



3122 Florence: Analisi delle curve di luce e modello preliminare

Lorenzo Franco, P. Bacci, G. Baj, G. Casalnuovo, G. Galli, A. Marchini, A. Noschese, A. Valvasori
Unione Astrofili Italiani www.uai.it

Abstract: L'asteroide 3122 Florence è stato osservato dalla Sezione Asteroidi UAI in occasione dell'incontro ravvicinato del 1° settembre 2017 ed i dati raccolti ne hanno permesso la caratterizzazione. Le osservazioni fotometriche multi-banda e lo spettro di riflettanza confermano la classificazione di tipo S e, attraverso il processo di inversione, è stata trovata una soluzione preliminare per l'orientamento del polo di rotazione ed il modello 3D.

Introduzione

L'asteroide 3122 Florence è stato scoperto il 2 marzo 1981 da J.S. Bus presso l'osservatorio di Siding Spring in Australia. Si tratta di un NEA (near-Earth Asteroid) di tipo Amor del diametro di circa 5 km che ha avuto un incontro ravvicinato con la Terra il 1° settembre 2017 ad una distanza di circa 18 volte quella della Luna, una ottima occasione per effettuare degli studi fisici a supporto delle osservazioni radar dei radiotelescopi Goldstone ed Arecibo. Numerose osservazioni fotometriche sono state effettuate nell'ambito della sezione asteroidi UAI per tutto il mese di settembre e fino ai primi di ottobre per un totale di 12 notti osservative che hanno visto la collaborazione di 8 diversi osservatori (P. Bacci, G. Baj, G. Casalnuovo, L. Franco, G. Galli, A. Marchini, A. Noschese, A. Valvasori).

Osservazioni fotometriche

Tutte le sessioni osservative sono state ridotte al sistema fotometrico standard per mezzo dei valori di magnitudine delle stelle di confronto, estratti dal catalogo APASS. In particolare per le bande fotometriche Rc ed Ic sono state utilizzate le trasformazioni di Munari (Munari, 2012) mentre per le bande B e V sono stati utilizzati i valori del catalogo senza alcuna trasformazione. Il 30 agosto ed il 4 settembre sono state acquisite delle sessioni fotometriche multi-banda da L. Franco e A. Marchini, finalizzate alla determinazione degli indici di colore dell'asteroide. Sono stati ottenuti i seguenti valori: $V-Rc = 0.48 \pm 0.05$ (Franco); $B-V = 0.93 \pm 0.04$, $V-Rc = 0.52 \pm 0.04$, $Rc-Ic = 0.37 \pm 0.02$ (Marchini). Questi valori sono in accordo con quelli tipici di un asteroide di tipo S (Shevchenko, 1998).

