

## 要約

この論文は、コンピュータを用いて理科学習において生徒に科学的な活動をさせるものである。以下の流れで展開する

- (1)理科教育における改革 理科学習を科学活動の場とする
- (2)コンピュータを用いる
- (3)デザイン原則
- (4)実践結果
- (5)結論

### 1. はじめに

- (1)理科教育改革における一連の焦点：よりあいまいな科学を授業に導入すること
- (2)教育改革者によると

生徒が典型的な科学よりも、より厳格な科学を学習することの必要性

- ・学習活動の場により科学的な訓練を持ち込む

学習セットの構築

：生徒が追究すべき疑問が持てる

：この疑問に対して調査を計画して実行できる

：自分や他人の結果を解釈してコミュニケーションができる

- (3)筆者らの見解

生徒が調査のプロセスと結果を関連付けることの支援の必要性

結果とは理論、モデル、説明のことを示す

理科改革では生徒の内容理解に焦点を当てるけれどそれは間違い

科学の深い理解の発達

説明や評価を生成することと、科学的な説明の理解が必要

効果的な理科学習：科学的な枠組みの構造を用いる

科学的な枠組み：自然選択説、行動生態学

方略を調査に適合させる

・疑問をもつ、仮説を立てる、データを比較する、仮説を評価するなど  
科学的なプロセスの学習

特定の分野における一般的な方略をどのように学ぶか理解しなければならない

- ・厳格な科学の理解：科学分野の理論的枠組みは異なる調査を必要とすることに気づく

- ・このような学習環境を作るための2つの障害

・認知的な複雑さ：調査活動は方略と科学的認識論の理解が必要

・教室文化

・知識の伝達に焦点を当てている

・科学の認識は固定されていて変わらない

- (4)理科授業を科学的活動の場とするために

新しいカリキュラムとツールの開発

科学や科学の学習に対する生徒の態度を明らかにする

- ・2つのサポート

・科学の訓練に対する支援

・理科授業を科学的活動の場とする教室文化の創造

- (5)筆者らの提案する方略

新しいテクノロジーを授業に適用

学習の機会を拡張

・豊かな調査を与える

・スキャフォoldingを与える

### 2. 研究活動を支援する訓練アプローチ

#### ・理科学習における調査活動

- (1)重要なステップ：科学的な研究の視点を明確に表現

- (2)学習環境のデザイン

生徒が目的を構築する科学分野の側面を明確に表現できる

科学的な活動を教室へ統合するその仕方への配慮

生徒が与えられた実験をマニュアル通りに行う理科授業からの脱出できる

生徒が自分で疑問を見つけ、実験的な調査を構築する理科授業

生徒が科学的な活動そのものについて理解できる

生徒に経験させたい中心的認知的で社会的な訓練となる議論がある

### (3)科学的な知識の構築は複雑な障害

認知的な要因

認知的な分析

- ・自然現象に意味をもたせることと、仮説と実験データを結びつける推論メカニズムの特徴化をめざす

社会的な要因

仮説や実験結果の選択はペアによるコミュニケーション、討論、交渉の結果

### (4)科学は分野によって区別される

- ・科学はいろいろなレベルで区別される(疑問の枠組み、標準的な知識)
- ・方法によっても異なる

例：分子生物学は実験によって理論を構築

進化論は観察とモデルテストを行う

### (5)現在、正しいとされている科学の分野は理科教育に対していくつかの意味を持つ

初期のデータと交渉し、新しい現象に対して説明を構築するためにいくつかの認知的、社会的で具体的な道具を用いる

理科授業は学習者がアイデアを表現、保持すること、行動、コミュニティとしての解釈と交渉する社会的文脈を含む必要がある。

分野によって異なる特別な訓練が理科学習における焦点となるべきである

## ・問題シナリオにおける理論の表現

### (1)BGuILE プロジェクト

理科教育で扱われていない調査活動を支持(technology-supported inquiry)

