

平成 15 年度 研究成果報告

衛星データを用いた海氷変動の解析

COE 研究員：木村 詞明
担当教官：江淵 直人

主に人工衛星による観測データを用いて、海氷域の変動メカニズムを解明し、それ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。着任初年度である平成 15 年度に主に取り組んだのは、1) 南極海の家氷データセットの作成と、それを用いた海氷変動の解析、2) 流氷レーダー画像から海氷漂流速度を計算する手法の開発の二点である。南極海については、毎日の海氷密接度と海氷漂流速度のデータセットを作成した。漂流速度データセットは信頼性を重視したものと広範囲をカバーすることを重視したものの 2 種類を作成し、行う解析に応じて使い分けた。また、流氷レーダー画像からは 1 時間平均の家氷漂流速度データセットの作成に成功した。研究計画に挙げた個々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. 海氷の現場観測・地上レーダー観測・衛星観測の相互比較

現場での係留および船舶による観測、地上からのレーダーによる観測(流氷レーダー・HF レーダー)、衛星による観測のデータを相互比較することにより、それぞれの観測結果から物理量を算出するためのアルゴリズムの開発・改良を行い、さらに、異なる時間・空間スケールの現象が互いにどのような関係にあるかを解明するための解析をすすめている。本年度は流氷レーダー画像から海氷の漂流速度場を導出する手法の開発をすすめた。実際には昨年度から研究をすすめていた課題であるが、引き続きその改良に取り組んだ。計算には紋別局の流氷レーダーによって 10 分間隔で観測されたデータを用いた。10 分から 60 分の時間間隔の画像から漂流速度を計算し、それらを組み合わせることにより海氷域上ではほぼ欠測の無い 1 時間平均の家氷漂流速度場のデータセットの作成に成功した(例を図 1 に示す)。作成したデータセットの空間分解能は約 1 km である。得られた漂流速度場には以下のような特徴が見られた。

- ・沿岸付近での 10 km スケールの渦の消長と移動
- ・潮汐に伴う全体的な海氷の動き
- ・沿岸流に伴う約 10 km 幅の沿岸付近の南東移流とその変化

また、全体的な海氷の動きは紋別港のタワー上で観測された風速とも良い一致を示した。海氷の動きは風速の変化に 3 時間から 5 時間遅れて応答していた。一方で、海氷が密な場合には風速の強さに関わらず海氷がほとんど動かない場合があることが分かった。これらの成果は極域気水圏シンポジウムで発表した。流氷レーダー画像から海氷漂流速度を計算するには短い時間間隔の観測が必要であるという結果を踏まえ、流氷レーダーの最後の観測となった平成 15 年度冬期にも 10 分間隔での観測を実施して頂いた。一方で、紋別沖に係留された Ice Profiling Sonar による観測生データの初期処理もすすめつつある。

平成 16 年度以降は、これらの結果を用いてマイクロ波放射計(SSM/I, AMSR-E)や光学センサー(AVHRR)等の衛星リモートセンシングデータ、また HF レーダーによる観測データから海氷の物理量

とを算出するアルゴリズムの開発・改良を行う。また、実際は、流氷レーダーで見られた 10 km スケールの渦や沿岸流は、観測分解能約 1 km の AVHRR 画像から計算した海氷の動き (結果の分解能 12 km) では見ることができない。さらに、AVHRR からの漂流速度場に見られる 100 km スケールの渦はマイクロ波放射計 SSM/I の画像から計算した漂流速度場では見られない。このように用いるデータの種類によって、観測できる現象は全く異なる。このことを踏まえ、細かいスケールと大規模なスケールの現象の関係についても解析を行う予定である。具体的には、広範囲な解析のベースとなる分解能の悪いマイクロ波放射計データを用いた解析に細かいスケールの現象による効果を取り入れることができるよう、パラメタライズを行いたいと考えている (主に課題 2 と関連)。

