

# 日立32m電波望遠鏡による6.7GHzメタノールメーザー円偏波率の時間変動に関する研究

## ～ 取得済み観測データの受信電波強度較正法について ～

平原慶裕、米倉覚則、百瀬宗武、齋藤悠（茨城大学）

### 研究背景・目的

茨城大学では日立32m電波望遠鏡を用いて、6.7GHzメタノールメーザーの放射強度モニター観測を行っている。2017年11月21日から左右両円偏波強度の同時観測を開始した。これによりメーザーの円偏波率の時間変動をモニターできる予定であった。ところが、現在までに取得したデータから、異なる天体に付随するメーザー同士で円偏波強度比が同期して時間変動することが判明した(図1)。この原因として、受信電波強度の較正が必ずしも正しく行われなかった可能性が考えられる。

そこで、本講演ではひとまず、**取得済み観測データの受信電波強度のさらなる較正を行う**ことを目的とする。

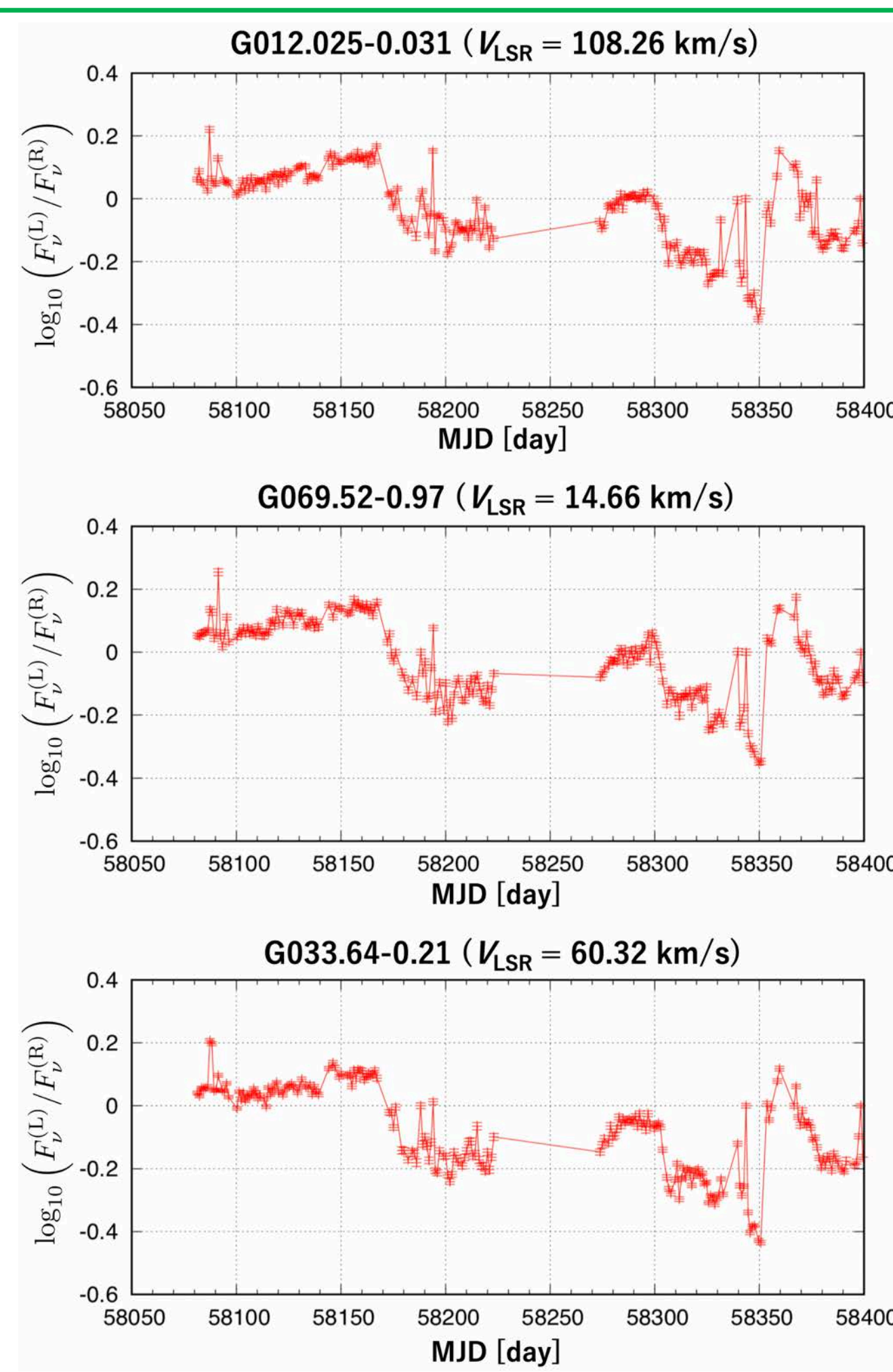


図1 同期して変動する円偏波強度比

### 結果

#### 方法1

図1で取り上げた3つの速度成分に対する補正結果を図3に示した。この図は補正前(青線)と補正後(赤線)のLHCPフラックス密度(上段)、RHCPフラックス密度(中段)、円偏波強度比(下段)の時系列プロットである。

