

# VERAによる年周視差法を用いたミラ型変光星R CncとSY Aqlの距離計測

## 1. Abstract

私達は天の川銀河のミラ型変光星に対する周期光度関係の確立を目標として、VLBI観測を進めている。今回、VERAを用いてミラ型変光星SY Aqlを観測し、その年周視差を計測した。解析を行った観測数は、R Cncが28観測、SY Aqlが15観測で、R Cncはその内の25観測で、SY Aqlは全ての観測でメーザースポットの位置を特定できた。それらの観測より、R Cncは年周視差 $\pi=3.81\pm 0.30$ [mas]、距離 $D=262.18^{+22.13}_{-18.93}$ 、SY Aqlは年周視差 $\pi=0.99\pm 0.15$ [mas]、距離 $D=1007.61^{+174.78}_{-129.76}$ [pc]が求められた。これらのR CncとSY Aqlの結果は、現在知られている周期光度関係との良い整合性を示すが、更なる位置計測の精度向上を図り、周期光度関係の確立に役立てたい。

## 2. Introduction

### 2.1 周期光度関係(Period-Luminosity Relation: PLR)

PLRとは、変光星の変光周期と絶対等級の間に成り立つ比例関係のことをいう。光学観測により変光周期と見かけの等級が求められると、PLRによってその変光周期から絶対等級が決まり、式1を用いてその星までの距離を求めることができる。つまり、PLRは宇宙の物差しとなる。しかし、現在利用されているPLRは大マゼラン雲や小マゼラン雲に存在する変光星の観測から求められたものであり(Figure.1)、マゼラン雲と天の川銀河との金属量の違いなどから、そのPLRをそのまま私達の天の川銀河の変光星に適用できる確証は無い。そこで私達はVERAと鹿児島大学1m赤外望遠鏡の観測により、精度の高い距離と、変光星の見かけの等級及び変光周期を求め、天の川銀河独自のPLRの確立を目指している。

光で観測 → 見かけの等級m、変光周期P  
VERAで観測 → 距離D

$$\text{絶対等級 } M = m - 5 \log(D/10) \dots \text{式1}$$

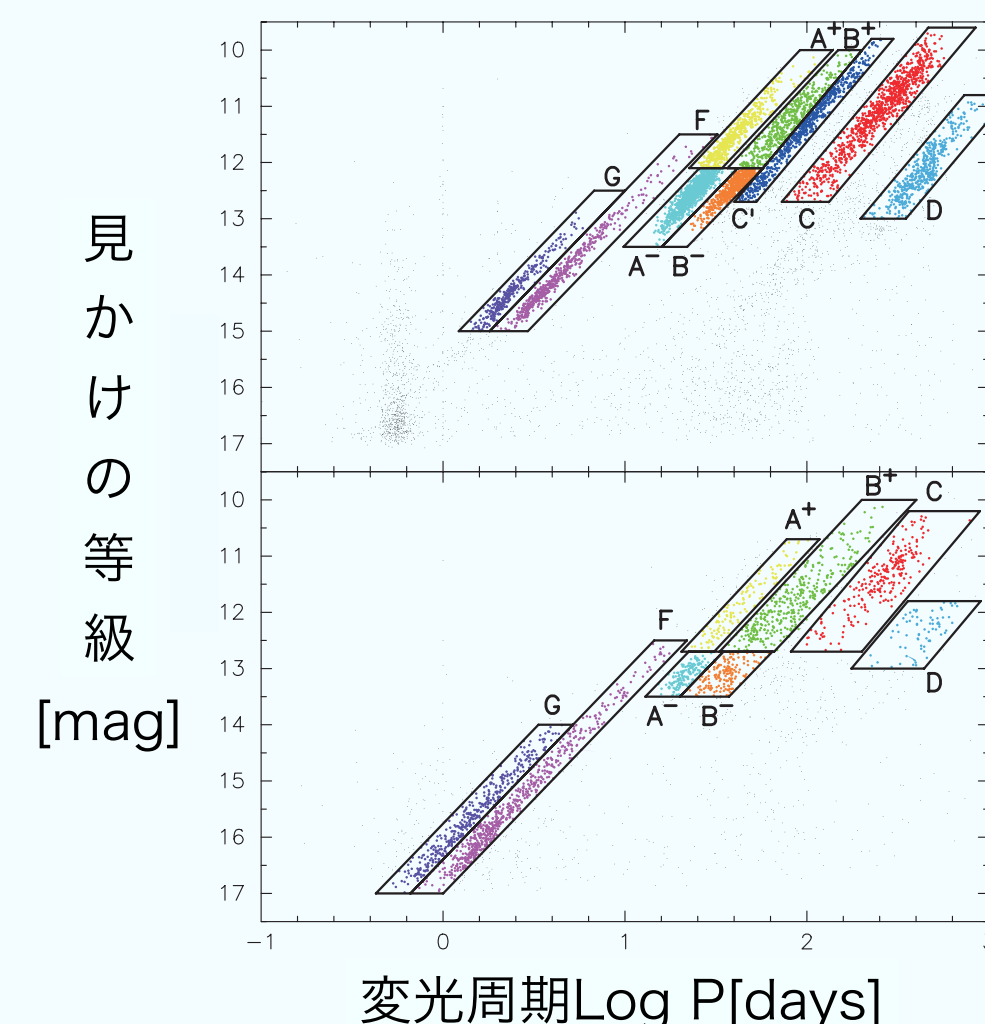


Figure.1 大マゼラン雲(上段)と小マゼラン雲(下段)のPLR  
ミラ型変光星はC,C'系列  
Ito et al.2004

### 2.2 R Cnc

R Cncはミラ型変光星の部類に属し、かに座の方向にある。近赤外線(Kバンド)での見かけの等級は-0.55等(Whitelock et al.2000)、変光周期は361.6日(General Catalog of Variable Stars: GCVS)である。

