

教材知識構築支援システム (2)

A support system
for building teaching domain knowledge

小林 学・吉川 厚・大場 勇治郎

Manabu KOBAYASI, Atsushi YOSHIKAWA, Yujiro OHBA

慶應義塾大学理工学部

KEIO University Faculty of Sci. & Tec.

あらまし 知的CAIの開発において、いかに知識を整理するかは重要な問題である。しかし、教師が膨大な量の知識を整合性のとれた形でまとめあげることが、おおきな労力を必要とする。この問題を解決するために我々が以前に提案したシステムについて、ここでは、より効率よく知識をまとめ活用するため、対象とした電磁気学の分野における知識を、4つの観点から分類、詳細化した。

キーワード CAI 教育情報処理 大学教育 知識工学 テキスト解析 教知識構築支援

1. はじめに

現在、大学レベルでの実用に耐える知的CAIを開発することは大変に難しいこととなっている。この原因の一つには、扱う知識量が膨大になってしまうことが挙げられる。例えば、電磁気学では、数学的な知識として微分、積分、ベクトル解析などを用いるし、電磁気学自体も電気回路や静電気学、静磁気学、誘導起電力など、多岐にわたっている。微分、積分、あるいは、電気回路に限ってもかなり膨大な知識量である。これらを全て円滑に、しかも、知的CAI上で扱いやすく、整合性のとれた形でまとめあげるには、かなりの労力と知的CAIに関するある程度の知識と経験が必要とする。しかし、新しく知的CAIを作ろうとする教師が、必ずしも知識の整理になれているとは限らない。また、知的CAI技術者と協力して知識を整理するとしても、教師が持っている全ての知識まで抽出するには、たいへんなディスカッションを必要とし、そのための労力は大変なものとなる。しかも、大変な苦勞をしても、うまく抽出できるとは限らない。そこで我々は、このような問題を解決するために、教師が書いたテキストを

もとに領域知識を抽出し、教師とのインタラクティブな対話により、教材知識の構築を支援するシステムを提案した[1]。教師はテキストを書くことには慣れており、これにより、教師側の負担を軽くできる。また、そこに書かれている表現はかなり教師の知識構造が反映されており、かつ、文章による意思表示は会話による意思表示よりも省略がなく、知識の抽出が容易である。しかし、そのシステムで抽出し、整理された知識を実際の知的CAIシステムで用いるには、個々の知識の性質や特徴、また知識間の関係を十分に整理、体系化していなかったため、簡単な問題文生成と解答、説明生成にしか適用できなかった。そこで本研究では、このような知識の体系化を強化するため、より詳細な教材知識の抽出という観点から、知識をその性質や適用などをもとに分類、詳細化した。

2. 知識の分類

知識の分類についてはこれまでさまざまなものが提案されてきた。今回の研究では、教師に

より書かれたテキストから、より詳細に知識を抽出し体系化することを目的として、知識その内容や役割によりカテゴリー分けして細分化を試みている。対象領域は電磁気学としている。電磁気学における知識には、さまざまな物理量についての知識や、これらに関連づける法則についての知識などが含まれている。これらを、(1) 宣言的知識と手続き的知識、(2) 一般性(状況への依存性)、(3) 抽象性、(4) 他の知識(キーワード)とのリンクの4つの点に注目して分類した。以下にこれらの分類について説明する。

2-1. 宣言的、手続き的

従来から提唱されている教材知識の分類方法として、宣言的知識と手続き的知識に分ける方法がある。宣言的知識はある対象物や、事象などに関する関係を表した知識であり、手続き的知識は問題を解くためのアルゴリズムを表した知識として定義されている。電磁気学におけるこれらの分類は、そのまま物理量に関する関係を表した知識と、法則の演習的な計算問題を解くためのアルゴリズムとして捉えることができる。

