

台風0418号通過時の厳島神社周辺における 地形性の強風を再現する試み

丸山 敬・石川裕彦・内田孝紀*・河井宏允・大屋裕二*

* 九州大学応用力学研究所

要 旨

台風0418号が通過した際に、厳島神社周辺では地形性の強風が発生し各種被害が起きた。また、過去にも同じようなコースを台風が進むときに、同様な被害を受けたことが報告されている。本報では、このような地形性の強風の実態を解明するために、数値シミュレーションにより台風通過時の厳島神社周辺における強風場を再現した。その際、メソスケールの気象場を解析できる PSU/NCAR MM5、および、LESを用いた狭域スケールの非定常・非線形風況シミュレータ RIAM-COMPACTを用いた。計算結果は実測値や被害の調査結果と比較し、精度や境界条件の与え方等、計算を行う際の問題点について検討を行った。また、計算結果から求めた最大風速分布は、建物や人的被害の分布と良く対応しており、強風被害予測の可能性を示した。

キーワード：数値シミュレーション、強風、厳島神社、台風0418号、MM5、LES

1. はじめに

広島湾に浮かぶ宮島には世界遺産で有名な厳島神社があり、Fig. 1 に示すような南側に標高 500m を超えるかなり急峻な山の麓の入り江の奥に位置している。これまで、厳島神社は台風による強風被害を幾度か受けており、近年では 1991 年の台風 9119 号および 1999 年の台風 9918 号によるもの、そして、本研究で扱う 2004 年の台風 0418 号によるものが挙げられる。これらの台風については気象状況、被害状況などが詳しく調べられ、花井ら (1992)、西村・谷池 (2001)、丸山ら (2005b) などにまとめられている。それらによると、厳島神社は台風の中心が九州に上陸し、日本海に抜けるコースをたどる場合に大きな被害を受けることが多く、その危険性が指摘されている。厳島神社周辺の強風被害に関して原因となる風の吹き方をみると、台風 9119 号では南側の谷筋を風が吹き降りた (花井ら, 1992)、台風 9918 号では被害の状況および風洞実験から、強い西風が吹いた (西村・谷池, 2001)、とされている。さらに、台風 0418 号ではビデオ映像や被害の状況、および目撃者の証言から、周辺の地形の影響を受けた複雑な

風が吹いていたことがわかっている (丸山ら, 2005b)。

本研究ではこの台風 0418 号を対象として、日本列島をほぼカバーする大スケールから、地形による局地的な風の乱流場を再現できる程度の小スケールにわたる数値シミュレーションを行い、台風通過時の強風場を再現した。計算結果は気象観測値や被害調査結果と比較し、広島湾の宮島周辺で強風被害が発生する場合の気流性状について検討を行った。

2. 計算手法

2.1 概 要

台風のシミュレーションには、メソスケールの気象解析・予測のために開発された PSU/NCAR MM5 (Dudhia, 1993) モデル (以後 MM5 と表記) を用いた。MM5 は音波を含む圧縮系の力学方程式系と、降水、放射、境界層、乱流、地表面過程を計算する物理モデルで構成され、客観解析データを入力として予測を行うことができ、これまでに多くの解析に適用されている (石川, 2005; 橋本ら, 2005 など)。それらによると、数百メートル程度の計算格子幅を持った解析領域に対して、十数分程度の時間平均値の

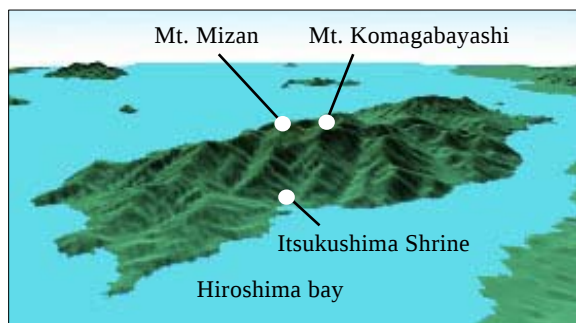


Fig. 1 Bird's-eye-view of Miyajima Island from the north

変化をほぼ現実的に予測することができる。MM5 による計算領域は Fig. 2 に示すように、ほぼ日本全域を覆う一辺 2160km 四方の広領域から順次範囲を狭くし、一辺 30.3km 四方の最も小さな解析領域まで 4 つの領域をネスティングさせた。

一方、宮島周辺では厳島神社付近の地形の影響を受けた局地的な強風場の解析を行うために、さらに小さな格子解像度をもった解析領域を設定する。ここでは、乱流モデルとしてスマゴリンスキーマモデルを用いた 0 方程式系のラージェディシミュレーション（以後 LES と表記）により乱流場の非定常計算を行った。

2.2 MM5による計算

MM5 の計算で用いた 4 つの解析領域において、水平方向の格子間隔はそれぞれ等間隔にとり、最も広い解析領域 1 では一辺 9km の格子を 240×240。領域 2 では一辺 3km の格子を 211×211、領域 3 では一辺 1km の格子を 91×91、最も小さい解析領域 4 では一辺 1/3km の格子を 91×91 用いた。鉛直格子は、台風では背の高い対流が立つことを考慮して上端を 50hPa、約 20000m とし、地表から上端までを 35 層に分割して下層ほど密な格子間隔とした。水平風速が計算される高さは、海面上では下層から 8, 36, 153, 137, 339, 456m ... である。気象データは、気象庁の 20km 格子領域客観解析値と 0.25 度格子の北西太平洋日別海面水温解析データを用いた。初期時刻は 9

月 6 日午後 9 時とし、一番外側の領域の境界条件のみ客観解析データを 6 時間ごとに与え、中間時刻の境界値は線型内挿した。計算領域内部での 4 次元データ同化は用いていない。海面温度は 9 月 7 日午前 9 時に切り替えた。また、ネスト領域間では内側格子の計算結果が外側格子の計算に反映される 2 way nesting を用いた。地面境界では USGS（米国地質調査所）の 30 秒格子の標高データ、および植生データ（都市を含む 25 分類）を用い、地表面過程の計算には Five-layer soil model を使用した。雲微物理過程には氷晶の数密度や霰まで考慮できる Reisner 2 スキームを使用した。放射過程には Cloud-radiation scheme を用い、デフォルトでは 30 分に 1 回放射計算を行うように設定されているが、台風の進行とともに雲域が移動することを考慮して、10 分間隔で放射計算を行った。大気境界層スキームについては Eta スキームを使用した。積雲対流パラメタリゼーションは使用していない。それぞれのモデルの詳細な説明はここでは行わないが、MM5 の解説 (<http://www.mmm.ucar.edu/mm5/documents/tutorial-v3-notes.html>) などを参照されたい。

