

も く じ

■開催日時：2019年11月9日（土）

於：関西大学千里山キャンパス（大阪府吹田市）

■テーマ：スキル支援のためのシステムティックな環境デザイン／一般

- 1) 意思決定スキル向上のためのトレーニング課題生成-----1
○程秋涛(北陸先端科学技術大学院大学)，長谷川忍(北陸先端科学技術大学院大学)
- 2) 伝統産業の技能継承における数値データ介入の効果ー京金網を例としてー-----9
○高井由佳(大阪産業大学)，伊藤羊子(金網つじ)，辻賢一(金網つじ)，後藤彰彦(大阪産業大学)
- 3) セルフアドボカシースキル支援を目的とした ICF-CY に則った個別の
教育支援計画作成支援システムの開発-----15
○永森正仁(長岡技術科学大学大学院)，塩野谷明(長岡技術科学大学大学院)，
三宅仁(立川メディカルセンター)，薄田達也(ロレムイプサム)
- 4) フランス語 Web 教材の学習活動支援ツールー写真描写問題とアクティブラーニングー-----19
○有富智世(常葉大学)，喜久川功(常葉大学)
- 5) 概念理解の再構成を促す観察学習の検討-----23
○和田拓也(大阪府立大学大学院人間社会システム科学研究科)，小尻智子(関西大学システム理工学部)，
太田垣十也(東洋大学京北中学高等学校)，林佑樹(大阪府立大学大学院人間社会システム科学研究科)，
瀬田和久(大阪府立大学大学院人間社会システム科学研究科)
- 6) アニメーションを活用した文字列検索アルゴリズム学習のための課題分析-----29
○下川輝(千葉工業大学大学院情報科学研究科)，仲林清(千葉工業大学情報科学部)
- 7) 高校生による主体的・協働的授業実践のリフレクション結果の検討-----35
○宮下伊吉(三重大学)
- 8) 対話分析可視化ツールを活用した授業振り返り研修の実践-----41
○笠井俊信(岡山大学大学院)，大崎理乃(産業技術大学院大学)，林雄介(広島大学大学院)，
益川弘如(聖心女子大学)

9) 人手による採点を完全に代替する手書き入力漢字自動採点システムにおける画数フリーの実現方法-----49

○井戸伸彦(岐阜協立大学)

意思決定スキル向上のためのトレーニング課題自動生成

程 秋濤^{*1} 長谷川 忍^{*2,1}

^{*1} 北陸先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科

^{*2} 北陸先端科学技術大学院大学 情報社会基盤研究センター

An Automatic Training Task Generation System for Improving Decision-making Skills

Qiutao Cheng^{*1} and Shinobu Hasegawa^{*2,1}

^{*1} Graduate School of Advanced Science and Technology, JAIST

^{*2} Research Center for Advanced Computing Infrastructure, JAIST

The purpose of this study is to develop a training environment for improving decision-making skills in information security. This paper describes the following three parts in detail to propose a task generation method that focuses on learners' weakness intensively. (1) Definition of difficulty of training tasks, (2) Modeling of learners' decision-making skills, (3) Generation of training tasks according to their skills. Besides, we discuss the design of the proposed environment with decision-making skills to discriminate phishing emails.

キーワード：セキュリティ教育，意思決定スキル，課題の難易度，フィッシングメール訓練

1. はじめに

情報通信技術(ICT: Information and Communication Technology)の進化に伴い，現代社会においては，我々の仕事やライフスタイルは大きく変化している．特に，IoT(Internet of Things)技術により，身の回りのあらゆるものがインターネットに接続されるようになり，その利便性ははるかに向上した．一方で，こうした情報通信技術の進化の負の側面として，サイバー攻撃の複雑化・多様化が社会問題となっている．サイバー攻撃の進化とその防御技術の発達はいちちこの関係にあり，新たに起こる全ての種類の攻撃を技術的に防ぐことは困難である．このような状況で，「総務省における情報セキュリティ政策の推進に関する提言」⁽¹⁾では，高度化するサイバー攻撃に対応し，迅速かつ的確な意思決定を行うためのセキュリティ教育の改革を重要な課題として挙げている．つまり，製品等を開発する側である技

術者のセキュリティに関するスキルを向上させるだけでなく，情報通信技術を利用する我々ユーザ自身が情報セキュリティに関する意識を身につけることが非常に重要である．

しかしながら，情報通信技術の進歩は非常に目覚ましく，情報セキュリティに関連する知識は陳腐化が起りやすくなっている．さらに，意思決定を成功に導くためには，知識を学ぶだけでなく，演習等の実践的な学習を通じてそのスキルを向上させることが期待される．増加するインターネットユーザに対してこうした実践的な学習の場を提供する物理的なリソースには限りがあるため，オンラインで学習者が意思決定スキルを向上するためのトレーニング環境を提供することは重要な課題の一つである．

本研究ではセキュリティに関する意思決定スキルの向上のためのトレーニング環境を開発することを目指している．特に本稿では，学習者の弱点を集中的にトレ

ーニングする為の課題生成手法の提案として、(1)トレーニング課題の難易度の定義、(2)学習者の意思決定スキルの表現、(3)スキルに応じたトレーニング課題の生成、についてそれぞれ説明し、フィッシングメールを判別するスキルを対象としたトレーニング環境の設計について述べる。

以下、2章では関連研究について述べる。3章では先行研究で提案された意思決定トレーニングモデルと、その中での本研究の位置づけについて議論する。4章ではトレーニング課題に対する難易度の定義について提案する。5章では学習者の意思決定スキルを表現するモデルについて議論する。6章ではスキルに応じたトレーニング課題の生成手法について提案する。7章では、トレーニング課題の難易度設定の妥当性について、実際のメールで確認したケーススタディについて述べる。8章ではシステム評価の計画について説明し、9章ではまとめと今後の展望について述べる。

2. 関連研究

本稿では、情報セキュリティにおいて学習者の弱点を反映した意思決定トレーニングを実現する観点から、情報セキュリティ教育および適応的な学習支援に関する関連研究について概説する。

2.1 セキュリティ教育

川上らは情報セキュリティ教育のための e ラーニング教材作成システム ELSEC を開発した⁽²⁾。この研究は、脅威の変化に合わせてセキュリティ教育の効果と柔軟性を高めるために、アニメーションを利用して e ラーニング教材を作成するためのものである。

また、藤田らは学習者のセキュリティアウェアネスを強化するために、パスワード強化要素を組み込んだゲームを実装した⁽³⁾。この研究では、ゲームの前に、パスワードをコマンドとして登録しておき、ゲーム中の適切なタイミングでパスワードの入力をゲームのプレイヤーに求める。ユーザはゲームを遊びながら強力なパスワードの記憶などのセキュリティに関する意識やスキルを自然に高めることが可能である。

Beuran らはセキュリティ教育の学習コンテンツの管理プラットフォーム CyLMS を開発した⁽⁴⁾。このシステ

ムは SCORM フォーマットを用い、学習コンテンツをパッケージ化して広く使用されている e ラーニングプラットフォームである Moodle LMS と統合し、学習コンテンツを作成・管理する。これにより、教師や学習者の負担を減らすことや他の分野における教育学習コンテンツを簡単に作成することを可能にした。

しかし、これらの研究で利用される教材は固定的であり、多くの学習者に知識やスキルを伝達できる反面、学習者の理解度に応じた教育を行う上では不十分である。

2.2 適応的学習支援

菅沼らは学生の理解度と問題の難易度を動的に評価する練習問題自動生成システムを開発した⁽⁵⁾。このシステムは出題用の XML タグを設計し、学生の理解力に応じた練習問題を XML 文書から選択問題、穴埋め問題、誤り訂正問題の三つの形式で出題する。しかしながら、学習者の理解度に応じた練習問題を自動的に出題するために、事前に十分な数の出題用のタグを用意しなければならず、教師に大きな負担がかかる。また、このシステムは、学習者の問題に対する解答の正誤により学習者の理解度を計算し、それに応じた難易度の問題を出題できるが、学習者の弱点を補足することは考慮されていない。

一方、津森らは理解状況に適応した多肢選択式問題の自動生成に関する構想を提案した⁽⁶⁾。この研究では、教師の出題負担を減らし、学習者が効率的かつ効果的な検定試験や資格試験の対策学習を行うことを目的として、学習者の不得意分野を繰り返し学習するための問題を自動的に生成するシステムを提案した。このシステムでは、事前に選択肢となる単語を知識ベースに集めて語彙に関するシステムの構築を行い、選択肢を変更する事により、選択問題の難易度を制御する。しかしながら、学習者の理解度に応じた練習問題を出題するためには、全ての選択肢となる単語に対して学習者の理解度を与えることが必要であり、また、練習問題の選択肢間の関連度と選択肢の難易度を設定しなければならない。

また、金子らは学習者の不得意分野を同定する CAI システム (学習者モデルと教授ロジックの提案) を開発した⁽⁷⁾。このシステムでは形式知学習において学習者の

不得意分野を把握するために、既存のオーバーレイモデルを拡張して、学習者の不得意分野を自動的に同定する機能を有している。ここで、形式知とは、記号や数式などで表現できる顕在的な知識である。そのため、意思決定スキルのような、手掛かりを発見し、状況を把握してから問題を判断するといったスキルを向上させるために適用できるかどうかは明らかではない。

大坪らは、学習者が色を識別するスキルを向上させるデジタル化のトレーニングする環境を開発した⁽⁸⁾。この研究では、学習者が見た色を再現できるように、色の要素の差に関するトレーニングを行う。さらに、トレーニングする際に、オーバーレイモデルを利用して学習者の色の識別能力を把握し、弱点を優先的に出題する手法を実現した。

このように、形式知や色の識別能力といった領域でオーバーレイモデルを活用した適応的学習支援が提案されている。意思決定トレーニングにおいては、顕在的な知識の記憶よりも適切な行動の繰り返しによる定着が重要であるため、適応的な学習支援の必要性がより大きいといえる。

3. 意思決定トレーニングモデル

人間が意思決定する過程は図 1 に示す 4 つのステップで構成される⁽⁹⁾。

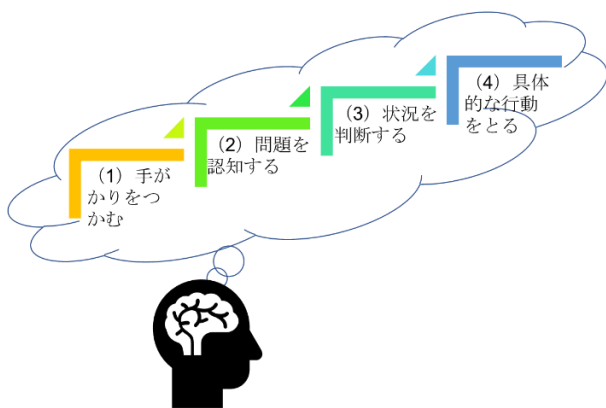


図 1. 意思決定のプロセス

このため、意思決定の過程においては、単一の知識やスキルだけで正解の行動をとれるとは言えない。

先行研究において我々は、情報セキュリティアウェ

アネス向上のための意思決定トレーニング環境を提案した⁽¹⁰⁾。図 2 に示すように、情報セキュリティ教育はセキュリティ知識（ポリシー・ガイドライン）、意思決定スキル、アウェアネスの三つの要素によって構成されている。つまり、ここでの意思決定スキルは、インシデントというセキュリティの事情や現象を対応するため、セキュリティ知識を基準とし、適切な行動を選択するプロセスであるといえる。

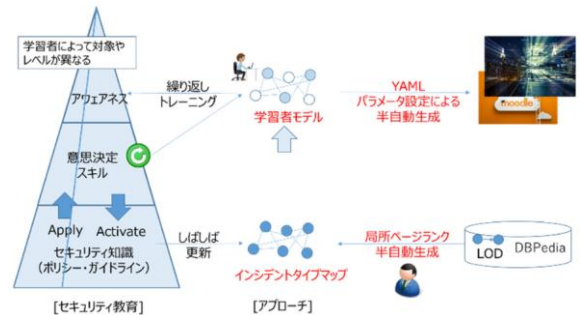


図 2. 情報セキュリティ教育の構成要素⁽¹⁰⁾

情報セキュリティにおいては、インシデントは事象の種類、被害の影響範囲の広さ、対策する時間やコストなどから構成される。そこで、本研究ではインシデントの構成要素に対する学習者の気づき（アウェアネス）のレベルを意思決定スキルと定義する。つまり、学習者の弱点とは、学習者が気付にくいインシデントの構成要素であり、そうした要素に気付くことを促進するためにトレーニング課題を生成することが、本研究の具体的なタスクとなる。

以上の考察から、本研究の課題は 3 つに分割することができる。

(a) インシデントの構成要素は様々なものがあり、気付やすいものもあれば気付にくいものもある。これらを元に生成するトレーニング課題の難易度を定義する。

(b) 前章で述べた大坪らのオーバーレイモデルを参考に、インシデントの構成要素に対する学習者のアウェアネスを表現した意思決定スキル表現モデルを開発する。

(c) 学習者とトレーニング課題のミスマッチを減らすために、図 3 に示すように、意思決定スキルに応じたトレーニング課題を生成する。

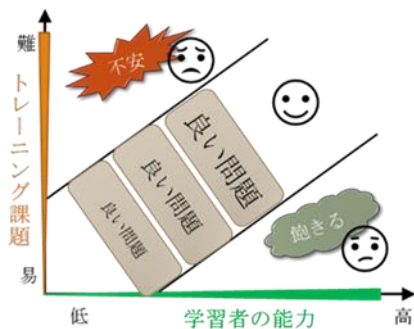


図 3. スキルに応じたトレーニングの提供

4. トレーニング課題の難易度の定義

本研究では、通常のメール、スパムメール、フィッシングメールを判別するスキルの向上を具体的な事例としてトレーニング環境を開発している。トレーニング課題の難易度を定義する前に、トレーニング課題の観点としてのメールの構成要素を表すトレーニング項目という概念を導入する。

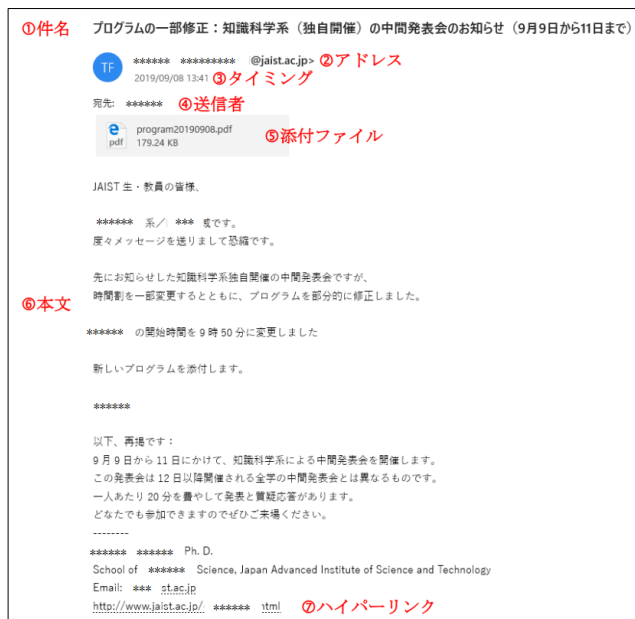


図 4. トレーニング項目

図 4 に示すように、本研究では、フィッシングメールを判別するためのポイントとして、メールの送信者、アドレス・リスト、件名、タイミング、本文、ハイパーリンク、添付ファイルの 7 つの視点をトレーニング項目として採用した。

学習者のスキルレベルに応じたトレーニング課題を

生成するためには、まずトレーニング課題の難易度を定義することが必要である。そこで本研究ではトレーニング課題の難易度を次のように定義する。

表 1 にメールの送信者に関する典型的な条件を示す。まず、前述した 7 つのトレーニング項目に対して同様に分類条件を整理する。

表 1. メール送信者の分類条件

項目	条件
送信者	通常のやりとりしている送信者
	通常のやりとりをしていない送信者
	会社や銀行・学校等を偽装した送信者
	メールリグリスト

トレーニング課題 X が通常のメールである条件付確率を $P(a|X)$ 、フィッシングメールである条件付確率を $P(b|X)$ 、スパムメールである条件付確率を $P(c|X)$ とそれぞれしたとき、 $1-(|P(a|X)-P(b|X)|+|P(a|X)-P(c|X)|+|P(b|X)-P(c|X)|)/2$ の値が大きいほど、トレーニング課題として難しいと定義する。トレーニング課題に対する難易度をこのように定義することにより、学習者のレベルに応じたトレーニング課題を設定することが可能となる。

なお、 $P(a|X)$ 、 $P(b|X)$ 、 $P(c|X)$ はそれぞれ式(1)のナイーブベイズにより求める。ここで、 $X_1, \dots, X_n$ はメールの各項目の分類条件であり、 Y はメールの種類（普通のメール、フィッシングメール、スパムメール）である。

$$P(Y|X_1, \dots, X_n) = \frac{P(Y)P(X_1, \dots, X_n|Y)}{P(X_1, \dots, X_n)} \quad (1)$$

ただし、 $Y=\{a, b, c\}$ 。

5. 学習者の意思決定スキルの表現

本研究では、大坪らによる色判別スキルトレーニングにおけるオーバーレイモデル⁽⁷⁾を参考に、学習者がそれぞれのトレーニング項目についてどの程度のレベルに達しているかを表現する学習者モデルを提案する。なお、学習者の各項目の学習レベルはレベル 1(Lv1)からレベル 5(Lv5)までの 5 段階を設定する。学習者モデルはトレーニング課題に対する成否によって更新され、学習者がフィッシングメールの判別時に気付にくい弱点項目を補足することができる。

表 2 に学習者の意思決定スキルに関するオーバーレイモデルを示す。課題を行っていない場合は正答率が -1 となっており、課題を行った場合はその正答率が表示されている。これにより、出題時に正答率の低い項目を優先的にトレーニングさせることができる。

表 2. 意思決定スキルのオーバーレイモデル

項目	学習レベル									
	レベル	正答率	レベル	正答率	レベル	正答率	レベル	正答率	レベル	正答率
件名	Lv1	-1	Lv2	100	Lv3	70	Lv4	-1	Lv5	-1
メールアドレス	Lv1	-1	Lv2	100	Lv3	100	Lv4	-1	Lv5	-1
送信者	Lv1	-1	Lv2	100	Lv3	80	Lv4	60	Lv5	-1
タイミング	Lv1	-1	Lv2	100	Lv3	100	Lv4	100	Lv5	-1
添付ファイル	Lv1	-1	Lv2	80	Lv3	40	Lv4	-1	Lv5	-1
本文	Lv1	-1	Lv2	90	Lv3	90	Lv4	70	Lv5	-1
ハイパーリンク	Lv1	-1	Lv2	30	Lv3	-1	Lv4	-1	Lv5	-1

6. スキルに応じたトレーニング課題の生成

本研究ではトレーニング課題の生成を以下のフェイズにわけて実現する。

- (1) 初期状態における学習者のスキルレベルの推定,
- (2) 学習者のスキルレベルを反映した適応的トレーニング課題の生成.

6.1 初期レベルの推定

トレーニング開始時はシステム上に学習者の情報が何も存在していないため、学習者のスキルを反映した支援を行うことができない（コールドスタート）。そのため、図 5 に示すようなステップで学習者の初期状態を推定する。

具体的には、初回のテストでは全ての項目がレベル 2 となるトレーニング課題を出題し、正解の場合は初期レベル 3、不正解の場合はレベル 1 からスタートする。

6.2 適応的トレーニング課題の生成

学習者の基本レベルが推定できたら、一部の項目に対して 1 段階上のレベルのトレーニング課題を提示する。正解した場合は学習者モデルの当該項目のレベルが更新される。さらに次のトレーニング課題を生成するときには、他の項目よりレベルの低い項目のレベル向上を優先した課題が生成される。

図 6 に、学習者の初期状態把握後の適応的課題生成の具体例について示す。ここでは、学習者はハイパーリンクに対するスキルレベルが低くなっているため、そ

の項目が判断基準として重要となる課題を生成し、他の項目についてはわかりやすい判断基準を用いる。

また、同一項目の課題が重複して出題されることを避けるために、項目の各分類条件に対し、条件に応じたトレーニング課題を準備し、複数のパラメータを変更して各項目の分類条件の課題を組み合わせ出題する。

学習者がトレーニング課題を解答した後に、システムは正解不正解を判断し、不正解であれば、学習者が注目すべき項目をフィードバックする。学習者のトレーニング課題への回答結果は次のトレーニング項目の難易度を左右する。正解の場合は、次のトレーニング課題はより難しくなり、不正解の場合は、トレーニング課題はより易しくなる。

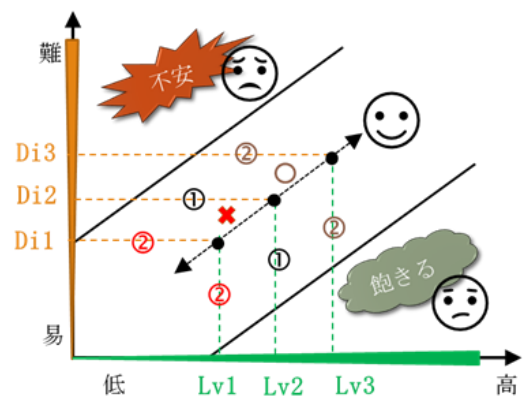


図 5. 初期レベルの推定

トレーニング項目	レベル	正答率
送信者	Lv3	90
アドレス	Lv3	80
件名	Lv3	70
ハイパーリンク	Lv2	20
本文	Lv3	60
タイミング	Lv4	60
添付ファイル	Lv2	50

ハイパーリンクに関するメールに優先的に出題

+

複数のパラメータを変更

図 6. 適応状態での出題方法

7. ケーススタディ

本研究では、ケーススタディとして課題の難易度が適切に設定できるかどうかを確かめるために、まず 200 通の普通のメール、フィッシングメール、スパムメールを収集し、表 3 に示すトレーニング項目ごとの分類条

表 3. 項目ごとの分類条件

項目	条件
送信者	通常のやりとりしている送信者
	通常のやりとりをしていない送信者
	会社や銀行・学校等を偽装した送信者
	メーリングリスト
アドレス	送信者情報と送信元アドレスが一致している
	送信者情報と送信元アドレスが一致していない
	送信元アドレスが偽装されている(1を1で偽装するなど)
件名	自分の事や業務とは関係性がない
	自分の事や業務とは関係性がある
	即座の行動をとることを要求する
タイミング	昼(7:00-20:00)
	夜(20:00-7:00)
添付ファイル	なし
	資料、ファイル、写真
	実行形式のファイル
ハイパーリンク	アドレスの最後が常用(.comや.jp)でないもの
	ブランド画像やロゴ、トレードマークになっているもの
	会社や銀行、学校のアドレスを偽装したもの
	URLが表示されていないもの(“こちら”をクリックしてくださいなど)
	正常なアドレス
	なし
本文	個人情報の確認・修正・ログイン要求がある
	一般的なお知らせのみ
	広告
	普通のやりとり

件を整理した。なお、収集したメールの割合は、普通のメールが 25%(50 通)、フィッシングメールが 48%(96 通)、スパムメールが 27%(54 通)であった。

これら収集したメールに対して著者らが分類条件に関するタグ付けを行った。これを訓練データとして 4 章で述べたナイーブベイズの公式(1)を用いれば、新たに準備したトレーニング課題の難易度を設定することが可能となる。

本ケーススタディでは、上記 200 通とは別のメール 15 通(普通メール、フィッシングメール、スパムメールがそれぞれ 5 件ずつ)を準備し、表 6 に示すようにその難易度を評価した。

実際のメールによって難易度を検証したところ、その多くは難易度が 0 付近の簡単な課題となった。これらは典型的な事例であり、判断しやすいメールである

といえる。

表 4 および表 5 に最も難易度が低かったフィッシングメール No.5 と最も難易度が高かった普通のメール No.13 のトレーニング項目ごとの分類条件を示す。表 4 は送信元アドレスが偽装されており、個人情報の確認・修正・ログイン要求がある本文で、URL が表示されていないものとなっており、フィッシングメールでよくみられる特徴を含んでいるといえる。一方、表 5 は普通のメールに分類されるものであったが、通常やり取りしていない送信者からのものであったり、自分のことや業務とは関係がなく、ログイン要求が含まれており、判断が難しいものとなっている。このように、適切な条件の組み合わせを行うことで難易度を変更することができるため、多様なトレーニング課題を作成できる可能性が示唆された。

表 4. フィッシングメール NO.5 の各項目のあった条件

フィッシングメールNO. 5: アカウントのセキュリティ審査を実施してください	
項目	分類条件
送信者	通常のやりとりをしていない送信者
アドレス	送信元アドレスが偽装されている(1を1で偽装するなど)
件名	自分の事や業務とは関係性がある
タイミング	昼(7:00-20:00)
添付ファイル	なし
ハイパーリンク	URLが表示されていないもの(“こちら”をクリックしてくださいなど)
本文	個人情報の確認・修正・ログイン要求がある

表 5. 普通のメール NO.13 の各項目のあった条件

普通のメールNO. 13: BYOD(私物端末の業務利用) 最新事情とセキュリティ対策/グローバルサイン	
項目	分類条件
送信者	通常のやりとりをしていない送信者
アドレス	送信者情報と送信元アドレスが一致している
件名	自分の事や業務とは関係性がない
タイミング	昼(7:00-20:00)
添付ファイル	なし
ハイパーリンク	なし
本文	個人情報の確認・修正・ログイン要求がある

ナイーブベイズによる条件付確率を利用した難易度の設定は実際のメールだけでなく、新たな条件の組み合わせによるトレーニング課題にも適用可能である。これにより、学習者のスキルに応じたトレーニング課題の生成が実現できる。

なお、トレーニングを行う際には、全体の難しさだけでなく、より重要な項目を優先的に学ぶことも必要である。そのため、項目の重要性の定義についても現在検討中である。

表 6. 検証メールの難易度

フィッシングメール	番号	件名	難易度
	1	【日本郵便】集荷依頼申込み完了のお知らせ	0.01
	2	【重要】楽天株式会社から緊急のご連絡	0.00
	3	RE: 確認まりました: 領収書の購入 “ポケモン-go” (アプリ)-9 月20日、2018 [FWD]	0.00
	4	web-mail. jaist. ac. jp	0.00
スパムのメール	5	アカウントのセキュリティ審査を実施してください。	0.00
	番号	件名	難易度
	6	【ヤフー】※楽天銀行からご案内※ ご契約と同時にすぐに融資可能! 【PR】	0.00
	7	【仮想通貨取引所「BitoPro」はかなり期待大!】	0.00
	8	ラクに稼げる高時給な仕事を見つけました!	0.02
	9	最後通告!!	0.19
普通のメール	10	長く生き残るための10ステップ	0.00
	番号	件名	難易度
	11	#【JAIST社会人セミナー】「co-café+@JAIST 2019 Summer」の開催について (9/4)	0.00
	12	【JAIST ANPIC】休講のお知らせについて (2/8) / Cancelling Lectures (2/8)	0.01
	13	BYOD(私物端末の業務利用) 最新事情とセキュリティ対策/グローバルサイン	0.50
	14	ISSソサイエティ誌	0.04
	15	パンフレット「グローバルに活躍できるイノベーション創出人材を目指して」の配付について (依頼) / Distribution of a newly-printed brochure about “Aiming to Become a Globally Active Leader Capable of Creating Innovations”	0.01

