

新幹線のトンネル進入時の空気の流れて発電する

群馬県立前橋高等学校 S5-1班

研究背景

新幹線がトンネルに進入する際、トンネル内の空気を勢いよく出口に向かって押し出すことになるため「トンネルドン」と呼ばれる騒音がトンネル出口周辺で発生する。この振動により車体へ大きな負担がかかり在来線車両が30～50年であるのに対し新幹線は15～20と約寿命が15年以上短くなる。この振動を小さくするための施策は多くなされているが空気が存在する以上、トンネルドンを完全になくすことはできない。そこで、空気の流れの変化を利用し発電することができるのではないかと考えた。

結果

模型をトンネルに通過させた所、煙はトンネル出口から模型を纏うように動いた。右図にその様子を示す。

考察1

電車本体へ発電機を設置するのは現実的でなく、トンネル外部に設置しても発電効果は少ないと考えられることから、トンネル上部あるいは出口付近上方に設置する場合より多く風を得られると考えられる。

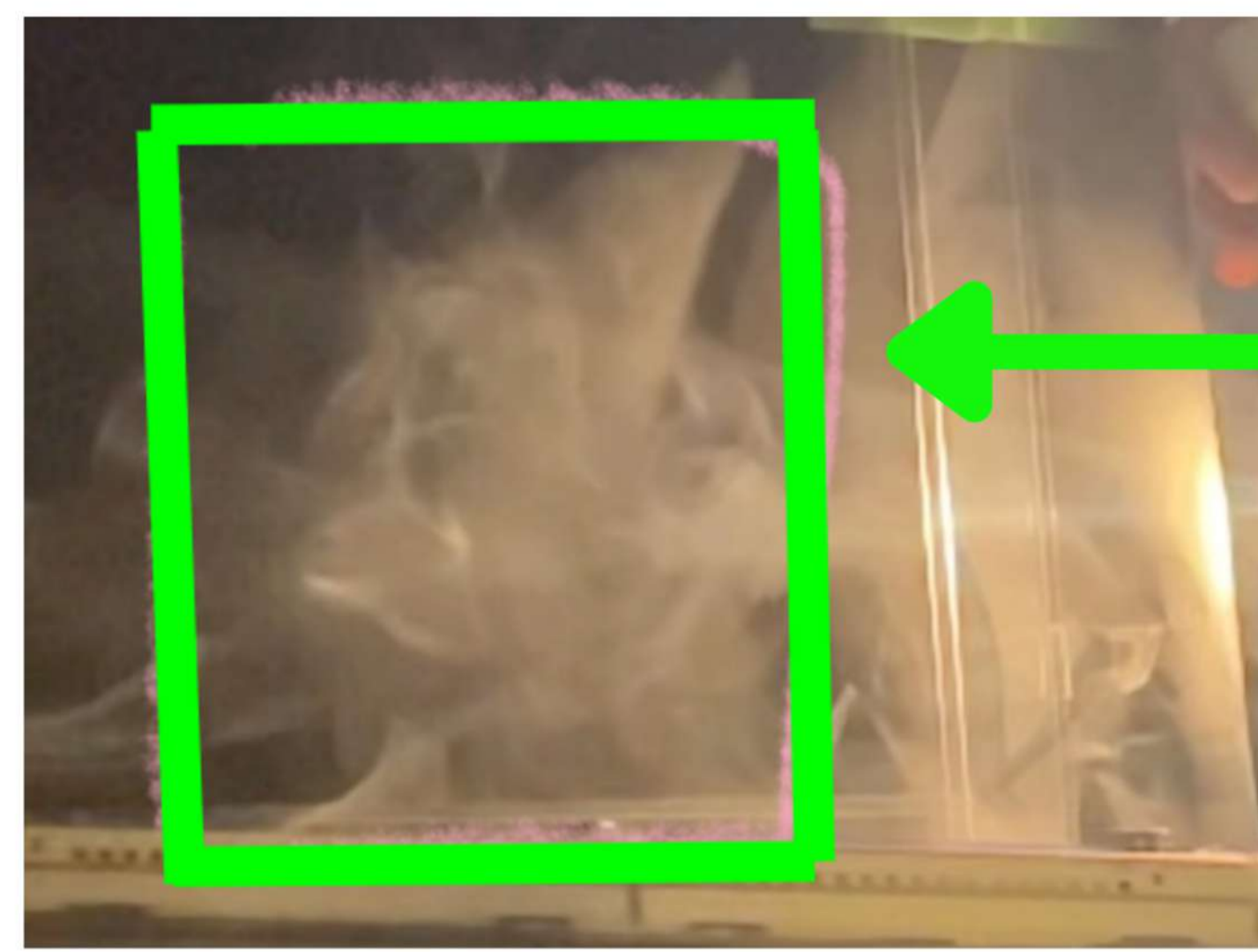
考察2

実験の様子から、風力発電を試みるに当たり、次の項目が問題となり得る。

- ・ 空気の流れが定まらず発電が安定して行えない可能性がある
- ・ 空気が垂直面で渦を巻くように動くため、速さが発電に十分でない可能性がある

実験方法

3Dプリンタを用いてトンネルを作成、トンネル内を線香の煙で満たし、列車通過時のトンネル出口付近での空気の流れを調べる。風力発電が最適だと思われる場所に、プロペラを用いた風力発電装置を装着し、発電を試みる。



空気は規則正しく流れず、前方に拡散



徐々に垂直方向に拡散速度がほぼない

今後の展望

今回の実験では、具体的な数値を得られず空気の流れを曖昧なものとしてしか観測できなかった。また、データが一つしかなく実験の正確さに欠けていた。その他にも、風の流れを調べただけで、発電効率に結びつく直接的な実験ができなかった。

改善方法

