



地球観測データに関する国際標準の 月惑星GISへの応用

Ryosuke Nakamura

Naotaka Yamamoto

Isao Kojima

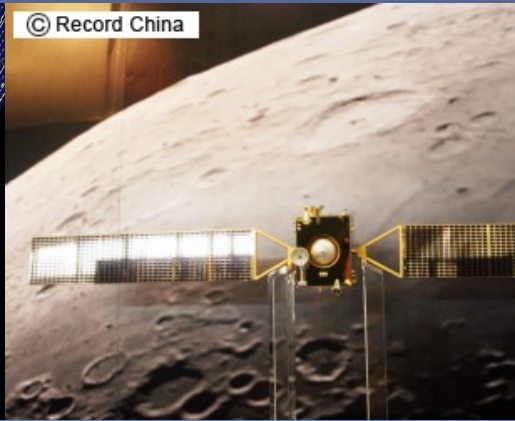
AIST, JAPAN

©JAXA/NHK

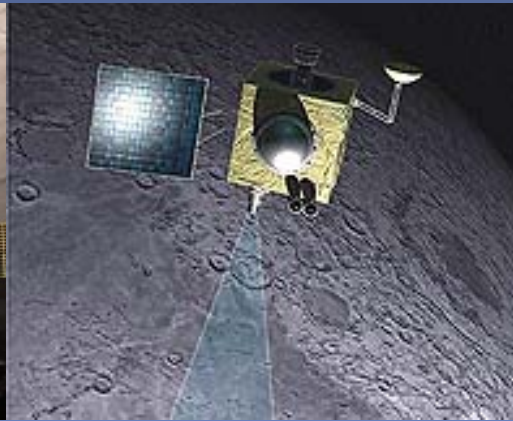
21世紀は新たな月探査時代の幕開け



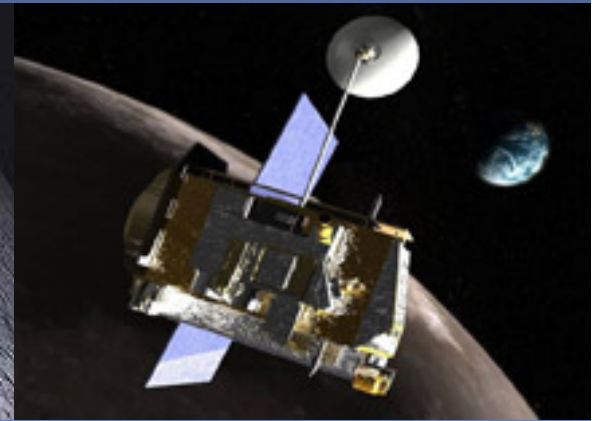
2003年欧州 (Smart-1)



2007年10月～ 中国(嫦娥1号)



2008年10月インド(チャンドラヤーン)



2009年 3月 アメリカ(LRO)

2007年9月～ 日本(かぐや)