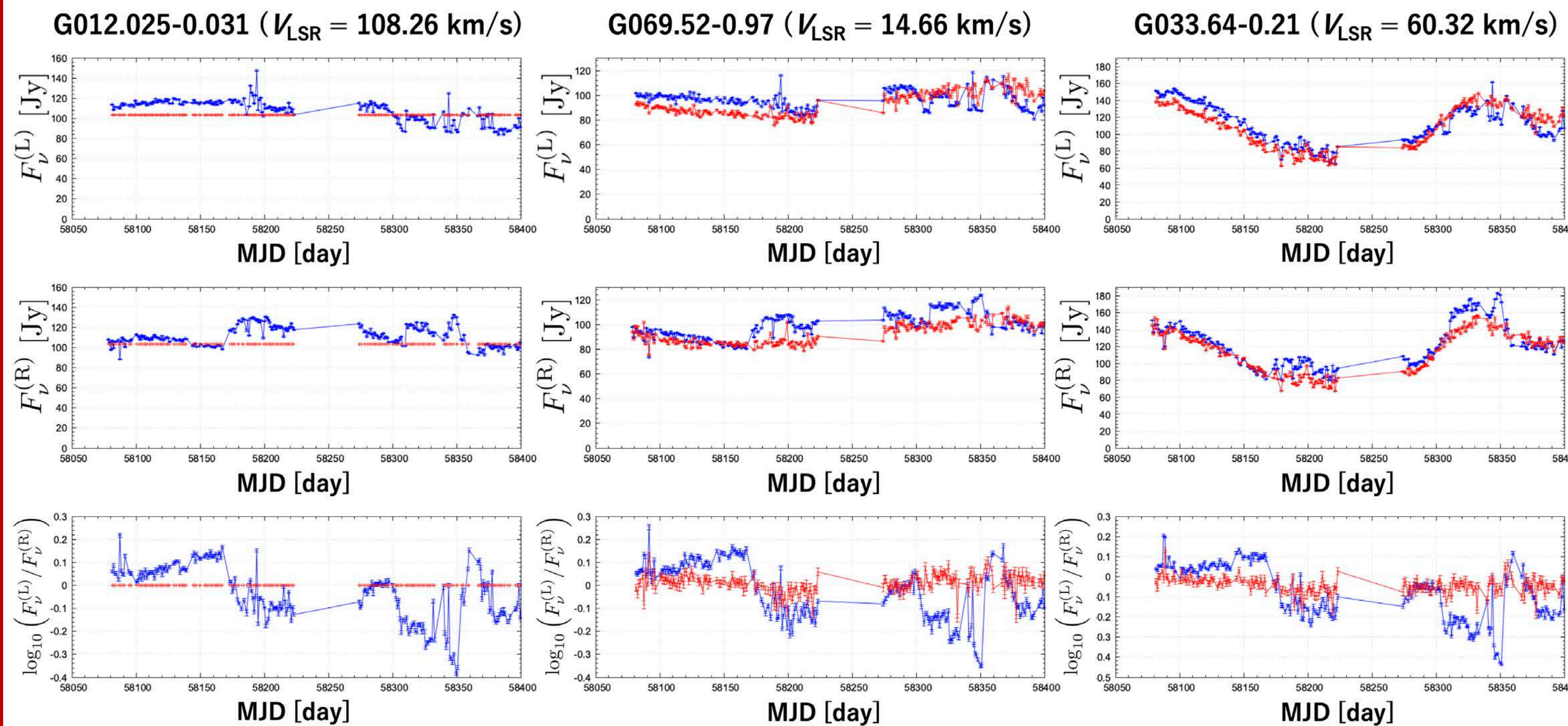


図3 補正前後のフラックス密度(LHCP, RHCP)と円偏波強度比の時系列プロット。青線が補正前、赤線が補正後のプロットである。

#### 方法2

高周波(少なくとも2日に1回)で観測されており、LHCPとRHCPフラックス密度が常に10Jy以上で、固有の強度変動が小さいと思われる速度成分6成分を用いて①～③を行った。その際、補正係数は(0.70, 0.75, ..., 1.25, 1.30)の13種類とした。そして、求めた補正係数を用いて図3と同様のグラフを作成した(図4)。