8. システム評価の計画

提案したトレーニング課題生成システムの有効性を確認するために図7に示すような評価を計画している。

被験者は情報セキュリティを専門としない大学院生を対象とし、それを統制群と実験群の二つのグループにわけ、それぞれのグループの被験者に同一のプレテストを行った上で、統制群にはランダムなトレーニング課題、実験群には提案手法によるトレーニング課題を提示して学習を行わせる。

なお、被験者の初期状態を反映するために実験群ではプレテストの結果を利用する。一定回数のトレーニング終了後、両グループの被験者に同一のポストテストを行い、プレテストからの成績の伸びについて比較する。ここでは、提示されたトレーニング課題に含まれるトレーニング項目がスキル向上に成果があったかどうかについても合わせて分析する。さらに、被験者にトレーニング課題の難易度や成果に関するアンケートを行い、提案手法の妥当性について考察する。

9. おわりに

本稿では、情報セキュリティ、特にフィッシングメールの判別に関する意思決定スキルのトレーニングを対象として、学習者の不得意項目を発見し、学習者の理解状況に応じたトレーニング課題を生成することで、集中的な学習を実現するトレーニング課題自動生成手法について提案した。また、ケーススタディから項目の分類条件を活用した課題設定により難易度が設定できる可能性が示唆された。

現時点ではトレーニング課題の難易度について定義できているが、今後はそれぞれのトレーニング項目の重要性をいかに定義するかということを検討したい。さらに、トレーニング課題生成環境の開発と評価を通じて、学習者がオンラインで不得意項目の経験や失敗を繰り返すことがスキル改善にどのように役立つかについて調査をしていきたい。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費基盤研究(B) (No.17H01992),

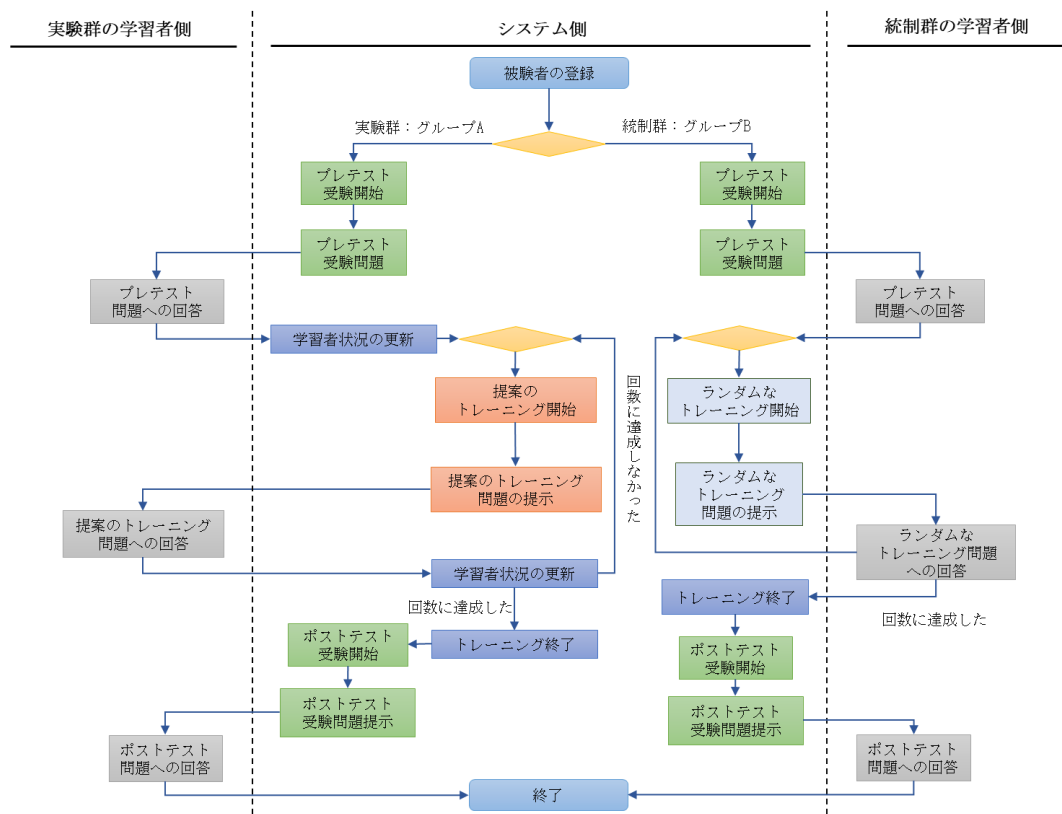


図 7. システムの評価方法

基盤研究(C) (No. 17K00479)の助成による。

参考文献

- (1) 総務省．総務省における情報セキュリティ政策の推進に関する提言．(2013)
- (2) 川上昌俊，安田浩，佐々木良一：情報セキュリティ教育のための e ラーニング教材作成システム ELSEC の開発と評価，情報処理学会論文誌，Vol.52, No.3, pp.1266-1278 (2011)
- (3) 藤田 真浩，山田 真子，西垣 正勝：エンターテインメントを活用したセキュリティ強化：パスワード強化要素を組み込んだゲームの実装とその有効性，情報処理学会論文誌，Vol.57, No.12, pp.2711-2722 (2016)
- (4) Beuran, Razvan, et al. "Supporting cybersecurity education and training via LMS integration: CyLMS. " Education and Information Technologies pp.1-25 (2019)
- (5) 菅沼明，峯恒憲，正代隆義：“学生の理解度と問題の難易度を動的に評価する練習問題自動生成システム”，情報処理学会論文誌，Vol.46 No.7, pp.1810-1818 (2005)
- (6) 津森伸一，海尻賢二：“理解状況に適応した多肢選択式問題の自動生成に関する構想”，教育システム情報学会研究報告，Vol.21, No.4, pp.3-8 (2006)
- (7) 金子 真也，上之菌 和宏，橘 知宏，佐藤 彰紀，橋立 真理恵，古宮 誠一：“学習者の不得意分野を同定する CAI システム：学習者モデルと教授ロジックの提案，”電子情報通信学会技術研究報告，知能ソフトウェア工学 108(384), pp.25-30, (2009)
- (8) 大坪誠：“デジタル環境下での効率的な色識別能力支援システムの研究．”(2017)
- (9) <http://ocw.nagoyau.jp/files/156/shibata5.pdf> (2019 年 10 月 1 日確認)
- (10) 長谷川忍，Kurnia, D., Tan, Z., & Razvan, B. 情報セキュリティウェアネス向上のための意思決定トレーニング環境の提案. 教育システム情報学会研究報告，33(4), pp.73-76 (2018)

伝統産業の技能継承における数値データ介入の効果

ー京金網を例としてー

高井由佳^{*1}, 伊藤羊子^{*2}, 辻賢一^{*2}, 後藤彰彦^{*1}

^{*1} 大阪産業大学 ^{*2} 金網つじ

Effect of Intervention Relating to Numerical Data on

Skill Succession of Traditional Industries

– an Example of Kyo Kana-ami –

Yuka Takai^{*1}, Yoko ITO^{*2}, Ken-ichi Tsuji^{*2}, Akihiko Goto^{*1}

^{*1} Osaka Sangyo University ^{*2} Kana-ami Tsuji

京金網の職人を対象とし、3次元動作測定といった情報機器を用いた作業動作のデータの算出を進めてきた。熟練職人と若手職人の解析データを比較し、熟練職人の技の特徴を明確化した。この解析データを用い、若手職人への解析データ開示のタイミングとその効果を検討した。

キーワード: 技能伝承, 教育実践, 教育効果, 京金網

1. はじめに

伝統産業における技能伝承は、親方が作業をやってみせながらやり方を説明し、弟子が見様見真似で少しずつ作業を修得するという過程が、今もって一般的である。そこにマニュアルは存在せず、弟子が記録をとることもほとんど行われていない。一方、情報機器が普及し、誰もが世界の情報に簡単にアクセスすることが可能になり、マニュアル動画が多く投稿される時代になっている。我々は情報機器を用いて伝統産業における熟練職人の作業動作をデータ化し、技能伝承に用いることができないかの検討を進めてきた^(1, 2, 3)。

本研究では、京都の伝統工芸品である京金網を題材とし、熟練職人の動きのデータ化と、得られたデータを用いた若手職人への教授における実践から明らかになった伝統産業の技能継承における知見を報告する。

2. 京金網

京金網とは、京都市内で作製される手作業による金網細工である。京金網の一例を図1に示す。金網は、機械化が進むまでは、全国にて職人による手作業によ

り作製されていた。これらの金網は、日用品や建築部材として人々の生活に無くてはならないものの一つであった。京都市には、御所や多くの寺社仏閣があり緻密で繊細な製品が求められるため、日本国内においても最も優れた技術を持つ金網職人が多く暮らしていた。しかしながら、生活様式の変化や、機械化、新材料の開発により、京都市内の金網細工店は激減し、現在は6店を残すのみである。金網細工店の減少に比例し熟練職人も減少し、若手職人の育成が急務となっている。



図1 京金網の香炉

3. 熟練職人の技術のデータ化

技術・技能の記録と数値化・可視化を兼ね、経験年数 40 年以上の京金網熟練職人を対象として、3 次元動作解析⁽⁴⁾および仕上がった製品の形状評価⁽⁵⁾を実施した。

3.1 測定方法

熟練職人にはステンレス線にてとうふすくいを作製していただいた。とうふすくいを図 2 に示す。とうふすくいは京都の湯豆腐には欠かせない道具である。六角形の形状を持つ亀甲模様にて作製されている。亀甲模様は、図 3 に示すように、左右の手に持った 2 本の針金を 2 回ねじることで六角形の縦の辺が作られる。

動作の測定には、3 次元動作解析装置 (MAC 3D SYSTEM, Motion Analysis 社製) と 6 台の赤外線カメラ (Motion Analysis 社製) を用いた。実験参加者の左右肩峰、左右肘頭、左右示指 DIP 関節に標点となる赤外線反射マーカーを貼り付けし、手の動きを明らかにした。座標系は実験参加者の左右方向を X 軸、前後方向を Y 軸、上下方向を Z 軸とした。仕上がったとうふすくいは写真撮影を行った。



図 2 とうふすくい

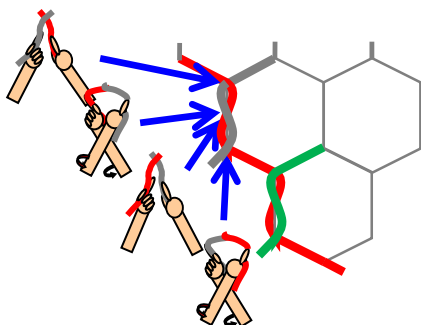


図 3 亀甲模様の編み方

3.2 結果

熟練職人が亀甲の 2 回ねじりを行う際の左右肩、左右肘、左右示指の軌跡をそれぞれ図 4 から図 9 に示す。左肩は左右方向、前後方向ともにほとんど動いていなかった。右肩の動作範囲は左右方向に $-2 \sim 2\text{mm}$ 、前方に 4mm であった。このことより、両肩をほとんど動かさず作業を行っていることが分かった。左肘の動作範囲は右方向に $0 \sim 8\text{mm}$ 、前方に 10mm であった。右肘の動作範囲は左方向に $-40 \sim 0\text{mm}$ 、前方に 10mm であった。肩と同様に肘も狭い範囲で動作していた。左示指の動作範囲は右方向に $0 \sim 35\text{mm}$ 、上方向に $0 \sim 8\text{mm}$ であり、半楕円形の弧を描くように左から右へ指が移動していた。右示指の動作範囲は左方向に $0 \sim 4\text{mm}$ 、下方向に $0 \sim 23\text{mm}$ であり、真下に降ろすように指が移動していた。

図 10 に熟練職人の作製した亀甲の写真を示す。熟練職人の亀甲は丸みのある形状をしており、特に赤丸で示した辺は立体的なふくらみが観察された。

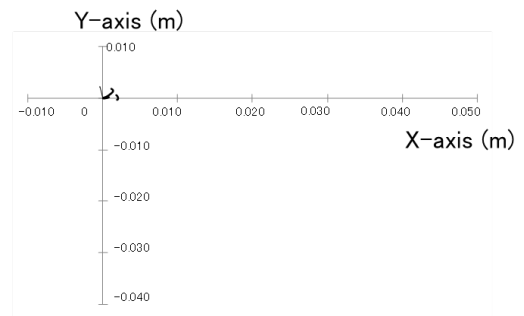


図 4 左肩の軌跡⁽⁴⁾

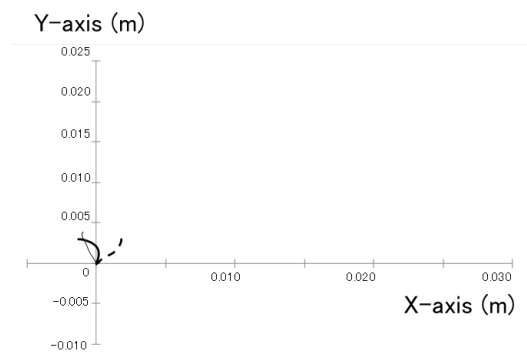


図 5 右肩の軌跡⁽⁴⁾

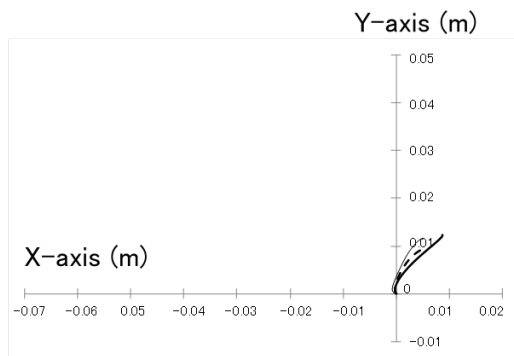


図 6 左肘の軌跡⁽⁴⁾

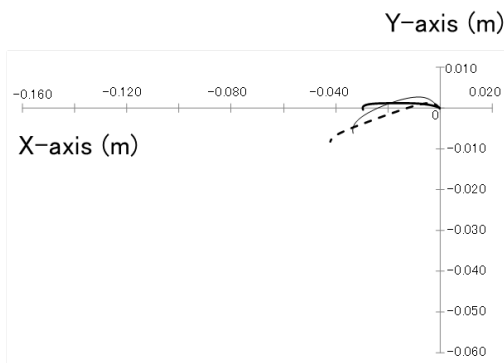


図 7 右肘の軌跡⁽⁴⁾

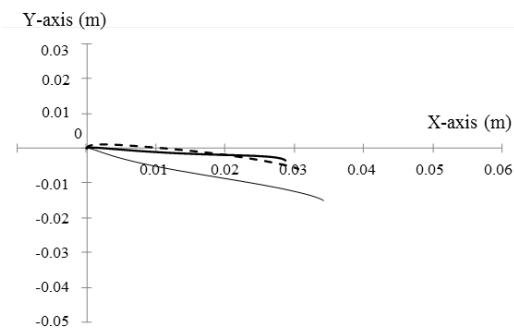


図 8 左示指の軌跡

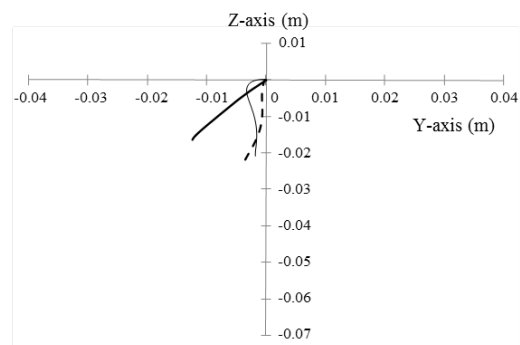


図 9 右示指の軌跡⁽⁴⁾

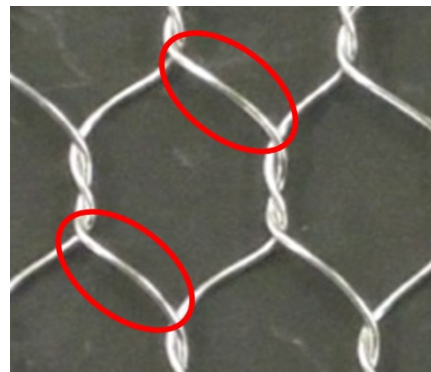


図 10 熟練職人の作製した亀甲⁽⁵⁾

4. データを用いた技術指導

第3章で示した解析データを2名の指導対象者に開示した。このとき、異なる開示方法にて教授を実践した。

4.1 研究者からのデータ開示による教授

熟練職人の息子（経験年数8年）は、一通りの商品の作製は行えるが、亀甲の立体感が足りず、角張ったとうふすくいを作製すると熟練職人から評価されていた⁽⁶⁾。息子が作製したとうふすくいを図11に示す。息子に対し、解析データの開示および説明を筆者らから実施した。その他は、日常通りの仕事および熟練職人からの指導を行った。この結果、息子の習熟に解析データ開示は大きな影響をおよぼさなかったと熟練職人は評価した。

この原因を熟練職人に尋ねたところ、「家族、特に父と息子という関係は、他の従業員と比較し、言葉での指導がやりにくい。息子が聞いてくるまでは、こちらも教えない。息子も父親に頼らずに上手になりたいという気持ちがある。」との思いを聞くことができた。



図 11 息子の作製した亀甲⁽⁶⁾

4.2 データに基づいた熟練職人からの教授

若手職人（経験年数3年）は、一通りの商品の作製は行え、“普通”のとうふすくいを作製すると熟練職人から評価されていた。若手職人が作製したとうふすくいを図12に示す。若手職人への解析データの開示および説明は、熟練職人から行った。このとき、熟練職人は若手職人の技の理解度や製品の仕上がりを見て開示する内容を判断した。同時に、若手職人に[1]熟練職人からの指導内容、[2]指導を受けた後に気をつけた点、[3]指導を受けた後の製品の仕上がりを書き留めた。このノートに記述内容は熟練職人が確認した。この結果、8ヶ月経過後において、若手職人のとうふすくいの中に立体感を有する亀甲が増加した。また、ノートには『しっかり上げる手（指の）動きにより「立体的なふくら感」が出てくる。』との記述があり、立体感を有する亀甲を作製するために、どのように体を動かすべきか若手職人が理解していることが見て取れた。

この原因を熟練職人に尋ねたところ、「解析データという根拠を得ることで、より具体的な数字などを用いた指導を行えるようになった。さらに、ノートがあることで、若手職人が何を理解し、何を理解していないかが今までより明確になり、指導のタイミングを計る

のに役立った。ノートの利用は若手職人の習熟を早めていると感じる。」とのご見解を伺えた。

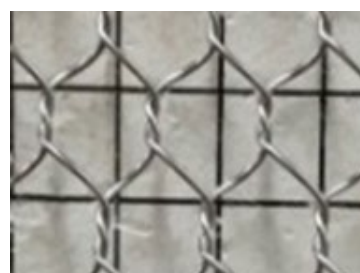
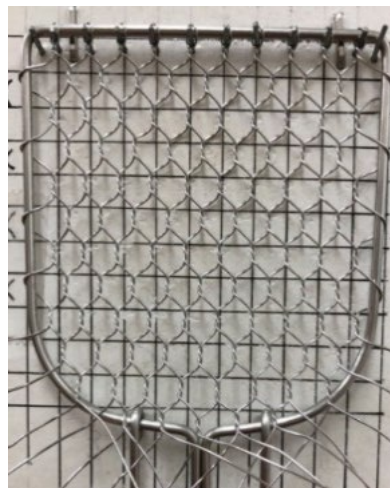


図 12 若手職人の作製した亀甲

5. 考察

解析データの開示方法の違いにより、一方の指導対象者の習熟が早まったとの言葉が熟練職人より得られた。熟練職人の暗黙知の形式知化は、本研究に限らず日本だけで見ても様々な実験が行われている^(7,8,9)。一方で、熟練職人の形式知にて指導対象者の習熟速度が早まった事例の報告は多くない。指導対象者に「いつ」「どのような内容」で教授を行うべきであるかを研究者が見出すのは大変困難である。時期が的確でない教授は、どんなに良い内容であっても意味を成さないことが、今回の実践にて明らかになったと考える。

また、熟練職人の言葉より、伝統産業が抱える技能継承の難しさの一端が垣間見えた。伝統産業は、家族経営が大多数を占め、親から子へ技術・技能を伝える場合が大半である。親子間の技能伝承には一緒に過ごした時間が長いことに起因する「会話不足」が存在し、スムーズな教授を妨げる一因となっていると考えられる。

6. おわりに

解析データの開示方法の違いにより，一方の指導対象者の習熟が早まったとの言葉が熟練職人より得られた．熟練職人の暗黙知は，形式知化しそのまま伝えるだけでは不十分であり，親方が解析データを理解し，弟子へ最適なタイミングで教授することにより，十二分に生かすことができることが明らかとなった．

参 考 文 献

- (1) 杉本卓也, 高井由佳, 弓永久哲, 後藤彰彦, 濱田泰以: “把持力検証による金相試験片研磨における熟練者技能の研究”, 労働科学, 89 巻, 6 号, pp.213-217 (2013)
- (2) 岡泰央, 高井由佳, 後藤彰彦, 岡興造: “叩打作業における打刷毛の 3 次元挙動の解明”, 文化財保存修復学会誌, 第 60 号, pp.1-9 (2017)
- (3) 池元茂, 高井由佳, 濱田泰以, 桑原教彰: “自動車板金修理における打刻手順から見る工程解析”, 日本機械学会論文集, 84 巻, 864 号, p.17-00552 (2018)
- (4) 辻賢一: “京金網における亀甲形状作製の技に関する研究”, 京都工芸繊維大学学位論文 (2014)
- (5) 王澤龍, 辻賢一, 辻徹, 高井由佳, 後藤彰彦, 濱田泰以: “熟練者と非熟練者が製造した金網細工の 3 次元構造の比較”, 日本機械学会年次大会講演論文集, S0450201 (2015)
- (6) 辻徹, 辻賢一, 高井由佳, 後藤彰彦: “金網細工の連続作製における動作解析”, 機械材料・材料加工技術講演会講演論文集, pp.518_1-518_5 (2012)
- (7) 檜山敦, 浅田和宏, 並木秀俊, 宮廻正明, 廣瀬通孝: “伝統技能継承のための主観視点を含んだ支援映像の生成”, ヒューマンインタフェース学会論文誌, 第 12 巻, 第 3 号, pp. 249-258 (2010)
- (8) 武雄靖, 夏恒: “技能伝承のためのマイクロメータによる寸法測定作業中の注視点移動に関する実験的検討”, 日本機械学会論文集 C 編, 79, 巻 799 号, pp. 814-826 (2013)
- (9) 澤井浩子, 渡守武和音, 上野敬介, 小山恵美: “塗り動作習熟過程の定量的評価方法に関する研究”, 時間学研究, 第 3 巻, pp. 49-59 (2013)

セルフアドボカシースキル支援を目的とした

ICF-CY に則った個別の教育支援計画作成支援システムの開発

永森 正仁^{*1}, 塩野谷 明^{*1}, 三宅 仁^{*2}, 薄田 達也^{*3}

*1 長岡技術科学大学 *2 立川メディカルセンター *3 ロレム Ipsum

Support System for creating Individual Education Support Plans based on ICF-CY
developed for the purpose of supporting Self-advocacy

Nagamori Masahito^{*1}, Shionoya Akira^{*1}, Miyake Hitoshi^{*2}, Susukida Tatsuya^{*3}

*1 Nagaoka University of Technology *2 Tachikawa Medical Center *3 lorem ipsum

In principle, the provision of reasonable accommodation starts with a statement that social barriers from students with disabilities need to be removed. However, it is difficult for students with developmental disabilities to expect a request for consideration from the person himself / herself, even if it seems necessary to consider due to difficulties in proper self-awareness due to the characteristics of the disability. We report on the development of an individual education support plan creation support system in accordance with ICF-CY for the purpose of self advocacy support in reasonable accommodation.

キーワード: 合理的配慮, ICF-CY, 発達障害, 個別の教育支援計画, セルフアドボカシー, スキル支援

1. はじめに

2016 年 4 月, 障害者差別解消法が施行され, 行政機関において合理的配慮の提供が義務化された⁽¹⁾. これにより, 発達障害を含む障害がある者に対する合理的配慮の提供が高等教育機関において推進されている.

合理的配慮の提供は原則として, 障害のある本人自身から社会的障壁の除去を必要としている旨の意思表示が支援の出発となる⁽²⁾. この社会的障壁の除去に対する合意形成において, 初等中等教育(特別支援教育)では個別の教育支援計画に基づき実行した結果を評価して定期的に見直すなど, 各機関での PDCA サイクルの確立が進められている. そして, 学習者本人の能動性が求められる高等教育では, PDCA サイクルの実施において, 特に本人の要望とそのための自身の継続的なモニタリングが求められる.

しかし, 発達障害はその障害の特性上, 適切な自己認識に困難があることから配慮が必要と思われる場合でも, 本人から配慮への要請を期待することは困難な場合が多く報告されている⁽³⁾⁽⁴⁾. このため, 障害学生,

特に発達障害のある学生に対するセルフアドボカシーに対するスキル獲得の支援手法の確立は, アクティブ・ラーニング実現の観点においても高等教育機関での合理的配慮において大きな課題であると考えられる. 本学では, この課題に対する実践, セルフアドボカシースキル獲得を目的としたセルフモニタリングとコピーングに対する工学的支援に e ポートフォリオシステムを用いてきた⁽⁵⁾⁽⁶⁾.

本稿では, 学習支援を含み, 継続的に開発している ICF-CY に則った個別の教育支援計画作成支援システムに関して報告する. 開発した個別の教育支援計画作成支援システムは, 大学院生のピアサポーターを含み, 本学の基礎的環境整備として運用が試みられている.

