

〔シリーズ：パソコンを使ったパッケージソフトとその応用〕

EQUATRAN-G

＝方程式解法ソフト＝

(株)オメガシミュレーション 横山 克己
Katsumi Yokoyama

1. はじめに

最近、方程式を扱うソフトがいくつか販売されるようになってきており、技術者、研究者の生産性向上のために不可欠のツールになりつつある。本稿ではこれらのソフトの中でも、大規模で複雑な問題が取り扱えることから、現場の技術者の間で高い評価を得ているEQUATRAN-G（イコートラン・ジー）を紹介する。

EQUATRAN-Gは連立方程式を数値的に解くソフトで、数値計算をプログラミングせずに行うことができる。いわば「技術計算のための簡易言語」である。方程式をそのまま入力するだけで、直接数値解を得ることができる。

EQUATRAN-Gは、三井東圧化学(株)が1985年にパソコン用ソフトとして開発し発売を始めたEQUATRAN-Mが原型になっている。その後大幅に機能拡張されて、ワークステーションやWindowsに対応したEQUATRAN-Gが開発された。現在は、今年4月に三井東圧化学(株)と横河電機(株)との合併で設立された、(株)オメガシミュレーションがその業務を引き継ぎ、EQUATRAN-Gの開発および販売を行っている。

EQUATRAN-Gには、現在パソコン用としてWindows95/3.1対応の「EQUATRAN-G for Windows」と、ワークステーション用の「EQUATRAN-G for Motif」がある。

2. EQUATRAN-Gの概要

(1) どのような方程式が解けるか

EQUATRAN-Gでは以下のような方程式を扱えるが、その方程式はそのままの形で入力すればよく、変

形したり、解く順序に並び替える必要はない。

- ・線形連立方程式

- ・非線形連立方程式

高次方程式、超越方程式や、一般の非線形連立方程式を解くことができる。

- ・常微分方程式

連立常微分方程式の初期値問題を数値的に解くことができる。この場合、線形あるいは非線形を問わず、かつ高階の常微分方程式までも扱える。

- ・最適化計算、最小2乗法計算

最適化計算は、評価式の値が最大あるいは最小となるように、1つあるいは2つ以上の独立変数の値を求める問題である。また、一般の多変数最小2乗法計算も可能である。

- ・複合問題

以上の方程式が混在した複合問題も、方程式を書き並べるだけで扱うことができる。さらにユーザー関数を利用すれば、高度な複合問題（多重積分、2点境界値問題、動的システムのパラメータ同定問題など）も可能である。

(2) どのような場面に応用できるか

- ・数式モデルによる設計・解析

電気回路の計算や化学プロセスの物質収支・熱収支計算などのバランス計算は、線形・非線形連立方程式でモデル化できる。このような問題は、モデルの変更によって入出力が変わるなど、方程式の解く順序が大幅に変わるわけだが、EQUATRAN-Gなら柔軟に対応できる。このほかの例には、化学平衡計算、気液平衡計算、管路網の計算などが

ある。

- ・ダイナミックシミュレーション

常微分方程式でモデル化すれば、連続系のダイナミックシミュレーションが簡単に行える。振動系のシミュレーション、電気回路の過渡現象、制御系の解析や設計、反応速度式の検討、血液循環系や社会システムのシミュレーションなどに応用できる。

- ・カーブフィッティング

他にも数値計算全般を扱えるが、データから近似式を作るカーブフィッティングもその身近な応用例である。観測データや文献などのデータから近似式を求めるのに最小2乗計算をし、データと近似式をグラフにプロットして評価できる。

3. EQUATRAN-Gの機能・特長

(1) 方程式解法機能

線形・非線形連立方程式の場合は、そのまま入力するだけである。特に非線形の場合は、一般に直接解くことができないので、繰り返し収束計算が必要になるが、EQUATRAN-Gでは線形部分や非線形部分を判断して、それぞれの計算手法を自動的に組み込む。なお、ユーザーが繰り返し収束計算の方法を指定することも可能である。

常微分方程式では、微分項はアポストロフィ（'）を微分記号として dx/dy は x' 、 d^2x/dt^2 は x'' と書き表せばよいので、高階の方程式でもそのまま扱うことができる。

