

1. イントロ

赤色変光星 (Red Variables) <— 脈動 Keeley 1970

明るいので銀河面構造研究 Kharchenko et al. 2002, Feast/Whitelock 2000, Luri et al 1996

GCVS 19, 043 RV 中 15, 000は $V < 15.5$ の明るいRV

しかし、 $V=13.0$ でミラの完全性は10%以下である。(Kharchenko et al. 2002)

—> 大規模サーベイ Northern Sky Variability Survey (NSVS) Wozniak 2004

All Sky Automated Survey ASAS Pojmanski 2002

合わせると 6-15等で全天カバー

2. データ

ROSTE-I = キヤノン f/1.8 ($8^\circ \times 8^\circ$) + 2kx2kCCD (14.4" /ピクセル) × 4

—> SkyDOT database (<http://skydot.lanl.gov>) —> NSVS (ノーフィルター)

等級校正 Tycho (B-V) データ + ノーフィルター NSVS データ

—> Tycho の Johnson V等級 につなぐ。NSVSは $V=10-15.5$ 等をカバーと分かる。

観測カラーがないのでシステムティックエラーはあり得るが、内部エラーは 0.02 等以下。

3. 天体選択

3. 1. 遅い変光パターンの選択 NSVS —> 2千万ライトカーブ

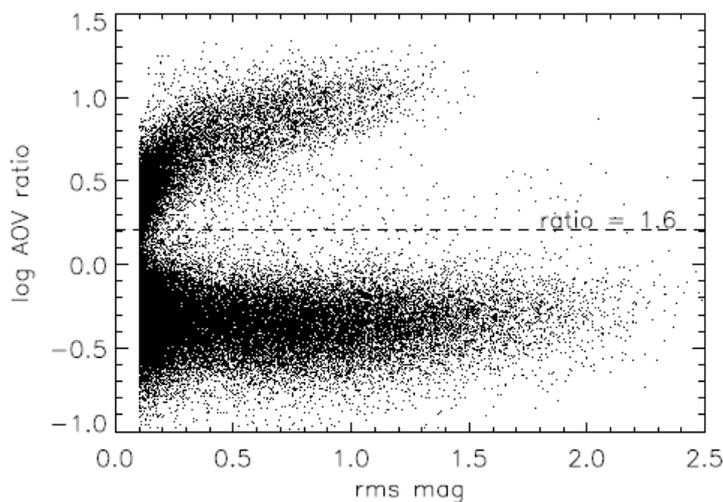
選択(1) 100観測点以上 + $\sigma > 0.1 + \sigma / E > 5$ —> 98908天体

σ = rms分散、E = 「良い」観測のエラー中間値

選択(2) analysis of variance (APV, Schwarzenberg/Czemy 1989) の手法を採用して短周期を除く。

15日ビン内(5観測点以上を含む)で平均等級 m_i と StdDev s_i

—> $RAOV = (\langle m^2 \rangle - \langle m \rangle^2) / 2 / \langle s \rangle$



左図では明らかに、15日より長い変光星を短い星と区別する。
 $RAOV > 1.6$ —> 11473天体
 2重登録除去 —> 9371天体

3. 2. 周期と振幅

データ取得期間が1年なので、単純なサインカーブフィットを行った。テスト周期は $P=10-730$ 日。

730日より長そうなものはマークしてある。

振幅がよく決まらない場合、第3番目に明るいのと暗いの差で振幅を決めた。ミラをSRにした可能性がある。

AGB変光星の振幅はOPT-NIR 波長帯では長い方で小さくなる。

(Cioni et al 2001, Whitelock et al 2000, Eggen 1975)

