

機械学習におけるリンク機構のコンピュータ シミュレーション教材の開発

岡 俊博 ・ 葉山 泰三
(技術教室) (大学院技術教育専攻)

吉田 誠 ・ 上浦 一道
(奈良教育大学附属中学校) (奈良女子大学附属中学校)

A Development on the Computer Simulation of Link Mechanisms
as Teaching Materials in the Machine Study

Toshihiro OKA (Department of Technology)

Taizou HAYAMA (Graduate Student of Technological Education)

Makoto YOSHIDA (Technic of Attached Junior High School)

Kazumiti UEURA (Technic of Attached Junior High School of Nara Women's University)

Abstract

Some computer simulation programs were developed on the quadric link mechanisms for the study of link motion. Using these softwares, practical lessons were tried on the machine studies in junior high schools. A programming method by BASIC interpreter were thought out to remove the flicker of moving links during the computer simulation.

These softwares were judged to be able to use by the computer set on junior high schools. In accordance with the school book, kinds and utilizations of link mechanisms, relations of lengths to the lever-crank mechanism, and changes of the link motion were confirmed to be able to teach during shorter time as compared with that of the usual teaching method.

Key words : link mechanism, computer simulation

I. 研究目的

平成5年度より技術・家庭科に、「情報基礎」領域が新設されたことに伴い、中学校にパーソナルコンピュータが導入された。これは他の学習領域においても有効に活用できると考えられ、平成5年度より使用されている教科書¹⁾の「機械」領域にも、「リンク機構の動きは、コンピュータを使っても調べることができる。」と記述されている。

そこで、本研究ではこの教科書に準拠した「4節リンク機構」のコンピュータシミュレーション教材を作成し²⁾³⁾、研究授業を行って授業方法の改善とこの教材の有効性や学習効果を検討したので、以下に報告する。

II. 研究方法と結果

(1) シミュレーションプログラムの作成

プログラム作成に用いた言語は、NEC製のN88-日本語BASIC(86)(MS-DOS版)Ver. 6.0である。プログラムはパーソナルコンピュータPC-9801(NEC製)では、そのまま実行可能であるが、パーソナルコンピュータM500(松下電器製)やFM-TOWNS II(富士通製)でも、システムにBASIC/98(電組製)を用いると実行可能である。

