

かぐや (SELENE) HDTV データ公開システムの構築

本田 理恵¹, 山本 幸生², 山崎 順一³, 太刀野 順一³, 三橋 政次⁴

Data Distribution System of Kaguya (SELENE) High Definition Television System

Rie HONDA¹, Yukio YAMAMOTO², Junichi YAMAZAKI³
Junichi TACHINO³ and Seiji MITSUHASHI⁴

Abstract

A data distribution system for still and video images acquired by High Definition Television System (HDTV) on board JAXA's Lunar Explorer Kaguya (SELENE) is now being developed aiming at providing 1.06 million HDTV frame images for both objectives of outreach and scientific analysis. The design and data model of the system based on PDAP are described in the paper.

Keywords: HDTV, SELENE, かぐや, PDAP, PDS, メタデータ

概要

JAXA の月周回衛星かぐや (SELENE) に搭載されたハイビジョンカメラ (HDTV) により, 約 106 万枚のフレーム画像が取得されている. この HDTV 画像を一般と研究者の両方に提供するために, 惑星科学データの相互交換用プロトコル PDAP を採用したデータ公開システムの開発を行っている. 本論文では公開システムのデザイン, データモデル, 実装例について紹介する.

1. はじめに

2007 年 9 月に打ち上げられた JAXA の月周回衛星「かぐや (SELENE)」は, 2009 年 6 月 11 日の月面への制御落下まで約 21 ヶ月にわたって月とその周辺環境についての総合的な科学観測を行った^[1]. 「かぐや」に搭載された 14 種の科学機器による観測からは, 月全体の重力分布, 地形, 磁気異常, ステレオ視による 3 次元デジタル地形モデル, 地表のスペクトルからの表層物質推定, 地下の成層構造, 月を取り巻く環境についての新しい知見など, 多岐にわたる目覚ましい成果が発表されている.

一方, 「かぐや」には広報用の機器として NHK のハイビジョンカメラ (High Definition Television System, 以降 HDTV と記す) が搭載された^[2]. HDTV は月からの地球の出や周回衛星からみた臨場感のある月面の俯瞰映像を取得し, 一般への広報や教育に提供することを目的としていた. HDTV は 2007 年 9 月 29 日の遷移軌道における運用開始から, 月面への制御落下直前まで, 大きな性能の劣化や不具合もいまま良好な映像を取得し続けることができた. その結果, 月への遷移軌道からみた地球, 月の地平線上での地球の出と地球の入 (図 1), 半影月食時の地球の“ダイヤモンドリング”, 制御落下直前の迫る月面といった月と地球の臨場感のある映像を多数取得することができた.

運用終了約 5 ヶ月後の 2009 年 11 月には科学機器の処理済み観測データ (L2 プロダクト) のインターネットによる一

¹ 高知大学 (Kochi University)

² 宇宙航空研究開発機構 (Japan Aerospace Exploration Agency)

³ NHK エンジニアリングサービス (NHK Engineering Services)

⁴ NHK アイテック (NHK Integrated Technology)

般提供^[3]が始まった^[4]。これによって、国内外の研究者に対して「かぐや」データを利用した月研究の道が開かれた。HDTVの映像については、広報を目的としてYouTubeから随時広く一般に公開されたが、科学観測機器には属さないためL2プロダクト公開サーバ^[3]には含まれなかった。しかし、これらの映像は当初の想定よりも膨大で網羅的なものとなり、広報・教育的価値だけでなく科学的な価値も持つものとなったため、研究利用にも可能な形でデータ公開が求められるようになっていく。