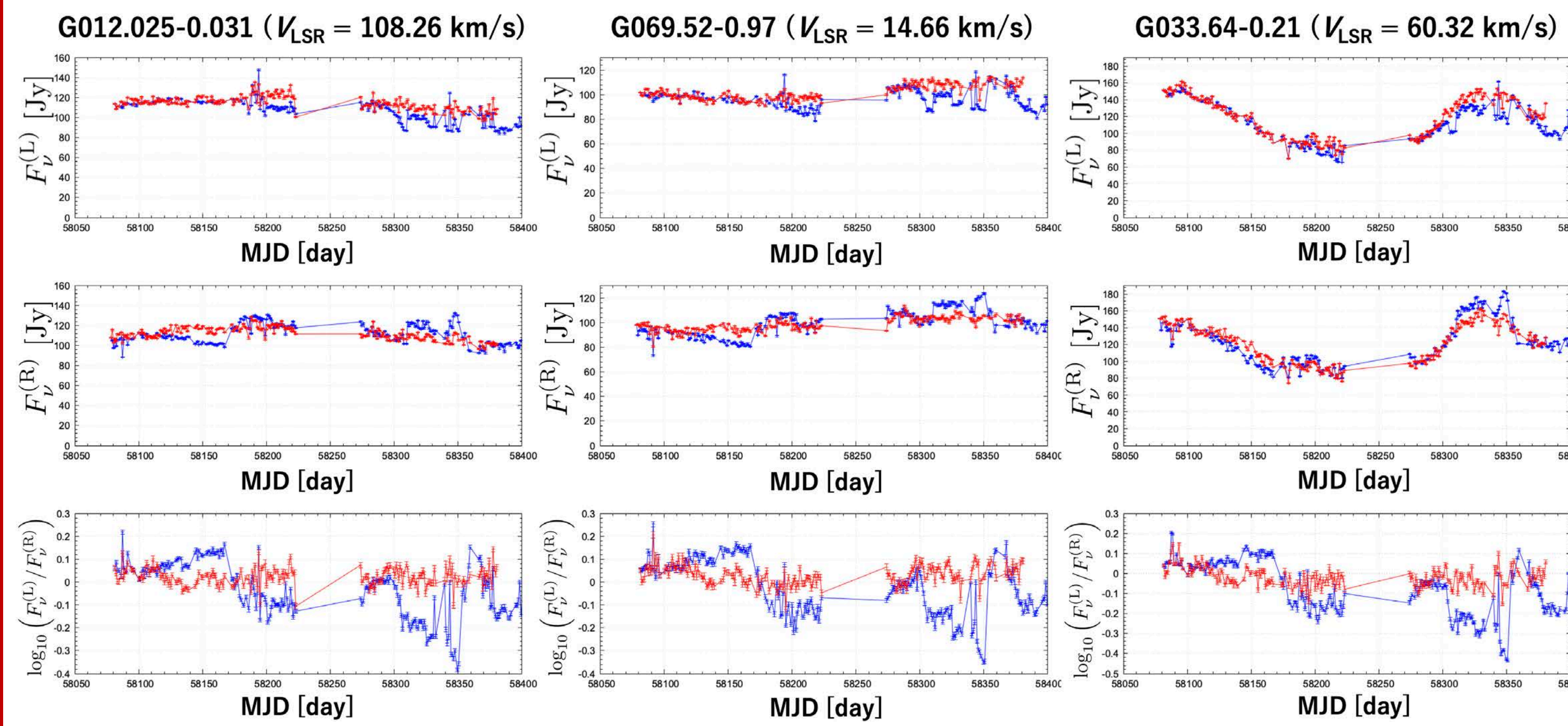


図4 補正前後のフラックス密度(LHCP, RHCP)と円偏波強度比の時系列プロット。青線が補正前、赤線が補正後のプロットである。

### 観測諸元

日立32m電波望遠鏡	
観測偏波	右円偏波 (RHCP) 左円偏波 (LHCP)
観測周波数	6.664 ~ 6.672 GHz
分光点数	8192点 (速度分解能 0.044 km/s)
ビームサイズ	4.6 arcmin

