

The GMRT Antenna Pointing – II. Understanding the Elevation Offsets as a Function of Hour Angle of the Source²

Dharam Vir Lal, C.H. Ishwara-Chandra & A. Pramesh Rao

Abstract

This document brings out the result of another set of a series of “pointing” measurements² made for the GMRT, between 31 March 2003 and 5 June 2003. Many of the errors presented in our earlier study were fixed by the FPS group. Here, in this exercise, we make an attempt to understand a few of the issues that were raised in our earlier experiment, in particular, study elevation offsets as a function of hour angle. This exercise was done in the “self” mode at 1420 MHz.

1. Basis of the experiment

Consider a strong, unresolved point source, whose position is known. If an antennas is moved across the source at a constant ‘scan-rate’ then maximum power will be observed when the beam centre crosses the source at the expected time. However, power will not peak at the expected time if there is an error in the pointing in the direction of the scan. Knowing the rate of the scanning and the difference between the expected and observed peak-time, it is thus, possible to determine the angular error in the pointing. If the position of the source is given by $(\theta_{ez}, \theta_{el})$, then the position offsets in azimuth, θ_{ez} and in elevation θ_{el} (in deg), are given by,

$$\Delta\theta_{az}(i) = (T_{exp} - T_{obs}(i)) \times \frac{\cos(el) \times R_{az}}{60.0}$$
$$\Delta\theta_{el}(i) = (T_{exp} - T_{obs}(i)) \times \frac{R_{el}}{60.0}$$

where, R_{az} and R_{el} are the scan-rates in the azimuth and elevation (in arc min per minute), T_{exp} is the expected peak-time and $T_{obs}(i)$ is the observed peak time (in hours) for the i^{th} antenna.

2. Observations

The observations were made in several parts: The first set of observations were made on 31 Mar, 31 May, and between 1–5 Jun 2003.

We followed the procedure described below to determine the elevation offsets as a function of hour-angle of the source. We pointed our antennas towards **Cyg A Crab** for all these observations.

²The observational data (all the Tables and Figures) and all the related plots are submitted alongwith in a CD to the library. They can also be had from one of the authors.

3. Procedure

- (a) We kept our similar methodology to determine the Elevation offsets as we had followed in our earlier experiment.
 - i. time of **bhaskar** (online) machine should be same as the UTC time.
 - ii. Make each antenna offsets (both Azimuth & Elevation) as zero.
 - iii. Move the feeds to 1420 (sub-band 1280) MHz band.
 - iv. Record the FPS position for all the antennas.
 - v. Do power equalise.
 - vi. Move the antennas forward (“up”) at 20 arcmin per min rate across the source in “Azimuth” direction.
 - vii. Do so once again in the reverse (“down”) direction.
 - viii. repeat the above two steps once more.
 - ix. Determine the offsets (“getoffsets”) for each run.
 - x. load the averaged Azimuth offsets (obtained from above, steps 3(a)vi to 3(a)ix).
 - xi. Repeat the above steps from 3(a)vi to 3(a)viii and determine once again the Azimuth offsets. These offsets should be close to zero.
 - xii. Now repeat steps 3(a)vi to 3(a)ix for Elevation axis. Determine the Elevation offsets as a function of hour-angle of the source.

4. Analysis

We use the data acquired on 31 Mar, 31 May, 1 June, 2 Jun and 5 Jun 2003 to understand the behavior and repeatability of elevation offsets as a function of hour angle (or antenna elevation). The data obtained is shown in Tables 13 to 18.

We plotted the absolute pointing offsets as a function of hour-angle of the source. The plots are shown in Figures 1 (31 Mar 2003 data), 2 (1 Jun 2003 data), 3 (2 Jun 2003 data), and 4 (5 Jun 2003 data). The smooth fitted curve in it has a functional form of

$$f(x) = a + b \times \cos(c \times x + d),$$

where $c = 15$.

This was based on the following transformations of coordinates between Altitude-Azimuth and equatorial coordinates:

$$\cos \delta \cos A = -\sin \delta \cos \phi + \cos \delta \cosh \sin \phi,$$

$$\cos \delta \sin A = \cos \delta \sinh,$$

$$\sin \delta = \sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cosh \cos \phi,$$

$$\cos \delta \sinh = \cos \delta \sin A,$$

$$\cos \delta \cosh = \sin \delta \cos \phi + \cos \delta \cos A \sin \phi,$$

and

$$\sin \delta = \sin \delta \sin \phi - \cos \delta \cos A \cos \phi;$$

	130		175		130		175		130		175		130		175		130		175		130		175		130		175			
	p23	m23	p40	m40	p50	m52	p60	m62	p70	m73	p80	m82																		
G00																														
G01																														
G02	+018	+018	+010	+010	+018	+018	+011	+011	+009	+009	+010	+009	+008	+007	+008	+008	+006	+005	+007	+007	+004	+004	+005	+004	+003	+003	+019	+018	+019	+018
G03	+011	+011	+010	+010	+009	+009	+007	+007	+008	+009	+006	+007	+008	+007	+006	+006	+007	+007	+004	+004	+005	+004	+005	+004	+003	+003	-010	-010	-011	-011
G04	-007	-007	-005	-005	-009	-009	-009	-010	-006	-007	-009	-009	-007	-007	-009	-010	-008	-008	-010	-011			-010	-011			-010	-010	-011	-011
G05	+002	+002	+000	+000	+001	+001	+000	+000	+002	+002	+000	+000	+002	+002	+000	+000	+001	+001	+000	+000	+000	+000	+000	+000	+000	+000	+000	+000	+000	+000
G06	+012	+012	+009	+009	+011	+011	+009	+009	+011	+011	+009	+009	+010	+010	+008	+008	+010	+010	+007	+007	+008	+008	+006	+005	+007	+006	+006	+006	+006	+006
G08	+012	+012	+011	+010	+009	+008	+009	+008	+010	+010	+008	+007	+010	+009	+007	+006	+008	+008	+006	+005	+007	+007	+008	+009	+006	+005	+007	+006	+006	+006
G09	-003	-004	-005	-005	-005	-006	-007	-007	-005	-006	-007	-008	-006	-006	-008	-008			+014	+017	-014	-013	-028	-027			-028	-027		
G10	+008	+008	+008	+008	+007	+007	+006	+006	+007	+007	+005	+005	+007	+007	+004	+005	+006	+006	+004	+005	+005	+006	+004	+004	+008	+008	+004	+004	+004	+004
G11	+015	+015	+013	+013	+013	+013	+011	+011	+013	+013	+011	+011	+012	+012	+011		+011	+011	+009	+009	+009	+009	+008	+008	+008	+008	+008	+008	+008	+008
G12	+004	+003	+000	+001	+001	+001	+000	+000	+001	+000	+000	+000	+001	+001	+000	+000	-001	-001	+000	+000	-001	-001	+000	+000	-001	-002	+000	+000	-001	-002
G13	+013	+013	+010	+010	+011	+011	+009	+009	+010	+010	+008	+008	+010	+010	+008	+008	+009	+009	+008	+007	+009	+009	+008	+007	+009	+009	+007	+007	+007	+007
G14	+000	+000	+000	+000	-001	-001	-002	-002	-002	-002	-002	-002	-002	-002	-004	-004	-001	-002	-003	-004	-004	-004	-004	-004	-004	-004	-004	-004	-005	-005
E02	+014	+014	+015	+015	+011	+011	+011	+011	+013	+013	+011	+011	+013	+013	+011	+011	+012	+012	+011	+011	+009	+009	+010	+010	+009	+009	+010	+010	+010	+010
E03	+013	+013	+013	+013	+011	+011	+009	+009	+011	+011	+009	+009	+010	+010	+008	+008	+008	+008	+006	+006	+006	+006	+006	+006	+006	+006	+006	+006	+005	+005
E04	+008	+008	+007	+007	+007	+007	+005	+011	+007	+007	+005	+006	+008	+007	+006	+007	+007	+005	+005	+005	+005	+005	+005	+005	+003	+003	+005	+005	+003	+003
E05	+010	+010	+009	+009	+006	+006	+004	+004	+007	+008	+004	+004	+007	+007	+003	+003	+006	+006	+002	+002	+002	+002	+001	+001	+002	+002	+001	+001	+001	+001
E06																			+014	+014			+013	+013	+013	+014	+013	+013	+013	+014
S01	+034	+035	+036	+037	+031	+032	+031	+031	+029	+030	+029	+029	+030	+030	+028	+029	+027	+027	+027	+028										
S02	+002	+003	+003	+003	+000	+000	+000	+000	+003	+002	+001	+001	+003	+003	+001	+001	+001	+001	+000	+000	+001	+001	+000	+000	+001	+001	+000	+000	+000	+000
S03	+000	-001	-002	-002	-002	-002	-003	-003	-002	-003	-004	-004	-002	-002	-005	-004	-003	-004	-005	-005	-004	-004	-006	-006	-004	-004	-006	-006	-006	-006
S04			-001	-002	-012	-012	-011	-011	-007	-007	-008	-008	-005	-006	-009	-009	-006	-006	-009	-009	-008	-008	-008	-008	-008	-008	-008	-008	-008	-008
S06									-005	-005	-006	-007	-004	-004	-007	-007	-004	-005	-007	-008	-005	-006	-007	-007	-005	-006	-007	-007	-007	-007
W01	+002	+002	+000	+000	+000	+001	+000	+000	+000	+000	-001	+000	+000	+000	-001	-001	+000	+000	-001	+000	+000	+000	+000	+000	+000	+000	+000	+000	+000	+000
W02	+011	+011	+011	+011	+008	+008	+006	+006	+007	+007	+005	+005	+006	+005	+003	+003	+004	+004	+002	+002	+002	+002	+002	+002	+002	+002	+002	+002	+002	+002
W03	+008	+008	+005	+006	+006	+006	+003	+003	+005	+005	+003	+004	+006	+006	+003	+003	+005	+006	+003	+003	+004	+004	+002	+002	+004	+004	+002	+002	+002	+002
W04	+001	+002	-002	-002	+000	+000	-002	-002	+000	+000	-002	-002	+000	+000	-003	-002	-001	+000	-003	-003	-002	-001	-004	-003	-002	-001	-004	-003	-003	-003
W05	+002	+002	+003	+003	+000	+000	+000	+000	+003	+003	+001	+001	+004	+004	+001	+001	+002	+002	+000	+000	+000	+000	+000	+000	+000	+000	+000	+000	+000	+000
W06	-011	-011	-012	-012	-014	-014	-014	-014	-012	-012	-014	-014																		

Table 13: Elevation offsets as a function of hour angle 31 Mar 2003. First column gives the name of antennas and the top row gives the elevation offset for each of the two channels (130 and 175 MHz) as a function of antenna elevation. The prefix "p/m" gives the forward/reverse motion of the antenna.

