The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	教授・学習におけるシミュレーション利用に関する研究
Author(s)	松永, 公廣
Citation	大阪大学, 2001, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3188019
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

教授・学習におけるシミュレーション利用に関する研究

２００１年３月

松永　公廣

目次

第１章　序論 ---------- 1

１・１　研究の目的 ---------- 3

第２章　シミュレーションの教育利用 ---------- 9

２・１　シミュレーション ---------- 9
２・２　ＣＡＩ ---------- 10
２・３　教授学習システム ---------- 11

第３章　授業における展開図組立シミュレーション利用の研究 ---------- 15
３・１　はじめに ---------- 15
３・２　展開図組立シミュレーションの構成 ---------- 16
３・２・１　展開図組立シミュレーションの操作方法
３・３　実験の概要 ---------- 23
３・３・１　事前テストと事後テスト
３・３．２　展開図組立シミュレーションの実験結果
３・３・３　アンケートによる情意面の評価
３・４　おわりに ---------- 34

第４章　ヒント生成機能をもつ制御系設計演習システムによる学習の研究 -- 36
４・１　あらまし ---------- 36
４・２　制御系設計問題 ---------- 37
４・３　設計の進捗状況のモデル ---------- 38
４・４　ＩＳＡＡＣの構成 ---------- 40
４・５　メニューの構成 ---------- 41
４・６　ヒント生成の流れと補償状態 ---------- 41
４・７　システムの評価 ---------- 45
４・８　おわりに ---------- 52

第５章　シミュレーションを利用した献立作成演習の研究 ---------- 54
５・１　はじめに ---------- 54
５・２　演習システムの構成 ---------- 55
５・２・１　学習者の献立作成のモデル
５・２・２　応答する環境と演習システム
５・２・３　演習システムの機能
５・２・３・１　ヒント生成機能
５・２・３・２　献立作成過程の操作グラフ
５・３　演習方法の特徴 ---------- 61
５・３・１　問題点埋め込み式演習法
５・３・２　演習システム利用の教師の利点
５・３・３　登録された料理
５・４　献立作成システムと教師の指導の評価 ---------- 63
５・４・１　演習方法
５・４・１・１　演習計画
５・４・２　演習課題
５・４・３　事前テストと事後テストによる演習の有効性の評価
５・４・４　学習者が作成した献立による演習の評価
５・４・４・１　学習者の献立の教師評価
５・４・４・２　献立の自己評価
５・４・５　アンケートによる評価
５・４・５・１　アンケート方法
５・４・５・２　アンケート結果
５・４・６　課題解決のための学習者の相談の状況
５・４・７　演習結果の考察
５・５　問題点埋め込み式献立作成演習の評価 ---------- 74
５・５・１　演習方法
５・５・２　演習課題
５・５・３　事前テストと事後テストによる演習の評価
５・５・４　学習者の作成した献立による評価
５・５・４・１　献立の評価
５・５・４・２　栄養価の調整
５・５・４・３　献立に利用された料理

5・5・5　演習システムのフィードバックの評価
5・5・5・1　フィードバック方法
5・5・5・2　フィードバックの効果
5・5・6　献立作成過程の分析
5・5・6・1　演習システム機能の使用頻度
5・5・6・2　演習システム機能の使用順序
5・5・7　アンケートによる評価
5・5・8　演習結果の考察
5・6　おわりに ---------- 94

第6章　生産計画作成演習におけるビジネスシミュレーション利用の研究 ---- 97
6・1　はじめに ---------- 97
6・2　ビジネスシミュレーションによる学習 ---------- 97
6・2・1　経営する会社
6・2・2　ビジネスシミュレーションによる学習
6・3　生産計画作成演習 ---------- 101
6・3・1　演習方法
6・3・2　事前テストと事後テスト
6・3・3　アンケートによる評価
6・3・3・1　アンケート方法
6・3・3・2　アンケート結果
6・3・4　生産計画と自己評価
6・3・4・1　生産計画の変化
6・3・5　生産計画図の作図
6・4　おわりに ---------- 110

第7章　結論 ---------- 112
7・1　研究の概要 ---------- 112
7・2　研究のまとめ ---------- 114
7・3　今後の課題 ---------- 115

謝辞 ---------- 116

業績目録 ---------- 117
付録
付録３．１
付録５．１
付録５．２
付録５．３
付録５．４
付録６．１
付録６．２
付録６．３

第１章　序論

ＩＴ(Information technology)革命はあらゆる分野で進行しており、いずれの職場でもコンピュータを使いこなすことによって直面する問題をすばやく発見し、解決できる人材が求められ、社会全体としてその能力と資質を育成することに力が注がれている。

工業の分野では、生産設備のＮＣ(Numerical Control)、ＣＡＤ(Computer Aided Design)、ＣＡＭ(Computer Aided Manufacturing)化が進んでいる。それらを活用する要員の教育では、学習者が技術革新を取り入れて先端機器を使いこなせるように、その基礎であるドラフターによる作図や旋盤やフライス盤加工などの技術教育を充実させる教育改善が行われている。

流通・販売の分野では、企業間のビジネス文書を電子的に交換するEDI(Electronic Data Interchange)が、情報通信の発達で企業と消費者の間にも広がってきている。企業は市場における競争力を維持するために情報技術を利用したさまざまな経営改善を行なっており[1)]、これらの背景から経営系の学科はカリキュラムを変えざるを得ない状況となっている。

また人々は、銀行でお金を引き出すときに利用するＣＤ(Cash Dispenser)／ＡＴＭ(Automatic Tellers Machine)や航空機座席予約、ホテル宿泊予約、興行チケット予約などの予約サービスシステムなどの情報ネットワークシステムを日常的に利用している。また190年代に現れたインターネットは、行政、医療、ビジネス、文化施設、日常生活などのさまざまの情報を多様な形式で提供している。そのなかにはテキスト・画像情報だけではなく専門家向けのVLSI設計シミュレーションや生活に役立つ学習用のシミュレーション、ローンシミュレーションや人生シミュレーションや株式シミュレーションなどがある。そのことから人々がコンピュータを日常的に利用して考えるようになっていることが知られる。

このような社会構造の急激な変化に対応するには、学習者は従来のような「受動的な学習者」ではなくコンピュータを道具として使いこなすことによってすばやく問題を発見し解決する「能動的な学習者」への変容が求められている。

国の教育制度では次のような改訂が進んでいる。平成３年３月告示の学習指導要領では[2)]、「学校の教育活動を進めるに当たっては、自ら学ぶ意欲と社会の変化に主体的に対応できる能力の育成を図るとともに、基礎的・基本的な内容の指導を徹底し、個性を生かす教育の充実に努めなければならない」と述べられている。また平成８年６月の「２１世紀を展望した我が国の教育の在り方について」中央教育審議会の第一次答申では、「・・これからの子どもたちに必要となるのは、いかに社会が変化しようと、自分で課題を見つけ、自ら学び、自ら考え、主体的に判断し行動し、よりよく問題を解決する資質や能力であり・・」と述べられている。以上の記述を踏まえると、自分で課題を見つけ、自ら学び、自ら考え、判断し行動し、よ

りよく問題を解決する資質や能力を育てていくことがこれからの教育における重要な課題であることが伺える。

この課題に対する研究事例として、長谷川勝久[3]は、高度情報化社会における新しい学力観と学習環境の変化に対応できる力を自己学習力ととらえ、構造的テキストデザイン法による教材開発と、それらを用いた指導法について提案している。前田恵三[4]や森石峰一[5]らは、プログラミングや移動ロボットによる「もの作り」が、自分自身で問題・課題を見つけ出し、自分でためしては考え、解決していく能力を学習者が身に付けていく教育方法の１つであると述べている。また従来の視聴覚機器を適切に利用した教育は、学習者の知的発達を促進し創造性を育成することをめざす課題に答える一つ方法である。

このような研究事例よりさまざまのメディアのうちコンピュータを利用したシミュレーション形式のＣＡＩ（Computer Assisted Instruction）システムは、適切に利用すれば「自ら問題を発見し解決する」資質や能力を育成する教育メディアとして役立つとみることができる。

教育メディアとしてのシミュレーションは、学習対象のモデルがコンピュータ上に構築され、学習者が自由に操作し、システムの応答から学習者が自主的に学習するように設計されたコンピュータ上の模擬学習環境である。従来の授業では、教材が教師の設計した教案に沿って教師から直線的に順をおって提示されるため、学習者によっては教育内容全体を学習するのが難しい場合があるといわれている。これに対し適切にシミュレーションを利用した授業では、学習者はシミュレーション結果を観察して理解できるところから与えられた課題を学習し、自分の考えを修正しながら少しずつ解決していくことができると考えられる。学習者は、学習過程で友人達と共通のシミュレーション経験にもとづいて結果について詳しく吟味することや、何故上手く行ったのか上手く行かなかったのかを検討することによって、最後には対象のモデルを個別に理解することが可能となる。このようにシミュレーションを適切に利用することによって、従来の教育法では没頭できなかった学習者が学習のための刺激的な環境で学習できることが期待できる。

シミュレーションによる学習には、長い目でみればシミュレーション世界に限らず現実の環境にも対処しうる能力の種となる可能性をみることができる。

しかしコンピュータシミュレーションを課題とともに学習者に与えただけで教育目標が達成されるとはかぎらないため、コンピュータを教授・学習の場で利用した場合の学習者の状況、システムの使い方、利用にあたっての留意点を実験によって検討することは、学習者「自ら問題を発見し解決する」資質と能力を育成する教授メディアとしてコンピュータシミュレーションをみるときに必要であると考えられる。

この１０数年の間にパーソナルコンピュータが学校に導入されるようになった。それにともなって小学校、中学校、高校でのコンピュータ利用の研究事例が教育関

連の諸学会で多く報告されるようになっている。特にこの数年にコンピュータの設置台数が急速に増えるとともに性能も向上したため、教師が授業における学習の道具または従来の視聴覚機器に優る教授メディアとして利用できる環境が整ってきている。また教育制度の面でも次の学習指導要領に盛り込まれる小学校「総合的な学習」時間の導入、中学校「情報基礎」の必修化と発展的な選択領域の新設、高等学校の普通教科「情報」の設置などによって、コンピュータを活用できる環境が整いつつある。一方コンピュータの技術革新によってＧＵＩ（Graphical User Interface）などのインターフェースが整い、教師が様々の目的を持つシミュレーションシステムを比較的容易に開発・修正できるようになっている[6)、7)、8)、9)]。

１・１　研究の目的

本節では本研究をまとめるまでの研究の経緯を述べる。最初に教育研究という分野に踏み入れたのは、学習者の学習成績モデルの構築というテーマであった。教育現場で学習者の成績推移を観察していると、制御理論を専攻し教育現場に入ったためか、学習成績の推移を何らかのパラメータでモデル化できるのではないかと考えるようになった。今振り返ると直感だけにたよった大変無謀な試みであったと考えられるが、教授・学習過程をみて学習成績に関わる変数を見出そうとする出発点になったと考えている[10)、11) 12)]。

次に担当していた工学実験を能率化するために、工学実験シミュレーションの開発を行った。工学実験は、学習者がテーマごとに機器をそろえて実験を行い、処理したデータを報告書にまとめて教師に提出する形式の授業である。機器を更新する費用も十分ではなく機器の陳腐化も進んでいたために実験機器をシミュレーションで代用できればと考えたのが出発点であった。開発したシミュレーションを試用すると想像以上に実感が伴わないなどの教育上の留意点が明らかとなった。シミュレーション対象の選択がシミュレーションの教育利用には重要であることがわかった[13)、14)、15)、16)]。　1980年代後半には時代の進歩に合わせてワンボードマイコンを使った制御実習、回路製作実習などが工学実験に取り入れられ、その実習がうまくいかないときに学習者を支援するシステムの開発を行った。その時期にはICAIやITSの研究が進んでいたため、その有効性を教育現場で検証したいと考えたのが出発点であった。プロトタイプを開発して試用したところ、学習者の制作した回路の状況をシステムに入力するユーザインターフェースや学習者への支援メッセージを推論するための知識ベースを充実させることが、実習に役立つ性能を発揮させるに必要であることがわかった。特に知識ベースに蓄積する教育現場の知識を抽出することのむずかしさを知ることができた[17)、18)]。

１９８０年代後半になると小学校にパソコンを設置する自治体も現れ、学校を挙げて行う研究授業のために、四角錐の展開図シミュレーションなどの教材を共同開発したいという依頼が持ち込まれるようになった。その開発過程で、学校の先生に

教師と学習者の両方の立場で開発した教材を評価してもらったり授業で使った結果を聞いたりして、シミュレーション機能や画面に表示するメッセージやユーザインターフェースを学習者の立場で改善していくことの重要性を知ることができた。この時期にはパソコンを利用できる時間を十分にとれないことや１台を２～３人で使うなどの制約があっても、学習者が目を輝かせて使う様子を観察することができ、大変はげみとなった[19)、20)]。

１９８０年代末に制御工学の授業を担当することになった。学習者は制御理論に関する知識を学んでから制御系の設計演習を行う。制御系の設計における学習者は、パラメータを変更するたびに線図を描き設計の妥当性を確認する。最初は従来と同じように電卓で設計演習を行ったが、線図を描くのに時間がかかるだけでなく、難しいと感じる学習者も多かった。次年度には開発したシミュレーションソフトを配布することによって設計演習の進度は速くなり、演習回数も多く取れた。しかし試験の結果をみるとまだ目標に到達していない学習者もいた。そこで４章で述べるようにICAIの技術を用いたヒント生成機能を持つ制御系設計演習システムを開発・実践した[21)、22)]。

１９９０年代初めにはFM音源付きのマルチメディア志向のパソコンが小中学校に設置されるようになった。　それにともなって和音生成機能を持つ音楽教育用シミュレーションを開発した。その目的は、音楽は好きだが音楽授業は不得意と感じる学習者に音楽を楽しませたいということであった。シミュレーションは、楽譜をマウスで入力すればメロディと和音を一緒に演奏する機能と和音の決め方を説明する機能を持っていた。授業で利用すると学習者の入力したメロディを十数台のパソコンが一斉に演奏してかなり騒々しかったが学習者は楽しそうに使っていることを観察できた[23)]。

１９９０年ごろから小学校との共同研究で３章に述べている展開図組立シミュレーションの開発に取り掛かった。過去に四角錐の展開図シミュレーションを開発した経験があるため問題点は少ないと思ったが、学習者に入力した展開図の組み立て過程を順番に見せることと、学習者に新しい展開図を考えるヒントの示すシステムの設計に時間をとられた。ヒントの生成方法には指針があるわけではなく、教師の経験を参考に試作するしかなかった。そのときDOS版で開発したので継続的に利用するにはWINDOW版に移植しなければならないこととなりソフトウエアのライフサイクルの短さを実感した[24)、25)、26)、27)]。

１９９２年に経営情報学部に職を移し研究を続けることとなった。それにともないシミュレーションの対象は工学から経営に関する内容に変化していった。シミュレーションの対象にあわせて開発用言語は表計算のエクセルが中心となり、６章で述べるビジネスシミュレーションとエクセルで使える汎用ヒント生成機能の開発を行った。開発したビジネスシミュレーションをゼミの学生で実践したところ、最初あまり興味を示さなかった学習者が回数を経るにつれて懸命に利益を追求している

ことに驚きを覚えた[28)、29)、30)]。

１９９４年には、一生の経費の収支を計算できるライフプランシミュレーションを開発した。人生に起こりうるイベントを想定できる限り入力すると保険や年金も加えて収支を計算する機能を持っていた。開発の目的は、それを経験することが長期展望に立った人生設計に役立つと考えたためであった。翌年に同じようなシステムをノートパソコンに搭載して保険の勧誘に利用している会社があることを知り、シミュレーションが日常的に使われるようになったことを強く感じた[31)]。

１９９５年に栄養士養成コースを持つ短大と共同で５章に述べるような献立作成演習システムの開発をはじめた。その時期においても栄養素計算のソフトウエアは市販されていたが、専門家が利用するソフトウエアと学習のために利用するソフトウエアではその機能や利用方法が異なると考えて、教授・学習にシミュレーションを利用するにあたっての課題を研究しながらシステムの開発・実践・評価を繰り返し現在にいたっている[32)、33)、34)]。

以上のような研究経過からコンピュータシミュレーションを学校教育のような集団教育あるいは個別教育に適切に利用した場合、学習者は、教師から与えられた課題の理解できたところから、①目標・課題の設定、②目標・課題への取り組み、③結果の認識・評価、を課題に含まれる教育目標が達成されるまで学習者主導で繰り返し学習すると考えるようになった。その意味で「自ら問題を発見し解決する」資質・能力を育成するためにコンピュータシミュレーションは有力な候補であると考えている。

そこで本研究では、教授・学習の場で「自ら問題を発見し解決する」資質と能力を育成するために、コンピュータシミュレーションをどのように構成し、どのように使えば有効になるのかを明らかにすることを目標にして、開発したシミュレーションの実験から導かれた知見を集約し、目標を効果的に達成するうえで必要な条件を提案する。

第１章　参考文献

１）藤山秋良、八鍬幸信：情報化社会と表現能力,技術評論社,2000

２）文部省：小学校学習指導要領,大蔵省印刷局,1989年3月

３）長谷川勝久：自己学習力を育てる教材開発と指導法に関する研究,日本教育工学会論文誌,Vol.22,No.１,pp.29-42,1998

４）前田恵三：もの作りによるエンジニア教育の試み,日本教育工学会研究報告集 JET98-2, 1998

５）森石峰一、古堅真彦、上田信行：Thinking　Toys,日本教育工学会第１５回大会講演論文集,pp.513-514,1999

６）土山牧夫：教育用計算機シミュレータの開発、電子情報通信学会論文誌,Ａ, Vol. J73-A, No.6,pp.1150-1158,1990

７）吉田雅巳、池田繁子：「住環境の快適要因」の探求学習を支援するコンピュータシミュレーションの開発,教育システム情報学会誌,Vol.9,No.１,pp.14-22, 1992

８）岡本毅、石田正次：コンピュータ・シミュレーションによる物理教育の実践,教育工学関連学協会連合第４回全国大会講演論文集,pp.171-172,1994

９）杉原健一:建築・土木系の都市計画科目のための３次元仮想都市シミュレータの開発,教育システム情報学会研究報告,Vol.99,No.4,pp.46-51,1999

１０）西村正太郎、松永公廣：学習過程の数学モデル,日本工学教育学会誌, Vol.29, No.3, pp.20-25, 1981

１１）西村正太郎、松永公廣：練習間隔が不規則変動する教育モデル,計測自動制御学会論文集　,Vo.147,No.2,pp.146-147,1981

１２）西村正太郎、松永公廣：学習態度と成績の関連性,日本工学教育学会誌, Vol.30,No.3,pp.21-25,1982

１３）松永公廣、木村浩行、藤井克彦：実験シミュレータの作成,教育システム情報学会第９回研究発表論文集,pp.135-138,1984

１４）松永公廣：パーソナルコンピュータを用いた実験のシミュレーションの適用例について,教育工学関連学協会連合第１回全国大会講演論文集,pp.241-242,1985

１５）松永公廣：パソコンによる計測・制御実習（シミュレーションを活用して）,教育システム情報学会第１２回研究発表大会論文集,pp.137-140, 1987

１６）松永公廣：パソコンによる計測・制御システム,第３回化学ＰＣソフトウエアー研究討論会講演要旨集,pp.26-27,1988

１７）松永公廣、井澤卓司：パソコンによる回路製作実習の支援（その１）,電子情報通信学会技術研究報告,ET89-42,pp.21-26,1989

１８）野嶋修二、長谷直樹、鶴田明三、河合弘明、松永公廣：パソコンによる回路実習の支援（その２）,電子情報通信学会技術研究報告告,ET89-151, pp.53-58,1990
１９）田中富子、古林昭子、岸本義博、明田吉浩、松永公廣：四角錐展開プログラムと実践　－Ｌｏｇｏを使って－,電子情報通信学会技術研究報告, ET87-9, pp.63-66, 1988
２０）河合弘明、古林昭子、松永公廣：個別学習モードを強化した四角錘の展開シミュレーション,電子情報通信学会技術研究報告,ET90-77,pp.55-60,1990
２１）松永公廣、藤井剛志：学習者の状態推論を用いた演習システム”ＩＳＡＡＣ”の開発と実践,電子情報通信学会技術研究報告,ET91-37,pp.93-100, 1991
２２）松永公廣、藤井剛志：助言生成機能をもつ制御系設計演習用ＣＡＤシステムの開発とその効果, 電子情報通信学会誌Ａ, Vol.J75-A,No.2,pp.353-361, 1992
２３）松永公廣、浅田卓哉：メロディ進行にもとづく和音生成システムの開発と実践,教育システム情報学会誌,Vol.9,No.1,pp.3-13,1992
２４）松永公廣、吉川博史、東野勝治、永井潔、八杉弘昭：思考過程を考慮した立方体展開図のシミュレーションと実践,日本教育工学会研究報告,JET92-3,pp.13-16,1992
２５）松永公廣、吉川博史、東野勝治、木村誠：思考過程を考慮した立方体展開図のシミュレーションと実践（その２）,電子情報通信学会技術研究報告, ET92-25,pp.29-34,1992
２６）松永公廣：ヒント生成機能をもつ立方体展開図シミュレーションの開発と実践例,教育工学関連学協会連合第４回全国大会予稿集,pp.605-606,1994
２７）松永公廣、吉川博史：ヒント生成機能をもつ展開図組立シミュレータの開発と評価,教育システム情報学会誌,Vol.12,No.4,pp.267-278, Jan. , 1996
２８）松永公廣、芝尾淳:工業経営学習のための生産計画シミュレーションの開発と実践,工業経営研究学会誌,Vol.10,pp.26-30,1996
２９）松永公廣、柳井秀三、永尾香留：学習補助機能をもつ統合型生産計画シミュレーションゲームの開発と実践,シミュレーション＆ゲーミング学会誌, Vol.7, No.1, pp.38-48, 1997
３０）松永公廣、岩崎重剛、菅井勝雄：課題解決学習における生産計画シミュレーション活用の評価,教育システム情報学会誌,印刷中
３１）松永公廣、船田庄治：生涯設計ＣＡＤの開発,シミュレーション＆ゲーミング学会誌,Vol.6,No.1,pp.14-24,1996
３２）松永公廣、大澤和孝、深津智恵美、西端律子：教育用献立演習ＣＡＤの設計と試作,摂南大学経営情報研究,Vol.5,No.2,pp.133-145,1998

３３）深津智恵美、森永理恵子、西端律子、松永公廣、菅井勝雄：給食管理実習のための献立作成演習,教育システム情報学会第２４回全国大会講演論文集,pp.399-340,1999

３４）松永公廣、深津智恵美、森永理恵子、西端律子、前迫孝憲、菅井勝雄：シミュレーションにおける問題点埋め込み型演習法の評価,教育工学関連学協会連合第６回全国大会予稿集,pp.129-130,2000

第２章　シミュレーションの教育利用

日常生活のなかでもフライトシミュレーション、震災シミュレーション、宇宙探検のシミュレーション、選挙のシミュレーション、生涯設計シミュレーション[1]のようにシミュレーションという言葉は頻繁に使わるようになった。

シミュレーションは様々の研究分野で利用されているが、教授・学習におけるシミュレーションは、コンピュータ上に学習対象のモデルが構築され、学習者が自由に操作し、システムの応答から学習者が積極的に学習するように設計されたコンピュータ上の模擬学習環境である。このようなシミュレーションを適切に利用することによって学習者は能動的に学習することが期待できる。さらにその過程で学習者はモデル化された対象の教育目標、学習の制約、外的要因などの関係をシステム的に理解することや、各自の学習行動を評価できる能力を獲得することが期待できる[3]。

２・１　シミュレーション[3]

学習者が目の前の対象に問題意識を持ったとしても、対象が実際に稼働しているため試すことができないとか、危険をともなう現象であるとか、実際に試すことができても費用の面で現実的でないなどの制約があるため、自由に学習できないこともある。もし対象のデータを解析して対象をコンピュータ上に模擬することができれば、学習者はそれを使って安全に実験して学習することができる。このように対象を模擬したものがモデルと呼ばれる。

作成されたモデルはいくつかの視点から特徴づけることができる。人体モデル、風洞実験で使われる航空機や鉄道模型などの物理的モデルや対象の持つ機能を数式で表現してコンピュータ上で動かすことができる理論的モデルがある。またモデルのパラメータにランダムな要因を含む確率的モデル[4]、[5]、[6]と含まない決定論的モデルがある。そしてプラモデルのように動かせない静的(static)モデルと実際に動く動的(dynamic)モデルのように分類することもある。

実際の対象をモデル化してコンピュータ上で実験できるようにしたのがコンピュータシミュレーションと呼ばれる。

モデル化の重要な意義は、まったく異なった問題のように見えてもモデル化すると同じ構造をしていることはよくあり、その対象の背後にある構造を既存の知識構造に付加して発展的に理解できることである。このようにあるモデルによって学習した知識は、共通する構造や類似する構造を持つ他の問題に容易に拡張して利用できることが期待できる。

シミュレーションの初期の利用目的は、工学や理学では対象のシステムの分析、設計、運用、システムの理解であったが、コンピュータの普及によってさまざまに利用されるようになり、教育分野では重要な教授・学習の道具になると考えられる。

シミュレーションは、モデルの数値を計算することが大変であるとか、複雑な関

係や不確定要素を持つ対象の学習に特に有効である。近年教育現場にもパソコンが普及したことによってシミュレーションを教育に利用できる環境が整った。またソフトウエア技術の進歩によって教授・学習過程の状況に応じてシミュレーションシステムの機能を容易に変更したり、結果のデータ表現を多様化するなどの設計ができるようになっており、適切に使用するとシミュレーションは有力な教授・学習の道具になると考えられる。

２・２　ＣＡＩ

コンピュータを利用する教育システムは、ＣＡＩ（Computer Assisted Instruction）、ＩＣＡＩ（Intelligent Computer Assisted Instruction）、学習環境型CAIなどに区分されている。

１９５０年代に開発されたＣＡＩは[7]、教師が学習者を指導するときの主要な機能、すなわち１）情報提示、課題提示、指示、助言、２）学習者の反応の評価・診断、３）学習者の回答の正否を知らせる、ほめる、要約するなどのＫＲ（Knowledge of Results）などを代行する教育メディアである。あらかじめ準備された教材が１画面ずつ学習者の進度に合わせて表示されて、学習者は理解の確認問題に回答する。回答が間違っている場合の分岐は教材に登録されており学習者に合わせて柔軟に変化することはない。初期のＣＡＩは、教え込み型またはドリル型と呼ばれ、補習、自習、家庭学習のように教師が付いていないとき、あるいは１人の教師が多数の学習者を同時に個別指導するときに有効であると言われている。

ＩＣＡＩ[8)、9)]は１９７０年代から開発され、ＩＴＳ（Intelligent Tutoring System）とも呼ばれている。ＩＣＡＩは、学習者とシステムが対話する自然言語インターフェース、対象領域の知識を格納した知識ベース、学習者の状況を表現する学習者モデル、教師が持つ教授方略の４つの基本的な要素から構成される。しかし学習者モデルの構成方法が難しいなどの点が実用には大きな課題である。

１９８０年代に普及するようになった学習環境型CAIは、外界に積極的に働きかけることによって自らの認知構造を発達させることができるという考えにもとづき、コンピュータにそのような探求の場が開発されたもので、タートル（亀）を動的モデルとしての容易に扱うことができるPapert[10)]によるLogoに代表される。

２・３　教授・学習システム

坂元昂によれば[11)]、教授・学習過程は、図２．１のようなシステムとみなされ、そのモデルの特徴は、以下のように述べられている[12)]。

① 日本における明治以来の一斉指導の伝統と、当時の教育工学に出現したプログラム学習やテーィチングマシンによる個別化に対応する。

② 教師が主導権をとり、情報や知識をトップダウン的に学習者に伝達し受容させる。基本的には教授環境になるが、教師と学習者間に双方向のコミュニケ

ーションにも配慮されている。

③ 教育目標を設定し、その達成に向け最適な教育方法、メディアを選択する。

④ 個に応ずる指導、発達段階に合わせた指導がなされる。

⑤ 指導の場としては教室である。

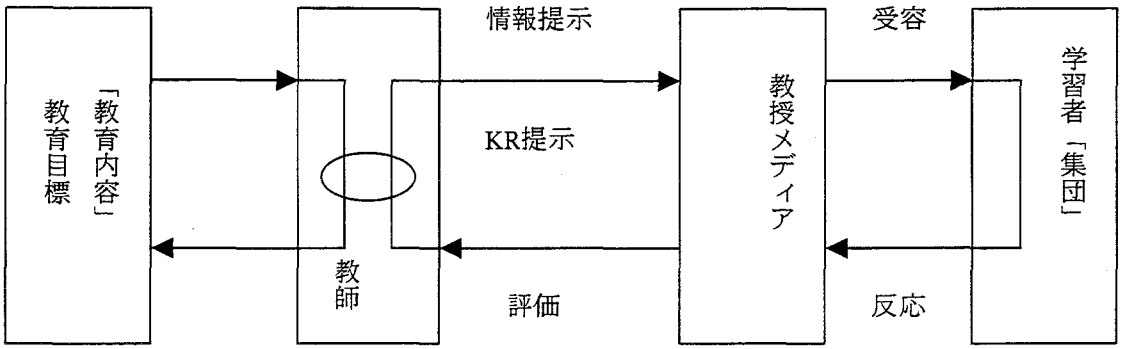


図２．１　教授・学習システムのモデル[1)]

図２．１において教師に重みがかかった場合には学校教育における授業によく似た形式であり、学習者に重みがかかった場合が主体的な学習である。主体的な学習では、学習者が教育目標を認識し、学習者が直面する目標・課題を設定し、目標・課題へ取り組み、結果の認識・評価活動を教育目標の達成まで繰り返す。図２．１の教授メディア[13)]に相当するものとしては、提示用として「黒板」、「OHP」、「教科書」、「映画」、「テレビやビデオ」、「ラジオ」や反応用として「アナライザ」などさまざまの教育機器が利用されている。教師の活動は、授業に準備として教案作りをする「設計」、それをもとに教室で実際に教授メディアを使って授業を行う「実践」、行った授業がどうであったかを分析して次の授業にフェードバックする「評価」の３つの段階からなる。このような教師の「設計・実施・評価」の繰り返しにより、教育目標を達成できると考えられている。勿論、コンピュータは情報処理・伝達機能を持つ重要な教授メディアである。

コンピュータを利用したCAIを教授メディアとする場合には個別学習となるため、図２．１の教授・学習システムは図２．２のように理解される。CAIは、教師が個々の学習者を指導するときの主要な活動の一部を代行している。

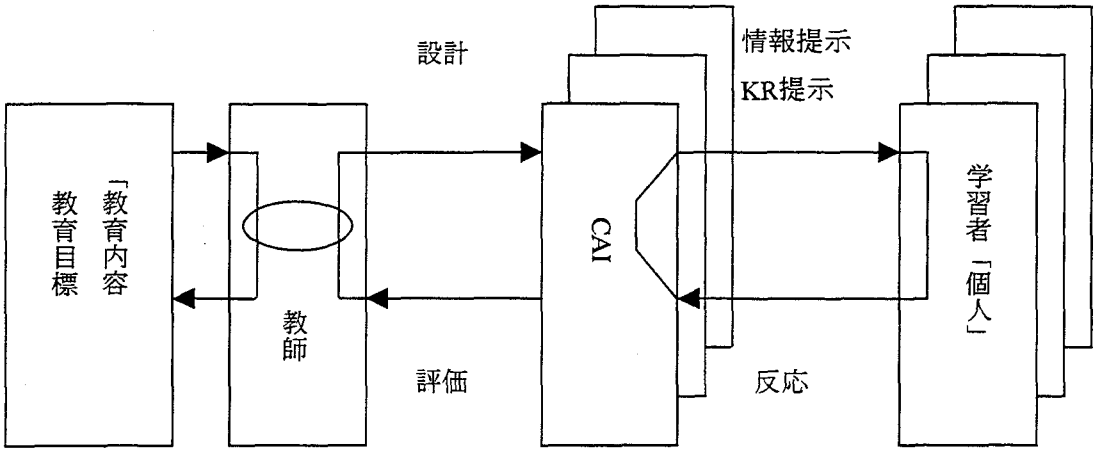


図２．２　CAIによる教授・学習システムのモデル

さらに教授メディアとしてシミュレーションを利用する授業における教授・学習過程のモデルを図２．３に示す。

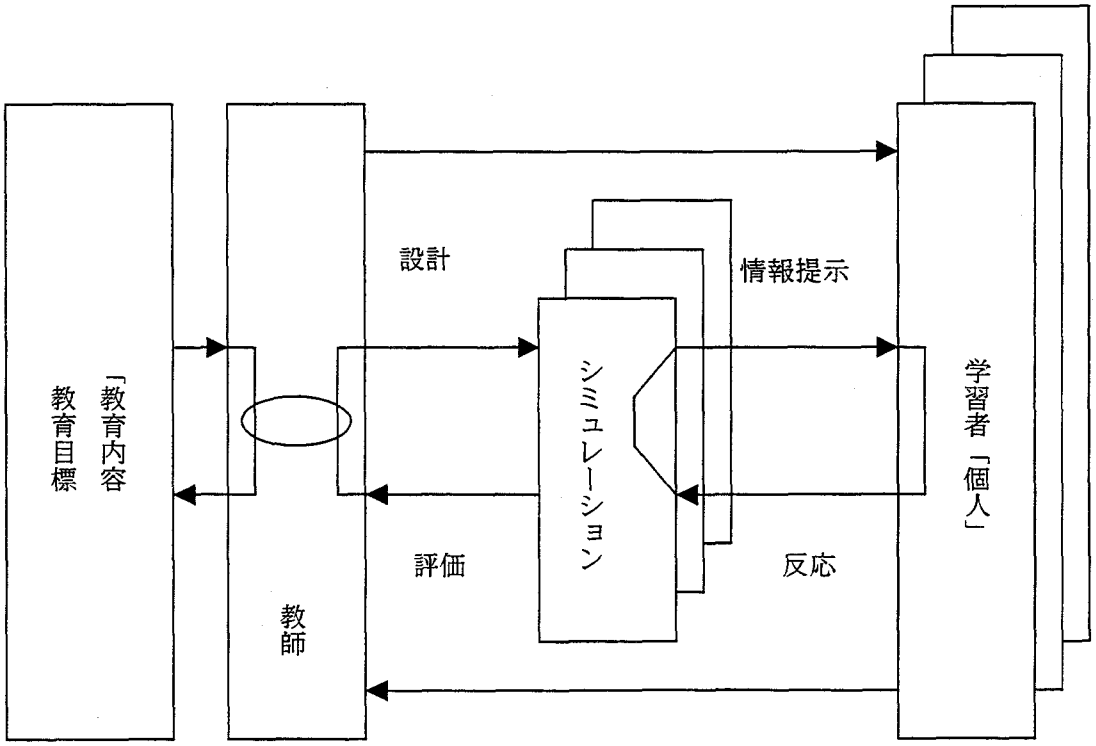


図２．３　シミュレーションを利用する教授・学習過程のモデル

コンピュータ上に構築された学習対象のモデルは、学習者の反応（入力）を計算してモデルの情報を提示する。学習者は、それらの情報を受け取り・蓄積し、それらを処理して直面する状況を判断し、その結果を再度シミュレーションに入力する。

このように学習者は、自分の理解に応じて自由な順序で学習することができる。これは、学習者に重点をおいた学習者主導の学習方式といえよう。この学習過程で学習者の情報活用能力が自然に育っていくことが期待できる。

この教授・学習過程における教師、学習者、教師の諸活動は以下のように考えられる。

○教師：教師は、「授業の設計」、「授業の実施」、「学習者の指導」、「授業の評価」などの活動を行う。教師は、教育目標を達成する教育内容を設計し、次に教育方法を策定し、そして教育目標に対する授業案を構成し、課題の作成・登録などを行い、必要に応じてシミュレーションの開発・調整・改良、学習支援機能の保守などを行う。そして授業を実施する。授業中は、学習者を観察し学習者が求めれば支援する。授業が終了すれば授業を見直し、授業の評価をして必要であれば学習者の事後指導を行う。次回のために学習過程で記録された履歴データから、学習者の学習過程やその妥当性などを分析する。

○学習者：学習者は、「学習の準備」、「学習の実施」、「学習の自己診断」を行う。学習者は、最初に学習目標や内容に関する基礎知識を学習することやシミュレーションの機能・操作を学ぶなど、学習の準備をする。そして演習課題を取得して課題を理解し、解決に必要な情報を収集して課題の解決案を立案する。シミュレーションの提示する状況を判断して学習目標を達成するまで学習を繰り返す。学習過程では、解決案を作成するために自己の状況を認識して学習支援機能を使うこともできるし、他の学習者と協力して励ましあうことや状況を比較して競争することによって学習意欲を高めることもある。

○シミュレーション：シミュレーションは、モデル化した対象の「シミュレーション機能」、学習者を支援する「学習支援機能」、教師の教授活動を支援する「教師支援機能」、教師と学習者または学習者間の「コミュニケーション機能」、学習者の作業履歴の記録、入力、表示、項目選択などの「インターフェース機能」などから構成される。学習者用として、利用登録、課題取得、教師への質問、課題提出などの機能があり、さらに課題解決などに関するヒント、演習状況や操作履歴の表示、用語解説・処理の説明・操作方法の説明・データの関連性を説明するなどの学習支援機能がある。学習者は必要に応じてこれらの機能を利用し学習する。また教師支援機能として、演習課題の登録、学習支援機能用知識ベースの編集、学習者の操作履歴を観察するモニタリング機能などの機能がある。そして学習者同士の相談や演習中の注意や質問回答などを行うコミュニケーション機能も考えられる。

第２章　参考文献

１）松永公廣、船田庄治：生涯設計ＣＡＤの開発,シミュレーション＆ゲーミング学会誌,Vol.6,No.1,pp.14-24,1996

２）Cathy S. Greenblat　著、新井潔、兼田敏之訳：ゲーミング・シミュレーション作法,共立出版,1994

３）森戸晋、逆瀬川浩孝：システムシミュレーション,朝倉書店,2000

４）西村正太郎、松永公廣：学習過程の数学モデル,日本工学教育学会誌, Vol.29, No.3, pp.20-25, 1981

５）西村正太郎、松永公廣：練習間隔が不規則変動する教育モデル,計測自動制御学会論文集,Vol.47,No.2,pp.146-147,1981

６）松永公廣：マルコフ学習モデルについて,明石工業高等専門学校「研究紀要」, 第26号,pp.47-51,1984

７）渡邊茂、坂元昂編：ＣＡＩハンドブック,フジテクノシステム,1989

８）井上久祥、岡本敏雄：授業設計支援エキスパートシステムの構築,日本教育工学雑誌,Vol.20(1), pp.33-47, 1996

９）池田満、呉昌豪、溝口理一郎：協調学習支援のモデル,電子情報通信学会論文誌Ｄ－Ⅱ,Vol.J80-D-2,No.4,pp.855-865,1997

１０）Papert, S: Mindstorms-Childen, Computer and Powerful Ideas, Basic Books Inc. 奥村貴世子（訳）：マインドストーム－子供,コンピュータ,そして強力なアイデア,未来社,1982

