

汎用アノテーションシステム (MAML System) の e-Learning への適用

山根木浩平[†] 伊藤 一成^{††} 斎藤 博昭[†]

[†] 慶應義塾大学 理工学部

^{††} 慶應義塾大学 大学院理工学研究科

〒 223-8522 神奈川県横浜市港北区日吉 3-14-1

E-mail: {negi, k_ito, hxs}@nak.ics.keio.ac.jp

あらまし 本稿では、我々が提案する汎用アノテーションシステム (MAML System) を用いた協調型 e-Learning システムについて解説する。本システムの特徴として、学習者が問題を解いていく際に生じる質問などをアノテーションとみなし、問題を解いていく段階で付加していく。アノテーションに対して返答の形でさらにアノテート可能で、これにより対話的学習も支援する。それに併せて、システムは問題情報や達成度等の情報を学習者にアノテーションとして提示する。また、正誤と検索語からなる操作ログにより個人化を図った。ログ情報に基づいてシステムはアノテーションと共に関連した問題を提示する。
キーワード e-ラーニング, アノテーション

An e-Learning Application of MAML System

Kohei YAMANEKI[†], Kazunari ITO^{††}, and Hiroaki SAITO[†]

[†] Faculty of Science and Technology, Keio University

^{††} Graduate School of Science and Technology, Keio University

Hiyoshi 3-14-1, Kouhoku-ku, Yokohama, Kanagawa, 223-8522 Japan

E-mail: {negi, k_ito, hxs}@nak.ics.keio.ac.jp

Abstract This paper reports a cooperative e-Learning system using a generalized annotation system called MAML System. The characteristic of this system is that the learner's questions to an exercise are regarded as annotations. The annotated data are further annotated by the learner's answer. Thus interactive study are realized. The system also presents a learner information according to the achievement level and the exercise as an annotation. Personalization is attained by analyzing the operation log of learners' corrections and retrieved words; related exercises are presented based on this log information to each learner.

Key words e-Learning, annotation

1. はじめに

近年インターネットを代表とする通信ネットワークの普及・高速化に伴い、ネットワークを介して学習プロセスや進捗管理を行う e-Learning が普及してきている。e-Learning 白書 [1] によると、企業における e-Learning

の導入率は約 40 % であり、今後も伸びていくことが予想される。

そもそも e-Learning は企業内研修を中心に普及してきた。しかし、インターネットやパソコンの低価格化により家庭からも簡単に Web にアクセスできるようになったため、生涯学習や資格試験といった個別学習とし

での e-Learning も注目を浴びてきている。また、文部科学省は 2005 年度までに全ての普通教室にコンピュータを整備する目標を掲げており、今後初等・中等教育でも e-Learning のニーズが高まってくると考えられる。

e-Learning の学習形態としては、個別学習、協調学習、集合学習の 3 形態が挙げられる。

個別学習とは、個人のペースで学習を進めて行く形態である。個別学習においての長所として、いつでも自分のペースで学習ができる、学習履歴がデータ化されているため進捗管理がしやすいといったことが挙げられる。しかし、個人単位が個人であるにもかかわらず、個人の能力や弱点に合わせた問題提示を行うことが難しいといった問題点がある。

協調学習とは、他者と意見を交換し合って学習を進めて行く形式である。他者と協調しあって学習するため、継続しやすい、分からない時に助けてもらえるといった長所があるが、問題点として、複数人で議論を行うと議論が発散してしまい、意見がまとまらないといったことが挙げられる。

本稿では上記の問題点を解決する方策として、アノテーションに基づく協調学習システムを提案し、実装・評価を行った。

2. e-Learning に関する既存の研究

2.1 協調型 e-Learning

協調学習において、学習形態は同期型と非同期型の 2 つに分けられる。同期型は参加者が同時にネットワークにアクセスすることによって学習を進めて行く形態であり、非同期型は掲示板やメールといったコミュニケーションツールを用いることで学習を進めて行く形態である。

