

GSC 3087-2079

Risultati della campagna 2006-2009

6° MEETING SULLE STELLE VARIABILI SSV-UAI-GRV

Amelia (Terni), 15-16 Maggio 2010



- *Lorenzo Franco - A81 Balzaretto Observatory, Rome*
- *Alessandro Marchini – Osservatorio Astronomico, Dipartimento di Fisica, Università di Siena*
- *Riccardo Papini – Osservatorio Astronomico Carpione, San Casciano Val di Pesa (Firenze)*

Premessa

*La storia della GSC 3087-2079 inizia nel 2000 quando venne classificata come **sospetta variabile RR Lyrae** dalla survey **ROTSE-I** (Robotic Optical Transient Search Experiment I).*

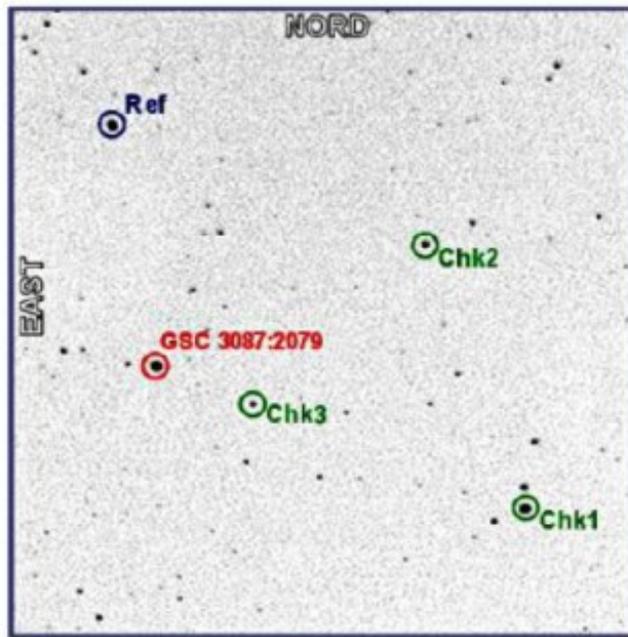
*Le osservazioni condotte nel **2002** ed il successivo articolo pubblicato su **Astronomia UAI nel 2005** (Papini-Marchini-Donati), permisero di classificarla come una **RR Lyrae di tipo c**.*

*Un ulteriore articolo, comparso su *Astronomical Journal* 131, 2006, classificò la stella come una **stretta binaria ad eclisse**.*

*Nacque quindi un' **intensa** campagna osservativa, iniziata nel **2006** e proseguita fino al **2009**, che ha coinvolto un numero sempre maggiore di osservatori SSV-UAI-GRAV il cui contributo ha permesso di acquisire una **notevole mole di dati** che hanno reso possibile l'analisi presentata in questa relazione.*

La variabile GSC 3087-2079 (caratteristiche)

GSC 3087:2079 (suspected variable) in Hercules



Obj1: GSC 3087:2079
RA 17h38m37.4s Dec +37°53'57.9" - Vmag=10.57 (Simbad)

Ref1: GSC 3087:2049 Vmag=11.801 (GRAV)

Chk1: GSC 3087:1981 Vmag=10.66 (Simbad, GRAV comparison star)

Chk2: GSC 3087:1723 Vmag=13.142 (GRAV)

Chk3: GSC 3087:1465 Vmag=13.54 (GSC)

Caratteristiche estratte dal catalogo SIMBAD e ottenute dalla nostra analisi.

Name	GSC 3087:2079
ID	-
RA (2000.0)	173837.4
Dec (2000.0)	+375357.9
Type	RRc
Mag. Max	10.3
Mag. Min	10.8
Mag. System	V
Epoch (HJD)	2453900.471403
Period (day)	0.272667
Spectrum	-

Osservazioni & Strumenti

Osservatore	Stumentazione	Anno				Totale
		2006	2007	2008	2009	
Anselmi	LX200-12, ST7XMEI				10	10
Banfi	LX200-8, ST7E		1		11	12
Corfini	Newton 114, CCD UAI				17	17
Franco	LX200-8, ST7XME		1	5	2	8
Mandelli	Newton 150, Meade DSI				2	2
Martinengo	SCT 8, QSI 516ws				7	7
Papini	LX200-10, ST9XE	3	8	31	15	57
Ruocco	LX200-10, ST7				49	49
Silva	SCT 10, ST10XME				1	1
Unisi	LX200-10, ST7ME	5	15	34	29	83
Valentini	C9, FLI Kaf-402 Me			2		2
Zambelli	LX200-10, ST8XE				4	4
Totale		8	25	72	147	252

La tabella mostra la lista degli osservatori SSV-UAI-GRAV con la rispettiva strumentazione ed il numero di massimi e/o minimi osservati per anno.

A parità di sessione osservativa sono state prese in esame quelle che presentavano una minore dispersione dei dati.

Per la fotometria d'apertura sono stati usati: MaximDL e AIP4Win.

>>> *Ammirevole lo sforzo osservativo dimostrato dal gruppo SSV-UAI-GRAV* <<<

Analisi dei dati

*Per l'analisi nel dominio delle frequenze è stato utilizzato il software **PERANSO** (PERiod ANalysis SOfware) di CBA Belgium Observatory ed il software **Period04** (Patrick Lenz).*

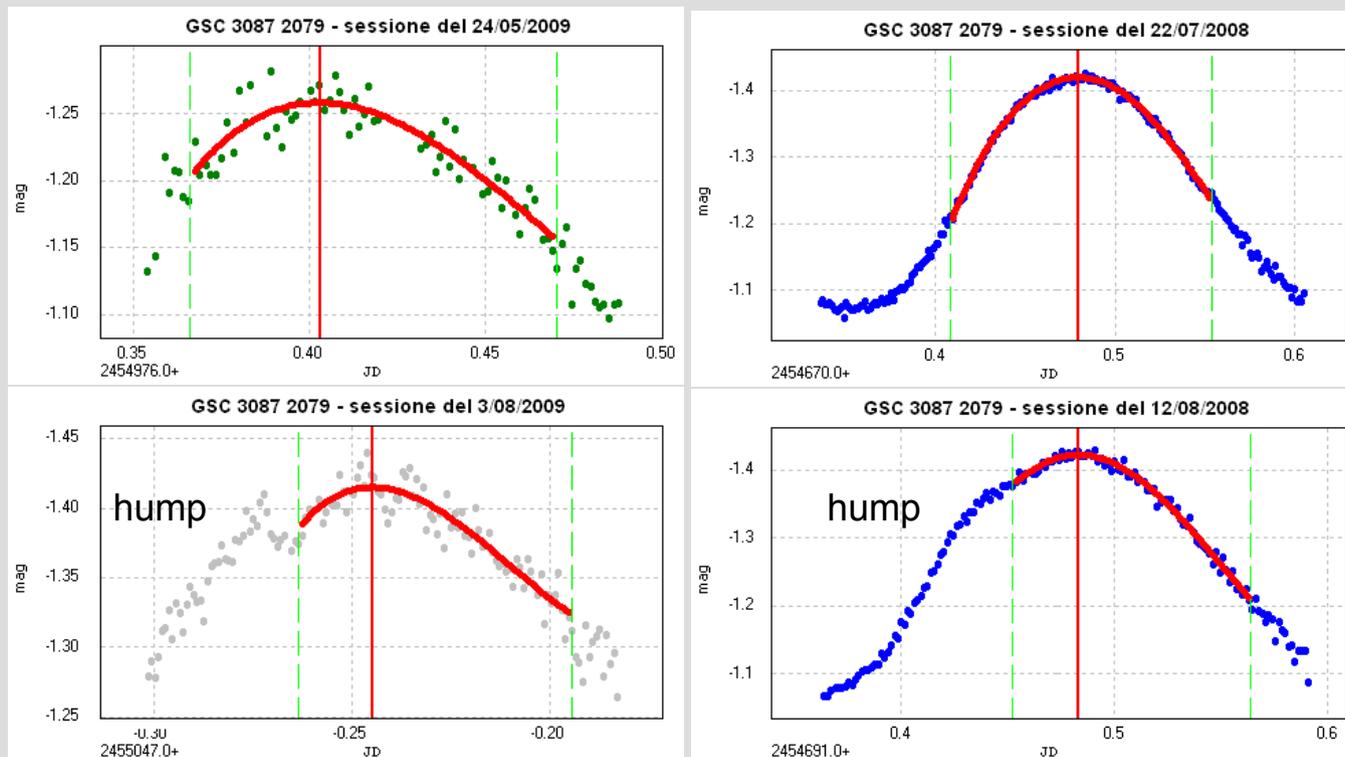
Period04 è stato utilizzato principalmente per avere conferma dei risultati ottenuti sull'analisi delle frequenze.

