

情報系学部における問題分析・解決の教育について

On undergraduate education for analyzing/solving problems

溝口徹夫[†]

Tetsuo Mizoguchi[†]

[†]法政大学 情報科学部

[†] Faculty of Computer and Information Sciences, Hosei Univ.

要旨

情報系の学部教育での「学習意欲の向上」という課題への対応として、問題分析と問題解決科目の教育において、実際的な問題(特にコンピュータの外の世界の問題)の解決を試行実践し、それが学部教育で学習する他の科目(特にプログラミング)へとつなげることが重要と考えた。本報告は問題分析と問題解決科目の教育について述べる。

1. はじめに

本報告では、情報系学部での「問題分析と問題解決」科目の教育について、その狙い、教育方法の方針、教育の具体的方法、当方法を目指した根拠について述べる。

2. 問題分析と問題解決科目の狙いとその背景

問題分析と問題解決は、システム開発における要件定義に関して重要な位置を占めることから、この科目は、情報システムに関する教育の中で重視されることには異議はないであろう。しかし、問題分析と問題解決を学部レベルで教育に組み込むことがどの程度可能であろうか。以前に「45歳にならないとシステムエンジニアとして一人前ではない」という意見を聞いた。これは情報システムに精通するには、かなりの社会経験、業務経験が必要であることを指しているのであろう。大学、特に学部レベルでは、業務・社会経験を前提とする教育を行う訳にはいかない。学部レベルでなにを取り上げるかを決めなければならないし、教育方法は、経験によらないで、論理的な筋道を使用するしかない。

従来から情報系の学部教育での課題として挙げられていたものの一つに、「プログラム作成(コンピュータの内の世界の問題解決)を学習した筈だが、問題が解けない」ことである。言語はその常として使わなければ忘れるものであろうが、そもそも問題分析(一旦分かれば忘れるものではないこと)が出来ていないことがこの課題の要因となっていると結論付けられる。その際の「問題」とはコンピュータの内の世界の問題を指すことが多く、「問題分析と解決」は大かれ少なかれいずれかの科目として準備されているとの論拠でこの課題の議論は終わる。

当科目の実施検討を行った直接のきっかけは、情報系の学部教育での「学習意欲の向上」という別の課題への対応である。即ち、学習意欲に欠ける学生が多く見られることである。教育が有効であるためには、教育する側からの強制力も必要だが、学習する側の学習意欲がより大きな要因であろうことは疑いが無い。「学習意欲」には、学んだことが一体どのような意味があり、どのように役立つのかを納得することが、かなり影響すると考えた。勿論、このことで「学習意欲」の問題が全て解決するわけではないが、実世界的な問題の解決を試行実践し、それが学部教育の他で学習すること(特にプログラミング)へとつながる道筋を分ることが重要と考えた。そこで、「問題分析と問題解決」はコンピュータの内の世界ではなく(全く無視するという訳ではなく)、コンピュータの外の世界の問題分析・解決を主要な題材とすることを考えた。「問題分析と問題解決」科目はコンピュータの内の世界の問題を扱うと一般には理解されるかもしれないが、当科目は対象を異にする。

3. 問題分析と問題解決の教育実施方法の方針

以上の議論から、「学習意欲」の湧く可能性のある学習対象の問題領域を選択することが重要な開始点となる。問題領域を次のように大別した。

- コンピュータの内の世界の問題
- コンピュータの外の世界の問題
 - 物理的世界の問題
 - 人間社会の問題

教材を準備し、教育方法を考える上での基準として次の方針を定めた。

- (1) 見て分かるものから、考え・想定して分かるものへ(感性から理性へ)と展開する。
見て分かりやすいものとして、コンピュータの外の世界の問題の内、物理的世界の問題を取り上げる。最初の例は、列車の下り線の駅出発信号の制御問題である。次に取り上げたのはエレベータの扉の開閉制御問題である。見て分かりやすいこともあって、最初に実施することは、問題の状況を示す面を描くことである。そこには必要となる要素が全て示されていることを確認する。例として、列車の信号制御問題では、駅・線路区間(どこからどこまで)・列車・出発信号(設置場所)を出来るだけ正確に示し、その内、動きのあるもの(列車と信号表示)、それらの状態(たとえば信号の赤と青)・状態間遷移の条件を明らかにしていく。最後に擬似コードによる処理の表現とその処理に必要な入力の一覧と続く。
- (2) 単純から複雑(より詳細化・単純の組合せ)へと展開する。
たとえば、エレベータの扉の制御問題では、一つの階での扉の開閉事象の表現から、解決(安全に扉を開閉すること)へ至るまでを取り上げた。次に、より現実的にはエレベータには複数階があり、全階を一つの表現にすることが必要である。また、単に扉だけではなく、エレベータの箱の移動の考慮が必要である。更に、エレベータの箱の移動の規則を考慮する必要がある。このように、より詳細・複雑な問題へと展開し、その解決へと進む。列車信号制御の場合は、単純な下り線の出発信号制御問題から通過列車の待合信号制御問題へと飛躍する。この問題では、一見飛躍して複雑に見える問題も単純に要素(駅・線路・ポイント切替・列車・信号)の組合せであることを学ぶ。新たに加わった、「ポイント切替」はエレベータの扉の開閉と同じ問題要素であることが示される。
- (3) 経験を前提とせず、観察と論理的連続性を用い、最終的にはプログラミングへの接続を行う。
大学の科目であることから、経験は前提と出来ない。その代わりに観察(従って見えやすいものからは始める)と論理的な筋道をたどり、必ず最後には、プログラミングへつながるものとする。ここで、特定のプログラミング言語を使うのではなく、擬似コードによる概略の処理の流れまでを学習する。