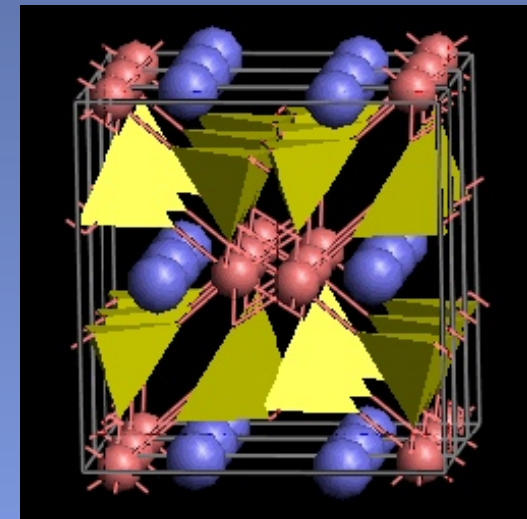
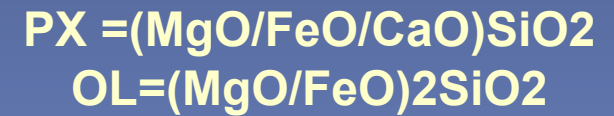
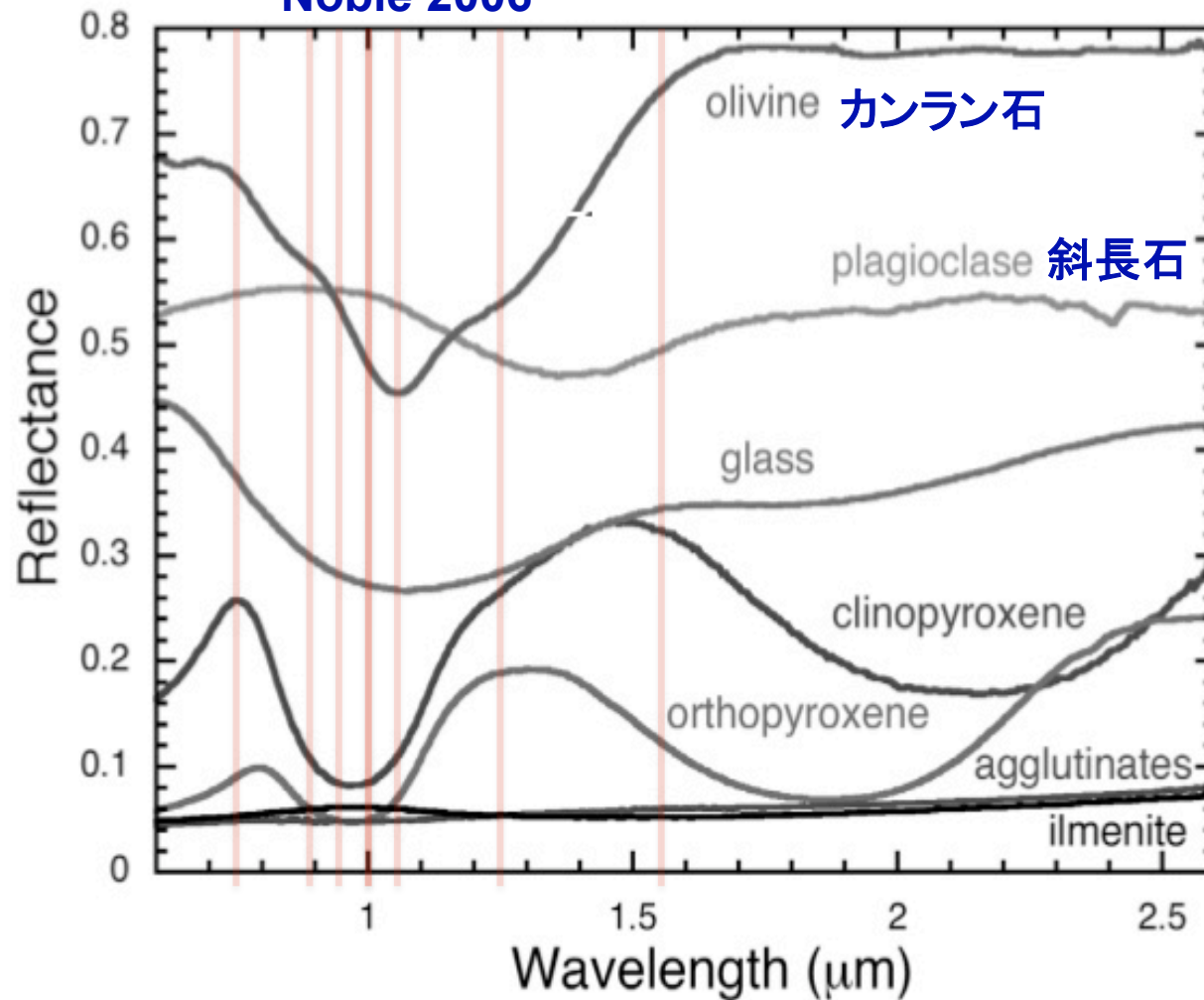


インド・中国は後継ミッション
が進行中

今後は、アポロ・クレメンタイ
ン・ルナプロスペクターとい
った過去のデータを含めて
、複数の探査機データを統
合解析することが必須

Visible-Near-infrared spectra of lunar minerals

Noble 2006



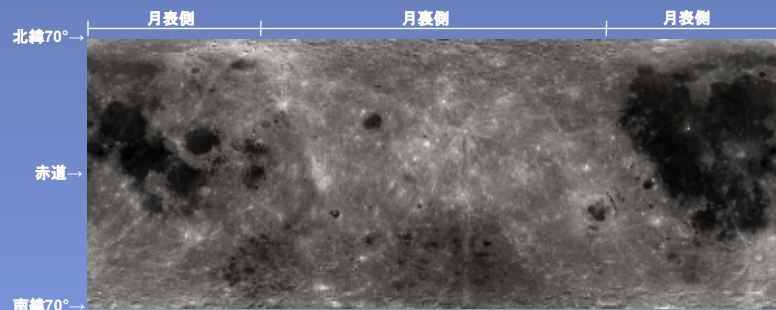
1.2 μm = Fe in M1(red)
1/2 μm = Fe in M2(blue)