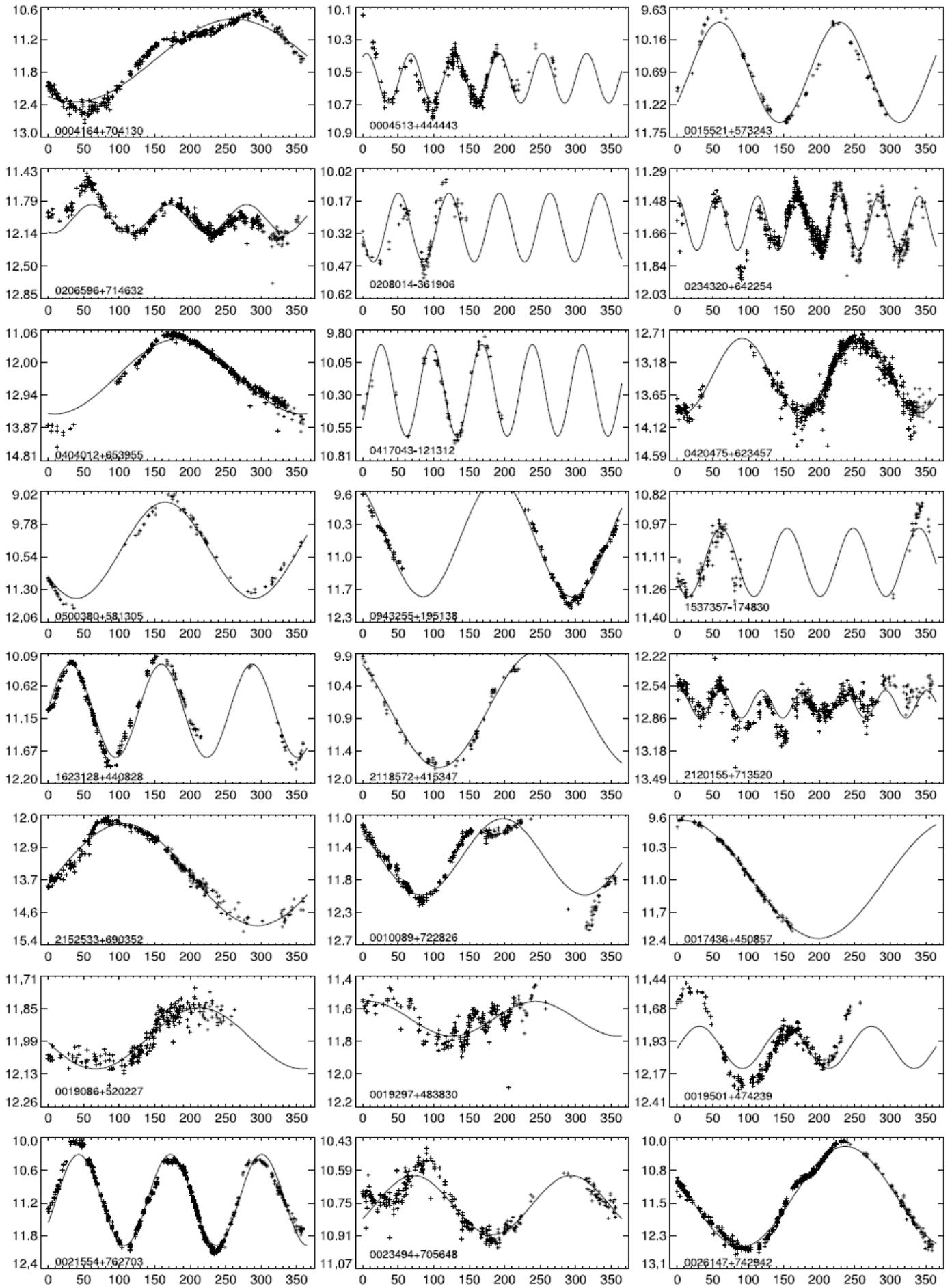


図2 変光カーブフィットの例

3. 3. カラー

NSVS位置精度がわるいので、2MASSの同定候補が多数。NAVS が明るくて赤いという情報を使い、たいいていの場合、尤もらしい候補を選択できる。——>8678同定。内ダブル候補は51星、トリプルは3星。

