

各国の地球観測動向シリーズ(第3回)

中国の地球観測活動の方向性 —欧州から学び 地球観測応用範囲を拡大—

辻野 照久

概要

中国では、大気汚染・水不足・都市化の進行・地盤沈下などの環境問題が深刻な事態になっており、総合国力充実のためにこれらの課題解決に役立つ地球観測活動に力を入れている。中国は、2011年版宇宙白書「中国的航天」の計画に沿って地球観測衛星の打上げや受信局の新設など宇宙インフラの整備を着実に進めている。また、欧州と共同で10年以上にわたって実施している龍計画により、政府関係の研究機関や大学が国土と環境・再生可能資源・海洋・災害・大気など幅広い分野で地球観測データを利用した研究を行っている。

キーワード：中国宇宙白書, 地球観測衛星, リモートセンシング, 龍計画, GEOSS

1 はじめに

中国の地球観測活動は多岐にわたっており、どのような機関がどのような目的で何を観測しているのかを把握することは最近まで容易ではなかった。現在は中国の各研究機関のウェブサイトや中国語版だけでなく英語版のコンテンツの整備が進み、公開情報から多くの手掛かりが得られるようになり、地球観測政策、地球観測衛星、受信設備、研究動向、応用状況などを知ることができるようになってきた。

中国の地球観測関連の活動状況は米国や欧州に比べればまだはるかに遅れていると見られるが、欧州の先端的な研究機関と共同で幅広いテーマに一举に取り組んでいる。2003年から開始された欧州と中国が共同で実施する龍計画(Dragon Programme、簡

体字は龙计划^{注1)})は、中国の多くの地球観測関連機関が参加し、世界で最も先進的な地球観測活動を行っている欧州のレベルに近付こうとしている。また、アクセスしやすい欧州の英文サイトから中国の地球観測活動に関する多くの情報が得られるようになった。中国が地球観測応用の範囲の拡大に力を入れていることは、我が国でも今後地球観測活動の成果を社会に応用していく上で参考になる。本稿では龍計画のプロジェクトを中心に、最近の中国の地球観測活動の方向性を分析する。

2 地球観測政策

中国の総合国力を高める上で、地球観測活動によ

注1 百度(Baidu)などの中国の検索エンジンで龍計画について検索する場合、「龍計劃」をキーワードにすると自動変換で「龙计划」となって適切なコンテンツが多数得られるが、「龍計画」をキーワードにすると「龙計画」と自動変換されほとんどヒットしない。

り得られた情報を農業・災害・大気・水資源・国土利用などの分野の社会的課題に応用することが有効であると中国政府は認識している。そうしたことから、地球観測衛星の開発および打上げや運用を実施することは中国では優先度の高い施策となっている。地球観測衛星の運用数は既にロシアやインドを凌駕し、米国と欧州に次ぐ規模になっている。

2011年に発表された「2011 中国的航天」¹⁾ (2011年版中国宇宙白書)によれば、中国は今後5年間に地球観測の応用面で、以下のような計画を策定している。

- ①衛星データ受信、処理、配信、応用などの地上施設を整備し、校正目標等の設備の設置を強化する。
- ②地球観測衛星から受信したデータの共有と総合的な応用を強化し、宇宙データの自給率を向上し、市場指向型のデータ応用サービスに向けた社会資源の積極的な展開を牽引する。
- ③応用実証プロジェクトを実施し、地球観測衛星の幅広い応用と応用産業化の発展を促進する。

受信設備については、最近海南島に多数の衛星からデータを受信する施設が新設されるなどインフラ整備が進んでいる。

地球環境問題など科学研究の面では、2003年から開始された欧州宇宙機関 (ESA) と中国科学技術部 (MOST) / 国家遥感センター (NRSCC) が共同で実施する龍計画が注目される。龍計画第1期は16件のプロジェクトで開始されたが、2007年からの第2期では25件、2012年からの第3期では50件と急速に研究テーマを拡大している。第3期では、中国の74研究機関と欧州15か国97研究機関から700人以上の地球観測研究者が50件のプロジェクトに参加している²⁾。

