

月惑星探査データのアーカイブ整備

宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所 月惑星探査データ解析グループ
村上真也

月惑星探査ミッションの取得データ

何十年前のデータと比較したくなる ->長期間保存したい

- 地球の気象・気候・環境などで身近なように、地球惑星科学のデータの特性
- 例：木星の大赤斑の形態の変遷を知りたい
- 例：月のクレーター形成前後の地形を比較したい

NASAでは過去にデータが失われた

- データの保存が各研究チームまかせ (McMahon, 1996, [https://doi.org/10.1016/0032-0633\(95\)00101-8](https://doi.org/10.1016/0032-0633(95)00101-8))
論文が成果で、使用したデータを成果と考えていなかった

Reta F. Beebe(PDS Atmospheres Node Manager; 当時)へのインタビュー(NASA Science Mission Directorate Oral History Project, 2017)
https://historycollection.jsc.nasa.gov/JSCHistoryPortal/history/oral_histories/NASA_HQ/SMD/BeebeR/BeebeR_4-26-17.htm

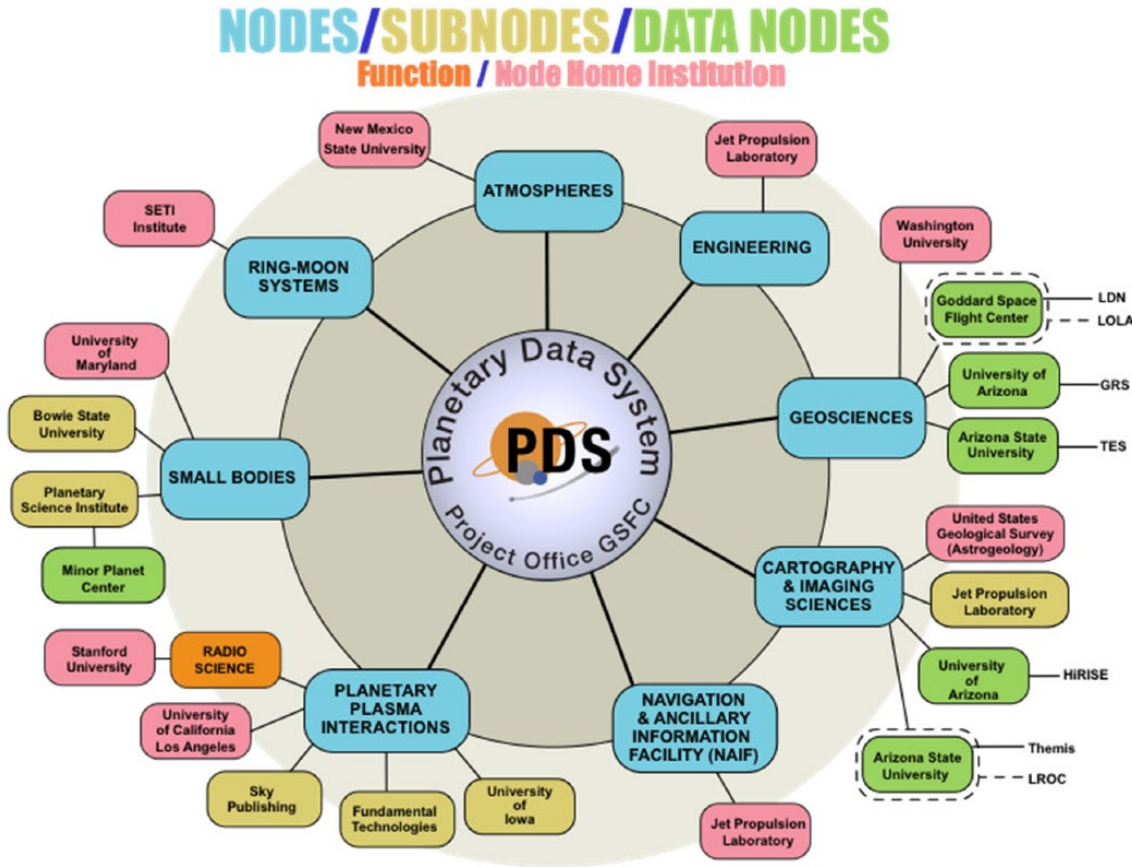
Planetary Data System (PDS)のはじまり (McMahon, 1996)

