

# 伊勢湾に來襲する可能最大台風の複合外力による災害危険度評価

## Risk Assessment for Coupled Hazards by Maximum Possible Typhoons in Ise Bay

村上智一<sup>1</sup>・深尾宏矩<sup>2</sup>・吉野 純<sup>3</sup>・飯田潤士<sup>4</sup>・安田孝志<sup>5</sup>

Tomokazu MURAKAMI, Hironori FUKAO, Jun YOSHINO, Junji IIDA and Takashi YASUDA

A typhoon potential vorticity bogussing scheme and an atmosphere-ocean-wave coupled model were used to calculate strong winds, heavy rainfall, storm surges and high waves caused by maximum potential typhoons in Ise Bay under present and future climates. The calculated results showed that the time differences among the peak times of external forces caused by the maximum potential typhoon gather within 2 hours and the possibility exists of an occurrence of the coupled hazard in Ise Bay. Times exceeding design values for the storm tide, significant wave height, and wind speed were shown simultaneously to evaluate the risk of coupled hazards. The results showed that Tsu Port is an extremely dangerous area for coupled hazards and that the time exceeding design values reaches 111 min.

### 1. はじめに

伊勢湾の台風災害対策は、伊勢湾台風によって湾奥の名古屋市を中心とする低平地に未曾有の高潮災害が引き起こされたこともあり、その時に名古屋港で記録された潮位偏差3.5 mの高潮の極値に着目して行われて来た。しかし、温暖化による台風強化が懸念される今後の台風災害対策においては、物理的に実現可能な環境場において熱力学的に可能最大まで発達した台風が最悪のコースで來襲する場合についても検討しておく必要がある。筆者らは、大気・海洋力学的手法である台風渦位ポージスと大気-海洋-波浪結合モデルを用いて、IPCCの今世紀末のA1Bシナリオの下で熱力学的最大級台風を仮定し、それを50通りのコースで伊勢湾に來襲させて高潮を予測し、それが湾奥の名古屋港で上述の既往最大潮位偏差3.5 mを2倍近く上回る6.9 mに達することを明らかにした(村上ら, 2011a)。

このような強化した台風の場合、潮位偏差のみならず風速や波高などの台風外力も同時に計画値を上回り、これらが同時に作用することで複合災害となる可能性が高い。そして、台風外力を同一時間軸上での複合外力として捉えた場合、その極値のみならず、それぞれの値が湾岸各地点での計画値を同時に上回る継続時間(同時超過継続時間と呼称)が重要となるが、前述したようにこ

れまでの台風災害対策では、外力の極値が計画値を超えるかどうかの検討に留まっている。

そこで本研究では、伊勢湾を対象に、現在および今世紀末気候(IPCCの温暖化シナリオA1B)の下でこの地域に來襲する可能最大台風による強風、豪雨、高潮および高波を台風渦位ポージスと大気-海洋-波浪結合モデルを用いて大気海洋力学的に予測し、地点毎の同時超過継続時間を求め、これを複合外力指標として提示する。そして、この指標を基に、現在および将来気候の下での可能最大台風による伊勢湾の複合災害に対する危険度を明らかにする。

### 2. 計算方法

本研究では、軸対称台風渦位モデルおよび渦位逆変換法に基づく台風渦位ポージス(吉野ら, 2011)と大気-海洋-波浪結合モデル(村上ら, 2007)を用いて、1959年9月を想定した現在気候およびIPCCの温暖化シナリオ

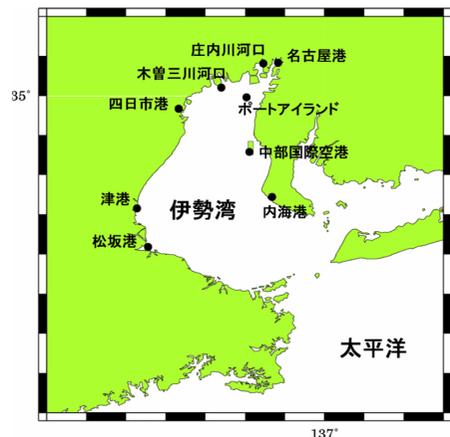


図-1 伊勢湾および危険度評価の代表地点

- |        |      |                                      |
|--------|------|--------------------------------------|
| 1 正会員  | 博(工) | (独法) 防災科学技術研究所<br>水・土砂防災研究ユニット 主任研究員 |
| 2 学生会員 |      | 岐阜大学 大学院工学研究科環境エネルギーシステム専攻           |
| 3 正会員  | 博(理) | 岐阜大学准教授 大学院工学研究科環境エネルギーシステム専攻        |
| 4 正会員  |      | 大日コンサルタント(株) 地理空間情報部                 |
| 5 フェロー | 工博   | 愛知工科大学学長・教授                          |