### 2.3 SY Aql

SY Aqlはミラ型変光星の部類に属し、わし座の方向にある。近赤外線(Kバンド)での見かけの等級は2.36等(2MASS)、変光周期は359.65日(General Catalog of Variable Stars: GCVS)である。

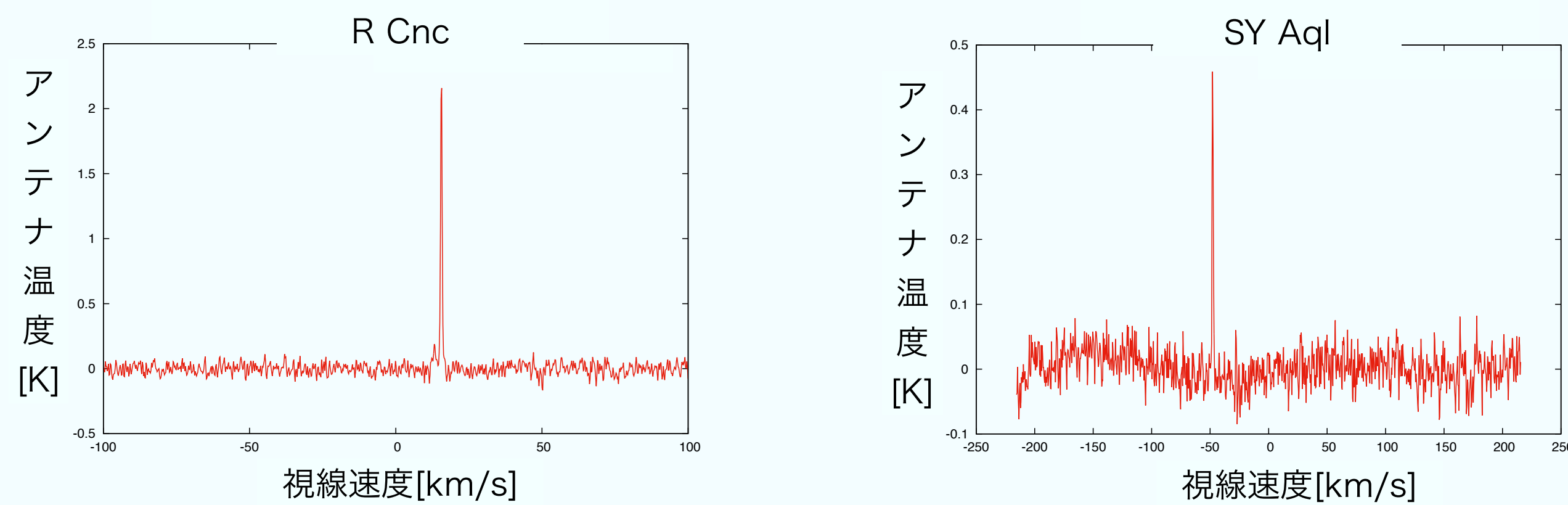


Figure.2 入来局単一鏡観測で得られたR CncとSY Aqlの水メーザースペクトル

## 3. Observation

### 3.1 R Cnc

- 望遠鏡: VERA4局
- 観測輝線: 水メーザー
- 観測周波数: 22GHz帯
- 観測天体: R Cnc  
座標 R.A.: 08h16m33.8284s  
Dec: +11°43'34.463"
- 参照電波源: J0815+0954  
座標 R.A.: 08h15m29.473086s  
Dec: +09°54'40.70109"
- 観測日: 2011/05/22~2014/11/08
- 観測データ数: 28観測

### 3.2 SY Aql

- 望遠鏡: VERA4局
- 観測輝線: 水メーザー
- 観測周波数: 22GHz帯
- 観測天体: SY Aql  
座標 R.A.: 20h07m5.4s  
Dec: +12°57'6.3"
- 参照電波源: J2009+13  
座標 R.A.: 20h09m27.2209  
Dec: +13°18'14.458"
- 観測日: 2012/05/26~2015/02/27
- 観測データ数: 15観測