- 1978年：全米研究評議会(NRC)のSpace Sciences BoardがCODMAC(Committee on Data Management and Computation)を設立
 - CODMACの勧告([1982](#), [1986](#), [1988](#))
- 1989年：NASA Solar System Exploration DivisionがPDSを設置

PDSの概要

Planetary Data System (PDS) <https://pds.nasa.gov/>

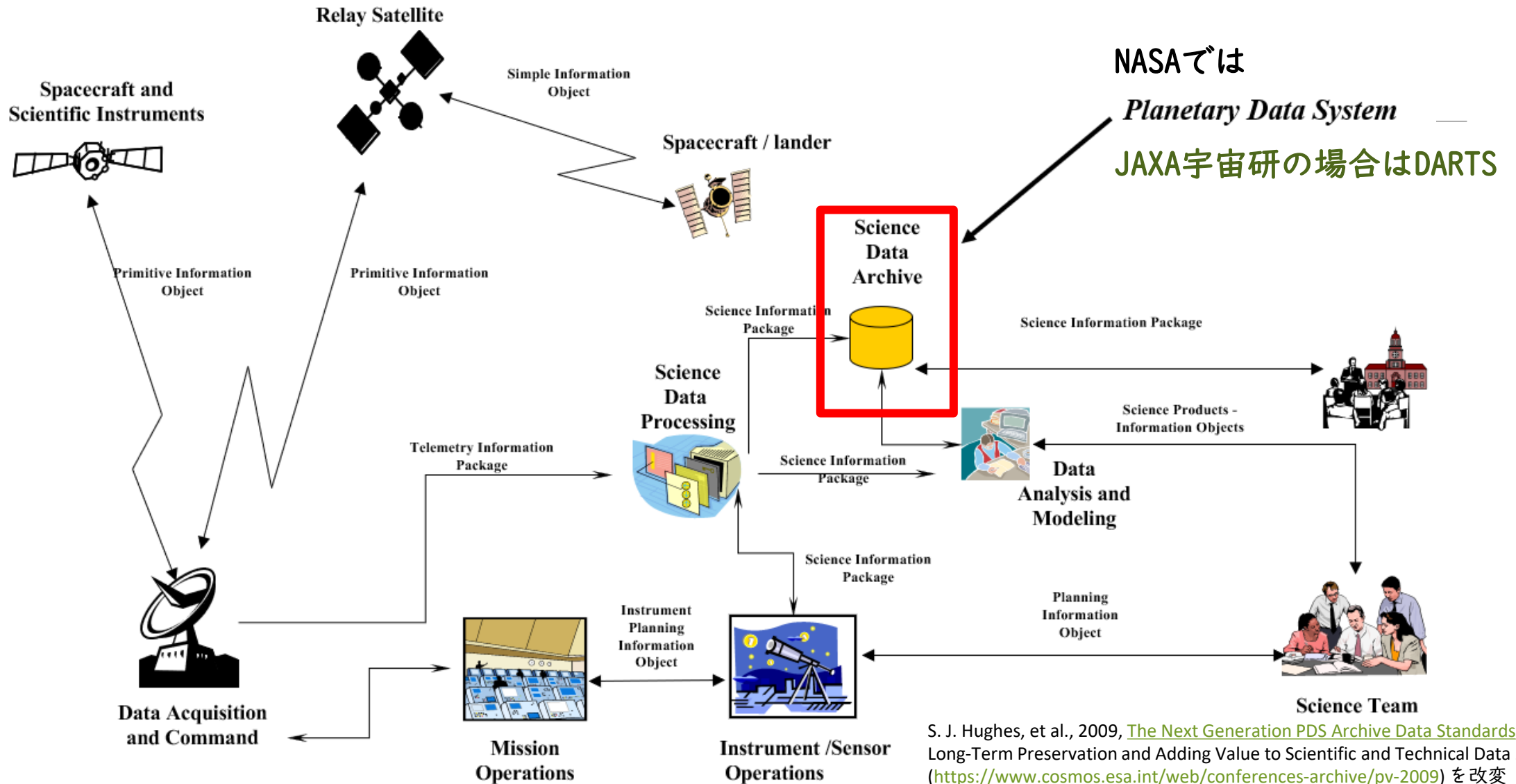
- NASAの惑星探査ミッション等で得られたデータを長期保存するための活動を行う(1989年～)
- 組織: アメリカの研究機関/大学に分散配置
 - マネジメントオフィス
 - 6つのDiscipline Node: 専門分野ごとに分かれる
 - 画像、固体惑星科学、プラズマ、小天体、リング、大気
 - 2つのSupport Node
- 標準: PDSバージョン4 (PDS4; 2013年～)
 - OAIS参照モデル(ISO 14721)、メタデータレジストリ(ISO/IEC 11179)、ebXMLなどを基盤
 - 各国の宇宙機関で構成する国際惑星データ連合 <https://planetarydata.org/> が各国での採用を承認・支持
 - NASA以外の宇宙機関でも利用
 - 欧州 (ESA), 日本, 中国, アラブ首長国連邦, インド



