

## 2MASSカタログ勉強会

中島 康

2007.9.13

於 計算センター

2MASSカタログはどのように作成されたか  
2MASSドキュメントからいくつかを紹介する。  
また、カタログにはどのような項目があるのか  
どのようにカタログを使えばいいのかを勉強する。

### 元の資料

2MASSのページ <http://www.ipac.caltech.edu/2mass/>

2MASS Documentation

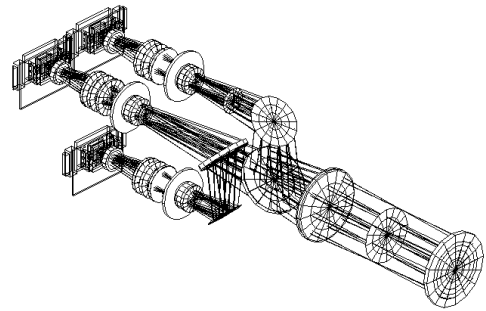
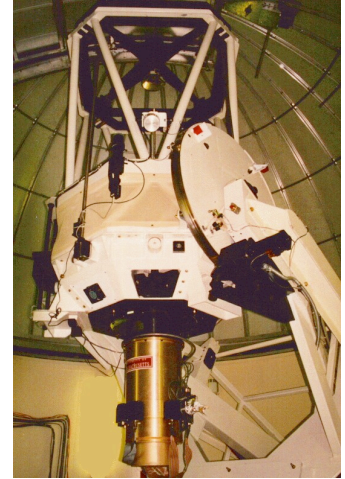
<http://www.ipac.caltech.edu/2mass/releases/docs.html>

The 2MASS All-Sky Data Release and Extended Mission  
Ancillary Products

<http://www.ipac.caltech.edu/2mass/releases/allsky/doc/explsup.html>

## 2MASS project overview

- ・南北2台(Mt. Hopkins, Arizona, and Cerro Tololo, Chile)の1.3m望遠鏡
- ・赤外カメラ(256x256 array x 3-bands; 3バンド同時カメラ)
- ・波長 : J( $1.24\mu\text{m}$ ), H( $1.66\mu\text{m}$ ), Ks( $2.16\mu\text{m}$ )
- ・North : 1997/6 - 2000/12 : 691 nights (使えた夜数)
- ・South : 1998/3 - 2001/2 : 750 nights
- ・rawdata : 24.5TB
- ・covering 99.998%
- ・All-Sky Data Release
  - ・Point Source : 470,992,970
  - ・Extended Source : 1,647,599
  - ・Image Atlas : 4,121,439



### Notes :

#### Sky Coverage

Image Atlas : 99.998%

PSC : 99.65% (J), 99.51%(H), 99.56%(Ks)

XSC : ~98%

足りない分は主に明るい星をマスクした効果。

- ・ Physical Gap : 望遠鏡のpointing error ( $0.71\text{ deg}^2$ )
- ・ Effective Gap in the catalog : tileの端から 10" (PSC), 15"(XSC)以上離れたソースのみ拾っている。  
tileのペアの重なりが20"以下だとカタログにはのらないものが生じる。  
( $1.26\text{deg}^2$  for PSC,  $1.65$  for XSC)
- ・ 明るい星 :  $106\text{ deg}^2$  at J,  $156\text{ deg}^2$  at H,  $178\text{ deg}^2$  at K
- ・ Effective loss of faint source coverage due to confusion in the Galactic plane

## Executive Summary of 2MASS All-Sky Release Data Products

### 1. Point Source Catalog (PSC) : 470,992,970

Positions, magnitudes, astrometric and photometric uncertainties, flags indicating the quality of the source characterizations, associations with Tycho 2 or USNOA-2.0 optical catalog sources, known solar system objects are presented for each source.

### 2. Extended Source Catalog (XSC) : 1,647,599 (97%がgalaxy)

Positions, magnitudes measured in a wide variety of ways, photometric uncertainties, associations with several external catalogs, a number of flags and scores indicating the quality of the measurements, the likelihood of "extendedness" are presented for each source.