2.1.1 同期型

伊藤らは共用ホワイトボードの開発を行っている [2]。従来、掲示板やチャットなどで議論を行う場合、図を用いて説明することが難しかった。このシステムでは図と発言を同じ共有ホワイトボード上に配置し、それぞれの関係をノードとアークで示すことで、言葉では説明が難しい問題を容易に説明できるようにしている。また、書き込みをビデオのように再生でき、途中から議論に参加した人の支援も行っている。このシステムでは、途中参加は可能だが、議論が終了した後では学習はできない。このように、同期型の協調学習の形態は企業の研修や大学間の遠隔授業などのように移動コストを削減したい場合などには有効であるが、個人の学習にはあまり向いていない。

2.1.2 非同期型

伊藤らは、学習者が Web 教材に自由にメモ書き・蛍光ペン・図などの書き込みができるブラウザを開発している [3]。これは、従来の Web 学習システムの欠点であった、教材に書き込みができないため文章の理解が困難である点に着目したものである。書き込んだ内容は保存が可能で、学習者本人が次回参照できるほか、他の学習者と共有可能になっている。他者の書き込みを参照し、学習の参考にすることが可能であるが、それについて双方で意見の交換をしたりするツールがないため、協調学習の要素は薄いと考えられる。

また、太田らは協調学習での議論の流れに注目し、共同レポート作成のための議論支援システムを実装している [4]。掲示板やメーリングリストにおける e-Learning の欠点として、発言間の関連の喪失が起こるといった問題がある。そこで太田らは、各発言間の関連性を記録し発言の意図と発言の関連性を明示化している。具体的には、発言を自由に発言をする発散 (発言モード) と、発言の内容をまとめる収束 (要約モード) に区別して議論構造を作り、それを可視化している。

2.2 アノテーションを利用した e-Learning

掛川らは、アノテーションを利用した日本語表現法獲得支援システムを提案している [5]。単元が未習得の学習者は、あらかじめ教師によって付加された日本語表現に関するアノテーションを参照しながら、学習を進めていく。一方既習の学習者は、アノテーションを参照しさらに理解を深めることが可能である。このシステムの場合アノテーションを手作業で付加するため、教師に労力がかかってしまうと考えられる。

一方岡田らは、アノテーション機能を持つ自己学習支援教育システムを提案している [6]。このシステムでは、Semantic Web で用いられている RDF を使用して、広範囲な知識リソースを取り込み、それをアノテーションとみなし学習者に提示している。

3. 提案手法

3.1 学習者によるアノテーションの付加

既存の協調型システムの多くが、一つの大きな課題に対してお互いに意見を出し合い、解決していくものであった。それにより議論が発散してしまうといった問題点が挙げられる。また、掲示板形式の協調学習では議論が進むに連れて議論の中心が別のものに移ってしまい、後から参加した学習者の負担が大きくなってしまふ。

学習教材は章や節といったように階層化し分類され、その中に問題があるのが普通である。そのため、学習者

が理解できなかった時に質問をしたり、補足をしたたりするものこの階層に基づいて行えば分かりやすいと考えられる。

そこで、章や節、問題といったそれぞれの単位に対して学習者がアノテーションを付加すると考える。アノテーションとはコンテンツに関する内容を別に記述したデータのことをいい、人間が生成、理解及び活用することを主目的として利用されるものである。本稿でいうアノテーションは、学習者が問題を解く際に起きる質問やその解答・補足の他、3.3節で述べる問題の単元情報や正誤情報などを指す。問題について質問や補足をしたい学習者は問題の階層で、章や節全般に対して質問や補足をしたい学習者は章や節に対してアノテーションを付加すれば良い。各階層が細分化されているため議論の中心が何であるのかがわかりやすく、掲示板形式の協調型学習でおこりうる議論の発散を防ぐことが可能となる。

また、アノテーションは学習者により付加されるため、アノテーションの量が増すことによりコンテンツが充実していくと考えられる。

3.2 提案システムによるアノテーションの付加

前節で述べた学習者によるアノテーションの付加の多くは、問題の解き方や単元についての情報、問題の難易度や重要性などが付加されると考えられる。一方提案システム（以下 e-Learning System と呼ぶ）によるアノテーションは、学習者にあったアノテーションを付加する。

