

英語教材作成のための知的オーサリングシステム

岡本 竜 矢野 米雄

徳島大学工学部

あらし

オーサリングシステムはCAIシステムの効果的運用に重要な役割を果たす。最近のITSに関する研究の進展により、問題生成を効率的に行う機構をITSに備える必要性が高まっている。本稿ではITSの問題生成機構に対し、問題生成の枠組みとなる教材モジュールを供給するオーサリングシステムを提唱する。本研究では中学校の"英語演習問題を対象としたITS"のために教材モジュール作成を目的とした知的オーサリングシステムを対象とする。そのために英語対象領域の知識継承関係と演習問題形態に基づく対象知識構造の明確化、それらを用いた自然言語のAI的手法による演習問題の自動作成過程について述べる。さらにITSの教授戦略に従い、動的問題提示が可能な教材モジュール作成について言及する。

Intelligent Authoring System for ITS of English Exercises

Ryo OKAMOTO Yoneo YANO

Faculty of Engineering, Tokushima University
2-1, Minami-jousanjima, Tokushima 770, Japan

Abstract

Authoring systems are one of the most important issues in computer assisted instruction (CAI). Recently a number of models in intelligent tutoring systems (ITS) have been researched, and exercise-generator is necessary to provide in the system. Our Authoring system for ITS aims to frame the modules of producing teaching materials. The domain of the research is English that is taught in junior high schools. In the course of the research described in this paper, 1) to define the construction of background knowledges that are consisted by inheritance, according to grammatical issues and forms of Exercises, and 2) to make clear the process of producing Exercises.

1.はじめに

従来のオーサリングは、伝統的CAIシステムに対するコースウェアの作成である。オーサリングシステムは一部実用化されているが、現存するシステムには以下のような問題点がある。

- ①問題作成のユーザの負担が大きい
- ②問題提示順序が線形的である
- ③知的CAIを考慮していない

〔①について〕演習問題の自動作成の機能を持つオーサリングシステムは少ない。ユーザがエディタを用いて任意に問題を設定できる反面、教材作成が非効率的である。

〔②について〕予想される学習者応答にしたがった教授系列制御コマンドによる教材組立が主流である。したがって、固定的な提示順序とならざるを得ない。

〔③について〕対象知識構造を明確に反映した教材構成ができないため、ITSなどに問題を供給することが困難である。

英語対象領域における演習問題を対象としたCAIシステムについて考えた場合、対象知識構造が明確化されていれば、学習者に提示する問題形態を限定的に規定できる。これらに対して自然言語に関するAI的な手法を用いることにより、演習問題自動生成を行うことで教材作成の効率化が図れる。

ITSは問題解決知識をシステムが細分化して保持し、問題解決能力を持つことによる高度個別指導を目的としている。したがって問題生成に必要な宣言的・手続き的知識を対象知識構造と問題形態に関連づけて構造化して教材モジュール化することで、教授戦略にしたがった動的な問題生成が可能となる。

我々の研究室では学習者の問題解決過程の認知的考察に基づくモデル化による「英語演習問題を対象とするITS」の研究^{[1][2]}を行ってきた。本稿では、このITSに対する教材供給を対象とした知的オーサリングシステムについて述べる。本研究の目的は以下の3点である。

- ①英語対象領域の知識継承関係と演習問題形態に着目した対象知識構造の抽出

- ②対象知識構造に基づく演習問題を自動作成
- ③教授戦略を考慮した動的な問題提示が可能な教材モジュールの作成

本システムでは対象を中学校で学ぶ英語とする。また単語変形と基本的な文法事項を中心とし、訳に関する演習問題は取り扱わない。

2.対象知識構造

ITSにおいて問題演習を行なうためには、対象知識構造の抽出（知識のグループ分けと順序づけ、および適用条件・目標知識・前提知識の明示）を行なうことが必要となる。

本研究では、英語に関する対象領域特有の構造上の特長である知識継承関係と演習問題の形態に着目し、2つの視点から対象知識構造の抽出を行った。

対象知識構造を明示し演習問題を作成することにより以下の効果が得られる。

- a)抽出された対象知識構造と問題形態に関する知識を組み合わせることによって多様な問題を自動的に作成できる。
- b)対象知識の階層化により、学習者に段階的な教授を行なえる。（未定着知識を多く含む演習問題の提示による学習者の混乱を避ける）
- c)学習者の理解状況に応じ、次に提示する演習問題を動的に選択できる。