１１）坂元昂：教育工学の原理と方法, 明治図書, 1971

１２）日本教育工学会編：教育工学事典, 実教出版, 2000

１３）園屋高志：メディアを活かした授業改善, 斯文堂株式会社, 1997

第３章　授業における展開図組立シミュレーション利用の研究

３・１　はじめに

一般に小学生では３次元立体の特徴を読みとり平面に映すことが難しいため、教授メディアとして黒板、ノート、教科書などに加えて、立体模型を観察させ、見取り図、展開図、投影図を描かせ、展開図から立体を制作させるなどの具体的操作を取り入れた学習指導している[1)、2)]。展開図は、立体を構成している面の形や大きさ、面と面のつながりなどを認識するのに便利であるが、立体の面と面、辺と辺の関係などは失われ、展開図を見て立体のイメージを持つことは小学校高学年でも困難であるといわれている。また成人においても立体のイメージを頭の中で回転させるメンタルローテーション（心的回転）[3)]は簡単ではないといわれている。

この分野に関する研究では、いろいろな方法で立体を自由に切り開かせ、それを組み立てることで立体図形の持ついろいろな性質に気づかせるような指導が計画されたが[4)]、時間がかかりすぎる、教具の制作が簡単ではない、学習者が課題解決の方法を考えるより課題目標以外のことを競うことになりやすいなどが報告されている[5)]。その反省からコンピュータの作画ツールソフトやシミュレーションを利用して図形のモデルを操作させることやそれらのソフトウエアが表示する多くの図形や図形の変化の様子を観察させる授業が実施され、図形の性質の理解に有効であることが報告されている[6)、7)、8)]。　また認知発達理論に基づき開発されたＬｏｇｏのタートルグラフィックやブロックを組立・動作させるＬＥＧＯ－Ｌｏｇｏは、学習者が対象に積極的に働きかけることで学び、認知構造を発達させるのに有効であることが示され現在も利用されている[9)]。さらに新しい試みとしてＣＧによる仮想空間技術を用いた積み木シミュレーションが試作され、創造性と空間把握力の養成のための活用が提案されている[10)]。そして立体図形学習用ツール型ソフトウエア「３Ｄ－ラボ」が立体図形学習の新しい可能性として提案されている[11)、12)]。

以上のように教授メディアとしてコンピュータシミュレーションを利用することによって、コンピュータ上に現実世界の人やものや概念をモデル化した疑似的世界を構成したり、画面からモデルを観察したり、学習者の思考に合わせて操作し、モデルの反応を確かめて効率よく学習ができると考えるのは妥当であろう。

現在はＩＴ革命があらゆる分野で進行しており、工業の分野ではすでにＣＡＤ，ＮＣ、ロボットを活用した高能率の生産設備が実現されている。ＣＡＤはコンピュータの支援による図面作成システム、ＮＣはコンピュータで制御する工作機械で効率の高い生産設備の重要な要素である。工業教育では、ハイテク機器の教育をするまでに実際に手で対象を操作するドラフターによる作図や旋盤やフライス盤による加工の経験などが必要であるといわれている。それは技術が高度になるほど基礎技

術の重要性は高くなると考えられているためである。

このような授業経験を立体の学習の場面に適用すると、高い効率で処理できるコンピュータシミュレーションと効率はよくないが手で対象を操作する方法を組み合わせることによって効果的に教育できることが期待できる。本研究では小学生でも容易に操作できる「立方体の展開図組立シミュレーション」と「紙とセロテープ」を利用した展開図の作成を組み合わせた授業を実践した。授業に密接に関係するシミュレーション機能や学習支援機能は、小学生が利用しやすいように教師と協同で開発した。その展開図組立シミュレーションを実際の小学校で利用したところ、学習者がシミュレーションの特徴を生かして効率良く学習していることが明らかとなった。

３・２　展開図組立シミュレーションの構成

展開図からは立体の面と面、辺と辺の関係などを見ることはできず、展開図から立体の空間イメージを想像することは小学生には困難である。そこで、対象の立体を頭に描いて学習者が入力した展開図を自動的に組み立ててその結果を確認させる方法で立体の性質を学習させるシステムを開発した。展開図組立シミュレーションは、対象の模型を直接的に操作するのとは異なり、学習者はシミュレーション上のモデルを間接的に操作することとなる。教師は、あらかじめ学習者の思考過程を想定して授業案を作成し、学習者がシミュレーションを利用して学習できるように準備し、授業中は、学習者の状況を見守って適宜指導を行う。教師の役割は、学習者が新しい展開図を考え続け、考え方をまとめさせることである。

開発した展開図組立シミュレーションは、図３．１のような構成であり、以下の機能を持つ[13)、14)]。

１）展開図を容易に入力できる。

２）入力した展開図の組立過程を表示できる。

３）新しい種類の展開図を考えるためのヒントを表示できる。

４）入力履歴を表示できる。

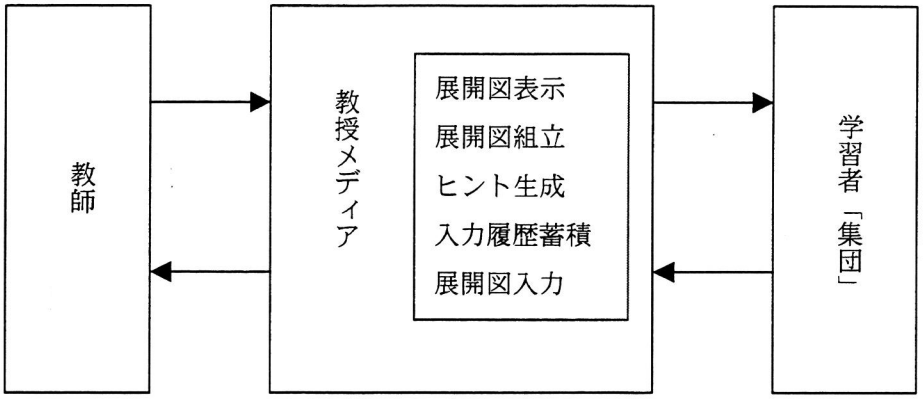


図３．１　展開図組立シミュレーションの構成

学習者は、図３．２の画面で示す機能を選択して考えた新しい種類の展開図を入力し、組み立て、結果を確認する。確認できればメニューに戻り再度展開図を作成する。それを繰り返して、立方体の面や辺と展開図の関係を学習し、展開図の考え方を学習する。思考が停滞すればヒント機能を利用して新しい種類の展開図を考えるきっかけにする。

３・２・１　展開図組立シミュレーションの操作方法

本システムでの展開図は単位正方形を組み合わせて作成される。図３．２の機能選択スイッチを操作して画面上の６×６のマトリクスに展開図を入力し、組み立て、組立過程を観察する。

最初にシミュレーションを利用する学習者の番号を入力する。その名前は画面右下部に表示される。

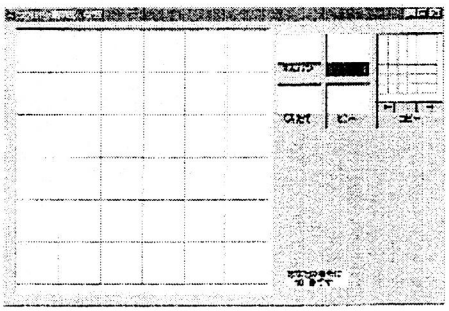


図３．２　　画面の構成

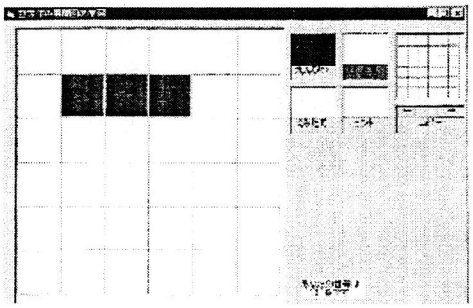


図３．３　　展開図の入力

1）「展開図の入力」：　図３．３の「えんぴつ」スイッチをクリックして画面の６×６のマトリクスをクリックすると、マウスがポイントした正方形が黒く塗りつぶされる。その作業を繰り返し、学習者は考えている展開図を入力する。

2）「展開図の修正」：　図３．４．１のように展開図を入力している途中にミスを発見した場合、図３．４．２の「ケシゴム」スイッチをクリックしてから入力図形の消去したい正方形をクリックすると、黒く塗りつぶされていた正方形の色が白く変わって削除されたことになる。

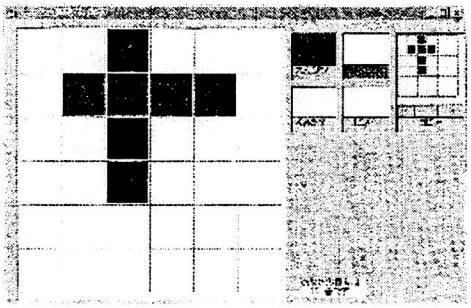


図３．４．１　　展開図の修正前

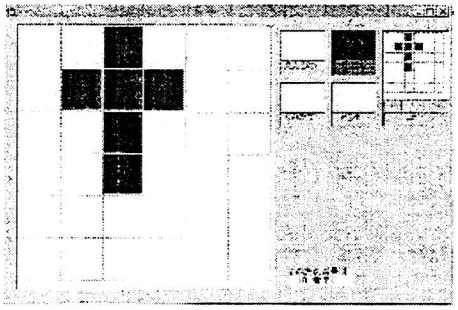


図３．４．２　　展開図の修正後

3）「展開図の組立」：　展開図の入力が終わり、図３．５の「くみたて」スイッチをクリックすると右下のメッセージ欄に「くみたてサブメニュ」が表れる。

「くみたてサブメニュ」では、「このまま組み立てる」、「方向を変える」の２つの機能が選択できる。「このまま組み立てる」を選択すると、入力画面の展開図を画面右上の「入力履歴画面」に記録してから、図３．６から図３．１０のように展開図が自動的に折り返されて組み立てられる。

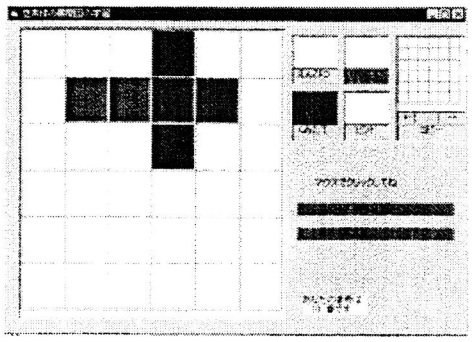


図３．５　　くみたてサブメニュ

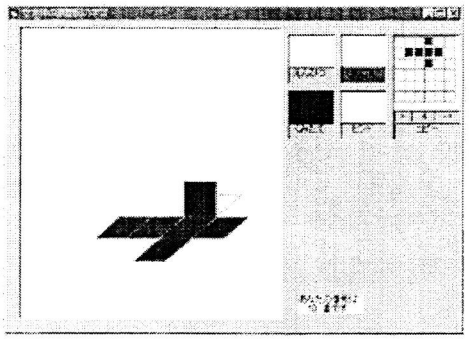


図３．６　　展開図の組立１

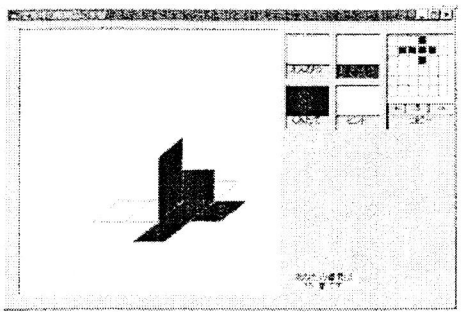


図３．７　　展開図の組立２

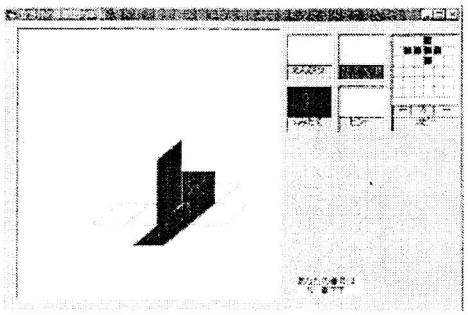


図３．８　　展開図の組立３

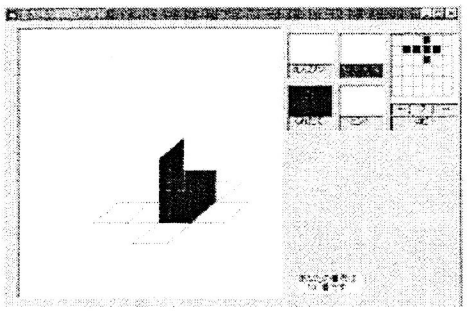


図３．９　　展開図の組立４

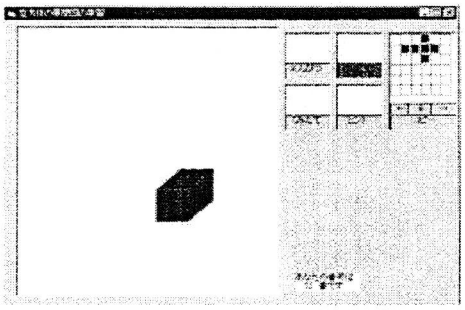


図３．１０　　展開図の組立５（最終結果）

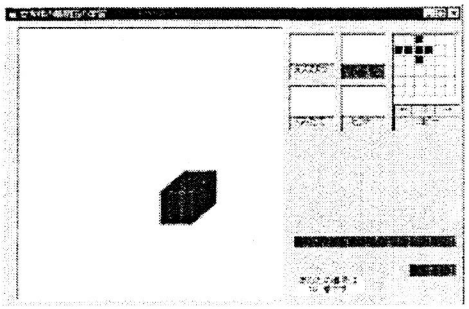


図３．１１　　展開図の組立６（メッセージ）

そして最後に図３．１１のようにメッセージ欄に組立結果に関するメッセージが

表示される。結果に合わせて表示されるメッセージは、「大成功」、「まえに同じのがありました」、「組み立てられませんよくみてください」、「あいている面があります」、「重なる面があります」の５種類である。

システムは立方体にならない場合でも、図３．１２のように途中までは組み立てる。組み立てる方向によっては他の面に遮られて組立過程の１部が見えないことがある。その場合には「組立サブメニュウ」で「方向を変える」を選択すると、図３．１３のように「方向を変える」をクリックするたびに入力画面の展開図が９０度づつ左回転するので、見えなかった部分が見える方向から組み立てて確認する。

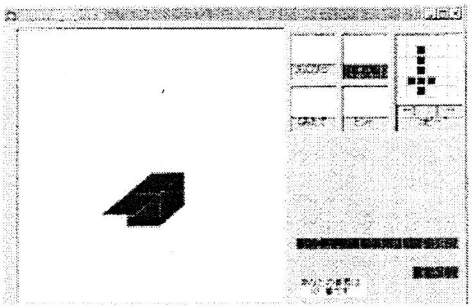


図３．１２　組立に失敗した例

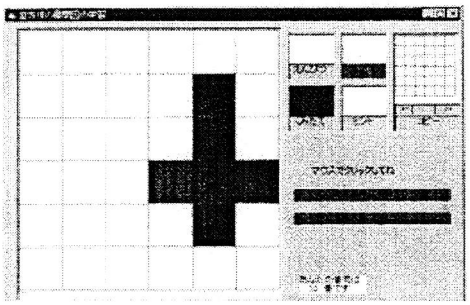


図３．１３　展開図の方向を変える

組立結果を確認し「次へ」をクリックすると画面は初期化され、図３．３の展開図の入力画面となる。

４）「入力履歴」：　画面右上の入力履歴画面には、学習者の入力した展開図が自動的に蓄えられる。入力履歴画面の下にある入力順番表示欄には、入力した展開図の通し番号が表示される。

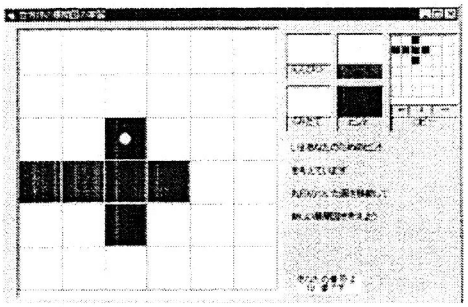


図３．１４　ヒント

図３．１４では明確でないが成功の場合は青文字で、失敗の場合は赤文字で表示される。このように入力された展開図は、形状だけでなく同時に結果も蓄積されており必要な時にそのすべてを参照できる。学習者が入力済の展開図を探索する方法は以下の通りである。左矢印欄をクリックすると現在入力履歴画面に表示されているより先に入力された展開図が入れ替わって入力履歴画面に表示される。右矢印欄をクリックすると表示されている入力履歴画面より後に入力された展開図が表示される。このように入力履歴を参照して新しい展開図を考えることができる。

５）「コピー」：　「コピー」スイッチをクリックすると、入力履歴画面に表示されている展開図が入力画面にコピーされる。このようにして入力画面にコピーされた図形は、展開図の入力と同じように「えんぴつ」と「ケシゴム」を使って修正することができ、入力履歴を活用し展開図の入力作業を簡単化できる。

６）「ヒント」：　学習者が新しい種類の展開図を思いつかなくなってしばらくすると学習の動機づけが低くなり、気が散って課題以外のことをする傾向が出てくる。そんな学習者が、「ヒント」スイッチをクリックすると、図３．１４のように入力画面にヒント図形とメッセージ欄にヒントメッセージが表示され、展開図を考え続けるきっかけとなる。このように学習者は、新しい展開図を考えるのにこのヒントを参考にすることができる。ヒントの生成方法は以下の通りである。学習者が過去に成功した展開図と似ている形の展開図は比較的思いつき易い。そこでヒント図形は、１）学習者の入力履歴のなかで直前に成功した展開図を探索しそれを参照展開図とし、２）参照展開図に似ていて、まだ思いついていない展開図を展開図の類似性をもとに図３．１５で探索し目標展開図として選ぶ。

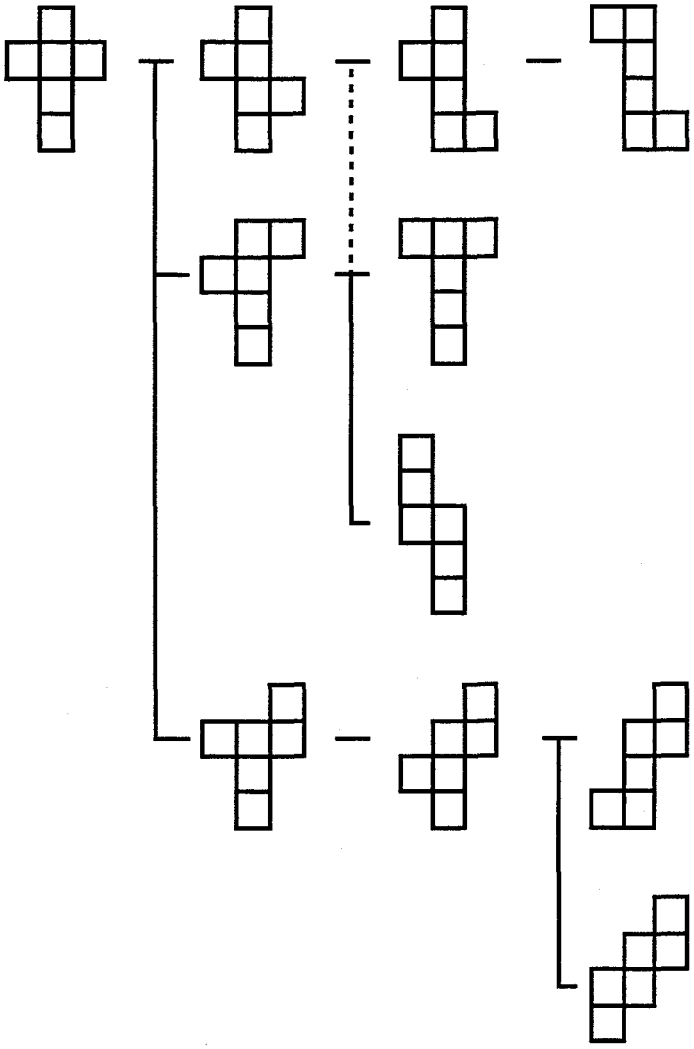


図３．１５　展開図の関連

そして表示するヒント内容は、以下の５段階とする。

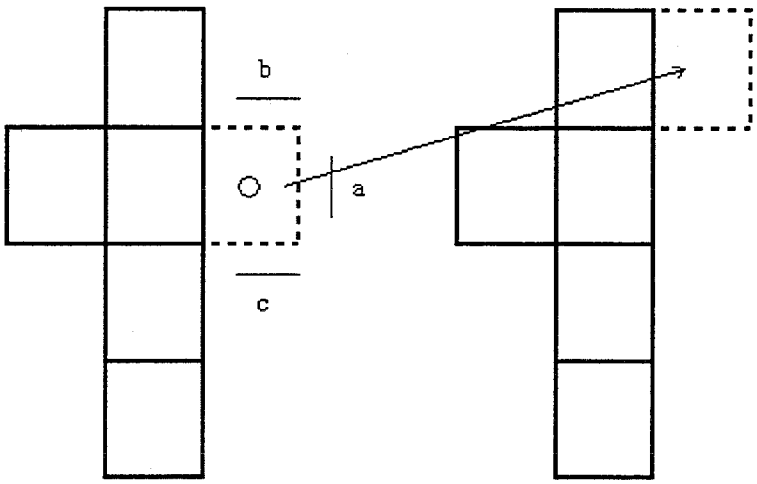
1）　過去に入力された展開図を参照展開図として示す。

2）　１）で表示した参照展開図と目標展開図を比較して重ならない参照展開図の面を注目すべき面として示す（図３．１６の○で示した面）。

3）　展開図が組み立てられると展開図のすべての辺は他のいずれかの辺と重なり、重なる相手の辺を含む面を展開図の位置を探すことが新しい展開図を見けることになる。そこで２）で示した面のなかで重なる相手があるすべての辺を示す。

4）　３）で示したヒントのなかで目標展開図を思いつくのに注目すべき面の辺と重なる辺を１つ示す。

5）　4）の図形を示したうえでメッセージ欄に「先生に聞いてね」の文を表示する。



参照展開図　　目標展開図

図３．１６　参照展開図と目標展開図

ヒントのレベルは上述した数字が大きいほど具体的になる。ヒントを使って考えても学習者が新しい展開図を見つけられなければ自動的に深くなるアルゴリズムとなっている。最後に先生に聞くことを勧める指導は学習者の自信を失なわせないために大変重要である。

３・３　実験の概要

明石市Ａ小学校で展開図組立シミュレーションを用いた授業実践を１９９８年３月に行った。被験者は、５年生４９名である。表３．１のように実験は、２つの学習方法（Ａ，Ｂ）を組み合わせて行った。表３．２のように実験群Ｘは、教授メディアとして最初に「展開図組立シミュレーション」で学習し、その後「紙とセロテープ」を使って学習した。実験群Ｙは、メディアの使用順序が逆となる。

表３．１　学習方法

	学習方法
A	シミュレーションによる間接的操作
B	具体物による直接的操作

表３．２　実験群

（人）

実験群	実験1	実験2	人数	男性	女性
X	A	B	25	16	9
Y	B	A	24	14	10

実験は図３．１７ような手順で行った。

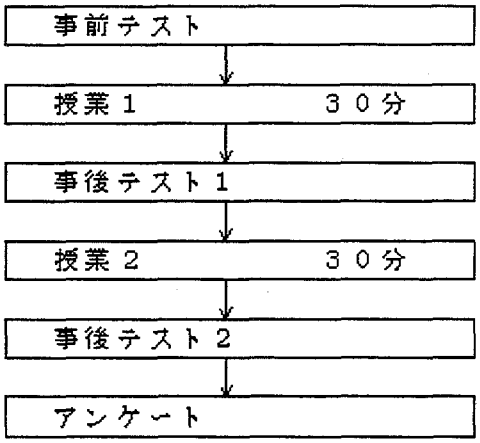


図３．１７　実験手順

３・３・１　事前テストと事後テスト

事前テストと事後テストより展開図学習の効果を測定した。テスト問題は、付録３．１のように四角錐の展開図が４種類、展開図とはならない図形が４種類の計８問について、四角錘になるかどうかの正誤判定である。問題番号が大きくなるにしたがって四角錘になるかどうかの判定が難しい問題となっている。事前・事後テストの四角錘は展開図を考える思考方法が立方体と類似であると考えて採用した。

正解率＝正解数／８・・・・・（１）

事前テストと事後テストの正解率の平均を表３．３に示す。

表３．３　事前テストと事後テストの正解率

実験群	事前テスト	事後テスト1	事後テスト2
X	0.57	0.76	0.73
Y	0.61	0.83	0.77

事前テスト、事後テスト１、事後テスト２において、実験群Ｘ，Ｙ間の平均値はｔ検定の有意水準１０％でも差は認められない。実験群Ｘ，Ｙの事前テストと事後テスト１の差の検定では有意水準１％で差があるが、事後テスト１と事後テスト２の差の検定では有意水準１０％でも差が認められない。

次に表３．３の正解率を男女別に再整理すると表３．４となる。

表３．４　事前テストと事後テストの正解率（男女差）

実験群	性別	事前テスト	事後テスト1	事後テスト2
X	男性	0.53	0.76	0.70
	女性	0.63	0.76	0.76
Y	男性	0.60	0.79	0.79
	女性	0.63	0.90	0.75

実験群Ｘ，Ｙにおける男女間の平均値にはｔ検定の有意水準１０％でも差は認められない。実験群Ｘ男性、実験群Ｙ女性の事前テストと事後テスト１の差の検定は有意水準１％で差が認められ、実験群Ｘ女性、実験群Ｙ男性の事前テストと事後テスト１の差の検定は有意水準５％で差が認められる。実験群Ｙ女性の事後テスト１と事後テスト２の差の検定は有意水準５％で差が認められる。

これより男女差は認められないが、学習効果があることが知られる。

事前テストと事後テストにおける各問題の正解率を図３．１８に図示した。問題１や問題２のように展開図を見て四角錐の辺と辺の関係が容易に理解できる場合は、最初から正解率は高い。問題７や問題８のように展開図からでは立体の形状をイメージしにくい図形の事前テストの正解率は低いが、立方体の展開図を学習すること

によって事後テスト１の正解率は高くなっている。

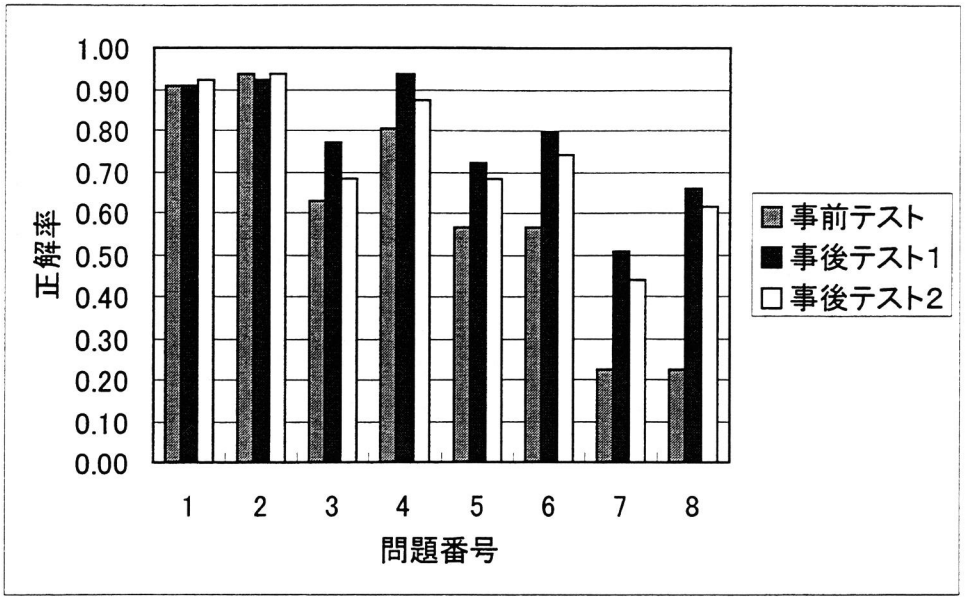


図３．１８　問題別正解率

３・３・２　展開図組立シミュレーションの実験結果

展開図組立シミュレーションは、学習者が入力した展開図の組み立てを自動化し、ヒントを出すことによって学習を支援する。実験１と実験２の学習時間は３０分程度である。まず実験１における各実験群の学習状況を表３．６に示す。実験群によって学習方法の順番が異なっている。学習状況は、試行数、成功数、同じ（前に成功したのと同じ展開図を作った）、失敗数の組み合わせとする。図３．１９に立方体の１１種類の展開図を示す。

表３．５　実験１の学習状況

（個）

学習方法	試行数	成功数	同じ	失敗数
A	23.3	5.9	6.4	11.0
B	7.8	5.8	1.3	0.7

実験１における２つの学習方法（A、B）の間には、試行数、同じ、失敗数の平

均値にはｔ検定の有意水準１％で差があるが、成功数の平均値にはｔ検定の有意水準１０％でも差が認められない。

「展開図組立シミュレーション」の試行数が多いことより学習の効率がよいことがわかる。さらに成功数は変わらず、同じ、失敗が多いことより、学習者は、最初は組立前にあらかじめ結果を判断しておらず、入力した図形が展開図になるかどうかを確認するためにシミュレーションを利用しており、成功数の増加には結びついていないと考えられる。

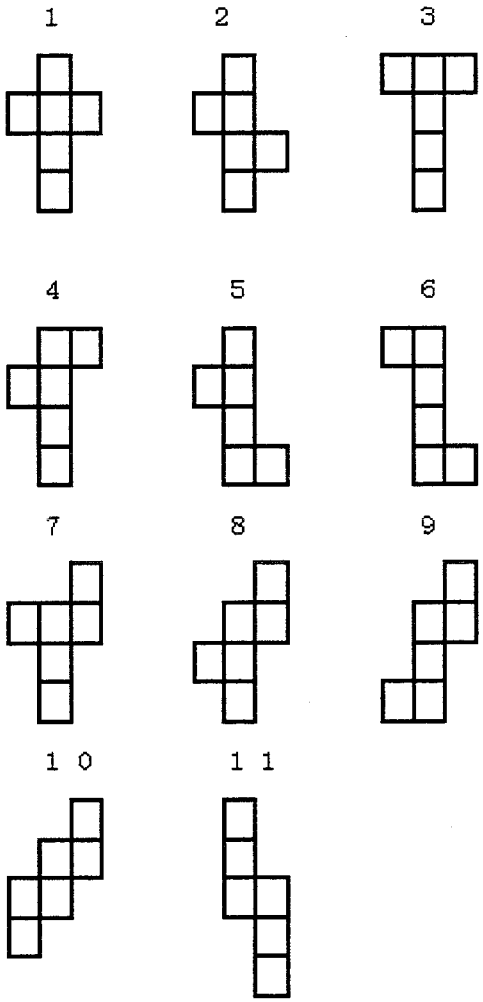


図３．１９　立方体の展開図

また図３．２０に失敗例を示す。

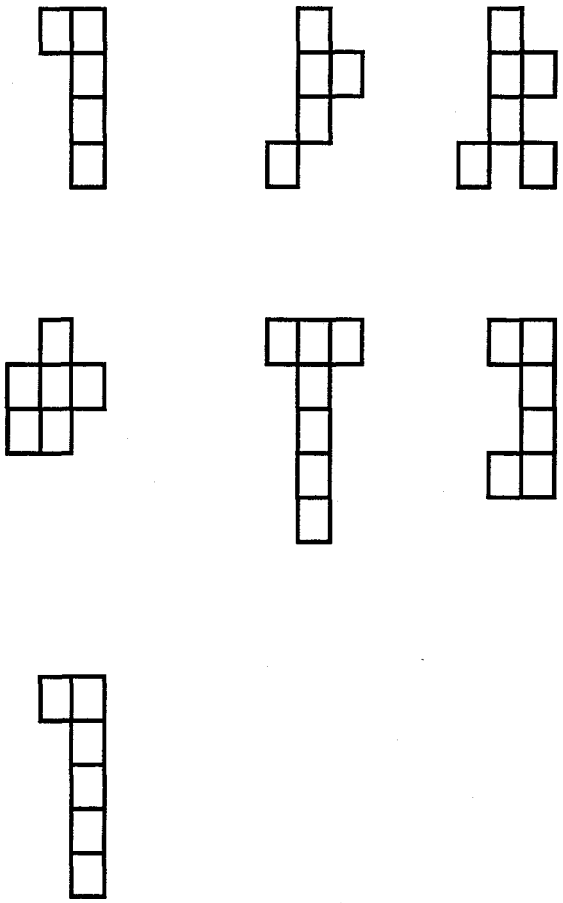


図３．２０　展開図の失敗例

展開図ごとのの達成率を図３．２１に図示する。達成率は（２）式とし、全員が成功すると１、全員が展開図を作れないと０である。展開図１は教科書で学習しているため全員ができている。展開図３は参考書などで見かける機会もあるため達成率は良かったと考えられる。他の展開図は、面と面、辺と辺など図形的な特徴を新しくイメージしなくてはならないため低くなっていると考えられる。

達成率＝成功数/総人数・・・・（２）

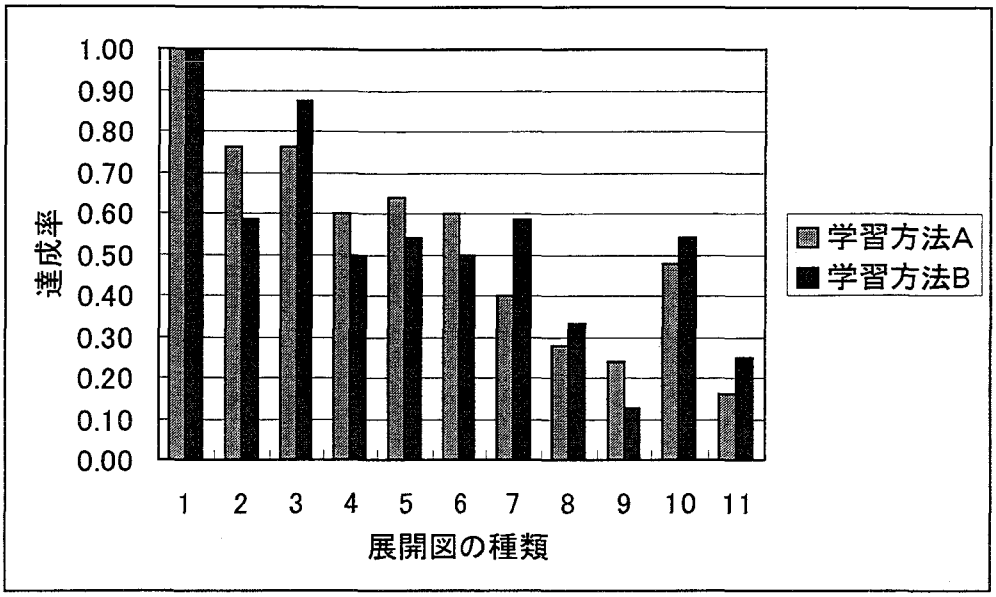


図３．２１　展開図別達成率

次に表３．６で、実験１と実験２の成功数を比較する。実験群Ｙにおける実験１と実験２の差の検定では有意水準１％で差があるが、実験群Ｘにおける実験１と実験２の差の検定では有意水準１０％でも差は認められない。実験２の実験群Ｘと実験群Ｙの平均値の検定では有意水準１％で差がある。

これより実験群Ｙの順番で教授メディアを利用すると効果的に学習できることが示されている。

表３．６　展開図の成功数

（個）

実験群	実験1	実験2
X	5.9	6.2
Y	5.8	7.7

表３．６を男女別に再整理したものが表３．７である。実験群Ｘの実験２において男女の成功数の平均値にはｔ検定の有意水準10％で差が認められる。実験群Ｘ男性、実験群Ｙ男性の実験１と実験２の差の検定では有意水準５％で差が認められ、さらに実験群Ｙの女性の実験１と実験２の差の検定では有意水準１％で差が認められる。そして実験群Ｘ女性の実験１と実験２の差の検定では有意水準１０％で差が

認められる。展開図の成功数については明確な男女差はみとめられないが、実験群Ｘ女性以外では成功数は増えている。

表３．７　展開図の成功数（男女別）

（個）

実験群	性別	実験1	実験2
X	男性	5.6	6.8
	女性	6.4	5.3
Y	男性	5.9	7.6
	女性	5.8	7.9

次に１１種類の展開図ごとに、実験で作成した場合を「成功」、まだ成功していない場合を「結果なし」とする。実験群Ｘと実験群Ｙについて、実験１で「成功」であって実験２で「結果なし」を「忘却」、実験１で「結果なし」で実験２では「成功」を「新規成功」として再整理した結果を表３．８に示す。

表３．８　実験１で成功した展開図の種類の変化

（個）

実験群	忘却	新規成功
X	1.6	1.9
Y	0.7	2.6

(1)　実験群Ｘと実験群Ｙにおける「忘却」の平均値にはｔ検定の有意水準５％で差が認められる。

(2)　実験群Ｙの「忘却」の平均値と「新規成功」の平均値にはｔ検定の有意水準１％で差が認められる。

これらより、「紙とセロテープ」のように実体を操作して展開図を考える学習方法は、「展開図組立シミュレーション」のようにコンピュータ上のモデルを間接的に操作する学習方法より記憶に残りやすいことが示唆されている。

表３．８を男女差で再整理したものが表３．９である。

表３．９　実験１で成功した展開図の種類の変化（男女別）

（個）

実験群	性別	忘却	新規成功
X	男性	1.1	2.3
	女性	2.3	1.2
Y	男性	0.9	2.6
	女性	0.5	2.6

実験群Ｘにおいて男女の「忘却」の平均値にはｔ検定の有意水準５％で差が認められ、また男女の「新規成功」の平均値にはｔ検定の有意水準10％で差が認められる。実験群Ｘ女性の実験２の成績が下落しているのは、展開図組立シミュレーションによる学習の定着が良くなかったのと、「紙とセロテープ」を使う学習は能率が悪くいろいろな図形を試せなかったことが影響したと考えられる。

シミュレーションで学習した時期が成績に与える影響を表３．１０から考察する。実験群Ｘと実験群Ｙの試行数の平均値にはｔ検定の有意水準１０％でも差は認められないが、失敗数の平均値についてはｔ検定の有意水準５％で差がある。成功数についてはｔ検定の有意水準１％で差がある。

表３．１０　展開図組立シミュレーションの実験時期と効果

（個）

実験群	実験時期	試行数	成功数	同じ	失敗数
X	実験1	23.3	5.9	6.4	11.0
Y	実験2	23.4	7.7	8.9	6.8

実験群Ｙの学習者は、実験１の学習で展開図を考えるこつを学習し、実験２のシミュレーションで効率よくその考え方を試したり修正したりすることによって失敗数が減り、成功数と同じが増える結果となったと考えられる。一方実験群Ｘは、入力した図形が展開図になるかどうかの確認にシミュレーションを利用したため失敗数が多くなったと考えられる。

表３．１０を男女差で再整理したものが表３．１１である。実験群Ｘにおける男

女の成功数の平均値にはｔ検定の有意水準１０％で差が認められ、また男女の失敗数の平均値にはｔ検定の有意水準５％で差が認められる。実験群Ｙにおける男女の失敗数の平均値にはｔ検定の有意水準１０％で差が認めらる。

これらより女性の方が比較的慎重に学習していることがうかがえる。

表３．１１　展開図組立シミュレーションの実験時期と効果（男女別）

（個）

実験群	性別	実験時期	試行数	成功数	同じ	失敗数
X	男性	実験1	23.9	5.4	5.6	12.9
	女性		22.1	8.0	6.4	7.7
Y	男性	実験2	24.9	9.0	7.6	8.4
	女性		21.2	8.8	7.9	4.5

表３．１２で「紙とセロテープ」で学習する時期が成績に与える影響を考察する。実験群Ｘと実験群Ｙで試行数、成功数、同じ、失敗の平均値にはｔ検定の有意水準１０％でも差は認められない。

