

## も く じ

■開催日時：2018年10月27日（土）10:00～16:30

於：徳島大学 常三島キャンパス（徳島県徳島市）

■テーマ：「システムティックなスキル向上支援環境／一般」

- 1) 身体スキル開発における経験・予測・摂動・調整に関する一考察-----1  
○松浦 健二(徳島大学), 谷岡 広樹(徳島大学), 後藤田 中(香川大学)
- 2) 身体部位間の運動タイミング差を調整するための部分的フォーム解析-----7  
○吉川 健彦(徳島大学大学院), 松浦 健二(徳島大学大学院),  
カルンガル ステファン(徳島大学大学院), 後藤田 中(香川大学)
- 3) Kinect を使った習慣逆転法による癖の改善支援システムの提案 -----13  
○立石 光(和歌山大学大学院), 曾我 真人(和歌山大学)
- 4) 医療スポーツ系学生におけるルーブリックを活用したPCスキルチェックからみる情報教育の課題-----19  
○庄司 一也(帝京平成大学), 小野寺 妙子(帝京平成大学)
- 5) グループ学習による電子メールの利用マナーの向上-----21  
○谷岡 広樹(徳島大学), 松浦 健二(徳島大学), 上田 哲史(徳島大学), 河野 文昭(徳島大学大学院)
- 6) Blockly を用いた多言語プログラミング学習支援環境の構築-----23  
○佐野 裕也(香川大学大学院), 香川 孝司(香川大学)
- 7) 構文解析を用いたC言語指導コメント支援システムの構築 -----29  
○木村 光星(香川大学大学院), 香川 孝司(香川大学)
- 8) アクティブラーニング授業における評価  
-テキストマイニングによる自由記述分析と授業達成度の関連-----33  
○三原 和馬(大阪府立大学), 真嶋 由貴恵(大阪府立大学)
- 9) 複数ペア分のチャトル型コミュニケーション・データに  
KeyPaSS を適用した質的分析の試み -----39  
○斐品 正照(東京国際大学), 浅羽 修丈(北九州市立大学), 大河 雄一(東北大学), 三石 大(東北大学)

10) 講義ビデオの映像とそこに重ねてスクロールする他者コメントとの組合せが 学習者の注目度に与える影響-----	47
○浅羽 修丈(北九州市立大学), 斐品 正照(東京国際大学)	
11) 演算子順位法に対する Web ベース学習支援システムの開発-----	55
○久保 俊貴(香川大学大学院), 香川 考司(香川大学)	
12) 和音ブロックの直感的操作による編曲支援システムの開発-----	59
○片岡 佳椰(香川大学大学院), 林 敏浩(香川大学大学院), 後藤田 中(香川大学大学院)	
13) 自転車安全運転指導のための AR を用いた適応的な仮想道路環境の構築 ～仮想道路の適切な位置合わせ～-----	63
○奥田 浩斗(香川大学), 後藤田 中(香川大学), 藤本 憲市(香川大学), 八重樫 理人(香川大学), 村井 礼(山口大学), 林 敏浩(香川大学)	
14) 音読時間とポーズ時間の特徴に基づく音読流暢性評価とそのフィードバックツールの提案-----	67
○丸山 裕也(信州大学大学院), 香山 瑞恵(信州大学)	
15) 情報セキュリティ Awareness 向上のための意思決定トレーニング環境の提案-----	73
○長谷川 忍(北陸先端科学技術大学院大学), Deni Kurnia(北陸先端科学技術大学院大学), Zheyu Tan(北陸先端科学技術大学院大学), Beuran Razvan(北陸先端科学技術大学院大学)	
16) 無線通信理解のための可視化ツールの開発と評価-----	77
○長谷川 健太(信州大学大学院), アサノデービッド(信州大学), 不破 泰(信州大学総合情報センター)	
17) 効果的な英文読み合いを行う学習パートナーロボットのデザインと評価-----	85
○足立 祥啓(電気通信大学大学院), 柏原 昭博(電気通信大学大学院)	
18) プレゼンテーションロボットを用いたセルフレビューにおけるエンゲージメント促進-----	93
○稲澤 佳祐(電気通信大学大学院), 柏原 昭博(電気通信大学大学院)	
19) 姿勢に対する意識・行動変容の実効性～ロボットの励ましによって～-----	101
○長谷川 隼平(大阪府立大学), 真嶋 由貴恵(大阪府立大学)	

# 身体スキル開発における経験・予測・摂動・調整 に関する一考察

松浦健二<sup>\*1</sup>, 谷岡広樹<sup>1</sup>, 後藤田中<sup>2</sup>

<sup>\*1</sup> 徳島大学, <sup>2</sup> 香川大学

## Modeling issue of experience, prediction, perturbation, and coordination in motor-skill development

Kenji Matsuura<sup>\*1</sup>, Hiroki Tanioka<sup>1</sup>, Naka Gotoda<sup>2</sup>

<sup>\*1</sup> Tokushima University, <sup>2</sup> Kagawa University

Motor-skill brings physical availability on concrete tasks which are previously set. Some sports give names for typical tasks depending on focused properties such in forms, speed, time and objects of operation. When a learner tends to shift their application from one skill for a task to another task or a trick name, s/he should know or aware the difference between them. This paper tries to offer an opportunity of discussion on how we organize the systematic approach in supporting the shift.

キーワード: 身体スキル開発, スキル学習, 学習支援

### 1. はじめに

身体運動を伴うスキル開発において、人間の技能の習熟過程と支援技術の果たす役割のバランスを考慮しながら、個々の技に焦点を当てて様々な研究が進められている<sup>(1)</sup>。スキル学習においては、古典理論・モデルに基づき、センサー技術や表現技術およびネットワーク技術の進展と共に、脳科学、スポーツ科学、学習科学、認知科学、教育工学といった学際領域において、新たな理論・モデルを生む可能性が広がっている。ここでは、従来の研究対象領域にあったものが、こうした技術、学問によって見直される契機ともなる。

スキルやその習熟課程、さらにはその支援方略の本質に迫るには抽象度を適度に上げた議論が必要である。ただし、身体スキルの学習においては、個々の具象度の高いスキルを特徴づける属性およびその特徴量を観測対象として取り出してから、具体的に議論する必要があり、それらを踏まえて抽象度を上げることになる。具象度を上げると、スキルの本質以上に環境条件や身体的個別性といった外部要因が運動結果に大き

く作用してしまう場合があることに注意が必要である。これはオープンスキルとクローズドスキルとして従来議論されているが、それらの観測精度技術の向上により、より精緻な熟達モデル化や支援の構成も可能となってきた。

また、表層的なスポーツを評するには、具体的な応用スポーツ技能、それを支える基礎運動技能（走る、跳ぶ、投げるなど）、基礎運動要素（柔軟性、平衡能力など）、さらにはそれらを生み出す筋骨格系などによる体格・身体機能といった階層化された構造<sup>(2)</sup>で説明される。熟達化を捉える際には、成否への影響をどの階層に主要因を置くか定め、単なるパフォーマンス観測だけでなく、想定の内モデル、意図を制御する枠組みを前提とした支援を行うことが望ましい。特に、基礎技能、運動要素までを共通的に一定水準で既習と仮定しても、初学者と上級者との間では、応用スポーツ技能で相違が生じることがある。このような場合、階層構造に応じた分析に対して、経験や予測などを含む横断的な要因の影響も考慮しなければならない。例えば、サッカーのリフティングなどは、基礎運動技能以

下に焦点を当てた指導が目的に対して直接的に行われることはあまりない。したがって、このような場合には、階層構造における下層での支援より、応用技能を含む最上位層のみに焦点をあてて、外部から観測されるパフォーマンスによって支援を行うことが多い。

本研究では、こうした議論を踏襲しつつ、表出する特定の具体的な技に対する技能を取り上げ、スキルのインスタンスから別の応用的インスタンスに昇華させる際の習熟課程を捉え、その方法論や観点の整理を試みる。本稿では縄跳びを主な例に、「技」間の差異を人間の学習を通じた変容としてどう整理できるか、そのための観測はどう行うことが可能か、検討する。

## 2. 身体スキル開発プロセス

### 2.1 技間の遷移の概念化

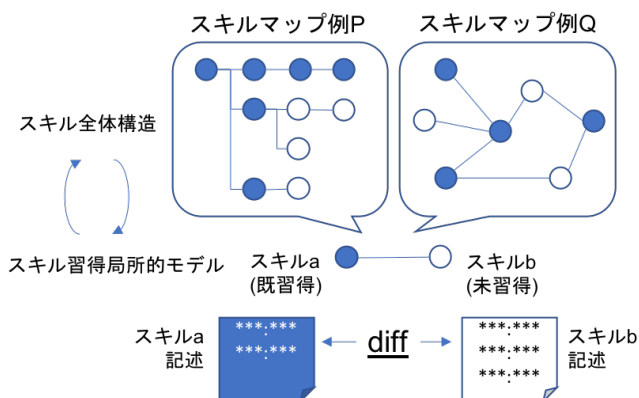


図 1 スキル遷移の差の概念化

縄跳びは、身体部位運動の組み合わせによる全身統合運動であり、一般に知られる比較的単純な技が多く、専門性の高い指導教員が個別指導にあたることは希である。すなわち、学習者個々の自己訓練によるものが多く、結果としてシステム技術支援の需要は高い。

技自体をスキル実装と捉え、技をノード、その関係性（概念理解や構造上の関係定義）をエッジとしてネットワーク表現したものをスキルマップと呼ぶことにする。例えば、後藤田ら<sup>(3)</sup>の研究がある。異なる技の間の相違は、基本技習得段階で既に内部形成されたスキーマに応じて、比較的容易に習得できる技と、そうでない技との違いを生じさせる。それらをプログラム学習する際のパラメータ調整は、試行錯誤を反復訓練することで「経験」を通じて磨かれる。

文献<sup>(3)</sup>からは、明示的にスキル間の差を知識として学習者に与えない場合には、結果として獲得技のスキ

ルマップは、特定指標にしたがった規則性に必ずしも従わない様子が伺える。これは、児童が経験で得られた技から新しい名称の技には、こうした体系よりも興味に基づいて取り組むことが一因である。すなわち、観測指標により抽象化して体系を捉えることと、スキルの実装上暗黙に行われている変容が常に一致しないケースもあることが示唆される。スキルマップは、技自体の抽象化を高め、その俯瞰視は、図 1 上部のような既習・未習の別があっても、未収のものを概念としては既知として見てしまう。ところが、実際のスキル遷移では、未習のものは見えておらず、また経験もしていないことから、「予測」に基づく運動が必要になり、予測の精度を上げるためには、試行錯誤が必要になる。

例えば、縄跳びの各種の技を、抽象的なスキルの実装に名付けられた名称と捉えると、それら個々の名称により識別可能なスキル実装を支援するには、技の間の特定指標による差に着目することが理解を容易にする。前述の縄跳びにおけるスキルマップでは、マップ自体に特定規則により構造化された関係（例えば木構造やネットワークポロジ）は得られていないが、局所的なノード間の関係のみに注視すれば、その遷移は抽象化して説明できる。

すなわち、ここでは識別指標が、ある目標としての未習スキルに対して、その元となる既習スキルの支配的特徴が可観測である場合には、その差分を数値または関数として得ることが可能になる。遷移の例ではないが、文献<sup>(6)</sup>ではフラフープにおける観測対象を、運動の開始時点で 2 種類、継続化の時点で 3 種類取り出して分析した結果、指標としての適性が得られたものとそうでないものに分けて論じられている。

ただし、試行錯誤の過程では、冒頭で述べたように、外因としての環境要因の変動、内因としての恣意性、目標軌道自体のゆらぎ、ホワイトノイズなどが試行毎に「摂動」として生じることになる。したがって、目標軌道が正確であれば、それに対する補正を適切に行い、試行途中または次試行での「調整」を試みることも可能になる。本節で述べてきたこれら「経験」「予測」「摂動」「調整」の過程を、システム技術によってどのように支援するかを設計していくことになる。

## 2.2 観測した軌跡からの軌道予測

前節のスキルマップであるが、観測対象の軌跡を比較的想像に易い線形回帰により近似できる場合には、このような関係性を支援手法に直接取り込むことを検討する。例えば、前一重跳びをできる学習者が、前二重跳びに取り組む時、さらに前三重跳びに取り組む時には、速度や腕回旋などはその候補になる。観測により得られた軌跡の数理モデルからの予測軌道を知識として学習者に与えた場合に、当然ながら未習の軌道であっても実際の体現はイメージしやすい。

縄の速度や回旋軌跡における径の大きさ、周期などはそのような評価指標の候補として考えられる。これらの観測対象データを特定した場合に、特定の数理モデルまたは数値計算による予測が近似的にでも可能であれば、それらを集めて体系化することができそうであるが、スキル学習の観点でこれを整理したものは著者らの知る限りあまり見当たらない。これは、個々の事例を集めていく地道な作業を経る必要があると考えられる。その際には、既に述べたように、行動変容としてのスキル開発に対して、支援システムとしての可観測性が同義ではないことに注意する必要がある。

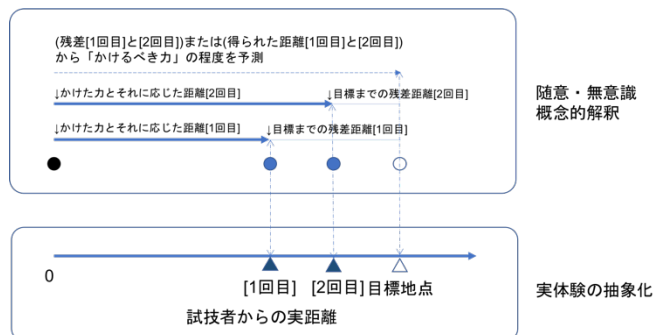


図 2 輪投げにおける線形予測の例

ここで、試行間の二つ以上の観測データから、未知の目標に対して単純に予測が成り立ちそうな例を挙げて、その習熟化の構造を帰納的に説明することを試みる。例えば、予め定められた距離の先に的がある時に、何らかの操作対象オブジェクトを的に目掛けて投げることを考える。例えば、輪投げゲームがある。この場合、二回の試技から、予測による次の試技の運動を学習者が導出する過程は、図 2 のように概念化できる。ただし、横方向のブレが無視できるほど小さいといった前提で、投げる距離だけに観測対象が絞れると前提が必要であるが、学習者への説明としてはこうした周辺条件の影響が小さければ省略した方が理解されやす

い。すなわち、概念上成立するモデルの一種ではあるが、これが実際に成立するのは、文献⑩における中・下階層のスキルが許容解の中に問題なくおさまリ、かつ外因があったとしても、摂動を生じることなく対応できるといった理想的前提が成立する場合である。

## 3. 縄跳び運動ケーススタディ

### 3.1 一重跳びから二重跳びへ

縄跳びの一重跳びから二重跳びへのスキルアップで身体部位ごとの運動を切り出したときに、跳躍に関しては跳躍周期の調整を要するが、これは比較的容易である。一方で、手の回旋については、一重と二重跳びの間で、一様に周期を 1/2 にするよう縄を回せば対応できる訳ではない。単調な周期運動と見なせる足の跳躍が線形に変化したとしても、手の回旋の方は、二種類の楕円状の軌跡による交互運動となる。

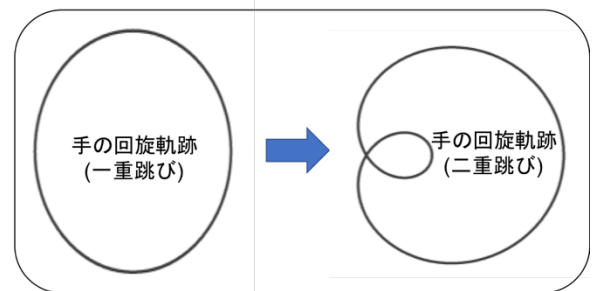


図 3 抽象化した手の回旋軌跡

実際の軌跡を分析するため、二重跳びを複数回跳躍可能な複数人の試技を左体側面からビデオ撮影して、軌跡の分析を実施した。図 3 は、実際の観測データに基づいて、一重跳びの軌跡を抽象化した楕円(左)と、二重跳びの軌跡を同様に抽象化した極座標方程式におけるリマソン形状に近似した図(右)であり、これが可観測な手の回旋軌跡の差として観測される。運動自体は一般には試行錯誤の中で経験的に開発されるが、視覚的イメージを与えることで、このような部位運動の遷移に生じる困難さを軽減することができる。一方で、このような軌跡は先の例のような線形の目標軌道変化とは見えない。非線形の数理モデルをある程度の正確性で体現するのは困難なため、差の理解促進には、軌跡に対するアフィン変換や軌跡から得られる細分化された属性などを取り出して、理解しやすい表現で理解・体現の困難さを軽減することを試みる。

### 3.2 軌跡とその詳細情報の提供

前節のように見ると、手の回旋の軌跡を学習者に伝えるには、軌跡を単純に見せることが直接的ではあるが、スキル学習における理解と体現の困難性が懸念される<sup>(4)</sup>。すなわち、うまく体現できない学習者に対しては、軌跡の全体視だけではかえって強く意識し過ぎることがあり、その場合には抽象化された情報を付加することで自己調整が機能する。したがって、学習者に適度な情報・表現を用いる必要がある。本研究では、(1)手の回旋の大きさ、(2)その速さ、(3)縄に対する手の相対的運動、(4)ワンツースリズムを要素としてとりあげる<sup>(6)</sup>。これらは、ARSA<sup>(7)</sup>による二重跳びの指南に従っており、これらは観測軌跡から定量的に取得できる。

#### 3.2.1 手の回旋の大きさ

手の回旋の大きさは、手の運動効率を示す指標となる。本研究における手の回旋の大きさを表す指標は、図3右のように現れる全ての観測点の重心を求め、それに対する個々の観測点の位置の径に対する平均値を求め、それを身長で割ったものとする。身長で割るのは、学習者間の身長差を考慮して相対値として表現するためである。

#### 3.2.2 手の回旋の速さ

データ系列を体幹の上下運動から、鉛直方向での極小点から極小点までで分節化した際に、1跳躍単位でのデータ取得ができる。手の回旋の速さは、グリップ（縄の柄）の一重跳びにおける1周期、二重跳びにおける2周期分のフレーム数をカウントして求める。

#### 3.2.3 手の回旋の縄に対する相対速度

手の回旋は、肩の関節、肘の関節、手首の関節の運動によって行われる。縄跳びの回旋運動を行う際、肩や肘の関節の運動よりも、手首の関節の使用程度によって、運動が崩れにくく、安定的なフォームに繋がる。そこで、手の甲と縄の柄の先端の運動を相対的な速度比として算出する。

#### 3.2.4 手の回旋のリズム

本項目は、二重跳びにおける手の2回旋1セットとなる運動での「ワンツー」のリズム評価である。熟練者における手の運動分析から、二重跳びの手の波形は大小2種類の合成波とみなせる。すなわち、2種類の合成波となっている場合に、「ワンツー」リズムを刻めっていると判断できる。そこで、手の波形は全観測デー

タに対するフーリエ変換によって、スペクトルを調べる。変換によって得られた極大点を閾値判定し、極大点の個数が2点現れる場合、強いスペクトルが2である運動として二重跳びが判断される。

### 3.3 熟達者の事例

複数の熟練者における運動の計測データから、技と技の間の動作における定量的な傾向を、前節に示した指標毎で算出を試みる。二重跳びを10回以上連続でできる20代の男女5人に協力依頼し、一重跳びと二重跳びをそれぞれ4試行以上実施してデータ取得した。ただし、1試行は運動の開始から終了までとし、使用するデータは十分に計測が行えたもののみとする。

一重跳びと二重跳びの差における全試行データから、前節で示した4要素のうち、2値判断となる(4)以外の指標に対する相関係数を算出すると、(1)と(3)に高い相関が見られた( $r(1)=0.931$ ,  $r(3)=0.787$ )。すなわち、手の回旋の大きさと相対的な速度に相関が伺える。回旋の速さに関しては、試技に対する運動や個人差が大きいことも影響していると考えられる。

このことから、相関の強い要素に関しては、初学者に対しても二重跳び運動に必要なパラメータを推測できる可能性が示唆される。そこで、二重跳び未習の学習者が行う一重跳びの計測データから、回帰直線を算出し、さらに標準誤差を加味することで、上限・下限を設けることを考える。この幅を個人毎の目標域として設定することにする。この目標域は、本手法での評価に際しては、手本となるモデルとし、これによって表される一重と二重跳びの差異に基づき支援する。

## 4. フィードバック設計およびシステム実装

### 4.1 フィードバック

運動学習では、始めにフォームから練習するのがよいとされる<sup>(8)</sup>。そこでは、学習者の内部にスキーマを形成する過程が含まれる。そこで本研究では、手の回旋における個々の観測指標としての要素に着目して、要素ごとに前節のように目標域を設定する。

これを踏まえた際の縄跳び運動における練習の問題点として、縄にひっかかってしまうことでの失敗があるため、特に初学者においては、連続（反復）運動としての学習に必要な成功経験を蓄積することが難しい。

本研究では、学習の第一段階として、道具を使用せず、回旋と跳躍を個々の部分運動での練習を行う<sup>9)</sup>。これにより、身体部位運動単位での二重跳びへのスキルアップが失敗を気にせず行える。

本研究では、先に定義した差分抽出からのフィードバック情報は、運動直後に非同期的に与えることにする。ここで、三輪<sup>10)</sup>の「過剰支援における学習効果減衰仮説」によれば、学習者に課題に対するフィードバックの回数や情報量を過剰に提供するよりも、回数や情報量を制御して学習者に考えさせる余地を残した方が学習の成果が記憶として定着しやすいことを示唆している。そこで、フィードバックのタイミングやその時に与える情報量は適度に低く留めることにする。具体的には、非言語情報として上述の目標域を視覚化したアニメーション映像を直感的な理解のために与え、教示する言語情報としては固定的なテキスト文字列と目標となる値を表示することにする。

## 4.2 システム実装

本システムの開発は Windows OS 上で、VC++.Net で行い、動作計測とアニメーション表示部は Intel OpenCV ライブラリを使用した。カラーマーカーを身体に装着利用して、動画像分析により、先の指標における評価を試みる。

フィードバック実装は、システムの分析に基づき得られた数値や動画像を応用する。すなわち、AVI 形式の動画出力と、各種取得データと目標域を可視化する。これにより、目標との差分を直感的に認識しやすくなる。また、固定テキストには「もっと早く回そう」や「もっとゆっくり回そう」などの情報量を抑制した発言を上記情報に合わせて提示する。

## 5. ケーススタディ

### 5.1 概要

ケーススタディとして、男女 14 人の成人被験者による試行を実施した。本試行の対象者は、一重跳びを十分に跳ぶことができ、かつ二重跳びを連続して 2 回以上跳べない人である。本システムを使った学習が十分行える期間を想定し、1 人あたり 2 週間程度とする。そして、1 人あたり計 4 回のシステム利用日を設け、その経過観察と、実験前後の変化を比較する。試行の

場所は、縄跳び運動に支障がなく、かつ画像分析においてはノイズが比較的少なくなる同一環境である。

予備試行を一重跳び、二重跳びそれぞれ一定回数実施し、評価に用いる観測指標に対して概ね均等と見なせるよう 2 群に分けた。実験用システムを使用する A 群と、機能制限した統制システムによる B 群である。A 群、B 群とも、試行時には、一重跳び、二重跳びそれぞれ 1 試行ずつ計測し、合計 4 回の練習とシステム利用を行った。また、試行期間の後に、事後試行として、予備試行同様に制約なく試行を行う。

## 5.2 結果

事前(予備)試行と事後試行の間のパフォーマンス値の改善が群間で個人ごとに調査した。パフォーマンス値とは、1 回あたりの全ての観測データ個数に対して、目標域に入った成功データ数の割合で定義している。3.2 節の観測指標(1)-(3)であるが、実験群を優位とする傾向が得られたのは(3)で、(2)は反対に統制群が優位であった。また、(1)はいずれでもなかった。

また、身体部位運動単位ではないが、実験を通じて跳べるようになった二重跳びの成功数の変化量を付記する。表 1 は、成功回数の増加量の比較である。すなわち、実験前後で実施した 3 試行の平均の差である。群 A の平均的な成功回数の増加が高い様子が分かる。

表 1 実験前後における連続跳躍成功数の変化

	A 群	B 群
実験前後の平均変化(SD)	2.04(3.56)	0.52(0.30)

評価指標全てに有効性が見られる訳ではなかったが、手の回旋に対する縄の柄に現れる手首の相対的な運動指標には、予測に近いパフォーマンスが現れる傾向となった。手首は、全身運動に比して複数の関節による大きな制御を要する運動とはいえないため、容易に運動を修正できる可能性が考えられる。また、局所的な運動であることから、目標を視覚的に強調することで、意識的に運動を制御できる利点もある。

一方で、手の回旋の大きさと速さといった比較的大きな軌跡による指標では、パフォーマンス値としては大きな差とまでは観察されなかった。このうち、統制群に優位との結果が出た手の回旋の速さについては、目標域が実際には  $29.827 \leq \mu \leq 39.820$  [1/60 sec] であった。およそ 0.6 秒以内で二回旋の運動が完結する

ため、一回旋の運動は平均して 0.3 秒で完結する。よって、二重跳びの手の回旋には、比較的素早い動作を必要とするバリストック運動と考えられ、運動中の修正が困難にも関わらず不応な情報を示唆していた可能性が考えられ、今後検討していく必要がある。

## 6. おわりに

本研究では、人間のスキルの実装結果として現れる運動の技と別の技の差について、その観測指標を定め、指標の差に基づいてフィードバックを行う議論を行った。実際の運動に対して分析・支援に用いる指標は、軌跡から得たものであるが、軌跡自体に加え目標指標として人間の理解を助ける可能性があると考え。また、それを用いて指南する際には、その指標に関する数理モデルが明らかな場合は、未習の技を適応的に予測可能であるが、そうでない場合は、近似モデルに基づいて予測を行う必要がある。実際には、目標軌道自体は数理モデルとして定義できても、それを実現する人間の各関節などの運動の複雑さや、摂動を生じさせる外因の影響が無視できないことから、調整項を要する。結果として、既習の元スキルの「経験」を観測し、そこから未習の対象を試行する際の「予測」を支援するための指標抽出とフィードバック、試行錯誤しながら経験する「摂動」に対する「調整」に対して、本研究の枠組みでは、その前半を対象に設計している。

本稿は実例として、縄跳び運動を対象とした技の広がりの中で、一重と二重跳びの遷移に着目し、身体部位運動に着目した支援システムの開発を行った。手法として、熟練者が行う運動を計測し、そのデータに基づいた技と技との間にある動作の関係性（学習項目における要素ごとの所作の差）を導入した。熟練者の間では顕著な相関が見られたものが、初学者に必ずしも適用できない指標もあり、今後の研究が必要である。

今後は、反復運動のように表層的には比較的単純に見える運動だけでなく、フィールドスポーツのような応用スキルへの展開可能性も検討を重ねたい。例えば、攻守対峙場面におけるフェイント動作は、自らの運動だけでなく、相手の運動を認知したり予測する必要があるため、その習熟のサイクルを、人間が実装可能なレベルでモデル化できるかを検討していきたい。

## 謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP18H03344, JP15K01072 の助成を受けたものです。また、初期システム開発には、吉岡真也氏、菅原宏太氏の助力を得ています。

## 参考文献

- (1) 古川康一(編):“スキルサイエンス入門”, オーム社 (2009)
- (2) Larson, L.A. and Yom, R.D.: “Measurement and Evaluation in Physical, Health, and Recreation Education,” The C.V., Moby Company, St.Louis, 206-208 (1951).
- (3) 後藤田中, 松浦健二, 鍋島豊晶, 金西計英, 矢野米雄: “SNS 上でのナワトビスキルの学習者を対象とする個別記事閲覧とその全体像俯瞰の支援”, 日本教育工学会論文誌, Vol.34, No.3, 269-277 (2010).
- (4) リチャード・A・シュミット(著), 調枝孝治(訳): “運動学習とパフォーマンス”, 大修館出版, (1994)
- (5) 松浦健二, 濱上佳祐, 山田慶太: “等位置での反復運動スキル学習支援システム—フラフープスキルを対象として”, 電子情報通信学会論文誌(D), Vol.J98-D, No.1, 61-70 (2015).
- (6) Yoshioka, S., Matsuura, K. and Gotoda, N.: “Hand-motion analysis for development of double-unders skill,” 19th International Conference in Knowledge Based and Intelligent Information and Engineering Systems - KES2015, Vol.60, 775-783 (2015).
- (7) Australian Rope Skip Association Coaching Manual Level 1, <http://www.sports-media.be/links/Coaching-Manual-Rope-Skipping.pdf>, (last visited 2018.9.27)
- (8) Johnson, H.W.: “Skill=Speed × Accuracy × Form × Adaptability,” *Perceptual and Motor Skills*, Vol.13, pp.163-170 (1961).
- (9) Sugawara, K., Yoshikawa, T., Matsuura, K., Karungaru, S.G. and Gotoda, N.: “A Learning Support System for Integrated Motor Skill by Organized Training Stages,” *Proceedings of 25Th ICCE*, 451-456 (2017).
- (10) 三輪和久, “学習の科学と工学の協同—アシスタンスジレンマから学習効果減衰を巡って—”, *人工知能学会誌*, Vol.30, No.3, pp.273-276 (2015).



# 身体部位間の運動タイミング差を調整するための 部分的フォーム解析

吉川 健彦<sup>\*1</sup>, 松浦 健二<sup>\*1</sup>, カルンガル ステファン<sup>\*1</sup>, 後藤田 中<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup> 徳島大学大学院, <sup>\*2</sup> 香川大学

## A Form Analysis for Harmonizing Timing Among Movements of Body Portions

Takehiko Yoshikawa<sup>\*1</sup>, Kenji Matsuura<sup>\*1</sup>, Stephen Karungaru<sup>\*1</sup>, Naka Gotoda<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup> Tokushima University, <sup>\*2</sup> Kagawa University

In integrative motor actions in which a human being cooperatively controls multiple primitive motions that are out of phase, it is necessary to coordinate gaps between each timing of primitive motion for embodying stabilized movement. This study focuses on rope-skipping skill in repetitive and integrative motor actions. For supporting to harmonize timing among movements of body portions, we analyze a form of rotating wrists that are major primitive motions on rope-skipping. In addition, we propose a wearable system for monitoring movement and design a support method for improving skill of coordinating timing difference between primitive motions.

キーワード: 前二重跳び, タイミング, フォーム, 学習支援, 装着型システム

### 1. はじめに

本研究では、運動スキル<sup>(1)</sup>を、身体動作を必要とする課題を遂行するために学習によって得られた能力と捉え、その学習支援に焦点を当てる。特に、縄跳びやフラフープのような単位動作を繰り返し行うように見える反復運動に着目する<sup>(2)</sup>。その中でも、本研究では、前二重跳びを例に取り上げる。反復運動である前二重跳びは、体幹の運動波形で定義可能な単位運動である一跳躍二回旋を繰り返す。加えて、複数の身体部位運動が協調するため、統合運動と捉える。このような統合運動の協調動作はリズムをつくる<sup>(3)</sup>。本研究では、一跳躍二回旋という運動パターンを前二重跳びのリズムと捉え、特にリズムを構成する要素の一つとして、タイミングに注目する。

跳躍と手の回旋には、それぞれ固有のタイミングがある。そのため、それらの運動開始時については発動タイミングの時間差が生じる。この時間差が各単位運動間で安定している場合、リズムカルな運動であると

いえる。つまり、学習者がリズムカルな前二重跳びを行うための目標は、単位運動ごとの身体部位間の運動タイミング差におけるばらつきの低減と捉えると、その結果として運動が安定する。しかし、このタイミング差を安定するためには、一方のタイミングを基点に他方のタイミングを調整する必要がある。そのため、このような協調動作を獲得するための学習支援を設計・提案を行う。また、リズムは点ではなく連続した現象として捉えることが重要である<sup>(3)</sup>。したがって、本稿ではタイミングに影響を与えるフォームに注目し、運動の安定化にむけた支援に関する考察を行う。

### 2. 前二重跳びスキル

#### 2.1 運動の特徴

前二重跳びは、縄跳びの技の中で最も基本的な前二重跳びの発展技として位置する<sup>(2)</sup>。また、他の一跳躍中に二回旋する技の基礎に位置づけられる。

この運動は、反復・統合運動である特徴の他に、バ

リスティック運動の側面が強く、一跳躍二回旋の運動を反復的に繰り返すとともに、運動の速さが要求される。そのため、単位運動毎にあらかじめ予測し設定された動作を体現することになる。また、操作対象を有する運動である前二重跳びは、オープンスキルが必要であり、操作対象を有しない運動に比べて、この予測は複雑である。

## 2.2 前二重跳びにおけるタイミング

本研究では、タイミングを、リズムを構成する重要な要素の一つと捉えている。そして、前二重跳びは、バリストック運動のため、単位運動が運動中に予測される動作の一単位となる。

前二重跳びの運動パターンを構成する各身体部位運動のタイミングを図1のように定義する。本研究では、手の振り下ろし運動を一時的にかつ一気に強化する瞬間を手の回旋タイミングと定義する。一跳躍における一回目の手の回旋タイミング後の手の回旋動作は、予測によってあらかじめ設定された動作に従い、体現される。跳躍タイミングは、着地し次の跳躍を開始した瞬間と定義する。これらのタイミングには、発動の瞬間がある程度の範囲で常にずれが生じ、これら身体部位運動の周期には、位相差が存在する。



図1 身体部位運動のタイミング

タイミング差の調整にあたり、どちらかのタイミングを基準にし、相対的なタイミングとして捉えることは身体部位運動の協調には必要である。前二重跳びでは、跳躍を基準にし、手の回旋を調整することが望ましい。これは、跳躍が全身運動であり、各単位運動間のばらつきが比較的少ないと考えられ、手の回旋は跳躍に影響して行われるからである。

## 3. 支援要件

本研究では、学習者の体現と同期的に支援を行う。それには、学習者が運動しながらシステムが同期して

行う方法と運動開始の前後に運動とは独立して行うといった非同期的に行う方法がある。前二重跳びは、バリストック運動の側面が強く、オープンスキルの一種である。また、単位運動ごとのタイミング差にゆらぎがあるため、学習者の体現における誤りの修正内容は単位運動ごとに変化する。このような変化に対して調整を行うためには、同期的な支援の方が望ましい。

同期的な支援を実現するための手段として、本研究では、ウェアラブルセンサによって学習者の体現を観測する。具体的には、手の回旋は筋電センサを主として、加速度センサの補助を組み合わせることで観測を行う。これは、手の回旋が筋収縮の結果から生まれるためである。筋電センサによる筋電位の計測が内部状態の同定に直接的である。また、内部の変容に対して表層的な軌跡を捉えるために、加速度センサを併用する。一方、跳躍は、基準点としての運動結果を捉える必要があり、現象を加速度センサで観測する。

上記センサによる観測結果より、学習者に対し、支援を行う。学習者が自ら身体運動を含む環境を同定するためには、主に視覚、聴覚、触覚に対する刺激を用いる。簡単にこれらの感覚に働きかけられるフィードバックを、学習者は運動しながらでも受けられる教示方法が望ましい。人間は、視覚や触覚に比べ、聴覚は外部からの刺激に対する認識時間が短い<sup>4)</sup>。また、体現は視覚からの情報に多く依存する。そのため、視覚への刺激は認知的に過負荷になる可能性がある。以上より、同期的な支援のために、聴覚的教示を行う。

なお、運動をウェアラブルセンサで観測した場合、連続的に一定量のデータを逐次蓄積する必要がある。そのため、データ処理のために接続される汎用コンピュータの利用を考える。この間に有線通信を行う場合、ケーブルによる運動への制約が大きく、学習者への負担が懸念される。そのため、無線通信でこれらの制約は極力排除すべきである。また、運動時に装着するセンサ類は、軽量であることも必要である。そのため、本研究では、上記の要件を満たすデバイスを採用して、支援を実現する。

## 4. システム設計

### 4.1 概要

前章の要件を満たすように、本システムを設計・構築する。本システムは、汎用コンピュータと二つのデバイスからなる。図2にデバイスを装着した際の様子を示す。本研究では、手の回旋の観察のための計測に *Myo* (<https://www.myo.com/>) を採用している。*Myo* は、9軸のIMUセンサと8チャンネルの筋電位センサを有し、それぞれ50Hz、200Hzで計測されたデータを提供する。前腕に装着される *Myo* は、この二つのセンサから得られるデータを、Bluetoothによって汎用コンピュータに送信する。これら機能に加え、フィードバックのためのバイブレータも有するため、音の支援を補助する形で、*Myo* は触覚へのフィードバックも可能である。一方、跳躍の観察のために独自のデバイスを開発した。このデバイスは、100Hzで計測可能であり、腰部に装着して用いる。装着のため、ベルトによって腰部に固定し、加速度センサ、センサなどの制御のためのマイコン、汎用コンピュータとのデータ送受信のための無線モジュール、フィードバックを行うための小型スピーカからなる。これらは、本提案の要件を満たすデバイスである。

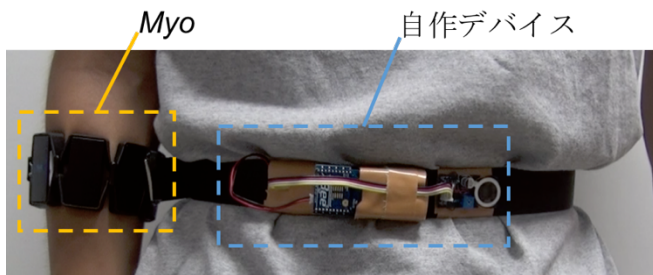


図2 計測デバイス

### 4.2 支援のためのタイミング予測

前二重跳びは、オープンスキルを必要とする側面が強く、縄の動き、もしくは跳躍に合わせて、手の回旋を調整する必要がある。それ故に、同期的な支援を行うが、その実現のために、システムは次のタイミングの予測を行う。具体的には、基準である跳躍の次タイミングの予測である。

跳躍は、腰部の運動に注目すると、手の回旋に比べて、単純な垂直方向の動きである。また、特に反復運動の特徴を有する。この特徴に鑑みた予測の実装とし

て、回帰分析がある。比較的単純なモデルとして、単回帰があるが、正確性によっては、説明変数を増やす等、このモデルを発展させたものを適用し、予測に利用する。

このモデルは、学習者の体現の計測によって、データが蓄積されるごとに更新される。結果、より正確な予測が可能なモデルへと書き換えられる。この更新は、学習者の体現が終了し、正しくデータが蓄積されたタイミングで行われる。

### 4.3 タイミング差に対する支援

#### 4.3.1 音による支援

音での支援方法として、吉川ら<sup>6)</sup>は前二重跳び運動における動作タイミングの安定化に向けて、跳躍中の一回旋目の手の回旋動作に対して合図音を提示している。学習者は、提示される音を目標として、そのタイミングに自身の動作タイミングを近づけることで運動の熟達を図る。本稿のプロトタイプ<sup>6)</sup>では、このシステムを拡張する形で、一跳躍二回旋の運動パターンに沿った支援が設計された。手の回旋タイミングの調整のために、タイミング差を認識させる目的で、跳躍タイミングに対しても合図音に支援を行う。これにより、音と音の時間差をタイミング差と認識させている。また、学習効果を高めるために、合図音による KP (Knowledge of Performance) の他に、バイブレータによる振動で、合図音に体現が添えたかどうかの KR (Knowledge of Result) を提示している<sup>1)</sup>。

一方、Sigrist ら<sup>7)</sup>は音を使用した三つのフィードバック方法について検討している。一つ目は、学習者の体現にしきいを設け、取りうる計測データの範囲を設定し、その範囲を計測値が逸脱した際にアラートによって知らせる方法である。二つ目は、運動に応じて調整された音を提示する方法である。そして三つ目は、運動のずれに関する調整音を提示する方法である。

リズムカルな運動は、タイミングの点だけではなく、そこに至るまでの動作の軌跡や流れを捉えることが必要である<sup>8)</sup>。しかし、合図音による支援では、その支援間の体現に対して、寄与できない。また、体現の誤りを知らせる単一の音での支援の場合、学習者に対し、誤った結果の KR だけを提示し、修正に対する KP の教示ができない。そのため、本研究では、運動によっ

て音量や周波数が変化する音での支援を提案している。ただし、運動パターンの全てに対してフィードバックを与える場合、学習者の支援への依存が考えられるため、フィードバックの頻度などは考慮する必要がある。

また、フィードバックを即時的に提示せず、そのタイミングをずらすことで、リズムの変化をもたらす<sup>(8)</sup>。これにより、リズムの時間的要素である動作タイミングとともに、そのタイミング間の動作にも作用できる。例えば、遅延フィードバックは、動作における空間的な広がりが増加させるか、動作の速度を遅くさせる効果が期待される。ただし、フィードバックを与えた際に、学習者が認識するまでには時間が必要である<sup>(4)</sup>。そのため、反応時間分早めにフィードバックを発動させる補正は、学習者がシステムに慣れることで、音に対する見越し運動が行われる。これは、本来期待しているフィードバックとは異なってしまいう可能性があり、これらを考慮し、設計する必要がある。

#### 4.3.2 振動による支援強化の検討

運動によって音量や周波数が変化する音での支援は、跳躍タイミングから手の回旋タイミングまでの時間差が考慮されているが、学習者には跳躍タイミングは直感的に提示されておらず、身体部位間の運動タイミング差の認識ができない可能性がある。そのため、別途合図音もしくは *Myo* の有するバイブレータの振動で提示する必要がある。しかし、前者の場合、手の回旋に対する支援と音が混同するという問題がある。そのため、本研究では後者を採用し、聴覚と触覚に対するマルチモーダルな支援を検討する。

### 5. ケーススタディ

#### 5.1 計測データにおけるタイミング

実際に計測した個人データの例を、図3に示す。本システムは腰部の加速度 (Acceleration) を計測し、着地時の加速度の極大を跳躍タイミングとする。ただし、図3の右部のように、着地時の衝撃などでセンサが揺れ、ノイズが混入した場合、二次関数で近似することで、その区間を補間したデータを使用する。そして、加速度の極大から次の極大までを前二重跳びの一周期と捉える。一方、筋電位は、前腕における手首の背屈に関係する部位を計測しているチャンネルを選択し、

動作タイミング同定のための処理を行った波形を利用する。計測した表面筋電位に対して、安静時の電位を0として全波整流化する。その後、時定数 0.03s を用いて、全波整流化波形を平滑化する。この際、平滑化による遅れが発生するため、信号の時間反転を行い、再度同じ平滑化を施し、全波整流平滑化波形 (ARV) とすることで、位相ずれを打ち消している。ARV は、筋活動の活発さを表しており、円で囲んだ部分を本研究における手の回旋タイミングとして定義する。前二重跳びは、一跳躍二回旋の運動パターンであるため、一周期中に手の回旋タイミングは、二度現れる。跳躍タイミングに対する、これら手の回旋タイミングの相対的なタイミングの差を、本研究における身体部位間の運動タイミング差とし、このタイミング差の安定化を目指す。特に一回旋目に焦点を当てて、支援内容の設定を行う。

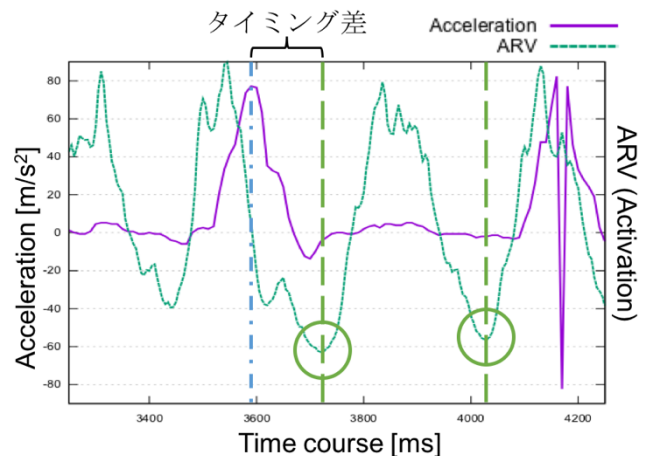


図3 計測データ例

#### 5.2 手の回旋のフォームに対する考察

*Myo* は、IMU センサの値を基に、絶対座標系に対する各軸の傾き (Roll 角, Pitch 角, Yaw 角) を提供している。図4は、学習者の右腕へ *Myo* を装着した際の、跳躍における一周期間の傾き (Pitch 角, Yaw 角) と ARV のデータ例である。

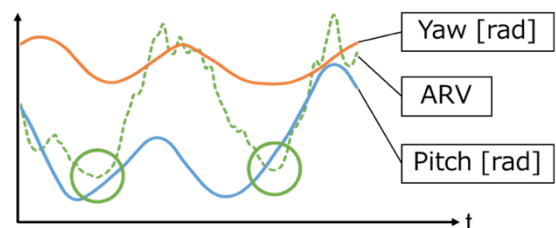


図4 ARV と傾き (Pitch 角, Yaw 角) との関係

筋活動は、自身では正確に認識しづらい。加えて、筋活動は単独の筋肉が収縮して行われるのではなく、周囲の複数の筋肉が協力して運動を引き起こすため、特定の筋肉の発動タイミングは、そのタイミングを提示したとしても、認識と体現の差を埋めることができない可能性がある<sup>(6)</sup>。また、手の回旋の動作における波形のピークをタイミングと捉えている場合、それらの間にも時間的なずれが存在する。そのため、タイミングに対する支援において、動作の軌跡を考慮する。

本研究では、Pitch 角と Yaw 角の回転角度を平面上に描画し、これを手の回旋のフォームと捉える。図 5 は、前二重跳びの中級者 A (a1, a2) と上級者 B (b) の手の回旋の軌跡である。なお、抽出範囲は、跳躍タイミングから次の跳躍タイミングまでの一周期とし、各ラベルの横には、これら手の回旋の軌跡を抽出した一周期の時間を示した。(b)は、図 4 と同じデータである。また、表 1 には、一周期を抽出した試行の跳躍に関する回数、周期の平均、*S.D.*を示す。

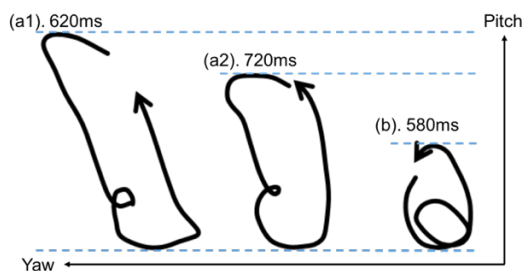


図 5 手の回旋の軌跡

表 1 各試行の跳躍に関する諸情報

	(a1)	(a2)	(b)
跳躍回数[回]	20	9	20
周期平均[ms]	648	710	581
周期 <i>S.D.</i> [ms]	20.4	44.0	12.9

まず、(a1)と(a2)とを比較すると、周期の差は 100ms と小さいとは言えないが、似たような軌跡を描いている。ただし、*S.D.*が示すように、(a1)の試行の方がより安定して運動を行っている。しかし、(a1)の方が Pitch 角の方向で大きく手を回旋している。前二重跳びは、跳躍を高く行うことで、手の回旋の体現に対して余裕を持たせることが可能である。そのため、跳躍周期が(a2)より少ない(a1)では、より大きく手を回旋する必要があったと考えられる。一方、(a1)と(b)とを比較すると、形に大きな違いが現れている。(a1)の形

は四角形に近いのに対し、(b)は比較的綺麗な円を描いている。また、(b)の軌跡は Pitch 角、Yaw 角の双方に動きが少なく、より小さいエネルギーで体現ができていたことがわかる。具体的には、一跳躍中の二回旋目の振り上げ動作において、中級者 A は大きく膨らんでいるのに対し、上級者 B は一回旋目とほぼ同じ軌跡で動作している。また、これは一回旋目の振り下ろし動作にも同じことがいえ、手の回旋動作は、前二重跳びが上達すればするほど、軌跡の膨らみは抑制され、綺麗な円を描くことが想定される。ただし、これら軌跡の大きさは、学習者の身長や跳躍周期に影響されることが考えられる。そのため、正確な比較のためには、先に挙げた値で正規化したデータを使用する必要がある。

次に、(a2)の試行において、失敗した際の手の回旋の軌跡の一部を図 6 に示す。ここで、この学習者は、一回旋目の縄を足の下に通す動作の際に、足に縄が引っかかって失敗している。成功した手の回旋の軌跡である(a2)と比較すると、(a2)'は網掛けされた部分で、軌跡が停滞している。これは、跳躍に対して、手の回旋動作を調整した結果であるが、スムーズに動作できていないことがわかる。そのため、例えば、(a2)'の点線のような軌跡が望まれる。跳躍周期はほぼ変わらない場合、(a2)における跳躍と(a2)'における跳躍は、鉛直方向の運動としては同じとみなせる。点線は(a2)を重ねたもので、(a2)'の際に点線のような軌跡だった場合、成功していたと考えられる。しかし、運動予測時点において、跳躍の想定か、もしくは手の回旋のためのパラメタの設定に誤りが発生し、網掛け部分における停滞の影響が、時間的・空間的な現象として現れている。

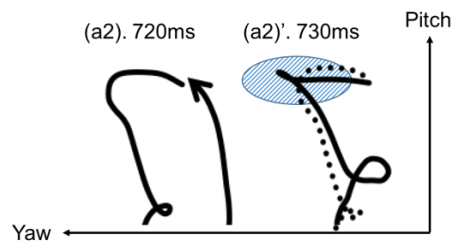


図 6 失敗した際の軌跡の上部

前二重跳びの訓練は、連続して跳躍するため、このような失敗は、運動の熟達を妨げる。前二重跳びの安定化は、学習者の手の回旋の軌跡を図 5 の(b)のような軌跡に近づけることでなされるが、まず、

図 6 の(a2)'のような軌跡にならないように、フィードバックを与える必要がある。

### 5.3 跳躍タイミングの予測に向けて

本節では、同期的支援のための、システムによる運動の予測に必須な、跳躍運動について述べる。跳躍タイミング予測の実現として、重回帰分析があることを節 4.2 で述べた。ここで、中級者 A と上級者 B を含む、一試行に最長 20 回以上の前二重跳びが可能な 4 人分のデータに対し、 $n$  回目の周期を目的変数、 $(n-1)$  回目から  $(n-5)$  回目の周期を説明変数として、重回帰分析を行った。その結果を図 7 に示す。ただし、一試行 20 回を上限とした、三試行分のデータであり、各人のデータにおける平均 (*S.D.*) は、A は 681(50.8)ms, B は 580(12.5)ms, C は 558(12.0)ms, D は 559(15.7)ms であった。また、跳躍回数は、A は 40 回, B は 57 回, C と D は 60 回であった。結果として、 $(n-1)$  回目から  $(n-5)$  回目の周期は、 $n$  回目の周期に対して、影響を与えているとはいえない(例えば A では  $R^2=0.395$ )。B, C, D は、跳躍周期におけるばらつき小さく、目的変数に与える定数項の影響が大きい。また、A の結果より、跳躍の調整が周期毎に行えない可能性が考えられる。その場合、フィードバックの頻度を一様に実装すると、学習者にはフィードバックが外乱になる可能性があるため、注意する必要がある。

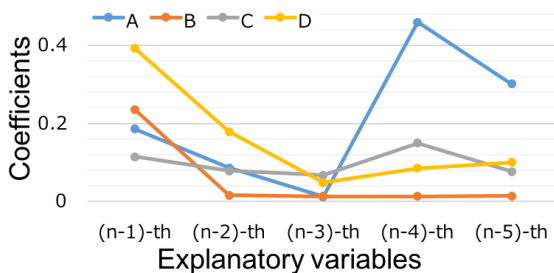


図 7 跳躍における 1-5 周期前との重回帰分析

## 6. まとめ

本研究では、反復運動の中でも、複数の身体部位運動を有する運動として、前二重跳びを例に取り上げ、身体部位間の運動タイミング差を調整し、安定化する支援システムを考察し、設計した。

本システムは、装着型デバイスを用い、学習者の体現と同期的に、音による支援を行う。その際に、タイミングを対象にした教示を行うが、タイミングはその

運動のフォームに影響されるため、デバイスによって計測されたデータを一周期ごとに分割し、例を挙げて、部分的なフォームについて考察を行った。

今後の課題として、前二重跳びにおける中級者と上級者の境界の定義が曖昧であり、それを決定づける指数の設定の必要がある。そのため、さらなるデータの計測を行うとともに、手の回旋のフォームにおける軌跡の特徴解析を行っていく予定である。

## 謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP15K01072, JP18H03344 の助成を受けたものです。

## 参考文献

- (1) リチャード・A・シュミット著, 調枝孝治訳: “運動学習とパフォーマンス-理論から実践へ”, 大修館出版, 日本 (1994)
- (2) 後藤田中, 松浦健二, 鍋島豊晶, 金西計英, 矢野米雄: “SNS 上でのナワトビスキルの学習者を対象とする個別記事閲覧とその全体像俯瞰の支援”, 日本教育工学会論文誌, Vol. 34, No. 3, pp.269-277 (2010)
- (3) 藤波努: “リズムで越える時間の壁: 身体知へのアプローチ”, 映像情報メディア学会技術報告, Vol. 30, No. 68, pp.71-76 (2006)
- (4) 調枝孝治: “タイミングの心理”, 不昧堂出版, 東京 (1972)
- (5) 吉川健彦, 松浦健二, 菅原宏太, カルンガル ステファーン, 後藤田中: “二重跳びにおける身体部位間の運動タイミング差の安定化支援”, 日本教育工学会論文誌, Vol. 41, No. Suppl., pp.229-232 (2017)
- (6) Yoshikawa, T., Sugawara, K., Matsuura, K. et al.: “Observing the Degree of Distortion in Coordinated Motor Actions”, Proceedings of 25th ICCE, pp.415-420 (2017)
- (7) Sigrist, R., Rauter, G., Riener, R. et al.: “Augmented visual, auditory, haptic, and multimodal feedback in motor learning: a review”, Psychonomic bulletin & review, Vol. 20, Issue 1, pp.21-53 (2013)
- (8) Pfordresher, P. Q., Dalla Bella, S.: “Delayed auditory feedback and movement”, Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, Vol. 37, No. 2, pp.566-579 (2011)

