

化学工学教育における IT ツールの活用と情報処理技術教育

東京農工大学 工学部 化学システム工学科 北島 禎二

1. はじめに

本学では学部3年生向けの化学システム工学実験 IV (各単位操作等に関する実験を行う、いわゆる化工実験)と大学院生向けの化学工学プロセス特論において、(株)オメガシミュレーションの多大なる御協力のもと、Visual Modeler (以下、VM) およびその応用パッケージである OmegaLand (OmegaEduPack) を利用している [1], [2]。本稿では、化学システム工学実験 IV を中心に、本学科における情報処理技術教育への取り組みについて紹介する。

2. 情報処理技術教育のための設備

本学科では、Windows 2000 をプラットフォームとする 27 台の PC (学生用: 24 台、教員用: 1 台、サーバ: 2 台) を備えた計算機室 (図 1) を有している。現在、計算機室での講義で利用されているおもなソフトウェアは以下のとおりである。

- VM/OmegaLand : 化学システム工学実験 IV、化学工学プロセス特論 II
- Equatran-G : 応用化学セミナー、プロセス設計
- Aspen plus : プロセス設計、化学工学プロセス特論
- MATLAB : 化学システム工学実験 IV

3. 化学システム工学実験 IV

化学システム工学実験 IV では、学部3年生後期の毎週月、火曜日午後を1セットとして10回(+初回2回集中講義) 12個のテーマに関する実験を2~3名のグループにわかれて行っている。

3.1 シミュレータを利用した学生実験

12テーマのうち、「シミュレーション」では、実際の実験装置ではなく、計算機室にて OmegaLand を使い、2日間に渡って物質収支・熱収支および流動に関する基礎理論について学習す



図 1 化学システム工学科 計算機室

る。「伝熱」および「蒸留」については、1日目は OmegaLand で基礎理論を学び、2日目には実際の実験装置を用いた通常の実験を行う。また、「動特性」に関しては、装置を使った液レベル制御の実験を1日目に行い、2日目には MATLAB を用いたシミュレーション [3] を実施している。

本学科のカリキュラムではシステム工学に関する講義がなく、学生はプロセスシステム工学 (PSE) 分野に対してまったく馴染みがない。そこで実験開始に先立ち、以下のような内容に関する1時間の講義を行った。

- シミュレーションとモデリング
 - システムの定義、基本問題、定式化
 - モデルとその分類
 - シミュレーションの手順とソフトウェア開発モデル
 - 連続と離散、スタティックとダイナミック
- プラントオペレーション
 - “Chemical Engineering” における位置付け
 - プラント制御システム
 - 運転訓練シミュレータ

実験の1日目は、OmegaLand の操作説明を受けた後、OmegaEduPack 付属のドキュメントにある実習課題に取り組む。1グループにつきシミュレータ本体は1つだが、View PC を3台用意している。「シミュレーション」テーマの2日目には、現場写真等を用いた実プラントに関する説明や上記講義の捕捉などを30分ほど受けた後、1日目とは別の実習課題に取り組む。

「シミュレーション」テーマに関する実験レポートでは、卒業論文をまとめる際に必要となる技術文書の作文練習を兼ね、以下に関して調査し、まとめるという記述式の課題を課している。

1. 「システム」の自分なりの定義
2. スタティクスとダイナミクスの違い
3. 連続系と離散系の違い
4. 代表的なシミュレータの列举と分類
5. シミュレータの活用方法
6. 教育における IT ツール利用の弊害とその対策

3.2 アンケート結果

実験後、H14年度は39名、H15年度は複数のテーマで重複してアンケートを実施したため68名の受講生に対して以下の項目に関するアンケートを実施した。集計結果を図2~6に示す(図5についてはH15のみ。図4以外は比率)。

- 授業として
- PCを使ったIT支援実習について
- 装置を使った実験と比較して
 - 実験装置と違う点(複数回答可)
 - 好み(PC v.s. 装置)
- 今後の改良について(記述式)

