

# 授業設計動的支援のためのマルチエージェントシステム

Multi-Agent system for supporting teachers dynamically in designing instruction

笠井俊信\*<sup>1</sup>      永野和男\*<sup>2</sup>      溝口理一郎\*<sup>3</sup>  
Toshinobu KASAI      Kazuo NAGANO      Riichiro MIZOGUCHI

\*<sup>1</sup>岡山大学教育学研究科

\*<sup>2</sup>聖心女子大学文学部

Graduate School of Education Master's Program, Okayama University

Faculty of Liberal Arts, University of the Sacred Heart

\*<sup>3</sup>大阪大学産業科学研究所

Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University

As a result of the computerization of school education, teachers are faced with the design of new instruction problems which are different from usual instruction in the various points. The purpose of this study is to develop a system which can support teachers in the instructional design process flexibly and dynamically for their various requests. Main characteristics of this system are: 1) making use of ontology as a base, 2) facilitating teachers' instructional design process flexibly and 3) providing teachers with multiple entries to be supported by the system from various needs. For realization of these functions, this paper proposes FIMA (Flexible Instructional design support Multi-Agent system), which complies with the FIPA specifications. In this paper, we describe a structure of FIMA with its design rationale and its effectiveness.

## 1. はじめに

近年、e-Japan 重点計画 2004 に基づき学校教育の情報化が進められている。学校教育の情報化には様々な目標があり、その一部、例えばすべての学校の IT 環境の整備やデジタル教材の開発と公開などは着実に実行されている。しかし、教師の「授業での ICT 活用指導力」の向上や「情報教育」の充実については、教育の内容やその質に関わる問題であり特に重要視されているが、着実に進行しているとは言い難い。この原因の 1 つは、これらの目標の達成が個々の教師に求められているにも関わらず、文部科学省からの指示内容が抽象的であり教師たちに正確にその主旨が理解されていないことである。具体的には、ICT を授業においてどのように活用すべきか、ICT の活用によってどのような効果が得られるのか、情報教育として育成すべき能力とは何か、という点は明確に示されておらず、教師たちは自ら判断し授業に反映させていく必要がある。そのため一部の教師は、授業で教師がデジタル教材を活用するだけで学習効果が向上するといった誤解や、コンピュータを操作させること自体が情報教育の中心的な目標であるといった誤解をしている。

このような問題に対して、現在様々な機関によって教員研修や支援情報の提供が行われている。しかし、これらの支援の多くは、コンピュータの操作演習、実践事例の紹介、デジタル教材の提供など表面的な内容が中心であり、本質である教育目標や活用目的が構造化されて明示されることは少ない。このため、これらの研修や支援情報を自身の状況に合わせて応用できるほど深く理解することができず、実践に活かされていないのが現状である。このような問題を解決するためには、まず暗黙的に表現されてきた教育目標などの概念を教師間で共有できる形で明示化することが必要である。様々な支援情報は、この共有された概念に基づいて意味付けさせることでより高い効果が期待できる。しかし、このような静的な情報提供支援は教師が自らの状況に応じて必要な情報を探し出すことが必要となり、

より良い授業の設計に直接的に貢献はできない。このため、これらの支援情報をより効果的に利用するためにも、教師による授業設計を動的に支援することが求められる。この点を踏まえ、我々は以下の 2 点に着目した教師支援の実現を目指す。

- 教師間で共有可能な概念の整理と支援情報の意味付け
- 学校教育の情報化の観点でより効果的な授業を設計するためにそのプロセスを支援

前者に関しては、我々はオントロジー工学的アプローチが効果的であると考え、我々は、これまでに情報教育の目標オントロジーを構築しセマンティック Web 技術に基づいて様々な支援情報のメタデータを記述してきた [笠井 2007]。この研究では、セマンティック Web の大きな問題点の 1 つであるメタデータの拡大の困難さを解消するために、筆者の 1 人である永野らが別のグループでまとめた情報教育の目標リスト [火曜の会 2001] を活用し、我々の構築したオントロジーとの連携を実現させることで、情報教育の目標概念を共有しつつ様々な支援情報を提供する静的支援として実用化され、一定の成果を果たした。しかしこの研究では、これらの支援情報が教師によって適切に活かされ、より良い授業の実現につながっているかまでは支援の対象となっていなかった。そこで後者の観点での支援が必要となる。

学校教育の情報化の観点でのより良い授業の実現を支援するためには、具体的には以下の点を考慮する必要がある。

- 児童・生徒たちの学習状況に応じた適切な目標が設定されているか？
- 目標達成のための教授・学習活動が適切か？
- 教師の授業での ICT 活用は効果的か？
- 学校の ICT 環境、教師の ICT 活用力で実現可能な授業か？

