

Toward implementing and distributed scaffolding: helping students learning science from design

Journal of research in science teaching,42,2,pp185-217,2005

Sadhana.P and Kolodner,J,L

論文の内容

- ・デザイン活動に基づいた学習(Learning by Design)
 - 学習者がデザイン活動を行うことによって科学的概念を獲得
- ・実践を2回行い比較
 - 第1実践と第2実践
 - : 第2実践は第1実践の反省に基づく
- ・考察

1.はじめに

- ・デザイン活動
 - 「デザイン 評価 再デザイン . . .」のサイクルをする活動
- ・デザイン活動による学習への有効性
 - 学習者に活動の最中にフィードバックを与えることができる
 - : 正しい理解と誤った理解
 - 学習者に様々なスキルを用いる機会を与える
 - : 分析・統合・評価・修正
 - デザイン課題には多様な解がある
 - : 学習者同士がお互いの解について話し合うことができる
- ・LBD(Learning by design)プロジェクト
 - プロジェクトの目的
 - : 教師が Learning by design に基づいた授業を実行すること
 - : 学習者が学習内容と活動内容について理解すること
 - 学習分野: 物理学と地球科学
 - CBR(Case based reasoning)に基づいてさらに CBR は PBL(Problem based learning)に基づく
 - : PBL では、問題を解かせることによって学習者に学習をさせる
 - : 教師は Facilitator として、発表会と全体ディスカッションの運営、グループディスカッションの運営、生徒が情報を要約することを助ける
- ・初期のLBD(Learning by design)プロジェクト
 - 学習者に日常で役立つ昆虫ロボットのモデルを作成させた
 - : 学習者は昆虫の体のつくり、実用性、ロボットの機能、その機能のモデル化の仕方考えた

- 教材
 - : 足の動き方や結合の仕方を示したプリント
 - : 情報を共有できるホワイトボード
- ・デザイン活動における問題点
 - 学習者は問題を理解すること、実行すること、関連付けること、モデルの構築・評価・理解することに対して困難がある
 - 問題の特定、評価基準の設定、情報収集、多数の解の生成と選択などに支援が必要

2 . Scaffolding による学習支援

- ・ Scaffolding
 - 起源：社会構成主義モデル：知識のある人との相互作用によって学習が成立
 - 6 つの支援の型
 - 学習者の興味を補う
 - 課題の自由度を減らす
 - 目標を維持させる
 - 課題の重要な側面に焦点を当てさせる
 - フラストレーションの制御をする
 - 理想的な解法の提示する
 - 5 つの側面
 - 学習者と目標を共有すること
 - 学習者の途中段階の状態を理解すること
 - その場の状況に応じて適応的に支援すること
 - 言葉によってコミュニケーションをはかること
 - 学習が進むにつれて支援を少なくすること
- ・ Vygotsky による ZPD (Zone of Proximal Development)
 - ZPD：学習者の実際の発達レベルと潜在的な発達レベルの差
 - : 潜在的な発達レベル：教師によるガイドや協同したときの状態
 - 4 段階の Scaffolding
 - より熟達した人からの支援が必要な段階
 - Interpsychology のレベルから Intrapsychology のレベルへ移行
 - : 自分の学習に対して徐々に責任をもつようになる段階
 - 内面化・自動化の段階
 - : 学習スキルやプロセスが内面化していき、支援が必要でなくなる
 - スキルなどが自分のものとして定着する段階
- ・ Scaffolding の支援システム
 - EMIL
 - : 学習者はモデルを構築

- ： Building block がモデルの基礎的な部分を示す
- KIE
 - ： 証拠に関するヒントとメタ認知に関するヒントを示す
- Model-It
 - ： 支えとなるプロンプト 内省的なプロンプト 本質的なプロンプト

3 . 研究全体について

- ・ 研究目的
 - (1)Scaffolding をどのように行うか明確にする
 - (2)Scaffolding を与えるツールの使い方を明確にする
 - (3)Scaffolding による利点と欠点を明確にする
- ・ 学習者の活動
 - 学習内容
 - ： 海岸の浸食とその速度に関するメカニズムの理解
 - 浸食：水の流れが大地を削る現象
 - ： 要素：波、潮の流れる方向、流れの強さが浸食に及ぼす影響
 - 課題
 - ： Jekyll 島の浸食をどのようにして防ぐか考える
 - Jekyll 島は浸食の問題が深刻で堤防のようなものを作ったりして防いでいる
 - 活動内容
 - ： Stream table において石や砂を用いて水の流れを操作して、浸食を防ぐモデルを作成
 - デザインプロセスに基づいた学習をさせる
 - ： 4 つのプロセス

