

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 13 日現在

機関番号：12604

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2013

課題番号：23650527

研究課題名(和文) 学習者に適応的な e ラーニング教材の形式的モデルと動的構成メカニズムの開発

研究課題名(英文) A Dynamic Construction Model of e-Learning Materials Suitable for Learners

研究代表者

宮寺 庸造 (Miyadera, Youzou)

東京学芸大学・教育学部・教授

研究者番号：10190802

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000 円、(間接経費) 810,000 円

研究成果の概要(和文)：eラーニング教材の多くは、学習者の学年や習熟度を予め固定的に定めてパッケージ化されたものである。教材は、教師の意図に沿って自ら作成することが望ましいが、時間制約やスキルを踏まえると難しい。教育現場では、既存教材の一部を修正して活用する場合もあるが、基となる教材がパッケージ単位で作成されているため、教師の意図に沿った編集は難しい。そこで本研究では、これら問題を解決するために、教材を教材片(最小単位)の集合体として捉え、学習者や授業に応じて、それら教材片をダイナミックに組み合わせて教材を構成・提示する、教材の動的構成モデルを提案した。本モデルの活用により、教師の教材作成の負担軽減が期待できる。

研究成果の概要(英文)：Many of e-learning materials are fixedly packaged for grade and skill level of students predetermined. It is desirable for teachers to create teaching materials in accordance with their intentions. However, such creation is practically difficult because of time-constraints. Although teachers often customize the existing materials in actual site of education, most existing materials are difficult to satisfactorily modify since they were created as a dedicated package. To resolve these problems, this research proposed a dynamic construction model of teaching materials. In this model, teaching material is regarded as a set of their minimum pieces. This model enables to construct the teaching materials suitable for learners by combining the pieces of existing materials. Consequently, this model contributes to reduction of teachers' burden in material creation.

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：形式的モデル 教材の動的構成 eラーニング教材 教材構成メカニズム 教材管理手法 適応的手法  
教育工学

## 1. 研究開始当初の背景

情報社会の進展に伴い情報モラル教育を取り巻く環境も変化している。そのため、情報モラル教材も日々更新される必要があり、教材の共有再利用が注目される。しかし、既存教材はその多くが修正不可能なパッケージ単位で作成されており、このような変化の対応は難しい。そのため既存教材の改良や一部修正ができず、共有再利用は困難である。

一方学校現場では、教師の想定する学習内容に適した教材が求められるが、数ある教材の中からそのような教材を探す事は難しく、教材にあわせて授業を作っている現状がある。既存教材に対し、教師の想定する学習内容にあわせて編集や改良が可能であれば、容易に教材を作成する事ができるが、既存教材はパッケージ化されているために難しい。そのため、上記問題点の解決のための手法が必要である。

## 2. 研究の目的

本研究では、教材構成要素単位（登場人物などの要素単位）での共有再利用が容易にでき、教師が想定する学習内容に適した教材生成が容易にできるメカニズムとシステムの開発を目的とする。

## 3. 研究の方法

目的達成のためのアプローチとして、まず、教材の論理階層モデルを開発する。教材を、“教材層”、“教材片層”、“構成要素層”の3つの論理階層に分割し、各層に配置したノードと各層間のコネクタによるネットワークとして管理・生成できる仕組みを開発する。続いて上記論理階層モデルと仕組みを導入した教材生成システムの開発を行い、教材構成要素単位での教材の作成・編集を可能とする。

## 4. 研究成果

教材を論理階層化したネットワークモデルを開発した。これにより教材を構成要素の集合として管理でき、教材構成要素の実体を直接操作する機会が減少するため、構成要素単位での差し替えや編集が容易に可能となる。これにより、教師が想定する学習に適した容易な教材生成が期待される。

後章で詳細を記す。

## 5. 研究方針

### 5.1 現状と問題点

情報モラル教育で扱う教材は、授業で教師が提示するもの（提示教材）と、学習者が自学自習に用いるもの（自習教材）に大別される。これらのうち、学校現場では授業中に提示教材を用いる事が多く、これらの多くはFlash アニメーションや実写ムービー、4コマ漫画と言った単一なパッケージとして作成されている。このため、これら教材の修正や共有再利用は難しい。このような物語教材