# Kinect を使った習慣逆転法による癖の改善支援システムの提案

立石 光<sup>\*1</sup>, 曾我 真人<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup> 和歌山大学大学院システム工学研究科, <sup>\*2</sup> 和歌山大学システム工学部

## Proposal of a habit Improvement support system by habit reversal method using KINECT

Hikaru Tateisi<sup>\*1</sup>, Masato Soga<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup> Graduate School of Systems Engineering, Wakayama University,

<sup>\*2</sup> Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

多くの人が無意識に行ってしまう癖に苦しんでいる。癖の治療方法の1つとして、習慣逆転法というものがある。具体的な行動目標を繰り返し実行することで、自分をコントロールする力を身に付けていくというものである。しかし、習慣逆転法には問題点がある。それは協力者の存在が不可欠であるという事だ。習慣逆転法を行うものの多くは無意識で癖を行っている。そのため、癖を指摘する協力者がいることが望ましいとされている。だが、四六時中監視することもできないため、どうしても無意識で癖は行われてしまい治療機会を失ってしまう。そのため、習慣逆転法を支援するシステムは必要だと考えられる。本研究では、習慣逆転法を、Kinect を用いてより効率的に治療を進めるために、音声による通知を使用者に行うことを目標としたシステムを構築した。また、そのシステムに対し評価実験を行いシステムの有用性について検証し、その後、拡張を行った。

キーワード: 通知, 支援システム, 癖, 習慣逆転法, Kinect

### 1. はじめに

ここでは、本研究のテーマを選択する動機となった研究背景や、それを受けて本研究で設定した研究目的等について説明する。

#### 1.1 研究背景

自分でおかしいと分かっているのにやってしまう。してはいけないと思っているのに無意識に行ってしまう。そういった癖に悩まされている人は多い。爪を噛む、耳や鼻を弄るなど日常的によく見られるものから、髪を抜かずにいられない、何度も確認ばかりしてしまうなどのような強迫性障害の一種とされる癖もある。それらの癖は、周りの人に不快感を与え、自分の知らないところで自らの評価を下げる要因になってしまいかねない。面接などの大事な局面で無意識に行われてしまう癖は脅威である。そこで、癖を直す方法が必要となってくる。

癖を治療する方法に習慣逆転法というものがある。これは行動療法である。癖を行ってしまうたびに決まった行動を繰り返し行い、記録し、自分で癖をコントロールしていくことを目標としたものである。また、この習慣逆転法はトウレット障害のチックにも役立つ治療法とされており、行動療法なので副作用がない点が長所だと考えられている。しかし、この習慣逆転法には短所もある。無意識下で行われる癖に対し習慣逆転法は1人では行う事が困難である。習慣逆転法を行うものの多くは無意識で癖を行っている。そのため、癖を指摘する協力者がいることが望ましいとされている。だが、癖の治療は長期的なもので協力者には忍耐力が求められストレスがかかる。また、四六時中監視していることもできないため、どうしても無意識で癖は行われてしまい治療機会を失ってしまう。またそもそも、協力者がいない場合も考えられる。そのため、習慣逆転法を支援するシステムは必要だと考えら

れる。

## 1.2 習慣逆転法

習慣逆転法は、悪い習慣をコントロールする目的でネーサン・アズリン博士によって開発された行動療法の1つである。初めは抜毛症の治療方法として多く使われ、抜毛症に対する行動療法について科学的研究はまだ行われていないが、その行動療法により症状が改善され、その改善状態が保たれている報告が多い。安全な手法であり、抜毛の習慣をコントロールできるようになる。その後、抜毛症だけでなく、皮膚を突つくななどの日常的な場面の癖でも使われることが多くなり、また効果も報告されている。

習慣逆転法は細かく分けて4つの段階から成り立つ。①意識下練習②拮抗反応の学習③リラックス④偶然性の管理である。

### 1.2.1 意識化練習

意識下練習で最初に行う事はその癖をしようとしたことを記録にとどめることである。いつも、手元に手帳かメモ帳かを置いて置き、癖をしようとした時に日時、状況、その時の感情、などを記録する。この意識下練習の要点は、習慣の最初の動作にすばやく気づくことである。習慣が長く続いていると、その癖を行っていることにすら意識されない。実際、癖というものは意識されずに行われるものである。また、この情報を記録するという単純な行動が癖の回数を減らすことに繋がる。行動療法家はこのことを「セルフモニター」や「気分モニター」「自己モニター」と呼んでいる。単に記録がめんどくさくて癖を意識し回数が減ったり、成果に繋がっていく様子が視覚化されることで習慣逆転法の継続への動機づけにつながったりするなどこのステップの重要性は非常に高い。ここの段階を意識しなければ次の段階に移ることは困難である。

### 1.2.2 拮抗反応の学習

拮抗反応とは、その癖をしたいという気持ちに屈服しそうになった時に、癖を行う事を身体的に妨げる行動をとるように自分に強制することである。このことを「拮抗反応」と呼ぶ。例えば、爪を噛んでしまう癖を持っている人がいたとする。その人が爪を噛もうという気持ちになった時に、爪を噛めないように両手をグーの形で固定し膝の上に置く。このように行動を強

制するように決めておけば、爪を噛むことは不可能である。その行動を約2分間行う事が望ましいとされている。爪を噛みたいという衝動がおさまれば拮抗反応は終了となる。拮抗反応を正しく行えば、筋肉が古い習慣を忘れていき癖を行う回数が減っていく。爪を口に持っていく回数が減っていくのである。簡単に言えば拮抗反応の学習は、癖を行いたいという衝動をおさめるための行動を学習することである。

### 1.2.3 リラックス

リラックスについてだが、癖は退屈しているときやストレスを感じているときに起きることがある。イライラしているとき起きやすい癖をコントロールするためにもリラックスすることは大切である。各々、リラックス方法があると思うが、習慣逆転法は筋弛緩法や複式呼吸を推奨している。これは拮抗反応がストレスとなって癖を行う要因にならないように、拮抗反応と両立しながら行えるものであるからである。もともと、やりたい行動を我慢して他の行動でそれを抑え込もうとしているのだから、ストレスの要因になると考えられるのは容易である。例えば先ほどの爪を噛む癖を例に出すと、両手をグーにして膝に固定しながら、複式呼吸を行う。同時に、難しいならば拮抗反応が終わってから行う事で習慣逆転法のストレスを軽減していく。

### 1.2.4 偶然性の管理

偶然性の管理は褒美を与えて習慣逆転法を継続させようという考え方である。友人や家族が悪い習慣をコントロールすることに気づいたら励ましてあげることなどが挙げられる。この方法は特に小さな子供が習慣逆転法をするときに重要である。小児が習慣逆転法を続けるためには、親や周りの人からのサポートが必要となってくるからである。

## 1.3 問題点

習慣逆転法はトゥレット障害（音声や行動の衝動を抑えることができず、衝動のままに行動してしまう事）などの行動的側面の治療に使われているが、他にも心気症（身体は健康であるが、自分は病気だと思い込んでしまう症状）のコントロールなどの心理的側面での使用例もある（認知行動療法）。数週間行えば、衝動が消え始め効果が見られるが、改善が見られても確実に習慣をコントロールできるまで数か月続けるべきであ



ると考えられている。

様々な場面で使われている習慣逆転法であるが、問題点がある。それは身近に習慣逆転法を協力してくれる人がいる必要があることである。習慣と化した動作は、やっていること自体、意識することが難しい。習慣逆転法をはじめするためには、自分が癖をしていることに気づく必要があるのだが、それが困難なため習慣逆転法を始めることが出来ない。そのため、協力者(癖をしていると指摘してくれる人)が必要となってくる。しかし、協力者は家族だとしても癖をしていないかどうかをずっと監視することは大変である。また、癖の治療は長期化することも多いため、協力者のストレスも考えられる。指摘してもなかなか治らないと協力者が習慣逆転法使用者に対し攻撃的な言葉使いになってくることもあると考えられる。癖の治療をサポートする協力者には、忍耐力が必要となってくる。また、そもそも、協力者がいない人もいる。協力者なしで習慣逆転法を行ったとすると本当は癖をしているのに気づかないでスルーしてしまう場面が多くみられる可能性がある。その分、治療機会を失っていることになるため、治療効率が落ちると予想される。

#### 1.4 研究目的

本研究では、1人では行う事が困難な習慣逆転法に対し、癖を行おうとしたら通知し、癖をしようとしたことを気づかせるシステムを構築することで習慣逆転法を支援する。それにより、より効率的な治療を目指し癖の頻度を減らしていくことを目標とする。

## 2. システム概要

本システムは習慣逆転法の支援を目標とする。自分では気づくのが難しい癖に対し、癖をした時にシステム使用者に通知することで習慣逆転法の治療を促す。動作は Kinect を用いてリアルタイムで随時取得する。Kinect を用いたシステムで習慣逆転法を支援していくことに意味があるかを検討していく。

- ①癖をユーザーに気づかせる
- ②拮抗反応の学習
- ③セルフ・モニタリング(意識下練習)時間、何をし

ていたか、衝動の強さ、どこを触ったか、拮抗反応の努力の程度、を記録する。

この流れでシステムを構築していき、習慣逆転法の一連の流れを促しつつ、癖をユーザーに気づかせ治療の効率化をはかっていきたい。

### 2.1 システムの対象動作

本システムの対象動作は{頭部を触る癖}とする。これは髪を触る、爪を噛むなど頭部近くに手が行く癖はすべて対象となる。この対象動作にした主な理由は、頭部を触る癖ならば Kinect で感知することが可能であること、比較的多くの人が頭部付近に手をもっていく癖に悩まされているからだ(髪を触る、鼻を触る、髭を触るなど)。

この頭部を触る癖を習慣逆転法で支援することに意味があると立証されれば、他の癖(例えば貧乏ゆすりなど)でも同じように効果があると考えられる。現時点でまだ、習慣逆転法を Kinect で支援することに意味があるかが分からないため、本システムでの幅広い癖への対応は時期尚早と思われる。

### 2.2 システム構成

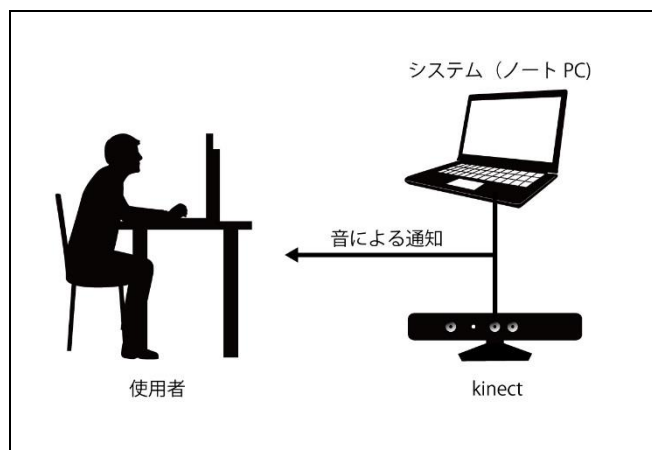


図 1 システム構成

システム使用者は何らかの作業をしていると想定する使用者が所定の動き(頭部に手をもっていく)をした時に、システム(ノート PC)から音による通知を行う。

### 2.3 システムの特徴

Microsoft Kinect - Microsoft SDK - Unity3D の、

"Kinect Wrapper Package for Unity3D"により Kinect でとった各関節のデータを視覚化している。多数の関節が取得できるが、本システムで使う関節は、Head, Right\_Hand, Left\_Hand の3つである。

各関節は当たり判定 (Collider による。Collider とはUnity上で物理衝突を実装する際に定義するオブジェクト形状のこと。)を行っており頭部に手が近づくと音声による通知がパソコンから流れるようになっている。Collider を各関節オブジェクトよりも大きく定義することで頭部に手が触れる前に Collider が物理衝突を感知することが出来る。これにより、仮に頭を触る癖がある人だとすると頭部を触る前に音声による通知が行われる。これは、頭部を触ることが癖の最初の動作だとしたときに、それ自体を防ぐことでそれ以降の動作を防ぐことが出来るため上記の仕様になっている

### 3. 評価実験

ここではシステムに対して行った評価実験について説明する。

#### 3.1 実験目的

本研究では評価実験を実施する。実験目的は習慣逆転法を Kinect で支援することは有効なのかどうか客観的に検証するためである。具体的には以下の3つの点で評価する

- ①事前調査と事後調査の時の癖の回数の差(改善率)
- ②実際に行った癖の回数と治療した癖の回数の差(治療率)
- ③アンケート

被験者は20代で、システムを使う実験群3名(男2:女1)、システムを使わない統制群3名(男2:女1)とし、評価実験を行う

#### 3.2 実験の流れ

実験の流れは図2の通り進めていく。最初に事前調査において、習慣逆転法による学習を行う前の癖の行動の回数を調べる。その後、実験群はシステムを使った習慣逆転法による学習を行い、統制群はシステムを使わずに普通に習慣逆転法による学習を行う。その後、

事後調査において、実験群、統制群各々癖の回数を調べる。そして、事前調査と事後調査の回数の差を計算する。

実験において、全てのステップを撮影し、後でビデオを再生しながら、癖の行動の回数をカウントする

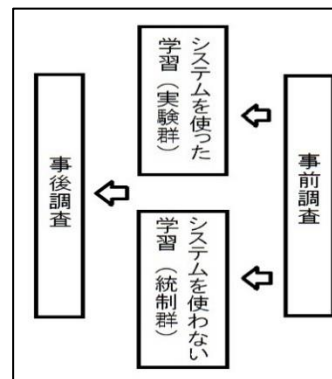


図2 実験の流れ

##### 3.2.1 事前調査

事前調査の目的は習慣逆転法をする前は何回癖を行うかを調べるためである。ここでの回数と事後調査での回数とを比較し差分を見ていく。事前調査は実験群、統制群ともに5時間行い、その様子はパソコンの内部カメラによって撮影する。

ここで被験者の行動に特に制限はない。5時間を何かの行動で制限してしまうと(例えば5時間の間、読書してくださいなど)被験者は実験していると強く感じてしまい癖が自然に出ないという事が考えられる。ただでさえ、カメラで撮影されているという非日常的な状況下で自然な動作がでにくいということも考えられる。

また、できるだけ、普段の様子の被験者の様子を撮影するため5時間という長めの時間を取った。これにより特殊な環境下にも慣れ普段の様子に近い被験者の様子を撮影することが出来ると思う。

##### 3.2.2 学習

- ・学習は実験群、統制群ともに10時間行う
- ・事前調査と同じように行動に制限はない
- ・この様子もパソコンの内部カメラによって撮影する

実験群はシステムを使うための専用の部屋で10時間

過ごす (Kinect と被験者の距離が最低 80cm 空いていないといけないため)。ここでシステムを使い、癖をしようとした時に、システムによるフィードバックを受けながら、習慣逆転法を実践する。実験者は、実際に治療した回数を、事後にシステム内の記録を見て取得する。

また、実験群の被験者が自分で癖に気づいて、システムのフィードバックがない場合、それは別の用紙に記入し、習慣逆転法を実践する。実験者は、事後に、別の用紙に記入した回数をカウントすることにより、被験者が自分で癖に気づいた回数を取得する。

統制群は自分で癖に気づき習慣逆転法を実践する。各被験者にノートを配布しそれに記録する。実験者は、事後にノートに記録された回数をカウントし、実際に治療した癖の回数を取得する。

### 3.2.3 事後調査

- ・事後調査は5時間行う
- ・事前調査と同じように行動に制限はない
- ・この様子もパソコンの内部カメラによって撮影する

事後調査の目的は学習後、被験者の癖をする頻度がどのように変わったかを調べるためである。

### 3.2.4 アンケート

アンケートは事後調査が終了した状態の被験者6名に行う。統制群3名もシステムを少し使って、システムに対するアンケートに回答する。

SUS (System Usability Scale) によるシステムのユーザビリティを検証する。

また、被験者は、実験を通して習慣逆転法を続けていけると思ったかどうかや、システムを使う事での影響などを主観的に評価する。

## 3.3 被験者について

被験者6名はもともと何らかの頭部を触る癖を持っており、またそれを改善したいと思っている。6名は誰も習慣逆転法について知らなかった。6名の癖について簡単にまとめる。

表 1 被験者の癖まとめ

被験者		癖の内容
実験群	被験者 a	髪と髭を触ること
	被験者 b	髪を触ること
	被験者 c	髪を触ること
統制群	被験者 d	髪と耳を触ること
	被験者 e	髪をかき上げる以外の髪を触る
	被験者 f	髪を触る事

## 4. 実験結果

実験の結果以下の結果が得られた。実験群の改善率の平均は 61.46，統制群の改善率の平均は 31.19 であった。この2つの平均値に有意差があるのか、t 検定を有意水準 0.5%両側検定で行ったところ、有意差は見られなかった。実験群の治療率の平均は 65.72，統制群の治療率の平均は 12.28 であった。この2つの平均値に有意差が見られるのか、t 検定を有意水準 0.5%両側検定で行ったところ有意差が見られた。

表 2 実際にした癖の回数

被験者		段階	事前調査	学習	事後調査
実験群	a		51	9	33
	b		44	8	21
	c		53	41	2
統制群	d		44	54	41
	e		25	11	16
	f		65	108	32

表 3 改善率・治療率一覧

被験者		%	改善率	治療率
実験群	a		35.3	44.44
	b		52.73	62.5
	c		96.83	90.24
統制群	d		6.82	3.70
	e		36	9.09
	f		50.77	24.07

## 5. 考察

効率的な治療を目指し癖の頻度を減らすことを目標としてきた。システムによって支援することに意味があるか調べるため評価実験を行った。治療率では有意差が見られたため、システムを使用した方がより癖を見逃さずに習慣逆転法に着手できると考えることが出来る。しかし、改善率では有意差が見られなかったのでシステムを使用した方が癖の回数が減るとは言えないという結果になった。

また、課題として習慣逆転法にストレスを感じる被験者が多かったことから、継続させる面での支援も必要であると考えられる。被験者の少なさも課題であると考え

## 6. 課題に対するアプローチ

卒業研究の結果、課題が見つかった。1つは被験者の数が少なかったという事。2つは被験者がシステムを使い続けるモチベーションが湧かなかった事である。

1つ目に対しては卒業研究と同じ内容の検証実験を行う事で解決を試みる。

2つ目に対しては、使用者の行動（癖を行ったか行っていないか、また、行いそうになったが止めることが出来たか否か）によって報酬値を付与しそれをランキング機能として他社と比較することのできる機能拡張を行う事で解決を試みる。

## 7. 拡張機能の提案

習慣逆転法にストレスを感じる被験者が多かったことから、継続させる面での支援も必要であると考えられる。そのため、癖をしたか、していないかによって使用者にポイントを与える拡張機能を考えている。また、そのポイントをランキング形式で閲覧できるようにすることで、使用者にシステムを使い続けてもらうモチベーションとなり、また自分の癖の深刻度が客観的に分かる指標となり得るのではないかと考えている。

## 8. まとめ

習慣逆転法は自分で癖をコントロールするための行動療法である。しかし、その習慣逆転法には問題点が

ある。それは癖を指摘する協力者が必要だという事である。本研究では、癖を行おうとしたら通知することで習慣逆転法を支援した。それにより、効率的な治療を目指し癖の頻度を減らすことを目標としてきた。

システムによって支援することに意味があるか調べるため評価実験を行った。治療率では有意差が見られたため、システムを使用した方がより癖を見逃さずに習慣逆転法に着手できると考えることが出来る。

しかし、改善率では有意差が見られなかったのでシステムを使用した方が癖の回数が減るとは言えないという結果になった。

今後の展開としてランキング機能を拡張したものと、そうではないもので使用時間に差があるのかを検証し、システムの拡張機能は有用であったかどうかを確かめたい。実際の使用時間の差に加え、拡張機能があった方が、実際に癖が減っているのかも検証したいと考えている。

## 謝辞

本研究を行うにあたり多くの方にご協力いただきました。20時間という長時間の実験に協力してくれた被験者の人たち、ありがとうございます。被験者として協力していただいたおかげで貴重なデータを収集することができ感謝しています。

## 参考文献

- (1) リー・ベアー（越野好文・五十嵐糖透子・中谷英夫訳）：“強迫性障害からの脱出”，晶文社，pp.250-283（2000）
- (2) 山岡俊樹：“ハード・ソフトデザインの人間工学講座”，武蔵野美術大学出版局，pp.307-308（2002）
- (3) 橋本智雄：“入門 統計学”，共立出版株式会社，pp.118-132（1996）
- (4) 晝間文彦：“アンケートによる時間割引率の背景要因に関する研究”，早稲田商学第 432 号，（2012）

# 医療スポーツ系学生におけるルーブリックを活用した

## PC スキルチェックからみる情報教育の課題

庄司一也<sup>\*1</sup>, 小野寺妙子<sup>\*2</sup>

<sup>\*12</sup> 帝京平成大学

## Issues on Information Education in Medical Sports Students through PC Skill Check with Rubric

Kazuya Shoji<sup>\*1</sup>, Taeko Onodera<sup>\*2</sup>

<sup>\*12</sup>Teikyo Heisei University

The authors conducted PC skill check using Rubric to medical sports students (sophomores) who take "Computer Exercise II" for this time. From the results of the skill check, many problems were observed in the Excel part which they are going to learn in the class.

Thus, this study attempts to consider the challenges and directions of education and learning in "Computer Exercise II" for the future as well as analyze and examine the results.

キーワード: 医療スポーツ系学生, ルーブリック, スキルチェック, 情報教育, Excel

### 1. はじめに

本学では1年次必修科目として全学部全学科にて「コンピュータ演習Ⅰ」が開講されている。

今回の研究報告は筆者らの担当する特に「医療スポーツ系学生（中野キャンパスに所属する現代ライフ学部経営マネジメント学科スポーツ経営コースの学生のクラス）」に焦点を当てたものである。

そして同クラスの2年次後期に開講されている必修科目「コンピュータ演習Ⅱ」においてこの度ルーブリックを活用したPCスキルチェックを実施した。その結果を分析・考察するとともに今後の情報教育の方向性について検討することが本研究の目的である。

### 2. ルーブリックを活用したスキルチェック

スキルチェックの結果（特にExcel部分のみ抽出）は以下のとおりである。

表1 スキルチェック結果（Excel部分のみ）単位=人

	非常に よくできている	よくできている	できている	あまり できていない	できていない
データの処理と 分析・活用	0	13	26	21	3
データの処理結果の 適切な表現	2	14	21	22	3

※ 対象は筆者ら担当の2クラス n=63 であるが、すべての学生がすべての項目を記入したわけではないので、以下のような結果となっている。表2・3も同様。

本ルーブリックは1年次「コンピュータ演習Ⅰ」修了時に達成することを想定して作成してあるが、今回（2年次後期開始時点）の結果を見る限りでは、「あまりできていない」「できていない」の不得意・不足部分が一定程度占めることがわかった。

すなわち、『データの処理と分析・活用』においては38%（24名）の学生が、「データの処理結果の適切な表現」においては40%（25名）の学生が不得意と回答している。

なお、当然ながら「コンピュータ演習Ⅰ」ではこれらの項目をすべて網羅した学習内容となっている。

しかしその学習の修了後では多くの者の理解不足・スキル習得不足が見て取れる。

### 3. 「コンピュータ演習Ⅱ」の教育実践

#### 3.1 全スキルチェックからみる今後の教育・学習

上記のスキルチェックを経て、今後の教育・学習ではどのようなことを考えていけばよいであろうか。

「コンピュータ演習Ⅱ」の内容はExcel分野の基礎

の確認及び中級程度の内容である。具体的には、

- データベース ■ ピボットテーブル ■ 様々な関数
- データの検索・置換・抽出 ■ 条件付き集計
- データのインポート・エクスポート ■ 順位付け
- 行列の検索 ■ シート間の計算 (3-D 集計) ■ Word への Excel データの貼り付け ■ リンク貼り付け

といった内容である (本学シラバスより)。

ちなみに、同時期に行った全項目スキルチェックの結果をみるとネットワークやコンピュータの基本操作分野に関するスキルは比較的良好であることが確認できるが、特にこのスキルチェックからみると、Office ソフトのスキルにやや課題があるといえそうである。

そこで、上記の「Word への Excel データの貼り付け」や「Excel データの PowerPoint での活用」など、他ソフトと効果的に連携し、Office ソフトの理解の一般的な底上げおよびスキルの向上を目指した教育・学習を展開していきたいと考えている。

表 2 全項目スキルチェック結果 単位=人

	非常に よくできている	よくできている	できている	あまり できていない	できていない
ネットワーク接続	28	17	16	2	0
履修登録	22	14	27	0	0
manabaの利用	32	14	16	1	0
Webメールの利用	14	12	21	13	3
PCの起動・操作・終了	20	19	24	0	0
ファイル管理	16	19	23	5	0
文書作成に必要なスキル	6	23	19	14	1
基本的な文書作成のルール	4	17	26	14	1
データの処理と分析・活用	0	13	26	21	3
データの処理結果の適切な表現	2	14	21	22	3
スライド作成に必要なスキル	5	11	25	21	1
効果的なプレゼンテーション	0	14	33	14	2
情報モラルについての理解と行動	3	14	30	13	2
情報セキュリティについての知識と対策	5	8	28	19	3
パスワードの管理	10	18	25	9	1

### 3.2 教員間連携による教育設計と授業運営

上記を受けて今後、筆者ら教員間 (庄司・小野寺) で連携を強めて、上記の不得意部分のスキル向上を目指したクラスデザインを考えていきたい。

すでに、PC の実技学習のみに注力する環境ではな

く、協働学習を推進したアクティブ・ラーニング (AL) 型授業を進めているところである。

### 3.3 (医療)スポーツ系学生ならではの教育環境の提供

今回の対象は医療スポーツ系、特にスポーツ系の学生であるが、研究対象にしたのは 2 つの理由がある。

1 つは、学力的な面からの考えである。他学部他学科と比べるとやや学力が低くなる傾向にあるスポーツ系クラスにおいて、コンピュータスキルを向上させるとともに、これを機会にコンピュータ以外の学習も充実したものとし成績全般の向上へのねらいがある。

2 つ目は、AL との関係である。すでに試験的な AL で一定の成果もあげていることもあるが、ここで筆者が考えていることは「モチベーションの維持向上」と「成功体験の獲得と積み重ね」である。

表 3 学生への調査結果 単位=人 (n=60)

	とても多い	やや多い	あまり多くない	少ない
①いままでの学習での成功体験についてお聞きします。	4	20	33	2
②いままでのスポーツでの成功体験についてお聞きします。	7	35	15	3
	とても役に立っている	やや役に立っている	あまり役に立っていない	役に立っていない
③スポーツ経験は大学での学習・研究に役に立っていますか?	8	43	9	0

特に後者について、学生たちはいままでスポーツ分野で成功体験を多く重ねてきているが、学習の面での成功体験は少なめである。

そこで、学習を通して成功体験を積むとともに、やりがいや学習の楽しさという環境を提供したい。

## 4. おわりに

今回はスキルチェックの結果から若干の問題点を考察し、今後の教育・学習の取り組みの方向性について確認するとどまった。12月に後期授業は終了するが、その際に今回の取り組みの成果を再びループバックで確認 (スキルチェック) し、その結果を次回の研究会等で報告させていただく予定である。

#### 参考文献

- (1) 林康弘: “コンピュータ演習 I における ICT 活用による授業改善”, 帝京平成大学紀要, 第 29 巻, pp.223-229 (2018)

# グループ学習による電子メールの利用マナーの向上

谷岡 広樹<sup>\*1</sup>, 松浦 健二<sup>\*1</sup>, 上田 哲史<sup>\*1</sup>, 河野 文昭<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup> 徳島大学情報センター

<sup>\*2</sup> 徳島大学大学院医歯薬学研究部

## Report for Learning Email Etiquette in Group

Hiroki Tanioka<sup>\*1</sup>, Kenji Matsuura<sup>\*1</sup>, Tetsushi Ueta<sup>\*1</sup>, Fumiaki Kawano<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> Center for Administration of Information Technology, Tokushima University

<sup>\*2</sup> Institute of Biomedical Sciences, Tokushima University

Recently, Social Networking Services (SNSs) are increasingly used in communication rather than Email mainly among the youth. Contact and inquiry by Email is still used for on business and university operating. Therefore, a lecture for increasing Email etiquette is conducted in a medical informatics to the first-year dental student. This report shows that group study is especially effective for improving Email etiquette.

キーワード: 研究会報告, 書式, 執筆要領

### 1. はじめに

近年, 若年層を中心に電子メールよりも SNS の利用が増加しているが, ビジネスや大学運営などでは, 連絡や問い合わせのために電子メールを利用することは避けて通れない。そこで, 歯学部 of 1 年生を対象とした授業において, 電子メールの利用マナーの向上を目的とした取り組みを実施した。その結果, 特にグループ学習によって, 利用マナーが向上することが明らかになったため報告する。

### 2. 医療情報処理の目標

#### 2.1 カリキュラムと到達目標

医療情報処理では, 歯学部 of 1 年生を対象とした実習型の授業であり, 以下の 4 つの項目を到達目標とした講義と BYOD 環境での実習を行っている<sup>(1)</sup>。

- 情報処理・医療情報の目的を述べる。
- 情報セキュリティの必要性を述べる。
- コンピュータを活用する。
- 医療分野における利用法を述べる。

受講生には, 将来, 医療分野において情報の意味を理解し, 使いこなすリテラシーの習得が求められる。

#### 2.2 授業形態

必要最低限の知識を講義でインプットした後, 授業の時間内でパソコンを用いた実習を行うことにより, 知識の定着を促すワークショップ型の授業である。4 月から 5 月は主に個人課題, 6 月から 7 月はグループ課題となるように授業設計した。さらに, レポート課題を課してアウトプットさせることにより, 知識の応用や理解を深めることを狙った。

受講生のモチベーションを維持するため, レポート課題に, 可能な限り個人ごとの関心や興味に応じたものとし, 採点は授業内容を理解し, 指示に従った内容のものであれば, 得点が得られるよう配慮した。

### 3. 電子メールの利用マナー

本授業の受講者について, スマートフォンの普及率は 100%であった。また, 総務省の調査報告<sup>(2)</sup>にもあるように, 10 代から 20 代の学生の SNS やメッセージの利用率は高い。このことから, オンラインのコミュニケーションに電子メールを利用する経験が少ないため, マナー違反といえる電子メールの送受信を行うと予想され, 早期に利用マナーを身につけることは, 大学生活に有益であろうと考えた。

表 1 電子メールの利用マナーの評価

年度	評価	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]
2017	A	13	8	44	46	42	38	40	36	43	29	31
	B	32	33	10	6	5	6	11	4	0	4	3
	C	16	16	3	0	4	1	0	4	2	0	1
	X	7	3	4	8	0	1	1	3	0	0	0
2018	A	31	30	42	37	43	46	37	28	33	59	36
	B	9	9	6	9	4	1	1	2	9	0	4
	C	16	1	2	1	0	0	0	0	0	0	1
	X	3	0	3	1	0	1	0	0	1	0	0

以下のメールアドレスに 7/6 17:00 CEST までにメールを送りましょう。  
tanioka.hiroki@tokushima-u.ac.jp

- 件名には、授業名と氏名を含むこと
- 本文には、新サービス開発チーム名を含めること
- 送信先のCCに、チームメンバー全員のアドレスを含めること
- 企画スライド(案)を提出してください  
\*作品はLMS(manaba)で「企画スライド2(案)」にファイルで提出してください。  
\*本文メールには、レポートの「タイトル」のみ追記してください。  
\*イタリア土産のリクエストも受け付けます。

※cメール(c123456789@tokushima-u.ac.jp)のみ、受け付けます。

- メール本文は、適切に改行して読みやすい本文にしましょう。
- 受信確認の返信メールをしますので、必ずご確認ください。

図 1 課題提出方法についての説明スライド

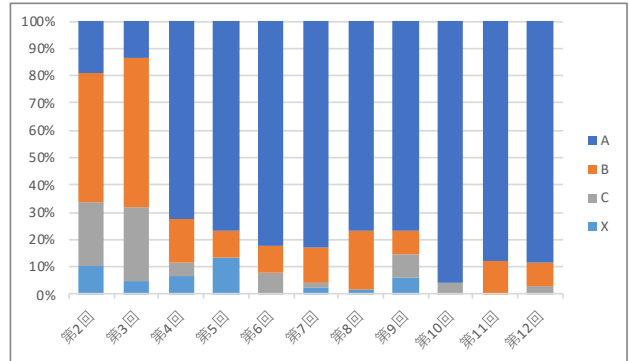


図 2 2017 年度の評価結果推移

### 3.1 電子メールの利用マナー向上のための施策

本授業では、レポートの提出時に、毎回必ず提出済みの連絡を電子メールで送信するよう義務付け、その電子メールの内容を評価、フィードバックすることとした。この施策は、2017年度と2018年度の2年間、全24回、ほぼ同様の規定と評価基準(A:問題なし, B:ほぼ問題なし, C:やや問題あり, X:問題あり)で行った。

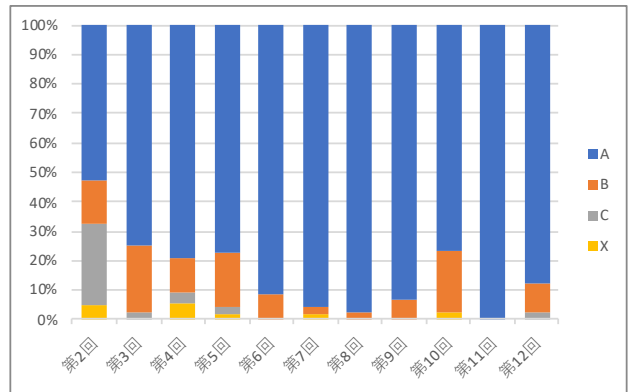


図 3 2018 年度の評価結果推移

### 3.2 電子メール利用マナーの評価結果

表 1 に 2017 年度及び 2018 年度の評価結果を示す。2017 年度は、第 2 回から第 8 回までは個人課題、第 9 回から第 12 回まではグループ課題である。2018 年度は、第 2 回から第 9 回までが個人課題、第 10 回から第 12 回までがグループ課題である。

図 2 と図 3 に、2017 年度と 2018 年度の評価結果の割合を図示する。2017 年度と 2018 年度のいずれも、回を重ねると徐々に評価結果は改善される。第 3 回または第 4 回までに評価 A が 7 割を超え、2017 年度は第 10 回に 95.6%，2018 年度は第 11 回に 100% の最高値に到達する。

これは、グループ課題に入った後、メールの送信手順が変更になり、いったん A 評価が約 76%まで低下した後に、チーム内で課題とメール内容が共有されたことが要因と考えられ、グループ学習<sup>(3)</sup>がドメイン固有のルールやマナーを習得する手段として高い効果を示す一例といえる。

## 4. おわりに

本稿では、電子メールの利用マナーの向上を目的とした取り組みを実施した結果、グループ課題に取り組むことによって、利用マナーが向上する事例を紹介した。今後、グループ学習を別タスクで試行した場合や、導入時期による効果の違いについても調査したい。

### 参考文献

- (1) 谷岡広樹, 松浦健二, 上田哲史, 河野文昭: “BYOD 環境によるワークショップ型実習の試みとその課題”, 大学教育カンファレンス in 徳島, 徳島 (2018)
- (2) 総務省: “情報通信白書平成 29 年版”, 第 1 部 第 1 節 (3) SNS がスマホ利用の中心に, <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h29/pdf/n1100000.pdf> (2018 年 9 月 26 日確認)
- (3) Cranton, P: “Types of group learning”, New Directions for Adult and Continuing Education, Volume 1996, Issue 71, pp. 25-32 (1996)



# Blockly を用いた多言語プログラミング学習支援環境の構築

佐野裕也\*<sup>1</sup> 香川考司\*<sup>2</sup>

\*1 香川大学大学院工学研究科

\*2 香川大学創造工学部

## Construction of multi-language programming Learning Environment using Blockly

YUYA SANO\*<sup>1</sup> KOJI KAGAWA\*<sup>2</sup>

\*1 Graduate School of Engineering, Kagawa University

\*2 Faculty of Engineering and Design, Kagawa University

概要: 学習者が第 2, 第 3 のプログラミング言語を学習するとき, 基礎概念と文法を短時間に学習しなければならない. これは, 学習者にとって大きな負担である. これを解決するために本研究ではブロック方式の初学者用プログラミング環境である Blockly を採用し, Blockly のブロックの動的変形機能を利用して, 手続き型以外の言語に対するプログラミング学習支援環境の構築を試みる.

キーワード: プログラミング学習, Blockly, 学習支援, Web ベース

### 1. はじめに

プログラミング学習者は, プログラミングの概念と言語の文法を同時に学習しなければならない. これは, 学習者にとって大きな負担である. この負担を軽減するために, 文法を意識せずにプログラミングができる学習環境が必要である. これを解決するために, Web ベースグラフィカルプログラミングエディタである Blockly を用いる.

尾崎の研究<sup>1)</sup>は, Blockly を C 言語, Flex 言語 (字句解析器生成系, Adobe Flex とは異なる) に対応させたもので, システムの対象者がプログラミング入門者である. これにより文法を意識せずにプログラミングを学ぶことができる. しかし, 大学の授業で学習する言語に対応しきれていない. また, 動的に変更できるブロックが限られているため, 柔軟性のあるプログラム言語をブロックの形状によって制約されてしまうことになる.

著者らの所属する大学と大学院の授業で学習するプログラミング言語には, C, Java, JavaScript, PHP, Haskell, Bison/Flex などがあるが, いずれの言語もそれぞれの固有の文法を持っており, その文法を踏まえてテキス

トエディタからソースコードを記述するまで理解するにはかなりの時間と負担がかかる.

本研究では Blockly をこれらの言語へ対応することを目標とする. これにより Blockly で学習支援できる範囲が広がり, 学習者が第 2, 第 3 の言語を迅速に学習することができる. しかし, これらの言語では式の入力子が深くなりがちなので, ブロックの形を動的に変形させることも考えなければならない.

### 2. Blockly とシステム構成

#### 2.1 Blockly について

Blockly<sup>2)</sup>とは, Google で開発されているグラフィカルなプログラミングエディタである. 図 1 のようなブロックを繋ぎ合わせることでプログラミングを行う. このため構文エラーに悩まされず, 直感的にプログラミングをすることができる. JavaScript で記述されており, ドキュメントも豊富に用意されているためカスタマイズが容易である. また, Blockly は Web ベースのアプリケーションであるため, 学習者側の導入の作業が不要である. さらに, Blockly で作成したプログラムは, JavaScript, Dart, Python, Lua, PHP の 5 種類のコードに

変換して出力することができる。

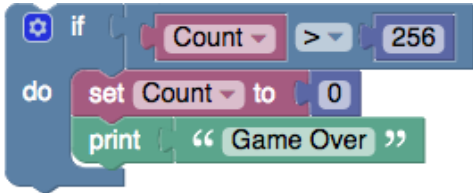


図 1. Blockly のブロック

## 2.2 システム構成

Blockly は、通常、ワークスペース部、ブロックメニュー部、ソースコード部、XML コード部の 4 つのコンポーネントによって構成される。図 2 に Blockly のスクリーンショットを示す。初期状態では、ワークスペース部が表示されており、ソースコードタブを押すとソースコード部のコンポーネントに切り替わり、XML コードタブを押すと XML コード部のコンポーネントに切り替わる。ソースコード部は、作成したプログラムのソースコードを表示するスペースであり、XML コード部は、作成したプログラムの XML コードを表示するスペースである。ブロックメニュー部は、定義されたブロックが存在するスペースで、常に左部に表示されている。



図 2. Blockly のスクリーンショット

## 2.3 Mutator 機能

Blockly の機能に Mutator がある。Mutator は、ブロックの動的変形を行う機能である。この機能は、Blockly が用意している機能の中で唯一の動的変形である。Mutator の機能が使えるブロックには、左上に歯車がある場合がある。その歯車のマークを押すと、その近くに吹き出しの形をした小窓が現れる。小窓の左半分はブロックメニュー部、右半分はワークスペース部となっている。図 3 にこの時のスクリーンショットを示す。小窓の中のコンポーネントは、このブロック限定のものである。小窓のブロックメニュー部から拡張したいブロックを取り出し、小窓のワークスペース部の既存のブロックに取り付ける。すると、吹き

出し元のブロックが変形される。図 4 が、そのときのスクリーンショットである。Mutator 機能によって、ブロックの形をカスタマイズでき、ブロックメニュー部で用意されるブロックの種類を大幅に減らすことができる。



図 3. 動的変形前の Mutator ブロック

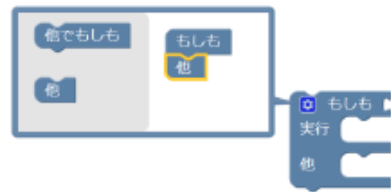


図 4. 動的変形後の Mutator ブロック

## 2.4 Blockly の対象言語と新たに導入する言語の違い

### 2.4.1 flex の正規表現の場合

算譜 1 は、flex の正規表現の例である。正規表現には特別な意味を持つ文字があり、適したブロックが Blockly には存在しないので、特殊文字に対して新たにブロックを用意する必要がある。

```
\\" (w|\\\\" [\"\\w]) *\\"
```

算譜 1. flex の正規表現のコード

### 2.4.2 Haskell の内包表記の場合

算譜 2 は、Haskell のリスト内包表記の例である。リスト内包表記では、右側に変数を限定する式を記述し、左側にその変数を使った式を記述する。このリストの表し方は、Blockly で既存に用意されているリストブロックでは表すことができない。そこで、リスト内包表記を表すことができる新たなブロックを用意する必要がある。

```
[ (x, y) | x <- [0..n], y <- [x..n] ]
```

算譜 2. Haskell のリスト内包表記のコード

### 3. 実装

本研究では, Blockly を C, Haskell, flex に対応させるために機能の拡張や新たなブロックの定義を行った. 本章では, これらについて詳しく説明する.

#### 3.1 新たに実装した動的変形機能

本システムで新たに実装した動的変形機能をいくつかのブロックで実装した.

##### 3.1.1 C 言語の printf ブロック

従来の Blockly 出力用ブロックには, C 言語の printf のように文字列中に式を埋め込む機能がなかった.

そこで, C 言語の printf ブロックで, 新たに動的変形機能を実装し, 複数の式を文字列中に埋め込んで出力できるようにした. C 言語システムの入出力ブロックカテゴリで用意されている. そのブロックのイメージは, 図 5 である.

入力フォームで "%" の数を検出して, その数だけソケットの数を動的変形機能で増やしている. ソケットとは, 変数ブロックや数ブロックを挿入できる穴である. 検出のタイミングは, 入力フォームの中身に変化があるごとに行われる. この機能は, いちいち歯車マークをクリックして別途でブロックを組み立てる必要もないので, 動的変形の手間を省きかつ操作もシンプルになって, プログラミング学習者の負担を軽減させることができる.

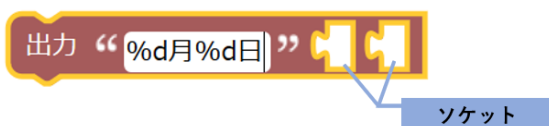


図 5. 動的変形後の printf ブロック

##### 3.1.2 flex の文字クラスブロック

文字クラスブロックにも新たな動的変形機能が実装されており, flex システムの正規表現ブロックカテゴリで用意されている. そのブロックのイメージは, 図 6 である.

文字クラスブロックでは, Mutator で 3 種類の動的変形を行うことができる. Mutator の子ブロックの範囲ブロックを繋げると, 2 つの入力フォームが出現し, 1 組の文字範囲を入力できるようになる. 文字ブロックは, 1 つの入力フォームが出現し, 任意の 1 文字を入力できる. 特殊文字では, 選択フォームが出現し, 5 種類の

特殊文字を選択できるようになっている.

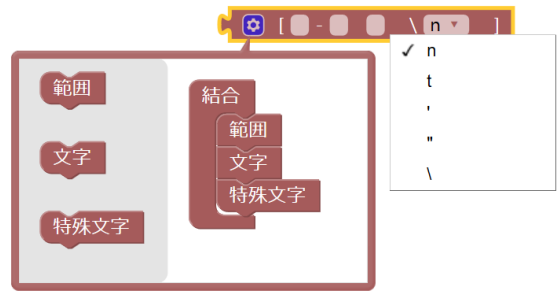


図 6. 文字列任意ブロック

#### 3.2 新たに実装したブロック

本小節では, 新たに実装したブロックについて説明する.

##### 3.2.1 Haskell のリスト内包表記ブロック

Haskell 言語システムのリストカテゴリで新たにリスト内包表記ブロックを実装した. リスト内包表記ブロックのイメージは, 図 7 である.

図の左が, リスト内包表記ブロックに何も接続していない初期状態で, 右がリスト内包表記ブロックの接続例である. リスト内包表記のソースコードは, リストの中に 1 つの式と複数の限定式で記述される. リスト内包表記ブロックでは, 内包表記と書かれた右のソケットに式を挿入し, 限定式と書かれたところの右に複数の限定式を表すブロックを挿入する仕様となっている.

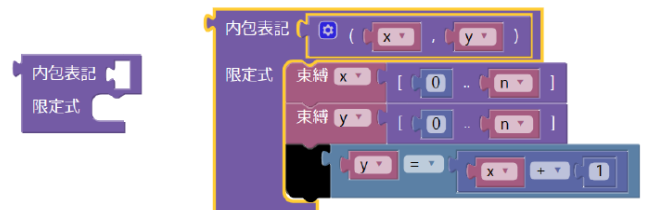


図 7. リスト内包表記ブロック

##### 3.2.2 flex の正規表現ブロック群

flex システムでは, 先行研究で尾崎が実装したブロックを参考にしながら正規表現のブロックを一新した. 図 8 の接続ブロックでは, 動的変形機能でソケットの数を増やして, 複数の正規表現を表すことができる. 図 9 の繰り返しブロックでは, 選択フォームで繰り返しの意味を示す演算子を選択できるようになっており, 正規表現の繰り返しを表すことができる. ブロックの表現は, 実際の flex のキーワードや演算子を使用した形式としている.

