

シミュレーションとその支援ソフトウェアによる歯車の学習指導システムの開発[†]

高山 孝司*・石川 賢**・川島 芳昭**

栃木県立栃木工業高等学校*

宇都宮大学教育学部**

工業高等学校の歯車設計において歯数や伝達比, 中心距離等の基礎計算, 複数の歯車の組み合わせなどに関する学習を行った。その学習指導の効果の向上を目的として, シミュレーションによる学習を支援するための歯車設計支援ソフトウェア(以後, 支援ソフトと言う)を作成した。そして, シミュレータと作成した支援ソフトを併用した学習指導システムを開発した。

本研究では, 歯車設計を学習済みの3年生を対象として, 支援ソフトによる学習効果を検証した。検証では, 従来の学習シートを用いた統制群と, 学習シートとシミュレータを用いた実験群1, 支援ソフトとシミュレータを用いた実験群2の3群を設定し, 実験授業を行った。その結果, 認知面では, 支援ソフトとシミュレータを用いた実験群2が, 基礎的な歯車設計, 応用的な歯車設計についての正答率が最も高くなることがわかった。さらに, 学習段階の低い学習者への学習効果が顕著であることが分かった。情意面でも, 「自分で設計した歯車を動かしてみたい」や「操作を交えた学習の方が分かりやすい」など, 良好な回答を得た。

キーワード: 工業高等学校, 機械設計, 歯車, シミュレータ, 支援ソフトウェア, 教育工学

1. はじめに

工業高等学校の機械科では, 機械に働く力や機構について工学的に考えさせ, 実際の設計技術を習得させること¹⁾が求められている。この学習指導を実践するために, 歯車を題材とした学習指導システムを開発した。本研究では, この歯車の設計において, 歯数や伝達比, 中心距離等の基礎計算, 複数の歯車の組み合わせなどに関する学習の効果の向上を目的とした。

この学習指導に先立ち, 歯車設計を学習済み(第3学年)の生徒の興味・関心を調査した。4段階での回答を平均した事前調査の結果を図1に示す。図1によると歯車設計において, 既習にもかかわらず「歯車設計ができる」や「歯車の基礎を理解している」と回答した生徒は少ない(平均値 1.3, 1.8)。これに対して, 「物を作るのが好き」や「実験・実習が好き」, 「コンピュータ操作が好き」と回答した生徒が多いこと(平均値 3.2, 2.9, 2.5)が分かった。

この事前調査や普段の学習状況から, 歯車設計の学習意欲や学習指導の効果をより向上させるためには, 生徒の興味・関心のある実験・実習や, 操作を交えた実験を含む学習指導システムを作成する必要があると考えた。そこで,

[†] Takashi TAKAYAMA*, Ken ISHIKAWA** and Yoshiaki KAWASHIMA**: Development of an Instructional System about a Gear Design Using a Software Package for supports Simulation.

* Tochigi Technical High School

** Faculty of Education, Utsunomiya University

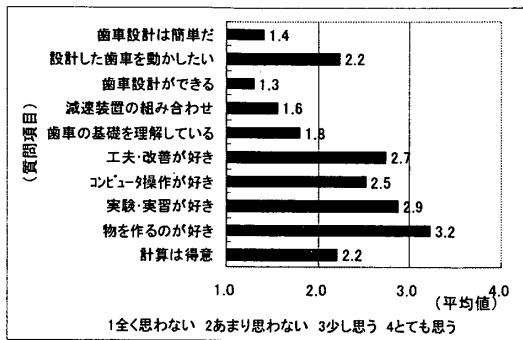


図1 生徒の興味・関心の実態

歯車設計の学習指導上の課題に対して次の改善策を考えた。

(1) 学習者が設計・計算した結果を、実物の歯車で確認することが難しい。

経験上、操作を交えた実験や実習は、教室で行う座学に比べて、学習内容の理解が用意であると考えられる。

また、数学概念の可視化により造作意欲を掻き立てる²⁾と報告されている。そこで、設計・計算した歯車の数値を具体的に動く歯車列として表現できれば、歯車の動作を把握し易いと考えた。しかし、実物では予め多種、多様な歯車を用意する必要があり、現実的でない。そこで、歯車のシミュレータを利用することにした。

シミュレータを活用した学習の効果については、コンピュータ・プログラミングの教育用計算機シミュレータ³⁾、電子回路の実験学習を支援するためのシミュレータ⁴⁾、献立作成の学習補助機能を付加した演習システム⁵⁾、認知・理解支援機能を付加したシミュレータ⁶⁾などが既に報告されている。

しかし、これらにはさらに次の課題点がある。

(2) シミュレータを与えただけでは学習目的を達成できない学習者がいる。

経験上、シミュレータを与えただけでは、学習内容や手順が分からない学習者が多数見られる。このため、学習に専念できず、あきらめてしまったり、また誤った反応を示したりすることにより、学習の効果が上がらないことが

