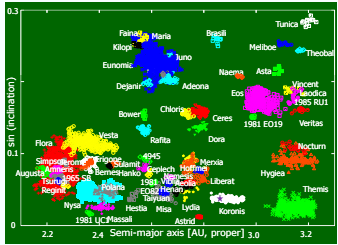


若い小惑星族の高速自転小惑星候補の観測

吉田二美 (国立天文台), Z.-Y.Lin (國立中央大学), O.A.Burkhonov, Sh.A.Egamberdiev, K.E.Ergashev (ウルクベク天文研究所), 伊藤孝士 (国立天文台), 秋田谷洋 (広島大学), 高橋準 (兵庫県立大学), 黒田大介, 花山秀和 (国立天文台), 光・赤外線大学間連携観測チーム

太陽系の歴史は衝突の歴史であり、天体の衝突過程の理解は太陽系の歴史の理解でもある。だが天体衝突のような大規模過程は室内実験では再現が難しいことから、詳しい理解は進んでいない。唯一、小惑星族が天体衝突破壊の痕跡を現在までに残す対象として期待されるが、大半の族は形成年代が数億年前と古く、軌道・衝突進化を少なからず受けているので、それを作った衝突破壊過程の情報を引き出すのは困難だと言われてきた。ところが2002年以降、形成年代が一千万年前以下であり軌道・衝突進化を受ける期間が短く、初期の衝突破壊の痕跡を残している可能性が高い若い小惑星族が発見されつつある。私達はこうした若い小惑星族の自転周期・形状・自転軸の方向などに注目して、ある天体が衝突で壊れる過程を仔細に探るべく光学観測を開始した。私達の観測は2004年より主にウズベキスタンのMaidanak天文台で行っているが、今回Maidanakで見つけた高速自転小惑星 (自転周期 2.2 時間以下) の候補のうち5個について鹿林天文台 (台湾) と Tenagra 観測所 (米国) で追観測を行った。このうち(31743)1999 JK79を光・赤外線大学間連携の望遠鏡 (なゆた・かなた) でも観測したので、この発表ではこれらの観測結果を示す。高速自転小惑星はこれまで小さな近地球小惑星として多数見つかったが、族を構成する小惑星族としてその種の天体が確認されれば、衝突破壊時の破片の放出速度など衝突規模推定の基礎情報を得る手がかりになり得る。

なぜ若い小惑星族小惑星を観測するのか？



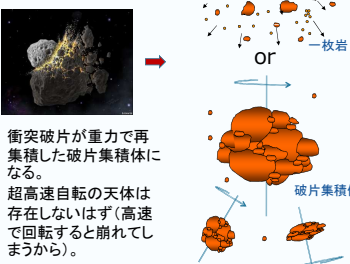
現在同定されているメインベルト内の小惑星族紫の★印はKarin族の位置

特に若い小惑星族 (形成年代が数百万年以下) ほど持っている情報が新鮮。

- 衝突破片のサイズ分布
- 衝突破片の形状分布
- 衝突破片の自転周期分布
- 宇宙風化前のカラー

衝突破壊時の様相

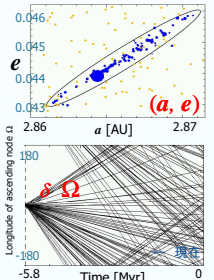
小さい破片がたくさん生じる。自転周期は速いものから遅いものまで様々。形状も様々。



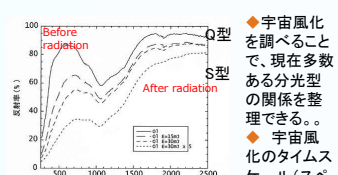
衝突破片が重力で再集積した破片集積体になる。超高速自転の天体は存在しないはず (高速で回転すると崩れてしまうから)。

若い小惑星族の見つけ方と年齢決定

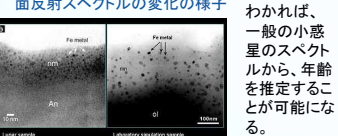
- 現在の小惑星の軌道を時間をさかのぼって計算。
- ある時点で5つの軌道要素が一致する小惑星のグループを探る。
- 軌道要素が一致している時刻が、その族の誕生日に相当する。



