

A Large-Scale Evaluation of an Intelligent Discovery World: Smithtown

Valerie J. Shute & Robert Glaser

Interactive learning environments, 1990, 1, 51-77

★ はじめに

- ▶ 科学的探索
 - 仮説の生成、検証
 - 実験データの観察、記録、編成
 - 仮説の調整
 - 規則性と法則の推測
- ▶ 仮説の生成、検証における 2 つの問題
 - 規則性やパターンがわかっても、仮説として扱えない
 - 仮説がわかっても正しく検証できない

◇ 先行研究

- ▶ White & Horowitz (1987)
 - 科学的探索の促進
 - 次にやることをガイドする
 - = 実験者により用意された事例に基づく受動的推論な学習
- ▶ 実際の過程はより能動的
 - 変数の選択や事例のデザインなど
- ▶ 本研究における目的
 - もし、その使用が必要とされる状況下で効果的なスキルが明言され、訓練されるなら、そのスキルは教えられる、また、訓練できるのか
 - 探索スキルの教授により特定の事象の学習を起こせるか

★ SMITHTOWN

- ▶ 知的教授システム (intelligent tutoring system)
- ▶ 目標 1 法則発見においてより体系的、科学的にする補助
 - 要因操作をすることにより、帰納的な関係の知識を豊富にする
- ▶ 目標 2 ミクロ経済学における需要供給の知識を授ける
 - 需要供給の法則の学習を促進する

- ▶ 相互作用的プログラム
- ▶ 学生自らが仮説を立てる
 - コーヒーの価格の増加は **Cremora** の需要に影響するだろう
- ▶ 検証 = 実験
 - ベースラインデータの収集
 - ・ 均衡価格とそのときの需要量
 - コーヒーの価格を上げて、**Cremora** 市場の変数を観察
- ▶ 影響をグラフ化

- ▶ **Figure 1** 情報の流れ
- ▶ 問題解決スキルの指導
 - 学生の行動と良くない行動、および、最善の行動を比較する
 - その差から改善を指導する
- ▶ 経済学の指導
 - 学生の行った汎化(仮説)のインプットを既知の関係と比較
 - たてられた仮説が正しいかどうかをフィードバック

◇ Inductive Inquiry Skill

- ▶ 学習すべき探索スキル
 - 先行研究から良い探索行動をルールとしてコード化
- ▶ 学生が十分な行動をしていたら何もしない
 - 良くない行動を繰り返さない
 - それなりに経済概念を学習している
- ▶ うまくいっていないときは、介入して補助をする
 - コーチが画面上に表れてアドバイスをする

◇ Economic Concept

- ▶ 学習すべき経済概念
 - 経済学の教授と相談して決定

- ▶ **Smithtown** の手順
 - **Goods** メニューから市場を選択する (**Goods** 間にもいろいろな関係がある; **Figure 6a**)

- Planning メニューから関心のある変数を選択する (Figure 6b)
- town factor を変更する (Figure 6c)
- 予測をたてるかを決める
 - ・ たてない→Things To Do メニューへ
 - ・ たてる→予測をたてるためのウィンドウが現れる
- Things To Do メニュー = 実験の実行 (Figure 2?)
 - ・ 10 のオプション
 1. See market sales information
現在の市場情報を表示
 2. Computer adjust price
自動的に価格を均衡点に調整する
 3. Self adjust price
価格を学生が変化させる
 4. Make a notebook entry (Figure 2)
選択した値を自動的に書き込める
 5. Set up table (Figure 3)
メモ帳から表を作る
 6. Set up graph (Figure 4)
データをプロットできる
 7. Make a hypothesis
規則性や推論を生成する
4つのメニューから選択する
 - ・ Experimental frameworks
3つの実験枠組みの提供
 8. Change Good, Same Variable(s)
 9. Same Good, Change variable(s)
 10. Change Good, Change Variable(s)
- ▶ 3つの履歴ウィンドウ
 - 学生の行動
 - 市場の動向
 - 獲得した経済概念
- ▶ 仮説生成のための観察、情報収集中はコーチしない

