

高知市の夜間の気温分布と地形的要因の影響*

武市伸幸**

要旨

複雑な地形の場所に立地する都市の気温分布に及ぼす地形的要因の影響の割合を調べるため、高知市において、都市気温分布の観測と、人為的・地形的要因を用いた重回帰分析を行った。その結果、人為的要因（地上被覆形態や人口密度・世帯密度）のみを独立変数とした重回帰分析では、決定係数（寄与率）は夜半・早朝とも25%前後であったが、地形的要因（海からの距離や山からの距離）も考慮した重回帰分析では、決定係数は70%前後まで増加し、気温分布に地形的要因が大きなウェイトを占めていることが明らかとなった。

1. はじめに

佐賀市における都市気候調査において、筆者(武市, 1986)は都市気候がよく現われる晴天・微風の日の日没数時間後に気温分布の観測を行い、気温分布と地上被覆の状態との関係を調査した。その結果、佐賀市においては、日没数時間後の気温分布の第1の形成要因は、地表面の粗度と最も関係が深いことが明らかとなった。佐賀市は平野の中に立地する中規模都市であり、気温分布に影響を与える地形的要因は、周囲の田園地帯と約2 km離れた嘉瀬川しかみあたらない。他方、わが国の多くの都市は複雑な地形の場所に立地している。そこで今回は、地形的により複雑な場所に立地している高知市において、気温分布と人為的・地形的要因の関係について調査を行った。

高知市¹⁾の都市気温分布について、筆者は1979年に調査を行い、日没数時間後には市街地中心部に島状の高温域が出現すること、一方この島状の高温域は日の出前には消滅し、日の出前の気温分布は、周囲の山や南東部の浦戸湾の海水などの地形的要因の影響が大きいと考えられることなどを明らかにした(武市, 1980)。しかし、その際、因子分析を用いて気温分布の形成要

因の分析も試みたものの、気温分布の因子得点の分布と市街地およびその周辺部の建ぺい率と容積率の視覚的な比較にとどまり、気温分布と人為的・地形的要因との関係を数量的に扱った分析は行わなかった。そこで今回は、

- ①前回の調査から12年経過し、気温分布はどのように変化したか。
- ②気温分布に人為的要因（地上被覆形態や人口密度・世帯密度）や地形的要因（海からの距離・山からの距離）はどの程度影響しているか。