では、登場人物の整合性や、矛盾のないストーリー展開と言ったストーリー性が非常に重要になっている。

一方学校現場では、教師の想定した学習内容や授業展開に適した提示教材が求められている。しかし、現状では教師が想定した学習内容に適した教材を探す事は難しく、既存教材にあわせて授業を行っているのが現状である。このため教材の内容に教師が教えたい内容との差異がある場合や教材の対象が異なる場合であっても、教師が工夫してうまく転用している。本来であれば教師が対象となるクラスを考慮した上で、それに適した教材を作成することが望ましいが、教師自身の教材作成スキルや手間を考慮すると困難であるといえる。この問題点に関しては、教材の共有再利用を可能とする事で解決が期待できる。

以上を踏まえ本研究では、ストーリー性、共有再利用性、教師の想定する学習内容に合致の3点の保証した教材の容易な作成支援を目的とする。目的達成のため本研究では、構成要素単位での教材構成に着目した教材生成システムの開発を行う。本システムは、教材の論理階層モデルを導入することで、既存教材に対し構成要素単位での編集を容易にする。これにより教師は、教材の一部編集や構成要素の変更といった必要最小限の編集で教材を再利用することが可能となり、容易な教材生成が期待される。加えて、細部にわたる編集が可能であることから、教師は想定する学習内容に合わせた教材の生成が期待できる。

### 5.2 アプローチ

本研究では、ストーリー性、共有再利用性、教師の想定する学習内容の3点を保証するため、構成要素単位での教材の管理・生成手法を開発する。

ストーリー性については、教材を構成する意味ある単位として「教材片」とし、「状況」「活動」「事例」「原因・対処」「知識」の5つの群に分類する。教材片を5つの群に分類し、これらを動的に構成するネットワークを用いることで、教材のストーリー性を保証している。この5群がストーリー展開に対応しているため、本研究でもこの5つの群を用いることで、教材のストーリー展開を保ったまま教材の動的な構成を目指す。

しかしながら教材片単位では、上述のとおり共有再利用性は十分に保証されていない。例えば既存教材において、携帯電話を扱っているものに対し、携帯電話をスマートフォン変更することができれば、より今の生徒に身近になると考えられる。また高校生向けに作成した教材であっても、登場人物を小学生にしたり、語彙を小学生向けに変更したりすることで、小学生向けの教材として再利用することができる。このような要求に対しては、教材片の差し替えだけでは達成できない。そ

ここで、教材片を通して構成要素を入れ替えることで、構成要素単位での編集を可能とすることを考える。これにより教師は、初めから教材を作成するのではなく既に作成された教材を修正する事で、教師に大きな負担を強いることなく教材を生成することが可能となる。

このように、教材の構成要素単位での共有再利用のためのメカニズムが必要とされる。そこで本研究では、教材の論理階層モデルを提案し、教材生成システムの実現を目指す。

本研究では、授業中に教師が児童生徒に提示する提示教材を想定している。教材は5枚の静止画（教材片）による構成を想定している。1つの教材片である静止画1枚は、構成要素（登場人物や使用している ICT ツール、台詞など）の集合により構成され、シンプルな画像であるとする。この登場人物や、台詞の語彙などの最小限の編集により、容易に多様な教材生成が期待できる。

## 6. 教材論理階層モデル

### 6.1 論理階層モデルの概要

本研究において想定しているシステムは、教材の論理階層モデルに基づいた教材作成および修正を可能とする。教材の論理階層モデルとは、教材を“教材層”、“教材片層”、“構成要素層”の3層からなる論理階層に分割し、構成要素層と実体である部品を結びつけることで、動的な教材構成を可能とするものである。3つの層におけるノードは、隣接する層のノードと関係をもつ事で、教材を構成するネットワークを構築する。これにより、教材を選択する事で構成要素までを抽出する事が可能であり、教材片、構成要素を差し替えた時に動的に教材を再構成することが期待できる。

また、教材片と実体の間に構成要素層を設けることで、複数の教材片に渡り同一の構成要素を扱うことができる。これにより教材片において構成要素を編集することで教材片の統一した編集が可能となる。また、教材片の構成要素への関係を変更することで、教材片の独立した編集が可能となる。これにより教師の容易な教材生成を支援となることが期待できる。論理階層モデルの概念図を図1に示す。以下、各層について議論する。

