

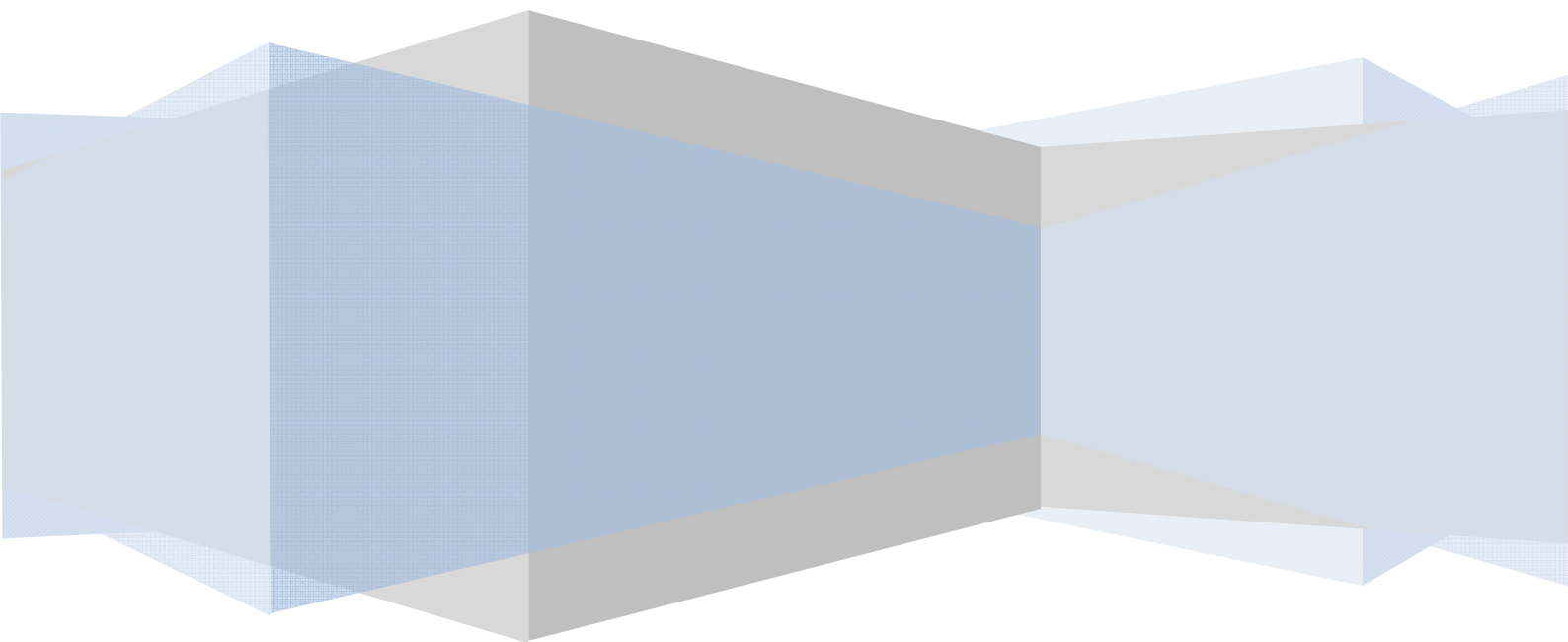
2012 年度「かわさきロボットサロン」

# ロボット設計講座

～ かわロボ道場 ～

## 第1回

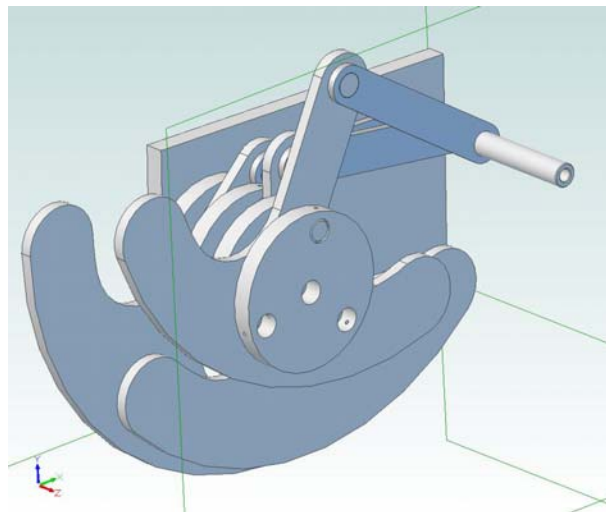
「振動しない脚構造を設計する」



## 1. 「振動」があると何故いけないのか？

不整地を走行する脚構造を有したロボットを作る訳ですから、「上下にガタガタ揺れて歩行する」のが良くないというのは当たり前前の事だと、比較的簡単に理解できると思います。

では、上下の振動がある事で、具体的にはどのような影響があるのでしょうか？実際の設計を学習する前に少し整理して理解しておきましょう。

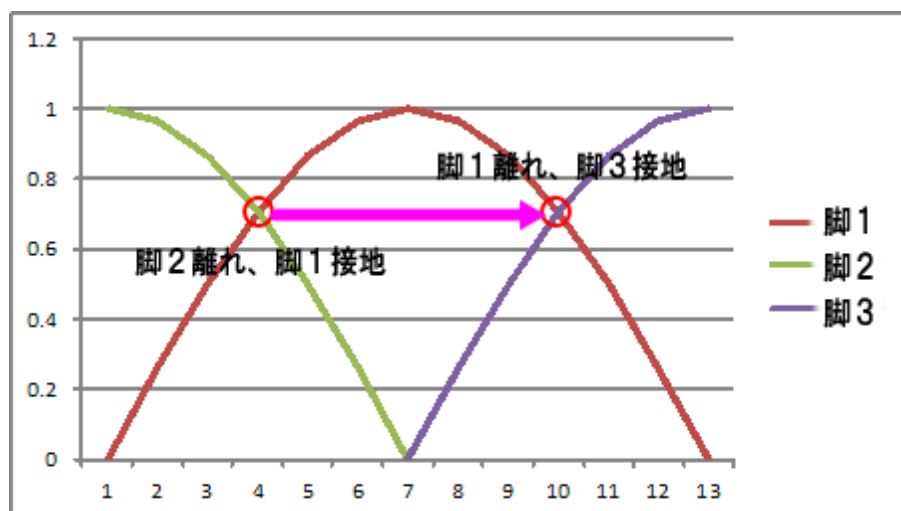


画像は、3D-CADを利用して設計した、3つの脚パーツを持ったリンク機構です。1回転を均等に分割し、回転の間、常にどれかの脚パーツが地面に接している様に設計しています。

