

用語に基づく知識の獲得効率の計測と改善

Measurement and Improvement of
Acquisition Efficiency of Knowledge Based on Terminology佐久田博司 矢吹太郎
青山学院大学理工学部

Abstract In this study, an effective method for self learning of terminology in a specific field is proposed. This method is implemented on an application server system which is developed, under the basic scheme of Skinner's "Programmed Instruction". The system can measure the student's acquisition status of knowledge and show different questions individually based on the results. Simultaneously, students can improve their knowledge base by a kind of incentive shown to them as a learning map colored by indicator colors, which may keep their motivation of learning. The learning contents are composed of fill-in-blank and multiple-choice questions on "Design Information Engineering". Experiments performed by volunteer students show that the learning process of the individual learner have each characteristic curves and this system can help to improve their knowledge on this fields. The final paper test scores showed good correlation between the system-used grade and the system-unused grade.

Keywords: terminology, programmed instruction, learning map, repetitive learning

1. はじめに

基本的な用語の定義と、それにより構成される知識体系が主要な部分を占める分野において、効率の良い知識獲得の方法については、従来、様々な工夫がなされてきたが^{[1][2][3]}、一般性をもった効果的な手法は少ない。機械学習においては、用語を要素とするベクトル空間モデルで重み付けなどによる学習は可能であるが^[4]、人間の持つ知識獲得に匹敵する学習プロセスを実現することは成功していない。

人間の学習プロセスにおいて、用語は、知識概念の最終的なインデックスであり、同時に、概念を形成する要素であるため、知識構築の基礎部品であると言える。

用語に関する記憶と想起の増加速度は、既に獲得した知識量に従って増大するが、関連知識の少ない学習初期では、学習効率の向上は学習者個人の資質とモチベーションにのみ依存している。例えば、外国語学習におけるボキャブラリはこれに当たり、生活の中で基礎用語を獲得可能な母国語とは異なる学習方法を強いられることになる。つまり、用語と用語によって形成される知識獲得は、学習初期の乗り越えなければいけない壁として、学習に対する抵抗として働くことが多い。

本研究は、主に学習初期段階における用語を、それに基づく知識とともに学習するシステムの基本要素の提案と、それに基づくシステムの実装を行い、青山学院大学理工学において、用語に基づく知識獲得の効率を計測し、同時に本システムによる効果を検証することを目的としている。

Hiroshi Sakuta* and Taro Yabuki
Aoyama Gakuin University
*E-mail:sakuta@it.aoyama.ac.jp

2. システム設計と構築方法

その分野の学習初期における知識空間を仮想的にゲーム空間に投影し、学習結果をゲームの獲得ポイント等で置き換える方法が初等的な学習分野で試みられている。そのポイントを指標として、学習者にインセンティブを与え、効率を上げる方法は、タイピング練習ソフトウェア等でも利用されている。本研究では、ゲーム空間を明示的に学習途中の学習者に提示し、これによる視覚的な指向性を学習インセンティブとする方法を採用した。機械学習においては強化学習として利用されている教師無し学習の手法に対応する。

システム設計については、B.F. Skinner^[5]によるプログラム学習の原理（表1）を基に、全体システムからユーザインターフェースまでを設計した。

設計方針に基づき、100～200名程度の同時学習利用が可能な全体システムを構築し、コースマネジメントシステム “Moodle”^[6]を利用し Moodleのプラグインとして個人毎に学習プロセスが管理可能な自作小テストシステムを実装しており、一般的なブラウザから閲覧でき、自宅やキャンパス内のいずれでも使用できる（図1）。

小テストは、プログラム学習の基本的な考え方に沿って、穴埋め、選択問題をランダムに繰り返し出題する方式で構成した（図2）。学習結果は、ゲーム盤面として見立てた学習マップの完成度を上げるために、ポイントに相当する色情報を利用する。危険色の赤系統から、安全色の緑系統の色に向かって繰り返し解答の正誤によって改善するように誘導する（図3）。

表1 プログラム学習の原理と設計目標

原理	設計目標
1. スモールステップ	学習と小テストの繰り返し
2. 即時確認	正誤解答のフィードバック
3. 積極的反応	学習者へのインセンティブ
4. 自己ペース	学習者毎のペースとリズム
5. 学習者検証	学習者毎の方針とプログラム提供

