

## 遠隔教育システムにおける問題の概念モデルの研究

室谷 佳紀† 上原 稔† 酒井 義文‡ 森 秀樹†

† 東洋大学工学部情報工学科

‡ 東北大学大学院農学研究科

リテラシ遠隔教育では学習者の既得技能に大きな差がある。学習者の理解が不十分な箇所を特定することができれば対処が容易になる。理解不十分な箇所を特定するには、問題の隠れた概念の依存関係を明確にする必要がある。概念を細分化し、同時に問題を細分化することで、少しずつ理解不十分な箇所を正確に把握することが可能と考えられる。本研究では、概念的に細分化された問題を多段階に出題し、その正解率に基づいて問題の概念モデルを構築する。

### Research of the Concept Model of a Problem in a Distance Learning System

Yoshiki Murotani † Minoru Uehara † Yoshifumi Sakai ‡ Hideki Mori †

† Department of Information and Computer Sciences, Toyo University

‡ Graduate School of Agricultural Science, Tohoku University

In distance learning for computer literacy, the skill of a student is dependent on his/her personal experience. In such a case, it is important to determine an uncertainty of a student. In order to determine an uncertainty, it is necessary to clarify the hidden relation of a conceptual dependency of an issue. We think it is possible to determine an uncertainty correctly by subdividing a concept and by subdividing an issue. In this paper, we propose the following way; first we divided an issue conceptually into some questions; next we ask those questions to students step by step; finally we build a conceptual model of the issue with the rate of a correct answer.

#### 1. はじめに

近年、個人用 PC が普及し、さらにはインターネット、イントラネットが急速に普及しており、Web を利用したサービスの提供が盛んに行われるようになってきた。これまで筆者の所属する東洋大学情報工学科では、教育支援システムの構築として i モードに対応した成績分析機能を持つ履修登録システム[1]、履修制限のある科目の抽選システム、履修者の個性を反映した

履修科目推奨システムの開発などが行われてきた。i モードなどの携帯電話を含めた WWW 環境から利用できる成績分析機能を持つ履修登録システムの、各科目の履修人数の制限を考慮した履修登録システム、履修者の取得しやすい科目を推奨するシステムの開発などである。これまでは履修登録に関してのシステムを開発してきたが、本研究ではユーザモデルを用いてユーザ個別に適した問題を出題し、リテラシ遠隔教

育を行うことを目的とする。

リテラシ遠隔教育では学習者の先修的な技能に大きな差がある。学習者のつまずき（理解が不十分な）箇所を特定することができれば、対処が容易になる。つまずき箇所を特定するには、問題に隠れた概念の依存関係を明確にする必要がある。概念を細分化し、同様に問題を細分化することでつまずき箇所を正確に把握することが可能と考えられる。本研究では、概念的に細分化された問題を多段階に出題し、その不正解率に基づいて、問題の概念モデルを構築する。論文の構成は以下の通りである。2章で関連研究について述べる。3章で問題の概念モデルについて述べる。4章でシステム概要について述べる。5章で評価について述べる。最後に結論を述べる。

## 2. 関連研究

### 2.1 ユーザモデル

従来の情報システムでは、ユーザ自身がコマンドとシステムモデルを習得し、状況に応じて正しく動作することが求められた。一方、ユーザモデルを用いたシステムでは、ユーザの意図や要求を正しく推定できれば、ユーザのほうはごく自然に振舞うだけで簡単にシステムを利用することが出来る。[2]

ユーザモデルとは、ユーザ固有の特性を格納したデータベースまたはレポジトリである。ユーザモデルを用いたシステムでは、ユーザの理解度を計測し、ユーザごとに異なる問題を出す。ユーザの進度によって問題のページを切り替える単純なものから、ユーザの習熟度に応じて異なるヒントを出すような複雑なものまで存在する。[3]