	C00	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C08	C09	C10	C11	C12	C13	C14	E02	E03	E04	E05	E06	S01	S02	S03	S04	S06	W01	W02	W03	W04	W05	W06
-3.75 38	+010	+030	+011	+011	-003	+001	+011	+014	-010	+012	+007	+001	-010	+003	+013	+018	+007	+008	+018	+002	+079	+002	-005	-006	+001	+000	+011	+000	+002	-013
-3.75 38	+011	+030	+011	+011	-004	+001	+011	+013	-011	+012	+007	+000	-010	+003	+013	+018	+007	+008	+018	+002	+010	+003	-006	-007	+002	+000	+011	+000	+003	-013
-3.55 40	+007	+026	+004	+005	-005	-003	+004	+009	-015	+008	+000	+004	-017	+000	+014	+015	+002	+006	+017	+000	+020	-003	-004	-010	-004	-002	+004	-008	+000	-017
-3.55 40	+008	+026	+004	+006	-005	-003	+004	+008	-016	+008	+000	+004	-017	+000	+014	+015	+002	+006	+018	+001	-008	-003	-004	-010	-002	-003	+005	+007	+000	-017
-3.30 43	+010	+030	+011	+010	-003	+001	+011	+013	-011	+012	+006	+000	-011	+003	+015	+018	+006	+010	+019	+002	+213	+002	-006	-005	+001	+000	+011	+000	+004	-012
-3.30 43	+011	+030	+010	+010	-003	+002	+011	+013	-011	+012	+006	+000	-011	+003	+015	+017	+006	+010	+019	+002	+006	+002	-006	-006	+002	+000	+011	+000	+005	-013
-2.99 46	+008	+025	+003	+004	-005	-003	+004	+008	-016	+007	+000	+005	-017	+000	+014	+014	+004	-035	+016	+000	+032	-004	-004	-011	-004	-003	+004	-008	+000	-017
-2.99 46	+008	+025	+002	+005	-005	-003	+004	+008	-016	+008	+000	+005	-017	+000	+014	+014	+002	-036	+016	+000	+018	-003	-004	-011	-003	-003	+004	-007	+000	-017
-2.79 49	+010	+030	+010	+010	-003	+001	+011	+012	-011	+011	+005	+000	-011	+003	+015	+017	+008	+009	+018	+000	+095	+001	-006	-006	+001	+000	+011	-001	+004	-012
-2.79 49	+011	+030	+010	+010	-003	+002	+011	+012	-012	+012	+005	+000	-011	+003	+015	+017	+006	+009	+019	+000	+009	+002	-006	-006	+002	+000	+011	+000	+005	-013
-2.49 51	+008	+024	+003	+005	-006	-003	+004	+008	-016	+007	+000	+005	-017	+000	+013	+013	+002	+005	+015	+000	+017	-004	-004	-011	-004	-004	+004	-008	+000	-017
-2.49 51	+008	+024	+003	+005	-006	-002	+004	+007	-016	+007	+000	+005	-018	+000	+013	+013	+001	+005	+015	+000	+000	-003	-004	-011	-003	-004	+004	-008	+000	-017
-2.24 54	+010	+029	+010	+009	-004	+002	+010	+012	-012	+011	+005	+000	-011	+002	+014	+016	+005	+007	+017	+000	+999	+001	-005	-006	+001	-001	+010	+000	+004	-013
-2.24 54	+011	+029	+009	+009	-004	+002	+010	+011	-012	+011	+005	+000	-011	+002	+014	+016	+006	+008	+017	+000	-002	+001	-005	-006	+002	-001	+011	-001	+004	-013
-2.04 56	+008	+023	+002	+004	-006	-003	+003	+007	-017	+006	+000	+005	-018	+000	+013	+012	+001	+000	+014	-001	+244	-004	-005	-011	-004	-005	+004	-008	+000	-017
-2.04 56	+008	+022	+002	+004	-006	-003	+003	+007	-017	+007	+000	+005	-018	+000	+013	+012	+001	+000	+015	-001	+999	-004	-006	-011	-003	-005	+004	-008	+000	-017
-1.74 59	+010	+028	+010	+009	-005	+001	+010	+011	-012	+010	+005	+000	-011	+003	+012	+015	+004	+007	+015	-001	+999	+000	-006	-007	+000	-002	+011	-001	+003	-013
-1.74 59	+011	+027	+010	+009	-005	+002	+010	+010	-012	+011	+005	+000	-011	+002	+012	+015	+004	+007	+016	+000	+999	+000	-006	-007	+001	-002	+011	-001	+002	-013
-1.49 61	+007	+022	+002	+004	-006	-003	+002	+007	-017	+006	+001	-006	+999	-001	+012	+012	+000	+002	+013	-002	-113	-005	+066	-011	-004	-005	+004	-008	+000	-017
-1.49 61	+008	+022	+002	+004	-006	-003	+002	+005	-017	+007	-001	-006	+999	-001	+012	+012	+000	+002	+013	-001	+376	-004	-008	-011	-004	-005	+004	-008	+000	-017
-1.24 63	+010	+027	+010	+008	-005	+001	+011	+011	-012	+010	+004	-001	+999	+002	+011	+015	+004	+006	+015	-001	+999	+000	-007	-007	+001	-002	+010	+000	+003	-012
-1.24 63	+010	+027	+009	+008	-005	+002	+010	+010	-013	+011	+004	-001	+232	+001	+012	+015	+004	+006	+015	-001	-004	+000	-007	-007	+001	+003	+011	+000	+003	-012
-0.99 65	+007	+021	+002	+003	-007	-003	+002	+010	-018	+006	+001	-006	+999	-001	+012	+011	+000	+001	+012	-002	+999	-005	+999	-011	-004	-006	+004	-008	+000	-016
-0.99 65	+008	+021	+001	+003	-007	-003	+002	+006	-018	+006	-001	-006	+999	-001	+012	+010	+000	+001	+012	-002	+123	-005	-079	-011	-004	-006	+004	-008	+000	-016
-0.79 66	+010	+025	+007	+007	-004	+000	+008	+010	-014	+009	+003	-002	+102	+000	+012	+013	+002	+005	+012	-002	+008	+000	-132	-007	+000	-003	+010	-001	+004	-012
-0.79 66	+010	+024	+007	+007	-005	+000	+008	+009	-014	+009	+003	-002	+999	+000	+012	+013	+002	+006	+012	-002	+999	+000	-148	-007	+000	-003	+010	-001	+004	-012
-0.49 67	+007	+020	+001	+002	-008	-003	+001	+006	-018	+006	-001	-007	-020	-002	+011	+009	-003	+000	+010	-004	+999	-006	-136	-012	-004	-006	+004	-008	+000	-015
-0.49 67	+008	+020	+000	+003	-007	-003	+002	+005	-018	+006	-001	-007	-020	-002	+011	+009	-002	+000	+010	-004	-005	-006	-154	-012	-004	-006	+005	-008	+001	-016
-0.24 68	+009	+025	+007	+006	-005	-000	+008	+010	-013	+009	+003	-002	-013	+000	+012	+012	+002	+003	+011	-003	-884	-001	-139	-007	+000	-002	+010	-001	+005	-010
-0.24 68	+010	+025	+007	+007	-005	+000	+008	+009	-014	+009	+003	-002	-013	+000	+012	+012	+001	+003	+011	-003	-841	+000	+999	-007	+000	-003	+010	-002	+005	-010
0.01 68	+007	+019	+001	+002	-007	-004	+001	+006	-018	+005	-002	-007	-019	-002	+011	+008	-003	+011	+008	-004	+999	-006	-006	-012	-005	-006	+004	-008	+001	-014
0.01 68	+007	+019	+000	+002	-008	-004	+001	+005	-019	+006	-002	-007	-019	-002	+011	+007	-003	+010	+008	-004	+999	-006	-005	-012	-004	-006	+004	-008	+001	-014
0.21 68	+009	+025	+007	+006	-005	+000	+007	+010	-013	+009	+002	-002	-013	+000	+012	+011	+000	+002	+010	-002	+030	-001	-005	-007	+000	-002	+011	+000	+006	-008
0.21 68	+009	+025	+006	+006	-005	+000	+007	+009	-014	+009	+002	-002	-013	+000	+012	+011	+000	+002	+010	-002	+012	-001	-005	-007	+000	-002	+010	+000	+006	-009
0.47 67	+007	+019	+000	+002	-007	-004	+001	+005	-018	+005	-002	-007	-018	-002	+010	+007	-003	-004	+006	-002	+999	-007	+467	-012	-005	-006	+004	-007	-002	-013
0.47 67	+007	+019	+000	+002	-007	-004	+001	+005	-019	+005	-002	-007	-019	-002	+010	+007	-004	-004	+006	-002	-244	-007	-007	-012	-004	-006	+004	-007	-002	-013
0.72 66	+009	+025	+007	+006	-004	+000	+007	+010	-013	+009	+002	-002	-013	+000	+012	+011	-002	+001	+009	-001	-112	-001	-004	-007	+000	+001	+011	+000	+007	-007
0.72 66	+009	+025	+007	+007	-005	+000	+007	+009	-014	+009	+002	-002	-013	+000	+012	+011	-001	+001	+009	-001	-326	-001	+999	-007	+000	-002	+011	+000	+007	-007
1.02 64	+006	+020	+001	+002	-007	-004	+001	+005	-018	+004	-003	-007	-019	-002	+010	+007	-004	+004	+005	+000	+999	-007	-006	-011	-005	-005	+005	-007	+003	-011
1.02 64	+007	+020	+000	+002	-007	-004	+001	+005	-019	+005	-002	-007	-019	-002	+010	+006	-005	-004	+005	+000	+075	-007	-006	-012	-004	-005	+005	-006	+003	-011
1.27 62	+008	+025	+007	+006	-005	+000	+007	+010	-013	+009	+002	-002	-013	+000	+011	+010	-002	+000	+006	+000	-028	-001	+999	-007	+000	-001	+011	+000	+007	-006
1.27 62	+009	+025	+007	+007	-005	+000	+007	+009	-013	+009	+002	-002	-013	+000	+011	+010	-002	+000	+007	+000	+999	-001	-105	-007	+000	-002	+011	+001	+007	-010
1.52 60	+006	+020	+000	+002	-006	-004	+000	+005	-018	+005	-003	-007	-019	-015	+011	+006	-006	-004	+006	+000	+000	-007	-179	-012	-004	-003	+005	-006	+004	-010
1.52 60	+006	+020	+000	+002	-006	-004	+000	+005	-018	+005	-003	-007	-019	-015	+011	+006	-006	-004	+006	+000	+000	-007	-179	-012	-004	-003	+005	-006	+004	-010
1.72 58	+008	+026	+008	+006	-005	+000	+007	+010	-013	+009	+002	-002	-012	+000	+012	+010	-001	+000	+006	-001	+136	-001	+999	-007	+000	+000	+011	+001	+008	-005
1.72 58	+009	+026	+007	+007	-005	+000	+007	+009	-013	+009	+002	-002	-013	+000	+012	+010	-001	+000	+007	-001	+999	-001	-387	-007	+000	+000	+011	+001	+008	-005
1.97 55	+006	+021	+000	+002	-007	-005	+000	+006	-017	+005	-002	-007	-019	-002	+011	+007	-006	-004	+006	+000	+999	-007	-006	-012	-005	-003	+004	-006	+004	-009

