

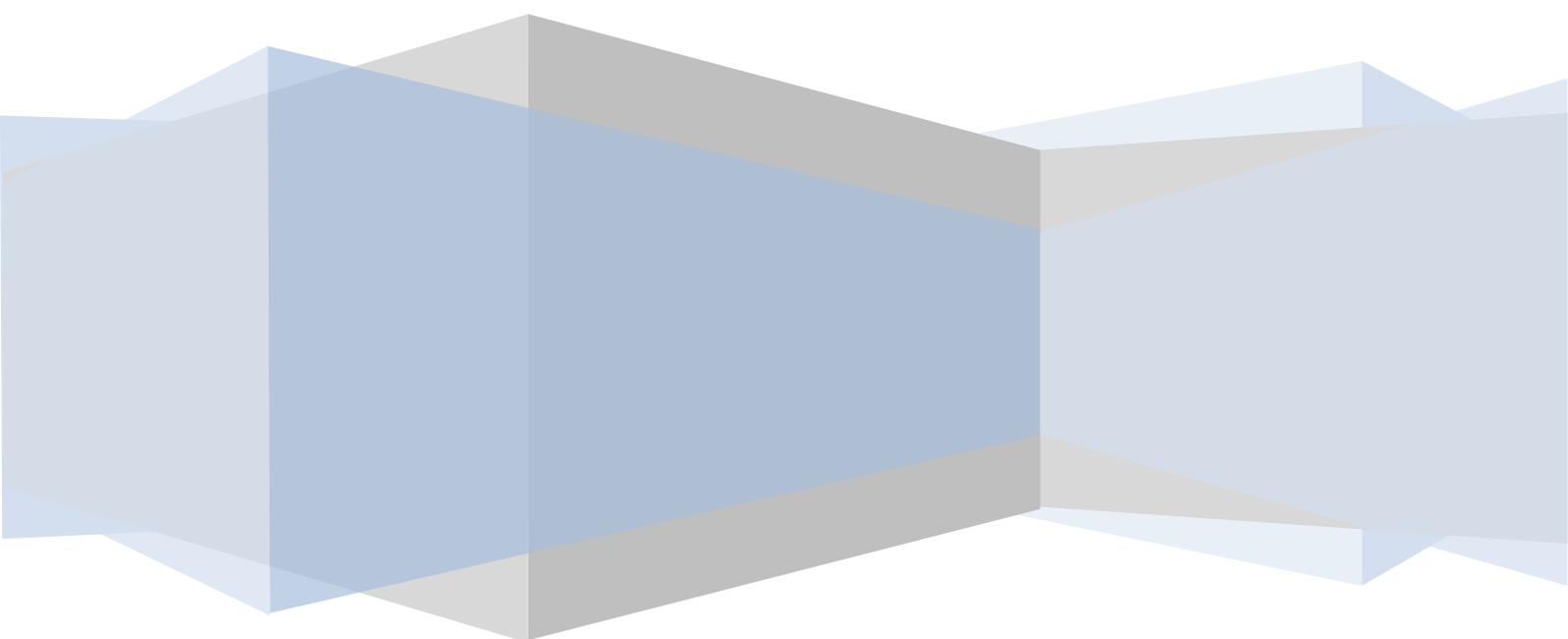
2012年度「かわさきロボットサロン」

ロボット設計講座

～ かわロボ道場 ～

第2回

「ロボットの詳細設計の流れ」



1. 全体イメージを作る

前回は、脚構造の基本的な作り方について学びました。

今回は「かわさきロボット競技大会」参加用ロボットの設計について、
部位ごとに進めていく様子をたどっていきたいと思います。

ロボットの構造を大きく分類して、

脚機構(移動部)

胴体部(接続部分)

腕機構

の順に進めていきたいと思います。

前半となる今回は、コンセプトのまとめ方と脚部、胴体部の設計について
解説していきたいと思います。

まず最初に、大会規則等から、機体全体の大まかなイメージをまとめて
おきます。

大会参加規定では「脚機構、腕機構を持ったロボット」と定められていますので、それら構造物とそれを動かすモータやギアなどの動力部分、制御用の電子機器や電源等の搭載スペースが必要になります。

