

# ガンダム GLOBAL CHALLENGE リアルエンターテインメント部門 設計アイデア企画提案書 ガンダムとザクに相撲をとらせて四脚にした自立歩行（または足を上げて一步踏み出し）の実現

金子裕哉

2015年2月27日

## 1 注意

本企画提案書において著作物を掲載するが、著作権法第30条の3（検討の過程における利用）[1]によりこれらの著作物の利用が認められると考えられる。

またあらかじめことわると本企画ではガンダムとともにザクを作ることを提案するが、ガンダム GLOBAL CHALLENGE リアルエンターテインメント部門の要件には18mのガンダムを動かすことは書かれていたがザクを作ってはいけないとは書いていなかったため要件に反したわけではない。

## 2 企画概要

- 実物大ガンダムが動く、と聞いたときにガンダムファン、非ガンダムファンを問わず期待するのは「自立歩行」であると考える。
- しかし、人型ロボットの自立歩行は人間サイズでも研究が活発に行われている段階で、2019年までに18m、40tのロボットを自立歩行させるのは困難である。
- そこで、ガンダムとザクに相撲のがっぷり四つ状態をとらせることで一体の四足歩行ロボットとして四脚以外に支持のない自立歩行を行う。
- 主なアピールポイントは次のとおりである。
  - － 四足歩行は常に三点支持の状態を保つことができるため二足歩行に比べ安全な歩行を実現できる。
  - － ザク（MS-06 ザク II）は人気、知名度ともにガンダム（RX-78-2）に次ぐ、作品としてのガンダムを代表するロボット（モビルスーツ）の一つであり、ザクもまた実物大立像の製作が待ち望まれており本企画はそれに応えられる。
  - － ガンダムとザクが組んでの四足歩行は技術的に困難と思われる二足歩行を回避



図1 ガンダムとザクのがっぷり四つ状態で構成する四足歩行の様子

してのことであるが、ガンダムとザクが押し合う様は迫力あるものになると考えられ、エンターテインメントとして成立することが期待できる。

- 最後に、二機一体で四脚のアイデアはそのままに、技術的要件を緩和するために「足を上げて一步踏み出す」ことに目標を絞った企画アイデアを提案する。

# 目次

1	注意	1
2	企画概要	1
3	ガンダムとザクが組んでの四足歩行について	2
3.1	動くガンダムに期待されるもの	2
3.2	二足歩行と四足歩行	2
3.3	四足歩行実現の方法	3
3.4	ザクを作る意義	3
3.5	脚部稼働の実現性	4
3.6	歩行パターン	5
3.7	足の固定	5
3.8	デザイン上の問題点	5
3.9	必要な用地面積	6
3.10	来訪者の安全の確保	6
4	現実的な案	6
5	その他の希望	7
6	選定評価項目および事業要件の検証	7
6.1	企画評価	7
6.2	技術的評価	7
7	所感	7