SP: Continuous spectra between 500 ~ 2500 nm (500m/pixel)
MI: Multiband (=9) images with 20m/pixel spatial resolution

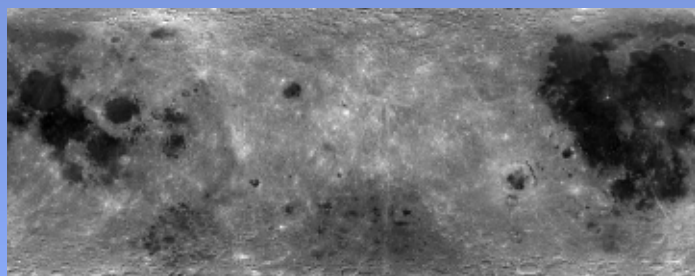
かぐやの成果：月全球の分光画像

月周回衛星「かぐや」に搭載されたスペクトルプロファイラ(SP)は、可視から赤外(0.5~2.6 μm)の合計296バンドで月全球の分光観測を行いました。SPの観測により、月裏側にある斜長石を大量に含む岩体¹⁾や、South Pole-Aitken盆地の地下にある超塩基性岩²⁾を発見したほか、かんらん石等の様々な鉱物の全球探査を現在実施中です。また測光補正されたSPデータから月全球の分光画像を合成し、月全球スケールでの鉱物分布等を把握する作業も進められています。

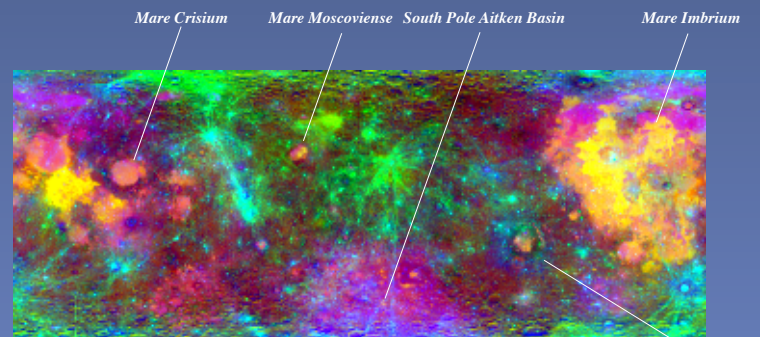
今回お見せする画像は、この月全球分光画像の試作品で、全SPデータのおよそ半分を用いて作成した1°メッシュデータセット(全160バンド)とその主成分分析結果です。人間の目で見ると月面は色調の変化のないモノトーンの世界であり、その第1主成分もほぼ月面のアルベドに対応した画像になります。一方、第2主成分以降はアルベド変化以外の月面反射率の情報を反映しているため、複数の主成分を組み合わせたカラー画像は月面の鉱物分布等の違いに対応して非常にカラフルになります。



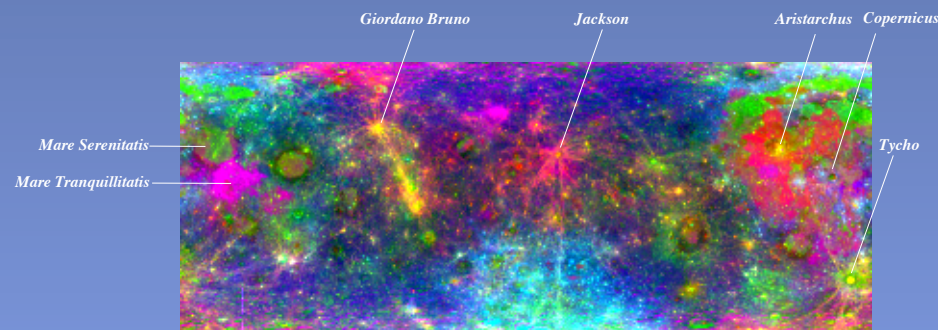
SPのバンド1(512nm)、バンド12(579nm)、バンド24(651nm)をRGBに割り当てたカラー合成画像。人間の目で見ただけの場合に対応する。