### 3. Image Products

#### a) Atlas Images

1,373,813 x 3 (=4,121,439)枚のAtlas ImageというFITS画像

8.5' x 6°のSurvey Tileというユニットが59,731ある。

Tileは23枚のAtlas Imageに分割される。

そのうち22枚は512x1024(1"/pix)、1枚は512x698(1"/pix)

( camera-pixelは2"/pix, atlasは1"/pix )

位置と測光キャリブレーションのデータがヘッダに記載

Quicklook Imageというのもwebで配給されている。

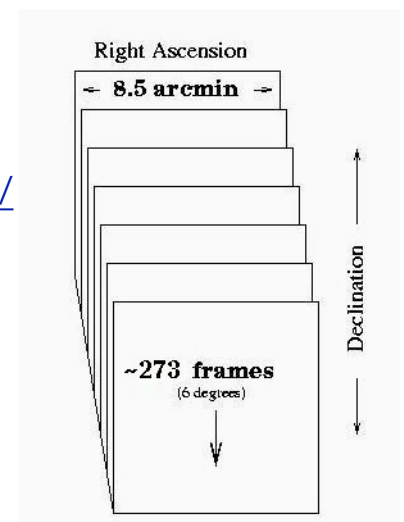
<http://irsa.ipac.caltech.edu/applications/2MASS/QL/>

1/20に圧縮したデータ。測光には向かない。

#### b) Extended Source Postage Stamp Images

XSCのソースの周辺の切り出し。

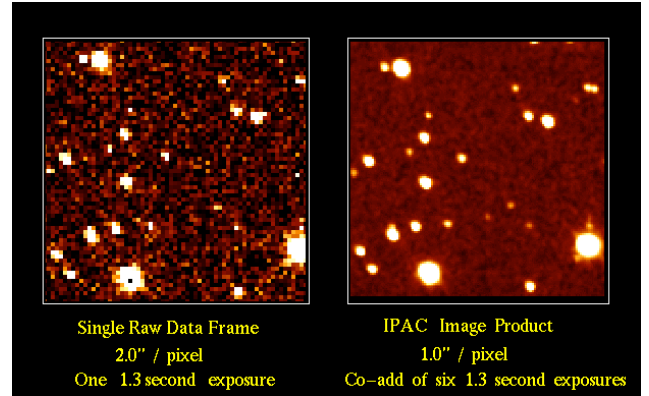
21"x21"から301"x301"までサイズが選べる。



## Data Acquisition

### .Scanning Strategy

- .赤緯方向に57"/秒でスキャン。Reset-Read(R1:51ms)-Read(R2:1.351s)の1.3 secのあいだ副鏡を動かすことで視野を固定。
- .視野の1/6移動して次の視野へ。
- .1.3secx6=7.8secが1点での総積分時間。
- .sub-pixel ditheringで空間分解能をあげる。  
2.0"/pixel(Camera)->1.0"/pixel (Atlas)
- .このようにして6°x8.5'のTileをサーベイ
- .Tileの端に来ると、50"ほどのオーバーラップを作って隣のTileを作る。
- .全天は59,650のTilesに分割される。(実際のデータベースには59,731のTile->Gapを埋めるため。



### .Photometric Calibration Strategy

- .UKIRT or Las Campanas (Persson et al. 1998) の標準星を含むCalibration Tile (8.5' x 1°)を1時間に1つ観測
- .一晩には2-3の種類 Tileを選んで観測(てんでバラバラなTileを選ばない)
- .同じTileをなるべく連続して観測しない
- .2-3のTileが一晩を通して、色んな高度で観測される
- .これらは長期にわたる大気吸収補正式の作成に使われる
- .各Calibration Tileは600-3500回に渡って観測され、2次標準星カタログが作られた。(Nikolaev et al. 2000)
- .これらの多くの2次標準星を用いてゼロ点の決定がなされる

