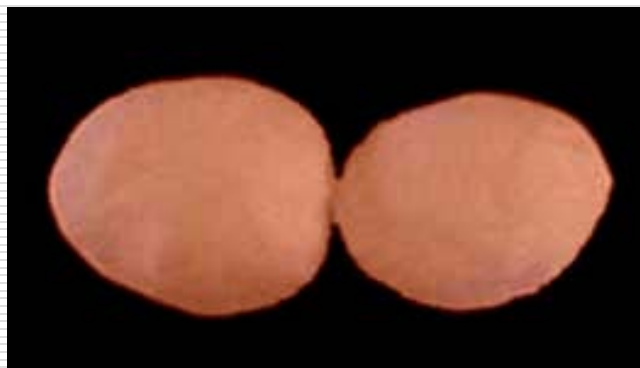


(624) Hektorの測光観測結果

ライトカーブ研究会 2010



浜野和天文台

Hamanowa Astronomical Observatory

Hiroshi Hamanowa

Hiroko Hamanowa

目次

- I. 観測目的と概要
 - II. (624) Hektorについて
 - III. 観測
 - IV. 観測結果
 - R-バンドによる単色測光観測
 - BVRI-バンドによる多色測光観測
 - V. 観測結果の評価
 - 自転軸の傾斜角, 方向
 - 立体形状の解明
 - Hektorのスペクトル型
 - VI. まとめ
 - ・ 今後の観測計画
-

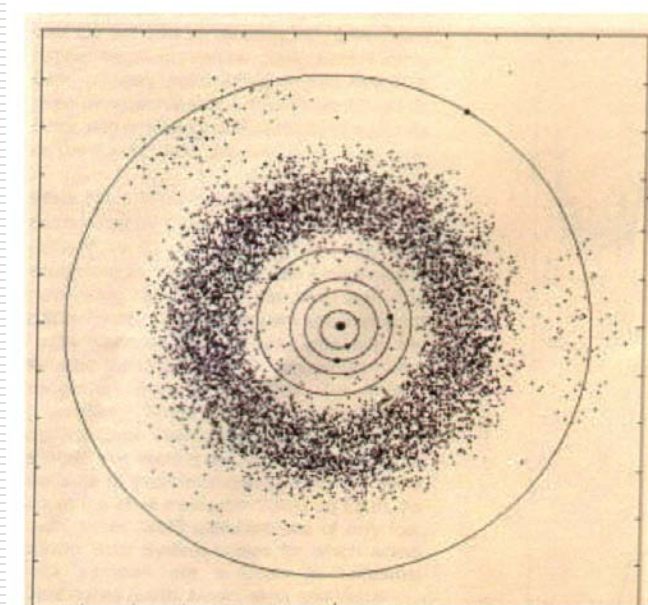
I. 観測目的と概要

(624) Hektorは木星トロヤ群に属するD型の小惑星
しかし！ その形状など未解明の部分が多い



- ・ 詳細な測光観測で正確な自転周期(対恒星周期)をもとめる
 - ・ 長期の測光観測で自転軸の向きをもとめる
 - ・ さまざまな位相角と自転軸の傾斜角における観測を行い立体形状を解明する
 - ・ Hektorの主星はbinary系であるらしいが結合系か近接系か
 - ・ 多色測光観測を行いHektorの表面の情報を得る
-

II. (624) Hektorに関する各種の情報



(624) Hektorの注目点

- ・ トロヤ群に属しD-typeの小惑星である
- ・ ハッブル望遠鏡で1993年に観測
- ・ ケック天文台で2006年に観測、その結果、近接した2重系らしい
- ・ 2006年に(624)-s-1が発見された、直径は15km、平均距離は1000km、公転周期は50時間らしい

以上の観点から興味深い対象

仮符号	: 1907XM
軌道の種別	: トロヤ群 (木星のL4点)
発見日	: 1907年2月10日
発見者	: アウスト・コプフ
-----軌道要素(e:2007年4月10日)-----	
軌道長半径 (a)	: 5.229 AU
近日点距離 (q)	: 5.107 AU
遠日点距離 (Ω)	: 5.350 AU
離心率 (e)	: 0.023
公転周期 (P)	: 11.96年
軌道傾斜角 (i)	: 18.19度
-----物理的性質-----	
長短径	370 x 195 km
質量	$\sim 1.4 \times 10^{19}$ Kg
平均密度	2? g / cm ³
自転周期	6.921 時間
スペクトル型	D
絶対等級	7.49
アルベド	0.025
色指数	(B-V) 0.776 (U-B) 0.249
-----自転軸の向き-----	
黄経: 324+/-3d	黄緯: 10+/-2d
(Dunlap et al. 1969)	
黄経: 329d	黄緯: -25d
(P. Tanga et al. 2002)	

Ⅲ. 観測 Observation site

浜野和天文台

Hamanowa A O

MPC code D91

所在地：福島県郡山市西田町

主な観測対象：小惑星の測光観測

小惑星による恒星の掩蔽観測



観測機器

Pellow Telescope (D:40cm F:4.8 Newtonian Ref,.

Mead LX200-25, Takahashi ε160、10cm F:15屈折、冷却CCD各種、CCDビデオ各種、GHS時計 etc,

Observer

Hiromi Hamanowa

Katunasa Hosoi

Hiroko Hamanowa

観測期間のHektorの情報

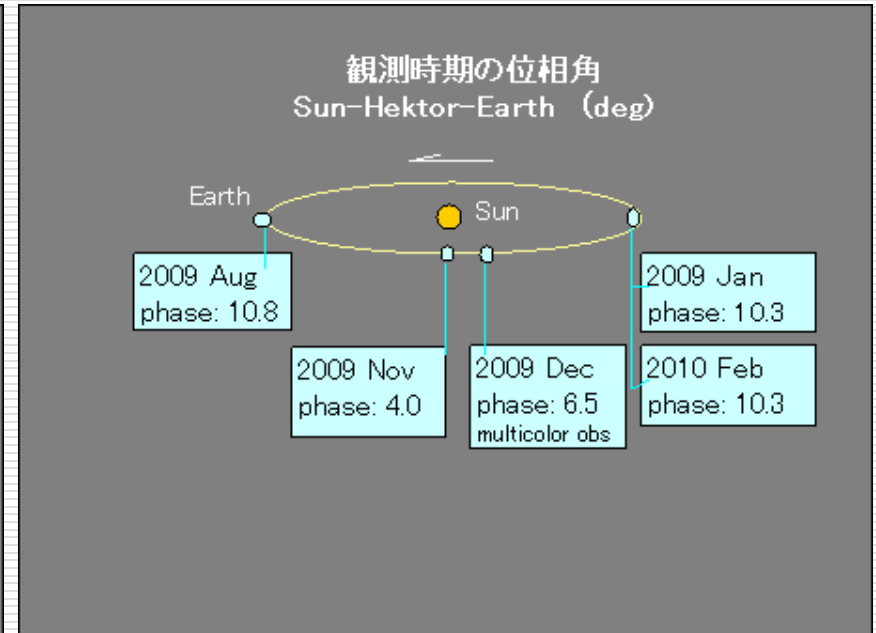
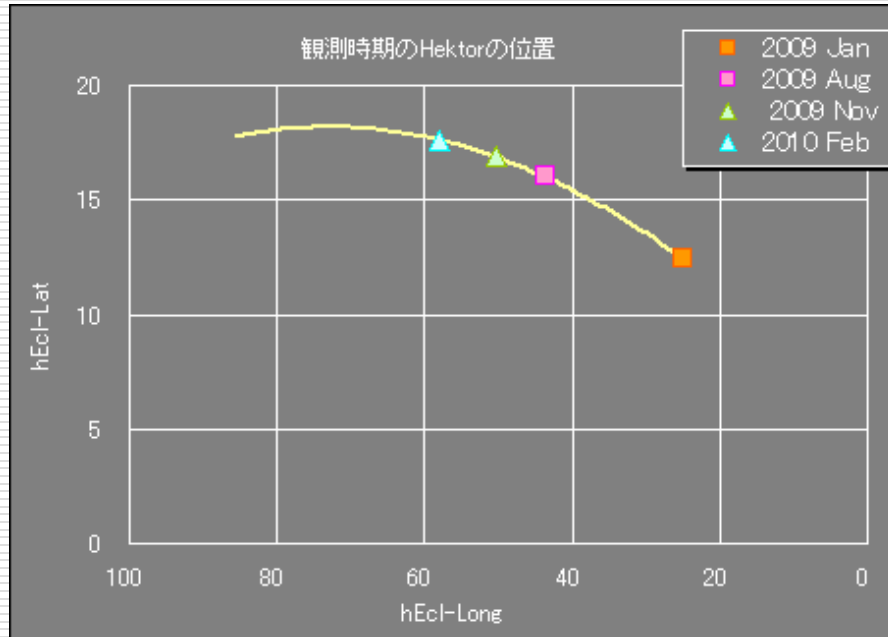


浜野和天文台では
5期35夜にわたる測光観測を実施した
その位置情報を下記の表に示す

観測期間の(624)Hektorの位置情報

Session	Dates (YY MM DD)	hEcl-Long (deg)	hEcl-Lat (deg)	Phase (deg)	PAB-L (deg)	PAB-B (deg)
1 Photometric	From 2008 Dec-29	24.23	12.26	10.60	18.87	12.48
	To 2009 Jan-28	26.61	12.81	9.91	21.61	12.48
2 Photometric	From 2009 Aug-14	42.66	15.86	11.02	48.46	15.94
	To 2009 Sep-06	44.57	16.14	10.46	50.06	16.81
3 Photometric	From 2009 Nov-06	49.65	16.80	3.97	50.40	18.68
	To 2009 Nov-18	50.66	16.92	3.97	50.06	18.81
4 Multicolor	From 2009 Dec-07	52.25	17.10	6.07	49.66	18.78
	To 2010 Jan-02	54.45	17.31	9.18	49.82	18.42
5 Photometric	From 2010 Feb-03	57.15	17.55	10.78	51.57	17.76
	To 2010 Mar-11	60.22	17.77	9.51	55.36	17.12