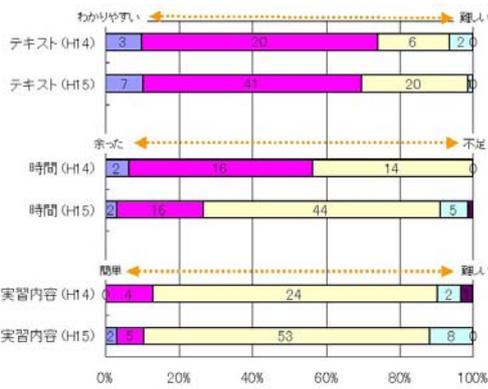


図2 授業として

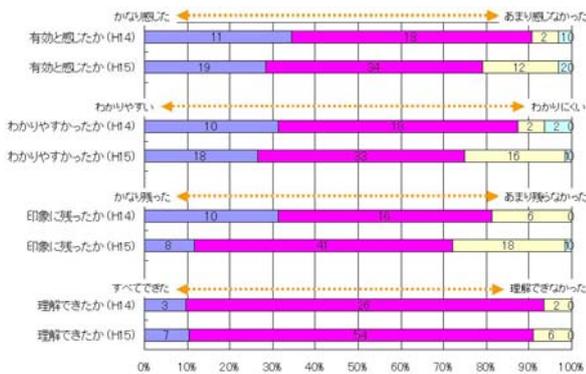


図3 PCを使ったIT支援実習について

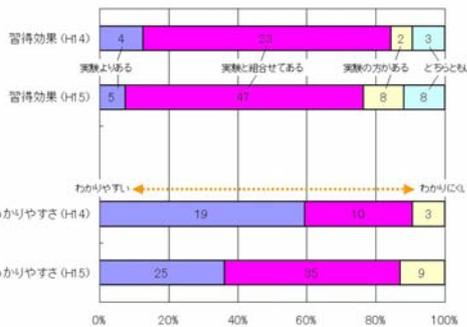


図4 装置を使った実験と比較して

実験装置と違う点に関しては、「操作によって装置内でのどのようになが変化しているかが見えない」、「学校で経験できない工業的なことを体験できる」、「時間を有効に使える」、「正しい値(理論値)が求まる」、「概要が理解しやすい」、「実験をしている実感があまりない」といった意見があった。

好みの理由として肯定的な意見では、「分かりやすい」、「作業に追われず余裕を持って考えることができる」、「正確なデータが取れる」、「いろいろなパターンが実行できる」、「危険がない」、「頭を使う」といったものがあった。その一方で、「自分でグラフを作成する必要もなく誰でもできてしまうので、やりがいを感じられなかった」、「パソコン自体があまり好きではない」、「実際に装置があった方が覚えやすい、印象に残る」といった否定的な意見があった。最後の意見と同様なものは複

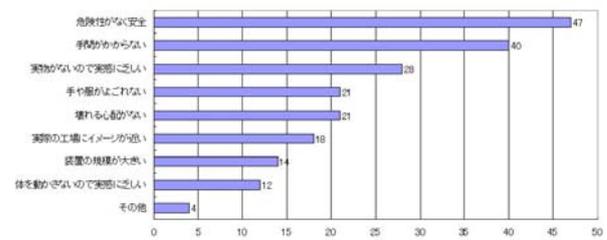


図5 実験装置と違う点(複数回答可)

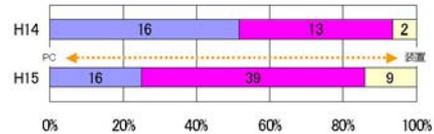


図6 好み(PC v.s. 装置)

数あり、学生の抽象思考能力の低下を裏付ける実例ともとらえることができる。

記述式の回答では、シミュレータの具体的な利便性をあげた上で有効であるとの意見が多数あった。代表的な回答は以下のものであった^{*1}：「カリキュラムへのシミュレーション導入の増強・継続を希望」、「大規模ながらプラントの概要が掴みやすい」、「シミュレータの技術が高度ですごいと思った」、「コンピュータのすごさを感じた」、「化学工場のことをもっと知りたくなった」、「工場見学との組合せを希望」、「ソフトが勝手に操作するのでわかりにくい」、「あまり頭を使わなかった」。

