

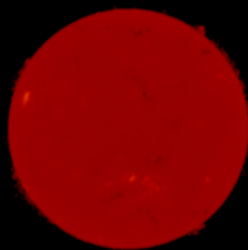
太陽多波長フレアデータ解析研究会 NSRO-CDAW14  
初心者講習 1 : 講義  
太陽観測データ解析概論

2014/09/29@野辺山太陽電波観測所

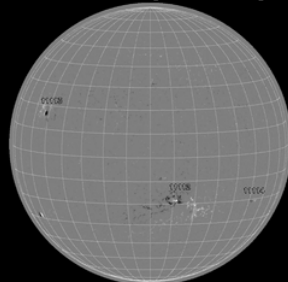
# 太陽観測データ解析とは？

- 太陽の観測的研究は、多波長解析が標準。
  - 硬X線（数百keV～数keV：フレア時の非熱的粒子）
  - 軟X線（数百万度～数千万度：コロナ+フレア時の超高温プラズマ）
  - 極端紫外線（百万度～数十万度：コロナ～遷移層）
  - 紫外線（数万度～数十万度：遷移層～彩層）
  - 可視光（数千度～数万度：彩層～光球[磁場]）
  - 電波[マイクロ波]（数百keV～数MeV：フレア時の非熱的電子  
1万度：彩層[静穏時]）
- これらのデータから、太陽大気現象の物理的描像を得る。

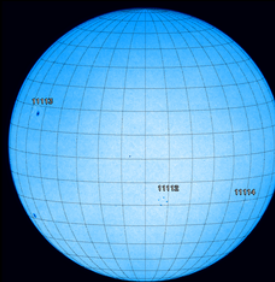
マイクロ波



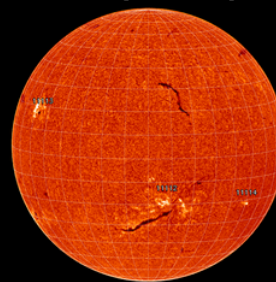
光球磁場[可視光]



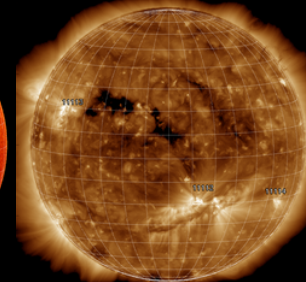
可視光



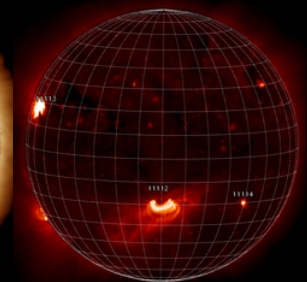
H $\alpha$ [可視光]



