

安全・安心社会の創成を支援するeラーニング —長岡技術科学大学でのeラーニングの研究実践—

福村 好美・丸山 久一

技術の進展に伴って、労働および日常生活の場で、装置・機器類などのリアルな世界とインターネットなどのバーチャルな世界の両方に潜む重大なリスクが増大しつつある。本取組は、我が国の安全社会を維持し、かつ製品・サービス開発時の国際競争力の強化を図るため、国内で初めて安全・安心に関する工学、法・制度、文化を総合的に教育するためのeラーニングプログラムを提供することを主な目的としている。本プログラム受講により、リスクマネジメントに精通する指導的な技術者を養成することができる。想定する受講対象としては、長岡技術科学大学との間で単位互換協定を締結済みの、6高専・3大学の学生と、すでに開発・設計・製造などの分野で活躍している国内外の社会人を対象とする。現在のところ、安全工学については系統的に教育する大学・大学院は国内には極めて少なく、非同期型eラーニングの特徴を活かした授業配信は効果が多大である。具体的なeラーニングシステムとしては、国際標準SCORMに準拠したコンテンツ製造を行うとともに、簡易シミュレーション機能及び自然言語処理技術を双方向コミュニケーションのためのオンライン掲示板に活用して、ビジュアルな質疑応答と教員・学習者間のコミュニケーション支援を可能として、教育効果の向上を図る。本稿では、まず、本取組にいたる基盤となった長岡技術科学大学の教育面での特色と体制について概観し、安全・安心社会の創成を支援するeラーニングのプログラム及び技術的特徴を述べる。

キーワード

eラーニング、リスクマネジメント、シミュレーション、自然言語処理、掲示板、SCORM

1. はじめに

わが国では、近年、製造・運輸・食糧などの分野において、リスクに対する脆弱性の面から、業界全体が大きなダメージを受けている。また、生産現場においては、システムの高機能化の反面、安全性に関しては国際的な規格に追随できず毎年事故が多発している。このような現実社会でのリスクに加えて、インターネット上でも個人情報・機密情報の漏洩による被害、DDoS (Distributed Denial of Service) 攻撃によるサービス停止など、企業のみでなく個人々の日常生活にさまざまな問題を引き起こしている。

このような状況に対処し、安全で安心な社会を実現するには、サービス・製品の提供側に、より一層のリスクに対するマネジメントと設計方策が要求される。長岡技術科学大学においては、安全教育の一環として、平成14年度から社会人を対象とした機械安全工学(社会人キャリアアップコース)を開講し、国際規格に対応でき

る技術者の育成を進めてきた。平成18年度からは、上記キャリアアップコースを発展させて「システム安全専攻」専門職大学院を開設する。さらに技術者層を増大していくためには全国的な受講者層の拡大が要望される。

一方、IT技術の発展は教育形態・手法に変革をもたらし、インターネットを利用した非同期型eラーニングにより、いつでも、どこでも教育の機会を得ることが可能となった。現代的教育ニーズ取組支援プログラム(現代GP)は、社会的要請の強い教育テーマに取り組む大学や短大、高等専門学校を、文部科学省が選定して財政的に支援する施策であり、長岡技術科学大学は、「ITを活用した実践的遠隔教育部門」において、「安全社会を創成する先進技術教育プログラム eSAFE : e-Learning Program for Safety Advanced Frontier Education」が採択された。

本稿では、まず本学の教育上の特徴と、eラーニングの取組体制を述べ、上記の「安全社会を創成する先進技術教育プログラム」に関する教育内容、技術的特徴、開発内容、実践状況などを示す。

2. 教育の特徴

長岡技術科学大学は、設立当初から高等専門学校の卒業生受け入れを全面的に支援し、学部と大学院の一貫教育を指向した体制をとっている。大学院進学者は学部4年次に5ヶ月間の実務訓練を行うこととして、実践的な技術を学部段階から学習させている。また、平成8年度から遠隔授業についての取組を本格化させ、今日のeラーニング推進の基盤を構築してきた。

2.1 学部・大学院教育

長岡技術科学大学は、人類の繁栄に貢献し得る実践的・創造的能力を備えた指導的技術者の養成という社会的要請に応えるために、大学院に重点をおいた工学系の“新構想大学”として設置されており、実践的な技術の開発を主眼とした教育研究を行っている。教育研究組織としては、工学部、大学院工学研究科（修士課程、博士後期課程）、および学内共同教育研究施設（各種センター）がある（平成18年度から、専門職大学院を新設）。平成15年4月には、新しい教育システム・教育方法・コンテンツの研究開発とその成果の活用を図るため、「eラーニング研究実践センター」（以下、CeRA：Center for e-Learning Research and Applicationと呼ぶ）を新設し、地元企業との産学連携により高等教育でのIT活用を推進している。

本学では、“技学”—技術科学—を「現実の多様な技術対象を科学的な面から再認識し、そのことによって技術体系を一層発展させる技術に関する科学」と定義し、さらに、「実践の中から学理を引き出し、その学理を再び実践のなかで試すという、学理と実践の不断のフィードバック作用による両者の融合」と解釈している。すなわち、“技学”は、教育面では主に実践的技術者の養成を意味し、研究面では社会との連携に重点化した研究推進と言える。本学の使命は、健全な社会の発展に必要な学問及び技術の創造・構築と、これらに携わる実践的・創造的な能力のある人材の育成を通じて、社会に貢献することにある。本使命達成のために、本学は、“技学”を創出し、実践的・創造的な能力を備えた指導的技術者を養成し、さらに社会との連携・協力を図っていくことを基本理念としている。

本学の特色としては、①高等専門学校卒業生の3年次編入学（入学定員310人）、②学部から大学院修士課程までの一貫教育体制、③実践的技術教育の充実、④学部4年次の5ヶ月間に渡る国内外企業等における実務訓練（インターンシップ）の履修、⑤社会人及び留学生の積極的な受け入れ、⑥国際学術交流の推進、⑦技術開発センターで実施する民間企業等との産学一体となった共同研究の積極的推進、⑧高等専門学校、国内外大学、社会人、

地域社会等への多くの遠隔授業配信が挙げられる。

2.2 eラーニング教育

(1) ITを活用した学習支援

本学では、平成8年度からISDNあるいは衛星回線による遠隔教育をMUP（Multimedia University Pilot）事業により行ってきた。また本事業での成果を基に平成14年度からは新たな事業「高等教育IT活用推進事業」（図1）を開始した。本事業において、本学の教育上の特徴である、学部4年生の学外での5ヶ月間の実務訓練、留学生の積極的な受け入れ、国際学術交流の推進にIT技術を活用してきた。すなわち、長期間の遠隔地での学習のため学生とのコミュニケーションツールとしての簡易TV会議システムの利用、海外での留学生の遠隔面接試験の実施などを行った。また、ハノイ工科大学との間で遠隔授業の実験を試行している。

本学は大学創設の趣旨「実践的技術者の養成」に基づき、高等専門学校卒業生を3年次に受け入れ、大学院修士課程までの一貫教育を実施している。このため本学入学前の高等専門学校在学学生に対する支援として、出前授業などのほか、電子教材による基礎教科のレベルアップ、eラーニング配信による学習機会の拡充を図ってきた。

(2) eラーニングによる大学・高専連携（図1）

上記支援に加えて、単位互換制度発足により、高等専門学校との統合的な教育プログラムの提供、効率的な単位取得が可能となる。今後の我が国の安全社会を支える将来の技術者に対して、学部基礎科目、最先端専門科目を学ぶ機会を保障することは本学の理念に適合している。

