

Learning From Cases and Questions: The Socratic Case-Based Teaching Architecture

Daniel C. Edelson: Learning From Cases and Questions: The Socratic Case-Based Teaching Architecture, The Journal of the Learning Sciences, Vol.5, No.4, pp.357-410 (1996).

事例に基づく教育アーキテクチャは、活発な学習の利点・事例からの学習を結びつける計算機学習環境にフレームワークを供給する。この事例に基づく教育システムは、学習者に興味を引くタスクを与えるタスク環境、生徒に自分の解法から学習する際に役立つ教育用の事例を提示する機会を待ち、タスク環境と学習者とのインタラクションを監視する storyteller、という2つの独立したコンポーネントを含む。ソクラテス的な事例に基づく教育において、制限のない、思考を刺激する質問による対話により、タスク環境は生徒を惹きつける。小学生に animal adaptation の教育を行うために設計されたシステム「CREANIMATE」の開発により、ソクラテス的な事例に基づく教育システムの実装における研究上の重要な問題点、対話管理、事例の特徴付け、事例提示のための想起方略を模索する機会が与えられる。CREANIMATE のテストはソクラテス的な事例に基づく教育アーキテクチャの実装としての本システムの強さと制限を例証する使用パターンを明らかにした。

(INTRODUCTION)

□ Case-Based Teaching architecture (以降「CBT architecture」) [Burke 1993; Edelson 1993; Schank 1991]

- 認知科学・教師の観察から理論構築
- 人工知能技術+マルチメディア技術による実装
- CREANIMATE の議論により CBT architecture を模索
 - Socratic CBT architecture : 思考を刺激する質問を使う (ソクラテスの発問?)

□ 本稿の構成

- 1・2 節 : CBT architecture および CREANIMATE の紹介
- 3・4 節 : システムのコンポーネント「タスク環境」「storyteller」の実装
- 5～7 節 : 他の学習科学における CBT architecture, 実験, 本研究の強み・制限・将来展望

1 CASE-BASED TEACHING ARCHITECTURE

□ 教育学的原理

1. 活発な学習 : 生徒の興味を引くことで動機と学習機会を与える
2. 事例からの学習 : 事例を与える (事例に基づく推論の重要性)

□ CBT システムの主要コンポーネント

- タスク環境 (task environment)
 - 生徒を活動に惹きつけ、動機を与える
 - 経験となる問題状況を提示
- storyteller
 - 生徒とタスク環境の相互作用を監視、事例提供の機会を伺う
 - 生徒の解法に基づき、過去の事例から役立つものを提示
 - storyteller 実装の要件 : 広範な事例をカバー・適切な事例提示のための特徴付け (indexing)
- 「CBT システムの構築は芸術であり科学だ」
 - 芸術 : 生徒の動機、挑戦、興味を引き出す
 - 科学 : 事例や物語による教育
 - 提示機会を認識する能力・正しい事例を認識する能力

1.1 Why Teach With Cases?

- 物語 (=事例) を使った教育・学習は自然に・無意識のうちに起こる
- 専門教育 (ビジネス・法律・薬剤等) には事例が使用される
 - case method [McNair 1954; Redlich 1914; Reed 1921]
 - case-based instruction [Williams 1992]
 - problem-based learning [Barrows 1986; Barrows, Tamblyn 1980]
- 事例に基づく推論 [Kolodner 1993; Riesbeck, Shank 1989; Schank 1982]
 - 現実の問題解決において人間は事例を使用 [Klein, Calderwood 1988; Kolodner 1991; Ross 1989]
 - 専門家は人間事例図書館 (case library) → 事例獲得による学習

1.2 Cases in Context

- 事例図書館の組織化・特徴付け
 - 状況に応じた適切な事例の再利用
- 生徒に適切な特徴付けをさせる方法
 - 事例獲得では状況 (circumstances) に注目 → 文脈による事例の蓄積

2 CREANIMATE: A CASE-BASED TEACHING SYSTEM

- 対象領域: 生物学 (科学の学習を面白いものにした)
- 3つの目標
 - (a) 生徒の相互作用を惹きつける
 - (b) animal adaptation の理解の基本となる概念的な関係の教育
 - (c) 生徒自身の事例図書館構築の支援

