

NAOJ/ADC IDL 講習会資料 (2015 Sep)

IDL 初～中級者のための
天文データ解析用
IDL講座

大山陽一

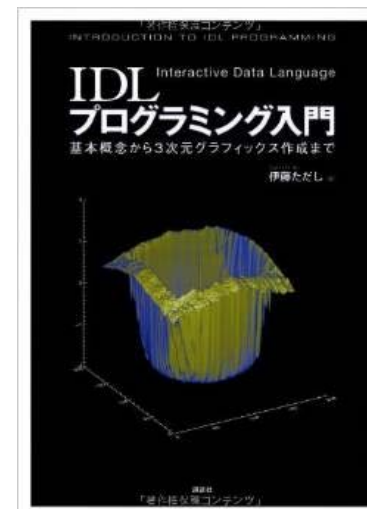
ASIAA (台湾)

重要なお断り

- IDLは、RSI(->ITT->Exelis Visual Information Solutions)(とその販売代理店)の商品です。大山は彼らとはいっさい関係なく、金銭その他の利便の提供も受けていません。
- IDLに義理は無いので、IDLの宣伝はしません。
 - 大山は1ユーザーとしてIDLの良さを認識して、皆さんにお勧めしますが、買ってくれなくても結構です。
- IDL のライセンス料が高いという苦情は、私は受け付けませんし、どうにもできません。
 - 最初は ADC のユーザーとして IDL を使用したら良いでしょう。
- 今後の IDL 使用環境については、ADC のスタッフと相談してください。
 - 大山は ADC の経営企画に関与していません。

なにはなくとも参考書

- Practical IDL programming
 - By L. E. Gumley (MORGAN Kaufmann 発行)
 - 超おすすめ。1教室に1冊常備。¥8103 at Amazon
 - ユーティリティーも気が利いていて、使える。
- IDLHELP (online/html 版) ‘Idlhelp’ on unix shell
 - IDL をインストールすれば、自動的についてくる。
 - 検索機能が強力。使える。
 - 最初に見るのは、Getting started with IDL
 - でも、これを見て絶望する人がいるかも。
 - 常用するのは、Reference guide
- Coyote’s Guide to IDL programming
 - By David Fanning
 - <http://www.dfanning.com/index.html>
 - Web 上の tips 集も面白い。
 - 中級以上？
- IDLプログラミング入門—基本概念から3次元グラフィックス作成まで— (KS理工学専門書) (伊藤 ただし)
 - まさかこんな本が日本語で発売されるとは。。。すばらしい。



講習内容の大枠

- 初級者コースの講習 -> 最近無くなってしまいました。
- 今回の講習会: より実践的な講習
 - ・ 天文 FITS 2次元画像解析アプリへの応用を念頭に。。。
 - IDL 基礎・特徴のおさらい
 - IDL の特徴を活かしたプログラミング
 - デバッグの基礎
 - サブルーチン化
 - 実習

IDL 言語の特徴

- IDL の基礎の基礎の復習です。
- IDL の特徴が活かせるアプリケーションとは？
- キーワード
 - 「超」高級言語
 - Interactive Data Language
 - Data Visualization Tools

IDL 言語の特徴 1

- インタプリタ
 - 柔軟なプログラム開発環境。
 - ただし速度は遅い。
- アレイ言語
 - IDL に読み込んでしまえば、
 - FITS 画像も jpeg もアレイ。
 - FITS table も ascii table もアレイ。
 - アレイを使うと、
 - プログラムが分かりやすい、見やすい。
 - やりたい処理をそのまま書ける。
 - アレイのサブスクリプト(インデックス)を処理する、という概念を理解すべし。
- 強力なデータ処理言語 + データ表示
 - C -> file output on disk -> gnuplot では非効率。
- Python+NumPy+Matplotlib に近いかな？

IDL 言語の特徴2

- Procedure/Function は ascii file で配布。
 - コンパイル済みプログラム or 実行形式 (.exe) は、基本的に存在しない。
 - 他人のプログラムも、全て中身が読める。
 - コード内容は、全公開。ブラックボックス処理は、ない。
 - 他人のプログラムを改良・応用して活かす。
 - 欲しいプログラムは、まずネットで探す。
- すべてはオン・メモリ処理。
 - メモリは可能な限り増設しましょう。
 - C.f. File I/O or disk space for IRAF

IDL vs. IRAF

- IDL はプログラム言語
- IRAF は解析環境 + 貧弱なシェル
- IDL はメモリベース
- IRAF はファイルベース
 - 結果は一旦ファイルに書き込む。
 - 次のルーチンは、ファイルを読む所から始まる。
- IRAF は良くも悪くもブラックボックス
- IDL は低レベルのルーチンまでハッキング可能
 - 新しい装置の新しい解析手法も作れる。
- IRAF は無償 (NOAO: 天文台)
- IDL は有料 (RSI->ITT->Exelis...: 営利企業)
 - ただし無償のツール・コードが出回っている。

IDL vs. C (科学技術計算の場合)

- コードの読みやすさ: $IDL = 100 \times C$
 - C はそもそもシステム開発言語。
 - C の”ポインタ”、”*”、“&”などは、忘れましょう。
 - 忘れました。
 - Printf で悩んだ時代が懐かしい。
- デバック速度: $IDL = 100 \times C$
 - インタープリタなので、デバッグはとても楽。
 - 試行錯誤によるコードのアップデート作業も、楽。
- 計算速度: $IDL = 1/10 \times C$
 - IDL に速度を求めてはいけません。
 - 最終手段: 高速化するルーチンだけ C で書いて、それを IDL から呼び出す、という技はある。
 - 自分で使った事は無いが、たまに見る。
 - SDSS 分光データ処理パイプライン、とか。

これだけ知っていれば読める！

IDL 文法の特徴

- 初心者講習会に出た方は、スキップしてください。
- でも、少しは発見があるかも。

大文字と小文字

- 全く関係無し。
 - もちろん String 以外。
 - 個人の見やすい書き方で。
 - 私は小文字派。

0 から数えよ

- 画像の左下のコーナーは、
 - IDL では [0,0]
 - IRAF では [1,1]
 - DS9 や SKYCAT は [1,1]
- For loop を使うときは、
 - 0 から $n_elements(x)-1$ まで。

, と \$ と & と ; と :

- ‘,’ : すべての argument の区切り。
 - 一番よく使う。
 - または、array index の区切り。
- ‘\$’ : 複数の行を1行コマンドとして使う時のおまじない。
 - 基本は、1行1コマンド
- ‘&’ : 一行に複数のコマンドを書く時のおまじない。
 - 基本は、1行1コマンド
- ‘;’ : コメント行。
 - 一般に、行の頭につける。
 - しかし、行の最後につけても良い。
- ‘:’ : array の index の範囲指定
 - Image[1:10,10:20] --- 大きな image array のうちの x=1~10, y=10~20 のサブ・アレイ

[] と ()

