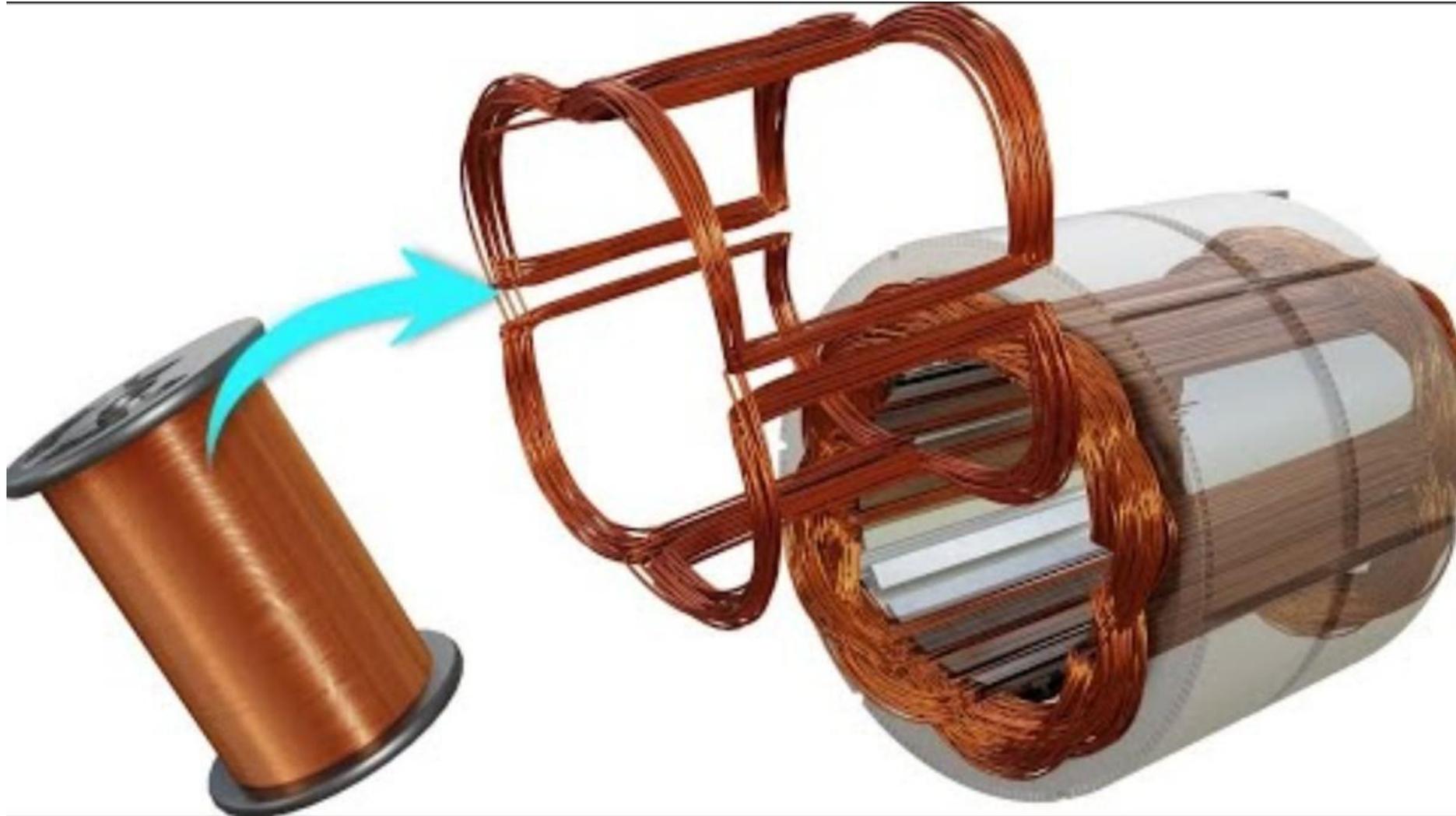


誘導機の復習

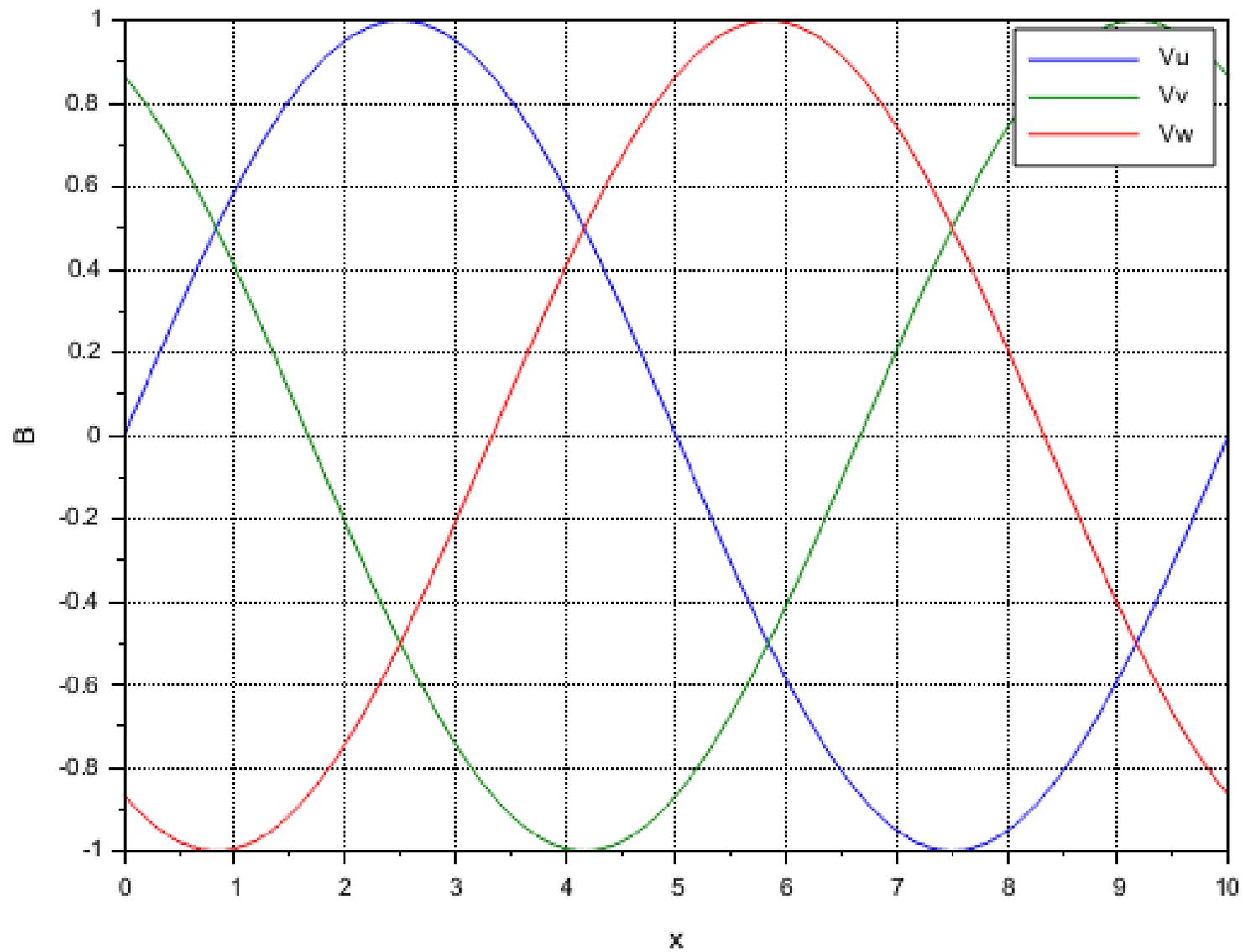


```
1 // 必要なパラメータの設定
2 L = 10; // 波長
3 N = 101; // 1は超を分割するステップ数
4 // 配列
5 x = linspace(0, L, N); // 空間の座標 0,LまでN点の行列作成
6
7 B = sin(2*pi*x/L); // 行列Xの各値に対してSINを計算
8 // グラフの描画
9 plot(x, B, '-'); // 正弦波のプロット
10 title('正弦波', 'x', 'B'); // グラフのタイトルと軸ラベル
11 xgrid(); // グリッドを表示
12 pause(0.1); // アニメーションの表示速度調整
```