- *Sono state **importate** in Peranso tutte le sessioni osservative.*
- *E' stata applicata la **correzione eliocentrica**.*
- ***Allineamento** delle sessioni osservative (Zero-Point) ⁽¹⁾.*
- *Sono stati calcolati tutti i **ToM**.*

(1) La ricerca dello Zero-Point tra le varie sessioni è stata effettuata a mano, in mancanza di osservazioni ridotte alle magnitudini standard. Questa modalità rappresenterebbe un ulteriore passo in avanti nella precisione delle sessioni osservative e nella loro confrontabilità..

Calcolo del ToM

I **ToM** (Time of Maximum) sono stati calcolati con Peranso, attraverso il **fit polinomiale** delle curve di luce. Si è utilizzato un polinomio di **alto** grado (max 5°) con curve di luce **regolari** e a bassa dispersione. Invece con curve ad **alta** dispersione si è preferito **abbassare** il grado del polinomio (3° grado) ed al limite anche di 2° grado. Nel delimitare la zona sulla quale calcolare il massimo si è sempre **escluso l'hump**, quando era presente.



Qualche esempio con curve di luce ad **alta** e a **bassa** dispersione, con e senza **hump**.

Effemeride lineare

*Dai ToM calcolati con Peranso si è potuto ricavare, con l'ausilio di un foglio di calcolo, il fit lineare e quindi il periodo di pulsazione principale e l'epoca di riferimento. Sono stati presi in esame **139 ToM**.*

$$C = E_0 + P \times E$$

$$E_0 = 2453900.4714025 \text{ d } (\pm 0.0023193)$$
$$P = 0.27266696 \text{ d } (\pm 0.00000068)$$

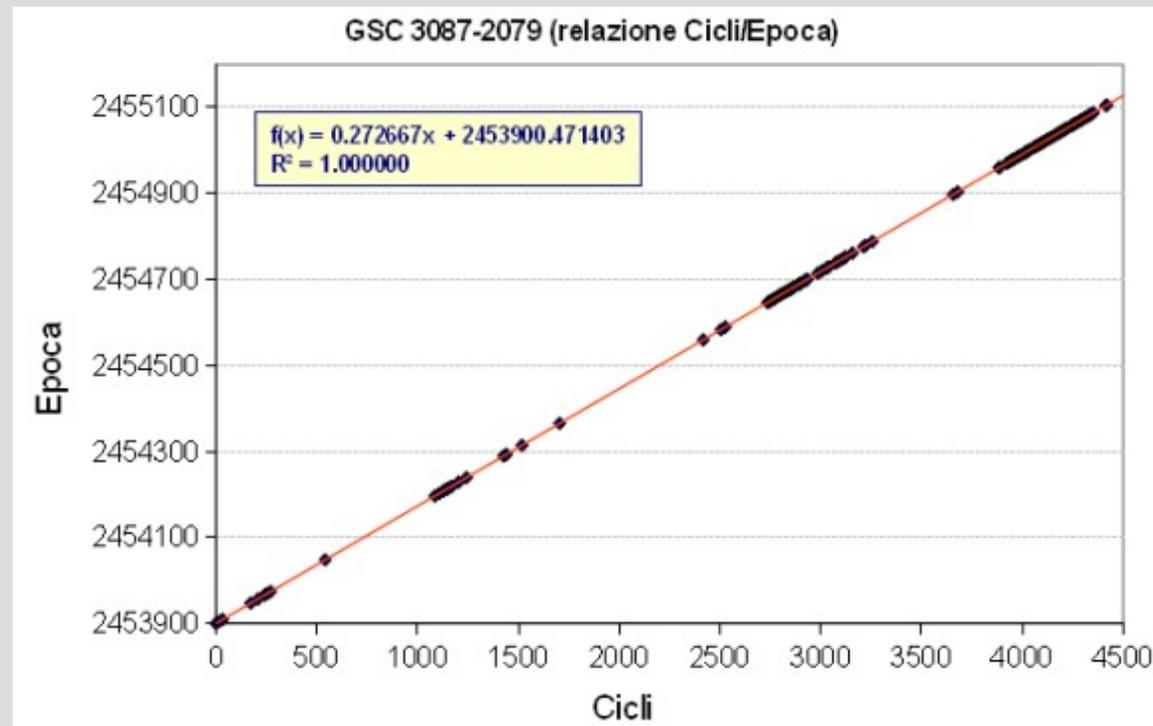
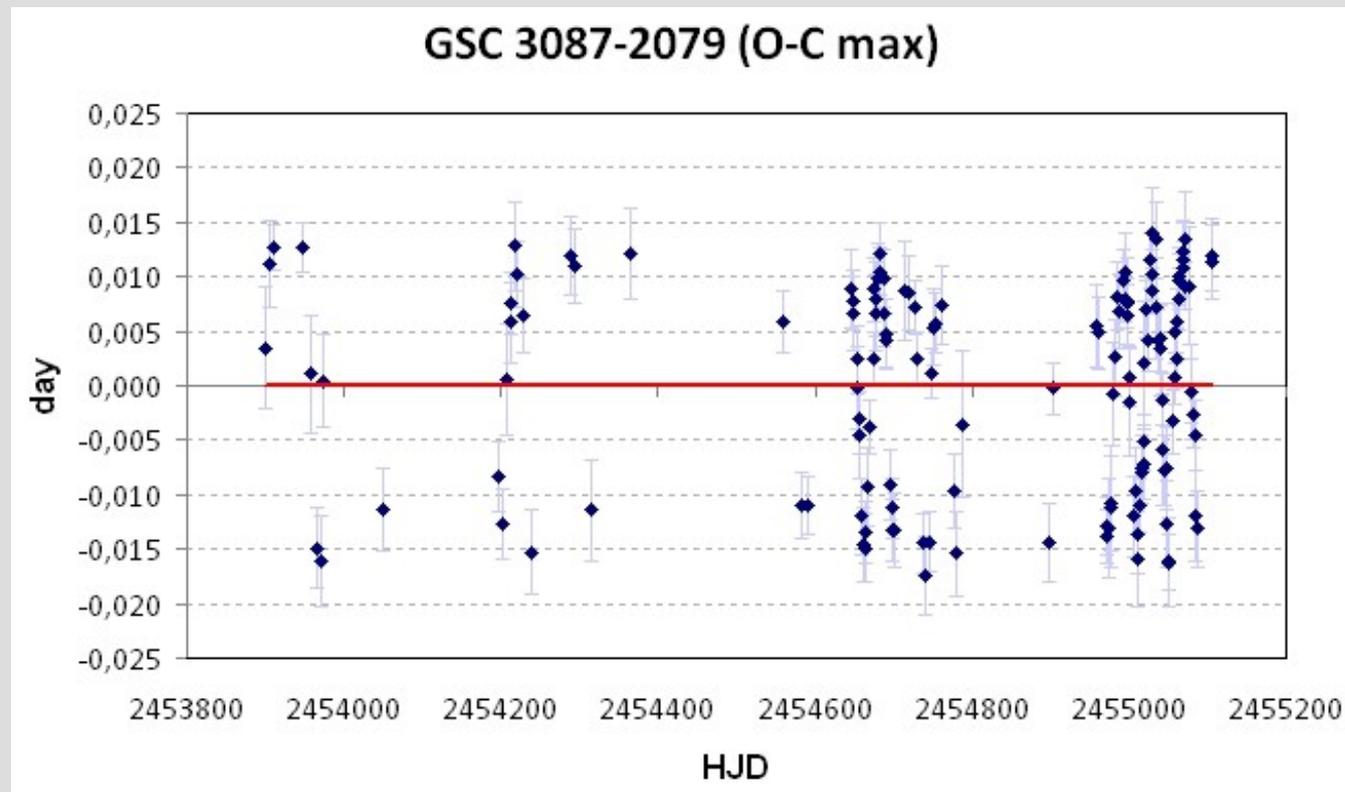