- []: array の座標 (インデックス)
 - $x[0]$: x array の最初の内容
 - $y[0,10]$: y array の $x=0$, $y=10$ の座標の内容
 - $image[*,*,1]$: 2次元画像のスタック・キューブ (3次元) から、1番目の画像を抜き出す。
 - などなど。
- (): 関数 (function, procedure) の argument 部。
 - または、数学の計算順序を示すカッコ。
 - $Y=f(x)$ など。
- 非常に古いバージョンの IDL では、() を array の index として使っていたため、古いコードでは $x(0,10)$ などと書いてある場合がある。
 - これでも動くが、お勧めできない。
 - 混乱の元。

&& と AND, || と OR, ~ と NOT

- 集合の論理積などを表すのが、&&, ||, ~
 - 「ベン図」を思い出そう。
 - IF 文で多用。
 - もし A かつ B であれば、これを実行、などなど
- ビット単位の論理積など表すのが、AND, OR, NOT
 - 2ビットの計算例
 - $000 \text{ AND } 111 = 000$
 - $000 \text{ OR } 111 = 111$
 - Where 文で多用。
 - A かつ B の条件を満たすインデックスを求める、などなど
- 経験的に、where 文で誤って && など使ってしまう、気づかずにデバッグで悩むことが多い。
 - 取り違えても偶然正しい挙動を示す場合もあり、気づきにくい。
 - where は特別、と割り切って覚えても、多分問題は無い。

EQ と =, GT と <

- EQ, GT などは、比較演算子。
 - IF 文などで多用。
 - IF A GT B then...
- = は代入文。
 - A=B など。(A に B の内容をコピーする)
- <, > は特殊な演算子。
 - A = (B < 5) などと使う。
 - もし B が 3 なら A=B=3
 - もし B が 10 なら A=5
 - Index の範囲指定などで使うと便利。
 - A_cut=A[b > 0:c < (x_max-1)] など。
 - 仮に b や c が A array の index の範囲外を指定したとしても、エラーを回避できる。

“ “ と ‘ ‘

- どちらも“string”の範囲指定をするもの。
 - ただし、“”は特殊な用途があるので、’ ’がおすすめ。
 - 例えば、stringが数字で始まる場合、問題が発生する。
 - IDL> print,'0a'
0a
 - IDL> print,"0a"
print,"0a"
^
% Syntax error.
 - IDL> print,'aa'
aa
 - IDL> print,"aa"
aa
 - 昔これで悩んだことがある。

variable の振るまい1

- あらかじめ定義する必要はない。
 - C の様に、最初に define する必要はない。
 - インタプリタだから。
- 代入される段階で、初めて定義される。
 - Variable のタイプは、代入相手によって決まる。
 - `A=1` -> A は integer
 - `A=1.0` -> A は float
 - `A=fltarr(10)` -> A は float の array (size=10)
 - `A='1.0'` -> A は string
- Variable のタイプは、再設定できる。
 - `A=1.0` の後に `A='1.0'` 値と違うタイプに再設定できる。
 - 結果は A は string に変わる。

variable の振るまい2

- A が「定義されているかどうか」をプログラム上で調べることができる。
 - Undefined を使った IF 条件分岐、など。
 - Procedure/function のオプションの有無の判定など。
- IDL のパラメーター割当はルーズなので、便利な反面、混乱の元。
 - 統一的な命名法や、サブルーチンを使った variable の整理、などがおすすめ。

数字(アレイ)の計算

- 基本は、まったく普通の感覚で。
 - +-*/^
 - $\text{alog}_{10}()$, $\text{sqrt}()$, $\text{sin}(\text{radian})$
 - A^2 , 10^{-3}
 - $3*(1+2)=9$
- 数字 -> 「数字のアレイ」として使っても、同じに動く
 - 上記で、A はスカラーでも良いし、ベクターでも良いし、イメージ(2次元アレイ)でも良い。
 - ただし、アレイのディメンションは合せておく事。
 - 良くあるエラーの元。

特殊な計算

- 何でもできる。
 - でも気をつけて。
 - IDL は落ちずにプログラムは続いて行く。。。
 - Print,1/0
 - 1
 - % Program caused arithmetic error: Integer divide by 0
 - Print,1*!values.f_nan,1*!values.f_infinity
 - NAN INF
 - % Program caused arithmetic error: Floating illegal operand
 - 文句は言われるが、これらはエラーストップではない。
 - Warning の扱い。
 - うまく活用しましょう。
 - 逆に、arithmetic error は頻出するので、あまり気にしすぎる必要はない。

よく使う、数学関数

- Total
- Median, mean, stddev, variance
 - Moment 関数で一発。
- Sin/cos
- Max, Min
- Finite
 - Argument が有効な数字かを調べる関数。
 - 無効な数字: 無限大、無限小、Not A Number (NaN)
 - 知っている意外と便利
 - Mask 処理に応用できる。
 - 1 or 0 mask ではなく、1 or NaN mask とする。

たまたに使う、文字列関数

- Strcmp, strtrim, strlen
 - IDL の科学計算ではあまり必要ないですが、たまたに file I/O などで必要な場合があります。
 - あまり強力ではないですが、一通りのことは出来ます。

Array を使いこなそう

- 1次元: $A=[1,2,3]$ --- 3 要素ベクトル
- 2次元: $A=[[1,2,3],[1,2,3]]$ --- 3X2 array
- 範囲指定: $A[1:2]$, $b[1:3,2:5]$, $c[:,2:5]$, $d[2:]$
- アレイインデックスがアレイ
 - $A=[1,2,3,4,5]$ & $b=[0,1,2]$ & `print,A[b]`
 - 1A の 0 番目、1 番目、2 番目の内容が表示される。
- Help で結果を確かめよう。
 - `Help,a,a[1:3]` など。
- $(A+B)[0:2]$ という技もあり。
 - $C=A+B$ かつ $C[0:2]$ という意味。

Where を使いこなそう

- 「Index 使い」になろう

- For loop で array 内容をスキャンしながら IF 文を掛けるのは、古いです。

```
For x=0,99 do begin
```

```
    For y=0,99 do begin
```

```
        If image[x,y] LT -100 then image[x,y]=!values.f_nan
```

```
    Endfor
```

```
Endfor
```

```
bad_index=where(image LT -100)
```

```
Image[bad_index]=!values.f_nan
```

- 「ベン図」をイメージしながら、where の中に条件を書き込むだけ。
- Where の良さが分かると、止められません。

最低限知っておきたい IDL コマンド、関数

- アレーを作る
 - Fltarr, intarr, ...
 - Findgen, indgen, ...
- アレーを調べる
 - Where
 - Size, n_elements
 - help
- 結果を表示する
 - print
 - Plot (oplot)
 - atv
- Procedure/function の
キーワードを調べる
 - Keyword_set
- デバッグ
 - Message
 - .reset

最低限知っておきたい IDL 言語の制御構造

- 条件分岐
 - IF 文
 - Case 文
- ループ
 - For 文
 - Break, continue
- ジャンプ
 - Goto 文
- どれも簡単なので、参考書を見てください。

FORループ, IF条件分岐について、もう少し。

```
For x=0,xmax-1 do begin
```

```
    xxx()
```

```
Endfor
```