	C00	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C08	C09	C10	C11	C12	C13	C14	E02	E03	E04	E05	E06	S01	S02	S03	S04	S06	W01	W02	W03	W04	W05	W06
-3.68 39	+008	+028	+009	+008	-005	+999	+009	+010	-013	+009	+004	+017	-012	+001	+012	+016	+004	+008	+017	+001	-063	+000	+999	-008	+000	+007	+009	-002	+002	-014
-3.68 39	+009	+028	+009	+009	-005	+999	+009	+010	-013	+010	+004	+004	-013	+001	+012	+016	+004	+008	+017	+001	-033	+000	-039	-008	+000	+006	+008	-002	+002	-014
-3.48 41	+008	+027	+006	+006	-004	+999	+005	+009	-014	+008	+001	-113	-016	+001	+015	+016	+003	+006	+019	+002	-206	-002	+036	-010	-002	+005	+005	-007	+001	-016
-3.48 41	+009	+026	+006	+007	-004	+999	+005	+010	-015	+009	+001	-112	-016	+001	+015	+015	+003	+006	+019	+002	-001	-001	+036	-010	-001	+005	+005	-007	+001	-016
-3.23 42	+008	+027	+010	+008	-006	+999	+009	+010	-014	+009	+004	-011	-013	+001	+011	+014	+003	+006	+015	+000	+038	+000	+111	-010	-001	+006	+009	-002	+000	-015
-3.23 42	+009	+027	+009	+008	-007	+999	+009	+010	-014	+010	+004	-001	-013	+000	+011	+014	+004	+006	+015	+000	+000	+000	+114	-010	+000	+006	+009	-002	+000	-016
-2.98 46	+008	+026	+004	+005	-004	+999	+004	+009	-015	+008	+001	+001	-016	+000	+015	+015	+003	+005	+017	+000	+999	-003	-127	-010	-003	+005	+005	-007	+001	-016
-2.98 46	+009	+025	+004	+006	-005	+999	+005	+008	-016	+009	+001	+003	-016	+000	+015	+015	+002	+005	+018	+001	+305	-003	-105	-010	-002	+005	+005	-007	+001	-016
-2.73 49	+008	+027	+009	+007	-006	+999	+008	+009	-014	+008	+003	-066	-013	+000	+011	+015	+003	+004	+015	-002	+999	+000	+043	-009	+000	+004	+009	-003	+000	-015
-2.73 49	+008	+026	+008	+008	-006	+999	+008	+009	-014	+009	+003	-069	-013	+000	+011	+015	+003	+004	+015	-001	-005	+000	+045	-009	+000	+004	+008	-002	+000	-015
-2.43 51	+009	+025	+004	+006	-005	+999	+005	+009	-015	+008	+000	-800	-017	+000	+014	+014	+002	+004	+016	+000	-203	-003	+027	-010	-003	+004	+005	-007	+001	-016
-2.43 51	+009	+025	+004	+006	-005	+999	+005	+008	-016	+008	+000	+104	-017	+000	+014	+014	+002	+005	+017	+000	+005	-002	+101	-010	-001	+004	+005	-007	+001	-016
-2.23 54	+008	+026	+009	+007	-006	+999	+008	+009	-014	+008	+003	-024	-013	+000	+011	+013	+004	+002	+015	-003	+999	-001	+344	-009	-001	+004	+008	-003	+000	-015
-2.23 54	+008	+026	+008	+007	-006	+999	+008	+009	-014	+009	+003	-021	-013	+000	+011	+013	+004	+002	+015	-003	-007	+000	+102	-009	+000	+003	+009	-003	+000	-015
-1.93 56	+009	+024	+004	+005	-005	+999	+004	+008	-016	+007	+000	+011	-017	+000	+014	+013	+002	+003	+016	+000	+020	-003	+031	-010	-001	+003	+005	-006	+001	-016
-1.73 59	+008	+026	+008	+006	-006	+999	+008	+009	-014	+008	+002	+999	-013	+000	+010	+012	+002	+003	+014	-003	+256	-001	+999	-009	-001	+003	+008	-003	+001	-014
-1.73 59	+009	+026	+007	+006	-006	+999	+008	+009	-014	+008	+002	+071	-014	+000	+010	+012	+003	+003	+014	-003	+999	+000	-114	-009	+000	+003	+008	-002	+001	-015
-1.43 61	+009	+023	+003	+005	-004	+999	+004	+008	-016	+007	+000	+048	-017	+000	+014	+013	+001	+002	+014	+000	-375	-004	+999	-010	-003	+003	+005	-007	+001	-015
-1.43 61	+009	+023	+002	+005	-005	+999	+004	+007	-016	+008	+000	+052	-017	+000	+014	+013	+001	+002	+015	+000	+000	-004	+093	-010	-002	+002	+006	-006	+001	-016
-1.18 64	+008	+024	+007	+006	-006	+999	+007	+009	-014	+008	+002	+168	-014	+000	+010	+012	+002	+002	+011	-003	+005	-001	-139	-009	+001	+002	+008	-002	+002	-014
-1.18 64	+008	+024	+007	+006	-006	+999	+007	+008	-015	+008	+002	+174	-014	+000	+010	+012	+002	+002	+012	-003	-325	-001	+029	-009	+000	+002	+008	-002	+002	-014
-0.92 65	+009	+022	+001	+004	-006	+999	+003	+007	-016	+007	+000	+656	-017	+000	+013	+011	+000	+001	+012	-002	-110	-004	-156	-010	-004	+003	+004	-007	+001	-015
-0.92 65	+009	+022	+001	+004	-006	+999	+003	+007	-017	+008	+001	+511	-017	+000	+013	+011	+000	+001	+012	-002	+999	-004	-104	-010	-002	+003	+005	-007	+001	-015
-0.67 66	+008	+024	+006	+005	-005	+999	+007	+009	-014	+008	+002	+063	-014	+000	+011	+011	+001	+003	+012	-003	-078	-001	-079	-009	+000	+003	+008	-002	+004	-012
-0.67 66	+009	+024	+006	+006	-006	+999	+007	+009	-015	+008	+002	+999	-014	+000	+011	+011	+002	+003	+012	-003	-078	-001	+051	-009	+000	+003	+008	-001	+004	-012
-0.47 67	+009	+022	+002	+004	-005	+999	+003	+007	-016	+007	+000	+999	-017	+000	+013	+010	+000	+000	+011	-002	-028	-005	-107	-010	-003	+002	+005	-007	+002	-014
-0.47 67	+009	+022	+002	+004	-006	+999	+003	+007	-017	+008	+000	-003	-017	-001	+013	+010	+000	+000	+011	-002	+999	-004	+999	-011	-002	+002	+004	-008	+002	-014
-0.22 68	+008	+024	+006	+005	-006	+999	+007	+009	-014	+008	+002	+031	-014	+000	+011	+010	+000	+138	+010	-004	-015	-002	+172	-009	-001	+003	+009	-001	+999	-011
-0.22 68	+009	+024	+006	+006	-006	+999	+007	+008	-015	+008	+002	+041	-014	-001	+011	+010	+000	+999	+011	-004	+006	-002	+077	-009	+000	+003	+009	+000	-053	-011
0.08 68	+009	+021	+001	+004	-006	+999	+003	+007	-017	+007	+000	-040	-017	+000	+012	+009	-002	-001	+010	-002	-200	-004	+149	-010	-003	+003	+005	-006	+004	-012
0.33 67	+008	+024	+006	+005	-005	+999	+006	+009	-014	+008	+002	+051	-014	+000	+012	+009	-001	+000	+009	-002	-056	-002	-096	-008	+000	+004	+009	+000	+005	-009
0.33 67	+009	+024	+005	+005	-006	+999	+006	+008	-015	+008	+002	+049	-014	+000	+012	+009	+000	+000	+009	-002	+000	-002	-093	-008	+000	+004	+009	+000	+005	-009
0.53 67	+009	+022	+002	+004	-006	+999	+002	+007	-016	+007	-001	-021	-017	+000	+012	+008	-002	-002	+008	+000	+017	-005	-123	-010	-003	+003	+006	-005	+003	-010
0.53 67	+009	+021	+002	+004	-006	+999	+003	+007	-017	+007	-001	-023	-017	-001	+012	+008	-003	-002	+008	+000	+003	-004	-052	-010	-002	+003	+007	-005	+003	-011
0.83 66	+008	+024	+006	+005	-005	+999	+006	+009	-014	+008	+002	+038	-014	+000	+011	+010	-002	+000	+008	-002	+043	-001	-008	-009	-001	+004	+010	+000	+006	-008
0.83 66	+008	+024	+006	+006	-005	+999	+006	+008	-014	+008	+002	+048	-014	+000	+011	+009	-001	+000	+008	-002	+999	-001	-008	-009	+000	+004	+011	+000	+006	-008
1.03 64	+008	+022	+001	+004	-005	+999	+002	+008	-015	+007	-001	+003	-017	+000	+012	+009	-003	-003	+007	+001	-071	-005	-004	-009	-003	+005	+007	-004	+005	-009
1.03 64	+008	+022	+001	+004	-005	+999	+002	+007	-016	+008	-001	-003	-017	+000	+012	+009	-003	-003	+007	+001	-068	-004	-004	-009	-002	+004	+007	-004	+005	-009
1.33 61	+008	+024	+006	+006	-005	+999	+007	+009	-013	+008	+002	-066	-014	+000	+010	+009	-002	-001	+006	-002	-999	-002	+015	-009	+000	+005	+010	+000	+007	-006
1.33 61	+009	+024	+006	+006	-005	+999	+007	+008	-013	+008	+002	-157	-014	+000	+010	+009	-002	-001	+006	-002	+000	-001	+043	-009	+000	+005	+011	+000	+007	-007
1.53 60	-138	+023	+003	+004	-005	+999	+003	+008	-015	+007	+000	-180	-017	+000	+013	+009	-003	-002	+007	+001	-026	-004	-231	-010	-003	+006	+007	-004	+006	-008
1.53 60	-134	+023	+003	+005	-005	+999	+003	+008	-015	+008	+000	-145	-018	+000	+013	+008	-004	-002	+007	+001	+999	-004	+999	-010	-001	+006	+008	-014	+006	-008
1.78 58	+008	+025	+007	+006	-005	+999	+006	+009	-013	+008	+002	+112	-014	+000	+011	+009	-003	-001	+006	+000	+078	-002	+074	-008	-001	+006	+011	+000	+007	-005
1.78 58	+008	+025	+006	+006	-005	+999	+006	+008	-013	+008	+002	+110	-014	+000	+011	+009	-002	-001	+006	+000	+999	-001	+114	-007	+000	+006	+011	+000	+007	-006
2.03 54	+008	+024	+003	+005	-005	+999	+003	+008	-015	+007	+000	-345	-017	+000	+013	+008	-003	-003	+007	+000	-025	-004	-021	-009	-003	+006	+007	-003	+007	-007
2.03 54	+009	+023	+003	+005	-005	+999	+003	+008	-015	+008	+000	-166	-017	+000	+013	+008	-003	-002	+007	+000	-026	-004	-124	-009	-002	+006	+008	-014	+007	-007
2.33 52	+007	+026	+007	+006	-004	+999	+006	+009	-013	+008	+002	+048	-013	+000	+011	+010	-002	-001	+007	+000	-072	-001	-151	-008	+000	+006	+011	+001	+007	-005