リンク機構の場合、この分割された角度が位相と表現され、脚パーツ毎の分割は  $360\text{度} / 3 = 120\text{度}$  となり、位相差は  $120\text{度}$  となります。バトルロボットの設計では、最もポピュラーな

構造と言えるでしょう。

では、この脚部の動作軌跡について、簡単にグラフ化して考えてみます。



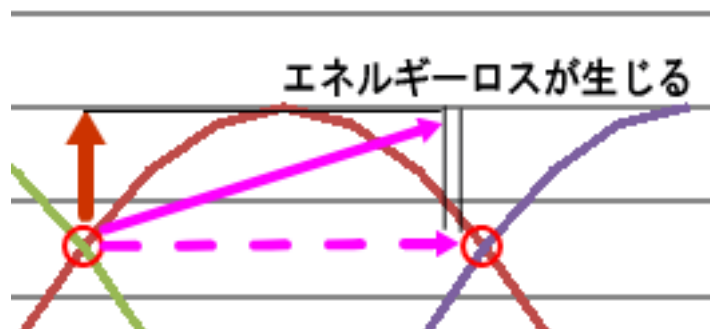
少々極端ですが、縦軸に脚パーツの先端軌跡を描いたものとします。グラフの場合、床面への接地から離れる迄の間は真横に線が描かれるのが理想的な状態であり、円弧を描いている分だけ上下に移動＝振動していると言う事になります。

最近の傾向として、脚部はより高速に回転させるのが好まれる方向にありますが、運動エネルギーは

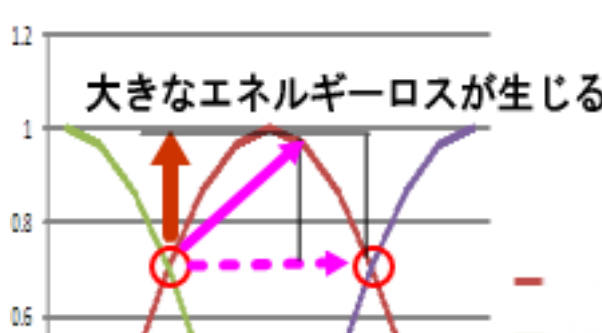
## 単位時間あたりの移動量

に比例して大きくなります。微細な上下振動でも、高速で脚部を回転させればさせる程、上下方向に大きな運動エネルギーが発生する事になり、激しい振動の原因や、床面に脚部が接地できず、その場で足を滑らせて効率よく進めないといった現象の原因となります。

上下に振動する分だけ運動エネルギーのロスが生じる訳  
 ですから、ベクトルで描くと



となります。「なんだ、たいした損失じゃないさ」と思いました  
 か？それでは、この上下の移動量をそのままに  
 して、接地から床面を離れる迄の時間を半分にしましょう。



作図の結果から、振動で発生する運動エネルギー分が時間の  
 短縮割合に比例して大きくなり、損失分が大きなものになって  
 いるのが分かります。この状態では、ロボットは上下に大きく跳  
 ねる様な挙動を示し、足先にゴム等の弾力性のある部品を付  
 け衝撃を吸収しようとしても、生じたエネルギーに対する床から  
 の反力によって、しっかりと床面にグリップした歩行はできそう  
 にありません。

## 2. スライダーリンク式の脚パーツを設計する(1)

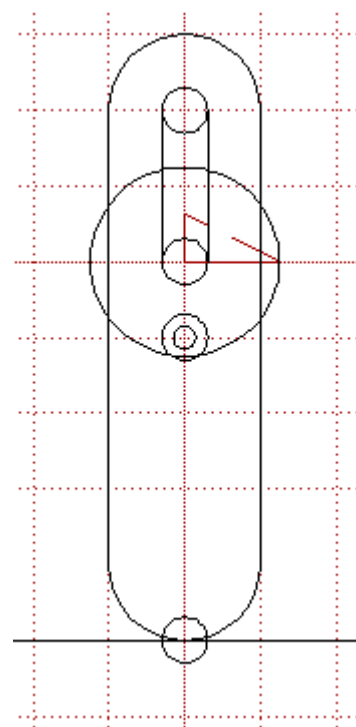
それでは、実際に順番を追いかけてながら作図してみましょう。  
最初が一番簡単な方式の、直線スライダーリンク方式で検討したいと思います。