設計・製作するパーツ以外で、主に必要になる部品としては

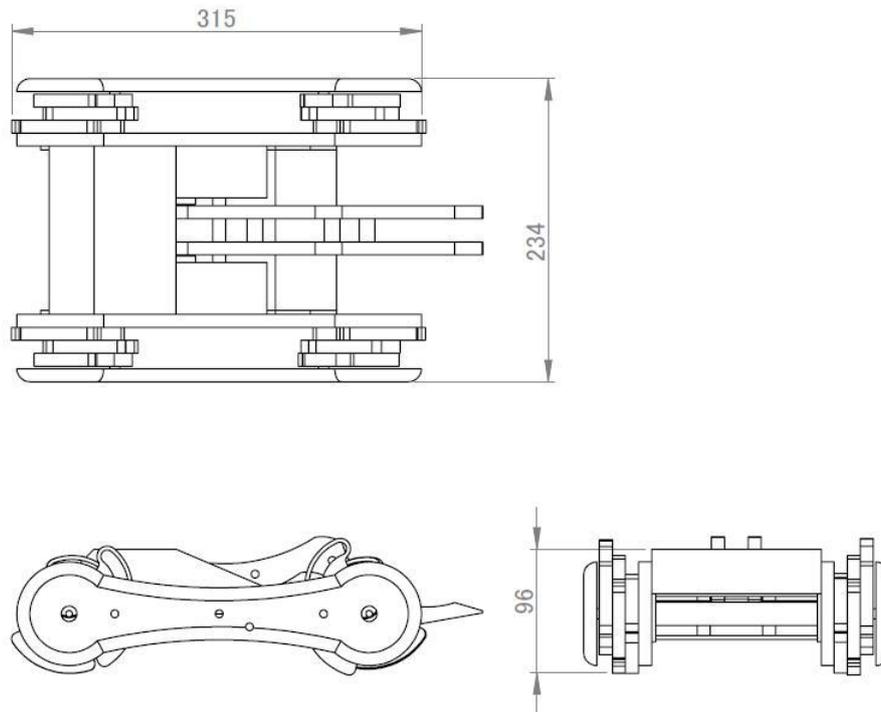
大会規定の RS-380 系モータ × 必要数

モータ制御用アンプ × 必要数

駆動用バッテリー

ラジコン操作用受信機

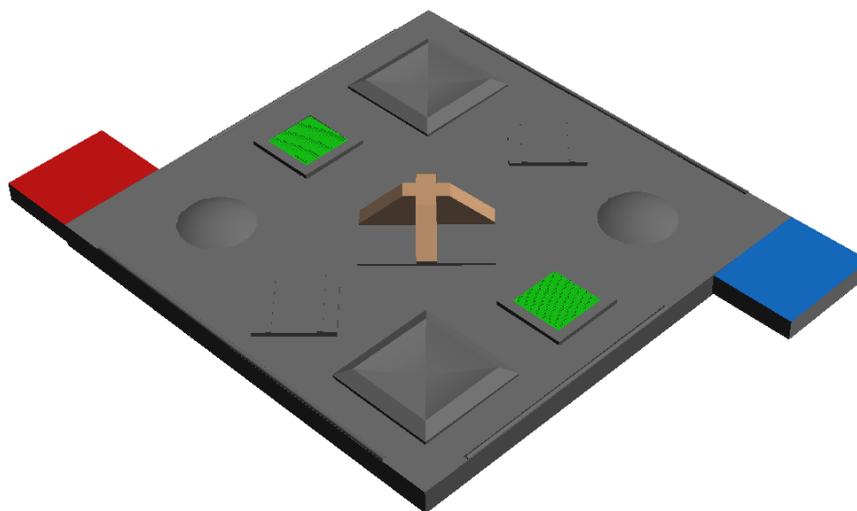
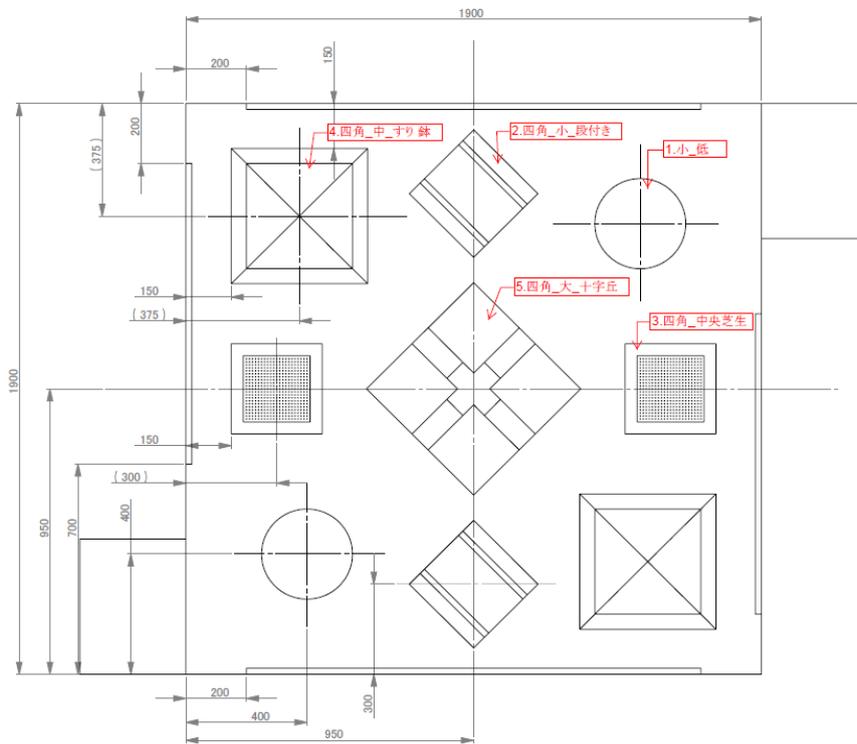
等があります。特に操作用の受信機について、小さな機器なのでどこにでも付けられると考え後回しにしてしまいがちですが、仕上げの段階になって取り付けられるスペースがない、ケーブルの取り回しが出来ない、といったトラブルに遭遇しない様、設計段階で少しの時間を割いてスペースの確保をしておくようにしましょう。



