

オブジェクト指向プログラミングによるCAI教材

伊集院 八郎 斎中 浩

近畿大学 九州工学部

オブジェクト指向プログラミングによれば、ウィンドウ上のマウス操作を基本としたイベント駆動型のわかり易く使い良い教材が容易に得られることを電気工学の基礎科目教材を作成して示した。グラフィカルユーザインタフェースとしてのウィンドウ上のコントロールオブジェクトのもつ多くの便利な機能のうち、移動やリサイズの容易なこと、フォーカスの設定や機能の有効無効の切り換えが可能なこと、そしてキーボードやマウスの操作を受け付け得るものはそのどれをどの順番で選んでも適切な応答が得られることなどが利用されている。個々の構成要素を検証しながら、よりよいCAI教材作りのためのオブジェクト指向プログラミングの手法について考察する。

CAI texts prepared by object_oriented programming

Hachiro Ijuin Hiroshi Sainaka

Faculty of Engineering, Kinki Univ. in Kyushu

An object_oriented programming for CAI texts of the fundamental electric subjects has proved to produce clear texts of event_driven type that are easy to use and prepare. Most of the controls on the text window are not only easy to move or rebuild but also easy to set a focus on them or to switch the function modes of them. They suitably respond to events of the keyboard and mouse, even if any control were selected at any order. With checking the structural elements of the texts, better treatments of object_oriented programming for the CAI texts are discussed.

1 はじめに

情報化社会の大きな変革の渦の中で、教育の現場でも板書一辺倒の従来形式の教育法からコンピュータ援用のものへと少しずつ変化をみせている。コンピュータ援用によって期待される教育効果としては、学習者が自己の理解度に応じ反復学習を繰り返すことのできる事が挙げられる。ただし、この繰り返しは録音録画の再生のような全く同じことの繰り返しではなく、必要に応じて呈示される学習内容を変えられることが特徴である。つまり、ひとつのことを理解するのにいくつかの異った説明や演習が用意されていることが望ましい。この用意されている個数については、これまでは教材の作成者が教材のプログラム設計時に設定した有限の数に限定されていた。しかしながら、呈示される画面ごとに様々な選択肢を用意し、それを組み合わせながら教材を利用する場合には、ほぼ無数とも思える教材の活用法があると考えられる。このような教材はイベント駆動型プログラミングによって実現できる。イベントの発生にはマウス操作がよく使われる。マウスは項目の選択に便利なポインティングデバイスであるから、画面に選択項目があれば、その数だけイベントを発生できる。このような選択項目は単なるテキストや図記号であるよりは、マウスに感応する「物」として実現する方が、プログラミングが容易で、しかも選択に続く様々な操作を連続して施すことができるので便利である。本論文では、このような教材のあらゆる呈示画面にイベントを発生することのできる適当なオブジェクトを配置して、その使用に多様性を持たせた教材の作成のためのオブジェクト指向プログラミングについて、具体的に電気工学の基礎科目の教材を作成した事例を基に論じる。

2 電磁気学教材

電磁気学は現象論的に組み立てられている。そのすべてが Maxwell 方程式に凝集されているが、個々の現象を常にこの方程式から演繹的に説明することは難しい。基本的なことは電場と磁場に分けて論じられる。それでも場の概念やその具体的なイメージが描きにくく難解な科目とされる。ここでは点電荷や線電流のつくる電場と磁場を捉え易くするための場面構成について考察する。ただし、二次元問題として簡素化したため、電荷はすべて同一平面上に並び、線電流はすべて平行であるとしている。

2. 1 文字表示とコマンド通知のためのコントロール

まず図 1 は文字通り項目選択画面である。画面自体がウィンドウオブジェクトであるため、移動や拡大、縮小が自在である。このウィンドウとポインティングデバイスのマウスはイベント駆動型教材作成のためのオブジェクト指向プログラミングには必須のものと位置付けられる。ウィンドウに対する操作以外のマウス操作としては、ウィンドウ上に置かれた矩形ボタン(コマンドボタン、オプションボタン)のクリックがある。これによりそのボタン上やその隣りに記された機能が選ばれたことをウィンドウに通知することができる。ここに示されたボタン機能などの説明のための文を表示した枠(ラベル、スタティックテキスト)はいずれもウィンドウ上に配置されたオブジェクト(コントロール)である。これらはオブジェクトであるため可視の属性を与えれば視覚的に捉えることができ、さらにメソッドを付与してドラッグドロップ可能とすれば、それらを納めたツールボックスから取り出してウィンドウ上に配置ができるため、ビジュアルプログラミングが可能となり、わかり易い教材であるばかりでなく作り易い教材を得ることができる [1]。