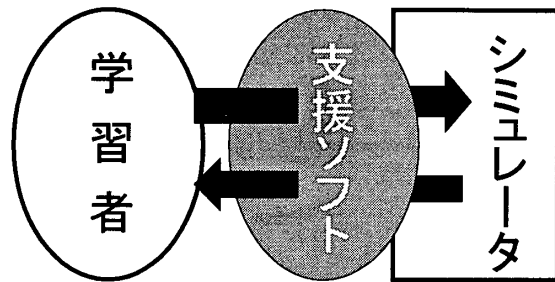


図2 支援ソフトによる支援の概要

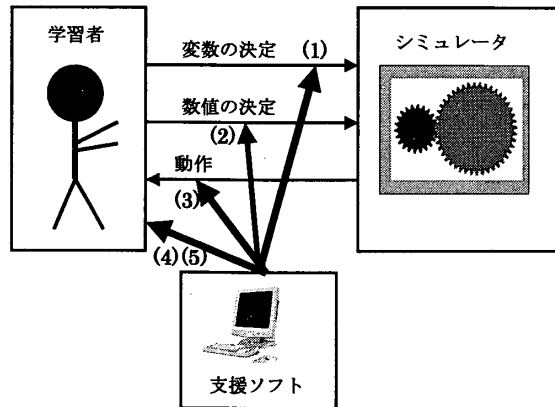


図3 具体的な支援機能

ある。しかし、教師に限られた時間で多数の学習者を支援するのは難しい。そこで、教師は学習の内容や解決の方法を個別に具体的に示す必要がある。

以上のことから、図2に示すようにシミュレータによる学習を支援することが必要と考え、その機能を持つ支援ソフトを作成した。図3に、具体的な学習者とシミュレータ、支援ソフトの関係を示す。

本支援ソフトには、以下の機能を持たせた。

- (1) 設定・操作支援機能 (図3-(1))
- (2) 学習情報支援機能 (図3-(2))
- (3) 正誤判定機能 (図3-(3))
- (4) 反復演習機能 (図3-(4))
- (5) 難易度選択機能 (図3-(5))

これらの機能については、後述の2.2章に詳述する。

本報告では、上記の機能を持つ支援ソフトを作成し、既存のシミュレータと併用して、歯車設計の学習指導を支援し、その効果を検証した。

2. 教材の概要

歯車設計を支援するための機能として、モジュール、歯数、中心位置の設定が任意にできることが必要であると考えた。本研究では、この機能を持つソフトウェアとして既存の「歯車列のシミュレータ」⁷⁾を利用した。さらに、シミュレーションを行うために必要な変数とその値の決定を支援できる支援ソフトを新たに作成して、シミュレータと併用することにした。

2.1 シミュレータによる学習指導の特徴

本学習指導では具体的に、次の機能を持つシミュレータが必要であると考えた。

- (a) 複数の組の平歯車の動作をシミュレートできること。
- (b) 平歯車列の運動をアニメーションで表示しながら動作が確認できること。
- (c) 歯車の任意の歯数および位置を入力することにより、歯車の位置を移動して噛み合わせたり、同じ軸を持つ歯車同士を固着したりして歯車列を作成することができること。

本研究では、これらの機能を持つ既存のシミュレータの内、「歯車列シミュレータ」⁷⁾を用いた。

図4に歯車の動きを示す画面の具体例を示す。また、図5に歯数、位置の入力画面の例を示す。

なお、シミュレータと支援ソフトは、画面上では並列表示して利用するが、互いに独立しており、データの授受は行わない。

2.2 支援ソフトウェアの学習指導の特徴

図6に作成した支援ソフトの構成を示す。学習者はまず、(5)の難易度選択機能で初・中・上級の課題を選択する。次に、難易度別に掲示される歯車設計の課題に対し、設定すべき変数が表示される。そして、(2)の学習情報支援機能を活用しながら計算し、(1)の設定・操作支援機能により変数とその値を設定する。学習者はその数値をシミュレータにも入力し、歯車を回転表

示させて動作を確認しながら、(3)の正誤判定機能により正誤を確認する。間違えた場合は(2)でのヒント画面を参照することができる。(4)の反復演習機能により難易度を変えて繰り返し学習することができる。

次に、各機能について具体的に説明する。

(1) 設定・操作支援機能

学習者が、条件にあった歯車列を決定するために、必要なモジュールや歯数などの変数とそ

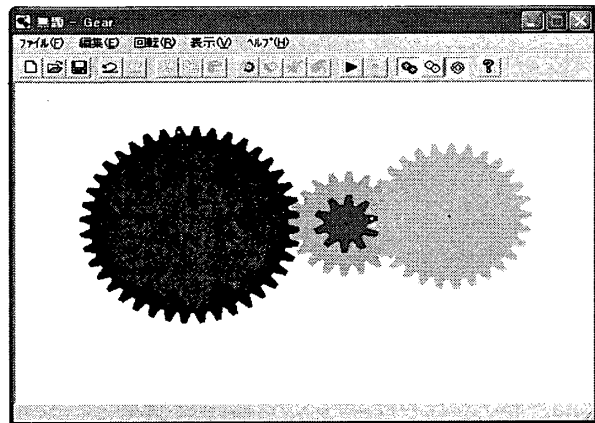


図4 歯車列シミュレーター (文献7参照)

