

下里水路観測所固定式レーザー測距装置用時計比較装置検定(1996年 - 1998年)

CALIBRATION OF THE CLOCK SYSTEM OF THE FIXED TYPE SATELLITE LASER RANGING STATION AT THE SIMOSATO HYDROGRAPHIC OBSERVATORY (1996-1998)

Summary- The clock system of the fixed type satellite laser ranging station of the Simosato Hydrographic Observatory have been compared with the central standard clock at the National Astronomical Observatory and at the Communications Research Laboratory in Tokyo. In this report, the calibration results from 1996 to 1998 are reported.

1. はじめに

下里水路観測所における固定式レーザー測距装置に用いられている原子時計と協定世界時 [UTC] との誤差を検出するために時計比較装置を保有している。1995年の時計比較装置の更新 (TrueTime 社製 GPS 受信機 XL-DC602, 以下本機と呼ぶ) に伴い精度検定を行ったので報告する。

1996年12月は文部省国立天文台(三鷹)において保持されている中央標準時 [NAOT] (以後, [NAOT] とする) との, 1998年3月・1998年12月は郵政省通信総合研究所(小金井)において保持されている中央標準時 [CRL] (以後, [CRL] とする) との時計比較装置検定を行った。

文部省国立天文台と郵政省通信総合研究所では, セシウム周波数標準器によってそれぞれ [NAOT] 及び [CRL] を保持している。[NAOT] 及び [CRL] と国際標準時 [UTC] との差は後述の定期刊行物によって知ることができるので, [NAOT] 及び [CRL] と本機の出力時刻 [XL-DC602] とを比較することにより, 本機固有の偏差を求めることができる。

本観測の目的は, 本機固有の偏差を求めることにより, 人工衛星レーザー測距観測 (SLR) に必要な時刻精度 ($1 \mu\text{sec}$) を達成しているか検定することである。なお, この検定に求める精度は $0.1 \mu\text{sec}$ である (鈴木, 1994)。また, 文部省国立天文台における [NAOT] の扱い, 本測定に関わる誤差, 偏差及び設置状況については水路部観測報告衛星測地編第8号 (高梨, 1995) を参照されたい。

なお, 下里水路観測所ではレーザー測距装置に使用している原子時計の時刻の整合性を, 1989年まではロランC受信機によって, 1989年から1994年までは時計比較装置 (Trimble5000A) によって, 1995年から測地基線測定装置 (Trimble4000SSi) によって運用し, 1996年からは本機によって検定している。

**CALIBRATION OF THE CLOCK SYSTEM OF THE FIXED TYPE SATELLITE LASER RANGING
STATION AT THE SIMOSATO HYDROGRAPHIC OBSERVATORY (1996-1998)**

2. 観測

2.1. 観測状況

2.1.1. 1996年12月

国立天文台において GPS 観測による時計比較検定を行った。屋上へ本機アンテナを、同建物の保時室へ本機及びカウンターを設置した (Fig.1)。[NAOT] の 1 pps 信号をスタート信号とし、本機の 1 pps 信号をストップ信号としてカウンターへ入力して、この差を計測するとともに毎分収録を行った。また、本機より RS232C を経てパソコンにて観測時の受信 GPS 衛星番号を毎分収録した。

