

○盛 健次、菅原 光俊、宮原 正也、松澤 昭
東京工業大学大学院 理工学研究科
電子物理工学専攻 松澤・岡田研究室
2014年5月26日

2014/5/26



概要



1. 研究背景
2. 回路シミュレータのフロー図
3. C言語とMatLab言語の比較
4. 線形回路のプログラミング
 4. 1 2個の抵抗から成る回路
 4. 2 12個の抵抗から成る回路
 4. 3 抵抗、容量、インダクタによる回路
5. 非線形回路のプログラミング

2014/5/26

MatLabを用いた回路シミュレータの開発



1. 研究背景

2

TOKYO TECH
Pursuing Excellence

- 東京工業大学で、以下の講義を新設した。
「電氣的モデリングとシミュレーション」
- その講義では、以下の内容を教えることにより、シミュレータの原理を学ぶことを目的としている。
 - ① 回路シミュレータ、
 - ② MOSFETモデル、
 - ③ 電磁界シミュレータ、
 - ④ 第一原理計算
- 回路シミュレータの原理を簡単に理解する為に、MATLAB言語を用いたプログラムを作成した。
- 線形回路(抵抗、容量、インダクタ、電圧源等を含む)から、非線形回路(ダイオード、MOSFET等)までの汎用回路シミュレータ(SPICE)の開発を教えている。

2014/5/26

MatLabを用いた回路シミュレータの開発



2. 回路シミュレータのフロー図

3

TOKYO TECH
Pursuing Excellence

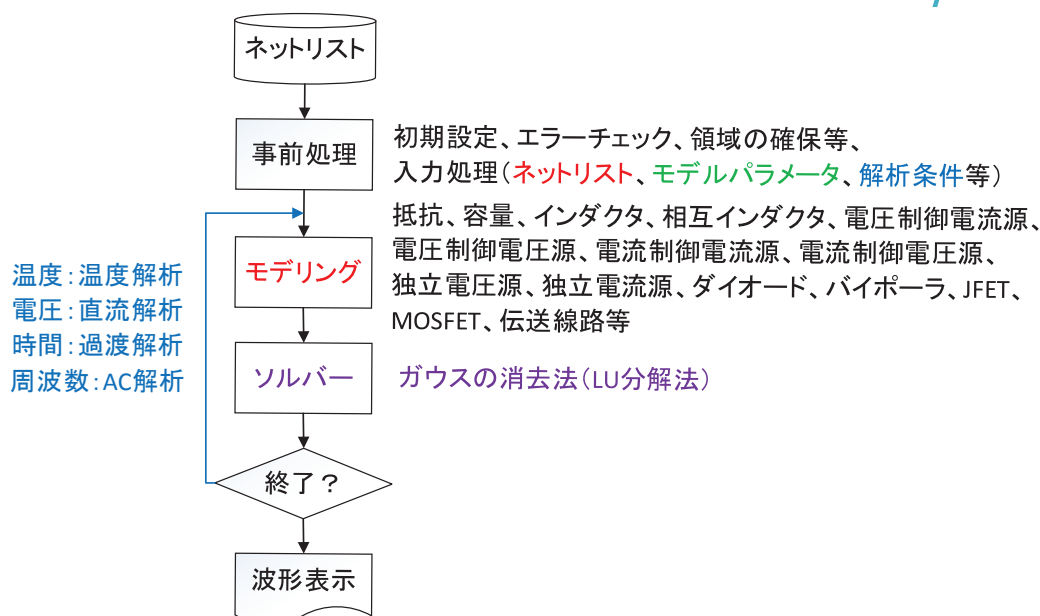


図1 回路シミュレータのフロー図

2014/5/26

MatLabを用いた回路シミュレータの開発



3. C言語とMatLab言語の比較

4



	C	MatLab
関数	戻り値 関数名(引数) { return(値); }	function 戻り値 = 関数名(引数) 戻り値 = 値; end
入出力	scanf(書式、変数); printf(書式、変数);	textscan(fid,書式、変数); fprintf(fid,書式、変数)
配列	#include "****.h" double int 構造体配列が可能 mallocによるメモリの自動取得	global 変数 A[] 配列 A{} セル配列 A.Name 構造体配列 A.Pnode 構造体配列 A.Nnode 構造体配列
反復	for (START; STOP; STEP) { 処理 }	for 変数 = START:STEP:STOP 処理 end
分岐	If (条件) {処理} else {処理}	If 条件 処理 elseif 条件 処理 else 処理 end