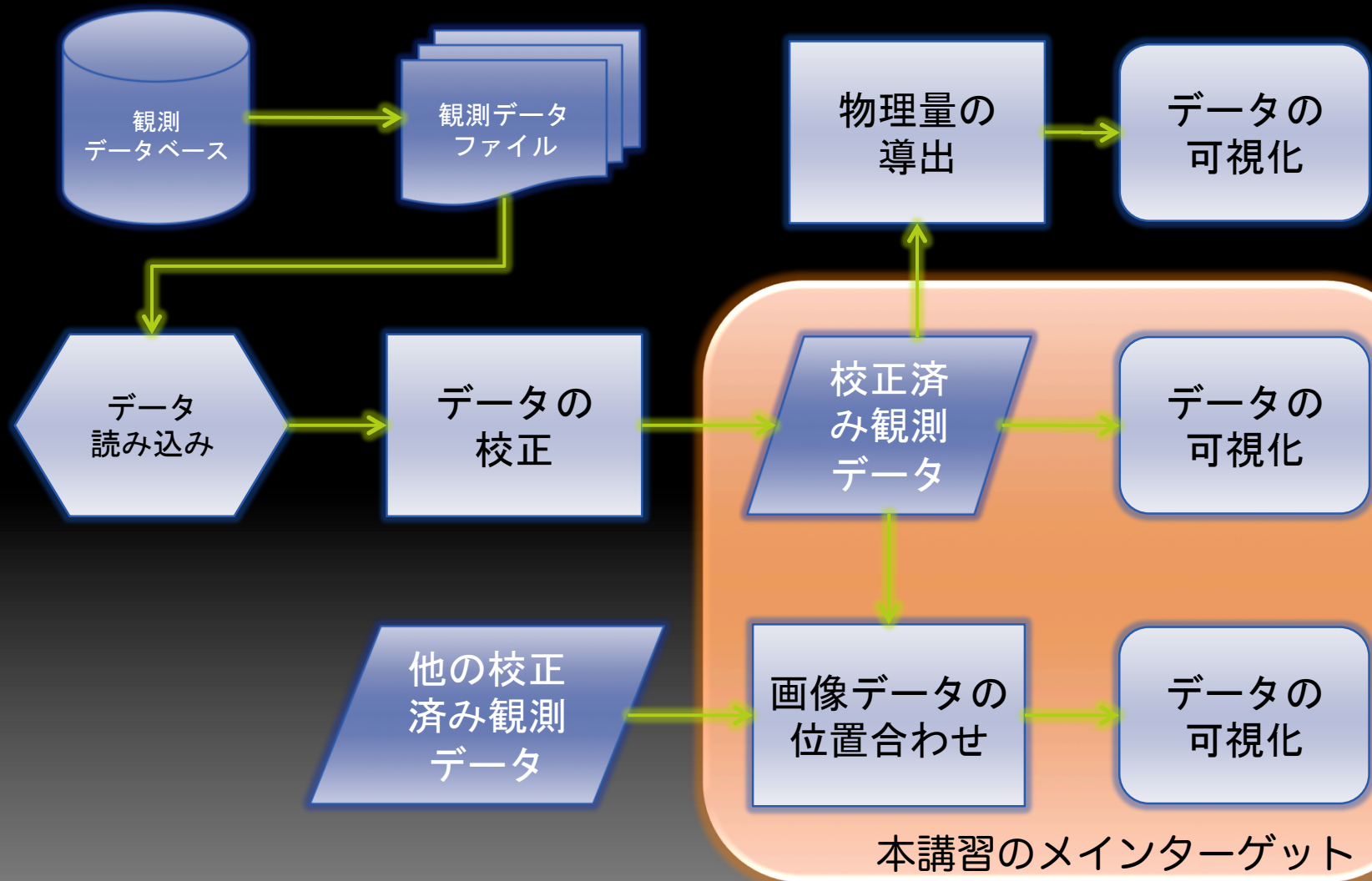
極端紫外線



X線



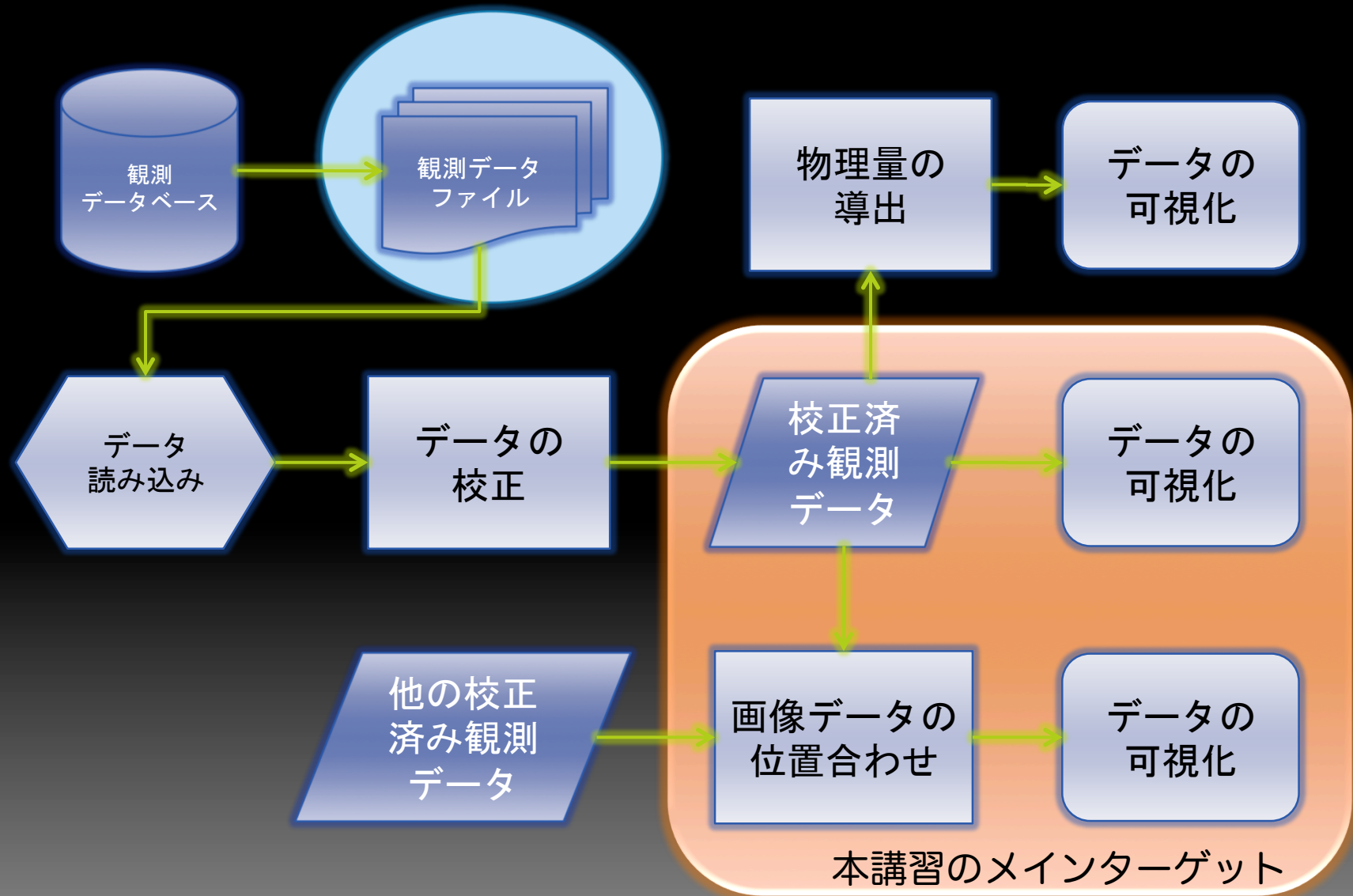
# 太陽データ解析の流れ



# 本初心者講習の流れ

1. 太陽観測データのフォーマット：講義
2. SSW-IDL 太陽用データ解析環境：講義
3. 野辺山電波ヘリオグラフ：講義
4. 野辺山太陽電波観測所の解析システム：実習 1
5. 観測データの読み込みから可視化：実習 1
  - データの読み込み
  - グラフ作成
  - ムービー作成
  - 2 波長の位置合わせ
6. 野辺山電波ヘリオグラフの像合成：実習 2

