

第23回衛星設計コンテスト

事務局使用欄

受付番号 2719

年 月 日

アイデア概要説明書

応募区分 ジュニアの部

1. 情報・応募者情報

作品名（20文字以内） 宇宙ステーション工場化計画			
作品名 副題 ～磁力および寒天ゲルを用いた無重力環境での実習～			
	氏名（フリガナ）	学校名、学科	学年
代表者（正）	片山 雄樹（カタヤマ ユキ）	新潟県立新津工業高等学校 ロボット工学科	3年
代表者（副）	浅野 祐稀（アサノ ユキ）	新潟県立新津工業高等学校 ロボット工学科	3年
メンバ1	酒井 莉碧（サカイ リオ）	新潟県立新津工業高等学校 ロボット工学科	3年
メンバ2	井嶋 未来（イヅマ ミキ）	新潟県立新津工業高等学校 ロボット工学科	2年
メンバ3	石田 魁音（イシダ カン）	新潟県立新津工業高等学校 ロボット工学科	1年
メンバ4	佐藤 利樹（サウ トキ）	新潟県立新津工業高等学校 ロボット工学科	1年

2. アイデアの概要 200文字程度

国際宇宙ステーション（以下ISS）内の無重力空間で、ISSの中の一部を工場化して工業高校で学ぶ実習（切削加工・ハンダ付け・ロボット制御）を行う。これらの実習を無重力の空間で行う上で起こる問題点とその解決策を提案する。

3. 目的と意義（目的・重要性・技術的意義等）

（a）目的

ISSで使用する物・必要な物をできるだけISS内で製作することが目的である。その目的を達成するために以下のミッションを順に計画実施する。

- ミッション1：ISSで故障したものを修理する。
- ミッション2：ISS内の一部を工場化して、宇宙での物づくりを行う。
- ミッション3：ロボットを使って、ISS内および外で作業を行う。
- ミッション4：ISS内の工場で宇宙機を製作し、宇宙に投入する。また、故障した人工衛星を修理する。

（b）重要性・技術的意義等

現在、ISSで使用する物・必要な物はすべて地上で製作し、それらをロケットやスペースシャトルを使って運んでいる。この方法は、運搬のために莫大な費用と時間がかかる。簡単な修理や製作などをISSのその場で行えれば、経費の節約と時間短縮となる。特に、ISS内で発生した致命的な故障が起きた場合に備える上で、とても重要なことと考える。

そのために、ISS内での修理や簡単な部品の製作が可能となる環境を段階的に整えていく。そして、少しずつ難しい修理や複雑な部品の加工にも対応できるようにする。また、ISS外の点検・修理が可能となるロボットを開発し、実用化する。そして、最終的にはISS内の工場において、宇宙機の部品製作・組み立てや故障した人工衛星の修理が可能となれば、経済的・時間的な問題の解決そして省エネルギーにも寄与すると考える。

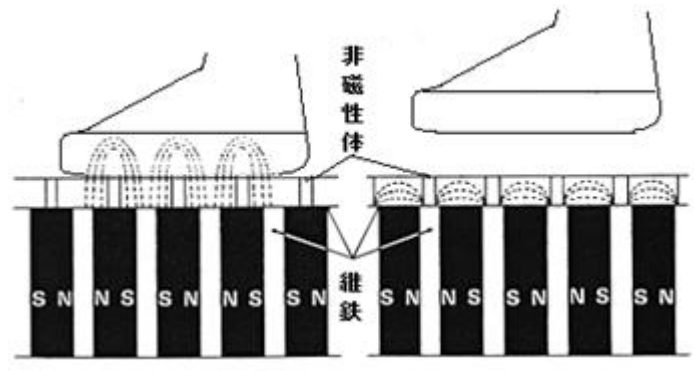
4. アイデアの概要

本研究は、ミッション1と2およびミッション3を実現するための研究である。

私たちの工業高校では、金属の切削加工、溶接、ハンダ付け、ロボット制御などを学んでいるが、これらはすべて重力のある地上での技術である。無重力の環境下において、物をつくるうえでの問題点とその解決方法を提案する。

