

情報教育における理論と技術に関する研究の調査

山本三雄^{†1} 関谷貴之^{†2} 山口和紀^{†1}

本論文では、最近5年間の主に情報処理学会論文誌と日本教育工学会論文誌の論文から、主要な観点として、「グループ学習・協調学習」「効率化」「可視化」「フィードバック」「授業設計」「効果の評価」を抜き出し、それらの観点ごとに論文を位置付けた。それにより、最近の国内の情報教育に関する研究の傾向が把握しやすくなった。また、研究の重なっている領域と少ない領域が明確になり、情報教育の研究環境に内在する問題が明らかになった。

Investigation of Research in Theory and Technology on Information Education

MITSUO YAMAMOTO,^{†1} TAKAYUKI SEKIYA^{†2}
and KAZUNORI YAMAGUCHI^{†1}

We investigated the research situation on information education during the last five years' transactions of Information Processing Society of Japan (IPSJ), and Japan Society for Educational Technology (JSET) journals (Japanese version). We extracted six major points of view: group study/collaborative learning, efficiency, visualization, feedback, course design, and evaluation, and studied how these points are covered by the papers. From this study, we can see the current research trends on information education in Japan, and the strength and weakness of the researches in this field.

^{†1} 東京大学大学院総合文化研究科

Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo

^{†2} 東京大学情報基盤センター

Information Technology Center, The University of Tokyo

1. はじめに

アカデミックな研究において新規性のある知見を示す論文が重要であることはいうまでもない。しかしながら、多数の論文が、全体としてどのような方向性を持っているかを個々の論文から読み解くのは容易ではない。本論文は、情報教育に関する最近の論文を調査し、読み取れることをまとめたものである。

情報教育においては、授業の形態、使用するシステム、教材の内容など、多岐な要素が相互に関係しあうので、論文の内容が総合的、複合的にならざるをえないことが多い。そのため、研究の新規性が他の多くの要素に埋もれてしまい、簡単には読み取れないことも少なくない。また、事例的研究になりがちで再現性が低く、似ているが少し違う研究が繰り返される傾向がある。各論文で先行研究との比較による自己の研究の位置付けをしていても、複合的な観点のどの点に着目するかで異なる位置付けとなるために、ある観点で見たときに、複数の論文における先行研究の説明が必ずしも連続的・整合的でないという問題もある。本論文は、情報教育分野の論文を調査し、それらを観点ごとに位置付けすることで、このような論文に特有な問題の解決の一助となることを目指したものである。

本論文の狙いとそのための方策を、より具体的にあげると以下ようになる。

- (1) 個々の論文から、新規性がある部分を取り出して、観点ごとに関連付けて説明するようにした。それにより、新規性がどのように積み上げられているかが新規性ごとに読み取りやすいようにした。論文は自己完結なものとするために新規でない要素も述べる必要があるが、そのようなものは本論文で参照する際には省いた。
- (2) 観点ごとの流れの中に論文を位置付けることで、個々の論文が（その観点において）どのような位置にあるかが読み取れるようにした。
- (3) 個々の論文で主要な成果として主張されていない内容も、観点として重要なものがあれば取り出して参照できるようにした。これにより、複合的なもののなかに埋もれがちな内容を見つけられるようにした。
- (4) 論文では、その論文の主要な関心でない理論や技術については先行研究を踏襲する傾向がある。複合的な研究では、関係する要素が多いために特にその傾向が強くなり、新しい理論や技術が利用されにくい傾向がある。そこで、本論文では、個々の論文が使用している重要な理論や技術をできるだけ取り上げることとした。
- (5) 観点ごとに、引用した論文から考えられる今後の研究の流れを述べ、研究を進展させるうえでの参考にできるようにした。

本調査は、最近 5 年間の主に情報処理学会論文誌と日本教育工学会論文誌の約 70 論文を対象とした。情報処理学会の論文誌と情報教育関係を対象としたのは、第 1 段階の研究として、これが 1 つのまとまりであったからである。日本教育工学会論文誌の論文を対象に加えたのは、情報処理学会関係の論文だけを調査したのでは広がり限定されてしまい、どのような分野の論文が少ないかが分からないからである。実際、4 章を見て分かるように、情報教育に関しては情報処理学会の論文がかなり少ない分野も存在する。もちろん、学会ごとにカバーする分野は異なるものである。これがただちに問題というわけではないが、意識するのは有益であろう。また、論文数を約 70 程度に限定したのは、不必要に数を増やしても読者にとってはかえって全体が読みにくくなるからである。そして、教育の問題には、学校制度の存在が無視できないが、学校制度は国によって大きく異なる。したがって、1 つの国における教育の論文を分析することも大きな価値があるので、外国の論文は対象としなかった。なお、対象の論文誌で数を増やそうとすると 5 年より前に遡る必要があるが、情報教育の分野は変化が激しいのでやや時代遅れな内容を入れることになってしまうという事情もある。

本論文の構成は以下のようになっている。2 章では、論文の選択、論文の分析、論文からの観点の抽出、観点ごとへの論文の位置付けの方法について説明する。3 章では、2 章で抽出された観点についての説明と観定の決定方法を説明した。そして、論文によって使われ方にブレがある用途については用語の定義を載せた。4 章では、抽出された観点に沿って論文を位置付け、今後の方向性などを展望する。5 章はまとめである。

2. 方 法

本論文をまとめるにあたって、具体的には以下のような方法をとった。

(1) 論文の選択

今回の論文選択では、情報処理学会と日本教育工学会の論文誌の中から、タイトルやキーワードはもとよりアブストラクトと論文本文を熟読し、次の基準にあてまる論文を調査の対象とした。

- 高等教育機関における情報教育に関わる理論やシステムに関する研究報告。
- 高等教育機関における情報教育の実践報告。
- 高等教育機関での実証実験をふまえた初中等教育機関における情報教育の実践報告。
- プログラミング教育に関連がある研究ならびに実践報告。

(2) 概要メモの作成

教育の方法、対象となる学習者、教育内容、利用された技術などの、論文のポイントに関する「概要メモ」を(1)で選択した個々の論文について作成した(たとえば、文献 1)の例 1)。情報教育に関わる論文には、情報教育を行った特定の教育現場に固有の事情(たとえば、文献 1)の例 1 の項目 1-1, 1-2)や、著者独自の考え方(著者の考え方に近い例では、文献 1)の例 1 の項目 1-7)などの多様な情報が含まれる。それらが論文の分析の際に公平な判断を妨げる可能性がある。そこで、概要メモを作成することにした。

例 1 概要メモ『紙答案と電子フィードバックを併用した講義支援システム¹⁾』

- 1-1 大規模講義ではその人数の多さゆえに、学生に十分な学習支援が困難であるという現状がある。
- 1-2 講義と期末テストの実施で手一杯になってしまうことが多い。
- 1-3 学生は「演習やミニテストがあり自分でも理解度を確認できる」、講師からフィードバックが受けられる」講義を求めている。
- 1-4 2次元バーコードと文字認識技術を利用することにより、採点処理、成績処理を効率化することができた。
- 1-5 この効率化により、教育スタッフは本来の教育業務により多くの時間を使えるようになったことが分かった。
- 1-6 成績評価やコメントが追記された答案を PDF で各学生に電子フィードバックできるようにしたことで、それまで紙で返却していた際に授業の混雑が発生しなくなった。
- 1-7 答案にコメントや評価結果を追記してこまめに学生に返却することは、学生の勉学への動機付けとなる可能性がある。
- 1-8 答案用紙をスキャンして電子データに変換したために生じる個人情報漏洩防止の必要性に関し、公開鍵暗号方式と 2次元バーコード技術を組み合わせた個人情報管理機能を提案した。
- 1-9 講師と TA が個人情報を共有する状況にも対応した。

例 2 抽出された観点『紙答案と電子フィードバックを併用した講義支援システム¹⁾』

- 2-1 学習支援、講師からのフィードバック、文字認証技術、採点処理や成績処理の効率化、成績評価、電子フィードバック、個人情報漏洩防止、個人情報管理機能

例 3 整理・吟味された観点『紙答案と電子フィードバックを併用した講義支援システム¹⁾』

- 3-1 フィードバック、効率化

(3) 論文からの観定の抽出

概要メモに基づいて各論文に共通する技術や成果などの観定を抽出した。この際の抽出された観定の中には、論文の主要な成果として主張されていない内容も、観定とし

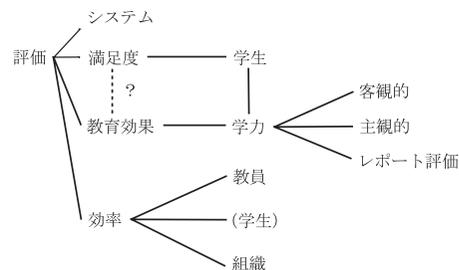


図1 観点のネットワーク構造図(一部)

Fig.1 Network structure chart of point of view (part).