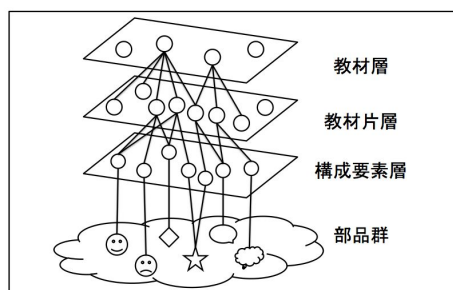


図1 論理階層モデル

### 6.2 教材層

教材層におけるノード、すなわち教材は5つの各群に属する教材片の集合であると定義する。教材片が有意味に結びつくことで教材を構成することから、教材片は教材を構成する一場面であるといえる。本研究では、教材は5つの各群に属する場面より構成することでストーリー性を担保しているため、5群全てに対する教材片層のノードへのリンク情報を持つ必要がある。これを踏まえ、表1のとおり決定した。

表1 教材

教材のメタデータ(Material_Mtadata)	
教材名	Material_name
教材ID	Material_id
学習内容	Larning_category
キーワード	Keyword
対象校種	School_class
対象学年	School_year
作成者	Creator
作成日	Create_day
更新者	Renewer
更新日	Renew_day
教材片へのリンク(Link_Object)	
第1群へのリンク	Group_id [1]
第2群へのリンク	Group_id [2]
第3群へのリンク	Group_id [3]
第4群へのリンク	Group_id [4]
第5群へのリンク	Group_id [5]

ここで、学習内容解説は、生徒に知識などの提示文章である。あらすじは画像の状況等を補足説明する文章である。登場人物は教材片中に登場する人物であり、吹き出しはその登場人物が喋る台詞である。ICTツールは、教材のなかでテーマとして挙げられる情報端末機器である。画面抽出は情報端末機器に表示される画面をクローズアップし表示したい場合に使用する。舞台とは問題が起こった場面である。

分析結果より、第1~3群と第4,5群で構成要素は異なるといえる。特に既存教材では、第1群から第3群までが物語形式であり、第4群と第5群では文章にて学習すべき内容を提示している。このため第4群、第5群では“学習内容解説”以外が0となっている。しかしながら、既存教材の中には、4コマ漫画として“原因・対処”まで提示し、知識のみ文章で、というものも存在することを踏まえ、第4群、第5群でも登場人物等構成要素を扱えるようにし、自由な教材作成ができるようにした。さらにオンラインショッピングで偽物が届く、不当な請求書が届くなどICTツール以外の構成要素もあり、それらを小道具として追加する必要があるといえる。

加えて教材における教材片へのリンク情報となる“教材片ID”や、教材片単位の編集や教材生成の際に必要な“学習内容”や“キーワード”といったメタデータが必要であるといえる。

### 6.3 教材片層

教材片層におけるノードは教材片を意味し、いくつかの構成要素から構成される。教材片は一場面である一静止画であり、それを構成する構成要素（部品情報）へのリンクを

もつ。

このため、どのような構成要素が必要とされるかを分析するため既存教材で扱われている教材 44 件に対し、どのような要素に分割できるか分析を行った。まず、教材を 5 つに分割する。5 群とは、第 1 群から順に“状況”、“活動”、“事例”、“原因・対処”、“知識”に分類される。これにより、教材の問題が生じる場面、その時の活動、結果生じた事例、その対処法および予備知識といった流れを教材片に付与することができる。次いで各教材片に登場する要素を網羅的に抽出した。その結果、表 2 の通り教材片の持つメタデータを確定した。

表 2 教材片

教材片のメタデータ(Object_Metadata)	
教材片名	Object_name
教材片 ID	Object_id
学習内容	Larning_category
キーワード	Keyword
対象校種	School_class
対象学年	School_year
作成者	Creator
作成日	Create_day
更新者	Renewer
更新日	Renew_day
群	Group
属する教材の ID	Materia_id
構成要素へのリンク(Link_Component)	
登場人物[1]	Link_Component [1]
登場人物[2]	Link_Component [2]
登場人物[3]	Link_Component [3]
登場人物[4]	Link_Component [4]
ICT ツール	Link_Component [5]
小道具	Link_Component [6]
背景	Link_Component [7]
吹き出し[1]	Link_Component [8]
吹き出し[2]	Link_Component [9]
吹き出し[3]	Link_Component [10]
吹き出し[4]	Link_Component [11]
あらすじ	Link_Component [12]
解説	Link_Component [13]