平成14年度～15年度において6大学・6高等専門学校・1機関が連携して実施した上記高等教育IT活用推進事業を基に、相互の交流・協力の促進と教育内容の充実を図るため本学と豊橋技術科学大学、九州工業大学および北陸先端科学技術大学院大学の4大学と仙台電波工業高等専門学校、群馬工業高等専門学校、岐阜工業高等専門学校、豊田工業高等専門学校、鈴鹿工業高等専門学校、および新居浜工業高等専門学校の6高等専門学校との間で、平成16年3月に遠隔教育による単位互換に関する協定（単位互換協定）を締結した。本協定は、本学を主幹専科として締結したもので、これを契機に、新たにeラーニング高等教育連携事業を開始した。本事業の目的は、高等教育機関が連携して、正規の教育方法としてのeラーニング教育実践を展開することにより、eラーニングの有効性を明らかにするとともに、新たな可能性を探求し、実績に基づくeラーニング実践事業を展開することにある。

本協定に基づき平成16年度から非同同期型eラーニング

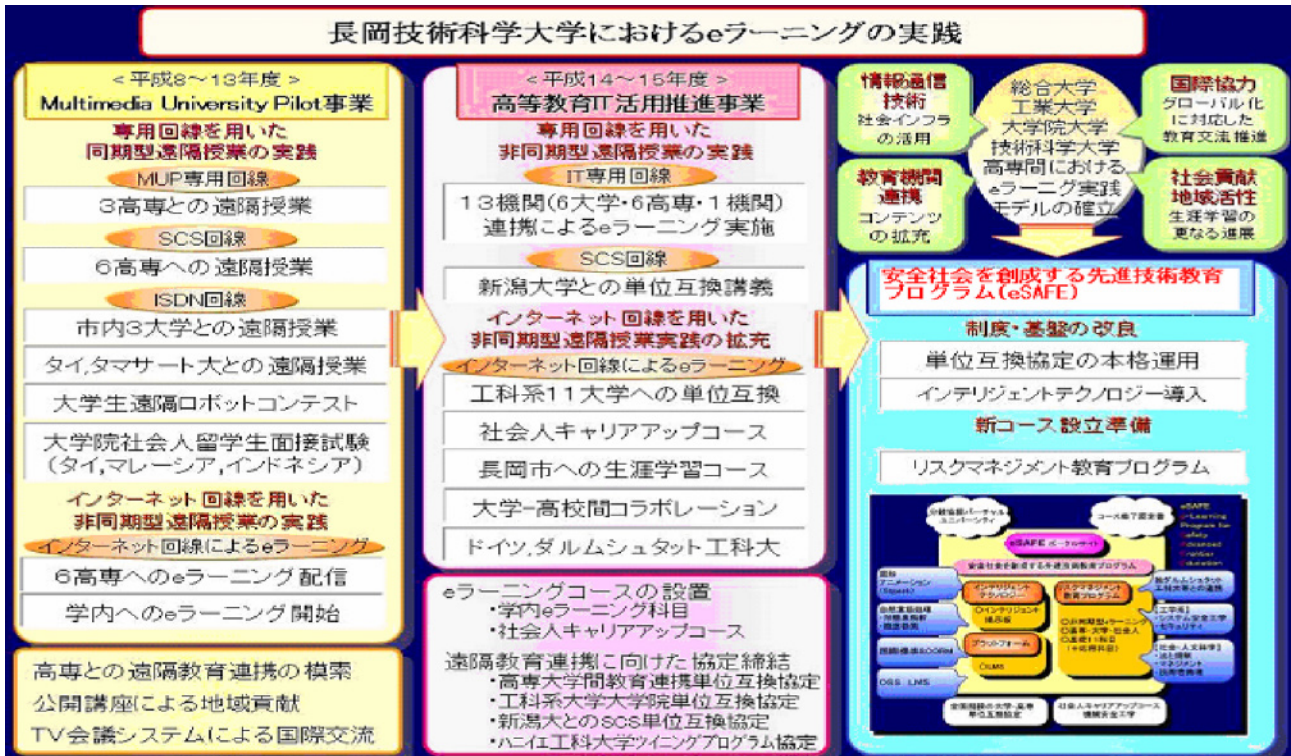


図1 eラーニング高等教育連携

の配信を実践している。平成16年度～17年度の配信および受講の実践状況は、本学について言えば年16科目を配信（単位互換協定校全体では34科目）し、受講生は延べ222人である。受講生のeラーニング利用形態としては、帰宅後に自習する他、高等専門学校での授業の空き時間帯を利用してeラーニング学習するなど学校内での受講にも利用されている。受講科目、受講生の所属機関には、まだ偏りが見られ、さらに科目の充実、受講のための環境整備が要望される。eラーニング受講生のアンケート結果からは、音声品質に改良の余地がある、質疑応答がしにくい、コミュニケーション機能がほしいなどの意見があり、音声での説明の明示化、インタラクティブなコミュニケーション支援機能の重要性が明らかとなった。なお、本単位互換協定では、授業提供（教材配信）機関は成績評価を行い受講生の所属機関に評価結果を提供する責任がある。ただし、単位を受講生に付与するのは、受講生の所属機関である。

本単位互換協定は、現代GPで開発したリスクマネジメント教育においても、本格的なeラーニングによる授業配信を各校に実施する正規の教育課程の基盤となるものである。

(3) eラーニングによる社会人教育

上記高等教育IT活用推進事業においては、一般社会人の生涯教育に関してもeラーニングを活用しており、長岡市との連携で、長岡市が運用するeネットシティ長

岡にもeラーニングコンテンツを提供し、地元市民の学習に役立てている。

また、機械安全工学に関しては、平成14年度から正規の修士課程である社会人キャリアアップコース「機械安全工学」を開講して、サテライトキャンパスとeラーニングを利用して実施していた。今後は、平成18年度に設置が認可された専門職大学院「技術経営研究科」システム安全専攻において、本格的な社会人教育が実践される。

安全社会を創成する先進技術教育プログラムeSAFEの実施にあたっては、上述のように本学では制度面に關して既に基盤が準備されている。推進体制に関しては、中核組織として、後述するeラーニング研究実践センターを据え、学内で安全工学、ネットワーク技術、知能処理、経営情報を専門とする教員で構成されるWGを組織してプロジェクトの推進を行っており、上記専門職大学院との連携でさらにeラーニングの特徴を活かした効果的な安全教育を進めていく予定である。

(4) eラーニング研究実践センター (CeRA) の設立

このような高等教育でのIT活用をさらに推進するため、平成15年にeラーニング研究実践センター (CeRA) が新設された。本センターにおいては、情報通信の先端技術を活用した新しい教育システム・教育方法の開発、eラーニングに適したシステム・コンテンツの研究開発を行うとともに、その成果を遠隔授業の実践に適用する

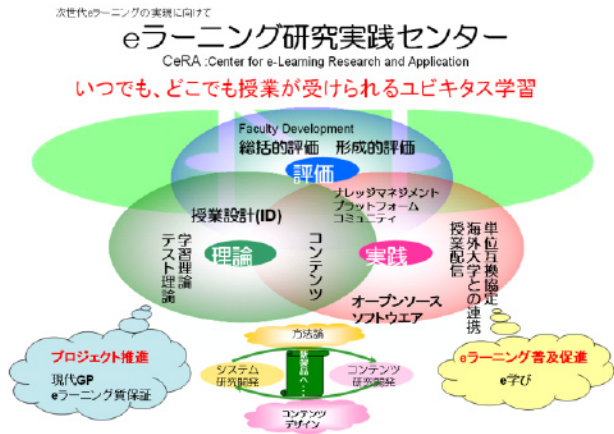


図2 CeRAの概要

ことにより我が国の教育・研究の高度化、多様化に資することを目的としている(図2)。本センターは、産学連携体制をとっており本学専任教員の「eラーニング・システム研究開発部門」と、株式会社新潟放送、株式会社BSNアイネット両社の支援による寄附研究部門「eラーニング・コンテンツ研究開発(BSNグループ)部門」の2部門で構成される。eラーニング・システム研究開発部門では主に、①eラーニングモデルの研究・開発、②eラーニングのプラットフォームシステムの設計・開発・構築、③eラーニングに関わる全体システムの評価とフィードバックなど、主としてeラーニングの方法論及びシステムの研究開発を行う。一方、eラーニング・コンテンツ研究開発(BSNグループ)部門では、①eラーニング教材作成の方法論の研究・開発、②eラーニング教材の作成ツール(撮影、編集、構成、システム化)など、主としてeラーニング教材の作成法に関する研究開発を行う。

eラーニング研究実践センターは、現代GP、高等教育IT活用推進など全学的な事業の推進・運営と併行して、eラーニング共通基盤システムの提供、個別のeラーニングコンテンツの開発支援、オーサリングツールの提供、学内でのeラーニング利用普及活動などを実践している。eラーニングの実践に際しての基本方針は、以下のとおりである。