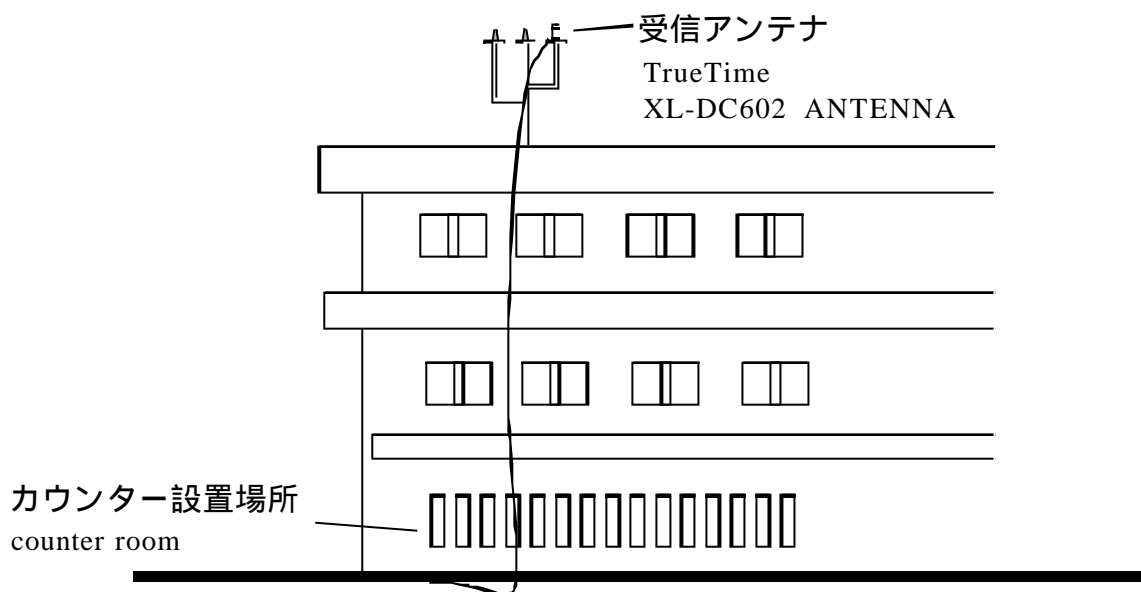


Figure 1. Site sketch of the National Astronomical Observatory.

2.1.2. 1998年3月・1998年12月

郵政省通信総合研究所において GPS 観測による時計比較装置検定を行った。3号館屋上に本機アンテナ (Fig.2, Photo.1) を、同建物3階標準器試験室に本機およびカウンターを設置し、ケーブルにより標準電波制御室内空調機械室経由でスタート信号とし、隣室の標準電波原器室にある [CRL] の 1 pps 信号をストップ信号としてカウンターへ入力した (Fig.3)。両装置により出力されている秒信号の差をカウンターにて計測し、毎分収録を行った。また、本機より RS232C を経てパソコンにて観測時の受信 GPS 衛星番号を毎分収録した。

CALIBRATION OF THE CLOCK SYSTEM OF THE FIXED TYPE SATELLITE LASER RANGING STATION AT THE SIMOSATO HYDROGRAPHIC OBSERVATORY (1996-1998)

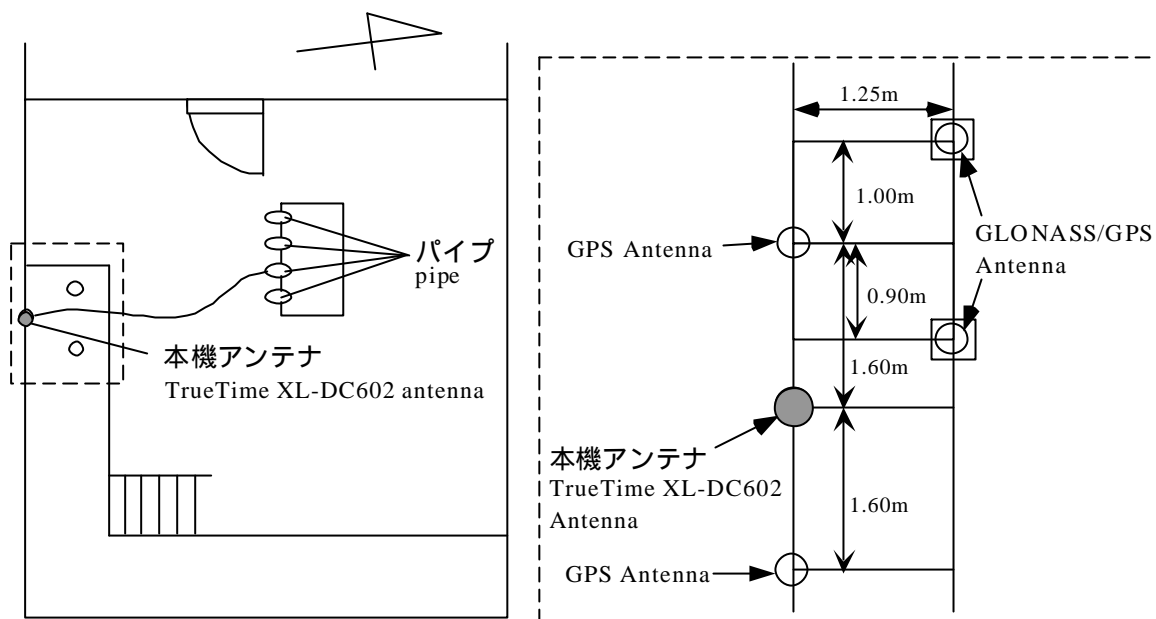


Figure 2. Antenna setting at the Communications Research Laboratory rooftop.