(1) すべての作業において、加工位置を決め、材料に力を効率的に加えるためには、作業員・工作機械・治具などの固定が無重力空間では問題となる。地上では重力があり、それらの固定は容易である。

その解決方法として、ISS内で行う作業の足場などに、マグネットチャックの技術を用いる。マグネットチャックは、平面研削盤などの工作機械で使われており、電磁石を用いる方法と永久磁石を利用する2つ方法がある。作業する人は底に鉄板が入ってある靴に履き替え作業する。マグネットチャックの仕組みを下図に示す。加工材料を固定する治具（たとえば万力）も鉄製であれば同様に固定できる。



(2) ボール盤およびフライス盤による切削加工について

問題点①・・・切削加工により、切りくずが空中に舞ってしまう。ISS内に導電性の粒子が浮遊すると大きな問題となる。

解決方法・・・加工材料の表面に、ゲル状の物質たとえば寒天ゲルを置き、切削する。寒天ゲル中でのドリルやエンドミルなどの刃物の動き（回転・切り込み・送り）に大きな影響はない。加工によって発生する切りくずは寒天ゲル内に残留する。切りくずが含まれた寒天ゲルは、加熱すると溶液になるので、ろ過し、切りくずを除去すれば、再利用できる。また、切削中に発生する熱を寒天ゲルが効率よく吸熱する効果も期待できる。

問題点②・・・ボール盤やフライス盤を回転させると、ISSも一緒に回ってしまう。

解決方法・・・回転軸の直線上に別の回転するものを用意し、それを逆回転で回せば相殺する。

(3) ハンダ付けは、電子部品と基板との接合部に低融点をもつ金属を溶融・添加し、ぬれと毛管現象という物理現象を利用した接合である。したがって、無重力の空間でも、これらの物理現象は働き、基本的にはハンダ付けは可能と考えられる。

問題点①・・・普段使っているヤニ入りハンダを用いた場合、溶融したハンダ内に多くの気泡が発生し、その気泡がハンダ中に残ったまま固まり、接合部が脆くなってしまう。

解決方法・・・ヤニ入りハンダは使わない。ハンダ付けを行う表面に汚れや、空気中の酸素と反応した酸化膜があると、ハンダはぬれにくくなる。ヤニ（フラックス）は、ハンダ面の表面の汚れや酸化膜を除去する役割がある。したがって、ハンダ付けする前にまず表面をフラックスで表面処理を行う。その直後に、シールドガスを当てながら、ハンダ付けを行う。シールドガスは、ハンダ付けを行う部分を空気から遮へいする役割がある。溶接ではよく用いられる方法であり、アルゴンガスや炭酸ガスが多く使われている。これによって、溶融したハンダ内の気泡の発生と加熱による表面の酸化を防ぐことができ、ハンダ付けが可能となる。このハンダ付けを以下「ガスシールドハンダ付け」と呼ぶこととする。

問題点②・・・導電性のあるハンダくずが発生すると、I S S内で電子機器内部を漂って、ショートし電子機器が壊れる可能性がある。

解決方法・・・ハンダ付けする基板を小型の上部が開いたケースに入れる。上部にはハンダごととハンダ線を上から入れて作業できるだけの小さな2つの作業用の穴が開いているケースより大きな耐熱ガラスを置く。ハンダ付けを行う場所に、穴あきの耐熱ガラスをスライドさせながら行う。ケースの排出口に掃除機が接続されている。空気は2つの作業用の穴から吸い込まれ、排出口から流れ出るため、ハンダくずが外に漏れることはない。掃除機も小型で済み、I S Sも回転するような影響は小さい。

(4) ロボットの移動について

問題点・・・地上であればタイヤを接地・回転させ、摩擦力を使って移動する方法させることができる。I S Sでは、ロボットが空間を浮遊してしまい、移動ができない。

解決方法・・・ロボットのタイヤに磁石を付け、磁力の力により移動する面と吸着しながら走らせることが可能となる。ただし、移動させたい面は、磁石と吸引できる材料で覆われていなければならない。しかし、磁石と吸引できる材料で表面を作成すれば、I S Sの中だけでなく、I S Sの外でも移動が可能となり、I S Sの外壁の点検や修理が可能となる。また、磁気によるロボットの電子制御回路への影響を回避する必要があるが、磁気シールド用の透磁率の高い材料を用いて電子回路の基板を覆えばよい。