作成したプログラム全体の構成を図1に示す。

メインメニュー

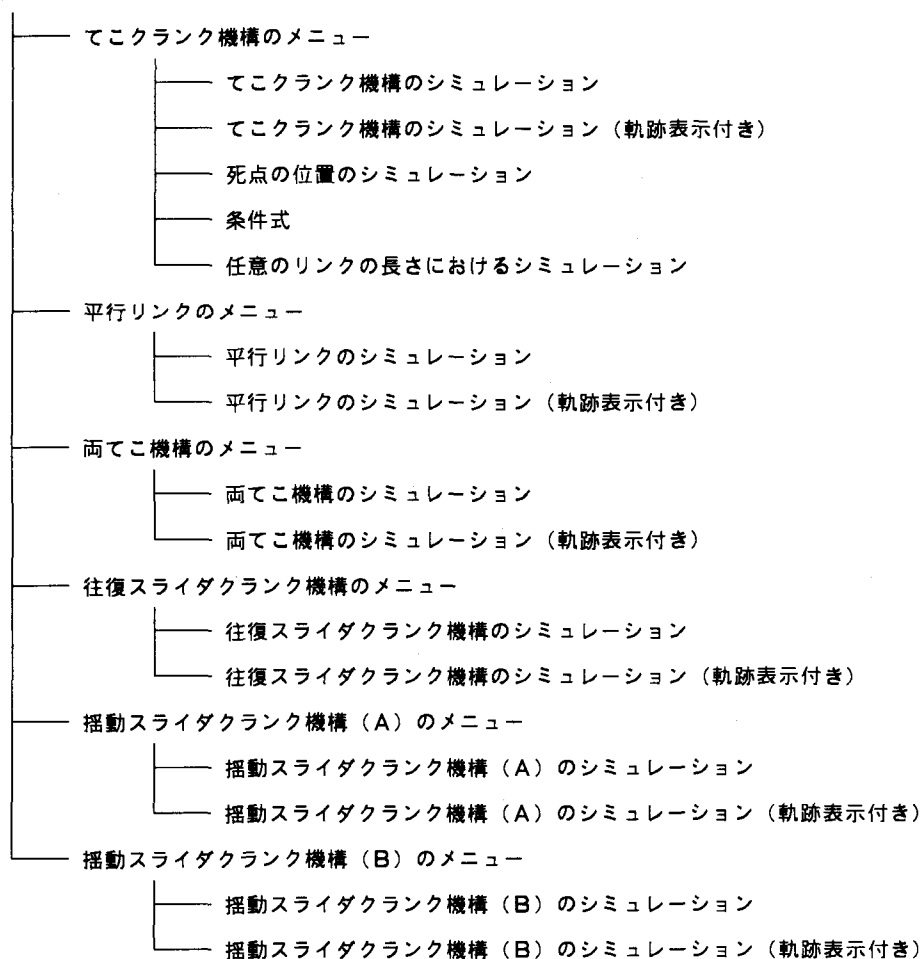


図1 シミュレーションプログラムの構成

このプログラムの構成を簡単に示すと、

- ①メインメニューより6種類の4節リンク機構の中から1つのリンク機構を選択し、そのサブメニューからシミュレーションを実行する。(写真1参照)