右図の様なパーツを用意します。

中央やや上の丸い部分が回転部になっており、約10mmのオフセットを持った軸で脚パーツと連結されています。

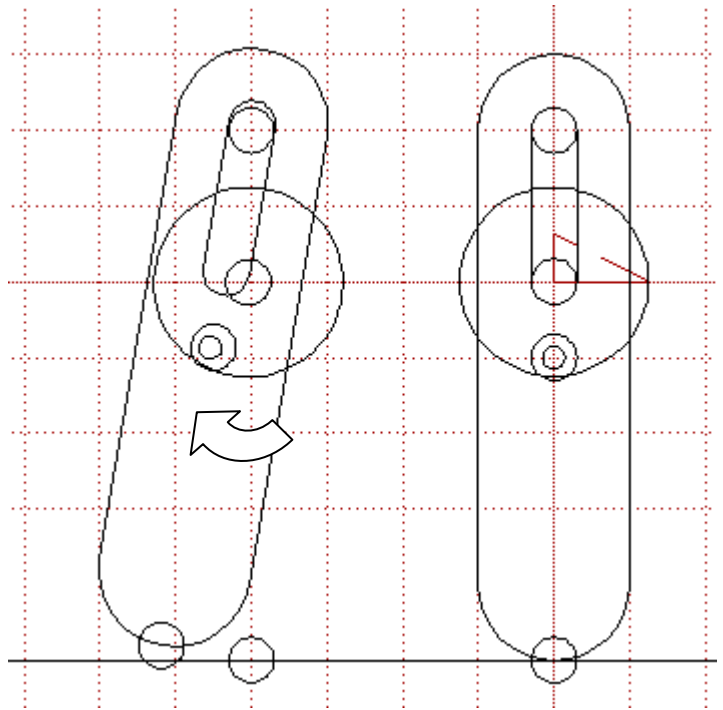
上部にはストローク20mmの長溝が切られており、回転によって生じる角度変化にスライドしながら追従する様になっています。

基本的には、これを位相差120度で3つ連結する事にしますので、描画の範囲は図に示された姿勢を基も床面に近い位置の基準として、前後120度の範囲のみを考えます。このタイプの直線スライダーリンクの場合、左右の角度変化による姿勢の変化は対称になり同じなので、片側60度の範囲のみを考え、後で軸対象に複写します。

