The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	造船学研究における図形処理装置の利用について
Author(s)	佐伯，誠治
Citation	大阪大学大型計算機センターニュース. 1981, 42, p. 75-85
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/65490
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

造船学研究における図形処理装置の利用について

大阪大学工学部　佐　伯　誠　治

筆者の所属する造船学科第５講座野本研究室は主に船舶の操縦性能に関する研究を行っている。このように、物体（剛体）の運動についての研究を行っている学科・研究室は、工学部の中でも微視的な粒子の運動・振動等を除けば、あまり例がないと思う。そしてこの人間の肉眼で観測可能な運動に関する研究には、図形的な処理が大変重要な役割を果たしている。

昨年度（昭和５５年度）本研究室の図形処理装置の使用頻度が高かったことから、その利用方法の紹介をセンターから依頼され、ここに拙筆ながらも読者の方々の研究の参考となるようにと寄稿することになった。

§１．船舶操縦性能の研究について

本研究室では、操船シミュレータ・無線操縦の模型船・船舶試験水槽等の施設を使った各種の実験が行われている。

次に主な研究テーマを簡単に説明する。

(1) 船舶操縦性能同定法の研究

船の運動を表わす操縦運動方程式の中のそれぞれの船に固有の係数（操縦性指数と呼ぶ）を、模型実験の結果から多変量解析の手法を使って決定する。

(2) 追波航走船舶の不安定挙動と安定性の研究

大きな横傾斜を伴なう動揺理論を用いて、波面に浮んでいる船に働く波圧、復原性能の解析および追波を受ける船の針路安定性の解析を行い、船の転覆のメカニズムを究明する。

(3) 自動操舵による推進馬力損失に関する研究

機械系・電気系でおなじみの自動制御理論に基礎をおくもので、今ではほとんどの船に装備されている自動操舵機構の経済的運用についての研究である。

(4) 強風下の操船運動の研究

強風下を航行する船はしばしば操船困難な状態に陥いるが、このような運動を非定常運動としてとらえ、船の性能について考察する。

(5) 帆走の力学的研究

ヨットの帆走性能を流体力学による理論面から推定し、実験結果と比較する。

(6) 横揺れを考慮した操縦運動の研究

波浪などの外乱を受けている船や自動操舵で航行中の船で生じる横揺れが操縦運動にどのような影響を及ぼすかについての研究である。

以上の中で、実際に大型計算機センターの図形処理装置（主にディジタル・プロッタ）を使用したのは、(1)(2)(4)の研究テーマであるが、その他にも、造船学科所有のＸＹプロッタを使った実験解析もさかんに行われている。

§2. 図形処理装置による作図例

図形処理装置を使うことにより、本来人間がするべき簡単な作図でも、少ない時間で数多く処理することができるし、人間の手にあまるような複雑な作図も計算機をうまく使えば楽に処理できる。

次にいくつかの作図例を示し、説明を加える。図形処理の目的は各研究者によって異なり、必ずしもこの例が読者の参考になるかどうかは疑問であるが、プログラム熟練者は別として、あくまでもこれから図形処理装置を使ってみようと考えている人に、こういう使い方もあるのだという事を知っていただきたい。