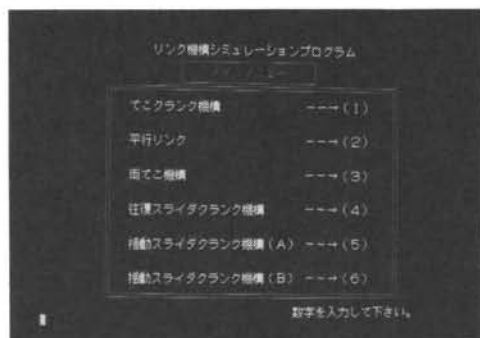


写真1 メインメニュー

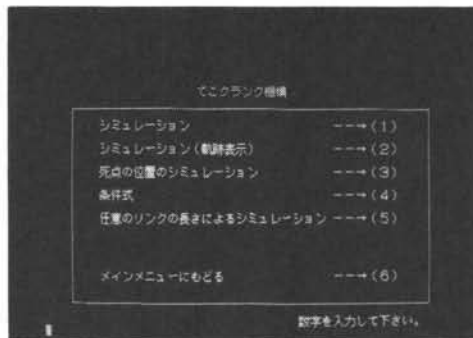


写真2 サブメニュー

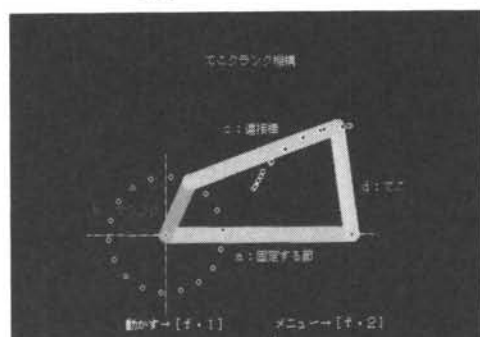


写真3 てこクラック機構

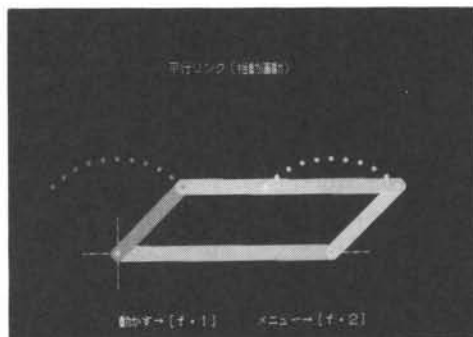


写真4 平行リンク



写真5 両てこ機構

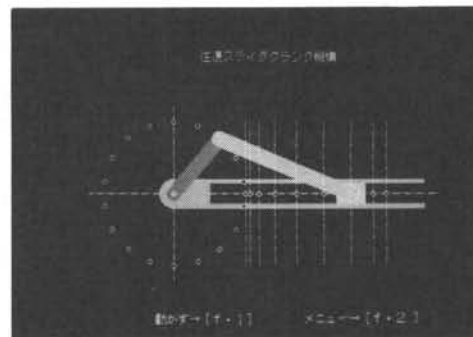


写真6 往復スライダクラック機構

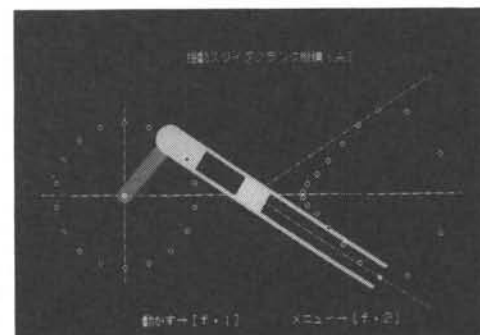


写真7 揺動スライダクラック機構 (A)

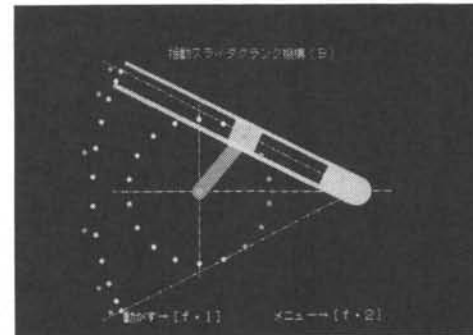


写真8 揺動スライダクラック機構 (B)

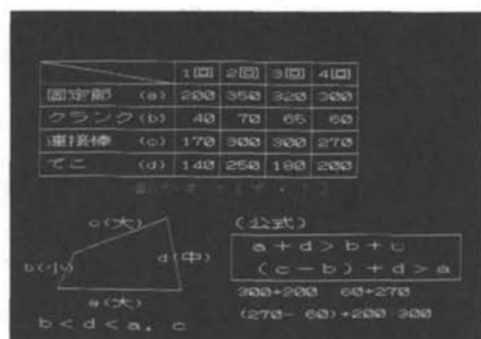


写真9 リンクの長さを入力する画面

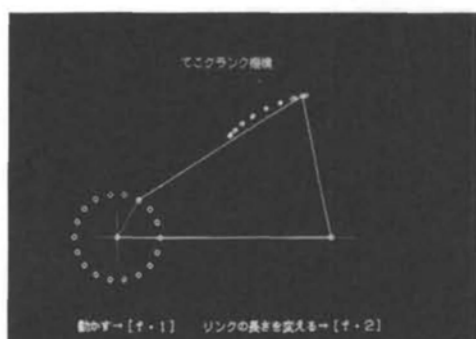


写真10 任意のリンクの長さにおけるシミュレーション

- ②サブメニューでは、リンクの軌跡を表示するかどうかを選択できる。(写真2参照)
- ③これらのリンク機構は、前述の教科書に掲載されている6種類の4節リンク機構に対応している。(写真3～写真8参照)
- ④てこクランク機構は4節リンク機構の基礎なので、リンクの長さを自由に設定してシミュレーションすることができ、リンクの長さの関係を条件式を示して学習することができるようにした。(写真9、10参照)

次に、シミュレーションプログラムでリンクの動きによるちらつきを無くすために考えたプログラムの流れ図を図2に示す。

このプログラムは、

- ①表画面(表示画面・ページ1)に1つの動作を表示する。
- ②裏画面(描く画面・ページ2)に次の動作を描く。
- ③表画面と裏画面とを切り替える。

以上①～③の処理を繰り返す。このような手法によって、表画面にはあたかも連続しているかのような動きが作られ、リンクの動きによるちらつきを抑えたシミュレーションを実現している。

