

数値モデルに基づく市街地温熱環境の解析
新潟県長岡市を対象とした土地利用データベースの作成と実測との比較

富永 禎秀* 飯野 秋成*

(平成14年10月31日受理)

Numerical Analysis of Thermal Environment in Urban Area
Case study for Nagaoka City using Detailed Land-Use Database

Yoshihide TOMINAGA and Akinaru IINO**

The outdoor thermal environment is affected by various factors, e.g. wind velocity, solar radiation, convective and radiative heat transports etc. Recently, there have been some attempts to develop the numerical method for predicting the outdoor environment incorporating the effects of these factors. In the numerical simulation of urban area, it is very important that the precise land-use data for boundary condition is provided. However, there are few detailed digital data except for metropolitan area.

In this study, a method is developed to establish a detailed digital database of land-use based on digital map and 1:2500 scale map. By this method, Nagaoka city is selected as a case study. Numerical results are compared with the field measurement and the accuracy of numerical methods developed here is demonstrated.

1. はじめに

近年、緑地や河川などの自然の要素を活かして市街地の温熱環境の改善に利用しようとする試みが各地で行われつつある。しかしながら市街地の温熱環境は、海陸風から市街地風までの様々なスケールの要素が複雑に絡み合って形成されており、数値解析による検討が有効である¹⁾。都市の温熱環境の数値解析を行う場合、正確な土地利用情報を境界条件に与えることが解析精度に大きく影響する。現在これに足りる数値情報としては国土地理院の細密数値情報があるが、整備されているのは大都市圏のみである。しかし、今後は地方都市においても数値解析を利用した温熱環境解析が必要となる場合も多いと考えられる。

よって本研究では、詳細な数値地図情報が整備されていない地域においても簡便に土地利用データベースを作成する手法を提案するとともに、新潟県長岡市を対象に本手法で作成した土地利用データを用いた数値解析を行い、実測結果・AMeDASデータと比較し、その有効性を検討することを目的とする。

2. 土地利用データベースの作成

2.1 電子地図を用いた土地利用の分類

Fig. 1 に示す新潟県長岡市の4km × 3kmの領域を対象とした。まず、対象市街地の電子地図

* 建築学科 助教授

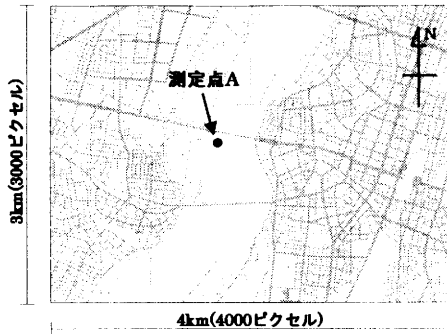


Fig.1 Region analyzed

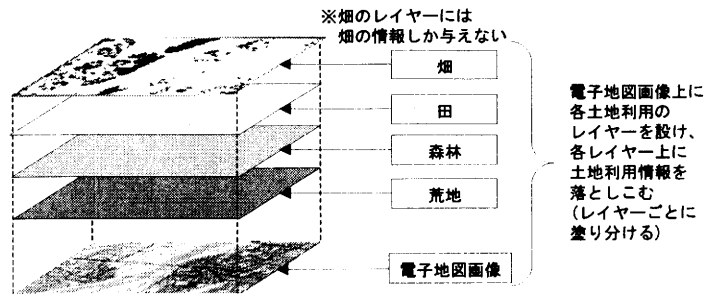


Fig. 2 Layers for different land-use

画像^{注1)}を4000×3000ピクセルで表す。この場合、1ピクセルが1m×1mのメッシュとなり、これが本データベースの最小情報単位となる。次にレイヤー機能を有する画像処理ソフト^{注2)}により、電子地図画像上に表1に示すような各土地利用に対応するレイヤーを作成し、1:2500国土基本図を基に各レイヤー上にその土地利用を示す領域を、電子地図画像をベースに手作業により着色する(Fig.2)。ここで、幹線交通用地・建物用地・河川に関しては電子地図上でレイヤー化されており、特に塗り分けの必要はない。