- or

```
For x=0,xmax-1 do xxx()
```

```
If A GT B then begin
```

```
    yyy()
```

```
Endif
```

- or

```
If A GT B then yyy()
```

- 一行ですむ場合は、if/for と同じ行に続けて書きます。
- 実行内容が複数行にまたがる場合は、begin... end(for/if) でまとめます。
- If then begin ... endif else begin ... endelse もよく使います。

知っておきたい外部function/procedure

- ネットの向こうにいる開発者に、感謝。
- IDLASTRO (<http://idlastro.gsfc.nasa.gov>)
 - 天文向け IDL 外部ルーチン総本家。検索やリンクもある。
 - 各種そろっているが、以下はマスト。
 - FITS read/write; ASCII table read/write
- Others
 - Atv: 2次元画像ビューワー or ds9 for IDL.
 - <http://www.physics.uci.edu/~barth/atv/> by Aaron Barth
 - ちょっと機能が足りないが、ないと大変困る。-> 最近バージョンアップ。
 - 各方面で改造されて、応用されている。
 - Loadcolors: プロット時の色を定義する。
 - 最初に出てきた参考書に集録
 - Saveimage, pson (psoff)
 - PS/PNG/JPEG dump of plot window
 - 最初に出てきた参考書に集録

IDL プログラミングを始める前に 知ってほしい事柄

- これから本格的に IDL をいじりたい方が、その環境を準備するときに役に立つと思われる、ちょっとした情報。
- 自分の研究室に戻って設定するときに、役立ててください。

開発環境

- Idlde
 - IDL 開発会社が作った開発環境 (developing environment)
 - 良くできていて、愛用者もいるが、大山は好きでない。
 - 私の学生さんは使っていました。ただし、最近やめたらしい。
 - 開発者支援機能がいろいろついていて便利、らしい。
- コマンドライン on ターミナル + 汎用エディタ
 - 簡単・簡便・必要十分
 - エディタは Emacs + IDLWAVE 環境がおすすすめ。
 - IDLWAVE: <http://www.idlwave.org/>
 - IDLWAVE is an add-on mode for [GNU Emacs](#) and [XEmacs](#) which enables feature-rich development and interaction with [IDL...](#)
 - 構文の色付け、1行ヘルプ、などなど機能多数。
 - Vi でも gedit (Linux 端末 @ ADC のデフォルト) でも、もちろん OK.
 - お好きな組み合わせで、どうぞ。

IDL 起動前の設定

- IDL のインストール: プロに任せる。
- .cshrc; IDL_PATH の設定
 - 自分の IDL ライブラリ path を追加せよ。
 - Source .cshrc を忘れずに。
- Terminal から ‘idl’ or ‘idlde’ で起動。
- “Window” して、graphic 画面が出れば OK.
 - エラーが出たら、X11 の設定に問題がある。
 - プロに相談せよ。
- IDL を起動中は IDL_PATH を追加できない。
 - 一旦 exit して、.cshrc 編集、source .cshrc の後、再起動せよ。
 - 本当は IDL 起動のまま書き替える方法もある。
 - bash など他のシェルの方は、適当に翻訳してください。

マニュアルはこれだけ オンライン・ヘルプを使うべし

- Unix shell から 'idlhelp' で、ローカルな HTML マニュアルが見られます。
 - または、本家のオンライン版をどうぞ。
 - http://www.exelisvis.com/docs/using_idl_home.html
- Using IDL -> IDL routines (または、Reference guide -> command reference (IDL 文法辞典))だけでよい。
- まずは index か search で探す。
- Example が便利。
- See also... を、たどってみよう。
- 外部 procedure/function については、そのソースコード自身にヘルプが書いてあるのが慣例。
 - コードの先頭部(だけ)を読め。

外部 function のヘルプ例

```
;  
;+ ここがファイルの先頭  
; NAME:  
;   MRDFITS;  
; PURPOSE:  
;   Read all standard FITS data types into arrays or structures.  
; CALLING SEQUENCE:  
;   Result = MRDFITS( Filename/FileUnit,[Exten_no/Exten_name, Header], /FPACK, STATUS=status)  
; INPUTS:  
;   Filename = String containing the name of the file to be read or...  
; OUTPUTS:  
;   Result = FITS data array or structure constructed from the designated extension...  
; OPTIONAL OUTPUT:  
;   Header = String array containing the header from the FITS extension.  
; OPTIONAL INPUT KEYWORDS:  
;   /FSCALE - If present and non-zero then scale data to float numbers for arrays...  
; OPTIONAL OUTPUT KEYWORDS:  
;   STATUS - A integer status indicating success or failure of the request.  
; EXAMPLES:  
;   (1) Read a FITS primary array:  
;       a = mrdfits('TEST.FITS')   or  
;       a = mrdfits('TEST.FITS', 0, header)  
; 以下、本物の IDL プロがラムが続きます。
```

内部関数の場合も、
似たり寄ったりです。

Calling sequence では、ヘルプ用の特殊な表記 (IDL 文法的には誤り!) が一部使われています。

• カギ括弧 ([]: カッコ内はオプション、の意味)、割り算マーク (A/B: A または B、の意味)

注目: 必須 vs. オプション。インプット vs インプット・キーワード。<- 後で解説します。

IDL本体(基礎)に集中すべし。
おまけは当面忘れる。

- No GUI
 - No iTOOL
 - No Object programming
 - Etc...
-
- GUI だけやむなく使ったことがあるが、他は全く使用経験ゼロ。
 - たまに外部 GUI ライブラリを使うことはある。

IDL の始め方

- IDL または idlde で起動。
 - 例:idl の場合は、コマンドラインで idl と実行すると、IDL プロンプトが出る。
 - castor:/asiaa/home/ohyama% idl
 - IDL Version 8.3 (linux x86_64 m64).
 - ...
 - IDL>
 - これで、unix 環境から IDL 環境に入った。
- プロンプトにコマンドをタイプする or コピー&ペーストで「メモファイル」からコピーする。
 - IDL は1行1コマンドが原則。
 - インタプリタなので、1行実行ごとに結果がメモリに残る。それを利用して、さらに処理を進める。
- 「メモファイル」がたまってきたら、何行分もまとめてコピー&ペーストする。
- もっとたまってきたら、メモファイルをそのまま読み込むと便利な場合もある。
 - IDL> @mymemo.txt; @ を使って、Mymemo.txt の内容を一行ずつ読み込んで、実行する。
- IDL プログラム形式に改良する。
 - Mymemo.txt そのままで、既にプログラムの形式にほとんどなっている。
 - ただし、おまじないとして、拡張子を .pro に変えて、最後の行に end を加えて下さい。
 - .run mymemo で実行。
 - .run は、IDL 本体に対する命令(ドット・コマンド、と呼ばれる)で、通常の IDL 言語とは異なる。