13

```
1 // 必要なパラメータの設定
2 L = 10; // 波長
3 N = 101; // 1は超を分割するステップ数
4 // 配列
5 x = linspace(0, L, N); // 空間の座標 0, LまでN点の行列作成
6
7 B1 = sin(2*pi*x/L); // U相
8 B2 = sin(2*pi*x/L + 2/3*pi); // V相は60度位相がずれて逆巻き
9 B3 = sin(2*pi*x/L + 4/3*pi); // W相は120度位相がずれる
10 // グラフの描画
11 plot(x, B1, x, B2, x, B3);
12 hl = legend(['Vu'; 'Vv'; 'Vw']); // 凡例の描画
13 xtitle('正弦波', 'x', 'B'); // グラフのタイトルと軸ラベル
14 xgrid(); // グリッドを表示
15
```

正弦波



進行波を書いてみよう

$$f(x, t) = A \cdot \sin(kx \pm \omega t)$$

進行波の定義

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

波数

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

角振動数

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

波の速さ

$$f(x, t) = A \cdot \sin\left(2\pi \left(\frac{x}{\lambda} \pm \frac{t}{T}\right)\right)$$

波長, 周期を使った進行波の表現

進行波を書いてみよう(アニメ)



moving_wave.sci

```
1 L = 10; //波長
2 N = 101; //正弦波書く分割数
3 x = linspace(0, L, N); //X軸の座標行列
4 T = 2; //一周期時間
5 nt = 100; //時間分割数
6 dt = T / nt; //時間刻み
7 A = 1;
8
9 //グラフの定義
10 h_fig = figure; //グラフを描いた図の構造体
11 h_fig.background = 8; //背景をシロ
12 h_axes = gca(); //軸を描いたデータの構造体
13 h_axes.data_bounds = [0, -1.5; L, 1.5]; //軸の [-x_min -y_min x_max -y_max]
```

```
15 //初回描画
16 t = 0;
17 y = A * sin(2 * %pi * (x / L + t / T)); //
18 plot(x, y);
19 e = gce(); //描画した構造体をeとして定義
20 p1 = e.children(1); //P1をプロットした正弦波のラインとして定義
21 --
22 //アニメーションループ
23 for k = 1 : nt
24     t = k * dt; //時刻t
25     y_new = A * sin(2 * %pi * (x / L + t / T)); // ← 左向き波
26     p1.foreground = color("white"); //前の線 (P1) を白で消す
27 --
28     plot(x, y_new); //新しい波を描画
29     e = gce();
30     p1 = e.children(1); //P1をプロットした正弦波のラインとして定義
31 --
32     sleep(20); //アニメのため残像残す時間
33 end
```

コイルに通電したイメージを理解する

- コイルの作る磁束密度分布は矩形になるので、矩形波をまず描く(フーリエ級数つかう)
- コイルに正弦波を通電した動画を描く(コイル1つが作る磁界を理解する)
- 上で描いたコイルに60度位相がずれた6個のコイルにして、3相を通電してみる
- 30度位相がずれた12個のコイルにして3相を通電してみる

, 矩形波をまず描く(フーリエ級数つかう)



