

機関番号：32612

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2010

課題番号：20500842

研究課題名（和文） e-learning 環境における学習者対応コンテンツの自動生成

研究課題名（英文） Automatic Generation of the Learners Oriented Materials under E-learning Environments

研究代表者

石川 浩一郎 (ISHIKAWA KOICHIRO)

慶應義塾大学・理工学部・研究員

研究者番号：00468547

研究成果の概要（和文）：本研究では，マルチメディアコンテンツを中心に構成された e-learning 教材において，視聴者が見落とすべきでない重要箇所を特定して視聴可能にするための技術の確立を目指した．この目的のため，e-learning 教材の過去の視聴履歴から，特徴的な視聴パターン等を抽出し，コンテンツの重要箇所等を推定し，その結果に基づいて構成された，学習効果の高いコンテンツを自動生成するための要素技術の究明を進めた．学習者にとって重要な部分は各自異なる可能性があるが，互いに似た学習者はいくつかのグループに分かれると予想される．このため，学習者を適切にクラスタ分けする手法や属性に関する究明も進めた．

研究成果の概要（英文）：The goal of this research is to establish methods to identify automatically, from an e-learning course material which mainly consist of multi-media contents, the important parts for learners of the course. For the automatic identification and extraction, we utilized past viewing history of the material, in other words the descriptions of where they viewed well and skipped, etc. To adapt the difference of each learner, we assume that learners can be divided into several groups. We researched the clustering method and features for appropriate grouping.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	2,400,000	720,000	3,120,000
2009 年度	700,000	210,000	910,000
2010 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学 教育工学

キーワード：e-learning, マルチメディアコンテンツ, ネットワーク, ストリーミング, 機械学習, 複雑系科学, 適格度トレース (eligibility trace)

## 1. 研究開始当初の背景

一般的なマルチメディアコンテンツにおいて，視聴者が見落とすべきでない重要箇所のみを抽出して視聴可能にする，コンテンツ要約（サマライズ）に関する一連の研究がある．その 1 つでは，a) シーンに付随する情報（色，動き，音声のピッチ等）を分析し，計

算機による理解に基づきサマライズを実現する．ただし，e-learning 教材も含め，シーン付随情報と重要性との関係は通常複雑で，技術的課題も多い．また b) コンテンツの任意のシーンに，視聴者が付加するメタ情報（アノテーション）に基づきサマライズする提案も見られる．本手法は e-learning 教材

にも適用可能であるが、メタ情報を付加する作業にユーザの協力を期待することは必ずしもできないため、実用的ではない。

e-learning コンテンツは、とくにその重要部分が繰り返し視聴される（以下、反復視聴と呼ぶ）傾向がある。我々は、一般的なマルチメディアコンテンツにおいて、他ユーザの過去の視聴履歴が、視聴者が頻繁に見る部分を検出するために有効であることを実験により確認した。さらに、この結果を学術誌論文として公表すると共に、同原理に基づくシステムを特許申請した。この効果は、多数の人の行動に従うことでメリットが得られるという点で、“集合知”と共通する性格をもつ。視聴履歴情報は、「自動的に取得可能」「特定のユーザのみではなく、全ユーザの結果を対象とできる」「主に数値データであり、取り扱いが容易」等のメリットをもつ。視聴履歴情報には、上記の反復視聴他、e-learning コンテンツの視聴の特性が含まれている。こうした特性を適切に抽出し、それを基に、学習者に対応した教材を再構成することで、学習効果の向上が期待できる。

## 2. 研究の目的

(1) 本研究では、e-learning コンテンツの過去の視聴履歴を基に、各学習者に対応した内容（コンテンツ中の箇所・順序等）で構成された、学習効果の高いコンテンツを自動生成することを目標とする。

e-learning の利点の 1 つは、学習者が自らの興味・関心・理解度・嗜好等に基づいて学習を進めることが可能な点にある。しかし、例えばビデオ教材では、学習者がコンテンツ中から自分自身に最も適切な箇所を探し出すことは、容易ではないことから、何らかの対策が必要である。

