

# ATK tähtitieteessä

## Osa 2 - IDL perusominaisuudet

12. syyskuuta 2014

# IDL - *Interactive Data Language*

- ▶ IDL on tulkettava ohjelmointikieli, jonka vahvuuksia ovat:
  - ▶ Yksinkertainen, johdonmukainen komentosyntaksi.
  - ▶ Voidaan käyttää interaktiivisesti, tai rakentamalla ohjelmia.
  - ▶ Erilaisten datamuotojen samankaltainen käsittely (skalaarit, vektorit, jne.):
    - ▶ Operaattorit vaikuttavat kokonaisiin taulukoihin, jolloin esimerkiksi silmukoiden tarve on vähäistä.
  - ▶ Suuri määrä rutiineja datan esittämiseksi graafisesti, samoin suuri määrä numeerisia rutiineja.
  - ▶ Hallitsee useita tiedostoformaatteja. Monipuoliset INPUT/OUTPUT komennot.
  - ▶ Voi kutsua muun muassa FORTRANilla ja C:llä kirjoitettuja rutiineja.
  - ▶ Koodi on hyvin siirrettävää eri käyttöjärjestelmien välillä, jos välttää järjestelmäkutsuja.
  - ▶ Suuri määrä tähtitieteellisiä rutiineja ladattavissa.  
(mm. NASA IDL Astronomy User's Library:  
<http://idlastro.gsfc.nasa.gov/>)

# IDL - *Interactive Data Language*

- ▶ Vastaavasti heikkouksia ovat:
  - ▶ Ohjelmien toimivuus edellyttää sitä, että koneeseen on asennettu IDL. Binäärikoodia ei ole mahdollista luoda.
  - ▶ Hinta.
    - ▶ Lisenssi on hyvin kallis ja monet instituutitkin ovat jättäneet sen ostamatta. Esim. Python on ilmaisena varteenotettava vaihtoehto.
    - ▶ Myös ilmaisia IDL-variantteja. Ovat yleensä pari versionumeroa perässä virallista. Paras tällä hetkellä GDL: <http://gnudatalanguage.sourceforge.net/>

# IDL - käynnistys

- ▶ Kaksi tapaa:
  - ▶ Komentorivillä käsky:
    - ▶ `idl` – avaa IDL:n komentotilan.
  - ▶ IDL:n omaa sovelluskehitystympäristöä voi myös käyttää. Tämä tapahtuu komennolla:
    - ▶ `idlde`
- ▶ Voitte valita kumpaa tapaa käytätte. IDL:n komentorivi on kurssin luonteen vuoksi suositeltava tapa.
- ▶ HUOM! Jos et ole tehnyt ensimmäisen harjoituksen tehtäviä 2., 3. ja 4. tee ne ennen kuin alat käyttämään IDL:ää!
  - ▶ Näissä tehtävissä luodaan IDL:n käyttöä helpottavia käynnistysparametreja.

# IDL - manuaali

- ▶ Tärkein ominaisuus varsinkin aluksi on IDL:n oma manuaali.
- ▶ Manuaalin saa avattua IDL:n komentorivillä komennolla `?`.
- ▶ Hyvin kattava. Sisältää helposti ymmärrettävät ohjeet jokaisen perusrutiinin ja proseduurin käytöstä.
- ▶ Harjoituksissa tutustutaan tarkemmin.
- ▶ Luonnollisesti myös Google tarjoaa apua moniin ongelmiin. Lisäksi on kattava sivusto <http://www.idlcoyote.com/>, josta voi löytää monia hyödyllisiä vinkkejä varsinkin edistyneemmälle käytölle.

# IDL - komentotila

- Komentotilaa voidaan käyttää interaktiivisesti, jolloin se toimii esimerkiksi taskulaskimena:

```
IDL> print,3.+5  
3.50000
```

- Monien komentojen syntaksi on seuraava:

```
KOMENTO, parametri1, parametri1, ..., keyword1=value, keyword2=value, ...
```

- Harjoituksissa on paljon esimerkkejä interaktiivisesta käytöstä, jotka käynte läpi.
- Voit myös ajaa normaaleja komentorivin komentoja lisäämällä \$-merkin alkuun (esim. **\$ls**).
- IDL ei tee eroa isojen ja pienten kirjainten välillä kuten jotkin muut ohjelmointikielet, tai Linux-terminaali yleensä.

