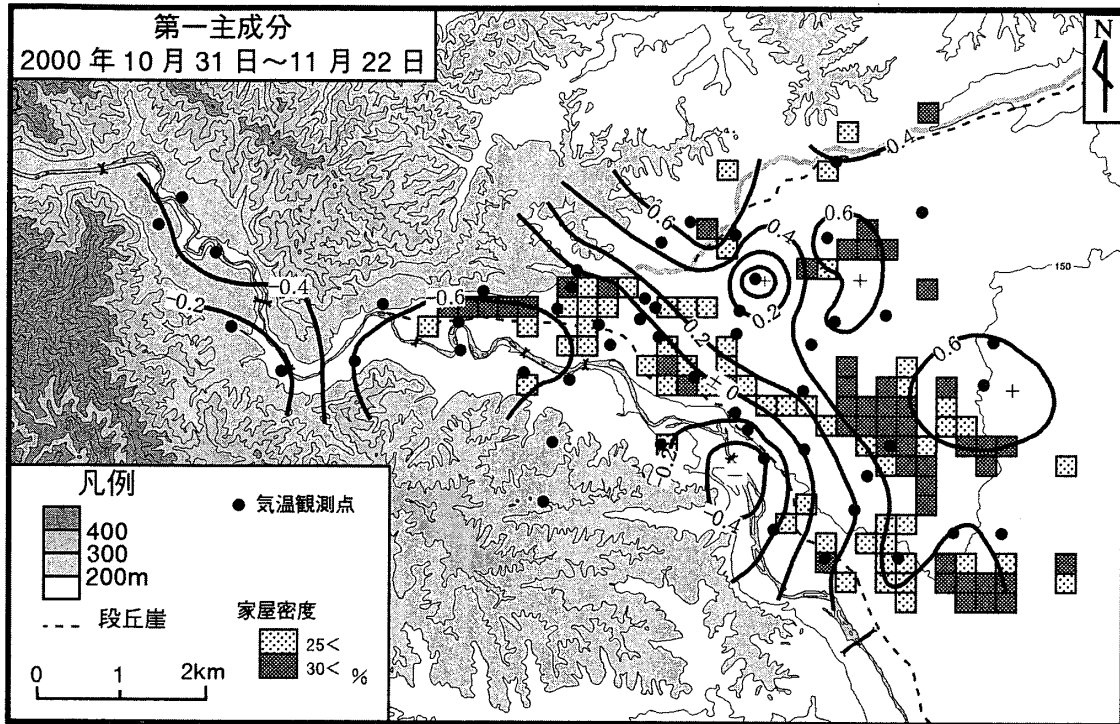
まず初めに、第1主成分 (第4図 (a)) では対象地域東部が正、同じく西部が負の領域となる分布パターンとなり、寄与率は21.8%である。次の第2主成分 (第4図 (b)) では市街地が負で、郊外が

正の領域となった。この成分の寄与率は20.1%となっている。また、第3主成分 (第4図 (c)) では谷の中や市街地で正となり、郊外的な性格を持つ谷口付近から下流側の河川沿いの地域や北東部で負となっている。寄与率は11.2%である。

