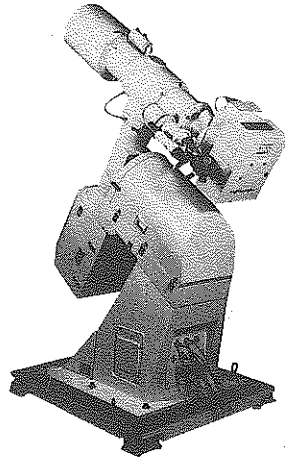


水路部観測報告

衛星測地編

第 4 号

平成 3 年 3 月



海上保安庁

DATA REPORT OF HYDROGRAPHIC OBSERVATIONS

SERIES OF SATELLITE GEODESY

No. 4, March 1991

CONTENTS

Satellite laser ranging observations in 1989	1
Photographic direction observation of Ajisai in 1988 and 1989	38
Collocation observation between two SLR stations at the Simosato Hydrographic Observatory in 1989.....	46
Orbital prediction of Ajisai in 1989	55
Positioning of the first order control points in the marine geodetic control network in 1988.....	60
GPS test observations around Sagami bay in 1989	96
GPS experiment in the Japan and France joint research program on rift system in the south pacific ocean (STARMER PROJECT) in 1989	109

MARITIME SAFETY AGENCY

TŌKYŌ, JAPAN

正 誤 表

水路部観測報告 衛星測地編 第3号

40 ページ 表の中のdateの欄, 下から8行目から19行目

	date		
	Y	M	D
誤	88	2	6
正	88	2	7

Compiled by the Hydrographic Department of Japan (JHD).

Inquiries as to this publication should be addressed to:

**Hydrographic Department
Tsukiji-5, Chuo-ku, Tōkyō,
104 Japan.**

DATA REPORT
OF
HYDROGRAPHIC OBSERVATIONS
SERIES OF SATELLITE GEODESY

No. 4, March 1991

SATELLITE LASER RANGING OBSERVATIONS IN 1989

Summary- Satellite laser ranging observations have been continued by a fixed type satellite laser ranging system at the Simosato Hydrographic Observatory (SHOLAS) and by a transportable one (HTLRS) at off-lying islands. The total numbers of returns obtained by SHOLAS in 1989 are 65,954 from 93 passes of Lageos, 23,645 from 64 passes of Starlette and 219,788 from 240 passes of Ajisai, respectively. Those obtained by HTLRS at Minamitori sima, Okinawa Sima and Tusima in 1989 are 17,360 from 47 passes of Lageos and 89,144 from 147 passes of Ajisai, respectively. The range precisions of SHOLAS are 10.6cm for Lageos, 13.5 cm for Starlette and 10.3 cm for Ajisai, respectively. Those of HTLRS are 3.5 cm for Lageos and 3.8 cm for Ajisai, respectively.

Key words: satellite laser ranging - global geodesy

This is a report of satellite laser ranging (SLR) observations obtained by a fixed type satellite laser ranging station at the Simosato Hydrographic Observatory called SHOLAS and a transportable one called HTLRS (Sasaki 1988) at off-lying islands. This report contains the list of data obtained by these two stations in 1989. Previous data obtained by SHOLAS appear in Series of Astronomy and Geodesy, Data Report of Hydrographic Observations for the period from 1982 to 1985, and in Series of Satellite Geodesy from 1986 to 1988. Routine observation by HTLRS started in December 1987, and previous data obtained by HTLRS at off-lying islands appear in Data Report of Hydrographic Observation, Series of Satellite Geodesy, No. 3 (Sengoku et al. 1990)

1. Observation

The routine ranging observation for Lageos, Starlette, and Beacon (BE)-C started in April 1982 by using a fixed type SLR station at the Simosato Hydrographic Observatory (SHOLAS) under the mutual cooperation between the Hydrographic Department (JHD) and the National Aeronautics and Space Administration (NASA) of the United States of

America. According to the launch of Japanese first Geodetic Satellite "Ajisai" in August 1986, observation of BE-C was terminated in July 1986. Lageos, Starlette and Ajisai have been observed routinely since August 1986. The range observation for Lageos, Starlette and Ajisai by HTLRS started in December 1987. In 1988, the first and the second observation by HTLRS at off-lying islands were made at Titi Sima and Isigaki Sima. The third observation of HTLRS at off-lying islands was carried out at Minamitori Sima from January to March 1989. The fourth was at Okinawa Sima from July to September 1989. The fifth was at Tusima from October to November 1989.

The major specifications of SHOLAS and HTLRS are listed in Table 1 and 2 (Sasaki et al. 1983, Sasaki 1988). The locations of the system and fiducial stone markers set up near the system are shown in Table 3 (Takemura, 1983).

The observation schedule of SHOLAS was made by selecting passes whose maximum elevation over 30 degrees for Ajisai, nighttime passes of Lageos and Starlette, over 35 degrees for daytime passes of Lageos. The observation schedule of HTLRS was made by selecting passes whose maximum elevation over 20 degrees at night. Observation was not carried out on every Saturday and on every Sunday. The priority of the selection for simultaneous transits was in the order of Ajisai, Lageos and Starlette.

The SAO-formatted orbital elements of the satellites for the use of scheduling and tracking were sent from the Goddard Space Flight Center (GSFC) of NASA through GE Mark III network. The orbital elements of Ajisai were also calculated in the Headquarter of JHD by using quick-look data sent from GSFC and from Simosato via GE Mark III network since the launch of the satellite. For the satellite tracking, an analytical tracking program using the element were used. The tracking was carried out when the elevation of satellites was above 20 degrees. The temperature, atmospheric pressure and relative humidity were measured once in a pass. Before and after ranging satellites, the ranging calibrations were made by using ground targets.

The total numbers of returns and passes obtained by SHOLAS and by HTLRS at Minami-Tori Sima, Okinawa Sima and Tusima in 1989 are listed in table 4, 5, 6 and 7. A GPS clock was introduced in SHOLAS in December 1988, and it has been available since April 1989. A GPS clock was also used in HTLRS in order to check the Loran C clock.

2. Polynomial fitting and preliminary analysis of range data

The false range data were removed by a visual rejection system. The system works on CRT screens by applying the filter of polynomial fitting to measured range minus predicted range or measured range itself in use of the on-site computer. Preliminary values of standard deviation for each pass were estimated in this process.

A part of range obtained data, named quick-look (QL) data, were sent to GSFC within two days through GE Mark III network. All the range data, after applied the correction of the internal time delay of the SLR systems obtained by the ground target ranging, named full rate (FR) data, were recorded on a magnetic tape in MERIT II Format (CSTG, 1987) together with the satellite ID, the station ID, the transmitted time corrected

into UTC (USNO MC), the meteorological data, the preliminary measurement standard deviation, the clock precision and some preprocessing indications. The FR data on magnetic tapes for the above three satellites were sent to GSFC, the Center for Space Research (CSR) of the University of Texas and Centre d'Etudes et de Recherches Geodynamiques Astronomiques (CERGA) of France.

The weighted mean range precisions estimated by using the polynomial fitting for all the data obtained by SHOLAS in 1989 are 10.6 cm for Lageos, 13.5 cm for Starlette and 10.3 cm for Ajisai as shown in Table 4. The same for HTLRS are 3.5 cm for Lageos, and 3.8 cm for Ajisai.

The QL data sent to GSFC were used to update orbital elements. These data were transferred from GSFC to CSR and were used for the estimation of the polar motion and variation of angular velocity of the earth rotation by processing with SLR data from other sites in the world. All the FR data were also analyzed in CSR, and more precise values for the earth rotation parameters have been estimated. The FR data sent to the Crustal Dynamics Project were used to detect crustal movements and global plate motions.

JHD has been processing FR data obtained at Simosato and other SLR sites by using an orbital processor (Sasaki, 1984a). A result of the geodetic coordinates for the cross point of azimuth and elevation axes of SHOLAS is $38^{\circ} 34' 39''.70N$, $135^{\circ} 56' 13''.34E$, 101.6 m for latitude, longitude and height above the reference ellipsoid of 6 378 137 m semi-major axis and 1/298.257 flattening, respectively (Sasaki, 1990).

The observations of satellite laser ranging were made by H. Nakagawa, K. Koyama, K. Onodera, A. Masuyama, H. Ito, H. Mori, T. Kurokawa and G. Sawada of the Simosato Hydrographic Observatory and M. Sasaki, T. Kanazawa, T. Utiyama, E. Nisimura, T. Fukushima, A. Sengoku, K. Fuchida, M. Nagaoka, K. Asai, T. Kawai, K. Kawai, K. Tomii, S. Masai, H. Yamano, T. Fujii and S. Imaki of JHD Headquarter.

Calculations and compilation for this report have been made by A. Sengoku, S. Kurokawa of JHD Headquarter and H. Nakagawa of the Simosato Hydrographic Observatory.

References

- Abshire, J. B., 1980: *NASA Report*, "Plan for Investigating Atmospheric Errors in Satellite Laser Ranging Systems"
- CSTG, 1987: *Satellite Laser Ranging Newsletter* SLR subcommission of the CSTG (International Coordination of Space Techniques for Geodesy and Geodynamics) vol. 2, No. 1, p. 5.
- Marini, J. W., Murray, Jr., C. W., 1973: *NASA report*, X-591-73-351, GSFC, Maryland.
- Sasaki, M., Ganeko, Y., Harada, Y., 1983: *Data Report of Hydrogr. Obs., Series of Astronomy and Geodesy*, No. 17, 49.

- Sasaki, M., 1984b: *Jour. Geod. Soc. Japan*, vol. 30, p. 29.
- Sasaki, M., 1988: *Data Report of Hydrogr. Obs., Series of Satellite Geodesy*, No. 1, p. 59.
- Sasaki, M., 1990: Study of the Earth's Dynamics by Means of Satellite Laser Ranging Techniques, *Report of Hydrogr. Researches*, No. 26, p. 99.
- Schutz, B. E., 1983: Satellite Laser Ranging Procedures Guide for Project MERIT, CSR, Univ of Texas, Austin.
- Schutz, B. E., 1983: *Data Report of Hydrogr. Obs., Series of Astronomy and Geodesy*, No. 17, p. 44.
- USNO, 1987, 1988: *Daily Time Differences and Relative Phase Values, Series 4*, No. 1040-1091.

The reports of the SLR observations for the preceding years were presented in the following numbers of the Data Report of Hydrographic Observations.

- Sasaki, M., Nagaoka, M., 1984: *Data Report of Hydrogr. Obs., Series of Astronomy and Geodesy*, No. 18, p. 55 (for 1982).
- Sasaki, M., Sengoku, A., Nisimura, E., Nagaoka, M., 1985: *ibid.*, No. 19, p. 50 (for 1983).
- Sasaki, M., Sengoku, A., Nagaoka, M., Nisimura, E., 1986: *ibid.*, No. 20, p. 44 (for 1984).
- Kanazawa, T., Sengoku, A., Nagaoka, M., Nisimura, E., 1987: *ibid.*, No. 21, p. 63 (for 1985).
- Kanazawa, T., Sengoku, A., Nagaoka, M., Nisimura, E., 1988: *Data Report of Hydrogr. Obs., Series of Satellite Geodesy*, No. 1, p. 19 (for 1986)
- Kanazawa, T., Sengoku, A., Nagaoka, M., Nakagawa, H., 1989: *ibid.*, No. 2, p. 1 (for 1987).
- Sengoku, A., Nagaoka, M., Fuchida, K., Masai, S., Fujii, T., Nakagawa, H., 1990: *ibid.*, No. 3, p. 1 (for 1988).

Table 1. Principal specifications of Satellite Laser Ranging Station of the Simosato Hydrographic Observatory (SHOLAS)

Subsystem	Specification
Mount configuration	elevation over azimuth
Angular resolution	20 bits (1.2 arcsec)
Transmitter diameter	17 cm
Receiver diameter	60 cm
Laser wave length	532 nm
Output energy	150 mJ (normal)
Laser pulse width	200 ps
Repetition rate	4 pps
Receiver detector	PMT (9%Q. E. and 300 ps rise time)
Flight time counter	20 ps resolution
Frequency standard	Rubidium oscillator
Time comparison	multi-Loran C wave (NW pacific Chain)
Computer	PDP 11/60 (64 kw) with two disks and a MT drives

Table 2. Principal specifications of the Hydrographic Department Transportable Satellite Laser Ranging Station (HTLRS)

Subsystem	Specification
Mount configuration	elevation over azimuth/Coude path
Angular resolution	20 bits (1.2 arcsec)
Transmitter diameter	10 cm
Receiver diameter	35 cm
Laser wave length	532 nm
Output energy	50 mJ
Laser pulse width	50-100ps
Repetition rate	5 pps
Receiver detector	Micro-Channel-Plate PMT with 300 ps rise time
Flight time counter	20 ps resolution
Frequency standard	Rubidium oscillator (rate: 2×10^{-11})
Time comparison	multi-Loran C wave
Computer	two 16-bits micro computers with a hard disk, a 5 inch-and two 3.5 inch-floppy disks, printer/recorder, two CRTs and a modem

Table 3a. Geodetic coordinates of SHOLAS

Location	Site ID	Coordinates (Tōkyō Datum)
Cross point of AZ. and EL. axes of SHOLAS	International	33° 34' 27" 496 N*
	7838	135 56 23. 537 E
	Domestic SHO-L	62. 45 m
Cross line, the fiducial stone marker at Simosato Hydrogr. Obs.	Domestic	33° 34' 28" 078 N**
	SHO-HO	135 56 23' 236 E
		58. 36 m

* Surveyed in November 1988.

**Surveyed in January 1982.

Table 3b. Geodetic coordinates of HTLRS

Location	Site ID	Coordinates (Local Datum)
Cross Point of AZ. and EL. axes of HTLRS at Minami-Tori Sima	International	24° 17' 6" 778 N
	7300	153 58 56. 958 E
		7. 56 m
Cross point of AZ. and EL. axes of HTLRS at Okinawa Sima	International	26° 07' 40" 986 N
	7301	127 43 04. 332 E
		96. 70 m
Cross point of AZ. and EL. axes of HTLRS at Tusima	International	34° 11' 35" 412 N
	7302	129 17 45. 268 E
		4. 30 m

Table 4. Data acquisition at the Simosato Hydrographic Observatory in 1989

Satellite	No. of ranges	No. of passes	RMS
Lageos	65,954	93	10.6cm
Starlette	23,645	64	13.5
Ajisai	219,788	240	10.3

Observers H. Nakagawa, K. Koyama, K. Onodera, A. Masuyama, H. Ito, H. Mori,
T. Kurokawa, G. Sawada, M. Sasaki*, K. Tomii*, S. Masai*, H. Yamano*
and T. Fujii*

*JHD headquarter

Table 5. Data acquisition at Minami-Tori Sima in 1989

Satellite	No. of ranges	No. of passes	RMS
Lageos	12,836	31	3.6 cm
Ajisai	16,389	45	3.7

Observers T. Kanazawa, E. Nisimura, A. Sengoku, K. Fuchida, M. Nagaoka, K. Asai, K. Kawai, A. Masuyama* and T. Kurokawa*

*the Simosato Hydrographic Observatory

Table 6. Data acquisition at Okinawa Sima in 1989

Satellite	No. of ranges	No. of passes	RMS
Lageos	2,257	8	3.6 cm
Ajisai	50,016	48	3.6

Observers E. Nisimura, A. Sengoku, K. Fuchida, K. Asai, T. Kawai, S. Imaki, H. Mori* and T. Kurokawa*

*the Simosato Hydrographic Observatory

Table 7. Data acquisition at Tusima in 1989

Satellite	No. of ranges	No. of passes	RMS
Lageos	2,267	8	3.1 cm
Ajisai	22,739	54	4.3

Observers T. Utiyama, T. Fukushima, K. Fuchida, K. Asai, T. Kawai, S. Imaki, A. Masuyama* and G. Sawada*

*the Simosato Hydrographic Observatory

Table 8. Observations and data fitting

Column	Explanation
1, 8	Serial number of passes ranged successfully for each satellite.
2	Observation time (UTC) of the first return and the last return observed in the satellite pass.
3	Satellite identification (ID), LG: Lageos, ST: Starlette, AJ: Ajisai.
4	Azimuth when the tracking of the satellite started at 20° of elevation.
5	Elevations at the maximum, at the first return obtained and at the last return obtained in the satellite path. U means through the maximum elevation.
6	Number of successful returns from the satellite in the pass.
7	Order of the polynomials applied and the root mean square deviation of the curve fitting to measured range minus predicted range. Before the fitting applied an atmospheric correction (Marini and Murray, 1973) is added.

The range correction added to the measured range is

$$dR = -\frac{g(\lambda)}{f(\varphi, H)} \cdot \frac{A+B}{\sin E + \frac{B/(A+B)}{\sin E + 0.01}}$$

where

$$g(\lambda) = 0.9650 + \frac{0.0164}{\lambda^2} + \frac{0.000228}{\lambda^4}$$

$$f(\varphi, H) = 1 - 0.0026 \cos 2\varphi - 0.00031 H,$$

$$A = 0.002357 P + 0.000141 e,$$

$$B = (1.084 \times 10^{-8}) PTK + (4.734 \times 10^{-8}) \frac{P^2}{T} \cdot \frac{2}{(3-1/K)},$$

$$K = 1.163 - 0.00968 \cos 2\varphi - 0.00104 T + 0.00001435 P,$$

$$e = 6.11 \cdot \frac{Rh}{100} \cdot 10^{7.5(T-273.15)/(237.3+(T-273.15))}$$

Here

- dR : Range correction (meters),
- E : True elevation of satellite,
- P : Atmospheric pressure at the site (millibars),
- T : Atmospheric temperature at the site (degrees Kelvin),
- Rh : Relative humidity at the site (%),
- λ : Wavelength of the laser (microns),

- ϕ : Latitude of the site,
- H : Altitude of the site (kilometers).

This term is not corrected for the measured range in the final MT file.

Column

- 9 Station ID, 7838: Simosato Hydrographic Observatory,
7300: Minami-Tori Sima,
7301: Okinawa Sima,
7302: Tusima.
- 10 Atmospheric temperature (degrees Centigrade).
- 11 Atmospheric pressure (millibars).
- 12 Relative humidity (%).
- 13 Calibrated internal delay time of the SLR system obtained by the ground target ranging. The light velocity change in the air (Abshire, 1980) is used for the atmospheric correction. This term is corrected for the range data in the final MT file.

The group velocity of light in the air is given by

$$v = c \cdot (1 + 10^{-6}N)^{-1},$$

where

$$N = 80.343 \left(0.9650 + \frac{0.0164}{\lambda^2} + \frac{0.00028}{\lambda^4} \right) \frac{P}{T} - 11.3 \frac{e}{T},$$

$$e = 6.11 \cdot \frac{Rh}{100} \cdot 10^{7.5(T-273.15)/[237.3+(T-273.15)]}$$

Here

- c : The vacuum speed of light,
- P : Atmospheric pressure (millibars),
- T : Atmospheric temperature (degrees Kelvin),
- Rh : Relative humidity (%),
- λ : Wavelength of the light (microns).

- 14 Time correction: Transmitting time of the Loran C North West Pacific (997) Chain minus time of the clock used in the SLR system. This term is corrected for the transmitted time in the final MT file.
- 15 Time correction: UTC (USNO MC) minus transmitting time of the Loran C North West Pacific (997) Chain (USNO, 1987, 1988). This term is corrected for the transmitted time in the final MT file.
- 16 Comments.

SATELLITE LASER RANGING IN 1989

(1) No.	(2) Obs. Time (UTC)						(3) SAT.	(4) Az. ST	(5) Elev.			(6) RTN	(7) Fitting				
	date			caught					lost	MX	CT		LT	N	RMS		
	Y	M	D	h	m	s	h	m	s					cm			
1	89	01	16	09	37	43	10	14	22	LG	20L	50	26U	23	569	9	10.5
2	89	01	20	14	31	11	14	59	07	LG	70L	35	24U	20	78	9	8.0
3	89	01	23	13	57	30	14	24	31	LG	60L	30	20U	21	374	7	10.5
4	89	01	24	08	16	24	09	56	11	LG	20L	50	24U	20	1051	9	9.9
5	89	01	24	19	28	45	20	08	06	LG	-170R	45	23U	20	660	9	9.7
6	89	01	25	14	40	50	15	02	56	LG	80L	38	23U	35	267	7	9.0
7	89	01	27	15	21	57	16	02	27	LG	105L	50	20U	20	736	7	12.4
8	89	01	27	18	51	16	19	34	34	LG	-180R	55	21U	21	1281	9	11.9
9	89	01	29	09	30	40	10	05	50	LG	20L	45	23U	23	783	7	10.8
10	89	02	03	06	14	58	06	23	49	LG	30R	75	33	55	32	7	7.0
11	89	02	03	16	25	04	16	59	47	LG	130L	75	34U	33	722	9	10.8
12	89	02	05	17	12	40	17	53	58	LG	-210R	85	35U	21	487	9	9.7
13	89	02	06	15	52	15	16	31	12	LG	125L	65	33U	20	1313	9	11.5
14	89	02	13	13	31	02	13	58	44	LG	70L	35	24U	21	298	5	9.0
15	89	02	13	16	49	19	17	34	00	LG	-210R	85	27U	21	729	9	11.0
16	89	02	14	15	33	39	16	11	30	LG	125L	65	37U	20	1681	9	10.2
17	89	02	15	14	24	00	14	41	06	LG	95L	45	41U	32	229	9	9.5
18	89	02	26	13	20	19	13	53	53	LG	85L	38	22U	20	527	7	7.7
19	89	02	26	16	51	24	17	21	13	LG	-200R	75	46U	35	104	7	10.4
20	89	03	01	16	14	03	16	54	16	LG	-210R	85	30U	20	647	9	10.0
21	89	03	08	13	50	29	14	22	35	LG	105L	50	37U	20	486	7	10.4
22	89	03	08	17	13	55	17	55	17	LG	-180R	55	25U	20	176	7	9.8
23	89	03	09	12	37	06	12	59	27	LG	70L	35	31U	20	218	7	8.8
24	89	03	09	15	53	48	16	32	38	LG	-205R	85	38U	24	82	7	10.5
25	89	03	12	12	05	35	12	14	00	LG	60L	30	29U	30	68	5	10.8
26	89	03	15	14	39	49	15	25	30	LG	135L	75	22U	21	364	9	10.2
27	89	03	16	13	36	20	14	01	32	LG	105L	50	46U	22	472	9	11.0
28	89	03	17	12	10	36	12	39	08	LG	70L	35	24U	21	127	7	9.0
29	89	04	06	13	05	50	13	26	17	LG	115L	60	46U	43	187	9	8.4
30	89	04	13	10	37	33	11	05	50	LG	60L	30	21U	20	176	9	10.5
31	89	04	16	13	27	59	14	06	21	LG	135L	75	41U	20	1702	9	9.1
32	89	04	17	05	28	44	05	38	21	LG	20L	55	37	54	51	7	10.9
33	89	04	17	12	03	26	12	41	13	LG	105L	50	24U	23	1077	9	9.3
34	89	04	18	14	13	53	14	54	24	LG	-205R	85	38U	20	995	9	9.4
35	89	04	19	12	53	24	13	31	02	LG	125L	65	36U	22	1016	9	10.9
36	89	04	26	10	28	23	10	59	53	LG	75L	35	21U	20	322	7	9.3
37	89	04	27	16	11	51	16	38	09	LG	-150R	33	27U	22	173	7	9.4
38	89	05	02	12	45	09	13	26	11	LG	135L	75	34U	20	1386	9	9.8
39	89	05	09	13	42	49	14	26	07	LG	-195R	70	24U	25	829	9	10.6
40	89	05	15	12	38	19	13	20	43	LG	145L	85	33U	20	836	9	10.3
41	89	05	26	11	46	01	12	26	22	LG	135L	75	36U	20	1274	9	10.9
42	89	05	27	10	23	10	11	03	15	LG	105L	50	23U	20	1529	9	8.7
43	89	05	27	14	08	04	14	32	07	LG	-175R	50	48U	26	243	7	8.4
44	89	05	30	09	51	24	10	29	03	LG	95L	45	23U	20	565	9	10.3
45	89	05	30	13	21	53	13	59	59	LG	-185R	60	32U	24	474	7	11.0
46	89	05	31	11	53	00	12	40	45	LG	145L	85	21U	20	2868	9	9.8
47	89	06	01	10	38	06	11	17	52	LG	115L	60	29U	20	1190	9	9.8
48	89	06	03	11	19	15	12	06	39	LG	135L	75	20U	20	2571	9	9.1
49	89	06	06	11	00	58	11	31	17	LG	125L	70	55U	22	2176	9	10.0
50	89	06	12	13	19	13	13	47	52	LG	-175R	50	33U	33	140	7	9.6
51	89	06	26	11	46	01	12	26	45	LG	-105R	70	30U	24	471	9	11.1
52	89	07	14	12	05	03	12	24	15	LG	-175R	50	42U	39	341	7	9.7
53	89	07	15	10	33	06	11	14	54	LG	-205R	80	35U	20	1520	9	11.4
54	89	07	19	12	27	52	12	45	22	LG	-165R	40	40	24	37	7	8.1
55	89	08	12	11	19	28	11	36	26	LG	-160R	40	34U	35	66	7	8.7
56	89	08	15	10	45	27	11	06	14	LG	-175R	50	42U	36	430	7	10.3
57	89	08	23	10	34	10	10	55	35	LG	-175R	50	48	20	652	5	10.2
58	89	08	28	10	30	06	11	08	06	LG	-160R	40	21U	20	301	7	9.4
59	89	08	31	10	06	27	10	34	22	LG	-175R	50	43U	22	301	7	10.5
60	89	09	16	09	39	42	09	52	32	LG	-175R	50	45	25	70	7	14.0

SATELLITE LASER RANGING IN 1989

(8) No.	(9) STN	(10) TMP	(11) PRESS	(12) HUM	(13) IDT	(14) DTS	(15) DTL	(16) COMMENTS
		°C	mb	%	ns	µs	µs	
1	7838	5.0	1021.8	78	6.9	-0.9	-1.9	
2	7838	11.9	999.4	73	7.3	0.2	-1.9	
3	7838	8.1	996.6	83	7.4	-0.4	-2.0	
4	7838	7.3	1008.0	52	7.4	-0.5	-2.1	
5	7838	4.0	1012.8	63	7.4	-0.6	-2.1	
6	7838	4.9	1016.2	83	7.5	-0.7	-2.1	
7	7838	1.1	1008.0	68	7.4	-0.9	-2.1	
8	7838	1.0	1008.8	77	7.5	-0.9	-2.1	
9	7838	5.0	1017.5	53	7.3	-1.0	-2.3	
10	7838	8.2	1008.8	44	7.2	-0.4	-0.4	DAYTIME
11	7838	0.8	1014.1	70	7.5	0.3	-0.4	
12	7838	2.9	1014.1	66	7.4	2.5	-0.4	
13	7838	4.8	1014.1	68	7.5	0.1	-0.4	
14	7838	4.7	1012.8	59	7.4	-0.5	-0.6	
15	7838	3.0	1013.5	61	7.5	-0.7	-0.6	
16	7838	4.5	1019.5	71	7.4	-1.3	-0.7	
17	7838	6.7	1018.4	90	7.4	-1.4	-0.7	
18	7838	4.4	1019.7	56	7.5	-0.0	-0.6	
19	7838	3.9	1020.8	54	7.6	-0.2	-0.6	
20	7838	5.6	1019.0	82	7.6	-1.2	-0.6	
21	7838	3.3	1011.9	53	7.4	-2.5		
22	7838	2.1	1012.1	56	7.5	-2.4	-0.2	
23	7838	5.8	1014.1	48	7.3	-2.3		
24	7838	4.9	1014.9	54	7.1	-2.2	-0.3	
25	7838	9.8	1011.1	56	7.4	-2.4		
26	7838	7.7	1005.6	58	7.2	-2.0	-0.3	
27	7838	6.5	1001.4	68	7.3	-2.0		
28	7838	4.7	1008.8	50	6.3	-2.0		
29	7838	13.3	1008.9	72	7.4	-0.3		
30	7838	13.7	1011.2	70	7.3	-1.6		
31	7838	14.5	996.2	63	7.2	-0.5		
32	7838	22.0	1002.5	30	7.2	-0.8		DAYTIME
33	7838	13.2	1007.3	71	7.4	-0.9		
34	7838	15.7	1009.0	89	7.3	-1.4		
35	7838	15.7	1009.7	89	7.2	-1.6		
36	7838	13.7	1009.7	86	7.2	-1.4		
37	7838	15.2	1005.6	49	7.4	-0.5		
38	7838	13.4	1004.5	78	7.2	-2.9		
39	7838	15.6	1004.7	98	7.2	-0.7		
40	7838	13.1	1008.8	73	7.3	-2.1		
41	7838	15.8	1001.6	73	7.3	-1.9	1.1	
42	7838	20.0	1003.4	74	7.1	-2.2	1.1	
43	7838	17.1	1004.2	88	7.1	-2.2	1.1	
44	7838	18.5	1004.2	75	7.2	-3.2	1.2	DAYTIME
45	7838	14.5	1006.0	71	7.2	-3.2	1.2	
46	7838	17.4	1009.7	80	7.3	-3.5	1.1	
47	7838	19.9	1008.8	79	7.3	-0.3		
48	7838	19.2	1009.7	79	7.1	-0.3		
49	7838	22.5	999.7	93	7.1	-0.7		
50	7838	16.5	1008.0	84	7.1	-0.2	-0.2	
51	7838	21.7	1002.1	96	7.0	-1.3	-0.2	
52	7838	22.8	1007.1	95	7.0	-0.4	-0.3	
53	7838	23.7	1007.1	91	6.9	-0.3	-0.3	
54	7838	23.2	1010.8	90	6.8	0.2	-0.4	
55	7838	24.9	1000.1	90	7.4	-2.0	-0.4	
56	7838	24.7	997.5	90	7.5	-0.4	-0.4	
57	7838	25.3	1006.6	88	7.0	-1.3	-0.3	
58	7838	25.4	997.7	71	7.2	-2.3	-0.3	
59	7838	24.8	1001.6	87	7.2	-2.5	-0.3	
60	7838	26.3	1008.6	91	7.1	-1.5	-0.3	

SATELLITE LASER RANGING IN 1989

(1) No.	(2) Obs.Time(UTC)						(3) SAT.	(4)Az. ST	(5)Elev.			(6) RTN	(7)Fitting				
	date			caught					lost				N	RMS			
	Y	M	D	h	m	s	h	m	s				cm				
61	89	09	29	18	10	00	18	36	03	LG	55R	32	24U	23	71	9	13.2
62	89	10	12	18	02	56	18	30	45	LG	45R	40	28U	29	508	9	10.9
63	89	10	13	20	05	53	20	17	42	LG	25L	85	23	54	53	7	9.1
64	89	10	17	18	44	24	18	53	17	LG	40R	50	37	21	261	7	10.4
65	89	10	19	19	31	09	19	44	34	LG	30R	70	51	20	330	5	11.1
66	89	10	20	17	37	27	18	14	19	LG	45R	40	20U	24	762	9	9.6
67	89	10	21	19	44	29	20	33	09	LG	25L	85	20U	20	1582	9	10.0
68	89	10	23	08	33	47	08	46	53	LG	-160R	38	36	21	101	9	9.5
69	89	11	02	17	30	15	18	13	42	LG	40R	50	21U	20	2026	9	12.8
70	89	11	10	05	03	55	05	24	13	LG	140L	85	82	27	404	9	11.9
71	89	11	10	17	16	22	17	40	26	LG	40R	50	32U	44	223	9	12.6
72	89	11	18	16	50	13	17	28	18	LG	40R	50	21U	30	854	5	13.0
73	89	11	18	20	22	01	20	37	59	LG	20L	50	20	49	188	9	12.6
74	89	11	20	05	42	35	05	54	21	LG	-200R	75	51	23	183	7	11.0
75	89	11	26	16	32	47	17	13	40	LG	40R	50	25U	21	1082	9	14.4
76	89	11	26	20	07	20	20	38	15	LG	20L	50	30U	31	204	7	12.4
77	89	11	28	17	35	43	17	53	51	LG	30R	70	65U	45	797	7	14.3
78	89	11	29	15	58	49	16	22	19	LG	45R	40	22U	40	180	7	11.3
79	89	11	29	19	50	34	20	11	52	LG	20L	60	59	20	743	7	13.1
80	89	12	03	17	31	37	17	59	23	LG	30R	80	22U	73	810	9	12.9
81	89	12	04	16	10	08	16	54	10	LG	40R	50	21U	20	1517	9	13.0
82	89	12	05	02	50	24	02	56	31	LG	110L	55	48	36	163	9	11.8
83	89	12	05	18	18	54	19	06	20	LG	25L	75	20U	20	2597	16	13.8
84	89	12	06	16	57	05	17	44	53	LG	30R	70	21U	20	1713	16	15.2
85	89	12	07	15	41	21	16	07	03	LG	45R	40	26U	36	451	9	13.4
86	89	12	10	15	06	06	15	39	46	LG	55R	33	21U	20	575	7	12.4
87	89	12	14	16	38	59	17	24	05	LG	30R	70	25U	21	767	9	12.6
88	89	12	15	15	18	37	15	57	56	LG	45R	40	22U	20	793	9	11.0
89	89	12	17	16	04	36	16	49	26	LG	35R	60	23U	21	2024	9	10.6
90	89	12	18	02	31	37	02	47	41	LG	120L	65	60	45	145	7	8.6
91	89	12	19	16	52	20	17	39	14	LG	30R	80	24U	20	2106	9	11.6
92	89	12	20	03	38	55	03	45	41	LG	140L	85	40	24	73	5	8.5
93	89	12	20	15	30	50	16	14	14	LG	40R	50	22U	20	1138	9	10.6

(8) No.	(9) STN	(10) TMP	(11) PRESS	(12) HUM	(13) IDT	(14) DTS	(15) DTL	(16) COMMENTS
		C	mb	%	ns	µs	µs	
61	7838	15.8	1008.4	84	6.9	-1.3	-0.3	
62	7838	17.0	1008.2	92	7.0	-0.6	-0.1	
63	7838	16.3	1008.2	73	7.0	-0.7	-0.1	
64	7838	9.5	1010.6	69	7.1	-0.8	0.0	
65	7838	14.2	1006.6	77	7.2	-1.8	0.0	
66	7838	12.2	1011.2	61	7.1	-2.3	0.1	
67	7838	16.9	1010.6	81	7.1	-2.7	0.1	
68	7838	19.5	1004.2	71	7.0	-3.2	0.1	DAYTIME
69	7838	9.5	1013.6	61	7.2	-0.1	0.1	
70	7838	21.8	1008.0	60	7.0	-0.9	0.2	DAYTIME
71	7838	13.7	1013.0	55	7.0	-0.3	0.1	
72	7838	11.6	1001.6	72	7.0	0.1	0.2	
73	7838	8.8	1003.6	59	7.1	0.1	0.2	
74	7838	14.7	1014.9	45	6.8	-0.4	0.2	DAYTIME
75	7838	9.0	1015.4	75	6.9	-0.1	0.2	
76	7838	10.1	1014.3	74	7.1	-0.3	0.2	
77	7838	6.8	1007.1	57	6.7	-1.4	0.3	
78	7838	4.4	1013.4	61	7.1	-0.4	0.3	
79	7838	4.9	1013.4	64	7.0	-0.4	0.3	
80	7838	10.9	1007.3	79	7.0	-2.4	0.4	
81	7838	12.5	1004.7	67	6.5	-2.8	0.4	
82	7838	19.9	1004.3	40	6.4	-3.1	0.5	DAYTIME
83	7838	9.8	1004.2	60	6.7	-0.3	0.5	
84	7838	8.3	1005.1	66	5.2	-0.8	0.5	
85	7838	12.0	996.8	82	6.5	-0.7	0.5	
86	7838	5.7	1019.9	75	6.7	0.9	0.5	
87	7838	6.9	1004.5	57	6.3	-0.1	0.6	
88	7838	5.5	1011.0	57	6.4	0.1	0.6	
89	7838	10.7	1018.2	52	6.5	0.0	0.6	
90	7838	15.2	1018.4	44	5.5	-0.1	0.6	DAYTIME
91	7838	2.1	1018.0	59	6.9	-0.2	0.6	
92	7838	11.4	1015.3	44	6.8	-0.2	0.6	DAYTIME
93	7838	6.5	1016.2	76	6.5	-0.3	0.6	

SATELLITE LASER RANGING IN 1989

(1) No.	(2) Obs. Time (UTC)				(3) SAT.	(4) Az. ST	(5) Elev.			(6) RTN	(7) Fitting		
	date			lost			MX	CT	LT		N	RMS	
	Y	M	D	h m s	h m s						cm		
1	89	01	16	11 03 02	11 11 25	ST	200L	45	21U	21	283	9	12.8
2	89	01	27	14 42 25	14 48 40	ST	-35R	50	24U	38	393	7	12.8
3	89	01	29	15 20 46	15 27 17	ST	-55L	70	22U	55	169	7	13.0
4	89	02	03	13 19 50	13 29 46	ST	-50R	80	23U	20	571	9	14.3
5	89	02	06	12 29 31	12 38 10	ST	-50L	85	26U	25	441	9	14.5
6	89	02	07	12 49 54	12 56 52	ST	-60L	55	31U	27	55	7	11.9
7	89	02	09	11 38 17	11 47 45	ST	-50L	80	22U	22	296	9	13.5
8	89	02	10	10 09 09	10 17 26	ST	-35R	45	23U	20	86	7	12.4
9	89	02	15	09 58 11	10 03 55	ST	-55L	65	33U	38	174	9	14.3
10	89	02	27	04 45 54	04 52 06	ST	-30R	45	24U	26	381	7	14.9
11	89	03	09	17 44 01	17 49 32	ST	190L	35	27U	21	40	9	13.5
12	89	04	13	07 12 44	07 22 31	ST	225L	80	25U	20	685	9	14.9
13	89	04	17	04 54 45	05 01 03	ST	185L	35	31U	20	113	7	11.4
14	89	04	18	12 33 56	12 42 47	ST	-40R	60	21U	21	815	9	15.3
15	89	04	26	11 31 58	11 38 02	ST	-70L	40	22U	29	98	7	10.1
16	89	04	28	03 03 17	03 08 11	ST	-115R	65	64	20	576	9	13.2
17	89	05	02	08 00 53	08 09 30	ST	-40R	65	27U	23	667	9	13.8
18	89	05	02	09 50 39	09 57 24	ST	-80L	32	22U	20	176	9	12.8
19	89	05	08	00 49 55	00 53 31	ST	-80R	35	34	24	35	7	12.1
20	89	05	15	03 09 07	03 16 00	ST	-35R	40	33U	20	249	9	10.4
21	89	05	29	15 32 55	15 39 33	ST	205L	55	25U	22	198	7	13.7
22	89	06	03	13 32 22	13 38 29	ST	185L	35	21U	20	714	9	12.9
23	89	06	06	12 41 38	12 47 08	ST	190L	40	22U	26	215	7	14.5
24	89	06	17	10 53 12	10 54 29	ST	-95R	45	34	23	60	5	12.4
25	89	06	26	06 30 22	06 33 33	ST	205L	55	54	25	175	5	16.8
26	89	06	29	05 40 13	05 43 34	ST	210L	60	58	21	193	7	17.3
27	89	07	05	11 16 30	11 21 59	ST	-45R	75	32U	29	391	12	22.5
28	89	07	14	01 26 00	01 28 52	ST	-125R	80	79	34	247	5	16.4
29	89	07	15	01 41 24	01 48 34	ST	-105R	50	24	28	93	7	13.4
30	89	07	20	05 16 17	05 19 05	ST	-20R	32	32	22	114	7	10.9
31	89	08	07	01 59 12	02 03 00	ST	-75L	33	28	27	68	7	10.5
32	89	08	09	00 48 06	00 52 48	ST	-60L	55	31U	41	160	7	13.1
33	89	08	19	11 53 46	11 59 41	ST	175L	30	21U	23	189	7	10.3
34	89	08	22	11 02 35	11 09 18	ST	180L	35	21U	22	504	7	9.9
35	89	08	23	11 20 53	11 29 59	ST	210L	60	22U	20	1116	14	14.0
36	89	08	28	09 20 33	09 28 04	ST	190L	40	21U	21	962	7	12.8
37	89	08	29	11 29 35	11 36 52	ST	-80R	35	21U	21	531	7	9.6
38	89	09	11	12 12 28	12 15 44	ST	-35R	50	48	29	77	7	11.6
39	89	09	16	11 57 04	12 05 06	ST	-55L	65	30U	23	440	9	14.8
40	89	09	30	00 02 44	00 09 04	ST	-115R	60	23U	27	264	7	19.2
41	89	10	04	05 05 48	05 08 36	ST	-40R	55	52U	39	120	7	14.3
42	89	10	12	19 10 09	19 17 48	ST	220L	75	25U	20	113	7	18.1
43	89	10	13	19 29 19	19 37 08	ST	-115R	60	22U	20	893	14	13.9
44	89	10	17	19 00 30	19 05 19	ST	-90R	35	30U	20	532	7	12.0
45	89	10	21	16 37 08	16 44 18	ST	-125R	75	21U	34	558	14	16.3
46	89	10	25	14 19 16	14 22 19	ST	200L	45	36U	41	283	7	14.1
47	89	10	26	14 43 32	14 44 47	ST	220L	75	33	22	46	5	14.5
48	89	11	02	11 25 23	11 33 01	ST	185L	37	21U	21	394	7	9.9
49	89	11	04	12 03 03	12 12 48	ST	-125R	80	21U	20	1004	9	15.1
50	89	11	10	15 56 56	16 01 51	ST	-25R	33	29U	20	437	7	10.2
51	89	11	17	09 00 22	09 08 42	ST	-90R	40	23U	20	610	9	10.9
52	89	11	20	06 18 45	06 28 40	ST	215L	70	21U	22	799	9	14.2
53	89	11	20	08 09 33	08 17 41	ST	-85R	37	22U	20	198	7	12.8
54	89	11	27	04 56 46	05 05 50	ST	-115R	65	23U	25	450	9	16.1
55	89	12	04	01 49 22	01 53 51	ST	210L	70	66U	27	377	7	14.4
56	89	12	05	02 11 12	02 13 47	ST	-125R	75	50	24	131	5	15.4
57	89	12	08	01 14 18	01 23 29	ST	-120R	70	26U	20	602	9	14.4
58	89	12	11	00 23 50	00 32 33	ST	-115R	60	28U	20	1075	9	15.7
59	89	12	12	00 43 52	00 51 44	ST	-90R	40	26U	20	527	9	12.6
60	89	12	13	01 05 13	01 10 46	ST	-70R	30	27U	20	253	7	12.4

