



Uniwersytet
Wrocławski

Fotometria CCD

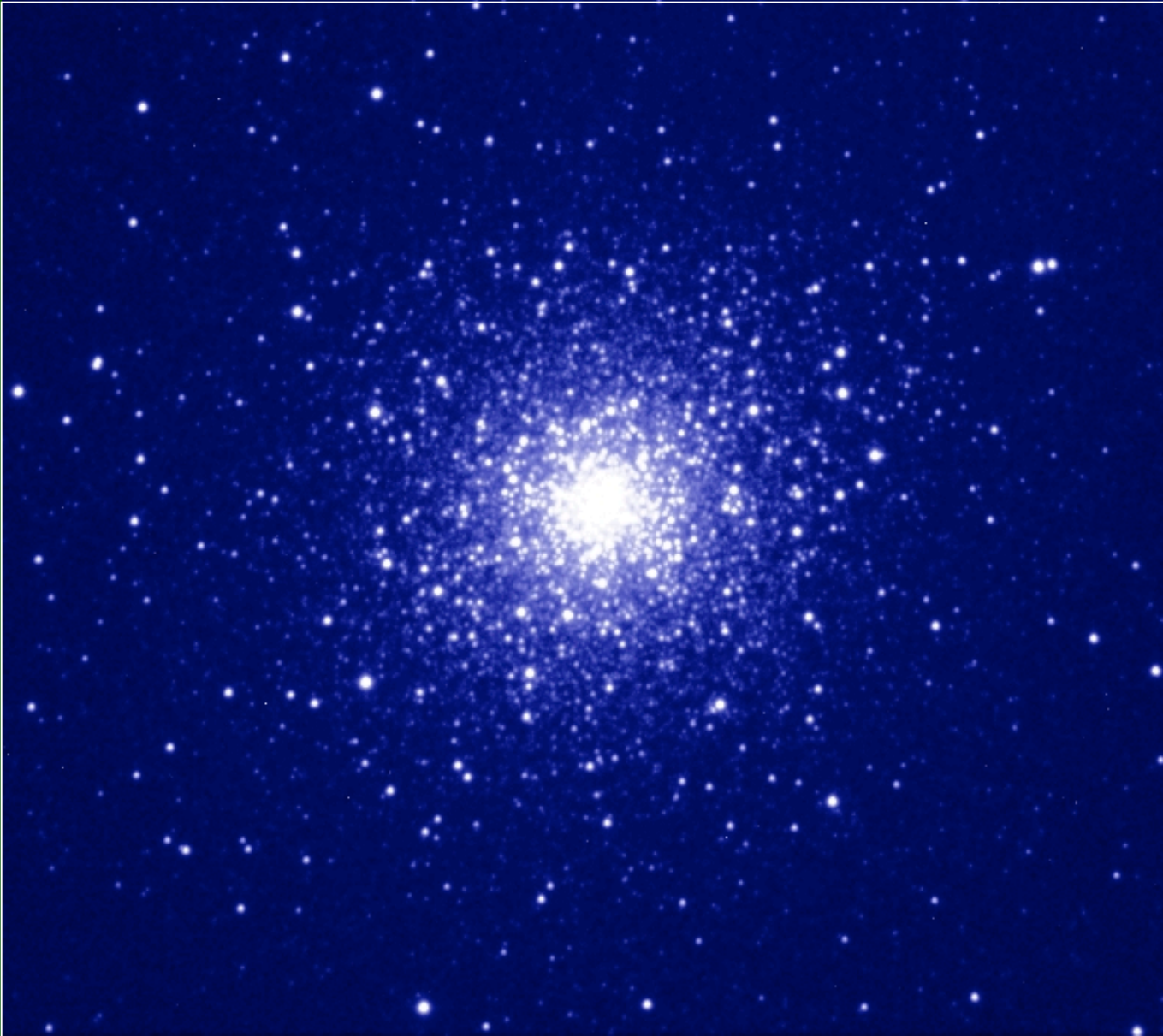
5. Metoda odejmowania obrazów

Andrzej Pigulski

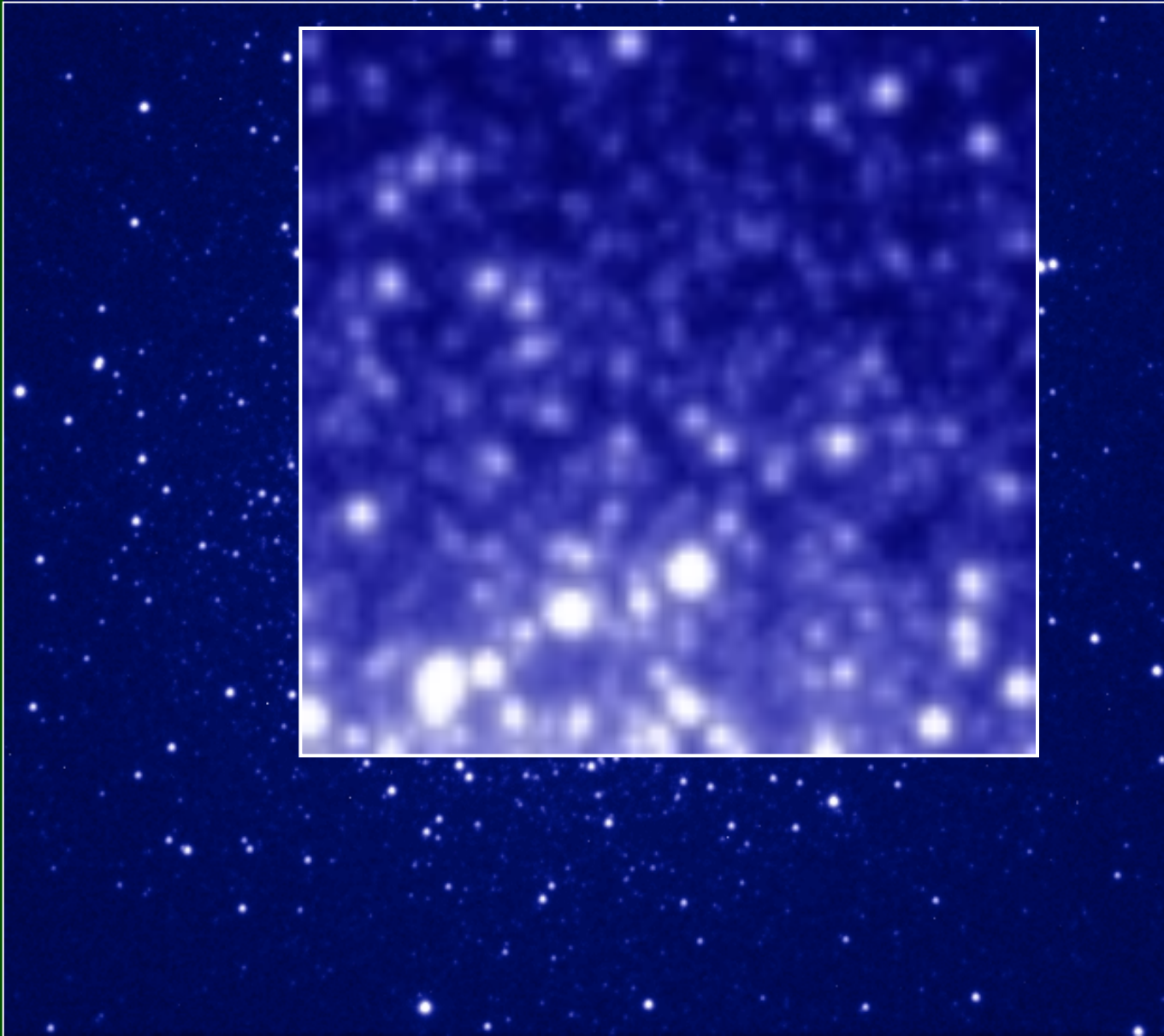
Instytut Astronomiczny Uniwersytetu Wrocławskiego

