

マイコンの動画を用いた教材の開発

三 好 十 武 士 *

On the Application of Microcomputer Animations to Teaching Materials

Tomuji Miyoshi

Abstract

In this paper, the application of microcomputer animations to teaching materials is discussed, and at the same time, a teaching material of sinusoidal wave alternating current based upon the abovementioned application is shown.

1. ま え が き

物理, 化学, 医学, 工学など理工系の分野において, スライド, OHP, 16m/m映画, VTR などにより教材を提示して, 教育効果をあげている事例が多く見られるようになってきた。また, その中には, 最近の高度なコンピュータ技術を駆使した精密画像により, 実際には見ることのできない現象や, 理論のモデルを映像で表現することも可能になり, 今後, コンピュータ画像の教育への活用が期待されているところである。

ここで提案する方式も, 教育的モデルを画像として提示する方法の一つである。しかし, 高精度な画像ではなく, 教室での講義において, 適宜, 使用できる簡便なものを目的とした。

機器の主な構成は, 市販のマイコンとテレビ受像機で, 教材の作成, 画面の操作はすべてベーシックで処理するので, 講義内容に合わせた教材の作成や修正が容易である。

今回, この方式で作成した教材は, 回路理論に関するもので, 正弦波交流の数式表現, 回路の電圧と電流, およびベクトル表示について, 電圧, 電流の瞬時値やベクトルを動画により表わし, 回路理論の基本的事項を現象と関連させて, 把握させようとするものである。

2. 機 器 の 構 成

使用機器は, マイコン, テレビ受像機, オーディオ・カセット, およびプリンタである。

教材は, マイコンのグラフィック機能などを使って作成する。プリンタは, リストダンプ用である。提示する順序で教材をカセット・テープに入れる。教材の提示は, マイコンを教室のテレビ受像機に接続し, マイコンのキーボード入力により画面操作して行う。

今回開発した教材は, 精密なグラフィック画像ではなく, 手軽なモデル化とスピーディな画面の動きの機能が必要である。その点, 使用したマイコンは安価ではあるが, ビデオ・ディスプレイ・プロセッサに TI 社の TMS 9918 A を使用しており, スプライト・プレーンなどのグラフィック機能と, 三重和音や効果音などのシンセサイザ機能を持っているので, 動画作成に適し, 教材開発に十分な機能を備えている。

画面は, 静止画像をバック・プレーンで, 動画像をスプライト・プレーンで構成する。スプライト・プレーンは32枚有り, パターンは 8×8 ドットから 32×32 ドットで色も独立に指定できる。また, バック・プレーンに関係なく, 32枚独立に移動できるので, 画面の動きがかなり速くできる。

表 1 にマイコンの主な仕様を示す。

* 宇部工業高等専門学校電気工学科

表1 マイコンの仕様

CPU	Z 80 A (クロック 3.58 MHz)
RAM	20 kバイト (内ビデオ RAM 16 kバイト)
グラフィック	バックプレーン 256×192 ドット 1枚 スプライトプレーン 32枚 16色カラー表示
シンセサイザ	3和音, 7効果音
インタフェース	オーディオカセット入力 2000 bit/sec. RF 出力端子, コンポジット出力端子 プリンタ端子

このシステムの教育機器としての機能をまとめると、次のようになる。

- 1) 教材は、ベーシック・プログラムの形になっているので、作成、変更が容易である。
- 2) 教材の提示は、マイコンの機能により、繰返し、先送りなど自由にできる。
- 3) 動きのある画面が作れるので、時間経過を含む表現が可能である。
- 4) 色、音による効果も利用できる。
- 5) テレビ受像機で提示するので、教室を暗くする必要がない。
- 6) 教材は、カセット・テープに収録するので、整理保存が容易である。

3. 教材の作成

今回作成した正弦波交流の教材を例にして、教材開発方法を説明する。

3.1 学習指導目標

- 1) 正弦波交流電圧（電流）の振幅、周波数、位相について、数式の表現と瞬時値の関係を把握させる。
- 2) 抵抗、コンデンサ、インダクタンスの性質を電圧と電流の関係として表わし、これを発展させて、直列・並列回路の電流を考察させる。
- 3) ベクトル表示への導入のため、瞬時値と回転ベクトルを同一画面に提示し、その関係を把握させる。瞬時値の計算とベクトルによる計算の関係も同様に把握させる。