2.1 An Overview

- 対象領域: animal adaptation (動物の振る舞いと生存)
- 生徒が作る動物について計算機との対話
 - 既存の動物から生徒が動物を作成 (鼻の大きい犬・踊る熊)
 - この類のアプリケーション [Coderre 1988; Karakotsios 1992; Resnick 1991; Travers 1988]
- 思考を刺激する (thought-provoking) 質問による学習支援
 - システムの質問は生徒に変更をほのめかし, 新しい質問を引き起こす
 - 質問から生徒は修正を行い, 修正に対してシステムが質問を行う
 - 生徒自身の質問を引き起こす

例: 生徒が翼を持つ魚を作成

システム「その魚はどうやって翼を使うのか？」

生徒自身の質問

「他にどのような修正が必要か？」「飛ぶことでどう生存に役立つのか？」

- システムは野生の動物のビデオクリップを提示 (=事例)
- 質問に対する回答の提案, 類似性の例示, 驚くべき例外の提示
→ animal adaptation について事例に基づく推論能力の発達を支援

例: 大きい鼻を持つ蜂

システム「その大きい鼻は何に使うのか？」

生徒「蜂蜜を吸うことができる」

システム「うまくいくんちゃうかな? 象は水を吸うのに鼻を使う。ビデオがあるけど見る？」

2.2 Creanimate in Action

テスト：シカゴの公立校の生徒 23 名，うち 4 年生の女子生徒の記録を例示
CREANIMATE のインタフェース (→ Figure 1)

choosing an animal

リストから動物を選択→修正（「翼がある」「踊れる」等リストから選択）

生徒：翼を持つ猿

an incidental reminding

生徒が作る動物と類似した動物を示すビデオ（事例）

システム：翼をもつ哺乳類はいる。例えばオオコウモリは固い翼を持つ。こんな感じの見たいたい？

生徒：No

posing a question

システムは質問により反応

システム：その猿が翼を持つなら，何かの役に立つはず。どうして翼を？

So it can ...

何か提案して

生徒：敵から飛んで逃げることができる（テキスト入力）

example cases

知識ベースから「翼を持つ」のは「飛ぶ」理由と決定，ビデオを提示

（生徒の入力「飛んで逃げる」を無視し）

システム：いい考えだ。シロハラウミワシも飛ぶために翼を使う。見たい？

生徒：Yes

（ウミワシが魚を獲るビデオ）

...

システム：シロハラウミワシは飛ぶためだけに翼を使うのではない。例えば，クロハサミアジサシは飛ぶための翼を持つ。いいビデオあるけど見たい？

Yes

他のビデオは？

No

生徒：Yes

（アジサシがすくい上げるビデオ）

committing to an answer

翼をどう使うのか？の答えとなる例から ...

システム：じゃ，その猿は飛ぶための翼を持った。なぜ翼をつけたい？

飛ぶため

他の理由見せて

生徒：飛ぶため

システム：よし，その猿は飛ぶための翼を持つ。

a second question

システムは新たに質問「飛ぶために他に変更は必要？」

システム：飛ぶためには，動物は滞空できなければならない。その猿がどうやって滞空するのかについて話そう。翼があるだけでは不十分，他にも必要。他にどんな変更をしたいかな？

Give it ...

Make it ...

何か提案して

生徒：何か提案して

cases to provide suggestions

システムは生徒に答えるための知識がない，学習の機会と確信

大きい翼と中程度の大きさが滞空するのにうまくいく。猿は既に中程度の大きさ。スウェインソンノスリは大きい翼と中程度の大きさを滞空するのに使う。いいビデオがあるよ。見たい？

生徒：Yes

(スウェインソンノスリの狩りのビデオ)

...

システム：滞空するために猿に何を加えたい？

大きい翼

他の方法見せて

生徒：大きい翼

システム：よし、その猿は滞空するために大きい翼を使う。

□ similarity in case retrieval

猿が生存するために飛ぶことがどう役立つのか質問

システム：その猿が飛ぶ理由が見つかるか考えよう。理由は考えられる？

生徒：敵から逃げられる。

システム：それは理解できない。次の選択肢から挙げてみて。

生徒：捕食動物を避ける

システム：それはいい考えだ。猿は捕食動物を避けるために飛ぶ。他にも飛ばないが捕食動物を避ける動物がいる。カエルが一例。カエルは捕食動物を避けるために跳ねる。ビデオ見たい？
(「捕食動物を避けるために飛ぶ」例がないため、カエルの例を代替案に選択.)