2014/5/26

MatLabを用いた回路シミュレータの開発



4. 線形回路のプログラミング

5



4.1 2個の抵抗から成る回路

4.2 12個の抵抗から成る回路

- ① for文とswitch文によるモデル化
- ② 抵抗回路網の汎用回路シミュレータ化

4.3 抵抗、容量、インダクタによる回路

- ① 過渡解析
- ② AC解析
- ③ 過渡解析とAC解析

2014/5/26

MatLabを用いた回路シミュレータの開発



4. 1 2個の抵抗から成る回路

6

TOKYO TECH
Pursuing Excellence

① 抵抗回路(1)

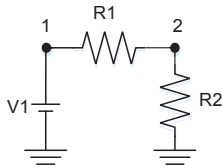


図2 抵抗回路

R1=R2=10Ω、V1に10V、V0をGNDに接続したとする。

R circuit

R1 1 2 10

R2 2 0 10

V1 1 0 10

```
function A=RES_load(A,NP,NN,RES)
G=1.0/RES;
if NP ~= 0 A(NP,NP)=A(NP,NP)+G; end
if NN ~= 0 A(NN,NN)=A(NN,NN)+G; end
if NP ~= 0 && NN ~= 0
A(NP,NN)=A(NP,NN)-G;
A(NN,NP)=A(NN,NP)-G;
end
end
```

抵抗モデル

```
% example01
A=[0,0,0;0,0,0;0,0,0];
B=[0;0;0];
A(1,1)=A(1,1)+1/10;
A(2,2)=A(2,2)+1/10;
A(1,2)=A(1,2)-1/10;
A(2,1)=A(2,1)-1/10;
A(2,2)=A(2,2)+1/10;
A(1,3)=A(1,3)+1.0;
A(3,1)=A(3,1)+1.0;
B(3)=B(3)+10;
A=sparse(A);
B=sparse(B);
X=A\B; % inv(A)*B;
A,B,X
```

```
% example02
A=[0,0,0;0,0,0;0,0,0];
B=[0;0;0];
R1=10;
R2=10; モデルパラメータ
V1=10;
IBR=2+1;
A=RES_load(A,1,2,R1);
A=RES_load(A,2,0,R2); モデル
[A,B]=VSRC_load(A,B,1,0,IBR,V1);
A=sparse(A);
B=sparse(B);
X=A\B; % inv(A)*B; ソルバー
A,B,X
```

```
function [A,B]=VSRC_load(A,B,NP,NN,IBR,E)
if NP ~= 0
A(NP,IBR)=A(NP,IBR)+1.0;
A(IBR,NP)=A(IBR,NP)+1.0;
end;
if NN ~= 0
A(NN,IBR)=A(NN,IBR)-1.0;
A(IBR,NN)=A(IBR,NN)-1.0;
end;
B(IBR,1)=B(IBR,1)+E;
end
```