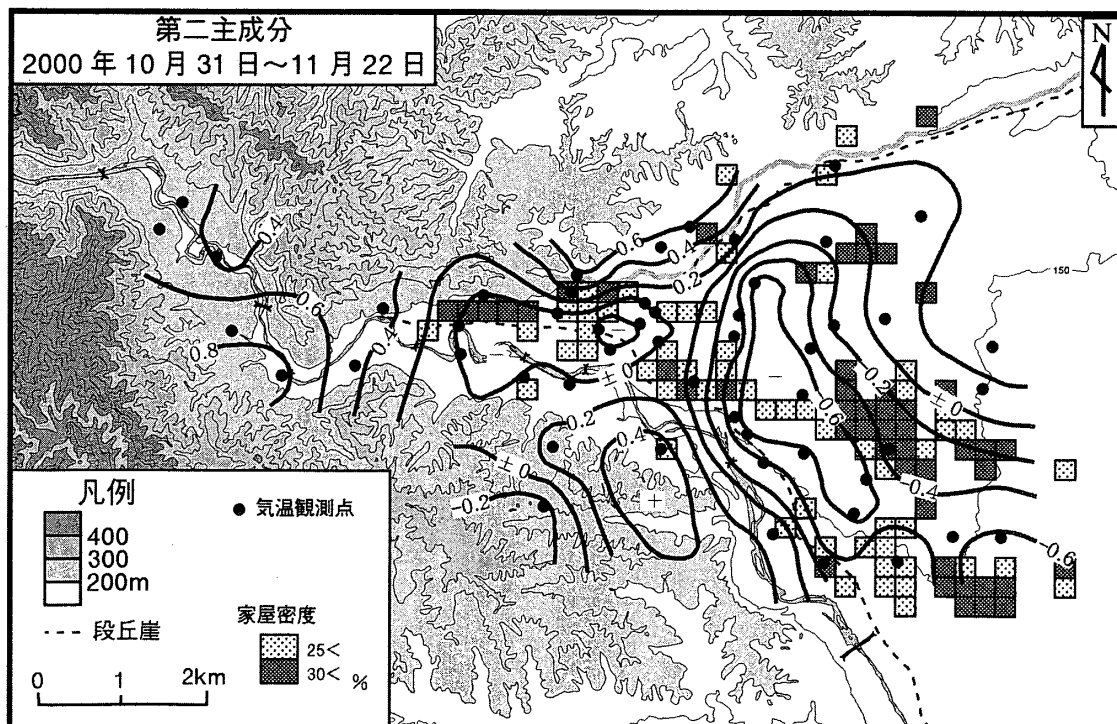
これら各成分がそれぞれどのような時間帯に強く出現するかについて注目し、その要因を考えるにあたって、主成分得点の時系列に注目してみる (第5図)。

まず、第一主成分は日中に現われる正の値のピークが目立っている。反対に負のピークは明け方付近に目立っている。これらのことから、日中は平野が高温になるパターンが卓越し、明け方には平野部が低温になるパターンが卓越すると解釈できる。すなわち、第一主成分は対象地域内における温度分布が日中と明け方では東西の温度差が大きくなることを説明している。

次に第二主成分であるが、谷風から山風へと風系が変化する日没前後の時間帯に鋭い負の値のピークが出現するケースが多い。これは夕刻付近

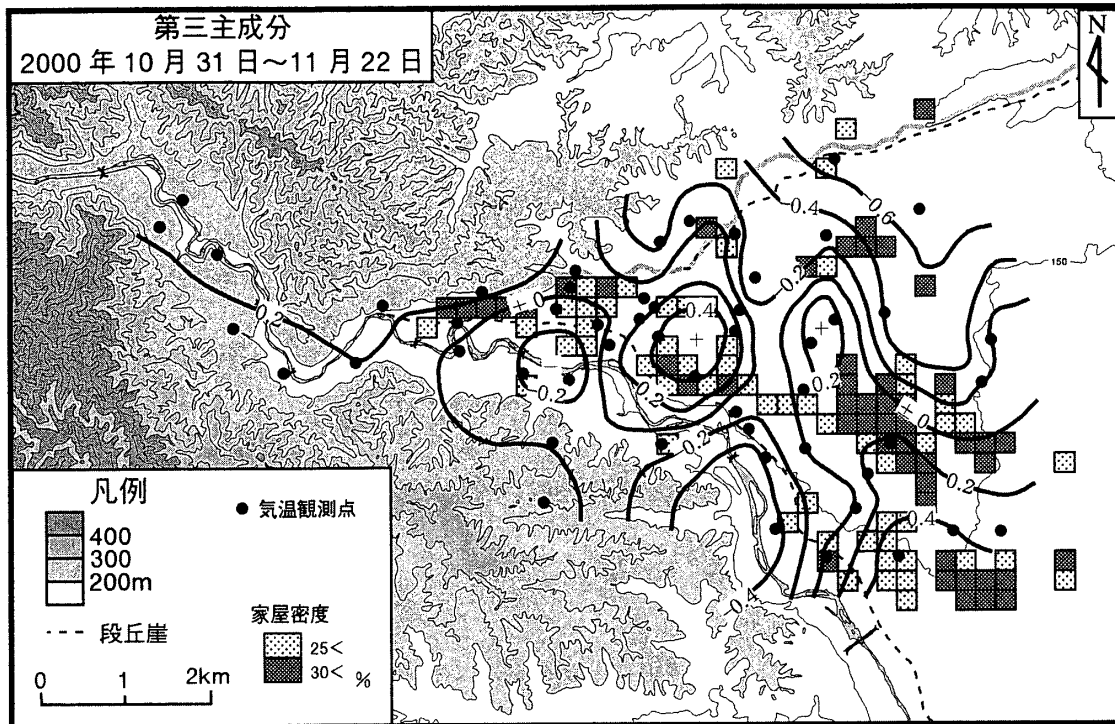


第 4 図 (a) 第一主成分の因子負荷量分布 (寄与率21.8%)

