



航行計画支援に向けた 海水中期予測

木村詞明

国立極地研究所
東京大学大学院新領域創成科学研究科

北極航路利用のための海氷予測

| | 短期 | 中期 | 長期 |
|--------|----------|--------------------|------------|
| 時間スケール | 数日-10日 | 数ヶ月 | 数年-数十年 |
| 用途 | 航行中の航路選択 | 北極航路の利用可否の判断 | 砕氷船の建造計画など |
| 予測方法 | 数値モデル | 衛星データ解析 (統計的手法) | 数値モデル |

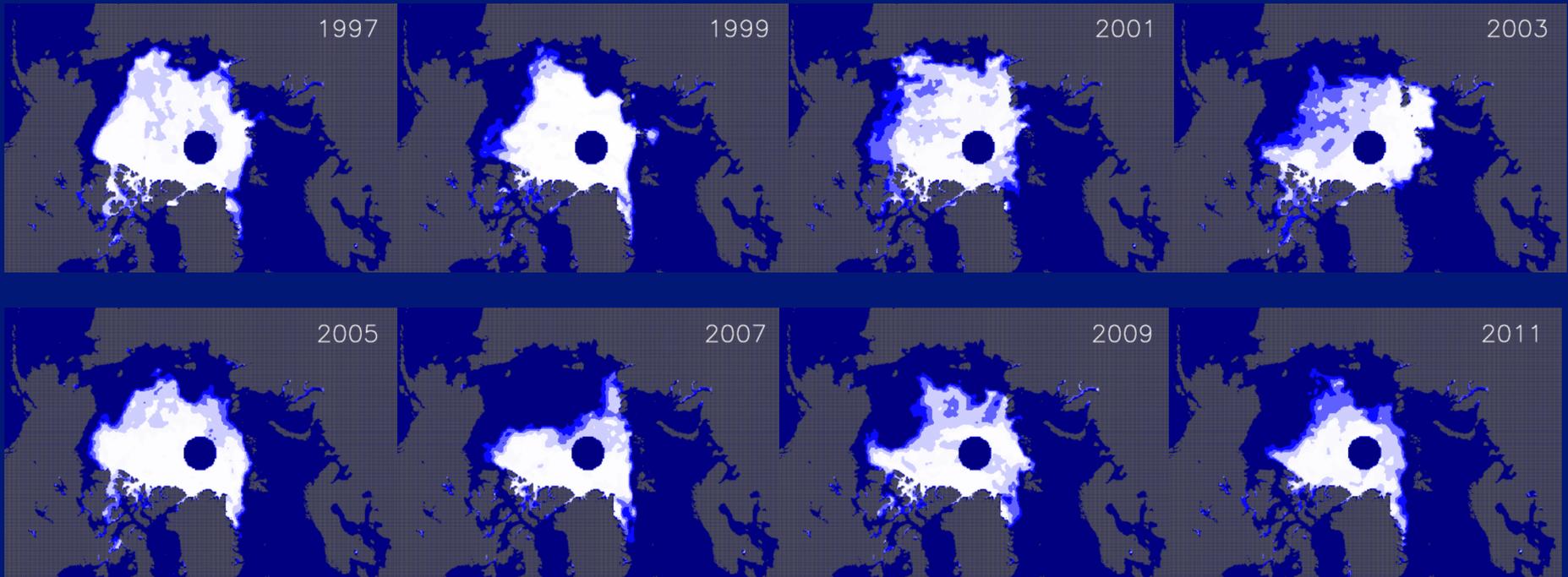


小野さんの講演



川崎さんの講演

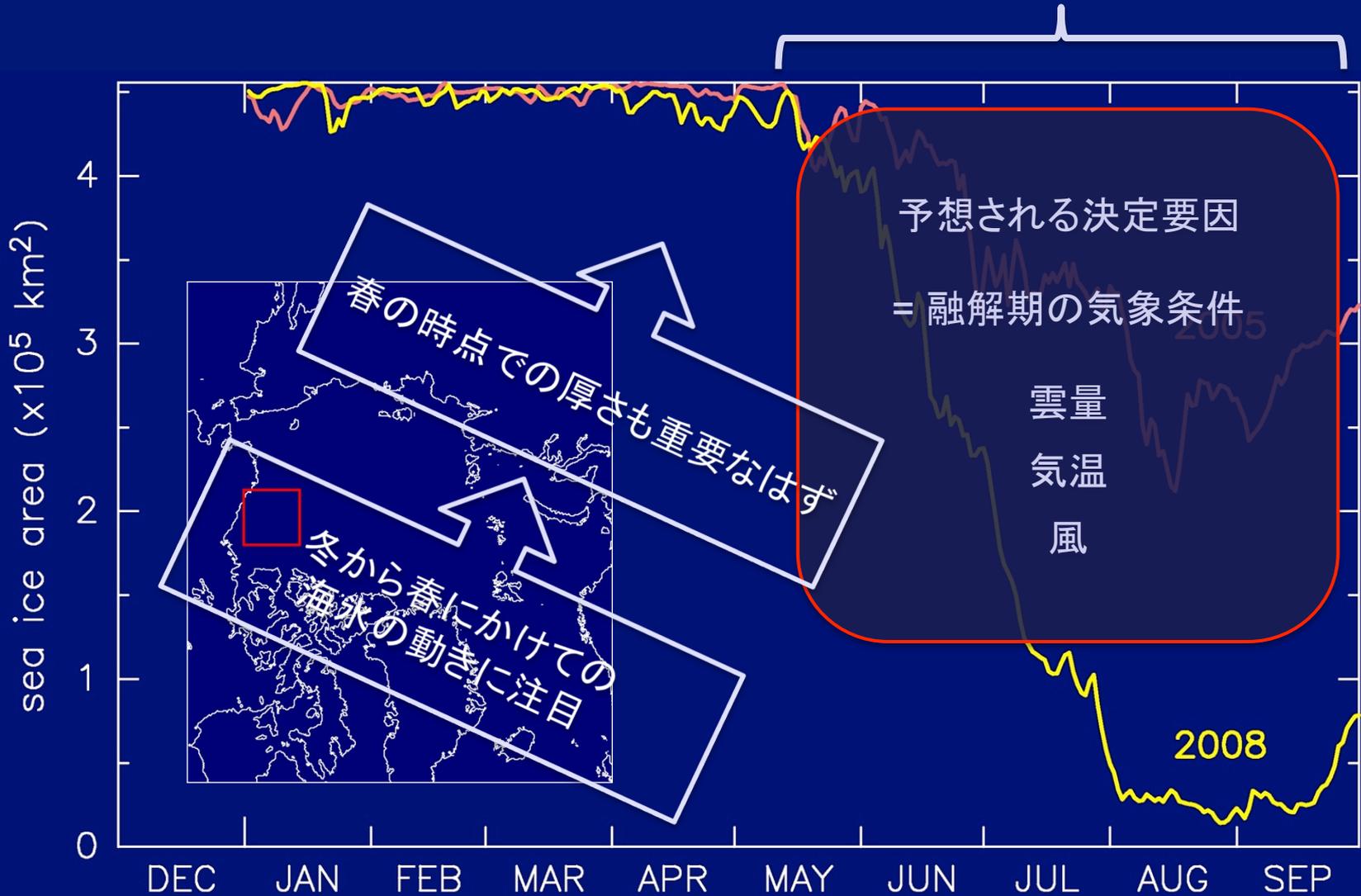
中期予測の重要性：夏季海氷分布の年による違い(9月10日の密接度)