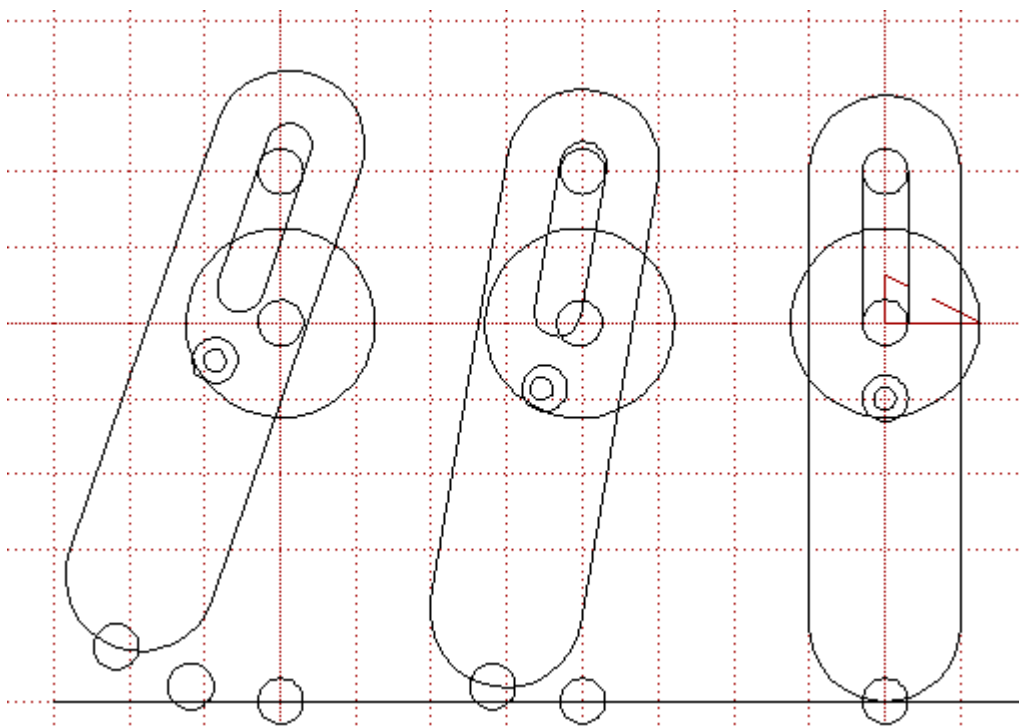


基準姿勢の次は回転軸を30度回転させ、脚パーツを追従させます。

基準姿勢の先端部分にマークを付けておき、(図の場合は○を描きました)、マークも複写しながら追従させます。



30度の場合を描いたら、更に+30度(基準から60度)の場合も同様に描きます。

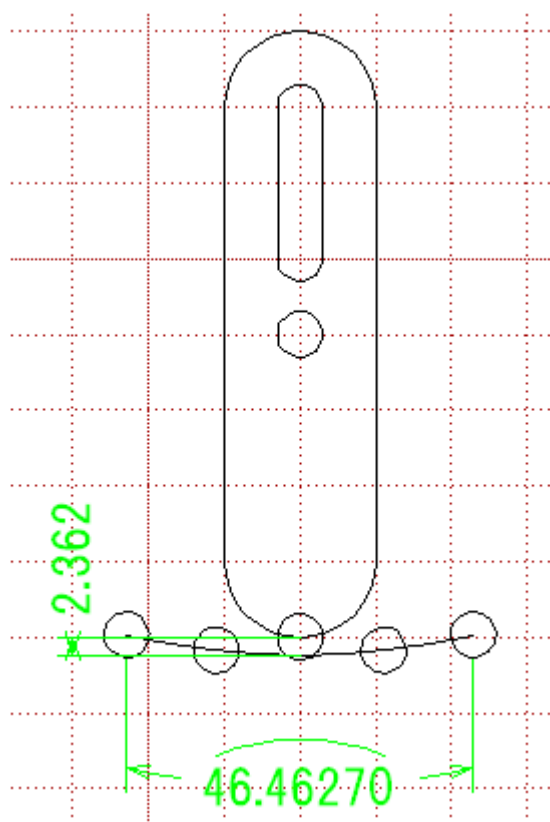


3か所の先端マークを描く事が出来たら、脚パーツを基準に軸対照になる様に、マークを複写します。

最後に複写されたマークを最も多く通過する円弧を描きます。

この円弧を持った脚パーツを設計すると、振動の非常に少ない脚部を作る事ができる様になります。

ただし、今回参考に描いたパーツだと、残念ながら振動ゼロにはなっていませんでした。



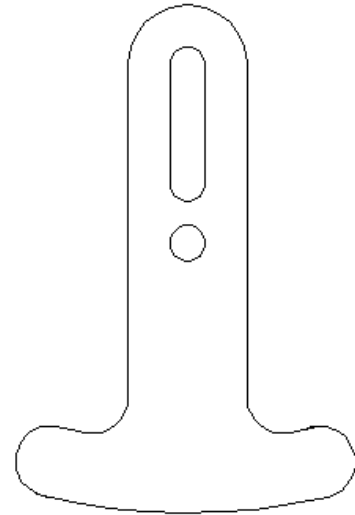
歩幅約46ミリメートルに対して、上下振動幅が約2ミリメートル、5%の振動成分を持っています。