Grafico O-C

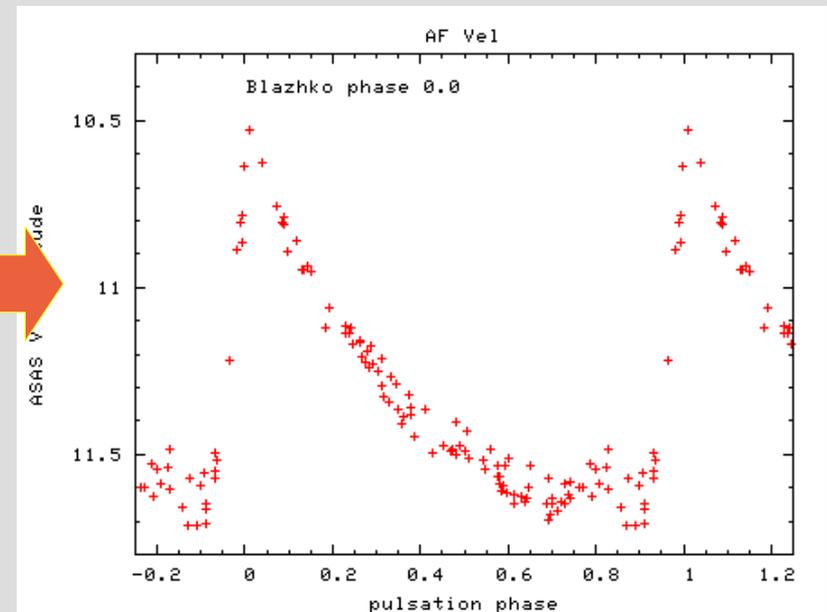
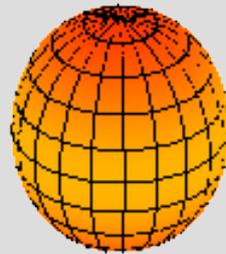
*Dai massimi calcolati e dalla effemeride lineare si è ricavato il grafico O-C che mostra un andamento periodico caratterizzato da anticipi e da ritardi, tipico dell'effetto **Blazhko**. L'ampiezza di tali scostamenti è di circa 15-20 minuti rispetto a quanto previsto dall'effemeride lineare.*



Effetto Blazhko

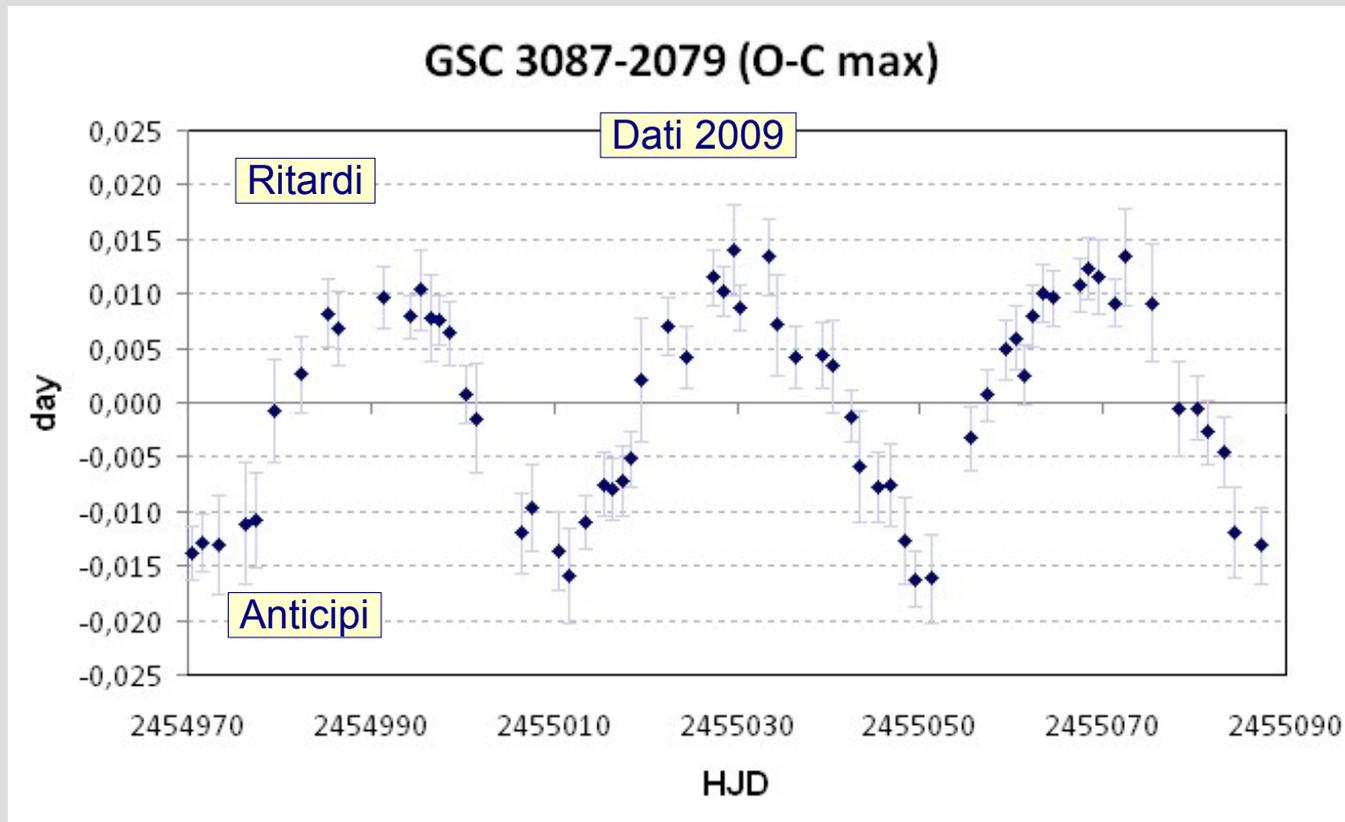
L'effetto Blazhko venne scoperto nel **1907** da **Sergei Blazhko** il quale notò che alcune stelle di tipo RR Lyrae mostravano una variabilità nell' **aspetto** delle curve di luce, nell'**ampiezza** e nel **periodo** dei massimi. Questa è una caratteristica comune a molte stelle di tipo RR Lyrae. I modelli fisici in grado di spiegare questo tipo di pulsazioni sono tuttora in corso di studio e fanno riferimento a dei moti di pulsazione **radiali** e **non radiali** degli strati della stella risonanti tra di loro.

