

„Pi of the Sky” - Niebo w komputerze

MARCIN SOKOŁOWSKI

Instytut Problemów Jądrowych (Warszawa)

Strona projektu :
grb.fuw.edu.pl

Wydział Matematyki, Informatyki i Mechaniki UW
21-02-2008

Współpraca „Pi of the Sky”

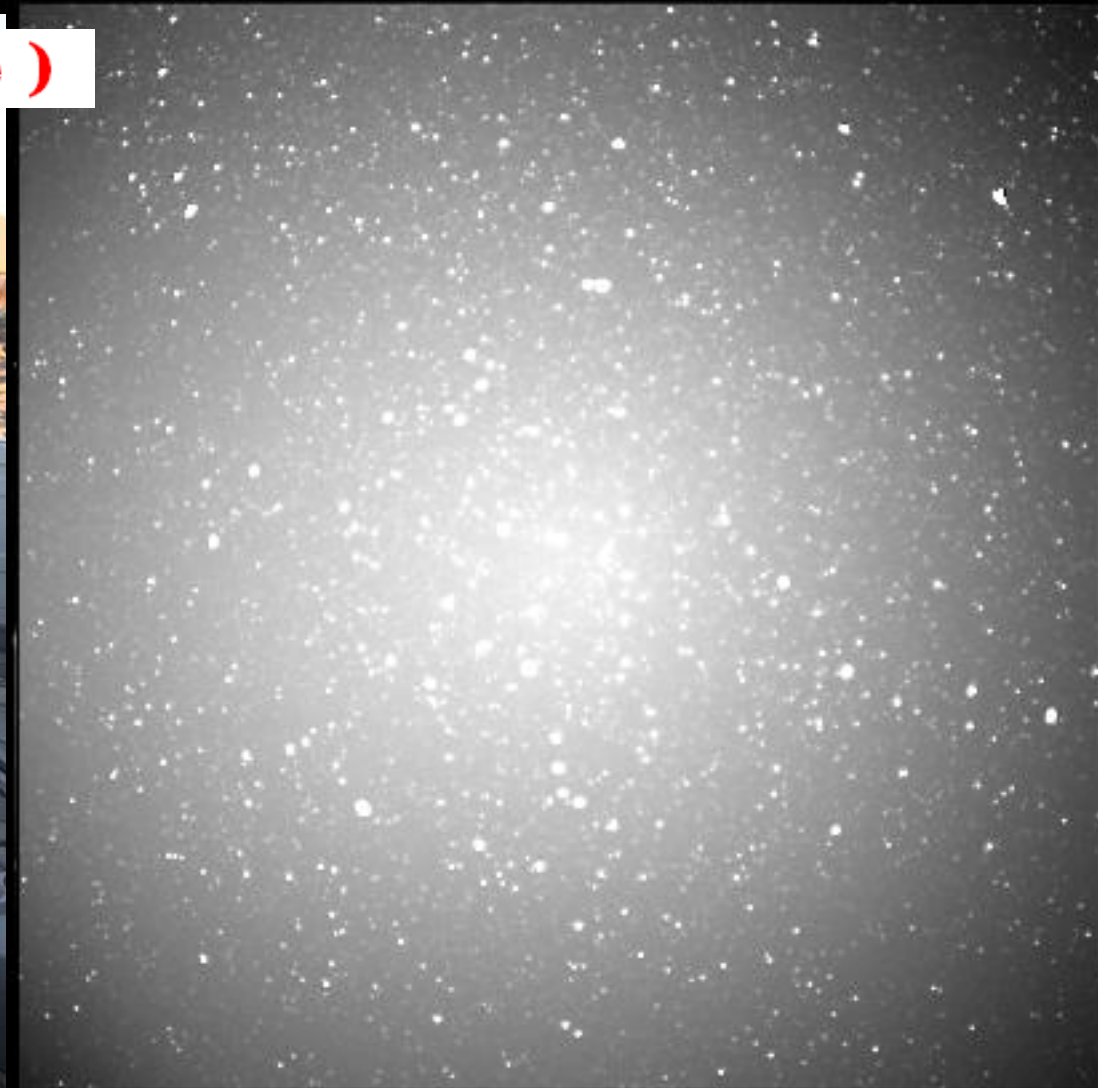
- Instytut Problemów Jądrowych, Warszawa/Świerk
- Centrum Fizyki Teoretycznej PAN, Warszawa
- Instytut Fizyki Doświadczalnej UW,
- Instytut Systemów Elektronicznych PW,
- Wydział Fizyki PW,
- Centrum Badań Kosmicznych PAN
- Wydział Matematyki, Informatyki i Mechaniki UW

Co to jest „Pi of the Sky” ?

- eksperyment astrofizyczny, prowadzący ciągłe obserwacje dużego wycinka nieba w paśmie optycznym
- Badania zmienności obiektów astrofizycznych w krótkich skalach czasowych (zdjęcia z czasem 10 sec)
- farma małych teleskopów optycznych (robotów) o dużym polu widzenia ($20^\circ \times 20^\circ$ każdy)
- w pełni automatyczny system, posiadający własne algorytmy wykrywania ciekawych obiektów i reagujący na zewnętrzne alerty
- trigger dla innych eksperymentów

Eksperyment Astrofizyczny

Prototyp w LCO (Chile)

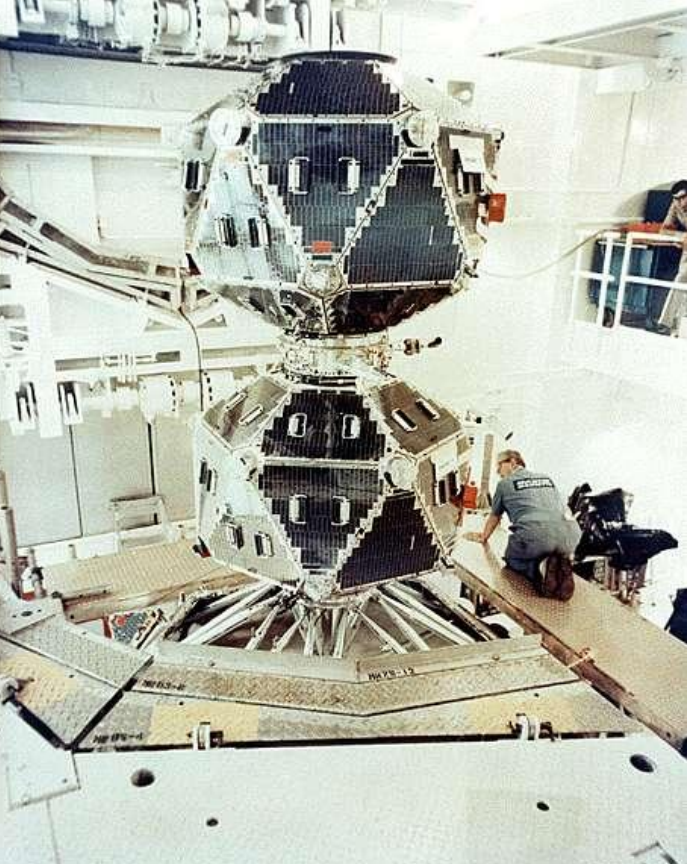


Motywacja Naukowa

- obserwacja szybkozmiennych zjawisk astrofizycznych o skalach czasowych ≥ 10 sec.
- Błyski gamma (Gamma Ray Bursts)
- monitorowanie zmienności optycznej blazarów i AGN-ów
- Wszelkie zjawiska którym towarzyszą rozbłyski optyczne, np. :
wybuchy gwiazd supernowych ,
wybuchy gwiazd nowych
- badanie gwiazd zmiennych ($\Delta T \geq 10$ sec)
- wszelkie inne również mile widziane

Odkrycie błysków gamma

- Satelity szpiegowskie Vela 1 i 2 wystrzelone w 1963 roku
- detektory promieniowania X i gamma
- możliwość określenia natężenia i czasu błysku promieni γ z wybuchu jądrowego
- późniejsze VELE umiały wyznaczać pozycję z dokładnością do 5°
- obserwacje całej Ziemi i Księżyca