2.3 LESによる計算

宮島の厳島神社付近における強風乱流場を解析するために、Fig. 2 d 中に示すような最小の解析領域をとり、LES による非定常計算を行った。計算は宮島付近で最も強い平均風速が観測された 14 時頃を対象とし、MM5 による領域 4 の計算結果をもとに、Fig. 3 に示すように地上付近の平均風向となる南風が流入境界面に直交するよう座標軸は北に向かって x 軸を、西に向かって y 軸をとった。計算領域の大きさは宮島を中心として南北 13km、東西 11km、水平面内の格子数は 151×151 で不等間隔直交格子とし、厳島神社付近で最小格子幅約 30m、周辺にいくにしたがって最大約 1400m まで変化させた。鉛直方向の格子点は標高に沿って配置し、高さ 2650m まで格子数 41。格子幅は地面付近で 1.8m、上方に行くにしたがって 260m まで大きくなる不等間隔格子を用いた。

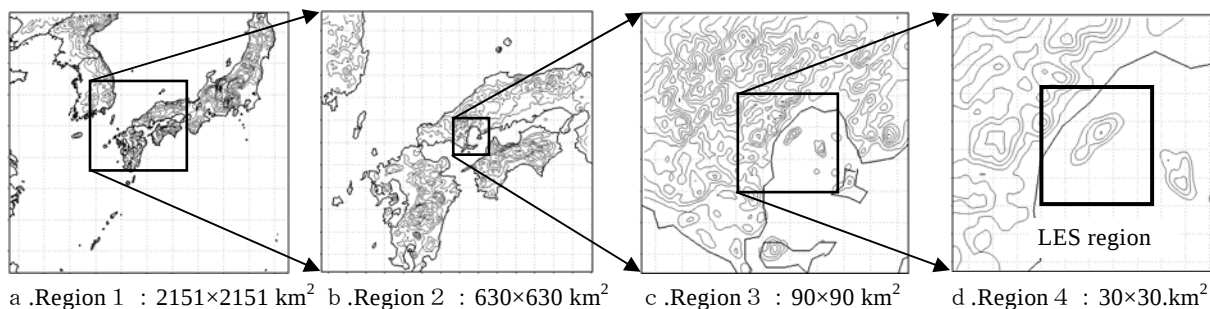


Fig.2 Calculation regions for MM5

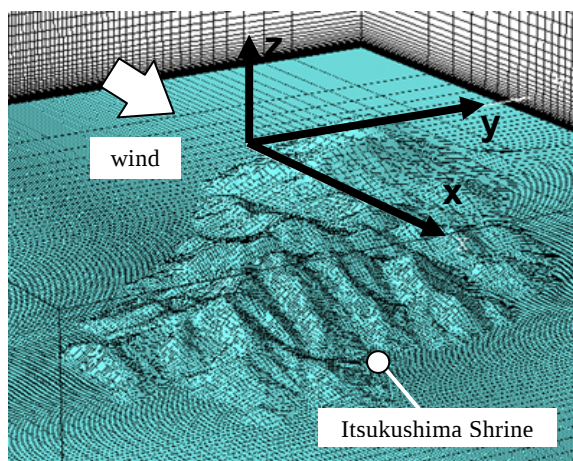


Fig.3 Calculation region for LES

変数配置は一般曲線座標に沿ったコロケートメッシュ系を用いた。標高は国土地理院の 50m メッシュデータをもとに与え、地表面境界ではノンスリップ条件を用いている。ただし、実際の計算は厳島神社南側の弥山の高さ 530m と、その高さでの流入平均風速を代表スケールおよび代表風速として、レイノルズ数 10000 で行っている。計算コードには狭域スケールを対象に、九州大学応用力学研究所で開発された非定常・非線形風況シミュレータ RIAM-COMPACT (内田ら, 2004) を用いた。

3. 計算結果

3.1 台風のシミュレーション

MM5 で再現された台風の経路と中心気圧を観測データと比較する。Fig. 4 のように経路は気象庁 best track よりもやや南よりかつ進行が遅れ気味で、広島周辺で強風が発生した時刻 12 時から 15 時では、計算された台風中心は 30 から 40km 程度、解析値よりも南西側となった。また、気象庁の解析では中心気圧が 12 時以降上昇しているが、Fig. 5 のように計算結果では逆に下がり、日本海上で発達した。

広島湾付近、広島地方気象台、呉の特別地域気象観測所および宮島消防署で観測された風向、風速、温度の台風通過時の変化を、MM5 の領域 3 の計算結果と比較すると Fig. 6 のようになる。計算値は観測地点と最も近い格子点の値を示してある。広島では風向変化は観測とよい対応を示すが、風速は計算結果が観測値の 5 割から 8 割程度大きくなり、気温も計算結果の方が低い値を示している。呉では風向と温度はよい一致を示しているが、風速は計算の方が大きくなる。広島地方気象台は海岸からは約 5km 内陸に位置し、周りにはビルが建ち並ぶ市街地の中にある。測器は高さ約 60m のビルの上に立つ観測塔の

