

# 月惑星探査研究拠点間連携によるデータセンター構想

出村 裕英<sup>\*1</sup>

## Concept of Data Center supported by a consortium of Lunar and Planetary Exploration Bases

Hirohide DEMURA<sup>\*1</sup>

### Abstract

This report emphasizes significance of data centers as outside of JAXA, which is cooperated with JAXA and universities in research community. This also summarizes activities and histories for invitation of the data center to University of Aizu in Fukushima and establishment of a consortium of Lunar and Planetary Exploration Bases.

### 概要

JAXA と大学等外部機関とが連携して、大学等研究者コミュニティ側にもデータセンターを設置する意義を述べる。本稿では、特に月惑星探査データセンターに関する会津大学の取り組みと、コンソーシアムを形成しつつある月惑星分野における連携の動きを併せて紹介する。

### 1. 本構想の背景

深宇宙探査を手がける宇宙機関は様々な媒体で探査成果を世界に公開・アピールしている。引き続き行われる探査や調査のための基礎資料としてだけでなく、広く宇宙科学の発展のために、探査データの再利用可能な形での公開が重視されていて、データ共有の枠組は例えば国際惑星データ連合 [0] (IPDA: International Planetary Data Alliance) において議論や調整がなされている。日本の宇宙機関 ISAS/JAXA には科学衛星運用・データ利用センター (C-SODA: Center for Science-satellite Operation and Data Archive) が設置され、JAXA の宇宙科学ミッションが取得した高次データプロダクトおよび関連する国内外データをアーカイブし、DARTS (Data ARchives and Transmission System) を通じて広く公開している。JAXA の宇宙科学ミッションの包含する分野は、天文学 [X 線、電波、赤外線]、太陽物理学、太陽地球系物理学、月惑星科学に大別され、更に国際宇宙ステーションで生成した一部のデータプロダクトも収集対象として整理されている。データ・アーカイブを効率よく管理する必要性から、上述の分野間で共通認識を持つための機会として、この C-SODA 運営委員会において、科学データの公開・利用に関するあるべき姿について数年にわたる議論がなされた。委員の構成メンバーは上述の分野を横断した大学・天文台・JAXA 教職員から成り、国内外の現状をレビューしつつ、分野間で異なる用語・概念の違いを確認しながら再定義して、科学データ利用のあるべき理念と基本概念をまとめた。それを宇宙科学研究所の理学委員会、工学委員会、月惑星探査プログラムグループの探査委員会、そして国際宇宙ステーションを管轄する有人宇宙ミッション本部の宇宙環境利用委員会に報告した。その成果は 2011 年 9 月に『科学データの公開・利用について』としてウェブで公開 [1] された。そこに記されている、JAXA の科学データ利用に関する三原則をここに引用する。

---

\*1 会津大学 コンピュータ理工学部 (兼) 先端情報科学研究センター E-Mail: demura[at]u-aizu.ac.jp

### 1) データプロセッシングの原則

すべての科学データについて、機器校正やデータ処理アルゴリズムを適用し、公知の知識だけでそこから科学的成果を引き出せるような段階に至るまでの処理(プロセッシング)を行う。

### 2) データ保存の原則

取得したすべての科学データは、使用できる状態で永久に保存する。

### 3) データサービスの原則

データセンターは、データプロバイダを明らかにした上でそのデータが長期にわたってできるだけ広い範囲のユーザーに使われるようにするための基盤サービスを無償で提供する。

ISAS/JAXA は大学共同利用機関としての性格を持ち、上述のオーサライズを経たことで、研究者コミュニティの総意として上記三原則が支持されている。更に、科学衛星の観測データに留まらず、探査機によるサンプルや宇宙環境での実験結果など多様な科学的価値の高いアウトプットもアーカイブ化されるべきであると、当時の C-SODA 運営委員会ではみなされていた。しかしながら、こうした原則を実行する体制・予算が組まれているかという点、そうではない現実がある。そのため、米国 Planetary Data Science System[2] (以下 PDS) の大学等機関委託制度をモデルとし、大学等外部機関との連携を強化することで利用性の向上を図る方向を模索している。米国 PDS が 2013 年現在各機関に委託しているノードには、ワシントン大学に Geoscience Node[3]、米国調査所に Imaging Node[4]、ジェット推進研究所に Navigational & Ancillary Information (以下 NAIF) Node[5]、等がある。分野ごとに分けて拠点を置いたことで、各分野固有の事情に合わせて小回りのきく運営がなされ、研究者コミュニティだけでなくアウトリーチ活動までも活発に行われている。こうした事情は、中枢にだけ重点的に予算配分する日本の傾向と比較して、注目に値する。先にあげた 3 つの原則を米国 PDS の体制は満たしており、日本にデータセンターが今後作られる場合は、既に C-SODA がそうであるように、共同利用研究施設に類した運営体制が望ましいことは言をまたない。後発参入大学・機関の可能性を排除しない拠点分散・連携型の体制とすることで、大学コミュニティのマンパワー等リソースを有効に取り入れられることが期待される。理学・情報工学等との異分野連携・協調や、分野内競争ができる環境こそが、『より良いもの』を生み出す母体となり、宇宙科学の促進に資するだろう。