3.2 画面の構成

- 1) 回路など静止画は、バック・プレーンに描く。

2) 電圧、電流の瞬時値はスプライト・プレーンによるポイントで表わす。

3) ポイントの動きは、電圧は縦方向、電流は横方向として区別する。

4) 電圧、電流が複数の場合は色で区別する。

5) 位相を認識させるために、瞬時値を音でも表現する。

6) ベクトルは、バーとポイントの回転で表わす。

7) 回路方程式は、できるだけ簡略化して画面に示す。

3.3 作成教材

正弦波交流

1) 瞬時値の数式表現

2) 抵抗回路

(1) 抵抗に流れる電流

(2) 直列回路（分圧）

(3) 並列回路（分流）

3) コンデンサ

(1) コンデンサの性質

(2) コンデンサに流れる電流

(3) RC 直列回路

(4) RC 並列回路

4) インダクタンス

(1) インダクタンスの性質

(2) インダクタンスに流れる電流

(3) RL 直列回路

(4) RL 並列回路

5) 例題

(1) RLC 直列回路

(2) RLC 並列回路

6) ベクトル表示

(1) 正弦波交流とベクトル

(2) 位相差とベクトル

(3) ベクトルによる交流の計算

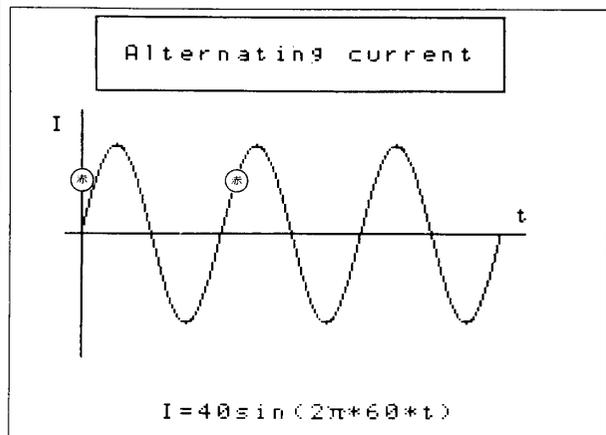


図 1

1. 瞬時値の数式表現

正弦波交流の数式と、瞬時値、正弦波形を示し、その関係を把握させる。振幅、周波数、初期位相は次のキー入力により変更することができる。

- 表示開始 → RETURN
- 振幅の変更 → A を入力した後、次をキーイン。

1	10V	2	20V	3	30V	4	40V	5	50V
---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----
- 周波数の変更 → F を入力した後、次をキーイン。

1	20 Hz	2	40 Hz	3	60 Hz	4	80 Hz	5	100 Hz
---	-------	---	-------	---	-------	---	-------	---	--------
- 初期位相の変更 → P を入力した後、次をキーイン。

1	-60°	2	-30°	3	0°	4	+30°	5	+60°
---	------	---	------	---	----	---	------	---	------
- 次画面へ → A, F または P を入力した後、