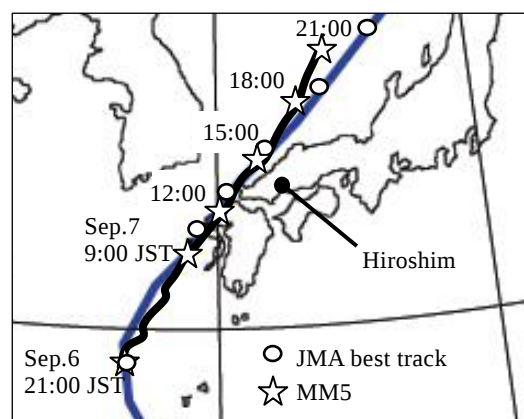


Fig.4 Track of typhoon center

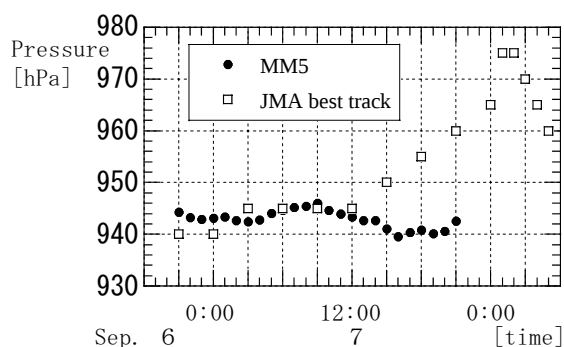


Fig.5 Variation of typhoon center pressure

上、地上 95.4m に設置されており、かなり上空での測定値となつてはいるものの、周囲の市街地キャノピーの影響を受けていると考えられる。また、呉のデータは呉湾に面した呉海上保安部の屋上、地上 17.4m で観測されているが、周囲には造船所などかなり粗い地表面粗度が存在する。したがって、広島や呉など市街地で計算に用いたラフネスパラメータが適当でない可能性がある。すなわち、領域 3 の計算で用いた粗度は、より大きなグリッドに対する土地利用の分類から引用したもので、広範囲の平均値となっている。そのため、領域 3 の格子解像度に対応する粗度よりも滑らかな値を用いており、その分計算は風速を高めて予測していると考えられる。なお、計算で用いた USGS の土地利用区分では、都市域における粗度長は 0.5m である。また、内陸の広島地方気象台における温度が観測値よりも低く計算されている理由としては、都市部における発熱量、太陽からの熱放射の授熱量が実際より低く計算されている可能性がある。その他、計算上の台風の中心位置が気象庁の解析位置よりも広島に近い、再現された中心気圧が気象庁の解析値よりも低い、などが計算で風速を高く見積もっている原因と考えられるが、定性的には図に示す程度に妥当な結果が得られている。

宮島については、Fig. 6 中領域 3 だけでなく領域

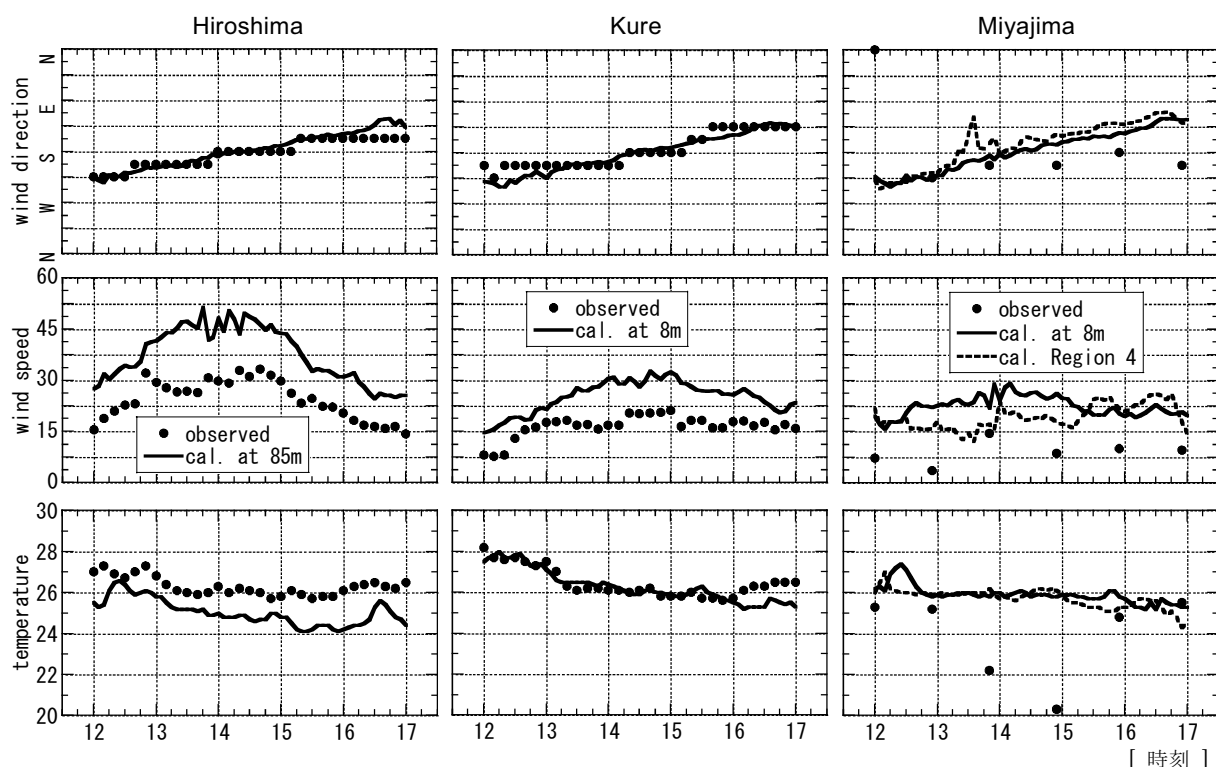


Fig.6 Comparison of simulated results of MM5 in region 3 with observed data around Hiroshima bay

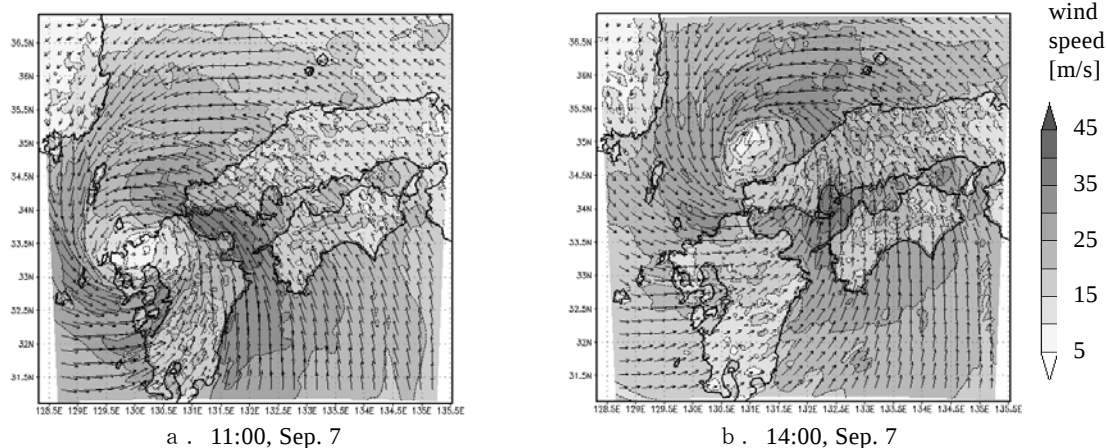


Fig.7 Contour map of horizontal wind speed at 10m over the ground and the sea simulated by MM5 in Region 2

4における計算結果も示している。最も細かな格子を用いた領域4の結果は、より細かな時間変動を再現しているが、観測値とはいずれも一致を示さない。これは、観測が厳島神社から北に約 150m ほど離れた宮島町役場の屋根上約 5m の鉄塔で行われ、すぐ東側には山の斜面が迫っており、実際の気流性状は周囲の地形の影響を大きく受けているためと考えられる。したがって、MM5 の領域4で用いた格子でも解像度が足りず、地形の影響が十分反映されていないと考えられる。気温は 14 時から 15 時にかけて観測値が大きく下がっているが、当時風雨が強く、温度センサーが雨で濡れた可能性もあると報告されている（丸山ら，2005b）。