## 3 ガンダムとザクが組んでの四足歩行について

3.1	動くガンダムに期待されるもの	1
	18m の実物大ガンダム立像ができたときにガンダムファンは興奮し、非ガンダムファンでも実物を見た人は圧倒されたと思う。一方で、自分の知人の非ガンダムファンに実物大ガンダム立像の話をしたところ返って来た感想には「歩かないの?」というものがあった。ある程度工学の知識があるとまさか 18m のロボットが二足歩行はできないだろうと諦めてしまっている節があり、またガンダムファンであれば実物大のガンダムが立っているところを見られただけで感動し満足したところがあるが、一般の人にとしてみるとやはり歩かないハリボテなんだ、という感想があった。そこで自分としては次に作られる実物大ガンダムには歩いてもらいたいし、多くの人が「歩く」ことを期待していると思う。	2
3.2	二足歩行と四足歩行	5
	人型ロボットであれば当然人間と同じように二本の脚で歩くのが自然である。2000 年の Honda の二足歩行ロボット ASIMO[2] が二足歩行を含めた様々な動作を行ったことは大きなニュースになった。二足歩行ロボットの研究は夢があり精神的に研究されている分野である。米国防高等研究計画局 (DARPA) と Boston Dynamics による PETMAN[3] や ATLAS[4, 5] などは摺動 (すり足) 的ではなくかなり自然な歩き方ができるようになっている。しかし、人間サイズのロボットと同様にして 18m の巨大ロボットに二足歩行をさせることはできない。二足歩行は脚の動きに連動して上半身も動かす必要がある (注意深く歩いてみると片足を上げた際に地面に着いている方の足に上半身を動かしていることがわかる) が、それらを含めた各動作の応答速度、片足にかかる重量、風の影響などを解決して、倒れた場合の被害を考えれば地震や突風のような外乱があっても万が一にも倒れるわけにはいかない安全要求を満たさなければならないとなると、18m のロボットの二足歩行は現状困難と考えられる。歩行リハビリ用の平行棒手すりのような外部からの支持によって二足歩行しているように見せることは可能かもしれないが、ガンダム像の近くに支持する建造物があると写真映えが悪くなるうえ、歩行のインパクトが薄れる。支線を用いる場合は歩行による移動が難しくなる。なにより既に 2009 年の実物大ガンダム立像がガンダムの足だけで立っていたことから、次のガンダム立像にも外部からの支持のないロボットだけでの自立状態が望まれる。	5
	一方で、ロボットの歩行、移動方法として多脚によるものがある。前述のものと同じ	7

く Boston Dynamics による BigDog[6, 7] は四脚のロボットで、移動速度や蹴られても倒れない安定性で話題になった。四足歩行は二足歩行に比べて当然安定している。特に、常に三点支持を維持しながら移動できることが良い。登山でも三点支持の状態での足場を確保してから進む方法を基本技術として教わるように、三点支持は倒れない安定した状態を作ることができる。二点支持では二点を結ぶ直線の左右に倒れることが可能だが、三点支持であれば接地（ここでいう接地は電気的なアースをとる意味でなく着陸の意味である）した点で構成される三角形の平面内に重心が投影できれば静的に安定し倒れない。BigDog の動画 [7] の開始から 3 分ごろに瓦礫の山を想定した不安定な足場での移動の様子が見られるが、ここでも三本の脚は接地した状態で残った一本の脚で次の足場を探し順次移動していることが確認できる。また、二足歩行の場合一本の足にかかる重量は最大で 1 機分の全重量がかかるが、2 機で四足歩行にすると常に三本の足が接地されており一本の足にかかる重量は最大で 2/3 機分になり二足歩行より軽くなる。数十トンの重量を支える場合にはこの 1/3 機分の負荷軽減も重要な要素である。これらの理由から四足歩行によって 18m のロボットを歩行させることができないかと考えた。

### 3.3 四足歩行実現の方法

ガンダムは二脚であるから、四つん這いにしてハイハイさせなければ四足歩行にはならない。しかしこれはもはや立像ではないし我々が見たいものとは異なる。そこで、もう一体実物大のザクを作りガンダムとザクを一体のロボットとして二脚×2で四足歩行させる。具体的には、図 1 のようにガンダムとザクを向かい合わせに相撲のがっぶり四つのような状態を作り二体を連結し一体の四足歩行ロボットにする。なお、本企画提案書でいうザクとは MS-06 ザク II を指すこととする。腕によって連結させることができれば支持部材（鉄骨）が外に見えず自然に見えると考えられるが強度的に難しいかと思われるため、二体の胸、腰あたりのがっぶり四つで近くなる部分を支持部材で連結させて支える重量を三本の足に分散させる。もちろん上手く腕に入れた鉄骨で二体を連結できるデザインができればそれが好ましい。

もっと言えば二体でなく、2015 年 2 月現在放送中の G のレコンギスタの後期オープニングで毎回見られる肩を組んでのウォークライのように複数体を繋げてしまえばより安定するだろうが、機体数分費用が増えることになるのでそれは現実的ではない。