2.2 各レイヤーの画像データ化と

数値データ化

着色された各レイヤーをそれぞれビットマップ画像として保存することにより、Fig.3に示すような各土地分類ごとの画像データが出力される。次に、出力された画像データを数値データに変換する作業を行う。ビットマップ画像のピクセルデータをテキストに変換するソフトは、フリーもしくはシェアウェアとして容易に入手可能である。Fig.4に画像から数値への変換例を示す。この図では“1以外”が「幹線交通用地」を示し、“1”がそれ以外の用地として判別される。

各分類ごとに区分された領域に対応するコード(ここでは表1のNo.に対応)を与え、それを重ね合わせることにより、最終的な土地利用データベースが作成される。Fig.5にその一部を示す。作成されたデータベースは、このように1m×1mのメッシュに対して一つの土地利用分

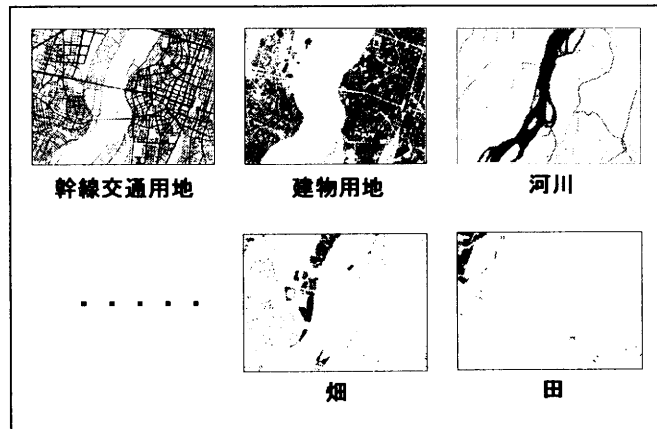


Fig.3 Land-use digital maps

Table 1 Classification for land-use

No.	レイヤー分類	国土基本図との対応
1	田	田
2	畑	畑、さとうきび畑
3	果樹園	果樹園
4	その他樹木畑	その他の樹木畑、桑畑など
5	森林	広葉樹林、針葉樹林など
6	荒地	荒地、笹地、湿地
7	公園	公園
8	その他の用地	特に記述されていない用地
9	建物用地	※電子地図画像より
10	幹線交通用地	※電子地図画像より
11	内水地	※電子地図画像より