#### 6.4 構成要素層

構成要素層におけるノード、すなわち構成要素は教材片を構成する要素であり、実体である部品と直接対応付ける。6.3 で定義した教材片に登場する要素に基づき分類される。必要なメタデータとして、教材片における構成要素リンク情報となる“構成要素 ID”や構成要素の種類を、部品へのリンク情報として部品 ID を持つ(表 3)。

表 3 構成要素

構成要素メタデータ(Component_Matadata)	
構成要素名	Component_name
構成要素 ID	Component_id
属する教材片 ID	Object_id
テキスト情報	Text
構成要素の種類	Component_kind
部品へのリンク(Link_Part)	
部品 ID	Part_id

### 7. 操作アルゴリズム

#### 7.1 教材の生成アルゴリズム

本研究における教材の生成とは、論理階層モデルに基づいたネットワークを構成する

ことである。教材を構成する教材片および構成要素は必要十分に用意されているか、教材生成中に新しく構成要素を追加する必要がある。構成要素の登録では、構成要素ノードの登録を行い、構成要素ノードと部品ノードのコネクタ接続を行う。教材片の登録では、教材片ノードの登録を行う。

手順としては、教材片の関連付け、各教材片における構成要素の登録、教材登録の 3 つのアルゴリズムで行われる。教材片の関連付けでは、教材片 ID 5 つを引数に、空の教材ノード作成し、教材ノードの第 1~5 群へのリンクに、それぞれ教材を構成する教材片の教材片 ID を格納する。各教材片における構成要素の登録では、教材片で使用される全ての構成要素の構成要素 ID を引数に、構成要素へのリンク情報(Link\_Component[1~13])に対し、使用する構成要素の構成要素 ID を登録していく。6.3 に記したとおり、最大で 13 個を指定することができる。この時、Link\_Component[1~4]は Component\_kind が“登場人物”のものしか登録できない、Link\_Component[5]には ICT ツールしか登録できない、といった制約がある。この工程は、第 1 群から第 5 群まで 5 回繰り返され、異なる教材片間でのみ重複した構成要素の使用は認められる。教材登録では Material\_id が格納され、教材として生成される。

#### 7.2 教材の変更アルゴリズム

教材の修正方法は以下の 3 通りである。  
 (1) 教材片(1 画面)を差し替える場合  
 これは 5 群の教材片のうち 1 画像を差替える場合である。まず修正する教材のノードを複製する。教材片ノードに対しリンクを張り替えるためのアルゴリズム Change\_Object を実行する。Change\_Object は教材 ID, 変更元の教材片 ID, 変更先の教材片 ID を引数に、変更元の教材片が属する群 k へのリンク Group\_id[k]の値を変更後の新しい教材片の Object\_id に変更する。

(2) ある構成要素を別の構成要素に変更する場合  
 教材を通して使用されている構成要素に対し、その構成要素を扱っている教材片すべての変更をしたい場合の編集に用いる。これは教材 ID, 部品 ID, 変更する部品 ID を引数として、修正した教材を出力する ArrangeComponent を用いる。具体的には、編集対象となる教材のノードを複製する。以降は Material\_id, Part\_id, NewPart\_id を引数とし、ArrangeComponent を用いる。編集対象の構成要素のノードを複製する。Part\_id をリンクにもつ教材片のノードをコピーする。複製した各教材片に対し、変更対象の構成要素の Component\_id を複製した新しい構成要素の Component\_id に変更する。複製した構成要素の Part\_id を変更する。これにより、編集対象の構成要素を用いた教材片全てに対し、部品の変更が反映されるた

め、教材片の統一的な編集が可能となる。図2に ArrangeComponent の詳細を示す。

```

ArrangeComponent(Material_id, OldPart_id, NewPart_id)
Input : Material_id; //修正を要する教材 ID
OldPart_id; //修正前の部品 ID
NewPart_id; //修正後の部品 ID
Output : NewMaterial_id //修正された教材
Method :
// 編集対象となる教材のノードを複製する。
NewMaterial_id = copy(Material_id)
// 編集対象の構成要素(任意の第k群に属する教材片に使用されている構成要素)のノードを複製する。
NewComponent_id =
Copy(Material_id.Group_id[k].Component_id);
// Part_id をリンクにもつ教材片のノードをコピーする。
for(m=1; m <=5; m++)
for(n=1; n <=13; n++)
if(Material_id.Group_id[m].Link_Component[n] ==
OldPart_id)
{
NewObject_id = Copy(Material_id.Group_id[k]);
Material_id.Group_id[k] = NewObject.Object_id
// 複製した各教材片に対し、変更対象の構成要素の
Component_id を複製した新しい構成要素の Component_id に変更する。
Material_id.Group_id[m].Link_Component[n]
=NewComponent_id;
}
// 複製した構成要素の Part_id を変更する。
Material_id.Group_id[k].Link_Component.Part_id =
NewPart_id;
return Material_id;

