協調的な学びに対する知識やスキルを自動診断するシステムの開発

代表研究者	大　島　律　子	静岡大学大学院　総合科学技術研究科　教授
研究分担者	猿　渡　俊　介	大阪大学大学院　情報科学研究科　准教授
	大　島　純	静岡大学大学院　総合科学技術研究科　教授

1 背景と目的

21 世紀型スキル（Griffin, McGaw & Care, 2011）に代表されるように，他者とうまく協働しながら未知・未解決の問題に進んで取り組み，創造的に解決を目指そうとする複合的かつ社会的な力，協働の知を築くための諸能力の育成が求められている．このような動向は，校種を問わず授業や評価のあり方を大きく変えようとしている．協調学習が多く取り入れられ，学びの対象は従来型のテストで測定可能な知識だけでなく，協調学習の場面において他者とどう関わるべきか，という学びに対する認識にまで及ぶことになる．

この学びに対する認識の研究は元来，個人の認識論的信念（epistemic belief）の研究として展開していた（e.g., Schommer-Aikins, 2004）．協調学習やその支援研究の発展に伴い，認識論的信念の対象範囲は個人内から他者との関係性へと拡張し，認識主体性（Scardamalia, 2002）という概念で捉えられるようになった．この学習者の持つ認識主体性の診断に関しては，これまで観察可能な「行為」を学習活動終了後に分析するものや（e.g., Damşa, Kirschner, Andriessen, Erkens & Sins, 2010），質問紙で理想と現状のギャップを回想的に尋ねる手法（Järvenoja, Volet & Järvelä, 2012）などがとられてきた．だが，同じ行為でもそれを制御する認識主体性の質は必ずしも一致せず，同一学習者でも類似場面で異なる行為がみられる場合（大島・中村・大島，2011）があることや，質問紙の回答は客観性に欠けるなどの問題が残る．これらを改善し認識主体性を高める学習環境を提供するには，学習者の持つ認識主体性の質と行為の関係を明らかにする方法を見出し，現実の教育場面において教師が学習支援のために診断的に用いることができるツールを開発することが急務である．

そこで，研究代表者らは，協調学習の過程で発生する社会認知的葛藤をマンガ形式のスクリプト完成課題として構成し，空欄の吹き出しを埋めることで「場」の解釈や自他の「心の声」を外化させることができ，学習者の内的な判断プロセスを可視化する Collaboration Scenario-based Scale for Emotion Regulation（CSSER）の開発に取り組んできた（Oshima & Oshima, 2015）．CSSER は，心理検査法の一つであるローゼンツァイクの PF スタディの手法（Rosenzweig, 1945)と，バフチンの対話理論やラトゥールのアクターネットワーク理論を背景に考案されたマンガ表現法（鈴木・加藤 2008）の手法を取り入れている．これまでの研究成果から，従来行なわれてきた教授者らによる観察や議論分析，質問紙による主観的評価では困難であった，協調学習時に現れる学習者の行為の背景にある協調に関する知識やスキルを，CSSER ではある程度的確に把握・診断することに成功している（Shibata, Oshima & Oshima, 2017）．

本研究では，診断ルーブリックの精度を向上させることで信頼性を高めるとともに，ブラウザを介してマンガ形式のスクリプト完成課題を提供，さらにその診断に機械学習を用いることで，人的・時間的コストの軽減をはかったシステムを開発することを目的とした．これらを実現することで，従来では困難であった教育実践場面における診断的利用を可能にすることを目指した．具体的には以下の４つの課題に取り組んだ．

課題１：協調のスキルを測定する質問紙の開発
課題２：協調のスキルを評価するルーブリックの設計
課題３：CSSER の web システム化
課題４：自動診断アルゴリズムの開発

2 本研究で取り組んだ４つの課題

2-1 協調のスキルを測定する質問紙の開発

（１）マンガシナリオの作成

学習者の協調学習場面における認識主体性を測定するにあたり，社会共有的調整学習（Järvelä & Hadwin, 2013）を依拠する概念として採用し，これを協調学習の場面に展開して実際に経験した困難について調査する AIRE（Adaptive Instrument for Regulation of Emotions; Järvenoja ら，2012）をベースにしたマンガシナリオ型の質問紙 Collaboration Scenario-based Scale for Emotion Regulation（CSSER）を開発した．AIRE はそれまで主流であった質問から回答者が学習活動場面を各々想定した上で，選択肢で回答するという現実に即していない手法とは異なり，実際に経験した問題を特定し，それに対して学習者がとった調整方略を特定するものである．本研究では AIRE が持つ５因子のうち日本の一般的な大学生に対して適応可能であると考えられた４因子を採用し，各因子１つずつマンガシナリオを作成した（表１）．