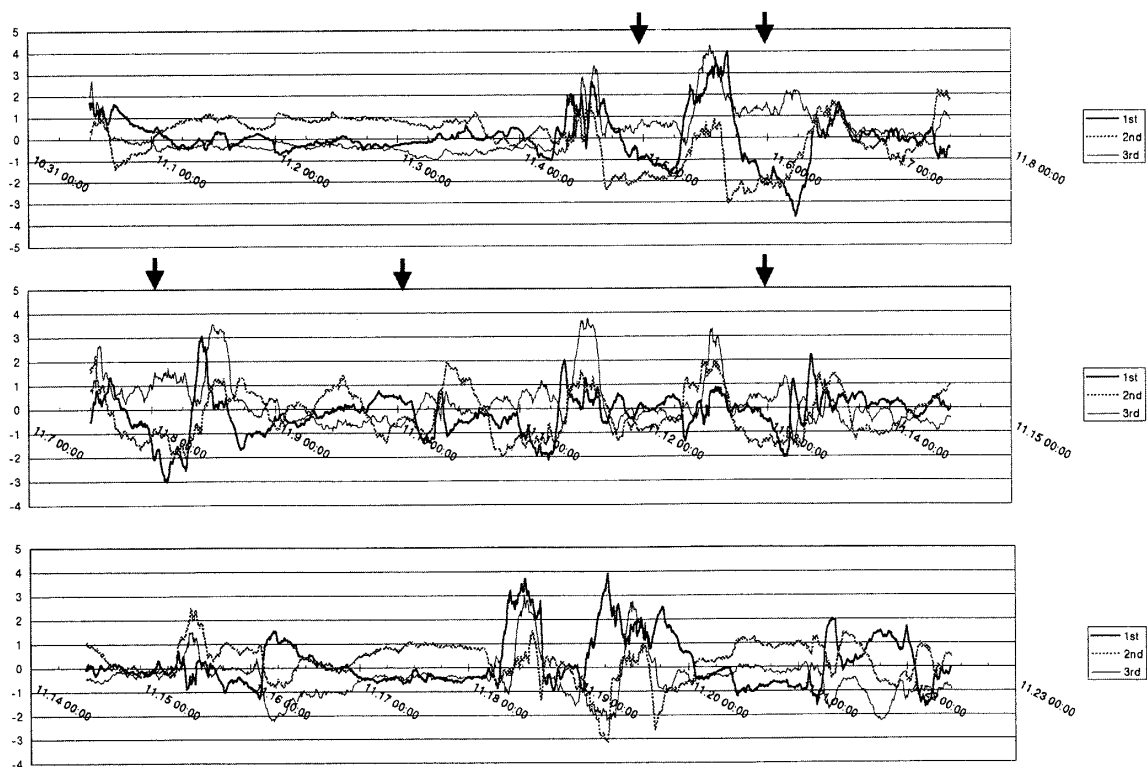


第 4 図 (b) 第二主成分の因子負荷量分布 (寄与率20.1%)

谷口に位置する市街地におけるヒートアイランドの時空間変動

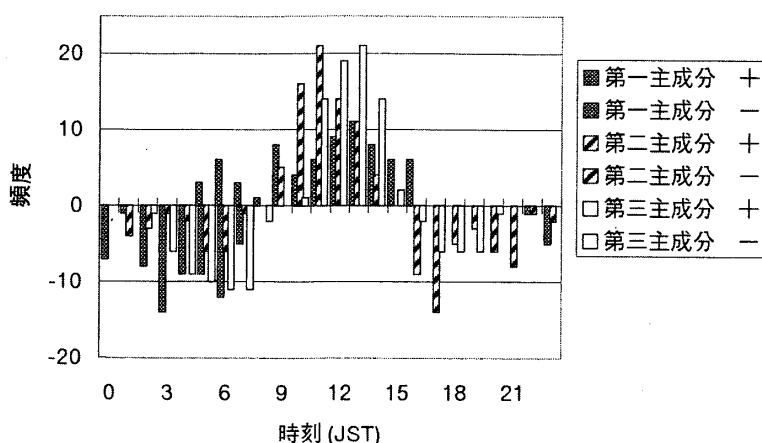


第4図(c) 第三主成分の因子負荷量分布(寄与率11.2%)