	C00	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C08	C09	C10	C11	C12	C13	C14	E02	E03	E04	E05	E06	S01	S02	S03	S04	S06	W01	W02	W03	W04	W05	W06		
-5.24	21	+003	+028	+009	+007	-002	-019	+009	+010	-005	+007	+013	+002	+002	-002	+011	+010	+001	+999	+017	+015	+999	-003	+110	-094	+001	+008	+006	-003	+001	-014	
-5.24	21	+004	+028	+009	+007	-002	+999	+009	+010	-006	+008	+013	+002	+002	-002	+011	+009	+001	+139	+016	+015	+000	-003	+097	-084	+002	+007	+006	-002	+001	-014	
-5.04	24	+008	+031	+010	+010	+002	+140	+010	+014	-002	+011	+016	+004	+003	+004	+019	+018	+005	-030	+022	+022	+010	+000	+138	+136	+004	+012	+007	+003	+005	-012	
-5.04	24	+009	+031	+010	+010	+002	+999	+010	+014	-003	+011	+016	+004	+003	+003	+019	+017	+006	+008	+023	+021	+007	+000	+128	+999	+005	+011	+007	-002	+005	-012	
-4.79	27	+002	+027	+008	+006	-003	+999	+008	+009	-007	+007	+012	+001	+001	-002	+010	+009	+000	+108	+016	+015	-002	-004	+999	+101	+001	+007	+005	-004	+000	-016	
-4.79	27	+003	+027	+008	+006	-003	+999	+008	+009	-007	+007	+012	+001	+001	-002	+010	+009	+000	+108	+016	+015	+000	-003	+030	+071	+001	+011	+006	+005	-003	+000	-016
-4.49	30	+008	+030	+009	+009	+002	+999	+010	+013	-003	+011	+015	+004	+003	+002	+018	+016	+004	+999	+022	+021	+007	-001	+999	+999	+004	+011	+007	-004	+004	-012	
-4.49	30	+008	+030	+009	+009	+002	+999	+010	+012	-004	+011	+015	+004	+003	+002	+018	+016	+005	-075	+022	+020	+007	-001	+051	-107	+004	+010	+007	-003	+004	-012	
-4.24	33	+002	+027	+008	+006	-003	+999	+008	+009	-007	+007	+012	+001	+000	-003	+010	+009	+000	+999	+015	+013	+000	-004	+999	-117	+001	+006	+005	-004	+000	-016	
-4.24	33	+003	+027	+008	+006	-003	+999	+008	+009	-007	+007	+012	+001	+000	-003	+010	+009	+000	+999	+015	+013	+000	-004	-093	-104	+002	+005	+005	-003	+000	-016	
-4.04	36	+008	+029	+009	+008	+001	+999	+009	+013	-004	+011	+015	+003	+002	+002	+018	+014	+004	+999	+022	+020	+007	-002	+999	-040	+004	+009	+006	-004	+004	-013	
-4.04	36	+009	+029	+009	+009	+001	+999	+010	+012	-004	+011	+014	+004	+002	+002	+018	+014	+004	-560	+022	+020	+005	-002	-082	-022	+004	+009	+006	-003	+004	-013	
-3.24	44	+002	+025	+007	+004	-004	+999	+007	+007	+999	+006	+011	+000	+000	-003	+007	+008	+000	+999	+012	+014	-999	-004	+014	-100	+001	+004	+004	-005	-001	-018	
-3.24	44	+003	+025	+007	+004	-004	+999	+008	+007	+999	+006	+011	+000	+000	-003	+008	+008	+000	+000	+012	+013	+999	-005	+246	-999	+001	+004	+004	-005	-001	-018	
-3.04	47	+008	+028	+008	+007	+001	+999	+009	+012	+999	+011	+014	+003	+001	+001	+017	+013	+003	+999	+021	+018	+006	-002	+999	+087	+003	+008	+006	-005	+004	-013	
-3.04	47	+009	+028	+008	+007	+001	+999	+009	+011	+999	+011	+013	+003	+001	+001	+017	+013	+003	+265	+021	+018	+008	-003	+999	+123	+004	+008	+006	-004	+004	-014	
-2.79	49	+002	+024	+007	+004	-004	+999	+007	+007	+112	+006	+011	+000	+000	-003	+008	+008	+000	+999	+012	+011	+000	-006	+999	-027	+000	+003	+004	-005	-001	-018	
-2.79	49	+003	+024	+007	+004	-004	+999	+007	+006	+999	+006	+011	+000	+000	-003	+008	+008	+000	+999	+012	+011	+000	-006	+999	-027	+000	+003	+004	-005	-001	-018	
-2.54	52	+008	+027	+008	+007	+001	+999	+009	+011	+999	+010	+014	+003	+001	+001	+016	+012	+003	-238	+020	+017	+005	-003	-024	+049	+003	+006	+005	-005	+004	-013	
-2.54	52	+009	+027	+008	+007	+001	+999	+009	+011	+999	+010	+013	+003	+001	+000	+016	+012	+003	-021	+020	+017	+006	-004	+267	+065	+004	+006	+006	-004	+004	-013	
-2.28	55	+003	+023	+007	+003	-004	+999	+007	+007	+999	+006	+010	+000	+000	-004	+008	+007	+000	-302	+011	+009	-001	-006	+999	-079	+000	+001	+004	-005	-001	-018	
-2.28	55	+003	+023	+007	+003	-004	+999	+007	+007	+999	+006	+010	+000	+000	-004	+008	+007	+000	+999	+011	+010	-001	-006	+999	-120	+001	+001	+004	-004	+000	-018	
-1.98	57	+009	+026	+006	+006	+001	-201	+008	+011	+999	+010	+013	+002	+000	+000	+015	+011	+002	-024	+019	+017	+004	+04	+027	-116	+003	+007	+005	-005	+004	-013	
-1.98	57	+009	+026	+006	+007	+001	+999	+008	+010	+999	+010	+012	+002	+000	+000	+016	+011	+002	-999	+019	+017	+004	-004	+999	+999	+003	+006	+005	-004	+004	-014	
-1.78	59	+003	+022	+007	+003	-004	+174	+007	+007	+999	+005	+010	+000	+000	-003	+007	+006	+000	-007	+011	+008	+000	-006	-020	-110	+000	+002	+004	-005	+000	-017	
-1.78	59	+003	+022	+006	+003	-005	+999	+007	+007	+999	+006	+010	+000	+000	-003	+007	+006	+001	+999	+011	+009	+000	-006	+095	-999	+001	+002	+004	-005	+000	-017	
-1.48	62	+008	+025	+007	+006	+001	+999	+008	+011	+999	+010	+012	+002	+000	+000	+016	+011	+001	-202	+017	+017	+005	-004	-027	+096	+003	+006	+005	-005	+004	-013	
-1.48	62	+008	+025	+007	+006	+001	+999	+008	+010	+999	+010	+012	+002	+000	+000	+016	+011	+001	-202	+017	+017	+005	-004	-027	+096	+003	+006	+005	-005	+004	-013	
-1.1	63	+003	+021	+005	+003	-005	+999	+007	+006	+999	+005	+010	+000	+000	-003	+007	+006	+001	+999	+009	+009	-002	+007	+999	+018	+001	+001	+004	-005	+000	-016	
-1.23	63	+003	+021	+005	+003	-005	+999	+007	+006	+031	+005	+010	+000	+000	-004	+007	+006	+001	+999	+009	+009	-002	-007	-005	-072	+001	+001	+004	-004	+000	-016	
-0.98	65	+009	+024	+006	+006	+000	+999	+008	+011	+999	+010	+012	+002	+000	+000	+015	+010	+001	+034	+016	+015	+004	-004	+049	-062	+003	+006	+006	+004	+004	-012	
-0.98	65	+009	+024	+006	+006	+000	+999	+008	+010	+999	+010	+012	+002	+000	+000	+015	+010	+001	+120	+016	+016	+003	-005	+032	+103	+003	+006	+006	-004	+004	-012	
-0.73	66	+002	+020	+005	+001	-004	+999	+006	+006	+999	+005	+009	-001	-001	-005	+007	+004	+000	-151	+009	+007	-002	-007	+106	+992	+000	+000	-004	-005	+001	-015	
-0.73	66	+003	+020	+005	+002	-005	+999	+006	+006	+999	+005	+009	+000	-001	-005	+007	+004	-002	-087	+010	-007	-005	-007	-114	+172	+001	+000	-004	-004	+001	-015	
-0.48	67	+009	+023	+006	+005	+000	+999	+008	+010	+999	+010	+012	+002	+000	+000	+014	+008	+000	+229	+014	+014	+006	-005	-099	-107	+003	+006	+006	-004	+005	-011	
-0.48	67	+009	+023	+006	+006	+000	+999	+008	+011	+999	+010	+012	+002	+000	+000	+015	+008	+000	+092	+014	+014	+007	-005	-080	-107	+003	+005	+006	-004	+005	-011	
-0.28	68	+002	+021	+004	+001	-004	+999	+005	+006	-015	+005	+010	+000	-001	-005	+007	+003	-004	-102	+008	+007	+000	-007	+015	-089	+000	+001	+004	-004	+002	-013	
-0.28	68	+003	+021	+003	+001	-005	+999	+006	+006	+999	+005	+009	+000	-001	-005	+008	+003	-004	-088	+008	+007	+000	-007	+066	-089	+000	+001	+005	-004	+003	-014	
0.02	68	+009	+024	+005	+005	+001	+999	+007	+010	+999	+010	+012	+002	+000	+000	+014	+008	+000	+999	+013	+015	+005	-005	+104	-008	+003	+007	+006	-003	+006	-009	
0.02	68	+009	+024	+005	+005	+001	+999	+008	+010	-097	+010	+012	+002	+000	+000	+014	+008	+000	+999	+013	+015	+006	-005	+112	-034	+004	+006	+006	-003	+006	-009	
0.22	67	+002	+021	+004	+002	-004	+999	+005	+007	+999	+006	+009	+000	-001	-004	+008	+003	-005	+999	+006	+008	+000	-007	+092	-087	+000	+002	+005	-003	+004	-011	
0.22	67	+003	+021	+004	+002	-004	+999	+005	+007	+999	+006	+009	+000	-001	-005	+008	+002	-005	+999	+007	+008	-001	-008	+999	-089	+001	+002	+005	-003	+004	-012	
0.52	66	+009	+024	+005	+005	+001	+999	+007	+010	+999	+010	+012	+002	+001	+000	+014	+008	-001	+999	+012	+016	+005	-005	-038	-022	+003	+007	+007	-002	+007	-007	
0.52	66	+009	+024	+005	+006	+000	+999	+008	+010	+999	+010	+012	+002	+001	+000	+015	+007	-001	+028	+012	+016	+010	-005	-067	-028	+004	+007	+007	-002	+007	-007	
0.72	65	+003	+021	+005	+002	-003	+999	+005	+007	+999	+006	+010	+000	+000	-004	+008	+003	-005	+999	+006	+011	+000	-007	+999	+009	+000	+003	+006	-002	+005	-010	
0.72	65	+003	+021	+004	+002	-003	+999	+006	+006	+999	+006	+010	+000	-001	-004	+008	+003	-006	+999	+007	+011	+000	-008	-107	+146	+001	+003	+006	-002	+005	-010	
0.97	64	+009	+025	+005	+006	+001	+999																									

where,

$$h = \text{LST} - \alpha,$$

A = azimuth, towards west from south,

a = altitude (or elevation) or el ,

ϕ = observer's latitude or lat ,

h = hour angle or ha ,

α = right ascension,

and

δ = declination or dec .

Or in other words,

$$\sin(el) = \sin(lat) \sin(dec) + \cos(lat) \cos(dec) \cos(ha).$$

Differentiating,

$$\begin{aligned} \cos(el) \Delta(el) = \cos(lat) \sin(dec) \Delta(lat) - \sin(lat) \cos(dec) \cos(ha) \Delta(lat) \\ - \cos(lat) \cos(dec) \sin(ha) \Delta(ha), \end{aligned}$$

or

$$\cos(el) \Delta(el) = a + b \cos(c \times x + d),$$

where,

$$a = \cos(lat) \sin(dec) \Delta(lat)$$

$$b = [(\sin(lat) \cos(dec) \Delta(lat))^2 + (\cos(lat) \cos(dec) \Delta(ha))^2]^{1/2}$$

$$c = \pi/12 = 15^\circ$$

$$d = \tan^{-1} \left[\frac{\sin(lat) \cos(dec) \Delta(lat)}{\cos(lat) \cos(dec) \Delta(ha)} \right]$$

We believe that the error in Elevation are due to the errors in latitude and longitude of antenna locations. These errors in latitude and longitude translate to errors in latitude and hour angle, leading to the errors in Elevation as a function of hour angle. Therefore, every antenna would have a DC component, which is the offset with respect to zero and a cosine function, which shows the variation of elevation as a function of hour angle due to the positional errors of the antennas. We therefore analysed the following two functions:

$$\cos(el) \Delta(el) = a + b \cos(c \times x + d),$$

and

$$\Delta(el) = a + b \cos(c \times x + d).$$

The plots of the latter function are shown in Figures 1 to 4.

