

# グラフ電卓を利用して開発した教育教材

川谷 亮治\*  
Ryoji KAWATANI

高田 直人†  
Naoto TAKADA

## 1 はじめに

制御系の解析・設計において、コンピュータの利用は必須である。研究用という立場では、要求される演算処理能力や市販の開発環境等からパーソナルコンピュータの利用が前提となる。しかし、制御教育という立場で考えたとき、グラフ電卓の価値は十分に高いものとする。筆者らは、グラフ電卓のもつ高い機能に注目して、これまでに制御系解析・設計用ライブラリの開発を始めとして、汎用マイコンとの接続による教育用教材開発を行ってきた。本稿では、それら一連の研究内容を紹介する。

## 2 制御系解析・設計用ライブラリ

CACSD(Computer Aided Control System Design)としてよく知られているのが MATLAB である。また、最近では良質のフリーソフト Scilab も活用されている [1],[2]。それに加えて、筆者は教育という立場で、数値計算だけでなく数式処理の有効性も高いと考え、Maple や Maxima(フリーソフト)を併用してきた。

筆者が最初に手にしたグラフ電卓は TI-92Plus であるが、数式処理 Derive を計算エンジンとして持つだけでなく、容易にグラフを描くことができるなど、教育上有用と思われる多くの機能に強く興味をもった。また、TI-Basic を利用することで TI-92Plus 上でプログラム開発が可能である。そこで、制御系解析・設計用ライブラリの作成に着手した。これを完成させることにより、線形制御理論に基づく基本的な解析・設計が TI-92Plus 上で手軽に行えるようになった [3]。

## 3 マイコンとの接続

ところで、理論の理解を深めるために実験は欠かすことができない。前章のライブラリを利用して制御器の設計までは行えるが、グラフ電卓の能力からそれをそのまま制御器として利用することはできない。そこで、汎用マイコンとのグラフ電卓との接続を試みた [4]。この実現により、グラフ電卓が(センサ等を経由して)外部の情報を取得することや外部の機器に対して指令を与えることが可能となる。グラフ電卓が目耳や手足をもつ、ようなイメージで考えるとよい。

### 3.1 身近な科学

汎用マイコンとグラフ電卓の接続により、身近な題材を用いた利用例として、

- (1) おもちゃ(BitCharG, WildCharG) の制御
- (2) 赤外線リモコンの解析
- (3) GPS

に関する初心者向け教材を試作した [4]。

さらに、サウンドジェネレータ(YM2413B:YAMAHA)を利用して、図 1 に示す ISG(インテリジェントサウンドジェネレータ)を試作した [5]。サウンドジェネレータは、最大 9 音を同時に発生させることができるとともに、15 種類の音源を内蔵した LSI である。ISG により、グラフ電卓で音楽を奏でることが可能となった。

現代のわれわれの生活を縁の下で支えてくれているのが様々なセンサであり、グラフ電卓とマイコンの組み合わせにより、これらセンサを使ってみることができる。これにより、工学をより身近なものとして実体験させる教材の開発が可能になると考える。

\*福井大学大学院工学研究科機械工学専攻

†長野県飯田工業高校 電気科



図 1: ISG

### 3.2 制御教育用実験装置

電磁石を利用することで、鉄球のような鉄製の物体を引きつけることができる。もし、電磁石に適切な電流を流して、重力にちょうど釣り合う磁力を発生させることができるならば、鉄球を空中に浮上させることが可能となる。ただし、鉄球を安定に空中に浮上させるためにはフィードバック制御が必須となる。実験装置が簡単に構成できることから、制御の実例の一つとして広く利用されている。これが磁気浮上実験装置である。一例を図 2 に示す。

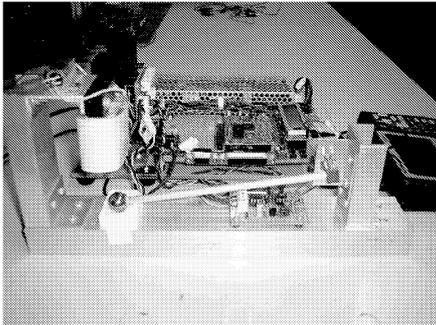


図 2: 磁気浮上実験装置

鉄球に対する運動方程式は、適切な仮定の下で、2 階線形微分方程式で近似することができる。グラフ電卓で解析・設計を行うには手ごろなサイズである。そこで、2 章で述べた制御系解析・設計用ライブラリを利用して実験装置を構成した [6]。現在、機械工学科 3 年生の学生実験の一つのテーマとして本装置を活用している。学生は、Voyage200 を利用して、微分方程式の解析を行い、制御器を設計する。それをマイコン (H8/3052F) に送り込むことで、マイコンが実験装置を制御する。さらに、制御結果をマイコンからグラフ電卓に送信できるので、理論結果と実験結果の比較をすぐに行うことができ、教育効果が高いと考える。

### 3.3 自律移動ロボット

「興味を引くこと」、それが様々な分野における教育の出発点と考える。自律移動ロボットは、生徒や学生が興味を持ちやすいもののひとつである。そこで、マイコン (PIC16F88) を搭載した自律移動型ロボット (図 3) を設計し、それをグラフ電卓上からプログラムを利用して指令を与えることができるようにした [7],[8]。

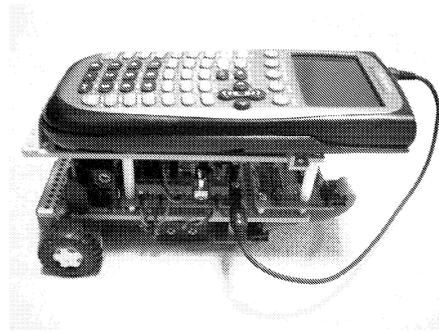


図 3: TI ロボ

## 4 おわりに

本稿では、グラフ電卓を利用して、筆者らがこれまでに開発してきた教育教材の紹介を行った。現在、グラフ電卓はさらに進化して、TI-*n*spire CX が登場した。カラー化されているだけでなく、Voyage200 と比較して演算処理能力が飛躍的に向上している。今後が期待できるグラフ電卓であると考えられる。

## 参考文献

- [1] 川谷:フリーソフトで学ぶ線形制御, 森北出版 (2008)
- [2] 川谷:「Maxima」と「Scilab」で学ぶ古典制御, 工学社 (2011)
- [3] 川谷, 高田:グラフ電卓を利用した制御系解析・設計用ライブラリ, システム制御情報学会論文誌, Vol.20, No.6, pp.248-254 (2007)
- [4] 川谷, 高田:Technology でおもちゃを動かす?!, 第 7 回年会 (2003)
- [5] 川谷, 高田:グラフ電卓で体験する身近な科学, 第 8 回年会 (2004)
- [6] 川谷, 高田:グラフ電卓を活用したフィードバック制御実験の一事例, 第 9 回年会 (2005)
- [7] 川谷, 高田:ロボット工作教室-あなたのプログラムでロボットが動く-, 第 10 回年会 (2006)
- [8] 川谷, 高田:TI-Basic に挑戦-あなたのプログラムでロボットが動く-, 第 11 回年会 (2007)