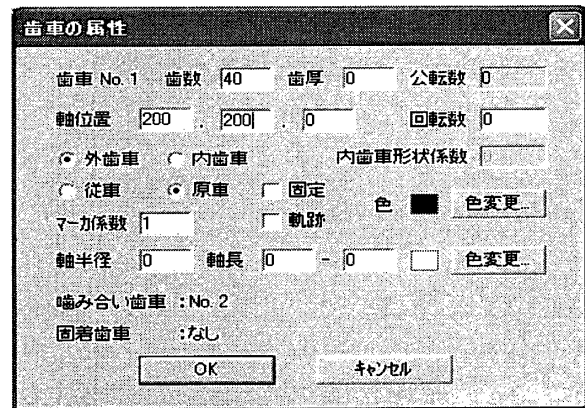
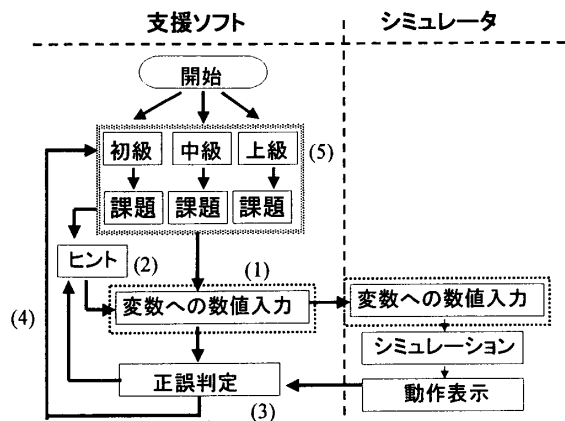


図5 歯車の属性 (文献7参照)



(1)~(5)は支援機能を示す。

図6 支援ソフトの構成

の値の設定や、シミュレータの操作を支援する機能である。

支援ソフトの具体例を図7に示す。学習者は表示された課題の条件から、変数の値や歯車の組み合わせを考える。具体的には回転数や速度伝達比から歯車設計に必要なモジュール、歯数、ピッチ円直径、中心距離を計算して求める。

次に、支援ソフトからシミュレータを起動し、学習者は求めた数値をシミュレータの歯車の属性の入力窓(図5)に入力する。

(2) 学習情報支援機能

学習者が上述(1)で変数の値を決定するためのヒントとして、課題の解決の方法や関連情報を提供する機能である。

具体的には図8の例のように、モジュール、歯数、ピッチ円直径、中心距離、速度伝達比、回転数についての解説、計算例などについて、それぞれのヒント画面を並列表示し、学習者に学習情報を与える。また、解決が困難な学習者には、図9に示すような具体的な解決の方法を表示し、計算を支援する。