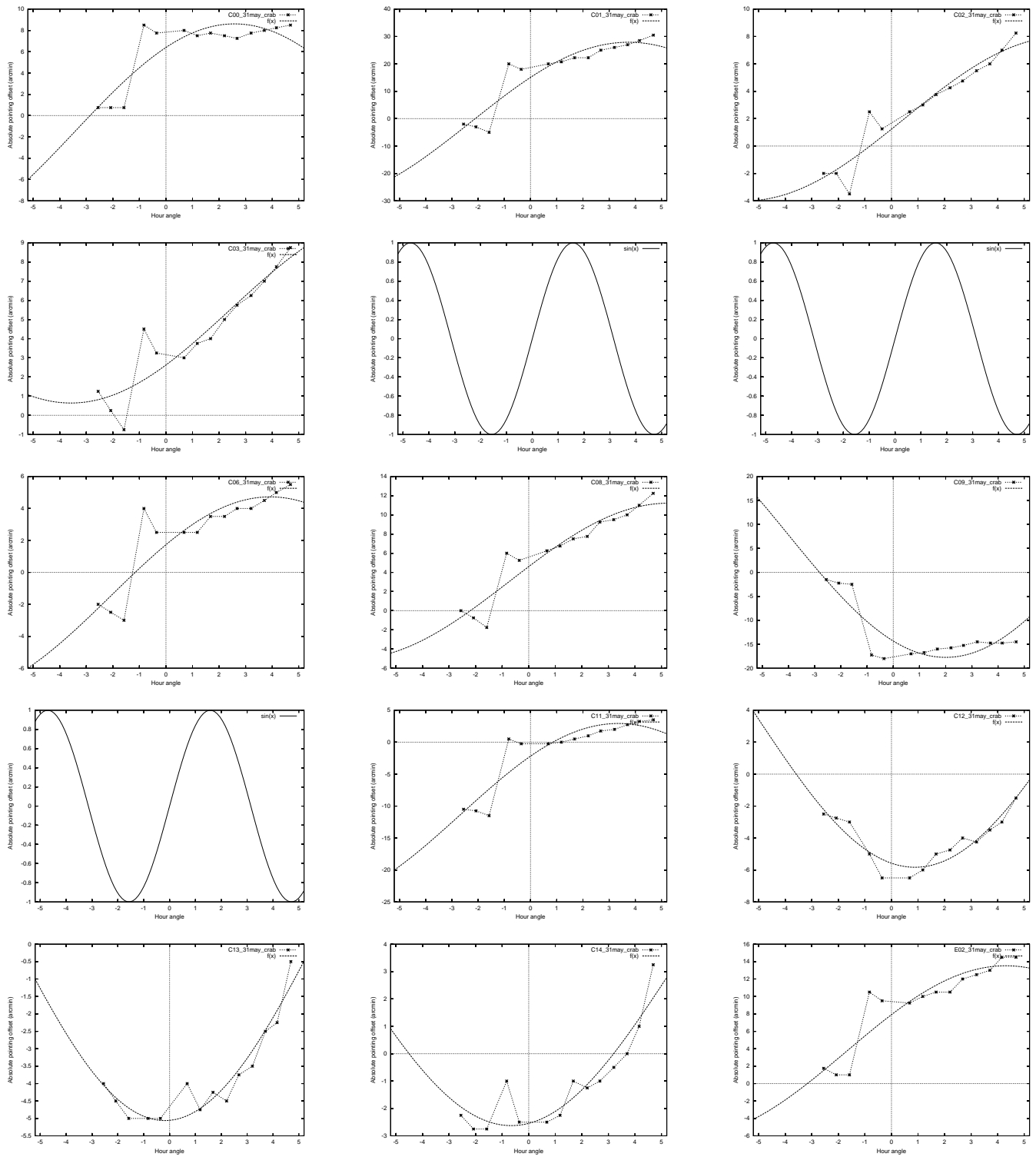


Figure 1: Plots showing Elevation offsets as a function of hour angle. These plots correspond to the Elevation offset data taken on 31 May 2003. The sine-plots shown are dummy plots corresponding to antennas C04, C05 and C10.

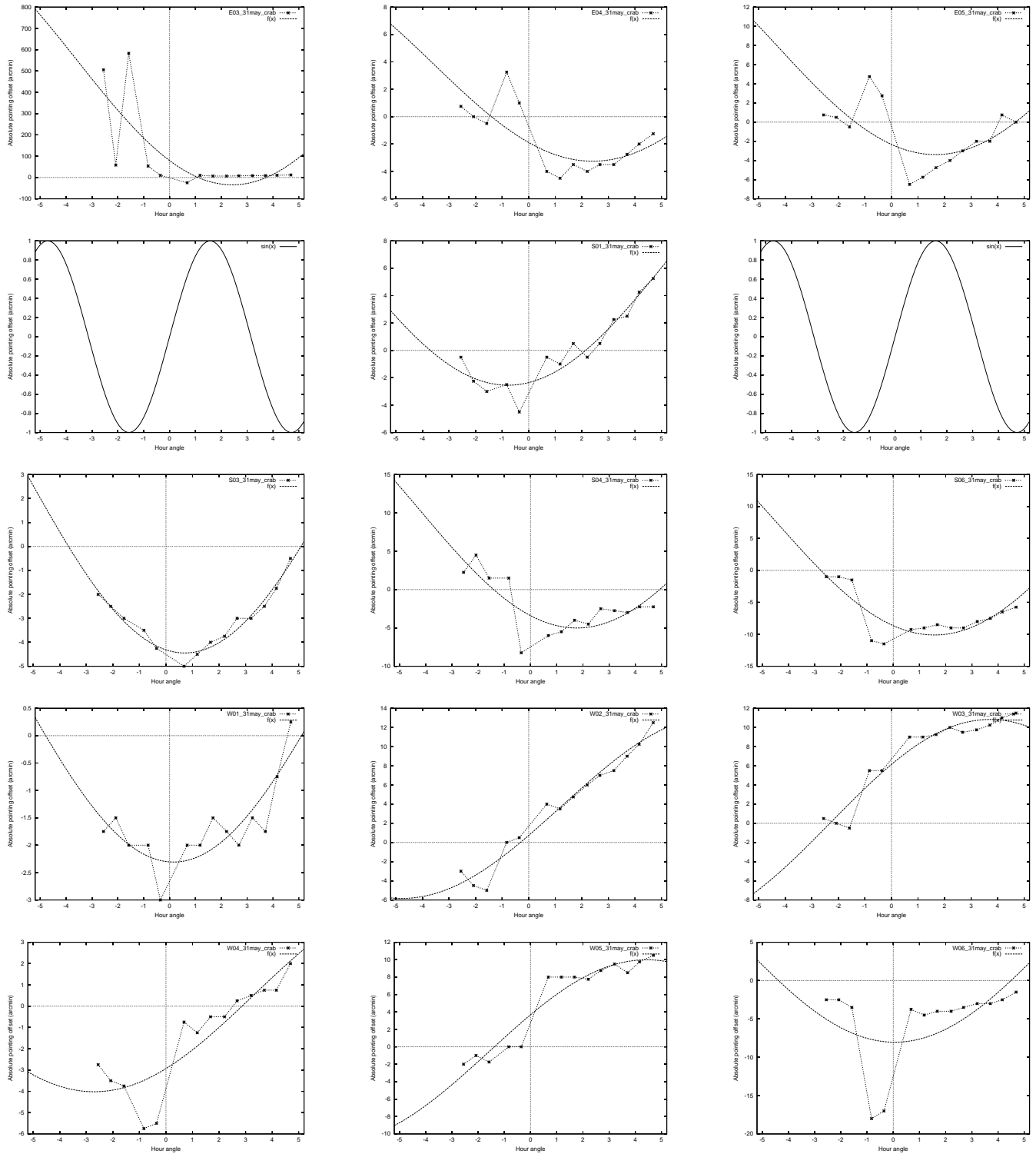


Figure 1: Continued ... The sine-plots shown are dummy plots corresponding to antennas E06 and S01.

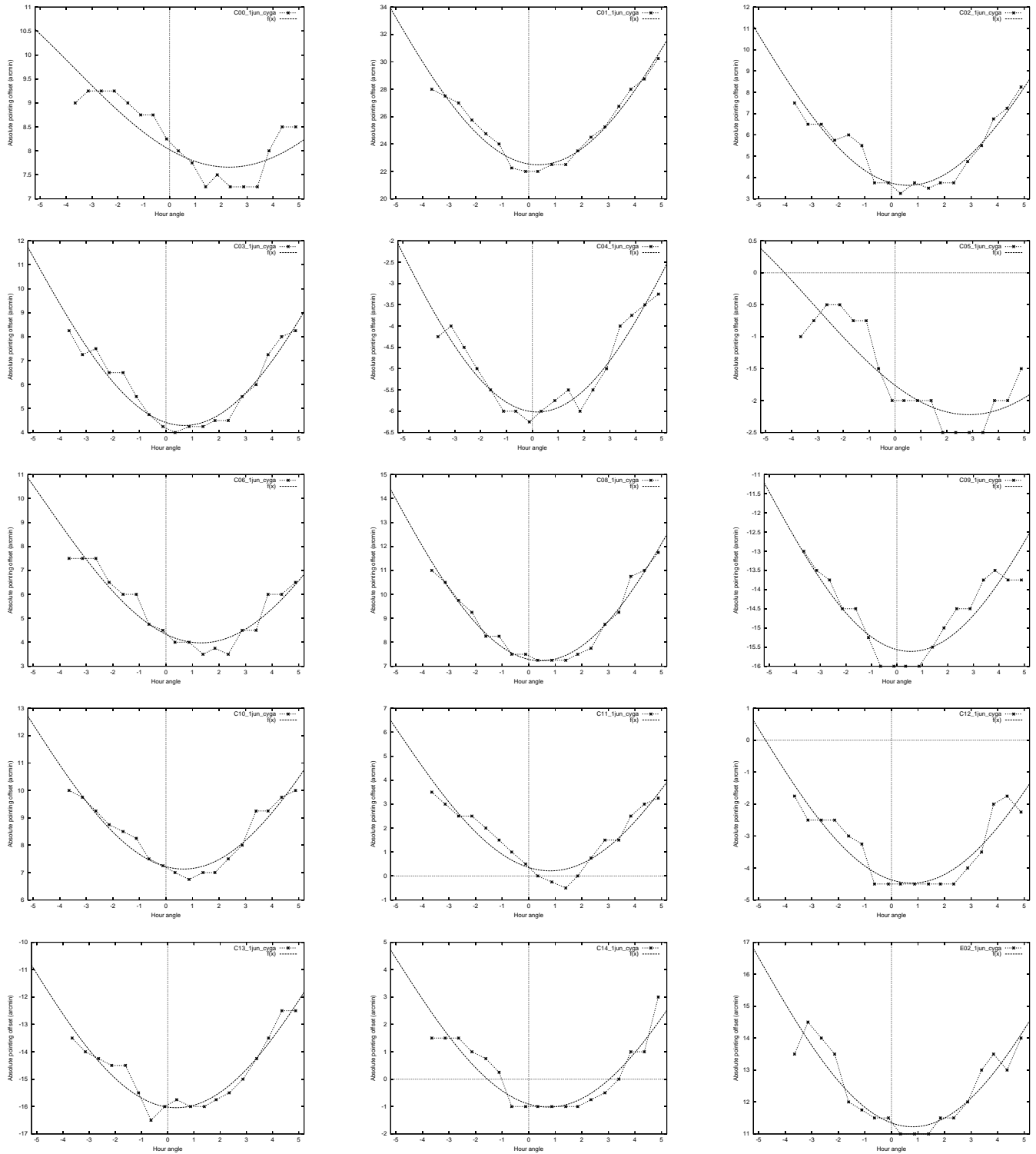


Figure 2: Plots showing Elevation offsets as a function of hour angle. The plots corresponds to the Elevation offset data taken on 1 June 2003.