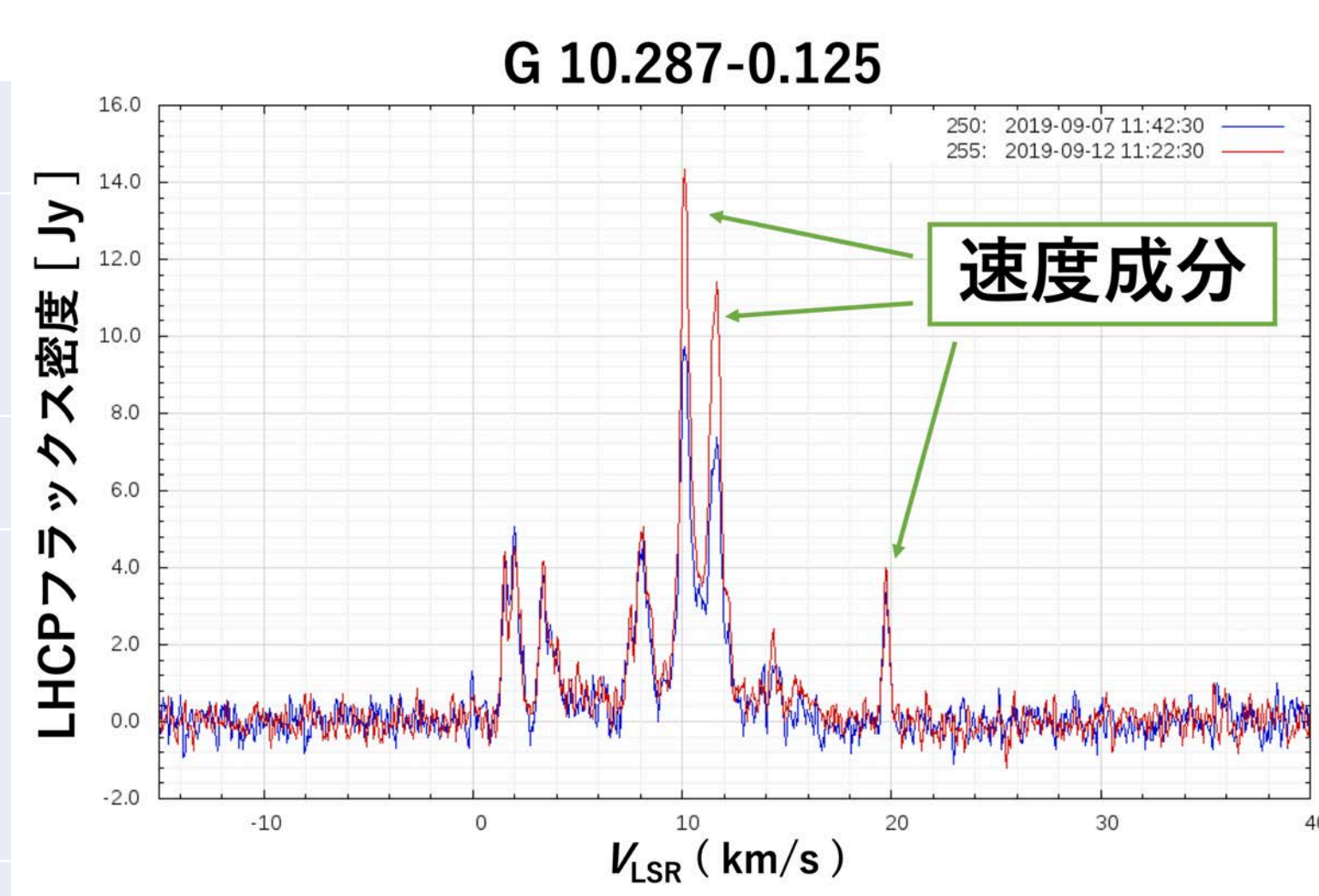


図2 モニター観測で得られたスペクトルの例

#### モニター観測概要

観測対象	6.7 GHzメタノールメーザー
ポインティングの総数	432点 (471天体)
両円偏波同時観測期間	2017/11/21 (MJD = 58078) ~ (観測中断: 2018/04/16 ~ 06/04)
観測頻度	全ポインティングのうち、159点を少なくとも5日に1回は観測。それ以外は少なくとも50日に1回は観測。
平均的なノイズのRMS	0.3 Jy 程度
アンテナ温度の導出法	Chopper - Wheel 法

### 解析方法

以下の2手法で、取得済み観測データの受信電波強度の較正を試みた。

#### 方法1

毎日観測されており、固有の強度変動が小さいと思われるG012.025-0.031の108.26 km/s成分をキャリブレーションとする。**キャリブレーションはLHCP, RHCPの強度が一定で円偏波していないと仮定する。**各観測日の速度成分のフラックス密度を以下の式で補正する。