以上の2点について検討する目的で、高知市において都市気温分布の調査を行った。

2. 観測

観測は1990年12月から1991年7月にかけて、晴れの天候で風の弱い日を選び、日没数時間後（以下夜半とする）と日の出前（以下早朝とする）に行った²⁾。

観測はサーミスター温度計を用いた移動観測により

¹⁾ 本稿の研究地域とする高知市の範囲は、市街地とその周辺部の東西約9 km、南北約4 kmの範囲とする。

²⁾ 観測を行った日時は次のとおりである。

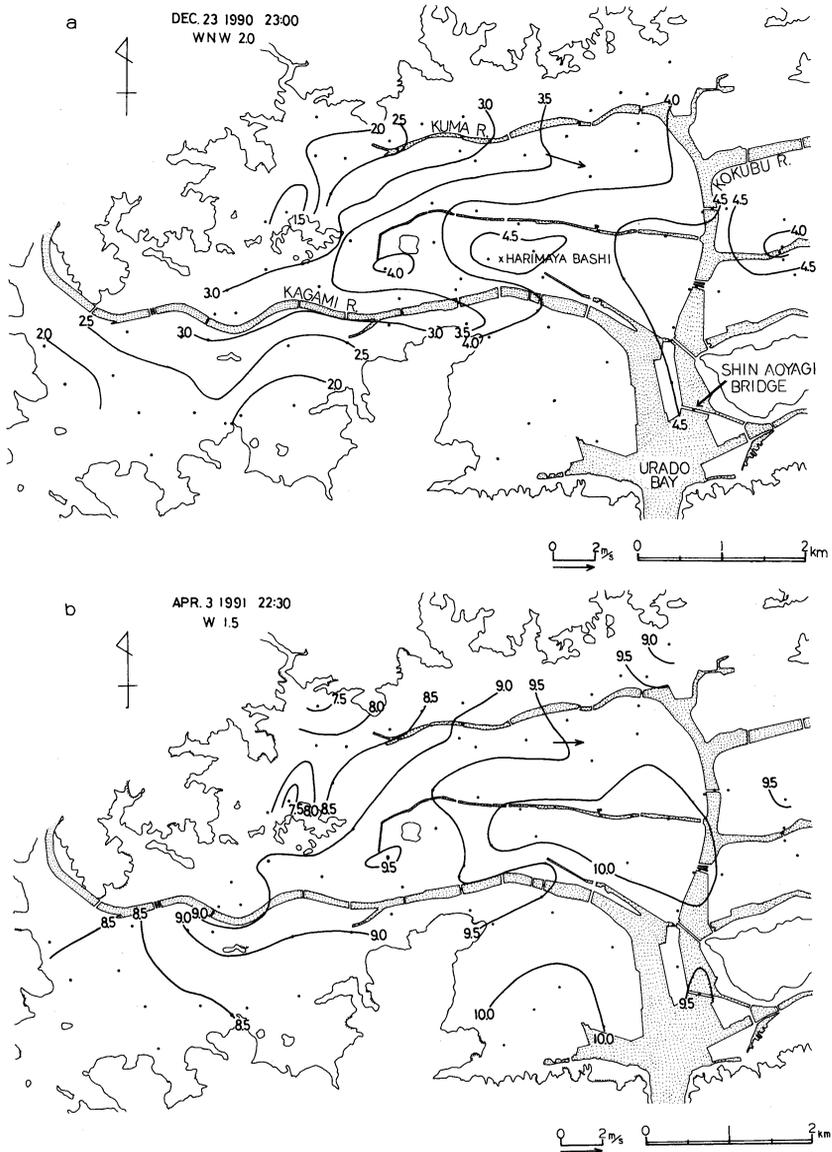
- ①1990年12月23日22時2分～23時53分
- ②1990年12月24日4時34分～6時27分
- ③1991年4月3日21時44分～23時36分
- ④1991年4月4日3時32分～5時24分
- ⑤1991年5月2日22時51分～5月3日0時47分
- ⑥1991年5月3日3時34分～5時27分
- ⑦1991年7月23日23時7分～7月24日1時6分
- ⑧1991年7月24日2時25分～4時18分

* A study of the Night Air Temperature Distribution and the Influence of Topographical Factors in Kochi City.