# IDL - muuttujatyypit

- ▶ Kuten muissakin ohjelmointikielissä, myös IDL:ssä on olemassa erilaisia muuttujatyyppejä. Tässä tärkeimmät:
  - ▶ **Integer** – kokonaisluvut välillä  $[-32768, 32768]$ .
  - ▶ **Long** – Kokonaisluvut välillä  $[-2^{31}, 2^{31} - 1]$ .
  - ▶ **Floating-point** – Yksinkertaisen tarkkuuden liukuluvut välillä  $[-10^{38}, 10^{38}]$ . Kuusi merkitsevää numeroa.
  - ▶ **Double-precision** – Kaksinkertaisen tarkkuuden liukuluvut välillä  $[-10^{380}, 10^{380}]$ , 16 merkitsevää numeroa.
  - ▶ **Complex** – Liukulukupari (reaaliosa-imaginääriosia).
  - ▶ **String** – Merkkijono, 0-32767 merkkiä.

# IDL -muuttujien luominen

- ▶ Erilaisten muuttujien luominen on helppoa, esimerkiksi:

```
IDL> a=5.5
IDL> b=8.3
IDL> c=a+b
IDL> d='Laske a+b='
IDL> print,c
      13.8000
IDL> print,d,c
      Laske a+b= 13.8000
```

- ▶ Muuttujan tyypistä saa tietoa komennolla **help**:

```
IDL> help,c
C FLOAT = 13.8000
```

- ▶ Huomioi muuttujatyypin merkitys!

```
IDL> print,5/3
      1
IDL> print,5./3.
      1.66667
```

- ▶ Usean muuttujatyypin laskutoimituksissa tulos annetaan "tarkimman" muuttujatyypin mukaan.



# IDL -matemaattiset operaatiot

- ▶ Kaikki laskutoimitukset suoritetaan normaalissa aritmeettisessä järjestyksessä. Tässä operaatioita:
  - ▶  $\wedge$  – potenssi.
  - ▶  $*$ ,  $/$  – kerto- ja jakolasku.
  - ▶ **mod** – modulo.
  - ▶  $+$ ,  $-$  – yhteen- ja vähennyslasku.
  - ▶  $<$ ,  $>$  – pienempi kuin, suurempi kuin.
- ▶ Esimerkiksi:

```
IDL> print,a  
5.50000  
IDL> print,a^2*3  
90.7500  
IDL> print,a^(2*3)  
27680.6
```

# IDL - matemaattiset funktiot

- ▶ IDL sisältää normaalit matemaattiset funktiot. Esimerkiksi:
  - ▶  **$\sin(x)$ ,  $\cos(x)$ ,  $\tan(x)$**  – missä  $x$  on radiaaneina.
  - ▶  **$\asin(x)$ ,  $\acos(x)$ ,  $\atan(x)$**
  - ▶  **$\atan(y,x)$**  – palauttaa kulman  $\alpha$ , jolle  $y = \sin(\alpha)$  ja  $x = \cos(\alpha)$ .
  - ▶  **$\sinh(x)$ ,  $\cosh(x)$ ,  $\tanh(x)$**
  - ▶  **$\exp(x)$ ,  $\sqrt{x}$ ,  $\text{abs}(x)$**  – eksponenttifunktio, neliöjuuri ja itseisarvo.
  - ▶  **$\text{alog}(x)$ ,  $\text{alog}_{10}(x)$**  – luonnollinen ja 10-kantainen logaritmi.