観測期間のHektorの位置と位相角



現在のHektorの黄緯は最も高い位置

観測時期にHektorから見た太陽と地球

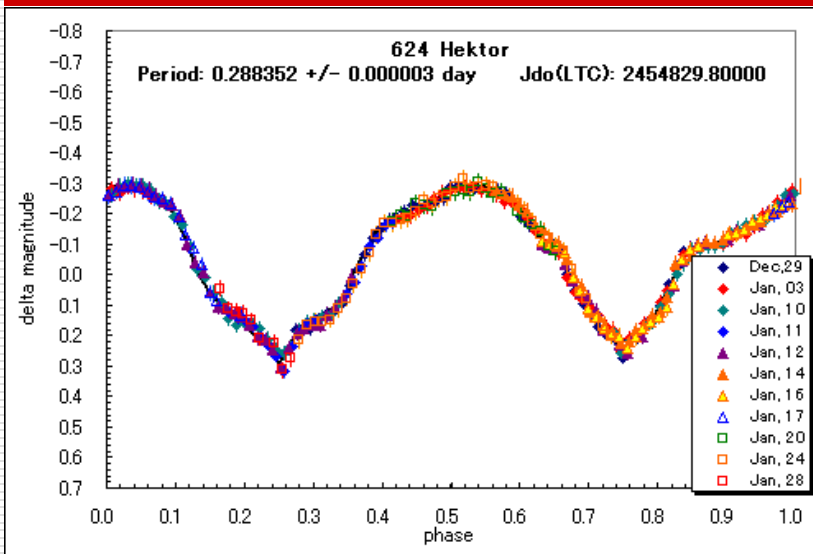
さまざまな位相角で観測により 詳細な情報を得る



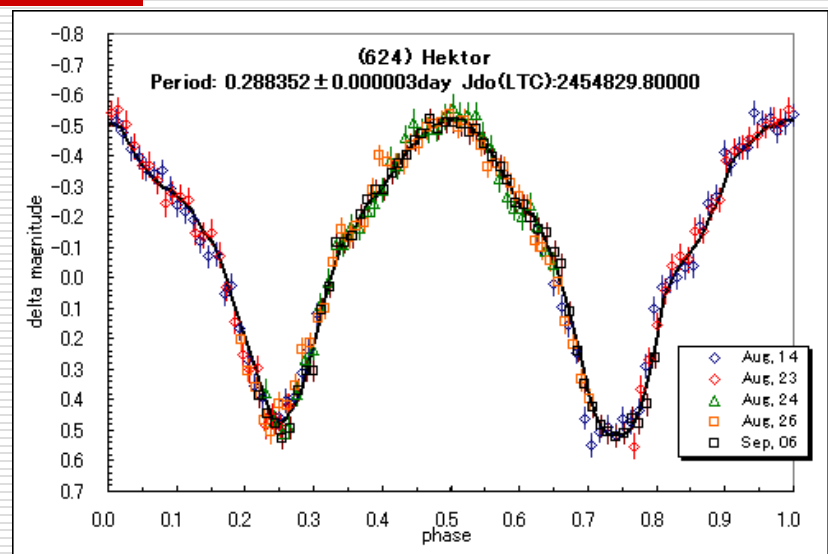
立体形状の絞り込み他の解析

IV. Photometric observation results of (624) Hektor (R)

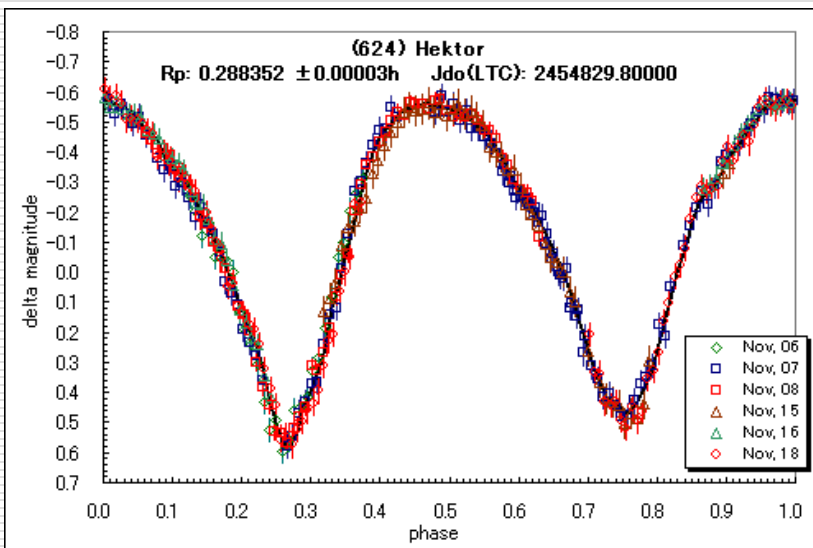
Rp : 0.288352 +/- 0.000003 day (对恒星周期)



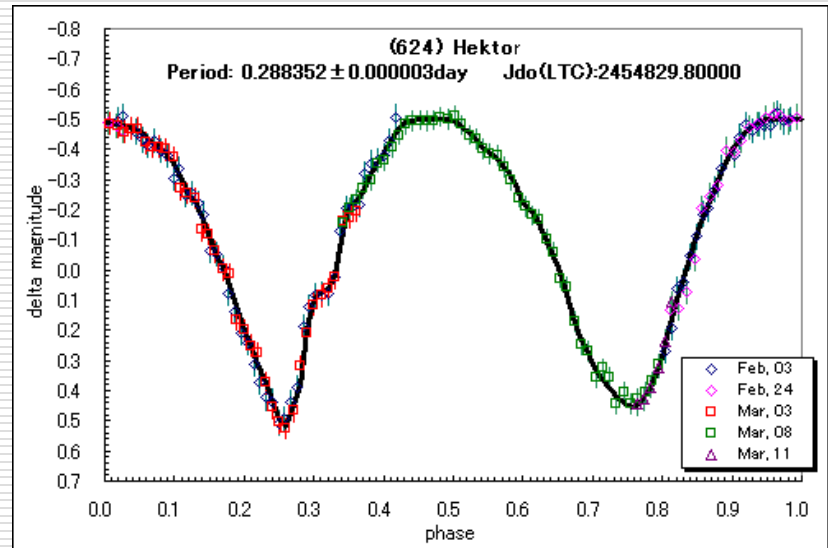
From 2008 Dec, 28 to 2009 Jan, 28



From 2009 Aug, 14 to 2009 Sep, 06



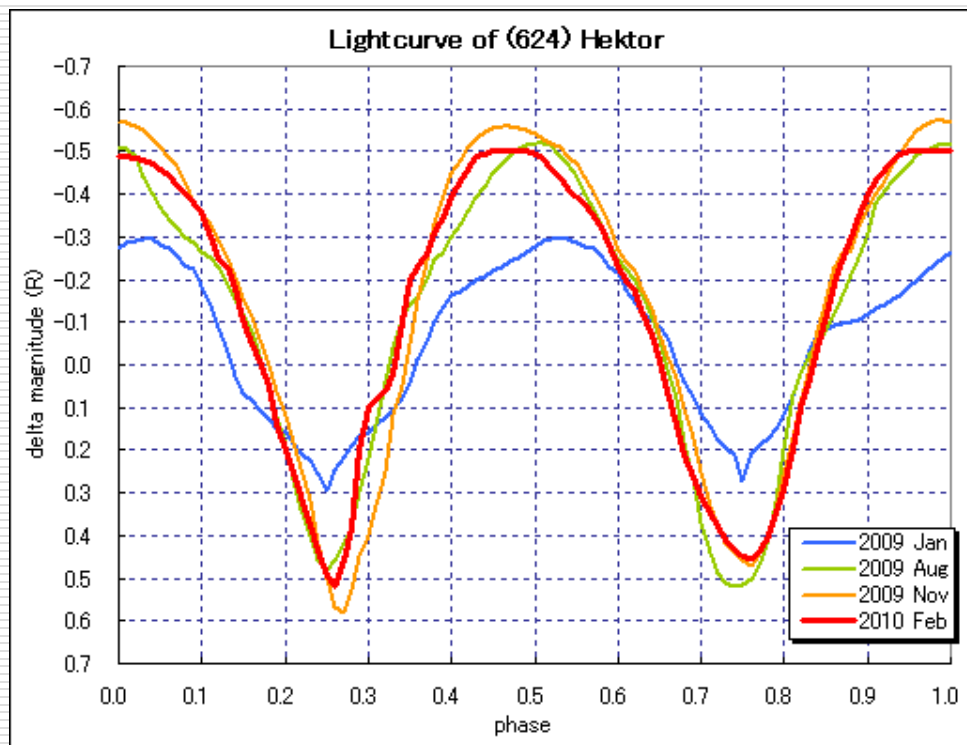
From 2009 Nov, 06 to 2009 Nov, 18



From 2010 Feb, 03 to 2010 Mar, 11

(624) Hektorの振幅と断面形状の変遷 (R-band)

$R_p : 0.288352 \pm 0.000003$ day (対恒星周期)



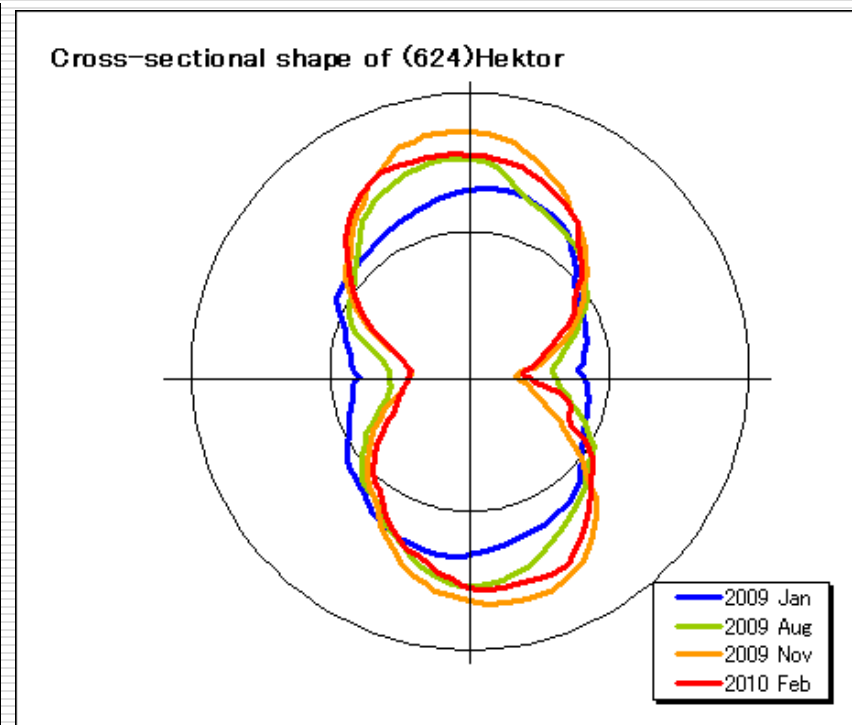
Observed Rotation Period

短期間の観測:

0.288375 ± 0.000014 day

長期間の観測 (位相差補正) = 対恒星周期:

0.288352 ± 0.000003 day



Observed Amplitude (mag)