### 3.4 ザクを作る意義

提案するがっぶり四つ方式の四足歩行ロボットを製作するためにはガンダムの他にもう一体 18m に近い大きさの人型ロボットが必要である。ザクは機動戦士ガンダムに登場するロボット（作中ではモビルスーツ (MS) と呼ばれる）であり、ガンダムシリーズを通して RX-78-2 ガンダムの次に知名度の高い MS と思われる。このため実物大ガンダム立像ができたときには既に「次はザクだな！」という期待が多くのガンダムファンにあったと推察する。作中の敵側組織ジオン公国の MS であり、主人公アムロ・レイが属する地球連邦軍のガンダムと取っ組み合いの喧嘩をしていても不自然ではなく、ガンダムの世界観に合致する。なおここでいう「世界観」とはフィクションにおける世界設定の意味を指す。ザクの実物大立像の制作も望まれているであろうこと、ガンダムと相撲をとっていても自然なこと、設定上の頭頂高が 17.5m[8] とガンダムにほぼ等しく釣り合いがとれることなどから、もう一体の人型ロボットとしてザクを採用する。

ザクにはいくつか種類があるが、知名度や世界観を考えると次の二種類のどちらかがふさわしい。

1. MS-06F ザク II (図 2)
2. MS-06S シャア専用ザク II (図 3)

まず 1 は機動戦士ガンダム第 1 話「ガンダム大地に立つ!!」においてジーンというジオン公国の MS パイロットが搭乗し、ガンダムと史上初めての MS 戦を行った MS である。この緑色のザクは量産型ということもありその後もガンダムに度々登場し、非ガンダムファンにも広く認知されている MS のひとつである。また、実際に実物大ガンダムとザクを動かすイベントを行う場合に、この第 1 話のガンダムとザクファーストコンタクトからザク撃破までの音声をイベント会場にて流すことでエンターテインメント性が増すと考えられる。

次に 2 は機動戦士ガンダムの登場人物シャア・アズナブルの搭乗機体であり、これも非ガンダムファンにも知名度のある MS のひとつである。図 1 にはこちらを使用した。機体色はシャアのパーソナルカラーである赤だが、本企画提案者の周りの非ガンダムファンの一部にはザクというのは赤いロボットだという認識の人もいるくらいである。またこのシャアという人物は主人公アムロのライバルでありアムロにつぐ、または勝るとも劣らぬくらいの知名度があると思われる。シャア専用ザクをもう一体のロボットとして採用した場合には、

アムロ「たかがザクころ一つガンダムで押し返してやる！」

シャア「ええい、連邦軍のモビルスーツは化け物か！」



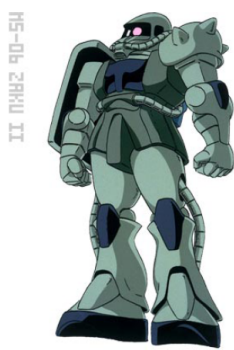


図2 MS-06 ザク II[9]

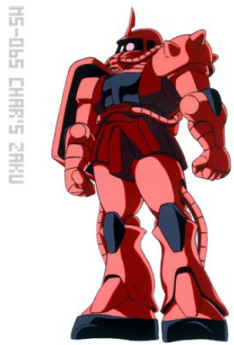


図3 MS-06S シャア専用ザク II[9]

のようなやりとりを新たに録音して、ロボットを動かすと共に会場で流すことでエンターテインメント性が増すと考えられる。

筆者の勝手な思い込みだが、非ガンダムファンながら少しだけガンダムの知識がある人間というのは、ガンダム、ザク、アムロ、シャアだけは知っていて、アムロとは親父にもぶたれたことのない人間で、シャアとは赤が好きで仮面の人というくらいの認識で、ザクとグフの違いがわからない、というのがほとんどだと思われる。そのぐらいの人にも楽しめる企画でなくてはならないし、全くガンダムを知らない人も楽しませるには18mの巨大ロボットが「歩く」というインパクトは必要のように思う。また、ガンダムやザクは戦争で使われる兵器であるが、武器を使わずに相撲をとっているというのは比較的平和な絵面で好ましい。