## Achieved performance

Dynamic Range	>20 magnitudes (-4 through 16 mag at $K_s$ )
$10\sigma$ photometric sensitivity at J, H, $K_s$ in unconfused regions	100% of coverage better than 15.9, 15.0, 14.3 mag 50% of coverage better than 16.4, 15.5, 14.8 mag Most sensitive coverage at 16.8, 16.0, 15.3 mag
Photometric Precision	$[jhk]_{\text{cmsig}} < 0.03$ mag for bright ( $[jhk]_m < 13.0$ mag) stars
Photometric Uniformity	< 2% maximum photometric bias for any point on the celestial sphere
Astrometric Accuracy	<100 mas absolute relative to the Hipparcos reference frame for $[jhk]_m < 13.5$ mag
Completeness	> 99% for $ph\_qual="A"$ sources (i.e. $>10\sigma$ )
Reliability	> 99.95% for $ph\_qual="A"$ sources

### Note :

#### Dynamic range

- 赤外アレイの読み出しで、double-samplingをしている。Resetの後に51msでRead1(R1)、1.351sでRead2(R2)をサンプルしている。通常の赤外の生データはこのR2-R1の1.3sec積分である。2MASSではR1もデータとして残して、明るい星の測光を行う。[1.3secの場合、(J,H, $K_s$ )=(9.5,9.0,8.5)くらいでサチり始める。] そのためダイナミックレンジが広い。
- それでもサチる星の場合、PSFのwingの部分を使ってのanalytic modelで測光を行う。(0.1-0.2等の精度) 最も明るい星はOri  $\alpha$  (J=-2.99,H=-4.01, $K_s$ =-4.38)

#### Astrometric Accuracy

Tycho 2 カタログを参照した。(ICRS)  
9 <  $K_s$  < 14 の範囲で70-80 masの精度。もっと明るい星で120 mas。  
Distortion補正のテーブルを作成 (USNO-A)。それによって星の少ない視野でもパフォーマンスがあがった。(注: Atlas imageには適用されていない。)

## Point Source Catalog : Column description

カタログには大きく分けて次の内容が記載

- ・Positional information
- ・Photometric information
- ・Source quality information
- ・Optical source association information
- ・Cross-index information

see

[http://www.ipac.caltech.edu/2mass/releases/allsky/doc/sec2\\_2a.html](http://www.ipac.caltech.edu/2mass/releases/allsky/doc/sec2_2a.html)

いくつかのColumnについて。。

**j\_m, (h\_m, k\_m)** : 等級、もしくは等級の下限值(the 95% confidence upper limit derived from a 4" radius aperture measurement)。等級がどのように測定されたかは後述のrd\_flgに記載。

**j\_cmsig** : photometric uncertainty; PSF測光のときprofile-fitting error、aperture測光のとき6(or 6<) frameのRMS、等。

**j\_msigcom** : total photometric uncertainty

$$j\_msigcom = \sqrt{j\_cmsig^2 + j\_zperr^2 + fferr^2 + [r1normrms^2]}$$

*j\_zperr* = Nightly photometric zero point uncertainty = 0.011 mag

*fferr* = Flat-fielding residual error = 0.005 mags

*r1normrms* = R1 normalization uncertainty = 0.012 mags (if rd\_flg=1)

**j\_snr** : signal-to-noise ratio

**rd\_flg** : Read flag. one character per band [JHK<sub>s</sub>]

default magnitude(j\_m, h\_m, k\_m)では最もベストなものが選ばれて記載される  
rd\_flgにはどの方法を使ったかが記載される