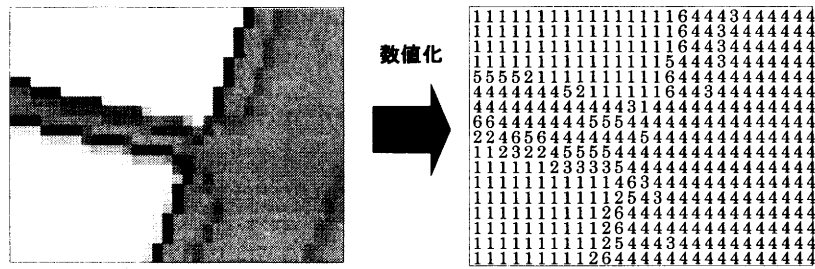


Fig.4 Transfer from pixel data to numerical data

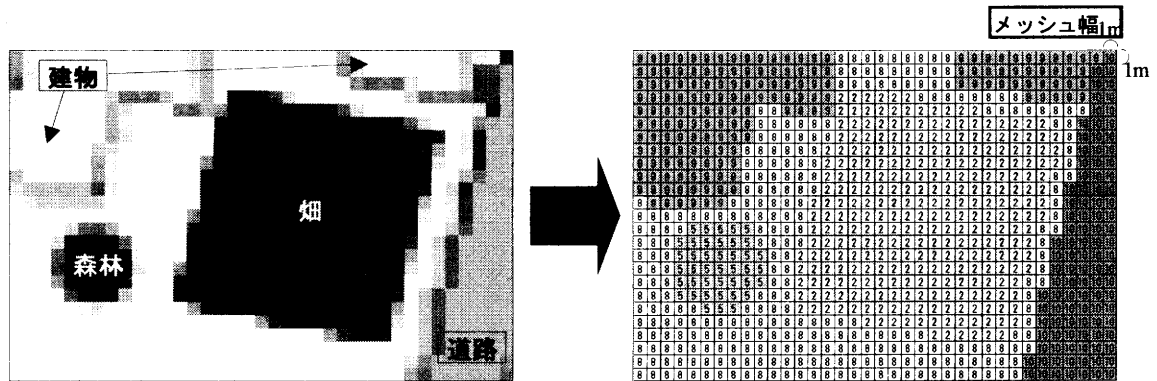


Fig.5 Example for land-use database

類が与えられるものとなる^{注3)}。

3. 作成した土地利用データベースを用いた市街地温熱環境解析例

3.1 解析概要

1) 解析モデル

Mellor-Yamada モデルのレベル2.5を用いた。実際の解析には、ヒートアイランド現象の解析とその対策技術の総合評価のために、筆者らを含む研究グループが開発した Software Platform³⁾ のメソスケール解析機能を利用している。

2) 解析領域・メッシュ分割

広域スケールにおける風速・温位などの変動を解析目標である市街地の温熱解析結果に反映させるため、Nesting手法によるメソスケール解析を行った。Fig. 6にNesting領域を示す。新潟県全域のGrid-Aから最終対象市街地であるGrid-Cまでの3段階Nestingとした。Grid-CはFig. 1で示したデータベース作成領域と同一である。メッシュ分割を表2に示す。

3) 計算条件

Grid-Cの領域において市街地の温湿度分布の実測を行った2001年7月30日、31日を計算対象とした。計算はその前日である29日の午前0時からスタートし、31日の午後6時までの66時間の時間積分を行った。風速の初期条件としては、対象日の気圧配置から地衡風を求め、領域上端で南西の風4.0m/sとし、鉛直分布は1/4乗則を仮定した。温位に関しては実測結果を用いて与えた^{注5)}。側面境界条件は、Grid-Aは風速を初期値固定、温位を勾配ゼロとし、Grid-B,Cは

上位Gridの結果より与えた。

4) 土地利用メッシュデータ作成

地表面条件となる土地利用メッシュデータは、Grid-A, Bにおいては国土数値情報の土地利用データ(1kmメッシュ)を用いた。Grid-Cにおいては前述の土地利用データベースを用い、計算メッシュにおける土地利用分類の面積割合に対し、Table 3のパラメータを面積加重したものを与えた。

3.2 計算結果の検証

1) AMeDAS データによる比較

Fig. 7に7月30日14時の地上高さ10mにおける風速ベクトルの計算結果と同日時のAMeDASデータの比較を示す。解析結果は海から内陸へと向かう海風を良く再現している。Fig. 8に長岡市における30日6時から31日5時までの風速ベクトルの時系列変化を示す。ここで、解析結果はAMeDAS観測点の座標を含むメッシュの値を用いている。AMeDASデータでは日中は北よりの風となり、夜間は南よりの風が観測されているが、解析結果はこれに概ね対応している。特に日中における北西からの風を良く再現していることが分かる。