一方、学習者それぞれに対応したコンテンツを作成することは、作業負荷や蓄積リソース上、現実的ではない。また、学習者それぞれに対応するよう、必要に応じてコンテンツを変更（以下、動的編集と呼ぶ）して配信することは可能ではあるが、人間が対応する場合、時間及び金銭的成本が大きくなり、実際上難しい。

本研究では、こうした課題の解決のための方法の確立を目指す。

(2) e-learning の別の利点の 1 つは、学習に関する詳細なデータ（ログ）を蓄積可能な点である。ただし、実際には、これまで構築・運営された多くのコースにおいて、ログの詳細な分析は必ずしも進んではいない。

本研究では、e-learning コンテンツの過去の視聴履歴から、特徴的なパターン他（反復視聴される箇所・反復の仕方等）を抽出する。さらに、学習者の行動に関するモデルを検討

し、それをコンテンツ中の重要箇所の特定や、学習行動の理解に利用する。

(3) また、一般に、学習者はそれぞれ、各人の興味・関心・理解度・嗜好等が異なる（以下、学習者の多様性と呼ぶ）。このため、学習者によって、コンテンツ中で重要な箇所や、好むコースの内容等にも、差異が生じる可能性がある。

ここで、重要な部分や好むコースの内容等は、全員が全く異なる傾向を示す訳ではなく、いくつかのグループに分かれると予想される。本研究ではこの点も明確化する。

(4) ネットワーク上に存在するマルチメディアコンテンツの任意の部分を目指すリンクの、視聴順序付集合は、バーチャルなコンテンツとみなすことができ、リンク内容の変更により、元のコンテンツとは切り離して動的に変更可能である。

この視聴順序付リンク集合を学習者の履歴情報に基づき自動生成することで、重要箇所が適切な順番で配置された学習者対応コンテンツを仮想的に実現し、学習効果向上を図る。バーチャルコンテンツは、複数並存が可能であり、学習者の多様性にも対応（以下多様性吸収と呼ぶ）できると考えられる。

## 3. 研究の方法

(1) 学習者の学習（視聴）行動分析

分析データを入手するために必要となる、実際の e-learning コースまたは実験用環境を整備する。

入手するデータとしては、個々の学習者の詳細な学習行動履歴を中心とする。また、学習者の特性を把握するために必要となる、嗜好傾向他に関する尺度に関してデータも入手する（詳細 4. (1) 参照）。さらに、とくに実際の e-learning コースにおいては、一般的に入手されている自己効力感に関するデータも対象とする。

上記環境における、実際の学習者の視聴行動を確認・分析し、特徴的なパターン他を抽出する。また、視聴行動からパターンを抽出するために有効な属性（特徴軸）を検討する。分析に当たっては、とくに複雑系科学の視点を取り入れる。複雑系科学の研究成果の 1 つとして、自然科学分野から実社会までの多くの領域で、互いに異なる性質をもつ要素の群において、要素間の差を捨象した、群としての規則性が創発する現象が観測されるという知見が得られている。

上記の通り、個々の学習者は、それぞれ異なる特性をもつが、学習者群においても、集団としての規則性が観測される可能性がある。複雑系科学的視点から、学習ログを解析した例は、我々の知る範囲ではこれまでにない。

また、過去のコースで蓄積された膨大な学習ログの有効活用につながることも期待される。

学習者の視聴行動を生み出すモデルを検討する。得られたモデルは、視聴履歴からコンテンツ中の重要箇所を特定する場面や、学習者の多様性を的確に記述する場面で、有効活用の検討や妥当性の評価を進める。

### (2) 学習者多様性の分析と学習者のグループ化

学習者の特性（興味・関心・理解度・嗜好等）を基に、学習者の適切なグループ化を実現する手法を確立する。

被験者実験を実施し、その結果にクラスタリング等の手法を適用することで、学習者がグループに分かれるという仮説の妥当性等を確認する。また、視聴履歴データからこうしたグループを自動的に判別・分類するために適切な手法を検討し、選択した手法を適用して妥当性を評価する。さらに、グループ分けのために有効な、学習行動他における属性（特徴軸）を検討し、実際に適用して妥当性を評価する。

