



## トピックス

### ■ ■ 海氷変動に診る地球環境変動 ■ ■

— 温暖化の兆しがみえるのか？ — (西尾 文彦)

#### 1. はじめに

衛星写真から作成した北極海の海氷の様子を図1、図2に掲載します。これは1980年と2005年の、マイクロ波衛星データにより撮影したものです。マイクロ波は可視域より波長の長い領域の電波で、図では19GHzと37GHzが応用されています。マイクロ波の場合は上空に霧や雲があっても地表の状態が観測できるという特徴を持っています。この受動的なマイクロ波の技術により、1980年代から定常的な観測が可能になった結果、四半世紀の間に、北極の海氷の分布が急激に減っていることが判明。温暖化の影響によるものではないかと、世界中に衝撃が走りました。今年になって、映画「不都合な真実」や予想以上に早く、モデルによる予測では、2040年代に北極海から海氷がなくなるという結果が発表されています。

海氷の減少だけを見て、人為的なCO<sub>2</sub>増加による温暖化が原因と断定するのは早計ですが、一方で、衛星を使ったリモートセンシング技術が、地球規模での気候変動をとらえるうえでの有力な武器だということには間違いありません。ここでは地球上の海氷分布変動からみる地球温暖化の兆し、という視点で述べてみたいと思います。

図1と図2には、北極海の衛星観測による夏の期間(7~9月)の海氷の分布を示します。ユーラシア大陸と北米大陸側の海氷が夏の期間、殆ど存在しなくなっているのが明らかです。



図1. 1980年夏の北極海の海氷分布



図2. 2005年夏の北極海の海氷分布

#### 2. 北極海の海氷分布の将来予測

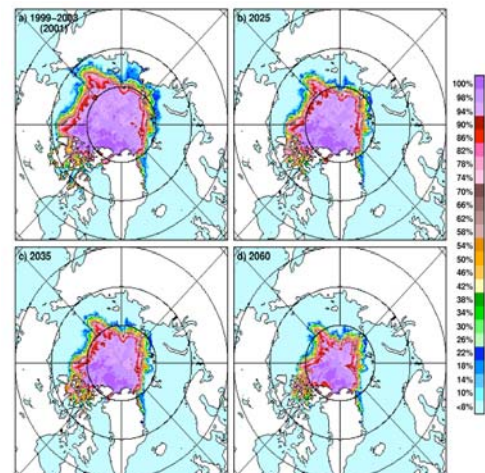


図3. 北極海の海氷分布の予測

図 3 には、北極海の海氷の分布を 2025 年から 2060 年において示しました。この予測は、CO<sub>2</sub> が 2 倍になり、地表の平均気温が 2°C 上昇すると仮定して、海氷の熱力学的予測手法による北極海の海氷分布の将来予測を行ったものです。

現在の急速な北極海の海氷分布の減少が同様に大陸側で起こり、グリーンランドの北極海沖合に最後まで残ることを示唆しています。最近の大気・海氷・海洋結合モデルによる予測では、2040 年ころに北極海から海氷が消滅する結果と同じ傾向を示しています。北極海のグリーンランド沖に最後まで残ることは、海氷が海流によって、この領域に集積されるからと考えられています。

図 4 には、北半球の各海域における海氷分布（海氷面積）の 1979 年から 2005 年までの年々変動と傾向を示しました。北半球では、ベーリング海での海氷面積の増える傾向以外は、減少の傾向を示しています。中でもグリーンランド海やカラ海での減少率が大きいことがわかります。オホーツク海においても、10 年に 4.5% の減少を示しています