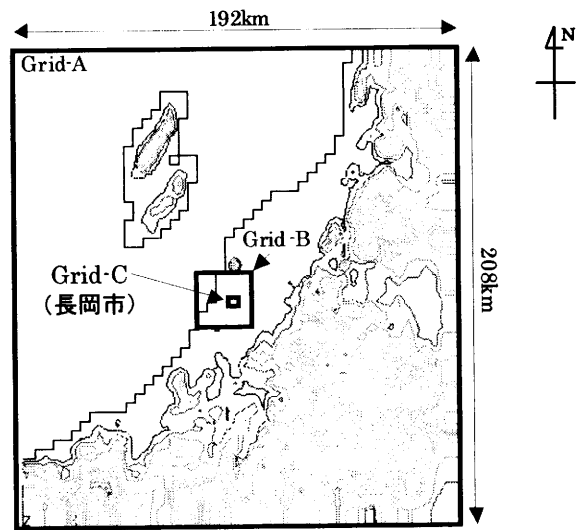


Fig.6 Nesting grid used

2) 実測結果との比較

Fig. 9に、河川付近(Fig. 1中のA点)における7月30日9時から21時までの温度・相対湿度の時系

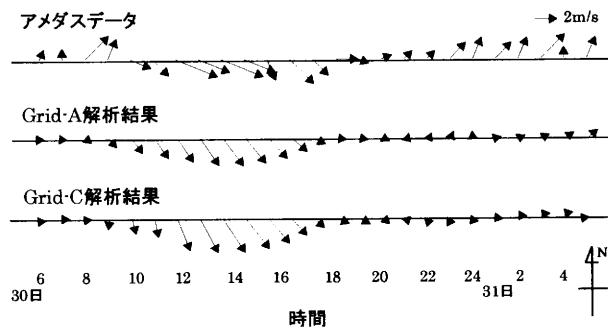
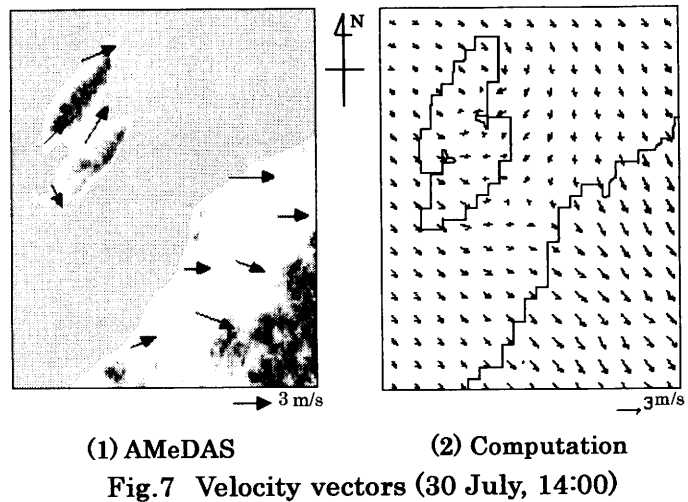
Table 2 Computational region and grid discretization

Grid	解析領域範囲 (X×Y×Z)	メッシュ分割数 (X×Y×Z)	水平方向メッシュ幅 (等間隔)
Grid-A	192km×208km×5km	48×52×20	4km×4km
Grid-B	40km×40km×5km	80×80×20	500m×500m
Grid-C	4km×3km×5km	80×60×20	50m×50m

Table 3 Surface parameters

土地利用分類	アルベド	粗度 [m]	熱拡散係数 [m ² /s]	容積熱容量 [J/(Km ³)]	蒸発効率	人工排熱 [W/m ²]
水田	0.10	0.10	0.67×10 ⁻⁶	3.0×10 ⁶	0.6	0
畑	0.20	0.02	0.40×10 ⁻⁶	2.0×10 ⁶	0.3	0
果樹園	0.15	0.30	0.30×10 ⁻⁶	1.8×10 ⁶	0.4	0
その他の樹木畑	0.15	0.20	0.30×10 ⁻⁶	1.8×10 ⁶	0.3	0
森林	0.10	1.00	0.15×10 ⁻⁶	2.0×10 ⁶	0.3	0
荒地	0.25	0.10	1.40×10 ⁻⁶	1.9×10 ⁶	0.4	0
建物用地	0.13	1.00	2.30×10 ⁻⁶	2.1×10 ⁶	0.0	50
幹線交通用地	0.25	0.10	2.00×10 ⁻⁶	2.0×10 ⁶	0.0	4
その他の用地	0.25	0.10	1.00×10 ⁻⁶	2.0×10 ⁶	0.3	0
内水地	0.07	0.001	0.60×10 ⁻⁶	4.0×10 ⁶	1.0	0
海浜	0.20	0.001	0.74×10 ⁻⁶	2.9×10 ⁶	0.6	0

