

Toward Computer-Based Support of Meta-cognitive Skills: a Computational Framework to Coach Self-Explanation

C. Conati, K. Vanlehn: Toward Computer-Based Support of Meta-cognitive Skills: a Computational Framework to Coach Self-Explanation, International Journal of Artificial Intelligence in Education, 11, pp.398-415 (2000).

abstract

本稿では、自己説明（解を自分自身にとって明確で、より完全なものにするプロセス）の支援により、例題からの学習を改善するために設計した計算機フレームワークを示す。本フレームワークは次の2点において新規である。第一に、問題解決ではなく、例題による学習のための計算機支援を提供する、最初の試みである点である。第二に、領域一般であり、多くの認知科学研究において学習を大幅に改善することが示されている、メタ認知スキルを指導する点である。

本フレームワークは次に示す、3つの主要な問題の解決法を含む。それらは、(1) 自己説明を効果的にモニタ・支援するインタフェースのデザイン、(2) 読解と自己説明行為から例題理解の評価を行う生徒モデルの考案、(3) 生徒の理解を改善する自己説明の効果的な引き出し、である。本稿では、自己説明指導を行うニュートン力学のためのチュートリングシステム・ANDESにおいて、これらの解決法を実装する方法について述べる。また、本システムのユーザビリティと効果の評価結果についても示す。最後に、得られた結果を説明する仮説について、研究を通して収集されたデータに基づいて議論を行う。

1 INTRODUCTION

背景

- 既存の ITS のターゲット：問題解決そのもの・領域固有の認知スキル
- 研究の長期目標：計算機により教育を増進する方法の模索
 - 領域非依存の学習スキル・メタ認知の獲得支援
 - 例題からの学習・メタ認知スキル「自己説明」の支援
- 例題からの学習と自己説明
 - 新しいスキルの学習 [Anderson et al. 1981; Pirolli, Anderson 1985; LeFevre, Dixon 1986; VanLehn 1986]
 - 自己説明 [Chi, Bassok, Lewis, Reimann, Glaser 1989; Ferguson-Hessler, Jong 1990; Pirolli, Recker 1994; Renkl 1997; Renkl, Stark, Gruber, Mandl 1998]
 - [Chi in press]
 - ：生徒に既存知識の評価が要求され、構造化された学習プロセスを誘発
 - ：他者の説明が個々に合わないと、生徒は自己説明を開始
 - 「大半の生徒は自己説明を行わないが、ガイドされると自己説明を始める」 [Bielaczyc, Pirolli, Brown 1995; Ryan 1996]

計算機による自己説明のガイド

- ユーザインタフェース：生徒の注意・構造的な自己説明生成をモニタする方法
- 生徒モデル：生徒の理解の評価が必要
- 適切なヘルプ生成：自発的に自己説明を行わない生徒の支援

SE-Coach (Self-Explanation Coach)

- ニュートン力学チュートリングシステム ANDES：例題学習・問題解決の支援 [Vanlehn 1996]
(Figure1: SE-Coach の例題)

本稿の構成

- 2 節：関連研究
- 3 節：SE-Coach の理論的な妥当性に関する認知科学的知見
- 4 節, 5 節：SE-Coach のアーキテクチャ・知識表現
- 6 節：インタフェース（生徒の注意のモニタ・自己説明のためのプロンプト）
- 7 節：SE-Coach の生徒モデルと使用法
- 8 節：評価結果の議論

2 RELATED WORK

説明

- 計算機による説明生成 [Clancey 1990; Moore 1996; Moore,Lemaire,Rosenblum 1996; Vivet 1987; Woltz,McKeown,Kaiser 1990] , ピア間の説明交換 (協調) [Baker 1999; Ploetzner,Fehse 1998]
- ↔ 本研究・生徒自身の説明生成を支援
(× 自己説明は他者からの説明より優位・一般的な学習能力の向上に有益)

例題

- ELM-PE [Burrow,Weber 1996] , ELM-ART [Weber,Specht 1997]
: LISP プログラミングにおける例題 , 問題解決への関係の説明
- SHERLOCK [Gott,Lesgold,Kane 1996] : エキスパートの解法との比較
- CATO [Aleven,Ashley 1997] : 法推論における判例生成・関連

(生徒がどうするかより , 例題生成そのものに注目)