宇宙風化の進行度と年齢の関係



隕石に太陽風を模擬して、レーザーを照射して得た、隕石の表面反射スペクトルの変化の様子

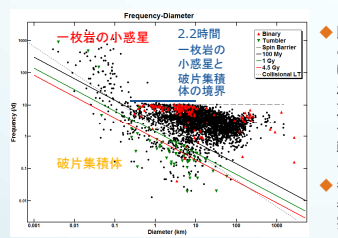


隕石表面にできた微小鉄の粒子 Sasaki et al. (2000)

族の名前	形成年代	メンバーの数	分光型
Karin	5.8Myr前	>70	S
Iannini	5Myr前	45	S
Datura	0.45Myr前	6	S
Veritas	8Myr前	>200	C

Nesvorny et al. (2002)

既知の小惑星の自転周期分布



- 既知の小惑星の直径と自転周期分布をプロットしてみると、直径数百mから10kmの小惑星で、突然2.2時間より短い自転周期を持つ天体がいなくなっているのがわかる。これは重力で集積している破片集積体の小惑星が、一つの天体としての形状を維持してられる限界の自転周期があるためと解釈されている。したがって、2.2時間より短い自転周期を持つ小惑星はすべて一枚岩 (単体) の小惑星である。
- 各小惑星族は天体衝突で壊れた破片そのものなので、族毎の小惑星の自転周期分布を調べることによって、その族の衝突破壊時の様相を推定する大きな手がかりが得られる。

観測はウズベキスタンのMaidanak天文台で

◆ 上述のように若い小惑星族を観測する意義は2つある。衝突破壊過程の理解と、宇宙風化過程の理解である。そこで、衝突破壊過程の理解のための自転周期分布と形状分布を得るため、ライトカーブ観測を、宇宙風化過程の理解のために、多色測光観測を、2004年終わりにMaidanak天文台と研究協力協定を結んでから開始した。協定は望遠鏡時間の提供を保証してもらうためのものである。



1.5m望遠鏡

CCDカメラ
Si600 Series 4Kx4K
Pixel size = 15 μm
Scale = 0.266 (f/17.74)
0.119 (f/17.34)
FOV = 18x18 arcmin
CryoTiger cooled = -108° C
BVRI filters

60cm望遠鏡

CCDカメラ
FLI IMG100IE
1024 x 1024 Array
Pixel size = 24 μm
FOV = 11x11 arcmin
BVRI filters

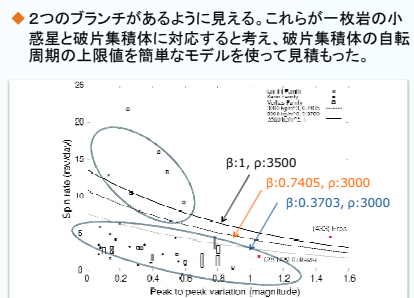
今回の観測では、明らかな高速自転小惑星は見つからなかったが、今後も観測を続けて、各若い小惑星族の自転周期分布を求めたい。また機会があれば、大学間連携望遠鏡の3色同時撮像装置で、宇宙風化度を推定するためにカラーの観測を行いたい。

これまで観測した若い小惑星族小惑星の一部

Family	Asteroid No.	Rotation period (hr)	Value	β	ρ	β	ρ	β	ρ
Karin	1999 JK79	2.18	0.7405	3500	0.3703	3000			
	2000 QG10	2.18	0.7405	3500	0.3703	3000			
	2000 QG11	2.18	0.7405	3500	0.3703	3000			
	2000 QG12	2.18	0.7405	3500	0.3703	3000			
	2000 QG13	2.18	0.7405	3500	0.3703	3000			
	2000 QG14	2.18	0.7405	3500	0.3703	3000			
	2000 QG15	2.18	0.7405	3500	0.3703	3000			
	2000 QG16	2.18	0.7405	3500	0.3703	3000			
	2000 QG17	2.18	0.7405	3500	0.3703	3000			
	2000 QG18	2.18	0.7405	3500	0.3703	3000			
Veritas	2000 QG19	2.18	0.7405	3500	0.3703	3000			
	2000 QG20	2.18	0.7405	3500	0.3703	3000			
	2000 QG21	2.18	0.7405	3500	0.3703	3000			
	2000 QG22	2.18	0.7405	3500	0.3703	3000			
	2000 QG23	2.18	0.7405	3500	0.3703	3000			
	2000 QG24	2.18	0.7405	3500	0.3703	3000			
	2000 QG25	2.18	0.7405	3500	0.3703	3000			
	2000 QG26	2.18	0.7405	3500	0.3703	3000			
	2000 QG27	2.18	0.7405	3500	0.3703	3000			
	2000 QG28	2.18	0.7405	3500	0.3703	3000			

