

メソスケール気象モデルによる上海周辺地域における熱環境シミュレーション

白 迎玖¹・一ノ瀬 俊明²・太田 一行³

¹正会員 東北公益文科大学公益学部助手 (〒998-8580 山形県酒田市飯森山三丁目 5-1)

²正会員 国立環境研究所地球環境研究センター主任研究員 (〒305-0053 茨城県つくば市小野川 16-2)

³非会員 慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科修士課程 (〒252-8520 神奈川県藤沢市遠藤 5322)

発展途上国の巨大都市において、悪化の著しい熱環境を改善する意図を念頭におき、中国の最大都市である上海を対象として、メソスケール気象モデルによる夏季静穏日の地上気温及び地上風系の数値シミュレーションを行った。また、急激な都市の発展が都市熱環境に与える影響を把握した。都市熱環境の改善には、人工排熱の削減より都市部の緑化促進などの土地被覆改善の方が有効であることが確認された。

Key Words: Shanghai, thermal environment, numerical simulation, meso-scale model

1. はじめに

近年、中国および東南アジアの発展途上国における急速な経済成長に伴い、それら各国の多数の大都市で都市ヒートアイランド (UHI) 現象に象徴される都市の暑熱が問題となっている¹⁾。先進国の経験に照らせば、今後も急速な経済成長が見込まれているアジア地域において、この問題は一層顕在化することが予想される。

中国最大の商工業都市である上海においては、1990年代以降改革開放経済のもとで急激な開発が進行している。それに伴って年平均気温が上昇し、すでに UHI 現象が上海の都市気候の一つの特徴になっていることが指摘されている²⁾。上海では夏季の暑熱に伴い、衛生環境の悪化、大気汚染の激化、集中豪雨、夏季のエアコン使用によるピーク電力需要の先鋭化など、様々な問題が生じている³⁾。さらに、近年暑熱による発病や死亡の事例が急速に増加している^{4,5)}。これらの背景から、発展途上国アジアにおける都市熱環境の研究を積極的に行い、暑熱の緩和を図ることが緊急の課題である。

これまで主に先進国における事例研究により、都市熱環境変化の要因である地表面被覆、人工排熱がそれぞれどの程度地上気温や地上風系に寄与しているのかについて、多領域での数値シミュレーションによる定量的な

研究が行われている⁶⁻⁹⁾。例えば、日本では1990年代からメソスケールやさらに小さいスケールでの数値シミュレーションによる研究が飛躍的に進んでいる¹⁰⁾。都市熱環境における数値シミュレーションは有効な手法であり、これまでも多くの分野から相当数の研究報告がある¹⁰⁾。中国・上海をはじめとする発展途上国アジアの大都市における都市熱環境研究は、地上気象観測データ、人工排熱データや土地利用データなどが十分に整備されていない (もしくは公開されていない) ので、気象モデルを用いた地上気温場の定量的な解析、あるいは暑熱の抑制に関する研究例が非常に少ない。最近、大岡ほか¹¹⁾は発展途上国アジアの大都市を対象にした気象モデルによる数値シミュレーションを行っているが、現地における基礎データが不十分なことから、モデルの有効性の向上や結果の検証が容易ではない。また、李ほか¹²⁻¹³⁾は都市計画図による土地利用メッシュデータベースを作成し、それを用いた上海における熱環境シミュレーションを行ったが、都市計画図は土地利用図ではないので、シミュレーションにおける対象地域の範囲や入力データの精度が限られている。

このような背景のもと、本研究では、経済力や技術力などの理由で UHI の地上気象観測技術が不十分な発展途上国に対して、全地域の熱環境を総合的に捉える数

値シミュレーションによる UHI 現象の変化とその予測を把握するのが有効であるかどうかを明らかにすることを目的とする。さらに、数値シミュレーションの結果を踏まえ、急激な発展が都市熱環境に与える影響を考察し、都市の暑熱を緩和するための対策のあり方を提示することを目指した。本研究においては、再現性が十分検証されたメソスケール気象モデルを使用し、発展著しい中国の最大都市である上海市周辺地域を対象として、地表面被覆及び人工排熱の変化のシナリオにより、地上気温場及び地上風系の将来予測を行った。具体的には、ランドサット TM データにより各土地利用種別面積のメッシュデータを算出した。次に、上海における各区ごとの人工排熱データを 2km メッシュに編集した。そして、夏季に限定した数値シミュレーションを行い、地表面被覆の改変及び人工排熱がどの程度都市気温上昇に影響するかを解析した。