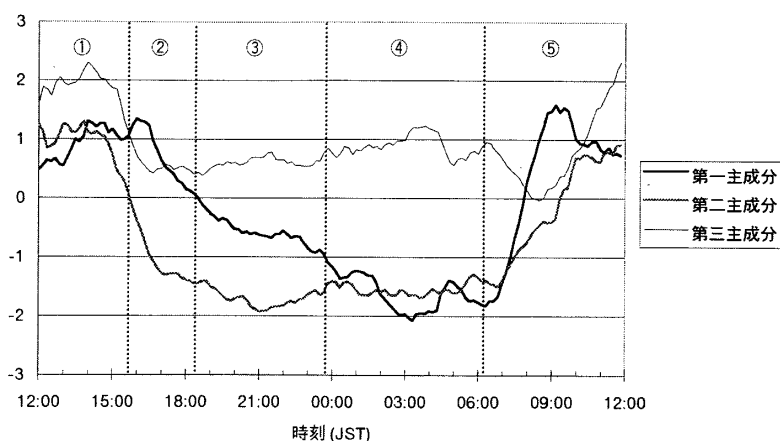


第5図 主成分得点の時系列

(2000年10月31日～11月22日；下向き矢印は好天日を示す)



第 6 図 各成分の出現時刻別の頻度分布

第 7 図 上位三成分の主成分得点の時系列の平均  
(曇天日及び雨天日は除く)

において市街地が高温となる分布パターンを説明しているものであると考えられる。

また、第三主成分であるが、夜間に正の値が大きくなる傾向にあり、市街地などで正の値が大きくなる分布であることから、夜間に出現するヒートアイランドを説明しているものであると推察される。

加えて、各成分の主成分得点の時系列に注目すると、晴天日において各成分の値の絶対値が大きくなっていることが見受けられる。

次に各成分が強く出現する時間帯がどのような

時間帯であるかを見い出すために第 6 図を示し、各成分における主成分得点の上位 71 事例がそれぞれどのような時間帯に出現するかについて注目してみることとする。71 事例という値は、全事例数に対して  $2\sigma$  よりも懸け離れた典型的な事例であることを示す。第 6 図から、第一成分は夜半過ぎに負が、日中に正の値がそれぞれ大きくなっている。次に第二成分は山谷風の交替が見られる時間帯に大きな値をとっている。具体的には山風から谷風に交替する時間帯では正の値が、反対に谷風から山風へと交替する時間帯では負の値が大きくなる。第三成分は日中に正の値が多くなり、夜間は負の値が多くなる傾向を示している。

また、晴天時の各成分の主成分得点について、その時系列の平均に注目する (第 7 図)。第二成分で見られた山谷風の交替時、特に夕刻の日没前後の時間帯に相当する谷風から山風へと交替

する時間帯に存在した鋭いピークが見られなくなっているが、その他の傾向はほぼ同様に見られる。この第二成分のピークが消失したのは、天候状態により山谷風の交替時間に時間差が生じ、平均化することによって消されたものと考えられる。

これらの各成分の値が強くなる時間帯は、ヒートアイランドが時間変化する中でのそれぞれの時間帯における卓越パターンを示しているのではないかと考えられる。そこで、好天事例を平均化した主成分得点の時系列から幾つかの時間帯に分け



