

高性能マイクロ波放射計 2 (AMSR2) 観測データの利用と評価 —世界に冠たるAMSRシリーズの実績—

野口龍宏*
石川貴章*

Application and Evaluation for Observation Data on Advanced Microwave Scanning Radiometer2 – Achievement of World-famous Microwave Radiometer (A Series of AMSR) –
Tatsuhiko Noguchi, Takaaki Ishikawa

要 旨

三菱電機は1980年代初頭から、マイクロ波放射計の開発に携わってきた。マイクロ波放射計は、地表及び大気から自然放射される微弱電波を多周波数で受信し、水蒸気量、降水量、海面温度等の水に関する地球物理量の観測を目的とする電波センサである。

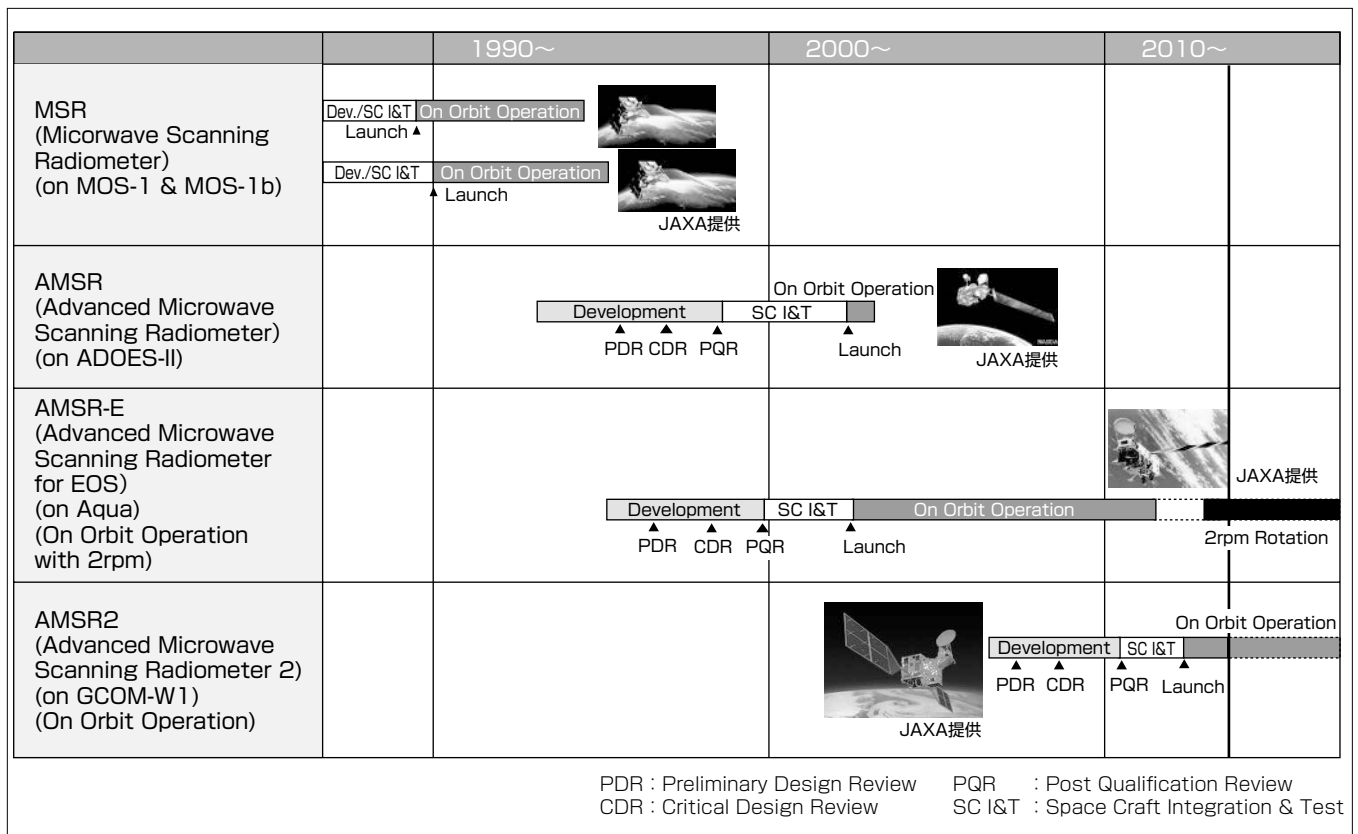
1987年と1990年に打ち上げられたMOS-1(もも1号)及びMOS-1b(もも1b号)搭載のマイクロ波放射計(MSR)は、開口径約0.5mのアンテナで、23GHz帯と31GHz帯(各々片偏波)の2チャンネルだけを持つ小型センサであったが、2002年に打ち上げられたADEOS-II(みどり2号)搭載の高性能マイクロ波放射計(AMSR)は、約2mのアンテナで、7GHz帯から89GHz帯(各々直交2偏波)の16チャンネルを持ち、世界的に見ても大型で多周波数のセンサへと発展した。

