

大分市の夜間の気温分布—約20年前との比較—

西 垣 肇*・木 村 彩 子**・平 川 恵***

1. はじめに

都市のヒートアイランド現象は、都市中心部の気温が郊外よりも高い現象で、晴天で風の弱い日の夜間に顕著である(たとえば木村, 1994)。その気温分布は、都市開発に伴う土地利用の変化と共に変わると考えられている。たとえば Kuttler *et al.* (1996) は、狭い谷筋にある都市の気温分布を観測し、晴天で風の弱い日の夜間には、気温が局所的な土地舗装率に大きく連動していることを示した。Kusaka *et al.* (2000) は、1985年、1950年および1900年の土地利用データを用いて、土地利用変化が海風と日中のヒートアイランドの変化におよぼす影響を数値実験的に検討した。

本研究では、大分市中心部から郊外丘陵地にある大分大学にかけての地域を対象として、土地利用変化と気温変化との関連を検討する。この地域には1978年と1981年の晴天日の夜間に行われた気温分布の観測記録がある(川西, 1979; 川西ほか, 1982)。それを生かし、後者の18~20年後にあたる1999年から2001年にかけて同様の観測を行い、両時代の観測結果を比較する。

対象地域の地形と土地の状態を第1図に示す。大分市中心部の市街地は大分川河口西岸の沖積平野にある。東側は大分川に、北側は別府湾に、南側と西側は丘陵地に、それぞれ囲まれている。南側の丘陵地(上野丘)は、最大標高80 mほどで、その南の平地は標高10 m前後である。大分大学はさらに南の丘陵地に位置し、その標高は50 mほどである。大分川河口域の平野はそのほとんどが市街地で占められる。その平野の面積は、市の人口の割にせまいと思われる。大分市(2001)

によると、市の人口は2000年現在43.8万人で、1981年の36.3万人に比べて21%の増加である。この人口増のかなりの部分は、平野部分ではなく、郊外丘陵地を切り開いた造成住宅地が担っている。

以前の研究(川西, 1979; 川西ほか, 1982)では、大分平野から大分大学にかけて、晴天日夜間の気温分布が、自動車に温度計を取り付けた移動測定によって観測された。その結果のひとつを第2図に示す。大分川河口西岸の市街地中心部を最暖域とするヒートアイランドが確認される。大分川東岸の高城(たかじょう)にも暖域がある。大分市のヒートアイランドは、都市だけでなく、大分川と丘陵地の地形的条件にも支配される。大分川沿いには冷たい空気がみられ、この冷気流が暖域を二分する。大分地方気象台は大分川沿いに位置するため、夜間の気温は比較的低い。上野丘の地形は、大分川に沿う冷気流が市街地中心部に吹きこむのをさまたげる。西側の丘陵地には大規模な谷はなく、市街地全域に達するような冷気流を起こさない。

Kuttler *et al.* (1996) の観測した、狭い谷筋にある都市の気温分布では、夜の前半は都市ヒートアイランドに、後半は谷をくだる冷気流に、それぞれ支配される傾向があることが示された。これに対し、大分市では大分川河口域に平地があり、大分川に沿う冷気流はその全域にはゆきわたらず、夜間を通してヒートアイランドがみられる。

2. 観測

気温分布の観測は、川西(1979)、川西ほか(1982)と同様に、サーミスタ温度計を自動車に取り付け、走行しながら行った。温度計は、エンベックス社製のEX-900TRH(温度湿度計)を用いた。エンジンの熱の影響を少なくするため、車に取り付けた棒の先にセンサを取り付け、車体から60 cmほど離れた。センサの地上高度は1999年は1.2 m、1978、1981、2000~2001年は