(8) No.	(9) STN	(10) TMP	(11) PRESS	(12) HUM	(13) IDT	(14) DTS	(15) DTL	(16) COMMENTS
		°C	mb	%	ns	µs	µs	
1	7838	3.8	1023.4	82	7.5	-0.7	-1.0	
2	7838	1.5	1007.7	67	7.4	-0.5	-2.1	
3	7838	2.7	1018.6	53	7.4	-0.5	-2.3	
4	7838	2.0	1012.8	65	7.4	0.1	-0.4	
5	7838	8.4	1013.2	53	7.3	0.0	-0.4	
6	7838	7.0	1015.6	76	7.4	-0.6	-0.4	
7	7838	10.5	996.0	65	7.6	-0.4	-0.5	
8	7838	5.1	998.1	62	7.3	-0.5	-0.5	
9	7838	9.8	1019.9	84	7.5	-1.4	-0.7	
10	7838	12.6	1023.9	42	7.6	-0.5	-0.6	DAYTIME
11	7838	4.6	1014.9	56	7.3	-2.2	-0.3	
12	7838	19.3	1009.9	39	7.8	-1.4		DAYTIME
13	7838	22.3	1002.5	34	7.3	-0.8		DAYTIME
14	7838	16.8	1009.0	81	7.3	-1.4		
15	7838	13.2	1010.3	90	7.3	-1.4		
16	7838	18.6	1010.4	38	7.4	-0.7		DAYTIME
17	7838	20.4	1001.0	50	7.3	-2.8		DAYTIME
18	7838	16.7	1002.3	58	7.3	-2.8		
19	7838	19.7	1000.3	62	7.8	-5.6		DAYTIME
20	7838	19.9	1004.0	53	7.3	-1.7		DAYTIME
21	7838	14.6	1000.8	99	7.2	-3.0	1.2	
22	7838	17.7	1009.9	85	7.2	-0.3		
23	7838	22.4	1001.2	89	7.2	-0.7		
24	7838	20.7	991.8	96	6.5	-0.3	-0.1	
25	7838	27.4	1001.3	90	7.0	-1.2	-0.1	DAYTIME
26	7838	25.4	995.7	77	7.2	-1.9	-0.1	DAYTIME
27	7838	21.3	1002.3	77	7.1	-1.0	-0.2	
28	7838	25.3	1005.6	76	7.1	-0.4	-0.3	DAYTIME
29	7838	25.8	1008.0	83	7.1	-0.3	-0.3	DAYTIME
30	7838	26.3	1010.6	80	7.0	0.3	-0.4	DAYTIME
31	7838	28.0	994.6	81	7.4	-0.7	-0.4	DAYTIME
32	7838	28.6	999.4	81	7.3	-1.0	-0.4	DAYTIME
33	7838	24.9	1005.1	93	7.4	-1.3	-0.4	
34	7838	26.2	1009.5	87	7.1	-1.3	-0.4	
35	7838	23.6	1006.9	95	6.8	-1.3	-0.3	
36	7838	28.1	996.6	64	7.3	-2.2	-0.3	DAYTIME
37	7838	24.8	1002.9	94	7.3	-2.6	-0.3	
38	7838	24.3	998.8	87	7.3	-1.2	-0.3	
39	7838	25.3	1009.5	93	7.3	-1.5	-0.3	
40	7838	24.4	1009.3	66	7.1	-1.3	-0.3	DAYTIME
41	7838	25.4	1005.1	69	7.2	-2.3	-0.3	DAYTIME
42	7838	16.1	1008.2	95	7.1	-0.6	-0.1	
43	7838	16.8	1007.7	70	7.1	-0.7	-0.1	
44	7838	9.3	1011.0	69	7.1	-0.8	0.0	
45	7838	17.7	1011.2	77	7.1	-2.6	0.1	
46	7838	15.3	1012.1	85	6.2	-0.8	0.1	
47	7838	16.6	1011.0	95	6.0	-1.0	0.1	
48	7838	13.4	1012.1	53	7.2	0.0	0.1	
49	7838	13.3	1016.2	91	7.0	-0.3	0.1	
50	7838	14.6	1012.8	51	7.1	-0.2	0.1	
51	7838	14.2	1006.2	98	7.1	-0.2	0.1	
52	7838	14.5	1015.3	46	7.1	-0.4	0.2	DAYTIME
53	7838	10.8	1016.2	55	6.8	-0.4	0.2	
54	7838	18.8	1010.4	45	7.0	-0.7	0.3	DAYTIME
55	7838	19.0	1006.4	60	7.0	-2.5	0.4	DAYTIME
56	7838	18.9	1005.1	37	6.6	-3.1	0.5	DAYTIME
57	7838	14.0	999.3	40	6.5	-0.5	0.5	DAYTIME
58	7838	11.7	1019.9	55	6.5	1.1	0.6	DAYTIME
59	7838	14.2	1017.3	60	6.8	0.5	0.6	DAYTIME
60	7838	10.9	1019.3	46	6.5	0.1	0.6	DAYTIME

SATELLITE LASER RANGING IN 1989

(1) No.	(2) Obs. Time(UTC)						(3) SAT.	(4)Az. ST	(5)Elev.			(6) RTN	(7)Fitting				
	date			caught					lost				MX	CT	LT	N	RMS
	Y	M	D	h	m	s								cm			
61	89	12	18	04	33	27	04	43	36	ST	-40R	65	21U	20	137	9	11.8
62	89	12	19	03	04	08	03	12	16	ST	-30R	35	21U	20	304	7	10.5
63	89	12	26	01	41	25	01	50	13	ST	-40R	55	21U	26	405	9	12.6

(8) No.	(9) STN	(10) TMP	(11) PRESS	(12) HUM	(13) IDT	(14) DTS	(15) DTL	(16) COMMENTS
61	7838	° C 16.1	mb 1017.0	% 43	ns 5.5	µs -0.1	µs 0.6	DAYTIME
62	7838	10.2	1019.1	39	6.5	-0.1	0.6	DAYTIME
63	7838	15.2	1006.9	69	6.7	-1.0	0.5	DAYTIME

SATELLITE LASER RANGING IN 1989

(1) No.	(2) Obs. Time (UTC)						(3) SAT.	(4) Az. ST	(5) Elev.			(6) RTN	(7) Fitting				
	date			caught					lost	MX	CT		LT	N	RMS		
	Y	M	D	h	m	s	h	m	s					cm			
1	89	01	16	11	52	27	12	05	52	AJ	215L	70	21U	20	950	14	12.0
2	89	01	20	10	18	40	10	30	53	AJ	200L	50	21U	21	680	9	10.5
3	89	01	20	16	32	34	16	38	26	AJ	-35R	35	31U	27	43	9	10.5
4	89	01	20	18	31	16	18	43	44	AJ	-50R	85	22U	26	650	9	11.6
5	89	01	23	09	39	53	09	50	56	AJ	205L	55	31U	20	775	9	11.6
6	89	01	23	15	49	18	16	00	16	AJ	-40R	35	20U	20	170	7	8.3
7	89	01	23	17	50	41	18	04	19	AJ	-50R	80	21U	21	412	14	11.1
8	89	01	24	08	45	44	08	56	04	AJ	185L	35	22U	20	587	9	9.6
9	89	01	24	14	55	17	15	04	43	AJ	-40R	30	21U	20	768	9	8.9
10	89	01	24	16	56	45	17	10	07	AJ	-45R	65	21U	20	751	14	11.3
11	89	01	24	19	01	52	19	09	38	AJ	-70L	38	31U	23	823	7	9.2
12	89	01	25	16	02	50	16	15	17	AJ	-40R	50	21U	20	737	9	10.8
13	89	01	25	18	14	05	18	14	36	AJ	-60L	60	42	38	24	5	8.1
14	89	01	26	15	08	56	15	17	21	AJ	-35R	38	21U	31	454	7	11.2
15	89	01	26	17	10	18	17	20	00	AJ	-50L	85	21U	50	517	7	10.4
16	89	01	27	14	16	25	14	24	41	AJ	-35R	32	25U	20	366	9	11.6
17	89	01	27	16	16	24	16	29	50	AJ	-45R	70	21U	20	1150	14	11.1
18	89	01	27	18	19	42	18	29	31	AJ	-70L	35	22U	20	781	9	10.1
19	89	01	29	08	17	25	08	29	27	AJ	210L	65	23U	24	1344	14	10.6
20	89	01	29	14	28	36	14	39	57	AJ	-35R	40	21U	20	939	9	10.5
21	89	01	29	16	30	17	16	42	48	AJ	-50L	80	22U	25	994	14	11.7
22	89	01	30	13	39	47	13	44	35	AJ	-40R	37	33	20	306	7	10.1
23	89	02	03	05	51	38	06	00	18	AJ	175L	30	22U	20	197	9	8.1
24	89	02	03	07	53	15	08	02	50	AJ	-125R	75	42U	25	400	9	11.6
25	89	02	03	09	55	11	10	04	57	AJ	-70R	33	21U	20	925	9	8.4
26	89	02	03	14	01	35	14	14	42	AJ	-40R	60	21U	20	1630	9	11.5
27	89	02	03	16	03	59	16	15	50	AJ	-65L	45	21U	20	985	9	9.7
28	89	02	05	12	13	56	12	24	17	AJ	-35R	35	21U	20	161	9	9.8
29	89	02	05	14	15	14	14	28	26	AJ	-50R	85	21U	22	1608	18	10.8
30	89	02	06	13	21	30	13	33	52	AJ	-45R	60	22U	23	1619	16	9.9
31	89	02	06	15	24	08	15	35	12	AJ	-70L	40	23U	20	914	9	10.1
32	89	02	07	08	22	23	08	30	39	AJ	-80R	38	32U	20	689	9	10.0
33	89	02	07	12	27	47	12	38	48	AJ	-35R	45	23U	24	387	7	11.2
34	89	02	07	14	29	00	14	42	06	AJ	-55L	60	21U	21	540	14	11.1
35	89	02	09	12	41	09	12	51	29	AJ	-45R	65	22U	37	312	7	9.8
36	89	02	10	11	47	19	11	59	26	AJ	-40R	50	22U	20	1298	9	10.4
37	89	02	13	13	09	36	13	20	55	AJ	-60L	55	27U	21	731	9	10.2
38	89	02	14	10	12	42	10	24	04	AJ	-35R	40	21U	20	1115	9	9.3
39	89	02	14	12	14	29	12	27	15	AJ	-50L	80	23U	22	1098	9	12.8
40	89	02	15	09	19	20	09	28	45	AJ	-35R	33	23U	20	360	7	10.0
41	89	02	15	11	20	03	11	33	40	AJ	-45R	75	21U	20	343	9	12.4
42	89	02	19	09	46	29	09	58	28	AJ	-40R	60	25U	22	781	9	10.8
43	89	02	26	09	32	49	09	45	41	AJ	-60L	55	20U	20	1538	9	9.9
44	89	02	27	08	38	44	08	51	08	AJ	-50L	80	22U	26	747	9	12.3
45	89	03	15	02	25	35	02	30	53	AJ	-40R	38	37U	27	90	7	11.0
46	89	03	15	04	23	06	04	35	56	AJ	-50L	80	23U	22	361	9	11.3
47	89	03	15	19	16	55	19	28	12	AJ	190L	40	21U	20	793	9	9.9
48	89	03	15	21	17	57	21	30	42	AJ	-110R	60	23U	20	369	9	10.7
49	89	03	16	03	29	40	03	42	04	AJ	-45R	70	26U	20	355	14	9.5
50	89	03	17	02	36	43	02	46	54	AJ	-40R	55	31U	23	106	7	10.6
51	89	03	29	01	58	00	02	03	12	AJ	-70L	35	29U	32	360	7	11.1
52	89	03	29	16	48	14	17	00	20	AJ	-130R	85	24U	25	1202	14	11.7
53	89	04	05	14	32	55	14	46	19	AJ	215L	75	21U	20	996	9	10.4
54	89	04	06	13	39	34	13	50	44	AJ	195L	50	21U	26	489	9	11.2
55	89	04	13	11	25	37	11	36	36	AJ	185L	40	21U	20	873	9	10.1
56	89	04	16	12	45	48	12	58	56	AJ	-110R	60	21U	20	1620	9	9.6
57	89	04	17	13	55	52	14	06	18	AJ	-75R	35	21U	20	699	9	9.7
58	89	04	18	13	00	44	13	12	26	AJ	-90R	45	22U	20	861	9	11.4
59	89	04	19	12	05	54	12	18	25	AJ	-105R	55	23U	20	1196	9	9.6
60	89	04	20	11	21	25	11	24	21	AJ	-125R	75	41U	21	101	7	9.6

(8) No.	(9) STN	(10) TMP	(11) PRESS	(12) HUM	(13) IDT	(14) DTS	(15) DTL	(16) COMMENTS
		° C	mb	%	ns	ns	ns	
1	7838	3.3	1023.0	77	7.5	-0.7	-1.9	
2	7838	13.8	998.5	85	7.3	0.1	-1.9	
3	7838	10.6	1001.0	70	7.4	0.4	-1.9	
4	7838	10.8	1002.0	67	7.3	0.4	-1.9	
5	7838	9.9	995.1	99	7.4	-0.6	-2.0	
6	7838	8.0	996.5	81	7.4	-0.4	-2.0	
7	7838	9.1	996.8	69	7.6	-0.5	-2.0	
8	7838	8.3	1007.1	48	7.5	-0.5	-2.1	
9	7838	4.7	1011.1	59	7.6	-0.6	-2.1	
10	7838	4.7	1012.5	58	7.5	-0.4	-2.1	
11	7838	5.0	1012.1	52	7.5	-0.7	-2.1	
12	7838	5.3	1016.0	82	7.4	-0.8	-2.1	
13	7838	7.6	1015.6	74	7.5	-0.6	-2.1	
14	7838	6.9	1004.7	98	7.4	-1.0	-2.1	
15	7838	6.0	1005.6	98	7.4	-1.0	-2.1	
16	7838	1.5	1007.7	68	7.5	-0.8	-2.1	
17	7838	0.8	1008.0	68	7.6	-0.5	-2.1	
18	7838	1.2	1008.4	67	7.5	-1.0	-2.1	
19	7838	7.2	1016.9	60	7.1	-1.2	-2.3	DAYTIME
20	7838	2.9	1018.6	51	7.4	-0.5	-2.3	
21	7838	2.5	1018.9	53	7.4	-0.5	-2.3	
22	7838	6.3	1018.5	85	7.2	-0.6	-2.3	
23	7838	9.6	1008.6	42	7.5	-0.3	-0.4	DAYTIME
24	7838	6.8	1009.9	46	7.5	-0.3	-0.4	DAYTIME
25	7838	4.0	1010.8	59	7.4	-0.3	-0.4	
26	7838	1.7	1013.0	70	7.3	0.1	-0.4	
27	7838	0.0	1013.8	81	7.5	0.3	-0.4	
28	7838	5.0	1015.8	68	7.4	2.0	-0.4	
29	7838	4.0	1015.6	68	7.4	2.1	-0.4	
30	7838	5.4	1013.6	66	7.4	0.0	-0.4	
31	7838	5.2	1013.8	67	7.5	0.3	-0.4	
32	7838	10.2	1014.4	55	7.4	-1.0	-0.4	DAYTIME
33	7838	6.8	1015.6	76	7.5	-0.7	-0.4	
34	7838	8.9	1014.7	73	7.8	-0.7	-0.4	
35	7838	9.3	995.7	71	7.6	-0.3	-0.5	
36	7838	5.2	1000.1	58	7.5	-0.4	-0.5	
37	7838	5.0	1012.8	55	7.6	-0.5	-0.6	
38	7838	6.8	1017.3	56	7.4	-1.2	-0.7	
39	7838	4.5	1018.6	64	7.4	-1.0	-0.7	
40	7838	10.4	1019.9	83	7.4	-1.4	-0.7	
41	7838	7.4	1019.7	92	7.6	-1.6	-0.7	
42	7838	8.2	1015.6	76	7.5	-0.4	-0.6	
43	7838	6.9	1017.1	55	7.5	-0.0	-0.6	
44	7838	10.5	1024.1	53	7.8	-0.8	-0.6	DAYTIME
45	7838	16.1	1000.8	39	7.4	-2.8	-0.3	DAYTIME
46	7838	16.7	999.7	38	7.4	-2.9	-0.3	DAYTIME
47	7838	3.7	1005.9	75	7.4	-2.1	-0.2	
48	7838	4.3	1006.2	60	7.3	-1.9	-0.3	DAYTIME
49	7838	13.0	1005.6	47	7.3	-2.2	-0.3	DAYTIME
50	7838	11.5	1005.6	44	7.4	-2.1	-0.2	DAYTIME
51	7838	14.0	1006.4	50	7.2	-0.9	-1.4	DAYTIME
52	7838	6.3	1011.4	72	7.3	-2.0	-0.2	
53	7838	10.0	1003.6	88	7.3	-2.3		
54	7838	13.1	1009.1	75	7.3	-0.3		
55	7838	13.1	1011.7	70	7.4	-1.6		
56	7838	15.0	995.5	63	7.7	-0.5		
57	7838	13.0	1007.5	70	7.3	-1.0		
58	7838	16.4	1009.0	84	7.2	-1.4		
59	7838	16.3	1009.8	88	7.3	-1.6		
60	7838	16.4	1007.3	96	7.3	-1.8		

SATELLITE LASER RANGING IN 1989

(1) No.	(2) Obs. Time(UTC)						(3) SAT.	(4)Az. ST	(5)Elev.			(6) RTN	(7)Fitting				
	date			caught					lost				N	RMS			
	Y	M	D	h	m	s	h	m	s					cm			
61	89	04	26	09	50	22	10	03	47	AJ	-120R	70	21U	20	2204	9	10.3
62	89	04	27	15	07	50	15	20	10	AJ	-40R	50	21U	20	785	9	9.6
63	89	05	02	08	29	53	08	42	54	AJ	-110R	60	22U	20	1061	9	11.1
64	89	05	09	12	26	59	12	38	30	AJ	-45R	60	26U	24	1312	14	9.3
65	89	05	15	02	54	52	03	04	33	AJ	185L	40	27U	21	568	7	9.8
66	89	05	15	05	00	51	05	07	11	AJ	-115R	65	63	21	930	7	9.8
67	89	05	15	06	59	34	07	08	38	AJ	-65R	30	21U	21	474	7	8.5
68	89	05	15	09	03	47	09	13	38	AJ	-35R	32	20U	20	1083	9	7.3
69	89	05	15	11	05	14	11	18	46	AJ	-45R	70	21U	20	1895	16	9.6
70	89	05	26	07	16	21	07	28	29	AJ	-40R	45	21U	20	1273	9	9.8
71	89	05	26	09	21	27	09	30	57	AJ	-55L	65	44U	21	847	9	10.8
72	89	05	27	02	19	05	02	25	43	AJ	-100R	50	49U	20	821	9	10.4
73	89	05	30	01	34	55	01	45	17	AJ	-95R	45	30U	20	939	9	10.4
74	89	05	30	07	46	36	07	57	00	AJ	-50L	85	44U	20	579	12	10.6
75	89	05	31	00	38	24	00	51	15	AJ	-115R	60	22U	21	1875	16	9.7
76	89	05	31	02	44	01	02	53	01	AJ	-65R	30	22U	20	695	9	9.3
77	89	05	31	06	49	37	07	02	09	AJ	-45R	70	23U	23	1478	14	8.7
78	89	05	31	08	54	36	09	02	33	AJ	-70L	35	29U	20	821	9	8.7
79	89	06	01	05	55	31	06	08	12	AJ	-40R	50	22U	20	869	14	10.1
80	89	06	06	03	27	33	03	37	21	AJ	-35R	35	22U	20	260	7	9.1
81	89	06	06	05	32	12	05	42	05	AJ	-45R	80	48U	20	1123	9	10.3
82	89	06	12	02	06	47	02	16	55	AJ	-40R	37	22U	21	879	9	9.1
83	89	07	05	14	31	53	14	43	10	AJ	-125R	80	23U	31	195	7	12.0
84	89	07	07	12	45	19	12	55	09	AJ	200L	50	26U	27	1228	9	9.0
85	89	07	12	14	25	19	14	31	39	AJ	-80R	38	37U	20	41	7	8.5
86	89	07	13	11	27	39	11	31	57	AJ	205L	60	51U	46	210	7	10.7
87	89	07	13	17	40	35	17	41	50	AJ	-40R	37	36	33	49	5	10.0
88	89	07	14	10	32	58	10	41	09	AJ	185L	38	32U	20	651	7	10.5
89	89	07	14	12	31	21	12	43	44	AJ	-115R	65	25U	21	1115	9	10.9
90	89	07	14	14	38	11	14	40	24	AJ	-60R	30	27	30	48	7	6.6
91	89	07	14	18	42	03	18	55	04	AJ	-45R	65	22U	20	1897	9	10.4
92	89	07	15	11	37	04	11	49	10	AJ	-135R	90	25U	24	1485	9	10.6
93	89	07	15	13	41	13	13	51	17	AJ	-75R	35	23U	20	733	7	9.3
94	89	07	15	17	47	47	18	00	20	AJ	-40R	50	20U	20	1737	9	9.0
95	89	07	19	12	07	29	12	14	56	AJ	-90R	45	32U	29	603	7	11.5
96	89	07	19	18	18	14	18	25	30	AJ	-50L	75	43U	40	576	9	11.2
97	89	07	20	11	12	12	11	22	15	AJ	-110R	55	33U	24	381	7	12.0
98	89	07	20	15	20	11	15	24	00	AJ	-35R	33	23	33	168	5	9.6
99	89	07	20	17	21	32	17	34	27	AJ	-45R	75	24U	20	1375	14	10.6
100	89	07	20	19	27	32	19	33	08	AJ	-75L	30	29U	21	123	7	9.4
101	89	07	21	10	17	16	10	28	31	AJ	-125R	80	31U	23	183	9	10.0
102	89	07	21	12	23	45	12	30	27	AJ	-70R	33	32	20	307	7	8.3
103	89	07	25	08	41	06	08	53	44	AJ	220L	80	21U	25	1589	9	11.7
104	89	07	28	16	14	25	16	25	11	AJ	-55L	60	23U	30	1421	7	10.2
105	89	08	03	06	39	55	06	53	34	AJ	-130R	80	21U	20	1026	9	10.4
106	89	08	03	12	51	25	13	04	13	AJ	-40R	55	20U	20	2187	9	8.8
107	89	08	03	14	53	44	15	03	26	AJ	-65L	50	22U	33	546	7	9.5
108	89	08	06	12	11	04	12	24	03	AJ	-40R	55	21U	20	1771	9	9.6
109	89	08	06	14	13	32	14	25	19	AJ	-65L	45	22U	20	1227	9	8.5
110	89	08	07	11	18	29	11	28	54	AJ	-40R	45	26U	20	1106	9	10.8
111	89	08	07	13	20	47	13	32	01	AJ	-55L	70	33U	20	930	9	10.0
112	89	08	08	04	12	49	04	18	48	AJ	200L	50	24U	50	312	9	9.9
113	89	08	08	06	18	19	06	26	40	AJ	-105R	55	47U	20	1108	9	10.3
114	89	08	08	10	23	23	10	33	39	AJ	-35R	35	21U	20	1364	9	8.6
115	89	08	08	12	24	33	12	38	14	AJ	-45R	80	20U	20	1563	14	10.0
116	89	08	09	11	32	03	11	37	45	AJ	-40R	60	28U	59	203	7	10.1
117	89	08	09	13	35	34	13	40	48	AJ	-65L	45	33U	38	76	9	9.7
118	89	08	10	10	39	07	10	45	41	AJ	-35R	45	32U	35	101	7	10.7
119	89	08	10	12	39	16	12	49	52	AJ	-55L	65	25U	30	996	9	10.4
120	89	08	11	09	42	55	09	53	16	AJ	-35R	35	21U	21	383	9	10.7

SATELLITE LASER RANGING IN 1989

(8) No.	(9) STN	(10) TMP	(11) PRESS	(12) HUM	(13) IDT	(14) DTS	(15) DTL	(16) COMMENTS
		° C	mb	%	ns	µs	µs	
61	7838	15.0	1009.3	77	7.2	-1.4		
62	7838	15.4	1005.2	65	7.4	-0.4		
63	7838	19.9	1001.4	51	7.3	-2.8		DAYTIME
64	7838	16.1	1004.5	99	7.1	-0.6		
65	7838	19.6	1004.2	51	7.3	-1.7		DAYTIME
66	7838	20.5	1004.2	56	7.3	-1.8		DAYTIME
67	7838	19.7	1004.5	52	7.3	-1.8		DAYTIME
68	7838	18.9	1005.7	55	7.4	-1.9		DAYTIME
69	7838	14.7	1007.7	73	7.3	-2.0		
70	7838	21.3	997.3	55	6.5	-1.8	1.1	DAYTIME
71	7838	19.2	999.0	59	7.2	-1.9	1.1	DAYTIME
72	7838	22.2	1003.2	62	7.4	-2.1	1.1	DAYTIME
73	7838	21.3	1003.8	64	7.2	-3.0	1.2	DAYTIME
74	7838	21.0	1002.9	60	7.3	-3.2	1.2	DAYTIME
75	7838	21.2	1009.5	52	7.3	-3.4	1.1	DAYTIME
76	7838	21.7	1009.0	59	7.4	-3.4	1.1	DAYTIME
77	7838	22.5	1008.2	67	7.3	-3.4	1.1	DAYTIME
78	7838	21.3	1008.2	71	7.3	-3.5	1.1	DAYTIME
79	7838	24.0	1008.2	61	7.3	-0.3		DAYTIME
80	7838	25.7	996.6	78	7.0	-0.6		DAYTIME
81	7838	27.0	995.5	71	7.3	-0.6		DAYTIME
82	7838	20.8	1008.0	76	7.9	-1.4	-0.1	DAYTIME
83	7838	21.2	1002.5	91	7.0	-1.0	-0.2	
84	7838	21.6	1004.2	91	7.1	-1.1	-0.3	
85	7838	26.3	997.9	86	6.9	-0.2	-0.3	
86	7838	25.1	1000.1	90	7.0	-0.3	-0.3	
87	7838	24.3	1001.8	94	7.2	-0.3	-0.3	
88	7838	22.8	1006.4	93	7.2	-0.4	-0.3	
89	7838	22.8	1007.3	95	7.3	-0.4	-0.3	
90	7838	22.7	1007.3	91	7.1	-0.4	-0.3	
91	7838	22.7	1006.4	92	7.1	-0.4	-0.3	
92	7838	23.6	1007.3	94	7.0	-0.3	-0.3	
93	7838	23.2	1007.0	92	7.0	-0.2	-0.3	
94	7838	21.2	1005.3	98	7.1	-0.2	-0.3	
95	7838	23.8	1010.8	88	6.8	0.2	-0.4	
96	7838	23.1	1010.6	93	6.4	0.2	-0.4	
97	7838	23.6	1011.0	91	6.9	0.3	-0.4	
98	7838	21.2	1011.0	97	6.8	0.3	-0.4	
99	7838	21.8	1010.4	95	6.9	0.3	-0.4	
100	7838	22.2	1010.6	95	7.1	0.3	-0.4	
101	7838	24.3	1009.0	87	6.9	0.3	-0.4	
102	7838	22.9	1009.5	93	7.1	0.4	-0.4	
103	7838	26.1	1000.8	93	7.3	0.5	-0.4	DAYTIME
104	7838	24.2	1003.8	97	7.4	-0.6	-0.4	
105	7838	26.8	999.9	83	7.5	-0.7	-0.4	DAYTIME
106	7838	25.5	1000.5	83	7.4	-0.8	-0.4	
107	7838	25.6	1000.3	88	7.3	-0.7	-0.4	
108	7838	25.2	987.4	83	7.4	-0.7	-0.4	
109	7838	24.5	988.8	85	7.4	-0.7	-0.4	
110	7838	25.3	997.9	94	7.4	-0.7	-0.4	
111	7838	25.1	998.6	94	7.5	-0.8	-0.4	
112	7838	29.0	998.9	75	7.4	-0.8	-0.4	DAYTIME
113	7838	28.7	998.8	77	7.5	-0.8	-0.4	DAYTIME
114	7838	25.5	999.4	89	7.3	-0.9	-0.4	
115	7838	24.8	1000.1	89	7.3	-0.9	-0.4	
116	7838	26.1	998.6	85	7.4	-1.1	-0.4	
117	7838	25.9	998.8	83	7.4	-1.2	-0.4	
118	7838	26.2	996.8	87	7.6	-1.4	-0.4	
119	7838	24.8	997.1	92	7.6	-1.5	-0.4	
120	7838	25.9	996.8	71	6.7	-1.7	-0.4	DAYTIME

(1) No.	(2) Obs. Time (UTC)						(3) SAT.	(4) Az. ST	(5) Elev.			(6) RTN	(7) Fitting				
	date			caught					lost	MX	CT		LT	N	RMS		
	Y	M	D	h	m	s	h	m	s				cm				
121	89	08	11	11	45	55	11	57	10	AJ	-50R	90	31U	23	1139	9	11.4
122	89	08	12	08	49	44	08	57	38	AJ	-35R	30	23U	21	112	7	11.5
123	89	08	12	10	50	42	11	03	19	AJ	-40R	65	23U	21	925	9	10.8
124	89	08	12	12	59	42	13	02	44	AJ	-70L	40	37	25	122	5	10.4
125	89	08	13	09	59	28	10	07	18	AJ	-35R	45	37U	26	419	5	11.4
126	89	08	13	12	00	44	12	10	35	AJ	-55L	60	37U	22	1015	9	9.5
127	89	08	15	08	11	01	08	14	37	AJ	-40R	30	28U	30	78	5	10.0
128	89	08	15	10	10	25	10	22	07	AJ	-45R	65	24U	26	1185	9	9.9
129	89	08	15	12	14	42	12	22	44	AJ	-75L	35	28U	21	560	7	10.4
130	89	08	16	09	16	15	09	27	04	AJ	-40R	50	22U	27	850	9	9.5
131	89	08	18	11	32	40	11	42	10	AJ	-75L	32	21U	20	564	9	9.2
132	89	08	19	10	37	48	10	49	47	AJ	-65L	50	22U	20	1936	9	8.7
133	89	08	21	06	48	07	06	57	38	AJ	-35R	33	22U	21	1010	9	8.7
134	89	08	21	08	49	17	09	02	38	AJ	-45R	75	22U	20	1840	14	9.5
135	89	08	22	07	55	13	08	08	02	AJ	-40R	55	21U	20	1944	9	9.4
136	89	08	23	02	54	34	03	04	40	AJ	-85R	40	28U	20	1453	9	8.9
137	89	08	23	07	01	08	07	13	03	AJ	-40R	45	20U	20	1401	9	8.9
138	89	08	23	09	02	52	09	16	10	AJ	-55L	70	21U	20	1653	14	9.1
139	89	08	28	00	29	07	00	34	59	AJ	-115R	70	67U	28	337	9	10.0
140	89	08	28	06	34	19	06	40	09	AJ	-40R	65	21	63	310	5	10.0
141	89	08	28	08	40	10	08	47	50	AJ	-70L	38	34U	20	1094	9	9.6
142	89	08	29	05	40	36	05	49	05	AJ	-35R	45	22U	39	700	9	9.8
143	89	08	31	05	57	09	06	05	20	AJ	-45R	70	43U	31	992	12	10.4
144	89	09	04	00	13	15	00	22	37	AJ	-75R	35	23U	21	344	7	9.3
145	89	09	04	04	21	34	04	27	01	AJ	-40R	55	32U	51	305	9	11.0
146	89	09	07	03	39	08	03	50	46	AJ	-40R	55	21U	27	948	9	9.8
147	89	09	11	02	05	07	02	12	09	AJ	-40R	45	22U	43	220	9	10.4
148	89	09	16	01	42	37	01	45	34	AJ	-45R	70	57	64	98	5	9.5
149	89	09	20	00	08	38	00	12	05	AJ	-40R	55	51U	45	226	7	11.2
150	89	09	20	17	00	02	17	09	05	AJ	215L	70	34U	34	589	9	9.9
151	89	09	26	15	38	35	15	49	12	AJ	220L	80	30U	29	485	9	12.9
152	89	09	26	17	46	12	17	48	37	AJ	-80R	40	39U	34	122	7	9.2
153	89	09	28	13	54	18	14	01	36	AJ	180L	37	34U	20	557	7	10.1
154	89	09	29	17	00	49	17	11	46	AJ	-80R	37	21U	20	710	9	10.9
155	89	10	04	12	30	22	12	41	13	AJ	195L	45	26U	20	1068	9	10.2
156	89	10	07	11	49	58	12	00	56	AJ	195L	50	27U	20	1153	9	9.5
157	89	10	09	12	02	03	12	15	03	AJ	220L	80	23U	19	1897	14	9.9
158	89	10	12	11	22	49	11	33	30	AJ	225L	80	32U	27	1352	9	9.8
159	89	10	12	13	25	12	13	34	16	AJ	-80R	38	22U	28	1332	9	10.5
160	89	10	12	17	32	35	17	45	04	AJ	-40R	45	20U	20	1853	9	9.6
161	89	10	12	19	34	46	19	47	39	AJ	-60L	65	23U	20	2252	14	10.6
162	89	10	13	10	27	39	10	39	20	AJ	205L	55	22U	25	1643	9	10.8
163	89	10	13	12	29	38	12	42	07	AJ	-100R	50	21U	20	1384	9	9.8
164	89	10	13	16	38	44	16	49	41	AJ	-35R	37	20U	20	825	9	9.8
165	89	10	13	18	40	12	18	53	41	AJ	-50L	90	21U	21	1870	18	9.5
166	89	10	17	08	54	17	09	05	16	AJ	190L	40	22U	20	1325	9	10.2
167	89	10	17	10	54	54	11	07	52	AJ	-110R	60	22U	20	1797	9	9.8
168	89	10	17	13	00	06	13	09	18	AJ	-60R	30	21U	20	720	7	8.1
169	89	10	17	15	04	23	15	14	10	AJ	-40R	32	21U	20	1067	7	9.0
170	89	10	17	17	05	47	17	19	14	AJ	-45R	70	21U	20	1771	14	10.9
171	89	10	17	19	08	44	19	18	58	AJ	-75L	35	20U	20	1014	7	10.5
172	89	10	18	12	04	33	12	15	10	AJ	-75R	35	20U	20	1301	9	8.9
173	89	10	20	08	13	19	08	25	09	AJ	195L	45	21U	20	997	9	9.9
174	89	10	20	10	14	36	10	27	06	AJ	-110R	60	22U	22	1377	9	10.0
175	89	10	20	14	26	01	14	33	19	AJ	-35R	33	28U	23	465	7	7.1
176	89	10	20	16	25	24	16	39	03	AJ	-45R	75	21U	20	2265	16	8.7
177	89	10	20	18	35	00	18	38	10	AJ	-80L	30	29	20	345	7	8.8
178	89	10	21	15	31	24	15	44	27	AJ	-40R	55	21U	20	1645	9	9.7
179	89	10	21	17	33	27	17	45	36	AJ	-65L	50	20U	21	1286	9	10.3
180	89	10	23	07	32	34	07	44	55	AJ	195L	50	20U	20	802	9	11.0

(8) No.	(9) STN	(10) TMP	(11) PRESS	(12) HUM	(13) IDT	(14) DTS	(15) DTL	(16) COMMENTS
		C	mb	%	ns	µs	µs	
121	7838	23.6	997.9	88	7.5	-1.8	-0.4	
122	7838	26.8	998.8	84	7.6	-1.9	-0.4	DAYTIME
123	7838	25.7	999.4	86	7.5	-2.0	-0.4	
124	7838	24.0	1000.8	94	7.3	-2.0	-0.4	
125	7838	26.0	1000.5	89	7.5	-2.1	-0.4	
126	7838	24.3	1001.4	93	7.6	-2.1	-0.4	
127	7838	27.5	996.9	77	7.4	-0.4	-0.4	DAYTIME
128	7838	25.6	997.4	88	7.5	-0.4	-0.4	
129	7838	24.2	997.9	87	7.4	-0.4	-0.4	
130	7838	26.8	997.7	85	7.4	-0.6	-0.4	DAYTIME
131	7838	25.0	1000.8	87	7.1	-1.1	-0.4	
132	7838	26.1	1004.2	86	7.4	-1.3	-0.4	
133	7838	28.1	1009.7	82	7.3	-1.2	-0.3	DAYTIME
134	7838	26.9	1010.0	89	7.4	-1.3	-0.3	DAYTIME
135	7838	27.9	1009.0	82	7.4	-1.3	-0.3	DAYTIME
136	7838	28.7	1007.5	76	7.8	-1.3	-0.3	DAYTIME
137	7838	28.1	1006.2	75	7.1	-1.3	-0.3	DAYTIME
138	7838	26.5	1006.0	82	7.1	-1.3	-0.3	DAYTIME
139	7838	28.2	995.3	72	7.3	-2.2	-0.3	DAYTIME
140	7838	31.7	995.3	60	7.2	-2.2	-0.3	DAYTIME
141	7838	30.4	996.2	50	7.2	-2.2	-0.3	DAYTIME
142	7838	29.3	1001.8	78	7.3	-2.6	-0.3	DAYTIME
143	7838	28.1	998.8	73	7.3	-2.4	-0.3	DAYTIME
144	7838	25.4	997.5	80	7.4	-0.6	-0.3	DAYTIME
145	7838	26.1	997.3	78	7.3	-0.6	-0.3	DAYTIME
146	7838	27.1	1006.4	86	7.4	-0.8	-0.3	DAYTIME
147	7838	29.0	999.7	75	7.3	-1.1	-0.3	DAYTIME
148	7838	29.8	1009.3	78	7.3	-1.5	-0.3	DAYTIME
149	7838	26.4	1001.0	62	7.2	-0.7	-0.1	DAYTIME
150	7838	17.9	1005.1	83	7.3	-0.9	-0.1	
151	7838	18.4	1008.0	88	7.3	-0.6	-0.3	
152	7838	17.7	1007.7	90	7.2	-0.6	-0.3	
153	7838	21.4	1004.9	91	6.8	-1.0	-0.3	
154	7838	16.8	1008.8	82	6.9	-1.3	-0.3	
155	7838	19.0	1007.7	75	7.1	-2.4	-0.3	
156	7838	18.5	997.1	70	7.1	-0.4	-0.2	
157	7838	12.9	1016.9	73	7.1	-1.6	-0.2	
158	7838	19.6	1008.8	95	6.6	-0.5	-0.1	
159	7838	18.7	1009.3	96	7.0	-0.5	-0.1	
160	7838	17.0	1008.4	95	7.0	-0.6	-0.1	
161	7838	16.0	1008.4	95	7.1	-0.6	-0.1	
162	7838	18.1	1007.5	81	7.0	-0.6	-0.1	
163	7838	18.3	1007.7	75	7.0	-0.6	-0.1	
164	7838	16.6	1008.0	75	7.0	-0.7	-0.1	
165	7838	16.9	1007.5	71	7.1	-0.7	-0.1	
166	7838	14.0	1005.6	55	7.1	-0.6	0.0	
167	7838	10.3	1007.7	82	7.1	-0.6	0.0	
168	7838	11.8	1009.0	58	7.1	-0.7	0.0	
169	7838	11.0	1009.7	61	7.1	-0.8	0.0	
170	7838	10.0	1010.8	67	7.1	-0.8	0.0	
171	7838	9.3	1011.0	70	7.1	-0.8	0.0	
172	7838	12.0	1014.1	79	7.1	-1.2	0.0	
173	7838	17.7	1008.8	46	6.3	-2.0	0.1	DAYTIME
174	7838	15.6	1010.1	51	7.1	-2.1	0.0	
175	7838	13.6	1011.4	59	7.0	-2.2	0.0	
176	7838	13.0	1011.7	58	7.1	-2.2	0.0	
177	7838	11.9	1011.2	61	7.1	-2.3	0.1	
178	7838	17.3	1011.9	77	7.1	-2.6	0.1	
179	7838	17.8	1011.0	77	7.0	-2.7	0.1	
180	7838	21.0	1003.6	60	7.1	-3.2	0.1	DAYTIME