例えば、学習者が検索をした場合、次の問題はそれに関連した問題が提示されるが、そのようなときには、“に関連した問題です”といったような情報を付加したり、過去に解いて間違えたことのある問題に対しては、“間違えたことのある問題ですが、もう一度解いてみましょう”といったような情報を付加する。また、単元の情報として“の単元の問題です”と表示する一方で、それに関連する階層のページとリンクさせたりする。このように、問題に対して e-Learning System がアノテーションを付加することにより、学習者は複数提示された問題の中から自分のニーズにあった問題を選択し、解答することが可能となる。

3.3 個人に適した問題提示

個人適応型の e-Learning システムでは、正誤数や解答時間に注目しているものが多い。しかし、正誤情報からは苦手な分野がわかるが分からない箇所の特定は難しい。そこで、本稿では、学習者の調べるという主体的な行動から問題を提示する手法を用いた。具体的には、問題表示画面上において検索フォームを準備する。この検索フォームは Google 検索と連動しており、学習者は問

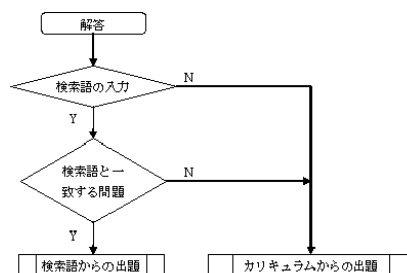


図1 問題提示の仕組み

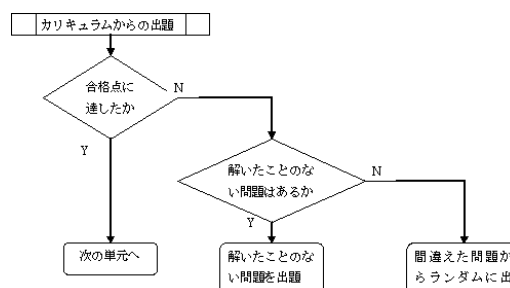


図2 カリキュラムからの出題

題文中に意味の分からない語句があった場合などには、このフォームに入力をし、検索することができる。現在インターネット上には様々なコンテンツが存在しており、その中には e-Learning に用いることができるサイトも多数存在している。特に単語の意味を調べたりする場合は、有用な結果を得られることが多いと考えられる。この検索に用いた検索語はユーザプロフィールに蓄えられ、図1に示すように検索をした場合、次に出題される問題はこの検索された語をもとに提示されるようになっている。

問題はカテゴリー分けされていて、各カテゴリーごとに合格点が決められている。学習者が学習を始めると、プロフィールを読み込み図2に示すように、学習者はカリキュラムで決められた順序で学習をはじめていく。問題を解いていく過程でユーザが検索をすると、図3に示すように、検索語と一致する問題があるかを検索し、それぞれを同じカテゴリーか、解いたことがあるか、正解したことがあるかという条件により、6パターンに分類されリストに格納される。リスト1には同じカテゴリーで解いたことがない問題、リスト2には違うカテゴリーで解いたことのない問題、リスト3には同じ問題で間違えた問題、リスト4には違うセクションで間違えた問題、リスト5には同じセクションで正解した問題、リスト6には違うセクションで正解したことのある問題が格納される。その分類からユーザの要求にあった問題が提示される。