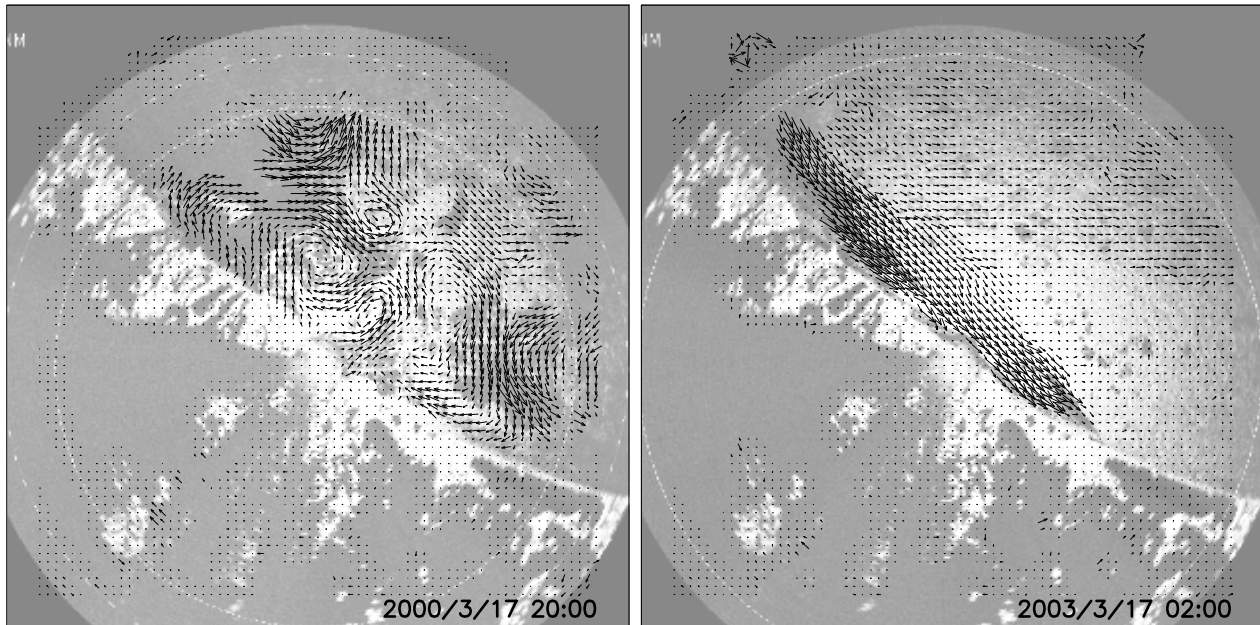


図 1 : 紋別局の流氷レーダー画像から得られた 1 時間平均の海氷漂流速度。矢印の向きと大きさが、海氷の動く向きと大きさを示す。矢印の間隔は約 1 km。左上から図の中央を通り右下に向かって海岸線がある。左は 2000 年 3 月 17 日の 20 時のもので、直径 10 km スケールの渦がいくつか見られる。渦の向きは一樣では無く、高気圧性の渦と低気圧性の渦が混在している。右図は 2003 年 3 月 17 日の 2 時のもので、沿岸に幅約 10 km の南東向きの海氷移流が見られる。また、この沿岸の移流の強さは日によって大きく異なる。

2. 海氷の力学的過程による厚さ変動の解析

これまでの解析から、特にオホーツク海などでは海氷どうしが相互に重なる過程が、海氷の厚さ増加と面積収支に大きな役割を果たすことが分かっている。それは細かい空間スケール、短い時間スケールで起こっていても全体の海氷量収支の見積りに影響するため、できるだけ細かいスケールのデータを用いた実態の把握が必要である。この解析には主に流氷レーダーによる海氷漂流速度場と、紋別沖に係留された Ice Profiling Sonar による海氷の厚さ変化の情報を用いて行う予定であり、現在、用いるデータセットの整備をすすめてある。Ice Profiling Sonar による観測データの初期処理が終わり次第解析に着手する予定である。

