

## 人工衛星レーザー測距装置のソフトウェア

佐々木 稔・下里水路観測所

On the Software of the Satellite Laser Ranging System

By

Minoru Sasaki, Simosato Hydrographic Observatory

## 1. まえがき

下里水路観測所に人工衛星レーザー測距装置が昭和57年3月上旬に設置され、試験観測の後、同4月より本観測が行なわれている。装置は、角度の3～5秒程度の確度で衛星を追尾し、0.2 nsecの半値幅を持つパルスレーザー光を1秒に4回衛星に向けて発し、このパルスの往復時間を測定することにより、衛星までの距離を刻々10cm程度の精度で求めるものである。本装置の計算機システムは、米国DEC社のPDP11/60(64Kワードメモリ)を本体とし、2.5Mバイトのディスク2台、9トラックの磁気テープ装置、紙テープリーダー/パンチ、プリンタ、CRTターミナル各1台などの周辺機器からなり、装置のコントロールのほか軌道計算、データ処理などを行なう。このためのソフトウェアは多岐、多様にわたっているが、ここではこれらの概要を記す。

## 2. 構成

本レーザー測距装置のソフトウェアは大別して(1)衛星の軌道計算、装置の初期設定、駆動、測距、故障診断、(2)得られた測距データの処理計算、(3)星の追尾および架台の指向偏差量の補正の三つに分けることができる。

## 3. 概要

## (1) 軌道計算、衛星追尾用プログラム(SRS)

本プログラムは、RUN SRSで始まる図1のよるな樹木構造をもつ分岐方式であり、細分化されたプログラムを統合し、有機的に使いやすくしている。例えば、衛星の実トラッキング及び測距は、RUN SRS (RTN) EX (RTN) T (RTN) により実行が始まり、終了または前段への復帰は、(CTL)+Eで行なわれる。実際の測距には、この前に、初期パラメータの設定、スミソニアン天文台(SAO)からの軌道要素の入力、地心測点座標の入力、軌道要素抽出、地球重力ポテンシャル係数の抽出、軌道要素の変化率計算、衛星の刻々の位置及び視方向の計算とディスクへの書込みなどを行なっておく必要がある。以下に、図1の各サブプログラムの機能について述べる。