日常の社会的利益に資する地球観測活動は気象・災害・森林・海洋などの管轄部門がそれぞれ担当

しており、どの分野においても定常運用に役立てる体制を一段と整備しようとしている。

3 地球観測衛星

中国は地球観測衛星を多種類、多数打ち上げており、大きく分けて陸域観測、海洋観測、大気 (気象) 観測などを分担している。累積打上げ数は10種類の衛星シリーズで74機、現在運用中の衛星数は38機程度と推測される。それぞれの主要な機能やこれまでの打上げ実績、現在運用中と思われる衛星数などを図表1に示す。

これらの衛星の中で、2008年に初号機が打ち上げられた極軌道気象観測衛星「風雲3号」は、米国の「NOAA」衛星や欧州の「MetOp」衛星と同等の観測機器を搭載しており、衛星システムとして技術的に高度なレベルにあると世界気象機関 (WMO) から高く評価されている。「風雲3号」の観測機器は、可視赤外放射計、赤外大気サウンダ、マイクロ波温度サウンダ、マイクロ波湿度サウンダ、中解像度スペクトラルイメージャ、太陽放射紫外線サウンダ、オゾン垂直観測器、マイクロ波放射イメージャ、大気観測干渉計、地球放射計測、宇宙環境モニタ、太陽輻射モニタの12種類に及ぶ。

その他の小型地球観測衛星は最新の高分解能衛星「高分」でもまだ空間分解能が2mであり、米欧日印が1m以下を競っている中では分解能では後れを取っているが、中国としては分解能との両立が難しい観測幅の広さを勘案すれば世界トップレベルの水準であるとしている。「高分」衛星は今後数

図表1 中国の地球観測衛星の打上げ数と運用 (2013年9月1日現在)

分野	衛星シリーズ名	ミッション	センサ	初号機打上げ年	打上げ数	運用数 (推定)
陸域	FSW	偵察	光学	1975	22	0
	CBERS	資源調査	光学	1999	3	3
	資源	資源調査	光学	2000	5	2
	遥感	国土利用	光学・SAR*	2006	23	20
	環境	環境監視	光学・SAR	2008	3	3
	天絵	立体地図作成	光学	2010	2	2
	高分	陸域観測	光学	2013	1	1
海洋	海洋	海洋観測	光学・SAR	2002	3	3
気象	風雲1・3	極軌道気象観測	光学	1988	6	2
	風雲2	静止気象観測	光学	1997	6	2
計					74	38

* SAR = 合成開口レーダ

出典：COSPAR Information Bulletinなどを基に科学技術動向研究センターにて作成

機の打上げを予定している。

中国は自国の衛星画像を取得するだけでなく、米・欧・印・加などの政府衛星および商業衛星の直接受信や画像の購入なども必要に応じて行っている。欧州は今後打ち上げる「Sentinel」衛星を米国の衛星と同様にフリーアクセス（無料で利用可能）とすることを検討している。我が国のデータポリシーは明確ではなく、「ケース・バイ・ケース」の対応をしているのが現状である。