て重要なものがあれば取り出して参照できるように抽出した(たとえば、文献1)の例2)。ただし概要メモだけでは読み取ることができない場合には、論文の該当箇所のみを読み直すなどした。次に、調査対象の論文すべてから同様に抽出した観点をホワイトボードに図示したうえで、互いに関連がある観点を結ぶことで、すべての観点をネットワーク構造として可視化した。(図1参照)そのうえで、それぞれの観点が含まれる論文の数と図1のネットワーク構造図を見直しながら相互に関連があり、かつそれぞれの観点を含む論文数が少ない観点どうしを併合したり、取り上げないこととしたりした。たとえば、図1の一部の「効率」を中心とした部分を取り上げると、効率にも教員にとっての効率、組織にとっての効率、あるいは学生にとっての効率がある。これらを別な観点として論じるには論文数が少ない観点となってしまうし、互いに関連しあっているためオーバーラップする内容が多いため、本論文ではこれらは「効率化」として併合することとした。このような、観点を整理・吟味する作業を繰り返して行った。この試行錯誤の過程の中で、多くの論文の観点の相関関係を見出した。

(4) 論文を観点に位置付け

このような検討を重ねる中から、すべての論文の観点を大きく「グループ学習・協調学習」「効率化」「可視化」「フィードバック」「授業設計」「効果の評価」に分類し、その中でも方向性や対象などが異なる観点を個々に中・小分類して論じることとした(たとえば、文献1)は「フィードバック」「効率化」の観点に位置付けた)。なお、1つの論文が複数の観点から構成されている場合は、複数個所で論じることとした。観点から論文で何が達成されているか、どのような方向性が求められているか、将来的に何が見えてくるのかをまとめた。

3. 抽出された観点

本章では2章で述べた方法を用いて抽出した観点を説明するが、論文によって用語に多少のブレがあるので、まず、そのようにブレがある用語に対して本論文で使用する用語を定義し(3.1節)、観点の決定方法について説明する(3.2節)。そして、観点を説明する(3.3-3.8節)。

3.1 用語

本論文では用語を以下の意味で用いる。

授業 教員と学習者が定まっている1学期間の「授業」全体の意味で使う。

講義 主に教員が話し、学習者が聞く形態の授業の意味で使う。

実習 主に学習者が活動し、教員はアドバイスするような授業形態の意味で使う。使用する環境によって演習や実験などと呼ばれることもあるが、情報教育の場合は実験機器による制約はあまりないので使い分けをせず実習で統一した。

教員 学習者を指導する立場の主体を意味する。

学習者 学習する主体を意味する。

3.2 観点の決定方法

2章で述べた作業を繰り返して、観点の候補を決定した。さらに、本調査で取り上げた2つの学会より情報処理学会キーワード²⁾、ならびに日本教育工学会の教育工学事典³⁾、加えて情報処理分野の著名な学会であるACMのキーワード⁴⁾を参考に、情報処理教育分野で妥当と考えられる観点を決定した。

グループ学習・協調学習 グループ学習は、一般的に数人程度を単位とした小集団学習の形態を指す。学習者個人によって行われる個別学習、学習集団全体で行われる一斉学習に対比して用いられる³⁾。情報教育においてもグループ学習を積極的に実施する教育事例の報告も多い。そこで、「情報工学事典：グループ学習³⁾」から「グループ学習」を観点とした。また、「情報工学事典：共同学習³⁾」、「IPSJ：216 インタラクション－06 協同学習支援²⁾」、「ACM：K.Computing Milieux－K.3 COMPUTERS AND EDUCATION－K.3.1 Computer Uses in Education－Collaborative learning⁴⁾」などの用語も見られた。今回の調査対象とした論文では、「協同学習」の用語をタイトルに含む論文^{5),7)-12)}が多くみられることから、「IPSJ217：情報と人文・社会科学(情報システム)－03 協同学習」から「協同学習」を観点とし、グループ学習と合わせて「グループ学習・協同学習」を観点とした。

効率化 調査対象の情報教育論文における主な効率化は、問題作成の効率化、教材作成の効率化、提出物チェックの効率化、教育システムの効率化、学務システムの効率化である。「効率化」は、3学会のキーワードとしてはなかったが、教員・学習者の負担を増大させないためこれらの効率化は重要である。このことから「効率化」を観点とした。

可視化 通常見えないものや見ても理解し難い複雑な情報を、主にコンピュータを用いて分かりやすい形式に変換することが可視化である。情報教育における可視化では、教材の理解を助ける可視化、記憶や思考過程、多数の学習者の成果や分析などに関する可視化の研究事例が報告されている。そこで、「IPJSJ: 215 視聴覚メディア処理(情報システム) - 01 情報可視化²⁾」を参考に「可視化」を観点とした。

フィードバック 本論文では、学習者の行動や成果に対して、システムや教員が誤った点を正したり、優れた点を称えたりするなどして学習活動をより良い方向に導くことを、学習におけるフィードバックととらえた。そこで、「IPJSJ: 217 情報と人文・社会科学(情報システム) - 02 学習支援²⁾」, 「ACM: K.Computing Milieux - K.3 COMPUTERS AND EDUCATION - K.3.1 Computer Uses in Education - Computer-assisted instruction (CAI)⁴⁾」, 「ACM: K.Computing Milieux - K.3 COMPUTERS AND EDUCATION - K.3.2 Computer and Information Science Education - Self-assessment⁴⁾」などを参考にしたが、「情報工学事典: フィードバック³⁾」から「フィードバック」を観点とした。

授業設計 グループ学習・協調学習、可視化、フィードバック、効果の評価が、授業全体として効果的に生かされる授業の設計が必要となる。そこで、「IPJSJ: 217 情報と人文・社会科学(情報システム) - 06 教育の設計、測定、評価²⁾」, 「ACM: K.Computing Milieux - K.3 COMPUTERS AND EDUCATION - K.3.2 Computer and Information Science Education - Curriculum⁴⁾」, 「情報工学事典: 授業研究³⁾」を参考に「授業設計」を観点とした。

効果の評価 適切な評価をすることは、重要なことである。点数付けのための評価は古くから行われているが、評価の意味や評価を行う状況が変わってきている。そこで、「IPJSJ: 217 情報と人文・社会科学(情報システム) - 06 教育の設計、測定、評価²⁾」, 「情報工学事典: 教育評価³⁾」を参考に「効果の評価」を観点とした。

3.3 グループ学習・協調学習

グループ学習・協調学習は、数名の学習者がグループを構成して共同で行う学習方法である。学習した知識を深く理解するためには、獲得した知識を使ってみたり、それを評価して

みたりするなどの実践が重要である。知識を使う・評価するというサイクルが自然に繰り返し行われるようにするには、グループ学習が有効ではないかと考えられている。特に、構成主義に基づく教育理論では、学習者が様々な経験を批判的に自ら統合することで知識が獲得できるとされているのでグループ学習が行われることも多い。グループに対して与えられる課題を共同で解決するためには、メンバー間での議論や役割分担などの作業が必要となる。学習者が卒業して社会に出ればこのような共同作業を行う機会が多いので、卒業生がそのような共同作業に適応しやすいように、授業でもグループ学習を積極的に実施する教育現場も多い。その一方で、このグループ学習における共同作業をうまく行えるか否かがグループ学習全体の成否にかかわる。そこで、メンバー間でスムーズにコミュニケーションをとったり、効果的に情報を共有したりといった、グループ学習を成功させるための手法や支援システムに関する研究が数多く報告されているので、「グループ学習・協調学習」が1つの切り口となると考えて、観点として取り上げた。