列変化の実測との比較を示す。ここで解析結果はGrid-CにおいてA点に対応するメッシュの値である。なお実測の測定高さは1.5mであり、解析結果の高さは10mのものである。気温については夜間においてやや高めであり、相対湿度は全般的にやや高めに評価しているが、実測値と解析値の傾向は概ね一致している。



3.3 河川の温熱環境緩和効果に関する検討

Grid-Cの市街地内を流れる河川の温熱環境緩和効果を検討する目的で、河川が存在するケース(現状)と河川を荒地に変更したケースを比較した。Fig.10に両ケースの30日14時の気温水平分布を示す。河川が存在する場合には河川よりもやや南東側において温度の低い領域が生じている。これはFig.8に示した北西の風による移流効果であると考えられる。今回の条件では、河川の市街地冷却効果は認められるものの、その範囲は比較的狭いことが分かる。このように、本研究で作成した土地利用データベースを数値解析に用いることにより、市街地スケールでの環境変化を容易に把握することが可能となる。

Fig.8 Time development of velocity vectors (30-31 July, AMeDAS point at Nagaoka)

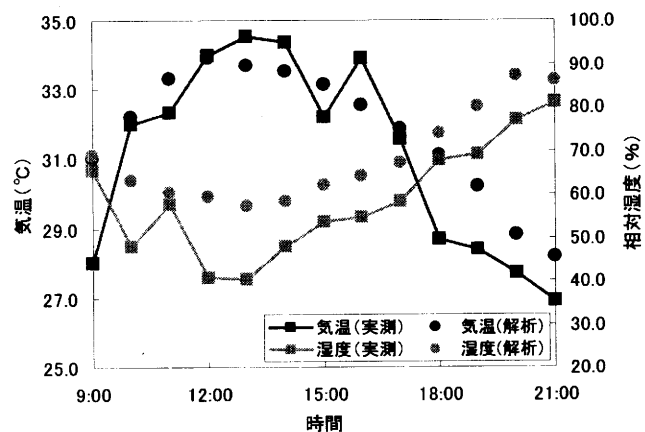


Fig.9 Temperature and relative humidity (30 July, Point A in Fig.1)

4. 結論

- (1) 詳細な数値地図情報が整備されていない地域において、温熱環境解析に必要な土地利用データベースを簡易に作成する手法を提案した。
- (2) 本データベースと流体解析モデルを利用して、新潟県長岡市を対象とした市街地温熱環境解析