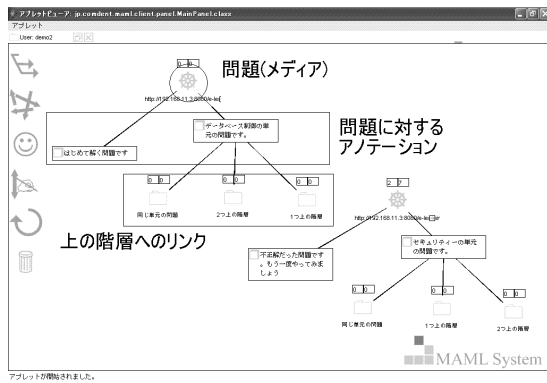


図 6 問題の提示画面

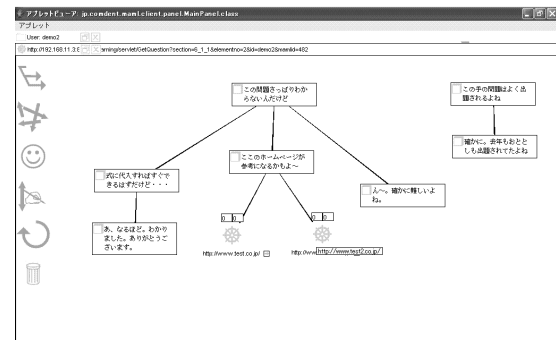


図 8 問題に対するアノテーション



図 7 解答画面

れ、学習者は複数のブラウザを使用することなく、MAML System 上で学習を完結できる。

一方、問題に対する学習者のアノテーションは図 8 に示すようにエンティティをクリックした際に新たに表示されるパネル上で行う。このパネルは全学習者に共通である。そのため、解らない問題の場合などは他の学習者と協調しあって学習を行うことができる。

表示された問題に解答すると、MAML System 上に正誤情報および時刻が表示される。学習者はこれらの情報を見て不要だと思えば、ゴミ箱のアイコンにドラッグすることでその問題を画面上から消去する。

4.4 e-Learning System の構成

e-Learning システムは、以下から構成されている。

- 問題・アノテーション提示機能
- 正誤判定機能
- 問題・解答 DB
- プロファイル DB

4.4.1 問題・アノテーション提示機能

問題・アノテーション提示機能は、学習者が問題を解いたときに呼び出される。プロファイル DB を参照し、現在の学習者の進捗状況を把握し、3.3 節で述べたルールに

したがって次に解くべき問題の URI を MAML System に通知する。それに合わせて問題の単元に関する情報や過去のユーザの正誤情報に関するアノテーションを問題に付加し、MAML System に通知する。

4.4.2 正誤判定機能

正誤判定機能も、学習者が問題を解いたときに呼び出される。問題番号から解答を取得し、学習者の解答と比べ正誤判定を行う。正誤結果をユーザに通知する共に、正誤結果と検索語をプロフィールに登録する。

4.4.3 問題・解答 DB

問題と解答を格納してある。問題データの記述には MAML を用いた。図 9 は問題データの記述例である。また、CollectionFile は各エンティティを一つの問題とし、問題のファイル名を記述しておく。図 10 はその記述例である。問題へのアクセスは、この単元番号 (subject タグ内のテキスト) とエレメント番号 (element タグの id 属性) により行われる。

4.4.4 プロファイル DB

プロフィールは、学習者ごとに問題番号・時刻・正誤・検索語が登録されている。また MAML System 上にプロフィールを表示し、学習者は進捗状況を確認することができる。

5. 実験及び結果

5.1 概要

学習コンテンツとして独立行政法人 情報処理推進機構 情報処理試験センターが実施している、基本情報処理試験 (旧第 2 種情報処理技術者試験) の過去問題 150 問を利用した。4 つの選択肢から一つ解答を選ぶ問題形式である。情報分野の用語認知度から理解度の測定を行う研究があるように [9]、情報分野では用語の意味理解が重要と考えられ、本手法を用いるのに適していると考えられる。