i) 実験結果の航跡作図

図１・図２は阪大石橋キャンパスの操縦性能実験池（国際交流会館と基礎工学部の間にある池）

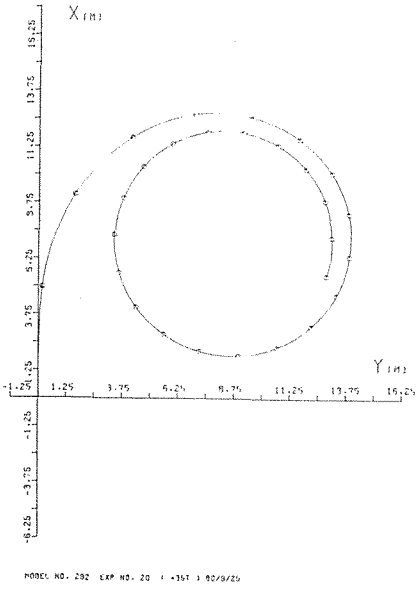

図 1.　＋35° 旋回試験の航跡

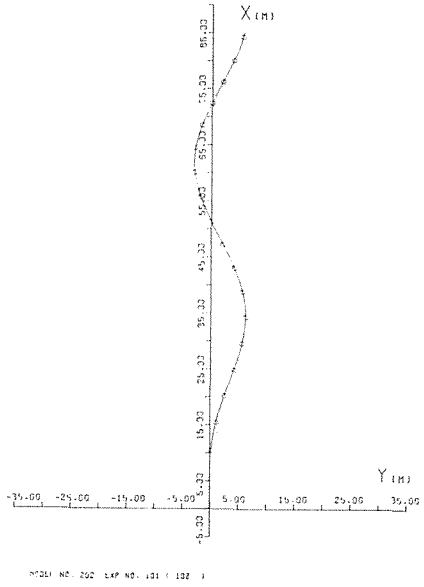

図 2.　＋10° Ｚ試験の航跡

で実施された、無線操縦による模型船（全長４ｍ）の自由航走試験の航跡をディジタル・プロッタで作図したものである。

図１は舵角を３５度にとった旋回試験、図２はZig－Zag試験（Z試験と略称している）といういずれも船の操縦性能を知る上で重要な試験の航跡を示している。図中の白丸は５秒おきの船の重心の位置を表わし、座標軸の目盛りはｍ単位である。実験では１秒おきの船の位置が記録されるが実際には風などの外乱によってデータにばらつきがある。このオリジナル・データに数値フィルター（低域フィルター）をかけ、船速・旋回半径などを計算するのだが、その時に船の位置のデータを配列に納めておき、ＰＬＯＴという作図のためのサブルーチン*をくり返し用いることにより航跡を描くことができる。ＰＬＯＴというのは指定した座標まで直線を引く機能を持ち、これだけですべての作図が可能である。図１・図２では白丸と白丸の間は５本の直線で結ばれているわけで、このようなゆるやかな動きだと十分になめらかな曲線が得られる。それぞれの図の下の方にあるタイトルは実験番号を示しており、データカードの１枚目の内容をそっくり書きださせるようにしている。これによって、実験データと図との対応をつけるのだが、この文字処理は比較的簡単である。カードの内容を変数に入れておいて、サブルーチンＳＹＭＢＯＬを呼べば、指定した変数に入っている文字列を書きだしてくれる。しかし、ディジタル・プロッタはボールペンを使用していることもあり、あまりきれいな字は書くことができないようだ。グラフィック・ディスプレイについても小さい文字は避けた方がよい。次に座標軸であるが、これは軸の位置・目盛り・タイトルを引数として指定すれば、サブルーチンＡＸＩＳで描くことができる。だが、個人的な感想を言わせてもらえば、このＡＸＩＳはあまりに型にはまりすぎていて使いにくい。航跡では縦軸と横軸が交差するために数字が重なったり（図１参照）、きざみ幅の関係で不細工な目盛を取ることもある。筆者は現在独自のサブルーチンを作成して座標軸を描くようにしている。ところで、この図１・図２は同じプログラムで作図したものである。これらの図は実験の状況をモニターするためのもので、解析上はそれほど重要ではない。しかし、航跡が画面のほぼ中央にくるようになっていないとプロッタにわざわざ書かせた意味がない。そこで、プロットする前にＸ，Ｙ方向の座標の最大値・最小値をそれぞれ求めておき、航跡がほぼ中央に来るような最適の原点位置を計算する。また同時に、航跡が画面からはみださないようにできるだけ大きな図が描けるような適当な縮尺を決定する。図１は右旋回の航跡であるが、同じプログラムで左旋回のデータを入力すれば原点位置は右に移動する。また、図２のような縦に長い航跡では図１のような縮尺のままだとわくをはみだしてしまうので、１：５００の縮尺となる。以上のような判断基準を最初にプログラムに組んでおけば、できあがった図は少なくとも人間が描くよりは美しく、正確なものとなる。なによりも重要なのは、これで研究者が単調で神経を使う作図作業から解放されるということであろう。