2. 研究対象地域

上海は北緯 31° 14'、東経 121° 29' の長江下流デルタ地帯に位置し(図-1)、人口(上海市に所属する 16 の直轄行政区(市内の 10 の行政区と近郊の 6 区)および 4 つの県を合わせた)は 1370.75 万人であり、面積は 6340.5km² に及ぶ中国最大の都市である。このうち、市街地(上海市内、図-1 を参照)の人口は約 783 万人で、面積は約 750km² である¹⁴⁾。

上海の気候は亜熱帯に属するモンスーン気候である。年平均気温は 15.8℃で、一月の月平均気温は 3.7℃で、七月の月平均気温は 27.8℃である¹⁴⁾。筆者らは 1997 年 6 月から上海市に自動気象観測ステーションを設置し、3 年間にわたる地上観測を行った¹⁵⁾。風が強い 3、4 月以外は、一年中風の弱い晴天の夜間に UHI 現象が発生していることがわかった。特に、秋季から冬季にかけてヒートアイランド強度(都心部と郊外の気温差)が大きいことが確認された。例として、1999 年 1 月、8 月、10 月および 1998 年 1 月、10 月におけるヒートアイランド強度の月平均値の時間変化を図-2 と図-3 に示した。

3. メソスケール気象モデルの概要

用いたメソスケール気象モデルは、鵜野¹⁶⁾及び Ichinose *et al.*⁶⁾が、Pielke¹⁷⁾を原型としたコロラド州立大学メソスケール気象モデル CSU-MM に対し、人工排熱や地表面物性値の入力などの改良を行ったものである。詳細はノ瀬ほか¹⁸⁾を参照されたい。

(1) 計算領域

海陸風などの局地循環を再現するために、十分な海面を含むよう配慮した。本研究における計算領域は、図-4(白い枠内の領域)に示すように東西方向 140km、

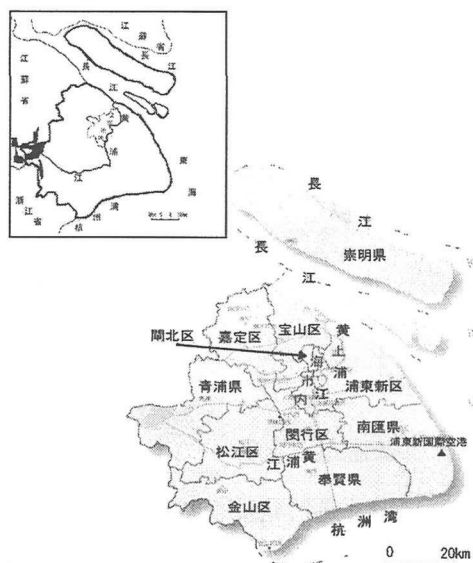


図-1 上海周辺の行政区分(文献¹⁴⁾により作成)

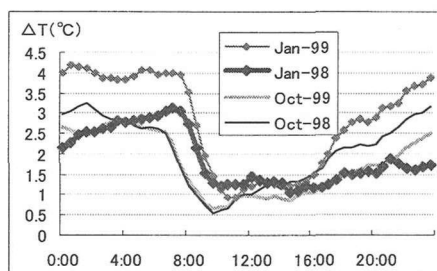


図-2 上海における秋季及び冬季のヒートアイランド強度(1998 年、1999 年)

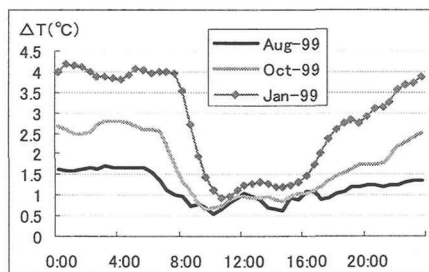


図-3 上海における夏季、秋季及び冬季のヒートアイランド強度(1999 年)

南北方向 124km とした。水平方向のグリッドは領域を 70(東西方向)×62(南北方向)に分割した 2km×2km メッシュのグリッドである。また、鉛直方向は大気 23 層(上空 8000m まで)、土壌 11 層(地中 50cm まで)である。