また、学習初期の効率を評価するため、一様乱数によるランダム出題（ランダム型）と、これに問題毎の正誤履歴の重み付けを行った出題（履歴強化型）との2種類の設問モードで学習者別に出題した。

履歴教化型の設問は、「正解率」を学習者の理解度とし、理解度の低い問題つまり正解率の低い問題を優先的に提示する。正解率の低い問題は、その学習者にとっては難度の高い問題だと考えてよいだろう。結局、学習者の理解度に合わせて、問題の難易度が適切に設定され、表1の「学習者検証」が実現されたことになる。

最終的には、期末試験の一部に設けた穴埋め問題の成績と本システムの利用状況との対応を調べることで総合的な効果を評価した。

また、本システムの機能が学習者の評価にとって不利益にならないように配慮した。すなわち、出題内容が、概念の組み合わせによる連想を伴わず、ほぼ、用語の定義と意味のネットワーク内に収まること（学習結果に出題方式による大きな差が残らない）、自主的な学習プロセスの選択権を奪わないこと（学習の強制的な打ち切りを行わない）、教程の一環として強制しないこと（課外資料として提示）である。

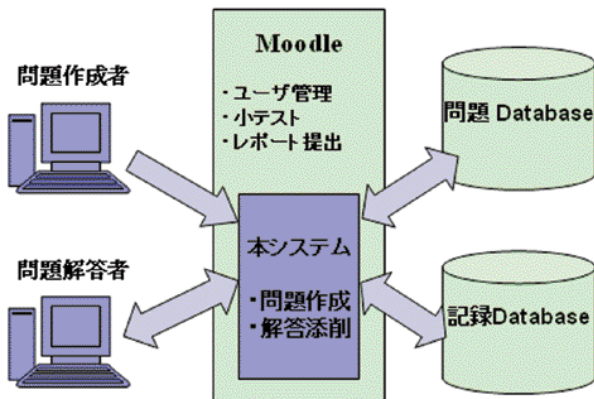
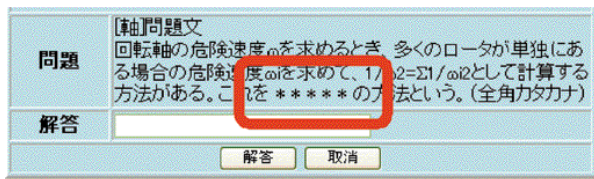


図1 システム構成図



図3 常時表示する学習マップ (数値は設問番号)



(a) 穴埋め問題



(b) 選択問題

図2 出題画面例

学習履歴は利用時刻とともにデータベース上に記録され、各学習者のシステムの利用が完了した後、結果を解析した。学習マップ(図3)は常時学習者のブラウザ上に表示され、解答結果に応じて変化していく。学習マップの数値は設問番号、濃淡(システム上は色)は正解率を表す。正解率は、その問題に正解した回数とその問題を提示された回数の比である。

問題集合の大きさは、同じ設問を繰り返し解答する効果と、獲得される用語数の効率を考慮し、ランダムならば1時間程度で網羅できる数として、200問程度とした。学習者が分

野を選択すると、設定された設問数の範囲で繰り返し学習が行われる。

3. 学習プロセスの計測と改善結果

実践では、工学系の専門授業において、本システムを自習用副教材として、自宅を含む課外での使用を指示し、利用は強制しなかった。学習は、マップを改善する形式で無制限に小テストを繰り返し受験することで継続される。

結果は、通算正解率(問題に正解した回数と問題を提示された回数の比。問題は区別しない)の推移や経過時間、問題の積算解答数などで評価することができる。また、最終試験との正誤解答の対応なども調べることができた。

