

学習プロセスを考慮した Web上のCG学習支援システムの試作と改善

秋山直人 池戸孝 小俣昌樹 船戸康徳 坂本忠明 今宮淳美

山梨大学 電子情報工学科

ハイパーテキストとハイパーメディアの結合によって、様々なリソースとその利用が容易となり、学習支援の高度な統合化アプローチが可能となってきた。その技術の進歩は、遠距離での教育支援を追求するための新しい方法を提供している。筆者らはCG技術の効果的な学習支援システムの構築にWebを使った。

本論文では、コラボレーションシステムのための一連の研究成果を述べる。すなわち、学習者中心システムのユーザ支援環境を得た。

Prototype improvement of CG learning support system on the Web

Naoto Akiyama, Takashi Ikedo, Masaki Omata, Yasunori Funato,
Tadaaki Sakamoto & Atsumi Imamiya

Department of Electrical Engineering and Computer Science,
Yamanashi University

In this study, we made a prototype system on the Web for CG learning based on users' requirement analysis, and improved it on a trial basis. The basic philosophy is in users' spontaneous motivation to construct the system. To analyze the motivation, we conducted a research and designed the system according to the survey result which revealed the factors such as user failure, trial escaping, or learning pleasure.

Combining hypertext and hypermedia creates a more integrated approach to learning, since it allows the use of various study materials and methods. Advances in technologies have provided new ways to pursue distance education. The arrival of the World Wide Web presented new opportunities in distance learning. We tried an application of Web as effective learning supports on CG techniques.

In this article, describe serial study success for collaboration system. That is, we got user supporting circumstances of learner centered system.

1. はじめに

複数の学習者がお互いの協力関係に基づいて理解を深める共同学習（コラボレーション）^{1)・2)}において、インターネットでのWebを利用した学習支援環境の進展がめざましい^{2)~7)}。従来の対面式の教室活動と異なり、コンピュータを利用して、学習者が空いた時間に学習や討議、実験シミュレーションなどができる^{2)・3)}。筆者らが担当しているコンピュータ・グラフィックス(CG)入門の授業においてもWebの利用研究が盛んである^{3)~7)}。しかし、そこでは理解を深めるための発言や行動分析により、どのような支援環境が必要かの相互作用分析⁸⁾と、学習者の内面にある知識を引き出す学習支援をシステム内に組み込む刺激再認法⁹⁾の適用は検討されていない。

本論文では、CG入門の授業¹⁰⁾に使う学習支援環境の構築とコラボレーション環境の設計のための一連の研究成果を述べる。

2. 研究スキーマ

コンピュータを使った学習環境でのハイパーテキスト¹¹⁾においては、コンピュータ画面上に表示したテキストを学習者が読み進めながら、いくつかの演習問題や発展問題を答えしていく方法が知られている。システムは、学習者が得た知識とそれを使う知識を調べ、学習の進み具合を判定し、知識の獲得状況に合わせた情報を提供する。いわば教師の視点での学習支援環境の提供である。

本論文の目的は、効果的な学習支援として、どうすれば知識を得やすいかに注目したシステム内の作り込みにある。すなわち、学習者中心¹²⁾としての知識獲得支援環境を目指している。

手段として、最初にハイパーテキストで実現されている従来のシステム構成を作る。すなわち、CG入門のテキスト¹⁰⁾をWeb上に載せ、単元や章および節に自在にジャンプできる機能をシステム内に組み込む。そして学習者中心のシステム構成を設計する。そのためには、『コンピュータはどのような情報を提供すべきか』を相互作用分析で抽出し、得た結果をブレンストミング法を使

って『どのようにコンピュータで表現するか』を集約する（刺激再認法の適用）。それをシステム内に作り込み、実際の利用を通して得た調査データから改善を図る。一通りの改善が済んだ後に学習者のための共同学習環境を検討する。この検討には、学習者同士のコミュニケーションサービスに視点を置く。