(2) 入力条件

都市における熱環境変化の要因は地表面被覆の改変及び人工排熱と考えられる。ここで、都市構造を代表する地表面パラメータと、人間活動を代表する人工排熱データをモデルに入力した。地表面パラメータは、アルベド、蒸発効率、地表面粗度、密度、比熱、熱拡散係数の6種類である。これらのパラメータは、畑、水田、果樹園・樹林、公園・緑地、荒地地、市街地、ニュータウン、交通用地、池・河川、湖、海面の11種類（上海には森林がない）の土地利用ごとに与えられている（表-1）。入力データはグリッド内の各土地利用種別の面積に応じて与えられたパラメータを加重平均することで計算した（本来は土地利用パラメータを加重平均するのではなく、顕熱、潜熱ごとにフラックスを計算してそれを加重平均すべきであるが、本研究で用いたモデルが古いので、モデルの構造はそうになっていない）。本研究では、グリッド内の各土地利用の面積は、ランドサット TM データ（2000年6月6日）により、土地利用を教師付き分類し（教師付き分類は、画像中の領域（トレーニングエリア）から推計される分類クラスの母集団統計量を用いて分類する方法である¹⁹⁾）、各土地利用別の面積データを2kmメッシュに編集したものである（図-4）。

地形については上海の地勢図（図-5）²⁰⁾ を利用し、そのままスキャナーで読み込んだものに2kmメッシュの網をかけ、ピクセルの色番号によるメッシュデータ（各グリッドの平均値）をテキストファイルとして出力したものをを用いた。

上海の人工排熱は筆者ら²¹⁾ による各区ごとの人工排

熱データを用いた。ここでは Arc info 及び Arc view という GIS ソフトを利用して前述の土地利用別データから各区ごとの市街地の面積を算出し、各区ごとの人工排熱の単位面積あたり原単位を推計した。それに2kmメッシュ単位での各区ごとのこれらの面積を乗じることにより、上海における各区ごとの人工排熱水平分布をメッシュデータに編集した（一ノ瀬ほか¹⁸⁾ の研究を参考にし、人工排熱の高度分布を考慮していない）。また、日本と違い、ホテル以外の一般住宅では通常暖冷房機器を使用していないこと、日常生活においては入浴しないことなどを考慮して、本研究では発生する人工排熱が季節によって異なることを度外視して計算した。人工排熱の時間変化の原因は主にエネルギー消費量の時間変化である。本研究では、一ノ瀬ほか¹⁸⁾ の東京都区部における人工排熱の時間分布曲線を参考にし、上海の都市生活パターンを考慮し、上海市における人工排熱の日変化率を推計した（図-6）。

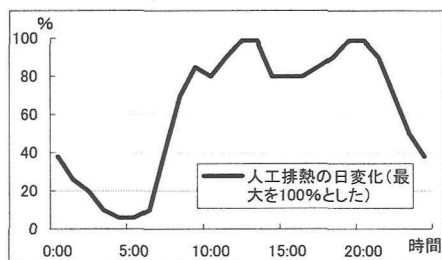


図-6 上海における人工排熱の日変化パターン
(最大を100%とした)

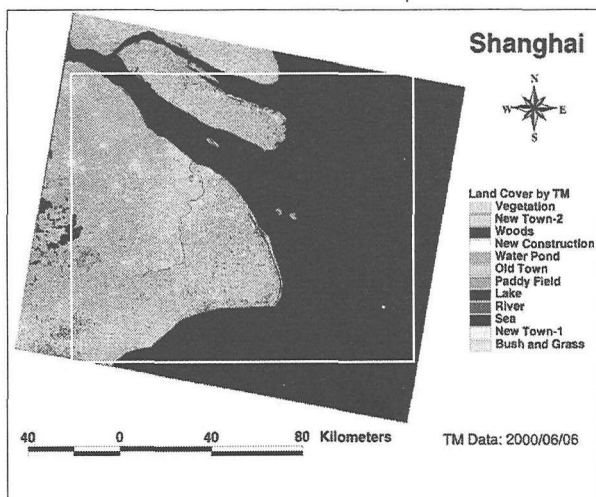


図-4 ランドサット TM データ（2000/06/06）により作成した上海における土地利用分類図（白い枠内の領域は本研究の計算領域）

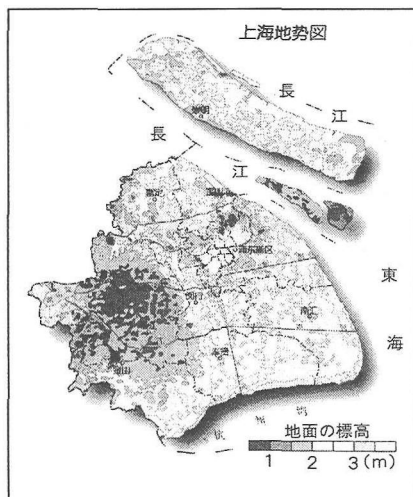


図-5 上海における地勢図
(文献²⁰⁾ により作成)