図1 望遠カメラで捉えた満地球の出（2008年9月30日）

本論文ではこの「かぐや」HDTVによって得られたデータの全容を紹介し、科学を含むより広い利用に向けたデータ整備と公開システムの準備について紹介する。

2. HDTVの仕様と取得データ

2.1 HDTVの仕様

HDTVは望遠カメラと広角カメラから構成され、前者は衛星+X軸（衛星の進行方向またはその反対）から衛星+Z軸（月心方向）へ 18.5° 回転した方向を視野中心として $15.5^\circ \times 8.7^\circ$ の領域を俯瞰し、後者は衛星-X軸から衛星+Z軸へ 22.5° 回転した方向を視野中心として $50.1^\circ \times 29.5^\circ$ の領域を俯瞰する^[2]。望遠カメラは軌道高度100kmの月周回軌道から地球を撮像することをターゲットとして設計され、広角カメラは軌道高度100kmから月面上の地形の撮像の俯瞰を得ることをターゲットとして設計された。それぞれのカメラは、排他的に運用され、一度の運用で1フレーム1920×1080画素の映像をノミナル30fps（frame per second）で1分間のHDTV映像（全1800フレーム）として記録することができた。撮影速度は1倍速（30fps）、2倍速（15fps）、4倍速（7.5fps）、8倍速（3.75fps）から選択設定することができ、画像は10倍のフレーム内圧縮をされた後、地上へ伝送された。

2.2 運用とデータ取得

HDTVの動画撮影は、定常運用期間は科学観測の妨げにならないよう月2回程度に限られていた。科学機器の定常運用が終了した2008年11月以降この制約が緩和され、一日あたり最大で4-6本の映像取得が行われた。全ミッション期間に取得した映像は594本、他に校正等の目的のために得られた309種類の静止画となり、全体での取得フレーム総数は106万枚、TIFF画像換算で画像のデータ容量は6.3TBとなった。実際に受信されたデータはその10分の1程度となるが、この取得データ量は「かぐや」の搭載機器の中でも多いもの一つとなっている。

図2に毎月取得されたHDTV動画の本数を示す。映像取得数はミッション終了期に増大し、全体の73%の映像が終了直前の2009年2月から6月までの間に取得されている。

また、図3に全ミッション期間に取得された映像の月面での撮像領域を矩形で示す。この図から、HDTV（主に広角）によって月面の広い領域を撮影することができたことがわかる。

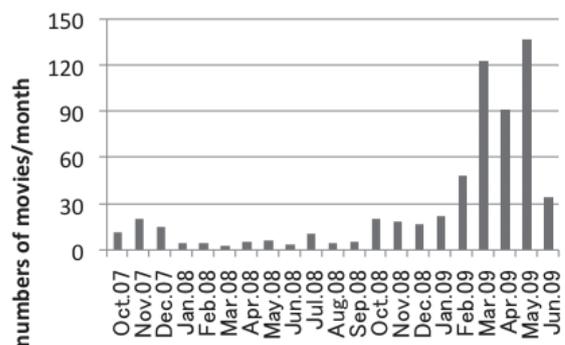


図2 月ごとに取得された映像数。

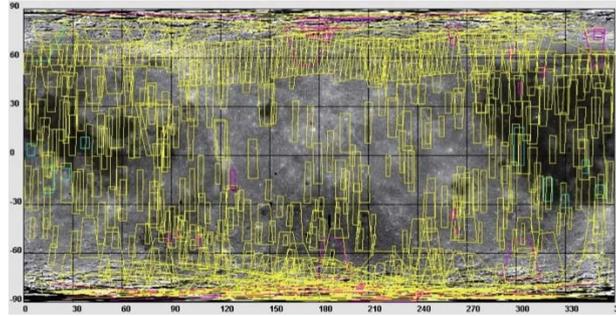


図3 HDTVによる全撮影領域（中央が月の裏側）。黄は広角カメラ，マゼンタは望遠カメラ。地図はClementine LDIM.