3. 相互作用分析

情報を発信する送り手とその受け手がどのようにアクション（シグナル）として受け止めるか、もしくは受け止めさせるかを検討するのが相互作用分析である。

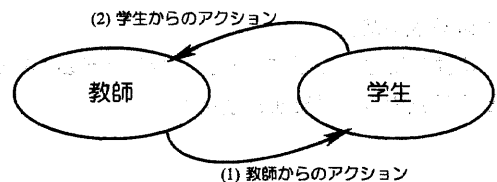


図1. 相互作用分析の視点

3-1. 抽出実験

CGを学習してきたコンピュータ専攻の4年次生3名と大学院生3名の被験者を使い、CG入門のテキストに沿ったロールプレイング（役割分担劇）¹³⁾を実施する。

被験者は、予めテキストを一通り読む。次いで2名の教師役はテキストを単元ごとに整理し、学生役にどう授業内容を伝えるかの講義ノートを作る。3名の学生役は、テキストで理解しにくかったことや、重要なキーワードを整理した受講ノートを作る。そして実際に授業を演じる。演じた授業で教師側の必要とする相互作用と、学生側が必要とする相互作用を1名の分析者が記録する。この記録をハイパーテキスト内の配置と表現方法についてどのように使うかのブレンストミングを実施する。

3-2. 分析結果

(1) 教師のアクション

教師側の被験者が検討した講義ノートに基づいて授業プランを提示し、それを実行する過程で見つけた教師のアクションを図2に示す。

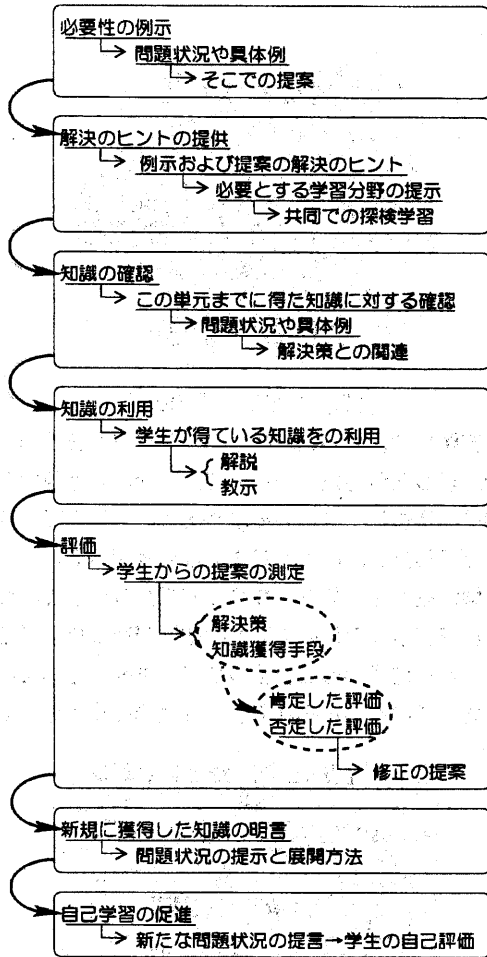


図2. 教師のアクション

(2) 学生のアクション

学生側の被験者は、教師側が提示した授業プランに対する情報を単に受けるだけではなく、自らの知識を使って、自らの学習プランを立て、それを評価したり、実際にCGに関する演習などを試みる傾向がある。結果として学生のアクションは図3となった。

