

リアクティブな学習者を対象とした学習支援システムのデザイン

三浦 元喜^{1,a)}

概要:我々は、リアクティブな志向を持つ学習者やユーザに対して、プロアクティブな学習者への変容を迫ることなく、学習内容の理解や技術獲得を効果的に行えるようにするための学習支援システムのあり方について検討した。我々がこれまでに構築してきた学習支援システムの問題点や反省点を踏まえ、リアクティブな志向の学習者を考慮したシステムやインタフェースの設計指針を掲げた。とくに社会的スキルや動機付けに配慮し、「直接人に聞く必要性を減らす」「単一の指標ではなく、複数の指標で評価する」を設定した。これらの指針に沿った Web 学習システムをプログラミング教育において運用したうえで、受講者の社会的スキル尺度と成績との相関を調べたところ、ストレス処理スキルとの弱い負の相関が認められた。

Design of Learning Support System for Reactive Students

MIURA MOTOKI^{1,a)}

1. はじめに

教育心理学において、自己制御学習 (Self-Regulated Learning) という概念が提唱されている [10]。Zimmerman[2] は、自己制御学習者の定義として、「学習内容を習得するために必要な情報や戦略を自発的に (proactively) 探し出すことができる能力を備え、知識や技術の獲得を組織的かつ制御可能な手続きとして捉えることができ、自身が達成される成果についての責任を受け入れる学習者」としている。

本稿では、この「自己制御学習」の能力を備えており、知識や技術の獲得についての方略を先読みしたり、戦略的かつ自発的に行える、学習に対して積極的な学習者を「プロアクティブな学習者」と呼称することにする。これに対して、先読みして対応せず、必要に迫られた時にはじめて行動する、学習に対して消極的な学習者を「リアクティブな学習者」と定義する。

これまで自己制御学習に関連した分野では、リアクティブな学習者の学習意欲をどのようにしたら高めることがで

きるかや、プロアクティブな学習者に変容させられるか、といった観点での研究が多く行われている [1], [3], [8]。我々はプロアクティブ志向が知識や技術の習得にとって有効であることや、学習者をプロアクティブ志向に変容させるための研究の重要性を認める一方で、リアクティブな学習者の存在や立場を容認したうえで、学習内容の理解や技能獲得がなるべく効果的に行えるような支援策を講じることも必要であると考えている。

本研究では、このような現実的な観点から、リアクティブ志向の学習者に適した支援方策やコミュニケーション支援、学習支援のあり方について検討する。

2. リアクティブ志向に関連する個人特性

議論を進める前に、リアクティブな志向と密接に関わる個人特性として、菅原 [11] の論文で述べられている「シャイネス」との関連や、社会的スキル尺度との関連を整理しておきたい。シャイネスとは、他者との良好な関係を阻止する対人不安や、他者が存在することによって生じる不快感と抑制であり、シャイネス傾向の強い個人は対人場面での自己主張に乏しいため、活躍の舞台や親和的な人間関係を獲得しにくく、学校・恋愛・就職・結婚など様々な社会

¹ 九州工業大学 基礎科学研究系
Faculty of Basic Sciences, Kyushu Institute of Technology
^{a)} miuramo@mns.kyutech.ac.jp

的場面において不利な立場に立たされやすい。菅原は、これまで同一視されてきた対人不安傾向 (social anxiety) と、対人消極傾向 (social passivity) という2つの特性に分離可能であることを [11] で示している。このことは、不安だけでなく消極ではない人 (不安に耐えながら積極的な社会活動を行う役者など) の存在を説明付ける根拠となる。結果として、対人不安傾向は「否定的評価に対する過敏さ」、対人消極傾向は「対人関係に対する無力感」によって規定された個人特性であると考察している。また、菊池の社会的スキル尺度 (KiSS-18)[9] との関連を調査した結果、対人消極傾向との高い負の相関が認められた。