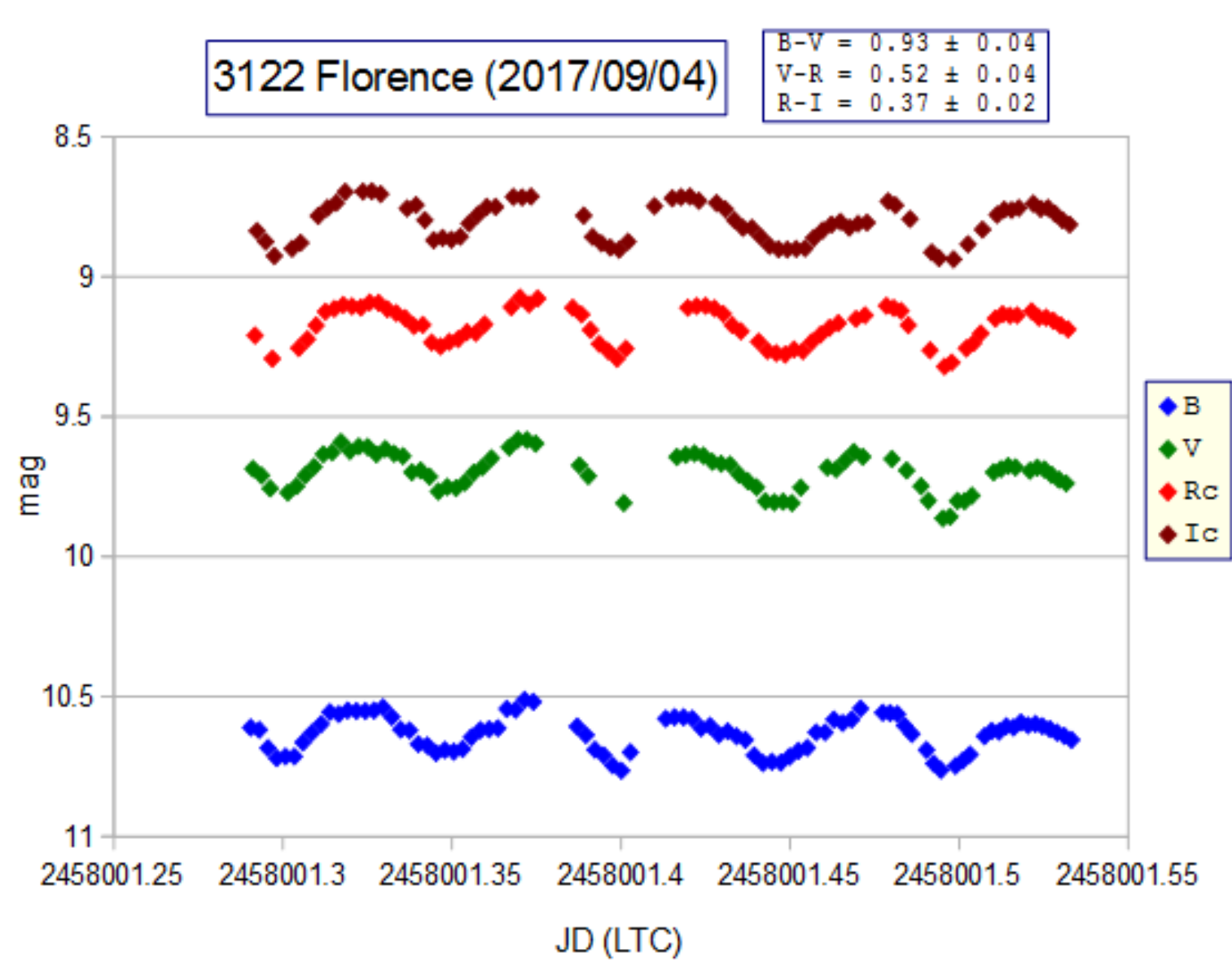


Fig. 1: Curva di luce dell'asteroide 3122 Florence nelle bande fotometriche B, V, Rc, Ic ottenuta il 4 settembre da A. Marchini presso l'Osservatorio Astronomico dell'Università di Siena.

Osservazione spettroscopica

Il 30 agosto è stato acquisito dal L. Franco lo spettro a bassa risoluzione dell'asteroide 3122 Florence, nella banda del visibile, per mezzo di un reticolo di diffrazione StarAnalyser montato su un telescopio da 8 pollici (30 frame da 45 secondi). Per la fase di riduzione sono state utilizzate due stelle di riferimento di tipo A0V (HD 203893) e G2V (HD 203311) collocate alla stessa massa d'aria dell'asteroide ed utilizzate rispettivamente per la calibrazione in lambda e per ottenere lo spettro di riflettanza. Quest'ultimo è consistente con quello di un asteroide di tipo S (Fig. 2), in accordo con la precedente classificazione tassonomica SMASSII (Bus & Binzel, 2002).

