

氏名	田中 康弘		
授与学位	博士(工学)		
学位記番号	博甲第155号		
学位授与年月日	平成29年3月17日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項		
学位論文題目	衛星マイクロ波放射計による夏季北極海のメルトポンド割合の推定と海氷面積予測に関する研究		
論文審査委員	主査 教授	亀田 貴雄	
	准教授	堀 彰	
	准教授	舘山 一孝	
	教授	佐々木 正史	
	准教授	白川 龍生	
	教授	榎本 浩之 (国立極地研究所)	

学位論文内容の要旨

近年における北極海での海氷域面積の急激な減少によって、地球温暖化の加速が指摘されている。この原因の一つとして正のアイスアルベドフィードバック効果が挙げられる。この効果は海氷と開放水面でアルベドが大きく異なることにより、開放水面での日射の吸収を促進し、さらに海氷が減少するというものである。このフィードバック効果で重要な夏季海氷域のアルベドは、海氷上の雪や氷の融解による融解水が水溜りとなったメルトポンドの割合(MPF: Melt Pond Fraction)に最も強く依存する。つまり、夏季北極海のMPFの分布とその変動を明らかにすることは、フィードバック効果を詳しく研究するために重要である。

本研究は、衛星搭載マイクロ波放射計(AMSR-E: Advanced Microwave Scanning Radiometer - Earth observing system)により観測された輝度温度データを用いてMPFの分布とその変動を明らかにすることを目的とした。まず初めに、メルトポンド割合に対するマイクロ波帯の輝度温度特性を調べるために、砕氷船前方の氷況を撮影したカメラ画像から氷況の判別、開放水面・海氷・メルトポンドの割合を推定する画像解析法を開発した。次にAMSR-Eによる輝度温度と現地のMPFの関係を調べ、夏季北極海の高密接度海氷域におけるAMSR-EによるMPF推定アルゴリズムを開発した。また、このアルゴリズムの有効性を検証するため、中分解能撮像分光放射計(MODIS: Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)とAMSR-EによるMPFを比較した。本研究において開発したMPFの推定手法を用いて、北極海におけるMPFの変動とその分布を研究した。その上で、アイスアルベドフィードバックに基づく気候変動でのメルトポンドの有効性を調べるため、MPFと海氷面積を比較した。

氷況判別およびMPFを推定する画像解析法の開発では、画像の明度ヒストグラムを平滑化するためフーリエ領域におけるフィルタリングを行い、1ピーク(開放水面または海氷のみ)、2ピーク(開放水面と海氷またはメルトポンドと海氷)、3ピーク(海氷とメルトポンドと海氷)の3種に分類した。フィルタリングにおける最適な低域通過フィルタは、ブラックマン窓を用いて遮断周波数を0.05 Hzならびにフィルタ長を49に設定した仕様であった。さらに、1ピークの分布では明度の閾値から開放水面と海氷、2ピークの分布では赤および緑成分のヒストグラムの関係から開放水面とメルトポンド、それぞれ2種に判別するために有効であることがわかった。

現地の MPF と輝度温度データとの比較結果からは、最もメルトポンドに敏感な周波数帯は 6.9 GHz の水平偏波と 89 GHz の垂直偏波であることが新たにわかった。この両チャンネルを用いた AMSR-E による MPF と現地の MPF の平均二乗誤差は 8.9 %、相関係数は 0.84 であった。また、AMSR-E と MODIS による MPF を比較した結果、84 % の時期および地域でこれらの差が 5 % 以内であった。これは MODIS による MPF とほぼ同じ程度で AMSR-E による MPF を推定できることを示す。そのため、これらの成果は今後の夏季北極海でのアイスアルベドフィードバック効果をより詳しく議論するために有益であると考えられる。

夏季での MPF の推定結果から、6 月下旬に北極付近まで形成されていること、MPF は年々増加しており、その増加率は最大 7 % / 10 年であることがわかった。さらに、2007 年と 2012 年を除く MPF を用いて 9 月の海氷面積予測を試みた結果、その予測誤差は従来の予測誤差と比べて小さいことがわかった。これは高密度度海氷域における MPF が増加すると、9 月までに海氷が消失しやすくなることを示す。以上の成果は、アイスアルベドフィードバックに基づく気候変動でのメルトポンドの有効性を示していると考えられる。

論文審査結果の要旨

近年における北極海での海氷域面積の急激な減少によって、地球温暖化の加速が指摘されている。この原因の一つとして正のアイスアルベドフィードバック効果が挙げられる。この効果は海氷と開放水面でアルベドが大きく異なることにより、開放水面での日射の吸収を促進し、さらに海氷が減少するというものである。このフィードバック効果で重要な夏季海氷域のアルベドは、海氷上の雪や氷の融解による融解水が水溜りとなったメルトポンドの割合 (MPF: Melt Pond Fraction) に最も強く依存する。つまり、夏季北極海の MPF の分布とその変動を明らかにすることは、フィードバック効果を詳しく研究するために重要である。

申請者は本研究において、砕氷船前方の氷況を撮影したカメラ画像から氷況の判別、開放水面・海氷・メルトポンドの割合を推定する画像解析法を開発した。次に AMSR-E による輝度温度と現地の MPF の関係を調べ、夏季北極海の高密度度海氷域における AMSR-E による MPF 推定アルゴリズムを開発した。また、このアルゴリズムの有効性を検証するため、中分解能撮像分光放射計 (MODIS: Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) と AMSR-E による MPF を比較し、北極海における MPF の変動とその分布を明らかにした。

これらの研究成果は雪氷学においては極めて重要な成果であり、北極海における海氷研究の新たな展開に寄与するところが大きい。従って、申請者は北見工業大学博士 (工学) の学位を授与される資格があるものと認める。