

都市熱環境解析システムに関する研究－熊本市のケーススタディー

DEVELOPMENT OF A COMPUTER-BASED THERMAL ENVIRONMENT ANALYSIS SYSTEM FOR TOWNS AND ITS APPLICATION TO KUMAMOTO CITY

上野賢仁*

井村秀文**

Takahito UENO* and Hidefumi IMURA**

ABSTRACT; An analytical system for urban climate is developed with the aid of Geographical Information System (GIS) based on personal computers. Basic data necessary for analyzing thermal environment of urban areas are systematically processed, transformed to maps and exhibited on the display. For example, grid data of artificial heat emission from three kinds of sources, *i.e.*, households, business and commercial buildings, and motor vehicles can be visually demonstrated on a map. "Thermal Environmental Diagnosis System" or an expert system to assess thermal structure of towns is also developed and tested for Kumamoto City.

KEYWORDS; Urban climate, Thermal environmental analysis, Environmental data base, expert system, GIS

1. はじめに

都市の熱環境に関する研究は、気象学、農業気象学、建築学などの様々な分野で行われている。しかし、その成果は現実の都市に十分生かされていない。これは都市熱環境を制御する具体的な手法が体系的に確立されていないためである。またこのために、実際に都市基盤整備を行っている土木分野の現場においても適当な評価に基づいた熱環境対策を具体化することができない。一方、研究レベルでは、観測、数値シミュレーション、数値情報、リモートセンシングデータ等を利用した様々な解析が行われており、これらの情報や解析手法等を整理・統合すれば、都市計画の段階等で十分に活用することが可能であると思われる。

以上の考えに基づき、本論文では、都市熱環境に関連する情報や解析手法等を整理・統合し、利用しやすい解析システムの構築を試みる。このためまず、都市熱環境を決定する要因、解析手法、必要な情報、評価指標について整理し、解析システムの概要を示す。次に、熊本市を対象として、環境情報システムの技法を利用することにより、熱環境を解析するために必要な情報の整備を試みる。具体的事例として、熊本市を設定しその熱環境を解析・評価し、都市熱環境解析システム（エキスパートシステム）の構築に関する今後の課題について考察する。

2. 都市熱環境解析システム

解析システムを構築するために、まず都市熱環境に関する情報を整理した。これを図1に示す。

都市熱環境の決定要因として、土地利用（物理的特性）、社会活動（人工排熱）、地域特性の3つの要因を挙げ、解析手法と必要な情報を分類した。解析手法はリモートセンシング、数値情報を利用する方法、気象

