【高圧バルーン構造磁力浮遊式歩行システム】

超軽量、最適強度の巨大オブジェクトをポーズ変形させたり、
2足歩行させる事が可能なアイデアです。

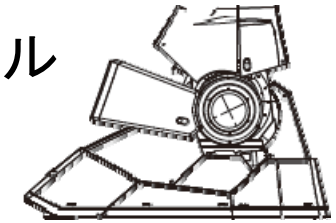
大井 隆広

ガンダムGLOBAL CHALLENGE
リアルエンターテイメント部

概要

【高圧バルーン構造磁力浮遊式歩行システム】

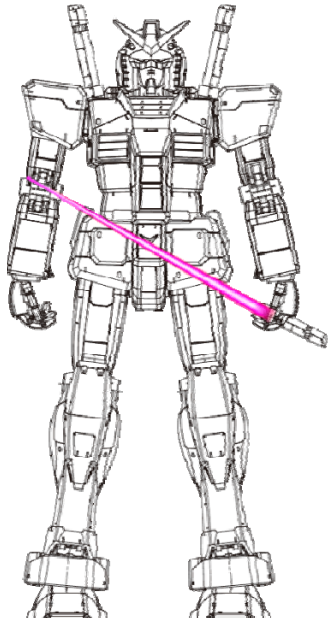
- ベース技術 ペットボトルはキャップをしたままでは潰れにくい
- ヘリウムガスを入れた高圧ペットボトル素材などによる軽量化
- 電磁石タイル床と足裏ネオジウム磁石を使った片足浮遊歩行
- 足の中のサーボモーターで全体を操り、足以外ほぼ浮遊状態
- 6軸ジャイロ付き骨組みと3DCGでシミュレートコントロール



重量物は全て足の中に

目次

- 1，表紙
- 2，概要
- 3，目次
- 4，内圧による素材強化の再確認
- 5，ヘリウムガスを入れた高圧ペットボトル素材などによる軽量化
- 6，電磁石タイル床と足裏ネオジウム磁石を使った歩行
- 7，足の中のサーボモーターで全体を操り、足以外ほぼ浮遊状態
- 8，6軸ジャイロ付き骨組みと3DCGでシミュレートコントロール
- 9，本研究前の試作実験とプロモーション
- 10，実施環境・安全性について
- 11，補足（足裏制御・見栄えとエンタメ要素）
- 12，宇宙へ



内圧による素材強化の再確認

まずは、ペットボトルで体験して下さい。

空の同じペットボトルを2本用意して
片方はキャップを外して
もう片方はキャップを締めます。

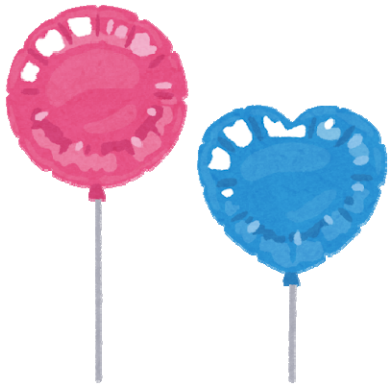
キャップを外したペットボトルを踏みつけて潰して下さい。
難無く潰せると思います。

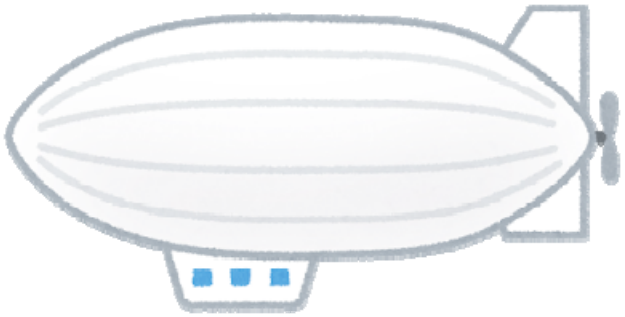
次にキャップをしっかり締めたペットボトルを踏み潰そうとして下さい。
（安全のため靴を履いて行って下さい）
潰すのがかなり困難になりペットボトルの耐久性が高まった事が
体感出来ると思います。

