

平成17年度 研究成果報告  
衛星データを用いた海水変動の解析

COE 研究員： 木村詞明  
担当教員： 江淵直人

主に人工衛星による観測データを用いて、海水域の変動メカニズムを解明し、海水が地球の気候システムの中で果たす役割を解明するための研究をすすめている。平成17年度に主に取り組んだのは、1) マイクロ波放射計 AMSR-E による観測画像を用いた海水移流の追跡 2) 南極海水面積の季節変動過程の解明 3) 北極海の海水の動きの年々変化の把握、の3課題である。研究には主に人工衛星搭載のマイクロ波放射計による観測データから導出した海水情報を利用した。その中でも、海水漂流速度は独自に計算アルゴリズムを開発した上で以下の3種類のデータセットを作成し、各課題に最適なものを用いた。

特徴	元となる衛星データ	空間解像度	時間分解能	期間	用いた課題
高解像度	Aqua/AMSR-E	37.5km	1日	2002年12月以降	1
	DMSP/SSMI	75km	1日	1991年12月以降	2
長期間	Nimbus-7/SMMR, DMSP/SSMI	125km	2日	1978年12月以降	3

それぞれの課題に対する取り組みと成果の詳細は以下の通りである。

#### 1. マイクロ波放射計 AMSR-E による観測画像を用いた海水移流の追跡

2002年に観測を開始した日本国産のマイクロ波放射計 AMSR-E は、それまでの主力センサーであった SSM/I の約2倍の解像度を持つのが特徴である。この画像から海水の漂流速度を計算するためのアルゴリズムを開発し、2002/03年、2003/04年2004/05年の3冬季分について北半球全域の毎日の海水漂流速度データセットを作成した。SSM/I 等のデータを用いた場合に比べて空間解像度が良くなった他、上昇軌道と下降軌道のデータを別々に用いるなどの工夫の結果、データの欠損を大幅に減らすことができた。

このデータを用いて、海水の移流軌跡の追跡を行った。まず、オホーツク海を対象海域とし、北西部の陸棚域で生成された海水が広がっていく経路や北海道沖の海水の起源に着目して解析を行った。その結果、北西部海域で生成された海水は、樺太に沿って南下しつつ、卓越する北西からの風によって南東方向に広がっていくことが分かった。また、海水が海水域の端を追い越す事例も見られ、氷縁で融解しながら海水域が拡大していく様子が明らかになった。その他、千島海盆の渦も明瞭に捉えることができた。一方、北海道沖の海水は、その多くが樺太のテルペニア湾やアニア湾を起源としていることが分かった。北海道沿岸でのソナーの係留により得られた海水の厚さ変化と比較すると、海水の厚い時期がより北部からの海水が達している時期と一致した。北海道沖の海水の起源は年によっても異なり、2004年と2005年に北海道沖に達した海水のほとんどは樺太南部のアニア湾を起源としていた。

次に、北極海の海水の動きについて解析を行った。課題3でも示すように北極海の海水の循環パターンは年によって大きく異なる。北極海中心部での高気圧性循環が強い年と弱い年とを比較すると、強い年にはカナダ多島海沖の海水が厚い海域を含む広い範囲で海水の動きが大きくなっており、これによって厚い多年氷がより流出しやすい状況になることが分かった。今後、北極海の海水面積収支とその年々変動について、より詳細な解析をすすめる予定である。

