

測光・変光星検出のための自動解析ツール

松永典之（東京大学・木曽観測所）

変光星探査のデータ解析のために作成したツールから、他のデータへ汎用的に
利用できそうないくつかの部分を独立させてまとめ、Webで公開しています。
ぜひ、ご利用ください。お手元のデータでうまくいかないや改良の要望
などについても、お気軽にお問い合わせください。

<http://www.ioa.s.u-tokyo.ac.jp/~nmatsuna/software/>

- ①OPM: 天体リストの座標系の変換して同定 ②autodao: IRAF/DAOPHOTの測光を自動化
③cmdxym: 色等級図・二色図をプロット ④seqxym: 複数の測光結果をまとめて変光を調査

1. OPM

OPM(Optimistic Pattern Matching)は、Tabur(2007, PASA, 24, 189)が開発した高速で座標変換式を求めるアルゴリズムです。天球上の座標が求められている天体リストでも、撮像データで検出した星のリストでも座標系の変換式を求め、2つのリストで共通する天体を同定することが出来ます(後者の場合には画素サイズ[arcsec/pix]が必要)。これは多くの場合に既知なので、それを最大限利用し高速に同定を行うのがOPMの特徴です。

in1.xym

in2.xym

40.827	361.522	-13.187
699.998	789.890	-12.525
735.464	618.256	-12.386

57.362	-10.204	6.193
503.546	100.861	6.516
331.661	386.354	7.291

FITS画像で検出した天体の
XY座標と機械等級

外部のカatalogから作成したリスト。
基準とする座標から東西南北の
シフト[arcsec]と等級。

out

```
# xref = -4.55570e-01 xobj + 4.37565e-03 yobj + 2.50086e+02
# yref = 4.87554e-03 xobj + 4.52429e-01 yobj + -2.24435e+02
1 40.83 361.52 233.07 -60.67 -13.187 2 233.06 -60.77 6.516 0
78 426.50 988.21 60.11 224.74 -10.945 3 60.97 224.59 7.291 0
2 700.00 789.89 -65.36 136.35 -12.525 6 -65.42 136.19 7.462 0
```

上の2つのリストから共通する天体を
同定し、各行に各天体を出力した。
座標の変換式(1次)も記載。

3. cmdxym

2つ(または3つの)フィルターで得た画像の測光結果(位置座標と等級)を合成して、色等級図・二色図をプロットします(あるいはプロットするためのテキストファイルをまとめます)。