LHCPの補正式

$$F_v^{(L)'}(i) = \frac{F_v^{(L)}(i)}{\left(\frac{F_{v0}^{(L)}(i)}{M}\right)}$$

RHCPの補正式

$$F_v^{(R)'}(i) = \frac{F_v^{(R)}(i)}{\left(\frac{F_{v0}^{(R)}(i)}{M}\right)}$$

$F_v^{(L)}(i), F_v^{(R)}(i)$ : 観測日*i*の任意のメーザー速度成分のLHCP, RHCPフラックス密度

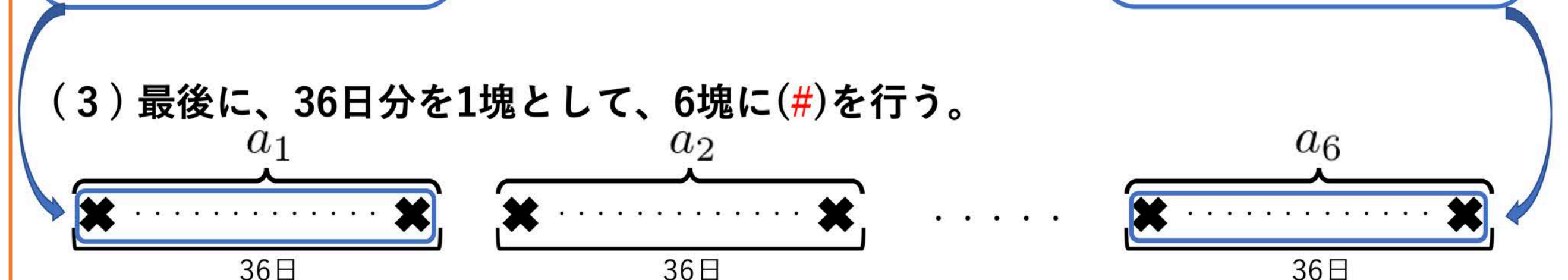
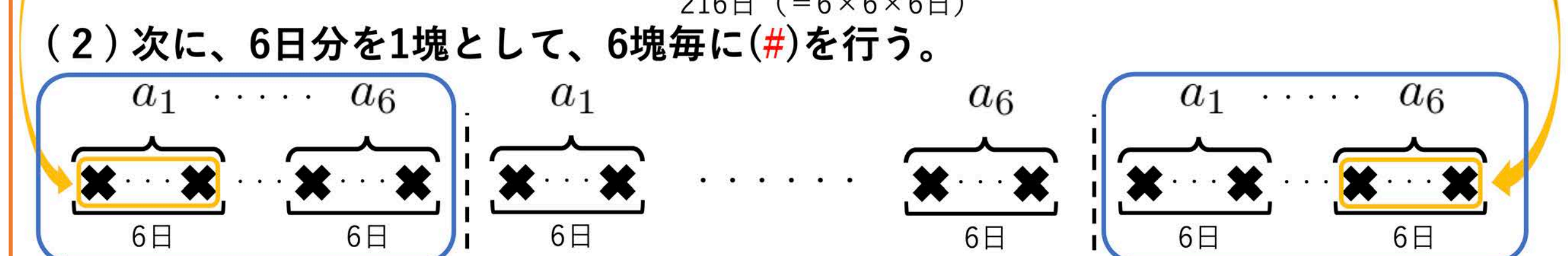
$F_{v0}^{(L)}(i), F_{v0}^{(R)}(i)$ : 観測日*i*のキャリブレーションのLHCP, RHCPフラックス密度

$M$ : キャリブレーションの平均LHCPフラックス密度 (RHCP観測開始日から最新の観測日まで)

#### 方法2

各天体の速度成分ごとに平均強度で規格化した強度を求め、全天体の速度成分全観測日に渡って求めた規格化強度の標準偏差が最小になるように、各観測日の強度を較正する(＃)。ただ、全観測日(500日程度)を補正するのは計算時間がかかりすぎるため、以下の図のようにする。

$a_1 \dots a_6$ : 各観測日の補正係数 ✖: 各観測日のLHCP or RHCPフラックス密度データ  
(1) 216日分の観測データを用意。6日間毎に(＃)を行う。