2002年に打ち上げられたNASA(National Aeronautics and Space Administration)の衛星Aqua搭載の改良型高性能

マイクロ波放射計(AMSR-E)は、約1.6mの展開アンテナで、7GHz帯から89GHz帯の14チャンネルを持つセンサであり、2011年10月に観測停止するまでの約9年半、軌道上から貴重な観測データを配信し続けてきた。

その後継機である高性能マイクロ波放射計2(AMSR2)は、約2mの展開アンテナで、7GHz帯から89GHz帯の16チャンネルを持つセンサであり、2012年5月18日にGCOM-W1(しずく)に搭載されて打ち上げられた。その後、約8か月間の初期運用校正を完了し、2013年1月25日から輝度温度プロダクトの提供を開始した。また、打ち上げから1年後の2013年5月17日から降水量、海面水温などの物理プロダクトの提供が開始された。

前号機のAMSR-Eに引き続き、貴重な観測の継続性を望む米国、欧州、日本を始めとする世界各国のユーザーへ、AMSR2の観測データが提供され、評価されている。



マイクロ波放射計シリーズのヘリテージ

2002年に打ち上げられた2式の高性能マイクロ波放射計(AMSR, AMSR-E)の後継機として、高性能マイクロ波放射計2(AMSR2)が開発され、2012年5月18日に第1期水循環変動観測衛星(GCOM-W1:しずく)に搭載され、打ち上げられた。なお、その後継機である次期マイクロ波放射計の開発が計画されている。

*鎌倉製作所

1. ま え が き

当社におけるマイクロ波放射計の開発は、1987年に打ち上げられた海洋観測衛星(MOS-1)搭載用マイクロ波放射計(MSR)に始まり、第2世代の環境観測技術衛星(ADEOS-II)搭載の高性能マイクロ波放射計(AMSR)、及びNASAの衛星Aqua搭載の改良型高性能マイクロ波放射計(AMSR-E)へとそのミッションを拡張して開発を継続した。現在は2012年5月に打ち上げられた第1期水循環変動観測衛星(GCOM-W1)搭載の高性能マイクロ波放射計2(AMSR2)が軌道上で運用されており(図1)、その観測データは世界各国へ提供され、利用されている。

本稿では、当社が開発してきたマイクロ波放射計シリーズの開発意義、役割などを述べるとともに、現在までの観測データ利用状況、及び今後の動向などについて述べる。

2. AMSR2のデータの有効利用、実績、評価

マイクロ波放射計は、水循環に関連する全球的な水蒸気量、降水量、海面水温等を観測する受動型の電波センサであり、地球規模の水循環のモニタリングとモデリングに全世界で有効利用されている。表1にAMSR2の観測周波数と観測対象を示す。

AMSR2は2012年5月18日にGCOM-W1に搭載されて打ち上げられ⁽¹⁾、同年7月4日に観測データ初画像の取得⁽²⁾、同年8月10日には定常運用への移行⁽³⁾と順調に初期運用が実施されてきた。約8か月間の初期運用校正を完了後、2013年1月25日から輝度温度プロダクトの提供が開始された⁽⁴⁾。その後も同年5月17日から降水量、海面水温などの物理プロダクトの提供が開始されたことによって、同年6月13日からEORC (Earth Observation Research Center)で



図1. 第1期水循環変動観測衛星(GCOM-W1)(JAXA提供)

表1. AMSR2の観測周波数と観測対象

観測対象 \ 周波数	7GHz帯	10GHz帯	18GHz帯	23GHz帯	36GHz帯	89GHz帯
積算水蒸気量			○	◎	○	
積算雲水量			○	○	◎	
降水量		○	◎	○	○	◎
海上風速	○	○		○	◎	
海面水温	◎	○		○	○	
海水密度度	○		◎	○	◎	◎
積雪水量		○	◎	○	◎	○
土壌水分	◎	◎	○	○	○	○