- ・学内外の組織との連携によるeラーニング普及促進
- ・品質向上のため、本格導入前に事前評価実施
- ・オープンソースソフトウェアの積極活用

(5) eラーニング学習モデル

本学におけるeラーニングの適用は、他大学・高等専門学校・社会人への自学自習型の教育の提供の他、学内での授業におけるブレンデッド型授業の実施が基本となっている。

高等専門学校など学外教育機関からのアクセスに対しては、シラバス公開後に受講申請を受け付ける登録型の学

習システムとなっている。学習コンテンツ配信は本学内のサーバにある学習管理システム(LMS: Learning Management System)から行き、教員はLMSで収集した学習ログを参照して進捗状況、コンテンツの問題点などを確認する。

学内でのブレンデッド型学習には下記のようなタイプがある。

- (a) 予習型: 授業の前に教材コンテンツをアップロードしておき、受講生の予習を促す。
- (b) 授業補助型: 授業の中で教材コンテンツを受講生に学習させ、質疑応答などは対面で行う。
- (c) 復習型: 講義を録音・録画してアップロードし、復習を可能とする。

(6) 教材作成支援

教材の作成には、品質向上のためにインストラクショナルデザインを適用して分析、設計、開発、実装、評価を着実に行うことが望ましい。一方、上記のブレンデッドeラーニングの開発・実装工程などにおいては、教員が開発スタッフの支援なく適宜コンテンツ作成をしたい場合がある。このような場合には、コンテンツ作成経験がなくても、マルチメディアコンテンツを極力簡易に実装できることが要望される。このような要望に応えるため、eラーニング研究実践センターの寄附部門において、映像・音声・資料を簡易操作で編集できるオーサリングツールを開発した(図3)。本ツールでは、コンテンツ作成経験の浅い場合でも操作容易なユーザーインターフェースを実現することにより、専門知識不要・簡単操作・製作時間短縮化を実現した。すなわち、PowerPointと映像を用いたコンテンツ作成において、①PowerPoint入力→②講義撮影→③映像編集→④コンテンツパッケージ生成という一連の工程を単一のツールにて統一的に進めることができる。また、複雑な処理と多大な時間を必要とする映像編集作業において、簡易なインターフェースとすることにより、作業効率を向上させることが可能である。具体的な機能の特徴は以下のとおりである。

- (a) 収録映像は、対応するPowerPointスライド単位で映像ファイルを個別に生成する。このため、従来のオーサリングツールでは困難であった編集後のスライド/映像ファイルの差替えがスライド単位で可能。
- (b) 収録映像の部分編集あるいは配信環境に適した映像変換などの映像編集作業において、統一的な操作が可能となり、複数のオーサリングツールを組合せて複雑な作業をする必要がない。
- (c) PowerPoint資料の目次は、章・節・項などのように階層構造化が可能であり、適切な単位での編集が可能。
- (d) 標準の学習画面テンプレート群に加えて、教員毎に独自に学習画面テンプレートを登録してコンテンツパッケージングに適用することが可能。

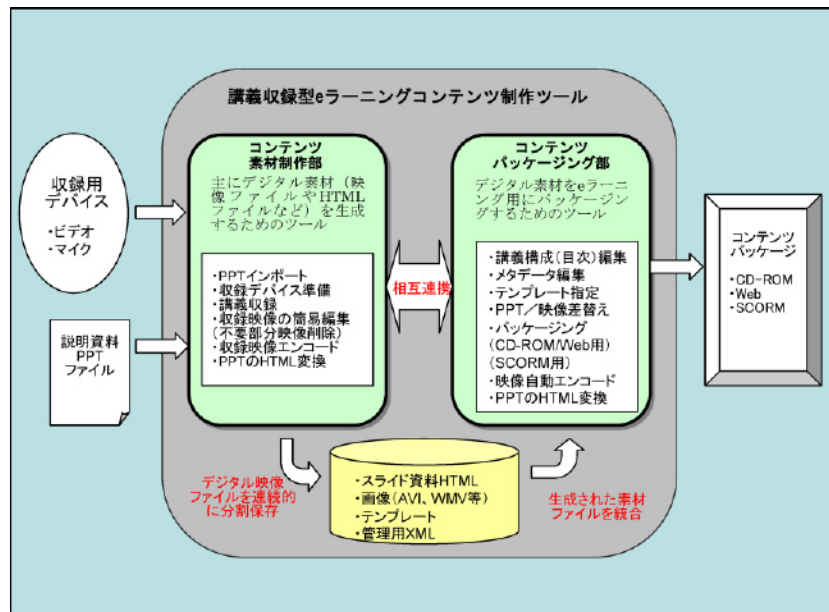


図3 オーサリングツールの機能構成

(e) コンテンツパッケージングにおいては、Webサーバ配信用、CD-ROM配布用の他、SCORM準拠LMS搭載が可能であり、この場合にはPowerPointスライド毎の学習ログ収集が可能。

現在、学内で試用運用を行っており、その評価結果に基づき、今後ニーズに適合する機能拡張を行っていく。

3. リスクマネジメントとeラーニング

技術の進展に伴い、現実世界とインターネットなどの仮想世界の両方に潜む重大なリスクが増大しつつある。安全・安心社会の創成と、製品開発時の安全面での国際競争力の強化はわが国の重要課題である。しかし、安全・安心について系統的に教育する国内の大学・大学院は極めて限られている。本学では、安全・安心のためのリスクマネジメントに精通する先進的な技術者の養成を目的とした教育プログラムを推進している。本目的を達成するため、国内で初めて安全・安心に関する工学、法・制度、文化を総合的に教育するeラーニングプログラムを提供する。全国に遍在する教育ニーズに応えるには、非同期型eラーニングの特長を活かした授業配信は効果が絶大である。さらに、教員・受講者間のビジュアルな質疑応答と対話支援による教育効果向上を図るため、双方向コミュニケーションのためのオンライン掲示板にシミュレーション機能及び自然言語処理技術を応用したeラーニングシステムを構築する。

以下では、本取組のコンセプト、教育内容、実現技術、開発状況などについて示す。

3.1 リスクマネジメント

近年、わが国においてリスクマネジメントが脆弱なことから種々の問題が頻発している。BSEなどの食糧問題で、業界全体が大きなダメージを受け、自動車などの欠陥隠蔽では人命と企業の存続に甚大な影響を及ぼしている。また、インターネット上でもDDoS (Distributed Denial of Service) 攻撃、情報漏洩など、企業のみでなく個人の日常生活にさまざまな問題を引き起こしており、安全・安心・便利・感動社会の実現には、製品・サービスの提供側に、より一層のリスクに対するマネジメントと設計方策が要求されている。また、国際安全規格ISO12100が近年制定されるなど安全の国際標準化(蓬原 2005)は進んでおり、安全をISO等国際規格に沿って運用ができるわが国の人材の育成が強く要求されている。単発的な学習による対処では将来にわたっての安全・安心な社会を構築することは期待できず、上記問題の再発の恐れを払拭できない。安全工学(ノイドルファ 2002)を例にとると、欧米では国際安全規格に対応した社会基盤が広く確立されている。特にドイツでは毎年1万人規模の安全技術者が育成されており、教育・研究機関も充実している。一方、わが国においては、本学以外に安全工学を教育している大学・大学院は少なく、また企業内訓練にも限界がある。