表-1 台風外力(潮位偏差, 有義波高, 風速)に対する各地点毎の計画値(運輸省第五港湾建設局(当時)ら, 2000)

	計画潮位偏差 [m]	計画波高 [m]	計画風速 [m/s]
名古屋港	3.55	1.02	35.0
庄内川河口	3.55	1.02	35.0
ポートアイランド	3.55	2.60	35.0
木曾三川河口	3.55	2.90	35.0
四日市港	3.00	2.80	35.0
中部国際空港	2.50	2.29	35.0
津港	2.14	2.80	35.0
松阪港	2.14	2.80	35.0
内海港	2.54	2.90	35.0

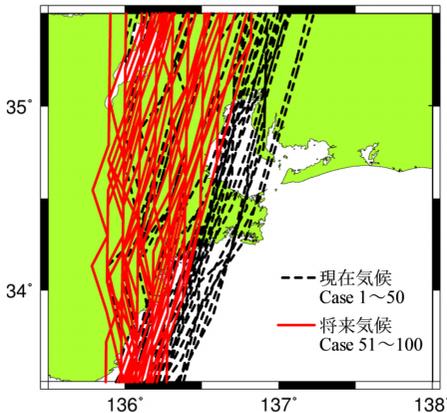


図-2 現在および将来気候下の想定台風100ケースの進路

A1Bの下でこれを2099年9月にスライドさせた将来気候下で熱力学的可能最大級台風を発生させ、それぞれ50通りの進路で図-1に示す伊勢湾に襲撃させた場合の台風外力(潮位偏差, 有義波高, 風速, 降水量)を予測する. その際の計算条件およびシナリオの設定は, 筆者らの既往の研究(村上ら, 2011a, 2011b)と同様である. そして, 現在気候下の50通りの台風による計算結果をCase 1~50, 将来気候下の50通りの台風による計算結果をCase 51~100と呼ぶ.

また, 同時超過継続時間の評価に必要となる伊勢湾の各地点での計画値は, 表-1に示す運輸省第五港湾建設局(当時)ら(2000)のものを使用した.

### 3. 計算結果

図-2は, 伊勢湾に襲撃する現在および将来気候下の想定台風100ケースの大気・海洋力学的に可能な進路を示したものである. これより, 本研究での想定台風100ケースは, それぞれ伊勢湾上から琵琶湖上までの広い範囲を通過していることがわかる.

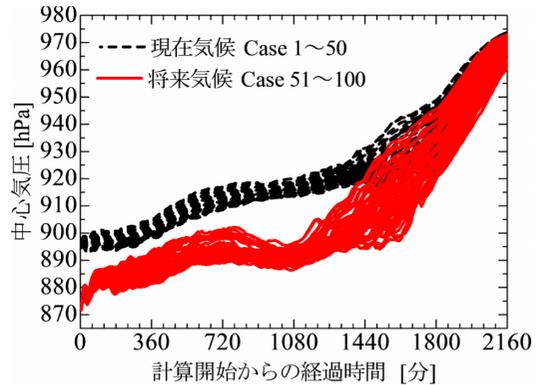


図-3 現在および将来気候下の想定台風100ケースの中心気圧の時間変化

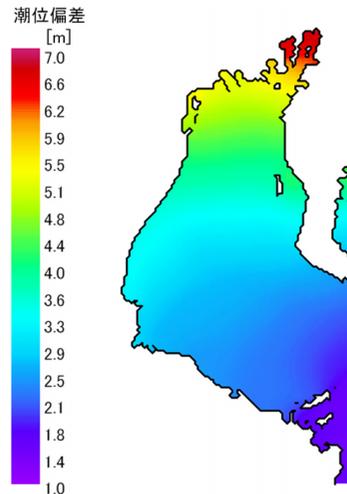


図-4 現在および将来気候下の想定台風100ケースによる潮位偏差の全ケースかつ全計算期間中の最大値の空間分布

図-3は, 現在および将来気候下の想定台風100ケースの中心気圧の時間変化を示したものである. 紀伊半島上陸時の想定台風の中心気圧は, 現在気候のもので920 hPaから930 hPa, 将来気候のもので895 hPaから905 hPaであり, 本研究で想定した温暖化シナリオA1Bの下での50ケースの可能最大級台風は, 伊勢湾台風の上陸時の中心気圧930 hPaを大きく下回っているだけでなく, 室戸台風の室戸岬上陸時中心気圧911.9 hPaをも下回っている.