# 太陽データ解析の流れ



# 太陽観測データのフォーマット

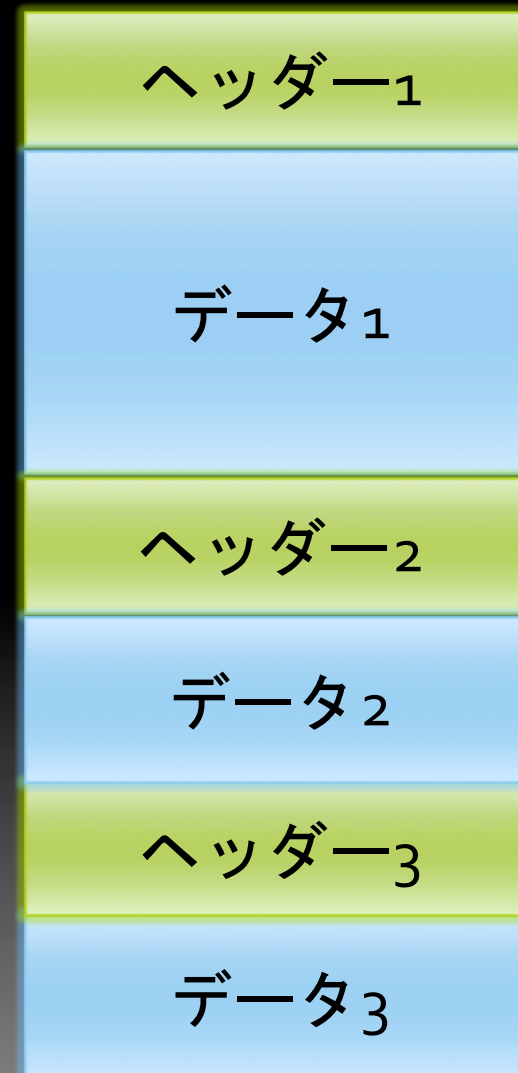
- 天文業界の標準のデータフォーマット

## Flexible Image Transport System [FITS]

- ファイル名は `****.fits` とか `****.fts` が標準的
- 天文のデジタルデータを交換するために1970年代に策定。そのため、1970年代の計算機による制限が一部残っている。
  - 例：ヘッダー1行は80文字という制限。
- 最近の太陽観測データは、ほぼFITSで保存。

# FITSファイルの中身

- Standard FITS
  - ファイルの頭にヘッダー
    - ヘッダー
      - ・ ファイル自身の説明
      - ・ 観測機器
      - ・ 観測パラメーター
        - ・ 観測波長
        - ・ 観測時間
        - ・ 露出時間
  - ヘッダーの後にデータ
    - データの中身は様々
      - ・ 多次元のデータアレイ
        - ・ 多いのは2次元画像
      - ・ 単なるBit列
        - ・ JPEG圧縮されたデータ
  - 最初データのあとに、ヘッダー+データを付け足してOK.





# FITSファイルの見方

- FITSビューワーが、Freeで手に入る。
  - 2次元画像を見るだけであれば、十分使える。
  - FITSビューワー
    - マカリ(NAOJ : Windows)
    - ds9 (SAO : Mac, Linux, Solairs, Windows)
    - fv (GSFC/NASA: Linux, Mac, Windows)  
<下条のおすすめ>
      - Standard 以外のFITSにも対応
      - FITSの編集も可能



# fvによるひので/XRT画像の可視化

The screenshot displays the fv software interface on a Mac OS X system. The main window shows a large grayscale image of the Sun, labeled "Solar (arcsec)", with a bright solar flare visible. The interface includes a menu bar at the top with options like "File", "Edit", "Tools", "Zoom", and "Replot". A sidebar on the left contains various tool icons. The central panel displays the header information for the XRT image, including parameters such as DATE, INSTRUME, and FILEORIG. A smaller inset window in the top right corner shows a zoomed-in view of the solar flare.

fv: Header of XRT20101012\_060301.7.fits[0] in /Users/...

```
File Edit Tools
```

Search for: [ ] Find Case sensitive? No

SIMPLE = T / created Mon Oct 18 15:32:51 2  
BITPIX = 16  
NAXIS = 2  
NAXIS1 = 1024  
NAXIS2 = 1024  
DATE = '2010-10-18T15:32:51.000' /creation date  
DATE\_RFO = '2010-10-18T15:32:51.000' /creation date  
SATELLIT = 33  
TELESCOP = 'Hinode'  
INSTRUME = 'XRT'  
TIMESYS = 'UTC (TBR)'  
MDP\_CLK = 1113205813  
FILEORIG = '2010\_1018\_153157\_sci'  
PIROW = 0  
P2ROW = 2047  
PICOL = 0  
P2COL = 2047  
TR\_MODE = 'FIX'  
IMG\_MODE = 1  
AEC\_FLG = 'off'  
AEC\_TNUM = 0  
AEC\_RSLT = 3  
ORIGIN = 'JAXA/ISAS, SIRIUS'  
DATA\_LEV = 0

fv: Summary of XRT20101012\_060301.7.fits in /Users/shimojo/Desktop/

Index	Extension	Type	Dimension	View
<input type="checkbox"/> 0	Primary	Image	1024 X 1024	Header Image

