

# 第19回衛星設計コンテスト

事務局使用欄

受付番号

年 月 日

## アイデア概要説明書

1. 応募区分 ジュニアの部

2. 作品情報・応募者情報

作品名（漢字・かな・英数字合計20文字以内）			
S A T O M-X（サトム エックス）			
作品名 副題（これは公式文書では省略する場合があります）			
S c h o o l A T O M-X（学校で考える1番小さなシステム設計）			
	氏名（フリガナ）	学校名、学科	学年
代表者(正)	熊崎大輔（クマザキダイスケ）	岐阜県立高山工業高等学校 電子機械科	3年
代表者(副)	後藤和樹（ゴトウカズキ）	岐阜県立高山工業高等学校 電子機械科	3年
メンバ1	細江亮汰（ホソエリョウタ）	岐阜県立高山工業高等学校 電子機械科	3年
メンバ2	山腰成美（ヤマコシナルミ）	岐阜県立高山工業高等学校 電子機械科	3年
メンバ3	南 裕介（ミナミュウスケ）	岐阜県立高山工業高等学校 電子機械科	3年
メンバ4	松葉貴侑（マツバタカユキ）	岐阜県立高山工業高等学校 電子機械科	3年
メンバ5	藤本 港（フジモトミナト）	岐阜県立高山工業高等学校 電子機械科	3年
メンバ6	細江信二（ホソエシンジ）	岐阜県立高山工業高等学校 電子機械科	教諭
メンバ7			
メンバ8			

3. 提案の概要（プレスリリース等で使用するので、200字程度でわかり易く表現して下さい。）

工業高校の生徒は、動きが確認できる衛星にあこがれます。S A T O M-Xは、モールスで衛星に信号を送り、「モールス符号一文字」をLEDパネルでゆっくり点灯させるものです。400km離れていても、夕方から夜にかけて望遠鏡等を使用すれば、反応が確認できます。衛星の制御に興味があくと同時に、モールス通信（アマ無線3級程度）を学びたい学生が増加すると思えました。幼稚園、小学校などで多くの園児や児童に同時に確認してもらい、宇宙に興味を持ってもらうことが可能です。

4. 目的と意義（目的・重要性・技術的意義等）

(a) 目的（今回考えた衛星を何に利用するか等） 人工衛星からの光の点滅を確認することができれば、どんなにすてきなことでしょうか。さらにその光を自分で制御できるとすれば、感激もひとしおです。S A T O M-Xは地球に向かって光を点滅させるLEDパネル（5m×5m）をもつ衛星でISSに取り付ける場合も想定した衛星です。 目的 ① 園児や児童をはじめ、多くの人に衛星からの光の点滅を確認してもらい、宇宙や衛星に興味を持てること。 ② 宇宙の専門家でない人でも、アマチュア無線を使用して地球から信号を送り、衛星が制御できるという条件を整え、点滅という制御体験をしてもらうことにより、衛星の制御に興味を持てること。 利用 ③ 点滅パネルをISS搭乗員がマニュアル（無線または有線）で操作可能とすれば、スケジュールに添って多くの学校の上空で点滅させることも可能です。また、搭乗員との通常のアマチュア無線のやりとりの中で「今から点滅させます。地球で確認ください」等ということも可能です。 ④ 衛星のLEDパネルを地球から無線で点滅させることで、地球では双眼鏡や望遠鏡で確認したり、天体写真を撮影して光の点滅を収めたり、天文台で動画に収めたりすることが可能です。
--

近い将来は、衛星ロボットなどが出現するかも知れませんが、それらに興味を持つ子供達でも容易に動かすことが可能で「自分が送った信号で衛星が動いた」となれば、それから後もどんどん興味がわくのではないかと考えました。今回の衛星のシステムは、衛星に直接信号を送るため、短時間での制御となりますが、将来的には衛星間にリピーター衛星をとばすことによって衛星間ネットワークが構成でき、一番近い衛星と通信すれば、双方向通信により地球の裏側にある衛星の様子を見ながら様々な制御ができると考えています。

(b) 重要性・技術的意義等(ex:宇宙空間で利用する理由、他にない技術など)

制御の内でもっともシンプルで、もっとも感動でき、確認ができるものは光の点滅だと考えました。通信回線を確立さえすれば(場合により送信さえすれば)、誰でも動かしてみることができるので、感動もひとしおと考えています。アンサーが電波の場合、無線機を通したり、測定器を通したりすることでその確認は間接的になります。現在でも衛星からテレメトリをCWで受信される方や、アマチュア無線衛星の反射を利用して衛星通信が行われていますが、感動はどれほど大きいのでしょうか。電話回線も一部は衛星経由の時がありますが、まったく私達は意識はしません。空(宇宙)を移動する衛星の点灯する光を見ることは、直接目に映るわけですからどんな方にも説明抜きで確認ができます。しかも同時に大勢でも簡単に確認してもらうことができます。

