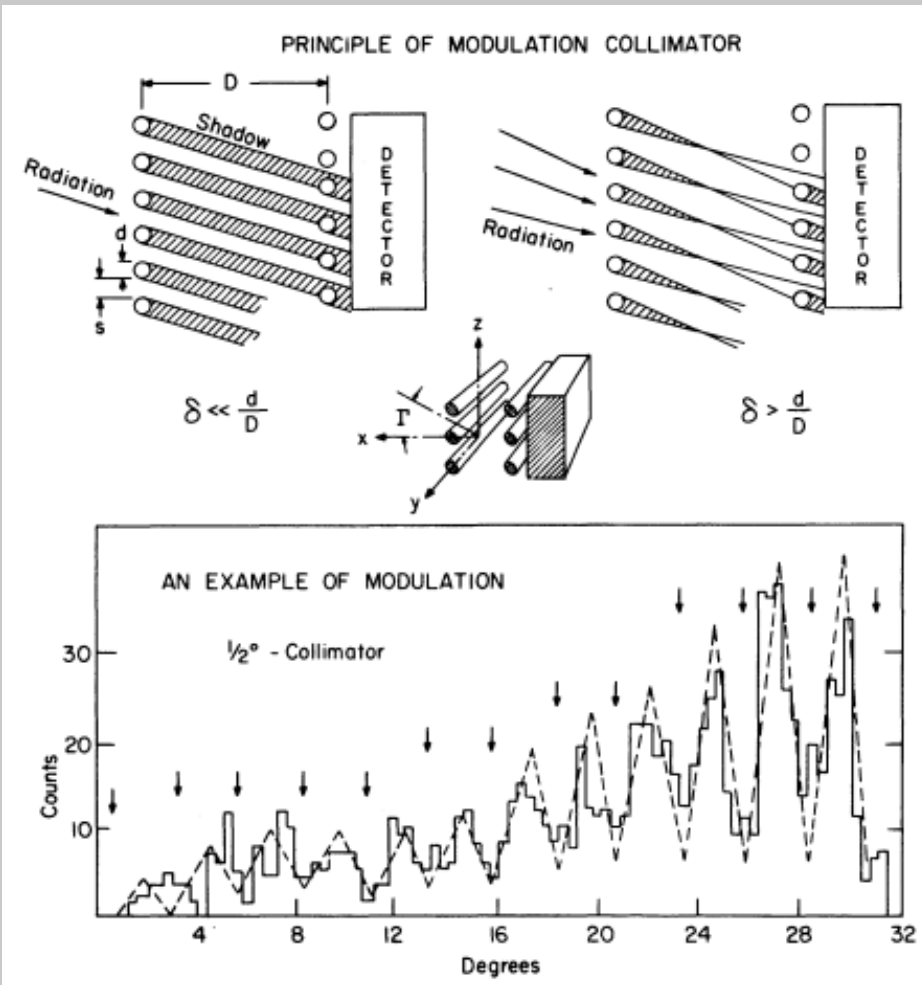


# Rozmiary źródeł promieniowania rentgenowskiego w obserwacjach RHESSI



# Modulatory



Oda i in. 1965, Nature 205, 554

Oda 1965, Proc. Int. Conf. Cosmic Rays

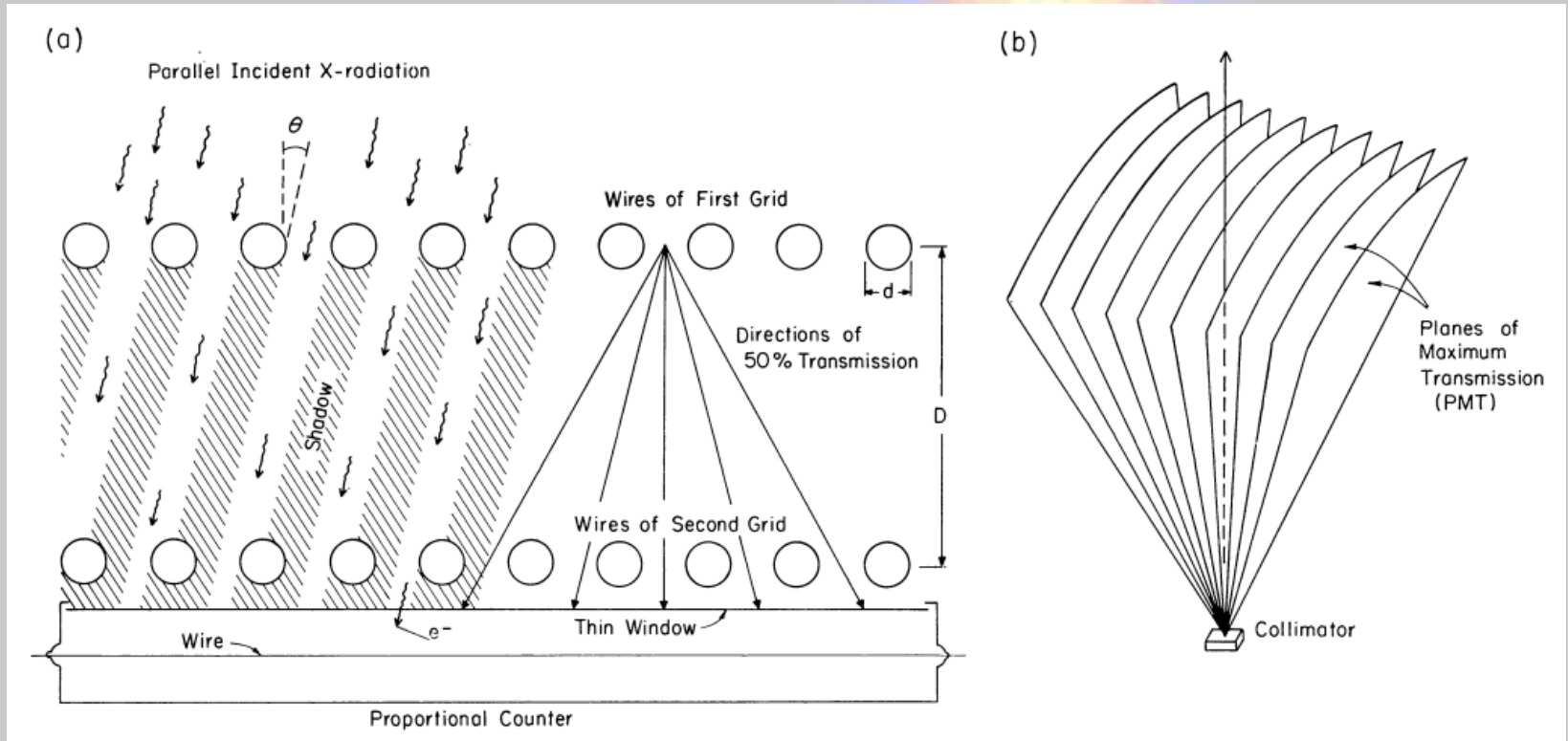
*Depending upon whether the angular size of the source is smaller or larger than  $d/D$  radian, the collimator produces or does not produce the „modulation” of the flux as the orientation of the collimator with respect to the direction of the source changes.*

Rozdzielczość modulatora – 7′

Obserwacje Sco X-1 wykazywały modulację sygnału co pozwoliło określić górną granicę rozmiaru.

# Modulatory

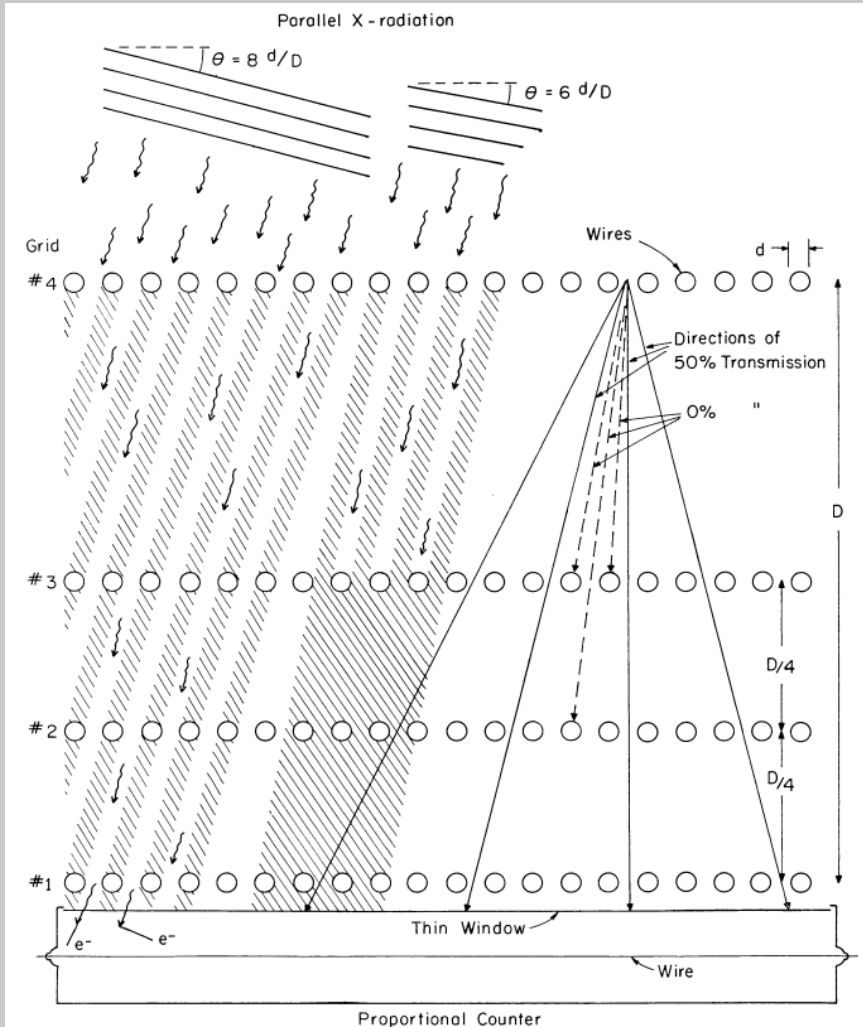
Bradt i in. 1968, Space Sci. Rev. 8, 471



$$\theta_r = d / D$$

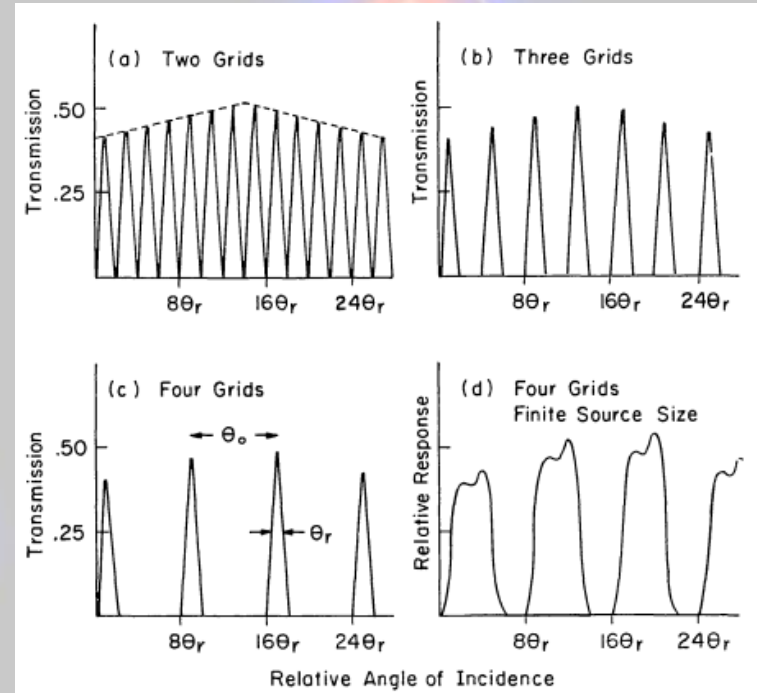
Taki układ produkuje modulacje źródeł o rozmiarach od  $\theta_r/4$  do  $2\theta_r$

# Modulatory



Bradt i in. 1968, Space Sci. Rev. 8, 471

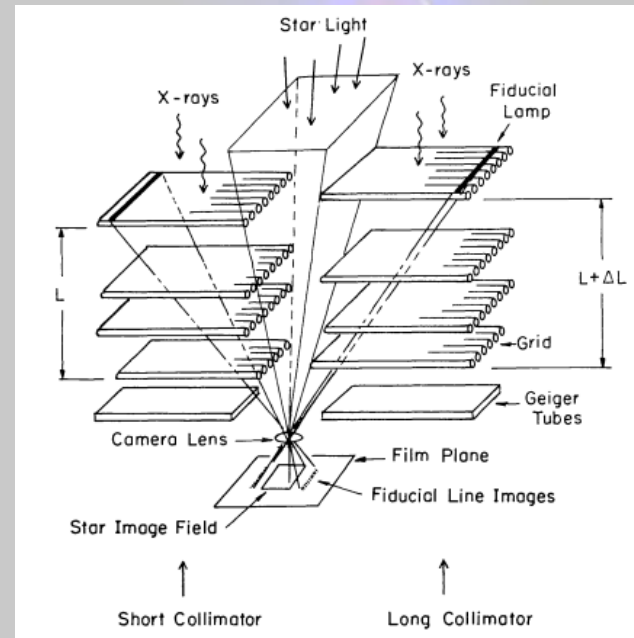
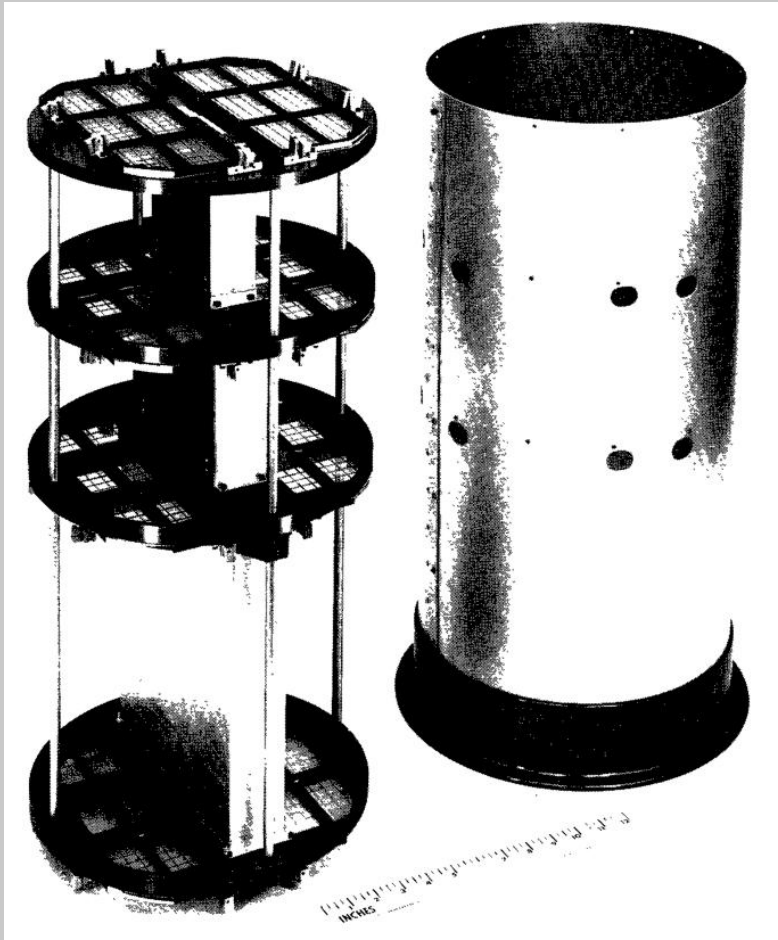
Zastosowanie układów trzech lub czterech siatek pozwala na obserwacje większych źródeł (do  $8\theta_r$  w przypadku czterech siatek)



# Modulatory

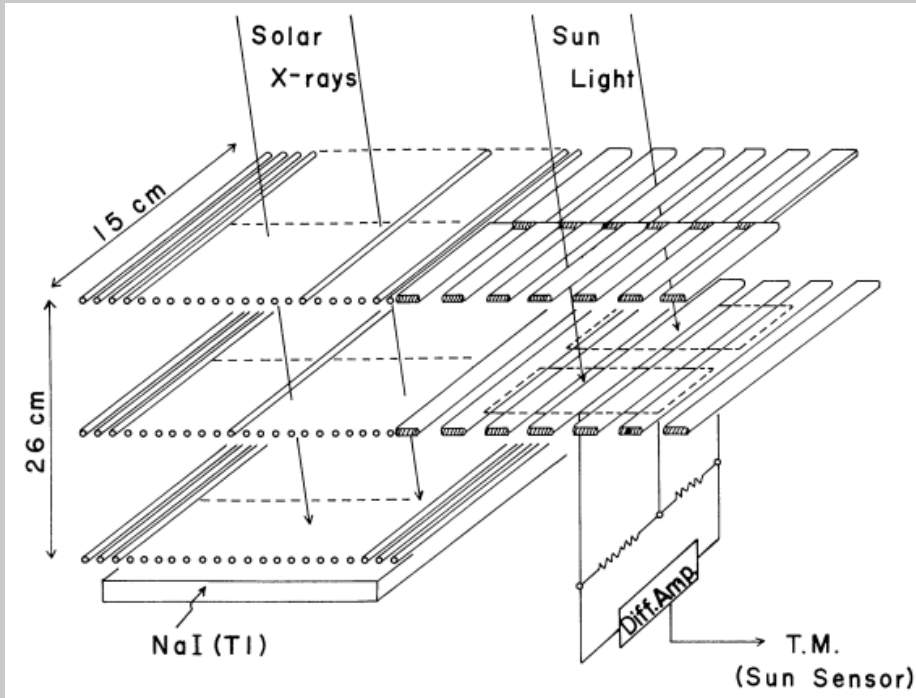
Bradt i in. 1968, Space Sci. Rev. 8, 471

Wystrzelony instrument składał się z dwóch zestawów siatek. Każdy o nieco innych rozmiarach



Eksperyment zrealizowano w 1966 r. Położenie źródła Sco X-1 określono z dokładnością 4'

# Modulatory



Eksperyment balonowy

„Skanowanie” przy wykorzystaniu naturalnego kołysania się gondoli

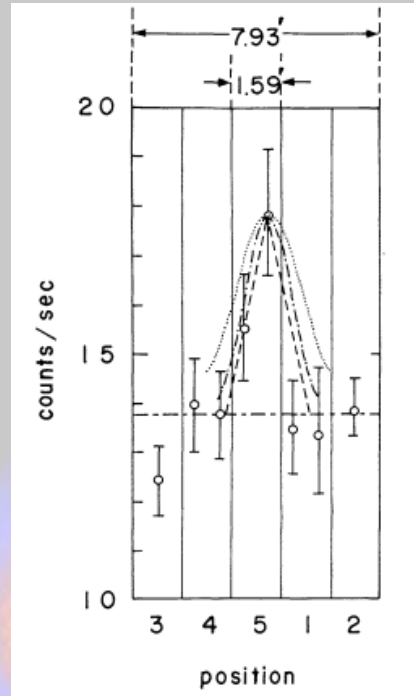
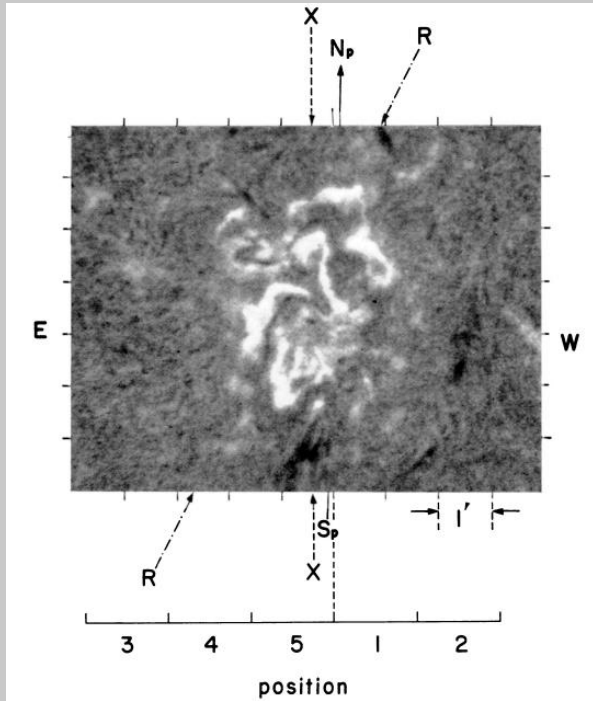
Trzy siatki