テキストの中で宣言的知識として分類できるものとしては、「導体は電気をよく伝える」、「+と-の電荷の間には引力が働く」などがある。宣言的知識は、知識の本体にある各条件が導出する真理値に対して、論理演算をすることができる[2]。これによると後の言明は、「符号の異なる二つの電荷の間には引力が働く」という知識と、「+と-は符号が異なる」という知識の二つの連言条件が導出する真理値の積をとることにより、導出されているとみなすことができる。一般に、テキストには、「+と-の電荷の間には引力が働く」という言明が書かれている場合が多く、システム内にあらかじめ「+と-は符号が異なる」という知識を用意しておき、これを先ほどの言明に対するメタ知識として扱い、このことから「符号の異なる二つの電荷の間には引力が働く」という知識を得ることができる。また、「符号が同じ二つの電荷の間には斥力が働く」という知識と、「+と+は符号が同じ」、「-と-は符号が同じ」という知識から、「+と+の電荷の間には斥力が働く」

「-と-の電荷の間には斥力が働く」という知識を導出する事が可能となっている。

一方、手続き的知識としては、(1) $F = m H_+ - m H_- = m (H_+ - H_-)$ のような演算が可能であるという数学的演算知識と、(2) 既得している演算知識を、適用する順序に関する知識がある。(2)は例えばある演習問題中において、どの法則に、どのような演算を、どのような順序で当てはめれば解答に到達することができるかという知識である。手続き的知識が(1)と(2)の二つ存在することはつまり、数学的演算知識を持っているだけで使い方を知らなければ、問題は解けないということを意味している。しかし、この演算知識の適用順序という知識は、問題の領域、構造、求める物理量により大きく依存しており、これらを他の問題解法から導くことはとても困難なことである。これの例として、次の問題を考えてみる。「真空中で、qの電荷を持つ点電荷から距離rの場所の電位を求めよ。」という問題を解くとき、図1-(a)のように、いきなり真空中の電位の公式を持ち出す方法の他に、図1-(b)のような過程を経て解を導くこともできる。また、さらに第三の方法もあるかも知れない。しかし、テキストに(b)のようなことが書いてない場合に、これを他の知識をもちいて導くことは、探索空間の爆発や、システムの処理速度等の問題から、今回のシステムでは見送っている。従って、電磁気学のテキストからこれらを抽出す

$$\Phi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r} \quad \left| \quad \begin{array}{l} E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \\ \Phi = \int_r^\infty E dr \\ \Phi = \int_r^\infty \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r} dr \\ \Phi = \left[\frac{q}{4\pi\epsilon_0 r} \right]_r^\infty \\ \Phi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r} \end{array} \right.$$

(a)

(b)

図1 電位の導出

る場合、複数の解法を探索するルールのようなものは取り出せず、実際にテキストにある例題の解答例を、そのままトレースした解法しか抽出を試みていない。また、基本的な数学的演算知識は、電磁気学のテキストには記述されていないので、あらかじめ本システムの中に常識的知識として、格納しておく必要がある。

2-2. 一般性

知識の持つ性質を、その知識の状況への依存性から捉えることができる。これはすなわち、ある知識がある状況下でのみ成立するのか、それとも、広汎に適用可能なものであるかというものである。言い替えれば、どのような条件に依存しどのような条件には影響を受けないかということである。

電磁気学においては、例えば、「等電位面と電気力線は直行する」や、「電流の単位はアンペアである」などは、どのような条件下でも成り立つ。また、「電圧の記号はVである」なども、比較的制約を受けない知識である。それに対し、「細長い棒を長さの方向に磁化するとき、反磁界係数は0である。」というように、反磁界係数の値は、磁化するものの形、大きさそして磁化の方向に依存している。

これはある知識が、どの程度の範囲まで適用できるか、ということと関係してくる。あまり制約のない知識は、多くの状況下で成立するため、ベーシックなものが多く、テキストの中の章や節の中において基礎として重視されるべきものが多い。これに対して、このような多くの基礎的な知識（条件）が同時に成り立つとき、はじめて成立する知識は、ある事柄について、それらの条件により、より特殊化されたものが多い。