トンネルの長さ別や速度別の測定、試行回数を増やすことなどを行うことにする。また、実験が室内の空気の循環にも影響を受けていると考えることもできる。具体的な数値が得られなかった要因として、列車の速度が不足し風速計が風を検知できなかったため、高低差を利用するなどして運動エネルギーを高める工夫をしたい。

S0503-3-2 圧縮性流体解析を用いたトンネル微気圧波解析

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsmemecjo/2009.2/0/2009.2_157/article/-char/ja/

https://www.jstage.jst.go.jp/article/nagare1982/14/3/14_3_191/_pdf/-char/ja/

ソフトテニスにおけるベストな カットサーブを打つ方法

群馬県立前橋高等学校 S5-2班

1. 研究背景

カットサーブとはボールに横回転を与える打ち方。ゴム製のボールを使用するソフトテニスにおいて**強力な攻撃**になり得るため、その指針となる打ち方を考案しようと考えた。

※今回はサーブ成功時にレシーバーが返しづらいファーストサーブのみの場合において実験した。

2. 仮説

カットサーブのベストなボール
→「**回転数が多い**」とする。
→軌道が低くバウンドが小さくなる。
→相手に拾われにくくなる。

コントロールできる範囲でスイングスピードを上げながら測定し、回転数が最大となるポイントを探す。

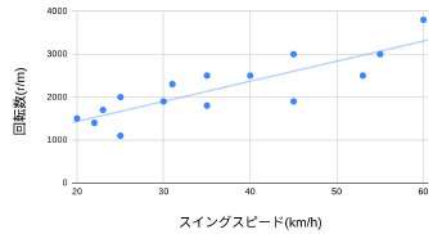
3. 実験方法

器具:ラケット、マークのついたボール、カメラ(iPhone)、スピードガン

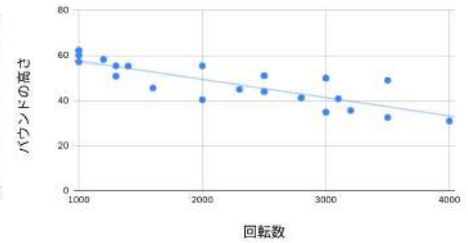
方法:無風の日にかットサーブを打ちスイングスピードを計測し、40km/hから10~20km/hほど増減させ、その時の回転数、ボールのバウンドの高さ、曲がり幅をスマートフォンで計測し、値を比べる。

