

招待論文

エジプトの大学院でのプログラミング教育

竹内 郁雄^{1,a)}

受付日 2015年2月27日, 採録日 2015年3月22日

概要: 2011年から3年間, 筆者がエジプトの大学院大学で行ったプログラミング教育の経験について報告する. 日本と異なる文化や教育環境を経てきた学生を教えると, 思わぬ状況に遭遇する. それらを紹介しながら, 外国で教育をするときに役立つかもしれない気づきについて述べる.

キーワード: 国際協力, エジプト日本科学技術大学, 遠隔講義, 寺子屋教育, 異文化対応

Programming Education in an Egyptian Graduate School

IKUO TAKEUCHI^{1,a)}

Received: February 27, 2015, Accepted: March 22, 2015

Abstract: This article reports on the author's experience of programming education in an Egyptian graduate school for 3 years from 2011. The author encountered various unexpected situations in teaching foreign students with different cultural background and education environments of the country. Some hints for teaching in foreign countries may be found in this article.

Keywords: international cooperation, E-JUST, remote lecture, small classroom, different culture

1. はじめに

筆者は, 2011年から2013年の3年間, JICAの海外支援の重要プロジェクトとして位置付けられていた, エジプトで初めての技術系大学, エジプト日本科学技術大学 (Egypt-Japan University of Science and Technology, 以下E-JUSTと表記)の立ち上げに協力し, 現地で学生の教育指導を行った. 本稿では, E-JUSTでの教育体験を述べ, 一般的な意味での文化はもちろん, 教育文化・環境の大きく異なる国で, どのように教育を行うのがよいかを考えるうえで参考になるかもしれない知見を紹介する.

実際, E-JUSTに行くまで, 一般的なエジプト人学生の背景知識に関する情報がまったくない状況での, プログラミングとプログラミング言語に関する講義のシラバス設計は, 筆者にとって1つの挑戦であった. そして, 実際にIT教育や学生指導を行って新たに分かったことも多かつ

た. また, それらに対して日本では考えられないような方策をとらざるをえなかったこともあった.

なお, エジプトでのIT教育についてのエッセイを, 面白おかしく情報処理学会誌に連載したので [1], 内容はそれと若干重なるところがあるが, 本稿を自己完結させるためなのでご容赦願いたい.

以下, 2章では, 教育現場での苦勞を理解するための背景説明を行う. 3章では, 現場の講義をどのようにして行ったか, 4章では学生指導から分かったことについて述べる.

2. E-JUSTとエジプトの教育制度・教育環境

E-JUSTが設立されたのは, 2003年の「日本・アラブ対話フォーラム」においてエジプトに技術系の大学を設置したいというエジプト政府からの要請があったからである. 調査が重ねられ, 2007年, 当時のムバラク大統領と当時の安倍首相との首脳会談で, 日本政府から正式に積極支援が発表された. 2008年には日・エ*1間の技術協力プロジェクトとして設立の準備が精力的に進められた.

*1 エジプトの漢字1文字での表現は「埃」である. 「日米」といった言い方に沿えば, 「日埃」となる.

¹ 東京大学名誉教授
Emeritus Professor of the University of Tokyo, Bunkyo,
Tokyo 113-8654, Japan
a) nue@nue.org

まず、E-JUST 設立に関する二国間協定が締結され、それに基づいて E-JUST 設立の大統領令 (E-JUST 令) が発布された。この時点で、エジプトの通常の国立・私立大学とは異なる枠組みで設立される国立大学とされたわけである。日本からの具体的支援内容は、キャンパス・建造物を除く研究設備・機材の費用負担、教員派遣と留学生受け入れなどに対応できる日本国内の支援大学組織の確立である。正式な発足は 2010 年 6 月だった。6 月はエジプトの学期制でいうと、大学の春学期が終わる時期である。

海外に日本政府の肝煎りで「日本」を冠した名前の国立大学ができたのはこれが初めてだという。E-JUST 令により、教員の給与体系や入試制度、カリキュラムなどを規定するエジプトの大学法 (Law 49, Law 101) に縛られない新しいタイプの大学を目指せることとなった。日本の支援大学は九州大学、京都大学、東京工業大学、(私が所属していた) 早稲田大学を幹事校とする計 12 校である。

2.1 エジプトの大学

E-JUST 設立の調査段階から現場の JICA チームで指揮をとっていた角田学氏のレポート [2] を見ると、エジプトの高等教育がかかえる問題が浮び上がってくる。それが、エジプトから日本に対して技術系大学の設立支援を強く要請する動機となった。

エジプトには 18 の国立大学があり、10 世紀に設置された宗教系の 1 校を除いては、すべて総合大学である。あとは外国系の私立大学が 18 校ある。国立大学は授業料が無料化されており、かつ、エジプトの 8,200 万の人口の 60% が 35 歳以下 (33% は 14 歳以下なので、典型的なピラミッド型の人口構成) という若い国であることから、マスプロ教育が常態化している。どの程度のマスプロかという点、最大のカイロ大学が学生数 26 万人、それに次ぐアレクサンドリア大学が 18 万人である。日本最大級の大学でも 5 万人だからマスプロぶりが窺えよう。実際、カイロ大やアレキ大に行ってみるとキャンパスを歩く学生の多さに圧倒される。

単純計算ではどの国立大学も教員数と学生数の比が 1:20~1:50 である。もっとも、国立大学でも、工学部に限定すると、カイロ大で 1:16 だから、多少緩和される。大学院になると、この状況はさらに改善される。逆に、それは大学院進学率が高くないことを意味している。

マスプロ教育を行うと、どうしても座学が中心になるから、特に工学系では実験・実習を通した実践教育が行いにくい。だから、紙の上での教育が主体になる。エジプト政府はこれを克服すべき弊害と考えたようである。

なお、少人数教育を謳う私立大学は授業料が高額なので、富裕層の子弟しか入れない。また、大学院が充実していない。つまり、エジプトでは無料でマスプロ教育を受けられるか、高額の授業料で学部までの教育を受けるか、の二者択一なのである。だから、大学院は先進国に留学して、そ