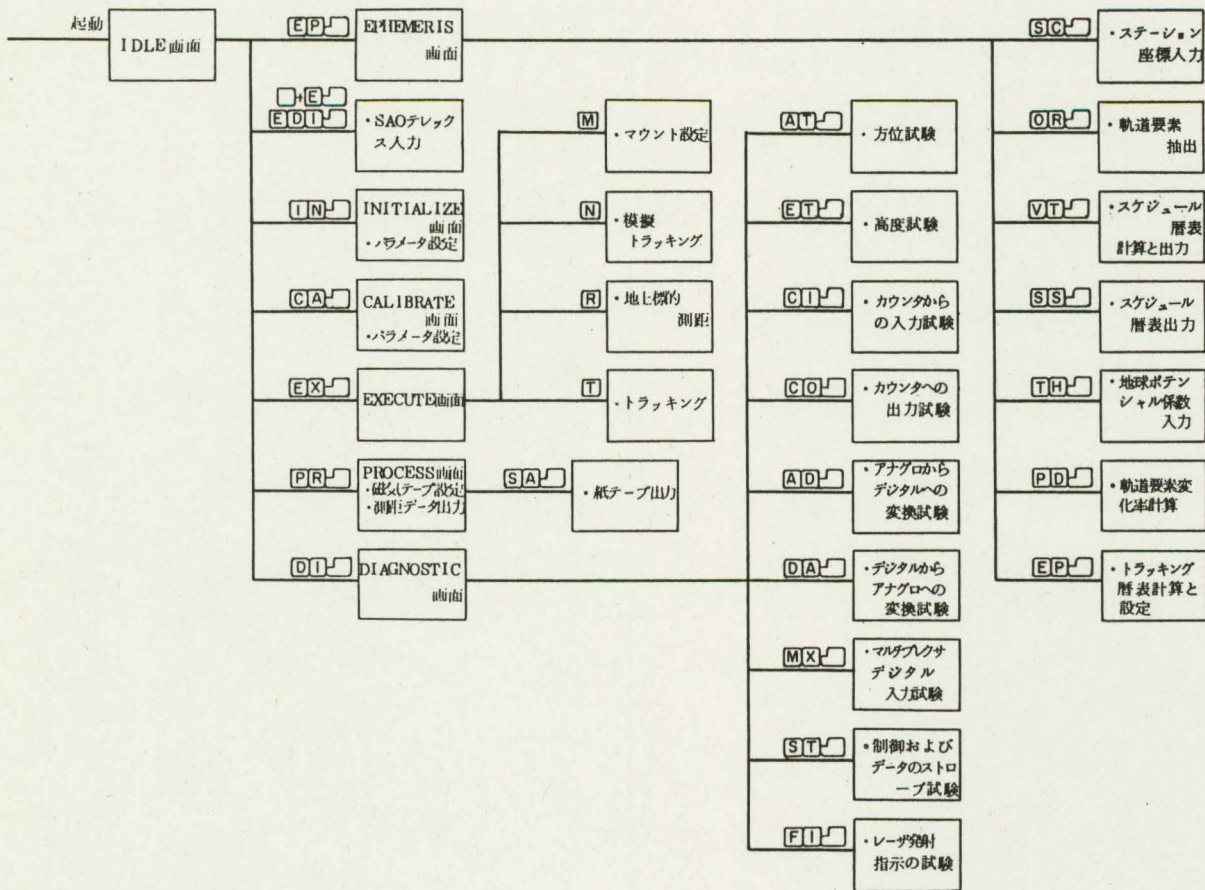
IDLE画面: RUN SRS で始まるサブプログラムで、IN, CA, EP, EX, PR, DIへの分岐

EP: 軌道計算プログラム群への分岐。

SC: 地心測点(ステーション)座標の設定。

OR: SAOテレックス入力形式の軌道要素を、本プログラムの計算にファイルし直す。

VT: 衛星ごとの観測可能な日時分、高度、方位、距離の計算と結果のプリンタへの出力。



第1図 軌道計算，衛星追尾用プログラム・ブロック図

SS : 全衛星の1日ごとの最高高度の通過時分と高度値をまとめた観測スケジュール表の出力。

TH : 衛星ごとの使用ジオポテンシャル項の選択。

PD : 衛星ごとのジオポテンシャルに関する軌道要素の偏導関数の計算。

EP : 衛星の追尾のための観測点からの高度，方位，距離の計算，内挿及びこれらのファイルの作成。

(CNT) + E / EDI : SRSを終了し，SAOからの軌道要素をキーインユーティリティの編集用プログラムで誤入力を修正する。テレックス紙テープ入力形式の別プログラムを用意している。

IN : 光学アテネータ，受光望遠鏡視野，送信レーザービームしぼり，スタート/ストップ レベルしきい値，タイムオフセット，レンジゲート位置と幅，架台の歪み補正量，エンコーダゼロ値，レーザー発射繰返し数，地上標的の方向などの設定値入力。

CA : 10カ所以内の地上視準目標の高度，方位値を入力して，視準望遠鏡による視準時の読取値とのずれの量から架台の歪み，設定初期値の修正量などを求める。

EX : 架台の追尾プログラム群への分岐。

M : ジョイスティックと呼ばれる高度・方位操作つまみによるマニュアルマウント駆動，設定。

N : 追尾用ファイルデータのうち時刻データを除いた高度，方位，距離値に基づき，模擬トラックを直ちに開始する。システムチェック及びトレーニングに用いられる。

R : 地上標的に視準して，F (RTN)でレーザー光発信，R (RTN)でデータの磁気テープ書込みを開始し，検定用レーザー測距とその記録を行う。

T: 時計システムから時刻を読んで衛星を実時間で追尾し、レーザ光発信時刻、測距値ほか、各種のデータを刻々磁気テープに記録する。追尾は計算機の指示値によるほか、オペレータが、ジョイスティックを用いて高度、方位を修正し、予報時刻へのオフセット値の設定、変更、ビームしぼりや視野角の調整などを行うことができる。測距値と予報値との差が刻々CRディスプレイに表示され、オペレータは実測時間で衛星の測距の可否を見ながら、追尾操作を行うことができる。