2.3 データ公開の現状

このように大量データの取得に成功したHDTVだが、データについてはカタログリストのみがL2サーバ（科学データ公開サーバ）^[4]に登録され、映像については、L2とは別に広報用のサーバ^[5]からYouTube経由で映像が公開された。HDTV映像の公開が他の観測機器と異なる特殊な形をとった背景としては、打ち上げ当初は満地球の撮像だけがHDTVのノミナル観測として計画されていたことや、一般への映像公開に関しては広報・教育などの用途しか想定されていなかったことなどがあげられる。しかし、質、量ともに予想を上回る映像・画像が得られたことによって、HDTVデータには広報的価値のみならず、網羅的な科学データアーカイブとしての価値も生じたと考えられる。

HDTVのデータを科学データとしてみると、インターネットやDVDで提供する場合はフレーム間圧縮を行う動画フォーマットに変換する必要があり、本来の画像情報が失われてしまう。さらに現状では広報価値のない静止画像や映像が公開されていない。よって、科学的利用に対しては、HDTV映像の全フレーム画像を静止画としてデータベース化し、撮像条件とともにユーザに提供することが必要である。

現在我々はNHK、JAXAとの協議のもと、HDTV映像の静止画像データベースとその参照検索システムを構築し、公開するための作業を行っている。この中には、著作権を伴うデータの扱い、映像の扱いといった、従来の惑星科学にはなかった要素が含まれている。これらに対する取り組みも含めながら、かぐやHDTV画像公開システムの概要、設計、データモデルや実装の経過などについて、以下述べていく。

3. 公開システムの特徴

HDTV公開システムの構築にあたって留意すべき点には、(1)動画の取り扱い、(2)映像の著作権に配慮した形でのデータ提供、(3)長期間の運用を想定したデータ配信とサービスの分離がある。以下、それぞれについて述べる。

3.1 動画の取り扱い

HDTVデータには静止画、動画の2種類のデータセットが存在する。1つの動画（この場合の動画は、動画ファイルではなく意味的な集合体を示す）は最大1800枚のフレーム画像で構成され、静止画も1枚ではなく5枚のフレーム画像から構成されている。またデータ圧縮はフレーム内だけで行われているため、動画フォーマットへの変換ではフレーム間圧縮による情報損失がおこる。よって科学データとしての参照単位はフレーム画像とし、この上位の構造として動画、静止画などの画像セットを想定することにする。なおブラウザ用には、適宜YouTubeおよびJAXAビデオアーカイブズへのリンクによる動画の利用も考慮することにする。また、動画に関しては、動画の各フレーム画像から特定の1行を取り出してつなぎ合わせてスケーリングした“フットプリント画像（例、図7左側の短冊上の画像）”も準備した。このフットプリント画像も提供対象とする。

3.2 著作権への配慮と科学利用

「かぐや」HDTVの映像やフレーム画像についてはJAXAとNHKが著作権を有している。このため、現在一般に公開されている映像、画像の右端にはクレジットがつけられており、広報、教育に関しては改変を行わない条件で無償利用が認められている。

しかし、3.1でも述べた通り、科学利用においてはクレジット付加、映像化、配信にあたって行われる圧縮などによる原

データの改変や情報損失が分析に支障をもたらす。研究用途にはクレジットのない生のフレーム画像を提供することが必要である。この問題については、JAXA、NHK、PI チームでの協議の結果、科学的分析が目的であり、あらかじめ申請書を提出して審査を通過したユーザに対しては、原データを提供することが合意された。

よって、HDTV 映像の公開システムでは、一般ユーザに対する著作権に配慮したデータ提供と審査済みの科学者への原データの提供を両立させるため、研究者、一般利用者用の 2 種のデータアーカイブを作成するものとした。前者はクレジットなし、非圧縮の原画像であり、後者は視認に問題のない圧縮が行われたクレジットありの画像とする。これらのデータへのアクセスは共通の検索インタフェースをゲートウェイとして、権限に応じてそれぞれのデータへのアクセスを与えるものとする。

3.3 データ配信とサービスの分離

公開システムの実装では、データ量が膨大であるため、取得日時や観測条件などのメタデータを活用して効率的に目的とするデータを検索することを想定する。また、ユーザの利便性、開発の容易さを考慮して、ユーザインタフェースとして Web ブラウザを用いることを前提とする。

システムの設計にあたっては、Web ブラウザで動作するアプリケーションでは、バージョン更新の頻度が多く、数年後には全く異なるアプリケーションとなる可能性があることに配慮する必要がある。一方、公開システムが内部に持つデータおよびメタデータは、将来に渡って不変であることが望まれる。よって、メタデータの検索とデータ本体のアクセスを分離することをシステムの設計方針に取り入れることにする。