の結果エジプトに優秀な人材が戻らないという、人材流出が起こっていた。角田氏の調査によると、それでも日本に留学してエジプトに戻った人には学界・産業界で活躍している人が多かったという。だから、日本に協力要請があったのだろう。

2.2 エジプトの教育状況

上記のようなマスプロ大学の実情だけではなく、エジプトの子供たちがどのように教育を受けて大学に進学するのかの状況も理解しておかなければならない。大阪大学から現地入りしていた雷博士の異名を持つ河崎善一郎教授と JICA の専門員として教育制度/業務調整を行っていた足達まり子氏の調査レポート [3] によると、日本とまったく異なる環境が見えてくる。

理系を目指す子供は日本でいう中学から高校へ進学するとき、まず大学進学を目的とする統一テスト (サナウエーアンマ) が受験できる高校と、技術習得のための工業高校とに学業成績によって振り分けられる。工業高校を出たらテクニシャン、高校から工学部に進んで卒業すればエンジニアとなる。この 2 つの言葉は厳密に階級差を表すために使われている。

高校では進級のときに、工学部受験コース、医学部・理学部受験コース、文科系受験コースに分かれる。医学部と理学部が一緒になっているが、成績優秀者だけが医学部に行ける。

高校 3 年のときにサナウエーアンマを受験して、成績順に最終的な振り分けが行われる。大学入試は存在しない。本当に一発勝負なので、日本のセンター試験よりずっと恐い試験である。理学部進学者は成績が低いほうになっている。サナウエーアンマが一生を定めるともいえるので、裕福な家庭の子供に対する教育投資熱は日本以上のものがある。

こうして工学部と理学部には決定的な格差が生まれる。工学部は 5 年制、理学部は 4 年制であり、社会的キャリアも完全に峻別される。また、同じ工学部内でも専門を変えるには再入学以外に方法がない。日本のように、同じ大学に工学部情報工学科と理学部情報科学科が存在し、むしろ情報科学科のほうに優秀な学生が進学することがあるのに比べると驚くべきことである。

エジプトには職業別の国家試験がなく、大学卒業がそのまま職業資格になる。工学士はエンジニアのシンジケートに入り、そこからエンジニアであることの証明書を発行してもらう。このシンジケートはエンジニアを経験年数などでランクづけする。こうして社会が回っている。それゆえ、シンジケートはエジプトの技術系教育に強い発言力を持つに至っている。E-JUST も例外ではない。

2.3 E-JUST が目指すもの

わざわざ E-JUST 令という、議会を経ない大統領令を

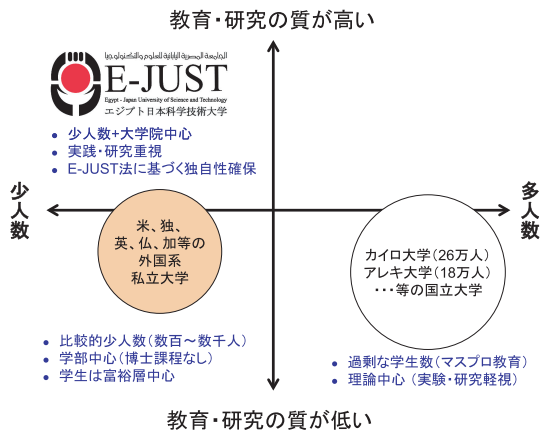


図 1 E-JUST の立ち位置

Fig. 1 The position of E-JUST in Egypt.



図 2 現況の E-JUST CSE 周辺の様子

Fig. 2 Pastoral environment of E-JUST CSE.

急いで発布までして、E-JUST を創設した理念は以下のとおりである。まず、少人数、研究重視、大学院中心をモットーとした世界トップクラスの大学を目指す (図 1)。当然、それを担保する特徴的な教育プログラムを構築する必要がある。そのモデルとして日本型の教育・研究を採り入れる。つまり、実践力・応用力を重視し、研究室中心の教育・研究を行おうというわけである。この「研究室中心」には、あまりにも当たり前なので違和感を覚えたのだが、マスプロ教育が浸透してしまっていて、研究室という単位が成立しにくかったのだろう。

大学院中心は現状の E-JUST が大学院大学であることから自明であるが、足なしではやりにくいため、学部創設もプランにあがっている。革命が連続しているエジプト国内の事情により、キャンパスの建設が非常に遅れているので^{*2}、関係者の夢が実現するのはだいぶ先になりそうである。図 2 の奥に見えるのが講義棟で、左の黒い塀の左側に同じ形の学生寮が 10 棟あまり建っている。この日はラク

^{*2} 2012 年に全部完成するはずが、まだ物性系の実験棟が 1 棟完成しただけである。

ダの大群が歩いていた。

「日本型」の採用には、戦後なにもないところから奇跡の発展を遂げたものづくり大国日本への憧れがあったと思われるが、このキャッチフレーズが大学運営や教育現場の日常の実践に浸透するにはそれなりの壁がある。実際、前節で述べた工学部、理学部の決定的な差は、もともとの概念が違うとはいえ、「日本型」にはそぐわず、日本側の関係者が苦勞している。1つの大学で閉じた話ではないからだ。

それでも、エジプトの国立大学法に縛られないという錦の御旗は、関係者のインセンティブを大いに盛り上げた。国立大学の教員の給料を大幅に上回る給料は (国立大学の教員なら可能な) 副業の禁止という条件があったものの、優れた教員を集めるのに貢献した。実際、多くの教員が (日本も含めて) 国外の大学で学位を取得した人である。

ところが、この錦の御旗にはちゃんとした権威づけがなされておらず、E-JUST に対して、実際に国立大学の関連法律と私立大学の関連法律のどちらが適用されるのかが決まっていなかった。最近、ようやく E-JUST を「特別な性質を持つ公的な教育機関」と規定する大統領令と首相令が出された。私がいたころは、みんなそうだと思ってやっていた、それにしてもなんだか壁が多いと実感していたことが、ようやくクリアになったということであろう。大学運営の大枠に関わることだが、これらが実際の教育現場にいろいろ影響していたことは間違いのないから、これで E-JUST がますます目指す本来の方向に発展していくことを期待したい。