また、三原則第 2 項データ保存の原則に関係して、データセンター ISAS 開所以来のデータが関東にのみ置かれている現状が憂慮されている。関東以外の比較的的自然災害の起こりにくい複数の場所に、ミラーリングしたデータセンターや部分的なアーカイブを分散して設置することは、結果として遠隔バックアップとして機能し、リスク管理上のメリットがある。分散させるデータセンターの単位はアーカイブする容量に応じて、大学、部局、あるいは研究室と様々なレベルがあり得るが、少なくとも地理的に近接した場所に集中している現状は、可能な限り速やかに改めた方が良好だろう。

## 2. 福島県および会津大学の背景

日本でも、データセンター設置に手を挙げうる機関は複数あると思われるが、ここでは福島県および会津大学の背景について紹介する。

福島県は東日本大震災前からデータセンターの誘致に積極的である。それは、福島県が火力だけでなく水力・風力・地熱といった再生可能エネルギーも含めて多大な電力を関東へと送っており、農林水産業や観光業の振興に加えて電気を用いた産業の育成と誘致も重視してきたためである。その一環として、情報工学に特化した福島県立会津大学を 1993 年に開学し、情報産業の誘致と育成を図っている。

会津大学の特徴のひとつとして、実践を重視した課題解決型学習 (PBL: Project Based Learning) を数多く含むカリキュラムが挙げられる。専任教員の約半数が外国人であり、国境の無い情報産業に特有の国際的環境を形作っている。1000 人余の学生数という小規模校ながら、公立大学の中では突出した大学発ベンチャー企業数で首位にあり (2013 年 4 月現在 25 社)、震災後は復興支援プロジェクトの産学連携を通じて情報系企業の手が数多く進出している。

宇宙理学と情報工学とが連携する場として、2009 年 4 月には、先端情報科学研究センター宇宙情報科学クラスター (CAIST / ARC-Space) [6][7] が発足しており、はやぶさ・かぐやのデータ解析を支援する可視化ツールの開発や形状モデリングの実績を積みつつ、はやぶさ 2 など宇宙ミッションへの参画や提案も積極的に行っている。開発成果例として、小惑星など不規則形状天体を可視化し 3D-GIS として統合する取組である、平田ほか (2011) 『ポリゴン形状モデルを基盤

とした不規則形状小天体観測データ検索・解析システム』[8]、かぐや月データを念頭に置いた統合解析プラットフォームの例である、寺菌ほか(2012)『月・惑星探査データ表示・解析システム「WISE-CAPS」』[9]、そして産総研と共同開発中のかぐや月面分光データを可視化・解析するツール『月光』[10]などがある。また、国立天文台および宇宙航空研究開発機構とは航空宇宙分野の人材育成を目的とした大学院教育連携協定を締結しており[11]、学生や産業界も巻き込む形で、宇宙データ利用の新規開拓を目的とした宇宙ハッカソンへの参画や運営も行っている[12][13][14]。