** Nobuyuki Takechi, 土佐女子中学高等学校。

——1993年4月6日受領——

——1993年12月24日受理——



第1図 高知市の気温分布

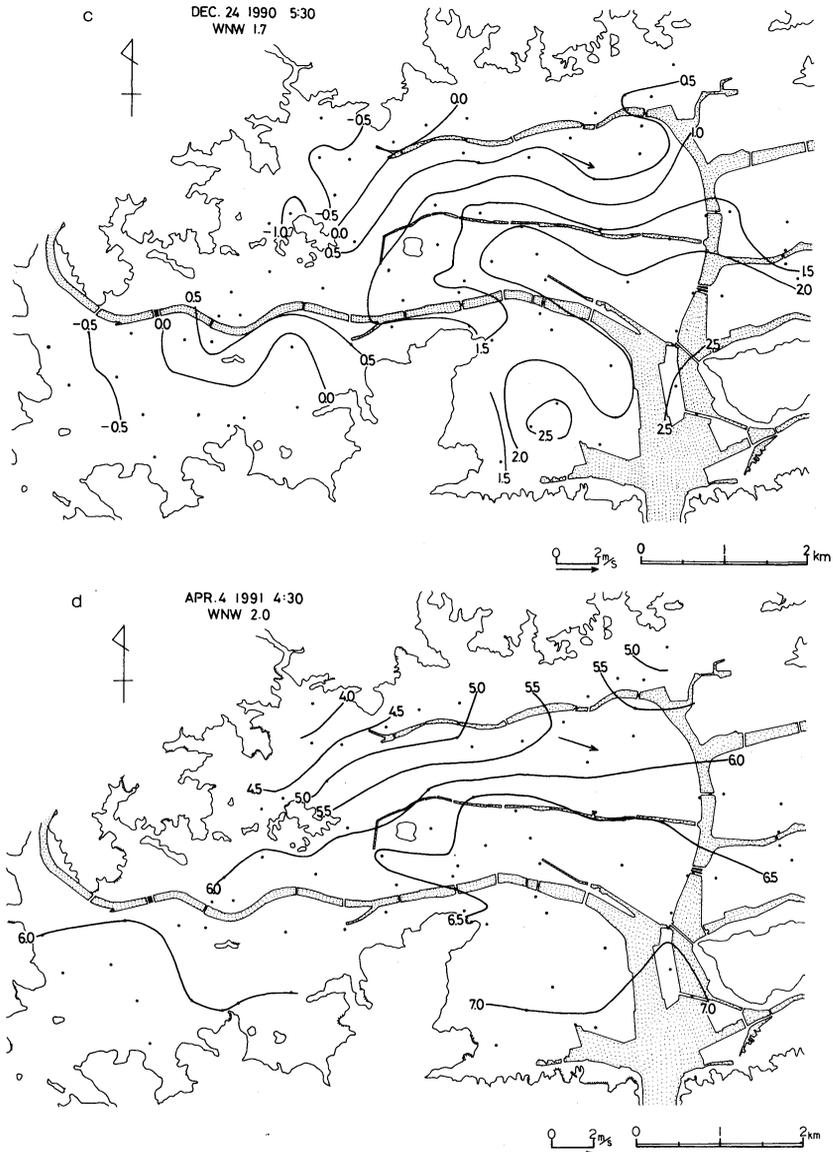
a : 1990年12月23日23時00分 b : 1991年4月3日22時30分

図の周囲の等高線は海拔 20 m の等高線を、図中の黒丸は各測定地点を表わす。また、図中の矢印は高知地方気象台露場における観測時間中の平均風速・最多風向を表わす。

行った。温度計の感部取り付け位置については佐橋 (1983) に従い、前部バンパ中央部の地上 1.5 m とし、車間距離を 20 m 以上あけた状態で、時速 20~30 km で定速度走行を行いながら、車内において温度計の表示を読み取った。

得られた気温測定値はそれぞれ測定時刻が異なる。そこで、高知地方気象台の気温自記紙に基づいて時間

補正を行い、「基準時刻」の気温値に換算した。なお時間補正は、各気温測定地点で気温を測定した時刻について、気象台の気温自記紙に記録されている気温の値を読み取り、「基準時刻」の気温との差を求め、その差を測定値に加え、「基準時刻」の各測定地点の気温を求め、気温分布図を描いた³⁾。



第1図 (つづき)