調査の特徴化(調査方法、調査と理論の発達の関係による) 観察調査を取り上げる

観察調査を行う学問：天文学、地球科学、生態学、進化論など

- ・条件を統制して実験ができない

従来の理科では科学的活動とは条件を統制して実験するものとしてきた

時間、位置、事象、物体、標本により比較し、変化、傾向、違いを見る

### (2)理論の表現

科学的な活動に含まれる

理論の統合

新しい現象を説明するために既存の理論に当てはめることによって支持されるデータを発展させること

観察調査においては有効

一般的な理論をいろいろな異なる例に当てはめて考えることができる

観察調査と理論の表現の目的は事例に基づいた学習へのアプローチへと導く

生徒はターゲットとなる科学理論、スキルの適用を必要とする複雑な調査を工夫することによって方略を見つける

### (3)調査目的と理論、方略の結合

生徒が訓練する特定の研究過程はその特定の分野を通して一般的な目的の議論を見た結果

一般的な科学の目的は中心となる方略へと導く

例：因果関係の説明は条件統制して実験することにより行われる

### (2)科学分野における理論的な枠組み

議論を必要とする原因・結果のタイプ

調査を計画する中で批判的

素人が知識やスキルを持っていない領域にありがち

### (3)生徒を支援する2つのタイプの関係

目的に関する議論と調査方略の結合

一般的な科学と特殊な分野のレベルの結合

\*表9にこのアプローチがまとめられている

上の段：一般的な科学

- ・目的：データのパターンを説明する因果関係のメカニズムを明らかにする

- ・方略：条件を統制して比較することが必要

下の段：特定の科学分野(自然選択説)

- ・目的：環境がどのように種を選ぶのか説明すること

- ・方略：環境要因、時間的な変化によって比較

ツール

- ・方略を明らかにする
- ・環境要因、時間変化によって比較できるツールを生徒に与える
  - ・独立要因の比較はデータ解析のキー要素
  - ・時間による環境要因の調査はこの分野では望ましく、効果的

(4)理論と方略を結びつけることは理科授業において内容と過程における目的のバランス  
バランスをとるのに生産的

調査を計画して進める中で常に内容のことをつかんでいるから  
)調査スキルの発達と同様に知識の獲得に対する支援はスキャフォールドを与えるソフト  
ウェアのデザインから教室における議論、活動、カリキュラムのデザインに拡張する

### ・授業を中心としたデザインパラダイム

ツールとカリキュラムのデザイン

- (1)個人レベルの認知だけでなく集団の場を考慮してデザインする。
- (2)ツールを媒介として教師と生徒の相互作用をさせるようにデザインする

### 3 . BGuILE technology-infused science curricula

(1)テーマ：種間競争(中学校)

ガラパゴス島の生態系における絶滅を通して、生態系、自然選択について学ぶ  
・種の相互作用、構造、機能の関係、自然選択に知識を当てはめ拡張

(2)4つの学習フェイス

フェイス A(10 時間)：調査の背景となる知識と動機を与える

- 一般的に地理や気候が生態系に与える影響を紹介
- ガラパゴス島について焦点を当てる
  - ・ブレインストーミングを行う
  - ・南の島の特徴を用いた地理に関するゲームを行う
  - ・どんな生物がいるのか調べる
    - ：背景に関するビデオを見る
    - ：ダーウィンやガラパゴス島について資料を読む

フェイス B(5 時間)：ガラパゴス島とその調べ方に焦点を当てる

特定の問題を提示し、生徒が生態系について一般的に学んだことと、調査における問

題を結び付ける

- ・ビデオによる紹介
    - ：ガラパゴス島、生態学の研究者の用いる方法について
  - ・仮説についてブレインストーミングを行う
  - ・ソフトウェアからのデータを元にミニ調査を行う
    - グラフ作成、データについて主張をバックアップする
- フェイス C(10 時間)：ガラパゴス島についてソフトウェアからデータを採集  
それらの鳥の進化に対する説明をする

島の環境特性と植物や動物に対する背景知識の関係を見つける  
データセットは鳥の物理的、集団の行動的特長を追跡したもの  
生徒はフィールドについての記録を読むことができる  
個々の鳥や集団の形態をデータから調査できる  
集団を比較

時間の変化による傾向と説明を補助する関係の特定

フェイス D(6 時間)：各ペアでレポートを用意して発表、議論する

ペアをつくり、自分たちの説明について議論する  
・重要な部分に注目して同意したところとしていないところを評価する

(2)その他の学習環境(表 9.3)