表１　CSSER の４シナリオの概要

AIRE 因子	シナリオの概要
Personal Priorities	ある講義で，翌週の発表に向けてスライドを作成していたがまだ改善の余地がある状態で授業終了の時間を迎える．グループで今後の活動予定を決める時に，私事を優先し「最低限できればよい」と考える者と，課題を優先し「成果物の完成度を高めるべき」と考える者が対立する．
Work & Communication	ある講義で，グループでの話し合い中，自分の意見を喋り続け他者への発言機会を与えない者と，喋り出すタイミングを見つけることができず議論に全く参加でない者がおり，生産的な議論が行われていない．
Teamwork	ある講義で，グループ内で各自パソコンを使って調べ物をする作業分担を行うが，1 人が作業とは全く関係のないサイトを閲覧している．それに気づいた他の者が遠回しに注意をするが，関係のないサイトを閲覧している者は，その後も作業を再開しない．
Collaboration	ある講義で，翌週の発表に向けスライド作成の課題が課され，内容をメンバー全員で話し合いながら作成するべきだと考える者と，内容を分割・分担し，後で合体すれば良いと考える者がおり，衝突が起きている．

（２）シナリオのマンガ化とデザイン

マンガのデザインにあたっては，P-F スタディ（Rosenzweig, 1945）とマンガ表現法（鈴木・加藤, 2008）の理論を基にした．まず，学習者の調整活動経験の有無に依存せず学習者の調整方略を事前・事後テストとして使用可能にすることで，協調学習の経験が調整方略の伸びに与える影響を測ることができるようにすること，そして学習者の持つ調整方略を発言として表出する行動方略に加えて，その行動方略を導き出すまでに行われた思考プロセスを合わせて把握できるものにすることをデザイン要件とした．考案したマンガのデザイン例は図１の通りである．

シナリオ中のグループは全て 3 名で構成され，回答者はその中のひとりという設定である．回答者である「あなた」は他のグループメンバーふたりの間で起きている問題に直面している（表１参照）．どのシナリオでも「あなた」がグループ内の問題に直面した後に，「あなたはこの状況でどんなことを考えるのかを雲形の吹き出しに記入し，どんなことを言うのかを角形の吹き出しに記入してください.」と問うことになっている．このように「あなた」を初めから問題に巻き込まない立場に置かせることで，客観的な視点から問題状況をどのように認識するかを雲形の吹き出しに書かせて把握することを狙った．一方，角形の吹き出しは問題状況の認識を踏まえて用いる調整方略を把握するために設けた．

マンガは紙の冊子体として構成した．A4 用紙横長に１コマずつレイアウトし，考えすぎを防ぐため一旦記述を完了したシナリオは修正しないよう指示し，また１つのシナリオの記入が完了するごとに終了時刻を記

入させ，およその所要時間が把握できるようにした．冊子体全体としては，回答にあたっては繕ったりせずに普段の自分がしそうな（考えそうな）ことを記入すること，一度記入が終わったシナリオへの回答は改変しないこと（シナリオの後戻りをしないこと），取り組み方などが書かれた表紙に続き，４つのシナリオを順番に回答させる体裁とした．各シナリオの最後のコマにはそのコマ内の吹き出しに記入を完了した時刻を記述させることで，およその所要時間を把握できるようにした．なお４つのシナリオの順番は冊子ごとにランダムになるような組み合わせで構成した．