5. 得られる成果

I S S内で、修理や製作できれば、必要なときに必要な物を入手できる。したがって、物資輸送のために地上からロケットなどを打ち上げるコストを軽減できる。また、I S Sで万が一、生命に関わる故障が発生した場合に備えることができる。さらに、最終的にはI S S内の工場において、宇宙機の部品製作・組み立てや故障した人工衛星の修理が可能となれば、経済的・時間的な問題の解決そして省エネルギーにも大きく寄与ができる。

6. 主張したい独創性または社会的な効果

本研究は、工業高校で学んでいる一般的な知識と技術を応用したものである。最近、3Dプリンタによる部品製作の実験が行われているが、大きな部品の加工、加工速度、材料の種類で一般的な加工方法も重要である。また、NCフライス盤をI S S内に持ち込み、加工データを地上から送信するという方法も考えられる。「目的と意義」で挙げた各ミッションを順番に実現すれば、宇宙での可能性が大きく広がる。また、物づくりに関わる多くの人たちが、宇宙に関心をもってもらえると思う。また、無重力空間での物づくりを考えることが、普段私たちが地上で行う技能・技術について改めて深く考えるきっかけとなり、高品質で人と環境に優しい物づくりにつながる。

参考資料

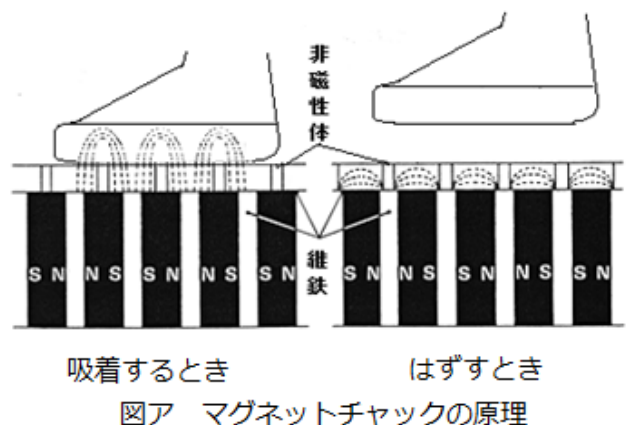
本研究では、無重力のISS内において作業者の足場や材料（または治具）の固定のために、平面研削盤などの工作機械で使われているマグネットチャックを使う。まず、この装置の原理を説明する。次に、本研究で新しく提案する以下の3つの方法について説明する。

- ① 切削加工により発生する切りくずを寒天ゲルで回収する方法
- ② ガスシールドハンダづけおよびハンダくずを回収する方法
- ③ 磁力を使った移動ロボットのタイヤの構造

1. マグネットチャックの原理

マグネットチャックは、図アのように、磁極を逆向きにした磁石を、サンドイッチ状に並べたものである。また、これらの磁石と加工物との間には、磁石と同じ間隔で並んだ継鉄板が据えられている。実際に鉄材料を吸着するのはこの継鉄板である。図アの左は、吸着の状態である。磁極のすきまから漏洩する磁力線は、継鉄を経由し、鉄材料の内部を通り、鉄材料をしっかりと継鉄板に吸着して固定される。

マグネットチャックの磁力のON/OFF機能は、この継鉄板をスライドさせることで実現される。強い磁力で吸着している鉄材料は、そのままでは取り外せない。しかし、加工が終了したとき、図アの右のように継鉄板をスライドさせると、磁力線の経路が変わり、それまで加工物を通っていた磁力線の流れは断たれる。つまり、磁力線が継鉄から鉄材料に至る大回りのルートをとったときは、ON機能となって加工物が吸着し、継鉄のみの近道をとった場合は、OFF機能となって鉄材料は吸着しない。したがって、しっかり固定していた鉄材料を、簡単に取り外すことができる。



