

# 月・惑星シミュレータの開発

株式会社アストローツ 本庄 英司

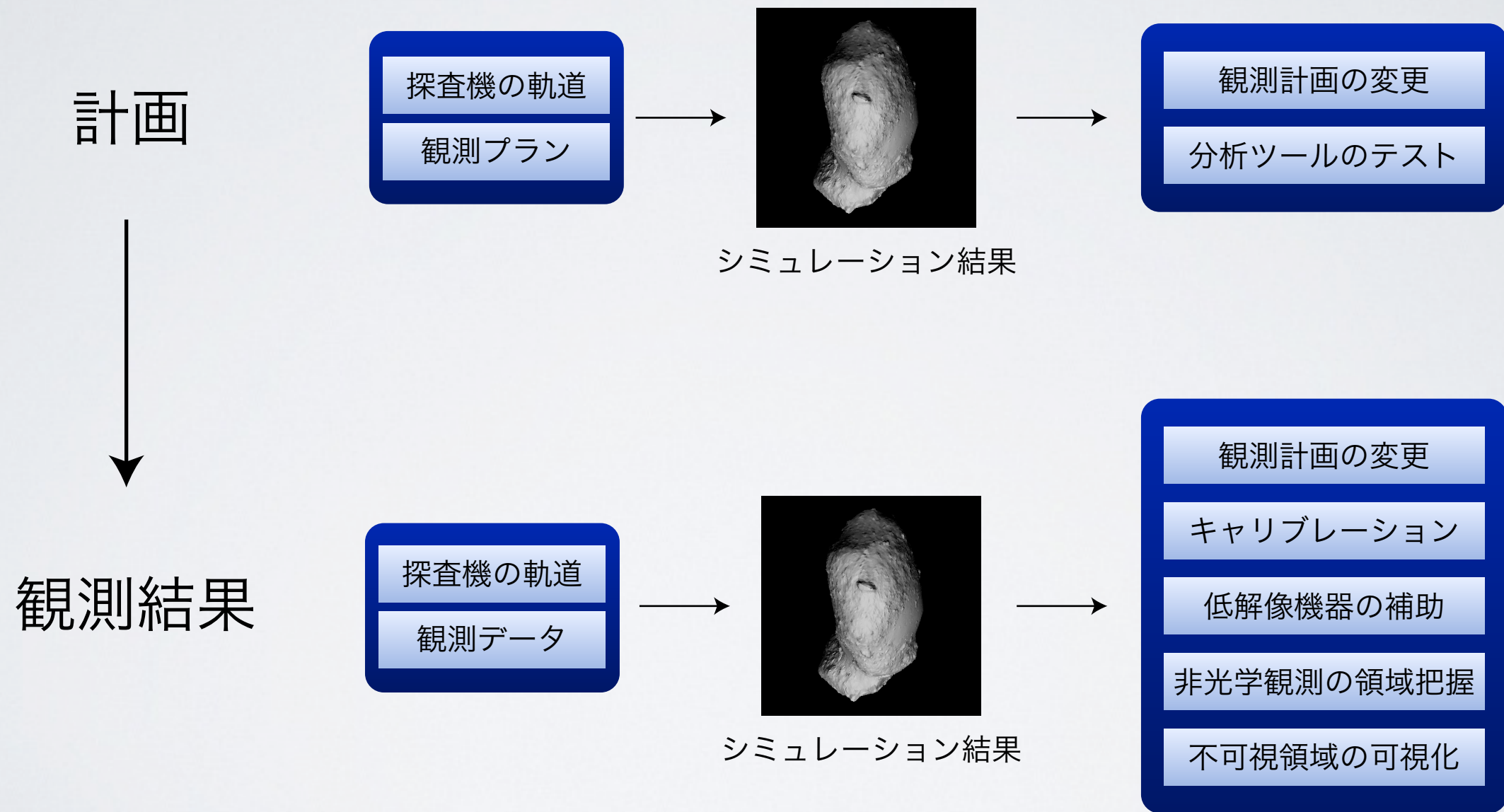
ISAS/JAXA 山本 幸生

ISAS/JAXA 岡田 尚基

# 背景

- 探査機プロジェクトにおいて、予測軌道と観測プランは用意されるが、リアリティのある模擬データはあまり作られていない
  - 予測軌道と仮定された姿勢からシミュレーションによる可視化が可能
  - スタンダードな可視化ツールが存在しない
- ↓
- 月・惑星シミュレーターを作成し、惑星探査への包括的なフィードバックをめざす