---

*）ディジタル・プロッタ・ライブラリ（ＰＧＬ－６）のサブルーチンである。

ii) 設計製図への応用

図3は漁船のBody Planである。これは船型を表わす図面として大変重要なものであり、船の前後方向から見た等高線のようなものと思ってもらえばわかりやすいだろう。右半分は船体中央から船首にかけて、左半分は船体中央から船尾にかけてのボディラインを表わしている。

これは本館のグラフィック端末に接続された図形入力装置を使って、実際の船体線図から座標を読みとり、ディジタル・プロッタで再び描いたものである。図形入力装置とは、図面上の点をライティングペンで押すことにより、その点の座標を数値化して記憶するという便利な装置である。建築・土木関係では設計図から座標を読みとったり、逆に図を描いたりする機会が多いと思われるが、そんな時に楽である。特に造船学科においては曲線部が多いために、機械による製図が有効となる。

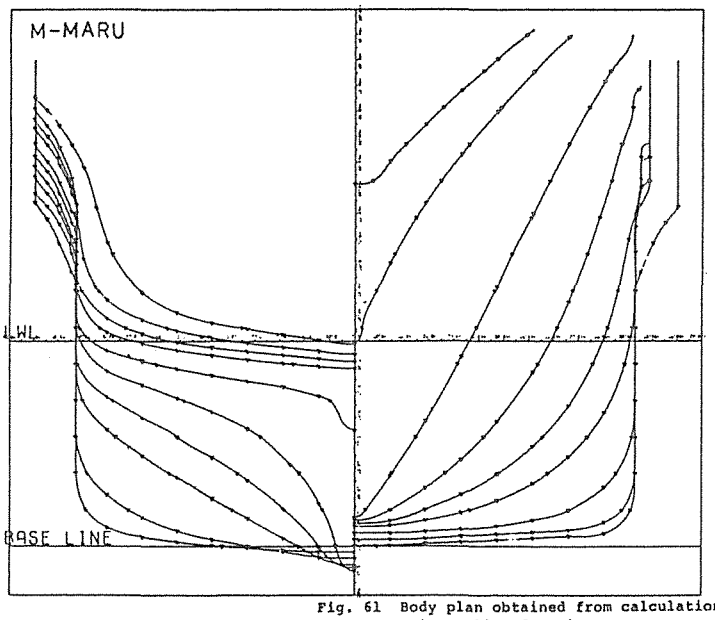

Fig. 61 Body plan obtained from calculation using spline fanction

図3. 船体線図

図の三角印がライティングペンで読みとった座標で、この間をさらにスプライン関数を使って補間している。そしてこれらの点をサブルーチンSMOOT(点列をなめらかな曲線でつなぐ)で結んでいる。

ここでは船体表面を関数近似して、船体に働く流体力を計算することを目的としている。

iii) 時系列解析・位相面軌跡への図形処理装置の応用

船の操縦運動を横軸に時間をとって表現すると図4のようになる。ここでは座標軸を作図する際、サブルーチンAXISを大いに利用している。このように軸の位置・目盛りが固定されているような時には、AXISを使うと便利である。この図4のような使用法は最も一般的な図形処理方法だと思われるので、ついでに言うと、この座標軸を書くのには相当時間がかかる。時間がかかるかどうかは個人によって感じ方が違うだろうが、もともとプロッタは文字を書くのに適していないようなので、あとで混乱がない限り、数字・文字は書かないでおいて、タイプライターで印字する方が