すべての遠隔教育システムは、なんらかの意味でユーザモデルを持つ。ユーザモデルは、「ユーザがつまずいている」ことを発見するのに役立

つが、「何でつまずいているか」はわからない。

### 2.2 問題モデル

問題モデルとは、問題を理解する上で必要な概念の依存関係である。問題は多くの概念で構成され、問題を解くにはすべての概念を理解しなければならない。問題を構成する概念は必ずしも自明ではないため、問題モデルの仮説に経験を経て詳細化していく必要がある。

概念には依存関係がある。例えば、概念 A,B があるとき、「B が A に依存する」すなわち「B の理解には A の理解が必要である」ことを意味する場合、「 $A \rightarrow B$ 」で表す。

問題モデルを用いた遠隔教育システムはほとんどない。多くの遠隔学習システムでは、問題モデルは出題者の頭の中にあり、システムが把握することはない。出題者は解答からつまずき箇所を類推して対処するが、このための方法論やツールはほとんどない。

## 3. 2 進数問題のモデル

### 3.1 初期問題モデル

本文では、計算機科学コースの新入生が最初につまずきやすい 2 進数を題材に問題モデルを構築する。初期問題モデルは表 1 の通りである。

まず 2 進数の数え上げだが、これは提示された 2 進数の次の数を答える問題である。ここでは 10 進数と 2 進数の違いを理解しているか分かる。始めに桁上げなしの計算をし、次に桁上げありの計算をする。そして 1 と 1 の間に 0 を含む数値を出題することで、2 進数の桁がどのように繰り上がっていくかということを理解しているかどうか分かる。

次に 10 進数から 2 進数へ、2 進数から 10 進数への変換だが、これは始めの問題で例を出して 1 桁の 10 進数から 2 進数へ、2 進数から 1 桁の 10 進数への変換を求め、次に例を出さないでそれぞれを求める。ここで 1 桁の 10 進数とその

2進数の対応がわかる。そして2のn乗の10進数と任意の数の変換を行うことで、10進数を2進数の対応を理解し、実際に求めることが出来るかどうか分かる。

表1 初期問題モデル

No	問題	依存関係
	2進数の数え上げ	
A	桁上がりなし(最下位bit0)	
B	桁上がりあり(最下位bit1)	A
C	0をひとつ含む2進数	B
D	0をふたつ含む2進数	C, B
	10進数から2進数への変換	
E	例を出しての1桁の10進を変換	A, B, C, D
F	例を出さないで1桁の10進を変換	E
G	2のn乗の10進数を変換	F
H	任意の2桁の10進数を変換	G
	2進数から10進数への変換	
I	例を出しての1桁の10進へ変換	A, B, C, D
J	例を出さないで1桁の10進へ変換	I
K	2のn乗の10進数への変換	J
L	任意の10進数への変換	K
	2進数の加算	
M	繰上げなしの加算	A
N	1桁の繰上げありの加算	B, C, D
O	任意の数の加算	A, B, C, D
	2進数の減算	
P	borrowなしの減算	M
Q	borrowありの減算	N
R	負数にならない任意の減算	P, Q
	2進数の乗算	
S	ヒントを出しての乗算	O
T	ヒントを出さないで乗算	S
	2進数の除算	
U	ヒントを出さないで除算	R
	補数表現	
V	ヒントを出して求める	D
W	ヒントを出さないで求める	V
	補数による加算	
X	ヒントを出して求める	W, O
Y	ヒントを出さないで求める	X

2進数の加算と減算だが、始めに繰り上げ、borrowなしの計算をし、次に1桁の繰り上げ、borrowありの計算をしてどのように繰り上げ、

borrowが行われているか理解する。そして任意の数を加算、減算する問題を出すことで、加算、減算を理解しているかどうか分かる。

残りの問題は、始めにヒントを出した問題を出し、次にヒントを出さない問題を出している。出されたヒントを理解し、ヒントが無い場合でも問題を解くことが出来るかどうかでその問題を理解したかどうか分かる。