(3) 正誤判定機能

学習者が入力した値の正誤判定を即時に行う機能である。

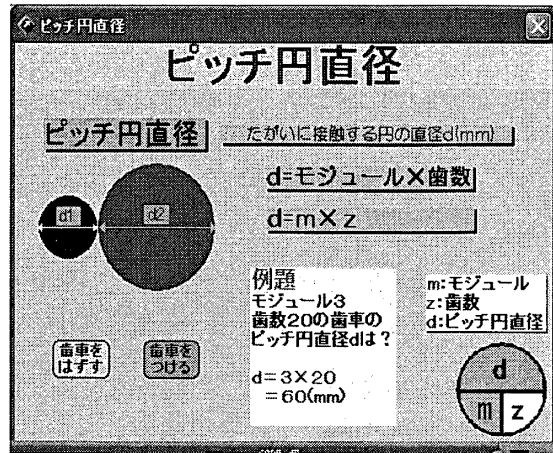


図8 基礎理解ヒント画面

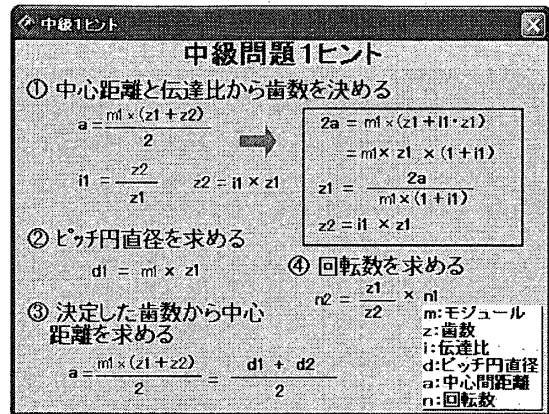


図9 解答ヒント画面

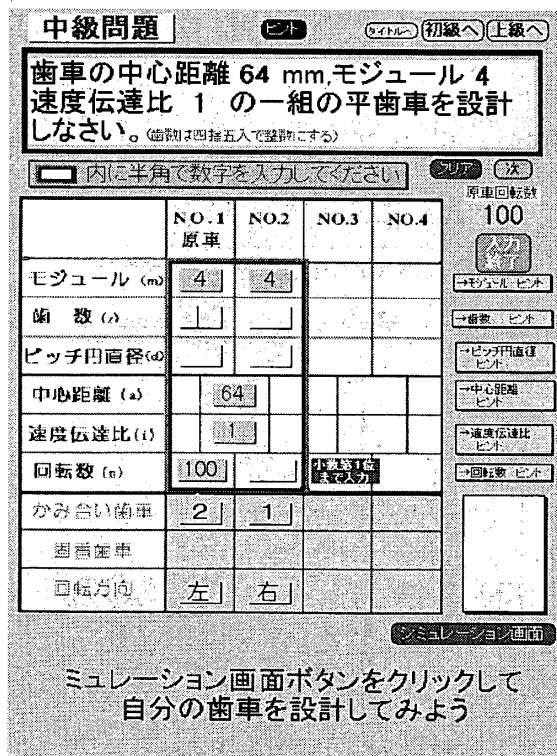


図7 メイン画面

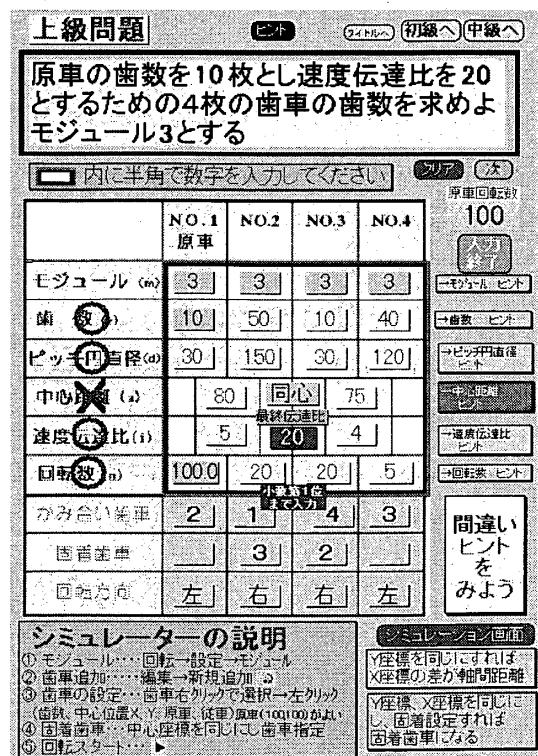


図10 正誤判定

図10に正誤判定した後の状態を例示する。学習者が数値を入力し、入力終了ボタンをクリックすると、即時にその数値(□の枠内)の正誤をそれぞれ判定、表示する。正解時には対応する行に○印を表示し、次の問題への案内に移る。行中に誤答が一つでもあると×印が表示されるとともに、関連したヒントボタンが点滅する。再度、数値を入力し正解するまで続けることができる。

このように、本支援ソフトでは、内部演算により正誤判定をしている。さらに、誤答箇所により詳しい判定やヒントを提供できる。

一方、シミュレータでは歯車が正しく動くことにより実質的に正誤判定ができる。

(4) 反復演習機能

歯車設計についての具体的な解決方法を強化することを目的とした。そのため、条件の数値をランダムに変えて、学習者が繰り返し歯車設計の計算演習ができるようにした。

最初はヒント画面を参考にしながら解答し、順次自力で解答できるようにした。

(5) 難易度選択機能

学習者は、初級・中級・上級の難易度を選択することができる。

具体的に、初級問題では2枚の歯車の基礎的な問題とし、上級問題では4枚の歯車の組み合わせを必要とする応用的な問題とした。

3. 実験授業

今回の実験授業では、シミュレータとともに支援ソフトを併用した場合の学習効果を検証することを主な目的とした。そのため、表1に示す3群を設定した。

- ① 統制群(35名)：従来の学習シートを用いた学習を行う。
- ② 実験群1(35名)：学習シートと歯車列シミュレータ⁷⁾を併用して学習を行う。

表1 各群の授業方法

	学習シート	支援ソフト	歯車列シミュレータ
統制群	○		
実験群1	○		○
実験群2		○	○

表2 学習シートと支援ソフトの機能の比較

	(1)設定・操作支援機能	(2)学習情報支援機能	(3)正誤判定機能	(4)反復演習機能	(5)難易度選択機能
学習シート	×	△	△	×	○
支援ソフト	○	○	○	○	○

- ③ 実験群2(37名)：作成した支援ソフトと歯車列シミュレータを併用して学習を行う。

学習シートには演習課題と、モジュール、歯数、ピッチ円直径、中心距離、速度伝達比、回転数についての解説、計算例のヒントを印刷した。内容は、支援ソフトと同じ情報を提供した。

表2に学習シートと支援ソフトの機能の比較を示す。学習シートは(1)設定・操作支援機能および(4)反復演習機能は無い。(2)学習情報支援機能に関しては同じ情報を提供したが、必要な情報を素早く見つけ出すことにおいて学習シートは劣る。学習シートでは、(3)正誤判定機能は教師による解答のみで、即時性が無い。また、(5)難易度選択機能は同程度の課題の提示ができるようにした。

本研究での被験者は、工業高等学校の機械科3年の生徒107名である。生徒は歯車設計に関して学習済みである。実験授業では、教師はどの群に対しても歯車設計に関する内容の解説は行わなかった。また、各群には前述のように媒体は異なるものの同じ情報、ヒントを与えた。

3. 1 検証方法

表1の群を構成して授業を行い、その結果を次の観点で比較した。

- (1)シミュレーションによる学習効果を検証するために、まず、統制群と実験群1を比較した。次に、統制群と実験群2を比較した。
- (2)支援ソフトの併用による学習効果を検証す

るために、実験群1と実験群2を比較した。

(3)学習段階における学習効果を検証するために、実験群1と実験群2を科目「機械設計」の成績で上位群と下位群に分け、比較した。

3. 2 実験授業の概要

図11に実験授業の流れを示す。

実験授業を行う1週間前に被験者全員に、事前の意識調査と事前テストを行った。事前テストと事後テストは同じものを使用した。

実験授業は50分間行った。

全群とも実験授業後、事後テストを20分間行った。評価問題は事前テストと同じ問題を行った。さらに、事後意識調査を5分間行った。

3. 3 評価問題

資料1に示す、7問の評価問題を用いた。Q1とQ2が歯車設計に関する基礎問題、Q3、Q4、Q5が次の段階での問題、Q6、Q7が歯車設計の応用問題とした。また、Q1、Q2、Q4、Q6が計算問題で、Q3、Q5、Q7が作図問題とした。解答時間は20分間とした。