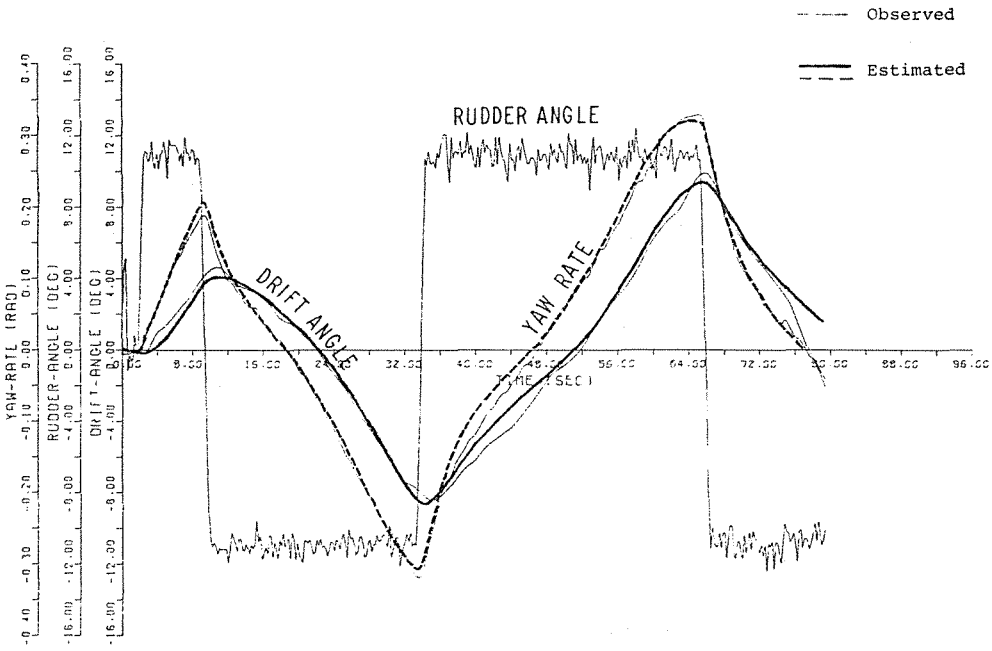

Fig. 4-4 Zig-Zag test record and its analysis for M.No.292 (+10°Z)
(9parameters)

図4. Time history

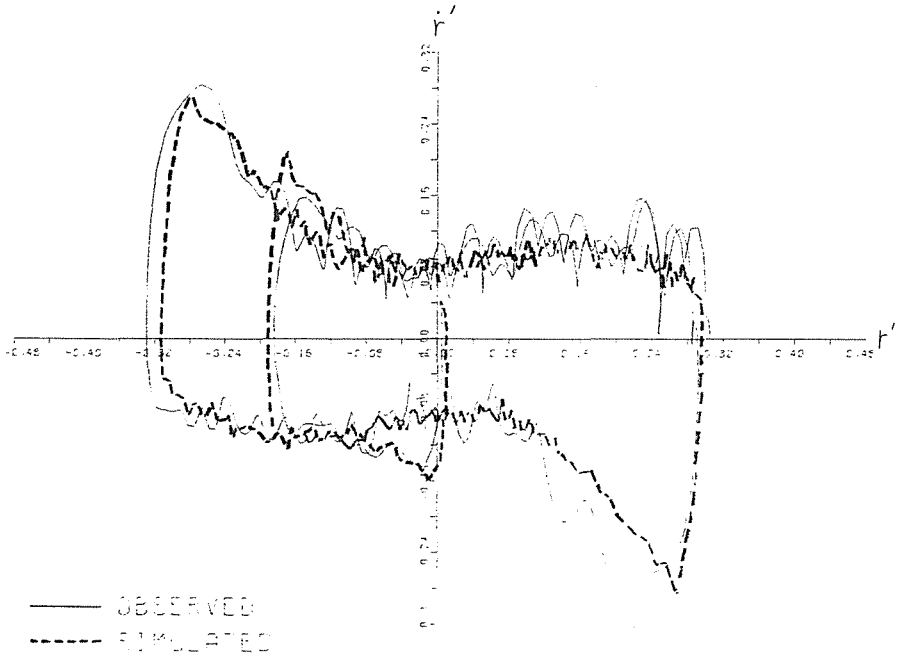

Fig. 4-2 r′ - ṙ′ phase plane trajectories
(M.No. 292 , -10°Z)