### 3.5 脚部稼働の実現性

ここでは現状考えられる技術で脚部を動かすことができるかを、脚を一本の棒に見立てた大胆な近似で検討する。詳細な設計はオープンブラットフォーム以降の課題とする。

最も運動の負荷が大きい、股関節部分のピッチ（脚を前後に振る）角の運動を考え、稼働に必要なトルクを求める。ガンダム GLOBAL CHALLENGE 設計参考資料 [10] からガンダムの脚の長さを測ったところ約 11 [m] であった。実物大ガンダム立像の総重量はインターネットで検索をかけると情報元 [11, 12] によって揺れはあるものの大体 35 トンくらいだったようである。人間の場合、下肢一本の重量は体重の 18.5% [13] に相当するとのことなので、ガンダムの脚に見立てた棒の質量  $m = 35 \times 10^3 \times 18.5/100 \approx 6.5 \times 10^3$  [kg]、長さ  $l = 11$  [m] とする。この棒を鉛直に置いて上側の端点を回転軸とする。この棒の端点回りの長さに垂直な方向への慣性モーメント  $J$  は、 $J = ml^2/3 \approx 262 \times 10^3$  [kg m<sup>2</sup>] である [14]。鉛直下向きの軸から半時計回りに角  $\theta$  をとる。想定する運動として  $\theta = 0$  度から 10 秒で 1 度/秒の角速度に到達して、そこからその角速度で  $\theta = 30$  度まで動かしたいとする。ガンダムが動くところを眺めていてそのぐらいの速度なら許容できるかと思う。フィクションの巨大ロボットの動きとしては遅いかもかもしれないが数十トンの物が動く速度としては速い。角速度  $\omega = 0$  [deg/s] から  $\omega = 1$  [deg/s] まで線形に 10 秒で達するなら角加速度  $d\omega/dt = 0.1$  [deg/s<sup>2</sup>] である。これで 10 [s] 動く角度は

$$\int_0^{10} \omega dt = \int_0^{10} 0.1t dt = 0.1 \times 10^2/2 = 5.0 \text{ [deg]}$$

まで増える。重力によってかかるモーメントは、棒の重心位置つまり端点から  $l/2$  の位置に  $mg \sin \theta$  の力がかかるので  $mg(l/2) \sin \theta$  [Nm]。ただし  $g$  は重力加速度で 9.8 [m/s<sup>2</sup>]。角速度を増加させていくときの最大トルク  $T$  は

$$\begin{aligned} T &= J \frac{d\omega}{dt} + mg \frac{l}{2} \sin \theta \\ &= 262 \times 10^3 \times 0.1 \times \frac{\pi}{180} + 6.5 \times 10^3 \times 9.8 \times \frac{11}{2} \times \sin \left( 5.0 \times \frac{\pi}{180} \right) \\ &\approx 31 \times 10^3 \text{ [Nm]} \end{aligned}$$

になる。30 度持ち上げた時点で静的につりあうのに必要なトルクが

$$T = mg \frac{l}{2} \sin \theta$$

$$= 6.5 \times 10^3 \times 9.8 \times \frac{11}{2} \times \sin\left(30 \times \frac{\pi}{180}\right)$$

$$\simeq 175 \times 10^3 \text{ [Nm]}$$

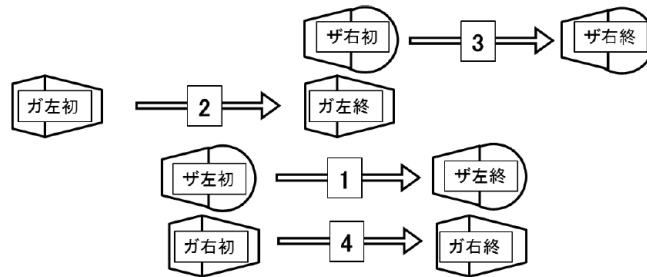
となる。

大きい方のトルク  $T = 175 \text{ [kNm]}$  を達成するモータを探してみる。そもそもこの用途は電車や自動車の車輪を回すような高速回転ではなくて低速大トルクなので、クレーンや掘削機に使われるような油圧モータ（プランジャモータ等）が向いているように思う。例えば Bosch Rexroth グループの Hägglunds のモーター [15] は要件を満たせるようである。データシートによると型番 CBM 2000 は毎分回転数  $30 \text{ [rpm]}$  つまり角速度  $180 \text{ [deg/s]}$  でトルク  $657 \text{ [kNm]}$  を達成できる。モータの直径が  $1460 \text{ [mm]}$ 、軸方向長さが  $872 \text{ [mm]}$ 、重量が  $4100 \text{ [kg]}$  とのことである。大きさはともかく重量が問題になりそうだが、毎分回転数やトルクの諸元を必要なだけ小さくすればより軽くて小さい油圧モータですむと考えられ、機体内に収めるのも不可能とは言えないかもしれない。