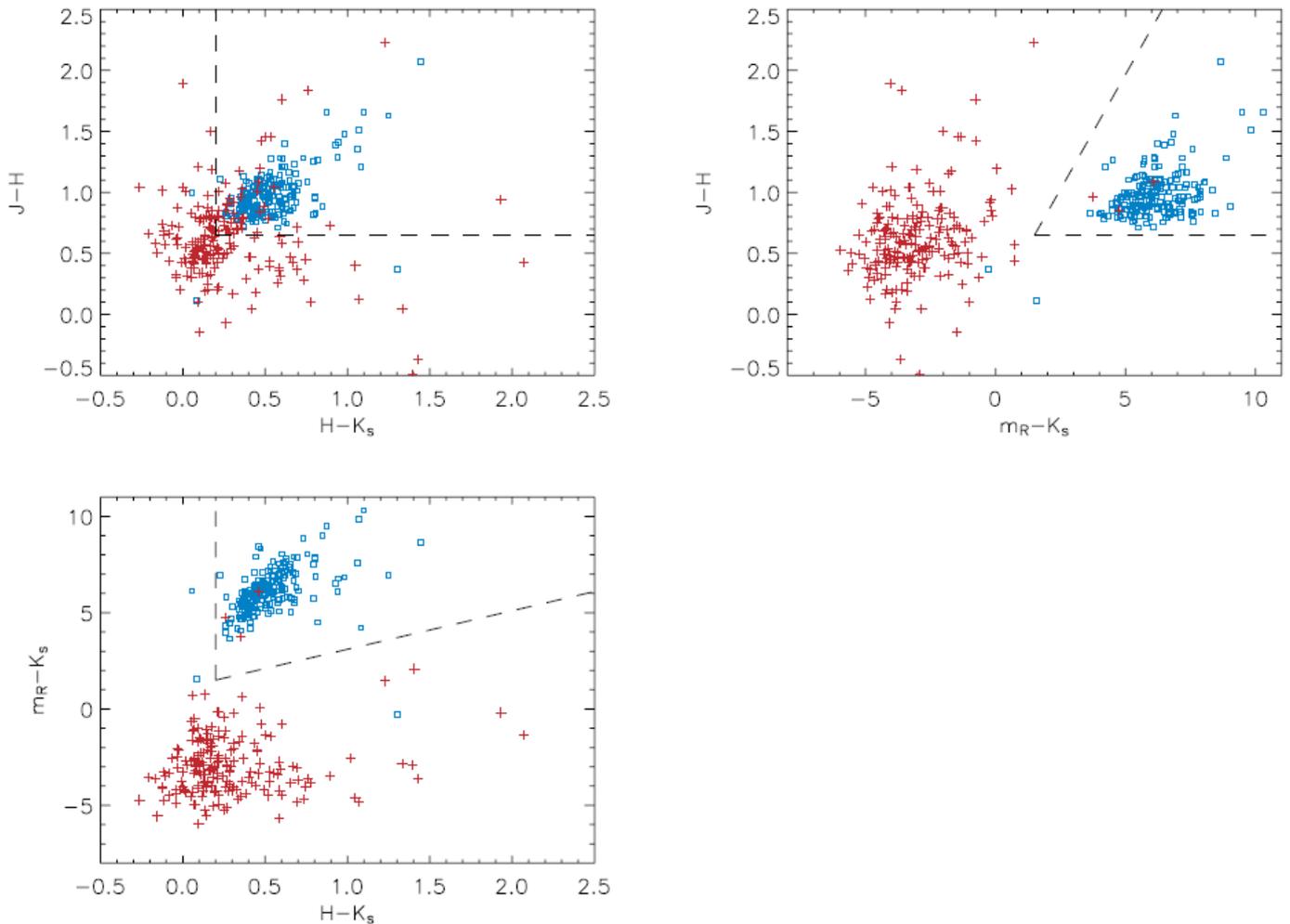


図3. NSVS-2MASSによる2色図。青は尤もらしい(3“)同定。茶はランダムな同定。各200星をプロット。

4. 分類

周期P, 振幅A, カラー m_R-K_s, J-H, H-K——> Support Vector Machine による客観的分類
SVMの天文学応用に関しては, Wozniak2000, Humphreys et al 2000, Chang/Zhao 2003
テキストはVapnik 1998

4. 1. SVM

SVMはサンプルデータを基に自己学習するソフトである。カーネル関数を用いてデータの指標を高次元の様相空間へと変換し、超平面の使用により非線形なデータ境界を巧みに定義する。

ここでは、公開されているLIBSVM(Chang/Lin2001)を使用する。このパッケージは完全に分離しないデータ空間に対してソフトマージンで対応するという特徴を持ち、誤差を含むデータの扱いに有利である。

4. 2. ミラの発見

ソフトを訓練するためにGCVSでM, SR, L型に分類された2095天体を引き出した。

分類が困難な一因はSRとL型の混在である。図5に明らかだが、振幅の分布が双耳型なので、分類はそのギャップ位置、P=80日、をMをSRから分離するのに使う。GCVSでは歴史的に最高と最低の光度を記録するのでこのギャップが見えない。