これでユーザは、構文エラーに悩まされることなくプログラミングを行うことができる。

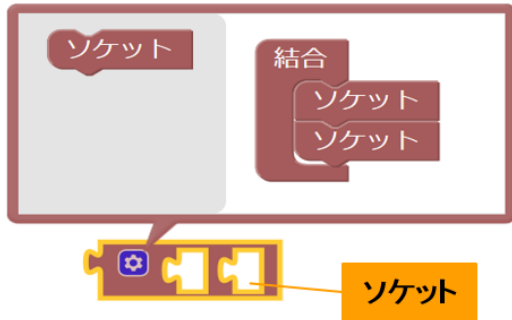


図 8. 接続ブロック

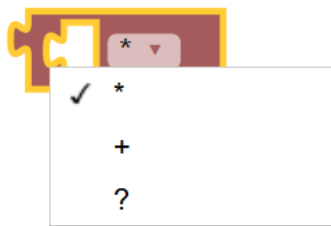


図 9. 繰り返しブロック

### 3.3 新たに実装した表記切り替え機能

Flex 言語のシステムに新たに表記切り替え機能を実装した。表記切り替え機能のイメージは、図 10 に示す。切り替えは、自然言語を用いた表記（ここでは日本語表記と呼ぶ）とプログラミング言語の演算子やキーワードを用いた表記（ここでは flex 表記と呼ぶ）の 2 種類があり、選択フォームで切り替えを行う。

例えば、ある正規表現を Blockly のブロックを使って表現したいときに、日本語表記の場合は図 11 のようになる。初心者にとっては意味は分かりやすいが、これでは、システムの画面に入りきらず、右が見切れてしまっている。そこで、画面内にブロックを収めるために、flex 表記を実装した。そのイメージが図 12 である。

この実装によって、それぞれのブロックパーツの概念とプログラミング言語での構文や演算子との対応も理解できるようになっている。

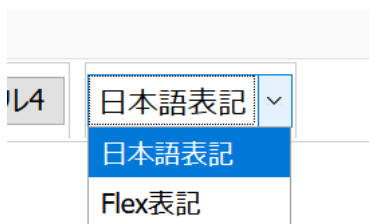


図 10. 表記切り替え機能



図 11. ある正規表現の日本語表記

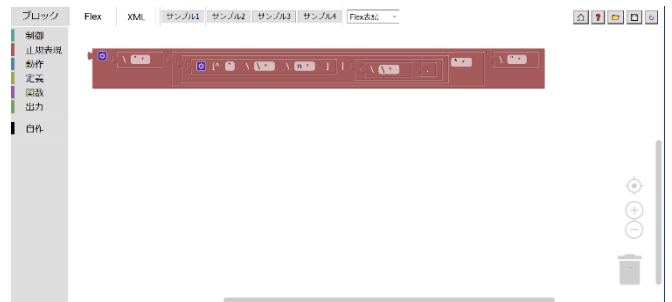


図 12. ある正規表現の Flex 表記

### 3.4 サンプルボタン機能

Blockly を初めて使う人にとって、ワークスペース部が何も無い状態でブロックを一から組み立てて、実行できるプログラムを完成させることは難しい。そこで、このシステムの初心者が利用しやすくするためにサンプルボタンを実装した。図 13 は、サンプルボタンを押したときのワークスペース部のイメージである。WEB ページの上部にサンプルボタンを複数個用意した。このサンプルボタンを押すことによって、システム開発者側が用意したブロックを一瞬でワークスペース部に表示される。システム初心者は、その完成されたブロックのプログラムをアレンジしながらシステムを理解することができる。

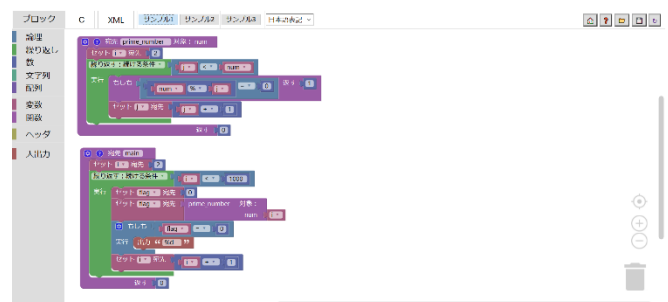


図 13. サンプルボタンを押したときのワークスペース部

### 3.4.1 問題点

サンプルボタンを実装したときに問題が発生した。動的変形機能付きの `printf` ブロックがサンプルボタンを押したときに初期状態のまま出力される。つまり、ソケットがない状態でブロックが出力される。入出力ブロックの動的変形機能は、入力フォームの%の数を検出してソケットの数を増やすのだが、その検出のタイミングは入力フォームに何か変化があるときである。サンプルボタンを押して、入出力ブロックを表示させると入力フォームの変化するタイミングがないため、ソケットも初期状態のままである。

### 3.4.2 改善点

サンプルボタンの問題点を改善するために、JavaScript の `LocalStorage`<sup>3)</sup> という API を利用した。`LocalStorage` とは、データをブラウザ側に保存する仕組みである。同様の有名な API に `Cookie` があるが、`Cookie` には保存の有効期限があるのに対し、`LocalStorage` には有効期限がない。また、`Cookie` よりもより多くのデータ量を保存できる。

## 4. 評価

情報系学科の学生5名を対象に、実際にC言語のシステムとHaskell言語のシステムを使用してもらい、その後以下の評価項目に自由に回答する形式で行った。

- 操作方法は直感的に分かったか
- 使ったブロックとそのブロックの評価
- 欲しい機能やブロック
- 不具合報告

「操作方法は直感的に分かったか」という項目では、C言語のシステムで「サンプルボタンを押すと完成されたプログラムをカスタマイズすることができ、操作方法が直感的に分かった」など、肯定的な回答が見られた。一方、Haskell言語のシステムでは「どういう風につながって良いかとかどう関数を作ったらいいかなどが分からなかった」などといった否定的な回答が多く見られた。

「欲しいブロックとそのブロックの評価」という項目では、「%で出力変数を動的に変更できるのは良いと思った」といった回答が得られ、`printf` ブロックの評判は良かった。

「欲しい機能やブロック」の項目では、「C言語の実数の変数ブロック」、「C言語のビット演算ブロック」、「Haskellの関数ブロックの改良」といった数々の回答が得られた。

## 5. まとめ

大学と大学院の授業で学習する言語に対応させるために、Web ベースグラフィカルプログラミングエディタ `Blockly` の `flex` と `Haskell` への対応を行った。その際に、ブロックの種類が多くなりすぎないように動的変形を利用した拡張を行った。この拡張によって、柔軟性のあるプログラミング言語をブロックの形状によって制限されないようになっている。また、拡張した機能も学習者の負担を増やさないようにしている。しかし、実際に授業で使用してもらっていないので、今回の評価で得られたフィードバックをもとにシステムを改良し、授業で効果を確認する必要がある。

## 6. 今後の課題

大学の授業で効果を確かめられるようなシステムを目指すために、以下に本システムの課題を述べる。

### 6.1 `Blockly` の対応言語を増やす

本システムで対応させた言語は、`C`、`Haskell`、`flex` である。本システムの対応言語が本大学の授業で学ぶ言語にすべて対応できているとはいえない。そこで、次の対応言語として、`Java`、`Ruby`の実装が必要である。

### 6.2 C言語のシステムの配列に対応させる

本システムのC言語システムには、配列に対応させることができなかった。`JavaScript` 言語システムでは、既存のシステムでリストが対応しており、`Haskell` 言語システムでは、リストを本システムで初めて実装した。これらを参考にしながら、C言語の配列に対応させる必要がある。

### 6.3 Haskell言語のシステムの対応構文を増やす

`Haskell`言語のシステムは、著者らの所属する大学・大学院の授業に対応したシステムにするために大学院での授業「プログラミング・パラダイム」の内容に沿って作成した。しかし、授業の内容すべて対応させ

ることはできず、本システムの対応する構文は限定的なものとなってしまった。そこで、do式、let式、case式、関数のカーリー化にも対応させる必要がある。

#### 6.4 ブロック接続部の改善

flex言語システムで接続できないブロックがある。内包表記ブロックの限定式のところで、直接式ブロックを接続しようとしても、接続の形状的に接続することができない。そこで、急遽、接続できないときのために作られたブロックを用意した。以下の図14の黒色のブロックが急遽、用意したブロックである。このブロックがワークスペース部にある状態で、XMLコードタブを押しワークスペース部に戻るとエラーでプログラムが出力できなくなる。この問題を解決するためにも、ブロックの接続部の改善を検討しなければならない。

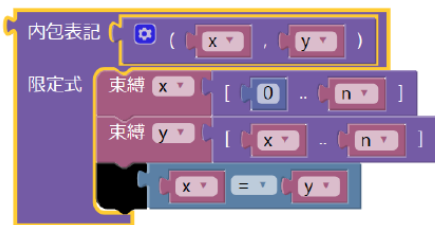


図14. 接続できないときのために作られたブロックのプログラム例

#### 謝辞

システムの評価に協力して頂いた、大橋健太さん、仁科陽彦さん、朝野有也さん、伊藤拓海さん、太田圭祐さんに深く感謝します。

本研究はJSPS 科研費 15K01075 の助成を受けたものである。

#### 参 考 文 献

- (1) 尾崎陽一・香川考司, “Web ベースグラフィカルプログラミングエディタを用いた Flex プログラミング環境の開発”, 第 38 回全国大会 (JSiSE2013) 講演論文集, TF1-1
- (2) Fraser, N. “Google Blockly” – a visual programming editor. <https://developers.google.com/blockly/>, (参照 2018-09-18).
- (3) HTML standard, “LocalStorage”, <https://html.spec.whatwg.org/multipage/webstorage.html>, (参照 2018-09-18)

# 構文解析を用いた

## C 言語指導コメント支援システムの構築

木村光星<sup>\*1</sup>, 香川考司<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup> 香川大学大学院工学研究科

<sup>\*2</sup> 香川大学創造工学部

## Implementation of a Support System for Annotating C Programs using Syntax Analysis.

Kosei Kimura<sup>\*1</sup>, Koji Kagawa<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup> Graduate School of Engineering, Kagawa University

<sup>\*2</sup> Faculty of Engineering and Design, Kagawa University

プログラミングの演習では学習者が自らで解決できないエラーなどが発生した際に教員や TA といった指導者に質問を行う。このとき、指導者の数を超える質問が同時に発生すると質問を行いたい学習者は指導者の手が空くまで待つ必要がある。この待ち時間は学習効率の低下につながってしまう。そこで本研究では、指導に対する支援を行うシステムを開発し、学習者一人あたりにかかる指導時間の短縮と指導者の負担軽減を図った。このシステムはタブレット端末での使用を想定しており、タブレット端末の操作性の問題点を解決するために、構文解析の結果を用いて範囲選択、指摘コメントの挿入を容易に行えるようにした。

キーワード: 構文解析, C 言語, プログラミング指導支援システム, タブレット端末

### 1. はじめに

プログラミングの演習において学習者は、コンパイラに表示されているエラー内容が理解できない場合や、思うような実行結果にならずその原因がわからない場合などに指導者に質問し、解決を図る。

香川大学のプログラミング演習におけるTA業務において指導者はタブレット端末を利用しているが、用途は出題内容・模範解答の確認程度でありソースコードの読解や、間違っている箇所の指摘という部分を支援するものではない。

そこで本研究では、タブレット端末上で動作する指導に対する支援を行うシステムの開発を行った。これにより、質問ひとつあたりにかかる指導時間の短縮と、指導者の負担軽減ができ、指導効率の向上、学習者の質問待ち時間の短縮につながると考える。

しかし、タブレット端末を用いた指導を考えたとき、タブレット端末にはタッチ操作という性質上、細かい範囲指定が難しい、文字入力が遅いといった解決しなければならない問題がある。

この問題を解決するために本研究ではソースコードに対して構文解析を行い、その結果を利用してタブレット端末上での容易な指摘位置の指定と、指摘コメントの挿入を可能にする。

### 2. 関連研究

島川らのシステム<sup>(1)</sup>は、内田らのシステム<sup>(2)</sup>を元にしたWebベースのシステムであり、初めてC言語を学ぶ学習者を対象として、初心者によくある間違いに対して、コンパイラよりも分かりやすいエラーを表示して簡易な間違いの修正を補助する機能をもつ。システムのスクリーンショットを図1に示す。

これにより簡易な間違いでの質問数が減ることで指導者の負担軽減、学習者の学習効率の向上につながるが、システムが対応していないエラーや、アルゴリズムなどの論理エラーなどは検出することができない。そのため、最終な指導者の目視が必要となる。



図 1 島川らのシステムのスクリーンショット

前田らのシステム<sup>(3)</sup>は、提出されたプログラミングレポートの添削を支援するため添削コメント挿入機能やプログラミングスタイルの自動診断機能、類似レポート判断機能、再提出レポートの比較機能などを実装したWebベースシステムの開発を行ったものである。

TA業務を想定しているシステムではないが、指摘コメントの送信だけでなくインデントの乱れや、余分な空白行などを自動診断してくれる機能もあり、指導者の負担軽減につながると考える。しかし、指摘コメントを挿入する位置は自身で選択を行う必要があり、ソースコードの読解を支援する機能はない。

そのため、比較的長めのソースコードが提出された場合、指摘位置の選択に時間がかかってしまう。

### 3. タブレット端末の利用

本研究で開発したシステムはWebベースで開発を行い、タブレット端末での利用を想定する。

#### 3.1 Web ベースシステムの利点

Web ベースシステムを利用することで次のような利点がある。

- システムの導入が容易
- システムのカスタマイズが容易

- システムの不具合をすぐに修正可能

#### 3.2 タブレット端末の利点

また、タブレット型端末を利用することで次の利点が挙げられる。

- PC と比較して持ち運びが容易
  - タップ・スワイプといった直感的な操作が可能
- タブレット型端末は PC と同じ画面を見ることができ、誰でも簡単に使用可能であるというメリットがある。

#### 3.3 タブレット端末の問題点

しかしタブレット端末での使用を想定した場合、次のような解決すべき問題点がある。

まず、タブレット端末は基本的に PC よりも画面サイズが小さいので同じページを表示したときに、表示できる範囲に限りがあるという点である。

また、タブレット端末の操作は指を用いてタップ、フリック、スワイプ、ピンチイン、ピンチアウトといった基本操作を組み合わせで行う。このときディスプレイが認識する範囲は指先全体となるため、誤認識が起りやすく細かい操作は不得意である。例としては、画面に表示されている文章の中から特定の単語だけを選択するといった操作が挙げられる。

## 4. 構文解析の実装

本システムでは先に述べたタブレット端末を利用する上での問題点を解決するため、構文解析を利用する。

エディタに入力されたソースコードを構文解析部分のサブレットに送信し構文解析の結果を取得する。

その結果を用いた特定の式や文の抽出、選択機能を実装することでタブレット端末上でも指摘を行いたい箇所を素早く選択し、指摘コメントの挿入を可能とした。

構文解析部分の実装には Eclipse CDT (C/C++ Development Toolkit) のパーサを用いた。Eclipse CDT は Eclipse のプラグインであるため Web ベースのシステムに移植する場合 Eclipse 依存のライブラリを利用している部分を取り除く必要がある。



## 5. システム概要

ここでは実際のシステムの概要を説明する。図2にシステムのスクリーンショットを示す。

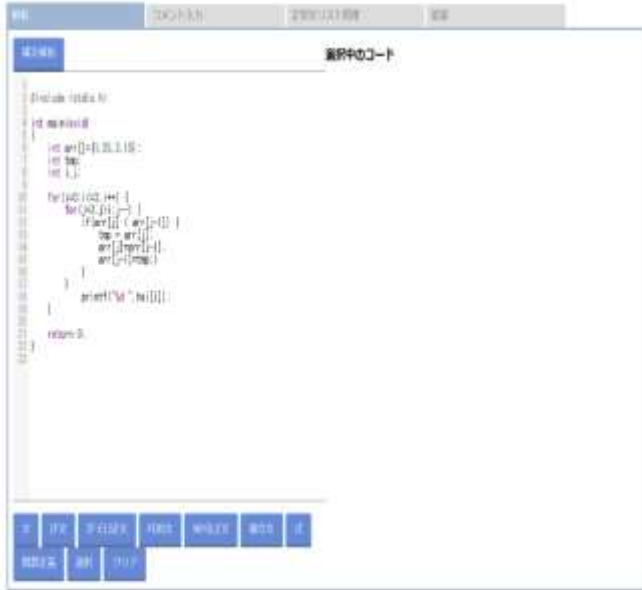


図2 システムのスクリーンショット

学習者が提出したソースコードをサーバ側で構文解析し、指導者にソースコードと構文解析の結果を表示する。指導者はその構文解析の結果から特定の構文をボタン一つで容易に見つけることが出来る。これを利用して指摘を行いたい位置の選択を行い、その場所に対して指摘コメントを挿入する。選択している位置はハイライトして表示される。実際に for 文を選択した状態を図3に示す。

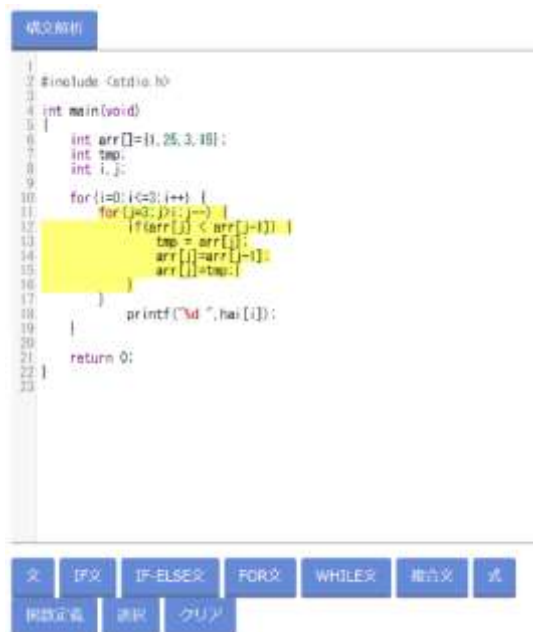


図3 for文を選択した例

指摘コメントの挿入方法は実際に入力を行うか、テンプレート機能から選択するという2つがある。このテンプレート機能は、学習者がよく間違えると想定される内容に応じた指摘内容をテンプレートとして用意しておき、テンプレートを選択することで入力欄に自動入力されるというものである。これによりタブレット端末でも素早い指摘内容の入力が可能となる。図4に示すように右側の定型文リストで選択した「i>jではなくj>iが正しい条件です」という文章が左側のテキストエリアに自動入力される。



図4 指摘コメントのテンプレート機能

また、入力された指摘内容を学習者側に指摘箇所がソースコードのどの位置であるか、どのような内容であるかが一目で判断できるように表示し、的確に間違っている箇所の訂正ができるようになっている。図5に図4で挿入した指摘コメントの学習者側での表示例を示す。

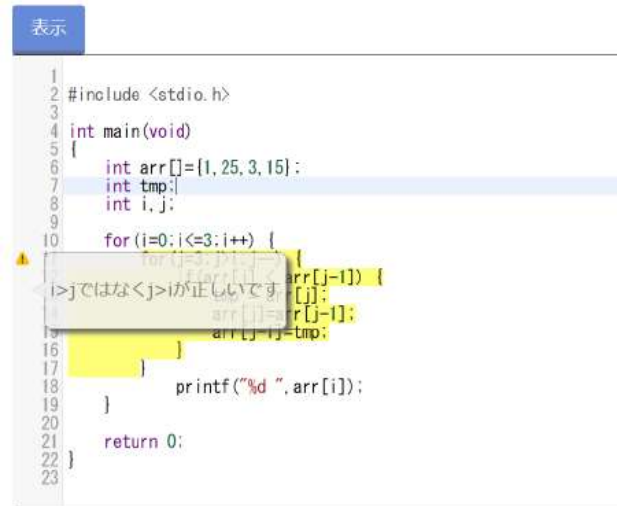


図5 指摘コメントの表示

## 6. おわりに

本研究では、プログラミング演習での指導者を支援するため、構文解析を用いたC言語指導コメント支援システムの開発を行った。構文解析の結果を利用した特定構文の範囲選択機能、指摘コメントのテンプレート機能の実装によってタブレット端末の操作性の問題

を解決し、素早く指導が行えるようになった。

しかし、同研究室の大学院生 2 名に実際に使用してもらい評価を行った結果、「現段階では上から出現した順でしか選択できないので、ソースコードが長くなると目的の位置まで構文ボタンのタップの手間が増える」、「同一構文内に複数指摘を行った場合に指摘箇所が分かりづらくなる」といった新たな改善点が見つかった。

今後はこれらの問題点を解決するため、「一つ前に選択した箇所に戻る」や、「選択を始める位置の指定」、「for 文の中の if 文といった組み合わせでの選択」機能といったような範囲選択方法についての実装を行う。

また、指摘コメントの内容によっては特定の構文にしか適さないものがある。そういったものをすべて表示してはテンプレートから指摘コメントを選択する手間が増えてしまう。そこで選択した構文によって適切なテンプレートのみを表示する機能を実装し、指摘コメントのテンプレート機能の改善を行う。

## 謝辞

本研究は JSPS 科研費 15K01075 の助成を受けたものである。

## 参 考 文 献

- (1) 島川大輝, 香川考司: “C-Helper を用いた Web ベースの C 言語開発環境の構築”, 教育システム情報学会第 40 回全国大会 (JSiSE2015) 講演論文集, A3-1, 2015
- (2) 内田公太, 権藤克彦: “C 言語初学者向けツール C-Helper の現状と展望”, 第 54 回プログラミング・シンポジウム予稿集 2013, pp. 153-160, 2013
- (3) 前田一樹, 渡辺義明: “効率的な添削と学習効果の向上を目指したプログラミングレポート添削支援システムの開発”, 平成 25 年度電気関係学会九州支部連合大会 (第 66 回連合大会) 講演論文集, p.617, 2013.

# アクティブラーニング授業における評価

## -テキストマイニングによる自由記述分析と授業達成度の関連-

三原和馬<sup>\*1</sup>, 真嶋由貴恵<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> 大阪府立大学 人間社会システム科学研究科

## Evaluation of Active Learning Class through Relationship between Free Description Analysis by Text Mining and Class Achievement

Kazuma Mihara, Yukie Majima

<sup>\*1</sup>Graduate School of Humanities and Sustainable System Science

Osaka Prefecture University

近年、文部科学省による「大学教育再生加速プログラム」を受け、アクティブラーニングの視点から授業改善を行う大学が増加している。また、学生の授業理解度や満足度を図るために授業アンケートも導入されて久しい。授業アンケートにはリッカート尺度を用いることが多く、統計処理をしやすいという面もあるが、これだけでは受講生の潜在的ニーズやその傾向を知ることは難しい。そこで、受講生が主体的に学ぶことを目的としたアクティブラーニングの授業において「自由記述」とリッカート尺度を用いた学生の「授業目標達成度」という2つの観点からアクティブラーニング授業の評価を試みた。本研究ではテキストマイニングを活用した自由記述分析と授業目標達成度との関連性について分析を行った。

キーワード: 授業評価, アクティブラーニング, テキストマイニング, 対応分析

### 1. はじめに

近年、文部科学省による「大学教育再生加速プログラム」を受け、FD(Faculty Development)の活発化が見られる。それにより、授業評価アンケートやアクティブラーニングを取り入れた授業が多くの大学で取り入れられている。アクティブラーニングとは、「教員による一方向的な講義形式の教育とは異なり、学修者の能動的な学修への参加を取り入れた教授・学習法の総称。学修者が能動的に学修することによって、認知的、倫理的、社会的能力、教養、知識、経験を含めた汎用的能力の育成を図る。発見学習、問題解決学習、体験学習、調査学習等が含まれるが、教室内でのグループ・ディスカッション、ディベート、グループ・ワーク等も有効なアクティブラーニングの方法<sup>(1)</sup>」と定義され、それにより学

生の理解度に影響を及ぼす報告もある<sup>(2)</sup>。しかし、昨今の学生の多様化により、学生たちに何が身につけているかが見えにくくなっている。また、授業改善の一環として授業評価アンケートも行われているが、評価にはリッカート尺度(段階評価)が用いられることが多い。この尺度は統計処理がしやすいという面もあるが、これだけでは学生の個別ニーズなどの傾向を把握するのは難しい。そのため、自由記述の欄を設定することも多いが、膨大な数の記載を精読し、リッカート尺度と併せて分析するのは大変困難である。また、たとえ精読したとしても、文章の理解においては、分析者の主観的なバイアスがかかってしまう危険性も考えられる。そこで、今回は自由記述分をテキストマイニングし、リッカート尺度結果と併せて定量的な分析を行うことを目的とした。

## 2. 関連研究

授業評価アンケートの自由記述部分をテキストマイニングした分析は過去多く行われてきた。越中<sup>③</sup>は多変量解析によるデータの要約・提示を行うことで客観性を確保しつつ、学生の自由記述の全体的な傾向をとらえることを試みた。また、松河<sup>④</sup>はトピックモデルを用いた分析を行った。抽出したトピックを自由記述データと紐づけることで、全体の傾向と比較した各科目群のトピック分布の特徴について、クロス表による情報の可視化を行った。このように、自由記述部分を可視化し傾向をつかむ研究は多く行われているが、具体的な授業改善の要因を見つけるのは難しい。そのため、学生の理解度や満足度をできるだけ考慮していく必要がある。しかし、学生の満足度や理解度をできるだけ考慮に入れた授業評価の分析は少ない<sup>⑤</sup>。そこで本研究では、アクティブラーニング授業における授業評価アンケートを学生の理解度も考慮しつつ、自由記述データと紐づけて分析し、2つの関連を見ていくことで、アクティブラーニング授業の評価を行う。

## 3. アクティブラーニング授業実践の方法

### 3.1 対象授業科目

本研究では「ヘルスケアシステム」、「ヘルスケアサービス」、「疫学」の3つの授業である。「ヘルスケアシステム」、「ヘルスケアサービス」はO大学で行われている選択科目である。この2つは授業体系が似ており、20～30人の比較的少人数のクラスサイズとなっている。「疫学」についてはK大学で行われている看護職養成課程の授業で必修科目である。受講生は100人程度で一斉授業を主体としている。

### 3.2 アクティブラーニング手法

アクティブラーニング手法といっても様々な手法があり、溝上<sup>⑥</sup>は講義型授業と演習型授業に分けてアクティブラーニングの手法を検討している。したがって、今回3つの授業の授業評価アンケートを分析するにあたり、溝上が提案する分類例に習って2つに分類し、各授業でそれぞれ取り入れているアクティブラーニング手法をまとめたものを表1に示す。

「ヘルスケアシステム」、「ヘルスケアサービス」については能動的な学習を目的としているため、グループワークを取り入れている。「疫学」については知識の定着に重きを置いており、授業が終了しても知識を持続するために「マイノート・作問」の作成を促している。

表1 授業で使っているアクティブラーニング手法

	内容	ツール	ヘルスケアシステム・サービス	疫学	
学習プロセス	講義型授業	コメント・質問書かせる	授業ポートフォリオ	○	○
		リフレクション	ピアレビュー	○	○
		ディベート		○	
		レスポンスアナライザー	クリッカー	○	○
		身近な現象を観察させる			
	演習型授業	情報収集	課題提示	○	○
		インタビュー・質問紙調査・実験			
		製作	マイノート・作問		○
		野外観察			
		グループ・ディスカッション	今日のニュース発表・質疑プレゼンテーションソフトの使用*	○	○
		グループ学習		○	○
		プレゼンテーション		○	○
		教員・他の学生との質疑応答		○	○

\*今日のニュース発表:指定された学生が自身の興味のあるトピックを選択し、プレゼンテーション形式で学生全体に共有する取り組み。

### 3.3 授業目標の達成度

今回の分析で関連性を見るにあたり、授業開始時に示された「授業到達目標」に対し、終了時に学生自身で自己評価した「達成度」に着目した。「ヘルスケアシステム」では3項目、「ヘルスケアサービス」では5項目、「疫学」では7項目の授業目標に対して、達成できたか否かを5段階で評価したものを学生の授業目標の点数とし、それらの平均値を使用する。各授業目標達成度の項目については表2,3,4に示す。

表2 ヘルスケアシステムの授業目標

授業目標	
①	疫学の概念と基本用語を理解し説明できる
②	疫学頻度とリスクあるいは効果の指標について説明できる
③	疫学調査法について説明できる
④	集団検診の原理と方法について説明できる
⑤	主な人口統計と保険統計について説明できる
⑥	主な疾患の頻度と分布,危険因子及び予防について説明できる
⑦	保健師活動における疫学的視点の重要性について説明できる

表 3 ヘルスケアサービスの授業目標

授業目標	
①	アクティブラーニングを通して、認知的、倫理的、社会的能力、教養、知識、経験を含めた汎用的能力の向上ができる
②	今後のヘルスケアサービスの在り方について考え、ひとつでも実践することができる
③	ヘルスケアの基本的知識として必要な基本的な人体の構造と臓器機能とその病態病理、および国際標準疾病分類、臨床看護について理解、説明できる
④	ヘルスケアに関わる個人情報の収集、蓄積、伝達、情報開示および利用について、ヘルスケア専門職の役割・責務と具体的対処について理解、説明できる
⑤	ヘルスケア専門職との円滑なコミュニケーションができるように、ヘルスケア（保健・医療・福祉）分野に関する一般的知識、保健医療福祉制度、ヘルスケアサービスに関する基本的知識を理解、説明できる

表 4 疫学授業目標

授業目標	
①	我が国における情報化施策の経緯と現状について知り、効果的かつ質の保証された高度なヘルスケア（保健・医療・福祉）サービスを提供するための情報通信技術の必要性および活用方法について理解する
②	現在のヘルスケアに関する利用者のニーズや、抱えている課題（対象者のプライバシーならびに個人情報保護、健康データの一元化と二次利用方法）に対して、情報化技術の発展を踏まえ、具体的な解決方法や今後の展望について創造できる能力を養う
③	ヘルスケア分野で稼働する情報システムの企画立案、開発・運用保守を行うためにヘルスケアシステムに関する実務的な基礎知識や基礎技術力を習得する

## 4. 分析方法および結果

### 4.1 分析対象

「ヘルスケアシステム」、「ヘルスケアサービス」、「疫学」の3つの授業を対象とし、ヘルスケアサービスは2015-2017年の3年間、ヘルスケアシステムは2015-2018年の4年間、疫学は2011-2017年の7年間に収集された計389件のアンケートを使用した。各年度の集計数を表5、年度ごとの集計数の推移については表6に示す。

表 5 授業評価アンケート集計数（自由記述有）

授業	期間	アンケート数
ヘルスケアシステム	2015-2018	65
ヘルスケアサービス	2015-2017	36
疫学	2011-2017	282
合計		383

表 6 授業評価アンケート数（自由記述有）推移

授業名	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	計
ヘルスケアシステム					16	9	18	22	65
ヘルスケアサービス					14	13	9		36
疫学	35	53	45	44	23	36	46		282
合計									383

### 4.2 分析の概要

まず、授業の形態別に分析を行う。選択科目であり、少人数クラスで同様の授業形態である「ヘルスケアシステム」と「ヘルスケアサービス」、大人数対象の一斉授業型かつ必修科目である「疫学」の2つに分けて分析を行い、次に、同じ教員がアクティブラーニングの方法を取り入れた授業として、全てを合わせた分析を行う。分析の概要を図1に示す。①授業評価アンケートを3分類する。分類方法として授業目標達成度の項目に着目し、各授業目標の平均点について、4点以上の学生を「高い」（以下：上位グループ）、3.01点以上を「中間」（以下：中位グループ）、3点以下を「低い」（以下：下位グループ）とする。各授業の平均点を表7に示す。②文章から特徴データを抽出するために形態素解析を行い、単語を抽出する。その後、不要な品詞や数字を取り除きデータを整理する。③適切な数的処理で分類・解析を行うため整理したデータを使い、対応分析を用いてそれぞれの特徴量を出す。④分析結果の可視化を行うため、対応分析によって求めた特徴量を2次元上にプロットし、それらの関連について考察する。

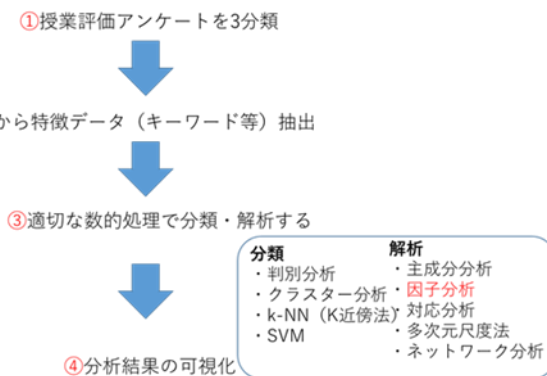


図 1 分析概要

表 7 カテゴリー別 目標到達度の平均点

グループ	ヘルスケアシステム ヘルスケアサービス	疫学	全授業
上位グループ	4.31	4.24	4.27
中位グループ	3.58	3.48	3.5
下位グループ	2.94	2.71	2.74

### 4.3 特徴データ抽出

後述する対応分析において、授業形態ごとに分析した場合、授業目標到達度と自由記述データの関連は見られなかった。そこで、3つの授業すべてを合わせたデータを用いた分析のみ言及する。

上位・中位・下位のグループ別に形態素解析ツール「RMeCab」<sup>(7)</sup>を使い、自由記述データを形態素(言語での最小単位)にまで分割する。そこから名詞のみを抽出し、単語の出現頻度について調査した。グラフ上の数字は全体の名詞の出現頻度割合を表した。グループ別の割合を図2, 3, 4に示す。各グループの人数と名詞の数を表8に示す。さらに、目標到達度評価の平均点が「上位グループ」の10位までに出現したワードと「中, 下位グループ」の単語の順位を比較したものを表9に示す。その結果、中位グループでは、「勉強」、「クリッカー」が上位グループよりも上の順位になっており、下位グループでは、「理解」が上の順位になっていた。また、上位グループで10位以内に入っているが、中位・下位グループでは入っていないものは「発表」、下位グループにのみ入っていないものは「クリッカー」、「自分」となっていた。

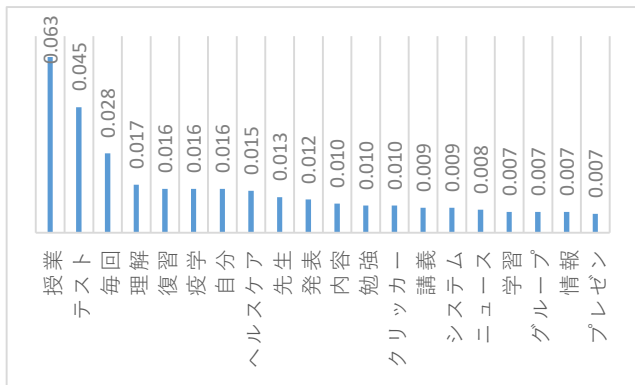


図2 上位グループの単語の出現頻度割合

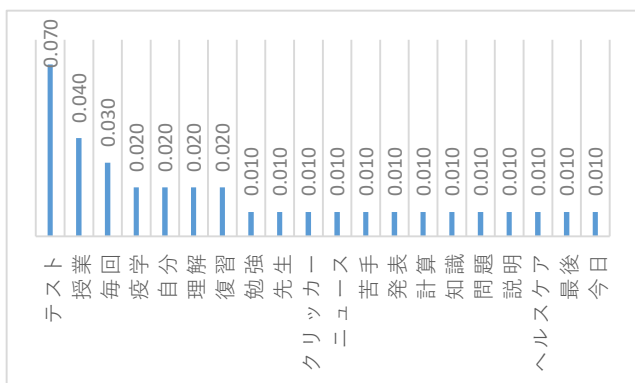


図3 中位グループの単語の出現頻度割合

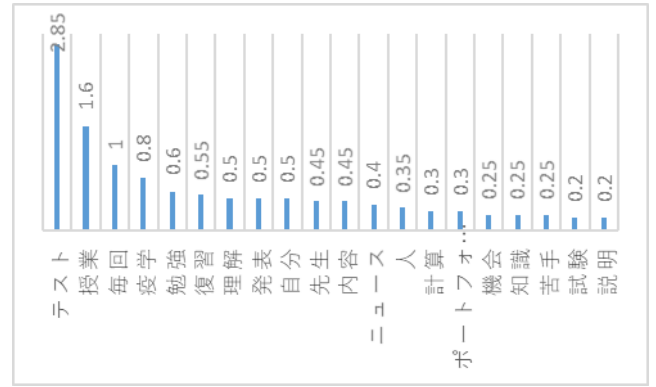


図4 下位グループの単語の出現頻度割合

表8 グループ別人数と総名詞数

カテゴリ	人数	総名詞数
上位グループ	143	1341
中位グループ	156	1525
下位グループ	76	620

表9 出現順位比較表

単語	上位グループ	中位グループ	下位グループ
テスト	1	1	1
授業	2	2	2
毎回	3	3	3
理解	4	4	7
疫学	5	5	4
復習	6	6	6
勉強	7	8	5
クリッカー	8	10	-
自分	9	7	-
発表	10	-	-

### 4.4 対応分析

対応分析とは、2つの不連続変数のカテゴリ間での関係を分析する手法である。原データの情報を失うことなく簡単なデータ行列に置き換えることができるため、複雑なデータ行列の構造を明らかにすることが可能である。

分析結果をプロットした際に、プロットされた座標点が近いカテゴリ水準には強い相関があることを意味している。つまり、カテゴリと関連性が高いワードほど近くにプロットされ、弱いワードほど遠くにプロットされる。

## 5. 考察

「ヘルスケアシステム&ヘルスケアサービス」,  
「疫学」の両者別々に対応分析を行った結果, 授業目  
標到達度と自由記述データの関連が見られなかった。  
「ヘルスケアシステム・ヘルスケアサービス」では,  
少人数の授業形態であるため, データ数が極端に少  
ないことが要因だと考えられる。そこで, 3つ全ての  
授業データを合わせて分析した結果, 図5のようにな  
った。点数の高い上位グループが左側に, 中間グル  
ープが右上, 下位グループが右下に配置された。左上  
の大きな赤い円(図5参照)で囲んだキーワードは  
上位グループと中位の頻出語となっており, キーワ  
ードの配置から推測すると, 中・上位グループには  
「アクティブラーニング」, 「グループ」, 「ワーク」,  
「クリッカー」など, 表1で示したアクティブラー  
ニング手法に関する単語が多く配置されていた。こ  
のことから, これらのグループではアクティブラー  
ニング手法について多く言及していることがわかっ  
た。したがって, 授業目標達成度が中・上位グル  
ープにはアクティブラーニングが効果的に働いてい  
るのではないかと推察できる。

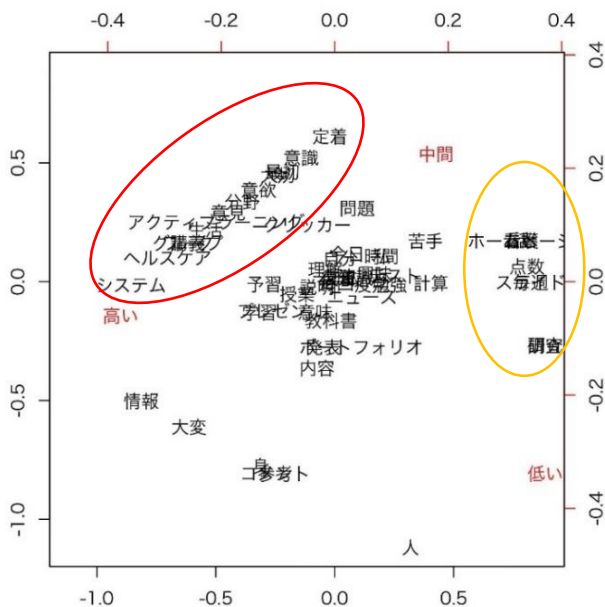


図5 対応分析結果

## 6. まとめ

本研究では, アクティブラーニングを導入してい  
る授業の評価を自由記述データとリッカート尺度を

用いた授業目標達成度の2つの観点からテキストマ  
イニングによる分析を行い, 各グループの特徴を定  
量的な把握と得点差に基づく比較を行った。これら  
の分析を通して, 授業目標達成度を高く評価してい  
るグループは, 低く評価しているグループに比べて  
アクティブラーニングの手法に関する単語が頻出し,  
アクティブラーニングが効果的であったと推察され  
る。逆に, 全く言及されてない手法もあり, これにつ  
いては教材としての在り方を検討するなど, より効  
果的なフィードバックを行うことができる。

今回, 自由記述と授業到達度評価の2つの観点か  
ら分析をすることによって, 教員に授業内での取り  
組みが効果的かどうかを判断する手助けになるので  
はないかと考える。一方, 分析においては, データ数  
が少ない授業もあり, 授業ごとの分析では有益な結  
果が得られなかった。そのため今回は, 同一教員で採  
用しているアクティブラーニングの手法が同じ授業  
として, 3つの授業データを合わせて分析を行った。  
今後は, 授業ごとで分析を行うために十分な自由記  
述データ収集方法について検討を行う。また, 今回使  
用した授業目標達成度の平均値は, 学生個々の主観  
的な評価であり, 必ずしも実際の理解度や知識の定  
着度と一致するとは限らない。したがって, 結果の検  
定と客観的な理解度の指標の導入を今後の課題とし  
ていきたい。

### 参考文献

- (1) 中央審議会：質的転換答申(2012)
- (2) 猫田泰敏：“疫学講義におけるクリッカー使用と学生  
の反応, 日本看護研究学会雑誌, 35, pp.137-143(2012)
- (3) 越中康治：“テキストマイニングによる授業評価アン  
ケートの分析：共起ネットワークによる自由記述の可  
視化の試み”, 宮城教育大学情報処理センター研究紀  
要, 22, pp.67-74(2015)
- (4) 松河秀哉：“トピックモデルを用いた授業評価アンケ  
ートの自由記述の分析”, 日本教育工学会論文誌, 41(3),  
pp.233-244(2017)
- (5) 松河秀哉, 齊藤貴浩：“データ・テキストマイニングを  
活用した授業評価アンケートフィードバックシステ  
ムの開発と評価”, 日本教育工学会論文誌, 35(3),  
pp.217-226(2011)
- (6) 溝上慎一：“アクティブ・ラーニング導入の実践的課

題”，名古屋高等教育研究，7，pp.269-287(2007)

(7) RMeCa:(<http://rmecab.jp/wiki/index.php?RMeCab> )

(最終閲覧日，2018年9月27日)



# 複数ペア分のシャトル型コミュニケーション・データに

## KeyPaSS を適用した質的分析の試み

斐品正照<sup>\*1</sup>, 浅羽修丈<sup>\*2</sup>, 大河雄一<sup>\*3</sup>, 三石 大<sup>\*4</sup>

\*1 東京国際大学商学部 \*2 北九州市立大学基盤教育センター

\*3 東北大学大学院教育学研究科 \*4 東北大学教育情報基盤センター

## A Trial of Qualitative Analysis with the KeyPaSS on Shuttle

## Communication by Multiple Pairs between a Student and a Teacher

Masateru HISHINA <sup>\*1</sup>, Nobutake ASABA <sup>\*2</sup>, Yuichi OHKAWA <sup>\*3</sup>, Takashi MITSUISHI <sup>\*4</sup>

\*1 School of Business and Commerce, Tokyo International University

\*2 Center for Fundamental Education, The University of Kitakyushu

\*3 Graduate School of Education, Tohoku University

\*4 Center for Information Technology in Education, Tohoku University

本研究は、授業期間内を通じて受講生と担当教員との間(2人1組のペア内)で交わされるシャトル型コミュニケーション(SC)を対象としている。筆者らは、複数ペア分のSCのメッセージに、筆者らが開発した質的データ分析法のKeyPaSSを適用して、メッセージの記述内容と対話の様相を分析している。本稿では、この分析で得られたメッセージの記述内容と対話の様相について、ペアごとの共通点や違いを議論している。

キーワード: シャトル型コミュニケーション, 学習意欲, 質的データ分析法, キーワード, 対話パターン

### 1. はじめに

本研究は、授業において受講生と担当教員との間(2人1組のペア内)で交わされるシャトル型コミュニケーション(SC)を対象としている。この研究対象のSCは、具体的には以下に示すサイクルで行われる。まず、授業の終了時に個々の受講生が担当教員宛にメッセージを1通だけ送信する。次に、それを担当教員が次の授業の開始時まで読んで個々の受講生宛にメッセージを1通ずつ返信する。そして、それを個々の受講生が次の授業の開始時に読む。以上を授業期間内の毎回の授業で繰り返す。先行研究<sup>(1)-(5)</sup>によると、このSCは、受講生の学習意欲を向上させて、授業内容の理解を促進させる効果が期待される。

しかしながら、このSCにおいて、どのような内容の記述(記述内容)が効果的なのか、あるいは、相手のどのような話題に対してどのような話題を返信する対話(対話様相)が効果的なのかが、SCで収集したメッセージ(データ)に基づき明らかにされていない。そのため、授業に新たにSC

を取り入れようとする教員が、SCを効果的にするためには、記述内容と対話様相を試行錯誤せざるを得ない。

そこで、我々は、授業でのSCが経験豊富な教員に着目し、その教員が担当する1クラス(受講生8名)でSCのデータを収集した。そして、効果的なSCを検討する前段階として、その8ペア分のデータに、我々が開発した質的データ分析法のKeyPaSS<sup>(6)-(9)</sup>を適用し、メッセージの記述内容と対話の様相の抽出を試みた。本稿では、8ペア分のSCのデータにKeyPaSSを適用して得られた記述内容と対話様相を報告し、ペアごとの共通点や違いを議論する。

### 2. 分析対象のデータと質的データ分析法

#### 2.1 分析の対象のSCのデータ

本研究で分析の対象としたデータは、X大学の2014年度秋学期のSCを取り入れた授業で収集した1クラス(8ペア)分のSCのメッセージ(記述内容の指定は無)である<sup>(9)</sup>。当該授業の担当教員は、SCを取り入れた授業で、学生

による授業評価アンケートの高評価を受けて、2012年度に X 大学のベストプラクティス賞を受賞した経験を持つ。我々は、このような経験を持つ教員の授業における SC では、受講生の学習意欲の向上や授業内容の理解を促進する効果的な対話を行っている可能性が高いと考えた。

この授業の授業回毎の概要を示した授業記録の抜粋を表 1 に示す。この授業での SC は合計 13 回の授業で実施された。また、この授業での SC は、我々が開発した SC 用ウェブアプリケーションの iConversation (以下 iCon) (10)~(12)を用いた。なお、この iCon を用いたデータの採取とその分析は、受講生と担当教員の双方から予め承諾を得ていたため、X 大学の規定に基づき学術研究倫理審査は受けていない。

## 2.2 SC を対象とした質的データ分析法の KeyPaSS

分析に用いた KeyPaSS (Keyword and dialogue Pattern of Shuttle-type communication analysis method based on SCAT)は、我々が SCAT(13),(14)をベースにして開発した SC のデータを想定した質的データ分析法である(6)~(9)。SC のデータに KeyPaSS を適用すると、データ内の記述内容を概念(キーワード)として、データ内の対話様相を概念(対

話パターン)として抽出する。ここで、キーワードは、言及対象とその状態・印象の記述を概念化したものを想定している。例えば「講義内容の難易度がやや難しい」という記述からは、カテゴリ名・特性・次元の枠組み(15)を踏まえることにより、カテゴリ名の「講義」と特性の「難易度」、次元の「やや難しい」というキーワードが抽出される。また、対話パターンは、1通のメッセージ中の話題が他のメッセージ中の話題と連鎖しているときの状態を概念化したものを想定

表 1 授業記録の抜粋

授業回	授業日	iConの 使用	概要
第1回	10月7日	無	ガイダンス
第2回	10月14日	有	データの収集と情報の信頼性
第3回	10月21日	有	スライドデザインのポイント
第4回	10月28日	有	グラフの見せ方1
第5回	11月4日	有	グラフの見せ方2
第6回	11月11日	有	ビジュアル・コンセプトと ビジュアル・メタファー
第7回	11月18日	有	ビジュアルを使って 相手にメッセージが届いたか
第8回	11月25日	有	ロジックツリー1
第9回	12月2日	有	ロジックツリー2
第10回	12月9日	有	“聞かせる情報”と プレゼンターの心得, および発表準備
第11回	12月16日	有	発表準備
第12回	1月6日	有	発表準備
第13回	1月13日	有	発表準備とリハーサル
第14回	1月20日	有	発表会
第15回	1月27日	無	発表会

ステップ	概要	手続き	
①	データのセグメント化	1ペア分につき1つの分析シートで、データを1通毎のメッセージに分割(セグメント化)して、その通し番号、発信者、発信日等を併記。(句点や改行がある場合は、それを基準にしてさらに分割)	
②	着目する語句の明確化	①の各セグメントの中で着目する語句を抽出。(着目:個々の話を区別しそれらを網羅的に選択)	
③	着目した語句の一般化	①で併記した発信者、発信日等から得られるデータ外の情報(記入時に影響した可能性のある要因)も踏まえて、②で着目した語句の意味を解釈して、その主部と述部を推測(不足部分は恣意的にならない範囲で推測)しながら、なるべく一般的な用語で名詞句にして記述。	
④	データ外 の概念に よる説明	①キーワード化と 語句の記述	
	②プロセス上の 要素の記述	データ内(1ペア分あるいは複数ペア分)で、③の全ての語句を順次比較しながら、その語句をカテゴリ名・特性・次元の枠組みで捉え直したキーワードを検査しながら、そのキーワードを繋げた語句を記述。その際には、必ず確認シート(キーワード)を記録・参照する。	
⑤	浮上する テーマの記 述	①グループ化	1つの分析シートの中で、④①で記述した語句の間で因果関係(例:現象→行為→帰結)のプロセスを検査し、④①の語句の隣にプロセス上の要素を表す語を併記。(要素の例:原因,結果など)
		②ストーリーライン化	④①で検討したキーワードや、④②で記述したプロセス上の要素を参考に、1通のメッセージの中で繋がりの強いキーワードを、1つのグループ(メッセージを構成する1つの話題)として抽出。
		③テーマの記述	④②のストーリーラインを縮約した語句をテーマ(話題のタイトル)として記述。
⑥	疑問・課題	①~④の手続きが適切に行えたかどうかを振り返って確認しながら、分析上の疑問や課題を記録。	
⑦	テーマの関連図の作成	1つの分析シートの中の④③の全テーマについて、④②で記述したプロセス上の要素を参考に、1通のメッセージの中だけで他のメッセージに繋がらないテーマは単独で、複数のメッセージを跨いで連鎖するテーマは各テーマの間を矢印で繋げて書き出して、テーマの関連図を作成。	
⑧	対話/パターン化と その関連図の作成	データ内(1ペア分あるいは複数ペア分)で、⑦の関連図の中の単独または連鎖するテーマを全て順次比較しながら、それぞれを連鎖回数・発信者の組合せ・シーケンスの枠組みで捉え直した対話パターンを検討しながら、⑦の関連図の中の全てのテーマの語句をシーケンスの要素を表す語に書き換えた関連図を作成。その際には、必ず確認シート(対話パターン)を記録・参照する。(シーケンスの要素:④③のテーマの語句を、対話の流れを構成する要素となる語に抽象化)	
⑨	追求すべき点・課題	①~⑧の手続きが適切に行えたかどうかを振り返って確認しながら、分析上の疑問や課題を記録。	

図 1 KeyPaSS における分析の手続き

している。例えば、受講生からのメッセージの中の「質問」の話題に対して、担当教員がメッセージの中で「解説」の話題を返答していた状態からは、連鎖回数・発信者の組合せ・シーケンスの枠組み<sup>(6)~(9)</sup>を踏まえることにより、連鎖回数は1回、発信者の組合せは「受講生・担当教員」、シーケンスは「質問・解説」という対話パターンが抽出され

る。なお、データ内で同様の意味となっている複数の記述は同一のキーワードとして、また、メッセージを跨ぐ話題が同様の組合せとなっている複数の対話は同一の対話パターンとして抽出するので、KeyPaSS を適用して抽出されたキーワードと対話パターンは集計し比較することができる。

KeyPaSS の詳細は参考文献<sup>(6)~(9)</sup>を参照されたいが、分

表 2 収集した SC のデータとそこから抽出した概念

(a)収集した1クラス(8ペア)分のSCのデータ										
ペア	A組	B組	C組	D組	E組	F組	G組	H組	合計	平均
合計文字数	2018	3476	4437	624	3084	3500	5140	6053	28332	3541.5
※1 改行コードも含む										
メッセージ (通)	20	24	16	3	22	22	20	24	151	18.9
1通あたり文字数	100.90	144.83	277.31	208.00	140.18	159.09	257.00	252.21	-	187.6
(b)KeyPaSSによって抽出された概念										
ペア	A組	B組	C組	D組	E組	F組	G組	H組	合計	平均
キーワード (件)	118	188	238	42	154	193	240	320	1493	186.6
※2 カテゴリの件数で、特性と次元も同数										
対話パターン (件)	26	19	35	3	19	21	20	33	176	22.0

表 3 抽出されたキーワードのカテゴリ名と特性

カテゴリ名	件数	特性	件数	カテゴリ名	件数	特性	件数	カテゴリ名	件数	特性	件数
自己開示	312	趣味	64	授業	80	受講生の受講状態	20	学習意欲	279	目標への刺激	96
		病気	27			進行	15			意気込み	51
		旅行	26			担当教員の言葉	8			目標	31
		感情	24			担当教員の名前	8			自信	25
		既存知識	19			担当教員の話し方	8			満足感	23
		季節的イベント	18			内容	5			自信への刺激	22
		経験	13			時間経過	4			興味	9
		出身地	12			助言	3			期待感	7
		話し言葉	9			担当教員の状態	3			動機への刺激	5
		気分	7			印象	2			好奇心	4
		季節的な気分	7			自己評価	1			期待感への刺激	2
		部活の活動	7			受講生の受講態度	1			興味への刺激	2
		好きなもの	6			受講生の名前	1			動機	2
		日本食の考え	6	日程	1	挨拶	39				
		学習経験	5	補足	54	謝罪	17				
		苦手分野	5	学習成果	37	助言	14				
		公共放送に関する考え	5	重要点	12	感謝	12				
		担当教員の他科目	5	内容	8	気遣い	11				
		グローバルに関する考え	4	対象	7	質問	8				
		健康状態	4	印象	6	雑談	5				
		他の授業での課題	4	分からない点	5	感想	2				
		受講生の印象	3	難易度	2	依頼	1				
		スポーツ経験	2	予告	2	歓迎	1				
		センスの向上	2	わかりやすさ	1	共感	1				
		ポジション	2	質問	1	メッセージの文言	150	相手の記述内容	150		
		居住地	2	対象外	1			笑顔	90		
		進路	2	発表会	35			笑い	52		
		担当教員の印象	2	助言	23			冷や汗顔	29		
		美的センス	2	進捗報告	21			泣き顔	9		
		アルバイト	1	制作目標	11			驚き顔	7		
		センスの考え	1	補足	9			楽しい気分	5		
過去の担当科目	1	受講生の取り組み	8	残念顔(?)	5						
休暇	1	印象	7	冷や汗	2						
高校で学習	1	完了確認	7	謝る仕草	1						
指導意欲	8	仕事での参考資料	1	重要点	5	驚き	4				
		仕事の予定	1	分からない点	5	悩み	1				
		施設関連の考え	1	予告	3	話題変更	6				
		施設関連の知識	1	教材	2	引用	2				
		習慣	1	質問	1	コミュニケーションソフト	34	メッセージの内容	10		
		出生地	1	課題	16			メッセージが無いとき	8		
		所有物	1	受講生	4			最初のメッセージ	8		
		成績	1	内容	4			対象者	8		
		登下校	1	担当教員	2	印象	1	合計(カテゴリ名)	1493	合計(特性)	1493
		得意分野	1	満足感	6	期待感	2				
発想法	1	期待感	2								
部活の所属	1										
利き手	1										

表 4 キーワード(カテゴリ名)のペア(発信者)毎の集計

ペア	発信者	カテゴリ名													小計(件数)
		自己開示	授業	講義	実習	他の授業	指導意欲	学習意欲	社会的対応	メッセージの文言	非言語表現	感動詞	話術	コミュニケーションソフト	
A組	受講生A	1	5	10	4	0	0	22	4	0	1	0	0	0	47
B組	受講生B	30	1	0	8	0	0	4	4	3	11	0	1	0	62
C組	受講生C	13	9	6	10	14	0	38	21	5	3	0	0	2	121
D組	受講生D	7	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	10
E組	受講生E	10	4	4	12	0	0	17	4	0	9	0	0	0	60
F組	受講生F	20	1	10	16	2	0	13	1	2	14	0	2	0	81
G組	受講生G	16	4	24	12	7	0	24	6	1	2	0	1	0	97
H組	受講生H	58	6	6	17	1	0	34	8	0	3	0	2	0	135
x. 小計(受講生)		155	30	60	79	24	0	152	49	12	44	0	6	2	613
A組	担当教員	6	11	11	6	0	1	12	5	3	12	0	0	4	71
B組	担当教員	45	3	1	4	0	1	4	5	27	28	4	0	4	126
C組	担当教員	10	7	9	4	0	4	28	13	23	15	0	0	4	117
D組	担当教員	15	3	0	0	0	0	0	4	2	4	0	0	4	32
E組	担当教員	10	7	9	9	0	1	22	5	11	16	0	0	4	94
F組	担当教員	11	4	7	9	0	1	18	11	25	22	0	0	4	112
G組	担当教員	11	3	34	16	3	0	19	8	22	23	0	0	4	143
H組	担当教員	49	12	5	16	0	0	24	11	25	36	1	2	4	185
y. 小計(担当教員)		157	50	76	64	3	8	127	62	138	156	5	2	32	880
合計(x+y)		312	80	136	143	27	8	279	111	150	200	5	8	34	1493

表 5 抽出された対話パターンの連鎖回数

連鎖回数	件数	連鎖回数	件数
0	59	5	2
1	89	6	1
2	10	7	1
3	12	8	1
4	1	合計	176

析の手続きは図 1 に示す 9 段階のステップで進める。

### 3. KeyPaSS による質的分析の結果

収集した 1 クラス (8 ペア) 分の SC のデータの概要を表 2 の (a) の部分に示す。データ内のメッセージは合計 151 通 (1 ペアあたりの平均 18.9 通), 1 通あたりの文字数は平均 187.6 文字だった。このデータに KeyPaSS を適用した結果を表 2 の (b) の部分に示す。データ内から抽出されたキーワードは合計 1493 件 (1 ペアあたりの平均 186.6 件), 抽出された対話パターンは合計 176 件 (1 ペアあたりの平均 22.0 件) だった。

#### 3.1 抽出されたキーワード

##### 3.1.1 全体的な特徴

抽出されたキーワードは、カテゴリ名が 13 種類、特性が 136 種類、次元が 876 種類だった。キーワードのカテゴリ名と特性の各々の件数を集計した結果を表 3 に示す(次元は 876 種類もあり、頁数の制限により省略)。

表 6 対話パターン(0 回連鎖)のペア毎の集計

発信者 組合せ	シーケンス 要素 1	ペア毎の件数								件数	
		A組	B組	C組	D組	E組	F組	G組	H組		
受講生	挨拶	1	1	9							11
	意気込み	2	2								3 7
	感想	1	1			1	1				1 5
	遅刻	1	1								2
	他者発表					1	1				2
	感想										
	欠席報告					1					1
	進捗報告							1			1
	学習内容										
	報告										1 1
	感謝					1					1
	満足感					1					1
	報告										
	(連休)									1	1
	簡潔記入										
	宣言					1					1
挨拶											
(最後)										1 1	
感想											
(授業										1 1	
総括)											
感想											
(担当教員										1 1	
との対話)											
担当教員	ツール説明	1	1	1	1	1	1	1	1	8	
	挨拶	2	1					1		5	
	自己紹介	1	1			1	1			4	
	目標の喚起	2	1							4	
	激励	1								1	
合計		13	2	21	1	4	5	2	11	59	