2. システム・コンセプト

開発したシステムは, 個人情報保護の観点から, 高等教育における個別の教育支援計画作成支援システム(以下, 支援計画システム)と個別の学習プロセス作成支援システム(以下, 学習プロセスシステム)の 2

つのサブシステムから構成される。支援計画システムは、1) 学生、2) 所属機関、3) 連携機関（福祉、医療、就労、等）の3視点からのPDCAサイクルの情報共有を支援する。以下、このコンセプトを上述の3視点に対して列挙する。

1) 記述文法により、初等中等教育における個別の教育支援計画の枠組みに則った、一人ひとりの学生に対する個別性の高い記述が可能。これにより、障害の多様性と学生の個別性に応じた対象学生へのサポートプロセスを継続的に蓄積する。

2) 合理的配慮をICF-CYにおける活動参加に対する環境因子の調整・変更と位置付け、要望に対する継続的な対応をプロセスとして蓄積。これにより、学生からの要望と機関による対応のプロセスを明確化し、所属機関でのサポートプロセスの共有を容易化する。

3) 記述構造の範囲内で機関ごとに記述文法を蓄積でき、各機関の基礎的環境整備の状況に応じてサポートプロセスを蓄積。これにより、機関間で合理的配慮の事例を参照でき、機関を超えたPDCAサイクルの確立を支援する。

また、学習プロセスシステムは、上記、支援計画システムのコンセプトを1) 学生、2) ピアサポーター、3) 科目担当教員の3視点を適応した構造となる。すなわち、サポーターの観点を含む学修における指導計画（IEP）に適応したものとなる（Fig.1 参照）。

本学ピアサポートの特徴は、基礎学力や学習の仕方、また、広い意味での情報に対するアクセシビリティに不安を持つ“全て”の学部学生（学習参加者）一人ひとりのニーズに対する、先輩（熟練学習者）である大学院生による個別の支援にある。

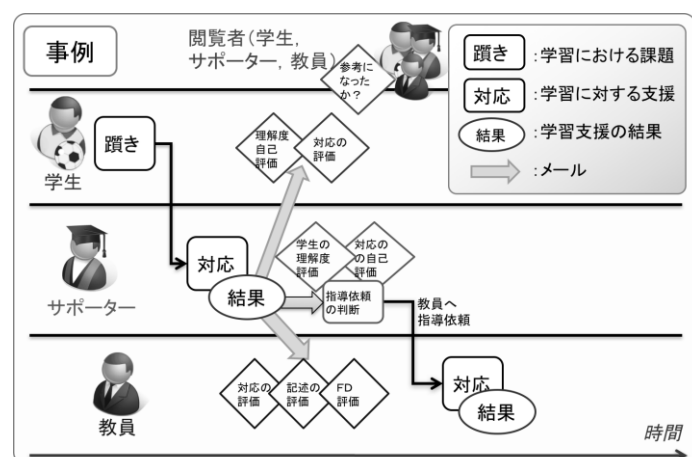


Fig.1. 学習プロセスシステムでの協働イメージ

学習プロセスシステムは、対象学生の学修上での学習や生活における躰みや課題(学修における活動参加)を、ピアサポーターをその活動参加のニーズに対する明確化のエージェントとし、その対応を環境因子の調整変更の事例として蓄積することができる。この学修におけるDCプロセスは、支援計画システムのPDCAサイクルに関連可能な情報として、所属機関の専門員(コーディネーター、カウンセラー)らに共有される。そして、所属機関は、学習プロセスシステムの個々の事例を合理的配慮のCAPプロセスに活用することができる。

3. ICF-CY に則った記述構造

サポートプロセスの記述文法は、所属機関内および機関間での情報共有を前提としつつ、学生ごと、機関ごとの個別性に対応した記述が可能である必要がある。そこで、開発する記述文法は、就職や進学等における移行就労段階での支援情報の引継ぎの重要性を考慮し、初等中等教育の学校現場で作成される個別の教育支援計画に準拠することとした。デフォルトの記述文法は、全国で作成されている紙媒体を含む既存の個別の教育支援計画253件と各県がホームページ上で公開する個別の教育支援計画の様式例を調査し、特別支援教育の専門研究者および障害学生支援の専門家らと協議して定義した。さらに、個別の指導計画も同様に47都道府県調査し、記述文法の定義において参考とした。調査した個別の教育支援計画では、記述項目の種類や数、出現順序等に差が見られたが、どの様式も共通の区分を持つ傾向があった。Fig.2に、調査した個別の教育支援計画の構成を示す。

個別の教育支援計画は、個人の基本的情報を記述する区分、計画の作成情報や障害の実態などを記述する区分、連携機関の情報を記入する区分、長期計画や短期計画を記入する区分、支援の詳細を記入する区分から構成されていた。システムでは、それぞれを個人情報群、計画情報群、支援者情報群、目標情報群、支援・配慮情報群と定義した。なお、目標情報群を、長期目標群、短期目標群と定義しなかったのは、いくつかの既存の個別の教育支援計画において、この区別が明確でないケースや、設定している期間に大きな差がある

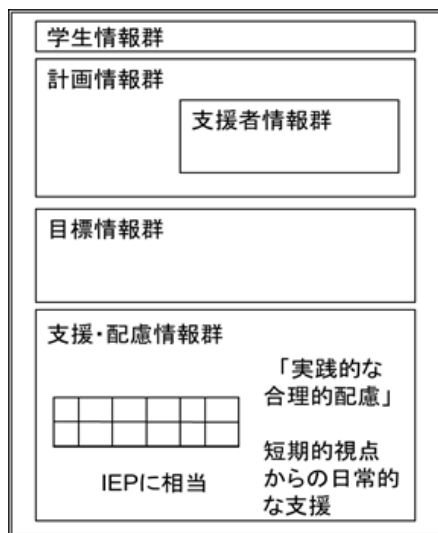


Fig. 2. 個別の教育支援計画の構成

ケースが存在したことが理由である。この調査をもとに、個別の教育支援計画に準拠するサポートプロセスが木構造となるように、記述構造を検討した。

さらに、この記述構造に ICF-CY の理論的枠組みを適用した。ICF-CY の考え方の特徴として、各構成要素の相互作用を検討することで対象者の生活機能の全体像を把握しやすくなる利点が挙げられる。また、この各構成要素はそれぞれ独立しており、各々の視点から生活機能を捉えることもできる。個別の教育支援計画の作成では、福祉・医療・就労等の複数領域の専門家が協働することが前提となっているため、ICF-CY の構成要素ごとに担当記述区分を分けることで、各専門領域の支援者らの役割を明確化することができる。例えば、医療領域の支援者らは計画情報群における健康状態、心身機能・身体構造に関して最も専門性を持つため、この部分の記述に関して果たす役割が大きくなると考えられる。同様に、個人因子や活動参加に関しては、現場において対象者と接する機会が多い教育領域の支援者らが専門性を持つと予想される。

このように、個別の教育支援計画の各記述区分に対して ICF-CY の構成要素を適用することで、各領域の支援者らが役割分担をしながら個別の教育支援計画を協働して作成していくことが可能となる。具体的には、ICF-CY の構成要素である健康状態、心身機能・身体構造を計画情報群に、個人因子を目標情報群に、活動参加と環境因子を支援・配慮情報群に適用した。このように、ICF-CY という国際的な共通分類を持つ理論的枠組みを個別の教育支援計画に適用することで、個

別の教育支援計画の各記述区分を ICF-CY の構成要素として分類し、構成要素間の関係性を含めて蓄積することができる。ICF-CY には各構成要素に統計評価を目的とした分類項目が設けられており、対象の状態を国際的な共通言語で記述したうえで、評価を含めてコード化して蓄積することもできる。

このコード化は、障害の状態や支援・合理的配慮の妥当性や有効性に関する統計学的な評価を可能にする可能性を秘めている。特に、本研究が対象とする合理的配慮での PDCA サイクルにおける評価・見直しでは、このコード化と国際統計ツールとしての利点があると考えた。このため、サポートプロセスの構造は、個別の教育支援計画に準拠しつつ、ICF-CY の理論的枠組みに則ったものとした。なお、学生健康状態（疾病や病気、障害等）の分類では、国際疾病分類 第 10 版（ICD-10）を活用することが推奨されているため、計画情報群には ICD-10 を適用している。これにより、それぞれの専門分野に応じた構成要素に対する記述・検討を可能にすることで、医療・福祉・就労機関等の教育以外の領域の支援者らとの情報共有をさらに強化する。

Fig.3 に、個別の教育支援計画の構造に準拠し、ICF-CY の理論的枠組みに則ったサポートプロセスのデータベース構造を示す。各記述部の部分木の連なりは学生のサポートプロセスを示している。

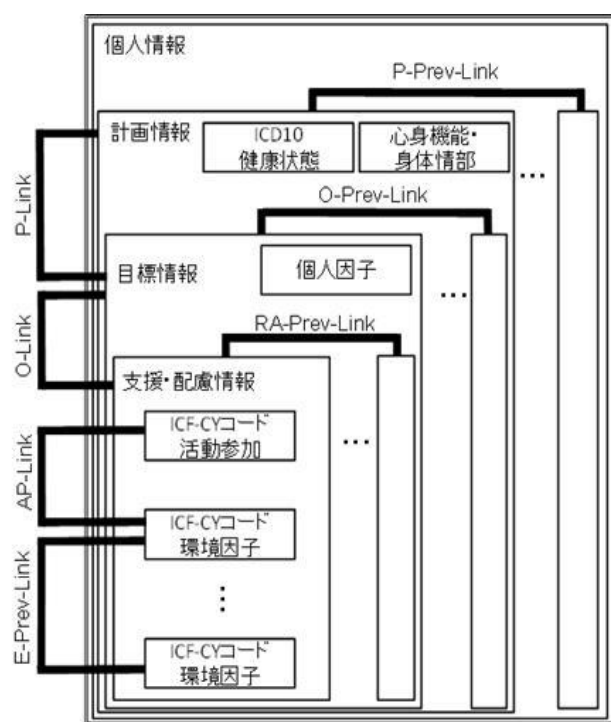


Fig. 3. プロセスのデータベース構造

4. サポートプロセス

システムでは、サポートプロセスの木構造を、合理的配慮での PDCA サイクルとしてブラウザ上に視覚化する。Fig. 4 にシステムでの合理的配慮の要望と対応のプロセス表示画面を示す。また、Fig. 5 に支援計画システムでの PDCA サイクルのイメージを示す。

要望と対応の関係を視覚化することで、対象学生に対するサポートプロセス、すなわち、合理的配慮での PDCA サイクルを明確化する。これにより、過去のサポートプロセスを踏まえた、新規なサポートプロセスの作成を支援することが期待される。これにより、より合理的なセルフアドボカシーからの要望が提案され、その継続的なプロセス作成によりセルフアドボカシースキルを支援すると考える。

また、個人情報に留意し運用することで、他者や自身のサポートプロセスを容易に振返ることができ、自分自身に必要な配慮の見直しや、支援者らの内省、および機関における内省を支援することが期待される。

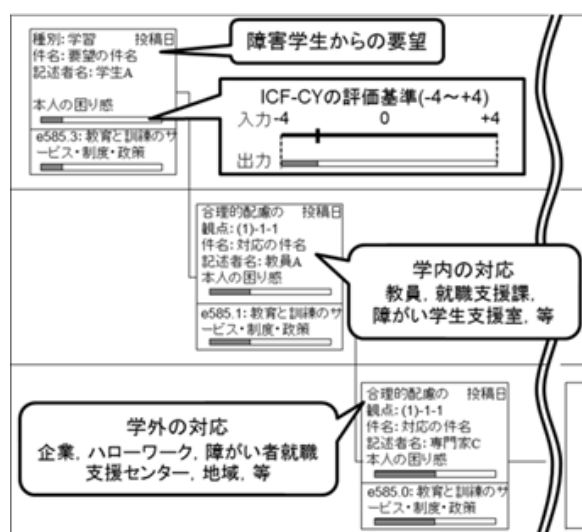


Fig. 4. 合理的配慮の要望と対応のプロセス

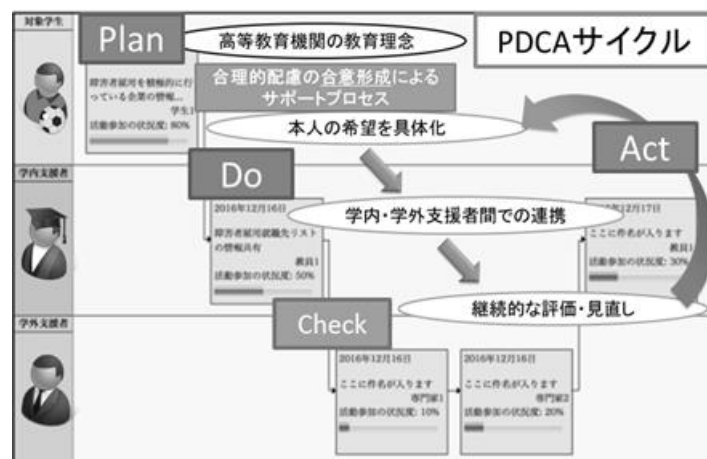


Fig. 5. 支援計画システムでの PDCA サイクル

5. おわりに

システムで記述・蓄積されるプロセスは合理的配慮の機関ポートフォリオであるとともに、対象学生のアクティブな被配慮、大学から社会へのキャリア教育を含む必要な環境調整に関する学生ポートフォリオでもある。ICT-CY の概念を導入したプロセスの蓄積と、システムでの視覚化、そして、学習におけるサポーターを障害を明確にする支援エージェントとした運用は、配慮に対する対象学生の障壁を下げる事例が観察されつつある。

システムを対象学生自身の自律的な要望へのアシスティブ・テクノロジーとして用いることで、自己認識、および、セルフ・アドボカシー・スキルの向上に効果が期待できると考えている。本稿では主に、主観的情報を蓄積・共有する個別の教育支援計画作成支援システムに関して報告した。発表においては、上記も含み、客観的情報も用いた支援の実践についても報告する。

参考文献

- (1) 内閣府、関係府省庁における障害を理由とする差別の解消の推進に関する対応要領，2015.
- (2) 文部科学省、障害のある学生の修学支援に関する検討会報告（第二次まとめ）について，2017.
- (3) 桶谷文哲“発達障がい学生支援における合理的配慮をめぐる現状と課題”，学園の臨床研究，Vol. 12，pp.57-65，2013.
- (4) 西村優紀美“発達障害学生に対する支援体制の構築”，学園の臨床研究，Vol. 16，pp. 15-20，2017.
- (5) 永森正仁，森本康彦，植野真臣，“「個別の教育支援計画」e ポートフォリオの作成支援システムの開発，” 電気学会研究会，IS，情報システム研究会（50），13-17，2010.
- (6) 永森正仁，安藤雅洋，若林敦，原信一郎，塩野谷明，三宅仁，“ICF-CY に則った e ポートフォリオを基礎的環境整備としたピアサポートの実践，AHEAD JAPAN2018，全国高等教育障害学生支援協議会，2018.

フランス語 Web 教材の学習活動支援ツール

—写真描写問題とアクティブラーニング—

有富 智世* 喜久川 功**

常葉大学経営学部* 常葉大学社会環境学部**

A Learning Support Tool for French Learning Web Materials

—Active Learning Using Pictures—

Chise Aritomi*

Isao Kikukawa**

Faculty of Business Administration, Tokoha University*

Faculty of Social and Environmental Studies, Tokoha University**

フランス語学習を支援する Web 教材を開発してきた。本教材の設計では、自主学習のみならず、授業での効果的な使用も考慮した。授業実践からその有用性が検証されたため、「能動学習のためのツール」の組み入れを図った。Web 教材には、文法・語彙等の養成と異文化理解を補う 7 種のコンテンツを置いている。そこで、これらを繋げて語学運用能力を高め、能動的学びを可能にする「写真描写問題」の考案に至った。本ツールの概要を示し、協働学習時に学習レベルに応じた活動が見込めることを呈したい。

キーワード: 外国語教育, Web 教材, アクティブラーニング, 学習支援, フランス語

1. はじめに

高等教育機関における初修外国語教育(フランス語)での効果的な学習方法の探究から、「紙媒体の教科書+Web 教材+e ポートフォリオ」の三位一体による学習環境の整備に取り組んできた。紙媒体の教科書(『なびふらんせ』)を制作し、これと連動させて学べる「Web〈なびふらんせ〉」(フランス語学習支援 Web 教材)の開発である(有富・喜久川 2012-2019)。本 Web 教材の設計では、自主学習のみならず、授業での効果的な使用にも配慮した。授業実践からその有用性が検証されたため、本 Web 教材に「能動学習のためのツール」の組み入れを図るに至った。本稿では、新たに考案した「写真描写問題」の概要および運用を示す。

2. Web 教材の概要

フランス語の教科書と連動させて学べる Web〈なびふらんせ〉には、基礎と応用の各教科書(全 12 課)の文法内容に対応した 12 課を設置し、各課に「学習コンテンツ」と e ポートフォリオ直結の「テスト」を設け

た。「学習コンテンツ」には、【文法】【文法練習問題】【語彙と表現】【動詞活用】【動詞活用練習問題】【写真と動画】【資料】があり、学習者は予習・復習で各コンテンツを利用する。授業時にも導入することで、効果的かつ効率的な学習が見込める教材となっている。したがって、学習者は[図 1]のように、授業内外で学習を継続していく。

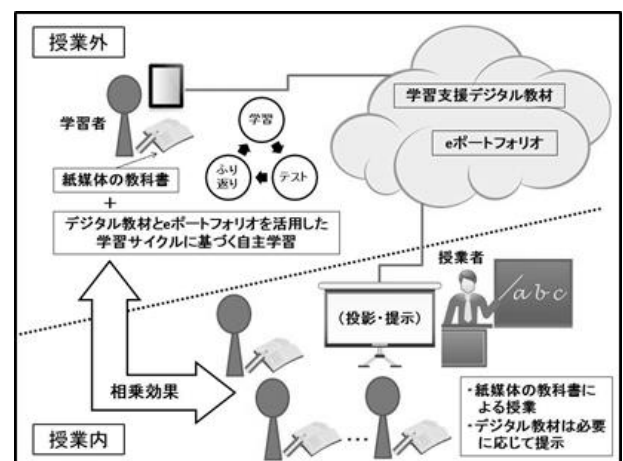


図1 学習スタイルのイメージ

Web 教材制作に当たり目標に挙げたことは様々あるが、学習者と教員の双方を支援し、特に以下の内容を包括する教材の質的保証に思慮した。

- (1)授業内での学習と授業外の予習/復習を支援
- (2)e ポートフォリオ搭載
- (3)多様な教科書と併用可能な教材（汎用性の重視）
- (4)PC/スマートデバイスの双方で対応可能な教材
- (5)語学学習と異文化理解を絡めて学べる教材
- (6)“読む・書く・聴く・話す”の4技能(総合力)養成
- (7)協働学習・能動学習を支援する教材

このようにしてフランス語文法の基礎力養成に照準を合わせた教科書・教材開発を探究してきたが、改めて上記(5)～(7)の課題を問い直した結果、語学の総合力を養成し得る教材（協働学習・能動学習を支援する教材）の開発が必要との考えに至った。Web 教材の「総合問題」の利用で、語学運用能力を測れる設計だが、授業時間内での「教え合い・学び合う」協働学習に適合する教材支援ツールが加われば、学習教材としての質的向上が期待できると思われる。

3. アクティブラーニングのために

3.1 フランス語運用能力の養成と教材のあり方

Web 教材開発の当初より、教科書では紙面上の制限から多くの現地写真/資料の掲載が難しいことを踏まえ、Web 教材の【写真と動画】および【資料】の充実を図ってきた。語学の学びを異文化理解と共に涵養することは重要である。そこで、学習した文法基礎知識、語彙力、表現力、文化等の学びを絡め、協働学習において語学運用能力を総括的に問える教育教材の形を検討した。

3.2 学習活動支援ツール：「写真描写問題」

近年、アクティブラーニングの有効性が謳われている。一斉授業の形態では、限られた時間内に学習者の理解を揃えて着実に学ばせていかなければならない。授業に協働学習を導入の場合、「教材の質やあり方」に依っては、学習時間のバランスは崩れ、学習効果も半減する。そこで、教科書と Web 教材で学んだ〈文法〉〈語彙と表現〉〈異文化理解〉を統合して「表現する力（技能）」を高め、協働学習において柔軟に適合させることができる教材の形態を探った。その結果、Web 教

材の学習コンテンツを利用した「写真描写問題」の考案に至った。これは、文法力や語彙力を駆使し、文化的知識（異文化理解）も反映させて【写真と動画】から選択した「写真」（1～4 枚）をフランス語で説明（描写）するという課題である。いわば仏作文とフランス語による口頭発表で、学習した知識を統合させながらグループで演習に取り組む。「教え合い・学び合う」協働学習の中で語彙力・表現力が学習者間で補完され、「書く」力が養われる。さらに、作成した説明文、会話文、ストーリー等をグループ毎に提示して相互に「読み」、声に出して「話す」力（伝える力）も養う。各グループの発表は「聴く」力を試すことにも繋げられる。

[1]



[2]



[3]



[4]



図 2 写真の選択例

[図 2] で 4 枚の写真を挙げたが、「写真描写問題」では、写真選定者および選定枚数は必要に応じて柔軟に変更できるものとした。

- ・写真の選定①：学習者（各グループ）で選定
- ・写真の選定②：教員が予め選定
- ・写真枚数：学習レベルに応じて 4 枚まで選定可

また、Web〈なびふらんせ-1〉は「パリをめぐる」、Web〈なびふらんせ-2〉は「フランス世界遺産をめぐる」という教科書テーマに対応している。両 Web 教材の ID は共通のため、学習者は Web 教材間を簡易に行き来することが可能である。文法や語彙の学習範囲を見渡しつつ学びの再検証を行い、首都パリとフランス各地の写真や文化に関する資料を参照して課題と取り組むことになる。したがって、本 Web 教材に組み入れられた「写真描写問題」は、語学学習の総括的課題支援ツールとして有用と見なせるのではないかな。

3.3 「写真描写問題」の活用例

以下に、学習レベルに応じた「写真描写問題」の活用例を挙げておく。

○学習レベル 1 の場合：

図 2-4] の写真について、フランス語で説明する
C'est un camembert. (それはカマンベールです)

○学習レベル 2 の場合：

図 2-3] の写真で「会話文」を作成する
A: Bonjour, Monsieur! (こんにちは)
B: Bonjour, Madame! (こんにちは)
A: Un camembert, s'il vous plaît.
(カマンベールをください)

○学習レベル 3 の場合：

図 2-1]~[3] の写真を用いて「過去の出来事」あるいは「未来（今後の予定）」を語る

※文法力と語彙力を統合して「ストーリー」を作成

○学習レベル 4 の場合：

図 2-1]~[4] の写真を用いて「パリのマルシェ」または「フランスのチーズ」について解説する

※【資料】の現地パンフレットや地図等を活用し、「ナレーション」の作成

※異文化理解・文法力・語彙力・表現力を統合

3.4 「写真描写問題」と「クラス設定機能」

ここでは、Web 教材に「写真描写問題」をどのように位置づけ、組み入れを図るのかについて概要しておく。本教材は [図 3] のトップページに設置の「総合問題」を入口とし、「ポートフォリオ」の運用のために搭載した [図 4] の「クラス設定機能」を応用して稼働させる。「クラス設定機能」は、教員が Web 上で担当の学習者をクラス毎に分類し、自主学习状況や理解度の確認が可能となるよう設定した機能である。これを用いて [図 5] のように各クラス内でのグループ管理に応用する。



図 3 Web 教材のトップページ

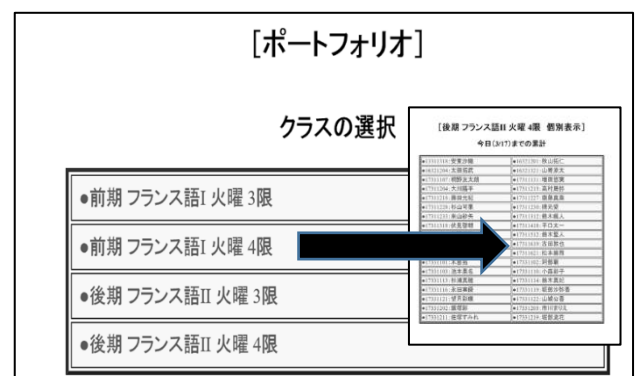


図 4 クラス設定機能

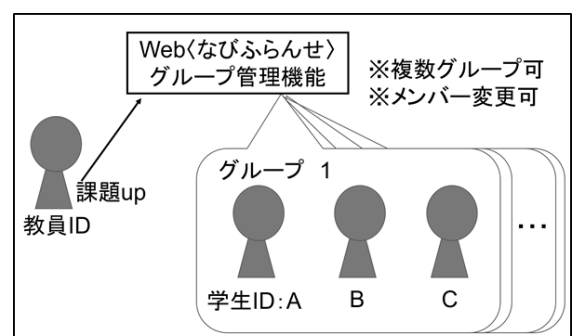


図 5 グループ管理機能のイメージ

Web教材の使用には、「学生ID」か「教員ID」の登録を義務付けている(IDにはメールアドレスを使用)。課題の提示/提出にはメール送信機能を用い、授業時には、グループ管理機能を用いて各グループの課題作成状況を分割画面でスクリーンに提示する(1グループの掲示から複数グループの一斉掲示まで切り換えで対応)。また、ペン機能を用いて仏作文の添削を行い、クラス全体で効率よく学びを共有することも可能である。

4. おわりに

基礎フランス語文法の総括的理解度を高め、語学運用における総合力(読む・書く・聴く・話す)を養成するために、授業内での能動学習を支援する「写真描写問題」の考案に至った。今後の課題は、実用化に向けて試作と授業実践を重ね、授業内で効果的な使用が見込めるよう、操作性および利便性を高めていきたい。

最後に、授業外でのグループワークや個別指導にも対応可能な設計を視野に入れ、開発を進めていくことを追記しておく。

謝辞

本研究はJSPS 科研費 18K00759 の助成を受けた。

参 考 文 献

- (1) 有富智世, 喜久川功: デジタル教材「Web〈なびふらんせ〉」(2012-2019), <http://navifr.sz.tokoha-u.ac.jp/> (参照日 2019年10月10日確認)
- (2) 有富智世, 喜久川功, 黒田恵梨子, 田母神須美子, 服部悦子: 『なびふらんせ1ーパリをめぐるー』, 株式会社朝日出版社 (2016)
- (3) 有富智世, 安藤博文, 内田智秀, 喜久川功, 服部悦子: 『なびふらんせ2ーフランス世界遺産をめぐるー』, 株式会社朝日出版社 (2019)
- (4) 有富智世, 喜久川功, 服部悦子, 山田敏之: フランス語教育の可能性ー教科書『なびふらんせ1』とデジタル教材「Web〈なびふらんせ1〉」ー, 関西フランス語教育研究会 RENCONTRES 30, pp. 10-14 (2016)
- (5) 有富智世, 喜久川功: 初修外国語教育におけるeポートフォリオ活用モデルの提案, 日本教育工学会第32回全国大会講演論文集, pp.643-644 (2016)
- (6) 有富智世, 喜久川功, 安藤博文, 内田智秀, 服部悦子, 山田敏之: フランス語教育とデジタル教科書, 関西フランス語教育研究会 RENCONTRES 31, pp. 57-61 (2017)
- (7) 有富智世, 喜久川功: 初修フランス語教科書に対応の学習サポート・デジタル教材ー学習コンテンツ“総合問題”のリスニングー, 日本教育工学会研究報告集, JSET 17-4, pp. 135-138 (2017)
- (8) 有富智世, 喜久川功: フランス語の基礎力検証に有効なデジタル教材のeポートフォリオ, 日本教育工学会研究報告集 JSET18-4, pp. 49-52 (2018)
- (9) 喜久川功, 有富智世: 初修フランス語のデジタル教材における学習活動支援「メッセージ機能」の設計, 教育システム情報学会第43回全国大会講演論文集, pp. 179-180 (2018)
- (10) 有富智世, 喜久川功, 安藤博文, 内田智秀, 服部悦子, 山田敏之: 授業内学習と自主学習を活性化する学習支援ツールの一体化ーデジタル教科書・デジタル教材・eポートフォリオ・教材ダウンロードー, 関西フランス語教育研究会, RENCONTRES 32-2, pp. 11-15 (2018)
- (11) 有富智世, 喜久川功, 安藤博文, 内田智秀, 服部悦子, 山田敏之: フランス語教育におけるデジタル教材の活用ー授業実践報告と展望ー, 関西フランス語教育研究会, RENCONTRES 33, pp. 57-61 (2019)

概念理解の再構成を促す観察学習の検討

和田拓也^{*1}, 小尻智子^{*2}, 太田垣十也^{*3}, 林佑樹^{*1}, 瀬田和久^{*1}

^{*1} 大阪府立大学大学院人間社会システム科学研究科

^{*2} 関西大学システム理工学部

^{*3} 東洋大学京北中学高等学校

Observation Target for Reorganizing Knowledge Structure in Discovery Learning of Biology

Takuya Wada^{*1}, Tomoko Kojiri^{*2}, Toya Otagaki^{*3}, Yuki Hayashi^{*1}, Kazuhisa Seta^{*1}

^{*1} Graduate School of Humanities and Sustainable System Sciences, Osaka Prefecture
University

^{*2} Faculty of Engineering Science, Kansai University

^{*3} Keihoku Junior and High School, Toyo's Affiliated School

In the primary/secondary school education, observational learning is introduced in the field of natural science. Observational learning is a learning styles that learners learn concepts and knowledge through observation activities. Learners may confirm the already learned concepts or discover new concepts by the observation. During these activities, learners sometimes meet inconsistency between observation results and already understood concepts. Some learners cannot decide what to observe. This study aims to propose what to observe according to the types of inconsistency. In particular, this study clarifies relationships between concepts that learners understood and observed, and specifies the targets to be observe according to the types of inconsistency and the relationships between concepts.