プログラムと「メモファイル」の違い つづき

1. プログラムは、エラーが出たらそこで止まる。メモファイルは、エラーが出ても次にいってしまう。

- あなたがコピーをするのと同じことを自動的にやっているだけだから。

2. プログラムでは、言語の制御構造が使いやすい。

- If, for などが典型例。

- これらがあると、一行1命令の原則が崩れるから。
- 無理にこれらが存在する「メモファイル」をそのまま読み込むと、syntax error で止まってしまう。

- もちろんメモファイルでも if, for は使える。

- IDL > .run
- [プロンプトが変わることに注意。]
- - for i=0,10 begin
- - print,i
- - endfor
- - end
- [ここで初めて IDL がここまでの4行を認識して実行し、結果が出力される。]
- IDL > [いつものプロンプトに戻る。]

- 結局、ミニプログラムをつかって実行しているだけ。

- どちらの場合も、結果がメモリに残った状態で終了する。

- 引き続きお楽しみください。

デバッグの達人への道

- IDL ならデバッグは簡単。その特徴を活かす際の基礎知識集です。
 - 一度 IDL デバッグの醍醐味を覚えると、他の言語で開発できなくなります。。。

IDL プログラム実行時の、コンパイルとエラーの種類

- コンパイルエラー
 - インタプリタでも、コンパイルする。
 - コンパイル: 最低限の構文チェックなどを指す。
 - サブルーチンは、呼び出されると自動コンパイルされる。
 - したがって、メインプログラムの途中でコンパイルエラーが起き得る。
 - 前もってコンパイルしておくこともできる。
- 実行時エラー
 - コンパイルが通っても、実行時エラーは発生する。
 - 例: Array の割り当て等は、実行時に決まるので。
 - 実行時エラーが起きると、そのままのメモリ状態で IDL シェルに落ちる。
 - インタラクティブモードになる。

エラーメッセージを読むべし

- 知るべき事
 - エラーの種類
 - エラーが発生したサブルーチン
 - 今自分はどこ(どのルーチン)にいるのかを知る。
 - 大きなプログラムでは、自分の位置を見失いがち。
 - エラーが発生したプログラムファイル
 - 1つの xxx.pro に複数の procedure/function がある場合もあるので、注意。
 - エラーが発生したプログラム行
 - IDL のエラー行表示は、信頼できる。
 - エラーが発生した具体的な箇所
 - ‘^’ で問題の行のどこで止まったかが表示される。
 - ただし、あまり参考にならないこともある。

Error の例 1

- % Syntax error.
- At: /home/ohyama/xxx.pro, Line 10
- % Compiled module: xxx.
- % Attempt to call undefined procedure/function: 'xxx'.
- % Execution halted at: yyy 61 /home/ohyama/yyy.pro
- %
 \$MAIN\$
- IDL> help,/trace
- % At yyy 61 /home/ohyama/yyy.pro

Error の例 2

- % String expression required in this context: STRNG.
- % Execution halted at: xxx 185 /home/ohyama/xxx.pro
- % yyy 18 /home/ohyama/yyy.pro
- % zzz 61 /home/ohyama/zzz.pro
- % \$MAIN\$
- IDL> help,/trace
- % At xxx 185 /home/ohyama/xxx.pro
- % yyy 18 /home/ohyama/yyy.pro
- % zzz 61 /home/ohyama/zzz.pro
- % \$MAIN\$

エラー停止時の IDL の状態

- インタラクティブ状態になっている。
- メモリの内容はそのまま保存されている。
 - ただし、今いるサブルーチン内の情報に限る。
 - メモリの内容を
 - 確認できる。
 - 修正できる。
 - 修正後、その場から再スタートできる。
- 意図的にエラーを発生させることができる。
 - デバッグ時に有効。
- エラー停止後、再度最初からやり直し実行する時は、メモリを一旦クリアすること！
 - さもないと、途中のサブルーチンの情報を元に、メインプログラムがイニシャルされる恐れ有り。

これだけは知っておきたい デバッグ用コマンド

- Print
 - デバッグメッセージの埋め込み
- Message
 - 強制エラー発行による、実行停止。デバッグモードへ移行。
- Help
 - Variable の内容確認
 - Help,/trace で、今いるサブルーチンの確認
- .comp
 - コンパイル(し直し)
- .cont
 - 継続実行
 - エラーからの復帰
- Return or return,0
 - 強制的親ルーチンへの復帰
- .reset
 - メモリ内容をすべてクリアして、IDL 起動時の最初の状態に戻す。
 - ただし、IDL 環境変数はリセットされない、などの例外はある。
 - はじめからやり直す場合は、まず .reset すること。

エラーストップする90%の理由1

- IDL 設定に関するエラー。
 - プロット用 Window がでない。
 - よくある X11 の設定の問題。管理者に問い合わせ。
 - Color が出ない？画面が再描画されない？おかしい？
 - おまじないコマンド: `device, decomposed=0, retain=2`
- Procedure/Function undefined
 - % Attempt to call undefined procedure/function: 'xxx'.
 - 存在しないサブルーチンにアクセスしようとしている。
 - IDL path に該当プログラムファイルが存在しない。
 - `Print,!path` をしてみよ。きっと path が通っていない。
 - 該当プログラムが、エラーでコンパイルできない。
 - `.comp xxx.pro` をしてみよ。きっとエラーがある。
 - 多くの場合、単なる typo
- Variable undefined
 - Variable is undefined: xxx.
 - 定義していない array にアクセスしようとしている。
 - Array の定義が、遅すぎる or 忘れている or typo。
 - 該当 variable を help してみよ。

エラーストップする 90%の理由2

- Subscript out of range
 - あり得ない array の座標にアクセスしている。
 - % Attempt to subscript xxx with <LONG (-1)> is out of range.
 - % Subscript range values of the form low:high must be ≥ 0 , $< \text{size}$, with $\text{low} \leq \text{high}$:
 - あり得ない for loop カウンタ
 - Where 関数がマッチしていない。該当無しを表す -1 が帰ってきている。
 - Subscript を help してみよ。
 - Where 関数の Match count 返り値を使って、事前にチェックするのが鉄則。
- Function/procedure へのパラメーター渡しがおかしい。
 - % xxx: Incorrect number of arguments.
 - たいがいが typo.