独立電圧源モデル

2014/5/26

MatLabを用いた回路シミュレータの開発



4. 2 12個の抵抗から成る回路

7

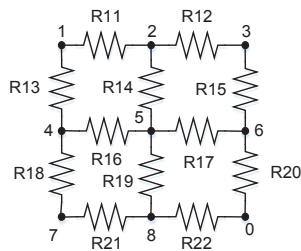
TOKYO TECH
Pursuing Excellence

図3 12個の抵抗回路網

R11=R12=10Ω
R16=R17=10Ω
R21=R22=10Ω、
R13=R14=R15=20Ω、
R18=R19=R20=20Ω、
V1に10V、V0をGNDに接続したとする。

```
% example03
N=9;
A=zeros(N,N);
B=zeros(N,1);
R11=10; R12=10; R16=10;
R17=10; R21=10; R22=10;
R13=20; R14=20; R15=20;
R18=20; R19=20; R20=20;
V1=10;
IBR=N;
A=RES_load(A,1,2,R11);
A=RES_load(A,2,3,R12);
A=RES_load(A,1,4,R13);
A=RES_load(A,2,5,R14);
A=RES_load(A,3,6,R15);
A=RES_load(A,4,5,R16);
A=RES_load(A,5,6,R17);
A=RES_load(A,4,7,R18);
A=RES_load(A,5,8,R19);
A=RES_load(A,6,0,R20);
A=RES_load(A,7,8,R21);
A=RES_load(A,8,0,R22);
[A,B]=VSRC_load(A,B,1,0,IBR,V1);
A=sparse(A);
B=sparse(B);
X=A\B; % inv(A)*B;
A,B,X
```

モデルパラメータ

モデル

```
% example04
% R11=10; R12=10; R16=10; R17=10; R21=10; R22=10;
% R13=20; R14=20; R15=20; R18=20; R19=20; R20=20;
fprintf(1,'example04\n');
K=12;
DATA1=['R11';'R12';'R13';'R14';'R15';'R16';
'R17';'R18';'R19';'R20';'R21';'R22'];
DATA2=[1,2,2,3;1,4,2,5;3,6,4,5;
5,6,4,7;5,8,6,0;7,8,8,0];
DATA3=[10.0;10.0;20.0;20.0;20.0;10.0;
10.0;20.0;20.0;20.0;10.0;10.0];
V1=10;
%
% 解析
%
N=9; A=zeros(N,N); B=zeros(N,1);
IBR=N;
for l=1:K
Node1=DATA2(l,1);
Node2=DATA2(l,2);
R_val =DATA3(l);
A=RES_load(A,Node1,Node2,R_val);
end
[A,B]=VSRC_load(A,B,1,0,IBR,V1);
A=sparse(A);
B=sparse(B);
X=A\B; % X=inv(A)*B; ソルバー
A,B,X
```

モデルパラメータ

モデル

2014/5/26

MatLabを用いた回路シミュレータの開発



① for文とswitch文によるモデル化 / 8

TOKYO TECH
Pursuing Excellence

```
% example05
fprintf(1,'example05\n');
DATA={ 'resistor','R11','N1','N2',10.0; 'resistor','R12','N2','N3',10.0; 'resistor','R13','N1','N4',20.0; 'resistor','R14','N2','N5',20.0;
        'resistor','R15','N3','N6',20.0; 'resistor','R16','N4','N5',10.0; 'resistor','R17','N5','N6',10.0; 'resistor','R18','N4','N7',20.0;
        'resistor','R19','N5','N8',20.0; 'resistor','R20','N6','0',20.0; 'resistor','R21','N7','N8',10.0; 'resistor','R22','N8','0',10.0;
        'vsource','V1','N1','0',10.0};
K=length(DATA);
%
[DATA,JUNODE]=ERRCHK(DATA,K); % エラーチェック
[NN,N]=SETUP(DATA,K,JUNODE); % セットアップ
%
% 解析
%
A=zeros(N,N); B=zeros(N,1);
IBR=NN;
for i=1:K
    switch DATA{i,1}
        case 'resistor'
            N1=DATA{i,3}; N2=DATA{i,4}; RV=DATA{i,5};
            A=RES_load(A,N1,N2,RV);
        case 'vsource'
            IBR=IBR+1;
            N1=DATA{i,3}; N2=DATA{i,4};
            EV=DATA{i,5};
            [A,B]=VSRC_load(A,B,N1,N2,IBR,EV);
    end
end
X=A\B; % X=inv(A)*B; ソルバー
A,B,X
```

モデルパラメータ

```
function [DATA,JUNODE]=ERRCHK(DATA,K)
JUNODE=[];
for i=1:K
    JUNODE=PUTNOD(JUNODE,DATA{i,3});
    JUNODE=PUTNOD(JUNODE,DATA{i,4});
end
for i=1:K
    DATA{i,3}=GETNOD(JUNODE,DATA{i,3});
    DATA{i,4}=GETNOD(JUNODE,DATA{i,4});
end
end

function [NN,N]=SETUP(DATA,K,JUNODE)
L_COUNT=0;
V_COUNT=0;
for i=1:K
    if strcmp('inductor',DATA{i,1}) == 1 L_COUNT=L_COUNT+1; end
    if strcmp('vsource',DATA{i,1}) == 1 V_COUNT=V_COUNT+1; end
end
NN=length(JUNODE)-1;
JN=L_COUNT+V_COUNT;
N=NN+JN;
end
```