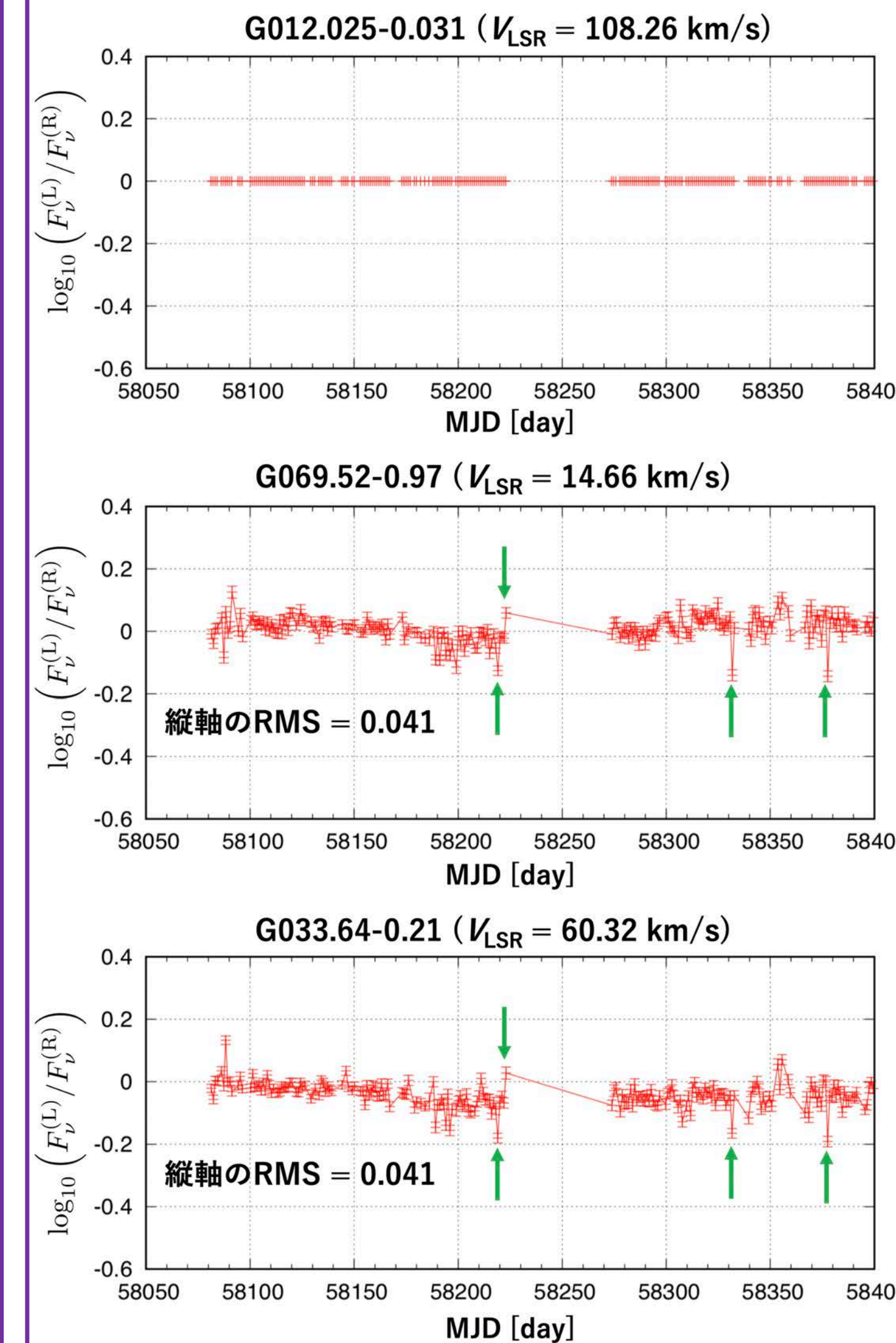
### 議論

補正後のデータを用いて図1と同様のグラフを作成した。左側が方法1による補正後のプロット、右側が方法2による補正後のプロットである。これらのプロット中には、3成分ともに(方法1の場合は2成分ともに)同じ観測日に円偏波強度比が大きく変動するデータ点が見られる(緑矢印)。これらのデータ点は強度の較正がうまくいっていないと考えられる。