La figura mostra i moti di pulsazione non radiali della stella con la conseguente modulazione dell'ampiezza dei massimi.



Andamento periodico O-C

Un ingrandimento del **grafico O-C** con i soli dati del **2009** (maggiore copertura osservativa) mostra chiaramente un andamento periodico di tipo **sinusoidale**. Gli anticipi ed i ritardi si alternano con ritmo costante.

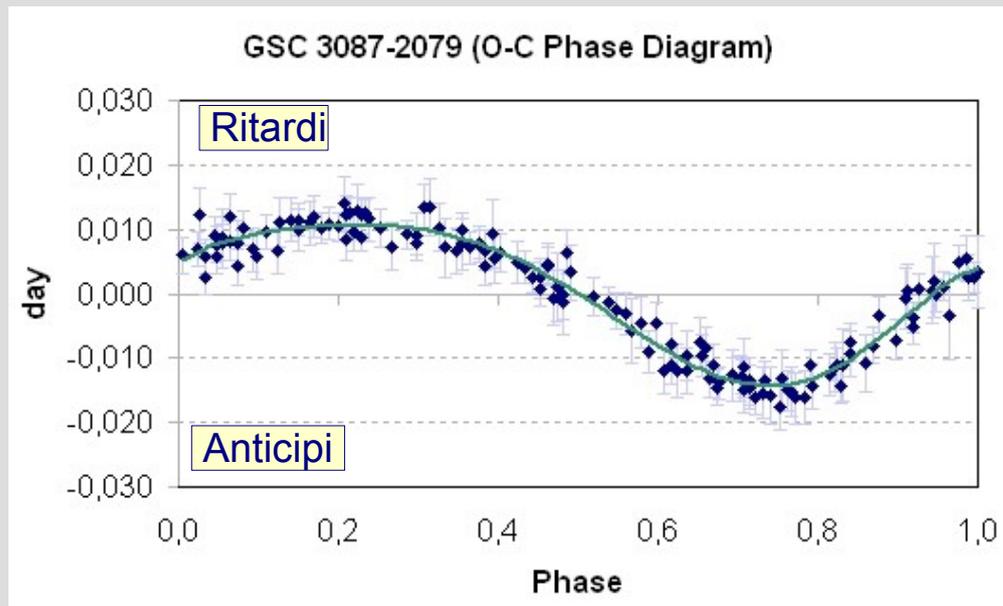


Da notare la forma più tondeggiante della curva in corrispondenza dei ritardi ed inoltre la loro minore ampiezza, rispetto agli anticipi.

La periodicità dei cicli è all'incirca di 38 giorni.

La fase Blazhko

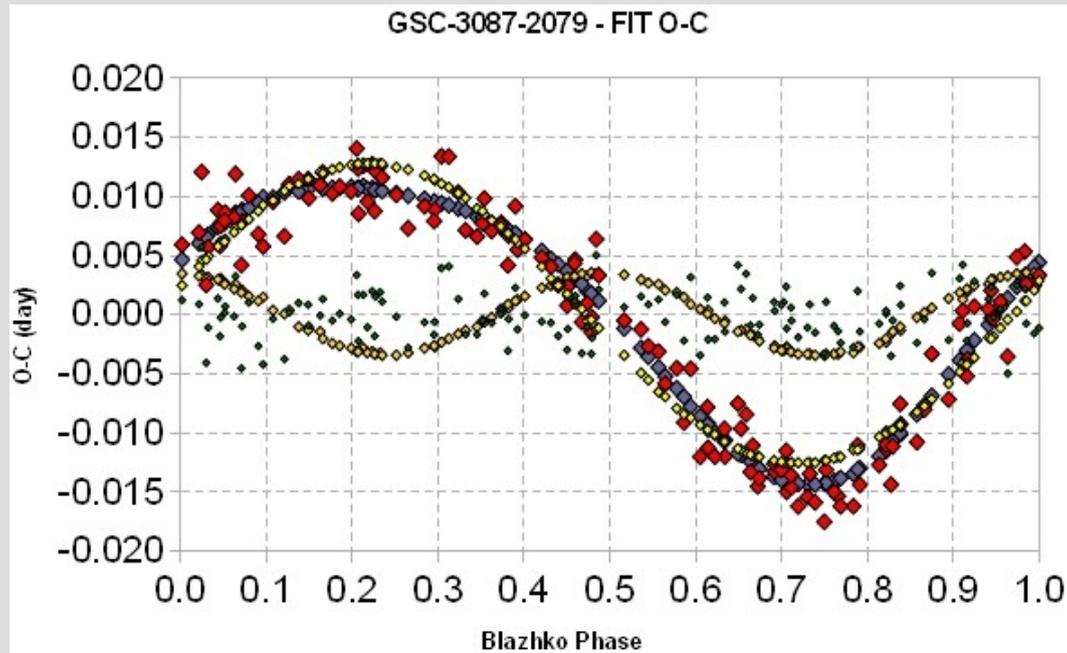
Per determinare con maggiore precisione il **periodo Blazhko**, i dati O-C sono stati importati in Peranso, ottenendo anche il corrispondente **grafico di fase**, dal quale risulta molto evidente la **minore** ampiezza della fase di ritardo. La non perfetta simmetria della curva fa intuire la presenza di una seconda frequenza.



Dall' analisi multifrequenza di Peranso (metodo CLEANest e SLICK) si è potuto confermare la presenza di una **seconda** frequenza Blazhko, corrispondente all' armonica **2F** della principale.