## 谷口に位置する市街地におけるヒートアイランドの時空間変動

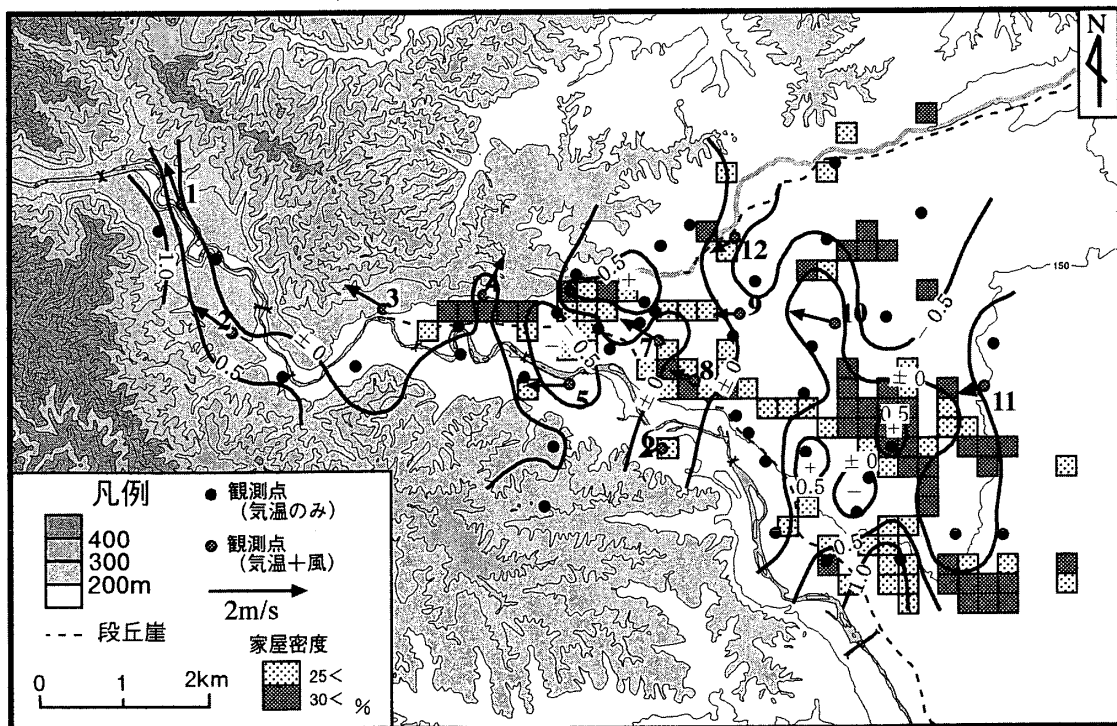
るとすると、大きく捉えて5つの時間帯に分けられる。まず、上位三成分がそれぞれ正の値をとる日中、次に第二成分が大きく負の値をとる日没前後、第一成分も負の値に変化する夜半までの時間帯、第一成分・第二成分共に負の値が大きくなる夜半後、第一成分が大きく正の値になり、第三成分が極小を迎える日の出後の時間帯の5つに区分できる。

### 5 各時間帯に卓越するそれぞれの気温分布パターンについて

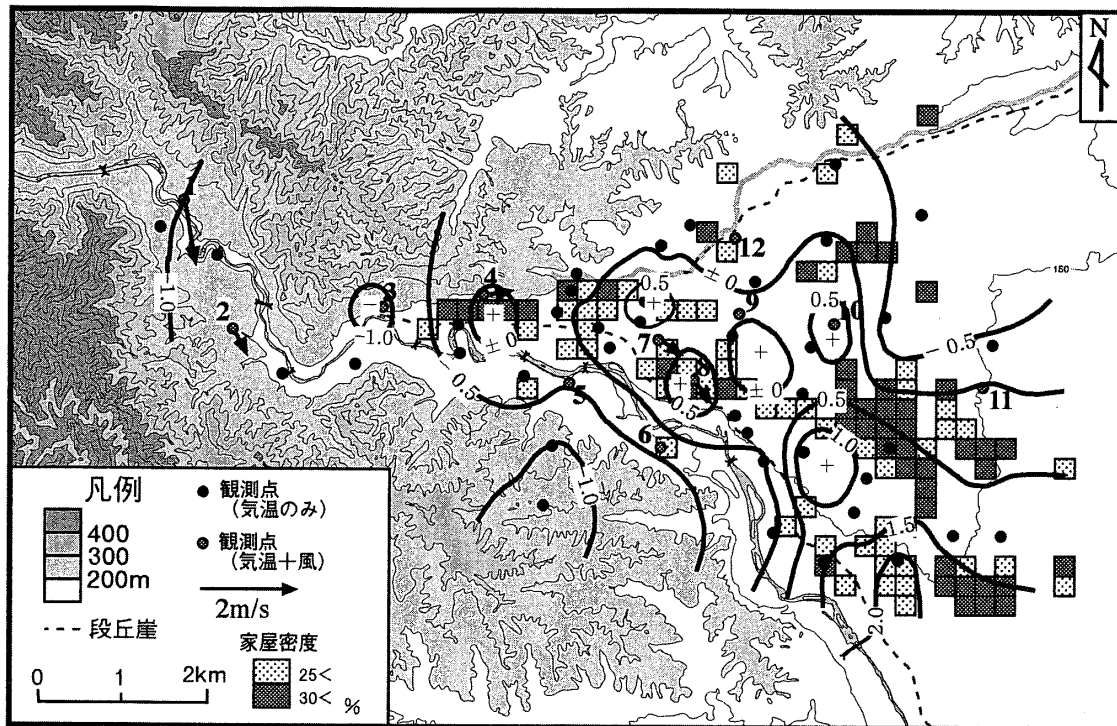
主成分分析の主成分得点の時系列から、気温偏差分布の各パターンが概ね5つの時間帯に分けられた。そこで、これらの時間帯について晴天夜間の各事例について時刻毎に、地点ごとの平均気温からの気温偏差について平均化した。その上で、