これらのコントロールはウィンドウのクラスのサブクラスとして実現されるので、ウィンドウと同様

に移動やリサイズを容易に行うことができる。ここに示される文字表示用のコントロールはフォントの属性を細かく指定すれば、文字種やそのサイズ、スタイルを種々変えることができるので、テキスト中の重要度に応じた強調表示が可能となる。コントロールはその色属性であるフォアカラーやバックカラーを調整したり、表示と非表示の属性のみではなく有効と無効の属性を切り換えてそのコントロールを効果的に利用することができる。

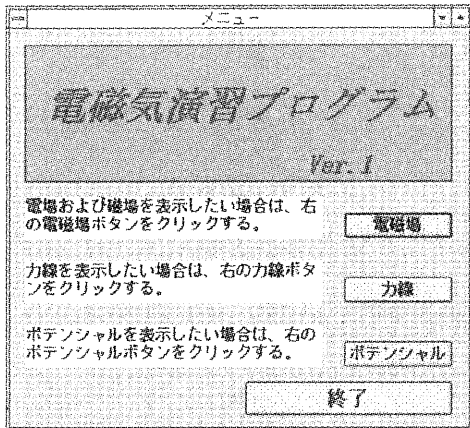


図1 電磁気学教材の項目設定画面

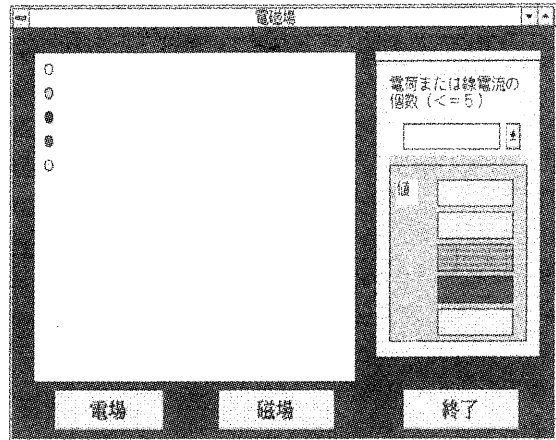


図2 場の表示のための設計画面

2. 2 電場および磁場の表示

図2は点電荷による電場および線電流による磁場を表示するための画面である。この画面は、それが現れた時に学習者がどの操作から始めるべきか迷うことのないように、画面右上の電荷や線電流の個数入力を促すテキストが点滅する。つまりこのコントロールにブリンク属性が設定される。さらにそのすぐ下の数値入力用の枠(テキストコントロール、エディットコントロール)には入力を促すプロンプトが点滅するので、学習者はこのコントロールに適当な数字を入力することになる。ただしこのコントロールはその右の矢印をクリックすることにより、1から5までの数字のリストを表示させることができるので、そのリストの中から数値を選ぶこともできる。この場合入りに許される数は1から5までの5文字に限定しているため、学習者の入力ミスを防ぐためにはこのような形のコントロール(ドロップダウンリスト)の使用が向いている。

ここで数値が入力されると、その数値と同じ個数の値入力用のエディットコントロールおよびその左隣の文字や図を出力するための枠(ピクチャーコントロール)に電荷や線電流の断面のイメージを丸印で表したコントロール(イメージコントロール)が現れる。すでに値の入力を促すプロンプトは1番目のエディットコントロールにあり、そのコントロールにクーロン単位の電荷量やアンペア単位の電流値を入力するとプロンプトは自動的に次のエディットコントロールへ移る。最後のコントロールに値を入力し終わると、これまで無効を意味する淡色表示されていた画面下方の電場および磁場と表示されたボタンが通常の表示に変わり、マウス操作可能となる。ただし、イメージはピクチャーコントロールの左上に並んだままなので、それぞれをマウスでドラッグドロップすることにより、コントロール上の任