0

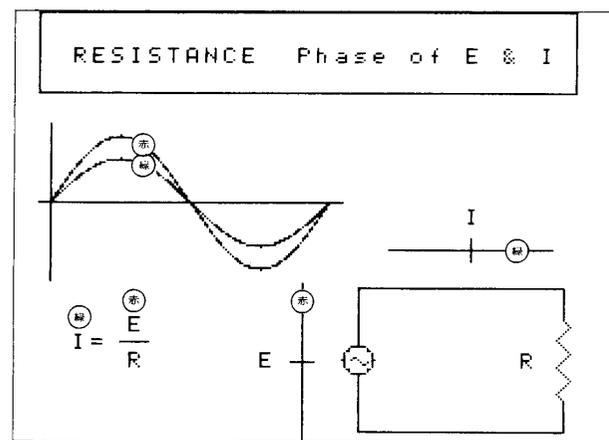


図 2-1

2-1 抵抗に流れる電流

瞬時値は、常にオームの法則を満足していること、および電圧と電流が同相であることを示す。

- 表示開始 → RETURN
- 次画面へ → 0

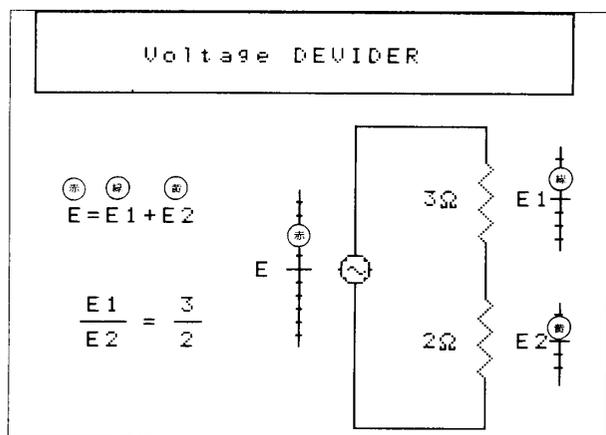


図 2-2

2-2 抵抗直列回路

直列回路では、抵抗の電圧は抵抗に比例し、二つの抵抗の電圧の和は電源電圧と等しい。

- 表示開始 → RETURN
- 次画面へ → 0

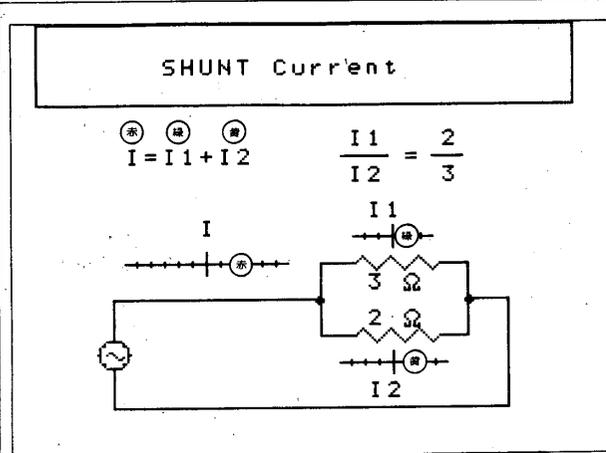


図 2-3

2-3 抵抗並列回路

並列回路の各枝路の電流の比は、抵抗の逆比になり、また、全電流は各枝路の電流の和になる。

- 表示開始 → RETURN
- 次画面へ → 0

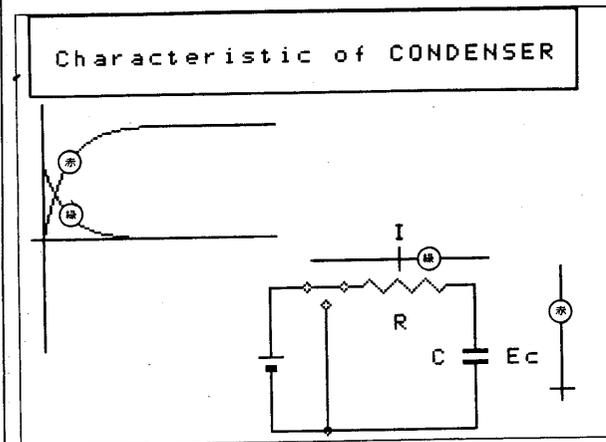


図 3-1

3-1 コンデンサの性質

i) 充電

スイッチを電源側に入れた場合、コンデンサは充電される。コンデンサの電圧は電荷の蓄積量に比例して上昇する。既ち、充電電流の積分に比例する。

- 表示開始 → RETURN
- 放電へ → RETURN

ii) 放電

スイッチを短絡側に入れた場合、コンデンサは放電し、コンデンサの電圧は降下する。

- 表示開始 → RETURN
- 次画面へ → 0 充電に戻る場合 → RETURN

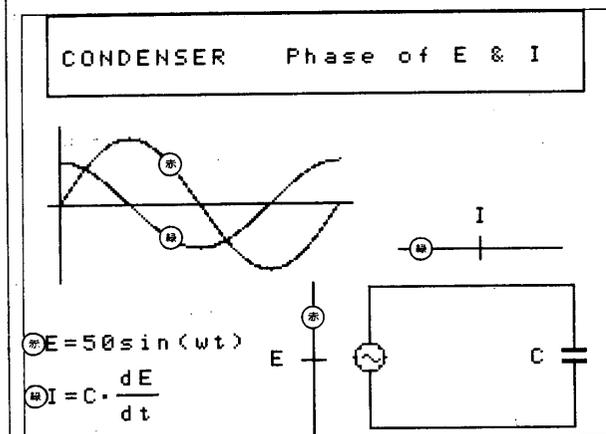


図 3-2

3-2 コンデンサに流れる電流

コンデンサの両端の電圧は、電流の積分に比例し、逆に電流は電圧の微分に比例する。従って、電源電圧が正弦波交流の場合、電流の位相は、電圧より90°進むことになる。また、電流に対して、電圧は90°遅れる。