#	Periodo (d)	Ampiezza (d)	Fase
pb1	38.660000 ± 0.027938	0.0124 ± 0.0005	0.8716
pb2	19.315000 ± 0.039946	0.0022 ± 0.0005	0.1868

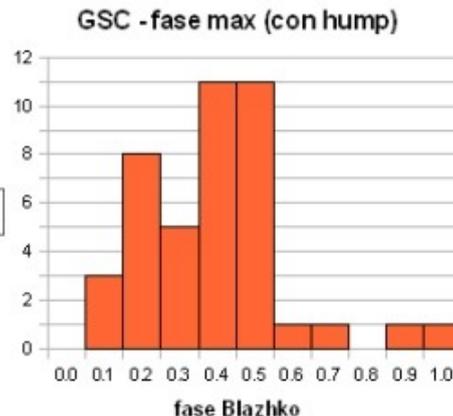
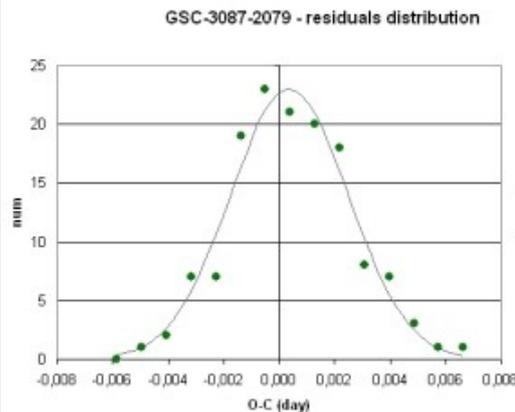
Fit sinusoidale O-C



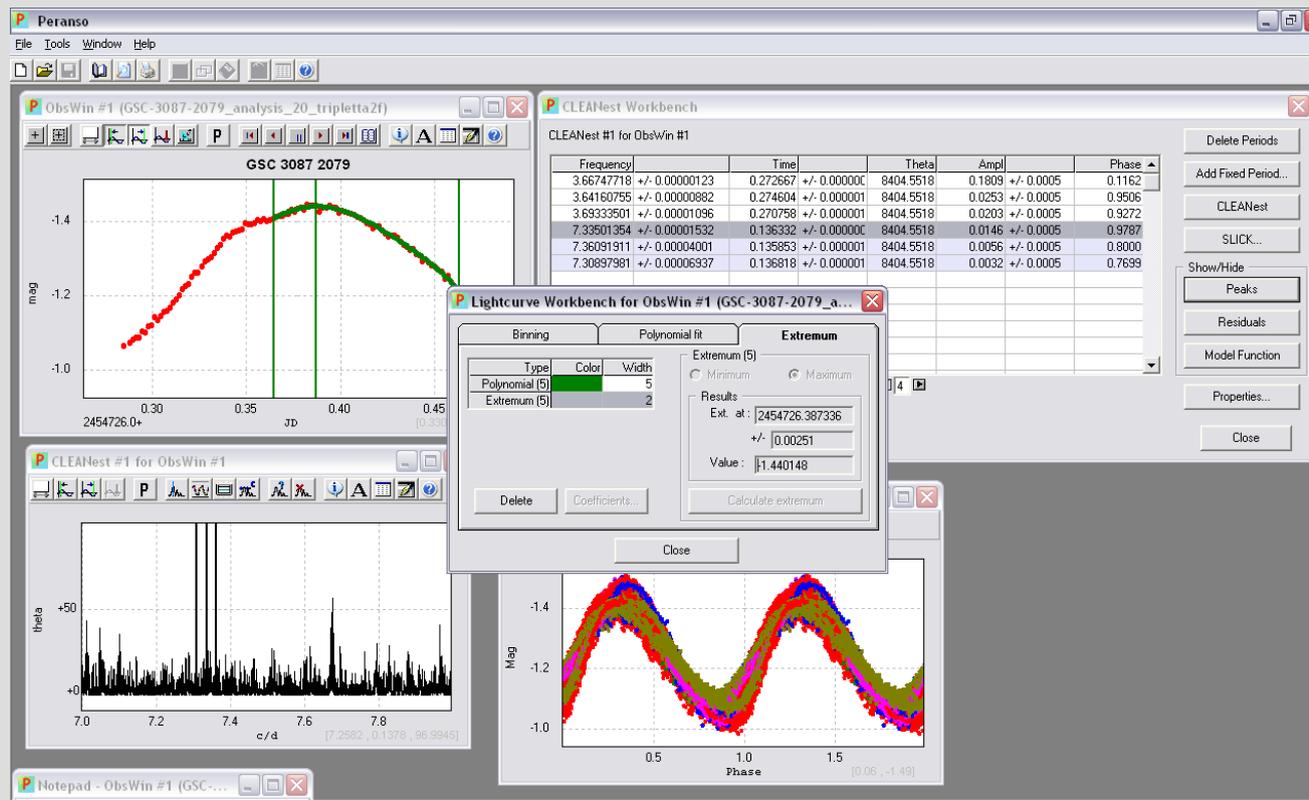
La **combinazione** delle due frequenze Blazhko riesce ad interpretare efficacemente l'andamento degli O-C (fit sinusoidale). L'ampiezza degli anticipi è meno pronunciata poiché le due frequenze sono in **controfase**.

La distribuzione dei residui mostra un andamento casuale di tipo gaussiano.

Da notare che i fenomeni di **hump** si verificano prevalentemente nella fase Blazhko **0.4-0.5**, in corrispondenza del **nodo** dove si incrociano i due periodi Blazhko.



Sessione di analisi (Peranso)