3. 海氷生成域の分布とそこでの海氷生成量の定量的評価

海氷はその生成時に熱と塩を海洋に、熱を大気に放出する。そのため、どこでどれだけ量の海氷

が生成されているかを知ることは、海氷が大気海洋場に及ぼす影響を知るためにも非常に重要である。この課題に関連して、オホーツク海を対象とした沿岸域での海氷生成面積の見積もりについて昨年度から取り組んでいたが、まずそれを論文にまとめ投稿した。

また、マイクロ波放射計 SSM/I による観測データを用い、新たに南半球の 10 年分の海氷密接度、漂流速度のデータセットを作成し、それらを用いて南極海での海氷生成域の分布と生成面積を知るための解析を行った。一般に、ある範囲内での海氷面積の増加は、そこでの新たな海氷生成と周囲からの海氷の流入によってもたらされる。そこで、密接度変化から計算される海氷面積の増加量から、周囲の点の漂流速度と密接度から計算される海氷の流入量を差し引くことにより、それぞれのグリッド内で生成される海氷量を計算した。その結果、以下のことが明らかになった。

- ・南極海での海氷生成は沿岸域で集中的起きている
- ・ウェッデル海沿岸域での海氷生成は少なく、ロス海やインド洋沿岸域での生成量が多い
- ・海氷域内部での海氷面積の減少(融解や相互乗り上げによる)はほとんど起きている

これら成果を気象学会秋季大会で発表した。また、作成した海氷漂流速度のデータセットを用いて、海氷の動きと風速との関係についても解析を行い、その結果を論文にまとめ投稿した。

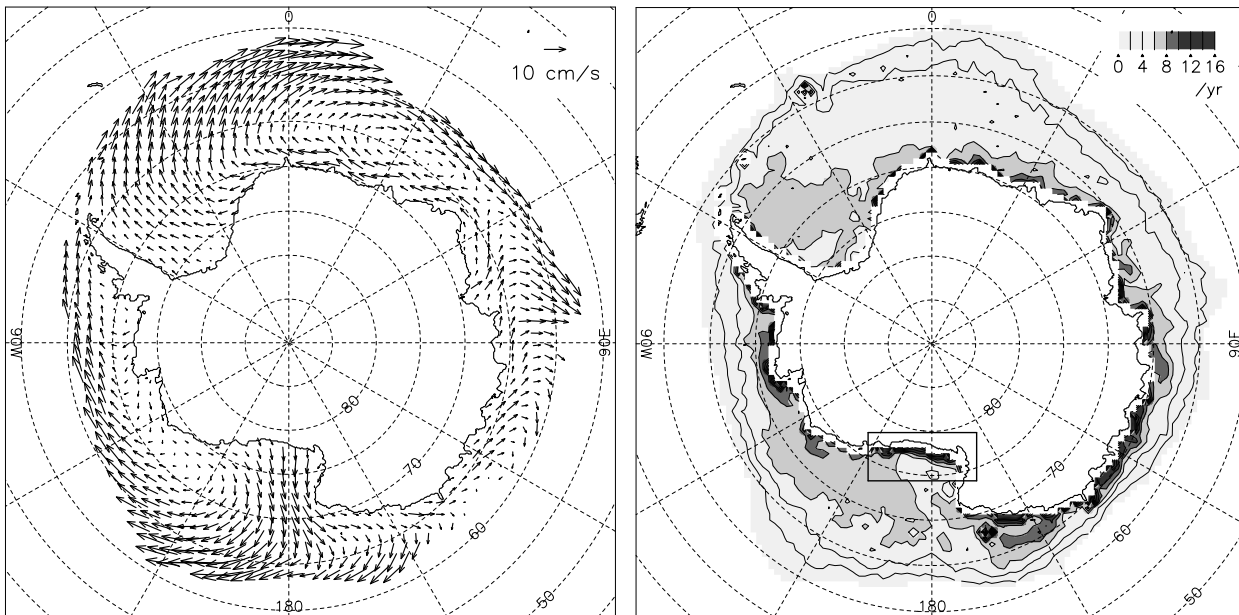


図 2：南極海の平均の海氷漂流速度場(左)と海氷生成域の分布(1 年間に単位面積で生成される海氷面積：右)。左図の漂流速度の矢印の間隔は 150 km(データセットは 75 km グリッド)。南極海の家氷の動きは沿岸付近の西向き動きと、沖合いの東向きの周極的な動きで特徴づけられる。海氷は、この海氷の動きが発散する場所で多く生成され、それは沿岸付近に集中している。ロス海の沿岸付近(右図の枠内)での年間の海氷生成面積は、ロス海域の全海氷面積とほぼ一致する。