エラーはでないが、処理内容が挙動不審な場合 の90%の理由1

- スカラーのハズが、size=1 の array になっている。
 - Id がスカラーなら、Array[id] はスカラー
 - Id が array なら、array[id] はアレイ
 - アレイA * スカラーBは、アレイC
 - アレイCのサイズはアレイAのサイズ
 - アレイA * アレイBは、アレイC
 - アレイCのサイズはアレイA, B の小さい方のサイズ!
 - 悩む前に、help で内容を確認せよ。
- IF, whereなどの条件分岐が、期待どおりでない。
 - AND と &&, OR と || は大丈夫?
 - 悩む前に、IF 条件内容を help せよ。
- String に意図しないスペースが入っている。
 - ‘a’ と ‘_a’ と ‘a_’ が混乱している。(‘_’ は空白)
 - Print だと気づかない。Help せよ。

エラーはでないが、処理内容が挙動不審な場合 の90%の理由2

- Integer/long integer の違い。bit が回ってマイナスになる！
 - IDL> help,32767S
 - <Expression> INT = 32767
 - IDL> help,32767S+1S
 - <Expression> INT = -32768
- 処理結果が意図せず integer になった！
 - *2 の場合も *2.0 と明記しましょう。
- Function/procedure へのパラメーター渡しがおかしい。
 - Argument 数が少なくても動く！足りない部分は undefined 扱い。
 - 多すぎる場合は、エラーとなる。
 - Argument をすべて help してみよ。
- まったく同名の、異なる procedure/function がある！
 - そんな馬鹿な、と思っても、たまに起きる。そして、大いに悩む。
 - たとえば、バックコンパチでない複数バージョンのプログラムの全てにパスが通っている、など。
 - IDL_PATH の設定を確認せよ。
 - findpro 関数 (IDLASTRO) も便利。

IDL プログラム高速化

- 早いコンピューターを買う。
 - いたずらにプログラム上で速度を追求しない。読みやすさ優先。
 - IDL では、コードの高速化改良余地は少ないが。
 - メモリスワップしているようなら、メモリの増設が有効。
- FOR ループ、IF 文などは、なるべく使わない。
 - 細切れにせず、IDL built-in のルーチンをつかう。
 - そもそも早い。うまくいけばマルチスレッドが働く
 - Array 処理や Where を活用せよ。
- 多次元 Array アクセスの順番。
 - For loop をどちらを先に回すか？ -> コラムメイジャー
 - $A[0,0]$ のお隣は $A[1,0]$; $A[0,1]$ は遠い。。。
- メモリ管理 (スワップ回避)
 - メモリを消費する大型 array は、
 - 多数の大フォーマット array はなるべく同時に使わない。サブルーチンを活用。
 - 不要になったら、消す。
 - $A=0$ を代入 (こそくな手段)
 - 後でデバッグできなくなって泣く事も。

データの QL

- IDL は Interactive に Data をいじる言語です。
データの Quick Look の技を身につけましょう。
- Help
- Print
- Print,moment
- Plot (oplot)
- ATV

QL の達人となるべし1

- 解析処理のデバッグのため、データを様々な形で眺める技を身につける。
 - エラーは出ないが、処理結果がおかしいときのデバッグこそ、IDL の強いところ。
- HELP: まずは help で中身を確認する。
 - Variable の dimension, 内容の種別 (文字か数字か undefined か)を知る。
- Print: とりあえずプリントして中身を見る。
 - 場合により、[...] を使って array の一部だけを見る。
- Print,moment(): 対象が大きい場合は、だいたいの統計量をつかむ。
 - 平均値、分散など。

QL の達人となるべし2

- Plot,Oplot: トレンドを2次元グラフ上でつかむ。
 - 1次元 plot も可: Plot,yarray
 - Plot,xarray,yarray,xrange=[x1,x2],yrange=[y1,y2],/xlog,/yog,p
sym=3,color=1
 - Oplot,xarray,yarray2,psym=4,color=2
 - 2次元以上のデータは、[...] を使って次元を落とす。
 - Plot,image[* ,0] ->画像の x 軸に沿ったプロファイルの表示。
- ATV: 2次元画像を見る。
 - Atv,image2d,/block
 - あとは GUI で好きにいじる。
 - /block はおまじない。要らない場合もあるが、つけないとうまく動かないことがある。理由は理解してません。
 - 3次元以上のデータは、[...] を使って次元を落とす。
 - image[* ,*,0] -> z=0 でカットした面の画像。

サブルーチン

- 慣れてしまえば、サブルーチン化はとても簡単・便利。積極的に使いましょう。
- 2つの方法
 - Function
 - Output=function(argument,/keyword)
 - Procedure
 - Procedure,input_arg,output_arg,/keyword
- まったく同じ機能(コード)は、どちらの方法でも実現可能。
 - 呼び方が違うだけ。
 - お好きな方法で、どうぞ。

サブルーチン分割のススメ

- プログラム実行内容の整理
- Variable の整理
 - テンポラリの variable は、サブルーチンから脱出するときに、消える。
 - 逆に、過去の情報を参照したいときは、外部の変数に記憶させる。
- プログラムの汎用化
 - 何度も呼び出せる。
 - 微妙に挙動の異なる繰り返し部は、keyword などで対応。
 - 例
 - `Stacked_image=mystack(image,/median)`
 - `Stacked_image=mystack(image,/clip_sigma,sigma=3.)`
 - `Mystack.pro` の中に IF 文を書き、keyword 毎に処理を分岐させる。

Argument と keyword

- Argument, keyword は、入出力の両方に使える。
 - Input の argument に変更を加えて、同じ変数で受け取る事が可能。
 - input のつもりでサブルーチンに与えたデータがサブルーチン内部で変化すると、その結果が親ルーチンに反映してしまう。
 - たまにここで混乱する。
- Keyword は 1 or 0 (true or false) のスイッチ
 - /keyword と keyword=1 は等価
- Keyword がセットされたかどうかを、知る。
 - Keyword_set 関数
 - キーワードの属性が undefined なら、その keyword は設定されていない。
 - Size 関数も使える。

サブルーチンの様式

- 最初に、pro または function で、I/O argument を定義する。
 - C の様に、type を指定する必要はない。なので、なんでもあり。
- Pro または function で始まり、end で終わる。
 - 全ての処理は、この二つの間に。
- Function の場合は、返り値を return で指定する。

```
Pro myprocedure,input,output
```

```
    Output=myfunction(input)
```

```
End
```

```
Function myfunction,input
```

```
    Output=somefunction(input)
```

```
    Return,output
```

```
End
```

- 通常、サブルーチンは別ファイル (*.pro) に格納。
 - 1ファイル、1サブルーチン。
 - サブルーチン名とファイル名は、同じにすること。
 - ただし、ファイル名は .pro を必ずつける。

サブルーチンを使う。

- Path を通す。(既出)
 - 通常、IDL を起動したディレクトリにファイルをおいておけば、自動的に path は通っている。
- .compile でコンパイルしてみる。
 - .compile しなくても、呼ばれれば自動でコンパイルされますが。。。 (既出)
- 呼び出すときは、他の IDL intrinsic 関数と同じ。

サブルーチン構造と、メモリアクセス

- データはすべて local 扱い
 - ただし、例外的に global を作ることができる。
- IDL プロンプトからアクセスできるのは、
 - 各サブルーチン内では、そのサブルーチンのメモリ内容だけ。
 - 別のサブルーチンに移動すると、親ルーチンの内容はアクセスできなくなる。
 - IDL が、その状態でアクティブなメモリ内容を自動で切り替えている。
- 同じ変数名を親ルーチンとサブルーチンの両者で使用していても、サブルーチン毎に変数の内容は入れ替わる。
 - Local なので、当然。