3. プログラミングに関する講義

3.1 ソフトオープニング

筆者は E-JUST のコンピュータ・情報工学専攻 (Computer Science and Engineering, 以下 CSE) が 2010 年 9 月に学生を受け入れたあとの 2011 年の春学期、つまり第 2 学期から、講義や学生指導に参加した。CSE は 7 つある専攻のうち、最初に開講した 3 つの専攻から半年遅れて開講した専攻である。さらにそのあと半年ずつ遅れて開講した専攻もあるから、まさに五月雨開講であった。物性・物質関係の専攻は、学生寮から徒歩 10 分程度のところにある、当時ムバラク科学技術センターと呼ばれていたピラミッド型の国立研究所に施設を間借りして、実験などを行っていた。そのほかの専攻は、教室がないので、70 平米以上の部屋が計 20 室ある 5 階建ての学生寮のうち 2 棟の壁を取り外して教室に仕立てた。だから、教室としては不適切な形である。何人かの教員はこの「教室」を通り抜けないと自室に入出入りできない! このような大学設立のやり方は日本ではありえない。日本では、学生を受け入れる 2~3 年前から教員も含めてちゃんと配置して、準備万端整えるのが通常である。

ムバラク大統領が失脚した 2011 年の 1 月 25 日革命で

混乱があったことは、E-JUST の設置・整備に影響したことは間違いのないとしても、それは 2011 年の春学期の始まる直前のことだから、学生寮を教室や教員室にしたことは直接関係なかった。要するにいろいろなことが計画遅れで、出たとこ勝負だったのである。

現地に行って知ったのだが、体制が揃わないうちから運用を始めることをエジプトではソフトオープニングと呼ぶ。日本でも同じようなことは小規模には行われていると思うが、正式の組織でこんなことが行われるとは意外だった*3。別の言い方をすればスモールスタートで、教員の採用も、学生受け入れも、設備の整備もすべて、いわばインクリメンタルに行われる。正式の手続きの類については見事に硬直的と思われるエジプトに、実はこのような柔軟性があった。どこまでが厳密で、どこからがまあいいじゃないかの柔軟性が許されるのかは、最後まで分からずじまいであった。

しかし、これを逆手にとれば、教育の方法にもそれなりの自由というか冒険が許されるということでもある。

3.2 教材の準備

早稲田大学の上田和紀教授から、2010 年秋に E-JUST のプログラミングの講義 (Design and Implementation of Programming Languages) を中心とした仕事を依頼されたとき、大学院の学生になにを教えるべきかかなり迷った。エジプトの大学院生がどういう基礎知識を持っているのが判然としなかったからである。そもそもこの講義は修士課程の必修基礎科目として位置付けられていた。情報を得ようにも、ソフトオープニングの第 1 期の学生なので無理だった。そのため、どういう状況であっても対応できるようにするにはどうすればいいかを考えなければならなかった。

講義開始までの時間の余裕があまりなかったので、ゼロから講義設計をするのではなく、既存の教科書をいくつか調べることにした。手近にあった Ravi Sethi の教科書 “Programming Languages: Concepts and Constructs” (Addison Wesley, 2003) はかっちり体系的に書かれているが、やはり学部レベルである。Fred B. Schneider の教科書 “On Concurrent Programming, Graduate Texts in Computer Science” (Springer Verlag, 1997) は私自身の勉強になっていたかと思っただが、講義準備が間に合いそうになかった。また、これを必修科目で扱うのはきつい。Daniel P. Friedmanらの教科書 “Essentials of Programming Languages, 2nd Edition” (Mitchell Wand, Christopher T. Haynes との共著, The MIT Press, 2001) は、Scheme ベースでプログラミング言語の設計を論じており、大学院レベルでも十分使える。多分、Lisp などまったく教えられていないエジプトで

伝道師になるのも悪くないかとも思った。教科書として分厚くないのも好感が持てた。Peter Norvig の有名な教科書 “Paradigms of Artificial Intelligence Programming, Case Studies in Common Lisp” (Morgan Kaufmann, 1991) は、946 ページもある。AI プログラムとあるが、しっかりとした Lisp の教科書になっている。これが私にとって最も準備が楽そうだった。Lisp 関連に心が動いたが、せっかくだからなにか新しいこともやってみよう。

結局、現地に行ったとき、学生のレベルがどんな状況であつても対応できそうなダイナミックレンジの広さを持っていたのが、翔泳社から羽永洋訳で出版されている

Peter van Roy and Seif Haridi: Concepts, Techniques, and Models of Computer Programming, The MIT Press, 2004

である。900 ページの大部な教科書 (頭文字をとって CTMCP と呼ぶ) だが、プログラミングとはそもそもなんであるかという分類学から始め、きわめて簡素なカーネル言語から出発してオブジェクト指向や並列プログラミングなど、言語プリミティブを少しずつ追加して言語の機能を強化していくという、カーネル言語アプローチをとっている。

特定のプログラミング言語の経験をまったく仮定しておらず、しかも相当多様な内容にまで手を伸ばしており、学部から大学院までのレベルをいかようにでも調整できる。また、多様な背景の学生に通用しそうだ。皆無とはいわないが教科書のバグ取りもかなり進んでいて、一般的な評価も高い。カーネル言語アプローチはプログラミング言語設計論に直結する。

CTMCP に紹介されているカーネル言語は Oz と呼ばれ、Oz/Mozart システムとしてフリーでダウンロードできるようになっている。最近はそうでもないようだが、メンテナンスもしっかりしているように窺えた。また、共著者の 1 人 Seif Haridi がエジプト出身ということも大きかった。これなら、エジプトの学生の励みになる。

