

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 19 日現在

機関番号：13103

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23501101

研究課題名(和文) 対象モデルの概念に基づく知的学習支援環境に関する研究

研究課題名(英文) A study on intelligent learning support environment based on the concept of object model

研究代表者

大森 康正 (OOMORI, Yasumasa)

上越教育大学・学校教育研究科(研究院)・准教授

研究者番号：80233279

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円、(間接経費) 1,170,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、対象モデルの概念に基づく授業の体系的なモデリングの開発と、モデルに基づく知的学習支援環境の試作とその評価を行った。体系的なモデルと知的学習支援システムの一部は、新潟県の中学校教員等によって評価を行った。その結果、体系的なモデルに基づく学習支援環境は、生徒の興味・関心を向上させ、教育の情報化に対して有効な道具であることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：In this study, we developed a systematic modeling of the educational activities based on the concept of the object model. Furthermore, we have developed intelligent learning support environment based on its model, and evaluated it. The systematic model and intelligent learning support environment was evaluated by junior high school teachers in Niigata prefecture, etc. As a result, the intelligent learning support environment based on the model systematic, it increases the interest and concern of students, it is a valid tool for the ICT in education has been suggested.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学

キーワード：知識処理 学習支援システム

1. 研究開始当初の背景

近年、学校教育において、学びあい、ポートフォリオおよびルーブリック評価などの教育方法や評価方法が盛んに提案されてきている。その中で注目すべき点は、授業における教師と学生との関係が多様化していることである。従来は、教師を頂点とする教師から生徒もしくは生徒から教師への関わりが教育活動の中心だった。近年は、それだけではなくに止まらずに生徒間のコミュニケーション(学び合い)も組み合わせられて教育活動が行われ、評価もパフォーマンス課題やルーブリック評価など多様になっている。この流れは、今後も、積極的に推進されると思われる。

高等教育では、遠隔教育や対面授業の支援で使われることが多い学習支援環境や、ポートフォリオ・システムなどは、中学校などの学習活動を総合的に支援するシステムとして実際に使われているシステムはほぼ皆無である。例えば、ルーブリックの作成には多くの労力を有するが、今日の学校現場では教師の多忙感から、それを許す環境とは言えない。いかに作成に係る労力を軽減できるかがポイントであるといえる。また、ルーブリック評価では、単元の目標やねらい、課題、授業過程で得られる成果物とその過程など、児童・生徒の多様な生成物を用いて行う必要があるが、体系的に管理されるものは少ない。さらに、学び合いなどにより教師の直接的なコントロールがない状況で生成されるものは、収集が困難であり、効果的な資料収集と評価の支援が必要である。

2010年に入り、デジタル教科書や教育クラウドなど「教育の情報化」は急速に動き始めた。しかしこの動きは、ハードウェアが前面に強く出ており、教育方法やデジタル教科書のあり方についての検討は遅れている。特に中学校技術分野における教科書の取扱は、国語や数学などと違い学習活動の中心になく、製作作業を含む題材が中心であり、教科書は他の補助教材と同列と同じように扱われて活用されることが多い。また、教科書に出てくる事項の並びは学習指導要領の並びであり、これは3年間でを行う内容を領域毎に記述したものである。したがって時間的順序性は強くない。このような背景に伴い、技術分野のデジタル教科書は紙の教科書とは異なった構成が必要である。

このような問題点を解決する学習支援環境の開発は、ポートフォリオやルーブリックによる評価などを学校現場に浸透させると同時に、デジタル教科書等による真の「教育の情報化」によって教員や児童・生徒が本来の「学び」を充実させるためにも、喫緊の課題である。

2. 研究の目的

本研究は、コミュニケーションを重視した学び合いを行う学習形態に対応した知的学

習支援環境に関する研究である。開発する知的学習支援環境の特徴は、

- (1) 生徒を中心とした「学び合い」を積極的に実施可能な機能とデジタル教科書を融合させたデジタル教科書管理機能
- (2) 学習者自身の学習履歴となるポートフォリオ機能およびルーブリック評価支援機能
- (3) 知識ベースを活用した指導計画や指導案等の知的管理機能