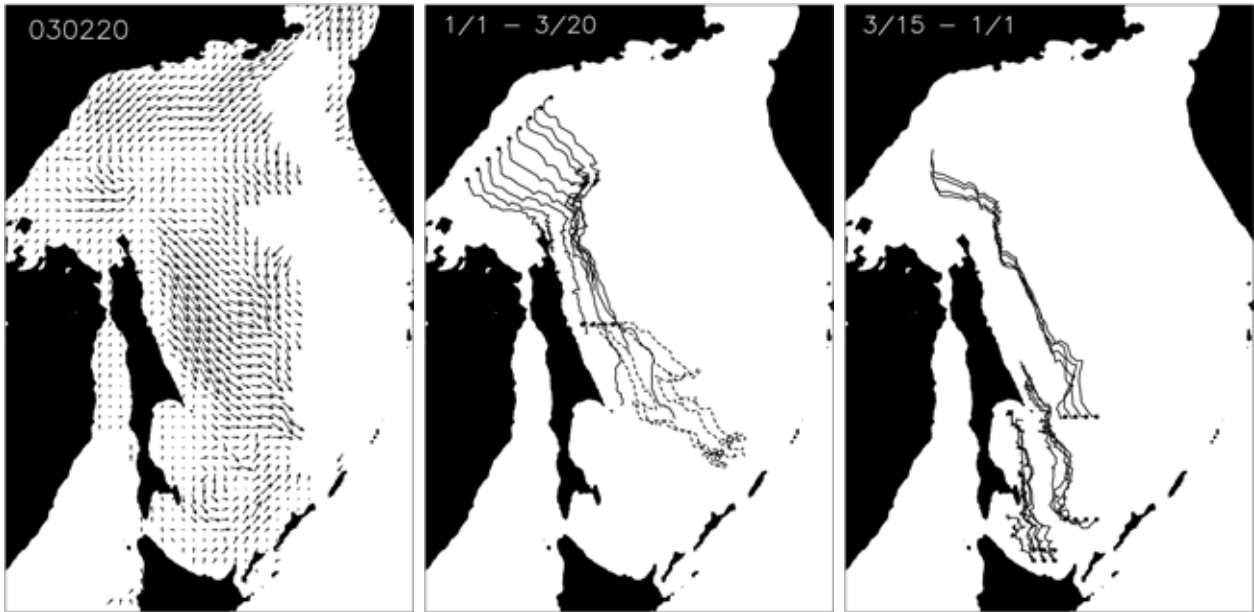


図1:左から、AMSR-E データから計算された海水漂流速度場の例、2003年1月1日から3月20日までの海水の前方軌跡、2003年3月15日から1月1日までの海水の後方軌跡。海水域ではほぼ欠測なく漂流速度が得られ、それにより海水の軌跡の追跡が可能になった。

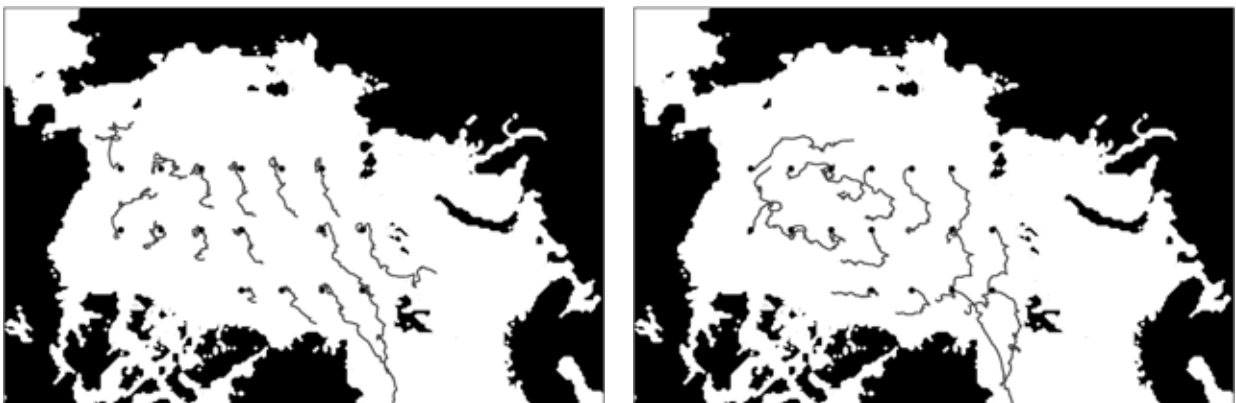


図2:12月はじめから4月末まで5ヶ月間の北極海の海水の軌跡。左:2002/03年 右:2003/04年。高気圧性循環の卓越した2003/04年には広い範囲で海水の移動量が大きくなっている。

## 2. 南極海水面積の季節変動過程の解明

南極海の海水面積は9月に最大、2月に最小となるような大きな季節変動をしている。しかし、どこで海水ができることによって面積が拡大し、どこで融解することによって後退しているのかはよく分かっていない。海水の生成/融解量と場所を把握することは海水が大気や海洋に及ぼす影響を知る上でも重要である。そこで、マイクロ波放射計 SSM/I によるデータから12年分の毎日の海水密度度と海水漂流速度データセットを作成し、海水面積の季節変動のメカニズムを解明するための解析を行った。

日々のデータから、各海域の毎月の1)海水面積の変化量 2)海水域内部での海水生成/消滅量 3)隣接する海域からの流入量を計算し、さらに残余として氷縁での生成/融解量を見積もることによって、それぞれの量の季節変化を比較した。平成16年度までに行った解析では、海岸線のグリッドの荒さから沿岸付近での海