図-4~7は, 現在および将来気候下の想定台風100ケースによる伊勢湾での潮位偏差, 有義波高, 風速および降水量の全ケースかつ全計算期間中の最大値の空間分布をそれぞれ示したものである. 図-4より, 潮位偏差は, 湾口から湾奥に向かって大きくなり, 最奥の名古屋港において最大の6.9 mに達することがわかる. これに対して有義波高(図-5)は, 湾中央部で最大(約9 m)となり, 名古屋港や四日市港などでは, 複雑な港湾に囲まれるた

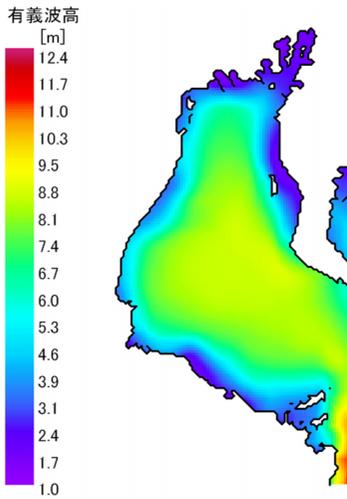


図-5 現在および将来気候下の想定台風100ケースによる有義波高の全ケースかつ全計算期間中の最大値の空間分布

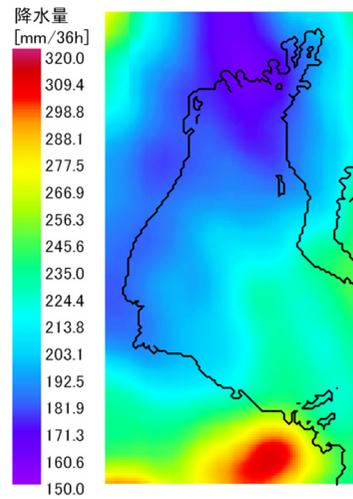


図-7 現在および将来気候下の想定台風100ケースによる降水量の全ケースかつ全計算期間中の最大値の空間分布

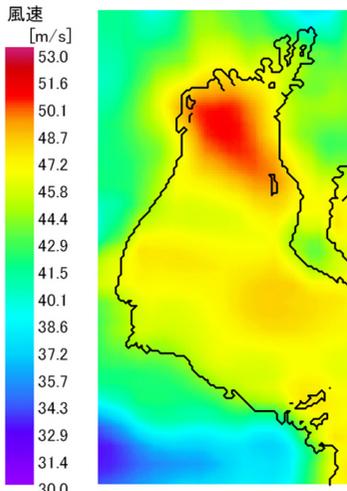


図-6 現在および将来気候下の想定台風100ケースによる風速の全ケースかつ全計算期間中の最大値の空間分布

めに小さく（約1.5 m）なっている。風速（図-6）は、木曾三川河口、四日市港および中部国際空港をそれぞれ結ぶ三角形の内側で強く、その最大値は約52 m/sとなっている。伊勢湾上の降水量（図-7）は、山岳部に比べると少なくなっているものの、160～250 mm/36 hが予測されている。

また、危険度評価の代表地点である名古屋港、木曾三川河口、四日市港および中部国際空港での潮位偏差、有義波高、風速および降水量それぞれの最大値とそれを発生させたケースは、表-2に示す通りであり、これらの大きな台風外力は全て温暖化を仮定した将来気候の下で発生していることがわかる。