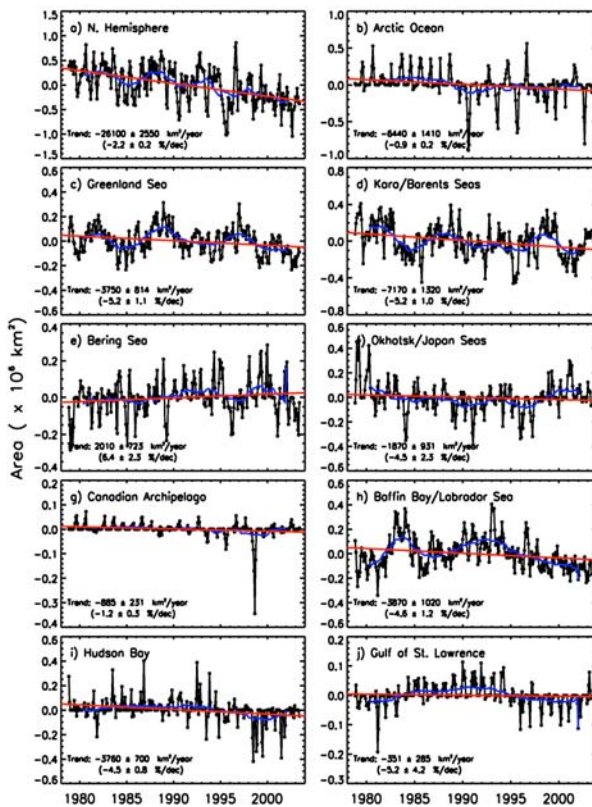


図 4. 北半球の各海域における海氷分布（海氷面積）の 1979 年から 2005 年までの変動。

### 3. 南半球の海氷変動

図 5 には、南半球（南極海の海氷）の海氷変動を示した。南北半球での海氷変動と温暖化の関連を調べる予定である。とくに海氷面積の変動だけでなく、衛星による海氷厚さの変化を調べていく計画です。

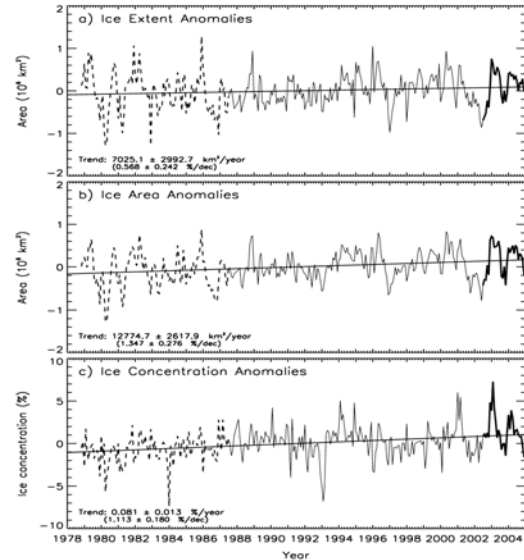


図 5. 南半球（南極海の海氷）の海氷変動。

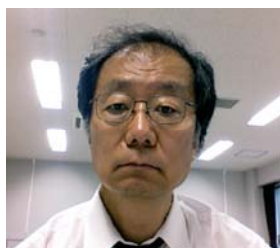
### 参考文献

- (1) Serreze, M. C., et al., 2007: Perspectives on the Arctic shrinking sea-ice cover. *Science*, Vol.315, March 16, p1533-1536.
- (2) Naoki, K., et al., 2007: Thin sea-ice thickness as inferred from passive microwave and in-situ observations. *JGR* (to be published)
- (3) Nishio, F., et al., 2007: Physical and radiative characteristics and long term variability of the Okhotsk sea ice cover. *JGR* (to be published)
- (4) Comiso, J. & F. Nishio, 2007: Trends in the sea ice cover using enhanced and compatible AMSR-E & SMMR. *Data JGR* (to be published)
- (5) Levitus, S., et al., 2000: Warming of the World Ocean. *Science*, Vol.287, March 24, p2225-2229.

## \*\* 客員教授からのレポート \*\*

### 千葉大学で伝えたいこと

(客員教授 渡辺宏)



#### 1. はじめに

私は、2006年4月から千葉大学環境リモートセンシング研究センターで客員教授をしています。私は、過去約30年間リモートセンシングの現場のいろいろな場面に関わってきましたが、その過程で得た経験をまとめて若い世代の学生さんに伝えたいと思い、私がこのポストをやらせて頂くことにしました。

#### 2. 私のリモートセンシングの歴史

私が学位を東京大学で取ったのは工学部の原子力工学の放射線化学の分野でしたが、その後入社した石油資源開発(株)でリモートセンシングに関わり初めました。それ以来、大きく分けて、3つの時期にリモートセンシングとはかなり違った立場から関わってきました：

- (1)石油資源開発(SK)及びその研究所である地球科学総合研究所時代(JGI) 1978年～1994年
- (2)出向期間も含めた(財)資源・環境観測解析センター(ERSDAC)時代、1994年～2006年
- (3)国立環境研時代(NIES) 2006年～

最初のSK/JGI時代は、石油・天然ガス資源の探鉱という立場からLandsat, SPOTなどのデータを応用することを行ってきました。自社の探鉱の他、石油公団のプロジェクトにも関わってきましたが、ハイパースペクトルの地質への応用など、新しい分野の研究も行ってきました。新しい分野の研究はERSDACからの研究委託として行ってきたと思