氷生成量の見積もり誤差が大きくなっていたため、海岸線のみ解像度を上げる処理を行った。解析の結果、以下のことが明らかになった。

- ・ ウェッデル海やロス海では海水面積は内部での海水生成と氷縁での生成の同程度の寄与で拡大する
- ・ インド洋セクターでは海水拡大期も氷縁での海水生成がほとんど起こらない
- ・ 海水域の後退は主に氷縁での急速な海水融解によって起こる
- ・ 海水の東西移流が各海域での面積変化に及ぼす影響は小さい

また、残差として得られた氷縁での海水生成/融解量と、氷縁の動きと海水の動きの直接比較から得られた同量を比較した結果、両者は良く一致し、解析の精度の高さを実証できた。

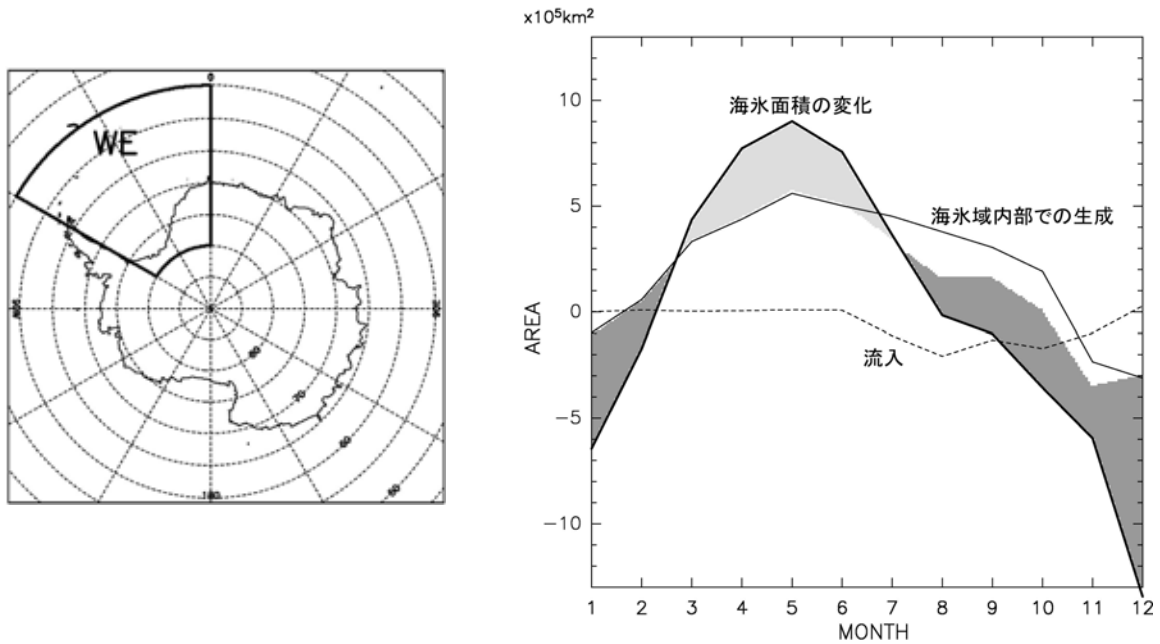


図3: ウェッデル海(左図)での海水面積の季節変化の様子。薄影部が氷縁での生成、濃影部が融解を示す。3月から7月にかけて海水面積が拡大し、それは内部での海水生成と氷縁での生成の双方の寄与によるものである。また9月以降の急速な面積減少は氷縁での融解によるところが大きい。