```

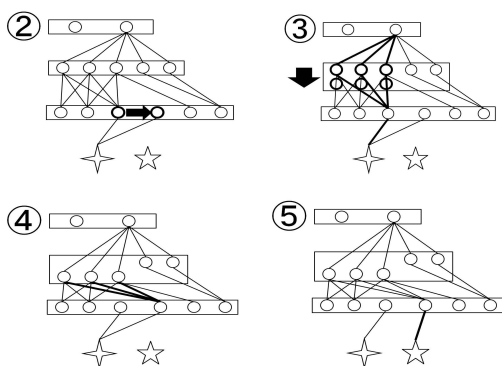


図2 教材編集アルゴリズム(構成要素の編集)

(3) ある教材片のみの構成要素を変更する場合

教材を通して使用されている構成要素に対し、特定の教材片のみ、構成要素を変更したい場合に用いる。引数は教材片 ID と変更前の構成要素 ID、変更後の構成要素 ID の3つである。手順は 教材ノードを複製する。編集対象の教材片ノードを複製する。複製した教材ノードの教材片へのリンクを、複製した教材片ノードへ張り替える。複製した教材片ノードの構成要素へのリンク情報を変更前の構成要素 ID から変更後の構成要素 ID へ変更する。これにより、他の教材片においても使用している構成要素は変更されないため、他の教材片には変更が影響せず、教材片の独立した編集が実現できる。

## 8. システム設計・開発

本研究において提案する教材生成システムは、教材の生成および編集を可能とすることで教材の共有再利用を可能とし、これによ

り容易な教材生成を実現するシステムである。本システムでは、作成された教材に対し、情報モラル教育に関する授業の中で児童生徒に提示することで、登場人物に生じた問題について考察し、実際どのような対処が求められたのかを学習するために使う事を想定している。本研究では、これらのような教材を、教材作成やプログラミング等のスキルにとらわれない教材の生成を可能とするための教材生成支援が求められる。教材の生成は、部品を集めて教材を1から作り上げる教材作成と、自身や他者が過去に作成した教材を再利用し、改良する事で容易に教材を生成するための教材編集が挙げられる。教材の編集は、前節までで述べた論理階層モデルおよび操作アルゴリズムを組み込む事で、構成要素単位での教材構成および編集を実現することを想定している。

システムの概要を図3に示す。教材生成システムは主に教材作成機能、教材編集機能からなる教材生成部と教材パッケージ機能から構成される。教材生成部は、ユーザがメタデータを入力する事で教材を生成するための機能であり、生成する方法は、教材を1から組上げる教材作成と、既に作成された教材を用いて再利用する事で教材を生成する教材編集の2通りが行える。生成した教材はデータベース上に蓄積される。蓄積された教材は、論理階層ネットワークにおける「教材層」「教材片層」「構成要素層」にそれぞれ蓄積される。蓄積された教材は教材パッケージ機能により、静止画が構成され、教材としてパッケージ化される。

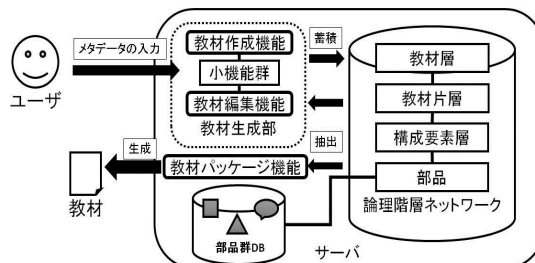


図3 システム構成図

教材の管理は、「教材層」「教材片層」「構成要素層」に分けられ、それぞれの単位で蓄積される。各ノードが、関係する ID を格納する事で、ID をキーとしたネットワークが構成される。これにより、編集やパッケージを行うための教材ノードを抽出するだけで、ネットワークを構成するノード全てをトップダウン式に抽出する事が可能となる。開発環境としては、サーバは Debian7、開発言語は PHP5 を用いている。データベースは Mysql5.6 を使用している。クライアントはブラウザ上での使用を想定しており、教材生成機能、教材修正機能を通して教材の蓄積ができ、提示機能を通して生成した教材を閲覧することができる。