Produkty HELAS-a, 2010

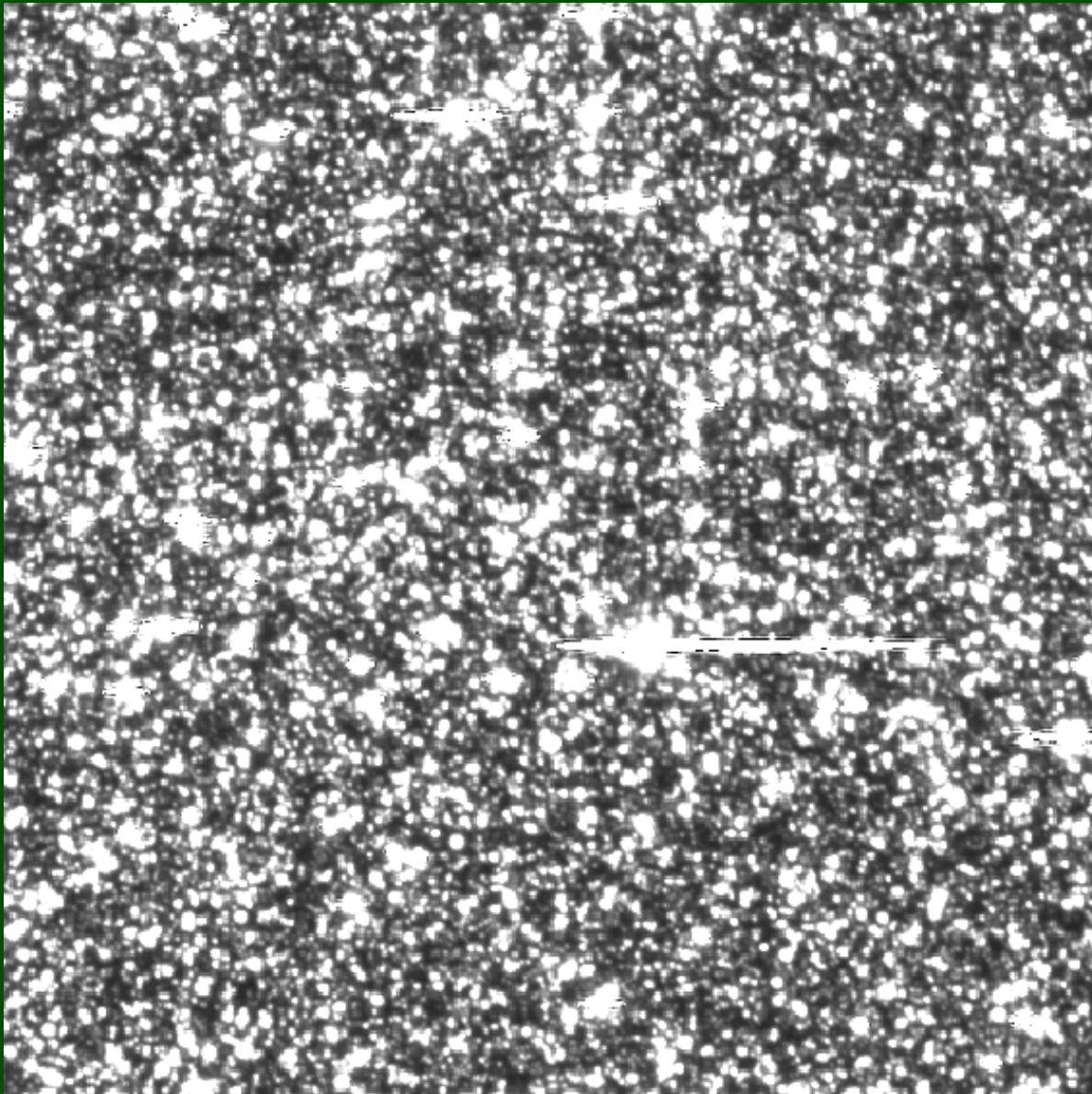
Göste pole: M92



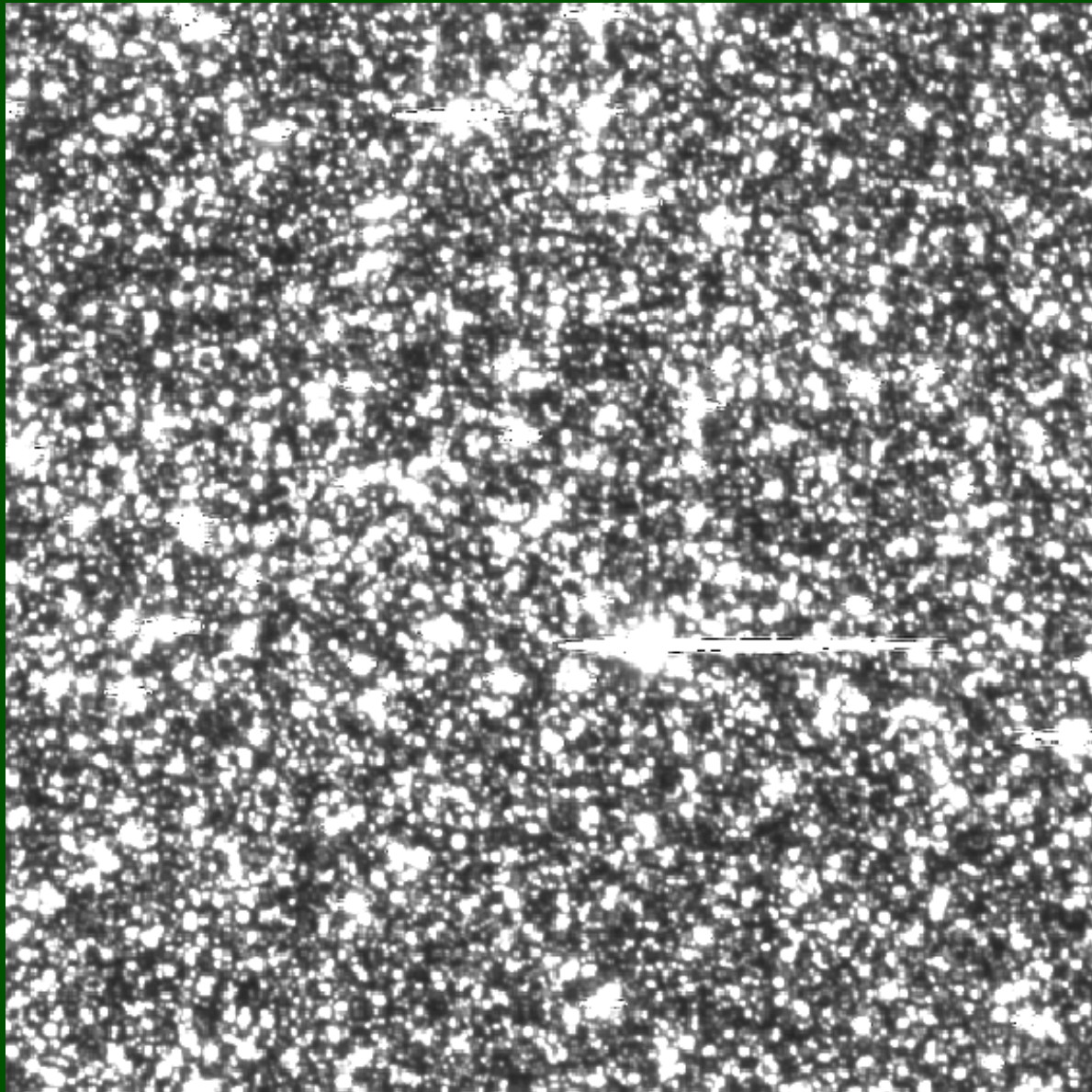
Göste pole: M92



Gęste pole: okolice centrum Galaktyki



Gęste pole: okolice centrum Galaktyki



Rozwiązanie:

metoda
odejmowania
obrazów

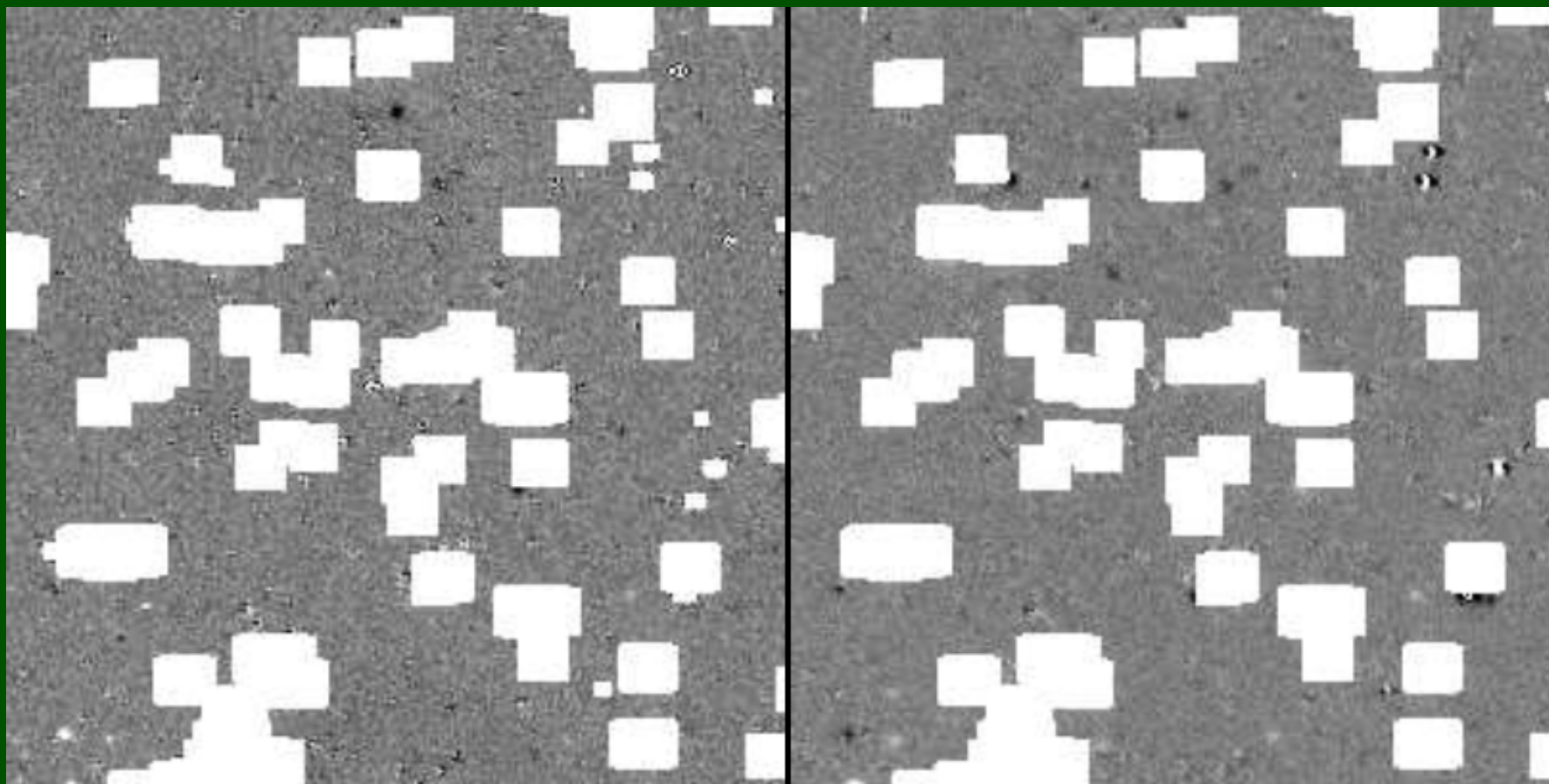
(do poszukiwania
zmienności)

Metoda odejmowania obrazów

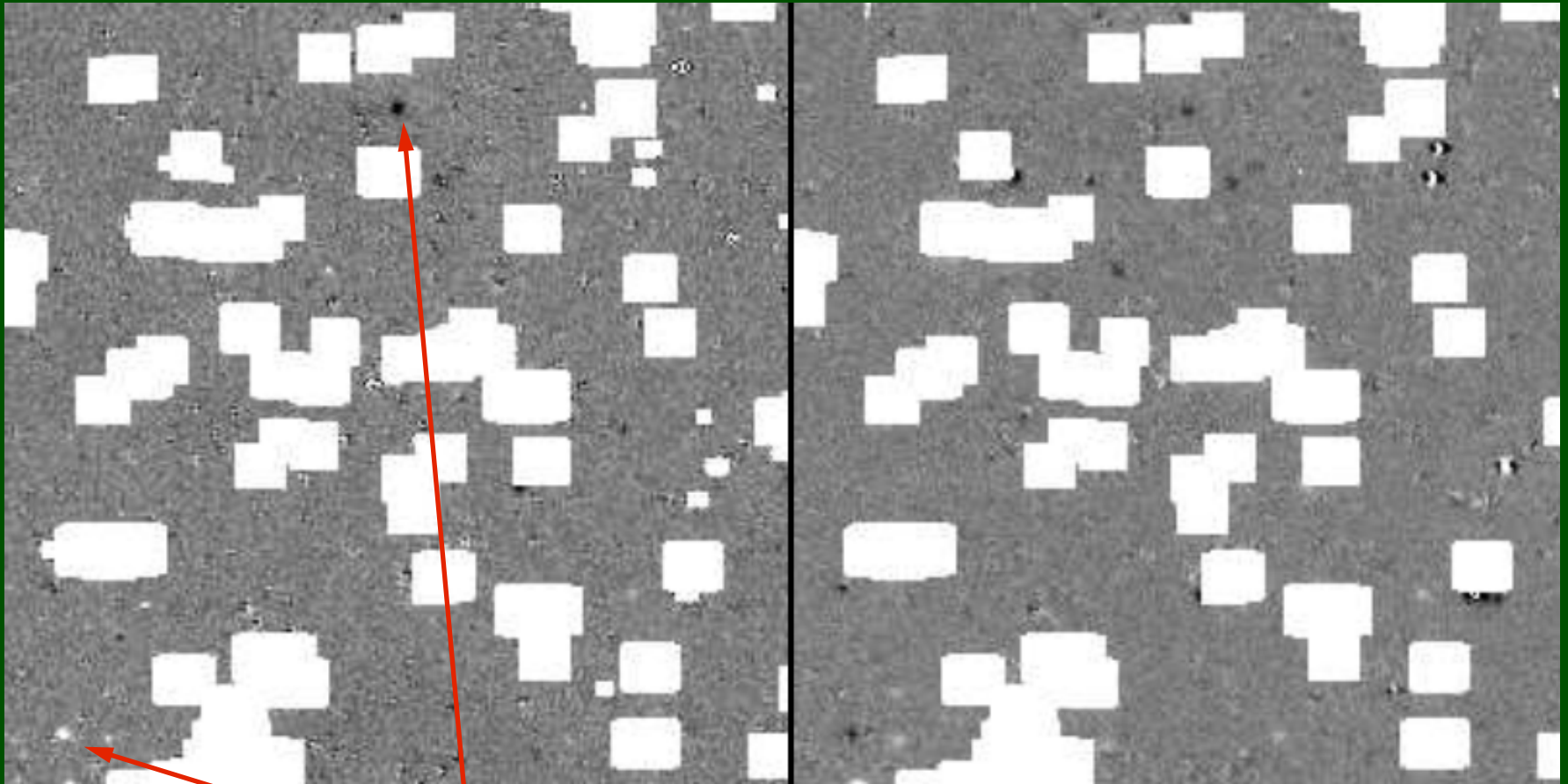
IDEA:

1. Uzgadniamy współrzędne dla serii obrazów: transformacja współrzędnych (obrót, przesunięcie, skalowanie). Obrazek transformuje się do współrzędnych wybranego obrazu referencyjnego.
2. Uzgadniamy rozmycie („seeing”): rozmywamy obraz z węższym profilem (referencyjny) do szerokości profilu na danym, kolejnym obrazie z serii.
3. Odejmujemy od siebie rozmyty obraz referencyjny i kolejny obraz z serii: na obrazach różnicowych ujawniają nam się zmiany jasności wszystkich obiektów.

