

## 大災害債券（キャットボンド）のための台風シミュレーションモデルの開発

正会員	○岡崎 豪 <sup>*1</sup>
同	石原 孟 <sup>*2</sup>
同	矢代 晴実 <sup>*3</sup>
	渡部 弘之 <sup>*4</sup>

大災害債券 シミュレーションモデル      台風リスク      ベースリスク

## 1. はじめに

近年、再保険会社、保険会社が自然災害リスクを証券化し、自然災害リスクを保険市場から資本市場に移転する動きが活発となってきた<sup>1)</sup>。自然災害リスクの証券化とは、発行体が投資家に債券を販売し、予め定められた地震、台風などが発生した場合に債券の一部もしくは全額が支払いの原資に充てられるものである。日本の地震リスクの証券化は、福島、矢代らの地震シミュレーションモデルを用いた解析をベースとし<sup>2)</sup>、気象庁の発表によるマグニチュードを発生条件設定として南関東の地震リスクを1997年に証券化している。台風リスクも地震と同様に物理パラメータを条件設定とするケースが多いが、台風は上陸地点のみならず、通過したすべての地域において被害が発生するため、多くの証券化は風速を条件設定としている。そして、条件設定の風速を台風シミュレーションモデルから算出した計算風速とした場合、ベースリスクを小さくするためには、風速評価手法の高度化が課題とされている。本研究においては、地表面粗度及び地形の効果を反映することで高度化した風速評価手法を提案し、台風シミュレーションモデルに導入した結果について報告する。

## 2. 風速評価手法

膨大な計算時間を回避しつつ、地表面付近の影響を反映させるモデルを開発するため、台風シミュレーションモデルと非線形風況予測モデルMASCOT(Microclimate Analysis System for COmplex Terrain)を組み合わせる以下の手順により地表風速を評価した。

- (1) 地形、地表面粗度の影響を反映した風速を評価可能な非線形風況予測モデル MASCOT に対象エリアの地形、地表面粗度のデータを入力し、対象エリア内の風速分布を計算する。この条件による風速を $V_2$ とする。
- (2) 同じ対象エリアの地形を平坦とし、粗度長を荷重指針の粗度区分Ⅱ（滑らかな田園地帯の粗度区分に相当）とした初期条件で計算し、対象エリア内の風速分布を計算する。この条件による風速を $V_1$ とする。
- (3) 日本全国を16のエリアに分割し、それぞれのエリア

に対して(1)及び(2)の計算を16方位に対して行い、エリア内の全地点の風速比 $V_2/V_1$ を1kmメッシュでデータベースとして構築する。

- (4) 地形を平坦とし、粗度区分Ⅱの条件にて台風シミュレーションにより台風時の風速を評価する( $V_1$ の条件の風速に相当)。そして各地点において風速比 $V_2/V_1$ を乗ずることで、地表面の影響を反映した台風時の風速を評価する。

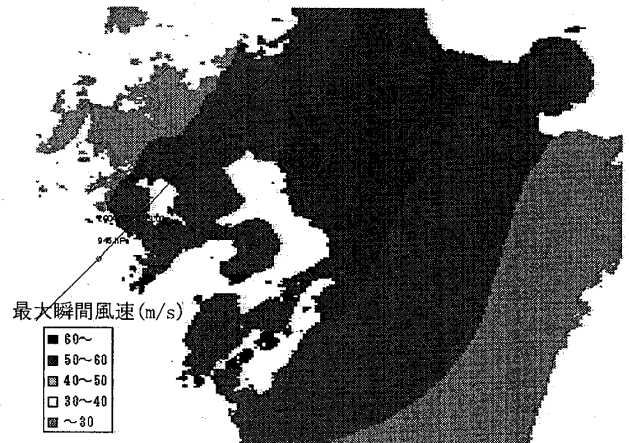


図1 2004年台風18号における対象エリアの地形を平坦とし、粗度長を荷重指針の粗度区分Ⅱ（田園地帯の粗度区分）としたときの風速分布図

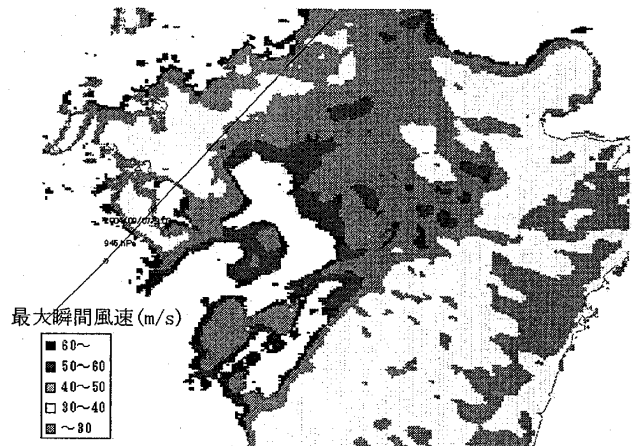


図2 2004年台風18号における対象エリアの地形と粗度長を反映したときの風速分布図

### 3. 台風シミュレーション

地表風速の予測手法の多くは上空風に相当する傾度風速を介して求めており、本研究でも同様の手法を用いた。傾度風速の予測式は、気圧傾度力（気圧差により働く力）が遠心力とコリオリ力にバランスする運動方程式から求めた式により表される。傾度風速から地表風速に変換する予測式は石原による半経験手法を用いた<sup>3)</sup>。ただし、地表の条件は地形を平坦とし、粗度長は荷重指針の粗度区分Ⅱ（田園地帯の粗度区分）とした。