大会参加者による検討図の例

また、「かわさきロボット競技大会」では、実用化をイメージした“不整地”を模したリングの上を縦横に走り回らなければなりません。

この為に安定して歩行移動できる脚機構と、ロボット内部での重心位置の確保が重要になってきます。



2012 年大会仕様のリング上不整地の様子

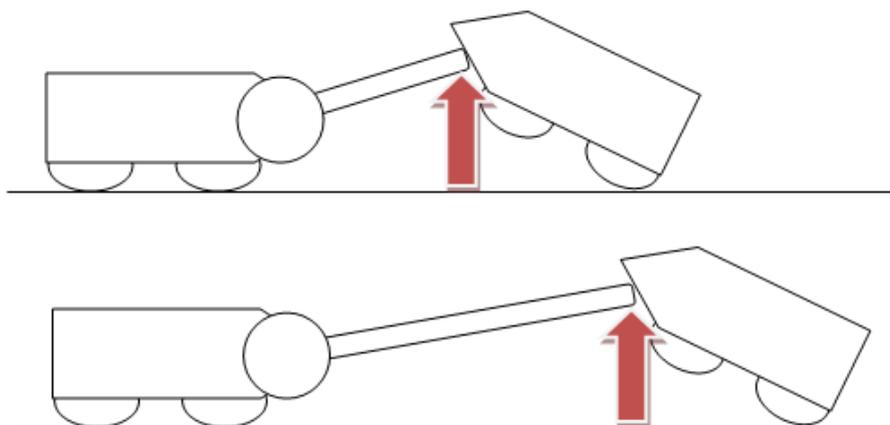
更に、試合では対戦相手の腕機構によって「持ち上げられる」事への対策を設計段階から盛り込む必要があります。ギミックを用いた対策でも良いのですが、基本的には機体の設計バランスもきちんと考慮して設計する様にして、起き上がり機構と併用しより安定した走行の出来るロボットを設計する様に心がけましょう。



「せっかくの起き上がり機構も、100%役に立つとは限りません。」

力=モーメントは距離の二乗に比例し、相手ロボットを持ち上げる(あるいは持ち上げられてしまわない)為には、アームの長さで重心の位置が重要な関係を持つ事になります。

試合の時、基本的には相手の腕機構から機体の重心までの距離が遠ければ遠いほど、一定の高さまで相手を持ち上げる為に動かす角度は小さくなりますが、その分大きな力が必要になります。



また、相手に持ち上げられようとしている時に、自分のロボットの重心位置が自機を支えている脚(あるいは支点)から離れている程、持ち上げに必要なトルクは大きくなります。



ロボットを支えている脚と重心の位置が近いと、自分の脚が支えになってしまい、簡単に持ち上げられてしまうと言う事になります。

試合中は相手の攻撃がどの方向から来るのかを一方向に限定する事は困難ですから、とりあえず平面的に考えたとした場合、機体の重心位置は機体各部から等しく遠い位置、すなわちほぼ中央に位置するのが望ましい事になります。

これを実現するロボットを設計し、“ひっくり返され難い”という点を考えると、とりあえず攻撃用のアームの種類を別にした場合、ボディの回答として可能な限り大型のロボットを製作するという手段に到達する事もあるかも知れません。

機体の大型化で優位性の確保を狙う多くの参加者が作るロボットの多くは、スタートの合図とともにまるでスキューバダイビングの様に機体を転倒させてリングに飛び込む方式を採用したり、入場後に伸縮、展開して大型化する等の機構を組み込むなどの設計を行い、少しでも相手に対して大きな体躯を確保しようとする工夫が施されています。

但し、大会規定で試合開始時にロボットが収まっている空間に関するサイズが定められている為、闇雲に大きなロボットを設計、製作する事はできません。

2012 年大会の寸法規定

寸法: 350 × 250 × 高さ 700 (単位 mm)

重量: 3,500 グラム以下

更に競技リングは立体形状の不整地となっている為。大型のロボットだとリング内の障害物に阻まれ、思う様に動く事が難しくなります。

リング上で縦横に走り回り、相手ロボットの落下を誘う機動力を持った、小型のロボットを設計するか、どんな相手でもひっくり返す事の出来ない大型のロボットを設計するか、最初にロボットを設計する際に、その戦い方までイメージして取り組むようにしましょう。