意の位置に配置することができる。この段階で電場ボタンをクリックすると図3に示される電荷による電場の方向を示す矢印が現れ、その強さが色調表示される。同様に磁場ボタンのクリックでは線電流による磁場の向きと強さが表示される。ここで新たに加えられたイメージコントロールは、これがオブジェクトとして与えられるため、容易にマウス操作でドラッグドロップが可能となっている。さらにピクチャーコントロールは、そこに表示される図形（ここでの矢印など）が枠外に伸びる時はそれをクリップする役目を持つほか、内部の文字や図を枠ごと平行移動することを可能にしている。さらに値入力用の複数のエディットコントロールは、それらを束ねる枠（フレームコントロール、グループボックス）で囲まれている。さらにその枠およびその上の個数入力案内のコントロールと個数入力用コントロールを束ねた大きな枠も用意されている。このような枠は、その内部のコントロールをグループ化してまとめて動かしたり、そのグループ内のコントロールと外のコントロールを区別して用いるのに便利なオブジェクトとなっている。

このような構成にした場の表示画面の大きな特徴のひとつは、いつでも電荷や線電流の任意のものの値を変えたり、その位置を変えたりしてその影響を電場や磁場のボタンをクリックして知ることができることである。つまり、値や位置の変更には順位付けはされていないので、どのような変更でもそれを即座に結果に反映させることができる。この場合、電荷や線電流の個数を変えると、それまでの画面はクリアされ新しい個数に対する設定と表示が可能になる。

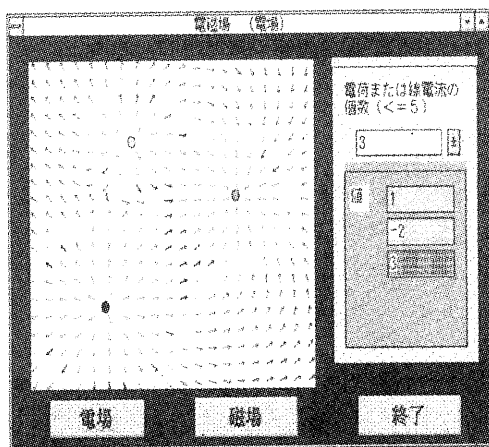


図3 電場の表示

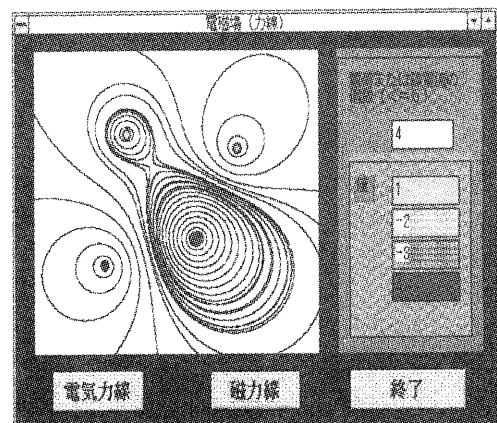


図4 磁場の力線表示

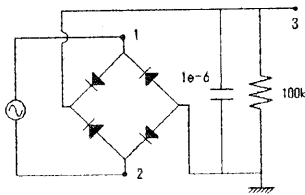
2. 3 力線の表示

電場や磁場に電荷や磁荷を置くと場の方向に力を受けるので、その方向に連続な力線を描くことができる。元来、電気力線や磁力線はその力線密度によって場の強さを表せるように定められるが、図4には場の向きだけに注目した力線が表示されている。

