

論文の内容の要旨

| | |
|-----------|--------------------------------------|
| 論文題目 | テスト情報量と移動距離を最適化する モバイル・テストング・システム |
| 学位 申請者 | 宮澤 芳光 |

知識はそれ単体で存在するのではなく、状況に埋め込まれていると指摘されている。また、新しい知識の獲得はそれまでの経験に融和して行われる事が知られている。近年、状況に埋め込まれた学習を促進するため、多くの研究者がモバイル端末を用いた学習システムを提案してきた。例えば、公園や博物館といった歴史的建造物や展示物が点在しているフィールドにおいて、学習者は学習すべき対象がある場所まで移動し、その場所で観察や探索を通じた学習ができる。しかし、このような学習の評価手法は十分に議論されていない。このような学習に一致する効果的な評価手法は、同じく状況に埋め込まれているべきである。なぜなら、そうでない評価手法は、知識を再生するのみの評価になり、状況に埋め込まれた学習そのものを評価できないからである。これまでも、状況に埋め込まれた学習を評価してきた研究者はモバイル端末を用いたシステムを開発し、そのシステムが効果的である事を報告している。このような研究では妥当な評価のために受検者は多くの項目に解答する必要があるが、状況に応じて様々な場所に移動させられるために十分な項目数を解答する事ができない。従って、モバイル・テストングでは、効率的な項目出題戦略を用いる必要がある。

効率的な項目出題形式として適応型テスト (Computerized adaptive testing: CAT) が知られている。適応型テストとは、受検者の解答履歴から逐次的に知識状態を測定し、その知識状態に対して情報量が最大になる項目をアイテムバンクから選択する手法である。適応型テストは、受検者の知識状態の測定精度を向上させる事ができる。しかし、モバイル端末を用いて、状況に埋め込まれた評価のため、適応型テストが用いられた研究はこれまでにない。また、先行研究では、状況に埋め込まれた学習が評価されているかが十分に検証されていない。すなわち、受検者が持っている知識のみで解答し、状況の中で探索や観察を通して解答していないかもしれない。

そこで、本研究では、効率的な知識状態の測定のため、適応型テストを用いたモバイル・テスト・システムを提案する。さらに、状況に埋め込まれた学習が評価されているかを検証する。具体的には、アイマークレコーダにより、本システムを用いて受検者が探索や観察を通して項目に解答しているかを検証し、その有効性を示した。

次に、テスト情報量を最大化するのみでなく、移動距離の最小化が組み込まれた適応型テストを提案する。従来の適応型テストは、項目の出題順序によるフィールドでの移動距離の最適化を保障していない。すなわち、最も高い情報量を持つ項目が受験者の現在位置から遠い場所で出題される事が続く時は移動距離が増加するため、受験者は十分な項目数を解答する事ができない。そこで本研究では、テスト情報量と移動距離の最適化を組み込んだ適応型テストを提案する。具体的には、最適化問題の一つである Traveling Purchaser Problem (TPP) が組み込まれた適応型テストを提案する。TPPとは、Traveling Salesman Problemの一般化の一つである。店舗間の移動距離とそれぞれの店舗で売られている商品の価格は既知である。購入者は、購入すべき商品を購入した後、出発地点に戻ってくる。この最適化問題は、移動距離と商品の価格を同時に最小化するパスを探索するものである。本研究では、TPPにおいて定義されていた商品と店を項目と項目が出題される場所として置き換え、モバイル・テスト・システムでの最適なパスの探索を目的とする。すなわち、本研究では、制限時間内でテスト情報量最大化と移動距離最小化を同時に満たす項目を逐次的に選択する手法を提案し、モバイル・テスト・システムに実装し、その有効性を示す。具体的には、次に示すステップにより受験者の知識状態を測定する。まず、システムは受験者の知識状態の推定値に応じて各項目の情報量を求める。次に、項目の解答時間と移動時間が制限時間内であり、テスト情報量が最大かつ移動距離が最小のパスを探索する。受験者に出題する項目は探索されたパスから選択される。受験者は出題された項目に解答し、システムが解答履歴から知識状態の推定値を求める。テスト情報量は受験者の知識状態の推定値に応じて異なるため、テスト情報量の算出やパスの探索は逐次計算される。このステップは受験者の知識状態の推定値が収束するまで繰り返される。本手法は、線形計画法や整数計画法では実現できない。本研究で提案した手法は、フィールドでの移動プロセスを効率化し、受験者の能力測定精度を向上させる事ができる。実際に、本システムを受検者に利用してもらい、その有効性を示した。

最後に、本論文で得られた主な研究成果を総括し、本論文をまとめている。

論文審査の結果の要旨

学位申請者氏名 宮澤 芳光

審査委員主査 植野 真臣

委員 大須賀 昭彦

委員 栗原 聡

委員 田原 康之

委員 笠井 裕之

宮澤氏の学位論文では、状況に埋め込まれた学習の効率的な評価を目的とし、実際のフィールドにおいて展示物や歴史的建造物に対する観察や探索を通じた学習の効率的な評価のため、同じ状況の中でテスト理論の適応型テストを開発し報告している。

第1章では、状況に埋め込まれた学習の評価の重要性を述べている。また、受検者の知識状態の測定には十分な項目数を解答させる必要があるが、状況に埋め込まれた学習の評価はテストには多くの時間がかかってしまう点を挙げ、本論で扱う問題をまとめている。

第2章では、適応型テストを用いたモバイル・テスト・システムについて詳述する。本システムは、受検者の知識状態を効率的に測定するテスト機能と、歴史的建造物や展示物が設置された場所へ受検者を短時間で誘導するナビゲーション機能を持つ。本システムにより期待される利点は以下のとおりである。

1. 受検者の知識状態を効率的に測定できる。
2. 歴史的建造物や展示物が設置された場所へ受検者を短時間で誘導できる。
3. 状況に埋め込まれた学習そのものを評価することができる。

具体的には、フィールドにおいて観察や探索を通して受検者が項目に解答することができる。ここでは、受検者が観察や探索をしているかを検証するため、眼球運動計測装置を用いる。評価実験では、シミュレーションおよび被験者実験から上記の利点を検証し、本システムの有効性を示した。

第3章では、状況に埋め込まれた学習の評価に費やされる移動時間を短縮させるため、移動距離とテスト情報量の最適化を組み込んだ適応型テストを提案する。具体的には、Traveling Salesman Problem の一般化の一つであるTraveling Purchaser Problem (TPP) を組み込んだ適応型テストを提案する。TPP は、複数の商品が売られている店舗が点在するとき、商品の価格と移動距離が最小なパスを探索する最適化問題である。

本研究では、TPP において定義されている商品と店を項目と項目が出題される場所として置き換え、テスト情報量最大化と移動距離最小化を同時に満たす最適なルートの探索を目的とする。しかし、TPP では、購入すべき商品数を制約としているが、本研究では、テストの制限時間を制約とする必要がある。そこで、制限時間を制約としたTPP を提案し、この最適化問題を用いた適応型テストを提案している。本手法の利点は、フィールドでの移動プロセスを効率化し、受検者の能力測定精度の向上が期待されることである。シミュレーション実験及び実際の被験者実験により、先行研究と比較して能力測定精度が高いことを示している。

最後に、第4章において、本論文で得られた主な研究成果を総括し、本論文をまとめている。

よって、本論文は博士（工学）の学位請求論文として十分な価値を有するものと認める。