SATELLITE LASER RANGING IN 1989

(1) No.	(2) Obs.Time(UTC)						(3) SAT.	(4)Az. ST	(5)Elev.			(6) RTN	(7)Fitting				
	date			caught					lost				N	RMS			
	Y	M	D	h	m	s			h	m	s				MX	CT	LT
181	89	10	23	09	34	19	09	46	39	AJ	-105R	55	22U	22	1080	9	11.1
182	89	10	23	13	43	55	13	53	58	AJ	-35R	35	22U	20	776	9	10.1
183	89	10	25	09	49	14	10	00	22	AJ	-85R	40	22U	20	1310	9	9.4
184	89	10	25	13	58	02	14	09	03	AJ	-40R	45	25U	20	882	9	10.2
185	89	10	25	15	59	35	16	10	30	AJ	-55L	65	26U	29	756	9	12.1
186	89	10	26	08	54	07	09	06	13	AJ	-100R	50	22U	22	1341	9	11.4
187	89	10	26	13	06	07	13	13	44	AJ	-35R	35	31U	20	876	9	10.3
188	89	10	31	06	31	59	06	38	11	AJ	-135L	85	79	20	688	7	9.8
189	89	11	01	05	34	02	05	41	53	AJ	210L	65	41U	32	517	7	12.6
190	89	11	01	07	37	33	07	45	24	AJ	-95R	45	41U	21	491	9	11.3
191	89	11	02	04	39	57	04	49	24	AJ	190L	40	30U	20	823	7	11.0
192	89	11	02	06	42	29	06	51	51	AJ	-110R	60	47U	20	1456	9	9.1
193	89	11	02	10	48	16	10	58	04	AJ	-40R	32	20U	20	811	7	8.1
194	89	11	02	12	51	00	13	03	15	AJ	-45R	70	28U	20	1266	9	10.4
195	89	11	02	14	52	47	15	02	46	AJ	-75L	35	21U	20	1101	7	9.3
196	89	11	04	11	03	01	11	13	28	AJ	-35R	40	25U	20	798	9	10.4
197	89	11	04	13	03	44	13	16	59	AJ	-50L	80	23U	20	1816	9	11.1
198	89	11	07	12	25	59	12	35	53	AJ	-55L	70	41U	23	678	9	10.3
199	89	11	10	03	36	46	03	42	56	AJ	220L	80	75	20	844	9	9.1
200	89	11	10	05	38	50	05	44	28	AJ	-85R	40	39	20	636	7	10.6
201	89	11	10	11	45	14	11	55	58	AJ	-55L	65	37U	20	762	9	10.8
202	89	11	13	11	07	11	11	15	30	AJ	-60L	60	54U	20	743	7	11.3
203	89	11	17	09	27	48	09	41	23	AJ	-50L	80	21U	20	1726	16	11.8
204	89	11	18	02	22	56	02	35	45	AJ	-110R	60	22U	20	1640	9	10.2
205	89	11	20	02	37	52	02	49	01	AJ	-90R	45	23U	21	882	7	11.6
206	89	11	20	08	47	22	09	00	50	AJ	-55L	75	21U	20	1082	16	12.4
207	89	11	24	01	04	25	01	14	57	AJ	-105R	55	34U	20	1013	9	11.1
208	89	11	27	06	32	37	06	46	07	AJ	-50R	85	22U	20	1366	14	13.1
209	89	11	28	22	33	59	22	46	09	AJ	225L	85	27U	22	807	12	12.8
210	89	11	29	00	42	24	00	47	52	AJ	-80R	37	37U	20	721	5	12.3
211	89	11	29	04	45	08	04	56	47	AJ	-35R	45	23U	20	1078	9	11.5
212	89	11	29	21	41	23	21	52	06	AJ	205L	60	32	21	952	14	12.7
213	89	11	30	03	51	15	04	01	38	AJ	-35R	37	23U	20	412	7	11.2
214	89	11	30	05	53	28	06	03	48	AJ	-50L	85	29U	31	829	12	13.2
215	89	12	01	00	52	16	01	00	57	AJ	-65R	30	21U	22	582	7	8.1
216	89	12	01	02	56	43	03	06	10	AJ	-35R	30	21U	20	1004	7	9.0
217	89	12	01	04	58	05	05	11	24	AJ	-45R	65	21U	20	1955	14	12.3
218	89	12	03	20	08	36	20	17	11	AJ	190L	40	34U	20	1049	9	11.3
219	89	12	04	02	16	19	02	25	58	AJ	-35R	32	21U	20	443	7	10.6
220	89	12	04	04	17	39	04	31	00	AJ	-45R	70	21U	21	1676	14	12.0
221	89	12	05	05	25	49	05	38	14	AJ	-60L	50	21U	20	1303	9	12.3
222	89	12	05	20	18	24	20	31	38	AJ	210L	70	21U	20	1013	16	12.1
223	89	12	06	04	32	17	04	44	30	AJ	-55L	75	26U	22	1533	14	11.8
224	89	12	08	02	43	14	02	58	16	AJ	-40R	55	21U	20	1190	9	13.0
225	89	12	11	02	06	46	02	15	49	AJ	-40R	60	46U	21	1072	7	11.8
226	89	12	12	01	09	29	01	20	55	AJ	-40R	45	23U	20	846	7	11.3
227	89	12	13	00	15	59	00	25	34	AJ	-35R	35	24U	20	1460	9	9.2
228	89	12	13	02	16	31	02	29	43	AJ	-50R	85	21U	22	1369	18	11.4
229	89	12	15	00	28	33	00	40	27	AJ	-35R	45	21U	22	1156	9	11.7
230	89	12	15	17	23	17	17	36	14	AJ	205L	60	21U	20	1112	14	11.2
231	89	12	15	19	25	39	19	37	55	AJ	-95R	50	21U	20	1610	9	11.2
232	89	12	17	17	37	37	17	49	47	AJ	-130R	85	27U	22	705	16	11.6
233	89	12	17	19	40	48	19	51	23	AJ	-75R	35	21U	20	1170	9	9.1
234	89	12	18	16	42	41	16	55	00	AJ	210L	65	20U	25	907	14	10.3
235	89	12	18	18	45	57	18	57	33	AJ	-90R	45	23U	20	1150	9	11.3
236	89	12	19	15	49	43	16	01	18	AJ	190L	40	21U	20	707	9	10.1
237	89	12	19	17	50	45	18	03	41	AJ	-110R	60	22U	20	1987	14	9.1
238	89	12	20	16	56	14	17	09	26	AJ	-130R	80	22U	22	636	14	10.3
239	89	12	20	19	01	13	19	10	59	AJ	-70R	35	23U	20	849	9	9.0
240	89	12	27	14	41	29	14	54	53	AJ	220L	80	22U	20	443	14	10.3

(8) No.	(9) STN	(10) TMP	(11) PRESS	(12) HUM	(13) IDT	(14) DFS	(15) DTL	(16) COMMENTS
181	7838	18.7	1005.3	74	7.1	-3.2	0.1	
182	7838	13.8	1007.7	48	6.9	-3.3	0.1	
183	7838	19.3	1012.5	82	6.4	-0.7	0.1	
184	7838	15.2	1012.1	86	6.3	-0.8	0.1	
185	7838	14.9	1011.9	89	6.1	-0.8	0.1	
186	7838	20.5	1010.1	66	6.2	-0.9	0.1	
187	7838	16.3	1011.0	92	5.7	-1.0	0.1	
188	7838	21.2	1000.8	75	7.3	-0.1	0.1	DAYTIME
189	7838	20.0	995.7	50	7.2	0.1	0.1	DAYTIME
190	7838	17.7	997.5	56	7.1	0.1	0.1	DAYTIME
191	7838	22.2	1008.0	38	7.3	0.0	0.1	DAYTIME
192	7838	20.7	1009.3	40	7.2	0.0	0.1	DAYTIME
193	7838	14.6	1011.9	48	7.1	0.0	0.1	
194	7838	13.3	1012.8	50	7.0	-0.1	0.1	
195	7838	11.5	1013.6	53	7.2	-0.1	0.1	
196	7838	14.1	1016.2	88	7.2	-0.2	0.1	
197	7838	12.4	1016.5	93	7.2	-0.3	0.1	
198	7838	18.2	1015.4	99	6.7	0.1	0.1	
199	7838	22.2	1007.7	60	7.2	-0.9	0.2	DAYTIME
200	7838	21.7	1008.0	61	6.7	-0.9	0.2	DAYTIME
201	7838	16.3	1011.2	71	6.7	-0.2	0.1	
202	7838	16.4	1006.4	96	5.8	-0.5	0.1	
203	7838	13.8	1006.2	97	7.0	-0.2	0.1	
204	7838	19.0	1005.3	49	6.8	-0.1	0.2	DAYTIME
205	7838	13.9	1015.8	53	6.8	-0.5	0.2	DAYTIME
206	7838	9.9	1016.9	55	6.4	-0.4	0.2	
207	7838	16.5	1016.5	44	7.1	0.3	0.2	DAYTIME
208	7838	17.5	1009.9	53	7.0	-0.8	0.3	DAYTIME
209	7838	7.3	1008.0	57	6.6	-1.7	0.3	DAYTIME
210	7838	9.4	1008.2	40	6.8	-1.8	0.3	DAYTIME
211	7838	11.9	1006.6	37	6.8	-2.0	0.3	DAYTIME
212	7838	5.0	1013.6	60	6.9	-0.5	0.3	
213	7838	11.5	1011.7	41	7.0	-0.6	0.4	DAYTIME
214	7838	10.0	1011.9	46	7.1	-0.7	0.4	DAYTIME
215	7838	11.3	1016.9	48	7.2	-1.1	0.4	DAYTIME
216	7838	12.5	1015.6	46	7.0	-1.1	0.4	DAYTIME
217	7838	14.3	1014.1	47	7.0	-1.2	0.4	DAYTIME
218	7838	11.5	1008.9	81	7.2	-2.4	0.4	
219	7838	19.4	1005.7	57	6.4	-2.6	0.4	DAYTIME
220	7838	20.4	1003.2	51	6.4	-2.6	0.5	DAYTIME
221	7838	19.3	1003.1	45	6.7	-0.1	0.5	DAYTIME
222	7838	10.9	1004.0	62	6.2	-0.4	0.5	
223	7838	18.3	1002.6	49	6.5	-0.6	0.5	DAYTIME
224	7838	14.6	998.2	40	6.5	-0.5	0.5	DAYTIME
225	7838	15.3	1018.6	49	6.4	1.1	0.6	DAYTIME
226	7838	15.2	1017.1	55	6.8	0.5	0.6	DAYTIME
227	7838	9.7	1019.7	54	6.4	0.1	0.6	DAYTIME
228	7838	12.7	1018.2	53	6.6	0.1	0.6	DAYTIME
229	7838	10.3	1009.5	42	6.3	0.0	0.6	DAYTIME
230	7838	5.1	1011.0	58	6.3	0.1	0.6	
231	7838	4.5	1011.0	62	6.6	0.2	0.6	
232	7838	10.8	1018.2	49	6.6	0.0	0.6	
233	7838	9.6	1018.0	58	6.6	0.0	0.6	
234	7838	7.4	1018.9	59	6.6	-0.1	0.6	
235	7838	5.9	1019.1	55	6.8	-0.1	0.6	
236	7838	2.1	1018.2	59	6.9	-0.2	0.6	
237	7838	2.2	1017.8	60	6.8	-0.2	0.6	
238	7838	4.9	1016.5	78	6.5	-0.3	0.6	
239	7838	3.8	1015.8	85	6.3	-0.3	0.6	
240	7838	2.1	1009.5	78	6.2	-1.3	0.5	

SATELLITE LASER RANGING IN 1989

(1) No.	(2) Obs.Time(UTC)				(3) SAT.	(4)Az. ST	(5)Elev.			(6) RTN	(7)Fitting						
	date		caught	lost			MX	CT	LT		N	RMS					
	Y	M	D	h	m	s	h	m	s			cm					
1	89	10	17	9	36	14	9	39	37	LG	220R	33	28	29	41	9	3.2
2	89	10	24	19	33	34	19	38	35	LG	30R	70	69U	69	136	31	3.6
3	89	10	25	17	56	5	18	31	59	LG	50R	40	25U	21	695	31	3.5
4	89	11	4	18	39	26	18	54	3	LG	40R	60	60U	43	137	21	3.9
5	89	11	9	18	48	2	19	19	27	LG	30R	70	58U	21	1137	17	3.6
6	89	11	10	17	39	60	17	49	55	LG	50R	40	38U	24	23	15	2.1
7	89	11	15	17	54	14	17	58	48	LG	40R	50	46U	39	43	15	2.4
8	89	11	16	16	25	16	16	34	25	LG	70R	25	25U	20	55	15	2.8

(8) No.	(9) STN	(10) TMP	(11) PRESS	(12) HUM	(13) IDT	(14) DTS	(15) DTL	(16) COMMENTS
		° C	mb	%	ns	µs	µs	
1	7302	11.4	1016.9	66	50.9	-8.7	-0.3	
2	7302	10.6	1015.8	96	50.8	-8.7	-0.3	
3	7302	13.8	1016.4	95	50.8	-8.7	-0.3	
4	7302	20.5	1015.3	72	50.8	-8.7	-0.3	
5	7302	11.2	1018.2	100	51.0	-8.7	-0.3	
6	7302	11.1	1022.0	74	51.0	-8.7	-0.3	
7	7302	11.6	1021.3	72	51.0	-8.7	-0.3	
8	7302	8.9	1019.2	86	50.9	-8.7	-0.3	

SATELLITE LASER RANGING IN 1989

(1) No.	(2) Obs. Time(UTC)						(3) SAT.	(4)Az. ST	(5)Elev.			(6) RTN	(7)Fitting				
	date			caught		lost			MX	CT	LT		N	RMS			
	Y	M	D	h	m	s	h	m	s					cm			
1	89	10	11	18	28	30	18	35	52	AJ	320R	50	40U	31	293	25	3.5
2	89	10	11	20	30	31	20	38	20	AJ	300L	55	41U	28	591	25	3.5
3	89	10	12	11	23	14	11	23	21	AJ	210L	60	41	42	20	5	2.6
4	89	10	12	13	27	41	13	33	37	AJ	270R	50	46U	27	715	25	3.3
5	89	10	12	15	31	4	15	35	3	AJ	320R	30	28U	26	277	25	3.6
6	89	10	12	17	33	53	17	42	39	AJ	320R	40	32U	20	517	25	3.3
7	89	10	17	8	55	40	9	1	33	AJ	160L	28	24U	24	128	25	3.3
8	89	10	17	10	53	30	11	5	38	AJ	230R	80	23	26	729	31	3.1
9	89	10	17	12	57	45	13	6	21	AJ	290R	35	21	27	170	17	2.9
10	89	10	17	17	4	30	17	16	26	AJ	320R	60	22	25	631	25	3.4
11	89	10	19	17	19	46	17	31	24	AJ	310R	85	33U	21	456	31	4.4
12	89	10	19	19	25	13	19	29	12	AJ	270L	30	26U	21	31	15	2.6
13	89	10	20	10	16	15	10	25	22	AJ	240R	75	46U	25	392	15	3.9
14	89	10	20	16	31	14	16	34	38	AJ	320R	60	60U	35	137	25	3.4
15	89	10	21	9	25	54	9	31	26	AJ	220L	80	75U	24	628	25	3.2
16	89	10	21	11	22	32	11	32	12	AJ	280R	40	23	27	392	31	4.7
17	89	10	21	13	27	50	13	33	58	AJ	320R	30	21	27	242	15	3.2
18	89	10	21	15	30	7	15	42	2	AJ	320R	45	22U	21	660	31	3.4
19	89	10	21	17	32	8	17	44	43	AJ	300L	65	23U	21	447	31	3.6
20	89	10	23	11	40	18	11	41	54	AJ	300R	37	30U	33	91	31	3.0
21	89	10	23	13	41	53	13	50	19	AJ	330R	30	21	25	123	25	3.0
22	89	10	23	15	43	47	15	55	17	AJ	320R	65	23	29	369	21	3.5
23	89	10	23	17	46	45	17	56	21	AJ	290L	38	23U	23	233	25	3.9
24	89	10	24	10	43	5	10	51	41	AJ	280R	40	25	27	384	25	3.3
25	89	10	24	12	47	17	12	53	51	AJ	320R	30	20	27	72	31	3.7
26	89	10	24	14	49	37	15	1	52	AJ	320R	50	21U	21	906	27	3.1
27	89	10	24	16	51	35	17	4	10	AJ	300L	60	22U	21	1109	31	3.3
28	89	10	25	9	50	6	9	58	9	AJ	260R	50	39U	26	687	25	3.5
29	89	10	25	11	57	51	11	59	18	AJ	310R	30	29U	26	53	15	3.4
30	89	10	25	13	56	33	14	6	44	AJ	330R	38	25U	21	454	15	4.1
31	89	10	25	15	57	17	16	10	38	AJ	310L	85	22U	21	818	31	3.7
32	89	10	26	8	53	23	9	4	29	AJ	250R	65	28U	25	599	25	3.5
33	89	10	26	10	57	18	11	5	5	AJ	300R	30	21	26	261	31	3.3
34	89	10	26	13	2	1	13	10	27	AJ	330R	32	22	24	449	31	3.7
35	89	10	26	15	3	25	15	15	11	AJ	320R	70	23	28	752	25	3.9
36	89	10	26	17	6	22	17	13	5	AJ	280L	35	22	32	178	15	3.9
37	89	10	29	10	20	32	10	24	24	AJ	300R	30	30U	27	109	9	3.5
38	89	10	29	12	21	13	12	30	54	AJ	330R	33	21	22	424	16	3.8
39	89	10	30	9	23	16	9	30	54	AJ	290R	35	27U	26	663	17	3.3
40	89	10	30	11	27	7	11	34	16	AJ	320R	30	21	25	277	17	3.3
41	89	10	30	13	32	39	13	37	29	AJ	320R	55	45U	45	252	21	3.7
42	89	11	1	11	43	47	11	49	46	AJ	330R	35	31U	26	65	15	11.6
43	89	11	1	13	43	12	13	50	17	AJ	310R	80	27U	68	428	21	6.0
44	89	11	1	15	46	53	15	54	19	AJ	270L	28	23U	20	110	21	11.0
45	89	11	2	12	52	35	13	1	13	AJ	320R	60	49U	21	304	31	5.9
46	89	11	4	13	4	49	13	15	24	AJ	310R	85	42U	21	1109	31	6.2
47	89	11	9	10	33	40	10	45	3	AJ	320R	50	22	25	1162	21	5.0
48	89	11	9	12	40	28	12	48	10	AJ	300L	60	54U	20	478	21	4.1
49	89	11	10	9	39	58	9	50	45	AJ	330R	38	22U	20	497	31	4.8
50	89	11	10	11	42	18	11	54	31	AJ	310L	85	28U	21	827	31	6.0
51	89	11	13	9	0	9	9	10	28	AJ	320R	40	25U	21	73	25	17.2
52	89	11	15	9	14	20	9	25	3	AJ	320R	55	30U	23	198	17	4.1
53	89	11	16	10	21	3	10	33	38	AJ	310L	75	25U	21	695	21	3.2
54	89	11	17	9	30	30	9	31	23	AJ	310R	80	55	65	74	21	2.6

(8) No.	(9) STN	(10) TMP	(11) PRESS	(12) HUM	(13) IDT	(14) DTS	(15) DTL	(16) COMMENTS
		°C	mb	%	ns	µs	µs	
1	7302	17.7	1017.4	86	51.3	-8.7	0.0	
2	7302	17.1	1017.9	88	51.2	-8.7	0.0	
3	7302	22.4	1016.0	67	51.2	-8.7	0.0	
4	7302	21.8	1016.6	57	51.5	-8.7	0.0	
5	7302	20.0	1016.2	59	51.1	-8.7	0.0	
6	7302	18.6	1017.1	58	54.3	-8.7	0.0	
7	7302	13.3	1018.4	58	51.2	-8.7	-0.2	
8	7302	9.8	1020.1	71	51.1	-8.7	-0.2	
9	7302	8.9	1021.0	69	50.9	-8.7	-0.2	
10	7302	9.3	1021.0	71	51.0	-8.7	-0.2	
11	7302	16.2	1019.2	59	51.0	-8.7	-0.2	
12	7302	14.9	1019.8	64	51.1	-8.7	-0.2	
13	7302	17.4	1021.7	69	51.0	-8.7	-0.2	
14	7302	18.9	1021.0	61	51.1	-8.7	-0.2	
15	7302	17.7	1022.7	66	51.2	-8.7	-0.3	
16	7302	15.6	1022.3	75	51.1	-8.7	-0.3	
17	7302	15.5	1021.6	69	51.1	-8.7	-0.3	
18	7302	15.6	1021.9	70	51.1	-8.7	-0.3	
19	7302	13.5	1021.4	83	51.1	-8.7	-0.3	
20	7302	18.4	1019.9	62	51.2	-8.7	-0.3	
21	7302	18.4	1019.9	63	51.2	-8.7	-0.3	
22	7302	17.0	1019.5	68	51.2	-8.7	-0.3	
23	7302	14.8	1020.0	76	51.1	-8.7	-0.3	
24	7302	16.1	1020.3	74	51.2	-8.7	-0.3	
25	7302	15.2	1019.8	74	51.2	-8.7	-0.3	
26	7302	12.0	1019.6	92	51.2	-8.7	-0.3	
27	7302	10.8	1019.2	96	51.2	-8.7	-0.3	
28	7302	15.3	1018.3	87	51.2	-8.7	-0.4	
29	7302	15.1	1018.6	88	51.1	-8.7	-0.4	
30	7302	14.3	1019.0	85	51.2	-8.7	-0.4	
31	7302	15.2	1019.3	83	51.1	-8.7	-0.4	
32	7302	17.6	1018.7	75	51.2	-8.7	-0.3	
33	7302	15.2	1019.7	87	51.2	-8.7	-0.3	
34	7302	14.7	1019.9	85	51.2	-8.7	-0.3	
35	7302	14.4	1019.4	84	51.2	-8.7	-0.3	
36	7302	13.2	1019.1	89	51.1	-8.7	-0.3	
37	7302	17.5	1018.9	57	51.1	-8.7	-0.4	
38	7302	17.6	1019.9	60	51.1	-8.7	-0.4	
39	7302	15.8	1016.1	89	51.3	-8.7	-0.3	
40	7302	14.2	1015.4	93	51.2	-8.7	-0.3	
41	7302	17.1	1015.1	79	51.2	-8.7	-0.3	
42	7302	14.0	1019.9	73	51.1	-8.7	-0.3	
43	7302	13.0	1020.1	69	51.2	-8.7	-0.3	
44	7302	12.9	1021.1	69	51.0	-8.7	-0.3	
45	7302	12.9	1022.2	77	51.2	-8.7	-0.4	
46	7302	18.5	1021.3	81	51.2	-8.7	-0.3	
47	7302	14.9	1021.8	82	51.2	-8.7	-0.3	
48	7302	14.5	1021.7	80	51.1	-8.7	-0.3	
49	7302	12.2	1023.4	60	51.3	-8.7	0.0	
50	7302	11.8	1023.8	74	51.1	-8.7	0.0	
51	7302	11.0	1021.6	70	25.6	-8.7	0.0	
52	7302	11.8	1026.8	65	51.4	-8.7	0.2	
53	7302	12.1	1023.3	72	51.3	-8.7	0.1	
54	7302	9.3	1020.7	68	51.1	-8.7	0.3	

(1) No.	(2) Obs. Time(UTC)						(3) SAT.	(4)Az. ST	(5)Elev.			(6) RTN	(7)Fitting				
	date			caught					lost				MX	CT	LT	N	RMS
	Y	M	D	h	m	s	h	m	s						cm		
1	89	7	12	11	9	49	11	20	7	LG	150L	90	47	81	233	21	3.5
2	89	7	27	12	21	44	12	27	1	LG	180R	55	31U	21	113	20	3.5
3	89	8	6	12	35	52	12	51	4	LG	200R	35	35U	21	369	21	3.7
4	89	8	9	11	51	46	12	19	8	LG	190R	45	40U	22	425	17	3.6
5	89	8	11	12	38	19	12	59	33	LG	220R	25	22U	21	240	27	3.2
6	89	8	12	11	10	41	11	38	41	LG	180R	55	35	37	315	21	3.6
7	89	8	17	11	34	38	11	54	43	LG	190R	45	42U	29	258	21	4.1
8	89	8	28	10	39	46	11	2	30	LG	180R	55	51U	30	304	31	3.6

(8) No.	(9) STN	(10) TMP	(11) PRESS	(12) HUM	(13) IDT	(14) DTS	(15) DTL	(16) COMMENTS
		° C	mb	%	ns	µs	µs	
1	7301	29.1	1001.1	75	50.8	-7.6	1.9	
2	7301	27.5	989.5	80	50.7	-7.6	1.8	
3	7301	27.6	992.1	70	50.7	-7.6	1.2	
4	7301	28.6	997.8	83	50.7	-7.6	0.8	
5	7301	29.5	997.9	78	50.7	-7.6	0.5	
6	7301	30.1	997.0	78	50.7	-7.6	0.5	
7	7301	27.7	992.5	80	50.7	-7.6	0.1	
8	7301	27.3	997.0	84	50.9	-7.6	-0.2	

SATELLITE LASER RANGING IN 1989

(1) No.	(2) Obs. Time (UTC)						(3) SAT.	(4) Az. ST	(5) Elev.			(6) RTN	(7) Fitting	
	date			caught					MX	CT	LT		N	RMS
	Y	M	D	h	m	s								cm
1	89	7	12	12	16	33	AJ	220L	85	45U	24	661	31	3.2
2	89	7	13	11	21	34	AJ	200L	55	31U	21	1434	31	3.4
3	89	7	13	13	22	42	AJ	270R	40	22U	20	730	31	4.0
4	89	7	13	19	38	5	AJ	340R	45	29U	21	1196	31	3.1
5	89	7	14	12	28	48	AJ	240R	60	30U	21	1020	31	3.2
6	89	7	14	18	45	33	AJ	350R	30	29U	22	179	24	3.8
7	89	7	15	11	36	43	AJ	220R	85	51U	21	535	25	3.5
8	89	7	15	13	39	55	AJ	290R	25	24U	20	537	25	3.7
9	89	7	17	18	4	35	AJ	340R	35	28	32	62	15	3.3
10	89	7	20	17	29	13	AJ	340R	35	33U	33	6	3	2.8
11	89	7	21	16	29	13	AJ	350R	25	21U	20	249	27	3.6
12	89	7	21	18	29	16	AJ	320R	85	24	29	992	31	3.9
13	89	7	26	16	1	10	AJ	340R	40	22U	21	2150	31	3.4
14	89	7	26	18	2	38	AJ	300L	50	22U	21	2127	31	3.4
15	89	7	27	11	0	3	AJ	320R	25	21U	20	239	26	3.7
16	89	7	27	15	8	35	AJ	350R	30	24U	21	851	16	3.6
17	89	7	27	17	8	9	AJ	310L	80	22	24	2055	31	3.3
18	89	7	29	15	21	39	AJ	340R	45	27	28	828	27	3.1
19	89	7	29	17	22	36	AJ	300L	45	23	40	551	25	3.5
20	89	8	1	14	40	42	AJ	330R	50	25	35	62	15	2.9
21	89	8	1	16	45	60	AJ	290L	45	40	43	49	15	4.7
22	89	8	2	15	48	56	AJ	310L	70	31U	22	1045	31	4.2
23	89	8	3	12	54	3	AJ	360R	25	21	23	234	21	3.9
24	89	8	3	14	54	14	AJ	320R	80	27	54	1623	31	3.0
25	89	8	3	16	59	14	AJ	260L	22	22	22	109	25	3.9
26	89	8	4	14	0	11	AJ	330R	55	25U	21	1806	31	3.6
27	89	8	4	16	2	10	AJ	290L	38	22U	21	1677	31	3.5
28	89	8	5	13	6	21	AJ	340R	35	22	31	902	31	3.2
29	89	8	5	15	8	0	AJ	310L	60	26U	21	2279	31	3.1
30	89	8	6	12	14	16	AJ	350R	25	24U	20	838	21	3.9
31	89	8	6	14	13	25	AJ	320R	85	24U	21	1469	31	3.7
32	89	8	7	13	20	46	AJ	330R	60	31U	21	1523	31	3.3
33	89	8	7	15	22	19	AJ	290L	35	23U	21	826	31	3.9
34	89	8	8	12	26	10	AJ	340R	40	24U	20	1257	31	3.9
35	89	8	8	14	27	30	AJ	300L	55	25	32	1214	27	3.7
36	89	8	9	11	34	29	AJ	350R	28	26U	21	666	21	3.5
37	89	8	10	10	42	40	AJ	10R	20	20U	20	23	17	1.5
38	89	8	10	12	39	45	AJ	330R	60	28U	21	2284	27	3.0
39	89	8	11	11	45	5	AJ	340R	40	21U	20	1862	31	3.8
40	89	8	11	13	47	3	AJ	300L	50	24U	21	2496	31	3.7
41	89	8	12	10	53	5	AJ	350R	30	25U	20	480	25	4.5
42	89	8	13	11	58	25	AJ	320R	70	23U	21	1556	31	4.0
43	89	8	14	11	7	54	AJ	330R	45	39U	24	564	31	4.0
44	89	8	14	13	7	43	AJ	300L	45	28	33	1037	31	5.3
45	89	8	16	11	18	16	AJ	320R	75	24U	21	435	31	4.2
46	89	8	17	10	25	18	AJ	330R	50	28U	21	1592	27	3.6
47	89	8	17	12	26	17	AJ	290L	40	22U	21	1716	31	3.2
48	89	8	19	10	39	18	AJ	320R	80	34U	21	1990	27	2.8

(8) No.	(9) STN	(10) TMP	(11) PRESS	(12) HUM	(13) IDT	(14) DTS	(15) DTL	(16) COMMENTS
		° C	mb	%	ns	µs	µs	
1	7301	28.3	1001.4	79	51.1	-7.6	1.9	
2	7301	27.5	1001.3	84	51.2	-7.6	2.0	
3	7301	26.7	1002.5	84	51.2	-7.6	2.0	
4	7301	25.9	1000.5	87	51.2	-7.6	2.0	
5	7301	27.4	1001.7	84	51.2	-7.6	1.9	
6	7301	26.2	999.7	88	51.1	-7.6	1.9	
7	7301	28.1	999.9	88	51.2	-7.6	1.9	
8	7301	28.2	1000.4	86	51.1	-7.6	1.9	
9	7301	27.3	1006.1	83	51.1	-7.6	2.0	
10	7301	27.4	1001.2	88	51.1	-7.6	1.9	
11	7301	27.8	1000.9	83	51.2	-7.6	1.9	
12	7301	26.9	1002.2	86	51.1	-7.6	1.9	
13	7301	26.9	991.2	80	51.2	-7.6	1.8	
14	7301	26.6	989.6	84	51.2	-7.6	1.8	
15	7301	28.5	989.4	72	51.2	-7.6	1.8	
16	7301	27.3	990.3	82	51.2	-7.6	1.8	
17	7301	26.8	989.3	83	51.2	-7.6	1.8	
18	7301	27.2	989.4	88	51.2	-7.6	1.8	
19	7301	27.0	988.9	88	51.2	-7.6	1.8	
20	7301	27.1	977.0	87	51.2	-7.6	1.5	
21	7301	26.9	976.1	86	51.1	-7.6	1.5	
22	7301	27.4	981.0	82	51.2	-7.6	1.5	
23	7301	28.0	990.1	78	51.2	-7.6	1.3	
24	7301	27.3	990.4	81	51.3	-7.6	1.3	
25	7301	26.8	990.0	80	51.2	-7.6	1.3	
26	7301	27.1	992.3	83	51.2	-7.6	1.3	
27	7301	26.5	991.1	80	51.2	-7.6	1.3	
28	7301	27.3	991.0	79	51.1	-7.6	1.2	
29	7301	27.1	990.9	76	51.0	-7.6	1.2	
30	7301	27.8	992.1	63	51.0	-7.6	1.2	
31	7301	27.1	992.9	74	51.1	-7.6	1.2	
32	7301	28.8	996.3	66	50.9	-7.6	0.9	
33	7301	27.4	995.9	79	24.8	-7.6	0.9	
34	7301	27.6	997.6	78	51.1	-7.6	0.9	
35	7301	27.1	997.9	75	51.1	-7.6	0.9	
36	7301	28.8	997.8	82	51.1	-7.6	0.8	
37	7301	30.2	998.6	73	51.3	-7.6	0.7	
38	7301	29.0	998.9	77	51.0	-7.6	0.7	
39	7301	30.0	997.5	78	51.2	-7.6	0.5	
40	7301	29.1	997.6	82	50.6	-7.6	0.5	
41	7301	30.4	996.8	77	51.1	-7.6	0.5	
42	7301	30.2	996.8	73	51.1	-7.6	0.4	
43	7301	28.2	995.2	81	51.1	-7.6	0.3	
44	7301	28.0	995.9	83	50.9	-7.6	0.3	
45	7301	27.0	990.5	89	51.2	-7.6	0.1	
46	7301	28.5	991.4	78	51.2	-7.6	0.1	
47	7301	27.4	992.7	75	51.1	-7.6	0.1	
48	7301	28.3	995.1	77	51.2	-7.6	0.0	

SATELLITE LASER RANGING IN 1989

(1) No.	(2) Obs. Time(UTC)						(3) SAT.	(4) Az. ST	(5) Elev.			(6) RTN	(7) Fitting				
	date			caught					lost	MX	CT		LT	N	RMS		
	Y	M	D	h	m	s	h	m	s					cm			
1	89	1	17	8	20	35	8	51	20	LG	10L	40	31U	22	1444	21	3.4
2	89	1	17	18	21	53	18	56	8	LG	180R	55	37U	22	2077	25	3.6
3	89	1	18	13	46	56	13	52	44	LG	60L	25	24U	23	35	5	3.7
4	89	1	18	16	56	16	17	34	19	LG	150L	90	37U	25	436	13	3.4
5	89	1	19	15	58	30	16	9	24	LG	120L	60	52U	29	264	13	2.9
6	89	1	20	17	42	36	18	19	3	LG	170R	65	30	31	688	15	3.6
7	89	1	22	15	34	18	15	38	23	LG	110L	50	29U	21	45	5	2.9
8	89	1	23	13	59	46	14	11	47	LG	70L	30	29U	22	136	9	4.3
9	89	1	23	17	18	27	17	20	17	LG	180R	75	59	64	73	7	3.2
10	89	1	24	16	19	10	16	23	52	LG	130L	70	41U	30	102	7	5.3
11	89	2	2	14	7	27	14	37	43	LG	100L	40	21	31	708	21	3.9
12	89	2	2	17	38	41	18	10	11	LG	180R	55	31	33	376	15	3.4
13	89	2	5	17	4	3	17	39	39	LG	170R	65	33U	29	35	11	3.5
14	89	2	12	8	12	20	8	31	53	LG	0L	30	27U	21	344	11	3.4
15	89	2	12	14	31	58	15	13	35	LG	120L	60	24U	21	2036	21	3.6
16	89	2	17	8	29	6	8	39	20	LG	360L	25	25U	21	76	7	3.0
17	89	2	27	12	2	9	12	17	6	LG	60L	25	23U	21	78	9	4.0
18	89	3	1	12	49	45	12	57	13	LG	90L	35	35U	34	63	11	4.3
19	89	3	6	12	58	31	13	24	10	LG	100L	40	38U	21	603	21	3.6
20	89	3	6	16	46	23	16	49	52	LG	180R	50	40U	34	27	7	4.3
21	89	3	7	11	41	47	11	56	42	LG	60L	25	23U	21	90	18	3.5
22	89	3	9	12	21	27	12	32	37	LG	90L	40	28	36	114	20	3.4
23	89	3	9	15	41	22	16	21	4	LG	170R	65	27U	27	677	20	3.9
24	89	3	10	14	28	42	14	35	58	LG	140L	80	54	76	168	21	4.0
25	89	3	12	11	48	46	12	13	50	LG	70L	30	23U	20	415	21	3.6
26	89	3	12	15	12	42	15	47	51	LG	160R	75	42U	26	916	21	3.7
27	89	3	13	14	23	28	14	28	10	LG	130L	70	31U	21	104	21	3.4
28	89	3	14	12	29	49	12	31	45	LG	100L	45	28	29	13	3	2.5
29	89	3	15	11	19	44	11	34	28	LG	60L	25	22	23	66	15	3.1
30	89	3	16	13	12	58	13	51	59	LG	120L	60	26U	24	610	21	3.5
31	89	3	16	17	0	17	17	4	31	LG	210R	37	32	33	17	7	3.9

