

ASTEROİDLERİN FOTOMETRİK GÖZLEMLERİNDEN BELİRLENEBİLEN BULGULAR VE ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ GÖZLEMEVİNDE BAZI ASTEROİDLERİN FOTOMETRİK GÖZLEMLERİ

Afşar KABAŞ¹

Özet

Asteroidler kendi eksenleri etrafında dönerken, düzensiz şekilleri, düzgün olmayan yüzey morfolojileri ve yüzeylerindeki albedo değişimleri sebebiyle gözlemciye yansıttıkları ışığın kesrini periyodik olarak değişikliğe uğratırlar. Bu sebeple asteroidlerin ışık değişim gözlemleri (fotometrik gözlemleri) yapılabilmektedir. Ortalama parlaklık değişimleri 0.2 kadir yöresindeyken, dönme periyotları genellikle 5-30 saat arası değişir. Bununla birlikte 2 saat gibi kısa dönemli olanları da mevcuttur. Işık eğrisini etkileyen diğer önemli bir faktör de asteroidin Dünya ve Güneş'e göre olan konumudur. Işık eğrilerinden elde edilebilecek parlaklık ve genlik bilgilerinden yola çıkarak, asteroidi en iyi ifade eden üç eksenli elipsoidin Zappala (1980)'de açıklanan yarı analitik yöntem ile yarı büyük eksen uzunlukları oranı (a/b ve b/c) ve dönme ekseninin uzaydaki yönelimi (kutbunun ekliptikel koordinatları (λ_0, β_0)) belirlenebilmektedir. Temmuz 2005'ten bu yana Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Astrofizik Araştırma Merkezi ve Gözlemevinde bazı ana kuşak asteroidlerin opozisyon civarı fotometrik gözlemleri dönme periyotları süresince yapılmış ve ışık eğrileri elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Asteroidler, Asteroidlerin Fotometrik Gözlemleri, Asteroid Işık Eğrileri

Abstract

While an asteroid rotates, the Sun light which reflects to observer from the asteroid varies due to different values of albedo, irregular shape and surface morphology. Hence, photometric observation of asteroids is possible. Mean amplitude of the light curves are usually 0.2^m and periods of rotation are usually between 5-30 hours. However, some asteroids which have short period like 2 hours are exist. The other important effect on the light curve is the position of the asteroid respect to the Sun and the Earth. The semi major axis ratios (a/b and b/c) and the direction of the rotation axis (ecliptical coordinates of the pole (λ_0, β_0)) of the best ellipsoid (three axis ellipsoid) which corresponds to real shape of the asteroid can be determined from magnitude and amplitude values of the light curve of this asteroid by the semi-analytic method described in Zappala (1980). Photometric observations of some main belt asteroids at near-opposition have been performed during their rotation periods and their light curves have been obtained in Çanakkale University Astrophysics Research Centre and Observatory date from July 2005.

Keywords: The Asteroids, Photometric Observations of Asteroids, Asteroidal Light Curves

¹ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, Terzioğlu Kampüsü (Yeni Yerleşke), Fen-Edebiyat Fakültesi, 17100 Çanakkale, Tel: 0(286)2180018/1816, akabas@comu.edu.tr

1. Giriş

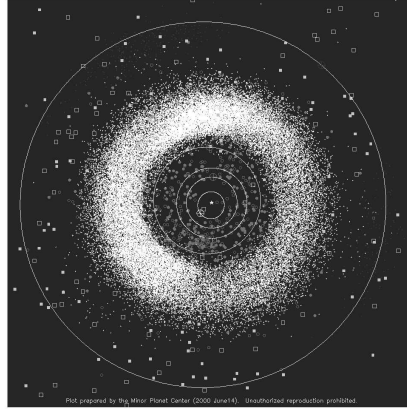
Asteroidler, Güneş Sisteminin şekillenmesinden sonra arda kalan ve gezegen oluşturmak üzere asla birleşemeyecek olan kalıntılardır. Bir teoriye göre ise Jüpiterin diferansiyel çekimi altında dağılmış bir gezegenin ufalanmış parçalarıdır.

Güneş Sisteminin erken dönemlerine ait oldukları için, asteroidlerin içeriği Güneş Sisteminin başlangıcındaki kimyasal kompozisyon hakkında bilgi verici niteliktedir.