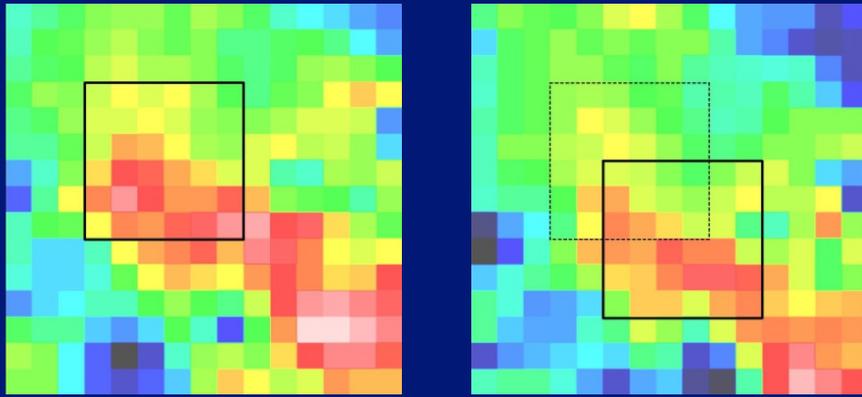
- ・ 近年、海氷面積が急速に減少してきている
 - ・ 海氷域の分布パターンが年によって大きく異なる
 - 例えば2007年は海氷面積が激減したが、ロシア側の航路は開通していない
- 海氷分布がどう変化していくか予測が必要

夏季海水分布の年々変化は何によって決まるか

年による違いは融解期に顕著になる



冬季北極海の海氷の動き



1. 毎日の海氷漂流速度データセットを作成

マイクロ波放射計AMSR-E, AMSR2による観測データを使用

パターンマッチング(面相間法)により計算
(Kimura and Wakatsuchi, 2000)