キーワード: 観察学習, 発見学習, 概念理解, 再構成, 生物

1. はじめに

小・中学校の学習指導要領では野外観察の重要性が示されており, 観察を通じて自然の事物・現象をよりよく理解したり, 探求する活動を意欲的なものとすることができると言われている[1, 2]. 自然科学の分野において, 主体的に自然界の事物を観察することで, 単元に関連する知識を発見するといった観察学習が試みられている. 観察学習の例として, 生物の分野であれば, 植物の基礎的な種や共通するつくりについて学習した後, 植物園へ行き, 多様な植物を観察して種の生態やつくりに対する理解を深める活動などがある.

観察を通じて新たな概念や規則, 方法を学び取る学習形態は発見学習に分類される. Mayer は発見学習に

従事する学習者に対して, 教師が全く指導しない場合より, 適度な指導を加える方が好ましい結果が得られると述べている[3]. このとき, 教師による指導は, 学習させたい知識の導出に必要な観察へ誘導するためであったり, 観察により得た情報の理解を促進することが目的とされる. しかし, 学習者によって観察する対象や学び取る内容が異なるため, 教師が複数の学習者を指導する場合負担は大きくなる. その結果, 学習者全員に適応的な指導が行き届かないことがあるため, いくつかの支援が試みられている.

観察を誘導する支援として, 大杉らは学習者に動物園で動物を観察させる際に, システムを用いて観察の視点をクイズ形式で与えており, これにより観察すべき対象へ導いている[4]. 観察から得た情報の理解の促

進支援として、Hwang らは、システムを用いて学習者に観察した植物の名前や特徴について質問し、その回答から学習者が正しく理解していない観察対象の名前を提示することで、観察した対象の名称の理解を促している[5]。同じく理解を促進する支援として、大橋らは、動物園において展示内容の理解を促進するために、動物の心音を音声で表現したり、動物の視点から見た世界を可視化するナビゲーションツールを提供し、展示内容をより深く理解するための情報を提供している[6]。

これらの支援では、学習者に対して概念理解に必要な情報の獲得の促進に焦点が置かれている。システムが保持する正しい知識と学習者の観察結果に相違があるとき、その原因として推測される、誤って理解している可能性のある概念は特定していない。よって、それを修正させるような観察へ誘導することも困難となる。その結果、学習者は、誤って理解している概念が修正されないまま学習が進んでしまうことが考えられる。例えば、“裸子植物はがくを持つ”と誤って理解している学習者がいると仮定する。この時、正しい知識は“裸子植物はがくを持たない”とする。この学習者が裸子植物の一種であるマツを観察して、がくがなかったことに気づいたとする。この時、観察対象はマツでないと考えた学習者に、指導者が観察した対象はマツであると指摘したとしても、学習者は裸子植物ががくをもつことが誤っていると気づくとは限らない。

学習者が観察学習をする上で、観察対象となる概念を正しく理解できているとは限らないため、学習者が理解している概念と観察結果が不一致となる事態が起こりうる。このような事態に陥った際に、自身が誤った理解をしているのか観察結果が誤っているのかといった様々な可能性に悩む場合や、誤りかどうかを判断するには何を観察すべきか分からない場合、自身の理解を正しく修正するような観察に向かうことができない可能性がある。

先ほどの例では、“マツは種子植物ではない”と自身の理解を疑うことや、観察対象を“マツではない”と疑ったり、そもそも自身の理解のおかしい箇所の見当がつかないといった様々な考えを持つことが考えられる。自身の理解や観察結果を疑ったとしても、それを確かめるための観察対象が分からなければ、不一致を

解消することは困難である。学習者が理解している概念と観察結果の間に生じた不一致を解消するために、学習者自身の理解を再構成するために必要な観察をする必要がある。しかし、学習者が観察を通じて自身が理解している概念の正誤を判断するために必要な活動を明らかにしている研究はほとんどない。

本研究は、観察学習において学習者が理解している概念と観察結果の不一致から起こる行き詰まりに対して、不一致解消のための概念の再構成に必要な観察対象を検討する。

2. 観察学習における行き詰まり

学校現場で観察学習を実施する目的としては、学習すべき知識の理解[7]、既習知識の活用を必要とする新たな知識の発見[8]がある。1つ目の目的では、教科書に書かれた内容のみから知識を構成していた学習者が、実際の事物の観察を通じて既習知識を実感・体感するといった理解型の学習となる。博物館や生態園等での観察を通じて、観察対象の共通性や相違性に着目して、既習知識と関連する新たな知識を自ら発見する導出型の学習が2つ目の目的にあたる。

理解型の観察学習では、自身の概念と観察結果が一致しないことに対して、不一致を解消するために理解を修正すべき箇所や修正に必要な観察がわからず行き詰まりが生じると考えられる。学習者が不一致を解消する上で理解が誤っている可能性のある概念を判断し、自身でその正誤を確かめる必要がある。理解が誤っている可能性のある概念は、それが修正されることで不一致が解消されるものであるかを考える必要があり、理解している概念を支持する事例や反例を観察することで正誤を評価することができる。本研究では、自身が理解している概念の正誤を評価することを検証と呼ぶこととする。

不一致が生じた際に、誤っている可能性のある概念を特定するためには、理解している概念の正誤とそれによって観察結果との間で生じる不一致との対応を整理する必要がある。その上で、誤っている可能性のある概念に応じて、観察すべき対象を特定することができる。これらを整理するには、学習者の概念の理解構造が明らかである必要がある。

したがって、本研究では、まず学習者の理解構造を表現するための観察学習における概念表現を提案する。その上で、概念の不一致の種類とそれに対応する検証すべき概念候補を整理し、検証に必要となる観察対象を検討する。本研究は、中学校の生物分野の単元である植物の種類とつくりを対象とする。

3. 植物の観察学習における概念表現

理解型の観察学習では、授業において習得した概念と、観察によって形成された概念が存在する。本研究では学校の授業により習得した概念を概念理解レイヤ、観察によって形成された概念を観察結果レイヤとして表現することで区別する。

植物の観察学習では、植物の種類とつくりを学ぶ。植物の種類には、個々の植物を表すもの（例：マツ、イチョウ）や、複数の植物を包含した種（例：種子植物、裸子植物）を表すものがあり、種とそれに含まれる植物の種類には包含関係がある。植物の種類は、その種類が共通して持つつくりがあり、そのつくりもまた共通して持つ詳細なつくりがある。植物の種類とつくり、植物のつくりと詳細なつくりの間には所有関係がある。

本研究では、概念理解レイヤと観察結果レイヤを、それぞれ植物とそれを構成する要素の概念マップで表現することとする。概念マップはオブジェクトを表すノードと関係を表すリンクで構成される。本研究では、植物の種類とつくりの2種類のオブジェクトがあり、植物の種類の包含関係を表す is-a 関係と概念間の所有関係を表す has 関係をリンクで表現する。また、is-a 関係でないことと、has 関係でないことを明示的に表現するために not is-a 関係、not has 関係を導入する。なお、植物の種類のもつ(not) has 関係はその種類の部分集合へ継承される。一方、観察しているものは概念の一つの実体であるため、観察結果レイヤが表す実体と概念理解レイヤが表す概念は instance-of の関係で接続される。

概念理解レイヤと観察結果レイヤの具体例を図1に示す。関係を矢印で表現し、関係の種類は矢印のラベルで表現している。リンク元の概念は関係の主語であり、リンク先の概念が目的語である。観察結果レイヤ

の概念は、概念理解レイヤの対応する概念の名前の前後に#と'を付けて表記しており、観察結果レイヤの概念は概念理解レイヤの対応する概念と instance-of 関係のリンクで接続されることとなる。概念理解レイヤでは、マツとイチョウが裸子植物の部分集合であること、がくはがく片を持つが、裸子植物はがくを持たないこと、マツは針葉を持つこと、裸子植物はシダ植物の一種でないことを理解している状態を表している。観察結果レイヤでは、観察を通じてマツとして捉えた対象が針葉を持っていたが、がくを持っていなかったと捉えている状態を表している。

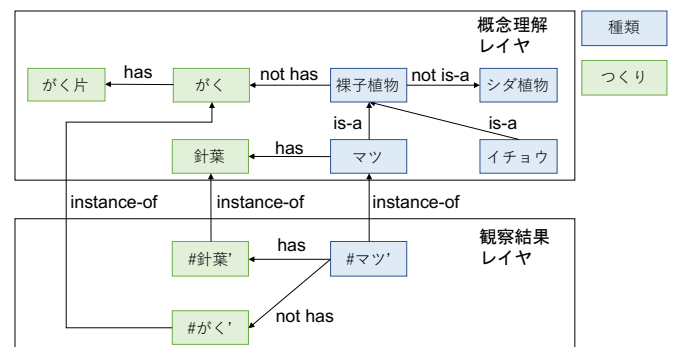


図 1 概念の表現の例

4. 概念の不一致の種類と観察すべき対象

4.1 不一致の種類

学習者が誤って概念を理解していたり、観察内容が概念とあっていない場合に、その正しさを確認すべき概念体系の箇所を分類する。概念体系は (not) is-a 関係と(not) has 関係で構成されるが、観察からは(not) has 関係のみが得られる。したがって、不一致が起こる場合は、以下の2種類となる。

1. 概念理解レイヤで has 関係にある種類・つくりが観察結果レイヤで not has 関係を成している。
2. 概念理解レイヤで not has 関係にある種類・つくりが観察結果レイヤで has 関係を成している。

これら2種類の不一致が起こる例を図2に示す。不一致である関係は太いリンクと太字で強調して記載している。1の不一致に対応する例は、概念理解レイヤの“裸子植物 has がく”と、観察結果レイヤの“#マツ has #がく”の不一致であり、2の不一致は概念理解レイヤの“マツ not has 子房”と、観察結果レイヤの“#マツ has #子房”の不一致である。1の不一致は、概念理解レイヤのマツが裸子植物から継承した has 関

係が、観察結果レイヤと不一致であることにより生じている。概念理解レイヤで不一致が起こる関係は、部分集合が継承した(not) has 関係である場合と包含する集合が持たない関係である場合があり、これらは 1 の不一致と 2 の不一致の両方で起こりうる。なお, not is-a 関係にある概念は互いに包含関係でないため、包含関係でない 2 つの概念の片方の観察結果と、もう片方の概念との間で不一致は起こらないと考えられる。

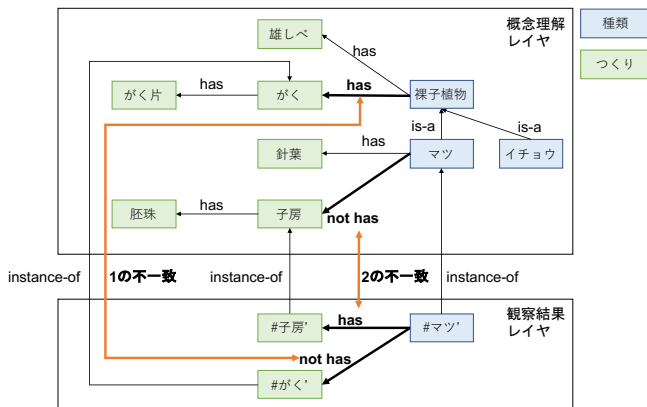


図 2 不一致の例

4.2 不一致解消のための検証対象

不一致を解消するためには、観察されたもの、もしくは学習した概念と関係の整合性を、観察を通して検証する必要がある。

観察で検証すべき関係の種類として、不一致を解消できる可能性のある関係を以下に示す。

- 不一致が生じている概念の instance-of の関係
- 概念理解レイヤの不一致が生じている概念の (not) has 関係
- 観察結果レイヤの不一致が生じている概念の (not) has 関係
- 概念理解レイヤの不一致が生じている概念間の is-a 関係

a～d は 1 の不一致と 2 の不一致の両者を解消する上で検証すべき関係である。不一致が起こった概念理解レイヤの概念に対して、観察したものが本当にその概念の実体となっているかを確かめる必要があるため、a は検証すべき関係である。概念理解レイヤの概念が本当に観察対象と不一致である概念を持つ／持たないのかを、他の実体を見ることで観察する必要がある。よって、b は検証すべき関係である。観察結果レイヤの概念が本当に概念理解レイヤの概念と不一致である

概念を持つ／持たないのかを確かめる必要がある、c は検証すべき関係である。概念理解レイヤで部分集合が継承した概念が不一致である場合、本当にその部分集合であるのかを確かめる必要があるため、d は検証すべき関係である。

a は観察結果レイヤの不一致の (not) has 関係で結ばれている概念と、それらに対応する概念理解レイヤの概念を結ぶ instance-of 関係である。不一致である関係のうち、概念理解レイヤの (not) has 関係が b であり、観察結果レイヤの (not) has 関係が c である。d は不一致の (not) has 関係にある観察結果レイヤの植物の種類が instance-of 関係にある概念理解レイヤの概念と、その概念を包含するとともに不一致の (not) has 関係を持つ概念理解レイヤの概念との間にある is-a 関係である。

図 2 の 1 の不一致の場合、a は“#がく片 instance-of がく”と“#マツ instance-of マツ”，b は“裸子植物 has がく”，c は“#マツ not has #がく”，d は“マツ is-a 裸子植物”に当たる。

2 の不一致の場合、a は、“#子房 instance-of 子房”と“#マツ instance-of マツ”，b は“マツ not has 子房”，c は“#マツ has #子房”に当たる。d に関しては、図 2 の例の 2 の不一致では、不一致が起きている概念と関係が継承されたものではないため、これに当たる関係はない。したがって、図 2 の例の場合、1 の不一致では a～d、2 の不一致では a～c が検証すべき関係である。

4.3 対象の検証方法

各不一致を解消するためには、これらの検証すべき関係が妥当であるかを確かめる必要がある。4.2 節の a～d の各関係を検証するために観察すべきことを説明する。

a は観察した植物の種類やつくりが、それに対応する概念と同じつくりを持っている／持っていないかを確かめることで確認できる。図 2 では、1 の不一致の a である“#がく片 instance-of がく”を検証する場合、概念理解レイヤの“がく has がく片”より、観察して「がく」と理解しているものが「がく片」を持っているかに焦点をあてて観察してみればよい。このとき、観察したものががく片を持っていれば観察したものは

がくであることが推定されるが、がく片がなければがくでない可能性が高くなる。

概念の持つつくりは、その具体的な実体を持つ特徴を表現している。概念のつくりは、その実体となるものがつくりを持っていなければ誤りである可能性が高い。そこで、b は、その概念の実体のつくりをできるだけ多く観察することで確認する。図2の1の不一致では、“裸子植物 has がく”の妥当性を検証することがbにあたる。マツ以外の裸子植物のまだ観察していない実体、例えばイチョウやソテツががくを持つかを観察し、これらががくを持っていれば概念は正しく理解できていたと推測できる。

c は観察した対象を再度観察することにより、観察結果が見間違いや見落としによるものでないかを確かめることができる。図2の1の不一致では観察したマツが本当がくを持っていなかったかを再度観察する。一度観察した実体を再度観察することで、再観察前と同じ結果が得られた場合は、観察結果に見間違いや見落としがない可能性が高く、そうでない場合は観察結果を修正することとなる。

is-a の関係にある2つの種は、上位の種のつくりが下位の種に保持されているかで判断することができる。種のつくりはそれらの実体の特徴を表したものであるため、d は下位の種に属する実体のつくりを確認すればよい。図2の1の不一致において“マツ is-a 裸子植物”を検証する場合、概念理解レイヤの“裸子植物 has 雄しべ”より、マツが裸子植物であるかはマツが雄しべを持つかどうかを観察すればよい。もしマツが雄しべを持たなければ裸子植物でない可能性が高く、雄しべを持っていれば裸子植物である可能性がある。

このように、概念の不一致が生じた場合に、考えられる誤りの可能性すべてに対して、その整合性を確認する観察を行うことで、誤って理解している概念を推測することができる。ただし、これは「推測」であり「断定」ではないことに注意する必要がある。観察は概念に含まれる実体の一部を観察しているのにすぎず、観察対象がすべて理想的な構造を持つとは限らない。例えば、ある花の花びらが3枚しかなかった場合、その花が3枚の花びらしか持つことができないのか、たまたま観察した個体の他の花びらが散ってしまっただけかは判断できない。したがって、観察を通して推測

したものが正しい概念であるかは、さらなる観察を通して検証していく必要がある。

5. おわりに

本研究では、観察学習における学習者の理解している概念と観察結果の不一致による行き詰まりに着目し、不一致解消のための観察すべき対象を分類した。具体的には、不一致の種類を2種類に特定し、概念間の環形より整合性を確認すべき関係を整理した。また、それらの関係の妥当性の検証に必要な観察内容を提案した。

本研究が提案した概念体系の定義では、持たないということと理解していないことを明示的に区別するために not has 関係を導入した。しかし、学習者が理解していない関係を全て網羅して not has 関係を書き下すことは現実的でない。よって、has 関係でないと理解していることを表現するかどうかについて、今後検討する必要がある。

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費(19H01725)の助成による。

参考文献

- (1) 文部科学省: “小学校学習指導要領解説理科編” (2017)
- (2) 文部科学省: “中学校学習指導要領解説理科編” (2017)
- (3) R. E. Mayer: “Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning?”, *American psychologist*, Vol.59, No.1, pp.14-19 (2004)
- (4) 大杉隆文, 仲西渉, 多井中美咲, 井上卓也, 伊藤悠, 岩井瞭太, 香川健太, 松下光範, 堀雅洋, 荻野正樹: “動物園における自発的な観察の促進を目的とした園内回遊行動のデザイン”, *情報処理学会論文誌*, Vol. 58, No. 11, pp. 1765-1775 (2017)
- (5) G. J. Hwang, C. C. Tsai, and S. J. H. Yang: “Criteria, strategies and research issues of context-aware ubiquitous learning”, *Journal of Educational Technology & Society*, Vol. 11, No. 2, pp. 81-91 (2008)
- (6) 大橋裕太郎, 馬島洋, 有澤誠: “動物園の学びをデザインする: 遊びの要素を取り入れた音声・映像ナビゲーションの開発”, *チャイルド・サイエンス: 子ども学*, Vol. 6,

pp. 42-46 (2010)

- (7) 寺田安孝, 永田祥子, 川上昭吾: “博物館と学校との連携による学習プログラムの開発”, 愛知教育大学教育実践総合センター紀要, Vol. 8, pp. 45~49 (2005)
- (8) 中山迅, 山口悦司, 里岡亜紀: “フィールド学習を通して進める中学校と博物館の連携に関する事例的研究 - 宮崎県総合博物館の場合 - ”, 科学教育研究, Vol. 27, No. 1, pp. 71-81 (2003)

アニメーションを活用した 文字列検索アルゴリズム学習のための課題分析

下川 輝^{*1}, 仲林 清^{*2}

^{*1} 千葉工業大学大学院情報科学研究科, ^{*2} 千葉工業大学情報科学部

Learning Task Analysis for String Matching Algorithm Using Animation

Hikaru Shimokawa^{*1}, Kiyoshi Nakabayashi^{*2}

^{*1}Information Science Research of Graduate School of Chiba Institute of Technology

^{*2}Information Science of Chiba Institute of Technology

アルゴリズムアニメーションはアルゴリズムの動的な振舞いを学習者に伝えやすいというメリットがある。しかし、抽象的な概念である時間計算量はアニメーションのみで理解させることは困難な場合がある。本研究ではボイヤー・ムーア法などの文字列検索アルゴリズムを対象としアニメーションの開発を行い、さらに理解を促すための学習課題を取り入れた。今回の報告では、前回報告した時間計算量の理解のつまずきを取り除くために、文字列検索アルゴリズムごとに再度課題階層分析を行い、学習内容や流れを新たに設計した。

キーワード: アルゴリズムアニメーション, アルゴリズム学習, 特徴理解, 文字列検索

1. はじめに

アルゴリズムアニメーションとは、データ構造などを視覚的に表現して、それらを動的に変化させることにより、アルゴリズムの動作を直感的に学習者に伝えようとするものである。アニメーションのメリットとして教科書中の文章による解説や静的な図形による解説では理解することが難しいアルゴリズムの動的な振舞いを学習者に伝えやすい点が挙げられる⁽¹⁾。

しかし、抽象的な概念である時間計算量をアニメーションのみで理解させることは困難な場合があると考えられる。本研究ではボイヤー・ムーア法（以下 BM 法）を含めた 3 種類の文字列検索アルゴリズムを対象として、アルゴリズムアニメーションを開発し、さらに理解を促す学習課題を取り入れる。今回の報告では、前回の報告⁽²⁾を踏まえ、学習者の時間計算量に対するつまずきを取り除くために、再度課題階層分析を行い、新たに学習内容や流れの設計を行った。以下、第 2 章では前回の報告⁽²⁾の概要について示し、第 3 章では今

回実施した課題階層分析について述べる。第 4 章では追加したアニメーション部分について述べ、第 5 章で今後の予定について述べる。

2. 前回の報告

本章では対象とした文字列検索アルゴリズムの説明を行い、前回設計した課題階層分析図及び学習課題について述べる。また前回の実験結果および課題について述べる。

2.1 対象とした文字列検索アルゴリズム

2.1.1 線形探索

線形探索⁽³⁾とは対象とするテキストとパターンを先頭から順に比較していく探索方法である。線形探索の場合、最も早いときは 1 回の比較で見つかり、最悪の場合にはデータ数だけ比較しなければならない。したがってデータ数を M としたとき最大時間計算量は $O(M)$ となる。図 1 に線形探索の照合例を示す。

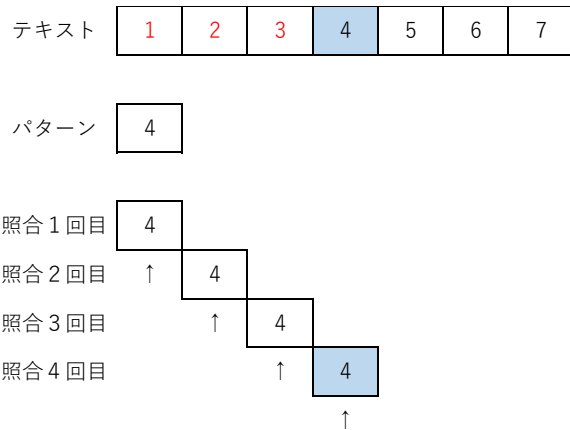


図1 線形探索の照合例

2.1.2 力任せ法

力任せ法^③はテキストとパターンを先頭から順に比較するアルゴリズムである。パターンの終わりに到達する前に、テキストとパターンの対応する文字が一致していなかった場合、パターンを1つ右にずらし、パターンの先頭から同様のことを繰り返し、比較を進めるアルゴリズムである。最悪の場合はテキストの長さ×パターンの長さだけ比較しなければならない。したがってテキスト長を M およびパターン長を N としたとき最大時間計算量は $O(MN)$ となる。図2に力任せ法の照合例を示す。

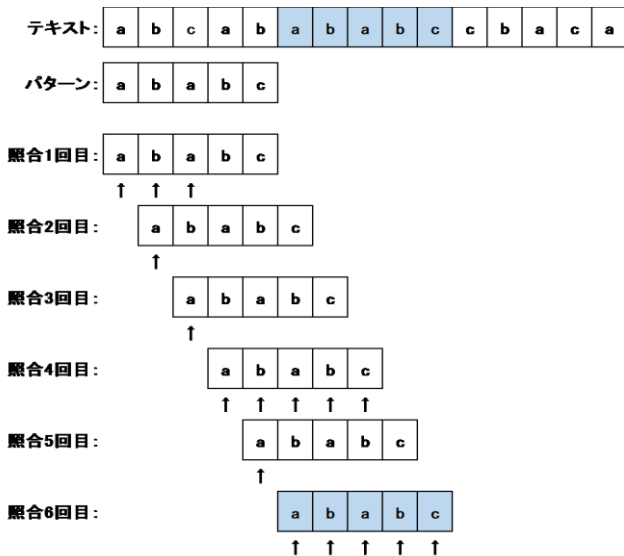


図2 力任せ法の照合例

2.1.3 クヌース・モリス・プラット法

クヌース・モリス・プラット法^③ (以下 **KMP 法**) とは力任せ法と同様に先頭から順に比較を行うが、ずらし表をあらかじめ作成し、それを用いて比較の再開位置を決めるアルゴリズムである。ずらし表はパターン同士を比較し、不一致するまでに一致した回数を用