図-8～11は、名古屋港、木曾三川河口、四日市港およ

表-2 台風外力（潮位偏差、有義波高、風速、降水量）の各地点毎の最大値とそれを記録したケース

	潮位偏差	有義波高	風速	降水量
名古屋港	Case 70 6.9 m	Case 68 1.7 m	Case 77 45.2 m/s	Case 52 173.1 mm/36 h
木曾三川河口	Case 73 5.1 m	Case 94 4.5 m	Case 75 50.1 m/s	Case 51 168.1 mm/36 h
四日市港	Case 74 5.0 m	Case 81 3.5 m	Case 74 50.7 m/s	Case 64 171.6 mm/36 h
中部国際空港	Case 66 3.5 m	Case 70 6.1 m	Case 73 49.5 m/s	Case 61 163.9 mm/ 36h

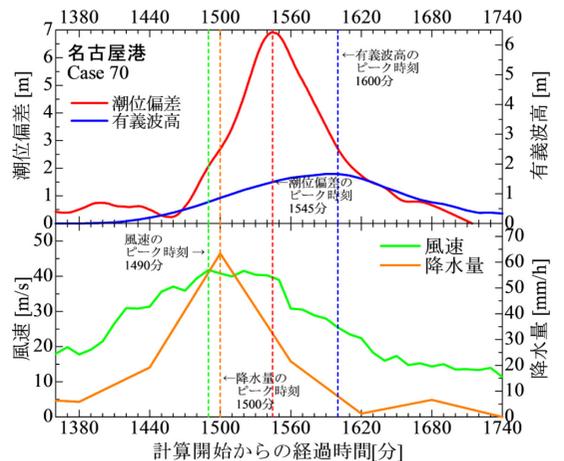


図-8 名古屋港において最大潮位偏差を記録したCase 70における台風外力（潮位偏差、有義波高、風速、降水量）の時間変化

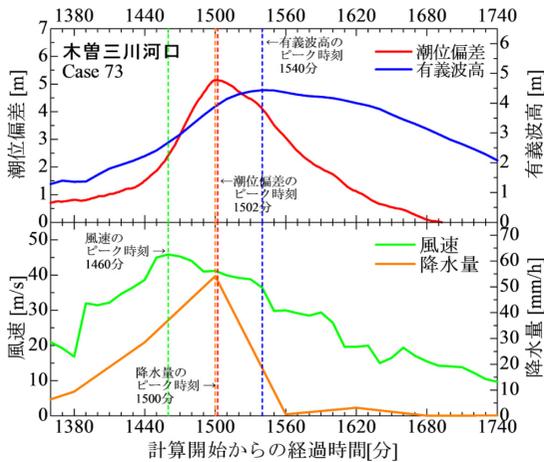


図-9 木曾三川河口において最大潮位偏差を記録したCase 73における台風外力(潮位偏差, 有義波高, 風速, 降水量)の時間変化

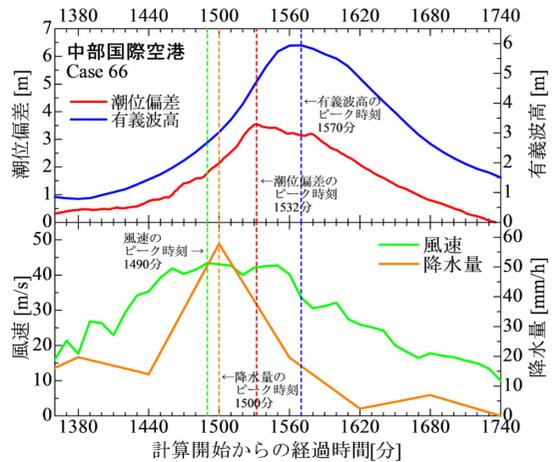