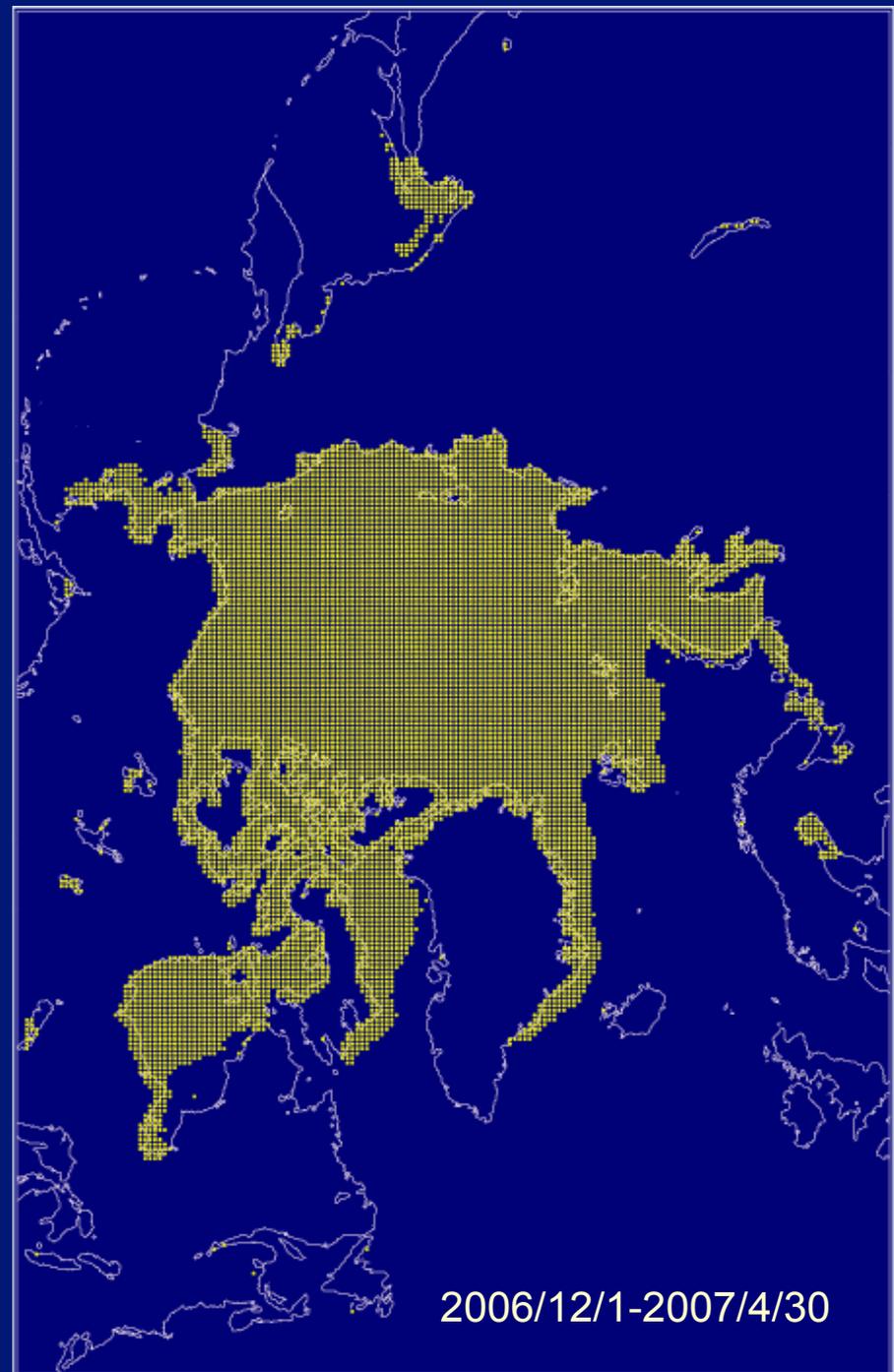
解像度: 60 × 60km

2. 粒子を配置し動きを計算

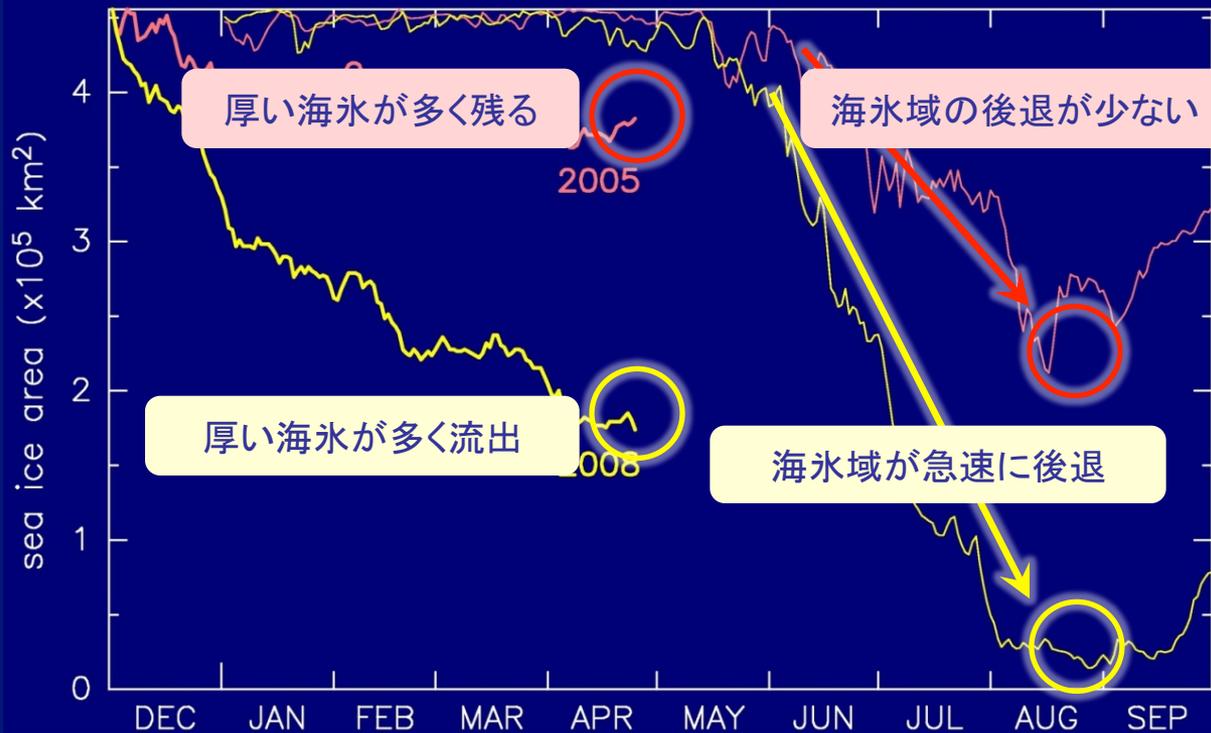
12月1日の海氷域上に30km間隔で配置

上記データセットを用いて計算

期間: 2003/2004年から2013/2014年まで



冬季の海氷の動きと夏季海水面積との関係



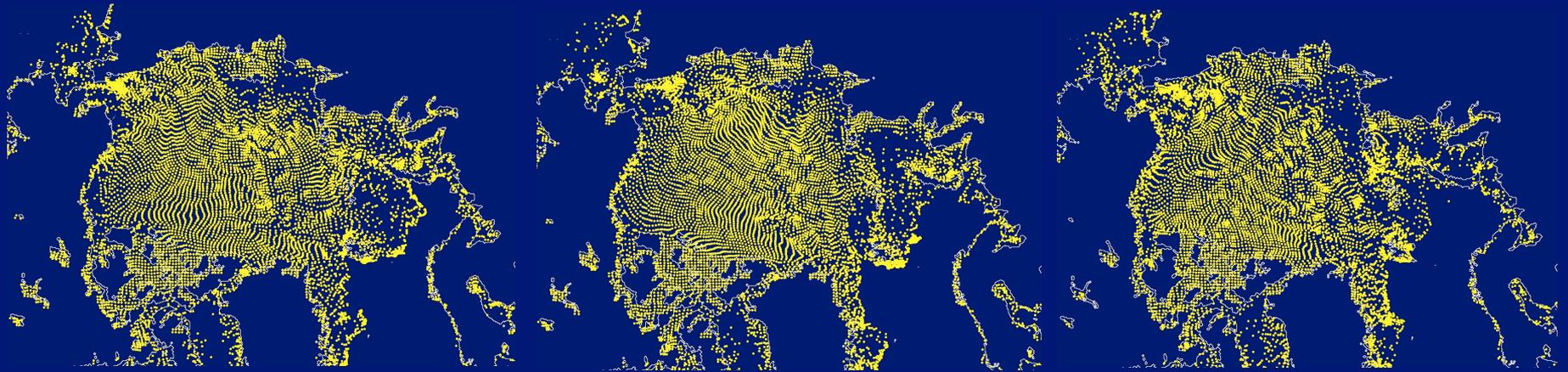
2008年: 12月以前からある海氷が半分以上流出 → 5月以降海水域が急速に後退

2005年: 海氷の流出が少なかった → 5月以降の

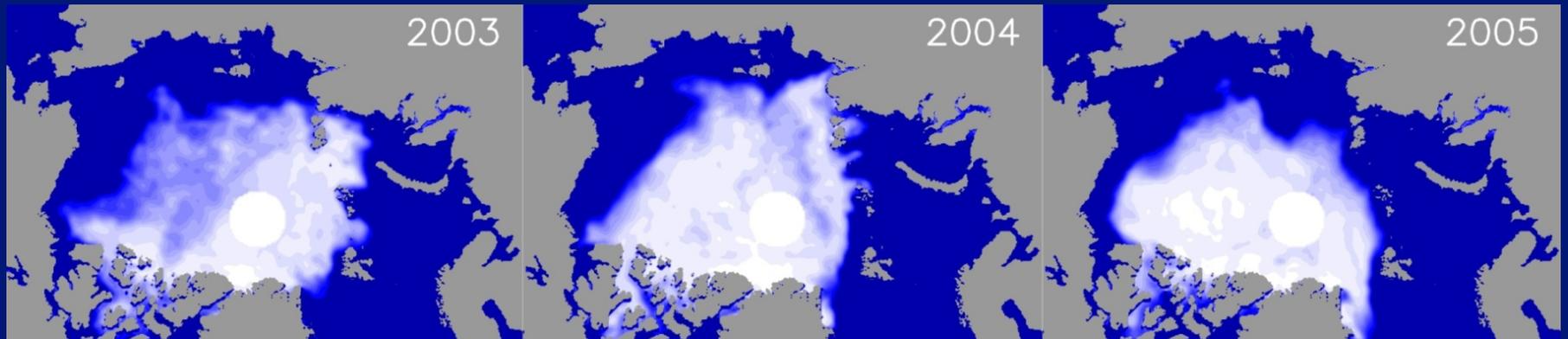
1. 春の海氷厚分布は冬の海氷漂流速度場に影響を受ける
2. 夏の海氷分布は春の海氷厚分布に影響を受ける

冬季の海水移動とその夏の海水分布

12月1日に等間隔に配置した粒子の4月30日の分布

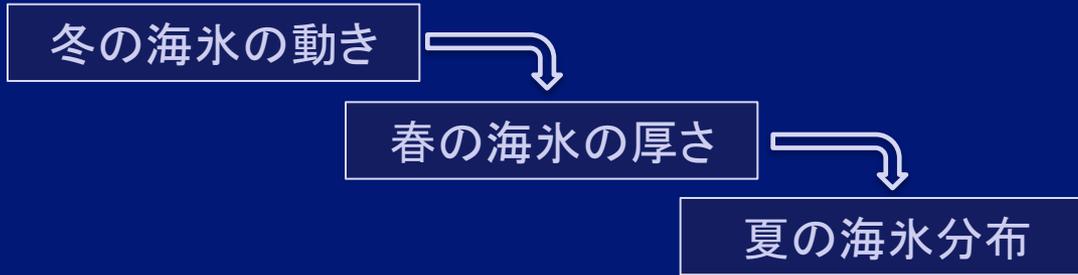


9月1日の海水分布

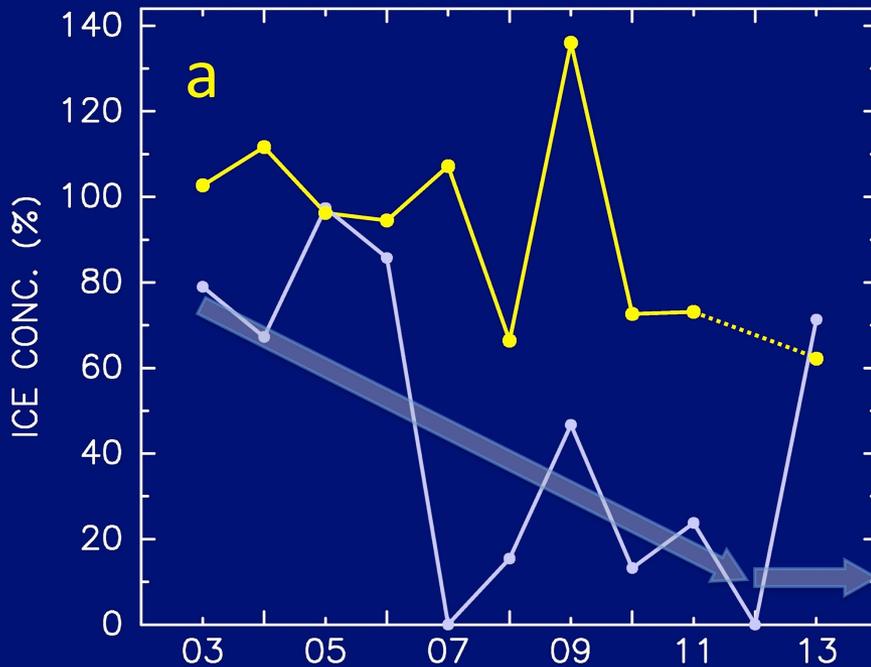


4月の粒子数と9月の海水面積の関係

両者の間に相関関係が見られる Kimura et al. (2013)



