

海上交通分野への電子計算機の応用

運輸省 港湾技術研究所 正会員 奥山 育英

1. はじめに

海上交通に関連して電子計算機は広く活用されており、新鋭船の自動操縦装置、海上交通安全システム、港湾情報センター、陸上ターミナルや船舶における貨物と荷役のコントロール等々、いろいろな形態で電子計算機利用の開発が完了あるいは進行中である。

ここでは、それらとは別に、土木工学分野において陸上交通工学と比較して、著しく遅れている海上交通工学の分野での最近における電子計算機の応用について報告する。

今回は、電子計算機利用が中心テーマなので、内容よりも、電子計算機の応用手法に重点を置く。

2. 海上交通の実態観測データの処理における電子計算機の利用

陸上交通の実態観測の場合は、デテクターを道路に設置して自動的に交通量を測定したり、調査員を各交差点に配置して広域的に交通量を把握したり、カメラやVTRによって交通流を撮影して、交通実態の観測を行うが、陸上における線交通に対して、海上交通は面交通であること、および陸上交通では歩行者から大型トラックまでが対象であるのに、海上交通では1t以下の小船から50万tにもおよび超大型船が対象であることから、観測は難しく、最近に至って、レーダーを用いて船舶の交通軌跡を写真撮影し、同時に調査員による目視観測を併用して、海上交通をマクロ的に把握する方法が固定してきたといえよう。狭い水域における交通特性を把握の場合にはカメラを利用する点に於いては陸上交通観測の場合と同様であるが、平面的な位置を求めようとする場合は、高所からの撮影あるいは2台のカメラによる撮影を要する。

レーダー像の撮影にあたっては、後にづく処理をも考慮して、 α 分毎に b 秒間露光して C 回同一画面に重ね撮りしてフィルム巻きという自動撮影装置が開発されており、さらに最初の露光時刻をフィルムの端に写し、また船舶の進行方向を知るためおよび他船との交錯による船舶の識別を容易にするためにシャッターは全露でなく、黒色の光量を少なくするフィルターを用いて、通航船舶の航跡が写るように工夫してある。

このようにして得られたフィルム画像と目視台帳をつきあわせて観測データが作成され、電子計算機による処理を行う以前は、これらからマニョアルで航跡図、ゲートライン通過隻数、速力分布図等を求めるだけで、観測データは、内に有する海上交通工学上の貴重な情報にも拘らず放置されてしまうのが常であったが、観測のための時間と費用は莫大なことから、観測データのもつ全情報をできる限り活用しようと電子計算機処理法を開発した。

レーダー像の処理方法は、フィルムアナライザーまたはリーダープリンターで印画紙に焼きつけ、目視台帳とつきあわせをしながら、航跡を上記の α 分毎にプロットする。この部分が、この解析作業処理においてまだ人力および判断に頼る箇所であり、この他は座標読取装置を用いた単純作業を残して、ほとんどが機械化されている。

航跡をプロットした図面には、プロット開始の日・時・分、船種、およびトン階等を同時に記入しておき、それを図1のように、座標読取装置版の左半分に置いて、右半分においた日・時・分、船種、トン階等のコード表のメニューを用いて紙テープを作成する。