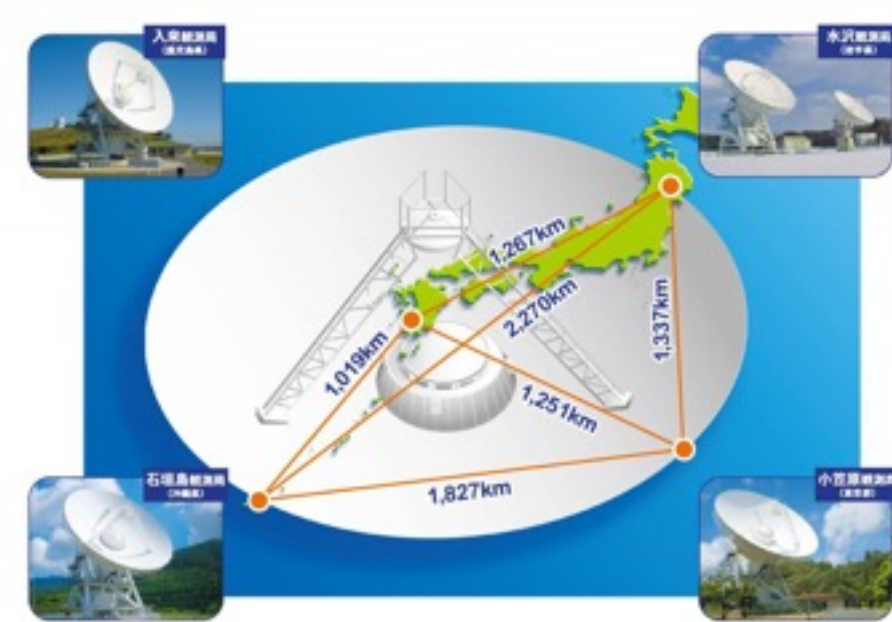


Figure.3 VERA4局

## 6. Discussion

### 6.1 フィッティング結果の考察

R CncのR.A.、Dec方向の動きを見ると、前半の数観測がフィッティングから外れている。これはメーザーの位相補償マップの質が悪い観測であり、スポットの同定ミスによるものだと考えられる。一方、SY Aqlは全観測でメーザーの位相補償マップの質がとても良く、メーザーの形も点状なものが多い。しかし、年周視差の誤差は14%であり、Dec方向の動きを見ても最後の観測がフィッティングから大きく外れている。これは長期間にわたる観測により、スポットが入れ替わっている可能性が考えられる。

### 6.2 ヒッパルコスの結果との比較

#### 6.2.1 R Cnc

ヒッパルコスによって求められた値  
年周視差  $\pi=1.58\pm 1.43$ [mas]  
距離  $D=633^{+6034}_{-301}$  [pc]  
 $\mu_\alpha=4.31\pm 1.57$ [mas/yr]  
 $\mu_\delta=-12.58\pm 0.75$ [mas/yr]  
→  $\mu_{HIP}=13.30$ [mas/yr]



Figure.4 ヒッパルコス衛星

今回得られたR Cncの固有運動とヒッパルコスの固有運動を比較してみると、Dec方向はおよそ一致するが、R.A方向はヒッパルコスの誤差内にも収まらない。 $\mu_{VERA}$ と $\mu_{HIP}$ の差 $\Delta\mu=1.65$ [mas/yr]を速度に変換すると、およそ $\Delta V=2.5$ [km/s]となる。これは星周に分布するメーザーが持つ内部運動による影響だと考えられる。

#### 6.2.2 SY Aql

SY Aqlはヒッパルコスでは観測されておらず、今回得られた結果は興味深いものだと考えている。

### 6.3 PLRにおけるR CncとSY Aqlの位置

これまでの結果を踏まえ、現在求められている天の川銀河のPLRにR CncとSY AqlをプロットしてみるとFigure.11ようになる。絶対等級のエラーバーは年周視差の精度向上により小さくなる。今後はフィッティングから外れている観測についてデータリダクションの際のパラメーターセッティングやメーザースポットの同定が正しく行われているかなどを確認する必要がある。また、現在追いかけている視線速度とは異なる速度を用いて年周視差を測ることを試みたい。

## 4. DATA Reduction

解析ソフト: AIPS(Astronomical Image Processing System)

・2ビーム同時観測により得られたクエーサーの解析データをメーザーに適用することにより、大気による位相揺らぎを取り除いたメーザーのマップを描くことができる。今回はR Cncは視線速度15.48km/s、SY Aqlは-48.13km/sの成分を統一して解析を行った。

## 5. Results

- ・今回はR.A.のデータのみを用いてフィッティングした。
- ・R Cncは全28観測中25観測でメーザースポットのポジションの特定に成功した。しかし、その中にはフィッティングから大きく外れる期間やスポットが変わる期間があったため、15観測分の結果を用いてフィッティングした。
- ・SY Aqlは15観測全てでメーザースポットのポジションの特定に成功し、それら全てを用いてフィッティングした。