4 地球観測研究を実施する組織

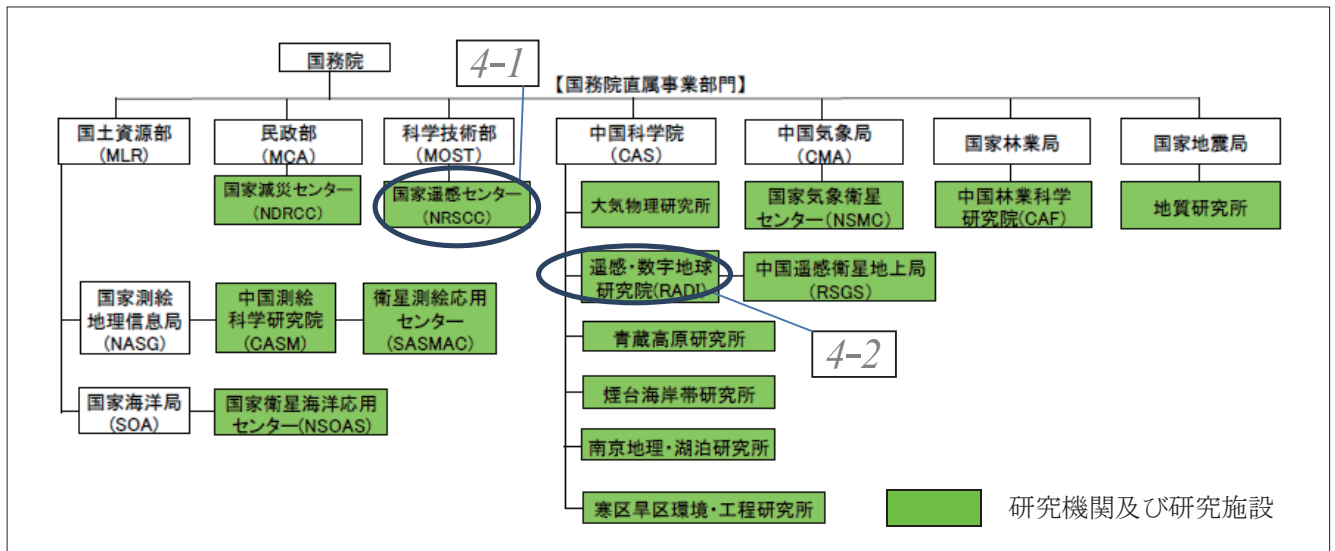
中国において地球観測データを収集・解析し、それぞれの研究目的に応じた成果を得る活動を行っている組織は、科学技術部（MOST）・中国科学院（CAS）・各部（省に相当）の研究機関や大学などで、それぞれ多様なテーマで独自に研究を行っている。国務院に属する政府関係の主要な地球観測関連研究組織だけで15以上ある。それらの位置づけを図表2に示す。

以下に代表的な組織とその活動概要について述べる。

4-1 科学技術部：国家遥感センター

国家遥感センター（NRSCC）³⁾は、科学技術部に属する地球観測関連の研究機関である。各部（省）や地方政府など46の機関と連携している。また各

図表2 中国政府の地球観測関連組織



国政府間の地球観測組織である地球観測グループ（GEO）⁴⁾の中国事務局があり、地球観測衛星委員会（CEOS）⁵⁾のメンバー機関でもある。

4-2 中国科学院：遥感・数字地球研究院

中国科学院（CAS）傘下の遥感・数字地球研究院（リモートセンシング・デジタルアース：RADI）⁶⁾は、2012年11月に旧遥感応用研究所と旧対地観測・数字地球科学研究所が統合されて発足した。RADIは北京郊外の密雲、海南島の三亚、新疆のカシュガルに地球観測衛星地上局を設置し、中国の衛星だけでなく外国の衛星も含めて各国の地球観測衛星からの画像データを取得している。中国の受信局で直接受信している外国衛星は、米国の「Landsat」、仏「SPOT」、印「Resourcesat」、加「RADARSAT-2」などがある。

中国科学院にはRADIの他にも龍計画のいくつかのテーマを主導する研究機関が数か所ある。

4-3 国務院直轄事業単位および部に属する研究機関

(1) 中国科学院以外の国務院直轄事業単位に属する研究機関は次のようなものがある。

- 中国气象局（CMA）：国家衛星気象センター（NSMC）
気象観測の他宇宙天気の前報も行っている。
- 中国地震局：地質研究所
地震に関する観測データは空間対地観測デー

出典：各種資料を基に科学技術動向研究センターにて作成

タプラットフォーム (SEORC)⁷⁾ に集約されている。

- 国家林業局：中国林業科学研究院 (CAF)
森林管理や森林火災などの研究を行っている。
- (2) 部 (省に相当) に属する研究機関は次のようなものがある。
- 国土資源部国家海洋局 (SOA)：国家衛星海洋応用センター (NSOAS)
海洋衛星を運用し、海色・災害・海岸帯の生態系などに関連する研究を行っている。
- 国土資源部国家測絵地理情報局 (NASG)：中国測絵科学研究院 (CASM)
測絵とは、地図作成を意味する。地理情報システム (GIS) に関する研究を行っている。
- 民政部 (MCA)：国家減災センター (NDRCC)