システム：今考えられるのはこれで全部。他にも付け加えるか、他の動物に変えることはできるよ。

生徒：他に何かつけ加える

システム：どんな変更がしたい？

生徒：戦えるように

生徒の残りの回答：「何故飛ぶのか、どう飛ぶのか」→「仲間のために戦う、他の動物を蹴る」

・45 分の対話

・6 つの質問に回答，7 つのビデオを視聴

(多くの生徒は 2,3 の質問で他の動物に変更し，平均で 7.8 のビデオを視聴)

2.3 the status of CREANIMATE

□プロトタイプ of the latest version

- ・140 本，計 60 分のビデオクリップ
- ・身体的特徴・行動・振る舞いに関する 6 種類の質問
- ・200 種類以上の動物と 1000 以上の特徴の知識ベース
- ・NLP を内臓，生徒のテキスト入力を理解

3 THE TASK ENVIRONMENT

□4 つの尺度

1. 仮説の形成と探索の機会
 - 生徒自身の理解構築・改良の機会
 - 仮説の形成・表現・テスト・修正
2. 学習のための機会
 - 学習機会は「期待の失敗 (expectation failures)」の形成で得られる [Schank 1982]
3. 真実性 (?) (Authenticity)
 - 生徒の目標との相互作用
 - 実世界で遭遇・使用される方法と一致した知識・技術
4. 動機
 - 動物の作成：対象ユーザの年齢にあったタスク
 - 制限のない質問：事例からの学習機会提供に適合

3.1 The Creanimate Task Environment: Socratic Case-Based Teaching

□質問中心の対話

- SCHOLAR[Carbonell 1970a; Carbonell 1970b], WHY[Stevens,Collins 1977]
- 「ソクラテス的な (Socratic)」 CBT architecture
→ 思考を刺激する質問により仮説形成・探索を励ます

□ teaching with questions

- 説明 (質問と回答) → self-teaching(?) [Chi,Bassok,Lewis,Reimann,Glaser 1989]
- 説明的質問 (explanation questions) : 領域概念を結ぶ関係の表現 [Schank 1986]

□ explanation questions for animal adaptation

- 5種類の説明的質問カテゴリ
 - 1.WHY FEATURE? 特徴と行動の結びつけ「なぜチータは長い脚を持つ？」
 - 2.HOW ACTION?
行動の遂行に必要な特徴の探索「ワシは飛ぶために何を持つ？」
 - 3.WHY ACTION?
行動の遂行と生存の振る舞いの結びつけ「なぜメスのアリは穴を掘る？」
 - 4.HOW BEHAVIOR?
生存の振る舞いから行動を探索「チンパンジーはどうやってエサを手に入れる？」
 - 5.WHY BEHAVIOR?
振る舞いの理由「なぜクマは戦う？」
- 3つの概念カテゴリ「特徴」「行動」「振る舞い」の関係に相当
→ 本システムの特徴表現：5つの質問カテゴリ・3つの概念カテゴリ

3.2 The Dialogue Cycle

□ 11～12歳の子供17名, プログラムへの反応を確かめる実験 [1987]

- (a) 修正を求める学生
 - (b) その修正の質問を求める教授
 - (c) 教授に回答の提案か援助を求める学生
 - (d) 事例を提示する教授
- CREANIMATE のモデル

1. 説明的質問の投げかけ
「システム：いい考えだ。そのカエルが戦う理由はあるかな？」
2. 生徒ないし知識ベースから回答
「生徒：自分を守ることができる」
3. (利用可能なら) 例を提示
「システム：いい考えだ。ハチは敵と戦うことで身を守る。見たい？」
4. 生徒に回答の委託を許可
「システム：じゃ、そのカエルは自分を守るために戦う。今のももいいし、他の理由を探して後で決めてもいい。なぜそのカエルは戦う？」
自分を守るため
他の理由見せて
生徒：自分を守るため」