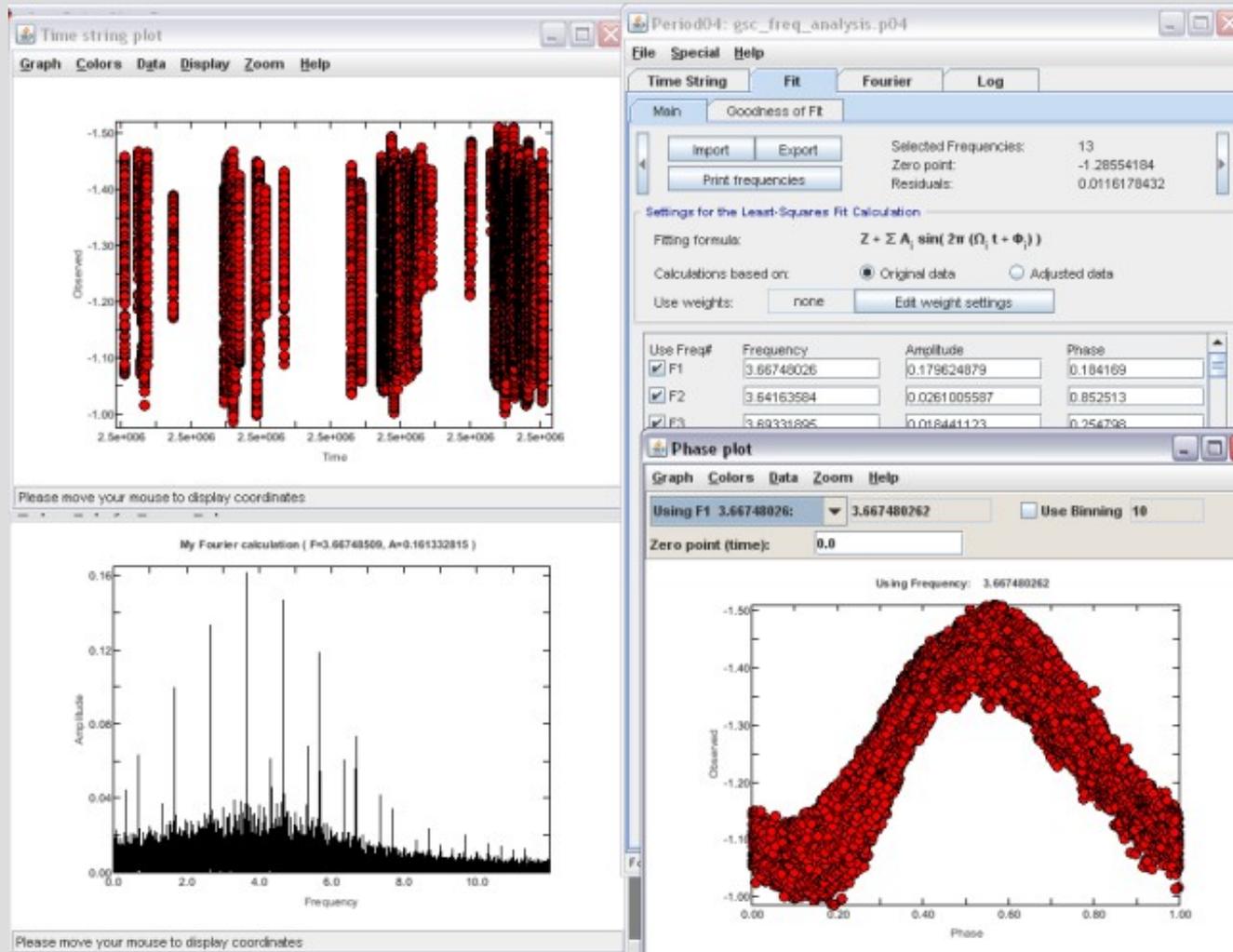


Una sessione di analisi con PERANSO.

Si possono notare gli strumenti Lightcurve Workbench per la determinazione dei punti di massimo e CLEANest Workbench per la determinazione dei periodi di pulsazione.

*Il numero di dati utilizzati per l'analisi nel dominio delle frequenze è piuttosto rilevante: **130 curve di luce** per un totale di **17372** singole rilevazioni **fotometriche**. Sono state scartate le curve di luce che presentavano una eccessiva dispersione e sono state privilegiate quelle effettuate con filtro V.*

Sessione di analisi (Period04)



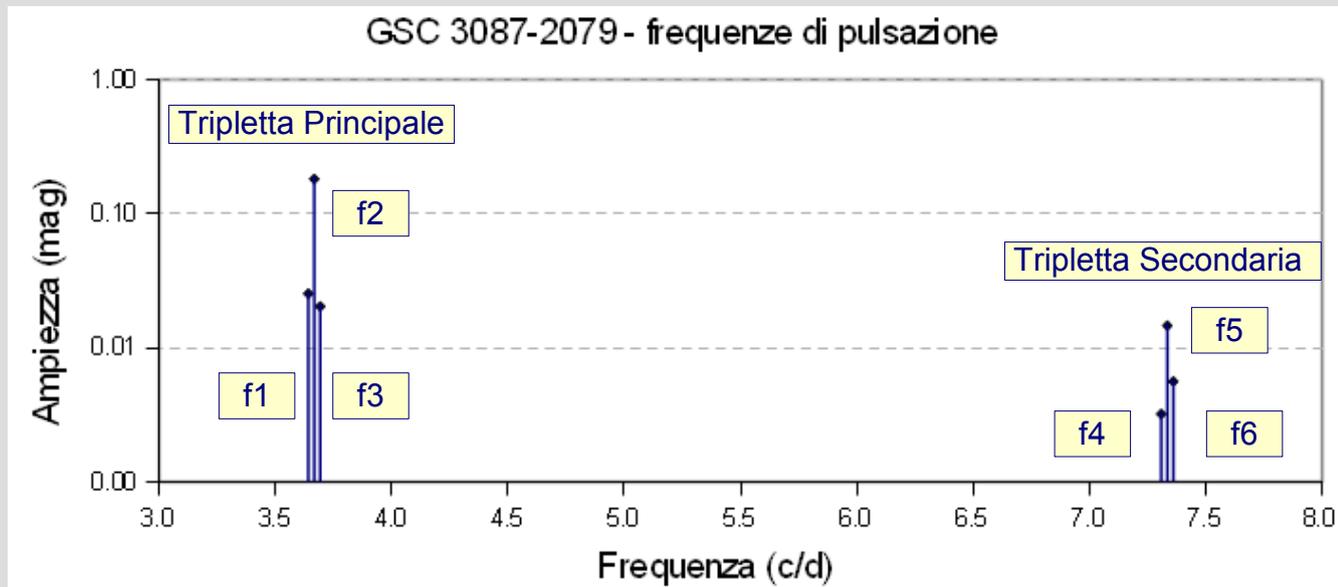
Una sessione di analisi con Period04..

Si può notare la finestra Fit, con la lista delle frequenze trovate, la finestra TimeString-Plot, la finestra Phase Plot con il diagramma di fase e la finestra con lo spettro di Fourier.

Analisi nel dominio delle frequenze

L'analisi del dominio delle frequenze è stata effettuata sia con Peranso (metodo CLEANest e SLICK) che con Period04 (metodo DFT) ottenendo dei risultati tra di loro **confrontabili**, entro i margini di errore.

#	Frequenza (c/d)	Ampiezza (mag)	Fase
f1	3.64160755 ± 0.00000882	0.0253 ± 0.0005	0.9506
f2	3.66747718 ± 0.00000123	0.1809 ± 0.0005	0.1162
f3	3.69333501 ± 0.00001096	0.0203 ± 0.0005	0.9272
f4	7.30897981 ± 0.00006937	0.0032 ± 0.0005	0.7699
f5	7.33501354 ± 0.00001532	0.0146 ± 0.0005	0.9787
f6	7.36091911 ± 0.00004001	0.0056 ± 0.0005	0.8000

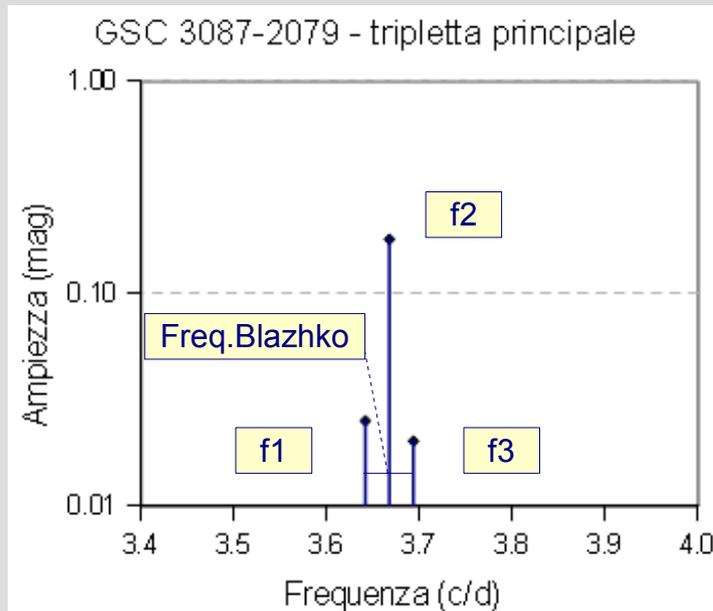


La tabella in alto raccoglie i dati Peranso.