図5. Phase plane

きれいに仕上る。前にも述べたように、軸だけ（数字・タイトルなし）の作図ルーチンがないのは不便である。座標軸というものは図形処理には不可欠だと思われるので、使用目的に応じて取捨選択できるようにバラエティに富んだライブラリーを研究してほしい。（これはセンターへの要望）

ところで、図４についての簡単な説明をしておくと、これは図２のようなＺ試験の運動を表わしていて、横軸は秒単位の時間軸である。ＲＵＤＤＥＲ　ＡＮＧＬＥというのは舵角の事であり、ＤＲＩＦＴ　ＡＮＧＬＥは横流れ角、ＹＡＷ　ＲＡＴＥは船の回頭角速度の事である。§１の分類で言うと (1) の操縦性能同定法の研究でこのようなグラフを必要とする。この研究では、図２に示すようなＺ試験の運動を計測し、その運動に最もよく合うような操縦性指数を最適化の手法で決定する。そして、この決定した操縦性指数による運動の推定値と実験値を比較して示したのが図４である。ここでは実験値と推定値の違いがわかるように推定値の方は太い実線及び破線ですみ入れしてある。

図５は横軸に回頭角速度、縦軸に回頭角加速度をプロットした位相面軌跡である。これも同じく操縦性能同定法の研究の際に作成されたものである。推定値は太い破線で描いているが、ディジタル・プロッタに出力する時は色をかえて区別するようにしている。ディジタル・プロッタでは赤・黒・青（緑）の３色を使い分けることができるが、青と緑は時々入れかわるようで、同時には使えない。色による区別はわかりやすいが、実際には資料などはモノクロで作成することが多いので、太字と細字の両方がプロットできると便利だろう。（破線を描くサブルーチンは用意されている。）

ⅳ）評価関数の等高線図

図６は誤差評価関数Ｊの等高線図である。前にも述べたが、操縦性能同定法の研究では模型実験の結果に合うように操縦性指数を決定する。つまりこれは、多次元のパラメータ（操縦性指数）をいろいろと変化させ、評価関数を最小にする（実験結果に合う）ような値を見つけるという、最適化問題の研究に帰着する。この時、２つのパラメータ（ここではT_1'・K_β'）だけを動かして、他の値を固定すると、図６のような等高線図が得られる。最適値を求めるにはPowell法などが使われるわけだが、これらの方法は数学的な極小値を計算する方法で、得られた結果に物理的な意味があるかどうかを確認する必要がある。しかしラインプリンターに出力されるリストは何ページにもわたる数字の羅列で、これを解読するのは非常に疲れるし、初期値（収束予測値）の違いで収束値が変わることもあるので、計算結果を十分把握するには２次元的ではあるが図６のようなグラフが有効である。パラメータとは未知数のことであるから、多くのパラメータが決定できる方が実際問題として便利である。しかし、パラメータが多くなると図６のように極小値（中央付近の凹地）が多くなり、収束性が悪くなる。この相反する要求を適度に満たすようにいくつかのパラメータをあらかじめ求めておくという方法が検討されている。

図6はグラフィック・ディスプレイを使って作図したのだが、ディジタル・プロッタに比べて作図速度が速く、ラインが太くて見やすいのが特徴である。数字は後でタイプしたものである。このような図は最終的に必要になるとは限らないが、何枚か描くことにより各パラメータ間の相関がよくわかるという意味で図形処理の有効な例と言えるだろう。