- 表示開始 → RETURN
- 次画面へ → 0

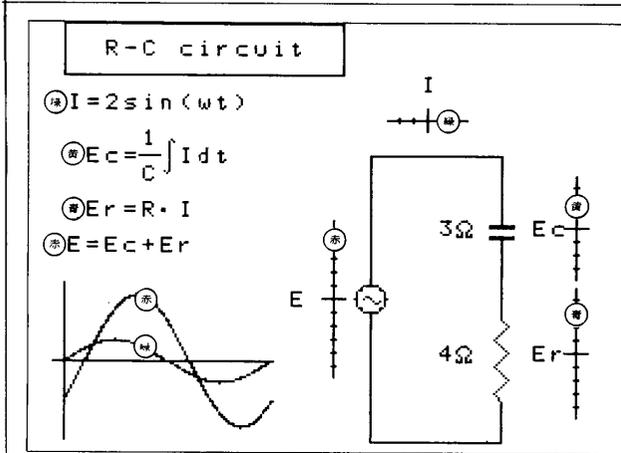


図 3-3

3-3 RC 直列回路

直列回路の場合、電流を基準に考える。

各素子の電圧の振幅は、そのリアクタンスまたは抵抗に比例するが、位相は電流に対して、コンデンサでは90°遅れ、抵抗では同相となる。電源電圧はこれらの電圧の和であるから、電流に対して位相が遅れる。逆に、電流は電源電圧より進む。

- 表示開始 → RETURN
- 次画面へ → 0

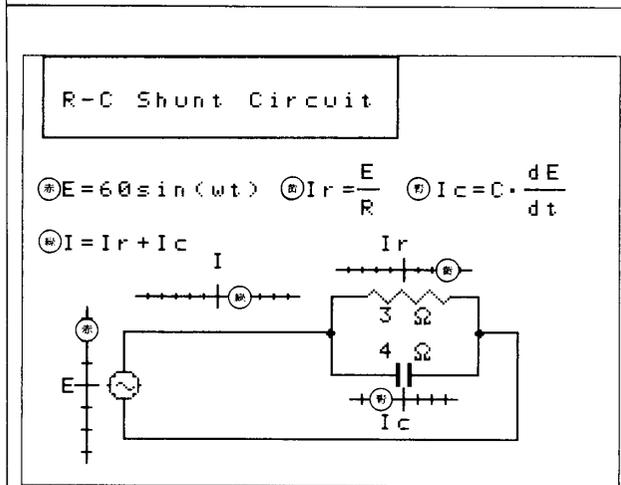


図 3-4

3-4 RC 並列回路

並列回路の場合、電圧を基準に考える。各素子の電流の振幅は、リアクタンスまたは抵抗に反比例するが、位相はコンデンサでは90°進み、抵抗では同相である。全電流は、各枝路の電流の和であるので、位相は電源電圧より進む。