3 回路理論教材

回路網解析では回路素子の結び目の接点電位や素子を流れる枝電流（あるいは閉ループを巡回するル

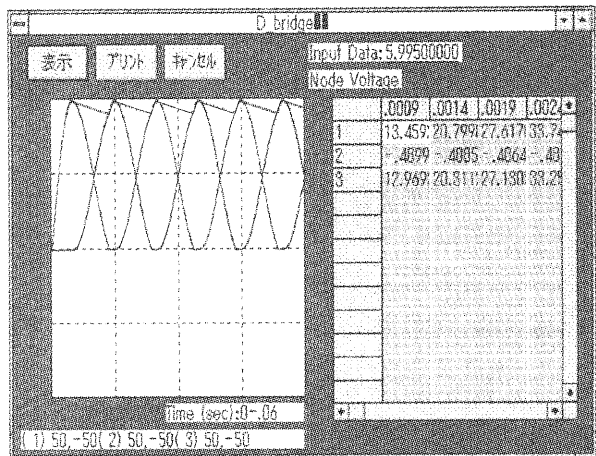
ープ電流)を求める。回路解析には電源を直流や交流として定常応答を求めるDC解析やAC解析、あるいは交流の周波数変化に対する周波数応答解析や定常応答に到るまでの過渡応答解析などがある。図5はダイオードブリッジによる整流回路とその過渡応答解析結果である。回路の接続情報は図5(a)のように回路図で与えることも図5(b)のように回路データとして与えることもできる。回路素子をオブジェクトとすることにより、素子の接続や回路データの読み込みと同時に回路方程式が構築されていく[2]。図5(c)は左のグラフが回路の各接点(ノード)の電位を表し、右の表がその解析時間ステップ毎の数値データである。表もオブジェクトとして構成しているので移動や拡大、縮小が容易に行えるが、ここではスクロールバーを取り付けて上下左右のスクロールによって、すべてのデータを読み取れるようにしている。



(a) 解析回路図

dbridge.dat						
表示	1	2	3	4	5	6
1	.title	D_brid				
2	r	3	0	100e3		
3	d1	1	3	1e-10		
4	d2	0	1	1e-10		
5	d3	2	3	1e-10		
6	d4	0	2	1e-10		
7	c	3	0	1e-6		
8	e1	1	2	50		
9	.sin	6	0	50	0.06	5e-5
10	.vout	1	-50	50		
11	.vout	2	-50	50		
12	.vout	3	-50	50		

(b) 解析回路データ



(c) 回路解析結果

図5 回路解析

4 制御理論教材

制御系設計の基礎となる制御理論は古典論から現代制御理論へと目覚ましい発展を遂げ、質の高い制御を可能とする理論体系となっている。ここでは、まず古典制御理論を学ぶスタートに位置付けられるボード線図やナイキスト線図に関する教材の構成について論じる。直列補償型フィードバック制御系を考える時の伝達関数のパラメータとしては補償要素のゲイン、制御対象要素の次数、むだ時間、分子多項式および分母多項式の係数がある。これらのパラメータを適当に選んでゲインや位相の余裕を求めたり、系の安定性判別を行ったりしてシステムの解析や設計に利用することができる。

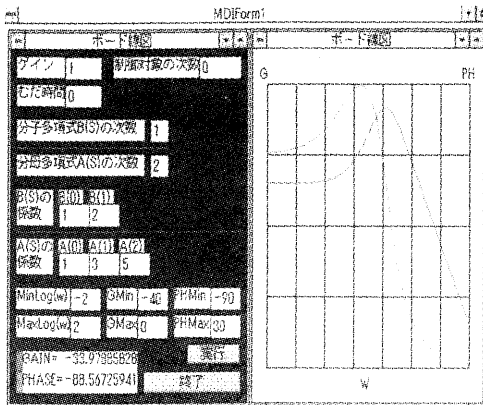
4-1 ボード線図

角周波数を横軸にとりその変化に対するシステムのゲインと位相角を、縦軸にそれぞれdB単位およ

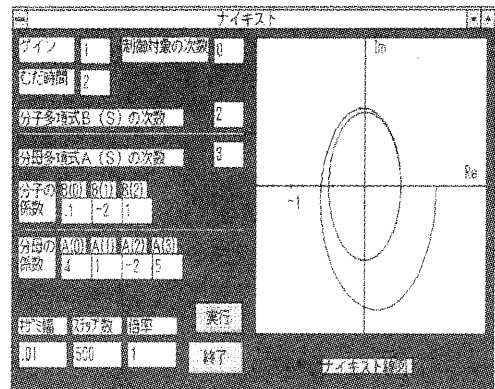
び度数単位で目盛ったものをボード線図という。図6 (a) は、パラメータを適当に選んで構成した制御系のボード線図である。どのパラメータの変更に対しても再計算されたグラフが得られる。描画後のグラフはリサイズ可能である。

