

## テスト問題を改善するための協調作業を支援する環境構築<sup>†</sup>

杉浦学\*・大岩元\*\*

慶應義塾大学 政策・メディア研究科\*・慶應義塾大学 環境情報学部\*\*

本研究の目的は、複数の作業者が協調作業によってテスト問題を改善することを支援し、質の高いテストを効率よく管理・運用できる環境を構築することである。合格者に一定の能力を保証することを目的とした大規模なテストを実施する際には、測定すべき能力を的確に測定できるテスト問題を大量に用意する必要がある。これには複数人の作業者が役割分担をし、協調作業によってテスト問題の改善を実施することが求められる。この活動を支援するため、1) 協調作業のワークフローを状態機械によって定義し、その定義に従ってテスト問題の状態管理を実施する 2) テスト問題に対するオンラインでのレビューを支援し、レビューに対する修正状況とテスト問題を管理するためのワークフローを連携させる という機能を持った支援環境を Moodle の機能を拡張して構築した。支援環境の有効性を検証するための試用実験を実施し、上記の2つの機能が協調作業の支援に対して有効であることを確認した。

キーワード：テスト問題、協調作業、ワークフロー、状態機械、レビュー

### 1. はじめに

#### 1.1. 教科「情報」の設置と能力格差の拡大

2003年度から高等学校において普通教科「情報」(文部省 2002) が必修科目として設置されたが、その授業の質が問題視されている(高下 2005)。全ての学校の授業の質に問題があるわけではなく、一部の学校では「情報」に対して熱心に取り組んでいる。結果として、出身高校によって生徒の情報分野に関する能力に大きな差が発生する。

前述した能力格差の問題が大学に影響を与えるのは、2003年度に高等学校に入学した生徒が大学に進学する2006年度以降である。これまで大半の大学で実施されてきたカリキュラムは、新入生が入学する以前に情報教育を受けていないことを前提に構成されている。多くの大学で「情報処理」のような入門

教育が一斉授業によって実施されてきた。新入生の能力格差が拡大してきたことをうけ、カリキュラムの見直しと共に、新入生の知識レベルを適切に判定する必要性が生じている。

#### 1.2. 大規模な能力認定テスト開発における課題

筆者らの所属する慶應義塾大学 湘南藤沢キャンパスにおいても、2004年度に情報分野のカリキュラムを再編した。新入生全員に対して、情報分野の知識と実技能力を測定するための“情報技術認定試験”を実施し、これまで必修であった入門科目を順次廃止していく計画である。これに似た試みは全国の大学で実施されると筆者らは予測している。

湘南藤沢キャンパスで実施されている“情報技術認定試験”の中核は、基礎的な情報分野の知識を問う多義選択式のオンラインテストである。“情報技術認定試験”のような新入生の知識レベルを適切に判定するためのテストを開発・実施するにあたっては、次のような課題がある。

- 1) 同一の学生が複数回の受験をした場合を想定し、大量のテスト問題をプールしておく必要がある
- 2) 能力測定が的確に実施できる質の高いテスト問題を提供する必要がある

大学が全学的な規模の能力認定試験を運用していくためには、これらの課題を解決する必要がある。

2006年2月20日受理

<sup>†</sup> Manabu SUGIURA\* and Hajime OHIWA\*\* : A Supporting System of Cooperative Works for Improving Testing Problems

\* Graduate School of Media and Governance, Keio University, 5322, Endo, Fujisawa, Kanagawa, 252-8520 Japan

\*\* Faculty of Environmental Information, Keio University, 5322, Endo, Fujisawa, Kanagawa, 252-8520 Japan

Vol. 30, No. 3 (2006)

171

### 1.3. 論文の構成

本研究では、これまで述べた背景を踏まえ、複数の作業者がオンラインで大量のテスト問題の改善作業を効率よく実施するための支援環境を構築した。

本稿では、2章で大量のテスト問題を協調作業によって改善する場合の問題点を整理し、支援環境に対する要求を明らかにする。3章で関連研究を紹介し、本研究の位置付けと意義について述べる。4章では実装した支援環境について解説し、5章で構築した支援環境の評価を行う。最後に6章でまとめを述べる。

## 2. 解決すべき課題と支援環境に対する要求

本章では、筆者らが1年間にわたって“情報技術認定試験”の改善作業を実施した経験から、“複数人の作業者が協調作業を行い、大量のテスト問題を改善する作業”を実施する際の課題を整理する。次に、その課題を解決する支援環境に対する要求を整理する。

### 2.1. 解決すべき課題

大量かつ質の高いテスト問題を作成するためには、複数の作業者が役割分担（テスト問題の作成、修正担当、テスト問題のレビュアー等）をし、協調作業を実施することが効果的である。

とくにテスト問題の改善に有効なのは、複数人の専門家によって様々な視点からレビュー（定性的な評価）を実施することである。このような作業を実施する際に課題となる「改善作業の進捗状況の管理・共有」と「レビューと修正作業の履歴の保存・共有」という2つについて整理する。

#### 2.1.1. 改善作業の進捗状況の管理・共有

大量のテスト問題に対する改善作業を行おうとすると、各テスト問題について、作業がどこまで進捗しているのかを管理し、作業間で共有することが難しくなる。

あるテスト問題に対する改善作業は、以下のような手順を踏むのが一般的である。

- Step1. レビューがレビューを実施する
- Step2. テスト問題の作成者や修正担当がレビューを確認する
- Step3. (修正方針の決定に議論が必要な場合) 議論を行う
- Step4. 修正担当がテスト問題を修正する
- Step5. レビューが修正結果を確認する