教材片の編集は、教材全体にわたり、ある

構成要素を変更する場合の編集と、ある教材片のみの構成要素を変更する場合の編集の2通りが行える。編集する際の画面を図4に記す。



図4 各教材片を編集する画面(部品の差替え)

## 9. まとめと今後の課題

本研究では、教材の論理階層モデルを開発し、それを実装した教材生成システムを開発を行った。これにより、情報モラル教材に対し構成要素単位での共有再利用を可能とすることで、教師が授業に適した教材を容易に生成することが期待できる。

今後の課題として、本稿で述べたシステムを授業実践において評価を行い、有用性について検証することである。

## 10. 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11件)

榎本智宏, 森本康彦, 中村勝一, 宮寺庸造, 論理階層モデルを用いた情報モラル教材生成システム, 信学技報, ET2013-88, pp.121-126, 2014. 査読無

金田健太, 森本康彦, 宮寺庸造, 授業の設計力と実践力を同時に育成するための力量形成モデルに基づいた情報科における授業研究とその評価, 日本情報科教育学会第3回研究会報告書, on Web, 2014. 査読無

Toshiyuki SHIMAZAKI, Yasuhiko MORIMOTO, Maomi Ueno, Shoichi Nakamura, Youzou MIYADERA, Intelligent System for Supporting E-portfolio-Based Learning by Using Network Analysis, Proc. 6th International Conference of Education, Research and Innovation, pp 945-954, 2013. 査読有

森本康彦, 宮下和大, 井川将, 宮寺庸造, 情報モラル教育のための教材動的構成手法と教材管理システム, 日本情報科教育学会誌, Vol.5, No.1, pp.45-53, 2012. 査読有

Yusuke Hatanaka, Yasuhiko Morimoto, Shoichi Nakamura, Youzou Miyadera, Proposal for Method of Formal Description of Teaching E-portfolios for Lesson Studies, Proc. E-LEARN 2012 -

World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare & Higher Education, pp.1464-1472, 2012. 査読有

春日井優, 森本康彦, 宮寺庸造, 情報教育における言語活動モデルの開発, 日本情報科教育学会誌, Vol.5, No.1, pp.55-62, 2012. 査読有

宮下和大, 森本康彦, 松浦執, 河野真也, 宮寺庸造, 情報モラル教材の動的生成と授業実践をシームレスに支援する教材管理システム, 日本教育工学会研究報告集, JSET12-1, pp.43-48, 2012. 査読無

張セイ, 森本康彦, 宮寺庸造, 初歩の自己調整者の成長を促す自己調整学習支援システムの開発, 日本教育工学会論文誌, Vol.36, No. Suppl., pp.177-180, 2012. 査読有

Yasuhiko Morimoto, Sho Ikawa, Shoichi Nakamura, Poao Chengei, Setsuo Yokoyama, Youzou Miyadera, A Dynamic Construction Model of Learning Content Suitable for Learners' Mobile Environments, Proc. 10th World Conference on Mobile and Contextual Learning, pp.95-103, Beijing China, 2011. 査読有

### [学会発表](計10件)

長谷川雄紀, 森本康彦, 宮寺庸造, 学習記録が埋め込まれた電子教科書のための形式的記述手法の提案, 日本教育工学会第28回全国大会, 2012年09月17日, 長崎大学. 福田康平, 森本康彦, 中村勝一, 宮寺庸造, 学習プロセスに対応づいたeポートフォリオ蓄積のための学習活動誘導記述言語, 第10回情報科学技術フォーラム, 2011年9月8日, 函館大学.

## 11. 研究組織

### (1)研究代表者

宮寺庸造 (MIYADERA YOUZOU)  
東京学芸大学・教育学部・教授  
研究者番号: 10190802

### (2)研究分担者

中村勝一 (NAKAMURA SHOICHI)  
福島大学・共生システム理工学類・准教授  
研究者番号: 60364395

### (3)連携研究者

樫山 淳雄 (HAZEYAMA ATSUO)  
東京学芸大学・教育学部・教授  
研究者番号: 70313278

森本 康彦 (MORIMOTO YASUHIKO)  
東京学芸大学・情報処理センター・准教授  
研究者番号: 10387532