表３．１２　「紙とセロテープ」の実験時期と効果

（個）

実験群	実験時期	試行数	成功数	同じ	失敗数
X	実験1	8.0	6.2	1.3	0.5
Y	実験2	8.5	5.9	1.6	1.0

表３．１２を男女差で再整理したものが表３．１３である。実験群ＸとＹにおいて男女間の試行数、成功数、同じ、失敗の平均値にはｔ検定の有意水準１０％でも差は認められない。

このように「紙とセロテープ」による学習では、学習者の状況が結果に反映していない。それは「紙とセロテープ」による学習では展開図を作成する時間がかかるためであろうと推測する。

表３．１３　紙とセロテープの実験時期と効果（男女別）

（個）

実験群	性別	実験時期	試行数	成功数	同じ	失敗数
X	男性	実験1	8.6	6.8	1.2	0.6
	女性		7.1	5.3	1.6	0.2
Y	男性	実験2	9.0	5.9	1.9	1.1
	女性		7.8	5.8	1.2	0.8

３・３・３　アンケートによる情意面の評価

シミュレーションを用いた授業における学習者の状況をアンケートにより検討した。

１）「展開図を考える自信」：　学習者の展開図を考える自信を、自信あり（５点）、少し自信あり（４点）、前と変わらない（３点）、すこし自信なし（２点）、自信が無し（１点）で回答させた。回答平均は、３．９点で少し自信ありと考えられる。

２）「楽しく学習できたか」：　学習者に学習方法ごとに「楽しく学習できたか」を回答させた。とても楽しいかった（５点）、けっこう楽しかった（４点）、普通（３点）、すこししんどかった（２点）、とてもしんどかった（１点）で回答させた結果を表３．１４に示す。シミュレーションを利用すると楽しく学習できると回答している。

表３．１４　学習方法による楽しさ

（点）

学習方法	楽しさ
A	4.5
B	3.3

展開図を考える自信もすこしあり、シミュレーションを利用することが楽しいと解答していることにより、学習にシミュレーションを利用することは情意面でよい効果があると考えられる。

３・４　おわりに

小学校における立体の教育では、教科書だけではなく教授メディアを使って立体のモデルを直接・間接に操作して学ぶことがあると考えられる。しかし立体のモデルを間接的に操作するシミュレーションを授業に用いるには、学習者の学習過程を熟知した指導方法を確立することが必要であろう。そこで本研究では小学生でも容易に操作できる立方体の展開図組立シミュレーションを開発し、「正方形の紙とセロテープ」と「展開図組立シミュレーション」の両方を用いた授業を実践し以下の結論を得た。

（１）「展開図組立シミュレーション」と「紙とセロテープ」を利用した展開図の学習を比較すると、「試行数」、「同じ展開図を作った数」、「失敗数」のすべてについて展開図シミュレーションを利用した方が多かった。学習者は頭に浮かんだ自分のアイデアを確認する方法としてシミュレーションを利用していることがうかがえる。

（２）正方形の紙をセロテープで張り合わせて考える学習方法と「展開図組立シミュレーション」のようにコンピュータ上のモデルを間接的に操作する学習方法を順番に利用した学習の場合は、最初は「紙とセロテープ」、次に「展開図組立シミュレーション」を利用した方の学習効果が高かった。

（３）「展開図組立シミュレーション」を利用する場合、明らかに展開図にならない図形を判断できる程度に児童の知識を整理させておいた方が、教師は効果的な授業ができる。

（４）「展開図組立シミュレーション」を授業に用いると、児童の興味が展開図を考えだけでなく、それ以外の多様な図形を作ることに向くことがあるため、場合によっては展開図の学習に集中できるような指導を設けることも必要であろう。

（５）「展開図組立シミュレーション」を用いた授業は楽しいと学習者は回答していた。

これらの結論を教育方法に適切に生かすことによって学習者はシミュレーションの特徴を生かして学習することが期待できる。

第３章　参考文献

１）関沢正射、瀬山士郎：小学校幾何教育の最前線,明治図書,1989

２）清水静海：立体図形の体積や表面積,学習指導要領小学校算数科のキーワード,明治図書,1989

３）Shepard ,R.N. & Metzler. , “Mental Rotation of Three-dimensional Objects”, Science, 171, 1971

４）数学教育学研究会：算数教育の理論と実際,聖文社,1981

５）柿木衛護：数学学習における操作的活動,明治図書,1983

６）早川健：作画ツールソフトを利用して図形概念を豊かにする指導－平行四辺形の性質の発見に焦点をあてて－,日本数学教育学会,Vol.79,No.10,1997

７）田中富子、古林昭子、岸本義博、明田吉浩、松永公廣：四角錐展開プログラムと実践　－Ｌｏｇｏを使って－,電子情報通信学会技術研究報告,ET87-9,pp.63-66,1988

８）河合弘明、古林昭子、松永公廣：個別学習モードを強化した四角錘の展開シミュレーション,電子情報通信学会技術研究報告,ET90-77,pp.55-60,1990

９）宇都宮敏夫、坂元昂監修：教育情報科学,第一法規,1988

１０）安田孝美、鈴木まゆみ、横井茂樹、鳥脇純一郎：ＣＧによる仮想空間操作を利用した立体教育支援システム,科学教育研究,Vol.17, No.4,1993

１１）Kazuyoshi HIDAKA, Fumiyuki TERADA : An Experiment-based Approach t Learning Geometory, The Journal of Science Education in Japan, Vol.17, 1993

１２）日高一義：立体図形学習支援ツール３Ｄ－ラボの開発,教育システム情報学会, Vol.12, No2, 1995

１３）松永公廣、吉川博史：ヒント生成機能をもつ展開図組立シミュレータの開発と評価,教育システム情報学会誌,Vol.12, No.4, pp.267-278, Jan, 1996

１４）松永公廣：ヒント生成機能をもつ立方体展開図シミュレーションの開発と実践例,教育工学関連学協会連合第４回全国大会予稿集,pp.605-606,1994

第４章　ヒント生成機能をもつ制御系設計演習システムによる学習の研究

４・１　あらまし

学校教育では、教師から学習者への一方向的な知識伝達が強調されがちであるが、技術教育では演習を積極的に組み込んで理解を深めることが不可欠である。制御系の設計演習における学習者は、設計する制御系を理解し、線図を描いて制御系の特性を読み取り、与えられた課題の仕様を満たすまでパラメータ修正を繰り返す。これらの１連の設計にはコンピュータシミュレーションが用いられるようになった。しかしその過程で学習者が行き詰まることがある。コンピュータシミュレーションを利用することによって仕様の満足度をみる線図を描く手間は大いに軽減され設計が容易になったが、設計に行き詰まった場合の解決方法を含めた教育方法が課題として残されている。

コンピュータの教育利用技術の研究が進み、ＣＡＩ、ＣＡＤ、ＣＧ、データベース、シミュレーションなどが実用化され[(1)(2)(3)(4)]、学習者の理解状態に応じた高度な個別指導を行う知的ＣＡＩの基礎研究も活発となっている[(5)(6)(7)]。本研究では自動制御系の設計演習の領域を取り上げ、演習を行う過程で設計手法の曖昧な理解に対しヒント生成（助言生成）を行うシステム：ＩＳＡＡＣ(Intelligent System for Assisting Design of Automatic Control system)を開発し、その効果を学習者の設計行動を検証することによって評価した結果[(8)(9)(10)]について述べる。

コンピュータを利用した自動制御系の設計支援システム（ＣＡＤ）は、内容をよく理解している専門家が用いるには大変便利である。しかし知識が十分でない学習者が演習に利用する場合には、学習者の理解を支援する、そして学習者の使いやすい機能やインターフェースなどに配慮して学習者の負担を軽くする必要があるといわれている。そこで本システムでは、ＣＡＤ本来の機能である制御系の設計のための補償要素に関するパラメータ設定、線図を描くシミュレーション機能に加えて、学習者の理解状態を推論して設計手法に関するヒントを生成する機能を実現した。ヒント生成機能は、制御系に関する知識、設計過程で用いる手続き的知識、設計の進捗状況のモデル、設計の進捗状態を推論する推論機能から成る情報処理システムとなるため、この分野での研究成果[(8)]を取入れ実現した。このヒント生成機能をもつ制御系設計演習システムの有効性を明らかにするため、自動制御の授業を受けた学習者９名の設計履歴を検討した。学習者の設計履歴の解析した遷移図によって学習者の理解状態と思考過程の特徴が把握できた。さらにある学習者における３度の遷移図の変化から、ヒント生成機能をうまく活用して設計の手法を完全に習得したことがわかった。以上のように、本演習システムで実現した学習者の理解状態を推論して設計手法に関するヒントを生成する機能は、設計に行き詰まった学習者の支援として有効であることが認められた。

4・2　制御系設計問題

本章で述べる制御系の設計問題とは、次式の伝達関数（G(s)）で表現された図4．1の1入力1出力の単一フィードバック系の設計問題を対象とする[11]。

$$G(s)=\frac{\prod_{j}(1+Tjs)\ e^{-sL}}{s^{n}\prod_{i}(1+Tis)\times\prod_{k}(s^{2}+2\zeta k\omega ks+\omega k^{2})}$$

ただし 物理的な実現性の条件（j≦n+i+2k）を満足する安定な系を仮定する。L：無駄時間、TiおよびTj：時定数、ζk：減衰係数、ωk：固有角周波数である。設計は一巡伝達関数と閉ループ伝達関数の周波数特性を利用して行うものとし、系の特性を改善する補償要素（Gc(s)）[9][10]は、ゲイン、位相遅れ要素、位相進み要素の直列の組み合わせとする。設計仕様、保証要素、設計に使用する線図は以下の通りである。

① 設計仕様

1）定常特性（定常位置（速度Kv）偏差定数Kc）

2）安定性（位相余裕θm，ゲイン余裕gm）

3）速応性（共振ピーク角周波数ωp，共振ピーク値Mp）

② 補償要素Gc(s)

1）ゲイン要素　　Gc1(s)=K

2）位相遅れ要素

Gc2(s)=(1+Td*s)/(1+Td*β*s)　β≧1.0

3）位相進み要素

Gc3(s)=α*(1+To*s)/(1+To*α*s)　α≦1.0

③ 周波数特性を記述する線図

1）ボード線図

2）ニコルス線図

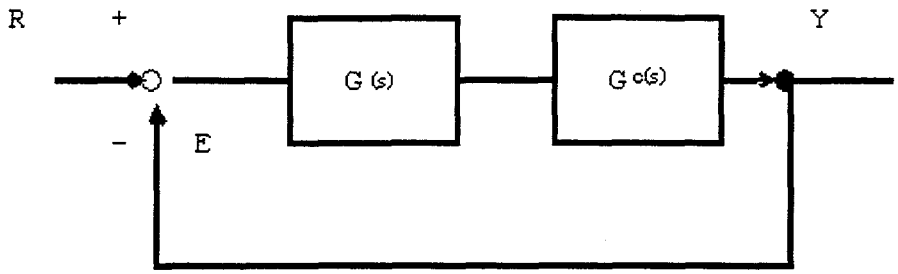


図　4．1　　フィードバック制御系

4・3　設計の進捗状況のモデル

学習者は、まず補償要素のパラメータの初期値を仮に決めて制御系の線図を描き、線図から必要な情報を読み取り、その情報から設計状態を認識して補償要素を設計する。次に設計した制御系の特性を線図で確認して、設計仕様を満たさない時には再度設計する。

設計する過程で、制御系に関する知識が不足するために学習者が自分の力だけで設計ができなくなった時、学習者の設計履歴より解決の方向を示すヒント生成機能が有効であろう。

本システムを用いた学習者の設計の進捗状況を記述するモデルを図４．２に示す。図中の記号④は、学習者が学習者の設計履歴と補償状態から推論できる設計仕様と同じ仕様を選択した状態であることを表し、⑦、⑧、⑨、⑩はそれぞれの補償要素の設計にとりかかった状態であることが示されている。この⑦、⑧、⑨、⑩は、必要な線図を見ている（⑪）、設計手順がわかっている（⑫）、パラメータの概略値を計算できる（⑬）、パラメータの変動と仕様の関係がわかる（⑭）という状態につながっている。⑬につながるＴdは、学習者の注目している位相余裕（θ m）がシステムの推論結果と一致し、学習者が位相遅れ要素の設計でパラメータ（Ｔd）の概略値を決める状態であることを意味する。一方③はシステムの推論結果と学習者の選択が一致しない状態である。③は、学習者が既に満足した仕様を再設計している状態（⑤）と次の注目する設計仕様がわからずに思いつきで設計を行っている状態（⑥）につながる。この⑥につながる（Kc、θ m、ω p、Mp）は、どの仕様（定常偏差、位相余裕、共振ピーク角周波数、共振ピーク値）を選択すべきか理解していない状態であることを表している。ω pは、共振ピーク角周波数の仕様を選択すべきであることを学習者が知らない状態ということになる。subtreeは簡単化するために省略した部分を示す。

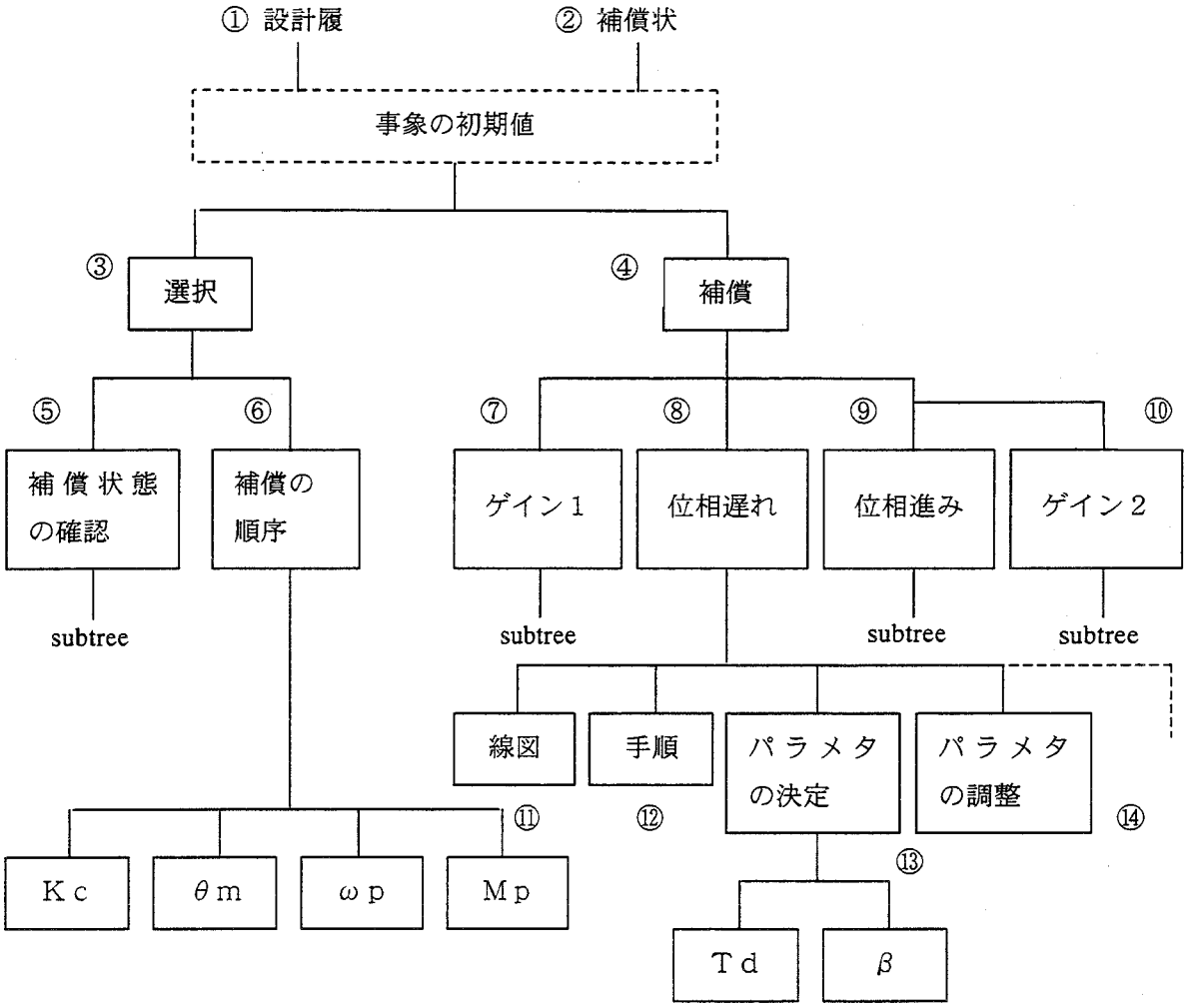


図4．2　設計の進捗状況のモデル

学習者がヒントを求めたとき、システムは学習者の設計履歴や補償状態から推論を行い設計の進捗状況を決定して、対応するヒントを生成する。設計履歴とは、学習者が現在設計している仕様、参考にしている線図、補償をしてきた手順、補償状態の変化傾向などのデータ集合を示す。また補償状態とは、制御系の位相余裕、共振角周波数、共振角周波数における位相、位相遅れ要素を挿入したために生じた位相の遅れ度合などに関する補償の進行状態を示す事実、次に選択すべき補償要素、次に注目すべき仕様、次に設計する補償要素などに関する事実などの集合を意味する。　生成されるヒント生成には、まず「このようにせよ」というように、学習者に次の作業を指示する直接指導が考えられる。次に設計状態を認識させ学習者の思考を活性化させる間接指導が考えられる。本システムでは効率よく設計すること

よりも、設計する過程で設計手法を深く理解させることを目的としているため、多少効率が悪くても間接指導をとる。したがって本システムでは間接指導となるように工夫している。しかし、授業で活用することを前提としているため設計の進行を促すために直接指導を生成することもできる。

４・４　ＩＳＡＡＣの構成

図４．３にＩＳＡＡＣの構成を示す。作業選択部は学習者が希望する機能を選択する部分、計算処理部は線図のシミュレーションを行う部分、知識処理部はヒントを生成する部分である。その他に学習者の選択データを格納するデータ格納部および推論ルールやヒント生成ルールを管理するルール管理部がある。学習者の選択によって、線図や仕様が満たされているかなどの確認情報、学習者の設計の進捗状況に応じたヒントなどが学習者に提示される。それらの情報を参考にして学習者は次になすべき作業を判断する。
またデータ格納部にはシミュレーションを含めた学習者の設計過程を記録している。このデータを設計終了後に分析し、学習者の評価や本システムの有効性の検討や改善を行う際に利用する。

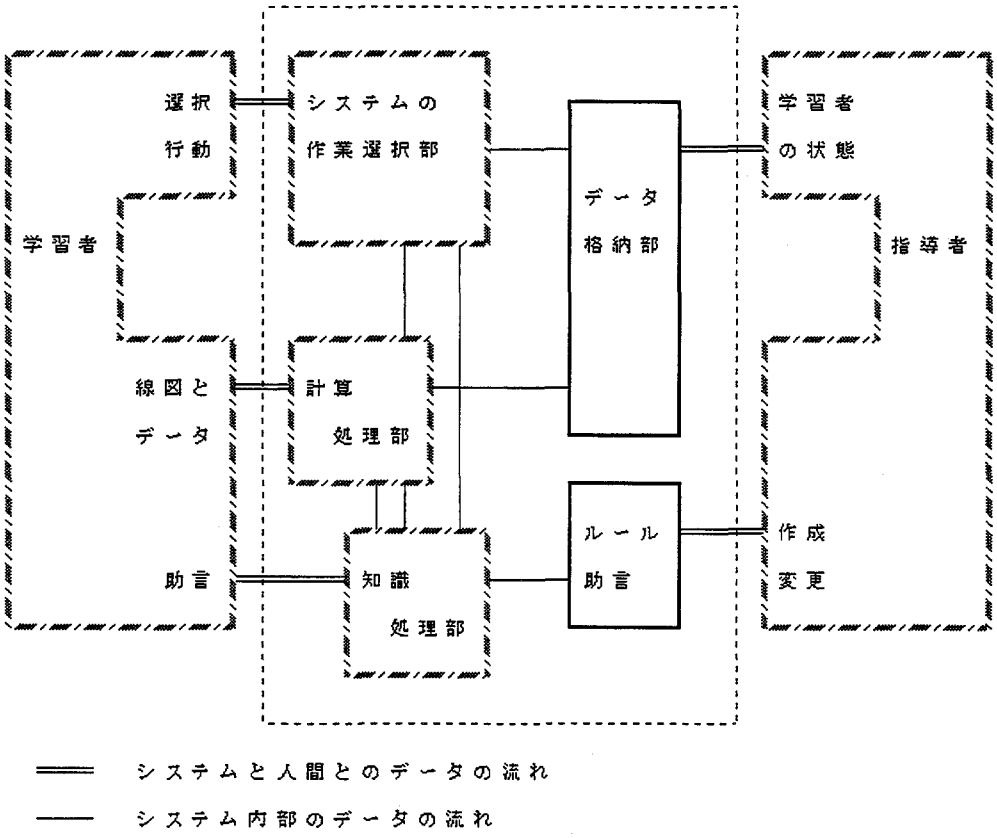


図４．３　ISAAC の構成

４・５　メニューの構成

メニューの構成にあたっては、学習者の設計演習の手順を次のようにモデル化して考える。

① 問題の理解

② 補償する仕様の決定

③ 補償要素のパラメータの決定

④ 線図の描画

⑤ 仕様の満足度の判定

メニューの構造は、学習者の作業パターンを分析したｔｒｅｅ構造とした。これは学習者がシステムの機能を選択する順序と項目が、学習者の状態を推論する重要な情報であるためである。またこのｔｒｅｅ構造のメニューは、学習者に自分の設計状態を意識させ、設計手順を整理させる援助となる。構成されたメニューを図４．４のように示す。図中のＡ、Ｂ、Ｃ、Ｄ、Ｅは以下の項目に対応する。

Ａ）補償要素のパラメータの決定　　「補償」

Ｂ）ボード線図とニコルス線図の描画　　「描画」

Ｃ）仕様の満足度の判定　　「確認」

Ｄ）仕様を達成するための支援　　「ヒント」

Ｅ）その他（問題設定、線図の環境設定，パラメータの値をみる等）

最初に①で演習課題を入力し、ルートメニューに戻ってから②→⑥→（⑨ OR ⑩）と進んで線図を描き仕様の満足度を確認する。満足していないなら、②に戻ってから⑤を選び、補償要素のパラメータの設計を行い線図で確認する。その過程で次にどうすればよいかが解らなくなったとき、⑦→⑫→⑲と選択してシステムの生成したヒントをうけとる。

４・６　ヒント生成の流れと補償状態

補償状態の具体的な内容は以下のようである。

1)現在の仕様がどの程度まで満足されているか。

2)各補償要素のパラメータ値が適切か

3)補償要素が正しく選択されているか

4)補償手順が妥当か

5)どの線図を参考にしているか

6)補償を行っていくにつれて改善されているか

これらの補償状態と設計履歴を初期値として、設計の進捗状況を示すモデルのノード位置を推論する。推論の基礎となる事実は、とりうる値の数によって２種類に分類している。その１つは、(DELEY_ADJUST_BETA_l)(********_l)のタイプで、成立、未確定、不成立の値を持つ。もう一つの(PHASE_MARGIN_v)(********_v)のタイプは、LITTLE、SMALL、NEAR、GOOD、LARGE、BIG、BADのいずれかの値

をもつ。補償状態と設計履歴を除いた事実の初期値は、未確定の値を持つ。

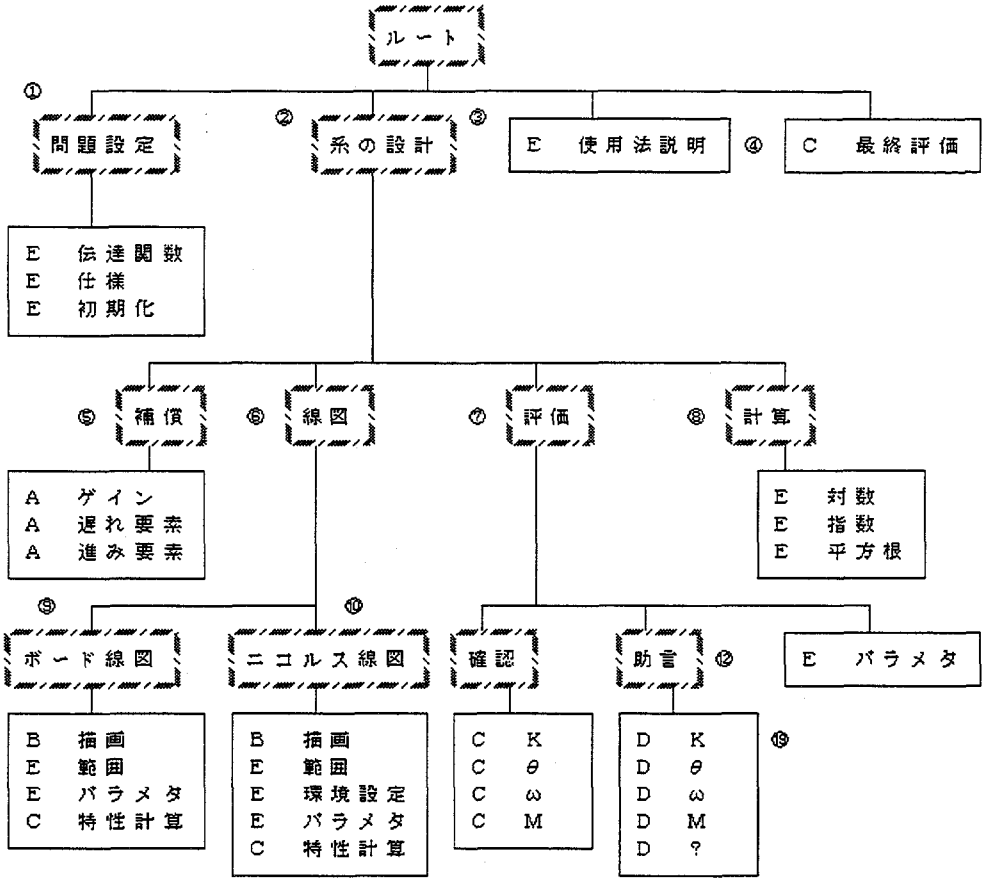


図 4．4 メニューの構造

設計の進捗状況を決定する過程で用いる推論用ルールは事実の論理結合の形をとっており、右辺の論理式が評価されれば左辺の事実の値を更新して推論を進め、(GOAL_1)が成立すると推論が終了する。推論用ルールの一部を図４．５に示す。

```
#define DELEY_3_l              fact[94]
#define DELEY_ADJUST_l         fact[124]
#define DELEY_ADJUST_BETA_l fact[125]
#define DELEY_ADJUST_TD_l    fact[126]

  case 50:
    DELAY_ADJUST_l=
      or(2,and(2,equ(DELAY_2_l),
                    equ(PHASE_MARGIN_v==NEAR)),
            and(2,equ(DELAY_3_l),
                    equ(PHASE_MARGIN_v==NEAR)));break;
  case 51:
    DELAY_ADJUST_TD_l=GOAL_l=
      and(2,equ(DELAY_ADJUST_l),
            not(TD_v==GOOD)      );break
  case 52:
    DELAY_ADJUST_BETA_l=GOAL_l=
      and(2,equ(DELAY_ADJUST_l),
            equ(TD_v==GOOD)      );break
```

図　４．５　　推論用ルールの一部

ルールの５０の意味は、｛安定性の補償②（DELAY_2_l）の段階、かつ、位相余裕が仕様をもう少しで満足する状態（PHASE_MARGIN_V==NEAR）｝、あるいは、｛安定性の補償③の段階（DELAY_3_l）、かつ、位相余裕が仕様をもう少しで満足する状態（PHASE_MARGIN_V==NEAR）｝であれば、位相遅れ要素を調整する段階（DELAY_ADJUST_TD_l）であると結論する。推論形式は単純な前向き推論であり、推論用ルール，ヒント照合用ルールはプロダクションの形式をとり、知識ベースの変更や追加，削除は容易である。

図４．５のルールは図４．６の設計過程を作り出す具体例の終わりの段階で適用されている。図４．６は、現在の補償状態を初期値にして推論を行い「次に行うのは位相遅れ補償である」にいたるプロセスを示す。さらに設計履歴と補償状態を使い設計の進捗状況のモデルにおける位置を推論するルールを次々適用して推論を続け、「Ｔｄを調整したがまだ位相余裕（θｍ）を改善できていない」という結論を導く。そして設計の進捗状況に対応して出力されるヒントは、「位相遅れ要素のＴｄを大きくして位相の遅れの影響を小さくする」となる。

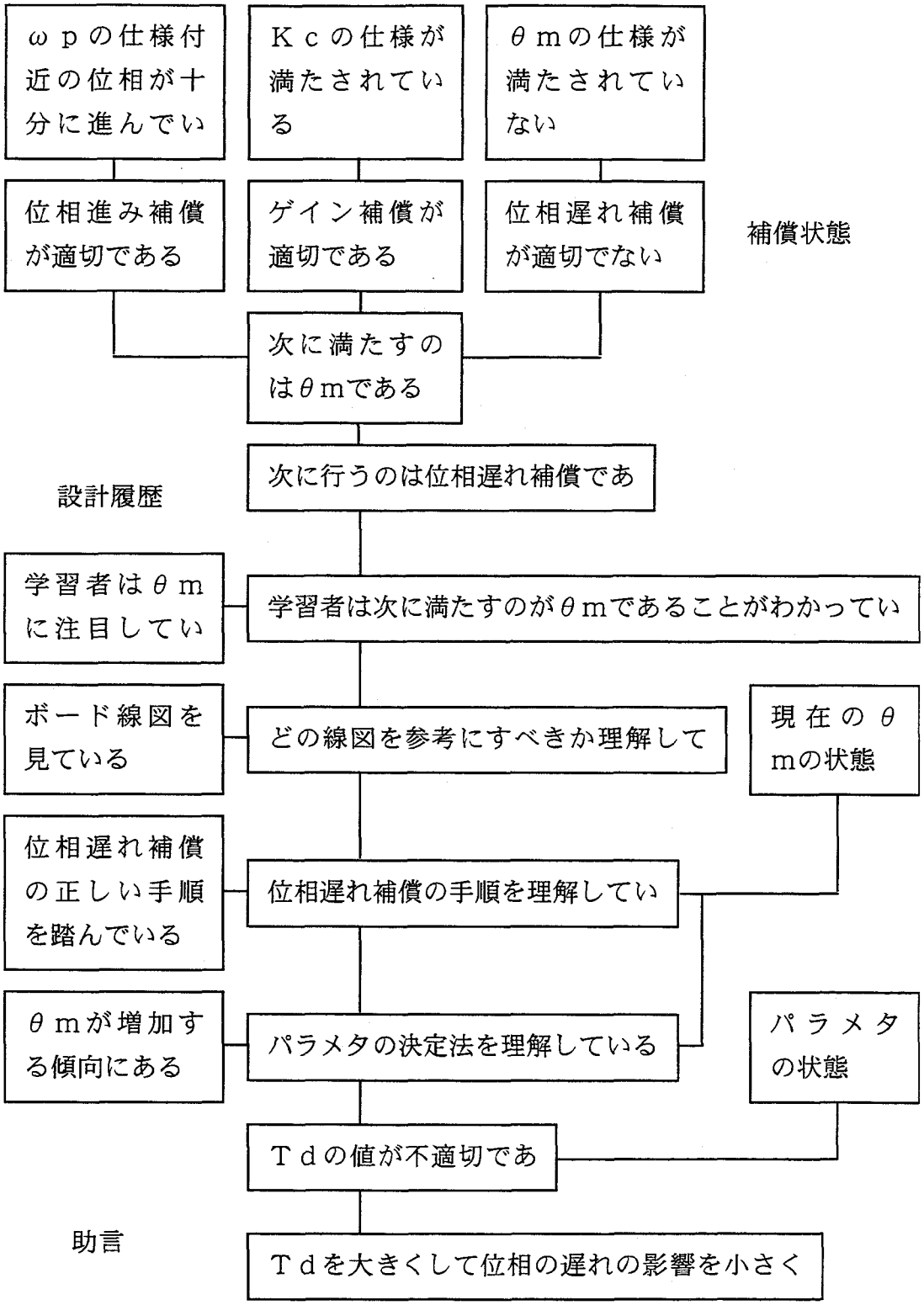

ωｐの仕様付近の位相が十分に進んでい
Ｋｃの仕様が満たされている
θｍの仕様が満たされていない
位相進み補償が適切である
ゲイン補償が適切である
位相遅れ補償が適切でない
補償状態
次に満たすのはθｍである
次に行うのは位相遅れ補償であ
設計履歴
学習者はθｍに注目してい
学習者は次に満たすのがθｍであることがわかってい
ボード線図を見ている
どの線図を参考にすべきか理解して
現在のθｍの状態
位相遅れ補償の正しい手順を踏んでいる
位相遅れ補償の手順を理解してい
θｍが増加する傾向にある
パラメタの決定法を理解している
パラメタの状態
Ｔｄの値が不適切であ
助言
Ｔｄを大きくして位相の遅れの影響を小さく

図　４．６　　推論過程の一例

そのとき用いたヒント生成用ルールの一部を図４．７に示す。

```
  IF (DELAY_ADJUST_BETA_l==TRUE)
    { adv=D__AD1_a; }
  IF (DELAY_ADJUST_TD_l==TRUE)
    { adv=D__AD2_a; }
/*======  位相進み遅れ補償  ======*/
    case 30:
      printf("補償対象：ωp（位相特性）        ");ly=next(ly,2);
      printf("  位相遅れ要素を使うと，位相は遅");ly=next(ly,1);
      printf("るがそれが，[ωp の仕様]付近の  ");ly=next(ly,1);
      printf("位相特性に影響しています。        ");ly=next(ly,2);
      hit_space();ly=next(ly,0);
```

図　４．７　　ヒント生成用ルールの例

４・７　システムの評価[12][13][14][15]

ＩＳＡＡＣの評価のために実践を行った。Ａ高専で自動制御の授業を受けた学習者９名の設計履歴からその有効性を検討した。対象の学年は４年次で、演習の時期は１９９０年１２月から２月までの期間である。演習課題は以下に示すような形式で、学習者ごとに数値が異なる。また演習中は別資料を調べたり友人と相談したりすることはできないものとした。

演習課題

定常速度偏差定数（Ｋｖ）　２０以上

位相余裕（θｍ）　　４０度以上

共振角周波数（ωｐ）　　３以上

学習者の設計過程を分析するために以下のデータを記録した。

（１）使用した作業

（２）生成したヒント

（３）補償要素のパラメータの推移

（４）補償状態の推移

これらのデータを分析することによって以下の事項が明らかとなる。

（１）各機能の使用状況

（２）学習者の理解状況

（３）ヒントの効果

（４）学習者が選択した作業の遷移に関する特徴

４・７・１　演習の評価

１）　学習者行動の遷移行列

表４．１は学習者の設計過程の一部であり、記録された通し番号、作業の種類、作業内容が示されている。

この学習者は、補償（A）を行い、線図（B）で確かめ、ヒントを見て（D）そのヒントにそった補償を行っている。したがってシステムの持つ機能を活用して補償を適切に行い、すべての仕様を満たすことができた。

学習者の設計作業の過程は、学習者の理解の深さと関わりが深く、選択した作業間の遷移の割合や作業の種類によって特徴づけることができる。まず作業間の遷移の割合を遷移マトリクスで表わすことにする。

表４．１の作業の順番を見ていくと次のようになる。

・・・ＡＢＤＤＡＥＡＢＤＤＤＡＤＢ・・・

Ｅに分類される作業を省略して、同じ作業が続くときは１つにまとめ補償のあとは必ず線図を描く形式に整理すると次のようになる。

・・・ＡＢＤ　Ａ　　ＢＤ　　Ａ　Ｂ・・・

→Ａ→Ｂ→Ｄ→Ａ→Ｂ→Ｄ→Ａ→Ｂ→

表　４．１　学習者の設計過程の一部

番号	作業					内容	
57	A					補償	位相進み補償
58		B				描画	ニコルス線図
59				D		助言	位相進み補償が不十分
60				D		助言	αを小さくしてもっと位相を進めて
61	A					補償	位相進み補償
62					E	計算	平方根の計算
63	A					補償	位相進み補償
64		B				描画	ニコルス線図
65				D		助言	Kv の仕様を満たせ
66				D		助言	K ＊αがKv となる
67				D		助言	Kv の仕様を満たせ
68	A					補償	ゲイン補償
69				D		助言	（線図を描くように指示）
70		B				描画	ニコルス線図

次に総遷移数（具体的には→の数）を数え、各作業間の遷移（例えばＡ→Ｂ）の数を数えると、遷移率λ_{ij}は表４．２で表されている。ａi(i=1,4)は、作業名を示す。

学習者が補償から確認と補償からヒントの作業行ったときシステムは線図を描くように指示するため、表４．２の遷移率λ_{13}とλ_{14}は０となる。

以上のようにして図４．８の遷移マトリクスが作成される。

表　４．２　　作業間の遷移行列

基本遷移マトリクス

$$\lambda_{ij} = \frac{a_i \text{から} a_j \text{に遷移した数}}{\text{総遷移数}} \times 100 \quad \%$$

		次の作業			
		A補償	B描画	C確認	D助言
前回の作業	A補償	0	λ_{12}	0	0
	B描画	λ_{21}	0	λ_{23}	λ_{24}
	C確認	λ_{31}	λ_{32}	0	λ_{34}
	D助言	λ_{41}	λ_{42}	λ_{43}	0

学習者１

0.0	22.8	0.0	0.0
21.6	0.0	24.2	1.6
3.2	1.6	0.0	20.9
6.1	4.8	3.2	0.0

学習者２

0.0	41.6	0.0	0.0
39.1	0.0	16.8	0.0
2.5	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0

学習者３

0.0	32.0	0.0	0.0
32.7	0.0	13.6	9.1
9.1	4.5	0.0	0.0
9.1	0.0	0.0	0.0

（a）学習者別遷移マトリクス

１回目

0.0	42.6	0.0	0.0
41.4	0.0	7.8	2.6
2.6	5.2	0.0	2.6
5.2	0.0	0.0	0.0

２回目

0.0	36.4	0.0	0.0
37.6	0.0	9.0	6.0
6.0	0.0	0.0	3.0
3.0	6.0	3.0	0.0

３回目

0.0	40.0	0.0	0.0
40.0	0.0	13.3	0.0
0.0	6.7	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0