Asteroidler Güneş Sistemindeki yörünge guruplaşmalarına göre, Yakın Asteroidler (Near Earth Asteroids, NEAs), Ana Kuşak Asteroidler (Main Belt Asteroids, MBAs), Kuiper Kuşağı Asteroidleri (Kuiper Belt Objects, KBOs) gibi birkaç sınıfta toplanır.

1.1. Ana Kuşak Asteroidler (MBAs)

Güneş'ten ortalama uzaklıkları 2.5 AB kadardır. Mars ve Jüpiter arasında yoğunlaşmışlardır. Yörüngeler çembere çok yakın olup, yörünge eğimleri 0° - 30° arası değişir. Bu kuşaktaki bazı asteroidlerin boyutları 1000 km'ye kadar varabilmektedir [1], (Şekil-1).



Şekil-1: Mars ve Jüpiter yörüngeleri arasında yoğunlaşmış Ana Kuşak asteroidler (MBAs) ve daha içteki noktalarla gösterilmiş Yakın Asteroidler (NEAs)

1.2 Yakın asteroidler (NEAs)

Güneş'ten ortalama uzaklıkları 1 AB kadar olup, Ana Kuşak Asteroidlere göre daha eliptik yörüngelerde dolanırlar. İstatistiksel hesapların gösterdiğine göre bilinen Yakın Asteroidlerin %20-40'ının 10-100 milyon yıllık bir zaman aralığı içinde Dünya'ya çarpma olasılığı söz konusudur. Şu an ki bilgilere göre boyutlarının 200-1000 m arasında olduğu tahmin edilmektedir. Yakın Asteroid gözlemleri devam ettikçe, yeni keşfedilen küçük boyutlu Yakın Asteroid sayısı giderek artmaktadır. Ancak bu asteroidlerin yer tabanlı gözlemleri, hızlı hareket etmeleri ve açısal olarak Güneş'e yakın olmaları sebebiyle oldukça zor yapılabilmektedir [2].

2. Asteroid Gözlemleri

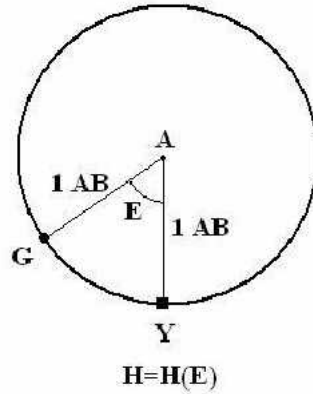
Asteroid gözlemlerini iki sınıfa ayırmak mümkündür: Yer tabanlı gözlemler ve uzay teleskopu ya da uydu ile yapılan uzaydan gözlemler. Asteroidlerin yer tabanlı gözlemleri dört temel guruba ayrılmıştır: Fotometrik gözlemler, yıldız örtülmeleri, speckle interferometri ve radar gözlemleri.

Asteroidler kendi eksenleri etrafında dönerken, düzensiz şekilleri, düzgün olmayan yüzey morfolojileri ve yüzeylerindeki albedo değişimleri sebebiyle gözlemciye yansıttıkları ışığın kesrini periyodik olarak değişikliğe uğrattılar. Bu sebeple asteroidlerin ışık değişim gözlemleri yani fotometrik gözlemleri yapılabilmektedir. Ortalama parlaklık değişimleri 0.2^m yöresindeyken, dönme periyotları genellikle 5-30 saat arası değişir. Bununla birlikte 2 saat gibi kısa dönemli olanları da mevcuttur. Işık eğrisini etkileyen diğer önemli bir faktör de asteroidin Dünya ve Güneş'e göre olan konumudur.

3. Fotometriden Elde Edilenler

3.1. Bir Asteroidin Mutlak Parlaklığı

Solar evre açısını (E) değiştirmeden Güneş'i ve Yer'i söz konusu asteroide 1 AB kalıncaya kadar yaklaştırdığımızı düşünelim (Şekil-2). Bu andan itibaren asteroidin görünen parlaklığına indirgenmiş parlaklık (reduced magnitude) denir. Bir asteroidin görsel bölgede ve E solar evre açısı altındaki indirgenmiş parlaklığı H (E) ya da $V(1,E)$ olarak gösterilmektedir. İndirgenmiş parlaklıkta E solar evre açısı 0 ise söz konusu parlaklık $H_0(0)$ veya $V_0(1,0)$, asteroidin mutlak parlaklığı olarak tanımlanır.