このような現状を踏まえ、わが国の安全・安心を支えるために、リスクマネジメントに精通し国際標準の安全を実践できる技術者、認定者、管理者を広く継続的に育成する教育基盤を充実することが喫緊の課題である。

3.2 教育プログラムのコンセプト

本取組 (eSAFE : e-Learning Program for Safety Advan-

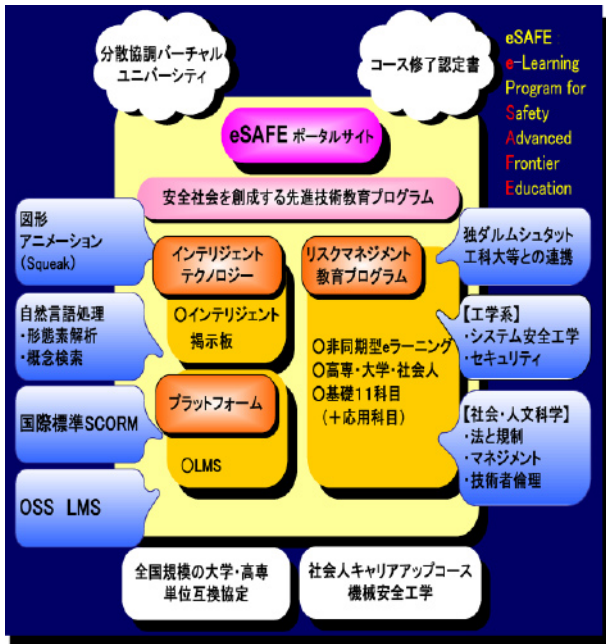


図4 安全社会を創成する先進技術教育プログラムの概念

ced Frontier Education と呼ぶ) は、eラーニングにより場所と時間の制約を越えて上記の要請に応えるため、安全工学を中心としたリスクマネジメントの統合的な教育を広く継続的に提供するプログラムである。そのコンセプトを図4に示す。本取組の主要な目標は、以下の3項目である。

- ・安全・安心に関する工学、法・制度、文化を総合的に教育するeラーニング教材コンテンツを11科目開発し、正規科目として提供する。
 - ・教員・受講者間のビジュアルな質疑応答と対話支援による教育効果の向上を図るため、シミュレーション機能と自然言語処理技術を応用したインテリジェントなオンライン掲示板を開発して提供する。
 - ・国際標準SCORM2004に準拠したオープンソース学習基盤(LMS)を構築し、運用に供する。
- これらの目標達成のため、本学とも交流の深い各機関(ダラムシュタット工科大学、職業保険組合(BG)、職業安全研究所(BIA))及びわが国の安全技術研究の中核をなしている産業安全研究所)と連携して、相互に補完しあう教材作成を行う。特に機械安全科目については国際安全規格に関する経験の深いドイツのダラムシュタット工科大学から専門家を客員教授として招聘している。

3.3 eラーニングコンテンツ開発

本取組の具体的なリスクマネジメント教育内容は表1のとおりである。この中で、「安全と人間工学」はISO13852などの国際規格に基づき人間工学の安全技術への応用について、「安全制御基礎」はISO13849-1などの国際規格を踏まえて安全技術のソフトウェアと通信処理を学習する、「機械設計における安全」はISO12648などの国際規格を踏まえてガード、両手スイッチなど機械類の安全設計の基礎を学習する。欧州と日本のアプロー

表1 eラーニングプログラム

授業科目	授業内容
1 安全と人間工学	人間が関わるシステムの安全設計を確保する上で必須である人間工学を習得し、国際規格を踏まえて設計に役立てる能力を養う。
2 安全制御基礎	制御系を含む機器の安全性を学ぶ。ソフトウェア及び通信形態を含めて、実用的かつ国際標準にそった制御システムのあり方、ならびに解析手法の基礎を学習する。
3 機械設計における安全	近年、急速に対応が要求されている国際安全規格に準拠した機械設計の能力を、欧州と日本のアプローチの差を考慮しながら習得する。
4 システム安全基礎	システムの安全性をその概念から整理し、基本的な安全性評価法を概説する。また、国際規格に則った設計における安全評価法の基礎を修得する。
5 産業安全	産業労働安全の実情を踏まえて、機器個別の安全技術から、現在の産業活動で重要となっている統合システムにおける安全を解説する。
6 情報セキュリティ	経営管理の一環として、情報セキュリティ・ポリシーの策定、推進体制の確立、営業秘密の管理、個人情報保護の徹底、運用管理の徹底、国内外の関連規格、統合マネジメント・システムについて学ぶ。
7 安全規制とマネジメント	安全の確保に関わる国内外の関連諸制度、関連法規に関する体系的理解を得るとともに、これに応じて安全確保をはかるためのマネジメント能力を養うことを目的とする。
8 コンディンジェンシーマネジメント	サプライ・チェーンの拡張やITネットワークの発達などにより、外部環境と相互に影響しあう機会が増加したことで、これまで想定されなかった要因により事業継続が妨げられるケースが急増している。本講座では、企業経営を取り巻く諸リスクを定義・整理し、その定量化も含めたリスク・マネジメント手法の習得を、事例分析を中心に挙る。
9 コンフリクトマネジメント	異文化間コミュニケーションにおいて発生するコンフリクトに関して、マイクロレベル(人間技術指導等)及びマクロレベル(技術移転等)の両面からケーススタディを含めて学習する。
10 安全社会と技術者倫理	機械安全、環境、セキュリティ、企業の社会的責任(CSR)等の倫理規範が近年、続々と国際規格化されつつある。これらの国際規格が示す世界標準の安全社会のあり方を教授し、技術者倫理および企業倫理の理念を学習する。
11 PL法と消費者保護	PL法は製品の欠陥により被った消費者の損害に対し、製造者に過失責任を問う法である。企業は最新の科学や技術を尽くした安全な製品の提供と消費者への情報公開、法令遵守の経営姿勢が問われている。消費者保護とは何かを考える。

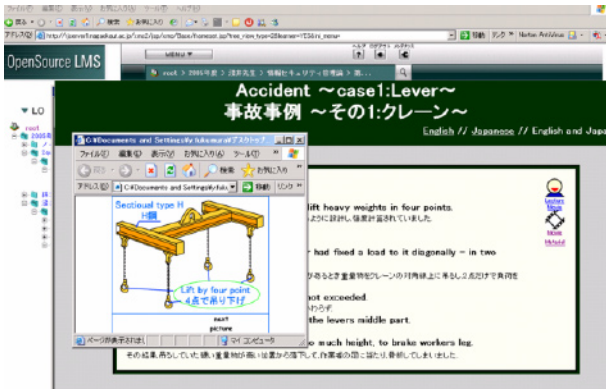


図5 機械安全

チの差異についても解説する。本コンテンツではCGを用いて事例検証を行える(図5)。システム安全基礎はIEC61508などの国際規格に基づき複雑系システムの安全設計手法とシステム安全の評価手法を学習させる。産業安全については、日本の産業界での事故事例に基づく労働安全を解説する。このような安全工学においては、従来実習が基本とならざるを得ない。すなわち、国際規格による設計法の学習とその結果を実際の装置で確認することが重要となる。eラーニングは、装置実物を提供できないが、コンピュータ上に仮想的な環境を動的に構築できるため、実習と同様の学習をすることが可能である。本取組はシミュレーション機能の活用によりこのような安全工学の教育効果向上を図っている。インターネットの活用により遠隔地においても、何度でも技術確認をすることが可能となり、その学習履歴はすべて蓄積・分析可能である。情報セキュリティについては、経営管理の一環として、セキュリティポリシーの要件、個人情報・企業秘密情報の管理方法、組織内各層での取組方法などについて、学習をする。