問題の理解	情報収集	解の生成	評価
-------	------	------	----

 - これらのプロセスは直線的ではない
 - ： 各プロセスの概要
 - 問題の理解
 - 下位課題について考える
 - 過去の経験を思い出す
 - 初期の解を考える
 - 情報収集
 - プリント・ビデオ・レーザーディスクから収集
 - 解の生成
 - 多数の解を生成
 - 評価の基準の生成
 - 最も妥当と考えられる解を選択

評価

- 解に基づいて実験して評価

科学的概念を正しく理解してデザインすればうまくいくし、正しく理解していないとうまくいかない

・授業デザイン

- Scaffolding に基づいて授業をデザイン

現場における Scaffolding に関する組織的な研究はない

- 2 段階の実践

研究 1：第 1 実践

- ：これまでの研究に基づいて授業をデザイン

- ：学習者が必要とする支援を特定

研究 2：第 2 実践

- ：これまでの研究と第 1 実践に基づいて授業をデザイン

- ：様々な支援をするツールの統合の仕方を検討

4 . 研究 1：第 1 実践

4.1 授業の概要

・学習者

- アトランタの郊外の中学 2 年生 4 クラス(27 人クラス×3、28 人クラス×1)

- 3 人から 4 人のグループを構成

・学習期間：3 週間

(1)第 1 週目

- 課題を提示される 問題を特定する 初期の解を生成する

- 実際に Jekyll 島に赴く

(2)第 2 週目

- 解を複数生成し、これらを 2 つか 3 つに絞る

(3)第 3 週目

- 基準に従って評価する 最終解を決定

4.2 支援ツール：デザイン日記

・デザイン活動の記録をする日記

・構成

- 各ページに各活動が割り振られている

- ：7 つのサブプロセス

- プロンプト(Table 1)と重要事項を記入するスペースがある

- モデルのいい例や悪い例が記載されている

・日記による機能

- 思いついた解の可視化とプロセスの記録

- ： 次の活動を示唆
 - ： メタ認知的活動のきっかけ
 - ： ヒントを与える媒介となる
 - ： 学習者に重要な決定をさせる
- ・ 使用時期
 - 活動前における使用：自分の考えをもとにグループ活動に参加させる
 - 活動後における使用：活動内容とその理由について内省

5. 第1実践の評価

- ・ 評価の概要

方法	日記分析		参与観察	
	評価対象	7つのサブプロセス	学習者の理解度	日記の使用状況

5.1 日記分析

- ・ 109の日記(授業後に収集)
 - ： そのうち12は除外(不完全なものであったり、分析において情報が十分でないから)

5.1.1 7つのサブプロセスの評価

(1)分析方法

- ・ 7つのサブプロセス(Table 1)
 - ： 4つのデザインプロセスのサブプロセス
 - ： 各ページを分析

- ・ 評価基準

- 0点：科学的な説明を全く含まない記述
- 1点：一般的であるが具体的でない科学的な説明を含む記述
- 2点：科学的な説明を含むがこれが深くない記述
- 3点：十分正当化された科学的な説明を含む記述

レベルは共通だが各フェイズにおいて、記述内容が異なる

- ・ 第1サブプロセス(Problem understanding)の評価基準(Table 2)

コーディングカテゴリー	点数	記述例
全く理解していないかあいまいな理解	0	やることはJekyllの問題で、今、これに取り組んでいる
問題の繰り返し	1	Jekyll島の浸食を防ぐこと
何らかの事項と関連付けている	2	北の砂が南へ流れるのを防げばよい
問題を強調した上で関連付けている	3	護岸が砂を北から南へ移動させることによる。また、人口の運河も問題を引き起こしている。

・解(Initial idea, Refined idea, Solution)に関する評価基準(Table 3)