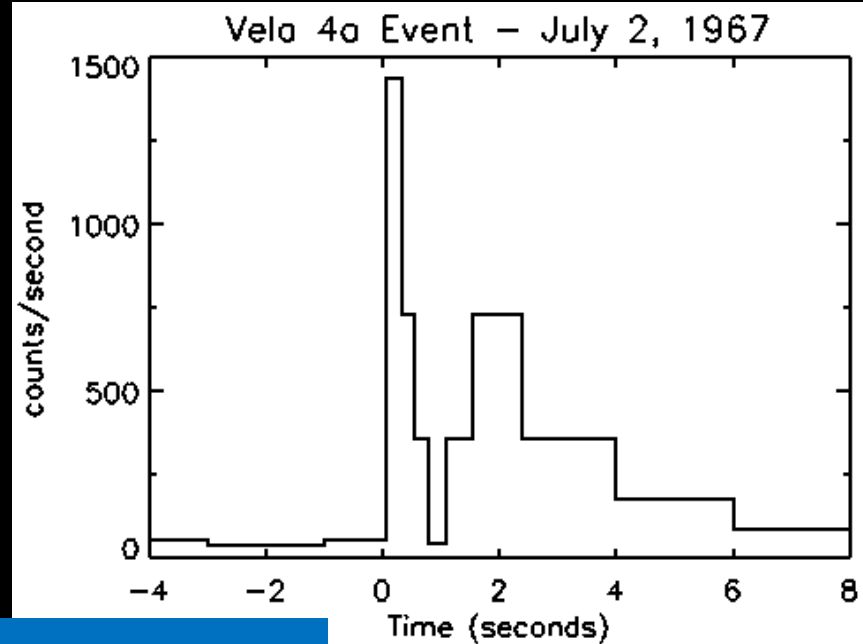


1958 – USA planowało testy jądrowe na drugiej stronie Księżyca



Odkrycie pierwszego GRB z 2 lipca 1967

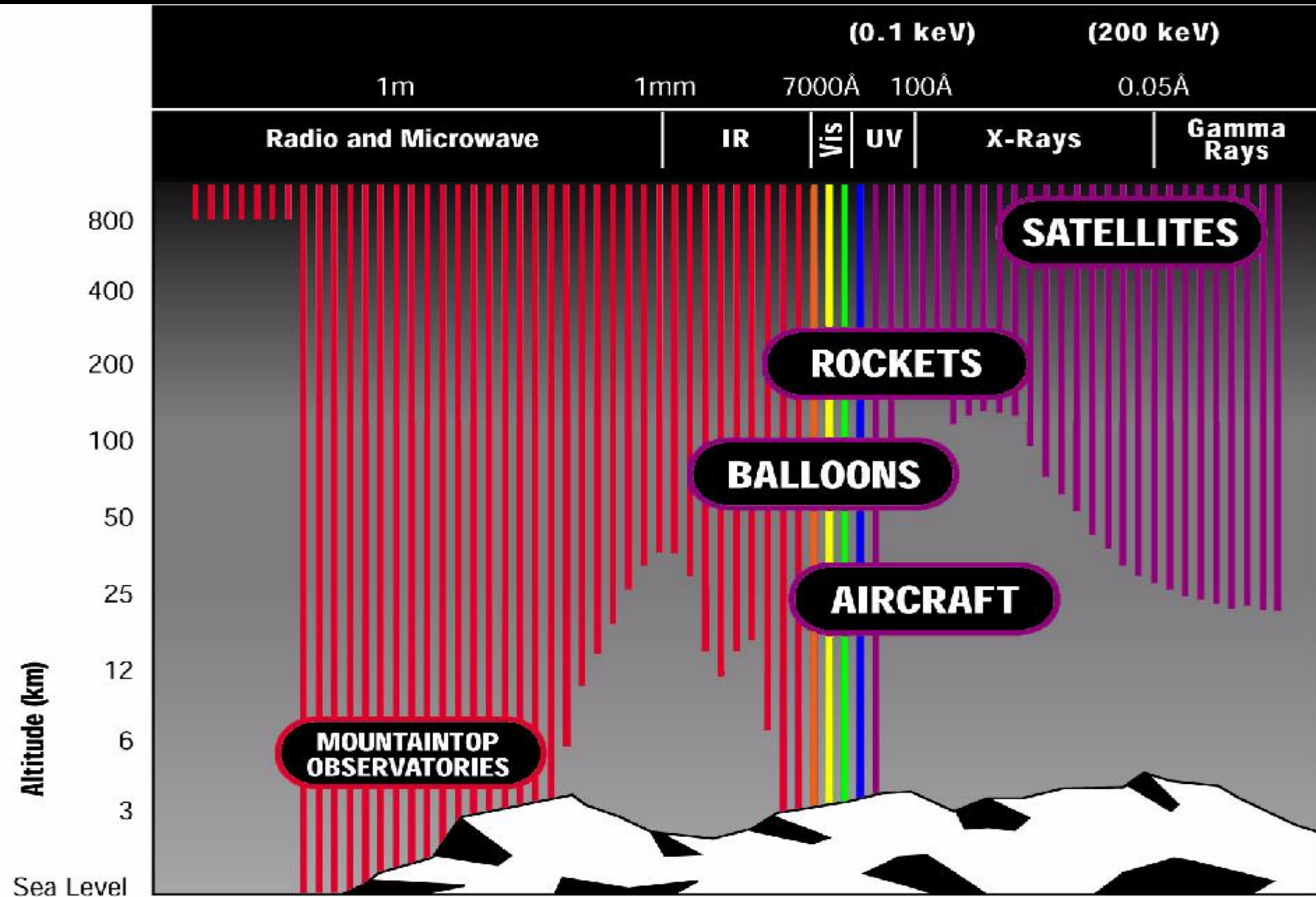
- analizujący dane Ray Klebesadel i Roy Olson (Los Alamos National Laboratory) odkrywają w danych z 2 lipca 1967 błysk promieni gamma
- został on jednocześnie zarejestrowany przez satelity VELA 4 a i b
- „dwugarbny” kształt błysku raczej całkowicie wykluczał wybuch jądrowy !



??? CO TO JEST ???

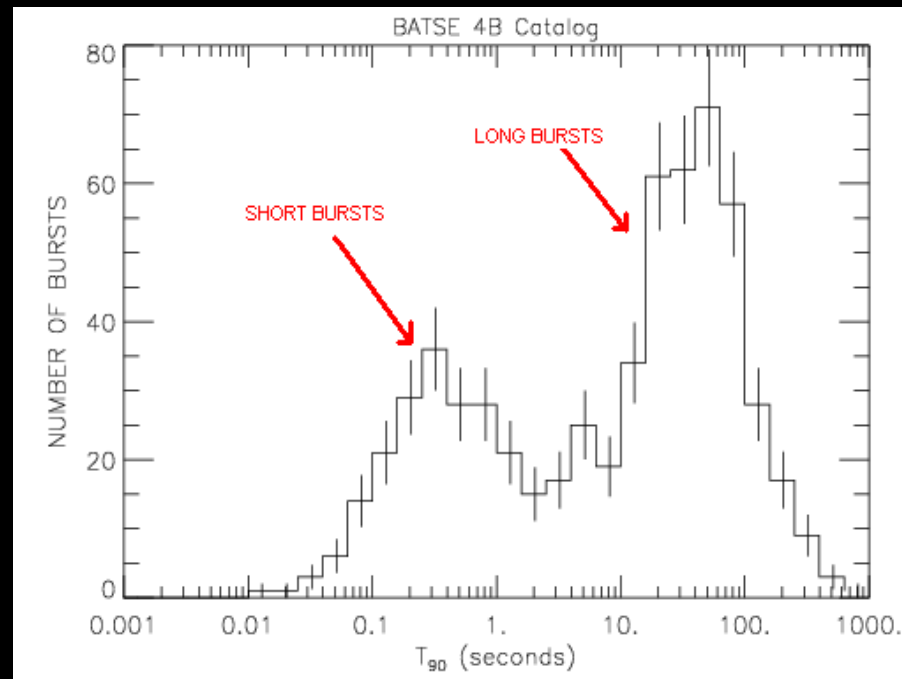
- w latach 1967- 73 zarejestrowano w sumie 16 błysków
- w roku 1973 informacje te zostały odtajnione
- odległość oceniono na ponad 1 mln km
- wykluczono Słońce i planety
- ale nie ustalono ich pochodzenia

Dlaczego nie widać ich z powierzchni Ziemi ?

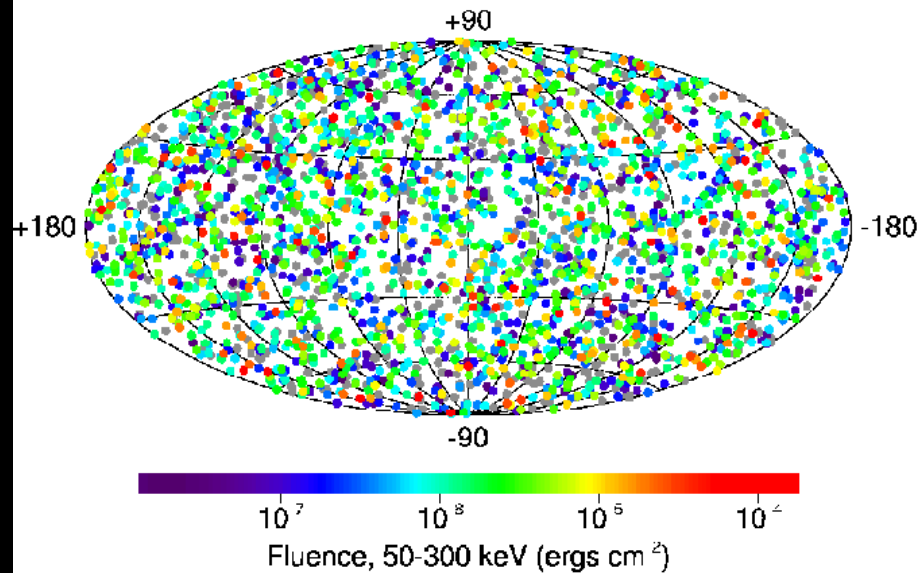


Co wiadomo obecnie

- Krótkie impulsy promieniowania gamma pochodzące z punktowych źródeł na niebie
- Dwie grupy błysków, długie $T > 2$ s i krótkie $T < 2$ s
- Rozkład izotropowy na niebie, częstość 2-3 dziennie na całej sferze niebieskiej



Rozkład izotropowy na niebie



Co wiadomo obecnie

- Obserwacje odpowiedników optycznych (od 1997) potwierdziły pozagalaktyczne pochodzenie ($z_{MAX}=6.29$ odpowiada to 12.8 mld lat)