安全制御とマネジメント、安全社会と技術者倫理、PL法と消費者保護に関しては、主に国内外諸制度・法規と企業の法的責任、安全に対する経営姿勢について事例を踏まえて考えていく。

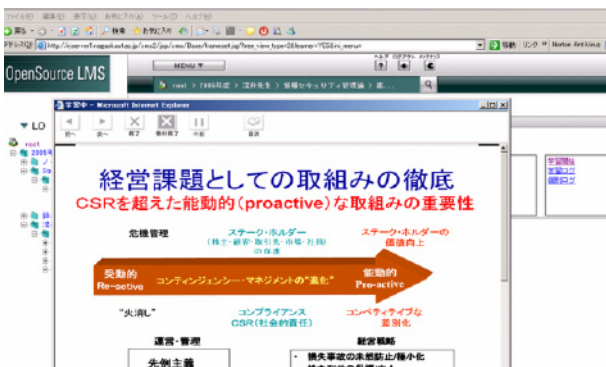


図6 コンティンジェンシーマネジメント

また、コンティンジェンシー・マネジメントは、事業継続を妨げる企業経営上の諸リスクについて整理・分析・定量化しマネジメント手法を習得する。特に、ネットワーク化された現代社会・経済の利便性の裏側に存在する脆弱性に焦点を当て、企業経営を取り巻くコンティンジェンシーとして定義、そのマネジメントについてリスク・マネジメントの方法論を用いながら学習を進める。事業継続を目的とし、レジリエンシー(弾力性のある回復力)を確保するために、企業はどのような手を打つべきか、またその経営戦略的な重要性についても事例研究や最新の事業継続マネジメントの方法論を通して議論を展開する(図6)。

コンフリクトマネジメントは、多文化間での技術移転を行う場合に生じる個人間・集団間のコンフリクト(紛争)に対処する方策などについて理論とケーススタディの両面から学習する。すなわち、現代の国際社会での安全を目指したeラーニング教育として、異文化間コンフリクトについて事例研究などを行う。

ここで開発したコンテンツは、本学学生への講義での利用の他、単位互換協定を締結する他大学・大学院、高等専門学校への授業配信と、社会人教育のための教材として活用していく予定である。なお、留学生の受信あるいは今後の海外の大学への配信を考慮して、コンテンツは極力多言語化を図っている。

3.4 実現方式

2章の高等専門学校へのアンケートでも分かるように、eラーニングにおいて受講生の学習効果を高めるためには受講者と教員および受講者間でのインタラクティブなコミュニケーションを活性化させることが重要である。従来から、インターネット上でのコミュニケーションツールとしてはチャットあるいは掲示板が利用されてきた。チャットはリアルタイムでのコミュニケーションであるため、非同期型eラーニングの場合には特別な時間を設定するなどの運用上の対応が必要となる。このため、本取組みでは、オンライン掲示板をコミュニケーションツールの中心に位置づける。ただし、通常の掲示板では、以下のような問題がある。

- (a) テキスト主体の質疑応答となるため、工学上の設計規格などの説明が難しい場合がある。
- (b) 特に安全工学では、形状、サイズ、位置・距離などの条件を組み合わせて変えた場合の検討が重要となる。
- (c) 議論が輻輳してきた場合、掲示板での効果的な議論遂行には参加者の側に負担がしいられる場合がある。

本取組では通常の掲示板にインテリジェント機能を付加することにより、上記問題点の改善を図る。具体的な技術面での特徴を、以下に示す。

(1) 安全設計シミュレーション手法

安全工学における設計条件は、時間・空間・個人差を考慮することが求められる。すなわち、実際に動作している機器類に個人差のある人体が接近した時の危険性を体感することが重要である。このため、教室内の授業における実機械を用いた演習に代わり、eラーニングではマルチメディア情報処理技術の応用により仮想体験することが可能である。図7に示す回転鋸の収納時の安全設計において、回転鋸を使用する際の切断テーブル上のスリットの幅と、切断テーブルの上面から回転鋸の最上部までの距離が問題となる(ノイドルファ 2002)。距離が不足した場合、人の手がスリットから誤って入ってしまうと危険な状態となる。これを避けるための距離(安全距離)は、指のサイズを変化させて確認する必要がある。インテリジェント掲示板はこのような設計条件確認のためのシミュレーション機能を実装している。掲示板を用いたインラクティブなコミュニケーションは、学習者に提示された課題について試行による確認を行うことができるとともに指導者と学習者の両者が同一の図上で演習が可能となるため、教育効果が大きい。テキスト文のみでは、構造、動作、危険性を実感することは困難である。このような図形シミュレーション機能を実現するためのプログラミング言語がSqueak eToys(Yamamoto 2003)である。本言語は、オブジェクト指向言語Squeakをベースに構築された視覚的プログラミングであり、プログラム製造の専門家でない場合でも、動作する図形を比較的簡易にプログラミングが可能となる。

Squeak eToysでの基本的なプログラミングは、通常のプログラミングのように命令あるいは関数をプログラマがコーディングルールに従って書き連ねていくのではなく、タイルと呼ばれる、画面上に用意された命令をドラッグ・アンド・ドロップすることでプログラムを作成する。

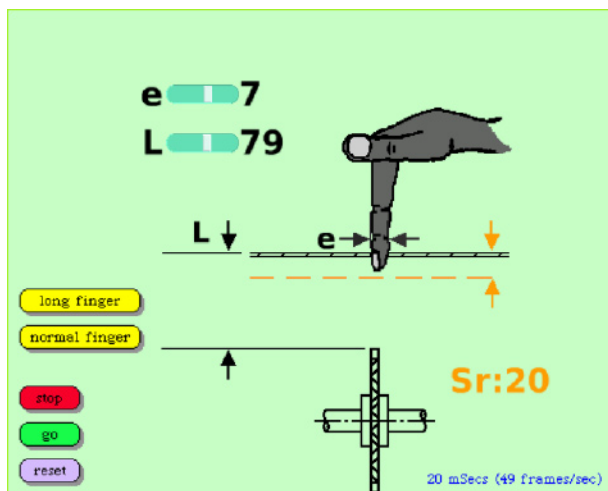


図7 Squeakによるシミュレーション

すなわち、作業ウインドウ(プロジェクト・ウインドウ)上に、モーフと呼ばれる、描画図形あるいは既定の部品を、ドラッグ・アンド・ドロップし、モーフに対し動作を表すスタイルをさらにドラッグ・アンド・ドロップするだけで、容易に図形が動くプログラムを作成することが可能である。

図7を例にとれば、シミュレーションができるためのプログラムは、概略的に：以下のステップにより実現できる。

- ① 「指」、「テーブル」、「鋸」の図形を描画する。
- ② 「指」に次の動作(タイル)を関連付ける。
 - ②-1 下に動く。
 - ②-2 テーブルに触れると停止する。
 - ②-3 鋸に触れると「血」を表示して停止する。このプログラムにおいて、鋸の位置やテーブルの形状を変化させることで、様々な設定・パラメータに対する試行が可能となる。その際には、プログラム(タイル)を変更する必要はなく、ドローツールと同様にマウスによって鋸の位置を動かす、あるいはテーブルの形状を変化させるだけで良い。