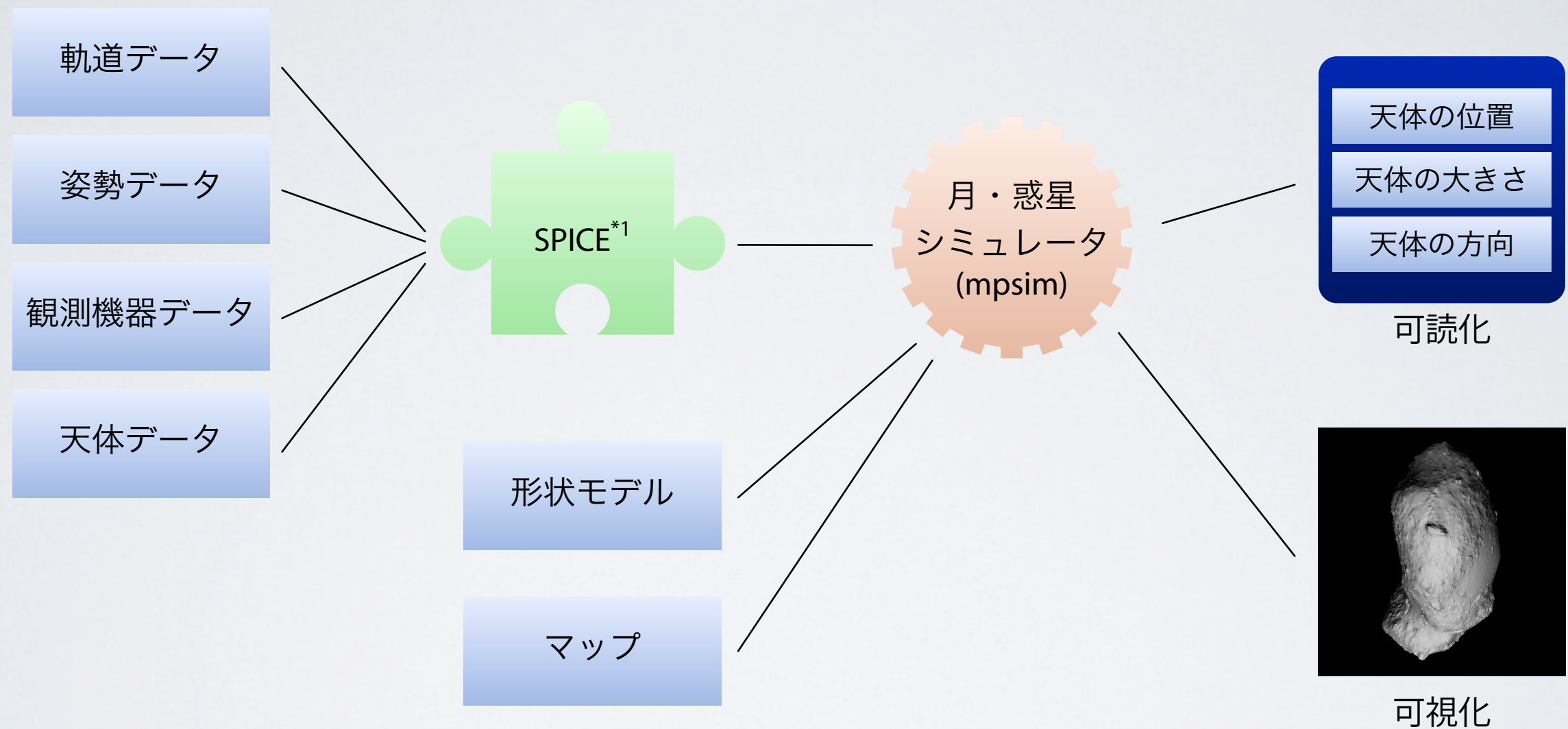
# 可視化によるメリット



# 月・惑星シミュレータの概要

- 探査機のカメラが撮影した惑星・衛星・恒星を可読化、可視化
- 位置計算にSPICEを利用する
- プログラムはシミュレーション・エンジン、イメージ・ジェネレータの2段構成
- バッチ処理ができるようコンソールプログラムにする
- 現在はJAXA内で利用

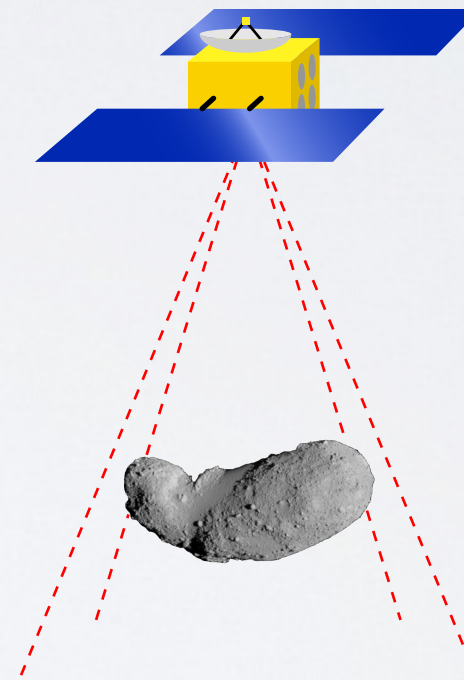
# 月・惑星シミュレータの概略図



\*1SPICE…NASA JPL が開発した補助データを扱うためのライブラリ・ツール

# シミュレーション・エンジン

- 探査機のカメラに写る天体の座標を計算
- 天体の位置情報を可読性のあるシーンファイルとして出力
- シーンファイルは可視化に利用



シーンファイル (XML)