4. 結果

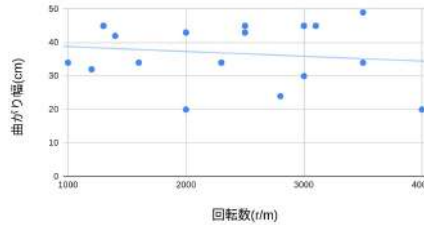
①回転数(r/m)とスイングスピード(km/h)



②バウンドの高さ(cm)と回転数(r/m)



③曲がり幅(cm)と回転数(r/m)



- ①回転数&スイングスピード
- ②バウンド高&回転数
- ③曲がり幅&回転数

5. 考察

結果から、スイングスピードは**50~60km/h**がベストだということがわかった。しかしながら、実験中に60km/hを超えたり、それを超えなくても力んでしまうとコントロールや回転数に影響が出やすくなってしまった。これらのことから、**スイングスピード50~60km/hかつラケットを力まず握るという条件下では、回転数がより高くなり、ボールのバウンドの高さは低くなっていくといえる。**つまり、カットサーブを打つときには回転数だけでなく、ラケットの操作性を上げるために**脱力感**も意識しなければならない。また、ボールの曲がり幅と回転数の具体的な関係性は、今回の実験では明らかにすることができなかった。

6. 今後の展望

- ・ラケットを握る強さ(脱力感)やボールの質、打ち出すときの角度との関係性について。
- ・回転数を正確に測る方法について。

7. 参考文献

ソフトテニスにおけるボールの特異な飛行挙動に関する研究

https://www.jstage.jst.go.jp/article/sposun1991/15/2/15_2_33/_pdf/-char/ja

圧電素子を用いた発電の活用

群馬県立前橋高等学校 S5-3班

テーマ研究の背景

現在、日本は火力発電に発電の大部分を頼っている。ただ、火力発電は大量の二酸化炭素を放出し、これが地球温暖化につながる。そこで私たちは地球温暖化を止めるべく、火力発電ではない「圧電素子」を使用した発電に着目した。圧電素子とは外から衝撃を加えると電流が発生する装置のことだ。この研究を通して、それらをどのように活用するかを考えようと思った。

先行研究より

回路を組み、圧電素子に圧力を加えることで電圧が発生する。また、圧電素子に加える圧力が大きいほど電圧が大きくなる(文献1)

仮説

- ①発電量はある圧力の値までは圧力に比例する
- ②ある一定の圧力に達すると発電量は一定になる(ここまでは下グラフを参照)
- ③同じ圧力下では圧電素子の面積と発電量は比例する



実験方法

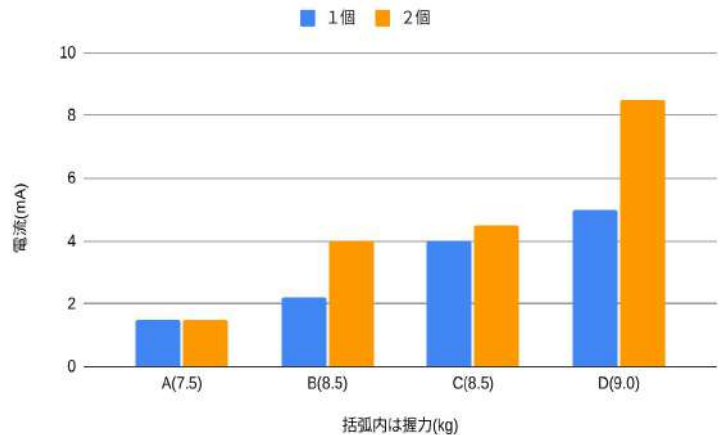
電源装置で25Vの電圧をかけた回路に圧電素子を接続する。2個の際は並列に繋いだ。そして、圧電素子を両手の親指と人差し指で(右写真参考)押し、流れる電流を計測した。その後、同じ持ち方で握力計を用いて、握力を測った。