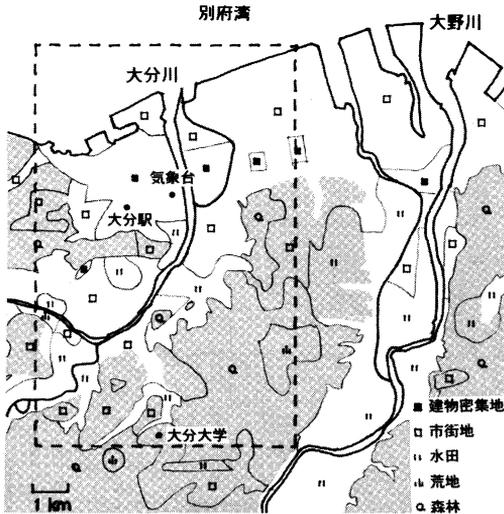
* 大分大学教育福祉科学部。gaki@cc.oita-u.ac.jp

** 大分大学教育学部(現:カテナ(株))。

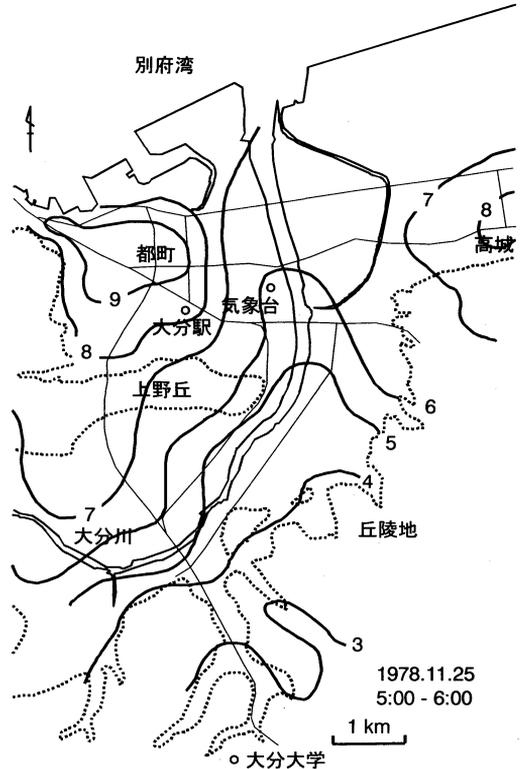
*** 大分大学教育学部。

—2002年8月19日受領—

—2003年5月19日受理—



第1図 大分市中心部から大分大学にかけての地形と土地の状態。ハッチの部分は丘陵地を表す。破線の枠は第2, 3図の範囲を示す。



第2図 1978年11月25日の気温分布。細い線は主な道路を示す。川西(1979)を基に作成。

1.5 mである。センサの取り付け位置は、1999年はボンネットの先頭左側、2000～2001年は左のドアミラー、1978, 1981年は車体の屋根である。

観測は、晴天で風が弱い日を選び、午前3時～5時にかけて行った。1999年と2000～01年の9月から1月にかけて計8回行った(第1表)。第1表に示すように、観測日の気象条件は、旧時代も含め、すべての日において、晴天で海陸風が卓越していた(大分地方気象台の観測記録)。

一回の観測には1～2時間かかる。その間に気温の変化がみられる場合、時間補正を行った。気温の変化の有無は、観測開始直後と終了直前における大分大学近辺の気温より判断した。観測の間、気温の時間変化率が一定とみなし、走行時の時刻に応じた補正値を加えた。8回の観測のうち、2回(1999年10月23日、2001年1月18日)分に時間補正を行った。

使用した温度計の分解能は0.1°C、カタログ精度は±0.5°Cである。観測を通して同じ温度計を使用するため、温度分布のパターンについては分解能程度の精度が期待できる。走行速度は50～60 km/hである。2000年11月11日の観測をゆっくり(30 km/h)走行して行ったが、気温分布に応答時間の影響と思われる特徴がなく、問題ないと判断した。センサをドアミラーに取り付ける場合、エンジン熱の影響で約0.3°C高温になると見込まれる(佐橋, 1983)。それが気温差におよぼす影