などを教育クラウド上で構築できる形で開発することである。開発するシステムは単体で動く以外に、ネットワーク経由で複数のシステムが連携可能な形態として構築された学習支援環境である。これにより、学び合い、ポートフォリオ評価を活用した学習活動の知的な支援が可能となる。また、利用者の中核的なシステムをデジタル教科書上で構築することで、統合的な学習環境の構築が可能となる。その成果は、教室で行う活動から校外活動まで広がり、不登校生徒の支援、特別な支援が必要な生徒への支援などでの活用が期待でき、教員が児童・生徒に対してよりきめ細やかな指導が可能となることが期待される。

3. 研究の方法

本研究の方法の概要は以下の通りである。

- (1) 実際の教育活動の調査とそれに基づく体系的な対象モデルの構築

初等教育からの教育活動の根幹部分をなしている、年間指導計画、題材、指導案などに基づいた体系的なモデルの構築を行う。その方法として、すでに公開されている年間指導計画、題材、指導案などを収集し、それを分析する。その結果に基づき、我々が開発した対象モデルの概念に基づいたモデリング手法等を用いて構築した。

- (2) 知識処理システム構築環境の開発

知的学習支援システムにおける知的な機能として重要なことは、ユーザが望む情報を、教科書、指導案、学習指導要領及び過去の指導案などの多くの学習リソースから適切に検索できることである。ただし、一般的な検索システムとは異なり、ユーザの意図を把握できることが重要である。また、領域によっては検索をするために情報が不足する場合もあることから、それを補完する機能が重要となる。よって、知識処理システム構築環境は、これらの課題を解決する方法について検討を行い、その結果に基づく学習リソース検索システムとして開発した。

- (3) 知的学習支援環境の開発

生徒の学習を支援する環境の開発を行う。対象とする教科を、中学校技術・家庭科技術分野とした。この対象科目の特徴として、学習指導要領は3年間で実施する教育内容を示しているため、教員は、3年間の見通しを立

てた年間指導計画を立案し、題材の開発を行う。授業を行う場合、教科書は補助教材のように扱われることがある事から、知的学習支援システムは、次の各サブシステムから構成され、相互に参照可能な緩やかな形リンクするシステムとして構築する。

デジタルテキスト作成支援システム
年間指導計画から指導案までの上流工程を支援するオーサリング機能、指導案に即したテキストの作成を行うオーサリング機能と共に、生徒用のテキストビューア機能を備えたシステムの構築を行う。各オーサリング機能は(2)で開発した知識処理システムが提供する検索機能を用いて過去の資料等を参照することが可能である。

付箋共有型スクラップブックシステム
タブレット端末を教育に活用する場面として想定されるのが協働学習の場面である。これまでは、模造紙と付箋紙を使い、生徒の意見を収集し、整理する方法で行われていたが、タブレット端末を使うことで、情報の共有が進み、マルチメディア情報を扱えるようにすることでポートフォリオとしても有効であると考えられる。しかしながら、それまでの Web 型システムは通信経路の遅延、HTTP プロトコルの限界などからリアルタイム性が保証されていない。そこで協働学習をスムーズに進めるためリアルタイム性を重視したシステムとして開発した。

Web 型プログラミング環境
対象として科目である中学校技術・家庭科技術分野には「コンピュータによる計測制御」が学習項目としてある。今回利用する生徒用端末はタブレット端末であることから、プログラミングおよび外部機器の制御などを行うアプリが無いことから学習支援環境に取り組むことは困難であった。そこで、タブレット上でプログラムを開発し、外部機器に実行ファイルを容易に転送するためのシステムと Android アプリを開発した。

栽培シミュレーター
中学校技術・家庭科技術分野では、生物育成が必修化され、栽培活動が行われている。栽培は、自然条件でうまく生育しない場合の対処方法、長期間に渡り観察が必要なことなど、実施上の課題がある。また、植物工場など新しい栽培技術などへの対応など課題も多い。これらを学習支援し、ポートフォリオとして記録が可能な栽培シミュレーターを開発した。