なお、このプログラムは、約200kバイトで構成されているので、詳細は参考文献(4)を参照されたい。

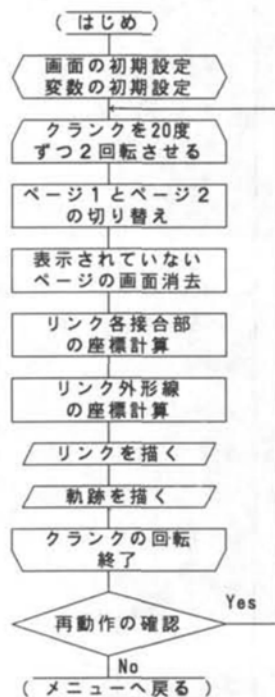


図2 シミュレーションプログラムの流れ図

作成したコンピュータシミュレーション教材の特徴は、

- ①メインメニューは自動的に立ち上がり、テンキーとファンクションキーとリターンキーだけで操作できるため、パーソナルコンピュータの学習経験がない生徒でも容易に扱える。
- ②リンクの軌跡の表示ができるので、等速に動く原動節に対比する従動節の不等速な動きを容易

に観察できる。

③てこクランク機構は4節リンク機構の基礎なので、リンクの長さを自由に設定してシミュレーションすることができる。その任意のリンクの長さにおけるシミュレーションでは、

- ・長さの値は入力し易いように、表に入力する方式である。(写真9参照)
- ・動作できない値を入力した場合、再入力するように表示する。
- ・動作するための条件式を参照できるように表示している。
- ・向かい合うリンクの長さを同じにした場合、平行クランクのシミュレーションができる。

④てこクランク機構では、死点の位置がシミュレーションできる。

本研究ではインタプリタ方式のプログラムと、それをN88-日本語BASIC(86)コンパイラシステムを使って、コンパイラ方式に変更したプログラムを作成した。そして、実行速度における性能を比較するために、それぞれの方式で作成したてこクランク機構のシミュレーションプログラムの実行に要する時間を測定した。(表1参照)

PC-9801UXは、研究授業を行った奈良女子大学附属中学校に導入されている機種で、PC-9801FXは、多くの中学校で導入されている32ビットの機種である。M500は、奈良教育大学附属中学校に導入している機種で、FM-TOWNS IIは奈良市の半分以上の中学校に導入されている機種である。

実行に要した時間の比較は、PC-9801UXのインタプリタ方式を1として比較した。その結果を以下に述べる。

- ・32ビットのPC-9801FXは、16ビットのPC-9801UXに比べて1.14倍実行速度が速くなっているが、FM-TOWNS IIはPC-9801FXより性能の良いCPUを搭載しているのにも関わらず、PC-9801UXの0.89倍の実行速度である。
- ・コンパイラ方式にすると1.5倍程度実行速度は向上する。
- ・いずれの機種においても、両方式ともリンクの動きによるちらつきは無く、実行速度も教材としては十分である。

表1 てこクランク機構(軌跡表示付き)のシミュレーションプログラムの実行速度

プログラム方式	機種	CPU	クランク2回転に要する時間(秒)	PC-9801UXとの比較(倍)
インタプリタ方式	PC-9801 UX	80286 (10MHz)	15.1	1.00
	PC-9801 FX	80386SX (16MHz)	13.3	1.14
	Panacom M500	80286 (8MHz)	19.1	0.79
	FM-TOWNS II	80386DX (16MHz)	17.0	0.89
コンパイラ方式	PC-9801 UX	80286 (10MHz)	10.5	1.44
	PC-9801 FX	80386SX (16MHz)	10.0	1.51

(2)指導計画と研究授業

作成した教材の有効性を検討するため、M500を導入している奈良教育大附属中学校において3年生40名(男子20名、女子20名)を対象に、1人1台使用させて2単位時間(100分)の研究授業を行った。コンピュータシミュレーションを、ビデオコンバータユニットXPC-1V(電波新聞製)でビデオ映像として録画し、大型ディスプレイで演示して、説明に使用した。(写真11参照)

次に、奈良女子大附属中学校においては、2年生30名(男子15名、女子15名)を対象にPC-9801UX(10MHz)を2人に1台使用させて、2単位時間の研究授業を行った。コンピュータシミュ