# IDL - taulukot

- ▶ Yksinkertaisimmillaan taulukon voi määrittää arvoineen itse:

```
IDL> a=[0,1,2,3,4]
IDL> print,a
    0 1 2 3 4
IDL> help,a

A INT = Array[5]
```

- ▶ Tämä ei kuitenkaan ole useimminkaan kovin kätevää. Aiemmin esitellyistä muuttujatyypeistä voidaan helposti muodostaa taulukoita:
  - ▶ **a=fltarr(100)** – luo 100 alkioisen liukulukutaulukon muuttujanimelelle a. Alkioiden arvot on alustettu nolliksi.
  - ▶ Vastaavasti **intarr**, **dblarr**, **complexarr**, ...
  - ▶ Myös merkkijonotaulukoita voi luoda: esimerkiksi **lista=strarr(100)**. Alkiot on alustettu tyhjiksi merkkijonoiksi.

# IDL - taulukot

- Usein halutaan taulukoita, joiden arvot on alustettu valmiiksi muuttumaan tasavälisesti. Tämä tapahtuu seuraavasti:

```
IDL> a=indgen(5)
IDL> print,a
      0 1 2 3 4
IDL> help,a
      A INT = Array[5]
IDL> b=findgen(5)
IDL> print,b
      0.00000 1.00000 2.00000 3.00000 4.00000
IDL> help,b
      B FLOAT = Array[5]
```

- Edelleen lindgen, dindgen, ...

# IDL - taulukot

- ▶ HUOM! IDL:ssä taulukon ensimmäisen alkion indeksi on 0 (esim. `a(0)`). Edellisissä viisialkioisissa taulukoissa viimeisen alkion indeksi on siis 4, eikä 5 (esim. `a(4)`).

- ▶ Alkioihin voi myös viitata helposti:

```
IDL> print,a
      0 1 2 3 4
IDL> print,a(0)
      0
IDL> print,a(5)
% Attempt to subscript A with <INT ( 5)> is out of range.
% Execution halted at: $MAIN$
IDL> print,a(4)
      4
```

- ▶ Alkioiden arvoja voi myös muuttaa samalla tavalla:

```
IDL> c=indgen(6)
IDL> print,c
      0 1 2 3 4 5
IDL> c(4)=1234
IDL> print,c
      0 1 2 3 1234 5
```

# IDL - taulukot

- Aiemmin oli jo mainittu, että operaatioita voidaan kohdistaa suoraan taulukoihin. Esimerkiksi:

```
IDL> help,a,b
      A INT = Array[5]
      B FLOAT = Array[5]
IDL> print,a,b
      0 1 2 3 4
      0.00000 1.00000 2.00000 3.00000 4.00000
IDL> print,a+b
      0.00000 2.00000 4.00000 6.00000 8.00000
IDL> print,a*b
      0.00000 1.00000 4.00000 9.00000 16.00000
```

# IDL - moniulotteiset taulukot

- ▶ Moniulotteisten taulukoiden luominen onnistuu yksinkertaisesti esimerkiksi **`a=fltarr(100,100)`**. Tämä luo kaksiulotteisen taulukon, jossa on 10 000 alkia.
- ▶ Vastaavasti voidaan käyttää esim. **`a=findgen(100,100)`**.
- ▶ Yksittäisiin alkioihin viittaaminen:
  - ▶ **`a(rivi,sarake)`**.
  - ▶ **`a(0,0)`** – ensimmäisen rivin ensimmäinen sarake.
  - ▶ **`a(*,0)`** – koko ensimmäinen sarake.
  - ▶ **`a(*,0:4)`** – viisi ensimmäistä saraketta.
  - ▶ **`a(0:4,0:4)`** – viiden ensimmäisen rivin viisi ensimmäistä saraketta.

# IDL - moniulotteiset taulukot

- ▶ Eli jos  $a$  on  $2 \times 3$  matriisi:

$$\begin{array}{cc} a(0,0) & a(0,1) \\ a(1,0) & a(1,1) \\ a(2,0) & a(2,1) \end{array}$$

- ▶ Tällöin tallennusjärjestys muistissa on:  $a(0,0)$ ,  $a(0,1)$ ,  $a(1,0)$ ,  $a(1,1)$ ,  $a(2,0)$ ,  $a(2,1)$ .
  - ▶ Moniulotteiseen taulukkoon voidaan viitata myös yksiulotteisena, esimerkiksi:  $a(0,1) = a(1)$  ja  $a(2,1) = a(5)$ .