(4) 生徒の利用環境及び開発したシステムの評価

教育利用目的におけるタブレット端末の効果の測定

教育利用の効果測定のために、タブレット端末を使った学習の先行事例の調査、幼稚園児を対象としたタブレット授業における学習効果について評価を行う。幼稚園児を対象とする主な理由は、タブレット操作の経験が少ない、学習効果を図るにあたって対象児童の学習レベルが均一であること、さらに学習アプリが豊富になることなどから現時点では最適な被験者と考えられたためである。

開発したシステムの評価

開発システムは、現職教員あるいは教員志望の学生を対象にアンケートあるいは聞き取り調査によって評価を行った。特に、技術特有のプログラミングに関する題材については、実際に N 県 N 市 K 中学校において 1 年間程度、継続した実証実験を行い、生徒の反応を教師が観察することで効果の測定を行った。

4. 研究成果

(1) 実際の教育活動の調査とそれに基づく体系的な対象モデルの構築

学習指導領域の対象モデル

教育における対象モデルは次のように考えられる。対象は「授業」であり、授業モデルが対象モデルであると考えられる。まず、対象モデルの深い知識の側面に着目する。システムの構造や機能に対応するものとして、授業の構成及び教師、生徒の振る舞いなどが上げられる。これらの情報は、年間指導計画、題材の学習指導案などによって表現されているものである。教師などは、これらを用いて授業のイメージを作り上げ、それをメンタルモデルとして問題解決に活用していると考えられる。つまり、授業の設計図であり仕様書と捉えることができる。

よって、教育における対象モデルは、教師にとって不可欠な年間指導計画、題材の学習指導案などに記載されている情報の構造と属性情報の組み合わせで表現されたものである。

その他に、指導計画を立てる際の制約として学習指導要領がある。この指導要領の記載内容は最低限行うことが保証されなければならない。また、各領域の専門知識がなければ正しく題材を構築することができない。以上のように学習指導領域に関するモデルは 3 つのモデルが相互に関連することで構成されているといえる。

対象モデルの表現法

年間指導計画、題材の指導計画、学習指導案などのフォーマットは標準化されていない。学校などで異なる様式を用いることが多い。しかし、それらに記載されている情報と構造は、次のように要約できると考えられる。

年間指導計画には、各学年の指導項目、学習内容、授業時数などが記載される。指導項目、学習内容は、具体的な題材へと展開されるものである。技術の場合、指導項目を逐次構造として扱うだけでなく、栽培などの場合は、他の指導項目（題材）と並行して実施することも考えられる。

題材の指導計画には、実施学年、時数、目標、指導計画、特徴などが記載される。この指導計画では、題材の指導項目、その時数、学習内容、評価の観点や規準、評価方法などが構造をもった表形式で記載される。この指導項目などの指導計画は、次の授業の指導案へと展開される。さらに、指導内容と学習指導要領との関連も重要な情報の一つである。

最後に各授業における指導案は本時の指導内容として、目標、指導の展開などが記載される。さらに、各授業で使われる教材、教具との関連が示され、生徒の作品等との関連が明確なると考えられる。これらの項目を属性情報として定義する。

以上の構造を対象モデルの概念を用いて表現する際のポイントとしては、上記のような情報の構造を全体-部分関係で構築する他に、概念間の構造もモデル化する（図1）。

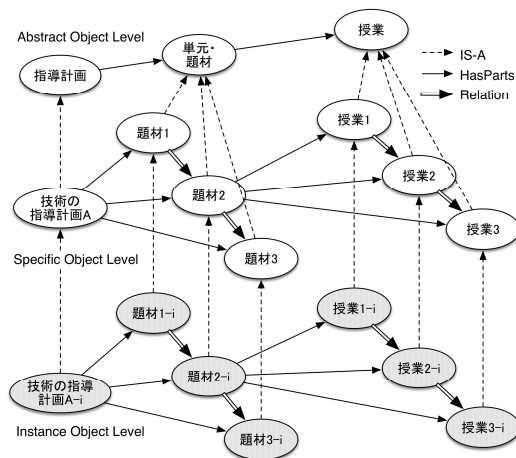


図1 対象モデルによるモデル（抜粋）

一般に指導計画などは技術科以外の教科においても作成されるものであり、学校教育において重要な教育資料である。したがって、概念間の最上位に Abstract Object Level として、教科共通の指導計画と単元・題材及び授業の標準的な関係をモデル化する。さらに、特定の指導計画を Specific Object Level としてモデル化する。これは、いわゆる題材集のような位置づけとなる。これを具体的な事例としてモデル化するのが Instance Object Level である。