ここまでモータで稼働させることを考えてきたが、トン単位の重量物を動かす、曲げるにはショベルカー（バックホー）のようなリンク機構にしたシリンダによるアクチュエータの方が現実的かと思う。実際、人間が登場できる全高  $4\text{m}$ 、重量  $4\text{t}$  のロボットとして話題になった水道橋重工のクラタスも大きい関節は油圧シリンダで曲げている [16]。シリンダなどが露出して外見が変わってデザインが崩れるかもしれないが、油圧シリンダを使用したアクチュエータであれば稼働が可能になると思う。

### 3.6 歩行パターン

今回考える四足歩行では、一般的に研究されている四足歩行と違い不特定の地面を歩く必要がない。すなわち、ふつう四足歩行ロボットを作りましたといえばそのロボットを事前情報のない適当な場所に持って行って前後自在に歩かせることを目標にすると思うが、今回の場合はイベント会場内の事前に決めた場所を事前に決めたパターンで歩くことができればよく、非常に狭い範囲での安定性さえ確保できればよい。基本的な安定性は接地している三本の足で確保し、これを動かさずに残りの一本の足を動かすパターンを考えれば、脚を動かすアクチュエータへの指令値はフィードフォワードで大雑把に制御し、最終的な微量の調整だけセンサを使ったフィードバックで行えばよい。図4に歩行パターンを示す。このように歩けば常に三本の足は（鋭角）三角形をつくるように接地した状態で歩行ができる。元の位置に戻るには逆の順序で逆向きに動かせばよい。



上から見た歩行順序の様子。ガはガンダム、ザはザクを、左、右はそれぞれ左足、右足を指し、その後の初は初期位置、終は移動終了後の位置を意味する。矢印は移動を表し番号はその順序である。

図4 歩行パターン

### 3.7 足の固定

18mの像というと、（歩行によって移動する場合土地に定着する工作物ではなくなるかもしれないが）建築基準法が準用される確認申請が必要な工作物にあたり基礎による安定が必要になる。足が接地する位置はあらかじめ決めておけるため、接地位置に基礎（下部構造）を作ることができる。さらに言えば移動のたび足裏と緊結して固定する機構を設けることもできるかと思う。歩くというより次々に溝に足をはめるイメージになる。また、外部から足裏を経由して電源供給することもできるかと思う。

### 3.8 デザイン上の問題点

ここでは図1のががぶり四つ状態を作ったときに気づいた、問題になりそうなデザイン上の部位を挙げる。なお図1の写真を撮るのに使用したのはそれぞれ RG 1/144 RX-78-2 ガンダム (JANコード: 4543112632807) と RG 1/144 MS-06S シャア専用ザク (JANコード: 4543112-65511-0) というプラモデル（いわゆるガンプラ）である。注意として、ここで挙げる問題点は1/144スケールを横や上から見たときに気づいた問題点で、実際に実物大を「見上げる」ときにも問題になるのか、また見上げる場合に新たに問題となる点は不明である。見上げたときの問題はCGモデルを作って検証する必要があると思う。

- ザクの肩

シールドとスパイクのどちらも邪魔になりガンダムの顔が見えなくなるかもしれない。邪魔になる場合は設定より小さくするか、バーチャルエンターテインメント

部門とコラボレーションして、「シールドとスパイクは無い状態で製作し、モニタ端末を持った人だけ拡張現実感 (augmented reality) でシールドとスパイクを見せる」か「シールドとスパイク付きで製作し、モニタ端末を持った人だけ隠消現実感 (diminished reality) でシールドとスパイクを消してガンダムの顔がよく見えるようにする」のどちらかで解決する。