実験結果

実験の母数が少ないため一概には言えない部分があるが、実験の結果(右上グラフ)から圧電素子の個数、つまり面積と、流れる電流の間には比例に近い関係があると考えられる。また、加える力と流れる電流の間には一次関数的な関係があると考えられる。先行研究(文献1)では加える力と流れる電流の間には比例関係があるとなっているが、今回の実験で比例とまではいかなかったのは、圧電素子、および握力計の握り方(親指と人差し指のみで握る)に人によって向き不向きがあったからではないかと思われる。

加えた力と電流の関係



考察

日本の電気系統は並列回路、電圧は100Vより、社会で利用される例を考察する際、実験の数値を4倍して考える。利用する実験の数値は、握力8.5kgのときの圧電素子1個で2mA、2個で4mAとする。また、加える力と流れる電流の間には比例関係が生じるものとする。日本一日の乗降客数が多いと言われる新宿駅について考察してみる。日本人の平均体重は約60kg、日本の電圧は100Vなので、日本人1人が圧電素子を踏んだとき約56mAが流れることとなる。新宿駅の1日の乗降客数は約300万人なので、新宿駅の改札に圧電素子を設置し、乗降客全員が圧電素子を一回ずつ踏むと仮定すると、一日あたり約168000A発生することになり、100Vで考えると一日あたり16800kWを発生することとなる。これは火力発電機(一基平均約50万kW、文献2)約30分の1機分、家庭用太陽光発電機(一日あたり約10kW発電、文献3)約170機分となる。ただし、この場合、100Vの電圧をかけて行っているため、この100Vが発電所で発電された際の電力を考慮すると、16800kWすべてが実際の発電量とすることはできず、実際の発電量は圧電素子による発電量から100Vが発電されたときの電力を差し引く必要がある。しかし、これを考慮しても1つの駅でこれほどの量の発電を見込めるのであれば、主要駅や空港などに置くことでかなりの量の発電を安定してできると考えられる。今後、費用、および費用対効果などの面を考察していきたい。

参考文献

- 1 萩田 泰晴「圧電素子への力の加え方と電圧の関係について」
https://www.iee.jp/assets/pes/pdf/award/student/H28_3.pdf
- 2: 太陽光発電の1日の発電量はどれくらい? 計算方法や地域・季節別の発電量を紹介 | 東京ガス
<https://uchi.tokyo-gas.co.jp/solor/0065>
- 3: 火力発電所 | 数表で見る東京電力
<https://www.tepco.co.jp/corporateinfo/illustrated/electricity-supply/thermal-j.html>

高く跳ぶためのインソール制作

県立前橋高校 S5-4班

テーマ設定の背景

バスケットボールは跳躍力や瞬発力が重要になってくるスポーツである。特に、リバウンドやシュートではどれだけ高く飛べるかも勝利の要因になってくる。そこで、バスケットボールシューズの中にあるインソールに着目した。その理由としてインソールはプレイヤーのパフォーマンスに大きく影響してくるためである。

実験方法

バスケットシューズのアウトソールにバネをつけて、垂直跳びでどれだけ飛べたかを計測する。今回は、線径**2mm**、外径**19mm**、長さ**28mm**のバネを使用する。なお、正確性を高めるために、複数人で一人**3回**ずつ飛び、その記録の平均値を取る。