## 5. ミッションアイデアの概要

最初は独立した衛星(単体衛星)で考えましたが、次の二点から国際宇宙ステーションの「きぼう」の近くに設置した方(寄生衛星)が現実的だという事で後者の方を中心に説明をします。

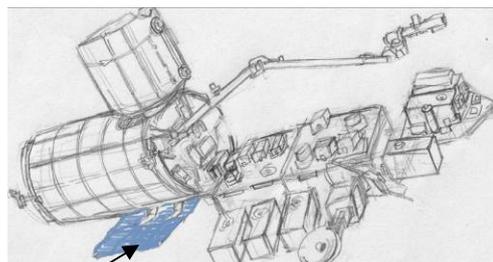
理由①独立した衛星とした場合、常にソーラーパネルを太陽側に、LEDパネルを地球側に向けるような姿勢制御や衛星が回転してしまうことなどに対する対処がまったく分からないため。

②地球から働きかけるためには、毎日の軌道計算の予測とその公表が必要なため。

国際宇宙ステーション(ISS)は安定した姿勢で、しかも目視予測が公表されており、しかもその大きさから地球から見て探しやすい事などを考えて寄生衛星とすることに決めました。

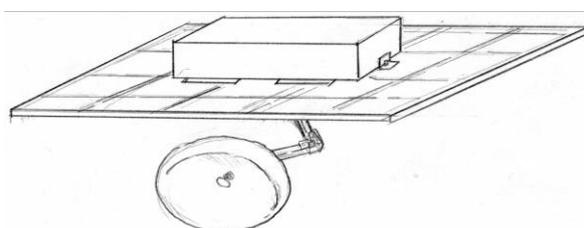
寄生衛星として使用する場合の外観スケッチ

ISSの「きぼう」実験室の下にLEDパネルを増設できれば、ISSはかなり大きいので、確認もしやすいと思われます。



ソーラーパネルとLEDパネル

単体衛星として使用する場合のスケッチ、



## ① LEDパネルについて

### ア. パネルの明るさ（最大）計算

このミッションにおいてはLEDパネルが一番の特徴ですので最初に説明をします。LEDパネルは5m×5mの正方形で、後で説明するソーラーパネル（5m×5m）とは裏表に設置します。LEDパネルの1つのユニット（基板）は75mm×70mmでその中に70本のLEDを配置します。全体で基板の数は4,686枚でLEDの数は328,020本になります。色は、金属の反射光と間違えないために赤色とします。特徴はLEDで1本あたり最大75cdのものを使用します。全体での光度は24.6Mcdとなります。地球での照度は24.6Mcd/(400km)の二乗となり、0.154mルクスとなります。地球上で肉眼で見ることができる星の限界は6等星で光度は1.6×10の27乗、距離は32.6光年3.08×10の17乗ですから地球上での照度は0.000017mルクスですので、計算上では明るさは充分肉眼で確認できることとなります。ただし、イ.の最後に述べるように広範囲に拡大するとそのかねあいで照度は下がります。

**予備実験** 400km離れた5m×5mのパネルのLEDを確認できるためには、

地上で700m離れた場所のLED1本の光が確認できればよいという比率になります。宇宙で使用する場合を想定し節電のためにLEDの電流を8mAに制限して、距離を300m増やして直線距離1km地点（携帯のGPS測定）で確認をしました。結果は充分肉眼で確認することができました。



### イ. LEDの指向性（最も狭い場合）

LEDの特性の一つに半減角があります。正面から見た場合に比べ光量が半分になる角度で、アの最大光度で使用する場合は15度です。400km離れたところで正面を向けた場合、確認できる範囲は約200kmに及びます。日本列島を縦横に考えた場合の横幅（日本海側から太平洋側まで）は約300kmであることから広範囲で確認できることが分かります。ただし、周回衛星（ISS）は時速28000km、秒速で約8kmですから、点灯が確認できる時間は条件がよくとも約2.5秒となります。モールス信号を点滅するスピードは確認のしやすさから短点を1秒、間隔を1秒、長点を3秒とするため、確認できる文字数は1文字となります。半減角を倍にすれば確認時間を倍にして余裕を持たせることが可能です。照度は減りますが、望遠鏡などを使えば特に問題となりません。