リアクティブな志向は、学習に対して消極的な状態であり、学習に対する無力感として説明付けることができる。そのため、シャイネスと同様に、学習不安傾向と、学習消極傾向の2特性に分離することができると考えられる。また、シャイネス属性の組み合わせによって「低不安積極/高不安積極/高不安消極」の3タイプが構成されるように、学習に対しても「低不安積極/高不安積極/高不安消極/(低不安消極)」といったカテゴリ分けができる可能性がある。これらの「対人」と「学習」の特性は、学校社会に所属する学習者においては相互に影響を与えていることが予想される。

3. リアクティブ志向に基づく学習支援システムの再考察

これまでの学習支援システムについて、リアクティブ志向の学習者を中心に考えることによって、どのような支援が有効で、効果が期待できるのかを考えなおすことが可能になる。本章では、我々が構築・開発してきた教授学習支援システムについて再考察を行い、リアクティブな学習者を対象とした学習支援システムのデザイン指針を導き出すための検討を行う。

3.1 AirTransNote

AirTransNote[6] は、学習者がデジタルペンを利用し、ノートやプリントに記入した筆記内容を短時間のうちに教師側の計算機に集約し、筆記共有やフィードバックを行う教授学習支援システムである。当時においてもタブレットやPDAを使用した同様のシステムが提案されていたが、デジタルペンによって紙に直接書けることは、学習者の操作負担と、それに伴う認知的負荷を下げる意味で有効であった。また、教師側にとっては、実際の学習者の筆記回答をプロジェクタで投影して共有できるため、1つの回答を紹介するのにかかる時間が短縮でき、結果としてこれまでよりも多くの回答をとりあげることができるという直接的な利点があった。

杉原ら [12] は、AirTransNote システムのインタラクティブシステムとしての効果を高校の数学授業にシステムを適

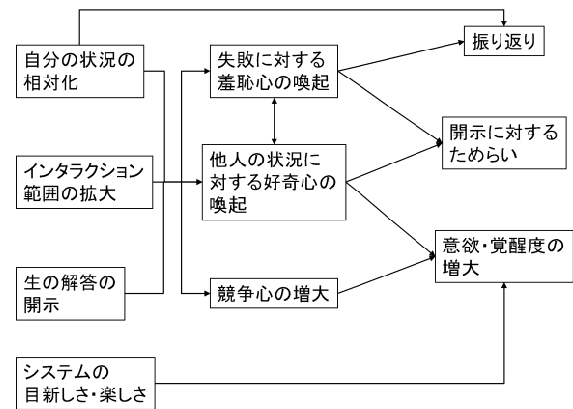


図 1 AirTransNote システム導入時のインタラクションに関するカテゴリの関係 ([12] より引用)

Fig. 1 Relationship among interaction categories of Air-TransNote system (ref. [12])

用することで分析を行った。授業では、フィードバック機能と一斉表示機能が利用された。フィードバック機能は、システムを用いて演習問題を解いている間に、生徒が書いた関数の増減表やグラフについて、教師側の計算機で正誤判定を行い、回答部分の枠の色を変化させることによって生徒に正解/不正解を提示するものである。一斉表示機能は、授業中に教師が生徒の筆記を拡大して確認したり、解説を行ったりする際に利用された。

生徒に対してグループインタビューを行い、発話を分析した結果、インタラクションに関して図 1 に示すカテゴリと関係性が見出された。このなかで、「システムの目新しさ・楽しさ」「競争心の増大」「意欲・覚醒度の増大」以外の多くのカテゴリについて、リアクティブ志向の学習者に関連が強い要素であるといえる。とくに「失敗に対する羞恥心の喚起」は、自分の学習状況の「開示のためのめらい」につながるため、リアクティブな学習者に厳しい対応を迫るものである。ただし、リアクティブな学習者にとって、他人の生の解答*1が見えることは、間違いがあったり解答できないことへの不安感を払拭できる可能性があると考えられる。また単純に、多様な解答を見れることによる教育効果もある。そのため、リアクティブな学習者にとって必ずしもマイナスな面だけでなく、プラスとなる要素も含んでいる。