外部節点→内部節点
内部節点→LOAD節点
独立電圧源、インダクタの数をカウント

2014/5/26

MatLabを用いた回路シミュレータの開発



② 抵抗回路網の汎用回路シミュレータ化 / 9

TOKYO TECH
Pursuing Excellence

```
% example06
fprintf(1,'example06\n\n');
[DATA,K]=SPICE_ReadIn('SPICE_exp.txt');
%[Data,K]=SPECTRE_ReadIn('SPECTRE_exp.txt');
%
[DATA,JUNODE]=ERRCHK(DATA,K); % エラーチェック
[NN,N]=SETUP(DATA,K,JUNODE); % セットアップ
%
% 解析
%
A=zeros(N,N); B=zeros(N,1);
IBR=NN;
[A,B]=LOAD(DATA,K,A,B,IBR);
X=A\B; % X=inv(A)*B;ソルバー
```

モデルパラメータ

```
function [DATA,y]=SPICE_ReadIn(filename)
fid=fopen(filename);
DATA=[];
y=0;
tline=fgets(fid);
while ischar(tline)
    tline=fgets(fid);
    if strcmp(tline,'R',1) == 1 y=y+1; DATA=INP2R(DATA,tline); end
    if strcmp(tline,'V',1) == 1 y=y+1; DATA=INP2V(DATA,tline); end
end
fclose(fid);
end

function DATA =INP2R(DATA, tline)
[Rname,tline] = strtok(tline);
[nnam1,tline] = strtok(tline);
[nnam2,tline] = strtok(tline);
[R_val,tline] = strtok(tline);
node1=str2num(nnam1);
node2=str2num(nnam2);
RVAL=str2double(R_val);
DATA = [DATA; {'resistor',Rname,node1,node2,RVAL}];
end

function DATA =INP2V(DATA,tline)
[Vname,tline] = strtok(tline);
[nnam1,tline] = strtok(tline);
[nnam2,tline] = strtok(tline);
[V_val,tline] = strtok(tline);
node1=str2num(nnam1);
node2=str2num(nnam2);
VVAL=str2double(V_val);
DATA = [DATA; {'vsource',Vname,node1,node2,VVAL}];
end
```

抵抗モデルパラメータ
独立電圧源モデルパラメータ

```
function [A,B]=LOAD(DATA,K,A,B,IBR)
for i=1:K
    switch DATA{i,1}
        case 'resistor'
            N1=DATA{i,3}; N2=DATA{i,4}; RV=DATA{i,5};
            A=RES_load(A,N1,N2,RV);
        case 'vsource'
            IBR=IBR+1;
            N1=DATA{i,3}; N2=DATA{i,4}; EV=DATA{i,5};
            [A,B]=VSRC_load(A,B,N1,N2,IBR,EV);
    end
end
end
```

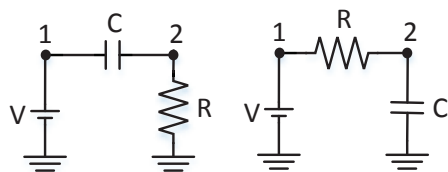
2014/5/26

MatLabを用いた回路シミュレータの開発



4. 3 抵抗、容量、インダクタによる回路

10

TOKYO TECH
Pursuing Excellence

(a)

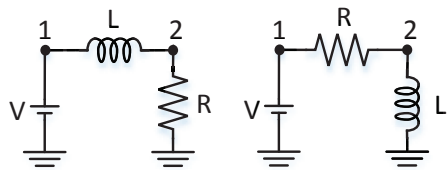
(b)

```
CR circuit
C1 N1 N2 1.0E-12
R1 N2 0 10.0
V1 N1 0 10.0
.TRAN 1E-12 5E-11
.END
```