次に MM5 の解析領域2の結果を Fig. 7 に示し、台風の接近・通過に伴う、やや広域的な風速場をみる。11 時頃台風の中心が福岡県の西にあるとき、太平洋から備後水道、周防灘を通過して宮崎県、大分県沿岸を回り込むようにして台風を中心に吹き込む経路において。また、14 時頃中心が山口県の北にあるとき、備後水道から広島湾を過ぎ、広島県および島根県西部を通過して台風を中心に吹き込む経路において。いずれの場合も摩擦の少ない海上で風は増速し、山口県および広島県沿岸部に強風が吹き付けたこととなっている。これらは、それぞれ山口市の山口情報芸術センターの屋根被害が発生した時刻、厳島神社の左楽房が倒壊した時刻に対応している。

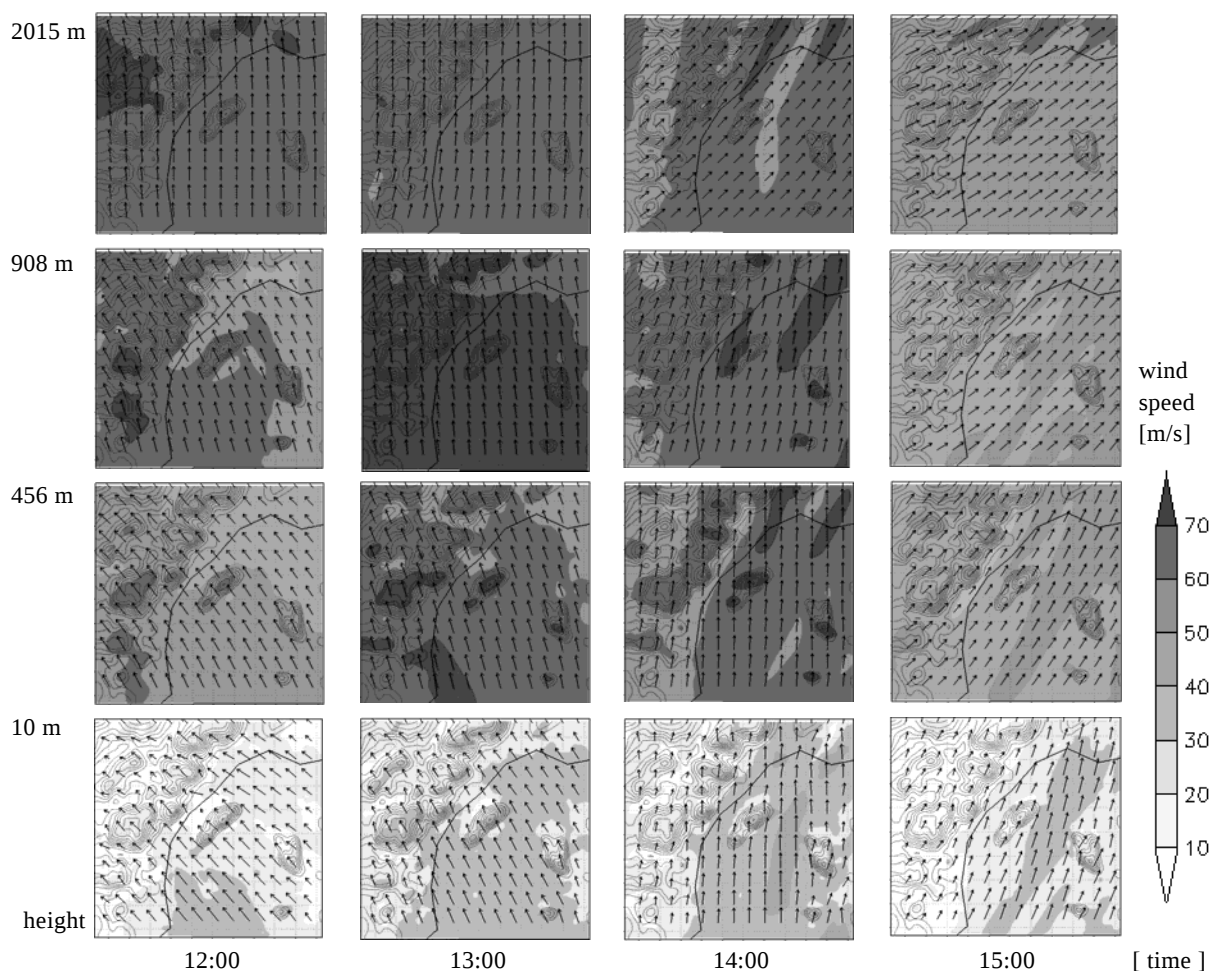


Fig.8 Contour map of horizontal wind speed simulated by MM5 in Region 4 on Sep. 7

このように、今回の台風の進路は広域的な地形と影響しあって、風速の増加を引き起こしていたことがわかる。

3.2 宮島周辺の気流性状

次に宮島周辺、広島湾沿岸の風速場の時間変化をみてみよう。MM5 計算領域 4 における台風通過時の風速場を Fig. 8 に示す。地上付近では 12 時から 15 時にかけて風向が南東から南西に変化し、14 時頃にはほぼ南風が吹いている。風向は高さ方向にも変化し、上空に向かって時計回りに変化する。地上付近の風速は 14 時頃が最も強く、高度 900 m 付近では 13 時頃に最も強くなっている。宮島上空では、風上側の山の斜面で風速増速域が、風下側で減速域がみられるが、2000 m 付近ではその影響はほとんどない。Fig. 9 に示す広島での鉛直プロファイルの変化をみると、風向は地上から 2000 m までの間でおおよそ 50 度ほど時計回りに変化し、それより上空ではほぼ一定である。風速は、1000 m から 2000 m で極大となっている。12 時から 15 時までの地面付近の風速勾配はベキ指数で約 0.2、粗度長は 0.6~1.0m であっ