4-4 教育部・龍計画に参加している大学

欧州と共同の龍計画に参加している大学に限って列挙すると、北京大学・首都師範大学・清華大学・南京大学・南京師範大学・武漢大学・華東師範大学・中国海洋大学・上海海洋大学などがある。いずれも教育部に属する大学である。研究だけでなく地球観測の人材を育成する教育機能も担っている。

4-5 地球観測活動をサポートする組織

観測データを加工してユーザに情報製品として提供する役割を官の時代から担ってきた中国資源衛星応用センター (CRESDA) は、CASC 傘下の専門企業となり、従業員の約半分を博士と修士が占める頭脳集団となっている。CRESDA は、「陸地観測衛星」(CBERS、資源衛星「ZY」および環境衛星「HJ」の総称) の観測データを用いて、農業、林業、測量、土地利用、生態系、資源、自然災害など各専門分野の研究者のために解析や地図化・ソリューションの提案などを行っている。

小型の地球観測衛星の製造は中国航天科技集团公司 (CASC) 傘下の中国空間技術研究院 (CAST) に属する航天東方紅衛星有限公司が受注している。

5 欧州と共同で実施する 第3期龍計画

5-1 第3期龍計画の概要

中国の科学技術部 (MOST) は欧州宇宙機関 (ESA) との協力により、世界各国の地球観測データを利用した解析や応用研究を行うための龍計画 (Dragon Programme) を 2003 年に開始し現在も継続中である。ESA は主に環境監視衛星「Envisat」のデータを提供し、中国も自国の衛星のデータを利用し、さらに第3国 (日本も含む) の衛星の観測データも利用している。

2008 年から開始された第2期龍計画では 25 件のプロジェクトが実施され、2012 年に完了した。第2期までの成功を受けて同年から開始された第3期龍計画では、プロジェクト数が2倍の 50 件に拡大された⁸⁾。50 件のプロジェクトはすべて中国の研究機関と欧州の研究機関が対をなして共同研究を行うもので、研究テーマは概ね「複数システムよりなる全球地球観測システム (GEOSS = Global Earth Observation System of Systems) 10 年実施計画 (2005-2015 年)」の 9 つの公共的利益分野 (災害、健康、エネルギー、気候、水、気象、生態系、農業、生物多様性) のいずれかに対応しているものが多い。ただし、解析手法や較正方法など、観測データを直接応用するのではなく、分析技術を追究するテーマもある。図表3に分野ごとの件数と関係するおもな研究機関を示す。

これまでに実施された第2期までの龍計画により、中国の大気汚染の監視、森林火災の早期発見、水資源管理、生態系観測などで一定の成果が得られており、第3期でさらに砂漠化・感染症・地盤沈下・測地など研究対象が拡大されている。中国の第12次5カ年計画の最後の年が GEOSS10 年実施計画の最終年と同じであることから、3年後の成果が注目される。

5-2 第3期龍計画のプロジェクト例

5-2-1 「国土と環境」分野のプロジェクト例

ギリシャのアテネ大学と中国の研究者が主研究者 (PI=Principal Investigator) となって実施している都市計画の管理に関する地球観測データの応用研究は、龍計画の第1期から第3期まで継続し