サブルーチン化とデバッグ手法1

サブルーチン内でエラーで止まったらどうするか？

Variable の内容の問題の場合

例: subscript の計算ミスで、array subscript out-of-range が起きた。

- 今どこにいるかを知る。
 - Error message を読む or help,/trace
- バグの修正法を考える。
 - QL 手法を駆使して、variable の中身を確認。
 - 問題のある変数を探し出し、修正を考える。
- 変数を外から書き替える。
 - インタラクティブモードなので、自由にコマンドラインから変数をいじれる。
- .cont を実行する。(continue)
 - 運が良ければ、あたかもエラーがなかったかのように、処理が続く。
 - もちろん姑息な手段がうまくいかない場合も多いので、その場合は次ページ。
- うまく切り抜けたら、サブルーチンそのものを修正する。
- 最初から実行し直す。

サブルーチン化とデバッグ手法2

致命的なバグで、実行継続が不可能な場合

例: 巨大な for loop の中で subject out-of-range が起きた。

- 今どこにいるかを知る。
 - Error message を読む or help,/trace
- バグの修正法を考える。
 - QL 手法を駆使して、variable の中身を確認。
- プログラムを修正する。Edit and save.
- 一つ上のルーチンに戻る。
 - Return (procedure の場合) or return,0 (function の場合)
- 修正プログラムを再コンパイルする。
 - .compile 'program'
- 修正サブルーチンを試す。
 - コマンドラインから、単体で(そのサブルーチンだけ)実行する。
- うまくいったら、最初から実行し直す。

- エラーストップしても、無駄にしないで復活させるベシ。

2次元画像処理以外のよくある IDL の使い道

- IDL はプログラム言語ですので、何でもできます。
- 2次元 FITS 画像解析以外で、天文関連で IDL が便利で活躍する場面を、少しだけ紹介します。

なんとか統計、なんとかフィット

- 例: 観測データの単純な平均・分散を求めたり、リニアフィットを行うのではなく、明らかな「外れ・問題データ」を取り除いたり、やや特殊な「なんとか統計」を行う。
- 例 (idlastro より)
 - Meanclip.pro
 - Biweight_mean.pro
 - Resistant_mean.pro
 - Robust_sigma.pro
 - Robust_poly_fit.pro
 - ...
- すべて、IDL 言語で実装されたプログラム (procedure/function) です。
 - 中身を読むと、何シグマでデータを仕分けする、なんていうことが、そのまま丁寧にプログラムされています。
 - IDL だからいろいろなマニアックな統計ができるのではなくて、世界中の人がよい procedure/function を作って公開してくれているだけ。
 - IDLASTRO や google で検索して、適切な物を探してください。

複雑なフィット関数を用いたデータのフィット

- 例:
 - 楕円銀河の $\frac{1}{4}$ 乗則、または銀河の表面輝度マップをバルジ+ディスク構造でモデルフィットする。
 - 複数の輝線をもつスペクトルを、天文学的に正しい条件でフィットする。例えば、 $H\alpha$ と [NII] ダブルレットがあり、[NII] ダブルレットの強度比はつねに 1:3 だが、[NII]/ $H\alpha$ は可変。すべての輝線はおなじ後退速度にある。この場合の輝線強度と後退速度は？ただし輝線プロファイルはガウス形で近似できる。
- 一般的な(任意関数に対する)最小二乗フィット・ライブラリーが公開されています。
 - IDL built-in 版もありますが、MPFIT library が有名です。
 - <http://www.physics.wisc.edu/~craigm/idl/fitting.html>
 - これも、IDL で地道にコードされたプログラムです。
 - 最小二乗の数値的な求め方は、専門書を調べてください。初期値から始まって、ベストフィット解を逐次的に求めます。
- 状況に従った「モデル関数」を IDL の function (例えば、 $y=ax+b$) として作って、観測データ ($x_obs[*]$, $y_obs[*]$) と適当な初期値 (a_0 , b_0) を MPFIT library に渡せば、ベストフィットパラメーター(例えば a , b , δ_a , δ_b) が得られます。
 - 詳しくは、MPFIT のウェブを見てください。簡単です。

天体のカタログ操作

- 大規模な天体カタログは、FITS テーブルで与えられることが多いです。
- FITS カタログは、FITS 画像と同じ読み込みルーチン(後述)で読めます。
 - どちらもおなじ FITS 規約に従っているから。
- IDL で読み込んでしまえば、画像もカタログもどちらも「アレイ」です。
 - 例えば、天体数が100のカタログを読めば、要素数100のアレイができます。
 - これまでの知識を活用して、自由に処理してください。
 - 例: r, b バンド等級から、r-b カラーを求める(単純なアレイ同士の引き算)
 - r-b カラーから、「赤い銀河」だけを選ぶ(if 文、where 関数など)
- 一般に、一つの天体に対して多くの情報があり、テーブルになっています。
 - 例:それぞれの天体には name, RA, DEC, b_mag, r_mag の情報があります。
 - この場合、「構造体」と呼ばれる特殊な IDL 変数が使われることが多いです。
 - 例: `mycat[0].name='NGC0000' & mycat[0].ra=123.456 ... mycat[n-1].r_mag=0.0`
 - ここで、mycat が構造体で、N の要素を持つアレイです。
 - それぞれの要素 n に対して、name, RA, DEC などの具体的な数値、文字列が付随しています。個別の情報の変数が、「.」(ピリオド)の後に付きます。
 - 例えば、`b_r_color=mycat.b_mag - mycat.r_mag & print,b_r_color[0]` などとします。
- 構造体は初心者にはハードルがやや高いですが、なれば簡単ですし、カタログ操作(というより、管理)を劇的に楽にしてくれるので、便利です。

(講義編の)最後に

- ざっくばらんなコメントです。

- もっと勉強したい方へ。
 - 他人のプログラムを読もう。
 - そして改造。。。
 - 最初に紹介した参考書の斜め読みが良いと思います。
 - IDL の友達を作りましょう。(いま周りにいます)
- もっと複雑な処理がしたい方へ。
 - 複雑な処理も、結局は単純な処理の組み合わせ・繰り返しのので、少しずつくみ上げてください。
 - サブルーチン化とデバッグのコツが分かれば、いくらでも複雑・大きなプログラムができます。
 - シンプルかつ美しいプログラムを書くことを、お勧めします。
 - 高速化は2の次。
 - Array 名に意味を持たせたり、要所要所にコメントを残す、など。

つづき

- IDL は万能ではありません。
 - 私は今でも定期的に IRAF を使っています。Splot とか。
 - うまく組み合わせてください。
 - 基本は、低レベルのルーチンは IDL が得意です。
- IDL は、他の天文研究でも使えます。たとえば
 - 複雑かつ綺麗な plot
 - データの interpolation/fitting などの、数学処理。
 - 特別な統計処理。”なんとか統計・なんとかフィット”とか。
 - 大きな天文 Catalog 処理
 - where 関数が威力を発揮！
- もっとよい講習を受けたい方へ。
 - ADC のアンケートに教えてください。
 - この講習資料への具体的なフィードバック(文句)も大歓迎。
 - その他なんでも、ADC スタッフか私まで意見をください。

やってみよう 演習編

- Lulin 望遠鏡可視撮像編 (ブロードバンド、ナローバンド)
- MOIRCS 分光編 (zJ500)