(a)

```
RC circuit
R1 N1 N2 10.0
C1 N2 0 1.0E-12
V1 N1 0 10.0
.TRAN 1E-12 5E-11
.END
```

(b)



(c)

(d)

```
LR circuit
L1 N1 N2 1.0E-9
R1 N2 0 10.0
V1 N1 0 10.0
.TRAN 1E-11 5E-10
.END
```

(c)

```
RL circuit
R1 N1 N2 10.0
L1 N2 0 1.0E-9
V1 N1 0 10.0
.TRAN 1E-11 5E-10
.END
```

(d)

R=10Ω、C=1pF、L=1nH、V=10V、
V0をGNDに接続したとする。

図4 抵抗、容量、インダクタの回路

2014/5/26

MatLabを用いた回路シミュレータの開発



① 過渡解析

11

TOKYO TECH
Pursuing Excellence

```
% example07
fprintf(1,'example07\n');
[DATA,K,ANAL]=
    SPICE_ReadIn('SPICE_exp07_2.txt');
%
% エラーチェック
[DATA,JUNODE]=ERRCHK(DATA,K);
% セットアップ
[NN,N]=SETUP(DATA,K,JUNODE);
%
% TRAN解析
%
TSTEP=ANAL{1,2};
TSTOP=ANAL{1,3};
A=zeros(N,N); B=zeros(N,1);
X0=zeros(N,1);
IBR=NN; XX=[]; YY=[];
%
for t=0.0:TSTEP:TSTOP
    [A,B]=LOAD(DATA,K,A,B,X0,IBR,TSTEP);
    X=A\B; % X=inv(A)*B;より、正確で速い。
    A=zeros(N,N); B=zeros(N,1); X0=X;ソルバー
    IBR=NN; XX=[XX,t]; YY=[YY,X];
end
plot(XX,YY(1,:),'-',XX,YY(2,:),'-');
```

```
function [A,B] = LOAD(DATA,K,A,B,X0,IBR,H)
for i=1:K
    switch DATA{i,1}
        case 'resistor'
            NP=DATA{i,3}; NN=DATA{i,4}; RES=DATA{i,5};
            A= RES_load(A,NP,NN,RES);
        case 'capacitor'
            NP=DATA{i,3}; NN=DATA{i,4}; CAP=DATA{i,5};
            [A,B]= CAP_load(A,B,X0,NP,NN,CAP,H);
        case 'inductor'
            IBR=IBR+1;
            NP=DATA{i,3}; NN=DATA{i,4}; IND=DATA{i,5};
            [A,B]= IND_load(A,B,X0,NP,NN,IBR,IND,H);
        case 'vsource'
            IBR=IBR+1;
            NP=DATA{i,3}; NN=DATA{i,4}; VOL=DATA{i,5};
            [A,B]= VSRC_load(A,B,NP,NN,IBR,VOL);
    end
end
end
```

2014/5/26

MatLabを用いた回路シミュレータの開発



抵抗素子と容量素子の比較

12

TOKYO TECH
Pursuing Excellence

抵抗素子

$$\begin{bmatrix} G_0 & -G_0 \\ -G_0 & G_0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_{N+} \\ V_{N-} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

```
function A=RES_load(A,NP,NN,RES)
G=1.0/RES;
if NP ~= 0
    A(NP,NP)=A(NP,NP)+G;
end;
if NN ~= 0
    A(NN,NN)=A(NN,NN)+G;
end;
if NP ~= 0 && NN ~= 0
    A(NP,NN)=A(NP,NN)-G;
    A(NN,NP)=A(NN,NP)-G;
end;
end
```

容量素子

$$\begin{bmatrix} G_0 & -G_0 \\ -G_0 & G_0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_{N+} \\ V_{N-} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_0 \\ -I_0 \end{bmatrix}$$

```
function A=CAP_load(A,B,X,NP,NN,CAP,H)
GO=CAP/H; IO=GO*(X(NP)-X(NN));
if NP ~= 0
    A(NP,NP)=A(NP,NP)+GO;
    B(NP,1)=B(NP,1)+IO;
end;
if NN ~= 0
    A(NN,NN)=A(NN,NN)+GO;
    B(NN,1)=B(NN,1)-IO;
end;
if NP ~= 0 && NN ~= 0
    A(NP,NN)=A(NP,NN)-GO;
    A(NN,NP)=A(NN,NP)-GO;
end;
end
```