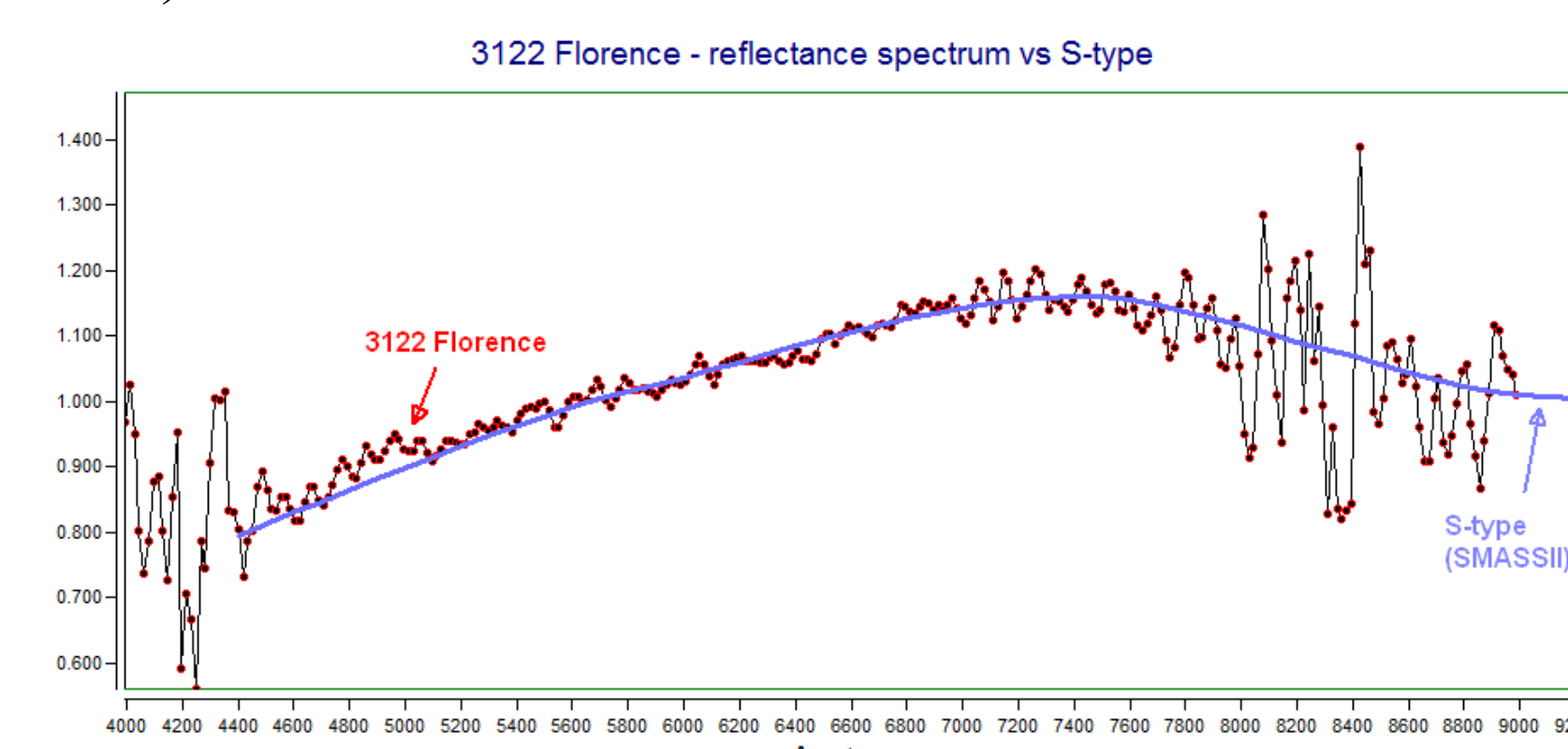


Fig. 2: Lo spettro di riflettanza dell'asteroide 3122 Florence confrontato con quello di un asteroide di tipo S (SMASS II).

Curve di luce e periodo di rotazione

L'analisi del periodo di rotazione è stata effettuata sui dati fotometrici (principalmente in banda Rc), utilizzando il metodo FALC (Harris, 1989) implementato in MPO Canopus (Warner, 2016). Sono state registrate variazioni di ampiezza delle curve di luce e del periodo sinodico di rotazione in relazione ai cambiamenti geometrici, rispetto alla Terra, assunti dall'asteroide lungo la sua orbita. Nel corso del periodo di osservazione l'asteroide ha variato significativamente l'angolo di fase da 20° a 76° ed il PAB (Phase Angle Bisector) Longitudine e Latitudine da (327°, 1.5°) a (25°, 52°). Conseguentemente il periodo di rotazione è passato da $2.3568h \pm 0.0002$ del 12-14 settembre a $2.3576h \pm 0.0002$ del 2-6 ottobre (Fig. 3). Le variazioni del periodo sinodico di rotazione se messe in relazione al tasso di variazione giornaliero di PABL (Fig. 4) suggeriscono una rotazione di tipo retrogrado, poiché il periodo ha un andamento decrescente rispetto al tasso di variazione giornaliera del PABL. L'intercetta del punto stazionario ($\Delta PABL/day=0$) con la retta di regressione è consistente con il periodo siderale trovato attraverso il processo di inversione (prossima sezione).