2. 寒天ゲルを使った切りくずの回収方法について

加工する面に寒天を置いて、その上から刃物を入れ、寒天中で材料を切削する。寒天の表面は濡れており材料とは密着できる。刃物の回転および送りの運動が、妨げられる様子は特に観察されなかった。寒天ゲル中で切りくずは寒天中に残留するため、寒天の外には排出されない。

実際に、厚さ5mmのアルミ合金(A2014)の板に、φ3.2ドリルで穴開け加工した後の寒天の様子を写真1に示す。また、同じ材料をφ3.0エンドミルで深さ2mmの溝加工中の様子を写真2に示す。いずれも切りくずが寒天中に残留していることがわかる。また加工の終わった刃物を抜いたときも、切りくずは寒天で濡れており、外部に飛散することはない。切りくずが大量に発生する場合、寒天ゲルの表面まで切りくずが溢れてくる。その対策としては、

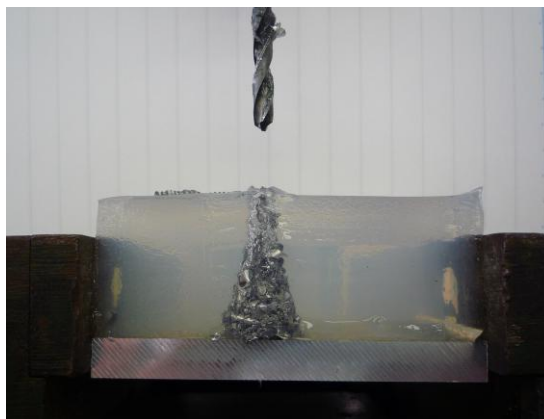


写真1 ボール盤による穴開け加工

①寒天を厚くする、②加工中に寒天を交換する、③加工中に寒天を横方向に滑らせて、刃物から発生する切りくずを次々に寒天で回収する、などが考えられる。

切りくずが含まれた寒天ゲルは、加熱すると溶液になるため、ろ過し、切りくずを除去すれば、再利用できる。今回は、寒天中に別の物質を混ぜていないが、今後は切削を促進する物質を添加し、切削が改善できるか試していきたい。