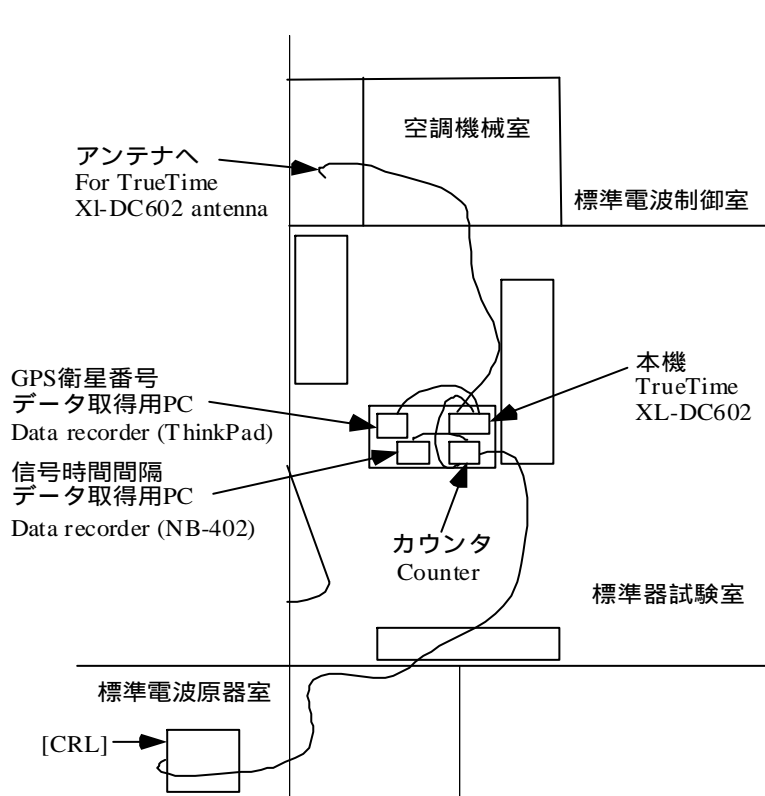


Figure 3. System setting.

**CALIBRATION OF THE CLOCK SYSTEM OF THE FIXED TYPE SATELLITE LASER RANGING
STATION AT THE SIMOSATO HYDROGRAPHIC OBSERVATORY (1996-1998)**

2.2. 実施期間及び観測者

1996年 12月 10日	1027 JST	~	12月 13日	1313 JST	高梨泰宏・高橋昌紀
1998年 3月 2日	1127 JST	~	3月 5日	1130 JST	高梨泰宏・栗原恵美
1998年 12月 16日	1159 JST	~	12月 19日	1202 JST	野田秀樹・栗原恵美

2.3. 機器構成

1996年 12月	時計比較装置	TrueTime 社製 XL-DC602
	カウンター	HewlettPackard社製 5370A
	データ記録装置	NEC 社製 PC9801E
1998年 3月・1998年 12月	時計比較装置	TrueTime 社製 XL-DC602
	カウンター	HewlettPackard 社製 5370A
	データ記録装置	PHILIPS 社製 NB-402 series
		IBM 社製 ThinkPad

2.4. 場所

1996年 12月	文部省国立天文台（東京都三鷹市）
1998年 3月・1998年 12月	郵政省通信総合研究所（東京都小金井市）

2.5. 初期設定データ

1996年 12月	アンテナケーブル遅延量	217	nsec
	[NAOT] 1pps 信号ケーブル遅延量	12	nsec
	[XL-DC602] 1pps 信号ケーブル遅延量	48	nsec
	アンテナ設定座標値（WGS84）	自動設定	

アンテナ位置について、従来国立天文台の GPS 受信機の座標値（鈴木，1994）と同じ値が使われていたが、今回は 100000 個の毎秒位置データをもとにしたアンテナ位置の自動設定機能により求めた座標値を採用した。なお、自動設定された座標値と上記国立天文台の従来値との差は数 m 程度であり、精度的にも問題はなかった。