演習1 : Lulin 撮像データ解析

- 台湾中央大学 Lulin 1m 望遠鏡で観測された銀河 NGC 1xxx 画像の解析処理
 - <http://www.lulin.ncu.edu.tw/lot/>
 - PI1300 カメラ, CCD 1340X1300
 - 2 or 3 shots per filter, with dithering
- ポイント
 - 小型地上望遠鏡を用いた、基本的な撮像観測
 - bad pix や cosmic ray を避けるため、dithering を実施。ただし、2~3 枚のみ。
 - ダークを考慮する必要あり。
- データ
 - 大山観測データ、系外銀河の星生成領域の調査
 - 観測天体 : NGC1xxx

解析の流れ

- 処理式

- $\text{Obs}[i,n] = \text{flat}[i] \times (\text{object}[i,n] + \text{sky}[i]) + \text{dark}$
- De-trending
 - $\text{Object}[i,n] = (\text{obs}[i,n] - \text{dark}) / (\text{flat}[i] - \text{sky}[i])$
 - i: filter id (0,1,2,3), n: dithering id (0,1,2)
 - $\text{Sky}[i] = \text{median}\{(\text{obs}[i,n] - \text{dark}) / \text{flat}[i]\}$; DC offset を差し引く。
- De-dithering
 - $\text{Object}' [i,n] = \text{shift}(\text{object}[i,n], -\text{dithering_vector}[i,n])$
- Stacking
 - $\langle \text{Object}[i] \rangle = \text{sum}(\text{object}' [i,0], \text{object}' [i,1], \text{object}' [i,2]) / 3.$

- 基礎データ

- 当夜のダーク画像 (as dark)
- 当夜の dome flat (filter 毎) (as flat[i])

注: 上記は IDL 文法で書いたものではなく、解析の流れを示す概念式です。
“ ” は IDL では文法エラーなので使えません。

配布ファイル一覧

- LULIN_[B,R].fits: 観測生データ
 - _B.fits: B band, _R.fits: R band
 - 2次元 FITS
- FLAT_[B,R].bs.fits:ドームフラット
 - スタック、BIAS 処理済み
- DARK_[100s,200s].fits: 100/200s ダーク
 - スタック処理済み
- [B,R].lst: FITS 画像名を記したアスキー「リスト」ファイル

課題：R 画像の解析をせよ。

- R 観測画像3枚を、IDL に読み込め。
 - Atv を使って、その画像を表示せよ。
 - FITS ヘッダーを読み、exposure time を確認せよ。
- Flat 画像を、IDL に読み込め。
 - Flat の値の統計量(平均、分散)を求めよ。
- Dark 画像を、IDL に読み込め。
 - R とおなじ露出時間のダークを使うこと。
 - 同様に、統計値を求めよ。
- Dark 差し引き処理をせよ。
- Flat 割り算処理をせよ。
- Sky の典型値を求めよ。
- Sky を差し引け。

つづき

- 基準星を一つ選び、その座標 $([x,y])$ を ATV で求めよ。
 - それぞれの3枚の画像について、同じ星を使うこと。
- 画像をシフトせよ。
 - シフト後の画像を ATV で見て、同じ星が同じピクセルに来ている事を確認せよ。
- 画像を足しあわせよ。
- ATV でできた画像を検証せよ。

作業のコツ？1

- まずは手でベタにコマンドを打って、結果を確かめる。
- うまく動いたコマンドを、メモファイルとしてファイルにまとめてゆく。
 - カット&ペーストで、処理が再現できるように。
- 少しずつ変数を使ったりして、汎用化する。たとえば、
 - ファイル名をそのまま書かずに、変数にする。
 - 次に別のファイルに対して同じ処理が使えるように。
 - サブルーチンの結果を変数で受けて、次のサブルーチンのインプットとして活かす。
 - `Print,moment(array) -> stat_result=moment(array)` と進化させる。
- まとまった処理を、サブルーチンとして書き直す。
 - メモファイルの一部を切り取って、`procedure` としての最低限の入出力部を追加する。
 - Flat 処理を、独立の flat subroutine とする、など。

作業のコツ？2

- 似た画像を多く読むときは、3次元アレイを活用する。
 - 天文観測画像は、こういう場合がほとんど。
 - 2次元画像の `xsize`, `ysize` を調べる。
 - `Help,image` または `print,size(image)`
 - `Fltarr` で3次元画像を作る。
 - `Image3d=fltarr(xsize,ysize,n_frame)`
 - MRDFITS で一旦2次元のファイルを読んで、3次元アレイに格納する。例えば、
 - `Frame_id=0`
 - `Image2d_tmp=mrdfits(filename[frame_id])`
 - `Image3d[*,* ,frame_id]=image2d_tmp`
- こうやっておくと、
 - 画像の de-dithering や stack がやりやすい。
 - Frame 数が変わったときにも、対応しやすい。
 - 見た目がシンプルで、意味が分かりやすい。

アドバンストコース課題

- 星の位置を、Gaussian fit で求めよ。
- 画像の平均を、average 処理と median 処理の両方で行い、違いを比べよ。
- 他のフィルター (B, Ha-ON, Ha-OFF) もトライ。
 - 最初のフィルターでの処理方法を、変数などを使って別フィルターの処理に使い回す事。
 - Ha-ON, Ha-OFF は、露出時間に注意。

代表的な使用 IDL コマンド

(コマンド名、出所、コメント)

- Mrdfits (idlastro)
 - FITS file を指定し、画像を読み込む。
 - FITS header も同時に取り出せる。
 - 2次元以上の FITS、マルチイクステンション FITS, FITS binary table も対応する。
 - 書き出す場合は、mwrfits
- SXPART (idlastro)
 - キーワードを指定し、FITS header から内容を取り出す。
- Atv (atv library)
 - 2次元 array を画面に表示する。
 - Ds9 のように、見え味をインタラクティブに変更可能。
 - ‘/block’ option をつけないと、うまく動かないことがある。
 - おかしくなったら、atv_shutdown コマンドを打つこと。

つづき

- Moment (IDL intrinsic)
 - 指定アレイに対し、平均、variance 等の統計値を計算する。
 - 統計関数は他にいろいろあるので、idlastro を眺めてみると面白い。
- Median (IDL intrinsic)
 - 指定したアレイに対し、median 値を計算する。
 - 2次元以上の場合は、median を計算する axis (dimension) を指定する事が可能。
- Total (IDL intrinsic)
 - アレイの内容を足しあわせる。
 - 2次元以上の場合は、足しあわせる axis (dimension) を指定する事が可能。
- Shift (IDL intrinsic)
 - アレイを指定した量だけシフトさせる。
 - シフト量は pixel 数単位(整数に限る)
 - Sub-pixel shift は他のソフトで。
 - シフトして消えてしまう画像は、反対側に wrap される。

つづき

- Size (intrinsic)
 - array の様々な情報を取り出す。
 - Xsize, ysize などの、dimension 情報
 - Float, string などの、type の情報。
 - Type 情報として Undefined がある。
 - Interactive には、help も使える。
- Fltarr (intrinsic)
 - 他にも類似関数 (dblarr など) あり。
 - float の array を作る。
 - Image=fltarr(xsize,ysize,n_frame) など。