□ socratic dialogue manager (対話管理)

- animal adaptation に関する巨大な知識ベース
- 自然言語解析・生成

4 THE STORYTELLER: INDEXING AND REMINDING

□生徒のタスク環境上の学習を支援する想起 (reminding) プロセス

1. 事例図書館 (case library) の組織化
 - 事例の選択
 - 十分に広範な事例のカバー

2. タスク環境とのコミュニケーション
 - 生徒の行動監視→介入（事例提示）
3. 特徴付けスキーマ
 - 事例の関係を示すラベリング
4. 想起方略
 - 事例検索・提示アルゴリズム
 - タスク環境から状況入力→関連する事例出力
5. 事例提示

4.1 Reminding Strategies

- タスク環境上の学習機会のタイプに相当
 - 誤概念の収集・助言・警告・例示
- 想起タイプのカテゴリ（→ Table 1）
 - Exsample Reminders：議論上の問題の例を表示
 - Incidental Reminders：議論の焦点に関する事例の提示

Table 1: CREANIMATE の想起方略

Exsample Reminders	Incidental Reminders
Correct answer reminders	Similarity-based reminders
Unverifiable answer reminders	Expectation-violation reminders
Suggest answer reminders	

□ example reminders in CREANIMATE (本システムにとっての例＝教師の使う例)

- correct answer reminders：生徒が効果的な回答→指示する事例

システム：…何を作りたい？
 生徒：鼻の大きいクマ
 システム：大きい鼻を持つなら、それは何かの役に立つはず。なぜそのクマは大きい鼻を持つ？
 生徒：よく匂いを嗅ぐことができる
 システム：うまいくんちやうかな。バクも匂いを嗅ぐ大きい鼻を持つてる。この次のビデオは面白いよ、変わった動物が出てるから好きだ。見たい？
 生徒：Yes
 (バクのビデオ)
- unverifiable answer reminders：システムの知識ベースから検証できない回答→他の用途の事例

システム：よし、そのクマがクチバシを持つ理由を考えよう。理由は考えられるかな？
 生徒：よく匂いを嗅ぐことができる
 システム：クチバシで匂いを嗅ぐ動物は聞いたことがないけど、動物が匂いを嗅ぐ他の方法はある。例えばカワカマスは匂いを嗅ぐ。カワカマスは匂いを嗅ぐのに鼻孔を使う。それについての面白いビデオがあるけど、見る？
 生徒：Yes
 (カワカマスのビデオ)
- suggest answer reminders：生徒が選択を行わなかった場合、システムから提案

システム：犬が飛ぶ理由が必要だね。理由は考えられるかな？
 生徒：何か提案して
 システム：カナダガンは飛ぶ。寒い場所から移住するために飛ぶ。それについての面白いビデオがあるけど、見る？
 生徒：ビデオ見せて
 (ガンが渡るビデオ)

□ incidental reminders in CREANIMATE

- similarity-based reminders

- 特殊事例からの誤った一般化を防ぐ
- 先の例と十分異なるが、基本的な原理を共有する事例を提示
- 抽象化した類似点を認識

システム：チータは速く走る。なぜチータが速く走るか知ってる？

生徒：他の動物を捕まえることができる

システム：その通り。見たい？

生徒：Yes

(チータが獲物を追うビデオ)

(ここで similarity-based reminders)

システム：カッコいいビデオを思い出させるねえ。fishing bat もエサを獲るために速く動く。

獲物を追うために速く走るかわりに、飛んで獲物を掴むんだね。見たい？

生徒：Yes

(fishing bat のビデオ)

- expectation-violation reminders

- 例外は理解の動機となる
- failure-driven learning [Shank 1982]

システム：既存の動物を変えて新しい動物を作るなら、何を作りたい？

生徒：飛ぶ犬

システム：飛ぶ哺乳類もいるね。例えば fishing bat は飛ぶ。カッコいいビデオがあるけど、見たい？

生徒：Yes

(fishing bat のビデオ)

4.2 Indexing

事例を適用するための十分な情報が必要

□ the indexing vocabulary in CREANIMATE

- システムの5つの活動で使用

- 事例検索 (storyteller)
- コミュニケーション (対話管理-storyteller 間)
- 対話の初期化 (対話管理)
- 生徒の質問に対する返答の評価 (対話管理)
- 自然言語理解・生成 (対話管理)