（b）遷移マトリクスの時間経過

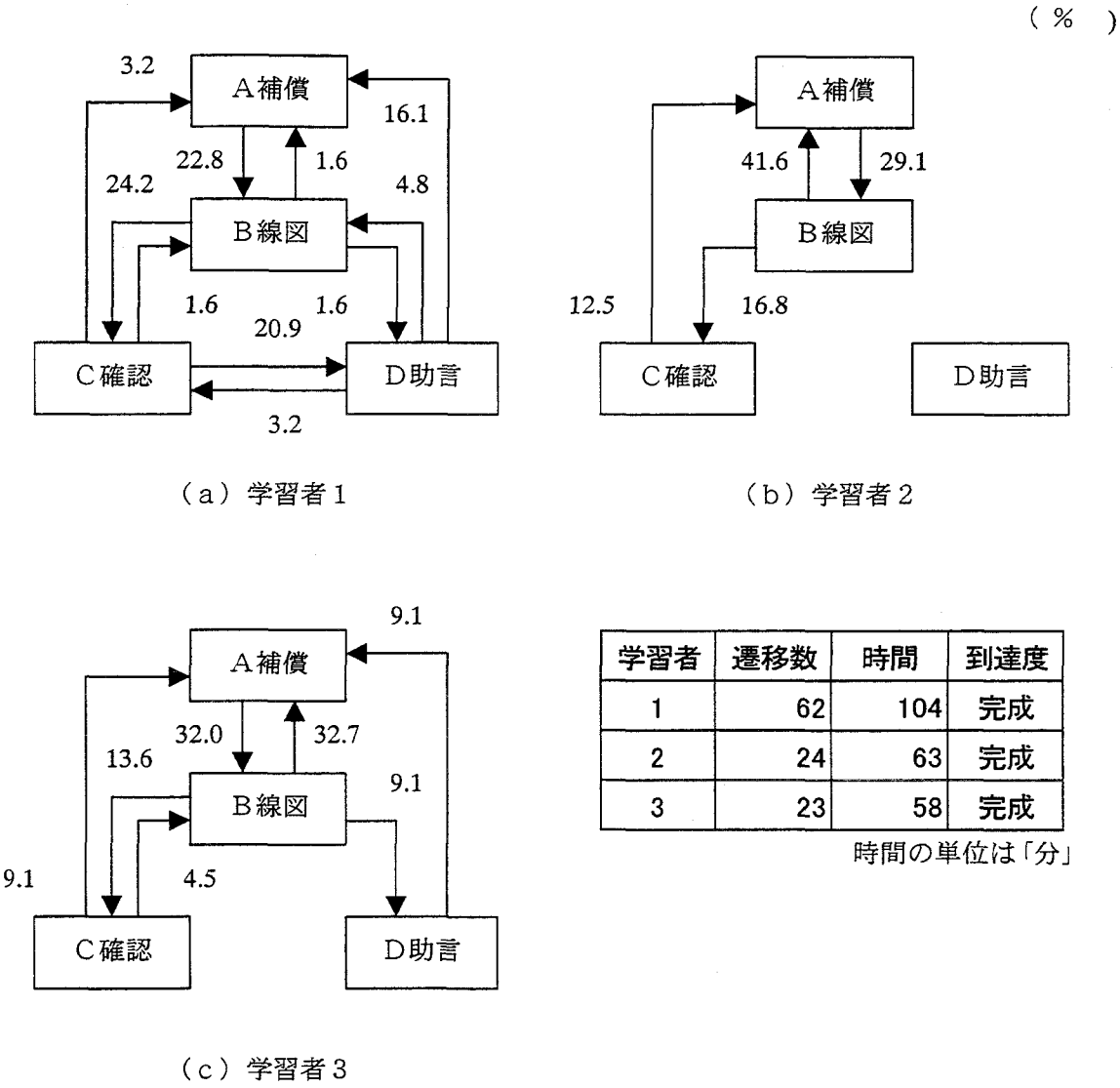
図４．８　遷移マトリクスの例

２）　学習者別作業遷移図

以上のようにして作成した図４．８の（a）の遷移マトリクスから遷移図を作成すると図４．９となる。この遷移図によって遷移の特徴を図示できる。

学習者１は、A→B→C→D→Aの遷移パターンが多く、ヒント生成機能を頻繁に活用して設計を行っていることがわかる。学習者２はヒント生成機能に頼らずシミュレーションだけで補償を行っており、線図から特性を読み取みとる機能だけで設計を完成させている。学習者１に比べて遷移のパターンが少ない。学習者３についてはヒント生成機能を使用してはいるがそれには頼らず、大体自分の力で設計していることがわかる。１回の遷移あたりの時間と種類は、システムへの依存度に関係すると考えられ、学習者１に比べて、学習者２，３は独力で設計しようとしてい

る。このように遷移図を観察することによって、その学習者の理解状態と思考過程の特徴が把握できる。



学習者	遷移数	時間	到達度
1	62	104	完成
2	24	63	完成
3	23	58	完成

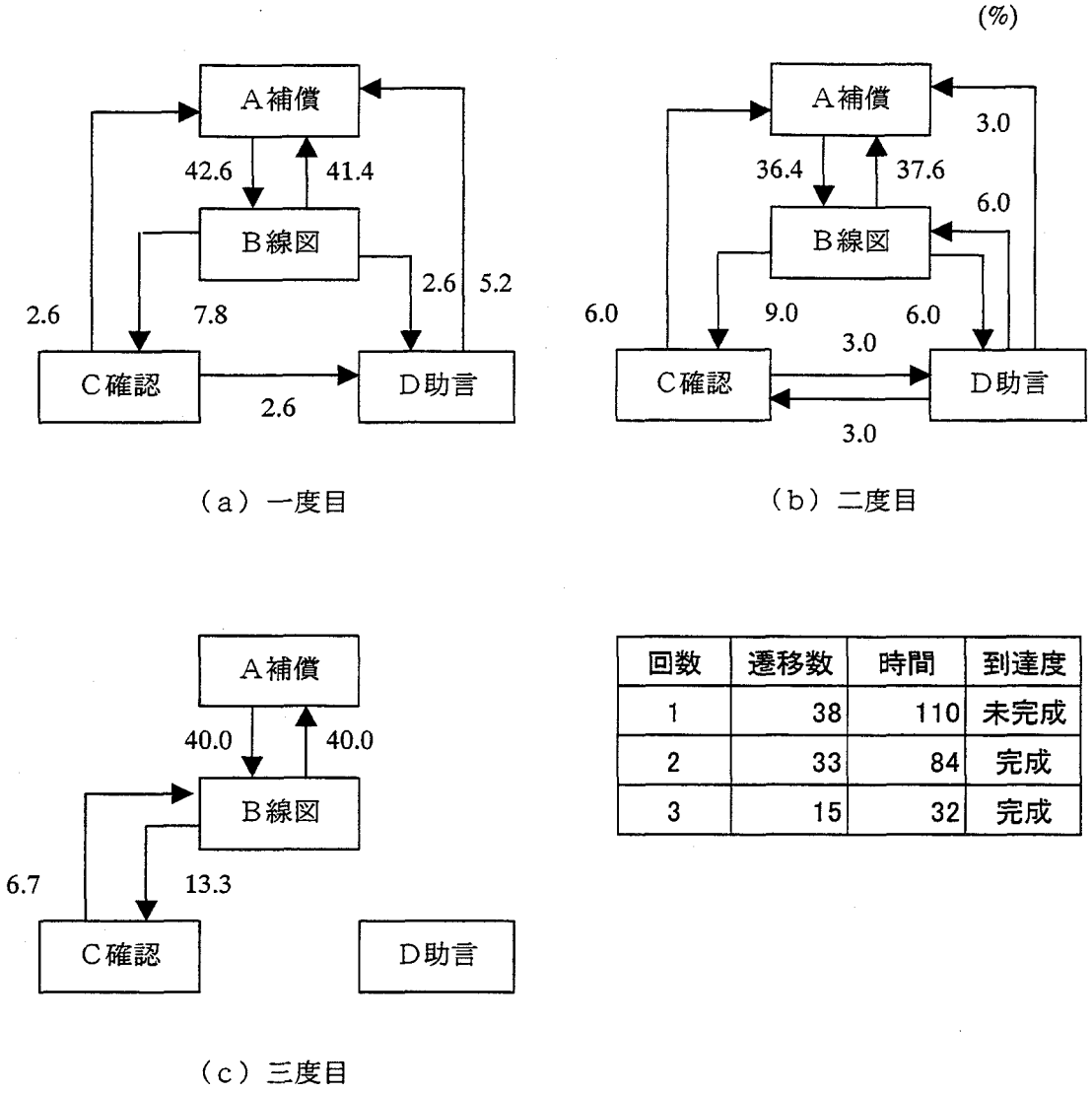
時間の単位は「分」

図　４．９　学習者別遷移図

図４．８の（b）の遷移マトリクスから作成した図４．１０は、ある学習者の変容過程を遷移図によって表現したものである。

この学習者は、１回目は１１０分間設計を行ったが完成させることができなかった。学習記録をもとにした本人へのインタビューから、制御系の設計についての知識が不足していたこと、またうまくいかないことで思考が停滞して、あせってじっくりと考えることができなかったことなどが分かった。

その後およそ１ヶ月過ぎて２回目、３回目目の演習を行った。この期間の授業では演習に関する内容には触れなかった。２度目はヒント生成機能をうまく利用して設計を完了させることできた。３度目は２度目よりもかなり時間を短縮して設計することができている。



（a）一度目

（b）二度目

回数	遷移数	時間	到達度
1	38	110	未完成
2	33	84	完成
3	15	32	完成

（c）三度目

図　４．１０　　繰り返しによる遷移図の変化

３つの遷移図を比較すると、３回ともＡ（補償）からＢ（線図）、ＢからＡの遷移が多いことがわかり、この学習者はヒントに頼らず自分の力でやろうとする傾向が強いことがわかる。２度目は１度目と類似の遷移図となっている。しかし３度目となると、かなり変化し、ヒント生成機能は１度も使用せず、ＡからＢ、ＢからＡ、ＢからＣ、ＣからＢという４通りの遷移しかみられない。このように遷移のパターンが少なくなるのは、設計手順を理解し、意味の無い作業をしなくなったことを意

味する。３度の遷移図の変化から、ヒント生成機能をうまく活用して設計の手法を完全に習得したことがわかる。

４）　演習の完成度と所要時間からみた有効性の検討

本システムを利用して行った２回の演習の完成度と所要時間を表４．３に示す。表中の２回目の演習は１回目の１ヵ月後に行った。１回目と２回目を比較すると、演習時間が短縮されたにも関わらず完成した学習者数は増えている。それは演習によって設計手法の理解が深まったと考えられ、本システムの実用性を裏付けている。ヒントは、学習者の思考の停滞を改善し、自信を増加させるのに役だっており、初心者にも理解しやすいものであった。しかしヒントを生成するまでの時間（１６ビット機で約４０秒程度）を長すぎると感じる利用者がいた。それは対象の制御系の解析に膨大な計算を要するためであるが、ヒントを生成している間に各自の設計過程を振り返る余裕の意味では妥当であろう。

表　４．３　　学習者の完成度と所要時間

◎：助言機能を一度も使うことなく完成させた

○：助言を参考にして完成させた

△：時間があれば完成させることができると思われる（教師の判断）

×：もっと時間をかけても完成できないと思われる（教師の判断）

学生	完成度		所要時間（分）	
	回数		回数	
	1	2	1	2
A	○	◎	58	63
B	○	◎	64	38
C	△	○	110	133
D	×	○	110	50
E	×	○	110	84
F	×	○	110	104
G	×	○	110	94
H	×	○	110	93
I	×	○	110	73

４・８　おわりに

制御系の設計演習を能率よく行うため、制御系の補償要素のパラメータ設定、線図を描くシュミレーション機能に加えて、学習者の設計プロセスをモニターしながら、進捗状態を推論して学習者が次にとるべき設計作業に関するヒントを生成する機能を持つ演習システムを開発した。そのヒント生成機能は、制御系に関する知識、設計の進捗状況を記述するモデル、学習者の状態を推論する推論機能から構成される。この演習システムを利用した実践を行った。その学習者の作業履歴を解析した遷移図を観察することによって、その学習者の理解状態と思考過程の特徴を把握できた。例えば遷移のパターンが少なくなるのは、設計手順を理解し、意味の無い作業をしなくなったことを意味すると考えられる。また演習を重ねると演習時間が短縮されたにも関わらず仕様を満たす学習者数は増えていた。それは演習によって設計手法の理解が深まったと考えられ、演習システムの実用性を裏付けている。したがって、開発した演習システムで実現した設計の進捗状況を記述するモデルにもとづいて学習者の理解状態を推論しヒントを生成する機能は、設計に行き詰まった学習者の支援となることが認められた。

一般にシミュレーションを利用した学習を能率よく行うためには、学習者を支援する何らかの機能がシミュレーションに必要であることが認められた。

第４章　参考文献

１）対馬勝英他：高機能ヒューマンインターフェースを持つオーサリングシステム,教育システム情報学会誌,Vol.8，No.1，March，1991

２）斉藤正男、溝口文雄：知的情報処理の設計,コロナ社,1982

３）平島稔之：ボード線図と漸近線ボード線図に対する一考察,教育システム情報学会誌,Vol.5，No.3，pp.50-58,July、1988

４）平島稔之、増田秀雄：制御工学における周波数応答を利用した特性設計のための自動化プログラム（ＣＡＤ）について,電子情報通信学会技術研究報告,ET90-28，1990

５）岡本敏雄：ＩＴＳにおける定式化した誤り診断技法”ＰＯＰＯ”の研究,教育システム情報学会誌,Vol.7，No.1，pp.3-13,March，1990

６）鈴木昭二他：学習を支援する知識ベースシステムー概念構造に着目した知識検索機構ー,電子情報通信学会技術研究報告,ET89-8,1989

７）岡本敏雄、松田昇、蛭間晋平：基礎図形概念形成・診断のための知識ベース型作図システム,日本教育学会誌14(4),pp.147-157,1991

８）藤井剛志、松永公廣：学習者の状態推論を用いた演習システム”ＩＳＡＡＣ”の開発と実践,電子情報通信学会技術研究報告,ET91-37,pp.93-100,1991

９）松永公廣、藤井剛志：助言生成機能をもつ制御系設計演習ＣＡＤシステムの開発とその効果,電子情報通信学会論文誌Ａ,Vol.J75-A,No.2,pp352-361,1992

１０）南都寛、松永公廣：学習者の思考過程を考慮したインターフェースの改善に関する研究,日本教育工学会研究報告,JET92-1,pp.69-72,1992

１１）西村正太郎、北村新三、武川公、松永公廣：制御工学,森北出版,1987

１２）松永公廣、吉川博史：助言生成機能をもつ制御系設計演習ＣＡＤの実践,電子情報通信学会技術研究報告,ET93-23,pp.33-36,1993

１３）松永公廣：制御系設計ＣＡＤ演習における学生の設計過程の考察,JET95-2,pp.15-18,1995

１４）松永公廣、野野瀬重泰：教科学習に対するＣＡＤの効果（制御工学設計演習ＣＡＤを使って）,摂南大学経営情報研究,Vol3,No2,pp.83-97,1996

１５）Kimihiro MATSUNAGA,Sankithi TAKAHASHI: Some significant remarks about CAD use in control Engineering Education,AEESEAP '96 T3-2-1/4, 1996

第５章　シミュレーションを利用した献立作成演習の研究

５・１　はじめに

集団給食は、多人数の健康な生活を食事を通して達成することを目的とする。集団給食の献立は、栄養価や食品構成だけではなく年齢、性別、運動量、調理する設備、調理スタッフ、費用、安全性などの調理に関する条件をも満たすように作られなくてはならない。その献立を作成する資格を持つ栄養士を目指す学習者は、献立の専門知識を学び実習で技術を修得する。しかし養成期間は短く実習に配当できる時間が少なく、実習の準備、実施、評価における教師の負担が大きいなどの教育上の問題は多いが、教育施設として実習の充実は不可欠と考えられている。

その教育にはコンピュータシミュレーションは向いていると考えられており、実際専門家用の栄養価計算ソフトも市販されている。献立作成にコンピュータを利用する研究については、吉村[1]は栄養計算ソフトを開発しそのソフトは実務でも利用されている。阿部[2]の開発した献立表エディタは実際の教育現場でも利用されて高い評価を得ており、高木[3]の開発した教材ソフトは中学校技術・家庭科「食物」領域の授業でビデオテープ、料理カードとともに利用され学習者の献立作成学習におけるメディア選択特性が分析されている。そこで集団給食用献立作成教育を効率化するために、筆者らは[4]学習支援機能を付加した献立作成演習システム（以後演習システム）を開発した。

栄養士養成が直面する課題は、調理も含めたさまざまの観点から学習者の作成した献立を学習者自身が評価して、問題点を発見し調整する能力を育成することであるが、そのような授業をする時間的余裕がない。その状況を改善するために栄養価計算ソフトを応用して効率を上げることが考えられるが、献立作成経験の少ない学習者は、作成した献立の栄養価や食品構成に注意を奪われて、安全性や費用など集団給食の献立として配慮しなければならないことに気づかず、ともすれば栄養価の数字合わせの調整をしてしまいがちである。実際経験の少ない学習者が作成した献立から独力で問題点を見つけだすことは難しことがこれまでの教育のなかで知られている。

ここでは献立作成作業を効率化するとともに教師の教授知識を演習システムの利用方法に連携させると集団給食の献立作成教育に効果的であることを検討する。そのため演習システムを開発し、それを用いた２回の献立作成演習を行った。

最初の実験では、開発した演習システムが学習者の献立作成を効率化することを、事前テスト、事後テスト、事後アンケート、学習者の献立作成過程、学習者の作成した献立の評価によって明らかにする。さらに演習過程で行った教師の指導、具体

的には提出された課題のなかから良いと思う献立を学習者間で相互推薦する、そして推薦された事例にもとづいて教師が講評するなどが、献立作成上の問題点を学習者が発見し調整する支援になることを明らかにする。そして演習システムを利用する授業においても学習者を取り巻く友人や教師は、学習者の理解を促進する重要な要因であることを示した。

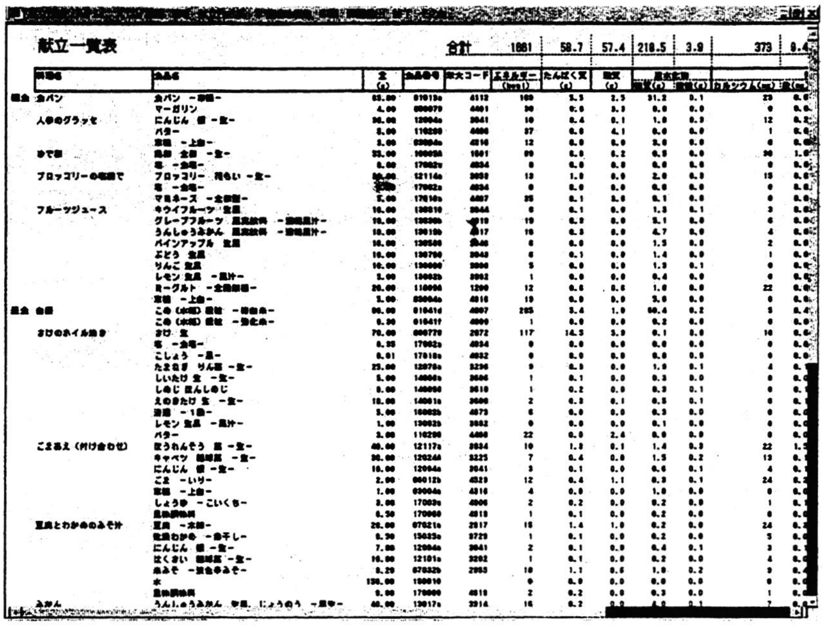
次に、教師が蓄積してきた教授知識を演習システの利用法と連携させると学習者の献立に問題点を埋め込むことができ、その問題点の評価結果を学習者にフィードバックすることによって学習者が直面する問題点の解決を支援できることを、事前テスト、事後テスト、学習者の作成した献立の評価から評価した。さらに学習者の演習システムの操作履歴から献立作成過程の特徴を数量的に検討した。これらの研究によって演習システムを献立作成教育に利用する指針が明確になった。

５・２　演習システムの構成

献立作成の詳細は、赤羽[5]にまとめられておりその概略を示す。一般に生活に必要な栄養素は食事から摂取される。集団給食での料理は、主食、主菜、副菜、汁物・飲料、デザートに分類されている。料理は、食品と調味料の組み合わせで表わされる。献立はそれら料理を組み合わせて作られ、料理名、食品名、食品の量、栄養素の量などが記載された献立一覧表で表される。図５．１は、演習システムで作成した献立一覧表である。摂取する栄養素の目安となる栄養所要量は、対象となる集団の年齢、性別、運動量から計算できる。本演習システムではエネルギー、タンパク質、脂質、食塩など１５種類の栄養素を計算できる。食品は、香川[6]に示されているように穀類、豆類など１８種類の食品群に区分されており、バランス良く１日３０品目程度をとることが望ましいとされている。栄養士は、栄養素表、食品群別の食品構成表、栄養所要量に対する現在の栄養素の充足割合を示す充足度、動物性たんぱく質比などの指標を参考にし、料理や食品の追加や削除、食品量を変更する方法で献立を調整する。献立を調整する度に膨大な栄養価計算をしてその調整結果を確認する。

５・２・１　学習者の献立作成のモデル

献立を作成する学習者の献立作成過程のモデルは、鈴木[7]が詳細に解説しているフラワーとベイズの文章産出過程のモデルを参照し筆者らの経験を加味して図５．２のようにした。



献立一覧表

料理名	食品名	量(g)	食品番号	献大コード	エネルギー(kcal)	たんぱく質(g)	脂質(g)	糖質(g)	繊維(g)	カルシウム(mg)	鉄(mg)
合計					1881	58.7	57.4	218.5	3.9	373	9.4
朝食 食パン	食パン -市販-	63.00	01013a	4112	166	5.3	2.5	31.2	0.1	29	0.6
	マーガリン	4.00	000079	4401	30	0.0	3.3	0.0	0.0	0	0.0
人参のグラッセ	にんじん 根 -生-	30.00	12004a	3041	10	0.4	0.1	1.8	0.3	12	0.2
	バター	5.00	110280	4400	37	0.0	4.1	0.0	0.0	1	0.0
	砂糖 -上白-	3.00	03004a	4316	12	0.0	0.0	3.0	0.0	0	0.0
ゆで卵	鶏卵 全卵 -生-	33.00	10005A	1001	50	4.0	3.2	0.3	0.0	20	1.0
	塩 -食塩-	0.00	17002a	4034	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0.0
ブロッコリーの塩ゆで	ブロッコリー 花らい -生-	30.00	12114a	3050	13	1.3	0.0	2.0	0.3	15	0.3
	塩 -食塩-	[illegible]	17002a	4034	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0.0
	マヨネーズ -全卵型-	5.00	17010a	4407	35	0.1	3.8	0.1	0.0	0	0.0
フルーツジュース	キウイフルーツ 生果	10.00	130310	3044	6	0.1	0.0	1.3	0.1	3	0.0
	グレープフルーツ 果実飲料 -濃縮還元汁-	10.00	13030b	[illegible]	10	0.2	0.0	2.1	0.0	6	0.0
	うんしゅうみかん 果実飲料 -濃縮還元汁-	10.00	13019b	[illegible]	10	0.3	0.0	4.7	0.0	4	0.0
	パインアップル 生果	10.00	130500	[illegible]	6	0.0	0.0	1.5	0.0	2	0.0
	ぶどう 生果	10.00	130700	3043	6	0.1	0.0	1.4	0.0	1	0.0
	りんご 生果	10.00	130000	3000	5	0.0	0.0	1.3	0.1	0	0.0
	レモン 生果 -果汁-	3.00	13002b	3002	1	0.0	0.0	0.4	0.0	0	0.0
	ヨーグルト -全脂無糖-	20.00	110090	1200	12	0.6	0.6	1.0	0.0	22	0.0
	砂糖 -上白-	5.00	03004a	4316	19	0.0	0.0	5.0	0.0	0	0.0
昼食 ご飯	こめ（水稲）精白 -精白米-	90.00	01041d	4007	205	3.4	1.0	60.4	0.2	5	0.4
	こめ（水稲）精白 -強化米-	0.30	010417	4000	1	0.0	0.0	0.2	0.0	0	0.0
さけのホイル焼き	さけ 生	70.00	000770	2072	117	14.5	5.9	0.1	0.0	10	0.6
	塩 -食塩-	0.35	17002a	4034	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0.0
	こしょう -黒-	0.01	17018a	4032	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0.0
	たまねぎ りん茎 -生-	25.00	12078a	3236	9	0.3	0.0	1.9	0.1	4	0.[illegible]
	しいたけ 生 -生-	5.00	14006a	3606	1	0.1	0.0	0.3	0.0	0	0.0
	しめじ ほんしめじ	8.00	140050	3610	1	0.2	0.0	0.3	0.1	0	0.1
	えのきたけ 生 -生-	10.00	14001a	3600	2	0.3	0.1	0.5	0.1	0	0.1
	清酒 -1級-	5.00	16002b	4073	6	0.0	0.0	0.3	0.0	0	0.0
	レモン 生果 -果汁-	1.00	13002b	3002	0	0.0	0.0	0.1	0.0	0	0.0
	バター	3.00	110280	4400	22	0.0	2.4	0.0	0.0	0	0.0
ごまあえ（付け合わせ）	ほうれんそう 葉 -生-	40.00	12117a	3034	10	1.3	0.1	1.4	0.3	22	1.5
	キャベツ 結球葉 -生-	30.00	12024A	3225	7	0.4	0.0	1.5	0.2	13	0.1
	にんじん 根 -生-	10.00	12004a	3041	3	0.1	0.0	0.6	0.1	4	0.1
	ごま -いり-	2.00	06012b	4529	12	0.4	1.1	0.3	0.1	24	0.2
	砂糖 -上白-	1.00	03004a	4316	4	0.0	0.0	1.0	0.0	0	0.0
	しょうゆ -こいくち-	3.00	17003a	4006	2	0.2	0.0	0.2	0.0	1	0.1
	風味調味料	0.50	170060	4018	1	0.1	0.0	0.2	0.0	0	0.0
豆腐とわかめのみそ汁	豆腐 -木綿-	20.00	07021a	2017	15	1.4	1.0	0.2	0.0	24	0.2
	乾燥わかめ -素干し-	0.30	13033a	3729	1	0.1	0.0	0.2	0.0	5	0.0
	にんじん 根 -生-	7.00	12004a	3041	2	0.1	0.0	0.4	0.1	3	0.1
	はくさい 結球葉 -生-	10.00	12101a	3202	1	0.1	0.0	0.2	0.0	4	0.0
	赤みそ -淡色辛みそ-	8.20	07032b	2065	10	1.1	0.6	1.0	0.2	9	0.4
	水	150.00	190010		0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0.0
	風味調味料	0.00	170000	4018	2	0.2	0.0	0.3	0.0	1	0.0
みかん	うんしゅうみかん 砂じょう -[illegible]-	40.00	13017a	3014	16	0.2	[illegible]	[illegible]	[illegible]	7	[illegible]

図５．１　演習システムの献立一覧表

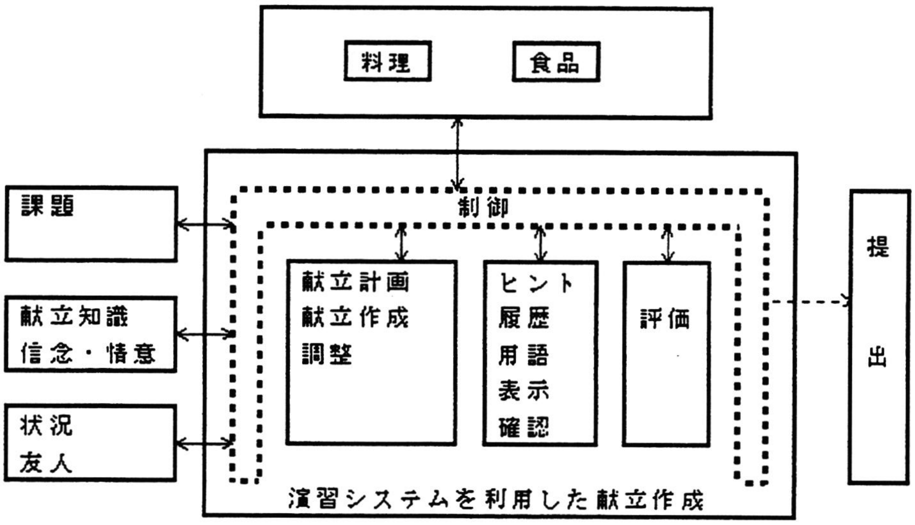


図５．２　献立作成過程のモデル

まず、献立作成の個人的条件として「学習者の献立知識・信念・情意」、そして外的条件として「課題の状況」、「演習システム」などがある。学習者の献立知識には、喫食者の特徴や調理方法や料理や食品に関することなどを含んでいる。献立作成は、「献立計画」、「献立作成」、「調整」と「評価」の４つの作業を想定す

る。

「献立計画」は、課題の状況の中に示されている情報やすでに検索された情報を手がかりにして各自の知識の中から検索し、役に立ちそうな内容を蓄積する。そのなかから必要な情報を選び出し、献立計画へと組み立てていく。例えば「この料理パターンを使って、この食品を加えて分量をこのようにしよう」というように、作成の順序や分量を決めることである。「献立作成」は、料理の組み合わせを考え演習システムを操作して概略の献立を作成し献立表を作るとともに、あとの調整の方針を蓄えておくことである。「調整」は、作成した献立をさまざまの観点から見直し、料理や食品を加減して栄養所要量で示される目標に近づけるようにすることである。「評価」では、課題の内容と献立一覧表を突き合わせて総合的に献立の妥当性を判断する。このように学習者自身が課題解決過程をモニタリングしながら制御している。

学習者は、栄養素の過不足、食物群の過不足、そして栄養バランスなどを諸表から読みとって、料理や食品を追加または削除したり、食品の分量を加減したりして栄養所要量を満たすように調整を繰り返す。この調整知識は、エキスパートシステムで使われているプロダクションシステムの手続き的知識と類似の形式であると考えている。

5・2・2　応答する環境と演習システム

学習者が課題解決過程をモニタリングしながら制御するする学習環境では、Moore.O.K [8] が応答する環境システムで示した以下の基準が参考になる。

① 学習者に主導権がある
② 自由に探索・操作できる
③ 反応が返ってくる
④ 友人などの社会的関係を活用する
⑤ その成果が、広く物理的、文化的、社会的な構造の発見に応用される

開発した演習システムは上述の①②③に対応する以下のような機能を備えている。

1 学習者がメニューバーから機能を自由に選択できる。
2 高速でデータ処理ができる。
3 行動や学習環境内のデータの諸関係が表示できる
4 学習支援機能がある
5 学習者の内的過程の推定を可能にする

機能１の「学習者がメニューバーから機能を自由に選択できること」や機能４の「学習支援機能がある」は、学習者に主導権があることに対応する。機能３の「行動や学習環境内のデータの諸関係が表示できる」ことは、自由に探索し操作できることに対応する。機能２の「高速でデータ処理ができる」ことは、反応が返ってくることに対応する。そして機能５で述べている「学習者の内的過程の推定を可能にする」機能は、学習者の指導のためである。

５・２・３　演習システムの機能

図５．３は開発した演習システムの機能図である。破線の部分は本実践では利用しなかった機能である。学習者はメニューバーを使って自由に機能を利用することができる。演習システムの代表的な機能は、栄養所要量の設定、献立作成、料理作成、栄養素表の表示、目安量の表示、食品の栄養素表示、充足度の表示、プロダクション方式によるヒント生成、操作履歴表示、用語解説、ならびに学習者の献立に埋め込まれた問題点の評価などである。

学習者は、演習システムを操作し献立を作成する。その過程でわからないことがあれば友人や教師に質問する。ときには友人同士で画面を見て一緒に操作することもある。教師は、学習環境を整え、演習の進行を見守り適宜指導する。必要であれば演習システムがサーバに定期的に送付する学習者の献立データをもとに指導する。

５・２・３・１　ヒント生成機能

献立演習における学習者の困難点は、献立作成の基本方針をつかめないことや、演習に時間がかかることである。教育用ソフトウエアは、業務用ソフトウエアに備えていないヒント生成機能を組み込んで献立作成の困難点を改善する。ヒントメッセージを表示するヒント機能は、汎用性を保持し、かつ保守を容易化するため、学習者の演習のデータ、知識ベースに蓄積したルールと推論エンジンで構成した。この形式でメッセージを生成することによって、教育現場の実践経験を知識ベースの修正・追加・削除という方法で速やかに反映させることができる。

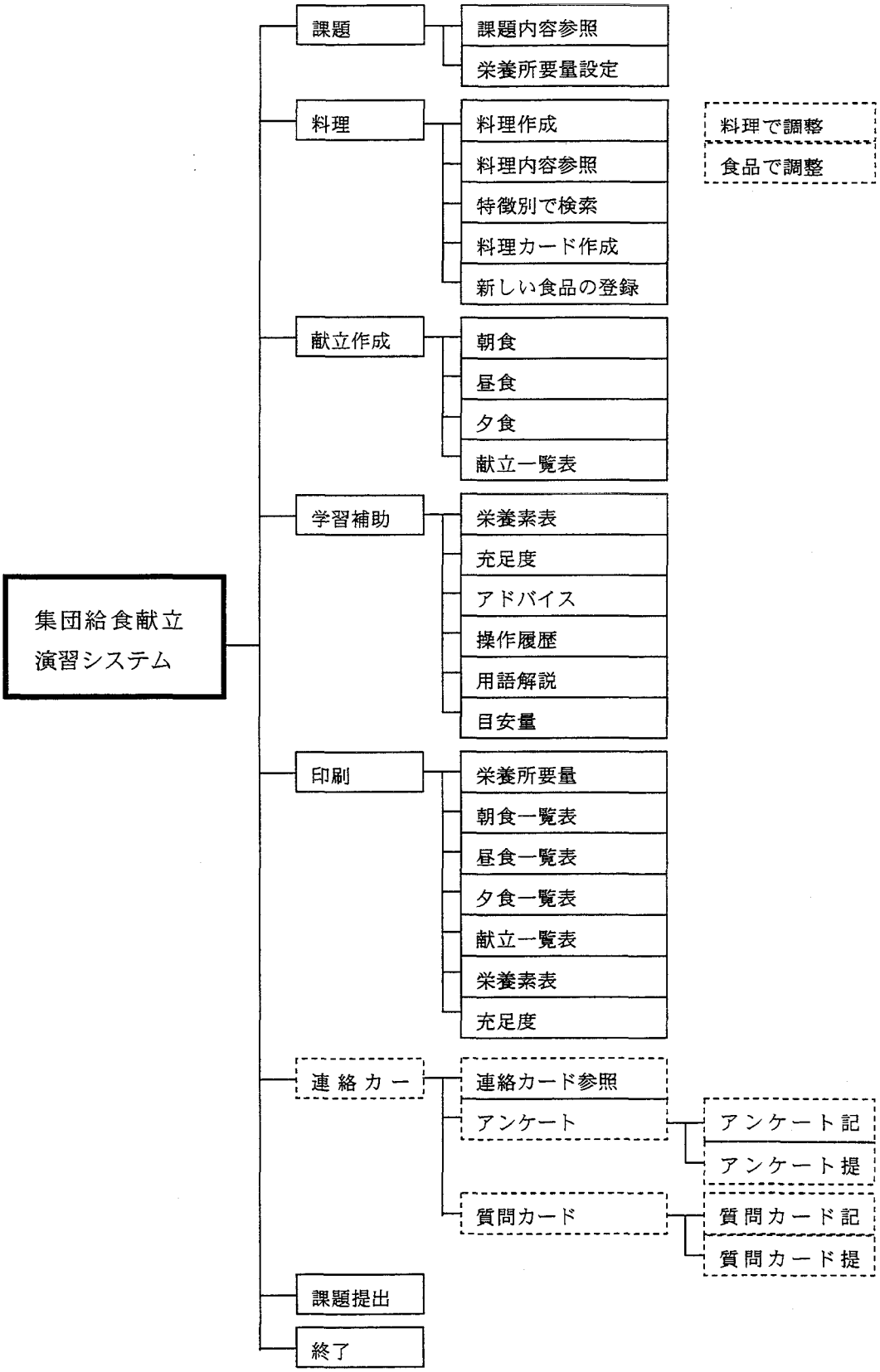


図５．３　演習システムの機能

ヒントメッセージを生成するプロダクション形式のルールは、ワークシートに記入するため各セルに以下のように入力される。ルールのＩＦ部は、条件を変数シートに登録された変数を使って日本語で書いた部分、複数の条件を（ＡＮＤ，ＯＲ）でつなぎ合わせる論理記述部、ルールが成立したかどうかを確かめる真偽判断部などから構成されている。真偽判断部セルに書き込まれる論理式は、ＩＦ部に記述された条件を自動変換して生成する。ヘルプメッセージは、真偽判断部の論理値が真となったとき表示され、その内容はヘルプルールのＴＨＥＮ部に書かれている。現在のところ栄養バランスに関する２０ルールを収録しており、栄養所要量に対する過不足、穀類エネルギー比、エネルギー割合、脂質エネルギー比、脂質充足率、タンパク質充足率、動物性タンパク質比、カルシウム充足率、鉄充足率、ビタミンＣ充足率、食塩量割合、ビタミンＡ充足率、野菜類充足率などに関するメッセージを生成できる。ルールの形式は以下のようである。

ＩＦ部

穀類エネルギー比，が，穀類エネルギー比範囲以上

穀類エネルギー比，は，多い

ＴＨＥＮ部

穀類からのエネルギーが多すぎています。穀類偏重の傾向が見られます。

もっと他の食品群から取りましょう

上述のルールでは、シミュレーションで計算した穀類エネルギー比が穀類エネルギー比範囲以上で、穀類エネルギー比が多いとき、「穀類からのエネルギーが多すぎています、穀類偏重の傾向が見られます．もっと他の食品群から取りましょう」というメッセージを表示する。メッセージは、献立の状況、改善の方法、健康への影響などの内容を含む。知識ベースが参照する変数名や変数値（演習システムの計算結果）や実行履歴は、シミュレーションから変数シートに転記される。推論エンジンは、知識ベースシートのルールと変数シートの変数値を参照して推論を行い、ヒントメッセージを生成する。変数シートは、エキスパートシステムのワーキングメモリーに対応し、シミュレーションから複写したデータを記録した部分と、推論中に表れた新しい中間変数を記録する部分がある。また変数値の推移が記録される領域も確保されている。知識ベースにルールを追加することや評価用変数を変数シートに追加登録することは容易である

５・２・３・２　献立作成過程の操作グラフ

献立演習は、目標の栄養所要量や食品構成の条件を満たす献立の作成技術を教育する。知識が曖昧で献立作成に慣れない学習者が、演習システムを使って学習した

だけで自分の献立作成の問題点や特徴を自己認識することはむずかしい。そこで演習システムの操作履歴記録シートから献立調整過程をグラフにして表示する。これは、自分の作成履歴をたどらせて献立作成方法を見直すきっかけにする指導方法である。グラフ化した献立作成過程は、指導者にとっては学習過程の評価のデータや特徴の把握、学習者にとっては自分の演習履歴を鏡のように写す自己認識のツール（リフレクタ）となる。

５・３　演習方法の特徴

５・３・１　問題点埋め込み式演習法

従来の演習方式では学習者は知っている料理を自由に登録し、それを組み合わせて献立を作成する。このようにして作成した献立一覧表には、料理名、食品名、その量などのデータが並び、経験のない学習者が見ると混乱するばかりで、献立一覧表から献立作成の問題点を発見することは容易ではない。たとえ教師が学習者の献立一覧表を見てもいくつもの観点から詳細に検討しないと問題点を発見することは容易でなく指導上の困難点となっている。

本章では献立作成の専門教育を効率化するために教師の教授知識を演習システムの利用法と連携させて、料理に集団給食用の献立としての問題点を埋め込んで学習者に使わせる演習方法を用いている。演習課題が同じであっても学習者ごとに利用する料理が異なるため、演習システムで利用する料理に問題点が含まれていると、学習者個々の献立に異なった問題点が含まれることになる。したがって学習者は献立一覧表をみて問題点を自分で発見し考えなくてはならない状況となる。教師や演習システムは、あらかじめ学習者の献立に埋め込まれた問題点について知ることができ、個々の学習者の問題点が修正されたか、修正回数、その結果を総合的に分析することによって学習者の状況を的確に把握することができる。授業や実習で断片的な知識しか学習していない学習者は、演習システムの栄養価や食品構成の指標を参考にして献立を調整しても、時にはどうしてよいかわからなくなることも多いため、調整すべき問題点を埋め込んで気づきやすくすることや必要に応じて調整すべき問題点や評価内容をフィードバックするなどの学習支援が効果的と考えられる。このような演習方法をとることによって学習者は、埋め込まれた問題点で学習した知識を献立全体にも適用できるようになることが期待できる。