響はより小さいと考えられ、結論を損ねるほどの誤差にはならない。また、エンジン熱の影響が大きい停車中は読み取りを避けた、

3. 結果と考察

観測された気温分布のうち2例を第3図に示す。全8回の観測において、最暖域は大分川河口域西岸の平野部に見られる。その位置は、都町付近の場合とより海寄らないし海岸付近の場合がある。大分川下流に沿う地域はやや低温である。大分大学付近の丘陵地は最も低温である。これらの特徴は、1978年、1981年の観測(川西, 1979; 川西ほか, 1982)と合致する。気温分布の詳細なパターンは毎回異なる。

今回の観測結果と1978, 1981年の観測結果とを比較検討する。市街地中心部の最暖域、大分地方気象台、大分大学の3点の気温差に注目する。その気温、気温差と観測当日の気象条件(大分地方気象台の観測)を第1表に示す。同じ季節の観測数が比較的多い10月と11月に注目すると、最暖域と大分大学との気温差は、

第1表 最暖域, 大分地方气象台, 大分大学における移動観測による気温とその差(°C), および大分地方气象台観測の記録. 「最暖域」は各観測日におけるもの. 気圧配置は前日昼と前日～当日夜のもの. 「南風」は南東～南西の範囲を含む. 風速は前日21, 24時と当日3, 6時のうち「南風」のみの平均.

	1981	1981	1981	1978
1978/81	9/28	10/3	11/13	11/25
時刻	3:00 - 5:30	0:35 - 2:10	1:00 - 3:15	5:00 - 6:00
最暖域	18	18	11	9
大分地方气象台	16	15	8	6
大分大学	14	12	4	3
最暖域—气象台	2	3	3	3
最暖域—大学	4	6	7	6
気圧配置	高	高	高	高
天気(前日昼)	快晴	晴	晴	晴
天気(前日～当日の夜)	晴	晴	晴	快晴
南風の時刻	21 - 9	3 - 6	18 - 9	21 - 9
風速	1.4	0.4	2.0	2.3

	1999	10/23	11/22
時刻	3:40 - 4:45		3:50 - 5:00
最暖域		14.8	9.5
大分地方气象台		12.8	8.5
大分大学		10.5	5.3
最暖域—气象台		2.0	1.0
最暖域—大学		4.3	4.2
気圧配置		谷—高	高
天気(前日昼)		曇一時晴	快晴
天気(前日～当日の夜)		晴	快晴
南風の時刻		19 - 9	18 - 12
風速		2.2	3.0