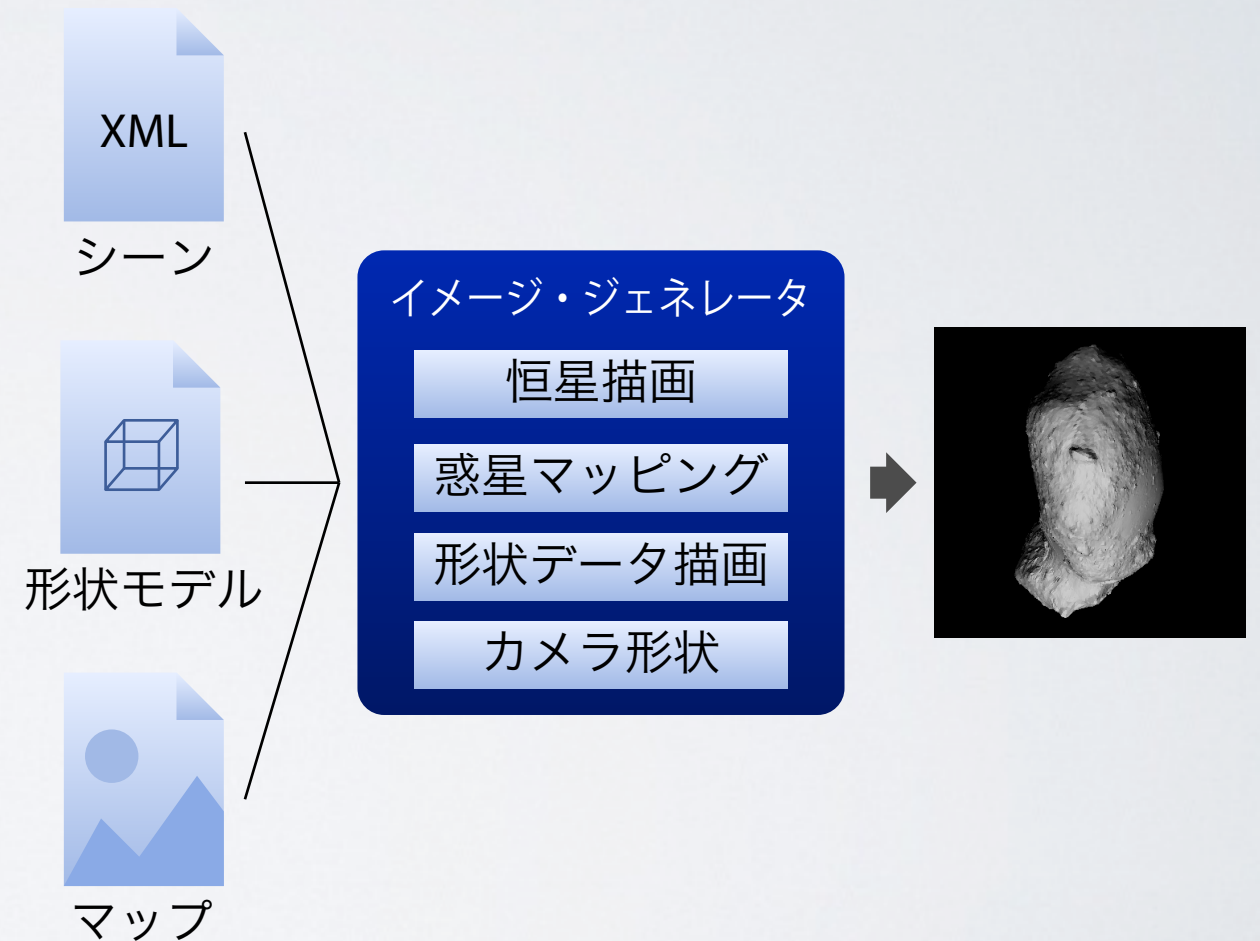
カメラの向き

視野角

天体の座標

# イメージ・ジェネレータ

- ・ シーンファイルをレンダリングして画像化
- ・ 恒星のスペクトル型によるカラー描画
- ・ 惑星のテクスチャマッピング
- ・ STL形式の惑星形状データ読み込み
- ・ 多角形カメラのマスク
- ・ FITS、JPEG、PNG出力