* 熊本工業大学土木工学科 Department of Civil Engineering, Kumamoto Institute of Technology

** 九州大学工学部環境システム工学研究センター Institute of Environmental Systems, Faculty of Engineering, Kyushu University

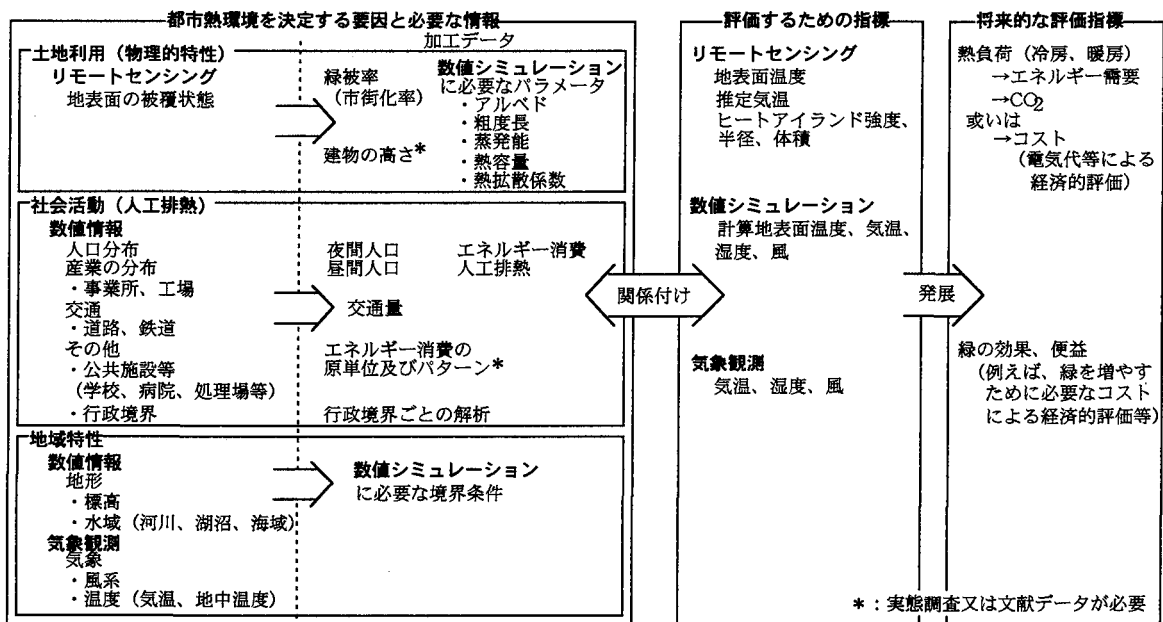


図1 都市熱環境に関する決定要因、解析手法、情報、評価指標の関係

観測、数値シミュレーションが考えられる。

土地利用情報はリモートセンシングデータによって得られる。被覆分類図からは都市域の緑被率等を算出することができる。また適当な地表面のモデルを仮定し文献情報を用いれば、数値シミュレーションに必要な地表面パラメータの面情報を推定することができる。建物の高さについては、重要なパラメータであるが現時点では適当な情報源がないため、現地調査あるいは大胆な仮定が必要である。

社会活動に伴う人工排熱は、数値情報（数値地図情報）をもとに、エネルギー消費原単位を乗じたり消費パターンを考慮することで、ある程度計算可能である。しかし数値情報は元来都市熱環境を解析するためのものではなく、分類項目とエネルギー消費原単位等が対応していないこともあり、高い精度での計算は難しい。今後、床面積やエネルギー消費等の情報を整備すれば、より高い精度で人工排熱を計算することが可能になる。また、交通に伴う人工排熱の分布を計算する場合は、実態調査等の情報を活用できる。

地域特性は都市の地理的位置によって決まる。地形、気象特性は数値シミュレーションの境界条件に必要なものである。気象観測データは対象とする都市の長期的な気象変化を見る上で重要である。

熱環境の状態を示す指標には温度、湿度、風等の情報がある。面的な温度情報はリモートセンシングデータから得られる。他に数値シミュレーションによる計算結果がある。一般的な気象情報は気象台で得られる。これらの指標と上記の要因とを関連づけることにより、具体的な熱環境対策とその効果を評価できる。さらに将来的な評価指標として、熱負荷やコスト等を取り入れることによって、地球温暖化とも関連づけた議論が可能になる。

以上に整理した内容を一つの解析システムに統合した場合に考え得る利用可能場面を表1にまとめる。

表1 都市熱環境解析システムの利用場面

変化、対策	予想される影響、効果
都市域の拡大	・都心部の気温にどう影響するか？ ・冷房需要がどうなるか？
大規模な開発、埋め立て	・周辺の気温にどう影響するか？
グリーンベルトの配置	・周辺の気象緩和効果はどの程度期待できるか？
街並み改善による風の導入	・どの程度の気象緩和効果を期待できるか？
都市の配置改善（再配置）	・都心部の気温をどの程度緩和できるか？
人工排熱の低減 ・未利用エネルギー活用 ・自然エネルギー利用 ・交通システムの改善 ・ライフスタイルの改善	・気温にどの程度影響するか？