La terza componente della tripletta principale è il risultato della combinazione $f_3 = (2f_2 - f_1)$ – Breger, Kolenberg (2008).

Tripletta e periodo Blazhko

Le due frequenze laterali sono **equidistanti** rispetto alla frequenza principale (entro i margini di errore). Infatti si ottiene:
 $(f_2 - f_1) - (f_3 - f_2) = 0.00001180$.



La vicinanza delle due frequenze f_1 ed f_2 induce dei fenomeni di interferenza (**battimenti**) che determinano il **periodo Blazhko**. Per via analitica, otteniamo infatti che la frequenza del periodo Blazhko è uguale a:

$$f_{B1} = f_2 - f_1 = 0.02586963 \text{ (c/d)}$$

$$p_{B1} = 1/f_{B1} = 38.6554 \pm 0.013 \text{ (d)}$$

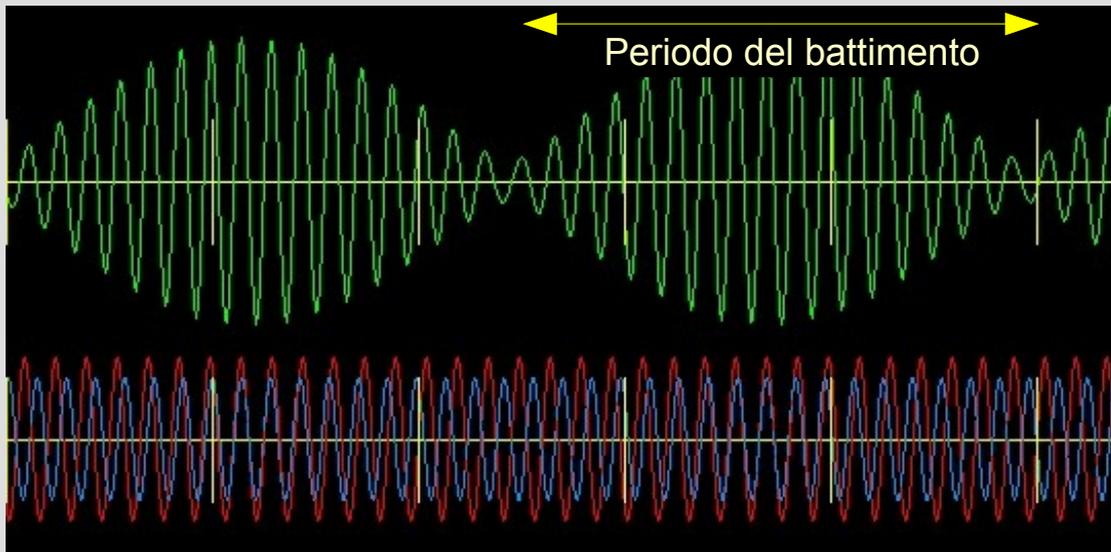
ed infine la seconda frequenza Blazhko:

$$f_{B2} = f_3 - f_1 = 0.05172746 \text{ (c/d)}$$

$$p_{B2} = 1/f_{B2} = 19.3321 \pm 0.005 \text{ (d)}$$

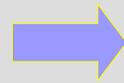
Fenomeni di interferenza (battimenti)

*L'interferenza tra due frequenze molto vicine genera dei fenomeni di **modulazione** chiamati **battimenti**. Il fenomeno è del tutto simile a quello che si sperimenta quando si ascoltano gli effetti di modulazione prodotti da due note emesse contemporaneamente da un organo.*



Il ciclo Blazhko è il risultato dei battimenti prodotti dalle due frequenze di pulsazione molto vicine. Il fenomeno si manifesta con delle modulazioni di frequenza (anticipi e ritardi) e di ampiezza.

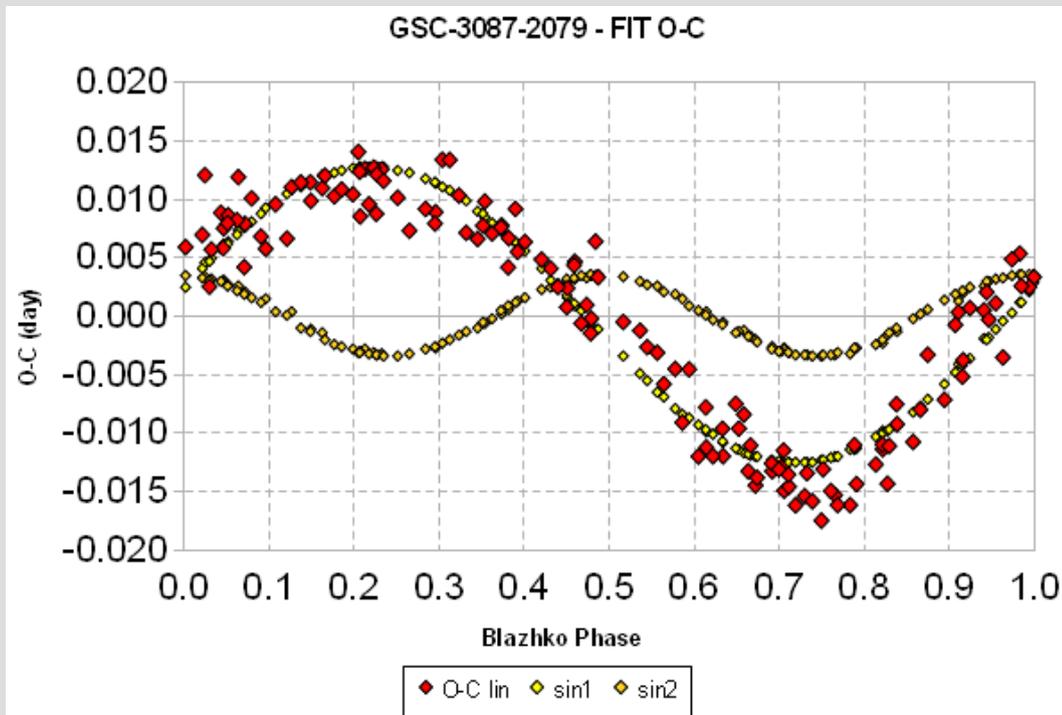
$$F_B = F_2 - F_1$$



$$P_B = P_1 * P_2 / | (P_1 - P_2) |$$

Il doppio periodo Blazhko

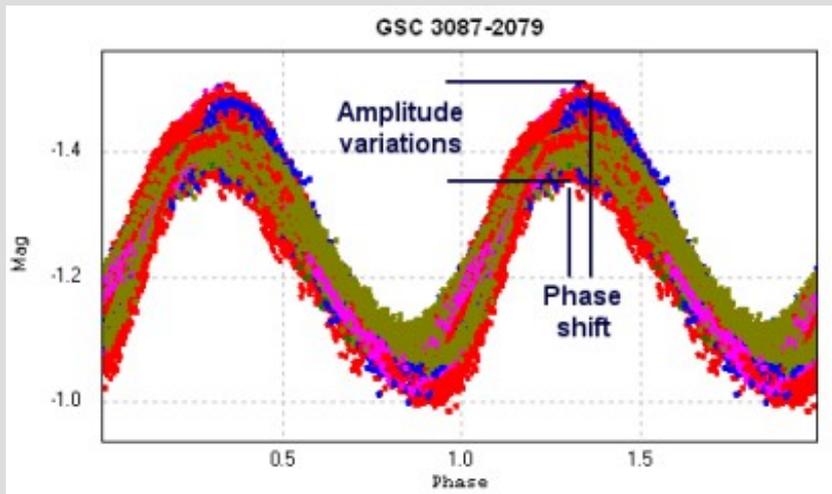
*Nel nostro caso quindi, a causa della **tripletta** di frequenze, osserviamo la sovrapposizione di due cicli Blazhko (principale e secondario), come confermato anche dall'analisi O-C.*