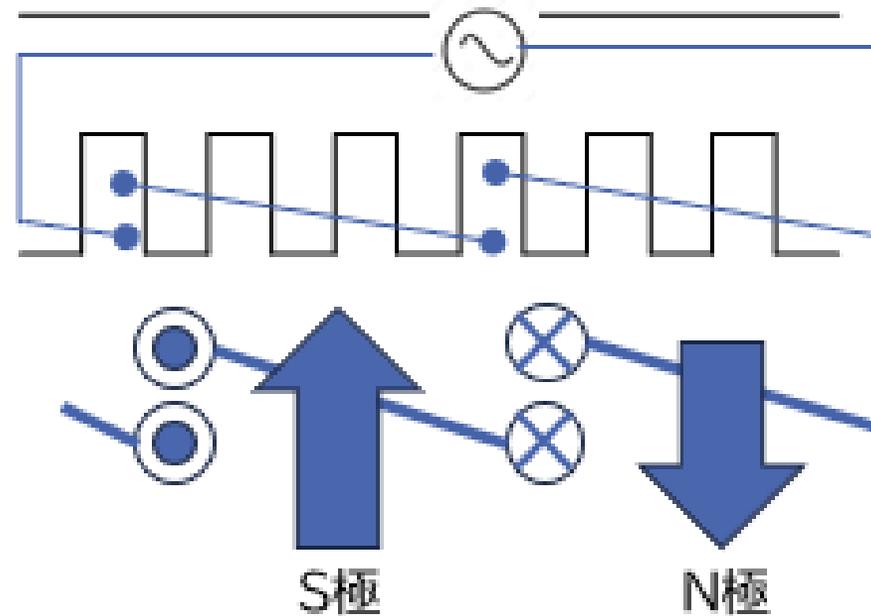
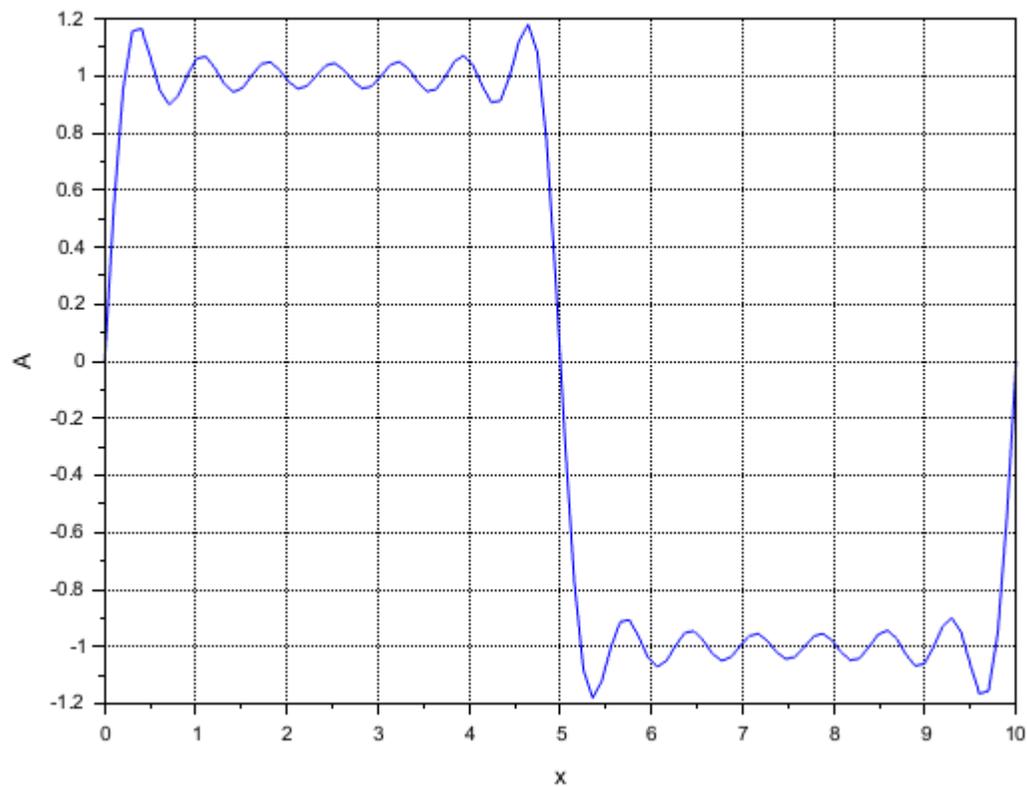
simple_square_wave.sci

```
1 //パラメータ
2 L=-10; N=100
3 x=linspace(0, L, N);
4 harmonics=13;
5
6 //矩形波を作る関数(入力はX軸座標軸ベクトルと位相シフト量, 出力は矩形波)
1 function y=make_rect_wave(x, shift)
2     y=0*x;
3     for n=1:2:harmonics //奇数ステップ 1, 3, 5
4         y=y+(1/n)*sin(2*pi*n*(x+shift)/L);
5     end
6     y=4/pi*y;
7 endfunction
14
15 //相Aの波形(シフトなし)
16 B=make_rect_wave(x, 0); //←shift=0にする
17
18 //プロット
19 clf;
20 plot(x, B, '-');
21 xtitle('矩形波のフーリエ近似', 'x', 'A');
22 xgrid();
∞
```

