

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月 1日現在

機関番号：12101

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2011～2012

課題番号：23800007

研究課題名（和文）MBR型IMC個別学習支援システムの開発

研究課題名（英文）Development of an Individual Learning Support System Based on a MBR Internal Model Control

研究代表者

臼坂 高司 (USUZAKA Takashi)

茨城大学・教育学部・講師

研究者番号：30610688

研究成果の概要（和文）：研究成果の概要（和文）：本研究では、システム理論（制御理論）的アプローチを用いることで、『教師-学習者』の関係を近似した学習環境を提供できる学習支援システムの構築を行った。システムの構築には、制御工学の分野において1980年代より研究されている内部モデル制御（IMC）を応用した。題材にはフローチャート学習を取り上げ、調査協力者は大学生59名である。シミュレーションの結果、開発したシステムの有効性が検証された。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to develop a learning support system that can provide a similar environment to an authentic teacher-learner relationship using a system theory (control theory) approach. Internal model control, which has been studied since the 1980s in control engineering, is used to develop systems for flow chart learning. Our system was developed using 59 university students' data. The effectiveness of our learning support system was examined for various simulation examples.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2011年度	500,000	150,000	650,000
2012年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,400,000	420,000	1,820,000

研究分野：教育システム

科研費の分科・細目：教育工学

キーワード：教育システム，学習支援，制御理論，データ駆動

1. 研究開始当初の背景

高度情報通信社会の発展に伴い、学習支援システム（例えば、eラーニングやモバイルラーニング）の研究・開発が盛んに行なわれている。今日のコンピュータ技術の導入や情

報通信技術の進歩は、遠隔学習や家庭学習において、様々な個別学習の方法を可能にしている。学習支援システムを採用するメリットは、時間、空間、距離を問わず、個人のペースで学習を進められる点にある。

しかし、意欲の低い学習者は学習離脱に陥りやすいことや、リアルタイムに教師側と交流が取れないため、最適な学習課題を提供できないといったデメリットがある。デメリットの一つである学習意欲を高く維持できない原因として、従来の学習支援システムを用いた学習方法が、実際に教師の存在する学習とは異なる特徴をもつことが挙げられる。

教師の存在する学習では、リアルタイムに教員は学習者に様々な問いかけをしながら、学習者の理解度・学習意欲などの情報から学習者をモデル化していると考えられる。さらにそのモデルを利用し、所望の到達度を達成できるように学習支援の度合いを調節していると予測される。

しかし、コンピュータでは予めプログラムされた（無機質な）反応しかできないため、学習者の意欲を低下させているものと考えられる。すなわち、学習者とシステムに内蔵された教師モデルの間に、適切な関係が実現されていない所に問題がある。

2. 研究の目的

本研究では教師と学習者で構成される関係に、システム理論（制御理論）的アプローチを導入することで、現実の『教師-学習者』の関係を近似した学習環境を提供できる学習支援システムの構築について研究を行う。

具体的には、学習者モデルを制御工学の分野において1980年代より研究されている内部モデル制御（IMC）系と対応させて、制御理論的な知見から学習支援システムを構築する。また、システムの予測にMemory-Based Reasoning（以下、MBR）を用いた学習者モデルを提案する。

3. 研究の方法

本研究では、学習者モデルと教師モデルか

ら構成される学習支援システム（図1）を開発した。

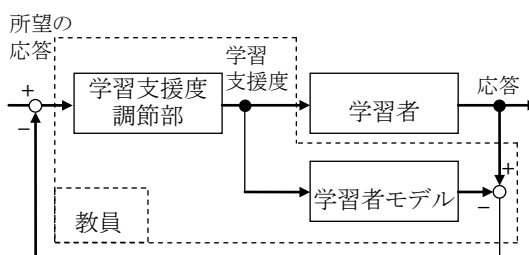


図1 教員-学習間のフィードバック系概要図

学習者はその時々状態により、理解度や学習意欲などが変化することが予測されるため一種の非線形システムと捉えられる。そこで、線形及び非線形のいずれの場合にも高い予測能力を発揮できるMBRを用いた学習者モデルを構築した。

また、教師モデルは学習者モデルの逆システムを用いることで構成する。最終的に、学習者モデルと教師モデルを統合し、IMC系を用いたシステムを構築した。

なお、本研究では大学生を対象としたフローチャート学習を題材として取り上げた。平成23年度は、システムの開発に必要な調査を実施して、学習者モデルの開発を行った。平成24年度は、システムの運用・評価を行うとともに、有効性と問題点について検討を行う。

(1) 学習者モデルの構築

学習者は、同じ難易度の問題を与えたからと言って、常に同じ反応を返すとは限らない。前回の学習材やその学習結果の影響を受けるかもしれない。すなわち、その時々学習者の状態によって、学習意欲や理解度が変化することが予測される（非線形性をもっている）。このような非線形性をもつ学習者を数式モデルで表現することは非常に困難であり、不可能に近いと思われる。

そこで、本研究では、学習者モデル及び教

師モデル構築のために、モデルを用いず、事例をそのままの形式で保持することで知識ベースを構築して推論を行う MBR を応用する。なお、先行研究において、他の手法（例えば、決定木やニューラルネットワーク）との比較実験によって、MBR が最も優秀な分類手法となる結果が報告されており、学習者モデルの構築には最適な手法であると考えられる。

