

## 第28回衛星設計コンテスト

### アイデア概要説明書（3 ページ以内）

応募区分 ジュニアの部

#### 1. 作品情報・応募者情報

作品名（20文字以内） Mars Umbrella
副題（自由記入）
学校名 神戸女学院高等学部

#### 2. ミッションの概要（プレスリリース等で使用するので、200字程度でわかりやすく表現して下さい。）

マーズローバーに被せるための傘型の被せ物を提案。折り畳み可能であるため、ローバー内に格納することができる。太陽光パネル使用時に砂が積もって太陽光を遮ることのないよう、定期的に除去できる仕組みとなっている。また、吸音素材を使うことで、地震計を利用した地層観測に影響が出る振動を抑えることもできる。太陽光パネルを使うことを想定しているため、透過率が高く、根本として火星で利用するため、耐冷耐熱性のある物質を使っていることも特徴の一つである。

#### 3. 目的と意義（目的・重要性・技術的意義等）

##### (a) 目的

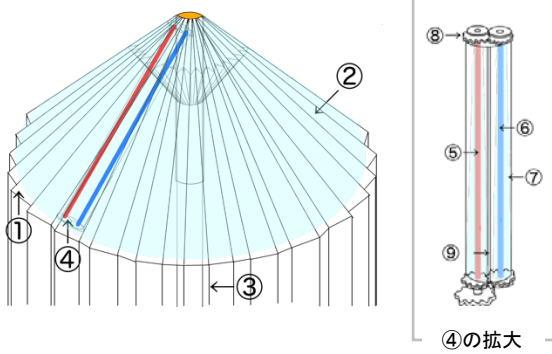
太陽光パネルを利用したマーズローバー（以下ローバーとする）の、太陽光が遮断されることによるミッションの妨げ、通信不良を防ぐことを第一の目的とする。さらに、「インサイト」が行っている、地震計を利用した地層観測を再び行うことを想定し、インサイトが観測の際に使っていた傘状の防振のためのものを、ローバー自身だけで利用できる様、第二の目的として吸音効果が必要な際の利用を想定した。（これについては、観測データの後処理も検討中）

##### (b) 重要性・技術的意義等

火星には今までに数々のローバーが送られており、多大なる成果を修めている。しかし、その多くは太陽光パネルを使用して電気を生成しているため、太陽光が遮られては、地球と通信もできず、ミッションの成果を上げることが困難となる。昨年2月12日にNASAの火星探査機「オポチュニティ」は運用を終了した[1]。この例では元々三ヶ月の予定だった探査期間が15年へと延び、輝かしい成果を修めたローバーとして知れ渡っている。オポチュニティが残してくれたものは大変大きいと思われる。しかし、地球との通信が途絶え、運用終了へ導いてしまった原因が砂嵐だと聞いて、それさえ防ぐことができたとしても長期間に渡って作動できたはずであると考えた。それまで15年間動き続けた理由としては、思いがけず風が砂を吹き飛ばしてくれていたからと言われているが、これはあくまでも火星としては比較的穏やかな気候が続いていたからだと思われる。運用終了への決定打となってしまったのは、巨大な砂嵐だった。それまでにも発生していた小さなトラブルのための応急処置も、パネルに降り積もって太陽光を遮った砂のせいで、機体自体を制御することができなくなったために行うことができなかった。このことから、砂が太陽光パネルに降り積もることを未然に防ぐ仕組みが備わっていれば、さらに長期間の運用が実現できるのではないかと考え、この砂が溜まることを防ぐ傘型の収納可能構造を提案する。近頃研究されている火星天気予報との併用もできるのであれば、より良い効果があるのではないかと願っている。

#### 4. アイデアの概要

##### (a) 外観・各部名称について



- ① 傘部
- ② フィルム
- ③ 軸
- ④の内部↓
  - ⑤ 使用済みフィルム巻き取り部
  - ⑥ 未使用フィルム繰り出し部
  - ⑦ フィルム
  - ⑧ 歯車
  - ⑨ フィルム出入口（切れ込み）