★ EXPERIMENT 1: EXPLORATORY STUDY OF INDIVIDUAL DIFFERENCES AND LEARNING

▶ リサーチクエスチョン

- Smithtown との相互作用した人は通常のクラス授業と同じ位多くの経済概念を得るか？
- より学習できる人の特徴は何か？

◇ METHOD

◇ Subject

- ▶ 30名の学部生

◇ Procedure

- ▶ 10名ずつ3つのグループ
- ▶ プレテスト→
 - クラスでの授業: 2週間半の授業
 - ・ Smithtown と同一の材料、環境で
 - 学習なし: 2週間なにもなし
 - Smithtown: 個別に5時間 Smithtown で学習
 - ・ 3セット、2週間
- ▶ →ポストテスト

◇ RESULT

◇ Group Comparisons (Table 1, Figure 7a, 7b)

- ▶ テスト(pre/post)×グループの交互作用 ($F_{4,54} = 5.66; p < .001$)
 - Smithtown グループ = 授業グループ ($F_{2,26} = 0.36; p = .70$)
 - Smithtown & 授業グループ > 学習なし ($F_{2,26} = 16.86; p < .001$)

▶ 選択テスト

- Smithtown グループ = 授業グループ ($F_{1,27} = 1.63$)

▶ 単文回答テスト

- Smithtown グループ < 授業グループ? ($F_{1,27} = 34.94; p < .001$)
 - ・ 教示的な対処はより大きな効果を持つ

- ▶ Smithtown は少ない時間で、直接的な知識を与えないが、授業と同じ効果を持つ

◇ Analysis of Successful and Unsuccessful Learning Behaviors

- ▶ より成功した参加者の行動とは？
- ▶ 学習高群と低群 (Table 2)
- ▶ コンピュータの履歴とプロトコルから 3 つの指標カテゴリー (Appendix A)
 - 活動性レベル…余り違いはない
 - データ管理…それなりの違いがある
 - 思考と計画…最も違いがある
 - ・ 最も複雑な学習指標で効果的な実験行動を反映
- ▶ 違いが大きかったもの
 - 一般化: ある信念を異なる市場で試す
 - 実験の複雑さ: 1 つの市場(実験)をじっくり検討する
 - 体系的な変数の変化: 1 度に少数(1 つ)の変数を変化させる
 - 適切なデータ収集: 一般化の前に十分なデータを集める
 - 実験の計画: 計画的な実験を行う
 - 実験結果の予測: 実験結果の予測を行う
 - メモ帳への記入: 焦点にあったメモ帳への記入をより行う
- ▶ 過去の科学的訓練の関係: 関連なし

★ EXPERIMENT 2: LARGE SCALE STUDY OF LEARNER DIFFERENCES IN SMITHTOWN

- ▶ リサーチクエスチョン
 - 一般知能と学習結果の関係とは？
 - 実験 1 の結果の汎化

◇ Method

◇ Subjects

- ▶ 530 名の空軍新兵

◇ Procedure

- ▶ mission: 環境を操作して、できるだけ多くのマイクロ経済学の概念を学習する
 - 3.5 時間の学習
- ▶ 一般知能の指標: Armed Forces Qualification Test

◇ RESULT

◇ Cluster Analysis on Performance Indicators

- ▶ 学習指標のクラスター分析 (Figure 8)
 - 基本的活動 (Basic Activity)
 - ・ 非直接的な活動 (変数の変化)
 - ・ 直接的な活動 (実験中の活動)
 - データ管理 (Data Management)
 - ・ メモ帳の使用
 - ・ その他のツールの適用
 - 科学的行動 (Scientific Behaviors)
 - ・ データ駆動の探索
 - ・ 実験の計画
 - ・ 仮説駆動の探索