(8) No.	(9) STN	(10) TMP	(11) PRESS	(12) HUM	(13) IDT	(14) DTS	(15) DTL	(16) COMMENTS
		°C	mb	%	ns	µs	µs	
1	7300	22.2	1024.0	77	50.8	-8.0	-1.9	
2	7300	22.0	1023.9	68	50.7	-8.0	-1.9	
3	7300	22.2	1025.0	76	50.7	-8.0	-1.9	
4	7300	21.6	1023.9	76	50.7	-8.0	-1.9	
5	7300	22.9	1021.8	69	50.9	-8.0	-1.9	
6	7300	23.1	1015.0	76	50.9	-8.0	-1.9	
7	7300	21.5	1017.1	86	50.8	-8.0	-2.0	
8	7300	20.1	1015.7	80	50.7	-8.0	-2.0	
9	7300	22.2	1014.6	68	50.9	-8.0	-2.0	
10	7300	24.5	1011.6	93	50.8	-8.0	-2.1	
11	7300	21.2	1011.0	74	50.9	-8.0	-2.4	
12	7300	21.2	1008.6	71	50.9	-8.0	-2.4	
13	7300	19.2	1016.8	64	50.9	-8.0	-0.4	
14	7300	20.5	1012.0	56	50.8	-8.0	-0.6	
15	7300	19.9	1011.8	60	50.9	-8.0	-0.6	
16	7300	20.2	1021.7	59	51.1	-8.0	-0.7	
17	7300	21.6	1022.4	73	50.9	-8.0	-0.6	
18	7300	19.7	1020.9	68	51.1	-8.0	-0.6	
19	7300	21.7	1014.1	76	51.0	-8.5	-0.2	
20	7300	21.9	1013.9	73	51.1	-8.5	-0.2	
21	7300	22.5	1011.5	85	51.0	-8.5	-0.2	
22	7300	21.2	1015.3	68	50.8	-8.9	-0.3	
23	7300	19.9	1014.6	68	50.9	-8.9	-0.3	
24	7300	20.5	1014.6	77	51.0	-9.1	-0.3	
25	7300	20.0	1012.7	60	50.8	-9.1	-0.3	
26	7300	19.7	1012.7	52	50.7	-9.1	-0.3	
27	7300	18.5	1016.4	62	50.8	-9.1	-0.3	
28	7300	20.6	1014.7	63	50.9	-9.2	-0.3	
29	7300	22.2	1008.0	64	50.8	-9.2	-0.3	
30	7300	20.5	1009.0	69	50.9	-9.2	-0.3	
31	7300	19.2	1007.8	75	50.9	-9.2	-0.3	

SATELLITE LASER RANGING IN 1989

(1) No.	(2) Obs. Time(UTC)						(3) SAT.	(4) Az. ST	(5) Elev.			(6) RTN	(7) Fitting				
	date			caught					MX	CT	LT		N	RMS			
	Y	M	D	h	m	s	h	m	s					cm			
1	89	1	18	18	10	35	18	22	7	AJ	340R	45	22U	21	988	25	4.0
2	89	1	17	8	59	00	9	7	10	AJ	180L	40	23	36	420	15	3.3
3	89	1	17	17	18	35	17	20	15	AJ	350R	30	25U	21	210	11	2.9
4	89	1	17	19	17	40	19	30	55	AJ	310L	75	22U	21	1561	31	3.2
5	89	1	18	10	9	11	10	19	14	AJ	230R	75	45U	21	58	11	4.4
6	89	1	18	12	14	34	12	17	60	AJ	310R	22	22U	20	302	15	4.8
7	89	1	18	18	24	12	18	34	50	AJ	320R	70	25	33	580	21	3.5
8	89	1	19	9	14	13	9	25	3	AJ	210L	70	36U	21	98	15	3.0
9	89	1	19	11	17	56	11	25	23	AJ	280R	30	27U	21	163	11	3.1
10	89	1	19	17	30	35	17	35	47	AJ	340R	50	24	48	329	15	3.5
11	89	1	19	19	32	25	19	43	27	AJ	290L	45	23U	21	492	21	3.5
12	89	1	20	16	37	37	16	45	10	AJ	350R	32	24	25	308	21	5.6
13	89	1	20	18	39	20	18	50	29	AJ	310L	70	34U	21	537	21	3.7
14	89	1	22	8	33	40	8	38	31	AJ	210L	80	35	77	591	31	8.4
15	89	1	22	10	37	31	10	44	58	AJ	280R	30	24U	20	205	21	3.2
16	89	1	22	18	55	25	19	1	25	AJ	280L	40	36U	28	168	15	2.8
17	89	1	23	9	44	56	9	51	39	AJ	260R	45	41U	22	35	7	3.0
18	89	1	23	17	58	37	17	59	49	AJ	310L	65	31	39	177	11	3.0
19	89	1	30	15	42	11	15	44	9	AJ	310L	80	22	35	57	9	2.8
20	89	1	31	8	40	10	8	42	41	AJ	300R	28	24U	21	42	5	3.8
21	89	1	31	14	57	13	15	1	10	AJ	330R	65	49U	21	383	15	3.2
22	89	2	2	13	1	30	13	10	14	AJ	350R	30	21U	21	755	21	3.0
23	89	2	2	15	4	6	15	14	34	AJ	310L	75	37U	23	398	15	3.0
24	89	2	12	10	7	44	10	14	15	AJ	360R	25	23U	20	244	15	3.0
25	89	2	12	12	6	50	12	19	54	AJ	320L	90	23U	21	1238	25	3.0
26	89	2	13	11	17	18	11	21	3	AJ	330R	60	54U	52	101	11	3.4
27	89	2	14	10	20	60	10	27	33	AJ	340R	40	29	34	175	15	3.1
28	89	2	14	12	29	29	12	31	56	AJ	300L	50	40U	25	135	11	3.2
29	89	2	15	9	26	39	9	34	12	AJ	350R	28	22U	21	303	13	3.1
30	89	2	15	11	30	4	11	30	24	AJ	310L	80	52	55	31	7	3.3
31	89	2	16	10	37	29	10	43	2	AJ	330R	65	61U	35	20	11	2.6
32	89	2	17	9	39	54	9	49	10	AJ	340R	45	27U	26	240	15	3.1
33	89	2	20	11	2	24	11	9	11	AJ	290L	40	31	32	140	15	5.4
34	89	2	21	10	8	21	10	8	39	AJ	310L	70	40	43	6	3	11.7
35	89	2	22	9	16	19	9	20	54	AJ	320R	80	63U	49	182	15	3.5
36	89	2	23	8	18	38	8	29	50	AJ	330R	50	26U	22	696	21	3.5
37	89	2	26	9	41	53	9	49	47	AJ	280L	35	28U	21	407	21	2.9
38	89	2	27	8	45	41	8	57	25	AJ	300L	55	25U	21	1322	21	3.3
39	89	2	28	8	1	40	8	2	46	AJ	320L	85	36U	28	23	9	2.2
40	89	3	2	8	7	42	8	15	36	AJ	300L	50	38U	27	391	13	3.9
41	89	3	9	18	45	32	18	47	7	AJ	160L	27	25U	21	121	21	3.8
42	89	3	12	18	1	32	18	7	20	AJ	170L	30	30U	20	118	15	2.8
43	89	3	13	19	4	48	19	16	32	AJ	220L	85	30U	22	836	21	2.9
44	89	3	14	18	19	3	18	22	11	AJ	200L	55	42U	22	192	21	3.1
45	89	3	16	18	25	45	18	35	52	AJ	220R	85	40U	24	631	21	3.2

(8) No.	(9) STN	(10) TMP	(11) PRESS	(12) HUM	(13) IDT	(14) DTS	(15) DTL	(16) COMMENTS
		° C	mb	%	ns	µs	µs	
1	7300	21.9	1024.0	74	51.1	-8.0	-1.9	
2	7300	22.1	1024.5	77	51.2	-8.0	-1.9	
3	7300	22.1	1024.0	68	51.1	-8.0	-1.9	
4	7300	21.9	1024.3	68	51.1	-8.0	-1.9	
5	7300	22.4	1025.2	79	51.1	-8.0	-1.9	
6	7300	22.1	1025.5	76	51.2	-8.0	-1.9	
7	7300	21.5	1023.6	80	51.1	-8.0	-1.9	
8	7300	22.5	1024.5	76	51.2	-8.0	-1.9	
9	7300	22.1	1024.3	72	51.2	-8.0	-1.9	
10	7300	22.9	1021.0	72	51.1	-8.0	-1.9	
11	7300	22.9	1021.1	79	51.1	-8.0	-1.9	
12	7300	22.8	1016.0	72	51.1	-8.0	-1.9	
13	7300	22.9	1015.2	76	51.2	-8.0	-1.9	
14	7300	22.9	1014.3	90	51.2	-8.0	-2.0	
15	7300	22.9	1015.3	90	51.2	-8.0	-2.0	
16	7300	21.6	1017.5	82	51.2	-8.0	-2.0	
17	7300	21.7	1017.7	67	51.1	-8.0	-2.0	
18	7300	22.5	1014.3	67	51.2	-8.0	-2.0	
19	7300	18.5	1019.3	65	51.2	-8.0	-2.3	
20	7300	18.6	1018.3	62	51.0	-8.0	-2.3	
21	7300	18.2	1018.7	72	51.2	-8.0	-2.3	
22	7300	21.0	1011.3	75	51.3	-8.0	-2.4	
23	7300	21.7	1011.1	70	51.3	-8.0	-2.4	
24	7300	20.2	1012.8	55	51.2	-8.0	-0.6	
25	7300	20.1	1012.6	60	51.1	-8.0	-0.6	
26	7300	20.1	1012.6	59	51.3	-8.0	-0.6	
27	7300	21.7	1011.4	61	51.2	-8.0	-0.7	
28	7300	21.2	1011.9	69	51.1	-8.0	-0.7	
29	7300	18.5	1019.4	60	51.3	-8.0	-0.7	
30	7300	18.4	1020.3	65	51.3	-8.0	-0.7	
31	7300	18.9	1024.2	54	51.4	-8.0	-0.7	
32	7300	20.4	1022.7	63	51.4	-8.0	-0.7	
33	7300	19.1	1014.1	86	51.3	-8.0	-0.6	
34	7300	19.2	1017.4	65	51.3	-8.0	-0.6	
35	7300	19.5	1016.9	65	51.1	-8.0	-0.6	
36	7300	21.2	1016.3	63	51.3	-8.0	-0.6	
37	7300	22.1	1020.8	66	51.2	-8.0	-0.6	
38	7300	21.7	1020.6	75	51.3	-8.0	-0.6	
39	7300	20.5	1022.6	62	51.2	-8.0	-0.6	
40	7300	20.6	1018.9	60	51.3	-8.3	-0.2	
41	7300	20.8	1014.5	67	51.1	-8.9	-0.3	
42	7300	19.2	1012.7	61	51.2	-9.1	-0.3	
43	7300	17.6	1016.2	58	51.3	-9.1	-0.3	
44	7300	21.2	1010.8	67	51.1	-9.2	-0.3	
45	7300	18.9	1007.6	77	51.3	-9.2	-0.3	

**PHOTOGRAPHIC DIRECTION OBSERVATION
OF
AJISAI IN 1988 AND 1989**

Summary -Photographic direction observation of AJISAI by satellite cameras at Ishigaki Sima, Minami-Tori Sima, Okinawa Sima and Simosato Hydrographic Observatory (SHO) had been made in 1988 and 1989. 9 photographs were taken by the fixed satellite camera at SHO while 7 by the transportable one at Isigaki Sima, Minami-Tori Sima and Okinawa Sima. Among these, the satellite direction data on 6 plates could be collated with flashing time data.

Key words: satellite camera-Ajisai-photographic direction observation

1. Observation

Photographic direction observations of Ajisai by satellite cameras at Isigaki Sima, Minami-Tori Sima, Okinawa Sima and Simosato Hydrographic Observatory (SHO) were made in 1988-1989. The fixed satellite camera at the SHO is an astronomical telescope with a plate holder controlled by a personal computer (Kanazawa, 1989). The transportable one is an astronomical telescope with a plate holder worked by hand. The plates used in these observations were Kodak spectroscopic plates Type 103aF.

The observation schedule was determined by considering the status of flashing the elevation of the satellite, its distance from the Moon and the possibility of common view. Each plate was exposed 10 seconds and about 30 flashes of the satellite were taken as well as the image of the stars. The timing data of flashes were obtained by the SHO Laser Ranging System as well as the Transportable Laser Ranging Station. These observations were performed at the same time.

2. Collation of direction data with the flash timing

The positions of images on the developed photographic plates were measured with a comparater by a contractor. The positional data of flash and star images were converted into right-ascension and declination by the Satellite Data Analysis Computer System (Nagamori, 1989). While the predictions of directions were made by means of the SAO elements provided by NASA. With the aid of these predictions, some of the obtained directional data were collated to the obtained timing data (Kubo, 1989). The positional data of flash are listed in Table 1. For the data which we could not collated to the timing data, the column for time shows the epoch of the exposure.

The data analysis was made by K. Asai and K. Kawai of Satellite Geodesy Office. This report was written by K. Kawai.

Reference

Kanazawa, T., 1989: *Data Report of Hydrographic Observations Series of Satellite Geodesy*, No. 2, p. 50.
 Kubo, Y., 1989: *Data Report of Hydrographic Observations Series of Satellite Geodesy*, No. 2, p. 72.
 Nagamori, K., 1989: *Data Report of Hydrographic Observations Series of Satellite Geodesy*, No. 2, p. 59.
 Kawai, K., 1988: *Data Report of Hydrographic Observations Series of Satellite Geodesy* No. 3, p. 36.

Table 1. Directional data of Ajisai's flash

		Explanation
Column	1	Serial number
	2	Observation data
	3	Observation time (UTC) Epoch of the exposure when second is not indicated.
	4	R. A. (Right-Ascension) of satellite flash
	5	Decl. (Declination) of satellite flash
	6	Station ID, 7838: Simosato Hydrographic Observatory 7307: Isigaki Sima 7300: Minami-Tori Sima 7301: Okinawa Sima
	7	Meteorological data, TMP : Atmospheric temperature (degree centigrade) HUM : Relative humidity (%) PRESS : Atmospheric pressure (millibars)

(1) No.	(2) date	(3) time	(4) R. A.	(5) Decl.	(6) STN	(7)		
						TMP	HUM	PRESS
	Y M D	h m s	h m s	d m s	ID	°C	%	mb
241	89 7 20	11 15	13 4 36.297	+40 17 50.206	7838	23.5	91	1011
242	89 7 20	11 15	13 4 47.170	+40 22 30.761	7838	23.5	91	1011
243	89 7 20	11 15	13 4 51.711	+40 24 25.865	7838	23.5	91	1011
244	89 7 20	11 15	13 4 59.382	+40 27 42.807	7838	23.5	91	1011
245	89 7 20	11 15	13 5 4.393	+40 29 53.783	7838	23.5	91	1011
246	89 7 20	11 15	13 5 9.001	+40 31 51.331	7838	23.5	91	1011
247	89 7 20	11 15	13 5 18.605	+40 35 56.474	7838	23.5	91	1011
248	89 7 20	11 15	13 5 34.177	+40 42 34.068	7838	23.5	91	1011
249	89 7 20	11 15	13 5 47.077	+40 48 3.893	7838	23.5	91	1011
250	89 7 21	18 33 54.7065	21 54 5.486	+45 2 18.224	7301	26.9	86	1002
251	89 7 21	18 33 55.0123	21 54 22.147	+44 59 55.139	7301	26.9	86	1002
252	89 7 21	18 33 55.1310	21 54 30.303	+44 58 53.697	7301	26.9	86	1002
253	89 7 21	18 33 55.5773	21 54 59.395	+44 55 17.586	7301	26.9	86	1002
254	89 7 21	18 33 55.9311	21 55 22.345	+44 52 29.801	7301	26.9	86	1002
255	89 7 21	18 33 56.0963	21 55 32.762	+44 51 5.386	7301	26.9	86	1002
256	89 7 21	18 33 56.2611	21 55 42.999	+44 49 46.248	7301	26.9	86	1002
257	89 7 21	18 33 56.5670	21 56 3.133	+44 47 19.630	7301	26.9	86	1002
258	89 7 21	18 33 56.6856	21 56 11.105	+44 46 17.379	7301	26.9	86	1002
259	89 7 21	18 33 57.1320	21 56 39.996	+44 42 37.210	7301	26.9	86	1002
260	89 7 21	18 33 58.1216	21 57 42.901	+44 34 30.865	7301	26.9	86	1002
261	89 7 21	18 33 58.6866	21 58 20.122	+44 29 47.081	7301	26.9	86	1002
262	89 7 21	18 33 59.2057	21 58 53.580	+44 25 28.707	7301	26.9	86	1002
263	89 7 21	18 33 59.6764	21 59 22.895	+44 21 36.143	7301	26.9	86	1002
264	89 7 21	18 34 0.2414	22 0 0.019	+44 16 52.013	7301	26.9	86	1002
265	89 7 21	18 34 0.7604	22 0 33.164	+44 12 28.576	7301	26.9	86	1002
266	89 7 21	18 34 1.2311	22 1 3.325	+44 8 32.695	7301	26.9	86	1002
267	89 7 21	18 34 1.7961	22 1 39.394	+44 3 46.261	7301	26.9	86	1002
268	89 7 21	18 34 2.3151	22 2 12.905	+43 59 20.454	7301	26.9	86	1002
269	89 7 21	18 34 2.7858	22 2 42.514	+43 55 25.478	7301	26.9	86	1002
270	89 7 21	18 34 3.3508	22 3 18.347	+43 50 36.201	7301	26.9	86	1002
271	89 7 21	18 34 3.8698	22 3 51.826	+43 46 8.653	7301	26.9	86	1002
272	89 7 21	18 34 4.3404	22 4 21.776	+43 42 8.042	7301	26.9	86	1002
273	89 7 21	18 34 4.9055	22 4 57.516	+43 37 18.375	7301	26.9	86	1002
274	89 8 7	13 23	16 31 38.082	+35 48 56.806	7838	25.0	94	999
275	89 8 7	13 23	16 31 9.202	+35 51 18.946	7838	25.0	94	999
276	89 8 7	13 23	16 30 37.730	+35 53 55.108	7838	25.0	94	999
277	89 8 7	13 23	16 30 11.769	+35 56 2.046	7838	25.0	94	999
278	89 8 7	13 23	16 29 56.484	+35 56 50.160	7838	25.0	94	999
279	89 8 7	13 23	16 29 42.823	+35 58 22.295	7838	25.0	94	999
280	89 8 7	13 23	16 29 11.516	+36 0 55.717	7838	25.0	94	999
281	89 8 7	13 23	16 28 45.312	+36 3 0.886	7838	25.0	94	999
282	89 8 7	13 23	16 28 16.558	+36 5 20.064	7838	25.0	94	999
283	89 8 7	13 23	16 27 45.480	+36 7 49.516	7838	25.0	94	999
284	89 8 7	13 23	16 27 19.223	+36 9 55.284	7838	25.0	94	999
285	89 8 7	13 23	16 26 50.539	+36 12 11.013	7838	25.0	94	999
286	89 8 7	13 23	16 26 19.264	+36 14 39.483	7838	25.0	94	999
287	89 8 7	13 23	16 25 53.283	+36 16 41.101	7838	25.0	94	999
288	89 8 7	13 23	16 25 24.455	+36 18 55.746	7838	25.0	94	999
289	89 8 7	13 23	16 24 53.366	+36 21 22.013	7838	25.0	94	999
290	89 8 7	13 23	16 24 27.174	+36 23 21.198	7838	25.0	94	999
291	89 8 7	13 23	16 23 58.634	+36 25 35.321	7838	25.0	94	999
292	89 8 7	13 23	16 23 27.357	+36 27 58.093	7838	25.0	94	999
293	89 8 7	13 23	16 23 10.491	+36 29 14.978	7838	25.0	94	999
294	89 8 7	13 23	16 23 1.435	+36 29 57.708	7838	25.0	94	999
295	89 8 8	12 30	17 41 25.219	+50 47 54.856	7838	24.7	89	1000
296	89 8 8	12 30	17 40 37.556	+50 52 0.681	7838	24.7	89	1000
297	89 8 8	12 30	17 40 14.213	+50 53 59.397	7838	24.7	89	1000
298	89 8 8	12 30	17 39 19.450	+50 58 39.453	7838	24.7	89	1000
299	89 8 8	12 30	17 38 31.446	+51 2 43.663	7838	24.7	89	1000
300	89 8 8	12 30	17 38 8.880	+51 4 39.326	7838	24.7	89	1000

PHOTOGRAPHIC DIRECTION OBSERVATION OF AJISAI

(1) No.	(2) date			(3) time			(4) R.A.			(5) Decl.			(6) STN	(7)		
	Y	M	D	h	m	s	h	m	s	d	m	s		ID	°C	%
301	89	8	8	12	30		17	37	42.037	+51	6	12.963	7838	24.7	89	1000
302	89	8	8	12	30		17	37	13.130	+51	9	17.544	7838	24.7	89	1000
303	89	8	8	12	30		17	36	47.938	+51	10	43.711	7838	24.7	89	1000
304	89	8	8	12	30		17	36	25.291	+51	13	14.858	7838	24.7	89	1000
305	89	8	8	12	30		17	36	2.521	+51	15	7.134	7838	24.7	89	1000
306	89	8	8	12	30		17	35	6.985	+51	19	38.896	7838	24.7	89	1000
307	89	8	8	12	30		17	34	36.279	+51	21	25.534	7838	24.7	89	1000
308	89	8	8	12	30		17	34	18.217	+51	23	35.676	7838	24.7	89	1000
309	89	8	8	12	30		17	33	55.743	+51	25	26.182	7838	24.7	89	1000
310	89	8	8	12	30		17	33	22.537	+51	28	6.564	7838	24.7	89	1000
311	89	8	8	12	30		17	32	59.726	+51	29	55.404	7838	24.7	89	1000
312	89	8	8	12	30		17	32	46.204	+51	30	58.435	7838	24.7	89	1000
313	89	8	8	12	30		17	32	20.545	+51	32	58.931	7838	24.7	89	1000
314	89	8	8	12	30		17	32	10.633	+51	33	48.543	7838	24.7	89	1000
315	89	8	8	12	30		17	31	48.200	+51	35	35.701	7838	24.7	89	1000
316	89	8	8	12	30		17	31	15.531	+51	38	10.278	7838	24.7	89	1000
317	89	8	8	12	30		17	30	52.189	+51	39	57.458	7838	24.7	89	1000
318	89	8	8	12	30		17	30	38.662	+51	41	2.389	7838	24.7	89	1000
319	89	8	8	12	30		17	30	13.498	+51	42	58.834	7838	24.7	89	1000
320	89	8	11	11	50		17	26	20.071	+43	40	31.343	7838	23.5	88	998
321	89	8	11	11	50		17	25	55.160	+43	43	31.117	7838	23.5	88	998
322	89	8	11	11	50		17	25	30.558	+43	46	29.323	7838	23.5	88	998
323	89	8	11	11	50		17	24	30.784	+43	53	33.487	7838	23.5	88	998
324	89	8	11	11	50		17	24	5.724	+43	56	29.385	7838	23.5	88	998
325	89	8	11	11	50		17	23	40.998	+43	59	25.577	7838	23.5	88	998
326	89	8	11	11	50		17	22	40.815	+44	6	25.233	7838	23.5	88	998
327	89	8	11	11	50		17	22	15.791	+44	9	20.099	7838	23.5	88	998
328	89	8	11	11	50		17	21	50.810	+44	12	12.338	7838	23.5	88	998
329	89	8	11	11	50		17	20	50.454	+44	19	7.945	7838	23.5	88	998
330	89	8	11	11	50		17	20	25.165	+44	22	0.194	7838	23.5	88	998
331	89	8	11	11	50		17	20	0.067	+44	24	50.954	7838	23.5	88	998
332	89	8	11	11	50		17	18	59.262	+44	31	42.865	7838	23.5	88	998
333	89	8	11	11	50		17	18	34.239	+44	34	33.630	7838	23.5	88	998
334	89	8	11	11	50		17	18	8.790	+44	37	22.922	7838	23.5	88	998
335	89	8	11	11	50		17	17	32.308	+44	41	27.024	7838	23.5	88	998
336	89	8	11	11	50		17	17	7.496	+44	44	11.762	7838	23.5	88	998
337	89	8	11	11	50		17	16	46.796	+44	46	31.071	7838	23.5	88	998
338	89	8	11	11	50		17	16	42.203	+44	46	59.083	7838	23.5	88	998
339	89	8	11	11	50		17	16	16.760	+44	49	43.435	7838	23.5	88	998
340	89	8	11	11	50		17	15	57.236	+44	52	10.779	7838	23.5	88	998
341	89	8	11	11	50		17	15	40.315	+44	53	44.851	7838	23.5	88	998
342	89	8	11	11	50		17	15	15.404	+44	56	29.865	7838	23.5	88	998

COLLOCATION OBSERVATION BETWEEN TWO SLR STATIONS AT THE SIMOSATO HYDROGRAPHIC OBSERVATORY IN 1989

Summary -The collocation observations of a fixed type (SHOLAS) and a transportable (HTLRS) satellite laser ranging systems were made at the Simosato Hydrographic Observatory in May and December 1989. 5 Ajisai passes and 3 Lageos passes were obtained. It is shown by the geometrical analysis that the range data obtained by SHOLAS were longer than those by HTLRS by 2.4 cm in December 1989. Enough number of data for analysis were not obtained in May 1989.

Key words: SHOLAS-HTLRS-collocation observation

1. Observation

The Simosato Hydrographic Observatory (SHO) has observed geodetic satellites with a fixed type satellite laser ranging system named SHOLAS (Simosato Hydrographic Observatory LAsEr ranging Station) since 1982 (Sasaki et al., 1983). SHO has played an important role in the worldwide network of SLR since Simosato is the only one station in Asia constantly releasing SLR observation data.

A transportable laser ranging system named HTLRS (Hydrographic Department Transportable Laser Ranging Station) was completed in 1987 (Sasaki, 1988). This system has been used for the precise determination of the position of Japanese off-lying islands since 1988.

These two systems have been collocated at SHO twice a year in order to check their systematic errors since 1987. The first collocation observation was made in December 1987 (Sengoku, 1989). The second and the third were carried out in May and November 1988 (Sengoku and Fujii, 1990).

In 1989, two collocation observations were made at SHO. The one was from May 24 to May 31 and 1 Lageos pass was observed. The other was from December 15 to December 22. 5 Ajisai passes and 2 Lageos passes were obtained in that period. Observed passes are shown in Tables 1 and 2, respectively. As the ranging data in May 1989 were not enough, they were not analyzed. The sky coverage map for the latter observation is shown in Figure 1.

HTLRS was put on the concrete base in SHO. The relative position of the center of rotation of HTLRS to that of SHOLAS was measured as follows. The horizontal position of HTLRS (named TL04 in May 1989 and TL05 in December 1989) to PC, the center of reference plate on the concrete base of HTLRS, was measured optically by reading the scale carved every centimeter in a two dimensional mesh on the plate through a telescope equipped at the mount of HTLRS. The height of HTLRS to TL (Reference marker on the concrete base) was measured by a scale. The relative position between the center of rotation of SHOLAS and that of HTLRS were calculated using the results of T.

Table 1. Observed passes in May 1989

NO.	Time (UTC)				SHOLAS (returns)	HTLRS (returns)	Satellite			
		h	m	h	m					
1	1989 May	27	13	51	-	14	35	243	65	Lageos
total					243	65				
					308					

Table 2. Observed passes in December 1989

No.	Time (UTC)				SHOLAS (returns)	HTLRS (returns)	Satellite			
		h	m	h	m					
1	1989 Dec.	18	16	42	-	16	55	907	167	Ajisai
2		18	18	45	-	18	58	1150	97	Ajisai
3		19	15	49	-	16	02	707	100	Ajisai
4		19	16	52	-	17	40	2106	10	Lageos
5		19	17	50	-	18	04	1987	87	Ajisai
6		20	15	30	-	16	15	1138	85	Lageos
7		20	16	56	-	17	10	636	149	Ajisai
total					8631	695				
					9326					

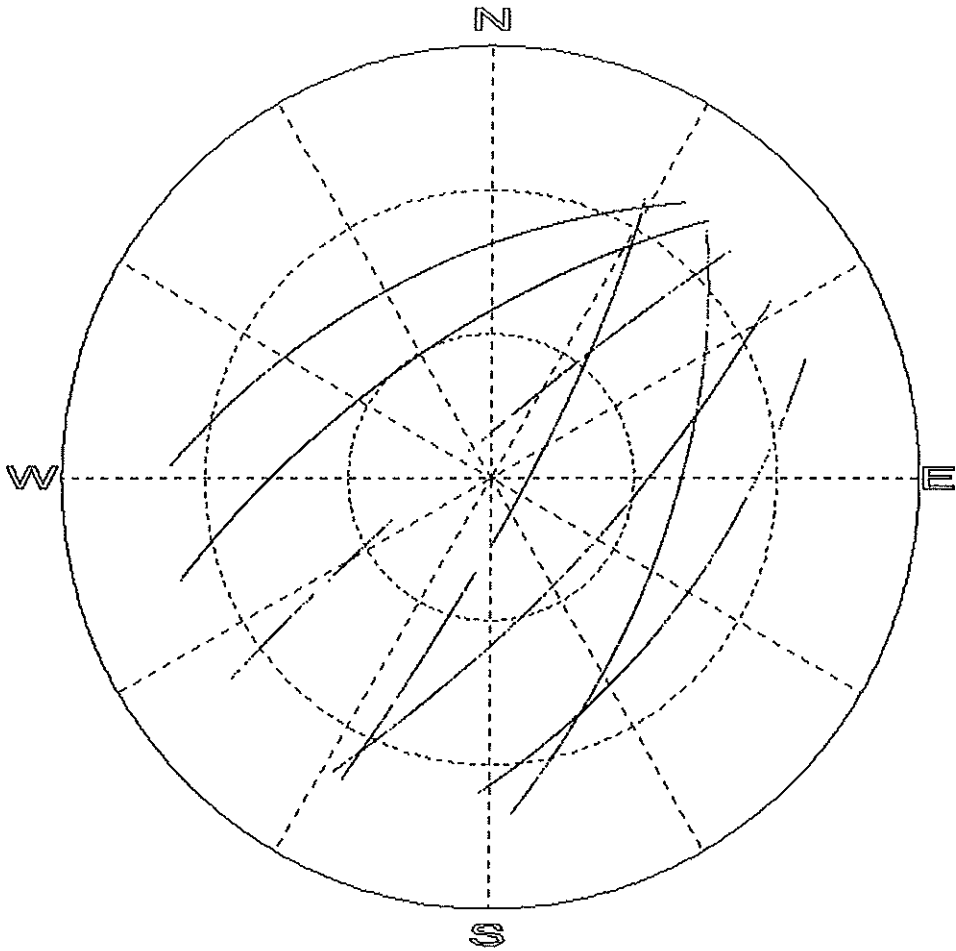


Figure 1. Skycoverage (December 1989).

Takemura (1983) and A. Sengoku et al. (1989).

The relative rectangular coordinates of the center of rotation of HTLRS to that of SHOLAS were determined in the equator and geocentric rectangular coordinate station as follows;

$$\begin{aligned} dx &= -13.909(\text{m}), \\ dy &= +11.701(\text{m}), \\ dz &= -32.594(\text{m}), \end{aligned} \quad (\text{May, 1989})$$

$$\begin{aligned} dx &= -13.893(\text{m}), \\ dy &= +11.700(\text{m}), \\ dz &= -32.587(\text{m}). \end{aligned} \quad (\text{December, 1989})$$

The distance between these two centers of rotation is 37.319 (m) in May and is 37.307 (m) in December, respectively.

In the local horizontal coordinates, the relative position of HTLRS to SHOLAS was expressed as follows;

$$\begin{aligned} dX &= + 1.258(\text{m}) && \text{eastward,} \\ dY &= -37.185(\text{m}) && \text{northward,} \\ dZ &= - 2.920(\text{m}) && \text{upward,} \end{aligned} \quad (\text{May, 1989})$$

$$\begin{aligned} dX &= + 1.248(\text{m}) && \text{eastward,} \\ dY &= -37.172(\text{m}) && \text{northward,} \\ dZ &= - 2.926(\text{m}) && \text{upward.} \end{aligned} \quad (\text{December, 1989})$$

2. Geometrical Analysis

2.1 Principle of Geometrical Analysis of Collocation Observation

The difference of two sets of range data obtained by SHOLAS and HTLRS should be equal to the geometrical path difference if the range observations are made by these two SLR stations simultaneously. The difference (D) between the geometrical path difference (dr) and the raw range difference ($|\vec{r}_1| - |\vec{r}_2|$), which stands for systematic error of the range observation data, is expressed with a sufficient accuracy as follows (Sengoku, 1989);

$$\begin{aligned} D &= dr - (|\vec{r}_1| - |\vec{r}_2|) \\ &= \vec{r}_1 \cdot \vec{d} / |\vec{r}_1| - (|\vec{r}_1| - |\vec{r}_2|), \end{aligned} \quad (1)$$

where \vec{d} is the baseline vector from SHOLAS (station 1) to HTLRS (station 2) derived from terrestrial survey, \vec{r}_1, \vec{r}_2 are the position vector from each station to a satellite. If D is positive, a range observed by station 2 is longer than that by station 1.

First, the raw range data obtained by one station were fitted to a polynomial. Next smoothed data were produced by interpolating by using the fitted polynomial to make

pairs with the corresponding observation obtained by the other station, and the range difference is estimated by equation (1). For a precise estimation of the geometrical path difference, it is necessary to determine the orbits of satellites by a certain dynamical procedure. Details of the geometrical analysis is described in the previous report (Sengoku, 1989).

2.2 Determination of the Orbits

The precise orbits of satellites were determined dynamically by the orbit analysis program developed at Hydrographic Department (Sasaki, 1984) using the range data obtained by SHOLAS and HTLRS. Observations of two passes were used to determine the orbits. GEM-T1 (degree and order up to 36) was used for Earth's gravity model. The polar motion determined by IRIS (IERS bulletin A) was also used. Table 5 shows the obtained residuals for each pass. One pass was omitted since its orbit was not precise enough. Typical noise level of the raw range data is about 10 cm for SHOLAS and 4 cm for HTLRS, respectively. Therefore, the residuals are expected to be 4~10 cm. In most cases, residuals were within this range.

Thus, the topocentric positions of satellites were calculated with enough accuracy at each observation epoch.

2.3 Estimation of D

First, the smoothed data for SHOLAS were paired with the corresponding ones for HTLRS by means of polynomial fitting. Then, D was estimated by equation (1). The applied orders of polynomials, the mean of D of ith pass (\bar{D}_i) and other results are shown for each pass in Tables 4 and 5. Data with residuals larger than 15 cm were omitted.

The average (μ) and r. m. s. (σ) of D are obtained as follows;

$$\mu = \frac{\sum_i \frac{N_i \bar{D}_i}{\sigma_i^2}}{\sum_i \frac{N_i}{\sigma_i^2}} \quad \text{and} \quad \sigma^2 = \frac{\sum_i N_i}{\sum_i \frac{N_i}{\sigma_i^2}}$$

where N_i and σ_i^2 are the number and the variance of \bar{D}_i .

The average of D was -2.4 cm in December 1989. Roughly speaking, this means that the range data obtained by SHOLAS were 2.4 cm longer than those obtained by HTLRS in December 1989. We cannot conclude whichever SHOLAS and/or HTLRS has caused this difference. The average and r. m. s. of D are $\mu = -1.4$ cm, $\sigma = 4.2$ cm for Ajisai and $\mu = -7.2$ cm, $\sigma = 3.5$ cm for Lageos. The average of D for Ajisai differ from that for Lageos but collocation data of Lageos in 1989 were too small to make a statistically definite conclusion.

The relations among D, elevation and azimuth angle of satellites are plotted in Figures 2 and 3. It is clear that D did not depend on the elevation in 1989.

Collocation observations were made by A. Sengoku, K. Fuchida, T. Kawai, S. Imaki and K. Asai. The analysis of collocation observation was made by A. Sengoku and I. Sato. This report was written by A. Sengoku and I. Sato.

References

- Sasaki, M., Ganeko, Y., Harada, Y, 1983: *Data Report of Hydrogr. Obs., Series of Astronomy and Geodesy*, No. 17, p. 49.
- Sasaki, M. 1984: *Report of Hydrogr. Researches*, No. 19, p. 107.
- Sasaki, M. 1988: *Data Report of Hydrogr. Obs., Series of Satellite Geodesy*, No. 1, p. 59.
- Sengoku, A. 1989: *Data Report of Hydrogr. Obs., Series of Satellite Geodesy*, No. 2, p. 28.
- Sengoku, A, Fujii, T. 1990: *Data Report of Hydrogr. Obs., Series of Satellite Geodesy*, No. 3, p. 42.
- Takemura, T. 1983: *Data Report of Hydrogr. Obs., Series of Astronomy and Geodesy*, No. 17, p. 44. (in Japanese)

Table 3. Relative positions of HTLRS to SHOLAS (Tōkyō Datum)

Symbol	Latitude	Longitude	Height
TL04 - L	-1." 2070	+0." 0490	-2. ^m 918
TL05 - L	-1. 2066	+0. 0486	-2. 924

Table 4. Dynamical determination of the orbits in December 1989

No.	used pass No.*	Satellite	Number of data	residual
a	1, 2	Ajisai	2240	9.0 cm
b	3, 5	Ajisai	2796	7.6
c	5, 7	Ajisai	2755	7.4
d	4, 6	Lageos	3306	10.9

*see Table 2

Table 5. Results of the geometrical analysis of collocation observations in December 1989

No.	Time (UTC)	SHOLAS (returns)	HTLRS (returns)	Satellite	order of polynomial	\bar{D} cm	r. m. s. cm	used orbit*
	h m - h m							
1	1989 Dec. 18 16 42 - 16 55	785	124	Ajisai	20	-2.0	4.2	a
2	18 18 49 - 15 57	992	86	Ajisai	17	-0.1	3.9	a
3	19 15 52 - 15 59	624	86	Ajisai	17	-1.9	3.5	b
4	19 17 52 - 18 02	1838	72	Ajisai	22	+3.1	4.5	b
5	20 15 57 - 16 06	974	77	Lageos	16	-7.2	3.5	d
6	20 16 57 - 17 09	569	132	Ajisai	23	-4.6	5.3	c
average						-2.4	4.1	

*see Table 4

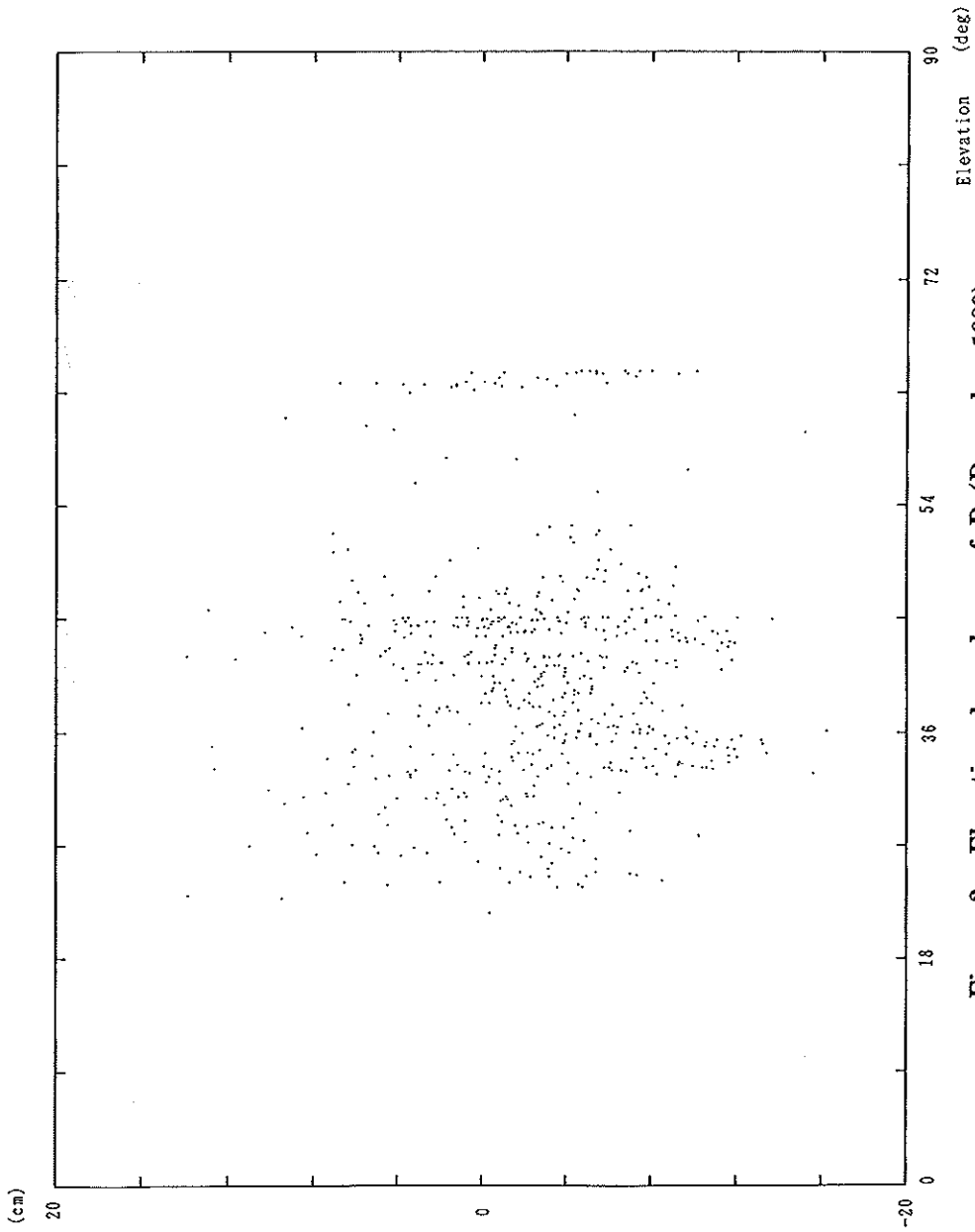


Figure 2. Elevation dependence of D (December 1989).