いて作成される。図3に **KMP 法** の照合例を示す。図3の照合の場合、照合3回目において5文字目で不一致が起こる。ずらし表を参照すると5文字目の **C** で不一致した場合は次の比較再開位置を3文字目からにすることができる。(1,2文字目の **a,b** は一致することが分かるため、3文字目から再開できる)

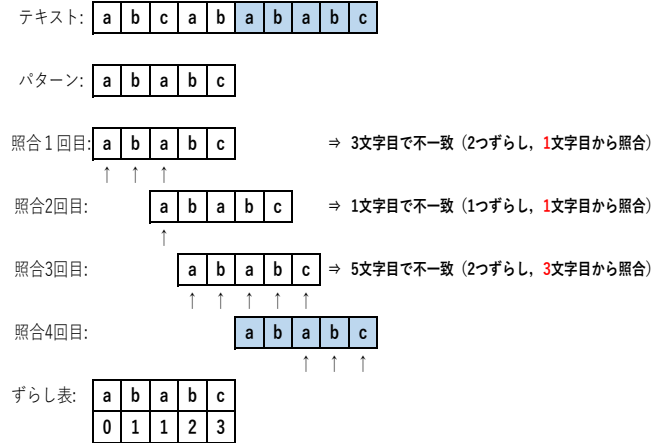


図3 KMP 法の照合例

2.1.4 BM 法

BM 法^③は力任せ法や **KMP 法** がパターンの先頭から比較を始めるのに対し、パターンの末尾から比較を行うアルゴリズムである。また **KMP 法** と同様にずらし表をあらかじめ作成しておき比較を行う。ずらし表はパターンに含まれている文字の末尾からの最短距離を用いて作成される。例えば「ababc」というパターンの場合、**a** の末尾からの最短距離は2であるため、ずらす量は2になる。

BM 法 の特徴である末尾から比較することの利点として、実際の文書処理の場合、文字の種類が多いため、パターンに現れる文字よりも現れない文字のほうが多くなる。つまりテキストとパターンの不一致になる確率が高いことになり、さらに不一致となったテキストの文字がパターンに含まれない確率も高いことになる。したがって不一致となった場合、パターンの長さに近い文字数分だけ照合位置を移動することができるため、力任せ法や **KMP 法** よりも実用的である。また平均時間計算量はテキスト長を M およびパターン長を N とすると $O(M/N)$ となる。最悪の場合はテキストとパターンの一致する確率が高い場合であり、テキストの長さ×パターンの長さだけ比較しなければならない。したがって最大時間計算量は $O(MN)$ となる。図4に **BM 法** の照合例を示す。図4の場合、照合3回目でテキス

トの a とパターン の c で不一致が起こる．そこで次の照合ではテキストの不一致した文字がずらし表に含まれている場合は，その数だけ右にパターンをずらすことができる．つまり照合 4 回目ではパターンを 2 文字分ずらして照合を行うことができる．

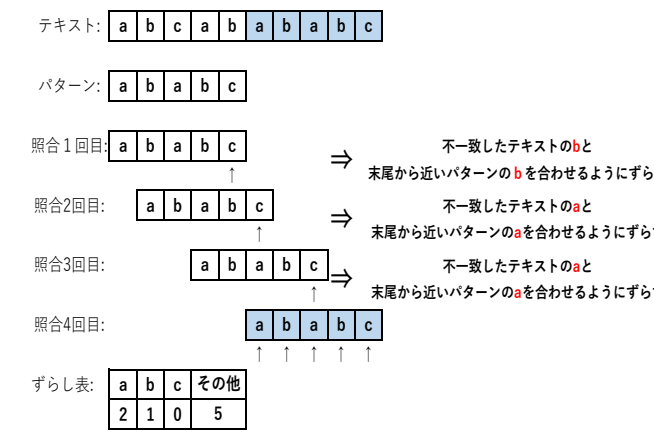


図 4 BM 法の照合例

2.2 前回の学習課題

2.2.1 他の文字列検索アルゴリズムとの比較

BM 法の他に力任せ法, KMP 法のアニメーションを実装した．これらのアルゴリズムと BM 法との違いはパターン の先頭から照合することや不一致情報を利用しないことである．学習者は指定された文字列に対して，それぞれの文字列検索アルゴリズムのアニメーションを確認することで BM 法の特徴を理解しやすくなると考えた．

2.2.2 特定の文字列の動作確認

BM 法の最大時間計算量，平均的な時間計算量を理解させるためにそれらが顕著にあらわれる文字列を用意し，学習者にアニメーションを確認することを促した．学習者はこの文字列のアニメーションを確認することによって BM 法の特徴や時間計算量の理解がしやすくなると考えた．

2.3 前回の課題階層分析について

2.3.1 課題階層分析法

課題階層分析法とは，学習目標を達成するために必要な要素，知識にどのようなものがあるかを明らかにし，どの順序で学ぶのかを明確化する方法をいう⁽⁴⁾．学習目標とは，学習者が習得しようとしている知識，技能のことである．課題階層分析は，もっとも上位にある学習目標から，その目標がなにかを検討すること

を繰り返して分析を行う．そのため，学習目標より下位にある目標はすべて学習目標を習得するために必要な前提条件となる．洗い出した学習目標を階層に分けて配置した図式を課題階層分析図という．学習者は階層分析図に沿って，もっとも下位に位置する目標から，学習目標に向かって学習を行う．

2.3.2 課題階層分析図と学習の流れ

表 1 に理解させる BM 法の特徴⁽³⁾を示す．本研究では表 1 で示した特徴の理解度の向上を目標とする．BM 法の動作や仕組みなどの知識と時間計算量の 2 つの要素に分類し，課題階層分析を行った．設計した課題階層分析図を 図 5 に示す．この課題階層分析図をもとに学習課題の流れを設計した．図 5 の赤枠は学習者が一度に学習する内容である．学習者はまずアルゴリズムの時間計算量やオーダ記法などの基本的事項を線形探索法から学習する．その後，各アルゴリズムの動作や時間計算量を学習することになる．各アルゴリズムの学習では 2.2.1 項や 2.2.2 項で述べた学習課題を取り入れる．学習者は上位のアルゴリズムを学習する際，下位のアルゴリズムと比較して動作を見ることになるため，上位のアルゴリズムの動作が理解しやすくなると考えた．また，それぞれのアルゴリズムの特徴が顕著にあらわれる文字列を用意し，学習者はその文字列のアニメーションを確認することで動作や時間計算量が学習しやすくなると考えた．表 2 に用意した文字列を示す．例えば「abc1abc2abc3abc4abc5」「abc4」の文字列はパターン の末尾で不一致が起こるため，BM 法にとって効率の良い文字列となる．またパターン の長さだけ比較位置が進むため平均時間計算量である $O(M/N)$ の理解を促すことができると考えた．

表 1 理解させる BM 法の特徴

パターン の末尾から照合
不一致情報をもとに，何文字ずらすかを決定
実際の文書処理において，他の文字列検索アルゴリズムよりも実用的である．
最大時間計算量 $O(MN)$ 平均時間計算量 $O(M/N)$ M:テキストの長さ，N:パターン の長さ

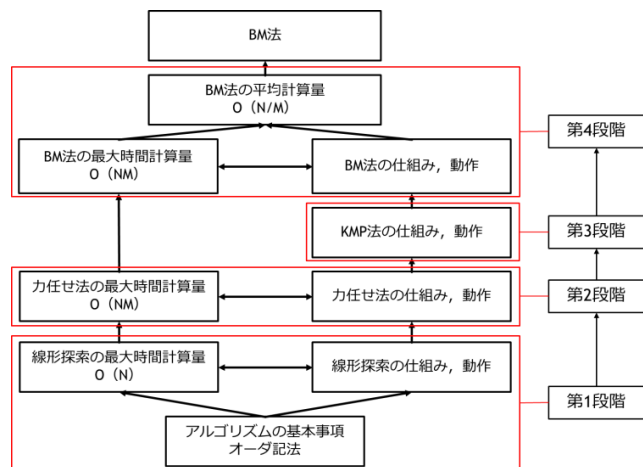


図 5 BM 法の理解の課題階層分析図

表 2 用意した文字列

テキスト	パターン
abcabababc	ababc
123456789	56
abc1abc2abc3abc4abc5	abc4

2.4 前回のアニメーション教材について

本研究で開発したアニメーション教材は Web ブラウザで動作するものである。また学習者の入力文字列などを記録するためにデータベースと連携を行った。アニメーション教材の文字列検索部分を図 6 に、アニメーションの結果の例を図 7 に示す。アニメーションは「進む」ボタンを押すごとに処理が進み、テキストとパターンが一致している場合はテキストが緑色に変化し、不一致の場合は赤色に変化し、次の照合位置にパターンをずらす動作を行う。またずらし表部分を図 8 に示す。ずらし表部分では選択したアルゴリズムに応じて、ずらし表のアニメーションがボタンを押すごとに動作し、ずらし表の作成過程を確認することができる。

アニメーション部分

a a b a b b a b a b c a a

a b a b c a

文字列入力部分

テキスト: aababbababcaa

パターン: ababca

アルゴリズム選択部分

- ☐ 力任せ法
- ☐ KMP法
- ☒ BM法

メニュー

文字列作成
進む

図 6 文字列検索アニメーション部分

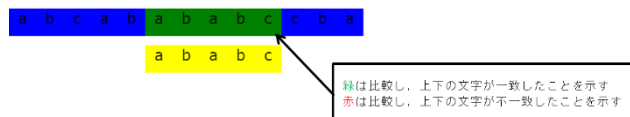


図 7 アニメーション結果の例

ずらし表部分

a b a b c a

KMP法ずらし表:

BM 法ずらし表: a:0 b:2 a:0 b:2 c:1 a:0

ずらし表メニュー

ずらし表準備

ずらし表進む

図 8 ずらし表部分

2.5 前回の実験結果と考察

前回の実験ではアルゴリズムの動作などの表面的な知識や効率に関する知識については、内容が不足していたり、アルゴリズムの特徴を踏まえていない解答が多いため、十分に理解させることができなかったと判断した。また時間計算量の理解は力任せ法の段階でつまづいている結果となった。そのため再度課題階層分析を行い、学習内容や組み立てを考え直すことや出題内容を改善する必要があると考えた。

3. 課題階層分析

2.5 節を踏まえて、各文字列検索アルゴリズムについて、再度課題階層分析を行った。本章では各文字列検索アルゴリズムについて設計した課題階層分析図を示し、さらに各段階でどのような学習を行うのかを説明する。

3.1 力任せ法の課題階層分析図と学習の流れ

力任せ法の動作と最大時間計算量について、課題階層分析を行った。設計した課題階層分析図を図 9、図 10 に示す。これらの課題階層分析図をもとに学習の流れを設定した。最初に学習者は力任せ法の動作の学習を行う。まずアニメーション教材を自由に操作することで、力任せの動作を確認することができる。そして学習者に検索手順の説明を行わせることにより、動作の理解に必要な「一致時の動作」「不一致時の動作」が理解できていることの確認を行う、説明することがで

できれば力任せ法の動作は理解できていると判断する。

次に学習者は時間計算量の学習を行う。前提知識として動作の理解の他に最大時間計算量、オーダ記法の理解が必要であるため、学習者は知識付けの資料を用いて学習を行う。続いて最大時間計算量を理解させる前提として「最大時間計算量となる動作」と「最大時間計算量となる文字列の特徴」が分かることが必要である。そのため最大時間計算量となる文字列を含めた4種類の文字列のアニメーションを確認することを促し、動作や文字列の特徴を意識させた。確認させた文字列を表3に示す。アニメーションを確認する際、比較回数と文字列の特徴、検索時の特徴を意識させることにより、最大時間計算量がテキストの長さ×パターンの長さであることの足掛かりになると考えた。また文字列および検索時の特徴を意識させることにより、最大時間計算量になる場合、テキスト1文字に対してパターンの文字数分比較する動作となることを学習者に気づかせることができると考えた。これらのことを学習者に意識させることにより力任せ法の最大時間計算量である $O(MN)$ を理解させることができると考えた。

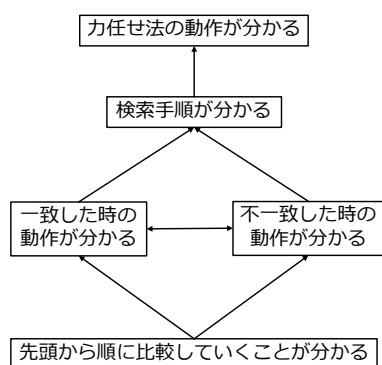


図9 力任せ法の動作の課題階層分析図

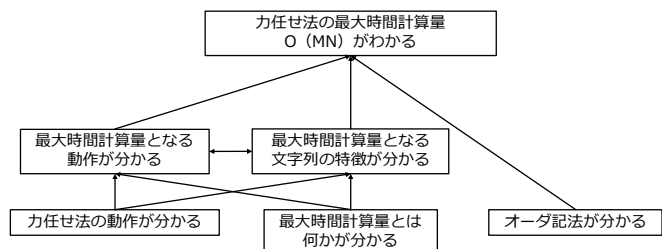


図10 力任せ法の最大時間計算量の課題階層分析図

表3 確認させる文字列

テキスト	パターン
aaaaaaaaab	aab
abcdefghijk	ijk
abc1abc2abc3abc4abc5	abc4
This is an apple	apple

3.2 KMP法の課題階層分析図と学習の流れ

KMP法の動作について、課題階層分析を行った。設計した課題階層分析図を図11に示す。この課題階層分析図をもとに学習の流れを設定した。学習者はアニメーション教材を自由に操作することでKMP法の動作を確認することができる。また「ずらし表の使い方」を理解するための前提として「ずらし表の作られ方」が分かることが必要であるため、ずらし表のアニメーションを意識させる問題を出題する。そして「一致・不一致した時の動作」を理解するための前提として「ずらし表の使い方」が分かる必要があるため、学習者に検索手順の説明を行わせることにより、検索時のずらし表の使われ方を理解しているかの確認を行う。また説明することができれば下位の学習目標である「一致した時の動作」「不一致した時の動作」が分かることを達成しているため、KMP法の動作は理解できていると判断する。また力任せ法と同様に4種類の文字列のアニメーションを確認させることにより、他のアルゴリズムとの効率の比較を行わせる。

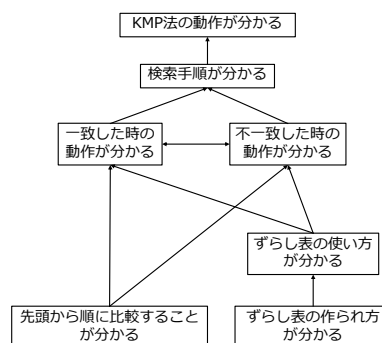


図11 KMP法の動作の課題階層分析図

3.3 BM法の課題階層分析図と学習の流れ

BM法の動作と最大時間計算量、平均時間計算量について課題階層分析を行った。設計した課題階層分析図を図12、図13、図14に示す。これらをもとに学習の流れを設定した。学習者はKMP法と同様にアニメーションの自由操作を行うことにより、BM法の動作

の確認を促し、アニメーションからずらし表の作り方が分かったと考えた。そして説明を行わせることにより、ずらし表の使い方を理解しているか確認する。次に時間計算量の学習を行う。最初に学習者は力任せ法と同様にオーダ記法などの知識付けを行う。続いて、学習者に最大時間計算量、平均時間計算量となる文字列を含めた4種類の文字列について比較回数と文字列の特徴、検索時の特徴を意識させ、アニメーションの確認を促す。最大時間計算量は力任せ法と同様の値であるため、3.1節に示した学習の流れを通して学習者に理解させる。平均時間計算量を理解させるための前提は「平均時間計算量となる文字列の特徴」と「平均時間計算量となる動作」が分かることであるため、これを意識させる。具体的には文字の種類が多い文字列のアニメーションを確認させることで、実際の文字列検索処理では末尾で不一致する確率が高く、パターンの文字数分ずらせることを学習者に気付かせることができると考えた。これらのことから平均時間計算量である $O(M/N)$ を理解させることができると考えた。

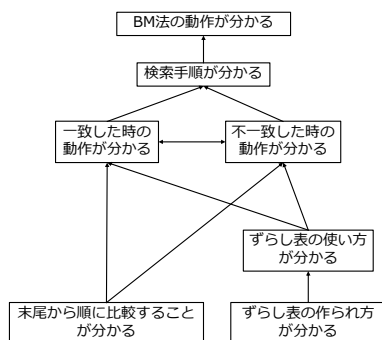


図12 BM法の動作の課題階層分析図

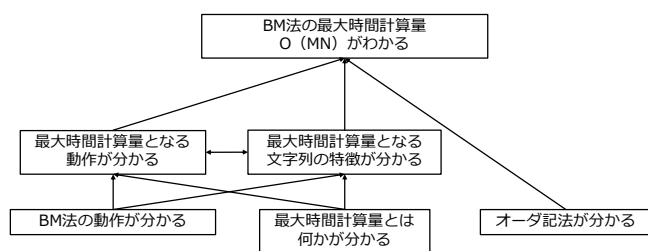


図13 BM法の最大時間計算量の課題階層分析図

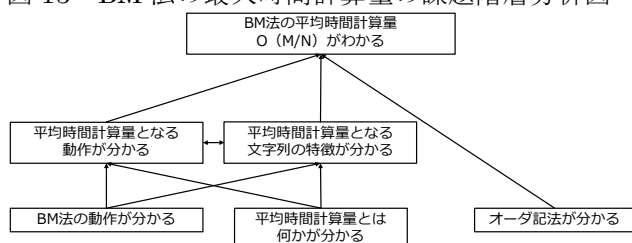


図14 BM法の平均時間計算量の課題階層分析図

4. アニメーション教材の追加箇所

今回設計した学習内容において比較回数を意識させるための仕組みとして、新たに比較過程を表すアニメーションを追加した。比較過程のアニメーション部分を図15に示す。比較が1段階進むごとに、その段階に応じた比較回数、比較位置などを表示する。赤文字は不一致、緑文字は一致したことを示す。

比較過程
1回目の比較ではテキストのbとパターンのaを比較し、不一致しました
2回目の比較ではテキストのbとパターンのaを比較し、不一致しました
3回目の比較ではテキストのbとパターンのaを比較し、不一致しました
4回目の比較ではテキストのaとパターンのaを比較し、一致しました
5回目の比較ではテキストのcとパターンのcを比較し、一致しました
6回目の比較ではテキストのbとパターンのbを比較し、一致しました
7回目の比較ではテキストのaとパターンのaを比較し、一致しました
8回目の比較ではテキストのbとパターンのbを比較し、一致しました
9回目の比較ではテキストのaとパターンのaを比較し、一致しました

図15 比較過程

5. 今後の予定

今回設計した学習内容をもとに現在情報系学生数名に対して予備実験を実施している。予備実験の結果が分かり次第、さらに学習課題に改善を加え、本実験を行う予定である。

参考文献

- (1) 古川勝康, 井上勝行, 魚井宏高, 首藤勝: “制御の流れに重点をおいてアルゴリズム学習を支援するシステムの構想”, 電子情報通信学会技術報告, pp159-166(1997-03-15)
- (2) 下川輝, 仲林清: “アニメーションを用いた文字列検索アルゴリズム学習のための課題設計”, 教育システム情報学会第1回研究会論文集, pp33-38(2019)
- (3) 大森克志, 木村春彦, 広瀬貞樹: “アルゴリズムの基礎”, 共立出版株式会社(1997)
- (4) 稲垣忠, 鈴木克明: “授業設計マニュアル ver.2 教師のためのインストラクショナルデザイン”, 北大路書房(2015)

高校生による主体的・協働的授業実践の リフレクション結果の検討

宮下 伊吉^{*1}

^{*1} 三重大学

An Investigation of a result of the reflection of Active Learning with high school students

Miyashita Ikichi^{*1}

^{*1} Mie University

毎年課題研究活動に取り組んでいる高校の協力を得て、高校生による小学5年生対象の主体的・協働的授業（1コマ）の実践について、2019年度の高大連携の取り組みとして授業設計の支援を行った。本研究では、リフレクションワークシートを使って高校生による授業実践の振り返りを試み、学習意欲の動機付けモデルの視点から、高校生の授業実践への関心や目標達成感・積極的行動・満足度などの自己分析の結果と、授業設計の支援に対する評価結果を明らかにした。

キーワード：高大連携、主体性・協働性、リフレクション、授業設計、学習意欲の動機付けモデル

1. 本研究の目的

三重大学では、高大連携の取り組みとして、大学の企画によるサマーセミナーや高校からの依頼による大学教員の講演や講座等の実施、さらに高校の探究活動・課題研究活動の支援を行っている。そのうち、毎年課題研究活動に取り組んでいる高校からの依頼を受け、高校生による小学5年生対象の主体的・協働的授業（1コマ）の実践について、2019年度の高大連携の取り組みとして授業設計の支援を行うこととなった。そこで、高校生自身による授業実践の振り返りと、授業設計の支援に対する高校生からの評価によるリフレクションを実施し、その結果から次年度の高大連携の取り組みにおいて検討すべき点を明らかにすることを本研究の目的とした。

2. 先行研究について

授業やセミナー、講座等の評価指標には受講者の満足度がよく用いられている。その満足度は、学習者要因と環境要因、そして学習者自身の行動（努力）と達

成感からもたらされることを明らかにした先行研究がある。学習意欲の動機付けに影響を及ぼす側面を注意（Attention）、関連性（Relevance）、自信（Confidence）、満足度（Satisfaction）の4つの要素から体系的なアプローチによる分析を行った Keller の先行研究である⁽¹⁾。Keller が提唱した学習意欲の動機付けは、4要素の頭文字をとって ARCS モデルと呼ばれている。

本研究では、その Keller が作成した CIS（Course Interest Survey）をもとに、独自の尺度項目（4因子14項目）を用いた日本語版を作成し、検証している国内の先行研究⁽²⁾⁽³⁾を参考に、高校生自身による授業実践の振り返りと、授業設計の支援に対する高校生からの評価の尺度項目を設計した。ただし、先行研究における質問項目は、看護学生（大学生及び専門学校生）を対象にした授業での質問項目であるため、本研究の対象である高大連携の取り組みにおいて、そのまま活用することはできない。そこで、本研究の目的に近い尺度項目として、高大連携講座における受講者満足度への影響に関する先行研究⁽⁴⁾をベースに本研究を進めることにした。

3. 研究対象と実施までの取り組み

3.1 研究対象

本研究の対象は、M 県内 M 高校の高校 2 年 19 人が取り組んだ課題研究活動における、高校生による小学 5 年生対象の主体的・協働的授業（1 コマ）の実践である。具体的には、小学 5 年生の算数の授業の実践である。19 人は、4 グループに分かれ、そのうち 3 グループは「立体の体積」、1 グループは「(図形の) 合同」の単元を扱う授業であった。高校生 4 グループによる小学校での授業実践は、3 グループと 1 グループに分かれ、2 つの小学校で 2019 年 7 月の第 2 週に行われた。

3.2 実施までの取り組み

授業実践までの取り組みは、2019 年 4 月の課題研究活動の時間から始まり、三重大大学の教員による授業設計に関する支援は、4 月、5 月、6 月の 3 回と、小学校での事前リハーサルでの立ちあいの計 4 回であった。

研究対象となる具体的な授業設計支援は、4 月時は、事前に配布した個人用ワークシートをもとに、課題研究活動で実現（達成）したいことと、小学校でどんな授業をやってみたいかと、授業設計支援を担当する三重大大学の教員に聞きたいことを確認する内容であった。このときは、グループ毎に小学校での授業実践の目標

を設定してもらった。5 月時は、4 月時の各グループにおける生徒の反応から、具体的な授業設計の手順に関する情報を示す必要があると考え、ナビゲーションガイドとして、授業設計の参考手順と参考論文・文献等の情報を A4 判 1 枚程度にまとめ、配布した。6 月時では、各グループの授業設計の準備状況を確認した。そこでは、準備が進んでいるグループにはコメントは控え、進捗を確認するようにし、まだ準備が進んでいないグループには、今後のどのように進めたいかを説明してもらうようにした。7 月第 1 週の小学校での事前リハーサルには立ちあい、小学校の教員とともにコメントを行った。しかし、7 月第 2 週の授業実践当日には参加できなかったため、後日録画された授業の DVD を視聴し、そのコメントとともに、高校生自身による授業実践の振り返りと授業設計の支援に対する高校生からの評価に関するリフレクションワークシートを 9 月に配布、18 人分を回収し、研究対象とした。

4. リフレクション項目の設計

高校生自身による授業実践の振り返りと授業設計の支援に対する高校生からの評価に関するリフレクションワークシートの質問項目は、A4 判 1 枚に収まるように、表 1 の通り 5 項目と 12 の測定概念に絞った。

表 1 リフレクションワークシートの質問項目

No.	測定概念	質問項目	
		アンケート 1 (受講前調査)	アンケート 2 (受講後調査)
1	目標達成度の自己評価 (4件法)		7月に実践した小学校での授業は、当初、班のメンバーと共に確認した目標を どの程度まで達成できた とあなたは思いますか？
1	目標達成の根拠		達成できたと思う根拠
1	目標未達席の根拠		達成に届かなかったと思う根拠
2	授業への満足度・積極的関わり度 S (満足度) (4件法)		7月に実践した小学校での授業について、あなたは満足 していますか
2	授業に満足の根拠		満足していると思う根拠
2	授業に不満足の根拠		満足していないと思う根拠
2	積極的行動の具体例		どのような場面で特に積極的に関わったか
3	目標達成と満足度に影響を与えた要因 (複数回答可)		7月に実践した小学校での授業で、班のメンバーと共に 確認した目標の達成度や満足度に影響を与えたもの は
4	ナビゲーションへの評価 (複数回答可)		4月から7月のリハーサルにかけて、みなさんをナビ ゲーションした三重大大学の先生からのナビゲーション の内容
5A (注意) (4件法)		① (授業設計は) 興味深く面白そう	① (授業設計は) 興味深く面白かった
5R (関連性) (4件法)		② (授業実践に) 役立ちそう	② (授業実践に) 役立った
5C (自信) (4件法)		③ (授業に生かせる) 自信がある	③ (授業に生かせる) 自信がついた

表 2 目標達成、積極的、満足のカテゴリー分け

カテゴリー群		人数	%
a	目標達成	15	83.3%
b	目標未達	3	16.7%
c	積極的	15	83.3%
d	非積極的（積極的に関わらず）	3	16.7%
e	満足	16	88.9%
f	不満足	2	11.1%