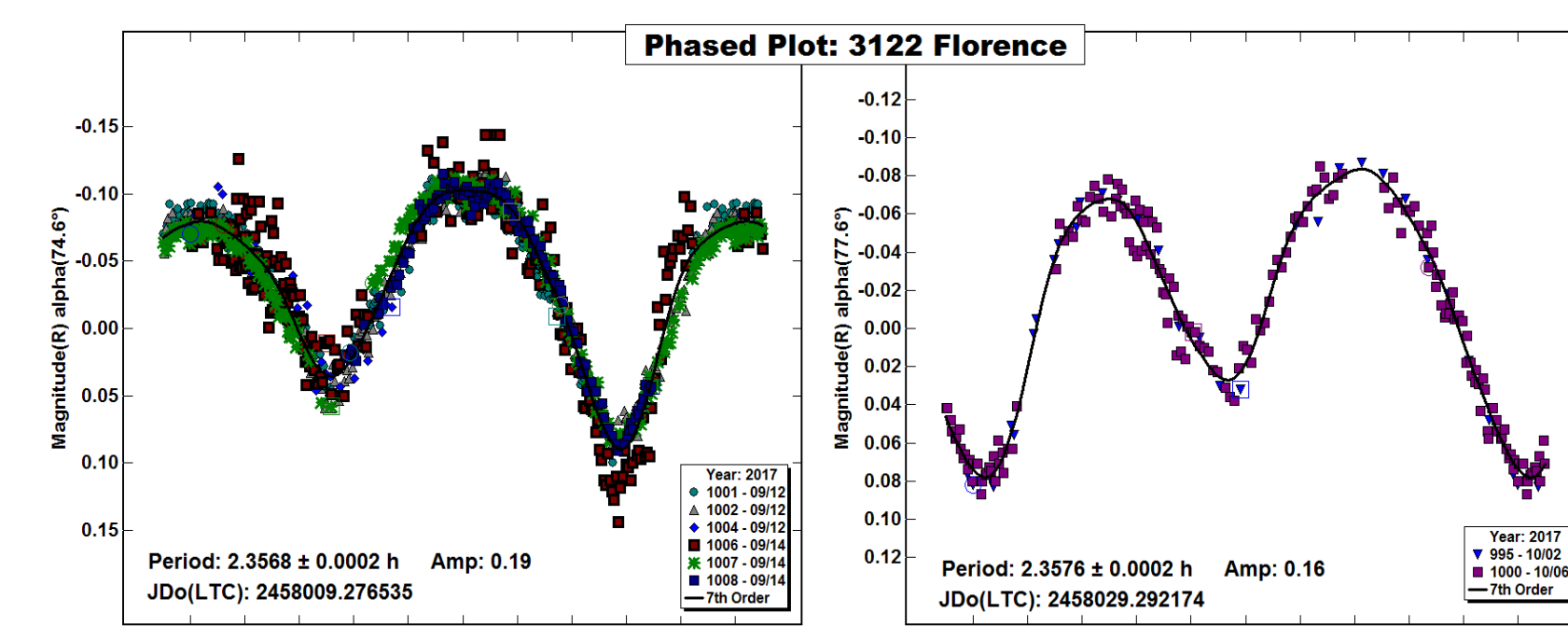


Fig. 3: Confronto delle curve di luce del 12-14 settembre e del 2-6 ottobre. Si riscontrano variazioni del periodo sinodico di rotazione e di ampiezza.