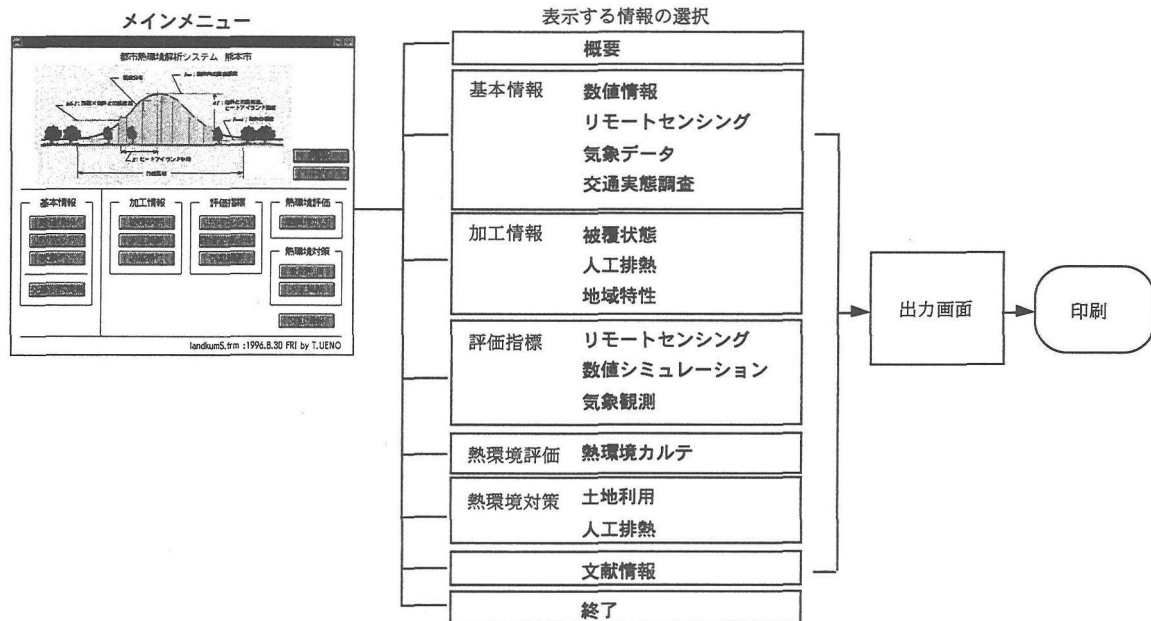


図2 都市熱環境解析システムの構成

3. 解析システムの作成：熊本市への適用例

熊本市を対象として、パーソナルコンピュータ（ハードウェア：GATEWAY2000P5-60、ソフトウェア：Visual Basic 2.0、Excel5.0）上で2.の解析システムの作成を試みた。その構成を図2に示す。また用いた情報^{1)~4)}（基本情報）を表2に示す。

3.1 基本情報の表示

基本情報には、面情報として地表面状態、人口分布、事業所、標高、温度を用いた。線情報として行政境界、道路、河川・湖沼を用いた。これらの情報は重ねて表示することが可能である。この他に気象観測データを用いた。

熊本市の基本情報を表示した画面を図3に示す。この図はLANDSAT衛星データによる幾何補正画像上に、行政境界、道路、鉄道、河川・湖沼を表示したものである。

3.2 加工情報の表示：人工排熱分布

次に基本情報をもとに、熊本市で一年間に排出される人工排熱の分布図を作成した。対象とした排出源は家庭、事業所、自動車による交通である。エネルギー消費原単位、交通量等は文献データ^{5)~8)}を用いた。

(1) 家庭からの人工排熱 家庭からの排熱は、数値情報から得られる世帯数とエネルギー消費原単位を乗じて求めた。

表2 解析システムに用いた情報

面情報	線情報
リモートセンシングデータ LANDSAT衛星 幾何補正画像 被覆分類画像 輝度温度画像 NOAA衛星 輝度温度画像 数値情報 標高 国勢調査統計 事業所統計	数値情報 行政境界 道路 鉄道 河川・湖沼

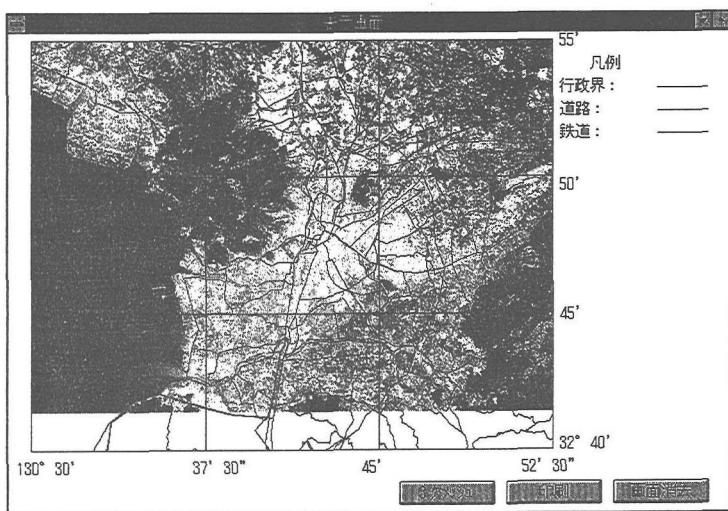


図3 熊本市の基本情報を表示した画面

(2) 事業所からの人工排熱 事業所からの排熱は、数値情報から得られる各業種ごとの事業所数と、平均床面積とエネルギー消費原単位を乗じて算出した。ただし計算では、事業所数と原単位および床面積の情報が得られるものだけとし、いずれかの情報が得られない業種は計算から除外した。