3.4 効率化

教育機関が教育に使える資源は限られている。学習者も学習のために使える資源は限られている。このような限られた資源を有効に活用し、最大の効果を得られるようにすることは重要である。小中高に比べて、大学などでは1人の教員が多数の学習者を教える大人数授業が多い。また、授業は週に1回のことが多く、教員と学習者が対面でコミュニケーションする機会は限られている。一方で教育内容は高度化してきており、学習成果の質の保証も求められている。高度化や質保証のためには、グループ学習・協調学習(3.3節)、可視化(3.5節)、フィードバック(3.6節)、効果の評価(3.8節)などの高機能化があるが、それらにより教員・学習者の負担を増大させないためにも、効率化は重要な観点である。そこで「効率化」を観点として取り上げた。

3.5 可視化

通常目に見えないあるいは見ても理解し難い複雑な情報を、目で見ても分かりやすい形式に変換することが可視化である。具体的には、コンピュータやネットワークの仕組みなどの目視で確認できない働き、記憶や思考過程などの学習者の脳内の活動、多数の学習者の成果物の比較や分析など全体の把握が困難なものなどに関する可視化の研究事例が報告されている。そこで、「可視化」を観点として取り上げた。

3.6 フィードバック

フィードバックとは、ある機構の出力あるいは結果を、その機構の入力側あるいは原因側に戻すことで、その機構の働きを調整することである。生体内の代謝や内分泌の自己調節機

能として見られたり、電気回路や機械における自動調節機能に広く利用されている。本論文では、学習者の行動や成果に対して、システムや教員が誤った点を正したり、優れた点を称えたりするなどして学習活動をより良い方向に導くことを、学習におけるフィードバックととらえた。受動的な学習ではなく、主体的な学習では、学習者が獲得した（と思った）知識を使って行ったことを評価し、適切なフィードバックを学習者に与え、理解を修正する作業が不可欠である。そこで、「フィードバック」を観点として取り上げた。

3.7 授業設計

グループ学習を支援したり、可視化やフィードバックをしたりするシステムの研究は重要ではあるが、それらが授業の全体のなかで活かされるようになっていないと効果は限定的なものになってしまう。したがって、目標に合わせて、そのようなシステムを活用する授業が設計できるような方法論が確立されていることが望ましい。本学会ではややこの面の研究が少ないが、授業全体の効果を高めるためには重要であると考え、「授業設計」を観点として取り上げた。

3.8 効果の評価

良い教育をするためには、適切な評価をすることが重要である。点数付けのための評価は「テスト理論」として古くから研究されている。しかし、評価の意味や評価を行う状況が変わってきており、新しい研究が必要とされている。たとえば、評価の結果に応じてフィードバックするような、教育的な評価が増えてきている。また、システムが小さな単位で学習者の反応を評価してフィードバックするようなことも増えている。さらに、PBL（4.5節参照）のように学習者が自ら目標の設定を行う場合もある。グループ学習ではメンバをどのように評価するかが問題である。相互評価では、学習者の評価をどのように評価するかという問題がある。このように「効果の評価」の問題は、焦点を変えつつも、依然として重要であるので、観点として取り上げた。

4. 観点ごとの最近5年間の進展

4.1 グループ学習・協調学習

現在までにグループ学習・協調学習に関して数多く提案されているが、次の4つの観点に分けて論じる。(1) コミュニケーション活性化支援、(2) 共有情報検索支援、(3) 学習動機付け支援、(4) グループ構成支援である。これらは、グループ学習・協調学習の成否を決める必要不可欠な支援であり、かつ相互に関連し合っている。

グループ学習ではコミュニケーションを活性化させるような支援が不可欠である。ここで

はコミュニケーションの活性化支援にはどのようなアプローチがあるかを論じる。

まず、インターネットを介した掲示板の仕組みを基に、効果的な活用を工夫することでコミュニケーション活性化支援を行うアプローチがある。インターネットを介した掲示板の特徴は、グループ構成員が平等に情報を共有できるシステムであるという点である。たとえば、授業での掲示板の利用を模索したものが^{11),13)}。グループ学習などで共有の範囲を制限したい場合もあり、個人/グループ/全体を指定して情報を共有できるツールが提案されている¹⁴⁾。リアルタイムなコミュニケーションとしてはチャットがあるが、記録性という点からは掲示板が優れている。しかし、逆に蓄積されすぎて見るのが負担になるという問題も生じるので、効果的に関連記事が発見できるようにする仕組みが必要となる。それについては、教材の関連箇所に質問・回答を集めるもの¹⁵⁾がある。情報共有という機能が果たせれば必ずしも掲示板ソフトウェアを使う必要はなく、電子メールを利用して同等の機能を実現したものもある¹⁶⁾。

学習者が教材作成に積極的に参加することで、教材の理解度を深めるアプローチがある。グループへの帰属意識の向上を促し、グループ活動の中で自ら学ぶ姿勢を育成するものである。このときのグループ学習には、インターネットを介する形態と対面でのグループ学習がある。対人関係を円滑に築けない、あるいは苦手意識を持つ学習者も存在することから、対面型グループ学習の運営にあたっては困難がともなう場合がある。この対面型のグループ学習における問題点の1つを緩和する手法として、インターネットを介したグループ学習がある。インターネットを介したグループ学習は、場所や時間などの制約が少なく対人ストレスなども緩和される。また、参加者が情報の共有に関してほぼ平等であることも特色といえよう。この観点から論じているものとしては、学習者による協調的な問題作成が可能なシステム⁵⁾がある。

従来から教育現場で使われている、教員による板書や紙への印刷物が主体の教材に対して、インターネットを基盤とする電子的な教材の中には、動画やCGをはじめとして様々な素材を活用したシミュレーション教材などもある。このなかで、教材自体に工夫を凝らすことで情報交換を支援するものとしては、ノートへの書き込みを共有できるようにしたシステム⁶⁾、ヒントで教え合うためのツール¹⁷⁾、映像と音声による体験共有システム¹⁸⁾がある。

情報を共有することで他人の発言に触発されるという効果が期待できるが、それだけでなく、他の機能と組み合わせることで共有の効果をより高めることも考えられる。たとえば、野外活動などでサンプルを採取した場合、サンプルそのものを共有して議論することは難しいが、サンプルから即座に画像を表示して共有できるようにすることで、サンプルそのも

のを共有して議論しているかのような効果が得られるシステム⁷⁾が提案されている。また、連想により発想を広げる機能と発想したものを共有する機能を組み合わせたシステム¹⁹⁾も提案されている。

共有情報検索支援としては、教材をはじめとして、グループ学習では情報を共有できることが重要であり、比較的容易に情報を共有できるシステムやツールが普及してきている。しかし、共有する情報が増えるにつれて、必要な情報が見つけれず、情報の洪水に飲み込まれてしまうという問題も生じている。そのため、共有している情報の中から必要な情報を見つけるための支援が必要とされている。

共有する情報を教材と関連付けることで、必要な情報を見つけやすくする方法もこの1つである。それ以外の方法には人間によるラベル付けと機械学習によるラベル付けがある。人間によるラベル付けでは、発言のときに「質問」「回答」「感想」などのラベルを付与するようにしたもの²⁰⁾がある。発言にラベルが付与されていれば、「感想」は飛ばし、「質問」に対する最終的な「回答」だけを見ることが可能となる。人間がラベル付けをするのは手間がかかるので、機械学習によるラベル付けの試みも多い。たとえば、ベイジアンと事例ルールを用いた自動分類²¹⁾などがある。人間による精密なラベル付けは手間がかかるが、役に立ったかどうかなどの粗いラベル付けはそれほど負担をかけずにできることがある。そのような粗いラベルを共有し、機械学習を適用することで有用なラベルを抽出する協調フィルタリング²²⁾のようなアプローチもとられている。

機械学習の進歩にとまらぬ、利用できる情報からラベルを推定する精度は向上するものと考えられる。一方で、利用できる情報を増やす方向として、ヒューマンインタフェースの向上による情報取得(表情による表示された情報の適切さの評価など)を増やす方向も考えられる。