時間	指導事項	学習の流れ	学習指導・活動	指導上の留意点
0 (分)		(はじめ)		
	本時の目標	本時の学習目標	《説明》本時の学習目標を知らせる	・教科書P.44,45を開かせる。
	リンク装置	リンク装置	《説明》いくつかの長さの異なる棒(リンク)を結合したものをリンク装置ということを知らせる。	
5	機構模型の観察	機構模型の観察	《指示》各リンクの動きや、動力伝達の様子を観察させる。	・てこクラック機構の模型 ・4本のリンクが使用されていることを知らせる。
10	てこクラック機構	コンピュータシミュレーションによる動きの観察 ↓ 発表 ↓ 補足説明	《指示》てこクラック機構の各リンクの動きや、動力伝達の様子を、コンピュータシミュレーションで観察させ、発表させる。	・パーソナルコンピュータ ・シミュレーションプログラムソフトウェアの配布 ・コンピュータとソフトウェアの操作方法を説明する
15		各リンクの名称とはたらき	《説明》4本のリンクを組み合わせたものを、4節リンク機構ということを知らせる 各リンクの名称とはたらきを知らせる。	・クラックが等速運動で回転運動をするとき、てこの揺動運動は等速でないことを軌跡表示から確認させる
20		任意のリンクの長さにおける動きの観察	《指示》プログラムでリンクの長さを変えた場合の、てこクラック機構の動きを観察させる。	・数値の入力方法を説明する。 ・コンピュータシミュレーション
30	平行リンク	平行リンクの動きの観察	《指示》向かい合う2組のリンクの長さを同じにした場合の動きを観察させる。 《説明》向かい合う2組のリンクが同じ長さの場合、平行リンクになることを知らせる。	・教科書P.44の図参照 ・平行リンクの模型 ・コンピュータシミュレーション
35	両てこ機構	両てこ機構の動き観察	《指示》両てこ機構の動きを観察させる。 《説明》てこクラック機構のてこを固定に変えると、両てこ機構になることを知らせる。	・平行リンクは回転運動より揺動運動を利用する方が多いことを知らせる。 ・教科書P.44の図参照 ・両てこ機構の模型 ・コンピュータシミュレーション
40		リンク機構の利用 ↓ 発表 ↓ 補足説明	《発問》てこクラック機構、平行リンク、両てこ機構の身近にある利用例を考えさせる。	・自転車、足踏みミシン動く模型、パワーショベル ・機関車の車輪、電車のワイパー、電気スタンド、門の機構、パンタグラフ ・扇風機的首振り機構 ・教科書P.46の図参照
47	本時のまとめ	本時のまとめ	《説明》本時の学習内容をまとめる 次時の学習内容を知らせる	
50		(終わり)		

図3 第1校時の研究授業の指導案

機械学習におけるリンク機構のコンピュータシミュレーション教材の開発

時間	指導事項	学習の流れ	学習指導・活動	指導上の留意点
0 (分)	本時の目標	(はじめ)		
		本時の学習目標	《説明》本時の学習目標を知らせる	
	往復スライダクランク機構	往復スライダクランク機構の観察	《指示》コンピュータシミュレーションで往復スライダクランク機構を観察させ、てこクランク機構との違いを考えさせる。	・教科書P.45の図参照 ・往復スライダクランク機構の模型 ・コンピュータシミュレーション
5			《説明》往復スライダクランク機構はてこクランク機構の変形であることを知らせる。	
10		利用例	《発問》往復スライダクランク機構の利用例を考えさせる。 《説明》往復スライダクランク機構の利用例を知らせる。	・傘の実物、ピストン機関の模型 ・往復スライダクランク機構に死点が生じることを知らせる。(P.46参照) ・死点と回転をなめらかにする方法を知らせる。(はずみ車、つり合いおもり)
15			《発問》教科書P.45の傘の図において、各部の名称を考えさす。	
20	揺動スライダクランク機構	揺動スライダクランク機構	《説明》往復スライダクランク機構の固定するリンクをかえると揺動スライダクランク機構になることを知らせる。	・教科書P.45の図(スライダクランク機構のなかま)を参照
25		動きの観察	《指示》揺動スライダクランク機構の動きをシミュレーションプログラムで観察させる。	・コンピュータシミュレーション ・揺動スライダクランク機構の模型 ・軌跡の特徴を観察させる
30		動く模型の観察	《指示》りすの模型を配り、4節リンク機構がどの部分に使用されているか、観察させる。	・りすの模型 ・教科書P.52のりすの模型の図を参照
		利用例	《説明》動く模型にリンク装置がどのようにつかわれているか説明する	・教科書P.50~55の動く模型の図を参照
35	本時のまとめ	本時のまとめ	《説明》本時のまとめをする。	
40	テスト アンケート	テスト アンケート	《指示》テスト問題、アンケートを配布して答えさす。	・教科書は閉じさす。
50		(終わり)		