回転軸やスライド部分、パーツの全長による分等、いくつかの要素が関係しています。

製作したいロボットのサイズ、歩幅等を加味しながら、色々なパターンを試してみましょう。

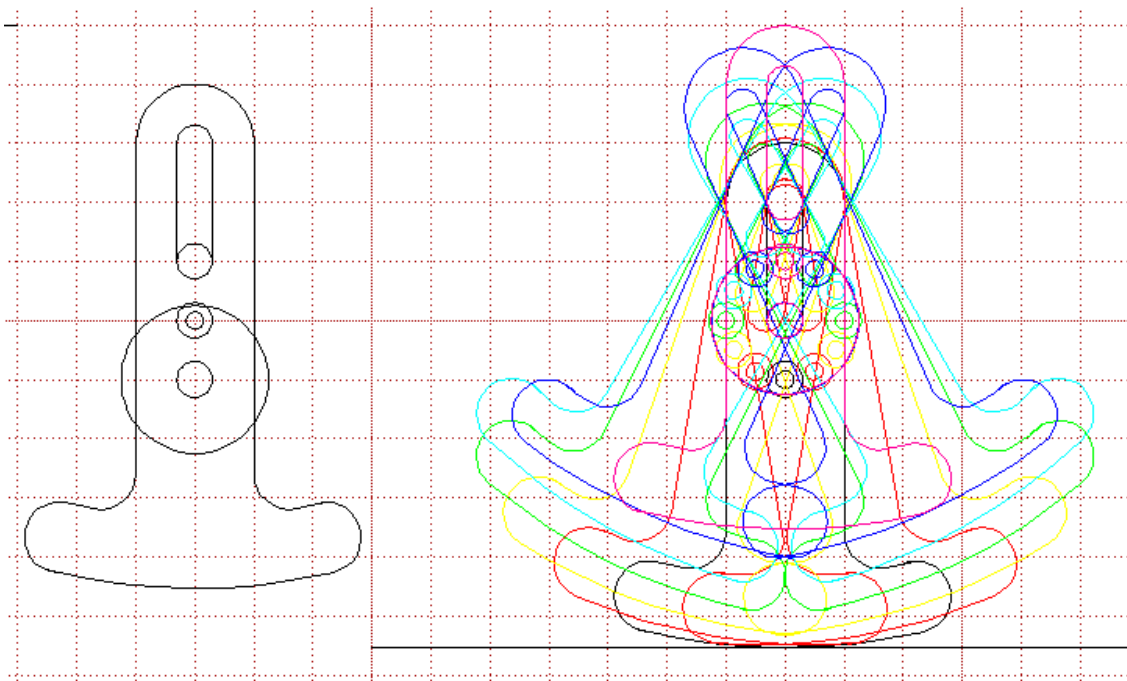
右図は、描かれた円弧を基にして

脚接地部分を追加したパーツです



その他の機構部と組み合わせて、

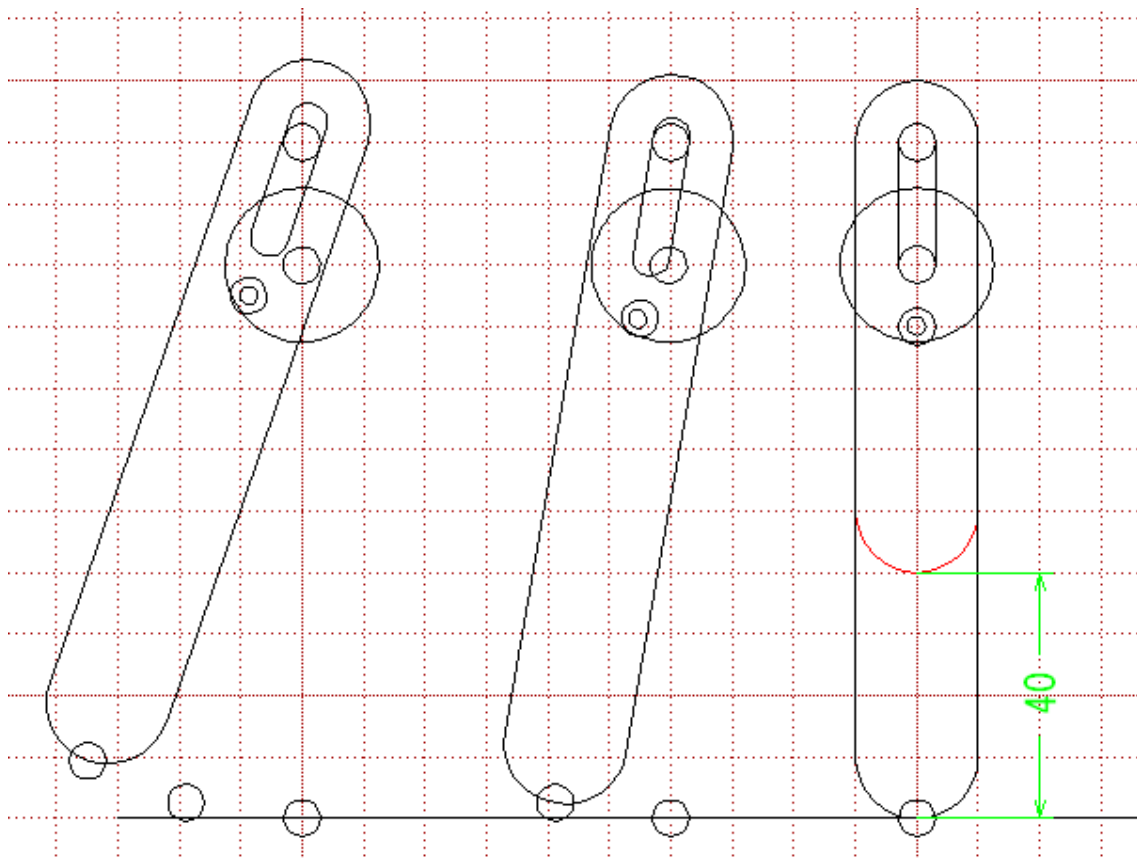
一回転させた時の軌跡を描いてみます。





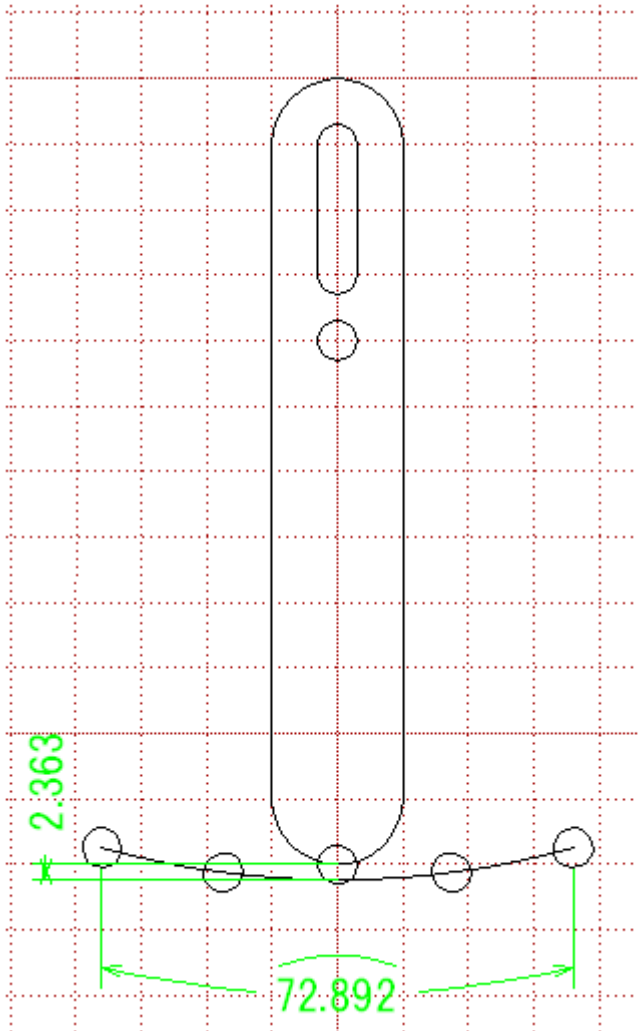
直線スライダーリンクで、脚パーツの回転軸から先を延ばして

みたらどうなるでしょうか？



先ほどのパーツの足先を、当初の倍、40ミリメートル延長して

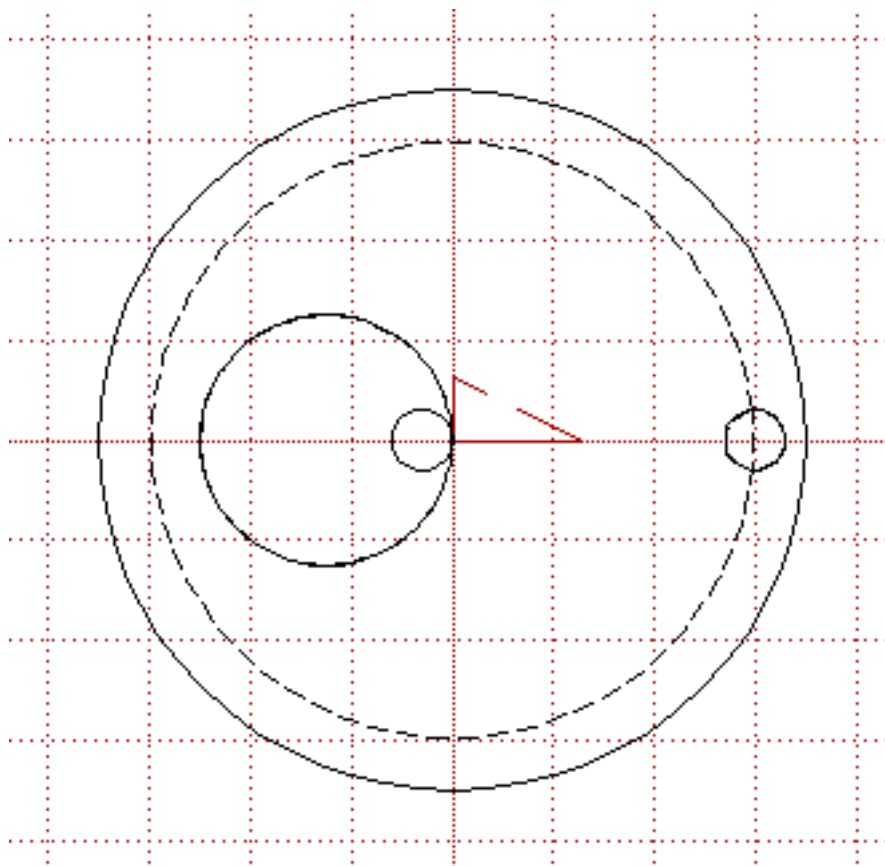
同様に描いてみましょう。



結果は左の図を参照下さい。

上下振動幅について、今回の描画ではほとんど変化しませんでした。一歩あたりの歩幅が大きく伸びた為、振動成分はおよそ3%にまで減少しています。

次に、最近見かける様になってきた、円弧状にスライドするリンク機構について説明したいと思います。



最初に図の様な、基準図形を描きます。中央から多少横にずれた丸が回転部分になります。ポイントは、回転部分の回転軸と脚パーツの基になる外側の丸の中心をずらして描く事です。