表-1 地表面パラメータ***

図-4に設定した土地被覆名	土地利用区分	アルベド	蒸発効率	粗度 (cm)	密度 (g/cm ³)	比熱 (cal/g/k)	熱拡散係数 (cm ² /s)	熱伝導率 (cal/cm/s/deg)
Vegetation	畑	0.17	0.30	100	1.8	0.28	0.0053	0.0027
Paddy Field	水田	0.17	0.50	100	1.8	0.28	0.0053	0.0027
Woods	果樹園・樹林	0.16	0.30	500	1.8	0.28	0.0053	0.0027
Bush and Grass	公園・緑地	0.16	0.30	500	1.8	0.28	0.0053	0.0027
Old Town and New Town-2*	市街地	0.18	0.05	500	2.4	0.21	0.0072	0.0036
New Town-1	ニュータウン	0.18	0.05	500	2.4	0.21	0.0072	0.0036
New Construction**	交通用地	0.18	0.05	500	2.1	0.21	0.0038	0.0017
Water Pond and River	池・河川	0.08	1.00	0.0001	1.0	1.00	0.0033	
Lake	湖	0.08	1.00	0.0001	1.0	1.00	0.0033	
Sea	海面	0.08	1.00	0.0001	1.0	1.00	0.0033	

* 図-4に示す土地利用図には市街地は「Old Town and New Town-2」として教師付き分類された。

** 図-4に示す土地利用図には交通用地は「New Construction」として教師付き分類された。

***従来研究と比較するために表-1の単位は従来単位系を用いた。

(3) 計算条件

前述により、本研究では上海における夏季に暑熱に関する様々な都市環境問題が深刻化することを重視した。地上観測データとの比較のため、解析対象日は1999年7月30日とした。計算は午前0時から始め、48時間分を行い、計算の安定する2日目の0時から24時まで24時間分の結果を解析する。また、数値計算の安定性を確保するため、計算間隔は10秒とした。0時における計算の初期条件を表-2に示す。

表-2 計算初期条件

解析対象日	1999/7/30
緯度	31.2° N
海面水温	296 K
海上の表面気圧	1000 hPa
地表面温度	299 K
地表面気圧	1010 hPa
温位の鉛直勾配	0.0055 K/m
相対湿度	91.0%
比湿	0.00001 g/kg
風向	SSW
風速	0.4m/s

4. モデルの現象再現性について

メソスケール気象モデルを用いた上海における熱環境シミュレーションに関する既存研究は存在しないため、当該モデルの有効性を検証することが必要である。

従って、モデルが現状をどの程度再現できるかについて検討を行った。具体的には、現状の土地利用に基づいたシミュレーション結果と実際の観測値を比較した。観測気温はDAVIS気象ロボット（アメリカ製）を用いて設置された自動観測ステーションによるものである。現地の実情により、この自動気象観測ステーションが市内に6箇所しかなく（図-7-1）、また、観測データが時間的に連続していない場合があるため、対象地域の全範囲では検討ができなかった。例として、1999年

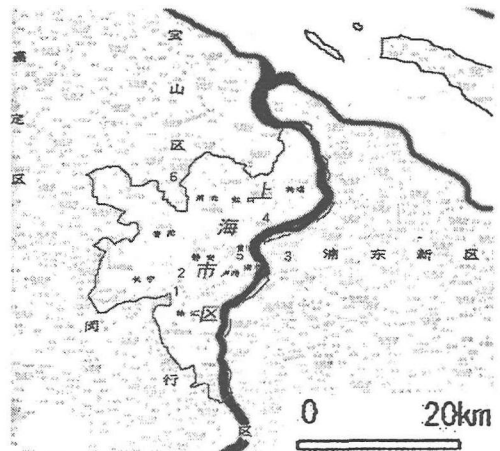


図-7-1 自動気象観測ステーション

(DAVIS気象ロボット)の配置図

(ポイント2:第5小学校;ポイント6:大場Dachang)