使用するもの

- 古いバッシュ ・バネ
- ボンド ・部活で使うテーピング

予備実験

バネをインソールの中に挿入し、跳んだところ、下のような結果になった。被験者から跳ぶ際に痛みが伴いうまく飛べないとの評価を受けた。**5人**飛んだが、最初は高い数値を出したものの、**5人**とも回数を重ねるごとに数値が低くなった。

	Aさん	Bさん	Cさん	Dさん	Eさん
通常	52	48	61	47	61
バネ	55	50	58	48	62

平均0.8cm増加

痛みを改善するために次にインソールではなく、バネをつま先に外付けしてテーピングで固定した。



結果

	Fさん	Gさん	Hさん
通常	53	51	54
バネ	56	55	57

平均3.3cm増加

考察

ばねをインソールの中に挿入することではあまりジャンプ力を上げることはできなかったが、バネをバッシュの底につけることで大きくジャンプの高さを高くすることができた。

今後の展望

実験結果ではバネをアウトソールにつけることでジャンプ力が上がるという結果が出たが、変化量が自分達が考えていた数値よりとても小さかったので一概にジャンプ力が上がるとは言えないのかもしれない。そこで今後はバネの数を増やしたり、バネをつける位置を変える、ばね定数の値を変えるなどをして、本当にジャンプ力が上がるのかを研究していきたいと思った。実際、これは「高く飛ぶためのアウトソール制作」である。

足底板インソール立位バランス機能に及ぼす影響 小林 正典・清水 勇樹より

https://scholar.google.co.jp/scholar_url?url=https://www.istage.ist.go.jp/article/rika/29/4/29_605/pdf&hl=ja&sa=X&ei=Ah3pZtO2Lb--6rQPmrD6QA&scisig=AFWwaeb43jLmqKOWwsq8anUBW8Pm&oi=scholar

前高では電子決済対応の自販機、テストの模範解答のペーパーレス化等、様々な物が時代に合わせて進化してきた。そんな中昔のまま変わらないホウキに違和感を持ち、私達は現代に見合った「最強のホウキ」を研究テーマとした。



仮説

ホウキの性能を上げるには、

- ・掃きやすく、ゴミを逃がしにくい形状
- ・ホウキの素材のしなやかさ、耐久性
- ・ホウキ一床の接触面の大きさ

この3つの要素が重要であると考え、それぞれの最適解の発見を目標に実験を行った。

しかし...

一口に「ポリプロピレン」と言っても人工素材故穂の形状が多種多様であった。一概に「ポリプロピレンがよい！」では不十分であると判断し、実験②をおこなった。

ex)



実験方法①

教室にあるゴミの代表である消しカス、埃、砂を適当に散布し、ホウキで3回掃く(掃く人、掃き方・力量固定)ゴミの移動具合を観察する。(形状は同じ)素材の異なるホウキで同様の作業を繰り返し、結果を比較する。

- 1 天然素材のホウキ(シダ)
- 2 化学素材と天然素材どちらも使われたホウキ(シダとアレンファイバー)
- 3 化学素材のホウキ(ポリプロピレン)

補足: 1<2<3の順に素材がやわらかい



結果①



※数字は順位

	シ	シ+ア	ポリ
埃	3	2	1
消しカス	3	2	1
砂	3	1	2

結果より、教室を清掃する上でポリプロピレンが最も適していることがわかった。また繊維は柔らかいほうが好ましい柔らかい素材の方が埃や砂のような細かいゴミが取りやすかった。

実験方法②

素材をポリプロピレンで統一した形状の異なる4種類のホウキで実験①と同様な作業をし、結果を比較する。
※ホウキのサイズとゴミの量の比率を合わせる

結果②



	No.1	No.2	No.3	No.4
埃	2	1	4	3
消しゴム	1	2	4	3
砂	3	2	4	1

結果よりNO.2が全体的に1番掃けた。NO.2,4は形状が違うが柄の部分の長さによって掃く物の得意が変わるとわかった。NO.3は穂先の間隔が大きかったので、掃けないとわかった。またNO.1,2を比較すると主に穂の長さが短く斜めでないNO.2の方が掃けていることから、力が伝わりやすく満遍なく掃ける形状がわかった