2009 Jan, : 0.59

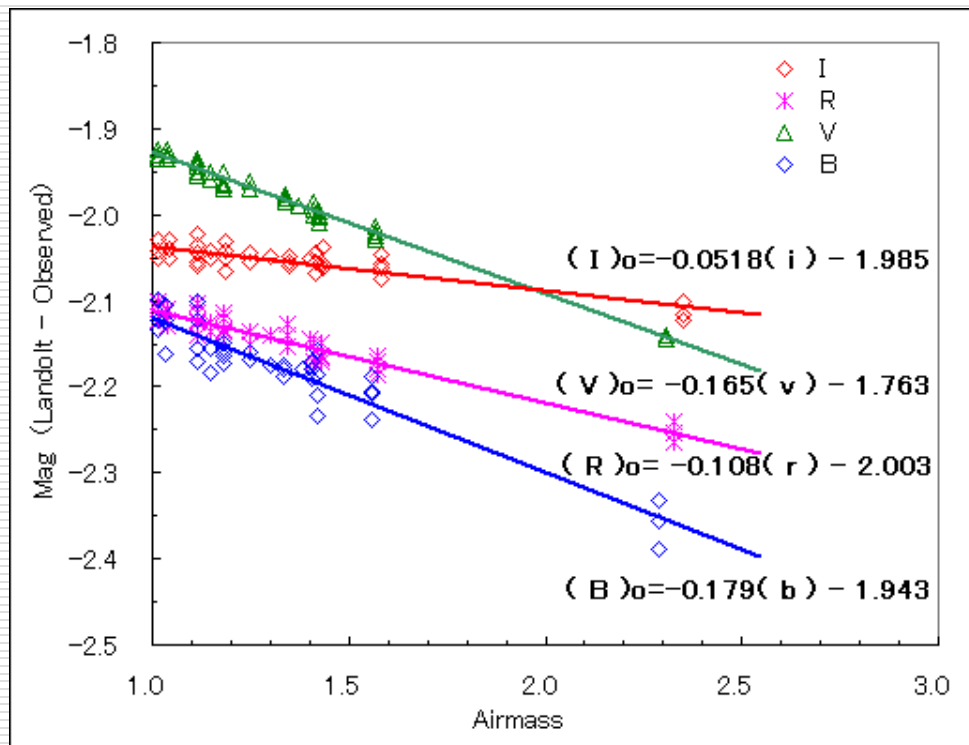
2009 Aug, : 1.04

2009 Nov, : 1.16

2010 Feb, : 1.02

(624) Hektorの多色測光観測結果-1

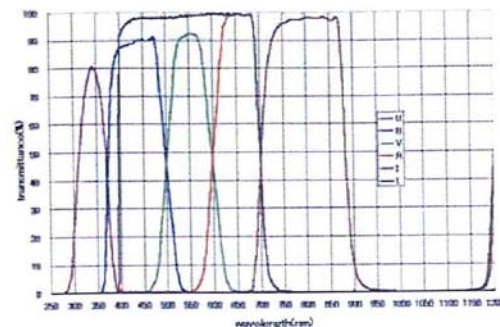
エアマスの補正係数を求める観測



観測に使用したフィルターの特性

多色測光観測に用いたフィルターの特性

IDAS Filter

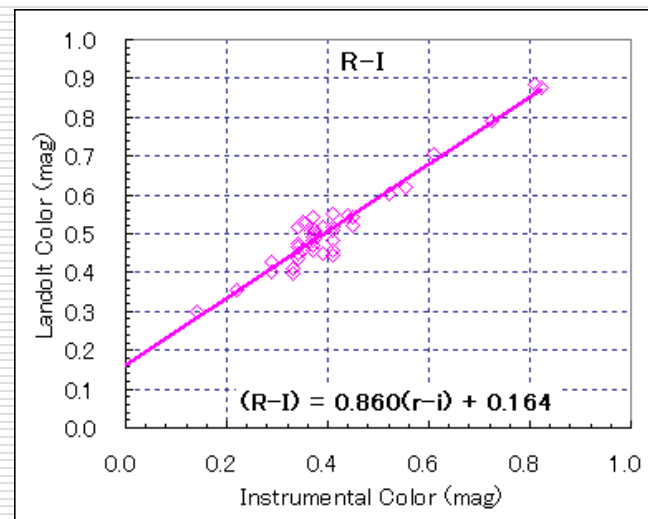
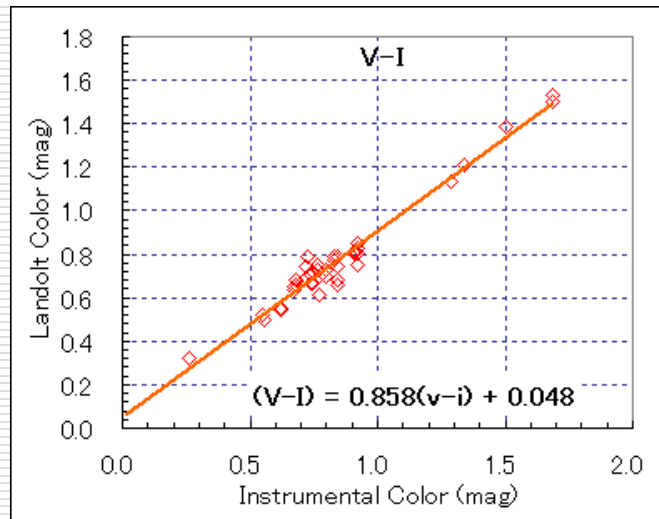
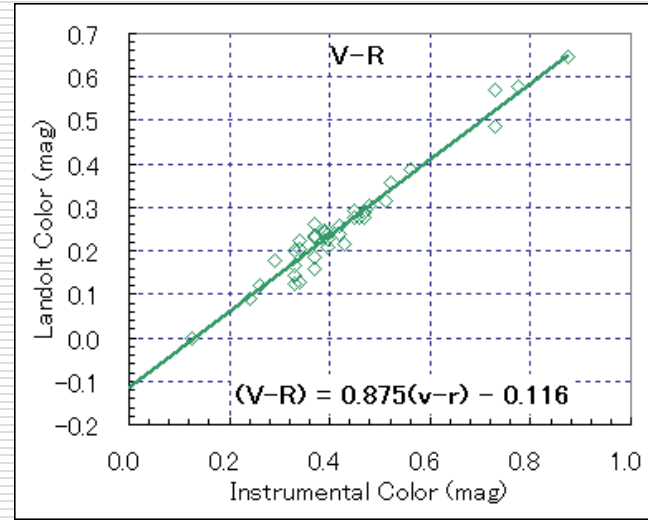
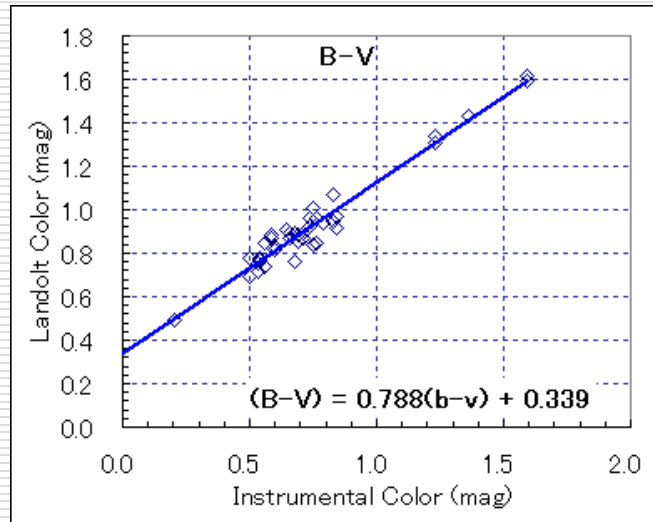