また、プログラミングはほとんどマウスによるドラッグ・アンド・ドロップのみで行うことが可能であるため、一般のプログラミングに精通していないユーザでも、少しのトレーニングでプログラムに対する軽微な修正ができるようになる。

(2) 図形シミュレーション環境

上記Squeak eToysは掲示板上で課題と、それに対する質疑応答での使用を想定している。このため、安全工学の要素である装置機器類・人体モデルをすべて、議論参加者が作成するのは負担がおおきいと考えられる。Squeak eToysはプログラミングが容易ではあるが、このような部品群はライブラリとして標準装備されていることが望ましい。プログラミングに精通していない教員・学習者が、スクラッチから教材を作成することは容易ではない。このため、本取組では、安全工学シミュレーションに基本的に必要と思われるモデルについては、あらかじめ素材を作成して提供することとした。このため、課題提供者あるいは議論参加者は、提供された素材を組合せるとともに軽微な変更を加えることで、容易にインテリジェント掲示板でのシミュレーション課題を提示・質疑応答できると考えられる。すなわち、

1. 安全工学におけるもっとも重要な素材、特に腕、手、足、頭など人体の様々な部位を、Squeak eToysにより素材として作成しておく。
2. このとき、危険物に関する色、安全設備(ガード)に関する色をあらかじめ決めて置く。体の部位は関節等が現実の人間と同様に可動するよう細部を部品化してプログラムし、ガードの色に接触した場合にはそこで動き

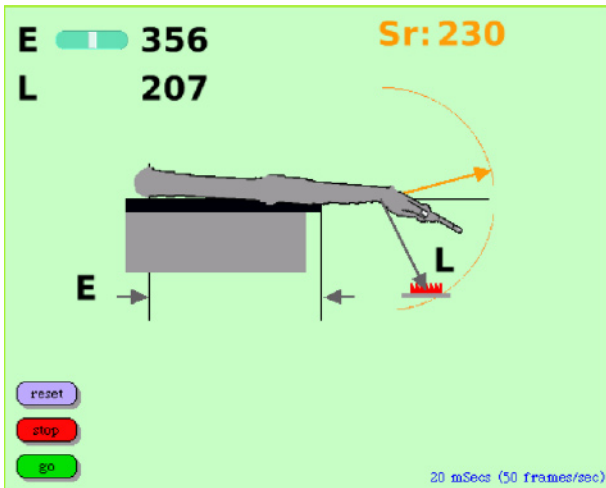


図8 腕モデル

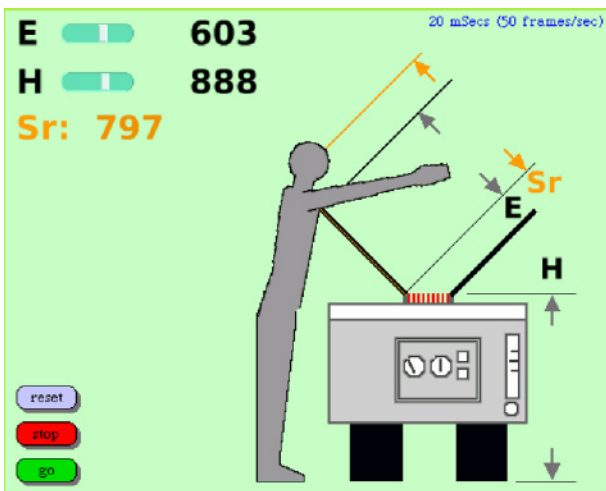


図9 人体全身モデル

が制止され、危険物の色に接触した場合には怪我を意味する図形が表示されるようプログラムしておく。

3. 課題作成者（教員）は、標準として準備された装置機器・人体の素材から適切なものを選択し、これに危険要素や安全対策を書き加える。この際、危険物およびガードは、それぞれ上記で決めた色を用いて記述する。体の部位に対する動きをあらかじめプログラムしてあれば、課題作成者はタイルにほとんど触れることなく、様々な課題を作成できる。作成した体の部位の例を図8および図9に示す。

図8は腕であり、肩、肘、手首が曲がるように作成されている。また、この例では腕の下にガードが設置されている。ガードを肩から肘の間の長さに設定すると、最初に腕全体がガードに接触するまで動き、ガードによって上腕部が制止させられると肘が曲がって前腕部から先のみが動く。一方、ガードを肘より先に達する長さに設定すると、最初に腕全体がガードに接触するまで動くが、

その後は手首のみが曲がって動くことになる。図9は人体全身である。全身の場合は関節が多いため、すべての関節を可動させると動作が遅くなる。また、課題作成者が焦点を当てている部分において意図した挙動をさせるためには、他の関節が可動しない方が作成が容易となる。そこで、この全身モデルでは、すべての関節が可動するようプログラミングしておき、動作を選択的にON/OFFできるようにしている。図9の例では、体を乗り出して危険物に接触するような課題作成に向けて、体が前進するとともに、腰と肩の関節が可動できるようにしている。

(3) インテリジェント掲示板の実装方法

上述のように、Squeak eToysによるプログラミングと安全工学向けの部品を利用することで、提示された課題に対するシミュレーション演習が可能となる。また、基本モデルの上では、多少の習熟により議論参加者が自らコンテンツの変更を行うことは容易である。

これらの課題とそのレポートを掲出できるとともに、課題や議論の流れをテキストとして記述できるインテリジェント掲示板を、オープンソースのテキストベース掲示板にコンテンツアップロード機能を追加する形態で実装している。Squeak eToysにはWebブラウザのプラグインとして動作する処理系があるため、受講者全員にこのプラグインを端末にインストールさせることとし、掲示板システムはプラグインに対して課題のプログラム（これをSqueakletと呼ぶ）を入れ込む構成である（図10）。

ひとつの話題（スレッド）に対し多くの受講者がSqueakletをアップロードした場合、それをすべて表示

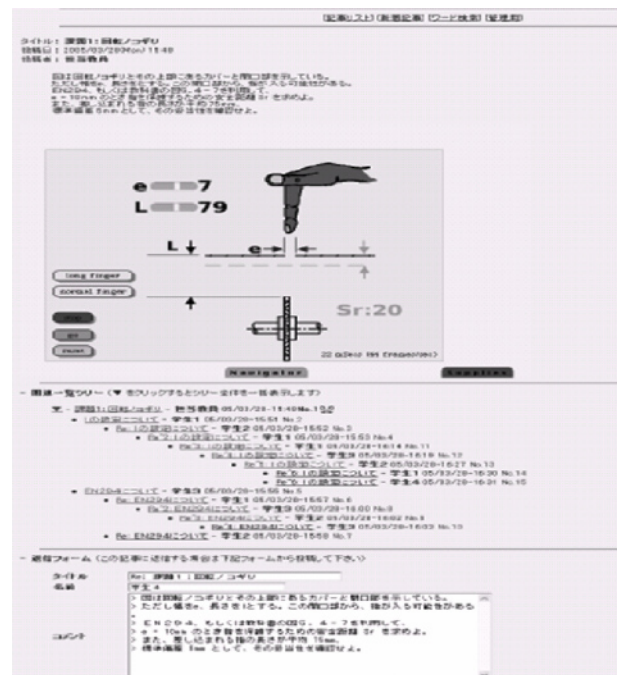


図10 インテリジェント掲示板

すると、多数のSqueakletに対するダウンロードと動作が並行して発生し、表示に時間がかかり、また受講端末のメモリを消費してシステムダウンを招く。一方、画面にひとつの投稿のみを表示する形式では、議論の流れが把握しにくくなる。このために、ふたつの表示モードを実装することとした。