これらの作業をオンラインで実施する場合、各ステップが完了し、次のステップに移行するまでに一定の

時間が必要となる。改善作業に参加しているメンバーは、各テスト問題に関する作業の進捗状況を把握し、最適な作業を選択することが求められる。

例えば、レビュアーの作業について考えてみると、レビューが実施されていないテスト問題を優先してレビューすることに加え、修正案に関する議論が行われているテスト問題がある場合は、その議論に参加する必要がある。また、修正を担当しているメンバーは、議論が収束し、修正方針が決定したテスト問題をなるべく早く修正すべきである。

大量のテスト問題について、同時にレビューや議論が進行すれば、改善作業の進捗状況の管理と共有の方にコストがかかり、レビューや修正作業に注力することが難しくなる。筆者らはこれまで、レビューの内容を電子メール（メーリングリスト）によって送信するという方法を使ってテスト問題の改善作業を行ってきた。300問のテスト問題の改善のために、約100通のメールがやり取りされた。1通のメールには複数のテスト問題に対するレビューと修正結果が記載されているが、1つのテスト問題の改善作業が終了するまでに平均して約3通のメールのやり取りが必要であった。結果として、電子メールから各テスト問題の状態を確認して管理する作業にコストがかかり、修正内容を吟味することが困難であった。

#### 2.1.2. レビューと修正作業の履歴の保存・共有

複数のレビュアーが、1つのテスト問題に対して様々な視点からレビューを実施するためには、既に実施されたレビューや議論のログ、修正の履歴をレビュアー間で共有する必要がある。複数のレビュアー間でレビューのログや修正履歴が共有されていなければ、異なるレビュアーが重複した内容のレビューを実施したり、既に結論がでた議論を蒸し返したりといった事態を招く。

テスト問題によっては、議論が実施されても具体的な修正案が決定しないこともある。その場合、レビューの内容と議論のログが保存されていなければ、新たなレビュアーを加えて再度議論を再開することが困難になる。

## 2.2. 支援環境に対する要求

これまで整理した課題を踏まえると、支援環境に対する要求は以下の2点に集約できる。

- 1) 改善作業の進捗状況の管理をサポートでき、複数のメンバーがオンラインで協調作業ができること
- 2) オンラインによるレビューを支援することがで

き、レビュー内容のログやテスト問題の修正履歴が保存できること

### 3. 関連研究

本章では、本研究と関連する以下の3つの研究を紹介する。さらに本研究とこれらの研究の関係を整理し、本研究の位置付けと意義を明らかにする。

- 1) ワークフロー
- 2) Learning Management System
- 3) 統合テスト環境

#### 3.1. ワークフロー

最初にワークフロー管理システムと CMS (Content Management System) 上で動作するコンテンツ管理のためのフレームワークを紹介し、本研究との関連について述べる。

##### 3.1.1. ワークフロー管理システム

ワークフロー管理とは、複数の担当者がネットワークを経由して仕事をする際に、作業を円滑に進めるために、担当者間で受け渡すドキュメントや情報の流れを管理し、自動化することである。これを実現するシステムがワークフロー管理システムである(速水1998)。

ワークフロー管理システムは様々な商用のシステムも開発されており、企業での導入実績も多い。企業で運用されているワークフロー管理システムの大半は、伝票管理や各種申請に代表される単純なルーチンワークを対象にしたものである。このように管理すべき対象(伝票等のドキュメント)の内容と作成プロセスが定型化されており、作成時に必要なレビューが単純(必要事項の記入漏れチェック等)な場合、ワークフロー管理システムを効果的に利用できる。

一方で、ワークフロー支援する製品の中には、技術文書作成、ソフトウェア開発を管理対象(煤孫ほか2000)にしたものがある。技術文書やソフトウェアは共同作業によって作成される場合が多く、作成のプロセスも詳細までは定型化されていない。技術文書やソフトウェアの評価基準は唯一絶対ではないため、複数のレビュアーによる議論が必要となる場合も多い。内容が定型化されておらず、創造性の高い作成作業が必要なもの(マニュアルや企画書)に対するワークフロー管理システムの適用可能性については「作成の複雑さや共同作業という特性により、ワークフローだけで業務を実現することは極めて難しい(大場ほか2004)」というのが現状である。

本研究で提案する支援環境はワークフロー管理システムの一種であると位置づけられる。提案する支援環境の管理対象はテスト問題の改善作業であるため、作業のプロセスは定型化されておらず、複数人の協調作業を必要とするという点において技術文書の作成やソフトウェア開発と共通している。よって本研究は、作業プロセスが定型化されておらず、創造的な協調作業を必要とする活動を支援対象とした、ワークフロー管理システムを構築する試みであるといえる。

##### 3.1.2. CMSのコンテンツ管理フレームワーク

CMSの中には、管理対象となるコンテンツに関するワークフローを定義し、その定義に従ってコンテンツの管理を行うためのフレームワークを持ったものがある。この例として、CMSの一種であるPlone上で動作するDCWorkflowがある(Zope Corporation 2006)。

このようなフレームワークを使うことにより、本研究で構想する支援環境に対する要求を満たすことが可能である。しかし、CMSはネットワーク上のコンテンツ管理を支援するフレームワークを提供するだけで、テスト問題を管理するための具体的な機能を提供しているわけではない。PloneのようなCMSを利用し、本研究で構想する支援環境を完成させるためには、Plone上で動作するテスト問題の管理機能が必要である。しかし、現在のところ実用に耐えるものは開発されていない(IHOR BEREHULYAK 2006)。

