

論 文 要 旨 (課 程 博 士)
(和 文)

東京工芸大学

学籍番号	2085001	氏 名	古池 謙人
論文題目	情報構造指向アプローチに基づく知的学習支援システムの汎化を指向した 多角的発展に関する研究		

(2 0 0 0 字 程 度)

近年、集団教育が主流化する教授者不足のなかで適応的な個別指導を実現する一つのアプローチが約半世紀の間に発展してきた。それは、計算機による知的な学習環境、すなわち知的学習支援システム (Intelligent Tutoring System: ITS) の実現である。

ITS において、学習活動の前提となるモデルを記述することは知的な振舞いを実現するうえで重要である。一般に ITS の主要な構成要素を担うモデルとしては、領域知識モデル、学習者モデル、教授モデルが挙げられる。特に、領域知識モデルは学習者の状態表現や教授内容の根幹を担うことから、ITS にとって必要不可欠な要素である。この領域知識モデルを設計する手法の一つに、情報構造指向アプローチがある。情報構造指向アプローチとは、システムが学習課題の文脈に沿った診断・推論・フィードバックを実施するために、学習課題に用いられる領域知識を計算機可読な状態で記述するモデル構築手法である。特に本論文では、このアプローチのうち領域知識を構成要素に分解し、その集合として規定するモデルを設計する方法を対象とする。


情報構造指向アプローチに基づいて開発された ITS では、対象領域に特化した領域知識モデルが活用される。これにより、ITS は対象領域の知識や特有の誤りに踏み込んだ適応的支援を網羅的設計することが可能になる。一方、このような ITS においては、領域知識モデルを対象領域に特化して作り込む必要があることから、対象領域の緻密な分析が必須となる。ゆえに、何を学ぶべきかが自明ではなく解も一意に規定しえないような対象領域に対しての開発が困難である。それに加えて、領域知識モデルを独立して再利用や拡張をするための知見が少ないことが、ITS1 つあたりの開発コストを高めている。情報構造指向アプローチに基づいて作られた領域知識モデルの独立性やモジュール性など、その汎用性を示唆する指摘もなされているが、実際に当該のモデルを再利用ないし他の教授モデルに適用するなどといった情報構造指向アプローチの汎用性を示した研究は見当たらない。よって、情報構造指向アプローチに基づく ITS の開発が汎化されているとはいわずらいのが現状である。

そこで、本論文では情報構造指向アプローチに基づく ITS の汎化を目的として、以下に述べる 3 つの課題を設定し、多角的な発展を試みた。それは、(1) 未知の対象領域に対する領域知識モデル構築法の実現、(2) 領域知識モデルの汎用的な再利用法の実現、(3) 領域知識モデルの高次化を伴う汎用的な拡張法の実現、である。

学籍番号	2085001	氏名	古池 謙人
論文要旨 (2000字) その2			
<p>本論文の構成は次のとおりである。I部では、上記に示した内容を1章にて序論、2章にて本論文の目的とアプローチとして述べた。II部では、1つ目の課題に対し、従来研究の対象領域と比較してより未知な対象領域、すなわち未成熟かつ複雑な対象領域を対象とした領域知識モデル構築法に関する知見を創出することを目的とした研究について述べた。具体的には、プログラミング領域を対象とし、3章で新たな教授モデルの研究、4章で問題解決過程モデルおよびそれに付随する領域知識モデルの研究、5章で学習者モデルの研究について述べた。これにより、情報構造指向アプローチに基づいた領域知識モデルをプログラミング領域で構築しうることを、一連の研究を通して確認し、未知領域において領域知識モデルを構築する方法の知見を示した。III部では、2つ目の課題に対し、既存の領域知識モデルを再利用可能かつドメイン独立な教授モデルを実現し、モデルの再利用および再利用可能なモデルについての知見を得ることを目的とした研究について述べた。具体的には、6章にて Learning-by-teaching を対象とした領域独立な教授モデルの研究、7章にてその教授モデルに対する感情的側面の支援可能性を検証する研究について述べた。よって、情報構造指向アプローチに基づく既存領域知識モデルを、感情的支援を含むかたちで他の教授モデルに再利用する方法に関する知見を一連の研究から示した。IV部では、3つ目の課題に対し、既存の領域知識モデルにおける学習対象の高次化を伴う拡張法に対する知見の創出を目的とした研究について述べた。具体的には、8章にて学習者のメタ認知活動を促すメタ認知駆動学習を支援するための領域知識を既存領域知識モデルに拡張する研究について述べた。これにより、情報構造指向アプローチに基づく既存領域知識モデルに対して高次化に伴う拡張を加える方法に関する知見を事例的に示した。V部では、9章にて本論文の貢献と限界についてまとめ、10章にて近年の関連研究を改めて踏まえながら、結論と今後の課題について述べた。</p> <p>このように本論文では、情報構造指向アプローチに基づく ITS の汎化を目的として多角的な発展を試みた。これらの成果によって、情報構造指向アプローチに基づく ITS が、プログラミング等のより未成熟かつ複雑な領域においても構築でき、構築した領域知識モデルが一定の情報を持っていれば他の教授活動に再利用可能であり、さらに状況に応じて領域知識モデルの複雑化だけでなく、高次化に伴う拡張・変更が可能であることを事例的に示すと同時に、これらを実現するための方法論に関する知見を示唆したといえる。</p>			
(2184字)			