これらは、授業の設計段階において動的に決定していくことであり、これらの点で支援するためには授業設計プロセスにお

連絡先: 笠井俊信, 岡山大学教育学研究科, 700-8530 岡山市津島中 3-1-1, 086-251-7643, kasai@cc.okayama-u.ac.jp

いて動的に支援していくことが必要となる。この動的支援においても前者の静的支援と同様に、教師間での情報共有の促進に効果的なオントロジーを基盤とした支援が有効である。また、同じオントロジーを基盤とすることで、授業設計プロセスの中で動的にそれぞれの状況に特化した支援情報を提供することが可能となり、静的支援もより効果的に活用することができる。

ここで、情報教育の授業設計に適したプロセスについて述べておく。我々はこれまでに情報教育の特徴について考察し、この特徴を考慮した授業設計プロセスモデルの提案を行ってきた [Kasai 2003]。Gagne が提唱した授業設計プロセス [Gagne 1974] に代表される従来の授業設計プロセスでは、最初に授業での教育目標を決定し、その後その目標を達成するための授業の詳細を設計していく直線的なプロセスであった。しかし、情報教育のような実践力の育成が目標の場合、生徒に与える状況によって必要な能力が変化するため、詳細化された授業の状況に応じて教育目標を再設定していくことが重要になる。この点を踏まえ、本研究ではより柔軟な授業設計プロセスモデルを提案し、授業設計プロセスでの動的支援においても教師の状況・要求に応じてより柔軟にプロセスを制御し支援することを旨とする。

また、今後ますます必要性が増してくると考えられる情報倫理教育のように、教師の授業設計時に考慮すべき観点は変化していくことが想定される。支援システムには、このような変化にも柔軟に対応できることも望まれる。このような要求に対して、通常のシステムアーキテクチャではシステム設計やシステム動作の効率性の観点からその制御と管理が容易ではない。そこで、本研究では Multi-Agent アーキテクチャによる支援システム FIMA (Flexible Instructional design support Multi-Agent system) を提案する。

この支援システム FIMA では、各 Agent に教師が考慮すべきそれぞれの観点から教師を支援できる機能を持たせる。これらすべての Agent が、ユーザである教師が FIMA を活用する際の機能的な入口となりうる。例えば、教師が自身の ICT 活用力の現状を前提に、教師が ICT を活用する授業をしたいと考え FIMA に支援を求めた場合、教師の ICT 活用力の観点から教師を支援する ICT Agent がシステムの入り口となり教師を支援する。システムへの入り口となった Agent は、必要に応じて他 Agent にそれぞれの観点からの情報を要求しながら集まった情報を統合して教師に支援情報として提示する。FIMA では、このように支援のための複数の入り口となりうる Agent 群と Agent 間コミュニケーションによって、教師の授業設計における様々な要求に応じた動的支援を実現することができる。

以下本稿では、2章で本研究で目指す授業設計支援の要求仕様について述べる。3章では、支援システム FIMA の構成について述べ、4章で FIMA による授業設計支援例を示す。最後に5章でまとめと今後の課題について述べる。

## 2. 現場教師の実情と授業設計支援の要求仕様

我々は、学校教育の情報化についての現場の状況を調査するために、この3年間で9人の現職教員と議論してきた。議論の材料は、岡山県情報教育センター HP で提供されている学習指導案である。これらの学習指導案は、Web上に公開されているデジタルコンテンツを活用した課題解決力育成を目的としている。本章では、教師による授業設計の支援として必要な機能を決定するために、次の2点に着目してこれまでの議論内容をまとめる。

- 学校教育の情報化として設計された授業の問題点
- 現場教師にとっての問題点

前者の問題点として、主に2つの点が挙げられた。児童・生徒たちのどのような能力を育成しようとしているのか分からない、という点とデジタルコンテンツが何の目的で利用されているか分からない、という点である。最初の点について例を挙げると、小学校においてイモ掘り体験などの課外活動をしてそれをホームページなどに公開するような授業が存在する。この中で授業全体として、イモについての理解やホームページの作成スキルなどに関する教育目標は設定されているが、授業におけるそれぞれの詳細な学習活動で児童たちの何の能力を育成しようとしているかは明示されていない。同じ学習活動に対しても、何を教育目標にするかで実際の授業での適切な教授活動は大きく異なる。ホームページ作成の例では、コンピュータの操作力向上を目標とした場合と、不特定の人たちへの公開を意識した情報の適切な表現力の育成を目標とした場合では、全く違う授業にならなければならない。提供されている学習指導案には、このような詳細な目標が明記されておらず、何の教授意図もなく学習活動をさせればよい、という誤解を与える。