表 3 目標達成×積極的×満足のカテゴリー分け

カテゴリー群		人数	%
A	目標達成×積極的×満足	11	61.1%
B	目標未達×積極的×満足	2	11.1%
C	目標達成×積極的×不満足	1	5.6%
D	目標未達×積極的×不満足	1	5.6%
E	目標達成×非積極的×満足	3	16.7%
F	目標未達成×非積極的×満足	0	-
G	目標達成×非積極的×不満足	0	-
H	目標未達成×非積極的×不満足	0	-

表 4 授業実践の目標達成度と満足度への影響

	a.群	b.群	c.群	d.群	e.群	f.群	A群	B群	C群	D群	E群	合計
	15人	3人	15人	3人	16人	2人	11人	2人	1人	1人	3人	18人
①課題研究の授業での班のメンバーとの話し合いや準備	66.7%	66.7%	66.7%	66.7%	68.8%	50.0%	72.7%	50.0%	-	100.0%	66.7%	66.7%
②授業時間以外での班のメンバーとの話し合いや準備	80.0%	33.3%	73.3%	66.7%	75.0%	50.0%	81.8%	50.0%	-	-	66.7%	72.2%
③他の班との情報交換	33.3%	33.3%	33.3%	33.3%	31.3%	50.0%	27.3%	50.0%	-	-	33.3%	33.3%
④指導の先生からの配布資料	33.3%	-	26.7%	33.3%	31.3%	-	36.4%	-	-	-	33.3%	27.8%
⑤指導の先生からの説明	53.3%	-	46.7%	33.3%	50.0%	-	63.6%	-	-	-	33.3%	44.4%
⑥教育実習生とのリハーサル	53.3%	-	46.7%	33.3%	43.8%	50.0%	54.5%	-	-	-	33.3%	44.4%
⑦小学校でのリハーサル	73.3%	66.7%	73.3%	66.7%	75.0%	50.0%	72.7%	100.0%	-	-	66.7%	72.2%
⑧三重大の先生からの説明	60.0%	33.3%	60.0%	33.3%	62.5%	-	72.7%	50.0%	-	-	33.3%	55.6%
⑨三重大の先生からの配布資料 (4月のワークシート)	60.0%	-	60.0%	-	56.3%	-	81.8%	-	-	-	-	50.0%
⑩三重大の先生からの配布資料 (5月のナビゲーションガイド+参考資料紹介)	60.0%	-	60.0%	-	56.3%	-	81.8%	-	-	-	-	50.0%
⑪昨年度の生徒論文集	13.3%	-	13.3%	-	12.5%	-	18.2%	-	-	-	-	11.1%
⑫事前訪問時の小学校の先生からの情報	53.3%	-	46.7%	33.3%	50.0%	-	63.6%	-	-	-	33.3%	44.4%
⑬事前の小学生へのアンケート結果	20.0%	33.3%	26.7%	-	25.0%	-	27.3%	50.0%	-	-	-	22.2%
⑭授業での小学生のアンケート結果	80.0%	33.3%	66.7%	100.0%	75.0%	50.0%	72.7%	50.0%	-	-	100.0%	72.2%
⑮授業での小学生のテストの結果	33.3%	100.0%	40.0%	66.7%	43.8%	50.0%	27.3%	100.0%	-	-	66.7%	44.4%
⑯当日の小学校の先生からのコメント	66.7%	66.7%	66.7%	66.7%	68.8%	50.0%	63.6%	100.0%	-	-	66.7%	66.7%
⑰当日の班のメンバーの行動・発言	80.0%	33.3%	73.3%	66.7%	75.0%	50.0%	81.8%	50.0%	-	-	66.7%	72.2%
⑱当日の小学生の様子（表情・声・態度等）	73.3%	-	53.3%	100.0%	62.5%	50.0%	63.6%	-	-	-	100.0%	61.1%

5. 結果と考察

5.1 対象のカテゴリー分け

研究対象の高校生 18 人については、表 1 の通り、目標達成・未達成の a 群・b 群、積極的行動に関わる c 群・d 群、満足・不満足 of e 群・f 群の 6 つ（表 2）と、目標達成と積極的行動、満足度の 3 つの組み合わせによる A 群から H 群の 8 カテゴリーに分類した。ただし、F・G・H の 3 群は該当なしのため、A 群～E 群の 5 つのカテゴリー（表 3）をもとに考察を行った。

5.2 授業実践の目標達成度と満足度への影響要因

7 月に実践した小学校での授業について、高校生の各グループがメンバーと共に確認した目標の達成度や満足度に影響を与えた要因について、研究対象全体の傾向をみると、目標の達成度や満足度に 6 割以上の影響を与えたものは、課題研究の授業および授業時間以外での班のメンバーとの話し合いや準備、小学校でのリハーサル、授業実践当日の小学生のアンケート結果、

表 5 授業設計支援に関する理解度・難度・情報量

	a.群	b.群	c.群	d.群	e.群	f.群	A群	B群	C群	D群	E群	合計
	15人	3人	15人	3人	16人	2人	11人	2人	1人	1人	3人	18人
①ナビゲーションの内容は難しく理解できなかった	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
②ナビゲーションの内容は難しかったが理解できたと思う	13.3%	100.0%	33.3%	-	25.0%	50.0%	18.2%	100.0%	-	100.0%	-	27.8%
③ナビゲーションの内容はわかりやすく理解できた	40.0%	-	33.3%	33.3%	37.5%	-	45.5%	-	-	-	33.3%	33.3%
④ナビゲーションの内容はわかりやすいが理解できたか不明	13.3%	-	13.3%	-	12.5%	-	18.2%	-	-	-	-	11.1%
⑤ナビゲーションの内容は知りたいことに応えていなかった	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⑥ナビゲーションの内容は知りたいことに応えたものだった	13.3%	33.3%	20.0%	-	18.8%	-	18.2%	50.0%	-	-	-	16.7%
⑦ナビゲーションの内容は情報量が多かった	40.0%	33.3%	40.0%	33.3%	43.8%	-	45.5%	50.0%	-	-	33.3%	38.9%
⑧ナビゲーションの内容は情報量が少なかった	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⑨ナビゲーションは不要だった	26.7%	-	13.3%	66.7%	18.8%	50.0%	9.1%	-	100.0%	-	66.7%	22.2%
⑩ナビゲーションはもっと必要だった	6.7%	-	6.7%	-	6.3%	-	9.1%	-	-	-	-	5.6%
⑪ナビゲーションの内容は量も質もちょうど良かった	40.0%	33.3%	40.0%	33.3%	37.5%	50.0%	45.5%	-	-	100.0%	33.3%	38.9%

授業実践当日の小学生の様子や小学校の先生のコメントや授業実践当日の班のメンバーの行動・発言であり、授業設計に関する支援（大学教員による説明・資料等の情報提供）の影響は 5 割程度（半数）にとどまった。

しかし、a 群～f 群及び A 群～E 群のそれぞれのカテゴリー別に比較すると、b 群（目標未達成）・d 群（非積極的）・f 群（不満足）では授業設計に関する支援の影響はみられないが、a 群（目標達成）・c 群（積極的）では 6 割の影響がみられた。さらに、A 群（目標達成でき、積極的に関わり、満足している）では、授業設計に関する支援（三重大大学の先生からの配布資料）の影響は 8 割を超えている。（表 4）

5.3 授業設計支援に関する理解度・難度・情報量

5 月に配布した授業設計に関する支援（三重大大学の先生からの配布資料「ナビゲーションガイド」）に対する高校生の理解度・難度・情報量については、「理解できなかった」「知りたいことに応えていなかった」「情報量が少なかった」が、研究対象全体でゼロであった。

「難しかったが理解できた」＋「わかりやすく理解できた」と合わせると全体の約 6 割超が理解できたと回答している。また、「情報量が多かった」と「情報量の量も質もちょうどよかった」と回答した割合は同じ約 4 割程度であった。一方で、「ナビゲーションは不要だった」の割合が約 2 割を占めていた。（表 5）

5.4 受講前後の変化（興味、役立ち感、自信）

授業設計に関する支援の受講前後の変化について、興味（面白そうだ、面白かった）、役立ち感（授業実践に役立ちそうだ、役立った）、自信（授業実践に生かせそう、生かした）の 3 つの側面からみると、積極的に関わったと回答した学習者全員において役に立ったという評価の向上がみられた。

6. まとめと今後の課題

本研究で明らかになったことは、以下の通りである。

第一に、学習者の満足度は、グループで確認した目標を達成できたかどうか、自ら積極的に発言・行動・他者への働きかけを行ったかどうかということと関連していること。

第二に、目標を達成し、積極的に関わり、満足している者ほど、学習者への授業設計に関する支援（大学教員による説明・資料等の情報提供）の影響を認めていること。

第三に、授業設計に関する支援の受講前後の変化については、積極的に関わったと回答した学習者全員において役に立ったという評価の向上がみられたこと。

以上の結果を踏まえて、リフレクションワークシートを使って高校生による授業実践の振り返りを試みた。本研究の結果から、満足度だけではなく、学習におけ

表 6 受講前後の変化（興味、役立ち感、自信）

	a. 群	b. 群	c. 群	d. 群	e. 群	f. 群	A群	B群	C群	D群	E群	合計
	15人	3人	15人	3人	16人	2人	11人	2人	1人	1人	3人	18人
①興味_実践前	3.2	3.0	3.1	3.3	3.2	3.0	3.2	3.0	3.0	3.0	3.0	3.2
①興味_実践後	3.5	3.0	3.4	3.3	3.5	2.5	3.5	3.5	3.0	2.0	3.3	3.4
①興味_差	+0.3	0.0	+0.3	0.0	+0.3	▲0.5	+0.3	+0.5	0.0	▲1.0	0.0	+0.2
②役立ち_実践前	3.0	3.3	3.1	2.7	3.1	2.5	3.2	3.5	2.0	3.0	2.7	3.1
②役立ち_実践後	3.3	4.0	3.6	2.7	3.5	3.0	3.6	4.0	2.0	4.0	2.7	3.4
②役立ち_差	+0.3	+0.7	+0.5	0.0	+0.4	+0.5	+0.4	+0.5	0.0	+1.0	0.0	+0.3
③自信_実践前	2.9	3.0	3.0	2.7	3.0	2.5	3.1	3.0	2.0	3.0	2.7	2.9
③自信_実践後	3.1	3.3	3.2	2.7	3.2	2.5	3.3	3.5	2.0	3.0	2.7	3.1
③自信_差	+0.3	+0.3	+0.2	0.0	+0.2	0.0	+0.2	+0.5	0.0	0.0	0.0	+0.3

る目標達成感と積極的行動が影響しており、特に自ら積極的に関わったと自己分析した者ほど、授業設計に関する支援が役に立ったことが明らかになった。次年度の高大連携の取り組みでは、受講者の満足度だけでなく、学習の目標を達成できたかどうかと積極的な関わりができたかどうかとの関連についてさらに継続して調べていきたい。

また、学習者全体でみた場合は、目標の達成度や満足度に対する授業設計に関する支援の影響は 5 割程度（半数）にとどまった。特に目標未達成の群及び積極的に関われなかった群と不満足 of 群の学習者のカテゴリでは、授業設計に関する支援の役立ち感について評価の向上が一部みられたが、授業設計に関する支援の興味・関心（面白かったか）については評価の向上がみられなかったことから、学習者の興味・関心を高める支援方法を今後の検討課題としていく。

謝辞

本研究にあたり、ご協力いただきました課題研究活動に取り組んでいる高等学校の生徒のみなさん及び関係の教員の方々に深く感謝申し上げます。

参 考 文 献

- (1) KELLER,J.M. : “Motivational Design for Learning and Performance: The ARCS Model Approach”, Springer SBM,NY, (2009)ケラー・J・M（鈴木克明監訳）：“学習意欲をデザインするーARCS モデルによるインストラクショナルデザインー”,北大路書房, (2010)

- (2) 川上祐子,向後千春: “ARCS 動機づけモデルに基づく Course Interest Survey 日本語版尺度の検討”, 日本教育工学会研究報告集,12(4), pp.103-110, (2012)
- (3) 渡邊文枝,向後千春: “JMOOC の講座における e ラーニングと相互評価に関連する学習者特性が学習意欲と講座評価に及ぼす影響”, 日本教育工学会論文誌,41(1), pp.41-51. (2017)
- (4) 宮下伊吉: “高大連携における学生主体の活動による受講者満足度への影響”, 令和元年度全国大学入学者選抜研究連絡協議会大会研究発表予稿集, 第 14 回, pp.252-255(2019)

発話分析可視化ツールを活用した授業振り返り研修の実践

ー知識構成型ジグソー法を対象にした発話分析手法の提案ー

笠井俊信^{*1}, 大崎理乃^{*2}, 林雄介^{*3}, 益川弘如^{*4}

^{*1} 岡山大学, ^{*2} 産業技術大学院大学, ^{*3} 広島大学, ^{*4} 聖心女子大学

Practice of Teacher Training Program for Reviewing the Lesson with Discourse Analysis Visualization Tool

- Proposal for a Discourse Analysis Method for “Knowledge Constructive Jigsaw Method” -

Toshinobu Kasai^{*1}, Ayano Ohsaki^{*2}, Yusuke Hayashi^{*3}, Hiroyuki Masukawa^{*4}

^{*1} Okayama University, ^{*2} Advanced Institute of Industrial Technology,

^{*3} University of the Sacred Heart, ^{*4} Hiroshima University

今日の初等中等教育では、主体的・対話的で深い学びが求められるが、設計した授業が深い学びを生じさせる授業になっているか、実際にどのような深い学びが生じたかを評価することは容易ではない。これからの教師には、新たな学力観に基づいた教育目標を適切に理解し、その目標を達成するための授業を設計・実践していく力を、教師間で共有しながら互いに高め合っていくことが重要になる。本研究では、知識構成型ジグソー法を組み込んだ授業を対象に、教師らが自ら授業を分析・評価できることを目指し、授業での学習者間の対話を分析・可視化するためのツールを開発した。本稿では、開発したツールを活用した教師らによる発話分析研修の実践とその効果について報告する。

キーワード: 教員研修, 授業評価, 発話分析, 知識構成型ジグソー法

1. はじめに

平成 29, 30 年度に改訂された新しい学習指導要領^①では、「主体的・対話的で深い学び」の実現が重要視され、これからの教師には、新たな学力観に基づいた授業設計力を向上させていくことが求められる。教師の授業設計力の向上を支援するためには、設計・実践された授業を新たな学力観の観点から評価することが重要となる。さらに、教師の授業設計力の効率的な向上のためには、その評価を学校外の専門家に頼ることなく教師だけで行うことができ、教師間で共有しながら互いに高め合っていくことができる仕組みが構築されることが望まれる。

Sandoval は、デザイン研究の観点から、授業設計・実践のプロセスにおいて、「設計の評価」と「原則の評価」の 2 つの評価が必要だと指摘している^②。「設計の

評価」は、教師が授業設計時に意図したことが実践された授業の中で期待通りに機能したかどうかの観点での評価であり、「原則の評価」は、設計した授業を実践した結果、深い学びを導き出せたかどうかの観点での評価である。教育の評価を考える場合、どのような教育成果が得られたかが重要であり、その観点では後者の「原則の評価」がより重要だといえる。しかし、「主体的・対話的で深い学び」で求められている「学びに向かう力」や「思考力・判断力・表現力」のような能力の向上は、1 回の授業で評価するのは難しい。そのため、「主体的・対話的で深い学び」の観点での授業評価は、教授・学習理論に基づくなど深い学びを生じさせると期待できる授業になっているかを授業構想段階で評価することと、実践された授業において期待通りに機能したかどうかを評価する「設計の評価」が重要になると考えられる。

対話的な学びについて「設計の評価」を行うためには、学習者間の対話の中身を内容にまで踏み込んで分析することが必要であり、その手法として SNA (Social Network Analysis) を応用して、学習者間の相互作用をネットワーク表現することで視覚化しようとする試みも行われてきている^(3,4)。これらの手法は、学習者らの対話の目的や内容に関わらず分析することが可能であるが、評価カテゴリの設定や分析結果の解釈には専門的な知識が必要であり、教師だけで分析することは困難である。

これらのことを踏まえ、本研究では教師らだけでも分析・評価することを可能にする発話分析ツールを開発すること、このツールを活用した授業評価手法を開発することを目的とする。本稿では、開発した発話分析ツールの概要説明と、このツールを活用した小学校教員による発話分析研修の実践とその効果について報告する。本実践で期待する効果は以下の 2 点であり、この 2 つの観点から実践を評価する。

- 授業における児童の対話の分析・評価を教師だけで行うことへの意欲の向上
- 教師自身が児童の対話の分析・評価を体験することによる授業評価力の向上

前者の評価では、開発する発話分析ツールを活用することで、専門家の支援なしでも教師だけで分析可能だという認識が強化されること、分析の結果得られる情報によって授業における児童の対話を分析・評価することの有効さに対する認識が強化されることを確認する。後者の評価では、児童の 1 つ 1 つの対話を深い学びが生じることが期待できる原理に基づいて分析・評価することを通して、教師の「主体的・対話的で深い学び」の観点での授業評価力が向上することを確認する。ここで評価する授業評価力とは、授業を評価する際の適切な観点を意識できるかどうか、とする。児童の対話が深い学びを生じさせるかどうかは、対話を通してどのような思考を行っているかに依存する。よって、「主体的・対話的で深い学び」の観点で授業を評価するためには、従来のように「何を学んだか」「何ができるようになったか」だけでなく、児童の対話からどのような思考が行われたかを具体的に意識した上で評価することが重要だと考えられる。

本実践のように、学習者（本実践では教師の立場）

に発話分析を体験させることによる効果を期待する実践も行われている⁽⁵⁾。この実践では、発話分析の基礎となる部分の分析は専門家が行い、学習者はその可視化された分析結果と対話データから対話の特徴を見出す活動をしており、発話分析のすべてを学習者がしているわけではない点が本実践とは異なっている。また、その体験で期待する効果は学習者の協調学習の有効性についての信念を強化するといったメタレベルのことであり、対話の分析を通して行われた思考の内容を評価する力の向上を期待する本実践とは異なっている。

2. 発話分析可視化ツールの開発

本研究で開発する発話分析ツールは、教師だけで学習者の対話を分析・評価できることを目指しているため、分析者にとって専門的知識を必要としないことが求められる。我々は、発話分析プロセスにおいて専門的知識を必要とする作業として、1)分析・評価の観点の設定と、2)分析結果の解釈の 2 点に着目した。

1)については、対話の何に着目し何を評価するか、何に基づいて整理・分類するかを決定する重要な作業であり、特定の語彙や概念を設定することになる。この作業は、対話の目的や具体的な内容に依存するため、分析・評価する対話ごとに設定する必要があることと、観点を客観的に選択・抽出する方法は存在せず、分析者の主観に依るところが大きく、専門家による設定でもその妥当性を示すことは容易ではない。そのため、専門家でない教師が発話分析をする際に最も困難な作業の 1 つだと考えられる。

2)については、1)で設定された観点をノードに、観点間の共起関係のような数量データをリンクとしてネットワークで表現することで、分析結果の解釈を支援する手法が提案されている⁽⁴⁾。この手法では、行われた対話に応じてノードの位置関係が変化し、様々な内容の対話の特徴を柔軟に可視化することができる一方、その対話の特徴や学習効果との関係を解釈するには専門的知識や分析の経験を積み重ねる必要がある。

これら 2 つの困難な点について、本研究では深い学びが期待できる学びの構成原理を教育内容に依存しない抽象度でモデル化し、そのモデルを基盤とすることで教師だけによる対話の分析・評価を可能とする発話

分析可視化ツールの開発を目指す。本研究で提案する発話分析手法は、深い学びが期待できる学びの構成原理が明確であれば、どのような教授・学習法であってもその学びの構成原理をモデル化することが可能であり、発話分析可視化ツールの基盤とすることは可能だと考えている。我々はこれまで、深い学びが期待できる学習法として知識構成型ジグソー法に着目し、その学びの構成原理を目標の階層構造としてモデル化してきた⁶⁾。本研究ではまず、知識構成型ジグソー法を組み込んだ授業を対象に、これまで構築してきたモデルを基盤とした発話分析可視化ツールを開発し、その有効性の検証を行っていく。

2.1 知識構成型ジグソー法の学習原理モデル

知識構成型ジグソー法（以下、ジグソー法と略記する）は、東京大学の大学発教育支援コンソーシアム推進機構（CoREF）が開発した学習法である。ジグソー法は、主にエキスパート活動、ジグソー活動、クロストークの3つの学習活動によって構成される。基本的な学習の流れと期待する効果を説明する。授業全体で解決すべき学習課題（問い）に対し、学習者はその解決に必要な数種類の内容（以下、部品と記す）の1つをエキスパート活動で学ぶ。そして、エキスパート活動で別々の部品を学んだ学習者が、ジグソー活動で互いに教え合い、それぞれが学んだことを使って学習課題（問い）を解決していく。このような学習活動を通して、一人一人が主体的な関わりを通して学びを深めていくことを狙いとしている。我々は、CoREFから提供されているジグソー法を組み込んだ多くの授業を分析することを通して、図1に示す目標の階層構造とし

てモデル化した。ここで示すように、ジグソー法を組み込んだ授業の構造を対象非依存のレベルまで抽象化したことで、授業全体の目標とジグソー活動の中間目標を示すノード以外は、共通の表現が可能となった。さらに、多くのジグソー法を組み込んだ授業の分析を通して、授業全体の目標とジグソー活動の中間目標は、それぞれ2種類と3種類の目標に分類し、全部で6種類にジグソー法を分類することができた。図1の“※”で示した記述は、授業全体が「最適な成果を共有」に分類される目標で、ジグソー活動が「最適な部品を選択」に分類される種類（「最/選」）の表現である。

2.2 学習原理モデルに基づく分析カテゴリーの設定

ジグソー法で期待される深い学びを実現するには、図1で示される各ノードの内容が達成されることが必要であり、実践された授業における学習者の振る舞いからその1つ1つを評価することが「設計の評価」に相当する。学習者の対話からこれらが達成されたかどうかを評価するための観点として、本研究では具体的な学習内容に依存しない、ジグソー法を組み込んだ授業で共通に活用できる13個の分析・評価観点（以下、分析カテゴリーと記す）を設定した（表1参照）。

ジグソー法は、「問い」を解決することを目的にして、学習者がそれぞれ学んだ部品（3種類と仮定して、A,B,Cの3種類を用意）間を比較・関連付ける思考が必要となる対話を促すことで、深い学びを期待する学習法だと考えることができる。そのことを考慮し、授業における対話を通して、このような思考が行われたかどうかを評価するために必要な観点を設定した。ここで、部品間の比較・関連付けについては、部品の内容

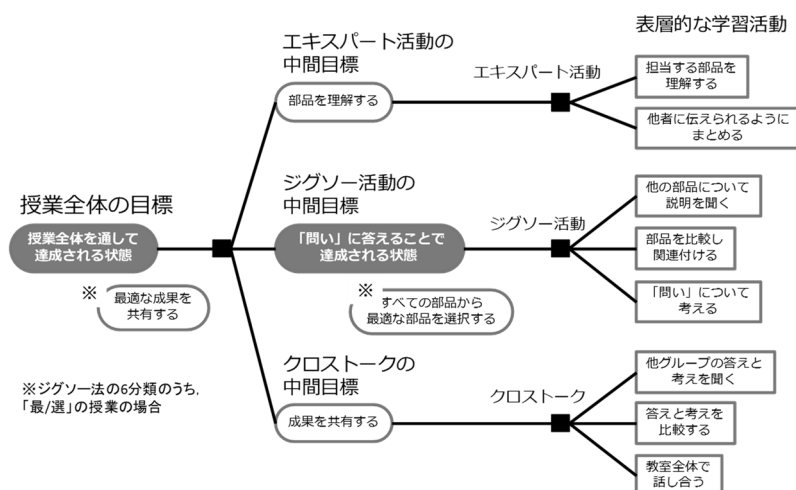


図1 ジグソー法を組み込んだ授業の目標の階層構造表現

表 1 ジグソー法の分析カテゴリ

「問い」	部品A	部品B	部品C
部品AB間比較	部品BC間比較	部品CA間比較	
「問い」への 部品Aの適用	「問い」への 部品Bの適用	「問い」への 部品Cの適用	
「問い」への 部品AB適用間比較	「問い」への 部品AB適用間比較	「問い」への 部品AB適用間比較	

を比較・関連付ける思考と、「問い」にそれぞれの部品を適用するための条件や適用した結果を比較・関連付ける思考が考えられるため、分析カテゴリとして、部品間の比較（例えば、部品 AB 間比較）と「問い」へ部品を適用した条件や結果の比較（例えば、部品 AB 適用間比較）の 2 種類を設定した。

2.3 可視化テンプレートの設定

従来の発話分析の結果をネットワークとして可視化する手法の場合、対話の特徴に応じてノード（分析・評価の観点）の位置やリンクを張る場所などが設定され、その結果によって分析・評価が行われる。それに対して本研究で提案する手法では、学びの構成原理モデルによって対話の評価観点が明確であるため、ノード（表 1 に示した分析カテゴリ）やリンクの位置を予め固定することが可能となる。そこで本研究では、ジグソー法を組み込んだ授業を対象とした、発話分析の結果を可視化するためのネットワークのテンプレートを設定した。設定したテンプレートを図 2 に示す。テンプレートは、表 1 に示した 13 個の分析カテゴリをノードとして表現したネットワークになっている。ノードの配置は、ジグソー法の学びの構成に基づいて、重要な「問い」を中心とした部品間の比較、部品適用間の比較が目立つように設定した。発話分析の結果は、

このテンプレート上のノードの枠線の太さやノード間のリンクの線の太さで表現される（図 5 参照）。

対話の具体的な内容に依存せずジグソー法に共通のネットワークのテンプレートを設定できることは、2 つの利点があると考えている。1 つは、ネットワークの構造が変わらないことで分析結果の解釈が容易になることであり、教師だけによる発話分析を可能にするために重要な利点である。もう 1 つは、授業実践者が授業の設計段階で学習者らに期待する対話（思考）をこのテンプレートに基づいて表現することができる点である。「設計の評価」は、教師が授業設計時に意図したことが実践された授業の中で期待通りに機能したかどうかの観点での評価であり、授業設計時の意図と実践された授業での結果を同じ表現の枠組みで比較できることは、より質の高い「設計の評価」につながる利点だと考えている。

2.4 開発した発話分析可視化ツールの概要

発話分析可視化ツールは、Microsoft Office の Excel と PowerPoint のソフトウェア上で、VBA(Visual Basic for Applications)によって開発した。このツールは、教師だけで操作できることを目指しているため、多くの教師が使い慣れていると考えられるソフトウェアを活用することを基本方針とした。開発したツールを活用した発話分析は、以下の 3 つのステップで行われる。