#### 3.2. Learning Management System

90年代からは、従来通りの対面型の授業においても、効果的かつ効率的な教育を目的として、オンラインでのレポート提出やテストを実施するために学習管理システム(Learning Management System, 以下LMSと略記する)が普及してきており、LMSは90年代半ば頃より高等教育や企業内教育のためのシステムとして、広く利用されてきた。欧米の高等教育の現場では、Cornell Universityで開発され、後に商用化されたBlackboard(Blackboard Inc 2006)と、同様にUniversity of British Columbiaで開発、商用化されたWebCT(WebCT Inc 2006)の2つで80%前後のシェアを占めていると言われる。商用のLMSが普及すると同時に、オープンソースのLMSも多く開発されており、国内ではCFIVE(関谷ほか2005)やCEAS(児山ほか2005)、海外ではMoodle(MARTIN DOUGIAMAS 2006)がある。筆者らも2年間、約30の講座においてMoodleを利用してきた経験(大岩研究室2006)がある。

LMSに関して行われている議論の中心は、新しい

LMSの開発とそれに搭載すべき機能, 効果的な学習活動を実践するための活用法(渡辺ほか 2003, 荒川ほか 2004) についてである. LMS 上で共有される教材は, 既に完成されていることを前提としており, LMS 上で教材を共有し, 複数のメンバーによる協調作業によって作成・改善していく試みは少ない.

### 3.3. 統合テスト環境

テストの実施だけにコンピュータを利用するのではなく, テストの実施環境にテスト問題の分析・構成の機能を統合した環境の研究として永岡の研究(永岡 2000)がある. 永岡は, テスト構成 CATC (Computer Assisted Test Construction), テスト実施 CAT (Computer Assisted Testing), テスト分析 CMI (Computer Managed Instruction) の機能を統合した実用システムを開発し, 教育実践に利用した.

永岡のシステムが支援対象とする作業(テスト問題を作成・編成する者)は1人であるが, 本研究ではオンライン上で複数人が協調作業を実施しながらテスト問題の質を高める作業を想定している. 永岡のシステムと本研究で提案する支援環境の共通点は, テスト問題の改善支援だけでなく, テストの実施も視野に入れている点である. これについては, 3.4.で詳しく述べる.

### 3.4. 本研究の特徴と意義

本章におけるこれまでの議論で明らかにしたように, 本研究に関連して, ワークフローの管理を行うシステムやフレームワーク, LMSの開発と運用といった取り組みが行われてきた. また, テストの実施と分析・構成を統合した環境の開発も実施されている.

本研究はいわゆるグループウェアに近い“オンラインにおける協調作業の支援”の一環として位置づけることができるが, 既存の取り組みと異なる特徴は「テストの実施環境と改善作業の支援環境を統合することによって, より実用的な支援環境を構築するという点」である.

協調作業の支援環境に対する要求は2.2.で述べたと

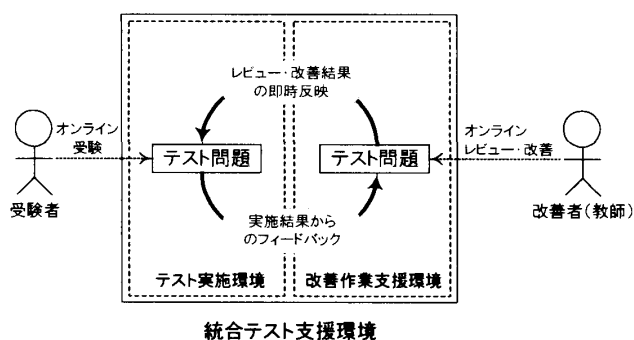


図1 統合テスト支援環境

おりであるが, この要求を満たす機能をテストの実施環境に追加することにより, 図1に示すような統合テスト支援環境を構築することができる. テストの実施環境と改善作業の支援環境を統合することによって, テストの実施と問題の改善作業を効果的に反復できる. このような支援環境を構築することができれば, テストの実施結果から得られる情報(統計情報等)をテスト問題のレビューや改善に役立てることができる. また, 改善作業の結果を実施されているテストに即時反映することができる.

## 4. 支援環境の実装

2.2.で述べた要求に基づき, 1) 改善作業の進捗状況の管理をサポートでき, 複数のメンバーがオンラインで協調作業ができる 2) オンラインによるレビューを支援することができ, レビュー内容のログやテスト問題の修正履歴が保存できる という機能を持つ支援環境を実装した. Moodle が持つオンラインテスト機能を拡張することによって, 3.4.で述べた統合テスト支援環境(図1)のコンセプトを実現することができる.

本章では, 最初に実装の基盤となった Moodle を紹介し, 拡張した機能について解説する.

### 4.1. Moodle と小テストモジュール

Moodle(図2)はオーストラリアの MARTIN DOUGIAMAS 氏が開発した LMS である. 2006年現在, 70以上の言語に対応しており138カ国以上で使用されている. Moodle は GPL (General Public License) に基づいて配布されており, 自由に改造・配布することができる.

Moodle は LMS としての基本的な機能を有し, 商用の LMS 並みの性能を持つ. Moodle に備わっている機能の例として, 教師の作成した教材の配布, オンラインテストの実施や採点, 課題提出, 掲示板(フォーラ

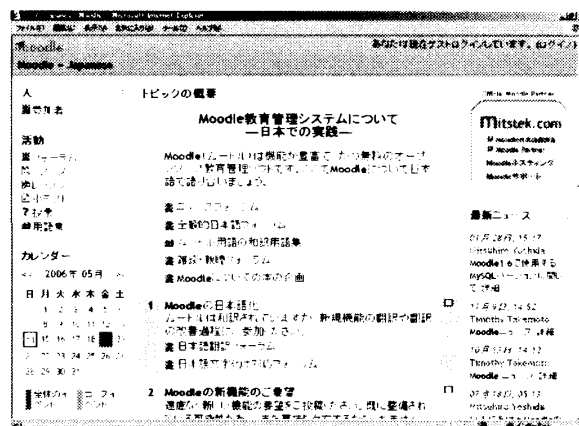


図2 Moodle のトップページ (公式サイト)

日本教育工学会論文誌 (Jpn. J. Educ. Technol.)