- 事例の特徴情報

- 特殊な情報：事例検索に使用
- 一般的な情報：対話で使用する animal adaptation に関する情報

- CREANIMATE の知識表現言語：意味ネットワークで実装

- 生徒の状況

思考中の質問、生徒とシステムの最後の入出力、生徒が既に見た質問と事例

□特徴付けクラス

- オブジェクト (階層ネットワーク上のノードで表現)

- 特徴：身体的特徴 (クチバシ, ツメ, 毛皮, 小さい)
- 行動：特徴を使った行動 (走る, 泳ぐ, 噛む, 殴る)
- 振る舞い：高次・目標指向の行動 (狩り, 捕食動物を避ける, 仲間を惹きつける)
- 動物：ある動物 (チータ, カワカマス), ないしカテゴリ (猛禽類, 哺乳類)
- Phys-obj's : 動物以外のオブジェクト (植物, 岩, 種)
- 各オブジェクトノード間を関係で接続 (part-of, achieves, is-a 等)

- 関係 (特徴・行動・振る舞いの関連付け)

- Feafuns : 行動に使用する特徴の接続 (長い脚 in-order-to 速く走る)
- Plans : 振る舞いを指示する行動の接続 (速く走る in-order-to 獲物を追う)
- Bplans : 高次-低次の振る舞いの接続 (獲物を追う in-order-to 狩り)
- Rules (特殊な関係) : 常識, しかし例外はあり (翼を持つ魚はいない)

□ the structure of indexes

- 事例の特徴表現＝フレーム (→ Figure 2)
 - 第一スロット：ビデオ中の動物とその属性
 - 第二スロット：storyteller の使うプラグマティックな情報

□ use of indexes by reminding strategies

- 想起方略：抽象化階層上の検索，事例の配置

システム：よし，そのカエルが翼を持つ理由を考えよう．理由は考えられるかな？

生徒：飛ぶことができる

システム：それはいい考えだ．シロハラウミワシは翼を飛ぶのに使う．見たい？

生徒：Yes

(シロハラウミワシが魚を獲るビデオ)

1. 質問「なぜ翼を持つ？」→回答「飛ぶことができる」
2. 対話管理は翼を持つ理由として飛ぶことが適切か検証
3. correct answer reminders が検索方略に選ばれる
4. feafun 「翼を持つ in-order-to 飛ぶ」(ターゲット概念) を含む特徴の検索
5. storyteller は抽象化階層を検索
 - 「翼」←「羽根付き」「昆虫の羽」「皮の」「マンタの」
 - 「飛ぶ」←「高く」「上昇」「降下」

(その他，similarity-based reminders は最後に提示した事例と類似するもの，expectation-violation reminders は expect-violts スロットを含む事例を検索．詳細は [Edelson 1993])

□ coverage of indexes

- プロトタイプ
 - 60 分のビデオ・135 の特徴 (鳥類・哺乳類・魚類・爬虫類・両生類)
 - 同じビデオクリップを異なる文脈で使用可

5 THE CASE-BASED TEACHING ARCHITECTURE IN CONTEXT

CBT architecture の他手法との関わり (3つの領域における関連研究)

□ The Case-Based Teaching Architectures and the Case Method

- 事例研究法：ビジネス，法律等の専門教育で使用
- 共通点
 - 事例からの学習
 - 個人の事例図書館の構築
- 相違点
 - CBT architecture：事例は特殊要素
 - 事例研究法：事例は問題解決エピソード

□ The Case-Based Teaching Architectures and Intelligent Tutoring Systems

- 事例を使用する「例外的な」ITS
 - 医療分析の教育 GUIDON[Clancy 1987]，法推論の教育 [Ashley,Aleven 1992]
- ITS：学習者の理解を同定，知的・動的に対応
 - ルールに基づく推論・学習者モデル
 - 「システムは学習者のルール・事実・技術の欠損を推定できるか？」
- CBT architecture：同じく生徒の要求への対応は目標の1つ
 - 事例に基づく推論の支援
 - 「事例は学習者の状況に関連するか？」
(knowledge communication 問題 [Wenger 1987])