2014/5/26

MatLabを用いた回路シミュレータの開発



独立電圧源素子とインダクタ素子の比較

13

TOKYO TECH
Pursuing Excellence

独立電圧源素子

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -1 \\ 1 & -1 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_{N+} \\ V_{N-} \\ I_E \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ E \end{bmatrix}$$

```
function [A,B]=VSRC_load(A,B,NP,NN,IBR,E)
if NP ~= 0
    A(NP,IBR)=A(NP,IBR)+1.0;
    A(IBR,NP)=A(IBR,NP)+1.0;
end;
if NN ~= 0
    A(NN,IBR)=A(NN,IBR)-1.0;
    A(IBR,NN)=A(IBR,NN)-1.0;
end;
B(IBR,1)=B(IBR,1)+E;
end
```

インダクタ素子

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -1 \\ 1 & -1 & -R_0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_{N+} \\ V_{N-} \\ I_L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -V_0 \end{bmatrix}$$

```
function [A,B]=IND_load(A,B,X,NP,NN,IBR,IND)
R0=IND/H; V0=R0*X(IBR);
if NP ~= 0
    A(NP,IBR)=A(NP,IBR)+1.0;
    A(IBR,NP)=A(IBR,NP)+1.0;
end;
if NN ~= 0
    A(NN,IBR)=A(NN,IBR)-1.0;
    A(IBR,NN)=A(IBR,NN)-1.0;
end;
A(IBR,IBR)=A(IBR,IBR)-R0;
B(IBR,1)=B(IBR,1)-V0;
end
```

2014/5/26

MatLabを用いた回路シミュレータの開発



② AC解析

14

TOKYO TECH
Pursuing Excellence

```

% example08
fprintf(1,'example08\n');
[DATA,K,ANAL]=
    SPICE_ReadIn('SPICE_exp08_1.txt');
%
% エラーチェック
[DATA,JUNODE]=ERRCHK(DATA,K);
% セットアップ
[NN,N]=SETUP(DATA,K,JUNODE);
%
% AC解析
%
% AC解析条件
AANAL = ANAL{1,1};
TYPE = ANAL{1,2}; NUM1 = ANAL{1,3};
FSTART = ANAL{1,4}; FSTOP = ANAL{1,5};
if TYPE == 'DEC'
    FINCR=exp(log(10)*NUM1);
    FSTEP=(FSTOP/FSTART)/FINCR;
end
if TYPE == 'OCT'
    FINCR=exp(log(2)*NUM1);
    FSTEP=(FSTOP/FSTART)/FINCR;
end
%
A=zeros(N,N); B=zeros(N,1);
X0=zeros(N,1);
IBR=NN; XX=[]; YY=[];
for f=FSTART:FSTEP:FSTOP
    [A,B]=ACLOAD(DATA,K,A,B,IBR,f);
    X=A\B; % X=inv(A)*B;より、正確で速い。
    A=zeros(N,N); B=zeros(N,1); X0=X;
    IBR=NN; XX=[XX,f]; YY=[YY,X];
end
semilogx(XX,YY(1,:),'-',XX,YY(2,:),'-');

```

```

function [A,B]=ACLOAD(DATA,K,A,B,IBR,f) ACモデル
for i=1:K
    switch DATA{i,1}
    case 'resistor'
        Pnode=DATA{i,3}; Nnode=DATA{i,4};
        RES=DATA{i,5}; 抵抗モデル
        A=RES_load(A,Pnode,Nnode,RES);
    case 'capacitor'
        Pnode=DATA{i,3}; Nnode=DATA{i,4};
        CAP=DATA{i,5}; 容量ACモデル
        A=CAP_acload(A,Pnode,Nnode,CAP,f);
    case 'inductor'
        IBR=IBR+1;
        Pnode=DATA{i,3}; Nnode=DATA{i,4};
        IND=DATA{i,5}; インダクタACモデル
        A=IND_acload(A,Pnode,Nnode,IBR,IND,f);
    case 'vsource'
        IBR=IBR+1;
        Pnode=DATA{i,3}; Nnode=DATA{i,4};
        VOL=DATA{i,5}; 独立電圧源モデル
        [A,B]=VSRC_load(A,B,Pnode,Nnode,IBR,VOL);
    end
end
end
end