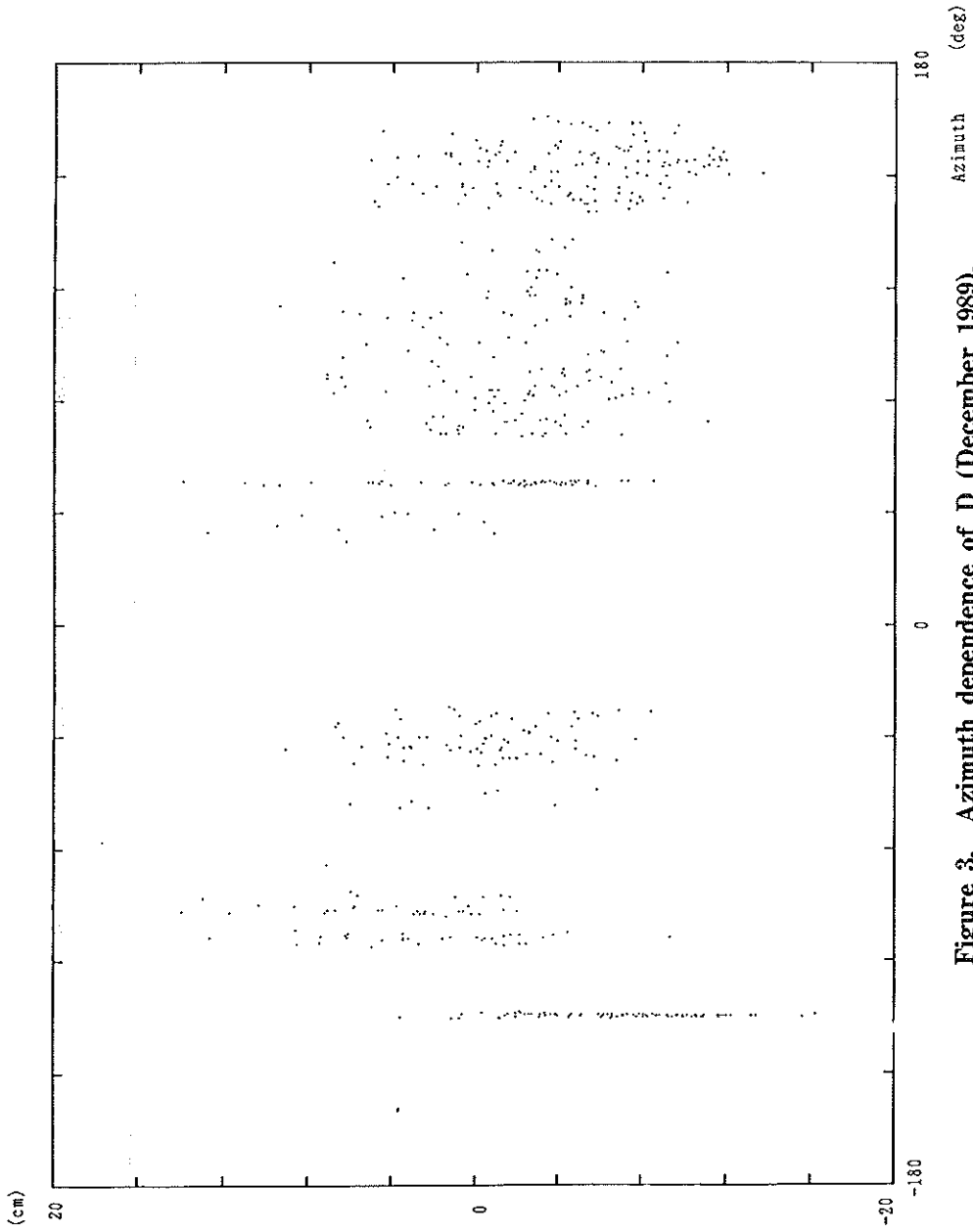


Figure 3. Azimuth dependence of D (December 1989).

ORBITAL PREDICTION OF AJISAI IN 1989

Summary -The Orbital Prediction of Ajisai has been made by orbital prediction system of the Satellite Geodesy Office. The resulting elements were sent to laser ranging observatories.

Key words: orbital prediction-Ajisai

1. Orbital prediction system

An orbital prediction system for artificial satellites was developed in the Satellite Geodesy Office (SGO) in 1986 (Sengoku, 1988). This system produces orbital elements of artificial satellites from the laser ranging data by a program named SOAPIII, the Satellite Orbit Analyzer Predictor ver. III, written in a special language developed by Fukushima (1986). In SOAPIII, we estimate the JHD elements by the method of least squares. The JHD elements consist of 9 parameters as follows:

n : mean motion
 ξ_0 : $(e \cos \omega)_0$
 η_0 : $(e \sin \omega)_0$
i : inclination
 Ω : longitude of ascending node
 χ_0 : $l_0 + \omega_0$
d ω /dt
d Ω /dt
d $(e \sin \omega)_0$

where e is the eccentricity, l the mean anomaly and ω is the argument of perigee, respectively. The Subscript 0 means the values at the epoch. The JHD elements are well-defined parameter set for a nearly circular orbit such as that of Ajisai.

The accuracy of the JHD elements created by SOAPIII is checked by a rough estimation by means of an independent program.

2. Summary of quick look data of Ajisai

Quick look laser range data are sent to SGO from the Simosato Hydrographic Observatory and the Goddard Laser Tracking Network once a week via an E-mail system named G. E. MarkIII. We usually produce the JHD elements from the received quick look data in the latest two or three weeks. Table 1 is the monthly statistics of the quick look data sent to our office in 1989. In total, 1086 passes and 25871 returns at 10 stations were sent to our office in 1989.

Table 1. Monthly statistics of quick look data of Ajisai

1989. Jan.			1989. Feb.			1989. Mar.		
ID	Pass	Return	ID	Pass	Return	ID	Pass	Return
1181	7	120	1181	6	127	7801	2	50
7801	1	25	7801	2	49	7838	9	176
7838	14	271	7838	22	426	7840	5	116
7840	23	531	7840	16	374	8405	12	297
8405	15	368	8405	3	75	8502	16	391
8502	12	295	8502	16	397	8605	7	173
8605	4	97	8605	11	274	8704	3	73
8704	15	377	8704	15	378	8805	3	75
8805	17	425	8805	12	301			

1989. Apr.			1989. May			1989. Jun.		
ID	Pass	Return	ID	Pass	Return	ID	Pass	Return
1181	6	123	1181	6	130	7801	1	26
7801	1	25	7801	3	74	7838	4	74
7834	1	28	7838	16	305	7840	22	557
7838	8	154	7840	40	1281	8405	26	644
7840	11	375	8405	11	274	8502	18	452
8405	15	374	8502	11	275	8605	14	350
8502	1	25	8605	22	550	8704	2	50
8605	3	74	8704	5	126	8805	6	148
8704	13	322	8805	5	125			
8805	11	273						

1989. Jul.			1989. Aug.			1989. Sep.		
ID	Pass	Return	ID	Pass	Return	ID	Pass	Return
1181	6	118	7801	2	50	1181	4	69
7838	12	221	7838	31	671	7838	11	208
7840	1	25	7840	27	674	7840	22	539
8405	1	25	8405	23	559	8405	6	150
8502	3	73	8502	6	149	8502	14	350
8704	4	100	8605	2	50	8605	8	185
8805	1	25	8704	14	339	8704	3	75
			8805	31	769	8805	5	125

1989. Oct.			1989. Nov.			1989. Dec.		
ID	Pass	Return	ID	Pass	Return	ID	Pass	Return
1181	7	144	1181	5	62	7801	2	43
7838	34	661	7801	1	25	7838	26	519
7840	8	191	7838	21	402	7840	9	214
8405	3	74	7840	30	750	8405	14	349
8502	7	175	8405	12	271	8502	17	425
8605	1	25	8502	29	723	8605	7	175
8704	24	592	8605	11	270	8704	4	100
8805	1	25	8704	21	524	8805	3	75
			8805	2	50			

1181 : Potsdam, GDR
 7834 : Wettzell, GER
 7840 : RGO, United Kingdom
 8502 : Yarragadee, Australia
 8704 : GSFC, USA

7801 : Haleakala, USA
 7838 : Simosato, Japan
 8405 : Mon. Peak, USA
 8605 : Mazatlan, Mexico
 8805 : Quincy, USA

Table 2. Accuracy of JHD elements

Sequential NO.	Creation date	Duration of used data		Number of used data	σ_1 (m)	σ_2 (m)
		1988	1989			
92	1/06	12/13 - 1/03		885	480	784
		12/06 - 1/03		1383	392	456
93	1/12	12/23 - 1/07		337	380	363
		12/16 - 1/07		859	673	708
94	1/19	1/01 - 1/16		703	996	702
		12/23 - 1/16		816	1292	2162
95	1/26	1/10 - 1/24		1658	45	1269
		1/01 - 1/24		1882	367	414
96	2/02	1/15 - 1/31		2039	647	2245
		1/10 - 1/31		2473	367	414
97	2/09	1/24 - 2/07		2039	381	420
		1/16 - 2/07		3038	596	1450
98	2/16	2/01 - 2/14		3238	969	2105
		1/24 - 2/14		4229	508	521
99	2/23	2/07 - 2/20		1508	349	957
		1/30 - 2/20		2142	172	544
100	3/03	2/14 - 2/28		643	375	941
		2/07 - 2/28		1708	295	401
101	3/09	2/21 - 3/07		474	973	1746
		2/14 - 3/07		967	251	538
102	3/18	2/22 - 3/16		1035	162	1084
103	3/23	3/01 - 3/17		947	340	260
		2/22 - 3/17		1202	336	182
104	3/31	3/14 - 3/27		632	1240	1185
		3/07 - 3/27		1050	475	485
105	4/06	3/22 - 4/04		813	993	1984
		3/15 - 4/04		1173	1173	1162
106	4/13	3/29 - 4/11		1397	1462	1625
		3/22 - 4/11		1735	1222	1908
107	4/21	4/05 - 4/18		1791	874	2136
		3/29 - 4/18		2317	1134	1768
108	4/27	4/10 - 4/26		1814	602	1191
		4/05 - 4/26		2588	389	1151
111	5/19	5/04 - 5/18		1684	611	1484
		4/27 - 5/18		2168	492	1190
112	5/27	5/11 - 5/26		1236	910	1016
113	6/01	5/04 - 5/26		2030	311	279
		5/18 - 6/01		1092	504	902
114	6/08	5/11 - 6/01		1878	1145	1282
		5/25 - 6/08		768	1143	884
117	6/30	5/18 - 6/08		1418	748	810
		6/15 - 6/29		499	634	917
		6/08 - 6/29		1316	433	1480

Table 2. Accuracy of JHD elements

Sequential NO.	Creation date	Duration of used data	Number of used data	σ_1 (m)	σ_2 (m)
	1989	1989			
118	7/07	6/22 - 7/07	492	498	1476
		6/15 - 7/07	916	216	710
119	7/13	6/29 - 7/13	702	1446	732
		6/22 - 7/13	777	340	1780
120	7/20	7/18 - 8/01	1794	280	795
121	8/21	8/03 - 8/17	1809	124	455
		7/27 - 8/17	740	288	724
123	9/12	8/25 - 9/08	410	275	230
		8/18 - 9/08	645	404	252
124	9/22	9/07 - 9/22	636	282	468
125	10/02	9/15 - 9/29	464	329	410
		9/08 - 9/29	924	374	602
126	10/21	10/06 - 10/20	571	519	2629
		9/29 - 10/20	930	264	1960
127	11/10	10/27 - 11/10	754	810	1658
		10/20 - 11/10	837	223	1384
128	11/16	11/02 - 11/16	714	917	1108
		10/26 - 11/16	980	938	931
129	12/25	12/07 - 12/21	1042	411	339
		12/01 - 12/21	1308	338	1259

3. JHD elements

The JHD elements are created once a week by our orbital prediction system. Table 2 shows the accuracies of elements one week (σ_1) and two weeks (σ_2) before the period of quick look data used for the creation of elements, respectively. The averages of σ_1 and σ_2 are 594 m and 1038 m, respectively.

The created JHD elements are sent to the Simosato Hydrographic Observatory, Communications Research Laboratory, Wuhan and Shanghai of the People's Republic of China, for the laser ranging observation.

These works were performed by S. Masai in 1989.

We would like to thank the staff of Goddard Laser Tracking Network who have kindly sent us the quick look data of Ajisai regularly.

This report was written by S. Masai.

References

- Fukushima, T., 1986: *Proc. of the 19th Symp. on Celestial Mechanics*, p. 93.
Sengoku, A., 1988: *Data Report of Hydrogr. Obs., Series of Satellite Geodesy*, No. 1, p. 70.
Sengoku, A., 1989: *Data Report of Hydrogr. Obs., Series of Satellite Geodesy*, No. 2, p. 68.
Sengoku, A., 1990: *Data Report of Hydrogr. Obs., Series of Satellite Geodesy*, No. 3, p. 56.

海洋測地網一次基準点の位置決定 1988

POSITIONING OF THE FIRST ORDER CONTROL POINTS IN THE MARINE GEODETIC CONTROL NETWORK IN 1988

As a step to establish the marine geodetic control network around Japan, we performed a simultaneous observation program of Ajisai and Lageos at Titi Sima and the Simosato Hydrographic Observatory (SHO) for January through March, 1988, and another at Isigaki Sima and SHO for July through September, 1988. The observation programs consist of the satellite laser ranging of Ajisai and Lageos and taking photographic plates of Ajisai at each station. Based on the obtained data, the first order control points, Titi Sima and Isigaki Sima were connected to the fiducial point, Simosato located at SHO.

Key Words : satellite laser ranging-satellite photograph-Ajisai-Lageos-marine geodetic controls

1. はじめに

水路部では、領海等我が国の管轄海域の確定と、海洋における測位精度の向上を目的として、1980年より、海洋測地網の整備を推進している (Kubo, 1988)。海洋測地網は、本土基準点 (第五管区海上保安本部下里水路観測所)、一次基準点および二次基準点からなっている。第1図に、本土基準点および一次基準点の配置を示す。海洋測地網の整備作業は、次の3段階から構成される。

- (1) 日本測地系と世界測地系との結合
- (2) 主要な離島等 (一次基準点) の本土基準点に対する相対位置の決定
- (3) 二次基準点の一次基準点等に対する相対位置の決定

このうち、(1)については、本土基準点にある固定式レーザー測距装置を用いて、米国の測地衛星「ラジオス」の国際共同観測を行うことにより、1982年から実施中である。固定式レーザー測距装置については、水路部観測報告天文測地編第17号 (Sasaki, et al., 1983) および水路部技報第1号 (佐々木, 1983) に報告されている。1990年までの観測結果については、水路部観測報告天文測地編第18~21号および同衛星測地編第1~4号 (Sasaki and Nagaoka, 1984 他) を、また、暫定的な解析結果については、水路部研究報告第19号 (Sasaki, 1984) を参照されたい。

次に、(3)については、本土基準点、一次基準点もしくはこれに準ずる点と二次基準点において、航行衛星受信機等を用いて、米海軍航行衛星 (NNSS) のドップラー同時観測を行うことにより、1980年より実施中である。1990年までの観測結果については、水路部観測報告天文測地編第17~20号および同衛星測地編第1~4号を参照されたい (竹村・金沢, 1983他)。なお、この作業にさきだち、1974~1977年において、地球内部ダイナミクス計画 (GDP) の一環として、南方および南西諸島等において、NNSSのドップラー同時観測を実施しているが、その観測結果が、水路部観測報告天文測地編第13号 (森・金沢, 1979) に報告されているので、そちらも併せて参照されたい。



Figure 1. Marine geodetic control network.

残る(2)については、本土基準点において、固定式レーザー測距装置および固定式衛星方位測定装置を、また、一次基準点において、可搬式レーザー測距装置および可搬式衛星方位測定装置を各々用いて、1986年8月に打ち上げられた国産測地衛星「あじさい」および測地衛星「ラジオス」の同時観測を行うことにより、1988年より実施中である。固定式衛星方位測定装置については、水路部観測報告衛星測地編第2号(Kanazawa, 1989)に、また、可搬式レーザー測距装置については、同第1号(Sasaki, 1988)に各々報告されている。「あじさい」については、水路部技報第4号(佐々木, 1986)および水路部観測報告天文測地編第21号(佐々木, 1987)を参照されたい。

本稿では、1988年に実施した「あじさい」の同時観測による一次基準点父島および石垣島の位置決定結果、即ち上述の(2)の作業結果について報告する。なお、「あじさい」の同時観測の前ないし後には、固定式および可搬式レーザー測距装置等との機差検定のために、本土基準点において比較観測を行うのが通例であるが、1988年に行われた同時観測に関連する比較観測については、水路部観測報告衛星測地編第2、3号(Sengoku, 1989他)を参照されたい。

2. 観測および解析の方法

一次基準点における観測について、2.1から2.4まで述べる。

なお、本土基準点における観測は、発光タイミングの観測と衛星方位観測を除いて、従来のレーザー測距観測方法と同一であり、発光タイミング観測は一次基準点と同一である。衛星方位観測については、水路部観測報告衛星測地編第2号(Kanazawa, 1989)を参照されたい。

2.1 観測地点の選定

観測に先立って、観測地の現地調査を行う。下記の諸条件を総合的に満足する地点を一次基準点の観測地点とする。

- 1) 周囲360度にわたって高度10度以上の視界が開けていること、
- 2) 10m×10m以上の広さを有すること、
- 3) 地盤が平らでかつ堅固であること、
- 4) 器材輸送用の4トントラックおよび器材設置用の10トンクレーン車の通行が可能な道路があること、
- 5) 観測用時計の保持に必要な電源(100V, 2A)が常時得られること、
- 6) データ通信用の臨時電話の敷設が可能なこと、
- 7) 観測地点から100m以遠に地上標的の設置が可能なこと、
- 8) 三角点を使つての三角測量が可能なこと、
- 9) 電源供給用の発電機が民家等に悪影響(騒音)を及ぼさない程度(100m以上)民家等から離れていること、
- 10) 近傍に一次基準点標石の設置が可能なこと、

2. 2 設営

2. 2. 1 観測機器の構成

一次基準点における観測機器は、可搬式レーザー測距装置(写真1参照)および可搬式衛星方位測定装置(写真2参照)である。可搬式レーザー測距装置は、光学系シェルターと制御系シェルターより構成されている。この他に、2台の発電機(写真3参照)が用いられる。

次に、各機器の寸法および重量を示す。

	長さ	幅	高さ	重さ
可搬式レーザー測距装置				
光学系シェルター	3.6m	× 2.2m	× 2.1m	2.5t
制御系シェルター	3.8	× 2.2	× 2.1	2.5
可搬式衛星方位測定装置	1.5	× 1.0	× 1.4	0.4
発電機 (100V AC)	1.5	× 0.7	× 0.9	0.4
" (200V AC)	2.0	× 1.2	× 1.4	0.8

2. 2. 2 機器の設置

可搬式レーザー測距装置は、上空の視界の開けた場所で、コンクリート舗装或はアスファルト舗装がほどこされているか、または十分に堅固で平らな地面を選定して設置する(写真4参照)。二つのシェルターは互いに連結して設置し、その向きは地上標的等の設置場所を考慮して決定する。

各シェルター並びに光学ベンチの脚下には、専用の鉄板等を敷くことにより、送受信望遠鏡や二つのシェルターの沈降等による変動を防ぐ。また、シェルターの四っ角から支線を張って、強風等によるシェルターの変位・倒壊を防止することができる。

2台の発電機は、電気的雑音や排気ガス等を避けるために、シェルターから30~50m程度離して設置する。

可搬式衛星方位測定装置は、上空の視界の開けた、堅固で平らな場所を選んで設置する。

2. 2. 3 機器の組立・調整

可搬式レーザー測距装置のシェルター間の配線を施し、冷却循環水のパイプを接続し、空調機を準備した後、2台の発電機にキャップタイヤを結線して電力を供給させる。次にロランCおよびJJYアンテナを組み立て、精密原子時計用電源として商用電源(100V AC)を確保した後、ロランC受信装置あるいはGPS受信装置により、精密原子時計の協定世界時(UTC)への正確な同期を確保する。

レーザー発振器の調整、送受信光軸の調整、レーザー望遠鏡架台の脚出しおよびレベル調整、光学系シェルターのレベル調整、レーザー測距用並びにデータ処理用ソフトウェアの点検等を行う。

送受信望遠鏡によって北極星その他数10個の恒星をテレビカメラでとらえ、計算値と観測値との差から、可搬式レーザー測距装置の架台の歪みの較正を行う。

100m以遠でなるべく近距離に地上標的(逆反射プリズム)を設置し(写真5参照)、可搬式レーザー測距装置の方位軸と高度軸の交点(不動点)からの距離を光波測距儀等により精密に測定する。また、地上標的の設置場所の高度・方位・距離をプログラムファイルに登録し、次にその他のシステム・パラメータの値を初期設定し、観測地座標も併せて登録して確認する。

気象データ（気温、気圧、湿度）の計測のために、気象計器を設置する。

可搬式衛星方位測定装置の組立て、調整を行う。

2. 2. 4 その他の設備

電話回線……人工衛星の軌道要素や観測成果のデータ通信、電話、FAXによる事務連絡に使用。
 商用電源……精密原子時計を高精度に運用するために、商用電源（100V AC）を常時供給する。
 暗室……衛星方位測定装置による写真観測のため、写真乾板の出し入れ、現像処理等に使用。
 倉庫……測量器材、レーザー補修部品、写真用品、セメント、事務用品等を収納する。

2. 3 観測

2. 3. 1 準備作業

一次基準点では、「あじさい」および「ラジオス」の軌道要素を毎週1回、本庁水路部からデータ通信により受信し、この軌道要素から衛星別に、暦ファイル、次いで衛星追跡用の高度・方位ファイルを計算する。レーザー発振器を発振させてウォーミングアップを実施し、レーザー光の波形切出し調整、出力調整を行い（写真6参照）、大気差補正のための気象データを衛星追跡プログラムに初期設定する。精密原子時計の時刻を監視するために、ロランC受信装置あるいはGPS受信装置を用いて、協定世界時（UTC）と比較測定を実施する。

レーザー発振部の色素溶液は使用とともに劣化するため、毎週1回程度交換してレーザー発振器の調整を行う。天候が良好で、観測が可能と判断された時は、光学系シェルターの屋根を観測時間の20～30分前に開く。

2. 3. 2 地上測距

地上標的に向けて、人工衛星からのリターンパルスとほぼ同じ強度まで出力エネルギーを減衰させたレーザーパルスを発射し、地上標的のレーザー測距を行う。先に測量により測定した距離との差から内部遅延時間を算出する。この内部遅延量は、人工衛星のレーザー測距の前後において必ず実施する。レーザー測距データは、フロッピーディスクに記録する。

2. 3. 3 人工衛星のレーザー測距

人工衛星レーザー測距観測時に、観測員1名（オペレーター）は制御系シェルターにおいて、衛星の搜索・追跡、測距データの記録、レーザー発射の制御等を操作しながら測距観測を行う（写真7、8参照）。他の観測員1名は光学系シェルターにおいて、送受信望遠鏡および上空の安全の監視等を行い、インターフォンを通じてオペレーターにレーザー光路の視程や気象データ等を通報する。観測時間は、「あじさい」で約13分間、「ラジオス」で約40分間である。その間、オペレーターは、スタートパルスとストップパルスの受光部の高圧やスレッシュホールド電圧を最適値に設定し、レーザービームの幅、出力および受信タイミングのゲート幅等を設定し、送受信望遠鏡微動調整用のジョイスティックを操作しながら、レーザービームを衛星に当てて測距データを取得する。また、観測中の手動設定によるシステムパラメータを記録する。

「あじさい」のレーザー測距観測については、太陽光を反射して発光している場合には、TV画面による追跡の確認も可能である。レーザー測距データは、フロッピーディスクに記録する。

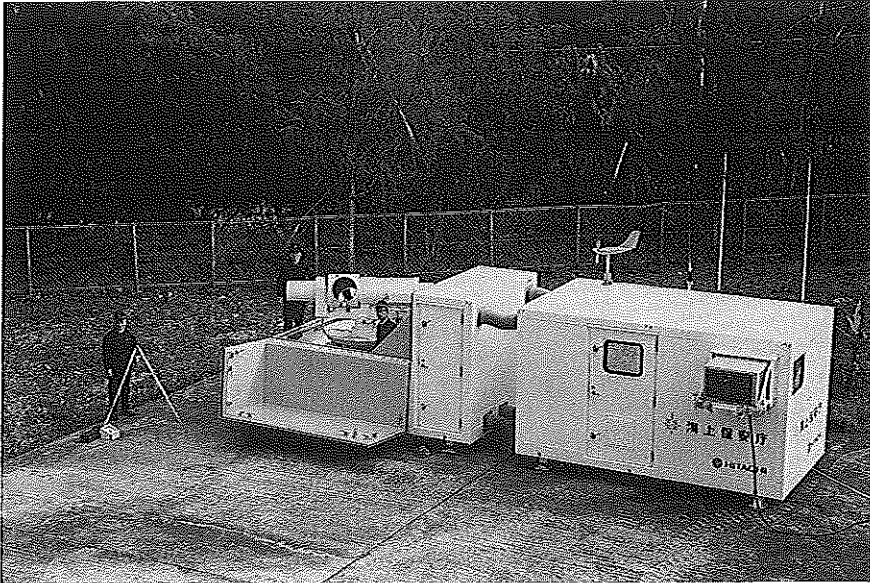


Photo 1. Hydrographic department Transportable Laser Ranging Station (HTLRS).

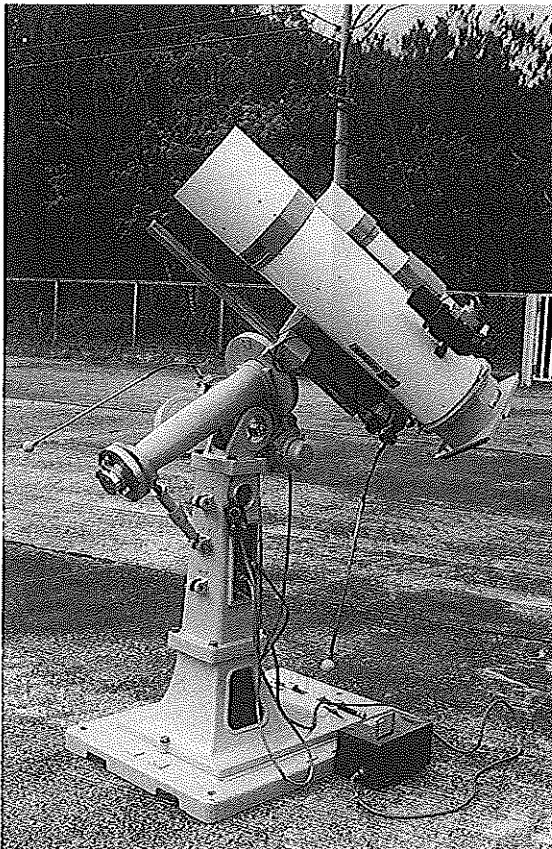


Photo 2.
Transportable satellite camera.



Photo 3. Power generators.



Photo 4. Setting HTLRS.



Photo 5. Ground target.



Photo 6. Adjustment of laser oscillator.

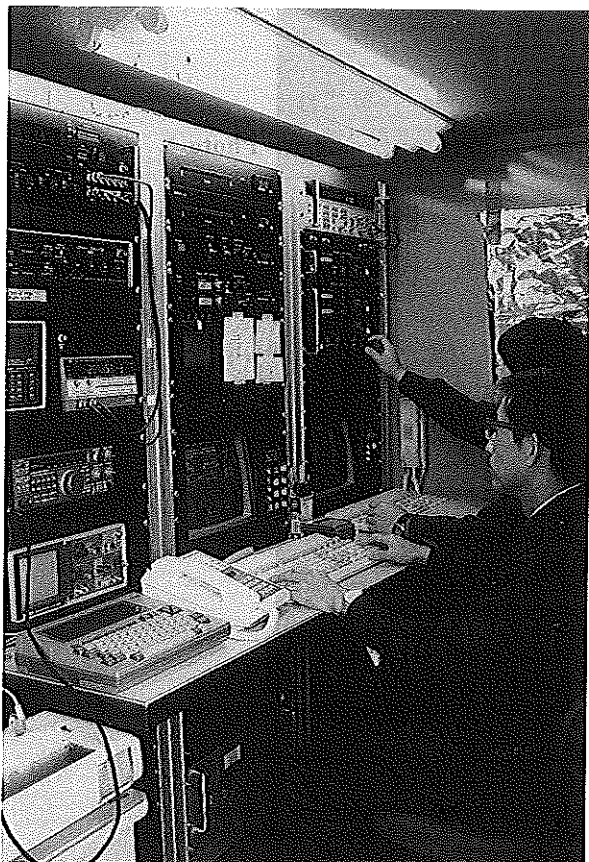


Photo 7.
Operation of HTLRS.



Photo 8. Satellite laser ranging observation.

2. 3. 4 発光タイミングの観測

「あじさい」が太陽光を受けて発光する期間を、別途計算し予報表を作成する。「あじさい」の発光タイミングの検出部の視野はレーザー測距観測の受光部に比べて広いため、レーザー測距が行えていれば発光タイミング観測が可能である。オペレータは、検知器の電圧と受光パルスのスレッシュホールド値を設定し、発光タイミングをフロッピーディスクに記録する。

2. 3. 5 測距データ処理

(1) 地上測距データ処理

約200個の地上測距データを、気温、気圧、湿度を補正して距離に換算する。地上測距データは、通常ガウス分布となる。ピーク値から有意に離れた度数の低いデータは切り捨てて距離の推定値および標準偏差を計算する。この推定値と測量によりあらかじめ求めておいた基線長との差から内部遅延時間を求める。測得距離による度数分布グラフを印字する。

(2) 衛星の測距データ処理

衛星の測距データの中には雑音も含まれているので、この中から採用する測距データを抽出する。まず、明らかに雑音と判断されるデータを除去する。次に、測距値を観測時刻のゆるやかな関数と仮定し、選点直交多項式で近似させる。近似後の残差が大きい、すなわち測距値の標準偏差の3倍以上となるデータを削除し、精選測距データを作る。この精選された測距データに、観測地の座標や気象データ(気温、気圧、湿度)、地上測距で検定した内部遅延時間等を加えて、完成した測距データとする。完成した測距データから40個程度抽出して、SAO形式に編集したものを速報データとして軌道予報のために本庁に送付する。

2. 3. 6 衛星方位観測

「あじさい」の方位観測は、可搬式衛星方位測定装置による、写真乾板の撮影により実施する。方位観測では、本土基準点(第五管区海上保安本部下里水路観測所)に設置している固定式衛星方位測定装置と同時に写真撮影を行う。撮影時刻は「あじさい」の発光予報表より、観測点において、衛星の高度・方位ともに有利な時刻を選んで決定する。

1988年の一次基準点観測においては、コダック社のタイプII-Fまたは103a-Fプレート(5×7インチ)が使用された。撮影時間は10秒間で、撮影時刻の前後5秒間ずつとする。「あじさい」の写真観測では、発光タイミングの観測も同時に実施するため、乾板上の「あじさい」の点像と、その点像の発光時刻が必要なデータとなる。写真撮影した乾板は、撮影後すみやかに現像・定着処理を行う。写真には、恒星の点像および約20点の「あじさい」点像が直線状に撮影される。

2. 4 基準点標識等の設置と地上測量

2. 4. 1 基準点標識等の設置

一次基準点には、第2図のように標石(花こう岩質、写真9参照)を設置する。設置場所は、地上測量により可搬式人工衛星レーザ測距装置の不動点との相対位置精度が3mm以内で求められる場所を選ぶ。観測点と標石の設置場所が遠く、地上測量による相対位置が十分な精度で得られない場合は、第3図のように標識(真ちゅう製)を観測点近傍に設置するか、または観測点近傍の三角点等を代用する。

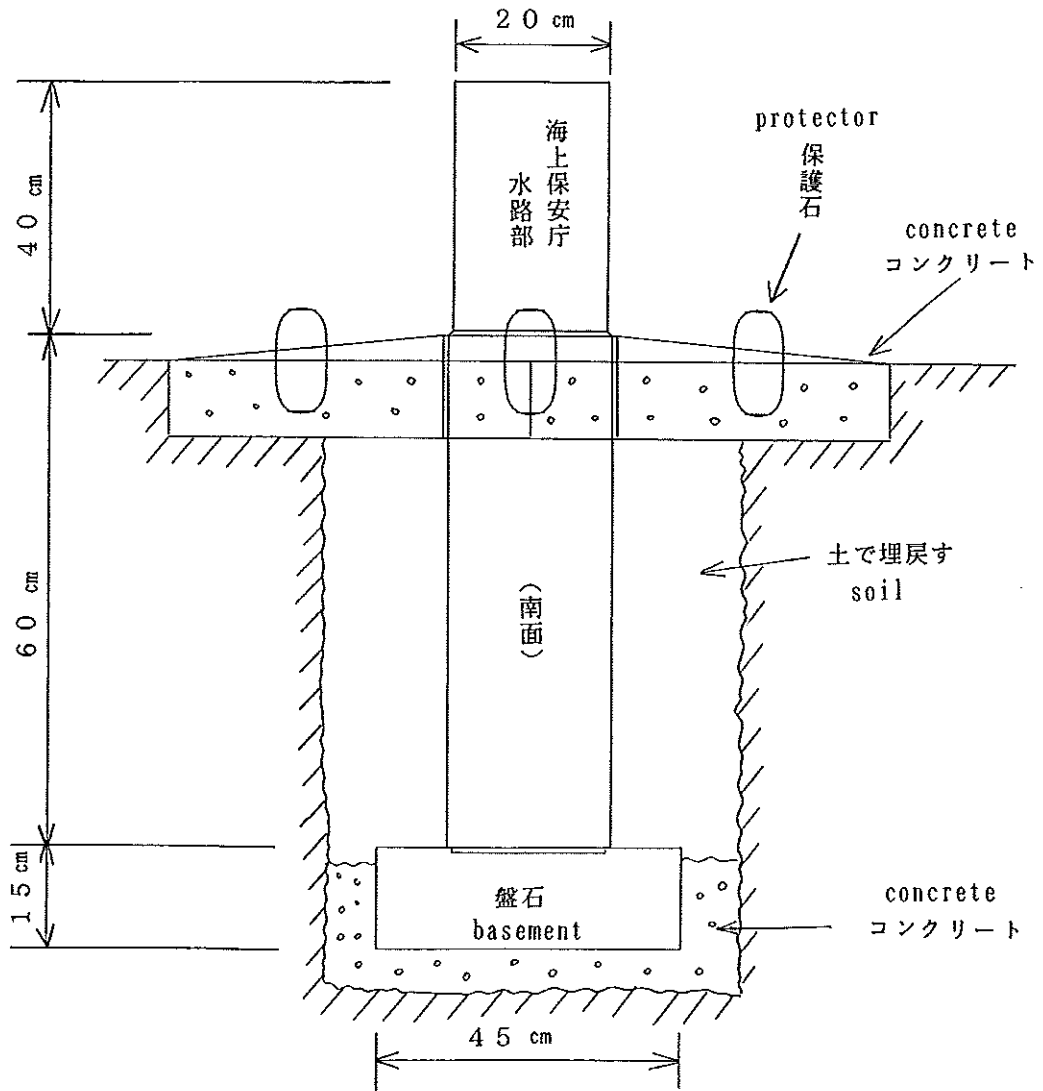


Figure 2. Setup of a stone marker for the first order control points.



Photo 9. Stone marker for the first order control points.

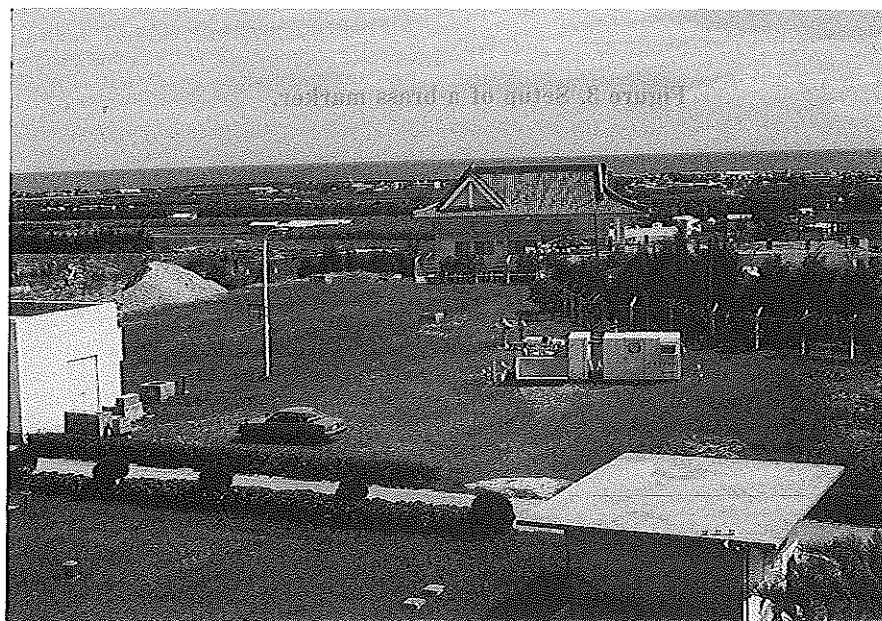


Photo 10. Observation site at Isigaki Sima.

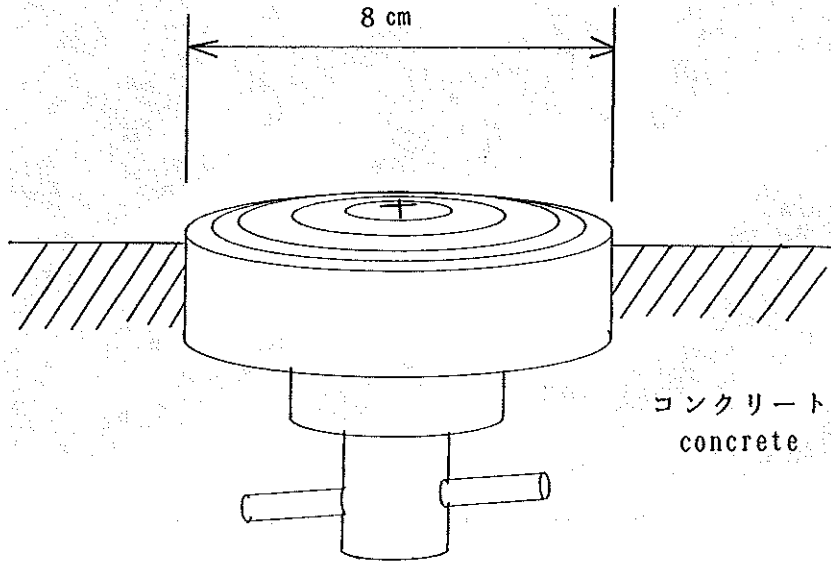


Figure 3. Setup of a brass marker.