AirTransNote は、筆記開示を通じて、リアクティブな学習者の苦手な部分を緩和・克服できるようにしたい、という意図をもって設計したシステムである。小学校教員との意見交換においても「普段あまり発言せず、目立たない児童でも、皆が気づかない視点や、よい考えをもっていることがある。そういう場面をうまく拾い出して紹介し、自

*1 生の解答とは、学習者が最初に問題に取り組んだときに書いた筆記のことを指す。ノートやプリントに書いたものを板書した筆記は、学習者が事前に解答を相互確認したり、内容を整理したりすることがあるため、間違いが含まれにくい。

信をつけさせてあげたい。」といった意見をj得ている。また高校での別の実践でも、教師が授業の最後に「デジタルペンで自由に絵を書いているよ」といったら、普段あまり目立たない生徒が短時間でクオリティの高い風景画を描き、それを教師が筆記再生機能で一斉表示したら教室全体がどよめいたという場面もあった。通常の授業では積極的に上手に発言できる学習者がどうしても注目されてしまうが、デジタルペン筆記という、発言とは異なる種類のメディアを授業内に導入することによって、これまで埋もれていた学習者の特性を引き出すことができ、学校生活において多様性の価値を認める雰囲気jの醸成につながるjことが期待できる。

3.2 Anchor Garden

Anchor Garden[5] は、Java や C# などの静的な型付けを行うオブジェクト指向言語を学習するうえで比較的抽象度が高くつまづきやすい「型・変数・オブジェクトとデータ参照」の理解を促進するためのワークベンチである。学習者は図 2 に示す画面において、マウス操作により視覚的な表現を持つ“変数”や“オブジェクト”を生成したり、変数からオブジェクトにリンクを張る操作体験を通じて、プログラミング言語における独特の考え方に接近することができる。また Anchor Garden は視覚的な表現を操作した結果に対応するソースコードを自動生成する機能を持つ。これにより学習者はプログラムのコードと、自身が行った操作を対応付けることができる。

リアクティブな学習者の観点からみると、デジタルペンシステムと異なり、個人で黙々と理解するまで継続的に学習できるタイプの支援システムである。プロアクティブな学習者は、自分で複数の状況を想定して、実際に手を動かしていくつかの確認プログラムを作成し、結果を見比べるといった行為によって、支援システムがなくても概念を理解・習得できる。しかし、リアクティブな学習者は、そもそもどのようなプログラムを作成すれば、自身の理解があいまいな部分を確認できるのかを考えることが苦手であると考えられる。Anchor Garden を用いることによって、高い意識を持たない学習者に対して、視覚的に表現されたモデルを操作し、体験的に学習することが可能になる。また試行錯誤にかかる負荷が軽減されるため、いろんな操作や組み合わせのパターンを試すといったことも容易かつ短時間で行える。これらの利点により、とくにリアクティブ志向の学習者にとって、プログラミング学習の敷居を下げる効果が期待できる。ただし、生成されたソースコードと、自身が行った行為との関連付けについては、振り返り思考を伴いながら自発的に行うことが必要となる。

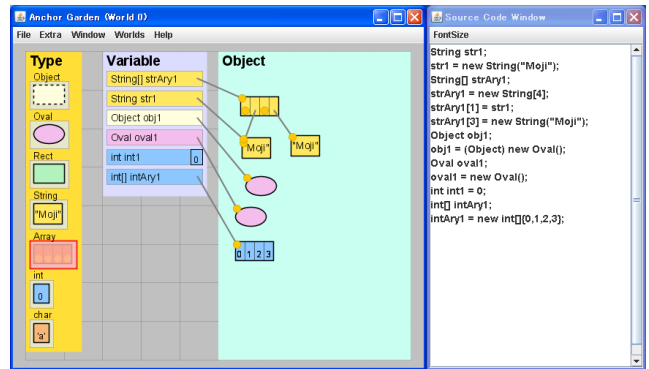


図 2 Anchor Garden システム [5]
Fig. 2 AnchorGarden system (ref. [5])