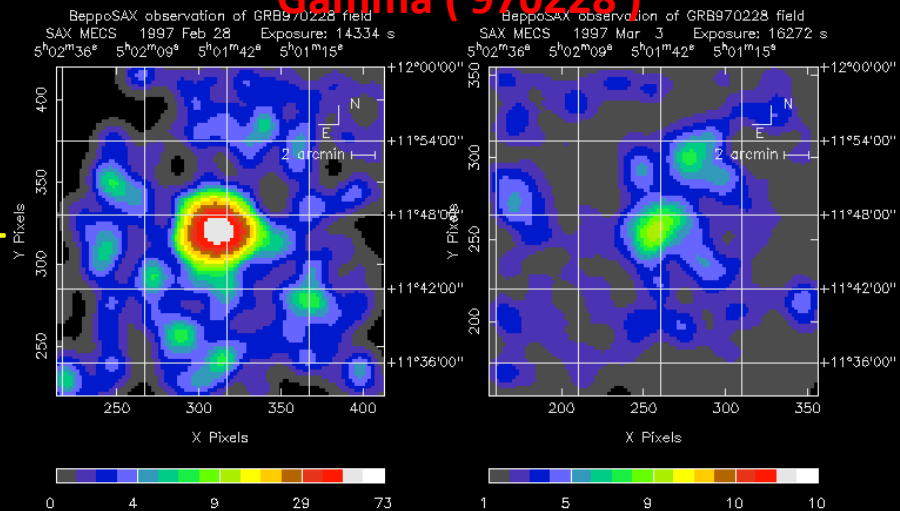
- Najbardziej energetyczne procesy we wszechświecie po poprawieniu na kolimację emisji $E_{LONG} \sim 10^{51}$ erg (30 mld lat świecenia Słońca), $E_{SHORT} \sim 10^{49}$ erg

- Modele : długie błyski – śmierć masywnej gwiazdy (podobne do zjawiska Supernova), krótkie błyski – zderzenie 2 gwiazd neutronowych w układzie podwójnym ?

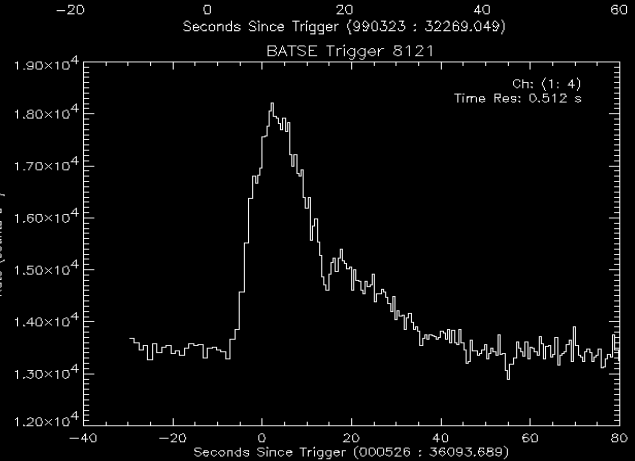
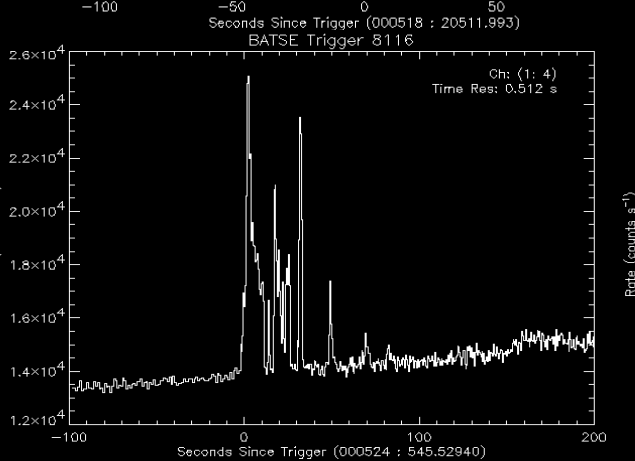
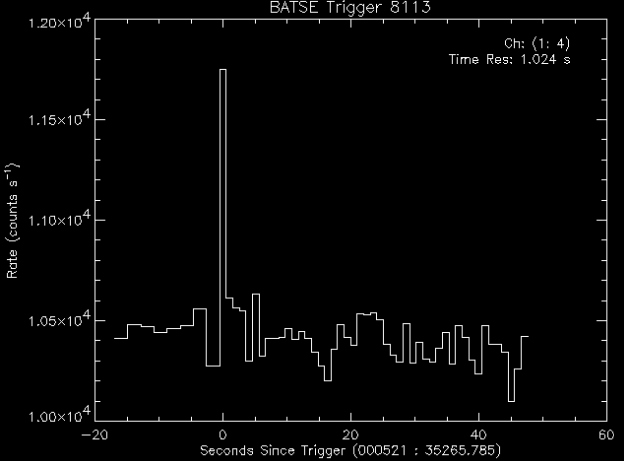
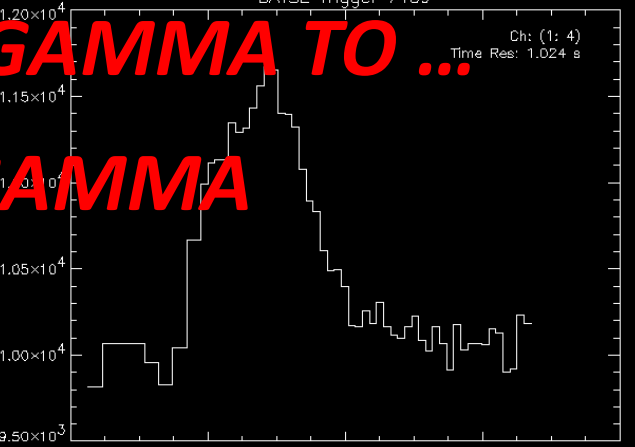
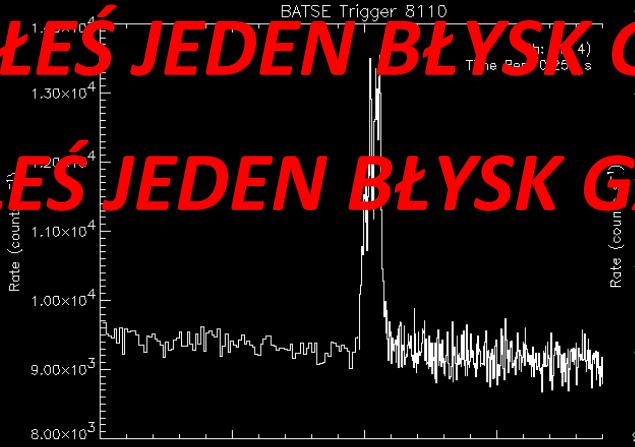
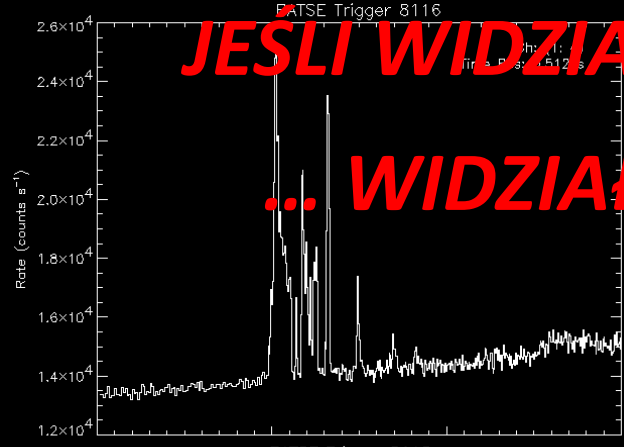
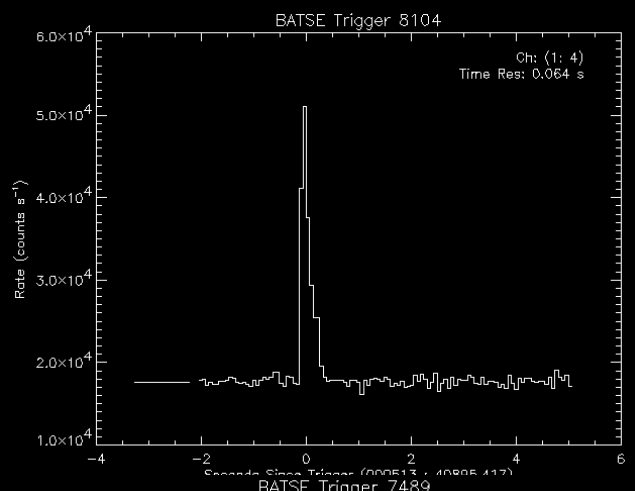
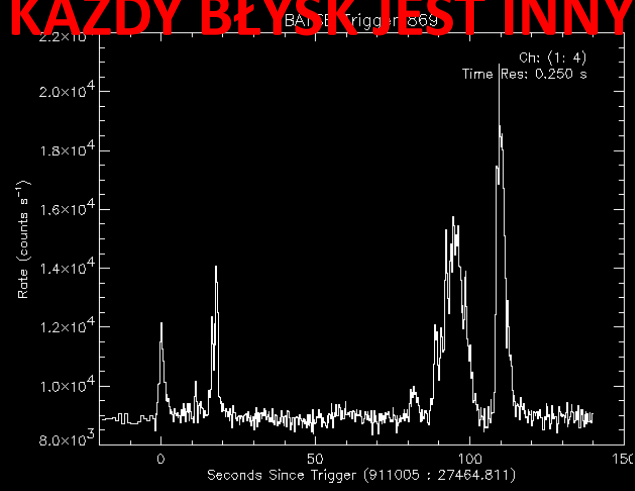
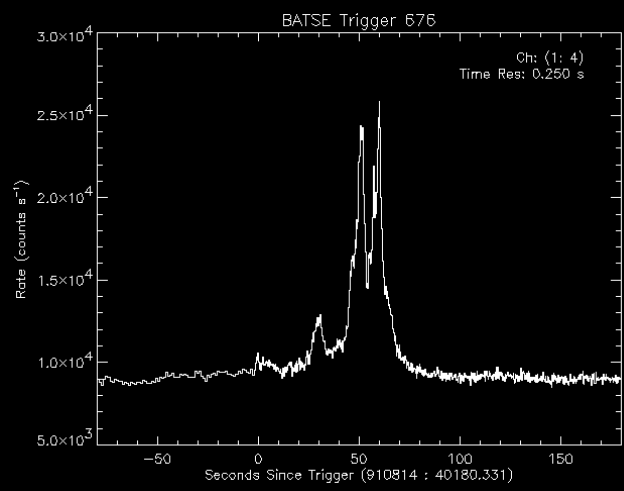
- **PYTANIA : Jak to działa ???**