4. システムの設計

4.1 設計方針

HDTV 公開システムの設計方針としては、3 で述べた特徴をふまえて下記の項目を掲げた。

- (1) ライフサイクルの異なるアプリケーション、データ配信、検索システムを分離する
- (2) アプリケーションはウェブブラウザベースとする
- (3) データ配信は HTTP や FTP などの安定・長寿命なプロトコルとする
- (4) 検索システムはシンプルにする
- (5) アクセスレベルに応じたセキュアなデータ提供を行う

これらの方針に従って、アプリケーションには近年 Web ブラウザで広く利用されている Flash を、データの配信には HTTP を、更に検索システムには International Planetary Data Alliance (IPDA) の元で開発を行っている Planetary Data Access Protocol (PDAP)^[6]を採用することにした。

PDAP は惑星科学データの相互交換を目的としたプロトコルで、データアクセスをメタデータ取得、データ本体へのアクセスの 2 ステップに分け、HTTP の基本メソッドを用いてシンプルで長期にわたって使用できることを意識した設計が行われている。データの検索はグラフィカルなインタフェースによる検索と PDAP を用いた Web Service による検索の両者で行うことができることになる。

4.2 システムの構成要素

図 4 に公開システムの構成要素を示す。HDTV 公開システムは、アプリケーションサーバ、データサーバ、PDAP サーバから構成され、ユーザは WEB ブラウザ経由でシステムにアクセスする。

図 4 に対応したシステムの動作をシーケンス図として図 5 に示す。ユーザからの検索要求はアプリケーションサーバを介して PDAP サーバに送られ、その検索結果が XML 形式で記述された VOTable^[7]としてアプリケーションサーバに返される。さらにアプリケーションサーバからデータサーバに対してデータ要求と取得が行われ、最終的にアプリケーションサーバ経由でユーザに提供される。各々のシステムはそれぞれ独立にアクセスできるよう設計されている。例えばデータ提供のための Data Server と検索サービスの PDAP Server のみを利用し、アプリケーション部のみ独自のシステム構築をするという使い方が可能である。これによって複数の研究機関でのデータの相互利用を促進することが期待できる。

なお、今回のシステムでは、データのダウンロードには、検索の結果指定されたデータのダウンロード先をテキストに記述した URL リストだけをユーザ側に返信し、データのダウンロードはユーザ各自がウェブブラウザ、ダウンローダーなど