Graph coordinates: (X, X)  
Physical pixel: (X, X)  
Image pixel: (X, X)  
Pixel value: X()

Solar (arcsec)

# 主なFITSヘッダーのキーワード

- 以下のキーワードは、太陽それ以外を問わず同じ。
  - NAXIS : 何次元のデータか？
  - NAXIS? : ?次元目のデータ数
  - TELESCOP : 望遠鏡/衛星の名前
    - INSTRUME : 望遠鏡/観測装置の名前
  - DATE-OBS : 観測日時
  - EXPTIME : 露出時間
  - CDELT? : ?次元面 1ピクセル当たりのサイズ (ピクセルサイズ)
- 太陽データでよく使われるキーワード
  - XCEN(YCEN) : 画面中心の太陽座標 (heliocentric coordinate)
  - WAVELNTH : 観測波長

# FITSビューワの良い点/出来ない事

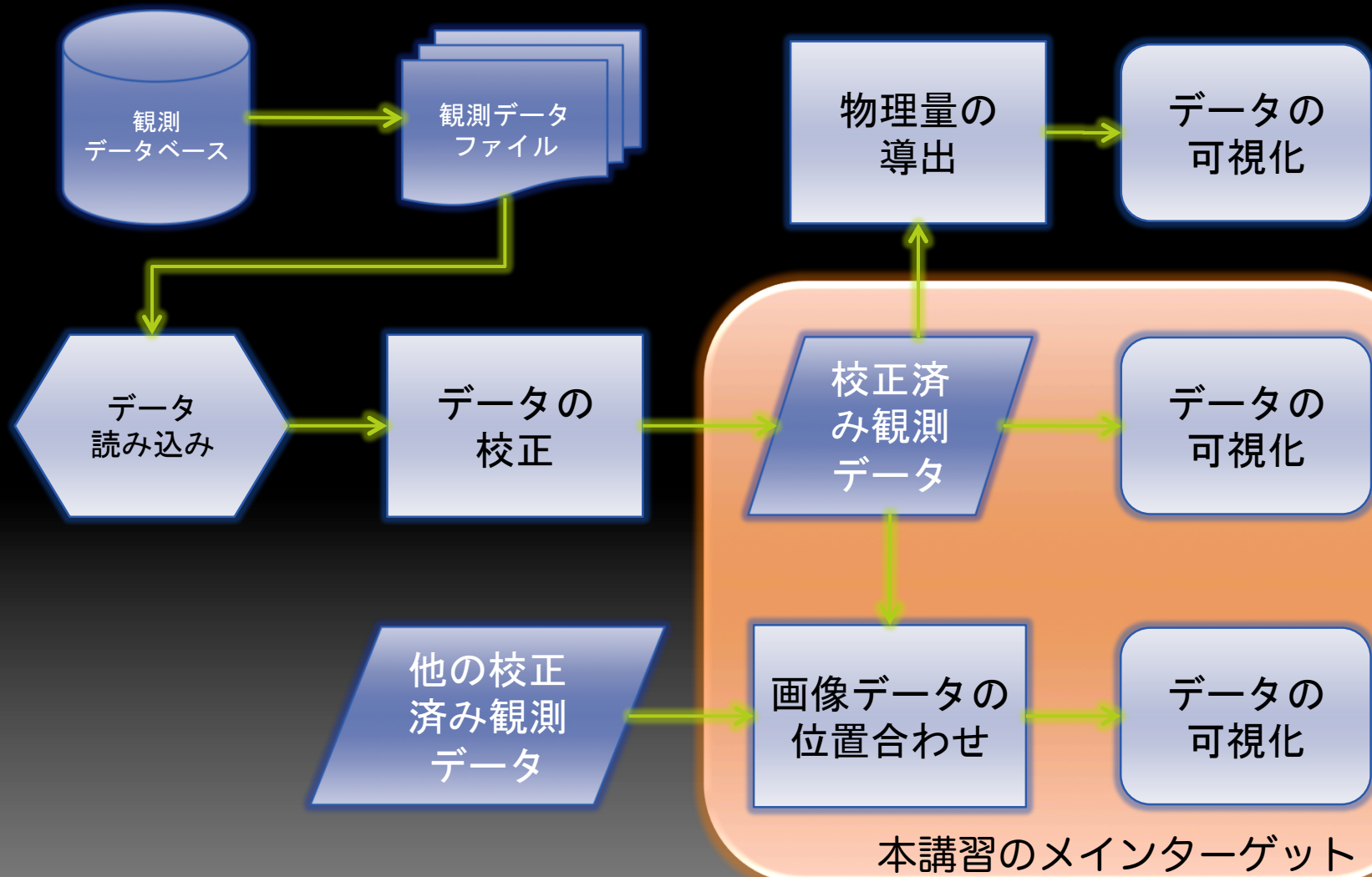
- 良い点

- 手軽にFITSデータを見ることができる。
- いろんなプラットフォームで使える。

- 出来ない点

- 多くのビューワは、Standard FITSにしか対応していない。
- 校正など、複雑なデータ処理が出来ない。
- **動画としてデータを見れない。**

# 太陽データ解析の流れ



# 天文データの解析ツール

- X線天文学：  
FTOOL（UNIX上で動くの独自コマンド群）  
で解析
- 光赤外天文学：  
IRAF（独自ソフトウェア）で解析
- 電波天文学：  
CASA(Pythonベースの独自ソフトウェア)  
で解析（旧AIPS/AIPS++）
- 太陽物理学：  
IDL（汎用画像解析ソフト）＋  
SSW（太陽解析用パッケージ）で解析

# IDL: Interactive Data Language

- 元々は、水星探査機マリーナ7/9号のデータ解析用に作成された解析言語。
- FORTRANライクな文法。
- object指向プログラミングも可能。
- インタラクティブにコマンドを実行。
- グラフ化/可視化が非常に簡単