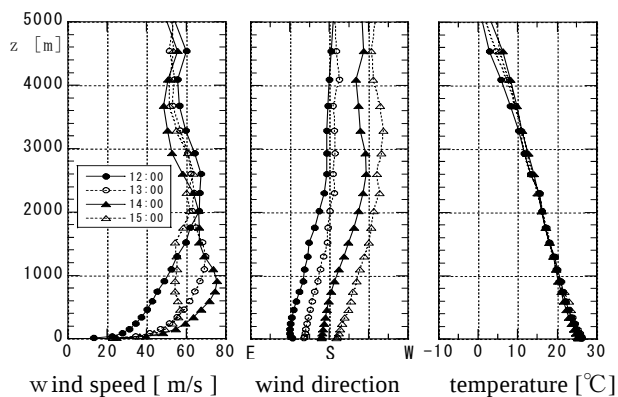


Fig.9 Profiles of wind speed, wind direction and temperature

た。温度は地上 600m 付近で勾配が変化するが、高さ方向にほぼ直線的に下がっている。計算で得られた湿度は地上 600m 以上では飽和状態となっており、その前後が温度勾配の変化に対応している。また、図は示さないが、温度、湿度および気圧から求めた仮温位は地上付近で高さ方向にほぼ一定となり、大気はほぼ中立であることを示していた。

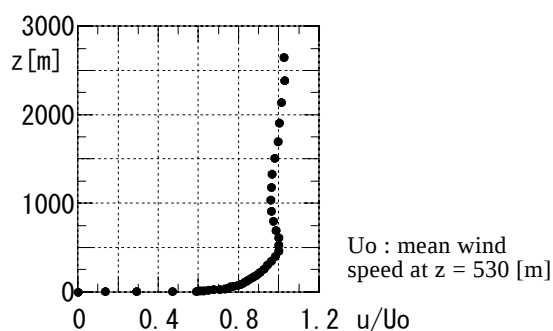


Fig. 10 Mean wind speed profile at the inlet boundary for LES

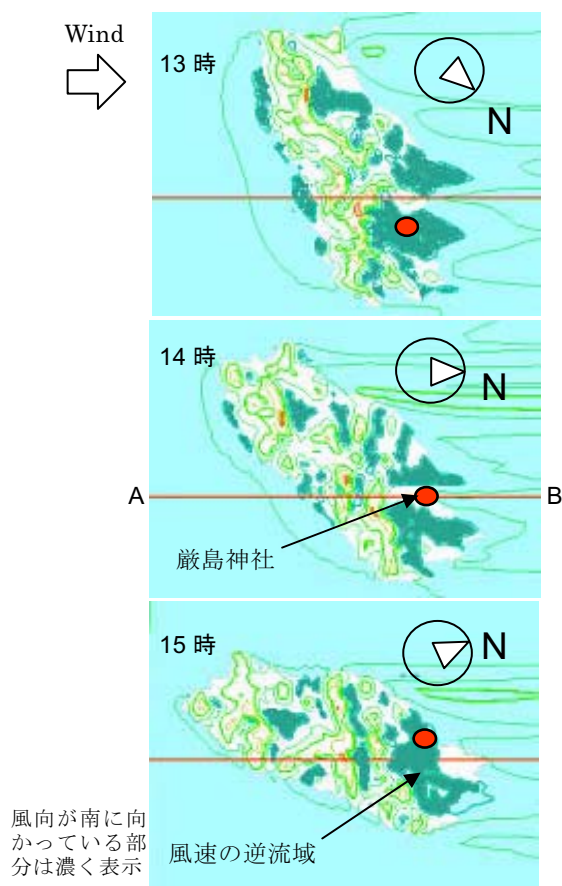


Photo 1. View of mountains and valleys to the south of Itsukushima Shrine from the northern port

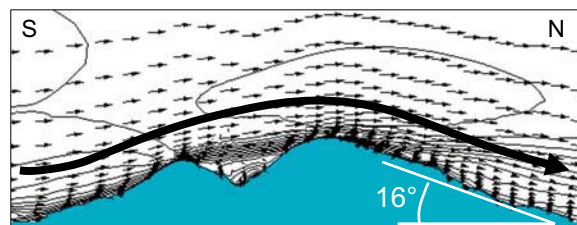
3.3 厳島神社周辺の気流性状

3.1 で述べたように、MM5 による領域 4 の計算では、宮島での観測結果を再現できるほどに解像度が高くない。また、丸山ら（2005）に報告されているように、実際の気流は周囲の地形の影響を受けて複雑に変化している。そこで、より詳細な解析を行うために、LES による非定常計算を行った。解析領域および格子形状は、2.3 で述べたように、厳島神社付近の地形の影響を解像できるようにより詳細なものとした。流入境界面には、14 時における MM5 領域 4 の計算結果をもとに、Fig. 10 に示すような風速分布を流入境界面に一様に与えた。計算に際して、大気は強風中立状態として、風速、圧力以外の物理量は用いていない。また、主流直角方向、鉛直成分および変動成分は 0 とし、高さ方向の風向変化はないとして主流方向の風速勾配だけを与えている。

厳島神社の南側には、Photo 1 に示すように宮島で最も高い弥山と駒ヶ林がそびえ、それらに挟まれた鞍部から厳島神社に向かって谷筋が伸びている。台風 0418 号の際にはビデオ映像や被害の状況から、この谷筋を南から厳島神社の方に向かって下降風が吹いていたことが確認されている（丸山ら、2005b）。さらに、谷筋の途中にある大聖院では時折上昇風が吹いていたとの証言もある（丸山ら、2005b）。この谷筋は Fig. 11 に示すように約 16° と急勾配なため、



a. 海上・地上 10m の平均風速分布；等値線の間隔は $0.1u/U_o$ 、 u は南北方向の平均風速、 U_o は流入位置における弥山の高さ 530m での平均風速



b. 厳島神社の南側に伸びる谷筋に沿った上図 a の 14 時における直線 A-B における鉛直断面内の平均風速分布山越えの下降流が再現されている。

Fig. 11 LES results of mean wind field around Miyajima Island at 13:00,14:00,15:00, Sep. 7

大気が中立状態なら山の風下側では風が剥離し、下降風は吹きにくいと考えられる。そのため、大気は安定な成層状態であったとの指摘もあるが、宮島付近の詳細な気象観測データがないため、実際の大気が中立状態であったかどうかはわかっていない。一方、3.2 で示したように、MM5 の計算結果によると、大気はほぼ中立状態であったことから、ここでは研究の第一段階として、大気は強風中立状態と仮定し、LES による計算を行った。そして、その状態において地形性の斜面下降風が、厳島神社南側の山の斜面で起きていたのかも併せて検討することとした。