観測地の大気による吸収の補正
エアマス1.0 → 天頂

I-das社製 UBVRISシステムの
フィルターを使用した

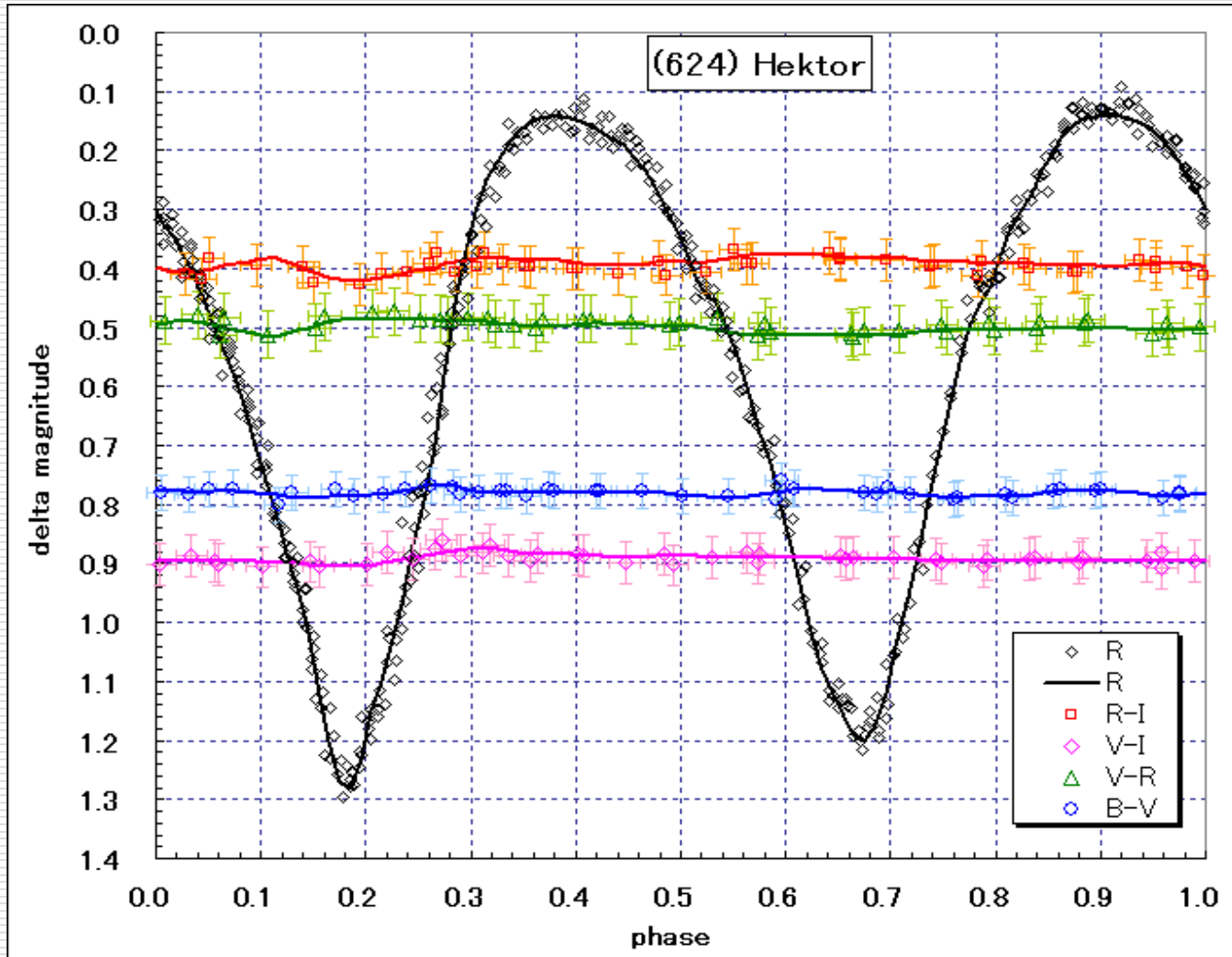
(624) Hektorの多色測光観測結果-2

標準システムへの変換係数を求める観測



(624) Hektorの多色測光観測結果

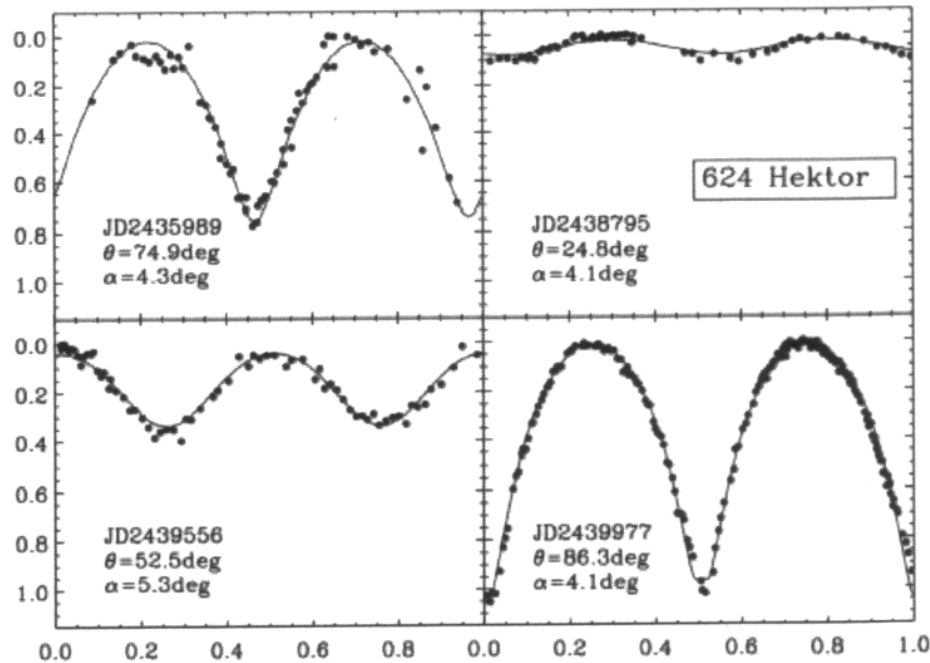
B-V: 0.780 ± 0.036 V-R: 0.494 ± 0.030 R-I: 0.397 ± 0.033 V-I: 0.891 ± 0.035



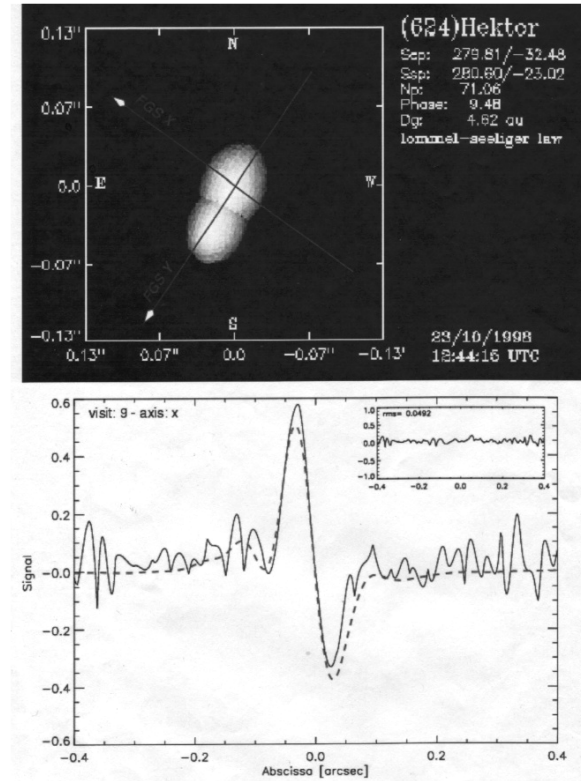
Hektorの表面は全体に均一な色をしている

V. 観測結果の評価

(624) Hektorの過去の観測

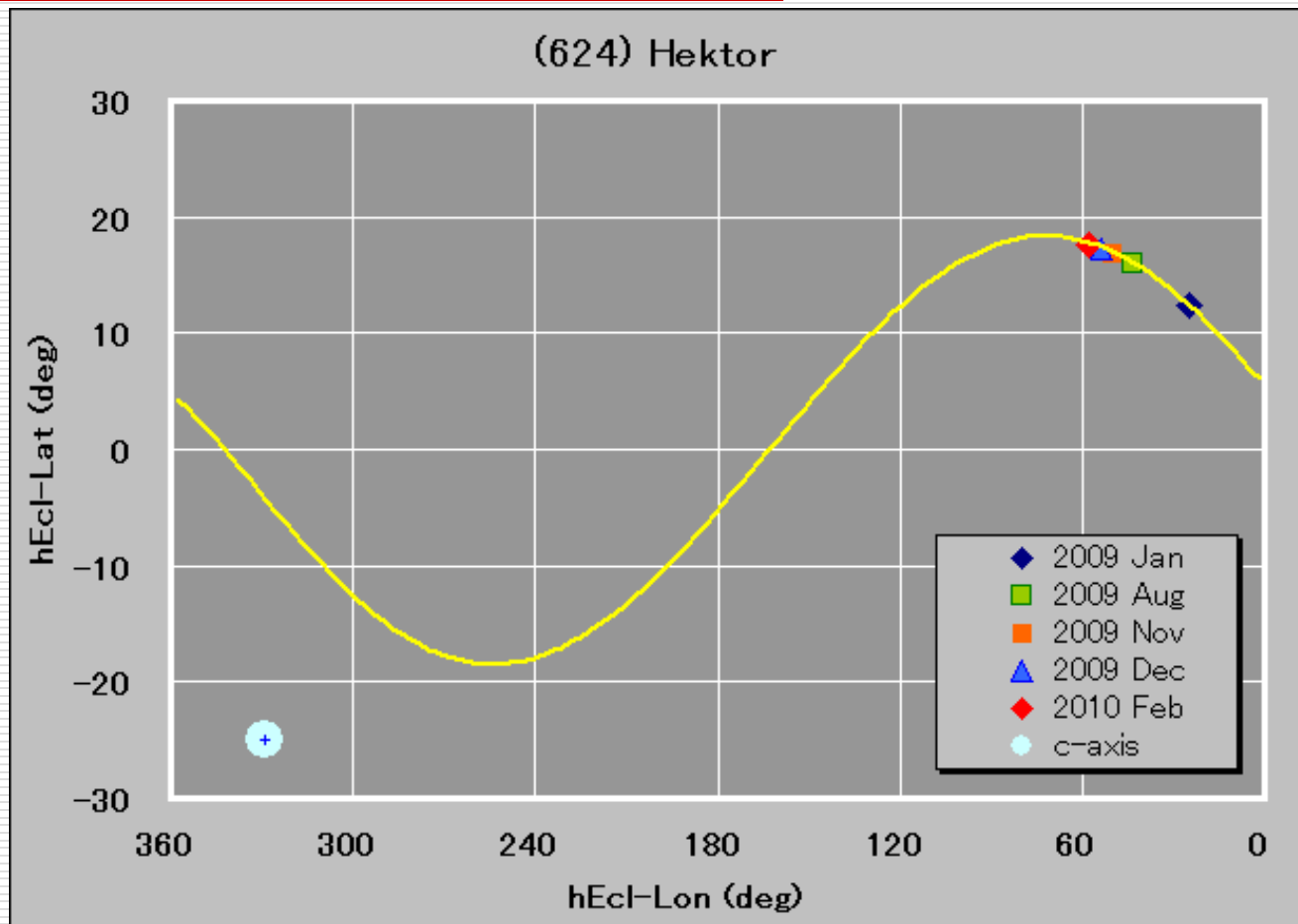


Dunlap et al. (1969)
Lightcurves of a Trojan Asteroid



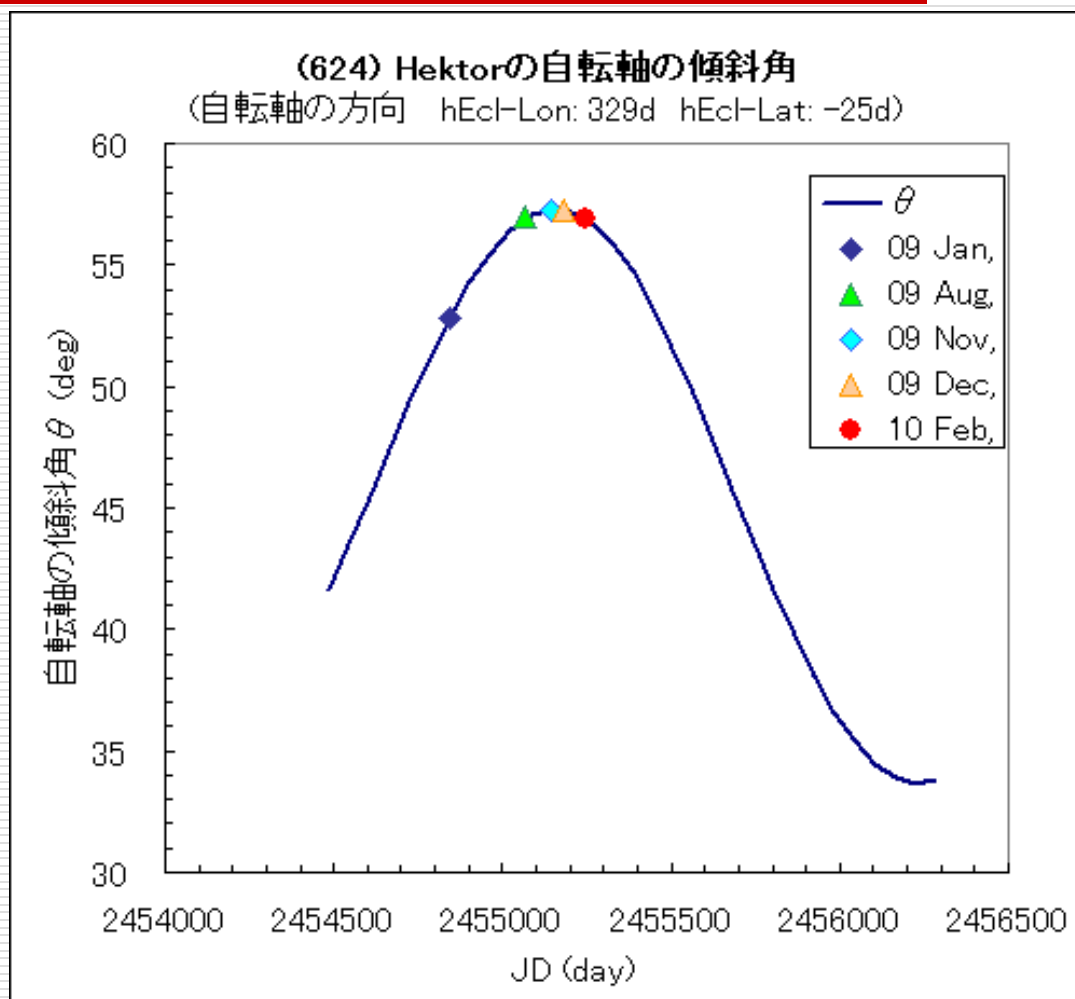
P. Tanga et al.
Asteroid Observations with the Hubble Space Telescope