4. 認知面における検証結果と考察

4. 1 事前テストの比較

各群の事前テストの問題ごとに χ^2 検定を行

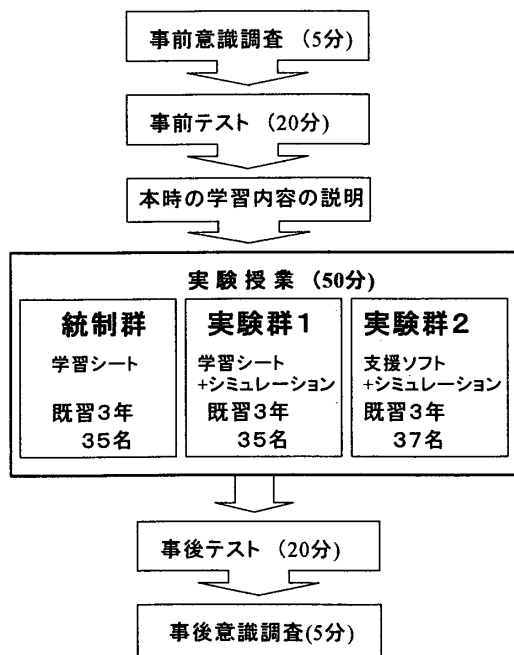


図11 実験授業の流れ

表3 実験群1と統制群の事後テスト比較

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7
実験群1	100%	100%	82.9%	60.0%	48.6%	20.0%	11.4%
統制群	97.1%	97.1%	42.9%	14.3%	8.6%	5.7%	0.0%
χ^2	1.014	1.014	11.99	15.66	13.72	3.188	4.242
有意差	-	-	0.1%	0.1%	0.1%	-	5%

表4 実験群2と統制群の事後テスト比較

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7
実験群2	100%	100%	91.9%	62.2%	54.1%	29.7%	21.6%
統制群	97.1%	97.1%	42.9%	14.3%	8.6%	5.7%	0.0%
χ^2	1.072	1.072	19.89	17.35	17.11	7.011	8.514
有意差	-	-	0.1%	0.1%	0.1%	1%	0.5%

表5 実験群1と実験群2の事後テスト比較

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7
実験群2	100%	100%	91.9%	62.2%	54.1%	29.7%	21.6%
実験群1	100%	100%	82.9%	60.0%	48.6%	20.0%	11.4%
χ^2			1.342	0.035	0.216	0.908	1.345
有意差			-	-	-	-	-

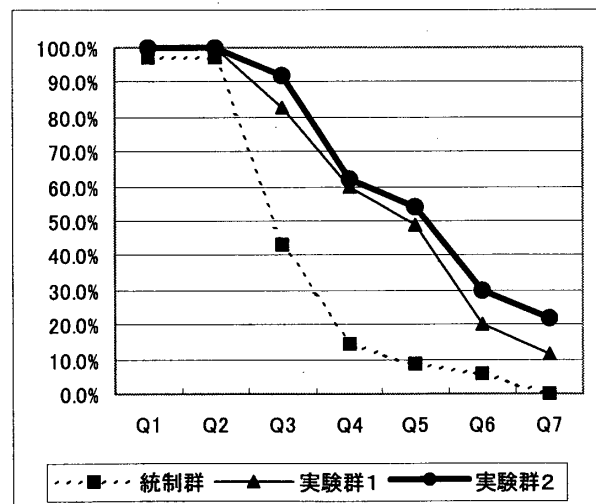


図12 事後テスト正答率比較

った。その結果、各群間に有意差(5%水準)は見られなかった。このことから各群は同等であることが分かった。

4. 2 群間の比較

表3～表5に事後テストの正答率と問題ごとの χ^2 検定を群間で行った結果を示す。また、図12に各群の正答率のグラフを示す。

(1)シミュレーションによる学習の効果

表3の実験群1と統制群の比較ではQ3、Q4、Q5、及びQ7の問題において実験群1が優位な有意差(有意水準0.1~5%, $\chi^2=11.99$ ~4.242)が見られた。また、表4の実験群2と

統制群の比較においてもQ3, Q4, Q5, Q6, Q7の問題において実験群2が優位な有意差(有意水準0.1~1%, $\chi^2=19.89\sim7.011$)が見られた。

統制群はシミュレータを用いず、学習シートのみであるのに対し、実験群1と実験群2はシミュレータを使用している。このことは、シミュレータによる効果と考えられる。後述の事後意識調査からも、シミュレーションを行うことにより歯車の具体的組み合わせがイメージでき、設計し易くなったとの回答があり、シミュレーションによる効果と推察される。

(2) 支援ソフトによる学習の効果

表5の実験群1と実験群2の比較では、有意差は見なかったが実験群2の各問題の正答率はいずれも実験群1より高いことが分かった。実験群1は学習シートとシミュレータを用いた学習であるのに対し、実験群2は支援ソフトとシミュレータを用いた学習である。このことから、支援ソフトによる効果と考えられる。支援ソフトには有っても学習シートには無い支援機能(表2の×や△)により、シミュレータ操作を支援し、限られた時間での正答率が向上したと考える。