このような条件は知識をまとめる際に、注意しなければならないことであり、電界についても、「点電荷のまわりでは $E = q / 4 \pi \epsilon \cdot r^2$ であるが、コンデンサー内では $E = \text{const}$ である。」と、演習の際の知識の活用もより細かく指定することができる。このような知識とその条件の抽出には、テキストに明記されていない条件を、いかに発見し取り出すことができるかが鍵となる。

2-3. 知識の抽象性

人間の持っている知識には、抽象的な知識と具体的な知識がある。具体的な知識は、目に見えるもの、現実には質量を持って存在するものなど、人間の五感により捉えることができたり、実際に体験したりすることができるものなどがある。それに対して、抽象的な知識は、前述の具体的な知識を結び付けるために仮定したものや、想像したものである。このような抽象的な知識は、実際にみたりする事はできないが、そのようなものの存在をさまざまな間接的手法により確かめたり、そのようなものを設定することにより、既存の知識を、整理したり、関連づけたり、論理的に統合することができる。

電磁気学においては、具体的な知識としては、「電荷」や「距離」、「球」、などがある。これらは、実にプリミティブなものでもあり、既に分かっているものとして、他の物理用語を用いた説明は、なされていないことが多い。また、電磁気学の学習の初期の段階からあらわれており、新しい抽象的な概念を説明する際にもできるだけこれらの具体的なものを用いた定義がなされている。これに対し、抽象的なものとしては、「真空の誘電率」「電界」「電圧」「磁気モーメント」「磁化」などがある。これらは、 $F = q_1 q_2 / 4 \pi \epsilon \cdot r^2$ 、 $E = q / 4 \pi \epsilon \cdot r^2$ のように、始めはなるべく具体的なものを用いて抽象的な知識を定義し、徐々にそれらを用いてさらに他の抽象的なものを定義したり、マクスウェルの方程式のように、より抽象性の高い知識を用いて、それらを関連づけたり統合している。このような展開は、学習者の理解を少しでも容易にしようとするものである。本来は、物理知識を抽出する際にレベルづける法則自体をテキストから抽出したいのだが、知識がどの程度抽象的であるかについての判定であるレベル付けの尺度をどのように設定することが適切であるか等の問題が未解決であるため、今回は次のような手段を取った。

実際にテキストから知識を抽出するさい、「電荷」や「距離」のような、既に分かっているとされている単語については抽象レベルを0とする。そして、「電流」が、「電荷の流れを電流という」という文で定義されているように、レベル0の単語によって定義されているものは

レベル1とする。そして以後、同様に定義文の中に用いられているもののうち、最も高い抽象レベルに1を加えたものをその知識の抽象レベルとしている。また、「 $C = Q/V$ 」のように式で定義されているものは、その物理量の抽象レベルを右辺をもとに決め、定義式は、その抽象レベル+1としている(図2-(a))。これにより、「 Q (レベル0)」と「 V (レベル2)」から、「 C 」はレベル3となり、「 $C = Q/V$ 」という定義式はレベル4となる。また、図2-(b)では、「 C 」について2つの式があり、それぞれをもとにすると「 C 」のレベル付けが異なってしまうが、そのレベル決定は定義式(ここでは上の式)をもとにすることとしている。それゆえ、その知識についての(下の式のような)定義式以外の式をもととする、新たにレベル付けは行わない。これにより「 C 」の抽象レベルが2になるような混乱を抑えている。

知識	抽象レベル
電荷	0
距離	0
微分	0
真空の誘電率	1
電界	1
導体	1
電位	2
電気容量	3
$Q = CV$	4
$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$	2

図2-(a) 物理量の抽象レベル

知識	C の抽象レベル	式の抽象レベル
$C = \frac{Q}{V}$	3	4
$C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$	2	3