c : 1990年12月24日 5時30分 d : 1991年4月4日 4時30分

3. 気温分布の状況

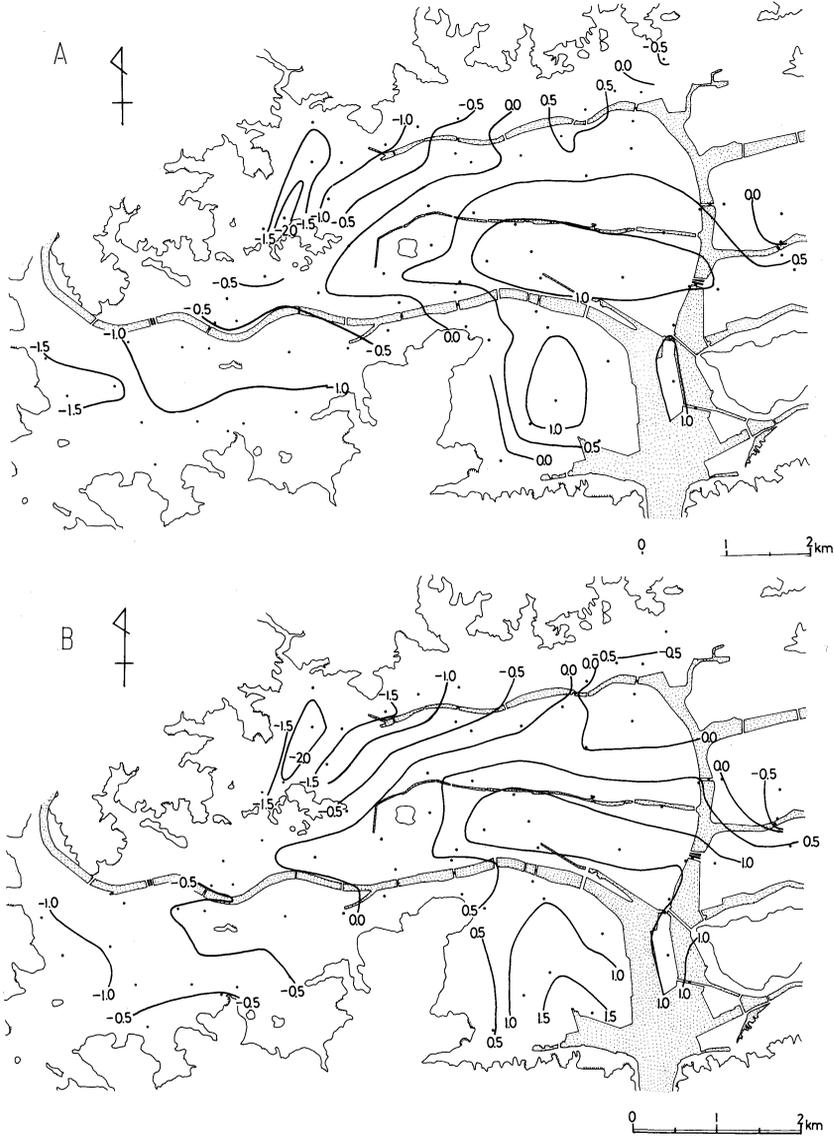
上述の観測により得られた気温分布図の中で、夜半・早朝の例各々2例を第1図に示す。

(1)夜半

第1図a, bにそれぞれ12月23日23時と4月3日22時30分の気温分布を示す。12月23日23時には、市街地

³⁾ 観測コースの第1地点では、最終地点測定後に再度測定を行い、時間補正の結果、両者の補正値が0.4℃以上異なった場合には、その一連の観測をすべて放棄した。

中心部のはりまや橋付近に4.5℃の島状の高温域が、4月3日22時30分には、はりまや橋から国分川にかけての広い範囲に10.0℃の島状の高温域がみられる。しかし、この島状の高温域と周囲との温度差は0.6~0.9℃で大きなものではない。観測地域内の温度変化は、久万川が山から平野に出る谷口の方である市街地北西部の方で大きくなっている。また、市街地中心部と周辺部との温度差を季節的にみても、温度差は冬季に大きく、春季、夏季と気温が上がるにしたがって



第2図 基準化し平均化した気温測定値の分布
A：夜半 B：早朝

小さくなる傾向にある。

(2)早朝

第1図c, dにそれぞれ12月24日5時30分と4月4日4時30分の気温分布図を示す。早朝には浦戸湾頭が最も高温となり、そこより温暖域が市街地地域へ入り込む形となっており、夜半にみられた市街地内部の島状の高温域は消滅している。

これらの気温分布を1979年の調査と比較すると、前回夜半に市街地中心部にみられた島状の高温域の強度

は、周囲に比べ最大で1.1~1.5°Cであったのに対し、今回は0.6~0.9°Cと若干弱くなっている。しかしこの点を除くと、夜半・早朝ともに全体的な気温分布のパターンには大きな変化はみられない。