J.xyme

H.xyme

K.xyme

812.02	88.32	7.450	0.006
636.89	57.61	8.790	0.008
240.81	695.46	8.828	0.004

FITS画像で検出した天体のXY座標と
等級とその誤差。観測波長の異なる
3つのファイル。

810.61	91.70	7.765	0.114
--------	-------	-------	-------

7.575	0.009
7.602	0.016
7.765	0.114

7.602	0.016
7.765	0.114

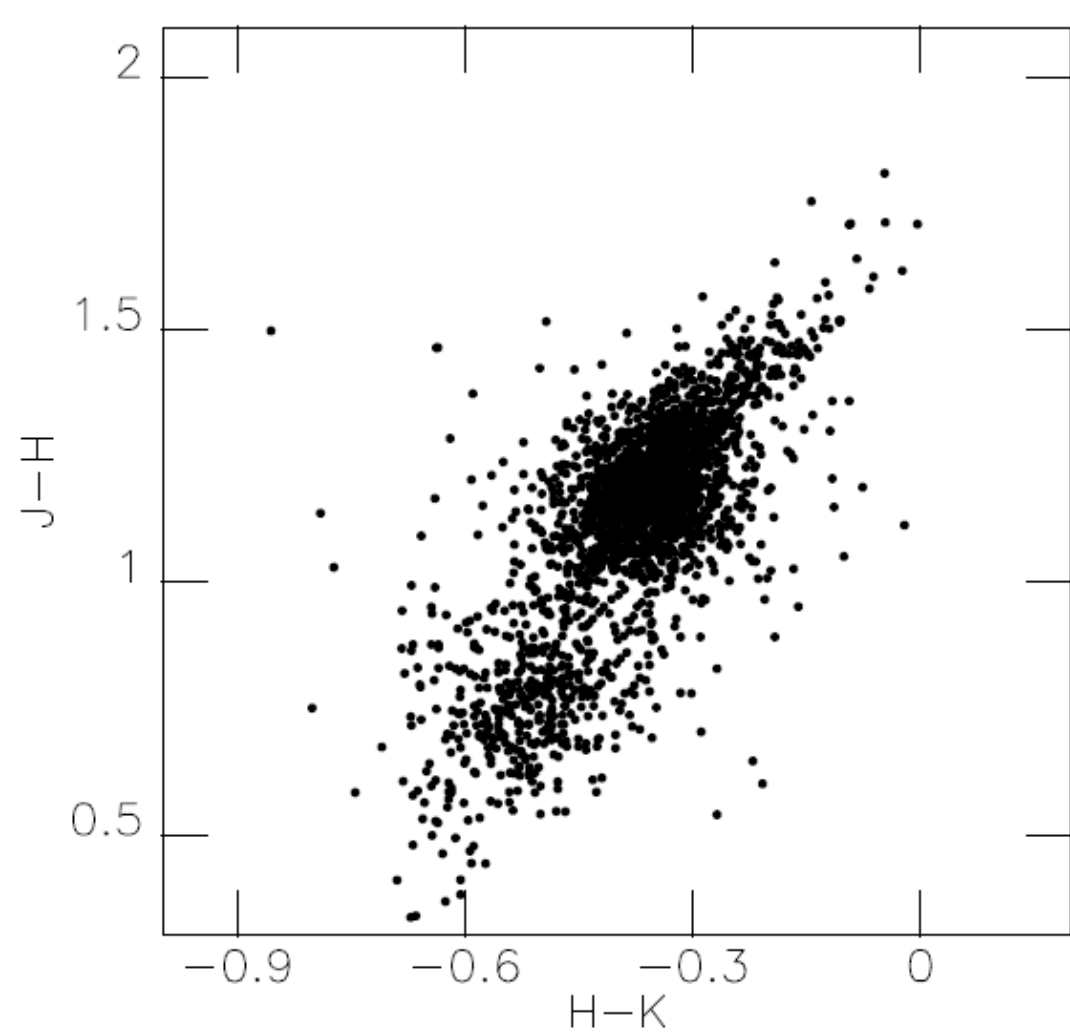
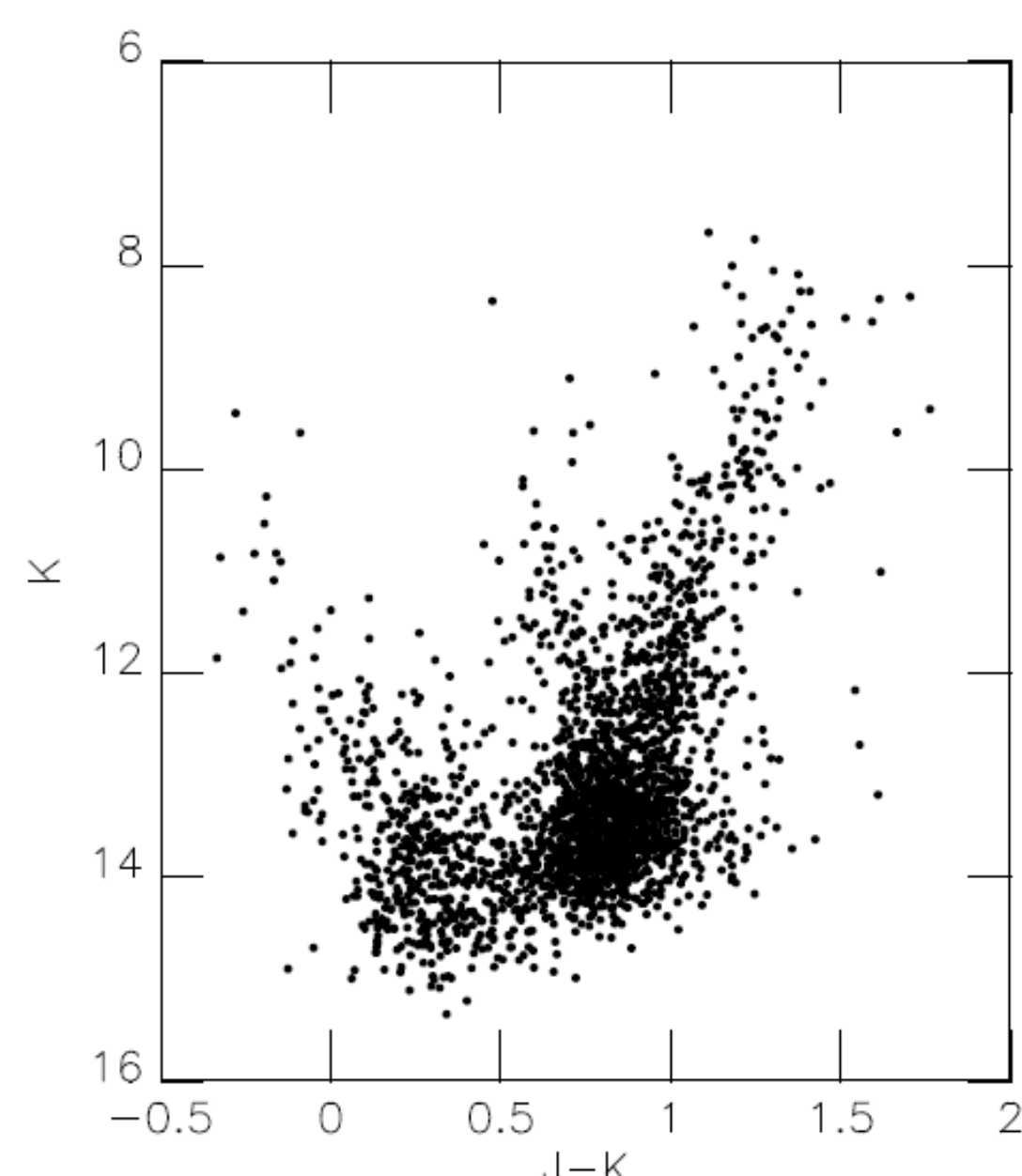
7.765	0.114
-------	-------