具体的に紙テープを作成する手順は、

- i) 航跡図を座標読取版の左半分に貼る。
- ii) 右半分においたコード表のメニューとは、図4に示すように、座標

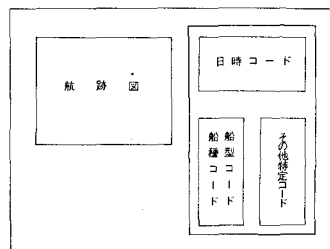


図1 座標読取装置版



図2 座標読取作業

読取装置版上にある意味を持たせたエリアを設定し、左側の航跡の情報の覚えがきを紙テープに座標として記憶させるものであり、グラフペンで例えば図4の1を押すと、 $3000 < x < 3100$ 、 $3400 < y < 3500$ の座標(x, y)が描けて紙テープにパンチされ、遂にその紙テープを読みこんで、x, yが上の不等式を満たせば、1であると判別できるようにしたものである。下段のカタカナのカ、タ、リ、フ、……は、各々、貨物船、タンカー、旅客船、フェリー、……と対応するもので、航跡プロット図の覚えがきをパンチする際に用いる。新しい航跡プロット図を版に貼。てからの処置は、まず、コードメニューの改紙を押し、次に図の頁数(何枚目の航跡プロット図であるかということ)、航跡プロット図上で与えられている二つの固定点(左トンボ、右トンボと称し、この順番に図上の点を押す)、そのプロット図での船番号をメニューコードの数字エリアで押し、次にその船番の船のプロット開始の日、時、分を順番に数字コードメニュー上で押し、さらに船種、トン階をコードメニュー上で押し、これらの船舶についての覚えがきを押した後、0.1分毎の航跡プロット点を次々に押していき、それらが尽きたら、2番目の船で同様の作業をくり返し、その頁の船が尽きたら、次の航跡プロット図を貼り、改紙の押しから同一手順をくり返す。コードメニュー右上の消去エリアは一点のプロットの押しまちがいをキャンセルする場合に用い、二点以上のキャンセルの場合は、全消去エリアを押して、その航跡プロット図の改紙からすべてをやり直すものである。

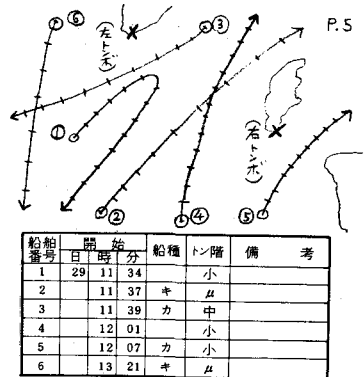


図3. 航跡プロット図

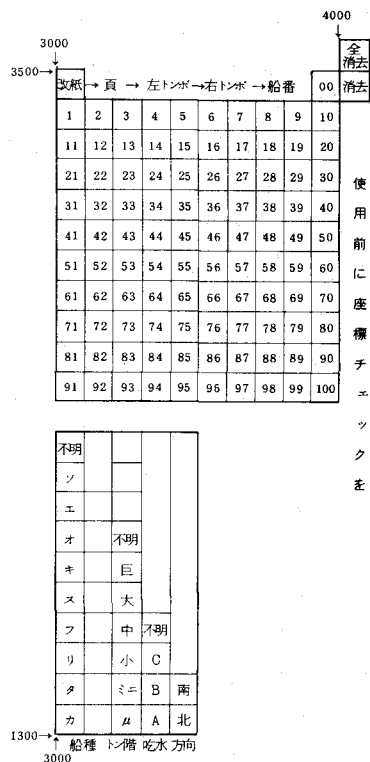


図4. コードメニュー

iii) すべての航跡プロット図が上の方法で紙テープにパンチされたらその紙テープを電子計算機で読み込み、座標値を逆変換してコードに直し、航跡は左右トンボの絶対座標を与えることにより、相似の性質を利用して、与えられた絶対座標系での座標値とした磁気テープが作成される。

以上の手順により、レーダー観測および目視観測で得られた情報は、一本のMTにまとめられ、データ配列は、一船が

$(K(I), I=1, 10), (X(I), Y(I), I=1, K(10))$

の形で格納され、すべての船の情報が尽きた後に、ENDFILEコードがくる形をとっている。

ここで、アレーKにはK(1)からK(10)の順に、頁、船番号、日、時、分、船種、トン階、ダミー、プロット時間隔a、航跡プロットの点数を格納し、その後、 $X(1), Y(1), X(2), Y(2), \dots, X(N), Y(N)$ 、但し、 $N=K(10)$ 、の順で、K(3)日 K(4)時 K(5)分から、a分毎の絶対座標系での座標値が格納されている。

このような形で保存されている観測データは、犬吠埼沖、剣埼沖、下田沖、伊良湖水道、潮岬沖、采島海峡東口、采島海峡西口、紀伊日ノ御崎沖、備讃瀬戸乃生岬沖、南門海峡、東京湾内(東京港外、川崎前島沖、千葉沖、横浜沖、木更津沖、蒲賀水道)があり、さらに、今年度は、名古屋港外、大阪湾泉南沖、館山湾、備讃瀬戸西部、釣島水道の観測が終了し、上述のMTの完成を待つ状態にある。

3. 交通特性の解析-その1

ここでは、2によってファイル化された航跡データを用いて、従来のマニュアルで行われていた解析作業、あるいは人力では不可能であったが電子計算機によって初めて可能となった解析作業をあげる。