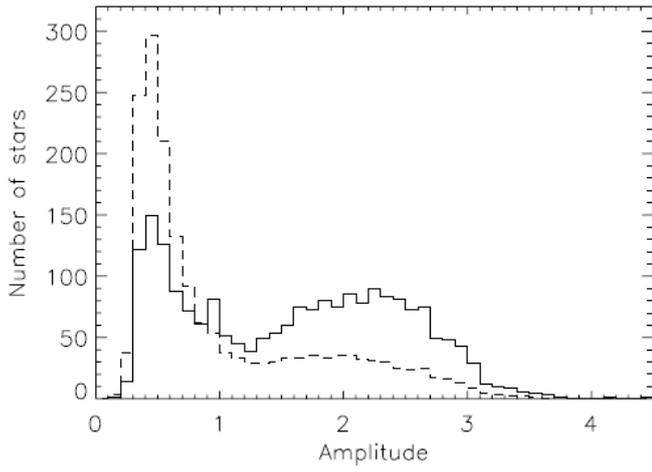


図5 振幅の分布。実線はM, SR, LとGCVSで登録された2095星。点線(1/5スケール)はカタログ全体で不規則変光星が多数入ってきて双耳型がなまる。

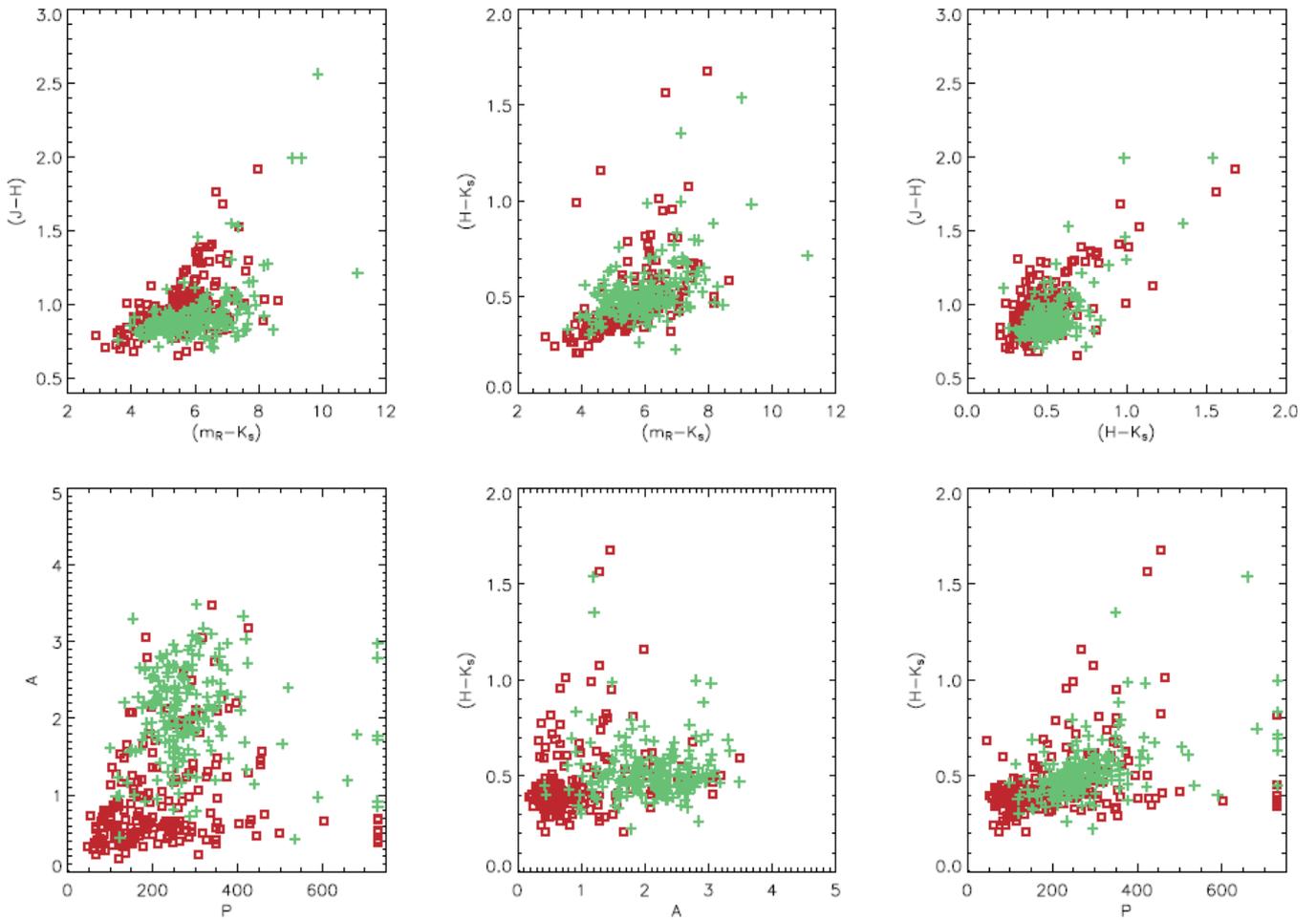


図6 訓練セット、各グループ200星、の分布。 +=ミラ、□=SR+L。

Schlegel et al 1998の減光マップを使い赤化補正をした。カラー分布はかなり細くなったが分類の結果には影響しなかった。絶対等級MR=0.5という仮定を厳密にしても結果は変わらない。結局SRとLの分離は依然不確かなままである。

——> Mと(SR+L)で分類を試みた。混在マトリクスは以下のようなものである。

TABLE 2
CONFUSION MATRIX FOR THE THREE-CLASS PROBLEM

ACTUAL CLASS	PREDICTED CLASS		
	M (%)	SR+L (%)	C (%)
M.....	95.1	3.5	1.4
SR+L.....	14.6	82.4	3.0
C.....	4.5	6.5	89.0

最終的な分類成功率は87%になる。

4. 3. 炭素星

JHK2 色図上で炭素星は赤い領域を占める。Whitlock et al 2000, Bessell/Brett 1988 GCVS/NSVSのM, SR, L型変光星の中でスペクトル情報があるものは647星。