Pierwsza obserwacja poświaty X błysku Gamma (970228)



KAŻDY BŁYSK JEST INNY

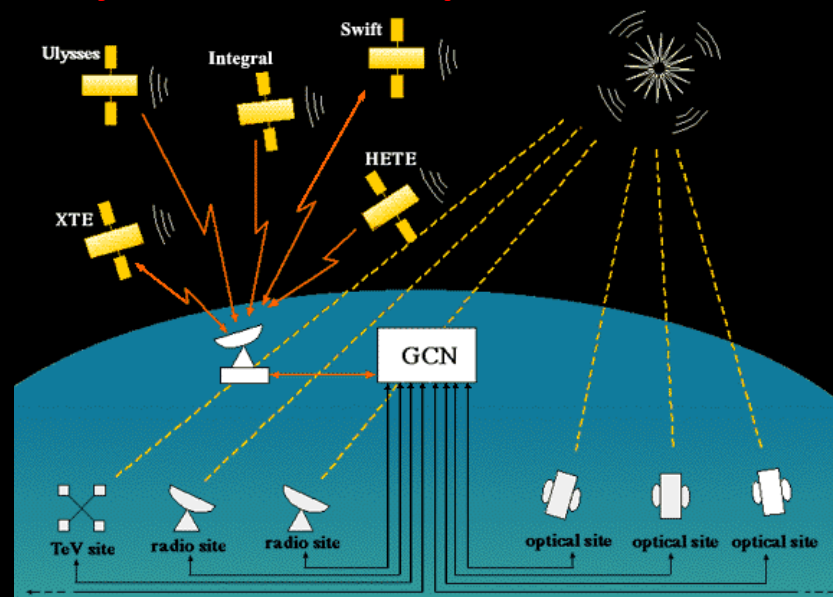


**JESLI WIDZIAŁEŚ JEDEN BŁYSK GAMMA TO ...
... WIDZIAŁEŚ JEDEN BŁYSK GAMMA**

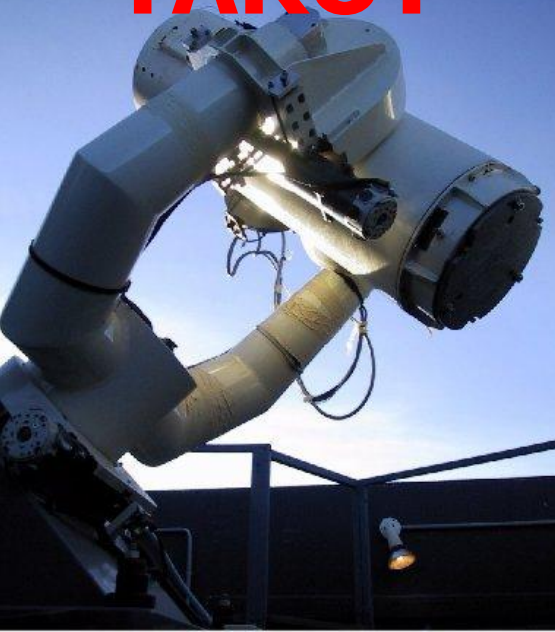
ŁOWY NA ODPOWIEDNIKI OPTYCZNE BŁYSKÓW GAMMA

- odpowiedniki bardzo ważne przy badaniach GRB
- pozwalają wyznaczać odległość do błysków (z przesunięć linii widmowych)
- pozwalają zrozumieć mechanizmy powstawania błysków

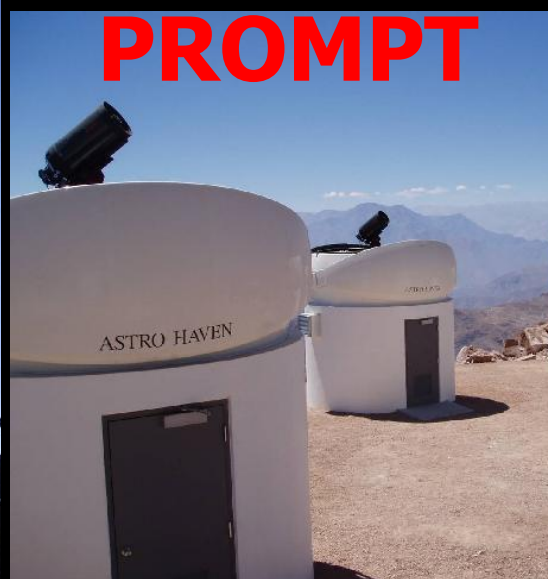
Sieć GCN służąca rozsyłaniu informacji o błyskach do teleskopów



TAROT



PROMPT



ROTSE



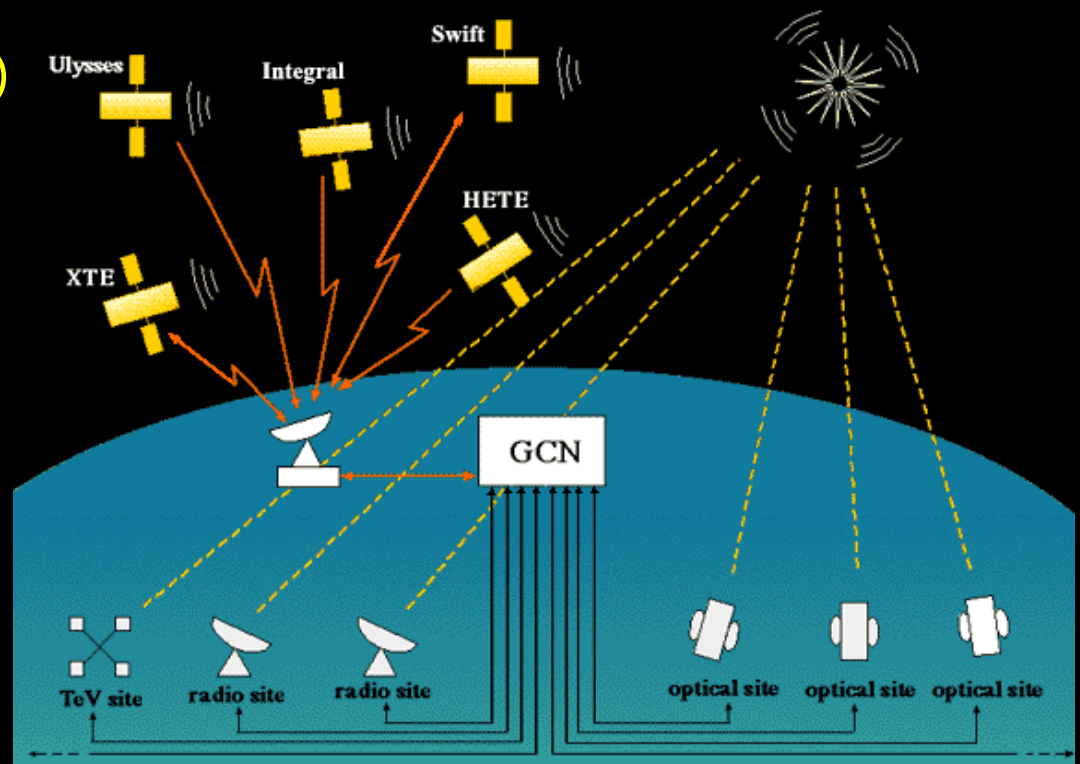
Obserwacje optycznych odpowiedników GRB

- informacja o błysku wraz z pozycją jest przekazywana do teleskopów naziemnych (w czasie od sekund do minut)
- Tylko w kilku przypadkach udało się zaobserwować GRB w czasie emisji gamma

TRZEBA POPRAWIĆ:

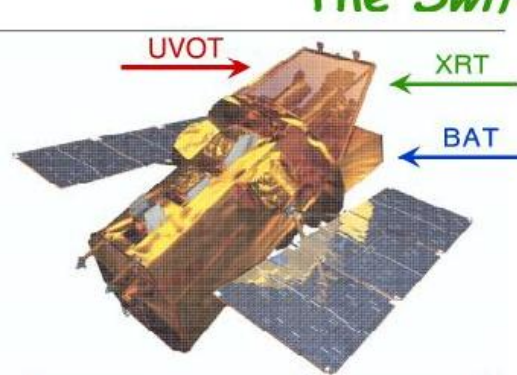
- czas reakcji , nigdy nie wiadomo gdzie i kiedy wydarzy się następny błysk gamma
- Rozdzielczość czasową

Gamma Ray bursts Coordinates Network



Satelita SWIFT

- prawie natchmiastowe obserwacje optyczne, dzięki teleskopowi optycznemu UVOT na pokładzie satelity
- jednak mimo to czas reakcji nadal jest zwykle nie mniejszy niż ~ 60 sekund, ze względu na konieczność obrócenia satelity (teleskop jest nieruchomy)
- żeby obserwować optycznie GRB w czasie emisji y trzeba prowadzić ciągle obserwacje nieba