$$f(t) = \frac{4}{\pi} \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{1}{n} \sin\left(\frac{2\pi nt}{T}\right)$$

1つコイルにDCで通電した磁束波形はおよそこんな感じ

矩形波のフーリエ近似



1つコイルにACで通電した磁束波形を動画で



square_with_AC.sci

```
1 //パラメータ
2 L = 10; N = 100;
3 x = linspace(0, L, N);
4 harmonics = 13;
5 T = 5; //一周時間
6 nt = 100; //時間分割数
7 dt = T/nt; //時間刻み
8
9 //Draw initial figure
10 h_fig = figure;
11 h_fig.background = 8;
12 h_axes = gca();
13 h_axes.data_bounds = [0, -1.5; L, +1.5]; //座標軸の最大最小を固定
14
15
16 //矩形波を作る関数(入力はX軸座標軸ベクトルと位相シフト量, 出力は矩形波)
17 function y = make_rect_wave(x, shift)
18     y = 0*x;
19     for n = 1:2:harmonics //奇数ステップ 1, 3, 5
20         y = y + (1/n) * sin(2*pi*n*(x + shift)/L);
21     end
22     y = 4/pi * y;
23 endfunction
24
```

```
25 //Animation-Loop (3)
26 for t = 1:Tcycle/nt:T
27     B = make_rect_wave(x, 0); //←shift 0にする
28     amp = sin(2*pi*t/Tcycle) //振幅を時間依存にする
29     plot(x, amp.*B);
30     sleep(50);
31     e = gce(); p1 = e.children(1); //白色で書いて消す
32     p1.foreground = color("white"); //白色で書いて消す
33 end
34
```