学習者モデルを MBR に基づいて構築するとき、システムの入力と出力について、どのような項目を設定すればよいか検討する必要がある。本研究では、入力を①学習意欲の状態（学習者に対するアンケートの実施）、②学習者の理解度とし、出力を③学習材の難易度として設定した。①～③の詳細を以下に示す。

①学習意欲の状態

先行研究において、学習意欲を調査するための心理尺度が多数報告されており、これらを収集した。また、大学生に調査を実施し、参考データを得た。これらを整理し、学習意欲の状態を調査可能となる最適な質問項目を作成した。

②学習者の理解度

フローチャート学習における学習者のテスト得点を理解度とした。

③学習材の難易度

フローチャート学習の問題を整理し、基礎（レベル1）、標準（レベル2）、発展（レベル3）の各段階を設定した。

これらの入出力をもとに、学習者モデルを構築するが、予め予備調査を実施して MBR による推論を行う。そして、データベースには、過去の学習データとして、入力と出力のペアをベクトルの形で格納しておく。その上で、図2に示す手順で計算を行う。

【ステップ1】

現在の要求点（学習データ）とデータベースに予め格納されているデータとの距離を計算する。

【ステップ2】

距離の小さなデータを近傍としてデータベースから複数個選択する。

【ステップ3】

選択した近傍データを用いて 重み付き局所線形化法（LWA : Linearly Weighted verage）により、局所モデルとして学習者モデルを生成する。

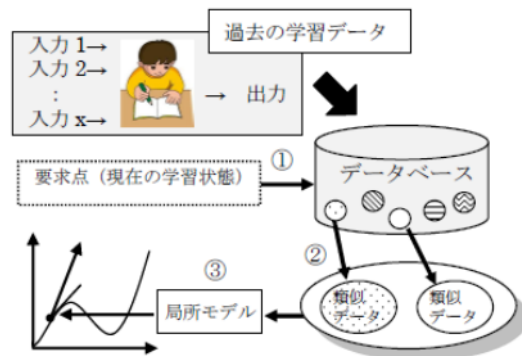


図2 MBR型アプローチの概要図

4. 研究成果

(1) 調査協力者及び設定題材

調査協力者は、某国立大学の大学生 59 名である。題材には、フローチャート学習を設定し、調査はコンピュータについての基礎的な知識と技術を習得する教養科目の授業で実施した。

(2) 説明変数の設定

①フローチャート問題

フローチャート練習問題集などを参考にテスト問題を作成した。学習材の難易度は、基礎・標準・発展の3段階を設定し、テストを3回実施した。

②学習意欲を調査するためのアンケート

質問項目は、調査協力者の負担を軽減するため、最小限に止める必要がある。そこで、本研究では「難易度」と「理解度」を問う2項目に加え、ARCSモデルを参考に、システムの開発に適切だと判断できる「注意（楽しさ）」と「満足度」を追加した合計4項目の学習意欲尺度を構成した。回答は5件法で尋ね、調査後に5～1の得点化を行った。

③説明変数の検証

学習材の難易度に対する学習意欲尺度とテスト得点の相関係数を示す（表1）。

表1 学習材の難易度に対する相関係数

変数	相関係数
テスト得点	-.772 **
満足度	-.692 **
理解度	-.789 **
難易度	-.798 **
注意（楽しさ）	-.638 **
挑戦度	-.731 **

** $p < .01$

表1より、学習材の難易度に対して、テスト得点、満足度、理解度、難易度、注意（楽しさ）の全てに十分な相関係数が見られ、システムの入出力に適切な変数であることが確認された。従って、これら全ての項目を採用する。

（3）システムの有効性検証

シミュレーションの結果

3回実施したテストの内、第1回から3回のデータを初期データベースに格納し、第4回のデータをクエリとして扱いシミュレーションを行った。

その結果、基礎、標準、発展問題において、満足度、理解度、難易度、注意ではわずかに、挑戦度と学習支援度は大きな振動が見られ

た。このことから、これらのパラメータ、特に挑戦度と学習支援度が個別学習に強く影響を与えていると考えられる。

従って、パラメータ（満足度、理解度、難易度、注意、挑戦度、学習支援度）を自動で調節できるシステムは有益であることが示された。

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1件）

- ① Takashi Usuzaka, Kento Tsutsumi, Toru Yamamoto, 『Development of an Individual Learning Support System Based on a Data-Driven Internal Model Control Approach』, Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference 2013, pp.112-117, 査読有, <http://www.editlib.org/p/48078/>

〔学会発表〕（計2件）

- ① Takashi Usuzaka, Kento Tsutsumi, Toru Yamamoto, 『Development of an Individual Learning Support System Based on a Data-Driven Internal Model Control Approach』, Society for Information Technology & Teacher Education, 2013.3.27, The Sheraton New Orleans Hotel (アメリカ)
- ② 堤健人, 白坂高司, 山本透, 『データ駆動型IMCアプローチに基づく個別学習における学習支援システムの構築』, 日本教育工学会研究会, 2012. 10. 27

6. 研究組織

(1) 研究代表者

白坂 高司 (USUZAKA TAKASHI)
茨城大学・教育学部・講師
研究者番号：30610688