2.1 英語に関する知識継承関係

基礎的な英語の学習においては、単語に関する問題と文法規則に関する問題が主になる。これらの作成を目的とした場合、対象知識の継承関係は図2.1のように4つの階層に分類して表現できる。

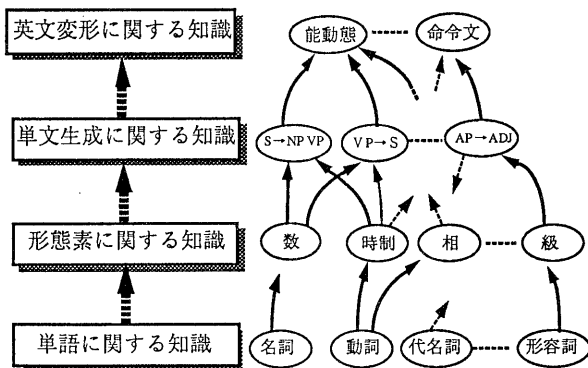


図2.1 英語に関する知識継承関係

階層化された対象知識構造をシステムが持つことによって、このような必要・十分関係を表現することができる。これらを利用することにより、システムによる演習問題作成と教材組立を効率的に行うことができる。

(1) 単語に関する知識

個々の単語は文中における機能により品詞分類され、さらに意味的概念に基づきさまざまなカテゴリに分類される。これらの情報は本システムにおいて、①単語辞書、②概念辞書、③共起辞書の3つの辞書として表現される。単語辞書では単語見出しとして文字列、品詞情報などの情報が記述される。概念辞書においては包摂関係に基づく概念体系が記述され、それぞれの概念見だしを動詞の格フレーム表現を用いて共起辞書として記述する。

(2) 形態素に関する知識

ある英文が生成される場合、個々の単語は文中における機能にしたがって形態を変化させる必要がある。これらの変化規則は、単語に関する問題において題解決知識として適用される。したがって約30個程度の変化規則をプロダクションルールを用いて表現する。名詞にの複数形における変化規則の例を図2.2に示す。

(3) 単文生成に関する知識

英語における文は、ほとんどの場合において単文（平叙能動態文）に対して何らかの変形手続きを行うことによって生成できる。単文の分類は一般に文型ともよばれる。単文に関する知識としては、各文型ごとに適用される動詞の種類と、動詞以外に必要な構成要素の種類、それらの並び方などが挙げられる。文型の種類としては句構造規則に基づいて6つの文型を規定する。これらの情報を表2.1に示すようなスロットを持つフレームを用いて表現する。

(4) 英文変形に関する知識

平叙能動態文に対して変形処理を行うことによって、さまざまな英文を作り出すことができる。手続き的な問題解決知識はプロダクションルールを用いて表され、これらは多くの演習問題作成において最上位に位置づけられる問題解決知識として適用される。処理内容は主に単文における各構成要素に対する文字列処理となる。具体例として受動態に関する手続き的な問題解決知識を図2.3に示す。

表2.1 第1文型のフレーム

スロット名	スロット値
Formula	文型
Word's order	構成要素の並び
Verb category	使用する動詞の種類

名詞の複数形への変形規則

```

If (品詞種別 = 名詞)
   and (語尾の文字 = 'y')
Then If ('y'の前の文字 = 母音)
      Then ('y'を削除)
          ("ies"を付加)
  
```

図2.2 名詞の語尾変化規則

能動態から受動態への変化規則

```

If (文型 = 目的語を含むもの)
   and (動詞の種類 = 他動詞)
Then (目的語と主語の交換)
      (動詞を be+過去分詞とする)
      (be動詞を主語に合わせ変形)
      (目的語の前に前置詞 byを付ける)
  
```

図2.3 受動態に関する問題解決知識

2.2 問題形態に関する知識

英語演習問題にはさまざまな形態のものが存在する。演習問題の多くは、問題解決知識により変形・生成された英文をある形式にしたがって変換処理することや、類似または同義の問題解決知識を共に用いることにより作成される。