### (3) バーチャルコンテンツのフィジビリティ実験

バーチャルコンテンツを複数並列的に用意することにより、学習者の多様性を吸収可能な実験環境を構築する。

被験者実験により構築された学習環境の有効性を評価する。

## 4. 研究成果

### (1) 学習者の学習（視聴）行動分析

当初予定した被験者実験による学習者の行動分析に代えて、実際の e-learning コースにおける学習履歴分析に重点を置いて研究を進めるものとした。当該コースは、文部科学省学び直しニーズ対応教育推進プログラムの委託事業として、2008-2010 年度の期間、社会人向に提供された。

業務として担当した、本 e-learning 環境の構築・維持・運営等に関連して、査読有学術誌 1 編（第 3 著者）・国際会議論文 1 編（査読無, 第 1 著者）・国内会議論文 2 編（査読無, いずれも第 3 著者）を公表した(5. [雑誌論文] , , )。

上記コースの運営の結果、現在までに160名を超える e-learning の学習者の、学習行動履歴データが得られている。この学習環境は、実験的環境ではなく、実際の教育コースであるため、現実的なデータが得られる点で有益な反面、データの分析が難しい面があった。

これまでの分析の結果、学習者の行動に興味深い特徴的パターン(図1参照)が見られ、国際

会議論文1編(査読有, 第1著者)として結果を公表した(5. [雑誌論文] )。本結果は学習者特性に合った学習環境実現の観点から有益であると予想される。

さらに、得られた結果は、互いに異なる特性をもつ多数の個体からなる集団において、個体差が捨象され、特徴的に観測される高次レベルの規則性の存在を示唆するものであり、複雑系科学分野にも関連すると予想される。その理論的背景に関連する成果を、国内学会研究会で口頭発表し(5. [学会発表] )、国内英文誌に論文(第1著者)投稿済である。これらの成果は、過去の視聴履歴の集積から適切なコンテンツを動的に生成する際に応用可能であると考えられる。

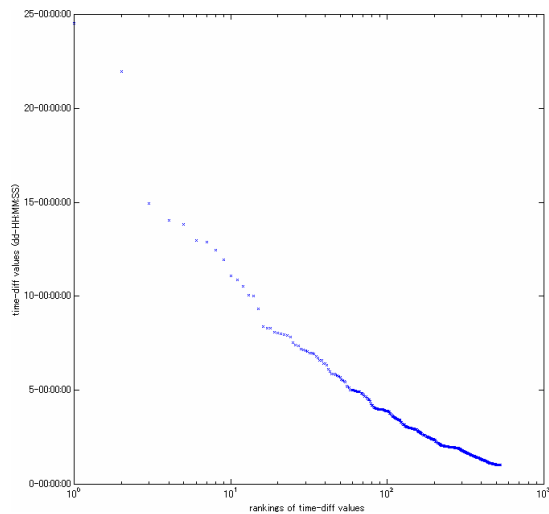


図1 成果 の例。e-learning コンテンツを視聴していない時間を降順に並べ、両対数プロットしたもの。縦軸は時間間隔。横軸は各時間間隔値の全体の中での順序に相当する。プロットが、直線状に並んでおり、べき分布しているものと考えられる。べき分布は、書籍中の単語の出現頻度、Web ページのリンク数や地震のマグニチュード等、様々な分野で観測されており、複雑系科学の研究対象となっている。

学習行動のモデル化に関しては、学習者の視聴履歴と成績との関係を対象とした。さらに、コンテンツ視聴後の理解度テスト評点から、コンテンツの各部分の重要度を効果的に推定する手法についての研究を進めた。学習者の視聴履歴(経路)に沿って、重み付けして、テスト評点をコンテンツの各部分に分配する方法を、機械学習領域の概念を用いて、信用度割当(credit assignment)問題として定式化した。さらに、同領域の一手法である強化学習(reinforcement learning)における、適格度トレース(eligibility trace)の概念を用いて、効果的な分配を実現