- 複数の発言を一覧として表示するモードと個別の発言のみを表示するモードとを持つ。
- 一覧表示モードでは、Squeakletをインラインで直接表示させるのではなくリンクのみ表示させる。これにより、受講者はまずテキストを読んで議論の流れをつかむことができる。必要に応じてリンクをクリックすれば別のウィンドウが開き、そこでSqueakletが動作する。
- 個別表示モードではSqueakletをインライン表示する。これにより、テキストを読みながらSqueakletを操作することができる。
- それぞれのモードはユーザが明示的に切り替えるのではなく、発言の標題をクリックすると個別モードで表示し、スレッドの先頭のアイコンをクリックすると一覧モードで表示する、といったようにユーザの行動文脈に基づいて選択する仕様である。

(4) インテリジェント掲示板とLMSとの連携

インテリジェント掲示板は、異なるLMSでも利用可能とするために、特定のコンテンツ配信モジュールに依存しないよう実装している。すなわち、本学仕様のLMS以外のコンテンツ配信モジュールとの組合せにも配慮している。このような形態では、ユーザのログイン状態の連携をどのように実現するかが実装上の課題となる。これができなければ、学習コンテンツを参照するためにログインしたユーザは、インテリジェント掲示板を利用するために再度ログインしなければならない。

具体的には、インテリジェント掲示板は、LMSが管理するコンテンツとは独立したディレクトリに置かれたCGIスクリプトとして動作するよう実装している。すなわち、Webブラウザから特定のURLを指定することで、アクセスが可能である。ユーザ名および認証情報もURLにエンコードされた形で受取るようになっている。LMSとの連携は、このインテリジェント掲示板のURLへのリンクを持ったLO (Learning Object) を学習コンテンツの一部として埋め込み、このLOの中でユーザ名と認証情報をエンコードして渡すことで実現する。

(5) 概念ベースを用いたコミュニケーション支援機能

非同同期型eラーニングによる学習の場合、課題のひとつが指導者あるいは他の学習者とのコミュニケーション手段である。教材は自学自習となり指導者は遠隔地のため、学習内容の質疑応答と議論による知識の発展、さら

には学習者の学習意欲持続のためには、効果的なコミュニケーション機能が望まれる。従来の電子掲示板(BBS)においてこのような議論をする場合、(1)参加者自身が自発的に内容を閲覧し投稿しなければ情報が得られない、(2)議論への参加には、積極的な意欲が必要、(3)投稿される記事数が多い場合、自分の興味ある話題を発見するのに多大な労力を要する、(4)興味ある話題についての議論の流れをつかむためには大量の記事を読むことになる、などの問題点があった。このため、本取組みでは、自然言語処理技術の一種である概念ベースを適用することにより、(1)参加者の興味に応じた情報の自動配信、(2)現在の議論に類似した過去の投稿記事の検索、(3)スレッドの分析による話題の転換点の抽出、(4)クラスタリングによる話題のマッピング化、などの実現を目指している。概念ベースでは、単語も投稿記事も同一の単語ベクトル空間で扱えるため、単語と単語、単語と記事、記事と記事のどの組み合わせでも類似度を計算して自動処理をすることが可能である。

重要な発言の抽出や話題転換点の検出には、発言の内容を理解した(正確にはあたかも理解しているかのように振る舞う)自然言語処理が必要となる。一般的には、計算機用に開発された国語辞書(池原ほか 1997、日本電子化辞書研究所)を用いることが多いが、これらは日常語を中心に編纂されており、本教育プログラムのように専門的な内容の発言が多い場合には、未掲載語が多く正しい処理ができない可能性が高い。このため、文書における語の出現や共起関係を統計処理することにより、語の間の類似度を判別するための辞書(語に高次元のベクトルを関連付けたもの)を自動構築する手法を用いる(湯川ほか 2001、2005)。この手法により構築された辞書を「概念ベース」(厳密には「コーパスに基づく概念ベース」と呼ぶ。概念ベースは具体的には次のようにして構築する。

- 処理対象となる文書セット(この場合はインテリジェント掲示板に投稿された全記事)から、使われている単語(自立語)をすべて数え上げる。
- 単語セットの個々の単語について、その単語が文書セット中で、どのような単語の近傍に現れているか(近傍共起)の頻度をカウントする。カウント値に基づき単語数×単語数の行列を作る。これを近傍共起行列と呼ぶ。
- ある単語についてその単語に対応する行を見れば、行列の各列を軸とした単語ベクトルとみなすことができる。しかし、このままでは次元が高すぎる(次元が文書セットに現れる単語の種類数と同じになる)、軸が語であることからそれが互いに直交しているのは無理がある。
- 軸が直交するように近傍共起行列を特異値分解(Singular Value Decomposition; SVD)する。SVDによ

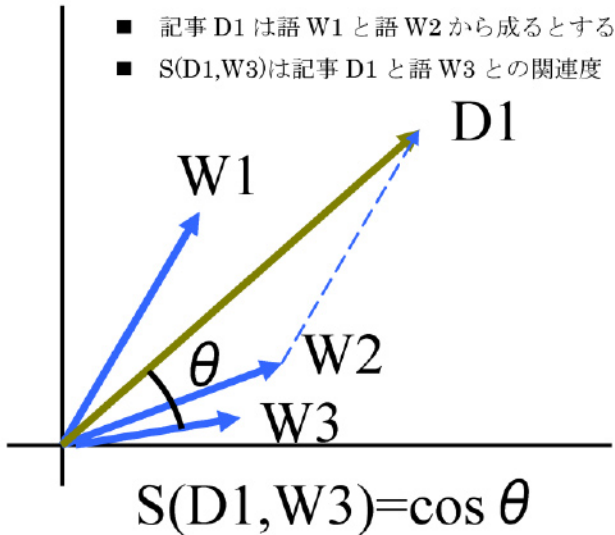


図11 概念ベースを用いた類似度判別

り行列が左行列、特異値行列（特異値対角行列）、右行列に分解される。特異値行列において、左上にある要素ほど絶対値が大きくなるように分解するのが一般的である。

- SVDにより得られた左行列について、左側から100次元分の列を取り出す。取出した行列は単語数だけの行を持ち、100次元の列を持つ行列となる。これがすなわち概念ベースとなる。

概念ベースを用いることにより、処理対象の記事中に現れる語に対して、その使われ方を反映した類似判別を行うことが可能となる。類似度は、二つの単語ベクトルの余弦係数（ベクトルがなす角の余弦）によって定義する。

記事を単語の集合（bag of words）にとらえれば、その記事に含まれる単語のベクトルを総和したものが記事のベクトルとなる。図11に示したように記事ベクトルの余弦係数として記事間の類似度を定義できる。単語、記事ともに同一のベクトル空間上に配置されることとなるため、単語と単語、単語と記事、記事と記事のあらゆる組合せに対して類似度を計算することが可能である。

この概念ベースおよびそれに基づくベクトル空間を利用し、以下のようにしてコミュニケーション支援機能を実現できると考えている。

- あらかじめ教師が登録した単語（のリスト）と投稿された記事との類似度を計算し、それがある閾値を超えている場合には、重要発言として教師に通知。
- 同一スレッドの投稿記事間の類似度を計算し、類似度が大きく変化している点を話題転換点として検出。

現在は、上記機能を実装途上であるとともに、掲示板記事を実際のe-Learning科目の運用において収集中である。今後、実装を完了させ、実データを用いた評価を行う予定である。