なお、カテゴリ名の「メッセージの文言」とは、相手が記述した内容を前提(起因)として記述された返信内容であり、相手の記述内容を転記(復唱)することで確認(強調)したり、相手の記述内容に対する共感や同意を表明したりする

記述内容のことである。また、カテゴリ名の「コミュニケーションソフト」とは、SC で用いた iCon に関する記述内容のことである。主に担当教員が最初のメッセージで iCon を説明している語句が抽出されている。

ほとんどのカテゴリ名には複数種類の特性が属しており、データ内の記述内容は多様だった。カテゴリ名の「自己開示」(312 件)が一番多く、授業での SC だが個人的な内容が多く記述されていた。カテゴリ名の「授業」「講義」「実習」「学習意欲」(合計 638 件)といった授業関連の内容も多く記述されていた。さらには、カテゴリ名の「非言語表現」「メッセージの文言」「社会的対応」(合計 461 件)といったコミュニケーションのテクニックに関連する記述も多かった。

### 3.1.2 ペア毎の比較

キーワード(カテゴリ名)を発信者毎に集計した結果を表 4 に示す。まず、発信者毎に一番多かったキーワード(カテゴリ名)に着目する。表 4 の中で「学習意欲」が一番多かった発信者は、A 組の受講生 A と担当教員、C 組の受講生 C と担当教員、E 組の受講生 E と担当教員、G 組の受講生 G の合計 7 名だった。また、「自己開示」が一番多かった発信者は、B 組の受講生 B と担当教員、D 組の受講生 D と担当教員、F 組の受講生 F、H 組の受講生 H と担当教員の合計 7 名だった。「学習意欲」が多かった群と「自己開示」が多かった群の概ね 2 つの群に分類できた。

次に、受講生と担当教員の立場の違いに着目する。表 4 の中で「x.小計(受講生)」と「y.小計(担当教員)」を比較すると、「自己開示」「授業」「講義」「実習」「学習意欲」「社会的対応」は概ね対等な件数だったが、一方で「メッセージの文言」は受講生側に比べて担当教員側が 10 倍以上、「非言語表現」は受講生側に比べて担当教員側が 3 倍以上多い件数だった。

## 3.2 抽出された対話パターン

### 3.2.1 全体的な特徴

抽出された対話パターンは、連鎖回数が 9 種類、発信者の組合せが 15 種類、シーケンスが 110 種類だった。対話パターンの連鎖回数の件数を集計した結果を表 5 に示す。1 回連鎖(89 件)が一番多く、次いで 0 回連鎖(59 件)が多かった。

### 3.2.2 ペア毎の比較

#### (1) 0 回連鎖の対話パターンの比較

対話パターン(0 回連鎖)をペア毎に集計した結果

を表 6 に示す。全てのペアで 0 回連鎖があった。発信者の組合せは「受講生」(37 件)が多かった。発信者の組合せの「受講生」の中では、シーケンスの「挨拶」(11 件)や「意気込み」(7 件)が多かったが、一部のペアに偏っている。また、シーケンスの「感想」(5 件)もやや多かったが、全てのペアで抽出されている訳ではない。一方で、発信者の組合せの「担当教員」の中では、シーケンスの「ツール説明」(8 件)が全てのペアで抽出されているが、これは SC で用いた iCon に関する説明である。

#### (2) 1 回連鎖の対話パターンの比較

対話パターン(1 回連鎖)をペア毎に集計した結果を表 7 に示す。全てのペアで 1 回連鎖があった。発信者の組合せの「受講生・担当教員」(84 件)が多かった。シーケンスには、1 つの要素から 2 つの要素への分岐(4 件)や、2 つの要素から 1 つの要素への収束(2 件)、2 つの要素から 1 つの要素に収束してそのはじめの片方の要素に別の 1 つ要素が連鎖(1 件)という構造もあったが、他の多くのシーケンスは単線(82 件)であった。また、シーケンスの「意気込み・目標の喚起」(10 件)と「挨拶・挨拶」(6 件)、「意気込み・解説」(4 件)、「学習成果・解説」(4 件)、「感想・解説」(4 件)がやや多かったが、全てのペアで抽出されている訳ではない。

#### (3) 2 回以上連鎖した対話パターンの比較

対話パターン(2 回以上の連鎖)をペア毎に集計した結果を表 8 に示す。全てのペアで 2 回以上の連鎖があった。発信者の組合せは「担当教員」で終わるもの(19 件)が多かった。シーケンスの中で要素が分岐する構造(5 件)もあったが、他の多くのシーケンスは単線(23 件)であった。また、シーケンスの「挨拶・挨拶・挨拶」(4 件)がやや多いが、全てのペアで抽出されている訳ではない。

## 4. 考察

### 4.1 キーワードの考察

3.1.1 に示した結果から、記述内容は「授業関連の内容」に次いで、「コミュニケーションのテクニック」と「個人的な内容」も多かった。加えて 3.1.2 に示した結果から、「学習意欲」が多かった群と「自己開示」が多かった群の概ね 2 つ

表 7 対話パターン(1回連鎖)のペア毎の集計

発信者の組合せ	シーケンス		ペア毎の対話パターンの件数						件数	発信者の組合せ	シーケンス		ペア毎の対話パターンの件数						件数				
	要素 1	要素 2	A組	B組	C組	D組	E組	F組			G組	H組	要素 1	要素 2	A組	B組	C組	D組		E組	F組	G組	H組
受講生・担当教員	意気込み	目標の喚起	1	1	1		4	1	2	10	有用性	目標の喚起									1	1	
	挨拶	挨拶	1	2	1	1		1		6	発表評価機会	解説			1							1	
	意気込み	解説	1				2		1	4	期待感	解説	1									1	
	学習成果	解説						2	2	4	期待感	共感						1				1	
	感想	解説					4			4	期待感	目標の喚起	1									1	
	意気込み	練習の推奨	1						1	2	不安	解説	1									1	
	有用性	解説					1	1		2	不安	助言	1									1	
	寒い季節話	体調気遣い			1					1	不安	復習の推奨							1			1	
	自己開示(趣味)	好評価(趣味)								1	恐怖心告白	共感		1								1	
	趣味希望	共感		1						1	反省	目標の喚起									1	1	
	報告(靴破れ)	共感(靴破れ)								1	失敗	推測							1			1	
	報告(年末年始)	目標の喚起								1	制作目標	評価							1			1	
	報告(おみくじ)	共感(おみくじ)								1	意気込み	歓迎		1								1	
	意見(葛根湯効果)	考え開示(葛根湯使用)								1	意気込み	助言										1	1
	印象(担当教員趣味)	計画開示(趣味)								1	意気込み	個別対応提案										1	1
	雑談(ボッキーの日)	雑談(ボッキーの日)								1	意気込み	質問					1						1
	体調の気遣い	体調の気遣い			1					1	制作目標	理解			1								1
	体調報告(親不知)	経験談(親不知)								1	参考意識	予告											1
	体調報告	体調気遣い			1					1	旅行報告	経験談			1								1
	風邪報告	助言		1						1	相互評価結果(低い)	興味											1
	謝罪(居眠り)	振り返り(単調授業)								1	好奇心	励まし											1
	学習歴	驚き		1						1	意気込み	目標の喚起											1
	苦手意識	質問の推奨								1	心配(担当教員風邪)	助言(栄養ドリンク)											1
	苦手意識	熟考の推奨								1	報告(キャンプ)	助言											1
	苦手意識	目標の喚起								1	謝罪(居眠り)	関連性指摘											1
	授業評価	指導満足感	1							1	担当教員・受講生	自己紹介	自己紹介									1	1
	授業評価	冷や汗顔文字	1							1	質問	結果報告		1									1
	質問	解説								1	目標の喚起	意気込み	1										1
	質問	助言								1	個別対応提案	感謝			1								1
	疑問	解説								1	受講生・受講生	緊張感	結果報告			1							1
感想(作図)	高評価(作図センス)								1	小計(右の段)					6	7	3	0	1	2	3	6	28
相互評価結果(独創性高評価)	独創性高評価								1	合計					6	7	3	0	1	2	3	6	28
印象	解説								1														
学習成果	目標の喚起								1														
プレゼンセンス	経験談		1						1														
テーマ報告	目標の喚起								1														
小計(左の段)			6	7	5	1	11	9	9	13	61												

に分類できた。これらのことから、授業回毎の内容に合わせた対話があることはもちろんのこと、受講生と担当教員との間での対人(信頼)関係の構築が行われている可能性がある。

また、3.1.2 に示した結果から、担当教員による「非言語表現」と「メッセージの文言」が受講生に比べて多かった。このことから、担当教員は SC が行きやすい雰囲気作りを意識的に行っている可能性がある。

表 8 対話パターン(2回以上の連鎖)のペア毎の集計

連鎖回数	発信者 組合せ	シーケンス									ペア毎の件数								件数					
		要素1	要素2	要素3	要素4	要素5	要素6	要素7	要素8	要素9	A組	B組	C組	D組	E組	F組	G組	H組						
2	受講生・ 担当教員 ・受講生	挨拶	挨拶	挨拶	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	2			
		苦手意識 開示	推測と冗 談	原因と反 応	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1		
		練習報告 期待感	助言	提出報告	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1		
	担当教員 ・受講生 ・担当教員	挨拶	挨拶	挨拶	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	2		
		自己紹介	継続履修 出生地開 示	歓迎	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1		
		自己紹介	—	共感	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1		
		自己紹介	部活開示 趣味開示	経験談	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1		
	受講生・ 受講生・ 担当教員	連絡	報告	共感	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1		
	3	受講生・ 担当教員 ・受講生 ・担当教員	報告 (歯痛 影響)	提案 (授業 対策)	報告 (歯医者 治療)	助言 (歯の ケア)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1	
			連絡 (学園祭)	質問 (学園祭)	希望 (来年の 学園祭)	助言 (時間の 使い方)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1
部活宣伝			経験談	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1	
受講生・ 担当教員 ・受講生 ・担当教員		—	報告依頼	結果報告 余談	共感 羨む	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1	
		—	—	構想報告	応援	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	
		関連雑談	助言 (雑談)	感想 (雑談)	共感 (雑談)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1	
		雑談 (鹿児島)	質問 (鹿児島)	回答 (鹿児島)	期待 (鹿児島)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1	
		経験談 (イベント)	提案 (イベン ト)	問題点予 想 (イベ ント)	助言 (仕事と 遊び)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1	
		感想 (他の 授業)	共感 (他の 授業)	印象 (他の 授業)	冗談(当 該授業と の関連)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1
		欠席報告	心配	自己開示	助言	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1	
担当教員 ・受講生 ・担当教員 ・受講生	自信 (課題)	質問 (課題)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1		
	印象(課 題と学 部)	説明(進 学経緯)	解説 (大学で の学び)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1		
	意気込み	質問の 推奨	対応の 依頼	質問の 歓迎	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1		
	意気込み (他科目)	質問 (他科目)	回答 (他科目)	目標の喚 起(他科 目)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1		
担当教員 ・受講生 ・担当教員 ・受講生	自己紹介	履修報告 (他科目)	能動的 授業 宣言 (他科目)	意気込み (他科目)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1		
4	受講生・ 担当教員 ・受講生 ・担当教員 ・受講生	意気込み	助言	意気込み	目標の喚 起	感想	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1		
5	受講生・ 担当教員 ・受講生 ・担当教員 ・受講生 ・担当教員	趣味懂れ	解説	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	
		—	質問	—	情報提供	感想共有	共感	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	
		—	—	趣味回答	自己開示	歓喜	公言	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1
	発想法興 味	質問 (趣味)	回答 (趣味)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	
—	発想法 解説	意気込み	目標の喚 起	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1		
6	※1	挨拶	挨拶	挨拶	感想	感想	目標の喚 起	感想	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1		
7	※2	連絡 (旅行)	質問 (旅行)	報告 (旅行)	質問 (印象)	感想 (グロー バル)	質問 (グロー バル)	報告 (外国人)	印象 (外国人)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1		
8	※3	意気込み (他科目)	内容質問 (他科目)	課題説明 (他科目)	課題感想 (他科目)	他受講生 反応(他 科目)	目標喚起 (他科目)	単位条件 説明(他 科目)	単位条件 感想(他 科目)	課題追加 説明(他 科目)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1		
合計											1	3	6	1	3	5	6	3	28					

※1 受講生・担当教員・受講生・担当教員・受講生・担当教員・受講生  
 ※2 受講生・担当教員・受講生・担当教員・受講生・担当教員・受講生・担当教員  
 ※3 受講生・担当教員・受講生・担当教員・受講生・担当教員・受講生・担当教員・受講生

## 4.2 対話パターンの考察

3.2.1 に示した結果から、対話様相は1回連鎖が多かった。加えて3.2.2 に示した結果から、「受講生・担当教員」の発信者組合せが多かった。これらのことから、授業回を跨いで続く対話よりも、授業回毎に区切られた対話になっている可能性がある。

また、3.2.2 に示した結果から、シーケンスを構成する要素は、いくつかの限られた組合せに収束しているよりも、多様で異なる組合せであることが多かった。このことから、担当教員は単純に繰り返す対話に陥らないように、授業回毎の内容や個々の受講生の状態に合わせた丁寧な対話を行っている可能性がある。

## 5. まとめ

本稿では、SC のデータ(8 ペア分)に、KeyPaSS を適用した結果を踏まえて、ペアごとの共通点や違いを議論した。

KeyPaSS によって抽出されたキーワードからは、授業回毎の内容に合わせた記述はもちろんのこと、受講生と担当教員との間での対人(信頼)関係の構築が行われている可能性が示唆された。また、担当教員はSCが行いやすい雰囲気作りを意識的に行っている可能性が示唆された。

一方で、KeyPaSS によって抽出された対話パターンからは、授業回毎に区切られた対話になっている可能性が示唆された。また、担当教員は単純に繰り返す対話に陥らないように、授業回毎の内容や個々の受講生の状態に合わせた丁寧な対話を行っている可能性が示唆された。

今後は、今回の結果をさらに詳細に分析していく。

## 謝辞

本研究は、JSPS 科研費 26330405,15K01012 による。

## 参 考 文 献

- (1) 鈴木克明：“多人数講義における双方向コミュニケーション”，大学授業の技法，pp.240-243，有斐閣，東京(1997)
- (2) 織田揮準：“「大福帳」の試み”，大学授業の改善，pp.186-191，有斐閣，東京（1999）
- (3) 須曾野仁志，下村勉，織田揮準，小山史己：“授業での学習交流を目指した「電子大福帳」の開発と実践”，三重大学紀要，Vol.2006，No.26，pp.67-72(2006)
- (4) 向後千春：“e ラーニング授業でコミュニケーションカ

ード「e 大福帳」を使う”，日本教育工学会研究報告集，Vol.2007，No.5，pp.297-300(2007)

- (5) 野崎真奈美，水戸優子，渡辺かづみ：“計画・実施・評価を循環させる授業設計”，医学書院，東京（2016）
- (6) 斐品正照，大河雄一，三石 大，三池克明，浅羽修丈：“シャトル型テキストコミュニケーションの質的分析手法の提案”，教育システム情報学会研究報告，Vol.31，No.6，pp.173-180（2017）
- (7) 斐品正照，浅羽修丈，三池克明，大河雄一，三石 大：“シャトル型コミュニケーションを対象とした質的分析手法の分析能力の検証”，教育システム情報学会研究報告，Vol.32，No.2，pp.35-42（2017）
- (8) 斐品正照，浅羽修丈，三池克明，大河雄一，三石 大：“シャトル型コミュニケーションを対象とした質的分析手法の提案と試行”，教育システム情報学会第 42 回全国大会論文集，pp.15-16（2017）
- (9) 斐品正照，浅羽修丈，大河雄一，三石 大：“シャトル型コミュニケーションの KeyPaSS による質的分析の試み”，教育システム情報学会研究報告，Vol.33，No.2，pp.23-29（2018）
- (10) Hishina, M., Miike, K., Asaba, N., et al.：“Study on Effects of Text Decoration for a Text Based Communication Tool in Education”，HCII 2013LNCS 8004，pp.565-574(2013)
- (11) 斐品正照，浅羽修丈，三池克明，大河雄一，三石 大：“テキストコミュニケーションツール“iConversation”を介した教員の対応とその効果の分析”，人工知能学会研究会資料，SIG-ALST-B401，pp.1-8（2014）
- (12) 斐品正照，浅羽修丈，三池克明，大河雄一，三石 大：“テキストコミュニケーションツール“iConversation”に記録された受講生の授業に対する印象とメッセージの分析”，教育システム情報学会研究報告，Vol.29，No.5，pp.51-58（2015）
- (13) 大谷 尚：“4 ステップコーディングによる質的データ分析手法 SCAT の提案”，名古屋大学大学院教育発達科学研究科紀要，Vol. 54，No. 2，pp. 27-44（2008）
- (14) 大谷 尚：“SCAT：Steps for Coding and Theorization”，感性工学，Vol.10，No.3，pp.155-160(2011)
- (15) Strauss, A.L., Corbin, J.M.：“Basics of Qualitative Research”，SAGE Publications, Inc., California (1990)（南裕子監訳，操 華子，森岡 崇，志自岐康子，竹崎久美子訳：“質的研究の基礎”，医学書院，東京（1999））



# 講義ビデオの映像とそこに重ねてスクロールする

## 他者コメントとの組合せが学習者の注目度に与える影響

浅羽 修丈<sup>\*1</sup>, 斐品 正照<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup> 北九州市立大学, <sup>\*2</sup> 東京国際大学

### Effect of Combination of Lecture Videos' Shots Content and Scrolled Learners' Comments on the Videos on Attention Degree

Nobutake Asaba<sup>\*1</sup>, Masateru Hishina<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup> The University of Kitakyushu, <sup>\*2</sup> Tokyo International University

When Learners learn about a lesson content using lecture video on the Web, it is important to prepare a learning environment that can collaborate by communications sharing their text comments. We have developing the Web system that provides the environment. The system synchronizes time for the comment input with time for the video playback, and scrolls the comment from right side to left side on the video screen. We performed examination to investigate how combination of content about lecture videos' shots and scrolled comments involve attention degree to the videos. In the results, we have demonstrated that empathic comments on the learners' experience, comments necessary for challenge execution, comical comments and so on improve attention degree to the videos.

キーワード: 講義ビデオ, 共同学習, テキストコメント, 時系列グラフ, ソーシャルメディア

#### 1. はじめに

Web を通じて講義ビデオを配信する機会が増えたことで、学習者は、授業時間外にいつでもどこでも講義を受けることが可能になった。しかし、講義ビデオによる授業時間外学習は、一般的には孤独での学習になりやすい。筆者らは、講義ビデオを視聴した孤独な学習は、学習効果に弊害が出てくると考えている。

その学習効果の弊害は、ヴィゴツキーの「発達の最近接領域」<sup>(1)~(3)</sup>の理論から捉えることができる。孤独な学習は、与えられた講義テーマや課題に対してひとりで思考を巡らせる必要があり、ひとりで課題の解決ができるレベルの「現下の発達水準」までしか到達できない。しかし、他の学習者との協議や共同の中で課題テーマや課題に対して思考を巡らせる機会を得ると、現下の発達水準の先にあるレベルの「明日の発達水準」にまで到達できる可能性がある。すなわち、明日の発達水準にまで学習の水準を上げる機会があるのに、孤

独な学習はその機会を奪うという弊害がある。

筆者らは、講義ビデオを視聴した授業時間外学習であっても、「明日の発達水準」を目指した仕組みを提供することが必要であると考えている。筆者らは、動画共有サービスでソーシャルメディアのひとつである「niconico<sup>(4)</sup>」を参考に、学習者たちが送信したテキストコメント（以下、コメントと記す）を講義ビデオの画面上の右から左へ流すことができるシステムを開発し、講義ビデオによる学習でも、他の学習者と協議や共同しながら学習できる環境の開発を目指している<sup>(5)</sup>。

本研究は、開発したシステムの学習効果を検証するものである。孤独な環境下での講義ビデオの視聴は、視聴に対する集中力が薄れて講義ビデオに注目する度合い（以下、注目度と記す）が低くなるのが危惧される。筆者らは、コメントが講義ビデオに対する注目度を向上させるのではないかと考え、それを検証する実験を実施した。本稿では、特にコメントの内容と講義ビデオの内容との関連性に注目し、どのようなコメ

ントと講義ビデオの内容との組み合わせが、注目度によどのような影響を与えるのかについて分析したので、その結果を報告する。

## 2. コメントを送信して流すシステム

筆者らは、学習者たちが Web 上の講義ビデオを視聴している最中に入力・送信したコメントを、その講義ビデオの画面上に右から左へスクロールするように流すことができるシステムを開発した。その画面を図 1 に示す。図 1 下にある欄にコメントを入力し、送信ボタンをクリックするだけでコメントを送信することができる。流れたコメントは、他の学習者も確認することができるため、学習者同士でコメントを共有することが可能となる。

このシステムの利点は、講義ビデオの場面ごとにコ

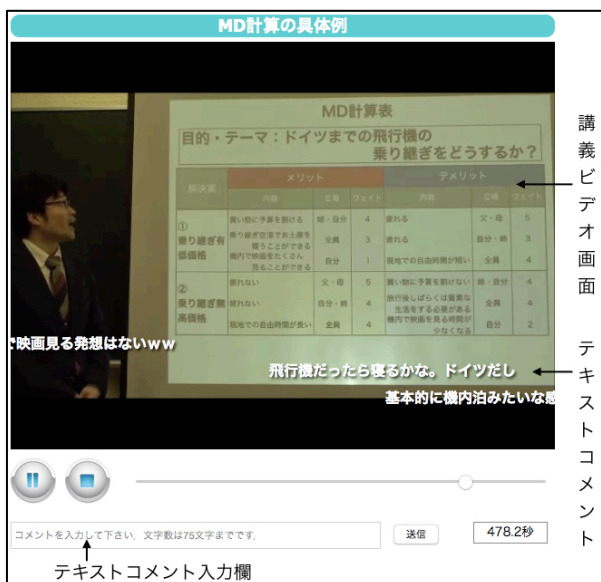


図 1 コメントを送信・流すシステムの画面

メントを流すことができることにある。これにより、講義ビデオの全体的なコメントではなく、局所的なコメントのやり取りが可能となり、講義ビデオの場面に応じた議論が展開できる。

## 3. 実験

開発したシステムを用いて学習することが、講義ビデオに対する注目度によどのような影響を与えるのかについて検証するために実験を行った。本章では、その概要について説明する。

### 3.1 講義ビデオ

実験で使用する講義ビデオを撮影した。筆者のひとりである浅羽が、問題解決手法のひとつであるメリット・デメリット (MD) 計算<sup>6)</sup>について解説したものである。撮影したビデオは、解説編と具体例編と演習編の 3 種類である。

解説編 (9 分 19 秒) では、MD 計算が必要な背景と定義、計算方法について解説している。具体例編 (9 分 44 秒) では、「ドイツまでの飛行機の乗り継ぎをどうするか」というテーマで MD 計算を実施した事例を紹介している。演習編 (6 分 55 秒) では、「脳腫瘍摘出の手術を誰に依頼するか」というテーマの課題を与えている。課題では、MD 計算用ワークシートの提出を求めている。ワークシートの記入例を図 2 に示す。

### 3.2 被験者と講義ビデオによる学習手順

被験者として、K 大学学生 24 名に協力をお願いし、実験を実施した。実験の日程は、被験者の都合に合わ

テーマ	脳腫瘍摘出の手術を誰に依頼するか？					
解決案①	「神の手」に依頼する					
解決案②	高性能ロボットに依頼する					
解決案③	日本にいる腕のいい医師に依頼する					
解決案	メリット			デメリット		
	内容	立場	ウェイト	内容	立場	ウェイト
①「神の手」に依頼	健康を高い確率で取り戻すことができる	自分	4	手術まで半年時間が必要	自分	5
	長く生きられることを期待出来る	自分	4	手術を受ける間の治療が必要	全員	5
	生き生きとした生活が取り戻せる	自分	4	脳腫瘍に対する不安が消えない(手術を受けるまでの間)	自分・家族	4
	安心して手術を受けられる	自分	5	手術を受けるために多額の費用が必要	自分・家族	5
②高性能ロボットに依頼	早く手術を受けることができる(「神の手」より)	自分	5	ロボットに責任を負わせられるか	自分・医師	4
	手術費用が抑えられる(米国で手術するより)	自分・家族	5	高性能とはいえない人間ではないから少し不安	自分	4
	アメリカに行く必要がない	自分・家族	4	手術が終わるまで不安が残るかもしれない	全員	4
③日本の医師に依頼する？	ロボットに手術を依頼するより安心する	自分	5	腫瘍が全て取り除けないかも	医師	5
	治療環境が整っている(すぐにも手術可)	自分	5	医師の技量が問われるかもしれない	医師	4
	安心して手術を受けることができる	自分・家族	4	「神の手」には技術が劣るかもしれない	医師	5
ウェイト...5:重視する 4:やや重視する 3:どちらともいえない 2:やや軽視する 1:軽視する						
解決案①のウェイト計算	4+4+4+5-5-5-4-5=-2			解決案②のウェイト計算	5+5+4-4-4-4=-2	
解決案③のウェイト計算	5+5+4-5-4-5=±0					
意思決定	ウェイト計算より… 解決案② 神の手の技術を持つ高性能ロボットに脳腫瘍の手術を依頼する！					

図 2 MD 計算用ワークシートの記入例

せて、平成 29 年 2 月 7 日、8 日、9 日、13 日のいずれかを選んで来てもらった。

被験者は、学習者たちが送信したコメントをスクロールさせた講義ビデオ（以下、コメント有ビデオと記す）で学習する群（以下、実験群と記す）14 名と、単なる講義ビデオ（以下、コメント無ビデオと記す）で学習する群（以下、統制群と記す）10 名に分かれてもらった。ただし、今回の実験は、講義ビデオの注目度を検証することが目的であるため、実験群には、コメント有ビデオの視聴に集中してもらうために開発したシステムを用いてのコメントの入力は行わせなかった。本実験とは別に実施した実験（平成 28 年 2 月 12～29 日）<sup>5)</sup>において、本実験の被験者とは別の 9 名の被験者が入力したコメントをスクロールさせた講義ビデオを視聴させた。

講義ビデオによる学習後、実験群と統制群ともに、演習編の講義ビデオから指示のあった課題に取り組み、記入した MD 計算用ワークシートを提出させた。

### 3.3 時間軸に沿った注目度データの採取方法

本研究の目的は、コメント有ビデオで学習したときとコメント無ビデオで学習したときの講義ビデオに対する注目度を比較することである。そして、どのようなコメントが注目度に影響を与えるのか、注目度に影響があった場合は講義ビデオのどのような場面なのかについて検証することである。講義ビデオに対する注目度は、視聴中に時々刻々と変化する。本研究の目的を考えると、コメントが流れたり流れなかったりしたときに、注目度がどのように変化するかという時間軸に沿ったデータを採取することが求められる。

そこで、時々刻々と変化する注目度のデータを採取するために、筆者らが独自に開発した「ERICA(Emotional / kansei Reaction Input-data Collector, reviewer and Analyzer)」を用いた。ERICA は、ビデオを視聴したときの人間の感性や印象の度合いを連続した時系列データとして記録し、それをグラフ化する Web システムである。ERICA を用いた調査では、視聴者は、ビデオを視聴しながらキーボードを使って、そのときに感じた感性や印象の度合いを入力する。入力する項目としては、SD 法のように 1 つの形容詞対が用意され、3 件法や 5 件法で入力する。

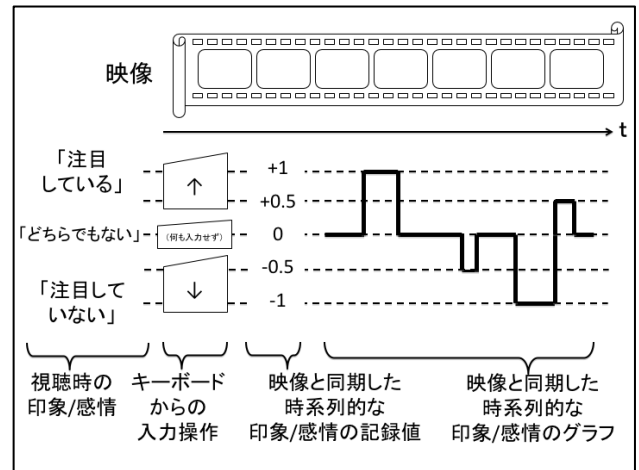


図 3 ERICA の概念図

ERICA の概念図を図 3 に示す。

講義ビデオによる学習後、ERICA を用いて注目度の時系列データを採取する実験を実施した。被験者には、再び講義ビデオを視聴してもらい、キーボードを使って注目度を入力させた。ERICA では、押されたキーによって 0.02 秒ごとに +1～-1 の入力値（+1：注目している、+0.5：やや注目している、0：どちらでもない、-0.5：あまり注目していない、-1：注目していない）が記録される仕組みになっている。

ERICA による注目度を入力後、各被験者に自身が入力した注目度の時系列グラフを見てもらった。その時系列グラフの起伏部分には、筆者らが印を付けている。被験者には、その印が付けられた部分において、なぜ注目度を上げた／下げたのかについての理由を記述してもらった。なお、実験時間の都合上、全ての起伏部分の理由を調査することは難しく、筆者らがランダムに選んだ起伏部分のみ、理由を記述してもらった。

## 4. 実験結果

### 4.1 注目度の平均時系列グラフ

実験群と統制群のそれぞれの被験者が ERICA を用いて入力した注目度を、解説編・具体例編・演習編別に時系列グラフ化した。それぞれ図 4～6 に示す。図 4～6 を見ると、時間軸に沿って注目度が変化していることが確認できる。

本研究の目的は、実験群と統制群の注目度を比較することで、どのようなコメントが注目度に影響を与えるか、注目度に影響があった場合は講義ビデオのどのような場面なのかについて検証することである。その

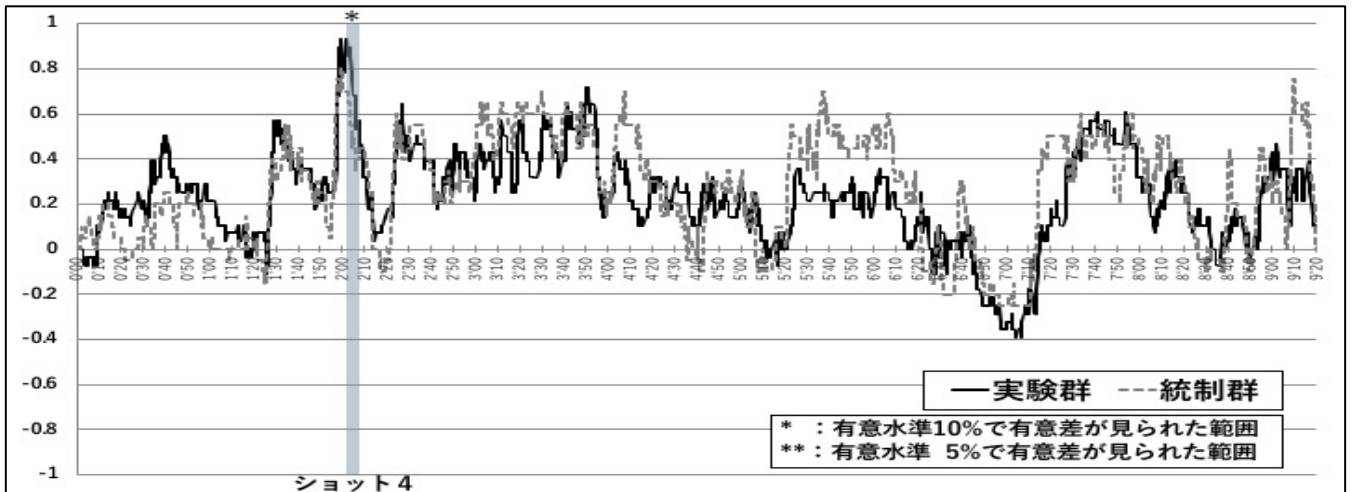


図4 解説編に対する注目度の平均時系列グラフ

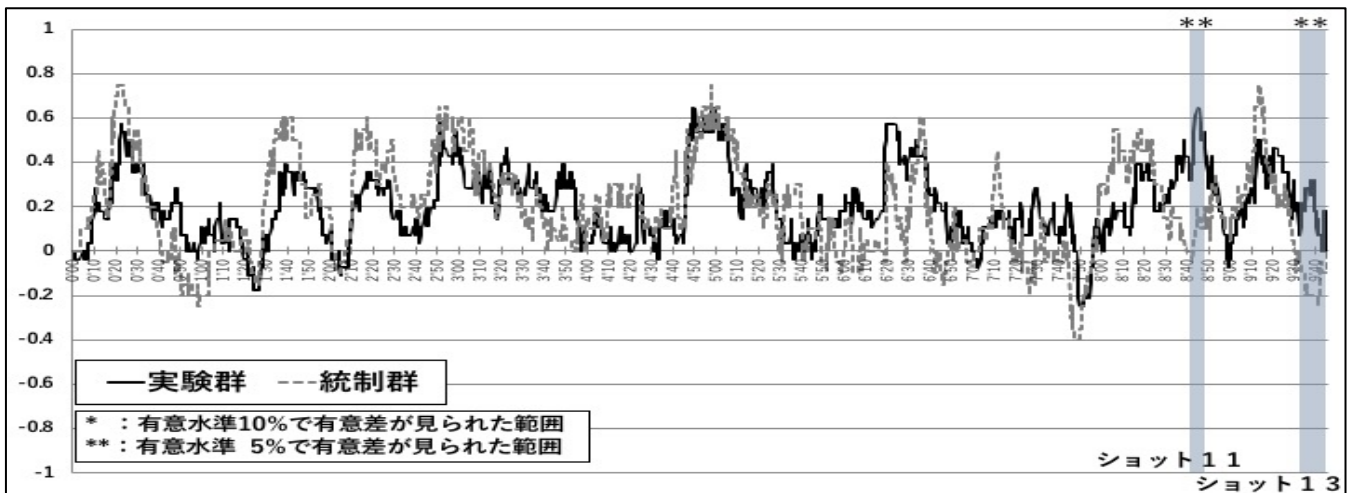


図5 具体例編に対する注目度の平均時系列グラフ

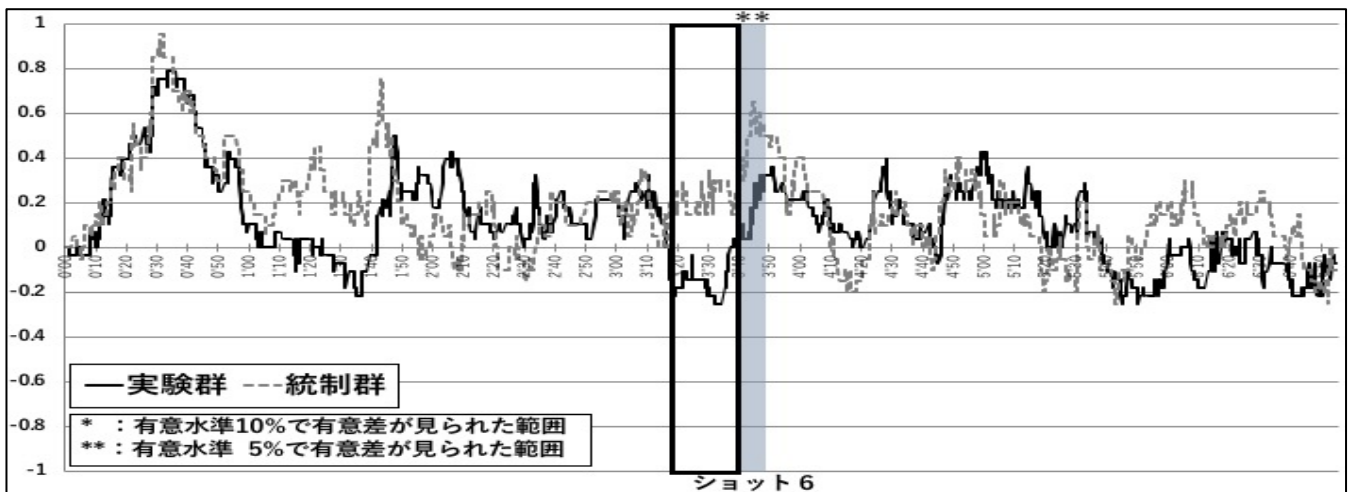


図6 演習編に対する注目度の平均時系列グラフ

ために、まずは、コメントが流れたショットのみを取り出し、取り出したショットにおける実験群と統制群の注目度に有意差があるかを分析する必要がある。

#### 4.2 コメントが流れたショット

コメントが流れたショットは、解説編では9ショット

ト、具体例編および演習編では共に13ショットであった。各ショットで流れたコメントの内容を表1～3に示す。なお、表1～3の「InTime」はコメントが講義ビデオ画面上に流れ始めた時間、「OutTime」はコメントが講義ビデオ画面上から消えた時間である。

表1 解説編で流れたコメントと時間

ショット	コメント	InTime	OutTime
1	88888888	0分 30.23 秒	0分 35.17 秒
2	めっちゃあるわー	0分 37.17 秒	0分 42.18 秒
3	迷うねえ～	0分 55.04 秒	0分 59.25 秒
4	優柔不断かな？	2分 02.04 秒	2分 07.02 秒
5	ふむふむ	2分 54.16 秒	2分 59.04 秒
6	もぎもぎ～ぼいな～	3分 52.20 秒	3分 57.25 秒
7	ディベートにつかえそ う～	4分 39.19 秒	4分 45.03 秒
8	確かに書き出して見ない ことにh	8分 24.05 秒	8分 29.29 秒
9	確かに書き出して見ない ことにはわからない ね	8分 51.29 秒	8分 58.14 秒
	やればやるほどプラマ イ0に近づきそう	8分 56.29 秒	9分 03.04 秒

表2 具体例編で流れたコメントと時間

ショット	コメント	InTime	OutTime
1	キター----- -----	0分 17.03 秒	0分 23.08 秒
2	わこつー	0分 46.03 秒	0分 50.22 秒
3	←うぼつじゃない？	0分 52.09 秒	0分 57.13 秒
	韓国でも遊びたいな～ 時間はお金で買える	0分 56.27 秒 0分 58.21 秒	1分 02.06 秒 1分 03.26 秒
4	あとは時間によって変 わるかな～	1分 55.18 秒	2分 01.13 秒
5	海外いったことないな 乗り継ぎってめんどく さいの？	2分 07.09 秒	2分 12.17 秒
7	飛行機乗ったことない から乗り継ぎとか不安	5分 20.06 秒	5分 26.20 秒
	一週間となれば荷物も 多いから尚更	5分 23.09 秒	5分 29.08 秒
8	飛行機のつく時間帯し だいかな～時差もある し	6分 48.16 秒	6分 55.01 秒
9	低価格でいったとし、 浮いたお金で買い物 するのであればあまり 変わらないのでは…？	7分 39.01 秒	7分 47.19 秒
	時間はお金で買うべき	7分 40.24 秒	7分 46.02 秒
	旅行で映画見る発想は ないww	7分 54.00 秒	7分 59.22 秒
10	飛行機だったら寝るか な。ドイツだし	7分 56.09 秒	8分 02.10 秒
	基本的に機内泊みたい な感じになるんじゃない かな	7分 57.06 秒	8分 03.28 秒
11	これって対照的にすれ ば数が同じになるけ ど、数に違いが出て いんだっけ	8分 41.00 秒	8分 48.29 秒
12	ドイツに船w	9分 28.10 秒	9分 33.04 秒
	船w	9分 34.02 秒	9分 38.13 秒
13	船は鬼畜ww	9分 36.18 秒	9分 41.13 秒
	動画とめてもコメント は流れるw	9分 39.09 秒	9分 45.04 秒

### 4.3 注目度に差異が確認されたショット

表1～3のショットに注目し、実験群と統制群の注目度に有意差があるかについて分析する。有意差があるかどうかを分析するために、ショットごとに被験者

表3 演習編で流れたコメントと時間

ショット	コメント	InTime	OutTime
1	マラドーナかな？	1分 44.07 秒	1分 49.08 秒
2	神の手違いやww	1分 54.04 秒	1分 59.05 秒
3	ゴッドハンドw	2分 01.25 秒	2分 06.23 秒
	ブラックジャックね	2分 02.07 秒	2分 07.12 秒
4	神ンゴゴゴwwww w	2分 30.19 秒	2分 36.01 秒
5	神の手じゃなくて違う 医者でもいいやない？	3分 01.28 秒	3分 08.09 秒
6	費用はどうなってんの 人間の体は神秘的だか らな	3分 40.25 秒	3分 46.03 秒
	なぞばかり	3分 52.22 秒	3分 57.13 秒
8	ゴットハンド輝	4分 06.10 秒	4分 11.08 秒
9	治るならお金はいらな いだろ	4分 17.06 秒	4分 22.25 秒
10	悩んでる間に半年たち そう	4分 23.22 秒	4分 29.06 秒
	wwww	4分 28.25 秒	4分 33.10 秒
11	ロボットの実例がない のがなあ	4分 56.04 秒	5分 01.26 秒
12	命より大切なものはな いね	6分 13.01 秒	6分 18.16 秒
13	命は大切ンゴね え、	6分 44.24 秒	6分 50.04 秒
	ンゴってなに？	6分 45.23 秒	6分 50.20 秒

ひとりひとりの ERICA 入力値の平均値を算出し、その平均値を用いて実験群と統制群との間でウィルコクソンの順位和検定（マン・ホイットニーの U 検定）を実施した。検定には、統計解析ソフト「R」を用いた。以下では、解説編、具体例編、演習編それぞれにおいて有意差が確認できたショットを紹介する。そして、有意差が確認できたショットで流れたコメントと、その講義場面との関連性を考察することで、どのような講義場面でどのようなコメントが流れたときに、講義ビデオに対する注目度に影響を与えるかについて検証する。

#### 4.3.1 解説編の講義ビデオ

コメントが流れた9つのショットにおける実験群と統制群の注目度の差を分析した結果、ショット4において10%の有意水準で有意差を確認することができ（ $W=98, p=.09 < .10$ ）、実験群の方が注目度は高いという結果を得た（図4の網掛箇所を参照）。ショット4は、「今日の学習目標」について説明しているショットであり、「判断に迷ったときの論理的な意思決定の手法を学ぶ。その手法がメリット・デメリット計算（MD 計算）である。」ことを伝えている。

ショット4で注目度を上げた／下げた理由について、実験群、統制群ともに理由の記述がなかった。

各被験者のショット4付近の注目度の入力状況を確認

認すると、ショット4の直前のタイミングで多くの被験者（実験群：14名中13名，統制群：10名中8名）が注目度を上げていることが分かった。そのタイミングは、ショット4の約5秒前であり、スライド上の「論理的な意思決定の手法」の文字から矢印を伸ばして、「メリット・デメリット計算（MD計算）」という情報をアニメーションにより追加された瞬間である。

この5秒間では、両群の注目度の有意差は確認できなかった（ $W=76, p=.74 > .10$ ）。すなわち、ショット4の5秒前では実験群や統制群に関わりなく多くの被験者が注目度を上げており、その注目度に有意差はなかったが、5秒後のショット4では実験群の方が注目度は高くなっている。これらのことから、「優柔不断かな？」というコメントは、ショット4のような講義場面での注目度を持続させる効果があったと考えられる。

それでは、なぜこのコメントが注目度を持続させる要因になったのであろうか。ショット4では、「判断に迷ったとき」に役立つ手法を学ぶと伝えている。その際、多くの被験者が判断に迷った自身の経験を思い起こしていたのかもしれない。そのタイミングで「優柔不断かな？」というコメントが流れてきたので、自身の経験と共感して注目度が持続したと推測できる。

このことから、講義ビデオの内容とそこに流れるコメントの両方が、学習者の経験と共感できる場合は、注目度を持続する効果が期待できると考える。

#### 4.3.2 具体例編の講義ビデオ

コメントが流れた13のショットにおける実験群と統制群の注目度の差を分析した結果、ショット11とショット13において、それぞれ5%の有意水準で有意差を確認することができ（ショット11： $W=104, p=.04 < .05$ ，ショット13： $W=106.5, p=.03 < .05$ ）、ともに実験群の方が注目度は高いという結果を得た（図5の網掛箇所を参照）。

##### （ア）ショット11

ショット11は、具体例として挙げた問題に対して解決案を選択するショットである。具体例では2つの解決案を挙げており、メリットとデメリットのウェイトの計算を終えて、算出された値の大きい方の解決案を選択することを説明している。

ショット11で注目度を上げた／下げた理由の記述を確認したところ、実験群から3名、統制群から1名

の被験者が理由を記述していた。その理由は、解決案の選択方法と計算結果に対する重要性、そして、選択された解決案に対する納得から注目度を上げたものであった。実験群のひとは、「コメントが流れたので注目したが、興味のない内容だったのですぐに注目度が下がった。」と述べている。これは、コメントと注目度との関連性を分析する上で重要なデータである。

ショット11で表示されているスライドには、全てのメリット・デメリットとそれぞれに対するウェイト、そして、ウェイトの計算式とその結果が掲載されている。MD計算という手法を実践するために必要な全ての情報が一覧できるショットである。すなわち、課題を控えた学習者にとっては、重要な情報が詰まっているショットといえる。このことは、注目度を上げた／下げた理由からも伺える。恐らく、学習者の多くは、課題遂行のために少しでも有益な情報をこのショット11で取得しようと考えていたと推測できる。実験群の場合、そこに他の学習者が送信したコメントが流れてくると、自然と注目度が上がることも納得できる。

しかし、ここで流れてきたコメントの内容が問題となる。学習者にとって価値のあるコメントであれば注目度は上がるだろうが、上述の実験群のひとは述べているように、価値がないと判断されると直ぐに注目度は下がるだろう。ショット11で流れたコメントは、「これって対照的にすれば数が同じになるけど、数に違いが出ていいんだっけ」であり、メリットとデメリットの数を揃える必要があるかを尋ねている。課題遂行の上で必要な問いかけではあるが、ウェイト計算の結果から解決案を選択することに重点を置いたショット11の内容からは、少し外れていると捉えられる可能性がある。

これらのことから、具体例を示す講義ビデオにおいて、課題を実践するのに重要な情報が詰まったショットでは、学習者は更なる情報を望んでおり、コメントが流れることで注目度が上がるといえる。しかし、その情報が有益でないと判断されれば、逆に注目度は下がる可能性が示された。

##### （イ）ショット13

ショット13は、具体例編の最後のショットである。ショット13の直前では、作成したMD計算表を見直すことによって、「機内食に関する視点が抜けていた。」

といったメリットやデメリットの抜け落ち点が見つかったり、「思い切って優雅に船で行くという手もある。」といった新たな解決案が浮かんだりすることがあると説明している。それを受けてショット 13 では、高度な MD 計算表を完成させるためには、何度も見直すことが重要であることを伝えている。

ショット 13 で注目度を上げた／下げた理由の記述を確認したところ、実験群から 4 名、統制群から 1 名が理由を記述していた。そのうち、実験群 1 名と統制群 1 名は注目度を下げている、その理由を「話・具体例が終わったから」としている。他の実験群 3 名の理由は、「船でドイツに行くって計画がかなり突拍子な考えだなあと感じたのに加えて、コメントでも『船でドイツは鬼畜』とあげられており、笑った。」、「『ドイツに船』というツッコミじみたコメントが笑いを誘い、最後のコメントの真偽が気になったから。」、「コメントに共感するとともに、非常に笑えるコメントだったから。」である。授業内容に対するツッコミに対して笑いの共感を得ているという点で、全て共通している。

このことから、授業内容に対して笑いを誘うようなツッコミのコメントは、注目度を上げる可能性がある。

#### 4.3.3 演習編の講義ビデオ

コメントが流れた 13 のショットにおける実験群と統制群の注目度の差を分析した結果、ショット 6 において 5%の有意水準で有意差を確認することができ ( $W=34, p=.03 < .05$ )、統制群の方が注目度は高いという結果を得た (図 6 の網掛箇所を参照)。ショット 6 は、提出を求める課題で考えてもらう 2 つの解決案の内容を提示したショットである。具体的には、脳腫瘍を取り除く手術を、解決案 1: 半年待って「神の手」に依頼するか、解決案 2: すぐに「神の手」のプログラミングが導入された高性能ロボットに依頼するか、という 2 つの解決案について提示されたショットである。

ショット 6 で注目度を上げた／下げた理由の記述を確認したところ、実験群から 9 名、統制群から 4 名の被験者が理由を記述していた。そのうち、実験群 1 名を除いた全ての被験者が、注目度を上げた理由を述べている。その理由の多く (実験群: 6 名、統制群: 4 名) は、解決案が示されたことによるものであった。すなわち、実験群も統制群も同じ理由で注目度を上げている。実験群の残り 2 名は、流れてきたコメントを見た

ことを理由に、注目度を上げている。

統制群の方が注目度は高いという結果にも関わらず、両群とも注目度を上げた理由を述べているケースが目立っていたため、改めて図 6 の平均グラフを確認した。すると、実験群も統制群も、ともに注目度は上昇カーブを描いていることが分かった。ショット 6 開始時点での注目度の平均値は、実験群が 0.04、統制群が 0.35 であり、そこから両群とも上昇カーブを描いて、ショット 6 での最大値は実験群が 0.32、統制群が 0.65 を記録している。ショット 6 内での上昇幅は、実験群が 0.28、統制群が 0.30 であり、大きな差はない。それにも関わらず、両群の注目度に有意差が確認できた原因は、ショット 6 の開始時点にあると考えられる。

そこで、ショット 6 の直前の平均グラフを確認すると、実験群の注目度は約 20 秒間 (3 分 17 秒 24~3 分 37 秒 34) に渡ってマイナスを辿っており、逆に統制群の注目度はプラスを辿っていることが分かる (図 6 の囲み枠を参照)。この時間帯における両群の注目度の有意差を分析した結果、10%の有意水準で有意差が確認できた ( $W=39, p=.07 < .10$ )。

ショット 6 直前の約 20 秒間に注目度を下げた実験群の理由を確認すると、「同じ話を繰り返していたので、大事な部分なのだろうと思いつつも飽きていた。」、「命に関わる表現というのは何回か聞いていたので、もういいのではないかと思ったからです。」、「解決案が 2 つ挙げられるのは明確だったから分かった」という理由であった。このことから、実験群の何人かは、ショット 6 では同じ話が繰り返されたり、話の先が見える内容であると捉えており、そこから飽きを感じて注目度を下げていることが分かった。

なぜ飽きを感じやすいかについては、推測の域を脱しない。しかし、教員の話をしつかりと傾聴し、その話の先を予測するような思考をしないと、上述のような飽きを感じないはずである。もしかすると、実験群は、講義ビデオの内容をしつかりと傾聴しているがゆえに、同じような説明を繰り返すと飽きが生じやすくなるのではないかと考えることができる。

## 5. 考察

ここまで、注目度に有意差が確認できた講義ビデオ

のショットの内容と、そこにスクロールしていたコメントの内容との関連性に注目して分析を進めてきた。そこから見えてきたことを考察する。

まず、学習者の経験と共感できるようなコメントは、講義ビデオに対する注目度を持続する効果が期待できる。これは、ARCSモデル<sup>7)</sup>で考えると、Relevance(関連性)を刺激している可能性がある。そのため、開発したシステムに、Relevanceに関連したコメントの送信を促す仕組みを導入することができれば、講義ビデオに対する注目度の維持・向上が期待できる。

次に、講義ビデオで課題を課す場合、その課題を遂行するために重要な情報が詰まったショットでは、学習者は更なる情報を望んでいる。コメントは、更なる情報を得るチャンスと学習者は考える傾向にある。そのため、そのようなショットでは、課題に向けての意見や補足説明、質問などを促す仕組みを開発したシステムに導入することができれば、講義ビデオに対する注目度の維持・向上が期待できる。

講義ビデオに対して笑いを誘うようなツッコミのコメントも、注目度の維持・向上には欠かせない。講義ビデオの中に、学習者からツッコミを受けるようなユーモアのある内容を入れておくことも必要である。ただし、これは講義の設計に関わる問題である。講義ビデオ上でも活発な共同学習ができるシステムを開発し、それを提供する側からは、コントロールしにくい。

最後に、コメント有ビデオでは、教員の話の内容をしっかりと傾聴しているからこそ、同じ表現の繰り返しや予測できる内容に対して飽きを感じ、注目度が下がると推測した。これは、本研究とは異なる角度から分析<sup>8)</sup>した際にも、同じような結論を得ている。推測の域を脱しないが、これが事実であれば、コメント有ビデオの学習効果を説明することができる。

## 6. まとめ

本研究では、コメントの内容と講義ビデオの内容との関連性に注目し、どのようなコメントと講義ビデオの内容との組み合わせが、注目度に影響を与えるのかについて分析した。その結果、以下のことが分かった。

(a) 講義ビデオの内容とそこに流れるコメントの両方が、学習者の経験と共感できる場合は、注目度を持

続させる効果がある。

(b) 課題を遂行するために重要なショットでは、学習者は更なる情報を求めているため、コメントが流れれば注目度は上がる。ただし、課題遂行に価値のないコメントと判断されれば、注目度は下がる。

(c) 講義の内容に対して笑いを誘うようなツッコミのコメントが流れると、注目度は上がる。

(d) 教員が同じような説明を繰り返したり、先が予測できる内容を説明したりすると、注目度は下がる。今後は、本研究で得た知見を基に、講義ビデオ上で活発な共同学習ができるシステムの開発を目指す。