教科書選定にさらに大きく影響したのが、多分 Seif Haridi 自身による膨大な講義スライドがダウンロードできたことである*4。これはいきなり見知らぬ国で週 2 コマ計 30 コマの講義をしないといけない身にとっては大変ありがたかった。ただし、このスライドにはケアレミスが多く、さらに私には看過できないフォント不整合に満ちていた。講義の準備の大半はスライドのバグ取りと私なりの補充を入れ込む増訂作業であった。せっかくだから、Lisp の超簡単入門も織り込みたかったので、それと Oz を比較対照する意味でスライドを補填した*5。

*3 E-JUST から遠くないところにアレクサンドリアからの国鉄路線が延伸されたが、正式運用がなかなか行われず、現在でもソフトオープニングのままだと聞いている。

*4 <http://www.info.ucl.ac.be/~pvr/ds/mitbook.html>

*5 最小の Oz はユニフィケーションをベースとした単一代入言語だが、小さな拡張で関数型みたいな書き方もできるようになっている。

教室ですぐに試して合点をすることも大事なので、スライドに書かれている簡単なプログラム例を Oz/Mozart システムにコピーペーストできるようにする作業も必要だった。そのままコピーペーストすると Oz/Mozart システムが環境として使っている Emacs エディタに不思議な制御コードが入ってしまうからである*6。

もちろん、スライドには自明に学部レベルのものも多く、それらは消さずにスキップを意味する印を右上隅にスタンプした。学生が Oz/Mozart を使ってプログラムを書くときに、システムの入門ガイドとして参照する便利があったからである。

CTMCP は教科書だから、少人数しかいない学生には全員貸し出したい。教科書の手配を依頼したら、入手に時間がかかるという。もちろんスライドでも十分な情報はありますが、やはり「英語で長文を読む」という訓練はぜひしたい。エジプト人教員にはときどきアラビア語で講義する人もいたが、E-JUST の講義言語は英語である。

さて、2月下旬から講義が始まるというのに、エジプトの情勢がにわかに緊迫してきた。実際、税関で教科書が長期間ストップしてしまった。それが予見できたので、かねてより考えていた計算メカニズムの入門を最初に行うことにした。CTMCP のカーネル言語 Oz はやはり独特な言語なので、それだけではプログラミング言語論の基礎としては不安があったからである。

結局最初の1カ月あまりは基本的な計算メカニズムの紹介に費した。これらは理論というより、さまざまなプログラミング技法というか、プログラミングに関する頭の体操として教えた。学生にもそのように明言した。具体的には

- Turing マシン
- Ritchie の **while** プログラム
- Markov アルゴリズム
- ラムダ計算
- 導出原理 (resolution principle)

の5種類である。これらの基本メカニズムをそれぞれ1進法というか、 $0_{10} = 1$, $1_{10} = 11$, $2_{10} = 111$, ... と表現する数の表記で、加算のプログラムが書けるところまで、さっと駆け足で紹介し、折りに触れているいろいろな「プログラミング」問題を出すのである。なお、負の数は扱わない。

Turing マシンは、基本メカニズムということにこだわり、一番シンプルな4つ組のものを採用した。低レベルの機械語を直接扱っているような感触が得られるからである。

Ritchie は UNIX の Dennis Ritchie である。彼の創案した **while** プログラムは5種類の文からなるさわめて単純な言語であるが Turing 完全である。変数については、0 に初期化するか、別の変数の値をコピーするか、値を1増やすことしかできないが、それでも減算ができるのが面白い。

表 1 Ritchie の **while** プログラムの文 (*var* 以外は固定)
loop は *var* の初期値の数だけ繰り返す構文

Table 1 The small syntax of Ritchie's **while** program.

<i>var</i> ← 0
<i>var</i> ₁ ← <i>var</i> ₂
<i>var</i> ← <i>var</i> + 1
loop <i>var</i> do <i>S</i> ₁ ; ... ; <i>S</i> _{<i>n</i>} end
while <i>var</i> > 0 do <i>S</i> ₁ ; ... ; <i>S</i> _{<i>n</i>} end

表 1 に仕様を記述しておく。

Markov アルゴリズムは日本の大学でもほとんど教えられていないようだが、一種の項書き換えシステムで、エキスパートシステムのプロダクションルールの魁となったものである。ちなみにこれを創始した Andrey Andreyevich Markov は、確率論で有名な Markov とまったく同名で、なんたる偶然と思ったのだが。Markov アルゴリズムの Markov は息子である。ちなみに、これら5種類の計算メカニズムの中では、これが一番短くいろいろなことが書ける。しかし、逆に最もパズルマインドが必要である。ルールの記述順序が致命的に影響するからである。

ラムダ計算は、講義の狙いに沿い、数値すら含まない最も原理的な形を紹介した。つまり、数値もラムダ項として定義するやり方である。まず、 $[M, N] \equiv \lambda z.zMN$ という記法を導入して、 $\bar{0} \equiv \lambda x.x \equiv \mathbf{I}$ (ここで **I** は恒等写像のコンビネータ)、 $\bar{n+1} \equiv [\mathbf{F}, \bar{n}]$ といった具合に定義していく (ここで **F** は2引数のうちの後者を返すコンビネータで、偽を表すのに使われる)。ここから始めると、単純な足し算を定義するのも立派なパズルになる。この数値表現に対して、successor 関数 (**U**) や predecessor 関数 (**D**)、zerop 述語 (**Z**)、if 式 (?) などをコンビネータとして定義していく。カッコ内に書いたのは、講義で使ったコンビネータの記号である (付録を参照)。

導出原理での足し算では、自然数を、原始的な Prolog で使われる $0=0$, $1=S(0)$, $2=S(S(0))$, ... と、これも1進法的な表現を用いる。思えば、ブルバキの数学原論でも自然数論はこのスタイルであった。導出原理の基礎は、Oz の計算メカニズムの基本であるユニフィケーションをちゃんと述語論理から紹介するのに好都合でもある。CTMCP でもユニフィケーションの詳細は進んだ課題として記述が省略されていたので、ますます好都合であった。

自然数の足し算をこういう計算メカニズムで紹介しても、実践プログラミング (Programming in the large) にはまったく役に立たない。しかし、プログラミングの本質に関わるセンスを涵養するには必ず役立つというのが私の信念である。むしろ、単純な足し算を行うのに、これだけ多様な計算メカニズムが存在するというを理解すること自体がプログラミングに開眼するための優れた教訓・教養になる。なお、これらの詳細にあまり深入りしないこ

*6 改行が Control-K に化ける。講義した国の文字コードに依存していると思われる。

表 2 各計算メカニズムのインタプリタの行数
Table 2 Numbers of lines of the interpreters.