冬の海水の動きから夏の海水分布を予測可能



2011年までは線形に減少
2012年以降は2011年の状態を維持
東京海洋大・島田さんグループ
による知見を取り入れた

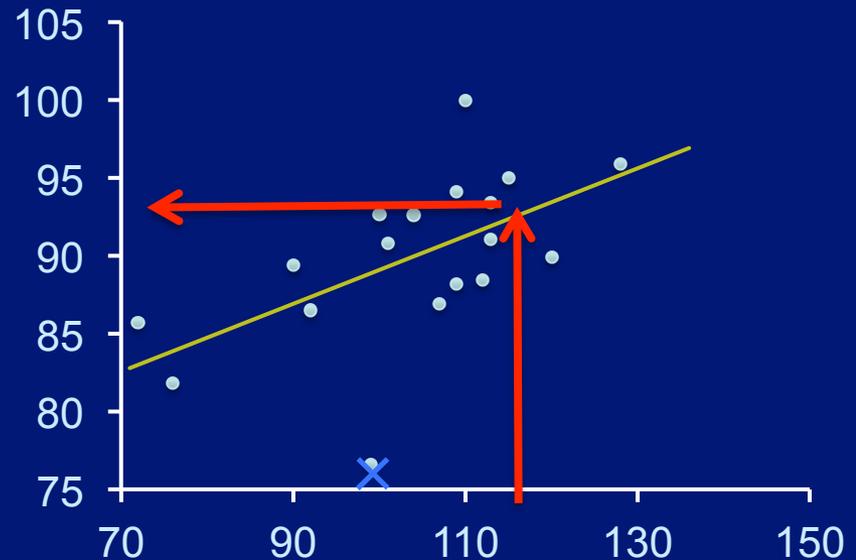
予測の方法：過去10年間のデータから関係式を導出

夏季の任意の日の海水密接度

周囲半径150kmの円内の平均密接度を計算



範囲内の海水密接度



範囲内の粒子数

半径150kmの円内の粒子数

4月30日の粒子分布

12月1日に粒子を配置し追跡

12月から4月までの海水漂流速度

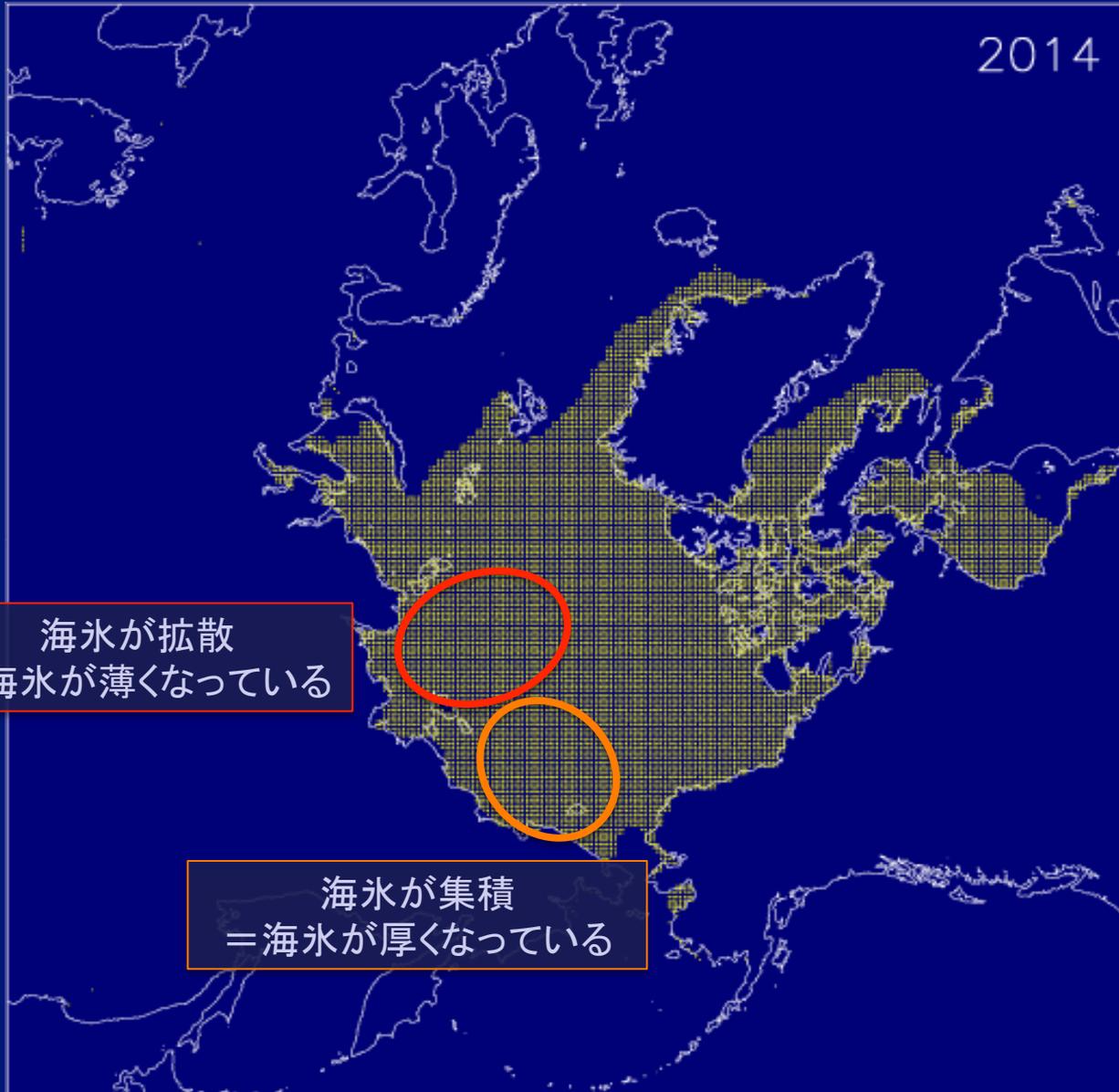
1. 過去のデータから両者の関係式を導出

- ・ 線形トレンドを除去
- ・ 2007年は含めない

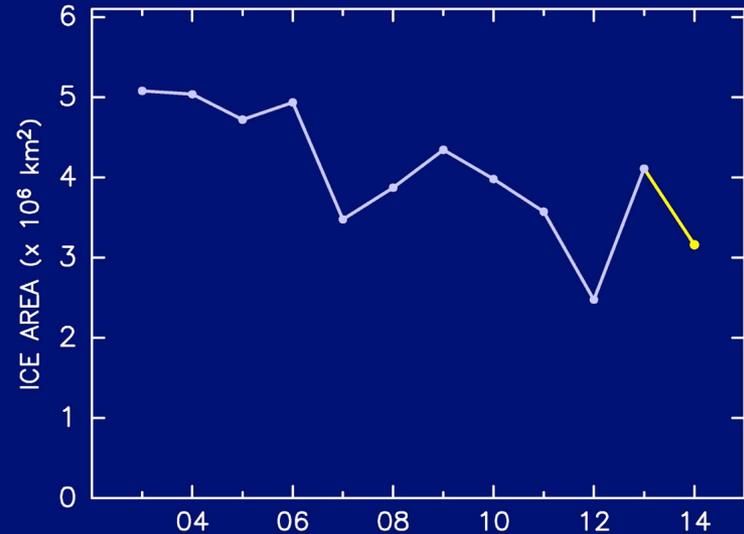
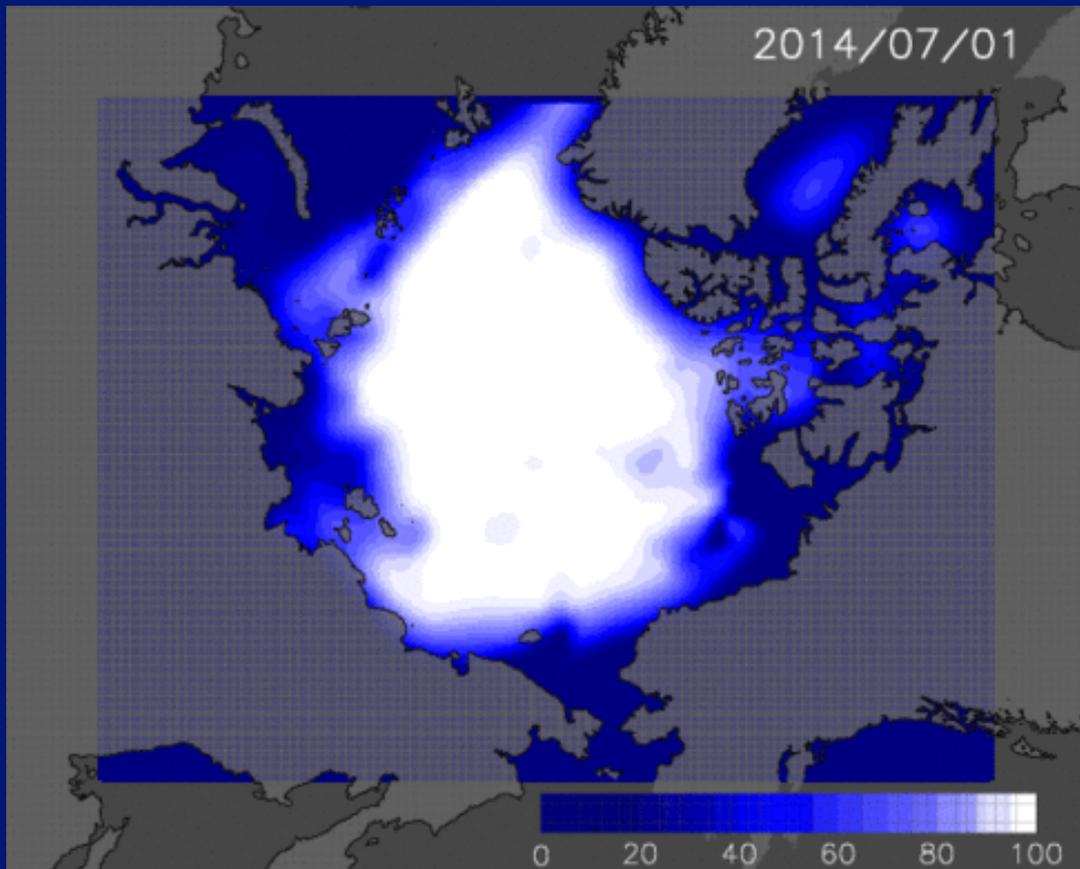
2. 4月30日の粒子数から、各セクターで予測される密接度を算出