## 謝辞

本研究の一部は、JSPS(日本学術振興会)科研費26330404の助成を受けたものです。

## 参考文献

- (1) ヴィゴツキー(著)、柴田義松(訳):“思考と言語”, 新読書社, 東京(2001)
- (2) ヴィゴツキー(著)、柴田義松・宮坂琇子(訳):“教育心理学講義”, 新読書社, 東京(2005)
- (3) ヴィゴツキー(著)、土井捷三・神谷栄司(訳):“「発達」の最近接領域」の理論-教授・学習過程における子どもの発達”, 三学出版, 滋賀(2003)
- (4) ドワンゴ:“niconico”, <http://www.nicovideo.jp/>, 2018年9月27日アクセス
- (5) 浅羽修丈, 倉光貴子, 斐品正照:“講義ビデオとテキストコメントが同期表示されるソーシャルメディアを用いた共同学習における議論の分析とシステムの要件定義の検討”, 電子情報通信学会技術研究報告(教育工学:ET), Vol.116, No.266, ET2016-49, pp.45-50(2016)
- (6) 石桁正士・渡邊寛二(監修), 教育心理学研究会(編著):“すぐに使える問題解決法入門”, 日刊工業新聞社, 東京(2005)
- (7) J.M. ケラー(著), 鈴木克明(監訳):“学習意欲をデザインする-ARCSモデルによるインストラクショナルデザイン”, 北大路書房, 京都(2010)
- (8) 浅羽修丈, 斐品正照:“講義ビデオの視聴で書込タイミングに同期したコメントのスクロール表示の有無と注目度の時系列的変化に着目した実験”, 教育システム情報学会研究報告, Vol.32, No.5, pp.43-48(2018)



# 演算子順位法に対する Web ベース学習支援システムの開発

久保俊貴<sup>\*1</sup>, 香川考司<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup> 香川大学大学院工学研究科 <sup>\*2</sup> 香川大学創造工学部

## Development of a Web-based Learning Support System for Operator-Precedence Parsers.

Toshiki KUBO <sup>\*1</sup>, Koji KAGAWA <sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup> Graduate School of Engineering, Kagawa University

<sup>\*2</sup> Faculty of Engineering and Design, Kagawa University

著者らの所属する学科で開講されている「コンパイラ」で学ぶ演算子順位法では、シフト、還元といった計算過程を理解することが重要である。シフト、還元は後に学習する LR 構文解析でも用いるため正しい理解が必要である。そこで本研究では、計算過程をスタックや JSAV を用いた構文木の変化と共に確認できる、演算子順位法に対する Web ベースの学習支援システムを開発した。既学者に対しては、可視化のシステムが学習の役に立つという評価が得られた。初学者に対しても同様の評価が得られるか、確認する必要がある。現在は計算部分を JavaScript で行っているが、将来は、ユーザが作成した C 言語の構文解析プログラムをサーバ側で JavaScript に変換し、それをブラウザで実行することで、ユーザの作成したプログラムによる計算と見比べられるシステムを開発する。

キーワード: コンパイラ, 演算子順位法, JSAV, emscripten, Web ベース, 学習支援システム

### 1. はじめに

演算子順位法とは、演算子同士に順位をつけ、順位の高いほうを先に計算するという構文解析法の 1 つである。比較的平易なアルゴリズムであって、人手で記述でき、その結果、ほとんどどんなプログラミング言語でも実装できる、構文解析の実行時に演算子を追加したり変更したりもできるため、ユーザ定義の結合性と優先順位を持つ中置演算子に対応できる、などの特徴を持つ。このため、LR 構文解析法や再帰下降構文解析法などの他の構文解析法と組み合わせることも行われる。これを学習する際に重要になることが、シフト、還元といった計算過程を理解することである。これは、後に学習するより実用的な構文解析法である LR 構文解析にも同様の計算を用いるからである。しかし、演

算子順位法の学習では、演算子の構文規則から演算子順位行列を作り、構文解析プログラムを作成するため、理解すべき事柄が多く、また、誤って理解する場合もある。また、既存のコンパイラ関連の学習支援システムはいくつかあるものの、演算子順位法の学習をサポートするシステムがほとんどない。そこで、演算子順位法に対する学習支援システムが必要になる。また、学習支援システムを開発する際には学習者の利用しやすさを考え Web ベースで開発するべきだと考えられる。そのため本研究では、演算子順位法に対する Web ベースの学習支援環境の開発を行う。

本研究ではこれを、JavaScript を用いて、演算子順位表と還元時のアクションの編集をブラウザ側で行えるようにし、構文木とスタックの変化、計算過程の説明

を表示する機能を実装する。その後、学習者の作成した C 言語の構文解析プログラムをサーバ側で JavaScript ファイルに変換し、ブラウザ側で実行できるように改良する。計算過程と構文木の出力には、アルゴリズム可視化のためのライブラリである JSAV<sup>(1)</sup> を用いる。

本論文の構成は以下の通りである。2 章では本システムで利用した JSAV について、3 章ではシステム実装、4 章ではまとめ、5 章では今後の課題について述べる。

## 2. JSAV

JSAV とは、The JavaScript Algorithm Visualization Library の略称である。これは OpenDSA プロジェクトの一部であり、OpenDSA<sup>(2)</sup> とはデータ構造とアルゴリズム、形式言語、有限オートマトン、プログラミング言語など、様々なコンピュータサイエンス関連の授業をサポートするための教材と基盤である。OpenDSA では、プログラミングのチュートリアルから、ポインタ、再帰などを、以下の図 1 のような、可視化されたプログラムの流れや、アルゴリズムの過程を見ながら学習することができる。本研究では、これらの中の本木を可視化するシステムを用いる。

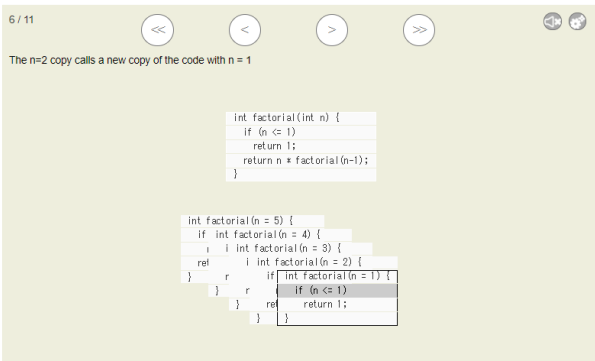


図 1 再帰の教材

## 3. システム実装

本章では実装したシステムの概要を説明したのち、各機能について詳しく説明する。

### 3.1 システム概要

本システムは、「コンパイラ」の演習授業で用いることを想定し、演習で行う 1 つ 1 つの問題に対応したペ

ージを実装する。本システムの概要を以下の図 2 に示す。

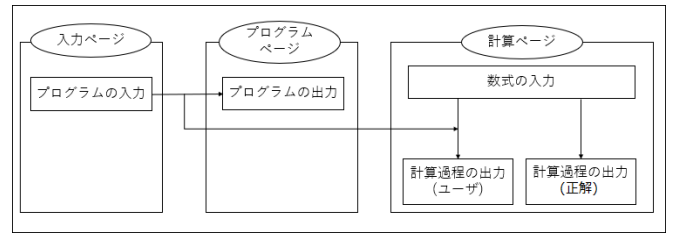


図 2 システムの概要

最初に、演算子順位行列と実装する演算子の還元時のアクションを入力する。そして、入力内容を JavaScript に保存する。入力内容はプログラムページで確認を行うことができる。次に計算ページでは、保存された内容をもとに計算を行う。この際に、ユーザーが定義した計算ルールによる計算と、各問題の正解による計算を両方行い、比較できるようにする。

### 3.2 各ページの実装

#### 3.2.1 入力ページ

入力ページでは、演算子順位行列を示す多次元配列である `prec_table` と演算子の計算内容を定義する関数である `binary_op()` の必要部分のみ編集を行う。これは、「コンパイラ」の演習では、演算子順位法による計算プログラムの本体は実装積みものを利用し、学習者には必要な部分のみを編集させるためである。入力ページのスクリーンショットを以下の図 3 に示す。

```

prec_table[ ][ ]
char prec_table[9][9] = {
/* BGN */ { LT, LT, LT, LT, LT, LT, LT, LT, LT, ERR, LT, EQ },
/* '+' */ { GT, LT, LT, LT, LT, LT, LT, LT, GT, LT, GT },
/* '-' */ { LT, LT, LT, LT, LT, LT, LT, LT, GT, LT, GT },
/* '*' */ { GT, LT, LT, GT, LT, LT, LT, LT, GT, LT, GT },
/* '/' */ { LT, LT, LT, LT, LT, LT, LT, LT, GT, LT, GT },
/* '^' */ { LT, LT, LT, LT, LT, LT, LT, LT, LT, EQ, LT, ERR },
/* '(' */ { LT, LT, LT, LT, LT, LT, LT, LT, EQ, LT, ERR, GT },
/* ')' */ { GT, GT, GT, GT, GT, GT, ERR, GT, ERR, GT },
/* NUM */ { GT, GT, GT, GT, GT, GT, ERR, GT, ERR, GT }
};

binary_op()
YSTYPE binary_op(YSTYPE left, int op, YSTYPE right) {
printf("還元: Expr -> Expr "); debug_token(op, 0); printf(" Expr\n");
switch (op) {
case '+': return left + right;
case '-': return left - right;
default: printf("処理できない二項演算子: "); debug_token(op, 0); printf("\n");
exit(7);
return 0;
}
}

```

図 3 入力ページ

`prec_table` 内で定義されている LT, EQ, GT, ERR

は比較した左右の演算子の優先度の強弱を示し、それぞれ、「左を優先」、「優先度は同じ」、「右を優先」、「エラー」を示す。定義された内容は、JavaScript 内の変数に保存する。prec\_table の内容は、JavaScript 内に実装済みの配列に新しい演算子の情報を追加していく。binary\_op の内容は、関数の内容を文字列として保存し、計算ページでは eval 関数を用いて利用する。ただし、C 言語の場合、累乗の計算は pow 関数を用いなければならないため、内容を一部書き換えなければならない。そのため保存する際に、「pow」を「Math.pow」に置換する。また、計算プログラムでは、計算結果を関数から受け取るのではなく、関数内で大域変数に結果を代入するため、「return」を「answer = 」に置換する。answer が計算結果を保存する大域変数である。

### 3.2.2 プログラムページ

プログラムページは、入力した内容を出力する。このページは、作成したプログラムの内容を学習者自身の C 言語環境で実行したい際に、そのまま保存して利用できるように実装した。

### 3.2.3 計算ページ

計算ページでは、入力された計算式を、定義した計算ルールを元に計算をし、その計算過程を出力する。その際に、スタックの様子や演算子順位行列の比較箇所、構文木の生成過程も出力する。計算ページのスクリーンショットを図 4 に示す。



図 4 計算ページ

計算過程のステップは JSAV の構文木システム内のボタンで行う。このシステムは、一度すべてのステップを保存した後に、各ステップを確認できるものなので、一度計算をすべて行ってから出力する必要がある。また、このシステムとスタックの様子と演算子順位行列の比較箇所の過程は共有できていないので、各ステップのスタックの様子と演算子順位行列の比較箇所は配列に保存し、構文木システムのステップに合わせて配列を読み込み、その内容に合わせて変化させる。同様の処理を、正解での計算ルールでも行う。ユーザによる計算ルールによる計算過程と正解での計算ルールによる計算過程はページ上部のボタンで切り替えるようにする。なお、これは問題演習で用いるため、正解での計算ルールによる計算過程のうち、演算子順位行列は表示しないようにする。

## 4. まとめ

本論文では、「コンパイラ」学習者のための、演算子順位法に関する Web ベースの学習支援システムの開発を行った。ユーザが入力した C 言語プログラムの内容をもとに計算を行い、その計算に伴い構文木、スタックの変化、計算過程を表示するプログラムの作成を行った。また、3 名の学生に試用の上、自由記述による評価をしてもらった。可視化のシステムが学習の役に立つという評価が得られたが、人数が少なく、また既学習者であるため、今後、初学者に対する評価を得る必要がある。

## 5. 今後の課題

### 5.1 C プログラムの実行

計算部分を JavaScript で実装しているため、C 言語プログラムを実際に実行できるようにする。サーバ側で C 言語ファイルを JavaScript ファイルに変換する際には Emscripten<sup>(3)</sup>を用いる。ただし、ただコンパイルして実行するのではなく、計算過程を出力しなければならないため、ユーザが書く構文解析プログラムには、一部の内容を指定する必要がある。

具体的には、C 言語プログラム中の printf 関数が呼び

出されたタイミングで、本論文で実装した JavaScript 側の関数を呼び出すことにより、実装できると考えられる。

### 5.2 LR 構文解析への対応

C 言語プログラムを実行できるようになれば、本システムを応用して、ユーザの作った Bison と Flex のファイルをサーバ側でコンパイルし、それをブラウザで実行することで、LR 構文解析に対しても同様の学習支援システムを開発する。本研究で開発したシステムのうち、計算過程、スタックの変化を出力する機能は同様に、構文解析過程、スタックの変化として利用できる。そして、演算子順位行列の部分 LR 構文解析表にすれば、LR 構文解析についても同様のシステムを開発できると考えられる。LR 構文解析表は、受け取った Bison のプログラムをコンパイルする際に、-v オプションをつけることで生成し、可視化する。完成イメージを以下の図 5、6 に示す。



図 5 LR 構文解析ページ 1

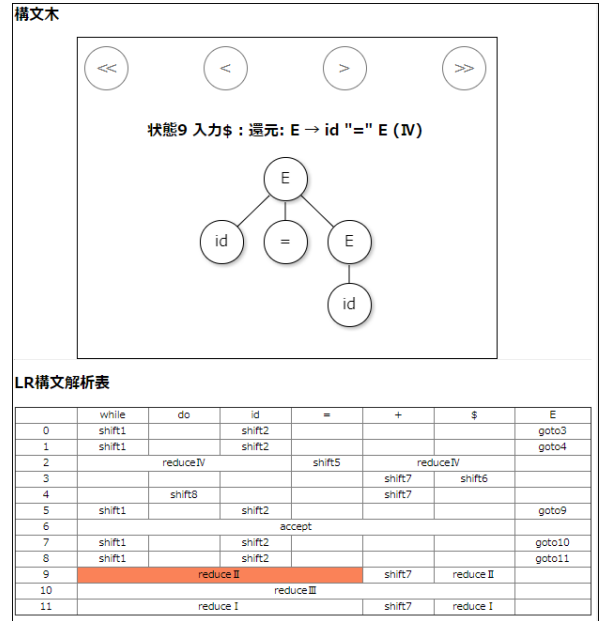


図 6 LR 構文解析ページ 2

### 謝辞

本研究は JSPS 科研費 15K01075 の助成を受けたものです。

### 参考文献

- (1) Karavirta, V. and Shaffer, C. A.: “JS AV: the JavaScript algorithm visualization library”, Proceedings of the 18th ACM conference on Innovation and technology in computer science education, pp.159-164 (2013)
- (2) Fouh, E., Karavirta V., Breakiron, D. A. et al.: “Design and architecture of an interactive eTextbook the OpenDSA system”, Science of Computer Programming 88, pp.22-40 (2014)
- (3) Zakai, A.: “Emscripten: an LLVM-to-JavaScript compiler”, Proceedings of the ACM international conference companion on Object oriented programming systems languages and applications companion, pp.301-312 (2011)

# 和音ブロックの直感的操作による編曲支援システムの開発

片岡 佳椰<sup>\*1</sup>, 林 敏浩<sup>\*1</sup>, 後藤田 中<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> 香川大学大学院工学研究科

## Development of an Arrangement Support System by Intuitive Operation of Chord Block

Kataoka Keiya<sup>\*1</sup>, Hayashi Toshihiro<sup>\*1</sup>, Gotoda Naka<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> Kagawa University Graduate School of Engineering

鼻歌は誰もが簡単に音楽を奏でられる手段である。しかし、即興で歌われた鼻歌は残されることは殆どない。残してみたいと思うと、採譜や楽器演奏の知識や経験が必要とされるので、ハードルが高く感じる。鼻歌は簡単に音楽を奏でられる反面、残されず消失しやすい。そこで、本研究では鼻歌のメロディをもとに、誰でも気軽に、簡単に作曲できるシステムを開発する。このシステムはユーザから採譜した鼻歌をユーザ自身が手を使って編曲できるシステムである。伴奏用の和音を 3D のブロックで表現し、ユーザは MR 空間でブロックを操作することで編曲を行う。システムのプロトタイプとして、曲の確認をディスプレイ越しにできる機能を実装し、曲を完成させたシーンを実現した。今後は、MR 空間における和音ブロックの操作機能や鼻歌のメロディに関する処理機能を実装する。

キーワード: 鼻歌, 作曲, 伴奏, 和音ブロック, 直感的操作, MR

### 1. はじめに

鼻歌は、音楽知識や楽器が無くとも、誰もが簡単にメロディを奏でられる手段である。適当に口ずさんでみて、いいメロディだと感じたときに残すことができると、口ずさんだときの心情や思い出とともにオリジナルの曲として保存できる。しかし、採譜や楽器演奏の知識や経験が必要とされるので、ハードルが高く感じる。作曲家や作曲を趣味とする人は、知識や経験があるので、鼻歌のメロディをもとに作曲することがあり、鼻歌は記録されるが、作曲を目的としない鼻歌は、口ずさんだだけで残されることは殆どない。鼻歌は簡単に音楽を奏でられる反面、残されず消失しやすい。

本研究では、作曲活動にハードルの高さを感じさせず、音楽経験は問わず誰でも気軽に、簡単に作曲できる支援を目指す。また、自分が作曲したという満足感を感じられるように、システムが介入しすぎない支援をする。満足感は、「作曲している実感のあるプロセス」と「システムを利用した結果として、思い通りの気持

ちよいと感じる曲ができた達成感」とする。

そこで、簡単に音楽を奏でられる鼻歌をメロディのデータとして採譜し、採譜した鼻歌のメロディに、ユーザが伴奏を付加し編曲できる ICT を活用したシステムを提案する。伴奏付加により、メロディのみの単調さを軽減することが目的である。支援手法として、伴奏用の和音を 3D のブロック (以下、「和音ブロック」) で表現し、MR 空間においてユーザ自身の手を用いた和音ブロックの組み立ての直感的操作を提案する。本手法に基づき、プロトタイプを実装した。プロトタイプでは、完成した曲の確認を、再生や停止、一時停止の操作によりディスプレイ越しにできる。

### 2. 関連サービス・関連研究

鼻歌をもとに作曲する既存のサービスに、CASIO の Chordana Composer<sup>(1)</sup>がある。音楽の知識や経験がない人でも、2小節の鼻歌を入力するだけでイントロから A メロ、B メロ、サビまで 1 曲分自動作曲するアプリケーションである。ロックやポップスなどの様々な

ジャンルの曲調に指定できる。ユーザは鼻歌を入力するだけであり、システムが作曲をすべて支援する。

作曲に関する関連研究を挙げる。木村ら<sup>②</sup>は、鼻歌を PC のマイクから入力し、MIDI 形式に変換するとユーザが意図したものと異なったり、音楽的に不自然なメロディになることを問題とした。元の鼻歌のメロディらしさを残し、音楽的に自然な形になるように、鼻歌のメロディに対し、音楽理論に基づいた音の高さの修正とリズムを修正する手法を提案した。提案手法による出力結果が音楽的に妥当であることを示唆した。

柳ら<sup>③</sup>は、音楽の創作活動の一例として、楽曲を聴取中に、楽曲に合わせて鼻歌を歌うことに着目した。既存の曲に合わせてユーザの鼻歌による即興歌唱を収集し、作曲活動を支援することで、音楽創作への抵抗感を低減できることを示唆した。

東山ら<sup>④</sup>は、2 小節分のメロディのみをユーザが鼻歌などで生成し、それ以外のメロディや伴奏をすべて自動生成するシステムを開発している。作曲生成する曲のコード進行やキーなどを入力されたメロディから違和感なく決定する方法を提案した。

既存のシステムは、作曲に必要な音楽の経験や知識をユーザに必要とせず、誰でも簡単に立派な曲を作ることができる。しかし、自分で作曲をしたという満足感が得られにくいと考える。本研究では、適当に歌われるオリジナルの鼻歌に、ユーザが自ら手を加え、音楽経験や知識を必要としないシステムにより、作曲を支援する。鼻歌のメロディから和音を自動生成するためのキーやコードの決定や、ユーザに違和感を感じさせない鼻歌メロディの採譜の支援も必要となる。

### 3. 設計

本章では、プロトタイプの内タフェースと、内タフェースを実現するためのデバイスについて述べる。

#### 3.1 インタフェース

我々が開発したプロトタイプシステムは図 1 のように 3D の円環状の帯、和音ブロック、メロディのブロック、再生位置を表すバーから構成する。和音ブロックを掴み、帯に組み込む、組み替えるという直感的操作を実現するために、MR 空間で実装する。

音は時間軸に沿って進行するので音の配置に円環状

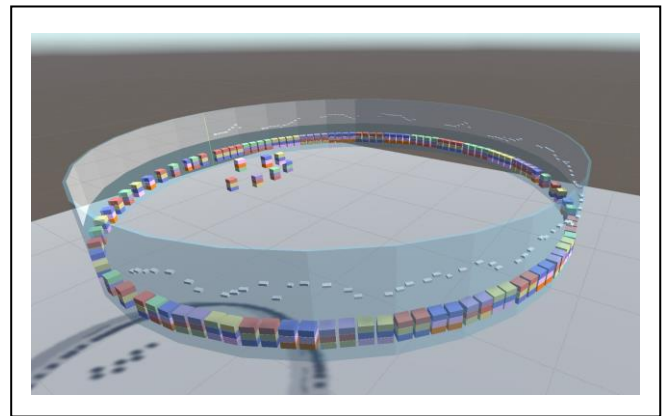


図 1. プロトタイプの内タフェース

の帯を採用した。ユーザは MR 空間で円環状の帯の内側に立ち、和音ブロックで伴奏をつける。帯はユーザの手が届く範囲にある。図 2 のように、帯の上側がメロディの領域、下側が伴奏の領域である。メロディと伴奏は、それぞれ 3D の四角いブロックで表される。

和音ブロックは、ユーザが伴奏をつけるためのブロックである。ユーザの鼻歌のメロディから生成した和音をブロックと見立てたものである。図 3 のように、3 つの色のブロックを一塊とする。四和音など様々あるが、ここでは三和音を採用した。和音という音の塊をブロックと見立てることで、枠組みであるリズムのもと、ブロックを好きな順番で組み立てる。

この仕組みにより、伴奏において必要な音楽理論である、和音、コード進行、リズムの 3 つをカバーできる。音楽の知識を知らずとも、ブロックとしてできあがっている心地の良い和音を違和感の無いリズムで、ブロックの組み合わせを試行錯誤することで自分の好きなコード進行で編曲することができる。和音ブロックは、帯の内側に浮び、ユーザが帯の下側の領域に組み込む。メロディは、ユーザから採譜した鼻歌を、単一のブロックにより音の高さや音の長さに合わせて再現する。帯の上側の領域に表示する。

また、再生位置を表すバーが帯の上側にあり、バーが通ったところの音が鳴る仕組みとなる。バーによって、どこを再生しているか分かり、編集中の曲を聴いて確認することができるようになる。

#### 3.2 MR デバイスとして用いる HoloLens

直感的な操作を実現するために Microsoft 社の HoloLens<sup>⑤</sup>を用いる。HoloLens には「Gaze (視線)」、「ジェスチャー」、「音声コマンド」の機能がある。

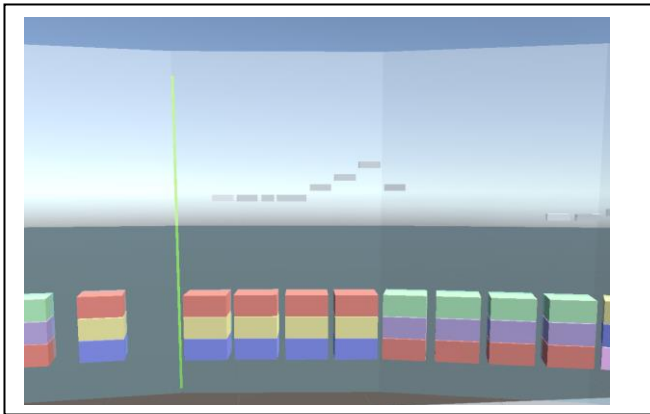


図 2. 内側から見た帯（上側の領域がメロディ用、下側の領域が伴奏用）

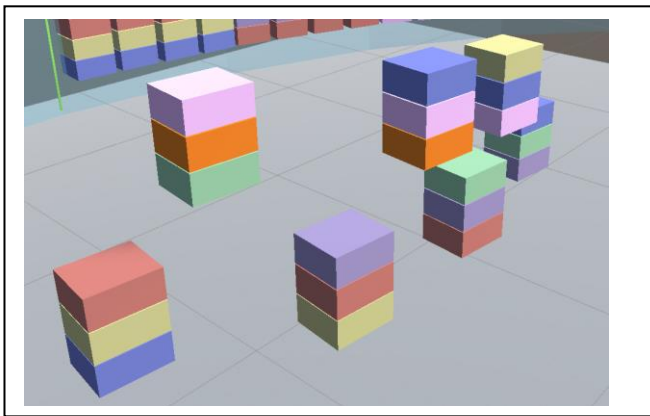


図 3. 3色で一塊の和音ブロック

Gaze（視線）は、画面中央に表示されたカーソルを、頭の動きにより移動させて何かを選択する操作である。マウスカーソルの操作に相当する。システムでは、掴むブロックを指定する機能として利用する。

ジェスチャーは、デバイスに搭載されたセンサによって、手の動きを認識する機能である。クリックやドラッグに相当する。システムでは、指定したブロックを掴む、離すという操作に利用する。

音声コマンドは、デバイスに搭載されたマイクと音声認識エンジンにより、単語や文章を認識する。システムでは、鼻歌のメロディを採譜する際に利用する。

現実空間へ帯や和音ブロックを出現させ、頭を向けた方向に見渡すことができ、和音ブロックを直感的に手に掴み、帯に組み込む操作を実現する。

## 4. システム概要

本章では、設計に基いて提案するシステムと、システムの処理の流れについて述べる。

### 4.1 提案するシステムについて

MR 空間で、円環状の帯にユーザが手を使って「和音ブロック」を組み込むことで鼻歌のメロディに伴奏を付加できる編曲支援システムである。伴奏の和音は、システムが鼻歌のメロディから自動生成し、和音ブロックにするので、ユーザの音楽知識は必要としない。

また、MR 技術を利用することにより、楽譜に起こしたり、作曲ソフトを使ったりするよりも、直感的な操作を実現する。簡単な和音ブロックの組み込み、組み替えの直感的操作を支援することにより、楽器演奏経験が無くとも、伴奏を仕上げることができる。

### 4.2 提案するシステムの処理の流れ

提案するシステムでは、以下の流れで処理をする。

- ① ユーザの鼻歌を採譜し、データ化  
データには扱いやすい MIDI データを採用する。データをもとに、キーやスケールを決定し、伴奏用の和音を生成する。
- ② データ化したメロディを帯上に出現  
メロディは単一のブロックとして帯の上側に出現させる。
- ③ 和音ブロックを帯内に出現  
和音ブロックは帯の下側にのみ、組み込める。組み替えられるように、帯から脱着が可能とする。
- ④ 編曲中の曲の確認  
編曲中は再生や停止などの機能により、曲の確認が可能とする。
- ⑤ 出来上がったものをデータ化  
音声ファイルなどでデータ化する。

## 5. おわりに

本研究では、作曲活動にハードルの高さを感じさせず、音楽経験は問わず誰でも気軽に簡単に作曲できることを目指し、ユーザが自分で作曲したという満足感を感じられるシステムを開発する。システムのプロトタイプとして、曲の確認を、再生や停止、一時停止により、ディスプレイ越しにできる機能を実装し、曲を完成させたシーンを実現した。

今後は、MR 空間における和音ブロックの操作機能や鼻歌のメロディに関する処理機能を実装する。

## 参 考 文 献

- (1) CASIO : Chordana Composer,  
<https://web.casio.com/app/ja/composer/>, (参照 2018-09-27)
- (2) 木村翔平, 鈴木優, 鈴木智文, 北原鉄朗: “音楽理論に基づいた鼻歌作曲支援システム “ハミコン””, 日本音響学会研究発表会講演論文集(CD-ROM), ROMBUNNO.3-6-16 (2012)
- (3) 柳卓知, 西本一志: “Humming ComposTer : 既存曲に合わせて口ずさまれる即興歌唱を利用した音楽の一次創作支援システム”, インタラクション 2017 論文集, 1-403-44, pp. 274-279 (2017)
- (4) 東山恵祐: “作曲支援システムにおけるコード進行及びキーの決定方法”, 研究報告音楽情報科学 (MUS), 2014-MUS-103, 52, pp. 1-6 (2014)
- (5) Microsoft : HoloLens,  
[https://www.microsoft.com/ja-jp/hololens\\_](https://www.microsoft.com/ja-jp/hololens_), (参照 2018-09-27)



# 自転車安全運転指導のための AR を用いた適応的な仮想道路環境の構築

## ～仮想道路の適切な位置合わせ～

奥田浩斗<sup>\*1</sup>, 後藤田中<sup>\*1</sup>, 藤本憲市<sup>\*1</sup>, 八重樫理人<sup>\*1</sup>, 村井礼<sup>\*2</sup>, 林敏浩<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> 香川大学, <sup>\*2</sup> 山口大学

## Development of Adaptive Virtual Road Environment with AR for Bicycle Safe Riding Guidance Suitable Registration of the Virtual Road

Hiroto Okuda<sup>\*1</sup>, Naka Gotoda<sup>\*1</sup>, Ken'ichi Fujimoto<sup>\*1</sup>, Rihito Yaegashi<sup>\*1</sup>,  
Hiroshi Murai<sup>\*2</sup>, Toshihiro Hayashi<sup>\*1</sup>,  
<sup>\*1</sup> Kagawa University, <sup>\*2</sup> Yamaguchi University

平成 27 年 6 月に道路交通法が改訂され、自転車運転者がより交通安全に注意することが求められる。そこで、我々は交通指導を受ける機会の提供を目的として、ICT の要素を取り入れた 3 つの環境からなる交通安全教育環境を構築する。その内の仮想道路環境は、不適切な運転を指導するリアルタイム学習を行う際に自転車を走行してもらった環境である。本稿は、自転車走行中という環境において AR を用いた仮想道路を安定して適切な位置に表示するため構築した試作システムについて述べる。

キーワード: 透過型 HMD, AR, 交通安全教育環境, 仮想道路環境, 位置合わせ手法

### 1. はじめに

香川県では自転車が絡んだ交通事故が多く、平成 18 年から平成 27 年まで自転車乗車中の人口 1 万人あたりの交通事故発生件数はワースト 1, 2 位が続いている。平成 27 年には道路交通法が一部改正され、定められた危険運転を繰り返した自転車運転者に対して、自転車運転者安全講習を受けることが義務付けられるようになり、より安全な運転を行うことが求められている。また、現在行われている交通指導は主に人手で行われており、交通安全教育が十分に行き届いているとは言いきれない。また、交通安全教室は講話などが中心で、実技指導が十分に行われていない傾向にある。

そこで我々は、交通指導を受ける機会の増加を目的として、ICT の要素を取り入れ、自転車運転者が実際に自転車を運転してもらい不適切運転を行った場合に

交通指導を行える交通安全教育環境を構築した<sup>(1)</sup>。

本交通安全教育環境は、リアルタイム学習環境、仮想道路環境、事後学習環境の 3 つの環境からなる。リアルタイム学習環境は、携帯端末を用いて自転車運転者の運転をリアルタイムで検知し、不適切な運転を行っていた場合に交通指導を行う環境である。仮想道路環境は、リアルタイム学習の際に、安全に自転車を運転できる走行環境である。これまで構築した仮想道路環境は、構内や運動場などに標識の模型などを置いて用意した環境であったが、構築に手間がかかる、各学習者への適応的な仮想道路環境の変更が難しいなどの問題があった。そこで、学習者に透過型 HMD を装着してもらい、AR 技術により実際の風景に白線や標識などを重畳表示し、ICT による安全で運用が容易な仮想道路環境を実現することでこれらの問題の解決を図

る。自転車運転中の安定した重畳表示を実現するために、携帯端末や透過型 HMD 内の各種センサと姿勢推定のためのマーカを利用した AR 表示手法を用いる。

現時点では開発の第一段階として、自転車走行中において適切な位置へ仮想道路を重畳表示することを目的として、AR 表示のために複数手法を組み合わせた試作システムの開発を行った。本稿では、仮想道路を現実世界と対応した適切な位置に重畳表示するために構築した試作システムの設計・開発について述べる。

## 2. 香川県の交通状況と道路交通法

本章では、香川県の自転車事故状況と交通安全教育について述べる。また、平成 27 年に改訂された道路交通法と指導対象としていた交通ルールについて述べる。

### 2.1 香川県の交通状況と交通安全指導

香川県の自転車事故状況は悪く、平成 18 年から平成 27 年までの人口 1 万人あたりの都道府県別交通事故発生件数は、ワースト 1, 2 位が続いている。自転車事故を減少させるためには、自転車利用者の意識改善を行うことが求められる。しかし、ポスターの掲示やパトロールなどによる取り締まりの強化など人手で行われている指導には限界がある。また、学校における交通安全教育では、学んだことを行動に移すことが重要とされるが、校外の実習には危険が伴い指導員の確保も困難であるため、講話などによる指導が多い<sup>2)</sup>。

### 2.2 道路交通法の改正

H27 年には道路交通法が一部改正され、14 項目の不適切運転を 3 年以内に 2 回以上繰り返した自転車運転者には、自転車運転者安全講習の受講が義務付けられることとなった。本研究では、14 項目の違反の中から、第一段階として外部の状況に左右されない違反である通行禁止違反、徐行違反、一次停止違反、交差点安全進行義務違反の 4 つの違反を指導対象とした。歩行者通行妨害や信号・遮断機での停止など外部の状況に左右される不適切運転は指導の対象外としていた。

## 3. 交通安全教育環境

本章では、我々が構築した交通安全教育環境の概要と本環境を構成する各環境について説明する。

### 3.1 交通安全教育環境の概要

交通安全教育環境は、自転車運転者を対象として、

交通安全教育に ICT の要素を取り入れることで、実際に自転車の運転を通じた交通安全教育の機会の増加を目的とする。歩行者や車が通行する公道で実技指導を行うことは危険であるため、実際に自転車を運転して不適切な運転について指導する場、運転後に不適切な運転に対して詳細な交通指導を行う場、安全に自転車を運転できる走行環境を提供する。これらを満たすため、交通安全教育環境は、リアルタイム学習環境、事後学習環境、仮想道路環境の 3 つで構成される。また、本交通安全教育環境は、中学生から大学生、社会人といった幅広い自転車運転者に対応することを目指す。

### 3.2 リアルタイム学習環境について

リアルタイム学習環境は、自転車運転者が実際に自転車を運転して、不適切な運転を行った場合に交通指導が行える環境である。ここでは、我々が開発した携帯端末上で動作する交通安全教育アプリ”ポケットポリス”を使用する。スマートフォンなどの携帯端末を自転車に装着し、不適切運転の検知を行う。ポケットポリスは、自転車運転者がどこを走行しているかを捕捉し不適切運転を行っていないかの確認を行うために、携帯端末の GPS やジャイロセンサなどを用いて、位置情報、進行方向、速度などを取得する。自転車運転者の運転をリアルタイムで検知して取得した運転情報と、事前に登録した道路情報を比較して不適切運転を検知する。不適切運転が検知された場合、その場で音や文字による簡潔な警告・指導を行う。

### 3.3 事後学習環境について

事後学習環境は、運転終了後に自転車運転者が行った不適切な運転に関する交通安全教育を受けることができる環境である。ポケットポリスで検知した運転情報や違反情報をもとに、各自転車運転者それぞれに適した交通ルール・マナーなどを学ぶことが可能である。

### 3.4 仮想道路環境について

仮想道路環境は、安全に自転車を運転できる走行環境である。本環境は、ポケットポリスを用いた指導を安全かつ効果的に行うために提案した環境のため、安全であること、ポケットポリスで検知できる不適切運転を起こしうる環境を構築することが求められる。リアルタイム学習において、学習者に学ばせたい項目に対応した仮想標識などを設置して仮想道路を構築する。

#### 4. AR を用いた仮想道路環境

我々がこれまで構築していた仮想道路環境は、安全にも配慮し、運動場などの車や歩行者のいない空間に自作の標識などを立てて実際の道路の要素を再現していた。しかし、構築に手間がかかることや、各学習者に対して適応的な教育環境が構築できないなどの問題点が見られた。この点を改善するために、学習者に透過型 HMD を装着してもらい、透過型 HMD のディスプレイ上の白線や標識などを重畳表示することで仮想道路を実現する。リアルタイム学習のための連携機能として、仮想道路環境のオブジェクトのデータ表現や重畳表示と不適切運転の検知機能の拡張が必要になる。また、仮想道路環境を適応的に変更できるように、指導者が自由に設計できる機能や、前回の運転や事後学習の結果をもとに各学習者に対して適応的に仮想道路を組み替える機能などが必要と考える。

図 1 は、本仮想道路環境を用いた交通安全教育環境の流れである。これまでの仮想道路環境では、個人の習熟状況等に合わせた仮想道路環境を構築することが困難であったが、前回のリアルタイム学習の運転ログや事後学習の結果をもとに組み替えた仮想道路を重畳表示することで、次回のリアルタイム学習時に仮想道路を再構築することが容易である。



図 1 : AR を用いた交通安全教育環境

現段階では、まず従来のポケットポリスで検知対象であった不適切運転を起こしうる環境を本仮想道路環境上で再現する予定である。しかし、AR 技術を用いることにより、仮想信号の表示による信号無視違反の検知や仮想歩行者の表示による歩行者通行妨害の検知などを行うことで、これまで再現が難しかった外部の状況に左右されるような不適切運転についても指導対象とすることができると考える。

#### 5. 表示手法

本章では、仮想道路環境を構築するためのシステムについて説明する。仮想道路に表示するオブジェクトは、白線・道路標識など実際の道路に存在し、検知対象に関係するものを検討している。その他には、障害物や違反を検知した際の警告表示などが考えられるが、見やすさや安全性などを考慮して検討する必要がある。

##### 5.1 AR 表示の手法

AR の表示手法には大きく分けてロケーション型とビジョンベース型がある。ロケーション型はセンサベース手法とも呼ばれ、端末に内蔵された GPS や加速度センサ等を用いて現在地や向きなどを測定して AR 表示を実現する手法であり、屋外での利用が容易な反面、センサ精度に依存するため不安定である。ビジョンベース型の中でもマーカベース手法は、表示精度が高い反面、AR 用のマーカ認識が必要となる。それぞれの手法の短所を補うためこれらの手法を組み合わせ拡張した AR 表示を実現している研究もある<sup>(3)(4)</sup>。

##### 5.2 仮想道路の位置合わせ

本研究では自転車走行中での AR による仮想道路表示の実現が必要となる。この場合、センサベース手法単体では自転車特有の振動や高速走行などによるずれが発生しやすいこと、マーカベース手法単体ではマーカを認識できず仮想道路の表示が出来ない場合が想定される。そのため、AR 表示のために両手法を組み合わせ、センサベース手法によるずれをマーカ認識により修正することで、安定した重畳表示の実現を目指す。

##### 5.3 システム構成

AR を用いた仮想道路環境を構築するためのシステムは、携帯端末、透過型 HMD、サーバから構成される。図 2 に仮想道路表示のためのシステム構成を示す。

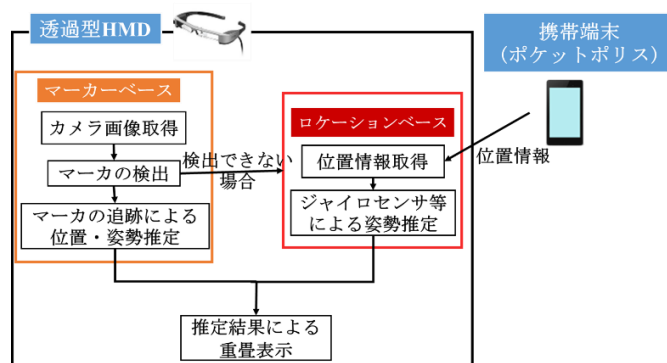


図 2 : 仮想道路表示のためのシステム構成

透過型 HMD 上に仮想道路を表示するためのシステム構成について説明する。携帯端末上では、従来通り交通安全教育アプリ“ポケットポリス”が動作し位置情報などの運転情報を取得している。透過型 HMD 内では、カメラ画像を逐次的に取得しマーカ検出処理を行う。マーカを認識できた場合、計測できたマーカとの距離や角度をもとに学習者の位置や姿勢の推定を行う。マーカを認識できない場合、携帯端末を介して取得した位置情報や各種センサによる学習者の姿勢推定を行い、推定結果に基づいた仮想道路の表示を行う。

#### 5.4 現在の進捗と今後の課題

現在、第一段階として仮想道路の重畳表示に向けて、一次試作を開発した。ロケーションベース手法とマーカベース手法をそれぞれ実装した後にそれらを組み合わせたシステムを構築し、白線や道路標識を表示することで最低限の仮想道路環境を構築する。試作システムを開発する上で、AR ライブラリである Vuforia を用いた場合認識時の精度が高いが遠距離の認識が難しいこと、画像認識用のライブラリである OpenCV では 10m 以上の遠距離でも認識が出来るが位置合わせ精度が落ちるなどの問題点が発生した。これらの課題を解決するため、この両者切り替えるマーカベース手法を採用して開発を行った。今後は、試作システムを用いて表示精度の検証をする予定である。

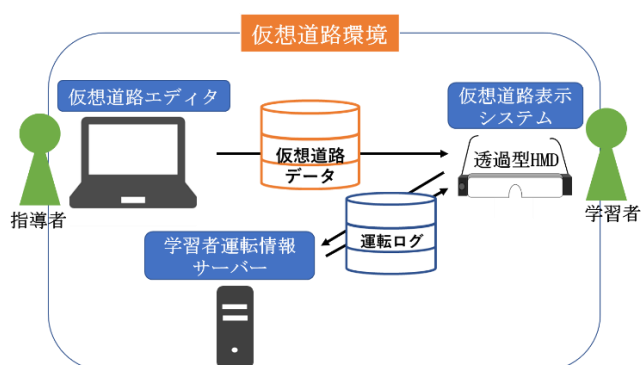


図 3. 今後の仮想道路環境構築について

図 3 に、最終的な仮想道路環境構成の予定図を示す。実際の運用のために、指導者が仮想道路を作成するためのオーサリング環境が必要である。仮想道路上の仮想標識や走行範囲、不適切運転検知対象を位置情報などと紐づけ、エディタ上で仮想オブジェクトを配置することで比較的容易に編集できるシステムが構築可能である。将来的には、年齢や学習者の以前の運転ログ

などをもとに仮想道路を構築することで、より各学習者に適した仮想道路が提供できると考える。今後は、位置合わせの精度向上と共に、指導者が仮想道路を手軽に作成するための環境の構築に取り組む予定である。

## 6. まとめ

本稿では、香川県の交通状況や道路交通法改正を踏まえ、我々が提案した交通安全教育環境内の AR 技術を用いた仮想道路環境の構築と、開発した一次試作システムについて述べた。仮想道路環境は、仮想道路上の標識や白線などに従い学習者が実際に走行し、交通安全教育を行ってもらえる環境である。本研究では、適応的な仮想道路環境を実現するために AR 技術を用いて構築する。安定した重畳表示を行うために、マーカベース手法とセンサベース手法を組み合わせた手法を用いる。現在は、ロケーションベース手法に加えて、二つのライブラリを組み合わせたマーカベース手法による処理を行うハイブリッド方式により、安定した仮想道路環境の重畳表示を実現するための試作システムを構築した。今後は、表示位置の精度の検証や改善を行うとともに、指導者が仮想道路環境を設計するためのオーサリング環境を構築する予定である。

なお、本研究は、平成 30 年度科学研究費補助金基盤研究 (C)「AR 型仮想道路環境を用いた自転車安全運転指導システムの開発」(課題番号 17K00487)の補助を受けている。

### 参考文献

- (1) 中川晋平, 奥田浩斗, 後藤田中, 林敏浩, “自転車ドライバのための交通安全教育アプリ“ポケットポリス”-運用実験結果の分析-”, 教育システム情報学会研究報告, Vol.31, No.3, pp.1-6(2016)
- (2) 小畑亜樹, 矢野円郁, “小学校における交通安全教育の実態と児童の安全意識”, 近畿地方整備局研究発表会, 防災・保全部門 No17 (2016)
- (3) 山川健司, 梶克彦, 河口信夫, “距離画像による空間情報マッチングに基づくマーカレス AR システムの設計と実装”, マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2013 論文集, pp2133-2140(2013)
- (4) 岸晃平, 白石陽, “マーカレス AR を用いた船舶航行データの可視化手法の提案”, 情報処理学会第 75 回全国大会講演論文集 2013(1), pp.55-56(2013)

# 音読時間とポーズ時間の特徴に基づく音読流暢性評価と そのフィードバックツールの提案

丸山 裕也<sup>\*1</sup>, 香山 瑞恵<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup> 信州大学大学院総合理工学研究科, <sup>\*2</sup> 信州大学工学部

## Proposals of metrics for reading fluency based on features of reading aloud and feedback tool using these metrics

Graduate School of Science and Technology, Shinshu University<sup>\*1</sup>,  
Faculty of Engineering, Shinshu University<sup>\*2</sup>

The purpose of this research is to develop an assessment tool for reading aloud by pupils. We have proposed some metrics for evaluating reading fluency based on features of pauses in reading. In this paper, we show the results of assessment for some reading aloud data from pupils who born in foreign countries using these metrics. Moreover, we propose two types of feedback interfaces with heat-map method and glyph methods.