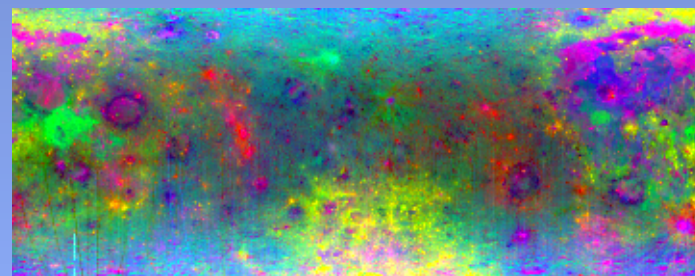
主成分分析結果の第1主成分の白黒画像。アルベド分布にほぼ対応。



第1、2、3主成分をRGBに割り当てたカラー合成画像



第2、3、4主成分をRGBに割り当てたカラー合成画像

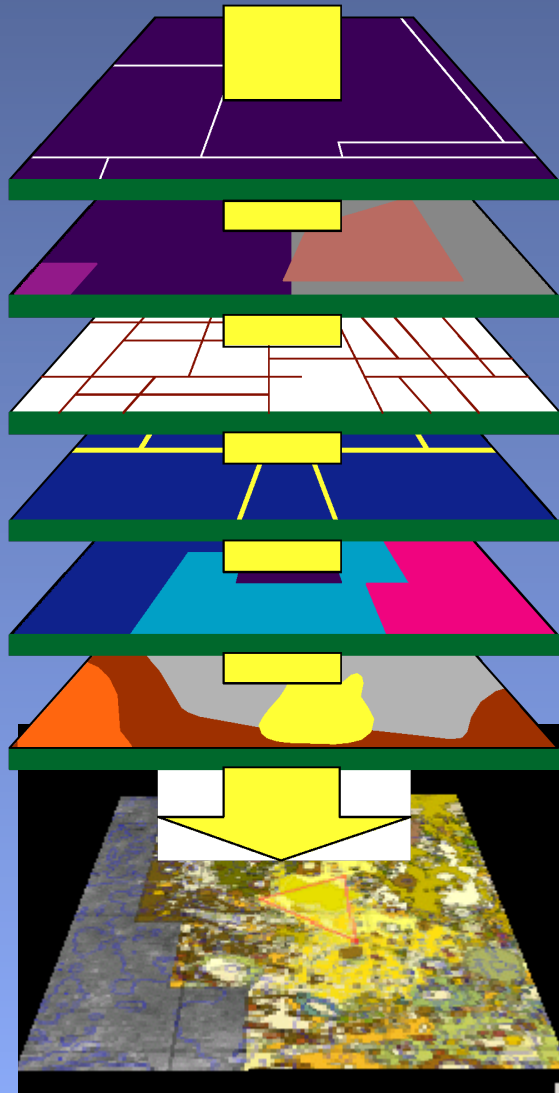


第3、4、5主成分をRGBに割り当てたカラー合成画像

1) Matsunaga et al., Discoveries on the lithology of lunar crater central peaks by SELENE Spectral Profiler, GRL, doi:10.1029/2008GL035810, 2008
2) Nakamura et al., Ultramafic impact melt sheet beneath the South Pole Aitken basin on the Moon, GRL, doi:10.1029/2009GL040765, 2009

月全球の分光画像の作成と主成分分析処理:
横田康弘・松永恒雄・山本 聡(国立環境研究所)

たとえば、



Mineral = 斜方輝石

Geology = コペルニクス代

Element = 鉄濃度10%~20%

Crust thickness = 地殻厚 > 80km

Topography
= ある角度以上に急な斜面

それぞれは違う探査機が取得したデータだが
すべての条件を満たすところを探したいとする

これまでは、

- それぞれのデータ配布サイトで検索
- 必要なデータをすべてダウンロード
- データフォーマット／地図投影方法を自分で変換
- 高価なGIS ソフトに読み込んで解析