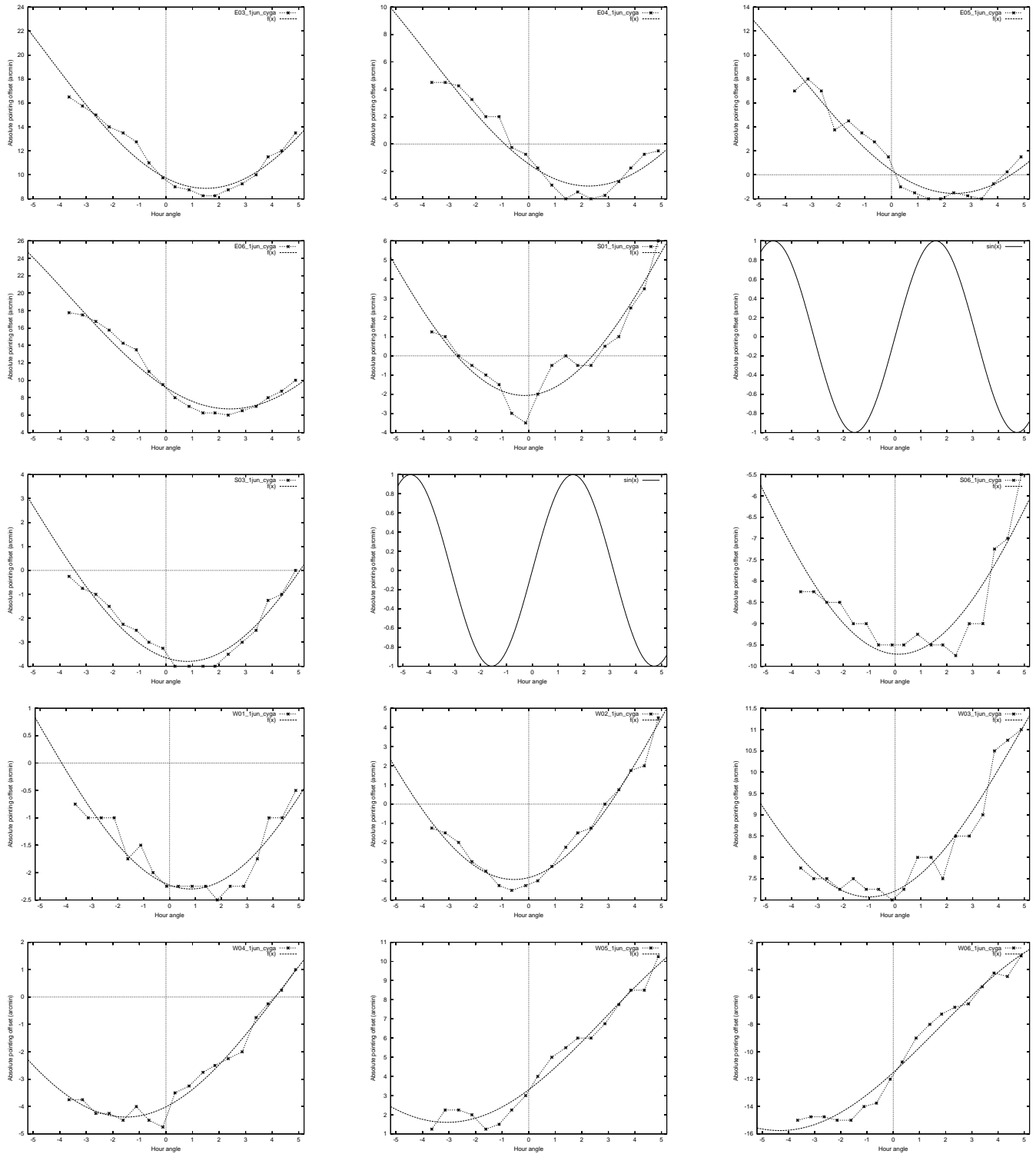


Figure 2: Continued ... The sine-plots shown are dummy plots corresponding to antennas S02 and S04.

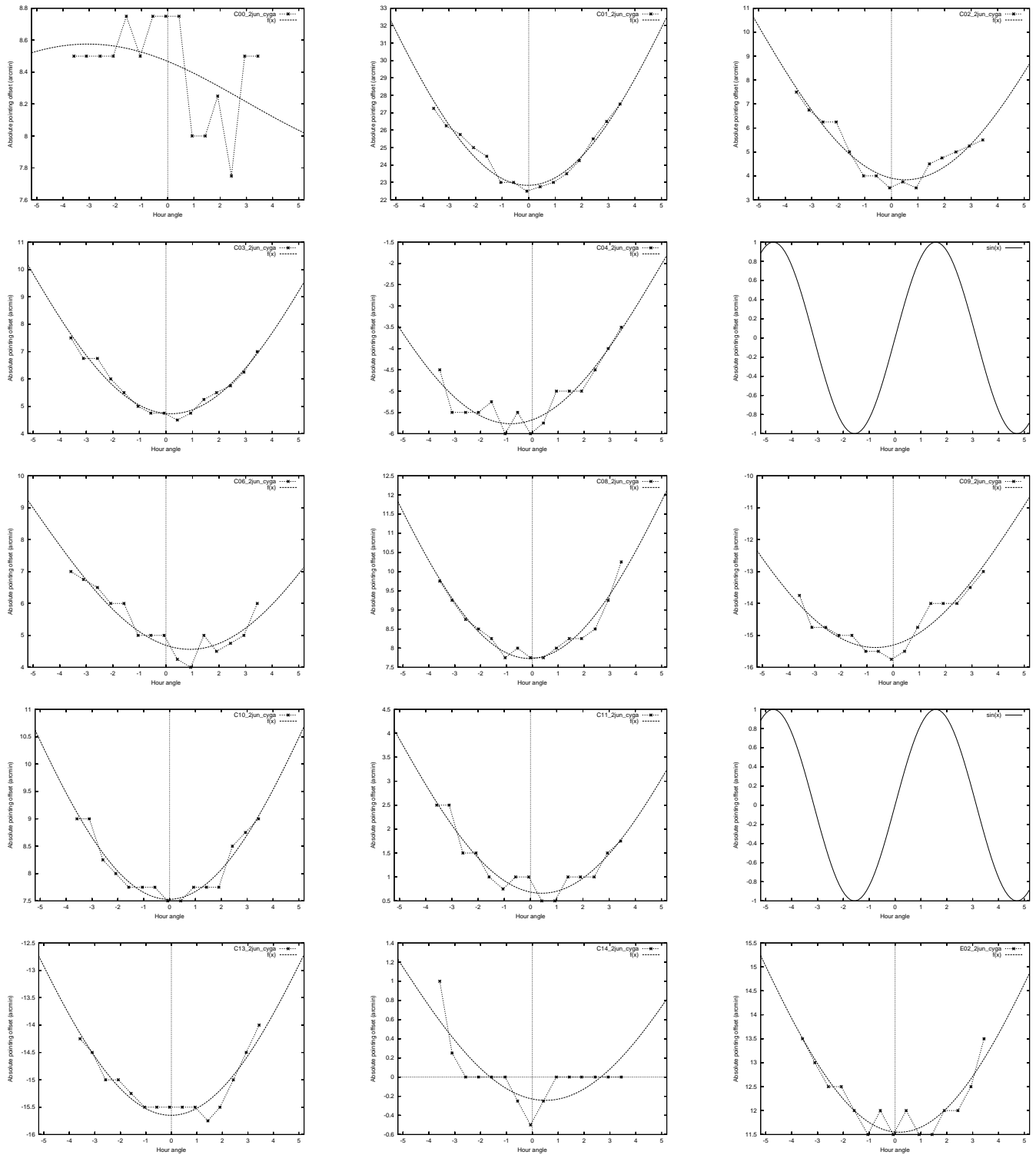


Figure 3: Plots showing Elevation offsets as a function of hour angle. The plots corresponds to the Elevation offset data taken on 2 June 2003. The sine-plots shown are dummy plots corresponding to antennas C04 and C12.

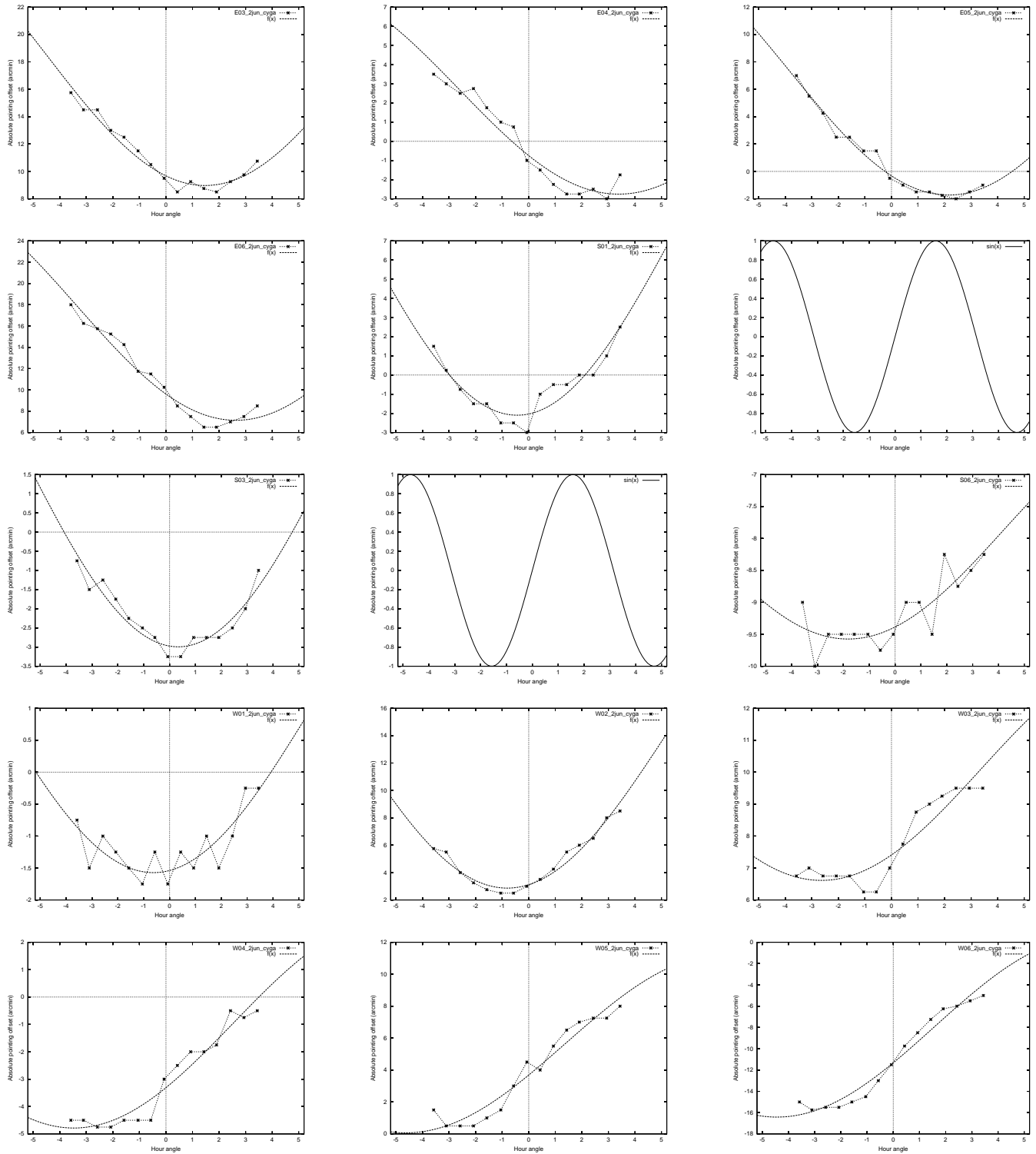


Figure 3: Continued ... The sine-plots shown are dummy plots corresponding to antennas S02 and S04.