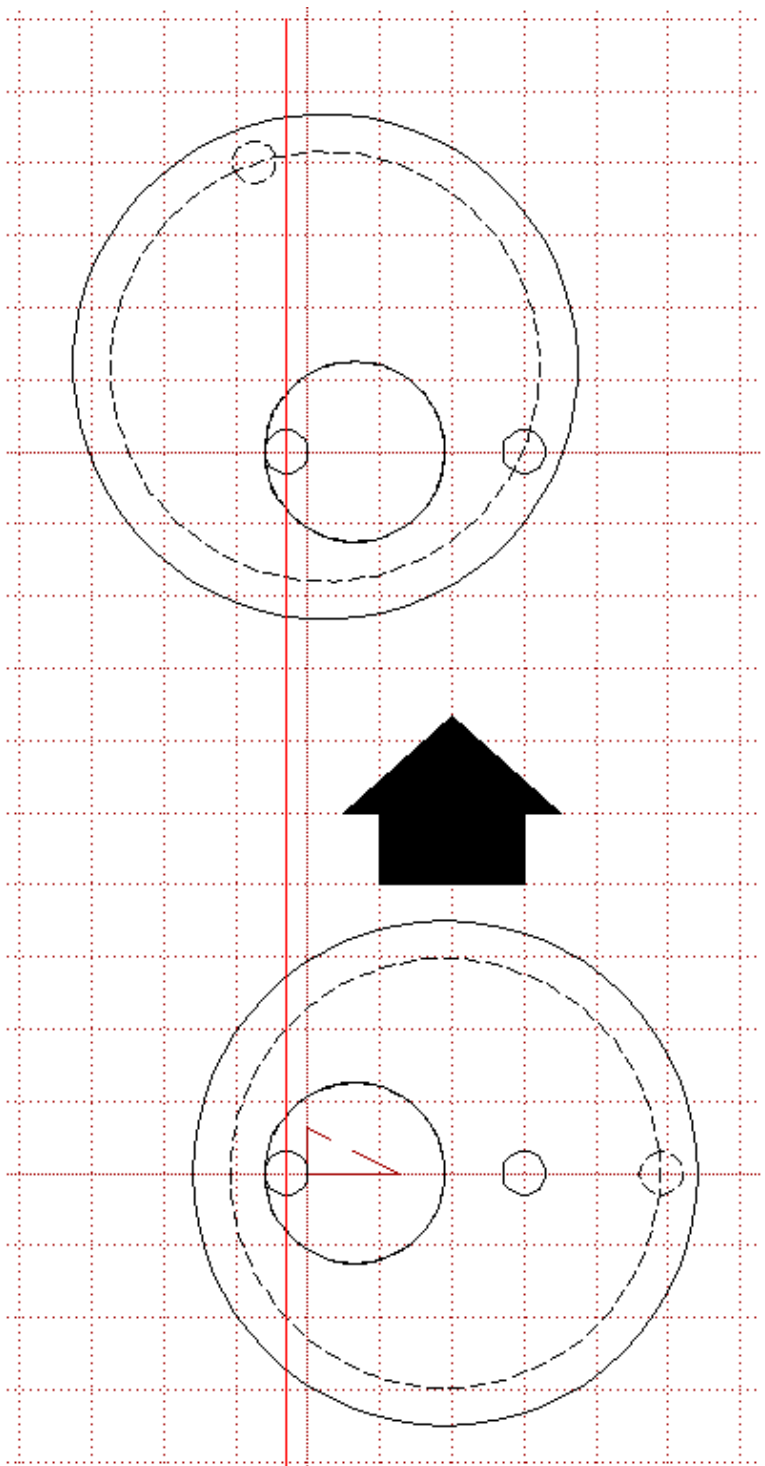
右側の小丸はリンクを支持するシャフトを示しています。

図は、支持シャフトから「一番遠い位置」を示していますので、次に「一番近い位置」を描きます。

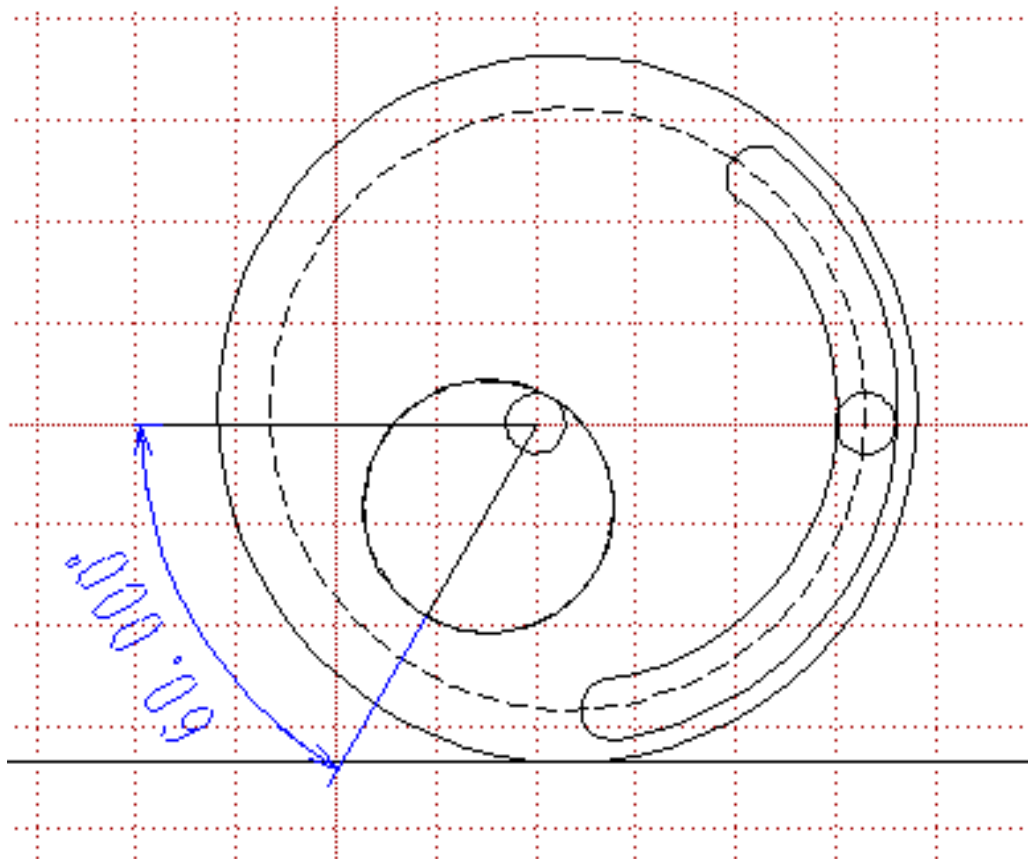
回転部分を180度回転させ、外側の図形を移動、支持シャフト上に描いた波線がシャフトと交差するように回転させます。

回転させたら支持シャフトの部分をマークし、二つの穴を繋ぐよう円弧の溝を描きます。