後者の問題点として、主に3つの点が挙げられた。1つ目は、情報教育の教育目標が理解できていない、ということである。情報の専門知識のない現場教師には、コンピュータを操作すること自体が情報教育の中心であるという誤解が広く生じている。この誤解が、情報教育としてブライントタッチをひたすら練習をさせるような誤った解釈の授業が実践される原因となっている。2つ目は、授業設計の最初に目標を設定しなければいけないという思い込みである。教師は、Gagne に代表される従来の授業設計プロセスに基づき、まず授業の概要とともに授業における教育目標を設定するように教え込まれている。このため、これらの教育目標を達成するための授業の詳細を設計する際には、原則として教育目標の修正や追加は行われない。しかし、授業設計の最初の段階では大まかな学習活動しか決まっていないので、大まかな教育目標しか設定することができない。情報教育のような実践力の育成では、具体的な学習活動の中で具体的な目標を設定することが重要であり、それがなされない原因となっている。3つ目は、授業で ICT を活用するメリットが理解できていない、ということである。このため、従来の授業の中で効果的な ICT 活用を組み込もうという考え方ができない。デジタルコンテンツの例でも、授業全体の中にある目的を持たせて組み込むのではなく、デジタルコンテンツを中心とした新しい授業を設計しようという誤った発想の原因となっている。

ここで、ここまで述べてきた問題点に対する従来の支援について考察する。学校の情報化に対して、様々な機関から支援情報が提供されているが、我々はこれらの支援には以下に示すような問題点が存在すると考えた。

- 情報教育の目標を学習活動の観点で説明しているため、コンピュータ操作自体が情報教育の中心的目標であるという誤解を解消するには不十分である。
- 学習活動の観点で支援情報を提供しているため、学校に設置されている情報機器の状況が異なれば教師は参考にできない。
- デジタルコンテンツの提供については、コンテンツについての客観的な情報は付加されていても、授業でどのように活用できるのかは明示されていない。このため、教

師が授業設計時に目的に応じたコンテンツを探すことは困難である。

以上の点を踏まえて、本研究では授業設計支援の仕様として以下の点を重視する。

- 情報教育の目標、ICT 活用目的などの本質を概念化したオントロジーを構築し、授業設計支援の基盤とする。
- 教師の状況に応じた支援情報を提供するために、教師の授業設計プロセスを支援する。この動的支援の中で、さらに以下の点を重視する。
  - － 授業の詳細化に応じて教育目標を再設定できるような柔軟な授業設計プロセスを促進させる。
  - － 教育目標からのみ授業設計支援を開始するのではなく、教師の状況に応じてどの観点からでも支援の開始を可能にする。
  - － 教師の ICT 活用の目的を明確にし、授業での適切な ICT 活用を促進させる。
  - － これまで行ってきたオントロジーを基盤とした静的な支援情報を教師の状況に応じて提供する。

これらの機能を実現し、さらに、今後の教育に対するニーズの変化に柔軟に対応するために、本研究では Multi-Agent アーキテクチャによる支援システムを提案する。以下の章で、このシステムの構成とその設計原理について議論する。

### 3. FIMA の構成とその設計原理

**3.1 授業設計動的支援のためのシステムアーキテクチャ**  
ここでは、授業設計を動的に支援するために適したシステム構成について議論する。まずこの動的支援のためのシステム構成として求められる特徴は以下のとおりである。

- 柔軟な授業設計プロセスを支援するために、システムの流れの不規則な変化に対応するのが容易であること
- 支援すべき観点が変化した場合に、柔軟な対応を実現することが容易であること

これらの特徴を満たすためには、システムのモジュール性を高めることが効果的である。そのことから、本研究では Multi-Agent Architecture を適用した。一方で、Multi-Agent Architecture では一般的により細かく Agent を用意すると Agent 間の通信が多くなり、実行効率が低くなる点も考慮することが必要である。我々は、FIMA に求められる機能とこれらの点を考慮した上で図 1 に示すように FIMA の Agent 構成を決定した。

#### 3.2 FIMA の構成

FIMA は、FIPA(Foundation for Intelligent Physical Agents) に基づいている代表的なプラットフォームの 1 つである JADE(Java Agent Development Framework) によって実装されている。FIMA で利用されるデータの中でユーザが設計中の学習指導案データだけは、全 Agent から参照可能である。その他のデータは、それぞれのデータを処理する役割を持つ Agent のみが参照できる。以下で各 Agent の機能について述べる。