キーワード: 音読, 流暢性, 音読時間, ポーズ, 可視化

### 1. はじめに

学校教育においては、読み書き困難児童の発達性ディスレクシアに対する認知度が低く、特別な支援が受けられない現状が見受けられる<sup>(1)</sup>。家庭でも保護者は経験や専門知識が乏しく、児童に対して適切な評価を行うことは困難である。しかし、児童は読み書き練習を重ねて流暢性を評価、アセスメントすることで学習効率を高めることが示唆されている<sup>(2)</sup>。

読み書き困難のうち、特に読みに着目した場合の流暢性評価法として、読みの速度に着目した検査方法<sup>(3)</sup>や文字の読み書きの正確性を調べる検査方法<sup>(4)</sup>がある。これらの方法では、単一項目による評価や特殊な検査が用いられる。また、評価に関する専門知識が必要であったり、評価に長時間を要したりするなどの問題もある。さらに、評価のために取得した音読の特徴が音読のアセスメントに活かされないことが多い。

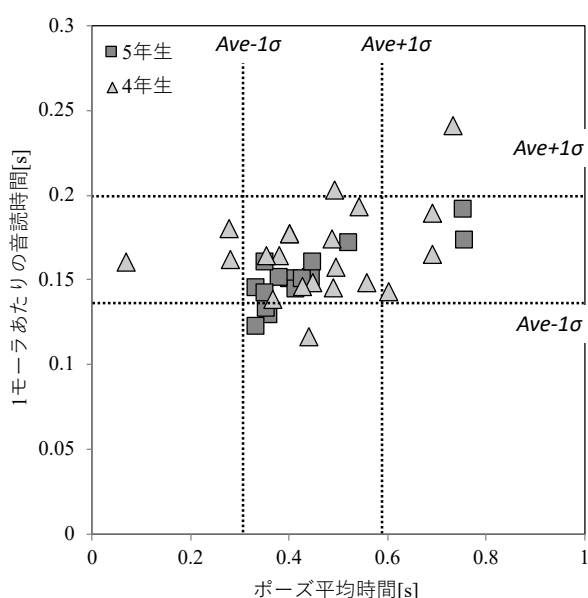
本研究では、読みに着目し流暢性評価を試みている。単一項目ではなく、聞き手の印象を反映させた指標と

して文章音読に挿入されたポーズ情報を利用した多面的指標<sup>(5)</sup>を提案している。そして、評価算出を自動化するために提案している多面的指標を用いた読みの流暢性の自動評価ツール<sup>(6)</sup>を提案してきた。今回は読みに困難を示す児童の例として、外国にルーツを持つ児童の音読を評価した。本稿では、外国にルーツを持つ児童の音読に対して音読時間とポーズ時間の特徴に基づく解析結果を示す。また、音読時間とポーズ時間の特徴を自動的に評価するツールの仕様を示した上で、音読特徴を教師と音読児童に効果的かつ効率的にフィードバックする可視化方法を提案する。

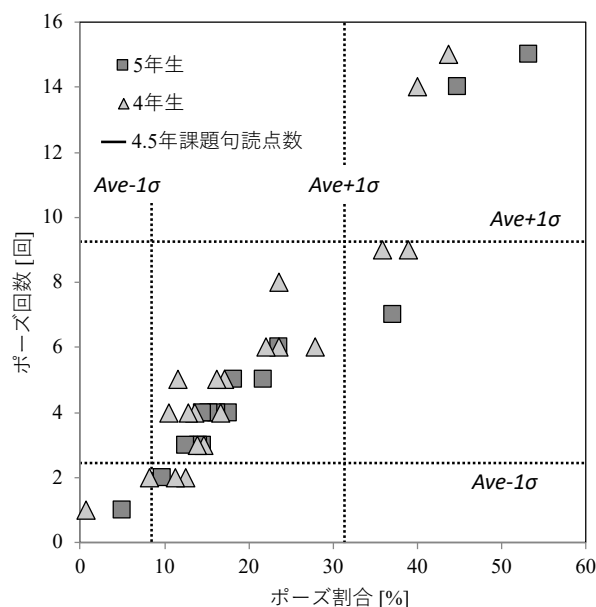
### 2. 流暢性評価

#### 2.1 流暢性の評価指標

本研究では、流暢性を「適切な間を取りながら、すらすら読めて言い淀みが無く逐次読みではない様子」と定義する。本研究で読みの流暢性評価指標としている特徴量は以下の5つである<sup>(6)</sup>。



(a) モーラとポーズの平均時間



(b) ポーズの回数と割合

図 1 本研究で提案する音読の流暢性評価指標

- (1). ポーズの平均時間
- (2). 1モーラあたりの音読時間
- (3). 音読中のポーズ回数
- (4). 全音読時間に対するポーズ割合
- (5). ポーズの位置種類

(1)は、音読中に出現したポーズの総和時間をポーズ回数で割った結果である。(2)は、結果文章を単語ごとに分解し、各モーラ数で割った結果である。(3)は、音読中のポーズ回数である。以降、ポーズ回数と呼称する。(4)は、音読中に出現したポーズの総和時間を読み始めから終わりまでの音読所要時間で割った結果である。以降、ポーズ割合と呼称する。(5)は、ポーズに対して挿入された文章位置の種類である。ポーズの種類は、「句点」「読点」「改行位置」「文節途中」の4種類である。

## 2.2 流暢性評価指標から得られる音読の傾向

2.1 に示した5指標の内の4指標((1)~(4))と音読特徴の関係を図1に示す。これらの図は、4年生が22名と5年生は15名の計37名の音読評価結果を示している。音読文章は2種類であり、最初の1文のみを評価対象とした。4年生の音読文章のモーラ数は52であり、5年生は59である。ここでは音読文末の句点をカウントしている。これらの児童には定型発達児童と音

読困難児童が混在している。左図は、ポーズの平均時間(1)と1モーラあたりの音読時間(2)の関係を示している。ポーズの平均時間の平均値 $\pm 1\sigma$ は $0.46 \pm 0.14$  [s]であり、1モーラあたりの音読時間の平均値 $\pm 1\sigma$ は $0.17 \pm 0.03$  [s]であった。右図は、音読中のポーズ回数(3)とポーズ割合(4)の関係を示している。対象文章の句読点数は4であった。それに対して、ポーズ回数の平均値 $\pm 1\sigma$ は $5.4 \pm 3.7$  [回]であり、ポーズ割合の平均値 $\pm 1\sigma$ は $20.57 \pm 11.93$  [%]であった。

これらの児童の音読の特徴を以下に示す。

- ポーズの平均時間は1モーラあたりの音読時間に比べ広範囲に分布した
- ポーズの平均時間が $1\sigma$ を超える児童の音読は、間が適切でないことがある
- ポーズ回数が多く、全音読時間に対するポーズ割合が大きい児童の音読は逐次読みに近い
- ポーズの平均時間が長い児童の音読は、全音読時間に対するポーズの割合が大きくかつポーズ回数も多い

## 2.3 5指標自動取得ツール

2.1 に示した音読の流暢性を評価する5指標を自動取得するツールを作成した。本ツールでは音声認識エンジンとして Google Cloud Speech API(Google 社) (7)

を用いる。Google Cloud Speech API は音声認識クラウドサービスであり、高精度かつ長時間の音声データを認識できる。

しかし、Google Cloud Speech API では、ポーズ情報を取得することができない。そのため、本ツールではポーズ情報を追加する処理を行っている（後述）。5指標を算出するための入力音声は、wav形式のサンプリングレート16kHz、ビット数16bit、チャンネル数1chとする。算出処理の概要を図2に示す。提案ツールは音圧の正規化をしたwav形式の音読音声ファイルを入力データとする。音声認識エンジンでは取得できないポーズ情報は以下のように算出した。音読音声から指定した音圧閾値以下の状態が0.25[s]以上続いた区間を取得し、ポーズのタイムスタンプを記録する<sup>1</sup>。この結果より、ポーズ回数と平均時間を算出する。また、音読音声と音声認識エンジンを用いて、単語単位での認識語とタイムスタンプ、モーラを取得する。この結果より、1モーラあたりの音読時間を算出する。さらに、取得したポーズと認識語をタイムスタンプで比較し、認識語群にポーズを挿入することで、ポーズを含む文章情報を得る。この結果より、ポーズの位置種類と全音読時間に対するポーズ割合を算出する。

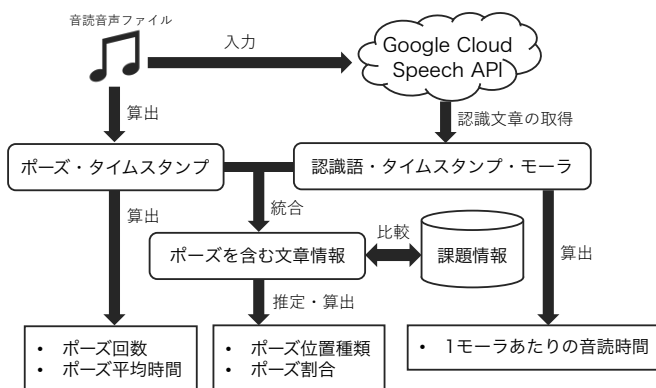


図2 自動取得ツール処理概要

### 3. 外国にルーツを持つ児童の音読解析

#### 3.1 対象音読データと音読データのグループ分け

外国にルーツを持つ児童の音読データ36データを2.3に示した5指標自動取得ツールを用いて解析した。音読児童は小学1~6年19名である。これらの児童の日本滞在年数は1~12年である。音読文章は1~4文の12

種類（縦書き6種類、横書き6種類）である。横書きには分かち書き文章も含まれる。音読時間は平均で23.95[s]（最大48.59[s]、最小8.81[s]）であった。音読文章の平均モーラ数は85.75（最大116、最小23）である。本ツールでは、音読文末の句点に関してカウントしない処理としている。

これらの音読文章はDAISY規格のePUBとしてタブレット端末に表示された。今回の解析では5指標のうち「ポーズの位置種類」を除く4指標に着目した。

ここでは、「学習言語習得には5~7年の学習が必要である」「外国にルーツを持つ児童は縦書きテキストでは読みにくい」<sup>9)</sup>という先行研究の知見に基づき、19名の児童を日本滞在年数（5年未満・5年以上）と音読課題の提示方法（縦書き・横書き）で4グループに分けた。各グループの特徴を表1に示す。括弧内は音読音声ファイル数である。group1は滞在期間が5年以上かつ横書きの音読群の12データである。group2は滞在期間が5年未満かつ縦書きの音読群の7データである。group3は滞在期間が5年以上かつ縦書きの音読群の12データである。group4は滞在期間が5年未満かつ縦書きの音読群の5データである。

表1 各グループの特徴

	5年以上	5年未満
横書き	group1 (12)	group2 (7)
縦書き	group3 (12)	group4 (5)

表2 ポーズ平均時間と1モーラあたりの音読時間の特徴

	ポーズ平均時間[s]	1モーラあたりの音読時間[s]
group1	0.50±0.11	0.15±0.04
group2	0.63±0.07	0.24±0.07
group3	0.51±0.09	0.15±0.05
group4	0.61±0.10	0.23±0.07

#### 3.2 解析結果

自動取得ツールでの解析結果を図3と図4に示す。図3の横軸はポーズの平均時間、縦軸は1モーラあたりの音読時間である。全被験者のポーズの平均時間の平均値±1σは0.54±0.11[s]である。1モーラあたり

<sup>1</sup> 一般に無発声区間の絶対時間は0.1~0.3[s]である<sup>8)</sup>。

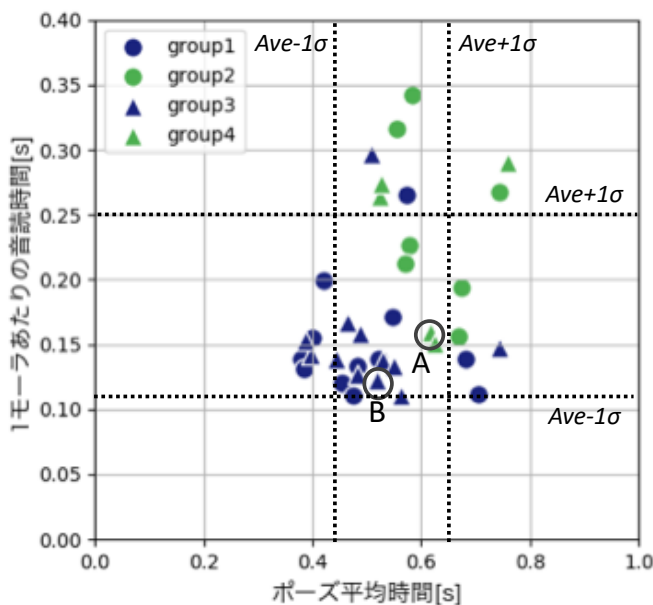


図 3 モーラとポーズの平均時間

の音読時間の平均値 $\pm 1\sigma$ は $0.18\pm 0.07$  [s]である。各グループのポーズ平均時間と1モーラあたりの音読時間の特徴を表2に示す。両指標ともに5年以上の滞在グループの値が5年未満のグループの値よりも短い。文章の横書き縦書きでは大きな違いはみられない。

図4の横軸はポーズ割合、縦軸はポーズ回数である。全被験者のポーズ割合の平均値 $\pm 1\sigma$ は $27.03\pm 11.33$  [%]である。ポーズ回数の平均値 $\pm 1\sigma$ は $11.94\pm 7.71$  [回]である。各グループのポーズ割合の特徴とポーズ回数の特徴を表3に示す。両指標ともに5年以上の滞在グループの値が5年未満のグループの値よりも少ない。文章の縦書き横書きについては、ポーズ割合では大きな違いはみられないが、ポーズ回数では5年未満のグループに5.17の違いが見られる。

表 3 ポーズ割合とポーズ回数の特徴

	ポーズ割合[%]	ポーズ回数[回]
group1	$22.79\pm 9.56$	$8.00\pm 3.91$
group2	$35.42\pm 7.03$	$21.57\pm 6.80$
group3	$23.22\pm 11.86$	$8.42\pm 5.74$
group4	$34.63\pm 10.86$	$16.40\pm 6.80$

### 3.3 考察

表2と表3の値に対するShapiro-Wilk検定より4指標全てで正規性が確認できなかった。そこで、ノンパラメトリック検定の手法であるWilcoxon rank sum検定を用いて平均値の差を検定した。滞在年数の長短

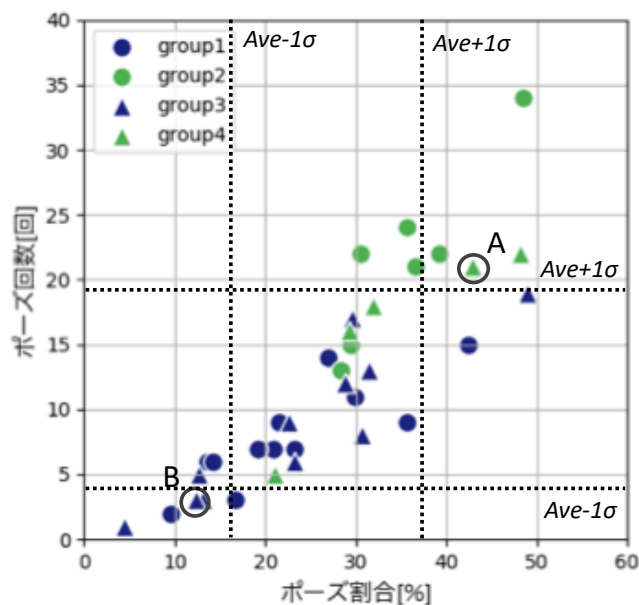


図 4 ポーズの回数と割合

で比較した結果、横書きでは4指標において5%水準での有意差が示され、縦書きではポーズ割合を除く3指標において5%水準で有意差が示された。一方、文書の縦書き横書きで比較した結果、滞在年数の長短によらず4指標で有意差は示されなかった。

すなわち、外国にルーツを持つ児童の音読は、滞在期間が短いグループは、長いグループに比べてポーズの平均時間が長くなっていった。2.2に示した日本人児童の音読特徴の1つである「ポーズの平均時間が長い児童の音読は、全音読時間に対するポーズの割合が大きくかつポーズ回数も多い」に関連する可能性が考えられる。

また、滞在期間が短いグループは、長いグループに比べてポーズ割合が有意に多くなっている。ポーズ回数は有意では無いが、多い傾向にあった。これは、2.2に示した日本人児童の音読特徴の1つである「ポーズ回数が多く、全音読時間に対するポーズ割合が大きい児童の音読は逐次読みに近い」に関連する可能性が考えられる。

しかし、ポーズ回数に関しては今回の解析結果を一律に考察することはできない。なぜならば、音読文章は12種類あり、それぞれの文章での句読点数が異なり(読点数3~6, 句点数1~4), 分ち書きとそうでない文章が混在しているからである。



## 4. フィードバック方法の提案

前章までに示した音読の流暢性を評価する指標での解析結果を示すグラフでは、音読に対する読みの傾向は明らかにできるが、児童にとっての困難箇所や困難理由を明らかにすることができない。そのため、困難箇所や困難理由を明らかにするための可視化方法を検討した。

### 4.1 評価指標の可視化インターフェースの提案

図 5 に提示手法の例を示す。(1)はルビ振りであり、認識文の上に 1 モーラの音読時間、下にはポーズ時間を示す。(2)は読み速度表示であり、実時間で認識文を順番に提示する。(3)は読み速度下線表示であり、実時間で認識文に下線を引いていく。(4)は分かち書きであり、ポーズの長さに対して対応する数の□を挿入する。(5)は文字サイズ変更であり、音読時間を文字サイズに対応させた。(6)はヒートマップであり、音読時間を色情報に対応させた。

これらの提示手法に対して、特別支援の専門家 4 名より評価を得た。その結果、音読の評価が可視化されることは児童の指導に役立つという意見を得た。具体的には、指導時間に制約のある指導者でも児童の音読特徴を概観することができること、客観的な評価が行える可能性があること等が指摘された<sup>(6)</sup>。また、可視化手法に関しては、(6)のヒートマップが特に好評であり、困難箇所や困難理由の発見に役立つと指摘された。一方、児童向けのフィードバックツールの必要性も指摘された。

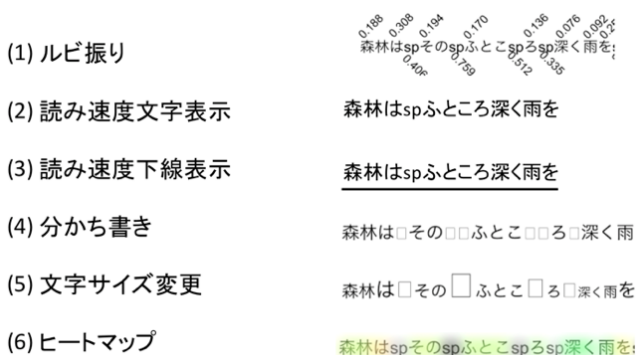
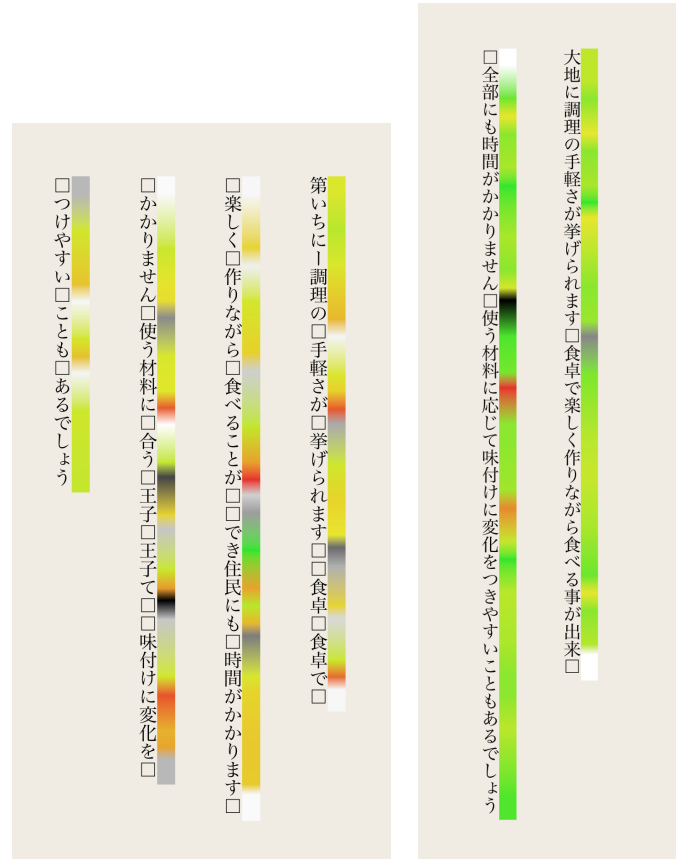


図 5 音読特徴の提示方法

### 4.2 ヒートマップの設計

今回は、1 モーラあたりの相対音読時間と各ポーズの相対時間とポーズ回数、およびそれらの位置(種類)



(a) 児童 A (b) 児童 B

図 6 ヒートマップ例

を提示することとした。これらの提示手法では、ポーズを含む単語単位で各特徴量を付与する。

本研究で提案するヒートマップ式の音読可視化では、1 単語ごとの音読時間と 1 ポーズごとの時間を表示色の特徴に対応付けた。1 単語ごとの音読時間では、相対音読時間を色相スケールと対応させた。赤に近い箇所は音読時間が長く、緑に近い箇所は音読時間が短いことを表している。中間色には橙色、黄色、黄緑がある。相対化をしているため、赤と緑の色は必ず、1 単語ずつ出現する。色ムラが多いと音読の流暢さに問題が生じている可能性がある。また、1 ポーズごとの相対時間は明度スケールに対応させた。黒いほど長いポーズで、白いほど短いポーズである。中間色は灰色である。相対化をしているため、黒と白の色は必ず一箇所ずつ出現する。ポーズが句読点以外で生じた場合に、音読の流暢さに問題が生じている可能性がある。

図 3 と図 4 に示した児童 A と児童 B の音読に対するヒートマップを図 6 に示す。これらの児童は同一文章(縦書き、分かち書きなし、句読点数 6、改行数 4、

モーラ数 93)を音読していた。図 6 (a) は児童 A の結果である。このヒートマップは、全体的に中間色かつ色ムラがある。また、黒もしくは灰色が多数確認される。ポーズ回数は 21 回であった。一方、図 6 (b) は児童 B の結果である。このヒートマップは、全体的に緑色であり、色ムラは少なく、灰色は少ない。ポーズ回数は 3 回であった。

主観的な音読の評価では、児童 A は、たどたどしく感じられる。児童 B は、すらすら読めて言い淀みが無く逐次読みでない流暢な読みであった。

### 4.3 児童向けのインターフェース作成

4.1 に示した特別支援の専門家からの指摘を踏まえ、児童向けのフィードバックツールとしてグリフを作成した。グリフ例を図 7 に示す。今回はヘビ図形を用いて、柄の明瞭度によって各行の音読評価結果を表現する。ヘビの頭は音読冒頭の文を、ヘビの尾は最後の文に対応させる。図 7 中の②の区間は逐次読みであるため、ぼかしが強くと柄が見えないが、③の区間はしっかりと読めているため柄がはっきりと見えるという表現である。

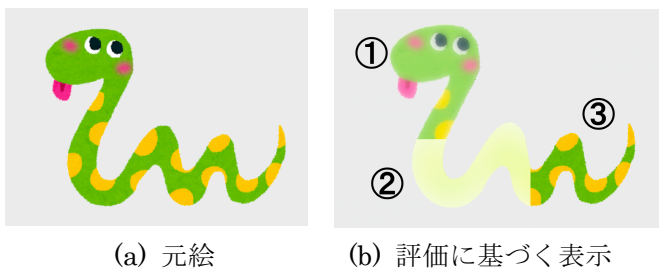


図 7 グリフ候補案

## 5. おわりに

本稿では、外国にルーツを持つ児童の音読に対して音読時間とポーズ時間の特徴に基づく解析結果を示した。滞在年数の長短の違いにより、本研究で提案した流暢性評価指標に有意な差が確認された。

また、音読の流暢性を評価する 5 指標を自動的に取得するツールの仕様を示した上で、音読特徴を教師と音読児童に効果的かつ効率的にフィードバックする可視化方法を提案した。ヒートマップ式の音読可視化では、読みに特徴のある児童のアセスメントの可能性が示唆された。

今後は、提案ツールの実用性を高める工夫を試みる。

また、グリフ式の音読可視化では、可視化の方法と指標との対応を更に精査し、児童の音読のアセスメントに適用したい。

## 謝辞

児童の音読音声の提供及びインターフェースの評価にご協力して頂いた大阪大学 楠敬太先生、立命館大学 小澤亘先生、大阪教育大学 金森裕治先生に感謝いたします。

## 参考文献

- (1) 奥村智人: “発達性読み書き障害 (ディスレクシア) の評価と指導”, 明星大学発達支援研究センター紀要, Vol.1, pp.13-15 (2016).
- (2) Deno, S.L., et al.: Relationships among simple measures of spelling and performance on standardized achievement tests [Research Report No.21], Minneapolis: University of Minnesota, Institute for research on Learning Disabilities (1980).
- (3) 近藤 武夫: “読み書きのアセスメント”, [http://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/detail/\\_icsFiles/afiedfile/2016/10/27/1378381\\_15\\_1.pdf](http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/detail/_icsFiles/afiedfile/2016/10/27/1378381_15_1.pdf) (2018 年 9 月 27 日確認)
- (4) 宇野彰他: “改訂版 標準読み書きスクリーニング検査 - 正確性と流暢性の評価-(STRAW-R)”, インテルナ出版 (2017).
- (5) 北川耕平他: “音読時間とポーズの特徴に着目した読みの流暢性の評価指標に基づく音読の流暢性評価の提案”, 信学論 D, Vol.J101-D, No.2, pp.338-347 (2018).
- (6) 丸山裕也他: “音読のポーズ特徴に基づく音読流暢性アセスメントツールの設計”, 2017 年度教育システム情報学会学生研究発表会北信越地区, pp.29-30 (2017)
- (7) Google Cloud Speech API : <https://cloud.google.com/speech-to-text/> (2018 年 9 月 27 日確認)
- (8) 石崎晶子: “日本語の音読において学習者はどのようにポーズをおくか”, 世界の日本語教育日本語教育論集, No.15, pp.75-89 (2005).
- (9) 楠敬太他: “外国にルーツを持つ児童の読み困難度に関する基礎的研究(第 2 報)”, 日本デジタル教科書学会 第 7 回年次大会(2018)

# 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

長谷川 忍<sup>\*1,\*2</sup>, Deni Kurnia<sup>\*2</sup>, Zheyu Tan<sup>\*2</sup>, Beuran Razvan<sup>\*3</sup>

\*1 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,

\*2 北陸先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科

## A Proposal of Decision-Making Training Environment for Information Security Awareness

Shinobu Hasegawa<sup>\*1,\*2</sup>, Deni Kurnia<sup>\*2</sup>, Zheyu Tan<sup>\*2</sup>, Beuran Razvan<sup>\*2</sup>

\*1 Research Center for Advanced Computing Infrastructure, JAIST

\*2 Graduate School of Advanced Science and Technology, JAIST

The purpose of this manuscript is to propose a training environment in information security awareness to improve skills regarding not only to knowledge and technical skills which are easy to be outdated but also to soft skills like decision-making which are more general. To design such environment, we first make modeling in training process for the decision-making as a cognitive skill and then propose a methodology to generate adaptive practice to focus on what a learner is weak based on required awareness level or his/her training status.

キーワード: 情報セキュリティウェアネス, 意思決定トレーニング, 適応的支援

### 1. はじめに

あらゆるものがインターネットに接続される現代社会においては、社会インフラに不正に侵入してデータの詐取や破壊を行うサイバー攻撃もより一層グローバル化・巧妙化・複雑化している。このような状況の下、情報セキュリティ政策会議において「情報セキュリティ人材育成プログラム」が策定され<sup>(1)</sup>、サイバーセキュリティ戦略本部において「サイバーセキュリティ人材育成総合強化方針」が示される<sup>(2)</sup>など、情報セキュリティを確保するための高度人材育成は非常に重要な課題の一つとなっている。高等教育機関における情報セキュリティ教育の事例としては、分野や地域を越えた全国的なネットワークを形成し、実際の課題に基づく課題解決型学習等により高度な専門性と実践的な情報セキュリティ能力を有する人材の育成を目指す「情報技術人材育成のための実践教育ネットワーク形成事業(enPiT)<sup>(3)</sup>」などが挙げられる。

しかしながら、情報通信技術が社会インフラだけで

なく Internet of Things (IoT)等を通じてパーソナルな空間までも行き渡る現代社会においては、製品やサービスの開発や運用を専門的に行う技術者だけでなく、それらを利用する一般ユーザの立場であっても情報セキュリティに対する適切な意識（情報セキュリティウェアネス）を身につけることが必要不可欠である<sup>(4)</sup>。

しかしながら、情報セキュリティを取り巻く環境の変化は非常に急速であり、関連する知識や技術的スキルは陳腐化が起りやすい。一方で、セキュリティに関わる事態において状況や情報を整理・判断するような意思決定スキルは、より普遍的なスキル（トランスファラブルスキル）として長期間にわたって活用が可能である。こうした認知的スキルは、知識として学ぶだけでなく、事例や演習、問題解決などといった実践的教育を通じて初めて身につけることが期待される。ただし、こうしたセキュリティ教育を行うことのできる教員及び時間には限りがあり、オンラインでそれぞれの学習者が経験・失敗を繰り返しながらボトムアップ的にトレーニングすることが求められる。

本研究の目的は、変化の激しい情報化社会において効果的な情報セキュリティウェアネスを獲得するために、陳腐化しやすい知識や技術的スキルだけでなく、長期間にわたって活用可能な状況判断に関わるスキルを向上させるためのトレーニング環境を提案することである。具体的には、認知的スキルとしての意思決定とそのトレーニング過程をモデル化するとともに、学習者に要求されるウェアネスレベルや当該スキルに関するトレーニング状態などの特徴に応じて、特に苦手なスキルを集中的に学習するための、適応的な課題生成手法の実現を目指す。

## 2. 意思決定トレーニングモデル

図1に本研究で想定する情報セキュリティ教育の構成要素を示す。情報セキュリティにおける知識とは、セキュリティ対策を実行する際にユーザが理解しておくべき基本方針（セキュリティポリシー）や対策基準（セキュリティガイドライン）、その実施手順を指す。これらの知識はそれぞれの組織で定義されており、本稿では主に大学におけるセキュリティポリシーやガイドラインを対象とする。

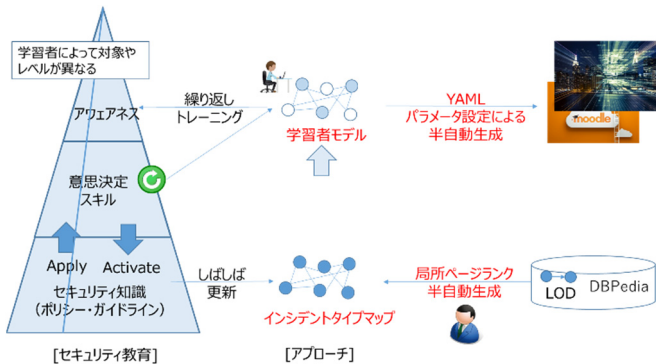


図1. 情報セキュリティ教育の構成要素

意思決定スキルは図2に示すようにセキュリティ事象（インシデント）に対してセキュリティ知識を適用することで適切な行動を選択一連のプロセスである。セキュリティにおけるインシデントを規定する要素は、フィッシングメールやメール誤送信などといったインシデントの種類、被害を受けた場合の影響の大きさや範囲、行動に対する時間的・金銭的コスト、などから構成される。筆者らが先行研究で提案した災害対応に

おける意思決定スキル学習支援モデル<sup>(5)</sup>を拡張して、これらの要素を変動パラメータとすることで同様のシナリオであっても異なる意思決定トレーニングを繰り返して行うことが可能となる

また、社会的実践の場におけるインタラクションを通じた認知スキルの学習過程モデルの一つである認知的徒弟制<sup>(6)</sup>のアプローチを意思決定スキルのトレーニングに適用すると、概念を理解させるためにデモンストレーションを行う「モデリング」や、意思決定に対するヒントやフィードバックを与える「コーチング」、手掛かりや支援を上達に伴い減らしていく「足場づくり」などの支援戦略を組み合わせることも可能となる。

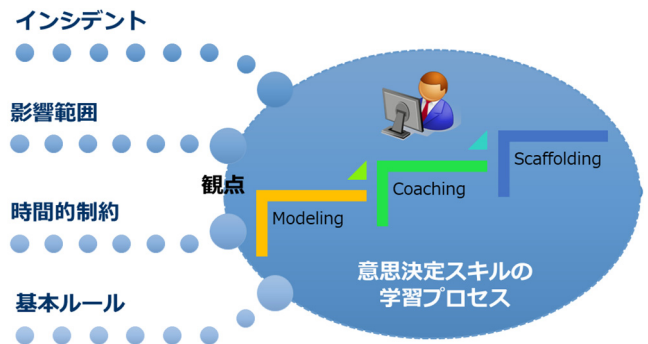


図2. 意思決定トレーニングモデル

## 3. 適応的トレーニングの生成手法

### 3.1 インシデントタイプマップの生成

セキュリティの脅威が急速に進化していることから、どのようなセキュリティインシデントの種類をトレーニング対象として取り入れるかを検討する上で実用的な指針が必要であると考えられる。そこで本研究では、Linked Open Data (LOD)に基づくデータセット、特にWikipedia から抽出された構造化データセットであるDBpedia<sup>(7)</sup>に局所的なページランクアルゴリズムを適用することで、インシデントの種類に関するコンセプトマップを生成する手法を提案している<sup>(8)</sup>。これにより、新しいセキュリティインシデントや特定の学習者のトレーニングギャップに応じて、関心のあるインシデントを対象としたトレーニングを行うことが可能となる。

### 3.2 意思決定要素に対するオーバーレイモデル

情報セキュリティウェアネスの文脈における意思決定スキルとは、既に述べた通り、インシデントの種類だけでなく、影響の大きさや範囲、時間的・金銭的成本などから総合的に判断することが求められる。金子らは形式知学習において学習者の不得意分野をオーバーレイモデルによってシステムが同定し、次に提示する問題を決定する手法<sup>9)</sup>を提案しているが、セキュリティウェアネスの個人差に対応する上では、それぞれの意思決定の要素について得意不得意な境界を推定し、不得意な要素をより多くトレーニング課題とする方法が考えられる。そこで、本研究では意思決定の要素に基づくオーバーレイモデルを実装する。具体的には、意思決定スキルをその構成要素とトレーニング履歴からなる表として展開し、時系列を加味したクラスタリングを行うことで、各学習者の得意・不得意な要素を表現する。

### 3.3 トレーニング課題の生成

学習者の不得意な要素に関するトレーニングシナリオのパラメータを変動させることで、演習課題を適応的に生成する。具体的には、図3に示すように、初学者に対してはパラメータを大きく変動させ、熟練者に対しては意思決定におけるしきい値の周辺で小さく変動させる乱数を生成することで、学習者が同じタイプの異なるトレーニングを繰り返し行うことができるようにする。

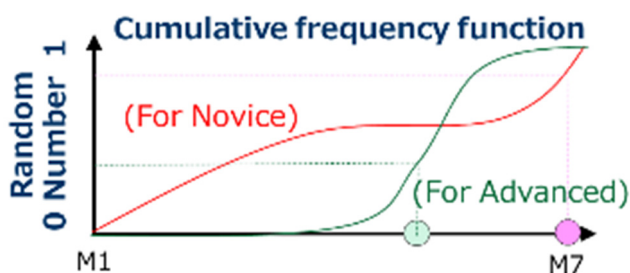


図3. パラメータ設定手法の概要

### 3.4 トレーニング環境の実装

本研究では学習環境のプラットフォームとして、オープンソースの学習管理システム(LMS)である Moodle を採用し、事前にデータベースに格納した事例や演習のシナリオに基づいて、演習のためのトレーニング環

境を自動的に生成するプラグインとして開発する。具体的にはトレーニングのためのシナリオを構造化データ表現記法である YAML フォーマットで記述することにより、Moodle 内で利用可能な SCORM パッケージとしてトレーニングを展開できるプラグインを開発している<sup>10)</sup>。YAML フォーマットは直感的にシナリオ設定を記述することが可能であり、記述内容に従ってパラメータを変更可能なトレーニングコンテンツを自動で生成できるため、オーサリングのコストを低減することができる。さらに、トレーニング時の意思決定に関連する活動を学習履歴として収集する機能を開発中であり、これらにより、Moodle を利用可能な他機関においても活用できる形式とする。

## 4. おわりに

本研究ではセキュリティウェアネスの基礎となる意思決定スキルのトレーニング要素をセキュリティインシデントのタイプ、影響範囲、コスト等の要素を組み合わせたオーバーレイモデルで表現し、学習者の達成状況と重ねることで不得意部分の特定と不得意部分の要素を持つトレーニング課題を提示する適応的なトレーニング環境を提案した。現在、Moodle 上のモジュールとしてトレーニング環境の実装を進めており、開発できた機能は随時 GitLab で公開している。

これまでにもセキュリティ教育を対象とした学習環境やトレーニング環境は提案されてきているが<sup>11)</sup>、それらの多くは作りこまれた環境となっている。本提案は、セキュリティインシデントの流行に合わせたコンテンツの追加などが容易な仕組みとなっており、対象領域の発展が著しい情報セキュリティ分野では効果的な手法であると考えられる。

今後の課題としては、パラメータを変動可能なコンテンツの生成手法の実現と、認知的徒弟制に基づく適切なフィードバック手法の実装が挙げられる。さらに、適応的課題生成アルゴリズムを評価するために、大学院学生に対するセキュリティ教育の一環として、トレーニング課題に関する条件群と統制群による比較実験を予定している。評価の方法としては、主観的なウェアネスの状態を測定するためのルーブリック評価と客観的なセキュリティポリシー・ガイドラインに対す

る理解度を測定するためのテストの得点からプレテストとポストテストの差を比較する。また、プロセス評価として、学習履歴に基づいて意思決定の観点や基準が時系列でどのように変化したかを分析することも予定している。さらに、フィードバックの手法やシステムのユーザビリティ等、運用に必要な要素についても評価・改善を行いたい。また、トレーニングを一定期間にわたって行うことで、今回提案した手法の有用性を確認することも重要な課題の一つである。

## 謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費基盤研究(B) (No.17H01992), 基盤研究(C) (No.17K00478) (No.17K00479)の助成による。

## 参考文献

- (1) 情報セキュリティ政策会議：新・情報セキュリティ人材育成プログラム, (2014)
- (2) サイバーセキュリティ戦略本部：サイバーセキュリティ人材育成総合強化方針, (2016)
- (3) enPiT: 分野・地域を越えた実践的情報教育協働ネットワーク, <http://www.enpit.jp/> (2018年9月27日確認)
- (4) 花田 経子：情報セキュリティ人材に求められるスキルと人材育成, 情報処理学会研究報告, Vol.2012-CSEC-58 No.39, pp.261-266, (2012)
- (5) Wahyudin, D., and Hasegawa, S.: Mobile Serious Game Design for Training Ethical Decision Making Skills of Inexperienced Disaster Volunteers. The Journal of Information and Systems in Education, Vol.14, No.1, pp.28-41, (2016)
- (6) Collins, A., Brown, J. S. and Newman, S. E.: Cognitive apprenticeship: Teaching the craft of reading, writing, and mathematics, Technical Report, No. 403, BBN Laboratories, Cambridge, MA. Centre for the Study of Reading, University of Illinois, (1987)
- (7) DBpedia Association: DBpedia Website, <https://wiki.dbpedia.org/> (2018年9月27日確認)
- (8) Tan, Z., Hasegawa, S., and Beuran, R.: Concept Map Building from Linked Open Data for Cybersecurity Awareness Training, in Proceedings of the Japanese Society for Artificial Intelligence (JSAI) Special Interest Group on Advanced Learning Science and Technology Workshop (SIG-ALST83), pp. 1-6, (2018)

- (9) 金子 真也, 上之菌 和宏, 橋 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)
- (10) Cyber Range Organization and Design (CROND): GitHub Repository for CyLMS <https://github.com/crond-jaist/cylms>, (2018年9月27日確認)
- (11) Md. H. Noor Azam and R. Beuran: Usability Evaluation of Open Source and Online Capture the Flag Platforms,” Japan Advanced Institute of Science and Technology (JAIST), Tech. Rep. IS-RR-2018-001, (2018)

# 無線通信理解のための可視化ツールの開発と評価

長谷川 健太<sup>\*1</sup>, アサノ デービッド<sup>\*2</sup>, 不破 泰<sup>\*3</sup>

<sup>\*1</sup> 信州大学大学院, <sup>\*2</sup> 信州大学, <sup>\*3</sup> 信州大学総合情報センター

## Development and Assessment of a Visual Tool to Aid Understanding of Wireless Communication

Kenta Hasegawa<sup>\*1</sup>, David Asano<sup>\*2</sup>, Yasushi Fuwa<sup>\*3</sup>

<sup>\*1</sup> Shinshu University, Graduate School, <sup>\*2</sup> Shinshu University, <sup>\*3</sup> Integrated Information Center, Shinshu University

IoT 需要の高まりから、無線通信技術者育成の重要性が増している。しかし、無線通信を実験や座学で学ぶことは電波が見えないため、理解することが困難である。そこで我々は、端末から定期的に中継機を介してサーバに情報を送信するセンサーネットワークにおける中継機とサーバを無線通信モジュールと LED 等の表示器を備えた小型通信システムを用いてモデル化し、無線通信を学習できる教材を開発した。小型通信システムは各機器の通信状況を LED の点滅を利用することで表示し、電波の可視化を実現した。また、無線技術についてのカリキュラムに、中継機間のルーティングを扱い、そこで行われる様々な工夫を実際に動作させ確認しながら学べる機能を持つ。また、実際にこの教材を、高校生を対象に行われたセミナーで使用したところ、電波の性質とルーティングの工夫について座学だけで学ぶよりもより理解できたと概ね良好な結果を得ることができた。

キーワード: 無線通信, 学習支援, 教育, プロトコル, IoT, Arduino, XBee

### 1. はじめに

近年, ICT (Information and Communication Technology) の発展に伴い, IoT (Internet of Things) の需要が高まりを見せている。この技術を活用して, 現在様々なサービス, 商品などが提供されている。活用例の一つに, 長野県塩尻市で地域児童の登下校時の安全確保を目的として運用されている, 地域見守りシステム(1)がある。

IoT には重要とされる技術がいくつかあるが, それら技術のうちの一つに無線通信技術があり, この技術を扱える技術者育成の重要性が増している。しかし, 無線技術を座学や実験を通して学ぶことは, 実際に使われている電波を目視できないため, 学習者にとって理解することが難しい技術の一つであることは明らかである。また, 無線通信技術者は無線通信を使って様々なサービスなどを提供するにあたり, 無線通信を使っ

た仕組み, すなわちプロトコルの開発についての知識も有する必要がある。そのため, 無線通信技術者育成のため, 学習者にとって理解しやすく, 有用な学習教材が必要であると考えられる。

このような背景に基づき, 端末から定期的に中継機を介してサーバに情報を送信するセンサーネットワークにおける, 中継機とサーバをモデルする小型通信システムを開発し, 電波の性質について理解できるような教材を開発した。また, このシステムを用いて中継機間でのルーティングプロトコルを学習するが, ルーティングに様々な工夫を凝らし, 実際に動作させ, 確認しながら学べる機能を付加した教材となっている。この際の中継機間のルーティングネットワークを可視化するために PC 画面上で可視化できるツールの開発も行った。これらを総称して無線通信可視化ツールと呼ぶ。

開発した無線通信可視化ツールは次のような機能を

有する。

**機能 1** 小型通信システムは、搭載された LED により各機器毎で通信状況の可視化が可能

**機能 2** 小型通信システムは PC と組み合わせて容易にプロトコルの変更が可能

**機能 3** サーバに中継機の通信状況を定期的に送信し、その情報をもとに PC 画面上でネットワーク全体の接続状況の可視化が可能

これら機能により無線通信、電波の仕組み、ルーティングプロトコル等について体験的に学習できる教材としている。本教材における小型通信システムは、マイコンボードの Arduino と無線通信モジュールの XBee(2)を組み合わせて開発し、通信状況の可視化に LED を使用した。また、PC 画面上でのネットワーク全体の可視化にはグラフィック機能に特化した Processing(3)を用いて作成した。

本教材では、電波の性質を理解した後、無線通信プロトコルの学習の一環としてルーティングプロトコルを学ぶ。プロトコルの学習は、他に MAC プロトコルの学習等も考えられるが、今回は無線通信固有の問題が多く存在するルーティングプロトコルを取り上げた。無線通信におけるルーティングでは、一度ルーティングを確立しても、通信路上に障害物が入る等様々な要因で経路が切断されることがあり、それを感知して自動的に再度ルーティングを行う必要がある。また、途中で中継機が増設された場合にも、より良い経路をすべての中継機が確立するために、様々な工夫をプロトコルに実装する必要がある。このプロトコルの工夫を学習者自らが考えることは座学では困難である。そこで、それらの問題点を理解して実装するために、本教材はルーティングプロトコルに様々な工夫をし、その動作を評価することに大きな意義があると考えた。

本研究ではこの教材を使ったカリキュラムによる授業を高校生を対象に行われたセミナーで実施し、高校生による評価アンケートを行った。アンケートでは、電波の性質の理解、ルーティングプロトコルの理解、そして本教材が無線通信技術の理解に貢献できたか調査を行った。

本論文は、2、3 で本研究において我々が開発を行った教材および、教材を用いたカリキュラムについての詳細を述べる。4 では教材および、教材を用いたカリ

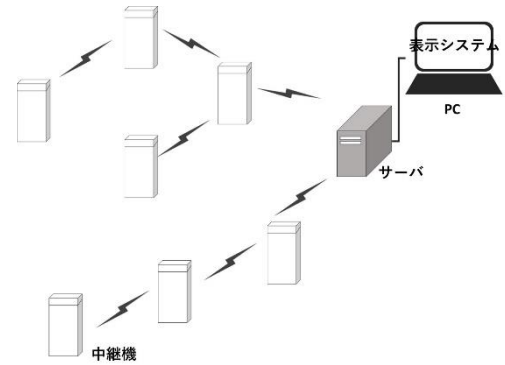


図 1 無線通信可視化ツール

キュラムで高校生に行った授業の内容とその評価を行う。

## 2. 無線通信可視化ツールの機器構成

本章では我々が作成した無線通信学習教材である、無線通信可視化ツールについて述べる。

### 2.1 無線通信可視化ツール構成要素の詳細

図 1 に本ツールの概略図を示す。本ツールを用いたカリキュラムではルーティングプロトコルを扱うが、そのためにネットワークに複数設置する機器を中継機、それら中継機から送信されたデータの処理を行う機器をサーバと呼ぶ。サーバは、中継機から送信されたデータからルーティングネットワーク全体の可視化を行うためのデータを PC へ転送する。PC 側では Processing を用いて、サーバから送られてきたデータをもとにネットワーク全体の可視化を行う。

本研究では、中継機 8 台、サーバ 1 台を用意し、各機器を識別するためにそれぞれ ID を割り当てた。この ID は、ルーティングプロトコルの処理に用いる。

以下では無線通信可視化ツールを構成する各要素の詳細について述べる。

#### 2.1.1 中継機

本システムにおける中継機は、Arduino と XBee、LED を用いて作成した。図 2 に中継機の外観を示す。使用した Arduino は Arduino Fio(4)という、XBee との利用が想定されたモデルを使用した。Arduino は PC と接続して、独自に用意された統合開発環境を使用することで、容易にプログラムを書き込むことができる。これによりプロトコルの変更を容易に行うことができる。

中継機に取り付けた LED は計 6 つで、それぞれに



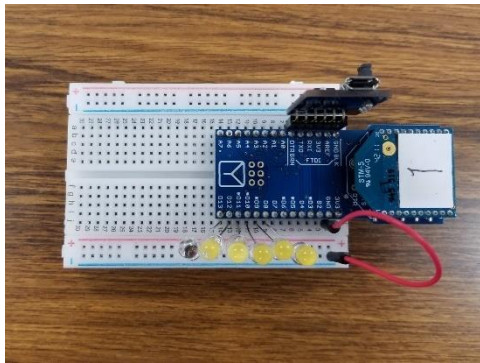


図 2 中継機

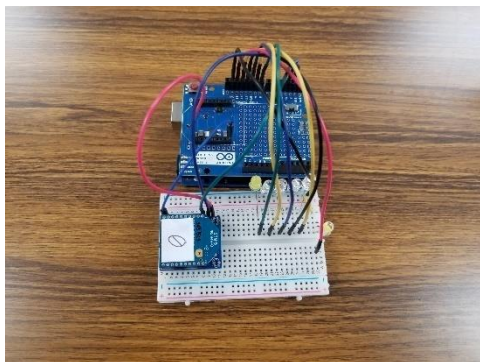


図 3 サーバ

役割を与えている。役割は、中継機のデータの転送先（以下親局とよぶ）の決定通知、受信、送信確認、接続情報更新、未更新の確認、親局変更の通知である。親局決定通知は赤色 LED、それ以外は白色 LED を使用した。

親局決定時に点灯する LED は、親局がなければ消灯させ、その中継機が親局を決定しているかひと目で分かるようになっている。送受信の LED は送受信があったかそれぞれの LED の点滅によって知らせる。接続情報更新確認の LED は、中継機の内部で起動しているタイマ変数の更新を確認するためのものであり、3.2.3 のプロトコル動作時に使用する。また、親局変更通知の LED も 3.2.3 の親局変更時に使用する。また、これらの LED も点滅によって状態の通知を行う。

### 2.1.2 サーバ

本システムのサーバは中継機同様に Arduino と XBee, LED を使用して作成した。図 3 にサーバの全体図を示す。サーバの Arduino は Arduino UNO(5) というモデルを使用した。サーバは中継機から送信される、ネットワークを可視化するための情報の受信処理を行い、接続されている PC にデータを送る必要がある。この操作を行う場合、Fio よりも UNO を使用した方が処理が行いやすいため、UNO をサーバ用機器

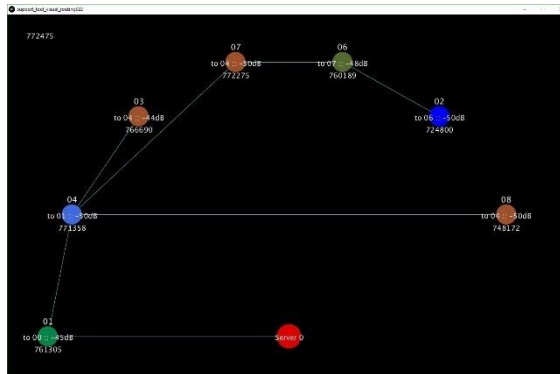


図 4 ネットワーク表示システム

として採用した。Arduino であることに変わりはないので、中継機に使用した Fio と同様の操作でプログラムの書き換えを行うことができる。

サーバの LED は電源確認用、受信、送信確認 LED、PC へのデータ転送確認の通知を行う。電源確認 LED は赤色で、それ以外は白色 LED を使用している。電源確認 LED は起動中は常に点灯し、それ以外の LED は中継機同様、点滅によって各状態を通知する。

### 2.1.3 ネットワーク表示システム

本システムで扱うルーティングネットワーク全体の可視化を行うため、Processing で表示システムを作成した。そのインタフェースを図 4 に示す。

表示画面には、サーバと中継機のアイコンを配置し、サーバまでのルーティングは各アイコンを線で結び接続経路を可視化している。また、サーバまでどれだけの中継機を介しているか（以下、ホップ数とする）を可視化するため、各アイコンをホップ数に応じて色分けしている。また、中継機を示すアイコンには、各機器の ID、親局 ID、親局との接続電界強度を表示している。これらの表示は、中継機からのデータをもとにリアルタイムで更新を行う。

## 3. システムの動作概略

本教材では電波の性質の理解と合わせて、無線通信プロトコルの学習の一環としてルーティングプロトコルを扱う。本教材で扱うルーティングプロトコルの模式図を図 5 に示す。

まず、サーバを除く全てのの中継機は初期状態では親局が決定していないため、親局を決定する必要がある。図 5 では中継機 A と B がその状態にある。ここでは中継機 A の挙動を中心に説明する。中継機 A は親局と

して接続可能な機器があるか確認するためのパケットを送信する。このパケットを中継情報要求パケットと呼ぶ。この中継情報要求パケットを受信できた機器は、接続可能である旨を知らせるパケットを送信する。これを中継情報パケットと呼ぶ。しかしこの例では、中継機 A の 1 度目の中継情報要求パケットはサーバで受信されなかった例を示している。また、中継機 B でも受信できていないように見えるが、B はまだ親局が決定しておらず、親局が未決定の中継機はその間に中継情報要求パケットを受信しても、応答しない仕様になっているため応答がない。中継情報要求パケットに対する応答が得られなかった場合、一定時間経過後再び中継情報要求パケットを送信する。再び送信された中継機 A からのパケットを図 5 ではサーバが受信し、中継情報パケットの送信を行う。さらにこの中継情報パケットを中継機 A が受信できれば、中継機 A はサーバを親局として登録する。

親局登録後、中継機 A は中継情報要求パケットの送信を止め、中継情報パケットの送信を定期的に行う。また、図 5 の例では、親局が決定していない中継機 B で中継機 A の中継情報パケットを受信したため、B は A を親局として登録した。また、親局決定後には中継情報パケットの送信とは別に、ルーティングネットワーク全体を可視化するために必要な情報が付加されたパケットの送信も定期的に行う。これを接続情報パケットと呼ぶ。

本章では、無線通信プロトコル学習の一環として学ぶルーティングプロトコルと、使用したパケットの構成について述べる。

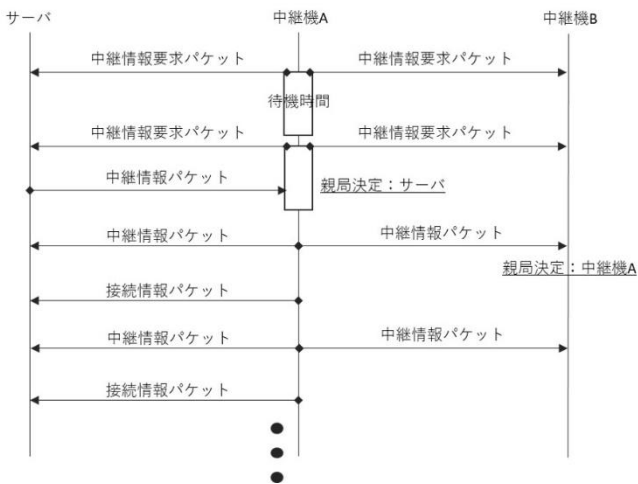


図 5 ルーティングプロトコルの模式図

### 3.1 パケット構成

無線通信可視化ツールでは無線通信を行うために XBee を利用する。XBee を使って任意のデータを付加してデータの送信を行う場合、予め用意されたデータフォーマットを利用しなければならない。図 6 に XBee のデータフォーマットを示す。データフォーマットは開始デリミタ、パケットの長さ、API 部、情報部、チェックサムで構成されているが、API 部については送信用と受信用で構成が異なる。

送信用は、XBee 使用者側で操作が必要で、ルーティングプロトコルを使用するにあたり、送信先 ID 部とオプション部の操作を行った。本教材を使用する上で、各機器が送信するデータはネットワーク全体にブロードキャストで送信する必要がある。そこで、予め用意されているブロードキャスト送信用 ID をここに付加する。オプション部では、ACK 停止オプション等を指定することができる。XBee では独自に ACK を送信する機能があるが、ルーティングプロトコルを学習する上で、XBee 独自の機能は不要であるため、ACK 停止オプションを設定する。

受信用フォーマットの内部は使用者側で操作を行うことはできない。しかし、本研究では無線通信可視化ツールを狭小空間内で使用するにあたり、電界強度情報による距離の判定を行う。そこで、この電界強度部よりデータを取得する。

ルーティングプロトコルで使用する各パケットを構成するには、自身で作成したデータを XBee のデータフォーマットに付加する必要がある。これは、情報部に格納することで、各パケットを構築することができる。

本システムで使用する各パケットは地域見守りシステムのパケット構成を参考に構築した。以下では、本システムで使用する各パケットの詳細を述べる。

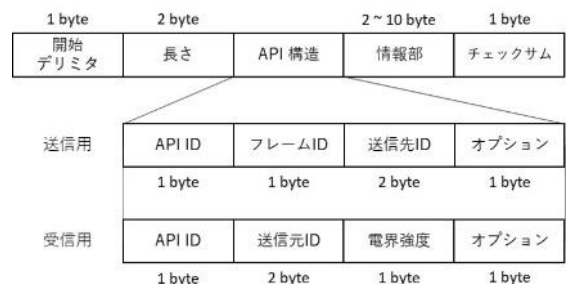


図 6 XBee のデータフォーマット

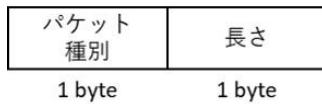


図 7 中継情報要求パケット

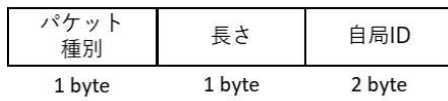


図 8 中継情報パケット (サーバ)



図 9 中継情報パケット (中継機)

### 3.1.1 中継情報要求パケット

中継情報要求パケットを図 7 に示す。このパケットは各中継機が親局未決定時に送信を行うパケットである。このパケットは接続可能な機器があるか確認できればよいため、受信側ではパケット種別と図 6 の電界強度が分かれば良い。従って、図 7 のような構成で中継情報要求パケットとしての役割を果たすことができる。

### 3.1.2 中継情報パケット

中継情報パケットは、中継機とサーバそれぞれが送信を行う。各構成を図 8、図 9 に示す。中継情報パケットが送信されるタイミングは、中継情報要求パケットを受信した時か、ルーティング情報更新のための定期送信の 2 通りある。

中継情報パケットは、中継機とサーバで異なる構成をしている。これは、中継機の中継情報パケットにある、親局 ID やホップ数のような情報はサーバからは不要で、サーバの ID さえ分かれば、中継機側で判断ができるような仕組みになっている。そのため異なる構成をしている。

### 3.1.3 接続情報パケット

接続情報パケットは、ルーティングネットワーク全体を可視化するために用意した独自のパケットである。構成を図 10 に示す。このパケットは親局を決定した中継機のみ一定間隔で送信を行い、親局を介してサーバまでデータを届ける。

このパケットを最初に送信する中継機は、図 10 にある各要素をパケットに付加する。このとき、送信先



図 10 接続情報パケット

ID には送信する中継機が登録している親局 ID が付加され、これを頼りに受信する各中継機側でパケットを処理し、サーバまで転送する。接続情報パケットを受信した中継機は、自身の持つ親局 ID を送信先 ID に上書きし、転送する。そのため、送信先 ID より後ろの情報が保持され、サーバにデータが届き、PC 側でネットワーク全体の可視化に利用する。

## 3.2 ルーティングプロトコルの概要

無線通信を学ぶ教材として、無線通信プロトコルを理解するためにルーティングプロトコルを扱う。本教材は、プロトコルの設計を実際に動作させながら確認できるため、学習者はプロトコルについて体験的に理解できると考える。このプロトコルの設計にあたり、学習者自身が自由にプロトコルを考えると、大変長い時間を要することが予測され、セミナーの時間内で理解できないことが予想された。そこで、本研究では地域見守りシステムのルーティングプロトコルをもとに我々が事前に作成したプロトコルを使い、プロトコルの設計を擬似的に体験してもらう。

本研究では、最適な経路設計を行うルーティングプロトコルを今回の最終到達目標とし、そのプロトコルを設計するまでに、単純な経路設計、障害発生時の経路設計を用意し、これらのステップを経て最適経路設計を行うプロトコルが動作するまでを体験してもらう。以下に、これら 3 つのプロトコルの詳細を述べる。

### 3.2.1 単純な経路設計

単純な経路設計を行うルーティングプロトコルの模式図を図 11 に示す。この例では、サーバと中継機を用い、中継機の挙動を中心に説明する。

中継機は親局が決定していないため、まず中継情報要求パケットを送信し、サーバが送信した中継情報パケットによりサーバを親局に決定する。以降、中継機は中継情報パケットの送信を行う。しかし、図 11 で