BURST ALERT TELESCOPE

- * Imaging: 15-150 keV
- * Precision: 2-3 arcmin
- * Field of view: 1/6 of sky

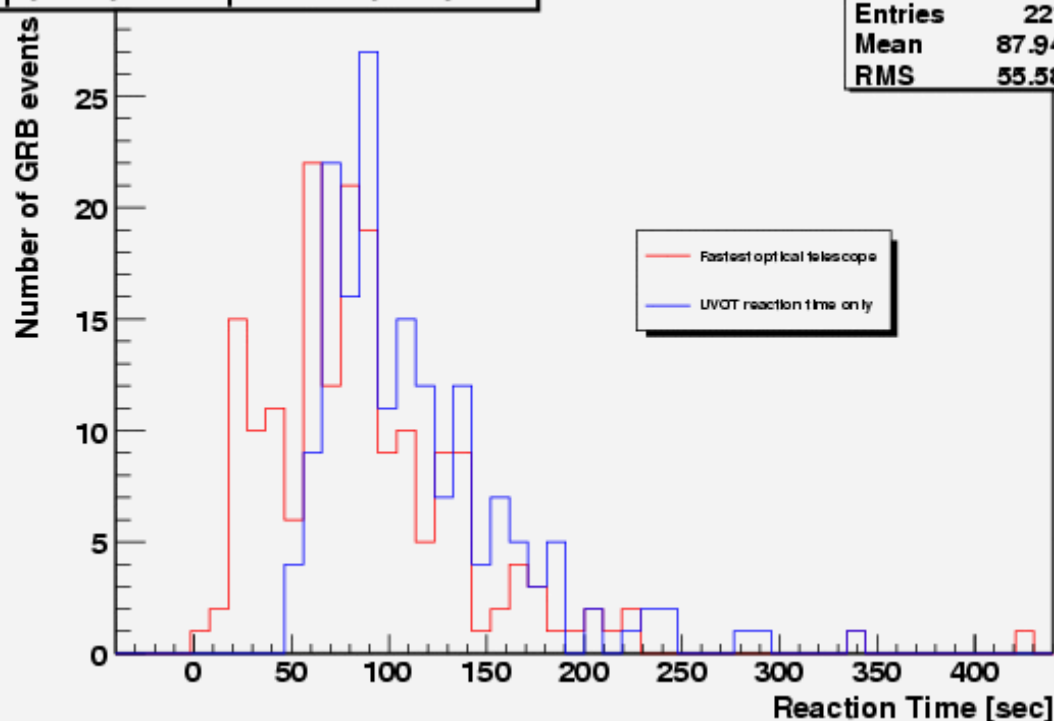
UV/OPTICAL TELESCOPE

- * Imaging: 1700 – 6500 Å
- * Precision: 0.5 arcsec
- * Sensitivity: $V = 20$

X-RAY TELESCOPE

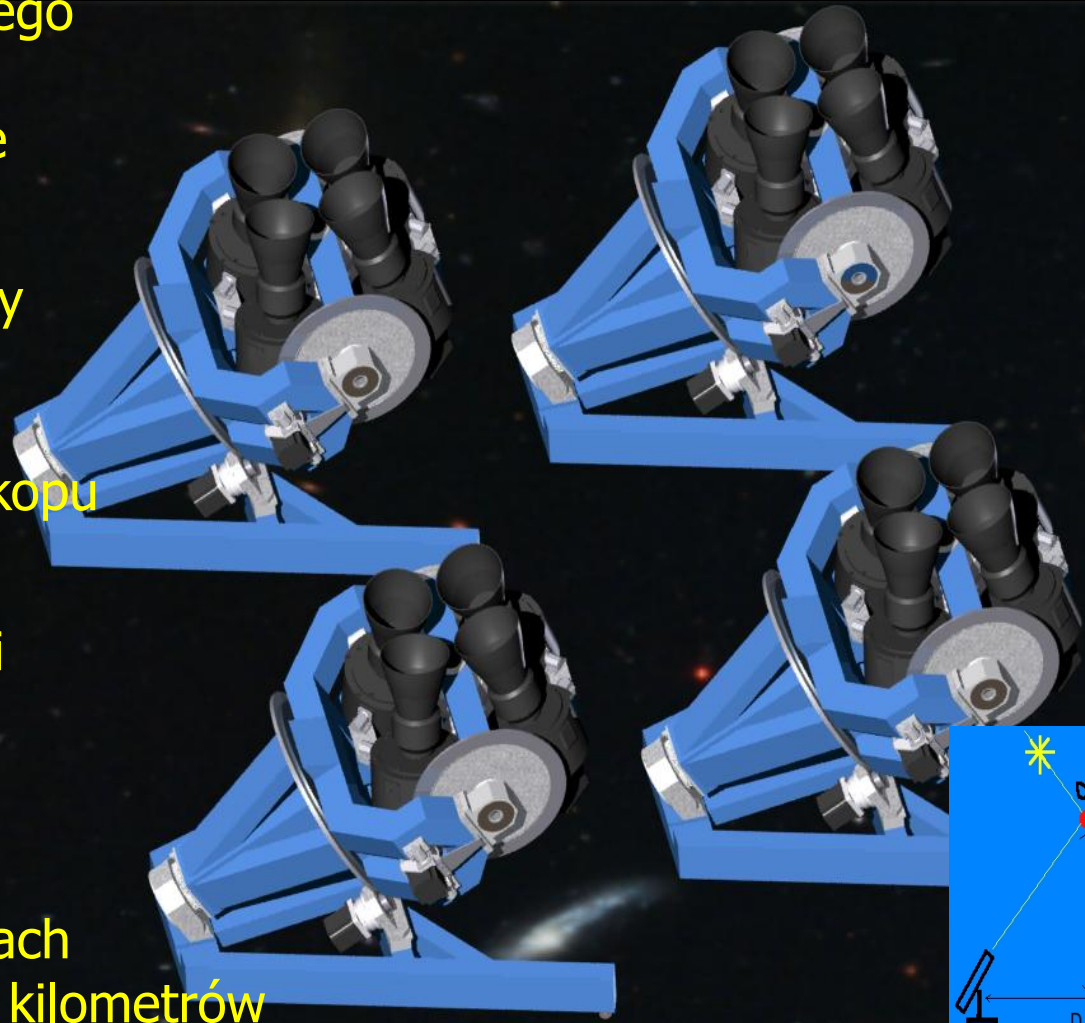
- * Imaging in 0.2–10 keV
- * Precision: 3 arcsec
- * Sensitivity: 2×10^{-14} cgs

Optical telescopes reaction time



„Pi of the Sky” – system do ciągłych obserwacji całego nieba

- ciągłe obserwacje dużego wycinka nieba odpowiadającego polu widzenia satelity SWIFT lub GLAST (wkrótce zostanie wystrzelony)
- Każdy błysk zaobserwowany przez te satelity będzie od razu w naszym polu widzenia bez konieczności ruchu teleskopu (czas reakcji < 0)
- Własny system identyfikacji błysków optycznych i innych krótkozmiennych procesów astrofizycznych
- lokalizacja w dwóch miejscach odległych o kilkadziesiąt/set kilometrów



**Działa od czerwca 2004 w Las Campanas
Observatory (LCO) w Chile praktycznie
w pełni automatycznie**



Prototyp w LCO

- kamery na montażu paralaktycznym działające w koincydencji
- Kamery zaprojektowane i wykonane przez nasz zespół
- Pole widzenia $20^\circ \times 20^\circ$, po upgradzie optyki w 2006-V
- Zasięg na 10s zdjęciu $\sim 11^m$, 20 posumowanych $\sim 13^m$
- System katalogowania pomiarów w bazie danych na bieżąco z możliwością udostępniania danych
- system ostrzegający szychterów o problemach z systemem
- Algorytmy wykrywające błyski optyczne i nagłe pojaśnienia gwiazd on-line i off-line

Strategia obserwacji (prototyp w LCO)

- Śledzi pole widzenia satelitów SWIFT i INTEGRAL , reaguje na alerty GCN
- Jeżeli żaden z satelitów nie może być obserwowany, wybierany jest alternatywny interesujący obiekt z listy
- Klatki 10 sekundowe
- 2 razy na noc scan całego dostępnego nieba

Software w „Pi of the Sky”

1. Niskopoziomowy : komunikacja z kamerami, sterowanie montażem, firmware, modul kernela (do kamer po USB) itd
2. Akwizycja danych , sterowanie kamerami
3. Automatyczna kontrola systemu , system ostrzegania o problemach i automatyczne reagowanie
4. Automatyczne wybieranie obiektów do obserwacji
5. Analiza danych on-line (surowe dane) i off-line (baza danych)
6. Udostępnianie danych dla wszystkich (przez WWW)

Analiza danych on-line

- Porównywanie nowego zdjęcia nieba z kilkoma poprzednimi w czasie rzeczywistym „piksel po pikselu”
- Wyszukiwanie obiektów niewidocznych na poprzednich klatkach, które pojawiły się na nowym zdjęciu
- Żądanie koincydencji na 2 kamerach (lub potwierdzenia na kolejnych zdjęciach) – odrzuca promienie kosmiczne
- Odrzucenie przypadków tła : satelitów (baza danych torów znanych satelitów odświeżana co noc lub dopasowywanie torów) , gwiazd stałych, meteorów, chmur itd., itd.