◎：最重要周波数

AMSR2による台風速報⁽⁵⁾などのアプリケーション(図2)も開始された。またユーザーである気象庁でも、同年5月27日から海面温度の解析システムへこのAMSR2の海面水温プロダクトの利用を開始し(図3)、同年9月12日からは天気予報の数値予報システムにAMSR2プロダクトの利用を開始(図4)するなど⁽⁶⁾、予測/予報精度の向上に貢献してきている。先に述べた通り、日本周辺で発生し、大型化する台風の規模、進路予測精向上もその一例である。次に、AMSR-EとAMSR2による北極圏の海水分布の状況(2007年9月24日及び2012年8月24日)を図5に示す。観測した海水データを解析した結果、2012年の北極海の海水は、観測史上最も小さい面積を記録したことが確認されており⁽⁷⁾、地球環境モニタとしての機能も果たしている。

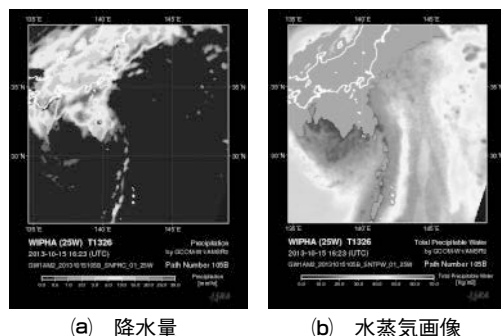


図2. AMSR2データによる台風26号情報(JAXA提供)

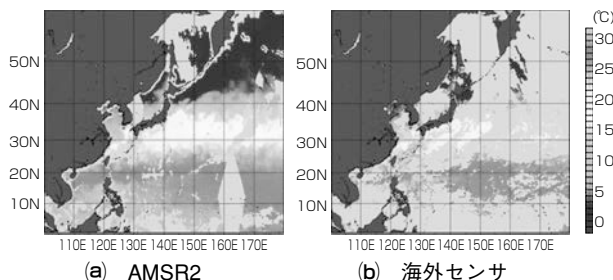


図3. 海面水温の分布の比較(JAXA/気象庁提供)

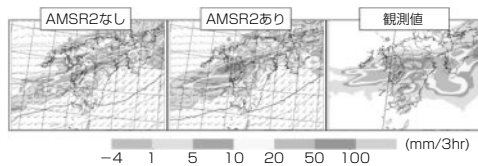


図4. 降水量予測分布(AMSR2データの有無による差異)(JAXA/気象庁提供)

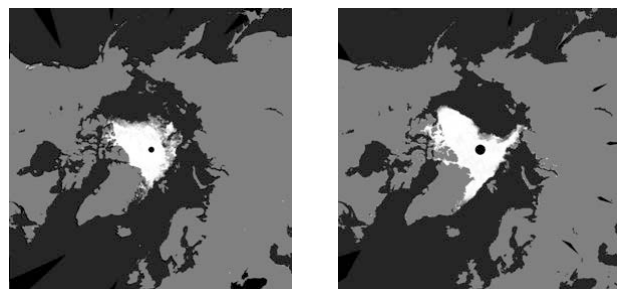


図5. 北極圏の海水分布(JAXA提供)

一般社団法人 漁業情報サービスセンター(JAFIC)では、AMSR-Eから海面水温の情報を利用した漁場推定と漁船の燃料消費量の削減の成果が得られたことから、AMSR2の観測データも同様に漁業管理のインフラとして継続して組み込まれている。このインフラの開発については、JAFICが内閣府の平成25年度宇宙開発利用大賞の中で内閣総理大臣賞を受賞しており⁽⁸⁾、将来に向けた海産資源管理、燃料削減、漁業の近代化に向けて、海外各国に向けて活用範囲を拡大させられる事項と考える。

また、AMSR2を搭載するGCOM-W1は、地球環境保全のための優れた成果に対して贈られる“2013年日経地球環境技術賞”をJAXAが受賞し⁽⁹⁾、技術の独自性や社会生活への貢献が評価されている。