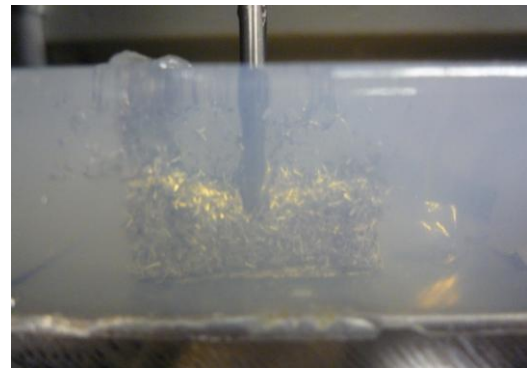


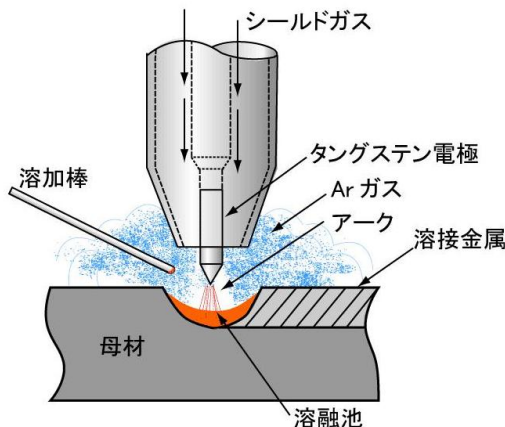
写真2 フライス盤による溝加工

3. ガスシールドハンダづけおよびハンダくずを回収する方法

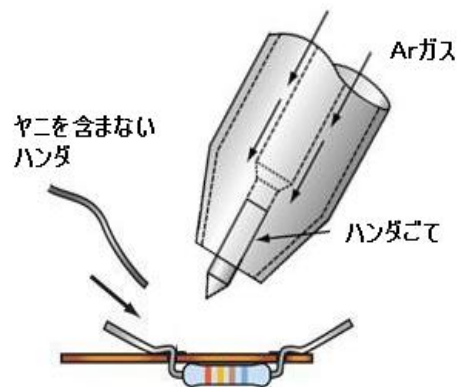
(1) ガスシールドハンダづけ

普段使っているヤニ入りハンダを用いた場合、溶融したハンダ内に多くの気泡が発生し、その気泡がハンダ中に残ったまま固まり、接合部が脆くなってしまうため、ヤニ入りハンダは使えない。そのため、ハンダ付けする前にまず表面をフラックスで表面処理を行う。その直後に、シールドガスを当てながら、ハンダ付けを行う。シールドガスは、ハンダ付けを行う部分を空気から遮へいする役割がある。溶接ではよく用いられるガスシールド溶接法であり、アルゴンガスや炭酸ガスが多く使われている（図イ）。

この方法により、溶融したハンダ内の気泡の発生と加熱による表面の酸化を防ぐことができ、ハンダ付けが可能となる。このガスシールドハンダ付けについて、図ウに示す。



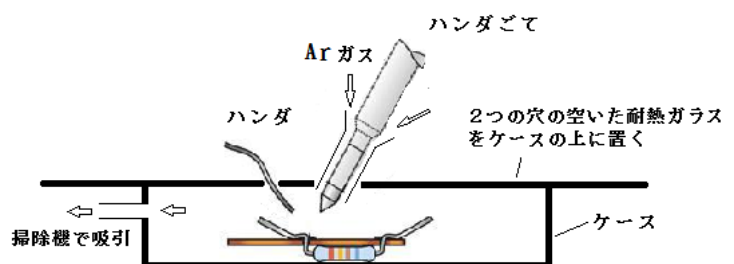
図イ ガスシールド溶接法



図ウ ガスシールドハンダ付け

(2) ハンダくずを回収する方法

図エのようにハンダ付けする基板を小型の専用ケースに入れて作業する。上部にはハンダごてとハンダ線を上から入れて作業できるだけの小さな2つの作業用の穴が開いている耐熱ガラスを置く。この穴あきのガラスをハンダ付けする場所に移動させて作業する。排出口に掃除機が接続されている。空気は2つの作業用の穴から吸い込まれ、排出口から出て掃除機へ流れていくため、ハンダくずが外に漏れることはない。



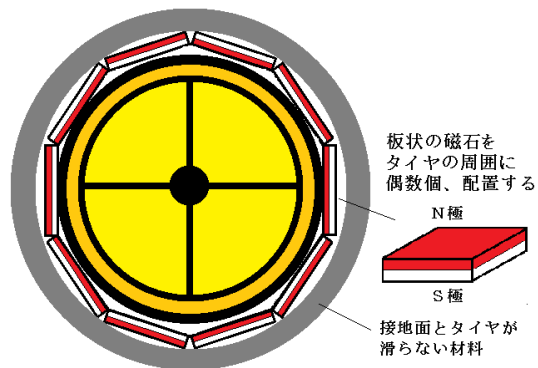
図エ ハンダくずを回収する方法

4. 磁力を使った移動ロボットのタイヤの構造

タイヤに磁石を装着する際、複数の磁石をどのように配置させるかが重要となる。ポイントは3つある。

- ① 接地面と吸着できるだけの磁力をもつこと
- ② 磁力が強すぎるとモータが回転できなくなるため、磁力を簡単に調整できること
- ③ 複数の磁石をタイヤに装着しやすいこと。

タイヤを試作した結果、図オのようなタイヤの構造となった。ホイールの周りに板磁石をN極S極を互い違いにして並べていく。磁石の個数は偶数個にしないと、同極同士が隣合わせになる場所ができてしまい、配置が難しい。磁力の強さは、磁石の周りにおおう材料の種類や厚さを変更すれば、調整できる。



図オ 磁力を使った移動ロボットのタイヤ構造

参考文献等

- ・TDK Techno Magazin 磁石忍法帖 第21回「マグネットチャック」の巻
- ・実教出版 機械工作1