4. 氷縁での海氷生成量・融解量の見積り

南極海を経度でいくつかの海域に分け、それぞれの海域での海氷面積の季節変化について解析を行った。それぞれの海域で、毎月の実際の家氷面積の変化量、課題 3 の手法によって計算できるそれぞれの海域の家氷域内部での海氷生成面積(−消滅面積)、隣接する海域からの流入量(−流出量)の見積もりを行った。これらの値を用いることにより、海氷生成面積に周囲の海域からの流域面積を足したもののから、海氷域内部での消滅面積を差し引いたものを、その海域の氷縁での融解面積(あるいは生成面

積)と考えることができる。解析の結果、以下のことが明らかになった。

- ・ 海氷域の急速な拡大期(2月-5月)には海氷域内の海氷の生成も急速に増えている
- ・ 隣接する海域からの流入・流出量は他の量に比べると、年間を通して小さい
- ・ ほとんど全ての海域で年間を通じて氷縁では海氷が融解しており、その速さは海氷域の拡大後期から後退期に大きくなる

また、氷縁で海氷が融解する速さは、氷縁付近の海氷の動きと、実際の氷縁位置との比較からも直接計算することができる。今後は、こうして直接見積もられた氷縁での融解面積と、今回の手法で得られた面積と比較し得られた結果の信頼性を評価するとともに、南極海の海氷面積の季節変化のメカニズムの解明を目指してさらなる解析をすすめる予定である。