つづき

- N_elements (intrinsic)
 - 1次元Array の長さを調べる。
 - 2次元画像の場合は、要素数の総数が帰ってくるので、注意。
- GAUSS2DFIT (intrinsic)
 - 2次元画像をガウスフィットする。
 - Fit 画像と、fit parameter が帰ってくる。
 - Gauss 画像フィットプログラムは、多くの外部関数があるので、そちらも探してみて。
 - Gaussfit は1次元プロットのフィット用

課題2: MOIRCS 分光解析

<http://www.subarutelescope.org/Observing/Instruments/MOIRCS/index.html>

- MOIRCS 分光モードによる、標準星解析
 - zJ500 grism (0.9-1.6 μ m) (H band の一部を含む)
 - Hawaii-2RG (HgCdTe) 2KX2K x 2 chips
 - Tycho 星 (暗くて数があって spectral type が known)
- ポイント
 - MOS mask 使用
 - Sky = OH lines (平らでない、形のあるスペクトル)
 - Nod observation (dithering along slit)
 - Apos and Bpos
 - Skysub by Apos - Bpos
 - Dome-flats
 - Flat は自分で作る。
 - Lamp-on & Lamp-off
 - ダーク画像無し (on-off 作業により、自動で差し引き)

解析の流れ

(A-B pos method)

- 処理式

- $\text{Obs}[L,n]=\text{flat}[L]X(\text{obj}[L,n]+\text{sky}[L])+dark$
 - L: lambda; n: dithering position id
- Skysub (A-Bpos or N - (N+1) pos)
 - $\text{Obs}[L,n]-\text{Obs}[L,n+1]=\text{flat}[L]X(\text{obj}[L,n]-\text{obj}[L,n+1])=\text{AsubB}[L,n]$
 - $\text{Obs}[L,n+1]-\text{Obs}[L,n]=\text{flat}[L]X(\text{obj}[L,n+1]-\text{obj}[L,n])=\text{AsubB}[L,n+1]$
- Flat Fielding
 - $\text{AsubB}[L,n]/\text{flat}[L]=\text{obj}[L,n]-\text{obj}[L,n+1]=\text{AsubB}'[L,n]$
 - $\text{AsubB}[L,n+1]/\text{flat}[L]=\text{obj}[L,n+1]-\text{obj}[L,n]=\text{AsubB}'[L,n+1]$
- Extracting (or shifting)
 - $\text{Extract}\{\text{AsubB}'[L,n]\}=\text{obj}[L,n] \text{ --- } (n+1) \text{ の部分を除く}$
 - $\text{Extract}\{\text{AsubB}'[L,n+1]\}=\text{obj}[L,n+1] \text{ --- } (n) \text{ の部分を除く}$
- Stacking
 - $\langle \text{Obj}[L] \rangle = \langle \text{obj}[L,0] + \text{obj}[L,1] \rangle = (\text{extract}\{\text{AsubB}'[L,0]\} + \text{extract}\{\text{AsubB}'[L,1]\})/2$

配布ファイル一覧

- 使用データ
 - とある観測時の標準星。
 - Chip 2 のみ使用。
- 天体スペクトル: OBJ1.fits, OBJ2.fits
 - Apos: OBJ1, Bpos: OBJ2
- ドームフラット
 - Flat (lamp on) X 10: FON1 ~ FON10.fits
 - Flat (lamp off) X 10: FOFF1 ~ FOFF10.fits

課題2: MOIRCS分光標準星の1次元スペクトルを作る

- Object 画像(2枚)を読み込め。
 - ATV で表示して、標準星のスリットを見つけること。
- Flat (ON) を 10 枚 IDL に読み込め。
- Flat (ON) を合成して1枚の高い S/N flat を作れ。
 - Median 処理で。
- Flat (OFF) も同様に合成せよ。
- Flat (ON-OFF) を作れ。
- A-Bpos 画像を作り、sky を差し引け。
- Flat field を行え。
 - FLAT (ON-OFF) を利用せよ。
 - ATV で、OH 夜光がどの程度差し引けたか確認せよ。

つづき

- A-Bpos 画像で、星のスペクトルが Y 座標を ATV で調べ、dithering 距離 (pix unit) を求めよ。
- De-dithering せよ。
 - Dithering 距離の分だけ、A-Bpos 画像をシフトせよ。
- 画像をスタックせよ。
 - 2枚しかないので、単純足し合わせでよい。
- 星スペクトルのスリット領域のみを切り出せ。
- 切り出し画像を空間方向に足しあわせて、スペクトルを1次元化せよ。
 - 1次元スペクトルをプロットせよ。
 - ただし、横軸は X ピクセルのみで良い。

代表的な使用 IDL コマンド

(コマンド名、出所、コメント)

- Plot (intrinsic)
 - Plot,xarray, yarray
 - Xarray, yarray とも1次元 array
 - 実は2次元以上の画像でも plot は働くが、plot 結果は意味がよく分からないので、お勧めできない。
 - Oplot,xarray2,yarray2
 - Plot の上に別のグラフを書き足す。
 - あらかじめ loadcolors を実行しておく、color=1 (2, 3, 4,... も試してみてください) で色が赤青緑。。。と変わっていくので便利。
 - Psym=1 (2,3,4,5,... も試してみてください) で、plot symbol (四角、丸、点、など) が変わる。
 - その他、軸タイトルや、プロットレンジなどの多数のオプションがあるので、マニュアルを参照のこと。

つづき

- Readcol (IDLASTRO)
 - ASCII テキストファイルの名前を指定して、その内容を読み込む。
 - String でも float でも読める
 - フォーマットを外から指定する
 - 書き出す場合は forprint (IDLASTRO)

アドバンストコース課題

- Flat の足し合わせを median と clip-average を用いて作り、違いを統計値で確認せよ。
- 星の位置 (Y 座標) を gauss フィットで求めよ。
- FLAT の合成処理を簡易化せよ。
 - サブルーチン化。
 - リスト・ファイルを読んで、それに基づく処理。
- A-Bpos で引き残った sky と、星のスペクトルを同時にプロットし、sky 差し引き精度を調べよ。
 - 天体と同様に、sky の1次元スペクトルも作る。
- Sky の差し引き残差を、さらに処理して差し引け。
 - 2次元の AsubB 画像から、1次元の sky を差し引く。
 - For loop の活用が必要。

THE END

最後の最後に 自分の研究室に帰ったら。。。。

- IDLASTRO library 一式は、tar で web から取ってこられます。
- Atv は ATV の site からダウンロードできます。
- Practical IDL programming の web にも、library 一式 (PIP_Library) が tar で置いてあります。
- それぞれダウンロードして、展開して、IDL_PATH を通してください。
 - .cshrc の編集と、source .cshrc を実施。
- データのお持ち帰り方法でヘルプが必要な方は、大山または ADC スタッフにお声がけ下さい。