このように学習指導に関する領域の知識は、概念間の関係、情報の構造に着目した関係として、体系的なモデリングが可能となった。このモデルを題材モデルと呼ぶ。同様に、学習指導要領の対象モデルを学習指導要領モデルと呼ぶ。これらを知識ベースとして管理

する。

(2) 知識処理システム構築環境の開発

学習リソース検索システムの構成

学習リソース検索システムの実装は図3のように、(1)の知識ベースと指導案、教科書などの学習リソースを格納しているデータベース部、検索クエリ解析部、検索処理部、表示結果生成部から構成される。ユーザからの自然言語での問い合わせに対して知識ベース等を活用し、ユーザの意図を考慮した検索結果の生成が可能となっている。

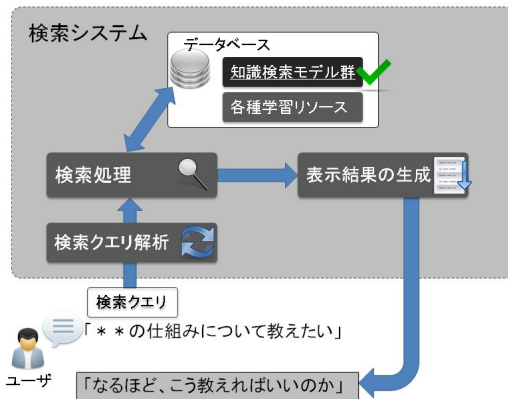


図2 学習リソース検索システムの構成

学習リソース検索システムの検索方法

学習リソース検索システムの検索方法は図3に示すように行われる。

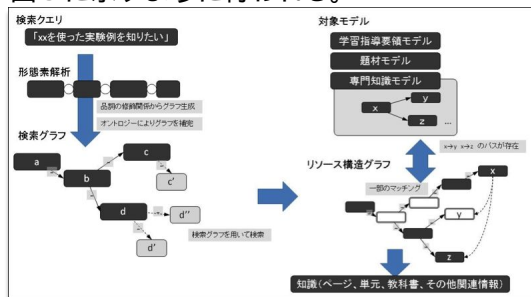


図3 検索方法

検索クエリから作成した検索グラフを、学習リソースから作成した構造グラフ（以下、リソース構造グラフ）へマッチングしていく。このリソース構造グラフとは、検索対象となる学習リソースに対し、検索クエリと同様の解釈を行い、構造グラフ化したものである。

検索グラフがリソース構造グラフ内へ完全にマッチングすれば、その学習リソースは高確率で検索意図を反映した検索結果として表示される。

しかし、実利用での完全なマッチングは稀であり、不完全なマッチングがほとんどであると考えられる。そこでマッチングの手がかりとして、検索の意図を推測し検索グラフへ適切なオントロジーを補間する。

検索グラフの一部がリソース構造グラフにマッチングしていれば（あるいは、していなければ）、上述の対象モデルを用いて、そ

の関連性についても検索を行う。

そして検索結果には、マッチングした学習リソースを手がかりとしてユーザにとって意味を成す適切な粒度で知識(ページ, 単元, 教科書, その他の関連情報など)を提示する。

学習リソース検索システムの検索精度

現職の教員(技術科)に協力してもらい、再度システムの検索精度について評価をおこなった。評価方法は、同じ検索クエリをユーザとシステムの両方に与え、その結果について比較・評価を行った

その結果、技術を専門に指導する教員(在職歴 10 年程度の技術科現職教諭)が、題材開発の参考にできる程度の結果を提供できることが分かった。

(3) 知的学習支援環境の開発

デジタルテキスト作成支援システム

デジタルテキスト作成支援システムは、授業設計の上流工程を支援する「指導計画マネジメントシステム」と「デジタルテキストオーサリングシステム」及び「デジタルテキストビューアシステム」から構成される。