Obrazy różnicowe

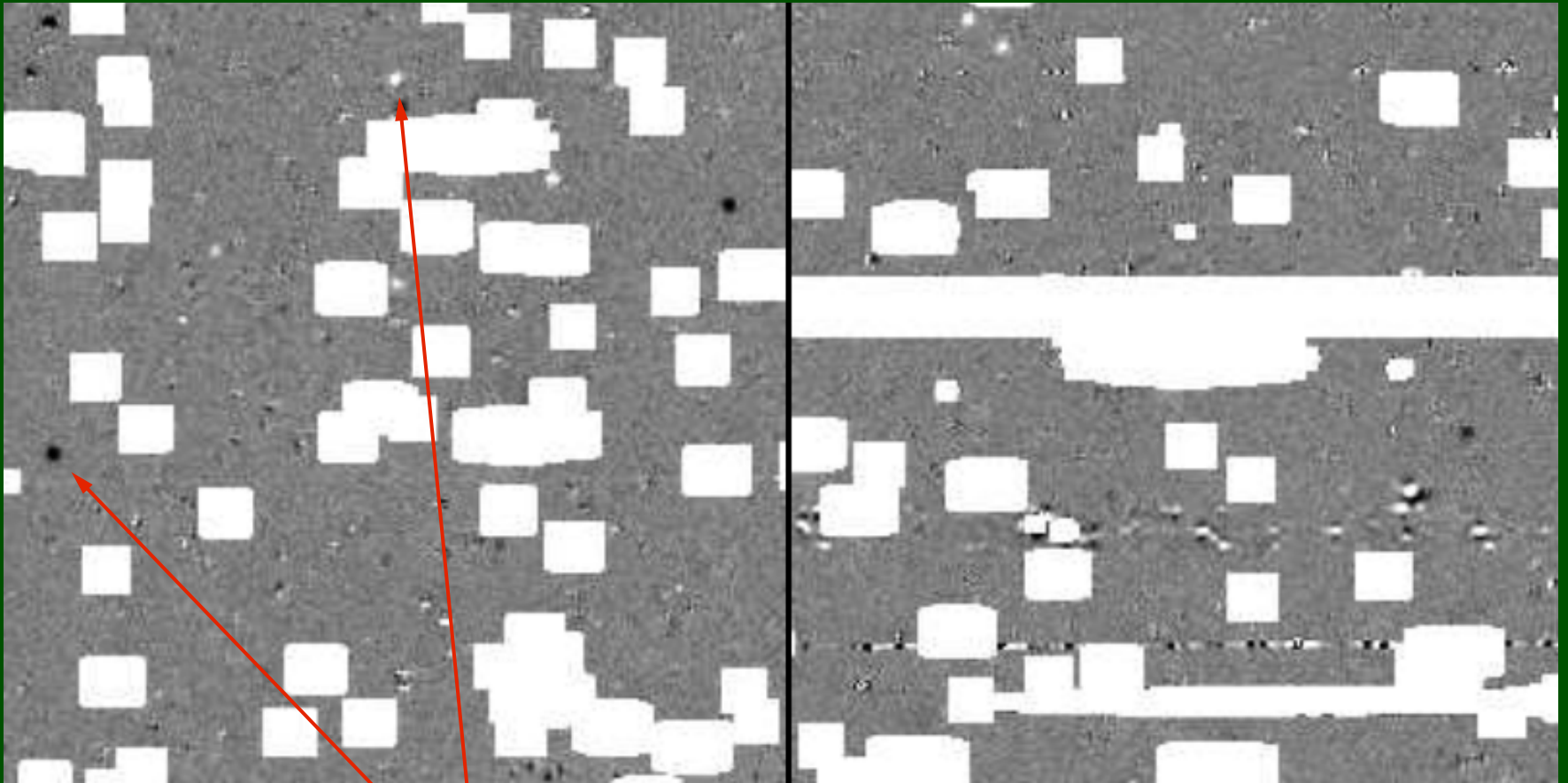


Obrazy różnicowe



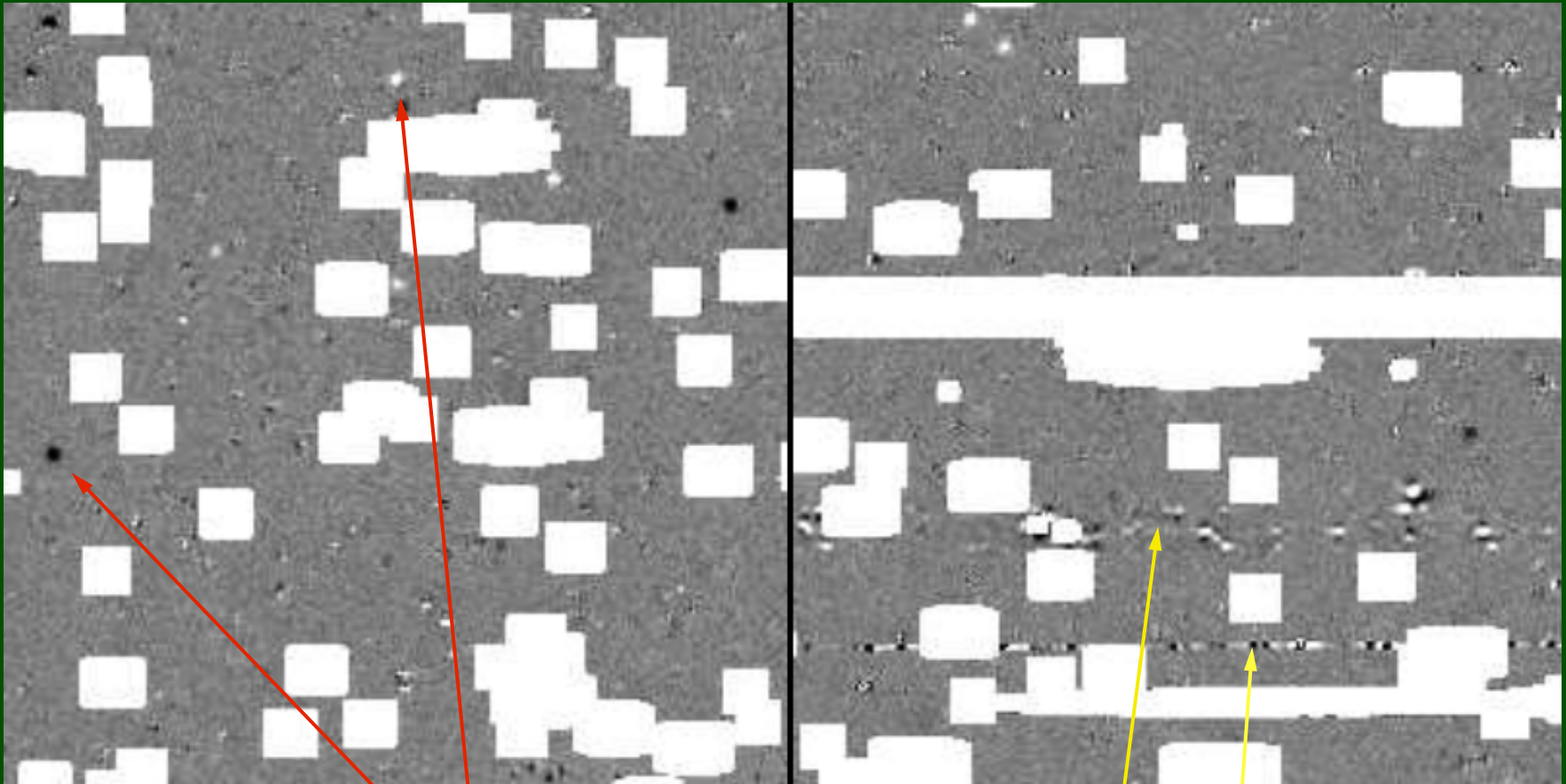
Przykłady gwiazd zmiennych

Obrazy różnicowe



Przykłady gwiazd zmiennych

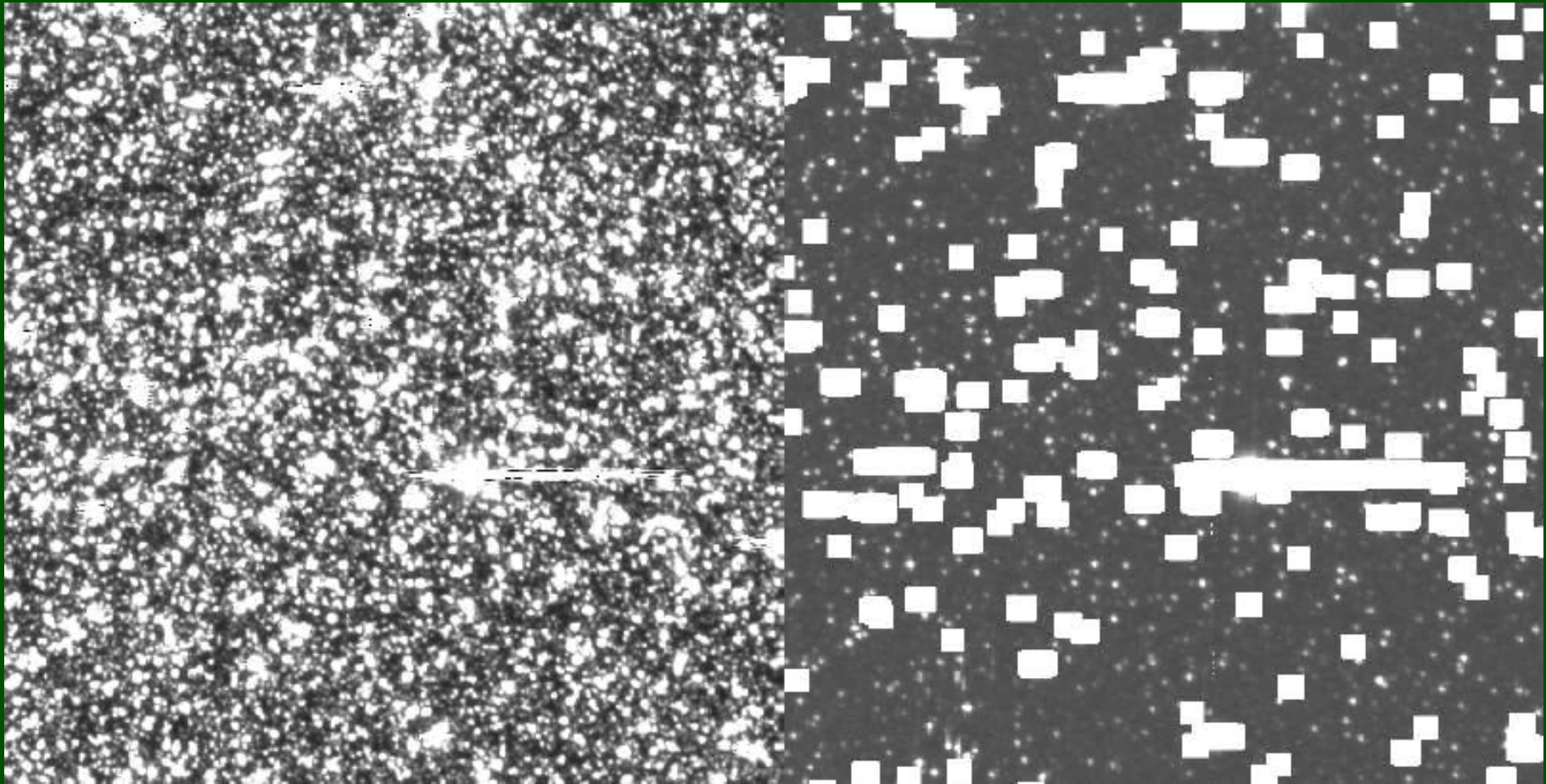
Obrazy różnicowe



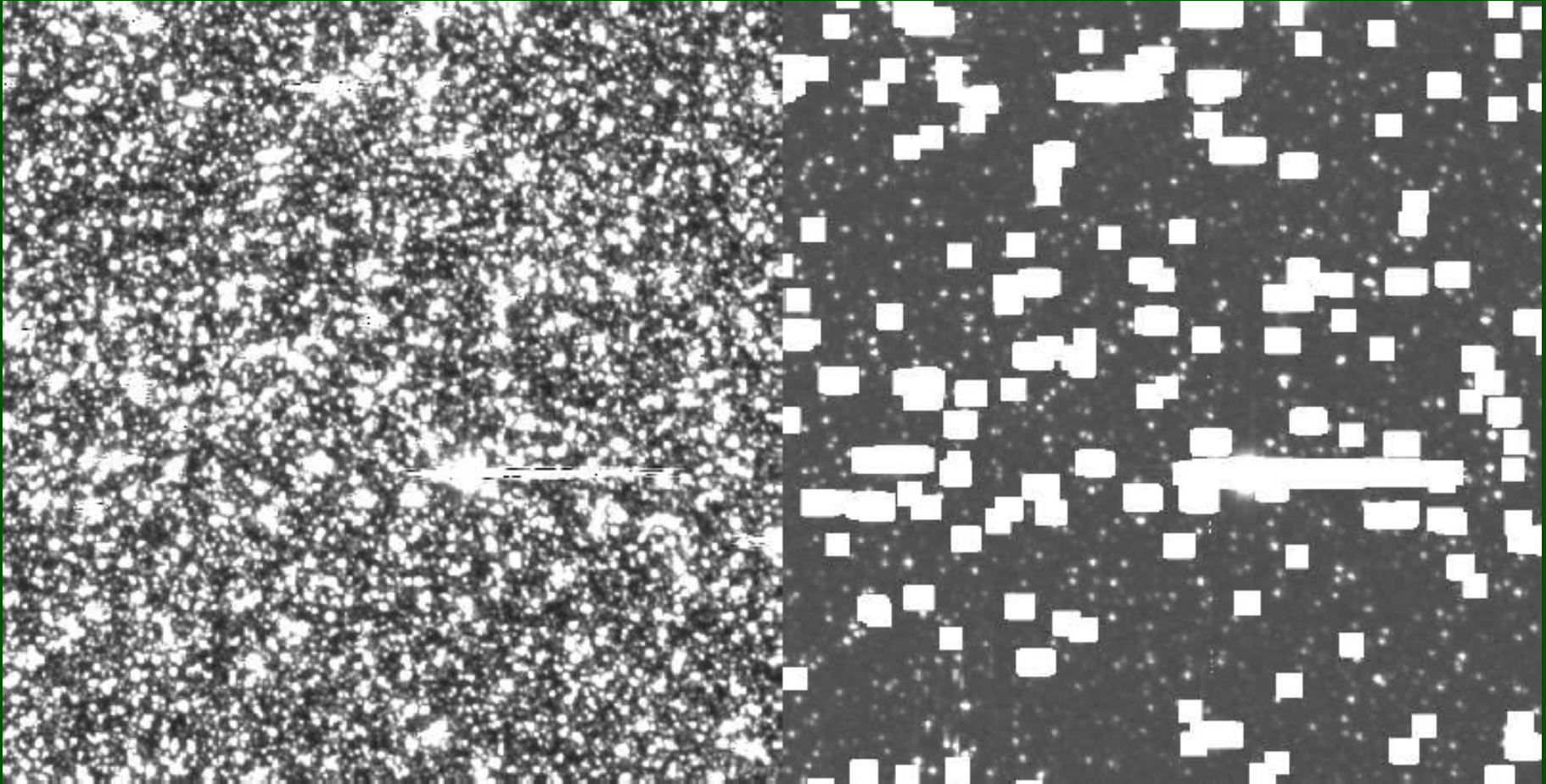
Przykłady gwiazd zmiennych

Defekty chipu

Mapa zmienności

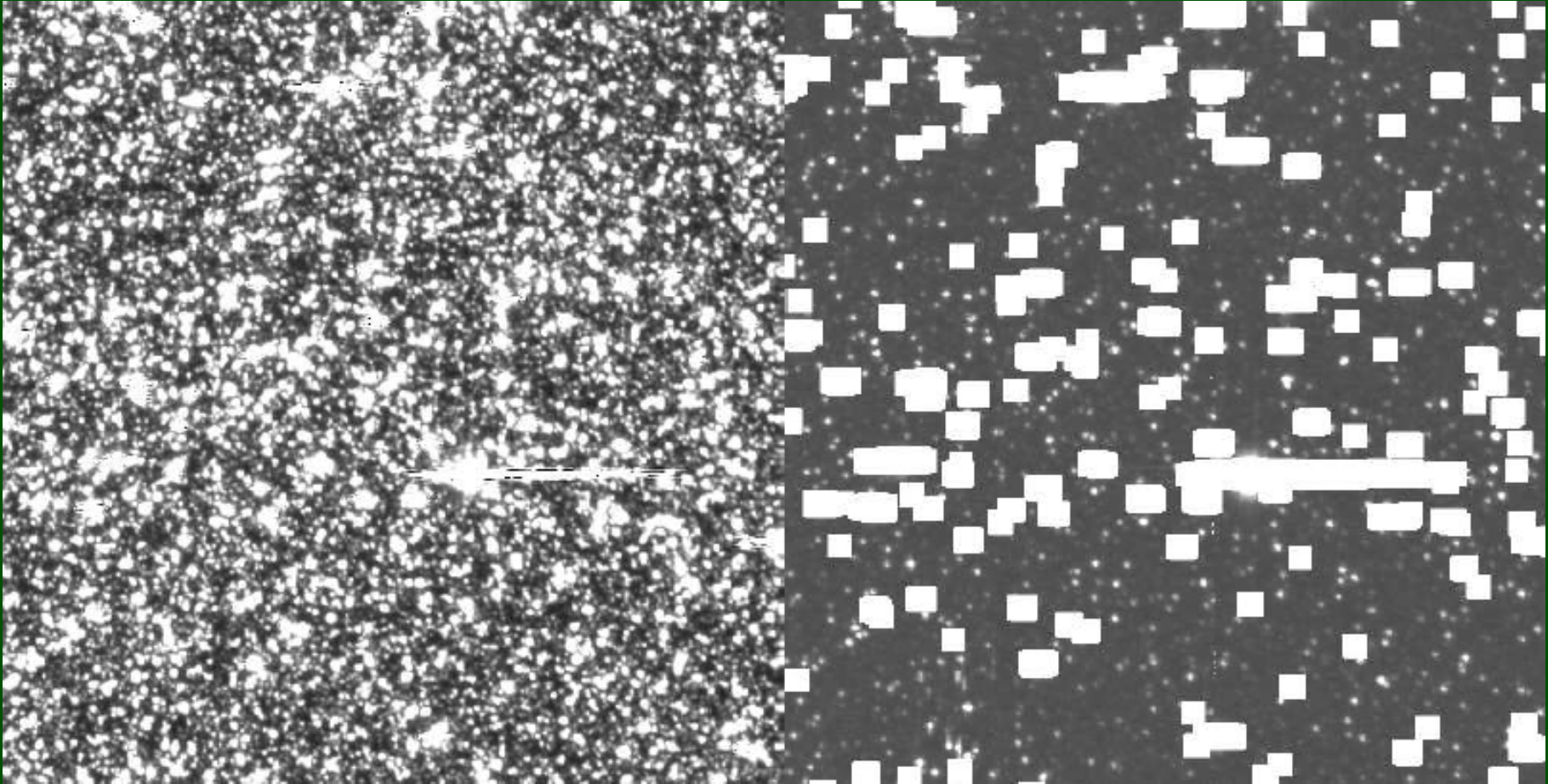


Mapa zmienności



Na mapie zmienności ujawniają się wszystkie obiekty zmienne.

Mapa zmienności



Na mapie zmienności ujawniają się wszystkie obiekty zmienne.
Żeby znaleźć gwiazdy zmienne nie trzeba badać fotometrii wszystkich gwiazd !!!

Odejmowanie obrazów: ujęcie matematyczne

$$\text{Im}(x,y) = \text{Ker}(x,y;u,v) \otimes \text{Ref}(u,v) + \text{Bkg}(x,y)$$

Odejmowanie obrazów: ujęcie matematyczne

$$\text{Im}(x,y) = \text{Ker}(x,y;u,v) \otimes \text{Ref}(u,v) + \text{Bkg}(x,y)$$

gdzie:

Odejmowanie obrazów: ujęcie matematyczne

$$\text{Im}(x,y) = \text{Ker}(x,y;u,v) \otimes \text{Ref}(u,v) + \text{Bkg}(x,y)$$

gdzie:

$\text{Im}(x,y)$ jest aktualnym obrazem,

Odejmowanie obrazów: ujęcie matematyczne

$$\text{Im}(x,y) = \text{Ker}(x,y;u,v) \otimes \text{Ref}(u,v) + \text{Bkg}(x,y)$$

gdzie:

$\text{Im}(x,y)$ jest aktualnym obrazem,

$\text{Ref}(u,v)$ to obraz referencyjny,

Odejmowanie obrazów: ujęcie matematyczne

$$\text{Im}(x,y) = \text{Ker}(x,y;u,v) \otimes \text{Ref}(u,v) + \text{Bkg}(x,y)$$

gdzie:

$\text{Im}(x,y)$ jest aktualnym obrazem,

$\text{Ref}(u,v)$ to obraz referencyjny,

$\text{Ker}(x,y;u,v)$ jest tzw. jądrem splotu.

Odejmowanie obrazów: ujęcie matematyczne

$$\text{Im}(x,y) = \text{Ker}(x,y;u,v) \otimes \text{Ref}(u,v) + \text{Bkg}(x,y)$$

gdzie:

$\text{Im}(x,y)$ jest aktualnym obrazem,

$\text{Ref}(u,v)$ to obraz referencyjny,

$\text{Ker}(x,y;u,v)$ jest tzw. jądrem splotu.

Do poprawnego opisu potrzebny jest jeszcze obrazek $\text{Bkg}(x,y)$,

Odejmowanie obrazów: ujęcie matematyczne

$$\text{Im}(x,y) = \text{Ker}(x,y;u,v) \otimes \text{Ref}(u,v) + \text{Bkg}(x,y)$$

gdzie:

$\text{Im}(x,y)$ jest aktualnym obrazem,

$\text{Ref}(u,v)$ to obraz referencyjny,

$\text{Ker}(x,y;u,v)$ jest tzw. jądrem splotu.

Do poprawnego opisu potrzebny jest jeszcze obrazek $\text{Bkg}(x,y)$, który opisuje różnicę w poziomie tła między obrazkami.

Odejmowanie obrazów: ujęcie matematyczne

$$\text{Im}(x,y) = \text{Ker}(x,y;u,v) \otimes \text{Ref}(u,v) + \text{Bkg}(x,y)$$

gdzie:

$\text{Im}(x,y)$ jest aktualnym obrazem,

$\text{Ref}(u,v)$ to obraz referencyjny,

$\text{Ker}(x,y;u,v)$ jest tzw. jądrem splotu.

Do poprawnego opisu potrzebny jest jeszcze obrazek $\text{Bkg}(x,y)$, który opisuje różnicę w poziomie tła między obrazkami.

Kluczowa jest tu znajomość jądra splotu. Opisuje ono transformację pomiędzy PSF-ami obrazka referencyjnego i aktualnego.

Jak wyznaczyć jądro splotu?

Pierwsze pomysły na odejmowanie obrazów (M31):

Crotts (1992, ApJ 399,L43)

Gould (1996, ApJ 470,201, pixel lensing)

Crotts & Tomaney (1996, ApJ 483,L87)

Jak wyznaczyć jądro splotu?

Pierwsze pomysły na odejmowanie obrazów (M31):

Crotts (1992, ApJ 399,L43)

Gould (1996, ApJ 470,201, pixel lensing)

Crotts & Tomaney (1996, ApJ 483,L87)