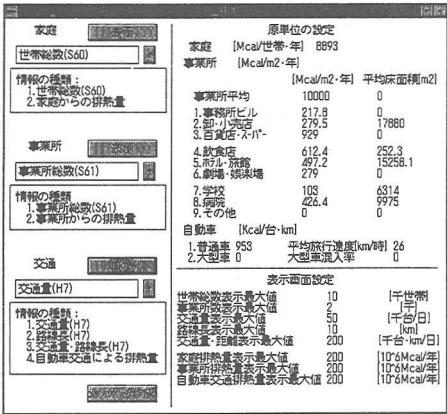
(3) 自動車交通による人工排熱 自動車交通による人工排熱は、交通量と路線長、自家用乗用車のエネルギー消費原単位から次式を用いて算出した。

$$(\text{人工排熱} [\text{kcal}/\text{年}]) = (\text{自家用乗用車のエネルギー消費原単位} [\text{kcal}/\text{km}]) \times \sum \{(\text{交通量} [\text{台}/\text{日}]) \times (\text{路線長} [\text{km}])\} \times 365$$

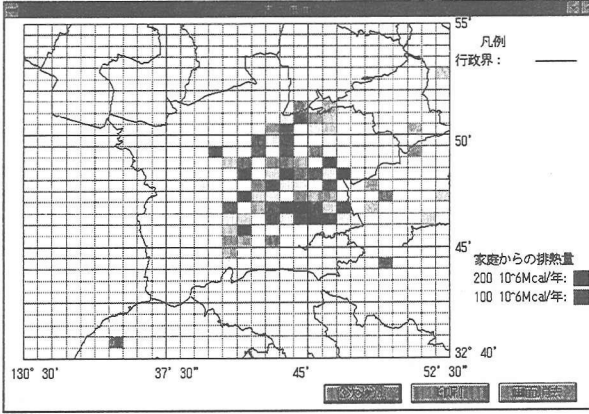
なお、用いた交通量データは普通車と大型車の区別がないため、ここでは大型車の混入率を無視して計算した。また対象路線は、熊本市内全ての路線ではなく都市圏の主要路線のみである。

以上の結果を図4に示す。図4(a)は人工排熱表示のメニュー画面である。この画面には計算に用いた各パラメータ値が表示されており変更も可能である。この画面で表示する項目を選択すると、別の表示画面に面情報が表示される。またこの画面に、3.1の基本情報を重ねて表示することができる。

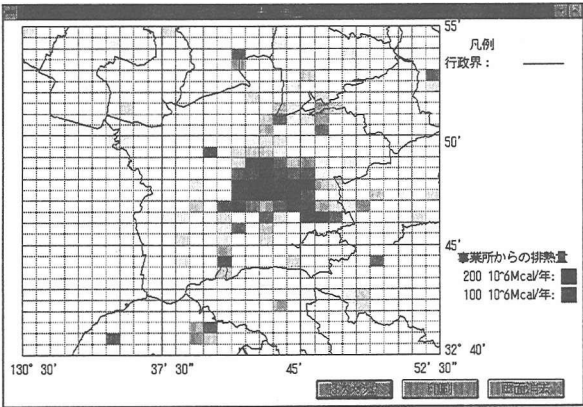
図4(b)～(d)はそれぞれ家庭、事業所、自動車交通の人工排熱分布に、行政境界を重ねて表示した画面である。これらの図から熊本市の人工排熱の面的な分布状況を見ることができる。熊本市の場合、家庭からの排熱は比較的広範囲に広がっていることがわかる。一方、事業所からの排熱は市の中心部の狭い範囲に集中している。自動車交通による排熱は路線に沿って分布しているが、特に市の中心部の排熱量が大きいことがわかる。熊本市は現在、自動車の増加に対して道路整備が不十分なため、特に中心部での慢性的な渋滞が問題になっている。新交通システムの導入や通過交通のための道路整備等によりこの問題を改善することで、市中心部の自動車交通による排熱の低減化が期待される。