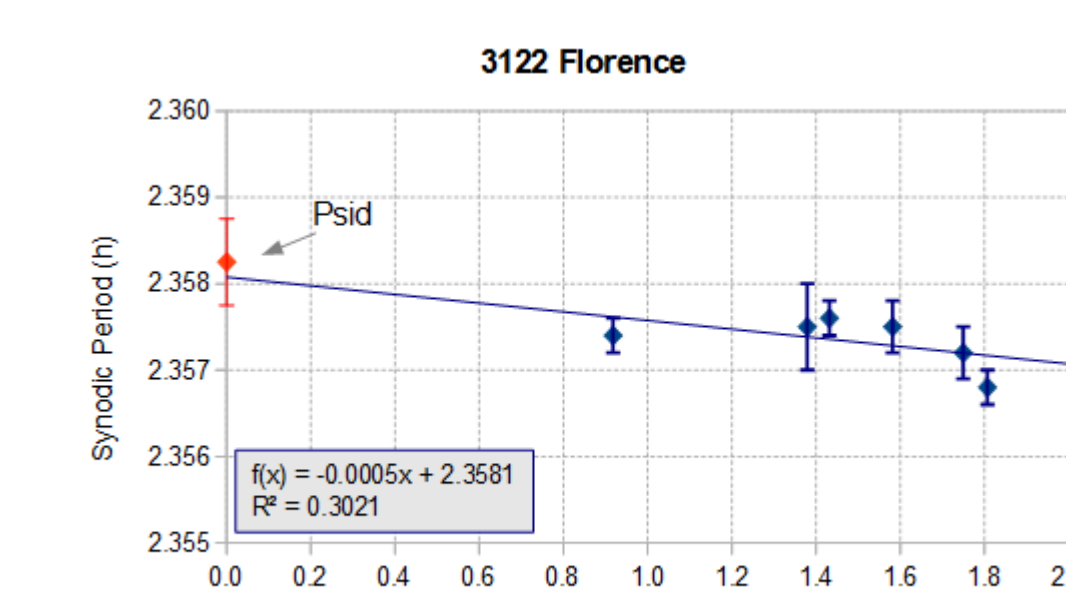


Fig. 4: Periodo sinodico in relazione al tasso di variazione giornaliera dell'angolo PABL. La progressiva diminuzione del periodo sinodico suggerisce una rotazione di tipo retrogrado. L'intercetta del punto stazionario ($\Delta PABL/day=0$) con la retta di regressione è consistente con il periodo siderale trovato attraverso il processo di inversione.

Orientamento del polo e modello 3D

Occorre innanzitutto premettere che per il processo di inversione occorrono curve di luce riprese in diverse opposizioni e con diversi angoli di fase e di aspetto: solo così si è in grado di individuare una soluzione univoca per il periodo siderale di rotazione e per l'orientamento del polo. Tuttavia le curve di luce acquisite nella recente apparizione, coprendo un ampio angolo di fase e di PAB, ci danno la possibilità di tentare il processo di inversione, pur essendo consapevoli di non trovare una soluzione univoca ma una soluzione preliminare. Nel processo di inversione sono stati utilizzati gli algoritmi sviluppati da Mikko Kaasalainen and Josef Ďurech ed implementati in LCInvert (Warner, 2016). Per il processo di inversione sono state selezionate le curve di luce di migliore qualità. Il primo passo del processo di inversione è stato quello di individuare il periodo siderale di rotazione dell'asteroide, selezionando un intervallo di ricerca tale da includere i periodi sinodici trovati in precedenza. Il risultato di questa ricerca non ha prodotto un valore isolato con ChiSq più basso, ma tre possibili soluzioni con ChiSq simile, due delle quali sovrapposte. Si è preferito utilizzare il periodo siderale maggiore dei tre poiché, a differenza degli altri due, ha condotto a dei modelli con un più basso ChiSq (Fig. 5). La ricerca dell'orientamento del polo di rotazione è stata effettuata partendo dal periodo siderale trovato e variando la longitudine e la latitudine eclittica ad intervalli di 15 gradi (complessive 312 posizioni) fino a trovare la soluzione (180°, -90°) con il valore di ChiSq più basso. La successiva ricerca fine, centrata su questa posizione, ha permesso di raffinare ulteriormente la posizione del polo (Fig. 6).

