



## 2008 年度上期未踏 IT 人材発掘・育成事業(未踏ユース)採択案件評価書

### 1. 担当PM

筧 捷彦 PM(早稲田大学 基幹理工学部 情報理工学科 教授)

### 2. 採択者氏名

チーフクリエイター: 山本 圭太(早稲田大学教育学部理学科数学専修)  
コクリエイター: なし

### 3. プロジェクト管理組織

株式会社 オープンテクノロジーズ

### 4. 委託金支払額

2,998,110 円

### 5. テーマ名

WEB2.0 次世代イーラーニングシステムの開発

### 6. 関連Webサイト

<http://kstu.jp/>

### 7. テーマ概要

近年、WEB 上での漢字検定、ゲームソフトや WEB イーラーニングが普及している。しかしながらコンテンツプロバイダーにとって、学習コンテンツ DB 等作成はコストがかかるために有料であるサイトが殆どである。

コンテンツプロバイダーの問題、学習者の有料問題を一気に解決するシステムが本

テーマ「WEB2.0 次世代イーラーニングシステムの開発」である。

仕組みは、インターネットを利用して、PC や携帯電話等の複数クライアントが共同して WEB の学習コンテンツ(より具体的には問題集)を作成し、誰もが利用できる無料の問題集を作成する。

提案者が 2006 年に特許出願を行っている、「クライアント参加型 WEB 学習システム」を用いて問題の登録プロセスを構成する、これはユーザが問題案(誰でも提出できる)を提案した際に、他ユーザによる投票を行い、データベースに登録するかを多数決によって決する。

参加するクライアントの数が増えることで、このような WEB 共有問題集は質と量をもつことになる。

しかしながら、現状の学習システムでは、最適問題表示の仕組み、問題数の不足、PC インターフェイスがないなど解決しなければならない課題が多い。

これらの問題を解決し本テーマでは、目標である「無料でどこでも学習できる日本一の質と量を持つ教育メディアとなる」に値する、効率的な学習システム改良・開発する。

具体的には、

- 1.ユーザの回答履歴、問題の回答状況の履歴を、統計処理を行うことで、ユーザの能力や、問題の難易度等の信頼性を上げ、適した問題を提示する最適問題選別、表示を行う機能
- 2.最適問題を提示するための元データとなる回答データを収集する機能
- 3.問題数を機械的に増やすために、問題の、回答選択肢の並び替えや、ダミーの選択肢の挿入などを行う問題の自動生成機能
- 4.PC での問題の提案などを容易にするための、PC 向けのユーザインタフェースの開発を行う。

## 8. 採択理由

提案者は、利用者参加型の学習サイトを運営中である。試験問題そのものも参加している利用者が提出できる。提出された問題の解説や、それを巡る議論なども同じサイトの上で行える。こうして蓄積された問題をデータベースにしまい、それを使って、模試を行うことも行っている。また、こうした経験に基づいて、誰でも問題が追加できるクライアント参加型通信学習装置および方法(特許公開 2008-107727)を考案し実際に運用している。このサイトは、携帯電話からの利用を対象としている。

このサイトで得た経験を元に、さらに発展した形のシステムに仕上げていくのが今回のプロジェクトの目標である。具体的には、

- (1)PC インターフェイスの開発
- (2)単語問題等の自動生成機能の開発

### (3)最適問題選別・表示機能の開発

を行い、SaaS化への道を固める。特に、(3)は、現時点でのDBの再設計が主体となる。このDB再設計は、SaaS化への重要なステップともなる。

サイトの運営に対する意気込み、さらには、そこを通じてのコミュニティの維持・拡大にはなみなみならぬ意欲を燃やしている。そうであればこそ、今現在のサイトが成立しているのであろう。今回のプロジェクトは、さらに大きく展開するための諸掛かりを組立て直すことにある。そこでは、相当の工夫が必要になりそうである。

幸い、卒業は来年3月ではなく1年延期になっているというから、時間は十分にある。そして何より溢れる熱意がある。ただ、その熱意は非常に高く、多数智をとりまとめていくコミュニティ活動の推進サイトが仕上がるものと期待している。

## 9. 開発目標

運用している学習サイトが「無料でどこでも学習できる日本一の質と量を持つ教育メディアとなる」ことを目指して、現用の学習システムを改良し、効率的な学習システムを開発する。具体的には、つぎの機能を開発することを目標とした。