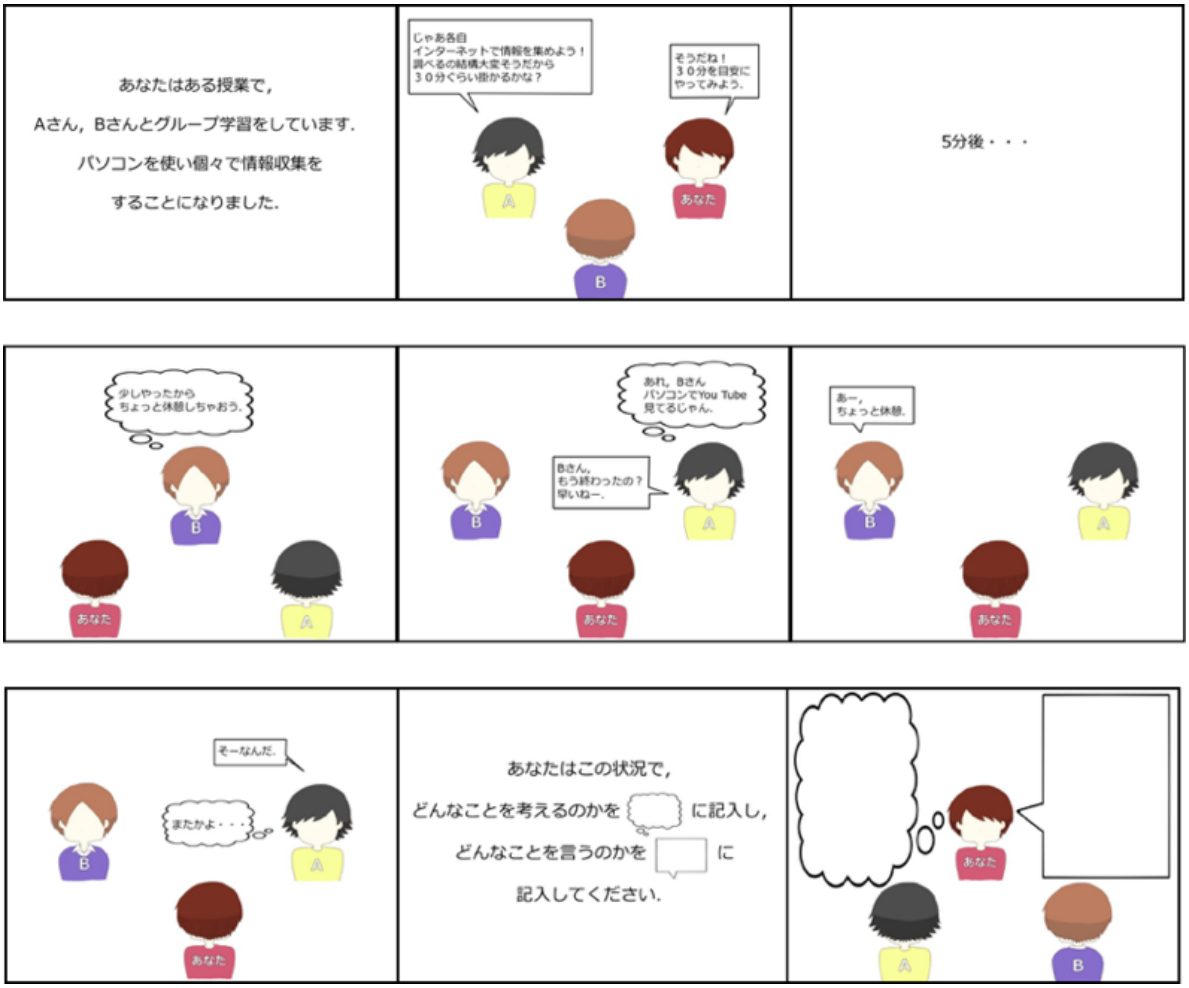

図１　マンガのデザイン例（Teamwork，全９コマ構成）

2-2 協調のスキルを評価するルーブリックの設計

（１）評定ルーブリックの設計

CSSER の評定ルーブリックは，４つのシナリオそれぞれについて，Järvenoja ら（2012）に依拠し２つの評価側面（社会認識的側面と社会感情的側面）から評定を行うことにした．評価基準は社会共有的調整学習の３レイヤー（自己調整，協同調整，社会共有的調整）を踏まえた５点満点とした．本来３つのレイヤーは状況に応じて使い分けがされることが望ましいが，今回作成した CSSER シナリオにおいては，グループのメンバー全員が発生している問題に関与しているため，グループ全体に対して調整を行う社会共有的な方略，他者を含めての調整を行う協同調整的な方略，そして自らのみの調整をおこなう事故調整的な方略の順に適切であると考えた．マンガシナリオ中の学習者自身が発生源となる吹き出し２種（「心の声」吹き出しと「発言」吹き出し）を個別に評定することとした．つまり，１つのマンガシナリオにつき２（評価側面）x２（吹き出し）x５点満点の２０点満点で評価を行うよう設計した．２つの評価側面（社会認識的側面と社会感情的