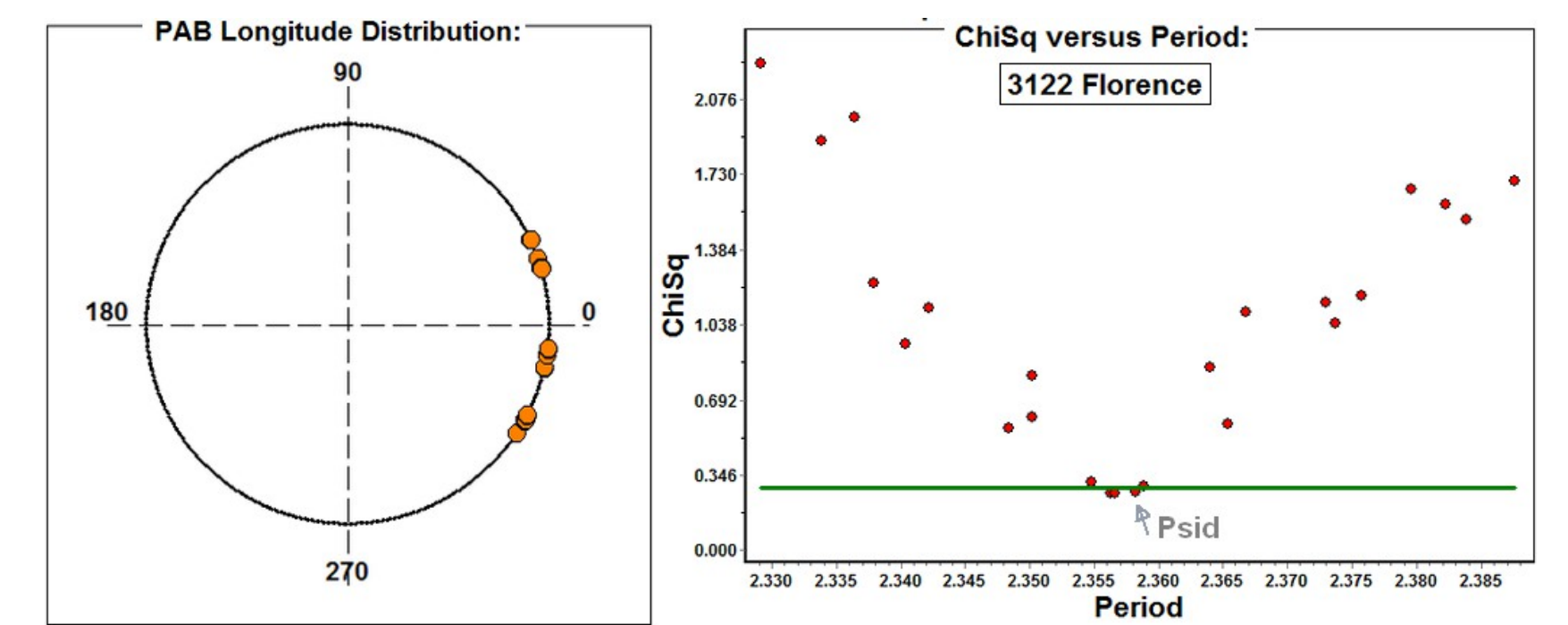


Fig. 5: Sinistra: distribuzione delle longitudine eclittiche delle osservazioni. Destra: L'algoritmo di ricerca del periodo siderale individua tre soluzioni con minore ChiSq. Si è preferito il periodo maggiore dei tre poiché ne derivano modelli a più basso ChiSq.

La longitudine lambda si distribuisce su un'ampia fascia di valori con ChiSq simile e pertanto non identifica una soluzione univoca, mentre la latitudine beta si concentra su un'area più ristretta di valori. La soluzione con il più basso ChiSq si trova alle coordinate del polo:

$$\lambda = 164^\circ \pm 15, \beta = -86^\circ \pm 5, \text{Psid} = 2.35825h \pm 0.00052$$

L'incertezza del periodo siderale è stata stimata come un errore rotazionale di 30° riferito all'intero intervallo temporale delle osservazioni.