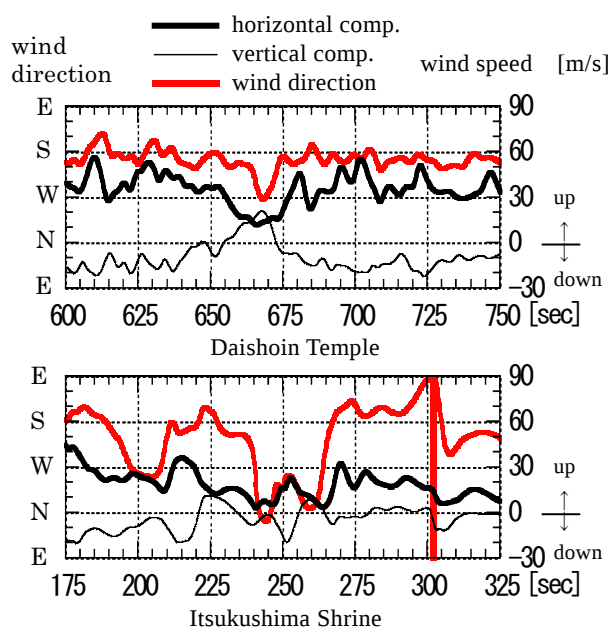
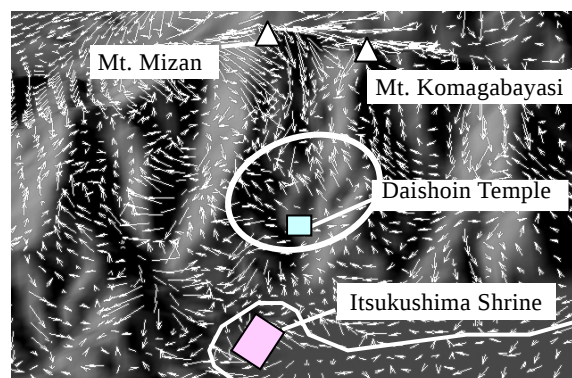


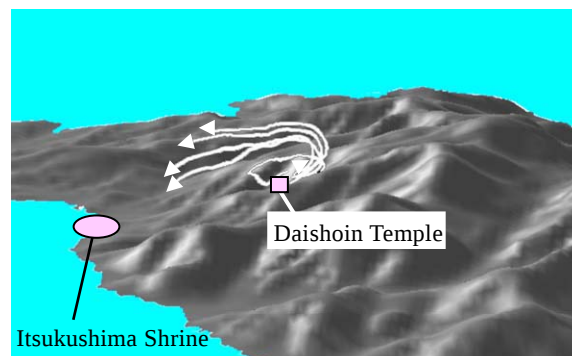
Fig. 12 Time variation of wind velocities by LES near the ground at 10m

まず初めに、水平方向に等間隔 200mの粗い格子を用い、13 時、14 時、15 時の各時刻における宮島の風上側の平均流入風向に直交する座標系を用いた計算を行い、厳島神社周辺の気流性状の概略を調べた。LES によって求めた 14 時頃の地上 10mの平均風速分布（実時間で約 800 秒の平均値に相当）をみると、Fig. 11 に示すように接近流の風向が南になる 14 時頃に厳島神社から南に伸びる谷筋に沿った流れが最も明瞭にでき、それ以外の時刻では谷筋を含む厳島神社付近は、南側の山の風下にてできる剥離領域に入っている結果となった。次に、Fig. 3 に示す詳細な格子を用いて、14 時頃の風向について計算を行った。地形の凹凸がより小さなスケールで再現され、地面付近での気流性状は少し異なるが、平均風速分布は Fig. 11 に示す水平方向に等間隔 200mの格子の場合とほぼ同様となり、厳島神社から南に伸びる谷筋に沿った風向方向の流れが明瞭にできていた。

谷の途中の大聖院および厳島神社付近における特徴的な風向・風速の時間変化を Fig. 12 に示す。大聖院では南風の下降風が吹くことが多いが、ときおり上昇風も発生し、その場合、南から西に風向が変化して上昇風となることが多い。Fig. 13 に示す大聖院付近で上昇流が発生している事例をみると、Fig. 13 a のように上昇流を伴った西北風の塊があり、付近の流線は地面付近から上方に向かうが、Fig. 13 b のように、ある程度上昇すると、上空の南風に流されて北側、風下側で下方に向かう。LES により計算された風速場の時間・空間変化をみると、この上昇流を伴った西北風の塊は、尾根を越えた西側の谷に西



a . Instantaneous wind velocity vector fields around Daishoin Temple at 10m



b . Stream lines viewed from west-southwest

Fig. 13 Instantaneous wind velocity field when updraft occurs around Daishoin Temple

から吹き込んできた気流の一部が上昇流を伴った気流の塊となって、大聖院の西側の尾根を越えて移流してきたものである。

一方、厳島神社では南風が多いが、西、東、北風も発生し、北風の場合は風速が低くなる。風向変化はかなり頻繁に起こり、風向角の変化は急である。厳島神社付近で、東風、南風、西風が吹く場合の地上付近の瞬間風速場の典型的な例を Fig. 14 に示す。東風が吹く場合 (Fig. 14 a) は、厳島神社の東側、神社に向かって東西に伸びる谷筋に沿って、東から吹いてきた風が吹き出している。この吹き出しの強風域は狭く、厳島神社北側に張り出している半島の付け根付近を集中して通過するため、その部分でのシアが大きくなっている。これは、強風被害調査で、東風のときに竜巻のように渦が巻いていたとの証言 (丸山ら, 2005b) に符合する可能性がある。南風が吹く場合 (Fig. 14 b) は、南側に伸びる谷筋を大聖院の方から吹き降りてきた気流塊がそのまま神社の方に吹き付ける形となることが多い。西風が吹く場合 (Fig. 14 c) は、神社南側に伸びる谷筋よりも一つ西側の谷筋に、西南の方向から風が吹き込み、そのまま北側に吹き出した後、発散性の流れの一部が、東向き、湾の奥に向かって進み厳島神社に吹き付けている。

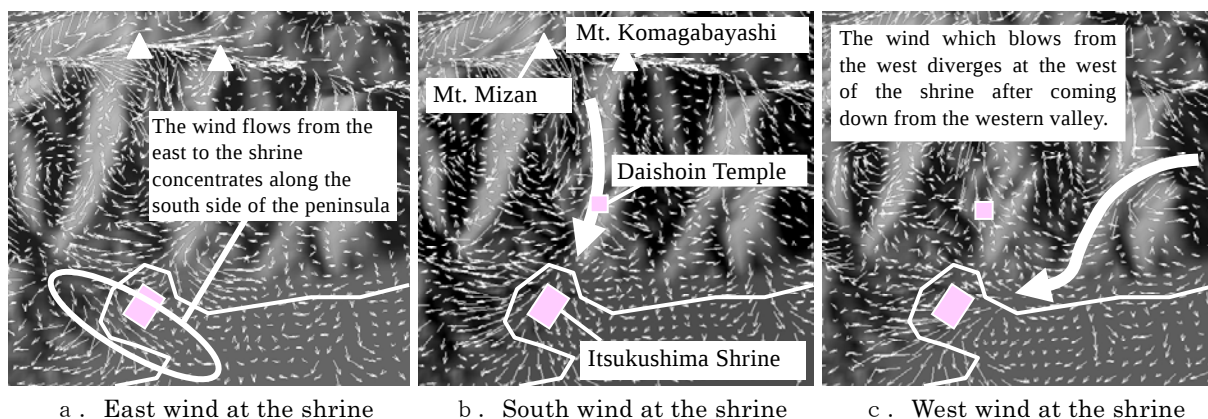


Fig. 14 Instantaneous wind velocity vector fields around Itsukushima Shrine at 10m