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<maml>
  <media maml-location="qdata/1_1_1/16.1.maml">
    <element id="1" target="1_1_1">
      <contents>
        <subject>問題 16_1</subject>
      </contents>
    </element>
    <element id="2" target="1">
      <contents>
        <explanation>10 進数の演算式 7/32 の結果を
          2 進数で表したものはどれか.</explanation>
      </contents>
    </element>
    <element id="3">
      <contents>
        <subject>解答群</subject>
      </contents>
    </element>
    <element id="4" target="3">
      <contents>
        <explanation>0.001011</explanation>
      </contents>
    </element>
    <element id="5" target="3">
      <contents>
        <explanation>0.001101</explanation>
      </contents>
    </element>
    <element id="6" target="3">
      <contents>
        <explanation>0.00111</explanation>
      </contents>
    </element>
    <element id="7" target="3">
      <contents>
        <explanation>0.0111</explanation>
      </contents>
    </element>
    <element id="8" target="6">
      <contents>
        <subject>解答</subject>
      </contents>
    </element>
    <element id="9" target="8">
      <contents>
        <explanation>0.00111</explanation>
      </contents>
    </element>
    <element id="10">
      <contents>
        <subject>解説</subject>
      </contents>
    </element>
    <element id="11" target="10">
      <contents>
        <explanation>7 は 2 進数で 111(2).32 は 2 の 5 乗 .
          よって、111(2) の小数点を 5 つずらせばよい</explanation>
      </contents>
    </element>
  </media>
</maml>

```

図 9 問題データの記述例

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<maml>
  <media maml-location="qdata/1_1_1collection.maml">
    <element id="1">
      <contents>
        <subject>qdata/1_1_1/16_1</subject>
      </contents>
    </element>
    <element id="2">
      <contents>
        <subject>qdata/1_1_1/16_2</subject>
      </contents>
    </element>
  </media>
</maml>

```

図 10 CollectionFile の記述例

本実験の階層化は、同センタが発表している出題範囲を基に行った。表 1 は階層構造の一部である。第 1 層は章、第 2 層は節、第 3 層は単元に対応し、第 4 層は各問題に対応している。

5.2 実験の手順

実際にシステムを使ってもらった後、以下の項目について 7 段階で評価を行う。

- システムによるアノテーションは問題を選ぶ際の

第 1 層	第 2 層	第 3 層	第 4 層
コンピュータ	情報の基礎理論	数値表現	問題 1
科学基礎			問題 2
コンピュータ システム	ハードウェア	情報理論	問題 3
			問題 6
		情報素子	問題 7

表 1 階層構造の例

参考になったか

- 他の学習者のアノテーションは参考になったか
次に以下の 2 つのシステムを比較して行う。

(1) e-Learning System の検索語のログを、次の問題提示に利用したシステム

(2) e-Learning System の検索語のログを、次の問題提示に利用しないシステム

2 つのシステムに対し以下の項目について 7 段階評価を行う。

- 自分の解きたい問題がシステムによって提示されたか

全体を通して以下の項目についても質問を行った。

- 学習の際に検索を行ったか
- Web 上に有用な情報はあったか

このほか実験中にシステムを使っていて感じたことや、問題点などがあった場合それも記述する。

5.3 実験結果

実験は情報工学系 5 名と、その他の学生 6 名の計 11 名に協力してもらい行った。実験の結果は表 2～表 7 のようになった。

6. 考察

6.1 学習者間のアノテーションについて

他の学習者のアノテーションは参考になったかという質問に対して、今回の実験ではあまり高い評価が得られなかったことが表 3 からわかる。その理由として、アノ

表 2 システムによるアノテーションは問題を選ぶ際の参考になったか

項目	人数
1. 参考にならなかった	0
2. ほとんど参考にならなかった	0
3. あまり参考にならなかった	0
4. どちらともいえない	3
5. 多少参考になった	5
6. 結構参考になった	1
7. とても参考になった	2

平均点:5.2

表 3 他の学習者のアノテーションは参考になったか

項目	人数
1. 参考にならなかった	1
2. ほとんど参考にならなかった	0
3. あまり参考にならなかった	2
4. どちらともいえない	3
5. 多少参考になった	3
6. 結構参考になった	2
7. とても参考になった	0

平均点:4.1

表 4 自分の解きたい問題がシステムによって提示されたか

項目	(1)	(2)
1. 提示されていない	0	0
2. ほとんど提示されていない	3	0
3. あまり提示されていない	4	0
4. どちらともいえない	3	1
5. 多少提示されている	1	4
6. ほとんど提示されている	0	6
7. 提示されている	0	0