- ユーザの回答履歴、問題の回答状況の履歴を、統計処理を行うことで、ユーザの能力や、問題の難易度等の信頼性を上げ、適した問題を提示する最適問題選別、表示を行う機能
- 最適問題を提示するための元データとなる回答データを収集する機能
- 問題数を機械的に増やすために、問題の、回答選択肢の並び替えや、ダミーの選択肢の挿入などを行う問題の自動生成機能
- PCでの問題の提案などを容易にするための、PC向けのユーザインタフェース

## 10. 進捗概要

PC向けのユーザインタフェースの開発、問題の自動生成機能については、具体的なアイデアも固まっていたし、関連するプログラミングの経験もあったことから、順調に進んだ。

回答データの収集機能の開発についても、ほぼ同じ準備状況にあったが、これまでの問題蓄積のやり方を整理して今後の発展に向けてデータベースシステムを利用する形とすることにしたため、その作業が終わるまで先延ばしすることになった。データベースの設計ができ、移行が終わると短期間に仕上げる事ができた。

最適問題の自動選定システムの開発は、難航した。蓄積された問題に対する、利用者全体の解答状況から、問題ごとの難易度などの特性を割り出して利用する。それには、統計処理を施して利用しようという大枠の着想はもっていたものの、統計処

理の勉強が不足していたのでその勉強から手をつけなければならなかった。また、最適な問題セットは、総合的な実力評価をしたい場合（模擬試験の問題セット）、その個人の不得意部分を鍛えたい場合、志望校合格を目標とした実力判定をしたい場合などなど、何を目的とするかによって違ってくる。それらの目的に即した“最適性”とは何か。それに必要となるデータは何か。これらのアイデアをまとめるのに長い時間がかかってしまった。

その間にも、PC インタフェースの開発など運用している学習サイトをより便利にして利用者を増やすことには着々と手を打ち、大幅な利用者獲得を実現した。

とにかく何をどのようにするとどんな結果となるかは、蓄積されたデータに対してシミュレーションによって実験すれば予測できるのだから、まずはツールを用意して思いついたことを次々と実験するようにとPM および管理組織から背中を押されて、ツール作りと実験とを始めたのは残り2ヶ月になったときであった。

その後のがんばりはすばらしかった。ツールを作り、実験をしてみたいけそうだとすると、直ちにその方式で問題セットを選んで模擬試験を行ってその効果を計ってみる。志望校向けの実力判定問題セットの自動選定も組み込み、使ってもらってその反応を聞く。こうして成果発表日までには、予定した機能について、それなりの解答となるシステムを紡ぎ出した。

## 11. 成果

運用中の利用者参加型の学習サイトにつぎの諸機能を開発して組み込んだ。

1. 学力測定用の出題、学力に応じた出題、苦手分野・復習機能に重点を置いた出題のそれぞれに対して最適問題を出題するシステムを実装した。
2. 上の 1.の最適問題を選択するために必要となる、統計データ収集機能、および、統計データ収集に必要な各種ツールを実装した。
3. 選択肢の自動並びかえ、各種の問題のバリエーションを増やす機能を実装し、解説文も矛盾なく生成される機能を実装した。
4. PC から問題提案や問題検索を行える機能を実装した。特に問題提案機能については、Flex を用い、使いやすいインタフェースになった。

その上で、最もユーザが多く、問題数も多い英文法分野を利用して、実証実験を行った。この実証実験の結果はユーザに対するアンケートの形式で収集した。およそ 8割( 77.2%/269 人中)が、本システムがプロジェクト期間を通して【良くなった】と答えており、客観的な高い評価も得られた。