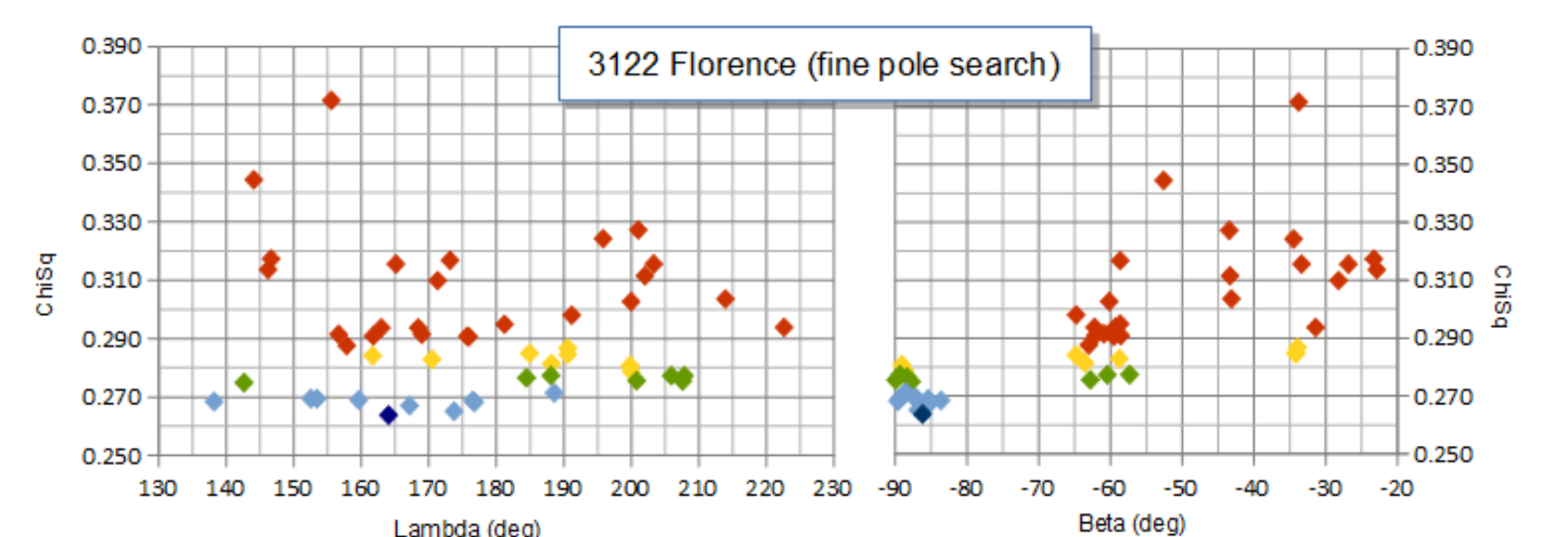


Fig. 6: Ricerca fine del polo di rotazione. I valori di lambda (longitudine) con ChiSq più basso si distribuiscono su una fascia piuttosto ampia di valori (colori celeste e blu), mentre i valori di beta (latitudine) si concentrano su un'area più delimitata. La scala dei colori dal blu al marrone indica dei valori di ChiSq crescenti.

Il modello 3D che ne deriva si accorda bene con le immagini radar riprese dal radiotelescopio di Arecibo il 4 settembre 2017 (CNEOS, 2017) (Fig. 7). L'aspetto dell'asteroide risulta piuttosto arrotondato e questo giustifica la bassa ampiezza delle curve di luce, nonostante le significative variazioni di angolo di fase e di angolo di aspetto. Il fit del modello si accorda piuttosto bene con le curve di luce osservate. (Fig 8).

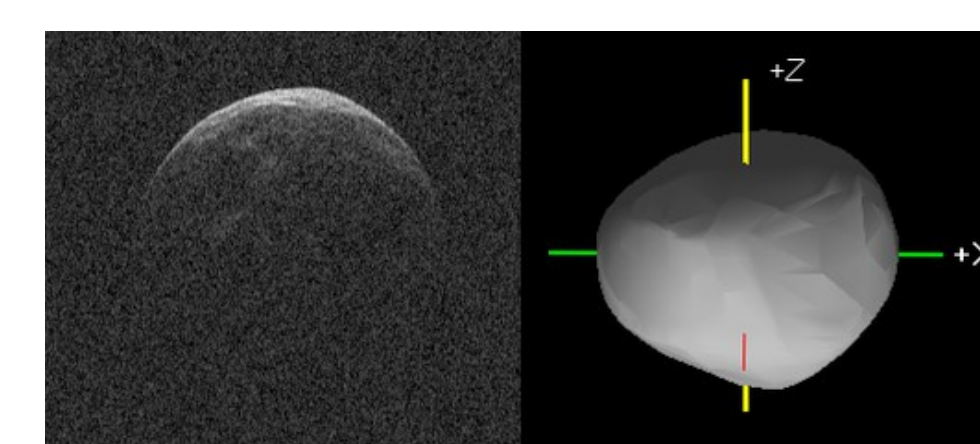


Fig. 7 - Confronto tra il modello (164°, -86°) e l'immagine radar ripresa dal radio-telescopio di Arecibo il 4 settembre 2017.