計算メカニズム	行数
Turing マシン	53
while プログラム	16
Markov アルゴリズム	13
ラムダ計算	253

とも実践を考えると重要である*7.

ここでは実習的な要素が少ないと思われるかもしれないが、知識詰め込みではなくて、いちいち自分の頭で考えないと先に進めないという感覚を持ってもらうのには効果的だった。

これらに加えて、自己紹介スライドや講義とあまり関係のないパズル出題のスライドを用意して、総計なんと 800 ページほどのスライドになった。計算メカニズムの講義を最初にするようになったので、CTMCP は第 7 章のオブジェクト指向までにとどめることになってしまったが、プログラミングとプログラミング言語の基本を学ぶのにちょうど切りのいいところであった。毎年、バグ取りや改訂を行ったがそれでもこれで完成と断言できるまでには至らなかったような気がする。

最後の Prolog を除いて、すべての計算メカニズムを講義の中でステップ実行してみるために、2 年目の講義のために現地に行ってから、Lisp (自作の TAO) でインタプリタを書いた。文法の化粧を適当にさぼったので、どれも驚くほど少ない行数で書けた (表 2)。ラムダ計算の行数が多いのは、コンビネータの出力を (変数名の変換があってもちゃんとできるように) 真面目に行ったからである。これらのプログラムは学生のレポートをチェックするために必須であったし、「このプログラムだと、こんなふうに動いて間違った結果になる」といったような返事を書くのに役立った。プログラミングを教えている教員が次の日にはさらっとインタプリタを書いていたということは、ある種の教育効果があった。

3.3 Skype による遠隔講義

学期開始の 2 月 20 日から講義を開始するべく、エジプトに渡る (渡埃) 予定だったが、前述したように 1 月下旬にエジプト革命が起これ、E-JUST の仕事で滞在していた日本人はほとんどが緊急帰国する事態になってしまった。

しかし、地方都市の外れにある E-JUST 周辺ではそれほど緊迫した様子ではなかったようである。2 月になり、冬休みが終わるところには、教員も学生も通常どおりの生活に戻った。とはいえ、日本側関係者は外務省の渡航規制があり、JICA 関係者は 3 月中旬、教員は 4 月に入ってからの渡埃となった。

*7 正直なところ、深入りすると私がアップアップになる。

私の講義は修士の必修基礎科目だったので、省略は許されない。そのため、遠隔講義を本気で考えることになった。当時、日本でも遠隔講義の試みは始まっていたはずだが、時差 7 時間の、しかもネットワーク環境がそれほど整っていないと思われる国との間での遠隔講義は本当に実現可能なのだろうか？ 現地の Shoukry 教授および El-Mahdy 准教授とメールで連絡をとりながら、Skype 講義の可能性を確かめることにした。

学生寮をぶち抜いた講義室には白板と 42 インチの液晶テレビがある。そのため、スライド (PowerPoint) はあらかじめ送っておき、ローカルで白板に投影し、テレビには私の映像を映すのがよい。実際、それ以外の方法はありえない。Skype 講義をしなくてすむようになったあとでも、遠隔で学生指導、ワークショップ、学位審査を行うことがあったが、スクリーンの文字はまったく読めないで、同じ方法をとることになった。予備実験では、Skype が使った帯域は 15 Kbps だった。この程度でも最低限の情報は伝わるということである。

あとで知ったのだが、ネットワークはすべて公衆無線で、無線モデムを使う。新興国の公衆通信は有線を飛ばして、一気に無線化が進むのである*8。しかし、1 台の無線モデムに多くの人がかぶら下がっているの、なにかあると講義どころではない。そのために Skype 講義専用無線モデムを 1 台調達したそうである。ちなみに、私はエジプト滞在 2 年目からは私費で、一番高速とされる無線モデムを月額 250 ポンド (約 4,000 円、エジプトの物価水準では異常に高価) で契約していた。最高 21 Mbps と書かれていたが、条件のいいときでも 1 Mbps を超えることは希であった。

スライドは現地で投影するので、映像はお互いの顔が確認できる程度でよい。むしろ問題は音声である。これが不明瞭だと、たいへん分かりにくい講義になる。これは El-Mahdy 先生にも強く伝えてあった。私は NTT から電通大に移ってまもなく (1998 年)、いまでいう 4K 解像度ハイビジョン、6 スピーカ音声の高臨場感テレビ電話の実験に参加したことがあったが、そのとき感じたのは映像より音声のほうが技術的に難しいということである。映像ではありえないエコーキャンセリングが容易ではないからである。現在でも、TV 会議では映像よりも音声のほうが割りを食っていると思う。

スライドの現地投影で唯一困るのは、スライドへのポインティングができないことである。Skype の画面共有機能を使えばいいのだが、すると教室としては小さいテレビ画面を使わないといけないうし、解像度にも動画の追従性にも問題がある。だから、ポインティングが必要になるような話し方をしないことにした。

*8 2 年ほど前に E-JUST に有線の ADSL が布設された。電柱を建てない国なので、そのつど、砂地の中のせっかくの芝の庭を掘り返す。

なお、現地のPCで私のスライドを映すとき、言語依存文字が入っていて文字化けが起らないかが心配だったが、実験の結果、ほとんど問題にならなかった。これはPCなどの機材がJICA予算での購入だったからかもしれない。しかし、学生に配るpdfを作るにしても、フォント埋め込みにする、ASCII文字セットだけで TeX を作るなどの配慮をした。海外への遠隔講義では忘れてはならないことである。

Skype講義は正規のスケジュールから1週間遅れの2月28日から開始することになった。7時間の時差を考慮して、現地時刻(EET)で月曜日と木曜日の9時から10時15分(1コマ75分しかない)とした。

初回の講義は、ウォーミングアップということで、自己紹介やパズルをいろいろ出題して、学生たちの反応を見ることにした。CSEのまだ少ない教員が物珍しさもあってか、全員参加してくれた。驚いたことに、最も反応がよかったのは専攻長のShoukry教授だった!