まとめ・今後の展望

今回の実験結果より、普段学校で使用しているホウキよりも掃きやすいホウキを見つけることができた。しかしまだ試していない物質もあるため今回見つけた傾向に当てはまる素材を調べていきたい。今後も実験を繰り返し、ホウキを強化していけば実際に最強のホウキの作成できると思った。

ソフトテニスにおけるオーバーファーストサービスの精度向上

群馬県立前橋高等学校 S5-6班

〈研究背景〉

ソフトテニスにおいてオーバーファーストサービスとは高速度かつ強力で、成功するとポイント序盤での主導権を握ることのできるプレーである。

このように、オーバーファーストサービスの精度は試合での勝敗に多大な影響を与えている。そのため、オーバーファーストサービスの精度を向上させることができれば、公式大会や定期戦での勝利に大きく貢献できると思い、このテーマを選定した。

〈仮説〉

ネットを考慮した打点と着弾点を結ぶ曲線がフラットサービスの立体的な軌道であるから、より高い位置から打つことによって、つまりはサービス時にジャンプをすることによって、オーバーファーストサービスの成功確率が上昇すると考えた。

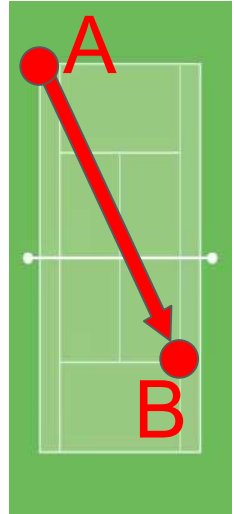
ジャンプの利点としては打点が高いため、サービス速度を出しやすくなる。したがって重力や空気抵抗の影響を受けにくくなり、サービスの精度向上に繋がるのではないかと考えた。

〈実験方法〉

予備実験から、点Aから点Bへのオーバーファーストサービスを図式化し、(空気抵抗や重力を無視した場合の)点Aの高さの理論値を3.05mと算出した。

実験1では、立ち位置を点Aに固定し、オーバーファーストサービスを右図のように点Aから点Bの方向へ、被験者全員がジャンプをせずに100回ずつ打ち、記録を測定する。

実験2では、ジャンプをして打ち、残りの条件を実験1と揃え、記録を測定する。



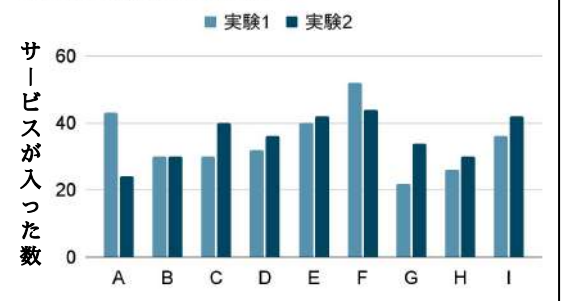
〈結果・考察〉

実験1から実験2にかけてサービスが入った数が増加している人が多い。このことから、ジャンプを活用し、より高い位置でサービスを打つことが精度に直接関係していると言える。

しかし、一部の被験者は成功数が少なくなっている。これは、度重なる実験により被験者が疲労を感じてしまったことや、普段はジャンプをせずに打っていて、慣れていなかったことが原因で、打点が安定しなかったためだと考えられる。

以上の結果から、オーバーファーストサービスの精度を向上させるには、ジャンプを活用して打球することが大切だということがわかった。今後の展望として、ジャンプの活用の有無だけでなく、回転量などを考慮した実験を行いたい。