12時から翌日12時迄の24時間について、3時間毎の気温偏差分布図の平均を求め、各時間帯毎の平均状態を描画した。その際に風を測定した計12地点においても、風向風速の値についてその平均を求めた。そこで先に示した①日中②夕方③夜間（前半）④夜間（後半）⑤朝方、の計五つの時間帯における気温分布パターンの特徴を以下に述べる。

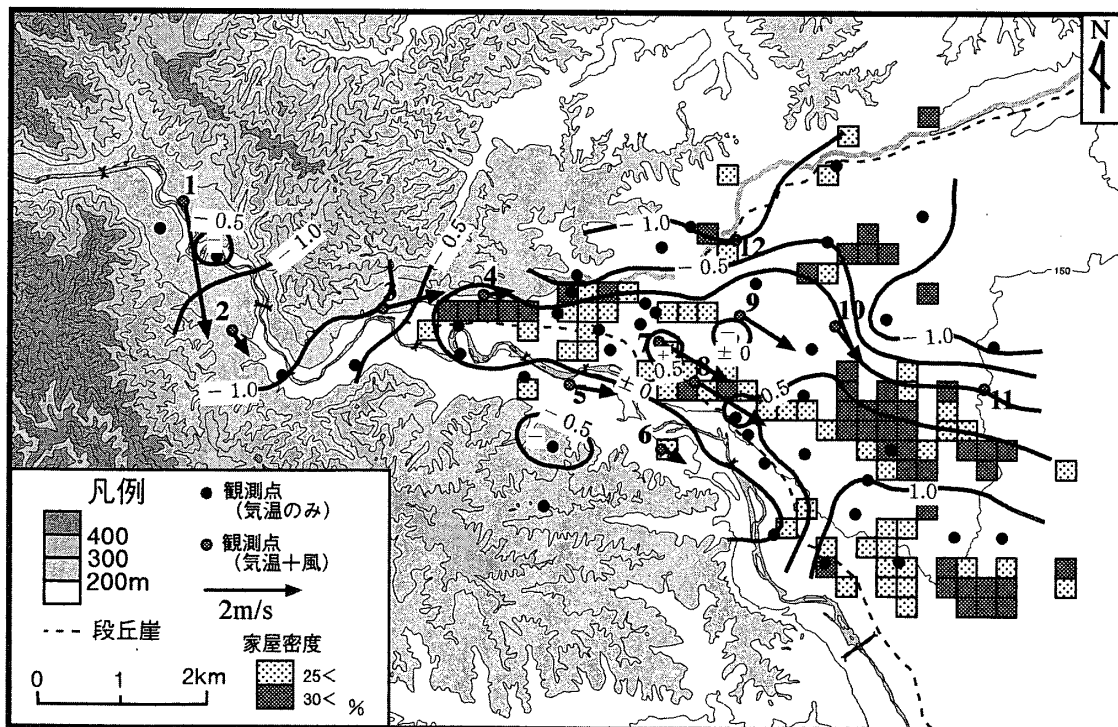
まず、①の日中のパターンは、地域的な温度差が明瞭に出現しておらず、市街地におけるヒートアイランドもはっきりみられない。風は全体的に東から西に向かって吹いていることから、谷風が吹走していることが見受けられる。続いて②の夕方のパターンになると谷の中で山風の吹走が始まり、市街地においてヒートアイランドが形成されている。ただし谷口付近での山風はまだ弱いため、谷口付近の高温域の解消には至っていない。



第8図 (a) 晴天日における気温分布と風の平均 (12:00 - 15:00)