4. 気温分布と人為的・自然的要因との重回帰分析

以上のように、高知市においては、夜半に市街地中心部にみられた島状の高温域は早朝には消滅し、早朝には浦戸湾頭が最も高温となっている。このことから、

地形的要因の気温分布への影響は大きいものと考えられる。そこで今回、重回帰分析を用いて、人為的要因や地形的要因の気温分布への影響の割合を考察した。

分析に用いた気温分布は個々の気温分布ではなく、夜半・早朝各々について、4回の観測ごとに測定値を基準化⁴⁾、各測定地点ごとに4回を平均化したものを用いた(第2図)。また、人為的要因としては各測定地点周辺の地上被覆形態と人口密度・世帯密度を、自然的要因としては各測定地点までの海からの距離と山からの距離を用いた⁵⁾。なお、地上被覆は①建築物(住宅の場合は庭を含む)、②道路・駐車場、③裸地(畑を含む)・水田、④緑地、⑤水体の5項目に分類し、各測定地点を中心とする半径50mと100mの円内に含まれる各項目の面積を測定し⁶⁾、円の面積で割って割合としたものを用いた。また、人口密度・世帯密度は各測定地点が属している町のものとし、2つ以上の町の境に測定地点がある場合には平均したものを用いた。

以上地上被覆の5項目に人口密度・世帯密度、海からの距離・山からの距離を加えた9個の要素を独立変数とし、基準化し、平均化した気温測定値(以下気温測定値とする)を従属変数として、重回帰分析を行った。重回帰分析は、まず9個の独立変数すべてを用いて回帰式を作り、変数の数を減らしていく変数減少法で行い、変数を減らすことにより重相関係数の値が急に減少する前の回帰式を求める回帰式とした。なお、気温測定値と気温測定点周辺の地上被覆形態との相関係数を求めると、半径50mの円よりも半径100mの円内の地上被覆形態の割合との相関係数が全体的に高くなっている。したがって、結果については、半径100mの円のもののみを示す。

(1)夜半

夜半の重回帰式は①式のようになる。

$$Y = 0.961 - 0.009X_3 - 0.394X_6 + 0.591X_7 + 0.004X_9 \quad \text{①}$$

ここで、Y：気温測定値、 X_3 ：裸地・水田の割合(%), X_6 ：海からの距離(km), X_7 ：山からの距離(km), X_9 ：世帯密度(世帯数/ha)である。①式の重相関係数は $R = 0.87$ 、決定係数(寄与率)は $R^2 = 0.76$ であり、気温分布の3/4を説明している。しかし、分析に用いた気温測定値の分布(第2図A)と、①式を用いて得られた気温推定値の分布(第3図a)を比較すると、気温測定値の分布図において、市街地中心部のはりまや橋から市街地東部の葛島橋にかけてみられる1.0の島状の高温域は、推定値の分布図では現われていない。

この理由として、第4図に示すように、この地域は住居地区の中に工業地区や商業地区が混在しており、人工発生熱が多い地域であり、しかも家屋密集地域であることが考えられる。この地域は、今回の分析では単に建築物の占める面積の割合や人口密度が高い地域として計算されているが、そこでの人工熱を定量的に再現するには、もっと違った尺度での分類が必要であろう。また、分析の対象範囲を狭くしたり、地上被覆計算の面積をもっと広げたりすることで、島状の高温域をある程度再現できる可能性も否定はできない。なお、鏡川南岸の潮江地区にみられる1.0の島状の高温域は、1地点の気温が高いことによるもので、この地区ではこの地点のみ交通量の多い幹線道路上で測定したことから、自動車の排熱の影響が大きいものと考えられる。

なお、人為的要因のみを独立変数とした重回帰式は②式のようになる。

$$Y = 0.846 - 0.015X_1 - 0.017X_3 - 0.030X_8 + 0.069X_9 \quad \text{②}$$

ここで、 X_1 ：建築物の割合(%), X_8 ：人口密度(人/ha)である。②式の重相関係数は $R = 0.49$ 、決定係数は $R^2 = 0.24$ である。