Wyniki algorytmów on-line

Automatyczna detekcja gwiazdy rozbłyskowej V* CN Leo

-1



0



+1



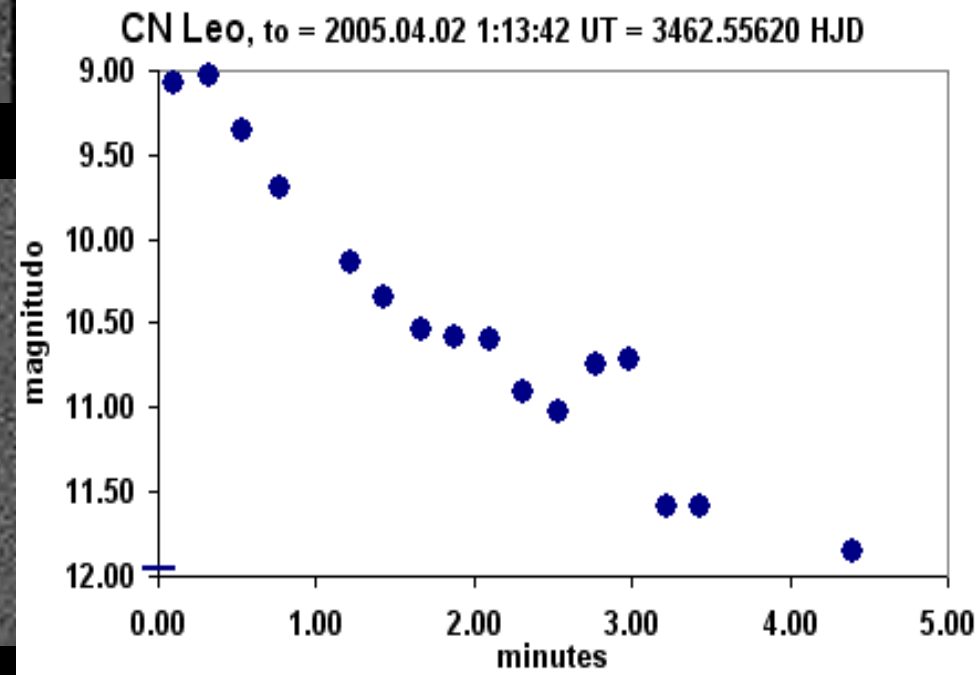
+2



+3



+4



Przykłady tła



Flotylla satelitów tła typu
„Star Wars”



Ślad meteoru w atmosferze

Analiza danych off-line : redukcja

Dane w formacie **FITS** (obrazek + opis)



Fotometria – znalezienie gwiazd na obrazku ,
wyznaczenie jasności i pozycji (x,y) na chipie CCD
Stworzenie listy gwiazd na obrazku (plik MAG)



Astrometria – wyznaczenie transformacji od
 (x,y) do współrzędnych równikowych (λ,δ)

Wyznaczenie (λ,δ) dla wszystkich gwiazd na
obrazku i zapisanie do pliku (plik AST)

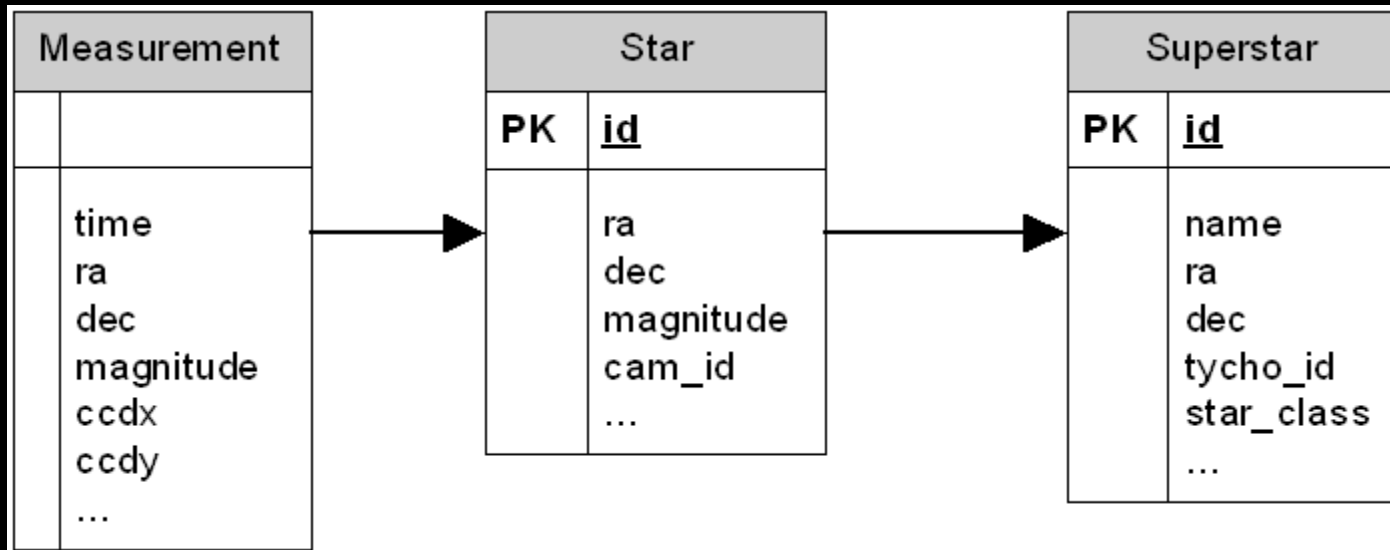
Redukcja

Analiza danych off-line: katalogowanie

- Kalibracja jasności względem katalogu gwiazd odniesienia
- Zapis informacji o gwiazdach do bazy danych **PostgreSQL**

Podstawowe tabele :

- **MEASUREMENTS** – pomiary jasności gwiazd z czasem
- **STARS** – gwiazdy obserwowane przez jedną kamer
- **SUPERSTAR** – fizyczne gwiazdy na niebie



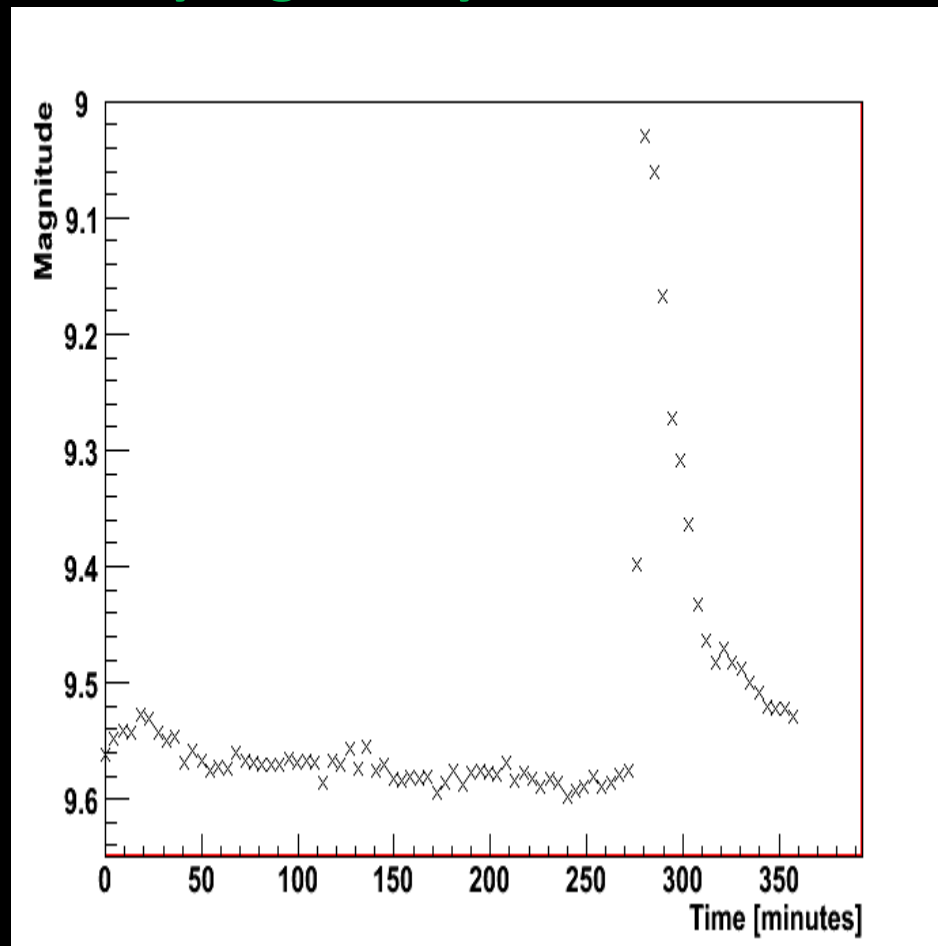
Rozmiary bazy danych

- Co noc ~ 10 godzin obserwacji daje 1000-2000 zdjęć 10 sec na każdym jest $\sim 10000-20000$ gwiazd daje ~ 10 mln pomiarów / noc / kamera – tego na razie nie potrafimy obsłużyć
- Dlatego katalogujemy danych ze zdjęć posumowanych po 20, jest to $\sim 50-100$ klatek /noc , daje $\sim 200-400$ MB / noc / kamera
- Bazy z lat 2004-2007 , to :
 - 2004_2005 - ~ 130 GB danych
 - 2006_2007 - ~ 120 GB danychByły przerwy w działaniu systemu , częściowo tylko 1 kamera
- Docelowo 32 kamery co daje 16 GB danych / dobę (~ 15 mln pomiarów / noc) i z grubsza 20x więcej jeśli katalogowalibyśmy pojedyncze zdjęcia

Co nam daje baza danych

- Algotrymy do analizy działają na bazie danych przeglądają krzywe blasku gwiazd wyszukując np. pojaśnienia obiektów czy nowe obiekty dodane do katalogu (kandydaci na gwiazdy nowe)