# IDL - taulukko-operaatioista

- Taulukon suurimman ja pienimmän arvon saa komennoilla **max** ja **min**:

```
IDL> x=findgen(10)
IDL> print,min(x),max(x)
      0.00000 9.00000
```

- Sekalaisen taulukon voi järjestää **sort**-komennon avulla, joka palauttaa taulukon suuruusjärjestystä vastaavat indeksit.

```
IDL> x=[3,7,12,7,126,8,12]
IDL> ind=sort(x)
IDL> print,ind
      0 1 3 5 2 6 4
IDL> print,x(ind)
      3 7 7 8 12 12 126
```

- Ja taulukosta voi etsiä alkioita **where** komennolla, joka palauttaa annetut ehdot täyttävät indeksit.

```
IDL> x=findgen(10)
IDL> ind=where(x lt 5. and x ge 1.)
IDL> print,x(ind)
      1.00000 2.00000 3.00000 4.00000
```

# IDL - datan graafinen esittäminen plot-proseduurilla

- ▶ Komennolla **plot** voidaan esittää yksiulotteisten taulukoiden sisältöä. Yksinkertaisimmillaan:  

```
IDL> x=findgen(10)  
IDL> plot,x
```
- ▶ Tai esimerkiksi:  

```
IDL> x=findgen(10)  
IDL> y=sin(x)  
IDL> plot,x,y
```
- ▶ Käytännöllisimmät lisäparametrit (keywordit):
  - ▶ **psym=x** – plottausymboli, esimerkiksi psym=2 plottaa tähdet datapisteisiin.
  - ▶ **color=x** – plotin väri. Riippuu käytetystä väripaletista.
  - ▶ **linestyle=x** – viivan tyyli, esimerkiksi linestyle=2 on katkoviiva.
  - ▶ **title='otsikko', xtitle='x-akseli', ytitle='y-akseli'.**

# IDL - data graafinen esittäminen plot-proseduurilla

- Komennolla **oplot** voi piirtää aiemman plotin päälle:

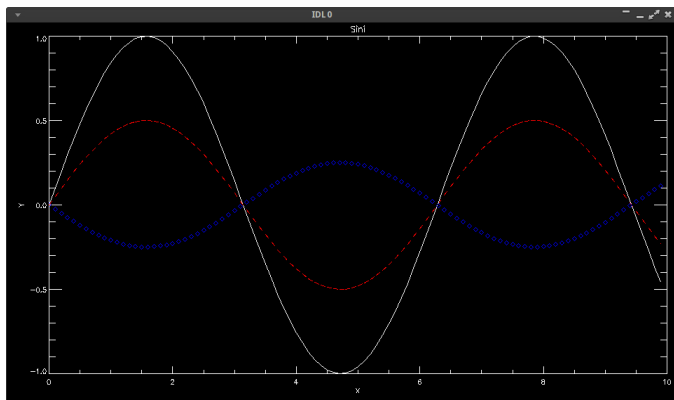
```
IDL> x=findgen(100)/10.
```

```
IDL> y=sin(x)
```

```
IDL> plot,x,y,xtitle='X',ytitle='Y',title='Sini'
```

```
IDL> oplot,x,y/2.,color=2,linestyle=2
```

```
IDL> oplot,x,-y/4.,color=4,linestyle=4,psym=4
```