参考 LED電球（3W、500ルーメン）を使用した場合は、5m×5mのパネルに1,089本となり総光束544,500ルーメン、地球での照度0.000271mルクスですが望遠鏡で確認が可能です。配光角が120度以上であり、指向性の問題は考えなくてよいということになります。

## ②通信とパネルの制御について

通信回線成立の煩雑さ（特に要求信号が非常に多い場合）やプログラムの複雑さ（呼出符号を照合する回数）を検討して次の3つのモードを考えました。アンテナの切り替えや送信・受信の周波数・変調方法について簡単に述べます。

この周回衛星には地球から様々な人が要求信号を出すことが考えられます。アマチュア局の人口密度が少ない場所や国では特に問題はないと思われませんが、日本では北海道40,961、東北44,520、関東124,106、信越19,013、北陸12,197、東海61,832、近畿54,290、中国30,909、四国19,914、九州40,044、沖縄2,500局と45万人（H23.1月総務省データ）のアマチュア人口があります。もちろん3級以上でモールスができる方はかなり少なくなりますが、要求が多くなることも予想して宇宙局のアンテナを八木・宇田アンテナとして、衛星の通過域に絞ります。（逆に要求が少ないときは無指向性に切り替えます）次に変調方法はFMを利用します。FMにはマスキング（一般に弱肉強食特性）という特徴があり、同一周波数の場合は弱い電波が打ち消されるため、条件の整った電波に絞ることが可能となります。周波数については、既に宇宙との通信で使われているアップリンクが144MHz帯、ダウンリンクが430MHz帯のいずれも固定チャンネルがよいと考えました。ドップラー効果については配慮していません。通信は手打ち式やコンピュータによるPSK31（位相変調）のようなものを使用することができます。

妨害電波などには対応はしていませんが、あまり通信ができないようであれば皆で協力し合って活用していくような連絡組織やスケジュールなどが整っていくものと考えます。日本のマナーの良さやルールを守った活用をPRできるようにするのはいいのではないでしょうか。

#### モードⅠ LEDパネルのマニュアル制御

ISSの搭乗員と地球のアマチュア無線家との間には既に交信の実績があります。搭乗員がマニュアルでパネルの点滅を制御させ、それを地球から確認できます。(SATOM-Xの通信機器は不要です)

#### モードⅡ 地球からの要求信号だけで制御

地球からSATOM-Xに対して「(SATOM-Xの呼び出し符号) DE (地球局の呼出符号)」を送ります。SATOM-Xは自分の呼出符号をプログラムで照合し、点灯要求信号であることを確認します。その後地球局の呼出符号の4文字目を点灯させます。

地球から衛星への一回の呼び出しだけで制御が可能なくみです。呼び出しが一回で済むので妨害などが比較的問題となりません。また、短時間で済むため、衛星が近くに来る充分前に要求を伝えることができます。ただし、表示させたい文字情報を送ることができないため、地球局の呼出符号の1文字だけを点滅させます。(SATOM-Xの通信機器は受信機のみでも可能)

呼出符号

J A 2 Y D Y (例)

呼出符号の3文字目までは、プリフィックスと呼ばれ、地域などを表す。後の3文字がサフックスといって個々の識別に使用されている。

#### モードⅢ 地球との通信回線を確立してから制御

地球からSATOM-Xに対して「(SATOM-Xの呼び出し符号) DE (地球局の呼出符号)」を送ります。SATOM-Xは自分の呼出符号をプログラムで照合し、点灯要求信号であることを確認します。その後、地球局の呼出符号を記憶し、地球局に回線成立の信号を送ります「(地球局の呼出符号) DE (SATOM-Xの呼出符号)」。地球局では自分が選択されたことを確認し、今度は点滅させて欲しいモルス符号を送ります「(SATOM-Xの呼出符号) (表示させたい文字) (地球局の呼出符号)」。SATOM-Xは自分の呼び出し符号と地球局の呼出符号を照合し、指定した地球局の信号であることを確認してから、送られた文字の表示を行います。一番確実に動作させる手順ですが、妨害電波等により何度もやりとりができない場合には不向きといえます。一分間45文字程度のスピードで45秒程度です。(SATOM-Xの通信機器は送受信機)

SATOM-Xとの通信時間は1分以内で行い、表示を確認する時間は20秒程度です。他の通信が割り込んでくる場合を考えればモードⅡで運用することが現実的となりますが、モードⅢでの運用がSATOM-X本来のモードとなります。