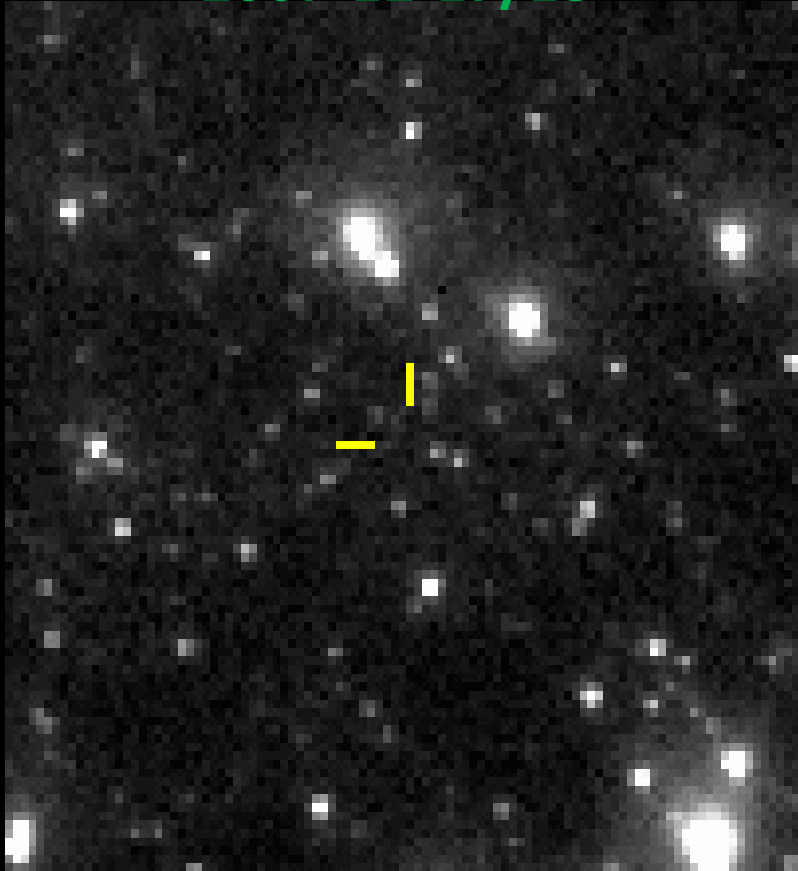
Rozbłysk gwiazdy GJ 3331A/GJ 3332



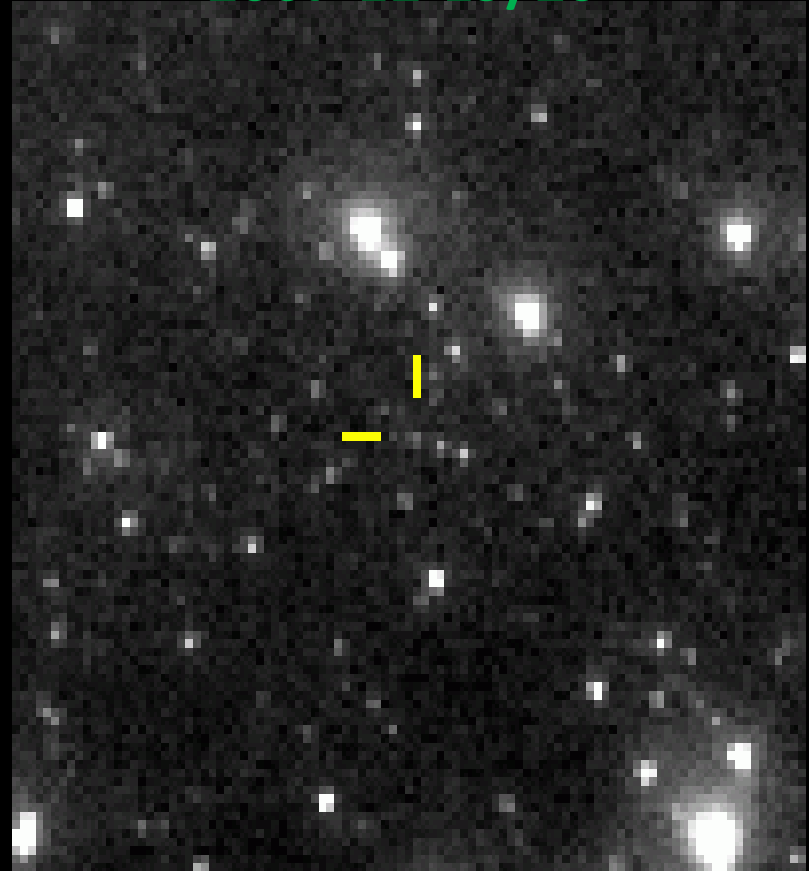
Wykrywanie gwiazd nowych

Wybuch gwiazdy nowej $11^{\text{h}}12^{\text{m}}17.4^{\text{s}}$, Dec = $-35^{\circ}38^{\text{m}}29^{\text{s}}$
odpowiadającej gwiazdzie 20.88^{m} star GSC2.3 S55U020591.
Rozbłysła do jasności 11.5^{m} .

2007-12-17/18

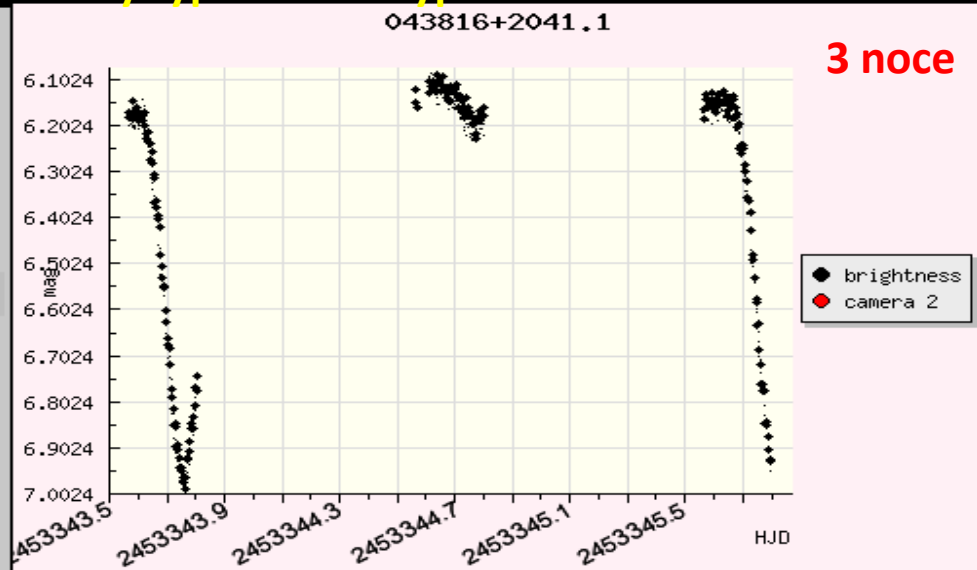
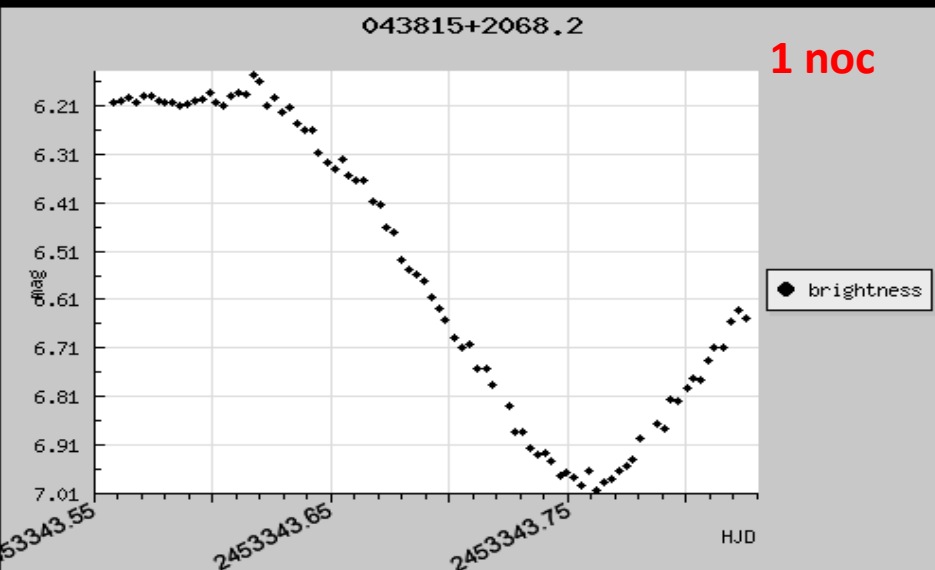