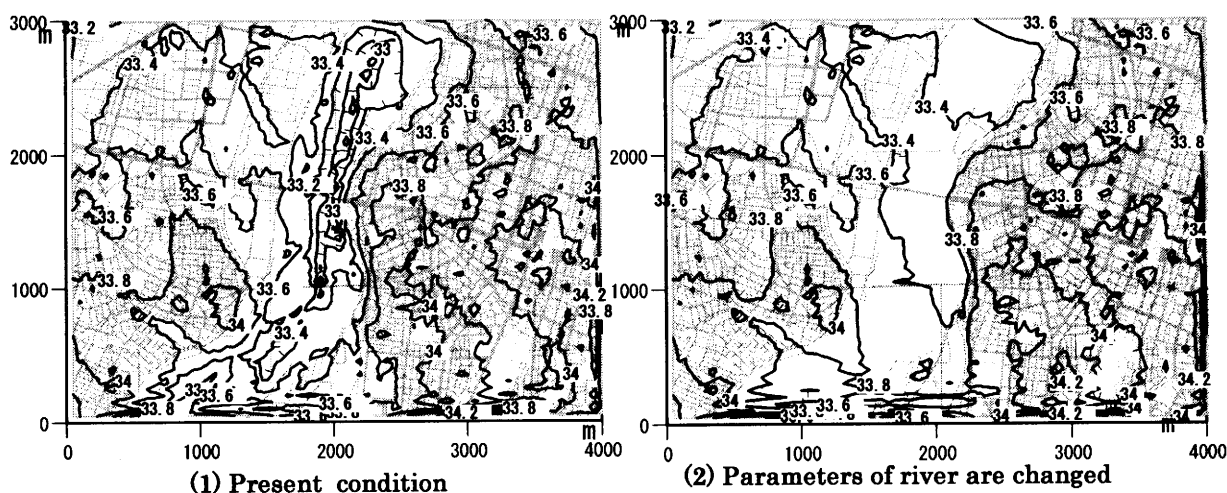


Fig.10 Effect of the Shinano river on temperature field
(30 July, 14:00, [°C])

を行った結果，AMeDAS 観測データや実測結果と良く一致し，本手法の有効性が確認できた。

(3)また本手法を用いて，河川が市街地温熱環境に及ぼす影響に関するケーススタディを行い，その利用可能性を示した。

注1)「ゼンリン電子地図帳Z IV」を利用した。

注2)「Adobe PhotoShop 5.5」を用いた。

注3) 尾島らは土地利用図を用いた同様の熱環境評価データベースの構築手法を提案している²⁾。本研究では土地利用図よりも詳細に建物・土地利用分布を把握できる電子地図及び国土基本図を基礎資料としたデータベースの作成を行った。

注4) 本解析では全てのGridで静水圧近似を用いている。Grid-Cのメッシュ幅は50m×50mであり，このような小さなスケールにおいて静水圧近似を用いることには問題があるとの指摘もあるが⁴⁾，今回のGrid-Cの領域は地形の高低差がほとんどないことから，静水圧近似を用いることの誤差はそれほど大きくないと考えられる。非静水圧モデルの導入については今後の課題としたい。

注5) 温位は実測値の日平均気温より標高0mで28.5°C，鉛直温位勾配には6K/kmを与えた。初期水蒸気分布は地表面での相対比湿を70%とし，高さ3kmまではMcClatcheyの大気モデルに従い，高さ3km以上ではゼロとした。

謝辞

本研究は、当時本学大学院修士課程 後藤庸幸君の修士論文の一部として行われたものである。Software Platformの使用にあたっては、慶應義塾大学・村上周三教授，東北大学大学院・持田灯助教授，(株)富士総合研究所・島田昭男氏をはじめとする開発グループ各位のご協力を頂いた。また実測に際しては，当時新潟工科大学学部生・北郡万人君をはじめとする富永研究室，飯野研究室の学生にご協力を頂いた。なお本研究の一部は，(財)内田エネルギー科学振興財団の平成14年度試験研究費の助成により行われた。記して謝意を表す。

参考文献

- [1] 例えば，武若，池田，平山：数値モデルによる都市内河川の大气冷却効果のシミュレーション，土木学会論文集，No. 479/ II -25, pp. 21-30, 1993
- [2] 季，高，尾島：土地利用図を用いた都市の熱環境評価手法に関する研究，日本建築学会計画系論文集，第530号，pp. 73-78, 2000
- [3] 近藤，村上，持田ら：ヒートアイランド現象の解析とその対策技術の総合的評価のためのSoftware Platformの開発(その2)，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp. 1101-1102, 2000
- [4] 近藤：水環境の気象学，朝倉書店
- [5] ゼンリン電子地図帳Z IV全国版，株式会社ゼンリン