Geometry Tutor [Aleven,Koedinger,Cross 1999] : 生徒に説明を奨励

- SE-Coach との相違点

1. 説明は問題解決中に生成
2. 説明はリスト項目から選択
3. 全てのステップで説明させる

3 PRINCIPLES UNDERLYING THE SE-COACH'S DESIGN

3.1 Incremental support to self-explanation

- 自己説明は質問・理解の修正をさせる [Chi in press] , 生徒間・状況によって異なる [Renkl 1997]
自己説明・自己モニタリング技術は教師よりも理解を修正することが多い [Webb 1989]
- 「自己説明を行わない生徒が多い」理由
 1. 自己モニタリングができない [Chi in press, Chi et al. 1989] . 自分の理解を過信するくらいがあり [Renkl 1997] , 自己説明を行おうとしない
 2. 生徒が領域知識・一般常識から自己説明を生成できない . 理解のギャップに気付いても , 修正する自己説明ができない [Renkl 1997]
 3. 自発的に自己説明を行う生徒でも , 常に学習に役立つ説明はしない . 解法プランにおける各ステップの目標に関連する説明は転移知識の学習を助ける [Catrambone 1995; Pirolli,Recker 1991; Renkl 1997; Renkel et al. 1998] が , 自発的な自己説明も goal-oriented であることは少ない [Renkl 1997]

→ 設計・生徒ごとに異なる自己説明に対応 , 最小の介入

3.2 Focus on correct self-explanation

- 自己説明の正しさのフィードバック
- 誤った・不完全な自己説明
 - 自己説明の正しさではなく , プロセス自体が学習を改善 [Bielacyc et al. 1995; Chi et al 1994]
 - 誤った自己説明は知識に「ひび」を入れ , 修理のための自己説明を誘発 [Chi in press]
- より正しい自己説明が効果を拡大 [Renkl 1998]

3.3 Focus on domain-based self-explanation

- 2 タイプの自己説明
 - a) 領域の理論による解法ステップの正当化
 - b) 抽象的なプランにおける , 解法ステップとゴールの関連づけ
- 「domain-based self-explanation」vs 「common-sense based explanation」

3.4 Principled design of interface tools to support self-explanation

- インタフェース：menu-based ツール
- 自発的な自己説明の2つの形式 [Chi et al. 1989]
 - (1) 解法ステップの必要条件の拡張ないし改良
 - (2) 各ステップのさらなる結果の解釈ないし推論

↓
- 領域ルールの記述による解法ステップの正当化
 - (i) ルール適用を実証する必要条件
 - (ii) ルール適用が起こす結果

3.5 A student model to guide the SE-Coach interventions

- 自己説明しない生徒には
 - 全てのステップで自己説明させる … と生徒の動機・システムの信頼性に悪影響？
- SE-Coach の生徒モデル
 - 生徒がツール無しで自己説明を行った場合を評価？(生徒の自己説明重複の回避)
 - 生徒がツールによって行った自己説明の評価(生徒の理解のギャップの発見)

4 THE SE-COACHES ARCHITECTURE

(Figure2： SE-Coach の構成図)

- オーサリング環境 (図左部)
 - graphical author interface : (author が) 例題の図的記述・例題のステートメントの定義を作成
 - problem solver : 例題の解法の正しい自己説明のモデルを生成 (依存ネットワーク)
- SE-Coach (図右部)
 - 生徒に例題学習と自己説明を提供
 - help module : 生徒の自己説明を自己説明モデルと比較 直接フィードバック
 - assessor : 生徒モデル (ベイジアンネット [Pearl 1988]) の更新
 - (i) 生徒の行動
 - (ii) 正しい自己説明のモデル
 - (iii) 生徒の領域知識 (ANDES の長期生徒モデルに)(生徒モデルを参照, 生徒から引き出す自己説明の決定)

5 THE MODEL OF CORRECT SELF-EXPLANATION

- SE モデル (正しい自己説明のモデル)
 - 生徒モデルにおいて, 自己説明が反映する例題の理解の評価に使用
 - SE-Coach の指導の介入をガイド
 - ANDES ルール (Figure3 : 例) ・ 例題のステートメントの定義から problem solver が自動生成
- SE モデルの生成
 - (i) 例題の初期状態を記述した事実のセット
 - (ii) 求める量を識別する (1 つないし複数の) ゴールのステートメント
 - 初期の事実とゴールから, サブゴールと事実を生成
 - (Figure4 : Figure1 の問題の場合の例)
- SE モデル
 - 命題ノード (事実 “F-” / ゴール “G-”)
 - ルールノード (“R-”)
 - ルール適用ノード (“RA-”): ルール・命題ノードからの命題ノード導出をエンコード