論 文 要 旨 (課程博士)
(欧 文)

東京工芸大学

学籍番号	2085001	氏 名	古池 謙人
論文題目	<p style="text-align: center;">情報構造指向アプローチに基づく知的学習支援システムの汎化を指向した 多角的発展に関する研究</p> <p style="text-align: center;">(Multidirectional Development for Generalization of Intelligent Tutoring System Based on Information-structure-oriented Approach)</p>		
<p>(300 語程度)</p> <p>In Intelligent Tutoring Systems (ITSs), it is essential to describe the models that form the premise of learning activities for realizing intelligent behavior. In general, the main components of ITSs are domain models, learner models, and pedagogical models. In particular, the quality of the domain model determines the extent to which an ITS provides adaptive support. One of the ways to design domain models is the information-structure-oriented approach. This approach is a model-building method that describes the domain knowledge used in the learning task in a computer-readable way. With the domain model based on this approach, the system can perform diagnosis, inference, and feedback in the context of the learning task. In particular, this thesis focuses on this approach to designing a model in which domain knowledge is segmented into components and specified as a set of such components.</p> <p>In this thesis, we have developed three research directions to generalize ITS based on the information-structure-oriented approach. First, by building a domain model for programming learning, we provided insights into building domain models for relatively immature and complex learning domains. Second, by building a domain-independent pedagogical model for learning-by-teaching, we realized a reusable and domain-independent pedagogical model for existing domain models. We provided insights on how to reuse the model and which models can be reused. Third, by extending existing domain models and introducing metacognition-driven learning, we provided insights into directions for developing existing domain models according to changes in learning domains.</p> <p>From the above challenges, in domain models based on this approach, results indicated three insights. First, it can be constructed even in immature and complex domains such as programming. Second, it can be reused in other pedagogies if the constructed domain models have certain information. Finally, it can be extended and modified according to requirements to increase the complexity and the level of abstraction.</p> <p>(305 words)</p>			
		指導教授 氏名	<p style="text-align: center;">東本 崇仁</p> 

学位論文に含まれる文献一覧

申請者氏名 古池 謙人

本論文に含まれる自著（共著を含む）文献の題名	発表者名（全員）	公表の方法	公表の時期
プログラミングにおける構造的理解のための部品の段階的拡張手法の提案とそのシステムの開発	<u>古池謙人</u> , 東本崇仁	教育システム情報学会誌, Vol. 35, No. 2, pp. 215-220	2018年4月
Academic Emotions Affected by Robot Eye Color: An Investigation of Manipulability and Individual-Adaptability	<u>Koike, K.</u> , Tsuji, Y., Tomoto, T., Katagami, D., Obo, T., Ogai, Y., Sone, J., and Udagawa, Y.	International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 10, No. 4, pp. 410-418	2019年4月
プログラミングの構造的理解を指向した部品の段階的拡張手法の提案と支援システムの開発・評価	<u>古池謙人</u> , 東本崇仁, 堀口知也, 平嶋宗	教育システム情報学会誌, Vol. 36, No. 3, pp. 190-202	2019年7月
プログラミング学習における再利用性を指向した知識組織化のための知的支援: 機能・振舞い・構造の観点に基づく問題解決過程のモデル	<u>古池謙人</u> , 東本崇仁, 堀口知也, 平嶋宗	人工知能学会論文誌, Vol. 35, No. 5, pp. C-J82_1-17	2020年9月
Error-based Simulation と概念マップを用いたメタ認知駆動学習を促すシステムの開発と評価	<u>古池謙人</u> , 久世泰成, 東本崇仁	電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J104-D, No. 6, pp. 526-528	2021年2月
TAME: 誤りの可視化を重視した Teachable Agent の挙動制御手法	<u>古池謙人</u> , 樋村いづみ, 東本崇仁	電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J106-D, No. 2, in press	2023年2月
プログラミングの機能的階層構造の学習環境における習熟度を考慮した適応的フィードバック機能の評価	<u>古池謙人</u> , 藤島優希, 東本崇仁, 堀口知也, 平嶋宗	教育システム情報学会誌, Vol. 40, No. 3, in press	2023年7月