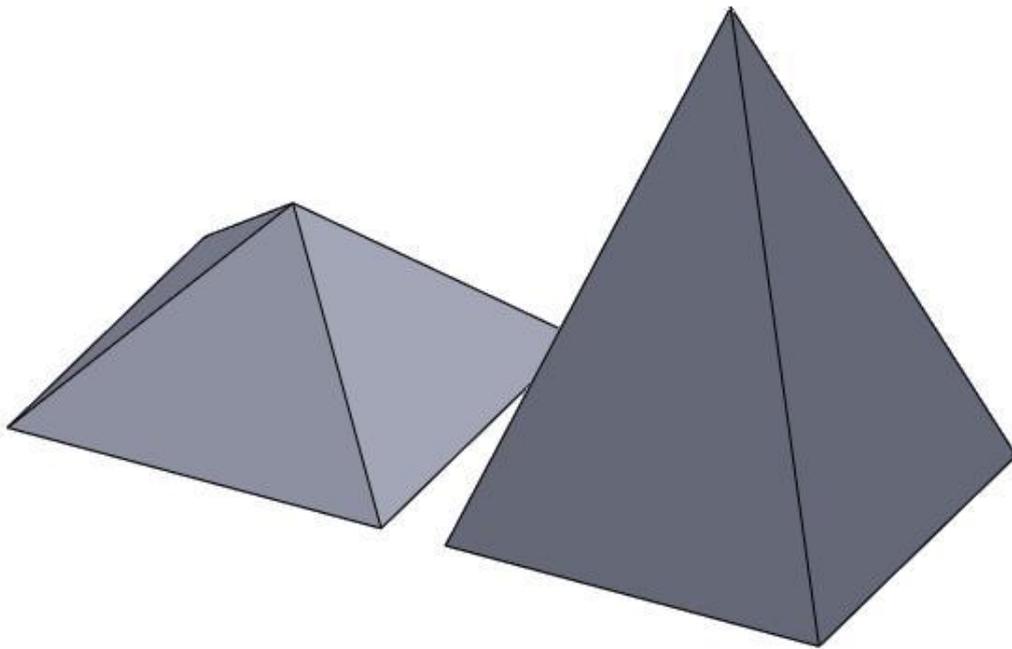
2. 安定した機体を設計する

不整地を歩行する時には、ロボットのバランスは良く崩れるものです。

そこで、立体的な重心位置について考えてみましょう。

一般的な多足歩行ロボットにおいても言える事ですが、各部の接地点から重心位置を結んだ時に出来る三角形又は四角錐の隅から上頂点に向けて生み出される角度は、可能な限り鋭角に近付ける様な設計を行っておくと、歩行する床面の急な変化に対しても機体のバランスを崩さず走行する事が出来ます。

もちろん理想は角度が0度、接地点が描く平面上に重心点がある事が最も安定していると言えるのですが、複雑な機構や部品を満載して作り出されるロボットですから、物理的に平面上に重心をもって来る設計をするなどまず不可能だと言って良いでしょう。



先端を持って傾ける時、どちらの四角錐の方が傾けやすいですか？

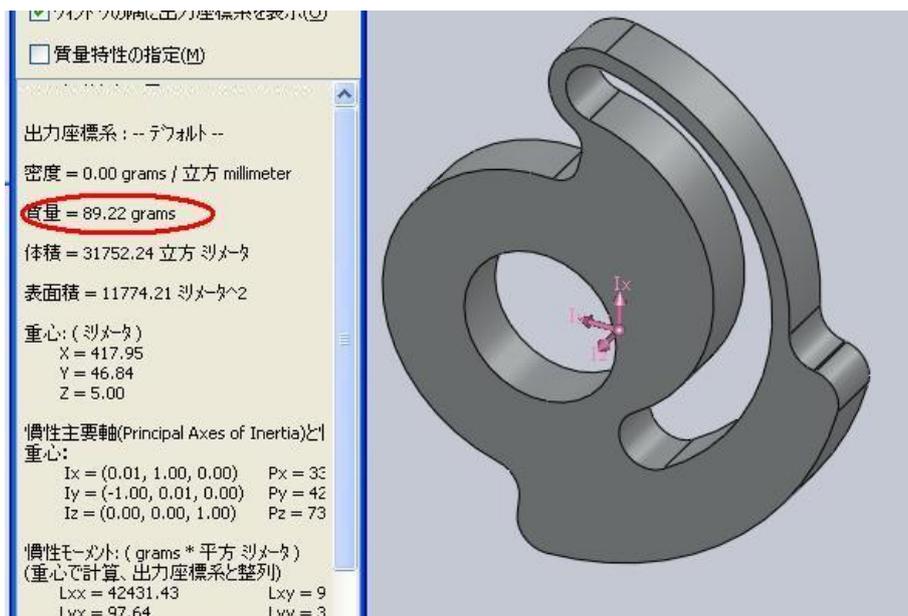
複雑な姿勢制御や、サスペンション等の専用機構を組み込む事ができれば、不整地でも安定した姿勢を保ち歩行する事が可能ですが、構造が複雑になり、試合中の破損や調整の労力を考慮してか、挑戦している参加者はあまり多くは見られません。

特に姿勢制御を行わない構造体としての重心位置の理想は、床面への接地点を結んだ面上に機体重心点がある事ですが、あくまで理論値であって、実際には可能な限り高さは低い位置になる様に重量部品の配分を工夫して設計を進めて下さい。