それはともかく、私の映像と音声はテレビから教室に伝えられていたが、教室の映像も音声も私に伝えられていた。ところが、私の声がマイクで拾われて、私のところに2秒ほど遅れて戻ってくる。なにを言っているのか分からない程度の音質だが、私の発言を無視して誰かが大声で喋っているように聞こえるのである。2012年にイグノーベル賞を受けた栗原一貴、塚田浩二両氏のスピーチ・ジャマーは、0.2秒程度の遅延で喋っている人に超指向性スピーカで発言を送り返して、喋り続ける人を妨害する装置であるが、2秒の遅延でも十分に発言を邪魔できる。ネイティブでない英語で講義しているからなおさらである。相手方のマイクを絞ってしまい、質問などがあるときにのみマイクオンすればいいのだが、それでは面倒なうえに、臨場感が湧かない。なお、私はヘッドセットを使っていたので、こちらからの遅延エコーはない。まさか、受講者全員がヘッドセットというわけにはいきまい。

2回目以降はマイクをPCのものではなく、別に用意して、設置場所などを工夫した。少しはよくなったが、結局最後まで遅延エコーには悩まされた。最近のSkypeやその亜種であるLyncではエコーキャンセリングがかなり改善されてきているような気がするが、本格的なエコーキャンセリングは講義には必須である。

これで1カ月間、10回程度の講義ができたので、Skypeによる遠隔講義は緊急避難以上の可用性はあった。ただ、お互いに苦痛を強いられないというレベルではあった。

3.4 対面講義

渡航規制が解け、4月4日に初渡埃して、対面講義を始めたときに驚いた。いままで画面の中でしか見られなかった学生たちが眼前にいるのである。こんな当り前のことに改めて気がついたことに驚いたのである。やはり遠隔講義



図3 CSEの教室での講義風景

Fig. 3 Lecture snapshot in the CSE classroom.

にはどうしても超えられない壁がある。ネット越しだけでは得られない人間的交感はずがある。

Skype講義のときから分かっていたことだが、教室には数人の学生しかいない。つまり、まさに寺子屋である。大学のゼミと似たような雰囲気だが、これはやはり講義である。しかし、これだけ少人数だと、学生1人1人の状況(理解の程度や能力)が手に取るように分かる。これが本来の講義ではないかと思う(図3)。

2章で述べたが、マスプロ教育ゆえに、学部時代の教育現場ではプログラミングの実践機会が多くないようである。だから、Oz/Mozartシステムをみんなにダウンロードしてもらったが、一部の学生を除いて、それを使って試行実験をしっかりと行っていた形跡は見られなかった。

どことなく知識詰め込み授業を受けてきたのだろうと思わせる学生たちの様子を見て、講義では、「自分の頭で考える」ことをさらに強調することにした。その点、足し算を題材にした最初のほうの計算メカニズムの題材が思いがけずうまく適合した。CTMCPに入ってから、その場で考えることのできるパズルのような問題をうまく織り込むことによって、それを継続した。エジプトの学生には、このやり方が新鮮だったようで、あとで「このようにいつも考えさせられる講義を受けたのは初めてだった」という感想をいくつももらった。

初年度のこと、講義日程も半ばを過ぎたある講義の最中に、ある学生から「このようなことを勉強してどんなスキルが得られるのか?」という質問が飛んできた。寺子屋的な講義なのと、ものおじしない学生が多いので、質問はわりと活発である。もとより、即戦的なプログラミングスキルを教えているつもりはなかったのに、一瞬面喰ったが、「諸君は大学院生だ。この講義ではスキルは教えない。スキルを涵養するためのスキル、すなわちメタスキルを教えているつもりだ」と返した。逆にそうってしまったので、スキルっぽい、というかテクニク的なことを細かく教え

る気分がなくなってしまった。それらは読めば分かるスライドに書いてあるし、大部な教科書に抜かりはない。

このときから、講義の約3分の1は、その場で思いついた雑談、といっても考えさせる雑談をするようになった。これが学生に好評で、講義はますます楽しいものになった。講義のあとに、お互いに日本語・アラビア語の細かいニュアンスを教えあったりする時間を作ったりもした。彼らは学内の日本語教室でエジプト人講師から日本語を学んでいたが、ところどころもっと深いことを知りたがっていた。日本は憧れの国なのである。こんなこともあり、期末試験直前の忙しいときだが、講義のコマがないときに、学生のリクエストで「雑談だけのエクストラ講義」を行うことになった。

講義を行った3年間で、E-JUSTのCSEには大きな変化があった。修士の学生が減り、博士から入ってくる学生が増えたのである。その傾向は現在も続いている。博士は私の講義をとる必要はないはずだが、単位になると、ソフトオープニングがずっと続いていて、教員と講義科目が不足していることもあり、最後の年は結局1人を除いて全員博士という異常なことになった。同じ講義をしていいとは思えないが、行ってからその事情が分かったので、そこで対応しないとイケない。

講義の最初の題材は Turing マシンであるが、確認のためにまず学生に Turing を知っているかと聞いた。出身大学は複数あるはずだが、博士課程なのに全員 Turing テストしか知らないと言う。日本の情報系学科ではありえないことだが、そうだとすると、ほかの題材もまず知らないはずだ。これは講義の内容を急遽大幅に変更しなくて安心したというより、エジプトの5年制の工学部のコンピュータ工学の教育カリキュラムに謎が深まった。国が変われば、教育もこれだけ変わるということだろうか。

3.5 試験

寺子屋教室で対話的に講義を進め、レポート問題も時おり出して、手を動かすことをやってもらっていたのだが、試験となると事情は一変する。もともと出身大学卒業後にそこでティーチングアシスタントなどをしていたような成績優秀な学生たちであり、2章で述べたようなエジプトの教育環境にもよるのだろうが、彼らのプライドは非常に高い。E-JUSTは授業料免除ではないので、国の奨学金などをもらって入学してきている^{*9}学生がほとんどである。悪い成績をとるわけにいかない。

教員それぞれの考えがあろうが、私は「自分の頭で考える」をモットーにしたので、講義スライド、ノート、教科書、PCなんでも持ち込み可能にするかわりに、講義の中では言及しなかったようなオリジナルの問題を出すことにし

^{*9} 学位取得後は出身大学に戻って教職につくというのが想定されたコースである。



図4 期末試験風景 (女子学生部屋)

Fig. 4 Final exam (room for female students).