→ 導出過程は説明に相当

 - : 解法ステップの物理学法則における正当化
 - : 各ステップのゴールの完成

- 領域知識・プランニングの知識をエンコードしたルールを区別
 ↔ 他のルールに基づく領域（エキスパート）モデル
 [Anderson, Corbett, Koedinger, Pelletier 1995; Clancey 1990; Gentner, Conati, VanLehn 1998]

6 THE SE-COACH'S INTERFACE

インタフェース設計に3つのレベル（4つめのレベルが存在，次節にて）

6.1 Attention monitoring and control

- マスキング (masking) (Figure5)
 - ユニットに相当する単位で例題を分割・グレーのボックスでカバー
 - マウスポインタが入るとボックスが消え，下のテキスト・図が見える
 - 解法を読む間，マウスボタンにより図の参照が可能
- システムが生徒の例題の参照をトレース
 - 各インタフェースアイテムはSEモデルの命題と「多対一」でリンク
- アイトラッカ無しの簡単なトレース方法 ↔ 例題読解と理解を妨害？
 - 10人の学部1年生による評価実験：マスキング vs フェード (faded)
 - 良いインタフェースを選択：マスキング4人 - フェード6人
 - : 被験者は両者をほぼ同じと評価
 - : 特に煩わしいとする被験者はなかった
 - : 「両者とも注意深く学習することを助ける」とコメント
 - (一度により多く見たい人のための機能も御用意しております)

6.2 Prompts to self-explain

- 自己説明のプロンプト (Figure6)
 - 領域法則 (例：“This Choice is correct because ...”)
 - 抽象的な解法プラン (例：“The role of this fact in the solution is to ...”)
 - 自己質問 (self-questioning) のシミュレート [Webb 1989] により設計
- 自己質問：生徒の理解に対する過大評価を落とすのに効果的
 - (a) 重要で問題となる知識を自分自身に質問
 - (b) 答えられないと自己説明が開始される [Chi in press; Webb 1989]

6.3 Interface tools to generate self-explanations

- menu-based ツール：望まれる自己説明を生成する構造的だが統制可能な方法
 - 効果的な自己説明ができない生徒支援を目標
 - 領域法則 ルールブラウザ (Figure7)
 - 抽象的な解法プラン プランブラウザ (Figure10)

ルールブラウザ (Figure7)

- システムの全ての物理学規則を木構造で構成
 - 生徒は現在見ている例題アイテムを正当化するルールを選択
 - システムによるフィードバック
- SE-Coach のフィードバック
 - 1) 現在の例題のパートに相当する，SEモデルの命題ノードを検索
 - 2) 命題ノードの先祖から最も合うルールを見つけ，生徒の選択と一致するかチェック
正しいルールに緑のチェックマーク，間違っていたら赤いバツ
- システムのヘルプは赤/緑フィードバックまで
 - 自己説明は自分自身が利用できる材料・知識のみで作成 [Chi in press]

- ルール階層構成の予備的評価
 - ほとんどの生徒はルール名をランダムにクリックしようとしなかった
 - 選んだカテゴリから候補が見つけれなかったとき、他の階層下を見ようとしなかった
- ↓
- インタフェースデザインの修正
ルールブラウザ（ないし他のツールでも）使用中も例題に戻って閲覧することを可能に

ルールテンプレート

- ルールのさらなる説明（ Figure8）
 - ルールの定義中の空白 (choice) を生徒が埋める
 - テンプレートの設計は前述の（自発的な自己説明によく見られる）形式を反映
 - (i) 行為の必要条件の拡張と改良
 - (ii) 行為の結果のさらなる解釈と推論
- 項目を選択して空白を埋める（図中・右テンプレート） フィードバック
 - ANDES の知識ベースによる評価（ Figure9）
- 予備的評価
 - 生徒は単語が多すぎる項目を無視・選択可能な項目数が多いと最後まで見ない
 - 「テンプレートが何であったか覚えてない」とコメント
 - 仕様変更を行っても、生徒はテンプレートの入力を行わなかった