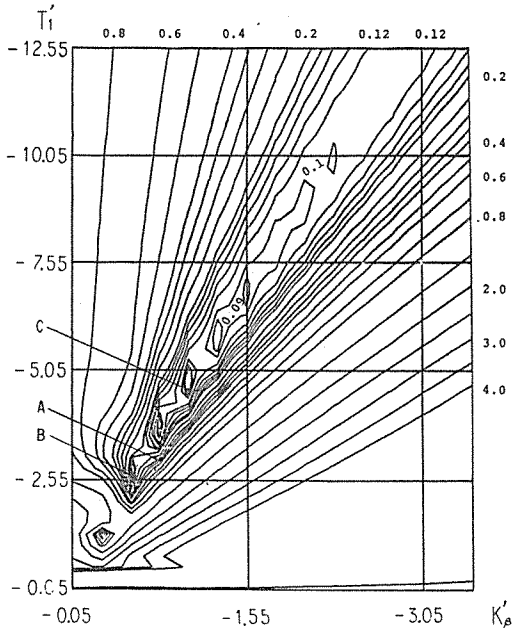

Fig.4-14 Contour of error evaluating function J with varying K_β' and T_1' Ex.No. 103, MO.No. 292

図 6. 等高線図

V) シミュレーション計算の図形出力

図7は筆者の卒業研究で使用した航跡図である。これは模型実験から得られた各種データを使って、実船の強風下の運動を推定計算した結果をディジタル・プロッタで作図したもので、§1の分類では(4)の研究にあたる。

図中の矢印は自動車運搬船の1分ごとの位置をあらわしている。全部で7本の航跡があるが、これは風速別の旋回航跡である。(U_T は風速 (m/s) を意味している。) $U_T=0$ の曲線が、無風状態で、船速 $V_0=8.94$ (m/s)(約

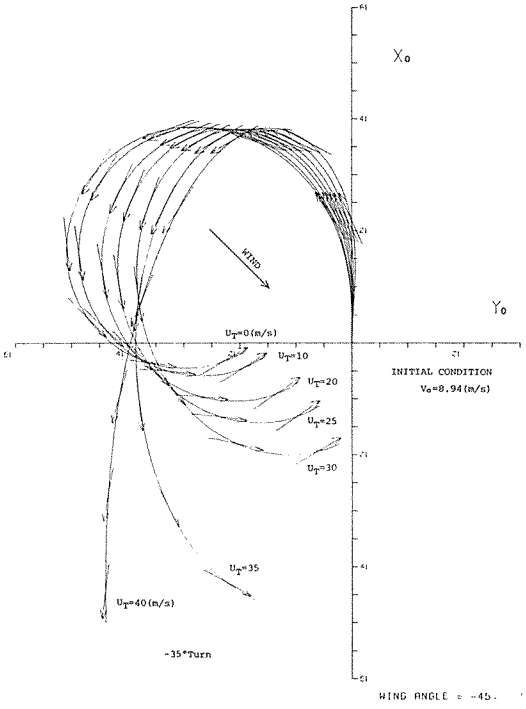

図 7. 強風下の旋回航跡 (推定計算)

１７ノット）で航行中の船が大舵角で左旋回した時の航跡である。この船の航跡が風速の違いによってどのように変わるかを計算してプロットしたのが、図７である。

座標軸は、２Ｌ，４Ｌという単位できざんでいるが、航跡の作図は、普通は船長単位の無次元表示をすることになっているので、このような座標軸を描くサブルーチンを使っている。

ところで、この図を人間が作図するとなると、点列を曲線でつなぐだけでなく、船の回頭方向に向けて矢印を描くという角度のプロットがあるために、相当手間がかかる。初めは計算結果を手でプロットしていたのだが、研究時間の大部分を作図に費やされるようになり、ディジタル・プロッタを使うようになった。プロッタの基本的な機能を理解するには、しばらくの練習期間が必要であったが、結果的には研究の効率が良くなったし、グラフも正確なものが描けるようになった。

図７のようなグラフは非定常な運動を視覚的にとらえることができるので大変有効である。グラフィック・ディスプレイだと線が太いので、矢印の重なった部分では少し見にくくなる。なお、座標と右下のＷＩＮＤ　ＡＮＧＬＥ以外は後でタイプしたものである。