(3) 画面設計

相互作用分析で得たアクションの各要素での画面設計の1例を図4に示す。

ハイパーテキストとしてのCG入門の教科書の表示(図4(a))と、その表示ウィンドウ内にあるボタン(アクションキー)を学習者が選択すれ

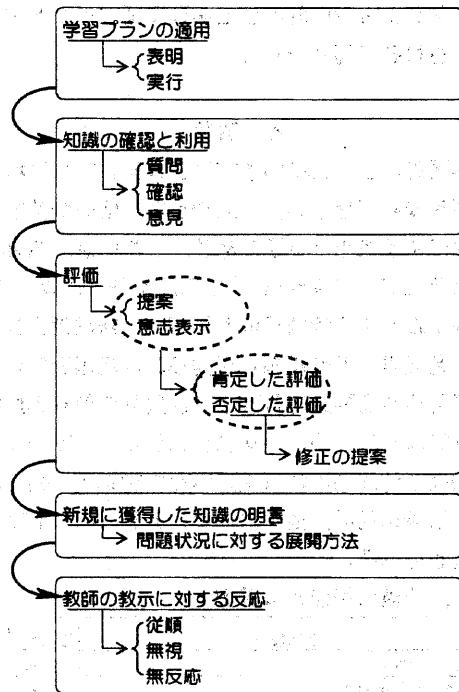


図3. 学生のアクション

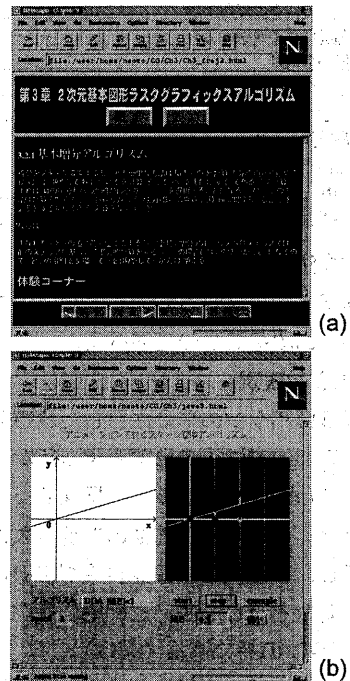


図4. 画面構成例

ば、アクションに対応した学習支援ウィンドウが表示される(図4(b))。

4. 改善

学習者にとって使いやすいシステムでなければ効果を検討できない。したがって、使いやすさの検討による改善が必要である、これには、Webシステムでの改善手法¹⁴⁾を適用する。作成したシステムを使う実験状況を設定し、被験者アンケートを収集して改善指針を得る。得た指針に対する考えられる要素を整理し、各要素に対する比較実験によって、使いやすいシステムとしていく。被験者は前述の4年次生3名と大学院生3名である。改善項目は、表1の通りである。紙数制限上2例を述べる。

表1. 改善の視点と改善数

改善項目	改善数
ボタンの改善	6
背景と文字の関連	5
1度に開くことができるウィンドウ数	6
文字の大きさと文字間隔、さらに行間隔の改善	11
図的表現の表現方法	3
アルゴリズムの提示方法	8
事例に対する表現の工夫	16
色使いの改善	7
トピック(エッセンス)の提示	9
キーワードの表現	4
問題状況の提示方法	3
ゲーム感覚の取り込み	15
学習視点の誘導	4
アニメーションの利用	9

4-1. ボタンの改善

学習者がシステムを使うために設けたアクションキーの改善について述べる。

(1) ボタン表現

図5はボタンの形に注目した改善である。初期設計においては①の形で表現したが、ユーザがクリックしやすいボタンとは捉えにくいとの指摘があった。そこで、3種類のボタン表現を被験者に提示し、いずれのボタン表現がよいかを調べた結果、②がもっともよいとの結論を得た。

(2) ボタンの持つ情報(図6)

ボタン表現の改善に伴って、ボタン内のラベルを工夫した改善である。初期設計は①であり、②

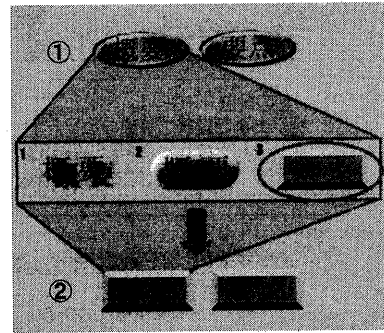


図5. ボタン表現の改善

に変更した。すると、同じようなボタン表現のものが多数表示されているので、いずれを選ぶかを図的に提供してほしい要求があった。そこで、4種類を設計し、いずれがよいかを測定した。その結果③を選定したが、かえってボタンらしくなく、これをクリックしにくいとの指摘があった。そこで、新たに④の形に変更したが、ボタン内の文字が見にくいとの指摘があり、最終的に⑤となった。

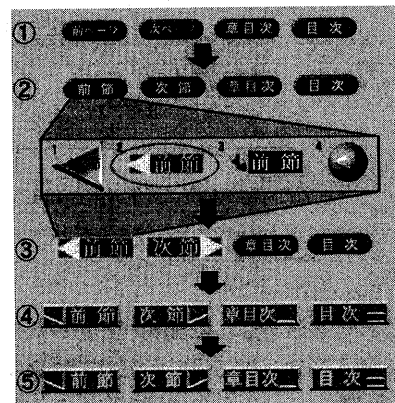


図6. ボタン内容の表現の改善

4-2. 背景と文字の関連の改善

常時表示し続けるCG学習のためのテキストに関する改善の1つである。

表示画面の輝度を大きくすれば、文字が浮き立ち、見やすくなるが、被験者の使用時間が増すに従って目の疲労が増える。さらに、配色によって冷たく感じるとの指摘に対する改善である。