- ・ 線形トレンドを加算

昨年12月1日から今年4月30日までの海氷の動き

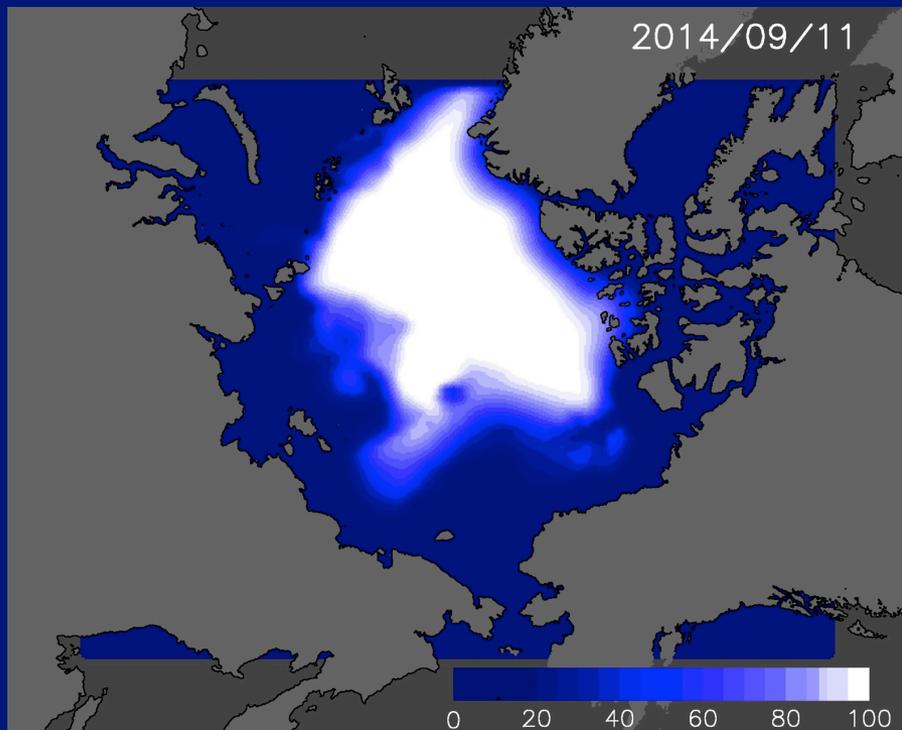
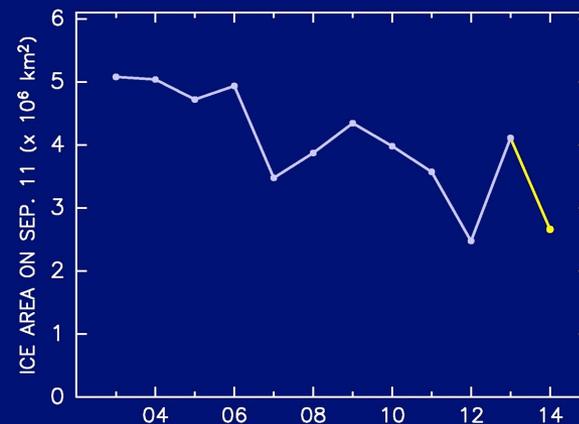
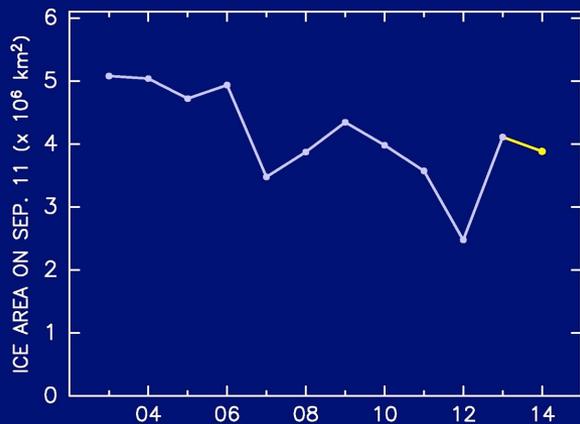


海氷予測:5月30日発表の第一報

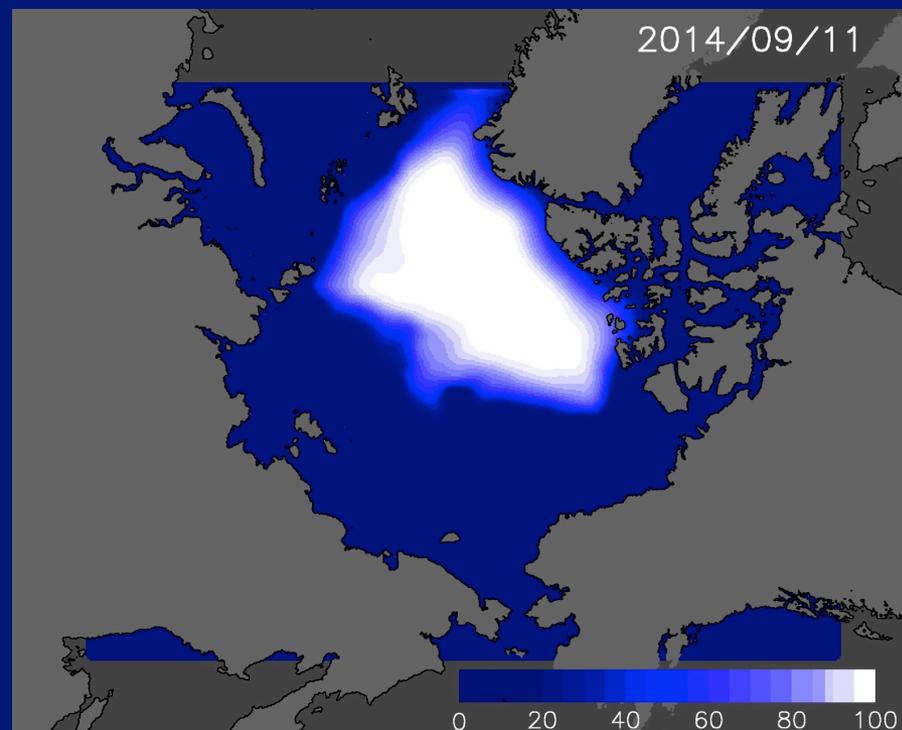


- 1.海氷面積は昨年より大きく減少し、9月の最小面積は、観測史上最小だった2012年に次ぐ小ささになるでしょう。
2. ロシア側、カナダ側ともに海氷域が陸から離れ、航路が開通するでしょう。ロシア側は8月11日頃、カナダ側は7月26日頃の開通が見込まれます。