UI Agent は、GUI を有しユーザである教師と FIMA を接続する役割を持つ。ユーザは、UI Agent を通して様々な入力

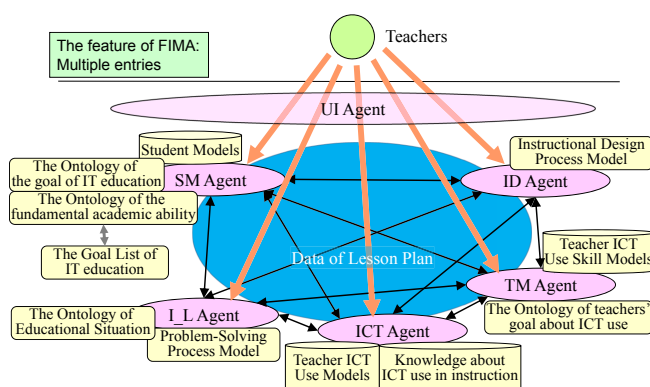


図 1: FIMA の Agent 構成

をし、FIMA からユーザへのメッセージは UI Agent を通して表示される。そして、UI Agent は他 Agent の機能についての情報を有し、ユーザの入力や要求に応じて担当の Agent にその情報を送る。FIMA では、ユーザから支援の要求がない限り評価や支援情報などの提示はせずに、授業設計プロセスの制御のみを行うため入力された学習指導案データは ID Agent に送られる。これは、FIMA では教師が自ら考え改善していくことを期待しているためである。

ID Agent は、我々の提案した授業設計プロセスモデルを有し、ユーザの授業設計プロセスを制御する役割を持つ。ID Agent は、この授業設計プロセスモデルに基づいた授業設計をユーザに促すが、ユーザはいつでもそのプロセスから外れた設計をすることができる。その場合、ID Agent はユーザの要求に従ってその関連個所の授業設計を優先するようにプロセスを制御する。

I.L. Agent は、教授・学習活動の観点からユーザの授業設計を支援する役割を持つ。そのために、教育状況を記述するための構造を定義したオントロジーと実践力育成において重視される課題解決のプロセスモデルを有する。ユーザや他 Agent の要求に従って、教授・学習活動の例の提示や、学習環境や教育目標との関係から矛盾がないかを評価する。

SM Agent は、児童・生徒の教育目標の観点からユーザの授業設計を支援する役割を持つ。そのために、教育目標オントロジーと児童・生徒の学習者モデルを有する。ユーザや他 Agent の要求に従って、教育目標の構造の提示や学習者モデルに基づいて設定された教育目標が適切かどうかを評価する。

ICT Agent は、授業での ICT 活用の観点からユーザの授業設計を支援する役割を持つ。そのために、ICT の授業活用知識とユーザの授業での ICT 活用モデルを有する。ユーザや他 Agent の要求に従って、授業での適切な ICT 活用方法の提示や、教師によって設計された授業での ICT 活用が適切かどうかを評価する。

TM Agent は、ユーザの ICT 活用力の観点からユーザの授業設計を支援する役割を持つ。そのために、ICT 活用力オントロジーとユーザの ICT 活用力モデルを有する。ユーザや他 Agent の要求に従って、教師に求められる ICT 活用力の構造の提示や教師によって設計された授業が教師の ICT 活用力で可能かどうかを評価する。

## 4. FIMA による授業設計支援例

本章では、FIMA による教師の授業設計の動的支援の例と、その際の Agent 間コミュニケーションについて説明する。FIMA による支援例として、教師がコンピュータを活用した学習活動を前提とした小学校 3 年生の授業の設計について FIMA に支援を要求した場合を考える。以下にユーザと FIMA との対話と FIMA での Agent 間コミュニケーションを示す。

1. ユーザは学習活動でコンピュータを活用することを入力
2. UI Agent は ID Agent に入力内容を送信し、授業設計プロセスの制御を要求
3. ID Agent はユーザにコンピュータを活用する学習活動とそれに対する教授活動の決定を促す
4. UI Agent は児童がコンピュータを活用することが前提であることから、ICT Agent にユーザの要求を委託

5. ICT Agent は、過去のユーザの授業での ICT 活用モデルに基づいて、似た ICT 活用方法を複数抽出

例えば、児童のコンピュータ操作力自体を目的とした ICT 活用の経験が過去にあるので、情報収集活動を補助する目的でコンピュータを活用する方法を抽出するなど。

6. ICT Agent は、この決定内容に基づいて他 Agent へそれぞれの観点からの情報を要求

上記例では、LL Agent にこの活用方法に基づいた具体的な教授・学習活動例の提示を要求するなど、SM Agent、TM Agent にもそれぞれの観点からの情報を要求する。