料理に埋め込む問題点は教育目標と深く関係するが教師の過去の授業経験を分析した教授知識である。そのままでは料理にならない重大な問題点からそのままでもあまり影響のない軽微なものまで考えられるが、本実践では学習者の経験を考慮し

て容易に気づくような問題点を埋め込んでいる。

５・３・２　演習システム利用の教師の利点

教師は、授業設計の段階で学習者が献立作成過程でどのような問題点に直面するかに関する教授知識を演習システムの料理に埋め込むなどの準備をする。授業中は学習者の質問に応答したり、学習者の立てた献立に関する講評などをしたりし、演習が終われば学習者の作成した献立の評価をする。

教師が演習システムを利用する利点は以下であると考えられる。

１）演習システムを使うことによって学習者が負担と感じる栄養価計算などの作業を軽減することができ学習の動機付けを高めることが期待できる。

２）演習システムを利用することによって学習者が集団給食の献立作成についてどの程度理解しているかを正確に知ることができ、指導の方針が立てられる。

３）献立作成演習を繰り返せることによって、学習者の状況をみながら学習者に適切な指導ができる。

４）同じ課題であっても個々の学習者に別々の問題点を考えさせることでき、個別に指導ができる。

５）最初に学習者に献立に埋め込まれた問題点を発見させ調整させる教育をすれば、それ以後は学習した知識を利用して新しい問題を発見し調整できるようになることが期待できる。

５・３・３　登録された料理

演習システムに登録された料理には、料理に必要な食品がない、食品や調味料の量に過不足があるなど料理として不適切な点が埋め込まれている。したがって学習者は、献立作成過程でそれらの料理や食品の問題点に気づいて、料理にふさわしい食品と量、食品数、食品構成、栄養価などの観点から調整しなくてはならない。図５．４は演習システムに登録された料理の１例で、アンダーラインの部分が調整を要する食品である。学習者が演習システムに登録されているカレーライスを使って献立を立てれば、その献立には食品の量に関する問題点が含まれることになる。

カレーライス	こめ(水稲)穀粒　ー精白米ー	90.00
	ぶた　かた、脂身なし　ー大型種ー	150.00
	塩　ー食塩ー	0.40
	こしょう　ー黒ー	0.02
	植物油	3.20
	にんにく　りん茎	2.00
	たまねぎ　りん茎　ー生ー	70.00
	にんじん　根　ー生ー	30.00
	じゃがいも　塊茎ー生ー	120.00
	植物油	6.00
	コンソメスープ	120.00
	小麦粉　薄力粉　ー1等ー	9.00
	カレー　ー粉ー	2.00
	ソース　ーウスターー	1.00
	トマト　缶詰　ーピューレー	4.00
	こしょう　ー黒ー	0.03
	りんご　生果	5.00
	パインアップル　缶詰	1.00
	福神漬	10.00

(g)

図５．４　演習システムに登録された料理例

５・４　献立作成システムと教師の指導の評価

集団給食用の献立は、栄養素量や食品構成だけでなく費用や安全性などいくつかの観点から評価されて繰り返し調整される。本章では献立作成の知識を学んだ学生を対象に演習システムを利用した献立作成を行い、開発した演習システムが学習者の献立作成を効率化すること、また演習過程で行った教師の指導が、献立作成過程で問題点に気づき調整する学習者の支援になることを評価する。

５・４・１　演習方法

被験者は、短期大学の食物栄養専攻の２年生４０人で、全員が女性である。

５・４・１・１　演習計画

本実践を図５．５のように1998年12月4日より３週にわたって実施した。第１週は、事前テストのあと課題１演習を行った、２週目には課題２演習を行い、３週目には課題３演習と事後テスト、アンケートを実施した。

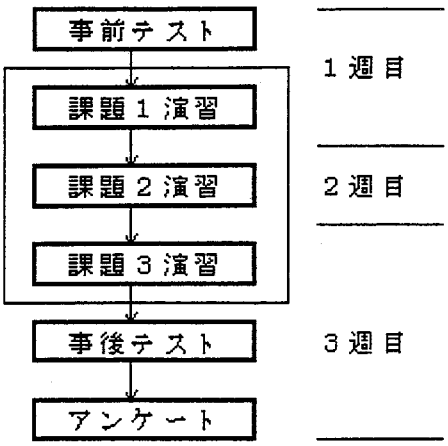


図５．５　実践計画

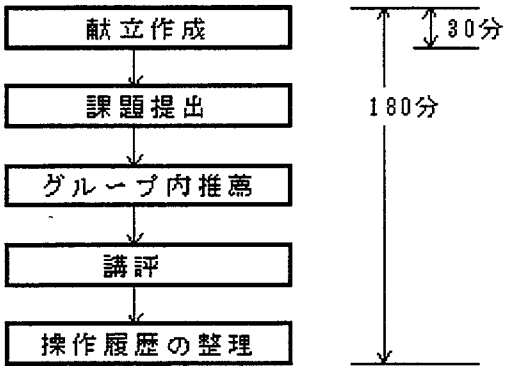


図５．６　演習内容

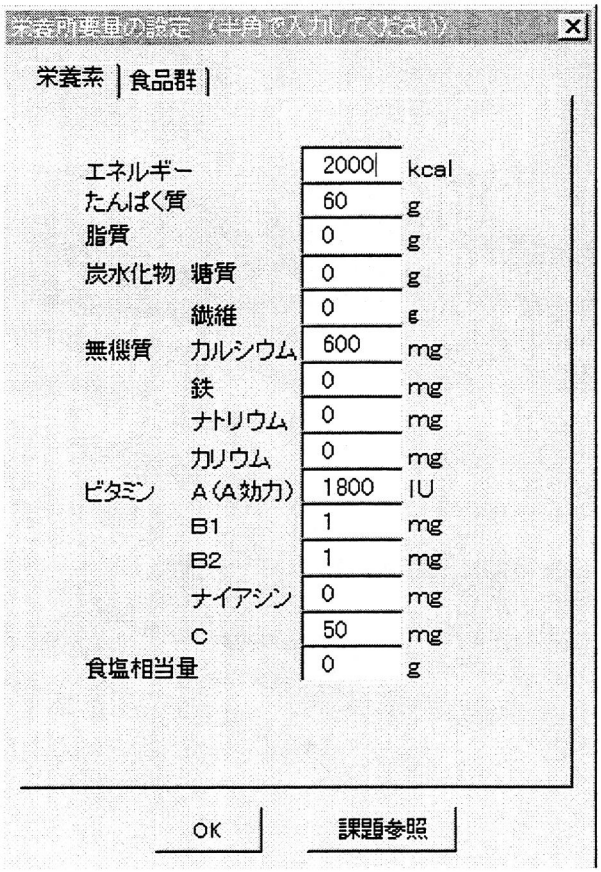
演習の指導のため被験者を７人づつの６つのグループとし、演習内容は３回とも図５．６のように、献立作成、課題提出、グループメンバーの献立を比較して良いと思う献立を推薦するグループ内推薦、推薦された献立についていくつかの観点から教師がコメントする講評、そして演習中に学習者が、友人・教師にした質問内容を思い出して記述する操作履歴の整理である。質問内容を思い出すきっかけになるように演習システムが記録している学習者毎の操作履歴をプリントアウトして返却した。

献立作成の時間は３０－４０分とし、献立作成に登録されている料理をできるだけ利用するように指示した。また友人、教師に質問した時には画面上の質問ボタンを押すように指示した。

５・４・２　演習課題

課題１の内容は、性別：男性、年齢：２０才、身長：１７１ｃｍ、生活活動強度Ⅲ（日常生活活動強度やや重い）、季節：夏、食品構成の区分：４（成長・成人期）、施設と設備：集団給食実習室という条件で１日分の献立を作成することである。課題１演習は、課題１の内容の献立計画を立て実際に献立を作成することである。課題２は、課題１で作成した献立を食品構成の観点から再調整することとした。課題３は、課題２の献立を栄養所要量の観点から再調整することとした。課題が進むにつれて多くの観点からの微妙な調整が必要となる。

栄養所要量は、栄養所要量ダイアログに上述の条件を入力すると自動的に計算されて図５．７．１（栄養素）と図５．７．２（食品群）のように表示される。これが献立を調整する目標の１つになる。



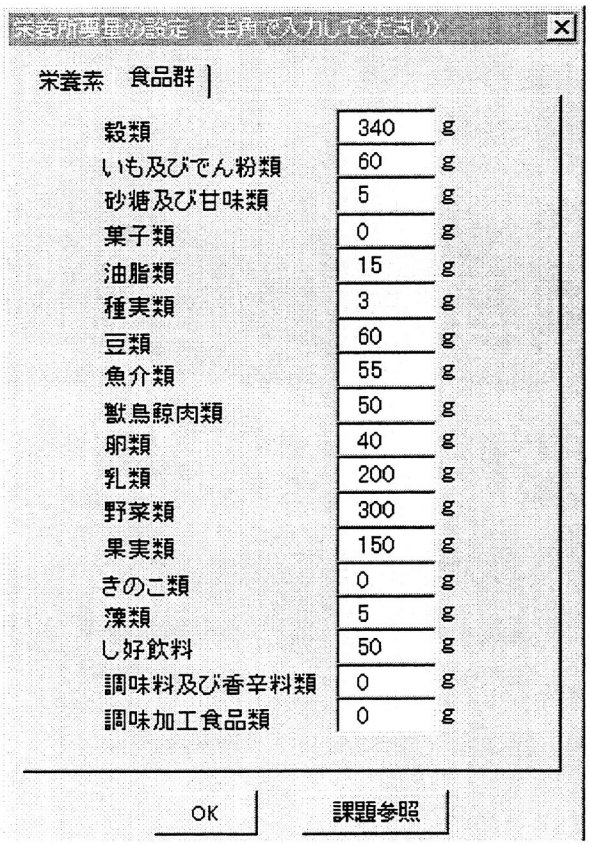


図５．７．１　栄養所要量（栄養素）　　図５．７．２　栄養所要量（食品群）

５・４・３ 事前テストと事後テストによる演習の有効性の評価

事前テストと事後テストは同一問題を使用した（付録５．１参照）。テスト内容は、献立基礎知識と献立作成技術に関する５つの項目である。問題は、空白補充問題で回答方式は選択式と記述式である。

① 献立の条件（４問）

② 献立の構成と栄養所要量（８問）

③ 献立作成の手順（１６問）

④ 栄養素の調整（１３問）

⑤ 食品の含む栄養素（２２問）

問題に正解したときには１点、不正解を０点として項目ごとに採点した。表５．１は、項目ごとに学習者全体の平均をとったものである。献立の構成と栄養所要量、献立作成の手順に関する事前テストと事後テストの成績には有意水準１％で上昇が認められた。しかし栄養素を含む食品に関する事後テストの成績は有意水準１％で下降が認められた。

演習システムを利用した献立作成演習を経験することによって、学習者は献立の構成や栄養所要量や献立作成手順に関する知識を学習していることがわかる。演習の前後でも栄養素の調整に関する知識は変わらず、そして食品の含む栄養素に関する知識が下がっていることより、学習者は食品構成や食品の栄養素に関する詳細な知識についてはまだ学習できていないと考えられる。

表５．１ 事前テスト、事後テストの成績の比較

（点）

項目	事前テスト	事後テスト	t値
1	3.4	3.5	0.4735
2	5.2	5.7	0.0031
3	12.0	13.1	0.0080
4	9.8	10.1	0.3637
5	17.6	16.6	0.0096

５・４・４ 学習者が作成した献立による演習の評価

５・４・４・１ 学習者の献立の教師評価

集団給食用の献立はさまざまの観点から評価される。本章では学習者の作成した

献立一覧表と充足度データから教師の経験で読みとれる以下に示す１２の観点で献立を評価した。

① 見た目・彩り

② 料理にふさわしい食品と量

③ 味のバランス

④ 食品数と食品構成

⑤ 安全性

⑥ 施設・設備

⑦ 料理の形態（和風、洋風など）

⑧ 料理方法の組み合わせ（煮物、焼き物など）

⑨ 旬（季節感）

⑩ 栄養価

⑪ 費用

⑫ 人員（労力）

評価方法は、教師が各学習者の作成した献立一覧表を評価して観点別に合格を１点、不合格を０点と採点した。表５．２の観点別評価値は、観点別の評価（０または１）の学習者全体の平均である。したがって全員が合格であると最大値の１点となる。見た目・彩り、料理にふさわしい食品と量、味のバランス、食品数と食品構成、栄養価などの観点は、課題がすすむにつれて評価が高くなっている。

表５．２の最下欄は課題別の教師評価の全学習者平均である。満点を１に正規化している。課題が進むにつれて教師評価は高くなっている。課題１と課題３の教師評価の平均値は有意水準１％で差が認められた。

演習の最初から施設・設備、費用、労力の観点に対する評価は高かったのは、演習システムに記録された料理には、施設・設備、費用、労力の観点で問題がなかったためと考えられる。それ以外の観点については学習者の献立例をもとにして教師が講評したことなどの指導によって学習者が問題点を意識し、食品についても細かく調整できるようになったと考えられる。さらに見た目・彩りの観点に気がついて調整できる学習者が増えている。しかし安全性や旬についての評価は下がっており、まだ献立を多くの観点から総合的に調整できるようにはなっていないと考えられる。

表５．２　献立の課題別観点別評価結果

評価の観点	課題1	課題2	課題3
1	0.60	0.83	0.90
2	0.00	0.05	0.21
3	0.05	0.30	0.33
4	0.17	0.38	0.55
5	0.24	0.18	0.17
6	0.93	0.95	0.93
7	0.60	0.78	0.45
8	0.43	0.38	0.48
9	0.48	0.30	0.24
10	0.14	0.23	0.31
11	0.98	0.95	0.98
12	0.98	0.95	0.90
教師評価平均点	0.46	0.52	0.54

５・４・４・２　献立の自己評価

各課題で作成した献立について、大変うまくいったを５点、かなりうまくいったを４点、そこそこうまくいったを３点、すこし不十分を２点，不十分を１点として自己評価を行わせた。表５．３は課題ごとの自己評価の平均を大変うまくいったの５点で規格化した結果である。課題がすすむにつれて自己評価が高くなっている。

表５．３　課題ごとの自己評価の推移

評価点	課題1	課題2	課題3
自己評価平均点	0.39	0.56	0.67

表５．２の教師評価平均と表５．３の自己評価平均を比較すると、２つの評価のいずれも課題が進むにつれて上昇している。自己評価が教師評価に比べて高いことから、学習者は献立を客観的に評価できるまでには学習していないことが知られる。

５・４・５　アンケートによる評価

５・４・５・１　アンケート方法

学習者の状況把握と教師の指導の有効性を明らかにするアンケートを行った。アンケート内容は、①献立作成の好き嫌い、②献立作成の自信、③献立作成における問題点の解決法、④演習システム機能の有効性、⑤献立作成に対する指導の有効性の５項目である（付録５．２参照）。アンケート内容①と②の回答方式は、選択肢の単一選択である。アンケート内容③と④の回答方式は選択肢の複数選択を可とした。アンケート内容⑤の回答方式は選択肢の単一選択と選択理由の記述である。

４・５・２　アンケート結果

アンケートの集計結果は以下のようである。アンケート内容と集計結果を併記する。（　）内は全学習者数に対する回答人数の割合である。

１）献立作成の好き嫌い

好き（１４％）、どちらかといえば好き（６２％）、どちらかといえば嫌い（２４％）、嫌い（０％）である。

学習者の７６％が献立作成に興味を持っている。

２）献立作成の自信

全部自分でできる（０％）、すこし助けがあればできる（６４％）、助けがあればできるかもしれない（３１％）、まだどうしていいかわからない（５％）であった。

学習者は、まだ献立作成に自信を持つまでには至っていないことが読みとれる。

３）献立作成の問題点の解決法

友人に質問した（９０％）、教師やアシスタントに質問した（８６％）、演習システムの表示するヒント（７１％）、教師の講評（３３％）、友人の献立を参考にした（２１％）、演習中の友人との会話を参考にした（２４％）、推薦のときに友人とした会話を参考にした（１７％）、演習後の自習（５％）である。

友人や教師や演習システムのヒントが役だっている。学習者は、友人と相談する、教師やアシスタントに質問するなど友人や教師などの社会的関係を積極的に活用して課題を解決していると考えられる。

４）演習システム機能の有効性

栄養所要量の計算が容易（６０％）、栄養価の計算が容易（６２％）、栄養素の調整が容易（４８％）、献立一覧表を表示できる（６０％）、料理登

録ができる（５５％）、食品の目安量を見られる（９０％）、食品の栄養素表を見られる（６２％）、充足度を見られる（８８％）、栄養素表を見られる（６９％）、ヒントが見られる（４５％）、操作履歴を見られる（１２％）、課題の提出が容易（１７％）、結果の印刷ができる（１４％）、その他（０％）である。

献立の栄養価を計算する、また栄養価や食品構成を調整するとき利用できる機能に対する学習者の評価が高い。これらの結果から、学習者は演習システムの機能を利用して栄養所要量や栄養価の調整を行い、献立一覧表、充足度、栄養素表を読みとって自分の献立の進捗状況を判断し、もし献立作成に関するヒントが必要ならばヒント機能を見たり食品の目安量から調整に必要な分量を学習したりするなどの方法で効率良く献立を作成している様子がうかがえる。

５）献立作成学習に対する指導の有効性

この演習では学習者の献立作成を支援するために以下の５つの指導を行い、その有効性を評価した。

１）　献立演習に演習システムを利用したこと

２）　グループ内での推薦をしたこと

３）　友人との相談を可としたこと

４）　作成した献立の講評をしたこと

５）　操作履歴を整理したこと、

表５．４は、各指導について、非常に役に立ったと判断した場合を５点、かなり役に立ったを４点、少しは役に立ったを３点、あまり役に立たなかったを２点、まったく役に立たなかったを１点とした学習者評価の平均である。演習システムを利用したことの評価点は4.1点でかなり役に立ったとされている。友人との相談を可としたこと、作成した献立の講評をした評価点も4.0点でかなり役に立ったという評価である。反対にグループ内での推薦をしたことについては評価点が3.4点で役だったとの評価である。操作履歴を整理した指導の評価点2.8点で、この事例では期待していたほど役だっていないと考えられる。

表５．４　演習指導の評価

	指導　内容				
	1	2	3	4	5
平均点	4.1	3.4	4.0	4.0	2.8

（点）

以上のように評価した理由に対する学習者の記述例を示す。２）のグループ内の

推薦について積極的に支持する理由は、自分の献立に参考にすることができること、いろんな考え方があるのを知ることができたこと、視野が広がることなどである。反対に評価の低い理由は、自分の献立に取り入れようとは思わないこと、次の時まで覚えていられないこと、見る時間がなかったことなどであった。他の学習者の献立一覧表を観察して優れているところを学習しようとしている学習者の様子が見える。

４）の教師の講評について積極的に支持する理由は、気がつくことがたくさんあったこと、評価の低い理由は、覚えていないことであった。講評と自分の献立と比較して献立の留意点が明らかになったことが知られる。

５）の操作履歴の整理について積極的に支持する理由は、注意しなければならないことを思い出すこと、自分が無駄な操作をしていることがわかることで、評価の低い理由は、あまり思い出せないこと、本人には役立たないこと、その日の反省でしかないこと、次の時まで覚えていないことなど等であった。次のために自分の操作履歴の特徴を知ろうとしている学習者がいることがわかる。

以上のように学習者によっては、グループ内の推薦が他の学習者を観察してその長所を取り入れる機会となり、また教師による講評が実例にもとづいた献立作成の留意点を学ぶ機会となり、そして操作履歴の整理が自分の操作履歴を分析的に見直す機会になっていることが示されている。しかしながら学習者によっては、グループ内の推薦や操作履歴の整理のように間接的な指導では効果の少ない場合があることも示されている。

以上の５つの指導は程度の差はあるものの演習システムを使って献立作成をする学習者の支援となっていることが示されている。

５・４・６　課題解決過程における学習者の相談の状況

演習システムは学習者の操作を記録している。図５．７の操作履歴シートには、学習者が演習システムの機能を利用した時刻、内容が記録されている。例えば操作履歴シートの３行目には１１時３１分に友人に相談したと記録されている。質問応答の内容は、記録されているデータをみて想い出し操作履歴シートに記入させる方法で調査した。

実施日	時刻	操作した演習システムの機能	料理・食品
1998/12/11	11:31:04	09 献立調整__朝食ー食品の追加ー	けんちん汁に生揚げ
1998/12/11	11:31:51	13 相談__友達に相談した	
1998/12/11	11:34:15	03 料理作成__料理作成へ移動	
1998/12/11	11:35:03	03 料理作成__既存のものを入力	白飯
1998/12/11	11:36:50	04 献立調整__朝食へ移動	
1998/12/11	11:37:19	05 献立調整__朝食ー料理の追加ー	すまし汁

図５．７　操作履歴シート

各学習者が記入した質問内容を収集して以下の４項目に分類した。

① 料理の登録方法、食品の量の変更方法、充足度の表示方法など演習システムの使い方

② 食品の分類や料理の内容など食品に関する知識

③ 課題内容の理解や献立調整の基本方針など

④ 日本語入力の仕方などパソコン操作の基礎知識。

表５．５は、学習者の記述を読みとって質問内容ごとに計数した人数である。表５．５の最下欄は、全学習者に対する課題ごとの質問回数の合計である。学習者が質問ボタンを押す方式を採用したため、ボタンを押すタイミングがズレたり、ボタンを押し忘れるなどの例もあり時刻の正確さや計数に問題が残っている。

表５．５　項目別質問回数

質問内容	課題1	課題2	課題3
①	43	34	14
②	11	8	12
③	1	8	0
④	12	9	6
合計	67	59	32

（回）

課題を重ねるにつれて演習システムの使い方やパソコン操作に関する質問が減少している。演習によって演習システムの使い方に慣れてきたためと考えられる。それに比べ食品の分類、料理の内容など食品に関する知識に関する質問が大きく減っ

ていないのは、不足している学習者の食品に関する知識をおぎなうため質問したと考えられる。

表５．６は質問応答の相手ごとに人数を計数したものである。いずれの課題でも友人への質問が多いことが示されている。アシスタントに対する質問内容は、表５．５の質問内容①と④に関することが多い。友人には質問内容①と②に関することが多い。教師には質問内容③に関することが中心となっている。課題２で献立の調整が本格化したため、学習者は調整の基本方針に不安があり教師に質問したのであろう。

表５．６　質問相手の人数

（回）

相談相手	課題1	課題2	課題3
アシスタント	24	16	10
友人	40	34	20
教師	3	9	2

次に相談する質問者と応答者の演習室での位置関係を分析する。質問者と応答者の組み合わせは７７組であった。演習室は８台のパソコンを横１列に配置した６列構成で、パソコン列が演習室を仕切るようになっている。そのため機器の故障がなければできるだけ各列を１グループで利用するようにした。同じ列の隣同士で質問応答したのが６０組、同じ列で離れた相手に質問したのが９組、同じグループで列の違った学習者に質問したのが３組、列の違った他のグループの学習者に質問したのが５組であった。友人との相談は隣同士が多いことがわかった。

最後に質問応答に関する学習者の役割について整理した。質問も応答もした人が２７人、質問だけをしたのが３人、応答だけをした人が７名、質問も応答もしなかった人が５人であった。演習中の学習者は社会的関係を活用して頻繁に質問応答し課題解決をしていることが知られる。

５・４・７　演習結果の考察

本章では集団給食用献立作成のために開発した演習システムを利用した実践において、演習システムの評価、学習者の作成した献立の評価、学習者の献立作成過程などを、事前テスト、事後テスト、アンケート、献立一覧表、操作履歴などから検証した。その結果は以下のように要約できる。

１）従来は膨大な栄養計算のために限られた演習時間では献立作成演習を何回も実施できなかったが、演習システムの利用によって学習者は複数回演習を続けること

ができ、教師評価と自己評価の両方が高くなっている。

２）演習システムを用いた献立作成の専門教育において、グループ内で良いと思う献立を相互推薦する、献立の注意点を教師の講評から確認する、そして自分の献立作成過程の特徴を見させるなどの指導を併用することは学習者の支援になっている。

３）学習者はすでに献立作成のおおまかな手順を理解しているためか、食品ごとの栄養量表示など献立の調整を容易にする機能や目安量の表示、調整のヒントなど献立作成に関する知識を必要なときに学習できる機能を高く評価している。

４）献立作成に関する学習者間の相談は隣りあう場合が多く見られた。

以上から演習システムが学習者の献立作成を支援していることが示されている。そして演習システムの知識を学習できる機能と演習システムを用いた授業における教師の指導が、献立作成過程で学習者が直面する問題の解決を支援していることも示唆されている。

５・５　問題点埋め込み式献立作成演習の評価

教師が蓄積してきた教授知識を演習システの利用法に連携させることによって学習者の献立に問題点を埋め込む演習方法を開発し、演習システムによるその問題点の評価結果を学習者にフィードバックすることによって学習者の直面する問題点の解決を支援できることを実験によって評価する。さらに学習者の演習システムの操作履歴から献立作成過程の特徴を数量的に検討する。

献立作成演習を２クラス別々に実施した。１回目は１９９９年１１月２４日からの３週、２回目は１９９９年１２月１０日から３週にわたって実施した。被験者は短期大学部の食物栄養専攻２年生である。人数は、Ａクラス３８名とＢクラス３６名で、全員女性である。

５・５・１　演習方法

演習計画は、図５．８のように１週目の最初にアンケートと事前テストを行い、そのあと課題１演習を行った。

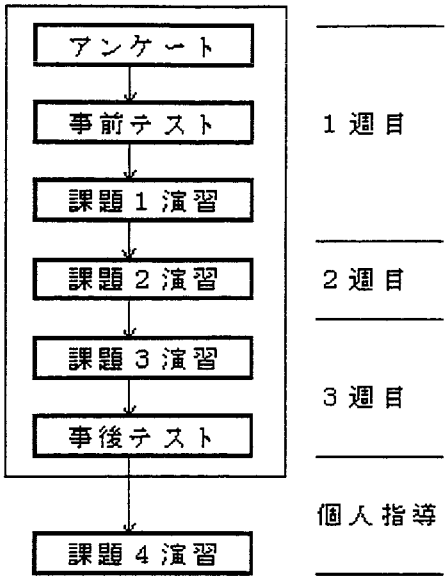
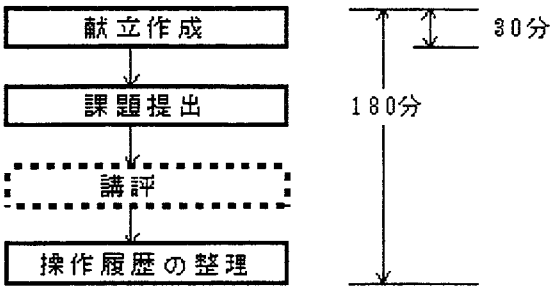


図５．８　演習の実施計画

課題１～課題３演習



課題４演習

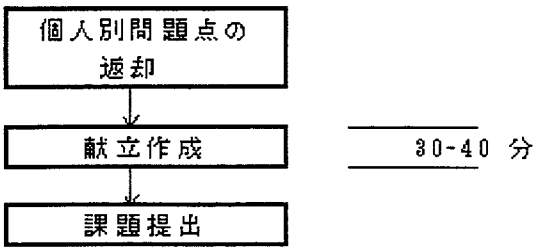


図５．９　演習内容

２週目は課題２演習を行い、３週目に課題３演習を実施してから事後テストを実施した。課題１は、演習システムを使って献立を作成することである。課題２は課題１で作成した献立を食品構成の観点から調整し、課題３は課題２の献立を栄養所要量の観点から調整することである。課題４は、課題３で提出された献立一覧表に含まれる個別問題点の評価結果を学習者にフィードバックして再調整させる課題で宿題とした。

献立作成の時間は３０分程度とし、演習システムにあらかじめ登録されている料理を利用して献立を作成するように指導した。課題１から課題３における学習者は作成した献立を提出したあと、表５．８の操作履歴シートを参照して調整の理由を記入する操作履歴の整理を行う。２つのクラスの演習条件は表５．９のように、Ａクラスでは演習システムの利用方法と演習内容に関する説明だけを行い、Ｂクラスでは各課題の終了時に学習者の提出した献立について教師が観点別に講評した。課題３で提出された献立一覧表に含まれる問題点の評価結果の学習者へのフィードバックは、Ａクラスでは調整すべき食品の量について現在値と適正値（正解）をフィードバックしたが、Ｂクラスでは調整が必要な食品の現在値だけをフィードバックした。

表５．８　操作履歴シート

実施日	時刻	操作した演習システムの機能
◎ 1999/12/08	13:08	06 献立調整　夕食－料理の削除－
◎ 1999/12/08	13:08	05 献立調整　夕食－料理の追加－
◎ 1999/12/08	13:08	10 学習補助機能　総合栄養素
◎ 1999/12/08	13:09	04 献立調整　昼食へ移動
◎ 1999/12/08	13:09	07 献立調整　昼食－食品の量変更－
◎ 1999/12/08	13:10	07 献立調整　昼食－食品の量変更－
◎ 1999/12/08	13:10	07 献立調整　昼食－食品の量変更－

料理・食品	分量等	調整の理由
カルピスかん		
ヨーグルト		
コンビネーションサラダの「植物油　－調合サラダ油－」	6.7 → 3.0	
コンビネーションサラダの「塩　－食塩－」	0.8 → 0.5	
里芋のゆず香煮の「しょうゆ　－こいくち－」	7 → 5	

表５．９　演習条件

ｸﾗｽ	教師の講評	食品の適正量の表示
Aｸﾗｽ	なし	表示あり
Bｸﾗｽ	あり	表示なし

５・５・２　演習課題

課題１の内容は、性別：女性、年齢：２０才、身長：１５６ｃｍ、体重４８Ｋｇ、生活活動強度Ⅱ（日常生活活動強度普通）、季節：秋、食品構成の区分：４（成長・成人期）、施設・設備：利用経験のある集団給食実習室の条件で１日分の献立を作成するであった。

５・５・３　事前テストと事後テストによる演習の評価

事前テストと事後テストは同一問題を使用した（付録５．３参照）。問題は、テスト用の献立一覧表を読みとって以下の１０個の観点で正しく評価できるかどうかを問う内容である。１９９９年度の献立評価の観点は、１９９８年度の演習結果を検討して評価観点を明確にするため１０個に絞り込んだ。

１）　見た目・彩りがよいか
２）　安全な食事であるか
３）　栄養価に過不足はないか
４）　費用は範囲以内か
５）　食品数は充分か
６）　バランスの良い食品構成か
７）　料理の組み合わせは良いか
８）　時間内に調理できるか
９）　料理に適切な食品が使用されているか
１０）　食品の分量に過不足はないか

学習者は、事前テストと事後テストを観点別に評価して、問題がなければ評価欄に○、問題があれば×を記入し、同時に評価理由を記入する。表５．１０は、その答案の回答と回答理由を教師が見て、正しいと判断した場合を１点、誤っている場合を０点と採点して全観点について集計した教師評価（最高は１０点）のクラス平均をとったものである。

表５．１０　事前テストと事後テストの教師評価

（点）

	事前テスト	事後テスト	Ttest
Aｸﾗｽ	4.4	5.3	0.0003
Bｸﾗｽ	4.5	5.3	0.0043

事後テストの平均値は上昇しており、ｔ検定では有意水準１％で差が認められた。演習の効果が表れていることがわかる。表５．１１は観点別のクラス平均である。演習によって、食品の分量に過不足はないか、栄養価に過不足はないかの観点の成績は上昇しているが、見た目・彩り、費用の観点は、かえって成績が落ちている。

表５．１１　事前テストと事後テストの観点別評価

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		見た目・彩りが良い	安全な食事であるか	栄養価に過不足がないか	費用は範囲以内か	食品数は充分か	バランスの良い食品構成か	料理の組み合わせは良いか	時間内に調理できるか	料理に適切な食品が使用されているか	食品の分量に過不足はないか
Aｸﾗｽ	事前テスト	0.45	0.86	0.29	0.43	0.14	0.6	0.52	0.69	0.33	0.17
	事後テスト	0.24	0.84	0.5	0.18	0.24	0.82	0.74	0.74	0.45	0.55
Bｸﾗｽ	事前テスト	0.48	0.79	0.07	0.5	0.14	0.81	0.17	0.93	0.33	0.26
	事後テスト	0.06	0.97	0.44	0.33	0.33	0.69	0.17	0.83	0.78	0.72

５・５・４ 学習者の作成した献立の評価

学生の作成した献立一覧表を教師が見て評価する。

５・５・４・１　献立の評価

学習者の作成した献立一覧表を評価する観点は、事前テストと事後テストと同じとした。教師が学習者の献立一覧表を観点別に、合格であれば１点、不合格であれば０点と採点して評価した。

表５．１２は、学習者の献立に対する教師評価である。

表５．１２　献立の教師評価の平均

（点）

	課題1	課題2	課題3
Aｸﾗｽ	3.2	4.5	5.4
Bｸﾗｽ	4.7	5.4	6.3

教師評価は、学習者ごとに教師の観点別評価の和を求め、全学習者の平均をとったものである。 課題１と課題２、課題２と課題３の平均のｔ検定では有意水準１％で差が認められる。

表５．１３は、観点別の教師評価である。

表５．１３　観点別の評価の平均

ｸﾗｽ	課題	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		見た目・彩り が良い	安全な食事であるか	栄養価に過足ないか	費用は範囲内か	食品は数充分か	バランスの良い食品構成か	料理のみ組合せわは良いか	時間内に調理できるか	料理に適切な食品が使用されているか	食品の量に過足はないか
Aｸﾗｽ	課題1	0.38	0.67	0.00	0.54	0.04	0.08	0.38	0.62	0.1	0.03
	課題2	0.87	0.68	0.00	0.79	0.42	0.39	0.55	0.76	0.16	0.05
	課題3	1.00	0.82	0.05	0.95	0.03	0.50	0.55	0.95	0.58	0.26
Bｸﾗｽ	課題1	0.90	0.67	0.12	0.79	0.24	0.40	0.52	0.79	0.17	0.05
	課題2	0.98	0.7	0.18	0.78	0.25	0.48	0.40	0.85	0.45	0.35
	課題3	1.00	0.83	0.56	0.78	0.31	0.67	0.33	0.81	0.61	0.39

学習者全員が合格となった時を１と規格化している。食品の分量に過不足はないか、バランスのよい食品構成か、料理に適切な食品が利用されているか、バランスの良い食品構成かなどの観点は演習によって上昇している。

表５．１４は、学習者の献立一覧表を事前テストと同様の形式で学習者の観点別

の自己評価を合計した平均値である。

表５．１４　献立の自己評価の平均

（点）

	課題1	課題2	課題3
Aクラス	4.6	6.1	7.1
Bクラス	6.1	5.9	6.4

５・５・４・２　栄養価の調整

献立一覧表には、料理名、食品名、分量、栄養価が計算されている。表５．１５は栄養素ごとの栄養価を全学習者について平均したものである。

表５．１５　栄養価一覧

		エネルギー	たんぱく質	脂質	炭水化物	
		(kcal)	(g)	(g)	糖質(g)	繊維(g)
Aクラス	課題1	1907.9	75.0	61.4	250.8	3.9
	課題2	1915.5	74.3	60.6	255.0	4.3
	課題3	1897.2	76.1	57.1	257.4	4.5
Bクラス	課題1	1985.1	78.4	69.5	247.4	4.0
	課題2	2000.4	77.4	69.2	254.8	4.4
	課題3	1922.6	75.6	61.8	255.3	4.8

無機質				ビタミン					食塩量
カルシウ	鉄(mg)	ナトリウ	カリウム(	A効力(IU	B1(mg)	B2(mg)	ナイアシ	C(mg)	(g)
610.2	11.0	4315.3	2804.9	3085.2	1.2	1.4	17.2	115.8	10.8
622.8	11.3	4322.2	2948.7	3421.6	1.2	1.4	17.6	126.1	10.9
653.5	11.7	4095.6	3021.4	3158.3	1.3	1.4	18.3	117.1	10.3
568.9	10.7	4568.9	2831.6	3425.1	1.3	1.5	18.0	114.4	11.5
654.9	12.0	4468.9	3086.6	3736.0	1.3	1.5	17.4	121.4	11.2
696.4	12.9	4209.0	3171.8	3915.6	1.2	1.5	17.3	124.2	10.5

表５．１５を見るとエネルギー、たんぱく質、脂質、炭水化物などは課題１から栄養所要量近くに調整されているが、繊維や鉄などの微量栄養素は、課題が進むにつれて詳細に調整されている。

５・５・４・３　献立に利用された料理

表５．１６は、Ｂクラスで献立に利用された料理名と利用回数を集計したものである。利用回数が少ない料理名は省略している。ビーフステーキや鯛の刺身など費用の観点で集団給食に不適切な料理も少数使われているが、おおむね集団給食の献

立としてふさわしい料理が選択されている。Aクラスも同じ傾向である。

表5．16　使用された料理と回数

利用した料理	回数(回)
白飯	36
トースト	31
牛乳カップ1杯	25
果物(りんご)	24
ハムエッグ	23
果物(みかん)	23
ヨーグルト	19
豆腐とわかめのみそ汁	19
ウーロン茶	18
日本茶	17
きゅうりとわかめの酢の物	17
フルーツサラダ	16
グリーンサラダ	15
野菜スープ	14
さけのホイル焼き	14
ゆでやさいのサラダ	13
ひじきの炒り煮	12

5・5・5　演習システムによるフィードバックの評価

学習者が献立作成演習で献立一覧表や充足度を自由に見ても献立に内在する以下の問題点に気づくことは容易でない。

1）学習者は課題で示された条件と合わない料理を選択する

2）料理に必要な食品が入っていない

3）料理にあまり必要でない食品が混じっている

4）食品量が多すぎたり少なすぎたりする

これらの問題点を献立一覧表や充足度から読みとって調整できるようになることが献立作成演習の初期の目標である。そのために演習の初期の段階では教師の教授知識を演習システムに連携させて学習者が容易に気づくような問題点を献立に埋め込む問題点埋め込み式演習法を実施する。問題点埋め込み式演習法をとると、教師

や演習システムは演習途中でも埋め込まれた問題点については容易に学習者の状況を把握でき個別指導をすることが可能となる。

５・５・５・１　フィードバック方法

演習システムに登録されているすべての料理に対する問題点の一覧を問題点リストと呼ぶことにする。問題点リストは、主菜、副菜などの区分、料理名、食品名、不完全の要因、調整の重要度、現在値、適正値を列記したもので、料理の登録と同時に教師が準備する。学習者が、献立作成過程であらかじめ埋め込まれた問題点に気がつけば、食品構成、栄養価、食品数などのさまざまの観点から検討して、料理を削除する、料理にふさわしい食品を追加する、不必要な食品を削除する、食品の量を変更するなどの方法で調整できる。

個々の学習者の献立に埋め込まれた問題点を個別問題点と呼ぶ。演習システムは、個別問題点について問題点リスト、各学習者の献立一覧表、ならびに操作履歴を照合して調整の有無や調整の結果を評価することができる。表５．１７の個別問題点一覧表には、問題点リストに含まれているデータに加えて、演習システムが処理した問題点の評価と操作回数の欄が追加されている。

