

Discovery simulations and the assessment of intuitive knowledge

J. Swaak & T. de Jong

0. Abstract

本論文の目的

以下の4つの間の関係をより詳細に調べる

- ・発見シミュレーションの特性
- ・導き出された学習プロセス
- ・結果として生じる知識
- ・獲得された知識を測るために用いる手法

発見シミュレーション

- ・情報が豊か(rich)
- ・比較的低い透明性(transparency)を持つ
- ・学習者の積極的な関与を要求する

発見学習(discovery learning) 直感的な知識(intuitive knowledge)を導く

結論

- ・直感的な知識のテストによって、発見シミュレーションによる学習の結果を測定することが可能
- ・練習課題が最も明確にシミュレーションの教育的有効性に寄与した

1. Introduction

発見シミュレーションによる学習について

- ・発見シミュレーションの教育的効果
- ・学習者が発見環境との相互作用から何を獲得するか？

質的に異なる知識の獲得

発見環境下での学習 従来の教育

従来の教育

一連の知識の顕在的な転移
領域の分析的な観点，教えられた知識の再生に重点をおく

発見環境下での学習

発見環境(シミュレーション環境)によって喚起された学習プロセスは顕在的でなく，結果として得られた知識は顕在的でない性質を持つ。

Thomas & Hopper(1991)

- ・シミュレーションの効果は知識のテストで明らかにはできない
- ・シミュレーションは学習目標の直感的な理解を獲得する機会を学生に与える**体験するプログラム(experiencing programs)**として最も役立つ
 - ・なぜ，どのように，彼らは直感的理解が獲得されたと考えるのか？
 - ・どのようにして直感的理解を評価できるのか？

2. Features of discovery simulations

発見シミュレーションの構築：SMISLE, SimQuest

課題：物理(2つの粒子の衝突，調和振動，電気回路)

学習者の目的：シミュレートされた領域における変数間の関係の発見
(変数操作と結果の確認が可能)

情報が豊富な教育手段(instructional measures)

- Explanations
変数の意味または方程式を与える
- Assignments
生徒を助ける目的の練習課題(重要な現象を指示する)
“2つの変数間の関係について，それらを利用して調べることを求める”
“2つの変数間の関係を元にした状況を予測することを求める”
- Model progression
シミュレートされた領域は連続的な段階を伴っており，各段階で新たな変数が追加される．

シミュレーションの一般的特徴

- Richness
この種の学習環境では必要条件
 - 学習者が得る情報が多い
 - 学習者が情報を得る方法が幾つかある
情報は通常一つ以上の表現によって表示される．結果の動的な視覚的表示は一般的にアニメーションと数的な出力で示される(**perceptual richness**)．
- Low transparency
本などに比べて学習環境の透明性(transparency)が低い
発見環境が透明でなければならないほど，学習者は変数と関係の直接的な視点(**direct view**)がなくなるため，より情報は推論されることになる．
- Active interaction
学習者はコンピュータスクリーンからの情報に対して受身になるのではなく，意味のある学習になるような幾つかの試みが行われることが期待される．

3. Processes of discovery learning and intuitive knowledge

過去の発見学習の研究における知見

- 概念駆動アプローチ
事前知識が中心的な役割を果たす
- データ駆動アプローチ
環境(シミュレーションのインターフェース)の特徴が中心的な役割を果たす

Norman(1993)

経験的形式(experiential mode)	perceptual processing, pattern-driven or event-driven
内省的形式(reflective mode)	concepts, planning, reconsideration
rich, dynamic ... environments	experiential learning mode

Reber et al.(1980)

low salient complex task に対しては間接的な学習がベスト

発見は常に，action-driven, perception-driven と concept-driven の組み合わせで起こる．

特に，発見における action-driven, perception-driven は，直感的知識を導く．

直感的知識の性質

- ・知識の直感的特性は、知覚的にリッチで動的な状況において知識が使われた後にのみ獲得される。
- ・直感的知識は言語化することが難しい
- ・知覚が重要である
- ・結果の予測
- ・直感的特性を伴った知識の記憶におけるアクセスはこれを伴わない知識のアクセスとは異なる

4. The WHAT-IF test and the explicit knowledge test

直感的知識の分析

'quick perception of anticipated situations'

・Quick

項目への応答時間はどの概念的知識が直感的知識の特性を持つかを示す重要な指標である。
直感的な特性が知識を調節し、より効率的なアクセスに反映していると考えられている。