プランブラウザ（ Figure10）

- ルールブラウザと同様のインタフェース・例題の解法ステップを表示
 - ゴール階層の操作・ゴールを最も動機付けするサブゴールの選択
 - 解法ステップの隠されない (uncovered) 事実の役割の説明
 - システムによるフィードバック（ルールブラウザの場合と同様）
- フィードバックアルゴリズム
 1. （生徒が選択した）事実の最も直接的な祖先であるゴールノードを検索
 2. そのゴールノードを生成するルールノードを検索
（このルールノードはプランニングルールを表現、検証に使用される）

7 SE-COACHE'S ADVISE

- SE-Coach インタフェースの 4 つめのレベル： SE-Coach の助言が生成
 - 自己説明は生徒の自由、SE-Coach も介入を制限
 - 生徒の例題学習の成り行きはずっとトレース SE-Coach の生徒モデルを収集
（詳細は [Conati, VanLehn to appear] を待て！）

7.1 The SE-Coach's student model

- モデル化は不確実 確率推論ベイジアンネット [Pearl 1988] を適用
- 生徒モデルのベイジアンネットは SE モデルから自動生成（ Figure11）
 - 生徒の物理学知識・学習スタイルを記述する確率からパラメータ付け
 - ANDES の long term student model に保持
 - ルールノードの優先度・条件付確率を定義するパラメータを産出 [Conati, VanLehn to appear]
- 生徒の読解・自己説明 ベイジアンネットのノード・条件付確率を更新
 - 読解ノード：自己説明に直接影響
 - 自己説明ノード：インタフェースツールを通して、生徒の物理学・プランニングルールに影響
SE-Coach を使用中、生徒の知識と例題理解が行動の結果どう変化するか、ベイジアンネット中の確率を評価- 自己説明を認識にインタフェースツールの使用は必須ではない
（解法を十分な時間注視 + モデルがそう 正しい自己説明中 [Conati, VanLehn to appear]）

7.2 The SE-Coach's interventions

- 介入- 生徒がさらに理解を試み、生徒モデルが自己説明されていないアイテムを示したとき
 - それを告知、残ったアイテムをピンクで指示 (Figure12)
 - 生徒モデルによりアイテム中の欠落を予測 専用プロンプト
- SE-Coach の介入デザイン
 - 生徒の自己説明を動機付け
 - 効果的な介入のモダリティを見つける予備評価 [Conati et al. 1997]
 - : 例題を閉じる時にメッセージ「自己説明するアイテムが残っています。実行しますか？」
 - : 生徒の行動 (a) 拒否 (b) 戻ってそのまま学習 (c) ヒントを求める
 - : 後の実行時「ルールブラウザでこの行を説明してみませんか？」
 - 該当の 1 箇所を uncover この指摘で生徒は例題学習を再開 (こうした指摘は自発的な自己説明を行わない生徒がよく従った)

8 EMPIRICAL EVALUATION OF THE SE-COACH

予備評価後、システムのユーザビリティ・学習効果をテスト

8.1 Experiment design

- 被験者：初等物理クラスを取った大学生 56 名
(University of Pittsburgh 20 名, CMU 14 名, Community College of Allegheny County 5 名, U.S.Naval Academy 17 名)
- 条件群
 - 自己説明 (SE) 群 29 名：完全な SE-Coach で例題学習
 - 統制群 27 名：マスキングインタフェース・プランブラウザのみで学習
(ルールブラウザ・テンプレート・フィードバック・コーチ無し)
- 手続き (約 3 時間)
 - 1) 事前テスト (紙と鉛筆) : ニュートンの第二法則を含む 4 題
 - 2) システムによるニュートンの第二法則の学習
 - 3) 事後テスト (紙と鉛筆) : 事前テストの類題だが同一ではない 4 題
 - 4) アンケート用紙でシステムの印象を調査
- 追記
 - システムは知識の教示はしない 必要な領域知識を持つ被験者
例題を理解するための知識はあるが、それほどでもない被験者
(新しい学習に例題は有効, 知識の改善には問題解決がより効果的 [Nguyen-Xuan,Bestide,Nicaud 1999])
 - 学習に使用する例題：SE 群 3 題, 統制群 6 題 (時間合わせの都合)
学習時間：SE 群 52 分, 統制群 42 分 32 秒 (時間とテスト成績に相関は無かった)