表５．１７　個別問題点一覧表

	料理名	食品名	要因	重要度	現在値	適正値	評価	操作回数
副菜	グリーンサラダ		安全性	大			安全性注意	0
副菜	グリーンサラダ	フレンチドレッシング	欠落	大	0	15	欠落	0
副菜	きゅうりとわかめの酢の物	乾燥わかめ　ー素干しー	量	大	0	3	不適当	0
主菜	ハンバーグステーキ	うし　ひき肉	量	大	70	35	不適当	1
主菜	ハンバーグステーキ	ぶた　ひき肉	量	大	70	35	不適当	3
汁物・飲料	豆腐とわかめのみそ汁	乾燥わかめ　ー素干しー	量	大	5	0.5	不適当	0
副菜	ゆでやさいのサラダ	マヨネーズ　ー全卵型ー	量	大	0	20	不適当	0

個別問題点の評価は問題点ごとに行われる。たとえば表５．１７の「乾燥わかめ　ー素干しー」の場合は、学習者の現在値と適正値の差が適正値の２割以内になっていないので、不適当と評価されており、学習者は乾燥わかめの量を正確には知らないことがわかる。おいしいと思われる値からかけ離れた値に食品の量が設定され

ているにもかかわらず食品の量が１度も調整していなければ学習者は問題点に気がついていないと判断できる。何度か調整しているにもかかわらず適正値から離れている場合は適正値を正確に理解していないと考えられる。

このように学習者に個別問題点一覧表をフィードバックすることによって、学習者別に問題点とその評価を明確に指摘することができ、調整の観点を理解させて献立を改善することができる。

本実践の学習者は、最初のうちは料理に問題点が埋め込まれていることについて気がついていないようであった。実際に学習者に問題点の調整状況を評価した結果をフィードバックしたところ、学習者は短時間で問題点の評価表が個別に返ってきたことに驚き、個別問題点一覧表を見て自分も気がついていなかった問題点を確認していることが観察されたことから、これは学習者に効果的な指導となっていることが認められた。

５・５・５・２　フィードバックの効果

図５．１０．１と図５．１０．２は、Ａ、Ｂクラスについて正解率（問題点の食品のうち調整されて適正となった割合）をグラフにしたものである。献立作成上の問題点は、「料理に必要のない食品がある」、「料理に必要な食品が欠けている」、食品の量が適正でない」の３つとした。

「　課題３における、問題点「料理に必要のない食品がある」に対するＡ、Ｂクラスの正解率には差がある。その差は、Ｂクラスの学習者だけが課題１と課題２の終了時に教師から献立の調整に関する講評を受けた効果が表れたためと考えられる。学習者が教師の講評を理解し調整できるようになるには演習を重ねる必要があることが知られる。しかし問題点「料理に必要な食品が欠けている」や「食品の量が適切でない」に対する正解率は、Ａ，Ｂ両クラスに大きな差がみられない。学習者は、料理を知っていても料理に入っている食品の種類や量については詳しくは覚えていなかったため、教師の講評を聞くだけでは何が足らないのか、どの程度調整したらいいのか具体的にイメージできないためと考えられる。ほんのわずかの調整の失敗が献立のおいしさに直接関係することを考えると、埋め込んだ問題点に気づかせて適正に調整できるように支援する問題点埋め込み式の演習方法は専門教育の出発点としては効果的であると考えられる。

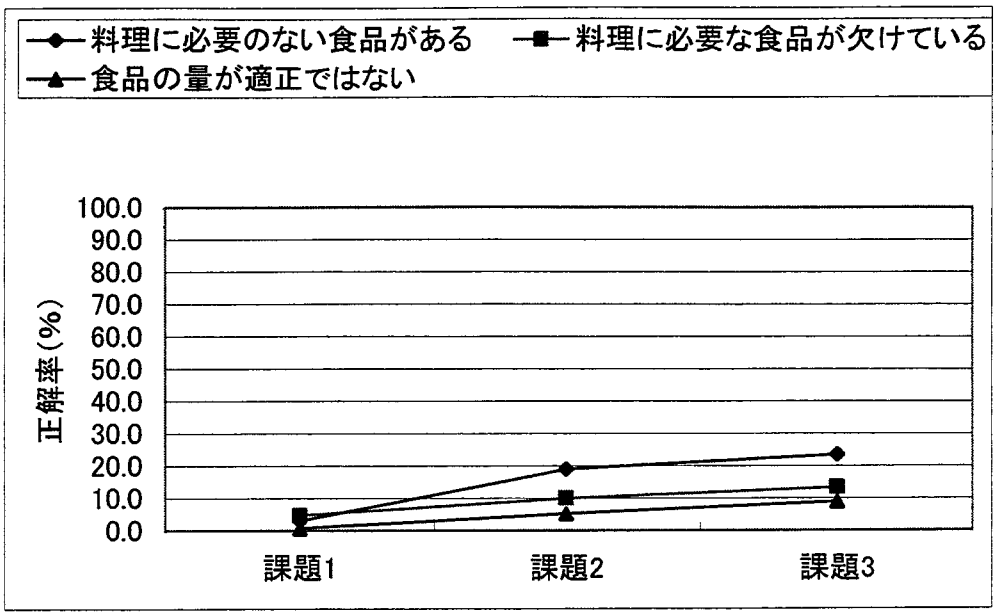


図５．１０．１　Ａクラスの正解率（教師の講評なし）

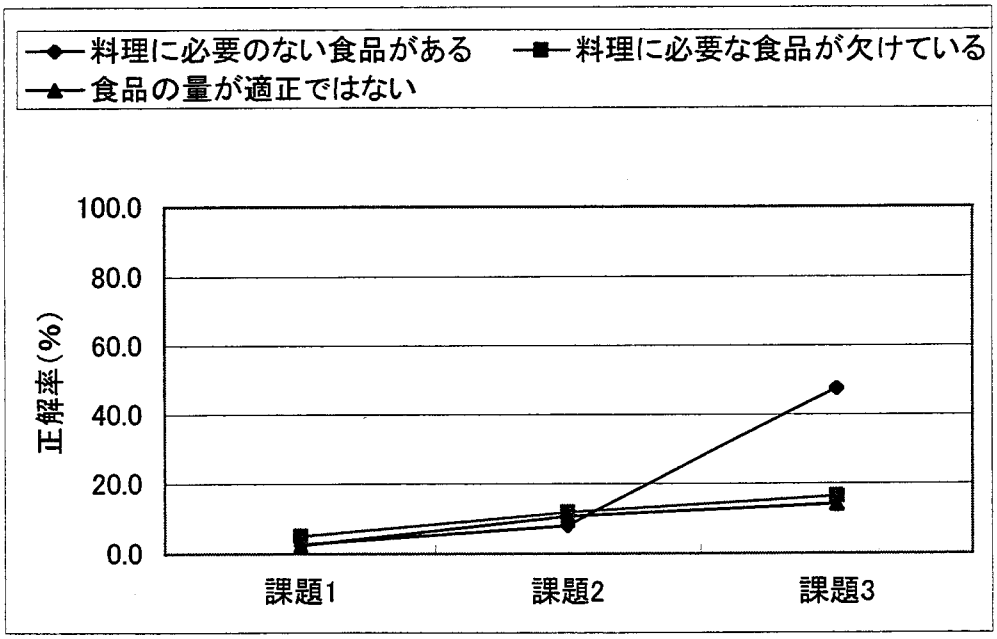


図５．１０．２　Ｂクラスの正解率（教師の講評あり）

図５．１１．１と図５．１１．２は、課題３に対する個別問題点をフィードバックした場合のＡとＢクラスの正解率をグラフにしたものである。

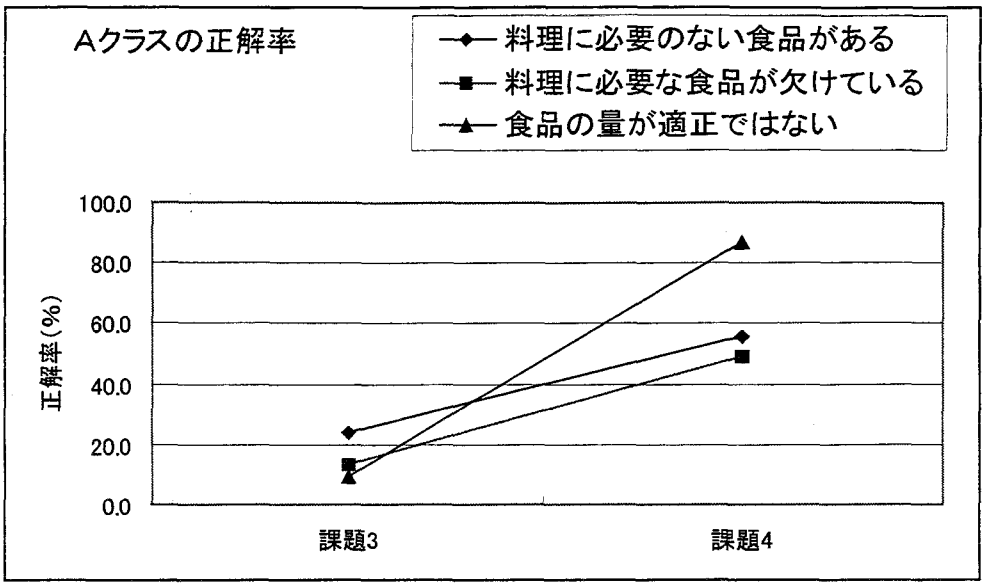


図５．１１．１　Ａクラスの正解率（個別問題点一覧表に適正値の表示あり）

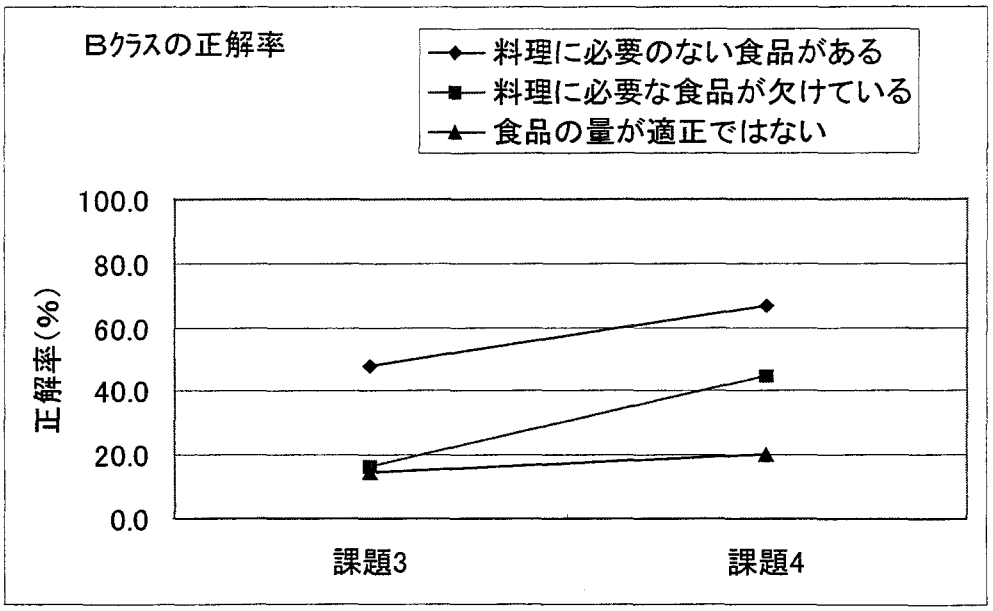


図５．１１．２　Ｂクラスの正解率（個別問題点一覧表に適正値の表示なし）

問題点「料理に必要のない食品がある」と「料理に必要な食品が欠けている」に対するフィードバックの効果は大きい。しかしＡ、Ｂクラスの課題４では、問題点「食品の量が適切でない」に対する正解率には大きな差がある。Ａクラスの学習者にフィードバックした個別問題点には適正値が載せられているが、Ｂクラスでは現在値しか示されなかったことが影響していると考えられる。すなわちＢクラスの課

題４の正解率が課題３に比べて少ししか増えていないのは、「食品の量が適切でない」という情報をフィードバックしただけでは食品の量を適正値に修正するには不十分であったためと考えられる。料理に使われている食品の量を決めるには豊富な経験が必要だといわれており、現カリキュラムで実習時間の増加が容易でないことを考え合わせると、学習者の状況と問題点の難しさによってフィードバックの内容を考えるべきであることが示唆されている。すなわち成功体験が以後の学習を効果的にする可能性があることを考慮すると、タイミングをみて正解をフィードバックすることも１つの有力な選択である。

以上に述べたように演習システムと問題点埋め込み式の演習方法を採用することよって、教師は容易に学習者の学習状況の評価ができることと学習者に効果的な指導ができることが示されている。

献立作成過程の分析から注意が必要と判断できた数人について、操作履歴整理で記入させた操作理由と操作内容とを突き合わせると、これらの学習者が、演習システムが提示する情報だけでは問題点を認知できない、問題点の特徴に合わせた調整方針が立てられない、適切な調整方法を選択できないなどの状況であることが推測できた。このため献立に埋め込まれた問題点に気がつかなかったり、片寄った調整方法をとったり、気がついた問題点だけを調整するしかなかったと考えられる。このように様々の状況にある学習者に対応できる指導方法を整備することが今後の課題である。

５・５・６　献立作成過程の分析

学習者ごとに演習システムが記録する操作履歴は、学習者の献立作成過程の特徴を表していると考えられる。図５．１２．１、図５．１２．２、図５．１２．３は、ある学習者の操作履歴を課題の進行に合わせてグラフ化したものである。

横軸は時間軸に対応する演習システムの操作回数で演習開始から通算した操作回数である。縦軸は演習システムの機能である。図５．１２．１の上の表に記録した機能名の一覧を示している。操作履歴のグラフを観察することによって献立調整の特徴を大まかに読みとることができる。

課題１では料理の追加と削除が多く、学習者の考えた献立計画にもとづいて献立を作成していることが知られる。課題２では料理の追加と削除に加えて食品の追加、量の変更で献立を調整し、調整結果を栄養素表で確認していることがわかる。課題３では料理の追加と削除、食品の量の変更で調整し何回も調整結果を確認している。このように操作履歴のグラフを観察すれば、学習者が課題の進行に合わせて献立を作成し、食品構成や栄養素を調整している過程がよくわかる。この例以外の学習者

の操作履歴も同じように献立調整過程を読みとることができる。

操作番号

12	行動履歴参照
11	栄養素表・充足度・アドバイス etc
10	献立作成　食品削除
9	食品追加
8	食品交換
7	食品量変更
6	献立作成　料理削除
5	料理追加
4	献立作成へ移動
3	料理作成
2	設定（名前・課題・栄養所要量）
1	開始・終了・課題の提出

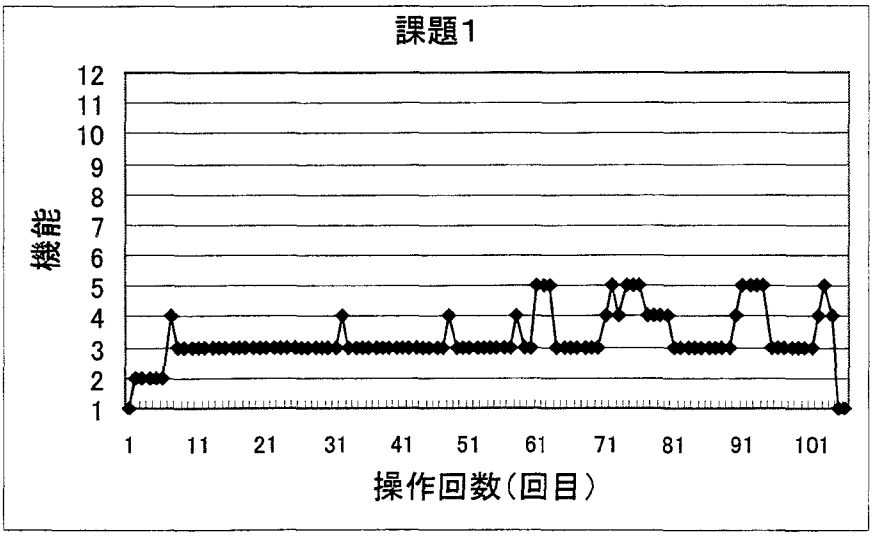


図５．１２．１　課題１の操作履歴

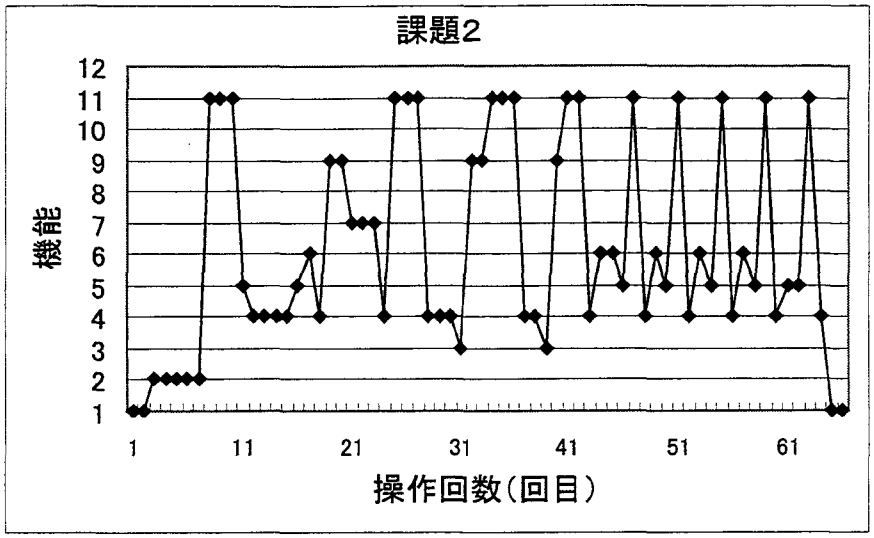


図５．１２．２　課題２の操作履歴

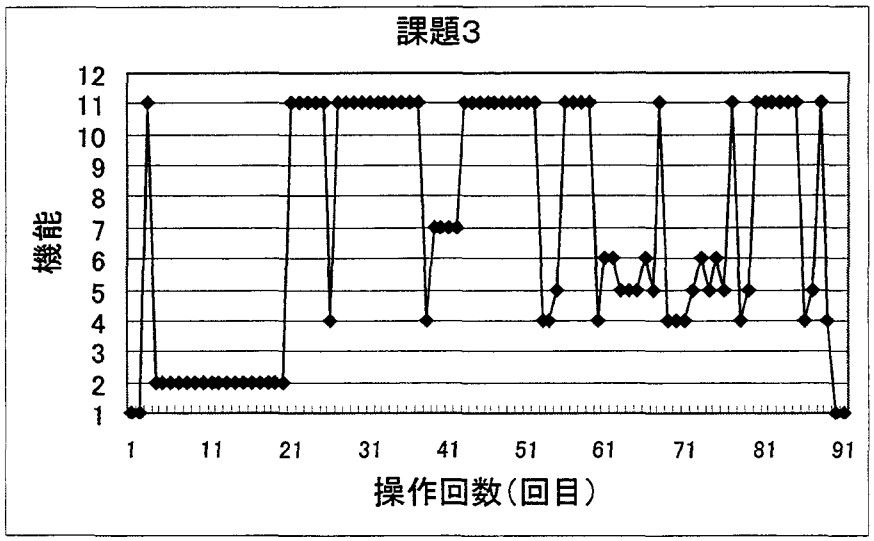


図５．１２．３　課題３の操作履歴

次に演習システム機能の使用頻度と使用順序から上で述べた学習者の献立作成過程の特徴を数量的に検証する。

５・５・６・１　演習システム機能の使用頻度

操作履歴シートには学習者が操作した演習システムの機能名と時刻と操作対象が記録されている。記録されている機能は、献立作成に必要な以下の１１種類である。

1）課題を選択する

2）料理を作成する

3）献立表を作成する

4）料理を追加する

5）料理を削除する

6）食品の量を変更する

7）食品を追加する

8）食品を削除する

9）栄養素表を見る

１０）充足度を見る

１１）ヒントを見る

全学習者の操作履歴シートに記録されている演習システムの機能の使用頻度を集計することによって献立作成の特徴を数量的にとらえる。表５．１８は、全学習者の操作履歴から機能別の使用頻度を求め、全操作数に対する割合を求めたものである。

表５．１８　演習システム機能の使用頻度

（%）

クラス	課題	課題の選択	料理作成	献立表	料理による調整		食品による調整			学習補助機能		
					料理の追加	料理の削除	食品量の変更	食品の追加	食品の削除	栄養素表	充足度	ヒント
Aクラス	課題1	6.8	0.6	28.6	30.3	10.4	7.6	0.4	0.7	4.8	8.0	1.8
	課題2	24.7	1.3	27.1	15.6	6.6	10.3	1.0	1.3	3.3	7.1	1.6
	課題3	21.1	2.7	27.5	7.4	5.6	15.9	1.9	2.0	3.9	10	2.2
Bクラス	課題1	9.3	2.9	28.4	31.6	9.2	5.8	1.0	2.7	7.2	1.3	0.5
	課題2	21.1	3.2	29.1	5.4	4.6	13.4	2.5	2.8	8.7	8.4	0.7
	課題3	20.7	1.9	25.1	5.7	5.4	15.7	2.5	3.5	5.7	10.7	3.1

課題１ではA，Ｂクラスとも、まず料理の追加と料理の削除の機能を用いて献立を作成し栄養価を調整していることがわかる。課題２以後では料理の追加と削除が

少なくなり、食品の量の変更、追加、削除を使って調整しはじめていることがわかる。そして食品による調整では、食品を追加したり削除したりするのではなく食品の量の変更を中心に調整している。課題１のＡ、Ｂクラスでは料理の追加機能を使う割合に差はないが、課題２で料理の追加機能を使う割合はＢクラスがＡクラスに比べて少ない。これは課題１の終了時にＢクラスだけで行った教師の講評の効果であると考えられる。

食品の追加や削除を使わずに調整した学習者は、献立を栄養価という観点から見ており、食品数は充分か、料理に適切な食品が使用されているかなど食品構成の観点に対する意識が欠けていることが読み取れる。

料理の追加と削除や食品量の変更だけで献立を調整した場合には、栄養価の面ではつじつまがあっているように見えても、ある食品の量が多くなりすぎたり、少なかったりして、おいしい食事にはならないことがある。このように栄養面だけに片寄った調整をすることは集団給食として望ましくない。この実践においても片寄った方法で調整をする学習者の教師評価は比較的低いことが確認できた。

５・５・６・２　演習システム機能の使用順序

演習システムの操作履歴から機能の使用順序の特徴を数量的にとらえる。分析方法は、Ａ，Ｂクラス全員の操作履歴から連続する２つの機能ｉとｊを抽出して、機能ｉから機能ｊへの遷移率λ_{ij}を計算する方法である。遷移率λ_{ij}は、機能ｉを使用したあと機能ｊを利用する割合である。表５．１９は、遷移率λ_{ij}を式（１）で計算したものである。

λ_{ij}は、機能ｉから機能ｊへの遷移を表す

$$\lambda_{ij} = \frac{(\text{機能 } i \rightarrow \text{機能 } j) \text{ の遷移回数}}{\sum_{j}^{11} (\text{機能 } i \rightarrow \text{機能 } j) \text{ の遷移回数}} \qquad (1)$$

i,j：　1-11

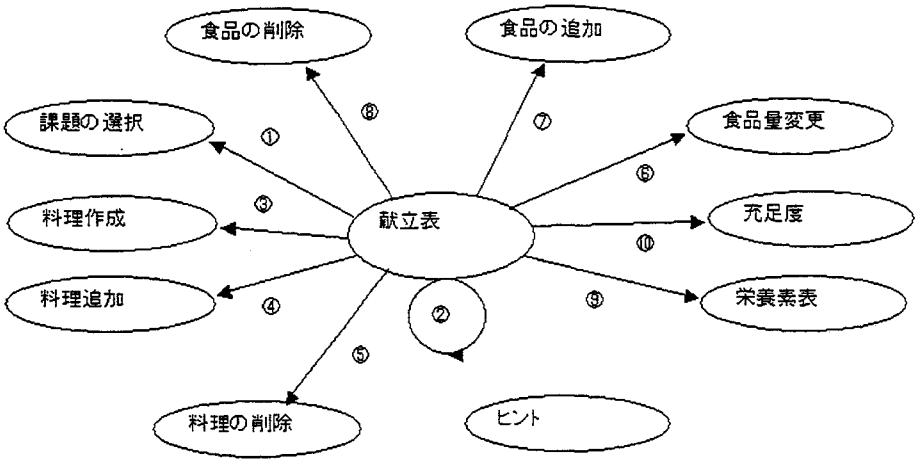
表５．１９　２つの操作間の遷移率

	課題の選択	献立表	料理作成	料理の追加	料理の削除	食品量変更	食品の追加	食品の削除	栄養素表	充足度	アドバイス
課題の選択	0.80	0.18	0.02								
献立表		0.32	0.03	0.25	0.15	0.13	0.00	0.01	0.05	0.04	
料理作成		0.48	0.26				0.27				
料理の追加		0.20	0.01	0.52	0.12	0.02	0.00	0.02	0.09	0.02	
料理の削除		0.05		0.72	0.16	0.01			0.04	0.01	
食品量変更		0.34	0.01	0.05	0.02	0.36	0.01	0.01	0.12	0.09	
食品の追加		0.12	0.07	0.12	0.02	0.02	0.12	0.33	0.12	0.07	
食品の削除		0.17	0.09	0.18	0.03	0.08	0.06	0.22	0.15	0.02	
栄養素表		0.83								0.16	
充足度		0.42							0.04	0.30	0.24
アドバイス		0.90							0.08	0.02	

表５．１９から学習者が演習システムの機能を利用して献立を作成する特徴を読みとることができる。

図５．１３は、表５．１９をもとにして献立表を見たあとに行った操作を図示したものである。

課題１では献立表を見て料理を追加することが多く、課題２以後は献立表を見てから食品の量を変更することが多いことを表している。ヒント欄の空白は、献立表を見たあとヒントを見ることはないことを表している。

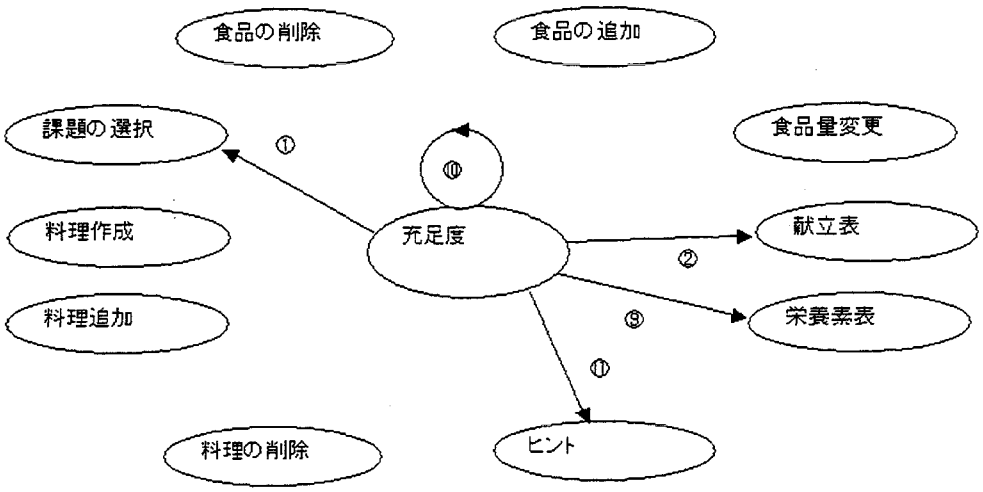


	① 課題の選択	② 献立表	③ 料理作成	④ 料理の追加	⑤ 料理の削除	⑥ 食品量変更	⑦ 食品の追加	⑧ 食品の削除	⑨ 栄養素表	⑩ 充足度	⑪ ヒント
課題1		0.32	0.03	0.25	0.15	0.13	0.00	0.01	0.05	0.04	
課題2	0.02	0.33	0.03	0.09	0.10	0.29	0.01	0.03	0.04	0.07	
課題3	0.01	0.32	0.03	0.08	0.10	0.29	0.01	0.03	0.04	0.08	

図５．１３　献立表からの遷移図

図５．１４は図５．１３と同じように充足度を見た後の操作を図示している。

栄養価と食品群の充足度を見てから、各種の指標、栄養素表やヒントをみて調整方針を立て、献立表に戻ることを表している。他の機能についても同じように読みとることができる、表５．１９は、献立作成のモデルを具体化したものであり、学習者の献立作成過程を理解するのに役立つ。



	① 課題の選択	② 献立表	③ 料理作成	④ 料理の追加	⑤ 料理の削除	⑥ 食品量変更	⑦ 食品の追加	⑧ 食品の削除	⑨ 栄養素表	⑩ 充足度	⑪ ヒント
課題1		0.42							0.04	0.30	0.24
課題2	0.01	0.43							0.06	0.36	0.13
課題3		0.34							0.04	0.37	0.25

図５．１４　充足度からの遷移図

５・５・７　アンケートによる評価

学習者の献立作成に対する興味を知るために、家庭での手伝いも含めた料理の実施回数と栄養士になる希望をアンケートで収集した（付録５．４参照）。

表５．２０　アンケート結果

	食事作り回数	栄養士になりたいか
Aクラス	4.5	2.2
Bクラス	5.0	2.3

表５．２０より１週間に４から５回料理をしていることがわかる。栄養士になる希望に関しては、選択肢（１：栄養士になりたい、２：どちらかといえばなりたい、３：どちらかといえば希望しない、４：なりたくない）に対して数値で回答させた。全回答の平均値は２を少し超えており、どちらかと言えばなりたいに近い状況であることが知られる。

５・５・８　演習結果の考察

演習システムを利用した問題点埋め込み式演習法の有効性と演習システム機能の使用頻度と使用順序をもとにして学習者の献立作成過程の特徴を数量的に評価した。その要点を以下に示す。

１）教師の教授知識を演習システムと連携させた教育方法の具体例として問題点埋め込み式の演習方法を提案した。

２）演習システムを利用した問題点埋め込み式の演習方法について実践でその有効性を評価した。演習システムをこの方法で利用すると、個々の学習者の献立に埋め込まれた問題点の修正の有無、修正回数、その結果を分析して学習者の状況を評価することができた。必要に応じた学習者へのフィードバックも容易で、学習者の状況と問題点の困難度に合わせたきめ細かい教育が可能となる。実際に学習者に問題点の調整状況を評価した結果をフィードバックしたところ、学習者は短時間で問題点の評価表が個別に返ってきたことに驚き、個別の評価表を見て自分が気づいていなかった問題点を確認していることが観察されたことから、学習者の効果的な指導となっていることが認められた。さらに効率的に教育するためには個別問題点のフィードバックのタイミングと内容を検討することが今後の課題である。

３）事前テスト、事後テスト、そして実施した３回の献立一覧表から演習の有効性を評価した。演習によって教師評価が高くなっており、演習システム利用の有効性が示されている。また作成した献立に対する学習者の自己評価も高くなっており、学習者自身も演習効果を自覚していると思われる。

４）演習システムの機能の利用頻度と献立作成機能間の遷移率から課題が進むにつれて学習者が献立作成方法に習熟しはじめていることが示唆されている。そして献立作成機能間の遷移率は献立作成の手順を数量的に示している。

５・６　おわりに

献立作成は、調整のたびに膨大な栄養計算が必要で、限られた授業時間では何回も献立作成演習を続けることは難しかった。演習システムを利用すると３０分程度で献立の作成・調整ができ、教師による教授知識を併用すると行き届いた指導がで

きることが確かめられた。学習者にとっては、料理を選択すると同時に献立一覧表が作成され、調整すれば献立一覧表が瞬時に計算されるのは大きな驚きで、最初に見た瞬間どよめきが聞こえる状況であった。

集団給食のための献立作成をする学習者は、調整の必要性や行った調整の妥当性について考えるより栄養所要量や食品構成に注目して数値合わせをすることが多いことが観察されている。学習者は、栄養価や食品構成の数値合わせだけではよい献立とならないことに、教師に提出したレポートの評価を聞いて初めて気づくことが多い。集団給食用の献立は、調理などの多くの調整の観点を十分理解して必要な知識を使って総合的に調整されないとうまくいかないため、栄養価や食品構成だけの数値合わせで終わってしまわないように授業方法を工夫しなくてはならない。そこで集団給食の献立を評価する観点の重要性を考慮して重点的に指導するため教師の教授知識を演習システムと連携する問題点埋め込み型演習を提案した。

現在では栄養価計算に関するソフトもたくさん市販されており、それを演習に利用するという試みは多い。しかし本実践のように、集団給食の調理実習のために演習システムを開発し、教師の教授知識を演習システムに連携させて有効に活用するための研究は少ない。

専門家であれば、課題に対する知識が豊富なため様々の条件を考慮にいれて初期値から目標まで到達させることは難しくない。演習にコンピュータを使うと計算や表示が自動的に行われ学習者の負担を軽減し、学習者は、計算値から献立の状況を把握し目標に到達する過程を考えること、すなわちその場面でどのような作業をしたらよいのかを決めることに注意を集中することができる。しかし学習者は、その状況を把握できないことも多い。そこでシステムや教師が調整すべき問題点をあらかじめ用意し、学習者がそれを気づき調整する経験を前もってさせておくことは後の課題解決の学習に効果的になると考えられる。この教育方法の基本的な考え方は、献立作成だけでなく会計の勘定科目の学習などにも適用きると考えられ、その適用範囲は広いと考えられる。

本章で示された結果を深化するためには、演習システムを利用する学習者の内的過程を研究して取り入れることが必要である。それについても実現可能な方法を探ることが必要である。

第５章　参考文献

１）吉村幸雄、高橋啓子：エクセル栄養君,建昂社,1997

２）阿部哲也：授業での利用を目的とした献立表エディタの開発,
教育システム情報学会誌,Vol.7，No.1，pp.33-37,1990

３）高木幸子：献立作成学習における生徒の情報選択の分析,
教育システム情報学会誌,Vol.15，No.4，pp.244-248,1997

４）森永理恵子、坂元由美、王秋鴻、深津智恵美、坂本啓子、西端律子、松永公廣,
菅井勝雄:集団給食用献立演習システムの実践と評価,日本教育工学会研究報告,
JET99-1,pp.47-54,1999

５）赤羽正之、下川千代子、富岡和夫、中川悦：集団給食作成マニュアル,
医歯薬出版,pp.85-91,1996

６）香川綾監修：四訂食品成分表　１９９６：女子栄養大出版部,pp.43-307,1995

７）鈴木宏昭、鈴木高士、村山功、杉本卓：教科理解の認知心理学,pp.1-48、新曜社,
1992

８）Moore O.K.：Autotelic responsive environment and exceptional children.
in Harvey, O.J.(Ed.) ,Experience, Structure and Adaptability, Springer Publishing Co. New York, 1986

第６章　生産計画作成演習におけるビジネスシミュレーション利用の研究

６・１　はじめに

いま大学教育は、直面する問題を的確に認識し効率よく解決できる人材を育成することを社会から求められている。その教育には教授だけではなく実体験が効果的であることは容易に想像できるが、その実現は容易ではない。これまで経営分野では問題解決学習として経営の疑似体験ができるビジネスゲームが用いられていたが、それでも準備、実施や指導に多くの手間がかかることが問題点であった。ビジネスゲームの実施はコンピュータの利用により容易化され[1)]、さらに学習者が課題解決に行き詰まった時に支援する学習補助機能が付加された[2)]。　一般にコンピュータシミュレーションは問題解決型の学習に適しているといわれているが、具体的な実践例はあまり報告されておらず、学習過程で判断の迷路に迷い込んだ学習者の指導をどうするかの指針を明確にすることが必要と考えられる。

課題をうけとった学習者は、シミュレーションからの情報を確かめながら学習し知識を整理していく。このときシミュレーションは、学習者が入力したデータを処理し情報を表示し、学習者が行き詰まった時には学習補助機能を提供し、さらに操作履歴を記録しする。一方教師は、課題を設計し、演習を実施し、学習者がシミュレーションを利用して学習する過程で起こるさまざまの状況に対する支援を行い、その結果を評価する。このように教師と学習者は、シミュレーションデータを共有し、それぞれ教授・学習活動を行う。

本章では、開発したビジネスシミュレーションを用いた演習において、学習者の知識を調査する事前テスト、事後テスト、学習状況を知るための事前アンケート、事後アンケート、そして学習者が生産計画を作成する時に重視した経営変数の抽出などより経営の専門教育を効率化するシミュレーション利用法を検討する。

６・２　ビジネスシミュレーションによる学習

ビジネスシミュレーションによる学習は、図６．１のように学習者、教師、教授メディアとしてのシュミレーションの構成で行われる。そしてそれぞれが相互に情報を交換して学習を進めていく。教師は、教育内容の設計・ゲームの企画・実施・評価、ゲームの改善、知識ベースや用語解説などシステム保守を行う。そして学習者の状況を判断して適宜指導をおこなう。シミュレーションは、入力されたデータを処理し学習者に情報を提示し、学習者の操作履歴を記録し、学習者に学習補助機能を提供する。シミュレーションに記録された操作履歴は、学習者が考えた計画作成過程の表象である。学習者は、ビジネスシミュレーションによる会社経営の疑似体験のなかで、与えられた課題の解決のために必要な情報を選択し、不足している

知識を補い、計画を立案し、シミュレーション結果を判断し、計画作成方法を学び、学習状況を確認する。それぞれの役割が適切に果たされると効率のよい学習ができる。このような学習者の能動的な学習が可能な環境を整備することが教師のもっとも重要な役割である。

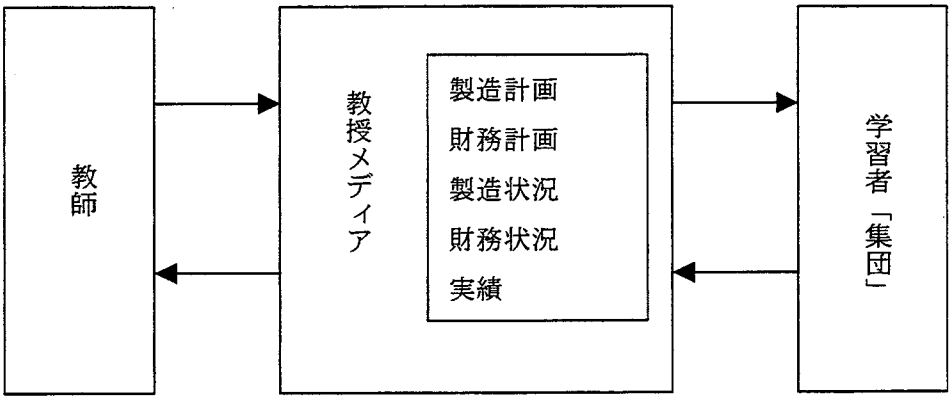


図６．１　ビジネスシミュレーションによる学習

実際ビジネスシミュレーションを利用して学習する学習者は、演習がすすむにしたがって財務諸表を使って収支のバランスを確認しながら生産計画を立てられるようになる。この疑似会社のモデルは大変簡潔であるが、断片的な専門知識しかもたない学習者では利益をあげることは難しい。