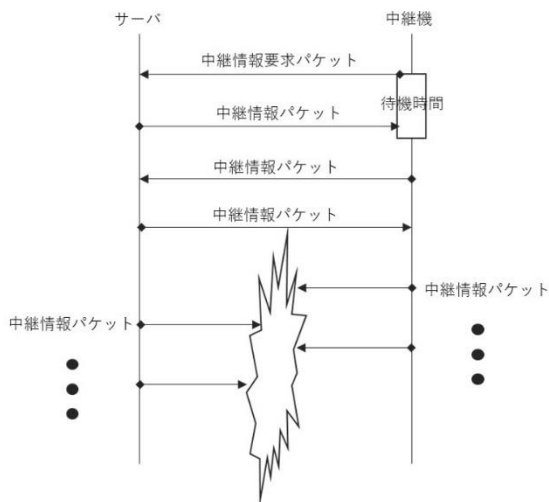


図 11 単純経路の構築

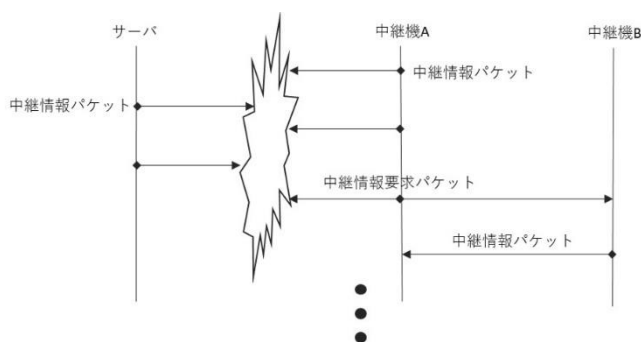


図 12 障害発生時の経路構築

は途中で電波を遮蔽するなんらかの要因が発生し、両機器間で電波が届かない状態にある。しかし、このプロトコルは親局を決定することのみを考えて設計されているため、障害発生に対応することができない。

このプロトコルからは、ルールを設けずにルーティングを行うと障害発生時に何も機能しないルーティングが行われてしまうことを実際に体験してもらう。

### 3.2.2 障害発生時の経路設計

3.2.1 のプロトコルを改良し、障害が発生した場合に親局を再決定するプロトコルの模式図を図 12 に示す。この例では、中継機 A と B はすでにサーバを親局として登録しているものとし、中継機 A を中心に説明する。

3.2.1 のプロトコルでは、電波が届かなくなったかどうかを確認する手段がなかった。そこで、このプロトコルではタイマを設け、親局からの電波を受信する度にタイマを更新し、一定時間更新されなければ、親局を探すように変更が加えられている。そのため図 12 の例では、中継機 A は親局であるサーバに電波が届かず、一定時間経過したあと中継情報要求パケットを送信している。これを受け取った中継機 B が中継情報パ

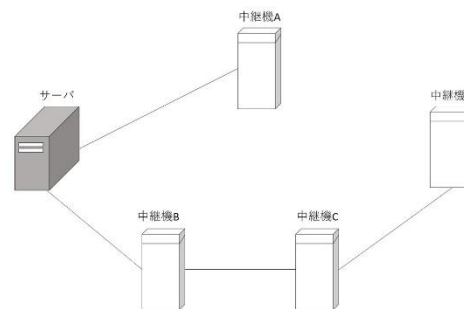


図 13 親局決定後の接続経路例

ケットを送信し、中継機 A は中継機 B を新たな親局として登録する。

このプロトコルにより、通信障害が発生した場合に対応できる経路設計の一例を学ぶことができる。

### 3.2.3 最適経路の設計

3.2.2 のプロトコルでは障害発生時に新たな親局の探索を行うが、障害が発生しない限り親局の変更は行われない。しかし、実際の無線通信を使ったルーティングは、機器の増設が容易であることや、より良い経路を常に探索できるなどの利点がある。しかし、3.2.2 のプロトコルでは、新たな機器が出現しても特に変化がない。例えば図 13 のような経路が構築されていたとする。この例の場合、中継機 D は 3 ホップでサーバにデータを届けるが、中継機 D が A とともに電波が届く状態であった場合、A を親局とした方が効率良くデータを届けられる。

そこで、より良い経路を「少ないホップ数でサーバまでデータを届けることができる」と定義した場合に、動的に親局の変更を行うことができるのが最適経路設計プロトコルである。

このプロトコルは、本研究で扱うルーティングプロトコルの最終到達目標であり、学習者は動的に変更されるルーティングを観測することで、体験的にルーティングプロトコルの設計について学べると考える。

## 4. システムの評価

本教材を 2018 年 8 月 7 日に高校生を対象とした行われたセミナーにおいて、無線通信分野を選択した生徒 14 名に使用してもらい評価アンケートを行った。当日のセミナーの状況と内容は、

- (1) 授業時間は 2 時間、前半に無線に関する座学、後半で教材を使用

表 1 無線通信技術に関するアンケート結果

理解度	電波の性質	ルーティングプロトコル		
		単純経路	障害発生時	最適経路
とても理解できた	7	7	7	7
理解できた	7	7	7	7
理解できなかった	0	0	0	0
全く理解できなかった	0	0	0	0

(2) 教材として小型通信システムを 8 台、サーバ、PC を使用し、各機器を大型のテーブルに展開

(3) 14 人の生徒がテーブルを囲むように座る

(4) 電波を遮蔽する障害物に、アルミホイルで巻いた箱をいくつか用意

(5) 障害物により、電波が弱くなったり、遮断されたりすることを確認できる

(6) 電波の強度を PC 画面上で出力し、距離によって電波強度が変わることを可視化

(7) 3 種類のルーティングプロトコルを「単純経路設計」「障害物発生時の経路設計」「最適経路設計」の順に書き換えながら都度動作を確認

(8) 生徒は自由に小型通信システムと障害物を動かし、その都度小型通信システムに取り付けられた LED により無線の状態を把握し、ルーティングネットワークの状態はスクリーンに投影された PC 画面で都度確認ができる

上記のようにしてセミナーで授業を行った。また、参加した高校生は無線通信について未就学であった。

アンケートは 4 つの設問を立てそれぞれ 4 件法により評価を行った。また、各設問毎に理解する上で何が役立ったかも記述する欄を設けた。アンケート結果を以下に述べる。

#### 4.1 無線通信技術に関する理解

無線通信技術に関する理解度を確認したアンケート結果を表 1 に示す。以下では、各項目についての評価結果を述べる。

##### 4.1.1 電波の性質の理解

電波の性質の理解は「とても理解できた」7 人、「理解できた」7 人と概ね良好な結果を得ることができた。従って、本システムを用いた授業により、今回のセミナー参加者は電波の性質が理解できたことが確認できた。

アンケートでは電波の性質を理解する上で、何が理解を助けたか記述式でアンケートを行ったところ、「ア

表 2 可視化ツールの評価

理解度	小型通信システム	GUIツール
とても分かりやすかった	4	8
分かりやすかった	9	5
分かりづらかった	0	0
とても分かりづらかった	0	0
未回答	1	1

ルミホイルの箱により電波が遮蔽され、障害物によって電波が届かなくなることが確認できた」「実際に無線通信の電波の様子がツールによって観測できた」ことが理解を支援したとの意見を得ることができた。

##### 4.1.2 ルーティングの理解

ルーティングプロトコルの理解度は、作成したプロトコルそれぞれで評価を行った。結果は表 1 にあるようにそれぞれ「とても理解できた」7 人、「理解できた」7 人と電波の性質の理解同様、概ね良好な結果を得ることができた。

この項目についても、どんな部分が理解を助けたか記述式で調査を行ったところ、「親局決定通知の LED の点灯によって、親局が決定されているのかどうか理解できた」「スクリーン上の PC 画面と LED の表示を照らし合わせながら見ることでよかった」「機器の距離により、ルートが変更される様子が分かった」「障害物により新たな経路を探索する様子が実際に見ることができた」「プロトコルを段階を踏んで説明があった」ことが理解の助けになったとの意見を得ることができた。

#### 4.2 可視化ツールの評価

本ツールに関するアンケート結果を表 2 に示す。

##### 4.2.1 小型通信システムの評価

小型通信システムの評価は「とても分かりやすかった」4 人、「分かりやすかった」9 人であり、概ね良好な結果を得ることができた。

小型通信システムの良かった部分を評価してもらったところ、「データの種類に応じて点滅する LED が違っていったことが分かりやすかった」「LED の点滅でデータの受信等のタイミング等が分かった」との意見を得ることができた。また、改善すべき点についても調査を行ったところ「LED の設置間隔が近い」「表示色が少ない」「LED の役割を覚えておくのが大変だった」との意見があった。設置間隔については、今後さらに

改良を加えていくことが可能であると考え、表示色については、今回は2色と少なかったがもともとLEDの入手可能な色の数が限られているので、LEDの表示と合わせた別の可視化方法の検討が必要であると考えられる。

4.2.2 ルーティングネットワーク表示システムの評価  
ネットワークの表示に関する評価は「とても分かりやすかった」8人、「分かりやすかった」5人と小型通信システムの評価よりも良い評価を得ることができた。

PC画面上での表示に関しては、「どことつながっているかひと目で理解することができた」「各中継機の表示に電界強度情報も付与したことで、接続が切れる距離、また障害物による影響をリアルタイムで観察できた」ことがツールの良かった点であったとの意見を得ることができた。PC画面上の可視化は、小型通信システムの表示よりも柔軟性に富むため、可視化方法に手を加えやすかったため、このような好意的な意見を得ることができたと考えられる。PC画面上での可視化について、今回のセミナーでは改善すべき点は挙げられなかった。

### 4.3 自由記述

無線通信技術や、可視化ツールに関するアンケートの他に、自由記述を設けたところ興味深い意見を得ることができたので紹介する。

「電波の様子はイメージや図などでしか考えていなかったが、直接的ではないが電波を可視化したことで今まで以上に理解でき、この分野に興味を持つことができた」「電波は正確なものだと思って利用していたが、気まぐれな側面もあることが面白かった」等の意見を得ることができた。実際に電波を観測することはできないが、それを間接的に見ることができれば、仕組みや性質を理解することを支援できることが分かった。また電波に、気まぐれな側面があるという意見は、距離によって電波が届きづらくなるということは理論的に分かるが、同じ距離でも電波の強度が異なる状況が発生し、それを今回の教材を通して体験できたことが、このような意見を引き出せたと考えられる。

本教材を使用したセミナーにおいて、参加高校生から概ね良好な意見を得ることができ、また実際に体験しながら学習することは学習者の興味を引くことにも

つながることが分かった。

## 5. むすび

本論文では、無線通信学習者の学習支援を目的として開発した無線通信可視化ツールについて述べ、これを実際に高校生を対象に行われたセミナーで使用し評価を行った。

評価結果から、本教材が無線通信学習の理解を支援できることが確認できた。しかし、今回アンケート調査を行った人数は14人であり、あらゆる学習者にとって本教材が有用であるかの裏付けにはならない。また、今回セミナーを行った対象高校生は、無線通信に関する知識がなくとも少なからず無線通信に関する興味を持っている高校生であったことも、今回のような結果に結びついたことが考えられる。しかし、実際に無線通信技術学習者すべてが無線通信に興味を持っているとは限らないことから、根本的に学習者の興味を引くような教材としての在り方も検討する必要があると考えられる。

本研究では実際に教材をセミナーで使用してもらったことで、可視化ツールの長所と改善すべき点を明確にすることができた。今回の評価結果を含め、可視化ツールのさらなる改善を進め、本教材が無線通信技術の理解を支援するシステムとなるよう開発を進めていく。

### 参考文献

- (1) 野瀬 裕昭, 不破 泰, 新村 正明, 國宗 永佳, 本山 栄樹, 金子 春雄: “無線 Ad-Hoc ネットワークによる地域見守りシステムの開発”, 電子情報通信学会論文誌, B, Vol.J95-B, No.1, pp.30-47 (2012)
- (2) XBee S1 802.15.4 low-power module w/PCB antenna  
<https://www.digi.com/products/models/xb24-api-001>  
(2018年9月10日確認)
- (3) Processing  
<https://processing.org/> (2018年9月10日確認)
- (4) Arduino Fio,  
<https://store.arduino.cc/usa/arduino-fio> (2018年9月10日確認)
- (5) Arduino UNO Rev3,  
<https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3> (2018年9月10日確認)

# 効果的な英文読み合いを行う 学習パートナーロボットのデザインと評価

足立 祥啓<sup>\*1</sup>, 柏原 昭博<sup>\*2</sup>

<sup>\*1\*2</sup> 電気通信大学

## Evaluation and Design of a Partner Robot in Collaborative Reading for Improving Communication Skills

Yoshihiro Adachi<sup>\*1</sup>, Akihiro Kashihara<sup>\*2</sup>

<sup>\*1\*2</sup> The University of Electro-Communications

英文読み合いは、英語のコミュニケーション能力向上に不可欠な活動であるが、対人文脈を要するため、恥ずかしさ等による心理的抵抗感や、人間関係、実力の差などがネガティブに影響し、読み合いが効果的に機能しない場合がある。そこで本研究では、学習者と英文読み合いを行うロボットを用いることにより、対人文脈の真正さを維持しつつ、対人におけるネガティブな影響を軽減する手法を提案する。本稿では、本手法の有効性評価のためのケーススタディの結果、及び考察を報告する。

キーワード: 英文読み合い, 英語学習, 学習パートナーロボット, コミュニケーション能力

### 1. はじめに

近年、急速なグローバル化によって、英語力の向上が求められている。特に、英語を用いたコミュニケーション能力の育成が文部科学省においても注目されており、英語教育の更なる改善に向けて「発音・語彙・文法等の間違いを恐れず、積極的に英語を使おうとする態度を育成することと、英語を用いてコミュニケーションを図る体験を積むことが必要である。」と述べられている[1]。

このような英語コミュニケーションの体験を積む試みとして、教師や他の学習者とペアになって“英文読み合い”を行う方法がある。英文読み合いを行うことで、コミュニケーションの感覚が向上し、意欲的に音読学習に取り組むとの知見が得られている[2]。

一方、日本人学習者の場合、英文の読み合いを効果的に実践できていないことが多く[2, 3]，“読み合い”という対人文脈の活動から生じる心理的な要因が影響していると考えられる。主な要因として、次の3つが挙げられる。一つ目は、第二言語を話す恥ずかしさや、他人から冷やかされることへの恐れ等による、英語で読むことへの心理的抵抗感である。二つ目は、人と接するのが苦手な学習者である場合に生じる対人苦手意識・恐怖心・不安である。三つ目は、ペア同士の人間関係、読みの実力差から生じるモチベーションの低下である。これらのネガティブな要因により、効果的な読み合いが行えないことが指摘されている。

また、従来の学習環境では英語コミュニケーション能力の育成のための効果的な学習が出来ていない。例えば、初等教育・中等教育の英語授業では、英語の音読学習は行っているが、読むことに焦点を当てすぎているため、コミュニケーション能力の育成には不可欠な対人文脈が貧弱なものとなっている。その上、授業で扱われている音読の目的や方法が非常に限定されているため、音読練習も有効に行われないことが多い。文献[4]によると目的・方法に応じて48種類の音読が存在すると言われている。例えば、手本となる音読を聴きながら、同時にあるいは聴いた後で読む、テキストを見ながら読む、または暗唱する等がある。また、音読の目的も、文章を理解しながら読む、理解せずに正確に読むなど様々である。こうした多様な音読が可能であるにも関わらず、授業で実践されている音読は、教師やCDなどの手本となる音読を聴き、それを真似して読む「聴いてまね読み(リッスン・アンド・リピート)」と呼ばれる方法に限定される場合が多く、学習者の読みのレベルに合わせて、多様な音読を段階的に使い分けるといったような実践はなされていない[4]。

さらに、英語コミュニケーションを支援するPCやタブレットを用いた学習支援システム[5-7]では、インタフェース上の仮想対話相手とのインタラクションで高真正性の高い対人文脈を提供できない。それ故、コミュニケーション能力育成には必ずしも効果的であるとは言い難いと考えられる。

以上のような問題点を踏まえて、コミュニケーション能力育成のための効果的な学習を実践するためには、①読み合いにおけるネガティブな要因による影響を軽減すること、②学習者の読みのレベルに応じて様々な音読方法を試すこと、③対人文脈の真正性を高めることが必要であると考えられる。②については、これまでも学習支援システムで研究されてきた適応的支援[5-7]が機能すると考えられるが、①、③については技術的にいかに解決するかが重要な問題である。

そこで、本研究では人型ロボットを用いた英文の読み合い支援を行う手法を提案する。ロボットを用いることで、読み合いにおけるネガティブな要因を軽減でき、かつロボットは身体性を有していることにより、擬人化を促進し、対人文脈の真正性を高めることができると考えられるため、英文の読み合いを行う相手として非常に適していると考えられる。

以上の観点に基づき、ロボットを用いた英文の読み合い支援を実現する学習パートナーロボットを開発した。本ロボットには、学習者の音声の認識、学習者の読みのレベルの認識、読みのレベルに応じた音読方法の選択、の3つの基本機能がある。更に、この3つの機能を用いて、選択された音読方法による読み合い支援機能が実装されている。

本稿では、2章にて英文の読み合いパートナーとしてのロボットの役割、英文読み合いの支援方法について述べる。3章では、英文読み合い支援システムの枠組みと基本機能を説明する。4章では、本システムの有効性を評価するために、開発したシステムを用いて、人間と英文読み合いをした場合と、ロボットと英文読み合いした場合とを比較したケーススタディの結果を報告する。最後に5章では、まとめと今後の課題について論じる。

## 2. 学習パートナーとしてのロボット

### 2.1 ロボットの役割

本研究では、英語の音読学習を行う学習者とともに、英文の読み合いを行う学習パートナーロボットを提案する。ロボットを、英語の音読学習に用いる必要性は主に3つある。

一つ目は、英文の読み合いを行う際、対人文脈から生じるネガティブな要因を軽減できることにある。まず、正しく発音することへの恥ずかしさや、相手からの冷やかしへの恐れなどの心理的抵抗感の軽減である。関連研究[8]において、ロボットとインタラクションをすることで、コミュニケーションをとらない人が、ロボットに積極的に話しかけたり、うつ状態の人がロボットに悩みを相談したり、対人恐怖の人が積極的にロボットと遊んだりすることが報告されている。つまり、

ロボットは対人の場合に生じる心理的抵抗感を軽減できると言える。従って、ロボットと英文を読み合うことは、対人の場合よりも、積極的に音読が行われることが期待される。

また、関連研究[2]から、対人で音読を行う場合、相手との読みのレベルの実力差が大きいと、読みのレベルが高い学習者は低い学習者に対して“練習にならない”、“1人と変わらない”と感じてしまい、逆に読みのレベルが低い学習者は、高い学習者に対して“読めないことで相手に迷惑をかけてしまう”、“相手の音読を上手く聞き取れず、何回も聞き返すことに申し訳ないと思う”と感じてしまい、良い学習効果が得られないことがわかっている。それに対して、ロボットとの読み合いでは、ロボットが学習者の読みのレベルに合わせた音読をすることで、実力の差をできるだけ小さくし、ロボットと学習者が対等な関係になるように調整することが可能である。それによって、より効果的な学習に出来ると考えられる。また、学習者は、ロボットが相手ならば、相手の都合を気にする必要がなくなるため、聞き取れない部分を何度も聞き返すことや、自分が上手く読めない部分を納得が行くまで練習することができる。

次に、二つ目は集中度や学習効果を高めることにある。学習を支援するロボットは、教師のようにロボットが常に学習者を教育するような教育ロボットと、友人やクラスメイトなどのパートナーのように、教えたり教えられたりを繰り返しながら、共に学習することを目的としたパートナーロボットの2つに分けられる。教育ロボットを英語学習に用いた研究[9]では、ロボットが英語を教えることにより、既存の e-Learning や教科書・オーディオテープを用いた学習手法に比べ、学習者の英語学習に対する集中度や学習効果を高めることが示唆されている。また、パートナーロボットを英語学習に用いた研究[10]では、ロボットと学習者が共に学習する際、学習が進むにつれてロボットの学び方が変化すると、**Learning by Observing** を促すことができ、学習者の学び方に変化を与えることができ、ロボットを使わない通常の学習支援システムよりも学習効果が向上することが示唆されている。

また、ロボットを用いた場合、正確な発音・リズムで学習できる、という利点がある。現在の日本の学校教育では、学習者の音読が正しい発音かどうかはほとんど重要視されていない。しかし、正しい発音・リズムで学習することは、英語学習において重要である。一方、“VoiceText”[11]と呼ばれる音声合成機や、“VoCon™Hybrid”[12]と呼ばれる音声認識機を備えたロボットを用いることで、学習者は、ロボットが行う音読から正しい発音・リズムを学習することが出来る



だけでなく、自分の音読に対してロボットが正確に認識できるかどうかによって読みの正しさを確認しながら学習できる。ロボットが正しく認識できる音読であるならば、最低限正しい音読が出来ていると言える。

最後に、三つ目は対人文脈の真正さを維持できるという点にある。これにより、コミュニケーションをしている感覚が得られる。言語の学習をする際、“コミュニケーション”という側面はとても重要である。しかし、コミュニケーションは基本的に対人で行うものである。対人の場合、上述のようなネガティブな影響が生じてしまうため、学習の効率が非常に悪くなってしまふ。そこで、ロボットを用いることで、対人の場合の影響は軽減しつつ、コミュニケーションの感覚が維持できると考えられる。人間は、人型ロボットに対して擬人化を行いやすく、ロボットを“ロボット”としてではなく、“人間”として見る傾向があることが分かっている[13]。中でも、コミュニケーションロボットは擬人化されやすく、本研究で扱う学習パートナーロボットは、学習者にとって“人間”であるかのような感覚を持たれることが期待される。よって、本ロボットとの英文の読み合いでは、まるで人間を相手に行っているかのようなコミュニケーションの感覚を維持しつつ、実際の対人による影響は軽減できると考えられる。また、コンピュータ上の仮想キャラクターなどよりも、ロボットは身体性を有しているため擬人化されやすく、より対人に近いコミュニケーションが可能と考えられる。よって、従来の学習支援環境よりも、良い学習効果が得られると見込まれる。

## 2.2 英文読み合い支援方法

本節では、学習パートナーロボットを用いた英文の読み合い支援方法について述べる。ロボットは、基本的に学習者の読みを聞き、読みのレベルを認識した上で音読方法を選択して読み合い支援を実行する。

本支援手法では、文献[4]に基づき読みのレベルを初

級・中級・上級の3段階に分けて扱う。初級では、文字から音への変換を目的とした基礎の音読とし、中級では、文字から音への変換を高速化することを目的とした音読と、読みから文章の理解をすることを目的とした音読の2ステップとする。上級では、自分の感情や文章の捉え方などを表現する読み方につなげることを目的とした音読とする。本研究では、初等教育・中等教育における英語学習において重要であると想定される、初級・中級の音読を支援対象としている。

次に、ロボットは学習者の読みのレベルに応じて、読み合いを実行する。表1に、各レベルで使用する音読の目的と方法を示す。まず、学習者がある定型文を読み、その結果、ロボットが学習者の読みのレベルが初級であると判断した場合、学習者は文字を見てそれを自分で音に変換することが困難であるため、ロボットが見本となる読みを行う。その際、表1に示した初級の音読方法(聴いてまね読み、一語読み等)の中から1つ選択し、読み合いを実行する。学習者はそこから読み方を学習していく。学習者の読みのレベルが上がるにしたがい、段階的に初級から中級の音読へ扱う音読の種類を変更する。

学習者の読みのレベルが中級と判断された場合は、文字から音への変換を高速化させるために、表1に示した中級の音読方法(制限時間読み、速読み等)の中か

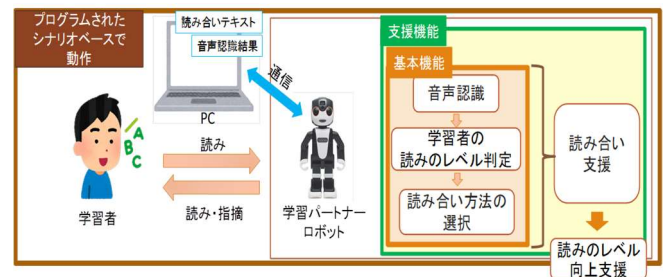


図1 英文読み合い支援の枠組み

表1 音読の目的と方法

レベル	初級				中級				
目的	一語ずつ確実に読めるようにする	文字言語の読みを正確に明瞭にする	楽しく積極的に音読に取り組ませる。読める人はリードする。	相手が読むときは聞くことに集中し、自分が読むときはわかりやすく読む。	なるべく正確な発音・リズムで、通じる英語に近づかせる。	顎、唇、舌の動きを滑らかにし、素早く読むようにする。	自分のペースで制限時間の中で読む。	役になることにより、文章を理解しやすくし表現につなげる。	意味の区切りを理解することで文頭から理解する練習をさせる。
方法	一語読み(指さし読み)	聴いてまね読み(リッスン・アンド・リピート)	つれ読み	一文交代読み	正確読み	速読み	制限時間読み	役割読み	句読み(スラッシュ読み)



ら一つ選択し、読み合いを実行する。学習者がある程度正確に、かつ素早く読めるようになった段階で、よりインタラクティブな音読(役割読み)へ移行する。

### 3. 英文読み合い支援システム

#### 3.1 枠組み

学習パートナーロボットを用いた英文読み合い支援の枠組みを図1に示す。本システムは、予め用意したシナリオに沿って読み合いを実行するため、人間の教師のような自由な会話や質疑応答はできない。しかしながら、このように文脈を制限することにより、インタラクティブな読み合いを実現する。また、本研究では、パートナーロボットとして SHARP 製の RoBoHoN[14]を使用する。RoBoHoN は人型ロボットであり、発話によるコミュニケーションや身振り手振りなどを用いて、豊かなインタラクションが可能である。また、RoBoHoN は持ち運びも可能であることから、場所を選ばず使用できるため、学習パートナーロボットとして非常に適している。

前章で述べたように、本システムでは、読み合い方法を初級・中級の9レベルに分け、学習者の読みのレベルに応じて徐々に読み合い方法のレベルを高くする適応的な読み合い支援を可能にしている。

英文読み合い支援では、ロボットと通信している PC 上に読み合いテキストを表示し、学習者はそれを見ながらロボットと読み合いを行う。また、ロボットは学習者の読みを音声認識し、その結果を PC 上に表示する。学習者の読みに誤りがあれば赤字でハイライトする。ロボットは、学習者の読みのレベルを判定し、そのレベルに応じた読み合い方法を選択する。本システムでは、選択した方法による読み合いを、学習者が上手に行えるようにする支援シナリオを組んでいる。例えば、学習者があまり読めていない文章や誤りをピックアップ・指摘し、より簡単な音読方法で練習して補完する。また、初級の音読を行っている学習者の読みのレベルが向上すれば、中級の音読へと移行させる。逆に、読みのレベルが低下している場合には、中級から初級の音読へと戻す、という運用を行う。このような支援を繰り返すことで、徐々に読みのレベルを向上させる支援シナリオとなっている。

さらに、ロボットが学習者に指摘を行う手法として、学習者の誤り指摘以外に、次の2つを検討している。まず、学習者自身が自分の音読がどの程度正確に出来ているのか、という気付きを与えるための振り返りのために、学習者の音読をロボットがそのまま再現するという手法である。もう1つは、**Learning by Teaching**の観点から、ロボットにわざと間違えた音読をさせて、学習者にそれを指摘させることで、より深い学習を促

進する、という手法である。

また、学習者の音読が改善されているときには、ロボットがほめたり、調子づけたりするような発言をしたり、逆に、音読があまり良くないときは、自分の真似をするよう促す発言を行うことで、学習者の積極的な学習を促す。

その際、ロボットが学習者からパートナーとしての信頼が得られている場合、教師などの“指導者”としては演じられないような役割をロボットが担えることが期待される。それは、対等に学習していく存在だからこそ“ライバル”、あるいは“仲間”としての役割である。つまり、ロボットに、時にはライバルの役割として、競争心をあおるような発言をさせたり、時には仲間として、励まし合ったり、褒め合ったりするような発言をすることで、さらなる積極的な学習を引き出し、予想以上の学習効果が得られることが見込まれる。

このような“信頼”という観点は、ロボットを用いた学習支援では、非常に重要であると筆者らは考えており、学習者とロボットとのインタラクションのモニタリングを通して信頼を表現する方法を模索している。

#### 3.2 基本機能

本システムは、適応的な英文読み合いを実現するために、次に示す3つの基本機能を実装している。1つ目は、学習者の読みの認識機能である。音声認識器を用いて、学習者の読みを認識し、その結果を PC 上に表示する。読み間違えた単語があれば、赤字にしてハイライトする。

2つ目は、読みのレベル判定機能である。学習者の音読をロボットが認識し、音読内容から学習者の読みのレベルを判定する。読みのレベルは文献[15]に基づき、「語認識精度」と「音読速度」を用いて判定する。

語認識精度とは、単語の発音の正確さのことである。本システムでは、ロボット内にあらかじめ入力されている英文のテキスト情報と、学習者の音読を認識したものをマッチングし、読み間違いをした単語数の割合を求めることにより、語認識精度を測る。読み間違いの割合が、“20%未満の場合”、“20%以上 50%未満の場合”、“50%以上の場合”に、語認識精度をそれぞれ“高”

“中”、“低”と認識する。そして、“高”精度の場合、読みのレベルは中級と判定され、“中”あるいは“低”精度の場合、読みのレベルは初級であると判定される。例えば、学習者が6語の英文を音読した際に、発音を誤った単語が4語含まれていた場合、読み間違いの割合が50%以上になるため、語認識精度は“低”だと認識されるため、その学習者の読みのレベルは初級だと判定される。

音読速度については、1分あたりに読む単語の量である WPM に換算した数値を用いる。学習者の WPM が、設定したしきい値を超えて上昇した場合、読みのレベルが向上していると判定され、学習者に音読速度が向上していることを、ロボットが会話などからフィードバックする。ただし、音読速度の向上が読みのレベルの向上を意味する場合、正確に音読が出来ていることが前提である。従って、WPM がしきい値を超えて上昇しているが、読み間違いが多い場合、すなわち語認識精度が低い場合には、読みのレベルの向上とは判定されず、もっとゆっくり正確に読むことを促す発言をロボットにさせる。

「語認識精度」と「音読速度」を用いて評価することにより、学習者に正確かつ素早い音読を常に意識させながら練習することができる。

3つ目は、読み合い方法選択機能である。これは、学習者の読みのレベルに基づいて、ロボットが学習者に適した音読方法を選択する機能である。

本システムでは、これらの3つの基本機能を用いて英文読み合い支援を行う。具体的には、選択された読み合い方法ごとにあらかじめプログラムされたシナリオに沿って、ロボットが学習者の読みのレベルに応じて英文読み合いを実行する。

## 4. ケーススタディ

### 4.1 実験方法

筆者らは、前章で述べた支援システムの有効性を評価するためのケーススタディを実施した。

まず、英文読み合いを積極的に行う上で大きく影響する要因として、実験参加者の英語コミュニケーション能力への自信、対人苦手意識・対人恐怖心、およびオープンマインドさを考慮する必要がある。そこで、本実験では、それらを測るためのアンケートを文献[16-19]に基づき作成し、事前に回答してもらった。

実験参加者は大学生及び大学院生 10名であった。読み合いは2セッション行い、読み合い相手の順序によって2群(R-H群とH-R群)に分けた。それぞれの群に実験参加者を5名ずつ配置し、被験者内実験を行った。R-H群の実験参加者は読み合い相手をロボット(R)、人間(H)の順で英文読み合いセッションを実行し、H-R群の実験参加者はその逆順で英文読み合いを実行した。また、読み合いセッションの間に、30分の間隔を設けた。

各読み合いセッションでは、10文で構成される会話文を、一文交代読み、役割読みという読み方でそれぞれ5セットずつ、計10セットの読み合いを行わせた。

#### 4.1.1 ロボットとの英文読み合い

図2にロボットとの英文読み合いを行っている様子

を示す。読み合いを1セット行うごとに、ロボットは実験参加者に対して読みのフィードバックを行う。ロボットは1文毎に学習者の読みのレベルを測っており、1文でも読みのレベルが“初級”だと判断された場合、ロボットは実験参加者に対して、その文章の練習へと誘導するフィードバックを与える。その際、ロボットは実験参加者に“聴いてまね読み”による練習をさせる。読みレベルが初級だと判断された全ての文を練習した後で、読み合いに戻る。また、実験参加者の読みのレベルが、全ての文について中級だった場合、ロボットは実験参加者に対して、ほめることによるフィードバックを与える。

図3に、実験中のロボットと実験参加者のやりとりの例を示す。ここでは、ロボットと実験参加者で役割

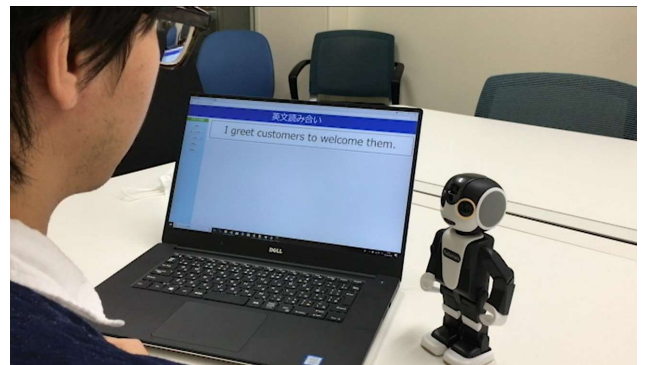


図2 ロボットとの英文読み合い

---

RoBoHoN: 僕はAさんの役になって音読をするよ。  
 RoBoHoN: 君はBさんの役になって音読してね。じゃあ、始めるよ  
 =役割読み開始=  
 RoBoHoN: Where did you go on Career Day?  
 実験参加者: I went to an Italian restaurant. I want to be a chef.  
 RoBoHoN: Now, how was it?  
 実験参加者: It was interesting but I got tired.  
 実験参加者: I tried to ... (読めなくて詰まってしまう)  
 (読みレベルが低だと判断される)  
 RoBoHoN: I see. I went to a newspaper company. I want to be a journalist.  
 実験参加者: Sounds interesting.  
 =役割読み終了=  
 RoBoHoN: 良い感じだね。でも、練習をすれば、もっと良くなるものがあるよ。  
 RoBoHoN: この英文の練習をしよう。(PCに練習する英文が表示される)  
 RoBoHoN: 僕の音読を真似してね。  
 =聴いて真似読み開始=  
 RoBoHoN: I tried to learn the whole menu, but I couldn't.  
 実験参加者: I tried to learn the whole menu, but I couldn't.  
 RoBoHoN: とても上手だね。良い感じだよ。  
 RoBoHoN: 練習を活かして、もう1回読み合いをしよう。  
 =聴いて真似読み終了、役割読みへ戻る=  
 =

---

図3 ロボットと実験参加者のやりとりの例

読みによる読み合いを行っている。実験参加者が途中で上手く読めず、システムがその文における実験参加者の読みのレベルを“初級”だと判断している。役割読みによる読み合いを終えた後、システムがその文章の練習へと誘導している様子が分かる。

#### 4.1.2 人間のパートナーとの英文読み合い

図4に人間のパートナーとの英文読み合いを行っている様子を示す。本実験では、実験参加者同士で読み合いを行っている。ロボットの読み合いの時と同様、読み合いを1セット行うごとに、相手の読みへの指摘・アドバイスや、練習などを自由に行わせた。

どちらの実験条件においても、英語コミュニケーションが目的であることを伝え、出来る限り相手の顔や目を見ながら英文読み合いを行ってもらった。また、



図4 人間のパートナーとの英文読み合い

読み合い中の様子を観察するために、ビデオによる撮影を行った。

また、各セッション後には、読み合いへのエンゲージメントに関する11項目、および、恥ずかしさや気まずさなどによる心理的抵抗感、相手との実力の差、このまま英文読み合いを続けていけば英語コミュニケーション能力が向上するという感覚である自己効力感のそれぞれに関する1項目について、どれぐらい感じたかを1-5の5件法で問うアンケート(a)調査をした。また、エンゲージメントを測るための質問項目は、11項目で構成されており、文献[20]を参考にして作成した。また、ロボットとの英文読み合い後のアンケートでは、追加でロボットの印象を聞いた。一方、人間との読み合いの後のアンケートでは、相手との仲の良さ、それが読み合いのしやすさに影響したかどうか、を追加で聞いた。

また、2セッション後にはアンケート(b)に回答してもらった。このアンケートでは、ロボットとの英文読み合いと、人間との英文読み合いを実験参加者に比較してもらうことで、どちらの方が読み合いをしやすかったか、読み合い相手として親しみを感じたか、集中できたか、という3つの項目について聞いた。

本システムの有効性を評価するために、2つのアンケート(a), (b)のそれぞれの結果を分析する。

## 4.2 結果

図5に、アンケート(a)の結果の平均スコアを示す。エンゲージメントのスコアに関しては、11の全ての質

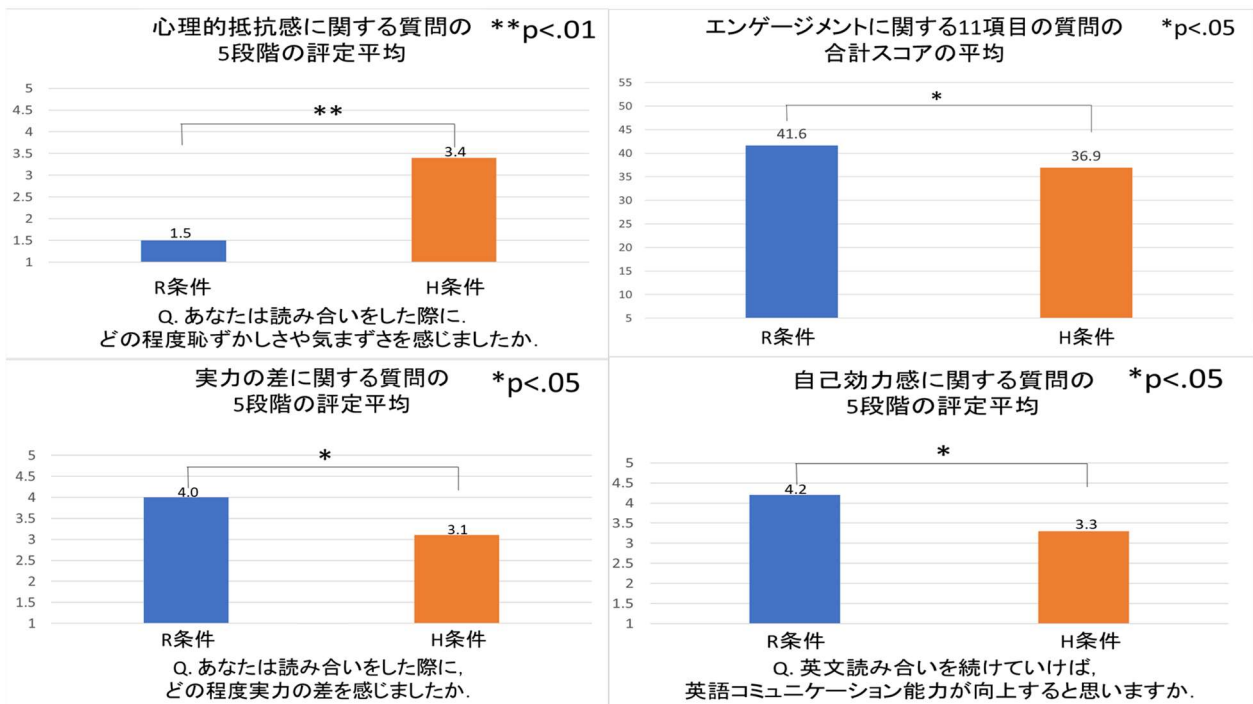


図5 アンケート(a)の結果

問に対する参加者の回答を合計することによって計算した。

各項目に片側 t 検定を行った結果、読み合いへの心理的抵抗感、エンゲージメント、自己効力感に関して、ロボットとの英文読み合いと、人間との英文読み合いとの間に有意差が確認できた。(心理的抵抗感:  $t(9) = 0.000267, p < .01$ , エンゲージメント:  $t(9) = 0.0977, p < .10$ , 自己効力感:  $t(9) = 0.0287, p < .05$ ) これにより、ロボットは、英文読み合いにおける恥ずかしさなどによる心理的抵抗感を軽減し、エンゲージメント、自己効力感を高めることが示唆された。

自己効力感に関して、ロボットによる読み合い後のフィードバックが効果的に機能したと考えられる。人間との読み合いでは、相手に対する指摘やアドバイスはほとんど行われておらず、スキルを改善できる感覚が得られなかった。一方、ロボットとの読み合いでは、ロボットが間違いの箇所を指摘したり、見本となる読みをしたりすることで、自分のスキルを改善できるように感じたものと考えられる。

一方、実力の差に関して、ロボットとの英文読み合いと、人間との英文読み合いとの間に有意差が確認でき ( $t(9) = 0.0461, p < .05$ )、ロボットに対して大きな実力の差を感じていたことが分かった。これは、ロボットに学習者とのスキルの差を埋めるような機能(ロボットが読み間違えたり、読む速度を学習者に合わせたりするような機能)を実装していなかったことが要

因である。通常、実力の差はネガティブな影響を与えることが懸念されるが、ロボットの方が読み合いへのエンゲージメントや、得られる自己効力感が有意に高いことから、必ずしも悪い影響を与えているわけではないと考えられる。

以上より、アンケート(a)の結果は、本システムの有効性を示唆している。

また、図 6 にアンケート(b)を集計した結果を示す。各質問に、1×2直接確率計算を行った結果、集中に関してのみ、回答数に有意差が確認できた。(p=0.0107,  $p < .05$ ) これは、ロボットが、英文読み合いにおける恥ずかしさを軽減したことにより、読み合いへの集中が向上したと考えられる。

また、有意差が見られなかった質問の結果についても、全体的にロボットの有効性を示している。親しみやすさに関して、人間との読み合い後のアンケート(a)の追加質問から、読み合い相手との仲が良いペアが半数近くあったことがわかった。それにも関わらず、ロボットが読み合い相手として親しみやすいことが示唆されている。また、ロボットとの読み合い後のアンケート(a)の追加質問から、参加者のほぼ全員がロボットとの読み合いにより、ロボットの印象が良くなっていたことが分かった。これらは、ロボットが人間と同程度に自然な読み合いを行うことが出来ていることを示唆している。一方、ロボットの英語の音声認識が、日本人にとっては難しすぎることや、会話のパターンの

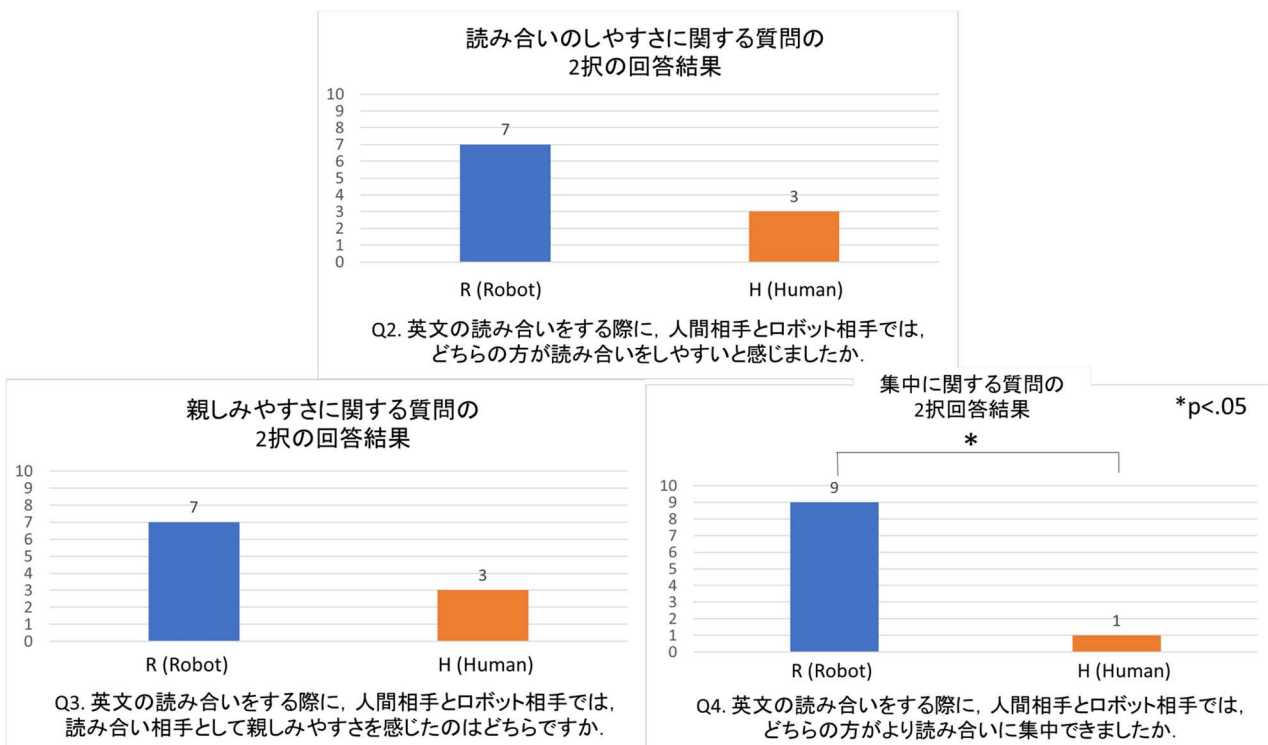


図 6 アンケート (b) の結果

少なさによって悪い印象を受けていた実験参加者もいた。したがって、今後、これらを改善していく必要がある。

なお、アンケート(b)の各質問において人間と回答した実験参加者は全員、事前アンケートの結果から対人苦手意識が低いことがわかっている。そのため、彼らは人間相手でも積極的に読み合いができたと考えられる。逆に、対人苦手意識が高い学習者は全員、ロボットを選択している。

以上より、アンケート(b)の結果は、本システムの有効性を示唆している。

## 5. まとめ

本研究では、パートナーロボットを提案し、英文読み合いを促進するためのパートナーロボットシステムを開発した。ケーススタディの結果から、ロボットとの英文読み合いは、人間のパートナーとの英文読み合いよりも、学習者の恥ずかしさや気まずさを軽減し、学習者の読み合いへのエンゲージメント、自己効力感を向上することが示唆された。また、ロボットは読み合い相手として、読み合いのしやすさ、親しみやすさ、集中が得られることが示唆された。

今後は、学習者とロボットとの間の英語コミュニケーション能力の差を埋めることができるように、システムを改善する必要がある。また、ロボットの会話のパターンを増加させ、退屈させないようにすることや、音声認識機の難易度を適応させ、モチベーションを下げないように必要がある。また、ロボットが信頼できるインタラクションのデザインについても検討する。

## 謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費挑戦的研究（萌芽）(No.18K19836)の助成による。

## 参 考 文 献

- (1) 対文部科学省：“今後の英語教育の改善・充実方策について 報告～グローバル化に対応した英語教育改革の五つの提言～”，[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chousa/shotou/102/houkoku/attach/1352464.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/102/houkoku/attach/1352464.htm) (2018年9月22日確認)
- (2) 小原弥生：“ペア活動を中心とした音読指導の影響—学力テストとアンケートの結果から—”，英語教育研究，Vol.39, pp.37-56, (2016)
- (3) スワレスアーマンド，田中ゆき子：“日本人学習者の英語発音に対する学習態度について”，新潟青陵大学紀要，Vol.1, pp.99-111, (2001)
- (4) 小原弥生：“中学校英語教育における種類・目的・使用方法—段階別の分類をふまえて—”，言語教育研究，Vol.1, pp.31-42, (2011)
- (5) 中川聖一，牧野正三，壇辻正剛：“音声言語処理技術を用いた語学学習システム”，日本音響学会誌，Vol.59, No.6, (2003)
- (6) 奥崎真理子：“音読道場モニタリングの自律化—音読道場の設立，全国高等専門学校英語教育学会研究論集，Vol.36, pp.1-10, (2017)
- (7) 藤代昇丈，宮地功：“英語音声読み上げソフトを活用した音声指導に関する一検討”，Vol.25, No.4, pp.23-26, (2018)
- (8) 河嶋珠実：“ロボットセラピー研究における事例整理及び治療効果抽出の試み—叙事的分析を用いた文献研究—”，臨床心理学部研究報告，Vol.6, pp.155-187, (2014)
- (9) Han, Jeong-Hye, et al.: “Comparative Study on the Educational Use of Home Robots for Children”, Vol.4, No.4, pp.159-168, (2008)
- (10) 松添静子，田中文英：“教育支援ロボットの賢さの違いが子どもの英単語学習に及ぼす影響”，人工知能学会論文誌，Vol.28, No.2, pp.170-178, (2013)
- (11) VoCon™Hybrid: <https://www.nuance.com/index.html> (2018年9月22日確認)
- (12) VoiceText: <http://www.hoyasv.com/> (2018年9月22日確認)
- (13) S. Kiesler, A. Powers, S. R. Fussell, and C. Torrey: “Anthropomorphic Interactions with a Robot and Robot-like Agent Social Cognition”, Social Cognition, Vol.26, pp.169-181, (2008)
- (14) RoBoHoN: <https://robohon.com/> (2018年9月22日確認)
- (15) 鈴木政治：“英語音読評価項目と熟達度の関係（パイロットスタディー）”，西武文理大学サービス経営学部研究紀要，Vol.25, pp.3-10, (2014)
- (16) 林洋一，小川捷之：“対人不安尺度構成の試み その2”，横浜国立大学保健管理センター年報，Vol.2, pp.19-37, (1982)
- (17) 堀井俊章，小川捷之：“対人恐怖心性尺度の作成（続報）”，上智大学心理学年報，Vol.21, pp.43-51, (1997)
- (18) 日向野智子，小口孝司：“対人苦手意識の実態と生起過程”，心理学研究，Vol.73, No.2, pp.157-165, (2002)
- (19) 吉田綾乃，浦光博：“自己呈示規範の内化傾向に関する探索的研究”，自己心理学研究，Vol.1, pp.27-39, (2003)
- (20) Rockart, J. F. and Morton, M.S.S.: “Computers and the Learning Process in Higher Education”, McGraw Hill, New York (1975)

# プレゼンテーションロボットを用いた セルフレビューにおけるエンゲージメント促進

稲澤 佳祐\*, 柏原 昭博\*

\* 電気通信大学 大学院情報理工学研究科情報学専攻

## Promoting Engagement in Self-Reviewing Presentation

Keisuke Inazawa\*, Akihiro Kashihara\*

\* Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications

一般に、プレゼンテーションのセルフレビューを詳細に実施することは難しい。本研究では、セルフレビューにおけるエンゲージメント促進により改善点の気づきを促すことを目的としてプレゼンテーションロボットを開発した。また、プレゼンテーション動作モデルを構築し、それに基づいてレビューポイントを提示するチェックリストを作成した。本稿では、これらを用いたセルフレビュー支援方法を検討し、その有効性を検証する。

キーワード: プレゼンテーション, ヒューマノイドロボット, セルフレビュー, リハーサル, モデル

### 1. はじめに

プレゼンテーションは、研究成果を広く周知するために、全ての研究者にとって重要な研究活動である。一方、スライドコンテンツを視線やジェスチャー、パラ言語を含む非言語動作と口頭説明を組み合わせることで適切に伝えることは容易ではない。そのため、本番のプレゼンテーションまでに、リハーサルを繰り返しながら、プレゼンテーションを改善する必要がある。

プレゼンテーションのリハーサルには、発表者が自分自身でプレゼンテーションの改善点を見出すセルフレビューと、研究メンバーや研究熟練者とともに行うピアレビュー[1]が含まれる。これらのレビューを通して、発表者は改善点を認識し、プレゼンテーションの修正を進める。本研究では、セルフレビューに着目した支援を検討している。

通常、セルフレビューでは、発表者がPCの画面上にスライドを表示させ、プレゼンテーションを実施しながら確認することが多い。しかしながら、プレゼンテーションの実施と確認が同時並行的であるため、細部に至る見直しは難しい。それに対し、プレゼンテーションの動画を撮影し、その動画を視聴する方法がある。この方法ではより詳細な確認が可能となるが、自分自身の映像や録音された音声に対し違和感を覚えると考えられる[2][3]。そのため、動画撮影によるセルフレビューは容易ではない。

この問題点に対処するために、先行研究では学習者のプレゼンテーションをPC画面上のCGキャラクターが再現するプレゼンテーションアバター(P-アバター)を設計し、それによってセルフレビューにおける違和

感を軽減し、改善点への気づきを促すための支援を実現した[2]。その一方で、ケーススタディでは非言語動作に対する気づきが限定的になっていたことや、学習者が何をレビューすべきか理解できていない場合があることが確認された[2]。

そこで、本稿ではアバターとして人型ロボットを用い、セルフレビューにおける学習者のエンゲージメントを高め非言語動作への気づきを促進するプレゼンテーションロボット(P-ロボット)を提案する。また、綿密なレビューを促すために、プレゼンテーション動作モデルを構築し、そのモデルに基づいてレビューすべきポイントを示したセルフレビューのチェックリストを提案する。加えて、P-ロボットによるセルフレビュー支援効果を確かめるために実施したケーススタディについても述べる。ケーススタディの結果、P-ロボットによってセルフレビューにおけるエンゲージメントが促されたことを確認した。

### 2. プレゼンテーションのセルフレビュー

#### 2.1 リハーサルにおけるセルフレビュープロセス

本研究では、セルフレビューを伴うリハーサルは、事前プレゼンテーション、セルフレビュー、プレゼンテーションの修正の3つのフェイズが繰り返されることによって実施されると捉えている。事前プレゼンテーションでは、発表者によってプレゼンテーションが行われる。セルフレビューでは、実施したプレゼンテーションに対して発表者自身が改善点を見出すセルフレビューが行われる。プレゼンテーションの修正では、レビュー結果に基づき、プレゼンテーションを修正す