それでは、脚機構の設計を進めていきます。

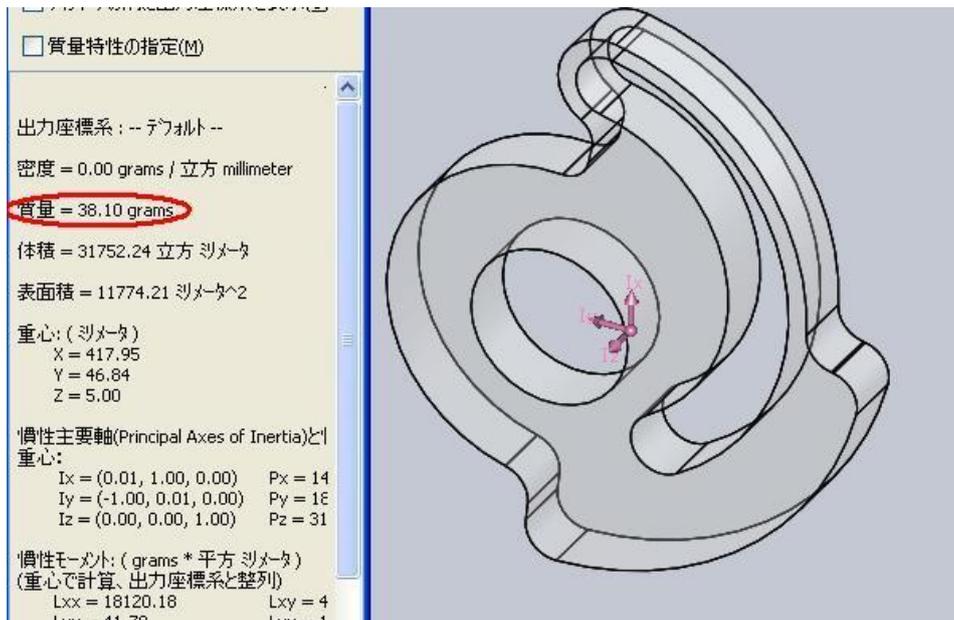
大まかな構造は既に設計したものを基にして、詳細設計に入りたいと思います。

歩行する部分として、対戦相手との押し合いをする事になりますから、出来れば接地する面は幅を広めに取ってしっかりとグリップする様にしたいです。ですが、脚部パーツ全体を分厚い部品で作ってしまうと、脚部の重量が重くなり、参加するロボットに定められている重量規定に収まらなくなってしまう恐れがあります。



＜アルミニウム 7075 材を選定した場合の部品質量＞

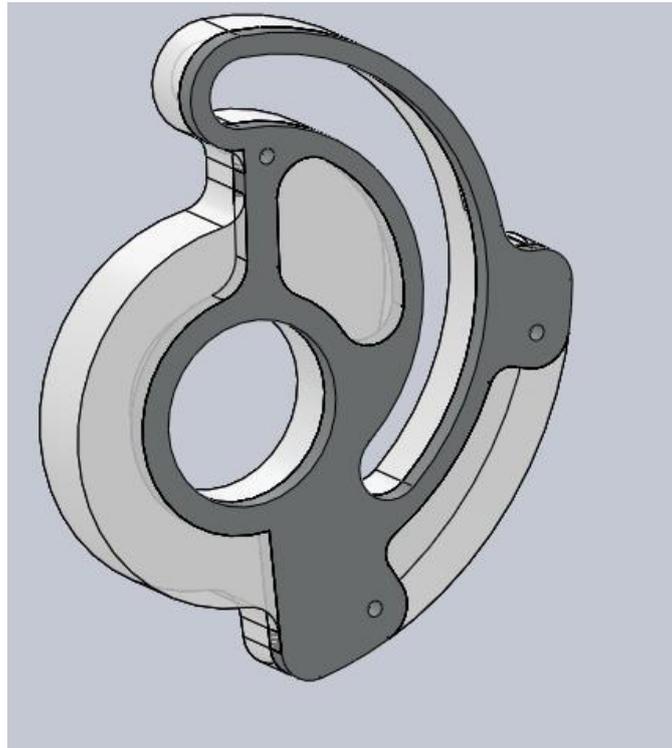
1台でこのパーツを3枚 × 4ユニット使うので、この選定のままだと足先のパーツだけで1kgを超える質量になってしまいます。