教員が中心となり授業を進行させていく講義や実習・実験などの授業に比べて、グループ学習では特に動機付けの支援が必要になってくる。というのは、教員の影響力が弱まった状態でのグループ学習では、グループの構成員によっては、当初に設定された学習目標を失う場合があるからである。したがって、グループ学習にふさわしい学習の動機付けの仕組みが重要になってくる。学習の動機付けで注目されるのは競争による動機付けである。これには、相互評価^{23),24)}がある。相互評価は直接競争するわけではないが、相互評価をすれば、必然的に結果を比較してしまうため競争心があおられるという意味あいがある。しかし、競争のための競争になってしまい、必ずしも学習が進むわけではないという報告もある。そのため、競争により学習が促進されることを保証するような支援ツール²⁵⁾も提案されている。

グループ構成は、能力・学力差、年齢差、性差、性格などによるグループが考えられるが、既存の学科やクラスなどを単位としたグループとする場合がある。学習者の情報が利用できる場合は、類似しているメンバでグループをつくる場合と、似ていない(補完しあう)メンバでグループをつくる場合がある。Webページの参照関係からコミュニティを特定する方法²⁶⁾などを応用すれば、そこからもグループを構成するために必要な情報が得られる可能性がある。どのように情報を集めたとしても、人間を対象とする教育現場においては、実際にグループを構成してみて最適化することは困難である。そこで、グループの構成をマルチエージェントシステムでシミュレーションして最適化する方法が提案されている⁸⁾。

4.2 効率化

授業の効率化は、限られた教職員の人的資源や実習環境などの資源のもとで、高い教育成果と学習者の満足度を得るためのものである。この効率化の工夫の中から様々なアイデアが生まれている。より良い効率化を行うために、次の5つの観点に分類する。(1)問題作成の効率化、(2)教材作成の効率化、(3)提出物チェックの効率化、(4)教育システムの効率化、(5)学務システムの効率化である。これらは、効率化を様々な観点から分類したものであるが、相互に関連しており、独立ではない。

問題作成の効率化としては、仕事を教員から学習者に移すことによる教員にとっての効率化もある。これには、学習者による問題の作成^{5),10)}などがある。もちろん、これには省力化だけでなく、学習者が自分で問題をつくってみることで、内容の理解を深めてもらうという狙いもある。学習者による問題の作成では、正しく問題ができていないか、どのような教育内容を理解させる問題ができたかを相互評価させるなど、きちんとフィードバックがかかるように保証する必要がある。

自動化することによる効率化としては、ランダムに問題を並べる、計算問題のパラメータをランダムに生成するなどがよく使われる方法であろうが、さらには、異なる出題形式を対象とした問題の自動生成²⁷⁾、間違い探し形式の問題の自動生成²⁸⁾などが提案されている。

教材作成の効率化については、教員による教材作成は、学習者にとって満足度の高い授業を提供するうえで必要不可欠な業務といえる。質や内容が充実した良い教材をいかに効率的に作成できるかが重要である。教材としてまず重要なのは講義であり、講義を記録して復習などのために提供することが考えられる。そのための効率化としては、講義を半自動で収録するもの¹³⁾と講義映像やプレゼンテーションから教材を自動作成するもの²⁹⁾がある。プレゼンテーションと映像をいかに連動させるか、再生するときに必要箇所を探すのをどのように行うかなど、まだ問題は残されている。また、内容というより見せ方の問題として、

変化のない映像の教材だと興味が長く続かないという問題も指摘されている。そのため、自動的に表示を切り替えて教材に変化を持たせるようなシステム³⁰⁾も提案されている。講義とは別に教材を作成するものについての効率化としては、Wikiのようなもので Web 教材の作成を支援するシステム^{31),32)}、音声合成を使うことで録音する手間を省いた英語学習システム³³⁾などがある。

大規模授業は、授業の履修者が数百名規模となることもあるので提出物チェックの効率化は重要である。提出物をチェックし、レスポンスを返すことは学習効果をあげるために重要であるが、学習者に満足感を与える個別指導に近い形でのレスポンスは、教員にとって負担であり、容易には実施できないのが実情である。そのため効率化が重要である。たとえば、プログラミングの授業では提出されたプログラムを自動的にチェックし、課題で指定された動作をするプログラムであるか、そうでないかを判定することは従来から行われてきたが、アセンブリ言語においては解が限定されているので、提出されたプログラムの実装方法の事例とのマッチング³⁴⁾のようなどころまで行われている。また、演習室ではない講義室の授業では提出や返却の手段に限られるが、紙の答案のチェック・返却を効率化したもの¹⁾や PDA を用いて宿題の配布と回収を効率化したもの³⁵⁾がある。

教育システムの効率化としては、教材の提示から回答の回収までを Web で行い、学習者に自由度の高い自学自習環境を提供することは、学習者に満足感を与える一方で教育システムの効率化を図るアプローチである。この観点から論じたものに、類似質問への回答を自動的に検索するシステム³⁶⁾、授業時の教材提示や回答回収操作をスクリプト化することによる自動化³⁷⁾などがある。また、学習者が自宅で大学と同じ環境を簡単に利用できる仕組み³⁸⁾も提案されている。

e ラーニングのシステムの運用においては、システムの運用以外に授業の登録や学習者の登録などの運用コストもかかるものである。学務システムの効率化が重要である。授業の登録や学習者の登録は学務システムと共通する要素であり、e ラーニングと学務システムを統合することで効率化するの自然な方向であろう。その統合を効率的に行うための方法の提案³⁹⁾がある。

社会人学習者の増加、Web ベースでの授業配信、サテライトキャンパスなどが増えるに従って、授業スケジュールの困難さも増してきている。受講人数に制約が付くことが多い、実験・演習などをともなう実習授業では、特に授業スケジュールが難しくなっている。これら人的資源や設備の収容人数などの制約から、授業カリキュラムと時間割の作成において、様々な工夫がなされている。特に遠隔地点間で同期式の授業を行う場合にこの問題

が生じやすい。このような状況で授業スケジュールリングを自動化したもの⁴⁰⁾がある。

4.3 フィードバック

知識や技能を身に付けるためには、受動的に学習するだけでなく、学習した成果を試し、誤った点があればそれを改めて学習するといった繰返しが必要である。効率的・効果的な学習を支援するには、学習者に対して教員やシステムがフィードバックをする環境や仕組みが欠かせない。

プログラミング学習において、学習者が作成したプログラムに何らかの誤りがあれば、通常のプログラミング言語やプログラミング環境では、実行時にエラーの箇所や内容を示す、つまり学習者に対するフィードバックが自動的に行われる。しかし、プログラミングの初学者にとっては、英語で表示されるエラーメッセージを理解することは容易ではない。そこで、ステップ実行や速度を落とした実行、変数の値を表示するなどして、学習者がより理解しやすいフィードバックが得られるようにした入門者用プログラミング言語の実行環境の提案がある⁴¹⁾。

また、プログラムやその基礎となるアルゴリズムを初学者が理解するうえで、図やアニメーションなどを用いて視覚的に分かりやすいフィードバックを与えるシステムがある。たとえば特定のプログラミング言語によらずにアルゴリズムを学習するために、アルゴリズムの働きを構造化チャートで学習できるシステム⁴²⁾が開発されている。

オンライン教材を通じた教員から学習者へのフィードバックを支援する試みとして、教材の重要な箇所に下線を引かせて、あらかじめ用意した模範解答と比較可能なツール⁴³⁾や、教材に書き込んだメモを教員が確認できるシステム⁴⁴⁾、タブレット PC をインターフェースとして教員と学習者とで電子黒板に相互で書き込みを行うシステム⁴⁵⁾が開発されている。特に多人数の学習者に対するフィードバックを効率的かつ効果的に行う方法としては、スキャナや文字認識技術を活用して紙答案に対するフィードバックを電子的に行うシステム¹⁾や、Wiki を用いてレポートの添削を支援するシステム⁴⁶⁾がある。

学習者に適応させるために、学習者の理解度や教材/問題の難易度を使うことは一般的(個別化教授システム理論 (PSI: Personalized System of Instruction)⁴⁷⁾など)であり、学習者に合わせた教材を提示するシステムとして、ドリル学習を実施するシステム⁴⁸⁾や練習問題を自動生成するシステム²⁷⁾などが開発されている。その一方、学習者の理解度に加えて、学習意欲を考慮するシステム²²⁾もある。