側面）ごとの評定基準の概要は以下の通りである．

社会感情的側面の評定基準は，発生している社会感情的問題により生じているメンバー間の感情のコンフリクトを認知し，そのコンフリクトを適切に取り除けているかに着目した．

「心の声」では，他メンバーの置かれている状況や抱いている感情を適切に把握できているかを見る．他メンバーふたりの立場や感情を推量できている記述には 5 点，他メンバー片方のみの立場や感情を推量できている記述は 4 点を与えた．他メンバーの立場や感情を考慮できてはないが，蔑ろにもしていない記述は 3 点を与え，他メンバーの立場や感情を考慮せずに，自分自身に対する利害のみを考え，他メンバー片方に対して不満や苛立ちのみを表しているものを 2 点,他メンバー2 人に対して不満や苛立ちを表しているものを 1 点とした．

「発言」では，その発言により実際に発生しているメンバー間の感情のコンフリクトを取り除くのに有効であるかを見る．他メンバー両者の持っている感情の齟齬を取り除ける場合は 5 点を与え，他メンバー片方のみの抱えている感情の齟齬を取り除けている場合は 4 点を与えた．メンバーの感情の齟齬を取り除いてはいないが，誰の感情も蔑ろにもしていないものは 3 点を与えた．他メンバー片方の感情を蔑ろにし，フラストレーションを拡大させるような発言には 2 点を与え，他メンバー両者の感情を蔑ろにし，フラストレーションを拡大させている発言には 1 点を与えた．

社会認識的側面は，生産的な課題遂行を妨げている要因を認知し，適切に解決できているかに着目した．

「心の声」では，発生している生産的な課題遂行を妨げている要因を認知し，それらを解決する方略が適切であるかを見る．具体的には，発生している生産的な課題遂行を妨げている要因を 2 つ以上特定できているものに 5 点，1 つのみ特定できているものに 4 点を与えた．生産的な課題遂行をする上で，現状が理想的な状況でないことは認知しているが，具体的に何が問題なのかを認知できていないものに 3 点を与えた．問題が発生していることを認知できていないものに 2 点を与えた．そして，課題遂行を更に悪化させる新たな問題を生み出すようなもの，もしくは現在起きている問題に加担するようなものに 1 点を与えた．

「発言」では,その発言により,実際に発生している課題遂行を妨げている要因を取り除けているか見る．発生している生産的な課題遂行を妨げている要因を 2 つ以上解消できるものに 5 点，1 つのみ解消できるものに 4 点を与えた．発生している問題に対して解決を試みようとしているが，具体的な解決案を伴っていないもの 3 点を与えた．発生している問題に対して，解決を試みていないものに 2 点を与えた．そして，新たなに課題遂行を更に妨げるような問題を生み出しているもの，もしくは現在起きている問題に加担するようなものに 1 点を与えた．

（２）ルーブリックの精度の検証

協調学習主体の大学生初年次必修科目（約 70 名履修）の開始前に CSSER を実施し，評定した結果と，授業中のパフォーマンスの比較検討を行なった結果，授業中の学習活動で高い調整能力を発揮した学習者は，低い学習者と比べて CSSER のスコアが有意に高いことが明らかとなり（Shibata, Oshima, & Oshima, 2016），CSSER が学習者の協調学習における調整活動を予測できる可能性が示された．

2-3 CSSER の web システム化：Collaboration Regulation Profiler（CRP）

（１）システムのデザイン

前述した CSSER は紙の冊子体であったため,回答者・研究者の両側にとっていくつかの問題点が存在した．回答者側にとっては，手書きでは思いついたことを全て手書きするのは面倒であること，研究者側にとっては収集データ（回答）の管理や不明瞭な文字の判別，そして後述する自動評定に際して必要となるデータのデジタル化の手間などである．そこで，CSSER をシステム化することで，これらの問題を解消することにした．システム化にあたっては，次の要件を満たすものとした．

① 主要ブラウザで問題なくアクセス・回答ができるものであること，
② ログイン ID とパスワードを用い，個人を特定できるものであること，
③ 事前事後パラダイムで実施可能にするため，同一回答者 ID が２回回答できるようにすること（同一 ID で２回分の回答を管理できること）
④ 調査目的の説明とチュートリアルを含むこと，
⑤ システムの使用に関するヘルプ表示ができること，