4. 他方法との比較と本方法の位置づけ

教育方法一般、ないしは問題解決方法には、過去に多くの提案がある。ここでなぜ改めて問題分析解決方法や教育方法について考える必要があるのであろうか。本提案・試行の最大の動機は、我々が現場で直面している、固有かもしれない教育上の課題であり、それを解消することである。いくつかの方法との比較で、本方法の位置づけをしてみる。

- (1) 齊藤孝[1]による学校教育(大学教育に限ったことではない)が目指す三つの基本能力の第一に挙げられているのは「真似る」である。一時はこの考え方を評価したのであるが、最近では、我々の当面する課題には、この考え方はむしろ弊害であると考えられるようになった。それは「真似」の結果として、学生の頭の中に質問と解答の一覧表が出来上がっており、解答は在庫されている中から選ぶ。但し在庫には限界がある。問われている問題を十分読んで理解するという学習ではない。以上の観察から、真似るのではなく、幼稚でも良いから、考えることからスタートすべきであるとの考えに至った。
- (2) Polya[2]の問題解決では、与えられた問題を理解することが第一歩として挙げられている。問題の「未知(unknown)である結果、つまり求められていること」「入力」「条件」の三つを理解することである。その次に問題解決の方法を考えるというものである。これは重要な視点であると考えていたが、本科目の検討を行うことで、次の違いがあることに気づいた。Polyaの言う解決する問題は既に解が存在する、従って「入力」「条件」も明示されている問題である、あるいは少なくとも数理モデルが明確である、と考えられる。大学でのコンピュータの内の世界の問題はこの種のものである。コンピュータの

外の世界の問題では、解として「得べき結果」は明示されても、「入力」「条件」は明らかでない場合が多い。従って、「結果」を得るための「処理」を、そのための「入力」「条件」を、問題分析・解決の中で見つけなければならず、そのような教育・学習をすべきと考えた。但し、問題そのものの発見はここでは主題としない。

- (3) M. Jackson の Problem Frames[3]では問題領域は機械の領域とは別の世界であるとしている。但し、重複する部分はある。この認識には大いに同意するのであるが、ほとんどの事例は、物理的世界のものであり、教育の立場からすれば不足感がある。そこで、物理世界の問題と人間・社会の問題に区分して学習することを考えた。物理世界の問題は感覚的に理解しやすいので、物理世界の問題を最初に取り上げ、人間・社会の問題へと、また、感性(観察)から理性へと進むことを方針とした。
- (4) 問題解決と題した出版物には、各種の解決方法を紹介し、それを使用した問題解決の事例が挙げられているものが多い。これらを無益とは言わないが、それらは解決方法が前面に突出し、問題そのもの持つ特徴が浮き彫りになっていないと観察される。ある種の解決方法の基での問題解決事例を示すのではなく(既に述べたように解決方策が与えられていては解決のための思考は働かないであろう)、本方法では、問題そのものの特徴を考えることを主眼とする。

5. 討議

以上で提示された手法は、完璧でもないし、そうであるとも思っていない。二つの点について以下で議論する。

- (1) 第一は、コンピュータの外の問題をいくつか取り上げるとしたが、そもそもそのような問題は、特に物理的世界の問題は、既に解決されているものがほとんどであろう。ここで改めて解決をしても付加価値はない。新しい問題(見えていない問題)にどのように取り組めばよいのであろうかについて示唆が必要になる。その候補のひとつは「常識を否定してみる」という形で提示される。観察された結果から、その一部を否定してみる。もしもそれがなかったらどうなるかを想像する。このように観察から想像へと進むのが一つのアプローチであろう。
- (2) コンピュータの外の世界の問題、特に、人間社会での問題の選択とその特徴化をどのようにすればよいかは難しい課題である。採用した問題のポイントとその例を以下に示す。
- a) 典型的なサービス業での自動化の可否
最初にコンビニでの販売問題を挙げた。ここでは、顧客という人間と店員という人間がいる(消費者とサービス提供者)。ここでの問題とは何であろうか。問題を挙げる前に、「コンビニでの販売」そのものが成り立つための人間の基本行為を把握することが必要になる。商品の入荷・売上などである。更に収益を向上させるという目的があるとすると、その実現のための方策(問題解決)を必要とする。別の例として、ガソリンスタンドでのセルフサービス、駐車場運用の人間による運用から、ゲートを設置した自動化(無人)駐車場、個別駐車場所での駐車自動化などがある。顧客に対応する人間の活動は、人間の世界から離れて、機械で全て置き換わったものもある。ここでの問題は、人間によっていた運用をいかに効果的に自動化できるかであろう。それは物理的世界での問題解決に似ている。ところで、コンビニでの販売での、店員の活動は機械で置き換わり得るであろうか。
- b) サービス業での人間同士の意思疎通の問題
もう一つの例は、宅配ピザである。前例は見込販売(生産は別に行われる)であるが、この例は、受注生産販売である。受注生産販売では生産は機械化され得るが、販売は完全な機械化は困難であろう。機械がピザを配達することは考えにくい。ここでの問題解決、したがって学習目標の一つは、受注・生産・配達を正確に迅速に行うことである。完全な自動化が行われないとすると、問題となるかもしれない重要な点は、複数の人間がかかわる(顧客・受注・生産・配達)場合の人間同士の意思疎通である。管理の問題であり、情報の役割が求められる。
- c) 製造における自動化の進展(物理的世界との共通点)と人間の役割