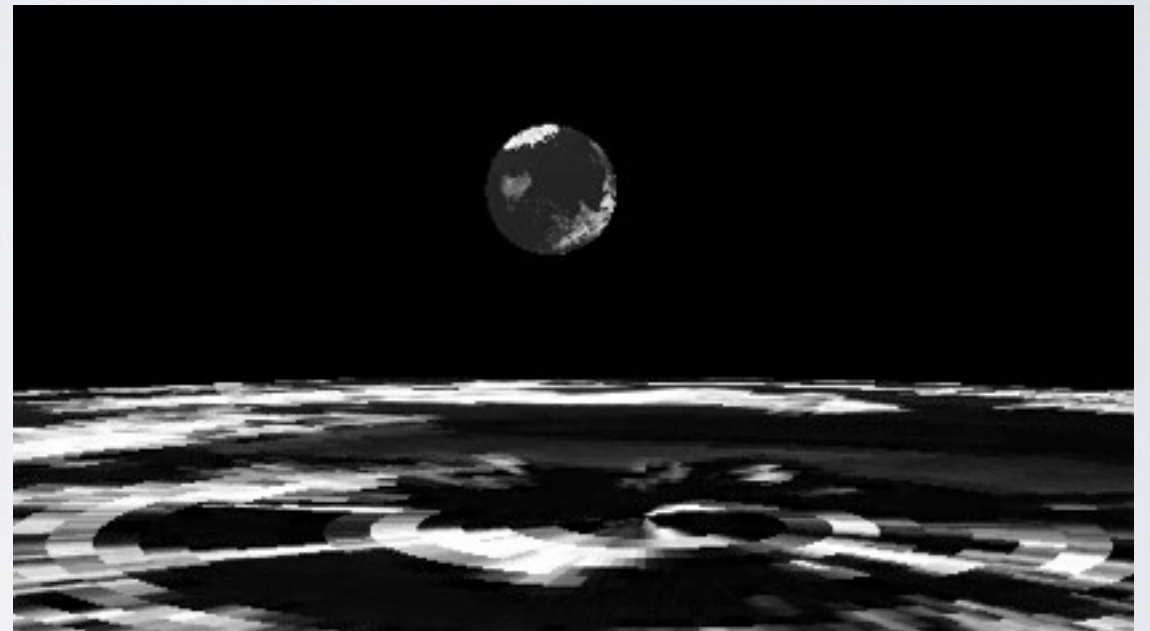


# 出力例

## SELENEによる月の出



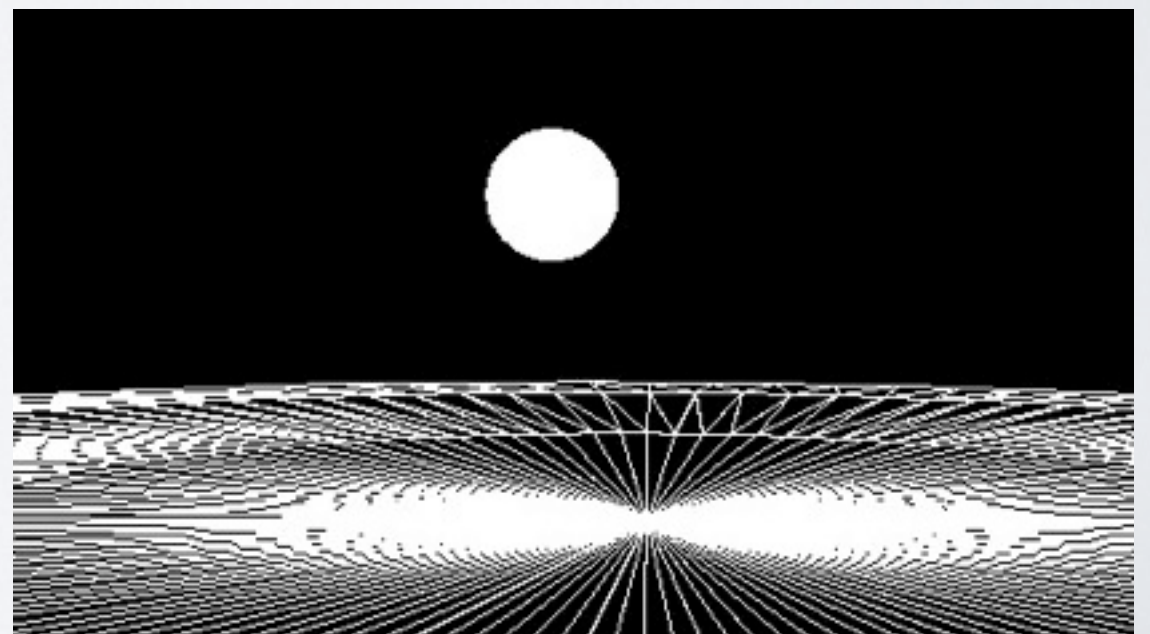
SELENE HDTV



mpsim: no shade



mpsim: normal, gray



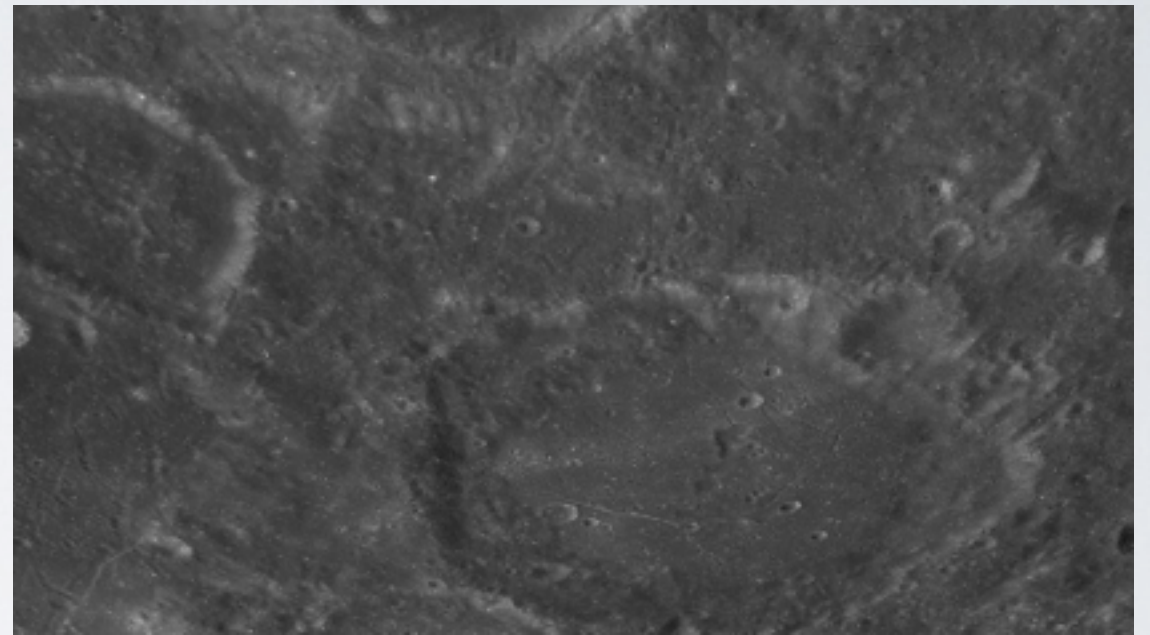
mpsim: wire

# 出力例 (2)

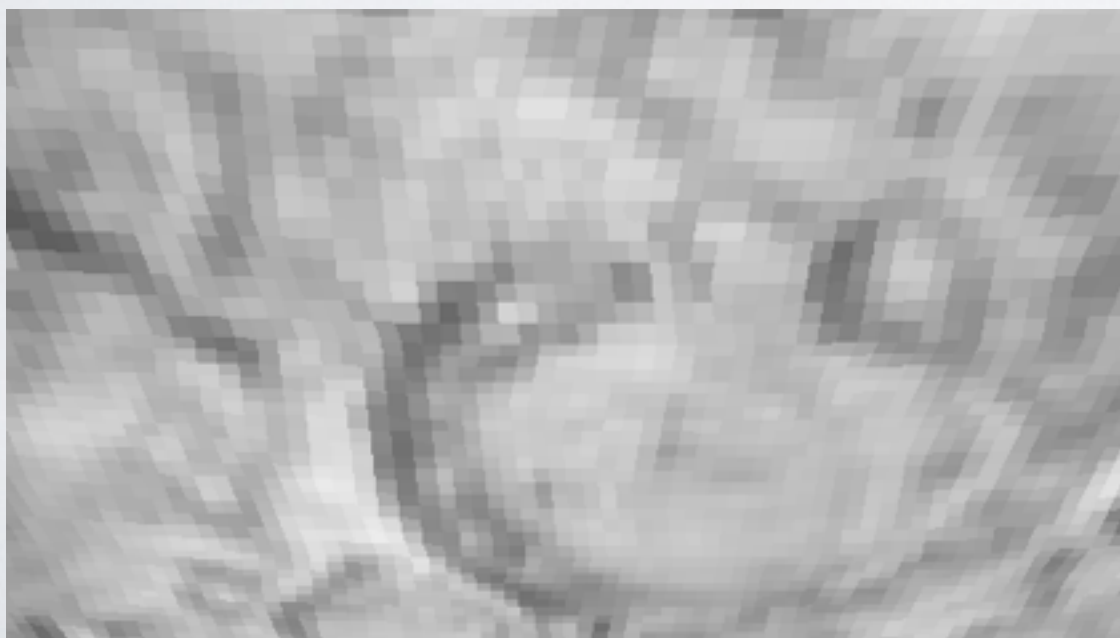
## SELENEによる月の表面



SELENE HDTV