います。これらの研究がJERS1やASTERへ幾分かは寄与したと考えています。

私のERSDAC時代が始まる少し前の1992年にJERS1が打ち上げられましたが、OPSは比較的短命でした。しかし、その技術的問題点をかなり徹底的に議論したのがASTERに反映され、センサーシステムの開発から地上系、サイエンス要求までを包含した形で開発・運用が行えたのではないかと考えています。私が、ERSDACに出向したのは、ASTERの地上システム(ASTER GDS)の開発を始める時期で、それから、ASTER GDSのプロジェクトマネージャとして、NASA、経産省、JAROSと協力しながらASTER地上データシステムを開発してきました。1999年にASTERがMODISなど他の4つのセンサーとともにNASAのTerra衛星に搭載されて打ち上げられましたが、打ち上げ後は、運用を行う一方、データ処理の内容も少しずつ改良し、安定してデータを提供してきました。また、ASTERが打ちあがる少し前に、ERSDACに移籍しました。SK/JGI時代はリモートセンシングのApplicationを行ってきたのですが、そのベースの上にERSDACでは地上システムの開発・運用という、全く違った立場での経験をしてきました。また、NASAとの協力も得がたい経験でした。また、ASTERの運用が軌道に乗ってきた時期にはALOSに搭載されるPALSARの地上システムの開発にも関わりました。ASTERの運用も6年以上になった頃に、千葉大の客員教授の話もあったのですが、NIESから炭酸ガスなどを測定するGOSATの地上システムの開発に協力してくれないか、と言う話があり、昨年9月からNIESに移籍しました。今度は、GOSATプロジェクトオフィスマネージャとして、環境省、JAXAと協力して開発を行っています。技術的には、今まで、補正の対象としてきた大気を今度は観測の対象とし、地表面の情報はむしろ除去すべき対象とするという立場の転換を余儀なくされています。

#### 3. 千葉大で伝えたいこと

上記の様に私はApplicationとシステム開発、地表を対象としたリモセンと大気を対象としたリモセ

ンなど、種々の立場を経験してきたのですが、特に、ASTER のシステム開発、データの利用などについて、過去に経験したことをまとめ、伝えていきたいと考えています。そうした観点から昨年度と今年度にわたって、昨年度は自主授業、今年度は特別講義という形で授業をしています。授業では、外国人の学生さんが多いので基本的には英語で、また、ややこしい所は日本語も含めて授業をしています。資料も基本的には英語で書いています。

- #1 リモートセンシングによる地球観測への Introduction; Introduction to the Earth Observation by Remote Sensing
- #2 地球観測の基礎事項 (1) Radiometry; Basics of Earth Observation (1) Radiometry
- #3 地球観測の基礎事項 (2) Geometry; Basics of Earth Observation (2) Geometry
- #4 ASTER センサーについて; On the ASTER sensor
- #5 ASTER データについて; On the ASTER data
- #6 Terra/ASTER の実際の性能; Actual Performance of Terra/ASTER(1)
- #7 Terra/ASTER の実際の性能; Actual Performance of Terra/ASTER(2)
- #8 ASTER データの応用 (1) 地質・資源探査; Application of ASTER Data (1) Geology and Resource Exploration
- #9 ASTER データの応用 (2) 地形 Application of ASTER data (2) Topography
- #10 ASTER データの応用 (3) 土地利用・環境; Application of ASTER data (3) Land use and Environment
- #11 ASTER データを使ったデモ (1) GIS, DEM (数値標高モデル); Demonstration using ASTER data (1) GIS, DEM
- #12 ASTER データを使ったデモ (2) 分類・スペクトル解析; Demonstration using ASTER data (2) Classification, Spectral Analysis

但し、私が経験した技術的な難問を授業で全て出すというのも難しいので、そのような点はまた別途機会があればとも考えています。また、最近では西尾先生、建石先生、ヨサファット先生から、CPSAR を搭載したマイクロサットの話があり、この件についても、私の地上系の開発経験がお役にたてれば、と考えています。

(2007年9月記)

\*\*\*\*\*  
SAR データを用いた海氷物理量推定の高精度化に関する研究

(客員教授 若林裕之)



海氷は、大気と海水の断熱材の役目を果たし、雪氷圏のみならずグローバルな環境変動にも寄与しているため、海氷面積や体積を正確に把握することは非常に重要です。広域に海氷面積や体積をモニタリングするためにマイクロ波リモートセンシングによる観測が期待されています。

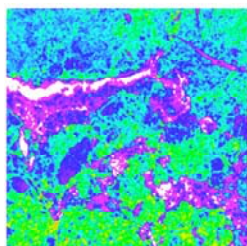
本研究課題は、人工衛星に搭載された合成開口レーダ(SAR)を使用して海氷物理量を高精度に推定することを目的としています。従来のマイクロ波放射計を使用した海氷観測では、オホーツク海など空間分解能(数10km オーダ)の点で適用困難な領域があります。高分解能データを取得できる SAR を使用することで海氷観測の空間分解能を数10~100m オーダに高めることができれば、海氷観測に大きく貢献できます。