3相コイルに通電して正弦波進行磁界を作る

2極6スロットのモータ

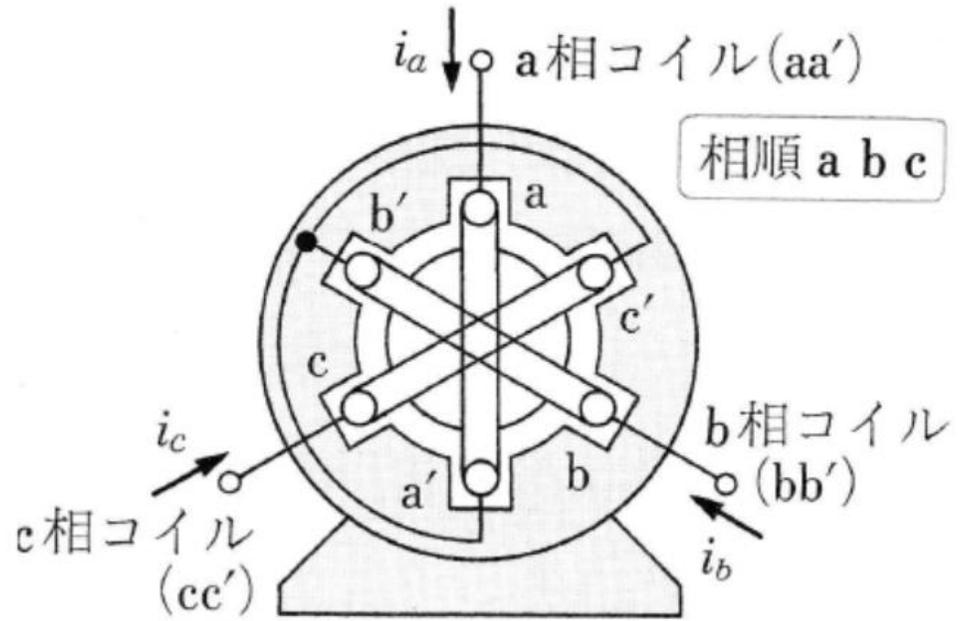
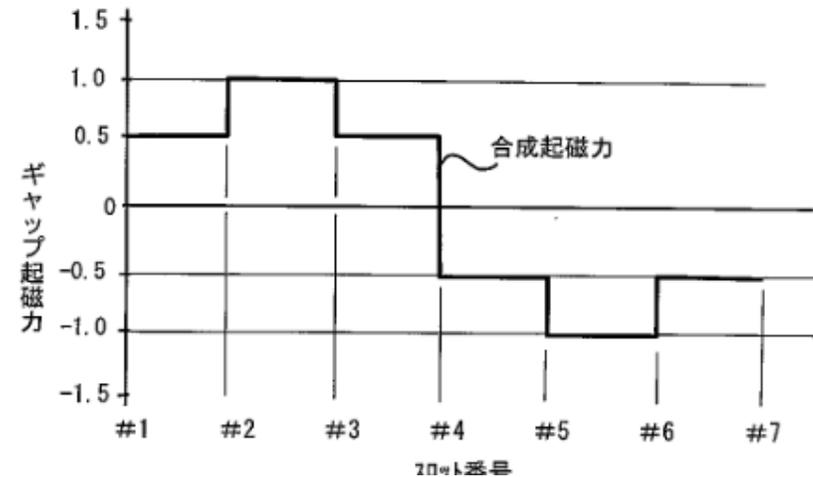
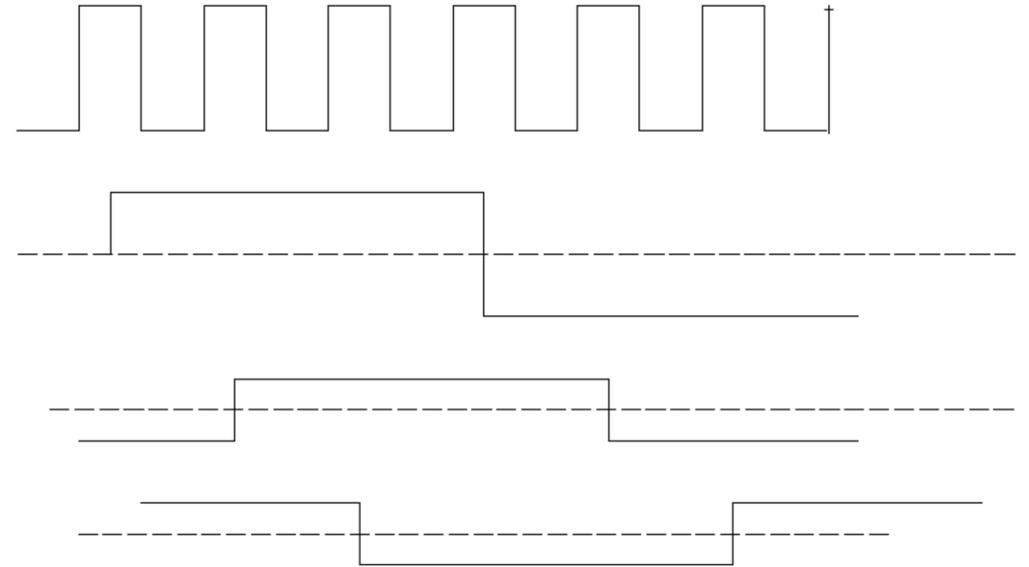
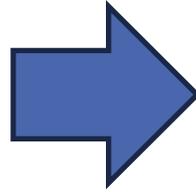