628.57	471.18	8.006	0.008
--------	--------	-------	-------

JHK.out

2	636.89	57.61	8.790	0.008	2	636.28	62.910	7.602	0.016	0	1	633.22	...
3	240.81	695.46	8.828	0.004	5	239.28	701.070	7.881	0.003	0	12	234.64	...
4	661.98	785.24	8.989	0.003	1	660.95	790.950	7.575	0.009	0	2	653.10	...

3つのファイルから同定できるもの
を選んで各波長での位置・等級・誤差を
まとめたもの。各ファイルで何行目に
リストされていたかの情報も記載します。



※OPMでは測光誤差を考慮しませんが、cmdxym(およびseqxym)では誤差を含めて結果をまとめることが出来ます。

※OPM・cmdxym・seqxymの各ソフトで実際に図をプロットするためには、PGPLOTを利用しています。プロットに必要なテキストファイルを出力しますので、PGPLOTでなくても任意の描画ツールでプロットすることが出来ます。

2. autodao

IRAFのDAOPHOTパッケージを用いて、自動で測光を行うCLスクリプト群を作成しました。ある画像に対して、PSFを作成し、天体を検出して、PSFをフィットして測光を行う作業を半自動的に行えます。PSFに使う星のチェックを厳しく行う必要がない場合や、どの星をPSF作成に使うかすでにわかっている場合、全体を自動的に解析することが可能です(ただし、画像のシーイングサイズ等は別に求めておく必要があります)。

apset.cl	DOAPHOTで使うパラメータ(pset)を設定。
aselect.cl	PSF作成に使う星を選択。
apstck.cl	選んだPSF星のチェック。
apsf.cl	選り出された星を使ってPSFを作成。
adetct.cl	測光すべき天体を検出。
aphot.cl	上で検出した天体にPSFをフィットして測光。
aapcorr.cl	PSFフィットによる等級とaperture等級の差を補正。
autoseq.cl	上記7つのステップを連続して行います。

※PSFの作成は、他の天体を差し引いた後の画像で行います。必要ならば、一回検出した星を引き去った後にさらに暗い星の検出を行うこともできます。

4. seqxym

複数の測光結果(位置と等級)から、そこにある星の変光データを取りまとめて、変光曲線が作れるようにします。ただし、どの天体が変光星であるかを判断することはせず、全天体の時系列データをまとめます。どの天体がどのような平均等級・等級の分散・振幅をもつかというリスト(下のobjlist)と、各天体ごとに等級の変化を列記したリスト(下のseq1.dat)を出力します。

Day1.xyme

Day2.xyme

788.100	110.890	-12.658	0.007
612.830	80.430	-11.659	0.013
218.010	719.250	-11.299	0.006

FITS画像で検出した天体のXY座標と
等級とその誤差。各観測時点ごとに
1つのファイル。

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800	68.610	-11.619	0.006
---------	--------	---------	-------

625.800