ム) の設置などがある。

Moodle を拡張対象に選定した理由は次の4つである。

- 1) オンラインテスト機能が充実していること
- 2) 機能拡張が容易な設計であること
- 3) オープンソースであること
- 4) 海外・国内での利用実績があること

1) に関して、Moodle は9種類の問題形式（穴埋め問題、多義選択問題等）に対応している。作成したテスト問題はカテゴリ別に整理できる問題データベースに保存され、テストを実施する際に出題するテスト問題を選択する。実施したテストの採点は自動で行われ、識別指数や判別係数といった統計データも参照することができる。

2) に関して、Moodle の持つ様々な機能はモジュール化されており、追加や変更が容易なように設計されている（図3）。オンラインテストに関する機能は「小テスト」モジュールとしてモジュール化されている。拡張範囲を小テストモジュールだけに限定することにより、高いポータビリティを確保することができる。

#### 4.2. 拡張した機能の概要

本研究で拡張した機能は、「1. 改善活動のワークフロー管理（ワークフローの定義、定義に従ったテスト問題の管理）機能」と「2. オンラインレビュー機能」の2つである。これらの機能は小テストモジュールが有する問題データベースの管理機能と連携し、問題データベースに登録されている問題の状態管理を可能にする。また、問題データベースに登録されている各問題に対するオンラインレビューの実施をサポートする（図4）。4.3.と4.4.にて、拡張した2つの機能の詳細を述べる。

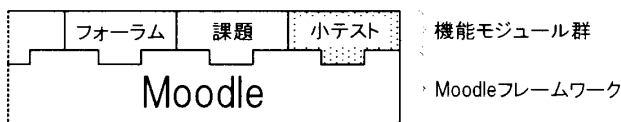


図3 Moodleの機能モジュール群

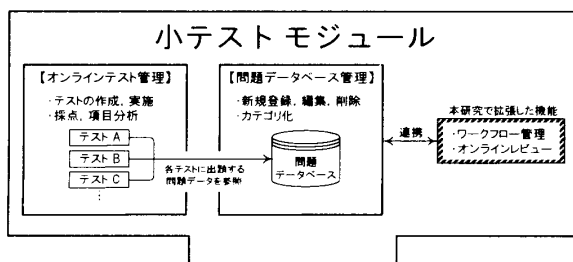


図4 小テストモジュールと拡張した機能の関連

#### 4.3. 状態機械によるワークフローの定義とテスト問題の管理

本研究で構築した支援環境では、作業者が各テスト問題の状態を的確に判断でき、実施すべき作業を規定するために、テスト問題の状態機械（オートマトン）を定義する方法を採用した。状態機械とは、トリガーとなるイベント（影響を及ぼすさまざまな出来事）を受け取ると、現在の状態に応じたアクション（動作）を行い、次の状態へ遷移するというシステムを表現するモデルである。

個々のテスト問題に対して、状態機械を規定することにより、支援環境上のテスト問題に対して実施できる改善のための操作（編集やレビュー）や、テスト実施の際の運用方針（出題するか否か）を規定することができる。つまり、テスト問題の運用と改善作業のワークフローを定義することが可能である。

##### 4.3.1. ワークフローの定義例

図5は、新規に作成したテスト問題をレビューによって改善する作業のワークフローを定義した状態機械を表現した図（状態遷移図）である。テスト問題は“未登録”、“レビュー受付中”、“修正中”という3つの状態を持つ。

新規に作成され、支援環境に投稿されたテスト問題は“レビュー受付中”状態に遷移する。テスト問題が“レビュー受付中”状態であれば、テスト問題に対してレビューを行うことができる。同時に“レビュー受付中”の状態であれば、テスト問題を編集することはできない。これは、レビューを実施している最中にテスト問題が編集されると、レビュアーが投稿したレビューが無駄になるからである。

レビューの受付を一定の期間実施した後、十分にレビューが蓄積されたと判断したテスト問題の状態は

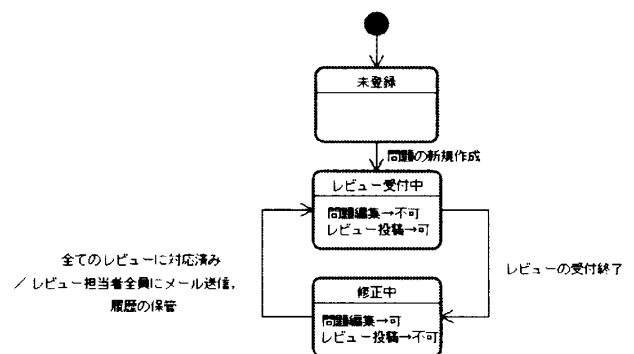


図5 テスト問題の状態遷移図 その1  
（出題前の改善作業を想定）

“修正中”状態に遷移する。この判定はレビュアーが行ってもよいし、修正担当者が判断してもよい。テスト問題が“修正中”状態に遷移すると、新たなレビューを追加することはできない。これは、テスト問題の修正中にレビューが実施されると、テスト問題の修正作業のやりなおしが発生するためである。修正担当者によって、全てのレビューに関する対応が実施されると、テスト問題の状態は自動的に“レビュー受付中”に遷移する。このように、図5で定義したワークフローでは、2つの状態間の遷移を繰り返すことにより、テスト問題の質を向上させていく。