⑥　シナリオ毎に記述内容を確定し，後戻りできないようにすること，
⑦　４つのシナリオは回答者毎にランダムな順で提示すること，
⑧　確定ボタンが押された時点で未記入の吹き出しがある場合，ワーニングを出すこと，
⑨　２度目の回答をする場合，シナリオが１回目と同じ提示順序にならないようにすること，
⑩　シナリオ毎に所要時間を記録できること，
⑪　クラス毎の回答者と回答内容の管理を可能とすること

デザインした CRP のインタフェース例を図２-1，２-２に示した．ウィンドウの左側にはサムネイルが示され，真ん中のメイン画面には選択されたコマが表示されている．コマは真ん中のウィンドウ下の三角矢印（◂ ▸）でも動かせるようになっており，また全体のコマ数や表示されているコマの位置もわかるようになっている．右側のナビゲーションで現在位置（●）が示されるとともに，記入例や取り組み方の確認をいつでもできるようそれらの表示ボタンが置かれている．回答者は図 2-1 のようにマンガシナリオを読み進めていくが，最後に図 2-2 のような画面に遭遇する．２種類の吹き出しの中にはそれぞれテキストフィールドが設けられており，それぞれの吹き出しに自分の「心の声」と「発言」を記入することになる．テキストフィールドはディフォルトでは図２-２のような状態であるが，文字数が多くなるとスクロールバーが表示されるようになり，無制限ではないが吹き出しへの回答には十分なテキストフィールドが準備されている．

１つのシナリオについて回答が終わると右下の確定ボタンを押すことになるが，押した段階で未記入吹き出しが残っている場合にはワーニングが表示され，記入されるまで確定が完了しない．確定完了後は次のシナリオの最初のコマが表示されるが，前のシナリオには戻れない構造になっている．