内圧による素材強化の再確認

このように内圧による素材の強化は絶大ですが
工業的にはタイヤ等に使われる事が多く
フレーム構造に利用されている事例は
少ないと思います。

今回はこの技術をガンダムのフレームや各種パーツに応用して、
上半身は浮くほど軽く、耐久性にも優れた機体に仕上げたいと思います。





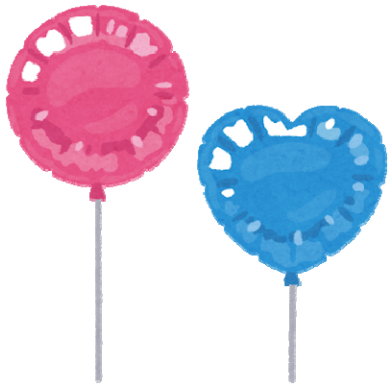
ガンダムサイズの飛行構造体
飛行船は参考にしたい良いお手本

簡易プロトタイプ

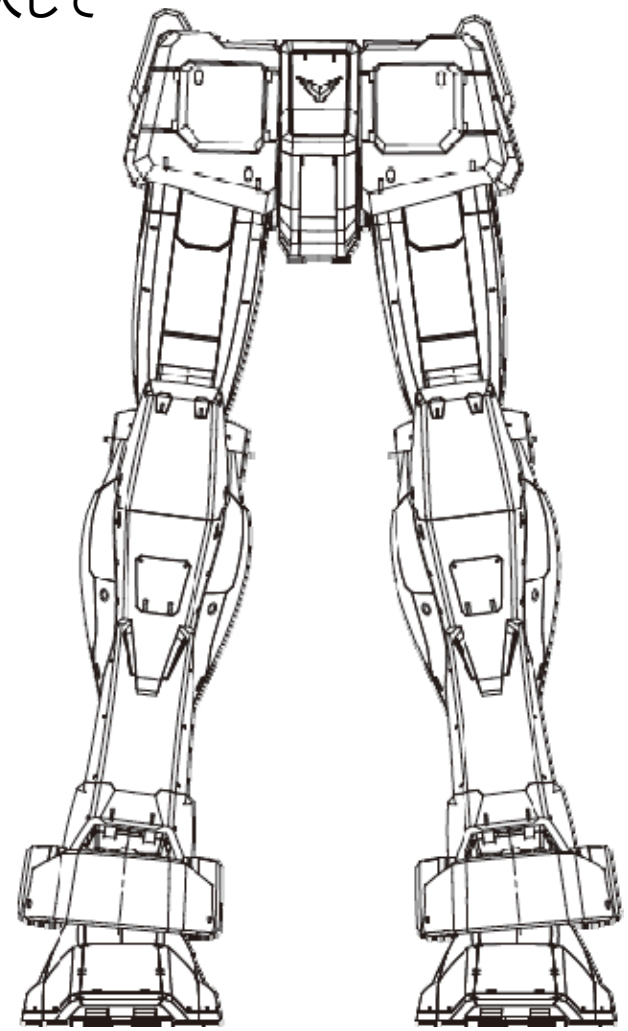
ヘリウムガスを入れた高圧ペットボトル素材などによる軽量化

[高圧ペットボトル素材ガンダムパーツ]
ペットボトル素材などに5気圧程の内圧でヘリウムガスを挿入して
軽量化と強度を兼ね備えたボディーパーツを製作します。

(ポリカーボネート・ポリアリレート・U-ポリエチレンなど
最適な樹脂素材は実験で選択していきます)

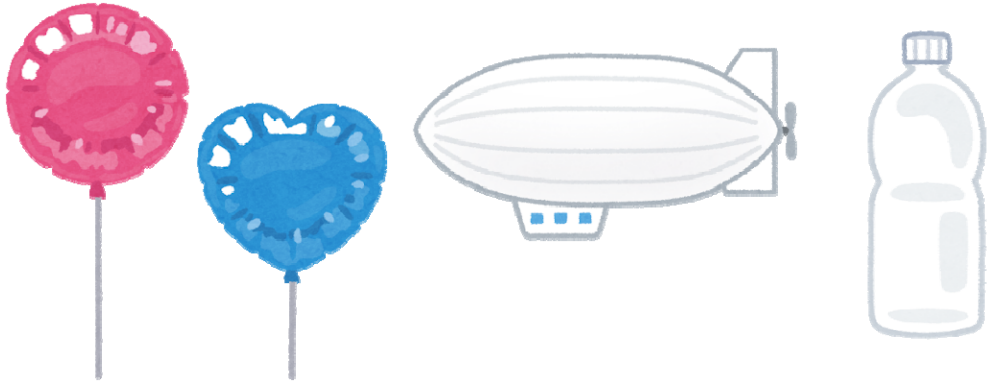


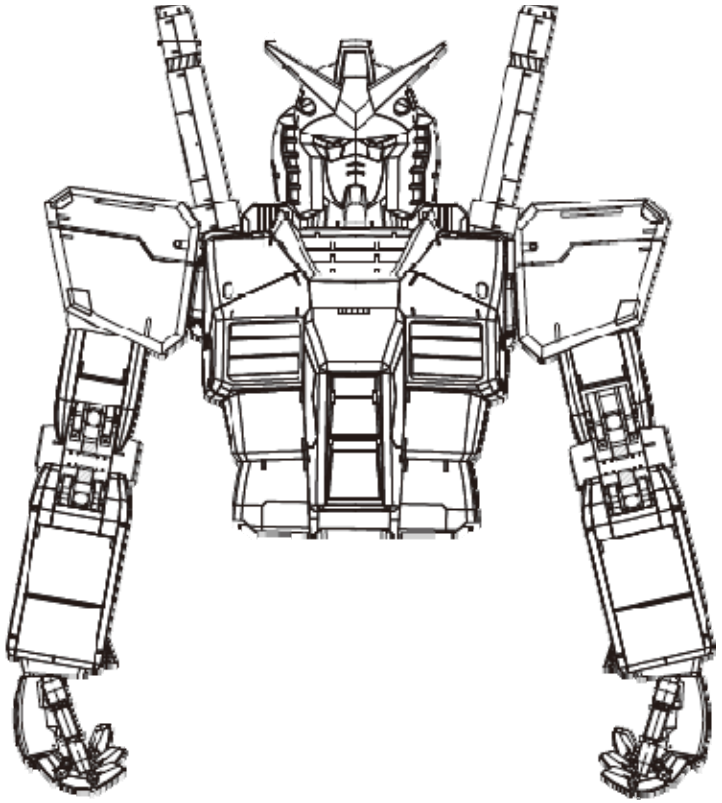
脚部・関節部・骨組みパーツ中心に使用します。
(市販のペットボトル2リットルが32～65グラム、
ヘリウムガスの浮力が1リットルで約1グラム。
巨大化により浮力がより大きくなっていきます)