する方法を提案した。  
 本手法を、過去に実施した、マルチメディアコンテンツ視聴に関する被験者実験で既に得られていた視聴履歴データに適用した。その結果、本提案の有効性が確認できた(図2参照)。本成果に関して国内会議論文1編(査読無, 第1著者)を公表した(5. [雑誌論文])。

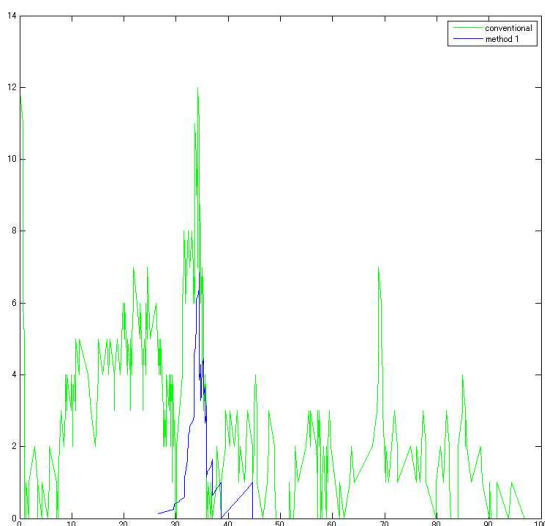


図2 成果 の例。横軸は、コンテンツ先頭部分(左端)から末尾部分(右端)の時系列を表す(単位: %)。縦軸は、コンテンツ中の各箇所の推定された重要度に相当する。eligibility traceを用いた重み付けの結果(青実線)は、各箇所の視聴回数を単純にカウントする従来の結果(緑点線)と比較して、予め設定した特定すべき重要箇所(横軸 34 付近)が明確化されている。

学習者群をカテゴライズする効果的な特徴軸の洗い出しに関しては、a) 学習も含む態度との関連が報告されている心理学的尺度(Locus of Control; LOC)、b) 学習意欲との関連が報告されている教育学的尺度(学芸大式学習意欲検査; GAMI)、c) とくに e-learning を主な対象として、教育工学的観点から、独自に新規作成した尺度について、学習者のデータを収集した。

このうち、とくに c) に関して、学習環境に対する嗜好傾向との相関を、複数の多変量解析手法を用いて分析した。多重コレスポンデンス分析の適用の結果、学習者群はその嗜好傾向から 3 つのグループに分かれることを示唆するクラスタリング結果が得られている。この 3 グループは、コース実施の過程で得られた、主観・定性的な知見とも整合性が見られた。

以上の結果に関して、現在、公表準備を進め

ると共に、より広範囲での実験と詳細な分析も予定している。

## (2) バーチャルコンテンツ化とコンテンツの動的再構成

被験者実験のために、バーチャルコンテンツにより構成されたコンテンツを作成し、さらに、視聴者の飛ばし見行動を記録するシステムを構築した。ただし、時系列的に自動再生されるマルチメディアコンテンツに対して、複雑な飛ばし見操作を適用可能な環境を構築することは、ユーザインタフェース面の問題も含め、容易ではないことが判明した。また、調査目的で参加した国際会議(IADIS e-Society 2010)で、発表された内容や討議を通じて、他の研究者もほぼ等価な問題に関して苦慮している事実も判った。なお、当該問題は、被験者実験ないし動的再構築のためのデータ取得段階の課題であるが、処理の完全な自動化が実現された場合には解消される可能性もあり、今後の継続検討課題である。

## (3) その他

海外の出版社より、これまでの一連の研究成果を踏まえて、学術書籍の1章の執筆の打診を受けた。成果を取りまとめて公表する良い機会と思われたため、e-learning コンテンツも含む、マルチメディアコンテンツ中の重要箇所特定に関する自身の研究を網羅した内容でプロポーザルを提出し、そのアクセプトを経て、当該書籍中の第9章を担当執筆した(5. [図書])。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 6 件)