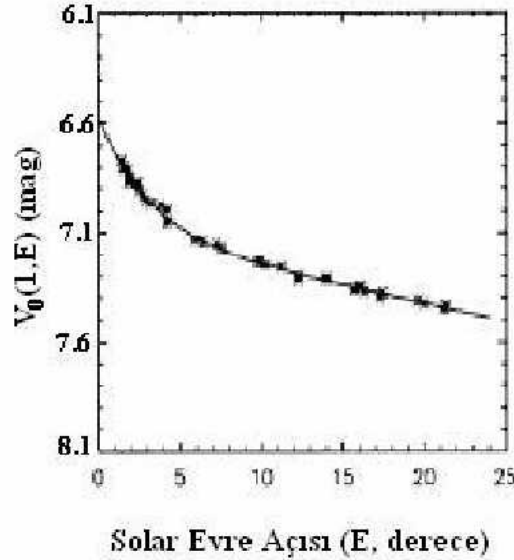


Şekil-2: Bir asteroidin indirgenmiş parlaklığının anlaşılmasında yukarıdaki şekil kullanılabilir. Asteroidi merkez kabul eden 1 AB yarıçaplı hayali çember üzerinde Yer ve Güneş bulunmakta. GAY açısı solar evre açısı olarak (E) adlandırılır. Bu durumda asteroidin Yer'den görünen parlaklığı indirgenmiş parlaklık (H) olacaktır.

Bir asteroidin yörüngesi üzerindeki farklı noktalardan elde edilmiş olan ışık değişimleri birbirleriyle karşılaştırılmadan önce indirgenmiş parlaklıkların belirlenmiş olması gerekir. Böylece hareketli asteroidin Güneş'e ve Yer'e olan uzaklık değişimlerinden kaynaklı parlaklık değişimi hesaplardan düşülmüş olur. Geriye kalan ışık değişimi, asteroidin geometrik yönelim parametreleri (aspect açısı (A), dönme evre açısı (R), eğim açısı (obliquity,w)), solar evre açısı (E), şekil, boyut, yüzeydeki albedo dağılımı ve yine yüzeyin ışık dağıtıcılık özelliklerine (S) bağlıdır.

3.2. Solar Evre Eğrisi (Solar Phase Curve)

$E = 0^\circ$ -- 25° arasındaki bir bölgede, herhangi bir ana kuşak asteroide ait birkaç adet ışık eğrisi elde edildiğini düşünelim. Bu ışık eğrilerinin aynı dönme evre açısına (aynı R değerleri, asteroid o anda gözlemciye aynı yüzünü gösterir) denk gelen maksimum parlaklıkları ($V_0(1,E)$) evre açısına göre (E) çizdirilecek olursa Şekil-3'tekine benzer bir grafik elde edilir.



Şekil-3: Bir ana kuşak asteroidin karşı konumu (opozisyon) civarında ($E=0^\circ$ -- 25° arası bölgede) elde edilen ışık eğrilerinin aynı dönme evre açısına denk gelen maksimum parlaklıkları solar evre açısına göre çizdirildiğinde solar evre eğrisi (solar phase curve) adı verilen eğri elde edilmiş olur.

Asteroidin ışık değişiminin, geometrik yönelim parametrelerine (aspect açısı (A), dönme evre açısına (R), eğim açısına (obliquity, w)), solar evre açısına (E), şekil ve boyuta, yüzeydeki albedo dağılımına ve yine yüzeyin ışık dağıtıcılık özelliklerine (S) bağlı olduğunu belirtmiştik. Şekil-3, aynı asteroide ait ışık eğrilerinden oluşturulmuş olduğu için $H_0(E)$ ifadesi ($V_0(1,E)$ 'yi $H_0(E)$ olarak da gösterebiliriz) o asteroid için ve bu opozisyon için şekilden ve boyuttan bağımsız olacaktır. Ayrıca $H_0(E)$, aynı dönme evre açısına (R) karşılık gelen indirgenmiş maksimum parlaklık olduğu için dönme evre açısından da (R) bağımsız olur. Bu durumda,

$$H_0 = H_0 [(A,w), E, S, \text{albedo dağılımı}]$$

şeklinde bir fonksiyon olur.