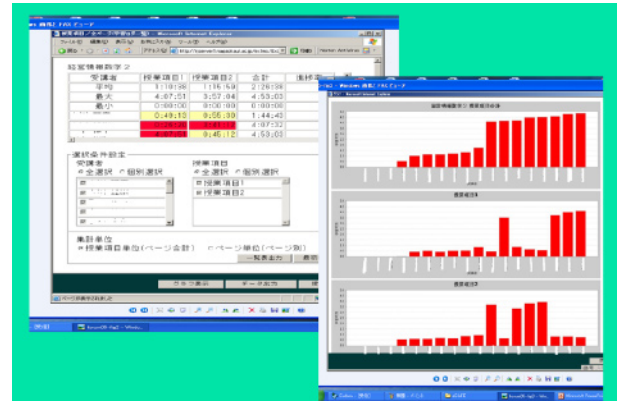


図12 学習ログ機能

3.5 学習基盤システム

eラーニングシステムを構築するに当たっては、国際標準SCORM（Sharable Content Object Reference Model）2004に準拠したオープンソースソフトウェアOpenSourceLMSを活用している。本LMSの構成、動作環境は以下の通りである。

◇システム構成

- ・ Manager（学習管理部）
- ・ SCORMエンジン（SCORM2004準拠）

◇動作環境

- ・ OS：Linux/Windows Server
- ・ DBMS：PostgreSQL/MS SQL 2000/Oracle 9i
- ・ JAVA：J2SE1.4.2_08
- ・ アプリケーションサーバ：Apache Tomcat
- ・ Webブラウザ：MS IE

これにより教材コンテンツの流通が可能となり、異なるLMS間での教材コンテンツ共用化が促進される。

eラーニングの重要な特徴のひとつとして、学習履歴（ログ）がすべて収集でき、学習後の分析が可能となることがあげられる。この学習履歴を分析することにより受講者の履修状況が把握でき、受講者への適切なアドバイスが可能となる。一方、教材評価の観点から、この学習履歴情報をオンラインの受講者アンケート情報と組み合わせることによりコンテンツの改善点を明らかにすることが可能となる。すなわち、ファカルティディベロップメントに役立てることができ、教育の品質向上が可能となる。本取組では、上記OpenSourceLMSに学習ログ機能（図12）とオンラインアンケート機能を付加しており、この機能を用いた評価実施を進めていく予定である。

4. 今後の展開

現在は、OpenSourceLMSをサーバに搭載し、SCORM2004対応にマニフェスト化した教材コンテンツ

をインポートして、単位互換協定を締結している各高等教育機関に試行的に配信している。平成18年度からは、本格運用に移行して、コンテンツ配信とインテリジェント掲示板などを応用した質疑応答により、単位付与の対象科目としてeラーニング教育の実践を行っていく。また、平成18年度開発予定のコンテンツの製作を進めるとともに、さらにコミュニケーション機能の充実をはかるためのインテリジェント掲示板とLMSの機能拡張を進めていく。

eラーニング実践に関しては、単位互換協定での授業配信に加えて、平成18年度から本学に開設される専門職大学院「技術経営研究科」システム安全専攻での教育への適用を図っていく予定である。

5. まとめ

安全で安心な社会を構築するためには システム設計上での安全設計のみでなく、経営管理、制度、法、文化など多面的な取組が必要となる。本学では、このための人材育成を目指して、リスクマネジメントに関連する教育内容を統括的にeラーニングにより提供する取組を平成16年度の現代GP採択案件として推進している。

本取組の中心は、以下の3項目である。

- ・リスクマネジメントeラーニング教材コンテンツを11科目開発し正規科目として提供する。
- ・シミュレーション機能と概念ベースを応用したインテリジェントなオンライン掲示板を開発して提供する。
- ・国際標準SCORM2004に準拠したオープンソース学習基盤(LMS)を構築し、運用に供する。

平成17年度末では、OpenSourceLMSとインテリジェント掲示板を学習基盤として、4教科を正規科目として単位互換協定締結機関に配信可能である。平成18年度にはさらに4教科を試行運用として提供するとともに、運用での評価結果に基づき、システムの改良を進めていく。

本学では、eラーニングを用いた単位互換協定を4大学・6高専の間で締結し、また学内組織としてもeラーニング研究実践センターを設立し、eラーニングの特徴を活かした高等教育の実践を積極的に推進している。今後の教育のボーダレス化と、我が国の人口構造の変化と企業経営における知識重視傾向を踏まえて、今後さらにニーズに即した特色あるeラーニングの研究実践を進めていく予定である。

謝 辞

本稿は、現代的教育ニーズ取組支援プログラム(現代GP)とeラーニング高等教育連携における本学の研究実践成果を中心にとりまとめたものである。執筆にあたり適切な助言をいただいた、大里有生教授、湯川高志助教授、木村哲也助教授、渡辺研司助教授、相馬峰高助手をはじめとして、関係各位に深謝いたします。

参考文献

- アルフレッド・ノイドルファー著、田中紘一翻訳・監修：安全な機械の設計—国際規格対応—、NPO安全工学研究所(2002)
- 池原、宮崎、白井、横尾、中岩、小倉、大山、林：日本語語彙大系、岩波書店(1997)
- 日本電子化辞書研究所：EDR電子化辞書
- 蓬原弘一：国際規格にみる安全、電子情報通信学会学会誌 Vol. 88, No. 5, pp.368-375 (2005)
- Yamamoto T：スクイークであそぼう、翔泳社(2003)
- 湯川高志、栃尾昌洋、木村哲也、中平勝子、福村好美：e-Learningにおけるインテリジェント掲示板の検討、情報処理学会研究報告、2005-CE-79, pp.47-53 (2005)
- 湯川高志、木村哲也、中平勝子、福村好美：機械安全e-Learning向けインテリジェント掲示板の設計と活用、IEICE SIG Notes, WI2-2005-49, pp.129-134 (2005)
- 湯川高志、栃尾昌洋、木村哲也、中平勝子、福村好美：図形アニメーション機能を備えたインテリジェント掲示板システムの開発と安全人間工学e-Learningへの活用情報処理学会研究報告第一回CMS研究会報告、pp.71-78 (2005)
- T. Yukawa, K. Kasahara, T. Kato and T. Kita: An expert recommendation system using concept-based relevance discernment, Proc. 13th International Conference on Tools with Artificial Intelligence, pp.257-264 (2001)



福村 好美

長岡技術科学大学eラーニング研究実践センター長・教授。1973年京都大学工学部電気工学科卒業、同年日本電信電話公社(現日本電信電話株式会社)入社。1986年同情報通信研究所担当部長、1990年同交換システム研究所主幹研究員、1993年同情報通信研究所研究グループリーダー、2000年NTTアドバンステクノロジー株式会社ネットワークマネジメント事業部技術部長、2002年同事業部長、2004年長岡技術科学大学eラーニング研究実践センター教授。博士(工学)。電子情報通信学会、IEEE他各会員。



丸山 久一

昭和47年東京大学工学部土木工学科卒業、昭和49年同大学院修士課程修了(工学修士)、昭和54年米国テキサス大学大学院博士課程修了(Ph. D)、同年長岡技術科学大学工学部建設系講師を経て昭和55年同助教授、昭和60年カナダ国マニトバ大学客員教授、平成6年長岡技術科学大学工学部建設系教授、平成15年長岡技術科学大学副学長、平成16年同理事・副学長、現在に至る。土木学会、日本コンクリート工学協会理事、日本技術士会。専門:土木工学(コンクリート工学、耐震工学)。

e-Learning program for supporting to create safety and secure society

Yoshimi Fukumura · Kyuichi Maruyama

“e-Learning Program for Safety Advanced Frontier Education” is a project of Nagaoka University of Technology and aims to provide the total e-Learning course related to safety and security. This program intends to learn safety engineering, law, institution, and culture for sustaining secure society in Japan and enhancing the international competitiveness of products and services. This program enables to train leading engineers well-informed on the risk management. This project has three main themes. One is to provide 11 risk management contents. The second is to develop the intelligent bulletin board system for mutually interactive communication, with graphical simulation facility by using Squeak eToys and natural language processing function. The last is to realize LMS based on the international standards SCORM.

Keywords

e-Learning, risk management, simulation, natural language, bulletin board system, SCORM