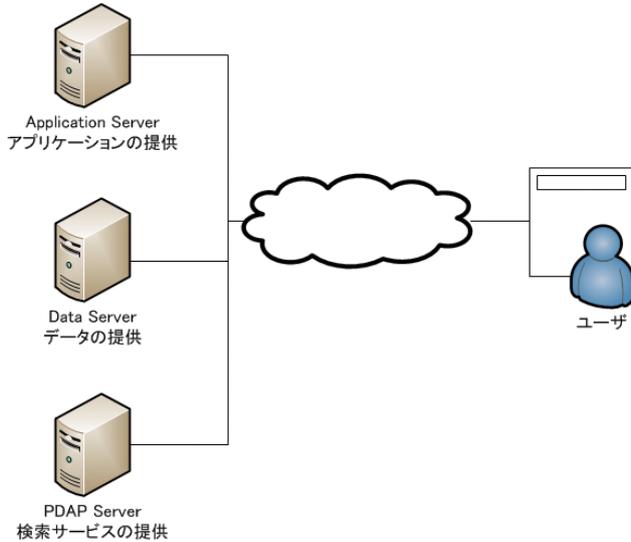


図4 HDTV 公開システムの構成要素

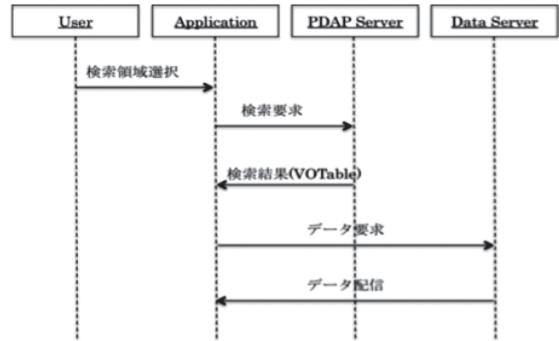


図5 HDTV 公開システムのシーケンス図

を用いて適宜実施することを考慮した。これによって、検索・表示などのサービスとデータ配信をより明確に分離したシステムを構築するものとする。

4.3 データフォーマット

HDTV データのフォーマットとしては、一般ユーザ向けにクレジットを含んだ JPEG 画像を、研究者向けにクレジットのない FITS フォーマットを選択した。

惑星科学のコミュニティでは歴史的に NASA が提供する Planetary Data Systems (PDS) がデファクト・スタンダードとなっており、PDS で規定されるフォーマットで配信されることが多い。その一方で天文学の標準と言える FITS フォーマットが好まれることもあり、一般の研究者が利用できるソフトウェアとしては DS9 など FITS の方が豊富である。また単純な FITS フォーマットであれば PDS ラベルを別に用意することで、Detached 形式の PDS フォーマットとして定義することが可能であり、PDS フォーマットのファイルと同様に扱うことができる。よって、研究者用として FITS 画像に PDS 化に必要な PDS ラベルをセットにして配布することで、両方のコミュニティのユーザに対する利便性をはかることとした。

一方、一般利用者向けのクレジット付きの JPEG 画像については、ダウンロードや表示システムへの利用の簡便さを考えて、3種類の解像度 (×1/4, ×1/2, ×1) をあらかじめ用意するものとした。フットプリント画像は研究者、一般利用者用の双方のデータに準備する。

以上に基づいて配信データの一覧を表1にまとめる。フレーム画像と2次的に生成されたフットプリント画像は別のデータセットとし、その名前は PDS のルール^[8]に従って決定している。

表1 配信データセットの一覧

データセット名	タイプ	フォーマット	公開対象	クレジット
SEL-L-HDTV-2-FULL-RES-V1.0	フレーム	FITS(PDS)	研究者	無
		JPEG	一般	有
SEL-L-HDTV-5-FOOTPRINT-V1.0	フットプリント	FITS(PDS)	研究者	無
		JPEG	一般	有

5 HDTV データの検索システム

5.1 PDAP 概要

まず、HDTV データの検索システムに採用した PDAP についてその概要を示す。PDAP では HTTP の基本メソッドを用いたシンプルな設計がなされており、検索項目を GET/POST のパラメタとして指定し、検索結果を VOTable^[7]と呼ばれる XML 形式で返却する。よって Web Service API として機能する。

HDTV のデータを PDAP で配信するためには、(1) HDTV 固有の検索項目が存在する場合データモデル (リソースクラス) を定義することと、(2) プロダクトが指し示すデータにユニークな URI(Uniform Resource Identifier) が付与されることが必要である。また、現在の PDAP はユーザごとのアクセスを制御するための機能を有していない。このため、(3) アクセス制御はデータ配信側、すなわち HTTP の機能を用いて行う必要がある。以下それぞれに対する対応について述べる。

5.2 データモデル

PDAP のデータモデルにあたるリソースクラスは、検索パラメタと応答項目を規定している。PDAP を利用することにより、同種のリソースクラスであれば、統一化されたパラメタにより横断的な検索を行うことができ、これによって異なる組織間の利用や第三者によるアプリケーションの構築が可能となる。

図 6 に PDAP 標準のリソースクラスと HDTV の拡張クラスを示す。標準のリソースクラスには URI を属性とする “Downloadable_Item” と、一般的なデータにあたる “Product”，およびその集成である “Data_Set” がある。リソースクラス PRODUCT はプロダクト名称や観測機器名、観測開始・終了時刻、観測対象となる基本情報を含んでいる。

HDTV データについては、動画特有のデータ構造を扱いやすくするために標準のリソースクラス “PRODUCT” を継承した下記の 3 つの拡張リソースクラスを用意した。