図4 第2校時の研究授業の指導案

レーションを、RGB大型ディスプレイ（37型）を用いて授業中に演示した。（写真12参照）

授業内容は「機械」学習領域における「2. 機械のしくみ-7」の「リンク装置のしくみを調べよう」¹¹⁾である。2単位時間の研究授業の指導案を図3、4に示す。

この指導案では、コンピュータシミュレーションを用いた箇所に波線を引いている。ただし、コンピュータシミュレーションだけで授業すると、リンクの接合部の仕組みについて理解し難いと考えられるので、機構模型の演示を併用した。

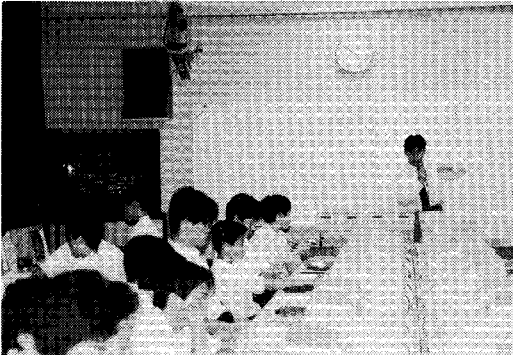


写真11 奈良教育大学附属中学校における研究授業

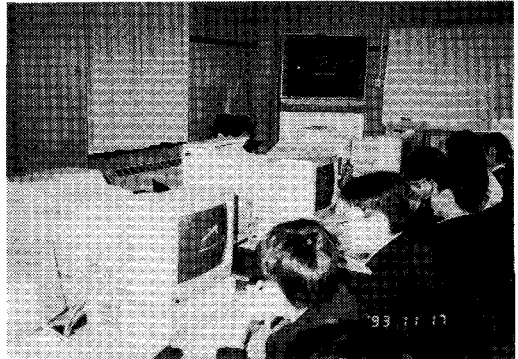


写真12 奈良女子大学附属中学校における研究授業

(3)研究授業後のテストとアンケートの結果

使用したテスト問題とアンケートを図5に示す。

「リンク装置のしくみを調べよう」の授業に関する調査

コンピュータ番号 _____ クラス _____ 氏名 _____

1. 次のリンク機構(1)~(8)の動力伝達のしくみを、図A~図Fの中から選び記号で答えなさい。

リンク機構の名称	動力伝達のしくみ
(1) てこリンク機構	
(2) 平行リンク	
(3) 両てこ機構	
(4) 往復スライダリンク機構	
(5) 揺動スライダリンク機構 (A)	
(6) 揺動スライダリンク機構 (B)	

図A

図B

図C

図D

図E

図F

2. コンピュータシミュレーションについて、以下の質問に答えて下さい。

- (1) 操作は難しかったですか。(はい・いいえ)
- (2) コンピュータシミュレーションは分かりやすかったですか。(はい・いいえ)
- (3) 実物のリンク機構の模型を見たことは、リンク機構の動力伝達のしくみを理解するのに役立ちましたか。(はい・いいえ)
- (4) コンピュータシミュレーションに対する感想を書いて下さい。

図5 研究授業後に行ったテストとアンケートのプリント

テスト問題は、6種類の4節リンク機構のシミュレーション画面の図を教えた順番に配置しないで名称を答えさず問題である。

テストの正解率を表2に示す。

表2 授業後のテストの正解率

リンク機構の名称	正解率
(1) てこリンク機構	100%
(2) 平行リンク	100%
(3) 両てこ機構	93%
(4) 往復スライダクランク機構	93%
(5) 揺動スライダクランク機構 (A)	90%
(6) 揺動スライダクランク機構 (B)	93%