それぞれの実験についての結果



[参考文献] ソフトテニスにおけるボールの特異な飛行挙動に関する研究

https://www.jstage.jst.go.jp/article/sposun1991/15/2/15_2_33/_pdf/-char/ja

ソフトテニス選手のファーストサービスのキネマティクスの分析：性差に着目して | CiNii Research

<https://cir.nii.ac.jp/crid/1050576823328688128>

より楽にリュックサックを背負うためには

群馬県立前橋高等学校 S5-7班

研究背景・目的

前高生のリュックサックは重く、通学の疲労の原因になる。学習以外の負担を減らして授業中の学習効率を上げるために、この問題を解消したい。この研究を通して、最適な背負い方や荷物の詰め方を調べようと考えた。

仮説

先行研究より、「楽に背負う」の定義は体全体にかかる力のバランスで考える。腰部に負荷を分散することで、肩などの身体全体への負荷を軽減できること、リュックサックの重心が体から離れるほど腰部に負荷がかかることがわかった。そこから楽に背負うために必要なことの3つの仮説を立てた。

1. 肩紐を短く調整して、リュックサックを体に密着させる
2. 胸部のベルトを締め、リュックサックを体に密着させる
3. 重い荷物を背中付近に収納して、重心を体に寄せる

実験の方法

- 1.リュックサックにおもり（水入り2Lペットボトル2本）を入れ、椅子に掛ける。
- 2.吊りばかりを肩ベルト・腰ベルト部分に取り付ける。
- 3.吊りばかりをリュックサックが椅子から離れるまで引き、その時の値を記録する。

使用した実験器具：デジタル 吊りばかり 20kg DHS-020



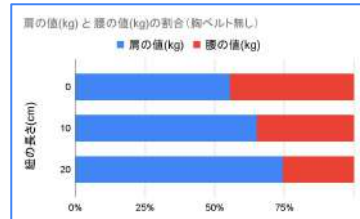
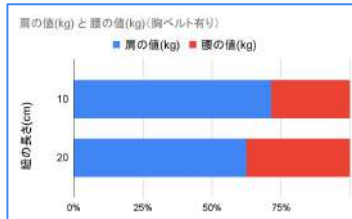
参考文献

- ・大阪府立高津高等学校、2023、「リュックサックを軽く保つ方法」, <https://kozu-osaka.jp/cms/wp-content/uploads/2023/04/b8babc1272b8b0be823ab56222041638.pdf>
- ・若生然太、早稲田大学大学院、2020、「痛みに基づいたバックパック背負い時の肩部負荷軽減に関する研究」
<https://waseda.repo.nii.ac.jp/record/65271/files/Honbun-8743.pdf>
- ・直井俊祐ほか、国際医療福祉大学、2013、「リュックサック使用が歩行動作の運動学・運動力学的変化に及ぼす影響」
<https://cir.nii.ac.jp/crid/1390282680550517504>

結果

結果は以下ようになった。
※表における「紐の長さ」は、調整可能な部分の長さを示している。

胸ベルト無し			
紐の長さ(cm)	0	10	20
肩の値(kg)	3.09	3.9	3.5
腰の値(kg)	2.5	2.1	1.2
胸ベルト有り			
紐の長さ(cm)	10	20	
肩の値(kg)	4.25	3.05	
腰の値(kg)	1.7	1.83	



考察

胸ベルトを使用しない場合には、リュックサックの肩ベルトが長いほど肩への負荷が大きくなることが分かった。これはリュックサックの位置が下がることで腰で支えることができなくなり、肩から吊り下げるような背負い方になることが原因だと考えられる。胸ベルトを使用すると、反対に肩ベルトが短いほど肩への負担が大きくなる結果が見られた。胸ベルトを締めることでリュックサックの上部が体に対してより固定されて肩だけでなく胸部や体の側面でもリュックサックを支えるようになることで、肩ベルトが短いときにリュックサックが腰部分に触れにくくなることが理由だと考えた。