2013年には、国と福島県とが出資して復興を後押しするための産学官連携の場として復興支援センター[15]が発足した。福島県民健康データを30年スパンで管理する体制を兼ねつつ、「会津産学官連携クラウド」として企業等も利用可能なIaaSサービスが提供される予定である。この情報基盤は、建物・設備に関する基本要件がJ-Tier3レベルに準拠している。すなわち、建物や火災に対して一般建物より高いレベルでの安全性が耐震設計等で確保され、8時間以上の専任による常駐監視ならびに常駐時間以降は外部委託によるリモート監視をおこなう管理体制をとる。民間のデータセンターと同等のサービス品質を、高いセキュリティのもとで公的機関が中長期に渡って運営するという特徴がある。福島県の復興のため、雇用を生むだけでなく文化的で若者を惹き付けられるデータセンター・プロジェクト候補のひとつとして宇宙開発・宇宙科学は位置づけられており、その誘致に向け福島県をあげた支援が得られている。後述のデータセンターとその連携に関する事務的な体制は既に整っている。共同利用を意識したデータセンター構想の提唱に至る経緯、会津大学の組織対応、直接関連する研究プロジェクトの採択実績と本構想の準備や誘致・提案活動を年表にまとめた(表1)。但し、年表中の参考文献番号は本稿末尾の参考文献と対応している。

表1 データセンター構想に関わる提案諸活動・研究費採択実績

年月日	事案
2007年10月	福島県提供ラジオ番組 知事室からこんにちは(対談:佐藤知事-出村) USGSフラッグスタッフ宇宙地質学チーム(PDS Imaging Node)を手本にして、世界から人が集まる、情報と宇宙を組み合わせた拠点を会津に作る構想の提示。[16]
2007-9年度	科研費基盤A採択 出村ほか 「深宇宙探査機データのGISへの統合と遠隔共同解析技術の研究」、情報工学と地球惑星科学の融合プロジェクト。会津大学ほか3機関。
2008年度	日本惑星科学会、月惑星探査育英会[17]が発足、協力 月惑星探査データ解析ユーザーの裾野を広げる活動として、データ解析実習会の第1回から協力し、現在も継続。
2009年4月	理学・情報工学連携、会津大学CAIST/ARC-Space発足[6][7]
2010年度	日本学術会議大型研究計画マスタープラン改訂公募に「月惑星データセンター」提案 C-SODA、国立天文台RISE、会津大学の3機関連携提案。当時のヒアリングでは、アーカイブ管理基盤が弱い日本の学術分野の状況を踏まえて平座長(当時)から高く評価された。しかし、拠点分散型連携機能と月以外のアーカイブが省かれ、次期月探査プロジェクトにマージされた(学術の大型施設計画・大規模研究計画 マスタープラン2011[18])。
2011年度	宇宙科学研究所(ISAS) 科学衛星運用・データ利用センター(C-SODA)運営委員会から『科学データの公開・利用について(2011)』[1]公開
2012年1月	会津大学復興支援センター・クラウドデータセンター構想発表
2012年7月	「惑星科学の今後を考える会」にて研究者コミュニティの議論 ARC-Spaceと他機関の取組が報告・議論され、連携の合意が得られた [19]。
2013年3月	国と県の出資で会津大学復興支援センター発足
2013年3月	日本学術会議大型研究計画マスタープラン再改訂[20]の公募に連携提案 惑星科学会長提案「太陽系生命前駆環境の実証的解明のための統合研究プログラム」、月惑星探査を支えるコミュニティ側から提案されたコンソーシアム構想。会津大学はデータ解析プロジェクト・データセンター部門として参画。
2013-15年度	科研費基盤B採択 平田ほか 「高精度形状モデルを基盤とした小惑星地質活動の解析」、情報工学(コンピュータビジョン)と惑星科学の融合プロジェクトで、会津大学ほか3機関。
2013年11月	月惑星探査コンソーシアム(仮称)設立準備会合

### 3. 本構想の骨格

本構想は、第1節の科学データ利用の理念 [1] に基づく、アーカイブサイエンス促進およびサービスを提供する基盤を、拠点連携で実現しようというものである。具体的には、付加価値をつけたデータプロダクトおよびオンライン地図配信 (GIS, Web Mapping Service)、各種解析ツールの開発と配信、解析ノウハウの蓄積と公開、それを通じた人材育成を行うというものである。共同利用研究施設に準じて学外委員を含む運営体制で行うことにより、1 拠点に閉じず、大学研究者コミュニティと一体となった基盤のひとつとして機能することが前提である。

現在、日本の研究者コミュニティが利用する JAXA 科学衛星のデータセンターは、C-SODA が運営する DARTS が唯一のものである。JAXA の科学データ利用に関する三原則のうち 1) データプロセッシングの原則、2) データ保存の原則、は比較的満足されているが、3) データサービスの原則、については「できるだけ広い範囲のユーザーに使われるようにする」という観点で、海外と比べて課題が残る。現行のプロジェクト縦割りとなっている研究者向けインターフェースやデータベース構成は、新規参入者にとって使いにくく分かりにくい。それらを改善し、データマイニングや解析のための可視化を進める必要性が高まっている。こうしたことの実現には、情報工学分野との連携が必須である。例えば、米国 PDS のトップページ [2] に見られるようなファセット・ナビゲーションが有効であることが、会津大学で行われたハッカソンで示されている [12]。

