

体育館の天井のボールの回収

愛媛県立宇和島東高等学校 3年

代表者：竹田倫太郎

松井 嶺佐 山本 陽仁 毛利 光汰 家藤 蓮

1 課題設定の理由

体育館の天井にボールがひっかかったまま放置されている、という状況は、おそらく誰しもが気にしたことのある光景である（図1）。安全を考慮して放置せざるをえず、購入費用を考えると「勿体ない」状況にある。本研究は、これら放置されたボールが依然として使用可能である可能性に着目し、回収を行うことで新たなボールの購入費用を削減し、限られた学校および施設の予算を有効活用することを目的とする。また、安全面においても、高所作業時の転落リスクや、天井の破損による落下、回収されていないボールの落下による負傷の危険性が存在する。これらの課題を踏まえ、本研究では体育館天井に残されたボールの回収方法について検討を行う。



図1 体育館の天井のボール



図2 耐震補強に用られているH鋼

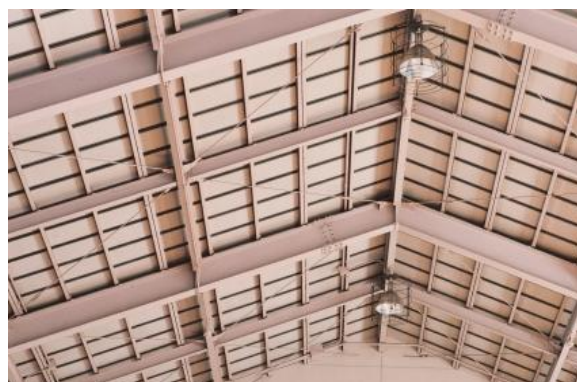


図3 体育館天井の支柱

2 ボールの回収計画

- (1) 現状より、体育館のボールは以下の2種類のタイプに分類することができる。
 - ① 天井近くの柱になっているH鋼という鉄骨上に載っかっているタイプ（図2）
 - ② 天井近くの支柱に挟まっているタイプ（図3）
- (2) 私たちは上記の①、②のタイプそれぞれに対して簡単かつ安全、効率的にボールを回収する装置の機構について考えた。
 - ①のタイプの挟まり方のボールに対しては、ボールと鉄骨の間に装置を差し込み、それを鉄骨上で滑らせ、スコップのようにしてすくいあげて下に落とすことで回収が出来ると考えた。
 - ②のタイプで挟まっているボールはボールと支柱の隙間に紐を通し、その紐を手動で引っ張り、挟まりを解消することで、回収できると考えた。

3 回収装置の製作

(1) ①のタイプの回収装置

H鋼の上に載っているだけのボールをスコップのようにすくい上げて回収する装置は、ちり取り、紐、タイヤで作成されている。この装置を用いた回収方法は

- (i) 装置をH鋼上に載せる。
- (ii) 付属したロープを下から引っ張ることでH鋼上を移動させる。
- (iii) ボールを装置本体でH鋼上のリブ（H鋼上に等間隔である節）まで押して運ぶ。
- (iv) ボールを装置本体とリブの間に押し付け、浮き上がらせて落とす。

の4段階である。そして、この装置を「ボール救出装置すくいあげタイプ」Ball Rescue Device Scoop up Type 『BR e D s』（図4）と命名した。実際にこの装置を使い本校の体育館のH鋼の上に載っているバレーボールの回収を行った。紐の補強など、改良を加え、BR e D s 2号機を用いて、実際にボールを2個回収することに成功した。（図5）



図4 BR e D s



図5 ボール回収の様子

(2) 紐を使ってボールをとる装置の製作

支柱に挟まっているタイプのボール回収のために、アームを用いて紐をボールと支柱の間に入れ、その紐を地上から引っ張ることで回収ができる装置を製作した。レゴスパイクとその動きを指示するプログラミングを用いて、ボール回収装置デモ版を作成した。（図6）

この装置を使いボールを回収する方法は、

- (i) モーターが動きアームを伸ばすことでボールを囲む。
- (ii) アームの先端同士が近づき、片方のアームの紐がもう片方のアームのフックに引っかかる。
- (iii) 伸ばしたアームも閉じさせることで紐がボールと鉄骨の間を通る。
- (iv) この通したひもを地上にいる人間が引っ張ることでボールを落とす。

の4段階である。図7に各モーターを動作させるプログラミングを示す。

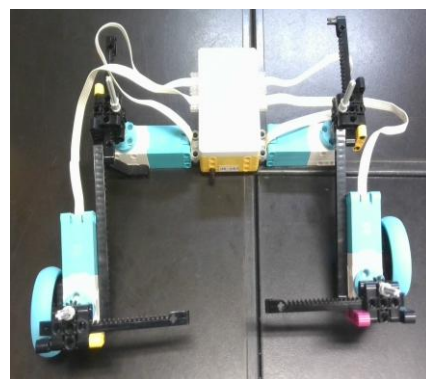


図6 ボール回収装置デモ版

```

1 import motor
2 import time
3 from hub import port
4
5 # 正回転
6 motor.run_for_degrees(port.A, 550, 360)
7 motor.run_for_degrees(port.B, 550, 360)
8 motor.run_for_degrees(port.C, 550, 360)
9 motor.run_for_degrees(port.D, 550, 360)
10
11 # 10秒待機
12 time.sleep(10)
13
14 # 逆回転
15 motor.run_for_degrees(port.A, 550, -360)
16 motor.run_for_degrees(port.B, 550, -360)
17 motor.run_for_degrees(port.C, 550, -360)
18 motor.run_for_degrees(port.D, 550, -360)