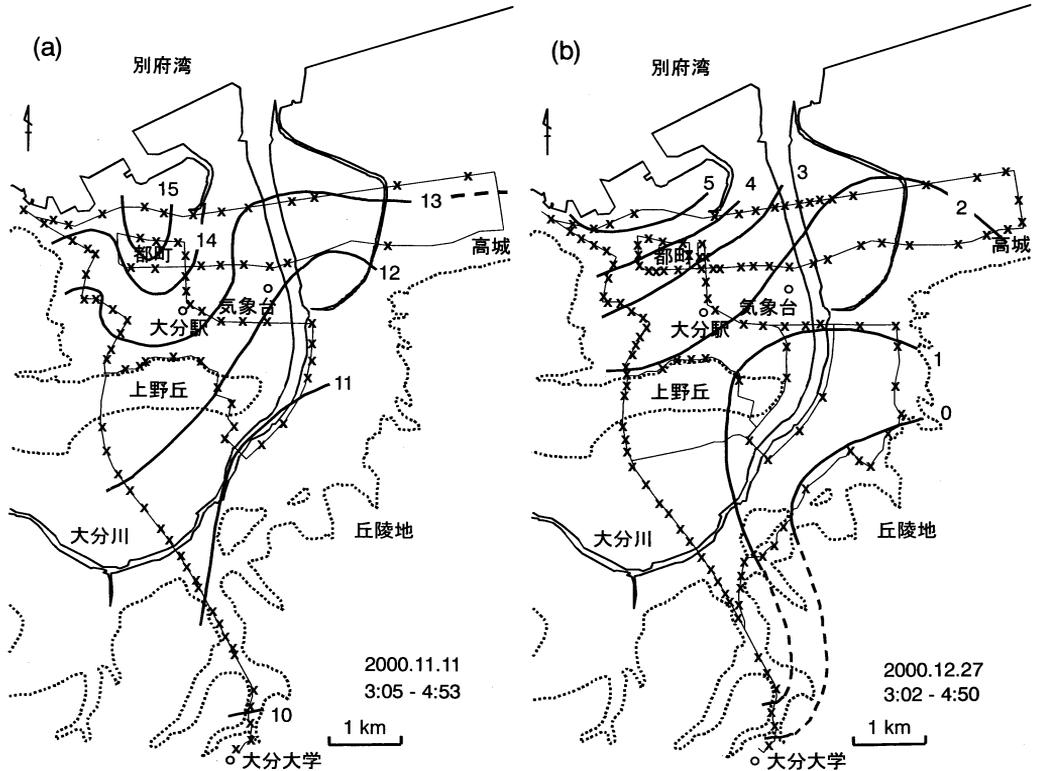
	2000/01	9/26	11/11	11/30	12/7	12/27	1/18
時刻	3:12 - 4:45		3:05 - 4:53	3:06 - 4:52	3:02 - 4:50	3:05 - 4:58	3:19 - 5:19
最暖域		20.3	15.3	8.3	7.3	5.6	0.6
大分地方气象台		19.0	12.1	5.1	6.0	1.6	-2.1
大分大学		16.6	10.3	3.0	2.0	0.0	-4.3
最暖域—气象台		1.3	3.2	3.2	1.3	4.0	2.7
最暖域—大学		3.7	5.0	5.3	5.3	5.6	4.9
気圧配置		高	高一冬	高一前	冬—高	冬—高	高
天気(前日昼)		晴一時曇	曇後晴	晴	快晴	晴	晴
天気(前日～当日の夜)		薄曇後晴	晴	晴	快晴	晴	快晴
南風の時刻		20 - 6	18 - 6	20 - 10	24 - 10	24 - 10	20 - 10
風速		1.4	2.1	2.3	1.8	2.0	2.3

その平均が6.3°Cから4.7°Cに縮小している. 観測数は多くないが, t-検定を用いて統計学的検定をすると, この気温差の縮小は危険率5%で有意とみなされる. 最暖域と气象台の気温差は, その平均が3.0°Cから2.5°Cとわずかに減少しているが, 危険率5%の有意水準には遠い.

この気温差の縮小が経年変化であるかどうかを考えるため, 他の要因の影響を検討する. 要因として, 観測時刻と当日の気象条件が考えられる. 第一に, 観測時刻は, 旧時代のほうに比較的早い時間帯のものが含まれる. 都市ヒートアイランド現象において, 都心と郊外との気温差は早い時間帯のほうが大きい例がある(Oke, 1987). 大分地方气象台と大分大学構内の気温の時間変化を見ると, 1999年と2000年の10～11月の晴天

日における両地点の気温差は, 1～5時にかけて維持される日と縮小される日とにも多い. 縮小の場合, その典型的な縮小率は3時間当たり0.5°Cである. 両時代の観測時刻の差を考えると, 0.5°C程度の「見かけの気温差の縮小」をつくる可能性があるが, 観測された1.6°Cの縮小をすべて説明することはできない.

第二に, 観測の前日18時から当日6時の気象条件を検討する(第1表). 比較のしやすい10～11月に注目する. 気圧配置は高気圧に覆われ, 天気は快晴か晴れ, 前日18～21時に北風が南風に変わり, その風速は2～3 ms⁻¹である. ただし, 1981年10月3日は南風に変わる時刻が遅い. 1999年10月23日は前日に気圧の谷の通過がみられる. 2000年11月30日には前線の通過があるが, これは観測時刻の後である. 観測日の気象条件は, 基



第3図 観測された気温分布。細い線は観測時の走行路を、x印は気温を記録した点を、それぞれ示す。a：2000年11月11日。b：2000年12月17日。

本的に似ている。日ごとの差異は多少あるが、旧時代のもの今回ものに系統的な差はみられない。よって、観測日の気象条件の差では、気温差の縮小を説明できない。最暖域と大分大学との気温差の縮小には、経年的変化が含まれていると判断できる。