3. AMSR-Eの再起動と相互校正

AMSRシリーズは、40rpm(1.5秒に1回転)で回転しながら1,600km以上の広範囲における地表面/海表面からのデータを取得するセンサである。AMSR-Eは2002年5月の打ち上げ以降、2011年10月に回転/観測停止⁽¹⁰⁾するまでの約9年半、軌道上から貴重な観測データを配信し続けてきた。そのデータは、米国、中国、日本を始めとする世界各国のユーザーに利用されてきた。観測データの配信は、2012年5月に打ち上げられたAMSR2に引き継がれたが、AMSR2観測データの相互校正を主目的とし、かつAMSR-Eを運用しているNASAからの強い要望によって、再起動の計画が進められた。AMSR-Eを搭載するAquaはほかにも多くのセンサを搭載し観測を継続しているため、AMSR-Eの回転擾乱(じょうらん)が衛星の姿勢に影響を与えないよう細心の計画を練り、2012年2月に回転停止状態での観測を無事再開し、2012年9月に4rpm低速回転(定常回転は40rpm)の試行を実施したが、所望の4rpmまではランアップしなかった。この結果を踏まえ、最終的に2rpm低速回転で観測を再開する案を立案した。2012年12月にコマンド運用を行い、無事に2rpmでの低速回転観測を開始した。その後、2013年12月現在までの1年以上、大きな変動なく観測を継続している。このことはNASAからも大きく評価され、2013年9月にAMSR-Eの再立ち上げに対してNASA Head Quarterから表彰を受けた(図6)。表彰状は個人名宛で、当社2名、JAXA及び三菱スパー



図6. AMSR-E再立ち上げに対する表彰盾

ス・ソフトウェア(株)のメンバーが表彰された。いまやAMSRは、米国で気象観測センサとしてLANDSATなどと同列でインフラに組み込まれており、AMSRシリーズに対する期待は大きい。

4. 海外における観測データの利用状況

2002年5月に打ち上げられた米国NASA衛星Aqua搭載用AMSR-Eは3年のミッション期間(設計寿命5年)をはるかに超えて約9年半の運用を継続し、表2(2013年7月のデータによる利用データ量によるランキング)に示す通り、世界各国のユーザーに利用されてきた。AMSR2がAMSR-Eの後継機としての任務を果たすため、GCOM-W1は米国NASA主導のもと地球観測衛星群(米国衛星Aqua, Aura, CloudSat及び米仏共同衛星CALIPSOから構成される)A-Train⁽¹¹⁾に加わった。A-Trainを構成する各衛星は、数分ほどの間隔で同じ地点を観測することによって、同一観測対象物に対して、マイクロ波、赤外、光学の異種センサによる観測を行うことが可能となり、米国異種センサ(MODIS(MODerate resolution Imaging Spectroradiometer), AIRS(Atmospheric Infrared Sounder)等)の観測データを複合的に利用するための研究などが進められている。

また、AMSR2とTMI⁽¹²⁾、SSMIS⁽¹³⁾等の同種センサ間の相互校正を行うことで、同一観測箇所での頻度を増加させて観測精度を向上させる取組みも進められている。

AMSR2の観測データは米国NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration)へも配信され、ハリケーンの規模、進路推定に利用されている⁽¹⁴⁾ことに関しても成果が得られており、今後は気象災害による避難範囲と経済損害規模推定の利用にも期待がかかる。また、米国JTWC(Joint Typhoon Warning Center)⁽¹⁵⁾でも台風やハリケーンなどの監視と予報を行うために観測データを利用している。NOAA/NSIDC(National Snow and Ice Data Center)のデータ配信先の集計(表2)によって、近年中国では土壤水分に関するAMSR-Eのデータ利用機関数(ユー

表2. AMSR-Eのデータ利用状況(Top10)

ランキング	国	データ量 (GB)	ファイル数	ユーザー数
1	米国	36,872	1,760,329	555
2	中国	25,506	1,074,053	786
3	カナダ	10,232	1,741,630	58
4	ドイツ	5,448	255,951	47
5	日本	2,231	79,871	48
6	アルゼンチン	1,105	26,668	14
7	フランス	1,066	23,208	24
8	ノルウェイ	821	19,294	14
9	韓国	721	18,680	22
10	デンマーク	715	16,793	7

備考 2013年度の利用状況(NSSTC(National Space Science and Technology Center)集計): 利用国数 50か国以上, 利用機関数合計 2,519