Pierwsze próby wyznaczenia jądra splotu:

Tomaney & Crotts (1996, AJ 112,2872)

Difference Image Photometry

Jak wyznaczyć jądro splotu?

Pierwsze pomysły na odejmowanie obrazów (M31):

Crotts (1992, ApJ 399,L43)

Gould (1996, ApJ 470,201, pixel lensing)

Crotts & Tomaney (1996, ApJ 483,L87)

Pierwsze próby wyznaczenia jądra splotu:

Tomaney & Crotts (1996, AJ 112,2872)

Difference Image Photometry

Jeśli $(\text{PSF})_i = (\text{PSF})_{\text{ref}} \otimes k$, to $I = R \cdot K$,

gdzie $I = \text{TF} [(\text{PSF})_i]$ jest transformacją Fouriera $(\text{PSF})_i$,

R jest transformacją Fouriera $(\text{PSF})_{\text{ref}}$, a K jest transformacją

Fouriera jądra splotu k .

Jak wyznaczyć jądro splotu?

Pierwsze pomysły na odejmowanie obrazów (M31):

Crotts (1992, ApJ 399,L43)

Gould (1996, ApJ 470,201, pixel lensing)

Crotts & Tomaney (1996, ApJ 483,L87)

Pierwsze próby wyznaczenia jądra splotu:

Tomaney & Crotts (1996, AJ 112,2872)

Difference Image Photometry

Jeśli $(\text{PSF})_i = (\text{PSF})_{\text{ref}} \otimes k$, to $I = R \cdot K$,

gdzie $I = \text{TF} [(\text{PSF})_i]$ jest transformacją Fouriera $(\text{PSF})_i$,

R jest transformacją Fouriera $(\text{PSF})_{\text{ref}}$, a K jest transformacją Fouriera jądra splotu k .

Zatem: $k = \text{TF}^{-1}(K) = \text{TF}^{-1}(I/R)$.

Jak wyznaczyć jądro splotu?

Pierwsze pomysły na odejmowanie obrazów (M31):

Crotts (1992, ApJ 399,L43)

Gould (1996, ApJ 470,201, pixel lensing)

Crotts & Tomaney (1996, ApJ 483,L87)

Pierwsze próby wyznaczenia jądra splotu:

Tomaney & Crotts (1996, AJ 112,2872)

Difference Image Photometry

Jeśli $(\text{PSF})_i = (\text{PSF})_{\text{ref}} \otimes k$, to $I = R \cdot K$,

gdzie $I = \text{TF} [(\text{PSF})_i]$ jest transformatą Fouriera $(\text{PSF})_i$,

R jest transformatą Fouriera $(\text{PSF})_{\text{ref}}$, a K jest transformatą Fouriera jądra splotu k .

Zatem: $k = \text{TF}^{-1}(K) = \text{TF}^{-1}(I/R)$.

Wada tego podejścia: żeby wyliczyć k trzeba bardzo dokładnie znać $(\text{PSF})_i$ i $(\text{PSF})_{\text{ref}}$, co jest niemożliwe dla bardzo gęstych pól.

Jak wyznaczyć jądro splotu?

Nowe podejście: Alard & Lupton (1998, ApJ 503,325)

Rozwiązanie równania na Ker:

$$\text{Im}(x,y) = \text{Kernel}(u,v) \otimes \text{Ref}(u,v) + \text{Bkg}(x,y)$$

jest zadaniem nieliniowym, chyba że

$$\text{Kernel}(u, v) = \sum_i a_i B_i(u, v),$$

$$B(u, v) \equiv e^{-(u^2 + v^2)/2\sigma_n^2} u^{d_n^x} v^{d_n^y}$$

czyli kombinacją liniową funkcji bazowych $B(u,v)$, które z kolei są iloczynami funkcji Gaussa i wielomianów.

Jak wyznaczyć jądro splotu?

Zatem:

$$\text{Kernel } (u, v) = \sum_n \sum_{d_n^x} \sum_{d_n^y} a_k e^{-(u^2 + v^2)/2\sigma_n^2} u^{d_n^x} v^{d_n^y}$$

Jak wyznaczyć jądro splotu?

Zatem:

$$\text{Kernel } (u, v) = \sum_n \sum_{d_n^x} \sum_{d_n^y} a_k e^{-(u^2 + v^2)/2\sigma_n^2} u^{d_n^x} v^{d_n^y}$$

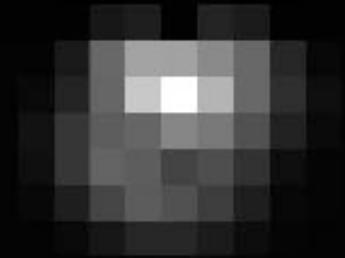
Przy takim podejściu:

1. Problem staje się liniowy.
2. Taki wybór funkcji bazowych pozwala modelować nawet bardzo skomplikowaną postać jądra splotu.
3. Do wyznaczania jądra splotu można użyć cały obrazek, a nie tylko wyizolowane gwiazdy.
4. IM GĘŚCIEJ, TYM LEPIEJ !!!!

