

ATK tähtitieteessä 2021

Osa 2 - IDL perusominaisuudet

Wednesday 8th September, 2021

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 kokonaisuin 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 kallis ja monet instituutitkin ovat jättäneet sen ostamatta. Esim. Python on ilmaisena vartenotettava 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`
- ▶ Voit valita kumpaa tapaa käytät. 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
```

- ▶ Komentojen syntaksi on seuraava:

```
KOMENTO, parametri1, parametri2, ..., keyword1=value, keyword2=value, ...
```

- ▶ Harjoituksissa on paljon esimerkkejä interaktiivisesta käytöstä.
- ▶ Voit myös ajaa normaaleja Linux-komentorivin komentoja lisäämällä **\$**-merkin alkuun (esim. **\$ls**).
- ▶ IDL ei tee eroa isojen ja pienten kirjainten välillä kuten jotkin muut ohjelmointikielet, tai Linux-terminaali yleensä.
Esim `a=5 & print,a,A` sama tulos
Huom merkkimuuttujat: 'esim' ja 'Esim' eri muuttujia

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)** → kulma α , jolle $y = \sin(\alpha)$ ja $x = \cos(\alpha)$.

```
IDL> print,atan(1,0)*!radeg
          90.000
!radeg = 57.2958 muunnos radiaaneista asteiksi
!pi = 3.14159 vakion pi arvo
```
 - ▶ **sinh(x), cosh(x), tanh(x)**
 - ▶ **exp(x), sqrt(x), abs(x)** – eksponenttifunktio, neliöjuuri ja itseisarvo.
 - ▶ **alog(x), alog10(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 useimmiten kovin kätevää. Eri tyyppiä olevien taulukoiden luonti käy helpommin seuraavilla funktioilla:
 - **a=fltarr(100)** – luo 100 alkioisen liukulukutaulukon muuttujanimele 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 maininta, 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 16.0000
```

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.
- ▶ Alkioihin viitattaessa voi kaarisulun sijasta käyttää myös hakasulkuja

IDL - moniulotteiset taulukot

- ▶ Jos a on 2×3 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 $a(2,1) = a(5)$.
- ▶ Kaksiulotteisia taulukoita voi luoda myös vektorien ulkotulo-operaattorin `#` avulla:

```
IDL> help,[1,2] # [2,3,4]
      <Expression> LONG = Array[2, 3]
IDL> print,[1,2] # [2,3,4]
      2 4
      3 6
      4 8
```


IDL - taulukko-operaatioista

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

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

- Sekalaisen taulukon voi järjestää **sort**-funktion 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** funktiolla, 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:

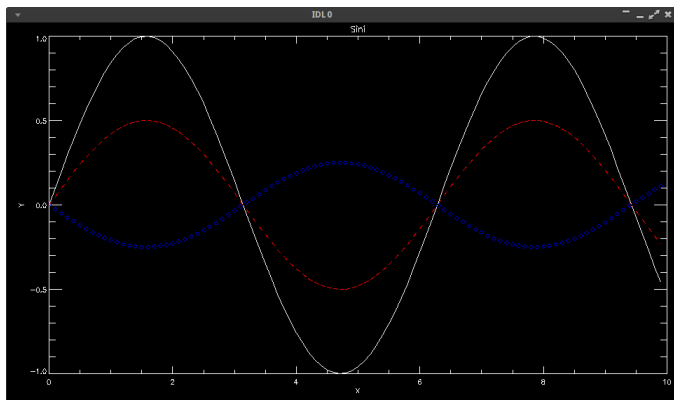
```
IDL> x=findgen(100)/10.
```

```
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.
- ▶ Tämä funktio on hitaampi, mutta tarjoaa interaktiivisen ikkunan kuvaajan tarkempaan muokkaamiseen.
- ▶ Peruskäsky on **plotinnimi=plot(data)**, esimerkiksi:

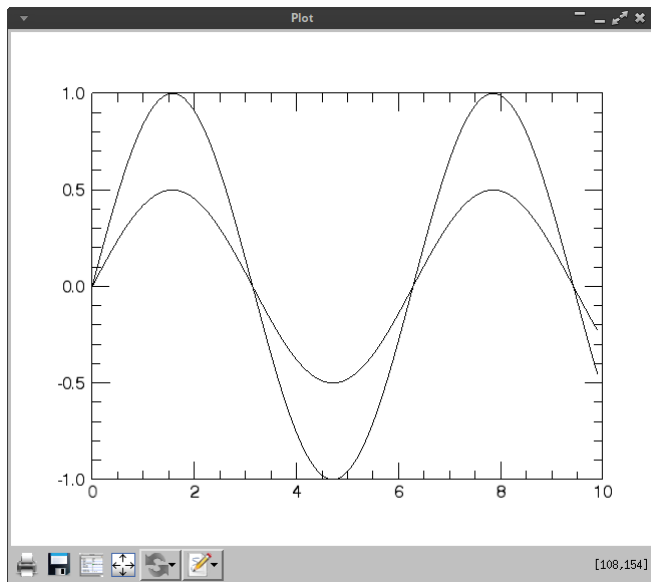
```
IDL> x=findgen(100)/10.  
IDL> y=sin(x)  
IDL> omaplotti=plot(x,y)
```

- ▶ 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 aktiivinen 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`

Seuraavilla luennoilla:

- ▶ Miten kirjoittaa IDL pääohjelmia, aliohjelmia ja funktioita
- ▶ Erilaiset komentorakenteet (silmukat, ehto-lauseet)
- ▶ Datan luku ja kirjoitus
- ▶ Yksinkertaisia (mutta hyödyllisiä) sovellutuksia

Muista IDL:n manuaali (?) ja verkosta löytyvät ohjeet/esimerkit!