(2)早朝

早朝の重回帰式は③式のようになる。

$$Y = 1.027 - 0.007X_3 - 0.391X_6 + 0.356X_7 + 0.005X_9 \quad \text{③}$$

⁴⁾ 基準化は、各観測回ごとに測定値の平均(\bar{x})と標準偏差(σ)を求め、次式により行い、各測定地点の基準値を得た。

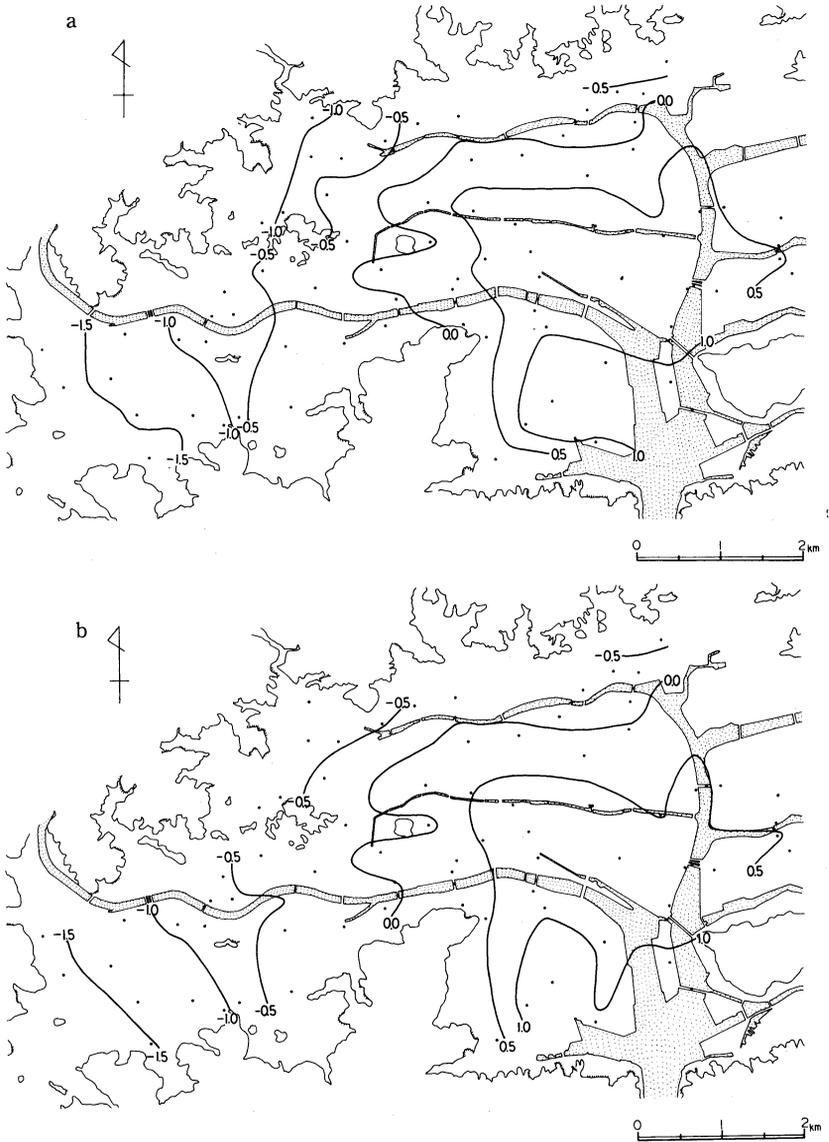
$$Z = \frac{(x - \bar{x})}{\sigma}$$

ここで、Z：各測定地点の基準値

x：各測定地点の測定値

⁵⁾ 海からの距離は、新青柳橋—弘化台南端—高知港を結ぶ線から各測定点までの最短距離(間に山がある場合は迂回)を測定した。また、山からの距離は、最も近い海拔10mの等高線からの距離を測定した。