2. 4. 2 地上測量

(1) 地上測量は、次の精度が満足できるように測量し、計算する。

- 1) 一次基準点と日本測地系あるいは、局地測地系との結合を誤差 3 cm 以内で行う。
- 2) 一次基準点標石と可搬式人工衛星レーザ測距装置の不動点との相対位置を、3 mm 以内で決定する。
- 3) 可搬式人工衛星レーザ測距装置の不動点と地上標的との直線距離を、誤差 2 mm 以内で決定する。

(2) 測量計算は水路業務法に定める準拠楕円体を基に進め、計算途中で不十分な精度とならないように注意する。

(3) 高所および高低差の大きい測量では、測量作業および計算において十分な注意を払う。

2. 5 解析と座標変換

「あじさい」の同時観測データの解析方法の概要は、水路部観測報告衛星測地編第 2 号 (久保, 1989) に報告されている。以下に、レーザ測距観測データの解析について、詳しく述べる。

2. 5. 1 SPORT 法による同時観測データの解析

レーザ測距観測については、一次基準点と下里における同時観測データのみを用いると、軌道誤差などの誤差要因が遁滅されるため、一次基準点-下里の相対位置関係が精度良く決定できることが期待できる。水路部では、同時観測データのみを用いた特殊な解析手法を開発した。これは、連続する 2 パスの 2 点での同時観測データのみを用いて軌道解析を行うもので、SPORT 法 (Successive Passes Orbit Revising Technique) と呼ぶ (Sengoku, 1991a)。SPORT 法では、一方の観測点の位置を固定し、もう一方の観測点の位置と人工衛星の元期における位置と速度の初期値を未知量として推定する。推定するパラメータ数は、観測点の位置 (3) と初期値 (6) で計 9 個である。

SPORT 法の特徴を以下にまとめると、

- (1) 同時観測が行われた観測点上空でのデータしか用いないため、力学モデルや大気モデル等の誤差の影響をあまり受けず、精度が良い。
- (2) 短時間で解析が行える。
- (3) 通常解析においては、世界中のトラッキングデータを用いるため、データを収集するのに時間を要するが、SPORT 法では 2 点のデータのみで良いため解析結果が迅速に得られる。
- (4) 2 点間の相対位置関係は、固定点の仮定位置にあまり影響されない。例えば、仮定位置の経度をかえても相対位置関係は変わらない。
- (5) 通常解析で未知数とされる極運動 (x_p, y_p)、地球の自転変動 (DUTI)、地球の質量 (GM)、大気の抵抗係数 (Cd) 等のパラメータは推定できない。これは、用いるデータが局地的でかつ短時間なため、極運動のようなグローバルなパラメータを推定するのに適さないことによる。
- (6) 同時観測データがないと解析が行えない。

解析は、水路部が保有する人工衛星レーザ測距プログラム Hydrangea を用いる (Sasaki, 1984)。採用した力学モデル等詳細については水路部研究報告第 26 号を参照されたい (Sasaki, 1990)。

解析に用いる下里水路観測所の暫定的な位置として、SSC (CSR) 85L07 (Tapley et al., 1986) を Minster & Jordan (1978) のプレート運動モデル (AMO-2) によって1988. 1年の座標に変換したものを採用した。地心赤道直交座標系 (U, V, W) で、

$$\begin{aligned} U_s &= -3822388.372\text{m} \\ V_s &= 3699363.494\text{m} \quad \dots\dots (1) \\ W_s &= 3507573.106\text{m} \end{aligned}$$

である。ただし、添字の S は下里水路観測所の固定式レーザー測距装置の不動点を意味する。

2. 5. 2 グローバル解析

SPORT 法の他に、世界の SLR 観測局のデータも用いて、ほぼ 5 日毎にグローバル解を求める。観測局の座標は前節と同様に SSC (CSR) 85L07 をプレート運動モデルによって元期を1988. 1年に移動させたものを採用する。第 1 表に本解析で固定した観測局を示す。これらの観測局は、当時「ラジオス」の観測を行なっているため、位置を固定すると解を安定に求めることができる。

解析には、SPORT 法の場合と同様、Hydrangea を用いる。未知量は、人工衛星の元期における位置と速度、GM, J2, 極運動等 ($x_p, y_p, DUT1$)、太陽光の反射係数、永年加速項および上記の固定した 5 点以外の SLR 観測局の座標である。

2. 5. 3 座標変換

上記の解析方法によって得られる成果は、世界測地系 (LSC (CSR) 85L07) で表示した一次基準点の本土基準点に対する相対位置である。この相対位置から日本測地系における一次基準点の絶対位置を求めるには、まず、下里において世界測地系 (LSC (CSR) 85L07) と日本測地系の変換パラメーターを求め、次にこのパラメーターを用いて一次基準点の座標を世界測地系 (LSC (CSR) 85L07) から日本測地系へと変換する必要がある。

下里水路観測所の固定式レーザー測距装置 (第 4 図参照) の日本測地系における位置 (経度 ϕ , 緯度 λ , 標高 h) は測量から、

$$\begin{aligned} \phi_s &= 33^\circ 34' 27.4963'' \\ \lambda_s &= 135^\circ 56' 23.5368'' \quad \dots\dots (2) \\ h_s &= 62.443\text{m} \end{aligned}$$

と求められている (竹村, 1983)。ベッセル楕円体の諸元 ($a=6377397.155\text{m}$ および $1/f=299.152813$) を用いて直交座標系 (u, v, w) に変換すると、

$$\begin{aligned} u_s &= -3822242.043\text{m} \\ v_s &= 3698856.017\text{m} \quad \dots\dots (3) \\ w_s &= 3506891.329\text{m} \end{aligned}$$

ただし、ここでは Ganeko (1977) の結果を用いて、下里における日本測地系の準楕円体からのジオイド高を 0 m と推定している。(1) と (3) から、世界測地系 (LSC (CSR) 85L07) から日本測地系への原点変換量は、

$$\begin{aligned} \Delta u &= u_s - U_s = 146.329\text{m} \\ \Delta v &= v_s - V_s = -507.477\text{m} \quad \dots\dots (4) \\ \Delta w &= w_s - W_s = -681.777\text{m} \end{aligned}$$

となる。

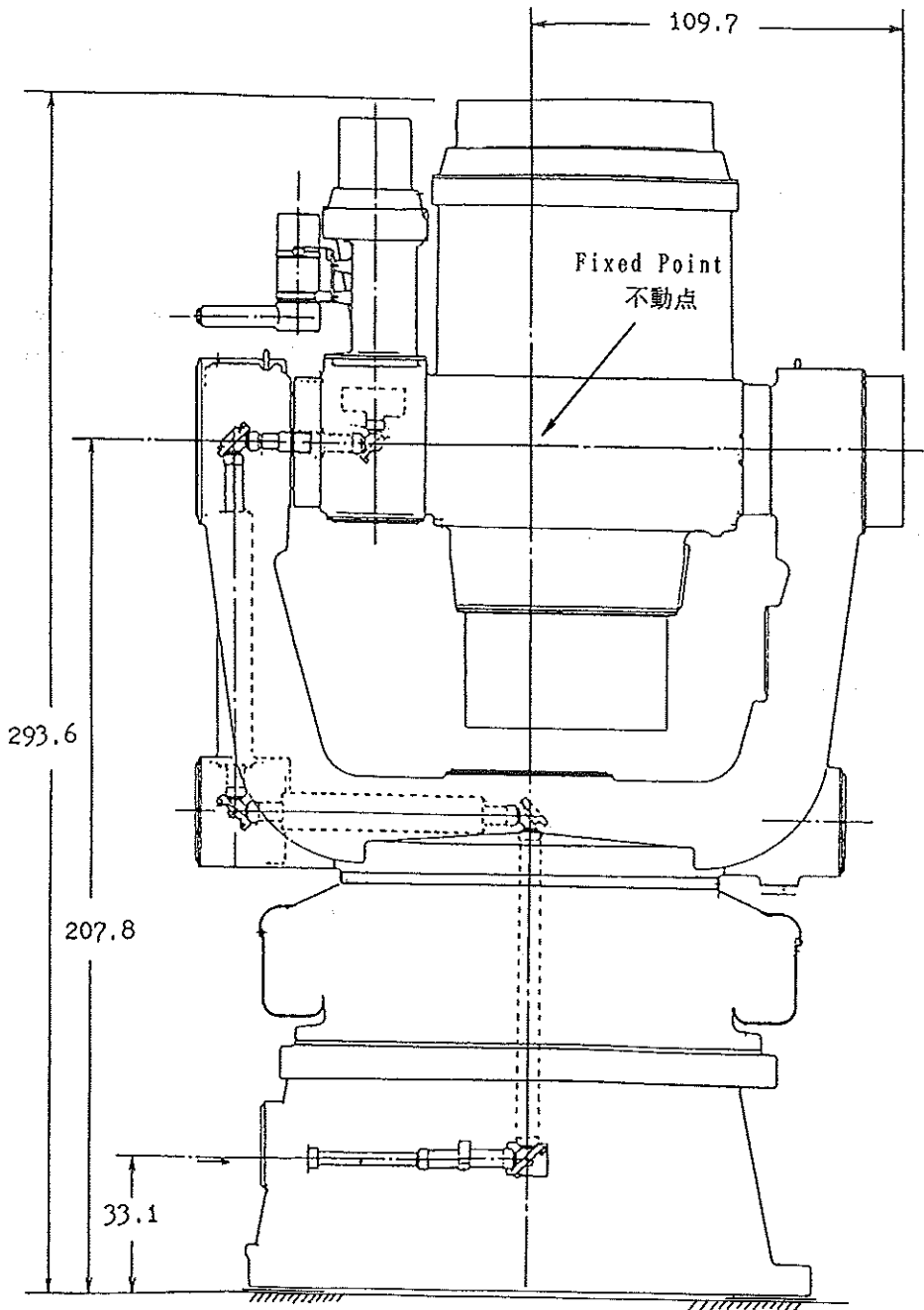


Figure 4. Fixed point of the receiving telescope of Simosato Hydrographic Observatory's LÄser ranging System (SHOLAS).

一次基準点の位置を日本測地系で求めるためには、世界測地系 (LSC (CSR) 85L07) で求められた地心直交座標に原点変換量 ((4) 式) を加え、さらにベッセル橢円体の諸元を用いて緯度 ϕ 、経度 λ 、橢円体高 H に直せば良い。ただし、橢円体高については、日本測地系の準拠橢円体からのジオイド高 hg と標高 h の和になることに注意する必要がある。

3. 父島一次基準点観測

3. 1 概要

3. 1. 1 作業経過

1988年、1月上旬から3月中旬にかけて、下里および父島において、「あじさい」等の同時観測を実施した。なお、この前に、1987年12月中旬から12月下旬にかけて、下里において比較観測を実施している (Sengoku, 1989)。

3. 1. 2 主な作業

(1) 基準点標識等の設置

一次基準点標石 (22cm 角) 標識名: 父島。

(2) 「あじさい」等の同時観測による位置決定

父島を決定。

(3) 地上測量

父島で実施。

3. 1. 3 使用装置等

(1) 一次基準点

可搬式レーザー測距装置、可搬式衛星方位測定装置。

(2) 本土基準点

固定式レーザー測距装置、固定式衛星方位測定装置。

3. 1. 4 観測データ

父島と下里の同時観測において得られた、レーザー測距データは水路部観測報告衛星測地編第3号 (Sengoku et al., 1990) に、また、写真観測については同号 (Kawai, 1990) に報告されている。

3. 2 観測

3. 2. 1 観測地点

(1) 一次基準点

東京都小笠原村父島 日本電信電話株式会社夜明山中継所構内 (第5図参照)。

(2) 本土基準点

和歌山県那智勝浦町下里 第五管区海上保安本部下里水路観測所 (第6図参照)。

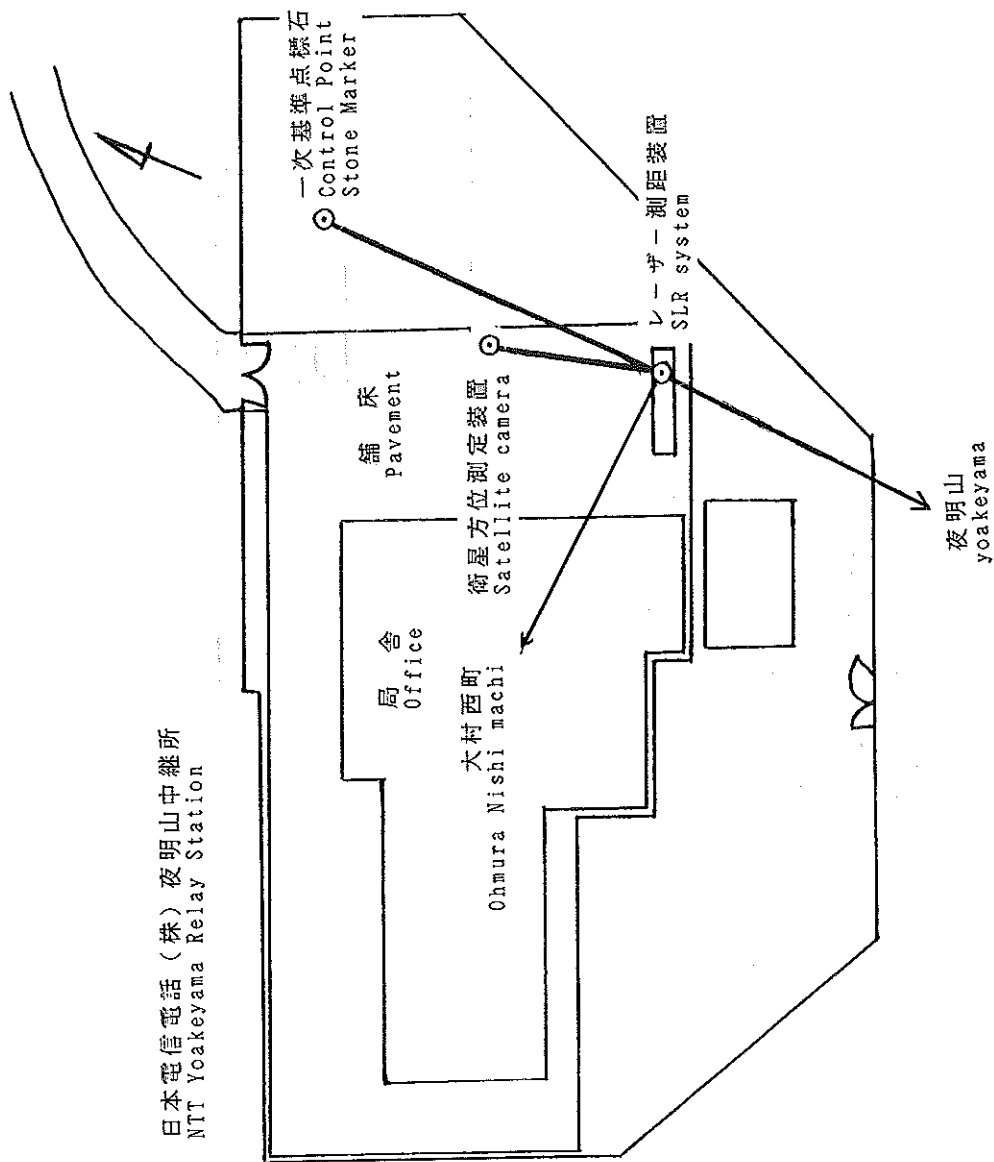
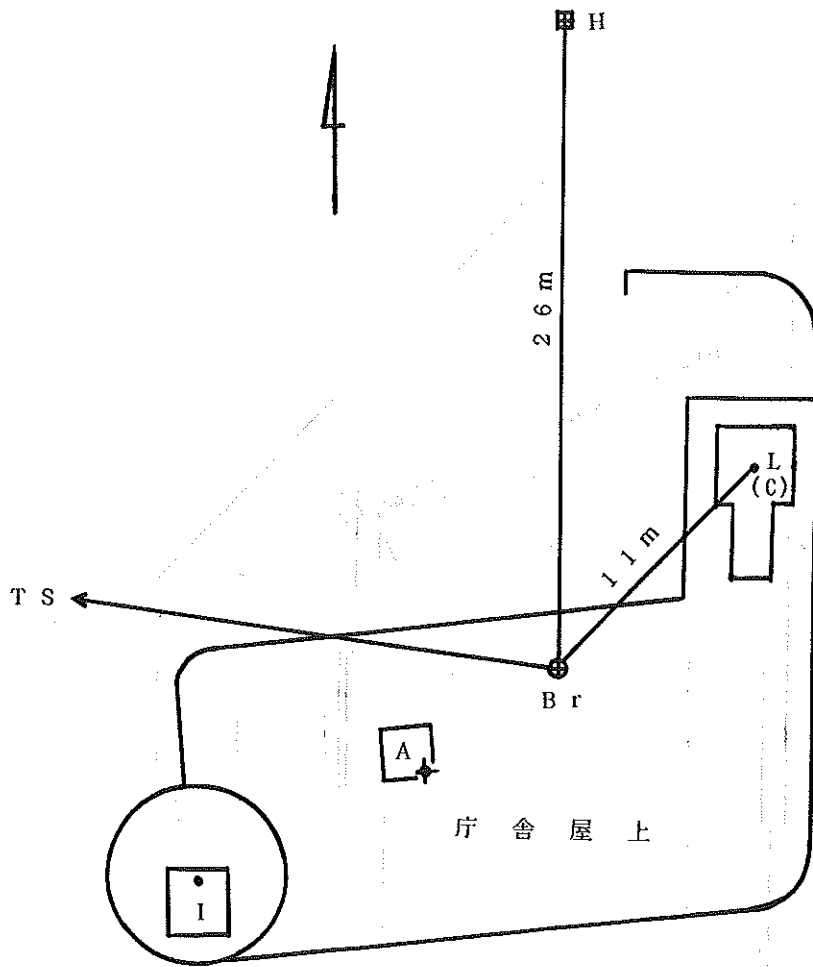


Figure 5. Observing site (Titi Sima).



- H : 基準点標石
Fiducial stone marker
- A : 航行衛星アンテナ
NNSS antenna
- I : 60cm反射赤道儀
Center of rotation of the 60cm reflector
- L : レーザー測距装置、Cの2.10m上方
Center of rotation of the satellite laser ranging system, 2.10m above C

Figure 6. Simosato Hydrographic Observatory.

3. 2. 2 観測班

(1) 一次基準点

金沢 輝雄, 内山 丈夫, 淵田 晃一, 長岡 継.

(2) 本土基準点

第五管区海上保安本部下里水路観測所職員.

3. 2. 3 作業期間

1988年1月5日～3月13日 (うち設営1月6日～10日, 撤収3月7日～12日).

3. 2. 4 観測数

(1) レーザー測距

	衛星	パス数	リターン数
一次基準点	あじさい	38	19741
	ラジオス	11	5482
	スターレット	4	595
本土基準点	あじさい	126	49889
	ラジオス	35	3190
	スターレット	34	4945

(2) 写真観測

	衛星	パス数	枚数
一次基準点	あじさい	6	6
本土基準点	あじさい	19	19

3. 2. 5 観測状況

(1) 一次基準点

日本電信電話株式会社夜明山中継所構内のコンクリート面上 (第4図, 写真1参照) に観測機材を設置し, 観測を実施した. 設置場所の周りに無線電信用の高い鉄塔が数本あったが, 観測にはほとんど影響しなかった. 「あじさい」のレーザー測距, 衛星方位および発光タイミング観測, また「ラジオス」および「スターレット」のレーザー測距観測を行った.

(2) 本土基準点

「あじさい」のレーザー測距, 衛星方位および発光タイミング観測, また「ラジオス」および「スターレット」のレーザー測距観測を行った.

3. 2. 6 基準点標識等の設置

日本電信電話株式会社夜明山中継所構内に設置した (第5図参照).

3. 2. 7 地上測量

可搬式レーザー測距装置の不動点 T, 衛星方位測定装置の不動点 K, 地上標的および一次基準点標石「父島」Hの地上測量を行った. 測量原点は三等三角点「夜明山」とし, 三等三角点「大村西町」を方位の基準標とした (第7図参照).

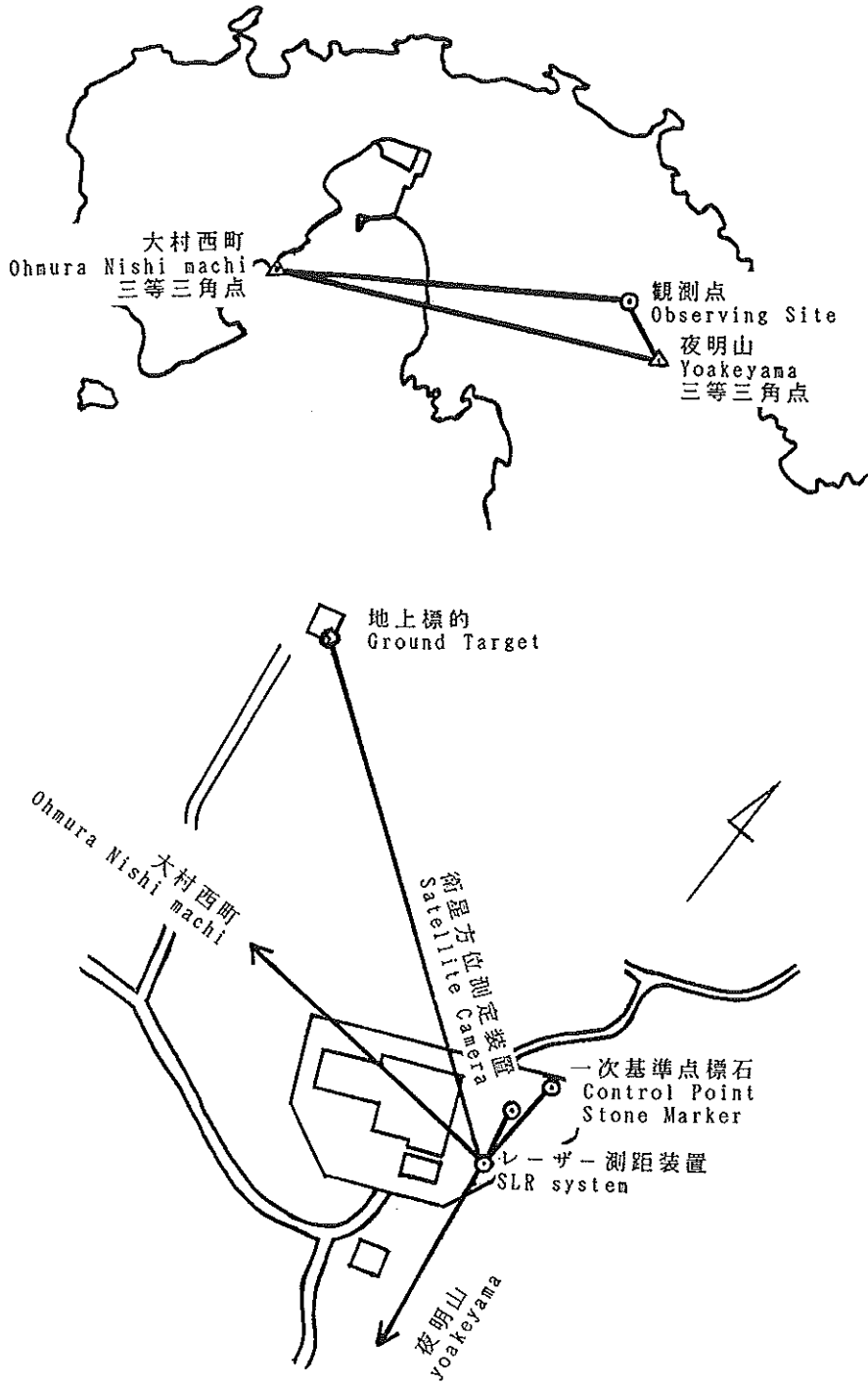


Figure 7. Survey map (Titi Sima).

3. 3 成果

得られた観測データのうち「あじさい」については、SPORT 法によって解析を行った (Sengoku, 1991b). 解析の結果、可搬式レーザー測距装置の送受信望遠鏡の不動点 T (第 8 図参照) の位置は、

$$\begin{aligned} U_T &= -4491072.521\text{m} \pm 0.071\text{m} \\ V_T &= 3481527.845\text{m} \pm 0.077\text{m} \quad \dots\dots (5) \\ W_T &= 2887391.782\text{m} \pm 0.057\text{m} \end{aligned}$$

となった。

「ラジオス」の観測データは、世界中のトラッキングデータとあわせて約 5 日ごとに解析を行なった。用いたデータは、第 1 表の観測局と、GSFC(station ID:7105), Mon. Peak(7110), Mazatlan(7122), Haleakala (7210), Grasse (7835), Graz (7839), RGO (7840) および Titi Sima (7844) の各局で得られたレーザー測距データである。グローバル解析を行ったのは、1988年2月1日~2月5日, 2月11日~2月15日, 2月26日~2月29日の3セットである。グローバル解析の結果、可搬式レーザー測距装置の送受信望遠鏡の不動点 T の位置は、

$$\begin{aligned} U_T &= -4491072.546\text{m} \pm 0.007\text{m} \\ V_T &= 3481527.929\text{m} \pm 0.090\text{m} \quad \dots\dots (6) \\ W_T &= 2887391.715\text{m} \pm 0.038\text{m} \end{aligned}$$

となった。

父島一次基準点観測の成果として、(5) および (6) の単純平均値

$$\begin{aligned} U_T &= -4491072.534\text{m} \\ V_T &= 3481527.887\text{m} \quad \dots\dots (7) \\ W_T &= 2887391.749\text{m} \end{aligned}$$

を採用する。これは、世界測地系 (SSC (CSR) 85L07) に基づく位置である。原点変換量 (4) により日本測地系に変換すると、

$$\begin{aligned} \phi_T &= 27^{\circ}05'15.212'' \\ \lambda_T &= 142^{\circ}13'11.681'' \quad \dots\dots (8) \\ H_T &= 298.74\text{m} \end{aligned}$$

となる。

地上測量により、三角点成果に基づいた局所測地系における各点の位置を第 2 表に示す。

第 2 表と (8) の比較から、父島の三角点成果に加えるべき補正量は、

$$\begin{aligned} \Delta\phi &= \phi_T \text{ (一次基準点観測)} - \phi_T \text{ (地上測量)} = -3.892'' \\ \Delta\lambda &= \lambda_T \text{ (一次基準点観測)} - \lambda_T \text{ (地上測量)} = 22.582'' \quad \dots\dots (9) \\ h_g &= H_T \text{ (一次基準点観測)} - h_T \text{ (地上測量)} = 85.93\text{m} \end{aligned}$$

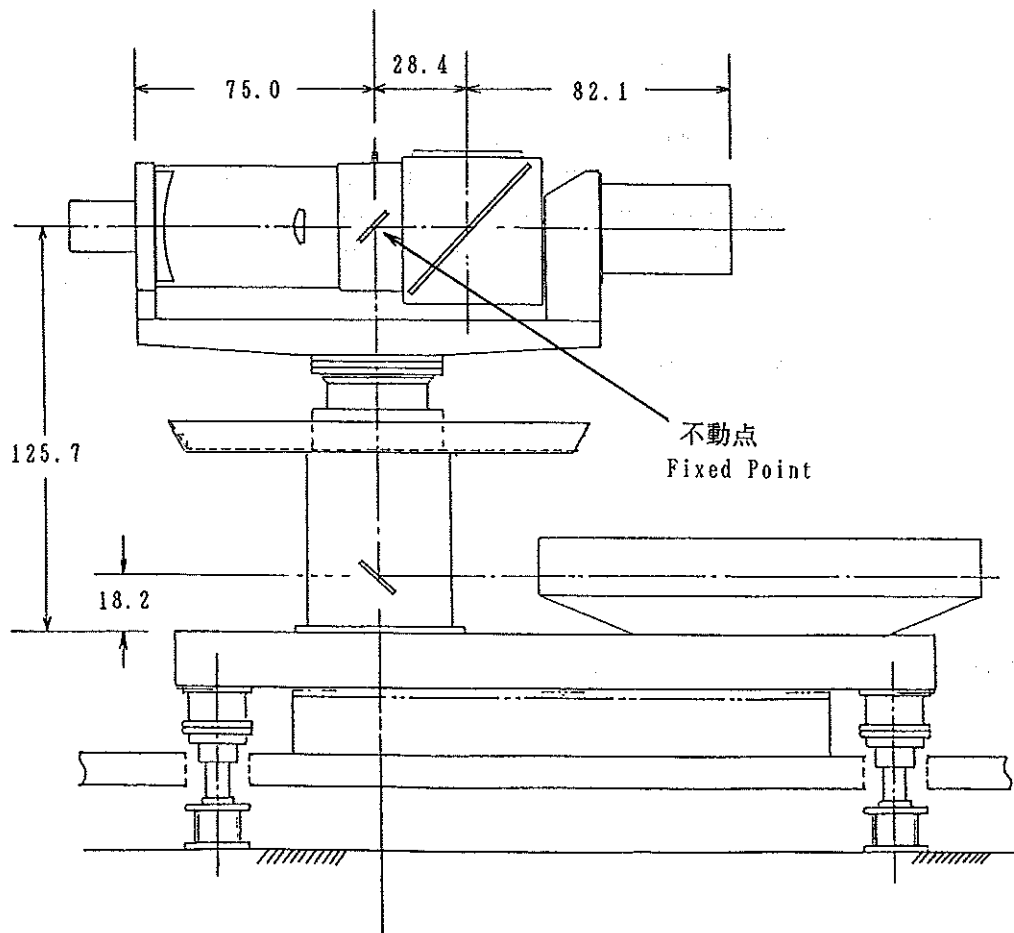


Figure 8. Fixed point of the transmitting and receiving telescope of Hydrographic department's Transportable Laser Ranging System (HTLRS).

Table 1. Adopted station coordinates.

Station ID	Station Name	U	V	W
7090	Yarragadee Australia	-2389.00764894	5043.33189385	-3078.52695084
7109	Quincy USA	-2517.23605066	-4198.55834275	4076.57178458
7834	Wetzell FRG	4075.53013450	931.78128422	4801.61842697
7838	Simosato Japan	-3822.38837195	3699.36349408	3507.57310611
7939	Matera Italy	4641.96513189	1393.06990688	4133.26238539

Table 2. Positions of the markers at Titi Sima : the ground survey results in the local datum.

Station	ϕ	λ	h	Note
	° ' "	° ' "	m	
三等三角点「夜明山」 Triang. P. Yoakeyama	27 05 06.827	142 12 51.293	307.580	GSI result
" 「大村西町」 Triang. P. Ohmura Nishi machi	27 05 24.770	142 11 29.418	1.670	<i>ibid.</i>
一次基準点「父島」H Control P. Titi Sima	27 05 20.065	142 12 49.139	211.075	
レーザー測距装置 T SLR system	27 05 19.104	142 12 49.099	212.811	Fixed point
衛星方位測定装置 K Sat. camera	27 05 19.57	142 12 48.99	212.0	Fixed point
T - H	-0.9609	-0.0396	+1.736	Relative

となる、ただし、 h_g は父島における日本測地系の準提楕円体からのジオイド高である、これを用いて一次基準点標石「父島」Hの日本測地系における位置は、

$$\begin{aligned}\phi_H &= 27^{\circ}05'16.173'' \\ \lambda_H &= 142^{\circ}13'11.721'' \quad \dots\dots (10) \\ H_H &= 297.01\text{m}\end{aligned}$$

となる、

4. 石垣島一次基準点観測

4. 1 概要

4. 1. 1 作業経過

1988年、7月中旬から9月中旬にかけて、下里および石垣島において、「あじさい」等の同時観測を実施した、なお、この同時観測前の1988年5月中旬と、同時観測後の1988年11月上旬から同月中旬にかけて、下里において比較観測を実施している (Sengoku and Fujii, 1990)、なお、本観測は、石垣市水道課および石垣海上保安部の協力を得て実施した。

4. 1. 2 主な作業

(1) 基準点標識等の設置

一次基準点標石 (22cm 角) 標識名：石垣島、

(2) 「あじさい」の同時観測による位置決定

石垣島を決定、

(3) 地上測量

石垣島で実施、

4. 1. 3 使用装置等

(1) 一次基準点

可搬式レーザー測距装置、可搬式衛星方位測定装置、

(2) 本土基準点

固定式レーザー測距装置、固定式衛星方位測定装置、

4. 1. 4 観測データ

石垣島と下里の同時観測において得られたレーザー測距データは水路部観測報告衛星測地編第3号 (Sengoku et al., 1990) に、また、写真観測については本号 (Kawai, 1991) に報告されている、

4. 2 観測

4. 2. 1 観測地点

(1) 一次基準点「石垣島」

沖縄県石垣市登野城1820番 石垣市浄水場 (第9, 10図参照)、

(2) 本土基準点

和歌山県那智勝浦町下里 第五管区海上保安本部下里水路観測所、

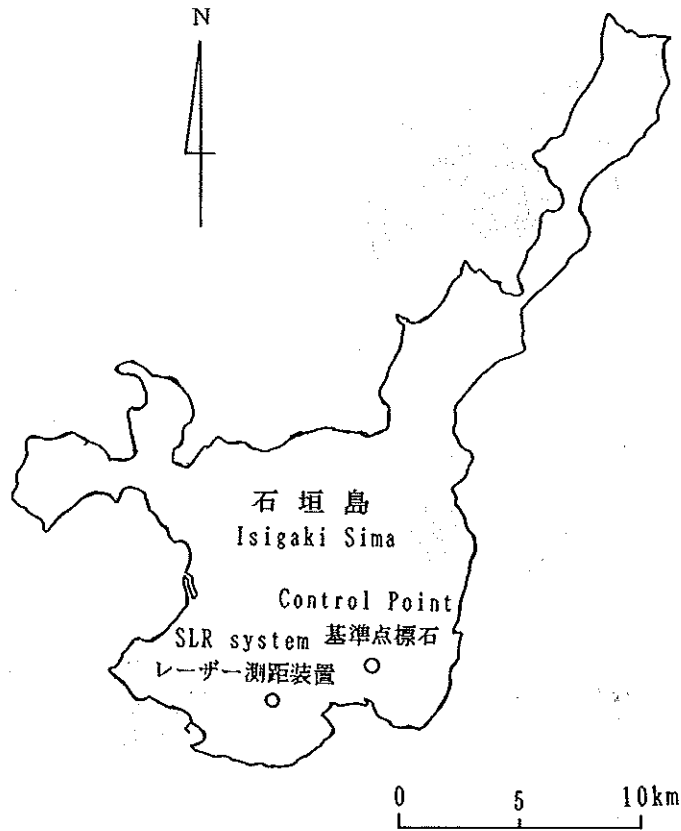


Figure 9. Isigaki Sima.

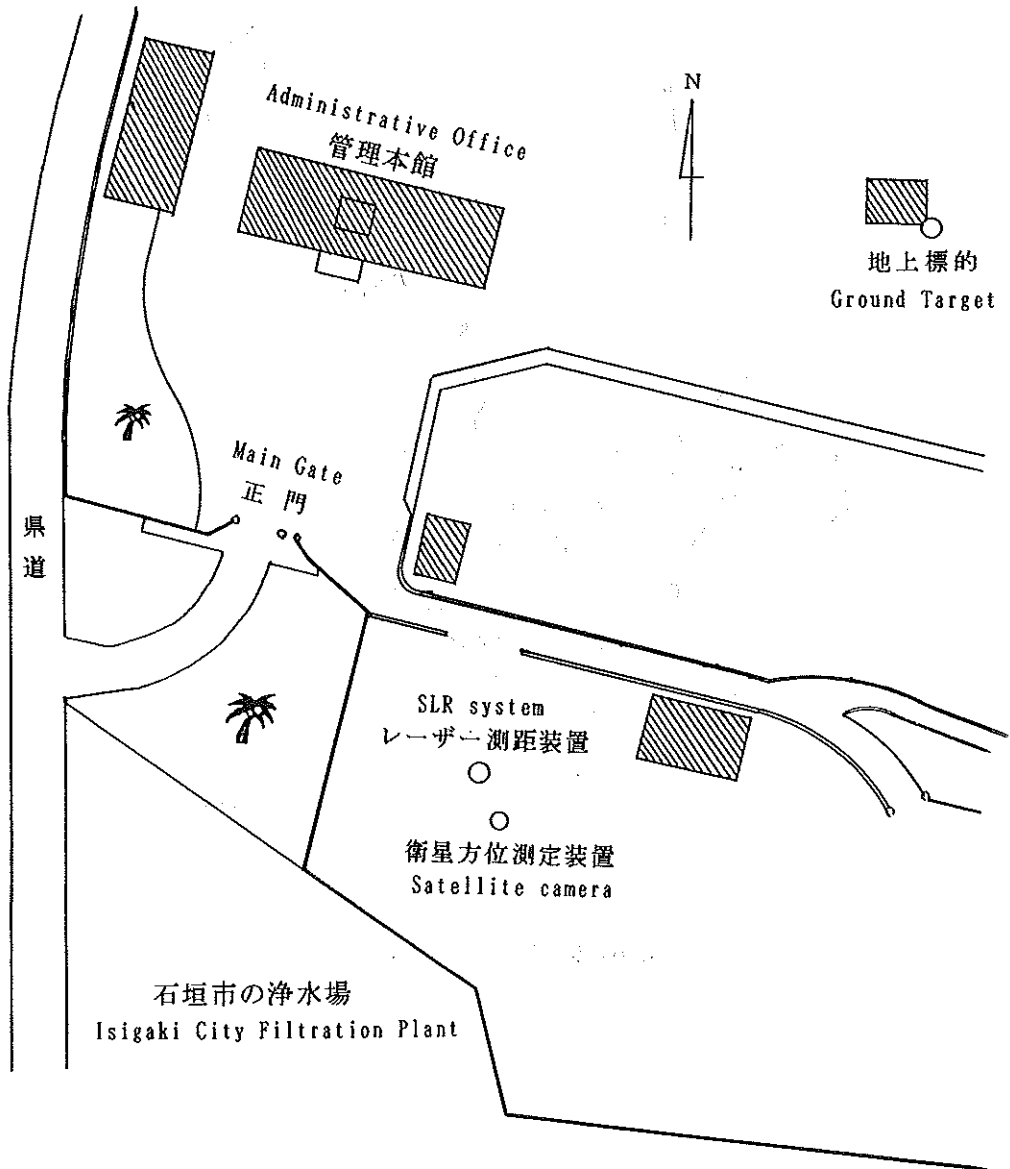


Figure 10. Observing Site (Isigaki Sima).

