

HOTMACを用いた琵琶湖湖陸風の再現計算

広島工業大学工学部 正会員 石井義裕
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 玉井昌宏
 大阪大学大学院工学研究科 磯野知信

はじめに

琵琶湖湖陸風については、従来より観測が実施されてきているが^{1,2,3,4)}、その構造は明確になっていない。実測を補うべき数値シミュレーションについては、伊藤⁵⁾により近畿地方の広域海風に関してが行われている程度であり、湖陸風の解明を目的としたものは見当たらない。そこで、本研究ではHOTMAC (Higher Order Turbulence Model and Closure)を用いた三次元数値計算により、琵琶湖湖上風の構造を明らかにし、近畿地方全体の気流場との関連性について検討を行った。ここでは、AMeDAS データ(気象庁)との比較により計算精度を検証した。

計算の概要

HOTMAC の概要は T. YAMADA⁶⁾に詳しい。本研究では琵琶湖周辺の内陸や盆地など複雑な地形を高い精度で表現するとともに、広域海風など近畿地方全域の気流場を再現するために、ネスティング手法を用いた。図-1に計算領域を示す。外側の第1メッシュは、水平方向240km(東西)×320km(南北)である。鉛直方向領域には5, 10, 15kmと変化させて計算を実施した。水平格子間隔は8km, 鉛直方向は不等間隔で15~21層に分割した。内側の第2メッシュは水平方向82km(東西)×82km(南北)、鉛直方向5~15kmである。水平格子間隔は2km, 鉛直方向の分割は第1メッシュと同様である。上層の境界条件として、気象庁の高層気象観測⁷⁾データを用い、計算領域周辺の3観測点(湖岬、米子、輪島)の風向風速データを、図-2のように時間方向に線形内挿して1時間ごとのデータとし、計算

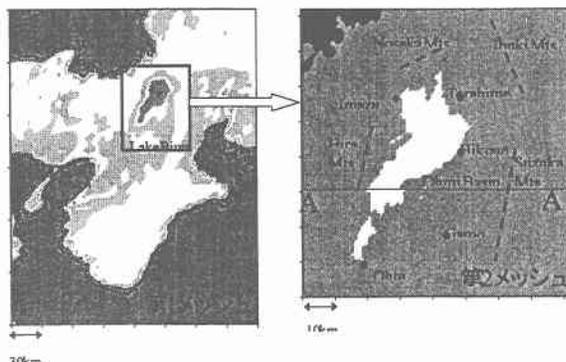


図-1 計算領域

に取り込んだ。

計算条件を表-1に示す。両日ともに気圧傾度が小さい夏季晴天日であり、湖陸風が発生しやすいと予想される状況になっている。

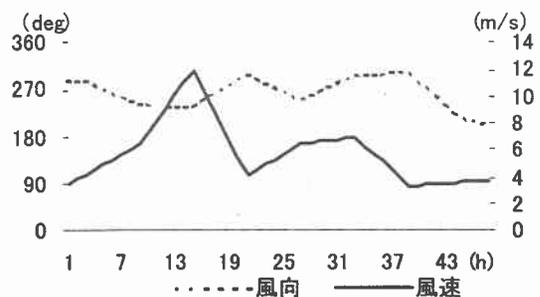


図-2 高層観測データ

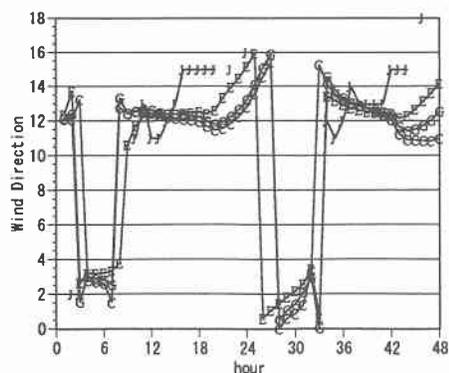
表-1 計算条件

| | |
|---------|---------------------------------------|
| 対象日時 | 1992/8/18-19 |
| 海面温位 | 298K |
| 琵琶湖湖面温度 | 299K |
| 海拔0m気圧 | 1010hPa |
| 初期風速 | 2m/s |
| 初期風向 | 西 |
| 計算時間 | 48時間 |
| 初期温位勾配 | ~1200m, 0.0045K/m 1200m~, 0.006K/m |