- ◆ 我々の観測ではこの小惑星のライトカーブを取得し、小惑星の自転周期と形状 (ライトカーブの振幅から、小惑星を回転楕円体と仮定したときの軸比が推定できる) を求め、多色測光でカラーをとる。
- ◆ 何度か同じ小惑星を異なる太陽位相角で観測できた場合には、絶対等級とスロープパラメータGの決定も行った。

これまで観測した若い小惑星族の自転周期と形状の図



破片集積体小惑星の自転速度の上限の見積もり

破片集積体の赤道表面にある1個の粒子の力のバランスを考えると、

破片集積体からの重力: $mg = \frac{GMm}{r^2}$

自転に伴う遠心力: $m\omega^2 r$

角速度: ω
Spin rate: $n = \omega / 2\pi$

ラグビーボールのような形軸比: $b:r:b$

個々の粒子の半径: a
個々の粒子の質量: m
破片集積体の構成粒子数: N

粒子の体積: $\frac{4}{3}\pi a^3$
粒子の質量: $m = \frac{4}{3}\pi a^3 \rho$

破片集積体の体積: $\frac{4}{3}\pi b^3$
破片集積体の質量: $mN = \frac{4}{3}\pi b^3 \rho N$

破片集積体の密度: $\beta \rho = \frac{4}{3}\pi \rho N$

この spin rate が破片集積体小惑星での上限値となる

粒子の密度 ρ は炭素質コンドライトでは $\rho = 3000 \text{ kg/m}^3$ 、普通コンドライトでは 3500 kg/m^3 程度。最密充填の時の充填率 β は0.7405だが、粒子のサイズ分布を考慮すれば、 β^{-1} になることもあるかもしれない。

観測されるライトカーブの peak to peak variation (Amp) と破片集積体の軸比 b 、 r との関係

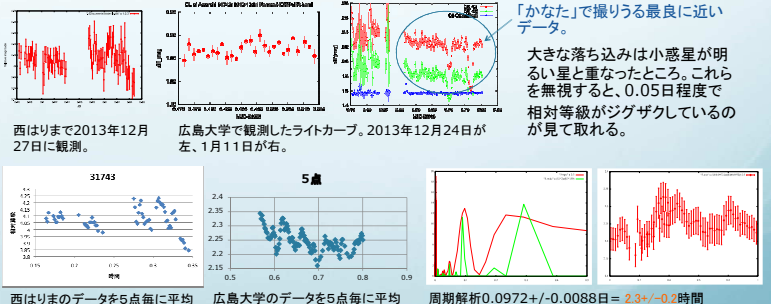
$Amp = 2.5 \log_{10}(r/b)$

$\frac{a^3}{r^3} = \frac{\beta}{N} \left(\frac{1}{10^{0.4 Amp}} \right)$

若い小惑星族小惑星の中に高速自転小惑星 (自転周期2.2時間以内で一枚岩) があるかどうかを大学間連携望遠鏡で確認したい

- ◆ Maidanak天文台見つかった10個の高速自転小惑星候補の追観測。高速自転小惑星なら、半夜のライトカーブ観測で自転周期が求まるはず。

(31743)1999 JK79の観測@かなたとなゆた



他の高速自転小惑星の追観測

鹿林: 76-cm Super Light Telescope (SLT)
Tenagra: 0.81-m Tenagra II BVRI filters

(50182)@鹿林
10.23hr

(31743)@鹿林+Tenagra
2.03hr, 3.65hr

(14722)@鹿林
6.70hr

(87239)@Tenagra
5.62hr

(3090)@鹿林
10.94hr