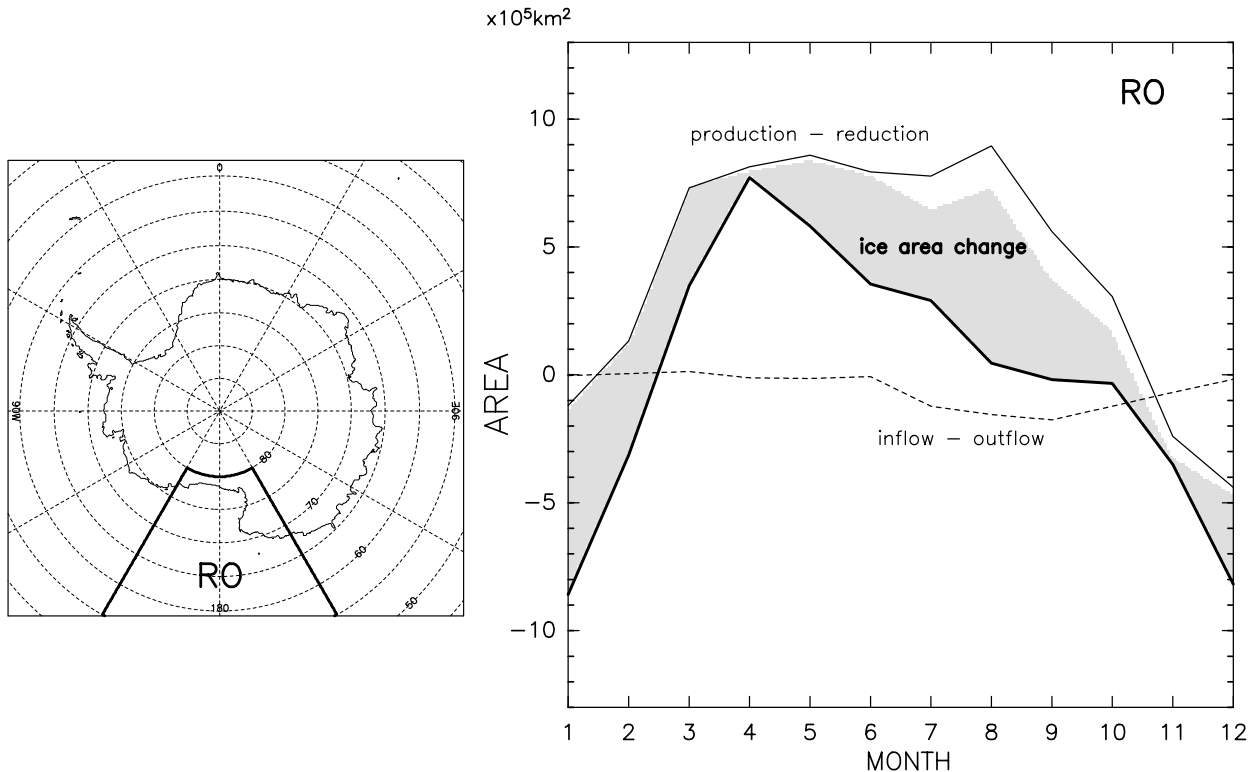


図3：ロス海域(左図の枠内)での海氷面積の季節変化(右図)。太線は各月の実際の海氷面積の変化量、細線は海氷域内部での海氷域の生成面積-消滅面積、破線は隣接する海域からの流入面積-流出面積を示す。影部は、海氷域内での生成面積(細線)に流入面積(破線)を足したものと実際の変化量(太線)との差で、これが正の場合の値が各月の氷縁での融解面積を示す。ロス海域に限らずほぼ全ての海域で、氷縁では年間を通して海氷が融解しており、その速さは海氷拡大後期から後退期にかけて速くなる。

5. 北極海・南極海の海氷の年々変動と大気・海洋循環との関係

海氷の循環の年々変動の解析のために、マイクロ波放射計 SSM/I の 37GHz チャンネル(他の解析で用いている 85.5GHz チャンネルに比べて解像度は悪いが、より長期のデータが利用可能)および SMMR の 37GHz チャンネルデータを用いて 1979 年以降 23 年分の海氷漂流速度データセットを作成し、解析をすすめつつある。北極海、南極海ともにその海氷循環の年々変動は大まかには大気場の年々変動変動の影響を強く受けている。また、北極海の海氷の循環に関しては数年周期の変動は大気場の変動の影響を強く受けており、長期的な変化は海洋循環の変化を反映しているように思われるが、最近数年でまた状況が変化してきており、今後も注目していく必要がある。年々変動の原因に関する詳細な解

析は平成 16 年度以降に行う予定である。

6. その他

上記の研究課題とは別に、マイクロ波放射計 SSM/I の EASE(Equal-Area Scalable Earth) -Grid データを用いた新しい海氷漂流速度データセットの作成を行っている。現在解析に使用している SSM/I データは一日の値を平均したものであり、特に海氷漂流速度の計算にはあまり適していない。EASE-Grid データの利用により、より高精度の漂流速度データセットの作成が期待できる。このデータセットは広く一般の研究者が利用しやすい形に整備していきたいと考えている。

・ 発表論文：2 編

題目： Processes of increase and decrease of sea ice area in the Sea of Okhotsk

著者： Noriaki Kimura and Masaaki Wakatsuchi

雑誌名： Journal of Geophysical Research

年月： 平成 15 年 4 月投稿、平成 16 年 3 月受理

題目： Sea ice motion in response to surface wind and ocean current in the Southern Ocean

著者： Noriaki Kimura

雑誌名： Journal of Meteorological Society of Japan

年月： 平成 16 年 1 月投稿、審査中

・ 学会発表：2 講演

南極沿岸域における海氷生成量：木村詞明、日本気象学会 秋季大会、平成 15 年 10 月

流氷レーダー画像を用いた北海道沿岸の海氷の動きの解析：木村詞明・白澤邦男、極域気水圏シンポジウム、平成 15 年 11 月