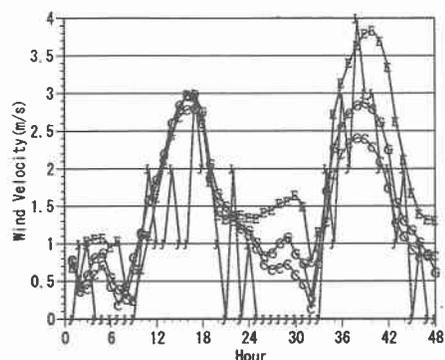
計算結果とAMeDASデータとの検証

図-3にアメダスデータとの比較を示す。計算結果の詳細については著者ら⁸⁾に詳しい。ここでは、琵琶湖沿岸の代表的な地点として、南小松(琵琶湖北湖西岸)について風向風速を示す。南小松では、昼間は東向きの風が、また夜間は西向きの風が発生している。一方、虎姫(北湖東岸)については紙面の関係上図面を省略(著者ら⁹⁾で発表予定)したが、南小松と逆位相の風が発生しており、琵琶湖東岸、西岸の湖陸風が再現されていることがわかる。風速については、比較的高層風の弱い第2日目の計算結果は実測結果より大きくなっている。しかしながら、全般的に計算結果はAMeDASデータの変動傾向を良好に再現している。

計算結果を評価する指標として、Willmot et al.の提案している指標を用いた。一致性インデックス d (index



風向



風速

図-3 アメダスデータとの比較 (南小松)

of agreement)は計算値と実験値との一致性を示す指標であり、式(1)により計算される。指標 d は計算値と観測値が完全に一致した場合には $d=1$ 、全く不一致の場合には $d=0$ となる。既往の研究では、0.6~0.7以上の値を取った

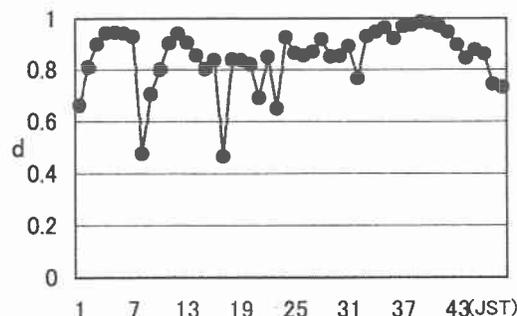
$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|P_i| + |O_i|)^2} \quad (1a)$$

$$P_i' = P_i - \bar{O}, \quad O_i' = O_i - \bar{O} = O_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n O_i \quad (1b)$$

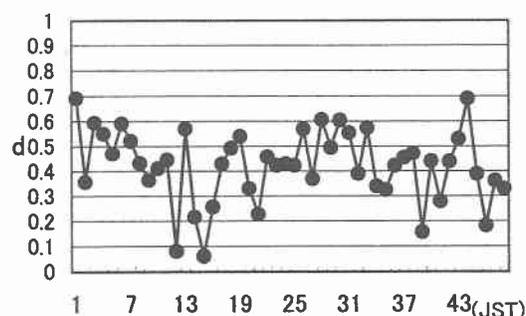
場合には、計算値と観測値の一致がよいとしている。

図-4に風向風速について琵琶湖周辺8地点に関する一致性インデックス d を示す。風向については、 d の値は概ね0.7以上の値を示しており風の向きについて良好な再現性があるといえる。一方、風速については、0.7以下の値となっており、風速の再現は困難であることがわかる。

夜間あるいは昼間でも比較的高層風の小さい条件下では、計算領域の上面境界を高くするほど、計算値が小さくなる傾向があることから、乱流境界層の高さに対して、計算領域の高さが不十分であることが予想される。しかしな



風向



風速

図-4 一致性インデックス

がら、計算結果とアメダスデータとの一致性については、場所と時間によってばらつきがあり、乱流境界層が比較的発達しにくい条件下での、乱流モデルの予測精度についても検討を加える必要がある。

参考文献 1) 八鍬利助(1927)：琵琶湖における湖風及び陸風に就いて、海と空、7、pp.121-134. 2) 中島暢太郎・後藤幸雄・井上治郎(1977)：琵琶湖周辺の気象(1)、京都大学防災研究所年報、20-B-2、pp.553-569. 3) 枝川尚資・中島暢太郎(1979)：琵琶湖周辺の気象(2)―琵琶湖北部の湖陸風―、京都大学防災研究所年報、22-B-2、pp.143-154. 4) 枝川尚資・中島暢太郎(1980)：琵琶湖周辺の気象(3)―湖陸風の鉛直構造―、京都大学防災研究所年報、23-B-2、pp.113-122. 5) 伊藤久徳(1995)：近畿地方の広域海風に関する数値実験、天気、Vol.42、pp.269-278. 6) Tetsuji Yamada(1981)：A Numerical Simulation of Nocturnal Drainage Flow, J. Meteorol Soc, Jpn., Vol.59, No.1, pp.108-122. 7) (財)気象業務支援センター：高層気象観測年報(1991-1995)、気象庁監修. 8) 玉井昌宏・石井義裕・磯野知信：琵琶湖湖上風の数値シミュレーション、水工学論文集、第45巻、pp.1231-1236、2001. 9) 玉井昌宏・石井義裕、琵琶湖湖陸風の数値計算、第53回土木学会年次学術講演会講演概要集、2001(印刷中).