```

2014/5/26

MatLabを用いた回路シミュレータの開発



③ DC解析とAC解析 (1)

15

TOKYO TECH
Pursuing Excellence

```

%
% example09
%
fprintf(1,'example09\n');
%
SPICE 'SPICE_exp07_1.txt'
SPICE 'SPICE_exp07_2.txt'
SPICE 'SPICE_exp07_3.txt'
SPICE 'SPICE_exp07_4.txt'
SPICE 'SPICE_exp08_1.txt'
SPICE 'SPICE_exp08_2.txt'
SPICE 'SPICE_exp08_3.txt'
SPICE 'SPICE_exp08_4.txt'
SPICE 'SPICE_exp09_1.txt'
SPICE 'SPICE_exp09_2.txt'
SPICE 'SPICE_exp09_3.txt'
SPICE 'SPICE_exp09_4.txt'

```

```

function SPICE(filename)
%
% READIN
%
[DATA,K,ANAL]=SPICE_ReadIn(filename);
%
[DATA,JUNODE]=ERRCHK(DATA,K); % エラーチェック
[NN,N]=SETUP(DATA,K,JUNODE); % セットアップ
%
% 解析
%
for i=1:AK
    AKIND= ANAL{1,1};
    if strcmp('.TRAN', AKIND,4) == 1
        DCTRAN(DATA,K,NN,N, ANAL, i); 過渡解析
    elseif strcmp('.AC',AKIND,3) == 1
        ACAN(DATA,K,NN,N,ANAL, i); AC解析
    end
end
end
end

```

2014/5/26

MatLabを用いた回路シミュレータの開発



③ DC解析とAC解析 (2)

```
function DCTRAN(DATA,K, NN,N,ANAL, i)
XX=[]; YY=[];
%
% TRAN解析
%
TSTEP=ANAL{i,2};
TSTOP=ANAL{i,3};
A=zeros(N,N); B=zeros(N,1);
X0=zeros(N,1);
IBR=NN;
for t=0.0:TSTEP:TSTOP
[A,B]=LOAD(DATA,K,A,B,X0,IBR,TSTEP);
X=A\B; % X=inv(A)*B;より、正確で速い。
A=zeros(N,N); B=zeros(N,1);
X0=X; IBR=NN;
XX=[XX,t]; YY=[YY,X];
end
plot(XX,YY(1,:),'-',XX,YY(2,:),'-');
end
```

DC、過渡解析

過渡解析条件

モデル

ソルバー

```
function ACAN(DATA,K,NN,N,ANAL, i)
XX=[]; YY=[];
%
% AC解析
%
TYPE = ANAL{i,2}; NUM1 = ANAL{i,3};
FSTART= ANAL{i,4}; FSTOP = ANAL{i,5};
if TYPE == 'DEC'
FINCR=exp(log(10)*NUM1); end
if TYPE == 'OCT'
FINCR=exp(log(2)*NUM1); end
FSTEP=(FSTOP/FSTART)/FINCR
A=zeros(N,N); B=zeros(N,1);
X0=zeros(N,1);
IBR=NN;
for f=FSTART:FSTEP:FSTOP
[A,B]=ACLOAD(DATA,K,A,B,IBR,f);
X=A\B; % X=inv(A)*B;より、正確で速い。
A=zeros(N,N); B=zeros(N,1);
X0=X; IBR=NN;
XX=[XX,f]; YY=[YY,X];
end
semilogx(XX,YY(1,:),'-',XX,YY(2,:),'-');
end
```