演習問題形態に関する構成知識として以下の3つの知識を定義する。

(1) 対象となる問題解決知識に関する知識

演習問題の形式によって、対象となる問題解決知識は限定される。また、異なる問題知識間の同義的・反義的な関係に基づきこれらの想起を要求する問題も存在する。したがって問題形式ごとに、対象となる問題解決知識の種類に関する知識が必要となる。

(2) 学習者に提示される問題文

演習問題に関しては、問題についての説明文と対象単語・英文の変換に関する知識の2つから構成される。

問題に対する説明文は、学習者に対して問題への取り組み方を示す役割を持つ。本システムでは固定された文字列を用いる。

対象となる単語・英文には、英語に関する対象知識がこれに該当し、これらの文字列に対して、括弧抜きなどの変形や複数の類似性のある対象の列挙などの処理を経て問題文に使用される。手続き的な処理は問題解決知識を適用するプロダクションルールにより表現される。図2.4に単語選択問題の変形手続きの例を示す。

(3) 解答作成に関する知識

演習問題に対する解答を作成する手続きは、問題文作成の処理過程において副次的に生成される場合と、他の問題解決知識を適用して新たな英文を生成しそれを用いる場合に分れる。

例えば能動態の文を受動態へ書き換える問題の場合には、受動態に関する問題解決知識を用いて能動態の文(単文)を受動態の文に書き換えたものを解答としなくてはならない。

以上の演習問題形式に関する情報はフレームにより管理される。演習問題形式フレームにおけるスロットを表2.2に示す。

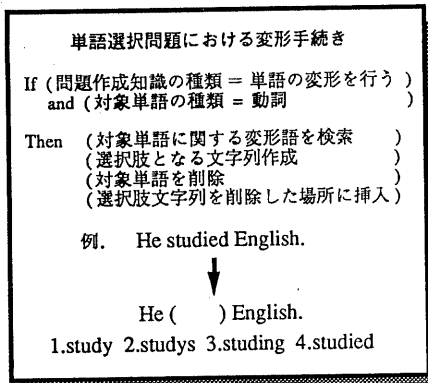


図2.4 単語選択問題に関する変形手続き
表2.2 問題形式フレームのスロット

スロット名	スロット値
Classification of Exercise	問題形式
Object background knowledge	対象問題解決知識
Transformation rule	単語・英文変形の手続き
Solution making rule	解答作成の手続き
Sentence	問題の説明文

3. 演習問題生成

対象領域知識の組み合わせにより、さまざまな形態の問題を作成することが可能となる。本章では、英文に関する問題と単語に関する問題の演習問題作成過程について考察する。

3.1 演習問題生成過程

対象知識ベース内のデータを用いて演習問題を作成する。作成する演習問題は対象知識構造に従って英文と形態素に関する問題の2種類に分類できる。

文レベルの問題作成では、最初に対象となる問題解決知識を選択する。次に関連知識のフレーム・プロダクションルールを参照して演習問題の生成を行う。

各々の問題解決知識に対し、異なる下位の問題解決知識を適用することにより、さまざまな組み合わせの演習問題を生成できる。

(1) 英文に関する演習問題について

文を対象とした演習問題の作成は、以下に示すよう5つの副過程が存在する。

- ①問題解決知識の決定と問題形態の選択
- ②動詞の選択
- ③単文構成要素の組を決定
- ④単文の生成
- ⑤問題解決知識の適用

[①について] 対象知識構造の最上位に属する問題解決知識を決定する。対象知識ベース内の問題形式フレームから対象問題解決知識のフレームを参照することにより、決定された問題解決知識を対象とする問題形式を選択する。