TB Lab：進化論：バクテリアがどのように抗生物質に対して抵抗をつけるか

- ・抗生物質がバクテリアに及ぼす影響

Animal Landload：行動生態学：動物の行動の多様性や類似性を例から調査

- ・ビデオを用いた分析ツールで観察したことや自分たちの解釈について、枠組みを抜き  
出したり、比較、注釈をつける

The Florida Panther：生存

- ・絶滅の危機のあるフロリダパンサーを救う計画について評価する
- ・ヒョウに関する背景知識をフィールドノートやデータから学ぶ

Explanation Constructor：表 9.3 の 4 つの環境を結合

- ・中間の段階では生徒が説明を構築するコンピュータに基づいたジャーナル
- ・生徒は生徒は主張を支持する調査環境から質問や下位の質問に基づいて説明を組織

- ・証拠を調査環境から支持する主張へ当てはめる

#### 4. デザイン原則

認知的な見習いと一般的な研究目的、理論、方略を関連付けるスキヤフォルディングを結合させる。

- ・ストラテジックツール

：生徒が、評価して、分析して、データを操作する方略を作れるようにデザイン

- ・ストラテジックアーティファクト

：生徒が、重要な概念的特性とモデルを表現するために創造する産物のデザイン

##### (1) 説明を目的とした構造的な調査

**生徒は概念的、epistemic な特徴を示す方略的アーティファクトを生成する**

epistemological な重みを運ぶ 2 つの基準に焦点を当てる

説明は因果関係のメカニズムを表現する

説明はデータを説明したり観察する

- ・生徒はなぜ、ある現象がおきるのかについて説明することを求められる
- ・説明はキーとなる理論が特定の状況や現象にどのように適用されるか表現する

BGuILE の単元

教師の役割

説明として初期の研究の枠組みを作る

生徒の最初の活動より先に、何がよい説明か、何が証拠かについて生徒のアイデアに

求められる議論について指導する

- ・この議論は、前に述べた 2 つの基準に基づく
  - ：特定の調査を紹介するとき、この 2 つの基準を再確認
  - ：生徒が当てはめるのを支援する。

一度枠組みが作られると生徒の研究に対する焦点を維持するためにソフトウェアのスキヤフォルドが説明と調査的な支持を統合する

各環境は生徒が問題の理解の説明的表現の構成を導くソフトウェアの要素を含む

説明的な流れは一人やペアによる評価活動におかれる研究を通して維持される

共同研究をする教師とともにデザインされたタイトルを使うと、これらの評価は生徒の一連の説明と証拠的な支持の適用に焦点を当てる

生徒の研究目的は特定の分野の枠組みと調査方略に基づく epistemic な注意に焦点を当てる

活動の終盤は公的なコミュニケーションと批判的な生徒による説明を形作る

グループによるもの

クラス全体によるもの

##### (2) 構造的な理論や方略をツールやアーティファクトに埋め込む

理論と方略の明確な表現

スキヤフォルディングのキーとなる側面

- ・素人のより熟練した議論を支援する中であいまいな知識をはっきりと表現すること
- 生徒の研究過程や、一般的で、epistemological な目的を導く方法の中で、特定の領域の理論や方略を表現する

##### ・特定の分野の理論的枠組みにおいて生徒の説明を組み立てるツール

Explanation-Constructor が生徒のコンピューターに基づいたジャーナルの構造の中で関連のある説明的理論を表現

- ・生徒でデータを見つけて Explanation-Constructor のなかで説明を行う
- ・生徒は疑問を見つけて議論をする
  - ：他の考えに対して取り入れたり、反論する
- ・生徒は説明するテキストを書いて、説明的な枠組みの原因となるキー要素を表現する
- 説明的なガイドに参照する

例：ガラパゴス鳥では自然選択に関する因果関係の要素を含む

：ガイドは生徒の調査活動をさらなる説明をするデータ集めに焦点を当てる

：これらの説明は、分離している説明を強調して、生徒が関連をもたせる支援を与える

Collins と Ferguson の epistemic な形態

特定な知識を構築する議論の方略と操作の表現

- ・特定の分野の概念的なスキヤフォルドに対する因果関係の一貫性の一般的な epistemological な基準(図 9.1)
- ・図 9.1 について
  - ：質問の概要、下位質問、説明：左上

：説明のガイド：右上

：選択された説明：右中央

：求められる証拠のミニチュアバージョン：左下

説明的なガイドが生徒が発見したことを分析するのにどのように支援するかを示す例

・議論によって説明のガイドを満たそうとする

：自然の特性に関するキーアイデアについて話し合う

物理的な特徴と構造、機能の関係

会話(p 281)：食べ物を自然の特徴としてあげてよいか

Evan：(説明を読む)環境が・・・を引き起こす

Janie：いいえ

Evan：はい。・・・に対して選ばれること

Janie：はい、しかし、・・・のようだ

Evan：何を食べるんだろう

Janie：・・・これらの特性の組織

Evan：食べ物で特徴がわかる

Franny:はい、その通り

Janie：いいえ、例えば、僕はステーキが好きだとして、そこにステーキがないとするよ。

そうしたら、他のものを食べに行くよ

Evan：もし、あなたが、野菜だけしか食べないとか、他の何かしか食べないとかで、肉を食べないとする。あなたは肉を食べに行かない。さて、これは・・・しだい。

Janie：君は馬鹿?