図表3 第3期龍計画の関係組織

分野	件数	サブエリア	関係する主な研究機関
国土と環境	6	都市問題	清華大学、北京師範大学、中国測繪科学研究院
		森林	中国林業科学研究院
		伝染病監視	中国科学院光電研究院
再生可能資源	6	農業資源	国家農業信息化工程技術研究中心、中国科学院遥感・数字地球研究院、中国気象局国家衛星気象中心
		森林資源	中国測繪科学研究院
海洋学	4		国家海洋局第二海洋研究所、中国海洋大学
沿岸	6	河口・近海	国家海洋局第一海洋研究所、中国科学院南海海洋研究所
		生態系	中国科学院煙台海岸帯研究所、華東師範大学
氷	4	海水	国家海洋局第一海洋研究所
		氷河	南京師範大学、南京大学、香港中文大学太空・地球信息科学研究所
水文	4	水循環	中国科学院寒区旱区環境・工程研究所
		水害	中国科学院遥感・数字地球研究院
災害	6	地滑り	中国科学院遥感・数字地球研究院
		地震	中国地震局地質研究所
大気	6	大気	南京大学気候・全球変化研究院、中国科学院南京地理・湖泊研究所
測量	1	測量	中国測繪科学研究院
気候	1	気候	中国科学院青蔵高原研究所
地震学	1	地震学	中国地震局地質研究所
その他	5	測地学、較正など	

出典：参考文献8に基づき科学技術動向研究センターにて作成

て行われている。

第1期はスポーツイベント支援のための地球観測、第2期は主なスポーツイベントサポートにおける地球観測の利用：アテネ、北京、ロンドンオリンピックのケーススタディ、第3期は多元的な地球観測データに基づく北京の水害監視と評価（英語版は「MONITOR」⁹⁾と推移している。この期間は図表4に示すようにちょうど欧州と中国で3回のオリンピックが開催された年が含まれる。

欧州側の研究者はアテネ大学で一貫しており、都市問題を扱うテーマは少ないので、興味深い研究となっている。利用した衛星はESAのEnvisatで、龍計画では多くの計画でこの衛星の観測データが利用された。Envisatは2012年に運用終了となったが、過去の蓄積データや中国および外国の衛星データを利用して研究が継続されていると考えられる。

中国の論文誌¹⁰⁾によれば、オリンピック大会が

行われる都市において都市構造にどのような状況変化があったかを調べる事が重要であり、このプロジェクトを通じて①生活の質の指標の定義と評価、②空気の質（空気中の塵埃）、③都市の気候（熱的快適性を含む）、④変化の測定、などの研究を行ったとのことである。

1 kmの分解能を持つ空気の質を予測するシステム（AMFIC=Air quality Monitoring and Forecasting In China）が開発され、2008年の北京オリンピック時の排出削減効果を調査した結果が第2期の中間報告（2010年発表）に公表されている。

大気モデルからの理論値と衛星観測データを比較することにより、オリンピック期間中に北京では大気汚染が約65%削減され中国の空気汚染管理の努力が成功したことが示された。

第3期龍計画では研究テーマが「MONITOR」となり、都市計画に対する地球観測データの利用という観点では継続性があるが、オリンピックとの関連

図表4 オリンピックと龍計画の時期的関係

オリンピック開催年		2004	2008	2012
オリンピック開催都市		アテネ	北京	ロンドン
龍計画	フェーズ	第1期	第2期	第3期
	開始年	2003年	2008年	2012年
	プロジェクト数	16件	25件	50件

出典：参考文献8に基づき科学技術動向研究センターにて作成

はみられない。北京の水害を対象として地球観測データによる監視と評価を行う計画である。

5-2-2 「再生可能資源」分野のプロジェクト例

中国語で「再生可能資源」は「再生エネルギー」とは異なり、太陽エネルギーによる作物生育や水循環などがもたらす資源を指し、端的に言えば食糧資源である。GEOSSの農業分野に相当する。この分野の事例として、「地表の生物物理学的変数と地球観測データによる穀物生育見積り¹¹⁾」を取り上げる。この「穀物生育見積り」というテーマの中心となるシステムは、旧遙感応用研究所 (IRSA、現遙感・数字地球研究院 (RADI)) が30年以上前から開発をスタートし、15年前から運用している地球観測データによる「CropWatch」¹²⁾である。このテーマで利用される地球観測画像は、米国の Terra および Aqua に搭載されている MODIS である。欧州側の PI はベルギー技術研究所の研究者である。

旧遙感応用研究所は1998年に中国版「CropWatch」システムを開発した。現在、中国版「CropWatch」は作物の生育モニタリングや穀物生産量の推定などのサービスを提供し、その監視範囲は、中国だけでなく世界46か国をカバーしている。