- (1) HDTV PRODUCT ... HDTV 固有の観測単位 (静止画セット、動画セット) に対応するプロダクト
- (2) HDTV OBJECT ... HDTV の一枚一枚のフレーム画像を表すプロダクト
- (3) HDTV FOOTPRINT PRODUCT ... HDTV の動画から作成されたフットプリント画像を示すプロダクト

上記 3 つのプロダクトは、全て標準のリソースクラス “PRODUCT” を継承しているため、PDAP の基本情報を用いて検索することができる。

また、HDTV リソースクラスのメタ情報は以下の種類からなるものとする。

- ・ 基本情報 … PDS ヘッダーに準拠した基本情報 (リソースクラス PRODUCT に含まれる情報)
- ・ 衛星情報 … 衛星高度・進行方向など衛星状態によって決まるパラメタ
- ・ HDTV 固有情報 … HDTV の観測状態を表した固有の情報
- ・ 観測幾何情報 … フットプリントなど幾何状態によって決まるパラメタ

これらの情報に、静止画の場合は開始時刻を、動画の場合はこれに加えて終了時刻を含めてそれぞれの値を格納する。

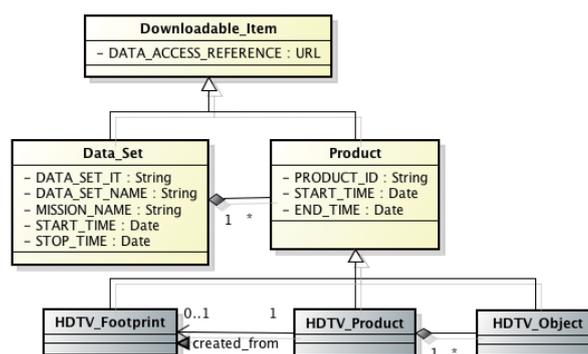


図 6 PDAP に準拠した HDTV のデータモデル。灰色が拡張部分。

5.3 URI の設計とアクセス制御

HDTV データ配信のための URI 設計は PDS のディレクトリ構造に準拠するものとした。すなわち、トップディレクトリの名称はデータセット名とし、以下のように PDS の規定に従うよう下位ディレクトリ構造を設けた^[8]。

- ・ SEL-L-HDTV-2-FULL-RES-V1.0/browse/ ... 一般ユーザ向け画像格納ディレクトリ (JPEG)
- ・ SEL-L-HDTV-2-FULL-RES-V1.0/data/ ... 研究者向け画像格納ディレクトリ (FITS, PDS ラベル)

研究者向け画像格納ディレクトリに格納されているクレジットなし FITS 形式の画像の送信については、暗号化された通信上でのパスワードやクライアント認証などで保護を行う。一方 PDS ラベルは一般に対して提供可能である。よって上記のディレクトリ構造では、セキュリティポリシーの異なる 2 種のデータが同一ディレクトリに存在することになる。

このような状況で研究者向けデータに対してアクセス制御を行うには、(a)URI そのものを隠蔽する、(b) URI は隠蔽しないが実際のダウンロードはできないようにする、という 2 種類の方式が考えられる。

前者 (a) の方がセキュリティ上好ましいが、PDAP 側にユーザを認識して応答を変える機能がないため、この場合はデータセットと PDAP サーバをアクセス制御ごとに分けて設けなければならない。一方後者 (b) の場合はその必要がなく、PDS ラベルと FITS ファイルはそれぞれ特定の拡張子 `lbl` と `fits` をもつため、これにより制御を分けることができる。現状では、シンプルな設計を実現するということと開発コストの問題から、(b) の方式をとる。

6 HDTV アプリケーション

6.1 アプリケーションの基本設計

HDTV データ公開システムのアプリケーションはウェブブラウザ上で動作する Flash を用いて作成した。ここでは動画のフレームを参照しやすくするために、フットプリント画像を表示し、ここから動画を構成する一枚一枚の画像にアクセスできる仕様としている。