□ The Case-Based Teaching Architectures and Goal-Based Scenarios

- GBS(Goal-Based Scenario) フレームワーク [Schank,Fano,Bell,Jona 1993-1994]
 - 目標の追求・達成に導く活動の増進, learn-by-doing 環境
 - システム例
Broadcast News[Kass,Dooley,Luksa,Conroy 1994], Sickle Cell Counselor[Bell,Bareiss,Beckwith 1993-1994], Human Resources Management[Acovelli,Nowakowski 1994] 等
- 動機と学習機会が与えられるシナリオの選択
- 指導, 結果駆動のシミュレーション, 直接介入

6 EXPERIENCE WITH CREANIMATE

シカゴの公立校 2 校での評価実験 (先の 23 人の結果も含む?)

- (a) 生徒を惹きつけるのに成功したか
- (b) どのような使用パターンがあったか
- (c) animal adaptation の領域における質問や推論にインパクトはあったか
(c) はまだ統計的な結果を得ていない

6.1 Setting

- 女子生徒 12 名・男子生徒 11 名 (半数のマウスの使用経験がなかった)
- 1 人ないしペア, CREANIMATE を 45 分使用, 1 週間毎の 3 セッション
- 生徒は自分の入力やシステムの出力に時々混乱した

6.2 Student Engagement

- 3 セッション, 各セッション 40 ~ 45 分システムを使用 (少数の例外あり)
- セッション終了後, もう一度システムを使いたいかな質問, 全ての生徒が積極的な返答
- 全ての生徒・システムのセッションを研究者が観察
ビデオを見て笑ったり叫んでいた, 注意深く質問に答えていた, 延長を申し出てきた, 研究者や隣の生徒を呼んで見せようとした, システムの質問を読まない・呼んでも興味を示さない生徒もいた, 質問に答えないでビデオを見る方法を考えている生徒もいた, ...
- 生徒によるシステムの好感度評定 (5 段階) (→ Table 2)
 - 有意に低い 2 項目
「制御ボタンの使用」: 制限のある量の使用ボタンが受理 (?)
「質問に回答」
: 「ビデオの視聴」より有意に低い ($p < .0001$), 「動物を作成」より有意に低い ($p < .01$)
: 質問に答えることを避けたがる生徒がいた (詳しくは後述)

⇒ インタビューと観察から, CREANIMATE の有効性が示された

Table 2: 生徒によるシステムの評定

	M
動物を作成	4.22**
質問に回答	3.10*
ビデオの視聴	4.12**
プログラムのカッコよさ	4.25**
制御ボタンの使用	3.58*
マウスの使用	4.14**

※ N=20. 対応のある t 検定により, 「*」が 2 つのものは 1 つのものより有意に高い ($p < .05$)

6.3 Patterns of Use

- 60 の記録を分析（技術的な問題から 5 つを除外）
- 生徒の行動のコーディング（→ Table 3）
- 記録中のイベント数 / 1 セッション：58 ~ 247 (M=120)

Table 3: 生徒の行動のコーディング

EQ-PLAN	質問の対話開始
COM-PLAN	質問の対話を完成
IN-EQ;text _i	質問の答えを入力
SUGGEST	「何か提案して」を選択
NO-VIDEO	ビデオを拒否
VIDEO	ビデオを選択
WHAT	他のビデオを要求

- 各イベントの頻度の相関、「質問に回答」と「ビデオの視聴」が面白い
 - テキスト入力（メニューから答えを選択するのと反対の行動）とビデオの視聴に負相関 $r=-.60, p<.01$
 - 質問に積極的に回答する生徒はビデオを見たがらない
 - 回答の提案を求める生徒，回答の入力とビデオの視聴に相関 $r=.53, p<.01$

↓

質問と回答の対話の興味はビデオの事例と相関しない

（各イベントの頻度は全イベントに占める割合で分析，そのため個人の好みを反映しただけ？）

- クラスタ分析（ユークリッド距離，最長距離法使用）
 - Z スコアの値は各イベントの頻度を全イベントに占める割合で表現
 - 5 つのクラスターが生成（→ Figure 3）
- バランスユーザ，ビデオ避けユーザ，従順ユーザ，ビデオユーザ，抵抗ユーザ