Zakres energii 20-60 keV

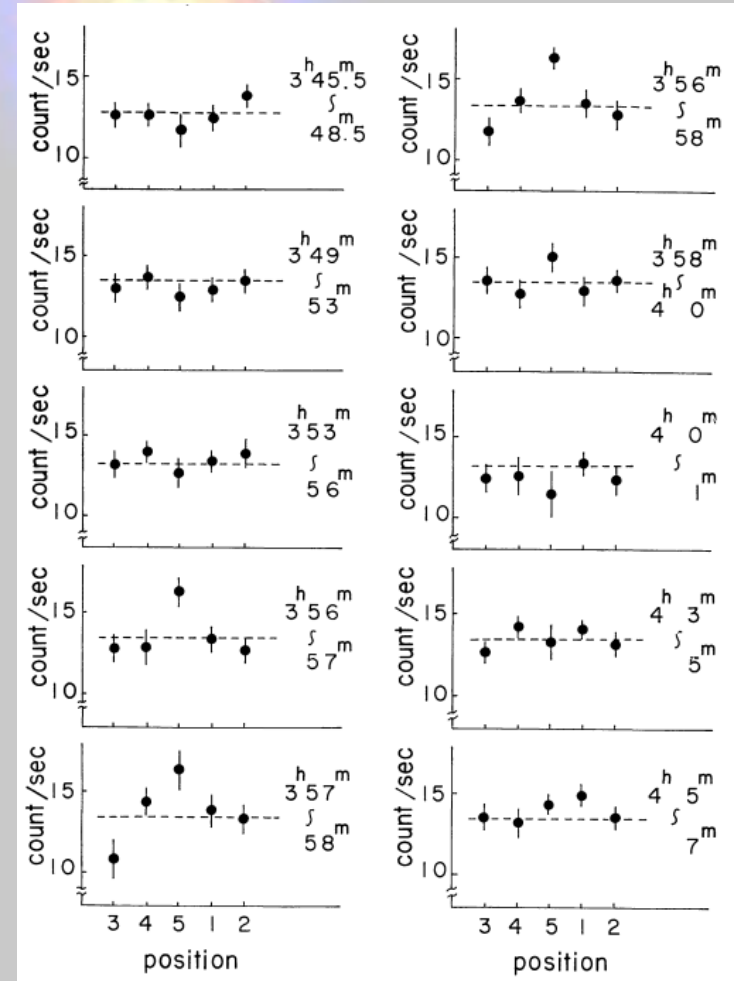
Takakura i in. 1971, Sol. Phys. 16, 454



# Modulatory



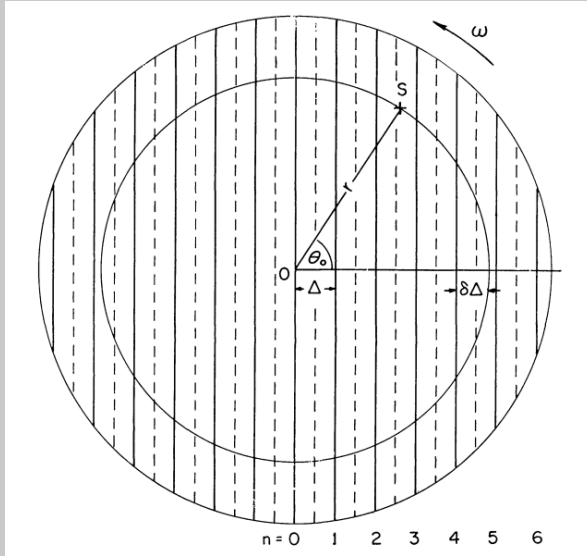
Takakura i in. 1971, Sol. Phys. 16, 454



Położenie źródła (mierzone w jednym wymiarze) było zgodne z obserwowanym rozbłyskiem H $\alpha$

Rozmiar źródła – mniejszy od 1'

# Rotujące modulatory

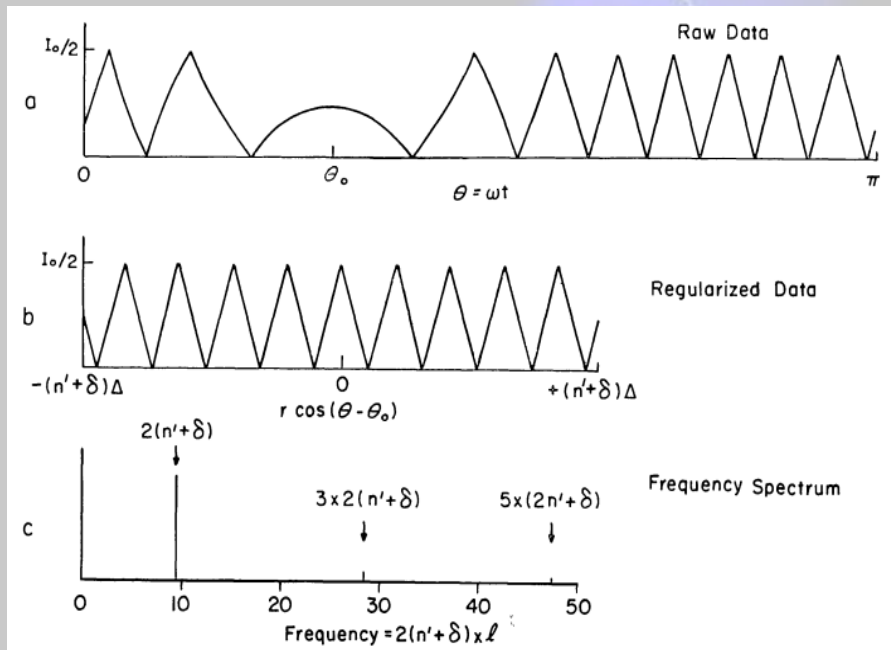


Mertz 1968, Proc. Symp. Modern Opt.  
 Schnopper i in. 1968, Space Sci. Rev. 8, 534

Położenie źródła jest określone przez  $r$  i  $\theta_0$ .

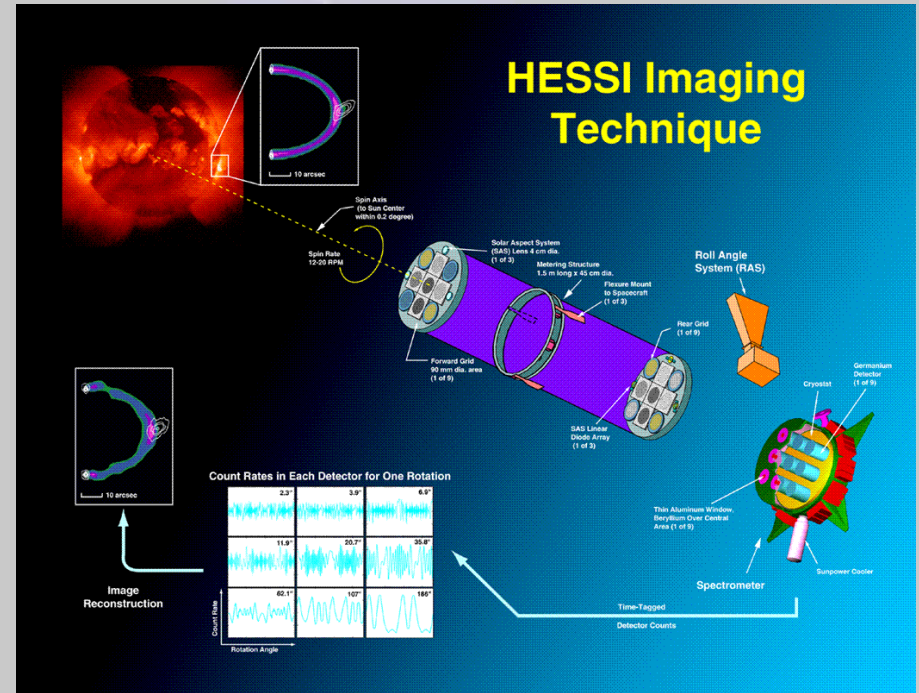
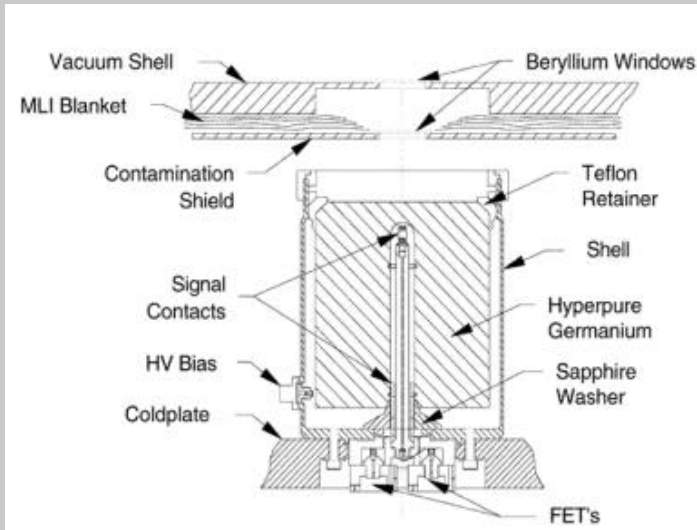
$r$  jest związane z liczbą cykli modulacji na jeden obrót satelity

W praktyce  $\theta_0$  nie jest znane. Wyznaczenie z obserwacji polega na liczeniu transformacji Fouriera dla różnych  $\theta_0$ , aż do uzyskania pojedynczej częstotliwości.





# RHESSI



Instrument ,w którym wykorzystano rotujące modulatory

9 detektorów (Ge) 7.1 x 8.5 cm

zakres energii: 3 keV – 20 MeV

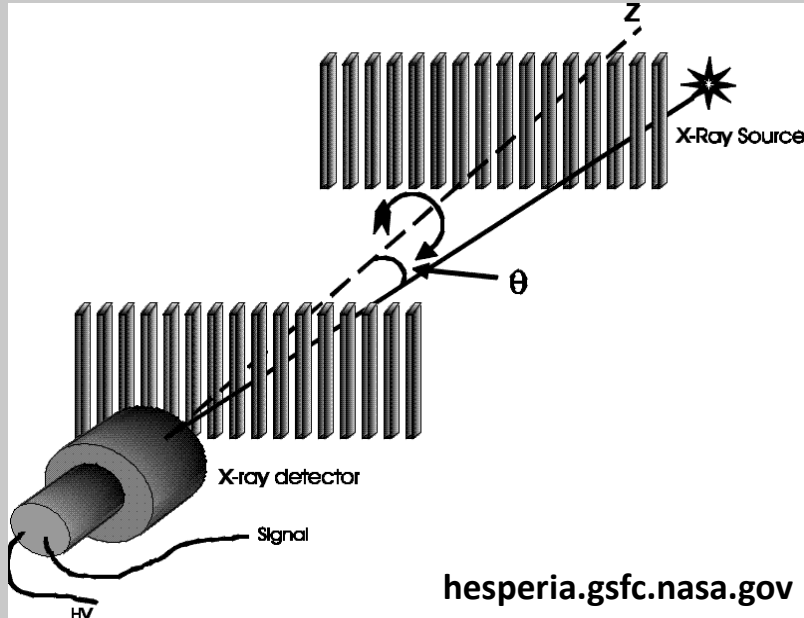
rozdzielczość czasowa dla obrazów:

2 s (połowa okresu rotacji)

rozdzielczość energetyczna: 1-3 keV (dla różnych detektorów)

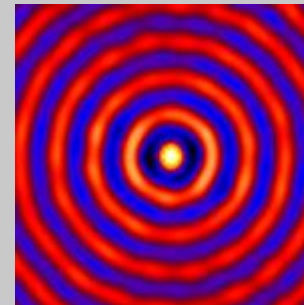


# RHESSI



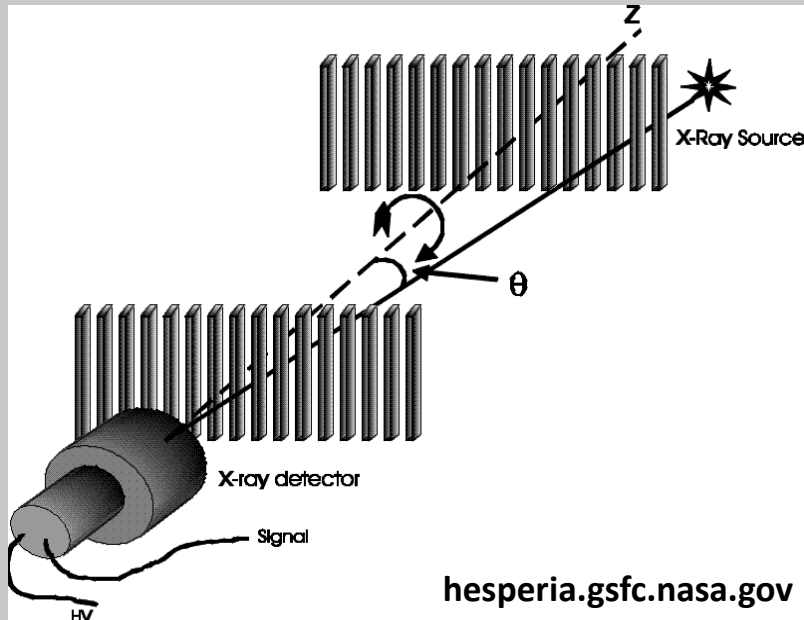
Obraz rekonstruowany przy użyciu kilku metod: Back Projection, CLEAN, PIXON, MEM NJIT, UV Smooth, Forward Fit VIS

rozdzielczość przestrzenna:  $> 2.5$  arc sec  
(silnie zależy od użytych siatek)



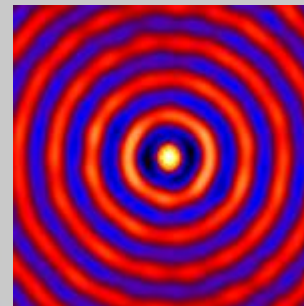
obraz pojedynczego źródła otrzymany przy użyciu detektora 5

# RHESSI

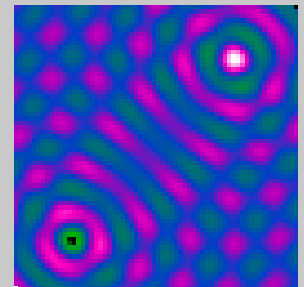
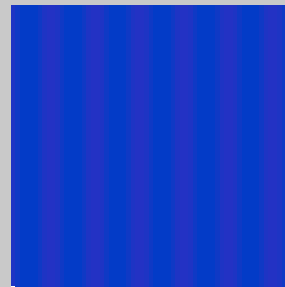
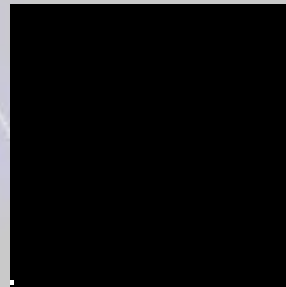
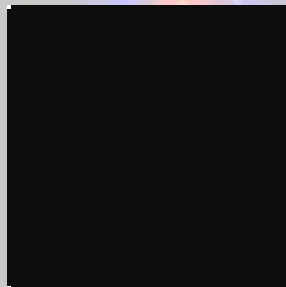
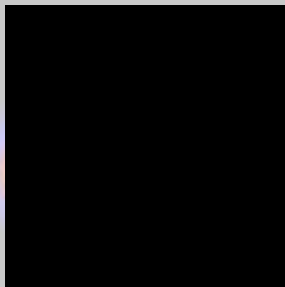
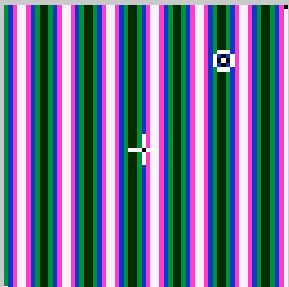


Obraz rekonstruowany przy użyciu kilku metod: Back Projection, CLEAN, PIXON, MEM NJIT, UV Smooth, Forward Fit VIS