Evan：分かった、分かった。人のことは考えないようにしましょう。鳥について考えましょう。彼らは、くちばしに合った種しか食べないとして、もし、それがなくなったら生きられない。

Explanation-Constructor

顕著な修辞学的構造の議論を作る

ジャーナルの構造がもとめること

- ・生徒に疑問を表現すること
- ・疑問に対して予想すること

複数の説明が1つの疑問から想定される

明確な議論に対して証拠的な基礎を作る

生徒は調査環境から直接証拠を貼り付ける

自分の主張に関連付けることができる

議論の構造を作るという点において類似しているソフトウェア類似しているソフトウェアツール

CSIL(Scardamalia&Bereiter:1994)

Collaboratory-notebook(Edelson,Pea,Gomez:1996)

SenseMaker(Bell&Linn:2000)

・異なる点

：議論を導く特定の領域の構造の結合する点

：予想された調査環境とともに説明環境を硬く結びつける点

Explanation-Constructorの概念的、方略的組織

ストラテジックツール

ストラテジックアーティファクト

ツールの機能は生徒の次のことを促進するためにデザインされた

生徒が特定の領域の要素の説明を当てはめる

主張と証拠を結びつける

明確な疑問の回りの説明を組織する

・明確な特定の分野の調査方略を示してデータを評価・分析するツール

調査方略の表現

調査方略に対する支援

特定の分野の枠組みの中で一般的な目的を表現の支援

データを評価したり表示する方略ツールにおいて、分野における中心的な方略と生徒が発見した現象の側面に関する議論に焦点を当てるのを支援

メリット：ツールの中で重要な方略を作る

例：自然選択説の場合

- ・集団の中で生き残るための特徴を調べることが重要
- ：物理的特徴、行動的特徴をしらべる

：特徴の違いによる生存のパターンを見つける

データ収集：科学者が用いる方法を提示

2つの比較のタイプ

・ cross-sectional-comparison：異なる区画の集団の比較でどのように違うのか

・ longitudinal-comparison：時間による比較をする

：どのデータを評価してグラフ化するか決定する中で、生徒は研究目的や仮説に合った比較を考える

ソフトウェアを用いた調査：動物の集団の比較に関する研究（図 9.2(a)(b)）

最初のコラムで2つの比較を表示(最左)

・ cross-sectional-comparison：subgroup と呼ぶ

・ longitudinal-comparison：season と呼ぶ

次の部分(真中)

・ 一般的な比較の型から分析の仕方を特定

：生徒は方略的に考えるようガイドされる

：どの要素について調べたいか(メニューの中の physical-traits(最下)を選択)

：自分が成し遂げたい分析の方を表現しなければならない

4つのオプション

個々の違い：特徴に関する数値を調べる

関係：2つの変数の関係をプロット

分布：特徴の数値に関する分布図

数：カテゴリー化したデータ(オスの数とメスの数、雛の数と成鳥の数)

・ **生徒の epistemological な参加を示すツール**

生徒は理論、実験、データの区別ができない

Explanation-Constructor がそれを支援

例：Animal Landload におけるライオンの捕食

ビデオのライオンの行動から観察したこととそれに対する解釈を教師が引き出す

単純な質問が議論を引き起こす

・ 質問：ビデオの動物の行動がこそこそしているのかどうか

ツールやアーティファクトにおける方略や epistemological な参加の表現の目的

・ 生徒に上記の区別に焦点を当てさせる

・ 生産的な議論を引き出す

会話

Ms.C：ライオンはどんなことをしますか？(スクリーンを指して)