ヘリウムガスを入れた高圧ペットボトル素材などによる軽量化

[アルミフィルム風船ガンダムパーツ]
重みや負荷が少ない箇所はアルミフィルム風船用生地を加工して使用します。
アルミフィルム2枚の間にケブラー繊維や
新素材の人工クモ糸QMONOS等を網目上にして
補強・風船状に内圧を加えパーツ整形します。

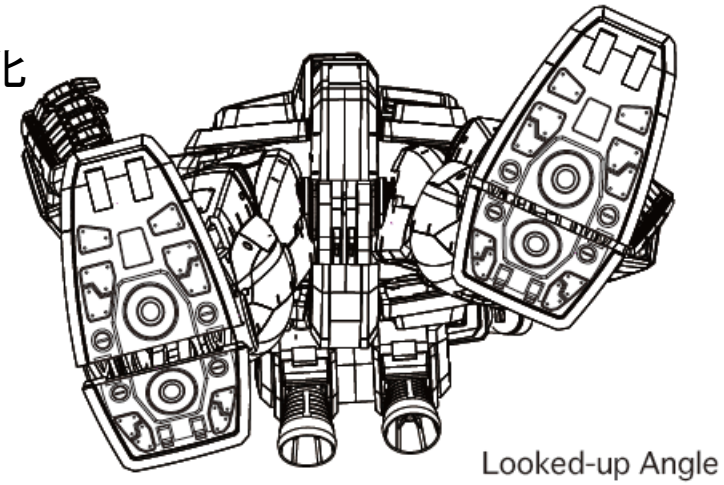




浮力により空中に浮くほどの軽さを実現して
上半身は浮力と内圧で支え脚部への負担を減らします。

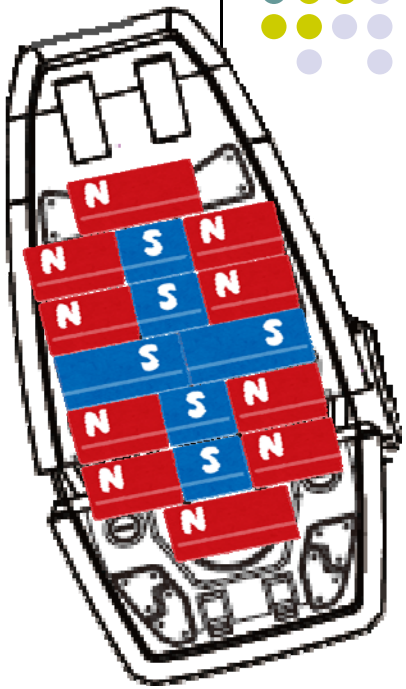
ヘリウムガスを入れた高圧ペットボトル素材などによる軽量化

[PETフレーム内蔵強化ガンダムパーツ]
高内圧(10気圧程)PET素材パイプフレームに
新素材QMONOSの布地を巻き付け補強
前ページのパーツ内部にパイプフレームとして採用し強化
圧力差の有る2重内圧構造にします。



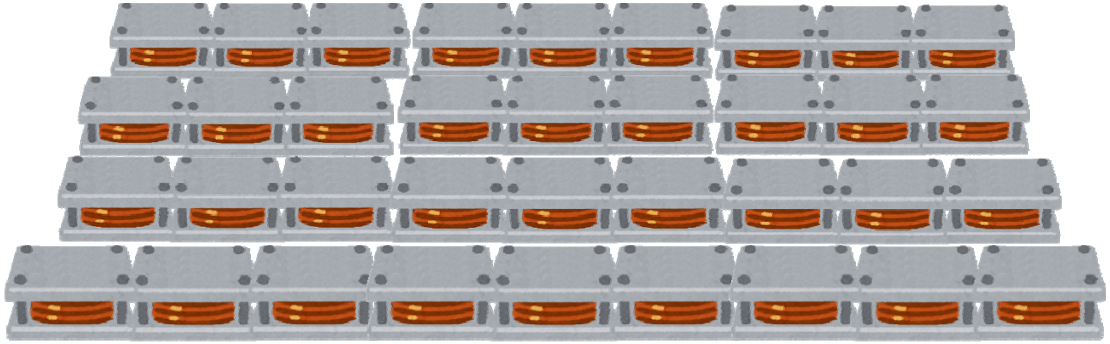
重いパーツを含んだ足を磁力浮遊以上に上げる場合
足と内股には片足上げを可能にする強度でフレームを組む必要があります。
その他、負荷のかかる箇所の変形防止や強化全般に役立ちます。