図 4 指導計画マネジメントシステム

指導計画マネジメントシステム(図4)は、年間計画や学習指導案、デジタルテキスト等、学習計画を管理する。また、様々な過去の年間指導計画や、学習指導案に関する検索を実現することで、題材の開発コストを削減し、技術科の指導の質の向上を可能としている。

技術科で多く見られる独自題材においては、既存の教科書をそのまま利用することが困難である。そこで、デジタルテキストオーサリングシステムでは、独自題材に柔軟に対応できるオーサリング機能を提供している。その際、素材や過去のテキストなどのリソースを、(2)の学習リソース検索システムの機能を用いて検索することが可能である。また、以下の学習支援システムの情報リンク機能によって参照も可能である。

付箋共有型スクラップブックシステム

本システムは、協働学習の場面での付箋の共有等が行える機能を有する。その特徴は、付箋にテキスト、画像などが貼り付けられること、画面の縮小拡大が可能となり、利用者の視野に応じた表示が可能なことである。

また、従来の Web 型システムでは AJAX 等による非同期通信によって、疑似的なリアルタイム処理しかできなかったが、本システムでは NODE.js によるソケット通信機能を用いることリアルタイムにユーザが行った処理を全ユーザに反映することが可能となった。

Web 型プログラミング環境

タブレット型端末で計測・制御を対象としたプログラミングを行える環境は殆ど無い。そこで、Web 型システムでプログラミングが可能なシステムを開発した。本システムの特徴は、非同期通信によって常にサーバにプログラムが保存されることでユーザの操作ミスで作成したプログラムが削除されないようにしている。また、サーバ側で管理することでユーザの作業終了直後からポートフォリオデータとして活用が可能である。

さらに、プログラムをコンパイルした実行ファイルはタブレットにダウンロードし、新たに開発した Android アプリで Arduino マイコンに実行ファイルを転送することが可能である。このアプリはホームページ上からダウンロード可能である。

栽培シミュレーター

本システムは、栽培活動を行う場合の課題である、設備や場所に関する制限、時間数に関する制限、扱う作物における制限、などに対応することができるシミュレーション機能を有している。

これによって、栽培活動を行う際には、その学校の土地、設備などに加えて地域の気候や土壌の条件などの制約のないシミュレーションによる栽培活動を行うことによって様々な作物を際限なく仮想栽培を体験し、実際の栽培活動の支援が可能となる。また、栽培記録を付ける機能を有しており、実際の栽培状況とシミュレーションとの比較も可能である。さらに、ポートフォリオとしても活用できる機能を有している。

(4) 生徒の利用環境及び開発したシステムの評価

教育利用目的におけるタブレット端末の効果の測定

教育利用の効果測定のために、タブレット端末を使った学習の先行事例の調査、幼稚園児を対象としたタブレット授業における学習効果について評価を行った。タブレット端末を利用した先行事例では、知識学習の場面での有効性が確認できた。また、協働的な学習の場面においても有効な手段であることが確認できた。また、幼稚園児に対する学習効果についての評価では、成績下位群の園児に対して学習効果が表れることが確認できた。

開発した学習支援システムの評価

現職教員、教員養成学部の学生等から開発

したシステムの有効性等についてアンケート及び聴き取り調査を行った。その結果、各システムともこれらの教育において有効なシステムであることが確認できた。また、計測・制御プログラミングに関する題材については、実際にN県N市K中学校において約半年間通した実証実験を行い、生徒の反応を教師が観察することで効果の測定を行った結果、生徒はシステムを使うことで題材に対して興味関心をもって取り組み、意欲が高い生徒は時間外でも活用する姿勢が見られた。教師も授業の事前事後の活動も含めて高い評価を下している。

(5)今後の課題

本研究で行った対象モデルの概念に基づく知的学習支援環境の開発の有効性が確認できた。現在、小学校や中学校などでは、教育の情報化が進みタブレット端末やデジタル教科書などを活用した協働的な学習などが推進されている。それらの事例を見る限り、本研究で開発した知的学修支援環境は、教育クラウド上で稼働することで学習支援が可能であることが期待できる。今度、各システムの連携を強めた密結合の学習支援環境としていくことが望まれる。

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)

[学会発表](計20件)