画面構成としては検索機能、結果表示機能を備えた「一覧表示画面」、選択した動画を詳細に表示する「詳細画面」、さらに画像一枚をフルサイズで表示可能な「画像表示」の 3 つの画面を設けている。また研究者向けの「詳細検索画面」も用意している。

6.2 アプリケーションの詳細機能と実装例

以下では、各画面の詳細機能について、現在構築中のシステム、およびプロトタイプの実装画面例とともに示す。

6.2.1 一覧表示画面

一覧表示画面は主に一般ユーザ向けの検索機能を提供し、緯度・経度および観測期間のみを指定することができる。検索内容に合致したデータの情報は検索結果ウィンドウにリストで表示されるとともに月面マップ上にフットプリント領域としても表示される。

6.2.2 詳細検索画面

研究者向けのインタフェースではカメラの種類や対象天体、観測時の太陽高度などで検索することができる。

6.2.3 詳細表示

動画から作成されたフットプリント画像上をカメラアイコンで操作し、個々の画像を表示させることができる。図 7 にプロトタイプシステムにおける該当画面例を示す (同様の機能を現在開発中のシステムにも実装)。ここで左側の画像はフットプリント画像で付属のスクロールバーを移動することによって、下図の月面上のマゼンタの線の領域を通過した際に HDTV が撮影した画像を連続的に右上の画面に表示することができる。また画像表示ボタンを押すとフルサイズの画像を表示するウィンドウへ遷移する。

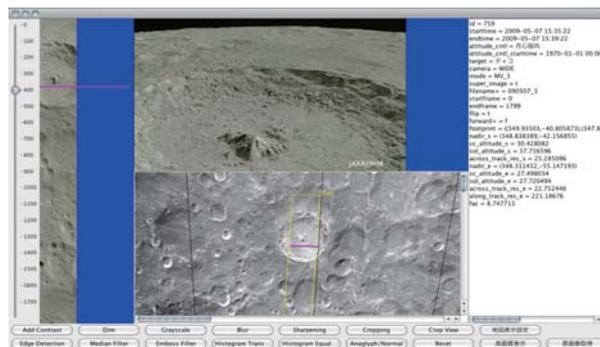


図 7 詳細表示画面 (プロトタイプ, 動画の場合)

なお、ここではフットプリント領域を月地図上に投影するために現状では Google Maps API を使用している。また表示オプションで表示される月面上の地形（海や山脈、クレータなど）は、USGS の地形表記^[9]を参考にした KML ファイルを作成して表示している。KML については、予め全ての項目をダウンロードするとアプリケーションとして動作が遅くなるため、チェックが入れられたものを随時ダウンロードし表示する仕様としている。

6.2.4 画像表示

画像表示ウィンドウでは拡大・縮小や回転、またコントラストの変更ができる。特に回転やコントラストの変更はその設定を継続して維持することもできる。

6.2.5 ダウンロード手続き

ユーザが必要な画像を決定して、画像の選択ボタンをクリックすることにより、図8のような画像選択画面に移行することができる。ここでは、解像度に加え、動画の場合は、フレーム画像、HDTV_PRODUCT 単位（すべてのフレーム画像）、指定した枚数間隔などのダウンロードのパターンを指定することができる。決定後は、他の動画、静止画などのデータセットに移動し、同様の作業を繰り返すことができる。

すべての取得画像が決定された後、図9の画面で指定内容や要領を確認し、“URL リスト取得ボタン”を押すことによってデータのダウンロード指定先の URL のリストのみがユーザのローカルディスクにダウンロードされる。ユーザはこの URL リストをもとに、各自 WEB ブラウザやダウンローダーで画像の取得を行うことができる。

なお、研究者向けの原画像の提供については、SSL とパスワードアクセスで保護されたデータサーバに準備するとともに、一般向けのデータの URL リストから原画像をダウンロードするための URL リストを生成するコンバーターを提供することによって対処する予定である。

6. おわりに

本論文では「かぐや」の HDTV によって取得されたデータの概要を紹介し、現在構築中の HDTV 公開システムについて、システム構成、データモデル、フォーマット、試作システムを紹介した。このシステムは完成後 JAXA ISAS（宇宙科学研究所）の DARTS (Darts Archive and Transmission System, <http://darts.jaxa.jp/>) から公開される予定である。