多め予報と少なめ予報(9月11日の海氷密接度)



予測値+誤差の平均値



予測値-誤差の平均値

海水予報を3回(5月、6月、7月)ウェブサイトで公開

<http://www.1.k.u-tokyo.ac.jp/YKWP/2014arctic.html>



May 30, 2014

2014 summer Arctic Sea Ice Forecast

Noriaki Kimura, Hajime Yamaguchi
Koki Maeoka, Kei Minoura, Toshihiko Mori

June 30, 2014

2014 summer Arctic Sea Ice Forecast

Second Report

Noriaki Kimura, Hajime Yamaguchi
Koki Maeoka, Kei Minoura, Toshihiko Mori

July 31, 2014

2014 summer Arctic Sea Ice Forecast

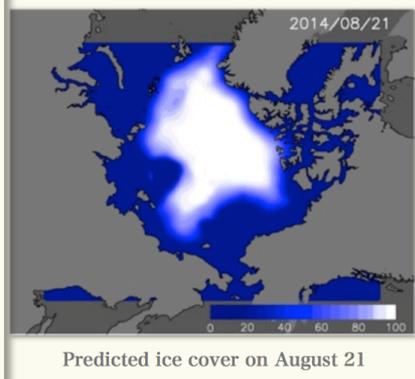
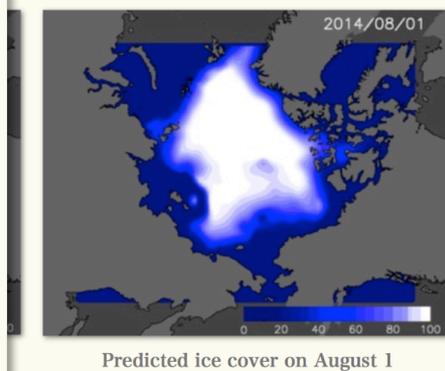
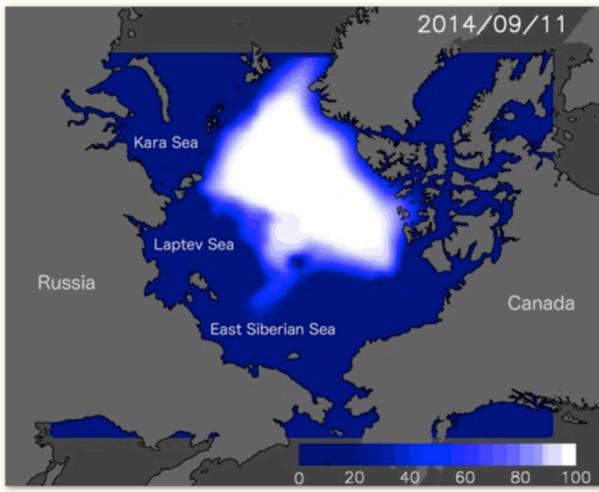
Third Report

Noriaki Kimura, Hajime Yamaguchi

The second report is [\[here\]](#).

ber will be smaller than that of the last smallest record in 2012.
d Canadian side will both open.
d 11th of August, and the Canadian side

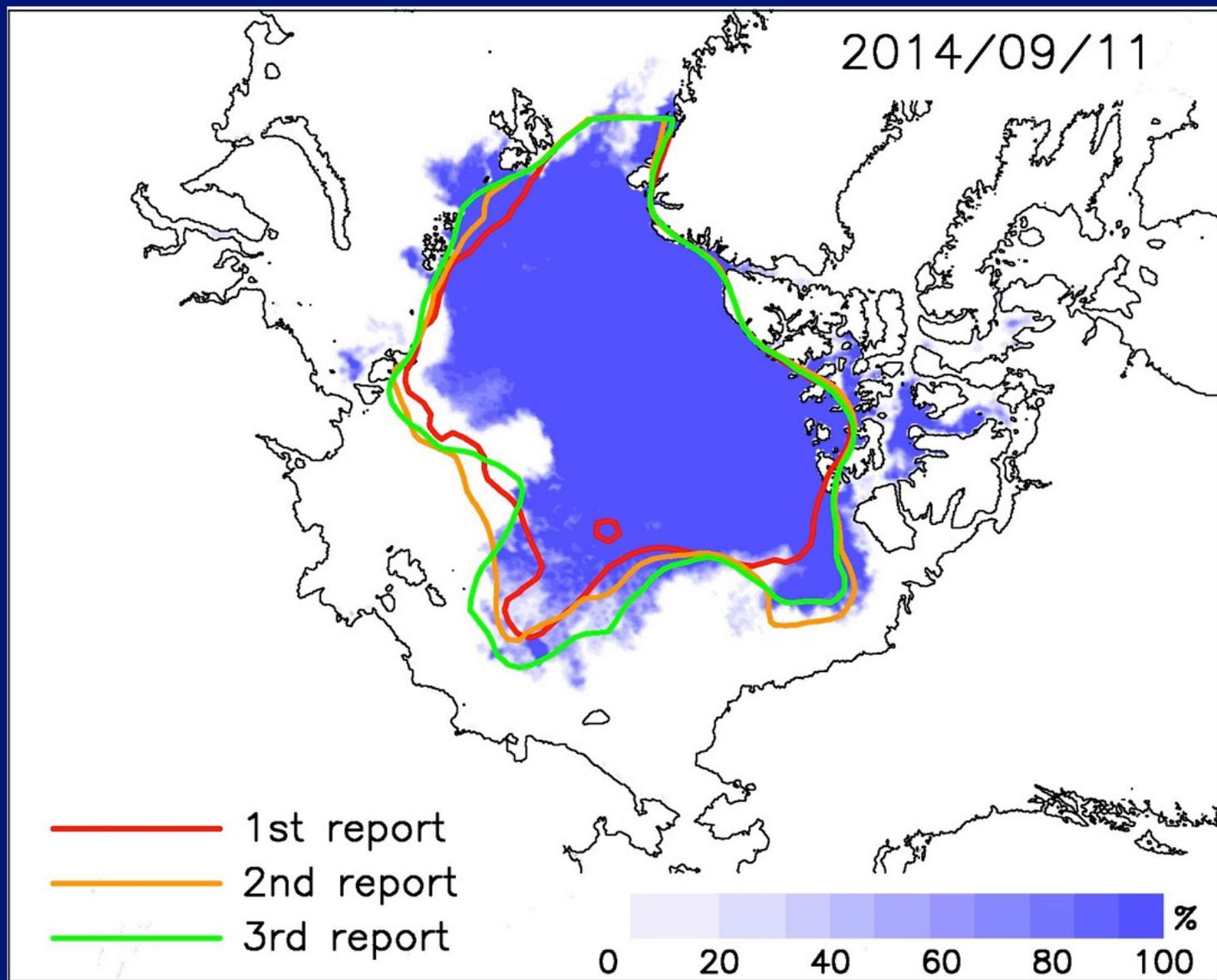
y as forecasted in the **second report**.
a will delay compared with the



1. The Arctic ice area will show a significant decrease from last year.
The minimum area in September will be the second smallest.
2. The sea routes of Russian side and Canadian side will both open.