(624) Hektorの黄道座標と自転軸の方向



自転軸の方向 hEcl-Lon: 329d
hEcl-Lat: -25d

自転軸の傾斜角の変化 (624)Hektor



(624) Hektorの自転軸の向きを

$\left\{ \begin{array}{l} \text{hEcl-Lon: } 329\text{d} \\ \text{hEcl-Lat: } -25\text{d} \end{array} \right.$
(*1)



Hektorの位置する黄道座標から、それぞれの時期の自転軸の傾斜角を計算しグラフにプロット



2009年の11月に自転軸の傾斜角が最大となる



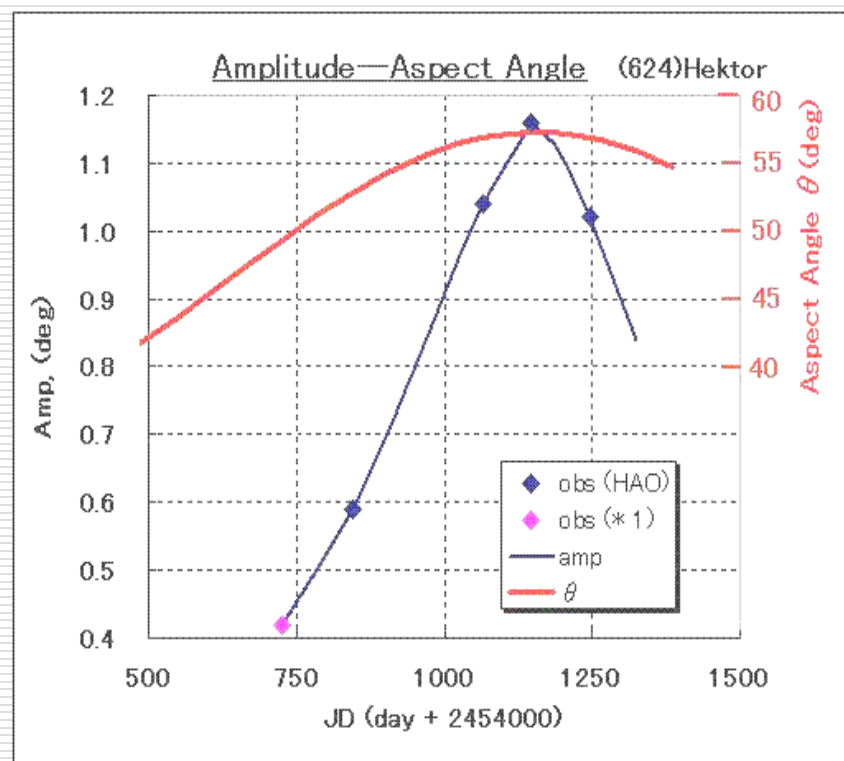
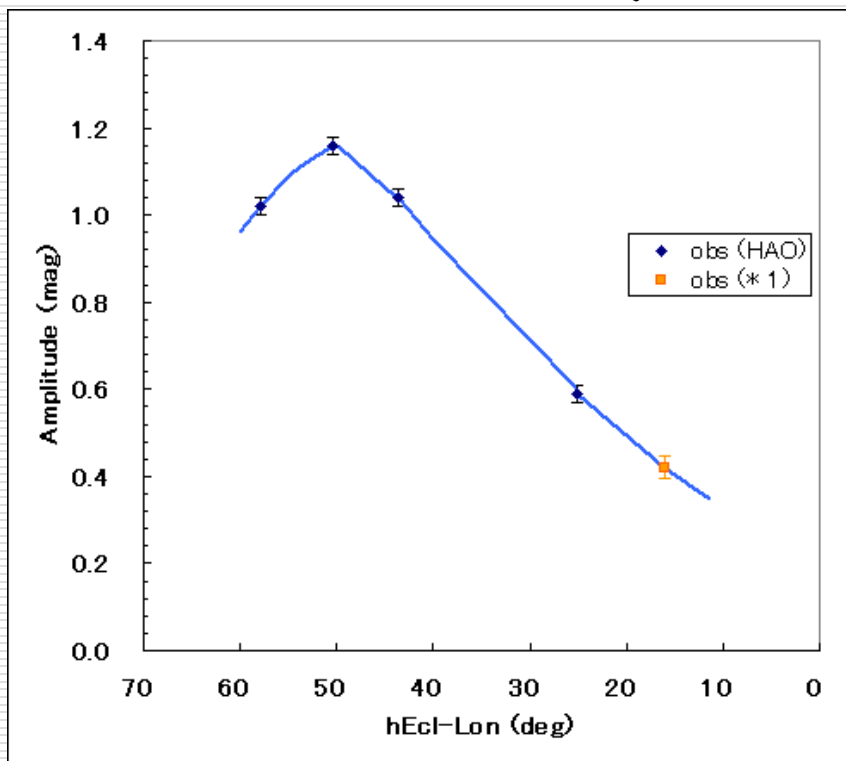
実際に2009年11月の観測が最も振幅が大きかった

**Hektorは2009年の11月に
自転軸の傾斜角が最大＝振幅が最大**

(*1) Tanga et al の研究も
同じ位置を示す

自転軸の傾斜角と振幅の関係 (624)Hektor

黄経と振幅の関係(624) Hektor 振幅と自転軸の傾斜角の関係



Hektorの振幅は黄経約 50° で最大

自転軸の傾斜角が最大るとき振幅も最大

Hektorの自転軸の向きが優位性が実証された

hEcl-Lon $329 \pm 2d$ hEcl-Lat: $-25d \pm 2d$

*1 Robert D. Stephens
Asteroids Observed from
Gmars
and Santana Obs,
Minor Planet Bull, 36,59-62
(2009)

(624)Hektorの断面形状の変化から立体形状作成を試みる

バイナリ小惑星の立体形状解析は難しい

断面形状の変化

立体形状が見えてくる

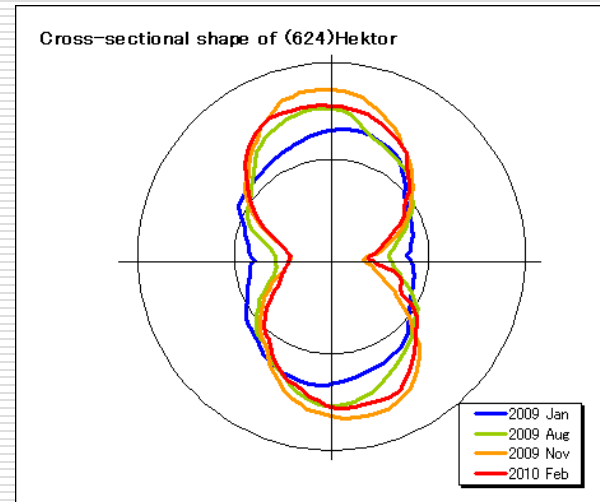
立体形状モデルの作成

自転軸の傾斜角、位相角を評価

モデル自体を測光観測

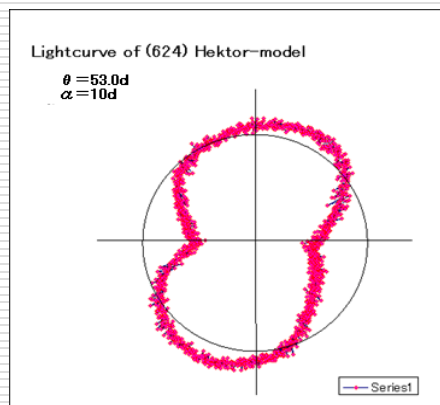
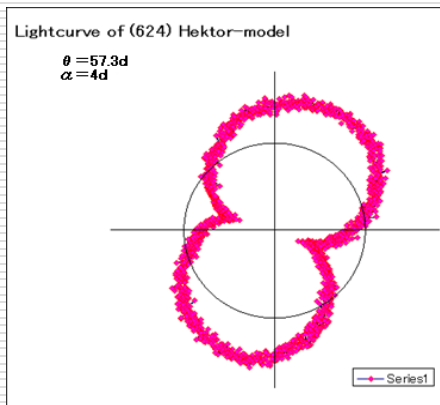
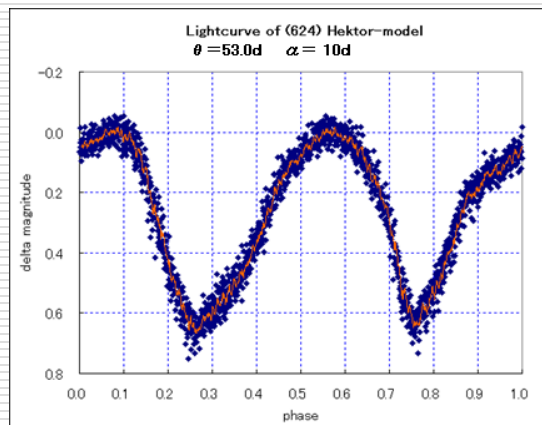
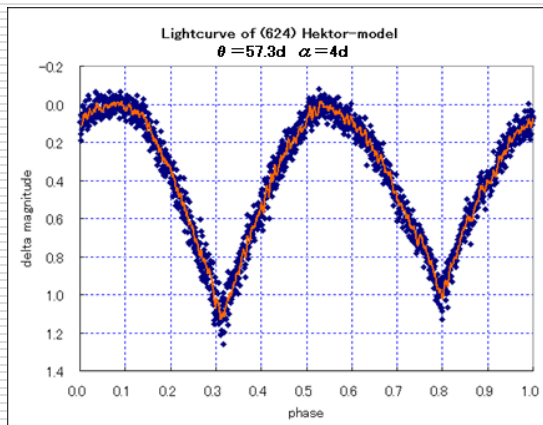
修正