<素材を100%アクリル材にした場合>

この場合だと、全部で質量は約460gとなり半減する事が出来ますが、ロボットを支える機構部品としてアクリル等の樹脂だけというのは少々不安が残ります。

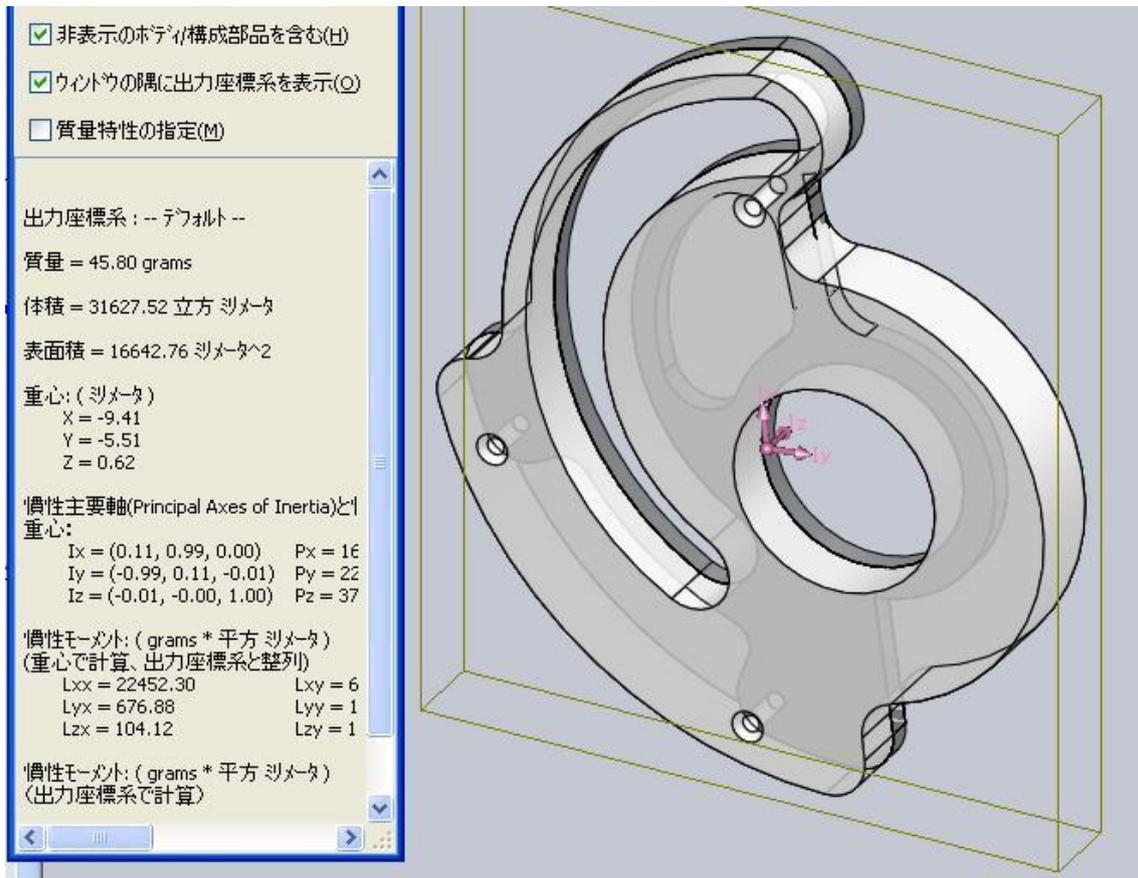
そこで、回転部分を支持する等の強度が必要になる部分のみを金属製とし、幅が必要な先端部分を樹脂製の別パーツにした、複数のパーツで構成される脚部として設計してみます。



<外側をアクリル材、回転軸やスライダ受け部を7075材で構成>

分割後、二つのパーツを組み合わせ固定する穴をあけておきます。樹脂側から皿ねじを利用して固定できる様、斜めにカットしたネジの受け穴をあけておきます。

金属側は、データのままCNC加工用として流用したい為、タップ立て用の下穴のサイズで押し出しカットしておきます。



<さらネジ用の受け穴を開けた状態>

この状態では、組立用データのネジも同様に有効直径が一番深いねじ谷の直径でモデリングしておかないと、後々CADで干渉チェックをした時にエラーが出てしまいますが、実際に加工する為のデータを設計するのが目的なので問題は無いと思います。

脚に力を伝達するカム部分と脚パーツは、素材同士が直接接触しない様にしなければなりません。連続回転を直接穴のあいた板又はパイプ状の部品で支えようとする、自重が加わっている方向に影響され、互いの素材同士が摩擦で削りあい、穴もしくは軸が変形してあっという間に正常な動作が出来なくなってしまう。

そこで、軸受になるベアリングや、ブッシュ等の部品を組み込みます。

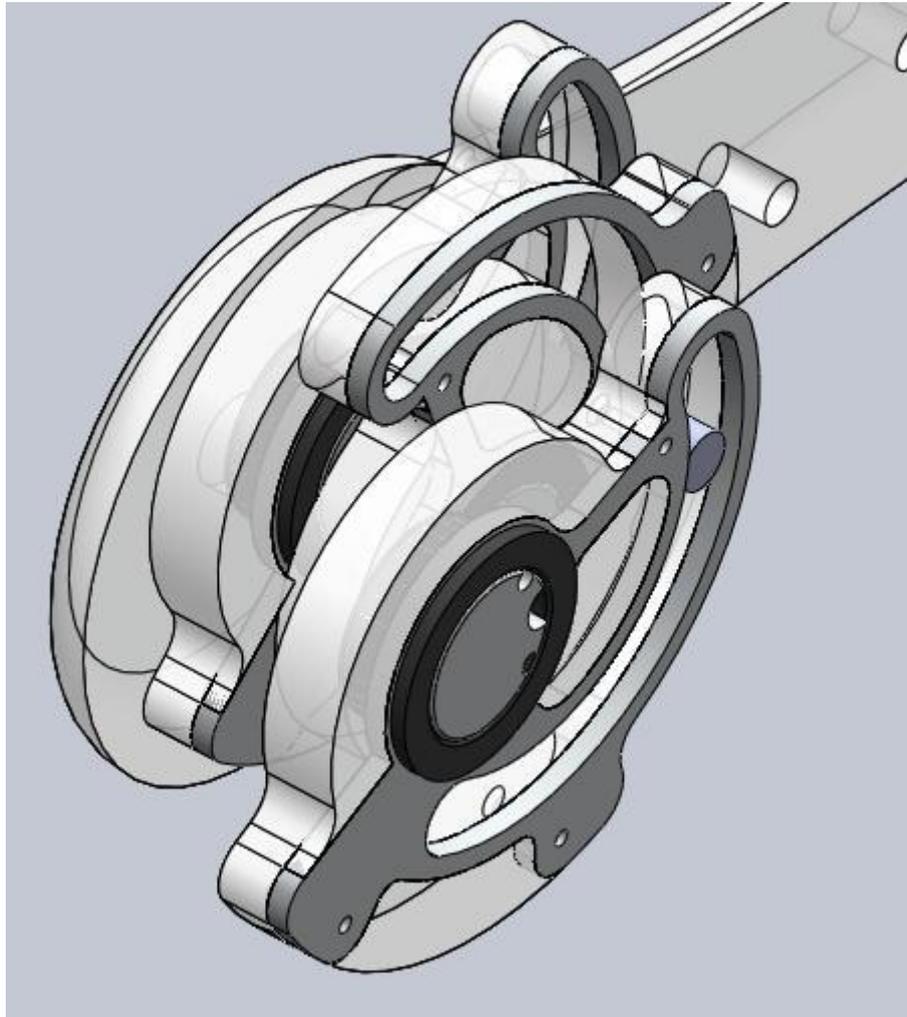
ベアリング等には実際には「外輪」「内輪」「鋼球」「シール」等、複数のパーツで構成されるアセンブリになる訳ですが、CAD上の設計でそこまで再現する必要はあまりないでしょう。



