

LES モデルを用いた都市河川の風道効果・冷却効果に関する研究

愛媛大学大学院 学生会員 ○重谷祐樹 亀井祐紀

愛媛大学大学院 正会員 森脇亮

1. 背景・目的

近年ヒートアイランド現象が都市部では問題視されており、対策の一つとして「風の道」の導入が考えられている。ここで、都市河川は連続したオープンスペースを有しており、都市部における貴重な「風の道」として考えられている。さらに河川上の低温な空気が都市部へと伝わることによって見られる冷却効果も注目されている。そこで本研究では乱流解析モデル LES を用いて都市河川の風道効果と冷却効果について検討を行うことを目的とする。まず、数値実験により都市河川や河川周辺の都市部においての風の流れ方を解析し、都市河川においての風道効果について検討する。また、河川周囲に広がる都市形状の違いに注目し、その違いによって冷却効果にどのような特徴が表れるのかを検討する。

2. 研究方法

乱流解析には LES モデルをベースとし、大規模並列計算を可能にしたシミュレーションモデル(コード名 PALM¹⁾)を用いた。建物データの入力方法は GIS データ(ゼンリン地図データ「Z-mapII」)を用いて計算領域の建物情報データを抽出し、LES モデル用にフォーマット変換した。この際、建物高さは1階を4 m として変換した。また、同様に河川や学校のプールなど水が存在する領域を GIS データより抽出し、境界条件として与える顕熱フラックスを地表面と水が存在する領域それぞれに分けて与えることを可能にした。

3. 計算領域・境界条件

図1に計算領域を示す。計算領域としては、松山市湯渡町の湯渡橋を中心とする東西1152 m、南北576 mとし、この領域を2 m メッシュに区切った。鉛直方向には上空100 m までに設定した。境界条件は x , y 方向ともに周期境界、 z 方向は上下とも壁面で下部底面は no-slip 条件、上部壁面は slip 条件と設定した。実測値との比較には観測時の状況に合わせて風速を 0.9 ms^{-1} 、風向を北東、地表面での顕熱フラックスを観測時が夜間だったことから 0.03 Kms^{-1} として²⁾計算を行った。数値実験時には風速を 2.0 ms^{-1} 、風向を河川沿いの向きである西南西、日中であると仮定して地表面での顕熱フラックスを 0.3 Kms^{-1} とした³⁾。なお、これらの計算において河川領域での顕熱フラックスは 0.0 Kms^{-1} とする⁴⁾。

4. 結果と考察

図2に地上2 m での風速のベクトル図を示す。河道内での風は河川沿いに向いているものが多くを占めており風の道ができているといえる。それに対し、建物密集地での風の流れは複雑なものとなっており、比較的弱い風となっている。これより都市河川には風道効果があるといえる。図3に LES モデルによる計算結果と気温の実測値(亀井, 私信)を比較したもの、図4に気温の観測場所を示す。

なお、計算結果は観測場所と同じ場所のデータを抽出しプロットした。実測値に注目すると、河川付近では気温が低くなっており、市街地周辺になると気温が高くなっている。このことから、河川付近での冷却効果が示唆される。一方、計算結果でも湯渡橋の上で温位が低くなっていることを再現できている。したがって、

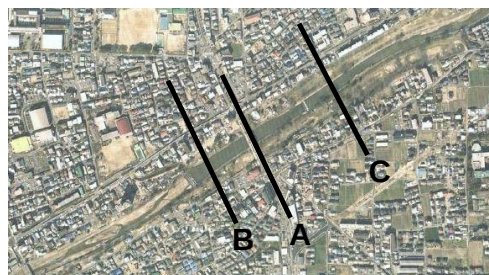


図1 計算領域

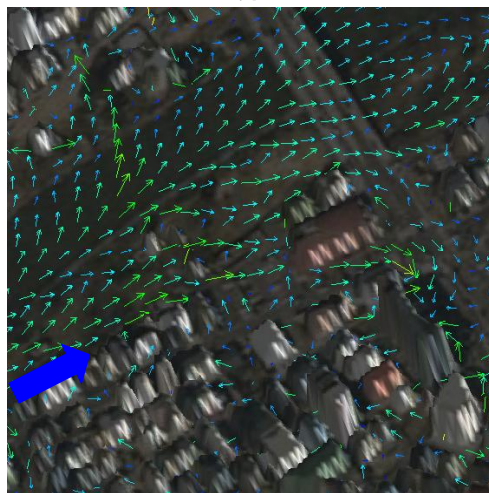


図2 地上2 mでの風速のベクトル図

計算結果からも河川からの冷却効果を確認することができ、LES モデルによる冷却効果の検討には妥当性があるといえる。

図 1 上に冷却効果の特徴の検討を行う断面の場所を示す。A 断面は街路、B 断面は河川の両岸が共に密な建物群、C 断面は右岸では密な建物群であり左岸では疎な建物群となっている。