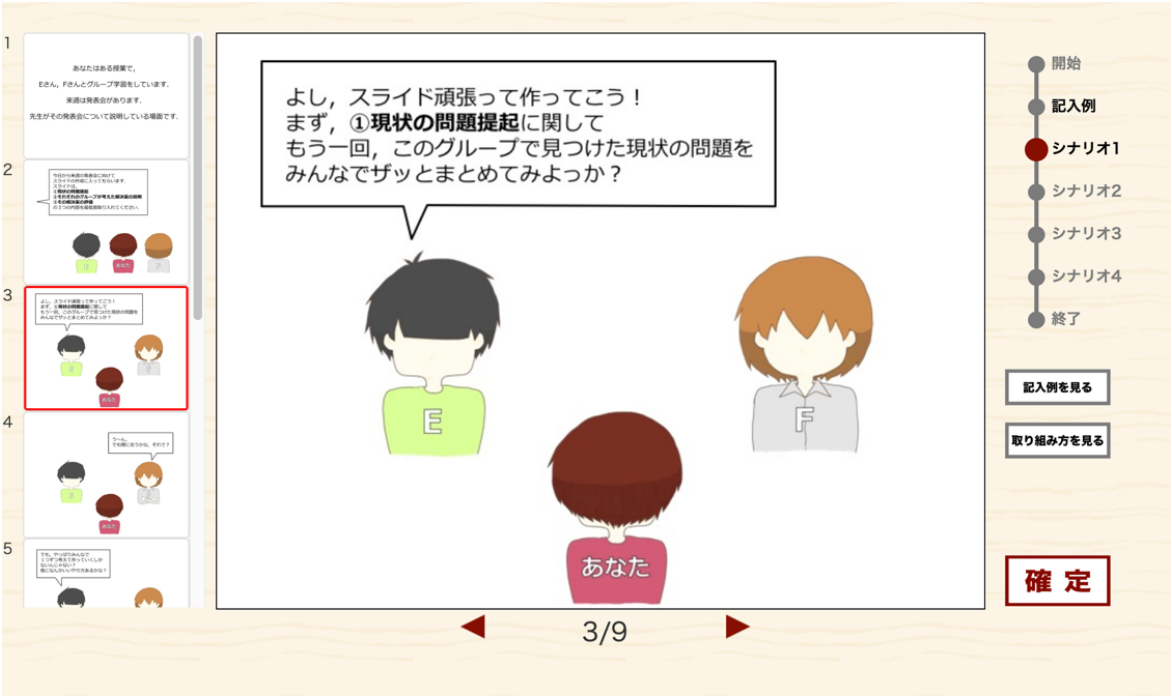

図２-1　CRP のインタフェース例（問題が起ころうとしている場面）

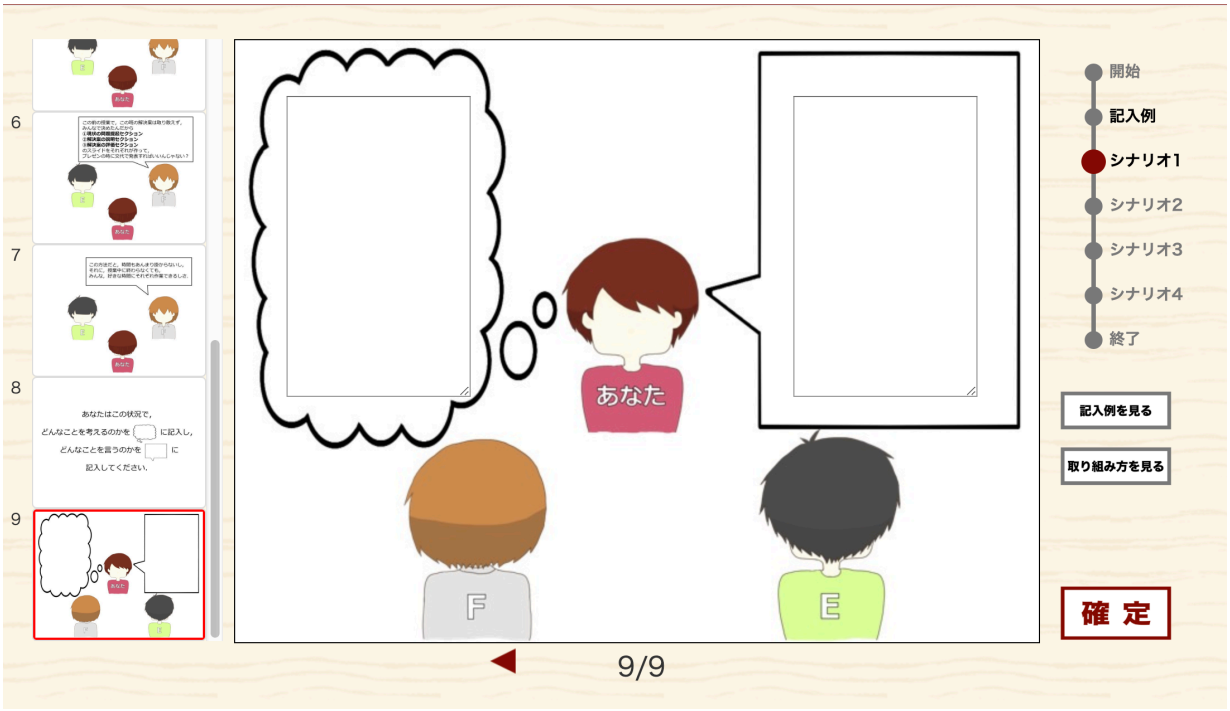

図２－２　CRP のインタフェース例（回答記入画面）

（２）CRP のユーザビリティ評価

上述の CRP デザインを完成させる過程で，ユーザビリティ評価を行ったため，それをここで説明する．評価の観点は吹き出しに書き込まれた文字数に関することと， CRP 自体のデザインの確認であった．文字数に関しては，CSSER による既収集データと CRP 試作版データ（N=56）と比較した結果，CRP の文字数の方が 1.39 倍多いことが分かった（神戸，大島，大島， 2018）．さらに CRP 回答者の中から文字数の少ない下位 15%の回答者 8 名と，回答に空欄のある回答者 5 名の計 13 名に対して半構造化インタビューを実施した．その結果，登場するキャラクタ（グループの他メンバー）の髪の色と言動の食い違い，回答していない吹き出しが残されたまま次のシナリオに移動していたなどの問題が明らかになった．これらの問題点を踏まえ，最終的に上述のようなデザインで CRP を完成させた．

2-4 自動診断アルゴリズムの開発

診断アルゴリズムの設計は， ４つの手法について以下の順で試行錯誤的に検討を行った．

（１）ベイジアンフィルタを用いた推定

ベイジアンフィルタは一般的に迷惑メールの判定に用いられる手法である．この手法を用いて回答記述中に現れる単語から値を計算し，最も確率の高い値をその回答の得点として割り当てた．正答率は 4 割程度であり単語自体があまり現れない短い文章や，あまりにも多く現れる単語について正しく推定が行えていないことが明らかになった．