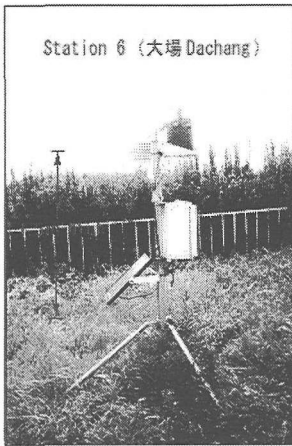


図-7-2 大場観測ステーションの風景

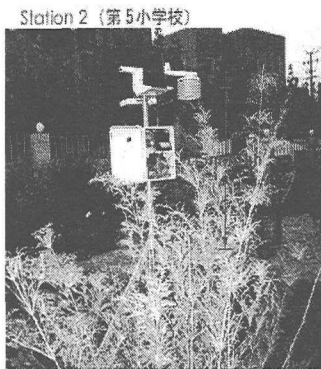


図-7-3 第5小学校観測ステーションの風景

5. シミュレーションの結果及び解析

(1) シミュレーションの結果及び人工排熱と地表面被覆の寄与

上海では1990年代に入り改革開放経済のもとで急激な開発が行われ、都市部ではエネルギー消費量が大幅に増大し、またコンクリート建築物や舗装道路の増加による蓄熱効果が著しくなっている。上海は21世紀における世界経済の成長の中心として注目されており、開発速度やエネルギー消費量は今後も増加し続けると予測されている。本研究では数値シミュレーションによる上海における地表面被覆の改変及び人工熱がどの程度都市気温上昇に寄与しているかを定量的に評価することより、熱環境改善策の基礎資料に供したい。前述のように、上海における暑熱を緩和する方策が求められているので、夏季の熱環境に関する解析を行うことは特に現実味を持っている。ここで、本研究は夏季に限定して解析を行った。人工排熱と地表面被覆の都市気温上昇に対する寄与を表-3に示す。

7月30日の計算結果と観測気温の時間変化を図-8（観測地点は図-7-1のポイント6：大場 DaChang）と図-9（観測地点は図-7-1のポイント2：第5小学校）に示した。大場観測点は都心部から離れている西北部にあり、周囲は広い特別用地（空地）のため建物がない（観測ステーションの風景は図-7-2に示した）。第五小学校は上海市内の文化街にあり、周囲には文化施設と低層住宅が混在している（観測ステーションの風景は図-7-3に示した）。日出前では計算気温が図-8の場合は高くなり、図-9の場合は低くなる。が、日没後の場合は全て計算気温が低くなっている。これはモデルでは考慮されていない観測地点における局地的な影響、または車や人間の通過による瞬間的な影響を観測値が受けていることが原因と考えられる。例えば、図-8の上海市第五小学校にある観測点については、朝7-10時に、まわりの建物の影響で日射量が足りない場合があるので、計算気温が高くなっている。一方、都心部から離れている空き地にある大（DaChang）観測地点の方が建物の影響が少ない。特に、各グリッド内の人工排熱の入力データは2kmメッシュ内の平均値であるので、市街地では、日没後計算気温が低くなっている。また、観測値は地上から高さ約1.5mの気温（観測地点の気温）であり、計算気温は2kmメッシュ内の平均値である。

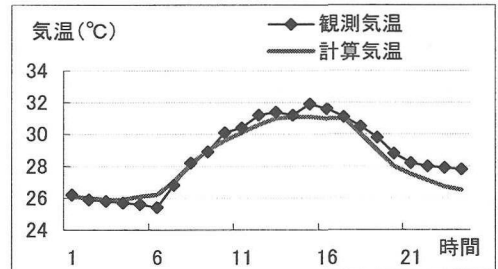


図-8 計算結果と観測気温の時間変化（1999/7/30）
（観測地点：大場 DaChang、図-7-1のポイント6）

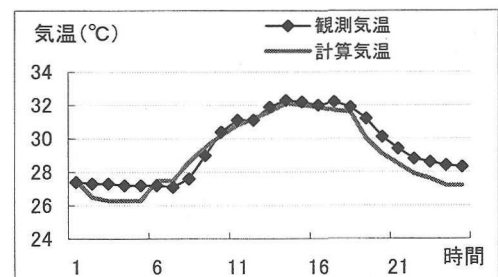


図-9 計算結果と観測気温の時間変化（1999/7/30）
（観測地点：上海市第5小学校、図-7-1のポイント2）

計算気温の水平分布図（図-10と図-11）を見ると、夏季の場合は、午後3時に市の中心、市の北部にある宝山区（重工業区、主に冶金工業と鍛造業が多く立地し

ている）、及び上海の南東にある新しい国際空港（1999年10月に開港、空港が海のそばに位置するので、地面が沈下することを防止するため、巨大な空港の周囲はコンクリートでおおわれている）が高温域になり、市の中心部と嘉定区（西北郊外）（現在、近郊の6区（浦東新区、閔行区、宝山区、嘉定区、松江区、金山区）及び4つの県（崇明県、青浦県、奉賢県、南匯県）は郊外という¹⁴⁾。図-1を参照）との気温差は約3℃であった。21時以後、高温域は在来の工業地帯であった閔行区、中心部、宝山区に現われ、21時に閔行区の気温と嘉定区との気温差が約2℃になった。これらの結果は観測結果^{22), 23)}とはば一致していた。図-10、図-11並びに他の計算結果を要約すると、上海周辺における熱環境の特徴として下記のことが指摘される。