図-11 中部国際空港において最大潮位偏差を記録したCase 66における台風外力(潮位偏差, 有義波高, 風速, 降水量)の時間変化

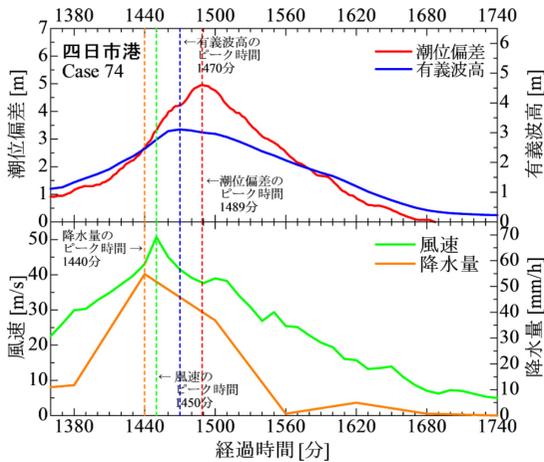


図-10 四日市港において最大潮位偏差を記録したCase 74における台風外力(潮位偏差, 有義波高, 風速, 降水量)の時間変化

び中部国際空港においてそれぞれ最大潮位偏差を記録したケース(表-2参照)について台風外力の時系列をそれぞれ示したものである。図-8に示す名古屋港では、風速, 降水量, 潮位偏差, 有義波高の順でピーク時刻が生じており、一番早い風速のピーク時刻と一番遅い有義波高のピーク時刻の時間差は、僅か110分であった。さらに、図-9~11に示す木曾三川河口, 四日市港および中部国際空港でも、このピーク時刻の差は、それぞれ80分, 49分および80分であり、名古屋港と同様に短時間であった。このことから、将来気候下において熱力学的最大級台風が発生し、最悪のコースで伊勢湾に來襲すれば、1~2時間の間に潮位偏差, 有義波高, 風速および降水量の各極値が集中し、複合災害につながる危険性のあることが明

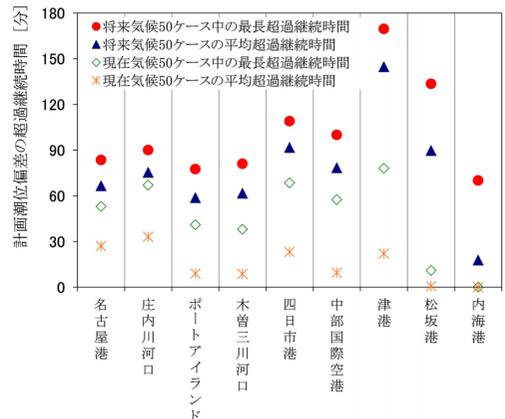


図-12 各地点毎の計画潮位偏差を上回る継続時間(超過時間)

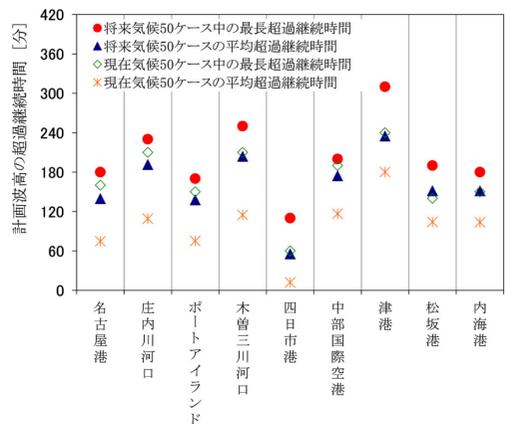


図-13 各地点毎の計画波高を上回る継続時間(超過時間)