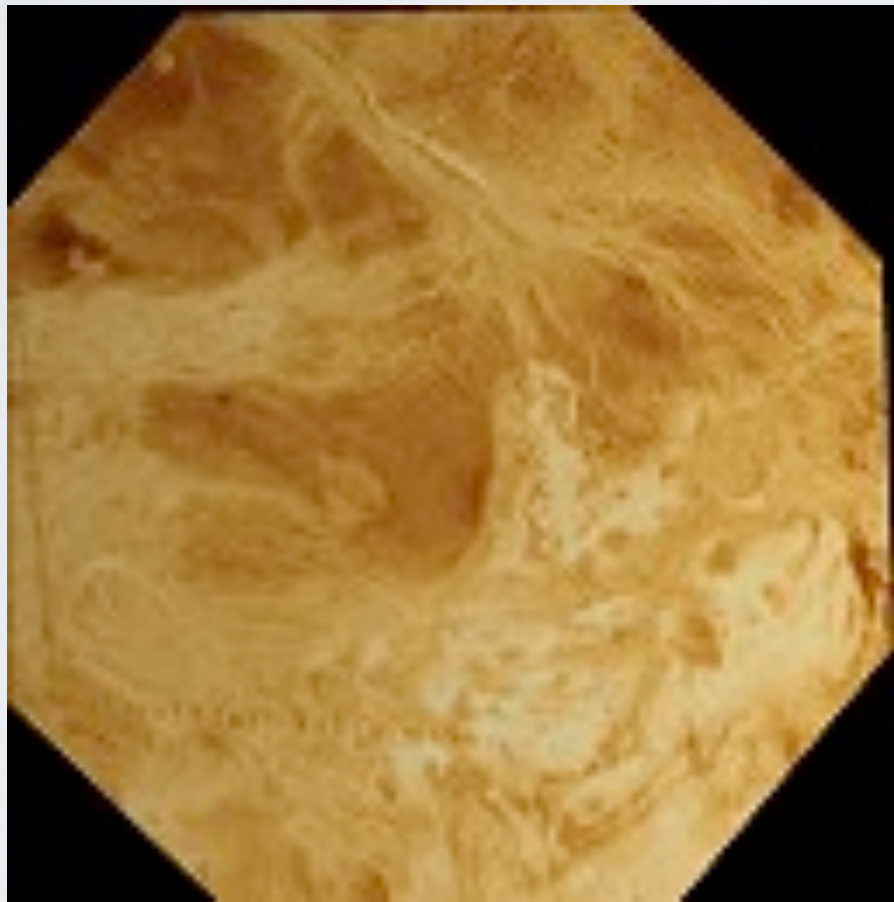
mpsim: SELENE TC map



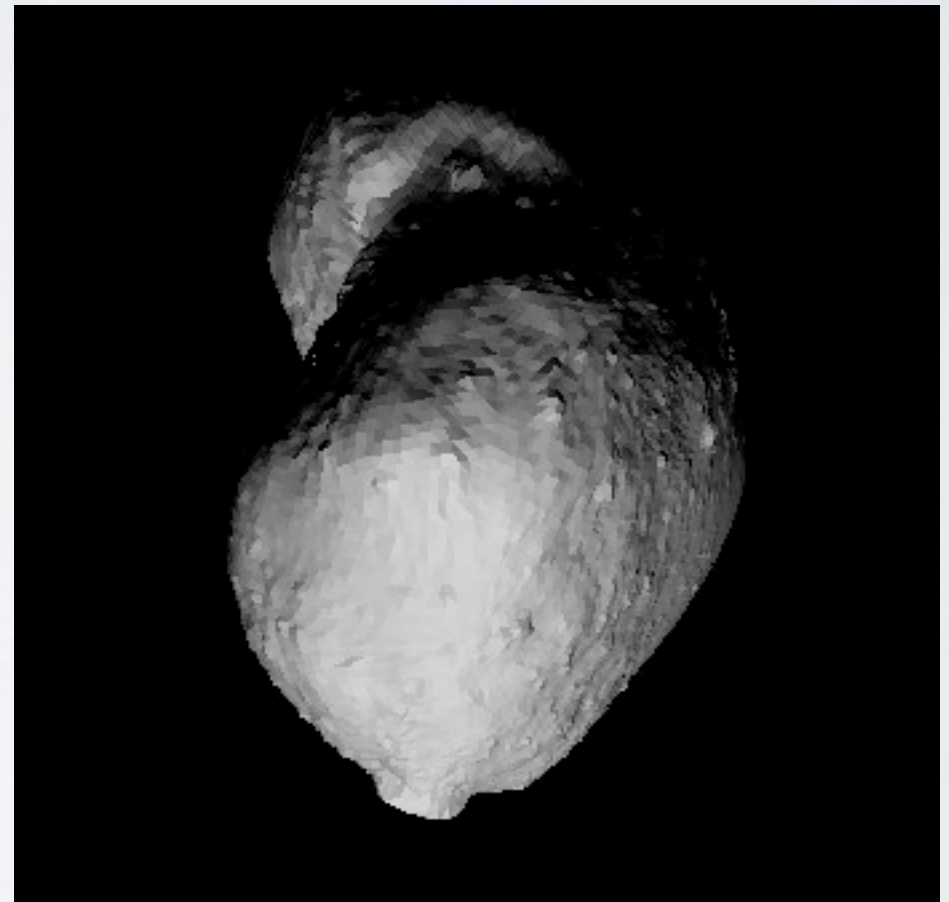
mpsim: normal, gray

# 出力例 (3)

## その他



VENUS EXPRESS: polygon camera

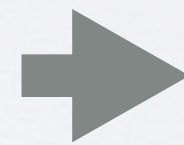


HAYABUSA: polygon model

開発にあたって

# シーンファイル

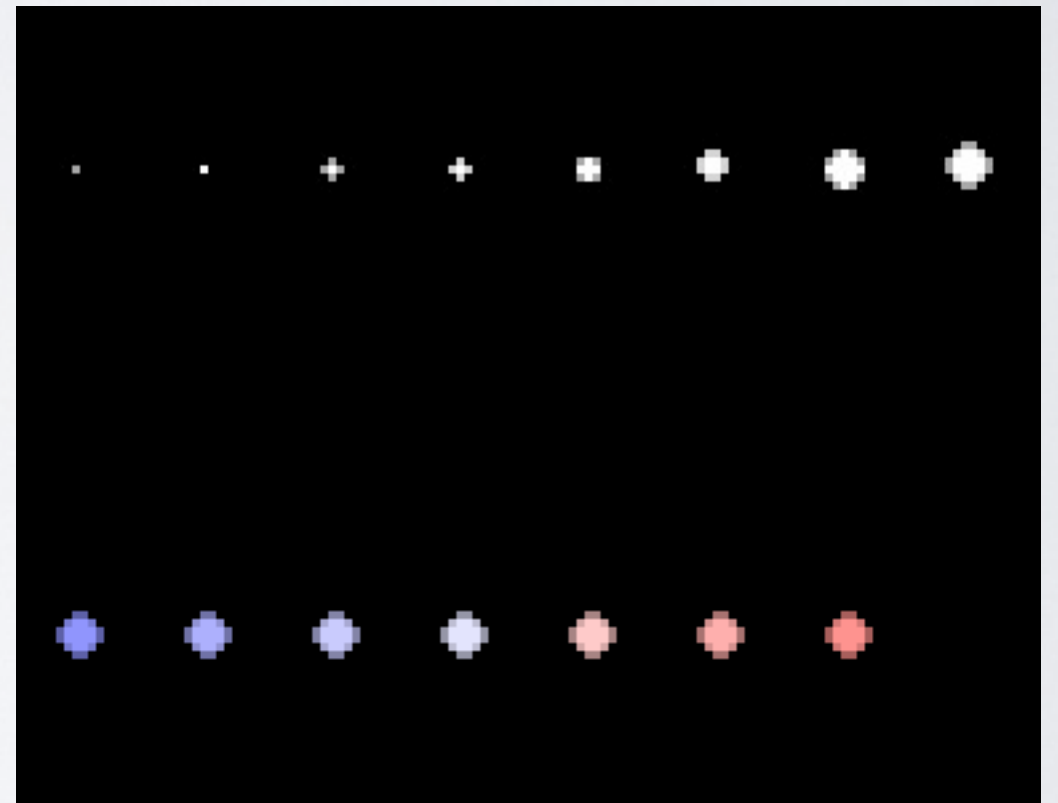
- 拡張性がある