7. ICT Agent は、これらの情報を統合してユーザに提供する

上記例では、学習活動として「ある課題を設定した上でコンピュータを活用した情報収集活動」、教育目標として「理解力と判断力の向上を重視（課題を理解し、収集した情報を理解し、さらに課題解決に必要な情報がどうかを判断する能力）、コンピュータ操作力の確認」、教授活動として「コンピュータ操作の補助と、情報の取捨選択への意識誘導」といった案を複数ユーザに提示。

## 5. FIMA の定性的評価

本章では、FIMA の操作性と機能性の観点から 2 人の現職教員を被験者に評価実験を行った結果について述べる。この被験者は著者の大学院に所属しており、著者が講義の中で情報教育や授業での ICT 活用について詳細に指導していた。よって、より良い情報教育や授業での ICT 活用について正しく理解していた。さらに、この講義の中で FIMA の支援なく通常の方法で実際に ICT を活用した情報教育の学習指導案の作成を経験していた。

評価実験では、この 2 人の現職教員に FIMA を使って情報教育の学習指導案を作成してもらった。その後、紙上での通常の学習指導案の作成と比較して、その操作性と機能性について意見を聞いた。FIMA の操作性については、「情報教育の目標リストや教育目標オントロジーの概念を選択できるのが便利だった」「1 つの画面ですべての授業内容を記述できるので設計しやすかった」など肯定的な意見もあったが、操作が複雑で慣れるのに時間がかかるといった課題も挙げられた。

また、FIMA の機能性については、「我々の状況に応じて適切な支援情報が得られるのでとても便利」「各学習活動において教育目標や ICT 活用の目的を明記することが必要なので、教授活動の意図を自然に深く考えることができた」「システムからの支援情報や評価が、考慮すべき様々な観点ごとに内容が分かれて提示されるのでわかりやすい」のように概ね好意的な意見を得ることができた。否定的な意見はなかったが、教育目標を達成するために適切な教授・学習活動の例も提示してほしい、といった新たな機能の要望があった。この評価実験は、FIMA の有効性についての評価としては十分ではないが、操作性と機能性の観点から現職教員から一定の評価を得ることができた。

## 6. おわりに

本稿では、教師の授業設計を様々な観点から動的に柔軟に支援する FIMA を提案した。このシステムの要求仕様は、現職教員との学校教育の情報化と現場の教師の問題点についての議論を通して決定した。FIMA の機能の重要な特徴は次の 3 つである。1) 教育の情報化の本質を概念化したオントロジーを構築し支援の基盤とする。2) 教師の柔軟な授業設計を促進する。3) 教師の現場での状況に応じて様々な観点からの授業設計の開始と支援を可能とする。

これらの要求を満たすために、FIMA は FIPA 仕様に従う Multi-Agent Architecture を適用した。FIMA のそれぞれの Agent は教師が考慮すべき 1 つの観点から授業設計を支援する機能を有している。この FIMA の Agent 構成は、システム開発の効率性と Agent 間の通信の過度な増加を招かないことを考慮した上で決定した。

現在我々は FIMA のプロトタイプシステムを開発中であり、FIMA による動的支援の例とその際の Agent 間コミュニケーションの例について示した。また、現職教員による操作性と機能性の観点から評価した実験の結果について述べた。

今後の課題は、教授・学習理論の研究との連携など新たな機能を検討して FIMA の実用可能な新しいバージョンを開発するつもりである。そしてシステムの有効性を評価する実験をしていきたい。

## 参考文献

- [Gagne 1974] Gagne, R.M. and Briggs, L.J.: Principles of Instructional Design, Holt, Rinehart and Winston, New York, 1974.
- [火曜の会 2001] 火曜の会: 情報教育の目標リスト, <http://www.kayoo.org/home/project/list.html>
- [Kasai 2003] Kasai, T., Yamaguchi, Mizoguchi, R.: An Ontological Approach for Supporting the Instructional Design Process of Information Education, In Proceedings of the 11th International Conference on Artificial Intelligence in Education (AIED2003), pp.437-439, 2003.
- [笠井 2007] 笠井俊信, 山口晴久, 永野和男, 溝口理一郎: オントロジーを基盤としたメタデータ記述による課題解決力育成を目的とした学習指導案検索支援, 日本教育工学会論文誌, Vol.31, No.3, pp.337-348, 2007.