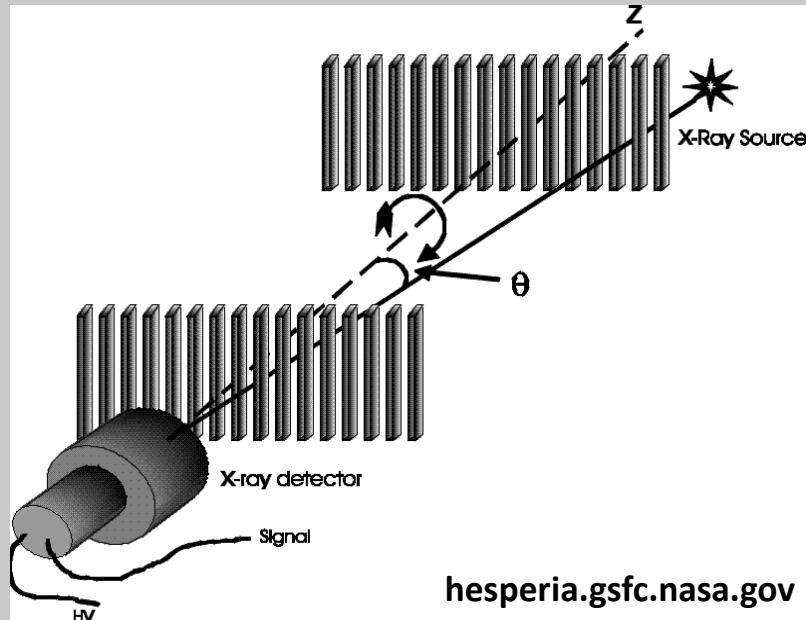
rozdzielczość przestrzenna:  $> 2.5$  arc sec  
(silnie zależy od użytych detektorów)



obraz pojedynczego źródła otrzymany przy użyciu detektora 5



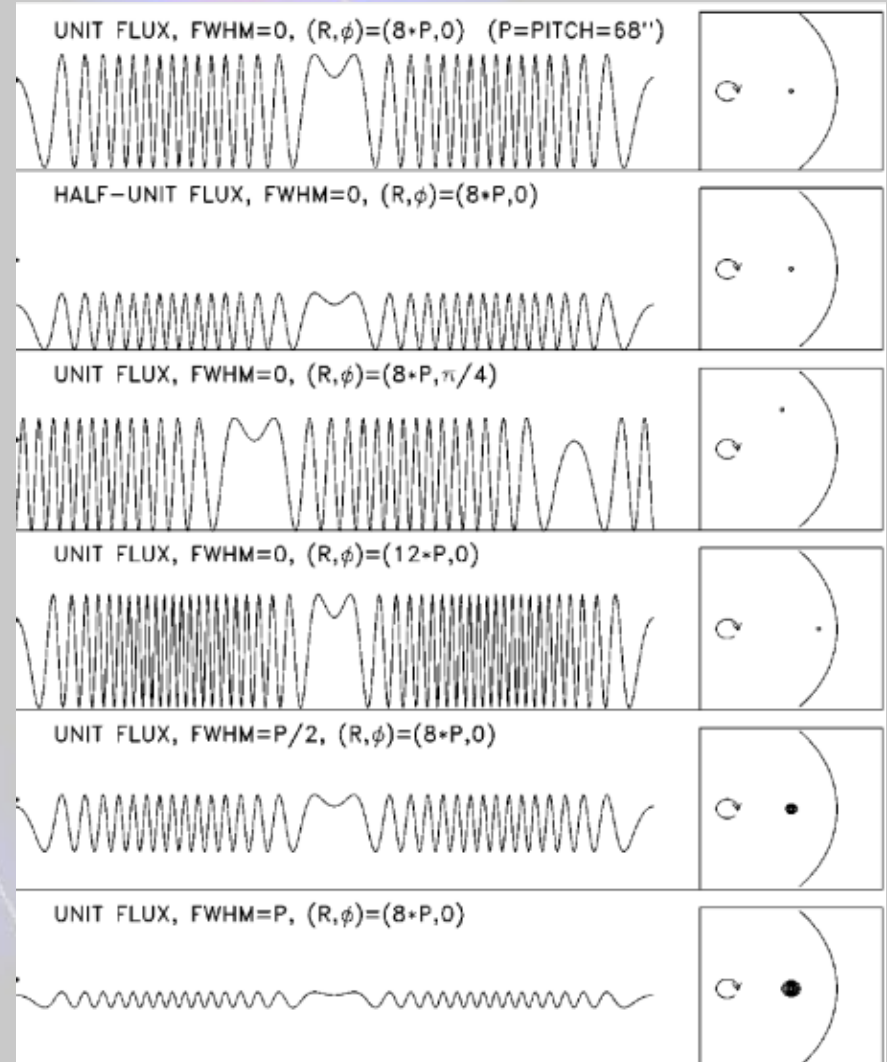
# RHESSI



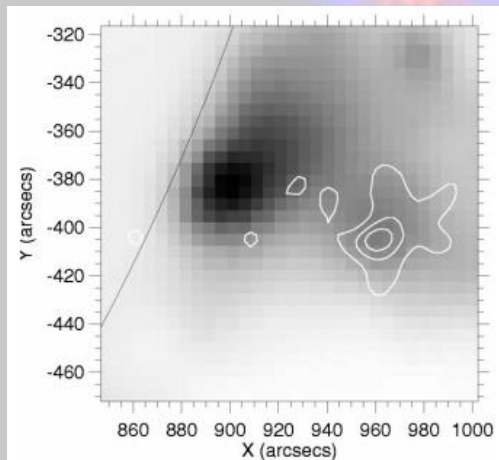
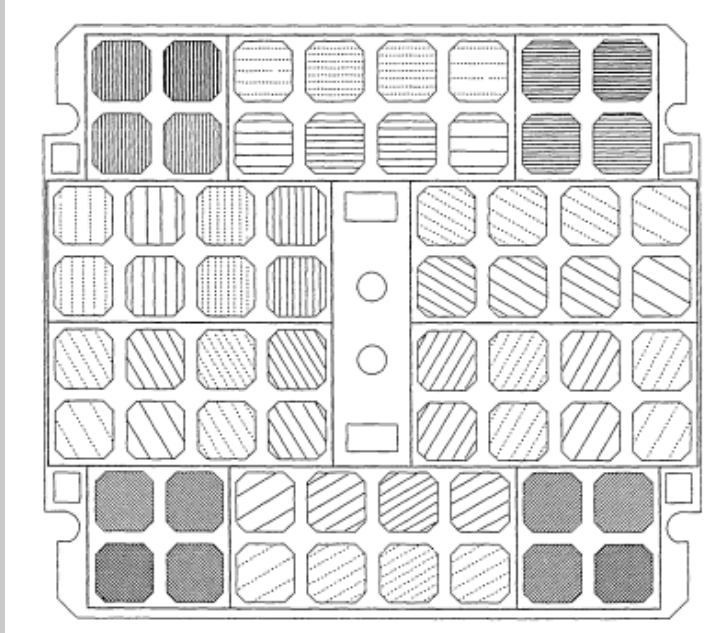
W tym wypadku jest 9 detektorów.

Możemy dla każdego określić  $r$  i  $\theta_0$ .

Rozmiar jest mierzony amplitudą.



# Rozmiary źródeł HXR (nie tylko RHESSI)



Inne instrumenty działające w oparciu o modulatory to np. HINOTORI, YOHKOH/HXT

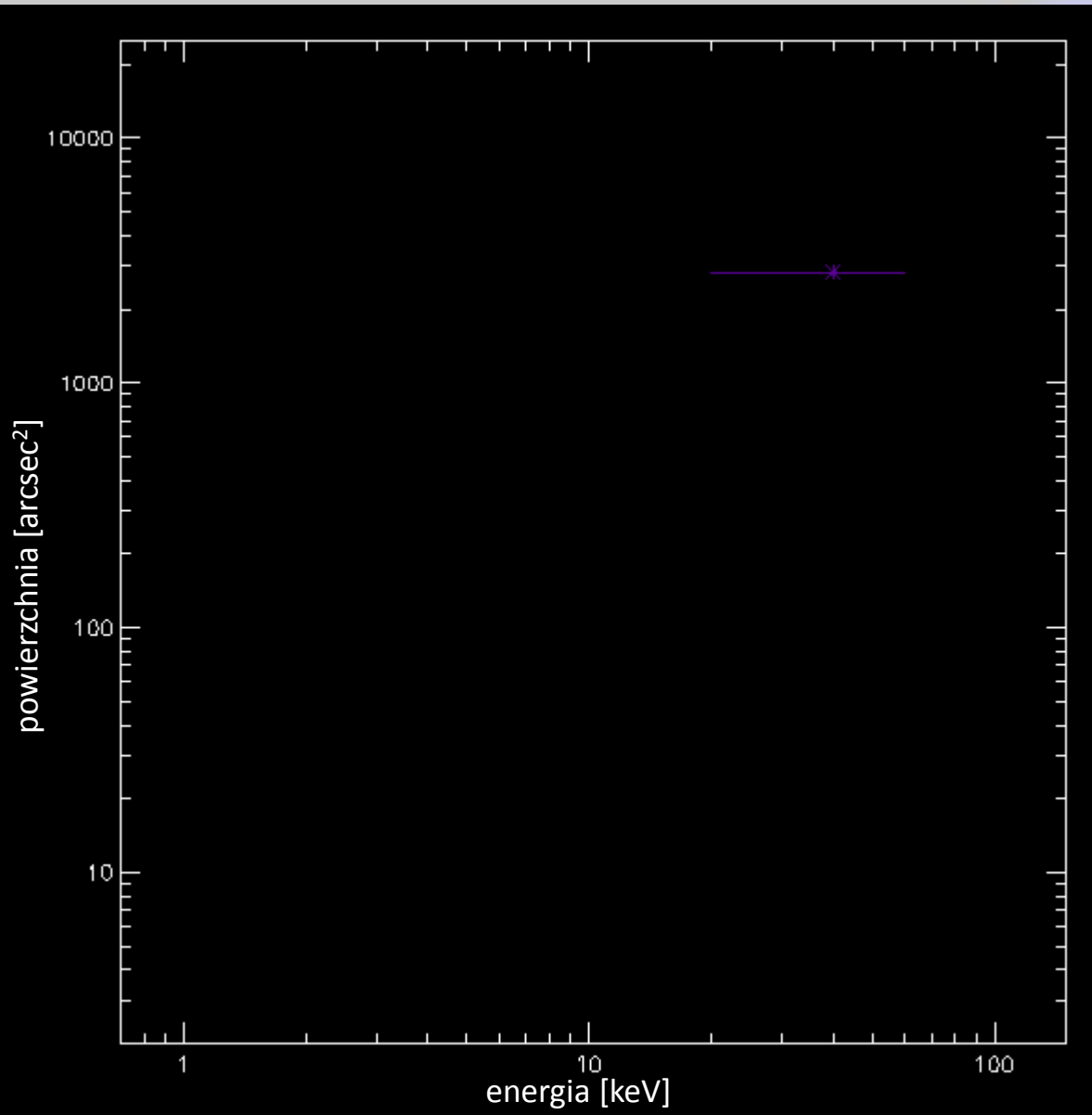
W przypadku modulatorów (rotujących i stacjonarnych) mierzony rozmiar silnie zależy od rozdzielczości (ew. orientacji) poszczególnych siatek.

Położenie jesteśmy w stanie mierzyć bardzo dokładnie.

Rozmiar oraz kształt sprawiają więcej problemów. Szczególnie w przypadku dużych źródeł – potrzebne „twórcze” podejście do instrumentu.

**Hudson i in. 2001, ApJL 561, 21**

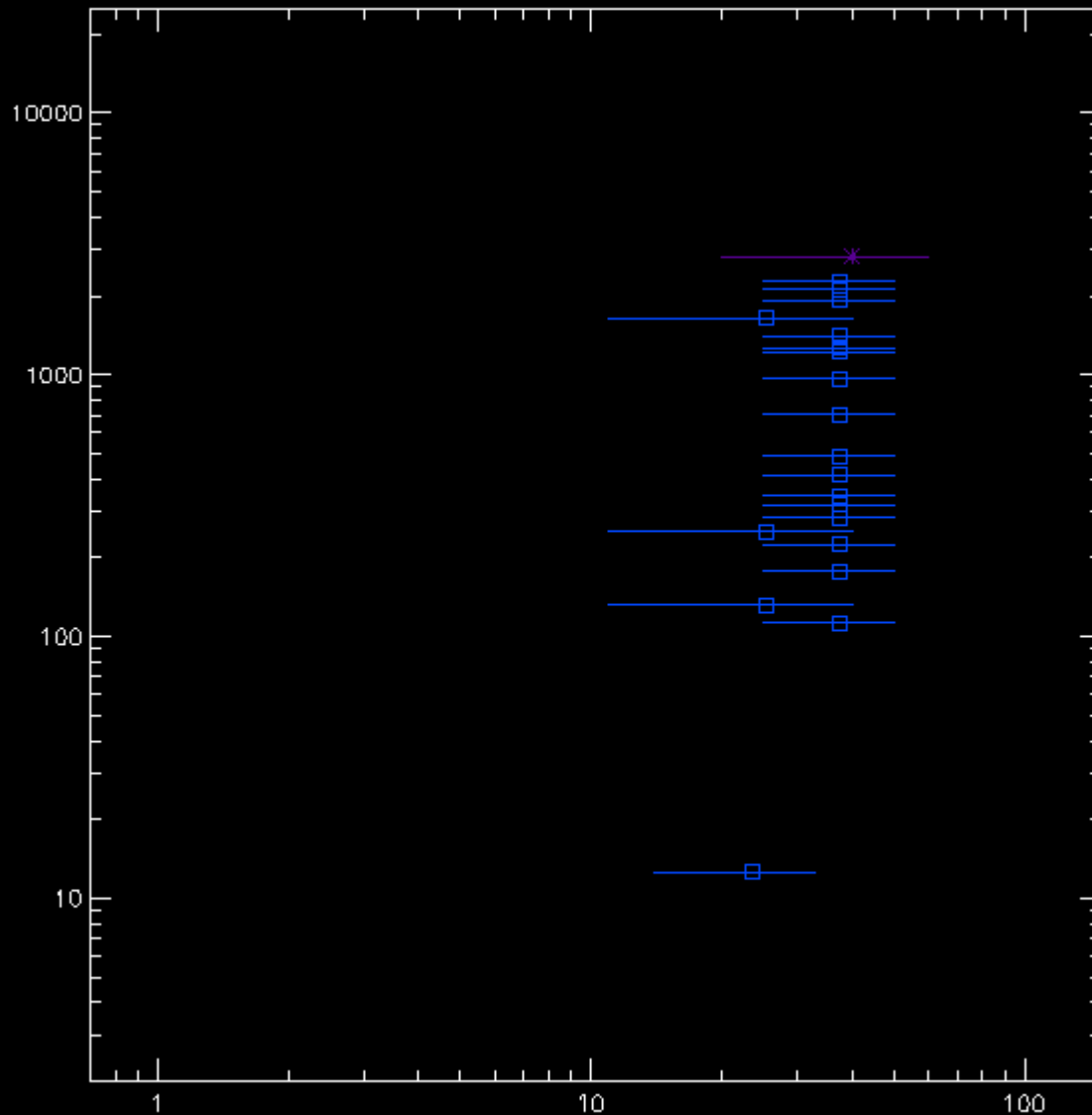
# Rozmiary źródeł HXR



Eksperyment balonowy:  
Takakura i in. 1971



# Rozmiary źródeł HXR



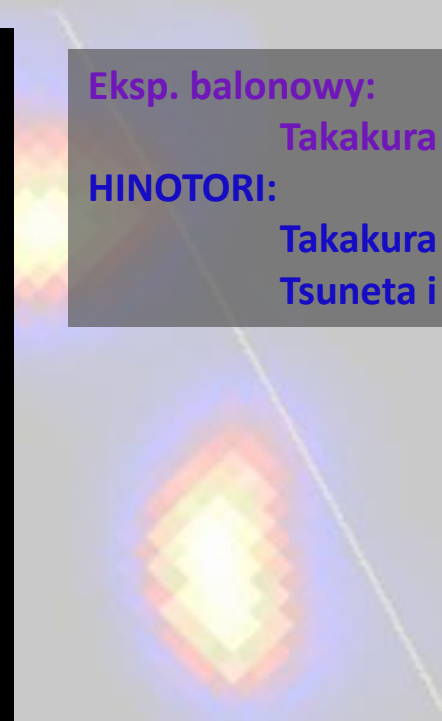
Eksp. balonowy:

Takakura i in. 1971

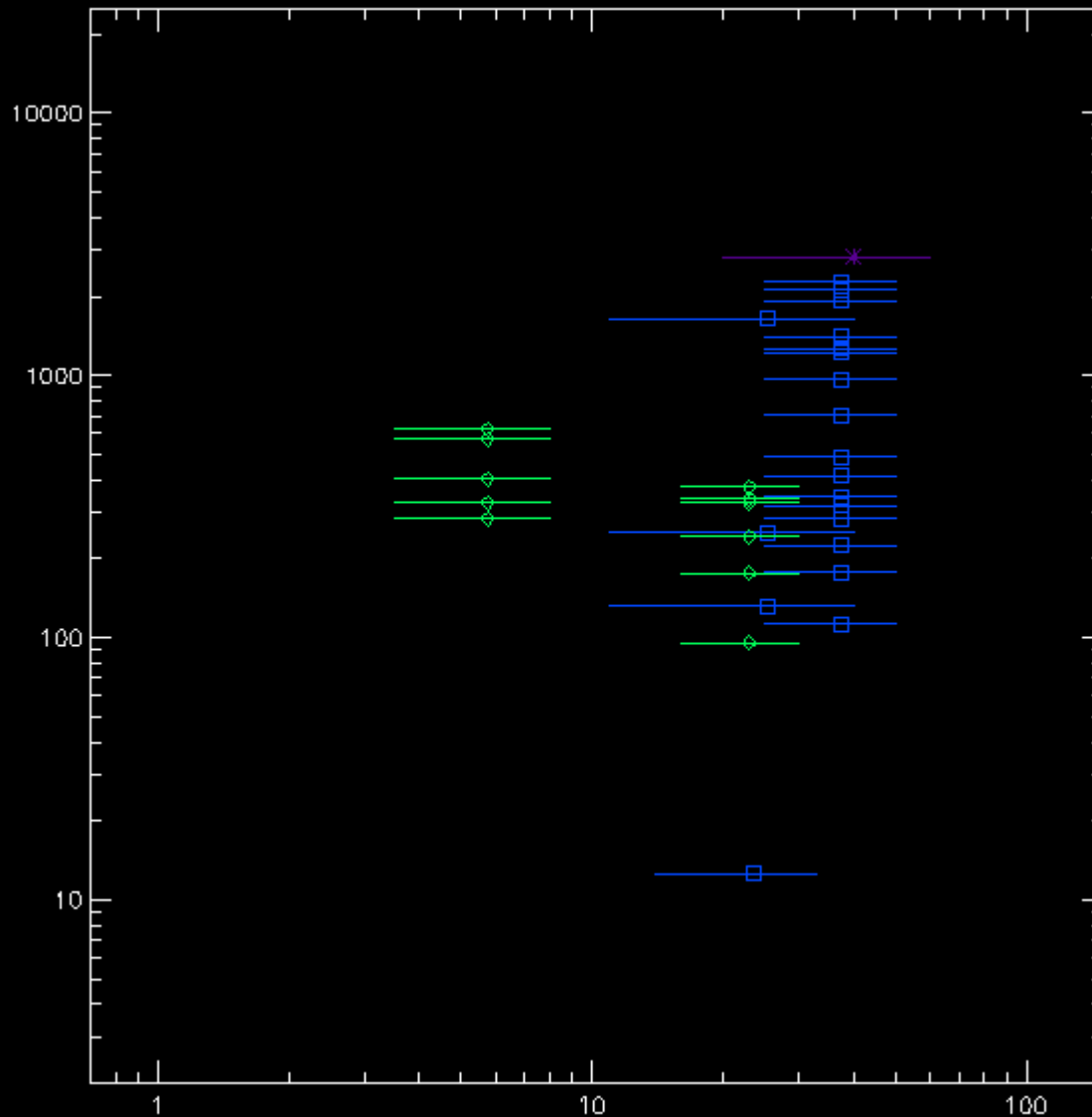
HINOTORI:

Takakura i in. 1983

Tsuneta i in. 1984



# Rozmiary źródeł HXR



Eksp. balonowy:

Takakura i in. 1971

HINOTORI:

Takakura i in. 1983

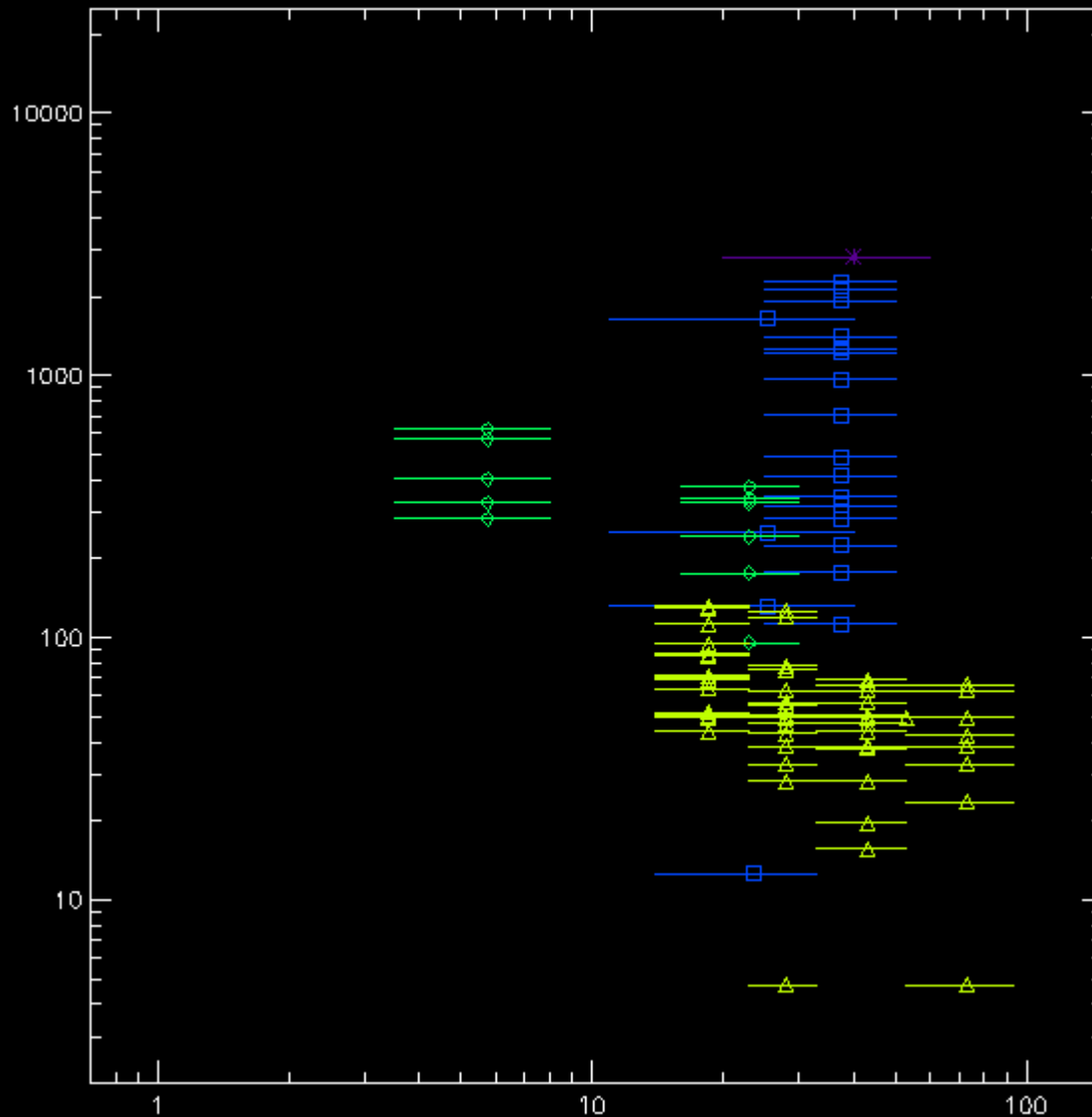
Tsuneta i in. 1984

SMM/HXIS:

Hoyng i in. 1981



# Rozmiary źródeł HXR



Eksp. balonowy:

Takakura i in. 1971

HINOTORI:

Takakura i in. 1983

Tsuneta i in. 1984

SMM/HXIS:

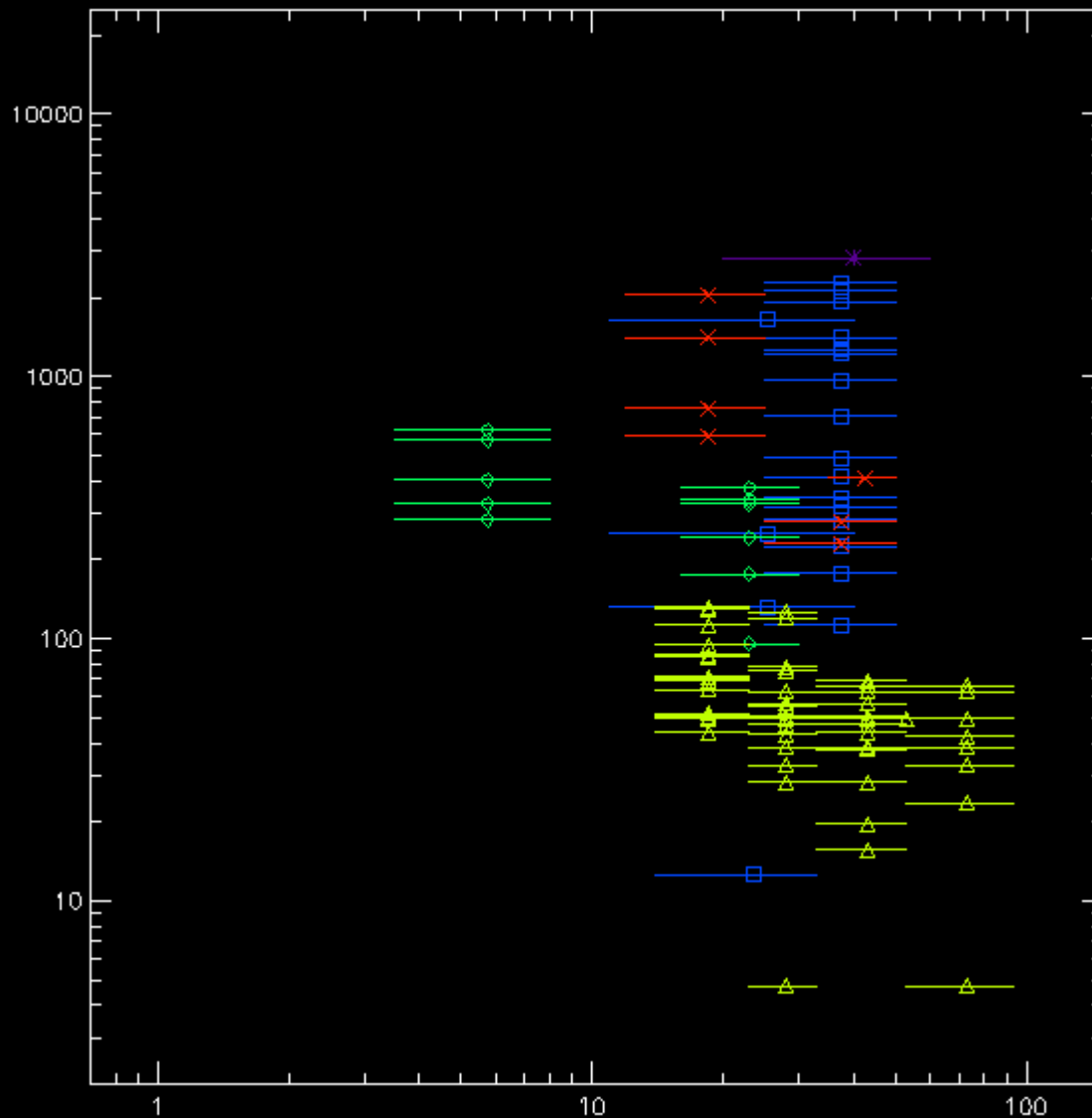
Hoyng i in. 1981

YOHKOH/HXT

Kosugi i in. 1992

Takakura i in. 1995

# Rozmiary źródeł HXR



Eksp. balonowy:

Takakura i in. 1971

HINOTORI:

Takakura i in. 1983

Tsuneta i in. 1984

SMM/HXIS:

Hoyng i in. 1981

YOHKOH/HXT:

Kosugi i in. 1992

Takakura i in. 1995

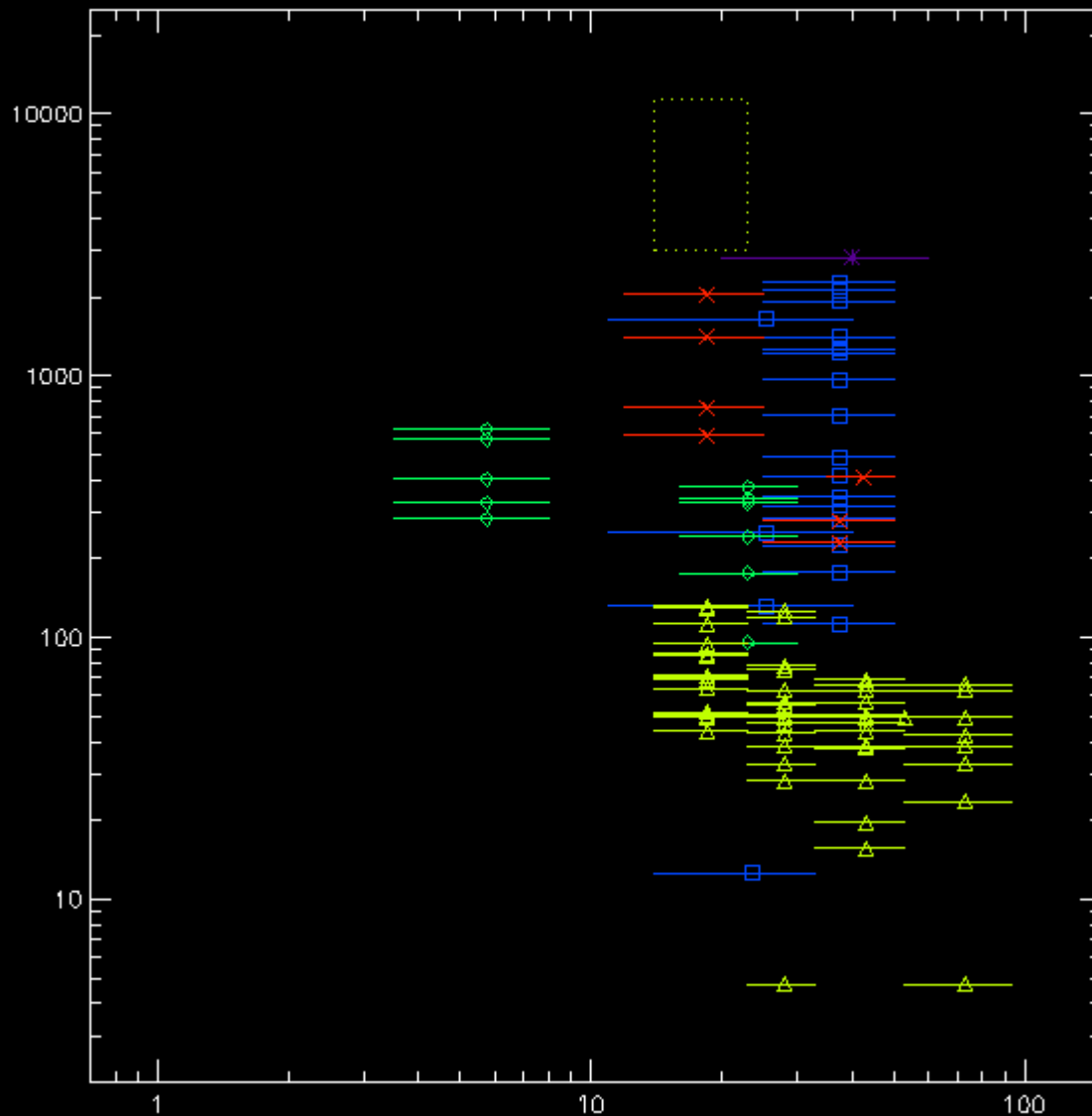
RHESSI:

Veronig i Brown 2005

(szczytowe thick-target)

Krucker i in. 2008

# Rozmiary źródeł HXR



Eksp. balonowy:

Takakura i in. 1971

HINOTORI:

Takakura i in. 1983

Tsuneta i in. 1984

SMM/HXIS:

Hoyng i in. 1981

YOHKOH/HXT:

Kosugi i in. 1992

Takakura i in. 1995

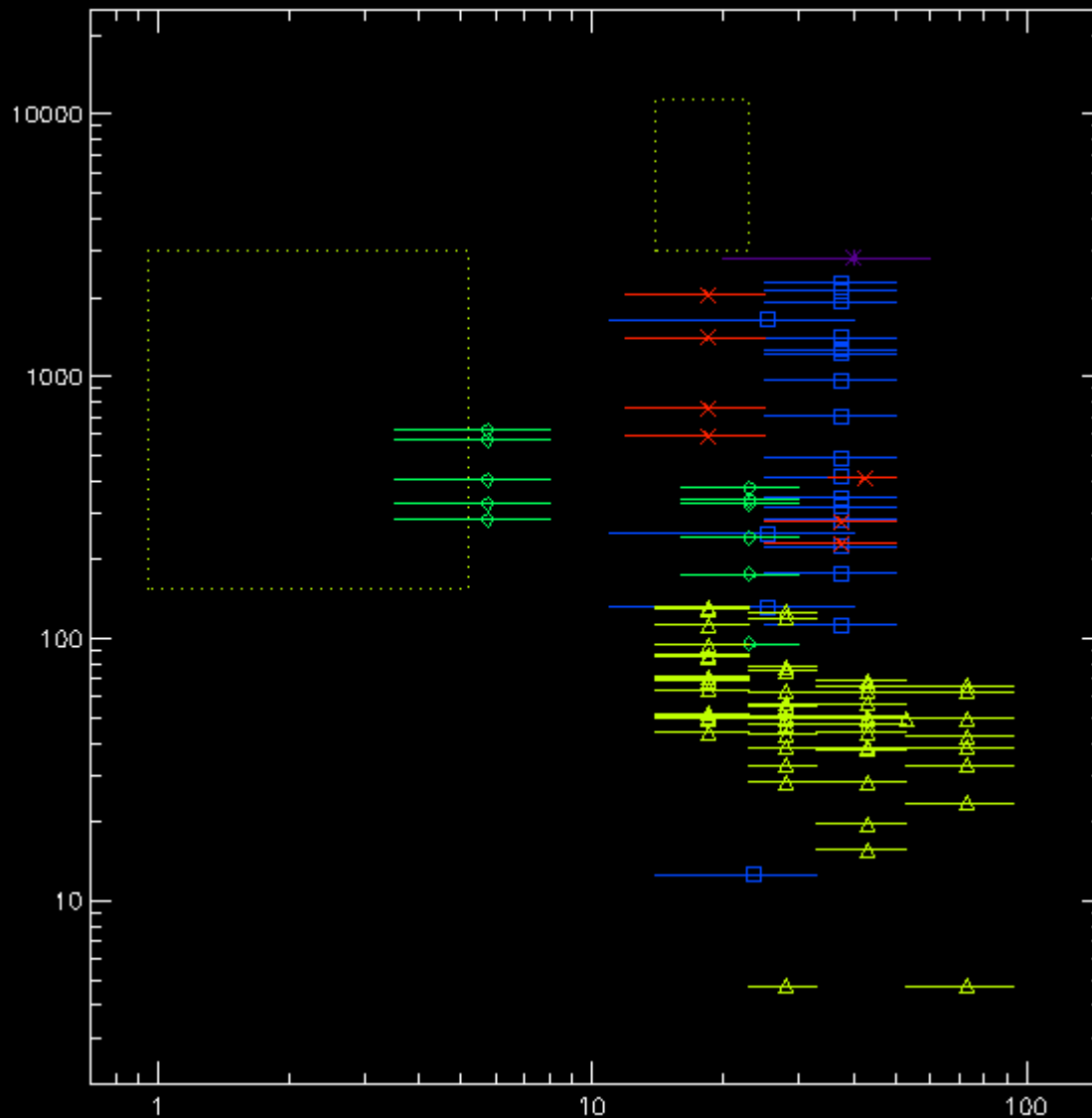
RHESSI:

Veronig i Brown 2005

Krucker i in. 2008

Masuda i in. 1998

# Rozmiary źródeł HXR



Eksp. balonowy:

Takakura i in. 1971

HINOTORI:

Takakura i in. 1983

Tsuneta i in. 1984

SMM/HXIS:

Hoyng i in. 1981

YOHKOH/HXT:

Kosugi i in. 1992

Takakura i in. 1995

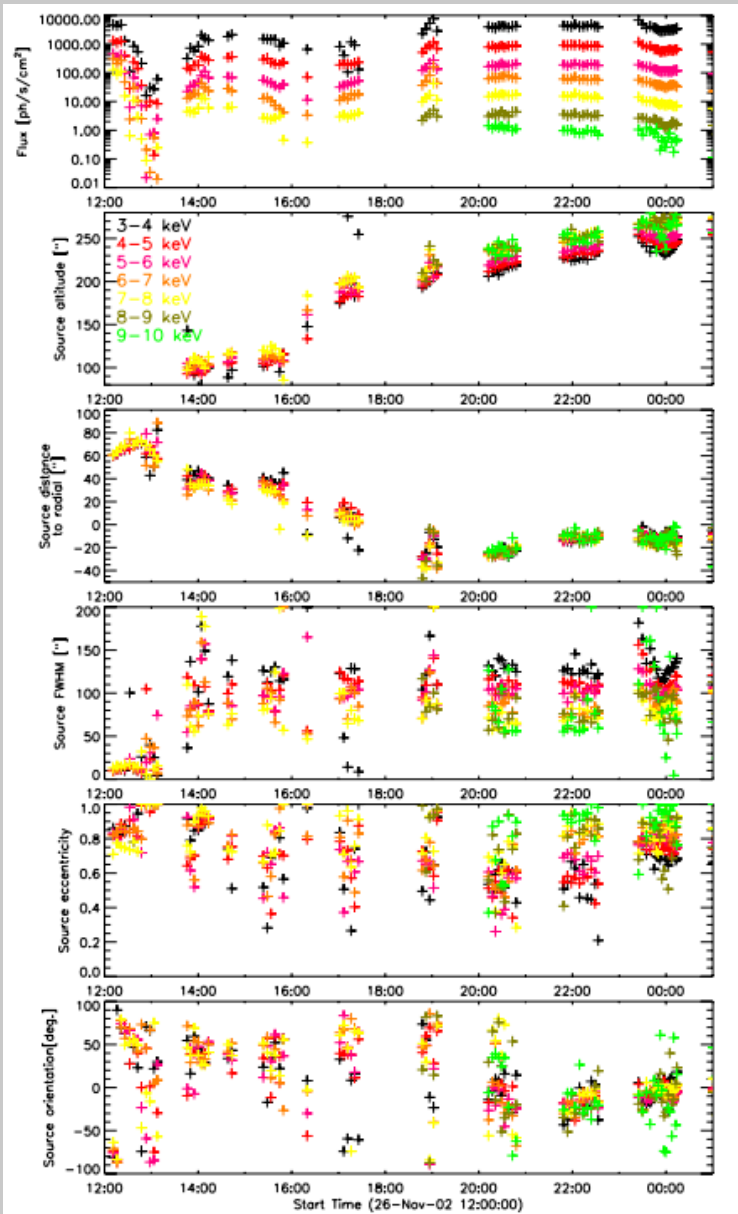
RHESSI:

Veronig i Brown 2005

Krucker i in. 2008

Masuda i in. 1998

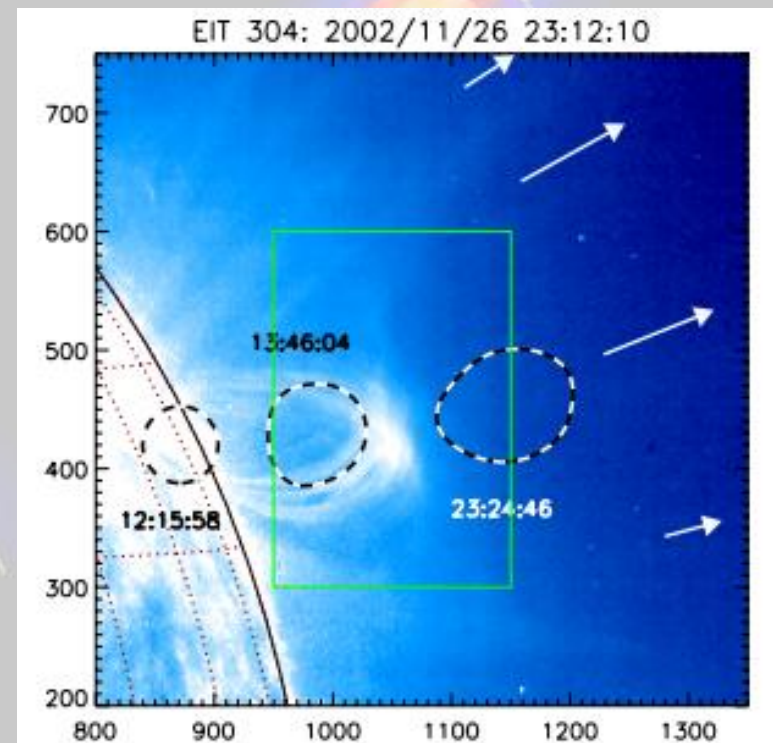
Preś i Kołomański 2009



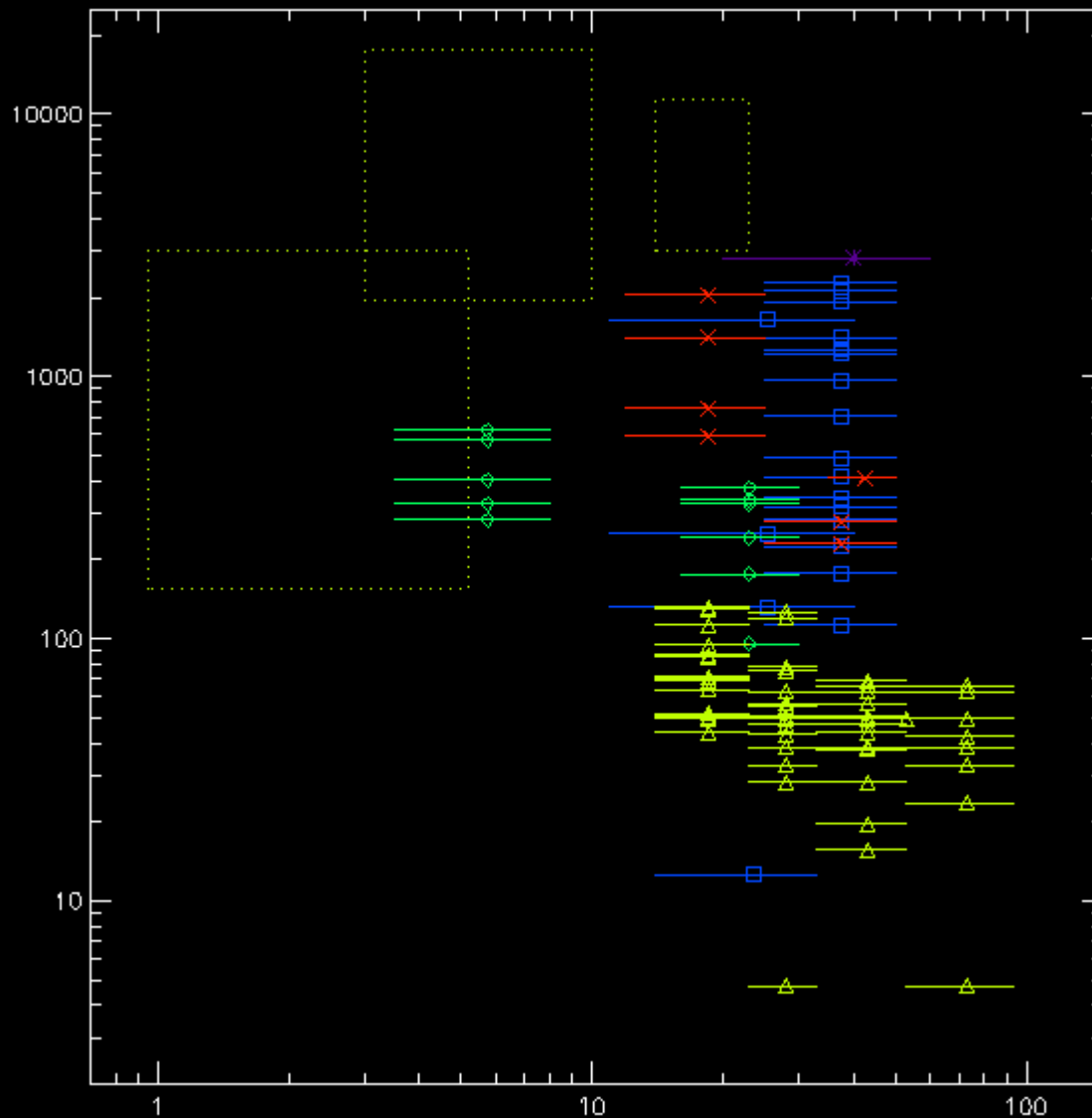
Saint-Hillaire i in. 2009, ApJ 699, 245

Źródło obserwowane przez 12 h

Bardzo duże rozmiary (6-12 keV)



# Rozmiary źródeł HXR



**Eksp. balonowy:**

Takakura i in. 1971

**HINOTORI:**

Takakura i in. 1983

Tsuneta i in. 1984

**SMM/HXIS:**

Hoyng i in. 1981

**YOHKOH/HXT:**

Kosugi i in. 1992

Takakura i in. 1995

**RHESSI:**

Veronig i Brown 2005

Krucker i in. 2008

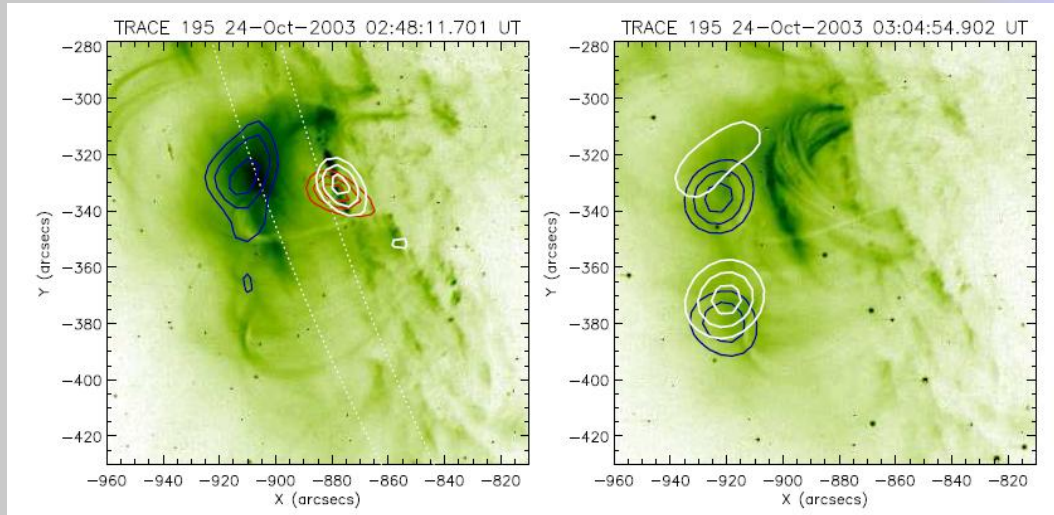
Masuda i in. 1998

Preś i Kołomański 2009

Saint Hillaire i in. 2009

Bąk-Stęślicka i in. 2011, Sol. Phys. , przyjęta;

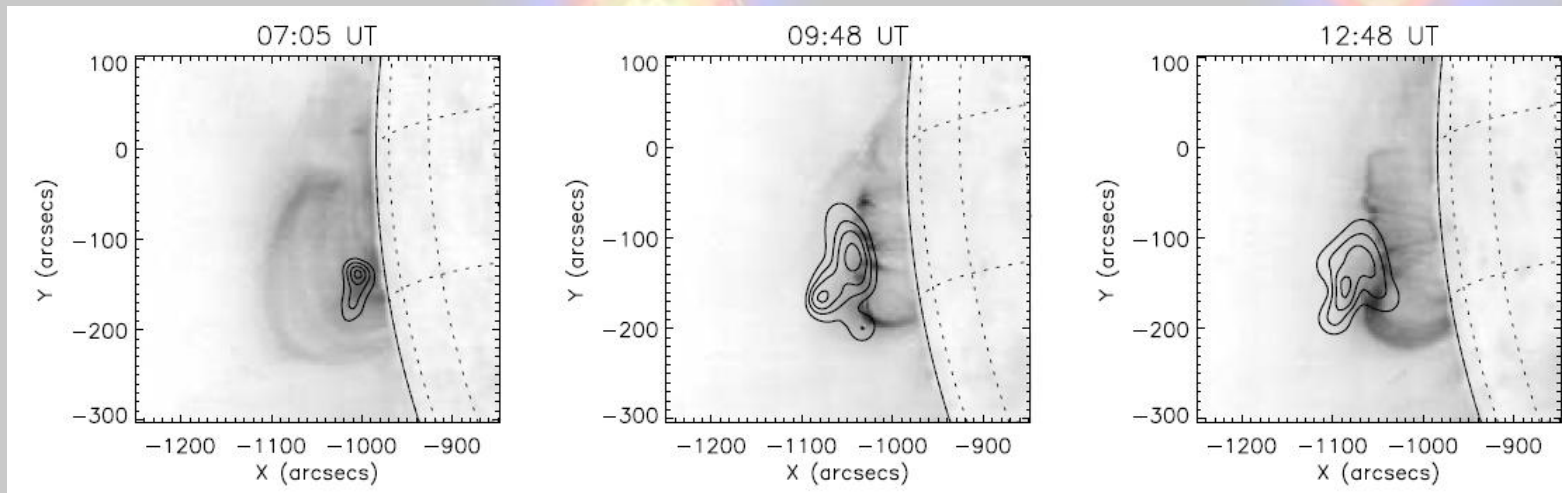
Kołomański i in. 2011, A&A, przyjęta?



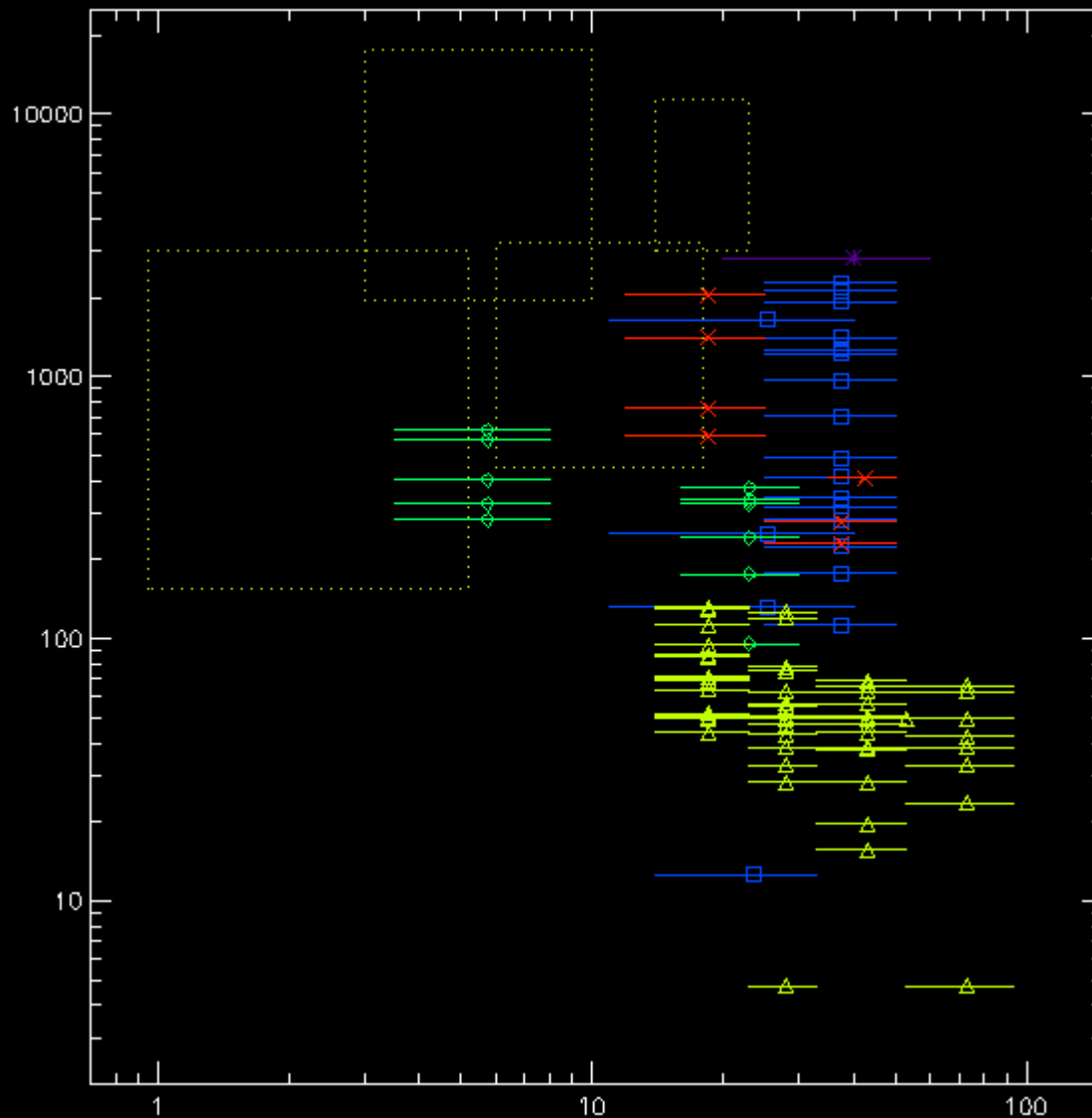
Zjawiska typu LDE i sLDE

Źródła obserwowane długo po maksimum

Duże rozmiary na narastaniu sLDE na zaniku LDE



# Rozmiary źródeł HXR



**Eksp. balonowy:**

Takakura i in. 1971

**HINOTORI:**

Takakura i in. 1983

Tsuneta i in. 1984

**SMM/HXIS:**

Hoyng i in. 1981

**YOHKOH/HXT:**

Kosugi i in. 1992

Takakura i in. 1995

**RHESSI:**

Veronig i Brown 2005

Krucker i in. 2008

Masuda i in. 1998

Preś i Kołomański 2009

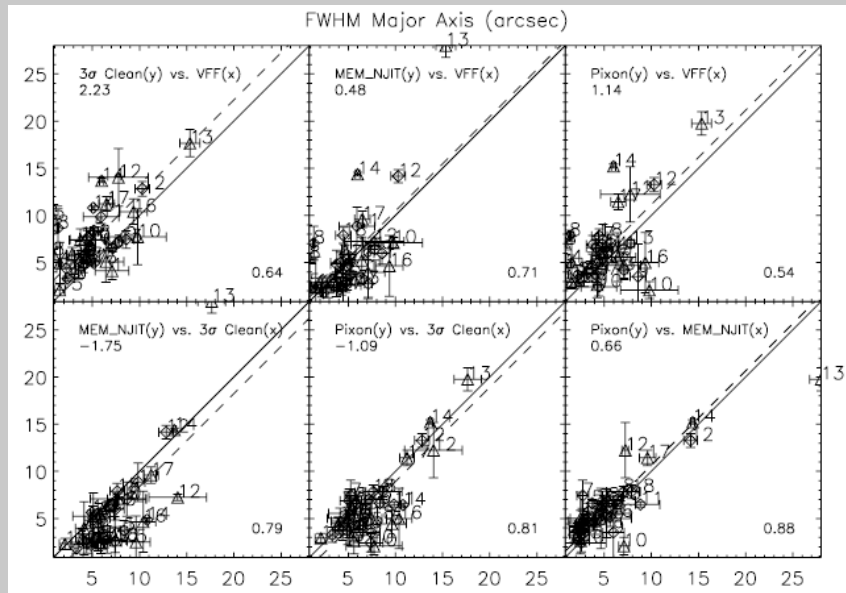
Saint Hillaire i in. 2009

Kołomański i in. 2011



# Rozmiary źródeł HXR

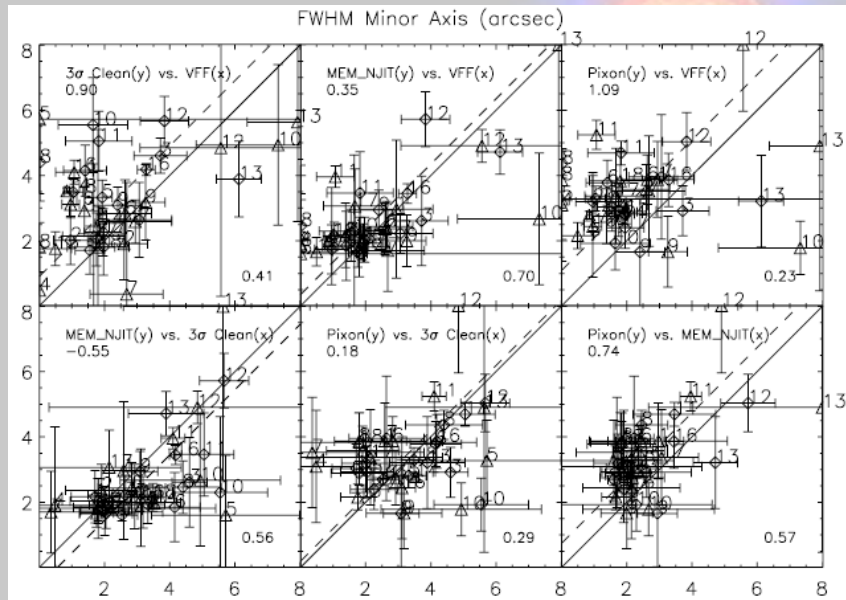
Dennis i Pernak 2009, ApJ 698, 2131



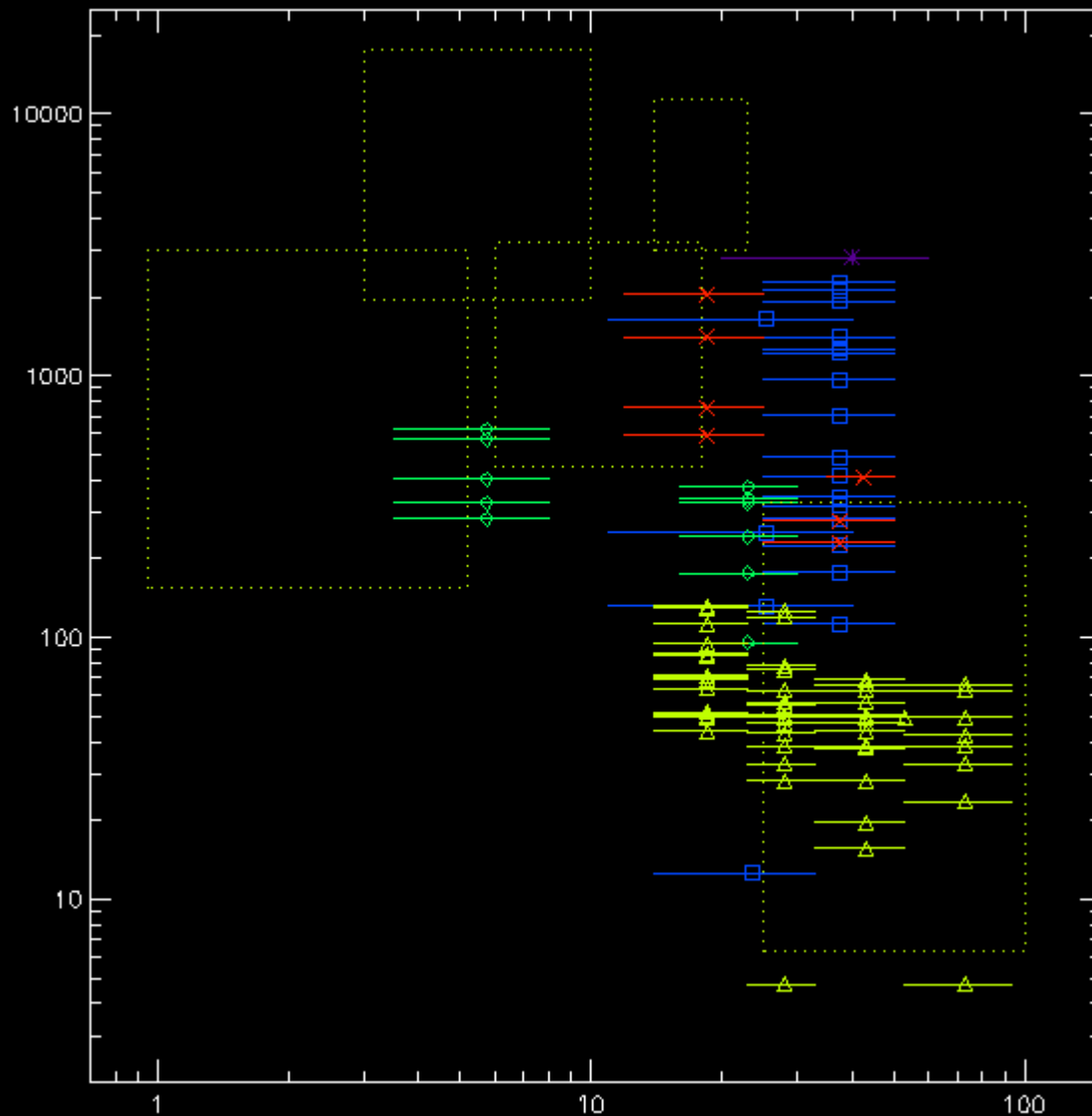
18 zjawisk, w których widoczne były dwa źródła