出題に対する最適化を行うにあたっては、つぎの事柄を前提としている。

- ユーザは、このサイトでの過去の偏差値によって5段階にランク分けする。
- 問題は、その問題の重み付き正答率  $\frac{1}{15} \sum_{1 \leq i \leq 5} iR_i$  によって5段階にランク分けする。ただし、 $R_i$  はその問題に対するランク  $i$  のユーザの正答率である。つまり、重み付き正答率は、ランクの高いユーザ(実力のあるユーザ)の正答率の方をランクの低い(実力のないユーザ)の正答率よりも重く位置づけて平均をとった正答率となっている。
- 問題は、つぎの六つのカテゴリに分類する。
  - A: 5文型、使役動詞、倒置、関係詞、比較、副詞
  - B: 時制、仮定法、語法
  - C: 不定詞、同名詞
  - D: 分詞、接続詞
  - E: 助動詞、代名詞、前置詞、誤所指摘
  - F: 冠詞、語順、単数複数扱い、単語知識、構文
- 問題  $p$  の特徴ベクトル  $C(p)$  をつぎのように定義する。問題  $p$  に正解したユーザ集団  $p^+$  における A カテゴリ問題の平均の正答率を  $p_A^+$ , B カテゴリ問題の平均の回答率を  $p_B^+$ , ..., F カテゴリ問題の平均の正答率を  $p_F^+$  とする。同様に、問題  $p$  に不正解したユーザ集団  $p^-$  における A カテゴリ問題の平均の正答率を  $p_A^-$ , B カテゴリ問題の平均の回答率を  $p_B^-$ , ..., F カテゴリ問題の平均の正答率  $p_F^-$  とする。このとき、 $(p_A^+, p_B^+, \dots, p_F^+)$  はユーザ集団  $p^+$  の問題カテゴリの得手不得手の特徴を示し、 $(p_A^-, p_B^-, \dots, p_F^-)$  はユーザ集団  $p^-$  の問題カテゴリの得手不得手の特徴を示していることになる。 $C(p) = (p_A^+, p_B^+, \dots, p_F^+) - (p_A^-, p_B^-, \dots, p_F^-)$  とおけば、これは問題  $p$  の特徴を示したものとなる。
- 問題  $p, q$  が与えられたとき、それぞれの特性ベクトル  $C(p), C(q)$  の差の絶対値  $|C(p) - C(q)|$  を問題  $p, q$  の距離といい、 $d(p, q)$  と書く。
- 問題  $p$  に対してあるユーザが過去に  $T$  回解いて  $R$  回正解であったとしよう。このとき、 $\frac{R}{T}$  をそのユーザの問題  $p$  に対する優先コストと呼ぶ。

これらのことがらを使って、つぎのようなさまざまな出題の最適化を行っている。

- 苦手問題最適化 ユーザのその問題に対する優先コストが小さい(たとえば 0.8 未満)の問題を、そのユーザの苦手問題という。一般に優先コストの小さい問題を優先して解いていけば、苦手克服に有効であろう。いつでも問題を提示するときには、そのユーザにとって優先コストの小さいものから順に提示している。これを苦手問題最適化と呼んでいる。

- 苦手分野最適化 優先コストの小さい問題(苦手問題)があったとき、それとの距離が小さい問題を集めてくれば、苦手問題の特徴と類似性の高い問題、すなわち苦手分野の問題が集まる。これを解くことで苦手分野の克服に役立てることができるだろう。これを苦手分野最適化と呼んでいる。
- 志望校特性最適化 このサイトでは、ユーザに志望校を登録してもらっている。データベースにおさめてある問題には、それが大学で出題されたものならその大学名が記録されている。志望校特性に即した出題をユーザが希望すると、志望校で出題された問題を優先して出題する。
- 学力測定最適化 センター入試を受けたユーザにはその成績も登録してもらっている。そのデータを使って、そうしたユーザがこのサイトに蓄えられたすべての問題での正答率とセンター入試成績との相関をしらべたところ、相関係数が 0.71 であったという。そこで開発者は、蓄えられた問題でのすべてについての正答率は、そのユーザの実力を反映しているものと想定してよいだろうとしている。そこで模試の問題セットを選ぶ場合にも、その問題セットでの正答率と総問題セットでの正答率との相関が高くなるように選ぶことを目標とするのがよいとしている。そうした問題セットの選ぶためのツールとして、画面上で問題セットを選ぶと過去のデータからその問題セットの正答率の期待値を計算するソフトウェアも用意している。また、例えば 20 問からなる模試用の問題セットを作りたい場合に、ランダムに 20 問のセットを幾組か選び、それぞれの正答率期待値を計算して表示してくれるソフトウェアも用意している。

サイトの運営者としては、これらの自動化された機能のほかにも、いろいろな着想を得るためにデータを収集し、収集したデータを分析したくなる。これらも開発期間中にいくつか作って使っている。それらも有用なツールとなっている。

すでに蓄えられている問題から、類似の問題を作り出すための仕組みもいくつか用意している。選択式問題において、選択肢の並べ方を変えるのもその一つである。当然ながら、その並べ方の変更に応じて、解説画面での並べ方も自動的に変わる仕組みを組み込んでいる。

