

e-learningにおけるLow-Level Interactionを用いた 学習者の行き詰まりの推定システムの開発

Development of Automatic Estimation Systems for Detection of Learners' Impasse Based on Low-Level Interactions in an E-learning Environment

堀口 祐樹 (Yuki Horiguchi) 指導：松居 辰則

1. 背景・目的

e-learningの効果的な利用のためにメンタリング機能の必要性が謳われている。メンタリングとは、指導者（メンター）が学習者の様子を観察し、その心理状態や知識の理解の状態を推定し、休憩の促進や、助言を行う事である。e-learningにおいては、学習者の知識の理解状態を推定し知識面で支援を自動化したITS (Intelligent Tutoring System) の研究が盛んに行われている。しかし学習者の心理状態までを考慮したメンタリングを自動化したシステム (IMS: Intelligent Mentoring System) は未だ実現されていない。そこで、本研究はIMSの基幹技術のひとつである“学習者の心理状態のリアルタイム推定”という課題に取り組んだ。心理状態の推定に用いる指標としてLLI (Low-Level Interaction) リソースに注目し、これに基づいた学習者の行き詰まりの推定を行う2つのシステム (シングルリソースモデル・マルチリソースモデル) を開発した。開発にあたり“特殊な装置や操作を必要としない”というコンセプトを重視した。

2. シングルリソースモデルの開発・検証

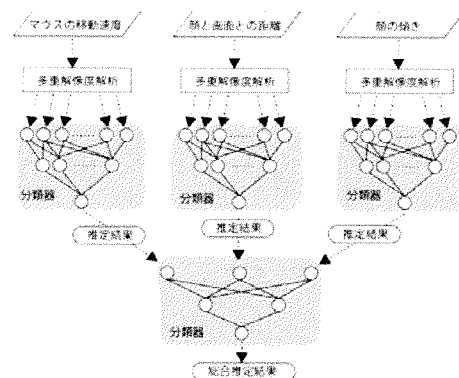
シングルリソースモデルの開発においては、マウスのLLI特徴を観察する予備実験を実施し、(1) マウスの移動速度と学習者の主観的な難易度に正の相関がある。(2) マウスの軌跡は文章を中心としたコンテンツと図表を中心としたコンテンツでは異なる、という結果を得た。この結果を基に、一定時区間 (τ 秒) におけるマウスの平均移動速度を特徴量とし、識別器としてt検定を用いて学習者の感じている難易度を推定するモデルを構築した。その結果、マウスを比較的多く動かす学習者に対しては、学習者の主観的な難易度と推定結果との順位相関係数0.780という良好な結果が得られた。一方で、マウスをあまり動かさない学習者に対しては有意な結果が得られず、LLIリソースの個人差への対応という課題が残った。

3. マルチリソースモデルの開発・検証

上記システムの課題をふまえ、複数のLLIリソースと学習者の心理状態の時系列データを取得するより詳細な予備実験を実施した。その結果、行き詰まりが発生している際には、(1) マウス移動速度信号の周期間隔と、(2) 顔の動かし方に大きな変化があることが確認された。

これらの関連ルールを基に、多重解像度解析により抽出した各LLIリソース特徴量をニューラルネットワークにより識別する行き詰まりの推定システムを構築した。これにより、3つのLLIリソース{マウスの移動速度、顔と画面との距離、顔の傾き}による行き詰まりの推定を可能とした。さらに、この3つの推定結果をニューラルネットワークにより評価することで、特定のLLIリソースに依存しない安定性の高いシステムを構築した。下図はその概念図である。

検証実験の結果、前モデルの弱点であったマウスを全く動かさない学習者に対しても、複数のLLIリソースの推定結果を補うことで、推定結果の時間的妥当性を示す $P(T)/P(E)$ の値 (行き詰まり時の適正推定：行き詰まり時以外の誤推定比率) において、平均3.45の推定精度を得た。また、マウスで文字をトレースする学習者に対しては、マウスLLIのみによる推定結果の $P(T)/P(E)$ 値が最大4.33を示すなど、良好な結果が確認された。



図：マルチリソースに基づく推定モデルの概念図

4. まとめ・今後の課題

本研究では、IMS実現へむけた複数のLLIリソースに基づく学習者の行き詰まりのリアルタイム推定システムを開発し、IMS実現への可能性を見出した。今後の課題として、推定システムの更なる精度の向上と、推定可能な心理状態の多様化、キーボード等のLLIリソースの拡大による対応コンテンツの拡充が挙げられる。