Czas integracji – 60 s w czasie fazy impulsowej

Wszystkie dostępne metody obrazowania



# Rozmiary źródeł HXR



**Eksp. balonowy:**

Takakura i in. 1971

**HINOTORI:**

Takakura i in. 1983

Tsuneta i in. 1984

**SMM/HXIS:**

Hoyng i in. 1981

**YOHKOH/HXT:**

Kosugi i in. 1992

Takakura i in. 1995

**RHESSI:**

Veronig i Brown 2005

Krucker i in. 2008

Masuda i in. 1998

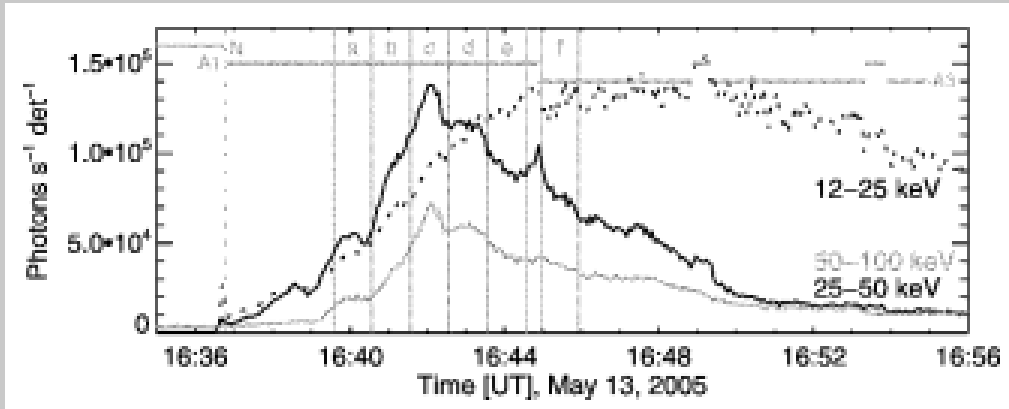
Preś i Kołomański 2009

Saint Hillaire i in. 2009

Kołomański i in. 2011

Dennis i Pernak 2009

# RHESSI - źródła w stopach



Liu i in. 2007, ApJL 658, 127

Czas integracji – 60 s

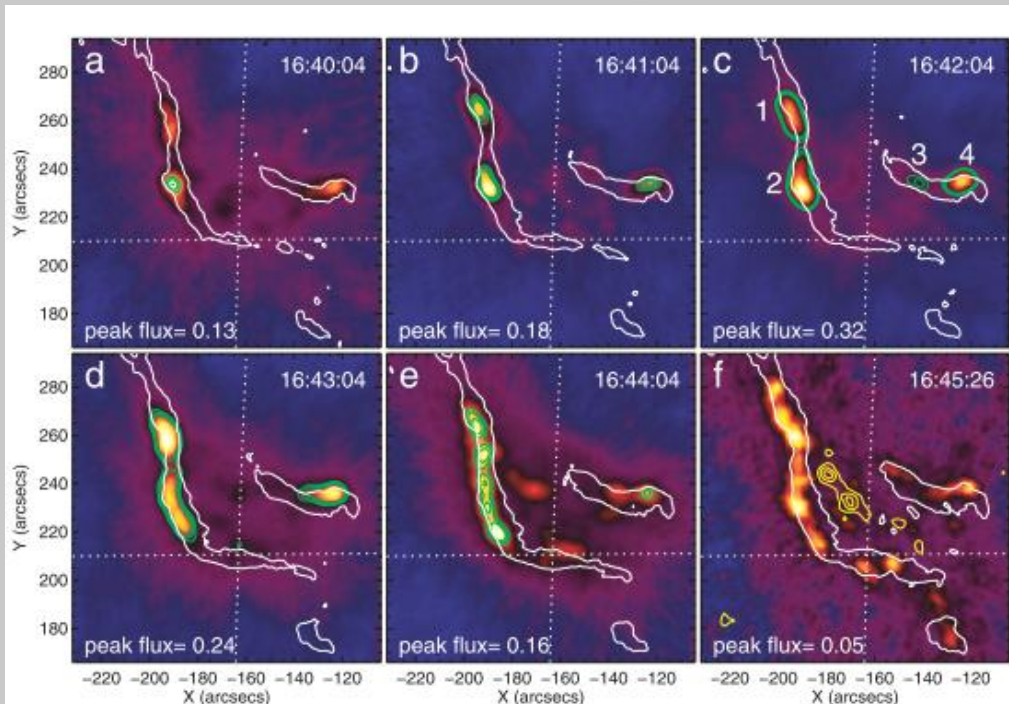
Obraz – RHESSI 25-50 keV

Żółty kontur – RHESSI 6-12 keV

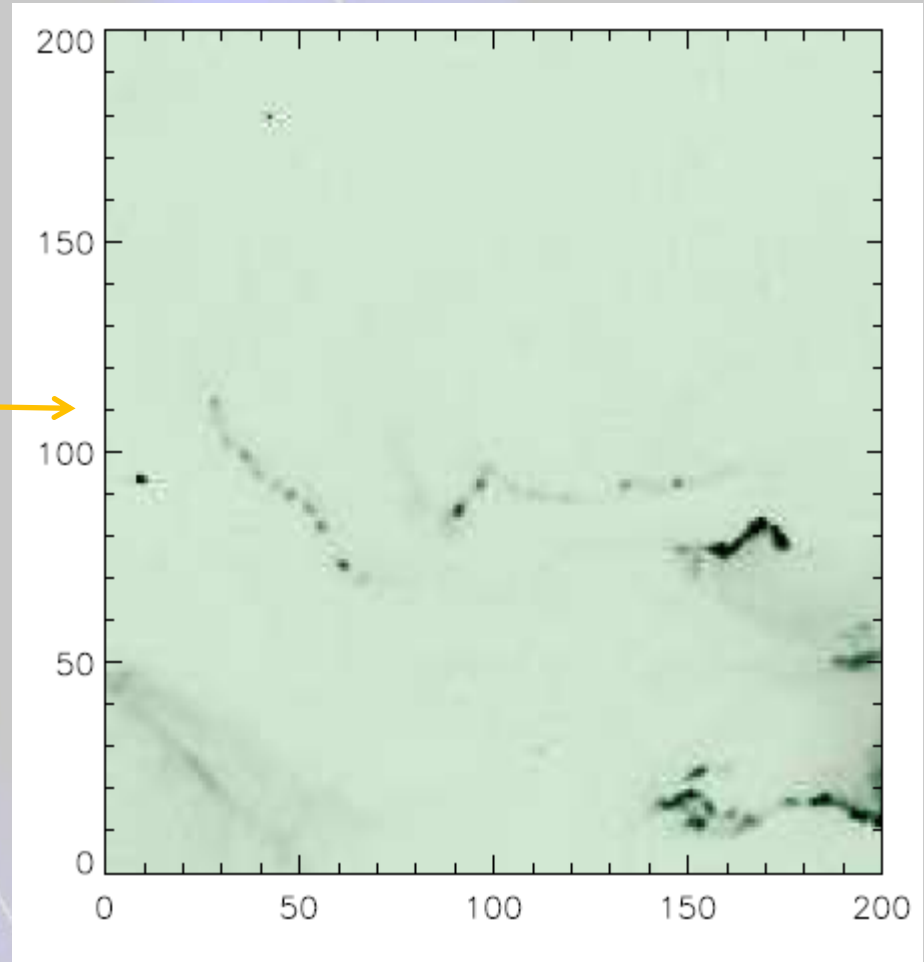
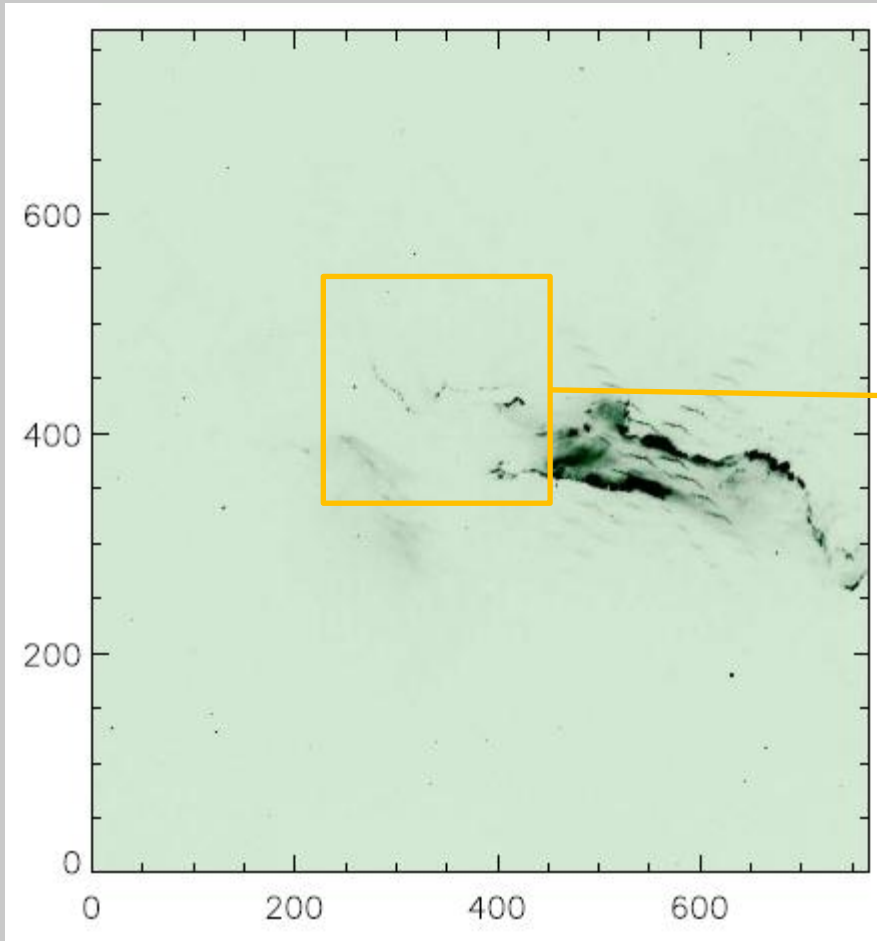
Biały kontur – TRACE 1600 Å

Dlaczego taka struktura jest tak rzadko obserwowana?

Stopy w zakresie EUV mają rozmiary rzędu kilku arcsec<sup>2</sup> - czy takich powinniśmy spodziewać się w przypadku źródeł HXR?

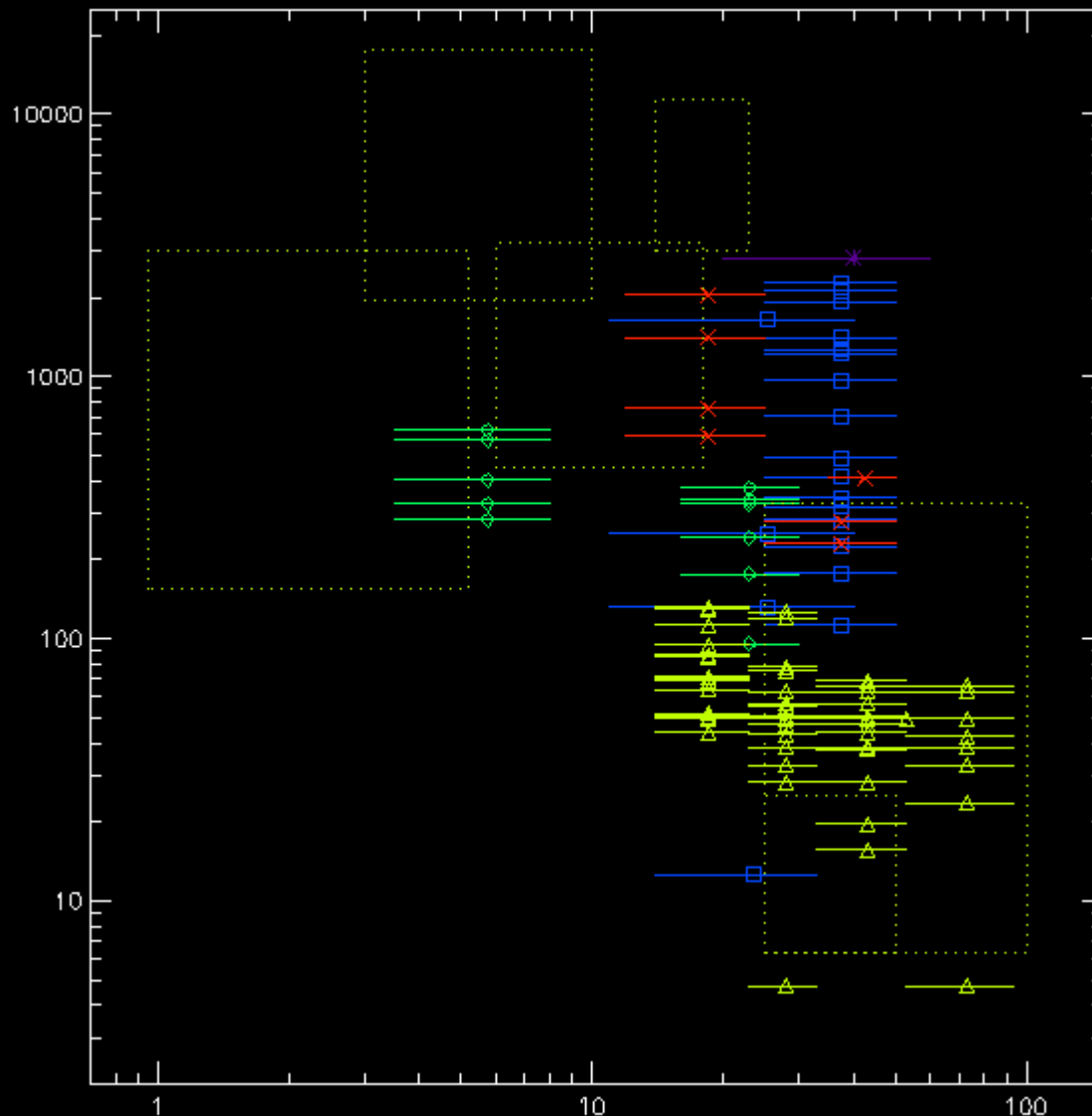


# RHESSI - źródła w stopach



Stopy w obserwacjach TRACE mają często rozmiary porównywalne z rozdzielczością instrumentu.