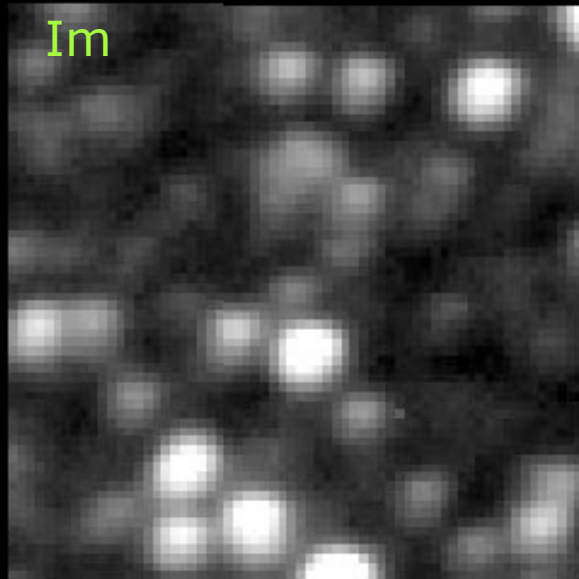
Jak wyznaczyć jądro splotu?

Dif =
 $Im - Ker \otimes Ref - Bkg$

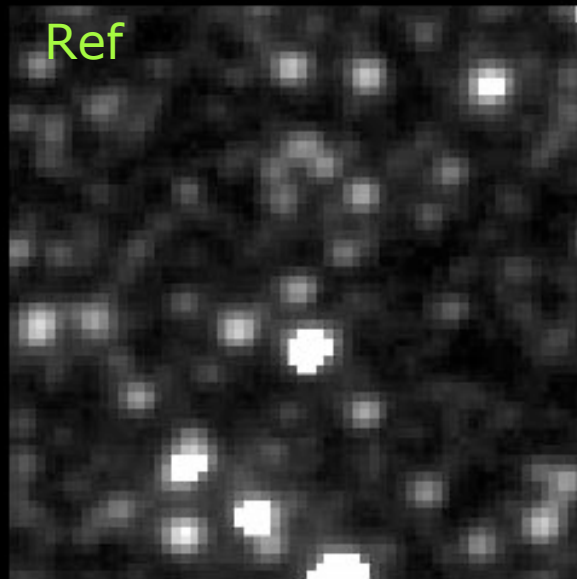
Ker



Im



Ref



Alard & Lupton (1998)

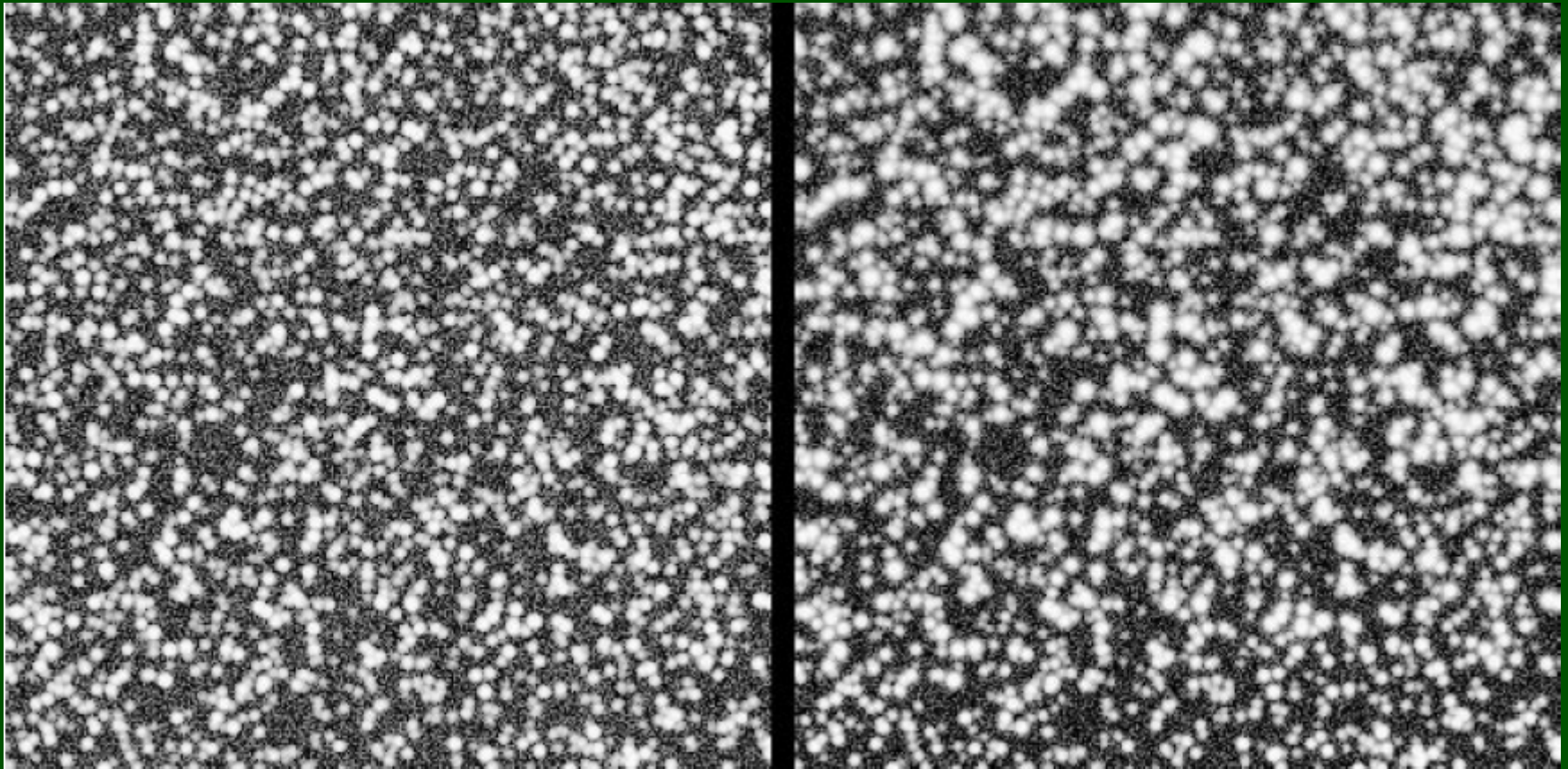
Jak wyznaczyć jądro splotu?

Rozszerzenie metody na zmienne jądro splotu:
Alard (2000, A&AS 144,363)

$$K(u, v) = \sum_n a_n(x, y) K_n(u, v)$$

$$a_n(x, y) = \sum_{i,j} b_{i,j} x^i y^j.$$

Jak wyznaczyć jądro splotu?



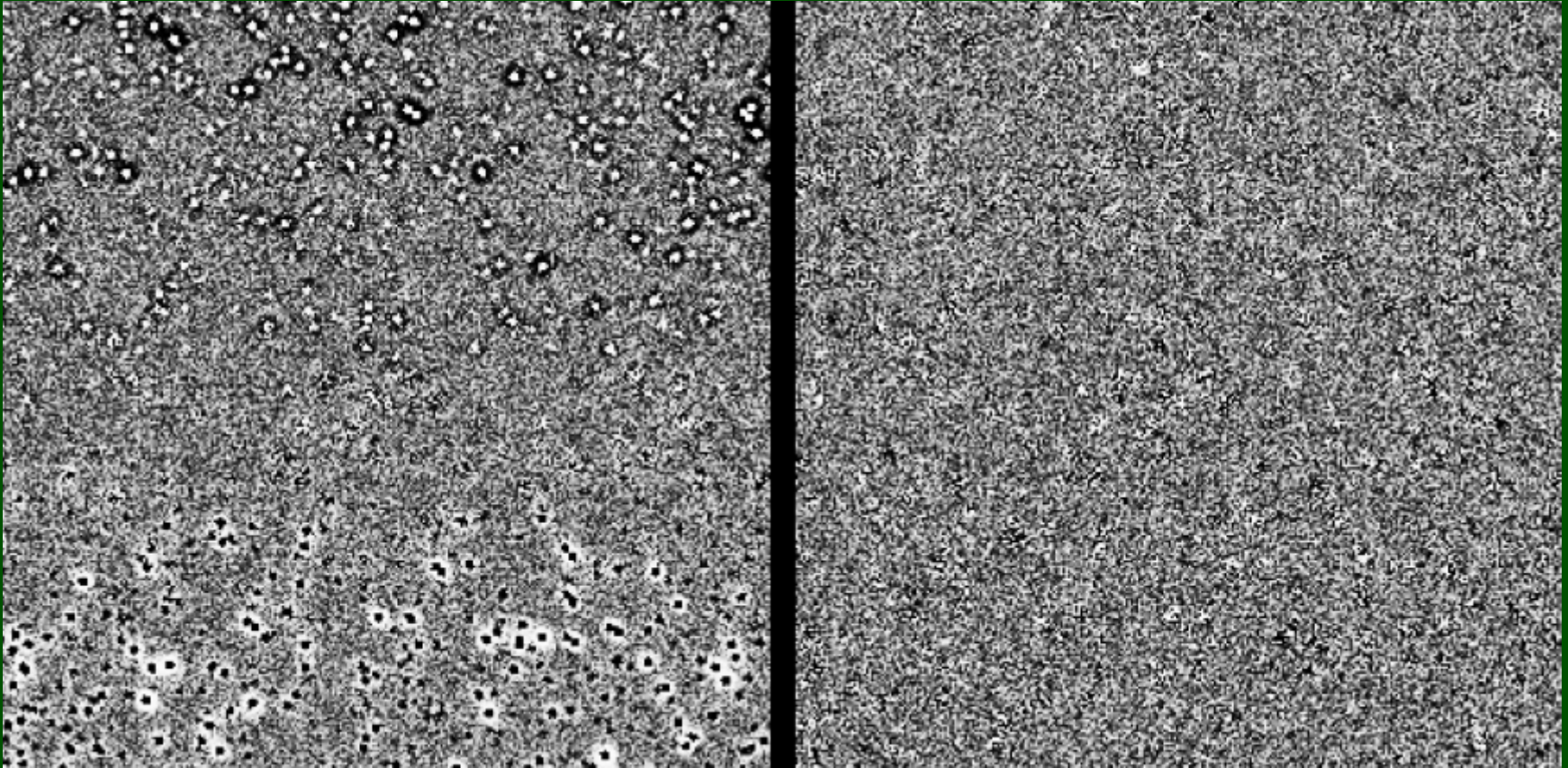
Stała PSF

PSF zmienna: profil poszerza się
od dołu do góry

Alard (2000)

Jak wyznaczyć jądro splotu?

Obrazy różnicowe:



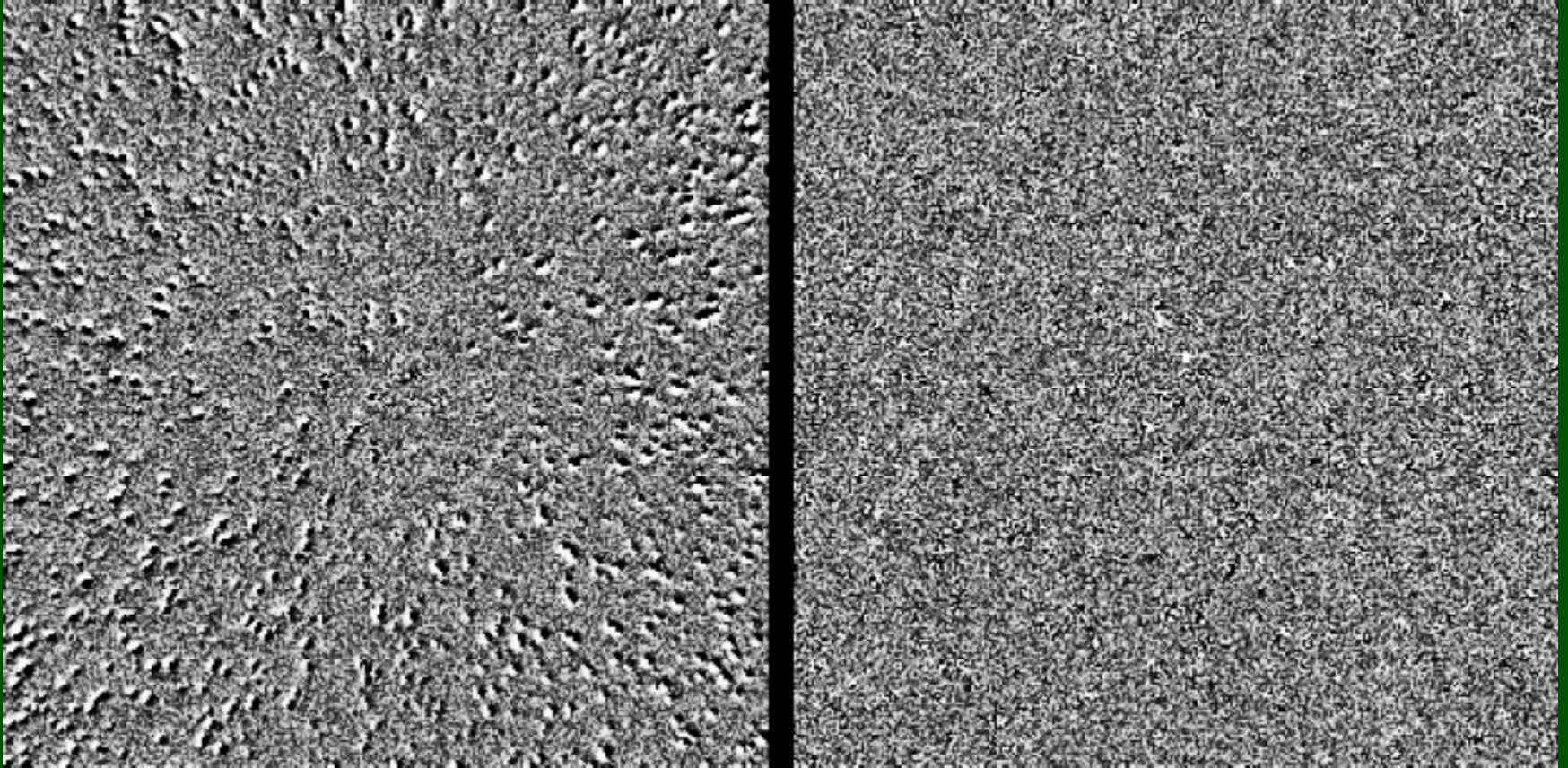
Ze stałym jądrem splotu

Ze zmiennym jądrem splotu

Alard (2000)

Jak wyznaczyć jądro splotu?