——>うち炭素星=53

TABLE 3
SUMMARY OF SVM CLASSIFICATION

PROBLEM	ACCURACY (%)	PARAMETERS		NUMBER OF OBJECTS					
		γ	C	Training Data			All Data		
				M	SR+L	C	M	SR+L	C
Two-class	87	0.04	1.0	1221	874	...	2565	6113	...
Three-class	90	0.10	1.0	417	177	53	2276	5719	683

上の表での3クラス分類をパラメーター面に投影した結果が図8(トレーニング)、図9(全体)。

炭素星は振幅Aが小さい。(Mattei et al 1997, Mennessier et al 1997, Whitlock et al 2000)

——> 炭素星が図5の振幅分布のギャップを埋めてしまう。

カラーで分離しておく、振幅ギャップがはっきりする。

* P-(H-Ks) 分布は木曾ミラのP-(25-12)分布と比べると面白い。

ところで、(25-12)で炭素星は(H-Ks)ほどリードを奪っていないよな。

この分類はマスロスが入ってくるとどう変わるのだろうか？

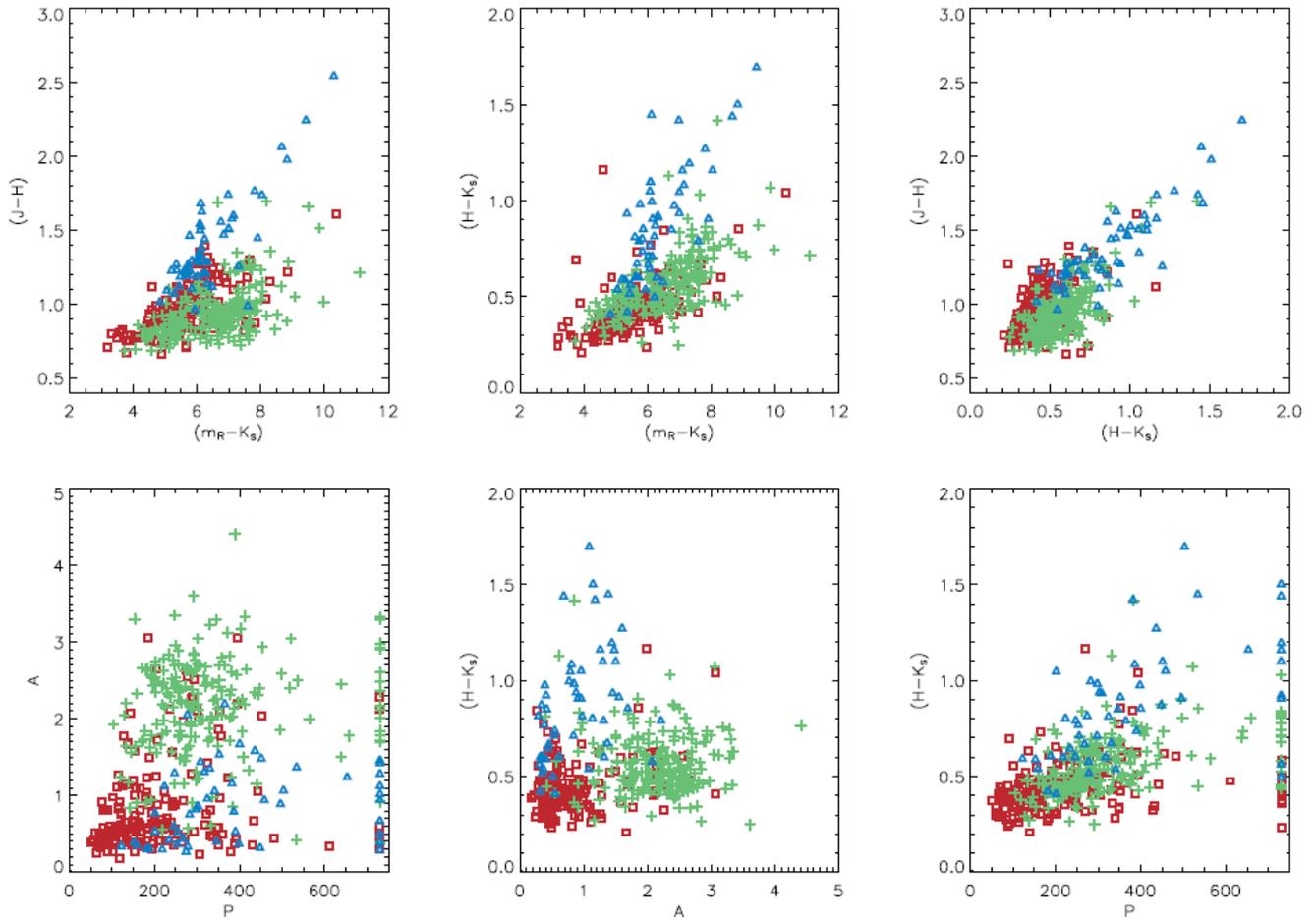


図8 M, SR+L, C星のトレーニングセット M型ミラ+, M型SR口、炭素星△

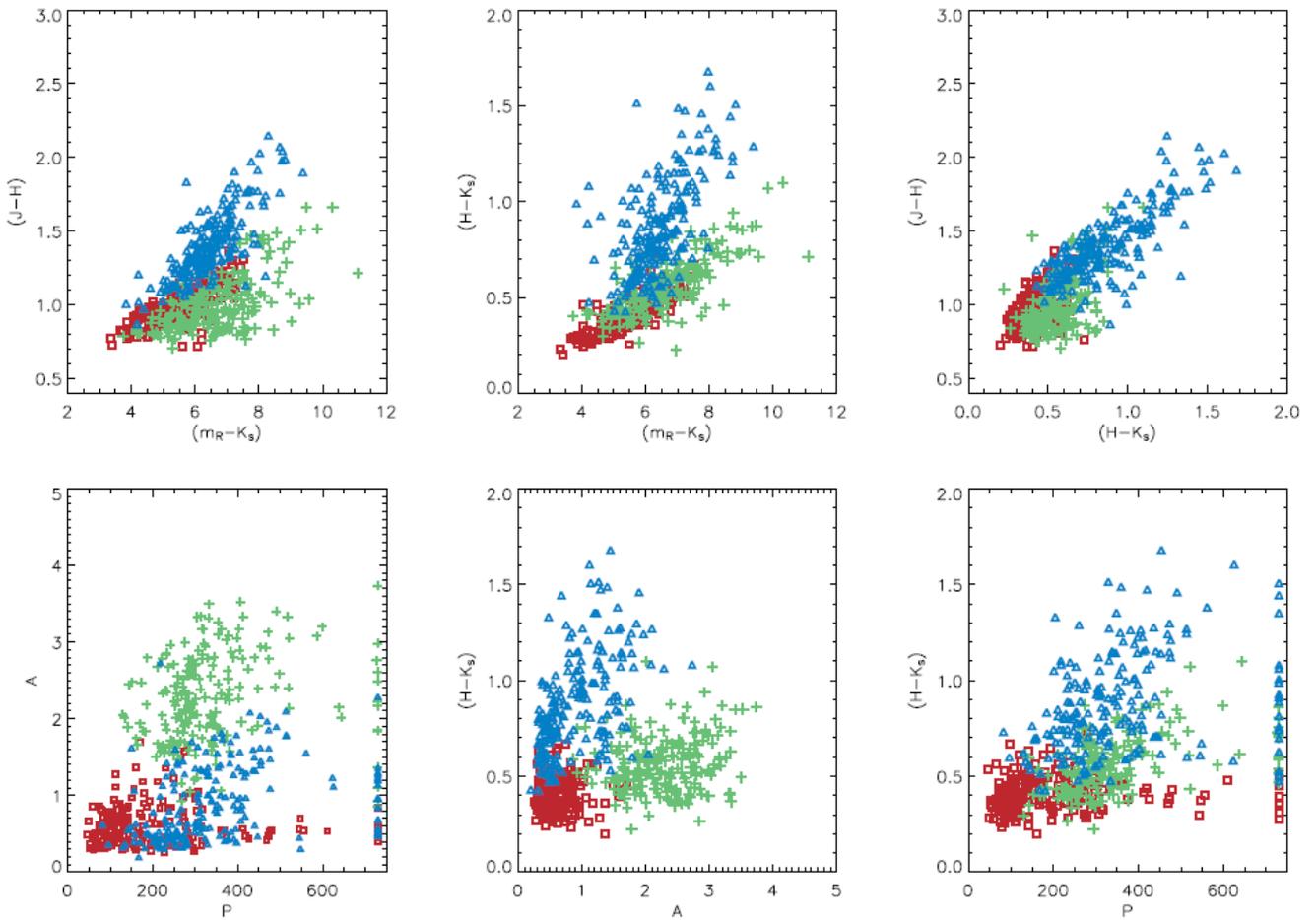


図9 M, SR+L, C型への3グループ分類。全体の変光星対象。M型ミラ+, M型SR口、炭素星△

5. 周期・カラー 関係

5. 1. NIRカラー

Whitelock et al 2000 Hipparcos の193AGB変光星のJHKカラー