1998年 3月	アンテナケーブル遅延量	217	nsec
	[CRL] 1pps 信号ケーブル遅延量	136	nsec
	[XL-DC602] 1pps 信号ケーブル遅延量	7	nsec
	アンテナ設定座標値（WGS84）	35 ° 42 23. 9N	
		139 ° 29 18. 8E	
		H	131m

**CALIBRATION OF THE CLOCK SYSTEM OF THE FIXED TYPE SATELLITE LASER RANGING
STATION AT THE SIMOSATO HYDROGRAPHIC OBSERVATORY (1996-1998)**

1998年12月	アンテナケーブル遅延量	217	nsec
	[CRL] 1pps 信号ケーブル遅延量	185	nsec
	[XL-DC602] 1pps 信号ケーブル遅延量	11	nsec
	アンテナ設定座標値 (WGS84)	35 ° 42 23. 9N	
		139 ° 29 18. 8E	
	H		131m

アンテナ設定座標値は通信総合研究所において、3 m V L B I アンテナを基準とした測量により求められた値である。

また、各ケーブル遅延量は実測値である。

3. 製約

本機での整約では「Daily Time Difference, Series4」による各GPS衛星ごとの補正を行わない。GPSのCA (Clear and Acquisition, or Coarse and Access) コードによるシステムは本来の位置精度として30mのものであった。これは時刻に直すと0.1 μ secの精度である。しかしながら現在はSA (Selective Availability) と呼ばれる故意による精度劣化がなされており時刻にすると約0.3 μ sec程度になってしまう。そのため本機諸元ではチャンネルの複数化、対SA用のフィルタリングなどが行われカタログ値でUTCに対し精度0.05 μ sec、標準偏差として0.07 μ secとされている。よって各GPS衛星ごとの補正を行うと2重の補正になってしまうため、補正を行わないこととした。

「BIPM Circular-T」によると、観測期間中の [UTC] に対する中央標準時 [USNO] (米国海軍天文台の保時している時刻：以後 [USNO]) のドリフト量は1996年12月から順に0.5nsec/day、0.0nsec/day、1nsec/dayであり、[NAOT] は5nsec/day、[CRL] は1998年3月から順に2nsec/day、3nsec/dayであった。この値は本観測に求める精度を考慮すると無視できる量のためドリフトはないものとして整約を行った。

1996年12月、1998年12月の取得データにはなかったことだが、1998年3月は標準偏差の3倍を大きくはずれる取得データを除去して整約を行った。また、1996年12月の10日1027~11日0936のデータについてはカウンター設定不良のため使用していない。

各年毎の整約値を Table 1, Table 2 に示す。なお、表中の値は以下の異なる時刻系の差を指している。

Table 1. Calibration result 1996 December (Unit : μ sec)

NAOT raw - XL-DC602 raw	UTC - NAOT	UTC - USNO
-0.596	+0.890	+0.021

CALIBRATION OF THE CLOCK SYSTEM OF THE FIXED TYPE SATELLITE LASER RANGING STATION AT THE SIMOSATO HYDROGRAPHIC OBSERVATORY (1996-1998)

- NAOT raw - XL-DC602 raw
文部省国立天文台が保持している時刻 [NAOT] と本機出力時刻 [XL-DC602] の差 . 今回の観測により得られたデータの平均値を用いた . ケーブル遅延量を含んでいる .
- UTC - NAOT
中央世界時 [UTC] と国立天文台が保持している時刻 [NAOT] の差 . 「BIPM Circular T 108」に掲載された値を観測中央時刻において補間した .
- UTC - USNO
中央世界時 [UTC] と米国海軍天文台が保持している時刻 [USNO] の差 . 「BIPM Circular T 108」に掲載された値を観測中央時刻において補間した .

Table 2. Calibration results 1998 March and 1998 December (Unit : μ sec)

	CRL raw - XL-DC602 raw	UTC - CRL	UTC - USNO
1998 March	+0.048	-0.110	+0.012
1998 December	-0.165	+0.060	-0.005

- CRL raw - XL-DC602 raw
郵政省通信総合研究所が保持している時刻 [CRL] と本機出力時刻 [XL-DC602] の差 . 今回の観測により得られたデータの平均値を用いた . また , ケーブル遅延量を含んでいる .
- UTC - CRL
中央世界時 [UTC] と郵政省通信総合研究所が保持している時刻 [CRL] の差 . 「BIPM Circular T 123」に掲載された値を観測中央時刻において補間した .
- UTC - USNO
中央世界時 [UTC] と米国海軍天文台が保持している時刻 [USNO] の差 . 「BIPM Circular T 123」に掲載された値を観測中央時刻において補間した .

