

太陽系小天体の物理特性

吉田二美 (国立天文台)

ここでは来年から開始予定のすばる望遠鏡による大型多色測光サーベイ : Hyper Suprime-Cam (HSC) サーベイに先だって、太陽系小天体の最新カタログに基づいて既知の太陽系小天体の描像をまとめた。

軌道分布 : 最新のカタログは以下から取得可能である。

□Lowell 天文台が公開している小天体の軌道データ ASTORB

<ftp://lowell.edu/pub/elgb/astorb.dat.gz>

□SDSS の太陽系小天体カタログ MOC4 471,569 個の移動天体のデータ

<http://www.astro.washington.edu/users/ivezic/sdssmoc/sdssmoc.html>

MOC4 と ASTORB を比較した Parker et al. (2008) は、ASTORB は $r=19.5\text{mag}$ まで complete だと言う。つまり見かけ等級が $r<19.5\text{mag}$ のすべての太陽系小天体は発見されている。これを絶対等級にすると表 1 のようになり、TNOs はまだ大きな天体しか見つかっていないことがわかる。木星トロヤ群 (JTs) のデータは上記とは別に次から取得でき <http://www.minorplanetcenter.net/iau/lists/JupiterTrojans.html>、JTs の総数は 2012 年 10 月 5 日で 5230 個、このうち L4 群が 3405 個、L5 群が 1825 個である。L4 群が L5 群より数が多いことは知られていたが、サーベイの観測バイアスではないかと考えられていた。しかしながら、SDSS (Szabo et al. (2007)) や SMBAS (Nakamura & Yoshida (2008)) の調査により、L4 群の数が L5 群より 1.6-1.8 倍多いのはリアルであるとわかった。

日心距離	絶対等級 H
MB の内側 2.1AU	17.7 (0.9km)
MB の外側 3.28 AU	15.1 (6km)
JT 5.2AU	12.8 (17 km)
40AU	3.5 (1300km)

表 1 カタログの completeness。括弧内が、現在すべて見つかっていると推定されている小天体の最小サイズ

参考文献

Nakamura & Yoshida, Publ. Astron. Soc. Japan 60, 293–296, 2008, Parker et al., Icarus 198 138–155 (2008), Szabo et al., Mon. Not. R. Astron. Soc. 377, 1393–1406 (2007)

サイズ分布: (a) NEOs: NEO サーベイは NASA が精力的に行い、2008 年で絶対等級で $H=16$ 等より明るい NEOs はすべて見つかったとされている。NEOWISE (Mainzer et al., (2011)) による最新の見積もりでは、累積サイズ分布のべき b ($N(>D)\propto D^b$) の値は NEO のサイズによって表 2 のように変わるとしている。興味深いことに $b=1.32$ は $D<5\text{km}$ の MBAs のサイズ分布とはほぼ等しい。NEO の主な供給源はメインベルトであるからサイズ分布が似ているのは当然だが、NEO では $D<1.5\text{km}$ で b が小さくなるのに対し、MBAs では $D<5\text{km}$ で b が小さくなる。これは MBAs が軌道進化する際に、サイズに依存した何らかのメカニズムが作用していると推察される (単純に MBAs のサイズ分布が NEO にコピーされるわけではない)。

(b) MBAs: 1950-52 年に Yarkes-McDobald サーベイ、1960 年に Palomar Leiden サーベイが行われ、1990 年以降は CCD を使って、Spacewatch サーベイ (1992-95 年)、Sloan Digital Sky サーベイ (SDSS、1998-2000 年、Ivezic et al. (2001))、Sub-km Main Belt Asteroid サーベイ (SMBAS、2001-2011 年、Yoshida et al. (2001, 2003), Yoshida & Nakamura (2007) など) が行われてきた。SMBAS はすばる望遠鏡の大口径を活かして $D<1\text{km}$ の MBAs の物理特性を明らかにすることを目的としたサーベイである。これまで 9 回行われ、Sub-km MBAs のサイズ分布、カラー分布、自転周期分布のデータを得ている。