3.1 航跡図(図5)

海上交通実態調査といえば、かつては航跡図を求めることと交通量をカウントするぐらいなものであった。たゞ一般的なものである。ファイルを作成する際に作成した航跡プロット図は一図面数船舶の航跡に過ぎず、時向帯別、船種別、船型別、通過経路別等に限られた航跡図を作成して、ディスプレイ、ドロッター等で図化出力する。



図5 航跡図

3.2 ゲートライン通過隻数図(図6)

与えられたゲートラインを等分割し、各ゲート毎の通過隻数を、両方向に棒状に示した図で、上記の区分別および除外進入角を決めて、通過船舶の取捨選択を可能としている。

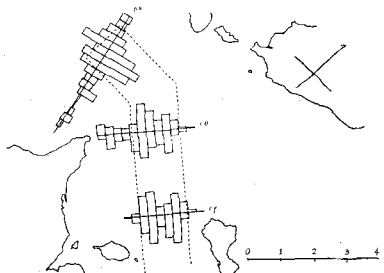


図6 ゲートライン通過隻数図

3.3 速力分布図(図7)

与えられたゲートラインを通過する船舶について、通過するときの速力を求め、速力ランク毎の隻数の分布を示すものであり、これも3.2と同様に区分別、除外進入角による取捨選択が可能である。

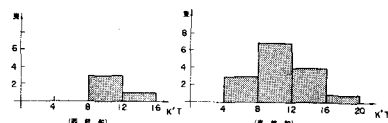


図7 速力分布図

3.4 密度分布図(図8)

観測海域を正方形のメッシュに区切り、そのメッシュ内の滞在延べ時間(メッシュ内を通過した各船舶の滞在時間の総和)を観測時間で除し、そのメッシュを1km²に換算して(具体的にはメッシュ面積km²で除す)その値のランク毎に設定した模様により図示したものである。L換算、L換算密度も指定により求められる。

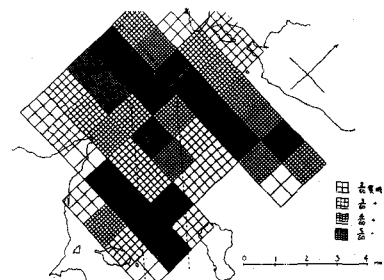


図8 密度分布図

3.5 解析指定の容易化

上記4種類の解析法を典型的な解析と称し、実態観測の際には必ず求めているが、これだけに限っても、図面の指示、区分の指示、除外進入角の指示、メッシュやゲートラインの指示、分割数の指示、ランクの指示等をかえて求めようとする、一海域で数十以上にお

よぶことも稀でなくなり、誤りを伴うこと、および解析指定のデータカード枚数が多くなり煩雑になり過ぎることから、航跡プロット図のメニュー化の考え方を応用して、典型的な解析を行う場合の注文表を考案した。これは該当する記入方法に従って〇印で囲んでいくだけでよく、解析したいメッシュ、ゲートライン、ゾーン等と地形や縮尺記号、方位記号等を指定した解析設定図と対して解析注文を行う。電子計算機に入力するには、解析注文表と解析設定図を座標読取版上に貼って、指定されたトンボを2つプロットしてから、これらをなぞっていくだけで、解析指定の入力が為されるわけである。電子計算機内ではこれらの座標値が解析指定のコードに変換されるわけであるが、この方法は航跡プロットの場合と同様である。解析注文表と解析設定図の例は、スペースの関係で割愛するが、シンポジウムの当日にスライド等で示す。この手法は各種アンケートの解析にも応用できよう。

4. 交通特性の解析-その2

従来の実態観測では、撮影と複写を除いた作業はすべて人力で為されていたが、既述の様に、解析担当者は解析注文表と解析設定図の作成という非常に単時間で終る作業にまとめられ、しかも、解析結果が電子計算機で早

く得られることにより、それだけ他の面へ精力をつぎこめるようになった。
しかし、他の面の作業でも思考を要しない集計および図化作業は電子計算機にまかせるのが得策であり、自船を固定させた他船の相対航跡、二船間の最近接距離分布、ゾーン内のむき交通量、海域における交差位置図、海域を小海域にわけてそこでの変針角度の頻度、ある時刻における船舶位置図(図9)等が現在開発されているが、数式等ではきりと定義される量は、プログラムを作成するだけで求められよう。