- プログラムも組める。
  - 概要は、Exelis VISのサイトおよびWikipediaを参照
- 問題点：売り物で高価（販売元: Exelis VIS)

# SSW: SolarSoftware

- 「ようこう」衛星(1992年打ち上げ)のデータ解析の為に構築された、IDL用解析パッケージが起源。
- 「ようこう」以降の太陽観測衛星および太陽観測装置のほとんどが、IDL+SSW上で解析可能。
- 各観測装置用の解析ソフトは、各装置のPIが準備。
- とりまとめは、LMSALのFreeland氏が行っている。
- このため、太陽研究者はIDL+SSW中毒的な状況。IDL+SSWないと、太陽のデータが解析できない。

詳しくは、実習で説明します。



# 本初心者講習の流れ

1. 太陽観測データのフォーマット：講義
2. SSW-IDL 太陽用データ解析環境：講義
3. 野辺山電波ヘリオグラフ：講義
4. 野辺山太陽電波観測所の解析システム：実習 1
5. 観測データの読み込みから可視化：実習 1
  - データの読み込み
  - グラフ作成
  - ムービー作成
  - 2 波長の位置合わせ
6. 野辺山電波ヘリオグラフの像合成：実習 2

# 野辺山電波ヘリオグラフ(NoRH)

- 太陽専用の電波干渉計
- 視野：太陽全面
- パラボラ口径：84cm
- アンテナ数：84台
- 基線長：
  - 東西500m, 南北250m
- 観測周波数：17GHz, 34GHz
- 空間分解能：10" @ 17GHz, 5" @ 34GHz
- 偏波測定：17GHzのみ円偏光を測定可
- 時間分解能：
  - イベント時：0.1 sec, 定常時：1 sec
- 定常観測開始：1992年7月
  - 34GHzは、1995年11月から観測開始
- 観測時間：7:30~15:30JST (季節により15分程変動)



# 講義終了

- 休憩です。
- この休憩の間に本館に行って、宿泊のチェックインをして、荷物を宿泊部屋に移動してください。
- チェックイン・荷物の移動が終わったら、ヘリオグ棟（この建物）に戻って、2階の解析室（21号室）に集合してください。
- 皆さんが集合したら、実習1を開始します。