今回の描画では、およそ110度の回転範囲を脚パーツに持たせる事になりますが、あまり大きすぎると死点が生じる様になる等不具合も増えますので注意しましょう。



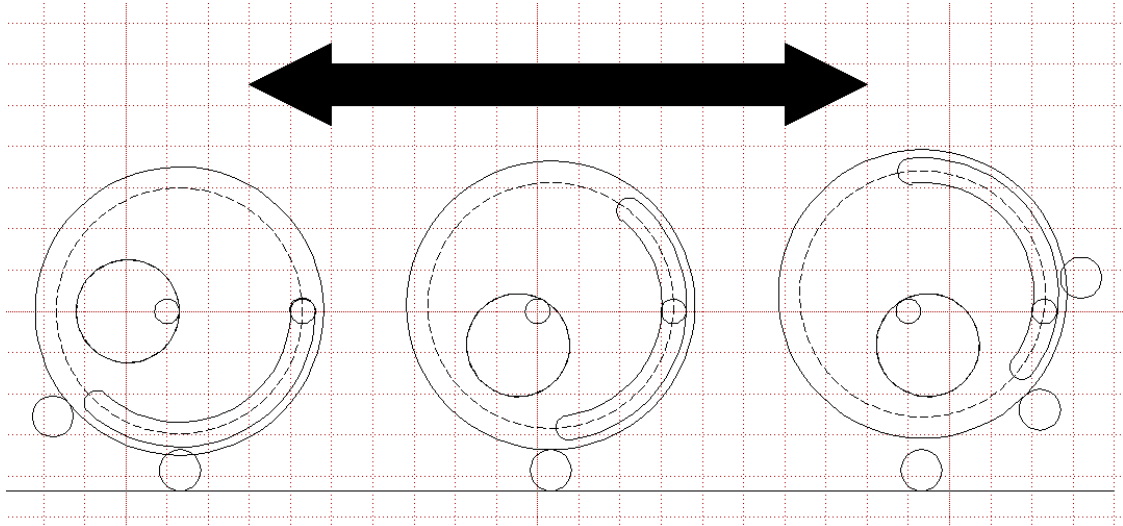
描かれた図形を回転させて、床面方向に最も低い点を探します。



今回はこの位置を基準にします。

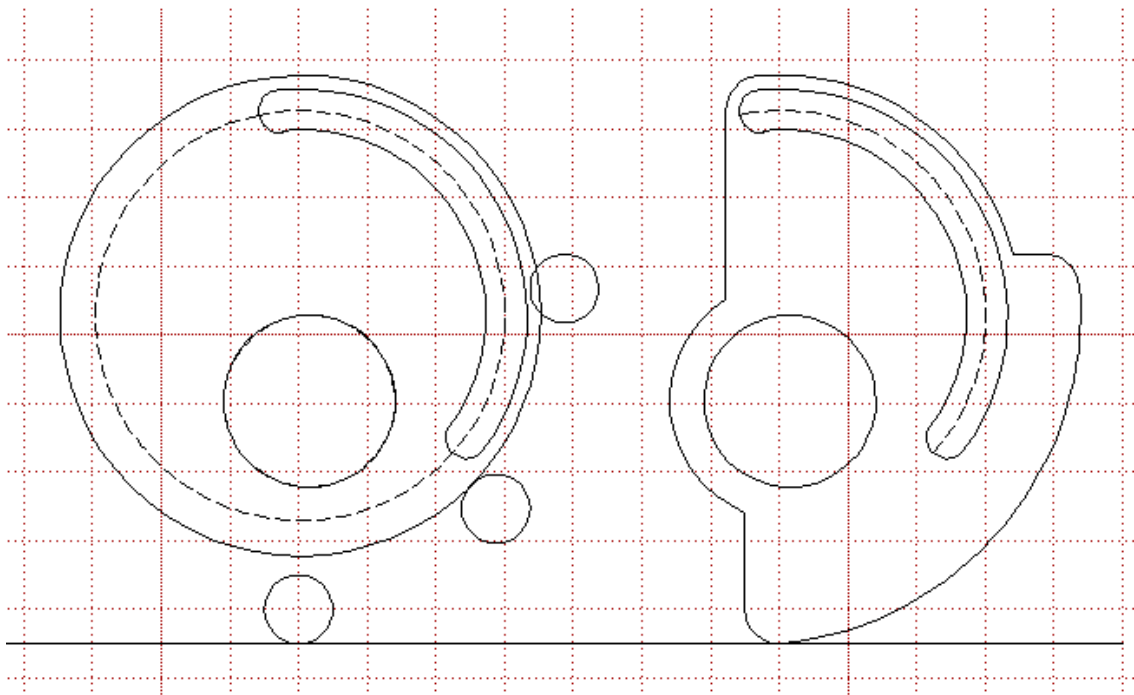
描画の下線をそのまま床面にすると、支持シャフトがスライドする溝との距離が近すぎるので、更に10ミリメートル下側に床面を再設定し、マークを付けます。