さらに、ある状態から別の状態へ遷移する際には自動でアクションを実行することができる。図5の例でいえば、“レビュー受付中”状態から“修正中”状態へ遷移する際に、テスト問題とレビュー結果のスナップショットを保存する。これにより、修正後のテスト問題と修正前のテスト問題を比較し、レビュアーの意図したとおりにテスト問題が修正されたかを確認することができる。また、“修正中”状態から“レビュー受付中”状態へ遷移したテスト問題があれば、修正が終了したテスト問題の存在を知らせるために、レビュアーの所属するメーリングリストに通知を行うといったアクションを設定することができる。

図5の例はテスト問題の修正担当者がレビュアーに修正案の確認を取るという作業を省略しているが、修正案の確認をより慎重に行う場合の状態機械は図6に示すように定義する。

他の例として、出題中のテスト問題に対して不定期なレビューを実施し、不適切なテスト問題を自動的に

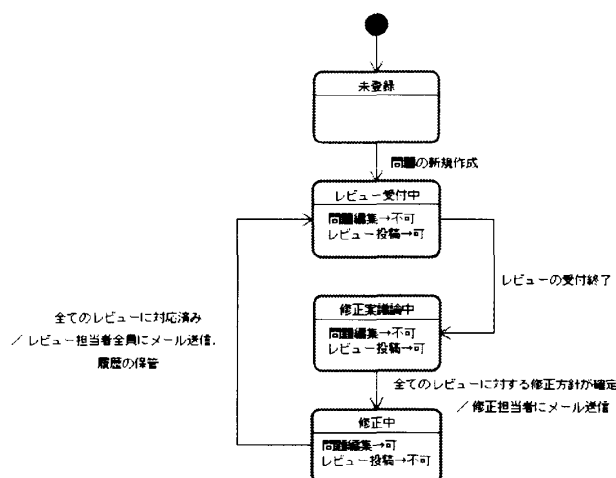


図6 テスト問題の状態遷移図 その2

(出題前の改善作業を想定 修正案の確認を行う場合)

出題停止にするといったワークフローを定義することも可能である。Moodleの問題データベースは、テスト問題をカテゴリ分けして保存しておくことができる。テストを編成する際には、あるカテゴリに属するテスト問題からランダムに規定の問題数を出題するという設定が可能である。図7に示すような状態機械を定義し、出題中のテスト問題群に適用することにより、出題が不適切と判断されたテスト問題に対してレビューを行うだけで、自動的に出題対象から除外することができる。テストを編成する際に、出題中カテゴリからランダムにテスト問題を編成する設定をしておき、“出題中”状態から“出題見合わせ中”状態に遷移するときに、カテゴリを移動させるアクションを設定することで、レビューが行われたテスト問題はテストの編成対象から自動的に除外される。

#### 4.3.2. ワークフローの定義方法

図5から図7に示したような状態機械の定義方法をその手順に沿って説明する。

##### (1) 状態機械名の登録

はじめに、定義を開始する状態機械の名前を登録する(図8)。複数の状態機械を登録し、テスト問題ごとに異なる状態機械をワークフローの定義として利用することもできる。例えば、改善段階のテスト問題群については改善時のワークフロー(図5)で改善作業を行い、既に出題されているテスト問題群に関しては、運用に適したワークフロー(図7)を定義するといっ

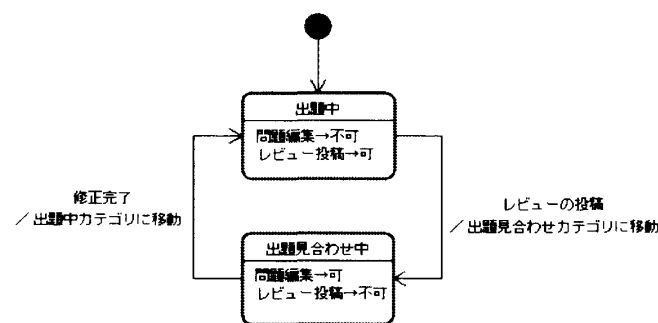


図7 テスト運用時のテスト問題の状態遷移図

##### STEP1. 状態機械の名前を登録します

状態機械の名前	改善時の状態機械	登録	リセット
登録済みの状態機械一覧			
No.	状態機械名		
1	運用時の状態機械		

図8 状態機械名の登録

## STEP2. 状態を入力します

図9 テスト問題が取りうる状態の定義

たことが可能である。

## (2) テスト問題が取りうる状態の定義

次に、状態機械が持つ状態名を定義し、レビューの受付の可否、テスト問題の編集作業の可否を設定する(図9)。編集不可の状態にあるテスト問題の内容を編集することはできない。これはレビューの投稿についても同様である。

## (3) 遷移先とイベントの設定

次に、イベントを縦軸にとり、横軸に現在の状態をとる表(遷移表)を埋めることにより、各状態が受理するイベントと遷移先を設定する。イベントは次の4つから選択することができる(図10)。

- 1) テスト問題の編集…問題文や選択肢が更新された
- 2) レビューの追加…新たにレビューが追加された
- 3) レビュー項目の状態変化…レビュー項目の状態が遷移した