- 可読性がある
- 入れ子構造に対応
- ジェネレータ／パーサがある



XML

# 恒星の表現

- ステラナビゲータ由来
- 視覚・体験に基づいた表現
- 明るさに応じてサイズや明度を変える
- スペクトル型による色表現



# グラフィックエンジン

2D - canvas

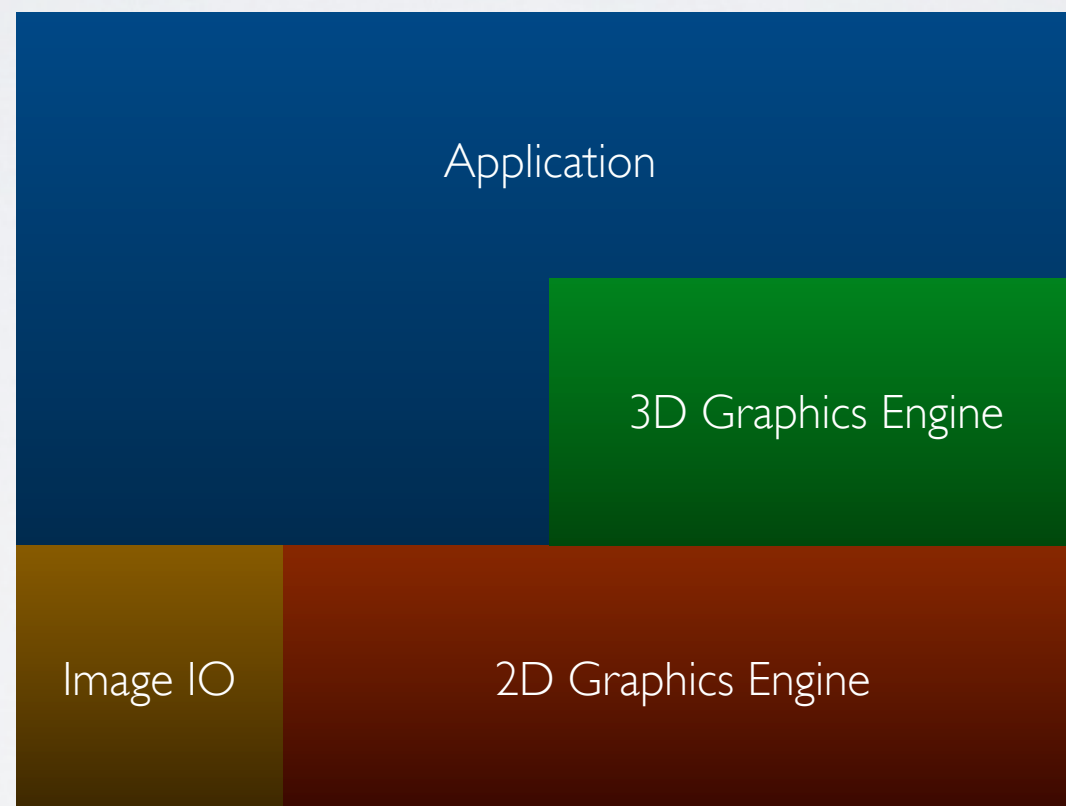
- 新規開発したオンメモリ2Dグラフィックエンジン
- 低レベルルーチンに絞る3Dエンジンのバックエンドとして使う
- ピクセルのカラー指定、カラーブレンド、canvas同士の掛け合わせに対応
- fits、jpg、pngのIOを接続可能