# Rozmiary źródeł HXR



**Eksp. balonowy:**

Takakura i in. 1971

**HINOTORI:**

Takakura i in. 1983

Tsuneta i in. 1984

**SMM/HXIS:**

Hoyng i in. 1981

**YOHKOH/HXT:**

Kosugi i in. 1992

Takakura i in. 1995

**RHESSI:**

Veronig i Brown 2005

Krucker i in. 2008

Masuda i in. 1998

Preś i Kołomański 2009

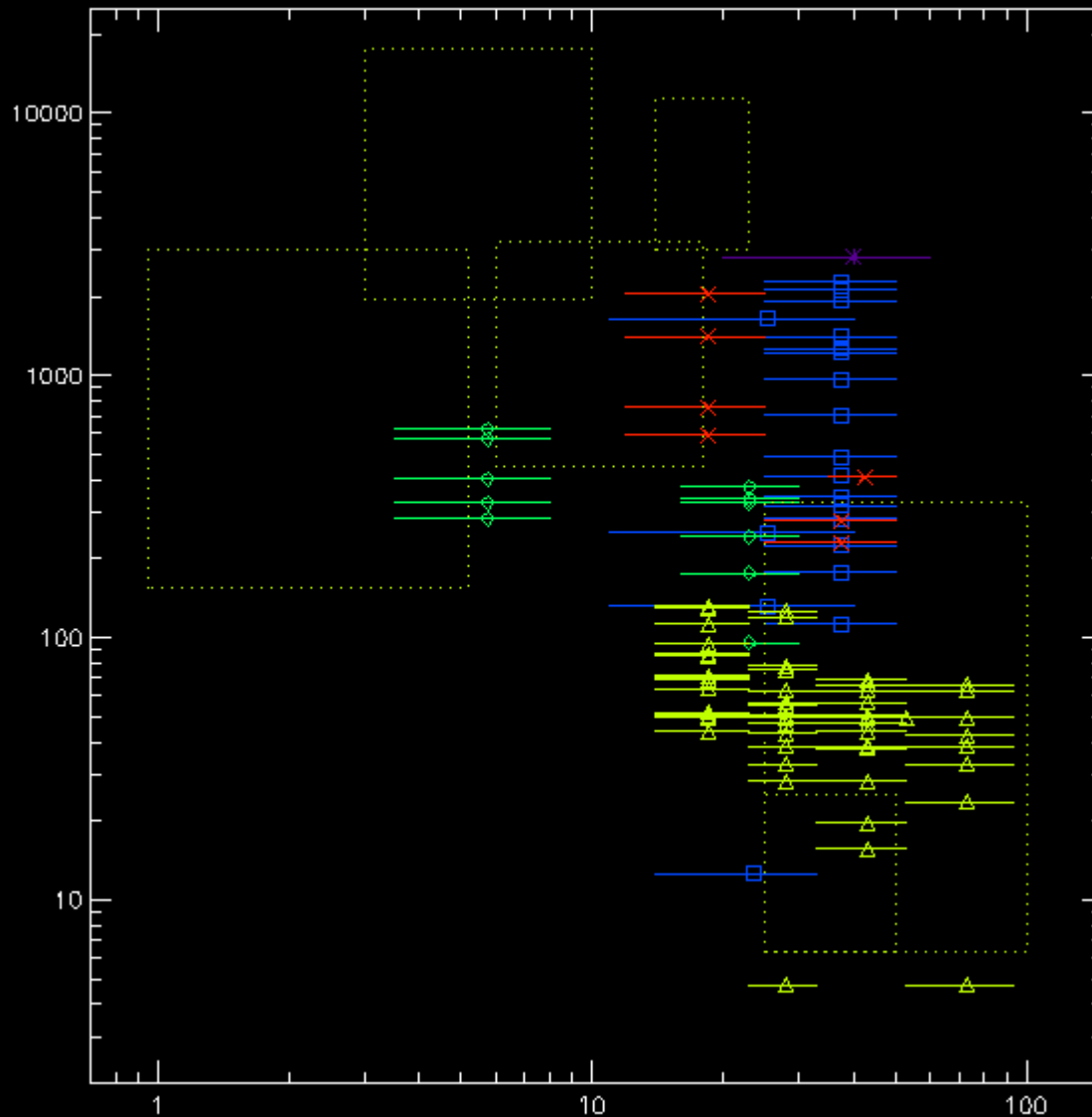
Saint Hillaire i in. 2009

Kołomański i in. 2011

Dennis i Pernak 2009

Liu i in. 2007

# Rozmiary źródeł HXR



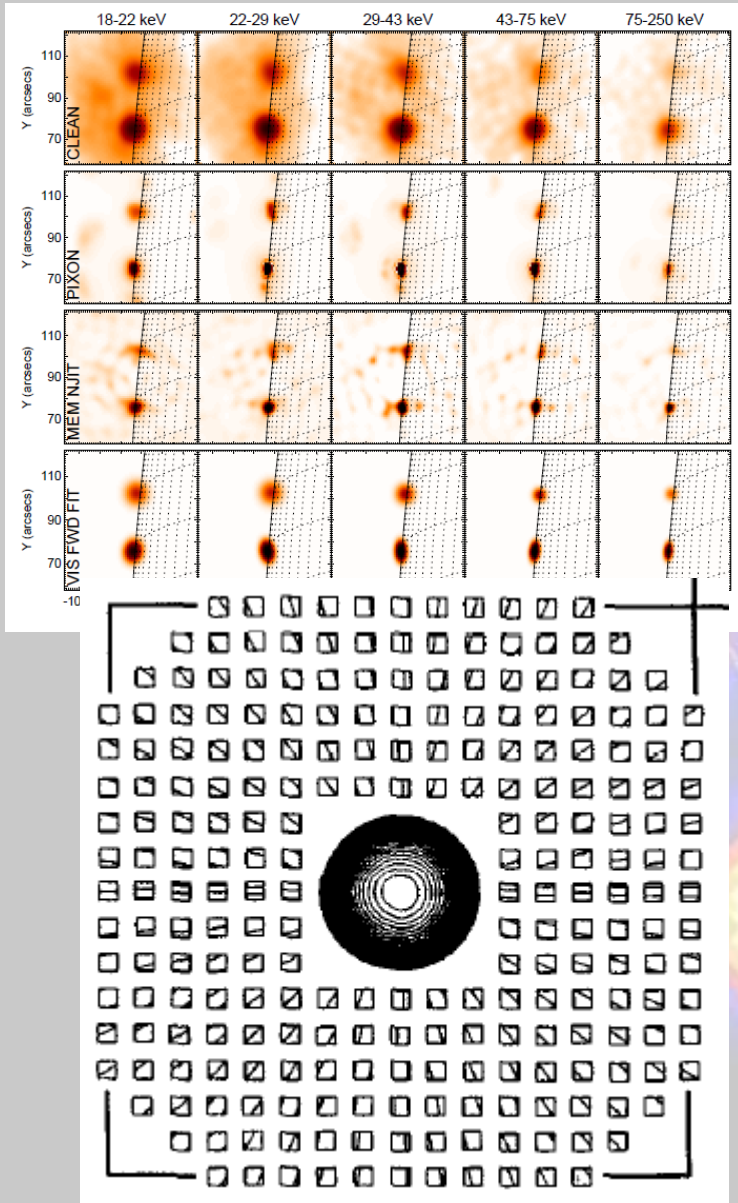
Pierwsze obserwacje (do HINOTORI) dawały rozmiary źródeł, które były średnią źródeł szczytowych i stóp

Późniejsze obserwacje pokazują, że stopy są dużo mniejsze niż źródła szczytowe

Źródła obserwowane w zjawiskach LDE nie odbiegają rozmiarami od typowych źródeł szczytowych obserwowanych przez RHESSI

Potrzebny jest instrument obrazujący dobrze źródła małe i jasne oraz duże i słabe.

# Przyszłość



Metody oparte o widzialności (visibilities)  
Lepsza rozdzielczość przestrzenna i czułość – STIX  
Optyka ukośnego padania do 100 keV - FOXSI



Późna faza ewolucji rozbłysków typu LDE w rentgenowskim zakresie promieniowania elektromagnetycznego

data	klasa <i>GOES</i>	klasa $H\alpha$	konfiguracja pola magnetycznego	nr obszaru aktywnego	maksimum <sup>1</sup> [UT]	czas trwania zaniku <sup>1</sup> [h]	współrzędne heliograficzne
25.10.2002	M1.5	1f	beta–gamma–delta	10162	17:47	12	N36W09
25.08.2003	C3.6	1f	beta	10442	02:59	7	S11E41
11.11.2003	C8.5	b.d.	beta	10501	16:16	13	N00E89
05.01.2004	M6.9	b.d.	beta	10536	03:45	34	S05E57
20.01.2005	X7.1	2b	beta–delta <sup>2</sup>	10720	07:01	48	N18W74
29.11.2005	C4.0	sf	beta	10824	17:09	8.5	S14W45

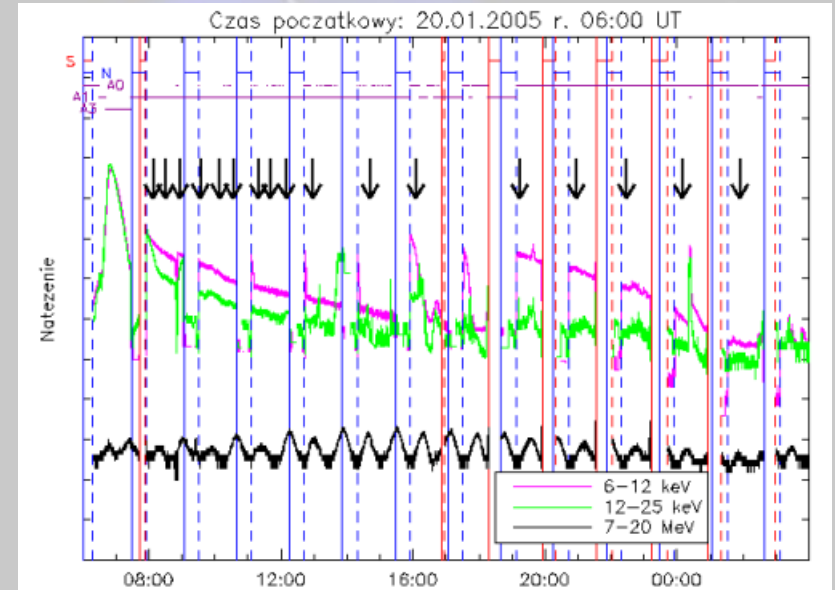
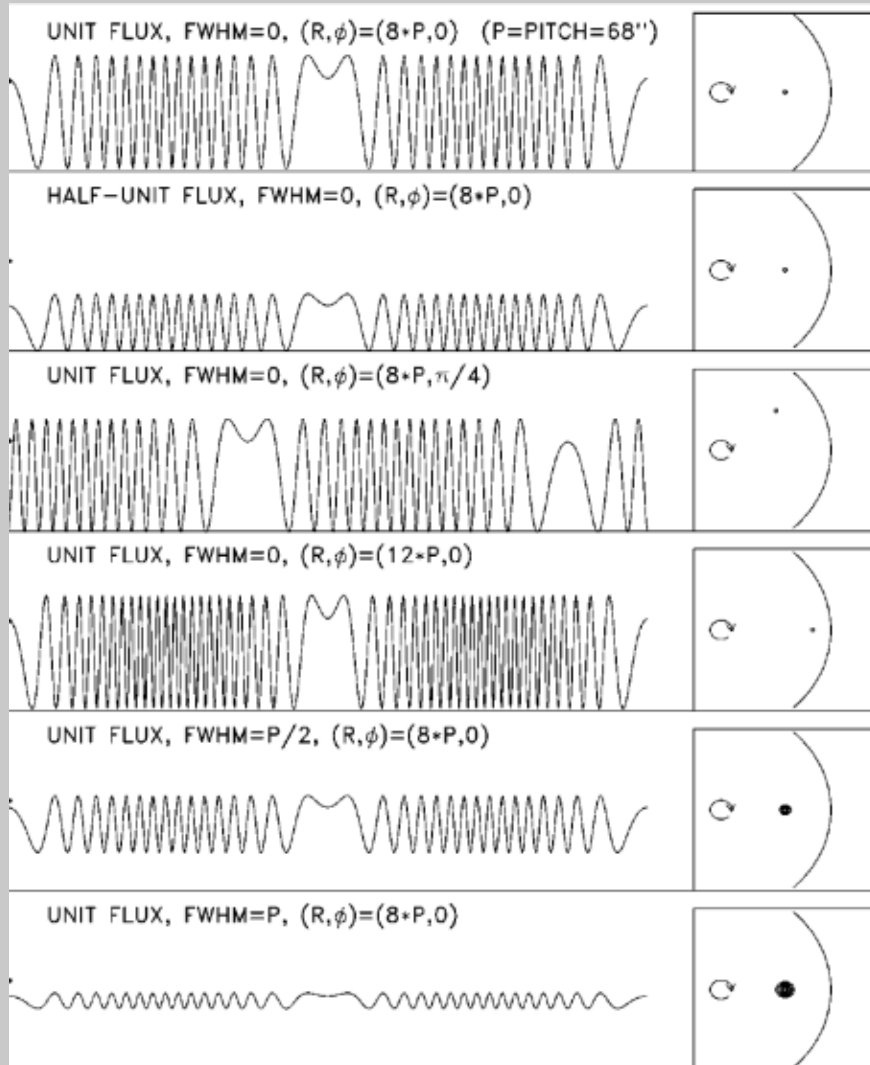
<sup>1</sup> wyznaczone na podstawie danych *GOES* 1–8 Å

<sup>2</sup> możliwa też konfiguracja beta–gamma–delta, szczegóły w roz. 4.5

Ważnym celem było dobre wyznaczenie rozmiarów źródeł



# Kořtun 2011

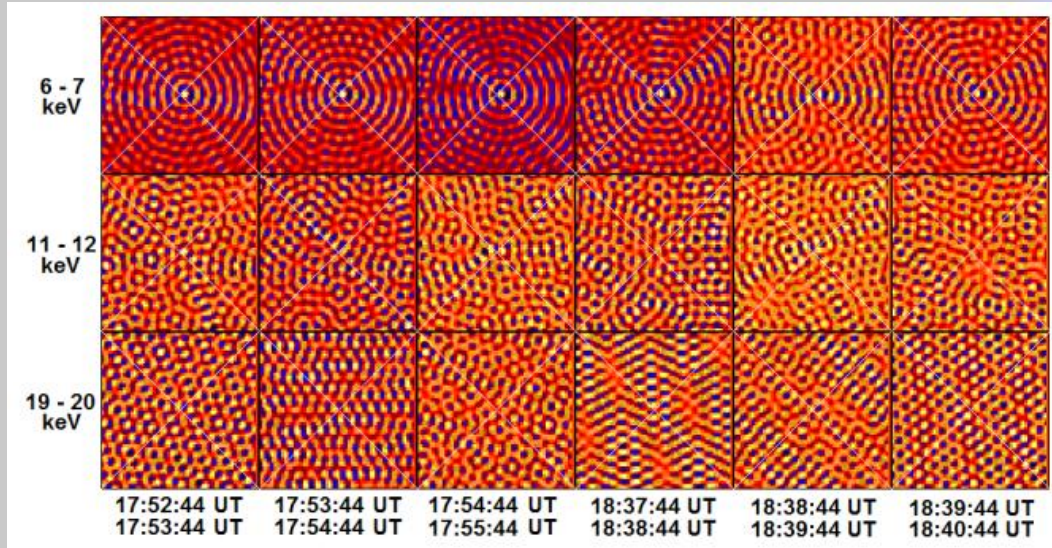


Metoda obrazowania bardzo słabych źródeł koronalnych bazuje na zależności amplitudy modulacji danej siatki od rzeczywistych rozmiarów

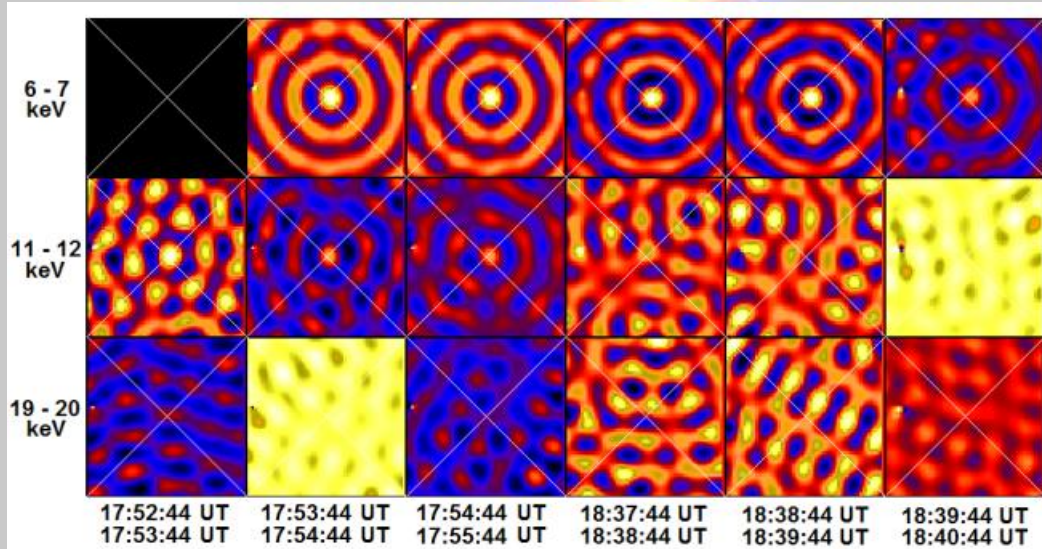
Jeżeli w danej siatce nie jest widoczna wyraźna modulacja to źródło jest większe niż rozdzielczość danej siatki

# Kořtun 2011

siatka nr 6



siatka nr 8

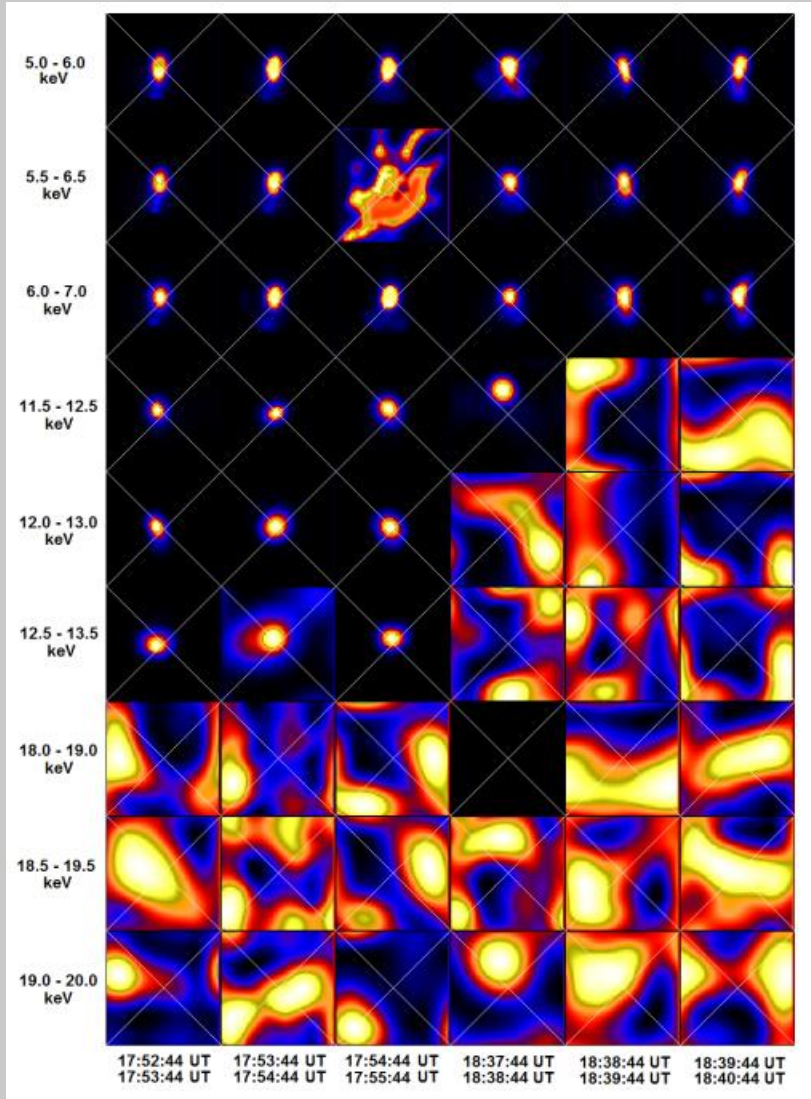


Metoda BackProjection

Widoczne zanikanie Źródła (det8, 17:54-18:37) jest związane ze wzrostem rozmiaru

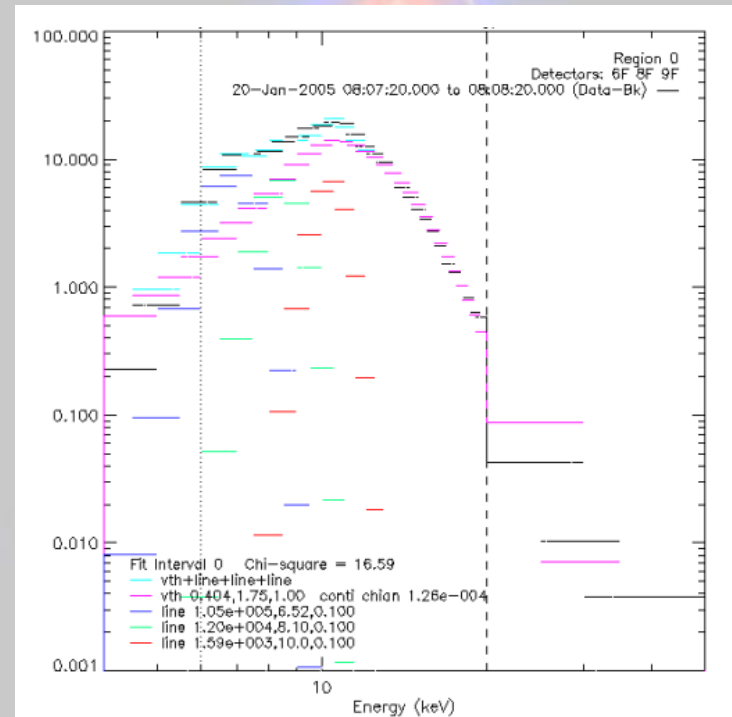
Podobny efekt moŹe być wynikiem słabego sygnału