#### ③ 太陽電池パネルの発電量とLEDパネル点灯電力、制御機器・コンピュータ電力、通信機電力

太陽電池パネルは、5m×5mで25㎡です。発電効率は市販のものは17%程度ですが、特殊なものは35%程度、近い将来は75%も可能だとされています。宇宙における日照と食の割合6:4を考慮して平均20%のものを使用する事にしました。太陽からのエネルギーを1300W/㎡従って発電量は6,500Wとなります。LED1本の消費電力は2V、8mAより0.016Wで328,020本に必要な電力は5,248Wとなります。残りの1,252Wの内、通信機器は100W(送信電力50Wタイプ)、マイクロコンピュータと制御機器に100W、残りの1,052Wは予備ということになります。LEDパネルを常時点灯した場合の計算であるため、実際には過充電を防止するための点灯も行うこととなります。

#### ④ 機器構成

- 太陽電池パネル (5m×5m) 変換効率総合で20% バッテリー付き 100kg
- LEDパネル (5m×5m) 最大光度 24.6Mcd 赤色LED 328,020本
- 通信機器 無指向性アンテナ・八木宇田アンテナ(切り替え)
  - 50W送受信機 変調 F2A(手打ち式の場合)
  - F2D(PSK31の場合)
  - 周波数 144MHz帯(アップリンク)
  - 430MHz帯(ダウンリンク)

○制御機器 H8、PIC

LEDパネルの点滅制御（パワートランジスタによるON・OFF制御）

○姿勢制御系（単体衛星の場合のみ、寄生衛星の場合省略）

磁気トルク、磁気センサ、太陽ジャイロ、ジャイロ

その他 LEDパネルの光の確認について

LED電球パネルの場合もLEDパネルの場合も、望遠鏡で確認できることはもちろんですが、追尾させる装置がないと見逃してしまうことが考えられます。望遠鏡の一カ所を固定したり、3脚をいろいろな向きに可動可能な状態にしておいて、手動で動かすことによって光を追うことが可能です。

北海道の銀河の森天文台（りくべつ宇宙地球科学館）や富山天文台では追尾装置があり確実に衛星をとらえることができます。動画でも捉えることが可能です。



銀河の森天文台 HP より

## 6. 得られる成果

衛星の運用や制御は、地上局から行われているが、一般の人にはなじみが薄い。実際にも各種の制御が行われているが、実感できる人はほんの一握りの人たちと言っても良い。今後は衛星を制御したり、ロボットを制御したり、衛星ロボットを遠隔で制御したり、走行車などを制御する必要が出てくる時代となるだろう。多くの人に衛星に興味を持ってもらうことや制御に興味を持ってもらう必要があります。そこで、飛んでいる衛星に働きかければ、光で答えてくれる衛星を設計しました。

期待される成果

- ・ 子どもたちに「わたしも点滅を見たい」「私たちも宇宙に信号を送りたい」と興味を持ってもらうことができます。
- ・ 子どもたちに「宇宙ってどうなってるの」「衛星ってどうやって飛んでいるの、なぜ落ちないの」などと宇宙や理科に関する興味がわいてきます。
- ・ アマチュア無線で子供たちに見せてあげようという大人達も増え、イベントなどでも大いに活用されます。また、アマチュア無線に関心が持たれます。
- ・ 「今度はこんな衛星に出てきて欲しい」「こんな制御ができるはず」と夢が広がります。

## 7. 主張したい独創性または社会的な効果

衛星を家族で動かしてみる、友達同士で動かしてみる、自分一人で動かしてみる等と様々な形で、動きを確認できるというところに新しいアイデアがあります。今までも、自動制御や遠隔操作はいろんな場面でされているのですが、大きな組織に加わった中の、さらに担当者にならないとできません。また、テレメトリデータを受信する程度で、興味をもってほしいなど言われても、それで興味が広がるものではないと思われます。本当は動かしたいのですが、電力の関係で大きな衛星ロボットを動かすところまでは難しいと考えました。光ること、カメラのシャッターを開放で写真を取ったら、トツと赤く「a」が確認できたり、望遠鏡で軌道を追って見ていると変化が確認できる。アマチュア無線の第3級を取得したいという希望者が増加し、無線に対する関心も高まるのではないかと考えました。

日本における理科系離れの防止や国民全体に宇宙や衛星が身近に感じられる機会となります。

○ 相談をしたところ

- 1 りくべつ宇宙地球科学館（銀河の森天文台）（北海道足寄郡）
- 2 富山市科学博物館（富山市天文台）（富山市三熊）

○ メールにて相談をしたところ

- 1 西無線研究所 西裕治 様（神戸市北区）
- 2 金沢工業大学 牧野 滋先生（元三菱電機 情報技術総合研究所 技術部長）（石川郡野々市町）
- 3 パナソニック中央照明エンジニアリング総合部 ルミナスプランナー部（大阪府門真市門真）
- 4 スペースデバイス（岐阜県郡上市）