# グラフィックエンジン

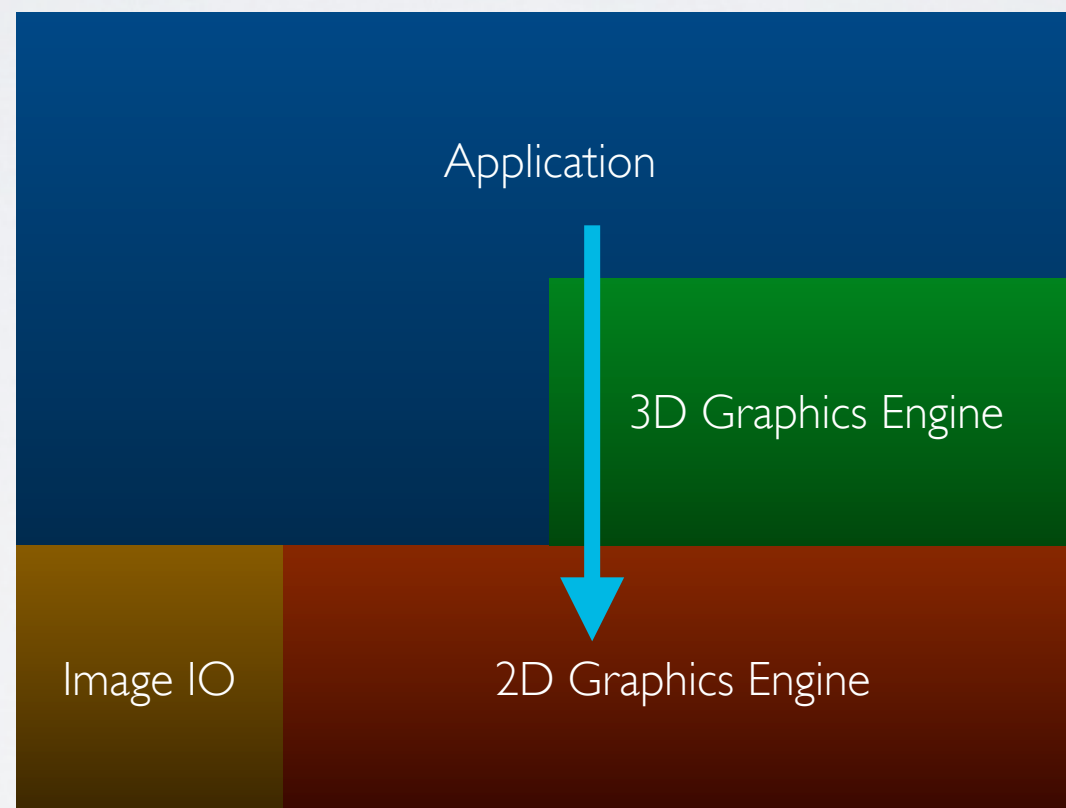
3D - tge (Tiny Graphic Engine)

- 三角形ポリゴンの描画機能をステラナビゲータ用に2000年に開発
- ハードウェアレンダリングを前提にできなかった時代の成果
- OpenGL不要 (X Window System不要、GPU非依存)
- 移植性が高い
- 月惑星シミュレーター開発にあたりOpenGL類似の構文を導入
- 陰影処理、深度バッファ、アルファブレンド機能