4. 成果

Table 3 に各年毎の [USNO] に対する [XL-DC602] の誤差の平均と標準偏差を , Fig.4,5,6 に遅延量と誤差を Time chart で示す . これにより , 所要の精度を達成していることがわかる .

1996 年 12 月と他の年の値に違いがあるのは , 1997 年 12 月に本機の修理を行ったためであると思われる .

また , 下表に示すとおり本機の精度は安定していると判断され , 今後の比較測定は不要と思われるが , 次期時計比較装置機種更新時には比較測定を実施する必要がある .

CALIBRATION OF THE CLOCK SYSTEM OF THE FIXED TYPE SATELLITE LASER RANGING STATION AT THE SIMOSATO HYDROGRAPHIC OBSERVATORY (1996-1998)

Table 3. Summary of calibration results (Unit : μ sec)

	1996.December	1998.March	1998.December
[USNO] - [XL-DC602]	$+0.020 \pm 0.069$	-0.162 ± 0.029	-0.143 ± 0.035

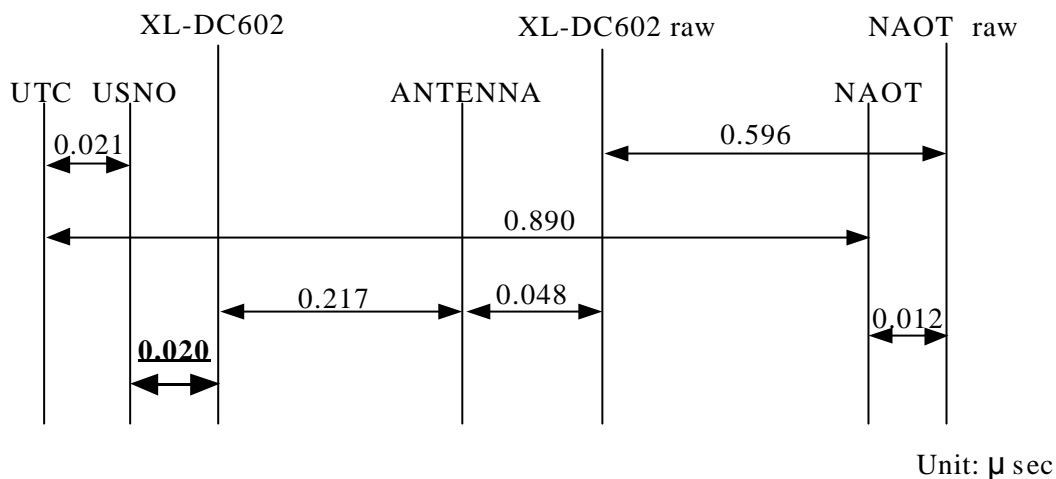


Figure 4. Time chart (1996 December).