結論と今後の展望

実験の結果より、胸ベルトを締めた状態で肩ベルトをできるだけ短くし、かつリュックサックを腰で支えられるだけの長さにするのが、体全体にかかる力のバランスという面で考えるとより楽にリュックサックを背負うことができる方法だと考えた。今回の成果をもとに、今後は体にかかるときのモーメントや歩行時の振動も考慮して、さらに楽にリュックサックを背負う方法について探求し、前高生の通学と学習の質の向上に貢献していきたい。

効率の良い綱の引き方

群馬県立前橋高等学校 S5-8班

研究背景

近年前橋高校と高崎高校で行われる合同行事である定期戦で、綱引きで負けてしまうことが多い。練習量等は必要であるが、両校の間には体格差があり、安定した勝利のためには工夫をこらすことが必要だと思われる。

綱の引き方

従来の引き方は上体を起こして踏ん張るようにして引くに対し、新しい引き方は身体全体を傾けてつま先周りの力のモーメントを最大にして引く引き方である。

目的

高崎高校との定期戦で、前橋高校が勝つためには、どのような綱の引き方の工夫をすれば良いのかを具体的に考え、より勝てるような綱の引き方について調べる。特に綱引きは身長・体重などの体格が重要であるが、全体的に高崎高校の生徒のほうが前橋高校の生徒に比べて身長の高い生徒が多く前橋高校の生徒の方が体格的に劣っている傾向にあるため体格差があっても覆せるような引き方についての研究をする。

結果

各15人程度でAとBの2チームを作り、Aは2回とも従来の引き方、Bは1回目が従来の引き方、2回目が新しい引き方で引いたところ以下のような結果が得られた。差は綱がはじめのラインからどれくらい動いたかを計測したものである。

	勝ち	差
1回目	A	2.57m
2回目	A	1.90m

仮説

競技中の綱は弛んでいないので張力はほぼつり合っていると考えられるため、引く力の大きさより地面との摩擦力の大きさのほうがより重要であると考えられる。そのため、より強い力で引く工夫をするより、上体を起こして地面との摩擦力を極力大きくする工夫を凝らすほうがより強くなると思われる。

※上体を起こすと、体にかかる重力の地面に垂直な方向の分力が大きくなるため、足にかかる垂直抗力も大きくなり結果的に体を傾けたときよりも摩擦力は大きくなる。

考察

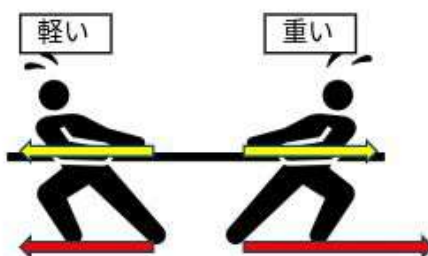
今回の実験では2回ともAが勝利するという結果に終わったものの、新しい引き方ではAとBの差は縮まり、実際Bも勝負の途中ではほぼ差がなくなるほどに善戦していた。今回の実験では摩擦力重視の引き方より力のモーメント重視の引き方のほうが強く引けるという結果が得られ、仮説は否定された。しかし、この実験の人数規模は定期戦本戦のおよそ2分の1であり、引く力が小さいことから力があまり釣り合わず、単純な力の大きさがより結果の強く反映されたと思われる。

方法

無作為に抽出した前橋高校綱引き班の生徒30名を2つのチームA、Bに分け右上に示すような引き方で綱を引いてもらいそれ以外の条件は変わらないような対照実験を行う。体力の減少による誤差を軽減するために時間を置きながら実験を行う。

今後の展望

今回は主に綱を引く姿勢に焦点を当てて実験や考察を行ったが、他にも選手が履く靴と地面との相性や、綱を引くタイミングなどの別の観点から考えることでさらに理想的な綱の引き方を考えていきたい。



参考文献

綱引きにおける重量付加と牽引力の基礎的研究

岐阜大学 上田浩一, 森田 茂男, 山本 博男

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jspeconf/36/0/36_673/_article/-char/ja/