電磁石タイル床と足裏ネオジウム磁石を使った歩行



ガンダムの足裏にネオジウム磁石を中心部十字型にS極
それ以外はN極が足裏下向きで配置します。

床には電磁石がタイル状に敷き詰められていて
電磁石に(磁力測定用)リードスイッチと圧力センサーを追加します。

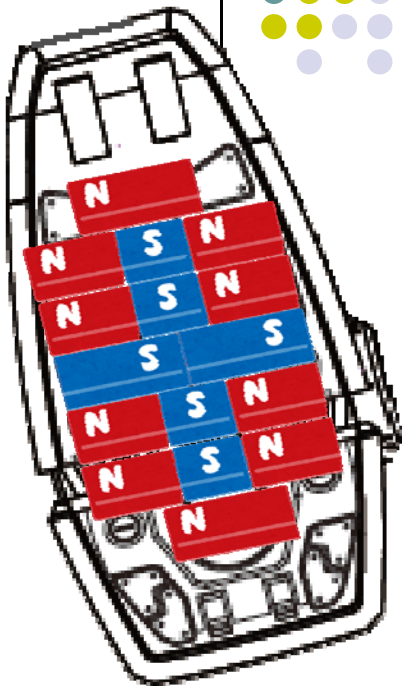


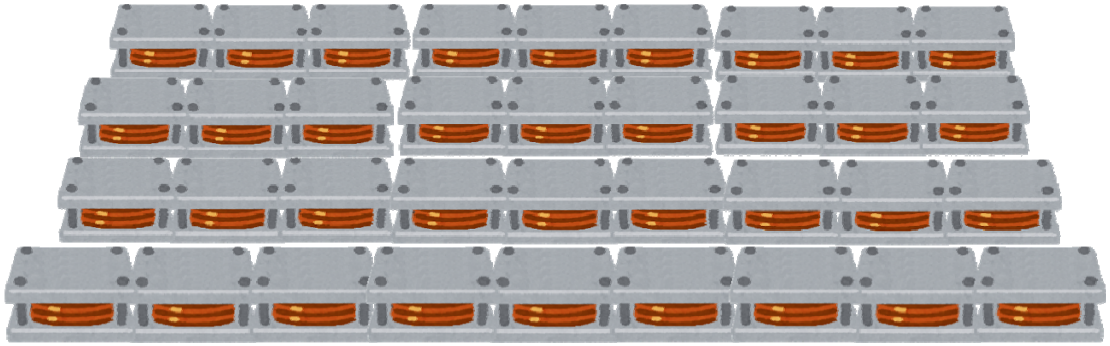
ガンダムの両足を強制固定するには
リードスイッチのセンサーを元に電磁石の電源を入れて磁力吸着させます。

(圧力センサーを元に吸着時に押されている時は電源を弱く
引っ張られている時は電源を強くして安定固定します)

電磁石タイル床と足裏ネオジウム磁石を使った歩行

ガンダムの片足を浮かすには、足裏周囲の床の磁極を
足裏と反発する向きに調整します。(30フレーム/秒程で最適化)
足裏中心部十字型の箇所を吸着・反発誘導させて
足の向きと位置を安定させます。
磁力反発で片足を浮かせることにより
歩行時の本体負荷をかなり減らせます。





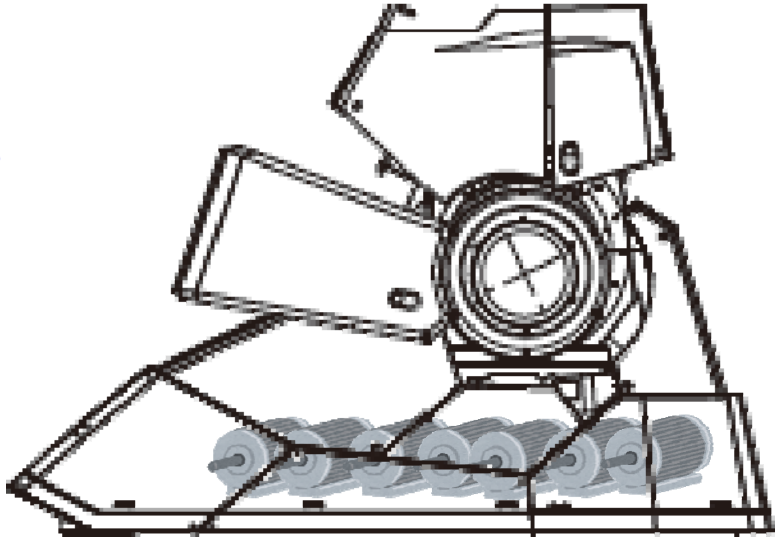
ガンダム本体への電源供給は床から足裏を通して行ないます。
片足が着いている状態なら足裏中心部とそれ以外で磁極が反対ですので
これを利用してセンサーを元に足裏中心部と周囲部に電源を繋ぎ供給をします。

基本的な足裏の位置や移動はこの磁力制御でサポートしますが
ガンダムの姿勢や動き全般は次の足の中のサーボモーターで行ないます。

足の中のサーボモーターで全体を操り、足以外ほぼ浮遊状態

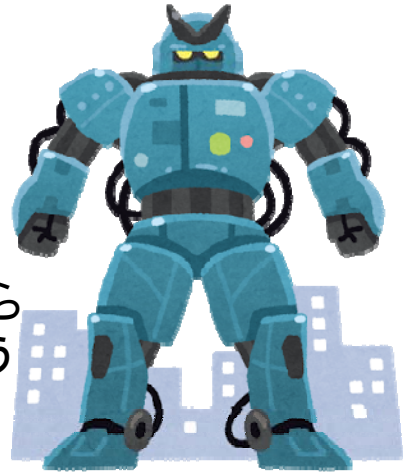
ガンダム本体全てのサーボモーターはバランス安定のため足の中に配置します。

各関節系ボディーパーツと、サーボモーターが
ワイヤー糸で繋がりマリオネットの様に操られて動きます。
(ボディーパーツに凹みラインを付けて
ワイヤー糸を隠す感じで施工します)