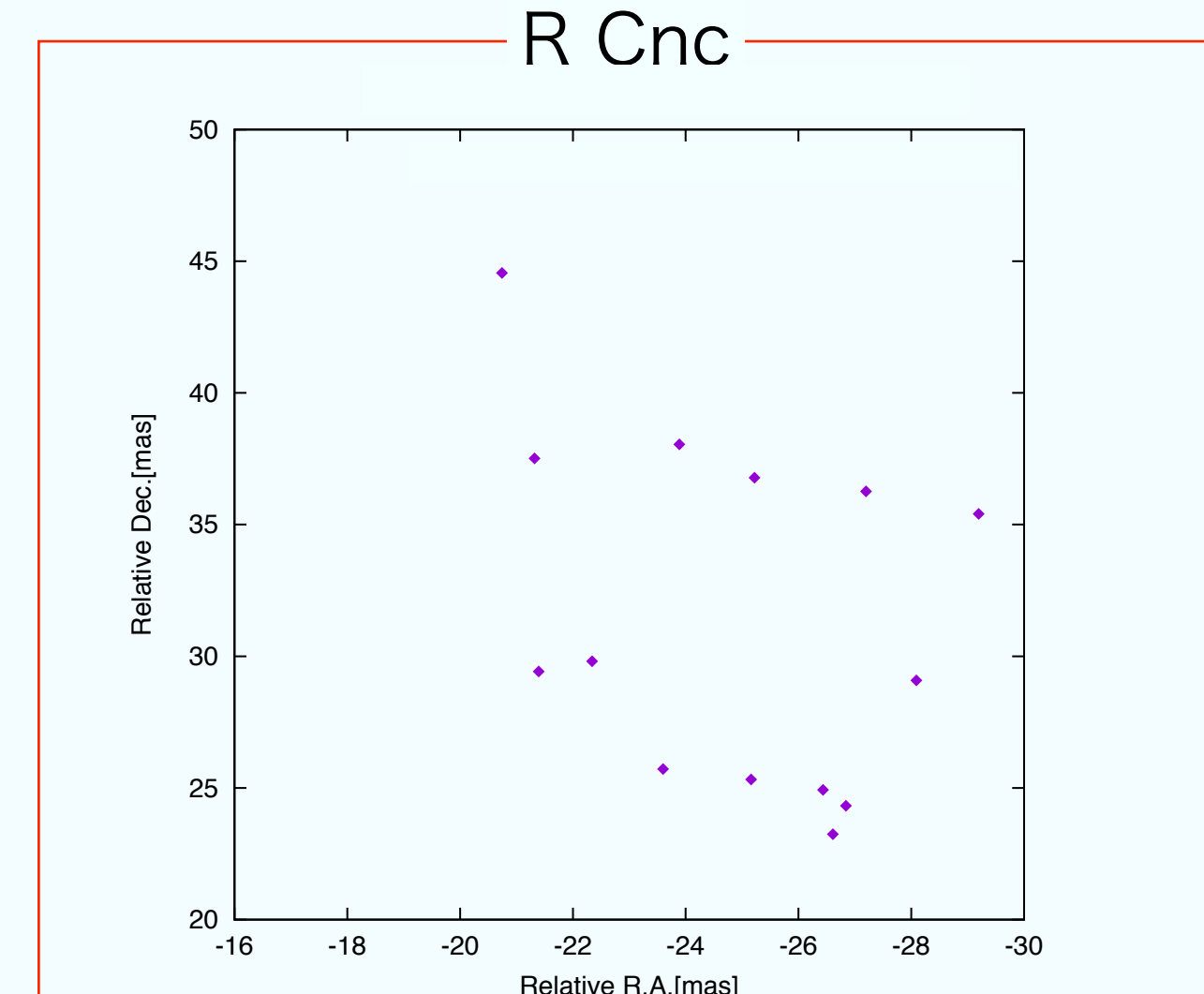


Figure.5 天球面上の動き

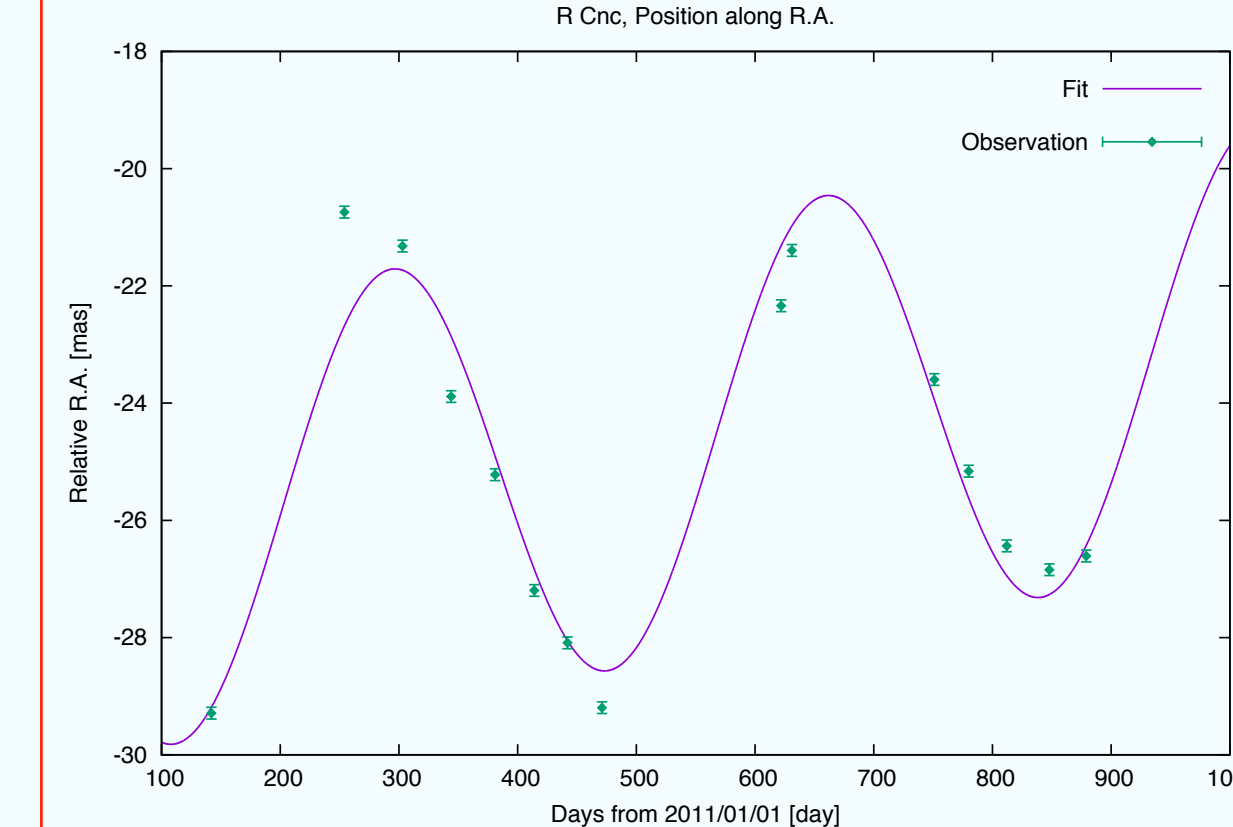


Figure.6 R.A方向の動き

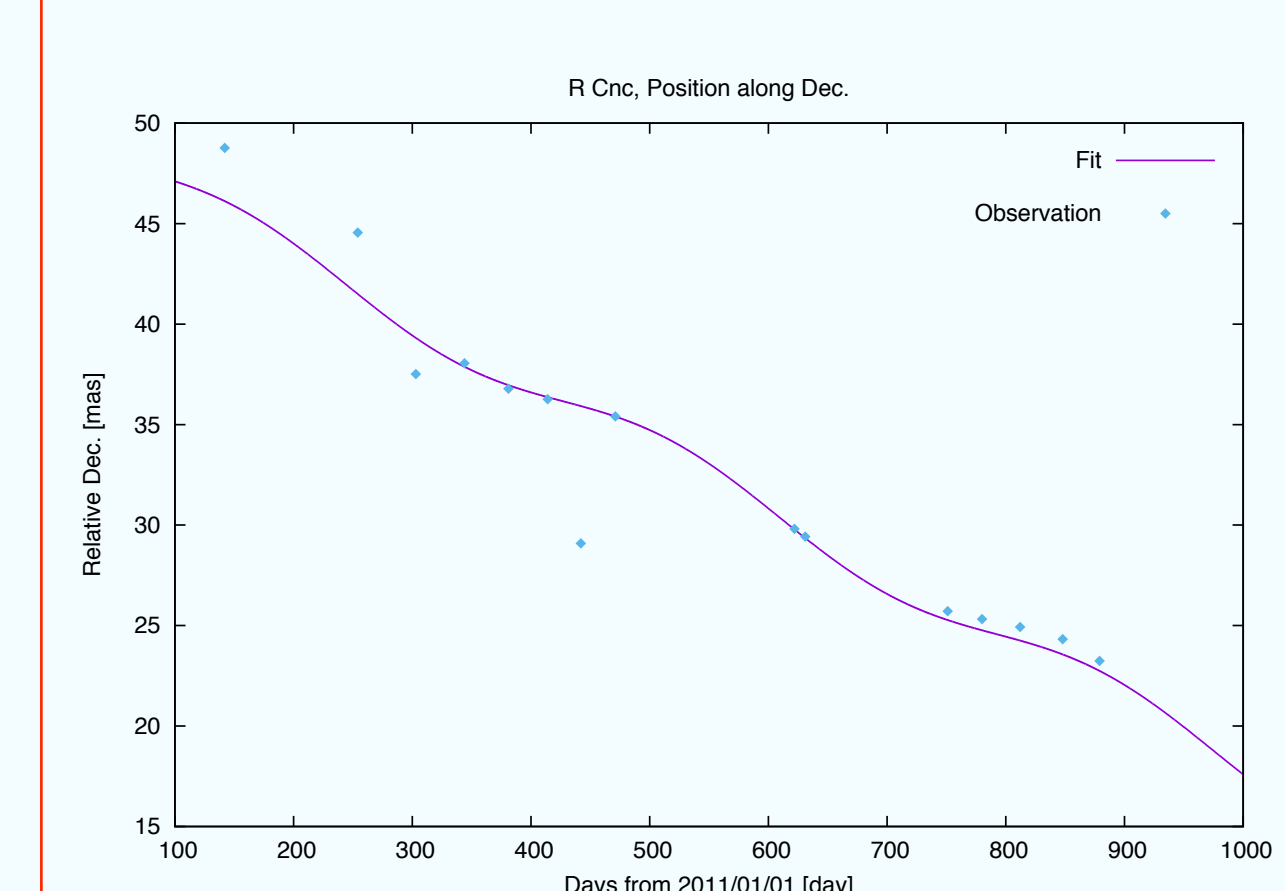


Figure.7 Dec方向の動き

・R.A方向の年周視差 $\pi$ と距離D

$$\pi=3.81\pm 0.30$$
[mas]

$$D=262.18^{+22.13}_{-18.93}$$
 [pc]

・固有運動 $\mu$

$$\mu_\alpha=1.25\pm 0.35$$
[mas/yr]

$$\mu_\delta=-11.58\pm 0.94$$
[mas/yr]

$$\rightarrow \mu=11.65$$
[mas/yr]

・観測者に対する三次元速度V

$$V=22.38$$
[km/s]