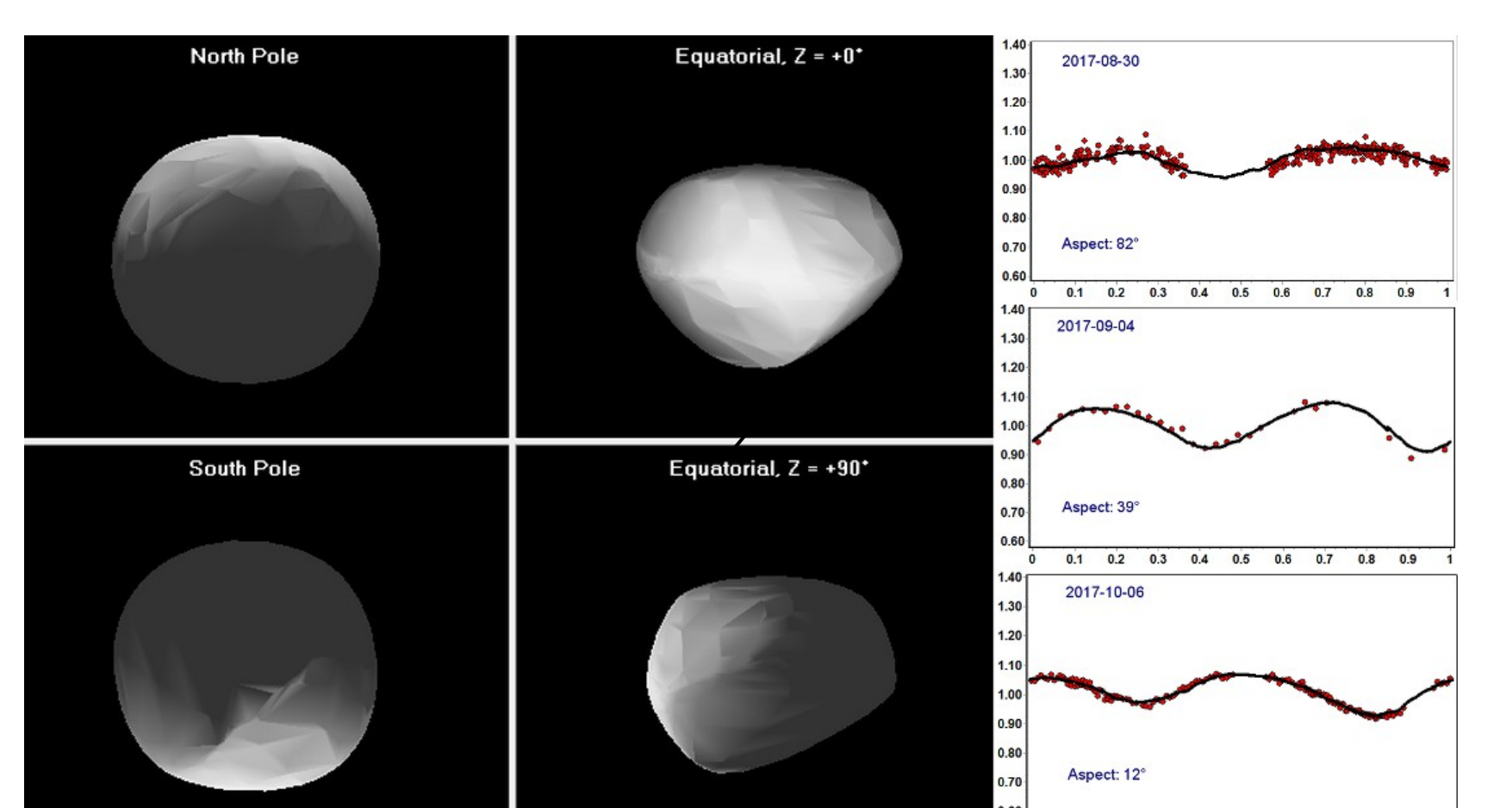


Fig. 8: Modello 3d dell'asteroide 3122 Florence (164°, -86°) e fit con i dati osservati. L'angolo di aspetto è passato dalla vista equatoriale del 30 agosto alla vista polare del 6 ottobre.

Conclusioni

Il risultato ottenuto conferma e rafforza le potenzialità offerte dalla collaborazione nell'ambito della sezione asteroidi UAI.

Riferimenti

- Bus S.J., Binzel R.P. . "Phase II of the Small Main-Belt Asteroid Spectroscopic Survey - A Feature-Based Taxonomy." Icarus 158, 2002.
- CNEOS, 2017 (<https://cneos.jpl.nasa.gov/news/news200.html>)
- Harris, A.W., Young, J.W., Bowell, E., Martin, L.J., Millis, R.L., Poutanen, M., Scaltriti, F., Zappala, V., Schober, H.J., Debehogne, H., Zeigler, K.W. "Photoelectric Observations of Asteroids 3, 24, 60, 261, and 863." Icarus 77, 1989.
- Munari U. "Classical and Recurrent Novae", JAAVSO 40, 2012
- Shevchenko V. G., Lupishko D. F. "Optical properties of Asteroids from Photometric Data", Solar System Research, 32, 1998
- Warner, B.D. MPO Canopus; LC Invert, Bdw Publishing, 2016 (<http://minorplanetobserver.com>)