最小期(9月11日)の海水分布:観測と予測(第一報、二報、三報)の比較



航路開通日の予測

我々の予測(5月30日発表)

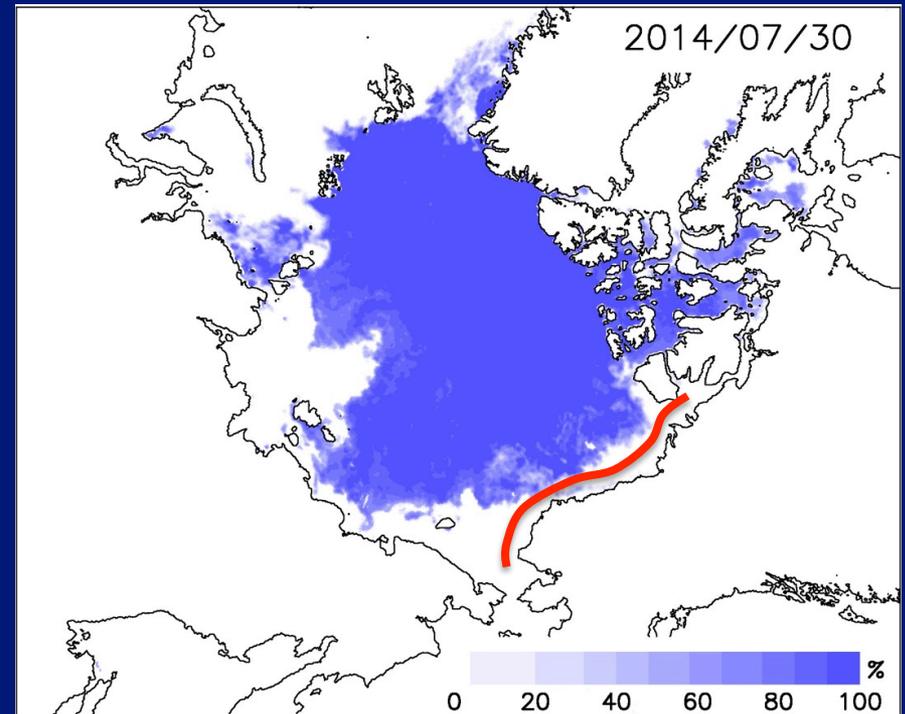
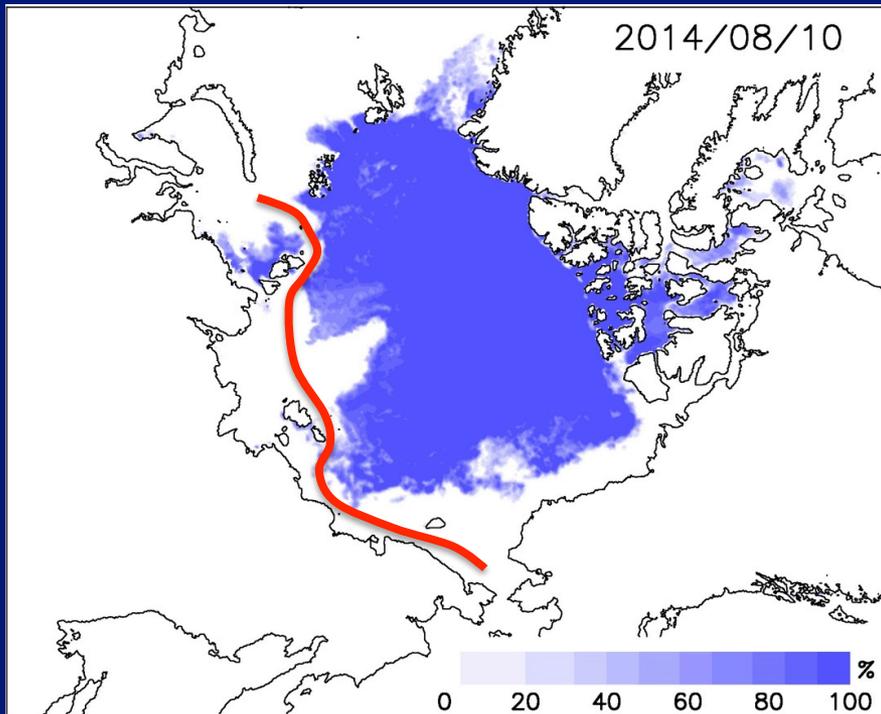
ロシア側: 8月11日

カナダ沿岸(多島海を含まない): 7月26日

観測(実際はどうだったか)

ロシア側: 8月10日

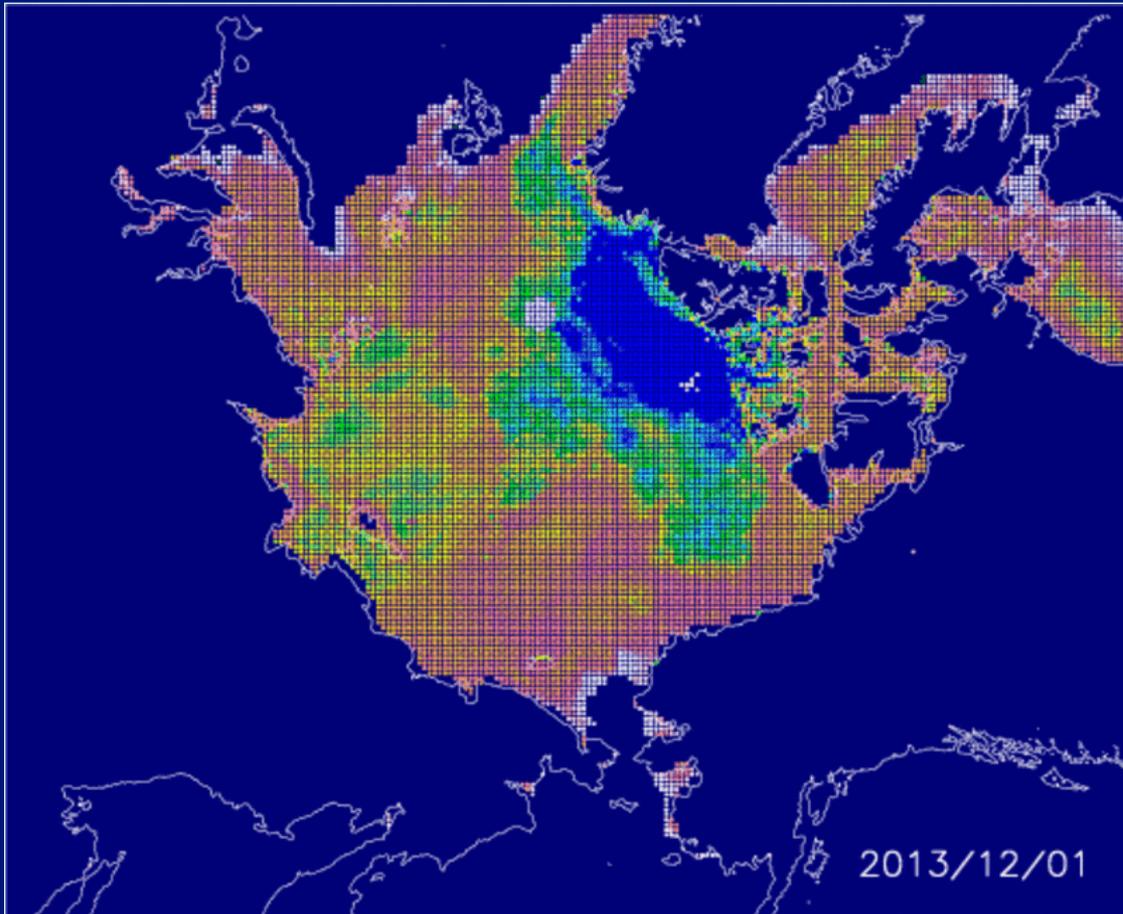
カナダ沿岸(多島海を含まない): 7月30日



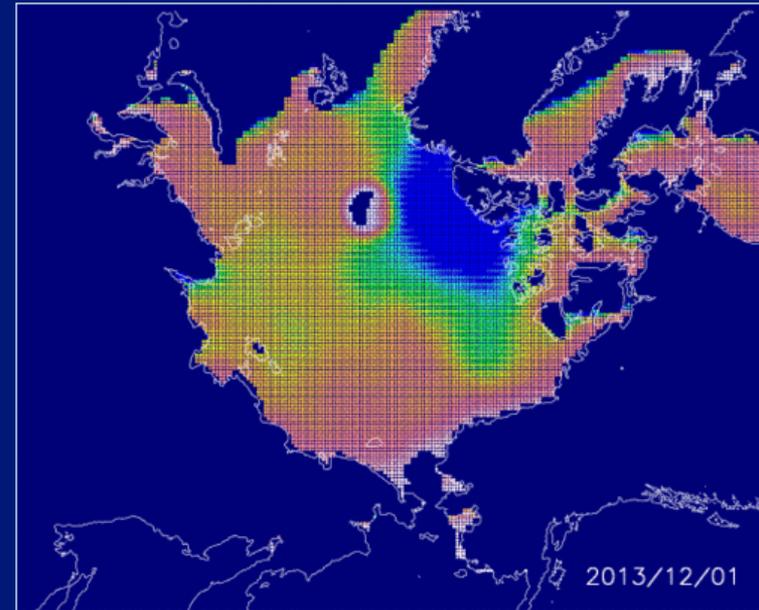
8月10日と7月30日の海水分布(AMSR2による観測)