じつはH14年度は、装置を使った実験とシミュレーションを組み合わせたテーマがなく、それらを組み合わせて欲しいとの要望が多かった。それに対応したのが、H15年度の「伝熱」、「蒸留」であったが、それらに関しては、理解が深まったとの意見が多く出された。

なお、「伝熱」や「動特性」の実験装置には intellution (現 GE ファナック) 社の PC-DCS も導入されており(図7)、実験室規模ながらも実際の計装機器に触れることができるようになっている。実験に先立つ集中講義時、両テーマの実験に際しては計装機器にも注意を払うよう受講生に指示を出しているが、残念ながら実験指導を担当するTAの認識不足のためか、おざなりとなっている感は拭えない。

4. 化学工学プロセス特論

こちらは金曜日の午前2コマを使って開講している大学院の講義で、おもに博士後期過程の学生を対象に、ケミカルエンジニアとしてより実践的な技術を修得することを目的としている。H14年度は、2日間の講義枠で常圧蒸留装置の運転を試みたが、さすがに予備知識も何もない学生には荷が重すぎた。そこで、H15年度は準備期間として開講せず、H16年度は、(株)オメガシミュレーション板垣氏を非常勤講師に迎え、7回の講義でVMを用いてデプロパナイザのモデル(図8)を

*1 もちろん回答の際には批判的な意見を書いても減点の対象とはならないと告げたが、記名式アンケートであったせいか批判は数として少なかった。



図7 二重管型熱交換器による伝熱実験装置

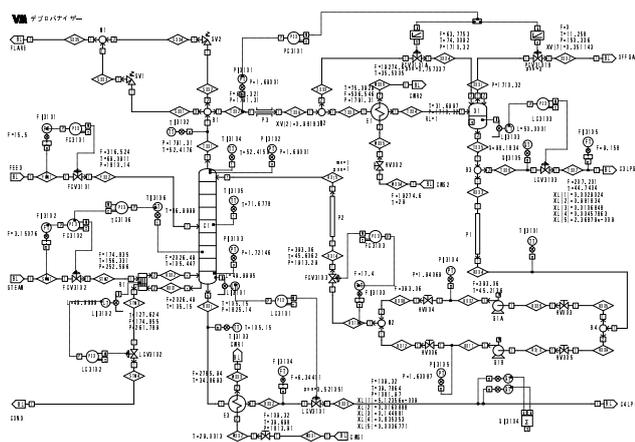


図8 デプロパニザのVMモデル

作成し、簡単な運転を実行するまでを目標とした。11月末現在、4回の授業を終えたところで、風呂の液レベル制御を題材として、VMの基本操作説明が一通り済んだところである。

化学システム工学実験IVのアンケートにおいて工場見学に対する希望があったこともあり、本講の2回目には本学に近い横河電機(株)本社の見学を実施した。化学システム工学実験IVや本講に関連の深いDCS周りに関するコースを用意していただいたのだが、残念なことに当の学生の関心はあまり高いものではなかった*2。

5. 本学における情報処理技術教育

本学科では、情報処理技術に関係する授業として表1のようなものを開講している*3。カリキュラム上は学部1年生から

*2 これは、本学科が、環境、ナノ、触媒分野のみの研究室で構成されていることに起因すると筆者は偏見を持っている。化学システム工学実験IVで実際に試してもらっているが、googleで、“define: chemical engineering”をキーワードとして検索すると、“the branch of engineering that is concerned with the design and construction and operation of the plants and machinery used in industrial chemical processes”と出る。しかし現在の大学の化学工学教育研究は実験に偏重しており、システムエンジニアリングが軽視されている印象がある。