図7 回転磁界をつくる固定子巻線



3相コイル2極6スロットに通電して進行磁界を作る

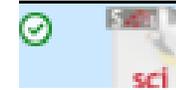


3phase_square_with_AC.sci

```
1 //パラメータ
2 L = 10; N = 100
3 x = linspace(0, L, N);
4 harmonics = 13;
5 T=10
6 nt = 100; //時間分割数
7 dt = T / nt; //時間刻み
8
9 //Draw initial figure---
10 h_fig = figure;
11 h_fig.background = -8;
12 h_axes = gca();
13 h_axes.data_bounds = [0, -1.5; L, +1.5]; //座標軸の最大最小を固定
14
15
16 //矩形波を作る関数(入力はX軸座標軸ベクトルと位相シフト量, 出力は矩形波)
17 function y = make_rect_wave(x, shift)
18     y = 0*x;
19     for n = 1:2:harmonics //奇数ステップ 1, 3, 5
20         y = y + (1/n) * sin(2*pi*n*(x + shift)/L);
21     end
22     y = 4/pi * y;
23 endfunction
```

```
25 //Animation Loop---(3)
26 for t=1:dt:T
27     U1 = make_rect_wave(x, 0); //←shift 0にする
28
29     V1 = make_rect_wave(x, 1/6*L); //←shift 60度にする
30
31     W1 = make_rect_wave(x, 2/6*L); //←shift 120度にする
32
33     amp1=sin(2*pi*t/Tcycle); //振幅を時間依存にする
34     amp2=sin(2*pi*(t/Tcycle-2/3)); //振幅を時間依存にする
35     amp3=sin(2*pi*(t/Tcycle-4/3)); //振幅を時間依存にする
36     plot(x, amp1.*U1+amp2.*V1+amp3.*W1);
37     sleep(50);
38     e=gce(); p1=e.children(1); //白色で書いて消す
39     p1.foreground=color("white"); //白色で書いて消す
40 end
```

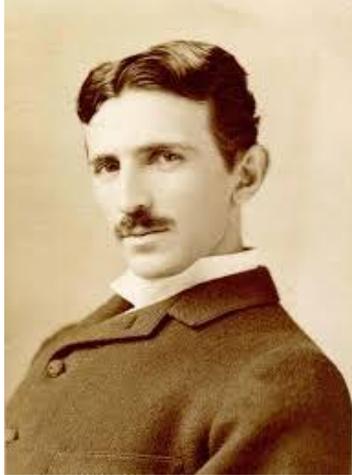
3相2極12コイルではどうなるか (毎極毎相スロット数2と言います)



3phase_square_with_AC_q2.sci

```
// Animation Loop --- (3)
for t=1:dt:T
    U1 = make_rect_wave(x, 0); // ← shift 0にする
    U2 = make_rect_wave(x, 30); // ← shift 30度にする
    U3 = make_rect_wave(x, 60); // ← shift 60度にする
    U4 = make_rect_wave(x, 90); // ← shift 90度にする
    U5 = make_rect_wave(x, 120); // ← shift 120度にする
    U6 = make_rect_wave(x, 150); // ← shift 150度にする
    amp1=sin(2*pi*t/Tcycle); // 振幅を時間依存にする
    amp2=sin(2*pi*(t/Tcycle-2/3)); // 振幅を時間依存にする
    amp3=sin(2*pi*(t/Tcycle-4/3)); // 振幅を時間依存にする
    plot(x, amp1.*U1+amp1.*U2-amp2.*V1-amp2.*V2+amp3.*W1+amp3.*W2);
    sleep(50);
    e=gce(); p1=e.children(1); // 白色で書いて消す
    p1.foreground=color("white"); // 白色で書いて消す
end
```

- 電流の相の順番を入れ替えたらどうなるでしょう
- amp1 amp2 amp3 \Rightarrow amp1 amp3 amp3



ニコラ・テスラ

(セルビア：1856-1943)

GEフランスで1882年、誘導モーター（交流電動機）を発明するも認められず
1884年にアメリカに渡りエジソン（直流）のもとで働くが、交流vs直流で
エジソンと反目し1年後に独立、
WH（ウエスチングハウス）の下で交流発電を実用化