足以外の本体はほぼヘリウムガスとPET素材と糸なので
比較的軽量なサーボモーターを使用しても可能かと思います。

飛行船を立てる事が出来るのなら
同様にプロトタイプも立てられそう

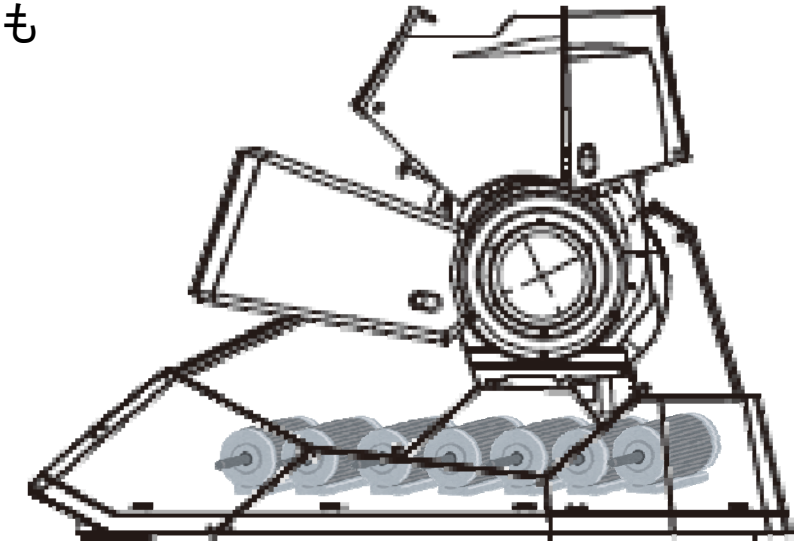


足の中のサーボモーターで全体を操り、足以外ほぼ浮遊状態

足の重量は多数のサーボモーターを使用しますので結構重量が有ります。
片足ごとに床からの磁力反発で浮遊させて吸着制御も加えて誘導して移動します。
ガンダム本体のサーボモーターで脚部を引き上げなくても
磁力反発による、すり足歩行は可能です。

磁力反発以上の高さまで足を持ち上げるかは
実験で判断・調整したいと思います。

(別の手)
エアホッケーゲームの床の応用で
床に多数の小型給排気口付けて
移動足の方はドムのようにホバリングさせて、
足場となる方の足裏だけを吸着する事で
すり足が楽に行なえてバランス能力も
高まりますが、技術的なネタバレ感も高まり
エンタメ的な評価は下がる気がします。