ROSTE-Iのサンプルからの周期・カラー関係も彼らと一致し、ミラ分類の確かさを確認した。

* 本当か？右は太く見えるぞ。

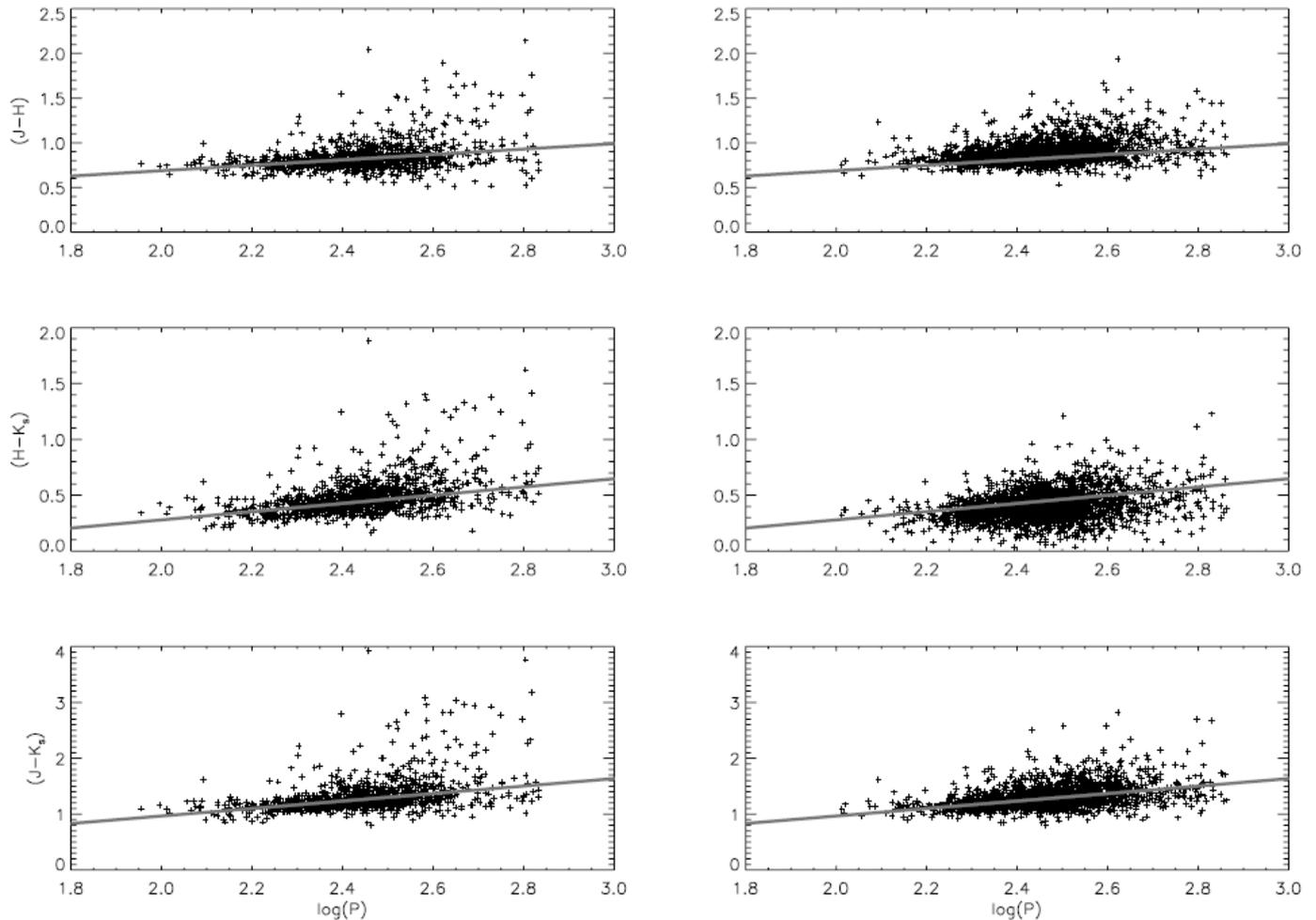


図 10 ROSTE Iのミラサンプルの 周期 対 赤化補正カラー 直線はWhitelock et al 2000

左=トレーニングサンプル(1221ミラ/2095星)。右=全体から。(2565ミラ/8678星)

5. 2. 可視—近赤外カラー

Barthes et al 1999 350 O-rich ミラ+SRの運動——>4グループ

グループ 1, 4 ミラが多い。

グループ 2, 3 SRが多い。

Whitelock et al 2000 $\log P < 2.35$ にミラ+ミラのSRの第2系列を発見=SP red (赤い短周期)