□ バランスユーザ (n=4)

- 本システムの特徴を生かした利用
- ビデオユーザに次いで，他群よりビデオを見る
- 他群より回答が長い

□ ビデオ避けユーザ (n=5)

- バランスユーザと類似した群
- 最もビデオを見ない群
- 提案を求めるより，自分で入力を行う

□ 従順ユーザ (n=5)

- 行動はバランスユーザと類似傾向，対話行動・失敗に対する追求が少ない
- プログラムのトラブルを避けるため，最小の行動を？
- 回答は入力するより提案を選択する傾向，回答の完成自体を目標に？

□ ビデオユーザ (n=2)

- とにかくビデオを見ることだけに動機を持つ
- 3 セッションで 48 / 52 のビデオを視聴（全平均は 23.5）
- 回答の入力が最小，3 セッションで 6（全平均は 12）

□ 抵抗ユーザ (n=7)

- 本システムを理解しようとしていない
- 自分だけの動物を選びたがる（サメ，パンサー，コアラ等），擬人化的な入力（ボクシンググローブ，MC ハマーをする等）
- 他群より動物を作ることに動機を持つ
- 動物を作ってビデオを見ただけで，システムとの対話はしない

□傾向

- ・ バランス・ビデオ避け・従順ユーザはシステムとの対話に積極的 (23 名中 14 名)
- ・ ビデオ避けユーザ以外はビデオ事例に好感的 (23 名中 18 名)
- ・ ビデオ避け・ビデオ・抵抗ユーザはシステムの複数要素にネガティブな反応

□ (軽く) まとめと議論

- ・ 総じてシステムに好反応, しかし個人間に違いがある
 - ・ 事例と対話の両方に興味を持つことで初めて十分な理解が得られる
 - ビデオユーザは十分な特徴付けのされない事例図書館を構築
 - ビデオ避けユーザは何らかの理解を得たが事例の指示がない
- 要追調査

7 STRENGTHS, LIMITATIONS, AND FUTURE DIRECTIONS

- 本システムは CBT architecture の実践を試行
- 結果はさらなる研究の必要性を示唆
 1. より精巧で興味を引くタスク環境の構築
 2. より広い領域への適用
 3. 生徒の理解や能力についての追実験評価

7.1 Engagement

- 明らかになった制限
 - (a) 対話において反応的な学習者の役割: とにかく答えるだけになってしまう危険性
 - (b) 対話において限られた柔軟性
: 構築・シミュレーションに焦点を置いたアプローチ [Coderre 1988; Resnick 1988,1991; Travers 1988]
 - (c) 生徒にとって明白な目標の欠乏: 動物を作ることでどうするのか?
- フィードバックを受け取り, 経験する機会の提供が必要
- 一問一答でなく, より事例から学ぶことができる機能

7.2 Sophistication of Subject Matter

- 知識表現が単純
 - 確実に機能し, 評価できるシステム構築のための制限
 - より複雑な特徴付けスキーマが必要
(飛行に支障をきたす重量, 恒温に支障をきたす毛皮) (動物間のコミュニケーション, 競争, 養育)

7.3 Generalization of the Architecture

- ソクラテス的 CBT architecture の一般的有効性を論じるには至らず
- 実装技術の問題
- 本アーキテクチャに適した領域は?
 - 安直にデザイン・工学等の創造分野
 - animal adaptation のような他分野 (事例作成による学習)

7.4 Evaluating the Architecture

- 生徒に効果的な教育経験を提供できる結果を得たい
- 動機付けのできる環境を指向
- 学習結果の評価

- システムの使用方法分析，個人差は・・・調査が必要
 - (a) 使用形態に相当する違い，学習や態度には影響しない？
 - (b) 本システムやソクラテス的 CBT architecture には合わない生徒もいる？
 - (c) どのような生徒にも合うが，使用方法により異なる結果を得る？

8 CONCLUSION

- CBT architecture の計算機上の実装を指向
- 活発な学習と事例からの学習の結びつけに CBT architecture は貢献，
- 人工知能・認知科学・マルチメディア技術による実現
- 本システムの最初の実験により，この類のシステムが生徒の興味を引くことと，同時に重大な疑問を引き出した。