- 表示開始 → RETURN
- 次画面へ → 0

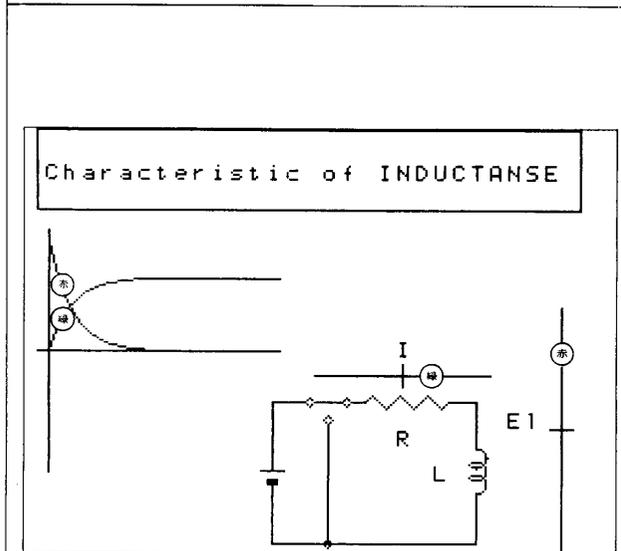


図 4-1

4-1 インダクタンスの性質

i) 電源投入

電源側にスイッチした直後はインダクタンスに逆電圧を生じ、電流の急増を押えるが、最終的には、インダクタンスの電圧は0となり、電流は抵抗だけで決まる値となる。

- 表示開始 → RETURN
- 短絡へ → RETURN

ii) 短絡

電源を切って短絡すると、インダクタンスに電流を維持する方向に起電力を生じ、しばらくは電流が流れるが、最終的に、起電力も電流も0になる。

- 表示開始 → RETURN
- 次画面へ → 0
- 電源投入に戻る場合 → RETURN

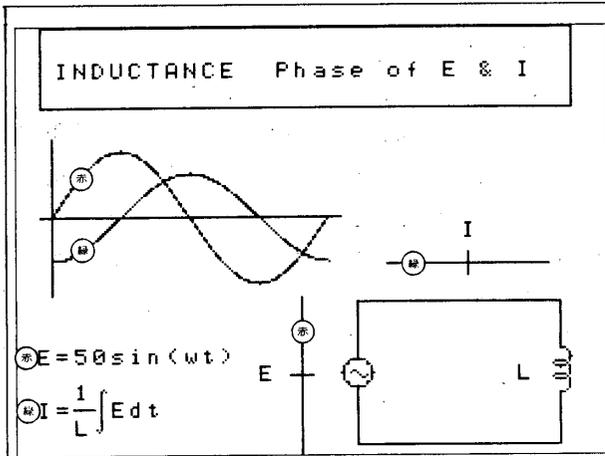


図 4-2

4-2 インダクタンスに流れる電流

インダクタンスに流れる電流は、電圧の積分に比例する。電圧が正弦波交流であるので、電流は90°遅れる。逆に、電圧は電流より90°進む。

- 表示開始→ RETURN
- 次画面へ→ 0

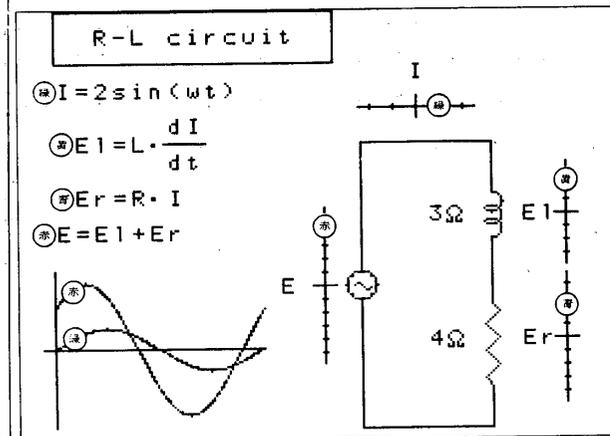


図 4-3

4-3 RL 直列回路

電流を基準に考える。各素子の電圧の振幅は、リアクタンスまたは抵抗に比例するが、その位相は、インダクタンスでは90°進み、抵抗では同相になる。電源電圧はこの電圧の和であるので、電流より進む。逆に電流は、電源電圧より遅れる。

- 表示開始→ RETURN
- 次画面へ→ 0

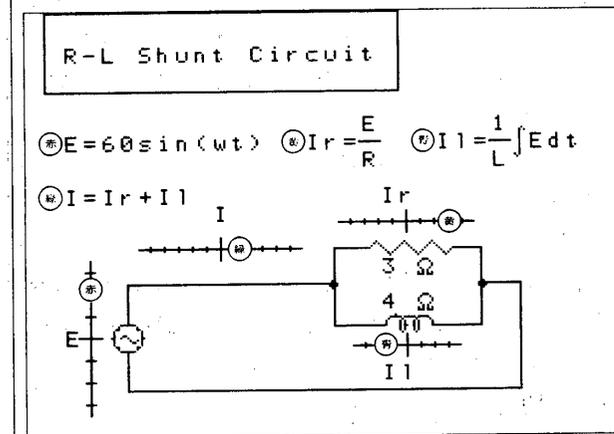


図 4-4

4-4 RL 並列回路

電圧を基準に考える。各素子の電圧は等しいので、電流の振幅はリアクタンスまたは抵抗に反比例し、位相はインダクタンスでは90°遅れ、抵抗では同相となる。全電流は各枝路電流の和であるので、電源電圧より位相が遅れる。