※以下○付き番号を使用する際は、各部名称を表すとする。

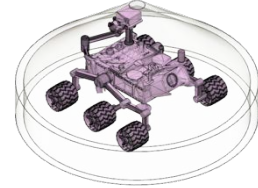
まずはじめに、この外観的アイデアは図鑑でクロコサギ<sup>\*1</sup>を見つけて羽をドーム状に形作ることができると知り、さらにある映画でドラゴンが別のドラゴンに砂をかけてしまった時、砂をかけられたドラゴンが羽を使って砂を避けたり、同映画の他のシーンで羽の下に身を隠したりするのを見て、着想を得た。傘の形にしようと思った時、小学生の時に作っていた伝統折り紙、「ばんがさ<sup>\*2</sup>」を思い出し、その仕組みを利用することにした。

①の内側の折り返し部分より上はローバーから出ている想定である。折り返し部分の大きさは、ローバーの大きさによって変更可能である。ただ、使う材料やその厚さにはよるが、小さくしすぎると、傘を開くための力が足りなくなり、役割を果たせなくなってしまうため、設計するには注意が必要である。

\*1 クロコサギ(BBCの「鳥の世界」より)



外観↓



\*2 ばんがさの図(左から正面、斜め下、下から見た図)



作成した模型→



##### (b) 材料について

まず、火星で利用するためには、

- (1) 全ての部品が火星の気温であるおよそ $-140^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ [2]に耐えることができる必要がある。

また、太陽光パネルを利用する前提で提案しているため、

- (2) 光線透過率が高い

ものでなければ、太陽光パネルを利用してローバーを動かすことができなくなってしまいます。

そこで調べてみると、 $-150^{\circ}\text{C}\sim 300^{\circ}\text{C}$ に耐えることができ、宇宙での仕様も想定されている高透明プラスチックフィルムがあることがわかった[3]。

この材料のみでは、吸音効果が必要な際に対応できないため、その場合は、窓などの吸音材によく使われるポリエステル（(1)の条件を満たさない）を共に使用し、それぞれの利点を引き出すことができる素材を作ることができれば、吸音効果も達成することができるのではないかと思います。



##### (c) 動作について

- (1) 開閉

傘の開閉は③で行う。③の上部を下に引っ張ると閉じ(左側の写真)、上げると開く(右側の写真)ようになっている。

(③の上部が①の内側と連動している。)

## (2) 砂の除去

①の上を覆っている②は、積もった砂を定期的に除去するために回転し、きれいなものと入れ替わるようになっている。③の部分に微小な重さを測れるセンサーをつけることによって、砂が溜まっていることを感知して回すようにしたり、風量などの様子を予測しながら回転速度を変えることができたりと、どういうタイミングでどのように除去するかは自由自在である。

また古い方に付着している砂は⑨にて落とされるが、仮に残った場合でも、④の下方に溜めておけば、その後の研究に役立てることができる可能性がある。

回転は⑤または⑥を回すことにより行う。⑤と⑥は上部の歯車によって連動している。

連動させることによって、⑥にて新たに繰り出した⑦を⑤にて巻き取ることが可能である。

## (3) マーズローバー内への収納

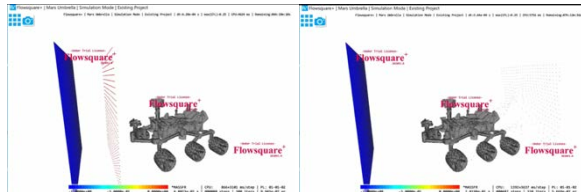
傘を最大限閉じた状態でローバー内に設置する筒に収納する。この時、広がっている裾の方から筒に入れることになるので、ギリギリではなく比較的余裕のある口がある筒だと好ましい。

