3　電子計算機利用の具体例

3－1）水産資源研究への利用例

嶋　津　靖　彦　（東海区水産研究所）

1. まえがき

近年の電子計算機（Electronic Computer, EC）の普及にともなつて、水産資源研究の分野でも、大量の資料の処理を必要とする統計計算や複雑な科学計算の遂行にＥＣはしばしば利用されており、判断のための有益な情報をもたらしている。しかしながら、資源研究のための資料の蒐集には特異性があり、画一的な処理のできぬことが多い。このため、ＥＣの利用法は、いまだ流れの中の一断片でのソロバンもしくは卓上計算機の延長の域を出ないものがほとんどであり、メリットを十分に発揮させるようなシステム化に至る道は遠いようである。現在の段階では、資源診断や漁況予報などの数理的取扱いを行なう時にはＥＣは有用にして不可欠な道具となつている。利用の一例として最近行なつた資源診断についてお話したいと思う。さらに、通常ＥＣと呼ばれているところのディジタル型の計算機とは演算原理を異にするところのアナログ型の計算機についても、若干の利用例をあげて説明したい。この種の計算機も問題によつては有効に利用することができよう。

2. ＥＣの利用例：南氷洋産ナガスクジラの資源診断

(1) 背景：南氷洋産鯨類のうち、母船式捕鯨開発当初よりの累積捕獲量が５０万頭を越えるナガスクジラは、生物生産の側面から見ても最も重要な鯨種である。ナガスクジラの最も有力な年令形質は耳垢栓であり、従来はこの断面に見られる縞が年間２本ずつ形成されると考えられていたが、最近になつて年間１本の妥当性が確認されるに至つた。そこで資源診断を改めて行なうことが必要になり、現在得られる限りの資料を用いて作業を行なつた。

(2) 資源診断作業の流れ；研究は東海区水産研究所数理研究室と遠洋水産研究所鯨類研究室との連携で進められた。まず初めに全体的な流れを設計し、項目別分担を明らかにすることが必要であつた。ＥＣによる計算の流れは第1図に示すように設計した。図のような作業手順の表示は、ＰＥＲＴの基本的な手法であるところのネットワーク表示（またはアローダイアグラム）であり、○印（節、区切り、node）と○印とを結ぶ矢線は仕事（job, activity）と呼び実際に作業を行なうことを示す。破線の矢線はダミー（dummy job）と呼び実際には作業を行なわないが前後の関連を表わすために用いられる。このような図を書くことによつて、全体の流れの中での各作業の位置づけを明らかにし、流れが最適になるように改善して行くことが可能となる。

インプット・データとしては、ＩＢＭカード約１２０００枚（体長組成、努力統計、捕獲統計を国際捕鯨統計局でパンチしたもの）およびAge-length key 原表がほとんど全てであり、他の項目はこれらの資料をもとに一連のモデルに従つて計算を行なつている。ＥＣによる流れと並行して、妊娠率、成熟率、性的成熟年令、性比等の生物学的資料の経年変化を整理した。これらはBiological parameter としてもモデルの設

定に導入したり、計算結果の検討に役立てるためのものである。さらに、目視観察の解析、標識資料の解析、De Lury の方法などによつても資源量を推定し、ECによる流れの中で得られたものと比較・検討した。

(3) 計算の内容；計算のまとまりは5つに大別される。それぞれの内容は以下に記すように、比率、分類集計、回帰および数式による計算がほとんどであり、特に高級な手法は用いていない。

1) Age-length key の作成および年令組成への変換では、耳垢栓による年令査定結果から性別、海域別（南氷洋を経度割りしたⅠ～Ⅵ区、および計）に体長（ft.）別年令出現率を計算し、14通りの key を作る。次にこれらを適宜用いて、体長組成を年令組成に変換・集計する。

2) 努力量の標準化と密度指数の計算では、捕鯨船延操業日数（CDW）を平均捕鯨船トン数により補正する。この値と年令組成とから年別、月別、海区別、性別に密度指数を計算する。

3) 諸種パラメタの推定では、年別年令組成より若令群（7～15才）と高令群（31～50才）について対数回帰により全減少係数（Z，高令群のZは自然死亡係数（M）と見做す）を計算する。また、同一年級群のひき続く2年の密度指数の比から、Zを計算し年別に平均値を求める。次にこれらのZおよびMを用いて海区別に漁獲能率（q）を計算する。

4) 再生産関係では親鯨（成熟年令以上の雌鯨）およびこれに由来する加入鯨の指数により、再生産曲線をあてはめる。

5) 資源量、SYおよびMSYの計算は、qと努力・捕獲統計を用いて資源量を計算すること、および適当な再生産関係をもとにして数学的モデルによつてSYおよびMSYを計算することである。

以上は主として計算の内容と相互関係について述べた。総合的なネットワーク表示、数式および結果の詳細は後日発表の論文を参照されたい。

(4) まとめ；今回の広範なレビューによつて整備されたAge-lenath key および諸種パラメタの推定値は、今まで発表されたものの中で最も信頼のおけるものであろう。多数の資料を集め多量の計算を行なつたこと、すなわち、計算の実行に当つて合理的にECを利用したことがその成果につながつたものである。総合的なとりまとめは既に発表したが、[1] 再生産関係に若干の仮定を持ち込まざるを得なかつたことなどいくつかの点が今後の問題として残されている。