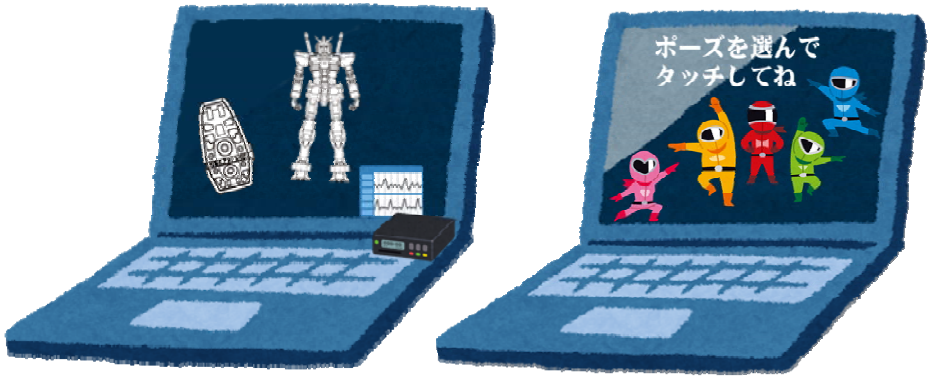


産業ロボットアームの吸盤が
吸着床の参考になりそうです

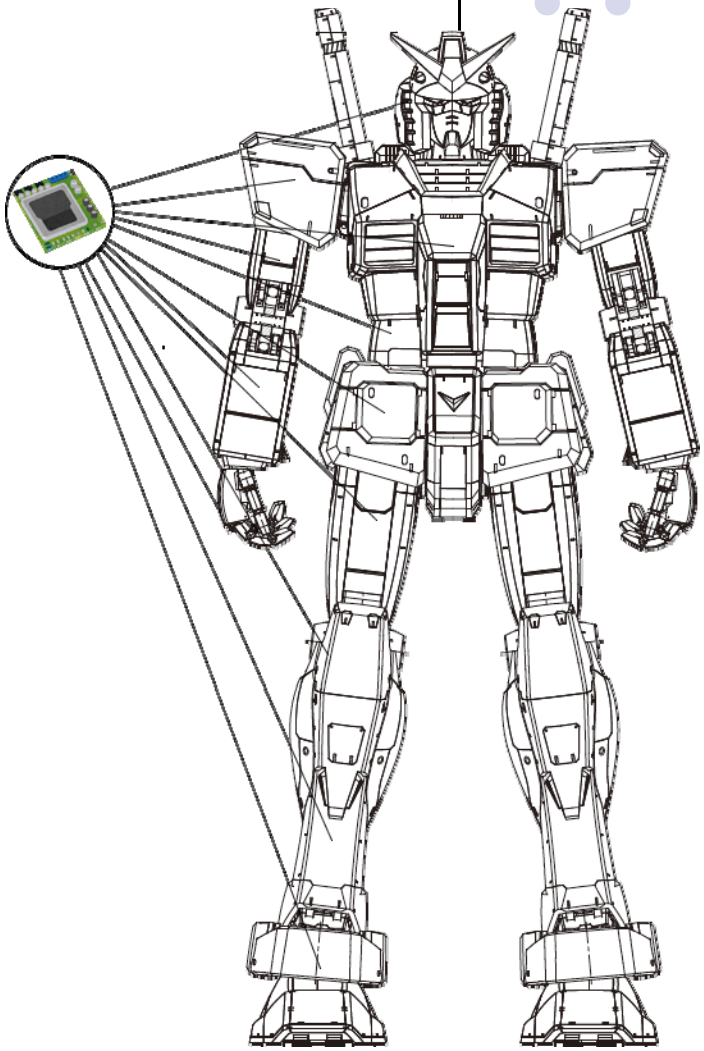
6軸ジャイロ付き骨組みと3DCGでシミュレートコントロール

ガンダム本体の骨組みボディーパーツ全てには
6軸ジャイロセンサーを付けて測定します。
また、QRコードのような赤外線マーカーを
赤外線カメラで測定します。

外部PC上にパーツごとの座標と6軸ジャイロデータと
足裏座標を送り3Dガンダムモデルをシミュレートして
モニターに再現します。

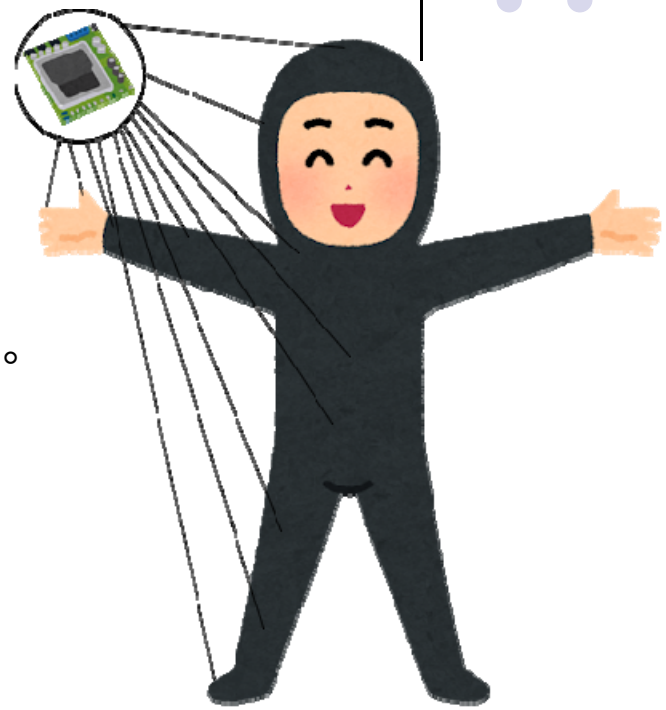


PC上からボタン操作などでポーズ変更指示を行ない
3Dシミュレート結果と床の圧力センサー等を参考にして
基本的には自動でサーボモーターを動かし、
ポーズの最適化やバランス処理を行ないます。



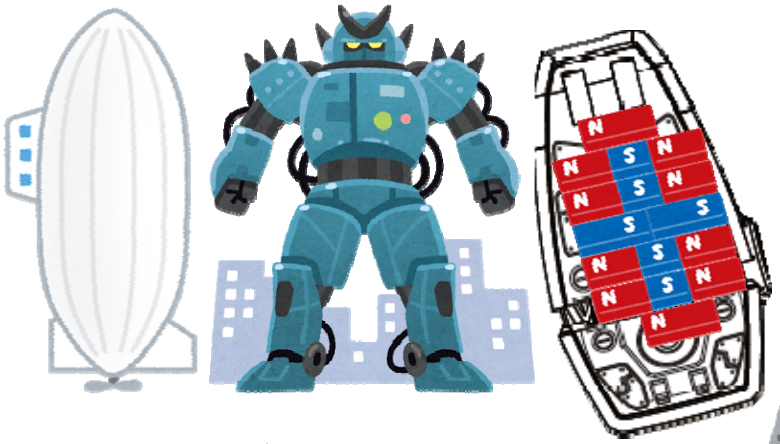
6軸ジャイロ付き骨組みと3DCGでシミュレートコントロール

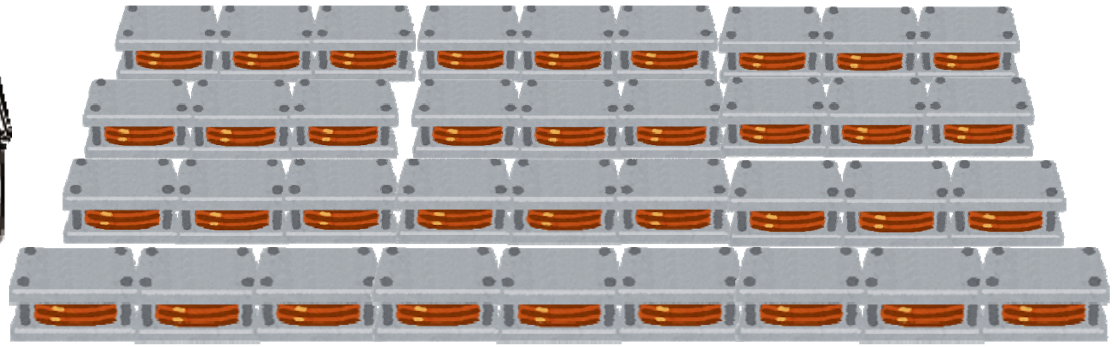
ガンダムと同じ配置に6軸ジャイロセンサーとQRコードの付いた
全身スーツ・グローブをコントローラーとして
同じ動きの指示を出すことも可能だと思います。
（タイアップ可能ならZOZOSUITでも応用出来そうです）