*3 より詳しくは、文献[4]を参照されたい。国内の10大学における情報処理技術教育がまとめられている(ただし、頒布は分科会

表1 本学科のおもな情報処理技術教育

学年	授業名	形態
1年後期	コンピュータ基礎	講義/演習
2年前期	化学システム工学実験I	演習
3年前期	化学プロセス数学	講義/演習
3年後期	化学システム工学実験IV	実験
4年前期	プロセス設計	演習
大学院	化学工学プロセス特論	演習
大学院	応用化学 세미나	演習

大学院にかけて一貫した情報処理技術教育が受講できるようになっている。

5.1 プログラミング教育

情報処理技術の中でもっとも代表的なプログラミングに関する教育は、コンピュータ基礎、化学システム工学実験I(テーマのひとつ。ただし時間数は通常の半期の講義と同等)の2つで行っている。昨年まではFORTRANを使用言語としていたが、今年度からはCに変更となり、さらに化学システム工学実験Iではプログラミングテーマの担当も筆者に変更、内容を一新した。

そのうち、コンピュータ基礎では、ニュートン法のアルゴリズムの説明とコーディング(main()関数のみのgotoを使用したベタ書き*4)を行っている。

その後続く化学システム工学実験Iでは、まず、K&R[5]第1章チュートリアルの解説と演習を行い、そこで学んだ内容を用いて1年次に作成したニュートン法のコードをCらしいコード(gotoの廃止、関数への分割)へと修正する。その後、後々ツールを自作する際に便利なファイルからのデータ入力やコマンドライン引数について解説と実習を行い、さらに変数について深く理解するためポインタ周りの解説を行っている。

それらの演習とともに、ソフトウェア開発プロセス(古典のウォーターフォール型)の解説を行っている。これは、ステップを追った問題解決に慣れてもらおうという目的で、その手順はほぼそのままレポートの組み立て手順にも応用できる。

また、ウォーターフォールのV字モデル(図9)に関しては、製薬業の製品/プラント開発のベストプラクティスを定めるGood Automated Manufacturing Practice(GAMP)でも同様な開発モデルが提唱されている(図10)。一見無関係ととられがちなソフトウェア工学との接点、化学工学における情報処理技術の重要性の実例として、演習中の解説ではこれらの簡単な紹介も行っている*5。

レポート課題としては以下のようなものを課し、プログラミング言語の文法習得ではなく、問題発見/解決のためシナリオ作り(のための一手段)に慣れることに重点を置くように配慮した。

員のみ)

*4 この授業では、フローチャートが出発点となっているため、化学システム工学実験Iでは、構造化プログラミングへの弊害となるため、フローチャートは推奨していない。

*5 同様な目的のため、化学システム工学実験IVの集中講義でも、化学産業を中心としたエンタープライズ統合システムの標準を定めるS95[7],[8]の情報システムモデルの解説を行っている。

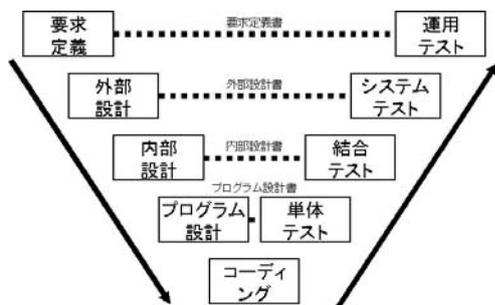


図9 ウォータフォールモデルのV字カーブ

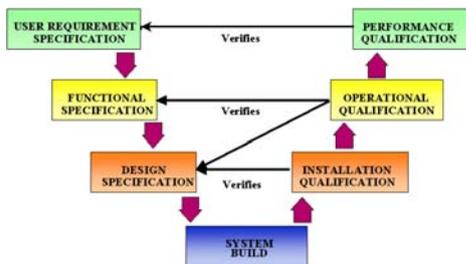


図10 GAMP 4.0 V-Model[6]

