

NAOJ/ADC IDL 講習会資料 (2016 Aug)

IDL 初～中級者のための
天文データ解析用
IDL講座

大山陽一

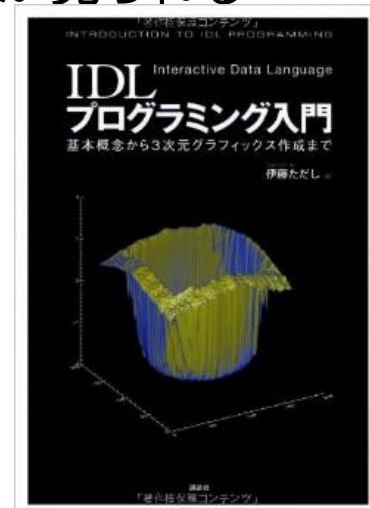
ASIAA (台湾)

重要なお断り

- IDLは、RSI(->ITT->Exelis Visual Information Solutions -> Harris Geospatial 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。¥12641 at Amazon (¥8103 から値上り)
 - ユーティリティーも気が利いていて、使える。
- On-line IDL references
 - http://www.harrisgeospatial.com/docs/using_idl_home.html
 - IDL Routines or IDL Language だけで良い。
 - Linux のターミナル(シェル)から 'idlhelp' でも、同じものが見られる
 - Google で検索すれば、類似品が山ほど出てくる。
 - 古いバージョンの物も多いが、Harris のページなら最新。
- Coyote' s Guide to IDL programming
 - By David Fanning
 - <http://www.idlcoyote.com/> (アドレスが変わった模様)
 - 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 -> 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。。。
 - ・ 終了後すぐに、自らの課題に活かせるように。
- 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 に近いのか？

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。
 - メモリ量(究極的にはメモリ速度も)がネックに。
 - メモリは可能な限り増設しましょう。
 - C.f. IRAF では file I/O 速度が (disk 容量も) ネックに。

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。
- ‘;’ : 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
- ‘\$’ : 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

[] 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。
- (): サブルーチン (function, procedure) の argument。
 - 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。¹⁵

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。
 - 例: $\text{sqrt}(A)$ は、A の内容がそれぞれすべて平方根になる。
 - $A+B$ は、A と B の内容がそれぞれすべて足し合わされる。
 - 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)
 - 知っているとい意外と便利
 - 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 などが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: $B=[[1,2,3],[1,2,3]]$ --- 3X2 array
- 範囲指定: $a[1:2]$, $b[0:1,1:2]$, $c[* ,2:5]$, $d[2:*$
- アレイインデックスがアレイ
 - $E=[1,2,3,4,5]$ & $f=[0,1,2]$ & `print,E[f]`
 - E 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。
 - `IDL> help,a,a[1:2]`
 - `A INT = Array[3]`
 - `<Expression> INT = Array[2]`
- $(A+B)[0:2]$ という技もあり。
 - $C=A+B$ かつ $C[0:2]$ という意味。
 - A と B のディメンションがあっていないと、そもそも足せないので注意。

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
```

- IDL 流は、上記と同じことを次の2行で。

```
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 内部コマンド、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 <- これだけ外部)
- Procedure/function の
キーワードを調べる
 - Keyword_set
- デバッグ
 - Message
 - .reset

知っておきたい外部function/procedure

- 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
- ネットの向こうにいる開発者に、感謝。

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
```

```
    y=func(x)
```

```
Endfor
```

- or

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

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

```
    a=gunc(b)
```

```
Endif
```

- or

```
If A GT B then a=gunc(b)
```

- 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。

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

- IdIde
 - 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。
 - 私の学生さんが以前使っていました。ただし、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。
- Idl 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 起動前の設定と、起動後の確認

- IDL のインストール: プロに任せる。
- .cshrc ((t)cshell の場合) にて、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。
 - 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。
- “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。
- 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

- 内部 procedure/function は、Unix shell から 'idlhelp' で、または本家のオンライン版を、どうぞ。
 - http://www.harrisgeospatial.com/docs/using_idl_home.html
 - とりあえず Using IDL -> IDL routines だけでよい。
 - まずは index か search で探す。
 - Example が便利。
 - See also... (ページの最下部) 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。
 - ダウンロードしたら、まずはコードの先頭部(だけ)を読むべし。

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 プログラムが続きます。
```

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。
 - プロンプト “IDL>” が出る。
- プロンプトにコマンドをタイプする or コピー&ペースとで「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、特殊な IDL 本体に対する命令(ドット・コマンド、と呼ばれる)である。

- プログラムと「メモファイル」の違い

- 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。

- 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。

- 無理にこれらを含む「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 do 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

- YYY (親ルーチン) 61 行目で、サブルーチン XXX が呼ばれ、XXX.pro がコンパイルされたが、その 10 行目に syntax error が発生したため、コンパイルが失敗した。
- そのため、XXX は実行されず、その直前の YYY の 61 行目で停止!

Error の例 2

- % Attempt to subscript A with <LONG (-1)> is out of range.
- % 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\$

- ZZZ (親) -> YYY(子) -> XXX (孫ルーチン)へと進んできたが、XXX の 185 行目で実行時エラーが発生し、その場で停止。

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。混乱の元。 43

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。
 - unix shell で `IDL_PATH` を追加・変更した後は、IDL を再起動させる必要あり。
 - 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 (`xxx.pro` のつもりが `xxy.pro` を呼び出した)
- 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.
 - 例: $y = \text{func}(x, a)$ には 2 つの argument が必要なのに、 $\text{func}(x, a, b)$ と3つ与えた。
 - たいがいが typo か勘違い。

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

- Singed/unsigned Integer/long integer の違い。
IDL> help,32767S
<Expression> INT = 32767 ($\leq 2^{15}-1$)
IDL> help,32767S+1S
<Expression> INT = -32768 ($\leq 2^{15}-1$) bit が回ってマイナスになる！
- 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。(unix の where みたいなもの)

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。
 - [...] (サブアレー指定) を使って array の一部だけを見ることも、有効。
- 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。
 - Plot,xarray,yarray,xrange=[x1,x2],yrange=[y1,y2],/xlog,/yog,psym=3,color=1
 - Oplot,xarray,yarray2,psym=4,color=2
 - 1次元 plot も可: Plot,yarray
 - 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。普通は要らないのだが、たまに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。
 - 呼び出し方が違うだけ。
 - 書き方が微妙に違うだけ。
 - 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。
 - 同じ argument を、サブルーチンへの入出力の両方に使える。
 - しかも、C の様に、type を指定する必要もない。
 - なので、なんでもあり。たまにここで混乱する。
 - 例: サブルーチンにファイル名を表す string 変数を与え、内部でファイルを読み出した結果の float array を同じ変数(今度は float array)を使って取り出すことができる。
 - そんな馬鹿なサブルーチンは作らないと思うが、バグでそうなってしまっても IDL は文句を言わないので、そのまま次が実行されてしまう。。。
- 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には、Keyword_set 関数
 - または、キーワード変数が undefined なら、その keyword は設定されていない。
 - Undefined は size 関数で検知。

サブルーチンの様式

- 最初に、I/O (argument) を定義する。
- 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、戻り値を 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。

- IDL_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 を作成することができる。
- 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] ダブルットがあり、[NII] ダブル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。初期値から始めて、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(単純なアレー同士の引き算)
 - 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 の要素を持つアレーです。
 - 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⁶⁶

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
 - 複雑かつ奇麗な 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 のアンケートに答えてください。
 - 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。⁶⁷