☒はPDS Roadmap Study Report (2017)より

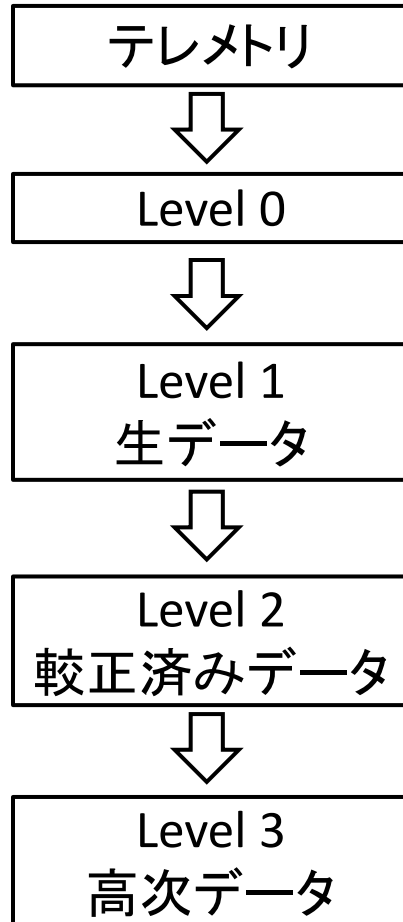
https://pds.nasa.gov/home/about/PlanetaryDataSystemRMS17-26_20jun17.pdf

惑星探査ミッションにおけるアーカイブ



S. J. Hughes, et al., 2009, *The Next Generation PDS Archive Data Standards*, Ensuring Long-Term Preservation and Adding Value to Scientific and Technical Data 2009 (<https://www.cosmos.esa.int/web/conferences-archive/pv-2009>) を改変