ローバー内に収納された傘→



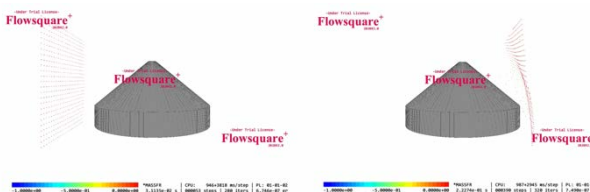
## (d) シミュレーション結果について

### (1) ローバー（図はキュリオシティ）のみの場合の砂の流れ

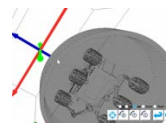


横から砂の粒子を流したときに、Mars Umbrella 使用時の方が砂が溜まることなく流れていることがわかる。

### (2) Mars Umbrella を被せた場合の砂の流れ



傘の下にキュリオシティを設置↓



## (e) 参考文献

- [1] <https://wired.jp/2019/02/14/rip-opportunity-rover/>
- [2] <https://mars.nasa.gov/all-about-mars/facts/>
- [3] [http://www.kiis.or.jp/number1/pfdf/10\\_rnthg.pdf](http://www.kiis.or.jp/number1/pfdf/10_rnthg.pdf)

## 5. 得られる成果

- ・ミッションの成功に直結しやすくなる
- ・運用予定よりも長期間稼働して、観測を行うことができる
- ・砂嵐による故障、地球との通信トラブルを防ぐことができる
- ・地震計使用時に、風による振動（ノイズ）を減らすことができる

## 6. 主張したい独創性または社会的な効果

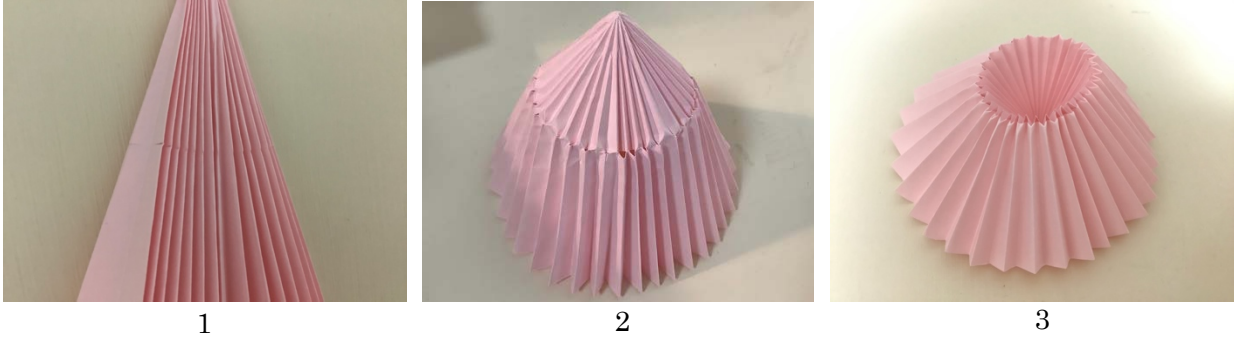
- ・図鑑でクロコサギを見つけてその特徴を知ったことと、ドラゴンが出てくる映画での羽の使い方により、どういう外観にするかの発想を得た
- ・日本伝統の折り紙を活用した
- ・ローバーの形や大きさは様々だが、少し数値を変えたりするだけで幅広い機体に使用することができるため汎用性に優れており、状況によって色んな応用が効く構造となっている
- ・運用停止により再度ミッションを行うための衛星設計費用などをなくすことができる
- ・人類が火星に住むかもしれない未来で、住居を砂嵐から守るためにも応用できる