図2-(b) 抽象レベルの決定

2-4. 他の知識とのリンク

他の知識とのリンクに基づく分類は、今まで述べた3つの分類のように知識の本質的な性質に基づく分類とは異なり、解析と抽出の技術的な部分にかなり依存している。知識は本来、そのものが単独に存在しているのみでは、あまり有効に生かすことはできない。しかし他の知識と関係づけることにより、より多くの知識を生み出し、その知識群全体としてのまとまりをみせる。これは、たとえば、自然言語において、「わたし」「あなた」「ケーキ」「たべる」「もらう」のような単語のみでは、それぞれ単語固有の意味しかなさないが、「あなたはケーキを食べる」「私はあなたからもらったケーキを食べる」「あなたは私をもらう」などのように、他のものと結びつくことにより、さまざまなことがらを表すことができるということと似ている。そして、このような他の知識とのリンク自体もまた一つの知識といえる。このように、ノードとしての知識と、ノードを結ぶネットの形態としての知識を区別することができる。このノードとしての知識には、他とのリンクが多いものと少ないものがある。また、リンクの数、ノードとノードの二項関係のみの場合もあれば、そのリンクが複数共起して、一つのネットとしてまとめて扱わねばならないものもある。

電磁気学においては、個々の物理量などは、ノードとしての知識として考えることができる。そして、たとえば、「電圧の単位はボルトである。」のようなものは、「単位(電圧ボルト)」という二項関係であり、「有限の大きさの強磁性体を磁化すると、その端面に+-の磁極が現れ、この磁極により、磁性体内部には磁化Jとは逆向きの磁界が生ずる。これを反磁界という。」などは、「磁性体」「磁化」「磁極」「磁界」「反磁界」などを含む大きなネットを設定し、それらノードのまとまりを知識として扱わねばならない。また、「 $F = q_1 q_2 / 4\pi\epsilon_0 r^2$ 」のような式も、「 F (力)」「 q (電荷)」「 ϵ_0 (真空の誘電率)」「 r (半径)」のような、複数のノードを含むネットとしてみなすことができる。しかし、このような大きなネットとして知識を扱うことは、非常に注意深い操作を行わなければならない。また電界については、「 $F = qE$ 」「 $V = Ed$ 」のように、

一つの式では大きなネットは形成されないが、電磁気学の多くの場面で現れ、結果としてテキスト全体を通じて、様々なものと関連づけることができる。このように、ある知識に注目したさい、そのリンクの種類と数によりその知識が特徴づけられる。すなわち、先述の分類とも関連して、キーワードとして、指定されているあるノードが、同様にキーワードとして指定されている多くの他の語と結びついている場合には、その語は、領域知識全体を、そのノードを通じて見渡し、関連付けることができる重要な語であるとみなすことができる。図3は近角らによる、「物理学第2[電磁気学]」[3]のテキストの7章「静磁現象」の1～4節におけるキーワードと、それらの間のリンクを数えたものである。これを見ると、「磁極」や「磁界」「真空の透磁率」などは、他の語とのリンクが多く重要かつ基本的な語と捉えることができる。このような語としては他には、「電界」「電荷」などという語があげられる。これに対し、「磁気双極子」という語は、出現回数や他の語とのリンクが少なく、かなり孤立し、他の状況への適用があまりできない知識と捉えることができる。そして以上のような、キーワード間のリンクではなく、条件としてのリンクが多い知識は、それだけ制約が多く、より特殊化された知識であると判断することができる。

	磁極	クーロンの法則	真空の誘電率	磁界	磁位	ポアソンの方程式	ラプラスの方程式	磁気モーメント	磁気双極子	磁化	磁性体	総リンク数
磁極		2	6	9	5	1	1	3		4	5	36
クーロンの法則	2		1									3
真空の透磁率	6	1		6	3	1		1		4		22
磁界	9	6			6	1	1	6		5	3	37
磁位	5	3	6			2	2					18
ポアソンの方程式	1		1	1	2		1					6
ラプラスの方程式	1			1	2	1						5
磁気モーメント	3	1	6						1	3	1	15
磁気双極子								1				1
磁化	4		4	5				3			6	22
磁性体	5			3				1	6			15