６・２・１　経営する会社

シミュレーションする企業は耐久消費財の製造会社とする。学習者は、利益が上がるように、高級品、中級品、普及品の生産数、原材料である部品Ａ、Ｂ、Ｃ、製造設備である製造ライン数、そのラインを操作する雇用人数、資本（借入金）の合計９つの入力変数を決定する。その意思決定に必要な経営実績はシミュレーションで見ることができる。このシミュレーションでは部品や製造設備の価格、人件費などが一定の割合で増加していくように設定されており、期数が進むと経営内容を悪化させる要因になっている。

６・２・２　ビジネスシミュレーションによる学習

シミュレーション会社のモデルは図６．２のようである。シミュレーションは、学習者が入力したデータを処理して売上・当期利益などの様々の経営変数を表示する、また学習者の操作履歴を記録する、さらに意思決定のヒントを表示するなど学習者を支援する機能を持つ。

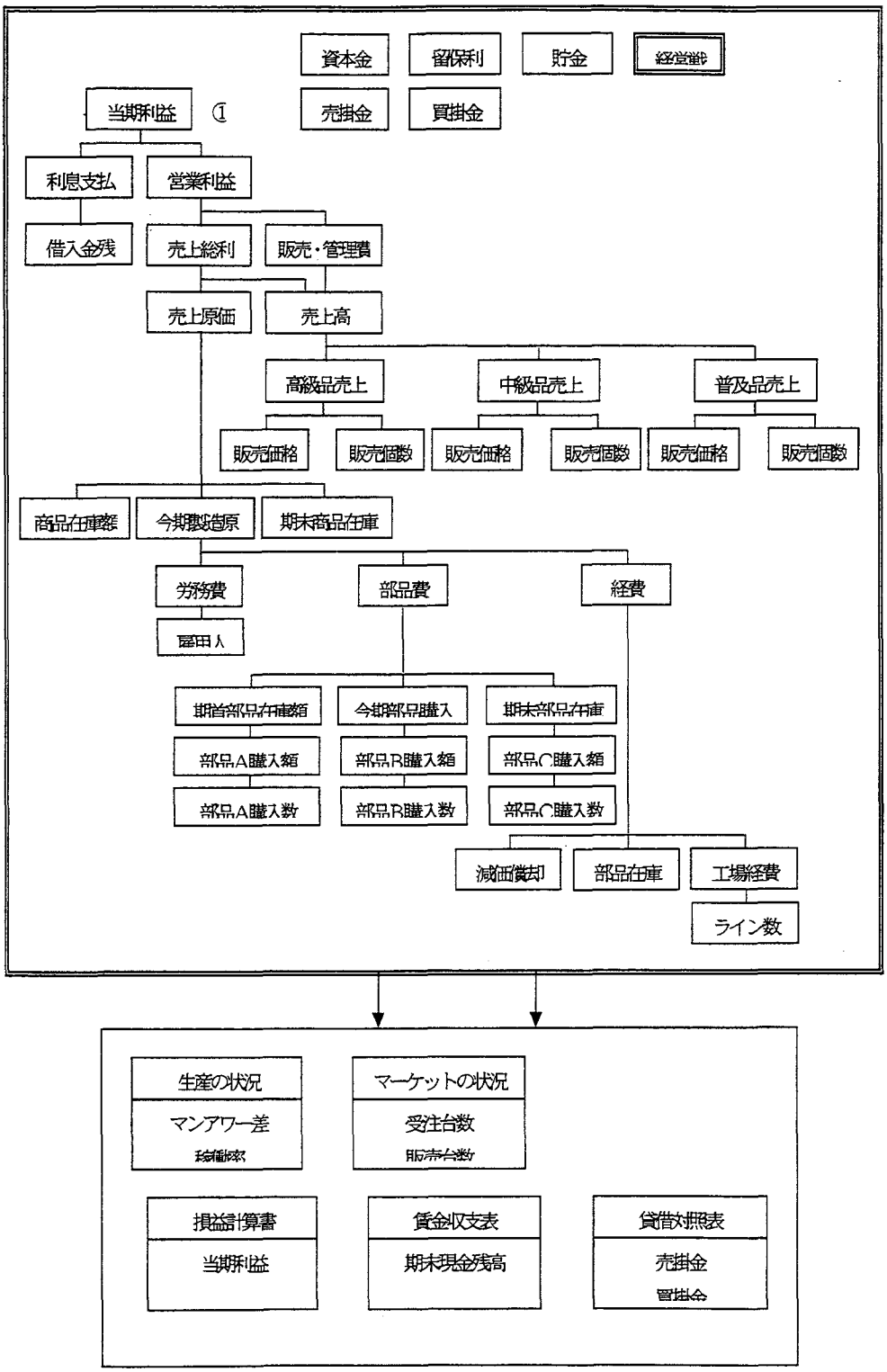


図６．２　シミュレーション会社のモデル

シミュレーション会社を経営するためのメニュー画面の構成は図６．３である。

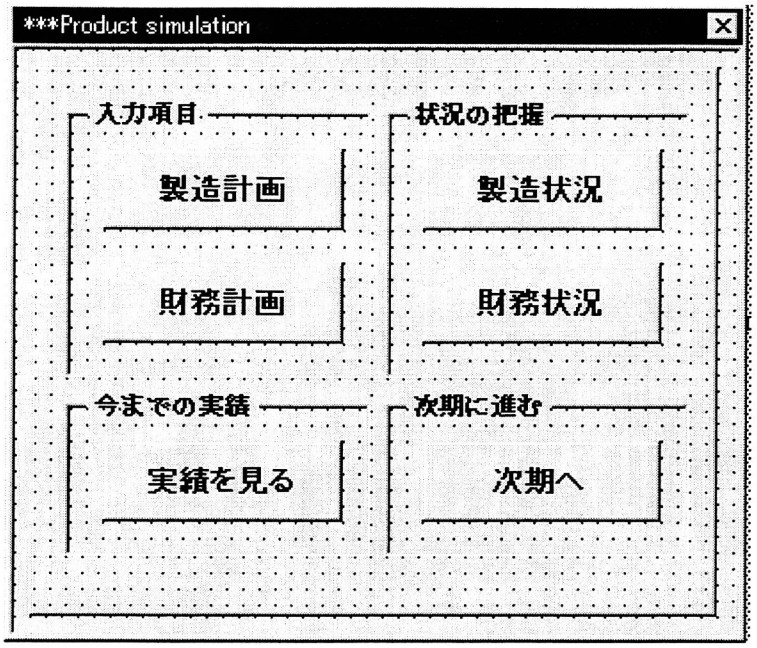


図６．３　シミュレーションのメニュー画面

学習者は、このメニューの「製造計画」、「財務計画」、「製造状況」、「財務状況」、「実績を見る」、「次期へ」の６つのボタンを使って経営計画をたてる。学習者が利用したいメニューボタンを押していくと、図６．４のようにダイアログが次々に表示されて機能が選択できる。

図６．５は、図６．４のようにして「製造計画」のサブメニューから「製品を作る」ボタンを押した時に表示される製品の生産数を入力する画面である。

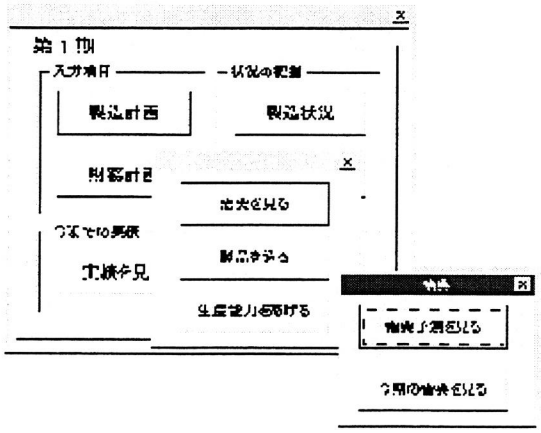


図６．４　シミュレーション機能の選択

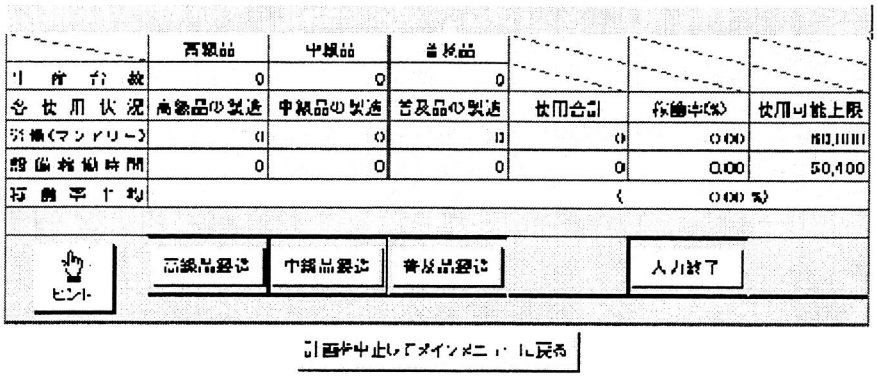


図６．５　製品の生産数を入力する画面

以上のような手順でシミュレーションの諸機能を選択してシミュレーション会社の経営を行う。他の機能も同様の手順で利用することができる。このシミュレーションの機能の全体図は図６．６である。

学習者の課題は、メニューで機能を選択してシミュレーション会社を経営し、利益を生み出すことである。経営計画を立てる前提条件には、需要の変動のように学習者が容易に理解できるものと、生産能力のように注意深く経営変数の変化を観察しないと直接読みとれないものがあり、後者を考慮して経営計画が立てられるようになることが教育目標である。

学習者は、演習中にさまざまの活動をする。例えば生産実績をシミュレーション機能で確認する、学習補助機能を使って専門領域の知識を学習する、教師や友人に疑問点を聞く、財務諸表で生産状況を把握する、さまざまの値をいれて経営変数間の関係を理解する、生産計画を立案する、作成した生産計画を評価するなどである。この過程を通して授業で学んだ経営に関する断片的な知識が生産計画の作成に応用できるように再整理されていくと考えられる[3)、4)]。学習者が生産計画を立て終わると、シミュレーションは処理を行いメニューに戻る。このシミュレーションは最大１２期まで経営できる。

６・３　生産計画作成演習

６・３・１　演習方法

教育におけるビジネスシミュレーションの有効な利用方法を明らかにするためにビジネスシミュレーションを利用した演習を、図６．７のような演習計画で１９９８年２月に、Ａ大学経営情報学部２年生１６名（女子３名）を対象として実施した[5)、6)]。課題は、「利益を上げるように生産計画を立てる」という大まかな内容である。

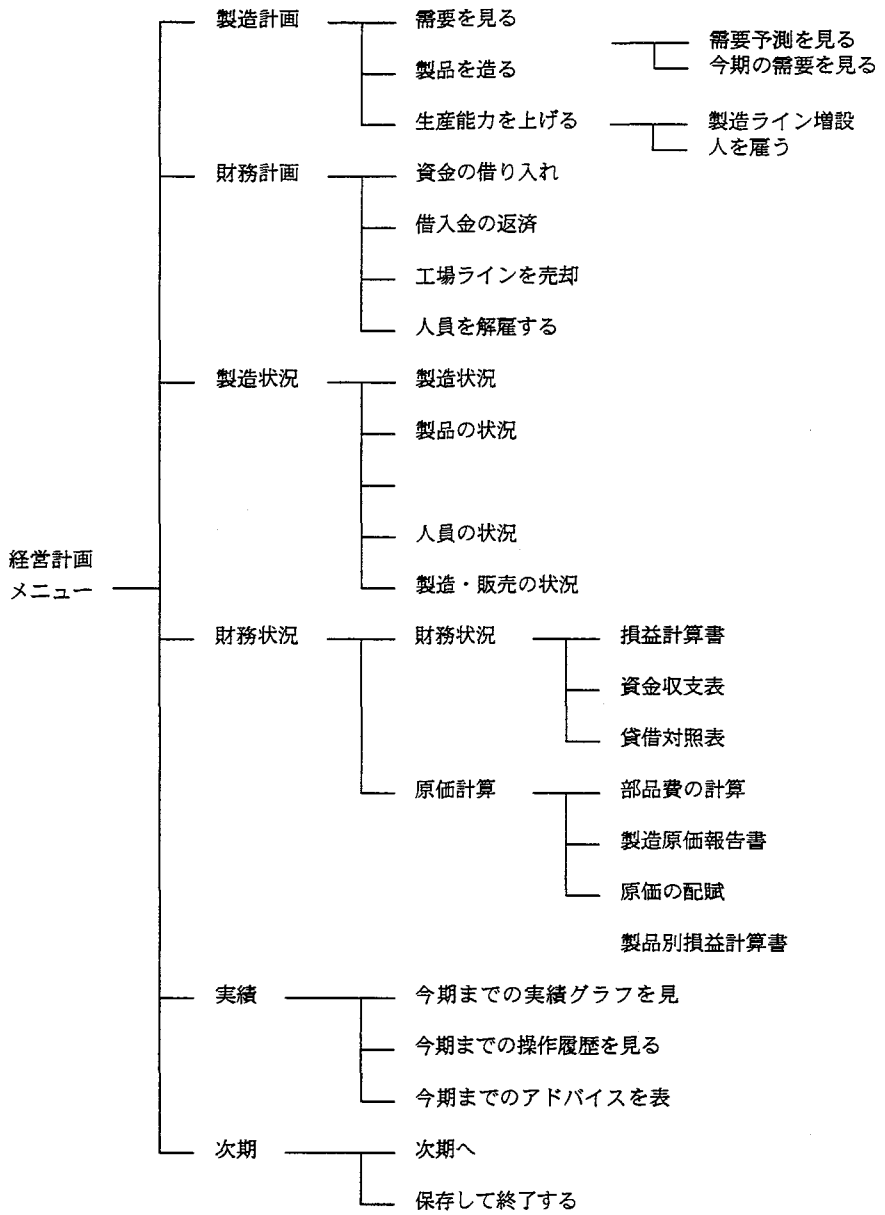


図６．６　シミュレーション機能

演習時間は、個人差があるが９時から５時まで途中休憩をとりながら８時間程度であった。事前テスト、事後テスト、教師評価、事前アンケート、事後アンケート、重視した経営変数の抽出、生産計画図の作成などから学習状況を評価した。

学習者が生産計画を立てる過程で重視した経営変数は、事前テストで使用したのと同じ６０項目の経営変数から選択させる方法で抽出した。作成した生産計画の自信度は学習者に自己評価させた。生産計画図作成は、学習者が生産計画作成時に認識した経営変数間の関係を学習者と教師が協同して図示するものである。

実施のための準備として、プリントによるビジネスシミュレーションに関する学習を１回とビジネスシミュレーションを使った演習を１回、合計２回行った。演習

前に生産計画に関する知識を復習しておくことを指示した。この指示によって個々の学習者が生産計画に関する知識を復習することを期待した。

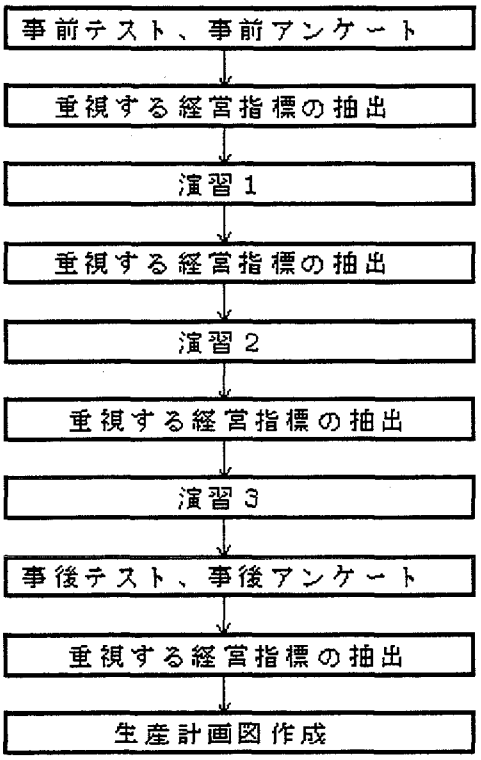


図６．７　演習計画

６・３・２　事前テストと事後テスト

事前テストと事後テストから学習者の知識を調査した（付録６．１参照）。内容は、会社の機構、生産計画、資金計画に関する記述に関する４３問の空白補充問題である。テスト時間は３０分とした。空白を補充する語句は生産計画に関する６０の経営変数である。事前テストと事後テストは同一とした。表６．１は、事前テストと事後テストの個人別正解数である。正解数の平均は低いものの演習によって向上しており、平均値のｔ検定では有意水準１％で差が認められる。生産計画に関する知識が十分でないにも関わらず演習過程で不足する知識を学び適切な生産計画がたてられるようになっていることが認められる。

表６．１　個人成績表

（点）

名前	事前	事後
1	7	11
2	12	22
3	12	20
4	10	22
5	14	18
6	16	26
7	6	10
8	8	15
9	12	26
10	10	11
11	12	13
12	9	10
13	12	20
14	11	10
15	8	14
16	15	14
平均	10.9	16.4

６・３・３　アンケートによる評価

６・３・３・１　アンケート方法

学習者数が１６名と少数であるため集計結果は統計的な処理せず選択肢ごとに回答した人数を示す。アンケート結果の１と２の回答方式は単一選択で、アンケート結果の３と４は複数選択可である（付録６．１，付録６．２参照）。事前アンケートは、アンケート結果の１と２で、事後アンケートは、アンケート結果の２、３、４である。選択肢（＊）の表記は事前アンケートか事後アンケートの１回の集計結果であり、選択肢（＊、＊）は、事前アンケートと事後アンケートの２回の集計結果である。

６・３・３・２　アンケート結果

１．シミュレーションの経験

シミュレーションを利用する授業の経験に関する回答は、①いままでによくやっ

ていた（０）、②すこしはやった（３）、③あまり経験がない（２）、④まったくない（１１）であった。現在の大学教育においては従来型の講義形式の授業が多いことが知られる。

２．授業方式の評価

この授業方式の評価に関する回答は、①好き（１、２）、②どちらかと言えば好き（１２、１２）、③どちらかと言えば嫌い（３、２）、④嫌い（０、０）であった。長時間の演習であったのにもかかわらず回答内容に変化がないことより、シミュレーションは学習者にとって好感のもてる授業方式であると考えられる。

３．演習結果の自己評価が高くなった理由

自己評価が高くなった理由については、①資料読んでいてもよくわからなかったことを演習で学んだ（６）、②経営変数の間の関係がわかるようになった（４）、③どのようにしたら利益が出るかを考えられるようになった（１１）、④立てた案を確かめることができた（８）であった。　シミュレーションによる疑似体験によって学習者は理解不足の知識を学び、短時間で生産計画が考えられるようになっており学習が進んだことがうかがえる。

４．シミュレーション機能の効果

学習者によるビジネスシミュレーションの機能の評価は、①計算機能（７）、②考えるのに必要なデータがグラフや表で見られる（１５）、③ヒントがある（２）、④操作履歴が見える（１）である。学習者は、シミュレーション企業の経営データをグラフや表で見られる機能と計算が自動化される機能を高く評価している。

６・３・４　生産計画と自己評価

６・３・４・１　生産計画の変化

学習者の生産計画作成の視点を生産計画で重視した経営変数によって評価する。

１．学習者が重視している経営変数

図６．８は１回目の演習前に学習者の５０％以上が重視した経営変数を表している。借入金（１２）、生産ライン数（９）、部品購入数（９）、支払利息（８）、需要予測（８）の５項目であった。

図６．９は３回目の演習後に学習者の５０％以上が注目している経営変数を表している。生産ライン数（１４）、当期利益（１４）、稼働率（１２）、人数（１１）、借入金（１０）、売上原価率（１０）、資金収支表（９）、生産台数（８）の８項目であった。演習の前後で生産計画を作成する学習者の視点が大きく変わっていることが認められる。支払利息のようにあまり経験がなくても容易に理解できる経営変数については演習前後で学習者の認識に差はないが、演習を経験することによって、設備の稼働率、製品の売上原価率、当期利益、生産ライン数を重視して生産計

画を立てるように変化している。

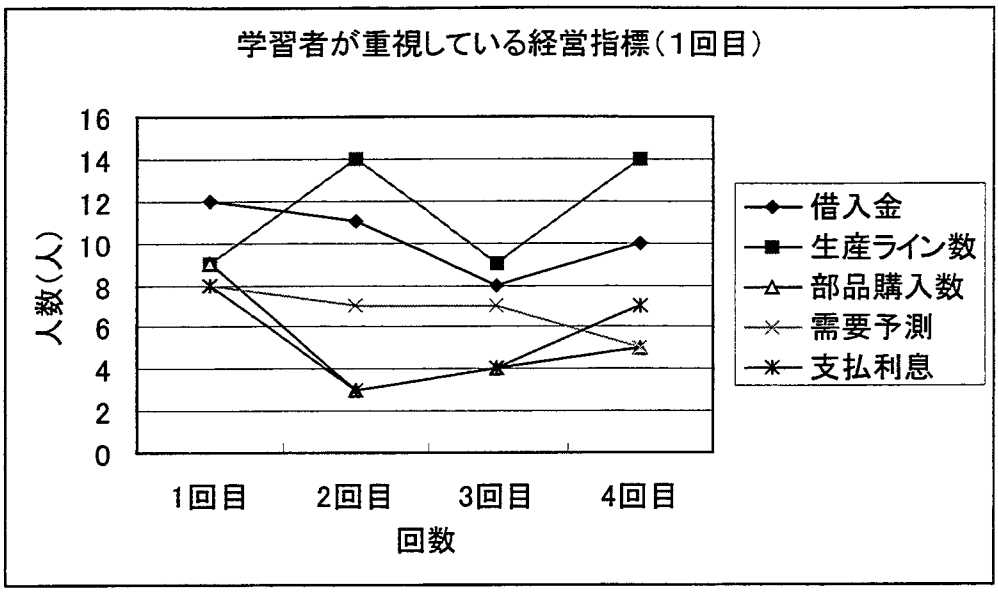


図６．８　学習者が１回目で重視していた経営変数とその変化（演習開始前）

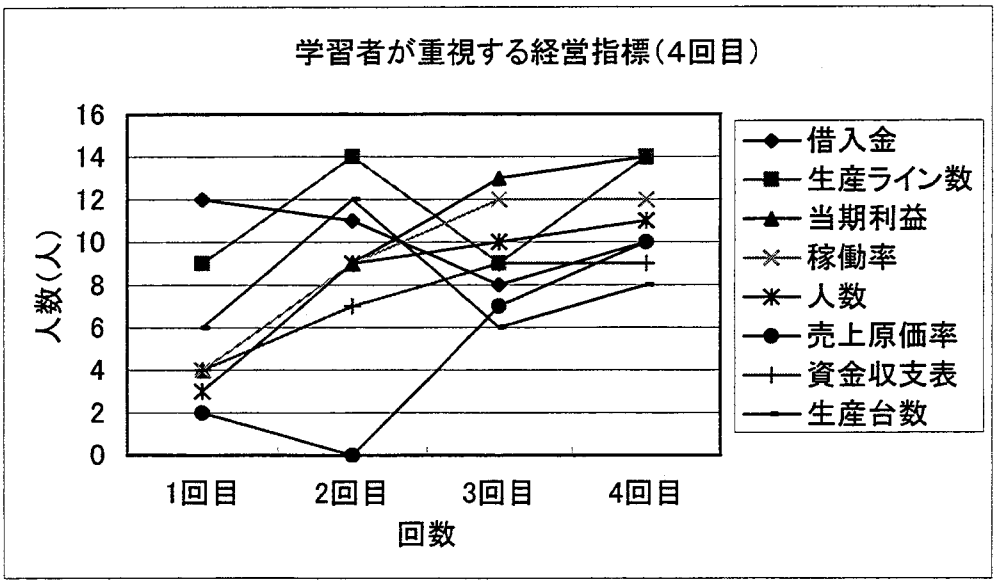


図６．９　学習者が４回目に重視していた経営変数とその変化（演習後）

図６．１０は、よりよい生産計画をたてるために学習者が気づかなくてはならない重要な経営変数の例である。生産ライン数が重要であることは認識できても、生産ラインの能力が毎期５％づつ下落していくことに気がつかなかったために製造能力の視点から生産計画を再考できなかったのであろう。学習者が各期の経営状況

だけではなく１２期全体を展望して生産計画を立てられるようになることが次の課題であることが示されている。それを支援なしに学習させることは容易ではないがシミュレーションを用いた演習の実施方法を工夫することで対応することが可能と考えている。

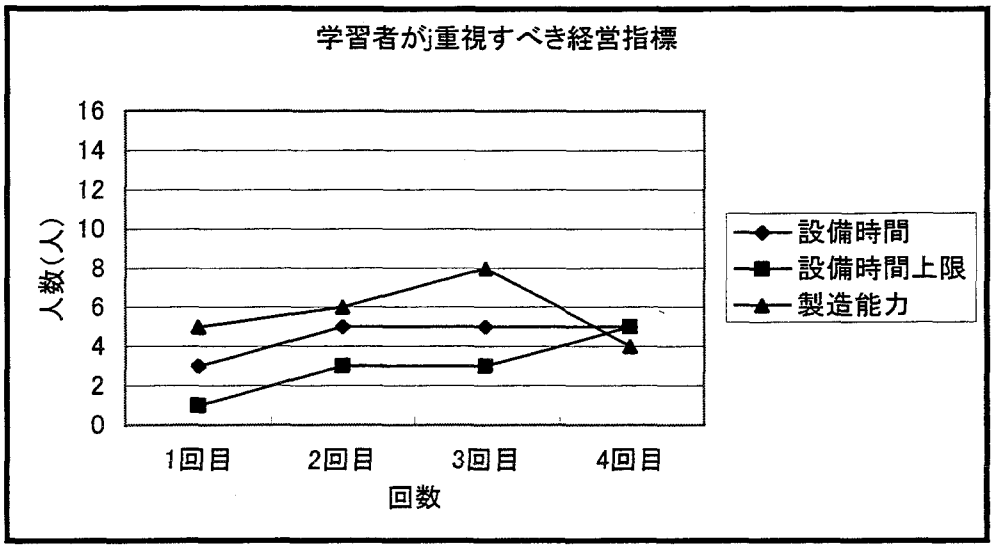


図６．１０　学習者が注目していないが重視すべき経営変数

２.生産計画の自己評価:　学習者が作成した生産計画の自己評価の変化を図６．１１に示す。妥当な計画が立てられた、大体妥当な計画を立てられた、あまり自信がない、どうしていいかわからないの４つの選択肢で回答を求めた。あまり自信はない状況から演習がすすむにつれて自己評価が高くなっている。

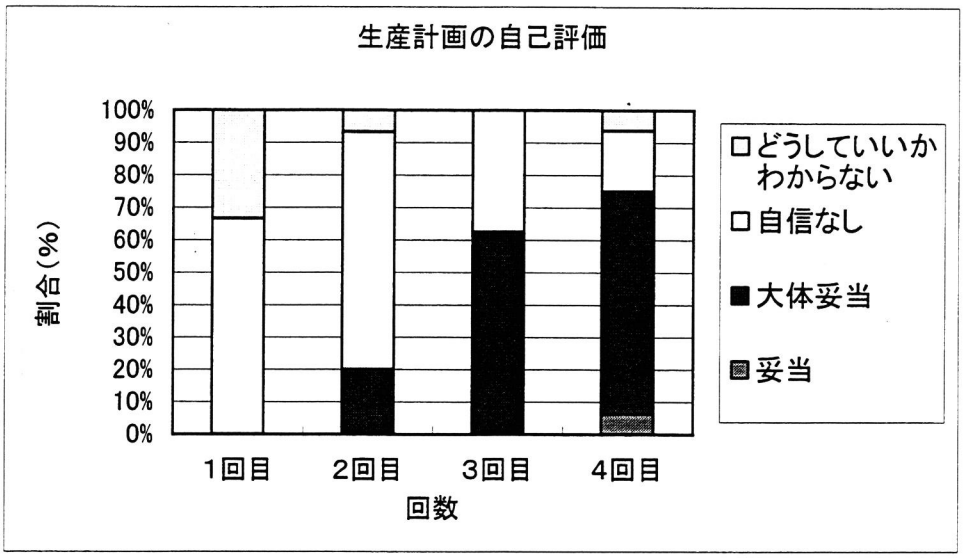
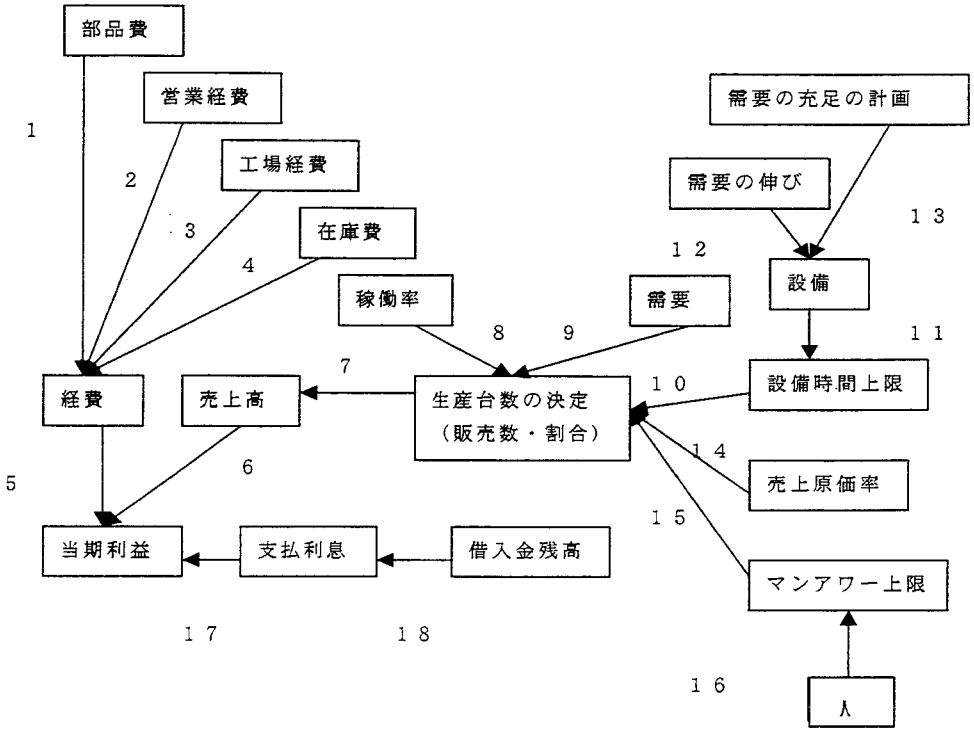


図６．１１　生産計画の自己評価

６・３・５　生産計画図の作図

演習のまとめとして学習者と教師が共同で図６．１２のような生産計画図を作成することによって、学習者が生産計画作成時に認識していた経営変数間の関係を明確にした。作成方法は、生産計画に使った経営変数のうち学習者が関係ありと認識しているものをラインで結ばせた。このようにすると学習者が重視していない経営変数は孤立することになる。全学習者を集計したものを図６．１２に示す。１回目の演習前と３回目の演習後を比較すると図６．１２の⑭売上原価率と生産台数間の関係のように、重視する経営変数が違っているだけでなくさまざまの関係を考慮して生産計画を立てられるようになったことが知られる。

生産計画図を学習者と教師が協同で作図することによって、生産計画図に表れない項目があっても、図に追加したり、欄外にコメントを付記したりするなどで学習者の生産計画を詳細に表現することが可能となる。またその過程で学習者が気づいていない経営状況を教師が指導する、また教師が観察しきれなかった学習者の状況を学習者の発言から読みとるなど演習方法改善のプラットフォームになる。このように学習者と教師が協同で生産計画を図示することは、学習者が理解を確認するだけではなく、教師が学習者の生産計画の妥当性を評価したり、さらに詳細な指導をしたりするのに有効と考えられる。



番号	関係	1回目	4回目
1	部品費－経費	1	3
2	営業経費－経費	1	1
3	工場経費－経費	1	2
4	在庫費－経費	4	8
5	経費－当期利益	4	5
6	売上高－当期利益	4	3
7	売上高－生産台数の決定	16	16
8	稼働率－生産台数の決定	5	10
9	需要－生産台数の決定	14	13
10	設備時間上限－生産台数の決定	1	9
11	設備－設備時間上限	9	13
12	需要の伸び－設備	3	5
13	需要の充足の計画－設備	1	2
14	売上原価率－生産台数の決定	0	13
15	マンアワー上限－生産台数の決定	4	9
16	人－マンアワー上限	5	9
17	支払利息－当期利益	4	9
18	借入金残高－支払利息	10	11

図６・１２　生産計画図

６・４　おわりに

本論文では生産計画作成演習において、事前テストと事後テスト、事前アンケート、事後アンケート、教師評価、生産計画作成で重視した経営変数の抽出、そして生産計画図の作成によって、経営の専門教育におけるシミュレーション利用の効果について考察した。以下にその要点を示す。

（１）学習者が長時間の演習にもかかわらず意欲は低下しなかったことから、実際には実現できない会社経営に関する総合的な学習をシミュレーションで疑似体験する方法は専門教育に有効であることが示唆されている。

（２）演習を繰り返すと学習者は、生産計画作成で重視すべき経営変数に注目するようになり、それらの関係も認識できるようになっている。

（３）最初あまり経営に自信がない状況であっても演習が進むにつれて自己評価が上昇している。自己評価が高くなった理由として、学習者はシミュレーションしている内容をよく理解できたこと、作成した生産計画の結果を確認できたことを上げており、シミュレーションを利用する効果が示されている。

（４）生産計画図は、学習者が生産計画作成時に認識していた経営変数間の関係を明確にするために有用であるだけでなく、学習者が生産計画の妥当性をさらに深く考えるのに有効である。

このように、最初学習者は専門知識が不足しているものの演習過程で計画作成に必要な知識を学び、短時間で生産計画に対する見通しを持てるようになっている。しかし今後の課題も明らかになった。学習者は、生産ラインの性能が毎期５％づつ低下していくことなどの経営変数に間接的に影響を与える要因については気づいていない。したがって限られた授業時間内にそれらを理解させ長期的な視点から生産計画をたてられるように学習者を指導する方法を確立することが課題である。

生産計画作成のように専門性が高く課題解決的な内容の学習には、本実践のように学習者が課題解決案を作成し、その案の妥当性をシミュレーションで確かめ、必要な知識をその過程で補っていく疑似体験が効果的と考えられる。しかし疑似体験を経験させるだけで教育目標に到達することは容易でなく、本実践で示した生産計画図の作成のように、課題に内在する問題に気づかせる演習の工夫やつまずいた時にタイミングよく学習者の指導ができる指導方法の確立が今後の専門教育の課題である。

第６章　参考文献

１）高橋三雄、藤森洋志：パソコンによるビジネスシミュレーション入門,日本経済新聞社,1985

２）松永公廣、柳井秀三、永尾香留：学習補助機能をもつ統合型生産計画シミュレーションゲームの開発と実践,シミュレーション＆ゲーミング学会誌,Vol.7, No.1,pp.38-48,1997

３）森田松太郎：ビジネス・ゼミナール経営分析入門,日本経済新聞社,1990

４）竹島重男：あなたにもできる経営の自己診断，ナツメ社,1992

５）松永公広、岩崎重剛、菅井勝雄：シミュレーションによる経営計画作成演習の実践,教育システム情報学会研究報告,Vol.98,No.5,pp.65-72,1998

６）松永公廣、岩崎重剛、菅井勝雄：課題解決学習における生産計画シミュレーション活用の評価,教育システム情報学会誌,印刷中

第７章　結論

社会のIT化は急速に進んでおり、あらゆる職場のいずれの職種においても人々はコンピュータを使わざるをえない状況となっている。学校教育においても学習指導要領に触れられているとおり、学習者は、どのような状況に直面してもコンピュータを利用して情報を活用し「自ら問題を発見し主体的に解決する」資質・能力を持つことが求められている。教師はその社会的要求を達成するために、学習者の能力開発に積極的に取り組み、従来の教育研究を基礎にしてさまざまの教授メディアを利用した教授・学習システムを開発し、それを利用した教育研究を進めている。

本論文では、「自ら問題を発見し主体的に解決する」資質・能力を育成する教授・学習メディアとしてコンピュータシミュレーションに注目し、それを教授・学習の場でどのように使えば有効になるのかを明らかにすることを目標として、教育現場と協力して開発したシミュレーションの実験から導かれた知見を集約し、シミュレーションの利用のための必要な条件を提案する。

７・１　研究の概要

第１章では、研究の背景、シミュレーションを用いた教育の特色、研究の経緯と目的などについて述べている。

第２章では、シミュレーション、ＣＡＩの研究成果、教授・学習システムのモデルについて述べている。特に教授・学習の場で教授メディアとしてシミュレーションを利用した場合の教授・学習システムのモデルについて述べている。学習者が、課題の解決のためにシミュレーションを利用して学習者主導で学習するときの、学習者、教師、シミュレーションの諸活動について述べている。

第３章から第６章までは、開発したミュレーションついて詳細に述べるとともに実験結果を考察している。

本研究のために開発したシミュレーションは、展開図組立シミュレーション、ヒント生成機能をもつ制御系設計演習システム、献立作成演習システム、ならびにビジネスシミュレーションの四つである。

立方体の展開図組立シミュレーションによる研究から、以下の事項を指摘した。

１．試行回数は、展開図組立シミュレーションを利用した授業の方が多くなっていた。したがって学習者は、シミュレーションを頭に浮かんだ自分のアイデアを確認する目的で使っていることがうかがえた。

２．「正方形の紙をセロテープでつなぎあわせる」学習方法とコンピュータ上で展

開図を自動的に組み立てる「展開図組立シミュレーション」による学習方法を組み合わせた授業結果より、最初に「正方形の紙をセロテープでつなぎあわせる」学習方法、次に「展開図組立シミュレーション」の順序で利用した方の成績がよかった。
３．学習者が自由に「展開図組立シミュレーション」を使うと、児童の興味が展開図とは異なる多様な図形を作ることに向くことがあった。
４．学習者は、「展開図組立シミュレーション」を用いた授業を楽しんでいた。

ヒント生成機能をもつ制御系設計演習システムを利用した研究から、以下の事項を検証した。
１．演習システムを操作する学習者の履歴を解析した遷移図の作成から、学習者が演習を重ねるとヒントを利用する遷移パターンが少なくなり、残った遷移パターンは教科書で解説している設計手順に近づいたことと、さらに短い演習時間で仕様を満たす学習者数が増えていたことが見られた。学習者は効率のよい制御系の設計手順を学習したことが認められた。
２．演習システムで実現したヒントを生成する機能は、設計演習に行き詰まった学習者の支援となることが認められた。ミュレーションを利用して学習を行うためには、学習者が困った時に利用できる何らかの学習支援機能必要であると見られた。

献立作成演習システムを利用した研究から、以下の事項を検証した。
１．膨大な栄養価計算のため、学校教育の限られた演習時間では献立作成演習を十分実施できなかったが、演習システムの利用によって学習者は何回も演習を実施できるようになった。演習を重ねるにつれて学習者の作成する献立に対する教師評価は高くなっていた。
２．演習システムを用いた授業においても教師の指導は学習者の献立作成の支援になっていた。
３．演習システムを利用した授業で学習者の状況と問題点の困難度に合わせたきめ細かい教育する目的で問題点埋め込み式の演習方法を提案した。演習システムを提案した方法で利用すると、個々の学習者の献立に埋め込まれた問題点について、修正の有無、修正回数、その結果を自動的に分析でき学習者の状況を評価することが可能となる。学習状況によっては個々の問題点について学習者へのフィードバックも容易となる。
４．問題点埋め込み式の演習方法は、学習者が課題解決の過程で陥り易い問題点を分析した教師の教授知識をシミュレーションの使い方と連携さることによって学習者の状況に合わせたきめ細かい教育をする新しいシミュレーションの利用方法の提案と考えられる。これまで教師が蓄積している教授知識をシミュレーションの使い方に反映させていなかったため、集団給食の献立作成システムの演習においてその方法の１例を示した。