データ処理の流れ



デパケット

- ファイルにする

生データのファイル作成

- データとメタデータをまとめる

校正処理

- 校正処理・物理量にする

高次処理

- 例：形状モデルを仮定して反射率にする
- 例：地図投影する

文書と個別メタデータファイルの記述の分担

文書

- データプロダクトを定義
- 処理レベルごとに処理内容を記述

メタデータ

- ファイルの識別情報
 - どの処理レベルか?
- 処理内容にかかわるパラメタ

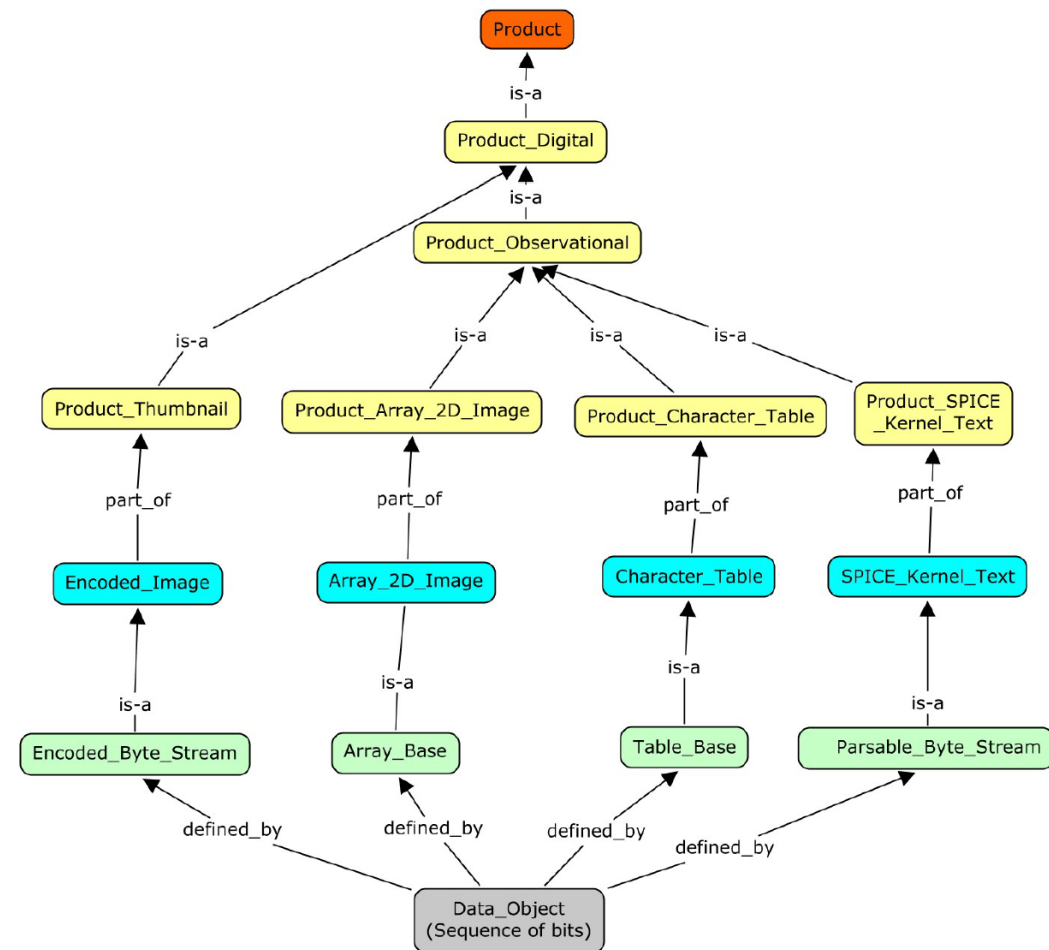
PDS4ラベル

- PDS4ラベル: データのメタデータを記したファイル

- ファイルごとに作成

- プロダクト毎に異なるクラス

- 観測データ: Product_Observational
- ドキュメント: Product_Document
- ブラウジング用: Product_Browse
- Context用: Product_Context
- コレクション用: Product_Collection
- バンドル用: Product_Bundle