らかとなった。

図-12~14は、現在および将来気候下の各地点での潮位偏差, 波高および風速の予測値が各計画値を上回る継

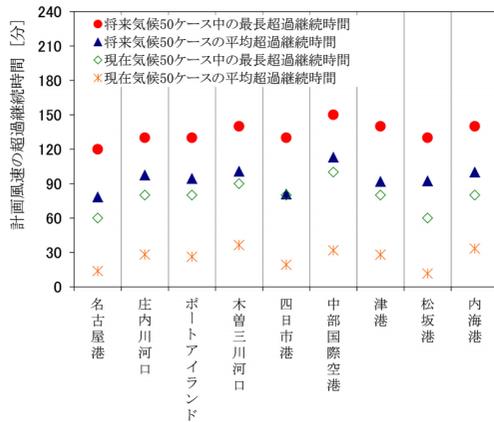


図-14 各地点毎の計画風速を上回る継続時間（超過時間）

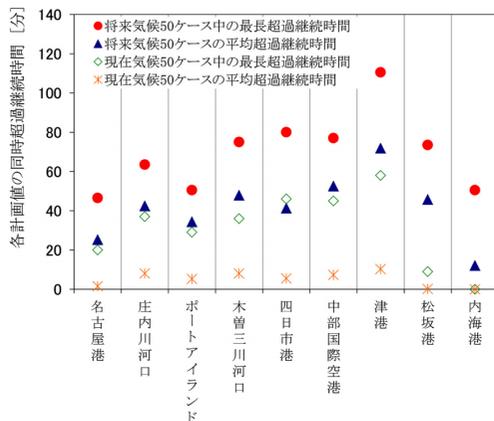


図-15 地点毎の各計画値（計画潮位偏差，計画波高および計画風速）を同時に上回る継続時間（同時超過継続時間）

継続時間をそれぞれ示したものである。ここでは、現在および将来気候それぞれ50ケースの最長の継続時間と平均した継続時間を示した。計画潮位偏差の最長超過時間は、将来気候下の津港（計画潮位偏差2.14 m，表-1参照）で170分と最も長く、潮位偏差の極値が6.9 mと全ケース中最大となる湾奥の名古屋港（同3.55 m）での超過継続時間84分を86分も上回っている。湾口に近い津港の潮位偏差の極値自体は、湾奥の名古屋港の半分以下の2.9 mに過ぎないが、計画値を上回る超過継続時間で見ると逆にほぼ2倍となり、複合災害の危険度はむしろ津港背後地の方が高いと言える。また、将来気候50ケース中の計画波高の最長超過継続時間（図-13）は、津港（計画波高2.8 m）の310分、計画風速の最長超過継続時間（図-14）は、中部国際空港（計画風速35 m/s）の150分であった。

図-15は、潮位偏差，有義波高および風速が各計画値を同時に上回る継続時間を地点毎に示したものであり、これが各地点での複合災害の危険度を表す同時超過継続時間となる。これで見ると、最長時間は現在および将来

気候下の津港で58分および111分，その平均値も10分および72分となり，いずれの同時超過時間も名古屋港のものを2倍以上上回り，台風の複合外力による災害の危険度が津港において最も高くなることが明らかとなった。また，木曾三川河口，四日市港および中部国際空港でも現在および将来気候下の最長の同時超過継続時間は，名古屋港のものを20分および30分近く上回り，台風による複合外力災害の危険度は，湾奥の名古屋港よりもこちら地点の方が高いことが判明した。

#### 4. おわりに

本研究では，台風の複合外力による災害危険度を明らかにするために，台風渦位ボーガスと大気-海洋-波浪結合モデルを用いて現在および将来気候の下で伊勢湾に襲し得る可能最大台風による潮位偏差，有義波高，風速および降水量を大気海洋力学的に予測した。そして，潮位偏差，有義波高，風速および降水量を同一時間軸上で捉え，それぞれの値が湾岸各地点での計画値を同時に上回る継続時間（同時超過継続時間）を複合外力指標として示した。これによると，潮位偏差の極値の大きさによってこれまで台風災害の危険度が最も高いとされてきた湾奥部より，複合災害という点ではむしろ湾中央部の方が危険度が高く，最長同時超過継続時間は将来気候下の津港での111分となることが明らかとなった。この結果は，台風による複合災害の危険度を外力の計画値に対する超過のみならず同時超過継続時間によっても評価することの必要性を示すものと言える。

謝辞：本研究は，科学研究費補助金基盤研究（B）（2）24360199および（独）防災科学技術研究所プロジェクト「沿岸災害の予測技術と危険度評価技術の開発」による成果である。ここに併せて謝意を表する。

#### 参考文献

- 運輸省第五港湾建設局・（財）沿岸開発技術研究センター（2000）：平成11年度伊勢湾高潮検討調査報告書。
- 村上智一・安田孝志・吉野 純（2007）：気象モデルおよび多重σ座標系海洋モデルを用いた台風0416号による広域高潮の再現，土木学会論文集B，Vol. 63，No. 4，pp. 282-290。
- 村上智一・深尾宏矩・吉野 純・安田孝志（2011a）：温暖化シナリオA1Bの下で今世紀末に予想される最大級台風による伊勢湾全域の高潮・高波，土木学会論文集B2（海岸工学），Vol. 67，pp. I.406-I.410。
- 村上智一・深尾宏矩・吉野 純・安田孝志（2011b）：現在気候の下での最大級台風による伊勢湾の可能最大高潮，土木学会論文集B3（海洋開発），Vol. 67，pp. I.985-I.990。
- 吉野 純・岩本学士・村上智一・安田孝志（2011）：台風渦位ボーガスに基づく東京湾地域における可能最大風速の大気力学的評価，土木学会論文集B2（海岸工学），第67巻，pp. I.411-I.415。