- 作成したプログラムの README 作成
- 要求定義書、設計書（外部、内部、プログラム）、ソースコード、テスト要求書とレポートの作成
- 構造化プログラミングに関するまとめ
- Call by Reference と Call by Value、配列とポインタ、定義と宣言の違いのまとめ

3年生からの授業はアプリケーション利用に移り、以後卒業研究以降は、ごく一部の者が研究室の遺産となっている FORTRAN コードを扱う以外、プログラミングに携わる者はほぼ皆無となっている。

5.2 問題点

本学科では、IT ツールの積極的利用など、情報処理技術教育に対してさまざまな試みを実施してはいるが、現実には以下のような問題があり、これらについては現在のところ具体的な改善策はとられていない。

- 情報処理技術に関係した講義自体が少ない。
- 講義と実験とがまったく連動していない。
- 演習の大半がアプリケーションソフトウェアの使い方の習得のみで終わっている。

これらはひとえに、一貫した情報処理技術教育や学生実験を考え、カリキュラムをデザインする立場の教員が不在であることが原因である。これは大学組織の在り方と密接に関連しており、にわかには解決し難い問題である。

また、PSE 関係者にとってはハダに染みついてしまっているフィードバックという考え方が、じつはそれほどポピュラーなものではなく [9]、なかなか学科で改善サイクルが回り始めないことも一因となっている。こちらについては、本質的には各個人の問題ではあるが、いわゆる組織の体質の問題とも言え、やはり特効薬は存在しないのかも知れない。

昨今の国際標準を見渡すと、化学産業に関するものであっても、オブジェクト指向モデル表記の標準である Unified Modeling Language (UML) で記述されることも多い。そうした情勢下において、ケミカルエンジニアはすべて、モデルと言えば物理モデルしか知らないようなアプリケーションユーザで良いのか、という問いも今後ますます深刻なものになっていくと考える。

Manufacturing Execution Systems (MES) などのシステムモデリングの話題に関しては、国内ではディスクリート産業が頑張っている。では、プロセス産業はそうしたシステム関連の問題をディスクリートの方々に任せれば良いのであるのか？ やはりプロセスの問題に関しては、ケミカルエンジニアが己が範疇として対処できるようであって欲しい。化学工学教育の中でどこまでの情報処理技術を必須としなければならないのか、熟考に値する問題である。

6. おわりに

本稿では、学生実験への OmegaLand の導入事例を中心に、本学科における情報処理技術教育に対する取り組みについて紹介した。アンケート結果から見ても、IT ツールの導入は学生からのウケは良く、授業への関心度低下が問題視される昨今においては教育効果向上への期待もできる。

しかしそれらの効果も、化学工学教育に対する組織的な取り組みといった活動へとつながらないのであれば、やがては水泡に帰す。教育においてデザイン能力育成の重要性が叫ばれるようになってしばらく経つが、その能力は大学教員こそ獲得しておかなければならないスキルである。システム思考がその一助となるものとする。

参考文献

- [1] 北島：プロセスシミュレータを活用した化学工学実験と運転操作体験, OmegaLand ユーザ会, 2003.
- [2] 北島：化学工学実験におけるプラントシミュレータの適用, 化学工学会第 69 年会, 2004.
- [3] 加納：MATLAB を利用した制御系設計—基礎編（京大講義用資料）, 2003.
- [4] 化学工学会 SIS 部会 情報処理技術教育分科会 編：化学工学教育現場における情報技術の活用事例集, 情報処理技術教育分科会, 2004.
- [5] Kernighan, Ritchie: THE C PROGRAMMING LANGUAGE 2nd Ed., PRENTICE HALL, 1988.
- [6] <http://www.jettconsortium.com/publications.htm> (JETT Recent Publications)
- [7] ANSI/ISA-95.00.01-2000 Enterprise-Control System Integration Part 1: Models and Terminology, ISA, 2000.
- [8] 化学工学会東海支部編：バッチプロセス工学, 槇書店, 2004.
- [9] センゲ：最強組織の法則—新時代のチ・ムワ・クとは何か, 徳間書店, 1995.