JAXA の科学データ利用に関する三原則第3項のデータサービスを充実させるには、ニーズが存在する大学コミュニティ、ユーザ側に近く、可塑性の大きい環境である方が有利である。また、宇宙科学分野の裾野を広げていくための人材育成の舞台として、大学は有力な要素である。データ解析ノウハウの蓄積、解析ツールの開発と配布、そして理学・情報工学の研究を通じて月惑星データ利用を促す人材を育成するためには、手堅い DARTS だけでなく、現行の DARTS ラボのような研究段階の試作サービスが極めて重要である。また、データセンターのハードウェア・リソースは集約した方が効率的だが、データプロダクトの質の保証やソフトウェア開発については、それを手がけるチーム単位で行って成果を蓄積・公開する場を用意した方が、ユーザー側に近い分だけ効率的である。自然と様々なサイズのチームが組合わさる形で機能することになるが、相互作用やデータ保管等の冗長性を維持する手間を費やすことで、より科学的成果の豊穡な環境に成長することが期待できる。新しくデータを取ってくることやそのための研究開発も大切だが、米国 PDS を参考にして、既に得られたデータを他の知見と結びつけつつ研究成果を挙げたり、新規ミッションを検討したりすることが大切である。それらは「アーカイブサイエンス」と総称されるもので、日本発のデータでそれを根付かせていかねばならない段階に来ている。

会津大学に DARTS ないしその一部である月惑星ミッションを扱うデータセンターを誘致する形で実現した場合は、第2節で示した復興支援センター内クラウドサービスにミラーリングする形で DARTS ないしその一部の遠隔バックアップを実現する。本構想におけるデータセンターは、枯れた技術で手堅く管理するバックエンド部分と、ユーザビリティを追求し情報工学研究要素のあるフロントエンド部分に分けられる。後者を中心に科学データの一望性・一覧性を向上させるためのインターフェース部分の研究開発を行い、コミュニティへ提供する。データ解析のノウハウを蓄積・公開すると共に、必要なソフトウェア・ツールを PBL で開発し供給する。理学と情報工学の境界領域として、以下に示す形で人材育成を図る。学部・大学院では情報工学教育カリキュラムに宇宙科学と宇宙利用に関するオープンデータの取扱に関する知見を補い、知識基盤社会の中核となる専門人材および産業を支える職業人材を育成する。PD・スタッフ級の人事交流では、理学側には最新の情報工学の知見と開発技術を学ぶ機会を提供し、情報工学側にはオープンデータとしての宇宙科学データを素材とした新規技術の開発機会を提供し、それぞれ成果を挙げる形で、相互触発する環境を形成する。

### 4. おわりに

本構想の趣旨は、JAXA の科学データ利用に関する三原則のうち、海外と比較して手薄である第3項データサービスの原則を拡充することが最大の目的であり、次いで第2項のデータ保存の原則を全うするため現状で関東にしかない DARTS 月惑星データを分散させ大規模災害等でデータが失われないようにしたい、というものである。例えば、日本発の月惑星データを会津大学にデータセンターとして整え、会津大学で開発されつつあるデータサービスと組み合わせる。それにより、日本発のデータの利用価値を高めて月惑星科学アーカイブサイエンスを促進することを意図している。会津大学復興支援センターに整えられる情報基盤を生かすかたちで本データセンター構想を実現できる準備がなされてい

るので、興味関心のある研究者・機関は著者まで連絡を頂ければ幸いである。

日本の月惑星科学分野では、本構想と並行して神戸大学惑星科学研究センター（CPS: Center for Planetary Science）を事務局としたコンソーシアムを形成し、月惑星探査を支えるコミュニティ基盤を整える動きがある。会津大学がこれまで提唱してきたデータセンター構想は、単なるデータの箱物ではなく、上述の通りコミュニティに対するデータサービスを重視した取組である。そのため、そうしたコンソーシアムの一翼を担う形で密接に連携していきたい。