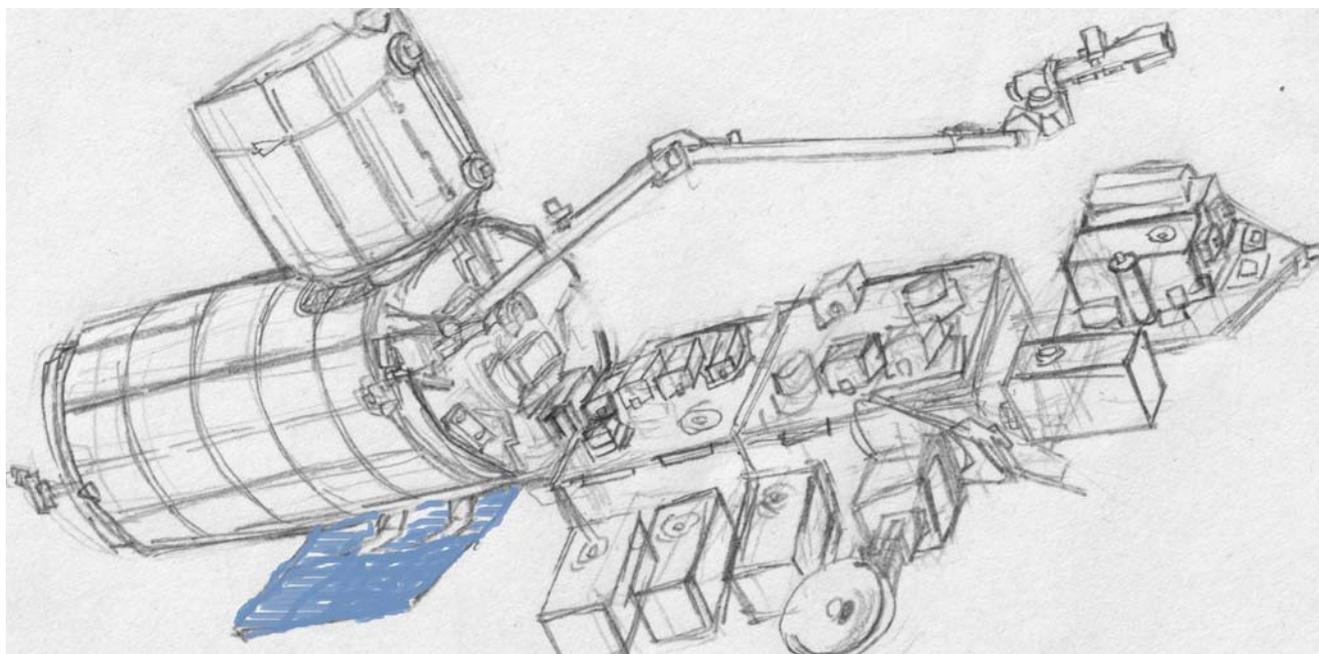
以上

## 宇宙と無線と制御に関心が持てる

### S A T O M - X

1980年代に、日本のアマチュア無線はアメリカを抜いて世界第1位（130万人）であった。固定局運用からモバイル運用、フォックスハンティングなど運用の工夫の他、直接波から電離層反射波、流星散乱通信、月面反射通信と自然界を活用した通信経路の工夫をしてきた。100万人を超えたアマチュア無線家も今では衰退の一途をたどっている（450,366局 平成23年1月）。インターネットが普及したためといわれるが、ものづくりや科学に興味のある人々の多くがアマチュア無線に興味を持ち、色々な試みをしながら専門の道を見つけていけるようなスケールの大きさがほしい。かつての日本電信電話公社は、公衆電話のプッシュ回線からでも大型コンピュータにプログラムを送って計算させることができるサービスを行っていたが、一般の人々でも第一線のコンピュータが動かせるという醍醐味があった。宇宙に関しても小学生から専門家までが参加可能な取り組みが必須ではないか。

ISSへのアプローチについては、ISSそのものを理解することの必要性がでるため、関心を持つことができる。また、周航計算やコースに興味があるほか、ISSとの交信ではアマチュア無線3級程度の通信技術の習得や移動体への通信の問題点の把握とその対処方法などを学ぶことができる。また、確認方法としてのISSの写真を撮ることは、アマチュアカメラマンとしては難しい点があるが、例えば追跡と映像専門の観測所（りくべつ宇宙地球科学館や富山市科学博物館）であれば充分確認できる。



ここが光れば、何とか確認できる。