立体形状モデルの完成

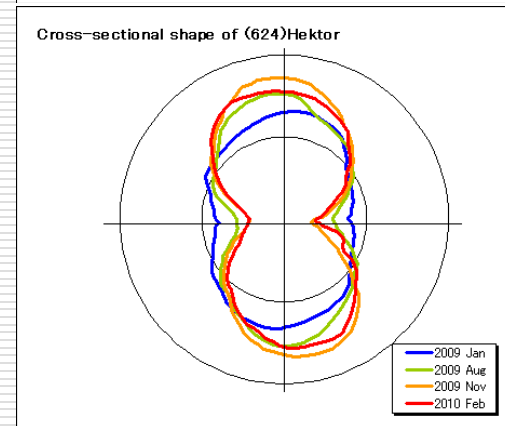
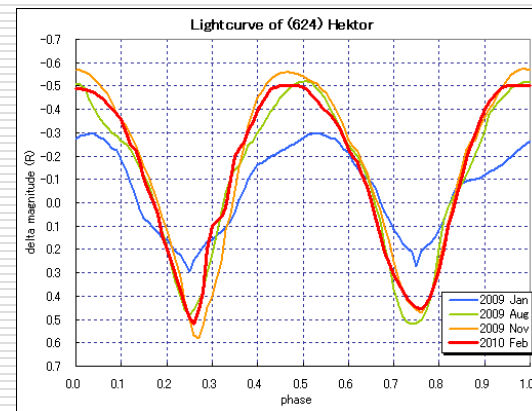


Hektorモデルと実際の測光観測結果の比較

Hektor-model の測光結果



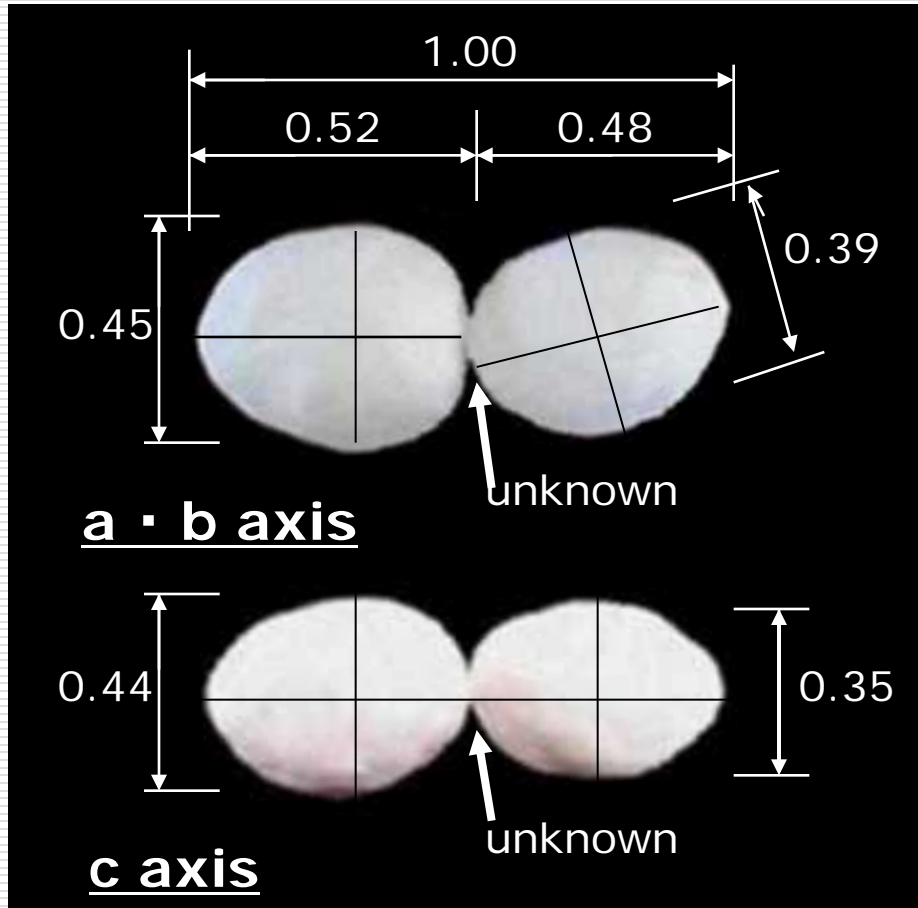
実際の観測結果



右:モデルの自転軸を 57.3° (立たせて)測光 2009年11月の観測に酷似
 中:モデルの自転軸を 53.0° (少し倒して)測光 2009年 1月の観測に酷似

Hektorが結合系か近接系かは今後の観測と解析が必要

(624) Hektor-modelの軸比



実際の観測に良くフィットする
モデルの各軸比を計測した
その結果得られた3軸比は
 $a : b : c = 1.00 : 0.45 : 0.44$

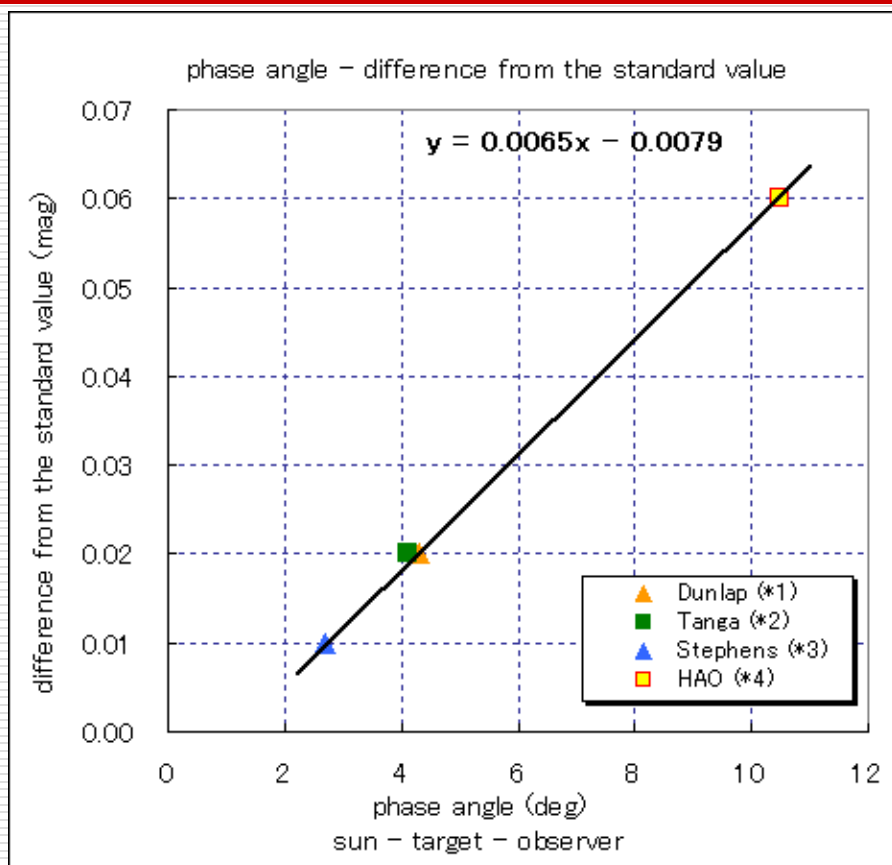
Hektorの2つのコンポ-ネント
は軸がずれているらしい

参考:

P. TangaらによるHubble望遠鏡
を使用した観測の結果で軸比は
208km x 94km x 94km
すなわち
(1 : 0.45 : 0.45)とされるが、
良く判らなかつたらしい

観測と解析の結果より(624)Hektorはバイナリ系である
その2つのコンポ-ネントが分離しているか結合しているかは未解明

太陽位相角と振幅の偏差 (624) Hektor

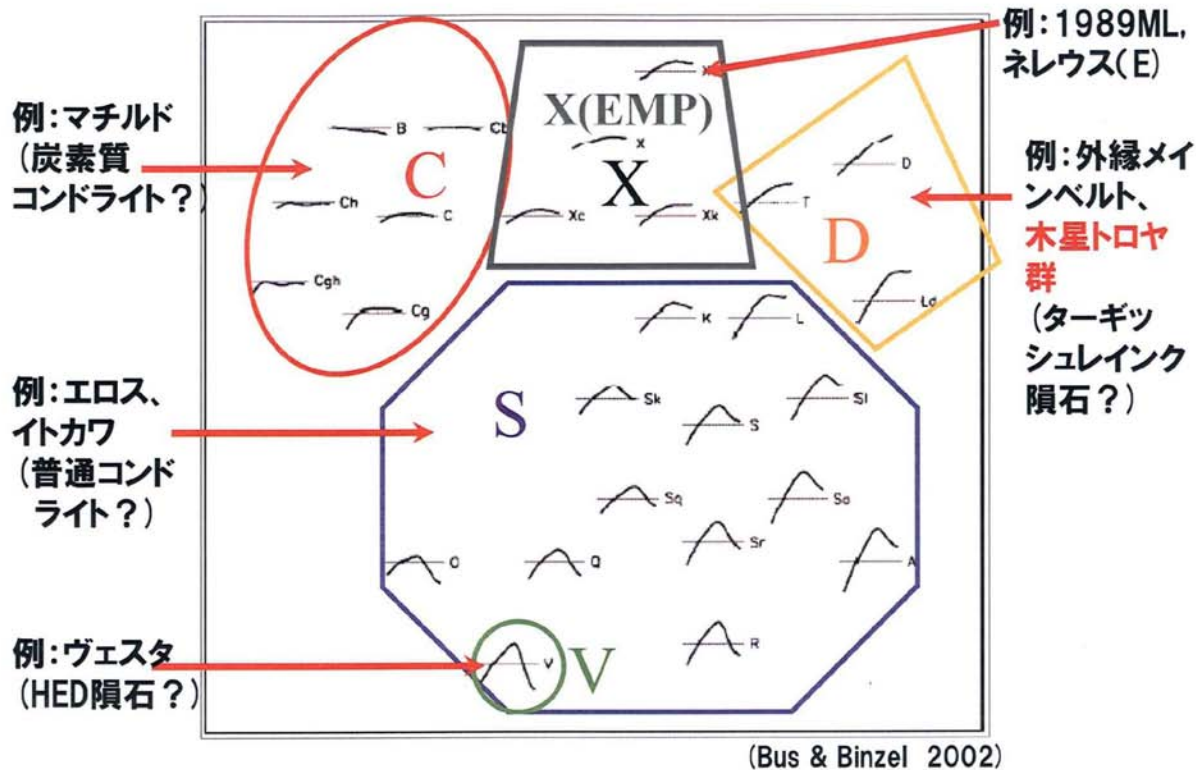


- * 1 Dunlap, J. L.; Geheis, T.
Minor Planets, III. Lightcurve of a Trojan Asteroid
08/1969 ADS A&A AAA002.098.002
- * 2 P. Tanga D. Hestroifer A. Cellino Y. Zappala et al
Asteroid observations with the Hubble Space Telescope A&A 401.733/741 (2003)
- * 3 Robert D. Stephens
Asteroids Observed from Gmars and Santana Obs, Minor Planet Bull, 36,59-62 (2009)
- * 4 Hiromi Hamanowa Hiroko Hamanowa
The photometric observation result of (624) Hektor