§３．ディジタル・プロッタ使用に関する注意点

以上操縦性能研究室での図形処理の例をいくつかあげてきたが、最後にプロッタを使っていて気付いた事をまとめておく。

ここにある例は図６を除いてすべてディジタル・プロッタによる作図である。ディジタル・プロッタには色の区別とこまかい作図ができるという利点があり（さらにこまかい作図はドラフター）、グラフィック・ディスプレイには、作図が速く、台数もそろっているし、ラインが太くてすみ入れが不必要、などの利点がある。これから図形処理装置を使用するつもりの人はその目的に応じてどちらかを選択することになるだろう。ディジタル・プロッタはバッチでしか利用できないが、グラフィック・ディスプレイはオフライン的な方法でバッチ処理もできる。

プログラムが完成するまではわけのわからない図を書くことが多いが、ディジタル・プロッタだとまわりの人に見られて恥ずかしい思いをしなければならない。（ディジタル・プロッタが人目につきにくい隅の方に置いてあるのもこの辺の配慮からだと思う。）この点、グラフィック・ディスプレイだとＢＲＥＡＫキーを押せば即座に証拠を隠滅することができて好都合である。

筆者も昨秋から今春にかけて大いにプロッタを利用したのだが、１月・２月ごろになると卒業論文の提出前ということもあってプロッタ利用者が多くなる。ディジタル・プロッタは予約制なので、その予約をとるために朝８時ごろから受付の前に並んだりして早起きの習慣がついて、研究は大いにはかどったが、自分がプロッタを使う分だけ誰かが使えなくなることを考えるとあまりいい気持ちがしない。できればもう１台ディジタル・プロッタを増設してもらいたい。それが無理ならシステムダウンをもっと減らしてもらいたい。（こちらの方が難しいのかも知れないが。）

なお、ディジタル・プロッタに関してはセンター発行の「ディジタル・プロッタ利用の手引き」及びACOSマニュアルの「ディジタル・プロッタライブラリ説明書（操作編）（機能編）」に詳しく説明されているので、これから勉強される方はこのどちらかを使えばよいでしょう。マニュアルの方はかなりの分厚さで、勉強の意欲を失なわせるが、実際によく使うのは（機能編）の第２章の基本サブルーチンの所である。その中でも特に必要なのは次に示すサブルーチンだけである。

① XYOPEN（99）―― 作図データを出力するためのファイルをオープンする機能を持つ。引数の９９は阪大では固定の値である。プロッタを使う時にはこのサブルーチンが絶対に必要である。

② XYCLOS ―――― XYOPENと対になっていて作図データファイルをクローズする機能を持つ。

③ PLOTS ―――― 作図開始のための初期処理を行う。１回のジョブで複数枚の作図をする時、１枚ごとにこのルーチンを呼びだす。

④ PLOTE ―――― PLOTSと対になっていて作図の終了処理を行うサブルーチンである。

⑤ PLOT ―――― 現在位置から指定した座標までペンアップまたはペンダウンの状態で移動する。

⑥ SYMBOL―――― 指定した座標に任意の大きさ、角度の英数字、特殊記号を描く。

⑦ NUMBER―――― 変数に格納された数値を、指定した座標に任意の大きさ、角度で描く。

⑧ AXIS ―――― 座標軸を描く。

（②～⑧は引数を省略している）

この８個のサブルーチンでほとんど用は足りるはずであるが、これ以外にも便利なサブルーチンがいくつか用意されているので、そのつど説明書の中から適当なものを選んで使えばよい。

①～④は作図の機能をもつサブルーチンではないが、手続き上、プロッタを使用する際には欠かすことができない。⑤～⑧が作図のためのサブルーチンであり、その中でも特に⑤のPLOTは重要な機能を持つ。次にその機能を示す。