Anna：こそこそしている

Ms.C：こそこそ？意味が分からないよ

Anna：こそこそ。あたりにこそこそしてるんだよ。それは賢い

Beth：しかし、ほかの行動とは違う。こっそり近づくことじゃないの？

Anna：なんでも。すでにこそこそしているよ。

Ms.C：どうやって、こそこそしていることを調べるの？

Anna：どういう意味？

Ms.C：どのようにこそこそを記述しますか？

Beth：どういう行動をこそこそするというのかという意味ですか？

Ms.C：はい

Anna：草に隠れる。見えないようにしながら。それがこそこそです

Beth：はい。しかし、それはそっと歩くんだよ。こそこそということはいろいろな解釈がありそう。ライオンには当てはまらない。

Anna：その行動がこそこそしてるんだよ。

Beth：しかし、どういう行動なの？草の中をかがんでゆっくり歩くんだよ。そう、それがこっそり近づくこと。

・ **因果関係の説明やモデルを示す研究の産物に焦点を当てた調査**

調査による産物に焦点を当てる

調査による産物

初期のデザイン研究：生徒の理解を表す具体的な産物やアーティファクト

この研究の焦点：特定の科学分野における議論を振り返り、生徒が構築した知識の連結を表す方略的なアーティファクト

研究目的：生徒の説明やモデルの例証

例：生徒の Explanation-Constructor のジャーナルは、再確認すること

：疑問、説明、支援の構造化されたものを再び数える

：生徒が集めたデータで確認してないものを確認する

Animal-Landload を用いた調査

目的：動物の行動のモデル化

データ収集：ビデオを用いる(被食者と捕食者の関係)

- ・ビデオクリップに注釈をつけることから始める
- ・重要な行動に対してラベル付けをする(最終結果で、この場合は捕食者が被食者を捕らえる)
- ・いくつかの映像から行動の違いや類似を見る

例：隠れてゆっくり歩くという行為でも被食者であるキリンとバウファローでは違う

ソフトウェアの比較ツールが生徒が違いを見つけるのを支援

ビデオを用いた科学的な練習

- ・生データ(この場合はビデオ)
  - ：データの構造化
  - ：関連のある特徴の比較
  - ：説明的なモデルの構築

モデル化はディシジョン・ツリーの創造を含む(図 9.4)

- ・コンピュータを用いて分析した後、ディシジョン・ツリーをポスターサイズで作成してクラスの中で発表する
  - ：教師や他の生徒がモデルについての質問をする
  - ：教師は生物のエネルギーと消費について生徒に考えさせる質問をする
    - 質問例：もし、このノードが現れたら、捕食者はなぜ被食者を無視するのですか？
  - ：ディシジョン・ツリーは行動を予想するモデルを与える
- ・活動後、教師はサメに関するビデオを見せる
  - ：生徒はディシジョン・ツリーを用いて行動を予想する
  - ：新しい行動があれば、それを説明するようにディシジョン・ツリーを改良する

### (3)授業とテクノロジーによって支援された学習の統合

授業とテクノロジーによって支援される学習の統合

やり方と知り方を学習すること

- ・分野に関する知識とデータ分析のスキルを発達させることを含む

テクノロジーを用いたカリキュラム

- ・ソフトウェアを用いた教室の活動のデザイン
- ・生徒によって拡張されたコンピュータを用いない活動のデザイン
  - ：デザインの含む 2 つの要素

典型的な学校で行われるカリキュラムから活動を統合して採用すること  
この研究支援に一致する制約された調査のデザイン

### ・調査に必要なスキルや概念を紹介することによって統合される既存の学習

既存の学習活動を計画に基づいた単元に統合

BGuILE に先立つ活動の目的

生徒の概念的理解の獲得

調査を計画して実行するためのスキルの獲得させる

先の活動から BGuILE への一連のデザイン

領域知識とスキルの表現

プレコンセプションによる認知的障害の表現

目的が定められると既存のカリキュラムをデザインして調査へと導く活動の流れを構築

例：自然選択説において

集団における分布の変化に関する議論の重要性とともに、第 1 位の変数と構造・機能の関係に焦点を当てる  
これが 2 つの活動の統合に導く

：1 つ目の活動(変化に関する活動)

：生徒がクラスメイトの大腿骨の長さを測り、ヒストグラムを作る

：人によって違いがあることを認識するため

：集団の中の特徴の分布について表現し議論する中で熟達させるため

：2 つ目の活動(構造と機能に関する活動)