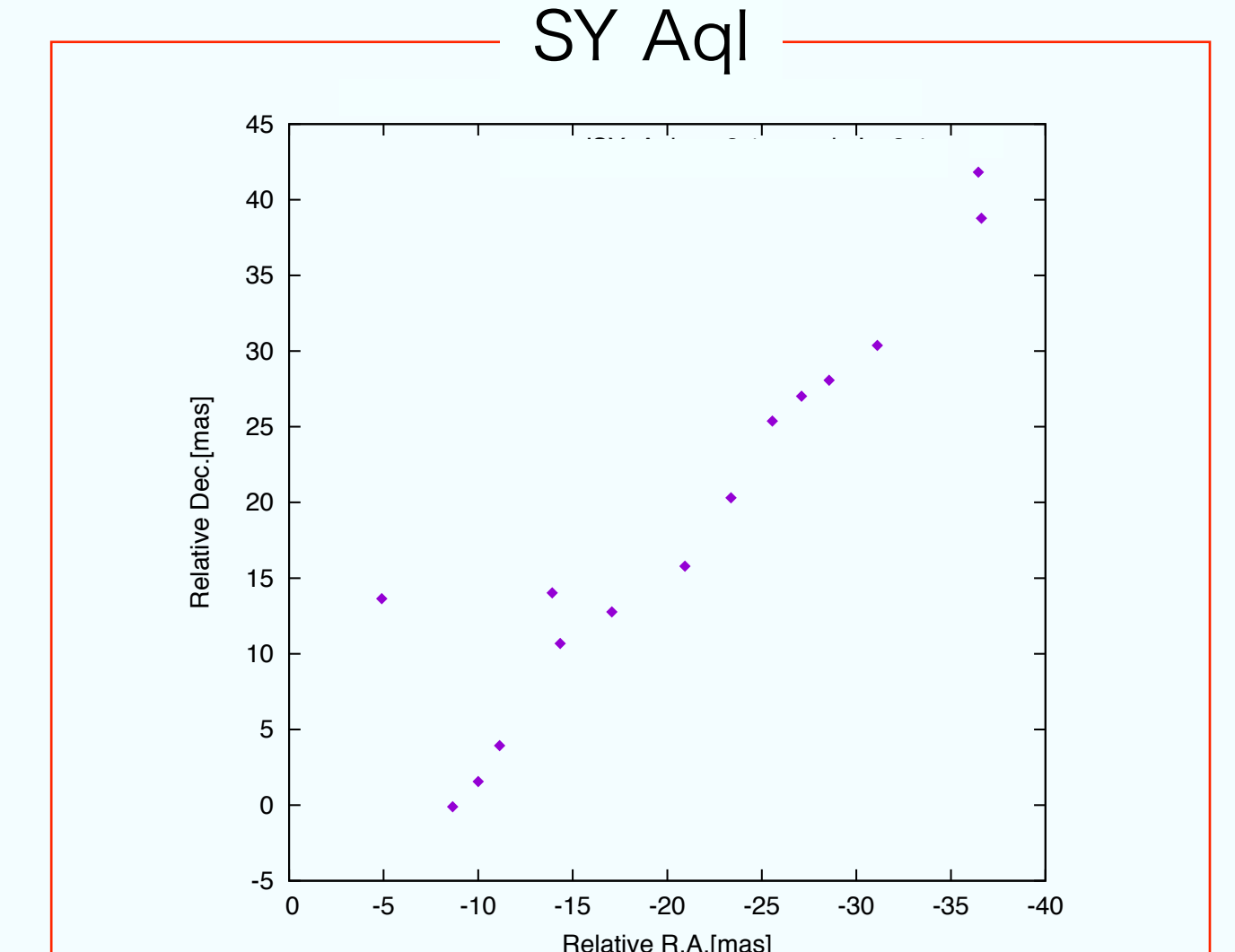


Figure.8 天球面上の動き

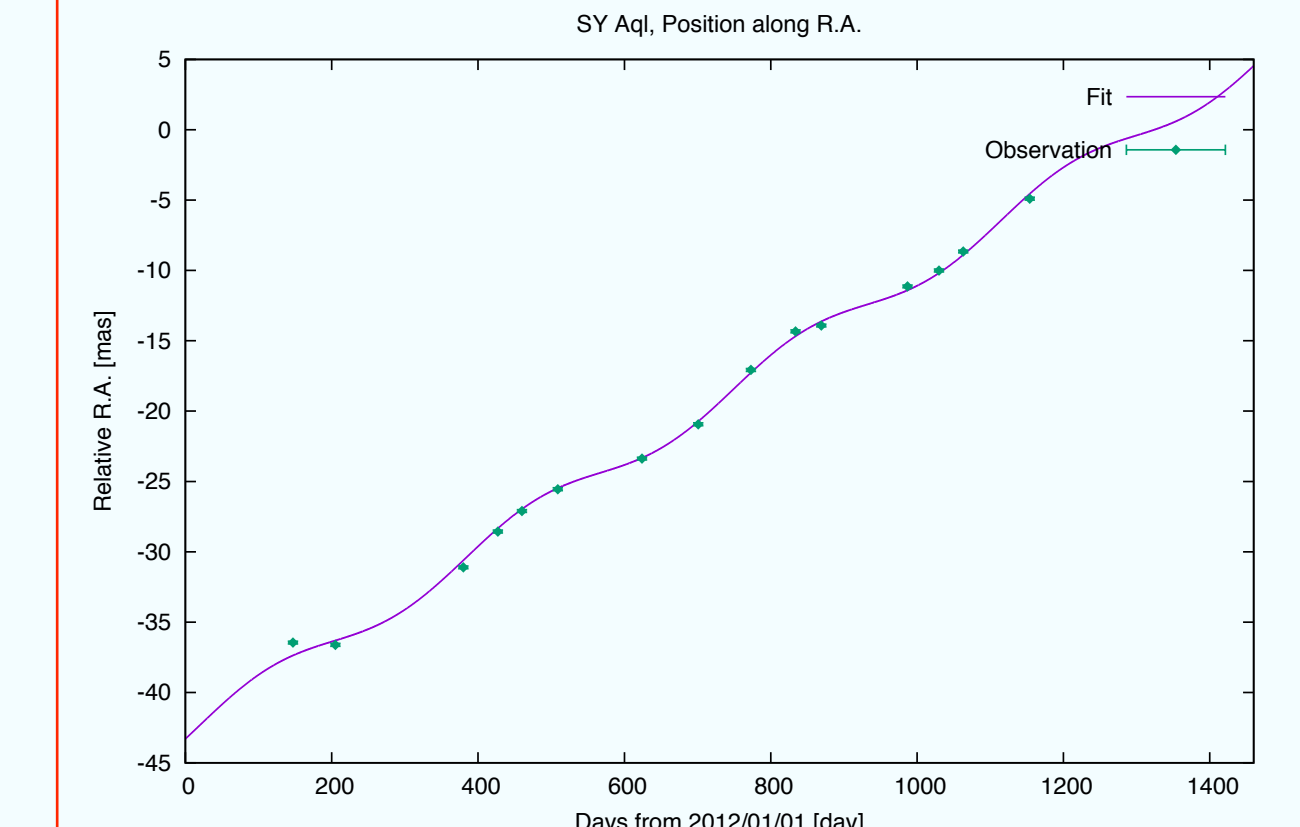


Figure.9 R.A方向の動き