従って、シミュレーションとその支援ソフトを併用した学習システムは、認知面での学習効果の向上に有効であると言える。

(3) 学習段階における学習の効果

実験群1と実験群2の結果をさらに詳しく検討するために、表6に示すように科目「機械設計」の成績をもとに両群を上位群と下位群の二つに分け、それぞれの正答率を比較した。事前テストの結果については実験群1と実験群2とも、それぞれ上位群、下位群ともに有意差は見られなかった。従って各群は同等であると言える。

事後テストの結果の正答率を表7, 表8に示

表6 上位群と下位群の構成

	実験群1	実験群2
	学習シート シミュレーション	支援ソフト シミュレーション
上位群	17名	18名
下位群	18名	19名
計	35名	37名

表7 上位生徒の事後テスト比較

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7
実験群1	100%	100%	88.2%	76.5%	64.7%	35.3%	23.5%
実験群2	100%	100%	100%	55.6%	55.6%	27.8%	22.2%
χ^2	-	-	2.246	1.697	0.305	0.229	0.008
有意差	-	-	-	-	-	-	-

表8 下位生徒の事後テスト比較

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7
実験群1	100%	100%	77.8%	44.4%	33.3%	5.6%	0.0%
実験群2	100%	100%	84.2%	68.4%	52.6%	31.6%	21.1%
χ^2	-	-	0.249	2.165	1.403	4.081	4.249
有意差	-	-	-	-	-	5%	5%

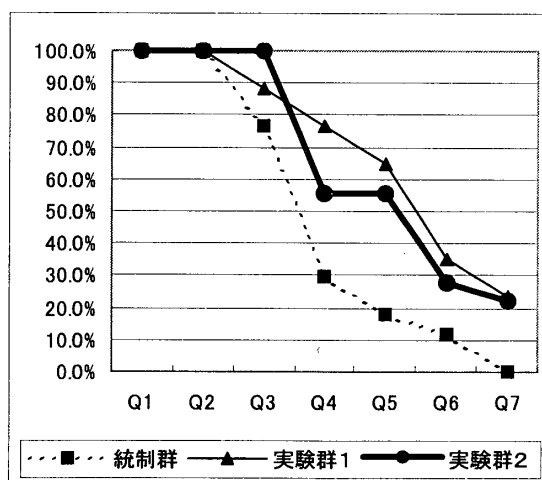


図1.3 上位群の問題別正答率

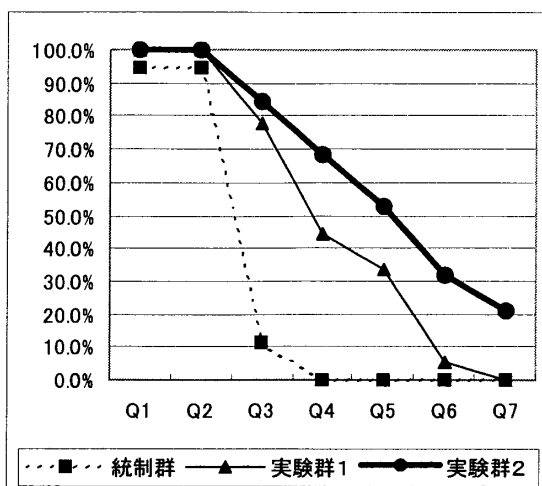


図1.4 下位群の問題別正答率

す。また、正答率のグラフを図13と図14に示す。表7から上位群では実験群1と実験群2の間で有意差は見られなかった。しかし、表8の下位群ではQ6、Q7の応用問題において実験群2が優位な有意差(有意水準5%)が見られた。このことから、下位群への学習に支援ソフトを併用することにより、学習段階の低い学習者への学習効果が顕著であることが分かった。

応用問題については、下位群ではシミュレータを与えただけでは学習目的を達成できないと考えられ、その支援のための情報提供が必要であると考えられる。学習シートでも同じ情報を提供したが、必要な情報を素早く提供することにおいて学習シートは劣る。支援ソフトによる学習情報支援機能の効果により正答率が向上したと考えられる。

従って、支援ソフトの活用は、学習段階の低い学習者の学習指導効果を向上させると言える。

5. 情意面における検証結果と考察

5.1 群間の比較

実験授業の後に、意識調査を実施した。回答は4段階(とてもそう思う、少しそう思う、あまりそう思わない、まったく思わない)の選択式回答と、自由記述式回答で行った。主な結果を図15から図19に示す。

質問「歯車設計はできたか」(図15)では、とてもそう思うと回答した生徒は統制群が3%、実験群1では14%、実験群2では22%であった。また「歯車の基礎は理解できたか」(図16)で、とてもそう思うと回答した生徒は統制群が6%、実験群1では17%、実験群2では32%であった。「減速歯車の組み合わせは考えられるか」(図17)で、とてもそう思うと回答した生徒は統制群が0%、実験群1では9%であるのに対し、実験群2では24%であった。これらのことから、統制群よりも実験群1、さらに実験