4. 2. 2 観測班

(1) 一次基準点

前半：内山 丈夫，淵田 晃一，川井 孝之，藤井 智雄，森 弘和（下里水路観測所），
 後半：西村 英樹，長岡 繇，河合 晃司，伊藤 秀行（下里水路観測所），

(2) 本土基準点

第五管区海上保安本部下里水路観測所職員，

4. 2. 3 作業期間

1988年7月18日～9月17日（うち設営7月19日～25日，撤収9月14日～16日），

4. 2. 4 観測数

(1) レーザー測距

	衛星	パス数	リターン数
一次基準点	あじさい	28	17436
	ラジオス	21	15646
	スターレット	2	516
本土基準点	あじさい	40	23382
	ラジオス	17	6068
	スターレット	10	2049

(2) 写真観測

	衛星	パス数	枚数
一次基準点	あじさい	2	2
本土基準点	あじさい	3	3

4. 2. 5 観測状況

(1) 一次基準点

観測地点は，海岸から3 km 程内陸に入った，標高60m 程の小高い丘に位置し，上空の視界は良好であった(写真I0参照)。石垣島においては，7月～9月は盛夏の時期にあたり，日射および高温多湿は厳しいものであったため，夜間のレーザー測距観測にあつては，観測開始前に，シェルター内の冷房と除湿に十分な時間をかけ，外部にあつては，観測中のレーザー送受信望遠鏡やレーザー発振器内の結露防止に留意する必要があつた。また，衛星方位観測においては，高温多湿のため，写真用乾板に結露することが多発し，比較星はかなり良く写っているが，「あじさい」は写っていないということが多く，写真撮影には極めて悪条件であつた。

ロランC電波については、石垣島では、主局(硫黄島)の受信レベルが低く、受信は困難であった。観測期間の前半は、主局電波をシミュレータの疑似電波で作成し、沖縄島局(従局)を追跡していたが、後半になって、辛うじて、主局(硫黄島)、従局(沖縄)ともに受信可能となった。なお、前半(7月22日～8月15日)においては、GPS受信機から得られる秒信号により、原子時計の時刻の整合および監視もあわせて行った。

(2) 本土基準点

「あじさい」のレーザー測距と写真撮影並びに「ラジオス」および「スターレット」のレーザー測距を行った。下里水路観測所においては、例年にない異常気象に見舞われ、悪天候の日が長く続いた。

4. 2. 6 基準点標識等の設置

可搬式レーザー測距装置を設置した石垣市の浄水場から約4km離れた、石垣海上保安部石垣通信所の石垣救難用方位測定局(宮良受信所)構内に、基準点標石を設置した(第9図参照)。

4. 2. 7 地上測量

(1) 補助点の設置

石垣市の浄水場の本館屋上には、四等三角点「浄水場」が設置されているが、可搬式レーザー測距装置等を設置した方向は、高架水槽の陰になって視界が遮られているため、高架水槽の南側に補助点として「浄水場」Wを設定した(第11図参照)。

(2) 基準点標石「石垣島」

基準点標石「石垣島」の位置は、四等三角点「スーナ」を測量原点、四等三角点「大浜」を方位基準として、また、四等三角点「浄水場」を測量原点、四等三角点「川花」を方位基準として、さらに、補助点Wを測量原点、三等三角点「前原」を方位基準として、距離、方位、高度を光波測距儀 Geodimeter、経緯儀 T3 を用いて測定した(第12図参照)。

(3) 観測点

可搬式レーザー測距装置および衛星方位測定装置の不動点 T および K の位置は、補助点 W を測量原点、四等三角点「川花」、三等三角点「前原」および一次基準点標石「石垣島」H を方位基準として距離、方位を光波測距儀 RED2 および経緯儀 T3 を用いて測定し、高度は経緯儀 T2 を用いて測定した(第13図参照)。

4. 3 成果

得られた観測データのうち「ラジオス」の同時観測については、SPORT法によって解析を行なった。解析の結果、可搬式レーザー測距装置の送受信望遠鏡の不動点 T の位置は、

$$\begin{aligned} U_T &= -3265753.837\text{m} \pm 0.065\text{m} \\ V_T &= 4810000.905\text{m} \pm 0.071\text{m} \quad \dots\dots (11) \\ W_T &= 2614265.488\text{m} \pm 0.051\text{m} \end{aligned}$$

となった。

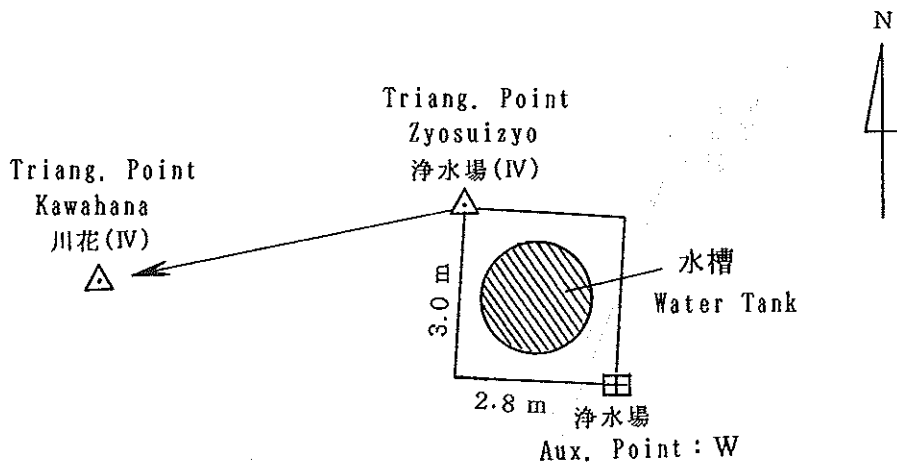


Figure 11. Auxilliary point : W.

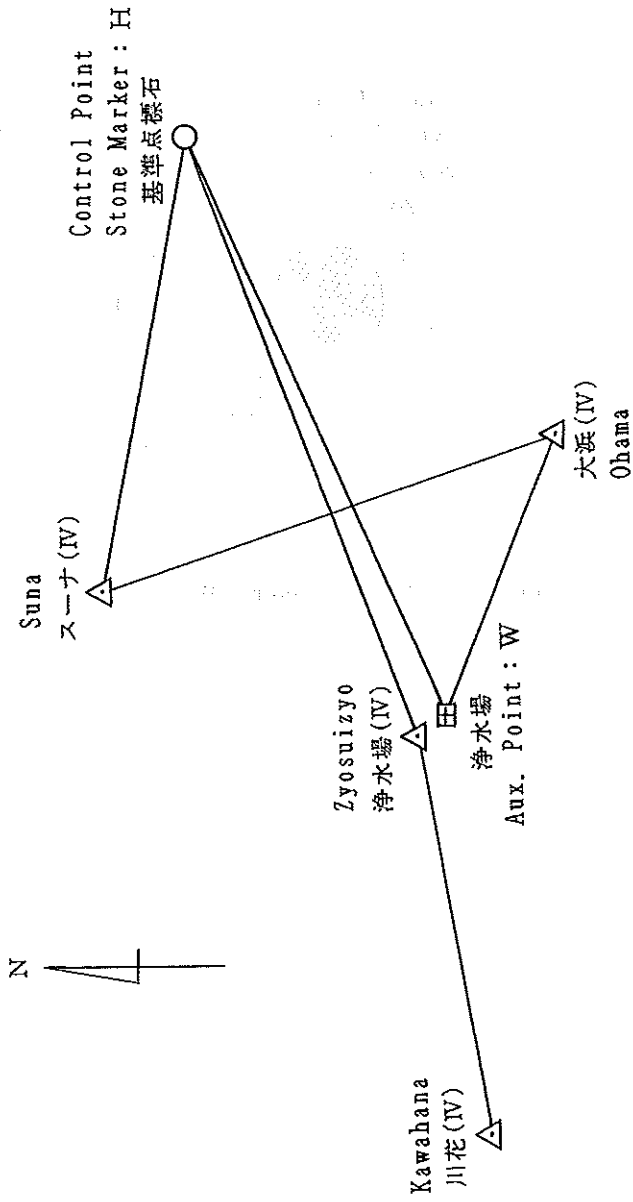


Figure 12. Survey map for the control point.

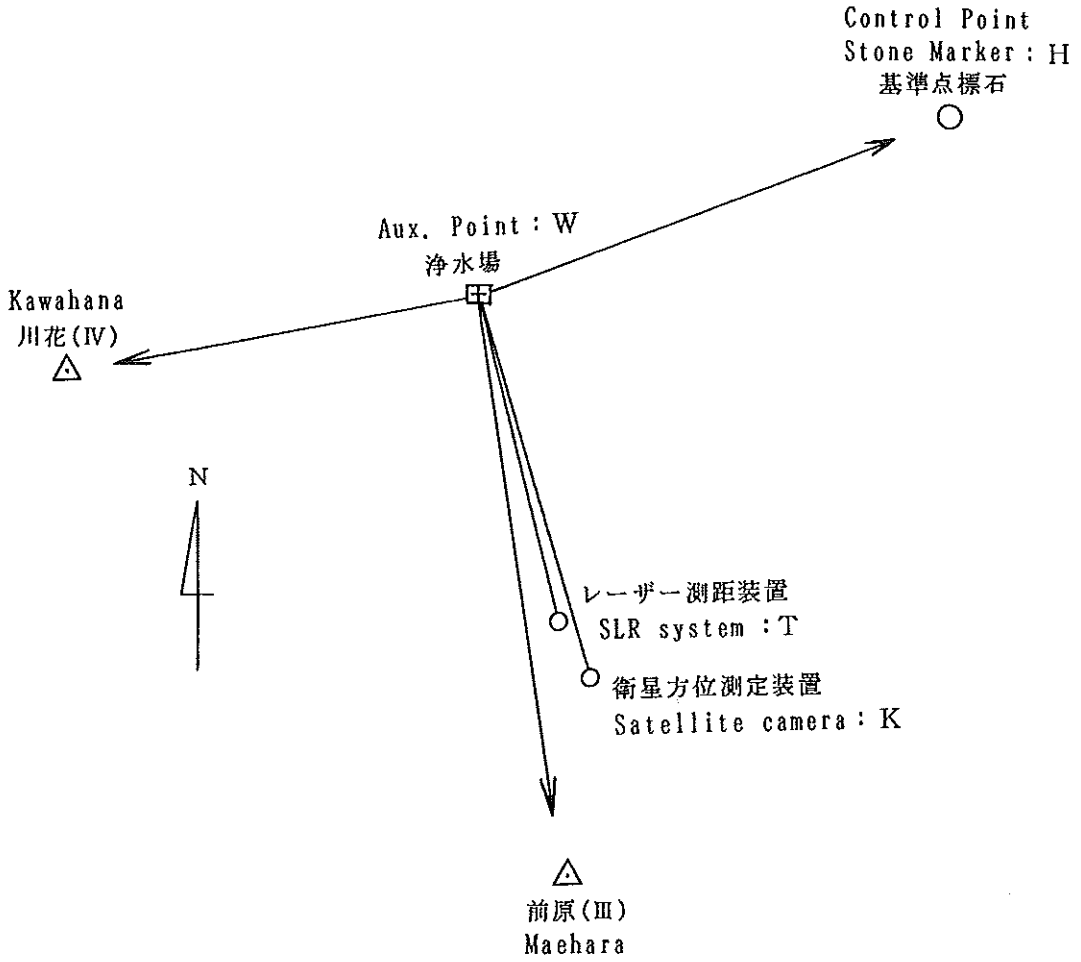


Figure 13. Survey map for the observing site.

また、「ラジオス」の観測データを世界中のトラッキングデータとあわせて、約5日ごとにグローバル解析も行った。用いたデータは、第1表の観測局と、Potsdam(1181), GSFC(7105), Mon. Peak(7110), Mazatlan(7112), Haleakala(7210), Zimmerwald(7810), Grasse(7835), Shanghai(7837), Graz(7839), RGO(7840), Arequipa(7907) および Isigaki Sima(7307)の各局で得られたレーザー測距データである。グローバル解析を行ったのは、1988年7月27日~7月31日, 8月1日~8月5日, 8月17日~8月21日, 8月22日~8月26日, 9月8日~9月12日の5セットである。グローバル解析の結果、可搬式レーザー測距装置の送受信望遠鏡の不動点Tの位置は、

$$\begin{aligned} U_T &= -3265753.908\text{m} \pm 0.049\text{m} \\ V_T &= 4810000.941\text{m} \pm 0.011\text{m} \quad \dots\dots\dots (12) \\ W_T &= 2614265.505\text{m} \pm 0.080\text{m} \end{aligned}$$

となった。

石垣島一次基準点観測の結果として、(11) および (12) の単純平均値

$$\begin{aligned} U_T &= -3265753.873\text{m} \\ V_T &= 4810000.923\text{m} \quad \dots\dots\dots (13) \\ W_T &= 2614265.497\text{m} \end{aligned}$$

を採用する。これは、世界測地系 (SSC (CSR) 85L07) に基づく位置である。原点変換量 (4) により日本測地系に変換すると、

$$\begin{aligned} \phi_T &= 24^\circ 21' 05.653'' \\ \lambda_T &= 124^\circ 10' 34.286'' \quad \dots\dots\dots (14) \\ H_T &= 73.89\text{m} \end{aligned}$$

となる。

地上測量により、三角点成果に基づいた局所測地系における各点の位置を第3表に示す。

第3表と (14) の比較から、石垣島の三角点成果に加えるべき補正量は、

$$\begin{aligned} \Delta\phi &= \phi_T \text{ (一次基準点観測)} - \phi_T \text{ (地上測量)} = 4.687'' \\ \Delta\lambda &= \lambda_T \text{ (一次基準点観測)} - \lambda_T \text{ (地上測量)} = 7.238'' \quad \dots\dots\dots (15) \\ h_g &= H_T \text{ (一次基準点観測)} - h_T \text{ (地上測量)} = 16.84\text{m} \end{aligned}$$

となる。ただし、 h_g は石垣島における日本測地系の準換楕円体からのジオイド高である。これを用いて一次基準点標石「石垣島」Hの日本測地系における位置は、

$$\begin{aligned} \phi_H &= 24^\circ 21' 54.106'' \\ \lambda_H &= 124^\circ 12' 57.298'' \quad \dots\dots\dots (16) \\ H_H &= 90.13\text{m} \end{aligned}$$

となる。

本報告は、福島 登志夫, 内山 丈夫, 西村 英樹および仙石 新が作成した。

Table 3. Positions of the markers at Isigaki Sima : the ground survey results in the local datum.

Station	ϕ	λ	h	Note
	° ' "	° ' "	m	
四等三角点「川花」 Triang. P. Kawahana	24 20 48.152	124 08 52.768	16.30	GSI result
" 「浄水場」 Triang. P. Zyosuizyo	24 21 03.645	124 10 26.213	68.19	<i>ibid.</i>
" 「スーナ」 Triang. P. Suna	24 22 09.493	124 11 03.150	47.76	<i>ibid.</i>
" 「大浜」 Triang. P. Ohama	24 20 27.049	124 11 40.204	35.16	<i>ibid.</i>
三等三角点「前原」 Triang. P. Maehara	24 19 38.372	124 10 41.416	13.38	<i>ibid.</i>
一次基準点「石垣島」H Control p. Isigaki Sima	24 21 49.419	124 12 50.060	73.29	
補助点「浄水場」W Aux. P. Zyosuizyo	24 21 03.528	124 10 26.287	68.06	
レーザー測距装置 T SLR system	24 21 00.966	124 10 27.048	57.05	Fixed point
衛星方位測定装置 K Sat. camera	24 21 00.60	124 10 27.19	56.3	Fixed point
H — W	+45.8909	+2 23.7733	+5.23	Relative
W — T	+2.5615	-0.7618	+11.01	Relative

参 考 文 献

- Ganeko, Y., 1977 : *J. Geophys. Res.*, Vol. 82, p. 2490.
- 金沢 輝雄, 1988 : 水路部観測報告衛星測地編, 第1号, p. 76.
- Kanazawa, T., Sengoku, A., Nagaoka, M., Nishimura, E., 1988 : *Data Report of Hydrogr. Obs., Series of Satellite Geodesy*, No. 1, p. 19.
- Kanazawa, T., Sengoku, A., Nagaoka, M., Nakagawa, H., 1989 : *Data Report of Hydrogr. Obs., Series of Satellite Geodesy*, No. 2, p. 1.
- Kanazawa, T., 1989 : *Data Report of Hydrogr. Obs., Series of Satellite Geodesy*, No. 2, p. 50.
- Kawai, K., 1990 : *Data Report of Hydrogr. Obs., Series of Satellite Geodesy*, No. 3, p. 36.
- 河合 晃司・浅井 光一, 1991 : 水路部観測報告衛星測地編, 第4号, p. 38.
- Kubo, Y., 1988 : *Data Report of Hydrogr. Obs., Series of Satellite Geodesy*, No. 1, p. 1.
- 久保 良雄, 1989 : 水路部観測報告衛星測地編, 第2号, p. 72.
- Minster, J. B., Jordan, T. H., 1978 : *J. Geophys. Res.*, Vol. 83, p. 5331.
- 森 巧・金沢 輝雄, 1979 : 水路部観測報告天文測地編, 第13号, p. 64.
- Sasaki, M., Ganeko, Y., Harada, Y., 1983 : *Data Report of Hydrogr. Obs., Series of Astronomy and Geodesy*, No. 17, p. 49.
- 佐々木 稔, 1983 : 水路部技報, 第1号, p. 42.
- Sasaki, M., 1984 : *Report of Hydrogr. Researches*, No. 19, p. 107.
- Sasaki, M., Nagaoka, M., 1984 : *Data Report of Hydrogr. Obs., Series of Astronomy and Geodesy*, No. 18, p. 55.
- Sasaki, M., Sengoku, A., Nishimura, E., Nagaoka, M., 1985 : *Data Report of Hydrogr. Obs., Series of Astronomy and Geodesy*, No. 19, p. 50.
- Sasaki, M., Sengoku, A., Nagaoka, M., Nishimura, E., 1986 : *Data Report of Hydrogr. Obs., Series of Astronomy and Geodesy*, No. 20, p. 44.
- 佐々木 稔, 1986 : 水路部技報, 第4号, p. 1.
- 佐々木 稔, 1987 : 水路部観測報告天文測地編, 第21号, p. 90.
- Sasaki, M., Sengoku, A., Nagaoka, M., Nishimura, E., 1987 : *Data Report of Hydrogr. Obs., Series of Astronomy and Geodesy*, No. 21, p. 63.
- Sasaki, M., 1988 : *Data Report of Hydrogr. Obs., Series of Satellite Geodesy*, No. 1, p. 59.
- Sasaki, M., 1990 : *Report of Hydrogr. Researches*, No. 26, p. 99.
- Sengoku, A., 1989 : *Data Report of Hydrogr. Obs., Series of Satellite Geodesy*, No. 2, p. 28.
- 仙石 新・浅井 光一, 1990 : 水路部観測報告衛星測地編, 第3号, p. 77.
- Sengoku, A., Fujii, T., 1990 : *Data Report of Hydrogr. Obs., Series of Satellite Geodesy*, No. 3, p. 42.

- Sengoku, A., Nagaoka, M., Fuchida, K., Masai, T., Fujii, T., Nakagawa, H., 1990 : *Data Report of Hydrogr. Obs., Series of Satellite Geodesy*, No. 3, p. 1.
- Sengoku, A., Nagaoka, M., Fuchida, K., Masai, T., Kurokawa, S., Nakagawa, H., 1991 : *Data Report of Hydrogr. Obs., Series of Satellite Geodesy*, No. 4, p. 1.
- Sengoku, A., 1991a : *Journal of the Geodetic Society of Japan*.
- Sengoku, A., 1991b : *Determination of Precise Position of Titi Sima and Isigaki Sima by Satellite Laser ranging*.
- 竹村 武彦, 1983 : 水路部観測報告天文測地編, 第17号, p. 44.
- 竹村 武彦, 1985 : 水路部観測報告天文測地編, 第19号, p. 85.
- 竹村 武彦, 1986 : 水路部観測報告天文測地編, 第20号, p. 72.
- 竹村 武彦, 1988 : 水路部観測報告衛星測地編, 第1号, p. 46.
- 竹村 武彦・金沢 輝雄, 1983 : 水路部観測報告天文測地編, 第17号, p. 107.
- 竹村 武彦・金沢 輝雄, 1984 : 水路部観測報告天文測地編, 第18号, p. 61.
- Tapley, B. D., Eanes, R. J., Schutz E. E., 1986 : *Earth Rotation from laser ranging of Lageos, Observation Results on Earth Rotation and Reference Systems, M Feissel (ed.), BIH, Paris, B67.*

GPS TEST OBSERVATIONS AROUND SAGAMI BAY IN 1989

Abstract

Hydrographic Department of Japan started routine GPS observation of the crustal movements around Sagami Bay since the beginning of 1990. Here we report the results of two test observations which were carried out at Ō Sima, Manazuru, Izu Sirahama and Tōkyō in March and July 1989. Phase differences of two carrier waves were measured, and it was found that if 4 GPS satellites were visible and more than 6 hours were secured for the simultaneous observation then we could obtain the repeatability baseline length with the relative error of 1 ppm or less.

Key words: GPS-crustal movement

1. Introduction

The Global Positioning System (GPS) is a satellite navigation system operated by U. S. Department of Defence, though it is not established completely yet. After the completion of setup, GPS will provide positions of moving objects anywhere at any moment, and even now GPS has become prevalent for positioning of vessels, vehicles and airplanes.

GPS is also able to be used in surveying. Measuring phases of carrier waves (1.2 and 1.5 GHz) emitted by GPS satellites by GPS receivers simultaneously, we can determine the relative position of antennas precisely. Since the wavelengths of these carrier waves are about 20 cm, the precision of less than 1 cm can be obtained, in principle, if we measure phases of carrier waves correctly up to 15 degrees. Recently, it is said that the order of precision of GPS surveying can attain the same order of precision, 10^{-6} , as the highest of ordinary survey techniques.

Hydrographic Department of Japan started routine GPS observations of the crustal movements around Sagami Bay since the beginning of 1990. The purpose of our observation is to clarify the crustal movements in the scale of several tens of kilometers and to contribute to the predictions of earthquakes and of volcanic eruptions around Sagami bay.

In order to test the feasibility of our system and check the repeatability of measurements of baselines, two test observations were carried out at Ō Sima, Manazuru, Izu Sirahama and Tōkyō in March and July 1989 (Sengoku et al., 1990). The latter was made just after the occurrence of volcanic activity at Teisi knoll on July 13. Three sets of GPS receivers (4000SLD, TRIMBLE) which measure phases of two carrier waves were used in these observations.

In this report, we state the results of these two test observations in 1989.

2. Test Observation in March 1989

In order to check the performance of GPS receivers and to check visibilities of GPS satellites at the observation points of the routine GPS observations from 1990, a test observation was carried out at Ō Sima, Manazuru and Tōkyō from 15 to 17 March 1989 (Maritime Safety Agency, 1989).

GPS antennas were set as follows;

- Tōkyō : Above a brass marker on the housetop of the Hydrographic Department. Height of the antenna was 0.995 m.
- Ō Sima : GPS antenna was fixed to a ladder of west side of building of the Izu Ō Sima Aids to Navigation Office using a survey pole (Figure 1).
- Manazuru : GPS antenna was fixed to a handrail on the top of building of the Fire Service Office of Manazuru Town using a survey pole (Figure 2).

Observation data sets are summarized in Table 1. The duration of observation is about 100 minutes except for data No. 2. The observed combinations of satellites was (6, 9, 12) and (3, 11, 13) in PRN numbers.

The position of the brass marker of the Hydrographic Department was surveyed in 1975 (Mori et al., 1976).

$$\phi = 35^{\circ} 39' 41.541''$$

$$\lambda = 139^{\circ} 46' 10.331'' \quad (\text{Tōkyō Datum}) \cdots \cdots (1)$$

$$h = 40.40 \text{ m}$$

where h is the height above the mean sea level.

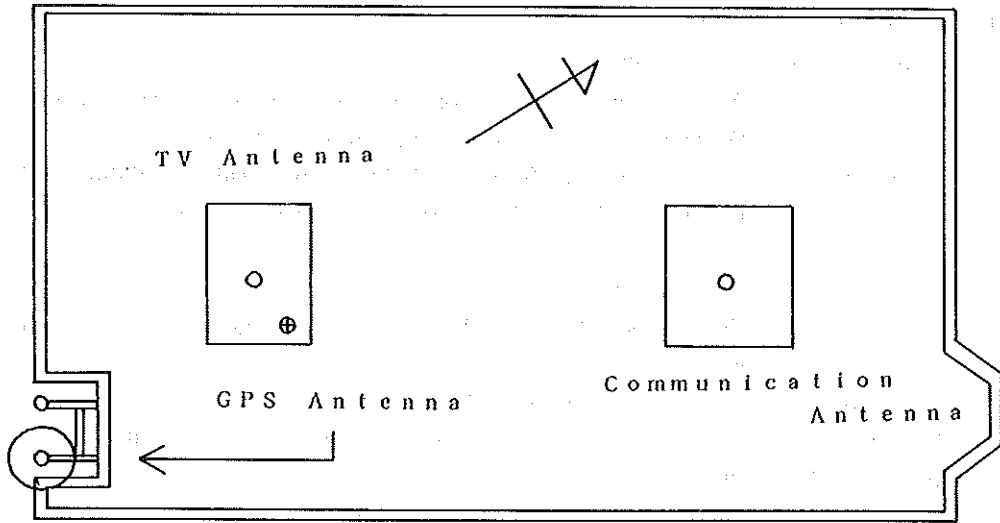


Figure 1. Izu Ōsima Aids to Navigation office.

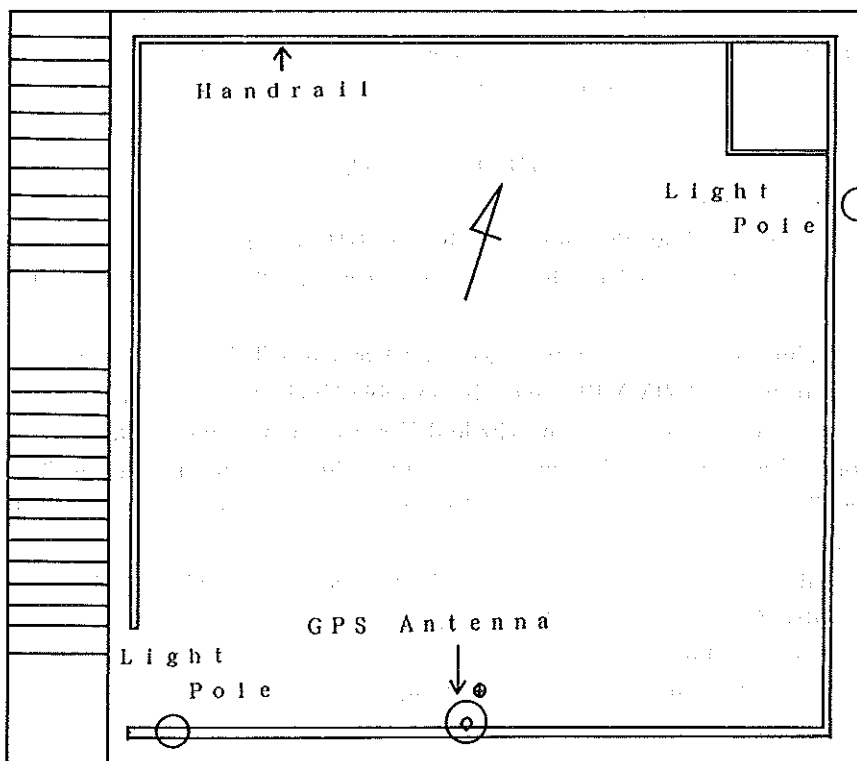


Figure 2. Fire Service Office of Manazuru Town.

Table 1. Observation data sets

No.	Time (JST)		PRN No.
1	March	14 20:50-22:30	3, 11, 13
2		15 2:15-3:10	6, 9, 12
3		15 20:50-22:30	3, 11, 13
4		16 20:40-22:30	3, 11, 13
5		17 1:20-3:00	6, 9, 12

Using the transformation parameters from Tōkyō Datum to JHDSC-1 (Sasaki, 1984; Kanazawa, 1988) : $u = -146.3$ m, $v = 507.1$ m, $w = 681.0$ m, the position of GPS antenna at Tōkyō in JHDSC-1 was calculated as follows;

$$\begin{aligned}\phi &= 35^{\circ} 39' 53.227'' \\ \lambda &= 139^{\circ} 45' 58.695'' \quad (\text{JHDSC-1}) \dots\dots (2) \\ H &= 77.99 \text{ m}\end{aligned}$$

where H is the height above the reference ellipsoid. JHDSC-1 agrees with WGS-84 within 1 m. We assume the geoidal height above the reference ellipsoid of Tōkyō Datum at Tōkyō to be 0 m.

The baseline analysis of Ō Sima-Tōkyō and Manazuru-Tōkyō was carried out using an analysis software "TRIMBL" made by Trimble Navigation Ltd. Since the length of baselines was long as about 100 km, tripple difference analysis mode was selected. The position of GPS antenna at Tōkyō was fixed to the value of (2) in this analysis. The block II GPS satellites were not operational and the number of visible satellites was three at most at that time.

Weighted averages of differences (D) and differences in latitude ($d\phi$), longitude ($d\lambda$) and height (dH) for these two baselines are as follows;

(Ō Sima-Tōkyō baseline)

$$\begin{aligned}D \text{ (O-T)} &= 104046.192 \text{ m} \pm 1.005 \text{ m} \\ d\phi \text{ (O-T)} &= -53' 0.2941'' \pm 0.0169'' \quad \dots\dots (3) \\ d\lambda \text{ (O-T)} &= -23' 0.9061'' \pm 0.0626'' \\ dH \text{ (O-T)} &= 77.371 \text{ m} \pm 0.231 \text{ m}\end{aligned}$$

(Manazuru-Tōkyō baseline)

$$\begin{aligned}D \text{ (M-T)} &= 80215.476 \text{ m} \pm 1.650 \text{ m} \\ d\phi \text{ (M-T)} &= -30' 32.3160'' \pm 0.0215'' \quad \dots\dots (4) \\ d\lambda \text{ (M-T)} &= -37' 37.9936'' \pm 0.0666'' \\ dH \text{ (M-T)} &= 11.720 \text{ m} \pm 0.227 \text{ m}\end{aligned}$$

From (2), (3) and (4), the positions of GPS antennas at Ō Sima and Manazuru was calculated as follows;

(Ō Sima)

$$\begin{aligned}\phi &= 34^{\circ} 46' 52.933'' \\ \lambda &= 139^{\circ} 22' 57.789'' \quad (\text{JHDSC-1}) \dots\dots (5) \\ H &= 155.36 \text{ m}\end{aligned}$$

(Manazuru)

$$\begin{aligned}\phi &= 35^{\circ} 9' 20.911'' \\ \lambda &= 139^{\circ} 8' 20.701'' \quad (\text{JHDSC-1}) \dots\dots (6) \\ H &= 89.71 \text{ m}\end{aligned}$$

Next, the baseline analysis of Manazuru- \bar{O} Sima was carried out. The position of GPS antenna at \bar{O} Sima was fixed to the value of (5) in this analysis. Weighted averages of relative position between Manazuru and \bar{O} Sima are as follows;

(Manazuru- \bar{O} Sima baseline)

$$\begin{aligned} D \text{ (M-O)} &= 47124.372 \text{ m} \pm 0.320 \text{ m} \\ d\phi \text{ (M-O)} &= 22' 27.9776'' \pm 0.0054'' \\ d\lambda \text{ (M-O)} &= -14' 37.0942'' \pm 0.0156'' \dots\dots(7) \\ dH \text{ (M-O)} &= -65.649 \text{ m} \pm 0.023 \text{ m} \end{aligned}$$

Observation of baseline lengths between \bar{O} Sima and Manazuru is shown in Figure 3. Combinations of satellites are also shown in this figure. It is clear that if combinations of satellites are the same, the repeatability of baseline length is good. If we adopt the combination of satellites 3, 11 and 13, the baseline length between \bar{O} Sima and Manazuru becomes $47124.234 \text{ m} \pm 0.009 \text{ m}$.

The loop closure of this test observation is,

$$\begin{aligned} \text{latitude} &: 0.0005'' \\ \text{longitude} &: 0.0067'' \dots\dots(8) \\ \text{height} &: 0.002 \text{ m} \end{aligned}$$

3. Test Observation in July 1989

A underwater volcanic eruption was observed at Teisi knoll on July 13, 1989. In order to detect the crustal movements after this volcanic activity, a test observation was carried out at \bar{O} Sima, Manazuru and Izu Sirahama from 17 to 27 July 1989 (Maritime Safety Agency, 1989).

GPS antennas were set as follows;

- \bar{O} Sima : Almost the same as the previous observation. The difference in position between these two observations was found to be negligible.
- Manazuru : Almost the same as the previous observation. The difference in position was less than 1 cm.
- Izu Sirahama : Above a brass marker on a concrete base of old astronomical observation room at the Sirahama Hydrographic Observatory. Height of the antenna was 0.120 m.

Observation was made from 10 h to 16 h UT everyday. Minimum elevation angle of GPS satellites was selected as 10 degree. The adopted combination of satellites are shown in Figure 4.

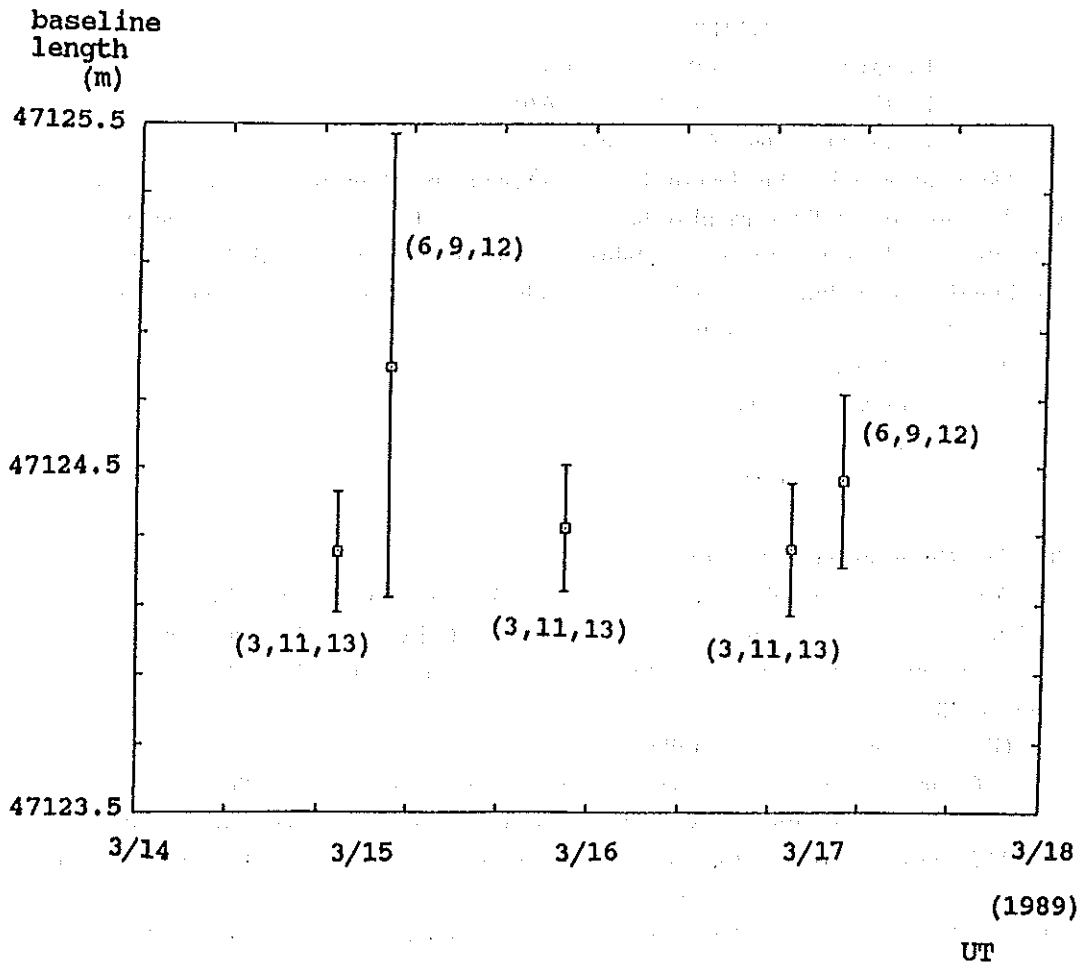


Figure 3. Baseline length between Ōsima and Manazuru (Mar. 15-17, 1989).

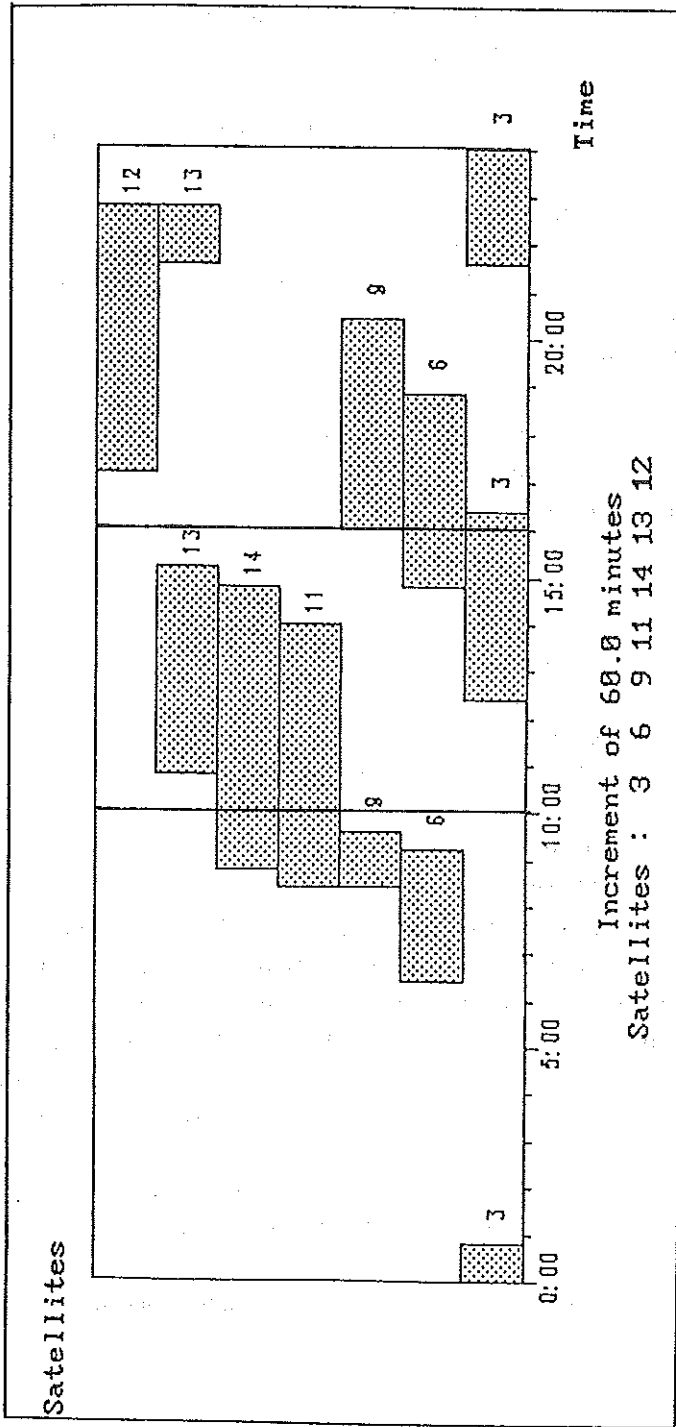


Figure 4. Visible satellites (Jul. 17, 1989).

The baselines of Manazuru- \bar{O} Sima, Izu Sirahama- \bar{O} Sima and Izu Sirahama-Manazuru were analyzed by "TRIMBL" in the triple difference analysis mode. The position of the GPS antenna at \bar{O} Sima was fixed to the value (5) in the analyses of Manazuru- \bar{O} Sima and Izu Sirahama- \bar{O} Sima baselines, while the position of the GPS antenna at Manazuru was fixed to the value (6) in the analysis of Izu Sirahama-Manazuru baseline. A block II satellite (prn No.14) was newly operational then.

Results are shown in Figures 5, 6 and 7.

Weighted averages of distance and differences in latitude, longitude and height above the reference ellipsoid for these three baselines are as follows;

(Manazuru- \bar{O} Sima baseline)

$$\begin{aligned} D \text{ (M-O)} &= 47124.352 \text{ m } +/-0.062 \text{ m} \\ d\phi \text{ (M-O)} &= 22' 27.9736'' +/-0.0010'' \\ d\lambda \text{ (M-O)} &= -14' 37.0978'' +/-0.0031'' \\ dH \text{ (M-O)} &= -64.261 \text{ m } +/-0.061 \text{ m} \end{aligned} \quad \dots\dots(9)$$

(Izu Sirahama- \bar{O} Sima baseline)

$$\begin{aligned} D \text{ (S-O)} &= 37026.852 \text{ m } +/-0.035 \text{ m} \\ d\phi \text{ (S-O)} &= -3' 55.0139'' +/-0.0006'' \\ d\lambda \text{ (S-O)} &= -23' 47.5807'' +/-0.0015'' \\ dH \text{ (S-O)} &= 57.430 \text{ m } +/-0.022 \text{ m} \end{aligned} \quad \dots\dots(10)$$

(Izu Sirahama-Manazuru baseline)

$$\begin{aligned} D \text{ (S-M)} &= 50744.242 \text{ m } +/-0.006 \text{ m} \\ d\phi \text{ (S-M)} &= -26' 22.9880'' +/-0.0007'' \\ d\lambda \text{ (S-M)} &= -9' 10.4837'' +/-0.0025'' \\ dH \text{ (S-M)} &= 121.680 \text{ m } +/-0.052 \text{ m} \end{aligned} \quad \dots\dots(11)$$

Relative standard deviations (SD) of baseline length are less than 1.3 ppm, i. e. 1.3 ppm for Manazuru- \bar{O} Sima, 0.9 ppm for Izu Sirahama- \bar{O} Sima and 0.1 ppm for Izu Sirahama-Manazuru. Ignoring a noisy result (July, 26) in Manazuru- \bar{O} Sima baseline reduces the SD for the baseline to 0.7 ppm, and it makes all SD values less than 1 ppm. The repeatability is considerably better than that of the previous test observation. This is because the duration of observation was much longer and four satellites were visible simultaneously this time.