（２）リッジ回帰を用いた推定

回答記述中に現れる単語にスコアを割り当て，その総和をある吹き出しに書かれた記述の得点とする手法を考えた．単語の得点計算にはリッジ回帰を用いた．この方法により値が高くなる要因である単語や低くなる要因である単語の可視化が行えたが，値が割り当てられない単語について考慮ができず精度がでない結果となった．

（３）Doc2Vec を用いた推定

教師データに最も近い文章の点数を割り当てる手法として，Doc2Vec を使用してベクトル表現しその角度で類似度を表現できるようにした．Doc2Vec では，似た文章のベクトルの角度は小さくなりそうでない場合には，角度が大きくなるため文章の類似性を数学的に示すことができる．これを用い各回答記述について得点を求めた結果，他の手法より精度が出たものの，採用には至らなかった．

（４）BERT を用いた推定 （福田ら，2019 発表予定）

BERT は自己注意機構のみを使用したモデルである Transformer（Vaswani ら，2017）をベースとしている汎用言語表現モデルである．大規模なテキストコーパスで事前学習を行い，各タスクに対してファインチューニングすることにより，多くの自然言語処理タスクにおいて特筆すべき性能を示している．

日本語 Wikipedia 記事(約 1800 万文)によってプレトレーニングされたモデル（柴田ら，2019）を用いて，BERT への入力を CSSER の「心の声」または「発言」のテキスト，出力を社会認識的側面または社会感情的側面の 1〜5 点の評定とし，それぞれクラス分類を行うようにファインチューニングを行った．1 から 5 の各評定について求めた尤度が最大である評定を自動評定の結果として採用することとした．

３年度に渡って大学生を対象として収集した CSSER ならびに CRP データ「心の声」と「発言」合わせて 20760 件(Collaboration シナリオ: 5250 件， Personal Priorities シナリオ: 5187 件，Team work シナリオ: 5152 件，Work and communication シナリオ: 5171 件)の回答（無効データを除く)を評価実験対象とした．これらの得られた回答データおよび評定全てを用いた場合，ならびにシナリオ別の回答データおよび評定を用いた場合について評価実験を行った．

実験対象となるデータを 3:1:1 の割合でランダムにトレーニングセット，バリデーションセット，テストセットに分割し，実験を行った．ベースラインとして，「心の声」と 「発言」のテキストを Doc2Vec（Le & Mikolov, 2005）でベクトル化し，コサイン類似度が最も大きくなるものの評定を自動評定の値として採用する手法と比較した．評価指標として，Cohen の κ 係数および F 値のマイクロ平均を用いた．κ 係数は，2 人以上の評定者の評価の一致率を表す係数であり，評定者間の信頼性を求めることができる.BERT の主なパラメーターとして， 語彙サイズ(サブワード含む)32,000，バッチサイズ 32， エポック数 3 を用いた．Doc2Vec についてはベクトルサイズ 300，エポック数 100 でモデルを作成し，ステップ数 10000 でテキストのベクトルを生成した．

Doc2Vec と比較の結果，全てのシナリオにおいて BERT による推定が高い結果となった（$0.456 \leqq \kappa \leqq 0.611$）．また全体的な傾向として「心の声」より「発言」の方が高い精度で推定できたことが明らかになった．さらに，BERT によって出力される 1 から 5 の各評定について個別で推定される尤度は回答データ毎にばらつきあり，ひとつの評定に対して非常に高い尤度がつくものから，上位の複数の評定が近い値の尤度になる場合も見られた.そこで，尤度が高いものほど推定精度が高いのかを確かめるために，テストセットの中で出力した評定の尤度で降順にソートを行い，上位の回答データのみで κ 係数の計算を行った.全シナリオの発言データに関する社会認識的側面のデータを用いて κ 係数と κ 係数を算出するのに利用したデータの割合の関係を計算した結果，尤度が高いテキストほど，高い推定精度が得られることが明らかになった．

３ まとめと今後の課題

CSSER は，協調学習を擬似的にその場で経験し回答させるという特徴を持ち，学習者の協調学習経験に依存せずに実施できる点で意義がある．さらに学習者の調整能力の推移の傾向や，調整能力を向上させる要因を明らかにできれば，学習者がより調整能力を向上させるような学習環境の構築，学習者への適切な支援提供の実現へと繋がることが期待される．