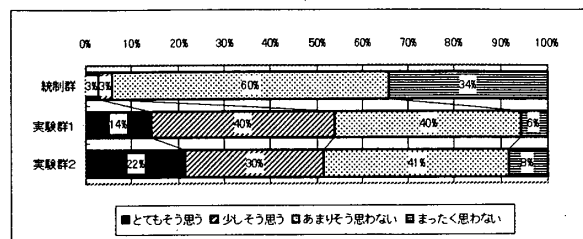


図15 歯車設計はできたか

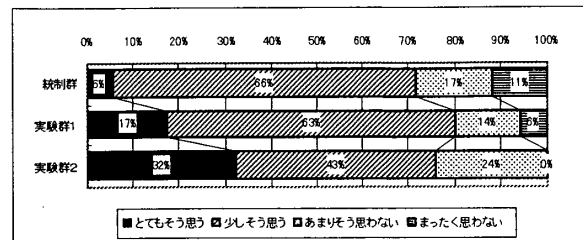


図16 歯車の基礎は理解できたか

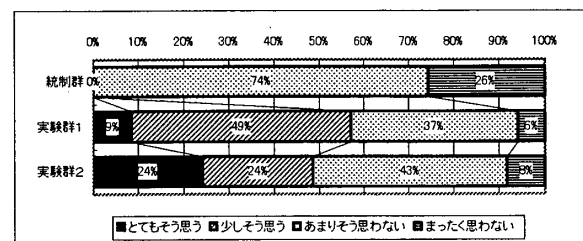


図17 減速歯車の組み合わせは考えられるか

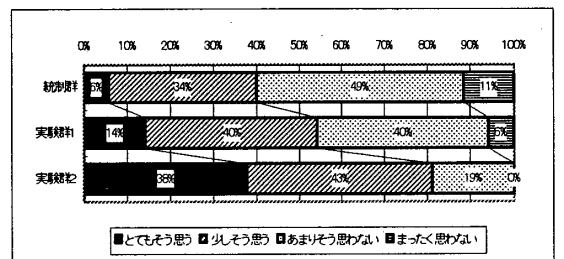


図18 歯車がイメージできたか

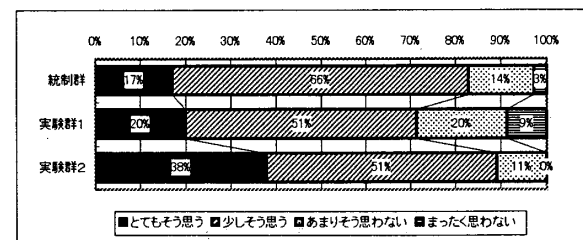


図19 プリントまたは支援ソフトで理解できたか
群2が歯車設計において理解できたとの意識を持った生徒が多いことが分かった。

その理由として質問「歯車がイメージできたか」(図18)では、とてもそう思うと回答した生徒は統制群が6%、実験群1では14%、実験群2では38%であった。このことから、歯車の動きを可視化することにより理解が深まったものと考えられる。また質問「プリントまたはは

表9 おもな記述回答

支援ソフトの良い点	
・	計算の仕方がわかった
・	計算式を覚えやすい
・	イメージがわいてシミュレーションしやすかった
・	繰り返し何度でもできる
・	ヒントが出て分かりやすい
・	楽しいのでやる気がでる
シミュレーションの良い点	
・	歯車の動きが見られる
・	簡単に歯車を操作できる
・	具体的にやることによって想像力があがる
・	自分で設計した数値がすぐ確認できる
・	歯車の組み立てができる
・	自分で設計した歯車を動かしてみたい
・	実際に回転させられる
・	どうすればかみ合うかわかる
・	画面を見ながら自分で作れるので楽しい
・	計算の結果を確認できる
・	歯車の仕組みを簡単に理解できる

支援ソフトで理解できたか」(図19)で、とてもそう思うと回答した学習者は統制群が17%、実験群1では20%であるのに対し、実験群2では38%であった。さらに、表9に示した自由記述式回答の集計結果からも「イメージがわいてシミュレーションしやすい」や「ヒントが出て分かりやすい」など、シミュレーションを支援した支援ソフトが有効であったと言える。また、「楽しいのでやる気が出る」など学習意欲の向上についても効果があったと考えられる。

従って、支援ソフトの活用は、情意面において歯車設計の理解や学習意欲の向上に有効であったと言える。

5. 2 実験群2の学習段階における比較

情意面の意識調査から、実験群2の上位群と下位群を比較した。主な結果を図20から図22に示す。質問「ヒントは活用したか」(図20)では、とてもそう思うと回答した学習者は上位群が61%、下位群は74%と下位群の方がヒントを活用している。このことから下位群に、より支援効果があったと考えられる。

質問「繰り返し学習したか」(図21)では、

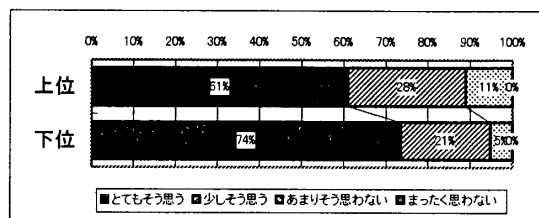


図20 ヒントは活用したか

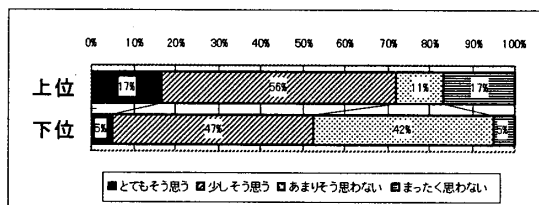


図21 繰り返し学習したか

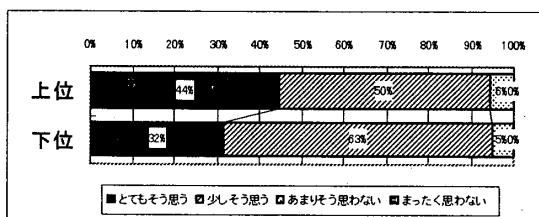


図22 支援ソフトは役に立ったか

とてもそう思うと回答した生徒は上位群が17%、下位群は5%と少なく、50分の時間内での繰り返し学習は難しいが、さらに時間をかけることにより繰り返し学習の効果が現れると考えられる。