CALL PLOT（X，Y，IPEN）

引 数

X（実数型）　：ペンの移動先のX座標（*cm*）

Y（実数型）　：ペンの移動先のY座標（*cm*）

ＩＰＥＮ（整数型）　　：ペンアップ・ダウンおよび原点変更を指定する。

２……指定座標（Ｘ，Ｙ）までペンダウンで移動する。

３……指定座標（Ｘ，Ｙ）までペンアップで移動する。

－２……指定座標（Ｘ，Ｙ）までペンダウンで移動し、ペンの移動後の座標を新しい原点（0.0，0.0）とする。

－３……指定座標（Ｘ，Ｙ）までペンアップで移動し、ペンの移動後の座標を新しい原点（0.0，0.0）とする。

プロッタの作図範囲は８０*cm*×５５*cm*で通常の原点は左下隅であるが、ＰＬＯＴを使えば使用者の都合の良い場所を原点とすることができる。あとはＰＬＯＴをＤＯループの中で繰返し使用することにより曲線を描くことができる。（同じような機能を持つサブルーチンとしてＦＬＩＮＥ，ＬＩＮＥ，ＳＭＯＯＴなどがあるが、初めての人はなるべく使わない方がよいと思う。）

さて、今すでに完成しているプログラムでの計算結果をディジタル・プロッタを使って作図することを考える。ＰＧＬ－６はＦＯＲＴＲＡＮプログラムで呼びだすサブルーチン副プログラムのライブラリであるから、ここでのプログラムはＦＯＲＴＲＡＮ文法によるものとする。

ソースプログラムの中に次のような形で前述の①～④の基本サブルーチンを付加しなければならない。

```
        ∫
CALL  XYOPEN(99)                ファイルのオープン
        ∫
 CALL  PLOTS("NAME1$", 2, 21)
        ∫        (1枚目の作図処理)
 CALL  PLOTE
        ∫
 CALL  PLOTS("NAME2$", 2, 21)
        ∫        (2枚目の作図処理)
 CALL  PLOTE
        ∫
 CALL  XYCLOS                   ファイルのクローズ
        ∫
```

STOP

END

以上のように作図のサブルーチンを呼ぶ前にXYOPEN，すべての作図を終了してからXYCLOSを置く。そして、描きたい図面の枚数だけPLOTSとPLOTEを使う。もちろん、1枚だけの作図ならそれぞれ1回ずつ登場すればよい。PLOTSの所でプロッタは出力待ちの状態となり、この間に紙をセットし、続いてプロッタのCHART　CHANGEボタンを押せば作図を開始する。PLOTSの引数のNAME1・NAME2は作図名称でプログラマーが任意に8文字以内の英字で指定すればよいし（必ず$を付けて〃〃で囲む）、2および21はこの値に固定しておけばよい。PLOTSとPLOTEの間に⑤〜⑧のような作図の機能を持つサブルーチンを入れて、プログラマーの意図する作図を行わせて、結果をファイルコード99のファイルに作図データとして書き込むのである。この作図データファイルをグラフィック端末から呼びだして画面に出力させることもできるが（センターニュース№37参照）、TSSで計算した結果をグラフィック端末の画面に直接出力するためには、さらに別のライブラリGDSP－6を使わなければならない。また、PGL－6のサブルーチンと通常のFORTRANのステートメントが混在していてもかまわない。つまりプログラム上でラインプリンターへの出力とプロッタへの出力を交互に行わせることも可能で、計算結果を1度にプロッタに出力する場合に比べて配列の数が少なくて済むという利点がある。ディジタル・プロッタを使う場合、ジョブ区分はHクラスとなり、ライブラリを使うためにJCLも多少変わるので注意を要する。

以上でプロッタの使用法に関する説明を終わりますが、説明が断片的でわかりにくくなったことをおわびします。ここに書いてあることに納得のいかない人は、前述のセンターおよびNECの説明書を読めば、CLEARになると思います。ただ、マニュアルの記述はあまりにも形式的ですので、これから使用法をマスターしようとしている人は本稿を読んで雰囲気をつかんでからの方が理解しやすいのではないかと思っています。

読み返してみると造船学科の紹介も中途半端だし、プロッタの説明にしても不十分で、あまり価値のある内容とは言えないようですが、どちらにしても専門的になり過ぎて書いている人間の自己満足に陥いらないようにと注意したつもりです。少なくとも間違った事は書かないように努力したのですが、筆者自身も計算機センターに通いはじめて1年にも満たない未熟者ですので、内容の乏しいことは御勘弁下さい。