```

アームの伸ばす動作

閉じたまま10秒待機

伸ばしたアームを閉じる動作

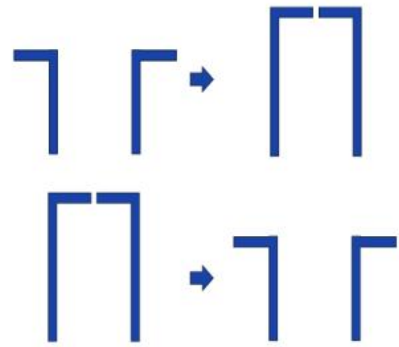


図7 アーム動作に用いたプログラム

次に、この装置を実際に作成するため、3Dプリンタを用いてラックとピニオン(図8)を作成し、これを用いてデモ版の動きを再現させるボール回収装置アーム部分(図9)を作成した。

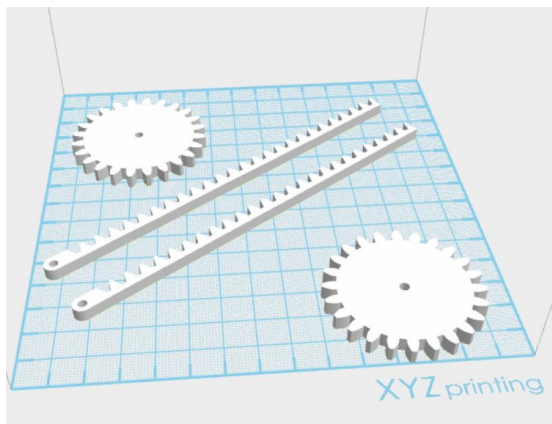


図8 3Dプリンタで作成したパーツ

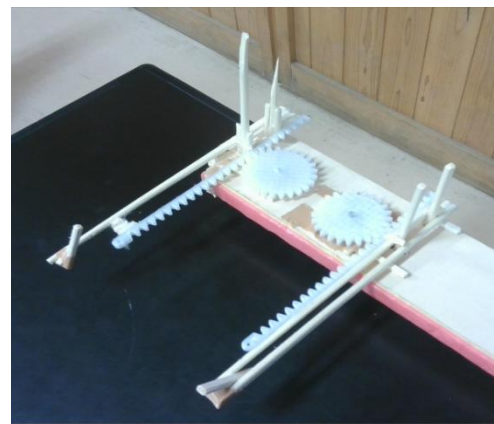


図9 ボール回収装置アーム部分

この装置では、4つのモーターが順番に動きボールの裏に手を回すような動きができる。アームの先端には端を輪の形にした紐とフックを取り付け、アーム同士が近づいたときにそれぞれのアームに取り付けてある紐がもう片方のアームのフックに引っかかるようにする。アームが戻った時に、紐をボールに巻き付けることができる(図10)。

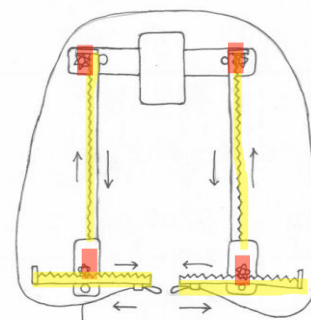


図10 回収装置の構造図

4 装置の応用方法と今後の課題

(1) まとめと今後の課題

今回の研究においては、H鋼上のボール、天井の支柱に挟まったボールという二つのタイプのボール回収を試みた。H鋼上のボールに関しては、BR e D s を制作、使用することでは実際

に回収することができた。一方、天井の支柱に挟まったボールの回収については、回収装置の製作にとどまり、実際にボールを回収することができるのか検証できなかった。今後、天井に挟まっているモデルを作成し、回収できるのかについて調べていきたい。

紐などのような柔軟物体の、ロボットによるハンドリングに関する研究をおこなうことは、学術的にも実用的にも意義深い^{〔*1〕}とされており、回収装置の実用化に期待したい。

また、実際の体育館のボールは天井付近の高所にあるため装置を天井付近まで運ぶ方法についても検証していきたい。ドローンに回収装置を装着し、飛行させ、回収を試みたいと考えている。現在、ドローンの下部にアーム等を取り付けたものは作成されているが、ドローン上部にものを積載したものはほとんどなく、飛行の安定性なども試験の必要があると考えている。

(2) 装置の応用

このボール回収装置の「高所でアひもをかける」という機構は、災害時の救助作業、例えば地震や津波などで建物の屋上に残り残された際にロープを引っ掛け安全に下りられるようにするなどして応用できると考える。現在、離れた地点にロープを投てきするために、索発射銃という道具が用いられている^{〔*2〕}。この場合、ロープを受け取る側が必要であり、この場面でドローンを用いた紐かけ装置が代用できれば、安全面の飛躍的な向上が見込まれる。

また、細かい操作が可能になれば電線の修理や電線に引っかかってしまった物の回収など高所かつ危険な場所での作業を安全に行うことができ、この装置の価値は非常に高いと考える。是非実用化につながるよう製作を進めたい。

5 参考文献

〔*1〕 双腕ロボットによる紐状物体の引掛け配線作業の実現，小石原洋介ほか，ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集，一般社団法人 日本機械学会，2016

〔*2〕 救助の基本+α (第 97 回)救命索発射銃，高嶋 佑輔，月刊消防，「現場主義」消防総合マガジン 46 (9)，31-35，東京法令出版，2024