テストでは非常に高い正解率が得られた。これは、授業直後に行ったためであると思われるが、ほとんどの生徒が6種類の4節リンク機構の区別できるようになったと考えられる。

次に、アンケートの結果は、

- ①「操作は難しかったですか」という質問に対しては、93%の生徒が「いい」と答えており、ほとんどの生徒がシミュレーションプログラムの操作を難しくないと感じていることが分かった。ただし少数ではあるが、リンクの長さの値を入力する操作を難しいと感じている生徒がいた。
- ②「コンピュータシミュレーションは分かり易かったですか」という質問に対しては、90%の生徒が「はい」と答えており、ほとんどの生徒が、コンピュータシミュレーションは分かり易かったと感じていることが分かった。このことは、テストの正解率が高さからも確認できる。
- ③「実物のリンク機構の模型を見たことは、リンク機構の動力伝達のしくみを理解するのに役立ちましたか」という質問に対しては、97%の生徒が「はい」と答えており、コンピュータシミュレーションだけで授業をするよりも、実物の模型を見せて授業する方が良いことを確認できた。
- ④「コンピュータシミュレーションに対する感想を書いて下さい。」という質問に対しては、次のような意見が多く得られた。
 - ・軌跡が付いていたので、(従動節の)動きや速さのことが、分かり易かった。
 - ・模型よりコンピュータの方が分かり易かった。
 - ・コンピュータでこんなことができるなんて驚いた。
 - ・リンクが色分けされていて見易かった。きれいだった。
 - ・自分でリンクの長さを設定して動かせたのが楽しかった。
 このことより、生徒が好感をもってコンピュータシミュレーションに反応していることを確認できた。

Ⅲ. 考察とまとめ

本研究で開発した教材は、以下に述べる利点があると考えられる。

1. わずか2単位時間のみで、教科書に記載されている6種類の4節リンク機構の動きを理解

させることができる。

2. リンクの長さを自由に変えることができるので、機構模型よりも短時間でリンクの長さの関係を試すことができる。
3. リンクの軌跡を表示することができるため、従動節の不等速な動きの観察が容易である。
4. 教科書の図に準拠しているため、授業に活用し易い。
5. パーソナルコンピュータの学習経験のない生徒でも、簡単に扱うことができる。
6. コンパイラ方式は、実行速度は速いが、実行するまでの待ち時間を3秒程要する。また、何らかの原因で実行が停止したとき、再実行の操作には手間がかかる。それに比べて、インタプリタ方式だと、実行までの待ち時間が無く、実行が停止したときは、 $f \cdot 5$ のキーを押すだけで、再実行が可能であるため、教材として使用するならば、インタプリタ方式の方が便利である。

教科書に記述されているように、リンク機構模型を組み立てさせる授業の方が、リンクの接続の理解には優れているが、コンピュータシミュレーションには、上述の2、3のように、授業時間の短縮、リンクの動きを容易に観察できるという機構模型に無い利点があるので、本研究で開発した教材を活用することは有効であると考えられる。また、機構模型を教師が演示するなどして、コンピュータだけの授業にならないように考慮する必要がある。

参考文献

- (1)編修代表 鈴木寿雄：技術・家庭科 下巻、開隆堂 (1993)。
- (2)N88-日本語BASIC (86) (MS-DOS版) 6.0 ユーザーズマニュアル、NEC (1992)。
- (3)N88-日本語BASIC (86) (MS-DOS版) 6.0 リファレンスマニュアル、NEC (1992)。
- (4)葉山泰三：中学校技術・家庭科の「機械」領域におけるリンク機構のコンピュータシミュレーション教材の開発に関する研究、奈良教育大学修士論文 (1994)。

付 記

本研究で開発したプログラムは上記の2校の他に、八尾市立上之島中学校2年生 (110名) に対して同じ教科書で「リンク装置のしくみを調べよう」と、本学技術科1回生 (10名) に対しての「機構学」と家庭科2回生 (10名) に対しての「家庭機械」においても使用した。いずれの場合も良好な反応が得られたので、このプログラムソフトを広く教育実践に活用していただければ幸いです。