：日常の機能に挑戦させる

例：親指を縛って動けなくしてはさみを使ったり、ドアを開ける活動

：物理的特徴がどのように特定の機能を可能にするか認識させるため

：既存のカリキュラムからテクノロジーに基づいた学習へ移行する

：これらの活動を文脈に当てはめる

：追究する活動の調査を予想することによる

：これらの活動と授業での議論の関係を記述することによる

例：ガラパゴス鳥

：変化に関する活動でガラパゴス鳥の変化を調べる上で必要であるものを記述する

：構造と機能に関する活動

：集団の特徴の違いが個々の行動にどのように影響するかクラスで考える

#### ・ミニ調査(本調査の前に行う)による必要とされる方略の訓練する活動

調査に対する準備活動

(1)調査に対して必要なことを学習する

調査に従事することが重要

・調査を構成する本質的な特徴を捉える

：単純なデータセット(ミニ調査)やなじみのあるメディア(ペーパーに基づいた教材)

：重要な知識やスキルの組織の仕方を学ぶ

複雑な科学的 content、現象に対する数学的な表現

そのため、準備活動では、open-end な自然の調査を生徒に与える

例：ガラパゴス鳥の生存

ミニ調査：12種類の鳥のデータが与えられる

・データについて理解、パターンの理解が求められる

・ガラパゴス鳥の生存について調査していることを理解する

科学者の活動(データ収集の仕方)に関するビデオを見る

気づいたことを表やグラフにする

例：乾季は雨季より体重が軽い

：オスはメスより羽が長い

生徒はどのデータが生徒が知りたいことを示すのかは教示されない

(2)本格的な調査に入る前にデータに慣れさせる

(3)疑問をもつことを練習する

(4)同じデータから異なるパターンやストーリーに焦点を当てるアイデアを紹介

高校における準備活動：マリンイグアナ(イルカ?)に関する異なる活動

生徒は現象に対して、ガラパゴス鳥の調査と類似した説明を求められる

食料の獲得の仕方によって2種類あるのか説明を求められる

ガラパゴス鳥の調査のときと同じ型のデータ(ペーパー上)を与えられる

個々のイルカのデータ、地形と行動のデータを与えられる

データはガラパゴス鳥と同じ構造

教師の指導による活動が始まり生徒が活動の中間に対して統制と方向を得る

教師は生徒が下位の疑問や仮説を持ち、観察したことを関連付けることを支援して

調査を進める(データの分析、解釈の支援も行う)

生徒はグループで行う

この構造は教師に特定の方略の実行の仕方に関するモデル化をする機会を与える

異なる準備活動のデザイン：中学校と高校

中学生の活動はグラフに関して熟達していない生徒向け

高校：内容の学習を要求(理論から導いた原理を現象に当てはめる活動による)

#### (4)学習活動の構造におけるリフレクションの支援

リフレクション

・研究計画の再評価

・仮説の状態の評価

・発見したことの統合

・前に理解したことを再び考える

・必要に応じて再調査

リフレクションを支援する2つの方略

・ソフトウェアにおける調査活動中にリフレクションをさせるツール

・インターリーピング(白紙を差し込む?)議論による支援

#### ・リフレクションをさせるツールを各環境に統合

ソフトウェアを用いた調査におけるリフレクションの統合

・データの履歴

- ・生徒の集めたデータを自動的にデータ履歴に保存(図 9.5)
- 採集した時間、比較(タイトルで分かる)、背景知識も保存できる
- ・調査目的に応じて分類でき、あとで並び替えることもできる(図 9.6)