教員からのフィードバックに学習者が満足し教育効果を高める個人指導的なフィードバック業務の実現が求められる。グループ学習や可視化などと組み合わせてフィードバックでき

るようなシステムの研究の進展が望まれる。

4.4 可視化

通常見えないものや見ても理解し難い複雑な情報を、主にコンピュータを用いて目で見て分かりやすい形式に変換することが可視化である。可視化の技術としては、文書中の単語の出現頻度に基づいて、文書間や単語間の概念的な関係を抽出する潜在意味分析 (LSA: Latent Semantic Analysis)⁴⁹⁾ や、多次元尺度構成法 (MDS: Multidimensional Scaling), 各種のクラスタリング手法などが用いられる。以下では可視化という観点で、可視化の対象に応じて整理した形で研究の傾向を知ることとする。

実際に物として存在する機械とは異なり、目に見えないコンピュータやネットワークの原理や働きを理解することは、多くの学習者にとって容易ではない。そこで、OS や開発環境を可視化することで学習を支援する環境⁵⁰⁾ や、TCP/IP プロトコルのシミュレータ⁵¹⁾、アニメーションでアルゴリズムの働きを示す教材⁵²⁾ などが開発されている。このようなツールやシステムは、多くの教育現場にとって有益であると考えられるので、個々の教員が利用したり必要に応じて改良したりできるように、公開されることが望ましい。

学習者自身が学んだことを目に見える形で整理するために、教科書や参考書にアンダーラインを入れたり図や文章を書き込んだりすることがある。しかし、Web ページなどの電子的に配布される教材に手を加えるのは難しい場合がある。そこで、学習者が書き込み可能な Web 教材を提供することで、自分が理解した内容を学習者自身が可視化するシステム⁵³⁾ や、e ラーニング教材にアンダーラインを書き込めるシステム⁴³⁾ がある。クライアント側のアプリケーション実行のための技術としての Java アプレットや Ajax, Web ブラウザ上で表示可能なベクターデータ型の画像フォーマットの SVG など、学習者の環境に依存しない技術を用いることで、学習者ができるべく簡単に利用できるシステムが開発されることが期待される。また、学習者の書き込んだ内容を評価する方法の確立も必要であろう。

Web 上の掲示板では、個々の記事を時系列で並べたり、他の記事の参照関係に基づいたスレッド単位で表示したりすることで、議論の流れをある程度把握できるが、議論の状況や内容を理解するのは難しい場合がある。そこで、掲示板での協調学習の活動を評価する研究¹²⁾ や、掲示板での相互コミュニケーションの頻度に応じたグループを可視化する研究⁹⁾ などがある。

効果的な教育を実践するうえで、学習者の理解の程度や状況を教員が把握することは不可欠であるが、学習者の能力や思考内容を直接目に見ることはできない。そこで、オンラインの学習システムにおいて、ドリルの成績を通じて個々の学習者の理解状況を可視化して教員

に提示するシステム⁴⁸⁾ や、レポートの内容の類似度を可視化することで、多数の学習者が提出したレポートをより公平に評価するツール⁵⁴⁾ が開発されている。

講義の様態を収録したオンライン教材では、黒板やホワイトボードの板書やプレゼンテーション資料と一緒に教員の映像を見せることが多く (たとえば WIDE University⁵⁵⁾ など)、このような教材を作成する様々なシステムが市販されている。しかし、特定の OS でしか教材を作成できなかったり、作成された教材も特定の環境でしか視聴できなかったりする製品も多い。そこで、教員の手元にある PC の画面を、リアルタイムで配信する Web システム⁵⁶⁾ などが開発されている。

4.5 授業設計

予習や復習が学習に効果があることは異論がないところであろう。予習と復習を効果的に行うには授業と関連付ける必要があり、そのための学習支援環境が試作されている^{57),58)}。体験学習後の復習については実物体を含めた表示、過去の体験結果との比較が必要となり、そのためのインタフェースが提案されている⁷⁾。

e ラーニングの効果については、授業の一部に e ラーニングを取り入れた場合の効果⁵⁹⁾、および、従来の講義と実習をすべて e ラーニングに置き換えた場合の効果⁶⁰⁾ が報告されている。評価の方法としては、成績による客観評価、アンケートによる主観評価が行われている。e ラーニングを用いた授業設計の信頼性を上げるには、授業の諸要素と効果の関係を明確にする必要がある。主観評価に対して因子分析がされた例があるが、まだ、効果に影響を与える要素を網羅するにはさらなる研究が必要であろう。また、事前の設計だけでなく、実施中発生する要素に依存する面もあり、それを改善するために複数の教員が相互に観察・アドバイスし合うための支援ツール⁶¹⁾ が提案されている。

動機付けは学習において重要である。動機付けの方法の設計では、ケラーの ARCS モデル (注意, 関連性, 自信, 満足)⁶²⁾ を使って考えることがある⁴⁴⁾。動機付けが強く働く授業形態としては PBL (Project Based Learning/Problem Based Learning)⁶³⁾⁻⁶⁵⁾ がある。しかし、PBL は学習者や指導による効果のぶれが大きく、PBL の成功のための要因を明らかにすることが望まれる。コミュニケーションの問題の要因については定性的な分析^{64),65)} がある。また、PBL では、問題解決能力が伸びるといわれているが、学習者ごとの能力の伸びがばらつくことが指摘されている⁶³⁾。画一の教育ではない PBL の特性でもあろうが、学習者の適性に応じた伸びが期待できる授業設計法の確立が望まれる。

大学での情報教育の内容については、メディアリテラシ⁶⁶⁾ が提案されている。カリキュラムとしては、ICT 向けの人材育成カリキュラム⁶⁷⁾ の提案がある。情報教育の内容を検討

するには、育成すべき能力の検討が欠かせない。カリキュラムの分析としては、IT 分野のスキル標準を用いた教育プログラムの分析⁶⁸⁾がある。今後さらにこのような比較検討が進み、情報教育の内容を確立していくことが望まれる。

大学の評価のためなどに、分野横断的なカリキュラムの分析を行う必要が生じており、シラバスをクラスタリングして可視化する手法が研究されている⁶⁹⁾。このような手法の確立は、大学の評価だけでなく、カリキュラムの検討でも活かせるものであり、さらなる研究が求められる。

プログラミング教育についてはすでに多くの研究があり、カードなどの手作業による理解補助も一般的であるが、対話的言語および抽象データ型と結び付けてアルゴリズム構築能力を育成するもの⁷⁰⁾がある。

4.6 効果の評価

社会人研修における学習効果の評価には、カークパトリックの4段階評価（反応、学習、行動、結果）⁷¹⁾が使われている⁷²⁾。

テストによる理解度の関係については、項目応答理論（IRT：Item Response Theory）⁷³⁾、S-P 表などが使われているが、解答時間との関係を考慮に加えたものが提案されている⁷⁴⁾。現在は個別の報告にとどまっているが、システムティックな分析手法が確立し、教育内容の各項目が理解度とどのように関連しているかが明確になることが期待される。それにより、手作業とプログラミング環境を結び付けるような提案で、どの教育内容の項目の理解が促進されるのかが明確になり、改善方法の比較検討が進むことが期待される。

学習のレベルとしてはジョナッセンの3段階（初期レベル、アドバンスレベル、エキスパートレベル）⁷⁵⁾があり、それぞれで学習内容や教授方法ならびに評価方法が異なるが、特にエキスパートレベルにおける学習やその評価が実施されている⁶³⁾。

動機が学習に大きく影響するので、その評価は重要である。その評価のための標準的質問項目にはMSLQ（Motivated Strategies for Learning Questionnaire）⁷⁶⁾を用いる事例⁷⁷⁾がある。動機よりミクロなものとして意欲²²⁾を評価するものもある。

評価の対象としては、テストのほかに掲示板の発言内容¹²⁾などが使われるようになっていく。テキストマイニングなどの進歩により、このような数値化されてないテキストデータの利用が広がっていくものと考えられる。テキストから本質的概念を取り出す方法としてよく使われるものに潜在意味分析があり、レポートの評価支援に利用しているもの⁵⁴⁾がある。掲示板での議論からスレッドを見つけるようなことを考えると、文書群からトピックを抽出する必要があるが、LDA（Latent Dirichlet Analysis）⁷⁸⁾のような手法が提案されており、