(c) JTs: これまでに Jewitt et al. (AJ 120 1140 (2000)) が KBOs サーベイで見つけた L4 群の JTs、SDSS が検出した L4, L5 の JTs (Szabo et al. (2007))、SMBAS の画像データに写っていた L4, L5 の JTs (Yoshida & Nakamura PASJ 60 297 (2008)) についてサイズ分布が調べられた。最近 Spitzer の観測により JTs のアルベドのサイズ依存性が明らかになったため、Fernandez et al. (2009) が改めて表 2 のようにサイズ分布を推定した。しかしながら、WISE

(Grav. et al. ApJ, 742:40, 2011) は JT_s のアルベドのサイズ依存性に異議を唱えており、JT_s のサイズ分布は今後見直されるかもしれない。(d) TNO_s: TNO のサイズ分布は 2008 年に Petit らがいったんまとめ (Petit et al. in the Solar System beyond Neptune, 71 (2008))、その後二つのサーベイが行われた (Fuentes et al. ApJ 696 91 (2009)、Fraser et al.(2010))。Fraser らは、すばる望遠鏡を使って一晩で 88 個の TNO を検出し、それらを 3 つのグループ (Cold($i < 5^\circ$), Hot($i > 5^\circ$), Close ($a < 38\text{AU}$)) に分けて、 $170 < D < 670\text{km}$ の範囲のサイズ分布を決定した。b の値は Cold だけ大きく、Hot と Close は似ているため、Cold は、Hot と Close とは別起源ではないかと推測している。

表 2 サイズ分布のまとめ (参考文献も記した)

Group	b	Size range (km)	References
IEOs	2.2	$0.03 < D < 1.6$	Zavodny et al. Icarus 198 284 (2008)
NEOs	5	$D > 5$	Mainzer et al., ApJ 743:156 (2011)
	2.1	$1.5 < D < 5$	
	1.32	$D < 1.5$	
MBAs	3	$5 < D < 40$	Ivezic et al. AJ 122, 2749 (2001) Yoshida & Nakamura, PSS, 55, 1113 (2007)
	1.3	$0.4 < D < 5$	
Hildas	2.0	$D > 12$	Ryan & Woodward AJ 141:186 (2011)
	0.37	$5 < D < 12$	
JT _s	3.8	$D > 40$	Fernandez et al. AJ 138:240 (2009)
	0.8	$5 < D < 40$	
	2.0	$D < 5$	
JFCs ($q < 2.5\text{AU}$)	2.7	$3 < D < 11$	Tancredi et al., Icarus 182, 525 (2006)
Near Earth JFCs ($q < 1.3\text{AU}$)	5.65	$4 < D < 9$	Fernandez & Morbidelli, Icarus 185, 211 (2006)
	1.25	$0.2 < D < 4$	
TNO (cold)	4.4	$170 < D < 670$	Fraser et al. Icarus 210 944 (2010)
TNO (hot)	1.8	$170 < D < 670$	Fraser et al. Icarus 210 944 (2010)
TNO (close)	2.0	$170 < D < 670$	Fraser et al. Icarus 210 944 (2010)

自 転 周 期 分 布 : 自 転 周 期 の 最 新 デ ー タ (2012 Sep.11 版) は 以 下 よ り 取 得 で き る 。
<http://www.minorplanet.info/lightcurvedatabase.html>. NEAs のグループでは、バイナリー (B) 39 個、それ以外 (O) 438 個、MCs では、B10 個、O137 個、MBA (族以外) では B 33 個、O 2115 個、MBA の族の B 74 個、O 1685 個、

JT_s (L4, L5) 117 個、TNO_s の B 8 個、O 48 個のデータがある。NEAs+MC、MBAs、JT_s、TNO_s の自 転 速 度 分 布 (右 図) では、NEA のグループでは自 転 速 度 の 分 布 は 広 が っ て 見 え る が、JT_s と TNO_s では Spin rate (横軸) は 2-3 にあたりに集中している。またバイナリーでは自 転 の 速 い も の と 遅 い も の の 2 極 に 分 か れ る 傾 向 が 見 ら れ た。

SDSS や WISE などの大型サーベイのおかげで、データ数が大幅に増えたので、先人の研究を見直して、再解析する時期ではないだろうか。