Obviously, the dispersion of difference in latitude is smaller than those in the other components. This anisotropy might be caused by the present constellation of GPS satellites.

There seemed to be no significant change in three baselines during the observation period.

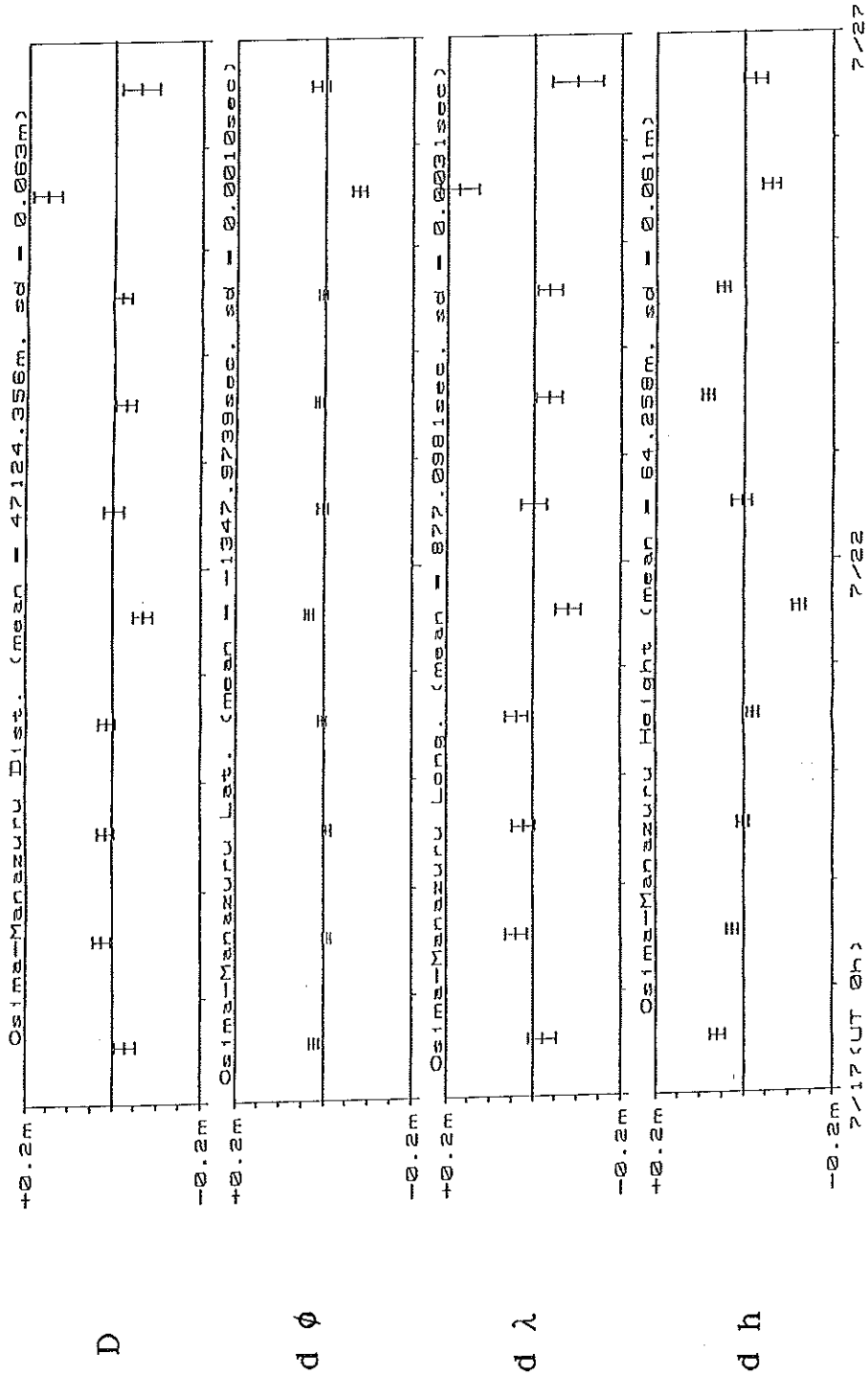


Figure 5. Relative position of Manazuru from Ōsima (Jul. 17-27, 1989).

D : baseline length. dφ : latitude difference
 dλ : longitude difference. dh : height difference

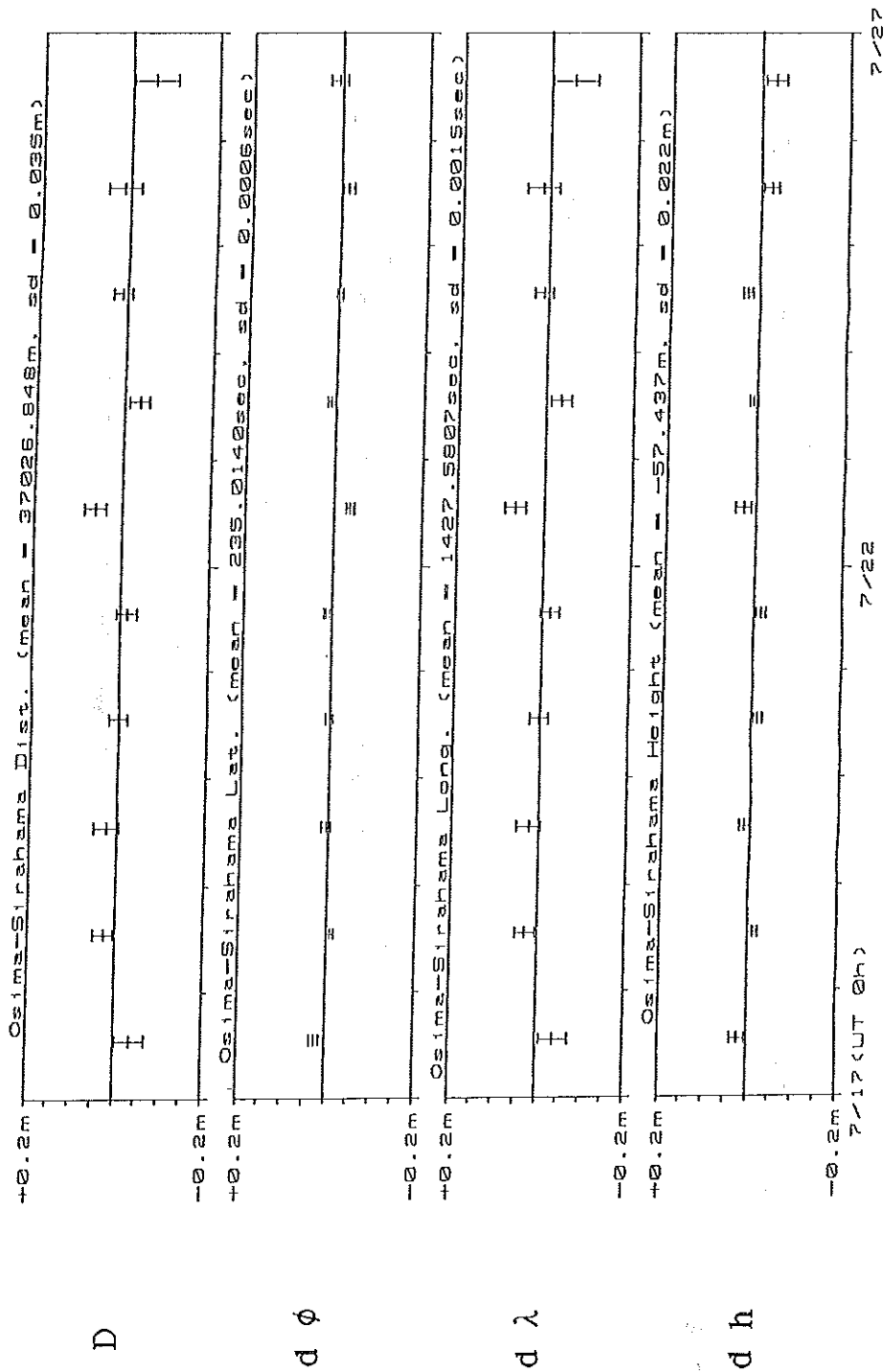


Figure 6. Relative position of Izu Shirahama from Ōsima (Jul. 17-27, 1989).

D : baseline length, $d\phi$: latitude difference
 $d\lambda$: longitude difference, dh: height difference

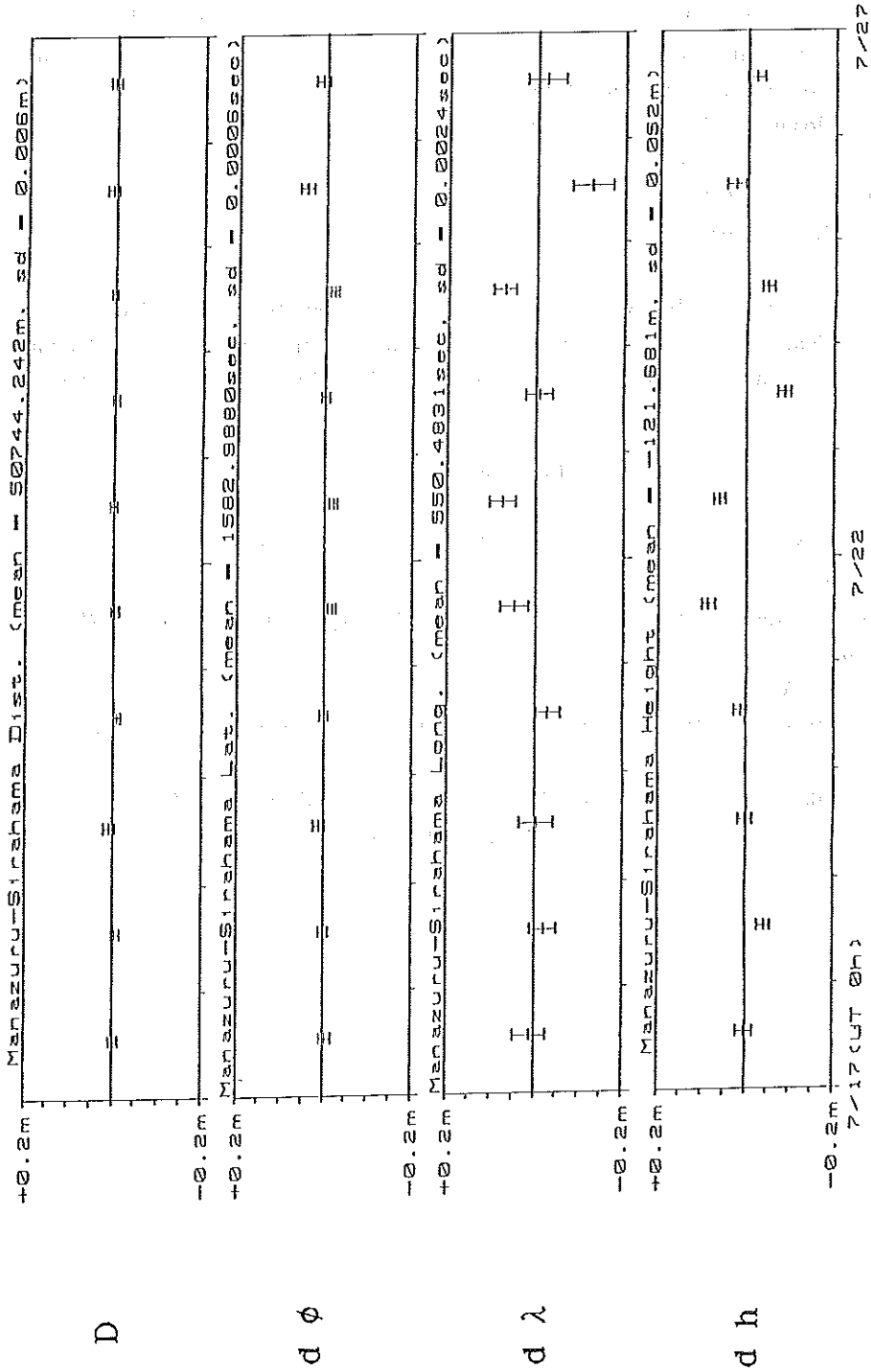


Figure 7. Relative position of Izu Shirahama from Manazuru (Jul. 17-27, 1989).

D : baseline length, $d\phi$: latitude difference
 $d\lambda$: longitude difference, dh : height difference

As for the Manazuru-Ō Sima baseline, the average distance changed by about 10 cm when compared with the test observation in March. This is mainly because the accuracy of the observation in March was much lower.

The loop closure of this test observation is,

latitude : 0.0005"
longitude : 0.0008".....(12)
height : 0.011 m

This report is written by A. Sengoku. Test observations were carried out by T. Takemura, K. Nagamori, T. Uchiyama, T. Fukushima, A. Sengoku, K. Asai, K. Kawai, T. Kawai and K. Tomii. Data analysis was made by A. Sengoku, T. Kawai and S. Masai.

References

- Kanazawa, T., 1988: *Data Report of Hydrographic Observations, Series of Satellite Geodesy*, No. 1, p. 76.
- Maritime Safety Agency, 1989: *Report of the Coordinating Committee for Earthquake Prediction*, No. 42, p. 229.
- Maritime Safety Agency, 1990: *ibid.*, No. 43, p. 261.
- Mori, T. et al, 1976: *Data Report of Hydrographic Observations, Series of Astronomy and Geodesy*, No. 10, p. 42.
- Sengoku, A., Fukushima, T., Kawai, K., Asai, K., Kawai, T. and Fujii, T., 1990: *Journal of the Japan Society for Marine Surveys and Technology*, Vol. 2, No. 1, p. 17.

「南太平洋における海洋プレート形成域（リフト系）の 解明に関する研究」における GPS 精密測位（1989）

GPS EXPERIMENT IN THE JAPAN AND FRANCE JOINT RESEARCH PROGRAM ON RIFT SYSTEM IN THE SOUTH PACIFIC OCEAN (STARMER PROJECT) IN 1989

The Hydrographic Department of Japan (JHD) has been joining the research program on rift systems in the South Pacific Ocean promoted by the Science and Technology Agency of Japan (STA) and the French Institute of Research and Exploitation of Marine (IFREMER). In this project, JHD took charge of precise positioning in the research area and analyzing the sea bottom topography of the North Fiji Basin area. This report describes the results of the precise positioning by GPS observation during the cruise in 1989.

Key word : GPS precise positioning-Rift system

水路部では、1987年4月から1989年3月までを第1期として計画された標記研究（科学技術振興調整費による）に参加し、海底精密地形の調査、研究を行った。本報告では、1989年に実施した調査、研究のうち、航法測地課で担当した人工衛星を用いた精密測位観測について記述する。当課で実施した主な作業は以下のとおりである。

- 1) 観測機器の整備
- 2) 南太平洋（北フィジー海盆域）における調査

1. 観測機器の整備

1989年においては、1988年に整備された精密測位システムを用いて、GPSによる精密測位観測を実施した。但し、精密測位システムの周辺装置部について、無停電電源装置を接続し、電源回路に発生する異常電圧を回避し、正常な精密測位観測を可能にするために、電源部分を強化した。

本調査においては、海洋調査船「かいよう」に航行衛星受信装置一式を搭載し、セシウム周波数標準器及び船内精密電源を付加し、また、基準局として、仏領ニューカレドニア島のヌーメア市にあるフランス海外領土科学技術局（ORSTOM）に航行衛星受信装置一式を設置し、無停電電源装置を付加した。「かいよう」がフィジー国スバ港を出港して、北フィジー海盆及びジャンシャルコートラフを調査した後、ニューカレドニア島のヌーメア港に入港するまで、「かいよう」と基準局において、GPSの同時観測を実施し、観測データは、それぞれ磁気媒体（プルディスク）に集録した。観測データは、データ解析装置を用いて、トランスロケーション法によりオフライン処理し、海洋調査船「かいよう」の精密な船位を決定した。

2. 南太平洋（北フィジー海盆域）における調査

海洋調査船「かいよう」によって行われた南太平洋北フィジー海盆域のリフト系の調査の概要、及び同海域において実施したGPSによる精密測位観測の結果について述べる。

2. 1 作業概要

調査期間	船上班	1989年12月11日(成田発)から(スバ経由) 1990年1月14日(成田着)まで 35日間
	陸上班	1989年12月12日(成田発)から(ヌーメア経由) 1990年1月3日(成田着)まで 23日間 観測員の往復は航空機による。
作業区域	船上班	フィジー国スバから南太平洋北フィジー海盆域を經由して 仏領ニューカレドニア島ヌーメア寄港後、スバまで (第1図参照)
	陸上班	仏領ニューカレドニア島 ヌーメア市
作業実験船		「かいよう」 2849G/T 海洋科学技術センター所属
基地港及び寄港地		横須賀(海洋科学技術センター専用岸壁) フィジー国 スバ港 仏領ニューカレドニア島 ヌーメア港
調査項目		「かいよう」搭載のシービーム装置による海底地形調査及び人工衛星を用いた精密測位観測
担当者	船上班	海洋調査課 岩渕 洋
	陸上班	航法測地課 西村 英樹
機材輸送	陸上局の機材は、往便は成田空港発の航空便にてトントーク空港まで、復便はヌーメア港にて「かいよう」積込み、横須賀港まで	

2. 2 GPSを用いた精密測位観測

船上班として海洋調査船「かいよう」に、また陸上局としてニューカレドニア島のヌーメアにGPS受信機を設置して、リフト系調査期間中においてGPS衛星の同時観測を実施した。

2. 2. 1 機器設置

船上班	アンテナ：「かいよう」頂部甲板 前部中央左側
	受信機：電子機器室 (航海船橋甲板)
	電源：精密電源 (AC 100V, 60Hz)
	担当者：岩渕 洋
陸上局	アンテナ：フランス海外領土科学技術局 (ORSTOM) ヌーメアセンター庁舎屋上 (第2図参照)
	受信機：庁舎2階 No. 92号室内
	電源：商用電源 (AC200V, 50Hz) を降圧トランスを用いて AC100V とし、無停電電源装置 (入力：AC100V, 出力：AC100V, 50Hz, 500W) を使用
	担当者：西村 英樹
使用機器	航行衛星受信装置 (JLR-904A) 日本無線株式会社製 (船上班及び陸上局)

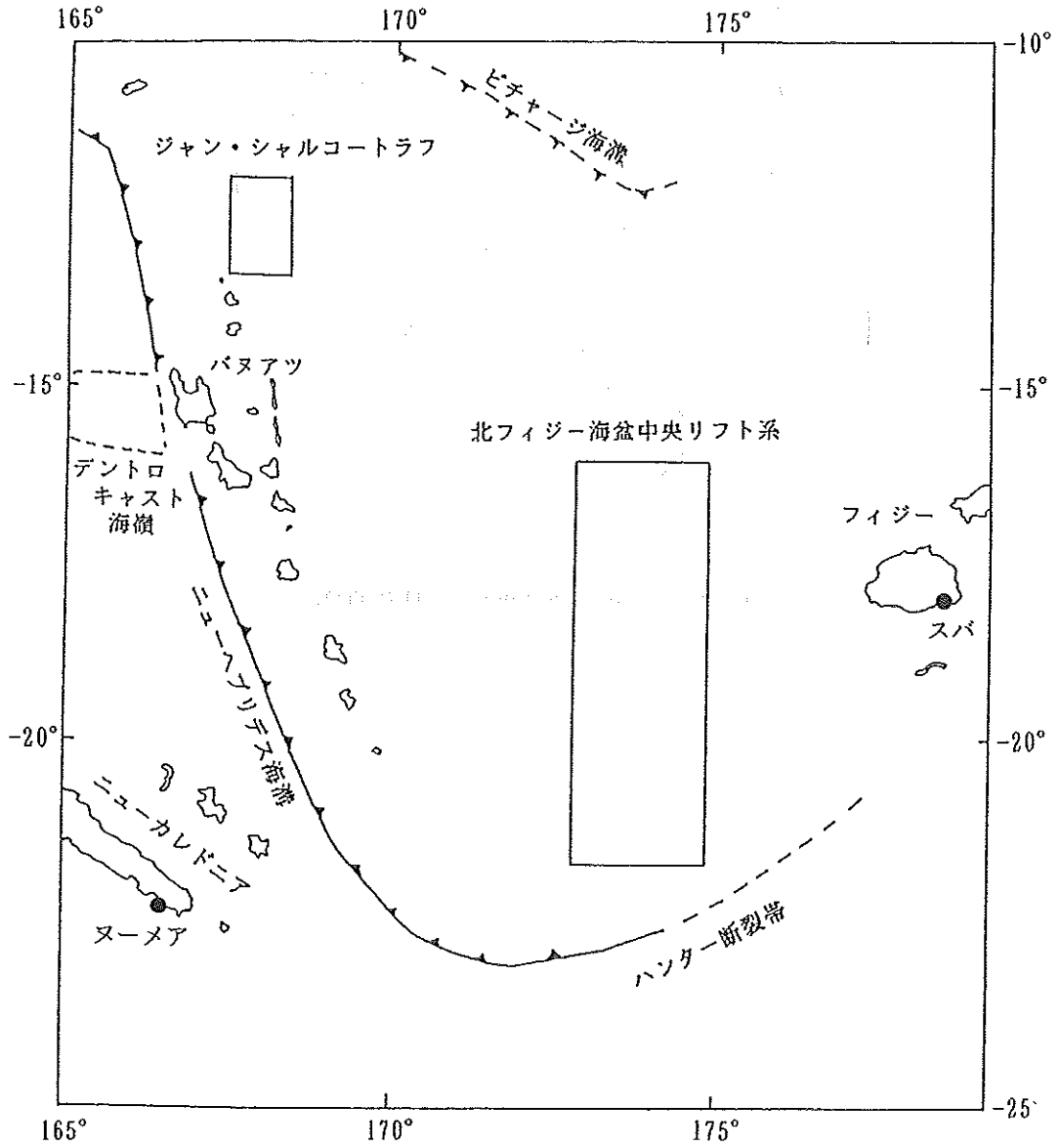


Figure 1. Survey chart.

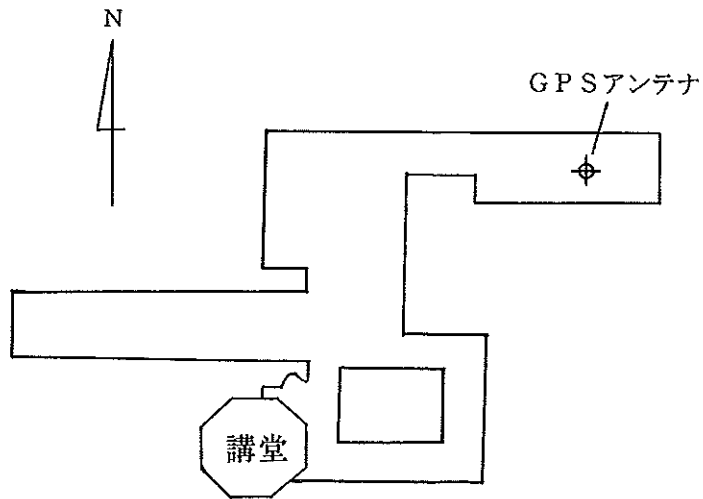


Figure 2. GPS antenna at ORSTOM.

2. 2. 2 観測

観測期間 : 船上局 1989年12月14日から1990年1月13日まで

: 陸上局 1989年12月14日から1990年1月2日まで

衛星モード : 2, 3, 4 衛星モード自動選択

出力頻度 : 出力1 2秒毎 (後半4秒毎), 5秒毎

: 出力2 10分毎

データ記録 : プルディスク (容量 : 10M バイト)

受信時間	衛星番号	3	6	9	11	12	13
船上局 (分)		12140	8359	8663	9416	7449	9932
陸上局 (分)		7712	5255	6603	6444	5515	7943

Block I 衛星 (No. 3, 6, 9, 11, 12, 13) については受信できたが, Block II 衛星 (No. 2, 14, 16, 19) については, 受信不能で使用しなかった. 受信状況については, GPS 受信機において, GPS 電波の受信レベルが低く, 衛星を衛星モードで自動選択した後, 低高度の相当時間の間, GPS 電波が受信できないことが多かった.

2. 2. 3 航跡図の作成

本調査期間中において, 使用可能な GPS 衛星のうち, 本システムで受信可能な Block I 衛星は, No. 3, 6, 9, 11, 12, 13 の 6 衛星であった. GPS 衛星の観測ができない時間帯は, NNSS と推測航法データによる測位を実施した. 測位結果より作成した航跡図を第 3 ~ 6 図に示す.

2. 2. 4 データ解析

データ解析は, データ編集プログラム (淵田晃一, 川井孝之が作成) 及び解析プログラム (久保良雄が作成) により行った. この解析法によれば, 単独解及びトランスロケーション法による解が可能である. データ編集プログラムにより, 観測データから不良データを除去し, 15秒毎のノーマルポイントデータを作成し, このデータを解析プログラムにより解析処理し, 結果を算出した.

陸上局 (ヌーメア) の位置は, 取得データから単独解の平均値を求めることとし, これを基準にして「かいよう」の船位決定を行うこととした. 陸上局 (ヌーメア) において, 4 衛星受信時のデータのみを用いて計算し, 以下の結果を得た. ただし, n はノーマルポイントデータの個数である.

$$\phi = -22^{\circ}18'04.776''$$

$$\lambda = +166^{\circ}26'40.350''$$

$$H = 84.34\text{m}$$

$$n = 51280, \quad \text{RMS} = 22.69\text{m}$$

ノーマルポイントデータの個数が1988年より減少したが, これは Block II 衛星の配備開始による軌道再配置が主な原因と思われる.

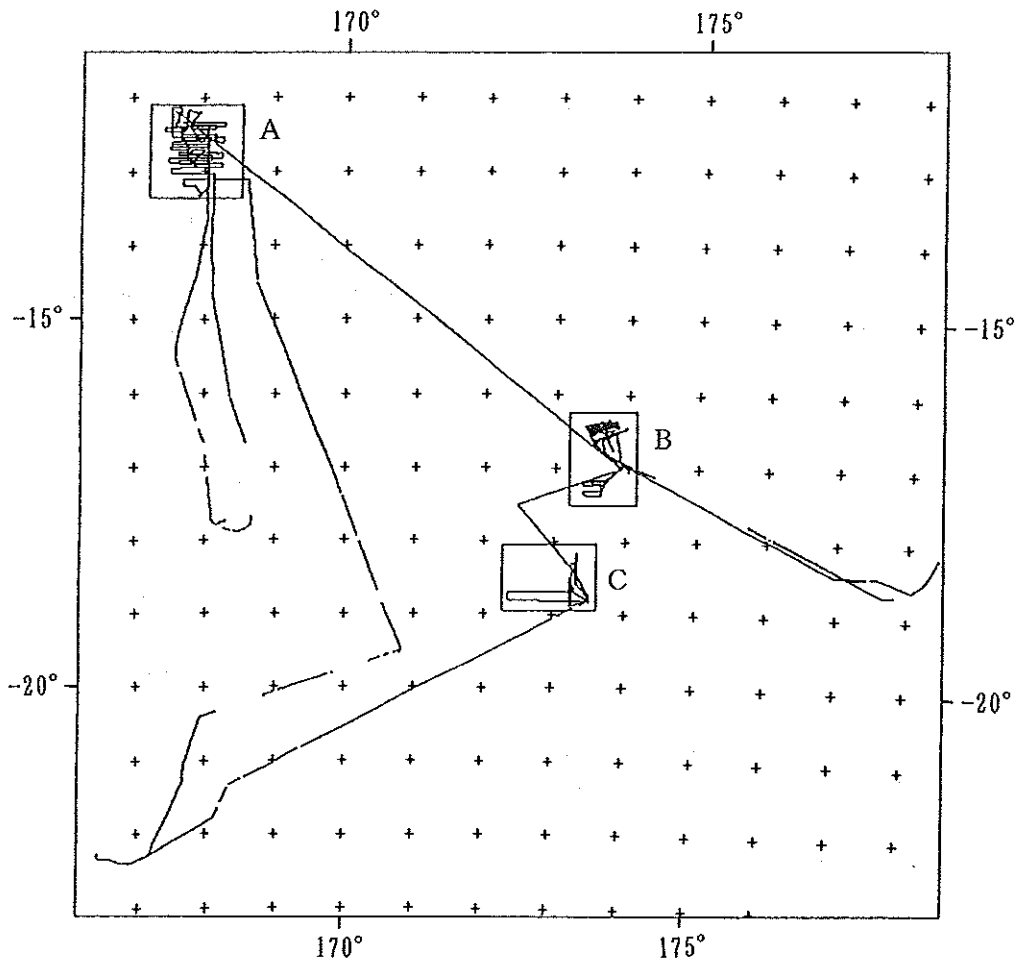


Figure 3. Track chart (overall).

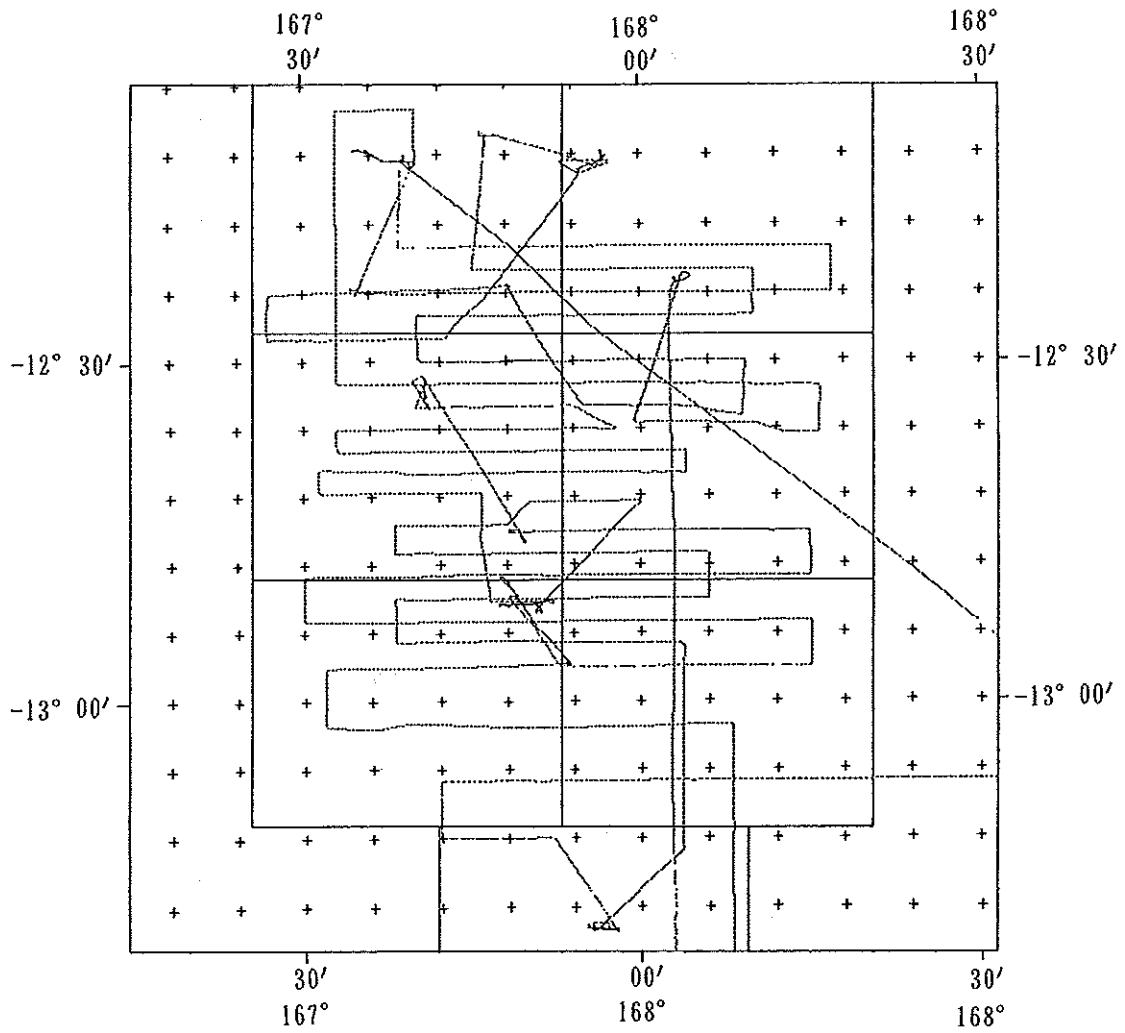


Figure 4. Track chart (Area A).

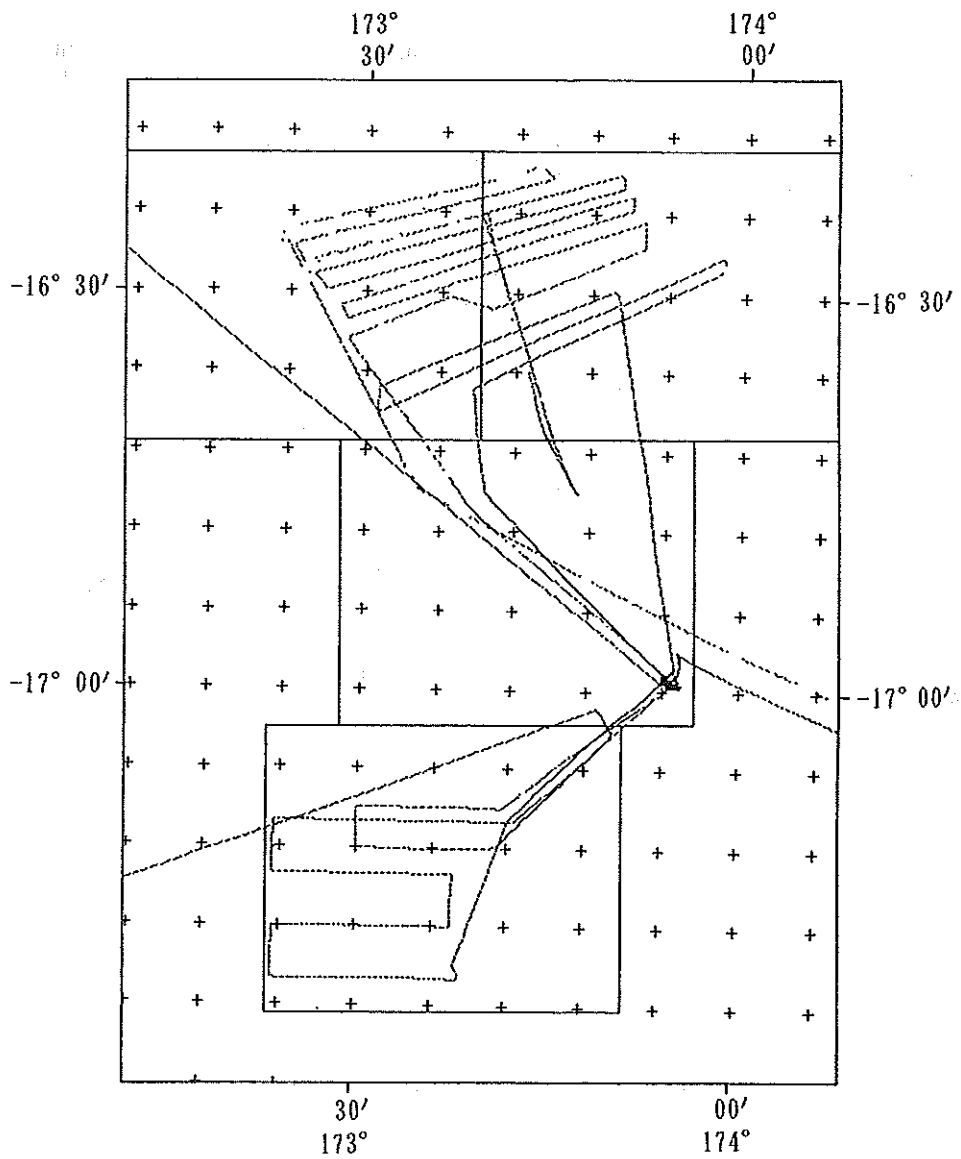


Figure 5. Track chart (Area B).

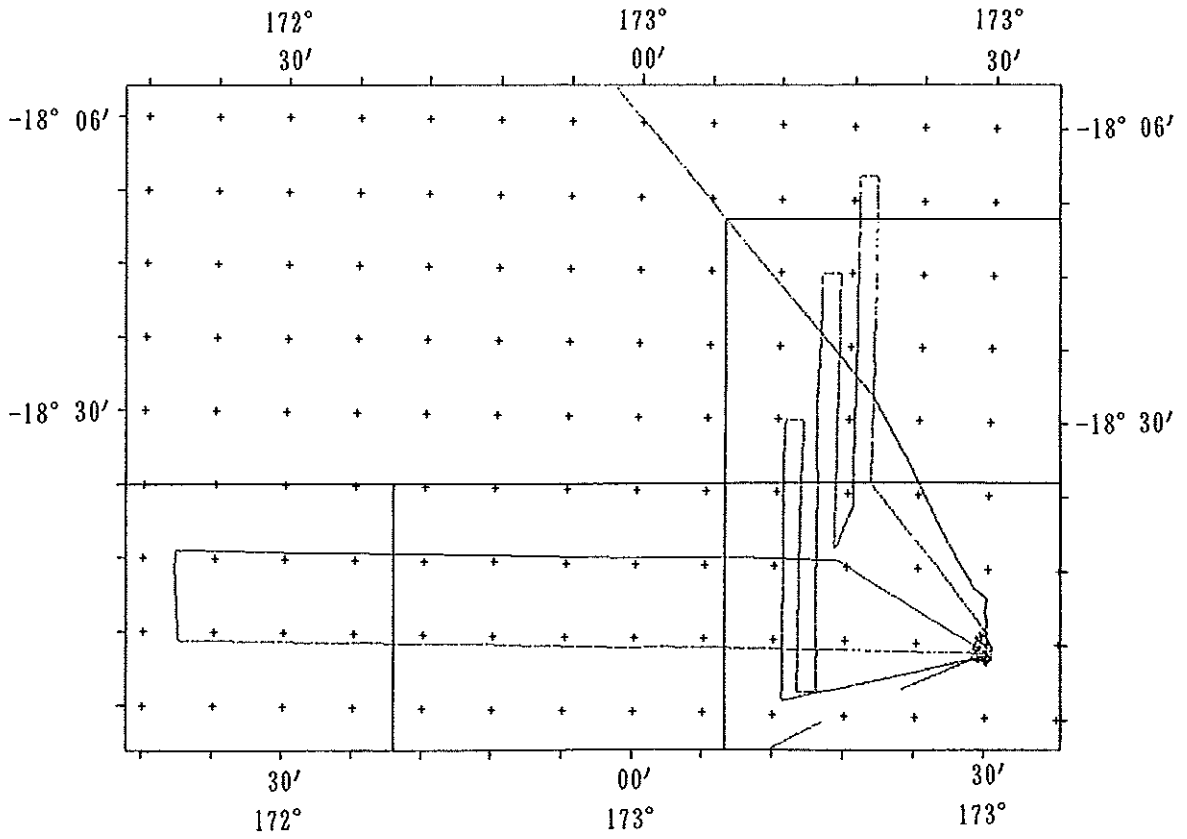


Figure 6. Track chart (Area C).

本報告は、西村英樹が作成し、電子計算機による観測成果の算出は淵田晃一が担当した。
最後に、本研究の推進並びに現地における観測作業に協力いただいた各位に、多大の感謝を捧げる次第である。

参 考 文 献

- 竹村武彦, 1989: 水路部観測報告衛星測地編, 第2号, p. 83
内山丈夫, 1990: 水路部観測報告衛星測地編, 第3号, p. 104

平成3年3月15日印刷

平成3年3月25日発行

発行 者	海上保安庁 東京都千代田区霞が関2丁目1番3号 (郵便番号100) 電話 東京(03)3591-6361(代)
編集 者	海上保安庁水路部 東京都中央区築地5丁目3番1号 (郵便番号104) 電話 東京(03)3541-3811(代)
印刷 者	株式会社文秀社 東京都千代田区内神田3丁目10番7号 (郵便番号101) 電話 東京(03)3254-5311(代)