この初期問題モデルは出題者の頭の中にある問題モデルである。これらの問題を順番に解いてもらうことでユーザがどの問題でつまづいているのか、また正解率の低い問題では、ユーザがその問題を解くのにどういった概念を理解する必要があるのか知ることが出来る。

### 3.2 初期問題モデルの結果

4年生6名に利用してもらった。正解率とモデル図を図1に示す。

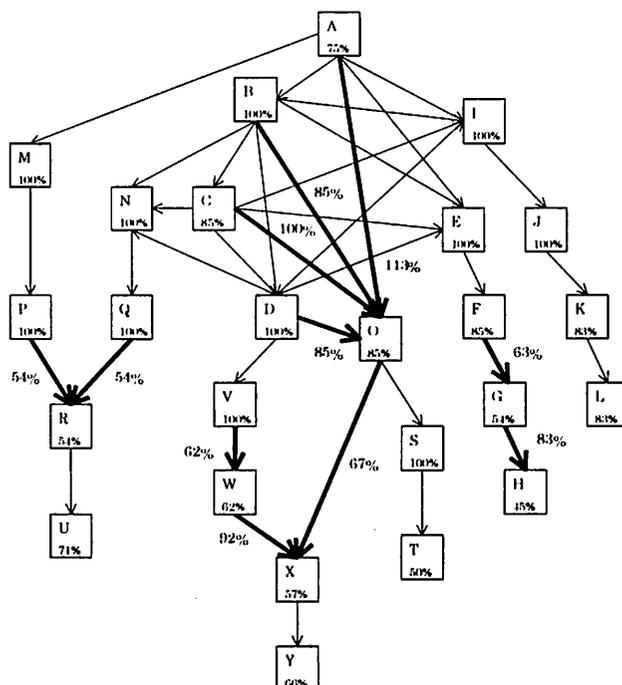


図1 初期問題モデルの評価結果

60%以上が合格であるから、合格上の基準を

60%として 60%未満の正解率のものを考えていく。H. 任意の2桁の10進数を変換の正解率が低いのは、前問題であるG. 2のn乗の10進数を変換とGの前問題であるF. 例を出さずに1桁の10進数を変換が低いことから推測できる。特に問題Gが低いが、これは2のn乗の10進数がどの2進数に対応しているのか分からないか、あるいは計算を誤って回答したのではないかと考えられる。

O. 任意の数の加算と R. 負数にならない任意の減算の正解率が前問題までは100%にもかかわらず低いのは、前問題までが1桁の繰り上げ、borrowありの計算であったのに対し、何桁もの繰り上げ、borrowがある計算が出題されたからだと考えられる。

X. ヒントを出して補数による加算をするが低いのは W. ヒントを出さずに補数表現を求めるが低いからと推測される。V. ヒントを出して補数表現を求めるでのヒントで元の数の各bitを反転したものに1を足すという途中計算を表示したために、問題Wにおいてユーザがbitを反転するというを理解していなかったのではないかと考える。

### 3.3 改良版問題モデル

ここでは、特に正解率が急に低くなったもの間に新しい問題を追加した。P,Qの正解率が100%にも関わらずRの正解率が54%となっている。またVの正解率も100%であるにも関わらずWの正解率が62%となっている。ここに新しく問題を追加した。問題P,Qの後に解き方を示した減算R'を追加し、VとWの間にはヒントとして元の数の各Bitを反転したものに1を足すということを示した問題Wを追加した。それによって改良版問題モデルを表2のようにした。