暖色系の色の組み合わせ(6ペア)と、寒色系の色の組み合わせ(6ペア)、および中間色の組

み合わせ（2ペア）を用意し、一対比較で被験者に検討させた。その結果、CG学習のテキストは中間色としての背景黒に対する文字色グレイが適するとなった。

5. 学習者へのコミュニケーション支援

教師から学生に、また学生から教師への各アクションは、以上までの研究スキーマで構築できた。CG技術を学習者が積極的に獲得するには、共同学習環境を組み込む必要がある。それは、本研究スキーマでの相互作用分析によって、参考意見として得られた（図7）。

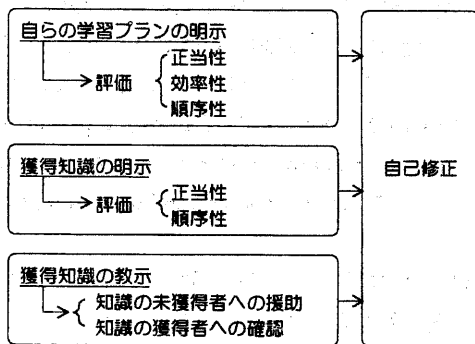


図7. 学生同士のコミュニケーション

5-1. 共同学習環境の設計

(1) 実験

前述の学生側の被験者の1名を教師役、他は学生役のままである（3名）。講義ノートを作らずにCG学習のためのテキストを使って説明する。その説明を記録し、各記録に対して、コンピュータがどのような機能を持つべきかを実験実施後にブレインストーミングする。

(2) 結果

相互分析で得たCG学習の単元ごとの要点の構造的な表示に対して、学習者の学習プランを表現し、そのプランに沿う知識獲得の段階表示機能を持たせる。また、CG学習のためのテキストをバックに上書き機能も持たせる。すなわち、今まで作り上げた学習支援用のウィンドウに上書きできる電子白板機能が必要であ

る。この場合、文書校正などで使う様々な機能群を必要とする。学習者がマーキングしたウィンドウ内の要素に対し、例えば移動、挿入、置き換えなどのモードレスな機能群である（図8）。

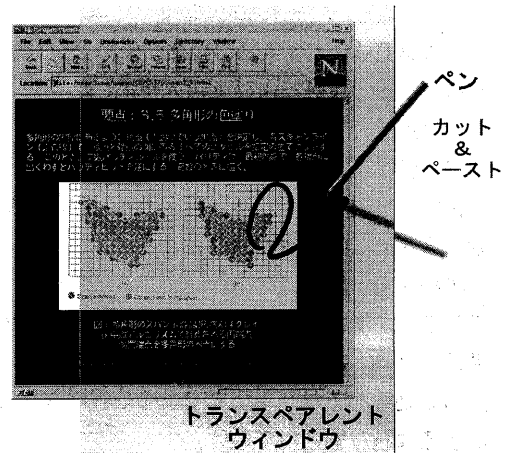


図8. モードレス機能群の利用例

5-2. 効果の評価要素の設計

作ったシステムの効果を測定する要素を求める。

(1) 実験

前述の被験者（6名）に対して学習支援のためのスキルを討議し、得た結果を使って、1つの単元に対して再度ロールプレイングを実施する。実施後、各スキルに対して5段階の評価（5:特にそう思う、4:そう思う、3:ふつう、2:そう思わない、1:特にそう思わない）をさせる。