対象科目については、以下の理由で、機械要素設計と新しい設計手法を学習対象とする「設計情報工学」を選択した。

19世紀から知識が蓄積され続けており、「公式による設計」などの確立した手法が多い。

部品や規格が多様であり、固有の名称、

用語が多数含まれている。

用語の意味ネットワークが比較的単純であり、対応する実物の存在することが多い。

本実験においては、範囲を専門用語に関する穴埋め問題に限定した。

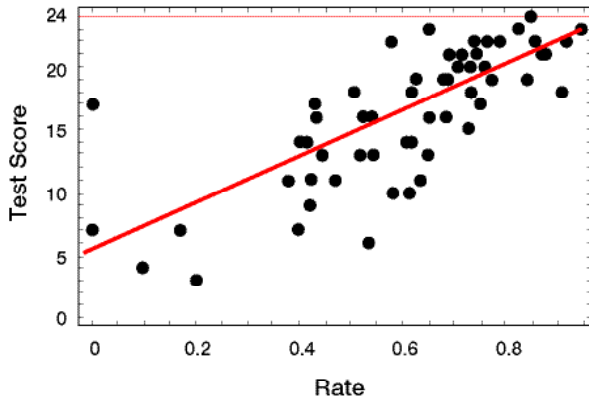
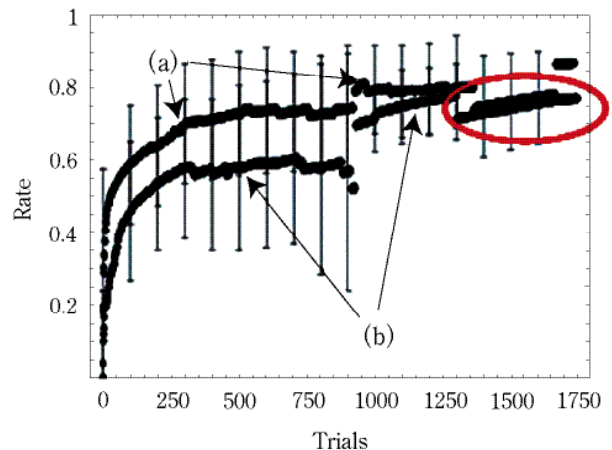


図4 通算正解率と期末試験結果の関係

評価に利用した期末試験の設問のうち24問は、本システムの設問をそのまま使い、比較考察を行った。なお、期末試験の一部に本システムの設問を一部出題することは受講者に事前に告知してある。

また、図4では、本システム利用者のシステム内での正解率（横軸）と期末試験結果（縦軸）には正の相関があり、統計的に有意であることがわかった。

図5は、システムの利用の上で、試行回数（横軸）で計った学習初期（250試行程度以下）における通算正解率の推移（縦軸）を表している（学生ごとに平均した通算正解率の推移であるため、100%になることはない）。この図から、履歴のフィードバック（履歴強化型）などの設問モードの効果が現れ、モード選択で改善できることがわかる。ただし、1000試行を超えたあたりからその差は縮小し、特に、学習末期（図5 丸印）では、差はほとんど認められなくなる。



(a) 履歴強化型 (b) ランダム型
図5 出題方法と試行結果の推移

個人別に学習プロセスを試行回数（横軸）と正解率（縦軸）からみれば（図6）、ゲームにおける技能の習熟プロセスと同様に、学習曲線にはいくつかのパターンが存在することも判明した。標準型（a）では、各設問の繰返し数が5回程度（総試行数約1000回）に達すると正解率は安定する。正解率が低く、各設問の繰返し数は2回を超えずに学習を終了する無関心型（b）、短時間に正解率が滑らかな曲線に沿って顕著に向上し比較的短時間で学習が終了する高集中力型（c）、曲線の屈折が多く、正解率も大きく変化するむら気型（d）などに、学習に関する個人の個性が分類できる。