4. リアクティブな学習者を対象とした学習支援システムのデザイン指針

前章で述べた、我々がこれまで構築してきた学習支援システムの問題や反省点を踏まえ、リアクティブ志向の学習者を考慮した学習支援システムが備える要件や設計指針として、以下の 8 点を挙げる。

- (1) 敷居を下げる、最初は簡単だと思わせる
- (2) 細かい課題に分ける (スモールステップ)
- (3) 適切な難易度の課題を提示する
- (4) いつでもどこでも学習に取り組める環境を提供する
- (5) うまくいっているかどうかを確認しやすくする
- (6) 嵌り込むポイントを避ける
- (7) 直接「人に聞く」必要性を減らす
- (8) 単一の指標ではなく、複数の指標で評価する

(1)~(3) は、これまででもつまづきを避け、学習意欲を継続させるための方法論として知的 CAI の分野などで一般的に示されている指針である。また (4)~(6) も、学習者の利便性および学習効果を高めるうえで標準的な考え方といえる。(7)~(8) は、とくにリアクティブ志向の学習者を考慮したシステム (および講義の) 設計指針である。(7) は他者と積極的にコミュニケーションをとる能力を想定しないことで、対人不安や対人消極の学習者であっても効果的な学習ができることを期待している。また (8) は、学習結果が多様な尺度で評価されることにより、学習に対する意欲の減退を和らげ、自信をつけさせるねらいがある。

5. プログラミング教育への適用事例

4. で述べたデザイン指針を適用した教育の効果を検証するため、大学 2 年生を対象としたプログラミング入門 (Processing) の講義において、独自 Web システム (OurLMS)[4] を導入した。

5.1 基本デザイン

Web システムを構築した当初の理由として、(2) 細かい課題に分ける、(3) 適切な難易度の課題を提示する、を実現

番号	題名	満点	現在	点数	入力文字数	操作	詳細
1.	絵を書こう	0.5	完了	0.5	347	見る 修正	
2.	前回の復習ミニテスト1	1	完了	1	47	見る 修正	
3.	練習用砂場:translate,rotate	0	回答中	--	207	回答修正 見る	
4.	練習用砂場(タートルグラフィックス)	0	回答中	--	639	回答修正 見る	
5.	練習用砂場:mouseMoved	0	回答中	--	452	回答修正 見る	
6.	練習用砂場:keyPressed	0	回答中	--	154	回答修正 見る	
Z.	練習用砂場:draw	0	回答中	--	237	回答修正 見る	
8.	練習用砂場:for	0	回答中	--	419	回答修正 見る	
9.	開放をつくって絵を書こう	1	完了	1	38	見る 修正	
10.	前回の復習ミニテスト2	1	完了	1	53	見る 修正	
11.	短いプログラムで複雑な絵を書こう	1	完了	1	38	見る 修正	
12.	練習用砂場:for(その2)	0	未入力	--	0	回答	
13.	練習用砂場:if	0	回答中	--	262	回答修正 見る	
14.	練習用砂場:translate,rotate	0	未入力	--	0	回答	
15.	前回の復習ミニテスト3	1	完了	1	45	見る 修正	
16.	練習用砂場:移動-回転:pushMatrix	0	回答中	--	334	回答修正 見る	
17.	(練習用砂場) 往復運動と当たり判定	0	回答中	--	436	回答修正 見る	
18.	(練習用砂場) 放物運動	0	回答中	--	284	回答修正 見る	
19.	(練習用砂場) 前向き	0	回答中	--	339	回答修正 見る	
20.	運動+当たり判定	1	回答中	--	150	回答修正 見る	2016-05-20 (金) 23:59 10 時間
21.	時計を動かそう(移動と回転、開放、変数の復習) 絵の切り出し、すぐに相互判定モードに移行します	1	完了	1	205	見る 修正 相互判定	
22.	(練習用砂場) 1次元配列	0	回答中	--	812	回答修正 見る	
23.	前回の復習ミニテスト4	1	完了	1	37	見る 修正	
24.	棒グラフ(or 円グラフ)	1	回答中	--	692	回答修正 見る	2016-05-27 (金) 23:59 7 日
合計点数		9.5	点満点中	7.5	点	(78.9%)	