図 5 に地上 2 m での温位を断面別にプロットしたものを示す。データの抽出箇所は A 断面では図 4 と同じである。B、C 断面では A 断面での抽出箇所をそのまま平行移動させたものとなっている。A 断面では B、C 断面に比べて温位の変動が少ない。これは冷却効果が街路を伝って市街地域へ広がっていくことによって温位が一様化した結果であると考えられる。B 断面と C 断面を比較すると、河川上では冷却効果によって共に低い温位となっているが、B 断面ではその両脇のオープンスペース内で温位が高くなっている。それに対し、C 断面では密な建物群が存在する右岸側では B 断面と同じように温位が高くなっているが、疎な建物群が存在する左岸側に関してはオープンスペース内で温位が低くなっている。B 断面では河川の両岸が密な建物群であるという状況から考えるに、両岸に開けた空間が存在しないので冷却効果の周辺への拡大作用が働かないことが影響し、河川の両脇のオープンスペース内で温位が高くなったと考えられる。C 断面の右岸側でも同じことがいえる。それに対し、C 断面での左岸の都市形状は疎な建物群であることから、河川上から左岸側へ冷却効果の拡大作用が働いた結果、オープンスペース内で温位の低下が生じたと考えられる。しかし、その冷却効果は市街地域になると見られなくなっていることから、冷却効果の拡大が建物により妨げられていると思われる。

図 3 実測値と計算結果

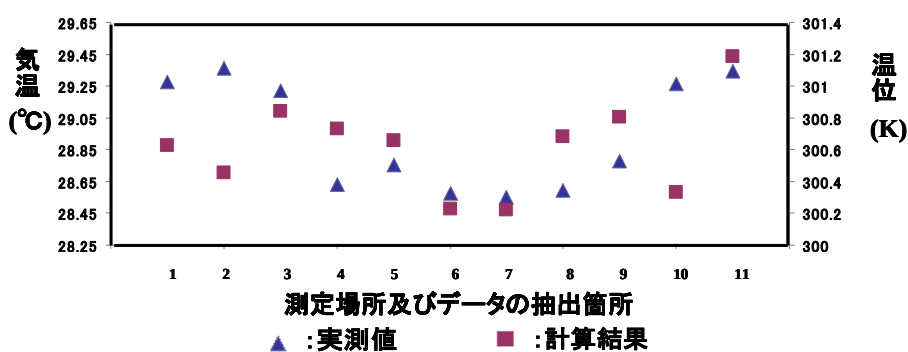


図 3 実測値と計算結果

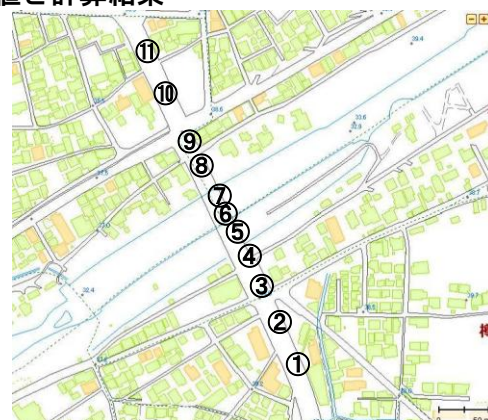


図 4 気温の観測場所

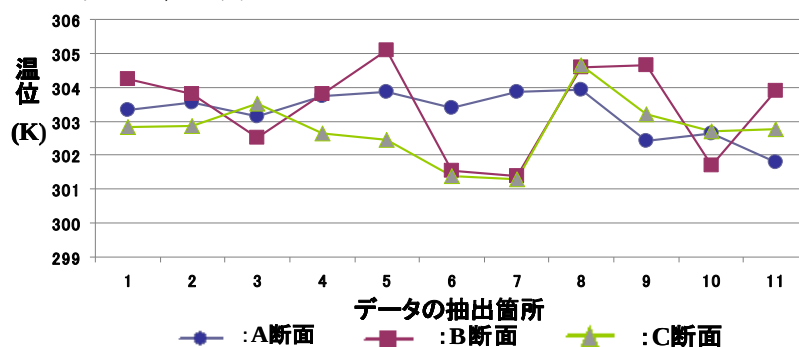


図 5 地上 2 m での温位

5. 今後の課題

今後は仮想の都市域を設定した上で、河川幅や街路幅、建物密集度などを変えることによる数値実験を行うなどして、冷却効果の特徴について更に検討を深めていきたいと考えている。

6. 参考文献

- 1) Hartmann, J., C. Kottmeier and S. Raasch, 1997: Roll Vortices and Boundary-Layer Development During a Cold Air Outbreak. *Boundary-Layer Meteorol.*, 84, 45-65.
- 2) 西本恵子, 清水雄二郎, 中曽裕次, 内藤望: 異なる地表面状態における熱収支の差異に関する研究 — 芝生面とコンクリート舗装面を中心に —
- 3) 近藤純正: 『地表面に近い大気の科学』, 東京大学出版会, 2000.
- 4) 菅原康之, 宮本仁志, 中山和也, 道奥康治: 揖保川水系における河川水温の流域観測と変動要因の解析