次に取り上げる例は、食品生産・品質管理と半導体製造販売である。製造での主要な目標は、品質の確保、生産効率の向上であろう。そのためもあって、生産/製造の多くは機械自動化される。問題は効率よい、高品質の製造をいかに行うかである。ここで再び物理世界での問題解決と似てくる。多くは自動化されるが、それでも人間の役目は残る。特に多品種少量生産ないしは受注生産では人間の介在が残る。機械自動化された生産でも、機械の保全が人間の主要な役割になる例もある。生産の前後に発生する販売活動があるが、見込生産の食品生産と受注生産の半導体では、販売での人間の活動(問題とその解決)の内容が異なることが分かるし、その問題も異なってくる。

d) 確定的でない人間・社会の問題

最後に取り上げる人間社会の問題は、医療と教育である。ここでの目的は、個人の病気の治療であり、個人の能力の向上としてみよう。これらの目的達成のための問題解決は、解決方法を提供して、それが実施されるからといって、問題解決できる(病気が治る、能力が向上する)という保証があるものではない。正確には、問題解決に至るための補助手段が提供される領域であるといつてよい。また、教育の場合では、問題解決は学習のものであって、教育だけのものではないであろう。補助手段ではあっても、誤りのない(医療の場合)、適切なもの(教育の場合)が必要である。

e) 不確実さの下での意思決定、その他

科目では取り上げていないが、例としては株式投資の問題がある。大きな失敗もなく(さもないと破綻してしまい断絶する)永続的であるためには、人生を楽天的(Utopian)ではなく、悲観的(Tragic)観点で眺め、「大胆な仮説とそれが間違いであること(ないしは不遇の可能性)を真剣に探すこと」の姿勢が必要である[4]とする考え方がある。これらは個人の資質に依存するとは言え、不確実さの下(結果は決定的でない)での、知性ある行動が求められる。このような姿勢はプロジェクト管理、リスク管理一般に携わるものに共通する資質であろうと思える。以上の例は情報システムを意識しすぎて「意欲の湧く」テーマではないかもしれない。そこで、オークションでの売買(高く売るための宣伝アピール、適切な値付け、安く買うための検索)、就職(自分の能力のアピール、希望企業の発見、企業の実態の理解)問題等、情報の生成や検索の問題も混ぜる予定である。

以上示された各種問題の多くについて、問題の表現(ないしは基本的動作の表現)と問題解決の筋道から擬似コード表現までを具体化することとした。その他人間社会では数知れない問題が山積みであることは疑いない(犯罪と治安、失業と雇用安定等)。これら多くの問題の分析は当面本科目の範囲外であろう。人間の得意なこと、機械の得意なことの理解、たとえば人間の活動が持つ創造性(一方で属人的、人によって異なる行動の可能性)という特徴の一方で、ルーチン活動の信頼性は機械の 10^6 程度以上に対して人間は 10^3 の誤り率であることの認識も必要である。

6. まとめ

教育が教育する側の一方的な提供であってはならないことは自明である。本報告で示した教育方法が効果的であるかどうかを確認することは重要である。本格的な実施はこれからである。試行実験でのレポートによる調査では、二年生前期では、擬似コードへの展開を有益、三年生前期では、一見なんでもない問題と思ったものでも複雑な内容が多いことがわかったとする学生が多かった。但し、評価は単に統計に終始してはならず、個々の学習者の学習を追跡する必要があると考えている。壮大な課題の解決に一科目での貢献は限界があるが、ささやかな試みである。学習者の「学習目標の喚起」など、学ぶ側の段階や段階進歩の可能性[5]との整合を教育の中に取り入れることが実施段階の課題である。

参考文献

- [1] 斎藤孝「学校は何をする場所か」世界 2001年4月号
- [2] G. Polya, 'How to solve it', Princeton University Press, 1945
- [3] M. Jackson, 'Problem Frames', Addison-Wesley, 2001
- [4] N. N. Taleb, 'Fooled by Randomness', Penguin, 2007
- [5] 佐伯胖 「「学び」の構造」東洋館出版社 1975