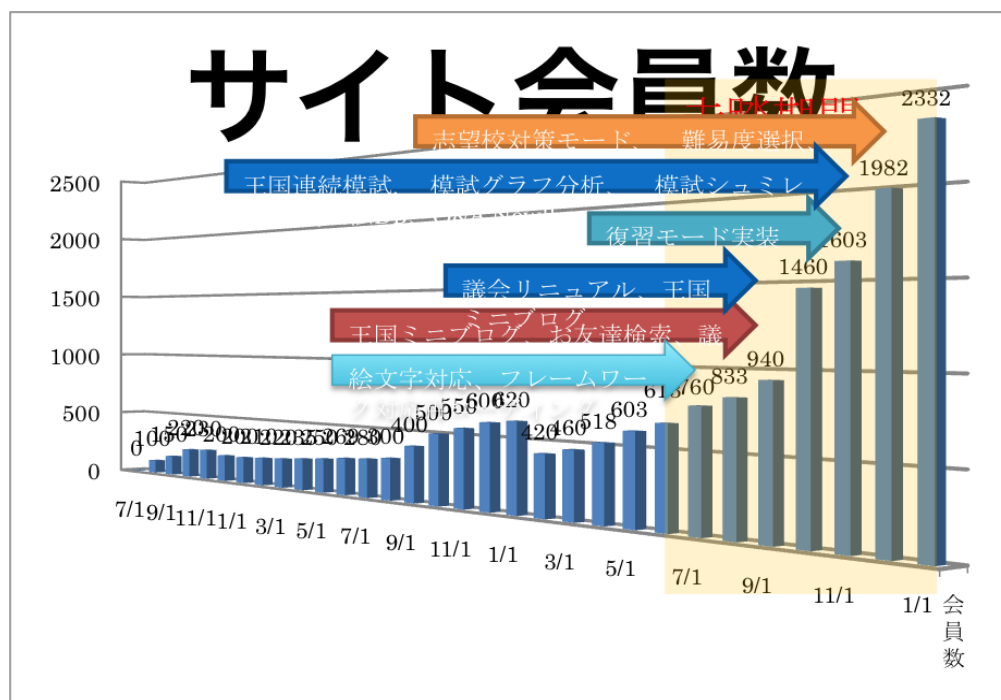
このサイトは、もともと携帯電話からの利用に特化していた。今回、PC からも使えるようにし、PC ならではのサービスを提供できるようにインタフェースを工夫している。

こうした工夫を重ねた上で、実際にそれらを使った模試を実施したり、各種最適化による個別(ユーザ別)出題機能を提供したりして、その成績データを調べたり、アンケートによってユーザの評判を調べたりしている。その結果の一つとして、およそ8割のアンケート回答者がこのサイトが今回の改善でよくなったと答えている。

## 12. プロジェクト評価

とにかく最後の最後までいろいろと努力を積み重ねた。統計量を使って編み出した各種最適化の手法がどこまで統計学的に意味をもちうるのか、といった検証はできていないものの、多くのユーザを抱え、そのユーザからの支持が得られていることだけでも貴重である。

開発者は、成果発表会でユーザ数の変化を示すグラフを示していた。



今回のプロジェクト期間中に700人台から2000人台までにユーザ数を増やしている。このユーザこそが開発者の宝である。ユーザからの反応をみながら、さらに改善を重ねていき、自らが目標だという“無料でどこでも学習できる日本一の質と量を持つ教育メディアとなる”ことを近い未来に達成してほしい。

## 13. 今後の課題

開発者本人があげている課題につきのものがある。

- 模試 Simulation の精度向上
- 最適問題表示の更なる工夫
- 苦手問題克服モードの工夫

- 本年中の会社化
- モバイルコンテンツ審査・運用監視機構(EMA)への参加

起業化が一つのポイント、そして、多量の問題セットと多数のユーザを活かしてよりよい問題セットの選び方の工夫がもう一つの工夫である。後者については、テストに関しての理論(たとえば、TOEFL や TOEIC は毎年異なる問題を出しているながら、そこでたとえば 800 点とった人の実力は受けた年によらず“同じ”と見なされているがそれは本当なのか? どういう意味で“同じ”なのか? に答えること)も勉強してみるとよい。