地表の生物物理学的変数として葉面積指数 (LAI)、地表反射率 (アルベド)、地表放射率、短波輻射、光合成有効輻射 (PAR) の5つがある。フランス気象局の研究者は双方向反射率分布関数 (BRDF) を用いてアルベドの決定や生物物理学的変数の取得の手法を中国側研究者に教えたと思われる。中国は欧州のさまざまなプログラムに参加することで、LAI や PAR などの測定値の収集と分析の専門知識を得たという。

中国の穀物生産は13億人の国民に行き渡る量を毎年確保しており、若干の経済作物の輸出入を除けば自給自足の体制を整えている。その裏方として、地球観測の研究者が欧州の経験や知識を取り入れて自国の小康社会確立に向けて貢献していることが窺える。

5-2-3 「大気」分野のプロジェクト例

「大気」分野のプロジェクト例として「東アジアの夏季モンスーンが中国の大気の質に及ぼす影響¹³⁾」を取り上げる。中国側 PI は南京大学気候・全球変化研究院、欧州側 PI はドイツ航空宇宙センター (DLR) の研究者である。利用する衛星搭載機器は ESA の環境監視衛星「Envisat」の GOME、SCIAMACHY、GOME-2、IASI、GOMOS、MIPAS、MOPITT などであるが、同衛星が2012年に運用を終了したこ

とにより、過去の蓄積データによる分析となるかもしれない。

東アジアのモンスーンは、空気の対流や降水量に影響を与える大気活動であり、大気汚染に対して重要な作用をしていることが判明している。アジアの発展途上国において最も重要な環境問題の一つである。

この研究に必要なデータはオゾンゾンデや航空機などによる現場観測だけでは十分な空間的カバレッジや長期間の一貫したデータ取得を確保することはできない。このプロジェクトでは、衛星データを現場観測で得られたデータと組み合わせて、対流圏の大気汚染物質に対するモンスーンの影響を分析することを試みた。本研究の PI らは、対流圏オゾンや CO、オゾンの前駆物 (NO_x、HCHO と CH₄) およびその他の関連する微量ガスを分析するために衛星搭載機器 (GOME 等) の観測データを適用している。全球化学輸送モデル「MOZART-4」は、モンスーンの影響をシミュレートするために使用され、人工衛星の測定値と比較された。中国全土の大気汚染物質の潜在的な影響もモデリング・現場観測・衛星データの組み合わせで調査が行われている。

5-3 龍計画の分野と GEOSS の 公共的利益分野との対応関係

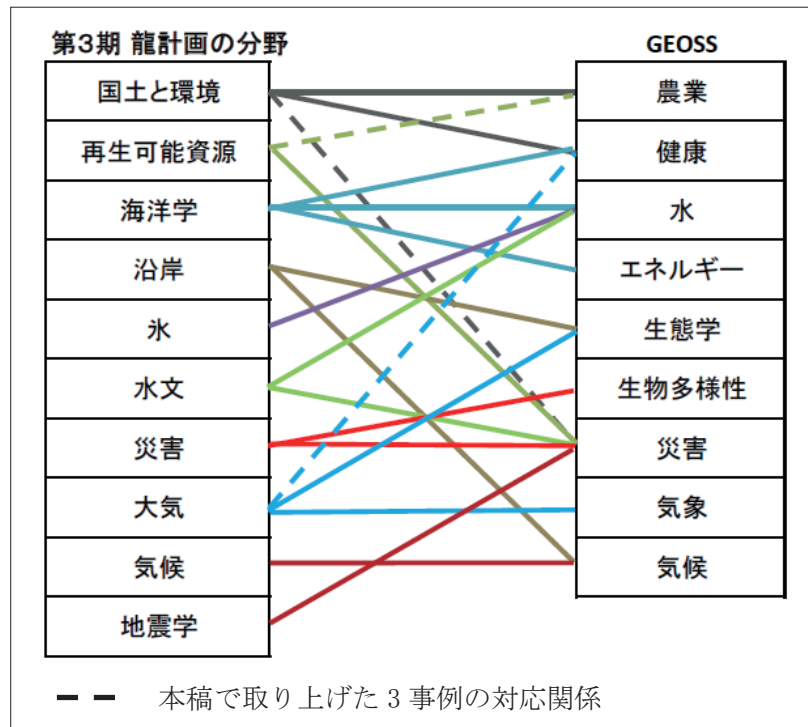
第3期龍計画の50件のプロジェクトを研究テーマの内容的に GEOSS のどの公共的利益分野に相当するかを考察し、分野別にまとめた結果を図表5に示す。