- ザクの脚の動力パイプ

歩行の際にガンダムの脚と干渉するかもしれない。これも邪魔になる場合は動力パイプなしで製作して拡張現実感で再現する。

- ガンダムのバックパック (ランドセル) のビームサーベル

こちらはザクの肩の問題と逆で、ザクの顔を見るのに邪魔になるかもしれない。ビームサーベルは二本差せるが、ザクの顔と重なる方のビームサーベルは無い状態で製作した方がよい。

- スカート

脚を動かしたときに干渉するため、相当軽い材料で作る脚との間に緩衝材を入れる必要がある。

### 3.9 必要な用地面積

図 1 のガンダムの右足つま先から左足かかとまでが約 8 [cm], ガンダムの右足外側からザクの右足外側が約 9 [cm] であった。プラモデルのスケールは 1/144 なので実物大なら  $0.08 \times 144 = 11.5$  [m] と  $0.09 \times 144 = 13$  [m] くらいになる。図 4 の 1 シーケンスには歩行方向にガンダムとザク合わせて 4 歩分で 46 [m], その垂直の向きに 13 [m] の 600 [m<sup>2</sup>] くらいは必要になる。

### 3.10 来訪者の安全の確保

歩行させる場合は、万一の落下物や足と接触する危険を考えると 3.9 節で述べた面積分の歩行領域には来訪者は立ち入れないようにする必要がある。しかし歩行していない時には間近に寄っての観覧ができることが望ましく、また見た目の印象を考えると元から柵を設けるなどして全く物理的に立ち入りができないようにしてしまうのは好ましくない。そのため、立ち入りを許した場合にロボットが緊急停止できるようにする必要もある。幸い三本足で支持がとれていれば足を上げていても常時安定して停止することができる。立ち入りの検知には、例えば漏洩同軸ケーブルを用いた侵入者検出システム [17] や空港滑走路の異物検知システム [18] を用いれば広域の検知ができる。

## 4 現実的な案

ここまで歩行によって移動するものと考えてきたが、実際にスムーズに自然に見えるように歩かせようと思うと脚だけでなく体中にアクチュエータが必要になるだろうし、2019 年までにできることなのか企画提案者も懐疑的である。さらに 18m 級のものが歩行で移動するというのは前例もなくどういう法律が適用されるのかちょっとはかりかねる。公道を歩くわけではないのでパトレイバーのようにナンバープレートが必要になるということはないにしても、作る許可が下りるのが残念ながら本企画提案者の知識ではわからない。

そこで、ガンダムとザクによる (3 + 1) 本足というアイデアはそのままに、現実的な「動くガンダム」を考える。なんととしても達成したい目標を「足を浮かせて」「一歩踏み出す」まで絞る。

ガンダムの脚一本、ザクの脚二本は完全に地面に固定し、ガンダムとザクは連結して三点支持された立像とし、ガンダムの脚一本をただのロボットアーム状態にしてこれに「踏み出しているように見える」動作を行わせる。

ガンダムの脚一本、ザクの脚二本を基礎の上に建ててガンダムとザクの立像を作るのは 2009 年の実物大ガンダム立像の延長線上のやり方で可能だと思う。建立にあたって適用される法律も同じだと考えられる。ノウハウを再利用できるのは利点である。そして、三本脚で自重を完全に支持できていれば、残り一本の脚はその装甲以外の重量を支える必要がなく、重くて上部な鉄骨を使う必要がなくなり非常に軽く作れる。つまりアクチュエータの負荷が少なくてすむ。この一本の脚だけはただの浮いたロボットアームとみなせる。3.5 節で脚の長さは約 11 [m] になると書いたが、これはおおむね国際宇宙ステーションの実験棟「きぼう」で使われているロボットアームと同じくらいの長さである [19]。これは重力下での運用を前提にしたアームではないものの、似たものが既にあると思うと脚を動かす実現性が見えてきた。