4. 考 察

ここでは得られた計算結果をもとに各種考察を行うとともに、計算上の問題点を検討する。

4.1 広域的な地形と風の吹き方

台風を中心位置と陸地、山脈、海などの広域的な地形との位置関係により、風速の増減が起こる。とくに、台風の中心に向かって吹き込む風が陸に挟まれた海上を通るときには、風速は減速されることなく、場合によっては増速されて、強風が沿岸部に吹き付ける場合がある。今回解析した台風 0418 号のように、台風が九州に上陸し、日本海に抜けるコースをたどるときに広島湾沿岸部で強風が吹き被害が大きくなるのも代表的な事例で、過去の厳島神社の強風被害報告に指摘されている内容と符合する。

4.2 最大風速分布と被害率

今回得られた計算結果を用いた応用例として、MM5 によって計算された最大風速分布と被害率との対応を検討してみる。Fig. 15 に示す台風の接近から通過後に至る間の最大風速の分布をみると、広島湾沿岸から広島市、東広島市、広島県北西部の島根県との県境付近にかけて強風域が広がっている。Fig. 16 に示すように、対応する広島県下での人的および建物の被害率の高い地域は、最大風速分布とよい対応を示しており、計算結果の被害予測への応用が期待される。ちなみに、各市町村庁の所在地における最大風速と、被害率の関係をグラフにすると Fig. 17 の様になり、対数グラフ上を良い相関が得られている。MM5 で得られる風速の平均化時間がどれくらいであるかは、格子解像度などの計算条件により変化するため、正確な値を決めることは困難であるが、風速変動のスペクトル解析などから十数分程度の時間平均値と考えてよい。したがって、実際に観測さ

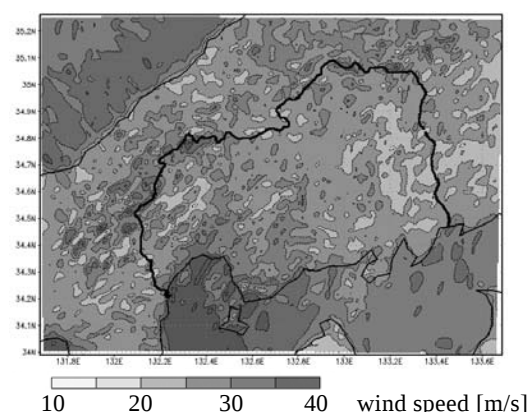


Fig.15 Contour map of maximum mean wind speed at 10m by MM5

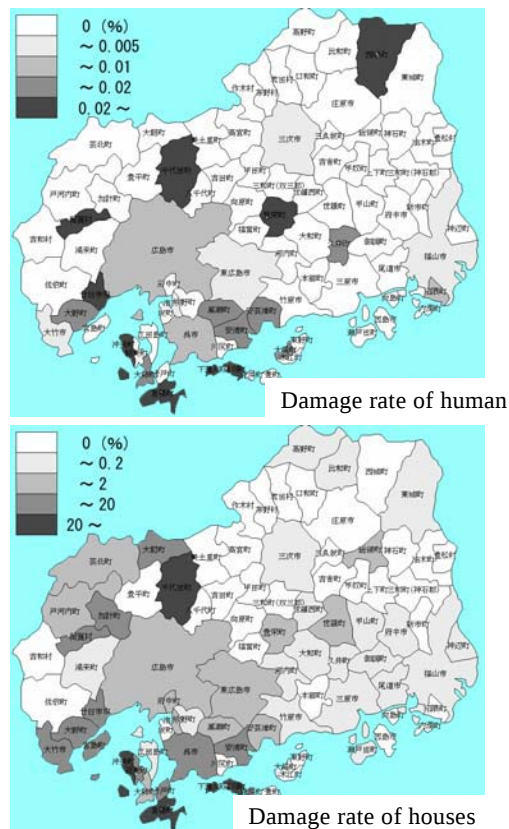


Fig. 16 Distribution of human and house damage rate by Typhoon0418 in Hiroshima prefecture

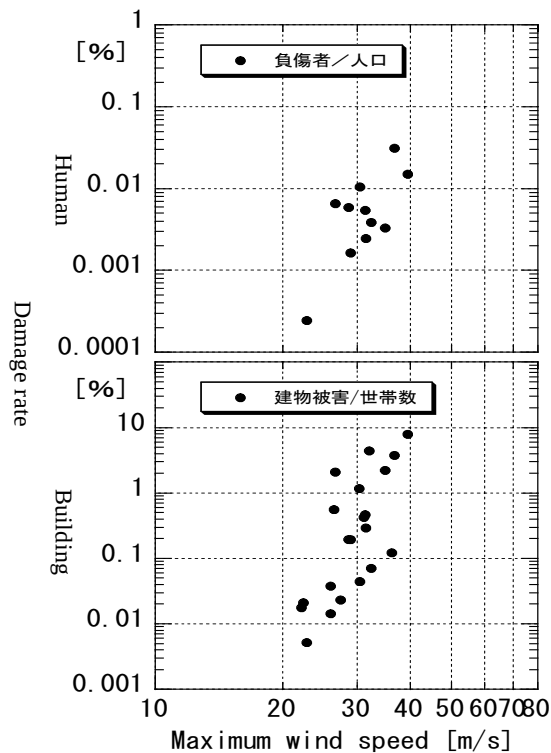


Fig. 17 Relation between maximum mean wind speed calculated by MM5 and damage rate.