R gibi A ve w da geometrik yönelim parametreleridirler. A , asteroidin görüntüş ya da cephe açısı olarak bilinir (aspect angle). Gözlemcinin bakış doğrultusuyla asteroidin dönme eksenini arasında kalan açıdır. Eğim açısı (obliquity) olarak isimlendirilen w ise asteroidin dönme eksenini ve Yer'in oluşturduğu düzlemin, asteroid, Yer ve Güneş düzlemine dik olan düzlemlerle yaptığı açıdır. E 'nin solar evre açısı olduğunu biliyoruz. S , yüzeyin ışık dağıtıcılık özelliğidir (scattering properties of the surface). S , solar evre açısına ve asteroidin taksonomik yapısıyla da ilişkili olan birkaç fiziksel parametreye güçlü olarak bağlı olan bir fonksiyondur. Aynı asteroid için S 'nin $S = S(E)$ şeklinde bir fonksiyon olduğunu düşünebiliriz. Asteroidten

yansıyan ışığın, asteroide gelen toplam ışığa oranına albedo diyoruz. Aslında albedo dağılımı, S'nin bağlı olduğu fiziksel parametreler içerisinde ve aynı asteroid için H_0 albedodan bağımsızdır. Bu durumda,

$$H_0 = H_0 [(A,w), E, S(E)]$$

olarak düşünülebilir. A'nın ve w'nin $E = 0^\circ - 25^\circ$ arasındaki zaman diliminde çok değişmediği bilinmektedir (özellikle ana kuşak asteroidleri için). O halde bu asteroidin bu opozisyonu için $H_0 = H_0 (E)$ ifadesi yanlış olmayacaktır.

Solar evre eğrisini veren noktaların üzerine fit edilmiş eğrinin düşey eksenini kestiği noktada asteroidin mutlak parlaklığı ($H_0(0)$ veya $V_0(1,0)$) vardır. Mutlak parlaklık, opozisyondan opozisyona A'nın değişmesinden dolayı değişebilir. Solar evre eğrisinin karakteristiğini belirleyen matematiksel parametre G ile simgelenmiştir. G değeri asteroidin taksonomik sınıfına göre değişim gösterir. Solar evre eğrisinden asteroidin mutlak parlaklığına ve G parametresine ulaşmak ve bu parametreden de taksonomik sınıf ve dolayısıyla da albedo ile ilgili bir tahminde bulunmak mümkün olabilmektedir. Ayrıca asteroid yüzeyinin ışık dağıtıcılık özelliği ($S = S(E)$) hakkında da solar evre eğrisi vasıtasıyla bilgi edinilebilmektedir.

Işık eğrisinin kendisinden direkt olarak elde edilebilen bilgilerden biri de asteroidin sinodik dönme periyodudur. Sinodik dönme periyodundan ve yörünge üzerindeki konumdan yola çıkarak sideral dönme periyoduna ulaşılabilir.

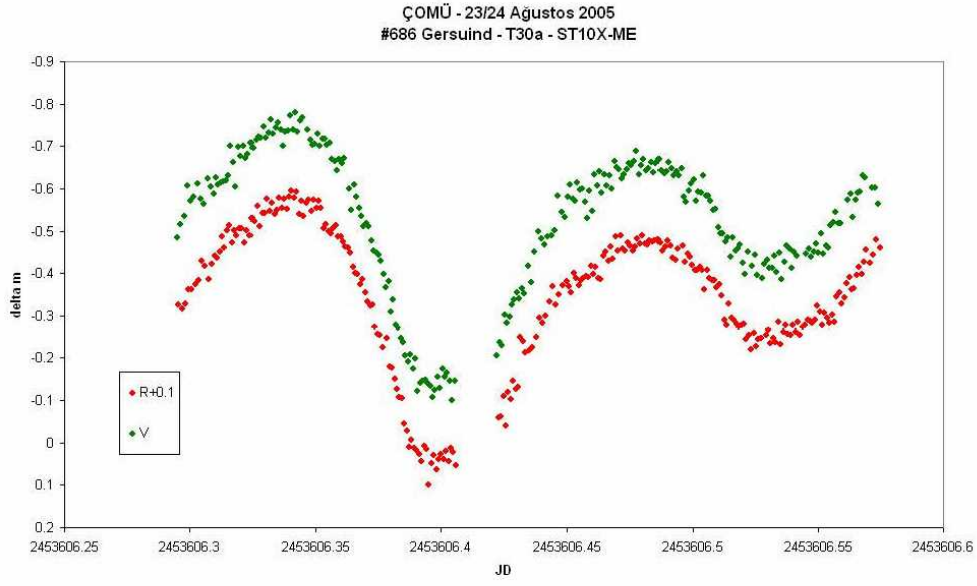
3.3. Eksen Oranları ve Kutup Koordinatları