軽量低重心化と常に片足を磁力で強力に吸着する事で
どんなにバランスの悪い体制でも倒れることは無いようにします。
(倒れそうな場合、安定体制に自動移行させます)

足裏の磁石が中心部十字型にS極それ以外はN極なので
床の電磁石を制御する事で軸足ターンなども容易に可能です。





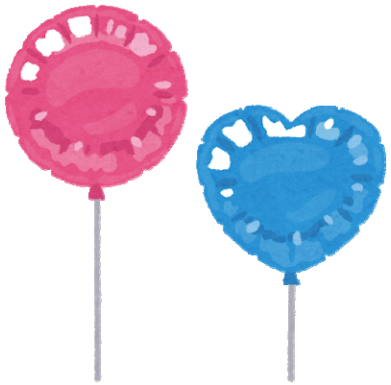
＊上半身が浮いていると倒れにくい

本研究前の試作実験とプロモーション

- 2m程のガンダムプラモデルを多数の上下ワイヤーでマリオネットの様に吊るし
空中でポーズ変形出来る小型モデルを作り、イベント会場などに出向きお客様に
変更ポーズボタンを押してもらい、まずは楽しんでもらえる様に改良していきたいです。
（可能なら希望者には無料提供出来るZOZOSUITに着替えてもらいポーズシンクロも）

- 高さ20m以上の倉庫にアルミフィルム風船で素体を作りマリオネットの様に上から吊るします。
- サーボモーターや電源は屋根に設置して上から操ります。
- 浮力をヘリウムガスと空気の混合比で調整して浮力のバランスを取ります。
- その研究後、今度は浮力を上げて吊るさずに下からマリオネットの様に操ります。
- 再度吊るし、足にサーボ等を設置して本体側面にワイヤーを通し操ります。
- 吊るしたまま床電源と磁力反発移動の実験をします。
- 磁力反発式移動が実験的、コスト的に厳しい場合、床吸引の足裏吸着式も検討します。

こんな感じで足以外はアルミフィルム風船のガンダムで
実験をしていくと、比較的スムーズに実験が進んでいくかと思います。



実施環境・安全性について

- 足の中以外はほとんど重量が無く上半身はほぼ浮いた状態なので倒れにくく、
  万一の被害も軽減されると思います。

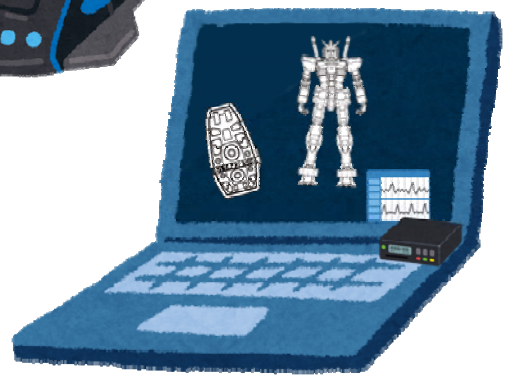
- PET素材とアルミ風船素材の使用箇所は見栄え・強度・浮力・重量を判断して
  実験しながら適材適所を見極めたいと思っています。

- 雨風に弱いのが欠点なので施設内推奨です。
  (大雨の重みや強風により倒壊する可能性が高いです)

- ヘリウムガスが抜けてくると強度が落ちて変形し
  一箇所に負荷が掛かり壊れる可能性があります。
  また、ガス圧を高めすぎると破裂の危険性も有ります。
  (タイヤの圧力点検以上に定期的なメンテナンスが必要です)

補足（足裏制御）

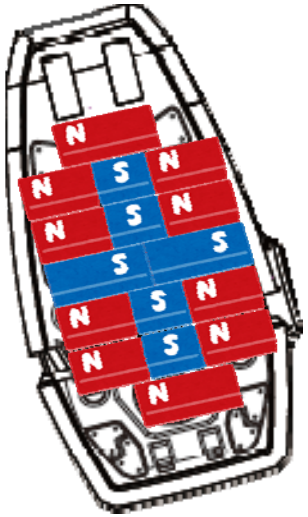
- 足裏にレーザーマウスのシステムを前後左右4個付けて
  足裏のスライド量と回転角速度を正確に計測します。



- 床の圧力センサーと磁力測定用リードスイッチと
  足のレーザー測定により床上の足座標が正確に判り
  これを床の電磁石制御に利用します。

- 足裏の磁石(中心部だけ十字型に反対極性)と床の電磁石を
  リニアモーターの様に反発と吸着を利用して
  片足を浮かせて移動させます。（30フレーム/秒程で最適化）