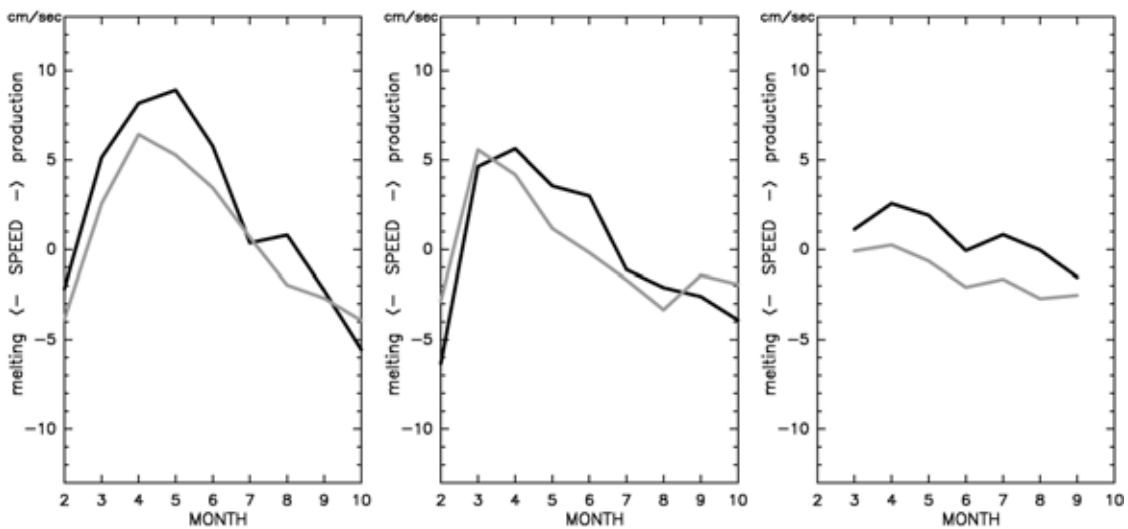


図4: 図3で残差として得られた氷縁での海水生成/融解速度(経度線に沿う方向の速さ)と、氷縁の動きと海水の動きの直接比較から得られた同量の比較。左からウェッデル海、ロス海、インド洋セクターの値。両者はすべての海域でよく一致する。また、インド洋セクターでは氷縁での海水生成/融解がほとんどないことが分かる。

### 3. 北極海の海水の動きの年々変化の把握

北極海の海水の循環パターンは年々変動が大きいことが知られている。それを解析するために、マイクロ波放射計 SMMR および SSM/I による観測データを用い、25年分の2日平均の海水漂流速度データセットを作成した。夏季のデータセットの信頼性が十分でないことから、冬季に注目して解析を行った。その結果、冬季北極海の海水循環は年によって大きく異なり、その違いは北極海中心部の高気圧性循環の強さの違いとして表現できることが分かった。この高気圧性循環の強さは数年周期で大きく変動しており、海面気圧(海上風)に見られる高気圧場の強さと比較すると、両者は非常に似た変動傾向を示した。

一方、北極海の海水面積や厚さは近年急速に減少していることが知られている。そこで、海水量の長期的な減少と海水の動きの変化との関係に注目するため、10年以上の時間スケールでの漂流速度場の変動について解析を行った。その結果、長期的に見ると冬季の海水循環パターンに特徴的な変化は見られないものの、海水漂流速の風速に対する比率(風力係数)が近年明瞭に上昇していることが分かった。その要因として海水厚の減少や、表面粗度の増加などが考えられる。北極海氷の年々変動については今後も集中的に解析をすすめていく予定であり、現在、風力係数の変化が北極海の海水流出量に及ぼす影響に着目した解析をすすめていく予定である。

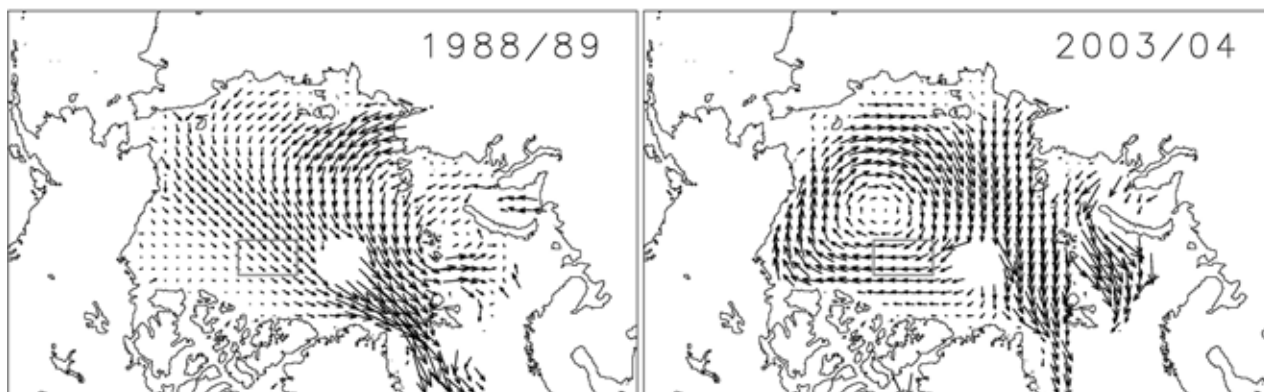


図5: 冬季北極海の平均海水循環場の例。左: 1988/89年、右: 2003/04年。1988/89年には極を通過してグリーンランド海に抜けるほぼ一直線の流れが卓越し、2003/04年には高気圧性の循環が卓越している。