Işık eğrilerinden elde edilebilen maksimum parlaklık ve genlik bilgilerinden yola çıkarak, asteroidi en iyi ifade eden üç eksenli elipsoidin Zappala (1980)'de açıklanan yarı analitik yöntem ile yarı büyük eksen uzunlukları oranı (a/b ve b/c) ve dönme ekseninin uzaydaki yönelimi (kutbunun ekliptikel koordinatları (λ_0, β_0)) belirlenebilmektedir. Bu yöntemden başka, 1979'da Taylor tarafından önerilen ve fotometrik astrometri adı verilen yine aynı amaca yönelik bir başka metod da yer almaktadır. Tüm bu yöntemlerin uygulanabilmesi, aynı asteroide ait farklı opozisyonların gözlenmesini gerektirir. Farklı opozisyonlardan elde edilen farklı solar evre eğrilerinin karşılaştırılmasıyla a/b, b/c ve (λ_0, β_0) bilgilerine ulaşılmaktadır.

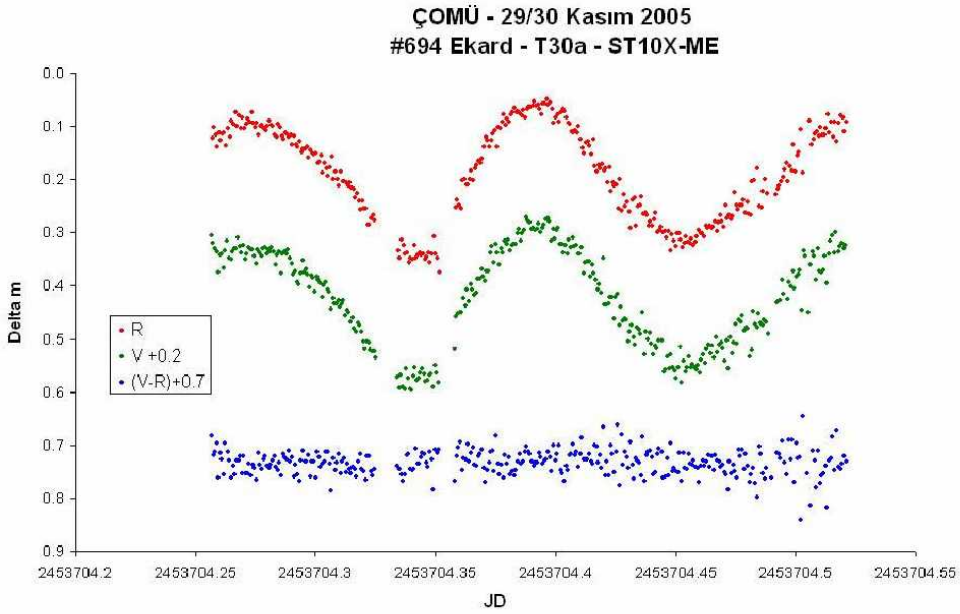
4. Çanakkale Üniversitesi Gözleminde Bazı Asteroidlerin Fotometrik Gözlemleri

Asteroidlerin çoğunluğu 12 kadir ve üstü parlaklıkta yer alır. Sönük sayılabilecek nesnelere olduklarından dolayı, asteroidlerin ışık ölçüm gözlemlerinde genellikle CCD dedektörü kullanılır. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Astrofizik Araştırma Merkezi ve Gözlemindeki teknik donanım 13-14 kadir dolayındaki asteroidlerin CCD gözlemlerini ve CCD fotometrilerini gerçekleştirebilecek düzeydedir. Gözleminin gözlem programına Temmuz 2005 itibarıyla özellikle ana kuşaktan bazı asteroidler eklenmiştir. 2005 yaz zamanı deneme gözlemlerinin ardından Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Gözleminde asteroid gözlemlerine hız kazandırılmaya çalışılmış ve bu amaçla çalışma konusu projelendirilmiştir (iki yıl süreli TÜBİTAK projesi).