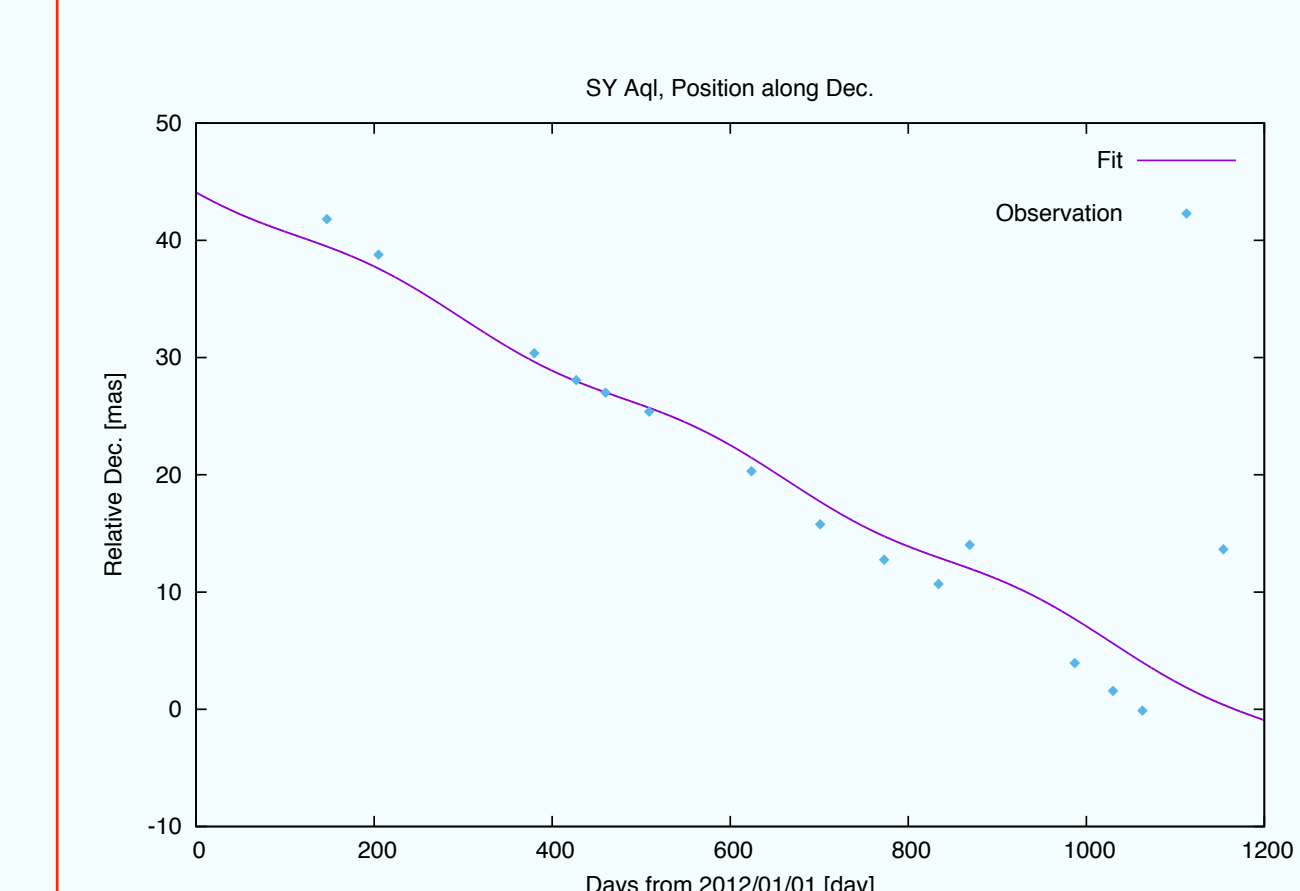


Figure.10 Dec方向の動き

・R.A方向の年周視差 $\pi$ と距離D

$$\pi=0.99\pm 0.15$$
[mas]

$$D=1007.61^{+174.78}_{-129.76}$$
 [pc]