図 3 OurLMS: 課題一覧

Fig. 3 List of exercises in OurLMS

することが挙げられる。Web システムで成績を管理することによって、0.5 点や 1 点の課題を提示し、少しずつ難易度を上げることが可能となった。学生は自分の得点を、適宜確認することが可能である。また、受講者全体の点数グラフによって、自分の位置が把握できる。これによって、学生自身が達成度をみることができ、(5) うまくいっているかどうかを確認できる。図 3 に、課題一覧画面を示す。個別の締切もここに表示されるため、優先的に取り組むべき課題を把握しやすい。

5.2 Web による演習環境の提供

通常、プログラミング課題を解くためには、プログラム編集環境と実行環境が必要となる。我々は、Processing.js と Web エディタを用いて、Web ブラウザさえあれば (4) いつでもどこでも学習に取り組める環境を提供した。課題一覧画面 (図 3) で、回答修正ボタンを押すと、図 4 に示すような、ソースコード編集画面が表示される。学習者は画面右のソースコードエディタで、プログラムを直接修正する。CTRL+S や保存ボタンを押すと、サーバに保存するとともに、画面左側の実行領域でプログラムが動作する。動作がすぐに画面に表示されるため、(5) うまくいっているかどうかを確認しやすい。

画面右のソースコードエディタでは CTRL+/ を押すと、選択範囲またはカーソルがある行のコメント化/コメント

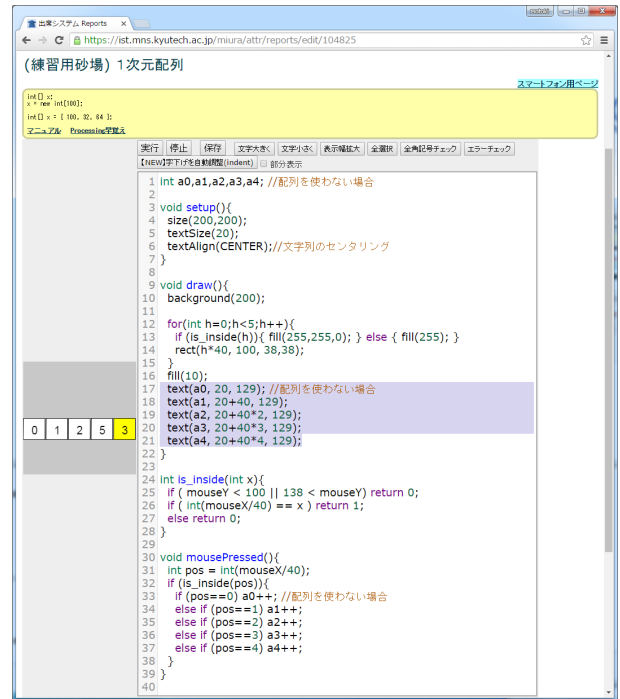


図 4 ソースコードエディタ (右側) と、実行領域 (左側)

Fig. 4 Source code editor (right) and execution area (left)

解除ができる。これにより、試行錯誤的なプログラミングが行いやすくなる。

エラーチェックや、全角記号チェック、カーリーブラケットの対応をチェックする自動インデント機能等を用いることで、プログラムがうまく動作しない場合でも、(7) 直接「人に聞く」必要性を減らしている。また、無限ループが発生するような for ループを書いた場合には、コンパイル時にチェックして、実行前にアラートを出すような仕組みも導入している。これにより、(6) 嵌り込むポイントを避けている。

5.3 課題設定

(1) 敷居を下げ、最初は簡単だと思わせるため、最初の課題は、基本的な命令を使って「絵を描く」ことから始めている。

(8) 単一の指標ではなく、複数の指標で評価する点については、教員が判定するだけでなく、図 5 に示すように、学習者に相互判定させる仕組みを導入している。学生は、「課題 ID」のリンクを押すと、図 5 右で示すように学生の提出物を、Web ブラウザ上で動作・表示させることができる。このとき、誰が提出した回答かは、特定できないようにしている。学生は、判定を 4 段階で入力する。学生が入力した相互判定の質や量についても分析し、点数化することで、協力に対するインセンティブを提供している。