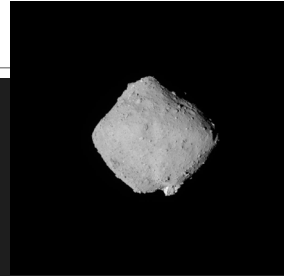


Hughes, PDS4 Information Model: A Data Model for Planetary Data Archive Implementing the OAIS Standard, International Virtual Observatory Alliance Interoperability Meeting, 2019.
<https://wiki.ivoa.net/internal/IVOA/InterOpMay2019DM/HughesOAISDM.pdf>

PDS4ラベル: 観測データの具体例

Product_Observational

- Identification_Area
 - ID, バージョン, データのタイトル, 情報モデルのバージョン, プロダクトの種類, 引用情報, 更新履歴など
- Observation_Area
 - データが取得された日時 (例: 2018年7月12日 6時45分13秒)
 - 内容の簡単なサマリー
 - データ取得が行われたミッション・観測キャンペーン
 - 観測に使用された設備 (例: はやぶさ2 光学航法カメラ)
 - 観測対象 (例: リュウグウ)
 - より詳細な内容のメタデータ
 - (次ページにて説明)
- Reference_List
 - 関連するファイルへの参照
- File_Area_Observational
 - ファイルの情報。ファイルサイズやタイムスタンプ
 - ファイル構造、意味(例: CSVの各カラムの説明)



```
<Product_Observational
  xmlns="http://pds.nasa.gov/pds4/pds/v1"
  xmlns:pds="http://pds.nasa.gov/pds4/pds/v1"
  xmlns:disp="http://pds.nasa.gov/pds4/disp/v1"
  xmlns:img="http://pds.nasa.gov/pds4/img/v1"
  xmlns:geom="http://pds.nasa.gov/pds4/geom/v1"
  xmlns:hyb2="http://darts.isas.jaxa.jp/pds4/mission/hyb2/v1"
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  xsi:schemaLocation="http://pds.nasa.gov/pds4/pds/v1 https://pds.nasa.gov/pds4/pds/v1 https://pds.nasa.gov/pds4/disp/v1 https://pds.nasa.gov/pds4/img/v1 https://pds.nasa.gov/pds4/geom/v1 https://pds.nasa.gov/pds4/geom/v1 https://pds.nasa.gov/pds4/geom/v1 https://darts.isas.jaxa.jp/pds4/mission/hyb2/v1 h
  <Identification_Area>
    <logical_identifier>urn:jaxa:darts:hyb2_onc:data_calibrated:hyb2
    <version_id>1.0</version_id>
    <title>Hayabusa2 ONC distortion-corrected and physically convert
    <information_model_version>1.14.0.0</information_model_version>
    <product_class>Product_Observational</product_class>
    <Modification_History>
      <Modification_Detail>
        <modification_date>2022-10-23</modification_date>
        <version_id>1.0</version_id>
        <description>Initial version.</description>
```

<https://doi.org/10.17597/isas.darts/hyb2-00200>

urn:jaxa:darts:hyb2_onc:data_calibrated:hyb2_onc_20180712_064513_tvf_l2c::1.0

PDS4ラベル: データ辞書

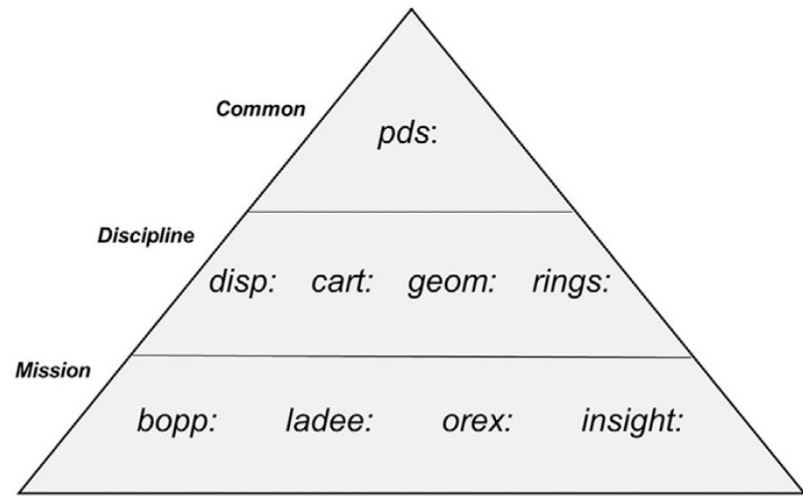


Fig. 1. - Multi-level Governance in the PDS4 Information Model.