・生徒に対して

・重要なデータを引き出すのを簡単にする

- どのデータが説明に対して重要かわかるようにする

・自分の解釈を直接記録することを促される

- データの評価、データの扱い、解釈の統合と表現を支援する

#### ・グループやクラスにおける議論を調査活動に統合

調査における議論の統合

・議論：調査の進歩、方略、結果の比較に焦点を当てる

・調査中における批判：活動を工夫し、拡張する中で、これまでの進歩を評価する

- 他人の活動を評価する、尺度の正当化を促進される

例：被食者と捕食者の関係の調査

ビデオにおける動物のハンティングについて共同で特徴のラベル付けをする

ソフトウェア：生徒がハンティングについてコード化したものの類似点や異なる点を強調

グループによる共同

変化の生じ方と理由、ハンティングの過程の表現したものに対する疑問について考える

調査後の評価：説明を比較して、一致する説明を発達させる

- ・初期の議論において、良い説明の基準を作る
- ・最後の作った説明に対して自己評価をする
- ・グループ発表

・一致を構築する議論を行う

- 説明の共有

- 特定の領域の調査を幅広く一般化させる

例：生徒が進化論においてカラバゴス鳥とTBの問題が異なるかどうか考えることを求められる

・この2つの関係について考えることを求められる

ソフトウェアに基づいたアーティファクトの創造：教室での議論において重要

・アーティファクト：認知を表したもの

・自分のした解釈を表し、調査中に用いた方略を明らかにする

#### 5. BGuILE に基づく授業研究(結果)

(1)活動による産物の分析

多くのグループは合理的に良い正当化ができた

・説明、モデル化について

説明に基づいた証拠を詳しく述べることができた

例：披食と捕食

行動生態学者による質的な分析を写すディシジョンツリーを作成できた

グループによって多様なモデルができた

・ビデオのデータ分析やクラスでの議論により正当化できた

・行動に関するかすかに違う特徴の分析

高校の教科書に乗っていない内容まで発展させることができた

(2)中学・高校におけるガラバゴス鳥に関する進化の学習

自然選択説の観点から説明を表現できた

例：披食・捕食の単元

・データに基づいたグループごとに説明の多様性が見られた

たいていのグループが自然選択説における全ての因果関係の要素を含む説明を表現した

・環境による圧力の特定

・それが個々の生態に及ぼす影響

・生き残る種と死ぬ種の物理的特徴の違い

・この物理的特徴がどのようなメリットをもたらすか

Bishop と Anderson(1990)によるとこれらは困難 (BGuILE ではできた)

生徒の説明の推論的妥当性(生徒の説明がデータからの妥当な推論に基づいているか?)

・妥当な推論はより高度な課題になると少なくなる(Sandval : 2000)

例：より多くの生徒はデータから傾向がつかめる。しかし、生存に必要なものの説明が

できない

：説明に必要な要素を特定し、説明の中に取り入れることができるが最も良い説明をすることは困難

生徒の説明の一貫性に関する確かさ(例：推論的な妥当性)の測定(Sandval：2000)

・テキストの構造の分析(Trabasso,Secco&Breok:1984)に基づく

：ある関係を表現して中心的な関係に結びつけることができるかどうか測定

：この研究では証拠がない主張でさえ生徒の説明は一貫していた

生徒は因果関係を説明することは理解している

### (3)概念的・方略的理解の研究

集約的なタイプの問題(Animal-Landlord 上のライオンの捕食)(Smith&Reiser:1997)

・プレとポストテストを比較

・記述式の転移問題では、ポストテストでパフォーマンスが上がった

・ポストテストでは因果関係に関する記述が多かった

・行動生態学の理論の枠組みからの説明が多かった

ガラパゴス鳥の進化の学習(Sandval:1998)

・ポストテストで進化論的な説明が多かった

自然選択説(小規模のデータを用いて自然選択説における現象を説明)

・ポストテストでは根拠のない推論が少なくなった

一貫した説明をするために必要な一般的な考えを学んだことを意味する

(Sandval:1998)

### (4)調査過程の分析：事例研究による

教師との会話、グループでの会話、ソフトウェアとの相互作用を記録

・分析の焦点

：問題の理解

：方略的な決定

：説明的な理解

生徒の行動

・説明をするためにデータを見るようになる

・記録したばかりの説明を支持する証拠を探そうとする

・調査に必要な比較に焦点を当てる

・何を達成しようとしているのか、データから何を学ぶのかについて方略的な会話をする媒介となる(教師にとって)

方略的なツール：グループの自己モニタリングに対して役割を果たす(Sandval:1998)

・調査してきた過程を評価

：一連の説明、その完成度、それを指示する証拠、残った疑問

BGuILE における活動

・教師は生徒に、自分の考えを維持させ、証拠によって裏付けさせる

・教師は生徒に原因や効果がより明確になるように支援する

・教師は生徒が発見したことを理論的な枠組みに結合させることを支援する

(Tabak:1999,Tabak&Reiser:1997a)

・調査中の会話(都会の高校 p298-299)

：発見したことを維持して主張を裏付ける証拠を指摘している

：教師は生徒に主張に対して裏づけをさせようと促している

：教師が知らないふりをする。

生徒は情報を教師ではなく他に求める

：生徒が自分たちの理解を自然選択説に結びつける過程をしめしている

：教師は証拠や主張の基準を作る

Ms.Patric：幼い鳥が死ぬことをどうやって知るの?(クラス全体に)

どうやって調べるのか知りたいです。証拠がないから

Amalia：グラフから調べました。グラフには死んだ鳥が示してあり、大半が幼い鳥です。

Ms.Patric：分かりました。あなたはグラフから全ての死んだ鳥を調べたのですね。それで

は、死んだ鳥と生き残る鳥の比較はしましたか?