また、陸上に交通工学の理論が数多くうちたてられているが、海上交通工学上の新理論の検証にも役立てられよう。

観測法については、広大な海域を観測するために、複数のレーダーを利用した観測法(東京湾の例)、移動船舶によるレーダー観測データの処理等も試みられており、それらはシンポジウム当日スライド等で報告する。

また、図9を時々刻々求めて、それを電子計算機から直接COMを利用して、1日分約10分の16mm映画を作成し、交通実態のビジュアル化を行った(東京湾3台レーダーの同時観測)。
5. おわりに

電子計算機利用の海上交通への応用例として、実態観測データの処理法とその後の解析作業を概説したが、電子計算機の利用は、実態観測結果の成果の利用範囲を広げ、比較的未知なことからの多い海上交通工学の分野に、マクロ的ではあるが、第一次近似的な解を与え易くなったといえよう。また、MTに格納された実態観測結果は、はかり知れない情報と有しており、海上交通工学の面ばかりでなく、非常に貴重な資料になると思われる。

電子計算機利用という面からは、3つの型の海上交通シミュレーション、すなわち、最近に至って非常に利用需要の多い(東京湾、伊勢湾、備後瀬戸、高知港、むつ小川原港、西若小牧港等)大海域における航路体系等のネットワーク上で船舶を移動させてそのネットワークをマクロ的に評価するネットワークシミュレーション、ネットワークシミュレーションで問題の生じた際に管制をとり入れてその管制を評価する管制シミュレーション、さらに、非常に狭い海域において船舶の運動方程式を利用して船舶の挙動をみて水路系を評価する接船シミュレーションが開発されており、さらに改良中であるが、それらについてはよりまとめた段階で発表する。なお、シミュレーションの入力データ作成と出力結果の妥当性をみるためにも、上記観測データは貴重な資料である。

ここで述べた電子計算機利用による海上交通実態の解析は、外国の関係者においても高く評価されているが、これらは、運輸省港湾局、海上保安庁、日本海難防止協会、東京商船大学、海上保安大学、電子航法研究所、船舶技術研究所、航海訓練所をはじめとする関係機関と多くの関係者の協力なくしては為され得なかったものであり、厚く感謝する次第である。また、実際の開発研究を担当した港湾技研システム研究室の研究者および日本海難防止協会の担当者にも併せて深謝の意を表する次第である。

〔参考文献〕1)~8)はこのデータ処理システムの開発過程および適用例。9)は図化手法の説明である。

- 1) 奥山早藤・中辻・佐々木；海上航行船舶挙動に関する研究(第1報)、港研報告第14巻1号、1976年3月
- 2) 狭水道、沿岸における船舶交通の実態調査、日本海難防止協会、昭和51年3月
- 3) 東京湾船舶航行実態調査報告書、運輸省第二港湾建設局、昭和51年3月
- 4) 伊勢湾湾口部船舶航行実態調査、運輸省第五港湾建設局、昭和51年3月
- 5) 奥山早藤・中辻・佐々木・吉田；水域計画手法に関する研究、昭和51年度港湾技研講演会講演集、1976年12月
- 6) 奥山早藤・中辻・佐々木・吉田；海上航行船舶挙動に関する研究(第2報)、港研報告第15巻1号、1977年3月
- 7) 狭水道、沿岸における船舶交通の実態調査、日本海難防止協会、昭和52年3月
- 8) 内河航路計画調査報告書、運輸省第四港湾建設局、昭和52年3月
- 9) 奥山；簡易図化プログラミングシステムの開発、情報処理学会、第18回全国大会論文集、昭和52年10月

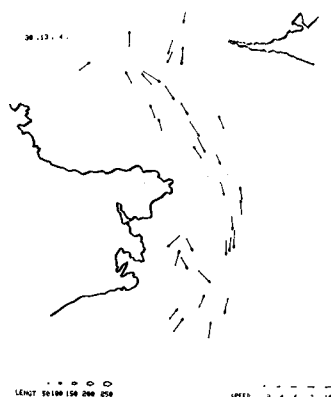


図9 30日13時4分における
浦賀水道船舶位置