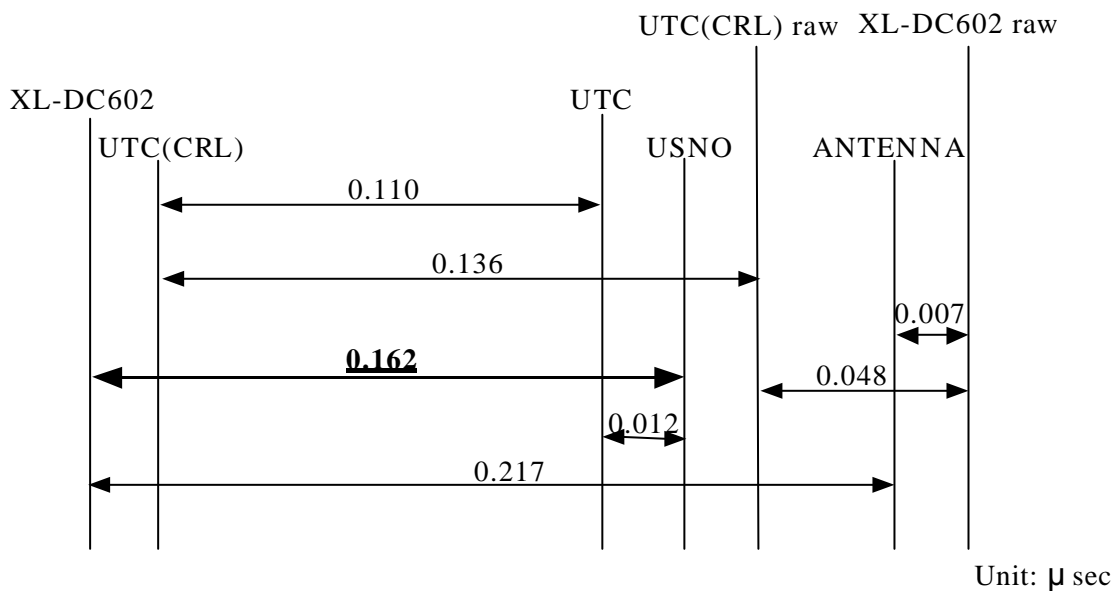


Figure 5. Time chart (1998 March).

**CALIBRATION OF THE CLOCK SYSTEM OF THE FIXED TYPE SATELLITE LASER RANGING
STATION AT THE SIMOSATO HYDROGRAPHIC OBSERVATORY (1996-1998)**

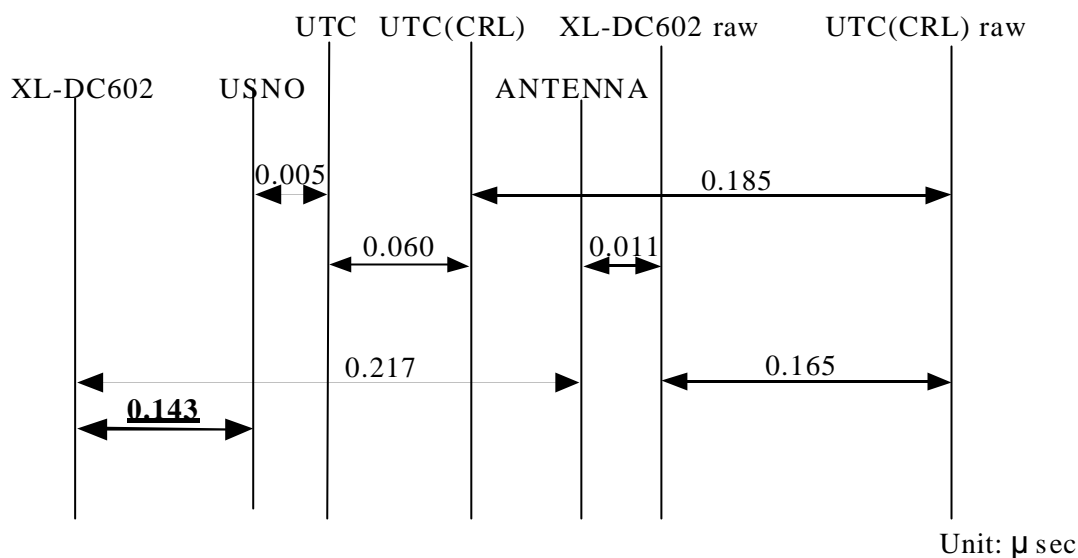


Figure 6. Time chart (1998 December).

5. 謝辞

本検定にあたり，文部省国立天文台の福島登志夫氏，松田浩氏，郵政省通信総合研究所の今江理人氏，大塚敦氏，国森裕生氏にご協力いただきました．ここに深く感謝いたします．

本報告は，高梨泰宏及び栗原恵美が作成した．また，観測成果の算出は高梨泰宏，野田秀樹及び栗原恵美が担当した．

参 考 文 献

BIPM, 1996 Jan.14: *Circular T*, **108**.

BIPM, 1998 Apr. 9: *ibid.*, **123**.

BIPM, 1999 Jan.14: *ibid.*, **132**.

鈴木晃，1994：水路部観測報告衛星測地編，7，p.95.

高梨泰宏，1995：同，8，p.78.

*CALIBRATION OF THE CLOCK SYSTEM OF THE FIXED TYPE SATELLITE LASER RANGING
STATION AT THE SIMOSATO HYDROGRAPHIC OBSERVATORY (1996-1998)*



Photo 1. Antenna setting at the Communication Research Laboratory rooftop.

