

2S-8 電気磁気学の演習問題における 問題解決のための知識の構造化

藤原正敏

福井工業高等専門学校

1. はじめに

対象世界について概念(事実や法則)や手続きを理解し、定着したものにするためには、テキストを通して学んだ事実や法則を基に、概念や手続きの正しい適用法を学ぶ『例題を通しての学習』が重要である。専門的教科を対象にした場合は、対象を理解するための知識が多様多様でそれに応じて学生の理解レベルも多様になるため高度個別化された教授が困難である。従って対象領域の教材知識の表現法、問題解決過程のモデル化が重要である。電気磁気学について例題学習-基本的な問題を解いて教える-システムの開発を試みている。電気磁気学における問題解決過程のモデル化およびそのための教材知識の構造化について検討を行った。その概要について報告する。

2. 例題学習における知識の表現

知識は、全体-部分、抽象的-具体的、一般性-特殊性、常識-特別な知識といったような尺度で階層性をなす。これらの階層性が対象領域の知識や問題解決方略の知識についてあり、学習者個々にまた学習の段階や問題解決の過程各々において必要とする知識のレベルが異なる。また問題もいくつかの副問題や概念から構成されているから同様のことが言える。従って知識は階層的でかつ各々がモジュール性を持っている。このモジュール性に注目しこれらの知識の表現をオブジェクト指向で試みた。対象世界や問題解決過程の表現が非常にシンプルで分かり易くなる。

2.1 問題解決過程の表現

問題解決の過程は(1)問題の理解、(2)解決の計画、(3)解決の実行、(4)解の吟味の4つのステップを踏む。問題解決過程の知識にも階層性がある。

(1) 問題の理解 問題に明示的に与えられている知識、問題の世界を表現する知識(暗黙的知識)、それらの関係(定量的関係、定性的関係)を前提-結論の形で定式化する。

(2) 解決の計画 (1)を基に未知知識等を幾つかの副問題に分解する。未知の概念や物理量を既知のものに関係付けて行く。学習者の理解状況によって分解の詳細の度合いが当然異なる。例えば「電位」について理解しているかどうか(概念の定着度)により、「複数の電荷による電位」を求める問題の分解の仕方が異なる。学習者個々により知識ベースの探索のレベルが異なり、多様な問題解決過程が存在する。システムは教科書に準じた標準的問題解決過程を想定した計画をたてる。

(3) 解決の実行 副問題の解を求め、その親問題に解を返す。その繰り返して問題を解決する。副問題の解決の実行はオブジェクト間のメッセージ送信により行う。解決過程はオブジェクトの階層関係による一種の問題解析木の形で表現される。

2.2 問題解決のための知識表現

問題解決のための知識は1)問題を記述する概念知識、2)問題を解くために適用される定理知識、3)問題を解く方針となる手順知識、4)問題を解くための制御知識の4つに分けて考えられる。電気磁気学の問題は大きく分けると1)現象や成立原理を説明する、2)物理量(属性値)を数式あるいは数値で求める、の二つのタイプからなる。従って問題の理解に必要な知識は1)概念や事実、2)現象や法則(概念間の関係)、3)現象を表わす公式、数式やその解釈、4)式の導出や変形規則、5)単位や単位間の関係、6)他の教科の知識(数学、電気回路、...)に分けられ

る。これらの点に留意し問題の記述、定理や公理の記述、概念の記述をオブジェクトとして表現する。問題および事実や法則など電気磁気学を対象とした知識の表現例を図1. に示す。

2. 3 問題の解法モデル

問題は階層構造をなすいくつかの副問題（分解を重ねて、最終的には基本的な問題や概念になる）から構成されている。これら各問題の基本的な解法モデルを(a)問題が与えている前提知識、(b)解決に用いる適用知識、(c)解決の結果・解答、図2. の枠組で捉える。従って解法モデルも階層性を持つ。

2. 4 解法の基本戦略

解を求めるため前提知識と適用知識を状況（制約条件）に当てはまるクラスのオブジェクトから、その概念関係（因果関係、関数関係）を見つけ出す。この関係を基に問題解決のための知識も見つけ出す。例えば、関数関係が成立する場合は1)既知量（前提および適用知識）と未知量を分ける、2)関数関係を式で捉える、3)式の操作を行い、未知量を求める、4)数値解を求める場合は、既知量を代入する、の手順を踏む。教えるに当たっては、未知知識や副問題の問い合わせを行い関連（上位、下位、兄弟）オブジェクトを参照する。