Step 1: 学習者の 1 つ 1 つの発言について、各分析カテゴリに関する思考が行われたかどうかをチェックする

Step 2: 対話の時間を複数の時間帯に分割し、それぞ

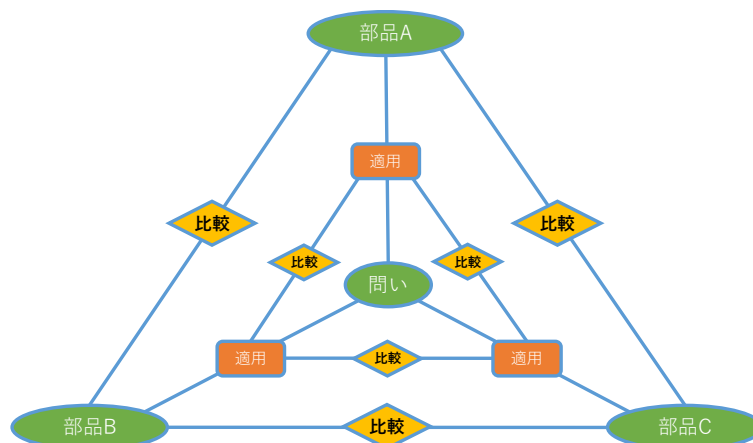


図 2 ジグソー法を組み込んだ授業の発話分析可視化ネットワークのテンプレート

れの時間帯ごと、発話者ごと、分析カテゴリごとに Step 1 でチェックされた数を集計する

Step 3: 分割された時間帯ごとに、Step 2 でカウントされた数量データを図 2 のテンプレートの枠線や線の太さに反映し可視化する

Step 1 は図 3 に示す Excel 画面上で行われる。本分析ツールを活用するには、分析対象の対話が文字起こしされていることが必要になる。現実問題として、学校現場で授業での児童らの対話を録音したデータを文字起こしすることは容易ではないが、何らかの予算があれば業者に依頼することも可能であり、専門家の介入が必要となる問題とは別次元の問題と捉え、本研究では、対話データの文字起こしができることを前提と考える。分析者は、図 3 に示す Excel 画面上で発話ごとに分析カテゴリの各観点が関係するかどうかをチェックする。ここで、「主体的・対話的で深い学び」の観点で対話を評価する場合、関係するかどうかのチェックは、発話の表面的な内容だけではなく、その発話に至る発話者の思考を推測して評価することが重要となる。例えば、「そうだね」のように同意を示す発話の場合、その発話自体に各分析カテゴリが関係しているとは判断できないが、前後の対話の文脈によっては前になされた発話に含まれる思考をなぞっている、のように解釈できる可能性もあり、その場合はその思考に関係する分析カテゴリが関係した発話である、と判断することもできる。

それぞれの発話に対して、分析者が関係すると判断したすべての分析カテゴリの列に”1”を入力する。

Step 2 は、Step 1 で分析者によって入力された結果を自動的に時間帯ごと、発話者ごと、分析カテゴリごとに集計する機能である。図 4 に自動集計された画面例を示す。この例は、対話の時間を前半、中盤、後半の 3 つに分割した例となっている。

Step 3 は、Step 2 で集計した各数値データを PowerPoint 上に表現された図 2 のテンプレートの対応するノードの枠線やリンクの線の太さの数値データに変換し、自動的に描画する機能である。図 5 に前半、中盤、後半の 3 つの時間帯に分けて集計された数値データから自動的に描画されたネットワークの例を示す。各部品ノードの横にある画像は、エキスパート活動で使われた各部品の説明資料の一部である。また、ノードのそばに設置されている円は、対話に参加した児童がそのノードに関係する発話をどの程度したかを表している。この例の場合は、3 人の児童が参加した対話を分析した結果であり、円の大きさはそのノードに関係する発話をした回数の多さを表している。

開発した発話分析可視化ツールによって、分析者は文字起こしされた対話データについて Step 1 の作業をするだけで、瞬時に自動的にジグソー法を組み込んだ授業を「主体的・対話的で深い学び」の観点で評価するのに必要な対話の特徴を可視化することができる。

発話者識別記号		分析カテゴリ															
B	C	発話内容															
No.	Text	部品A	部品B	部品C	AB間比較	BC間比較	CA間比較	問い	部品A運用	部品B運用	部品C運用	AB運用比	BC運用比	CA運用比	CA運用比較		
X	じゃあ(部品)Aからどうぞ。																
Y	はい。えっと、これで、えーと、もう一度元が攻めるのに備えて、東日本、西日本、え、違う。	1	1			1											
Z	西園。																
Y	西園か。西園から集めた武士を中心に九州北部を守らせ、防壁を造らせ、その、その一。	1	1			1											
X	防壁？	1	1			1											
Z	防壁？	1	1			1											
Y	防壁は内側からは乗り越えやすく、外側から乗り越えにくいものを造らせたら勝利した。								1	1							

図 3 発話分析ツールの各対話への分析カテゴリの観点でのチェック画面例

時間帯		発話者識別記号			分析カテゴリ												
C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q			
		部品A	部品B	部品C	AB間比較	BC間比較	CA間比較	問い	部品A運用	部品B運用	部品C運用	AB運用比	BC運用比	CA運用比較			
前半	X	1	2	3	0	0	0	0	1	1	3	4	2	2	1		
	Y	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0		
	Z	0	2	4	0	0	0	0	2	4	5	3	3	2			
中盤	X	0	0	0	0	0	0	7	10	7	5	5	1	4			
	Y	0	0	0	0	0	0	5	7	4	5	2	0	3			
	Z	0	0	0	0	0	0	8	13	11	6	7	3	5			
後半	X	5	0	0	0	0	0	8	14	6	4	6	1	3			
	Y	0	0	0	0	0	0	4	4	2	2	2	0	2			
	Z	2	0	0	0	0	0	10	13	9	2	9	0	2			

図 4 発話分析ツールの集計画面例

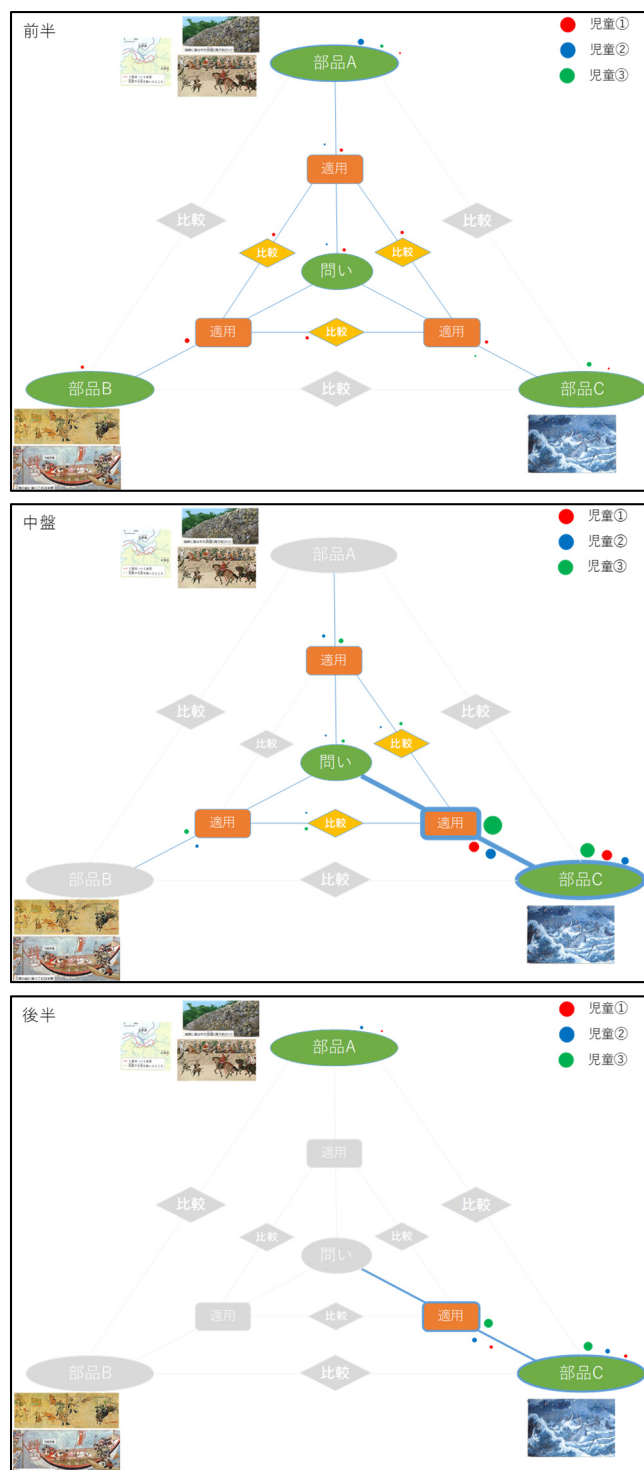


図 5 発話分析結果の可視化例

3. 教員研修への実践活用とその効果

3.1 実践の目的と流れ

開発した発話分析可視化ツールを活用した教員研修は、令和元年 8 月に I 市の公立小学校で行われた。教員研修の目的は、同年 6 月に同校で行われた研究授業での児童らの発話分析を体験することを通して、授業の振り返りを行うことだった。6 月に行われた研究授業は、第 6 学年社会科でジグソー法を組み込んだ授業

で、ジグソー活動の「問い」は「日本が元に戻った一番大きな要因は何だろう」、ジグソー法の分類は図 1 で示した例と同じ「最/選」であった。8 月の教員研修には同校の 13 名の教員が参加した。この小学校では、4 年前からジグソー法に焦点を当てた授業研究に取り組んでおり、すべての教員がジグソー法の基本を理解していた。また、この小学校の令和元年度の学校教育の目標の 1 つは、児童の思考力の向上であった。本研修で期待する効果は以下の 2 点であり、この 2 つの観点から本実践を評価する。

- ① 授業における児童の対話の分析・評価を教師だけで行うことへの意欲の向上
- ② 教師自身が児童の対話の分析・評価を体験することによる授業評価力の向上

本実践は、表 2 に示す流れで行われた。Scene 2, 5 の講義は本稿第 1 著者が担当し、講義 1 では開発した発話分析可視化ツールの Step 1 の作業の考え方と方法について、講義 2 では Step 3 の可視化されたネットワークの解釈の仕方について説明した。Scene 3 の発話分析演習では、6 月の研究授業のジグソー法で深い学びが期待できる活動であるジグソー活動の対話（10 分程度）を分析対象にした。研究授業でのジグソー活動は 7 班存在したが、その中で著者らが特徴的だと判断した 2 班（A 班と B 班）の対話を抽出し、参加した教員らを 4 つのグループ（G1:4 人、G2:3 人、G3:3 人、G4:3 人）に分け、G1,2 には A 班、G3,4 には B 班の対話を話し合いながら Step 1 のチェック作業をもらった。Scene 2,4,6 の授業評価演習では、研究授業の「良かった点」「改善すべき点」について話し合う活動をしてもらった。それぞれの違いは、まず Scene 2 では、6 月の研究授業の概要と、その後に同じ内容について参加教員で協議したことを思い出してもらうこ

表 2 実践した教員研修の流れ

Scene 0	事前アンケートへの回答	研修前
Scene 1	授業評価演習1+ワークシート1	20分
Scene 2	講義1:発話分析の意義と方法	20分
Scene 3	発話分析演習(Step 1)	60分
Scene 4	授業評価演習2+ワークシート2	30分
Scene 5	講義2:ネットワークの見方	15分
Scene 6	授業評価演習3+ワークシート3	40分
Scene 7	事後アンケートへの回答	研修後

とを目的に G1～G4 の各グループで話し合ってもらった。研究授業では、参加したすべての教員（本実践で参加した 13 名中 12 名が参加）に図 1 のモデル図と授業を評価する観点を示したチェックシートを事前に配布し、それらに基づいて授業観察とその後の協議を行っていた。配布したチェックシートは、学びの構成原理モデルに基づいた評価観点が列挙されており、例えばジグソー活動では「エキスパート活動の成果を“比較”する話し合いが行われていた」など 4 つの観点で評価（チェック）するようになっていた。Scene 4 では、対話データへの Step 1 のチェック作業を行ったことを踏まえて、新たに気づいたことについて G1～G4 の各グループで話し合ってもらった後、各グループから 1 名ずつ集めた新たなグループ（G1':5 人（G1 からだけ 2 名）、G2':4 人、G3':4 人）を構成し、そこで G1～G4 の各グループで話し合ったことについての共有と、研究授業の「良かった点」「改善すべき点」について話し合ってもらった。Scene 6 では、Scene 3 での作業の結果から開発したツールで自動的に可視化したネットワーク（図 5 はその一例）をそれぞれのグループ（G1～G4）に配布し、Scene 4 と同様に、新たに気づいたことについて G1～G4 の各グループで話し合ってもらった後、新たなグループ（G1'～G3'）を構成し、そこで G1～G4 の各グループで話し合ったことについての共有と、研究授業の「良かった点」「改善すべき点」について話し合ってもらった。Scene 2,4,6 のそれぞれの最後の 10 分で、個人ワークシートとして研究授業の「良かった点」「改善すべき点」について具体的に記述してもらった。6 月の研究授業後の協議の後にも同様のワークシート（「授業全体の感想」「改善すべき点」）に記述してもらっていたため、Scene 1 ではその時のワークシートを返却した上で、研究授業について思い出してもらい、今回のワークシートに改めて記述を求めた。1 人の教員は 6 月の研究授業に参加していなかったため、事前にこの時の学習指導案を配布し、Scene 1 で新たにワークシートに記述してもらった。

上述した本実践の目的である 2 つの観点からの評価は、①は教師だけでの対話の分析・評価についての意欲を調査した事前・事後アンケートの結果を分析することで評価し、②はワークシート 1～3 の変化を分析することで評価する。

3.2 実践の結果と考察

まず、本研究で開発した発話分析可視化ツールの有効性について考察する。Scene 7 の事後アンケートでの、「今回の手法で児童らの対話を分析することは、授業の振り返りにどの程度有効だと思いましたか？」（全く有効ではない：1・5：非常に有効である）の問いについての回答が平均で 4.5 であったことと、今回の研修についての感想（自由記述）で今回の分析手法について全員が好意的な意見を記述してくれていたことから、本ツールが有効だと現場の教員らに受け入れられたと判断している。その上で、上記 2 つの観点からの評価を行う。

3.2.1 教師の発話分析の意欲の変化

事前・事後アンケートにて、「（事後にだけ：今回紹介した手法があれば、）児童らの対話の分析を教員だけでどの程度『できる』と考えますか？」（非常に難しい：1・5：容易にできる）「（事後にだけ：今回紹介した手法があれば、）児童らの対話の分析を教員だけでどの程度『したい』と考えますか？」（全くしたいと思わない：1・5：是非したい）という問いに回答してもらった。その結果を図 6 に示す。分析「できる」の回答は平均 2.2 から 3.3 へ、分析「したい」の回答は平均 2.8 から 3.3 へ上昇はし、一定の効果を確認することはできたが、それぞれ最も多い回答が中央値の 3 であり、積極的に「できる」「したい」という印象にまでは至らなかった。理由を自由記述で回答してもらった結果、どちらの問いについても 3 以下の低い回答をした教員からは、分析の有効性は認めつつ、時間と手間の問題があり現実的には難しいという記述が多かった。

3.2.2 教師の授業評価観点の変化

教師の「主体的・対話的で深い学び」の観点での授業評価力として、児童の対話から具体的に行われた思考への意識が本実践を通じてどのように変化したかを評価する。そのために、Scene 2,4,6 で書かれた授業評

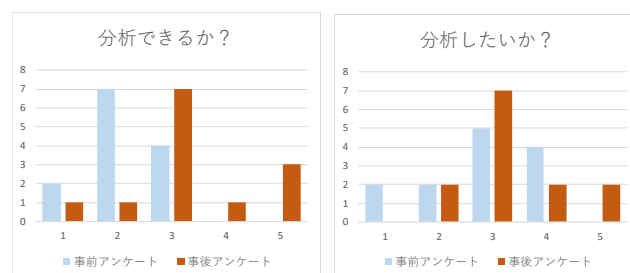


図 6 事前・事後アンケートの結果

価についてのワークシート 1,2,3 の記述に、以下の 2 つの観点の記述があるかどうかを評価した。

観点 A: 児童が行った具体的な思考についての言及

観点 B: 児童が（十分に）行わなかった具体的な思考についての言及

ここで具体的な思考の記述かどうかの判断は、「深い学び」につながると期待できる理由が明確になっているかどうかである。例えば、単に「資料について深く考える」の場合、「深く考える」ことになる理由が明確でないため、具体的な思考ではないと判断する。「資料①と資料②を比較する」の場合は、2 つの資料を「比較する」ことが「深い学び」につながる理由となるため、具体的な思考だと判断する。このような評価基準で、ワークシート 1,2,3 のそれぞれについて観点 A と観点 B の記述があった教員の人数をカウントした結果を図 7 に示す。6 月の研究授業でも、モデル図や授業評価のチェックシートで部品間を比較することや関連付けることの重要性を強調していたにも関わらず、研修前の授業評価として児童の思考に関する記述はなかった。発話分析の Step 1 の作業後に話し合った後は、観点 A は 3 人、観点 B は 2 人の記述が確認できた。また、可視化した結果を提供後に話し合った後は、観点 A は 4 人、観点 B は 6 人の記述となった。本研修では、分析方法や解釈の説明は著者らが行ったが、児童の対話の分析と可視化結果に対する解釈は教員だけで行った。授業評価観点が変化したのは半数程度の教員にとどまったが、教員だけでの発話分析が可能であること、授業評価力にプラスの効果が得られる可能性を示すことができたと考えている。特に開発した発話分析ツールによる可視化によって、観点 B についての意識がより強化されることが示された。今回分析の対象としたジグソー活動の 2 つの班は、1 つは部品間の比較・関連付けが積極的に行われた班で、もう 1 つはあまり行われなかった班であった。Step 1 の作業では、行われた思考については意識しやすいが、（十分に）行われなかった思考については意識しにくいことが確認された。可視化によって、（十分に）行われなかった思考についても表現されることは、適切な授業評価のために有効であることを示すことができた。

「設計の評価」では、授業設計段階の教師の意図と実践された授業での結果を比較して評価することが重

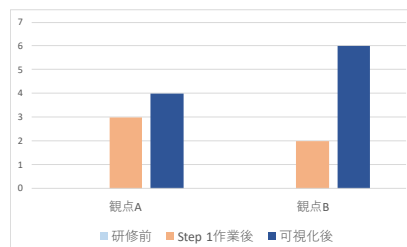


図 7 教師の授業評価の観点の変化

要である。次回の研修では、可視化ネットワークのテンプレートが存在する本研究の利点を生かし、授業設計段階での教師の意図を作図し、授業での対話の分析結果と比較する活動を取り入れる予定である。

謝辞

本実践にご協力いただいた I 市立の公立小学校の先生方に感謝いたします。本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費 基盤研究 (B) 19H01715 (研究代表者：笠井俊信) の助成を受けたものである。

参考文献

- (1) 文部科学省：学習指導要領「生きる力」，
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/1384661.htm (2019 年 10 月 14 日確認)
- (2) Sandoval, W.: Conjecture mapping: “An approach to systematic educational design research”, Journal of the Learning Science, 23(4), pp.18-36 (2014)
- (3) Laat, M., Lally, V., Lipponen, L. and Simons, R.-J.: “Investigating patterns of interaction in networked learning and computer-supported collaborative learning: A role for Social Network Analysis”, International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning, Vol. 2, No. 1, pp.87-103 (2007)
- (4) Oshima, J., Oshima, R. and Matsuzawa, Y.: “Knowledge Building Discourse Explorer: A Social Network Analysis Application for Knowledge Building Discourse”, Educational Technology Research & Development, pp.903-921 (2012)
- (5) 遠山紗矢香，松澤芳昭: “KBDeX による発話分析活動が協調学習の信念に与える影響”，日本教育工学会論文誌，38(Suppl.), pp.133-136 (2014)
- (6) 笠井俊信，大崎理乃，林雄介，益川弘如，永野和男，平嶋宗，溝口理一郎: “授業方略の幅広い対案作成に基づく教員研修の試みとその効果”，日本教育工学会研究報告集，JSET18-5, pp.209-214 (2018)

人手による採点を完全に代替する手書き入力漢字 自動採点システムにおける画数フリーの実現方法

井戸 伸彦
岐阜協立大学 経営情報学科

Stroke-Number Free Method for Kanji Character Automated Scoring which can Completely Replace Manual Scoring

Nobuhiko Ido
Faculty of Business Administration, Gifu Kyoritsu University

I have been developing an automated scoring system for on-line hand-written kanji characters and the system is practically used in a class at the university where I work. In this paper I report a stroke-number free method for the scoring system, which is one of the basic techniques to completely replace manual scoring with automated scoring. A stroke-number free method is necessary to score hand-written input characters in which one stroke is divided into plural strokes or plural strokes are united into one stroke. In the proposed method, strokes of a hand-written input character are converted into the same configuration as those of the correct character corresponded to it, so that the scoring information of the correct characters can be used for various input characters.

キーワード: 画数フリー, 手書き入力文字, 自動採点, タブレット端末, 学習支援

1. はじめに

タブレット端末等で手書き入力した文字や記号を自動採点する試みは各所で行われている⁽¹⁾⁽²⁾。しかしながら、実用化されている漢字自動採点システムには制限もある⁽³⁾。報告者は人が行う採点を完全に代替する機能を持つ手書き入力漢字の自動採点システムを開発中であり、これを所属する大学の実際の授業で2019年度4月より運用している⁽⁴⁾。開発したシステムを用いれば、単語で解答する試験の自動採点も可能となる。

人が行う場合と同等の採点を行うための要件の一つとして、画数フリーである必要がある。画数フリーとは、正答での一面を複数画に分割した入力、正答での複数画を一面に統合した入力を採点可能である性質を指す。手書き入力文字認識の分野では画数フリーについて古くから検討されている⁽⁵⁾が、正誤の判定結果の理由を明示する自動採点での検討はほとんど例を見ない。

本稿では、手書き漢字自動採点における画数フリーを実現する方法を提案し、実際の授業で適用した結果についても報告する。提案方法では、画数が異なることなどの画構成の差異を仮定し、これに基づく変換／逆変換を施すことで、手書き入力字形を正答の字形と同じ画構成として採点を行う。この方法により、正答の字形に基づく採点情報だけを作成すれば、様々な画構成の字形の手書き入力を採点することが出来る。実際に授業で運用した際の手書き入力を試料とした採点では、画構成に違いのある入力に対して的確にそれを指摘して正しい採点結果を出力することを確認した。

2. 背景となるシステムと技術の概要

開発を行っている手書き入力漢字の自動採点システムについて、本稿で提案する画数フリーの技術の前提となるものを中心にその概要を説明する。

2.1 システムの構成

図 1 に手書き入力漢字自動採点システムの構成と動作の概要を示す。システムは web ページにアクセスすることにより利用する。すなわち、(1) 教員が漢字の単語で解答する問題を記述したファイルをアップロードすると、(2) 問題の正答に含まれる漢字の漢字採点情報（字形と採点基準）が付加されて、学生が利用するタブレット端末からアクセス出来るようになる。(3) 学生はタブレット用のペンを用いて解答を手書き入力し、web ページ上で動作する採点機能 (JavaScript により実装) による採点結果を閲覧する。(4) web サーバ上に蓄積された採点結果は、教員が成績評価等のために閲覧できる。なお、採点基準等はシステム管理者により更新・管理されている。

2019 年 4 月から所属する大学の授業において行っている運用では、システムを利用して行う小テストを宿題として課し、学生は情報施設利用窓口でタブレット端末を一時借用して自習室で解答することとしている。図 2 に、学生向けの web ページでの採点結果表示画面の例と学生の利用の様子を示す。図中の画面のように、漢字は一つの入力領域に一文字ずつ手書きする。

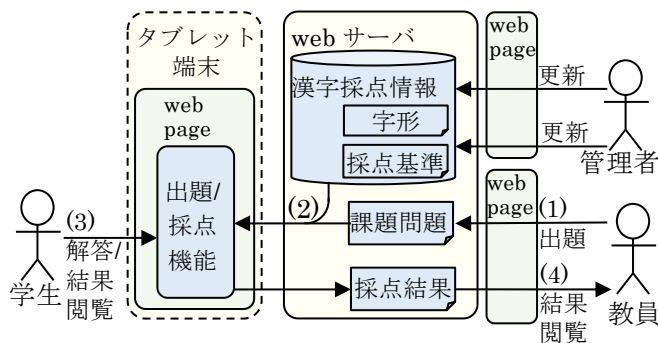


図 1 システム構成と動作の概要



図 2 採点結果表示画面と利用の様子

2.2 自動採点処理

図 3 に自動採点処理の概要を示す。本システムでは漢字の字形をベジェ曲線で表現しており、これにより与えられた正答の字形と被験者による入力の字形との

間で「(a)画の対応付け」を行う⁽⁶⁾。次に、対応付けられた画同士で「(b)辺の対応付け」を行う⁽⁷⁾。最後に、対応づけられた画や辺ごとの図形的特徴を用いて、「(c)点数評価」を行う⁽⁸⁾。

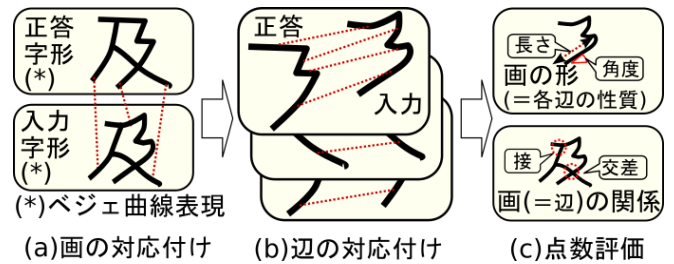


図 3 自動採点処理の概要

2.3 採点情報

本漢字自動採点システムでは、採点において減点方式を取っている⁽⁸⁾。すなわち、様々な減点項目での減点関数により決まる減点値を積算し、満点の 100 点から差し引いた点数が 80 点以上であれば正解としている（このような条件は漢字採点情報中のパラメーター設定により変更出来る）。例えば図 4(a)中に示すように、正答の字形で曲線になっている画がある場合、これに対応する入力の字形の画の様々な曲がり具合の測定値を求め、これに減点関数を適用して減点値を決める。減点関数は図 4(b)のような数値列で表現されており、これは(c)のグラフに示すような減点を表している。このような減点関数を含む採点情報は、報告者が開発した採点情報作成システムにより系統的に生成される。