こうしたユーザーの手間とコストを軽減する手段

⇒ データフォーマットや表示・処理プロトコルの標準化

惑星科学における標準化

- アメリカ以外の国が本格的に惑星探査に参入
 - 月 => さっきのスライド
 - 水星 => Beppi Colombo
 - 金星 => Venus Express, あかつき
 - 火星 => Mars Express, Phobos-Grunt,
 - 小天体=> はやぶさ, Rosetta
- 惑星探査データおよび隣接分野での標準
 - PDS = アメリカでのデータフォーマット標準
 - PSA = PDSコンパチフォーマット
ESA 中心に開発。実装は天文との共通部分が多い
 - IPDA = 惑星探査データの標準化推進団体
 - OGC = 地球の GIS、衛星データに関する標準策定団体

OGC standard

- Catalog Service Web ~ メタデータ検索
- **Web Map Service (WMS) ~ 画像配信**
- Web Feature Service (WFS) ~ ベクトルデータ配信
- Web Coverage Service (WCS) ~ ラスタ生データ配信
- Web Processing Service (WPS) ~ データ処理
- Sensor Observation Service (SOS) ~ 現場センサデータ
- 最近では KML も OGC 標準として採用

まるい天体なら、基本的に地球用の標準をそのまま惑星にも拡張できるはず

WMS: Web Map Service

- 解析処理可能な生データではなく、ブラウザ上で表示できる「画像」(具体的には jpeg, png など)を配信
- ユーザーは、サーバーに
 - 欲しいデータの種別
 - 画像サイズ
 - 画像フォーマット
 - 地図投影パラメータ

を指定して画像を取得

代表的な投影

- **Equiarectangle (~いわゆるLATLON=等経緯度図法)**
 - 緯度経度をそのままXY軸にとるので直感的にわかりやすい
 - 全球表示によく使われるが極域の表示には不向き
- **Polar Stereographic**
 - 南極点、北極点を投影中心とした Stereographic 投影
 - 緯度60度以上の領域の表示に使われる
- **Transverse Mercator**
 - 数度四方であれば、緯度によらずXYが地表面での距離に近い~DEMを利用した地形解析などに適している
 - 地球では6度ごとに基準緯度をとった UTM 座標系が広く使われている

WMS - getMap

- **allows the retrieval of a map from a web server**
- **user supplies bounding box, image size, format, error handling, etc...**
- **server responds with an “image”, typically a web-ready format like GIF, PNG or TIFF**

実際のWMS リクエスト例

- [http://geodata2.geogrid.org/mapserv/ryosuke/global?service=WMS&VERSION=1.1.1&](http://geodata2.geogrid.org/mapserv/ryosuke/global?service=WMS&VERSION=1.1.1&REQUEST=GetMap&layers=clembase&srs=EPSG4326&width=1000&height=500&bbox=-20,0,20,20&format=image/png)
- [REQUEST=GetMap&](#)
- [layers=clembase&](#)
- [srs=EPSG4326&](#) =>WGS84楕円体、等経緯度図法
- [width=1000&height=500](#)
- [&bbox=-20,0,20,20&](#)
- [format=image/png](#)

Response



WMS(の惑星拡張)の問題点

- 惑星ごとの基準楕円体の統一
- 高速化(タイリングなど)
- 複数のサイトをまたぐ場合の安全性
- 取得できるのは「絵」なので、表示レンジの動的な変更や本格的な解析はできない
→ WCS/WPS

USGS は NAIF の惑星形状／自転モデルをベースに 惑星ごとの地図投影法を定義し、OGC に提案中

- Planetary Namespace based on IAU2000 report and using NAIF codes for base value.

GEOGCS["GCS_Mars_2000",DATUM["D_Mars_2000", SPHEROID["Mars_2000_IAU",3396190.0, 169.89444722361]],PRIMEM ["Reference_Meridian",0.0], UNIT["Degree",0.0174532925199433]