## STEP3. イベントごとの遷移先を入力します

図10 自動遷移のトリガーイベントと遷移先の設定

## STEP4. 手動で実施できる状態遷移を入力します

図11 手動遷移の設定

- 4) コメントの投稿…レビューに対するコメントが追加された

これら4種類のイベントの発生をトリガーとした状態遷移以外に、手動で状態を遷移させることもできる(図11)。これは状態遷移のトリガーとなるイベントを前述した4種類から選択できない場合に有効である。例えば、ある問題に対する改善案が十分に議論されて、改善提案が固まったかどうかを支援環境が自動的に判定することは難しい。よって図6における“修正案議論中”から“修正中”への遷移は作業者が手動で状態遷移を実行できることが必要である。

## (4) アクションの設定

最後に状態遷移に伴って実行されるアクションを設定する(図12)。アクションは以下の3つから選択することができる。

- 1) 履歴の保管…遷移前のテスト問題のスナップショットを保存する
- 2) カテゴリ移動…指定したカテゴリへテスト問題を移動する
- 3) メール通知…指定したアドレスに状態遷移が起こった旨を伝えるメールを送信する

履歴の保管が実行されると、テスト問題のバージョンが更新される。保存される対象はテスト問題の内容とレビュー内容である。

送信されるメールの内容は、発生したイベントによって異なる。例えば、レビューの追加イベントが発生したときに発送されるメールには、問題文、追加されたレビューの内容、レビューに対するコメントを投稿するためのURL等が記載される。

## 4.3.3. テスト問題の管理

各テスト問題の状態は、4.3.2.で述べた方法で定義し

## STEP5. 各状態遷移に連動するアクションを入力します

修正中 → レビュー受付中 (イベント: レビューが全て修正済み)

- 履歴の保管
- カテゴリ移動
- メール通知
- To: reviewer@stc.keio.ac

レビュー受付中 → 修正中 (手動遷移)

- 履歴の保管
- カテゴリ移動
- メール通知
- To:

図12 アクションの設定

操作	問題名	タイプ	現在の状態	Version	レビュー	全ての表示	状態の設定
×	cd	註	レビュー受付中	1.0	待ち読み中	設定	設定
×	cp	註	レビュー受付中	1.0	待ち読み中	設定	設定
×	less	註	レビュー受付中	1.0	待ち読み中	設定	設定
×	ls	註	レビュー受付中	1.0	待ち読み中	設定	設定
×	ディレクトリ	註	レビュー受付中	1.0	待ち読み中	設定	設定

図13 テスト問題の一覧画面

た状態機械に基づいて管理される。

(1) テスト問題の一覧

図13に示す一覧画面から、各テスト問題の現在の状態、バージョン、レビュー数が閲覧できる。また、レビューが投稿されている問題だけをフィルタリングして表示することもできる。

(2) 改訂履歴の閲覧と状態管理

図13の一覧画面から、各テスト問題の改訂履歴の閲

The screenshot shows the Moodle interface for a question review. A box highlights the 'レビュー項目数' (Review Item Count) statistics:

レビュー項目数	数
修正待ち	2
保留	1
修正済み	0

図16 レビューの状態に関する統計情報の表示

Ver.1.0の問題とレビュー

The screenshot shows the details for the question 'less' (Ver. 1.0). It includes a description: 'UNIXでファイルの内容を見るときに使うコマンドを選びなさい。' and a list of choices: mkdir, cp, ls, less, mv, cd, rm. Below, the review history shows a review by '大岩元' (Okiwaki Gen) on '2006年02月20日(Monday) 03:48' with the status '修正待ち' (Waiting for correction) and the content '問題文に誤字があります。' (There is a typo in the question text).

図14 テスト問題の改訂とレビューの履歴

"cd"の状態設定

The screenshot shows the state machine settings for the 'cd' question. It displays the current state as 'レビュー受付中(初期状態)' (Review accepted (initial state)) and provides options to change the state or transition order.

図15 適用する状態機械の設定と手動遷移の実行

覧(図14)、レビューの実施、適用する状態機械の変更と手動による状態遷移の実行(図15)が可能である。

(3) レビューの状態に関する統計情報の表示

テスト問題の編集が行える権限を持つユーザが Moodle にログインしたときに表示されるトップページに、レビューの対応状況を把握するための統計情報が表示される(図16)。

4.4. オンラインレビューの支援

4.4.1. レビューの投稿と議論の実施

テスト問題に対するレビューと議論をオンラインで簡単に実施できるように、テスト問題ごとにスレッド式の掲示板が利用できる。1つのスレッドが1つのレビューに対応している(図17)。

レビューやコメントを投稿するためのフォームの上部にはテスト問題が表示されており、コメントの投稿と同時に後述する各レビューの状態を変更することができる(図18, 図19)。さらに、レビューとそ

"ディレクトリ" Ver1.0 のレビュー項目一覧

The screenshot shows a list of reviews for the 'ディレクトリ' question. It includes a table with columns for 'レビュー項目の状態' (Review Item Status) and '数' (Count):

レビュー項目の状態	数
修正待ち	2
保留	0
修正済み	0

Below the table, there is a list of reviews with columns for '番号' (Number), 'タイトル' (Title), '投稿者' (Poster), '状態' (Status), and '投稿日時' (Posting Date). Two reviews are shown, both with the status '修正待ち' (Waiting for correction).