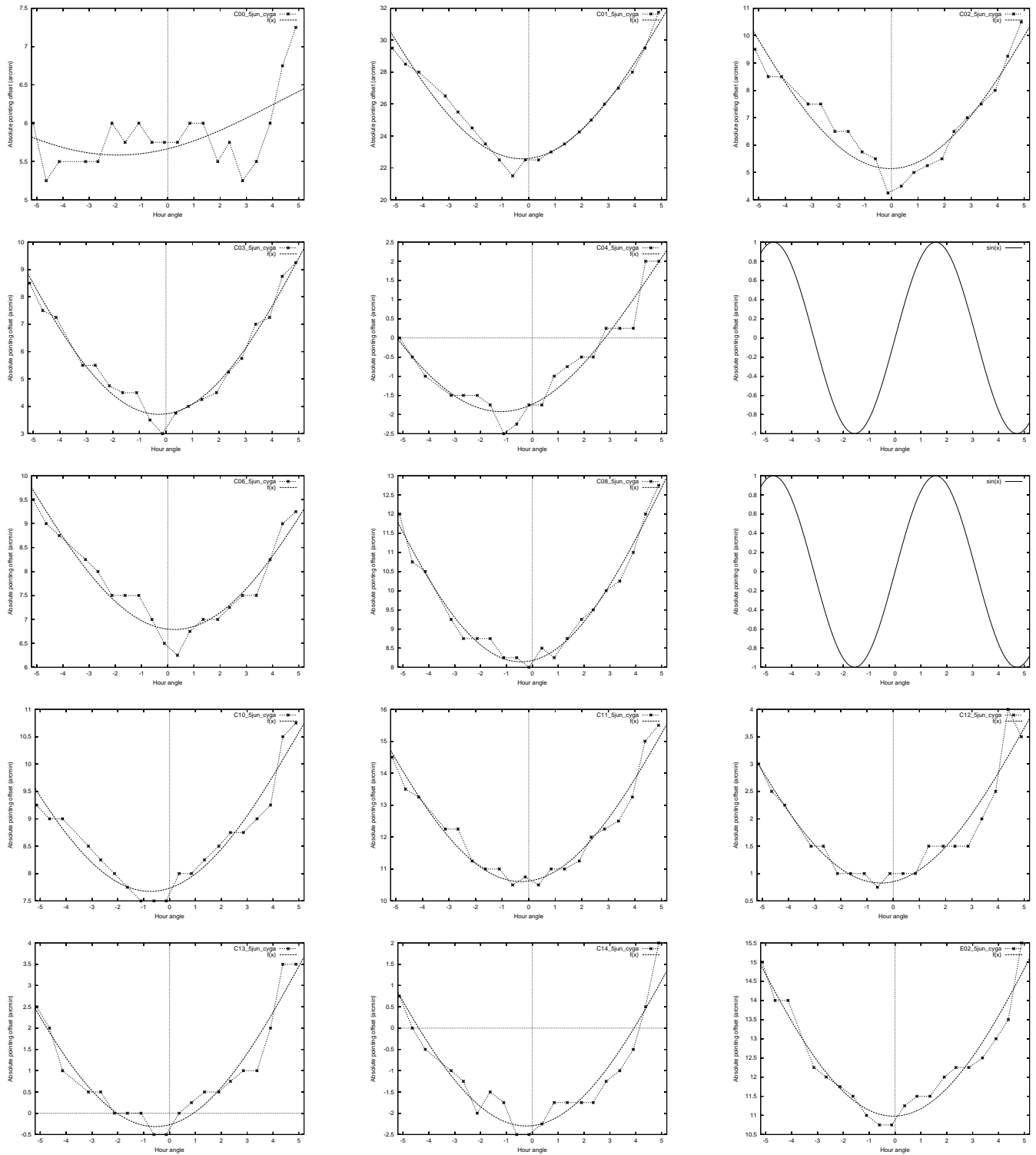


Figure 4: Plots showing Elevation offsets as a function of hour angle. The plots corresponds to the Elevation offset data taken on 5 June 2003. The sine-plots shown are dummy plots corresponding to antennas C05 and C09.

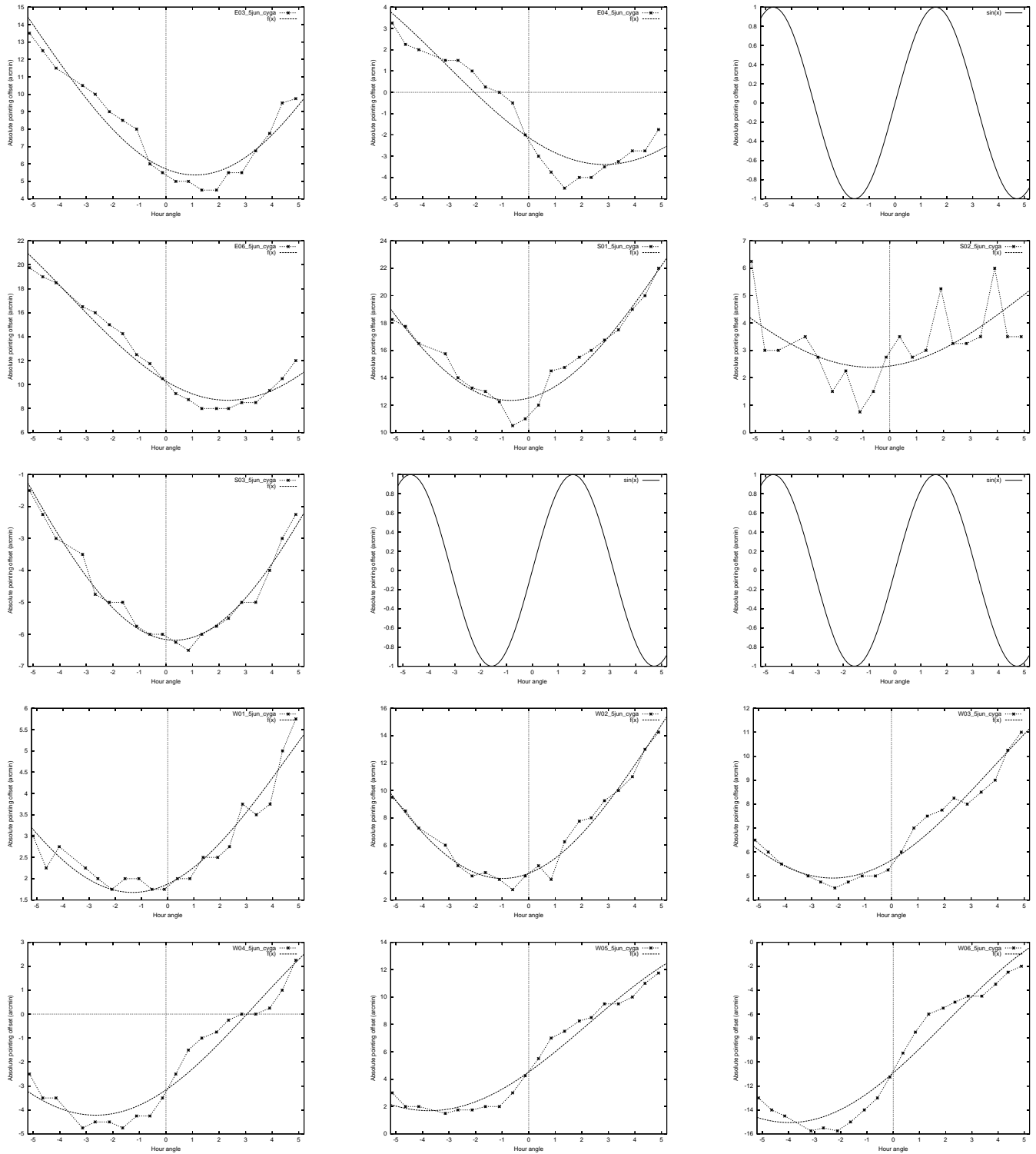


Figure 4: Continued ... The sine-plots shown are dummy plots corresponding to antennas E05, S04 and S06.

5. Results

We did not undertake first data set (31 Mar 2003), because it being of poorer quality and there were a few developments made by the FPS group after 31 Mar 2003.

Based on these observations and analysis, we draw the following conclusions:

- (a) Many of the problems addressed in our earlier study have been removed, *e.g.*
 - i. While moving from one feed position to the another, due to the NVRAMs, the feeds move to the required position with very little fps positional errors.
 - ii. The transit problem is fixed. We do not find a jump when the source crosses zero hour-angle.
 - iii. Antennas with high offset values are also fixed.
- (b) Repeatability is an issue in some of the antennas, as one can see from the plots for observations between 1 June and 5 June 2003, taken for the same source, a few antennas do not repeat the pointing offsets. For example, C12, C13, E03, S03, and W02.
- (c) The position of the farthest arm antennas are off with respect to the central square antennas. This is reflected in our plots as cosine functions, which are mirror images. For example, W04, W05 and W06 are mirror images of E03, E04, E05 and E06 antennas. Also, the cosine minima are shifted to the left and to the right with respect to the zero hour angle for the western and the eastern arm antennas, respectively. We did not have data for all the southern arm antennas to compare with eastern and western arm antennas.

6. Future Directions

We have listed our conclusion along with the assumption made and methodology that we have followed to perform these experiments.

Since our methodology have evolved as we were conducting experiments, future pointing measurements, if any, should be conducted using similar methodology.

ADDENDUM

For each source that is observed, the elevation and the azimuth for each of the GMRT antennas are different, due to their different locations, at any instant of time. Although, 'ONLINE' allows to incorporate such corrections, no correction was applied to any antenna.

Table 18: The fitted coefficients, a , b and d for the data acquired on 31 Mar, 1 Jun, 2 Jun, 5 Jun and 31 May 2003.