各観測時期の振幅の太陽位相角依存性を調査した
詳細は今後の観測により修正を加えたい

小惑星のスペクトル型の分類 Hektorのスペクトル型

地上観測と物質分析の結合:「スペクトル」型の分類



矢野創さんの第4回ライトカーブ研究会のご講演より

(624) Hektorのスペクトル型

多色測光観測の評価

観測データ



エアマス補正



標準システムへの変換

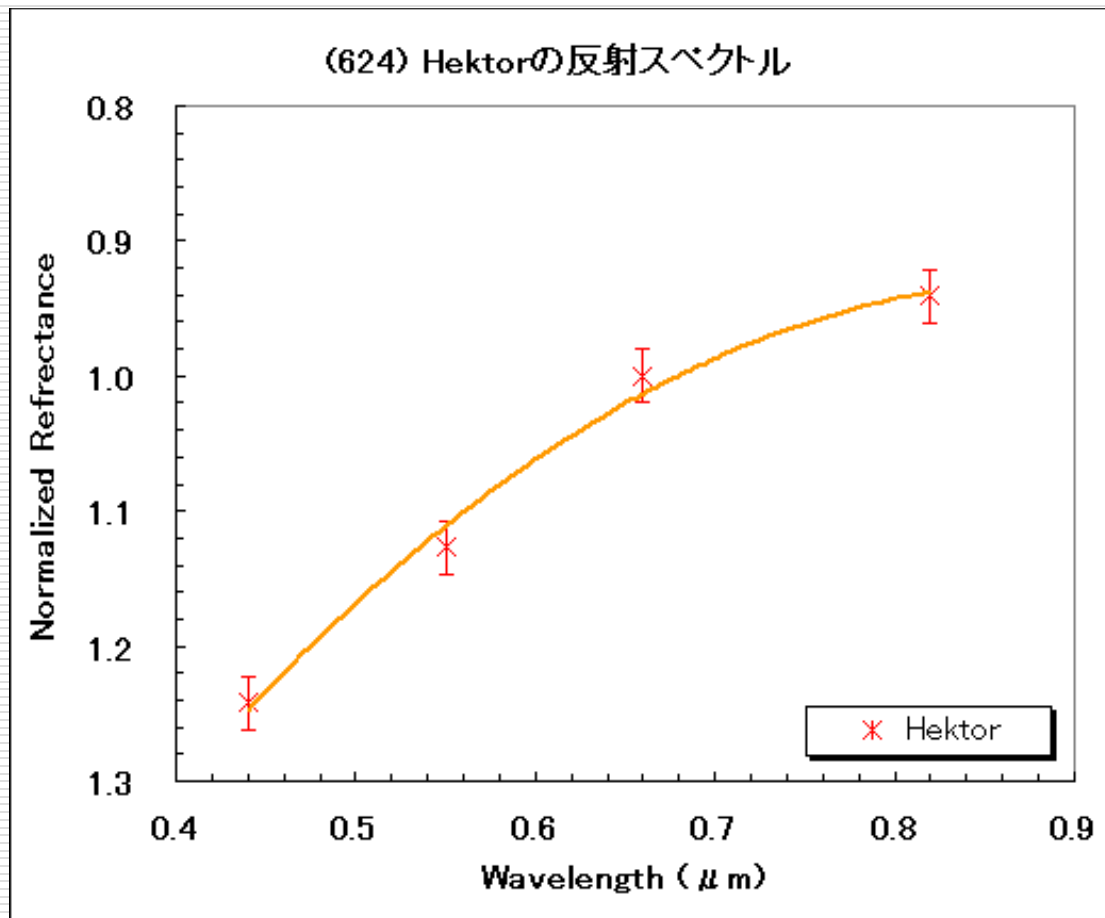


太陽光の補正



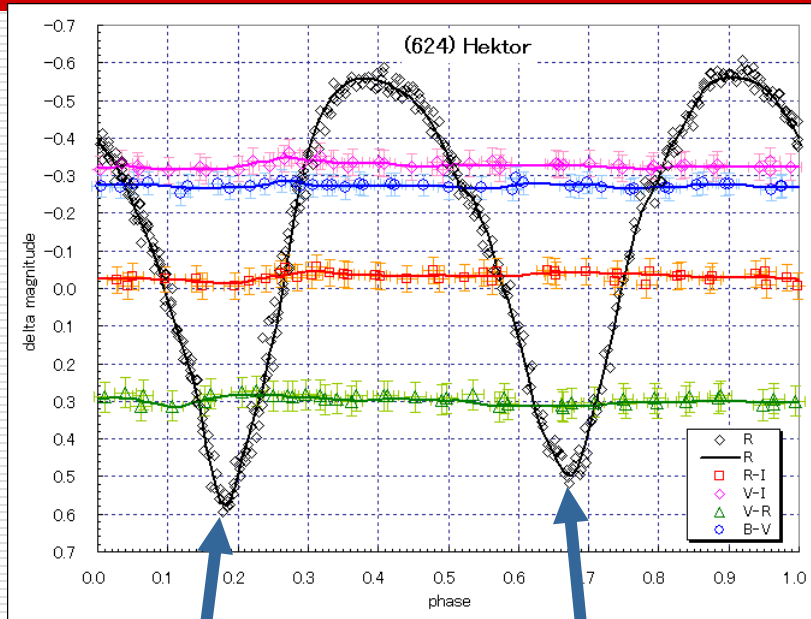
スペクトル型を決定

(624) Hektorは
D型の小惑星



Hamanowa A, O, Nov, 2009

(624) Hektorの表面のカラー



多色測光観測を実施した時期は
Hektorの自転軸が最も立っていた
(57.3deg)



2つの極小の部分では2つのコン
ポーネントが相互食を起こしている



しかしカラーの変化は無い



Hektorの2つのコンポーネン
トの表面のカラーは同じ



表面の組成も同じ!