- i. Non-Saturated “Read2-Read1” (J>9, H>8.5, K<sub>s</sub>>8 mag)
  - Profile-fit photometry : rd\_flg= “2”
  - Aperture photometry : rd\_flg= “4”
- ii. Non-Saturated “Read1” (4.5<J<9, 4<H<8.5, 3.5<K<sub>s</sub><8 mag)
  - Aperture photometry : rd\_flg= “1”
- iii. Saturated “Read1” (J<4.5, H<4, K<sub>s</sub><3.5 mag)
  - 1-d Radial Profile Fitting : rd\_flg= “3”
- iv. Upper Limits
  - Non-Detections : rd\_flg= “0”  
そのバンドでは受かっていない場合。upper limitはnoise levelの2倍
  - Inconsistently Deblended Sources : rd\_flg= “6”  
ちゃんと分解されなかった多重ソース
- v. Detections with Failed Measurements (rd\_flg= “9”)
  - technicallyには検出されたが、useful measurementはできなかった。フレームの端のほうとか、detectorがnoisyになったときとか

**cc\_flg** : Contamination and confusion flag.

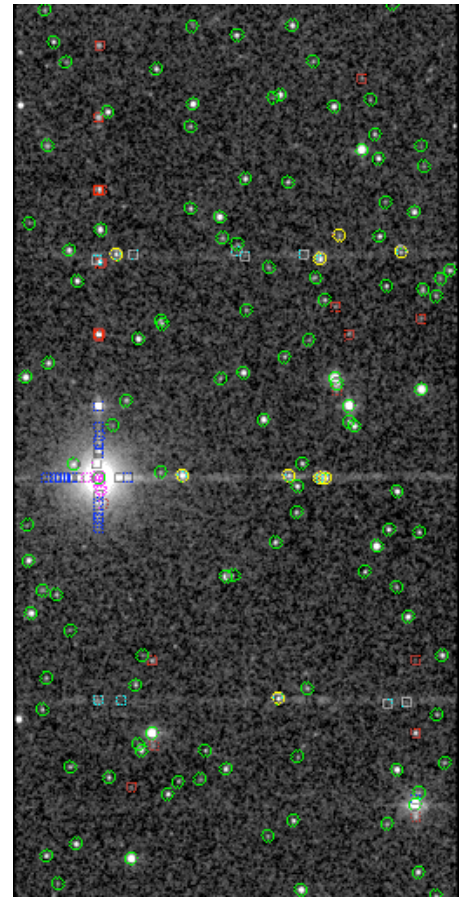
cc_flg Value (1 per band)	Nature of Contamination or Confusion	N(J)
0	Source is unaffected by artifacts, or source not detected in that band	37505929
p	<a href="#">Persistence (Latent) Image from Bright Star</a>	243879
c	<a href="#">Confusion with nearby brighter source</a>	9067950
d	<a href="#">Nearby Diffraction Spike</a>	13328
s	<a href="#">Horizontal "Stripe" due to Bright Star</a>	266740
b	<a href="#">Confusion in Bandmerging</a>	1468

2つ以上該当する場合、上の表でより上にあるものが優先される。



青 : Diffraction spike  
赤 : Persistence image (北側に残る)  
マゼンダ : 明るい星のwing  
シアン : stripe (256" northとsouth)  
ブラウン : Filter and Dichroic glint  
緑: リアル  
黄: たぶんリアル

人工的なsourceは明るい星との位置関係、明るさから判断される  
人工物の可能性の高いものは最終的なカタログには載らない  
リアルな天体と思われるが、明るい星との位置や明るさから、artifactであり得るものにはcc\_flagがつけられる



**n\_det** : Frame detection statics.

3sigma以上のdetectionがあったものの数と測定可能(マスクピクセル等がなかった)なフレームの数が記されている。

"665634"だとJバンドは6枚全部で可能で6個のdetection、Hバンドは6枚で可能で5枚でdetection、Kバンドは4枚で可能で3個のdetectionがあった。

Atlas imageで検出された全てのnon-saturated sourceにはaperture測光が行われる。 測光はindividual framesで行われる

signal-to-noise ratioが>8-9のソースは全てのindividual framesで測定可能なはずで、もし、可能なフレームよりもdetectionが小さい場合には測定のintegrity (完全性)を疑ってみること。