齋藤裕, 七田麻美子, 石川浩一郎, SNS の活用による e メンタ負担軽減のための学習計画機能の開発と評価法, 教育システム情報学会誌, 査読有, Vol. 28, No. 1, pp. 108-114, 2011

Koichiro Ishikawa, Mamiko Shichida, Yutaka Saito, Toward Efficient Learner Supports under the Mobile Learning Environments, Proc. of the 9th World Conf. on Mobile and Contextual Learning, 査読有, pp. 385-386, 2010

七田麻美子, 齋藤裕, 石川浩一郎, 成人向け e ラーニングにおける学習支援者に関する課題点の検討, 日本教育工学会第 26 回全国大会 発表予稿集, 査読無, Vol. 1p-507-06, pp. 413-414, 2010

七田麻美子, 齋藤裕, 石川浩一郎, 長島万里子, e ラーニングによる e ラーニング人材育成法, 第 5 回情報システム学会 全国大会予

稿集, 査読無, 2009

Koichiro Ishikawa, Mamiko Shichida, Mariko Yuyama, Yutaka Saitou, Kinya Tamaki, E-mentor Development Course, Proc. of International Conf. for Media in Education 2009, 査読無, pp. 87-92, 2009

石川浩一郎, 篠沢佳久, 櫻井彰人, e-learning 教材における学習者特性への対応, 第7回情報科学技術フォーラム資料 (FIT2008), 査読無, pp. 603-604(第3分冊), 2008

〔学会発表〕(計6件)

Koichiro Ishikawa, Mamiko Shichida, Yutaka Saito, Toward Efficient Learner Supports under the Mobile Learning Environments, The 9th World Conf. on Mobile and Contextual Learning, 2010/10/21, マルタ共和国パレット, 再掲

七田麻美子, 齋藤裕, 石川浩一郎, 成人向けeラーニングにおける学習支援者に関する課題点の検討, 日本教育工学会第26回全国大会, 2010/9/18, 金城学院大学, 再掲

七田麻美子, 齋藤裕, 石川浩一郎, 長島万里子, eラーニングによるeラーニング人材育成法, 第5回情報システム学会全国大会, 2009/12/6, 青山学院大学(青山キャンパス), 再掲

石川浩一郎, 曹徳弼, マルチエージェントシミュレーション(MAS)における初期値依存性, 日本経営工学会予測市場と暗黙知活用研究部会第2回研究会, 2009/11/21, 駒澤大学(駒沢キャンパス)

Koichiro Ishikawa, Mamiko Shichida, Mariko Yuyama, Yutaka Saitou, Kinya Tamaki, E-mentor Development Course, International Conf. for Media in Education 2009, 2009/8/27, ソウル国際大学, 再掲

石川浩一郎, 篠沢佳久, 櫻井彰人, e-learning 教材における学習者特性への対応, 第7回情報科学技術フォーラム (FIT2008), 2008/9/4, 慶應義塾大学(湘南藤沢キャンパス), 再掲

〔図書〕(計1件)

Koichiro Ishikawa, Yoshihisa Shinozawa, Akito Sakurai, Self-Organization and Aggregation of Undisclosed Knowledge, the 9th chapter in Josphat Igadwa Mwasiagi (ed), Self Organizing Maps - Applications and Novel Algorithm Design, 査読有, INTECH International, ISBN 978-953-307-546-4, <http://www.intechweb.org/books/show/title/self-organizing-maps-applications-and-novel-algorithm-design>, pp. 143-172, 2011

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
取得年月日:  
国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

石川 浩一郎 (ISHIKAWA KOICHIRO)  
慶應義塾大学・理工学部・研究員  
研究者番号: 00468547

(2) 研究分担者

該当なし

(3) 連携研究者

該当なし