図17 スレッド式の掲示板によるレビューの管理



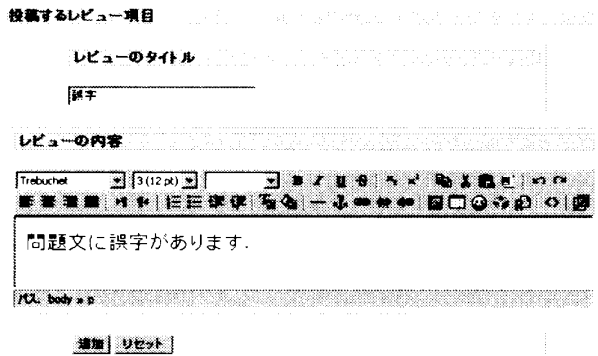


図18 レビューの投稿

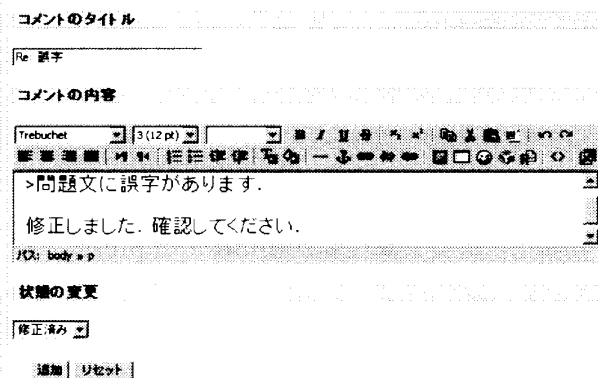


図19 レビューに対するコメントの投稿

番号	タイトル	投稿者	状態	投稿日時	
No. 1	誤字	大岩 元	修正済み	2006年 02月 20日 (Monday) 03:54	<a href="#">修正</a>
	↳ Re: 誤字	杉浦 亨		2006年 02月 20日 (Monday) 03:56	

図20 レビューとそれに対するコメント

れに対するコメントの関係が一覧できるようになっている (図20)。

#### 4.4.2. レビューに対する対応状態の管理

1つのテスト問題に対して、内容の異なる複数のレビューが実施される可能性が高いため、1つのスレッド(1つのレビュー)ごとに状態(「修正待ち」、「修正済み」、「保留」)を管理できる機能を追加した。これら、3つの状態間の状態遷移に制約はなく、各状態から他の2つの状態に自由に遷移させることができる。

4.3.2. (3) で述べたように、レビューの状態遷移をテスト問題の状態を遷移させるイベントとして設定することもできる。

## 5. 評価

本研究で構築した支援環境の有効性を検証するため、試用実験を行った。本章では、試用実験の結果と今後の課題について整理する。

### 5.1. 支援環境の試用

本研究で構築した支援環境を用い、“情報技術認定試験”で現在出題されている300問の問題を対象に、複数の作業者がレビューと改善を実施する実験を行った。

試用実験に参加したのは7名のレビューアと1名の問題の編集担当者(第一著者)である。レビューアがオンラインでレビューを実施し、編集担当者が問題を改善するというワークフロー(図21)を定義し、作業を実施した。

試用実験の期間中、10個のレビューが投稿され、計6問の問題を修正した。修正した問題数が異なるため、一律に比較することは難しいが、過去に経験したメーリングリストを利用した作業と比較し、改善の進捗状況の把握にかかる手間を大幅に軽減することができた。この理由として、メーリングリストを利用している場合の修正作業は、メールの内容から変更すべき箇所を抽出する、問題を修正する、修正履歴を記録する、修正点を説明したメールを送信することが必要であった。一方、支援環境を利用した場合、レビューとコメントは問題ごとに整理されているため、メールから修正箇所を抽出する手間がかからない。また、修正作業を実施するだけで修正履歴の保管とメール送信が自動的に行われるため、修正担当者の作業量が低減できた。

支援環境上にワークフローを定義し、問題の編集作業やレビューの追加を制限することで、問題の編集作業中にレビューが実施され、修正作業に手戻りが発生するという問題も発生しなかった。

レビューに対するコメントを投稿する際、4.3.3. (1) で述べた、レビューが投稿されている問題だけをフィルタリングして一覧する機能によって、メーリングリストを利用した場合と比較し、レビューに関する議論が活発に行われることが確認できた。試用実験に参加したレビューアのアンケートでは「メーリングリストでは、全員からのメールを読んでいない」と現状が把握

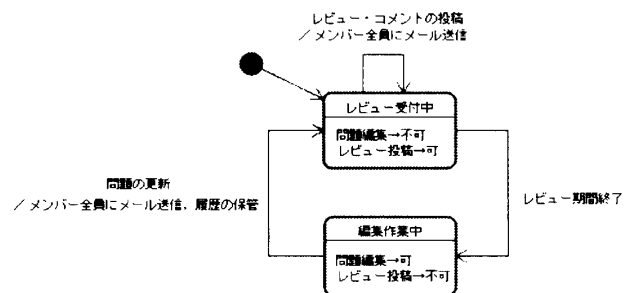


図21 試用実験で採用した改善のワークフロー

できなかったのに対し、このシステムでは常に問題ごとの状態が明示されるので便利であるし、メールの読み落としによる混乱も防げる。メーリングリストでは、途中から参加した人は議論の経緯がわからない（アーカイブを読むという手段はあるが、量が多いと大変である）。このシステムでは問題ごとに履歴が参照できるので、途中からでも議論に参加しやすい。」という回答が得られた。

試用実験における支援環境の利用方法を調査した結果、コメントの投稿を行った全てのレビュアーは、自動発送されたメールに記載されている URL をクリックすることでコメントの投稿を行っていた。従って、レビュアー同士の議論を活発にしてもらうためには、支援環境から自動的に発信されるメールに、投稿されたレビューやコメントの内容だけでなく、支援環境にレビューやコメントを投稿するための URL を記載しておくことが重要であることがわかった。