- a) 早朝5時頃に都市の高温域（工業地帯であった閔行区）と都市の周辺部との気温差が顕著になる。
- b) 日中、都心部からその北西方向の宝山区にまで高温域が形成され、1999年10月に開港された「浦東新国際空港」が新しい高温域になっている。
- c) 夜間から早朝にかけて、高温域は都心部からその南西方向の閔行区に移動する。

一方、浦野ら⁹⁾によれば、東京では日中UHIの中心は海風によって内陸へ移動することが指摘されているが、上海の場合は、そういう結果は出なかった。観測結果から、上海の場合は海風（南風および東南風が吹く）が侵入すると、日中のUHIが消失することが確認された（例として図-12を示した）。上海の地勢が平坦（標高は1-4m、図-5を参照）で海風は上海の北西郊外まで進入しうることが理由として考えられる。

(2) シナリオによる比較

土地被覆を変化させることで都市内の緑化率を50%まで（現在上海市内の緑化率は約22%で、一人あたりの緑化面積は約5m²である¹⁴⁾）引き上げた場合（ケース①）、及び、現状の人工排熱量を50%に削減した場合（ケース②）を想定した熱環境シミュレーションを行った（表-4）。

表-4 シナリオの計算条件

シナリオ	地表面被覆	人工排熱
ケース①	都市内の緑化率を50%まで引き上げ	現状
ケース②	現状	人工排熱量を50%に削減

表-3 地表面被覆の改変と人工熱の都市気温上昇に対する寄与

夏季	地表面被覆の寄与	人工熱の寄与
日中（15：00）	約0.8℃	約0.5℃
夜間（21：00）	約1.0℃	約0.5℃

図-13及び図-14はケース①、②それぞれの場合の計算結果の例として、15時における気温分布を示すものである。シミュレーションの結果により、下記のことを指摘できる。

ケース①：都市内緑化率を50%まで引き上げた場合
都心部は日中に約0.8-1.0℃、浦東新国際空港は約2.0℃の気温低下がみられる。夜間は、都心部と空港の気温はともに約1.5℃低下した。また、都市内では緑化を促進した結果、風系も改変された。これは、緑化促進というアプローチから都市の暑熱を改善することができることを示している。特に、緑化促進による風系の改変はさらに高温を緩和することがわかった。

ケース②：人工排熱を現状の50%に削減した場合
都心部では夜間の気温は約0.5℃の低下がみられるが、日中気温はほとんど低下しない。一方、15時に「浦東新国際空港」の気温は約1.5℃低下した。これらの結果により、夏季の場合は、人工排熱を現状の50%に削減することより、都市部の緑化を促進した方が暑熱の改善策として有効であることが確認された。

6. まとめ

本研究においてはメソスケール気象モデルを使用し、上海市周辺地域を対象として、地表面被覆及び人工排熱の変化のシナリオについて、地上気温場及び地上風系の変化を予測した。高温域は在来の工業地帯であった閔行区、都心部、宝山区に現われ、さらに、浦東新国際空港の開港に伴い、空港の所在地は高温域になっている。本研究で示されたシミュレーションの結果から、都市の熱環境を改善するためには、人工排熱の削減より都市部の緑化促進などの土地被覆を改善する方が有効であることが確認された。

謝辞

本研究を進めるにあたり、ランドサットTMデータを用いて土地利用を教師付き分類し、グリッド内の各土地利用別の面積を算出する作業をご指導頂いた武蔵工業大学環境情報学部助教授の厳網林先生に厚く御礼を申し上げます。また、本稿を進めるあたり、査読者の方々から有益なコメントを頂いた。ここに記して感謝申し上げます。