また自動評定の手法については，今回の推定精度であっても BERT が出力する尤度が高いテキストほど高い精度での評定ができることが確認できたことから，尤度が高く自動評定の精度が高いテキストは自動で評定し，尤度が低いものに関しては人手での評定を行うことで評定作業の効率化を見込めるであろう．とはいえ，今後さらに自動で評定する際の精度を上げることができれば，なお一層迅速な評定結果の提供が可能となるため，精度の向上についての検討は継続して取り組むべき事項である．さらに，人手での評定と併用する場合には，類似テキストの提示など CRP に盛り込む評定支援の機能に関しても検討する必要があるものと考える．

【参考文献】

Damşa, C. I., Kirschner, P. A., Andriessen, J. E. B., Erkens, G. & Sins, P. H. M. (2010). Shared Epistemic Agency: An Empirical Study of an Emergent Construct. The Journal of the Learning Sciences, 19:143-186

Griffin, P., McGaw, B., & Care, E. (2011). Assessment and Teaching of 21st Century Skills (Educational Assessment in an Information Age). New York, NY: Springer

Järvelä, S., & Hadwin, A. F. (2013). New frontiers: Regulating learning in CSCL. Educational Psychologist, 48(1), 25-39.

Järvenoja, H., & Järvelä, S. (2009). Emotion control in collaborative learning situations, British Journal of Educational Psychology, 79, 463-481

Järvenoja, H., Volet, S., & Järvelä, S. (2012). Regulation of emotions in socially challenging learning situations: an instrument to measure the adaptive and social nature of the regulation process. Educational Psychology, 1-28

神戸優, 大島律子, 大島純(2018). 学習調整能力評価サイトの Web デザイン検討. 日本教育工学会第 34 回全国大会講演論文集, 391–392

大島律子, 中村亮, 大島純(2011). 協調学習における Epistemic Agent の活動についての考察-他の学習者に影響を与えた要因-, 日本認知科学会第 28 回大会予稿集, 283-287

Le, Q. V., & Mikolov, T. (2005). Distributed Representations of Sentences and Documents. In Proceedings of the 31st International Conference on Machine Learning, 1188-1196.

Oshima & Oshima 2005

Rosenzweig, S. (1945). The picture-association method and its application in a study of reactions to frustration. Journal of personality, 14(1), 3-23.

Scardamalia, M. (2002). Collective cognitive responsibility for the advancement of knowledge. In B. Jones (Ed.), Liberal Education in the Knowledge Age. Chicago, IL: Open Court

Schommer-Aikins, M. (2004). Explaining the epistemological belief system: Introducing the embedded systemic model and coordinated research approach. Educational Psychologist, 39, 19-29.

Shibata, T., Oshima, R. & Oshima, J. (2016). Development of Collaboration Scenario-Based Scale for Emotion Regulation. In Proceedings of EdMedia: World Conference on Educational Media and Technology 2016 (pp. 736-740). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE)

Oshima, J., Oshima, R., & Shibata, T. (2017). Regulation of Collaboration: Regulatory Knowledge and Performance in Problem-based Learning, Paper presented at European Association for Research on Learning and Instruction 2017, Tampere, Finland

鈴木栄幸, 加藤浩(2008). 社会的ネットワーキングに着目したプレゼンテーション教育手法「マンガ表現法」の提案, 科学教育研究, 32(3), 196-215

Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L/, Gomez, A. N., Kaiser, Ł., & Poloskhin, I. (2017). Attention Is All You Need. In Proceedings of the 31st International Conference on Neural Information Processing Systems, 6000-6010.

〈発　表　資　料〉

題　　名	掲載誌・学会名等	発表年月
協調学習における評価対象テキストの自動評定	FIT2019	2019 年 9 月（予定）
Regulation of collaboration in project-based learning mediated by CSCL scripting reflection	Computers & Education	2018 年 10 月
Socio-emotional Regulation in Knowledge Building Mediated by CSCL Reflection	Proceedings of 13th International Conference of the Learning Sciences (ICLS)	2018 年 6 月
学習調整能力評価サイトの Web デザイン検討	日本教育工学会第 34 回全国大会講演論文集	2018 年 9 月
学習調整能力の評価手法の検討	日本教育工学会第 33 回全国大会講演論文集	2017 年 9 月
Regulation of Collaboration: Regulatory Knowledge and Performance in Problem-based Learning	European Association for Research on Learning and Instruction 2017	2017 年 9 月
Comparison of Student Classroom Collaborations and CSSER Questionnaire Responses	The annual meeting of the American Educational Research Association	2017 年 4 月