様式第2-4号

承 諾 書

2022年 12月 12日

東京工芸大学
学 長 殿

下記論文を 古池 謙人 氏が、東京工芸大学博士（工学）の学位申請論文の一部
に用いることを同意します。

論文題名：

プログラミングの機能的階層構造の学習環境における習熟度を考慮した適応的フィードバック機能の評価

学術雑誌名（巻・号・ページ）：

教育システム情報学会誌, Vol. 40, No. 3, (in press) (2022)

共著者（共同研究者）

藤島優希



様式第2-4号

承諾書

2022年12月10日

東京工芸大学
学長 殿

下記論文を古池 謙人 氏が、東京工芸大学博士（工学）の学位申請論文の一部に用いることを同意します。

論文題名：

TAME: 誤りの可視化を重視した Teachable Agent の挙動制御手法

学術雑誌名（巻・号・ページ）：

電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J106-D, No. 2, (in press), (2023)

共著者（共同研究者）

樋村 いがけ



様式第2・4号

承 諾 書

2022年 9月 2日

東京工芸大学
学 長 殿

下記論文を 古池 謙人 氏が、東京工芸大学博士（工学）の学位申請論文の一部に用いることを同意します。

論文題名：

Error-based Simulation と概念マップを用いたメタ認知駆動学習を促すシステムの開発と評価

学術雑誌名（巻・号・ページ）：

電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J104-D, No. 6, pp. 526- 528, (2021)

共著者（共同研究者）

久世 泰成 

承 諾 書

2023 年 1 月 20 日

東京工芸大学
学 長 殿

下記論文を 古池 謙人 氏が、東京工芸大学博士（工学）の学位申請論文の一部に用いることを同意します。

1. 古池謙人, 東本崇仁, 堀口知也, 平嶋宗: プログラミングの構造的理解を指向した部品の段階的拡張手法の提案と支援システムの開発・評価, 教育システム情報学会誌, Vol. 36, No. 3, pp. 190-202, (2019).
2. 古池謙人, 東本崇仁, 堀口知也, 平嶋宗: プログラミング学習における再利用性を指向した知識組織化のための知的支援: 機能・振舞い・構造の視点に基づく問題解決過程のモデル, 人工知能学会論文誌, Vol. 35, No. 5, pp. C-J82_1-17, (2020)
3. 古池謙人, 藤島優希, 東本崇仁, 堀口知也, 平嶋宗: プログラミングの機能的階層構造の学習環境における習熟度を考慮した適応的フィードバック機能の評価, 教育システム情報学会誌, Vol. 40, No. 3, in press, (2023)

共著者（共同研究者）

平嶋 宗



承 諾 書

令和5年1月13日

東京工芸大学
学 長 殿

下記論文を古池 謙人 氏が、東京工芸大学博士（工学）の学位申請論文の一部に用いることを同意します。

1. 古池謙人, 東本崇仁, 堀口知也, 平嶋宗: プログラミングの構造的理解を指向した部品の段階的拡張手法の提案と支援システムの開発・評価, 教育システム情報学会誌, Vol. 36, No. 3, pp. 190-202, (2019).
2. 古池謙人, 東本崇仁, 堀口知也, 平嶋宗: プログラミング学習における再利用性を指向した知識組織化のための知的支援: 機能・振舞い・構造の観点に基づく問題解決過程のモデル, 人工知能学会論文誌, Vol. 35, No. 5, pp. C-J82_1-17, (2020)
3. 古池謙人, 藤島優希, 東本崇仁, 堀口知也, 平嶋宗: プログラミングの機能的階層構造の学習環境における習熟度を考慮した適応的フィードバック機能の評価, 教育システム情報学会誌, Vol. 40, No. 3, in press, (2023)

共著者（共同研究者）

堀 口 知 也 

様式第2-4号

承 諾 書

2022年 9 月 2日

東京工芸大学
学 長 殿

下記論文を 古池 謙人 氏が、東京工芸大学博士（工学）の学位申請論文の一部
に用いることを同意します。

論文題名：

Academic Emotions Affected by Robot Eye Color: An Investigation of Manipulability and
Individual-Adaptability

学術雑誌名（巻・号・ページ）：

International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 10, No. 4, pp. 410-418,
(2019)