ECによる作業を通して、発注書の作成や結果のチエックが簡略化されねばならないと感じた。計算内容ごとに、データ、I/O を指定すれば済むようなパックを作成し、これらを綴り合わせるようなシステムはどうであろうか？

3. アナログ計算機とその利用例

(1) アナログ計算機について；数値をそのままの形で取扱うディジタル型の計算機に対して、アナログ型の計算機では数値を電圧（電子管式）や電流（トランジスター式）に置換して取扱う。ＥＣのプログラミングに対して、アナログ計算機（Analogue Computer,AC）ではいくつかの線型・非線型ユニットを組合せて数式や現象を相似することによつて解く。解はブラウン管オシロ、ペン書きオシロ、Ｘ－Ｙプロッターにより示されるので、視察により直ちに系の全体的なイメージを把握することができる。総合的な精度は個々の部品の精度の積となるので、有効桁数はたかだか3桁程度でありこの点ではＥＣに及ばないが、装置が小型で安価、取扱いが容易、簡単な操作で微・積分方程式が解ける、応答が速いのでcut and Try に適するなどの特長をもつている。これらの特長を生かして、自動制御系の特性設計、宇宙・航空関係のシミュレーター、その他水力学をはじめとする広い分野の科学計算にも用いられている。

(2) 水産資源研究への利用例；魚類の成長、資源量の変化、魚種間関係をはじめとして、資源研究の分野では微分方程式による表現が多い。これらのモデルは解析的に解くことが困難な場合がしばしばあるが、そのような時にはＡＣが非常に有用である。東海区水産研究所にはこのような目的をもつて高速度型の電子管式ＡＣが設置されている。これを用いて発表されたもののうちから若干を取上げてみよう。

1）鯨類の資源状態の推定[2]；南氷洋産ナガスクジラの努力・捕獲統計から、1948／49漁期における資源状態を推定した。方法は資源の増大をロジスチック曲線で表現し、これと年々の努力量（X，任意函数発生器により近似する）とから計算した捕獲数（C，$\frac{dc}{dt} = \alpha \times N$）を実際の傾向と比較した。この結果から、前記の漁期の資源は飽和状態よりはむしろ初期の増大期にあつたと考えられること、および漁獲能率（q）はかなり小さいようであることが推察された。

2）魚種間関係の解析[3]；日本近海の魚種についてVolterra の式によつて表現される食害・競合の種間関係が認められるかどうかを追求した。この式は非線型であるので解析的には解き難いが、ＡＣを用いれば容易である。実際には第2図に示すように各ユニットを接続すればよい。餌料魚（N_1）または捕食魚（N_2）のいずれかの資源量（実際には漁獲量を用いる）の変化を任意函数発生器により近似し、他の一方の変化に関与する係数を変化させて行く、いわゆるcut and try method により、現実の傾向に近似するように努力する。このようにしてそれがほぼ一致した時には、一応種間関係が認められるとした。たとえば、南海区海域のクロマグロと沿岸魚種数種の漁獲量の間には、現実の傾向とよく似たものを作り出すことが可能であり、このことから両者の間には強い食害関係のあることが推察された。この他にも数百種もの組合せについて同様の方法で解析を試みている。

4. 要　約

電子計算機の水産資源研究への利用例として、南氷洋産ナガスクジラの資源診断を行なつた例について説明した。この作業の中で電子計算機は合理的な設計に基づいて利用され、いくつかの有用な結果をもたらした。また、微・積分方程式を解くのに有利なアナログ計算機についても説明し、資源研究における若干の例を上げた。いずれの型の計算機を用いるにせよモデルを設定するのは人間であり、計算機は″使いよう″な道具である。この有用な道具を駆使して資源研究の流れを合理的にして行くことが将来の目標の1つであろう。

〔参照文献〕

1) DOI, T., OHSUMI, S., NASU, K. and SHIMADZU, Y. 1969: Advanced assessment of the fin whale stock in the Antarctic, 国際捕鯨委員会第21回年次会議で発表

2) 土井長之　1962：日本近海魚種の魚種間相互関係の解析についての研究，東海水研報，32号

3) DOI Takeyuki 1962: Dynamical relationships between variations of the Antartic fin whale catch and catchers' days' work, B.J.S.S.F., 28 (12)

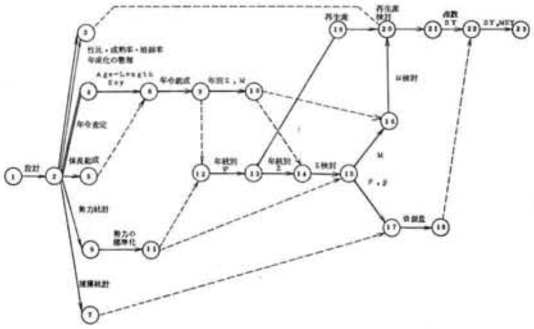

図1　南氷洋産ナガスクジラの資源診断のための
EC計算作業のネットワーク表示

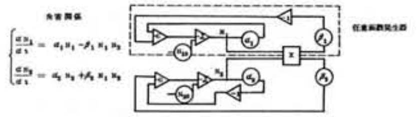

図2　食害関係についての Volterra の式と
それを解くためのブロック線図