(2) 結果

因子分析した結果を表2に示す。

表2. 評価項目の因子負荷量

評価項目	因子I	因子II	因子III	因子IV	因子V
<I 指導性の因子>					
①学習者同士が交換し合った意見を調整する。	.93729	.23174	.01012	-.10200	.01184
②既に学習した者が他の学習者に教示できる。	.87043	-.31274	-.11045	-.33745	.13592
③テキストにない問題状況を解決した学習者を評価する。	.86949	-.48166	-.07513	.00122	-.07952
④重要点を強調する。	.86949	-.48166	-.07513	.00122	-.07952
⑤個別指導が行き届いている。	.83122	.12456	-.14711	.30490	-.42304
⑥学習者同士の学習活動を妨げない。	-.64637	-.57520	.33790	-.23648	.26505
<II 独断因子>					
①メリハリが利いた表示形態である。	-.19323	.91527	-.22756	.20375	-.17791
②文字や図がはっきりわかる。	-.48565	.58571	.48506	.08697	-.42319
③学習者の学習プランに的確に応える。	.11513	-.80377	.06528	.38730	.42828
<III 評価因子>					
④獲得した学習者の知識を明確に示す。	.48368	-.15422	-.82093	.00524	-.26185
<IV サポート因子>					
①多くの共同学習環境が入っている。	.36012	-.07077	.24655	.85584	-.04465
②戸惑っている学習者にヒントを提供している。	.62767	.08740	.26776	.65974	.24852
③適切な表現である。	.19587	.28832	-.09364	-.75395	.48765
<V 自然性の因子>					
①適切なジェスチャーである。	.55224	.09466	.51276	.11164	-.68086

得られた学習支援のスキルは全体で23項目に集約でき、主成分を検討した14項目に共通な5種類の因子が関連していることがわかった。

おわりに

本論文では、CG入門の授業に使えるシステム作りとしての設計および実装を目指した¹⁶⁾。

第一段階として、従来までに開発されてきたハイパーテキストの要素を組み込み、利用できる環境整備を実現したが、学習を深めるための共同学習支援までには至っていない。

本論文で示したコラボレーションのための設計を実装し、学習者中心の支援環境の構築が今後の課題となる。さらに、構築したシステムに対し、実際に効果あるかを本論文で求めた評価要素で検討する課題が残されている。

参考文献

- 1) Phelps E. & Damon W.: Problem solving with equals: Peer collaboration as a context for learning Mathematical and spatial concepts, *Jour. of Educational Psychology*, Vol.81, pp.639-646, 1989.
- 2) Floridi L.: Internet- which future for organized knowledge, *Int. Jour. Human Computer Studies*, Vol.43, pp.261-274, 1995.
- 3) Owen G. S. & Encarnacao J.: Computer graphics in education special issue: On line, *IEEE Computer Graphics and Applications*, May, pp.17-18, 1996.
(<http://computer.org/pubs/cg&a/cged/>)
- 4) Ng j. & Marriott A.: A survey of users of a Web-based computer Graphics Course, *IEEE Computer Graphics and Applications*, May, pp.17-18, 1996.
(<http://computer.org/pubs/cg&a/cged/>)
- 5) Wagner A.: A primer on creating graphics for Web pages, *CHI96 Tutorial Notes*, No.2, pp.2-10, 1995.
- 6) Shabo A., Guzdial M. & Stasko J.: Addressing student problems in learning computer graphics, *Computer Graphics*, August, pp.38-40, 1996.
- 7) Naiman A.: Interactive teaching modules for computer graphics, *Computer Graphics*, August, pp.33-37, 1996.
- 8) Peterson P. L., Swing S. R., Braverman M. T. & Buss R.: Student's aptitudes and their reports of cognitive processes during direct teaching, *Jour. of Educational Psychology*, Vol.74, pp.535-547, 1982.
- 9) 田村信元, 上村佳世子: コミュニケーションと情報処理: 教授-学習過程の分析, *東京外国語大学論文集*, Vol.38, pp.223-238, 1988.
- 10) 今宮淳美, 茅暁陽: 対話型コンピュータグラフィックス入門, 授業テキスト, p.222, 1996.
- 11) Kure N., Kasper O.: Rich hypertext-A foundation for improved interaction techniques, *Int. Jour. Human Computer Studies*, Vol.43, pp.301-321, 1995.
- 12) 湯浅良雄: ユーザ中心のデザインから学習者中心のデザインへ, *コンピュータ&エデュケーション*, Vol.1, pp.15-22, 1996.
- 13) 國分康孝: エンカウンター, 誠信書房, p.273, 1994.
- 14) Nielsen J.: Case study- Redesigning Sun's Web site, *CHI96 Tutorial Notes*, No.2, pp.20-36, 1996.
- 15) 國分康孝編: カウンセリング辞典, 誠信書房, 1995.
- 16) 秋山直人, 池戸孝: Web上のCG学習支援システムの作成, *山梨大学工学部卒業論文*, 1997.