少し装甲の重量を考えてみる。素材は FRP (繊維強化プラスチック) で密度は 2 [g/cm<sup>3</sup>] とする [20]。脚を半径 1 [m], 高さ 11 [m] の円筒で近似してその装甲厚さが仮に 5 [mm] とすると、体積は  $2\pi \times 1 \times 11 \times 0.005 = 0.35$  [m<sup>3</sup>] で、重量は  $3.5 \times 10^6 \times 2 \times 10^{-3} = 700$  [kg] になる。厚みは適当に考えたものの、1 トンくらいの余分なものがアームにくっつくと思うとやはり油圧のショベルカーのような機構がふさわしいのかもしれない。トン級のアームが揺れることを考えて三本脚の構造計算をする必要は当然あるだろうが比較的实现性があるように思う。

贅沢を言えば、ガンダムの脚一本とザクの脚一本だけを地面に固定して自重を支持



し、残りのガンダムの脚一本とザクの脚一本どちらも稼動するようにしたい。また、ひねるのは難しいかもしれないが上半身が連動して動いてくれると嬉しい。少なくとも顔を回すのは可能だろう。

費用については、2009年の実物大ガンダム立像の費用に、ザクの設計と建立、稼動脚の設計と製作分を加えた程度の費用になると予想される。

実現性を大きくするために「歩行」から「足を一步踏み出す」と目標は小さくしたものの、アームストロング船長の一步のごとく今後の科学技術発展の夢を感じさせてくれる一步になってはくれるのではないかと思う。

## 5 その他の希望

本企画提案書では次のガンダム立像に期待するものとして「歩く」をテーマにしてきたが、その他の希望としては

- マニピュレータ（手指）がぐりぐり動くところが見たい。
- コックピット位置に乗りたい。中に入れなくても少なくともその高さから景色を見たい。遊園地のアトラクションや公園の遊具の延長のような扱いで実現されないだろうか。

ということがある。

## 6 選定評価項目および事業要件の検証

### 6.1 企画評価

- ガンダムの世界観に合致しているか  
3章、特に3.4節で述べたとおりガンダムとザクの押し合う様というものはガンダムの世界観によく一致しているといえる。
- エンターテインメントとして楽しめる要素があるか  
3章、特に3.1節では次の動くガンダム（リアルエンターテインメント）では足を上げて歩く様が期待されていることを説明した。また3.4節では実物大ザク立像の製作が望まれることを説明した。本企画は2019年のリアルエンターテインメントに必要なものを満たすといえる。

### 6.2 技術的評価

本企画提案書ではおおまかな全体プランの提案と大胆な近似による大雑把な実現可能性の検証にとどまっており、詳細設計はオープンプラットフォーム以降の課題としている部分が多い。しかし、何としても「ガンダムの足を上げる」ために4章で提案した内容は2009年の実物大ガンダム立像制作から新規に検証すべき課題を最大限省いており、技術的要件は易しいといえる。

- 安全性、耐久性、環境への影響、人への影響、法的実現性  
4章で提案した内容は2009年の実物大ガンダム立像と上に挙げた点について大きく変わるものではなく製作の問題はない。法的には建築基準法施行令第138条でいうところの工作物にあたり、第138条の2で準用される建築基準法に従って製作されると考えられる。
- システム設計の実現性（検証計画）、電源、制御、開発体制、開発スケジュール  
本企画提案書においてはこれらは大雑把に検討されたのみである。アイデアの実現に向けた取り組みが必要である。
- 技術的な発展可能性、社会への波及効果等  
本企画は、実物大ガンダムの自立二足歩行を遠い目標に、近くの実現目標として四足歩行または足を上げさせることを掲げて企画されている。基本的に棒立ちであった2009年のガンダムから、脚が動かせる立像になることは、多くの人に次の目標である実物大ガンダムの自立二足歩行への夢と実現のための原動力を与えられる。実物大の脚を動かすノウハウが次に活かされることも考えられる。

## 7 所感

実物大ガンダムを実際に見たときは大きな感動、嬉しさを感じました。2019年の動くガンダムにもとても期待しています。関係者の皆様を応援します。

## 参考文献

- [1] 文化庁 HP, "著作権制度の解説資料 ≫ 最近の法改正について", <http://www.bunka.go.jp/chosakuken/utsurikomi.html>, 2015年2月11日確認。
- [2] Honda HP, "ASIMO について", <http://www.honda.co.jp/ASIMO/about/>, 2015年2月24日確認。
- [3] Boston Dynamics HP, "Robots ≫ PETMAN," [http://www.bostondynamics.com/robot\\_petman.html](http://www.bostondynamics.com/robot_petman.html), 2015年2月24日確認。