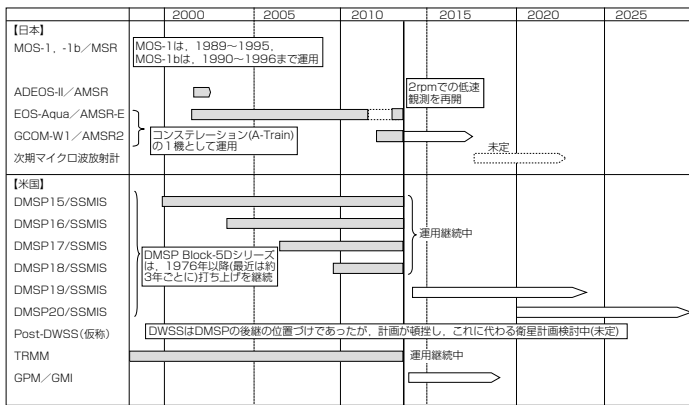


図7. 日米のマイクロ波放射計の将来計画

ザー数)で米国を抜いてトップに躍り出るなど、観測を引き継ぐAMSR2の国際的な利用価値が増していることも明らかになった。

5. 今後の動向

日米における今後のマイクロ波放射計の将来計画を図7に示す。米国でマイクロ波イメージャサウンダ(MIS)の開発が頓挫、空軍(USAF)のDWSSシリーズ衛星などがキャンセルされるなどの状況があり、AMSRシリーズは、マイクロ波放射計として世界の標準機になっていると言っても過言ではない。

当社としては、AMSRシリーズの実績、強みをいかして、ヘリテージを十分に活用するとともに、高周波受信機系の開発、機器の小型・軽量化、及び高密度インテグレーション等の新規技術開発を進める。さらに、次期マイクロ波放射計の受注を目指すだけでなく、インフラとして拡販に結びつけるため、観測データの利用に向けた検討を進めている。

6. むすび

我が国における衛星搭載用マイクロ波放射計は、国産化技術の育成段階から、国際協力の枠組みの中で社会貢献する実利用の段階まで進化してきた。

今後もマイクロ波放射計のシリーズ化を図り、ユーザーのニーズに応えるよう高機能化及び性能向上を図っていく必要がある。様々なニーズに応えることによって、宇宙からの観測データが社会の安心・安全と、生活の質の向上に資することで、社会に貢献することを目指している。

参考文献

(1) JAXAプレスリリース：H-IIAロケット21号機による第一期水循環変動観測衛星「しずく」(GCOM-W1)および韓国多目的実用衛星3号機(KOMPSAT-3)の打上げ結果について
http://www.jaxa.jp/press/2012/05/20120518_h2af21_j.html

(2) JAXAプレスリリース：第一期水循環変動観測衛星「しずく」(GCOM-W1)搭載センサAMSR2の観測データ取得について
http://www.jaxa.jp/press/2012/07/20120704_shizuku_j.html

(3) JAXAプレスリリース：第一期水循環変動観測衛星「しずく」(GCOM-W1)の定常段階移行について
http://www.jaxa.jp/press/2012/08/20120810_shizuku_j.html

(4) JAXAプレスリリース：第一期水循環変動観測衛星「しずく」の輝度温度プロダクトの提供開始について
http://www.jaxa.jp/press/2013/01/20130125_shizuku_j.html

(5) JAXA/EORC台風速報：Tropical Cyclones
http://sharaku.eorc.jaxa.jp/TYPHOON_RT/index_j.html

(6) JAXAプレスリリース：第一期水循環変動観測衛星「しずく」の気象庁での利用について
http://www.jaxa.jp/press/2013/09/20130912_shizuku_j.html

(7) JAXAプレスリリース：北極海海水の観測データ解析結果について～北極海海水の面積 観測史上最小に～
http://www.jaxa.jp/press/2012/08/20120825_arctic_sea_j.html

(8) 内閣府宇宙戦略室プレスリリース：平成25年度宇宙開発利用大賞受賞者の決定について
<http://www8.cao.go.jp/space/prize/kettei.pdf>

(9) 日経地球環境技術賞：2013年(第23回)日経地球環境技術賞受賞者
<http://www.nikkei-events.jp/chikyu-kankyo/>

(10) JAXAプレスリリース：改良型高性能マイクロ波放射計AMSR-E(アムサー・イー)の観測停止について
http://www.jaxa.jp/press/2011/10/20111004_amsr-e_j.html

(11) NASA Missions：Introducing the A-Train
http://www.nasa.gov/mission_pages/a-train/a-train.html

(12) NASA Facts：TRMM Microwave Imagers
http://trmm.gsfc.nasa.gov/overview_dir/tmi.html

(13) NSIDC Instrument Description：Special Sensor Microwave Imager/Sounder(SSMIS)
http://nsidc.org/data/docs/daac/ssmis_instrument

(14) NOAA：Hurricane HENRIETTE
<http://www.nhc.noaa.gov/archive/2013/ep08/ep082013.discus.019.shtml>

(15) NASA Missions：Nasa Marks the Joint Typhoon Warning Center's 50th Anniversary
http://www.nasa.gov/mission_pages/hurricanes/features/typhoon_prt.htm