Hughes+2018

<https://doi.org/10.1016/j.pss.2017.04.005>

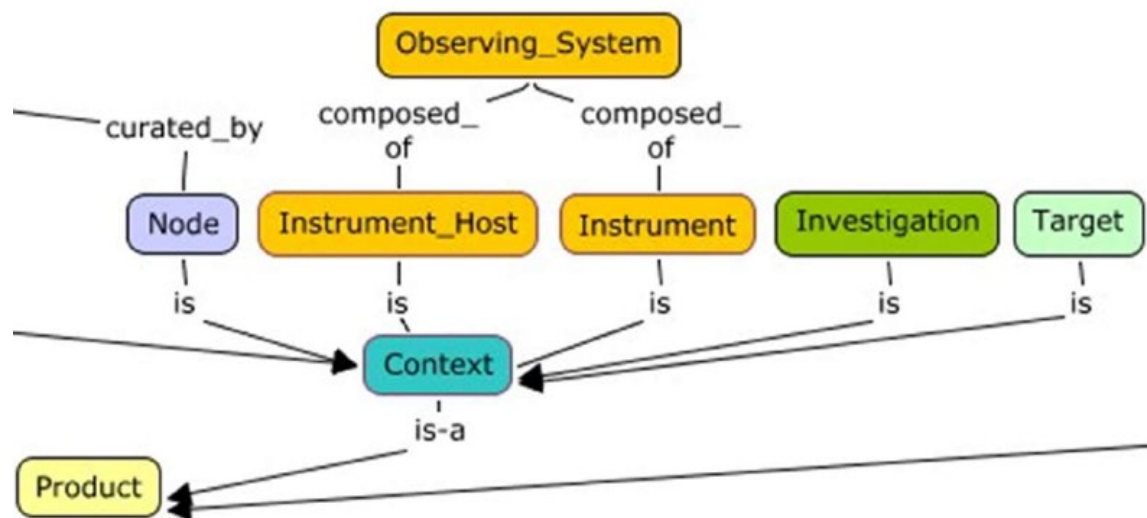
Observation_Area/{Mission_Area,Discipline_Area}クラスに、より詳細な内容のメタデータを記載

- 観測時の位置情報（探査機位置、観測対象位置、照明条件など）
- 観測領域（視野、フットプリント）に関する情報
- 機器の状態(温度)
- オンボードのデータ処理の情報など
- 分野ごとの辞書とミッション固有の辞書を用いて記載
 - 辞書ごとにStewardが存在
 - ミッション固有の辞書はミッション独自に作ってよい

ラベルデザインを行う際には…

- まずは共通の辞書を使う
- 分野固有の内容については分野ごとの辞書を利用
- 当てはまらないメタデータはミッション固有の辞書を作成して利用

Contextプロダクト



- 探査機、観測機器、観測対象などのプロダクト
 - 概念オブジェクトや物理オブジェクトのプロダクト
 - 観測機器、観測対象、ミッション自体などについて短く記載したXMLファイル
 - どのミッションの一環で、どの観測機器を使って、どの観測対象を観測して得られたデータか

