

Center for Interdisciplinary Research on Constructive Learning Environment

CIRCLE (Center for Interdisciplinary Research on Constructive Learning Environment

(<http://www.pitt.edu/~circle>) は, ピッツバーグ大学およびカーネギー・メロン大学を拠点として 1998 年に設立された, 米国 National Science Foundation 出資 (Learning and Intelligent Systems (<http://www.ehr.nsf.gov/lis>)) の研究組織である。

CIRCLE の主たる研究目的は, 人間の個人教授と同程度の高い教育効果をもたらす学習環境の実現にある。人間による個人教授は, 教室での一斉指導と比較して, 2倍の教育効果があることが知られている。「ならば, それと同等の教育効果を有するソフトウェア (知的学習環境) を開発したい」というのが, CIRCLE 発足の動機であった。

CIRCLE の活動範囲は両拠点大学に限られず, 他大学, 企業および各種学校との連携が持たれている。研究組織のメンバー構成は, 次の通りである。大学のスタッフ(教授, Research Scientist, 助手等) 19人, 大学院生 (Ph.D.) 7人, プログラマー3人。研究代表者は, ピッツバーグ大学 Learning Research and Development Center の Kurt VanLehn 教授。これらのメンバーが, 9つのプロジェクトに分かれて研究を進めている。多くのプロジェクトはいわゆる境界領域にあり, その研究を一言で位置付けることは難しいが, 敢えて線を引けば, プロジェクトの半分は人工知能技術を応用した教育システムの開発を目的としている。残りの半分は, 人間の教育活動 (学習および教授) を認知科学的小および心理学的に分析している。以下に, 各プロジェクトの活動内容を簡単に紹介する。

- **Andes: 知的教育システム (物理)** – Bays ネットワークの学習者モデル応用に関する研究。問題解決を通じたニュートン力学の学習 (例題からの学習) という複雑なドメインでシステムが開発されている。
- **PAT: 知的教育システム (線型代数)** – PACT (Pittsburgh Area Cognitive Tutoring center (<http://act.psy.cmu.edu/ACT/awpt>)) と連携したプロジェクト。全米およびヨーロッパにおける 75 の学校 (中学校, 高等学校, および大学) において, 開発された教授システムの評価が進められている。
- **CATO: 知的教育システム (法廷弁論)** – 法廷弁論における CBR システムの開発と連携したプロジェクト。被告もしくは原告を弁護するための弁論を組上げるために, 過去の判定事例の引用のし方を教授するシステムの開発および評価が行われている。
- **Atlas: マルチモーダルな対話エージェント** – 自然言語処理技術を応用した対話エージェントの構築に関する研究。プロジェクトの初期段階で汎用の対話プランニング機構が開発された。現在, それを Andes に組み入れる作業が進められている。
- **DT Tutor: 教授戦略の意思決定分析手法** – Dynamic decision network を用いた教授戦略の最適化機構が実装されている。積分の学習をドメインにしてシステムの実装および評価が行われている。
- **PACT Geometry Tutor: 知的教育システム (幾何)** – 自分の言葉で説明をし直すこと (self-explanation) の教育的効果は, 古くから知られている。このプロジェクトでは, 自然言語理解の機構を実装することによ

り、学生の言葉で自分の回答を説明させる機能を実現した。

- **AdvGeo: 知的教育システム(幾何)** – 補助線の作図を必要とする定理証明を教授するための学習環境の構築に関する研究. 補助線の自動的な作図を伴った定理証明システムが開発されている. 現在は、それを用いた学習環境の開発が進められている.
- **学習の転移の解明** – 「統計的手法を用いたデータ分析」という学習ドメインにおいて、知識の転移を促進するような学習環境の解明を目的としている.
- **教授の効果の解明** – 「個人教授は、何故効果的なのか？」という疑問に答えるために、様々な実験が行われている. 例えば、「個人授教が効果的なのは、教師の生徒に対する適切な助言に起因するのではないか？」という極めて自明に思える事柄さえも、検証する実験が行われている.
- **学習中の視線の解明** – アイ・カメラにより記録された視線の動きと学習支援システムの学習記録を統合的に分析することにより、知的教育システムと学習者のコミュニケーションの幅を広げることを目的としている.

各プロジェクトはそれぞれ独自に研究が進められている. おおよそ 2 月に 1 度の割合で、プロジェクトの進捗報告のために、CIRCLE のメンバー全員による会合が開かれる.

CIRCLE の研究期間は 5 ヶ年である. 本稿を執筆している 2000 年 4 月 10 日現在、発足から 2 年と 3 ヶ月が経過しているに過ぎないので、研究成果を議論するには、多少、時期尚早ではあるが、下記の成果は紹介に値すると思われる.

- **PACT Geometry Tutor** に実装されている自然言語理解の機構は、学生の応答のおよそ 70% を正しく意味解析できることが、学習実験を通して確認された.
- **Atlas** の対話管理機構は、プロトタイプながら、**Andes** に組み込まれ、学習者との相互主導な対話が実現されていることが、予備的な学習実験で確認されている.
- **CATO** は、自然言語処理の機構は実装されていないが、教室での授業等比較して、学生の弁論の能力は大きく向上していることが確認された.
- 教授効果をの解明する実験において、「積極的に学生に知識を教えようとする教師による教授」と「一切何も教えずに、単に相槌を打つだけ(その通り、どうして？、へえ、等)の教師による教授による教授」とを比較した場合、いずれの条件においても、学習者は等しく学習することが観察された. この結果は、学生への **feedback** に関する研究に示唆を与える.

CIRCLE では、外部機関への情報提供も積極的に推進されている. 例えば、過去 2 年間に於いて、33 回のセミナーが開催されている. このセミナーでは、主に、世界各地から招請された研究者による講演が行われる. 詳細は、CIRCLE の Web ページをご覧ください. Web ページからは、各種の学習実験で得られた学習記録を download することもできるようになっている.

[松田 昇(ピッツバーグ大学)]