Dwa obrazy obrócone względem siebie o mały kąt, obrazy różnicowe:



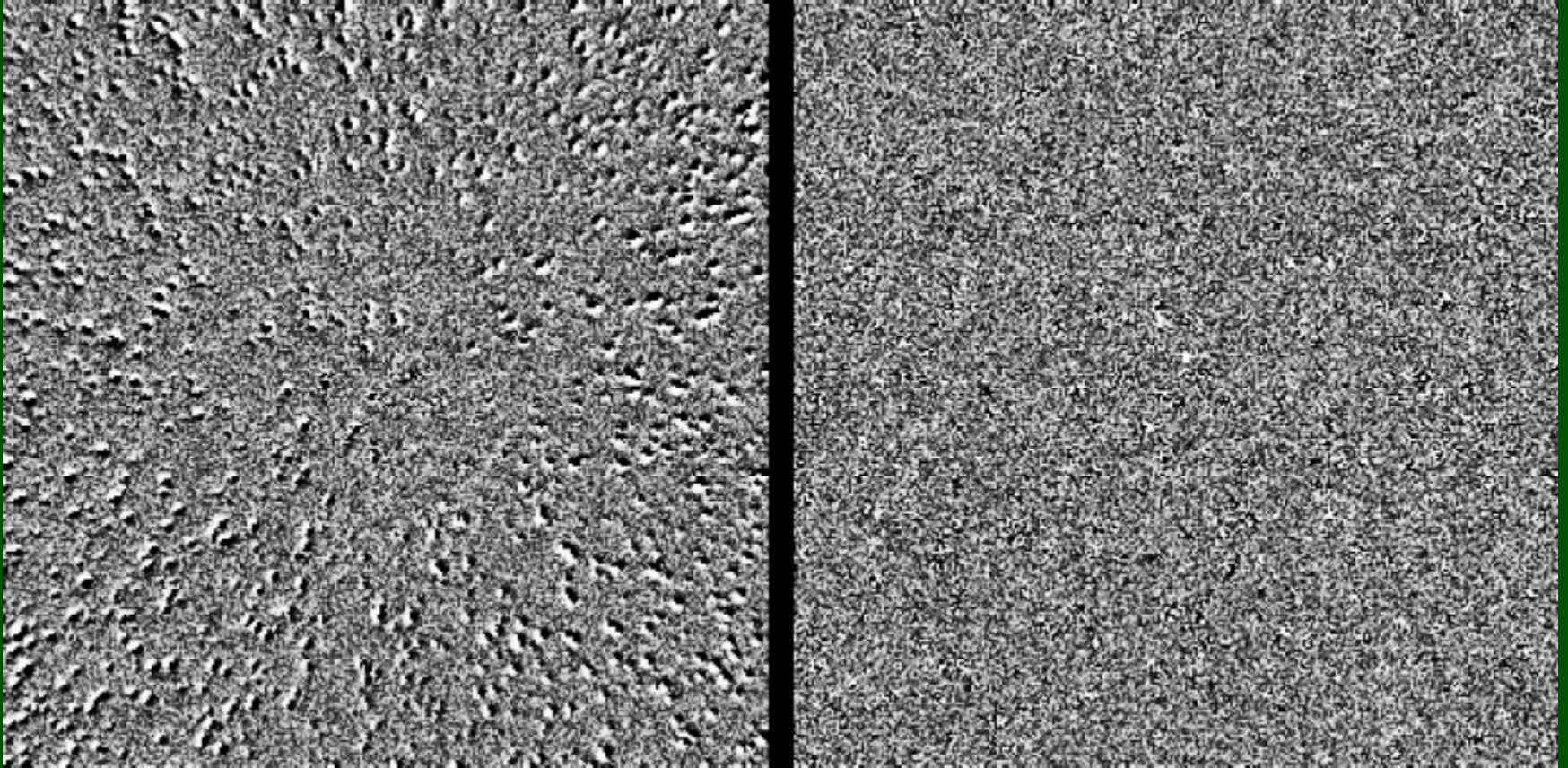
Ze stałym jądrem splotu

Ze zmiennym jądrem splotu

Alard (2000)

Jak wyznaczyć jądro splotu?

Dwa obrazy obrócone względem siebie o mały kąt, obrazy różnicowe:



Ze stałym jądrem splotu

Ze zmiennym jądrem splotu

Alard (2000)

Metoda ze zmiennym jądrem splotu działa dobrze nawet przy obrotach między obrazami (ale tylko niedużych).

Pakiety

Pakiet ISIS Alarda dostępny jest na stronie:

<http://www2.iap.fr/users/alard/package.html>

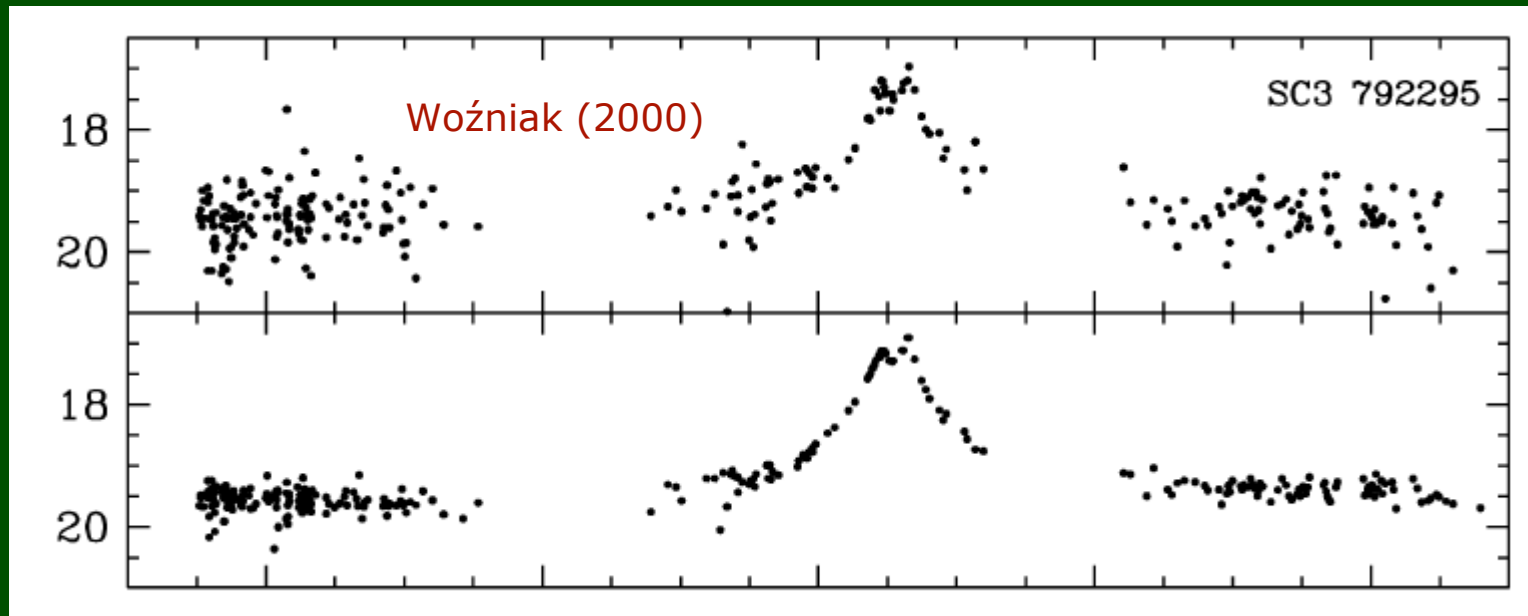
(Pierwsza wersja miała błędy, być może poprawione)

Nowa implementacja metody:

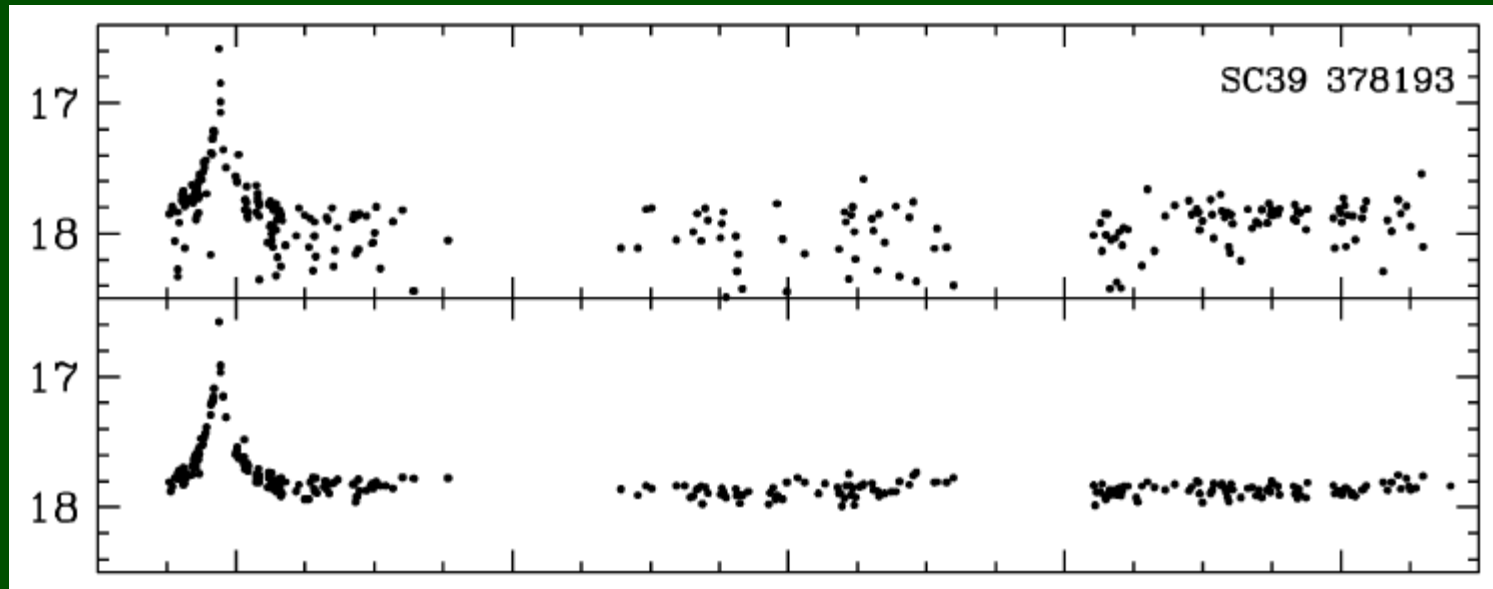
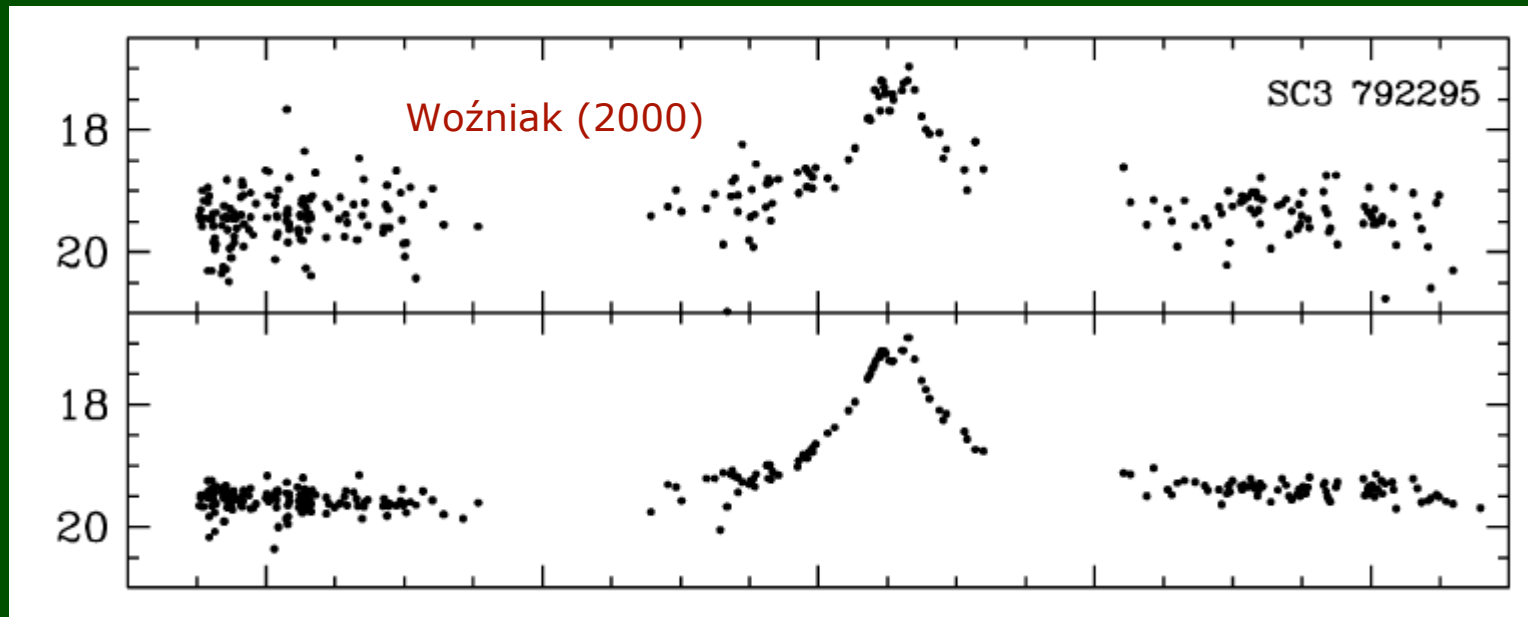
Woźniak (2000, AcA 50,421)