コーディングカテゴリー	点数	記述例
無関係なアイデア	0	バキュームクリーナーで砂を取り除く
具体的でないアイデア	1	島の角に岩を置く
科学的なアイデアであるが具体的でない	2	川の流れを防ぐ岩を多く
科学的で具体的なアイデア	3	東の角に岩を置いて砂を集めて浸食によって破壊された海岸を作る。北の護岸が長い海岸の流れを引き起こす。北西の護岸が波の勢いを軽減する

(2)結果

- ・ほとんどの学習者が低い評価であった(評価のための基準選択を除く)
 - 「Problem understanding」から「Initial idea」まで 75%が低い評価(0 か 1)
 - : 学習者は知識を持っていないから当然である
 - 情報収集後(Initial idea の後)、微妙に変化がある
 - : Learning issue で 65%が低い評価
 - : Refined idea, Solution では 70%が低い評価
- 日記による Scaffolding による効果はなし

5.1.2 学習者の理解度の評価

(1)分析方法

- ・日記中の 3 段階の解を評価
 - 学習前の解(Initial idea) 情報収集後の解(Refined idea) 最終的な解(Solution)
 - ・Wilcoxon signed-rank test を用いる
 - ポジティブランク：得点上がる
 - ネガティブランク：得点が下がる
 - : ポジティブランクの例
 - 学習前の解(Initial idea) < 情報収集後の解(Refined idea)
 - 情報収集後の解(Refined idea) < 最終的な解(Solution)
 - 学習前の解(Initial idea) < 最終的な解(Solution)
- 分析した日記×3 のランクができる

(2)結果

- ・ランク全体について
 - 半分が変化なし
 - ポジティブランクよりネガティブランクの方が多い
 - ネガティブランクは学習前の解(Initial idea)から情報収集後の解(Refined idea)の比較に多い

- ・学習前の解(Initial idea)と 最終的な解(Solution)の比較

- ポジティブランク：11人
- 変化なし：65人
- ネガティブランク：22人

全体的には理解できたとはいいがたいが数人は理解できていた

5.2 参与観察による結果

5.2.1 日記の使用状況

- ・次の授業でやるべきことを考える

グループ活動には参加できるようになった

- ・デザインに失敗したときは日記に立ち返る学習者はほとんどいなかった

- 日記には失敗の原因などを考えるための情報が記してあるにもかかわらず使用者はほとんどなし

失敗の原因を科学的に考えようとしな

- その場の思いつきで再デザインをするか、教師がどうすべきか提案する
科学的な考えに基づいてデザインする機会を逃す

- ・その他

- ノートの内容から考え出された質問やアイデアがグループやクラスに繁殖されることがなかった

5.2.2 教師の支援

- ・各グループを回って指導

- ビデオ教材やインターネットを用いた

- ・クラス全体のディスカッションの時間はなかった

- ・学習者が重要な質問を挙げているときには教師がいなかった

- ・学習者の情報収集に困難があった

- 情報を逐語的に写す
- 非組織的であった

：興味を持たばデザインとは関連ない情報を調べることが多かった
教師が支援しなかった

- ・教師によるデザインと科学的な概念を結びつける支援がなかった

5.3 結果のまとめ

- ・日記を振り返ることがなかった

- ・デザインと科学的な概念を結びつけることができなかった

6 . 研究 2 : 第 2 実践

6.1 研究 1 からの改良点

- ・デザイン日記を改良

- プロンプトを追加(Table4)

- ：マクロなプロンプト：デザインのフェイズ全体について議論を促す
- ：ミクロなプロンプト：各フェイズについて議論を促す
- ：メタ認知的なプロンプト：メタ認知を促す
- 追加されたページ
 - ：デザインについてより深く考えさせるページ
 - ：デザインしたものについて予想するページ
 - 日記に振り返らせる
- ・ Pin-up Session
 - ポスターを作って発表をする
- ・ クラス全体のディスカッション
 - 教師の役割
 - ：前回の内容を振り返る時間をとる
 - ：その日の活動を示す
 - ：これまでの学習内容の要約
 - 学習者の内省と説明を促進し、質問、正当化、評価するスキルを与えることができる