る。その後、修正されたプレゼンテーションのリハーサルが再度行われる。この一連の手順を踏むことで、プレゼンテーションの改善が期待される。

本研究では、プレゼンテーションのリハーサルにおけるセルフレビューに着目する。セルフレビューでは、主に発表資料であるプレゼンテーションドキュメント（P-ドキュメント）、ジェスチャーや視線、パラ言語を含む非言語動作、口頭説明に対してレビューを行う。

プレゼンテーションの改善には、特にピアレビューでの客観的な意見が貢献すると考えられる。それに対し、セルフレビューをピアレビュー前に実施しておくことで、セルフレビューとピアレビューの差分を得ることができる。発表者はこの差分からピアレビュー結果をより深く学ぶことができ、セルフレビュースキルの向上にも貢献すると考えられる。そのため、研究初学者にとってセルフレビューは重要であるといえる[4]。

一方、従来のセルフレビューでは、改善点の気づきを得ることが困難である。通常、セルフレビューでは、発表者がPCの画面上にスライドを表示させ、プレゼンテーションを実施しながら確認することが多い。しかしながら、プレゼンテーションの実施と確認が同時に行われるため、発表者の負担が大きく細部に至る見直しは難しい。それに対し、プレゼンテーションの動画を撮影し、その動画を視聴する方法がある。この方法では、事前プレゼンテーションを動画撮影によって記録し、その動画を視聴しながらセルフレビューを行う。この場合、プレゼンテーションとレビューそれぞれに集中できるため、より詳細なレビューが可能となる。しかしながら、動画視聴では、自分自身の映像や録音された音声に対して違和感を覚えるため、改善点の気づきを得ることが困難である。

## 2.2 プレゼンテーションアバター

前節にて述べた問題点に対し、先行研究では、プレゼンテーションのセルフレビューにおける気づきを促進することを目的として、P-アバターを開発した[2]。図1にP-アバターを示す。P-アバターとして用いたキャラクターは、ピアプロ・キャラクター・ライセンス[5]に基づいてクリプトン・フューチャー・メディア株式会社のキャラクター「初音ミク」を描いたものである。P-アバターとは、学習者のプレゼンテーションを再現するアバターである。先行研究では、アバターとしてPC上で動作するCGキャラクターを用いた。P-アバターは学習者のプレゼンテーションを再現する。学習者は、その再現に対してセルフレビューを行う。これにより、プレゼンテーションを記録した動画を視聴する際に自分自身の姿や音声に対して覚える違和感を軽減し、プ



図1 プレゼンテーションアバター

レゼンテーションの気づきを促す。

## 2.3 ロボットを用いたセルフレビュー支援

プレゼンテーションのセルフレビューを支援する上で、ロボットは、CGキャラクターと比較してアバターとして適している特徴を有している。表1にロボットとCGキャラクターの特徴を示す。CGキャラクターはプレゼンテーションを2次元で再現するのに対し、ロボットは3次元の身体性をもって再現する。そのため、実際のプレゼンテーションの場と近い状態での再現になり、目線の方向や指差して指し示す位置等を把握し易くなる。

また、関連研究では、人とのインタラクションにおいてロボットはCGキャラクターより人のエンゲージメントや楽しさを高めること[6]や、人の注意を効果的に制御できること[7]が報告されている。このような特徴から、ロボットはセルフレビューに対する学習者のエンゲージメントを高める効果が期待される。

また、動作に関して、ロボットはハードウェアに合わせて動作の再現が離散的になるため、CGキャラクターと比べると再現の忠実性は損なわれるものの、学習者は主要なジェスチャーに目が行き易くなると考えられる。

以上のように、ロボットはアバターとして有する違和感軽減の効果に加え、セルフレビューにおけるエンゲージメントを高め、特にジェスチャーに関する気づきを促進すると考えられる。

## 2.4 プレゼンテーション動作モデル

通常、プレゼンテーションはスライドコンテンツやスライドに陽に現れていない内容に対し、ジェスチャーや視線、パラ言語などの非言語動作を用いながら実施される。このとき、それらの非言語動作はやみくもに実施するのではなく、動作の意図を踏まえたうえで適切に実施する必要がある[8, 9]。



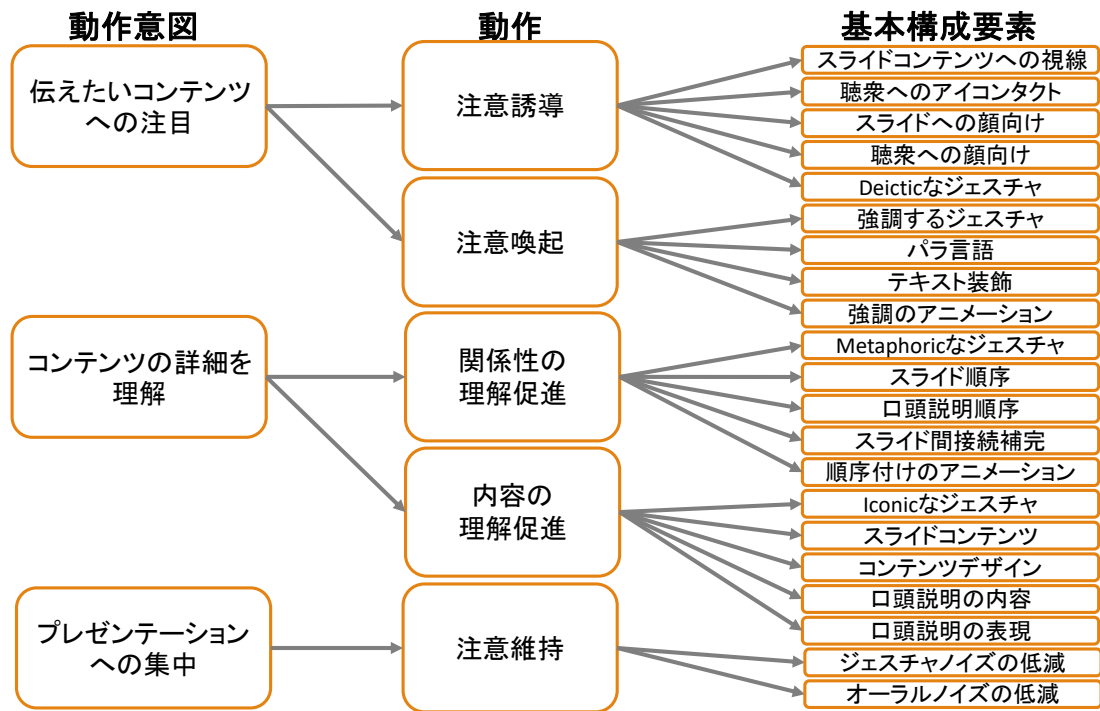


図2 プレゼンテーション動作モデル

先行研究では、プレゼンテーション動作に関する書籍や、関連研究[4, 10, 11, 12]を参考にして、図2に示す研究プレゼンテーション動作モデル[8, 9]を構築してきた。本モデルは、プレゼンテーションの動作意図、動作、基本構成要素の3層から構成されており、それぞれの関係から、発表者のプレゼンテーションにおける動作意図がどのような動作によって達成されるか、その動作は具体的にどのような要素（スライドや非言語動作、口頭説明）の組合せによって成立するかを示している。

本研究では、プレゼンテーション動作モデルに基づき、セルフレビューのチェックリストを作成した。学習者は、適宜チェックリストを参照しながらセルフレビューに取り組むことで、発表内容を適切に伝えるための動作が行えているか、それに適したスライドになっているかを確認できる。そのようなセルフレビューによって、何をレビューすべきか理解できていない学習者に対して、モデルベースに綿密なレビューを促進できることが期待される。

### 3. プレゼンテーションロボットによるセルフレビュー支援

#### 3.1 支援の枠組み

本研究では、プレゼンテーションのセルフレビューにおける違和感軽減に加え、エンゲージメントと非言語動作への気づきを促すことを目的として、P-ロボットを設計した。P-ロボットは、後述するチェックリストとともにモデルベースなセルフレビューを支援する。

そのため、プレゼンテーションにおいて特に重要な図2に示した基本構成要素に関する改善点への気づきを中心に促すことを想定しており、それらの改善点が得られる範囲でプレゼンテーションを再現する。P-ロボットによる支援対象として研究初心者を想定している。

図3にP-ロボットを用いたセルフレビュー支援の枠組みを示す。まず学習者のプレゼンテーションにおけるスライド遷移とアニメーション遷移のタイミング、およびモーションキャプチャデバイスのKinectによって学習者の動作と音声記録する。これらの記録情報とプレゼンテーションドキュメントに基づき、P-ロボットはプレゼンテーションを再現する。このとき、録音された音声は、違和感軽減のために声質変換されて再生される。学習者はセルフレビューのチェックリストを適宜参照しながらP-ロボットによる再現を見てプレゼンテーションのセルフレビューに取り組むことができる。

#### 3.2 プレゼンテーションアバターシステム

本システムでは、P-ロボットとしてVstone社のSota[13]を使用した。まず学習者のプレゼンテーションにおけるスライド遷移とアニメーション遷移のタイミングを記録する。記録の様子を図4(a)に示す。同時に、Kinectによって学習者の音声と25関節の位置座標をモーションデータとして取得する。モーションデータからは、Sotaでの動作再現に必要な関節角度データを生成する。

これらの記録情報に基づき、P-ロボットはプレゼン

表 1 ロボットと CG キャラクタの特徴

	CG キャラクタ	ロボット
身体性	2 次元	3 次元
動作	連続的	離散的

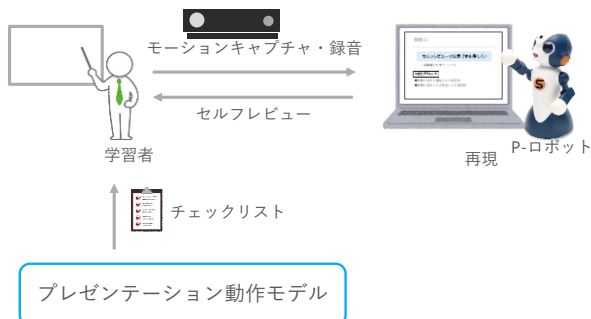


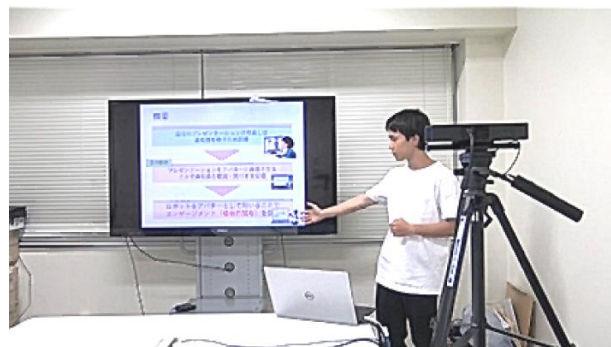
図 3 セルフレビュー支援の枠組み

テーションを再現する。図 4(b)に P-ロボットによる再現の様子を示す。スライドは PowerPoint によって表示する。学習者の動作は、Sota の首、肩、肘、胴にある 8 軸の動きによって毎秒 30 フレーム間隔で再現される。音声は声質変換され、再生される。ここでの声質変換は、フリーウェアの「恋声」[14]を利用した。「恋声」は音声の高低や声の特徴づけるフォルマントの値を自在に変更できるソフトウェアである。本システムでは、Sota の容姿が子どもであることを考慮して、音声の高さとフォルマントの値を高めることによって声質変換を行った。再現において、P-ロボットの動作とスライド、アニメーション遷移はローカルネットワークでの通信によって同期される。P-ロボットによる以上のような再現に対して、学習者は適宜一時停止・再開を操作しながらセルフレビューに取り組むことができる。

### 3.3 セルフレビューのチェックリスト

図 2 に示したプレゼンテーション動作モデルを基に、レビューポイントを分類・整理してセルフレビューのチェックリストを作成した。表 2 にチェックリストを示す。学習者はチェックリストを参照しながらセルフレビューに取り組むことで、適切に発表内容を伝達するための動作を行えているか、それに適したスライドを作成できているか等を確認することができる。これにより、何をレビューすべきか理解していない学習者に対しても、より綿密なセルフレビューが可能となり、改善点への気づきが促進されることが期待される。

## 4. ケーススタディ



(a) プレゼンテーションの記録



(b) プレゼンテーションロボットによる再現

図 4 プレゼンテーションロボットシステム

### 4.1 実験計画

研究初学者を対象として、一般的な動画撮影によるセルフレビューと比べて、P-ロボットがセルフレビューを促すかを確認するために、ケーススタディを実施した。ケーススタディでは、セルフレビューにおけるエンゲージメント、違和感、改善点への気づきの 3 側面を調査した。また、本ケーススタディでは P-ロボットのセルフレビュー支援効果を評価しており、チェックリストの有効性については今後評価する予定である。

まず、エンゲージメントの調査には、O'Brien らによって作成された User Engagement Scale (UES)[15]に基づいて作成したアンケートを用いた。UES は没頭、ユーザビリティ、美的感覚、利得の 4 要因 31 項目 (5 件法) から構成されているが、このうち没頭と利得をエンゲージメントの要因として選択し、日本語に翻訳して作成した。次に、違和感の調査には、筆者らが作成した違和感を測る 7 項目 (5 件法) のアンケートを用いた。改善点への気づきは、被験者がセルフレビューにおいて得た改善点の個数によって調査した。それらに加え、プレゼンテーション動画とロボットを比較して、

Q1: どちらに動作をしている感覚が得られたか、

Q2: どちらがプレゼンテーションの改善に貢献すると感じたか、

表 2 ロボットと CG キャラクタの特徴

動作意図	動作	基本構成要素	レビューポイント
伝えたいコンテンツへの注目	注意誘導	スライドへの顔向け	スライドへの顔向け
		スライドコンテンツへの視線	コンテンツへの視線
		Deictic なジェスチャ	スライドコンテンツを指差しているか
		聴衆への顔向け	聴衆への顔向け
		聴衆へのアイコンタクト	聴衆とのアイコンタクト
	注意喚起	強調するジェスチャ	口頭説明の重要な箇所を強調するジェスチャ
		パラ言語	説明している情報を口頭で強調
		テキスト装飾	テキスト装飾でスライドの重要な箇所を強調
コンテンツの詳細を理解	関係性の理解促進	強調のアニメーション	アニメーションでスライドの重要な箇所を強調
		Metaphoric なジェスチャ	複数の情報の間の関係性を表すジェスチャ
		スライド順序	スライド順序の適切さ
		口頭説明順序	口頭説明順序の適切さ
		スライド間の接続補完	スライド遷移時の口頭でスライド間を繋ぐ説明
		順序付けのアニメーション	アニメーションの過不足
	アニメーションのタイミングの適切さ		
	アニメーションの誤り		
	Iconic なジェスチャ		説明している情報の形や大きさを表すジェスチャ
	内容の理解促進	スライドコンテンツ	コンテンツの表記の適切さ
			コンテンツの過不足
			コンテンツの誤り
			適切な図・表・グラフの利用
		コンテンツデザイン	コンテンツの配置の適切さ
			スライドの文量の適切さ
			テキスト装飾の適切さ
			コンテンツの色合いの適切さ
			スライドで表記している語句の表現の統一
		口頭説明の内容	説明内容の適切さ
			説明内容の過不足
説明内容の誤り			
口頭説明の表現		説明内容の表現の適切さ	
		固有名詞や専門用語の意味説明	
	口頭説明での語句表現の統一		
プレゼンテーションへの集中	注意維持	ジェスチャノイズの低減	ジェスチャノイズ
		オーラルノイズの低減	オーラルノイズ

Q3：どちらが集中できたと感じたか

を比較アンケートとして調査した。このうち、Q1については、図2に示したプレゼンテーション動作モデルにおける動作カテゴリの5つの動作それぞれについて5段階（かなり動画1-2-3-4-5かなりロボット）で質問した。Q2、Q3に関しては、動画とロボットの2択で質問した。また、セルフレビュー前後のプレゼンテーションを研究中級者の評価者（博士前期・後期の学生3名）が比較することで、セルフレビュー自体が実際のプレゼンテーションに貢献するかを調査した。この調査では、1名の評価者が2名のプレゼンテーションの調査を担当した。

実験では、プレゼンテーション動画を用いたセルフレビュー（V条件）と、P-ロボットを用いたセルフレビュー（R条件）の2条件に対し、被験者内計画で被験者を割り当てた。被験者は理工系大学院生6名である。また、セルフレビュー順序のカウンターバランスを取るため、V条件、R条件の順でセルフレビューを行う群（VR群）とVR群とは逆順にセルフレビュー

を行う群（RV群）に3名ずつ被験者を割り当てた。

以下、実験手順について述べる。実験の前に、被験者にはあらかじめ自分自身の研究内容を5分程度で伝えられるP-ドキュメントを作成しておいてもらった。実験では、被験者にセルフレビューで参照するチェックリストの説明をした後に、被験者が用意したP-ドキュメントを用いてプレゼンテーションを実施してもらい、その様子をシステムとビデオカメラによって同時に記録した。次に、約15分のインターバルの後、記録した同じプレゼンテーションに対してV条件とR条件で2回のセルフレビューを実施させた。セルフレビューでは、スライドが一覧表示された資料を配布し、資料の対応するスライドに箇条書きで気づいた改善点を記述させた。また、チェックリストを提示し、適宜参照するように伝えた。各条件のセルフレビュー後には、エンゲージメントと違和感を測るアンケートを実施した。その後、比較アンケートを実施した。最後にもう一度プレゼンテーションを実施してもらい、ビデオカメラで記録した。

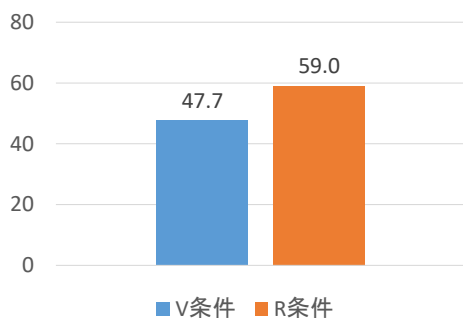


図 5 エンゲージメント得点

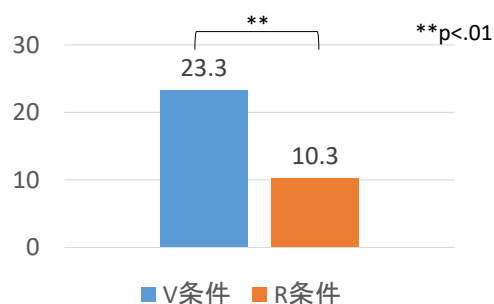


図 6 違和感得点

表 3 改善点の個数結果

群	被験者	スライド枚数	V 条件		R 条件	
			改善数	改善数/スライド	改善数	改善数/スライド
VR 群	A	18	13	0.72	12	0.67
	B	11	48	4.36	44	4.00
	C	10	10	1.00	12	1.20
RV 群	D	13	28	2.15	15	1.15
	E	14	30	2.14	31	2.21
	F	7	18	2.57	18	2.57
改善数/スライド 平均			2.16		1.97	

以上の実験計画のもと、本実験では次の 3 つの仮説を立てた。

H1: P-ロボットはセルフレビューにおけるエンゲージメントを促進する。

H2: P-ロボットは違和感を軽減する。

H3: P-ロボットはセルフレビューにおいて改善点への気づきを促す。

## 4.2 結果

図 5 に両条件におけるエンゲージメント得点の結果を示す。エンゲージメント得点は、17 項目の回答を加算することで算出 (85 点満点) した。この結果に対して t 検定を行った結果、両条件の差は 5%水準で有意であった。(片側検定:  $t(5) = 0.036$ ,  $*p < .05$ ) この結果から、仮説 H1 が成り立つことが確かめられた。

図 6 に両条件における違和感得点の結果を示す。違和感得点は、7 項目の回答を加算することで算出 (35 点満点) した。この結果に対して t 検定を行った結果、両条件の差は 1%水準で有意であった。(片側検定:  $t(5) = 0.003$ ,  $**p < .01$ ) この結果から、仮説 H2 が成り立つことが確かめられた。

表 3 に被験者ごとの改善数およびスライド 1 枚あたりの改善数を示す。改善点の個数は、セルフレビュー時に被験者が記述した改善点のメモから集計した。ただし、両条件で得られる改善点のみを集計し、片方の条件のみで得られる改善点は除外している。除外した

改善点には、V 条件における表情や手癖に関する改善点、および R 条件における P-ロボットの適切でない挙動に関する改善点が含まれる。この結果では、V 条件において改善数がやや多い傾向が見られたが、スライド 1 枚あたりの改善数結果に対して t 検定を行った結果、両条件間に有意差はなかった。

図 7 に比較アンケートの結果を示す。Q1 の結果から、多くの被験者が、注意誘導の動作をしている感覚はプレゼンテーション動画の方が得られていたことが分かる。この結果に対し、改善数の結果との整合性を調べるためにジェスチャーに関する改善点を動作のカテゴリによって分類し、それぞれの改善数を調べた。図 8 にその平均値を示す。図 8 では、注意誘導の動作に関する改善数のみ、V 条件において多い結果となった。

Q2 の結果では、6 名中 4 名がプレゼンテーション動画の方がプレゼンテーションの改善に貢献すると答え、Q3 では、6 名中 5 名が P-ロボットの方がセルフレビューに集中できたと答えている。

図 9 に、セルフレビュー前後のプレゼンテーションのうち、評価者が選んだより分かりやすい方のプレゼンテーションの数を示す。なお、評価者にはどちらかがセルフレビュー前/後のプレゼンテーションかを伏せた状態で選択させた。この結果では、被験者 6 名中 5

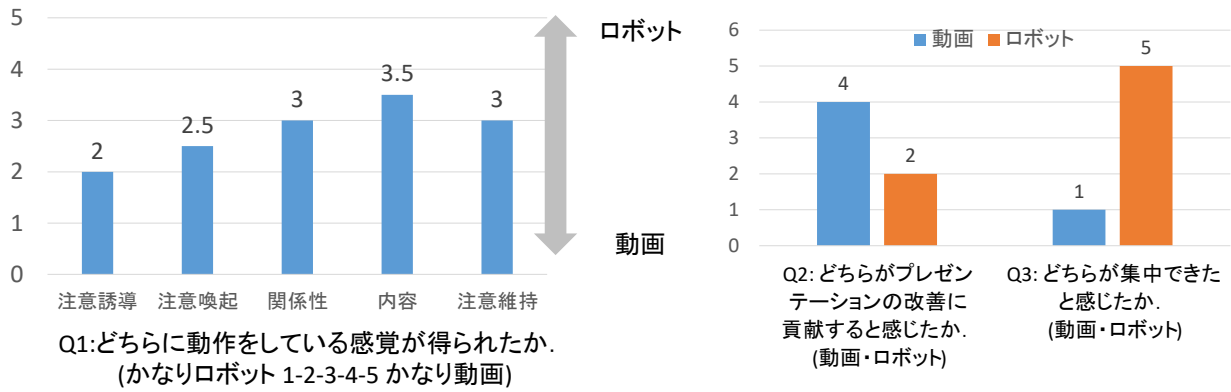


図7 比較アンケート結果

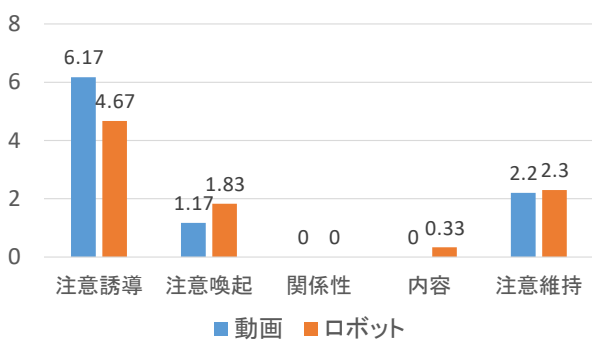


図8 各動作の改善数

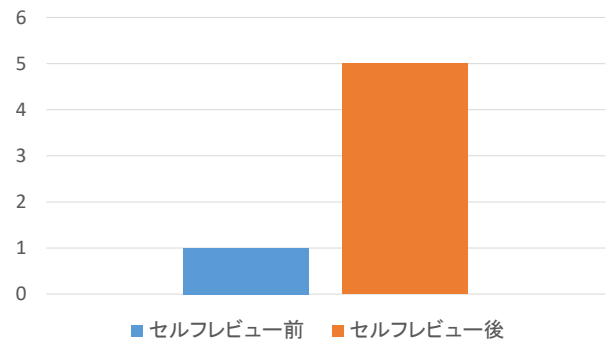


図9 セルフレビュー貢献評価結果

名のプレゼンテーションがセルフレビュー後のものが分かりやすい方として選ばれたため、ほとんどの被験者がセルフレビューで得られた改善点をプレゼンテーションの改善に繋がれたことが示唆される。

#### 4.3 考察

図5、図7のQ3の結果から、P-ロボットがエンゲージメントを促進することが確認された。この結果に関し、アンケートの自由記述では、P-ロボットに対して抵抗感を覚えなかったことや、客観的に振り替えることができたこと、セルフレビューを楽しむことができたこと、ジェスチャーが強調されているように感じたことが記されていた。このように、自由記述からも、違和感軽減の効果に加え、エンゲージメントが促進されていたことが伺える。

今回のケーススタディでは、改善点への気づきを促す効果を確認することはできなかった。その原因として、P-ロボットの動作に的確でない再現が見られたことが考えられる。このことに関して、自由記述では、P-ロボットの視線や指差しのジェスチャーが不明確であったことが指摘されていた。また、図8の結果では、視線と指差しを含む注意誘導の改善数のみプレゼンテーション動画の方が多く結果となっている。これらの結果を踏まえ、P-ロボットによる再現を確認したとこ

ろ、被験者の顔向きを適切に取得できておらず、P-ロボットが的確に視線の向きを再現できていない箇所が見受けられた。これは、顔向きの取得に用いた Kinect の画像認識 API の精度や、実験環境の暗さが影響していると考えられる。また、ハードウェアの仕様から肘の角度が 90 度以内になるジェスチャーについては再現されない。その他の動作に関しては、的確に再現できていた。これらのことから、一部の的確でない動作の再現が P-ロボットによる再現の信頼性を損ねたことや、改善点への気づきを妨げた可能性が考えられる。

一方、図7のQ3の注意誘導以外の動作に関する改善数は両条件で同等か、P-ロボットの方が多く結果となっていた。この結果に加え、P-ロボットがエンゲージメントを促した結果や違和感を軽減した結果を踏まえると、P-ロボットの再現の的確さを洗練させることで、改善点への気づきを促進する効果も期待できると考えられる。そのため、今後 P-ロボットとして他のロボットを使用することも視野に入れ、P-ロボットによる再現の洗練に取り組んでいく予定である。

また、本ケーススタディでは、1名の被験者（被験者 B）のエンゲージメント得点が R 条件において低い結果となっていた。この結果について、被験者 B は図7で示した Q2 と Q3 においてプレゼンテーション動画を選択していた。また、自由記述において P-ロボットの視線や指差しは不明確であり、またプレゼンター

ション動画に対して違和感を覚えたものの、プレゼンテーションの反省だと思えば集中できたということが記述されていた。

セルフレビューのプレゼンテーションに対する貢献の評価では、1名の研究者が分かりやすかったプレゼンテーションとして、セルフレビュー前のプレゼンテーションを選択していた。この研究者は、対象の被験者のプレゼンテーションについて、指差しはセルフレビュー後の方が明確になっていたものの、セルフレビュー前の方が、口頭説明が分かりやすく言い淀みが少なかったと回答していた。このことから、1名の被験者に関しては、セルフレビュー後のプレゼンテーションにおいてジェスチャーに意識を向け、口頭説明が疎かになっていたと考えられる。

本ケーススタディでは、プレゼンテーション動画と比べて、P-ロボットが違和感を軽減する効果に加えエンゲージメントを促すことは確認できたが、CG キャラクタに比べてエンゲージメントを促すかは確認できていない。そのため、P-ロボットと容姿と音声をP-ロボットに合わせたCG キャラクタを比較する実験を実施することで、セルフレビューにおけるロボットの3次元性の効果を確かめる予定である。

## 5. 結論

本稿では、プレゼンテーションのセルフレビューにおけるエンゲージメントおよび非言語動作への気づきを促進するP-ロボットを設計し、それを用いたセルフレビュー支援手法を述べた。ケーススタディから、P-ロボットによってセルフレビューにおけるエンゲージメントを促進できたことが伺えた。

今後の課題は、P-ロボットによる再現の洗練、P-ロボットとCG キャラクタの比較、チェックリストの有効性検証等が挙げられる。

## 謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費挑戦的研究（萌芽）(No.18K19836)の助成による。

## 参 考 文 献

- (1) 岡本竜, 柏原昭博. "リアルタイムなハイパービデオ化によるプレゼンテーション・レビュー支援環境の構築 (新しいインターネット技術の教育環境への利用/一般)", 電子情報通信学会技術研究報告. ET, 教育工学 Vol.106, No.583, pp133-138 (2007).
- (2) Keisuke Inazawa and Akihiro Kashihara. "A Presentation Avatar for Self-Review.", The 25th International Conference on Computers in Education.

- pp345-354 (2017).
- (3) Holzman, Philip S., and Clyde Rousey. "The voice as a percept", Journal of Personality and Social Psychology Vol.4(1), pp79-86 (1966).
- (4) Nancy, D.: "Slide:Ology: The Art and Science of Creating Great Presentations", Oreilly & Associates Inc., USA (2008).
- (5) クリプトン・フューチャー・メディア株式会社. piapro(ピアプロ)|キャラクター利用のガイドライン <http://piapro.jp/license/pcl/summary> (参照 2018.9.26).
- (6) Kidd, D. Cory, and C. Breazeal. 2004. Effect of a robot on user perceptions. Intelligent Robots and Systems. 2004 IEEE/RSJ International Conference. Vol. 4 (2004).
- (7) T. Tanaka, K. Fujikake, T. Yonekawa, M. Yamagishi, M. Inagami, F. Kinoshita, H. Aoki, and H. Kanamori. "Driver Agent for Encouraging Safe Driving Behavior for the Elderly.", HAI 2017 5th International Conference on Human-Agent Interaction, 71-79 (2017).
- (8) 石野達也, 後藤 充裕, 柏原昭博. "代講を目的としたロボットによるプレゼンテーション", 人工知能学会先進的学習科学と工学研究会 (第 81 回) 資料 SIG-ALST-B508-05, pp.26-29 (2017).
- (9) 後藤充裕, 石野達也, 稲澤佳祐, 松村成宗, 布引純史, 柏原昭博. "聴衆のプレゼンテーション理解を促進するロボットの非言語動作の検証", 第 82 回 先進的学習科学と工学研究会(SIG-ALST), pp.13-18 (2018).
- (10) D. McNeill. "Hand and Mind.", The University of Chicago Press, USA.
- (11) H. Kamide, K. Kawabe, S. Shigemitsu, and T. Arai. "Non-verbal behaviors toward an audience and a screen for a presentation by a humanoid robot.", Artificial Intelligence Research, 3(2), 57.
- (12) A. Melinger, and W. J. Levelt. "Gesture and the communicative intention of the speaker.", Gesture, 4(2), 119-141 (2004).
- (13) VStone.: Sota, <https://sota.vstone.co.jp/home/> (参照 2018.9.26).
- (14) 恋声萌. 恋声, [http://www.geocities.jp/moe\\_koigoe/koigoe/koigoe.html](http://www.geocities.jp/moe_koigoe/koigoe/koigoe.html) (参照 2018.9.26).
- (15) O'Brien, H. L., P. Cairns, and M. Hall. "A practical approach to measuring user engagement with the refined user engagement scale (UES) and new UES short form.", International Journal of Human-Computer Studies, 112, pp28-39 (2018).

# 姿勢に対する意識・行動変容の実効性

## ～ロボットの励ましによって～

長谷川 隼平<sup>\*1</sup>, 真嶋 由貴恵<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup>大阪府立大学現代システム科学域

## Effectiveness of Consciousness and Behavior Change for

## Posture by Receiving Encouragement of Robot

Shumpei Hasegawa<sup>\*1</sup>, Yukie Majima<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup>College of Sustainable System Sciences, Osaka Prefecture University

近年、腰痛や肩こりに悩まされる 20 代の若者が増加している。その原因として、「無理な姿勢の維持」や「長時間のデスクワーク」などが挙げられる。一方、若者の姿勢に対する意識は低く、先行研究からも姿勢改善が不十分なことや、半世紀前に比べて現在の学生は脊柱の前傾により、姿勢が悪化していることが分かっている。そのためここ数年では、姿勢矯正用の商品開発や研究がされており、姿勢改善が「一つの価値」となっているが、行動を変容することは難しい。そこで本研究では、コミュニケーションロボットの励ましによる 20 代の若者の姿勢改善への意識・行動変容を目的として、アプリケーションを開発した。

キーワード：姿勢，コミュニケーションロボット，意識・行動変容，VDT 体操，デスクワーカー

### 1. はじめに

総務省の「平成 29 年通信利用動向調査の結果」によると、インターネット利用者やスマートフォンの利用率は 20 代を中心とする若者世代が高い<sup>(1)</sup>ことが明らかにされている。また、パソコンなどの機器の登場により、デスクワーカーの仕事の大半はパソコンやタブレット端末を使用した作業となっている。一方、「若者の姿勢が悪くなった」という指摘をしている研究がいくつもある。そのなかでも別所<sup>(2)</sup>は子どもや若者の姿勢悪化要因として第 1 に「生活環境の変化による姿勢保持能力の低下」を挙げている。

生活環境変化の要因として、パソコン、ゲーム、スマートフォンの登場などが挙げられる。これらの機器の登場により画面に集中して作業を行うような習慣となり、姿勢が崩れていったと考えられる。Villanueva

ら<sup>(3)</sup>は、4 種類のディスプレイの大きさの違うノートパソコンを使用した際の作業者の姿勢を比較しており、ノートパソコンが小さくなるにつれて、姿勢が前かがみになるという結果を報告している。

第 2 の要因として、「姿勢教育の衰退による姿勢への意識の低下」を挙げている。これは、「小学校学習指導要領・体育編」や「幼稚園教育要領」における姿勢に関する指導目標が改定により失われたことによるものだとして述べている。また、原田<sup>(4)</sup>が女子大学生を対象に行った研究では、約 7 割の女子大学生が「自分の姿勢についての関心はありながらも自分の姿勢を側面からみると、姿勢が悪いという認識をもっている」ことを報告している。中尾ら<sup>(5)</sup>が男子大学生を対象に行った研究では、50 年前の同じ年代の男性よりも姿勢が前傾

していると報告している。

ここで“自覚症状”についてみると、厚生労働省が行う「国民生活基礎調査では、平成16年の調査から男女ともに「肩こり」と「腰痛」が上位1位、2位を占めている<sup>(6)~(10)</sup>ことがわかる。その有訴率は年齢層が上がるにつれて高まっている。肩こりや腰痛の原因は、不良姿勢や長時間におよぶ同姿勢維持によるものだとされており、若い時から不良姿勢のままパソコンやスマートフォンを使用を続けた結果、腰痛や肩こりの症状を引き起こす危険性も考えられる。

そのため、姿勢矯正関連商品の開発も行われるようになった。例えば、「姿勢矯正用の下着」は体に圧力をかけることで背筋を伸ばすというものであるが、衣類の場合は、何度も着用するうちに伸びて効果が薄れてしまうという欠点がある。「姿勢矯正用の椅子」は高価であるうえに使用場所が固定され、利便性に欠けるといえる。

そこで、本研究では「姿勢」を改善するためのアプローチとして、意識喚起や行動変容をもたらすための手法について検討する。本稿では、ヘルスケア分野において介入させる<sup>(11)~(12)</sup>ことにより効果の期待できるコミュニケーションロボットを活用したアプリケーションを開発したので報告する。

## 2. 研究目的

本研究では、コミュニケーションロボットを活用し、姿勢改善に向けた意識喚起や行動変容を行うためのアプリケーションを開発する。アプリケーションの主な機能は姿勢に意識を向けるための「声掛け」と長時間デスクワークを行うことによる筋肉の硬直や疲労感を解消する「VDT体操の実施」を支援するものとする。

## 3. 関連研究

この章では「姿勢改善」「コミュニケーションロボット」「行動変容」に関する研究の現状を把握することにより、本研究における活用やその効果可能性について述べる。

### 3.1 姿勢改善に関する研究

これまで姿勢改善に関する研究はいくつか報告されている。例えば、大村ら<sup>(13)</sup>は小学1年生を対象にした4週間におよぶ介入実験において、正しい姿勢をとるための条件を正しい姿勢の絵が描かれたポスターを見せて行う視覚的指導や、「背筋ピン」などわかりやすい合言葉を使った言語的指導、正しい姿勢の弁別を目的としたクイズ、トレーニング、相手の姿勢の長所・短所についてフィードバックを与える練習の3種目を介入させる実験を毎朝15分間とりいれたところ、学級生徒の過半数に姿勢改善の兆候が見られたという結果を報告している。

また、森ら<sup>(14)</sup>はウェアラブル加速度センサを用いて、姿勢悪化を通知するシステムの検討を行い、多くの被験者に姿勢改善動作が見られたと報告している。ただし、このシステムでは、姿勢悪化部位や方向、変化量の特定制が可能であり、音の変化によって被験者に通知できる工夫がなされていたが、多くのユーザは悪化の部位や程度を認識するまでには至らなかった。しかし、姿勢悪化のみの通知で、姿勢改善動作が見られたことから、姿勢悪化の詳細を通知しなくても、姿勢改善の可能性があると述べている。

よって、姿勢の改善行動を推進するために姿勢に関する注意喚起を行う機能を取り入れることとする。

### 3.2 コミュニケーションロボットに関する研究

近年、コミュニケーションロボットを用いた研究は数多く行われており、ロボットの存在感が人の行動に影響を与えることが明らかになっている<sup>(15)</sup>。また、ロボットとCGエージェントの説得効果を比較した研究では、実世界に対する提案についてはロボットに優位性があることが報告されている<sup>(16)</sup>。ヘルスケアに関するプレゼンテーションを行うロボットにパーソナリティを付与することによる説得効果を「丁寧な言葉遣い」と「フランクな言葉遣い」の2つのパーソナリティで比較した研究では、「丁寧な言葉遣い」のほうが対象者に有効に作用することが報告されている<sup>(17)</sup>。さらに説得だけでなく、人間のモチベーション向上にもロボットを用いた研究が行われている。ロボットによる能動的接触行為を受けると、人間のモチベーション向上に効果があると報告されている<sup>(18)</sup>。

よって、本研究において、コミュニケーションロボ



ットが声掛けを行う際、対象者の意識喚起を行うために「丁寧な言葉遣い」を用いることとする。

### 3.3 行動変容に関する研究

行動変容に関する研究は数多く行われている。特に、ヘルスケア分野においては、「行動変容」によって、生活習慣改善につなげることが必要である。米国の行動科学の研究者 Prochaska は「行動変容ステージモデル」を提唱している。これは食生活、喫煙や飲酒、運動などの改善を 1 つのプロセスと捉え、5 つのステージに分類したものである<sup>(19)</sup>。図 1 に示すように、行動変容ステージモデルの 5 つのステージは前計画期、計画期、準備期、実行期、維持期に分類される。前計画期は「今後 6 か月以内に行動を変えようと考えていない」という段階である。2 番目の計画期は「今後 6 か月以内に行動を変えようと考えているが、この 1 か月以内に行動を変えるまでは至っていない」という段階である。3 番目の準備期は「今後 1 か月以内に行動を変えようと考えている」段階である。4 番目の実行期は「行動変容して 6 か月以内」という段階である。最後の 5 番目の維持期は「行動変容して 6 か月以上」という段階となる。

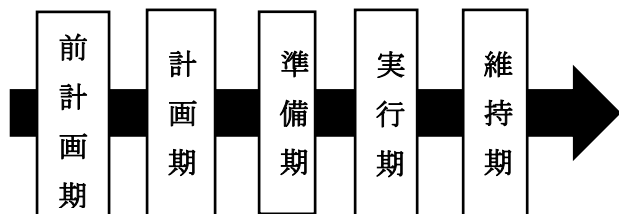


図 1: 行動変容ステージモデル

また、荒井ら<sup>(20)</sup>は、体育授業での「目標設定」と「セルフ・モニタリング」という 2 つの行動変容技法の介入が大学生の身体活動量の増加につながることを明らかにした。

よって、本研究において、行動変容ステージモデルを考慮した目標設定やセルフ・モニタリングの仕組みを導入することで対象者に行動変容が起こることが期待できると考える。

## 4. アプリケーション開発

### 4.1 姿勢改善のために

本研究では、姿勢に対する意識・行動変容を行うために、以下 3 点を実現できるデバイスを検討する。

これら 3 点実現に必要なデバイス条件を検討する。

- 1) 姿勢に対する意識喚起
- 2) デスクワーカーに対する利便性
- 3) VDT 体操の実装

#### 4.1.1 姿勢に対する意識喚起

姿勢改善のためには、生活環境やライフスタイルの変化によって、薄れてしまった姿勢に対する意識喚起を行う必要がある。ただし、それは 1 回だけでなく複数回あるいは継続的な働きかけを必要とする。「エビングハウスの忘却曲線」で明らかにされているように、人は 1 度記憶した内容も時間がたてば忘れてしまうが、復習するなど何度も繰り返すことによってその記憶は定着する。このことから、姿勢に対する意識も継続的に意識喚起を行えば、より効果的であると考えられる。

よって、介入するためには、時間計測のためのタイマー機能と注意喚起の内容を伝える機能が搭載されており、これらを組み合わせることにより、一定時間ごとの注意喚起が可能となるデバイスが必要である。

#### 4.1.2 デスクワーカーに対する利便性

近年の ICT 機器の普及により、パーソナルコンピュータでの業務が当たり前という傾向が高まっている。それに伴い、教育分野においてはパーソナルコンピュータによる学習が盛んにおこなわれている。特に最近では、タブレット端末を用いて授業を行うようにまで ICT 技術は進歩した。このように、授業や仕事での Virtual Display Terminal (以下、VDT) 機器を使用する頻度は高まっている。しかし、それは座位姿勢での作業時間増加にもつながっており、日本人成人の平日の総座位時間は世界の主要 20 か国のなかで最長であるという調査結果も出ている<sup>(21)</sup>。そのため、厚生労働省は「VDT 作業における労働衛生管理のためのガイドライン」において、1 連続時間が 1 時間を超えないようにすることを推奨している<sup>(22)</sup>。しかし、その時間を意識して計測することは難しい。そこで、VDT 作業中でも自分の座位継続時間を把握することが必要である。

よって、これらのことから、本研究では対象者をデスクワーカーとする。また、デスクワーク時に邪魔になることなく、なるべく手間がかからずに、座位時間計測を行い、必要であればデスクワーカーに休憩を促

すことができるようなデバイスを用いる必要がある。

#### 4.1.3 VDT 体操の実装

本研究では、デスクワーク時に固まった筋肉などをリフレッシュさせるために VDT 体操を作業中に実施してもらうことを考える。また、ただ VDT 体操を行うように促すのではなく、映像を流すことにより、デスクワーカーが VDT 体操を実践したくなるように工夫する。

### 4.2 コミュニケーションロボットの活用

本研究では、若者がデスクワーク時、座位姿勢の崩れを意識できるようにするために、監督者として機能するアプリケーションを開発することとした。これにより、デスクワーク時、姿勢に対する意識が薄れて、思わず前傾姿勢や不良姿勢になってしまわないように注意喚起ができることを考える。そこで、今回は、コミュニケーションロボットのロボホン (SHARP) を採用した。ロボホンは「愛着を持てる、生活の中に寄り添うパートナー」として開発されており、小型かつ軽量・音声認識・会話・移動・体を使った簡単な動作ができるので、デスクワーク時の姿勢監督者として振る舞うことが可能である。ロボホンを活用したアプリケーション開発には、ロボホンスクラッチパック (シャープ株式会社) と Motion Works for ロボホン (シャープ株式会社、ヴィストン株式会社) を使用した。

### 4.3 各機能の開発

#### 4.3.1 声掛け

デスクワーク中に姿勢に対する注意力がなくならないように、ロボホンがデスクワーカーの座っている時間を計測し、一定時間ごとに声掛けを行う。座位時間の計測は、デスクワーク開始前の「準備ができたなら、「お願い」と言ってください。」という声掛けに対して、デスクワーカーの返答により、開始される。声掛けを行う時間と内容を表 1 に示す。

4.1.2 でも述べたとおり、厚生労働省はガイドラインにおいて「1 時間以上の連続作業をしないようにすること」としている。今回は 1 連続時間を 30 分と設定することとした。

3.2 でも挙げられている説得における「丁寧な言葉遣い」の優位性をこのアプリケーションには取り入れた。これにより、ロボホンの声掛けを受けたデスクワ

カーが、姿勢に気を付けるような意識変容がみられるのではないかと考えた (図 2)。また、行動変容を起こすために、「目標設定」を導入した。具体的には「姿勢に気を付けて、デスクワークする」という行動目標を与えて、具体的にどのような行動をするかの設定を自身で決めて、その評価を 5 段階で自己評価 (セルフ・モニタリング) させる (図 3)。その後、評価結果を認識したロボホンはデスクワーカーに対してフィードバックを行う。フィードバックの内容を表 2 に示す。この「目標設定」と「セルフ・モニタリング」によって、デスクワーカーに対して「姿勢」を意識した行動変容を促すことを目指す。

表 1. 「声掛け」で用いるロボホンのセリフ

経過時間	ロボホンのセリフ
開始前	今からお仕事ですね。 座っている時間を測りますね。 準備ができたなら、「お願い」と言ってください。
10 分	10 分経ちましたよ。 姿勢は崩れていませんか？
20 分	20 分経ちましたよ。 30 分に 1 回立ったほうが良いですよ。
30 分	30 分経ちましたよ。 一緒にストレッチしましょうよ！ 「いいよ」か「いや」で答えてください。



図 2. ロボホン声掛けイメージ図

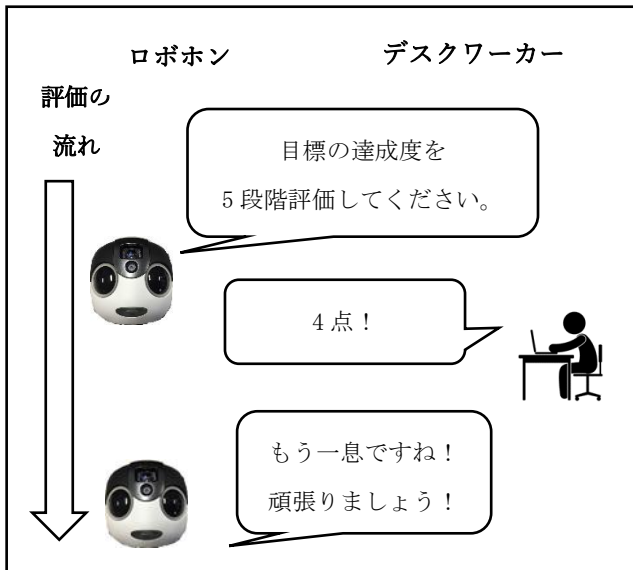


図3. 行動変容のための目標設定イメージ図

表2. 評価を聞いたロボホンのフィードバック

点数	セリフ
1~2	もっと頑張りましょう!
3~4	もう一息ですね。
5	わー、すごいですね!

#### 4.3.2 体操

「体への負担を軽減させる」行動を促進させるため、30分経過後には、ロボホンと一緒にストレッチ運動を行うように尋ねるように振舞わせる。具体的には、音声認識機能を用いて、デスクワーカーが「はい」と答えると、「うれしいです。」と返答し、体操をスタートさせる。このストレッチ運動は、大阪府立大学看護学部が制作した看護学習用教材「VDT体操」から、必要な部分の体操について製作者に許可を得て使用している。このVDT体操は、座位の作業中にも行えるように簡単な動きで構成されている。不良姿勢が原因で、肩こりなどの諸症状が現れることに着目し、今回はデスクワーク時に負担がかかりやすい首、肩、腰、背筋に効果のある体操5種目を採用した。ロボホンと一緒にやっているという一体感ができるように、ロボホンが掛け声を出してくれるように振る舞わせる。(図4)

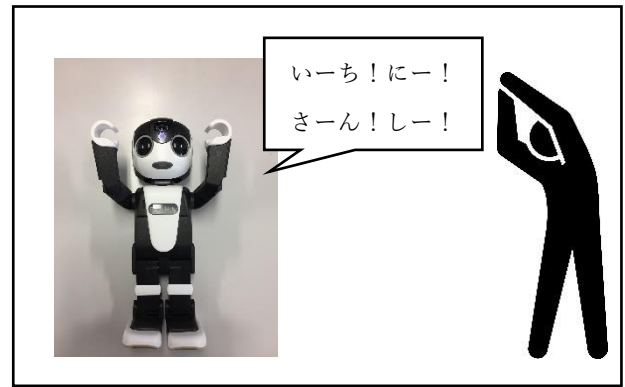


図4. 体操イメージ図(背伸び運動)

## 5. まとめと今後の展望

本研究では、コミュニケーションロボットを用いて、デスクワーカーの姿勢に対する意識・行動の変容を起こさせるためのアプリケーションを開発した。今回は特に、先行研究から姿勢の悪化が指摘されている若者をターゲットにし、アラーム形式の声掛けによって、姿勢に対する意識が欠如しないような機能や作業時の疲労回復のためのVDT体操を促す機能などを実装した。今後は実験・評価を行い、デスクワーカーの姿勢改善に役立つようなアプリケーションにしたい。

### 参考文献

- (1)総務省:”平成29年通信利用動向調査”, 1-28(2018)
- (2)別所龍二:“子どもの体力低下と「姿勢教育」”, 四天王寺国際仏教大学紀要, 44, 125-137(2007)
- (3)Villanueva MBG, Janai H and SaitoS: “Ergonomic Aspects of Portable Personal Computers with Flat Panel Displays (PC-FPDs): Evaluation of Posture, Muscle Activities, Discomfort and Performance”, Industrial Health, 36(2), 282-289(1998)
- (4)原田妙子:“若い女性の姿勢に対する意識について”, 名古屋女子大学紀要, 家政・自然編, 人文・社会編, 57, 67-74(2011)
- (5)中尾美喜夫, 楠本秀忠:“男子大学生の矢状面における脊柱彎曲の時代的变化”, 大阪経大論集, 第58巻, 第2号, 71-81(2007)
- (6)厚生労働省: “平成16年国民生活基礎調査の概況”
- (7)厚生労働省: “平成19年国民生活基礎調査の概況”
- (8)厚生労働省: “平成22年国民生活基礎調査の概況”
- (9)厚生労働省: “平成25年国民生活基礎調査の概況”
- (10)厚生労働省: “平成28年国民生活基礎調査の概況”

- (11) 玉井巨人, 真嶋由貴恵, 石亀篤司, 中山正哉: “看護師—患者間の同調現象に着目した看護技術教育システムの設計〜ロボットとのインタラクションを通して〜”, 第12回医療系eラーニング全国交流会公演要旨集, 56-59(2017)
- (12) 榊田聖子, 村嶋琴佳, 真嶋由貴恵: “認知症高齢者支援力を育成する小学生向けバーチャル教材の開発”, 第12回医療系eラーニング全国交流会公演要旨集, 54-55(2017)
- (13) 大村香奈子, 野田航, 横山晃子, 松見淳子: “小学1年生児童に対する学習時の姿勢改善のための介入パッケージの効果: 学級単位での行動的アプローチの応用”, 行動分析学研究, 20(1), 28-39(2006)
- (14) 森祐馬, 榎堀優, 間瀬健二: “ウェアラブル加速度センサを利用した姿勢改善補助システム”, マルチメディア、分散協調とモバイルシンポジウム2014 論文集, 126-130(2014)
- (15) S. Woods, K. Dautenhahn, and c. Kaouri: “Is someone watching me? - consideration of social facilitation effects in human-robot interaction experiments”, In Procs IEEE Int Symp on Computational Intelligence in Robotics And Automation, 53-60, 2005.
- (16) Kazuhiko Shinozawa, Futoshi Naya, Junji Yamato, and Kiyoshi Kogure: “Differences in effect of robot and screen agent recommendations on human decision-making”, International Journal of Human-Computer Studies, (2005)
- (17) 中川佳弥子, 篠沢一彦, 松村礼央, 石黒浩, 萩田紀博: “ヘルスケアロボットへのパーソナリティ付与による説得効果”, 第9回情報科学技術フォーラム, 89-92(2010)
- (18) 中川佳弥子, 塩見昌裕, 篠沢一彦, 松村礼央, 石黒浩, 萩田紀博: “ロボットの能動的接触は人間のモチベーションを上げるか”, 人とエージェントのインタラクション論文特集, 136-145(2012)
- (19) 中村正和: “行動科学に基づいた健康支援”, 栄養学雑誌, 60(5), 213-222(2002)
- (20) 荒井弘和, 木内敦詞, 中村友浩, 浦井良太郎: “行動変容技法を取り入れた体育授業が男子大学生の身体活動量と運動セルフ・エフィカシーにもたらす効果”, 体育学研究, 50(4), 459-466(2005)
- (21) Bauman AE et al: “The descriptive epidemiology of sitting. A 20-country comparison using the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ)” American Journal of Preventive Medicine, 41(2), 228-235(2011)
- (22) 厚生労働省: “VDT 作業における労働衛生管理のガイドラインについて” (2002)