質問「支援ソフトは役に立ったか」(図22)では「とてもそう思う」と「少しそう思う」の回答を合計すると両群ともに94%を超える。

従って、支援ソフトを併用することによって、下位群の学習効果の向上に有効であると考えられる。

6. まとめ

本研究では、歯車設計の学習においてシミュレータと作成した支援ソフトを併用した学習指導システムを開発した。その学習指導の効果を検証するために、従来の学習シートを用いた統制群と、学習シートとシミュレータを用いた実験群1、支援ソフトとシミュレータを用いた実験群2の3群を設定し、実験授業を行った。その結果、次のことが分かった。

(1) 認知面

① シミュレーションによる学習の効果

実験群1・2と統制群との比較では、実験群1・2に優位な有意差が見られた。

これはシミュレータの効果によるものと言える。事後意識調査からもシミュレーションを行うことにより歯車の具体的組み合わせがイメージでき、設計し易くなったと推察される。

②支援ソフトによる学習の効果

実験群1と実験群2の比較では有意差は見られなかったが、実験群2の各問題の正答率がいずれも実験群1よりも高いことが分かった。支援ソフトの設定・操作支援機能によりシミュレータ操作を支援し、限られた時間での正答率が向上したと考える。

③学習段階における学習の効果

学習段階への対応では、科目「機械設計」の成績で下位群の応用問題の正答率において、実験群2に優位な有意差(5%水準)があった。支援ソフトの活用は、学習段階の比較的低い学習者の学習効果を向上させると言える。

(2)情意面

事後調査での質問「歯車の基礎は理解できたか」や「歯車設計はできたか」の回答から、従来の学習シートによる学習(統制群)よりもシミュレータによる学習(実験群1)、さらに支援ソフトを併用した学習(実験群2)の方が理解できたとの意識を持った生徒が多いことが分かった。

また、下位群ほどヒントを活用しており、多くの学習情報を得ていたと推察される。

「自分で設計した歯車を動かしてみたい」や「楽しいのでやる気が出る」などから、シミュレータと支援ソフトを併用した学習指導システムによって学習意欲を向上させたことが言える。

7. おわりに

今回の実験授業は、限られた時間であったので、支援ソフトの機能である反復演習機能を充

分活用できなかったと考える。

今後の課題として、継続的に繰り返し、活用した場合の効果を検証する必要がある。また、既習の3学年の生徒だけでなく、1・2学年の未習得群における本指導システムの有効性を検証していきたいと考える。

謝辞

実験授業に際し、ご協力いただいた栃木県立栃木工業高等学校長佐藤立夫先生をはじめ、同校の諸先生方に深く感謝いたします。また、研究を進めるにあたり、貴重な御意見、ご協力をいただいた宇都宮大学教育学部附属教育実践総合センター長 内野康人之教授、栃木県立矢板東高等学校教諭半田好男先生、小山市立乙女中学校教諭林剛先生、鹿沼市立鹿沼東中学校教諭石川克彦先生、今市市立轟小学校教諭若月一彦先生、塩谷町立船生西小学校教諭藤田政雄先生に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 文部科学省：高等学校学習指導要領、平成11年3月
- 2) 窪田 八洲洋：メディア利用による大学の授業改善の研究(7)、教育工学関連学連合第5回全国大会(東京)、講演論文集(第2冊分)、pp97-98, 1997
- 3) 石川 賢 他：マイクロ操作に基づいた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. J75-A No. 2 pp422-430, 1992
- 4) 隈元 昭：ハイパーカードを用いた教育用電子回路実験シミュレータ、日本教育工学会誌 19(3)、129-139, 1995
- 5) 松永公廣 他：シミュレーションを利用する献立作成演習の評価、日本教育工学会誌 25(1)、49-58, 2001
- 6) 植野雅之 他：力学における対話型支援システム、電子情報通信学会技術研究報告書 ET 92-26, 1992
- 7) 加藤典彦：歯車列シミュレータ、三重大学工学部 (<http://www.robot.mach.mie-u.ac.jp/>) (<http://www.vector.co.jp/soft/win95/edu/se108074.html>), 2002

資料1

- Q1. ピッチ円直径140mm、歯数35の歯車のモジュールを求めよ。
- Q2. モジュール6、歯数32の歯車のピッチ円直径を求めよ。
- Q3. 中心距離40mm、モジュール2歯数がA:10枚 B:30枚の一組の平歯車がある。方眼紙に設計せよ。
- Q4. モジュール3、速度伝達比2の1組の平歯車で、小歯車の歯数を10として、大歯車の歯数と中心間距離を求めよ。
- Q5. Q4の歯車列を方眼紙に設計せよ。
- Q6. 歯車Aの歯数が8枚の時、速度伝達比を12とするためには、歯車B,C,Dの歯数をいくらにすればよいか。モジュールは1.5とし、4枚の歯車を用いる。
- Q7. Q4の歯車列を方眼紙に設計せよ。

(設計では歯数、中心間距離を記入し、歯車は、ピッチ円を作図する)