3. 処理の例

実際のシステムは、概念や制御をオブジェクトの形で統括できるエキスパートシステム構築ツールESHELL/Xを利用しており、「複数の電荷が存在する場の電界、電位を求める問題」について標準的な解法を提示できる。そのために必要な知識をオブジェクトとして登録している。

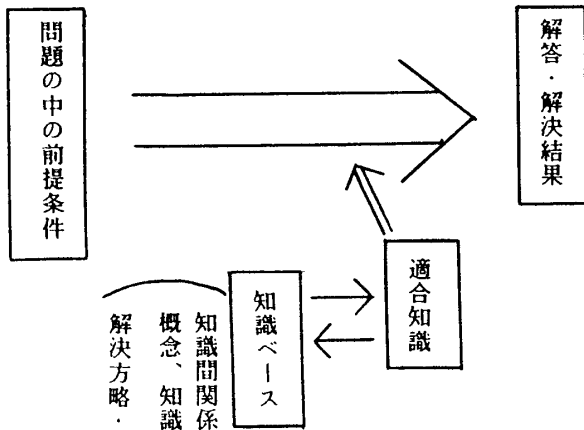


図2. 問題の解法モデル

具体例の概要を図3. に示す。

4. おわりに

電気磁気学を対象に例題学習の問題解決過程のモデル化およびその過程において参照される知識について考察し、システム化を試みた。学生モデルの構築、それを基にした教授知識の生成および実用化へ向けてシステムの拡充が課題である。

素晴らしい環境を提供下さった丹羽義次校長先生初め関係各位に厚く御礼申し上げます。

```

(オブジェクト名 クーロンの法則)
(LEVEL クラス)
(SUPERCLASS 法則)
(対象 2個の電荷の間に働く力)
(定性的説明 力は距離の自乗に反比例し電荷の積に比例する・・・)
(公式  $F = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{4\pi\epsilon_0 \cdot r^2}$ )

(オブジェクト名 問題1)
(LEVEL クラス)
(SUPERCLASS 問題)
(前提 (電荷1 (量  $Q_1$ ) (距離  $r_1$ ))
      (電荷2 (量  $Q_2$ ) (距離  $r_2$ )))
(結論 (電位?))
(教育目標 (関係 (電荷 電界))
           (関係 (電位 電界))
           (複数の電荷による電位))
    
```

図1. オブジェクトによる知識表現

```

[問題]
点  $P_1$ 、 $P_2$  に電荷  $Q_1$ 、 $Q_2$  がある。このとき点  $P$  の電位を求めよ。
但し、 $PP_1 = r_1$ 、 $PP_2 = r_2$  とする。

前提: 2個の電荷  $Q_1$ 、 $Q_2$  がある。(暗黙: 真空中)
結論: 電位を求める。
手懸かり: 電荷と電位の関係。
解決戦略: 概念・成立原理が分からない場合下位オブジェクトを参照する。
           複数の電荷による電位の求め方が分からない場合、
           1個の電荷による電位を求める。
           電位を定義により電界との関係で求める。
           電位の定義、求め方が分からない場合は下位オブジェクトを参照する。
           求める際に使う数学が分からない場合も下位オブジェクトを参照する。
           電荷による電界を求める。
           電界の定義、求め方が分からない場合は下位オブジェクトを参照する。
           求める際に使う数学が分からない場合も下位オブジェクトを参照する。
           以下同様・・・
    
```

図3. 電位を求める例

参 考 文 献

- 1) 電気学会大学講座「電気磁気学」
- 2) 岡, 鈴木, 伊藤「学習者を支援する知識ベースシステム」, 信学会ET89-7 (1989)
- 3) 小西, 伊東, 高木, 小原「ICA Iにおける知識の成立原理の教示と対象世界のシミュレーション」信学誌D-11 Vol. J73-11 No. 7(1990)
- 4) 大槻, 竹内「知的CA Iにおける高度個別化に関する研究報告」信学会ET90-4 (1990)
- 5) 藤原 正敏「マクロレベルの教授・学習支援のための構造化について」情報処理学会第42回(平成3年前期)全国大会講演論文集 (1991)