HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Estimation method of sea spray concentration and evaluation of momentum transfer at the sea surface under stormy conditions [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	岡地, 寛季
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第14678号
Issue Date	2021-09-24
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/83243
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Hiroki_Okachi_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　博士 (工学)　氏名　岡地　寛季

審査担当者　主　査　准教授　山田 朋人
副　査　教　授　泉 典洋
副　査　教　授　渡部 靖憲
副　査　教　授　清水 康行

学位論文題名

Estimation method of sea spray concentration and evaluation of momentum transfer at the sea surface under stormy conditions

(暴風雨下における海面上での飛沫濃度分布の推定手法と運動量輸送の評価に関する研究)

近年, 我が国では台風によりもたらされる豪雨による河川氾濫・土砂災害が頻発している. また, 台風は高潮や塩害の要因ともなる. 地球温暖化進行後の気候下では, 北西太平洋上の台風の主な発生位置は北東側へ移動し, その中心気圧の低下, 風速・降雨の増大が予測されている. 台風の発達の程度は大気と海面間の抵抗係数による影響を受ける. それに加えて, 同係数は高潮災害の検討における設定外力を左右する重要な要素でもある. この抵抗係数は水平風速の鉛直分布の観測から推定可能である. しかし, 台風下における観測事例は少なく, これまでに多くの研究がなされているものの強風条件下における抵抗係数の値は決着がついていない. 本研究では, 台風下における野外観測による海面砕波飛沫 (以下, 飛沫) を含めた大気最下層の観測により構成される. 極端暴風時における船舶レーダ等による観測を実施し, 観測結果から飛沫濃度の鉛直分布および水平風速の鉛直分布を推定した. これは暴風雨下における大気海面間の相互作用の理解へと貢献するものである.

第 2 章では, 様々な風速と降雨強度をもたらす台風下における海面が大気へもたらす抵抗の既往研究を体系的にまとめた. 抵抗係数は海面付近での風速や波, 飛沫, 雨滴の影響による増減が指摘されている. それらの効果を検証し, 風速と降雨の条件によっては降雨も抵抗係数に影響する結果を得た. しかしながら, 依然として海面に分布する飛沫の濃度は十分に把握できていない. そのため, 次章以降では野外での飛沫の観測を行った.

第 3 章では, 和歌山県の沖合 1.8km に位置する田辺中島高潮観測塔において,1mm 以下の粒径をもつ粒子の検出を可能とするディスドロメータや風向風速計・波高計を用いた野外観測を行なった. 風洞実験により飛沫が観測可能であることを検証した同測器を観測塔の 15m 高さに設置し, 降雨を伴わない強風の気象イベントの観測が実現した. この観測結果より得られた飛沫の粒径に対する飛沫数密度を風速の関数として定式化した.

第 4 章では, 高い時空間解像度で鉛直断面空間の観測が可能なレーダを用いた飛沫と雨滴の観測を行った.2018 年の台風 20, 21, 24 号 (CIMARON, JEBE, TRAMI) などの観測箇所の近傍を通過した台風イベントの観測が実現した. この中に含まれる 10 分平均風速が約 40m/s に達する時間帯の計

測も実現し, 極端強風雨時における海面付近に分布する飛沫や雨滴の詳細な時間変化が得られた. 本章では, 同レーダで得られた画像を物質の電磁波に対する特性を表す物理量である後方散乱レーダ断面積に変換する手法を提案した. 具体的には, 風向とレーダ観測方向が一致する時刻の抽出, ノイズの除去, 反射電力への変換, 距離に応じた電磁波減衰の補正, 近隣の気象レーダを用いたキャリブレーションによるレーダ利得の推定を行うことで定量的な解析を可能とした. また, レーダによって観測した雨滴や飛沫を媒介とした風速と仮定することで, その移動速度から水平風速の鉛直分布を推定した. さらに得られた水平風速の鉛直分布より抵抗係数を推定した. 同結果は次章で得られる飛沫の質量濃度の鉛直分布と比較する際に使用する.

第 5 章では, 第 4 章で得られた後方散乱レーダ断面積の結果を用いて, 飛沫の粒径に対する飛沫数密度や質量濃度の推定方法を提案した. 同手法はミー散乱理論により表される単位体積内に含まれる個々の散乱を足し合わせることで, 単位体積内に含まれる複数粒子による散乱 (体積散乱) を表現するものである. 得られた質量濃度の鉛直分布に対して既存の浮遊砂の質量濃度分布式が適用可能であることを示し, 風速に依存した飛沫の質量濃度の鉛直分布式を提案した. さらに, 質量濃度の鉛直分布を用いることでレーダでは捉えることができない海面からの飛沫発生量を推定し, 風速に依存する関数として示した.

本研究は, 海面で発生する砕波飛沫と雨の混在する状況に関する詳細な定量情報を創出した. さらにレーダを用いた観測による風速の鉛直分布や飛沫の質量濃度の鉛直分布を推定する手法を提案し, 新たなレーダ観測の可能性を示した.

これを要するに, 著者は, 極端暴風雨時における現地観測を実施し, それらの条件下における水平風速の鉛直分布や飛沫質量濃度の鉛直分布の推定を実現したものであり, 暴風雨下における大気海面間の相互作用の理解に対して貢献するところ大なるものがある. よって著者は, 北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格あるものと認める.