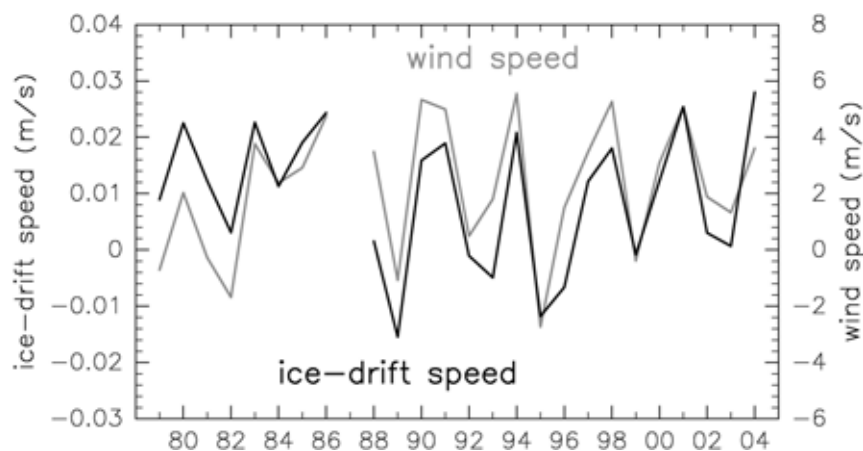


図6: 北極海の高気圧性循環の強さ(図5の枠内での左向き海水漂流速と地衡風速)の年々変動。両者は約5年周期で変動しており、その変動パターンは非常に良く一致している。

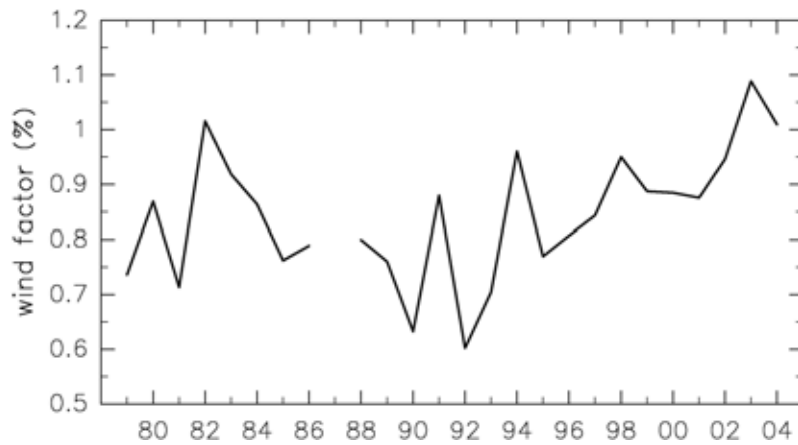


図7:カナダ沖海域での地衡風速に対する海氷漂流速の比率の年々変化。90年代以降顕著に上昇している。

・ その他

北大流氷レーダー画像から海氷の動きを計算するアルゴリズムの改良を引き続きすすめつつある。得られた海氷漂流速度場と、ソナーの係留観測により得られた海氷の厚さ変化とを用い、海氷が力学的に厚くなるメカニズムの解明を目指した解析をすすめる予定である。また、得られた計算技術を別の地上設置型レーダーによる観測画像に適用していくことも考えている。

論文:

T. Sakamoto, M. Ikehara, K. Aoki, K. Iijima, N. Kimura, T. Nakatsuka, and M. Wakatsuchi, Ice-rafted debris (IRD) based sea-ice expansion events during the past 100 kyrs in the Okhotsk Sea, Deep Sea Research Part II, vol. 52, 2275-2301, 2005.

N. Kimura

Mechanisms controlling the temporal variation of sea ice cover in the Southern Ocean, Journal of Geophysical Research, 改訂中

K. Baba, S. Minobe, N. Kimura, M. Wakatsuchi,

Intraseasonal variability of sea-ice concentration in the Antarctic with particular emphasis on wind effect, Journal of Geophysical Research, 改訂中

Y. Fukamachi, G. Mizuta, K. I. Ohshima, T. Toyota, N. Kimura, M. Wakatsuchi,

Sea-ice thickness in the southwestern Sea of Okhotsk revealed by a moored ice-profiling sonar, Journal of Geophysical Research, 改訂中

学会講演:

Aqua/AMSR-E 画像を用いた海氷移流の解析

木村詞明, 極域気水圏シンポジウム, 東京, 2005年11月

北海道沖の海氷はどこからきたものか - Aqua/AMSR-E 画像を用いた海氷移流の追跡 -

木村詞明, 日本気象学会 秋季大会, 神戸, 2005年11月