表 5 自分の解きたい問題がシステムによって提示されたか (平均点)

	平均点
(1)	3.2
(2)	5.5

表 6 学習の際検索を行ったか

項目	人数
1. 行わなかった	0
2. 多少行った	5
3. 行った	6

表 7 Web 上に有用な情報はあったか

項目	人数
1. 有用な情報はなかった	0
2. ほとんど有用な情報はなかった	0
3. あまり有用な情報はなかった	0
4. どちらともいえない	1
5. 多少有用な情報はあった	4
6. 結構有用な情報はあった	5
7. 有用な情報がおおくあった	1

テーションの数の不足が考えられる。実際被験者からのアンケートでも、アノテーションの不足を指摘するものがあった。

協調学習は他者の協力があって成り立つため、初期の段階では有用性が低くなってしまふと考えられる。今後、システムの利用者が増え、付加されるアノテーションの

量が増えるにつれて、有用性は増していくと考えられる。

6.2 システムによるアノテーションについて

システムによるアノテーションは問題を選ぶ際の参考になったかという質問から、ほとんどの学習者が何らかの形で参考にしていることが表 2 よりわかった。

6.3 検索語ログの活用について

表 4 の結果を比べると、検索語を次の問題提示に利用したシステムのほうがより高い評価を得ていることが分かる。

また、学習の際に検索を行ったかという質問に対して、表 6 からわかるように、多少行ったと解答したものも含めると全ての被験者が検索を実行していた。Web に有用な情報があつたかという質問にも表 7 からわかるように有用な情報があつたと答えた被験者がほとんどで、本稿の提案手法で挙げた以下の仮定が正しいと考えられる、

- 検索語は、学習者がわからないまたは理解が不十分な語である
- Web 上には e-Learning に使える有用な情報が多数ある

ただ、被験者のアンケートからは、検索語が情報処理用語だったために Web 検索で有用な語が見つかったが、分野が異なると有用な情報がない場合もあるのではないかといった意見が寄せられた。語句の意味が重要性をそれほど持たない分野や、学習者が自分自身でわからない箇所を特定できない分野に適用するのは難しいが、歴史や法律など語句の意味が重要性をもつ單元には適用可能だと考えられる。

6.4 その他

今回インタフェースとして MAML System を用いたが、問題表示画面が小さくて一覧性が悪いことが指摘された。特に、表示される問題数が多くなると自分の解きたい問題があつたとしても見つけにくく、また今回の実験では、問題へアクセスできなかった被験者もいた。協調型の画面でも、アノテーションの量が増えてくると同じような問題が発生すると考えられる。表示方法に検討の余地があると考えられる。

7. MAML System の改良

考察で述べたとおり、MAML System の一覧性の悪さを指摘する声があつた。そこで、より一覧性をよくするため、図 11 のように改良を試みた。掲示板形式になっており、従来の MAML System において一つのツリーに相当していたものを、一つの記事に見立てた。このようにしたことより、一覧性が改良され問題にアクセスしやすくなったと考えられる。

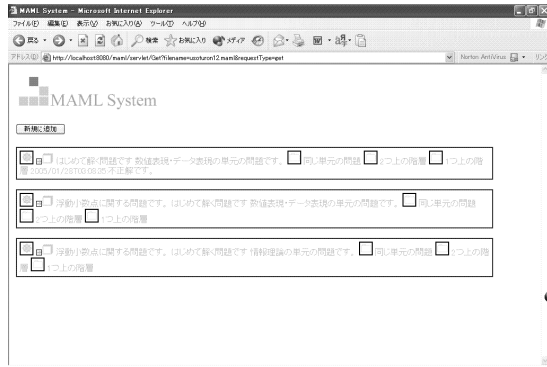


図 11 改良した MAML System

8. ま と め

8.1 結 論

アノテーションを利用した、協調型 e-Learning システムを提案した。個々に提示されるアノテーションは、学習者にとって有用であり、また個人の弱点発見として Web の検索語ログを活用することの有用性が確かめられた。ただ学習者間のアノテーションは、アノテーションの量の不足により、有用性が十分に示せなかった。システムが利用され、アノテーションが増加することが期待される。