DI: 動作の試験、故障診断用プログラム群への分岐

AT: 方位試験, ET: 高度試験, CI: カウンタからの入力試験, CO: カウンタへの出力試験, AD: A/D変換試験, DA: D/A変換試験, MX: マルチプレクザ入力試験, ST: 制御およびデータのストロープ試験, FI: レーザ発射指示の試験。

## (2) データ処理用プログラム群

データ処理を主目的としたプログラム群としては、図2に示した各種がある。これらは、上記SRSプログラム用各ディスクファイルに直接アクセスして再編成するもの、記録用磁気テープを読んで編集するもの、観測スケジュール表作成など多方面にわたっている。各プログラムの概要は以下のとおり。なお、DL0: FULPH.DATなどは、ディスク番号とファイル名である。

FLX: DECシステムユーティリティ、ファイル転送プログラム。

PT: テレックス紙テープ出力(6単位)をコード交換して読み込み、ディスクにファイルする。

SCH: 衛星ごと1か月分の観測スケジュールを一覧表にしてプリンタに打出す。

PAS: 衛星ごと1日分づつ上空の通過パターンをプリンタに図示する。

STAR: 星の視位置を計算し、架台に追尾させる。架台の指向偏差量の検定に用いる。

COR: 架台の指向偏差量だけ、衛星の追尾用高度・方位値に補正を加え、SRSのファイルを書き換える。

LOAD: バイナリの記録用磁気テープを読み、必要なデータをディスクにファイルする。

UNLD: ディスクにファイルした記録用磁気テープの内容を再び、磁気テープに書き込む。

INIT: バイナリの記録用磁気テープをイニシアライズする。

SEL: ノイズを含んだ測距値をCRTディスプレイに図示し、この中から測距値を選別してファイルする。