以上

## 第28回衛星設計コンテスト

### アイデアに関する説明資料

#### \* 傘部の内側の作り方

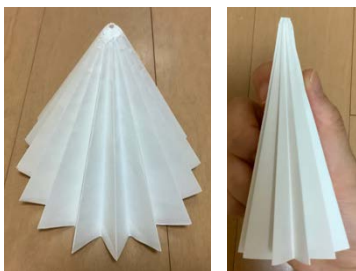


1. 切れ込みを入れる（作成した模型では上から 1/3 のところに入れた）
2. 切れ込みより上の蛇腹部分の山と谷を反対にする
3. 下に折り込む

#### \* 64 等分にした理由

ばんがさを折ってみると、コンパクトというには閉じた時の下の開きが大きすぎると感じた。ばんがさが、円を何等分して作られているかを確認すると 32 等分されていることがわかった。等分を大きくすればするほど蛇腹部分の密度が高くなり、よりコンパクトにすることができる。折りやすさを考えると、 $4 \times 2^n$  等分が良いので、32 等分の次の 64 等分を作ってみた。すると先ほどよりもだいぶとコンパクトに閉じることができた。その次の 128 等分も試そうとしてみたものの、先端部が弱くなり、素材によっては割れてしまうと感じたため、64 等分が限界であると考えた。

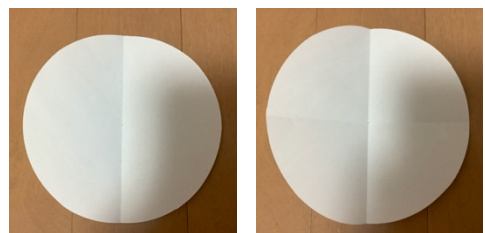
#### \* ばんがさ (32 等分) を作成した場合の外観



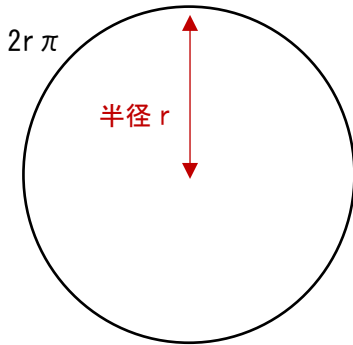
← (図左側) 何も力を加えなかった場合  
(図右側) 閉じた場合

#### \* $4 \times 2^n$ 等分が折りやすい理由

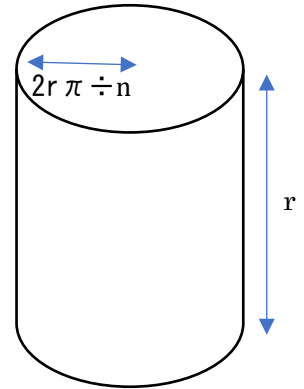
まず円の中心を通るよう半分に折り(図左側)、その後折った部分が重なるようさらに半分に折る(図右側)。この時、円は四等分される。分けられた 4 つの部分をも、折り目を重ねながらさらに  $n$  回折っていくと、 $4 \times 2^n$  等分されることになる。よって  $4 \times 2^n$  等分は、円の中心さえ分かれば、定規や分度器などで長さや角度を図ることなく、折れるのである。



\* 傘の大きさと収納時の円柱の大きさの関係



等分が大きくなるほど近似が使えるようになる。円柱の高さは円の半径と近似し、底辺の半径は円を  $n$  等分した時、 $2r\pi \div n$  となる。傘を作ってから、円柱の大きさを決めることもできるが、マーズローバーに残っている収納場所から傘の大きさを決めることもできる。



\* シミュレーションについて

Flowsquare<sup>[1]</sup>を使用して作成。

CAD(STL)モデルは Autodesk Fusion 360 を利用して作成。

今回使用したキュリオシティのモデルは NASA 3D Resources のキュリオシティ3D プリンター用のモデル[2]をダウンロードし、Autodesk Fusion 360 を使用してパーツを組み合わせ、完成させた。

シミュレーションのパラメーターは[3]の資料をもとに入力した。

[1] <https://nasa3d.arc.nasa.gov/detail/mars-rover-curiosity>

[2] <https://fsp.norasci.com/index.html>

[3] [http://www.isas.jaxa.jp/j/topics/event/2014/0725\\_open/image/leaflet/5-1.pdf](http://www.isas.jaxa.jp/j/topics/event/2014/0725_open/image/leaflet/5-1.pdf)