・Perception

項目の形式において、知覚は支配的であり、言語化する他の多くの伝統的なテストとは対照的である。
項目において、pictures は必要最小限の文字による情報を伴って使用される。

・Anticipated

直感的な知識に対して予測が重要である。

・Situations

項目は質問と可能な応答からなる。

質問部分：状況の記述は、その状況における変化とともに与えられる

応答部分：可能な予測された状況が与えられる

Fig. 1. WHAT-IF items format

被験者は正答だけでなく、より早い反応を求められた。

より早い正答は直感的知識を反映している

WHAT-IF tests の後に **definitional test** が実施された。

Definitional knowledge に対するテストは宣言的知識を調べる。

5. Methodology

目的：発見シミュレーションの教育効果を調べる

発見シミュレーションが直感的知識の獲得を促すか？

Table 2.

WHAT-IF format

予測

- ・直感的知識の獲得によって、正答率が上がり、反応時間が下がる
- ・より多くの教育手段(instructional measures)による発見シミュレーションは発見学習をよりよくサポートする。練習課題が直感的知識の獲得において正の効果を持つ。説明は高い顕在知識のスコアを示すが、WHAT-IF スコアは高くない。

Collision I, Oscillations I, II, Circuit I は与えられるサポートのタイプと量に関して比較された。

Collisions II は hypertext 環境と比較された。

6. The results of the studies

5つの実験で、WHAT-IF と definitional の pre-tests, post-tests が行われ、正答率と反応時間が計測さ

れた。

全ての条件で WHAT-IF の正答率が有意に増加した。
さらに、effect sizes に関して、Circuit I 以外で大幅に増加した。
Fig. 2.

反応時間は Oscillations I を除いた全ての条件で大きく変化した。
(Oscillations II ?)
Fig. 3.

Collisions II を除いた全ての条件で、WHAT-IF の正答率または時間変化のどちらかが definitional test における effect size よりも大きかった。
Fig. 4.

Oscillations I と II はチャンスレベル
Fig. 2.

Oscillations I : 振動に関してはほとんど知らない(物理学専攻の学生でない)
Oscillations II : 物理学専攻の学生を含んでおり、力学の入門過程を終えている
definitional test では 67%

Collisions II を除いた全てで WHAT-IF pre-test が definitional pre-test の点を下回っていた。

WHAT-IF post-test の正答率と反応時間の相関関係(Table 3.)

Circuit I, II でのみ正答率と反応時間の間のトレードオフが示された。
このトレードオフは、
より速い解答は不正解になる 反射的に答えたことを反映
より遅い解答が正解になる 深く考えられたことを反映
ことを示している。

トレードオフは直感的知識の概念と折り合いをつけることが難しい。
(この仮説における前提条件から)

潜時は課題が直感的な方法で答えられた範囲の基準として使用された。
より速い正答はより遅い正答よりも、より直感的知識を反映すると考えられる。

WHAT-IF テストが顕在知識以外の知識のタイプを測定できたか？

WHAT-IF の正答率と反応時間と
definitional knowledge tests と hypotheses lists の相関
(hypotheses lists : 被験者は与えられた変数間の関係を書くように求められた)
主な相関関係 Table 4.

全ての条件において、WHAT-IF テストが definitional tests と大きな相関がある。
しかし、0.75 以下の相関を持つ 2 つの尺度は交換可能であるとは扱われない。
Collision I と II : テストが十分に異なった構造を測定したのか？

Oscillations I と II において、WHAT-IF post-test の正答率は仮説リストのスコアと相関がある。
(有意ではない)
この低い相関は、テストが異なる構造を測定したことを示すかもしれない。
直感的知識は直接的に獲得されるという仮説と合致する。

(しかし、仮説リストのスコアの変動は低いためにこの結果が生じたのかも知れない)

WHAT-IF test とシミュレーションによる assignments , explanations そして実行数の結果より多くの練習課題(assignments)が実行されればされるほど ,WHAT-IF はより早い反応時間を示す .

7. Conclusion

結論 1 : WHAT-IF テストは発見シミュレーションによる学習の結果を測ることが可能である

結論 2 : 練習課題がもっともはっきりとシミュレーションの教育的効果に寄与する

教育的なサポートは rich, interactive, low transparent を高めることである