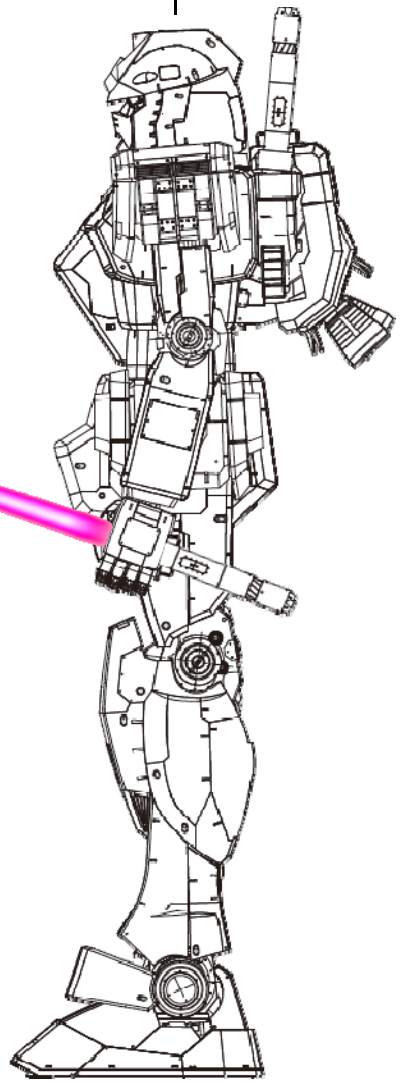
- 足裏中心部だけは十字型のS磁極なので
  前後左右と回転移動が床の電磁石で誘導可能となり
  思い通りの足運びが可能になります。



補足（見栄えとエンタメ要素）

PET素材パーツにアルミフィルムを貼りその上で塗装して
金属感の有る塗装に仕上げたりLEDパーツを最適箇所に
散りばめると、ガンダムらしく見栄えが良くなります。

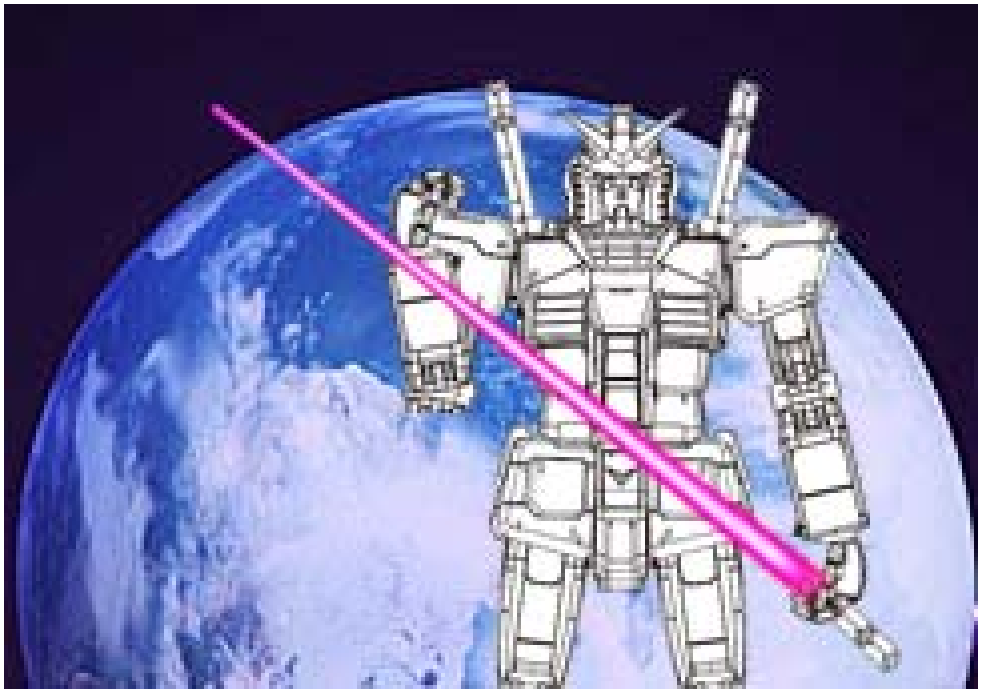
先端にアクションカメラ付きの自撮り棒ビームサーベルを装備させると
ガンダムが様々なポーズを決めた時に、
その映像を自撮り動画としてネット配信したり、
ガンダムと自撮り棒ビームサーベルの間にお客様が入り、
記念写真が撮れたりしてエンタメとして楽しめそうです。

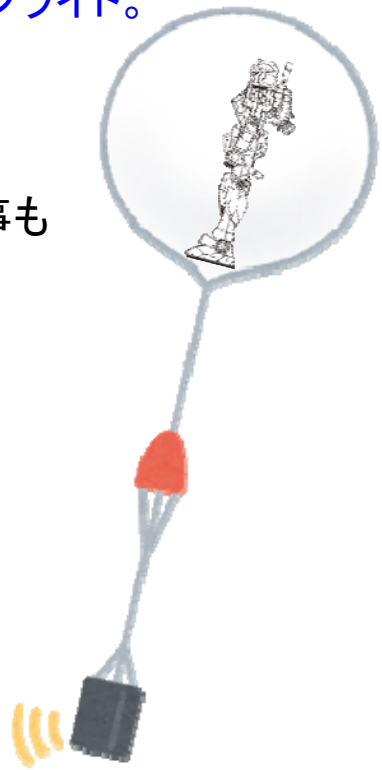


宇宙へ

最近の高性能な風船は高度2万五千メートルの成層圏まで耐えられます。
（JAXAの観測気球は高度53kmまで到達しました。）

まずは透明なバルーンの中にガンダム型マリオネットバルーンを入れて初フライト。
最終目標として、透明バルーンのバリア無しで、ポーズ変更可能な
実物大ガンダム型のバルーンを成層圏に浮かべてガンダム視点で
地球を眺めたり、お客様達が宇宙のガンダムをスマホアプリで操作して、
自撮り棒ビームサーベルで地球を背景に決めポーズのガンダムを眺める事も
いずれ可能になりそうですね。





以上です。ありがとうございました！

イラスト素材：いらすとやwebサイトと
公式素材とフォト満タン