W tym wypadku słaby sygnał nie jest decydujący – przy zwiększaniu czasu integracji Źródło nadal nie było widoczne

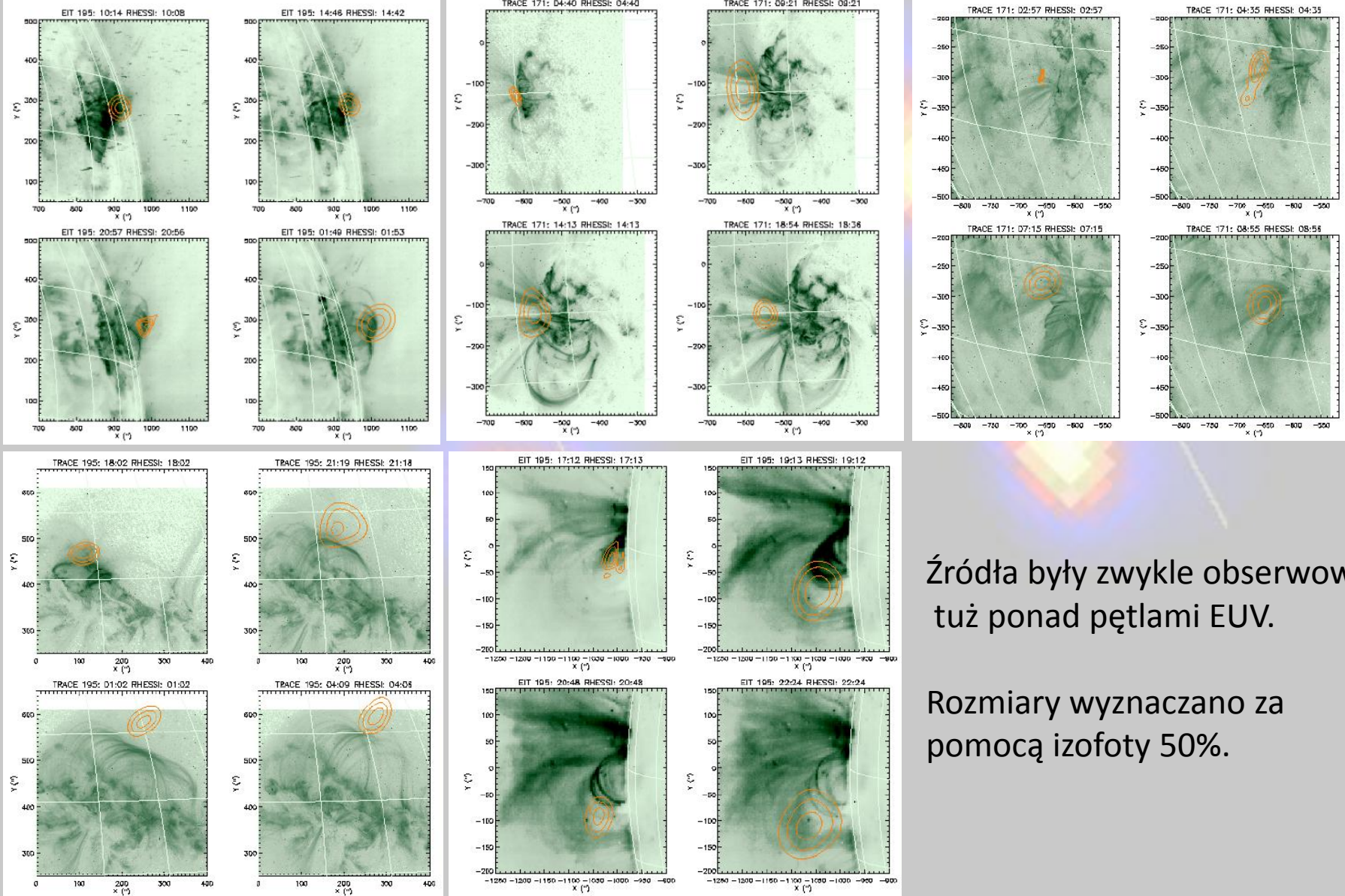


Obrazy były rekonstruowane w bardzo wąskich przedziałach energii, co pozwala uzyskać widma źródeł.

Widma z obrazów nie są obciążone tłem



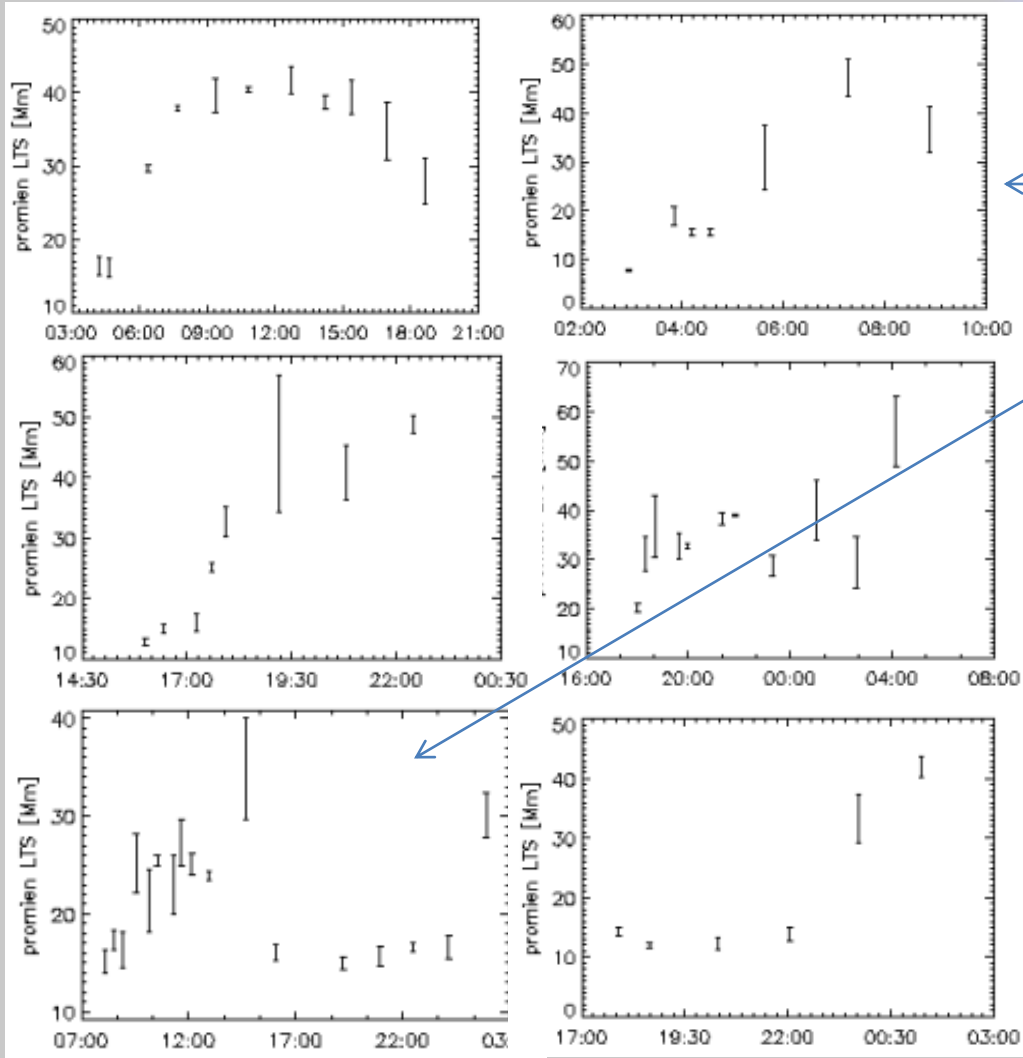
# Kořtun 2011



Źródła były zwykle obserwowane tuŹ ponad pętlami EUV.

Rozmiary wyznaczano za pomocę izofoty 50%.

# Kořtun 2011

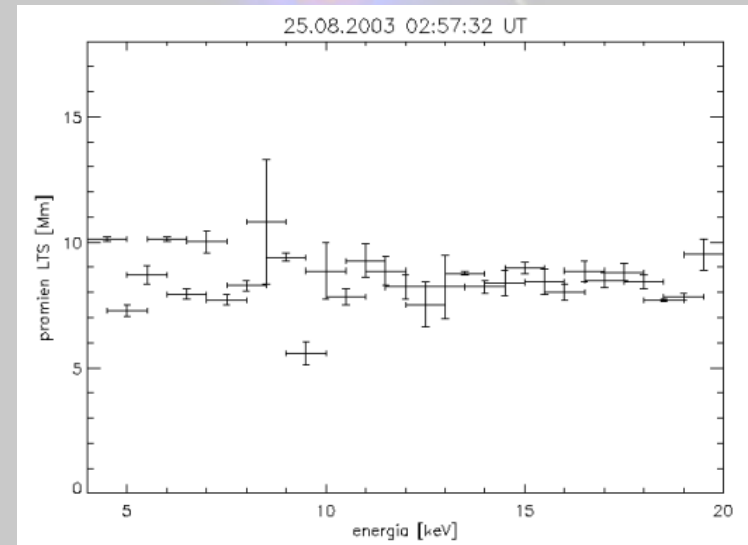


Rozmiary źródeł (promienie) mają wartości od 10 do 60 Mm (14-80'')

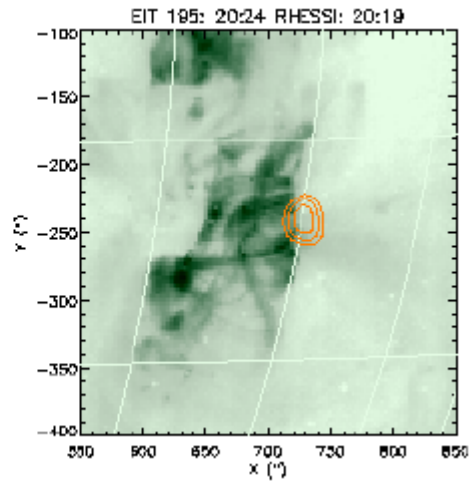
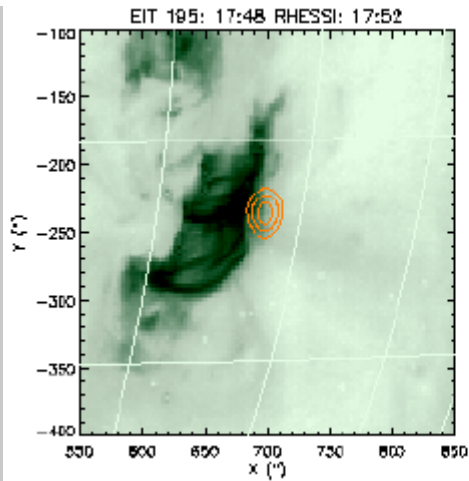
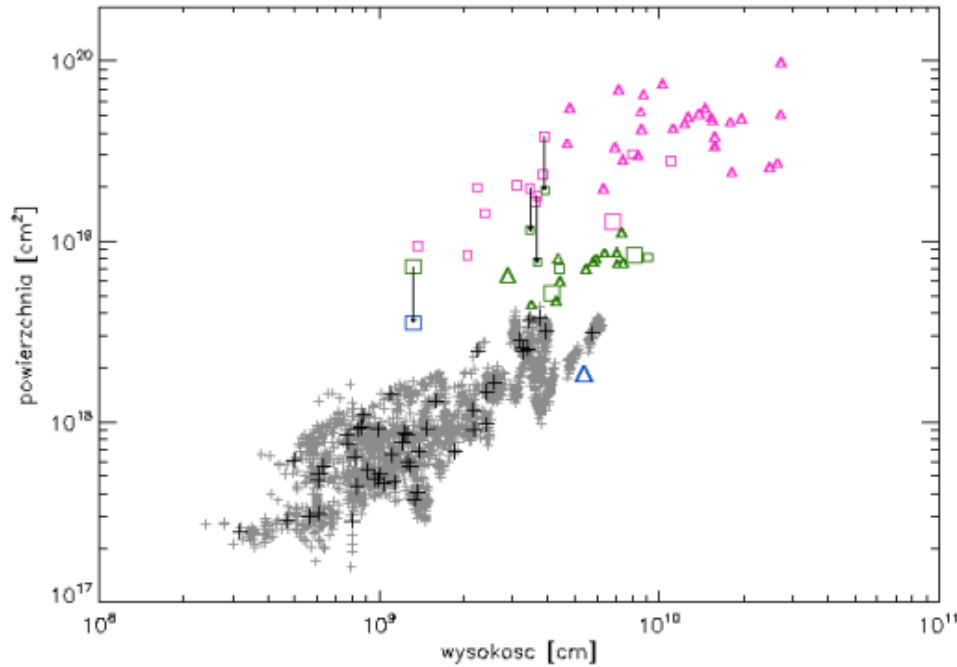
W dwóch przypadkach źródoła w końcowej fazie rozbłysku malały

Widoczne jest wyraźne zmniejszenie promienia po wysunięciu przestony

Nie ma wyraźnej zależności rozmiaru od energii



# Kořtun 2011



Szarości i czarne plusy: Preř i Kořomański (SXT, Źródła szczytowe w okolicy maksimum)

Pozostałe punkty – RHESSI 7-8 keV blisko maksimum rozbłysku

trójkąty – obserwacje bez przesłón  
kwadraty – pierwsza przesłóna

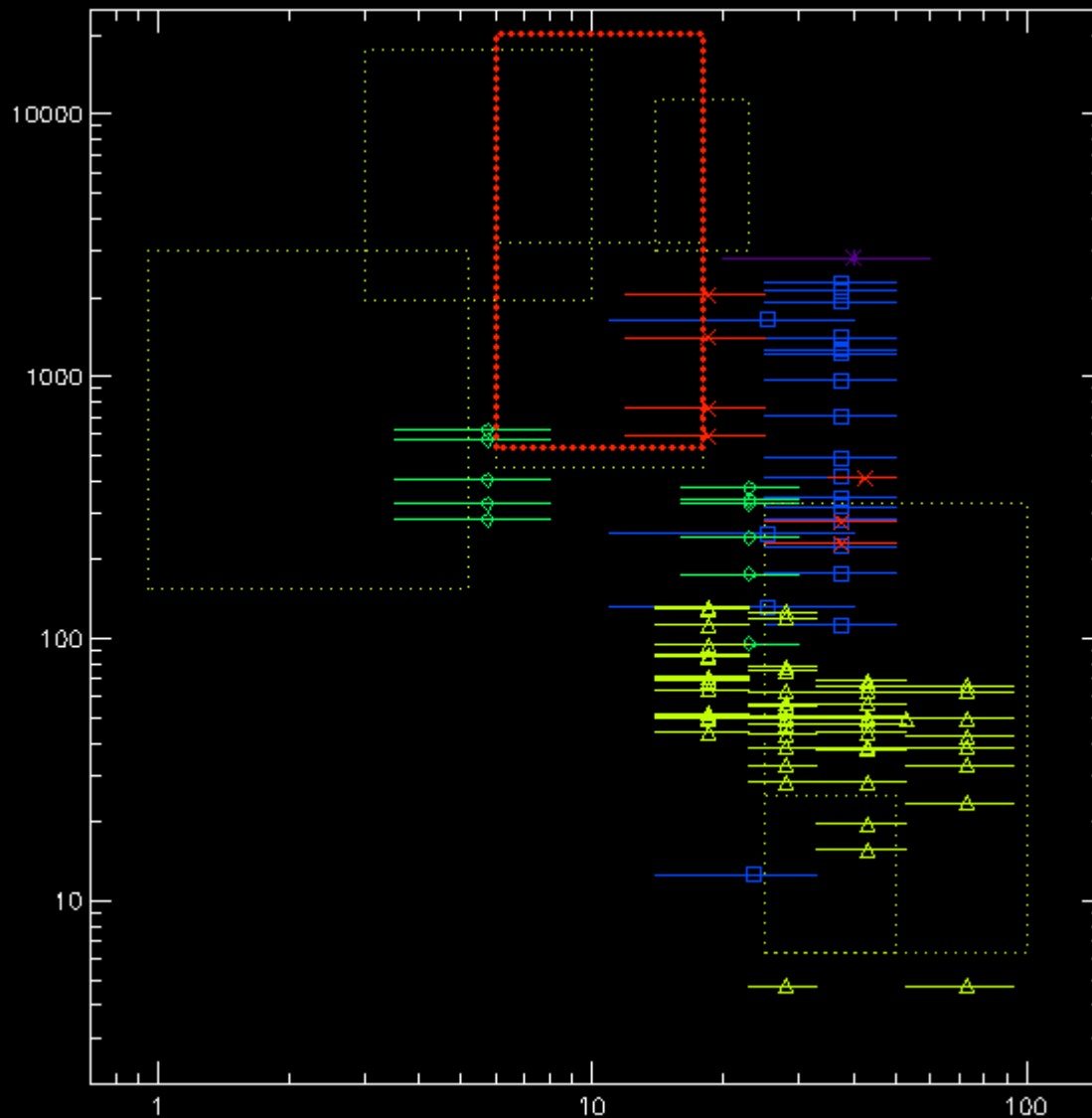
wybór siatek:

różowy – 8 i 9

zielony – 6,8, i 9

niebieski – 5,6,8 i 9

# Rozmiary źródeł HXR



**Eksp. balonowy:**

Takakura i in. 1971

**HINOTORI:**

Takakura i in. 1983

Tsuneta i in. 1984

**SMM/HXIS:**

Hoyng i in. 1981

**YOHKOH/HXT:**

Kosugi i in. 1992

Takakura i in. 1995

**RHESSI:**

Veronig i Brown 2005

Krucker i in. 2008

Masuda i in. 1998

Preś i Kołomański 2009

Saint Hillaire i in. 2009

Kołomański i in. 2011

Dennis i Pernak 2009

Liu i in. 2007

Kołtun i in. 2011

# Podsumowanie

---

**Stopy wydają się być większe niż są w rzeczywistości (poprzez porównanie z UV)**

**Brak obserwacji wstęg promieniowania HXR (problem trudny do rozwiązania w przypadku obserwacji z użyciem modulatorów)**

**Przy odpowiednim dobieraniu detektorów możliwe jest obserwowanie źródeł koronalnych w LDE. Nie wiemy czy istnieją podczas fazy impulsowej – zakres dynamiczny instrumentu jest niedostateczny.**

**Duże nadzieje można wiązać z porównaniem dwóch metod obrazowania HXR – bezpośredniej i z użyciem modulatorów (w tym roku?).**