長瀬大, 大森康正, 川崎直哉: 中学校技術科教員の知識支援を行う学習リソース検索システム, 日本産業技術教育学会第29回情報分科会, p.89-92, 2014-3-16(大阪芸術大学)

長田和人, 長瀬大, 大森康正: 授業設計過程に基づくデジタルテキスト作成支援システム-学習リソース検索システムを用いた応用システム開発-, 日本産業技術教育学会第29回情報分科会, p.93-96, 2014-3-16(大阪芸術大学)

大森康正, 若麻績祐子: 幼稚園児を対象にしたiPadを用いた授業における学習効果について, 日本産業技術教育学会第29回情報分科会, p.21-24, 2014-3-15(大阪芸術大学)

中井諒, 長瀬大, 大森康正: 学習支援のための付箋共有型スクラップブックシステムの開発, 日本産業技術教育学会第29回情報分科会, p.27-28, 2014-3-15(大阪芸術大学)

長瀬大, 大森康正, 川崎直哉: 連携教育のための学習リソース検索システムにおける検索対象の一般化, 日本教育工学会研究報告集, 13(5), p.97-102, 2013-12-14(徳島大学)

大森康正, 若麻績祐子: タブレット端末を活用した幼児教育向け教材の試作, 情報処理学会研究報告. コンピュータと教育研究会報告2013-CE-120(4), p.1-8, 2013-06-29(青山学院大学)

長瀬大, 大森康正, 川崎直哉: 学習リソース検索システムの検索精度に関する評価[第2報], 教育システム情報学会研究報告, 28(1), p.15-22, 2013-5-18(放送大学)

長瀬大, 大森康正, 川崎直哉: 学習リソース検索システムの検索精度に関する評価, 日本産業技術教育学会第28回情報分科会, p.45-48, 2013-3-17(新潟青陵大学)

大森康正, 栗林聖樹, 山脇智志: タブレット型端末を用いた幼児教育の実践と評価, 日本産業技術教育学会第28回情報分科会, p.9-12, 2013-3-16(新潟青陵大学)

藤田賢人, 大森康正: 「生物育成に関する技術」における栽培シミュレーターの開発と活用法の考察, 日本産業技術教育学会第28回情報分科会, p.13-16, 2013-3-16(新潟青陵大学)

長田和人, 長瀬大, 大森康正: 中学校技術科におけるデジタルテキスト作成支援システムの試作と考察, 日本産業技術教育学会第28回情報分科会, p.17-20, 2013-3-16(新潟青陵大学)

中井諒, 長瀬大, 大森康正: 協働的な学びを支援するための付箋共有システムの開発~携帯情報端末におけるユーザインタフェースの試作・提案~, 日本産業技術教育学会第28回情報分科会, p.21-24, 2013-3-16(新潟青陵大学)

大森康正, 八森久宜: Webベース型計測・制御プログラム開発環境の試作と評価, 日本産業技術教育学会第28回情報分科会, p.25-28, 2013-3-16(新潟青陵大学)

長瀬大, 長田和人, 大森康正, 川崎直哉: トップダウン・ボトムアップの併用授業設計のための学習リソース検索システム, 日本教育工学会研究報告集12(5), 133-140, 2012-12-15(東京学芸大学)

長瀬大, 大森康正, 川崎直哉: 連携教育を支援するユーザの検索意図に基づいた検索システム, 教育システム情報学会研究報告, 27(1), p.51-58, 2012-5-18(放送大学)

召田将大, 中井諒, 長田和人, 長瀬大, 大森康正: 中学校技術を対象とした総合教育支援システムの基本構想, 日本産業技術教育学会第27回情報分科会, p.43-46, 2012-3-18(鳴門教育大学)

長瀬大, 大森康正, 川崎直哉: 対象モデルの概念に基づく学習リソース検索システムの開発, 日本産業技術教育学会第27回情報分科会, p.47-50, 2012-3-18(鳴門教育大学) [その他]

公開しているアプリが掲載のホームページ
<http://www.infotech-lab.net/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

大森 康正 (OOMORI, Yasumasa)

上越教育大学・大学院学校教育研究科・准教授

研究者番号: 80233279