<高速回転しなければ、含油ブッシュで充分>

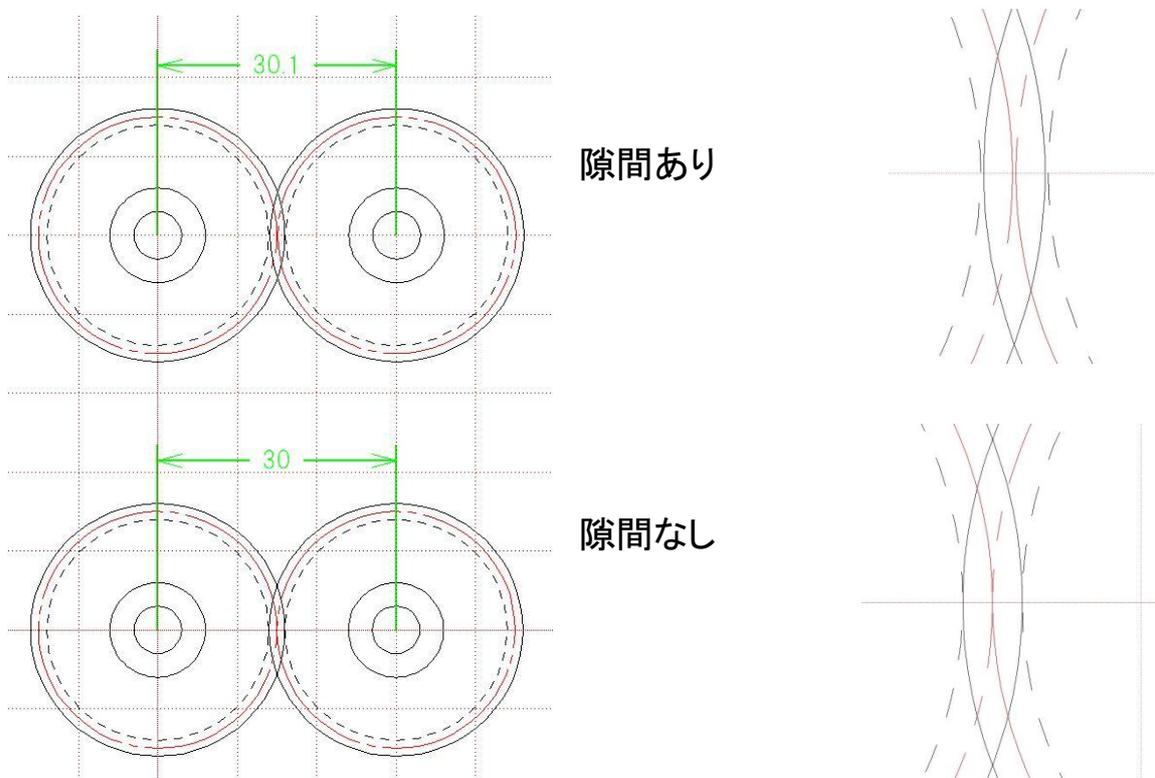
外形、内径、厚み、フランジの有無、それと近似の重量が揃っていれば、一つのパーツとしてモデリングしてしまったものを利用した方が設計の効率が良いです。

これはロボットを構成する重要なパーツである「モータ」「歯車」等にも同じことが言えます。モータは外形、軸の位置と長さ、太さ、先端加工の有無、取り付け穴の位置、配線端子の位置等が分かれば1パーツになっていても設計可能ですし、歯車についても有効直径で描かれた円板として置き換えればほぼ問題無く設計可能です。但しどの場合も、使用材料による重量の変化は調整を行い、実物の重量に近いものとしてデータ化しておかないと、後で重量チェック等を行う時に大変です。