本システムの採点情報は、平成 28 年に文化庁により示された漢字の正誤基準に関する詳細な指針の文書⁽⁹⁾に全面的に基づいている。

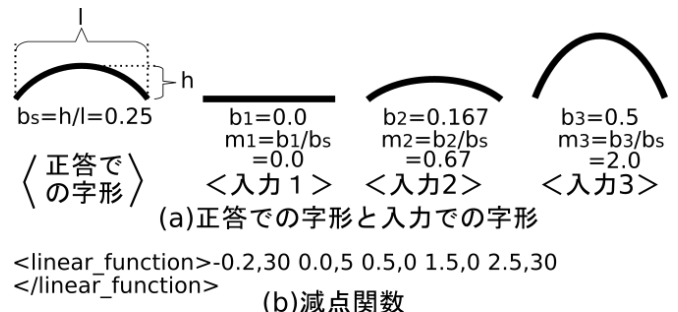


図 4 減点関数

3. 画数フリー化における課題

3.1 画数誤りの独立採点

自動採点における画数フリーにおいては、画数誤りを指摘した場合でも、画数以外の正誤は独立してチェックして採点出来ることが必要である。この独立採点について、図 5 に示した“世”の字の例を用いて説明する。図 5 中、左側の字形は、自動採点時に参照する正答の字形であり、右側の字形が学習者により入力された字形であるが、字形は説明のための模式的なものである。また、画の構成を分かりやすくするためにその終端を矢印で表示している。両者を比較すると、(A)正答側での第 1 画と第 2 画とが交差しているのに対し入力側では接している、(B)第 5 画が 2 つの画に分割されている、(C)第 2 画と第 4 画とがひと続きとなっているという 3 つの誤りを含んでいる。自動採点システムでは(A)(B)(C)のすべての誤りを同定して学習者に指摘し、予め定められた基準に従って(A)(B)(C)を個別に減点して採点結果を算出することが出来る必要がある。画数に誤りがあること ((B)(C)) だけを指摘して(A)を指摘しないと、学習者が誤りに気付かない場合が発生し、学習効果は限定的となる。

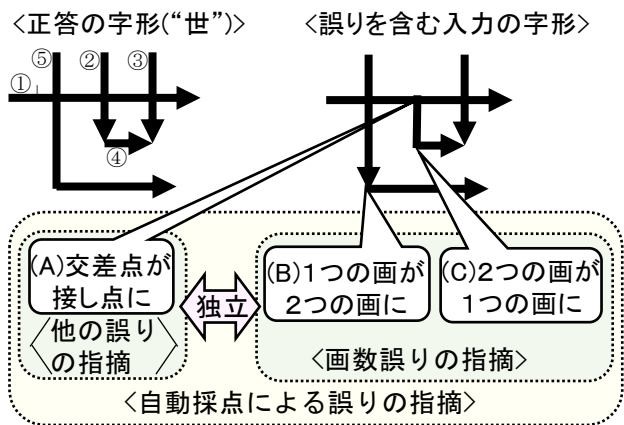


図 5 画数誤りの独立採点

3.2 採点情報の合理的利用方法

前記 2.3 項に示した採点情報は、画数、すなわち、画構成が変わると、いずれの画に対する記述であるかを書き換える必要がある。このため、図 3 に示したような枠組みを単純に適用して採点を行うとすると、図 6(a)に示すように数多くの画の構成に合わせて採点情報の準備が必要となる。想定される画構成は組合せ的に増加するので、図 6(b)に示すように画数(画の構成)

に誤りがある字形を、誤りの無い字形の採点情報で採点出来るようにすることが望ましい。

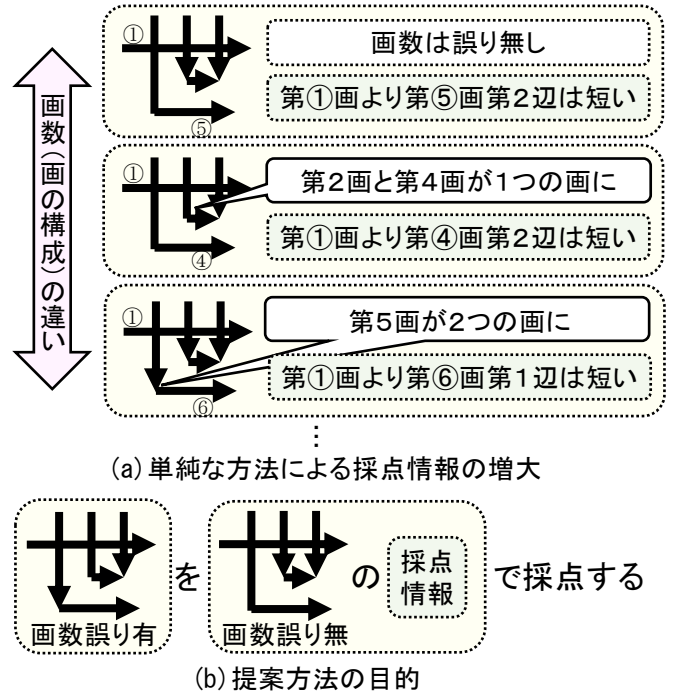


図 6 採点情報に関わる要件

4. 提案方法

4.1 概要

図 7 を用いて、画構成に誤りがある入力字形 (図 7 中では(C)) を、正答の字形による採点情報(A)で採点

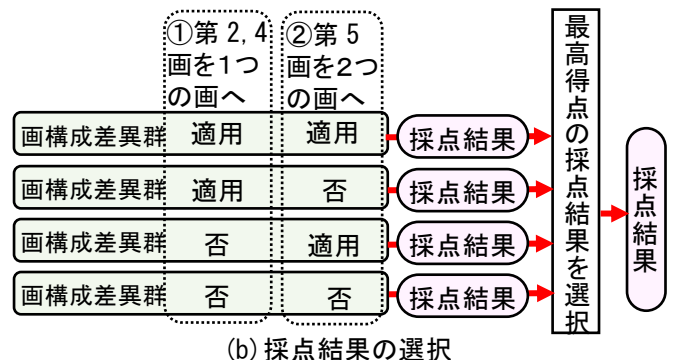
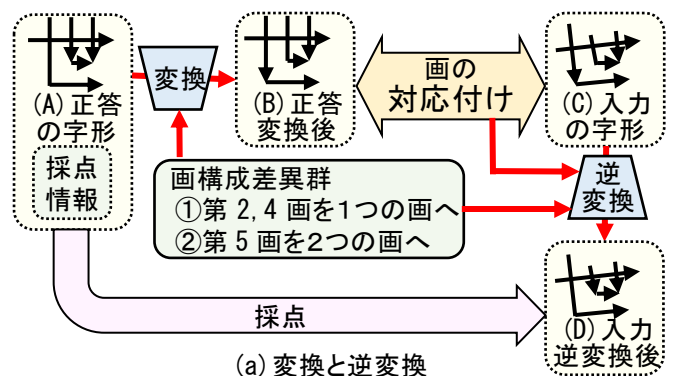


図 7 提案方法の概要

する提案方法の概要を説明する。採点の際には、まず前提とする画構成差異群を仮定する。図 7(a)にて仮定する画構成差異群は、「①第 2,4 画を 1 つの画へ」「②第 5 画を 2 つの画へ」の 2 つから成る。この画構成差異群に基づいて(A)の正答の字形を変換し、(B)の正答変換後の字形を得る。次に、この(B)の字形と(C)の入力の字形との間で画の対応付けを行う。得られた画の対応付けを参照すれば、(C)の入力の字形に対して画構成差異群に基づく逆変換が可能となり、これにより(D)の入力逆変換後の字形を得る。仮定した画構成差異群が入力字形に当てはまるものであれば、(D)は正答の字形と同じ画構成となっているので、(A)正答の字形の採点情報により採点が可能となる。

図 7(a)には特定の画構成差異群を仮定した変換／逆変換による採点を示しているが、図 7(b)に示すように各々の画構成差異を適用するか否かによる様々な変換／逆変換について採点すれば、その中で最高得点となった採点結果を選択することにより、様々な画構成を取る入力の字形を採点することが出来る。

4.2 画構成差異

前項で示した方法により採点を行う際、画構成差異群の要素となる差異にどのような差異を含めるかを定める必要がある。

開発したシステムでは、画分割（1つの画を複数画

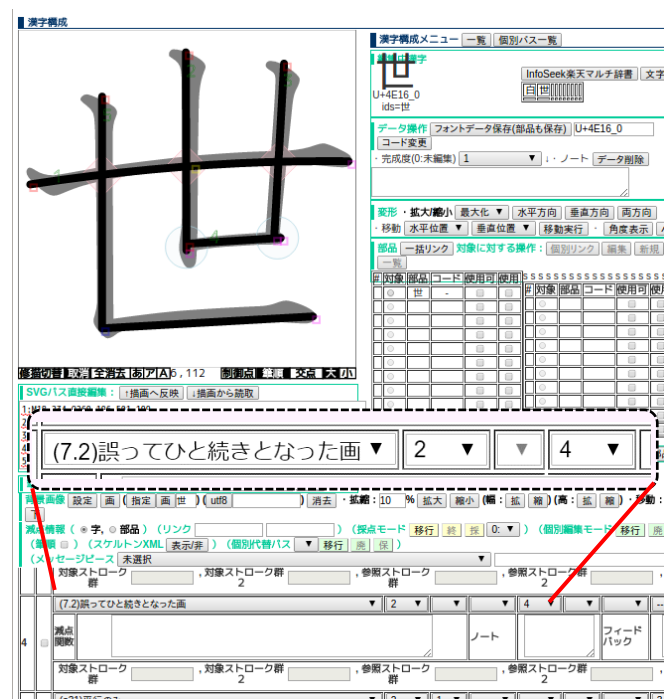


図 8 採点情報作成システムでの設定

に)については、複数の辺を持つすべての画について、辺の境目で分割される差異を画構成差異に含めている。

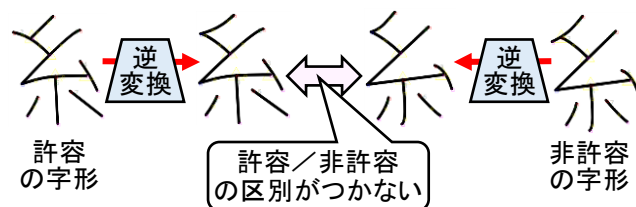
画統合（複数の画を 1 つの画に）については、報告者が開発した採点情報作成システム（図 8、一部拡大表示）により、どのような差異を画構成差異に含めるかを指定する。このような画構成差異の指定は、他の減点項目（ex.ある画が別の画に比べて長すぎる）と同じように減点項目として扱われており、減点幅を決める減点関数なども指定できる。画を逆向きに書く場合も画構成差異としており、また、画分割において減点幅をデフォルトから変更する場合についても、採点情報作成システムにより減点関数を指定する。

4.3 分割された画の関係

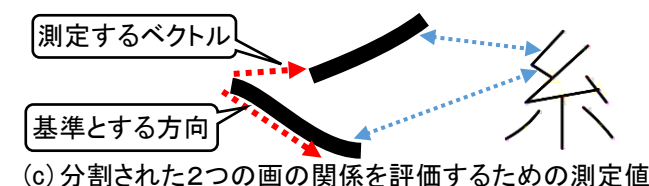
正答では 1 つの画を手書き入力で 2 つの画に統合して書いた場合には、その 2 つの画の関係が問題となる場合がある。具体的には、図 9(a)に示したように、“号”や“糸”の字については明朝体（図中②）の字形に倣った折り方として書いた字形（図中③）がこれに該当する。このような書き方に対して、文化庁指針文書⁹⁾では「1 画が 2 画に見える明朝体のとおりに手書きされても、字形を見誤ることはないので、誤った字であ



(a) 分割して書かれた 2 つの画の関係が問題となる字形



(b) 逆変換による 2 つの画の関係の区別の喪失



(c) 分割された 2 つの画の関係を評価するための測定値

図 9 分割された画の関係

るとまでは言えない」としている。しかしながら、明朝体とは逆の接し方となった図 9(a) 中④のような字形については、③よりも厳しく減点して採点すべきである。この「③許容される入力字形」と「④許容されない入力字形」とは、4.1 項で説明した逆変換を施した際に区別が付かなくなってしまう（図 9(b)）。このため、開発したシステムでは、図 9(c) に示すように、分割された 2 つの画の関係を測定値として評価するようにしている。すなわち、2 つの画となって離れた 2 点を結ぶベクトルを、一方の画の方向を基準として測定し、これを減点関数で評価することによって「④許容されない入力字形」の減点を大きくしている。なお、“号” の字の場合は“糸” の字の場合と分割された画の関係が逆になっているため、採点情報作成システムで減点項目のパラメーターを指定することにより、“糸” のような場合と“号” のような場合とを区別している。

4.4 統合された画の逆変換

統合された画を逆変換するには、その画を分割する位置を決める必要がある。一般的には図 10(a) に示

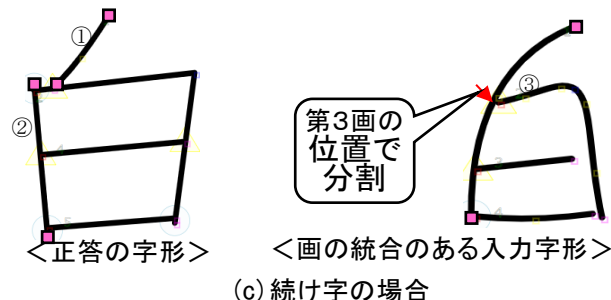
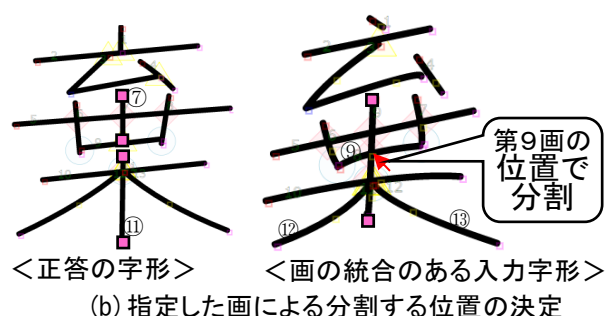
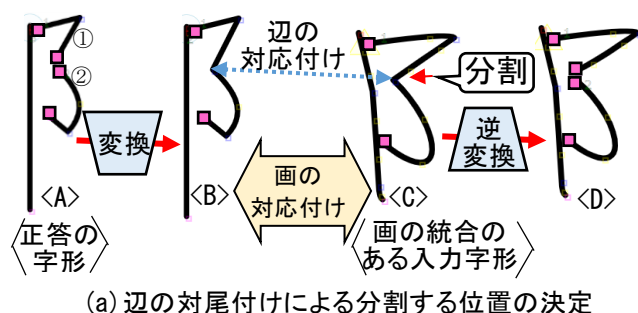


図 10 統合された画の逆変換

す“こざとへん”の例のように、辺の対応付けにより分割する位置を決める。すなわち、<A>の[正答の字形]を「第1画と第2画を続けて1つの画に統合」という仮定を基に変換した字形と、<C>の[画の統合のある入力字形]との画の対応付けを行った後、辺の対応づけも行つて第1画と第2画とを変換で統合した位置に対応する<C>の字形上の位置を求め、ここで分割することで逆変換を行い、<D>の字形を得る。なお、図 10 中では、画の構成を分かりやすくするために、画の端点には四角の印をつけて、2 つの画が別であることを示すためにその間を空けて強調している（実際のシステムにおいても、端点に対しては半透明の薄い四角の印を表示するようにしている）。

図 10(b) に示す“棄” の字の場合、続けて書いて統合するという誤りをしがちな第7画と第11画とは一直線上にあるので、辺の対応づけにより分割する位置を決めることは出来ない。このため、減点項目として第1画と第2画との統合を採点情報作成システムで指定する際に、第9画と交差する点で分割することも指定しておく。この“棄” の字のように統合される2つの画が一直線上にあることは稀であるが、図 8(c) に示した“白” の字の第1画と第2画とをいわゆる“続け字”で書く場合についても、その分割する位置（“白” の場合は第3画）を指定している。なお、開発したシステムでは、現状、続け字は認めない方針に基づき大きく減点している。もし方針として続け字を認めたいのであれば、続け字の減点関数を定義した1行の記述を修正するだけで変更することが出来る。

また、図 10(b) に記した“棄” の字の入力字形は、正答の字形の第11画に対応する入力側の画の終点が、第12画および第13画を基準として位置が上側過ぎるが、開発したシステムではこれも的確に指摘して減点する。すなわち、図 5 (b) に記した変換／逆変換により、画の統合の無い場合とまったく同様の処理により第11画の終点の位置の異常が検出されるので、上記 3.1 項に示した“画数誤りの独立採点”の要件が満たされている例となっている。

5. システムの運用での採点例

5.1 対象となる字

開発したシステムは現在も運用しているため、自動採点システムの評価を行う試料としての入力字形は増えつつあり、全体の整理／分析は終わっていない。本稿では、次の単語が正解となる出題に対する解答の手書き入力を試料とした、執筆時点で整理／分析済みの採点結果について報告する。

端末 階層 基本参照 量子化 回線 同僚
符号化 搬送波 誤り 輻輳 全二重通信 送達確認
廃棄 迂回 擬似 乱数

課題の出題時期等により試料数(すなわち解答者数)には、16～35個のばらつきがある。

5.2 画の分割

以下では画が分割された例を分類して記す。

5.2.1 明朝体の折り方

上記 4.3 項に記した明朝体の折り方に該当する採点例として、自動採点システムは次の 8 例を検出した。

- (1) “階” 第 5 画 35 試料中 5 例 (図 11(a)など)
- (2) “号” 第 5 画 22 資料中 3 例 (図 11(b)など)

このうち(1)“階”については明朝体風であることが明瞭であるが、(2)“号”については、2つに分割された画の終点と始点とが繋がった字形であった。これは明朝体の折り方とは言えないかも知れないが、画を分割していること自体は明朝体の影響であると考えている。上記 4.3 項に記した“分割された画の関係”の観点から減点される例は、残念ながら無かった。

明朝体の折り方については、文化庁指針に“手書きにはよりふさわしい書き方がある”とあるため、開発したシステムでは減点 3 点を科しているが、決定的な誤りとはしていない。

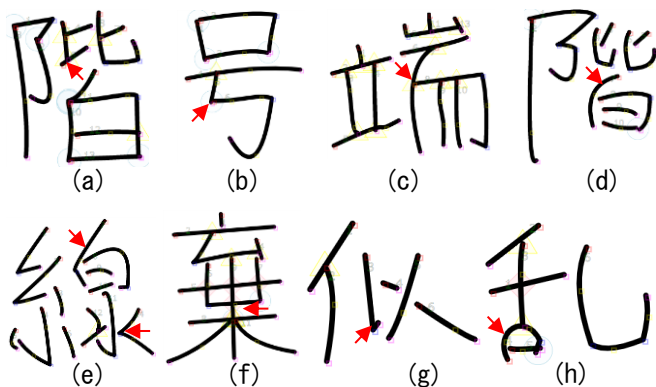


図 11 画数フリーによる採点が適用された入力例

5.2.2 画構成評価に不慣れなための誤り

タブレット端末による入力では画の構成についても正誤の評価対象としているが、被験者である学生は必ずしもこれに慣れている訳では無い。また、タブレット用のペンの扱いについても同様である。見た目にはほとんど違いの無い画構成の間違いを気にせず、ペンの扱いを誤った後に追記するような形で入力したような字形が全漢字試料中に 13 例ほど見受けられたが、自動採点ではこれらすべてを的確に指摘した。特に図 12 中の“階”のこざとへんの例では、「第 1 画が誤って分割されている」とことと、「第 1 画と第 2 画とが誤って統合されている」ことの両方を指摘しており、提案方法が高機能であることの証左であると考えている。

このような誤りは、単に不慣れであるのか、本当に間違えて記憶しているのかの区別が付かないため、どの程度の減点とするかは議論の分かれるところである。現状は不慣れなことを重視して 10 点の減点と設定しており、決定的な誤りとはしていない。将来的にはタブレット端末による漢字入力が一般化して画構成の評価に関する理解や慣れが進めば、減点幅を大きくして決定的な誤りと判定することも一案と考えている。

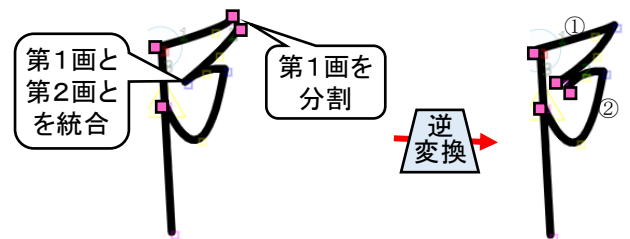


図 12 画の統合と分割の両方が検出された入力例

5.3 画の統合

以下では画が統合された例を分類して記すが、その分類が日本語学的な見地から妥当であるか否かについては、今後専門家の助言を得て変更する必要がある部分も含んでいる。そのような変更は、採点情報の編集等で簡易に行うことが出来る。

5.3.1 続け字

報告者が続け字として採点情報作成システムで画の統合を登録しているものでは、次の 7 例が検出された。

- (1) “端” 第 10,11 画 34 試料中 1 例 (図 11(c))
- (2) “階” 第 8,9 画 34 試料中 2 例 (図 11(d)など)
- (3) “線” 第 7,8 画 32 試料中 2 例 (図 11(e)など)

(4) “線” 第 14,15 画 32 試料中 2 例 (図 11(e)など)

このうち(4) “線” については続け字とは考えず、誤字と分類すべきかも知れない。

続け字は、“くずし字”と呼ばば美醜の観点から良いものという意味合いが強くなることもあって、誤りと判定することには抵抗があるかも知れない。しかしながら、草書体に連なる様々な字形は教育現場で扱う範疇を超えていると考え、現状システムでは許容しない立場で大きな減点を設定している。

5.3.2 終点と始点とがほぼ繋がっている場合

正答の字形で 2 つの画の終点と始点がほぼ繋がっている場合には、習慣的に続けて書く人が多いと思われる。そのような字形には画の統合を採点情報作成システムで登録しており、次の例が検出された。

- (1) “階” 第 1,2 画 35 試料中 15 例
- (2) “子” 第 1,2 画 34 試料中 7 例
- (3) “棄” 第 6,9 画 17 試料中 5 例
- (4) しんによ 第 2,3 画 100 試料中 20 例
 (“送”, “通”, “達”, “迂”)

これらの誤りは軽微と考え、現状システムでは減点 5 点と設定している。

5.3.3 誤字

報告者が誤字として採点情報作成システムに画の統合を登録しているものでは、次の 7 例が検出された。

- (1) “棄” 第 7,11 画 17 試料中 3 例 (図 11(f)など)
- (2) “似” 第 3,4 画 17 試料中 4 例 (図 11(g)など)

5.3.4 画の統合を検出しない場合

図 11 中(h)は、第 4, 5 画を統合して書いたと見なすことが出来る“乱”の入力例であり、現状ではシステムは画の統合を指摘しないで、“第 4 画が無い”と指摘する。試みに採点情報作成システムに第 4, 5 画の統合を登録すると指摘を行うようになるが、そのような登録は行っていない。このような字形は、“正しいと採点される漢字を入力する”と意志がある字形の範疇から外れており、“第 4 画が無い”という指摘で十分であると報告者は考えている。画の統合を登録してもなくても採点結果は当然不正解となり、試験の採点としても問題は生じない。採点処理に要する時間も増えるため、現状の指摘しない仕様のままとしたいと考えている。

5.4 逆向きの画

5.4.1 どちらの方向でも良いもの

報告者が“どちらの方向でも良い”として採点情報作成システムで逆向きの画を登録しているものでは、次の 9 例が検出された。

- (1) “階” 第 6 画 34 試料中 5 例
- (2) “化” 第 3 画 34 試料中 1 例
- (3) “輓” 第 1 3 画 22 試料中 1 例
- (4) “擬” 第 4 画 18 試料中 2 例

これらについては、文化庁指針文書にて“右から左にはらって書くことも、横画として左から右に書くこともある”としており、減点は 0 として表示のみ行っている。

5.4.2 誤字

報告者が誤字として採点情報作成システムで逆向きの画を登録しているものでは、次の 17 例が検出された。

- (1) “階” 第 4 画 34 試料中 16 例
- (2) “乱” 第 1 画 17 試料中 1 例

これらについては、文化庁指針文書には画の方向について記述は無く、減点 5 点としている。紙に書いた文字にては、逆向きの画は正しい向きの画と見分け難いものであり、不正解とすることは厳しすぎると考え、減点を軽微にしている。

5.5 まとめ

提案方法は原理としてシンプルであり、画数フリーの採点が難しくなるような入力事例は現状見つからない。前述した 5.3.4 項の“乱”の場合のように画数誤りの指摘対象とするか否かを選択する必要があるものの、実際のシステム運用にても採点上特に問題となるような入力は無かった。今後試料数を増やした検証は必要であるが、人手によるものを完全に代替する自動採点技術として十分機能するとの結果を得たと考えている。

6. おわりに

開発する漢字自動採点システムは既に運用中であり、今後 JIS 第一水準を目指した採点情報の整備、ひらがなのサポート、ユーザインターフェースの改善を行っていく予定である。

参 考 文 献

- (1) 中川正樹, 平井佑樹: “記述式解答の採点支援・自動採点に向けて—手書き認識からの挑戦—”, 情報処理 57.9, pp. 920-924 (2016)
- (2) 石岡恒憲: “コンピュータ上で実施する記述式試験: エッセイタイプ, 短答式, マルチメディア利用について”, 電子情報通信学会誌, 99(10), pp. 1005-1011 (2016)
- (3) Benesse, “保護者サポート”,
https://faq.benesse.co.jp/faq/show/6646?category_id=855&site_domain=sho(2019/10/01 確認)
- (4) 井戸伸彦: “文化庁指針に基づく漢字の字体字形の基準を網羅的に実装する手書き入力漢字の自動採点システムの運用”, JSiSE2019 第 44 回全国大会, pp.389-390 (2019)
- (5) 槇重弼, 迫江博昭: “筆順・画数自由オンライン文字認識のための画対応決定法—多層キューブサーチ”, 信学論 (D-II), vol.J87-D-II, no.5, pp.1112-1119, (2004)
- (6) 井戸伸彦: “多軸順序距離を用いた手書き漢字の画の対応付け”, 信学技法(パターン認識・メディア理解), Vol.114, No.42, pp.85-90 (2014)
- (7) 井戸伸彦: “漢字書き取りの自動採点の画の評価手法—アグレッシブ DP マッチングによる辺の同定と評価—”, 信学技報(パターン認識・メディア理解), Vol.114, No.527, pp.217-222 (2015)
- (8) 井戸伸彦: “画と辺とを同定した後の手書き漢字入力の採点評価方法”, 信学技報(パターン認識・メディア理解), Vol.115, No.25, pp.133-138(2015)
- (9) 文化庁: “常用漢字表の字体・字形に関する指針(報告)”
http://www.bunka.go.jp/seisaku/bunkashingikai/koku-go/hokoku/pdf/jitai_jikei_shishin.pdf(2019/10/01 確認)