SPred は同じ周期の SPblue に比べ(Hp-Ks)で1.5赤い。図 10 参照

SPblue は $\log P > 2.35$ の連続とみなせる。

次ページの図 11 でそれをチェックした。

しかし、ミラサンプルに双耳分布を示唆するものは見えない。あと言い訳。

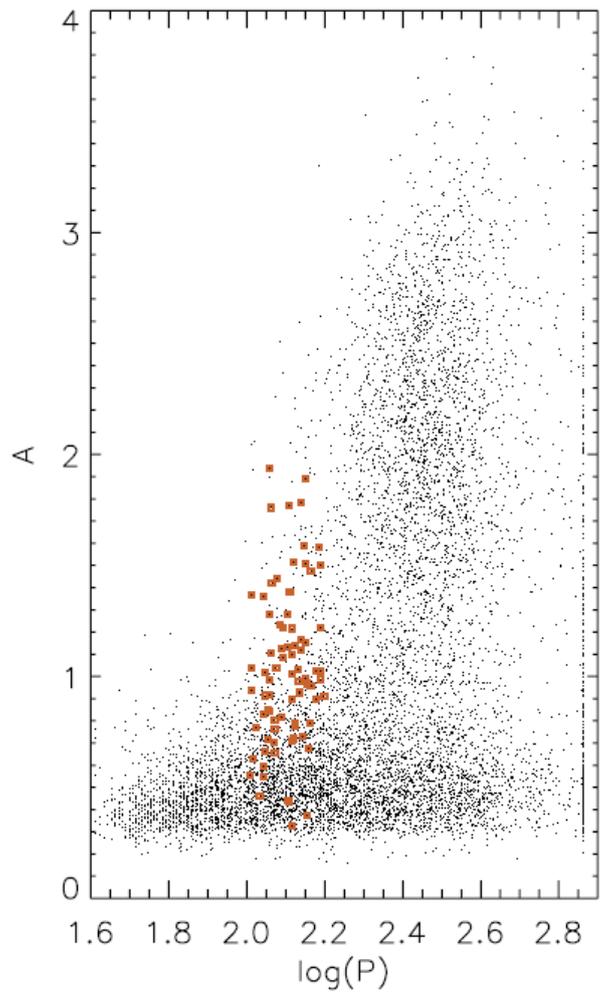
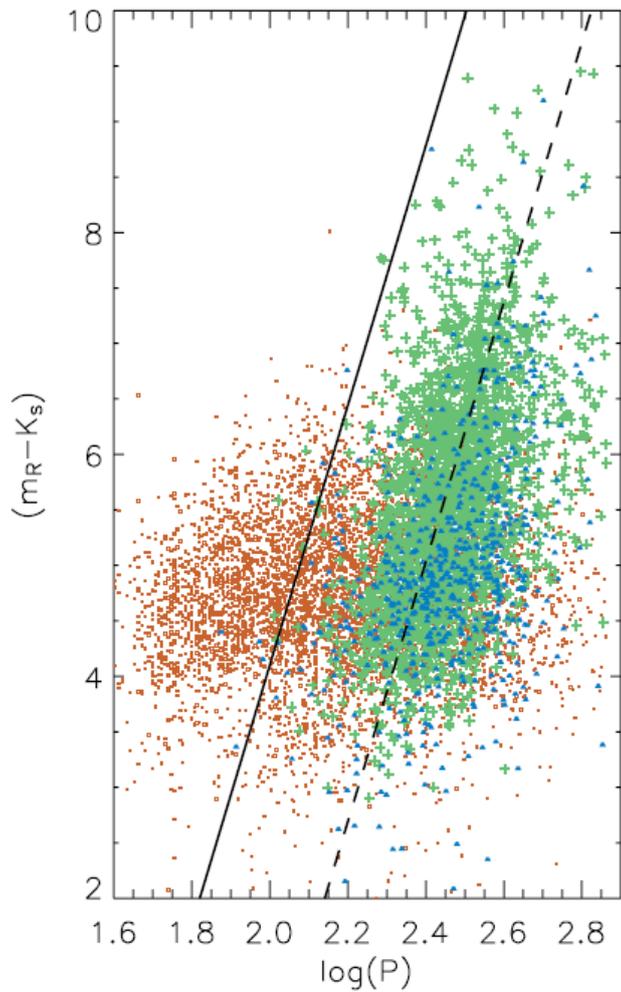


図 11 M型ミラ+, M型SR□、炭素星△

実線=Whitelock et al 2000 の SPred , SPblue 境界。ミラのはるか上を通っている。Hpとの差？

ここは意味ある議論か？

8. まとめ

NSVS——>8678変光星(P>数十日)——>2MASS 対応

——>support vector machine で ミラとSR+L の分離。おもに振幅。

炭素星 主にカラー

8678星=2276 ミラ + 5719 SR+L + 683 C

内新発見は 1050 4800 600

SPred と SPblue の分離はうまくいかなかった。