た。知識詰め込み教育の完全なアンチテーゼだが、講義の中でポイントとなる部分を本当に理解していれば解ける応用問題である。「そのポイントについて言及してくれ」と、最後の講義ではリクエストが連発したので、それも漠然と教えた。まさに至れり尽くせり、である。

受験者がせいぜい6~7人という、しかも学生部屋で行う寺子屋型試験^{*10}なので、私がつねに動き回って解いている過程を観察することにした(図4)。すると、案の定、応用問題の経験があまりないのか、学生の手が止まりがちである。このままでは奨学金返上の成績になってしまう。

ここで私は覚悟を決めた。試験時間は帰りの通勤バスが出るまで、無制限延長。そのかわり、自分で考えて解けるまで頑張るように、と宣言した。それでもダメなものはダメなので、個々の学生の答案進行状況を見ながら、個別に考え方のヒントを漏らす。間違った答えを書いていたら、指さして「そうなの?」と指摘する。ほかの学生にも聞こえるので、言い方には格別の工夫が必要だったが、なんとかなるものである。こうして、全員が75%以上の正解率が得られるまでサポートした。このようにしても、75%止まりの学生もいれば、啓示があることによって95%以上の正解に達する学生もいる。それが普段の講義やレポートで感じていた成績差をほぼ正確に反映していたので安心した。

こうして1時間半の試験に3時間以上かけてしまったが、学生たちの反応は最高であった。それは安心の成績がとれたことよりも、試験の場で初めて目からウロコが落ちたような理解ができたことの喜びであった、と信じたい。

日常とは異なる、アドレナリン出まくりの試験時間に、理解が突然・急激に深まるという体験をさせることは、非正規だとは思いますが、意外に有効な教育法かもしれない。ただし、寺子屋規模でないと無理だろう。

^{*10} 教室には机がないので筆記試験ができない。ある期末試験のとき、数枚の白板にびっしりと試験対策のための勉強というか議論のあとが残っていた。この題材は誰それとかいう役割分担まで書かれていた。もちろん、それは消さずに試験を進めた。白板を見て答えが書いてあるような問題ではなかったからである。

このような手法に開眼していなかった初年度の間試験のときのこと、ある学生が5色のペンを駆使して猛然たる勢いで20ページ以上もある答案冊子を埋めている。なんだろうと思って見ていたら、自分のノートをひたすら転写していた。答案自体は「それはさておき」系なので、ほとんど無意味なのだが、これもエジプトの流儀の1つなのだろうか？ この経験も「自分の頭で考える」教育・試験に結び付いたと思う。

4. 学生指導など

4.1 Mohamed Geunady 君

私は現地に年4カ月程度しか滞在しないので、日埃間でSkypeなどを使うにしろ、学生の研究指導にかけられる時間は多くない。しかし、指導対象の学生が少ないので、学生あたりの時間数だと、日本で指導していた学生より多くなるかもしれない。

修士課程のGeunady君^{*11}がマルチエージェントの問題に挑戦しているというので、昔その方面をかじったことがある私が指導することになった。もちろん、現地の指導教員Gomaa助教^{*12}のお手伝いである。

Geunady君はそのときまでに会議論文が2つあったが、もう少しいい会議での論文が必要だった。過去の研究をさらに具体化し、実験結果にインパクトがあるものとして彼が選んだのが、正方格子のフィールドのマス目に障害壁があるような迷路で、複数鬼 (seekers) が隠れている子1人 (hider) を探す問題である。制限された情報交換手段しか持たない複数鬼がどうやってそのフィールドでの最適探索戦略を学習していくかという問題設定である。細かい条件設定で、問題の難しさや汎用性が大きく左右されるが、分かりやすい問題ではある。

学生たちのプログラミング実践スキルに疑問符がつくと3章で述べたが、できる学生はやはりできる。彼は右手が不自由ですべての操作を左手で行うが、大型のノートPCのプログラミング環境を驚くべきスピードで使いこなしていた。私が実験のログを見ながら、あれこれ質問すると、ただちに反応して、見せ方を変えたり、ロジックを変えたりしてくれた。

各種の実験をする前の考察段階では、私も楽しみとして思考実験を相当の時間かけて行った。それを見せ合って議論、また持ち帰って思考実験、ということを繰り返したのである。このときの彼の慧眼には感心させられた。もちろん、Geunady君以外にも優秀な学生はいた。当り前のことだが、優秀な学生は優秀だ。E-JUSTがこのように優秀な

学生を引き寄せ続けられればいいのだが、その道は容易ではないかもしれない。

いい実験結果が出て、修士は無事修了することができた。そのあと彼は留学準備に入り、自宅でジャーナル論文作成にとりかかったのだが、ここで驚いたのが、数学的な記述で予想外にボカが多いこと。ケアレスミスではなく、そう思い込んで書いている記述が、明解ではなく誤解を生む書き方になっていることだった。それを1つ1つつぶしていく100通近いメールのやりとりから、数学的な記述について本格的な教育がなされていなかったのではないかと思うようになった。