近年、多偏波データを取得できる SAR(ALOS/PALSAR, TerraSAR-X 等)が利用できるようになりました。多偏波 SAR データは、観測対象物の散乱強度だけでなく、散乱メカニズムを推定できるという特徴があります。海氷からの散乱は、表面付近の誘電率と表面粗度に依存し、海氷の表面

付近の誘電率は海氷成長に伴い低下します。従って、SAR データから表面粗度および誘電率を正確に推定することによって、海氷物理量推定の高精度および高分解能化が期待できます。

過去の例になりますが、1999年に取得した航空機搭載多偏波 SAR データからオホーツク海の 3 km x 3 km の領域の海氷厚推定を行った例を示します(図左参照)。今後は、外洋のテストサイトにおける海氷物理量計測(右写真参照)を継続的に行い、ALOS/PALSAR データ等と照合することによって、表面粗度および誘電率の高精度推定を実現することを考えています。

CeRES のマイクロ波リモートセンシング研究室においては、ヨサファット准教授のもと散乱計や SAR のハードウェア設計および開発が進められています。本研究は、海氷を観測するという観点から、散乱計や SAR の性能を設定することについても貢献できると考えています。



0 1.0 m 2.0 m



\*\*\*\*\*

「宇宙開発フォーラム 2007」

基調講演とパネリスト

ヨサファット准教授

JAXA 東京事務所にて、2007年9月23日~24日に「アジア地域における日本の宇宙外交と国際協力の可能性について」というテーマの宇宙開発フォーラムを開催した。このフォーラムに当センターのヨサファット准教授が招かれ、「地球環境とリモートセンシング：地球診断における国際教育・研究交流」という基調講演をした。この講演で、当センターのリモートセンシング分野における研究活動と教育研究交流を紹介した。また、24日に同氏がパネルディスカッ

ションに参加し、当センターの教育機関の立場による日本の宇宙開発における国際関係の維持と発展方法、日本の宇宙技術による今後の国際協力などを述べた。



SDF に基調講演を述べたヨサファット氏。

\*\*\*\*\*

(学位授与)



Thomas Gathungu Ngigi トーマス・ガトング・ギゲ  
少数バンドに適用可能な新しい画素内分類手法の提案

Mix-unmix Classifier: A Proposal for Solving Under-determined Models in Linear Spectral Unmixing

*'...the number of bands must be more than the number of end-members...'* is perhaps the most ubiquitous statement in linear spectral unmixing. Most conventional linear spectral unmixing techniques fix the number of end-members on the dimensionality of the data, and none of them can derive multiple (2<sup>+</sup>) end-members from a single band. The Mix-unmix Classifier overcomes the two limitations.

The Mix-unmix Classifier creates a processing environment that allows any pixel to be unmixed without

ていました」

any sort of restrictions (e.g. minimum determinable fraction), impracticalities (e.g. negative fractions), or trade-offs (e.g. either positivity or unity sum) that may be associated with conventional unmixing techniques.

The Mix-unmix Classifier gives not only the most probable DN (digital number) contributions of end-members but also, unlike conventional unmixing techniques, their most probable contributory DNs. The contributory DNs directly define for instance the phenological stages of the end-members.

Theory of the classifier: As the term implies, the Mix-unmix Classifier consists of two branches, namely mixing and unmixing. The mixing branch entails development of a hypothetical mixed end-members image from the desired end-members' spectra by linearly mixing the spectra at all possible percentages (depending on the mixture interval adopted) and in all possible DN combinations (depending on the ranges of the spectra). Unmixing involves determination of each real (raw) image pixel DN's contributory end-members and their percentages by back propagating through the mixing branch using a pixel of the same DN in the hypothetical image as a proxy.

As the mixture model is truly never known, in case a reference training image exists, the Mix-unmix Classifier after initially linearly unmixing a raw image, normalises the linearly-estimated percentages based on reference training percentages.

Preliminary studies show that the Mix-unmix Classifier performs better than; Spectral Angle Mapper, Binary Encoding classifier, and Maximum Likelihood classifier (hard classifiers), and IDRISI Kilimanjaro Probability Guided Option linear spectral unmixing technique.

「2007年9月28日、Thomas Gathungu Ngigi トーマス・ガトング・ギゲ（当センター建石研究室所属）が大学院自然科学研究科から学術博士を取得し博士課程を修了しました。ケニアからの留学生で人間・地球環境科学専攻地球環境科学講座に所属し