### 4. 非線形風況予測モデル MASCOT

石原らの開発した非線形風況予測モデル MASCOT はナビエーストックスを離散的に解析可能な数値シミュレーションであり、地形効果、地表面粗度の影響を反映した風速の評価が可能である。また標準  $k-\epsilon$  モデルを用いた非線形モデルであるため、山の下り斜面における剥離などの乱流効果を反映可能である。

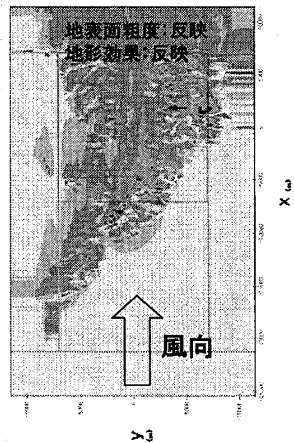


図3 長崎市周辺を対象エリアとしたときの3次元非線形風況予測モデルによる風速分布図（対象エリアの地形、地表面粗度を反映）

### 5. 検討

本研究で提案した風速評価手法を台風シミュレーションモデルに導入し、過去の台風を再現するシナリオ解析による検討を行った。選択した台風は直近の5年間で最も大きな被害が発生した2004年台風18号とした。発生から通過後までにおける各地点の最大瞬間風速の最大値を描画した結果を図4に示す。地形、及び地表面粗度の影響を反映しているため、台風の強風領域である右半円が通過した領域においても一様の風速分布図ではなく、地域毎に強弱があることが分かる。また気象庁気象台の

観測記録と比較したところ、観測記録を良く再現できていることを確認した。

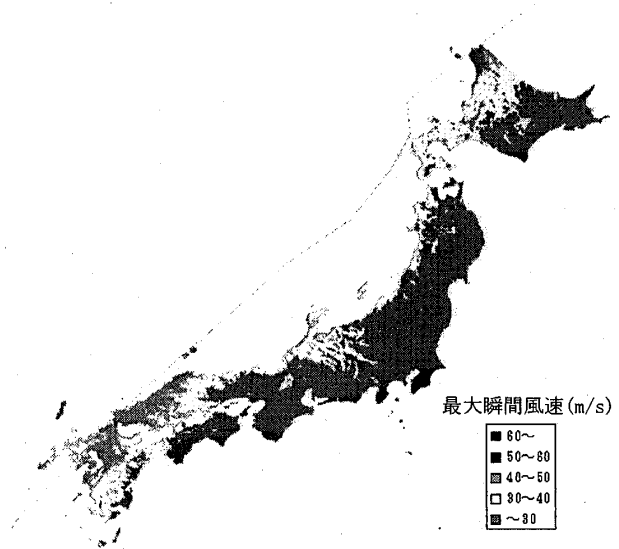


図4 本研究の風速評価手法を適用したときの2004年台風18号の風速分布図

### 6. まとめ

大災害債券の条件設定への適用を目的としたベースリスクの小さい計算風速を評価するため、台風シミュレーションモデルと非線形風況予測モデル MASCOT を組み合わせた風速評価手法を提案し、地表面付近の影響を反映した風速を評価可能な台風シミュレーションモデルを開発した。その結果、2004年台風18号の風速分布を台風シミュレーションモデルで再現したところ、地表面付近の影響が良く再現できていることを確認した。

### 参考文献

- 1) Guy Carpenter & Company, Inc. : The Catastrophe Bond Market at Year-End 2004, 2005
- 2) 福島誠一郎, 矢代晴実 : 地震リスクの証券化における条件設定に関する解析, 日本建築学会計画系論文集, 第505号, pp.295-302, 2002
- 3) 石原孟, 松井正宏, 日比一喜 : 台風に伴う強風場を求めるための解析モデルの提案, 日本風工学会誌, No.57, pp.1-12, 1993

<sup>1)</sup> 東京海上日動リスクコンサルティング(株) 修士(理学)

<sup>2)</sup> 東京大学 助教授 博士(工学)

<sup>3)</sup> 東京海上日動リスクコンサルティング(株) 博士(工学)

<sup>4)</sup> 東京海上日動リスクコンサルティング(株) 修士(工学)

<sup>1)</sup> Tokio Marine & Nichido Risk Consulting Co., Ltd., M. Sc.

<sup>2)</sup> University of Tokyo, Assoc. Prof., Dr. Eng.

<sup>3)</sup> Tokio Marine & Nichido Risk Consulting Co., Ltd., Dr. Eng.

<sup>4)</sup> Tokio Marine & Nichido Risk Consulting Co., Ltd., M. Eng.