- 表示開始→ RETURN
- 次画面へ→ 0

RLC Circuit

① $I = 2 \sin(\omega t)$

② $E_r = R \cdot I$

③ $E_l = L \cdot \frac{dI}{dt}$

④ $E_c = \frac{1}{C} \int I dt$

⑤ $E = E_r + E_l + E_c$

図 5-1

5-1 RLC 直列回路 (例題 1)

各素子の電圧, および電源電圧と電流の位相差を考察させる。

●表示開始 →

●次画面へ →

① $E = 200 \sin(\omega t)$

② $I_c = C \cdot \frac{dE}{dt}$

③ $I = I_r + I_l + I_c$

④ $I_r = \frac{E}{R}$

⑤ $I_l = \frac{1}{L} \int E dt$

図 5-2

5-2 RLC 並列回路 (例題 2)

各枝路の電流, および全電流を求めさせる。

●表示開始 →

●次画面へ →

$E = 100 \sin(\omega t)$

図 6-1

6-1 ベクトル表示

左は等速で回っている回転ベクトルである。ベクトルの縦方向成分と電圧の瞬時値が, 常に一致していることを示し, 正弦波交流をベクトルで表わすことの妥当性を示す。

●表示開始 →

●次画面へ →

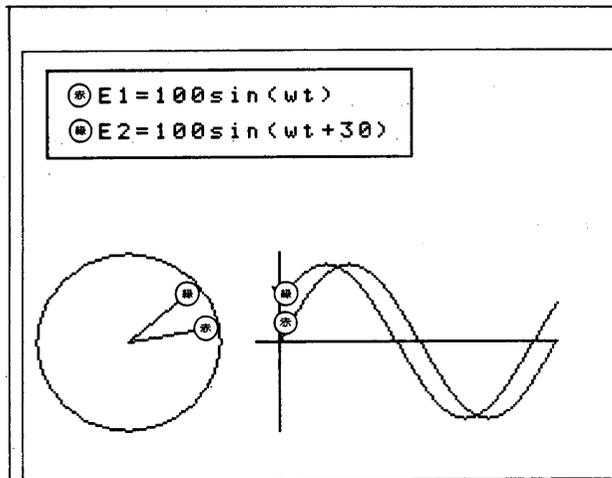


図 6-2

6-2 位相差とベクトル

周波数が等しく、位相が異なる正弦波交流のベクトルは、等しい速度で回転するので、その相互間の角度の差は、常に一定である。従って、これらベクトル間の関係の考察においては、ベクトルを止めて考えても良い。

- 表示開始 →
- 次画面へ →

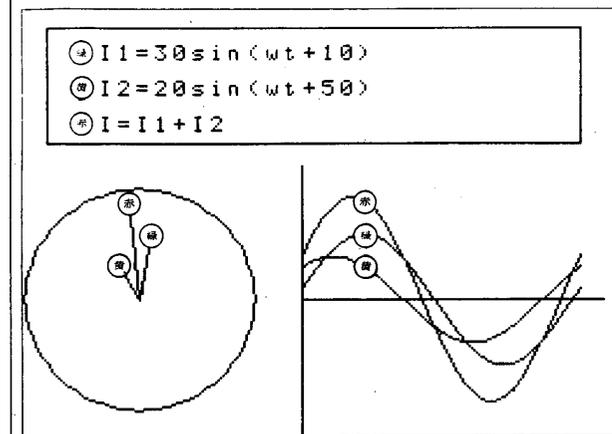


図 6-3

6-3 ベクトルによる交流の計算

正弦波交流における計算は、ベクトルで計算することができることを示す。

- 表示開始 →
- 終り →

4. む す び

この教材開発方法で、教材を作り、講義で使ってみて、次の様なことが、わかった。

- 1) マイコンとテレビ受像機のシステムなので、操作が簡単であり、教室を暗くする必要もない。
- 2) テレビ受像機に教材を提示するので、長時間、連続して提示すると、学生の集中力が持続しない。従って、適宜、教材を提示する補助的な使用に適している。
- 3) 画面の表示のほかに、振幅、位相差を音でも表現したが、3音以上に音を増加すると、音の判別ができず効果がないことがわかった。

4) ビデオや映画より、教材の作成が容易であること、OHPより、動きのある画面など、表現が豊富にできることなど、従来の教具に較べて優れた機能を持っているので、回路理論に限らず、他の科目でも使うことができると考える。

(昭和58年9月13日受理)