指標の多様化のため、演習や試験とは別に、ペアプログラミングによってゲーム作品と電子教材作品を作成し、発表会を行ったうえで、学習者相互に評価・コメントを入力

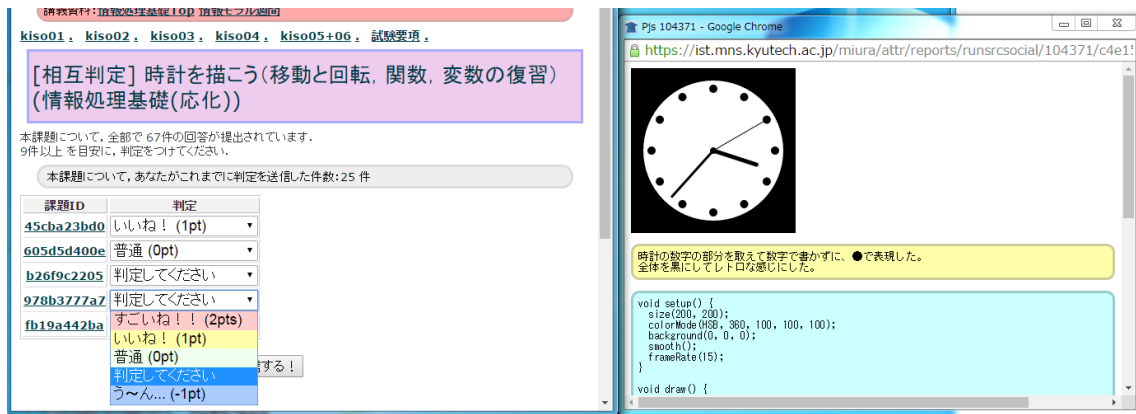


図 5 提出課題の相互判定
Fig. 5 Social check of exercises

する活動も行っている。このときの評価も、技術点と芸術性といった複数の観点で評価してもらうようにしている。

5.4 評価実験

2016 年前期の講義において、講義の成績と、社会的スキルの関連を調べるため、アンケート調査を行った。調査項目は、菊池の社会的スキル尺度 (KiSS-18) である。2. で述べたように、社会的スキル尺度は、シャイネスにおける対人消極傾向と相関があることが知られている。

被験者は講義の受講生 71 名で、調査に協力しない/入力データを研究に利用しないでほしい を選択しなかった 47 名のデータを利用した。調査に協力した 47 名の講義成績の平均点は 75.8 点、標準偏差は 13.0 点であった。なお受講者全体の平均点は 76.1 点で、標準偏差は 17.7 点であった。

表 1 に、KiSS-18 の各項目の平均値と、講義成績との相関を示す。有意水準を 5% とする有意性検定の結果、講義の成績と、ストレス処理に対するスキル得点に、弱い負の相関 (-0.425) があることがわかった。

図 6 に、講義の成績とストレス処理のスキル得点との相関を、散布図で示す。

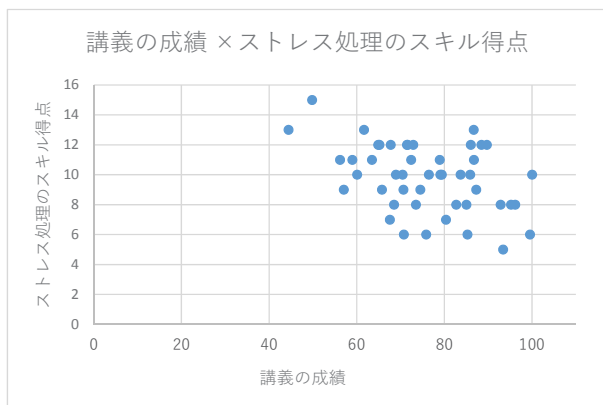


図 6 講義の成績とストレス処理のスキル得点との相関
Fig. 6 Correlation of achievement and stress relief skill of KiSS-18