５．演習システムが記録した学習者の操作履歴から演習システムの献立作成機能の利用頻度と献立作成機能間の遷移率を計算し、学習者は課題が進むにつれて献立作成方法に習熟したことを数量的に示した。ここで処理した献立作成機能間の遷移率が献立作成手順の特徴を数量的に表していることが認められた。

ビジネスシミュレーションを用いた研究から、以下の事項を検証した。

１．長時間にわたる演習を実施できたことより、実際には経験できない会社経営をシミュレーションで疑似体験させる学習方法は学習の動機づけに役立っていると考えられた。

２．演習を繰り返すと学習者は、生産計画の作成において重視すべき経営変数に気づき、それらの間の関係を認識できるようになったことが知られた。

３．経営変数の関係を学習者により明確に理解させるには、生産計画図の作成のように学習者の認識を強化する教師の指導の必要性が認められた。

７・２　研究のまとめ

７・１節でまとめた事項は以下のように整理できる。

１）シミュレーションを利用することによって、学習者は教師から与えられた課題の解決プランを試す回数を増やすことができた。

２）シミュレーションを適切に利用すれば、学習内容に対する学習者の成績を高めたり、学習者の動機づけを高めたり、楽しく学習させたりすることが期待できるであろう。

３）シミュレーションに従来からよく知られている教師の指導（教師が学習者の状況を講評する、学習者間で相互評価をする）や手で触れられる具体物を操作するなどの作業を組み合わせることは、シミュレーションを教育に利用する時の特徴をさらに生かすであろう。

４）シミュレーションで学習した場合でも学習者が行き詰まることが想定できるため、学習者が選択できる学習支援機能を準備しておくことは必要であろう。学習支援機能には、ヒント生成機能、シミュレーション結果の表示機能、操作履歴表示機能などが考えられる。

５）教師は従来の授業で多くの教授知識を蓄積している。その教授知識をシミュレーションの利用方法と連携させて活用することによって、教育目標を絞り込んだり明確にしたりするなどシミュレーションの効果的な利用方法を設計することが可能になると考えられる。

６）学習者の年齢が低い場合には、何らかのきっかけで学習者の興味が課題を考える以外に向くことがある。

以上のようにシミュレーションの開発と実験結果からシミュレーションを教授・

学習に利用するときに留意が必要な点が見えてきた。それらはシミュレーションの利用方法に関することとシミュレーションシステムの設計・開発に関することに大きく分類できた。シミュレーションを教授・学習に適切に利用する方法に関しては、教師は使用するシミュレーションの教育目標、学習内容を明確に理解していること、また学習者が教育目標と学習内容を理解できるように課題を適切に配置することである。また配列された学習課題を学習者が行うに際してはシミュレーション内の学習支援機能を適切に使用しうるように指導することである。さらにシミュレーションを使用しても教育目標への到達が容易でない学習者に対しては教師が別の指導を組み合わせることも必要である。シミュレーションシステムの設計・開発に関しては、授業の設計や学習者の状況に応じてシミュレーション機能や学習者支援機能や教師支援機能を比較的容易に開発・修正できる開発ツールを準備することが一つの指針となろう。

７・３　今後の課題

ＴＶゲームは子供から大人まで広く普及しているにも関わらずコンピュータシミュレーションの教育利用はなかなか進まなかった。それは学校で利用できるシミュレーション教材の供給が少ないという側面もあるが教育における目的や利用方法が明らかでないなどが大きいと考えられる。本研究によって教育におけるシミュレーション利用の意義と課題が明確となりシミュレーションの利用方法を組み合わせる指針を示すことができたと考える。今後効率よく利用するためには供給されたシミュレーションに応じた適用事例を積み上げて利用方法を類型化し、利用し易い環境を整備することが必要であろう。

ただシミュレーションを操作する学習者の履歴は、学習者の判断過程が表象されていると考えられる。このため、運用を通じてシミュレーションを使用する学習者一人一人がその場面でどのように感じたのか、思考したのかなどのデータをあわせて分析し、シミュレーションに向かい合う学習者の内面や理解過程や学ぶ楽しさを明らかにすることが必要と考えるが、この点については今後の研究課題としておく。

謝辞

本研究を遂行するにあたりご指導頂いた大阪大学大学院人間科学研究科　菅井勝雄教授、大阪大学大学院人間科学研究科　前迫孝憲教授、いつも励まして頂いた大阪大学大学院工学研究科、辻毅一郎教授、西村正太郎先生（大阪大学名誉教授）、藤井克彦先生（大阪大学名誉教授）、村上吉繁先生（大阪大学名誉教授）、研究の基礎を築いて頂いた神戸大学工学部情報知能工学科、北村新三教授、平井一正先生（神戸大学名誉教授）、終始御助言を頂いた大阪電気通信大学総合情報学部、石桁正士教授、ともに研究をお願いした、明石工業高等専門学校一般科、濱野正美先生、園田学園女子大学短期大学部、深津智恵利先生、園田学園女子大学、山本恒先生、坂本啓子先生（元園田学園女子大学短期大学部教授）、大阪大学人間科学部、西端律子先生、大阪府立工業高等専門、高橋参吉先生、平安女子大学、東野勝治先生、奈良工業高等専門学校、工藤英男先生、大阪電気通信大学短期大学部、岩崎重剛先生、南大阪大学、吉川博史先生、また本研究に不可欠な学校現場での実践評価に御協力頂いた竜野市立小宅小学校、三日月町立三日月小学校、明石市立山手小学校、堺市立原山台小学校、香住町立芝山小学校、明石市立二見西小学校の各先生、明石工業高等専門学校電気工学科でともに研究した、静岡大学　若林伸和先生、藤井剛氏、浅田卓哉氏をはじめとする各氏、摂南大学経営情報学部でともに研究した、野村恵氏、船田庄治氏、知念厚氏、大沢和孝氏、芝尾淳氏、柳井秀三氏、森永理恵子氏をはじめとする各氏、研究遂行に物心両面で御支援頂いた明石工業高等専門学校職員、摂南大学職員の方々に深く感謝いたします。

業績目録

1・主要論文

（1）松永公廣、藤井剛志：助言生成機能をもつ制御系設計演習用ＣＡＤシステムの開発とその効果，電子情報通信学会誌Ａ，Vol.J75-A,No.2,pp.353-361, 1992

（2）松永公廣、吉川博史：ヒント生成機能をもつ展開図組立シミュレータの開発と評価,教育システム情報学会誌,Vol.12,No.4,pp.267-278, Jan. , 1996

（3）松永公廣、芝尾淳:工業経営学習のための生産計画シミュレーションの開発と実践,工業経営研究学会誌,Vol.10,pp26-30,1996

（4）松永公廣、柳井秀三、永尾香留：学習補助機能をもつ統合型生産計画シミュレーションゲームの開発と実践,シミュレーション＆ゲーミング学会誌, Vol.7, No.1, pp.38-48, 1997

（5）松永公廣、岩崎重剛、菅井勝雄：課題解決学習における生産計画シミュレーション活用の評価,教育システム情報学会誌, Vol.17,No.4,pp.582-587, Jan. , 2000

2・関連論文

（1）西村正太郎、松永公廣：学習過程の数学モデル,日本工学教育学会誌, Vol.29, No.3, pp.20-25, 1981

（2）西村正太郎、松永公廣：練習間隔が不規則変動する教育モデル,計測自動制御学会論文集 ,Vol47,No2,pp.146-147,1981

（3）西村正太郎、松永公廣：学習態度と成績の関連性,日本工学教育学会誌, Vol.30,No.3,pp.21-25,1982

（4）松永公廣、藤本正利、堤保雄：実験教育のための学習環境の設計と実践, 教育システム情報学会誌,Vol.7,No.4,pp.186-193,1990

（5）松永公廣、浅田卓哉：メロデイー進行にもとづく和音生成システムの開発と実践教育システム情報学会誌,Vol.9,No.1,pp.3-13,1992

（6）松永公廣、船田庄治：生涯設計ＣＡＤの開発,シミュレーション＆ゲーミング学会誌,Vol.6,No.1,pp.14-24,1996

３・国際学会

（１）Kimihiro MATSUNAGA, Atsushi SHIBAO: Development of Product simulation game containing a help functions for learners' decision making process on spread sheet,ICC&IE,PP.977-978,1996

（２）Kimihiro MATSUNAGA , Sankithi TAKAHASHI: Some significant remarks about CAD use in Control Engineering Education, AEESEAP '96 T3-2-1/4, 1996

４・著書

（１）西村正太郎、北村新三、武川公、松永公廣：制御工学,森北出版, pp. 58-105, 1987

（２）菅井勝雄編：ＣＡＩへの招待,pp.187-193,同文書院, 1988

（３）宇都宮敏雄、坂元昂監修：パソコン教材,教育情報科学・第２巻, pp.131-158,第一法規,1988

（４）渡邊茂、坂元昂監修：ゲームシミュレーション型の例と設計技法,ＣＡＩハンドブック,フジテクノシステム, pp.337-339,1989

（５）渡邊茂、坂元昂監修：ゲームシミュレーション型の特徴と学習形態,ＣＡＩハンドブック,フジテクノシステム,pp.268-269, 1989

（６）情報学教育研究会編著：第１章　情報処理,情報社会と情報基礎,第一法規, pp.83-91,1990

（７）高橋参吉、松永公廣、若林茂、黒田芳朗：「入門情報リテラシー」, 第５,６章,pp.80-113,コロナ社

５・　研究紀要

（１）松永公廣：展開図の認知過程の分析に基づく立体シミュレータの実現とその効果,大阪工大摂南大学中研所報,第２６巻,第１号,pp.139-153,1993

（２）松永公廣、野村恵、吉川博史：表計算におけるヒント生成機能の構成と損益分岐点分析への適用例,摂南大学経営情報研究,Vol.2,No.2,pp.31-44,1995

（３）松永公廣、野々瀬重泰：教科学習に対するＣＡＤの効果（制御工学設計演習ＣＡＤを使って）,摂南大学経営情報研究,Vol.3,No.2,pp.83-98,1996

（４）松永公廣、大澤和孝、深津智恵美、西端律子：ネットワークを利用する教育用CADの設計法ー献立演習の充実のためにー,摂南大学経営情報研究,Vol.5, No.2, pp.133-145, 1998

（５）松永公廣、工藤英男：リスク要因を持つライフプランシミュレーションの試作,1998,摂南大学経営情報研究,Vol.6,No.1,pp.61-72

６・研究発表等

（１）西村正太郎、松永公廣：忘却過程の数学モデル,電気関係学会北陸支部連合大会予稿集,1980

（２）西村正太郎、松永公廣： 予見制御と学習成績モデルについて,日本人間工学学会関西支部大会論文集,pp.79-86,1980

（３）西村正太郎、松永公廣：練習期間が不規則変動する学習成績モデル,工業教育研究講演会講演論文集,pp.7-10,1980

（４）西村正太郎、松永公廣：学習過程のモデルとパラメータについて,日本人間工学学会関西支部大会論文集,pp.17-22,1981

（５）西村正太郎、松永公廣：学習態度と成績の関連性,工業教育研究講演会講演論文集,pp.1-4,1981

（６）松永公廣、松井誠吾、西村正太郎：学習姿勢と成績との関連性,電子情報通信学会技術研究報告,ET82-2,pp.1-4,1982

（７）松井誠吾、松永公廣、西村正太郎：成績推移の分類,科学教育学会第６回年会,pp.255-256,1982

（８）西村正太郎、松永公廣、松井誠吾：ＧＭＤＨによる成績表現関数の推定,科学教育学会第６回年会,pp.253-254,1982

（９）松永公廣、松井誠吾、藤井克彦：ＧＭＤＨを用いた成績の予測,教育システム情報学会第７回研究発表論文集,pp.37-40,1982

（１０）松永公廣、松井誠吾、藤井克彦：学習意欲と成績推移の関連性,日本人間工学会関西支部大会,pp.31-38 ,1982

（１１）松井誠吾、松永公廣：マイクロコンピュータのハードウエアー教育について,教育システム情報学会第７回研究発表論文集,pp.87-90,1982

（１２）松永公廣：記憶・忘却過程の数理モデルを構成するための基礎実験,昭和５８年電気学会全国大会講演論文集，1983

（１３）松永公廣、川島洋一、藤井克彦：マイクロＣＭＩの実践, 教育システム情報学会第８回研究発表論文集,pp.95-97,1983

（１４）松永公廣、若林伸和、藤井克彦：疑似体験による学習過程の理解,科学教育学会第８回年会,pp.130-131,1984

（１５）松永公廣、木村浩行、藤井克彦：実験シミュレータの作成,教育システム情報学会第９回研究発表論文集,pp.135-138,1984

（１６）田中富子、古林昭子、岸本義博、明田吉浩、松永公廣：四角錐展開プログラムと実践　－Ｌｏｇｏを使って－,電子情報通信学会技術研究報告, ET87-9, pp.63-66, 1988
（１７）松永公廣：パーソナルコンピュータを用いた実験のシュミレーションの適用例について,教育工学関連学協会連合第１回全国大会講演論文集,pp.241-242,1985
（１８）松永公廣、東野勝治、村上優：シミュレーションと教育への応用,教育システム情報学会第１１回研究発表論文集,pp.217-218,1986
（１９）藤本正利、松永公廣：学習シミュレーション相談検索システムを作って,上月教育財団広報「シグマ」,No.5、pp.198-206、1987
（２０）松永公廣：パソコンによる計測・制御実習（シミュレーションを活用して）,教育システム情報学会第１２回研究発表大会論文集,pp.137-140, 1987
（２１）松永公廣：パソコンによる計測・制御システム,第３回化学ＰＣソフトウエアー研究討論会講演要旨集,pp.26-27,1988
（２２）松永公廣、山下哲朗：助言機能を強化した学習シュミレーション（アルキメデスの原理）,日本教育工学会技術研究報告,JET88-4,pp.23-26,1988
（２３）松永公廣：問題解決をめざすシステム設計演習のモデル化の試み,日本教育工学第５回大会講演論文集,pp.381-382,1989
（２４）松永公廣、井澤卓司：パソコンによる回路製作実習の支援（その１）, 電子情報通信学会技術研究報告,ET89-42,pp.21-26,1989
（２５）野嶋修二、長谷直樹、鶴田明三、河合弘明、松永公廣：パソコンによる回路実習の支援（その２）,電子情報通信学会技術研究報告告,ET89-151, pp.53-58,1990
（２６）河合弘明、古林昭子、松永公廣：個別学習モードを強化した四角錘の展開シミュレーション,電子情報通信学会技術研究報告,ET90-77,pp.55-60,1990
（２７）松永公廣：パターンデータを用いたシミュレーション技法,教育システム情報学会第１５回全国大会講演論文集,pp.141-144、1990
（２８）松永公廣、藤井剛志：学習者の状態推論を用いた演習システム”ＩＳＡＡＣ”の開発と実践,電子情報通信学会技術研究報告、ET91-37、pp.93-100, 1991
（２９）浅田卓哉、木村誠、松永公廣、：メロデイー進行にもとづく和音生成システムの開発と実践、電子情報通信学会技術研究報告,ET91-35,pp.77-84, 1991
（３０）南都寛、松永公廣：学習者の思考過程を考慮したインターフェースの改善に関する研究,日本教育工学会研究報告,JET92-1,pp.69-72,1992

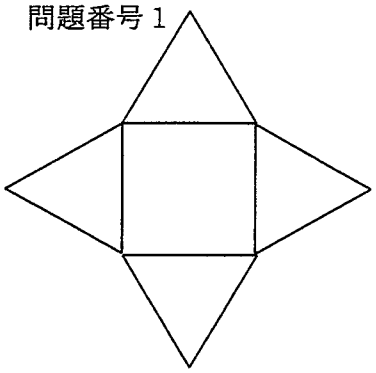
（３１）松永公廣、吉川博史、東野勝治、永井潔、八杉弘昭：思考過程を考慮した立方体展開図のシミュレーションと実践,日本教育工学会研究報告,JET92-3,pp.13-16,1992
（３２）松永公廣、吉川博史、東野勝治、木村誠：思考過程を考慮した立方体展開図のシミュレーションと実践（その２）,電子情報通信学会技術研究報告,ET92-25、pp.29-34,1992
（３３）吉川博史、東野勝治、松永公廣：立方体のシミュレーションの教育への適用とその評価,教育システム情報学会第１７回全国大会講演論文集,pp.189-192,1992
（３４）松永公廣、吉川博史：助言生成機能を持つ制御系設計演習ＣＡＤの実践,電子情報通信学会技術研究報告,ET93-23,pp.33-36,1993
（３５）松永公廣、吉川博史：実践を通してみる情報基礎教育の具体化と現状,教育システム情報学会第１８回全国大会講演論文集,pp.103-104,1993
（３６）松永公廣、野村恵：表計算ソフトを使った損益分岐点分析における助言生成機能の構成,電子情報通信学会技術研究報告,OFS94-2,pp.9-14,1994
（３７）松永公廣、澤藤航、多和田久彦：表計算型プロダクトシミュレーションの実践に基づくヒントの構造,電子情報通信学会技術研究報告,ET94-31,pp .15-22, 1994
（３８）澤藤航、松永公廣：ヒントが作れる表計算型プロダクトシミュレーション,日本シミュレーション＆ゲーミング学会第６回全国大会発表論文集,pp.108-109,1994
（３９）吉川博史、松永公廣：展開図を組み立てるシミュレーション型ＣＡＩ,日本シミュレーション＆ゲーミング学会第６回全国大会発表論文集,pp.110-111,1994
（４０）松永公廣：ヒント生成機能をもつ立方体展開図シミュレーションの開発と実践例,教育工学関連学協会連合第４回全国大会予稿集,pp.605-606,1994
（４１）船田庄治、松永公廣：表計算を用いたライフプランコンサルタントの開発,日本教育工学会研究報告,JET95-1,pp.93-100,1995
（４２）松永公廣：制御系設計ＣＡＤ演習における学生の設計過程の考察,日本教育工学会研究報告,JET95-2,pp.15-18,1995
（４３）西端律子、大澤和孝、伊勢田美穂、船田庄治、松永公廣：表計算による献立コンサルタントの開発（その１）,教育システム情報学会研究報告,Vol.93, No.2, pp.34-37, 1995
（４４）船田庄治、松永公廣：表計算を用いたライフプランコンサルタントの開発（その２）,教育システム情報学会第２０回全国大会講演論文集,pp.269-270,1995

（４５）大澤和孝、伊勢田美穂、船田庄治、西端律子、松永公廣：表計算による献立コンサルタントの開発（その２）,教育システム情報学会第２０回全国大会講演論文集,pp.97-98,1995
（４６）松永公廣、芝尾淳：表計算で作成されたプロダクトシミュレーションによる工業経営学習について,工業経営研究学会第１０回全国大会予稿集, pp.29-32, 1995
（４７）松永公廣、芝尾淳：表計算を利用したプロダクトシミュレーションの改善, 日本教育工学会第１１回全国大会講演論文集,pp.601-602,1995
（４８）松永公廣、深津智恵美、西端律子、大澤和孝、芝尾淳：表計算を使ったシミュレーション,教育システム情報学会第２１回全国大会講演論文集, pp.185-186、1996
（４９）柳井秀三、芝尾淳、松永公廣：シミュレーションにおける項目間関係図表示の効果について,日本シミュレーション＆ゲーミング学会第８回全国大会発表論文集,pp.70-73,1996
（５０）松永公廣、西端律子、深津智恵美、大澤和孝：学習環境の情報の流れに注目したシミュレーション教材の設計例 ー献立作成演習の指導のためにー, 日本教育工学会第１２回全国大会講演論文集,pp.191-192,1996
（５１）西端律子、深津智恵美、大澤和孝、伊勢田美穂、松永公廣：献立設計支システムを利用した学生のモデルの変化について,日本教育工学会第１２回全国大会講演論文集,pp.661-662,1996
（５２）王秋鴻、坂元由美、森永理恵子、深津智恵美、西端律子、松永公廣：集団教育用献立演習システムの開発と実践,教育システム情報学会研究報告, Vol.97, No.4,pp.23-30, 1997
（５３）Karu NAGAO, Syuzou YANAI, Kimihiro MATSUNAGA: Development of Production Simulation Game,教育工学関連学協会連合第５回全国大会予稿集, pp.419-410,1997
（５４）柳井秀三、長尾香留、松永公廣：統合型生産計画シミュレーションを利用する教育,日本シミュレーション＆ゲーミング学会第９回全国大会発表論文集,pp.61-64,1997
（５５）松永公廣、森永理恵子、王秋鴻、坂元由美、深津智恵美、西端律子：集団給食献立演習システムを利用した教育,教育システム情報学会研究報告, Vol.97,No.5, pp.2-6, 1998
（５６）松永公廣、岩崎重剛、菅井勝雄：シミュレーションによる経営計画作成演習の実践,教育システム情報学会研究報告,Vol.98,No.5,pp.65-72,1998
（５７）松永公廣：コンピュータシミュレーションを用いる研究方法,日本教育工学会第１４回全国大会講演論文集,pp.647-618,1998

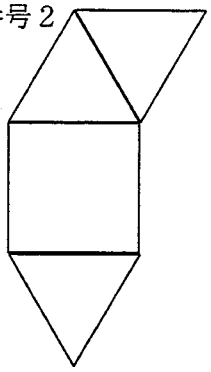
（５８）森永理恵子、坂元由美、王秋鴻、深津智恵美、坂元啓子、西端律子、松永公廣、菅井勝雄：集団給食用献立演習システムの実践と評価,日本教育工学会研究報告,JET99-1,pp.47-54,1999
（５９）深津智恵美、森永理恵子、西端律子、松永公廣、菅井勝雄：給食管理実習のための献立作成演習,教育システム情報学会第２４回全国大会講演論文集,pp.399-340,1999
（６０）松永公廣：教具としての展開図シミュレーションの評価,日本教育工学会第１５回全国大会講演論文集,pp.343-344,1999
（６１）松永公廣、前迫孝憲、菅井勝雄：授業における展開図シミュレーション利用の評価,日本教育工学会研究報告,JET2000-5,pp.25-32,2000
（６２）松永公廣、深津智恵美、森永理恵子、西端律子、前迫孝憲、菅井勝雄：シミュレーションにおける問題点埋め込み型演習法の評価,教育工学関連学協会連合第６回全国大会予稿集,pp.129-130,2000

付録３．１　事前テストと事後テストの問題

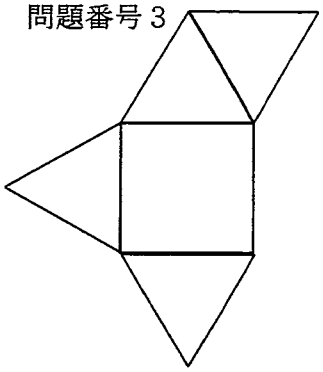
問題番号１



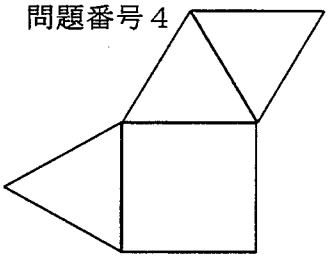
問題番号２



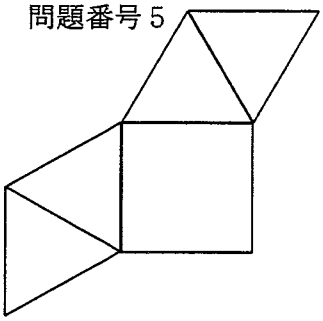
問題番号３



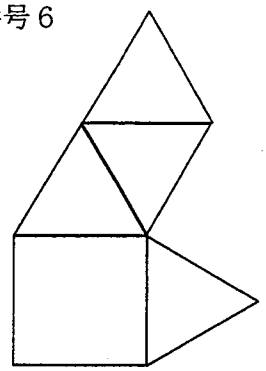
問題番号４



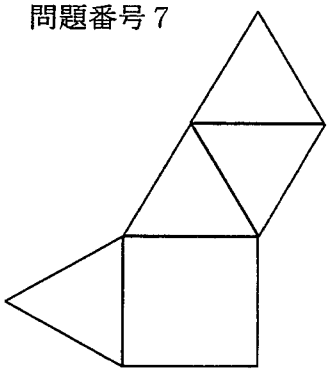
問題番号５



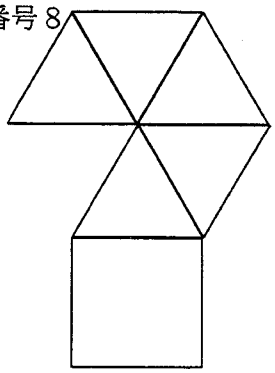
問題番号６



問題番号７



問題番号８



付録５．１　事前テスト・事後テスト（１９９８年）

事前テスト　　１９９８・１１

学番　　名前

１）　次の空欄に当てはまることばを下記から選び、番号で答えなさい。

集団給食の献立作成には、給食対象者（喫食者）のニーズをベースに、一日の食品数や「　」、調理の時間や「　」、季節感や「　」などに加えて、一日当たりの「　」への配慮が必要である。

①行事食　②栄養バランス　③利益　④調理能力
⑤温度　⑥治療食　⑦給食費

２）　次の空欄にあてはまることばを「　」の中に記入しなさい。

集団給食の献立は、一般に主食、「　　」、副菜、「　　」、デザートで構成される。献立の栄養所要量は、性別、「　　」、「　　」から計算される。　例えば、２０歳・女性・生活活動強度Ⅱの場合の「　　」はおおむね、エネルギー２０００kcal 、タンパク質「　　」ｇ、脂肪エネルギー比率「　　～　　％」で、脂質の量は「　　～　　」ｇである。

３）　次の空欄に当てはまることばを下記から選び、番号で答えなさい。

献立作成は、まず、対象者に合わせて「　　」を考え、料理内容にふさわしい食品の「　」と「　　」を決める。この時点で、まず「　　」を参考に、最初の調整を行う。作成した献立を食品構成の群ごとにみて、「　　」したり、「　　」となっているところを調べる。過剰や不足がわかれば、いくつかの調整対象を考慮して、「　　」、料理を削除する、「　　」方法で調整する。

次に、料理で使われる食品に注目して「　　」、「　　」、食品を削除する、「　　」方法で、詳細に調整する。

献立には食品を「　　」以上使うことが望ましい。また、「　　」食品はできるだけ使わないことが望ましいといわれている。

献立は、いくら栄養のバランスがとれていても、「　　」、「　　」、「　　」などへの配慮に欠けていては魅力のないものとなる。

①料理を入れ替える　②３０品目　③料理　④おいしさ　⑤種類　⑥旬
⑦食品を入れ替える　⑧食品構成　⑨食品流通　⑩違う
⑪料理を追加する　⑫量　⑬食品を追加する　⑭不足　⑮同じ　⑯過剰
⑰彩り　⑱食品の量を変更する　⑲作業人員　⑳食品のとりあわせ

4）次の空欄にあてはまることばを「　」の中に記入しなさい。

対象者の栄養所要量の「　　」、タンパク質、「　　」、「　　」、「　　」、ビタミンA、「　　」、ビタミンB２、ビタミンC、「　　」、「　　」に合わせるように献立を調整する。調整結果の目安は、「　　」の５～「　　」％程度の範囲ないであることが望ましい。

さらに栄養比率には、脂肪エネルギー比率や「　　」、「　　」、「　　」、「　　」、などがあり、その適正比率内に収まることを目標とする。

5）下記の栄養素を含む代表的な食品を２つあげてください。

糖質		
たんぱく質		
脂質		
カルシュウム		
鉄		
ナトリウム		
カリウム		
ビタミンA		
ビタミンB１		
ビタミンB２		
ビタミンC		

付録５．２　集団給食献立作成演習のアンケート（１９９８年）

集団給食献立作成演習のアンケート（1）

学番　　名前

（1）　献立を作ることが好きですか？
①好き　　②どちらかといえば好き
③どちらかといえば嫌い　　④嫌い

（2）　献立を作ることに自信がありますか？
①全部自分でできる　　②すこし助けがあればできる
③助けがあればできるかもしれない
④まだどうしていいかわからない

（3）　献立作成演習の途中にわからないことがあったと思いますが、それをどのようにして解決しましたか？　献立作成演習の状況を思い出して回答してください。(幾つ回答してもかまいません。)

①そのとき友達に直接聞いて教えてもらった
②演習中に直接先生やアシスタントに聞いて教えてもらった
③友達の作っている献立をそれとなく見てそれを参考にした
④それまでの友達との会話の内容を参考にして考えた
⑤推薦する献立を選ぶとき友達とした話の内容を参考にして考えた
⑥システムの表示するヒントを参考にして考えた
⑦推薦された献立に関する先生の講評を参考にして考えた
⑧演習のあとで家で調べたことを参考にして考えた
⑨わからないことはなかった。演習の過程で必要なことは思いだした
⑩その他（　　）

（4）　献立作成演習で利用した演習システムは役に立ちましたか？
役に立ったと思う項目に○をつけてください。

①栄養所要量の計算　②栄養素の計算　③栄養素の調整
④結果の印刷　⑤一覧表　⑥考えるヒント
⑦演習の操作履歴をみる　⑧提出　⑨料理登録
⑩目安量　⑪充足度が見える
⑫その他（　　）
⑬あまり役立たなかった

（5）　以下の項目が献立作成にどのように役だったかを５点満点で回答してください。回答の目安は以下を参照してください。

5　非常に役だった　　4　かなり役だった
3　少しは役だった　　2　あまり役立たなかった
1　まったく役立たなかった

1）献立作成演習システムを使ったのでよい献立が立てられた。
評価　「　　」
その理由　「　　」

2）　グループで良いと思う献立を推薦したことが、自分の献立作成に役だった。
評価　「　　」
その理由　「　　」

3）演習中に友達と相談できることは、献立をよくすることに役だった。
評価　「　　」
その理由　「　　」

4）献立作成後に先生が説明した注意と具体的なコメントは献立作成に役だった。
評価　「　　」
その理由　「　　」

5）　友達との相談内容を思い出すために、自分の献立作成履歴シートに作成途中に考えたことを思い出して記入することは献立作成に役だった。
評価　「　　」
その理由　「　　」

6）その他の項目に気がついていたら書いてください。
項目　「　　」
評価　「　　」
その理由　「　　」

付録５．３　事前テスト・事後テスト　（１９９９年）

２０歳女性の一日の献立

学籍No.　氏名＿＿＿＿＿＿

生活活動強度：Ⅲ 事業所給食　材料費１日￥1,000

	料理名	食品名	純使用量 (g)	エネルギー (kcal)	たんぱく質 (g)	脂質 (g)
朝食	トースト	食パン	75	195	6.3	2.8
		バター	10	75	0.1	8.1
	ハムエッグ	ロースハム	40	82	6.6	5.5
		鶏卵 全卵ー生ー	50	81	6.2	5.6
		食塩	1	0	0.0	0.0
		白こしょう	0.001	0	0.0	0.0
	サラダ	玉ちしゃ	40	46	0.4	0.1
		キャベツ	20	5	0.3	0.0
		きゅうり	20	5	0.2	0.0
		トマト	30	2	0.2	0.0
	クリームスープ	そら豆ー生ー	50	62	6.3	0.1
		たまねぎ	10	4	0.1	0.0
		バター	5	37	0.0	4.1
		薄力粉 1等	4	15	0.3	0.1
		コンソメ	2	4	0.1	0.1
		普通牛乳	50	30	1.5	1.6
		食塩	2	0	0.0	0.0
昼食	中華そば	中華麺ー生ー	120	341	10.1	1.7
		食塩	0.7	0	0.0	0.0
		植物油ーごま油ー	2.2	20	0.0	2.2
		もやしー生大豆もやしー	30	8	1.0	0.0
		鶏卵 全卵ー生ー	50	81	6.2	5.6
		蒸しかまぼこ	10	10	1.2	0.1
	白玉揚げだんご	白玉粉	25	93	1.7	0.3
		車糖 ー上白ー	6	23	0.0	0.0
		水	25	0	0.0	0.0
		ラード	4	38	0.0	4.0
		薄力粉 1等	6	22	0.5	0.1
		熱湯	10	0	0.0	0.0
		小豆あん(缶)	80	174	3.5	0.3
		ごま ーいりー	10	60	2.0	5.4
夕食	白飯(卵かけ)	精白米	80	285	5.4	1.0
		強化米	0.4	1	0.0	5.6
		鶏卵 全卵ー生ー	50	81	6.2	0.0
		しょうゆ ーうすくちー	5	2	0.3	0.1
	車海老のつや煮	くるまえび ー生ー	20	19	4.1	0.0
		清酒 ー2級ー	8	8	0.0	0.0
		みりん ー本みりんー	4	9	0.0	0.0
		しょうゆ ーうすくちー	2	1	0.1	2.7
		ゆば ー生ー	20	46	4.4	0.0
		風味調味料	0.3	1	0.1	0.0
		水	50	0	0.0	0.0
		車糖 ー上白ー	1	4	0.0	0.0
		しょうゆ ーうすくちー	4	2	0.2	0.0
		みりん ー本みりんー	6	14	0.0	0.0
		ずいき ー生ずいきー	40	6	0.2	0.0
		風味調味料	0.3	1	0.1	0.0
		水	50	0	0.0	0.0
		食塩	0.7	0	0.0	0.0
		みりん ー本みりんー	4	9	0.0	0.0
		さやいんげん ー生ー	20	4	0.5	0.0
	ごま和え	こまつな 葉 ー生ー	50	11	1.3	1.5
		もやし ﾌﾞﾗｯｸﾏｯﾍﾟ ー生ー	20	3	0.5	0.5
		ごま ーいりー	3	18	0.6	0.5
		車糖 ー上白ー	2	8	0.0	0.0
		しょうゆ ーこいくちー	3.5	2	0.3	0.2
		風味調味料	0.1	0	0.0	0.0
	すり流し汁	かつおー生ー	15	19	3.9	0.1
		豆腐ー木綿ー	15	12	1.0	0.1
		葉ねぎ	3	15	0.1	0.1
		馬鈴薯でんぷん	1.5	3	0.0	1.2
		風味調味料	1	0	0.3	0.3
		水	150	0	0.0	0.0
		合計		2097	84.4	61.7

事前テスト解答用紙

1999.12

学籍番号：

氏名：

観点	評価	理由	教師評価
見た目･彩りがいいか			
安全な食事であるか			
栄養価に過不足はないか			
費用は範囲内か			
食品の数は充分か			
バランスのよい食品構成か			
料理の組み合わせはよいか			
時間内５．５Ｈに調理できるか			
料理に適切な食品が使われているか			
食品の分量が過不足ないか			

付録５．４　給食管理実習アンケート

給食管理実習アンケート

１９９９．１１．２４

学籍番号：
名前：

給食管理実習を始めるにあたってあなたの状況を知らせて下さい。評価とは関係ありませんから丁寧に回答して下さい。

１．家で食事を作ったり、手伝をしたりすることがありますか？
（無い時には（　）に０をいれてください。）

週に（　　）回ぐらい作ったり、手伝ったりする。

２．チャンスがあれば栄養士をやってみたいですか？
（どれかに○を入れて下さい）

（１）ぜひやってみたい。　（２）どちらかといえばやってみたい。
（３）あまりやりたくない。　（４）絶対にやりたくない。

３．好きな料理や嫌いな料理は何ですか？　それぞれ５つ入れてください。

（１）好きな料理。

(　　)、(　　)
(　　)、(　　)
(　　)

（２）嫌いな料理。

(　　)、(　　)
(　　)、(　　)
(　　)

付録６．１　事前テスト・事後テスト

プロダクトシュミレーションの事前テスト

名前

（１）　次の文章の空白部分に適切な語句を下の語句一覧表のなかから選んで埋めなさい。適当な語句がなければ自由に記入しなさい。

１）　会社システム

○シミュレーション会社の当期利益は「　　」と「　　」から計算される。
○支払利息は「　　」と「　　」から計算される。
○営業利益は「　　」と「　　」から計算される。
○販売・管理費は「　　」の「　　」と「　　」である。
○売上総利益は「　　」と「　　」から計算される。
○売上原価は「　　」と同じ。
○売上高は「　　」と「　　」で決まる。
○製造原価は「　　」と「　　」と「　　」である。
○経費は「　　」と「　　」と「　　」である。
○工場経費は「　　」の「　　」である。
○部品在庫費は「　　」の「　　」である。
○労務費は「　　」と「　　」である。
○新規採用には「　　」がいる。
○解雇するには「　　」がいる。
○人件費、部品費、設備単価、工場経費などは年々「　　」する。
○生産のためには製品ごとに「　　」、「　　」、「　　」が決められている。
○設備は増設を決めた時期の「　　」から稼働。
○設備の製造能力は一定割合で「　　」する。
○製品は、高級品から製造し「　　」があれば中級品、普及品を生産する。

２）　生産計画

○「　　」や「　　」を考慮して生産計画を立てる。そのとき「　　」や「　　」や　「マンアワー」に合わせて部品を適切に購入し、当期利益を確認する。

３）　資金計画

○「　　」や「　　」、「　　」をみて資金計画を立てる。
○資金収支表をみて現金残高を「　　」にする。

語句

(1)支払利息、(2)借入金、(3)借入金残高、(4)利率、(5)返済、(6)需要、
(7)需要の伸び、(8)需要予測、(9)売上高、(10)売上総利益、(11)販売・管理費、
(12)割合、(13)一定率、(14)売上原価、(15)製造原価、(16)販売台数、
(17)生産台数、(18)価格、(19)部品費、(20)製品単価、(21)部品購入数、
(22)経費、(23)減価償却費、(24)部品在庫費、(25)製品在庫、(26)工場経費、
(27)設備価格、(28)生産の原単価、(29)部品数、(30)人数、(31)人件費、
(32)採用・教育費、(33)解雇、(34)退職金、(35)マンアワー、
(36)マンアワー上限、(37)労務費、(38)設備時間、(39)設備時間上限、
(40)製造能力、(41)生産ライン数、(42)生産費用、(43)稼働率、(44)原価の配布、
(45)製造原価報告書、(46)原価計算、(47)売上原価率、(48)当期利益、
(49)営業利益、(50)留保利益、(51)売掛金、(52)買い掛け金、(53)資本金、
(54)損益計算書、(55)貸借対照表、(57)資金収支表、(58)経営計画、
(60)資金計画

付録６．２　事前アンケート

プロダクトシュミレーションの事前アンケート

名前

（１）　今回まで今回のようにシミュレーションを利用した意思決定形式の授業を経験しましたか？

①いままでによくやっていた　。

②すこしはやった。

③あまり経験がなかった。

④まったくなかった。

（２）　いろいろ考えて計画を立ててその計画を確かめるようなことは好きですか？

①好き。

②どちらかと言えば好き。

③どちらかと言えば嫌い。

④嫌い。

以上

付録６．３　事後アンケート

プロダクトシュミレーションの事後アンケート

名前

（１）　このようにいろいろ考えて計画をたてて確かめることは好きですか？

①好き。

②どちらかと言えば好き。

③どちらかと言えば嫌い。

④嫌い。

（２）　自信が変化した理由は何でしょうか（いくつでもいいです）？

①資料読んでいてもよくわからなかったことを演習で学んだ。

②用語の間の関係がわかるようになった。

③どのようにしたら利益が出るかを考えられるようになった。

④立てた案を確かめることができた。

⑤その他（

）

（３）この演習をやってみて演習システムのどの機能が役に立ちましたか？

①計算機能（計算しなくていい）があった。

②考えるのに必要なデータがグラフや表で見られた。

③ヒントがあった。

④操作履歴が見えた。

⑤その他（