[②について] 前段階で決定された問題解決知識に適用可能な文型フレームと動詞格フレームの参照により単文生成のための動詞の絞り込みを行う。

[③について] 文型フレームと辞書の概念記述により単文作成のために使用可能な構成要素の組み合わせを決定する。

[④について] 前段階で決定した構成要素の組み合わせについて、単語変形に関する問題解決知識を適用し単文を生成する。

[⑤について] 最初に決定した問題解決知識の適用により、最上位レベルの問題を作成する。

以上の過程を各問題形式について再帰的に繰り返すことで演習問題を生成することができる。英文に関する演習問題の作成過程を図3.1に図示する。

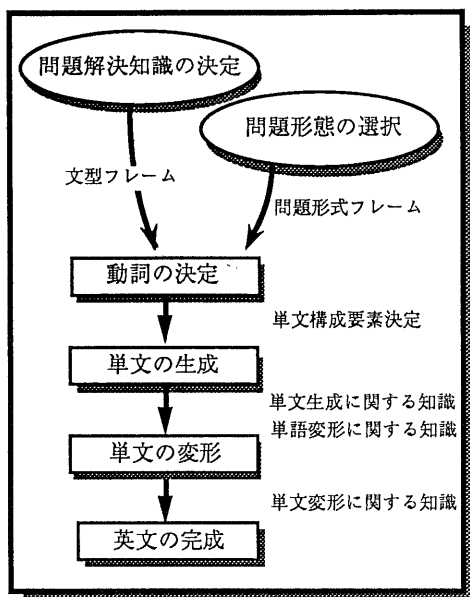


図3.1 文に関する演習問題作成過程

(2) 単語に関する演習問題について

単語に関する問題では、最初に形態素に関する問題解決知識を選択する。適用される問題形式フレームを選択し、スロットに記述された手続きに従い問題を作成する。

以上の演習問題生成過程においては、変形の処理を行うために形態素レベル、英文レベルに対する自然言語処理が不可欠である。動詞の意味的概念、それらの各文法に基づくフレーム表現は本処理過程を考慮したものでなくてはならない。

4. 教材モジュールとITSの問題生成

ITSは問題解決知識をさまざまな形態で学習者に提示して知識教授を行う。そのため問題解決知識を用いて提示する教材を作成しなくてはならない。

教材の提示方式はITSによる差異が認められるが、いずれも単語の変形や英文の作成を行う必要がある。ITSは問題形式と英語対象知識構造を構造化した知識ベースを使用した問題生成機構を備える必要がある。これを教材モジュールとして作成することを本研究におけるオーサリングと捉える。

以下の節では、本オーサリングシステムが対

象とする"英語演習問題を対象としたITS"の問題提示と、それに対応する教材モジュールの考察を行う。

4.1 演習問題を対象としたITSの問題提示

我々が研究を行ってきた"英語演習問題を対象としたITS"では、教授方略を知識定着レベル従って設定する。知識定着レベルは学習者の知識定着状態を4段階の知識レベルにより表現し、各段階でどのような学習者の誤り状態が対応するか関係づける。各知識レベルにおける学習者の誤りと教授方略について以下に示す。

①欠落的知識：学習者の中に正しい問題解決知識が存在せず、欠落している状態を表す知識レベル。学習者に対し知識欠落を気づかせ、対象知識を直接教授する。

②誤仮定的知識：学習者の中に誤った問題解決知識が定着している状態を表す。この定着状態のときに学習者が犯す誤りは知識の検索に関する誤りと知識の適用に関する誤りである。学習者には、間接的に誤りを認識させた後、知識を直接教授する。

③正仮定的知識：学習者に正しい問題解決知識が未定着な状態を表す。これは学習者が正しい知識を持っているにも関わらず、その適用に習熟していないため陥る状態である。この定着状態のときに学習者が犯す誤りは知識の検索に関する誤りと知識の適用に関する誤りである。知識適用可能範囲を拡大させるため、学習者が解答可能な問題と不可能な問題を提示し、その差異を説明することにより、解答不可能の原因を解決する

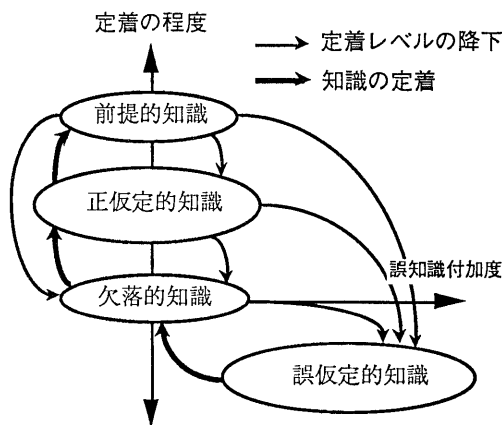


図4.1 知識定着レベル

④前提的知識：学習者に正しい問題解決知識が定着した状態を表し、誤った知識が存在しない状態を表す。これは誤り原因とは無関係で、定着の度合いが最高状態である。学習者に対する知識教授の必要はないが、知識定着レベルの低下を避けるために一定周期で問題を提示、解答を促す。