考察

KISS-18 の社会的スキルと、講義の成績との関連は、ストレス処理に対するスキル得点以外は見いだされなかった。このことから、社会的スキルによる成績への影響は限られるといえる。ストレス処理に対するスキル得点との関連も、逆相関であることから、社会的スキルが不足している学習者にとって学習支援システムが不利に働いているということはなかったといえる。

ちなみに、ストレス処理に対するスキルを測る質問項目は、以下の 3 点であった。これらは他の 15 項目よりも、比較的高い負の相関を示していた。

- Q11: 相手から非難されたときにも、それをうまく片付けることができますか。 ($r = -0.43, t = -2.47, p = .018$)
- Q14: あちこちから矛盾した話が伝わってきても、うまく処理できますか。 ($r = -0.38, t = -2.20, p = .033$)
- Q17: 周りの人たちが自分とは違った考えをもっている、うまくやっていますか。 ($r = -0.21, t = -1.32, p = .192$)

6. 関連研究

田口ら [7] は、プログラミング学習において学習者の演習履歴から、理解度や学習意欲を判定し、適切な難易度の問題を個別に出題する手法を提案している。学習意欲が低い場合は、期待される達成度が最も高い、その学習者にとってやさしいと思われる問題を提示することにより、学習の継続を促す。我々の Web システムでは学習者に対して個別の問題を提示していないが、1 つの問題について達成レベルを複数設定したり、相互判定によって複数の観点から評価したりする仕組みを導入している。

島田ら [15] は、Web 学習システムに褒めたり叱ったりする機能や、回答時間の制限機能を加えることによって、学習意欲に対する影響を調査している。褒めるシステムと叱るシステムとで、学習意欲に関する差は見られなかった。

表 1 講義の成績と、社会的スキル尺度 (KiSS-18) との相関
Table 1 Correlations of achievement and social skills of KiSS-18

	全体 (18 項目)	初歩	高度	感情	攻撃	ストレス	計画
平均	56.8	8.98	9.83	9.19	9.19	9.83	9.74
分散	11.3	2.65	2.04	2.58	2.10	2.25	2.20
講義成績との相関	-0.261	-0.156	-0.123	-0.219	-0.236	-0.425*	-0.123
t 値	-1.59	-0.997	-0.793	-1.36	-1.46	-2.44	-0.796
p	0.118	0.324	0.432	0.180	0.151	0.0187	0.430

が、褒める／叱る機能は、時間制限機能よりも学習意欲意欲向上に役立つという結果を得ている。本研究は、リアクティブな学習者を対象としたシステム／インタフェース設計と、その効果について社会的スキルとの関連を調べた点異なる。

吉澤ら [14] は、理学療法士を対象として、学習意欲が定期試験成績に及ぼす効果を調査している。学習意欲の要因として、外発的／内発的動機付け、精神的健康度、対人関係、学院への適応度の 5 つを用いている。夜間コースの学生において、学院への適応度と定期試験成績とのあいだに相関がみられた。

藤井ら [13] は、工学部での LEGO ロボットを用いた問題解決型授業 (PBL) において社会的スキルの評価 (KiSS-18) を導入教育時と活動・振り返り終了時に調査したところ、学生の問題解決スキル、トラブル対処スキル、コミュニケーションスキルが有意に増加したことを報告している。本研究では、社会的スキルの高低によらず、一定の学習成果を獲得するための学習システムの指針を設定し、その効果を確認した。

7. おわりに

我々は、リアクティブな志向を持つ学習者やユーザに対して、プロアクティブな学習者への変容を迫ることなく、学習内容の理解や技術獲得を効果的に行えるようにするための学習支援システムのあり方について検討し、設計指針を掲げた。とくに社会的スキルや動機付けに配慮し、「直接人に聞く必要性を減らす」「単一の指標ではなく、複数の指標で評価する」を設定した。これらの指針に沿った Web 学習システムをプログラミング教育において運用したうえで、受講者の社会的スキル尺度と成績との相関を調べたところ、ストレス処理スキルとの弱い負の相関が認められた。今回の結果は、プログラミング学習に限ったものであるが、提案した指針自体は、一般的な学習支援システムに適用可能であると考えている。