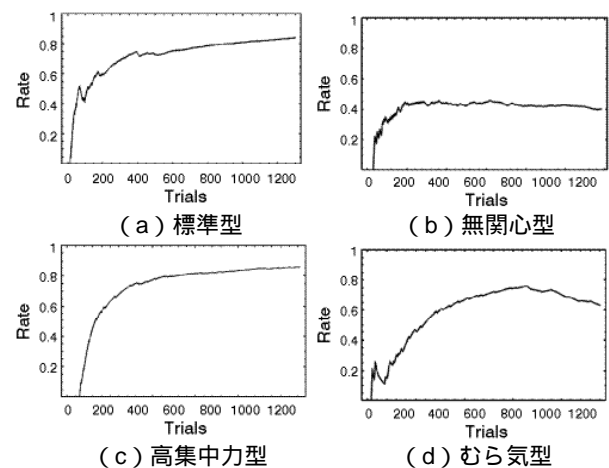


図6 学習類型パターン

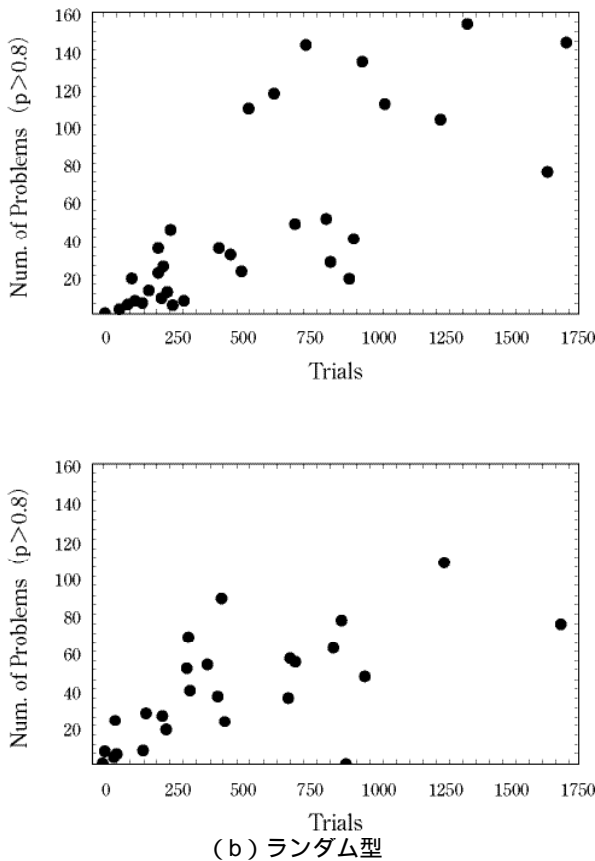


図7 正解率80%以上の設問数と出題方法

出題方法と正解率の相関については、図7に示すように、各設問の繰返し数が2回程度以上の学習者では明らかに履歴強化型の方が正解率の高い設問が多い。

4. まとめ

学習履歴をリアルタイムに表示するマップを学習者に提示することによって用語に関する学習方法の計測と改善を試みた結果、本手法は、学習初期の知識の少ない段階において特に有効であり、学習プロセスを加速あるいは支援できることがわかった。

また、外国語講読など、基本ボキャブラリ量の閾値の存在するような科目や、有機化学や情報通信工学など、用語の内容と知識体系が密接に関連付けられ、しかも、日々知識体系が更新されていく先端分野においても、本

研究で対象としたような「用語による知識獲得」の必要性があると考えられる。

現段階で本システムには、正解率を使って提示する問題を決定する機能と、学習者が自分の学習進捗を把握できるように正解率をレポートする機能が実装されている。これらの機能には、更なる改善の余地がある。たとえば、問題を細かく分類したり、問題間の類似度を設定したりすることによって、学習者の理解度の低い一連の問題を提示したり、理解度の低い領域を指摘したりすることができるようになるだろう。本研究で提案した学習マップとその塗りわけのような方法以外にも、それぞれの分野ごとに、インセンティブの与え方を工夫することもできるはずである。

謝辞

大学院生足立陽祐氏(現在、任天堂株式会社)に開発および運用の協力をいただいたことに感謝する。

参考文献

- [1]松沢文太郎他: ユーザ適応化機能を備えた学習支援システム. 情報処理学会研究報告, 2001, No.122, pp.17-24, 2001.
- [2]水野りか他: 分散効果の知見に基づく効果的, 効率的で, やる気の出る反復学習方式の考案と検証. 教育心理学研究, 50, No.2, p.175-184, 2002.
- [3]菅沼明他: 学生の理解度と問題の難易度を動的に評価する練習問題自動生成システムAEGIS. 情報処理学会研究報告, No.11, pp.25-32, 2003
- [4]中川裕, 矢吹太朗, 佐久田博司: ユーザの反応をもとに知識を獲得する画像データベース. 情報処理学会「インタラクション2005」, D-402, 2005.
- [5]<http://www.bf Skinner.org/>
- [6]<http://moodle.org/>

本研究は青山学院大学本学情報科学研究センタープロジェクト“i³campusシステムの構築と応用”として支援を受けている。