6 おわりに

中国は3期にわたる龍計画を通じて欧州の地球観測活動から多くのことを学ぼうとしており、関係する研究機関や現業機関が衛星データの利用や現場観測との連携を通じて社会的に役立つ観測システムを構築しようとしていることが窺える。

実際の課題として中国の大気汚染・水不足・都市化の進行に伴う農地の減少・産業化に伴う地盤沈下など、先進国が経験してきたと同様の環境問題に直面している。特に、北京オリンピック開催当時の大気清浄化の努力にもかかわらず、近年中国では PM2.5 の問題が惹起している。第2期龍計画の研

図表5 龍計画の分野と GEOSS の公共的利便分野との対応関係



出典：参考文献8に基づき科学技術動向研究センターにて作成

究成果を一時的なものとして、今後の大気汚染対策に活用することを期待したい。中国の地球観測活動

がこれらの課題の解決にどのように役立っていくのか、注目に値する。

参考文献

- 1) China's Space Activities in 2011 : <http://en.cmse.gov.cn/show.php?contentid=1139> (2011 中国的航天の英語版)
- 2) 中欧科技“龙计划”：遥感科技合作进入新阶段 中国日報、2012年7月2日：
http://www.chinadaily.com.cn/micro-reading/dzh/2012-07-02/content_6327750.html
- 3) 国家遥感センターのウェブサイト：<http://www.nrscc.gov.cn/nrscc/en/functions/index.html>
- 4) GEO のウェブサイト：<http://www.earthobservations.org/index.shtml>
- 5) CEOS のウェブサイト：<http://www.ceos.org/>
- 6) リモセン・デジタルアース研究所のウェブサイト：<http://www.radi.cas.cn/>
- 7) 空間対地観測データプラットフォームのウェブサイト：<http://www.neis.org.cn/chinsoftdmds/kjdd/index.jhtml>
- 8) ESA のウェブサイト「ESA-MOST Dragon 3 Cooperation Programme」：
<https://dragon3.esa.int/web/dragon-3/home>
- 9) MONITOR https://dragon3.esa.int/c/document_library/get_file?folderId=158538&name=DLFE-1842.pdf
- 10) 科学研究動態監測快報、中国科学院国家科学図書館蘭州分館、2009年1月
- 11) Land Surface Biophysical Variables and Crop Production Estimation from Remote Sensing Data
<https://dragon3.esa.int/documents/163802/194202/10605-ES.pdf/e5756a0d-252c-4ba8-bb2f-84a1f80b5d11?version=1.1>
- 12) China's CropWatch : <http://www.cropwatch.com.cn/en/>
- 13) Assessment of the Impact of The East Asian Summer Monsoon on the Air Quality Over China :
<https://dragon3.esa.int/documents/10174/158538/10455-EastAsia.pdf/30718ec0-43f5-445f-9251-ca98f5815b53?version=1.0>

..... 執筆者プロフィール



辻野 照久

科学技術動向研究センター 客員研究官

<http://members.jcom.home.ne.jp/ttsujino/space/sub03.htm>

専門は電気工学。旧国鉄で新幹線の運転管理、旧宇宙開発事業団で世界の宇宙開発動向調査などに従事。現在は宇宙航空研究開発機構（JAXA）調査国際部調査分析課特任担当役、科学技術振興機構（JST）研究開発戦略センター特任フェローも兼ねる。趣味は全世界の切手収集。中国切手は大清国の時代から 10,000 種類以上を保有。