Difference Image Analysis (DIA)

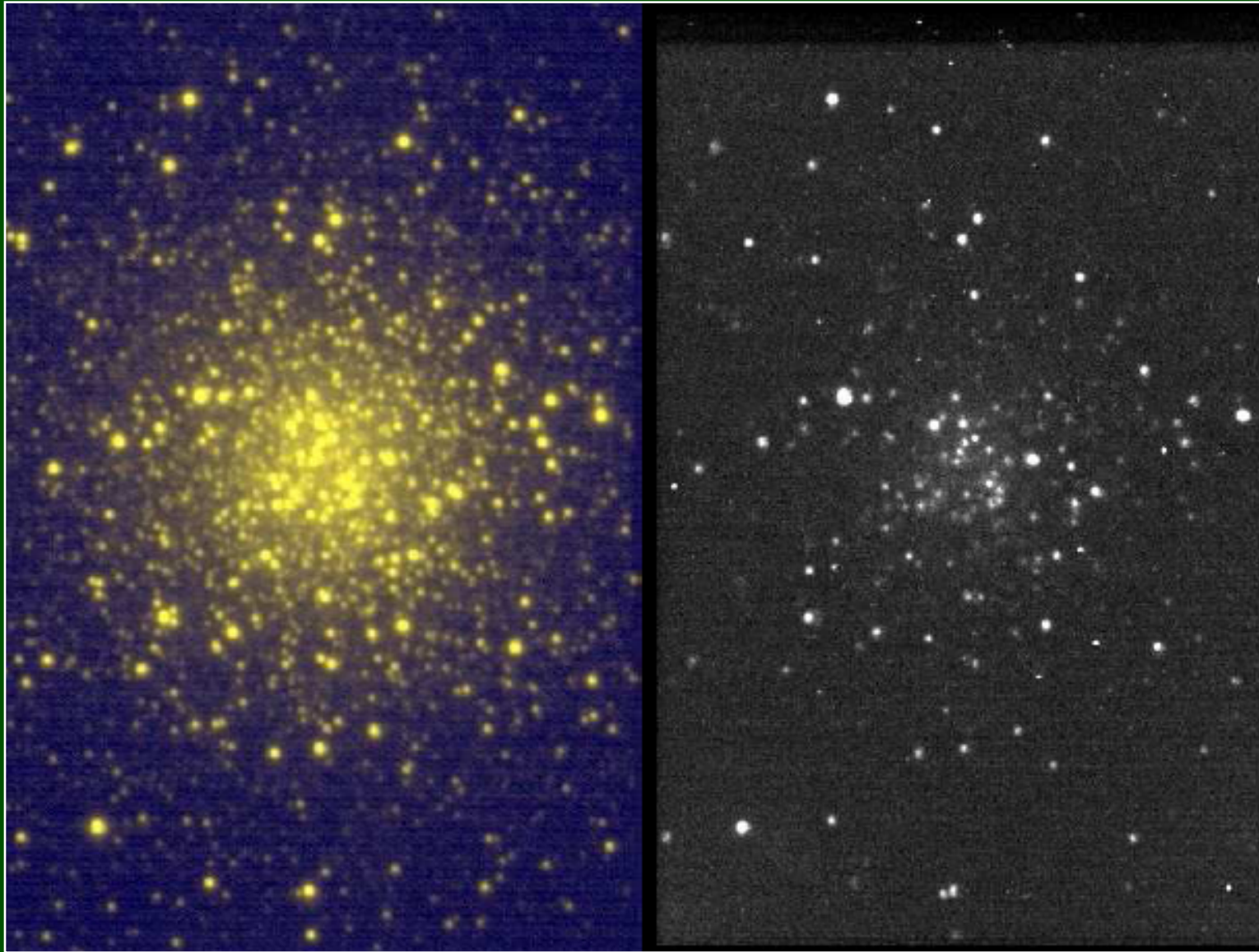
Przykłady zastosowań: zjawisko mikrosoczewkowania



Przykłady zastosowań: zjawisko mikrosoczewkowania



Przykłady zastosowań: gromada kulista M53

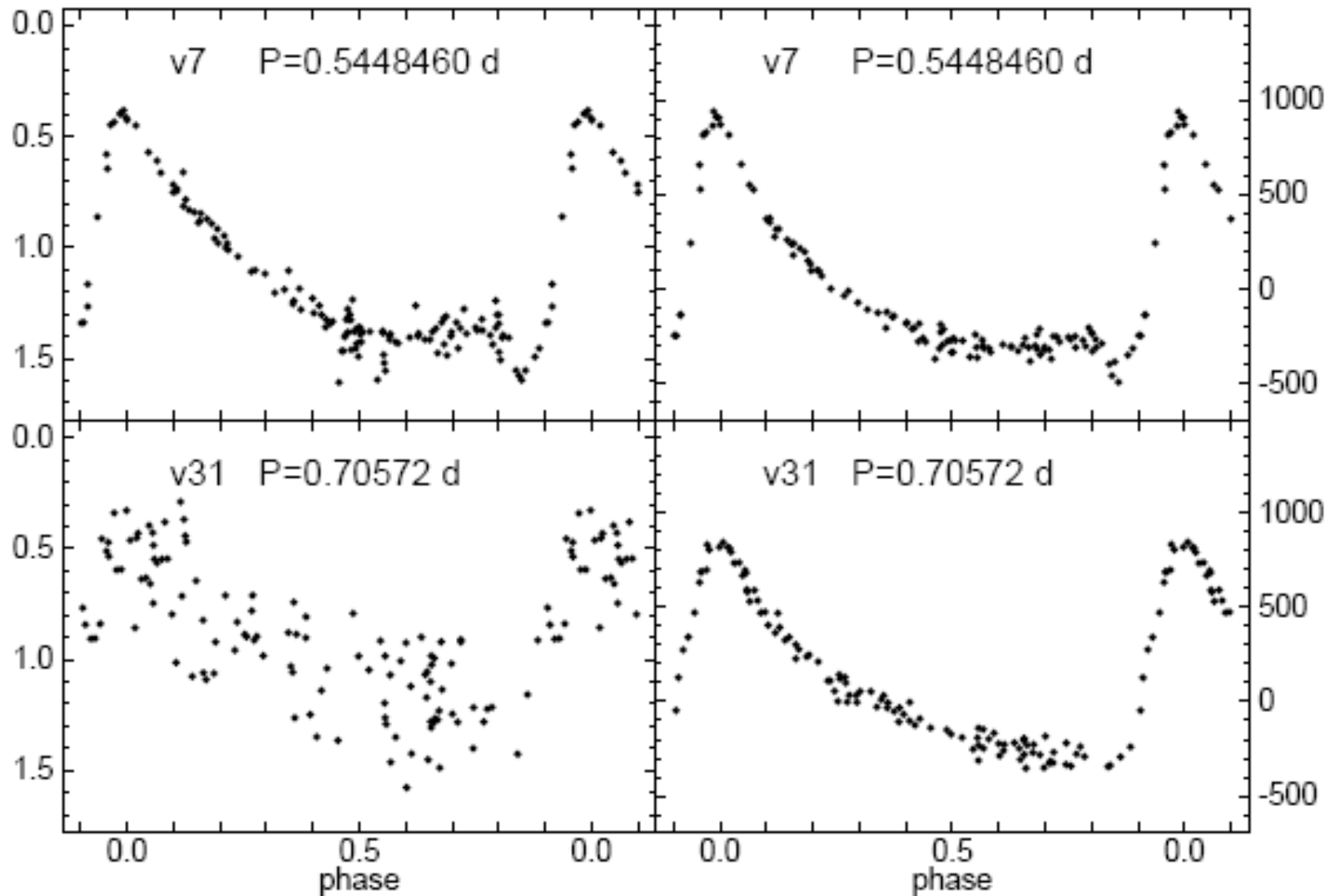


Przykłady zastosowań: gromada kulista M53

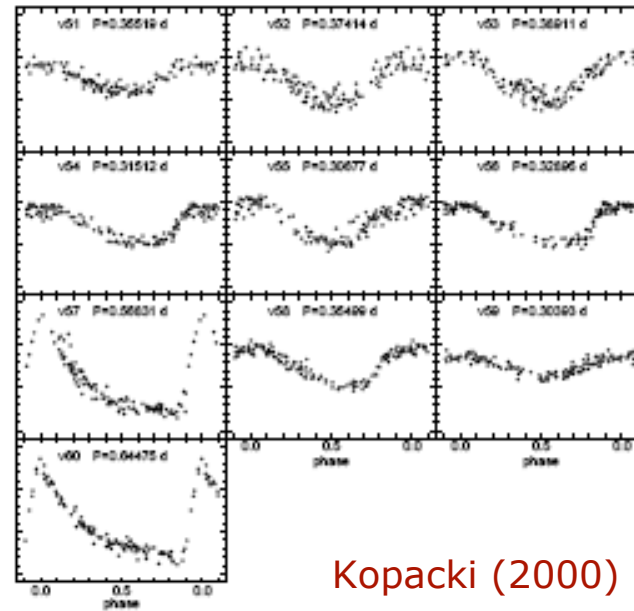
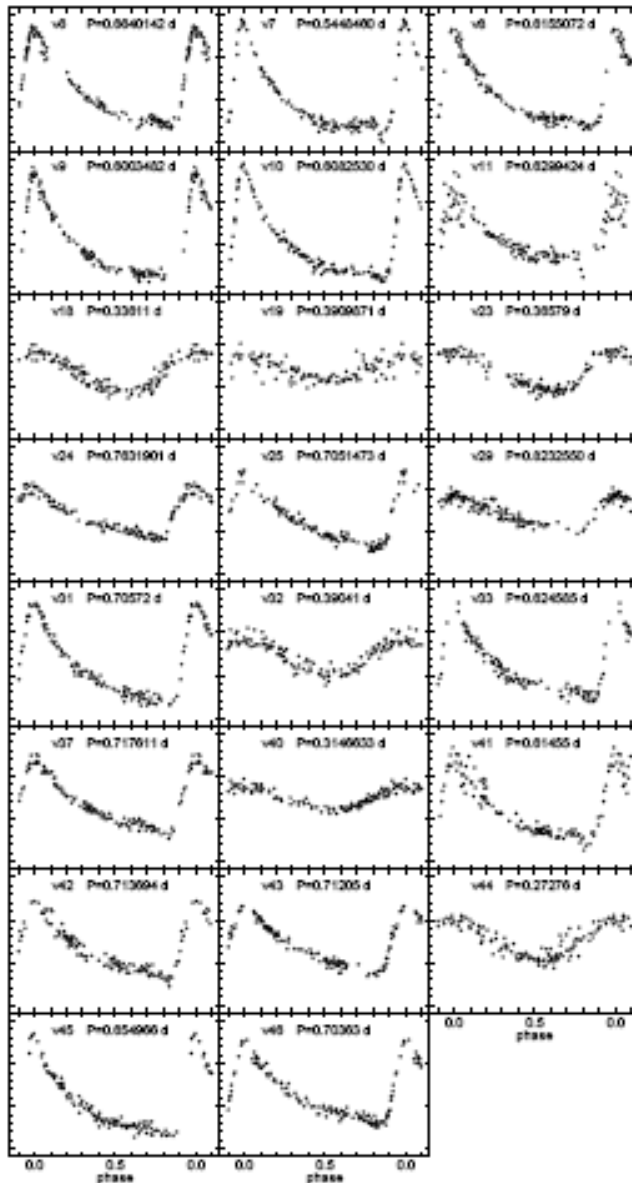
DAOPHOT

Kopacki (2000)

ISM



Przykłady zastosowań: gromada kulista M53



Kopacki (2000)

Fig. 3. V-filter light curves of ten RR Lyrae stars discovered by Kravtsov (1990). Ordinate is expressed in the same units as in Fig. 1.