Functional form : $f(x) = a + b \cdot \cos(c \cdot x + d)$, and $c = 15$; values are computed in 'degrees'.															
'31mar_crab'			'1jun_cyga'			'2jun_cyga'			'5jun_cyga'			'31may_crab'			
a	b	d	a	b	d	a	b	d	a	b	d	a	b	c	
'CO0'	11.17 +/- 1.1	-3.13 +/- 1.2	29.5 +/- 13.9	9.74 +/- 0.4	-2.08 +/- 0.5	-34.43 +/- 7.3	8.22 +/- 0.5	0.36 +/- 0.4	45.85 +/- 66.2	6.26 +/- 0.3	-0.67 +/- 0.3	28.56 +/- 18.4	-1.47 +/- 2.6	-10.09 +/- 2.9	141.30 +/- 8.3
'CO1'	34.19 +/- 0.7	-14.56 +/- 0.9	5.20 +/- 1.1	35.41 +/- 0.5	-12.92 +/- 0.7	-5.3 +/- 1.0	34.91 +/- 0.6	-12.08 +/- 0.7	0.47 +/- 0.8	33.44 +/- 0.4	-10.87 +/- 0.5	3.62 +/- 1.0	-1.12 +/- 7.7	-29.02 +/- 7.1	123.89 +/- 12.4
'CO2'	17.75 +/- 1.0	-12.81 +/- 1.3	-3.00 +/- 2.0	11.46 +/- 0.5	-7.83 +/- 0.7	-9.38 +/- 1.6	11.16 +/- 0.6	-7.33 +/- 0.7	-7.79 +/- 1.8	11.57 +/- 0.4	-6.43 +/- 0.5	0.70 +/- 1.7	2.00 +/- 1.8	-6.00 +/- 0.6	82.68 +/- 20.2
'CO3'	12.88 +/- 0.7	-8.52 +/- 1.0	1.42 +/- 2.1	11.95 +/- 0.4	-7.66 +/- 0.5	-10.33 +/- 1.3	11.20 +/- 0.3	-6.47 +/- 0.4	-2.87 +/- 0.9	10.8 +/- 0.2	-7.07 +/- 0.3	3.86 +/- 1.0	5.51 +/- 1.8	-4.87 +/- 0.9	53.68 +/- 23.1
'CO4'	0.61 +/- 2.0	-5.57 +/- 2.5	19.24 +/- 11.3	-1.33 +/- 0.3	-4.69 +/- 0.4	-2.97 +/- 1.5	-1.84 +/- 0.5	-3.93 +/- 0.5	12.38 +/- 2.5	1.88 +/- 0.2	-3.80 +/- 0.3	18.2 +/- 2.2			
'CO5'	1.00 +/- 0.27	-0.94 +/- 0.3	-0.66 +/- 7.1	-0.50 +/- 0.4	-1.72 +/- 0.4	-42.85 +/- 9.8									
'CO6'	12.26 +/- 0.7	-5.70 +/- 0.9	-6.21 +/- 3.4	10.03 +/- 0.5	-6.06 +/- 0.6	-19.85 +/- 2.1	9.10 +/- 0.6	-4.54 +/- 0.7	-13.60 +/- 3.1	10.25 +/- 0.2	-3.46 +/- 0.2	-3.81 +/- 1.6	-1.47 +/- 2.2	-6.19 +/- 2.0	121.09 +/- 17.7
'CO8'	16.54 +/- 0.6	-10.41 +/- 0.7	14.13 +/- 1.6	15.05 +/- 0.3	-7.83 +/- 0.3	-7.05 +/- 0.8	13.08 +/- 0.3	-5.35 +/- 0.4	1.57 +/- 1.0	13.47 +/- 0.15	-5.33 +/- 0.2	6.53 +/- 0.8	3.08 +/- 2.4	-8.14 +/- 1.4	100.76 +/- 18.1
'CO9'	-0.42 +/- 0.5	-8.42 +/- 0.7	8.91 +/- 1.6	-10.90 +/- 0.5	-4.72 +/- 0.6	-8.14 +/- 2.2	-10.51 +/- 0.5	-4.87 +/- 0.6	10.13 +/- 2.2				7.83 +/- 5.1	25.57 +/- 5.9	150.05 +/- 4.9
'C10'	10.53 +/- 0.5	-6.01 +/- 0.6	18.91 +/- 2.7	12.91 +/- 0.3	-5.78 +/- 0.4	-9.98 +/- 1.3	11.47 +/- 0.3	-3.95 +/- 0.3	0.49 +/- 1.1	10.78 +/- 0.2	-3.11 +/- 0.2	11.23 +/- 1.7			
'C11'	16.63 +/- 0.4	-7.52 +/- 0.5	3.37 +/- 1.3	6.47 +/- 0.4	-6.26 +/- 0.6	-12.15 +/- 1.6	4.43 +/- 0.4	-3.77 +/- 0.4	-6.48 +/- 1.8	16.30 +/- 0.2	-5.70 +/- 0.3	4.23 +/- 1.1	-11.24 +/- 3.8	14.17 +/- 3.8	309.70 +/- 11.2
'C12'	3.10 +/- 0.3	-4.13 +/- 0.40	3.26 +/- 1.8	0.67 +/- 0.5	-5.15 +/- 0.6	-11.35 +/- 2.1				4.12 +/- 0.2	-3.29 +/- 0.3	7.04 +/- 1.8	3.71 +/- 1.0	-9.54 +/- 1.2	346.71 +/- 1.9
'C13'	14.23 +/- 0.4	-6.60 +/- 0.5	10.63 +/- 1.6	-10.10 +/- 0.4	-5.94 +/- 0.5	-4.87 +/- 1.5	-11.96 +/- 0.3	-3.69 +/- 0.4	0.21 +/- 1.4	3.94 +/- 0.2	-4.26 +/- 0.3	8.34 +/- 1.6	0.39 +/- 0.7	-5.45 +/- 0.8	362.77 +/- 3.4
'C14'	4.73 +/- 0.7	-6.93 +/- 0.8	16.55 +/- 2.8	4.80 +/- 0.5	-5.82 +/- 0.6	-11.13 +/- 1.9	1.35 +/- 0.3	-1.6 +/- 0.4	-7.67 +/- 4.4	1.98 +/- 0.3	-4.28 +/- 0.4	3.44 +/- 1.8	3.00 +/- 1.2	-5.63 +/- 1.3	369.81 +/- 6.8
'E02'	20.32 +/- 0.8	-10.25 +/- 1.0	19.74 +/- 2.5	16.80 +/- 0.5	-5.58 +/- 0.6	-12.00 +/- 2.1	15.97 +/- 0.4	-4.43 +/- 0.5	-2.44 +/- 1.8	16.07 +/- 0.3	-5.09 +/- 0.3	0.93 +/- 1.4	3.70 +/- 3.2	-9.82 +/- 2.6	475.37 +/- 17.2
'E03'	13.26 +/- 0.6	-9.27 +/- 0.7	-17.66 +/- 2.3	20.09 +/- 0.7	-11.22 +/- 0.8	-22.63 +/- 1.7	18.58 +/- 0.8	-9.61 +/- 0.9	-22.09 +/- 2.7	13.77 +/- 0.5	-8.40 +/- 0.7	-16.47 +/- 2.3			
'E04'	1.69 +/- 0.7	-3.67 +/- 0.9	-12.23 +/- 6.6	6.42 +/- 0.9	-9.49 +/- 1.0	-33.88 +/- 3.4	2.70 +/- 1.0	-5.45 +/- 0.8	-50.83 +/- 10.1	1.34 +/- 0.6	-4.73 +/- 0.6	-42.87 +/- 6.6	3.86 +/- 2.7	7.12 +/- 3.0	503.91 +/- 11.2
'E05'	7.36 +/- 0.9	-9.02 +/- 1.0	-27.44 +/- 4.4	8.76 +/- 1.0	-10.31 +/- 1.1	-35.67 +/- 3.6	7.36 +/- 0.7	-9.08 +/- 0.7	-32.27 +/- 3.0				8.06 +/- 4.4	11.45 +/- 5.1	515.14 +/- 8.0
'E06'	15.57 +/- 0.7	-9.45 +/- 0.8	-1.99 +/- 1.6	19.46 +/- 0.9	-12.75 +/- 1.1	-36.19 +/- 2.8	17.92 +/- 1.4	-10.77 +/- 1.2	-39.54 +/- 5.8	17.50 +/- 0.5	-8.8 +/- 0.6	-35.06 +/- 3.1			
'S01'	41.62 +/- 0.8	-14.58 +/- 1.0	12.81 +/- 1.3	7.53 +/- 0.8	-9.60 +/- 0.9	2.34 +/- 2.1	7.65 +/- 1.0	-9.75 +/- 1.1	6.52 +/- 1.8	23.08 +/- 0.6	-10.73 +/- 0.7	10.24 +/- 1.7	6.56 +/- 1.5	9.10 +/- 1.6	551.74 +/- 5.8
'S02'	7.45 +/- 0.5	-7.08 +/- 0.6	27.00 +/- 2.7							5.29 +/- 0.8	-2.90 +/- 1.0	10.04 +/- 8.5			
'S03'	-0.49 +/- 0.7	-4.79 +/- 0.8	-14.15 +/- 4.7	3.04 +/- 0.4	-6.83 +/- 0.5	-12.07 +/- 1.2	2.03 +/- 0.6	-5.02 +/- 0.5	-4.98 +/- 1.7	-0.57 +/- 0.2	-5.62 +/- 0.2	-4.88 +/- 1.0	3.12 +/- 0.5	7.56 +/- 0.5	529.38 +/- 1.1
'S04'	4.30 +/- 1.4	-12.23 +/- 1.6	31.16 +/- 4.9										10.42 +/- 3.7	15.44 +/- 4.3	513.6 +/- 5.3
'S06'	-1.10 +/- 1.4	-6.68 +/- 1.5	30.03 +/- 8.8	-4.91 +/- 0.5	-4.80 +/- 0.7	-1.97 +/- 2.6	-7.87 +/- 0.5	-1.70 +/- 0.6	27.22 +/- 10.4				7.42 +/- 3.3	17.53 +/- 3.9	516.49 +/- 3.8
'W01'	3.38 +/- 0.8	-3.16 +/- 1.0	17.20 +/- 7.8	0.82 +/- 0.3	-3.11 +/- 0.3	-12.24 +/- 1.9	0.93 +/- 0.5	-2.50 +/- 0.5	9.34 +/- 3.6	4.93 +/- 0.2	-3.25 +/- 0.3	20.12 +/- 2.6	0.86 +/- 0.7	3.17 +/- 0.8	537.66 +/- 5.1
'W02'	15.05 +/- 0.5	-14.20 +/- 0.6	-1.02 +/- 0.8	5.62 +/- 0.4	-9.55 +/- 0.5	8.26 +/- 1.4	14.15 +/- 0.7	-11.27 +/- 0.8	12.08 +/- 1.3	14.85 +/- 0.4	-11.28 +/- 0.5	14.70 +/- 1.2	3.74 +/- 1.8	9.58 +/- 0.6	611.73 +/- 13.1
'W03'	8.09 +/- 0.9	-6.18 +/- 1.1	6.92 +/- 3.5	11.10 +/- 0.4	-4.03 +/- 0.4	15.15 +/- 3.1	10.09 +/- 0.8	-3.47 +/- 0.8	39.59 +/- 10.6	9.49 +/- 0.3	-4.58 +/- 0.3	33.17 +/- 2.8	0.09 +/- 1.9	10.75 +/- 1.8	664.31 +/- 8.1
'W04'	5.50 +/- 0.5	-4.04 +/- 0.7	8.49 +/- 3.6	0.47 +/- 0.3	-4.85 +/- 0.3	22.64 +/- 2.6	-0.96 +/- 0.7	-3.82 +/- 0.5	52.10 +/- 9.9	0.37 +/- 0.4	-4.59 +/- 0.4	39.67 +/- 4.6	0.51 +/- 1.9	4.53 +/- 1.4	580.55 +/- 24.6
'W05'	3.87 +/- 1.2	-3.94 +/- 1.5	19.70 +/- 9.5	7.11 +/- 0.5	-5.51 +/- 0.4	46.30 +/- 5.9	5.64 +/- 1.2	-5.57 +/- 0.6	69.46 +/- 13.3	8.04 +/- 0.5	-6.34 +/- 0.4	56.28 +/- 4.7	-0.50 +/- 2.4	10.49 +/- 1.9	653.44 +/- 12.5
'W06'	9.13 +/- 1.4	-25.80 +/- 1.7	27.50 +/- 1.4	-8.40 +/- 0.7	-7.36 +/- 0.4	64.93 +/- 6.7	-7.96 +/- 1.4	-8.46 +/- 0.8	66.59 +/- 10.2	-6.65 +/- 0.9	-8.40 +/- 0.7	59.55 +/- 6.7	5.31 +/- 7.7	13.35 +/- 8.9	539.16 +/- 14.1