4-2 ナイキスト線図

図6 (b) は適当なパラメータに対するナイキスト線図を示している。周波数のキザミ幅やステップ数により、精度や周波数範囲を変えることができる。この場合はグラフそのものの拡大縮小ではなく座標軸の倍率の変更ができるようになっている。



(a) ボード線図



(b) ナイキスト線図

図6 直列補償型フィードバック系の特性図

5 検討

CAI教材作成においては、学習者の視点の制御あるいは学習をすすめる上での操作上の迷いを無くすことを十分に考慮すべきである。電磁気学教材の作成では文字やプロンプトの点滅、フォーカスの設定とその自動的な移動そして機能選択の有効無効の切り換え等がコントロールをオブジェクトにすることにより容易に実現されることをみた。回路理論教材の作成例では、回路素子をオブジェクトとすることにより素子を接続することや回路データを読み込むことが同時に回路方程式を組み立てていくことになること、および回路ファイルをオブジェクトの表とすることによりその読み書きが容易になることが示された。制御理論教材を作成する場合に、制御パラメータを任意に変更できて結果のグラフのスケールや倍率も変更が自由に行えるのは、値入力用のオブジェクトがキー入力イベントに応じてその属性を自動的に更新するからである。このような教材のいずれにも共通した操作性の良さやわかり易さの元は、ユーザインタフェースとなるコントロールがウィンドウのクラスのサブクラスとして実現されるためウィンドウの機能を継承していること、そして属性と共にイベントプロシーチャーを有していること

とにある。そのほか教材を使用する上では気付かない多くのプログラミング上および拡張や保守を考慮する上での多くの利点が、差分プログラミングが行えること、手続きを多重定義できること、そしてクラス内部へのアクセスに制約があることなどによって得られる。ただし、どの範囲までをオブジェクトとしてまとめるべきかについては計算速度や記憶容量を意識しながら定めなければならない。たとえば電磁場の電荷や線電流をオブジェクトとすること、あるいは矢印(場のベクトル)や力線をオブジェクトとして構成することのメリットはその実現法にも依るが、現時点において得策かどうかの判断は難しい。回路素子はその接続によって初めて回路網の中で生きることになり、回路方程式を組み立てるためのメッセージを受け取ることができる。しかしながら電荷や線電流は、場を与えるメッセージを受け取ることではできても力線を与えるメッセージは受け取れない。これは力線に関してはその近似的な表示法についても計算手法に困るためと考えられる。何をオブジェクトとし、その属すクラスにどのような階層関係を持たせるかは決定の難しい問題である。

6 おわりに

オブジェクト指向プログラミングによるC A I教材の特質を電気工学基礎科目の電磁気学、回路理論および制御理論の教材に例を取り論じた。教材のわかり易さや使い良さのためにはウィンドウの機能を継承した適当なコントロールを使用すべきであることが示された。単なる文字や図でもそれをオブジェクトとして構成することにより、操作のしやすい画面構成となった。しかしながら、教材の中のより本質的な物をオブジェクトとして構成できれば、これまでとはかなり異なった特質を有する教材を考えることができる。回路素子や回路網のような具体的な物から回路の解法などといった象徴的な物までがオブジェクトとして捉えられるようになると教材の呈示法も相当に刷新されたものになるであろう。場を表示するボタンや力線表示ボタンには表示のためのアルゴリズムが集約されていると考えることができる。多次元情報の表示や不可視情報の可視化のために、オブジェクト指向プログラミングが多くの解答を与えることに期待したい。

参考文献

- [1] 伊集院 八郎、齋中 浩、佐本 和久：ビジュアルプログラミングによるC A I教材、第9回情報処理学会九州支部研究会、pp138-145 (1995).
- [2] 伊集院 八郎：回路シミュレータのオブジェクト指向設計、第7回情報処理学会九州支部研究会、pp45-50 (1993).