なお本研究は、科学技術振興事業団戦略的基礎研究「都市ヒートアイランドの計測制御システム」（代表者：三上岳彦）の研究成果の一部である。

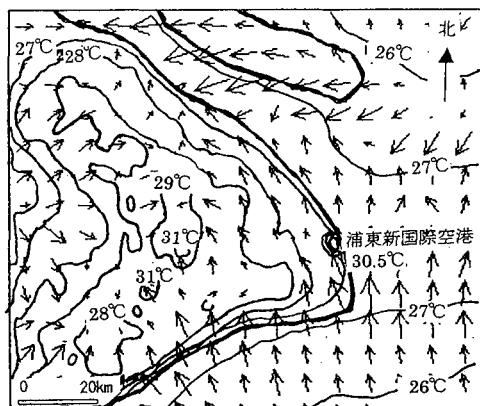


図-10 15時における気温分布と風向・風速の計算結果
(1999/7/30)

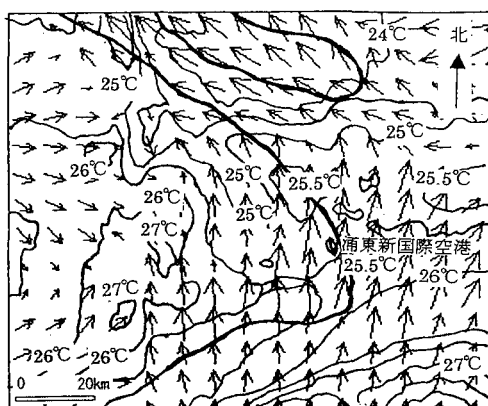


図-11 21時における気温分布と風向・風速の計算結果
(1999/7/30)

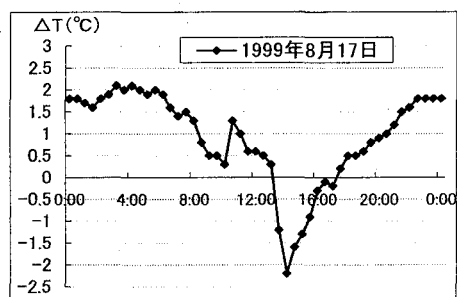
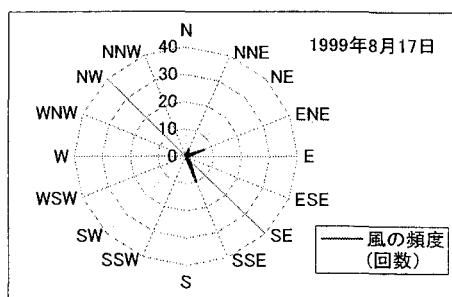


図-12 ヒートアイランド強度の時間変化と風向頻度 (1999/8/17、海風侵入の例、観測データより)



ケース①

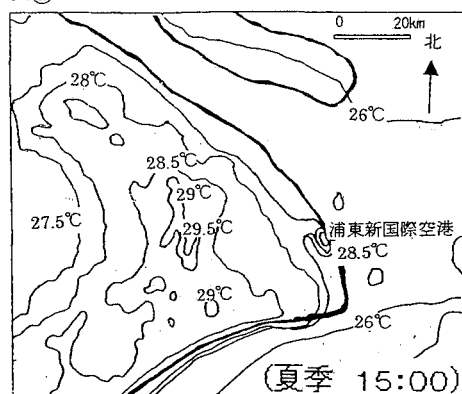


図-13 都市内の緑化率を50%まで引き上げた場合
15時における気温分布と風向・風速の計算結果

ケース②

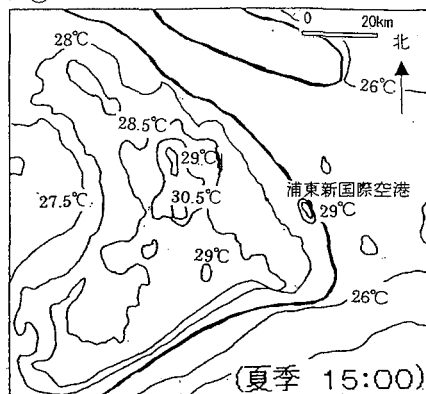


図-14 人工排熱を現状の50%に削減した場合
15時における気温分布と風向・風速の計算結果

参考文献

1) T. Ichinose (Eds.): *International Symposium on Monitoring and Management of Urban Heat Island* (In

Shonan Fujisawa Campus, Keio University, Nov.19-20), 35-51, 1997.