最適化・最小2乗法計算は、独立変数と評価変数を指定するだけである。

(2) 方程式記述機能

数式モデルを簡潔に記述するために以下のような記述機能が用意されている。

- ・配列変数

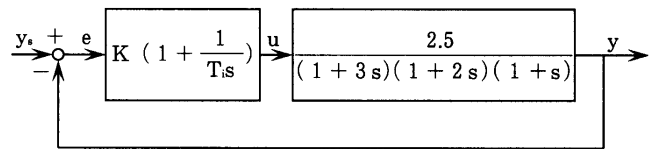
1次元および2次元の配列変数が扱える。

- ・組み込み関数

対数、指数、三角関数など36種類の関数を内蔵している。

- ・数表

変数間の関係が図や表として与えられている場合に、数表として定義し、方程式の中で関数のように利用できる。



第1図 フィードバック制御系

- ・条件付きの式

条件によって場合分けされるような式を表現できる。

- ・ユーザー関数とマクロ

規模の大きな問題は、ユーザー関数やマクロでモデルを分割してモジュール化することにより見通しが良くなる。また、モジュールの再利用も可能となる。

(3) グラフ作成・レポート作成機能

計算結果を加工する機能に、グラフ作成とレポート作成の機能がある。

計算結果をグラフ化することにより、その評価が視覚的に行える。片対数・両対数グラフ、スプライン曲線による補間、1～3次式による近似曲線など、科学技術分野向けのグラフ機能が用意されている。自動設定機能により、簡単にグラフが作れ、しかも、各種のメイクアップ機能により、完成度の高いグラフが得られる。

また、レポートの形に作成したテキスト中に、計算結果を任意の位置に、任意のフォーマットで埋め込むことができるので、レポートの作成も容易である。

4. 応用例

ダイナミックシミュレーションの応用例として制御系の応答を取り上げる。

第1図のようなフィードバック制御系で、目標値 y_s が単位ステップ状に変化するとき、制御量 y および操作量 u の応答を求めよ。PIコントローラのゲイン K と積分時間 T_i はそれぞれ

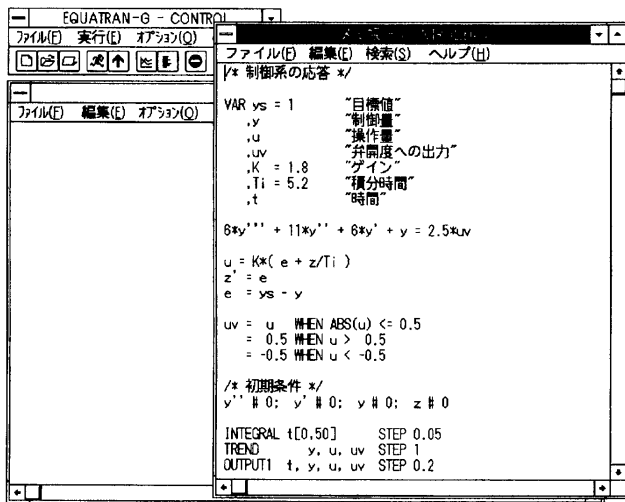
$$K=1.8, T_i=5.2$$

とする。また、操作量は弁開度への出力であって $|u| \leq 0.5$ という制限があるとする⁽¹⁾。

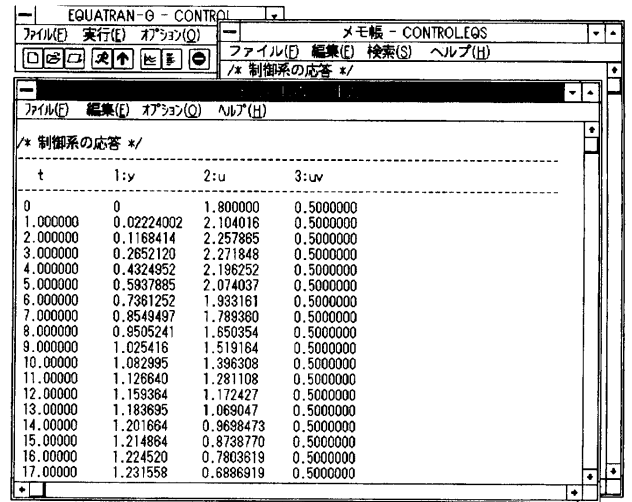
制御対象の伝達関数は

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{2.5}{6s^3 + 11s^2 + 6s + 1} \quad \dots(1)$$

であるが、これを微分方程式の形に直すと



第2図 ソーステキスト



第3図 計算結果

$$6 \frac{d^3y}{dt^3} + 11 \frac{d^2y}{dt^2} + 6 \frac{dy}{dt} + y = 2.5u \quad \dots(2)$$

となる。

また、PI制御器の伝達関数は

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K \left(1 + \frac{1}{T_i s} \right) \quad \dots(3)$$