今後発展する可能性が考えられる。

教材の評価については α - β 平面による内容の評価⁷⁹⁾がある。提示方法については、視覚と聴覚の提示方法と記憶との関係を調べたもの⁸⁰⁾、音声やアニメーションの効果を調べたもの⁸¹⁾がある。

5. ま と め

本論文では、最近5年間の情報教育関係の2学会の論文から主要な観点を抽出し、観点ごとに論文を位置付けた。それにより、多くの論文が扱っている領域（たとえば、学習者による問題の作成などを行う協調学習・グループ学習）があること、また、論文全体としては異なる方向性であるが、ある観点では類似している論文（たとえば、教材自体に工夫を凝らすことで情報交換を支援するもの）などを把握することができた。逆に、研究が少ない領域や、あまり網羅的でない領域（たとえば、教育効果の測定や評価手法、eラーニングシステム関連）についても把握できた。

本論文の狙いとそのための方策5つがどのように達成されたかを項目ごとに一例をあげて示す。

- (1) (4.2 節)「効率化」の一部から例をあげて示す。文献 27) の『異なる出題形式を対象とした問題の自動生成』、文献 28) の『間違い探し形式の問題の自動生成』に新規性があったので論文から取り出した。問題作成の自動化による効率化が扱われていたので「効率化」の観点に関連付けて説明した。そして、どのように積み上げられたかが新規性ごとに読み取りやすいように文献 27) と文献 28) を1つのパラグラフにまとめて説明した。
- (2) (4.1 節)「グループ学習・協調学習」の中から例をあげて示す。『インターネットを介した掲示板の仕組みを基に、効果的な活用を工夫することでコミュニケーション活性化支援を行うアプローチがある』としたうえで、流れの中で位置付けていることが明示的に分かるようにした。授業での掲示板の利用を模索したもの^{11),13)}はこのアプローチの例となっている。
- (3) (4.6 節)「効果の評価」の中から例をあげて示す。文献 75) のジョナッセンの3段階（初期レベル、アドバンスレベル、エキスパートレベル）の学習レベルがあると主要な成果として主張されていない内容も、観点として重要なもの（この文献の場合「学習レベル」）があれば取り出して参照できるようにした。これにより、複合的なものなかに埋もれがちな内容を見つけられるようにした。

- (4) (4.5 節) 授業設計の中から例をあげて示す。文献 63)–65) では、『動機付けが強く働く授業形態として PBL』と重要な理論や技術が扱われていたので取り上げた。
- (5) (4.1 節) 「グループ学習・協調学習」の中から例をあげて示す。たとえば、文献 21) のベイジアンと事例ルールを用いた自動分類などがある。そして、文献 22) の人間による精密なラベル付けは手間がかかるが、役に立ったかどうかなどの粗いラベル付けはそれほど負担をかけずにできることがある。そのような粗いラベルを共有し、機械学習を適用することで有用なラベルを抽出する協調フィルタリングのようなアプローチもとられている。と引用した論文から考えられる今後の研究の流れとして、『機械学習の進歩にともない、利用できる情報からラベルを推定する精度は向上するものと考えられる。一方で、利用できる情報を増やす方向として、ヒューマンインタフェースの向上による情報取得(表情による表示された情報の適切さの評価など)を増やす方向も考えられる』と述べ、研究を進展させるうえでの参考にできるようにした。

ただし、個々の論文では重要でありながら、観点としてまとまりがなかったために、本論文には載せてない内容も多い。原典にあたるのが重要であることはいうまでもない。

情報教育に関する実験では、“条件 A1 と条件 B1 の組合せによる実験”、“条件 A2 と条件 B2 の組合せによる実験”が行われていても、“条件 A1 と条件 B2 や条件 A2 と条件 B1 の組合せ”で実験がされていないことが多く、実験の網羅性が欠けていることが多い。個人研究者が実験を実施する場合は多数の組合せができないことが多いのでやむをえない面もあるが、多数の教員が共同して、ある領域において網羅的にデータを取得するような試みがあってもよいのではないと思われる。本論文で行った調査をより進めて、そのような領域を特定することが今後の課題である。

参 考 文 献

- 1) 市村 哲, 山下亮輔, 松本圭介, 中村亮太, 上林憲行: 紙答案と電子フィードバックを併用した講義支援システム, 情報処理学会論文誌, Vol.49, No.1, pp.525–533 (2008).
- 2) 情報処理学会: キーワード, 情報処理学会(オンライン). 入手先 <http://www.ipsj.or.jp/08edit/journal/shippitsu/keyword.pdf> (参照 2007.11.25)
- 3) 日本教育工学会: 教育工学事典, 実教出版株式会社 (2000).
- 4) ACM: ACM(オンライン). 入手先 <http://www.acm.org/about/class/1998> (参照 2007.11.25)
- 5) 高木正則, 田中 充, 勅使河原可海: 学生による問題作成およびその相互評価を可能とする協調学習型 WBT システム(教育, <特集> インタラクシオン技術の原理と応用), 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.3, pp.1532–1545 (2007).

- 6) 羽山徹彩, 楊 向東, 國藤 進: 学習知識フィルタリングを用いた協調ノートシステム(協調学習, <特集> 情報教育(理念・理論・実践)), 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.8, pp.2814–2822 (2007).
- 7) 北原圭吾, 井上智雄, 重野 寛, 岡田謙一: 協調学習支援を目的としたテーブルトップインタフェース(学習支援), 情報処理学会論文誌, Vol.47, No.11, pp.3054–3062 (2006).
- 8) 井上智雄, 重野 寛, 岡田謙一: 協調学習における掲示板ユーザの動的グループ化による情報アクセス性の向上(グループインタラクシオン支援), 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.10, pp.2490–2494 (2003).
- 9) 稲葉晶子, 大久保亮二, 池田 満, 溝口理一郎: 協調学習におけるインタラクシオン分析支援システム, 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.11, pp.2617–2627 (2003).
- 10) 平井佑樹, 樫山淳雄: 作問に基づく協調学習支援システムとその分散非同期学習環境への適用, 情報処理学会論文誌, Vol.49, No.10, pp.3341–3353 (2008).
- 11) 中尾茂子, 安達一寿: e-learning 学習支援システムの協調学習ツールを利用したプログラミング演習の実践と評価, 日本教育工学会論文誌, Vol.30, pp.145–148 (2006).
- 12) 望月俊男, 藤谷 哲, 一色裕里, 中原 淳, 山内祐平, 久松慎一, 加藤 浩: 電子会議室の発言内容分析による協調学習の評価方法の提案, 日本教育工学会論文誌, Vol.28, No.1, pp.15–27 (2004).
- 13) 西森年寿, 中原 淳, 望月俊男, 松河秀哉, 八重樫文, 久松慎一, 山内祐平, 鈴木真理子, 永田智子: 高等教育の教室の授業と連携した e-Learning 環境構築支援システムの開発と実践: 多様な参加形態と公開に着目して, 日本教育工学雑誌, Vol.27, pp.9–12 (2004).
- 14) 西森年寿, 加藤 浩, 望月俊男, 八重樫文, 久松慎一, 尾澤重知: 高等教育におけるグループ課題探究型学習活動を支援するシステムの開発と実践(<特集> 実践段階の e-Learning), 日本教育工学会論文誌, Vol.29, No.3, pp.289–297 (2006).
- 15) 梅村 透, 赤堀侃司, 赤倉貴子: 学習者が集団学習をしていると実感できる機能を有する e-Learning System の開発と評価, 日本教育工学会論文誌, Vol.29, pp.173–176 (2006).
- 16) 高林 哲, 増井俊之: QuickML: 手軽なグループコミュニケーションツール(強調支援)(<特集> 「インタラクシオン: 理論, 技術, 応用, 評価」), 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.11, pp.2608–2616 (2003).
- 17) 川島芳昭, 石川 賢: グループ学習での教え合いを支援するソフトウェア教材の開発と評価, 日本教育工学会論文誌, Vol.28, pp.97–100 (2005).
- 18) 岡田昌也, 山田暁通, 吉田瑞紀, 垂水浩幸, 粥川隆信, 守屋和幸: 現実・仮想経験拡張型システム DigitalEE II による協調型環境学習(<特集> コラボレーションの「場」とコミュニティ)の編集にあたって(教育支援), 情報処理学会論文誌, Vol.45, No.1, pp.229–243 (2004).
- 19) 南野謙一, 関口和人, 阿部昭博, 渡邊慶和: 発想法を用いて創造的な課題解決を支援するグループ学習: ソフトウェア演習への適用(教育), 情報処理学会論文誌, Vol.47,