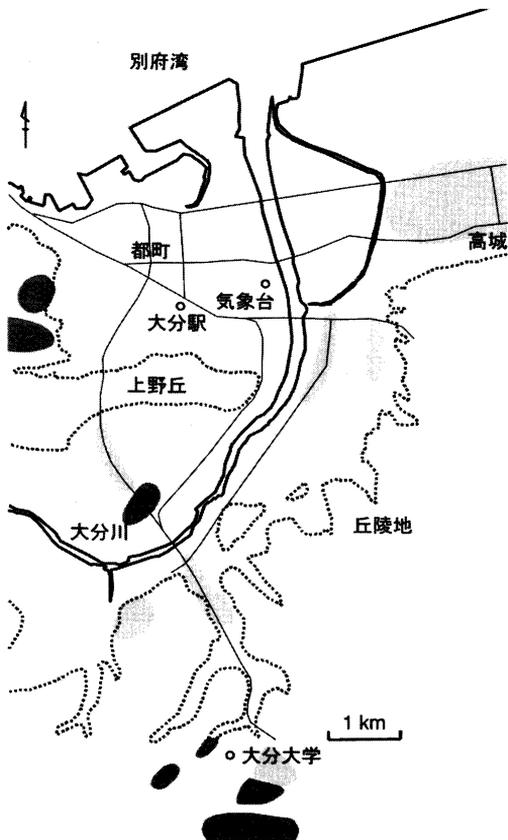
大分市のこの約20年間の土地利用変化に注目する。大分県の航空写真集が大分合同新聞社（1981；1995）によって出版されており、幸運にも注目したい時期に近い。この2編の写真集と、国土地理院発行の5万分の1地形図（1979年と2000年）から読み取った変化を第4図に示す。街中心部のある大分川西岸は以前から建て込んだ状態で、大きな変化はみられない。大分大学周辺では4つの住宅地が、森林だった土地に新たに造成されている。大学に隣接する住宅地では建物が増えている。これらの土地利用変化が大学周辺の晴天日夜間の気温を相対的に上げ、街中心部との気温差を縮めている可能性が高い。その他の要因として、人工排熱、都市内土地利用、気候変化が考えられる。そのうち、人工排熱の時代による増加は、郊外よりも中心部

のほうが大きく、気温差を拡大させるようにはたらくと考えられる。これらの要因の影響を知ることが今後の課題として挙げられる。

以下の2つの特徴についても、今後検討したい。第一に、都町に振幅 $0.3\sim 1.0^{\circ}\text{C}$ の気温の不規則な変動がみられる。その変動は毎回この地域のみにもみられ、地理的な規則性はない。この地域は市内最大の飲食店街にあたり、人工排熱がこの地域のみにも活発な乱流運動をもたらしている可能性がある。第二に、大分川東岸の高城地域の暖域が、旧時代に比べて弱く見える。第2図、第3図に示していない日も含めて、中心気温が相対的に $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ 下がっている。その理由は不明である。