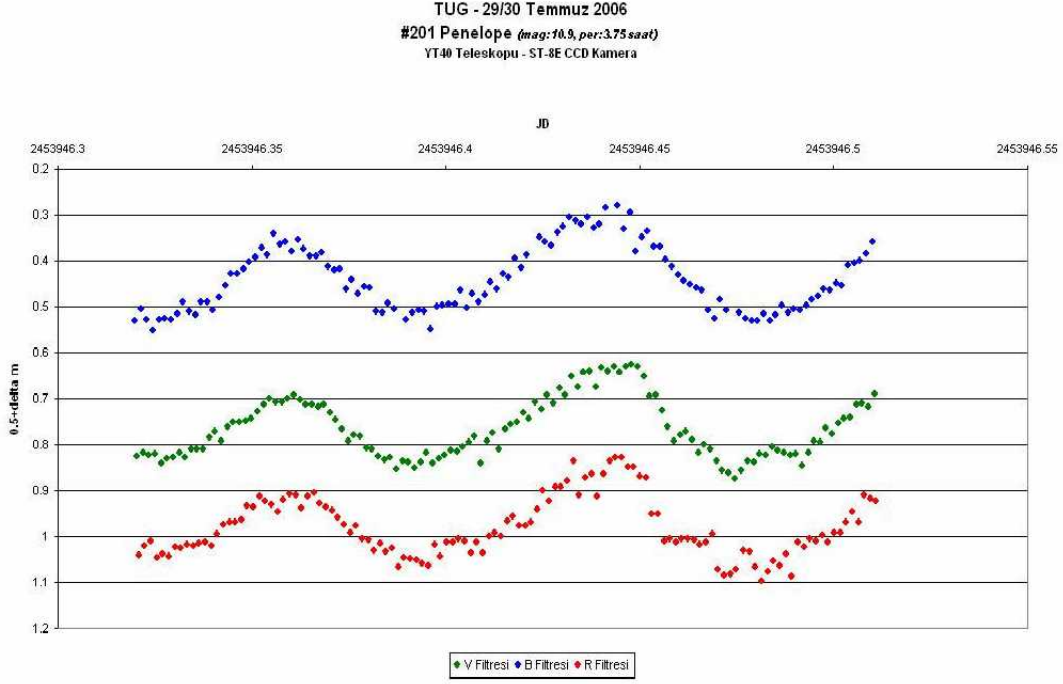
2005 yaz zamanından bu yana Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Gözleminde gözlenen bazı asteroidlerin elde edilmiş ışık eğrileri Şekil-4, Şekil-5 ve Şekil-6'da görüldüğü gibidir. #201 Penelope'nin 2006 opozisyonu halen gözlenmeye devam edilmektedir.



Şekil-4: 686 Gersuin'in ışık eğrisi (23/24 Ağustos 2005), 12.5 kadir, 6.313 saat dönme periyodu



Şekil-5: 694 Ekard'ın ışık eğrisi (29/30 Kasım 2005), 12 kadir, 5.925 saat dönme periyodu



Şekil-6: 201 Penelope'nin ışık eğrisi (29/30 Tem.2006), 10.9 kadir, 3.75 saat dönme periyodu (TUG)

Kaynaklar

- [1] W.Crane: *Astrometry of Minor Planets using CCD Imaging from the Telescopes in Education 24'' Telescope at Mt. Wilson.*
- [2] D. Hestroffer, V. Zappalà, D. Carollo, M. Gai, F. Mignard, P. Tanga: *Science of the Solar System with GAIA.*
- [3] M. Delbò, A. Cellino, V. Zappalà: *Determination of Physical Parameters of Asteroids from GAIA Photometry*, 21 January 2004, GAIA-PWG Workshop
- [4] Zappala, V.:1981, *Moon and Planets* 24, 219.
- [5] Taylor, R.C.:1979, in T.Gehrels (ed.), *Astron. Astrophys.* 83, 249.
- [6] Barucci, M.A.:1983, *Astron. Astrophys.* 54, 471.
- [7] Scaltriti, F., Zappala, V. : 1977, *Astron. Astrophys.* 56, 7.
- [8] Surdej, A., Surdej, J.:1985, *Astron. Astrophys.* 149, 186.