例: (162173) Ryugu (小惑星リュウグウ)

urn:nasa:pds:context:target:asteroid.162173_ryugu

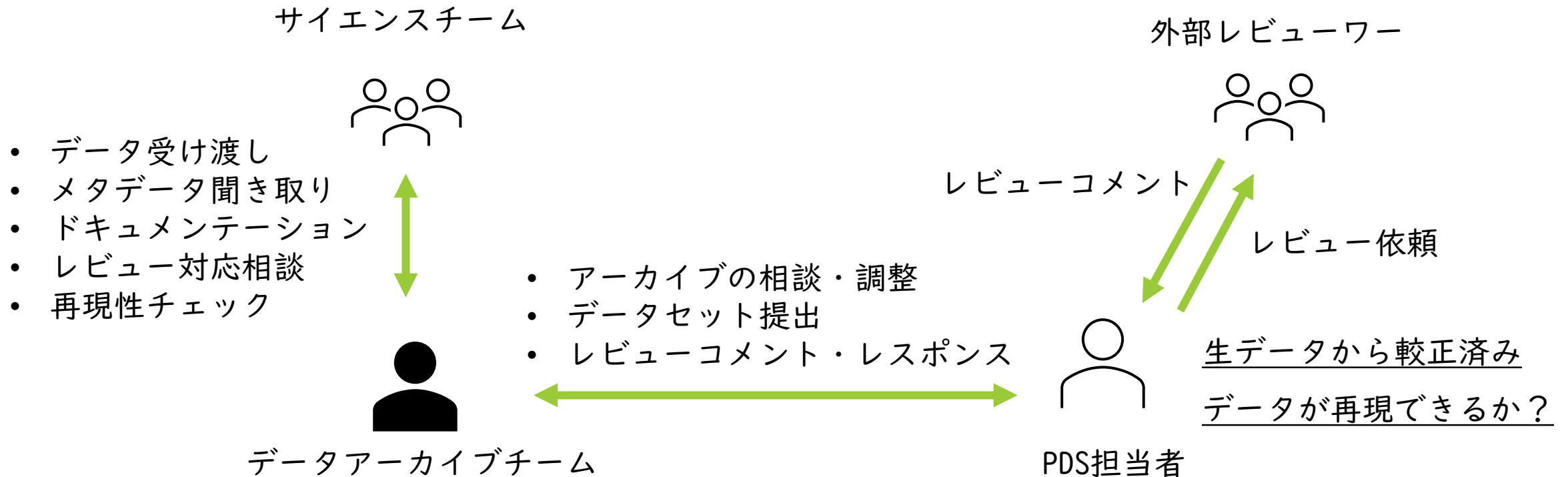
```
<Target>
  <name>(162173) Ryugu</name>
  <type>Asteroid</type>
  <description>
    (162173) Ryugu is an asteroid classified as near-Earth object that
  </description>
</Target>
</Product_Context>
```

Hughes, PDS4 Information Model: A Data Model for Planetary Data Archive Implementing the OAIS Standard, International Virtual Observatory Alliance Interoperability Meeting, 2019.

<https://wiki.ivoa.net/internal/IVOA/InterOpMay2019DM/HughesOAISDM.pdf> より一部改変

データセット準備・レビュー

PDSにデータを送る場合はレビューがある。論文のレビューとほぼ同様だが、匿名ではない



よりよいアーカイブのために

- 文書化

- メタデータについて聞き取り、サイエンスチーム(機器チーム)に執筆依頼
- ユーザーが理解できる表現か検討(チーム外からの視点)
- 必要に応じて校正済みデータの再現性チェック

- ミッション固有辞書の作成

- 既存の辞書にないメタデータは自分たちで定義できる
 - 「あてはまるメタデータ項目がないからラベルに記載しない」を避ける

- 検証ツールの利用

- ラベルの中身を機械的にチェックできる
 - クラスの内容は不正でないか
 - ラベル(メタデータ)がデータの構造を正しく表現しているか
 - 参照している識別子は有効か

- レビューの存在

- 校正済みデータの再現性チェックをドキュメントと実データに基づいて実施。網羅的ではないが、実使用のテストになる

Backup Slides

PDS4 Information System End-to-End Process