# IDL - datan graafinen esittäminen plot-proseduurilla

- ▶ Komennolla **window** voidaan avata ennen plottausta uusi ikkuna, johon plot-komento piirtää.
- ▶ Kun avaa uuden ikkunan vapaaseen ns. ikkunaindeksiin ei seuraava plot-komento piirrä edellisen kuvaajan päälle.
- ▶ Avainsanoilla voidaan kontrolloida esimerkiksi ikkunan kokoa pikseleissä. 800x800 pikselin kokoinen ikkuna ikkunaindeksiin 1 avautuu komennolla:
  - ▶ `window,1,xsize=800,ysize=800.`
- ▶ Vapaaseen ikkunaindeksiin voi avata ikkunan käyttämällä /free-avainsanaa:
  - ▶ `window,/free,xsize=800,ysize=800.`
- ▶ Aktiivisen ikkunan voi katsoa komennolla: `print, !d.window`
- ▶ Ikkunan muuttaminen aktiiviseksi komennolla:  
`wset, ikkunaindeksi`
- ▶ Ikkunan voi myös sulkea komennolla:
  - ▶ `wdelete, ikkunaindeksi`

# IDL - kehittyneempi plot()-funktio

- ▶ IDL:ssä on myös kehittyneempi funktio kuvaajien tekemistä varten, jonka syntaksi on hieman erilainen.
- ▶ Toisaalta tämä funktio tarjoaa interaktiivisen ikkunan kuvaajan tarkempaan muokkaamiseen.
- ▶ Peruskäsky on **plotinnimi=plot(data)**, esimerkiksi:

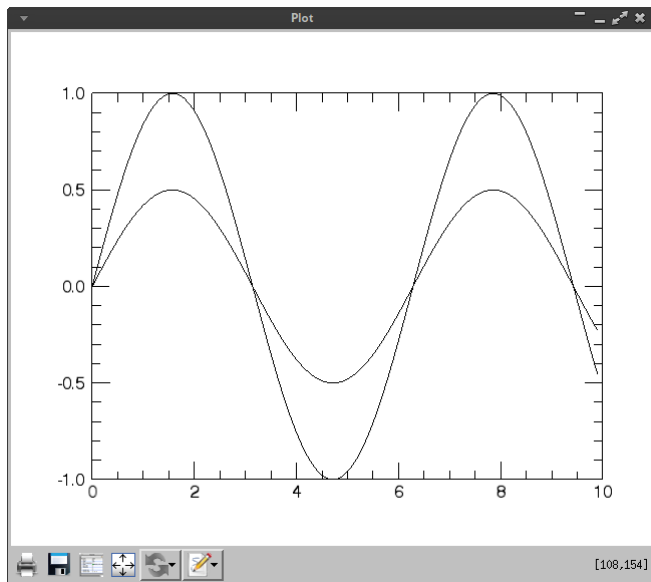
```
IDL> x=findgen(100)/10.  
IDL> y=sin(x)  
IDL> omaplotti=plot(x,y)
```

- ▶ Aiemman kuvaajan päälle voi piirtää käyttämällä avainsanaa **/overplot**, esim:

```
IDL> omaplotti=plot(x,y/2.,/overplot)
```

- ▶ Ikkunan valikoista voi editoida muun muassa viivatyylä, plottaussymboleita, sekä kuvaajan voi tallentaa tai printata (mahdollista myös komentotilassa, katso manuaalista tarkemmin).

# IDL - kehittyneempi plot()-funktio



# IDL - kehittyneempi `plot()`-funktio

- ▶ Jokainen `a=plot()`-kutsu (ilman `/overplot` avainsanaa) avaa uuden ikkunan, toisin kuin yksinkertaisempi `plot`-proseduuri.
- ▶ `plot`-proseduuri ja `plot()`-funktio käyttävät myös täysin eri ikkunaindeksejä, joten ne eivät voi mennä sekaisin.
- ▶ Ikkunan indeksi on nyt muuttuja johon `plot()`-kutsu viittaa, ja akviinen ikkuna on uusin avattu.
- ▶ Esimerkiksi avataan kaksi plottia a ja b:
  - ▶ `a_plotti=plot(x,y)`
  - ▶ `b_plotti=plot(x,y)`
- ▶ Jos nyt halutaan esimerkiksi muuttaa aktiivinen ikkuna takaisin a-plotiksi koska haluamme piirtää sen päälle. Tämä onnistuu komennolla:
  - ▶ `a_plotti.window.setcurrent`