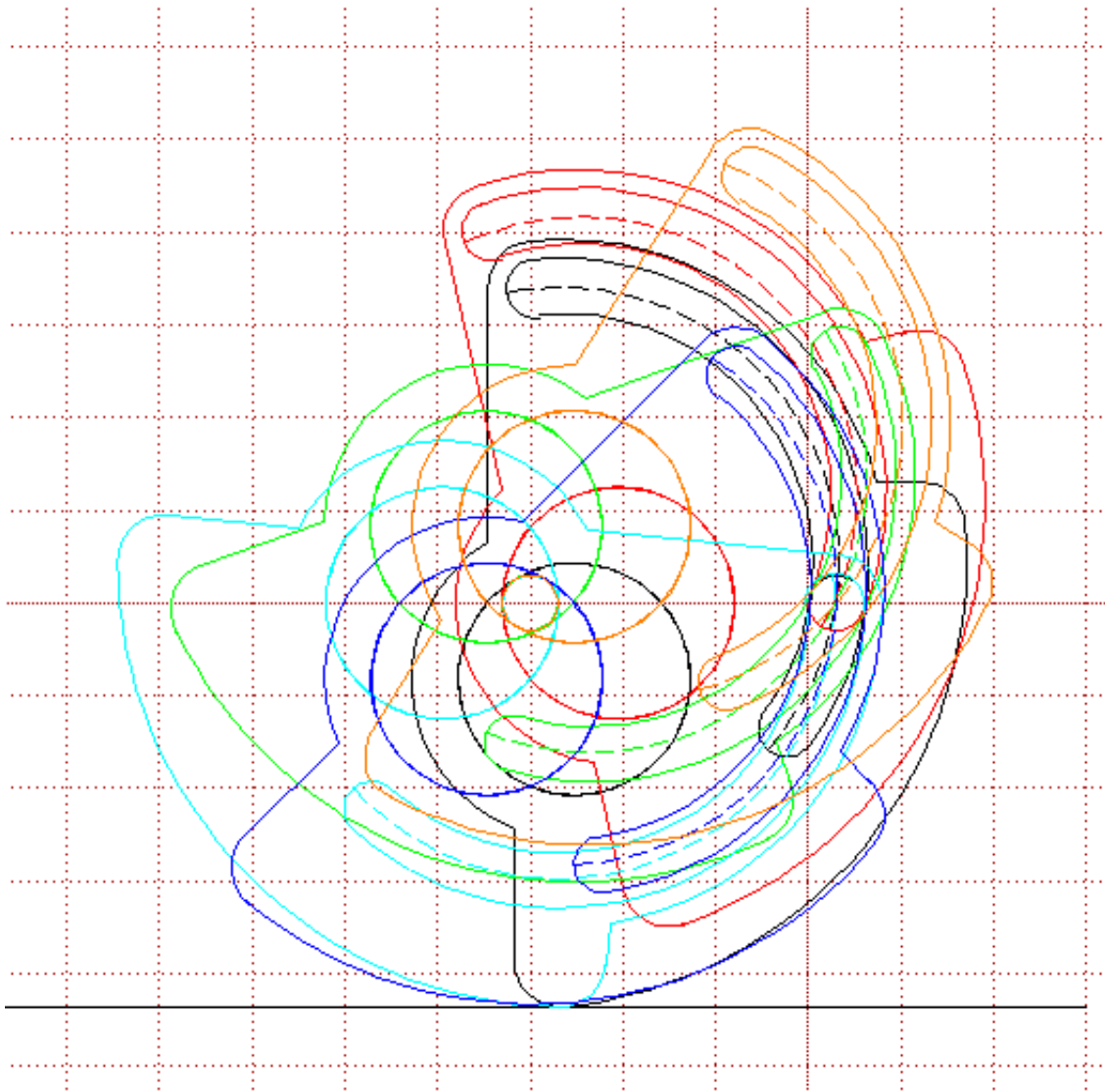
後は、最初の直線スライダーリンクと同じ要領で、前後に60度ずつ回転させた図を描き、それぞれの床面接地点をマークします。



上図の一番右側が、120度位相のリンク脚を構築した際の接地範囲となるマークが揃った状態になります。

この図を基に、3個所のマークを全て通過する円弧を描き、余計な部分を編集すれば円弧スライダー式の脚パーツの完成になります。





60度ずつ、6分割して描いた脚パーツの軌跡です。

リンクの大きさや細かい軌跡の修正等を行い、自分の納得のできる脚部パーツを自由自在に設計できるようになりましょう。



MEMO