図3 他の知識とのリンク

テキストから抽出する場合における、このような知識の形態の判別方法として、次のような手法を考えている。まず、ノードとしての知識は文章中の名詞が考えられるが、さらに名詞にも、ノードにするべき名詞と、リンク名として扱うべき名詞がある。これらはあらかじめ個々の名詞をその意味と役割によって分類して辞書の中に記述しておく。そして、二項関係は単文や単語の係り受け関係、修飾被修飾関係などにより抽出する。そして大きなネットは、これらを含む複雑な文や連文、複文、さらには、ある種の接続詞によってつながれている複数の文から、同時に扱うべきリンクであるという情報を得ることができる。但し、連文や複文の解析は難しいので解析に失敗した場合、さらに優しい構文に換言してもらふ必要はある。

テキストから教材知識をより詳細に抽出するために、以上のような4つの観点から知識の分類をおこなっているが、それぞれの観点から得られる分類は、必ずしも全体を等しく二分するものではなく、大と小であったりするものもある。また、観点が異なるにも関わらず、分類された知識群はその内容がかなり似たものとなっている部分もある。しかし、それぞれの分類は他の分類の中で、それをさらに詳細化することに貢献していることは事実であり、その分類を他の観点からの分類により、補っているともみなすことができる。

3. 本の内容

教師によって書かれたテキストは知識抽出のソースであり、さまざまな情報が記述されている。この知識のソースには、テキストという形態を取っているがための特徴的な情報が含まれている。ここでは、それぞれの情報を、どのように扱い、先ほどの分類に照らして抽出するか説明する。

3-1. 本の内容

一般的にテキストは、その扱う領域により特徴的なアイテムをもとに構成されているが、電磁気学のテキストにおいては、大きく分類して

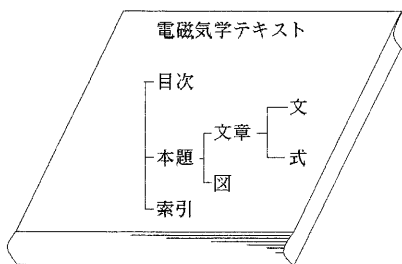


図4 電磁気学テキストの内容

次のような5つアイテムをもとに構成され、それぞれの中に情報が含まれている。すなわち、(1) 索引、(2) 式、(3) 文章、(4) 目次、(5) 図である(図4)。

これ以外にも当然構成要素はあるが、それらは領域知識の説明とは直接関係なく、それらから教材知識を抽出することは困難である。さて、それでは次にそれぞれについて含まれている情報と、知識としての獲得を検討する

3-2. 索引(キーワード)

索引には著者が重要と考えている単語が書かれている。そこでこれらをキーワードと考え、これらを中心に知識整理を行うことは、著者の知識構造を反映した、より扱いやすい知識体系となる。一般的に索引には、その領域に特徴的な単語がほとんど挙げられており、「既に学習者が備え持っている」と、著者が仮定している

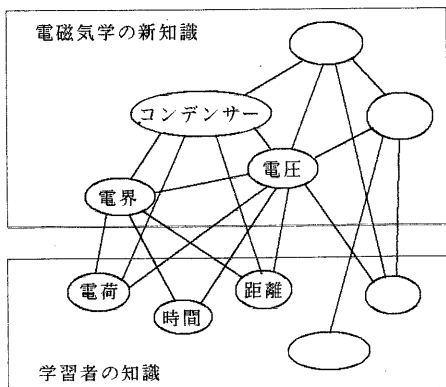


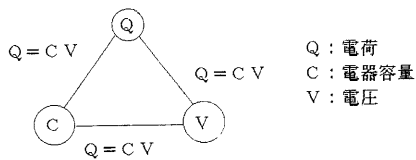
図5 知識のリンクづけ

知識をベースにして、これらの単語間の関係を説明してゆくことにより、知識として構築してゆくというのが著者のねらいである(図5)。そこで、実際にテキストの本文をシステムに入力する前に、この索引を入力しておき、知識整理のキーワードとして、それらを基本的なノードとした知識間のリンクを構成するのである。