では、詳細設計を行った脚構造のアセンブリを見てみましょう。分割された脚パーツの中に、ベアリングを介してカムが取り付けられています。これが位相差を持って複数連結され、動力受け取り用の歯車と連結してアセンブリされます。スライダ部分の軸受とギアドモータが追加されて脚ユニット1セットの設計が完成します。

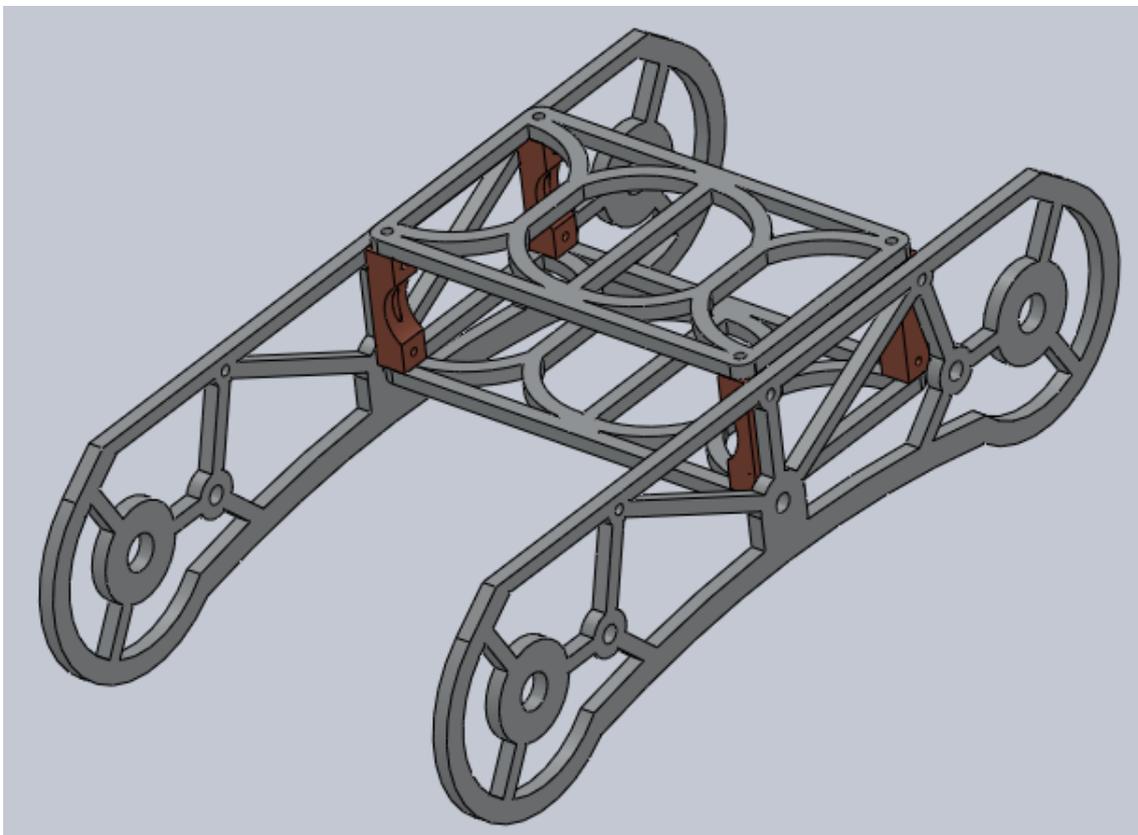
歯車のレイアウトを設計する時に注意しなければいけないポイントは「歯車間の距離」です。有効直径＝開ける距離だと思って設計すると、歯車はガッチリと噛み合ってしまう滑らかに回転させる事が出来ません。ラジコン等の経験者は耳にした事があると思いますが、「ギアの間隔は紙1枚分開ける」と滑らかに回転して力を伝達する事が出来ると言われています。では紙1枚とはいったい何mmなのか？明確な答えは有りませんが、0.1mm～使用状況、設計者の経験によって決まる値など実に様々です。共通しているのは、有効直径で接する距離よりも間隔は広くする。という点です、この機会にしっかりと覚えておきましょう。



脚ユニットの設計が出来あがったら、ユニットを取り付ける胴体部分の設計を行います。

ほとんどの機体の場合、制御系や駆動用電池を組み込む部分となり、脚ユニットや腕機構を固定する中枢部になるのがこの胴体部分だと思います。

厚手の一枚板で連結用の部品を用いる場合、複数の板状部品やスペーサーを組み合わせて構造体にする場合等、その構成方法は様々です。



電子回路部や電源のバッテリーを組み込む際、胴体フレームの中に更に箱状のケースを取り付けたり、固定用のバンドで取りつける場合がありますが、取り付け位置や方向についてはただ取りつけるだけではなく、動作に影響は無いのか、試合中に簡単に脱落しないか、等を十分注意して検討しましょう。

特に電池をバンドで巻きつけるだけの方法で固定している場合、試合中の振動や衝撃で脱落する恐れが大きいため、可能な限り設計段階で対策をしておくようにしましょう。

後半は腕機構の検討と、設計データを活かした評価と記録の残し方について学びたいと思います。



MEMO