・固有運動 $\mu$

$$\mu_\alpha=11.96\pm 0.13$$
[mas/yr]

$$\mu_\delta=-13.84\pm 1.35$$
[mas/yr]

$$\rightarrow \mu=18.30$$
[mas/yr]

・観測者に対する三次元速度V

$$V=97.65$$
[km/s]

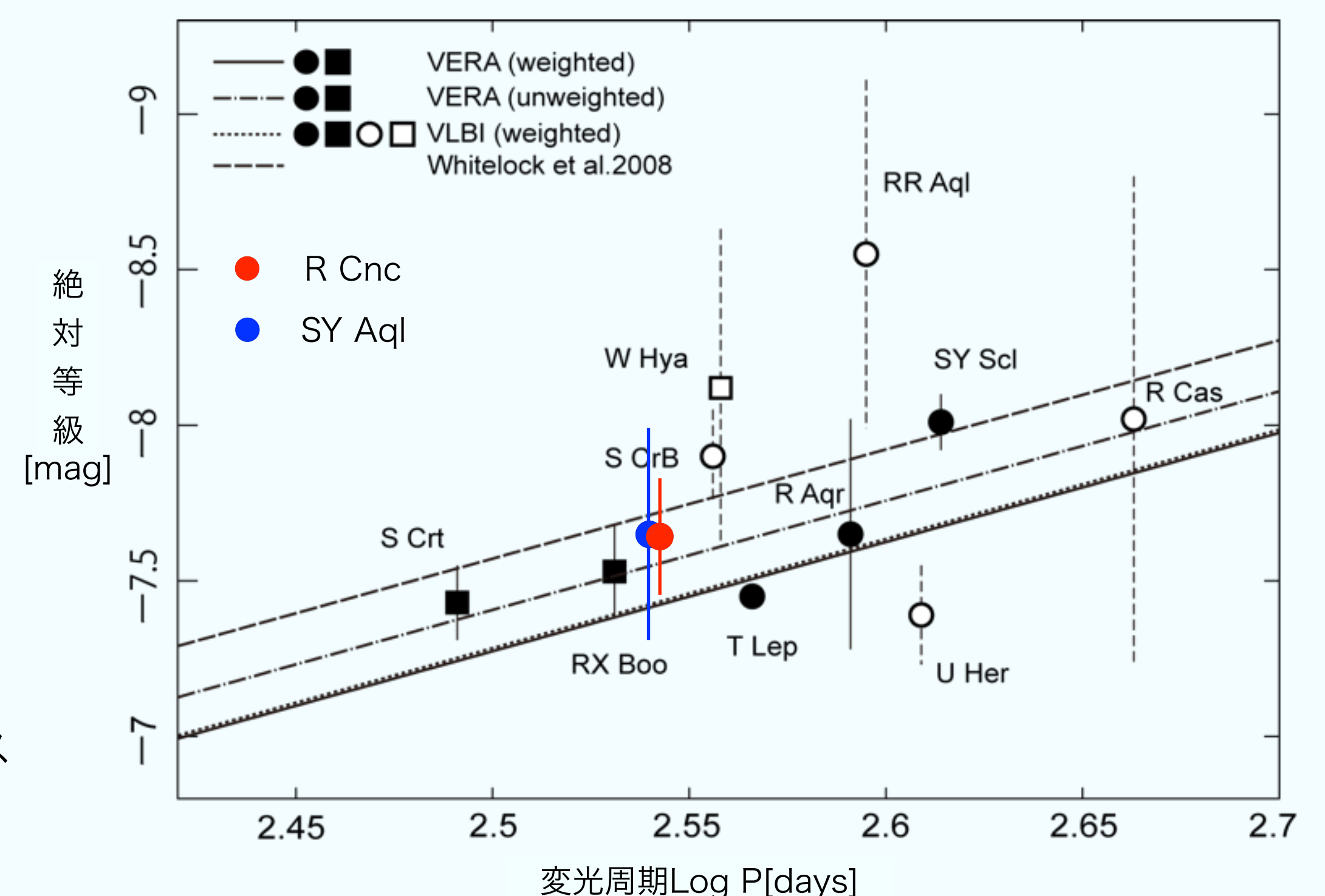


Figure.11 天の川銀河のPLR  
Nakagawa et al.2014

## 7. References

- Ito Y., Tanabe T., Matsunaga N., 2004, MNRAS, 353, 705
- Whitelock P., Marang F., Feast M., 2000, MNRAS, 319, 728
- Nakagawa A., Omodaka T., Handa T., et al., 2014, PASJ, 66, 101