8.2 Usability of the SE-Coach

生徒の SE-Coach とのインタラクションのログを分析

SE-Coach の自己説明ツール使用 (Table1)

- ・ initiated : 各ツールを使って生成された説明の割合 ?
- ・ correct : 正しく生成された説明の割合
- ・ attempts before correct : 正しい自己説明の獲得に必要とされた平均試行数
(誤った自己説明が入力された回数)
- ・ max # attempts : 正しい自己説明の獲得に必要とされた平均最大試行数
- ・ abandoned : 途中で断念された自己説明の割合
- ・ attempts before abandon : 断念するまでの試行の平均数
- ・ time on abandoned : 断念した自己説明にかけられた平均総時間

Table 1: Statistics on SE tools usage

	Rule Browser	Templates	Plan Browser
initiated	62%	55.5%	41.6%
correct	87%	97%	85%
attempts before correct	1.27	0.5	1
max # attempts	9.2	2.5	3.8
abandoned	13%	3%	15%
attempts before abandon	4.4	1.9	1.4
time on abandoned	241sec.	59sec.	29 sec.

- ルールブラウザの使用
 - 使用頻度が高い (62%)
 - 正しく説明生成が行われている (87%)
 - 苦戦することなく正しいルールを発見 (試行数 1.27)
 - 少なくとも 1 つのルール選択において多くの試行を要した (最大試行数 9.2 / 生徒)
 - 失敗時における試行数 4.4, しかし時間は 4 分 << 総時間 52 分

↓

ルールブラウザは説明生成に成功・使用も容易
正しいルール発見に苦戦 (失敗) する 경우가多少

- テンプレートの使用
 - 効果は見られないか?
 - ほぼ全てが正しく完成された (97%)
 - 試行数 (0.5)・最大試行数 (2.5)・時間 (59 秒) は少ない

↓

予備評価からの改良は成功
アンケート「テンプレートの正当化は容易, 例題の理解に有用」

- プランブラウザの使用
 - あまり使用されていない (46.4%)
 - 1 試行で大半の説明に成功 (85%), 失敗にかかった時間も少ない (29 秒)
 - 最大試行数 (3.8) がやや大きいのか?

↓

プランブラウザの使用は容易 ルールブラウザと比べて使用されていない
: ゴールに対する説明は生徒にはなじみがない
: プランに関する教示は行っていない

- 自己説明誘発のための SE-Coach の介入の反応 (Table2)
SE-Coach のさらなる自己説明のプロンプトに対する生徒の反応
(ルールブラウザの使用・プランブラウザの使用・もっと注意深く読む)
(i) 3 つの例題学習におけるプロンプトの最大数 (生徒モデルがない場合)
(ii) 生徒モデルにおいて生成されたプロンプトの数
(iii) 生徒が従ったプロンプトの割合

Table 2: Statistics on SE-Coach interventions

Rule Browser prompts (max.43)	22.6
Followed	38.6%
Plan Browser prompts (max.34)	22.4
Followed	42%
Reading prompts (max.43)	7
Followed	34%

- 生徒は提案を無視
 1. 関係する部分について, 既に自発的に自己説明を行った (= ツールを使わずに?)
 2. 自分の理解を過大評価し, SE-Coach のプロンプトを不適切と判断

8.3 Effectiveness of the SE-Coach

- SE 群-統制群のテスト成績比較 統計的な差無し
- 各大学毎の分析
 - CMU, CCAC(Community College of Allegheny County), PITT(University of Pittsburgh), USNA(U.S.Naval Academy)
 - CMU と CCAC の SE 群は統制群より高パフォーマンス
 - PITT と USNA の統制群は SE 群より高パフォーマンス
 - (surprising result: CMU は 4 大中最上位ランク, CCAC は最下位. 事前テストの成績も確認)
 - (学期の開始時期等の理由から) 大学グループごとに背景知識に差異?
 - CMU-CCAC: SE 群 12 名 (mean gain score=7.5, st.dev.=5.2),
統制群 13 名 (mean gain score=3.2, st.dev.=3), p=0.021
 - PITT-USNA: SE 群 17 名 (mean gain score=5.0, st.dev.=3.7),
統制群 14 名 (mean gain score=6.7, st.dev.=4.8), p>0.2
 - 従属変数として ANCOVA を事後テストとともに実施 (Table3)
 - 主要因: サブ(大学)グループ・条件群
 - 連続量: 事前テストと SAT の成績
 - ANCOVA: サブグループ・条件間にインタラクション (p<0.01) 背景知識では説明できない
- 各条件のパフォーマンス・振る舞いの比較 (Figure14)
 - SE 群: CMU-CCAC > PITT-USNA (P>0.1)
 - 統制群: CMU-CCAC < PITT-USNA (P<0.03)
 - PITT-USNA の統制条件と CMU-CCAC の SE 条件が同等
 - : SE 群では CMU-CCAC が自己説明ツールをより使用した?
 - : 統制群では PITT-USNA がより自発的な自己説明をした?