# Catalogを使ってみる

Gatorを使う

<http://irsa.ipac.caltech.edu/applications/Gator/>

CurlコマンドでVizierからとる

```
$url = "\"http://vizier.nao.ac.jp/viz-bin/asu-acl?-source=2MASS&-c.ra=${ra}&-c.dec=${dec}&-c.bm=${box}&-out.max=99999\"";  
curl -# -o 2mass.out -O $url
```

## Gatorからとってきたカタログの例

```
\RowsRetrieved = 2267  
\QueryTime = 00:01:15.67455  
\ORIGIN = 'IPAC Infrared Science Archive (IRSA), Caltech/JPL'  
\DATETIME= '2007-09-06 21:35:24'  
\DataTag = 'ADS/IRSA.Gator#2007/0906/213524_17486'  
\DATABASE= '2MASS All-Sky Point Source Catalog (PSC) (fp_psc)'  
\EQUINOX = 'J2000'  
\SKYAREA = 'within 5 arcmin of ra=270.00000 dec=-20.00000 Eq J2000 '  
\SQL = 'WHERE (no constraints)  
\SQL = 'SELECT (23 column names follow in next row.)'  
\ j_h -> Reference: Input column(s): j_m, h_m, k_m, rd_flg  
\ h_k -> Reference: Input column(s): j_m, h_m, k_m, rd_flg  
\ j_k -> Reference: Input column(s): j_m, h_m, k_m, rd_flg
```

ra	dec	designation	j_m	j_cmsig	j_msigcom	j_snr	h_m	h_cmsig	h_msigcom	h_snr	k_m	k
double	double	char	double	double	double	double	double	double	double	double	double	double
deg	deg		mag	mag	mag		mag	mag	mag		mag	
null	null	null	null	null	null	null	null	null	null	null	null	null
269.912676	-20.004765	17593904-2000171	13.654	0.065	0.066	49.1	12.363	0.055	0.056	54.2	11.714	
269.988151	-19.967873	17595715-1958043	15.196	0.075	0.076	11.9	14.042	0.075	0.075	10.1	13.737	
269.999556	-20.013144	17595989-2000473	11.756	0.038	0.040	281.9	10.863	0.042	0.043	187.8	10.566	
269.937479	-20.020494	17594499-2001137	12.348	0.036	0.038	163.4	11.446	0.041	0.042	126.0	11.176	
269.961805	-19.949009	17595083-1956564	13.883	0.028	0.030	39.7	13.466	0.042	0.043	17.1	13.274	
269.946176	-19.978830	17594708-1958437	13.880	0.091	0.092	39.9	12.682	0.075	0.075	35.2	12.243	
269.926421	-19.993885	17594234-1959379	14.471	0.065	0.066	23.1	13.426	0.053	0.053	20.4	13.127	
269.986014	-20.018206	17595664-2001055	13.693	0.029	0.032	47.3	12.654	0.024	0.025	36.1	12.307	
269.946862	-20.025407	17594724-2001317	14.322	0.047	0.048	26.5	13.160	0.046	0.047	22.6	12.865	

## 課題

“Search for reference A0 dwarf stars ... “ Gerbaldi, M. et al. 1999, A&AS, 137, 273

のA0 dwarfsを2MASS Point Source Catalogから検索せよ。そして、それらのJ-H, H-Ks colorをcolor-color-diagramにプロットせよ。また、平均と分散を求めよ。

このとき、2MASSのflagによってどのように異なるか、また、論文のA0 dwarfのいくつかはdouble systemであったりvariableであるが、それらを区別するとどうなるか？

## Appendix

Quality Assurance

[http://www.ipac.caltech.edu/2mass/releases/allsky/doc/sec4\\_10.html](http://www.ipac.caltech.edu/2mass/releases/allsky/doc/sec4_10.html)

走り書き

<http://optik2.mtk.nao.ac.jp/~yas/2mass/2mass-QA.pdf>