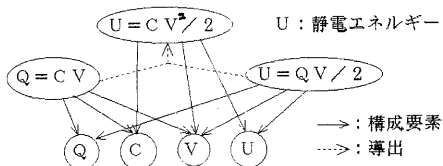
3-3. 式

電磁気学の知識の中で式は非常に重要な存在である。これは複数の物理量を簡潔に、しかも分かりやすく構造的に結び付け、しかもその結びつきは数学的演算知識による変形を適用する事ができ、一見関連が薄そうな、さまざまな状況と制約下における物理量の具体的なふるまいを、抽象的なレベルで統合している。以上はいわゆる法則、公式について、知識の抽出の立場からみた価値である。このように、法則、公式は、基本的ないくつかのある条件のもとでの、ある複数の知識を結び付ける、一つのネットとしての知識と捉えることができる。たとえば、「 $F = q_1 q_2 / 4\pi\epsilon_0 r^2$ 」のような式は、「真空中で二つの電荷が離れて存在している。」という条件のもとで、「 F (力)」「 q (電荷)」「 ϵ_0 (真空の誘電率)」「 r (半径)」という、それぞれのノードとしての知識を結び付けているが、この関係は、それぞれの値は定数項に限らず、変数に対しても、なおこれらの間に、そのような関係がなりたっていることを表している。そして例えば q の値や、 r の値が決定されるような、さらに具体的な状況下においては、それにとまって F の値も一意に決定できるという、具体化された状況の説明ができる。

さらに、式と式の間にも例えば、「式(1)は式(2)の導出理由である」などような、さらにメタ的な関係が存在する。このような関係は、分類の観点からの手続き的知識としての抽出とは別に、式をさらにまた一つのノードとして扱うことにより抽出可能となる。例えば図6-(a)では、ひとつの物理量である各知識を結び付けるリンク名として、式が用いられているが、これに対し図6-(b)では、式自体が一つの知識となり、これらがさらに結びついている。



(a) ネットその1



(b) ネットその2

図6 ネットの構成

3-4. 文章

テキストにおいて文章もまた、式と同様に重要な構成要素である。もし、テキストが単なる式の羅列であったなら、それは余りに説明不足であり、もはや教材知識の抽出が期待できる対象とはいえないであろう。以後、文章とは、先述の式をも含めた数式混交文を指すことにする。電磁気学のテキストにおいては文章は、(1) 宣言的知識の記述、(2) 式の説明、(3) 例、(4) M T U (Meta-Technical-Utterance) などに分けることができる。

(1) 電磁気学の知識においては、宣言的知識は、式の構成要素となる個々の物理量の説明や、式では表せない知識間のリンク、条件などの表現となっている。例えば、「導体は電気をよく伝える」、「真空の誘電率をε。と書く」、「有限の大きさの強磁性体を磁化すると、その端面に+-の磁極が現れる」などである。このような、電磁気学のテキストにおける宣言的知識は、ノードの二項関係や、ノードに動詞を持つ複数のリンクのネットとして取り出すことができる。

(2) 電磁気学のテキストにおいては、式の説明を、口頭では省略してしまうような補足さえも、細かく文章で補ったものが多い。このことにより、式にともなう説明を抽出することができる。この文章による説明は、式の持つ意味、