- [4] Boston Dynamics HP, "Robots ≧ ATLAS," [http://www.bostondynamics.com/robot\\_Atlas.html](http://www.bostondynamics.com/robot_Atlas.html), 2015年2月24日確認.
- [5] YouTube, "Meet ATLAS!," <http://www.youtube.com/watch?v=zKbnFPBV3f0>, 2015年2月24日確認.
- [6] Boston Dynamics HP, "Robots ≧ BigDog," [http://www.bostondynamics.com/robot\\_bigdog.html](http://www.bostondynamics.com/robot_bigdog.html), 2015年2月24日確認.
- [7] YouTube, "BigDog Overview (Updated March 2010)," <https://www.youtube.com/watch?v=cNZPRsrwumQ>, 2015年2月24日確認.
- [8] ガンダム MS 動画図鑑, "第 395 回「MS-06 ザク II」", <http://www.gundam.info/content/1380>, 2015年2月24日確認.
- [9] 機動戦士ガンダム公式 Web, "WORLD ≧ MS", <http://www.gundam.jp/tv/world/mecha/ze01.html#01>, 2015年2月27日確認.
- [10] ガンダム GLOBAL CHALLENGE, "設計参考資料", [http://gundam-challenge.com/dl/RX-78-2\\_GUNDAM\\_sample.pdf](http://gundam-challenge.com/dl/RX-78-2_GUNDAM_sample.pdf), 2015年2月26日確認.
- [11] ITmedia LifeStyle ニュース, "実物大ガンダム, 下半身が大地に立つ", <http://www.itmedia.co.jp/lifestyle/articles/0905/20/news040.html>, 2015年2月26日確認.
- [12] livedoor NEWS, "「日本恐るべし！」お台場のガンダムに度肝を抜かれた海外の反応", <http://news.livedoor.com/article/detail/4198335/>, 2015年2月26日確認.
- [13] ニュートリー株式会社, "身体計測 [body composition]", <http://www.nutri.co.jp/nutrition/keywords/ch1-6/keyword2/>, 2015年2月26日確認.
- [14] 山内恭彦, 末岡清市 "大学演習力学", p.205, 2009年, 第45版, 裳華房.
- [15] Bosch Rexroth, "Product catalog Industrial hydraulics ≧ Motors ≧ Radial piston motors," <http://www.boschrexroth.com/ics/Vornavigation/VorNavi.cfm?DisplayType=pict&Language=EN&Region=none&VHist=Start%2Cp537305&PageID=p537321>, 2015年2月26日確認.
- [16] Web Designing 編集部, "Web Designing Library #01 クラタスのすべて", p.9, マイナビ.
- [17] 佐藤智紀, 東野武史, 岡田実, "二次元圧縮センシングによる漏えい同軸ケーブルを用いた高信頼性侵入者検出システム", 電子情報通信学会論文誌 A 基礎・境界, vol.96, No.5, pp.238-249, 2013年5月.
- [18] 米本成人, 河村暁子, ニッ森俊一, 岡田国雄, "光ファイバー接続型広帯域ミリ波レーダーの開発", 電子情報通信学会技術研究報告 マイクロ波・ミリ波フォトニクス, vol.112, No.280, pp.11-15, 2012年11月.
- [19] 宇宙航空研究開発機構 宇宙ステーション・きぼう広報・情報センター, "我が国初の「軌道上実験棟」(国際宇宙ステーションの「きぼう」日本実験棟)で活躍するロボットアーム", <http://iss.jaxa.jp/shuttle/flight/mfd/mfddoc1.html>, 2015年2月27日確認.
- [20] 太陽インダストリー株式会社 化成品事業部 技術情報, "材料特性", <http://www.taiyo-industry.co.jp/ChemicalProducts-sec/technology-info/材料特性>, 2015年2月27日確認.