別の博士課程学生の、修士レベルを超えた優れた手法が提案されている150ページほどの修士論文を読んでいて、記述が入り組んでいてどうしても理解できない部分があった。後ろにソースコードがついていたので初めて分かったのだが、それは

$$\sum_{a \in S} f(a)$$

と書けばすむことだった。彼は集合記法を使った総和の書き方を知らなかったのである。それどころか、そう注意したら、「そういう記述法は許されていない」とまで言った。非常に優秀な学生ただけに、これには面喰った。やはり、エジプトの理系教育にはどこか抜けがあるようだ。もっとも、この反応にはエジプトの優れた学生が持つプライドが反映していたのかもしれない。

Geunady君は私企業の修士限りの奨学金しかもらっていなかったもので、博士課程には進学せず、現在Maryland大学に留学している。きっと立派な研究者または教育者になってエジプトに錦を飾るに違いない。

4.2 テレワークショップ

私がいる間に、早稲田大学とE-JUSTを結んだテレワークショップを定期的に開くことが決まった。日本ではゼミや輪講で当り前のことだが、エジプトでは学生が多数の人を前にして自分の研究についてプレゼンするという機会が多くないらしい。日本式教育というからにはゼミのようなプレゼンは必須である。

実際、このテレワークショップは、学生たちに相当のテンションをかけたようで、他専攻の学生たちまでが見学に来ていた。プレゼンの上手下手はここで一目瞭然になる。総じて、どこかノンビリしている学生たちには良い刺激になった。一方、早稲田大学の学生にもE-JUSTの教員や学生にプレゼンさせたので、こちらは英語でのプレゼン訓練という良い機会になった。

当り前のことだが、海外の大学とのこのような交流は両方の学生にとっても良い刺激になる。テレワークショップの機会に意識が高まり、伸びたエジプトの学生がいたことは事実である。

^{*11} 最近ではGeunadyと綴っている。論文の著者の同一性が心配にならないのだろうか？ エジプト人の英語名前綴りは多様である。典型例がモハメドで、正規表現で書くと、M[o|u]ham[m][a|e]dと計8通りある。

^{*12} 日本だったら、とくに准教授の資格のある人だが、エジプトの教員昇格人事は諸般の事情で異様に遅い。

5. むすび

本稿では、事例報告のスタイルで筆者のエジプトでのプログラミング教育の体験を紹介した。そこで得られたのは知見というよりは、ある種の気づきと呼ぶべきものである。それらを本文とは別の言い方でまとめると、

- (1) 学生たちはその国の教育制度の中で、育ってきている。その制度やそれに基づく環境を理解しておかないと、日本式教育なるものが空振りする可能性がある。文化の異なる国で教育をするときには、教員がある程度適応する必要があるが、妥協であってはならない。
- (2) 事前にその国の教育制度や教育環境が把握できない場合は、なるべく広いレンジ（学生の進度、話題の広がりなど）をカバーできる教材を選ぶと適応性が高い。また、どのような教材を選ぶにせよ、「考えさせる教育」には国境を越えた有用性がある。
- (3) 遠隔教育と対面教育を同じ学生相手に経験すると、その劇的な差に気づくと同時に、遠隔教育がどうあるべきかの感覚が掴める。
- (4) 学生たちが真に求めていることをうまく引き出すためには、杓子定規の講義スタイルをはみ出すのが効果的である。
- (5) 対話型(?) 試験は、重い試験であればあるほど、学生の理解を深める絶好のチャンスとなる。
- (6) ノンビリしがちな、かつその国ではエリートと見なされている学生たちは、やはり実は根が優秀なので、テンションを与え続けると伸びる。

JICAによるE-JUSTの支援は10 = 5+5年の第2フェーズに入っている。大学の管理・運営はいまだに安定しているといえないが、このような国際協力はなんとしても成功させなければならない。現場、あるいは遠隔で具体的な教育・指導に携わる教員は、実はそれに最も深いところで関わる貢献が求められている。

筆者のエジプトの学生たちとの関わり方は、シラバスや試験のやり方を含めて、かなり非標準的だと思うが、その非標準さゆえにここで紹介する意味はあったかもしれない。

参考文献

- [1] 竹内郁雄：IT先生、エジプトでITを教える、情報処理学会誌, Vol.53, No.8 (2012) – Vol.54, No.1 (2013) (連載).
- [2] JICA E-JUST プロジェクトチーム：エジプト日本科学技術大学—日本からの協力について<概要と現況報告> (May 2011).
- [3] 河崎善一郎, 足達まり子：エジプトにおける理学部調査報告 (Apr. 2012).

付 録

A.1 原始的ラムダ計算による加算

$U \equiv \lambda x.[F, x]$; 1 を足す関数

$D \equiv \lambda x.xF$; 1 を引く関数

$Z \equiv \lambda x.xT$; 0 かどうか? ここで, $T \equiv \lambda xy.x$

$? \equiv \lambda xyz.xyz$; **if** x **then** y **else** z そのもの

これだけの用意で, Y コンビネータを用いれば, 2 引数の加算関数 add は

$add \equiv Y(\lambda fxy.?(Zx)y(f(Dx)(Uy)))$

と定義できる。学生にデモするときは Y ではなく, β 縮約だけで正規形になる $\Theta \equiv (\lambda xy.y(xxy))(\lambda xy.y(xxy))$ というコンビネータを使う。あとは β -redex をうまく選べば, $2+3$ 相当の計算は目の前ですぐ実行できる。

$\Theta[F, [F, I]][F, [F, [F, I]]] \rightarrow^* [F, [F, [F, [F, I]]]]$



竹内 郁雄 (フェロー)

1971年東京大学大学院理学系研究科修了。以降, NTT 研究所, 電気通信大学, 東京大学, 早稲田大学を歴任。東京大学名誉教授。IPA 未踏 IT 人材発掘・育成事業統括プロジェクトマネージャ。2014年11月より一般社団法人

未踏代表理事。

正 誤 表

情報処理学会論文誌教育とコンピュータ (TCE), Vol.1, No.3に掲載の論文「エジプトの大学院でのプログラミング教育」において、記載に誤りがございましたので下記の通り訂正させていただきます。

P.10 左段 参考文献 [3] 内

[正] 安達まり子

[誤] 足達まり子

(2015年7月6日)