Table 3: ANCOVA for post-test score

Source	F-ratio	prob
Const	2541	< 0.0001
pretest	54.544	< 0.0001
SAT_math	1.3207	0.2575
SAT_verbal	0.63487	0.4304
subgroup	0.37289	0.545
condition	0.15014	0.7005
subgroup*cond	7.6089	0.0088

SE 条件の 2 つのサブグループの振る舞い

- SE 群の CMU-CCAC と PITT-USNA の比較
 - タスクの時間とシステムの使用の統計量 (8.2 で使用した量)
 - 「Template」における「attempts before abandon」のみに統計的な差
- CMU-CCAC のほうが例題学習の動機が高い?
 - (i) 高い確率で到達した, 生徒モデルにおけるルール数
 - (ii) 事後テスト成績 ... 間の相関
 PITT-USNA(r<0.1) < CMU-CCAC(r<0.33)
 CMU-CCAC はより正しい SE 行動が知識を反映

統制条件の 2 つのサブグループの振る舞い

- 統制群の PITT-USNA がより自発的な自己説明を行ったことを検証するのは難
- ログに含まれる, PITT-USNA の... (Table4)
 - (i) 例題の行への複数アクセスの中間値と標準偏差
 - (ii) 例題の各行にかけた時間の中間値と標準偏差
 - (iii) アクセスと選択数の中間値

PITT-USNA 統制群に事後テストと中間値 ($p < 0.09$)・行アクセスの標準偏差 ($p < 0.06$) に相関 (この相関は CMU-CCAC 統制群にはない)

- 仮説「PITT-USNA は統制群がより自己説明を行った」 一致
仮説「PITT-USNA はニュートンの第二法則の学習を早く始め、より関連知識があった」
 - 事前テストの成績のほうが良かったことが説明されない
 - 学習の動機が下げられた?

Table 4: Analysis of Variance For posttest cases selected according to PITT-USNA

Source	F-ratio	prob
Const	786.68	< 0.0001
mean-line-accesses	3.6978	0.0834
pretest	16.488	0.0023
st-dev-line-accesses	4.6118	0.0573

要約

- 自己説明のための豊富な足場が生徒のパフォーマンスを改善 (実験の SE 群に見られるように、学習の初期の段階で)
- 最小のプロンプトにおいても、生徒は課題において熟達 (実験の統制群よりよく、この段階では作りこんだ足場は動機を下げるかもしれない) (プランブラウザの効果、こうしたツールはうまく利用されない)

9 CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

- 計算機による教育・学習増進の方法を模索
 - 例題からの学習により一般的な学習スキル=自己説明を指導
 - SE-Coach による個人のモニタリング・ガイド
 - ANDES 内に実装
- 理論的基盤と実験的研究は効果的なシステムの基礎
 - システム設計は認知科学の発見に基づく
 - (a) 自己説明のシミュレート・足場を作るインタフェース
 - (b) 自己説明を誘発するモデルを使った助言
- ログデータの収集- 自己説明のシミュレートに成功
 - データ解析から教育効果と自己説明支援の産出
- SE-Coach のフレームワークは汎用的で他領域に適用可能 (原理的には)
 - 新しい領域のための認知モデルの生成の手間
 - : フィードバックあり/なしを比較, 学習ために何がフィードバックの効果になるか理解
 - : 生徒モデルあり/なしを比較, 必要な介入 v.s. 生徒が全ての自己説明の効果の評価
- その他課題: 自己説明におけるマスキングインタフェースの役割の模索