2つの導体A、Bにそれぞれ+Q [C]、-Q [C]の電荷を与えたとき、A、B間の電位差がV [V]になったとすると、QとVは比例する。すなわち

$$Q = C V$$

となる。この比例定数Cを電気容量という。

- : 成立条件
- ▨ : 構成要素
- ~~~~ : 構造

図7 式とその説明文

構造、構成要素、成立条件、導出過程や証明の補足、他の式とのリンク、具体的適用例などに細分化できる。知識の分類の立場からみれば、成立条件は一般性の目安、適用例は具体化の一種と捉えることができる。例えば、図7のような文章では式について、構造、構成要素、成立条件などの説明が書かれている。

(3) テキストにおける例は、抽象的な知識やその扱い方について、具体的なものを当てはめて、その理解を促し、確実なものとするためのものと捉えることができる。それゆえ、知識としての重要度はそれほど高くはないが、それらをも抽出することは、より強力な教材知識の構築に、ある意味では貢献すると考えられる。さらに細かく分ければ、例には、(a) ある宣言的知識の具体的な事例と、(b) ある法則や式変形などの手続き的知識の具体的な適用例、すなわち例題などがある。(a)は例えば、比磁化率が話題となっているときに強磁性体として、「比磁化率の大きいものとしては例えばパーマロイド、その値は8000である。」というような例を持ち出している。(b)の例題においては、ある値を求める際、どのような法則にどのような操作を加えればよいか、という手続き的知識について、一つの具体的な実行順序が示されている(図8)。現段階では、教材知識の抽出として、手続き的な知識は、このような例題の解答例から抽出することとしている。

〔問題〕

電荷 q [c] を持つ、半径 a [m] の球が真空中にあるとき、その静電エネルギーはいくらか。

〔解〕

静電エネルギーは

$$U = \frac{1}{2} q V \quad (1)$$

半径 r の真空中の球電荷の電位は

$$V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r} \quad (2)$$

式 (2) を式 (1) に代入し、 $r = a$ とすると

$$\begin{aligned} U &= \frac{1}{2} \times q \times \frac{q}{4\pi\epsilon_0 a} \\ &= \frac{q^2}{8\pi\epsilon_0 a} \end{aligned}$$

図8 例題と解答例

(4) MTU (Meta-Technical-Utterance) とは、対話において、話の内容には直接関係ないが、聞き手の理解を促すものである。電磁気学のテキストにおいては、直接領域知識には関係ないが、知識のリンクを表しているものと、知識の獲得に関するものがある。前者は例えば、「これより」、「同時に」などの句であり、これまでの議論でも、知識としての抽出が可能である。しかし、後者については例えば、「この法則は重要である。」や、「磁気分野においては・・・」などがあるが、これらを知識として取り出すことは、たいへん困難であり、今回は見送っている。

このように、文章にもその内容や目的により、さまざまなものがあり、これらを、その役割を考慮して解析し、知識の抽出と分類を高めている。

3-5. 目次 図、

テキストにおける目次は、その領域知識の大きな分類を表している。この場合の分類は、その知識の種類、性質などに依存しているが、この分類は著者にまかされている。それ故、この5番目の分類は、著者の持っている、知識に

対する明言化できない差別化や細分化が、反映されている。本システムでは、どの知識が、どの章において生成されたかを、アドレス属性として、知識につけておき、これらの章内でのリンクの数と、章をまたいでどの章とより多くリンクが生成されたかをカウントし、知識の分類と結びつきの目安として保存している。また、テキストには、文字では説明できない事柄や、文字による説明を補うために、図が添えられている場合がある。しかし、そのような図までも、そのまま知識として取り入れるには、画像認識や、絵と文字の関係付け、統合が困難であるため、今回は見送った。

4. まとめ

本研究では、知識の活用を強化するため、教授により書かれたテキストから、より詳細に教材知識を抽出するさいに、知識をその内容や役割により細分化する事を試みた。今回の研究はその領域を電磁気学においている。そしてそのテキストの内容を検討した結果、この領域知識に対しては、4つの観点から分類、詳細化できるという結論に達した。今後の課題として、知識の最適な枠組みの道程と活用の、さらなる強化を実現するため、新たな教材知識分類について考察する。そして、ここで提案した知識の詳細化が、他の領域の知識の抽出にどれほど応用できるかを、検討していく予定である。

〔参考文献〕

- [1] 小林学、吉川厚、大場勇治郎：「教材知識構築支援システム」、1990年度人工知能学会全国大会（第4回）論文集（II） p.p.731-734.
- [2] 奥畑健司、坂根謙一、島崎克也、太田義一、野村康雄、溝口理一郎：「教育戦略の観点からみた教材知識の分類と組織化について」、人工知能学会研究会資料 SIG-FAI-HICG-KBS-9001 p.p.67-76
- [3] 近角聡信、玉川元、中島真人、野口晃：「物理学第2 [電磁気学]」 慶応義塾大学理工学部 (1986)