- No.5, pp.1578-1592 (2006).
- 20) 由井園隆也, 重信智宏, 榎野晶文, 宗森 純: リアルタイムなコミュニケーション行為であるチャットへの意味タグ付加と電子ゼミナールへの適用(学習支援, <特集> ユビキタス社会におけるコラボレーションサービス), 情報処理学会論文誌, Vol.47, No.1, pp.161-171 (2006).
 - 21) 篠沢佳久, 植竹朋文, 高雄慎二: 情報教育授業の補佐的な役割を持つ電子掲示板システム「IS-Board」の構築(グループウェア), 情報処理学会論文誌, Vol.45, No.2, pp.623-634 (2004).
 - 22) 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(教育), 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.2, pp.958-968 (2007).
 - 23) 生田目康子: ピア・レビューをともなうグループ学習の評価: 一斉型プログラミング授業への適用(教育), 情報処理学会論文誌, Vol.45, No.9, pp.2226-2235 (2004).
 - 24) 藤原康宏, 大西 仁, 加藤 浩: 継続的な学習者間評価を導入した情報教育の実践, 情報処理学会論文誌, Vol.49, No.10, pp.3428-3438 (2008).
 - 25) 大即洋子, 坂東宏和, 加藤直樹, 中川正樹: 対話型電子白板を用いたグループ間の競争による学習を支援する教育ソフトウェアの一例とその効果(<特集> オブジェクト指向技術), 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.6, pp.1635-1644 (2003).
 - 26) 松久保潤, 林 幸雄: 局所的なリンク構造に基づくコミュニティ構造の抽出法(社会活動支援), 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.1, pp.301-310 (2005).
 - 27) 菅沼 明, 峯 恒憲, 正代隆義: 学生の理解度と問題の難易度を動的に評価する練習問題自動生成システム, 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.7, pp.1810-1818 (2005).
 - 28) 長瀧寛之, 伊藤亮太, 大下福仁, 角川裕次, 増澤利光: アルゴリズム学習における間違い探し形式の演習課題を自動生成する手法の提案と評価, 情報処理学会論文誌, Vol.49, No.10, pp.3366-3376 (2008).
 - 29) 中山 実, 西原明法, 青柳貴洋, 牟田博光, 内山正史, 角崎正人: 同期型講義を活用した SCORM 準拠 e ラーニング教材の作成, 日本教育工学会論文誌, Vol.28, pp.81-84 (2005).
 - 30) 中村亮太, 井上亮文, 市村 哲, 岡田謙一, 松下 温: 誘目性の高い講義コンテンツを作成する自動編集システム(学習支援, <特集> ユビキタス社会におけるコラボレーションサービス), 情報処理学会論文誌, Vol.47, No.1, pp.172-180 (2006).
 - 31) 石川貴彦, 赤間 清, 三浦克宜: Web 教材作成支援システムの開発とその利用による教育方法の変化, 日本教育工学会論文誌, Vol.30, pp.121-124 (2006).
 - 32) 植野真臣, 植野真理, 相馬峰高, 甲 圭太, 山下裕行: 長岡技術科学大学における e ラーニング・マネジメント, 日本教育工学会論文誌, Vol.29, No.3, pp.217-229 (2006).
 - 33) 鍋木 誠, 上橋純子, 浅瀬純子, 加藤雅之, 康 敏: 音声合成エンジンを用いた教材作成及び学習支援システムの開発, 日本教育工学雑誌, Vol.27, pp.141-144 (2004).
 - 34) 渡辺博芳, 荒井正之, 武井恵雄: 初等アセンブラプログラミング評価支援のための事例ベース構築法(教育)(<特集> コラボレーションアートとネットワークエンターテイメント), 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.2, pp.496-506 (2003).
 - 35) 重信智宏, 野田敬寛, 吉野 孝, 宗森 純: SEGODON-PDA: 無線 LAN と PDA を用いた柔軟な授業支援システム(<特集> コラボレーションの「場」とコミュニティ)の編集にあたって(教育支援), 情報処理学会論文誌, Vol.45, No.1, pp.255-266 (2004).
 - 36) 柳町高正, 赤倉貴子: 非同期型 e-Learning System における学習者の疑問解消支援機能を持つ電子掲示板, 日本教育工学会論文誌, Vol.30, pp.9-12 (2006).
 - 37) 小松原実: LAN を用いた学習・試験実施支援システムの評価, 日本教育工学雑誌, Vol.27, pp.29-32 (2004).
 - 38) 石野将教, 佐々木整: KNOPPIX を利用した IT 教育実践, 日本教育工学会論文誌, Vol.30, No.4, pp.323-331 (2007).
 - 39) 米満 潔, 梅崎卓哉, 藤井俊子, 江原由裕, 穂屋下茂, 角 和博, 高崎光浩, 大谷 誠, 大月美佳, 皆本晃弥, 岡崎泰久, 渡辺健次, 近藤弘樹: Moodle と XOOPS を基盤とし大学の要求を考慮した学習管理システムの開発と運用(教育支援, <特集> ユーザ指向の分散システム/インターネットの運用・管理), 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.4, pp.1710-1720 (2007).
 - 40) 三井浩康, 杉原弘章, 小泉寿男: 遠隔実験を含む Web 型遠隔授業のスケジューリング方式, 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.1, pp.279-288 (2005).
 - 41) 西田知博, 原田 章, 中村亮太, 宮本友介, 松浦敏雄: 初学者用プログラミング学習環境 PEN の実装と評価, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.8, pp.2736-2747 (2007).
 - 42) 斐品正照, 徳岡健一, 河村一樹: 構造化チャートを用いたアルゴリズム学習支援システム(情報教育), 情報処理学会論文誌, Vol.45, No.10, pp.2454-2467 (2004).
 - 43) 福永良浩, 平嶋 宗, 竹内 章: e-Learning 教材における読解促進を目的とした下線引き活動に対するフィードバック機能の実現とその効果, 日本教育工学会論文誌, Vol.29, No.3, pp.231-238 (2006).
 - 44) 菅原典子, 織田恵太, 赤池英夫, 角田博保: 集合教育に用いる即応型 e-ラーニングシステム SHoes における組織学習支援, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.8, pp.2791-2801 (2007).
 - 45) 松内尚久, 芝 治也, 山口 巧, 藤原憲一郎: 自発能動的な学習環境を提供する双方向型授業支援システムの実践と評価, 情報処理学会論文誌, Vol.49, No.10, pp.3439-3449 (2008).
 - 46) 角 世元, 李 曉永, 出口博章, 太田 剛, 酒井三四郎: オンラインレポート添削支援システムにおけるターンアラウンド時間の分析, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.8, pp.2781-2790 (2007).
 - 47) 森田裕介, Kenne, J., 西原明法, 中山 実, Koen, B.V.: 国際的 Web ベース個別教授システム(Psi)によるプログラミング学習の実践, 日本教育工学会論文誌, Vol.30, pp.37-40 (2006).
 - 48) 藤原康宏, 大西 仁, 永岡慶三: 情報処理入門科目におけるオンライン個別学習システ