8.2 今後の課題

8.2.1 学習者間のアノテーション

学習間のアノテーションに関してはより多くの学習者に利用してもらい、アノテーションを充実させていくことが必要だと考えられる。しかし、アノテーションの数が増加すると今度は間違ったアノテーションが付加された場合どのように対応するかが問題になってくると考えられる。今後有用なアノテーションをどのように評価し、学習者に提示するかが課題となる。

8.2.2 問題提示機能

本稿では、検索語のログを次の問題提示に利用した。しかし、検索を行わなかった場合は同じ単元の問題が出題されるだけだった。そこで、一つの問題に対して頻繁に行われるような検索語があればそれを活用し、不正解だった場合は検索を行わなくてもシステムがその語に関連した問題を提示する機能があるとより個人に適応した問題提示が可能になると考えられる。

8.2.3 検索結果のクラスタリング

Web 上には e-Learning に使える有用な情報が多数存在しているが、サーチエンジンをを用いて検索した場合大量に存在する Web ページから有用なページを取得する事に労力がかかってしまうこともある。現段階では学習者間で Web ページを推薦する方法で時間の縮小を図って

いるが、検索結果をクラスタリングし、学習者の要求にあったページにより早くアクセスできるような機能があると便利だと考えられる。

8.3 今後の展望

本システムは今回実験を行った情報処理分野に限らず適用可能な分野は広いと考えられる。今後様々な分野に適応し、その有用性を確かめていきたい。

謝 辞

本成果は、平成 16 年度 IPA 未踏ソフトウェア創造事業の一部である。IPA(情報処理推進機構)及びプロジェクトマネージャーの名古屋大学 長尾確教授に深く感謝いたします。

文 献

- [1] 先進学習基盤協議会 (ALIC): e-Learning 白書 2004/2005 年度版, オーム社, (2004).
- [2] 伊藤清美, 酒井三四郎, 赤堀侃司: 協調学習支援のための共有ホワイトボードの開発と評価, 日本教育工学会論文誌, Vol. 27(Supple.), pp.77-80, (2003).
- [3] 伊藤清美, 柳沢昌義, 赤堀侃司: Web 教材への書き込みを共有する学習環境 WebMemo システム, 電子情報通信学会研究報告, ET2003-57, pp.35-40, (2003).
- [4] 太田政宏, 横山輝明, 衛藤将史, 門林雄基, 山口英: 遠隔授業における共同レポート作成のための議論支援システムの実装と評価, 電子情報通信学会研究報告, IA2003-38, pp.13-18, (2004).
- [5] 掛川淳一, 石川賢太郎, 海野俊介, 藤井雅弘, 伊丹誠, 伊藤紘二: アノテーションを利用した日本語表現法獲得支援システム, 人工知能学会 全国大会 (第 18 回), 3E1-05, (2004).
- [6] 岡田和則, 武井恵雄: アノテーション機能を持つ自己学習支援教育システム, 情報処理学会研究報告, CE2003-69, pp.23-30, (2003).
- [7] 伊藤一成, 斎藤博昭: アノテーションの概念に基づく情報可視化インタフェース, 電子情報通信学会第 16 回データ工学ワークショップ: 第 3 回日本データベース学会年次大会 (DEWS 2005), (2005).
- [8] 伊藤一成, 斎藤博昭: 汎用アノテーション記述言語 MAML の提案とその生成・処理プロセス, 情報処理学会論文誌, Vol. 45, No. SIG7(TOD 22), pp.137-150, (2004).
- [9] 中村靖, 小嶋弘行, 喜久川政吉: 計算機用語認知度による情報関連理解度の測定と情報教育効果評価への応用, 情報処理学会論文誌, Vol. 45, No. 4, pp.1222-1231, (2004).