れている 10 分間平均風速や瞬間最大風速との対応がどの程度になるのかを観測値などとの比較により検討することが今後の課題である。

4.3 MM5を用いた計算に関する今後の課題

MM5 に関する今後の検討課題としては、地面境界条件の与え方が挙げられる。とくに、市街地における粗度の与え方は地面付近の摩擦抵抗の値に大きな影響を与え、上空の風速の予測結果を左右するので、格子解像度に応じて、できるかぎり現実に対応した値を用いなければならないと考えられる。また、粗度形状の大きな都市部では、市街地キャノピーの影響を取り込むことのできる境界層スキームを用いることも検討すべきである。さらに、今回の計算では、海面温度は気象庁の日平均表面水温を与え、地表面での熱収支は、太陽放射と地表面過程を計算している。ただし、地表面の特性は USGS の植生および土壌区分データにより与えているので、詳細な格子を用いる内側の計算領域に対しては解像度が粗いと考えられる。とくに、都市部のように、地表面粗度の影響や温熱変化が激しい場所ではより解像度の高い境界条件を与えることが望まれる。

4.4 LESにおける各種計算条件の問題

今回の LES による解析では流入境界条件として勾配流れを与えているが、各高度で風速は一定値とし

て乱れの影響は考慮していない。宮島までいくらかの吹送距離があるので、海上付近で乱れが起きていること。乱れがある場合の方が、山の風下斜面での付着がより促進されることから、今回のように流入風に乱れの無い解析でも背面の下降風が起こるのであれば、乱流流入条件においても下降風は起こると思われる。さらに、流入境界面における高さ方向の風向変化も無視しているが、MM5 で計算された程度の風向変化であれば、今回主に検討した山の風下側における地形性の乱流場に関して大きな影響を与えないと考えている。もちろん、乱れや高さ方向の風向変化が解析結果にどれほど影響するかは、さらに詳細な格子を用いた計算などとあわせて今後検討する予定である。また、樹木や市街地部の地表面粗度の取り扱いについても重要な検討課題として残されている。さらに、今回の計算では宮島の北西方向、対岸の地面の起伏は無視しているが、MM5 による広域の計算結果をみる限り、14 時の南風の場合には風下側となって、LES の解析領域内で対岸の地形の影響はあまりないと思われる。しかし、その他の時刻で、流入気流性状に対岸の地形の影響が現れる場合には検討課題となろう。

5. まとめ

本研究では台風 0418 号通過時の強風場について、PSU/NCAR MM5 およびラージエディシミュレーション (LES) を用いて、日本列島をほぼカバーする大スケールから、宮島周辺の地形による局地的な風の乱流場を再現できる程度の小スケールにわたる数値シミュレーションを行った。計算結果は気象観測値や被害調査結果などとの比較を行い、その有用性や問題点を検討した。得られた結果をまとめると、

- (1) 台風の経路および中心に向かって吹き込む風の流れと、陸や海、山脈など広域的な地形の影響によって広島湾沿岸部に吹き付ける強風の発生機構を明らかにできた。
- (2) LESを用いた宮島周辺の非定常乱流場の計算により、強風中立状態においても、厳島神社南側の斜面下降風が発生すること。厳島神社周辺において地形の影響により、風向・風速が複雑に変化する様子を捉えることができ、風向別の特徴を明らかにした。今回の計算では、大気の安定度、流入境界面の乱れや風向変化を取り込んでいないが、検討対象と解析条件を適切に設定すれば、種々の計算条件を現実と同じように詳細に設定しなくても有用な結果を得ることができることを示している。もちろん、種々の条件の結果に及ぼす感度解析を

行うことは、今後の課題として残されている。

(3) MM5の計算により得られた最大風速分布と強風による人的・建物被害率がよい対応を示すことを明らかにし、計算結果の被害予測への応用が可能であることを示した。

(4) MM5およびLESを用いて計算を行う場合に、それぞれ地面境界条件や流入境界条件など、改善すべき計算上の問題点を明らかにした。

なお、本論文は丸山ら（2005a）で発表した内容に追加計算を行い、加筆、再構成したものである。

謝 辞

本研究の一部は科学研究費補助金の援助を受けて行われた。

参考文献

石川裕彦（2005）：台風にともなう強風はモデルでどの程度再現できるか？，日本風工学会誌，No.102，pp. 19-22.

内田孝紀・杉谷賢一郎・大屋裕二（2004）：一様流中に置かれた急峻な単純地形まわりの気流性状の評価，日本風工学会論文集，No.100，pp. 35-43.

西村宏昭・谷池義人（2001）：台風9918号に伴う広島県下の建物被害，平成11年度科学研究費補助金研究成果報告書，課題番号11800014，pp. 151-156.

橋本篤・大澤輝夫・安田孝志（2005）：複雑地形上でのメソ気象モデルMM5の風況計算精度と高解像度化の限界に関する検討，日本風工学会論文集，No.104，pp. 65-74.

花井正美・三浦正幸・玉井宏章（1992）：台風9119号による宮島・厳島神社の被害について，平成3年度文部省科学研究費突発災害研究成果報告，総合研究(A)03306022，pp. 129-166.

丸山 敬・石川裕彦・内田孝紀・河井宏允・大屋裕二（2005a）：台風0418号通過時の宮島周辺気流の数値シミュレーション，日本風工学会誌，No.103，pp. 101-102.

丸山 敬・河井宏允・益田健吾・田村幸雄・松井正宏（2005b）：台風0418号による厳島神社の被害について，日本風工学会論文報告集，No.102，pp. 49-56.

Dudhia, J. (1993) : A nonhydrostatic version of the Penn State-NCAR meso-scale model: Validation tests and simulation of an Atlantic cyclone and cold front, Mon. Wea. Rev., 121, pp. 1493-1513

Simulation of Strong Wind around Itsukushima Shrine during Typhoon 0418

Takashi MARUYAMA, Hirohiko ISHIKAWA, Takanori UCHIDA*, Hiromasa KAWAI, Yuji OHYA*

* Research Institute for Applied Mechanics, Kyusyu University,

Synopsis

The strong wind fields around Miyajima in Hiroshima Bay were simulated numerically during Typhoon Songda in 2004. The PSU/MM5 model was used for the calculation of meso-scale regions. The strong wind that passed over the sea and blew into the Hiroshima Bay was simulated. The predicted wind fields were examined comparing with the observed records and the field investigation of damage to the human and buildings. The calculated maximum wind speed map was well correlated to the distribution of damage rate by strong wind in Hiroshima Prefecture. Unsteady wind fields were also computed by Large Eddy Simulation in the fine region around Miyajima. The local wind characteristics caused by the topography around Itsukushima Shrine were investigated. The down flow along the valley to the south of the shrine was simulated in the neutral atmospheric condition. The local wind flows around the shrine were discussed.

Keywords: numerical simulation, strong wind, Miyajima Island, Typhoon Songda, MM5, LES