今回の実験においては、受講生が Web システムの機能 (ショートカットキーや、プログラムのチェック機能) をどの程度活用したかによる影響を考慮していない。今後は、受講生の行動を考慮した分析を行うことや、設計指針個別の評価を実施し、提案設計指針の有効性を検証していくこ

とが課題である。

謝辞 本研究の一部は JSPS 科研費 (課題番号 15K00485) の支援によるものです。

参考文献

- [1] Miley, F. and Read, A.: Using word clouds to develop proactive learners, *Journal of the Scholarship of Teaching and Learning*, Vol. 11, No. 2, pp. 91–110 (2012).
- [2] Zimmerman, B. J.: Self-regulated learning and academic achievement: An overview, *Educational psychologist*, Vol. 25, No. 1, pp. 3–17 (1990).
- [3] 岡田いずみ: 学習方略の教授と学習意欲, *The Japanese Journal of Educational Psychology*, Vol. 55, No. 2, pp. 287–299 (2007).
- [4] 三浦元喜: Web 技術を活用したインタラクティブな情報教育環境の構築と実践, 信学技報 IEICE-ET2016-11, Vol. IEICE-116, No. 85, 電子情報通信学会, pp. 19–24 (2016).
- [5] 三浦元喜, 杉原太郎, 國藤 進: オブジェクト指向言語における変数とデータの関係を理解するためのワークベンチ, 情報処理学会論文誌, Vol. 50, No. 10, pp. 2396–2408 (2009).
- [6] 三浦元喜, 杉原太郎, 國藤 進: 一般教室での日常的利用を考慮したデジタルペン授業システムの改良, 日本教育工学会論文誌, Vol. 34, No. 3, pp. 279–287 (2010).
- [7] 田口 浩, 糸賀裕弥, 毛利公一, 山本哲男, 島川博光: 個々の学習者の理解状況と学習意欲に合わせたプログラミング教育支援, 情報処理学会論文誌, Vol. 48, No. 2, pp. 958–968 (2007).
- [8] 溝上慎一: 大学生の学習意欲, 京都大学高等教育研究, Vol. 2, pp. 184–197 (1996).
- [9] 菊池章夫: KiSS-18 研究ノート, 岩手県立大学社会福祉学部紀要, Vol. 6, No. 2, pp. 41–51 (2004).
- [10] 上淵寿: 自己制御学習とメタ認知: 志向性、自己、及び環境の視座から, 心理学評論, Vol. 50, No. 3, pp. 227–242 (2007).
- [11] 菅原健介: シャイネスにおける対人不安傾向と対人消極傾向, 性格心理学研究, Vol. 7, No. 1, pp. 22–32 (1998).
- [12] 杉原太郎, 三浦元喜: 高校の数学授業実践を通じたデジタルペンシステムの効果, 情報処理学会論文誌, Vol. 54, No. 1, pp. 192–201 (2013).
- [13] 藤井隆司, 藤吉弘巨, 鈴木裕利, 石井成郎: 工学部における問題解決型授業の実践と効果の検証, 日本ロボット学会誌, Vol. 31, No. 2, pp. 161–168 (2013).
- [14] 吉澤隆志, 松永秀俊, 藤沢しげ子: 学習意欲が定期試験成績向上に及ぼす効果について, 理学療法科学, Vol. 24, No. 3, pp. 463–466 (2009).
- [15] 島田麗聖, 高橋健一, 上田祐彰: e-learning システムにおける学習意欲向上についての研究 (インタフェース技術と学習支援システム/一般), 電子情報通信学会技術研究報告. ET, 教育工学, Vol. 109, No. 163, pp. 13–18 (2009).