2007-12-19/20

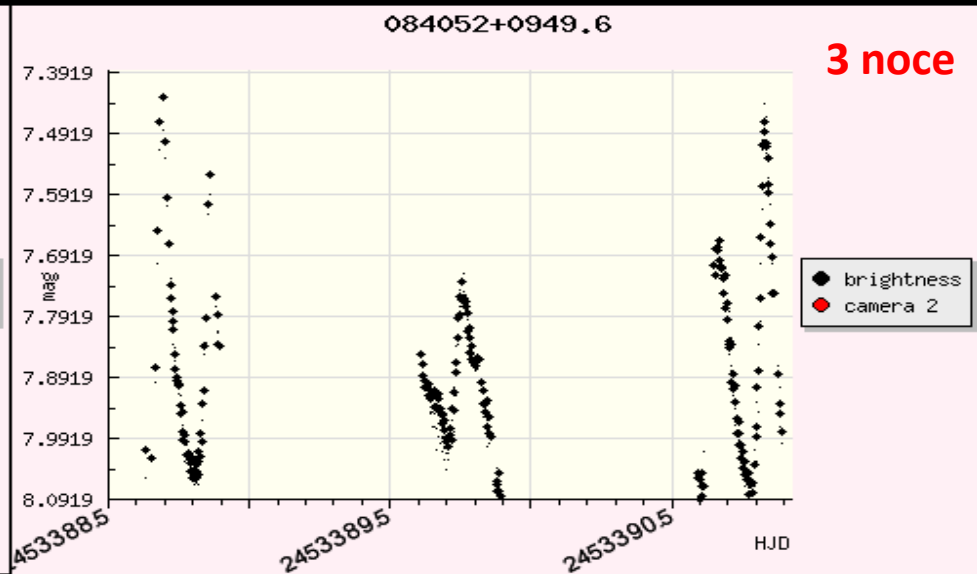
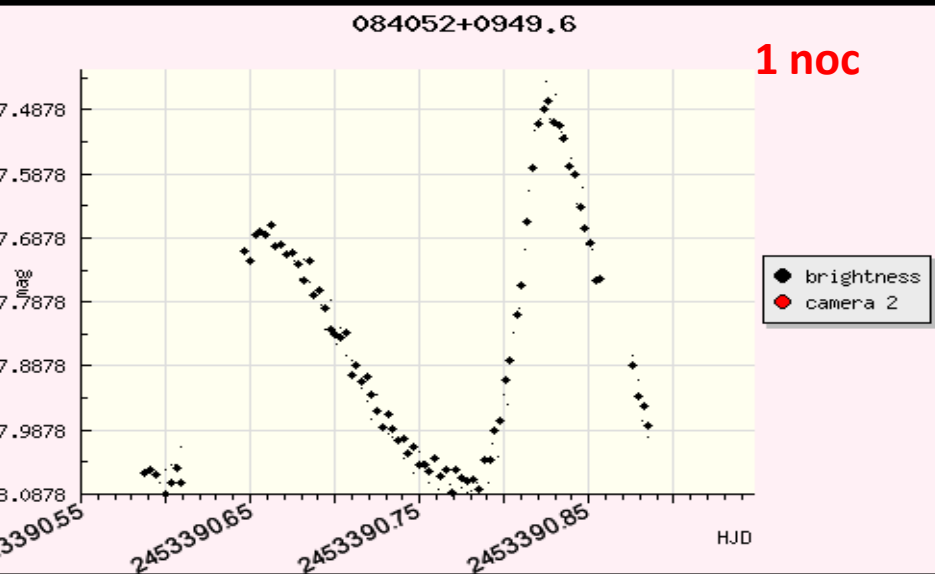


Krzywe blasku gwiazd dostępne publicznie przez WWW

HD 29365 – układ zaćmieniowy typu ALGOL type

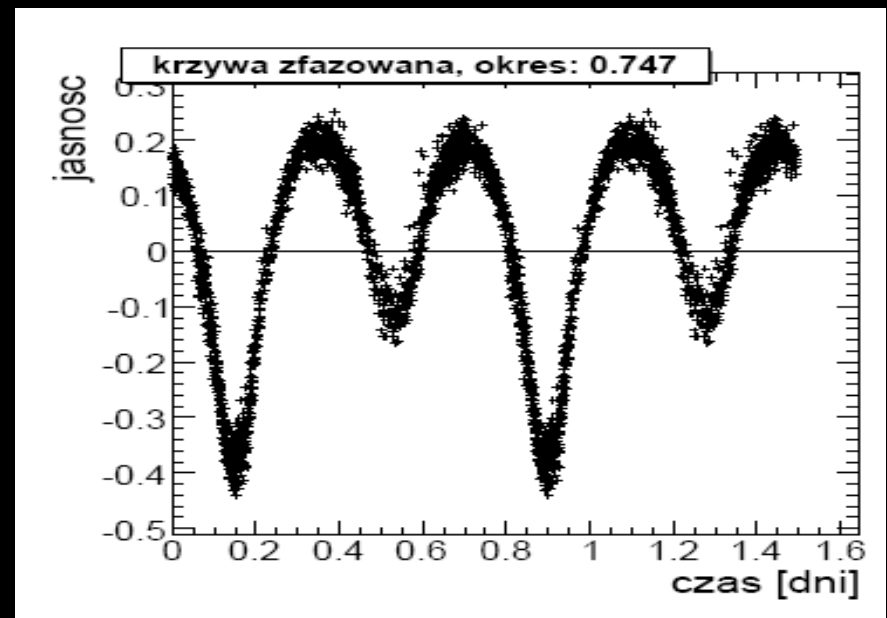
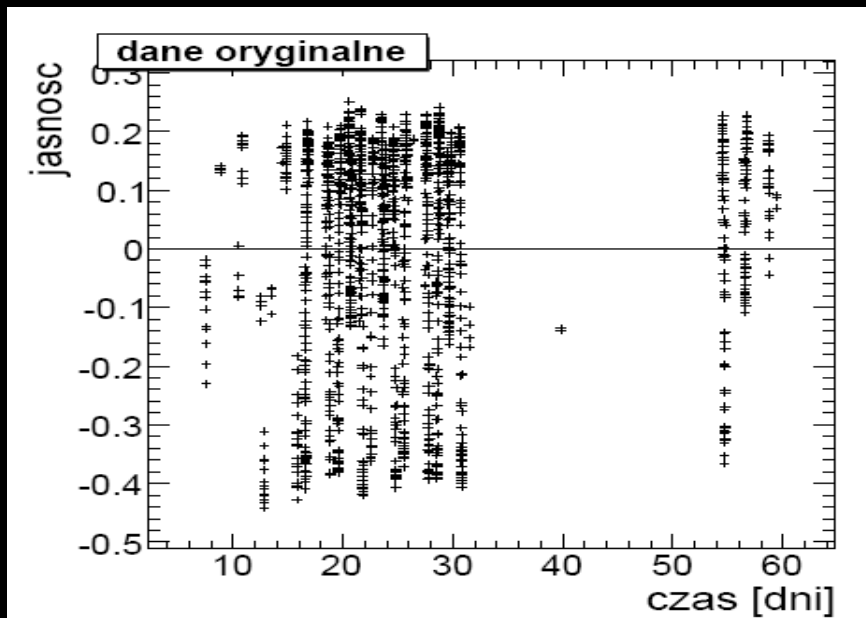


HD 73857 – gwiazd pulsująca typu RR Lyr



Analiza gwiazd zmiennych (praca magisterska ?)

- Wyznaczanie okresu gwiazd zmiennych (fazowanie krzywej blasku)
- Automatyczne wykrywanie typu zmienności (sieć neuronowa ?)
- Klasyfikowanie gwiazd w bazie danych na typy zmienności
- Interfejs GUI do analizy gwiazd zmiennych z bazy danych



System automatycznej obsługi problemów (L / M)

- System automatycznego reagowania na problemy z systemem
- Istniejący system ostrzegania pisze plik statusu z typem błędu a kolejny skrypt/program obsługiwał by odpowiednio różne rodzaje błędów
- Możliwość definiowania akcji do wykonania w reakcji na dany typ błędu (poprzez bazę danych)
- Czasami konieczność sprawdzenia logów modułów w celu podjęcia inteligentnej decyzji o akcji do wykonania (AI)
- Możliwość konfigurowania przez dodawania nowych wzorców do wyszukania w logach i akcji do wykonania
- System powinien być do użycia w LCO , ale z perspektywą zastosowania w pełnym systemie 2 x 16 kamer

Inne tematy na prace L / M

- Migracja z bazy PostgreSQL na DB2 :
na razie tematy obsadzone, ale będzie potrzeba zrobienia szybkiego przepisywania danych z bazy cache (PostgreSQL) do DB2 dla pełnego systemu (L / M) .
Alternatywnie zapisywanie danych bezpośrednio do bazy DB2, czyli zastąpienie obecnej biblioteki do komunikacji z PostgreSQL na DB2 (L / M)
- Wykrywanie śmieci kosmicznych :
Projekt rozpoczęty wspólnie z CBK, potrzebna poprawa wyznaczania pozycji obiektów (fotometria / astrometria).

Inne tematy na prace L / M

- Mapka nieba w stylu Google Maps (M) :

Z możliwością zoom-u, zaglądania do informacji o poszczególnych gwiazdach, oglądania zdjęć nieba (M)

- Narzędzie do zdalnego korzystania z obrazków nieba (L / M):

- ✓ w każdym wypadku (LCO / pełen system) będą daleko
- ✓ potrzebny jest przyjemny w obsłudze system do ściągania obrazków zadanego wycinka nieba (WWW / aplikacja)
- ✓ przeglądarka do obrazów w formacie FITS do używania przez WWW (java ?)
- ✓ np. coś w architekturze klient / server
- ✓ zastąpił by istniejące i nieskalowane aktualne rozwiązanie (głównie scp)

Inne tematy na prace L / M

- Bezstratna kompresja zdjęć nieba (L / M) :
Aktualnie stosujemy kompresje opartą na algorytmie RICE daje do ~50% kompresji. Pytanie czy nie dałoby się tego poprawić korzystając z właściwości obrazów z kamery CCD (głównie na obrazku jest gaussowskie tło nieba , a gwiazdy zajmują małą część pikseli)

Podsumowanie

- Projekt daje możliwość pracy w eksperymencie naukowym
- Dostęp do dużej , a w przyszłości bardzo dużej bazy danych
- Nauka bazy danych DB2 , praca na realnych danych i żywym organiźmie
- Zetknięcie z realnym problemami inżynierii oprogramowania
- Współdziałanie w dość dużym zespole

Więcej na WWW : <http://grb.fuw.edu.pl>

Pytania / kontakt :

msok@fuw.edu.pl lub lech@theta1.cft.edu.pl

ZAPRASZAMY ZAINTERESOWANYCH