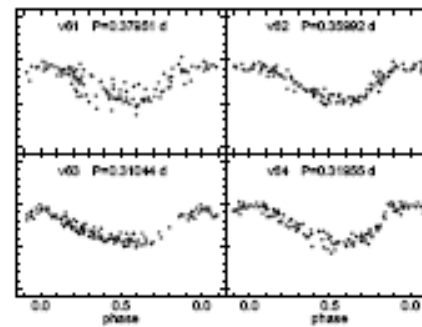
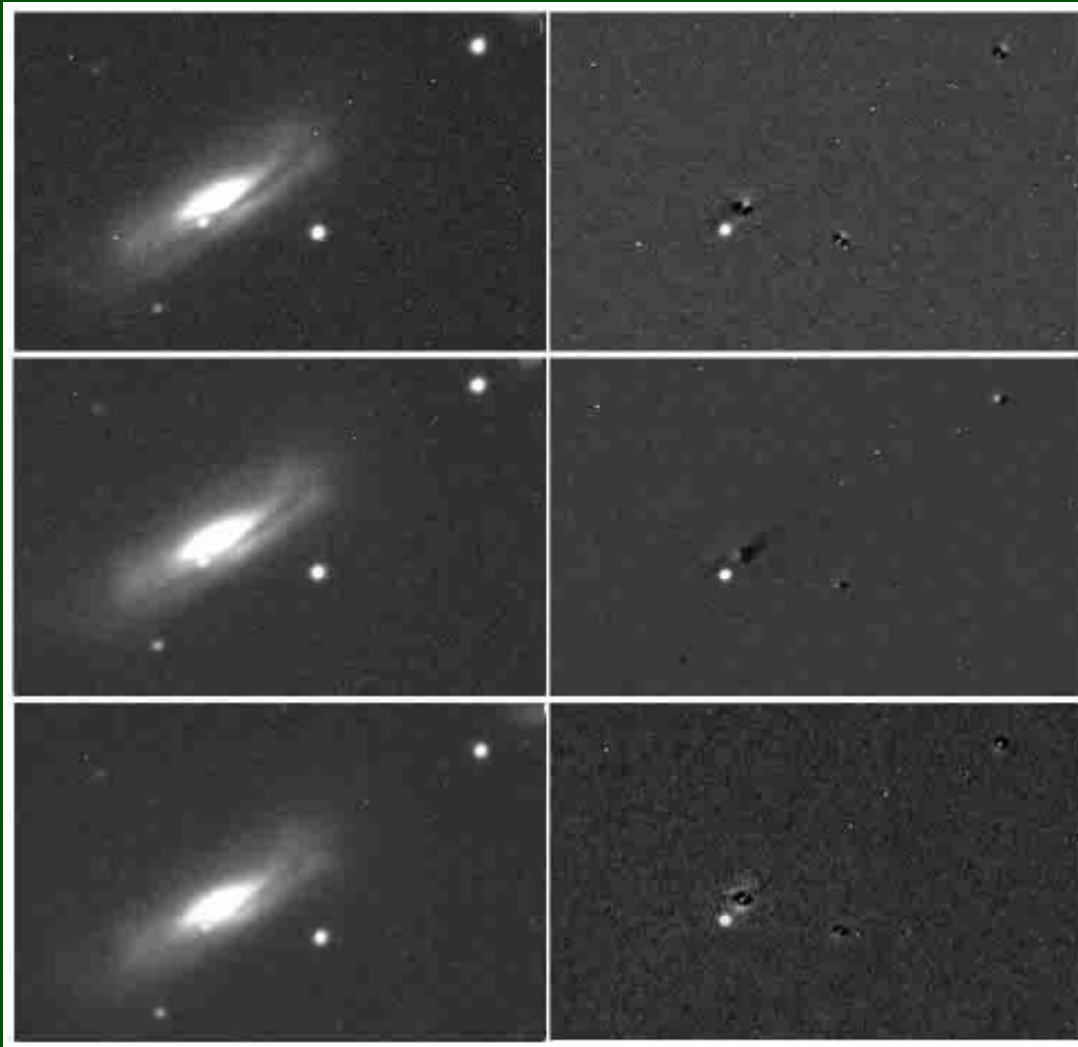


Fig. 4. V-filter light curves of four new RR Lyrae stars. Ordinate is expressed in the same units as in Fig. 1.

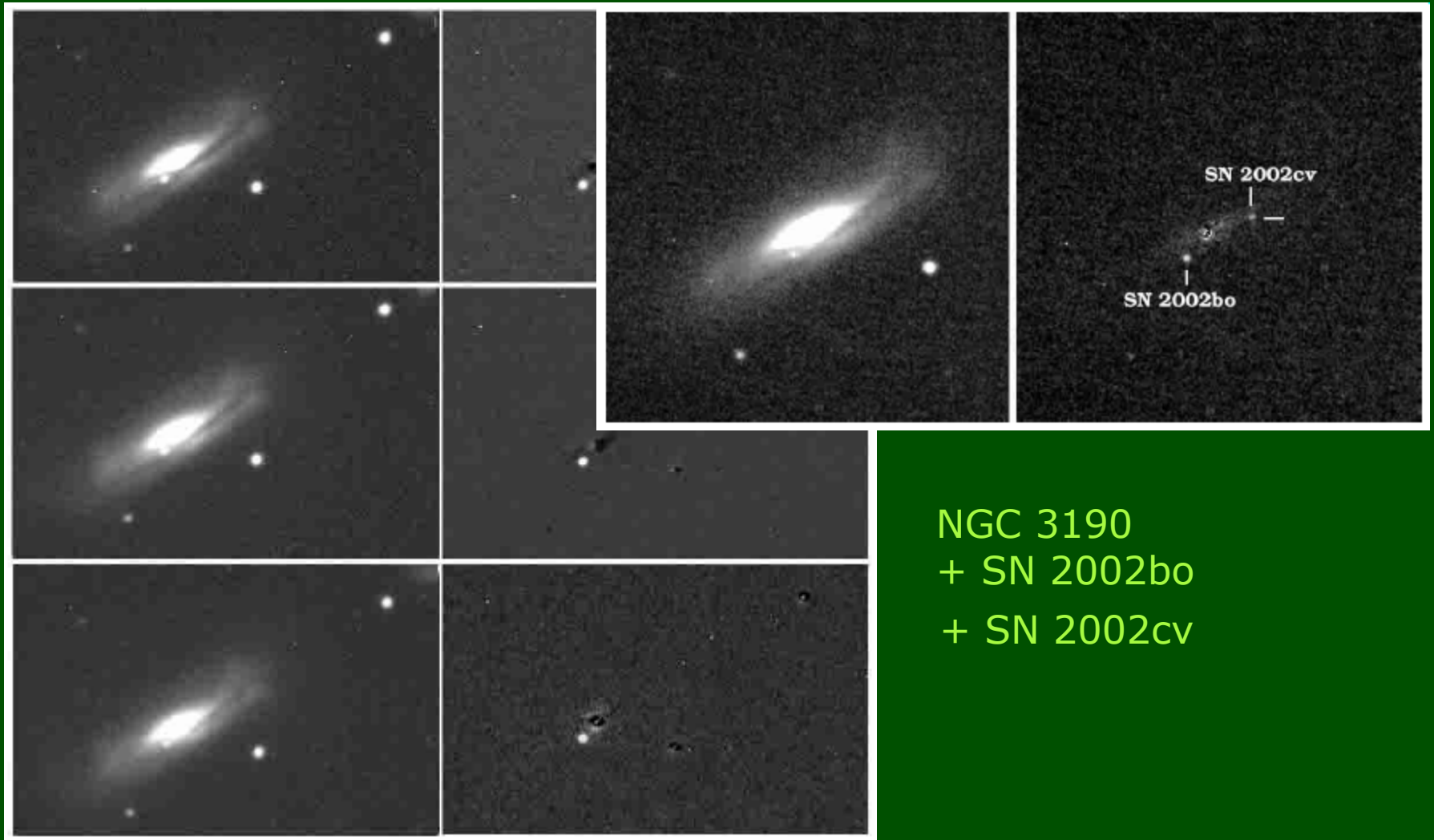
Przykłady zastosowań: odkrywanie supernowych



NGC 3190
+ SN 2002bo

Szabó i in. (2003)

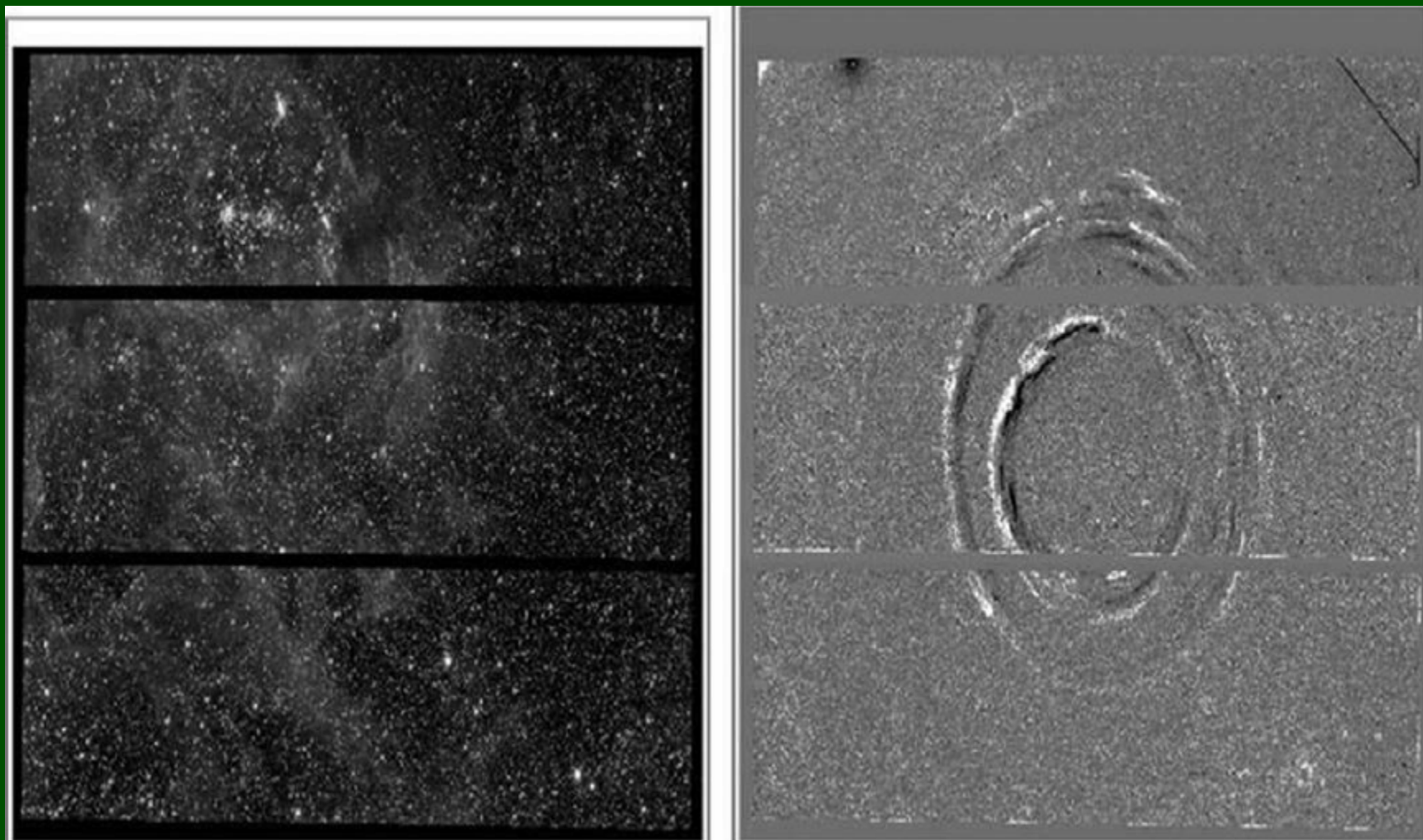
Przykłady zastosowań: odkrywanie supernowych



NGC 3190
+ SN 2002bo
+ SN 2002cv

Szabó i in. (2003)

Przykłady zastosowań: echo świetlne wokół SN1987A w WOM



Miller i in. (2008)