### 参考文献

- [0] 国際惑星データ連合 IPDA: International Planetary Data Alliance  
<http://planetarydata.org>
- [1] 宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 宇宙科学研究所 (ISAS) 科学衛星運用・データ利用センター (C-SODA) 運営委員会 (2011) 『科学データの公開・利用について』  
<http://c-soda.isas.jaxa.jp/bibliography/KagakuData.pdf>
- [2] Planetary Data System  
<https://pds.nasa.gov>
- [3] Geoscience Node in Wasington University  
<http://geo.pds.nasa.gov/default.htm>
- [4] Imaging Node in U.S. Geological Survey  
<http://img.pds.nasa.gov>
- [5] NAIF node in JPL  
<http://naif.jpl.nasa.gov/naif/>
- [6] 出村 (2009) PLAIN News no.189 『日本の月惑星探査と科学データアーカイブ第2回 理・情報工学連携拠点：会津大学 ARC-Space の紹介』  
[http://www.isas.ac.jp/docs/PLAINnews/189\\_contents/189\\_1.html](http://www.isas.ac.jp/docs/PLAINnews/189_contents/189_1.html)
- [7] 出村 (2009) 日本惑星科学会誌遊星人 18 巻 3 号 pp 157-158 『会津大学 CAIST/ARC-Space 紹介』  
<https://www.wakusei.jp/book/pp/2009/2009-3/157.pdf>
- [8] 平田ほか (2011) 宇宙科学情報解析論文誌 vol.1 pp.133  
『ポリゴン形状モデルを基盤とした不規則形状小天体観測データ検索・解析システム』  
<http://repository.tksc.jaxa.jp/pl/dr/AA0065236017>
- [9] 寺藪ほか (2012) 宇宙科学情報解析論文誌 vol.2 pp.89  
『月・惑星探査データ表示・解析システム「WISE-CAPS」』  
<http://repository.tksc.jaxa.jp/pl/dr/AA0061914010>
- [10] 林ほか (2013) 第46回月・惑星シンポジウム集録 (in press)  
『かぐや搭載スペクトルプロファイラデータの検索・表示ツールの開発』
- [11] 航空宇宙分野の人材育成で JAXA と連携  
<http://www.u-aizu.ac.jp/events/agreement-jaxa.html>
- [12] 出村ほか (2012) 日本惑星科学会誌遊星人 21 巻 4 号 pp386-388 『宇宙ハッカソン報告』  
<https://www.wakusei.jp/book/pp/2012/2012-4/2012-4-386.pdf>
- [13] 宇宙科学ミッションのデータを活かそう ―会津大学で「宇宙ハッカソン」― 2012年8月28-31日  
<http://www.u-aizu.ac.jp/research/caist/arc-space/uoa-spacehackathon.html>
- [14] ARC-Space 学生チーム開発「月旅行アプリ」に審査員特別賞！ 2013年4月20-21日  
<http://www.u-aizu.ac.jp/events/arc-spaceisac.html>
- [15] 会津大学 復興支援センター  
<http://www.u-aizu.ac.jp/research/uarc/uarc-mission.html>

- [16]2007年10月 福島県 知事室からこんにちは (対談:佐藤知事-出村)  
[http://wwwcms.pref.fukushima.jp/pcp\\_portal/PortalServlet;jsessionid=79D4F95AC018E1702B41A618229F2093?DISPLAY\\_ID=DIRECT&NEXT\\_DISPLAY\\_ID=U000004&CONTENTS\\_ID=11168](http://wwwcms.pref.fukushima.jp/pcp_portal/PortalServlet;jsessionid=79D4F95AC018E1702B41A618229F2093?DISPLAY_ID=DIRECT&NEXT_DISPLAY_ID=U000004&CONTENTS_ID=11168)
- [17]月惑星探査育英会 データ解析実習会  
<https://www.cps-jp.org/~tansaku/wiki/top/>
- [18]学術の大型施設計画・大規模研究計画 マスタープラン 2011  
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-21-h135-1.pdf>
- [19]小林ほか(2012)21巻3号 pp324-329 『「惑星科学の今後を考える会」の報告』  
<https://www.wakusei.jp/book/pp/2012/2012-3/2012-3-324.pdf>
- [20]第22期学術の大型施設計画・大規模研究計画に関するマスタープラン「学術大型研究計画」の公募  
<http://www.scj.go.jp/ja/member/iinkai/ogata/22-koubo.html>