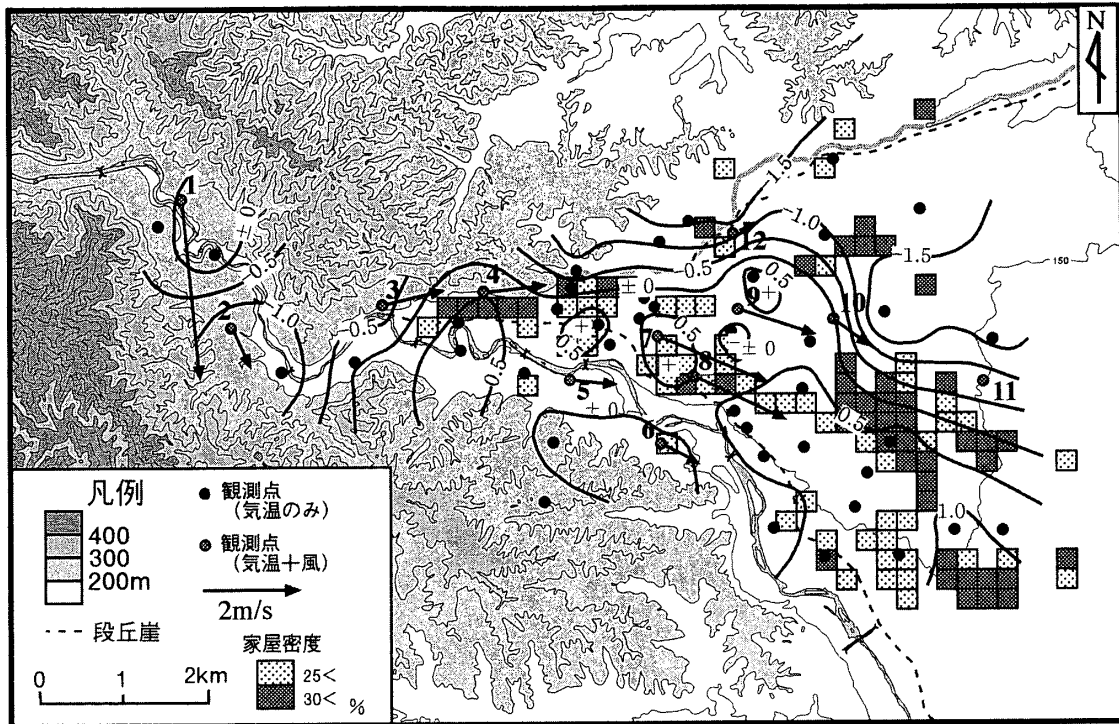


第 8 図 (b) 晴天日における気温分布と風の平均 (15:00 - 18:00)

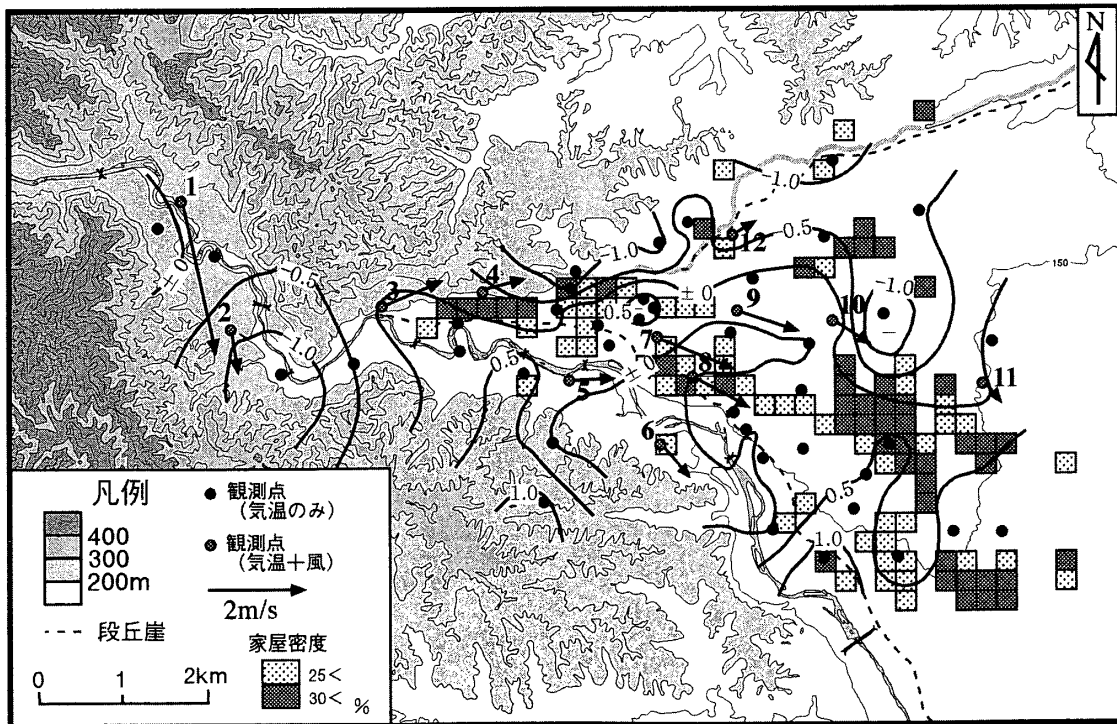


第 8 図 (c) 晴天日における気温分布と風の平均 (18:00 - 21:00)