謝辞

観測に同行いただいた大分大学教育学部環境福祉コースの学生諸氏に感謝します。丁寧で有用なコメントをいただいた査読者の方に感謝します。



第4図 1980～2000年の主な土地利用変化。濃いハッチは新たに造成されたところを、淡いハッチは建物・舗装が目立って増えたところを、それぞれ示す。

参考文献

- 川西 博, 1979: 大分市の気温—(1)日最低気温について—, 大分大学教育学部研究紀要(自然科学), 5(4), 21-27.
- 川西 博, 河野啓二, 菅沢志郎, 1982: 大分市の気温—(1)市街地のヒートアイランド—, 大分大学教育学部研究紀要(自然科学), 6(3), 43-50.
- 木村富士男, 1994: 都市大気のシミュレーション, 水環境の気象学—地表面の水収支・熱収支—, 12章, 近藤純正編著, 朝倉書店, 281-307.
- Kusaka, H., F. Kimura, H. Hirakuchi and M. Mizutori 2000: The effects of land-use alteration on the sea breeze and the daytime heat island in the Tokyo metropolitan area, J. Meteor. Soc. Japan, 78, 405-420.
- Kuttler, W., A.-B. Barlag and F. Rossmann, 1996: Study of the thermal structure of a town in a narrow valley, Atmos. Environ., 30, 365-378.
- 大分合同新聞社, 1981: 航空写真集空から見た大分, 277pp.
- 大分合同新聞社, 1995: 新航空写真集空から見た大分, 307pp.
- 大分市, 2001: 大分市統計年鑑, 平成12年版, 6-17.
- Oke, T. R., 1987: Boundary layer climates, 2nd ed., Routledge, 435pp.
- 佐橋 謙, 1983: 自動車による気温の移動観測における観測誤差—特に自動車の影響を中心に—, 天気, 30, 509-514.

Distribution of Nocturnal Air Temperature in Oita City : Comparison of the Recent and Previous Observations of About 20 Years Ago

Hajime NISHIGAKI*, Ayako KIMURA** and
Megumi HIRAKAWA***

* (Corresponding author) Faculty of Education and Welfare Science, Oita University,
Oita 870-1192, Japan. E-mail : gaki@cc.oita-u.ac.jp

** Faculty of Education, Oita University (Present affiliation : Catena Corp.).

*** Faculty of Education, Oita University.

(Received 19 August 2002 ; Accepted 19 May 2003)

Abstract

Distributions of nocturnal air temperature are observed on days with clear weather and then compared with previous observations of approximately 20 years ago. The observed area lies from downtown Oita to Oita University, located in a suburban hilly area. The warmest area is found in the downtown, located on the western-side estuary region of the Oita River. These features are consistent with the previous observations. However the recent temperature difference between Oita University and the surrounding area is reduced by 1~2°C compared to the previous ones. It is plausible that this is caused by land use change due to urbanization around Oita University in the last 20 years.

第50回風に関するシンポジウムの開催案内と講演募集要領

日時: 平成15年12月12日(金)午後1時~5時(予定)

場所: 東北大学工学部青葉記念会館

〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉

(JR 仙台駅より市バスで15~20分)

(<http://www.eng.tohoku.ac.jp/eng/aoba.html>)

開催要領:

(1) 一般講演 (講演時間15~20分)

(2) 特別講演「気象予測のための風観測」

東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻

教授 岩崎俊樹

参加費: 500円 (学生は無料)

参加申込み方法: シンポジウムへの参加を希望される

方は、氏名、所属、連絡先(住所、Tel・Fax、e-mail)、懇親会参加の有無を下記宛に e-mail または Fax にてお申込み願います。

一般講演申込み方法: 参加者の中で、発表を希望される方は、発表題目、発表者名(連名の場合には講演者に○印)、所属、代表者の連絡先(住所、Tel・Fax、e-mail)、簡単な発表要旨、講演使用希望機器(パソコン、OHP、スライド等)を下記宛に e-mail または FAX にてお申込み願います。

プログラム: 講演申込み締め切り後プログラム編成を行い、下記ホームページに掲載します。プログラムは逐次更新されますので、こまめにチェックして下さい。なお、講演要旨集は作成しません。

(<http://vjogi.pln.archi.tohoku.ac.jp/labs-pages/kankyosymposium/winds50.html>)

講演発表の申込み期限: 平成15年10月31日(金)

問い合わせ・申し込み先:

〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉10

東北大学未来科学技術共同研究センター

植松 康

Tel・Fax: 022-217-7875

e-mail: Kaze50@venus.str.archi.tohoku.ac.jp

(または、yu@venus.str.archi.tohoku.ac.jp)

共催学会: 日本気象学会、土木学会、大気環境学会、日本海洋学会、日本風工学会、日本建築学会(幹事学会)他

その他: シンポジウム終了後、青葉記念会館3階レストランにて懇親会を予定しています。奮ってご参加下さい(予定5,000円)。