# グラフィックエンジン

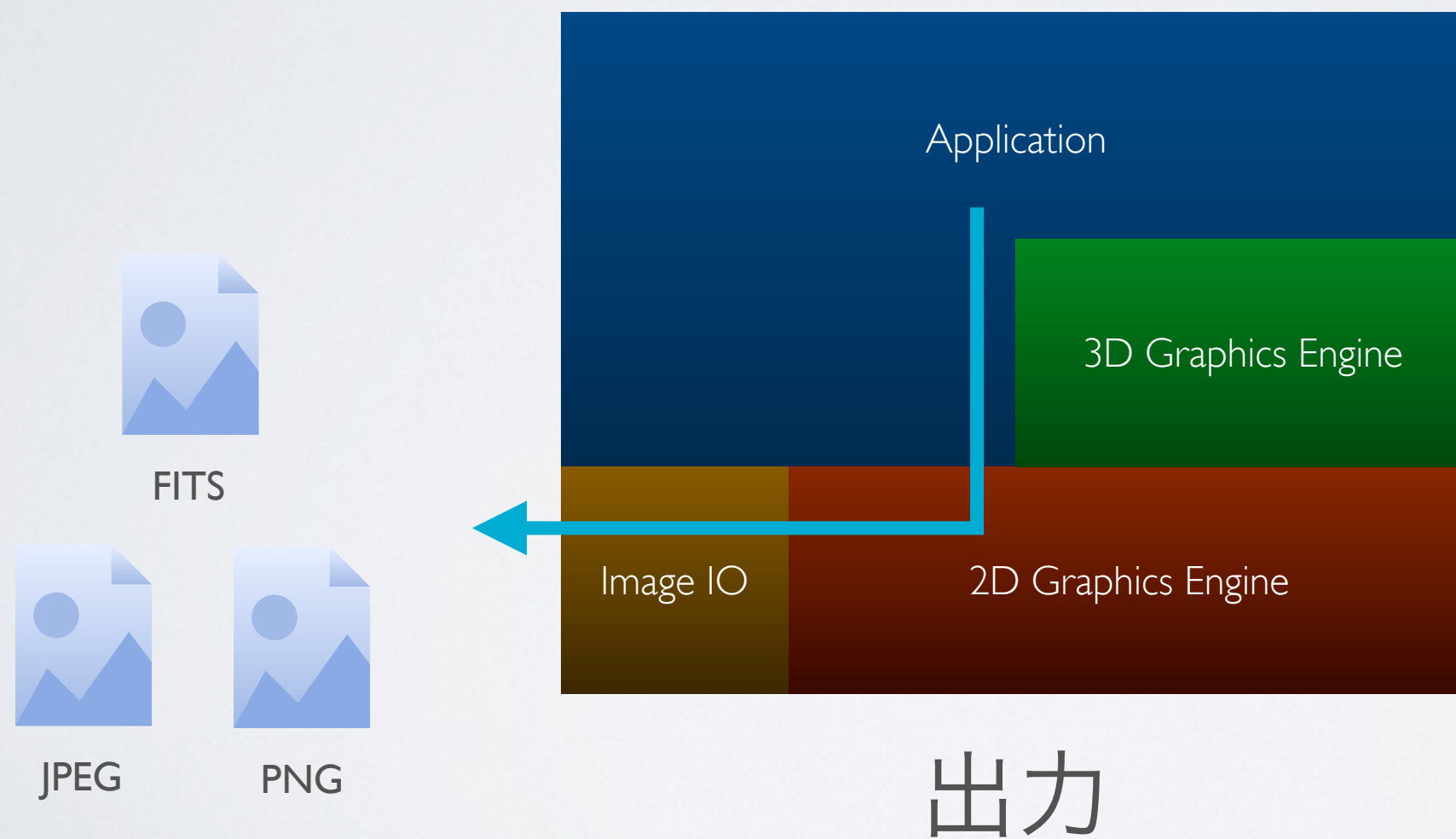


# グラフィックエンジン



描画

# グラフィックエンジン



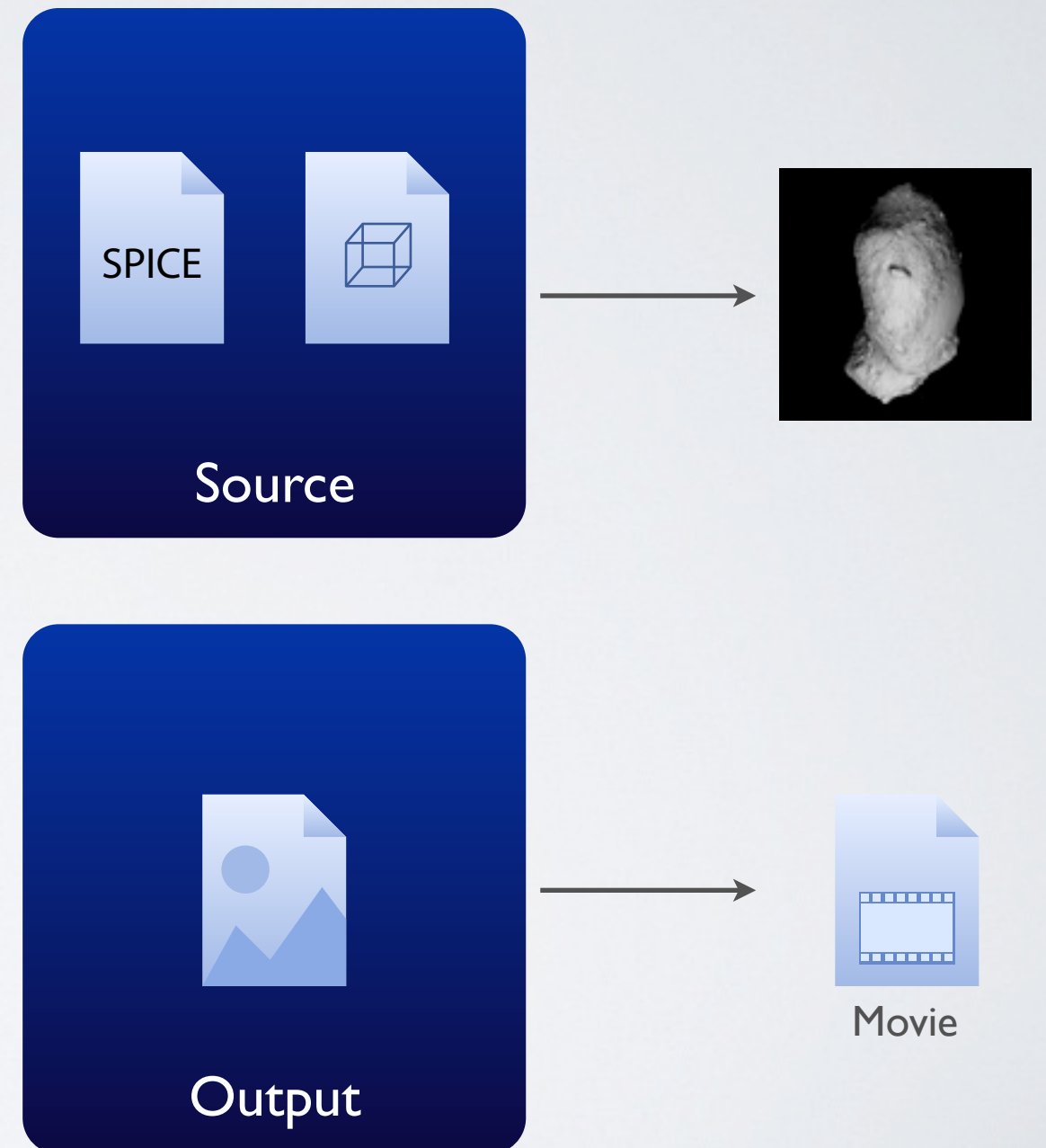
# 依存ライブラリ

- 一般に広く使ってもらう
  - 商用プロダクトに依存しない
  - 速度重視
  - ライセンスの衝突を避ける
- ↓
- 商用、GPL、LGPLを避け、  
Public domain、修正BSD、MITラ  
イセンスを主体とする

| ライブラリ         | ライセンス    |
|---------------|----------|
| SPICE toolkit | original |
| cfitsio       | original |
| libxml2       | MIT      |
| Lua           | MIT      |
| libpng        | original |
| jpeglib       | original |
| libcurl       | MIT      |

# 開発で得た技術の展開

- プラネタリウムソリューションへの展開
- 天体の形状データ表示
- レンダリング画像のムービー化



# 課題

- STLフォーマット以外の形状モデルの入力
- 地形データの読み込み
- 地形、惑星、探査機による影のシミュレーション
- 地球照のシミュレーション

# まとめ

- SPICEを利用した月・惑星シミュレータを開発した
- 本シミュレータはシミュレーション・エンジンとイメージ・ジェネレータで構成され、それぞれシーンファイルの作成と画像出力を担う
- 出力例から正しくシミュレートできていることを確認した
- 開発にあたり、シーンファイルには拡張性のあるXMLを採用した
- 恒星の描画については視覚・体験に基づいて表現した
- ライセンス・実行速度を重視して用いるライブラリの選定を行った
- 将来的には培った技術をプラネタリウムや製品へ展開したい
- 入力形式の追加、影のシミュレーションが課題

# Appendix

# SPICE

- NASA JPLによって開発されたライブラリ
- 惑星フライト、惑星探査の統合ツール
- 太陽系／天体／探査機／観測機器の座標系を持ち、相互に変換可能
- 用途1：航行結果を用いた検証
- 用途2：航行前の惑星探査計画の作成
- <http://naif.jpl.nasa.gov/naif/>