- ムを利用した授業実践とその効果, 日本教育工学会論文誌, Vol.29, pp.109-112 (2006).
- 49) Deerwester, S., Dumais, S.T., Furnas, G.W., Landauer, T.K. and Harshman, R.: Indexing by Latent Semantic Analysis, *Journal of the Society for Information Science*, Vol.41, No.6, pp.391-407 (1999).
- 50) 西野洋介, 田中裕樹, 川口貴弘, 早川栄一: 工業高等学校における OS 学習支援環境の実践と評価 (教育支援, <特集> 情報教育 (理念・理論・実践)), 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.8, pp.2802-2813 (2007).
- 51) 荒井正之, 田村尚也, 渡辺博芳, 小木曾千秋, 武井恵雄: TCP/IP プロトコル学習ツールの開発と評価 (教育), 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.12, pp.3242-3251 (2003).
- 52) 阿部哲也: アルゴリズム教育のための教材の開発, 日本教育工学雑誌, Vol.27, pp.45-48 (2004).
- 53) 伊藤清美, 柳沢昌義, 赤堀侃司: Web 教材へ書き込みを可能とする WebMemo システムの開発と評価, 日本教育工学会論文誌, Vol.29, No.4, pp.491-500 (2006).
- 54) 椿本弥生, 赤堀侃司: 主観的レポート評価の系列効果を軽減するツールの開発と評価, 日本教育工学会論文誌, Vol.30, No.4, pp.275-282 (2007).
- 55) University, W.: WIDE University School of Internet. <http://www soi.wide.ad.jp/>
- 56) 市村 哲, 中村亮太, 伊藤雅仁, 宇田隆哉, 田胡和哉, 松下 温: QuickBoard: 任意のアプリケーション画面をリアルタイム配信する Web システム, 情報処理学会論文誌, Vol.45, No.1, pp.244-254 (2004).
- 57) 松浦健二, 金西計英, 三好康夫, 矢野米雄: 授業アーカイブ型 e-Learning システムにおける簡易試験を用いた受講前・中・後の学習支援環境の試作 (<特集> 実践段階の e-Learning), 日本教育工学会論文誌, Vol.29, No.3, pp.251-259 (2006).
- 58) 荒川雅裕, 植木泰博, 冬木正彦: 授業支援型 e-Learning システム CEAS を活用した自発学習促進スパイラル教育法, 日本教育工学会論文誌, Vol.28, No.4, pp.311-321 (2005).
- 59) 堀田龍也, 村上 守, 森下誠太: e-Learning を取り入れた大学授業における授業評価情報の分析, 日本教育工学雑誌, Vol.27, pp.145-148 (2004).
- 60) 中山 実, 山崎信雄, 山本 徹, 恵藤健二, 加藤真一, 清水康敬: 実習中心型 e-Learning の実施形態による学習評価の検討, 日本教育工学会論文誌, Vol.29, pp.221-224 (2006).
- 61) 鈴木真理子, 永田智子, 西森年寿, 望月俊男, 笠井俊信, 中原 淳: Web ベース授業研究支援「eLESSER」プログラムの開発, 日本教育工学会論文誌, Vol.30, pp.49-52 (2006).
- 62) Keller, J.M.: Development and use of the ARCS model of instructional design, *Journal of Instructional Development*, Vol.10, No.3, pp.2-10 (1987).
- 63) 井上 明, 金田重郎: 実システム開発を通じた社会連携型 PBL の提案と評価, 情報処理学会論文誌, Vol.49, No.2, pp.930-943 (2008).
- 64) 松澤芳昭, 大岩 元: 産学協同の Project-based Learning によるソフトウェア技術者教育の試みと成果, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.8, pp.2767-2780 (2007).
- 65) 松澤芳昭, 杉浦 学, 大岩 元: 産学協同の PBL における顧客と開発者の協創環境の構築と人材育成効果, 情報処理学会論文誌, Vol.49, No.2, pp.944-957 (2008).
- 66) 斎藤俊則, 大岩 元: 情報教育の観点から見たメディア・リテラシーの必要性和その教育内容 (教育) (<特集> 次世代移動体通信システム), 情報処理学会論文誌, Vol.45, No.12, pp.2856-2868 (2004).
- 67) 坂本憲昭, 深瀬光聡, 峯 恒憲, 日下部茂, 中西恒夫, 大森洋一, 北須賀輝明, ウッディンモハマッドメスバ, 荒木啓二郎, 福田 晃, 安浦寛人: 大規模な産学連携による高度 ICT 人材育成に向けての取り組み, 情報処理学会論文誌, Vol.49, No.8, pp.2830-2842 (2008).
- 68) 掛下哲郎, 山本真司: IT 分野のスキル標準を用いた知識・スキル項目の体系化と教育プログラムの分析事例, 情報処理学会論文誌, Vol.49, No.10, pp.3377-3387 (2008).
- 69) 野澤孝之, 井田正明, 芳鐘冬樹, 宮崎和光, 喜多 一: シラバスの文書クラスタリングに基づくカリキュラム分析システムの構築 (教育), 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.1, pp.289-300 (2005).
- 70) 杉浦 学, 松澤芳昭, 岡田 健, 大岩 元: アルゴリズム構築能力育成の導入教育: 実作業による概念理解に基づくアルゴリズム構築体験とその効果, 情報処理学会論文誌, Vol.49, No.10, pp.3409-3427 (2008).
- 71) Kirkpatrick, D.: *Evaluation*, pp.294-312, McGraw-Hill (1996).
- 72) 徳村朝昭, 前川朝康, 鈴木克明: ICT スキル研修改善のためのアクションプラン導入手法, 日本教育工学会論文誌, Vol.30, No.3, pp.203-212 (2006).
- 73) Baker, F.B. and Kim, S.-H. (Eds.): *Item Response Theory: Parameter Estimation Techniques*, CRC Press (2004).
- 74) 甘泉瑞応, 孫 勝国, 程 子学: 多肢式テストにおける LT/R・W 図を用いた正解・不正解に関する要因分析手法の提案, 情報処理学会論文誌, Vol.47, No.11, pp.3041-3053 (2006).
- 75) Jonassen, D.: *Theoretical Foundations of Learning Environments*, Lawrence Erlbaum Assoc Inc. (1999).
- 76) Pintrich, P.R.: Reliability and Predictive Validity of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ), *Educational and Psychological Measurement*, Vol.53, No.3, pp.801-813 (1983).
- 77) 黒田知紗, 宮奈 剛, 野嶋栄一郎: オンデマンド型 Web 教材を付加した対面授業の開発と評価, 日本教育工学会論文誌, Vol.28, pp.69-72 (2005).
- 78) Blei, D.M., Ng, A.Y. and Jordan, M.I.: Latent Dirichlet Allocation, *Journal of Machine Learning Research*, Vol.3, pp.993-1022 (2003).
- 79) 植野真臣, 永岡慶三: ガンマ分布による e-Learning 所要時間データのオンライン解析, 日本教育工学会論文誌, Vol.29, No.2, pp.107-117 (2005).
- 80) 滝田 亘, 中山 実: 視覚と聴覚による文章の提示と記憶への影響, 日本教育工学雑誌, Vol.27, pp.81-84 (2004).

- 81) 佐久本功達, アリファテヘルアリム・F, 櫻井広幸, 杉本雅彦, 石原 学, 志方 泰:
音声情報を利用した WBT と映像情報を利用した WBT の比較, 日本教育工学会論文誌, Vol.28, pp.249-252 (2005).

(平成 20 年 11 月 26 日受付)
(平成 21 年 7 月 2 日採録)



山本 三雄 (学生会員)

1954 年生。1978 年日本大学文理学部数学科卒業。1978 年山崎製パン株式会社。1988 年明生情報処理専門学校専任教員。1993 年千葉県民共済生活共同組合。1993 年アクト情報ビジネス専門学校専任教員。2008 年東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻修士課程在籍。情報処理教育全般に興味を持つ。



関谷 貴之 (正会員)

1972 年生。1995 年東京大学工学部精密機械工学科卒業。2000 年同大学院博士課程単位取得退学。2000 年博士 (工学)。2000 年より東京大学情報基盤センター助手。2007 年より東京大学情報基盤センター助教。設計工学, 教育支援システムの研究に従事。



山口 和紀 (正会員)

1956 年生。1979 年東京大学理学部数学科卒業。1981 年東京大学理学部助手。1985 年理学博士 (東京大学)。1989 年筑波大学電子情報工学系講師。1992 年東京大学教養学部助教授。1999 年東京大学情報基盤センター教授。2007 年東京大学大学院総合文化研究科教授。コンピュータのためのモデリング全般に興味を持つ。ACM 会員。