谷口に位置する市街地におけるヒートアイランドの時空間変動



第8図 (d) 晴天日における気温分布と風の平均 (00:00 - 03:00)



第8図 (e) 晴天日における気温分布と風の平均 (06:00 - 09:00)

さらに③夜間（前半）のパターンでは谷口付近の市街地で明瞭な山風が認められ、谷の中が低温となり、南東部の市街地では高温となっているので、ヒートアイランドがより明瞭になっている。また、④夜間（後半）のパターンでは気温偏差量の空間分布に若干の変化が現れ、谷口よりもやや西側の地域で相対的な高温域が出現している。この地域は、谷口周辺に位置する青梅市の市街地の西端に位置する。最後に⑤の朝方のパターンでは、日の出による日射の影響で地域間の気温差が縮まっているためヒートアイランドははっきり認められないが、山風の吹走は継続している。

## 6 まとめ

谷口周辺の市街地におけるヒートアイランドの時空間変動を明らかにするため多地点同時観測を実施し、それらの結果をもとに主成分分析を用いた解析を行った。それらの結果から以下のような知見が見い出された。

1. 多地点同時観測により、日没前後では谷口付近における気温分布が山風の吹走により急激に変化していることが捉えられた。
2. 主成分分析から上位三成分に注目すると、対象地域内において、① 日中と明け方に東西の気温差が出現していることを説明しているパターン、② 夕刻付近において市街地が高温となる分布を説明しているパターン、③ 夜間に出現するヒートアイランドを説明しているパターン、としてそれぞれ見い出された。
3. 主成分分析の主成分得点の時系列から、気温偏差分布の各パターンが概ね5つの時間帯に分けられた。

今後の課題として山風によるヒートアイランドへの影響量について定量評価することが必要であると考えられる。

観測を行うにあたり便宜を計っていただいた関係各機関、ならびに観測に参加していただいた諸氏には感謝致します。また、本研究を進めるにあたり、東京都立大学理学部地理学教室の三上岳彦教授をはじめとした気候学研究室の方々には有益な議論とアドバイスを頂きましたことを深謝致します。なお、本研究は2002年度に東京都立大学大学院理学研究科に提出した博士論文の一部であり、その内容については2002年および2003年日本地理学会春季大会で発表した。

## 参考文献

- 藤野毅・浅枝隆（1999）盆地内における湖岸の小都市ヒートアイランド特性について. 天気 46, 317-326.
- Goldreich, Y. (1984) Urban topoclimatology. Progress of. Physical Geography, 8, 336-363.
- 狩野真規・三上岳彦（2003）谷口に位置する青梅市周辺におけるヒートアイランド現象と山風の吹走との関係. 天気 50, 81-89.
- Kuttler, W., A. -B. Barlag and F. Roßmann. (1996) Study of the thermal structure of a town in a narrow valley. Atmospheric Environment, 30, 365-378.
- Savijävi, H. and J. Liya. (2001) Local winds in a valley city. Boundary Layer Meteorology., 100, 301-319.

## 谷口に位置する市街地におけるヒートアイランドの時空間変動

鈴木知道、玄地裕、飯塚悦功、小宮山宏（2001）

真夏の東京の気温日変化パターンの抽出-統計手法によるヒートアイランド現象の把握-．天気48，383-391．

竹林英樹，森山正和，糸川文崇，（2001）夏季夜

間における山麓冷気流の出現頻度と市街地における影響距離，日本建築学会計画系論文集，No. 542，99-104．

武市伸幸（2002）高知県南国市のヒートアイラン

ドと形成要因，天気，49，47-56．

## ABSTRACT

### Temporal and spatial variation of heat island in urban area located around valley mouth

Masanori KANOU

The purpose of this study is to clarify the horizontal distribution of heat island around valley mouth and its temporal variation. Simultaneous observations of multiple points were taken about one month in Oume city, Tokyo during the period from October 31 to November 22, 2000. Near the valley mouth, the distribution of surface air temperature also changed rapidly around sunset since this is where the circulatory system changes in a short amount of time. The prominent pattern was determined via principal component analysis from the distribution of air temperature anomaly around the valley mouth. In addition, the principal component analysis found the pattern to be relatively warm in the urban area. The study revealed that the horizontal distribution pattern of surface air temperature in the study area passes through five stages that correspond to daytime, sunset, just before midnight, after midnight, and morning.