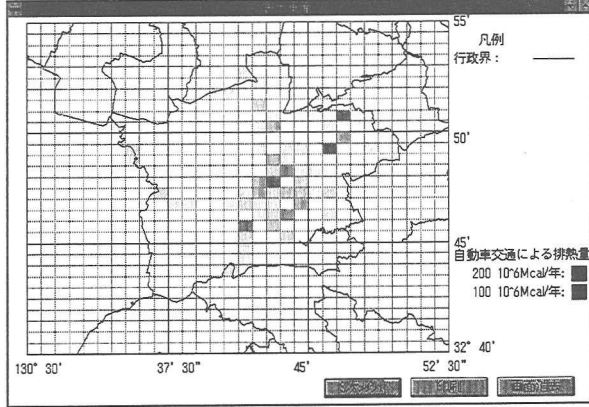
(a) 人工排熱表示のメニュー画面



(b) 家庭からの人工排熱



(c) 事業所による人工排熱



(d) 自動車交通による人工排熱

図4 熊本市のエネルギー消費分布を表示

3.3 熊本市の熱環境評価

ここでは熱環境指標となる既存データ^{9)、10)}、気象観測データ、衛星データをシステムに取り込み、熊本市の熱環境を評価した。これらの情報を表3に示す。この他に数値シミュレーションによる解析も有用な情報であるが、本研究では行っていない。

各情報を表示した画面を図5に示す。これは熊本市の熱環境を診断したいわゆる「熱環境カルテ」と考えることができる。これをもとに熱環境の現状を把握することができるが、次の段階では図1で示したような3.1および3.2の情報との関連づけを導入することによって、簡易で有用な熱環境対策の評価が可能である。

3.4 解析システムの評価と今後の課題

本システムは熱環境解析に必要な情報や指標を集約し、必要に応じて情報を加工し表示できる段階である。今後、表1に示したような具体的な対策とその効果を評価するためには、各情報間の関連づけをさらに導入していく必要がある。その一つとして、精密なモデルに必ずしも固執せずに経験式等を最大限に活用することも有効な手段である。計算時間の問題はあがるが、さらに数値シミュレーションモデルを取り込むことができれば、一つの解析システム上で、まず簡単に評価し、次に必要に応じて詳細に評価するといった利用も可能である。

4. おわりに

本研究では、都市の熱環境評価のための解析システムの構築を試みた。現時点では、熱環境の解析に必要な情報を整理・統合し、必要に応じて情報を加工し、表示する段階である。今後さらに、経験式等の導入による各情報間の関連づけ、計算手順の改善、情報の収集、「都市熱環境カルテ」の完成等の改善を図ることににより、都市熱環境解析エキスパートシステムの完成を目指したい。

なお、本研究は平成8年度文部省科学研究費（奨励研究A）の援助を得た。

《参考文献》

- 1) (財)日本統計協会：地域メッシュ統計昭和60年国勢調査集計（磁気テープ）。
- 2) 同上：地域メッシュ統計昭和61年事業所統計調査集計（磁気テープ）。
- 3) (財)日本地図センター：数値地図250mメッシュ（標高）。
- 4) 同上：FDマップ（国土数値情報集約ファイル）。
- 5) (財)日本エネルギー経済研究所：民生部門エネルギー消費実態調査（家庭部門II）、平成6年10月。
- 6) 同上：民生部門エネルギー消費実態調査（事業所部門編I、II）、平成4年9月。
- 7) 熊本県：熊本県地球温暖化対策地域推進計画、平成8年3月。
- 8) 熊本県警察本部交通部交通規制課：平成5年度熊本市圏交通実態調査書。
- 9) 国立天文台編：理科年表 平成8年、丸善。
- 10) 熊本県：熊本県統計書 昭和44年～平成7年。

表3 解析システムに取り入れた熱環境指標

種別（情報源）	情報
既存データ （文献等）	月別平年気温・相対湿度・降水量 日最高・最低気温の月別平年値 月間日照時間の月別平年値 不快指数 暖房・冷房デグリーデー
気象観測データ （主に文献で得られない情報）	気温 湿度 風向・風速
衛星データ	LANDSAT輝度温度画像 NOAA輝度温度画像

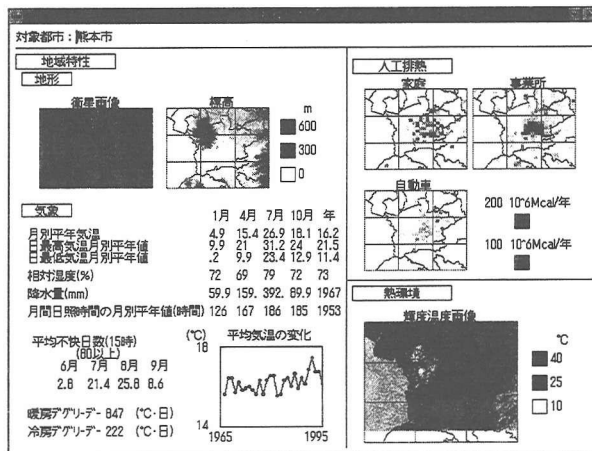


図5 熊本市の「熱環境カルテ」の表示