EXT: ノイズを除いた測距値、気温、気圧、湿度、内部遅延量、等のデータのアスキーコードによる一覧表を作成する。

ATM: 測距値に対する大気補正量を計算し一覧表ファイルに加える。

FTG: 最小2乗法により、測距値に9次までの多項式近似を行い残差の標準偏差を求め、この3倍を超えない場合について、残差を一覧表ファイルに加える。

GRP: 上記FTGの残差をグラフ化してプリントする。

SMP: SAOへの速報のための測距値等データを選び出し、一覧表ファイルに記号を付加する。

SAO: SAOへの速報のためのテレックス紙テープ出力形式のファイルを作る。

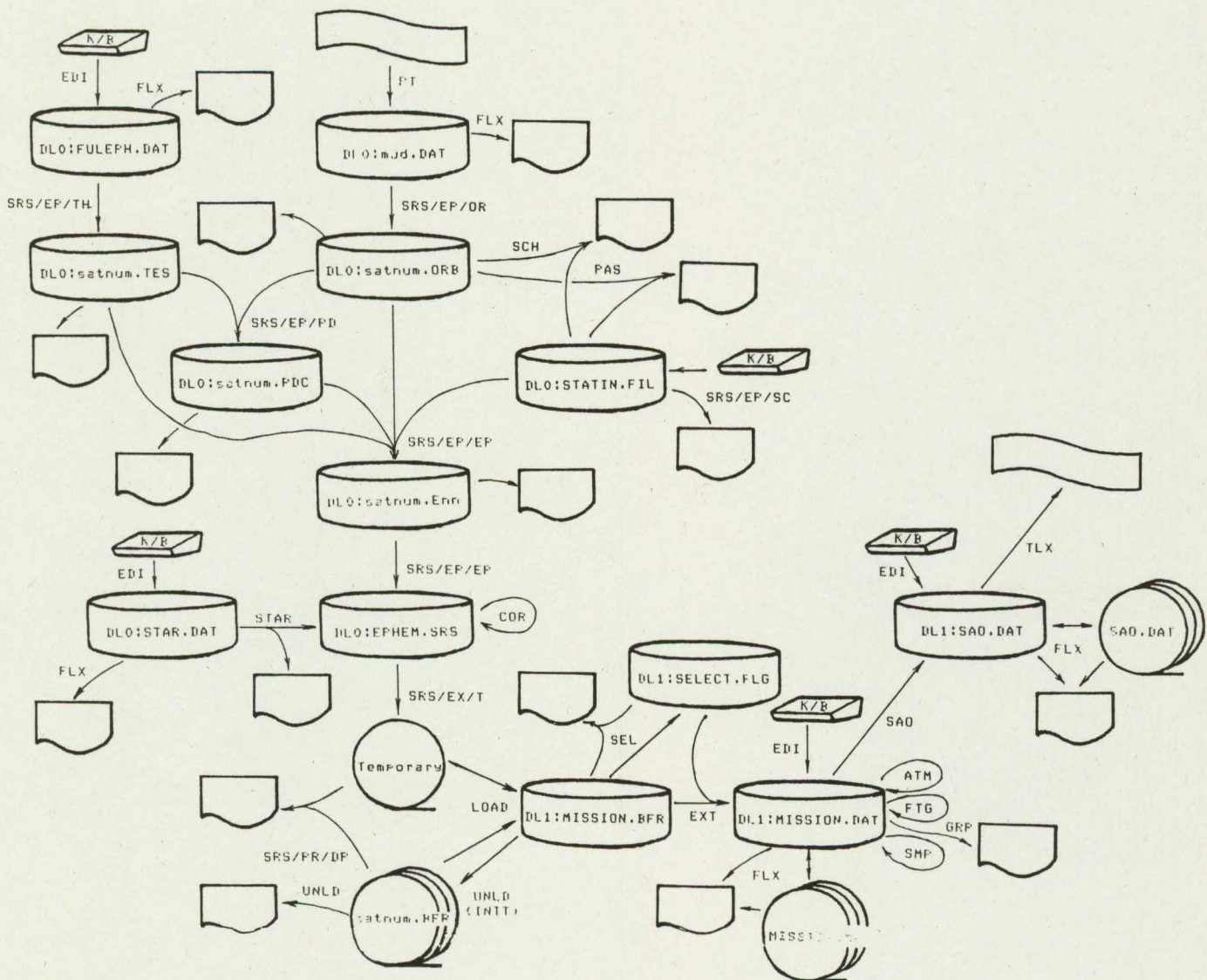
TLX: 任意のアスキーコードファイルをテレックス用紙テープ出力コードに変換し、紙テープ出力する。

## (3) 架台の指向偏差量の測定と補正計算

STARにより星を追尾し、ジョイスティックを用いて架台の設定、歪み、エンコーダの偏心等の効果による指向偏差量を測定した結果、測定値または予報値に加えるべき補正量は、高度の場合、 $5.0^\circ + 1.25^\circ \cos(Az - 140^\circ) + 1.0^\circ \cdot (1 - E1 / 90^\circ)$ 、方位の場合  $2.25^\circ + 2.75^\circ \cos(Az - 190^\circ)$  となった。

ただし、E1, Az は 度を単位とした高度, 方位予報値である。これに基づく衛星の追尾のための補正プログラム COR S及び星の追尾プログラム STAR Sを作成した。

なお、今後はNASAとのデータ交換用フォーマットに測距・気象データ等を変換して、これを磁気テープに出力するためのプログラムを作成する予定である。



第2図 データ処理用プログラム群