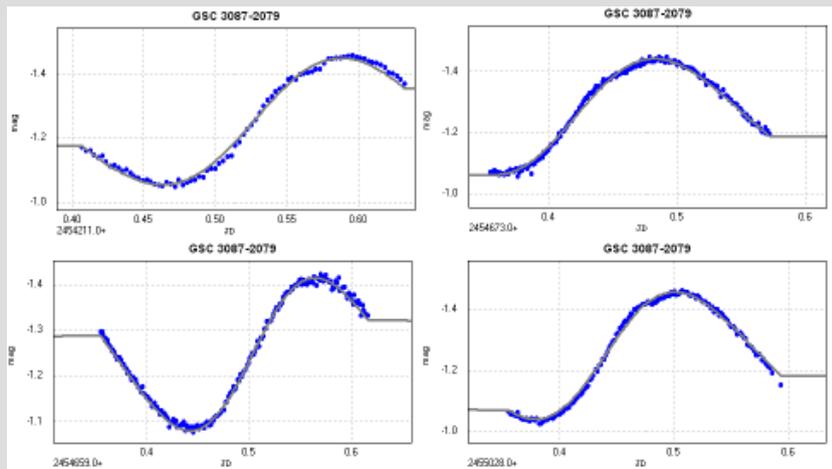
Le strutture a tripletta ricorrono anche in altre RR Lyrae e rappresentano la “firma” dell'effetto Blazhko.

I valori del periodo Blazhko (principale e secondario) ottenuti dall'analisi delle frequenze e per via analitica confermano (entro i margini di errore) i valori ottenuti dall'analisi O-C

La curva di fase ed fit dei dati



La curva di fase mostra molto chiaramente il fenomeno di slittamento di fase e di variazione dell' ampiezza delle pulsazioni.



La combinazione delle frequenze delle due triplette (fondamentale e prima armonica) ci permette di ottenere un buon fit con i dati osservati (residui= 0.0226).

Conclusioni

Con il calcolo dei ToM è stato possibile ottenere l'effemeride lineare ed il periodo di pulsazione principale **$P = 0.27266696 \text{ d} (\pm 0.00000068)$** (6h 32m 38.43s).

La successiva analisi degli O-C ci ha permesso di osservare un andamento sinusoidale periodico, non perfettamente simmetrico, degli anticipi e dei ritardi, risultato della combinazione di due periodi Blazhko **$Pb1=38.66 \text{ d} (\pm 0.03)$** e **$Pb2=19.32 \text{ d} (\pm 0.04)$** .

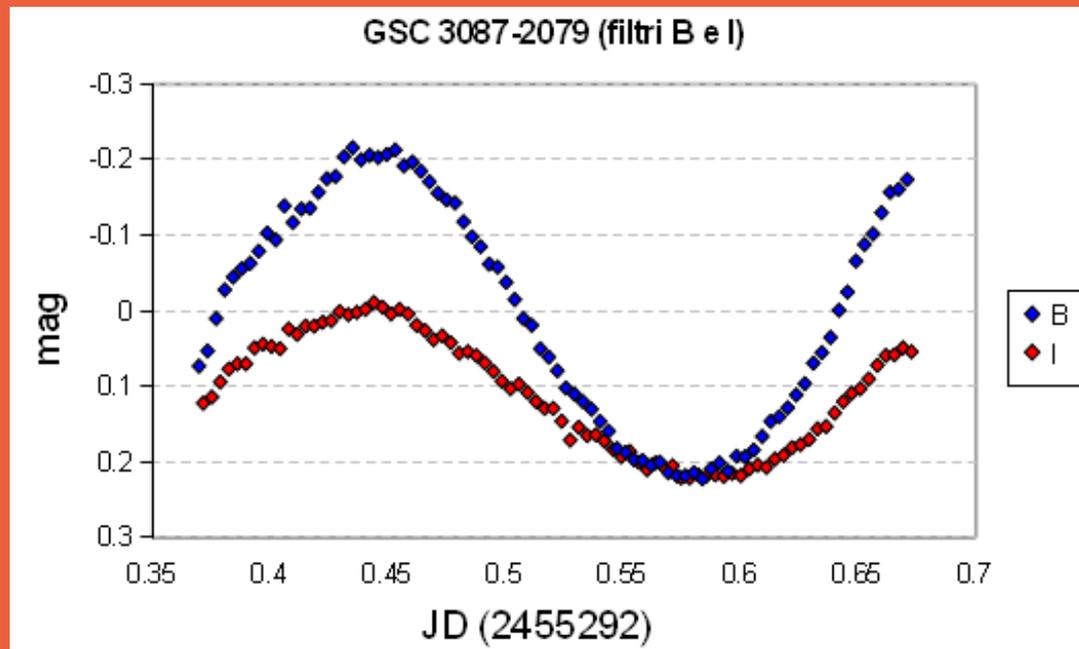
L'analisi nel dominio delle frequenze infine ci ha permesso di trovare la **tripletta** di frequenze che determina, tramite i **battimenti**, le variazioni di ampiezza e di fase, caratteristiche dell'effetto Blazhko. I risultati ottenuti per via analitica (differenza di frequenze) hanno confermato i risultati ottenuti con l'analisi degli O-C.

Per concludere quindi, la GSC 3087-2079 è una stella variabile RR Lyrae di tipo "c" che presenta un marcato effetto Blazhko.

Prossimi passi

*Per completare il quadro di riferimento sarà necessario effettuare delle osservazioni **multibanda** (**B**, **V**, **R**) per determinare gli indici di colore e la magnitudine ricondotta al sistema **standard**.*

Ultime osservazioni



*L'osservazione in banda B ed I, effettuata da Martinengo il 4 aprile 2010, mostra una **maggiore** ampiezza in banda **blu**, rispetto a quella **infrarossa**. Questo comportamento suggerisce un **aumento** della **temperatura** nella fase di **massimo**, smentendo così l'ipotesi di una binaria ad eclisse.*

Qualche riferimento utile

- *R., Papini, S., Donati, A., Marchini, A., Astronomia UAI, 6 (2005)*
- *M., Breger, and K. Kolenberg, A&A, **460**, 167 (2006).*
- *P. Wils, S. Kleidis, and E. Broens, MNRAS, **387**, 783 (2008)*
- *GCSV Catalogue (www.sai.msu.su/groups/cluster/gcvs/gcvs)*

- *Sezione Stelle Variabili UAI (<http://stellevariabili.uai.it>)*
- *PERANSO (www.peranso.com)*
- *Period04 (<http://www.univie.ac.at/tops/Period04>)*
- *MaximDL (www.cyanogen.com)*
- *AIP4Win (www.willbell.com/aip/index.htm)*

Domande