2) 上海市気象局・上海区域気象中心編: 天気気候 (Weather and

- Climate), 「上海気象」, Vol.1,3, 1998.
- (原文: Along with the development of the city, "heat island effects" has become clearer and clearer, and has been the most prominent characteristic of Shanghai.)
- 3) 丁 金才, 周 国良, 周 紅妹: 上海城市高温災害和氣候成因の初步研究, 大気科学研究と応用, Vol.23, 138-144, 1998. (中国語)
 - 4) 王 守榮: 氣候变化对我国社会經濟影響評估綜述, 『中国の氣候变化与氣候影響研究』, 気象出版社, 497-504, 1996. (中国語)
 - 5) 嚴 濟遠, 徐 家良編著: 上海氣候, 気象出版社, 第2章 氣候要素 (20-26) と第5章 氣候応用 (214-217), 1996. (中国語)
 - 6) T. Ichinose, K. Shimodozono and K. Hanaki: Impact of anthropogenic heat on urban climate in Tokyo, *Atmospheric Environment*, Vol.33, 3897-3909, 1999.
 - 7) H. Taha, S. Gabersek, S.J. Konopacki: Modeling the Meteorological and Energy Impacts of Urban Heat Island Control in the U.S., *EAP 1995 Annual Report: Buildings and Their Environment*, 74, 1995.
 - 8) 泉 岳樹, 岡部篤行, 貞広幸雄, 花木啓祐, 一ノ瀬俊明: 首都機能移転による熱環境変化の予測, 環境システム研究, Vol.27, 171-178, 1999.
 - 9) 浦野 明, 花木啓祐, 一ノ瀬俊明, 下堂菌和宏: 都市活動の立体的再配置による都市熱環境の制御に関する研究, 環境システム, Vol.27, 463-467, 1997.
 - 10) 一ノ瀬俊明: 環境システムとしての大気・熱環境研究の来し方行く末, 環境システム研究, Vol.28, 3-10, 2000.
 - 11) 大岡龍三, 村上周三, 持田 灯, 金 相璵: 数値気候モデルによるバンコクの局地風と都市温熱環境の解析, 第15回風工学シンポジウム論文集, 103-106, 1998.
 - 12) 李 海峰, 趙 鵬林, 高 偉俊, 尾島俊雄: 都市計画図による中国上海市の熱環境評価データベースの構築に関する研究, 1998 年度日本建築学会関東支部研究報告集, 261-264, 1998.
 - 13) 李 海峰, 高 偉俊, 尾島俊雄: 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—巨大都市の 50km 圏におけるケーススタディー, 日本建築学会計画系論文集, Vol.530, 103-106, 2000.
 - 14) 上海統計局編: 『上海統計年鑑 1999』, 中国統計出版社, 2000.
 - 15) 三上岳彦編: 科学技術振興事業団戦略的基礎研究「都市ヒートアイランドの計測制御システム」最終報告書, 2001 (印刷中) .
 - 16) 鶴野伊津志: 4次元データ同化手法による関東地域の局地循環シミュレーションと評価, 大気環境学会誌, 30, 6, 351-366, 1995.
 - 17) R.A. Pielke: A Three Dimensional Numerical Model of the Sea Breezes over South Florida, *Monthly Weather Review*, Vol.102, 115-134, 1974.
 - 18) 一ノ瀬俊明, 下堂菌和宏, 鶴野伊津志, 花木啓祐: 細密地理情報にもとづく都市気候数値シミュレーション地表面境界条件の高精度化, 天気, Vol.44, 785-797, 1997.
 - 19) リモートセンシング研究会編: 図解リモートセンシング, (社)日本測量協会, 206-207, 1992.
 - 20) 上海市地図編集委員会編: 『上海市地図集』, 上海地図出版社, 1997.
 - 21) 白 迎玖, 一ノ瀬俊明: 上海市における人工排熱について, 第28回環境システム研究論文発表会講演集, Vol.28, 329-337, 2000.
 - 22) 三上岳彦編: 科学技術振興事業団戦略的基礎研究「都市ヒートアイランドの計測制御システム」最終報告書, 2001 (印刷中) .
 - 23) 白 迎玖, 久保幸夫: 上海におけるヒートアイランド現象の計測—GPS 活用の試み—, 慶應義塾大学日吉紀要社会科学, Vol.10, 41-53, 2000.

NUMERICAL SIMULATION ON THERMAL ENVIRONMENT AROUND SHANGHAI

Yingjiu BAI, Toshiaki ICHINOSE and Kazuyuki OHDA

Numerical simulation on thermal environment was performed around Shanghai, the largest commercial and industrial city in China. A meso-scale meteorological model improved by the authors was applied to around Shanghai, covering the 140km×124km areas divided by 2km grid cells. The results showed that heat island intensity around Shanghai might reach 3°C at 15:00 and 2°C at 21:00 in calm and fine summer days. Simulations indicated that energy savings are available and helpful to urban thermal environmental mitigation; however, vegetation is more attributable to mitigation of urban heat island.