AC解析

AC解析条件

AC解析

ACモデル

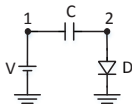
ソルバー

2014/5/26

MatLabを用いた回路シミュレータの開発



5. 非線形回路のプログラミング



C=50pF, RS=10Ω、IS=135pA、
N=1.02, BV=9.03、V=1V、V0を
GNDに接続したとする。

図5 非線形ダイナミック回路

```
DIODE circuit
C1 N1 N2 50.0E-12
D1 N2 0 DMOD
V1 N1 0 10.0
.TRAN 1E-9 1E-6
.END

%
% example10
%
global fwID
fwID=fopen('test.txt','w');
%fwID=1;
fprintf(fwID,'*****\n');
fprintf(fwID,'* example10 *\n');
fprintf(fwID,'*****\n');
%
%SPICE 'SPICE_exp10_0.txt'
%SPICE 'SPICE_exp10_1.txt'
%SPICE 'SPICE_exp10_2.txt'
%SPICE 'SPICE_exp10_3.txt'
%
fclose(fwID);
```

```
function DCTRAN(DATA,K,NN,N)
global fwID
global MODE MODEDC INITF FLAG
global VNAME VSTART VSTOP VSTRT
global TSTEP TSTOP TSTART
XX=[]; YY=[];
X0=zeros(N,1);
switch MODE
case 1 % DC解析
t=0; QC=0; QDO=0; VDO=0;
switch MODEDC
case 1 % DC動作点解析
[X,QC,QDO,VDO]=
ITER8(DATA,K,NN,N,X0,t,TSTEP,VNAME,v,QC,QDO,VDO,ITL);
case 3 % DC伝達曲線の解析
ITL=30;
for v=VSTART:VSTEP:VSTOP
FLAG=0;
[X,QC,QDO,VDO]=
ITER8(DATA,K,NN,N,X0,t,TSTEP,VNAME,v,QC,QDO,VDO,ITL);
X0=X;
XX=[XX,v]; YY=[YY,X];
end
end
case 2 % TRAN解析
v=0; QC=0; QDO=0; VDO=0; ITL=5;
for t=0.0:TSTEP:TSTOP
FLAG=1;
[X,QC,QDO,VDO]=
ITER8(DATA,K,NN,N,X0,t,TSTEP,VNAME,v,QC,QDO,VDO,ITL);
X0=X;
XX=[XX,t]; YY=[YY,X];
end
end
plot(XX,YY(1,:),'-',XX,YY(2,:),'-');
grid on
end
```

DC、過渡解析

DC解析

非線形モデル

非線形モデル

過渡解析

非線形モデル

```
function [X,QC,QDO,VDO]=
ITER8(DATA,K,NN,N,X0,t,TSTEP,VNAME,v,QC,QDO,VDO,ITL)
global fwID
global RELTOL VNTOL
for loop = 1:1:ITL
A=zeros(N,N); B=zeros(N,1); IBR=NN;
[A,B,QC,QDO,VDO]=
LOAD(DATA,K,A,B,X0,IBR,TSTEP,VNAME,v,QC,QDO,VDO,loop);
X=A\B;
noncon=0;
if loop ~= 1
for i=1:NN
Vold=X0(i); Vnew=X(i);
TOL=RELTOL*max(abs(Vold),abs(Vnew))+VNTOL;
if abs(Vold-Vnew) > TOL noncon=noncon+1; end
end
X0=X;
end
end
end
function [A,B,QC,QDO,VDO] =
LOAD(DATA,K,A,B,X0,IBR,H,VNAME,v,QC,QDO,VDO,loop)
global fwID
for i=1:K
switch DATA{i,1}
case 'resistor'
A=RES_load(A,DATA,i);
case 'capacitor'
[A,B,QC]=CAP_load(A,B,X0,DATA,i,QC,H);
case 'inductor'
IBR=IBR+1;
[A,B]=IND_load(A,B,X0,DATA,i,IBR,H);
case 'source'
IBR=IBR+1;
[A,B]=VSRC_load(A,B,DATA,i,IBR,VNAME,v);
case 'diode'
[A,B,QDO,VDO]=
DIO_load(A,B,X0,DATA,i,v,QDO,VDO,loop,H);
end
end
end
```

非線形モデル

線形モデル

線形モデル

抵抗モデル

容量モデル

インダクタモデル

独立電圧源モデル

ダイオードモデル

2014/5/26

MatLabを用いた回路シミュレータの開発