Amalia：はい。

Ms.Patric：それでは、鳥の体重を比較すると軽い鳥は死ぬことがわかりますか?

Amalia：はい。

Ms.Patric：その鳥はヒナなのか体重の軽い大人のとりかかりますか?

Amalia：はい。調べました。

Ms.Patric：どうやって?

Amalia : プロフィールを見ました

数分後

Ms.Patric : 何を選びますか？

Kevin : 多分、フクロウ。小さい動物はやられるから、大きい動物はフクロウを撃退できる

Ms.Patric : フクロウの戦い?これは、心の私たちが知らないことだと分かる?そして、フクロウとガラパゴス鳥が食べ物について争うかどうか知っているの？

student : はい。両方

Kevin : (クラス中)おおー！フクロウがガラパゴス鳥を食べる！。小さい鳥は食べられて戦うことができる鳥は生き残る。

Ms.Patric : なるほど。それは面白い考えですね。大きい鳥はフクロウからの攻撃に生き残ることができる。他に何かありませんか？

Lisa : 生き残る鳥は大人で、十分発達している。

Ms.Patric : 十分な発達ってどういう意味?アラン、あなたの考えは?

Allan : たぶん、いくらかの鳥はフクロウよりやせている。

Ms.Patric : たぶん、いくらかの鳥はフクロウよりやせている?これが自然選択の条件なの。つまり、どの要因が鳥を生き残らせたり、死んだりさせるの

Allan : はい。彼らの捕食・・・。いいえ。もし鳥が大きかったら、決してほとんどないということの意味するわけではないが、彼らが何もしなかったら、明らかに死ぬでしょう

Kevin : それはガラパゴス鳥だね。もし、交尾するときは雨季がおおかくて、雨がほとんど降らなかったら、彼らは交尾しない

Allan : おおー！おおー！

Ms.Patric : オスはここで巧みに扱うものを獲得する。交尾のことを忘れていた。彼らは雨季には交尾はしない

教師の役割

生徒の科学的な議論を構成

生徒の調査活動を指導

教師が用いる 2 つの教授方略

・ ソフトウェアのスキヤフォールドを補助

: ソフトウェアの中で表現された概念的な区別をつくる

: 生徒にデータによって考えを評価させる

: 説明をより詳しく表現させる

・ ソフトウェアによって支援できることを考える

: 生徒が調査過程を評価することを促進

: 生徒が研究計画を評価するのを支援

: データに基づいて仮説を立てたり、考えを維持することを促進する議論の基準を作る

## 6 . 結論

(1)一般的な科学の過程におけるレベルで教授とサポートを与えることは特定の分野・教授と支援に焦点を当てる必要がある

(2)このレベルのサポートを与えるツールとアーティファクトを与えるデザイン原則

(3)説明的な枠組みに対する焦点 誤った教育改革に対する最解決

(4)筆者らの視点

・ 科学の過程を教えること : 深く内容に従事(活動させること)

・ 調査活動を教えること : 理論に当てはめて分析をしてデータをつかむこと

(5)支援に対する領域特有の方略におけるもともと備わっているものの交換のデザインを考慮

(6)一般的なコンピュータによる支援のデザインの目的と特定分野における学習者への支援は一般原則である

(7)スプレッドシートのような幅広くいろいろな領域で使えるツールはアピールする点各分野には分野独特のツールがある

教育テクノロジーにおいて一般的に使用できるツール作成の動機付け

例 : 議論や知識を構築する共同研究のツール(Edelson et al.,1996;Scardamalia&Berreiter,1994;Sutheres,Weiner,Connelly,&Paolucci,1995)

・ 一般的なモデルツール幅広い行動にかかわる現象を捉えるため(Jackson et al.,1994;Resnick,1996;Stratford et al 1998)

・ 一般的な過程の支援、科学分野に共通する訓練の支援(Quintana et al.:1999)

(8)特定領域への支援 スキャフォールドが必要

- ・一般的なツールを超えた統合を可能にする

(9)Galapagos-Finches と Explanation-constructer の使用

- ・2つのツールの複雑な収集
- ・より一般的なものを目指しているわけではない

(10)一般的なツールと特定領域のツールではどちらが良いとはいえない

- ・両タイプに対する工夫が必要