6.2 授業の概要

- ・ 学習者
 - 中学 2 年生(同一の教師が担当)
- ・ 学習期間：5 週間
 - (1)第 1 週目
 - 課題を提示される 問題を特定する 初期の解を生成する
 - 全体ディスカッションをする
 - ：問題や初期の解について話し合う
 - 実際に Jekyll 島に赴く
 - (2)第 2 週目
 - 全体ディスカッション
 - ：実際 Jekyll 島でえたこと
 - ：課題について振り返る
 - 解を生成する
 - 本、インターネット、ビデオから情報を収集する
 - (3)第 3 週目
 - 実験を行う
 - ：デザインプロセスを繰り返す
 - 全体ディスカッションは毎日行われた
 - (4)第 4 週目
 - 解を 2 つか 3 つに絞る

(5)第 5 週目

- 最終解を決定して発表

7. 第 2 実践の評価

- ・すべて第 1 実践と同様の方法

7.1 日記分析

7.1.1 7つのサブプロセスの評価(Figure2)

- ・全体的に「2,3」の評価が研究 1 より増えていた
 - より科学的な知識と関連させていた

7.1.2 学習者の理解

- ・ランク
 - ポジティブランク 34
 - ネガティブランク 8
- ・情報収集後の解(Refined idea)から最終的な解(Solution)において変化がない
 - 情報収集後の解をそのまま最終的な解(Solution)として採用しているため

7.2 参与観察による結果

7.2.1 日記の使用状況

- ・教師が日記の使用について下記のように促した
 - 記入内容を振り返ること
 - 日記を更新すること
 - 記入内容をデザインするときに用いること
 - デザインがうまくいかないときに日記を見るようになった

7.2.2 教師の支援

- ・学習者に個々のフェイズではなく全体に焦点を当てさせた
- ・質問をした
 - 「なんでこのデザインでうまくいくと思ったの?」
 - 「どうやって浸食を防ぐの?」
 - 学習者たちも Pin-up session のときにこの種の質問をするようになった
- ・学習者が情報を結合するときに情報を明確にした

7.2.3 ディスカッションのタイミング

- ・Pin-up session
 - 初期のアイデアが生成された直後
 - アイデアが 2 つから 3 つに絞られた直後
- ・全体ディスカッション
 - ほぼ毎日
 - 教師が研究 1 に比べて熟達したためタイミングよく設けることができた

8. 研究1と研究2の比較

- ・ 3段階の解を比較
 - 学習前の解(Initial idea) 情報収集後の解(Refined idea) 最終的な解(Solution)
- ・ 結果(Table6)
 - Initial idea については同様の傾向
 - Refined idea・Solution については研究2のほうがパフォーマンスがよい
: 2点・3点と評価された学習者の割合が高い

9. 考察

- ・ 研究2ではより深く科学的に理解をしていた
 - デザイン日記にプロンプトを追加
 - : 探求のプロセスを関連付けさせた
 - : 評価基準、デザインの修正、新しい解法の追加を促進させた
 - Pin-up session や全体のディスカッションの場を追加
 - : 解を見直す機会を与えた
 - : 質問、正当化、説明する機会を与えた
 - : 状況や学習者のニーズによってダイナミックに行われた
- ・ 実験的に確認をしていないけれどもこれらのことが要因と言えるだろうか?
 - 各要素について詳細に検討することによって支持(Table 7)
 - : 何をいつどのように支援するか
- ・ ツールや活動の中に様々な型の支援を含めた
 - あるときに理解できなかったことが別の機会に理解できるように支援が含まれている
 - : 例: 日記のプロンプトを見ることを忘れた。しかし、Pin-up session の中で、教師や他の学習者がプロンプトについて説明してくれた
- ・ この研究では Scaffolding の本質的な側面を捉えることができなかった
 - 本質的な Scaffolding とは
 - : 特定の時間における進行中の会話に基づく
 - しかし、学習現場では困難
 - 現場における Scaffolding
 - : コミュニケーションの中で行うもの
 - : 様々な側面から行うもの
- ・ Fading(支援を徐々になくしていくこと)
 - 個に応じて行うことができた
- ・ 教師の役割
 - 学習者に理解している部分と理解していない部分を明らかにさせる
 - 会話をする状況を創造
- ・ Peer 学習が理解の共有を促進した

10. 結論

- ・ 2つの実践の比較を行った
 - デザインプロセスの授業への導入の仕方を明確にした
 - Scaffolding は現場においても適応できること
 - ：アーティファクト、情報資源、環境との相互作用によって実現
 - 様々な型の支援が有益である
- ・ 今後の課題
 - 様々な型の支援をどのように個に応じて適応していくか?