以上の知識レベルごとの教授方略から教材知識提示に関して以下の3点が挙げられる。これらを考慮して教材モジュールの構造化を行う必要がある。

- a) 演習問題として変形を行わず、例題として英文を生成し提示する。
- b) 学習者の誤った知識と問題解決知識による英文を生成し共に提示して比較する。
- c) 前提知識を維持させるために、他の問題知識と組み合わせた応用問題を提示する。

4.2 問題生成に関する教材モジュール

教材モジュールは問題形式に関する知識を中心に、問題解決知識を英語の知識継承関係の階層性に基づいて関連付けた構造で表現されなくてはならない。これらは問題形式フレームにフレーム間の上位・下位関係を示す情報を付加した教材フレームにより構成される。図4.2に構造化された教材モジュールの例を示す。

ITSは教材フレームの参照により必要な知識レベルを用いた演習問題または例題を生成できる。また学習者の誤った知識を用いた例文を作成する場合は、各レベルの手続きを置き換えて処理を行う。

5. おわりに

本稿は英語を対象領域としたITSに対する教

材モジュール作成を目的とする知的オーサリングシステムについて論じた。基礎的な課題として、対象知識構造の抽出と演習問題の生成過程についての考察を行い、さらにITSによる演習問題作成を行うための枠組みである教材モジュールの構成について述べた。

非常に手間がかかる対象知識ベースの構築と管理をオーサリングシステムが行い、対象知識構造と問題関連知識を関連づけた教材モジュールを作成する。これを問題生成のための枠組みとして構造化してITSに供給する。ITSシステムの実用化における効率的運用が本過程を経ることにより可能となる。現在、基本的な対象知識ベースの構築と問題生成モジュールを用いたプロトタイプを構築している。今後の課題としては、手続的な問題解決知識の記述方法、ITSと本システムが保持する対象知識ベースの互換性を実現する機構などが挙げられる

参考文献

- [1] Yoneo Yamamoto and Yoshinobu Kimura: Knowledge Stability in ITS- English sentence Transformation Rules-, International Conference on Advanced Research on Computers in Education (1990).
- [2] 木村吉伸, 山本米雄, "演習問題を対象としたITSの指導方略", 信学会技報, ET 90-88, (1990).
- [3] Robert.P.Stockwell (佐々木正彦訳), "統語論の基礎", 研究社 (1987).
- [4] 淵一博監修, "自然言語の基礎理論", 共立出版 (1986).

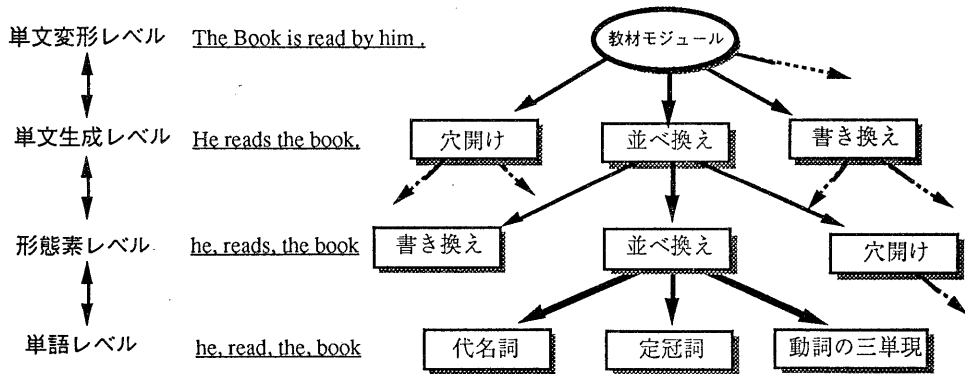


図4.2 教材モジュール