IAU Name	Mars GIS-IAU	GEOIDS
IAU2000	49900	Mars2000, areocentric latitudes, positive East longitudes
IAU2000	49901	Mars2000, aerographic latitudes, positive West longitudes
IAU2000	49902 - 49909	Available
		PROJECTIONS - Even codes=areocentric, Odd codes=aerographic NOT all shown)
IAU2000	49910	Equirectangular (Simple Cyl), clon=0°, spherical equation, areocentric
IAU2000	49911	Equirectangular (Simple Cyl), clon=0°, spherical equation, aerographic
IAU2000	49912	Equirectangular (Simple Cyl), clon=180°, spherical equation, areocentric
IAU2000	49914	Sinusoidal, clon = 0°, spherical equation, areocentric
IAU2000	49916	Sinusoidal, clon = 180°, spherical equation, areocentric
IAU2000	49918	Polar Stereographic, clat = 90°, clon = 0°, spherical eq, polar radius, areocentric
IAU2000	49920	Polar Stereographic, clat = -90°, clon = 0°, spherical eq, polar radius, areocentric
IAU2000	49922 ~ 49959	Available (1:2M Mars series handled by AUTO below)
		AUTO PROJECTIONS (parameter order)
IAU2000 or Auto	49960	Auto Sinusoidal, spherical equation, areocentric, (clon)
IAU2000 or Auto	49961	Auto Sinusoidal, spherical equation, aerographic, (clon)
IAU2000 or Auto	49962	Auto (Polar) Stereographic, spherical equation, areocentric, (clon, clat, scale)

<http://www.lpi.usra.edu/meetings/lpsc2006/pdf/1931.pdf>

相互運用性試験

The screenshot shows the homepage of the USGS Planetary OGC Interoperability Wiki. The header includes the USGS logo with the tagline "science for a changing world" and the text "Planetary OGC". A search bar is located in the top right corner. The main content area is titled "Home" and features a "Project Pages" section with a "(project overview)" link. This section contains several items: "Tasks & Actions" with a document icon, "Risks & Issues" with a warning triangle icon, "Time Line / Calendar" with a calendar icon, and "Project Documents" with a folder icon and a note "(Upload: Code, Snapshots)". Below this is a "Recent Updates" section with a document icon and a star. To the right of the "Project Pages" section is a large image of a person holding a globe, with the text "Planetary OGC Interoperability Experiment Wiki" above it and "image credit" below it. Below the image is a "Tips to use this site:" section with a paragraph of text and a "翻訳" (Translate) button. On the left side of the page, there is a sidebar with a navigation menu including "Home", "Tasks & Actions", "Risks & Issues", "Timeline", "Project Documents" (with sub-items "Upload Code and Configs" and "Upload Snapshots"), "Recent Updates", "Contact", and "Sitemap". Below the menu is a "Recent site activity" section with links to "Tasks & Actions", "Upload Code and Configs", and "Project Documents", each followed by a brief description of recent activity. At the bottom of the sidebar, there is a "View All" link and a large number "7" with the text "days until" below it.

https://sites.google.com/a/usgs.gov/planetary_ie/

Testers,

Thank you all for participating. It looks like we are on target to test on Tuesday 22nd (Feb) and Tuesday 1st (Mar). The second day is to allow other team members to participate and hopefully respond to issues found on the first day.

Goal: Test WMS, WFS servers and clients for planetary support. Find areas most in need of development to better support planetary data sets. And again our testing should eventually result in an OGC “Best Practices” document that can be used to promote and inform the broader planetary community. more: <http://www.lpi.usra.edu/meetings/lpsc2011/pdf/2638.pdf>

Team (so far):

*USGS - Trent Hare, Scott Akins, Ryan Raub, Mark Bailen

*JPL - Lucian Plesea

*PDS Imaging Node - Mike Martin

*University of Aizu - Naru Hirata

*National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST) -
Ryosuke Nakamura

*Washington University (Geoscience PDS Node) - June Wang, Feng Zhou

*University of Perugia - Alessandro Frigeri

*OSU - Rui Wu

*ASU (JMars server/client)- Saadat Anwar, Scott Dickenshied

*University of Nottingham - Jeremy Morley

-expecting a few more also

まとめと今後の課題

- 基準座標系の定義などを変更するだけで、地球用の様々な地理空間標準を惑星に応用することが可能
- ユーザーには地理的・組織的に分散した地図データがひとつに見える
- サーバー／クライアントともに、これまでの豊富なソフトウェア資産をそのまま継承できる
- 産総研では、地球の経験をベースにかぐや搭載可視近赤外分光計(Spectral Profiler) や、カメラのデータの一部について WMS/WPS 化
- 来週にはUSGS やJPL との相互運用性試験を実施
- IPDA , JVO などとどう連携(棲み分け?)していくか？