海氷の厚さを考慮した予測手法の改良

12月1日の海氷厚(館山法与えた)を与えた粒子追跡



厚さ(青いところほど厚い)を与えた粒子追跡
2013年12月1日から2014年4月30日まで

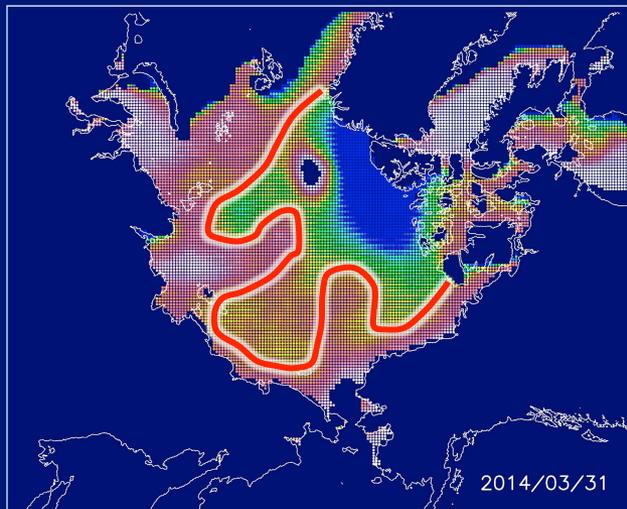


粒子密度と初期の厚さを考慮した
海氷厚分布の変化

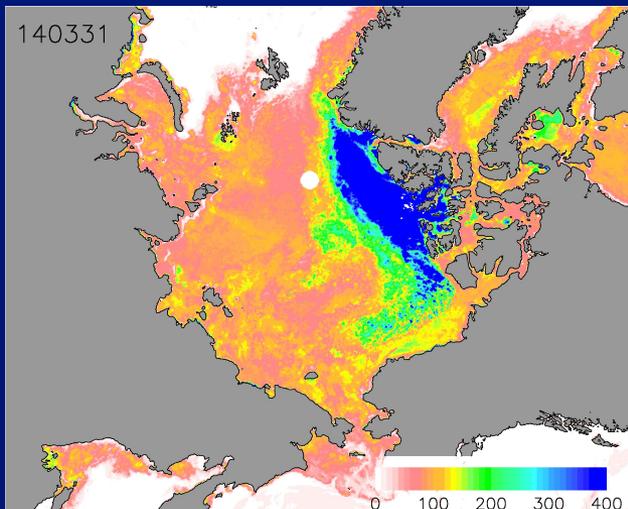
より現実的な厚さ変化を捉えていると期待できる

春季の海氷厚:どれが一番予測に使えるか?

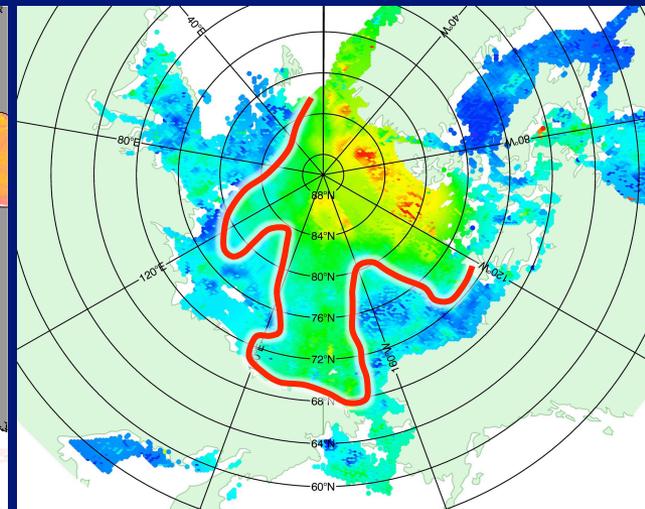
2014年3月31日の海氷厚分布



粒子密度と初期の厚さを考慮した海氷厚分布の変化



AMSR2データから推定した海氷厚(館山法)



CryoSAT-2データから推定した海氷厚(3月の平均)



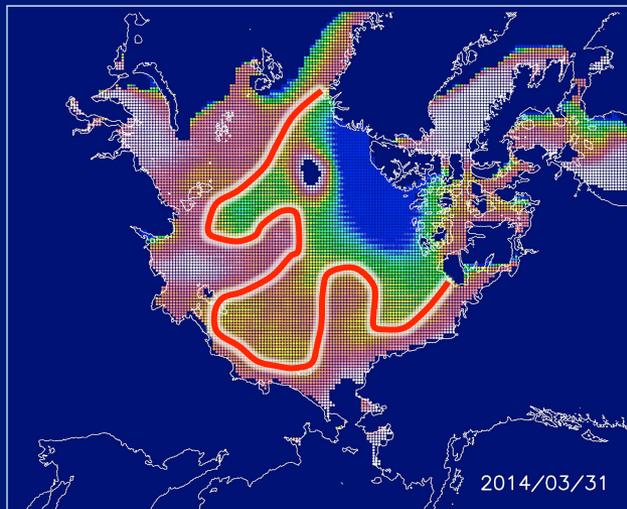
薄い氷が乗り上がって厚くなった場所、厚い氷と薄い氷が混在する場所は不得意?

1ヶ月ほどの観測データをまとめた図
絶対値の精度は...

12月に館山法による海氷厚を与え、その粒子分布から春季の厚さ分布を推定するやりかたはかなり有効
少なくとも初期の厚さを考慮しない現在のやり方よりは予測精度向上が見込める

春季の海氷厚: どれが一番予測に使えるか?

2014年3月31日の海氷厚分布



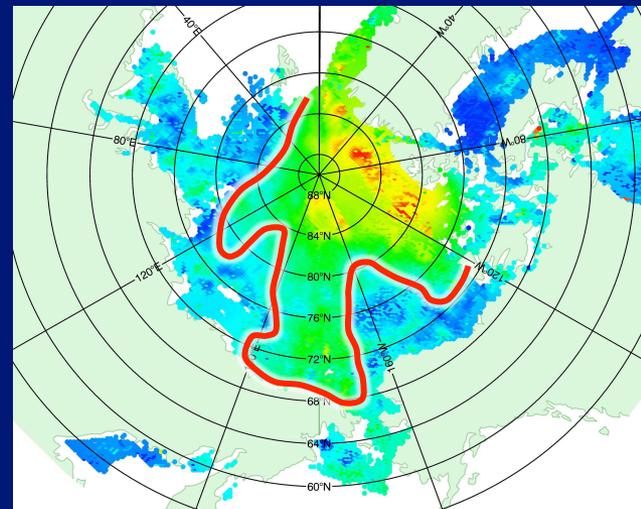
粒子密度と初期の厚さを考慮した海氷厚分布の変化



海氷厚分布がよく似ている



ラプテフ海と東シベリア海のコントラストなど



CryoSAT-2データから推定した海氷厚(3月の平均)

1ヶ月ほどの観測データをまとめた図
絶対値の精度は...



12月に館山法による海氷厚を与え、その粒子分布から春季の厚さ分布を推定するやりかたはかなり有効
少なくとも初期の厚さを考慮しない現在のやり方よりは予測精度向上が見込める

次のステップへ

1. 12月の海氷の厚さを考慮した海氷予測

有効と考えられるため早速来シーズンから取り入れる

2. 海氷の厚さの予測

今年も試行したがかなり難しい

一番の問題は航路沿いの信頼できる厚さデータが無いこと？

- ・ 大事ななのは「厚さの絶対値」とは限らない
航行支援を考えるなら「航行への影響の大きさ」が重要
実際に航行した貨物船から情報が得られれば非常に有益
- ・ 埋もれているデータも少なくない
既存データの収集と整理はかなり価値のある仕事

3. もっと「使える予報」へ

最適航路探索や経済性評価での利用も考慮した予測