表2 改良版問題モデル

No	問題	依存関係
	2進数の数え上げ	
A	桁上がりなし(最下位bit0)	
B	桁上がりあり(最下位bit1)	A
C	0をひとつ含む2進数	B
D	0をふたつ含む2進数	C, B
	10進数から2進数への変換	
E	例を出しての1桁の10進を変換	A, B, C, D
F	例を出さずに1桁の10進を変換	E
G	2のn乗の10進数を変換	F
H	任意の2桁の10進数を変換	G
	2進数から10進数への変換	
I	例を出しての1桁の10進へ変換	A, B, C, D
J	例を出さずに1桁の10進へ変換	I
K	2のn乗の10進数への変換	J
L	任意の10進数への変換	K
	2進数の加算	
M	繰り上げなしの加算	A
N	1桁の繰り上げありの加算	B, C, D
O	任意の数の加算	A, B, C, D
	2進数の減算	
P	borrowなしの減算	M
Q	borrowありの減算	N
R'	解き方を示した減算	P, Q
R	負数にならない任意の減算	R'
	2進数の乗算	
S	ヒントを出しての乗算	O
T	ヒントを出さずに乗算	S
	2進数の除算	
U	ヒントを出さずに除算	R
	補数表現	
V	ヒントを出して求める	D
W'	反転したものに1を足すことを示す	V
W	ヒントを出さずに求める	W'
	補数による加算	
X	ヒントを出して求める	W, O
Y	ヒントを出さずに求める	X

### 4. システム構成

どの学生がどの問題でつまづいたのか、またどういった内容でつまづいたのかという情報を扱うため、ユーザ個人の認証が必要になる。そこで、東洋大学のネットワークサービスであるTOYONETのPOPサーバで認証を行い、セッションIDでユーザを識別する(図1)。

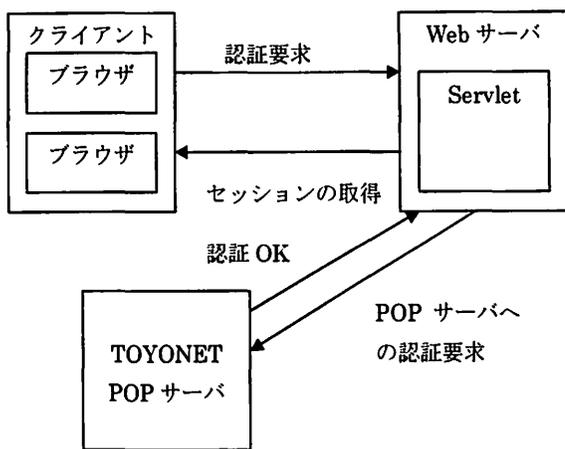


図1 POPサーバによる認証

問題は、好きなところから解答できる。ある問題に解答できた場合、それ以前の問題にも解答できるものとみなす。

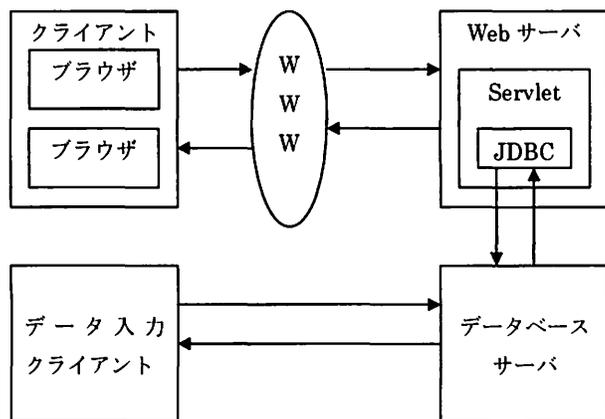


図2 システム構成

本研究では JavaServlet を用いた。CGI と違い、クライアントからのリクエストを1つのスレッドとして扱うために、同時にアクセスした場合 CGI より性能が良かったためである。また、Java そのものが特定の動作環境に依存せず、自由にハードウェアや OS を入れ替えながら規模を拡張し、システム自体もコンポーネントの追加や交換によって拡張できる。多階層構成をサポートしているので図2のようなクライアント、アプリケーションサーバ、データベースサーバの

3階層モデルを採用した。

## 5. 評価

改良版問題モデルを4年生6名に利用してもらった。正解率とモデル図を図2に示す。

改良版問題モデルは2つ目のモデルであるから、1つ目の初期問題モデルの結果と照らし合わせながら考えていく。改良されたのはP,QからRの間に入った問題R'とVとWの間に入った問題W'であり、それによって正解率が改善されたかどうか見ていく。