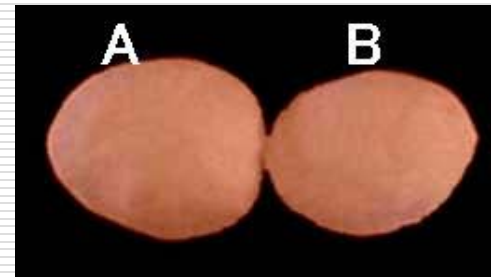


手前:B

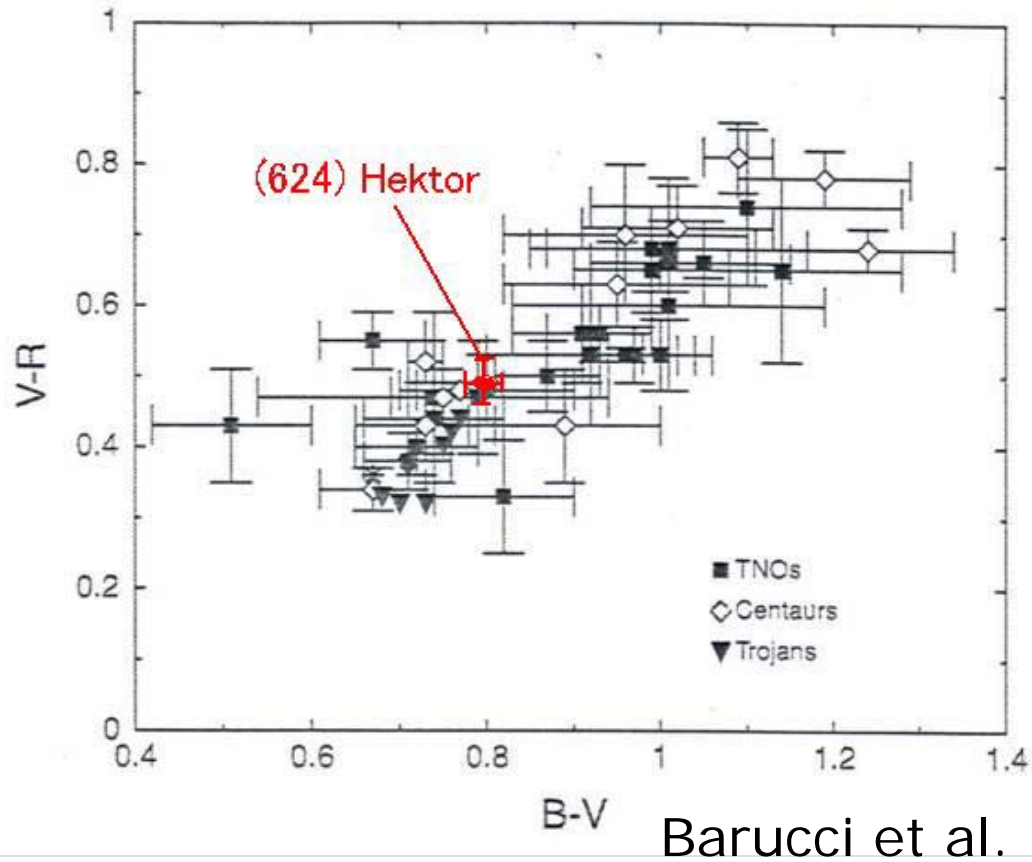


手前:A

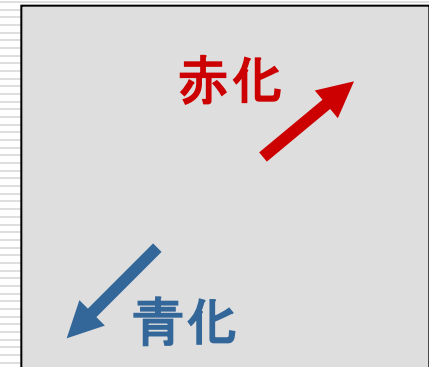
Hektorの2つのコンポーネント A>B



(624) Hektorと他天体の2色図



2色図



2種類の色指数を
グラフにプロットし
スペクトル型の
特性を調べる

赤化: 年代が古い

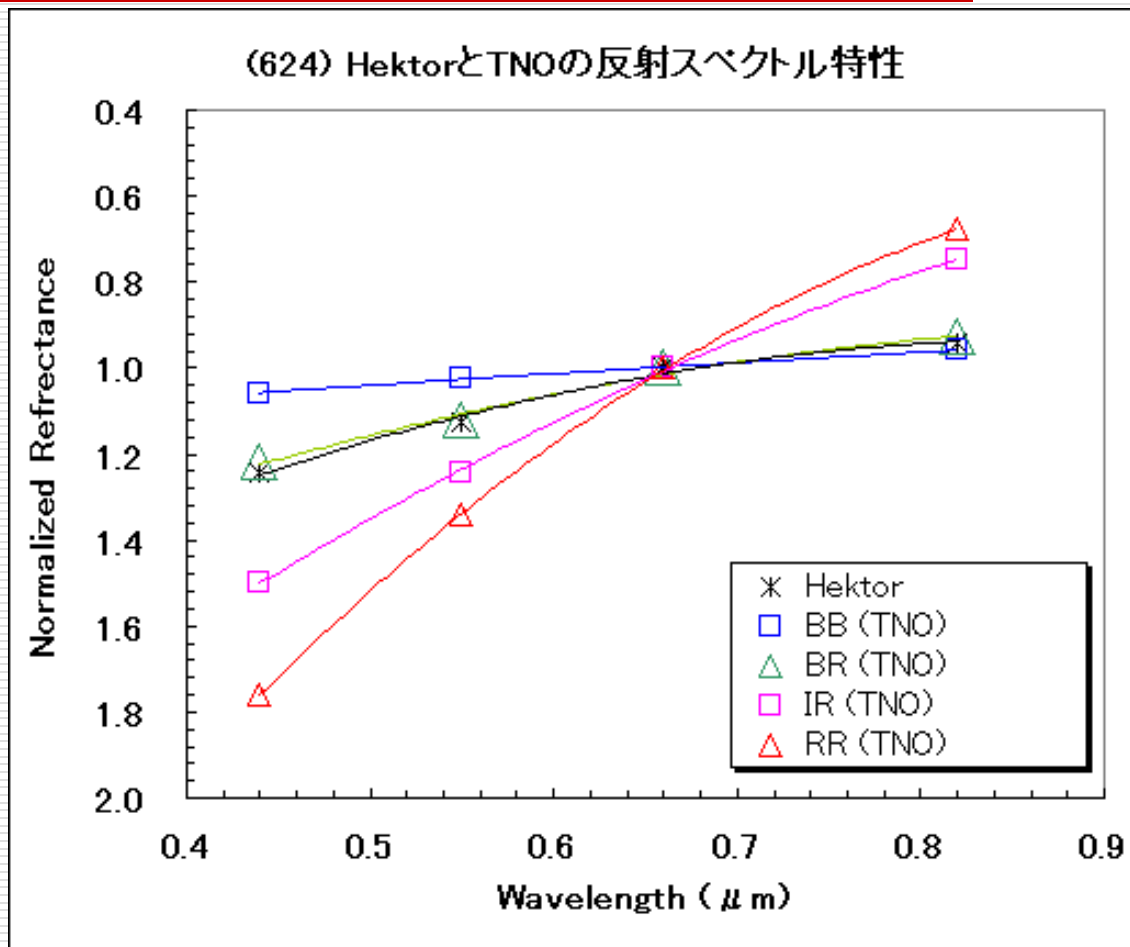
青化: 年代が若い

(624) Hektorは他のTrojanよりも赤化している



宇宙風化を受けている

TNOと(624)Hektorのスペクトルの比較



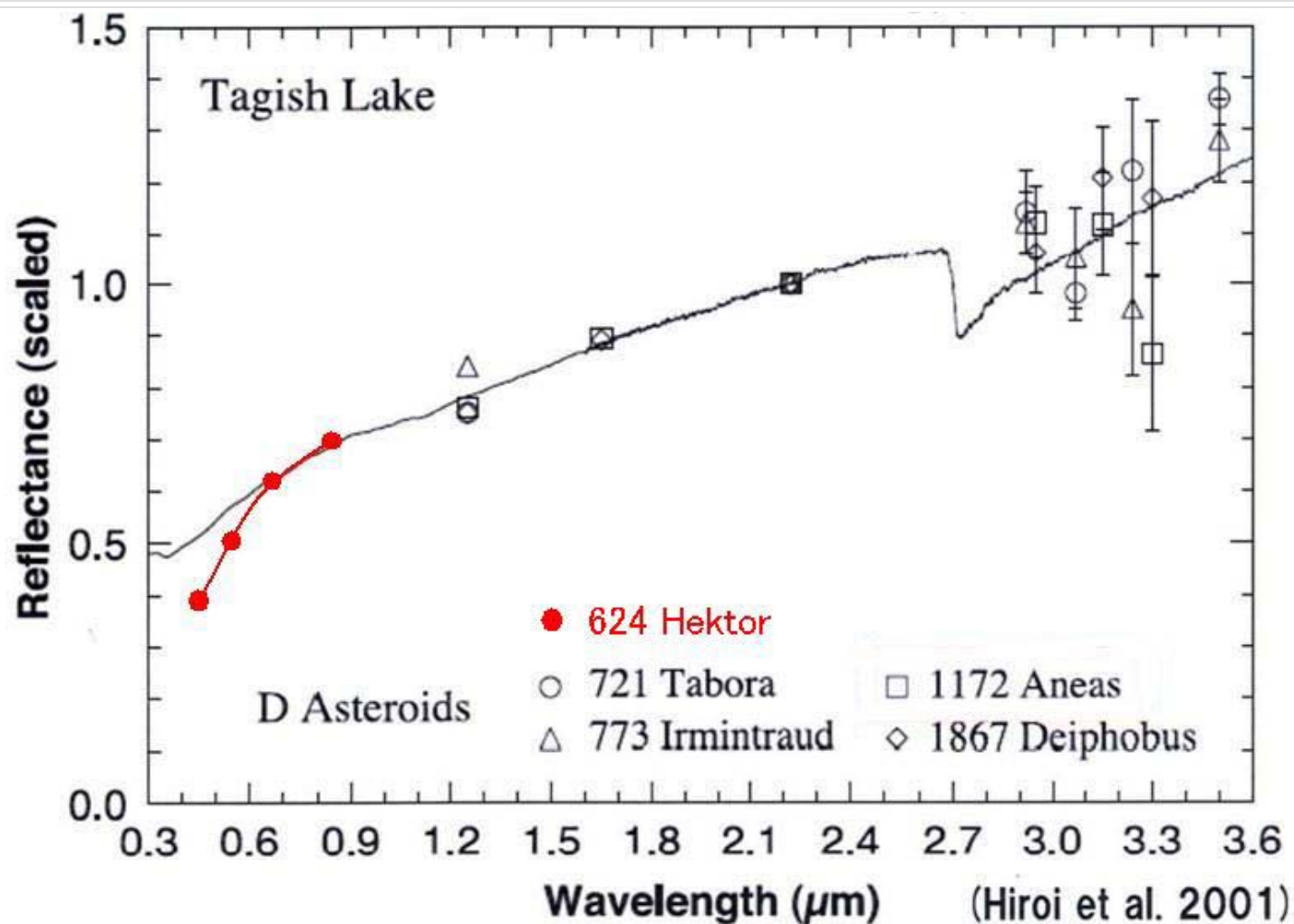
(624) Hektorの
反射スペクトルは
BRタイプの
TNOとほぼ同じ

表面の様子が
似ていることが
想像できる

TNO: D.P.Cruikshank et al. *Physical Properties of Trans Neptunian Objects*.

Hektor: This work.

Hektor及びD型小惑星とTagish Lake隕石のスペクトルの比較



第4回小惑星のライトカーブ研究会 矢野創氏のご講演より

VI. Result

今までの観測から解明した(624) Hektorの情報

形状 : バイナリ小惑星
(結合か近接かは未だ不明)

自転周期: 0.288352 ± 0.000003 day

Amplitude: 0.59 (2009 Jan)

1.04 (2009 Aug)

1.16 (2009 Nov)

1.02 (2010 Feb)

3軸比 : $a : b : c = 1.00 : 0.45 : 0.44$

自転軸の向き: hEcl-Lon,_i: 329 ± 2 deg

hEcl-Lat,_i: -25 ± 2 deg

スペクトル型: D-type

$B-V = 0.780 \pm 0.036$

$V-R = 0.494 \pm 0.030$

$V-I = 0.891 \pm 0.035$

$R-I = 0.397 \pm 0.033$

* 宇宙風化を受けて赤褐色の表面
全面が一様なcolorである

REFERENCES

- <ftp://ftp.lowell.edu/pub/bas/starcats/loneds.phot>
 - <http://www.naoj.org/Observing/Instruments/FOCAS/Detail/UsersGuide/Observing/St...>
 - Danlap J. L., Gehrels, T., (1969) *Lightcurves of a Trojan Asteroid*. *Astronomical Journal*. Minor Planets III.
 - Daisuke Kinoshita., Chin-Wei Chen., Zhong-Yi Lin., Kui-Yun Huang., Yung-Shin Chang., and Wen-Ping Chen. (2005) *Characteristics and Performance of the CCD Photometric System at Lulin Observatory*. *Chin. J. Astron. Astrophys.* Vol. 5, No, 3 315-326.
 - 野沢 由依. (2009) *小惑星の宇宙風化作用によるカラー変化の解析*. 小惑星ライトカーブ研究会
 - 川上 恭子, 安部 正直, 北里 宏平, 猿楽 祐樹, 長谷川 直 and 吉川 真. (2008) *次期小惑星 探査候補天体のサーベイ観測*. 小惑星ライトカーブ研究会.
 - Cruikshank D. P., Stansberry J. A., Emery J. P., Fernández Y. R., Werner M. W., Trilling D. E., and Reike G. H. (2005b) *Astrophys J.*, 624 L53-L56.
 - Barucci M. A., Petit J. M., and Veillent C. (2005b) *Icarus*, 174, 90-104.
 - P. Tanga D. Hestroifer A. Cellino Y. Zappala et al. (2003) *Asteroid Observations with the Hubble Space Telescope* *A&A* 401. 733/741.
 - Robert D. Stephens (2009) *Asteroids Observed from Gmars and Santana Obs*, *Minor Planet Bull*, 36,59-62.
-