◇ Correlational and Regression Analyses

- ▶ 各クラスターの得点と学習された概念の数の相関 (Table 3)
 - 仮説駆動の探索と高い相関
 - ・ 全仮説数、仮説の前に十分なデータを集めた回数、発見が無関係の市場に汎化された回数、正しい仮説の割合、発見が関連する市場に汎化された回数
- ▶ 回帰分析
 - フルモデル (multiple R = .07)
- ▶ 変数減少法 (multiple R = .69; $F_{7,522} = 66.81, p < .001$)
- ▶ 主効果
 - 非直接的な活動
 - 直接的な活動
 - 実験の計画
 - 仮説駆動の探索
- ▶ 交互作用
 - 実験の計画×仮説駆動の探索
 - ・ 仮説駆動の探索 低→実験の計画に時間をかけた方が良い
 - ・ 仮説駆動の探索 高→実験の計画より実行が重要
 - 非直接的な活動×仮説駆動の探索
 - ・ 仮説駆動の探索 低→非直接的な活動から少量の利益を得る

- ・ 仮説駆動の探索 高→非直接的な活動は少ない方がよい
 - 直接的な活動×仮説駆動の探索
 - ・ 仮説駆動の探索 低→直接的な活動は学習に役立たない
 - ・ 仮説駆動の探索 高→科学的行動と一致した直接的な活動から利益を得る
 - これらの交互作用は全体の 4%しか説明できない
- ▶ 42%は仮説駆動の探索により説明される
- ▶ 一般知能はある程度学習結果に影響する ($r = .18, p < .01$)
 - 回帰分析に含めると説明寄与率は 1%以下
- ▶ 科学的行動の方が一般知能より学習を説明する
- ▶ 各クラスターと一般知能 (Table 4)
 - 一般知能が高いと
 - ・ 仮説駆動、データ駆動をともに用いた直接的、体系的な活動
 - ・ ゴールを保持しながら、データを収集
 - ・ ローカルな実験→スコープの拡大→仮説の洗練

◇ Cluster Analysis on Cases

- ▶ Smithtown の使い方のクラスター
 - 3つのハイレベルのクラスターのバランスから 5つにクラスター化 (Table 5)
 - グループにより異なる学習 ($F_{4,525} = 31.10, p < .001$)
 - ・ 高い科学的行動→多くの概念学習
 - ・ 基本的活動、データ管理に比重を置いた参加者が一番低い学習
 - グループ 3 はグループ 5 を除く他のグループより学習した
 - ・ 科学的行動が学習に重要
 - グループ 4 と 5 を比較
 - ・ “活動”をするときはゴールや仮説が必要

★ GENERAL DISCUSSION

- ▶ Smithtown は実際の授業と同程度の学習を起こした
- ▶ パフォーマンスの違いは仮説駆動的な行動による
- ▶ より学習した参加者はより良いヒューリスティックを利用していた
 - 1つの変数を操作する
 - 十分な証拠を集めてから結論へ至る

- 仮説を別の市場へ汎化しようとする
- ▶ **Greeno & Simon (1988), Klahr & Dunbar (1988)**
 - 最も良い方略はボトムアップとトップダウンの組み合わせ
- ▶ **本研究**
 - 成功 探索とデータの収集を同時に行い、汎化に役立てる
 - 未成功 データ駆動の探索に陥る
- ▶ **仮説駆動行動と一般知能の相関**
 - 一般知能が高い方が体系的で統制のとれた学習
 - 一般知能は学習結果をほとんど説明しない
 - 学習に重要な行動は訓練できる
- ▶ **複雑な環境の学習は 4 つの要因の交互作用で表現できる**

要因	Smithtown では
主題	ミクロ経済学
教示の環境	ガイド付きの発見環境
獲得が望まれる知識	経済概念と実験の方法の獲得
学習者のスタイル	自由
- ▶ より学習を望むなら、教示の環境をよりガイドされた物に
- ▶ より柔軟な物にするなら、ふさわしくない行動をした参加者へ質問の形でガイドする
 - 今回の結果を利用して、干渉の閾値を調整することができる
- ▶ **Smithtown** では科学的行動の支援がミクロ経済学の学習を引き起こした