まずR'のほうだが、初期問題モデルの結果と比べてみると、この問題を挿入することによってRの正解率が高くなっている。これは改善されたと考えられる。

次にW'だが、この問題が挿入されたことによって、Wは少しだけではなるが改善されたのではないかと考えられる。

また、60%以上が合格であるから、合格上の基準を60%として60%未満の正解率のものを考えていく。ここで、問題W'の挿入によってWが少しは改善されたものの、問題X,Yの正解率が以前よりも低くなっている。また、前回に比べて問題S,Tの正解率も下がっている。このことから、ここで問題になっているのは問題0ではないかと考える。問題Wと問題0の正解率がともに67%であるから問題Xの正解率が低くなることも推測できる。

問題0は任意の2進数の加算である。また、問題の値はランダムで出題されるため、結果から前問題までが1桁の繰り上げありの計算であったのに対し、何桁もの繰り上げがある計算が出題されたからだと考えられる。

Hの正解率が低いのは、前問題であるGとGの前問題であるFが低いことから推測できる。今回のモデルではここに改良されたモデルは入っていない。前回と同様、問題Gが低いのは、

これは2のn乗の10進数がどの2進数に対応しているのか分からないか、あるいは計算を誤って回答したのではないかと考えられる。

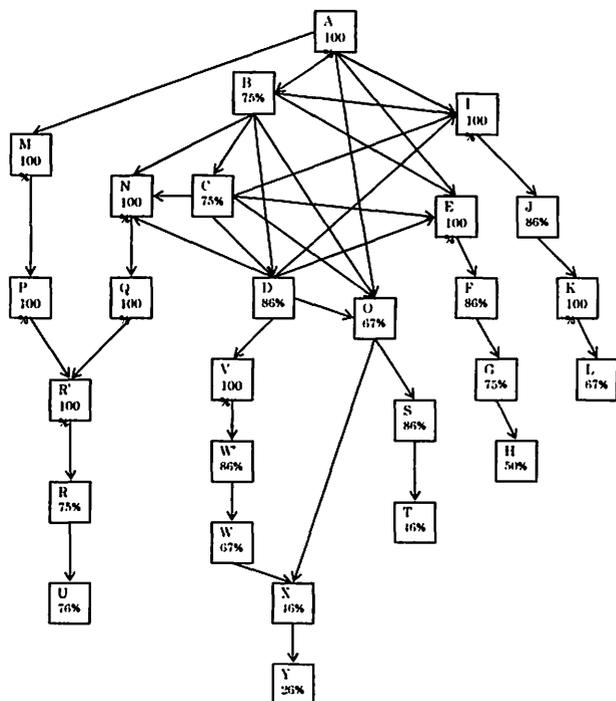


図2 評価結果

## 6. まとめ

本研究ではユーザモデルを用いてユーザの理解度を計測し、ユーザごとに異なる問題を出すリテラシ遠隔教育を行うシステムを開発する。データベースにはユーザが問題を解いた時間、解答、問題番号、そして正解を格納している。これによって、ユーザがどの問題から解いたのか、また解答と照らし合わせることで、どういったことが理解出来なかったのか分かる。これまでは出題者の頭の中で問題モデルを構築してきた。今後は解答と問題を解いた順序をもとにして分析を行い、見えなかった概念を探し出して、問題モデルを構築していく。

## 参考文献

- [1] 秋元 秀司, 上原 稔, 森 秀樹 “iモードに対応した履修登録システムの開発” 第62回情報処理学会全国大会, 2001
- [2] 木村 陽一, 原 功 “確率ネットワークによるユーザモデル構築システム”, 2001  
<http://www.ipa.go.jp/NBP/12nendo/12mito/mdata/2-16h/2-16h.pdf>
- [3] Cristina Contat, Abigail Gertner, Kurt vanlehn: using bayesian networks to manage uncertainty in student modeling, User Modeling and User-Adapted Interaction, Vol.12, No.4, Kluwer, 2002