であるから

$$u = K \left(e + \frac{z}{T_i} \right) \quad \dots(4)$$

$$\frac{dz}{dt} = e \quad \dots(5)$$

と直すことができる。

そして、題意より

$$e = y_s - y \quad \dots(6)$$

である。

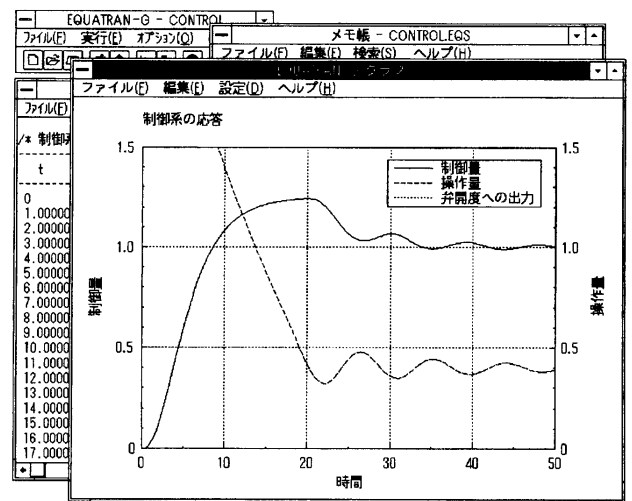
方程式を記述したものをソーステキストと呼んでいるが、EQUATRAN-Gを起動してソーステキストを入力した様子を第2図に示した。11行目に制御対象の微分方程式(2)式が、13~15行目にPI制御器の(4)~(6)式が入力されている。

17~19行目は操作量uと弁開度への出力uvの関係を与える条件付きの式で、

$$u_v = \begin{cases} u & |u| \leq 0.5 \text{ のとき} \\ 0.5 & u > 0.5 \text{ のとき} \\ -0.5 & u < -0.5 \text{ のとき} \end{cases}$$

を表しており、WHEN以降の条件によって場合分けされて計算される。

24行目のINTEGRAL文が積分の指定をする文で、



第4図 計算結果 (グラフ)

tについて積分区間0~50で、きざみ0.05で積分することを指定している。また、22行目は初期条件の指定で、25、26行目は出力の指定である。

このソーステキストを実行してみると、第3図のようにTREND文による積分の途中経過が出力ウィンドウに表示される。しかし、数字の羅列では変化の様子がつかみにくいため、グラフに表示したのが第4図である。応答の様子がよく分かる。

5. おわりに

EQUATRAN-Gを使えばダイナミックシミュレーションが手軽にできるが、最近はこの技術が応用されてプロセス制御コンピュータなどのリアルタイム・システムに組み込まれたり、トレーニングシミュレータ

の基盤技術として使われたりなど、その活躍の場をますます広げている。

<参考文献>

- (1) 化学工学協会編：化学工学プログラミング演習、P.154、培風館、(1976)

【筆者紹介】

横山克己

(株)オメガシミュレーション 技術本部

パッケージ開発部 部長

〒169 東京都新宿区西早稲田2-20-9

ウィン西早稲田ビル

TEL：03(3208)4921 FAX：03(3208)4911

NEWS

GC63(デジタル微差圧計)

／(株)長野計器製作所

現場監視用として従来メカ式ゲージが微差圧市場を形成しているが、本デジタル微差圧計は電池駆動であることと低価格を実現したことで、スムーズな置換えが可能。

コンパクト設計でスイッチ出力(オプション)も対応でき、デジタル化による機能・性能面での優位性をPRポイントに空調・半導体業界における設備、機器向けを主体に販売。

■形 容 GC63

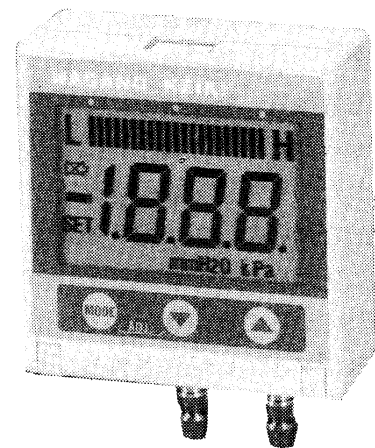
■センサ素子

シリコンキャパシタンスセンサ(SCセンサ)

■圧力レンジ 0～50Pa→5kPa

■特長

- 50Paからの微少な圧力を高感度で検出する小形微差圧センサを搭載。
- 電池駆動(単三アルカリ電池2本)により、外部電源や煩わしい配線作業が不要。寿命は連続動作で約2年。
- 現場監視用としての視認性を考慮した、大型LCDとバーグラフ表示を採用。
- オプションで外部24VDC電源とコンパレータ出力対応が可能。
- 小形・軽量・低価格を実現。
標準価格……………19,000円
年間販売目標台数……6,000台



■問い合わせ先／

(株)長野計器製作所
TEL:03-3776-5320

GC66(デジタル微圧チェッカ)

／(株)長野計器製作所

小形・高性能な微圧センサを内蔵し、デジタル表示により、正確且つ迅速な読み取りを可能としたポケットサイズの携帯専用モデル。空調業界を主体とするサービス、設備業者向けに販売する。

■形 容 GC66

■センサ素子 シリコンキャパシタンスセンサ(SCセンサ)

■圧力レンジ 0～100Pa→10kPa

■特 長

- 100Paからの微少な圧力を高感度で検出し、デジタル表示により正確且つ迅速な読み取りが可能。



- リチウム電池駆動(連続使用500時間)による携帯専用タイプ。
- リークチェック機能を搭載し、気密検査が簡単に行える。

標準価格……………25,000円
年間販売目標台数……………2,500台

■問い合わせ先／(株)長野計器製作所

TEL:03-3776-5320