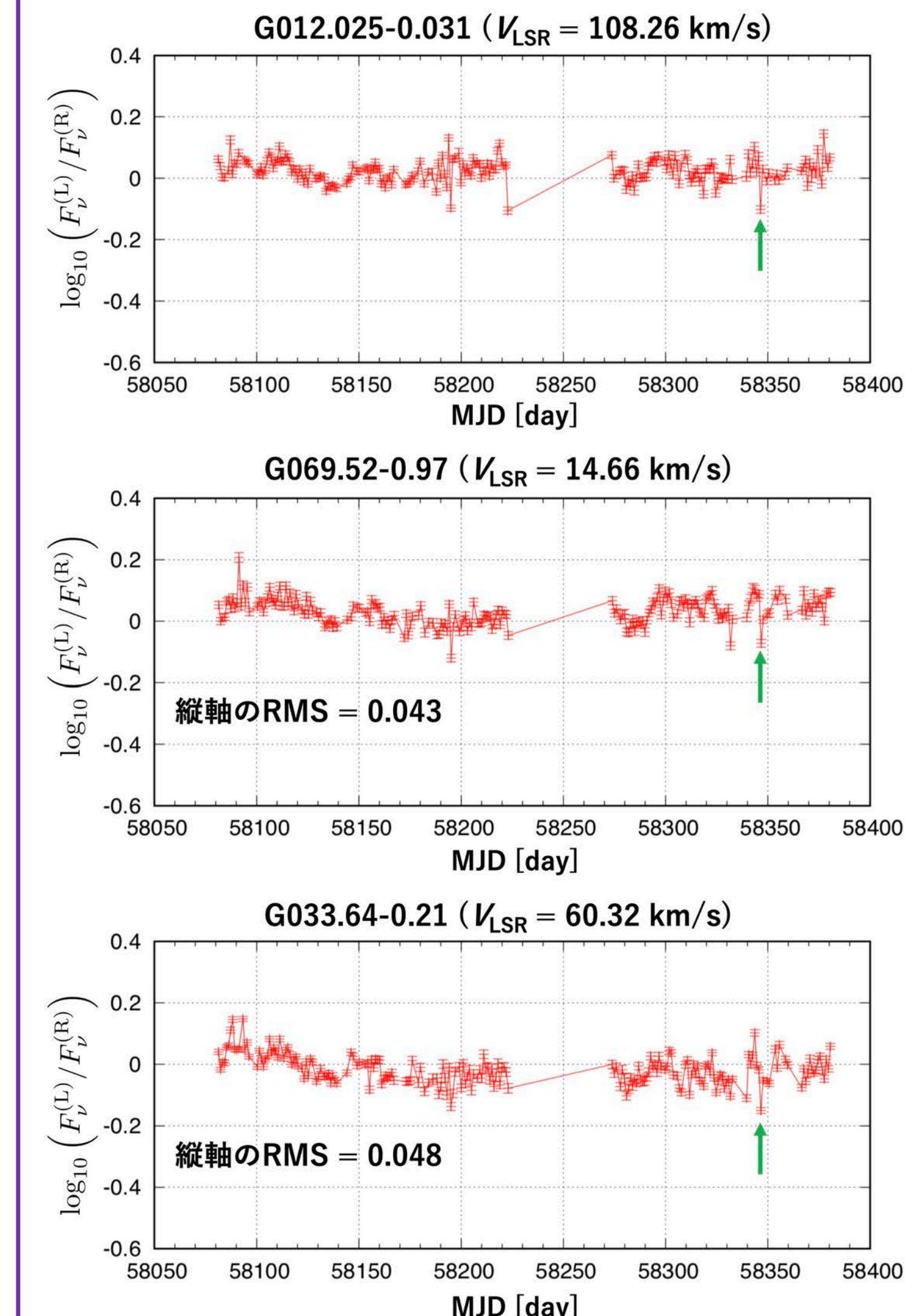
方法1と2を比べると、緑矢印が付いているような事象は、方法2の方が発生頻度が少ない。一方で、縦軸の値のRMSは方法1の方が小さい。

どちらの方法がより良い較正方法なのかを判断するために、方法2に関して、補正係数を決めるのに使う速度成分を変えたり、今回6日毎に較正していたのを7日毎に増やしたりして、緑矢印のデータ点の数やRMSの値の変化を見る必要がある。

#### 方法1による補正



#### 方法2による補正



G012.025-0.031 ( $V_{LSR} = 108.26$  km/s)

G069.52-0.97 ( $V_{LSR} = 14.66$  km/s)

G033.64-0.21 ( $V_{LSR} = 60.32$  km/s)

G012.025-0.031 ( $V_{LSR} = 108.26$  km/s)

G069.52-0.97 ( $V_{LSR} = 14.66$  km/s)

G033.64-0.21 ( $V_{LSR} = 60.32$  km/s)

縦軸のRMS = 0.041

縦軸のRMS = 0.041

縦軸のRMS = 0.041

縦軸のRMS = 0.043

縦軸のRMS = 0.043

縦軸のRMS = 0.048