## 5.2. 今後の課題

5.1. で述べた試用実験によって、支援環境の提供する機能の有効性を確認することができた。評価実験の結果を踏まえて、今後検討すべき課題としては以下の2点が挙げられる。

- 1) 問題データベースの管理機能の強化
- 2) レビューの質を高めるための機能の追加

1) に関して、レビューを実施する際に、問題文の全文検索や、柔軟なフィルタリング機能があると、レビューを実施すべき問題の抽出や編集作業を効率よく実施することができる。例えば、問題文中で使用されている用語の統一や類似問題の検索を実施するような場合、全ての問題の問題文や選択肢を対象にした検索機能が必要である。

2) に関して、作業の進捗管理を容易にし、協調作業を支援することができれば、レビューの内容を考える作業に集中することができるため、レビューの質を向上させることができる。これに加えて、テストを実施した結果から得られた統計情報（有効選択肢数、識別率等）をレビューの際に効率よく参照することができれば、さらにレビューの質を向上させることが期待できる。現段階の支援環境は、テストの実施から得られる情報のフィードバックを効率よく行うための機能が実装されていない。3.4で述べた統合テスト支援環境（図1）としての完成度を高めるために、テストの実施結果を効率よくフィードバックする機能について検討する必要がある。

## 6. ま と め

本稿では、複数の作業者が協調作業によってテスト問題を改善する上での課題を整理し、1) 協調作業のワークフローを状態機械によって定義し、その定義に従ってテスト問題の状態管理を実施する 2) オンラインによるレビューを支援し、レビューに対する修正状況をワークフローと連携させる という機能をもった支援環境の構築について述べた。また、構築した支援環境の有効性を検証するため、試用実験を実施し、提案した2つの機能が協調作業の支援に対して有効であることを確認した。

## 謝 辞

支援環境の開発を手伝ってくれた明石 敬君、試用実験に参加して頂いた皆様に心より感謝いたします。

## 参 考 文 献

- 荒川雅裕, 植木泰博, 冬木正彦 (2004) 授業支援型 e-Learning システム CEAS を活用した自発学習促進スパイラル教育法. 日本教育工学会論文誌, 28(4) : 295-302
- Blackboard Inc (2006) Welcome to Blackboard!. <http://www.blackboard.com>
- 速水治夫 (1998) ここまで来たワークフロー管理システム (1) ワークフロー入門. 情報処理, 39(11) : 1160-1165
- IHOR BEREHULYAK (2006) Plone, e-learning content management software. <http://www.contentmanagementsoftware.info/plone/e-learning>
- 児山享弘, 小山和倫, 植木泰博, 荒川雅裕, 冬木正彦 (2005) 日本の教育環境への適合を目指す授業支援型 e ラーニングシステム CEAS~Java フレームワークに基づく再開発~. 情報処理学会 研究報告 教育学習支援情報システム研究グループ 第1回 CMS 研究会, pp.51-58
- MARTIN DOUGIAMAS (2006) Moodle-A Free, Open Source Course Management System for Online Learning. <http://moodle.org/>
- 文部省 (2002) 高等学校学習指導要領解説 情報編. 開隆堂出版, 東京
- 永岡慶三 (2000) 予測機能を有する実用型コンピュータ・テスト・システムの開発研究. 日本教育工学

- 会論文誌, 24(1): 63-72
- 大場みち子, 大野邦夫 (2004) ビジネスドキュメントにおけるワークフローの適用性. 情報処理学会 研究報告 デジタル・ドキュメント, 2004(120):25-31
- 大岩研究室 (2006) 大岩研究室 LMS.  
<http://lms.crew.sfc.keio.ac.jp>
- 関谷貴之, 寺脇由紀, 尾上能之, 山口和紀 (2005) オープンソース学習支援システム CFIVE の開発と運用. メディア教育研究, 1(2): 73-81
- 煤孫藤一郎, 倉谷和彦 (2000) ワークフローと構成管理の統合環境を実現したソフトウェア開発支援システム. 情報処理学会 研究報告 ソフトウェア工学, 2000(46): 1-8
- 杉浦学, 明石敬, 大岩元 (2005) Moodle 上のテスト問題を対象とした状態管理機能の提案. 情報処理学会 研究報告 教育学習支援情報システム研究グループ 第1回 CMS 研究会, pp.11-14
- 高下義弘 (2005) 実態は「町のパソコン教室以下」これでよいのか! 高校の IT 教育 (日経コンピュータ 2005/4/4号). 日経 BP, 東京, pp.124-130
- 渡辺博芳, 高井久美子, 佐々木茂, 荒井正之, 武井恵雄 (2003) セルフラーニング型授業の試み-LMS・ビデオ教材・評価支援システムによるプログラミング教育-. 論文誌情報教育方法研究, 6(1):11-15

WebCT Inc (2006) WebCT.com.

<http://www.webct.com/>

ZOPE CORPORATION (2006) Zope.org - Zope Content Management Framework (CMF).

<http://www.zope.org/Products/CMF/index.html>

### Summary

For improving the quality of a large number of testing problems, cooperative works of more than one expert are required to review them. However, the mental fatigue of revising problems is very troublesome, so computer support is of great help. We have formulated a workflow of cooperative review works by a state transition diagram (STD) for specifying the support system. By expanding the functions of Moodle's quiz modules, we have constructed a software system that supports the on-line review process of testing problems and keeps track of these processes. From the result of the trial experiment, it was confirmed that developed support system was effective in supporting of cooperative review works.

KEY WORDS: TESTING PROBLEM, COOPERATIVE WORKS, WORKFLOW, STATE TRANSITION DIAGRAM, REVIEW

(Received February 20, 2006)