共著者（共同研究者）

片上 大輔



承 諾 書

2022年 9 月 2 日

東京工芸大学
学 長 殿

下記論文を 古池 謙人 氏が、東京工芸大学博士（工学）の学位申請論文の一部
に用いることを同意します。

論文題名：

Academic Emotions Affected by Robot Eye Color: An Investigation of Manipulability and
Individual-Adaptability

学術雑誌名（巻・号・ページ）：

International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 10, No. 4, pp. 410-418,
(2019)

共著者（共同研究者）

大保武慶



様式第2-4号

承 諾 書

2022年 9 月 8 日

東京工芸大学
学 長 殿

下記論文を 古池 謙人 氏が、東京工芸大学博士（工学）の学位申請論文の一部
に用いることを同意します。

論文題名：

Academic Emotions Affected by Robot Eye Color: An Investigation of Manipulability and
Individual-Adaptability

学術雑誌名（巻・号・ページ）：

International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 10, No. 4, pp. 410-418,
(2019)

共著者（共同研究者）

大海 悠太



様式第2-4号

承 諾 書

2022年 9月 8日

東京工芸大学
学 長 殿

下記論文を 古池 謙人 氏が、東京工芸大学博士（工学）の学位申請論文の一部
に用いることを同意します。

論文題名：

Academic Emotions Affected by Robot Eye Color: An Investigation of Manipulability and
Individual-Adaptability

学術雑誌名（巻・号・ページ）：

International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 10, No. 4, pp. 410-418,
(2019)

共著者（共同研究者）

曾根 順治



様式第2-4号

承 諾 書

2022年 9月 9日

東京工芸大学
学 長 殿

下記論文を 古池 謙人 氏が、東京工芸大学博士（工学）の学位申請論文の一部
に用いることを同意します。

論文題名：

Academic Emotions Affected by Robot Eye Color: An Investigation of Manipulability and
Individual-Adaptability

学術雑誌名（巻・号・ページ）：

International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 10, No. 4, pp. 410-418,
(2019)

共著者（共同研究者）

古池 優也



様式第2-4号

承 諾 書

2022年 9月 13日

東京工芸大学
学 長 殿

下記論文を 古池 謙人 氏が、東京工芸大学博士（工学）の学位申請論文の一部
に用いることを同意します。

論文題名：

Academic Emotions Affected by Robot Eye Color: An Investigation of Manipulability and
Individual-Adaptability

学術雑誌名（巻・号・ページ）：

International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 10, No. 4, pp. 410-418,
(2019)

共著者（共同研究者）

宇田川 佳久



承 諾 書

2023 年 / 月 / 日

東京工芸大学
学 長 殿

下記論文を 古池 謙人 氏が、東京工芸大学博士（工学）の学位申請論文の一部に用いることを同意します。

1. 古池謙人, 東本崇仁: プログラミングにおける構造的理解のための部品の段階的拡張手法の提案とそのシステムの開発, 教育システム情報学会誌, Vol. 35, No. 2, pp. 215–220, (2018)
2. Koike, K., Tsuji, Y., Tomoto, T., Katagami, D., Obo, T., Ogai, Y., Sone, J., and Udagawa, Y.: Academic Emotions Affected by Robot Eye Color: An Investigation of Manipulability and Individual-Adaptability, International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 10, No. 4, pp. 410–418, (2019)
3. 古池謙人, 東本崇仁, 堀口知也, 平嶋宗: プログラミングの構造的理解を指向した部品の段階的拡張手法の提案と支援システムの開発・評価, 教育システム情報学会誌, Vol. 36, No. 3, pp. 190–202, (2019)
4. 古池謙人, 東本崇仁, 堀口知也, 平嶋宗: プログラミング学習における再利用性を指向した知識組織化のための知的支援: 機能・振舞い・構造の観点に基づく問題解決過程のモデル, 人工知能学会論文誌, Vol. 35, No. 5, pp. C-J82_1-17, (2020)
5. 古池謙人, 久世泰成, 東本崇仁: Error-based Simulation と概念マップを用いたメタ認知駆動学習を促すシステムの開発と評価, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J104-D, No. 6, pp. 526–528, (2021)
6. 古池謙人, 樋村いづみ, 東本崇仁: TAME: 誤りの可視化を重視した Teachable Agent の挙動制御手法, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J106-D, No. 2, in press, (2023)
7. 古池謙人, 藤島優希, 東本崇仁, 堀口知也, 平嶋宗: プログラミングの機能的階層構造の学習環境における習熟度を考慮した適応的フィードバック機能の評価, 教育システム情報学会誌, Vol. 40, No. 3, in press, (2023)

共著者（共同研究者）

東本崇仁