本システムの構築にあたっては、PDAP を採用してサービスとデータ配信を分離することで、長期間の運用性、アップグレードの容易さ、複数機関での相互利用性、第三者によるアプリケーション開発可能性などを獲得することができた。一方で、著作権の制約と科学利用を両立するためのアクセスレベルを制御では、現在の PDAP の仕様では限界があることも明らかになった。

今後、一般の探査ミッションでも、アクセスレベルを制限しながら複数機関でデータを利用しなければなら



図8 画像の指定画面（一般、研究者共用）

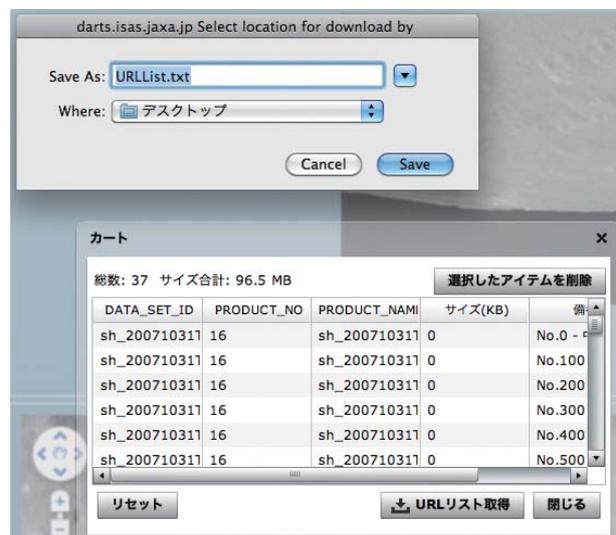


図9 取得画像確認と URL リスト取得

い状況は十分に想定されるため、本システムの構築例は、相互利用性とアクセス制御の両方を満たす今後の惑星科学のデータ公開システム開発のプロトタイプとしての意義を持つと考えられる。

謝辞

HDTV データ公開システムの開発について、宇宙科学研究所の海老沢研教授、JAXA、NHK の広報担当者に感謝します。また、適切なコメントをいただいた査読者にも感謝いたします。

参考文献

- 1) Manabu Kato, Susumu Sasaki, Yoshisada Takizawa and the Kaguya project team, The Kaguya Mission Overview, Space Science Reviews, Vol. 154, No. 1-4, pp. 3-19, 2010.
- 2) J. Yamazaki, S. Mitsuhashi, M. Yamauchi, J. Tachino, R. Honda, M. Shirao, K. Tanimoto, H. Tanaka, N. Harajima, A. Omori, S. Yahagi, S. Kanayama, Y. Iijima, and H. Ohtake, High-Definition Television System onboard Lunar Explorer KAGUYA (SELENE) and Imaging of the Moon and the Earth, Space Science Reviews, Vol. 154, No. 1-4, pp. 21-56, 2010.
- 3) かぐや (SELENE) アーカイブ
<http://www.soac.selene.isas.jaxa.jp>
- 4) 星野宏和, 惑星地質ニュース第 21 巻 4, 2009 http://kumano.u-aizu.ac.jp/PlaGeoNews/Site01/PDFs/PlaGeoNews21_4.pdf
- 5) かぐや 3D ムーンナビ
<http://wms.selene.jaxa.jp/3dmoon>
- 6) P. Osuna, J. Salgado, S. Hughes, S. Kelly, Y. Yamamoto and the IPDA technical expert group members, PlanetaryData Access Protocol (PDAP), pp. 24, 2010
<http://planetarydata.org/>
- 7) VOTable Format Definition Version 1.2, <http://www.ivoa.net/Documents/VOTable/>
- 8) PDS Standards Reference, <http://pds.nasa.gov/tools/standards-reference.shtml>
- 9) Gazetteer of Planetary Nomenclature, International Astronomical Union (IAU) Working Group for Planetary System Nomenclature, <http://planetarynames.wr.usgs.gov/>