⁶⁾ 測定には1/2,500高知広域都市圏図を用いた。



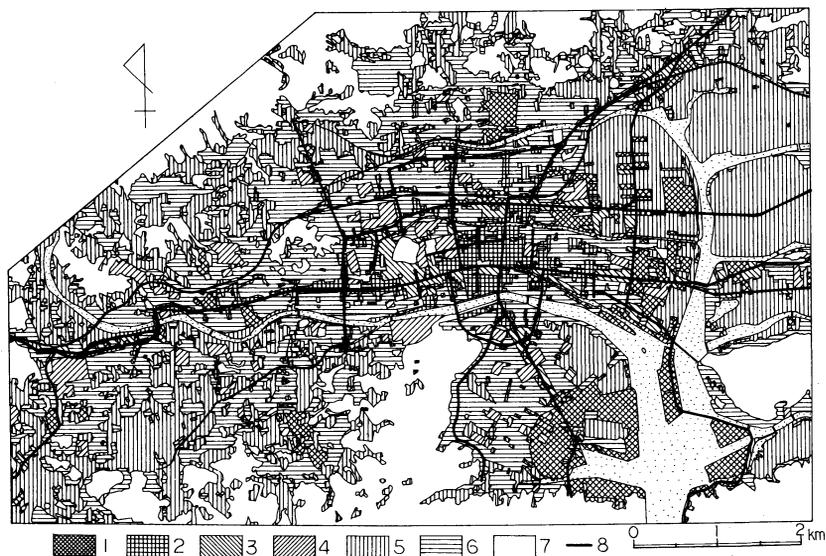
第3図 重回帰式より求めた気温推定値の分布
a: 夜半 b: 早朝

③式の重相関係数は $R=0.81$ 、決定係数は $R^2=0.65$ である。③式を用いて得られた気温推定値の分布を第3図bに示す。この気温推定値の分布を気温測定値の分布(第2図B)と比較すると、気温測定値の分布において市街地北西部にみられる気温の急変部が、気温推定値の分布では現われていないものの、その他の点では両者のパターンはおおむね一致する傾向にある。

なお、人為的要因のみを独立変数とした重回帰式は④式のようになる。

$$Y = 0.796 - 0.016X_1 - 0.015X_3 - 0.034X_8 + 0.082X_9 \quad (4)$$

④式の重相関係数は $R=0.51$ 、決定係数は $R^2=0.26$ である。



第4図 高知市の土地利用

1/25,000土地利用図「高知」「伊野」より作成

- 1：工業地区・運輸流通施設・供給処理施設
- 2：商業地区
- 3：業務地区・公共業務地区・厚生地区
- 4：文教地区・運動競技施設
- 5：空地・畑
- 6：住宅地区
- 7：公園・緑地・森林
- 8：主要道路

なお、この図は回帰分析の際地上被覆の測定に使用した図とは異なっている。

5. まとめ

以上まとめると次のようになる。

① 高知市の夜半・早朝の気温分布のパターンは、1979年と1991年では大きな違いはみられなかった。

② 重回帰分析の結果、高知市においては、人為的要因（地上被覆形態や人口密度・世帯密度）の気温分布への影響は、夜半・早朝とも25%前後であった。したがって、市街地周辺部を含めた気温分布の大きなパターンは、複雑な地形を反映して、海からの距離や山からの距離といった地形的要因によって決定され⁷⁾、市街地

中心部など人間活動が活発な地域においては、人為的要因がそれを変移させているものと考えられる。

参考文献

- 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, 天気, 30, 509-514.
- 武市伸幸, 1980: 高知市の気温分布, 地理科学, 34, 37-42.
- 武市伸幸, 1986: 佐賀市の気温分布と形成要因, 東北地理, 38, 16-23.

⁷⁾ 夜半, 早朝各々について, 海からの距離, 山からの距離のみを用いた重回帰式の決定係数は, 順に0.72と0.62である。