*CALIBRATION OF THE CLOCK SYSTEM OF THE FIXED TYPE SATELLITE LASER RANGING
STATION AT THE SIMOSATO HYDROGRAPHIC OBSERVATORY (1996-1998)*

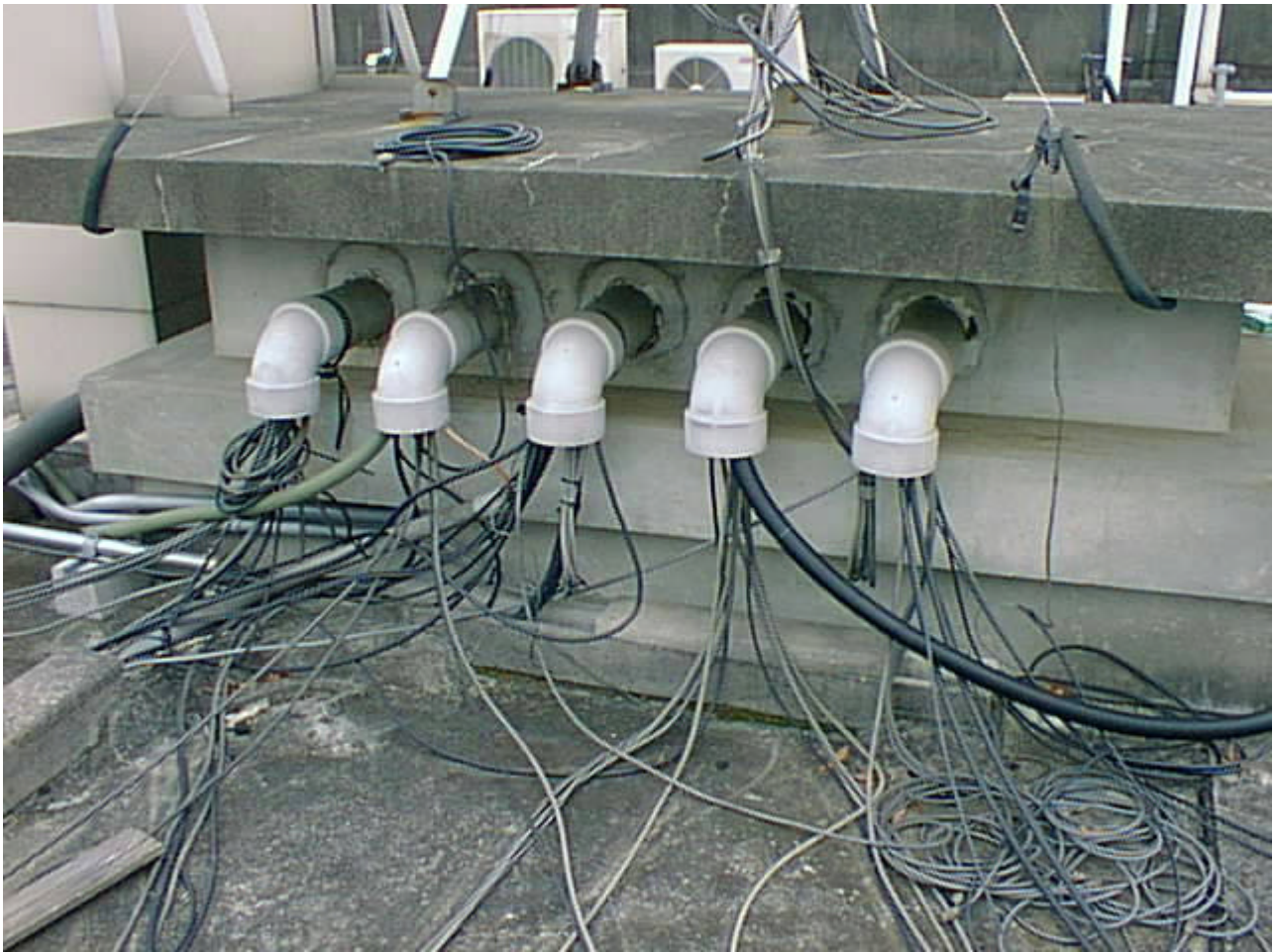


Photo 2. Cables through the pipe.