

どうして靴紐はほどけるの？ Part 2

千葉市立花園中学校
第2学年 進藤さくら

1 研究の動機や目的

私は陸上競技部に所属しており、毎日の練習で長い距離を走っている。その時に困ることが、ランニングシューズの靴紐が練習途中にほどけるということである。そのため、ほどけないように蝶結びで結んだあと方結びを行っているが、これでは靴を脱ぐときに時間がかかってしまう。このような経験から、より簡単でほどけにくい結び方を知りたいと思い、昨年から「靴紐のほどけるメカニズムについて」の研究を行っている。昨年の研究では、靴紐の結び方、紐の種類、靴にかかる衝撃によって、ほどけるまでの時間に差があることがわかった。今回の研究では、靴紐の環境的な違いによるほどけやすさを調べること、一般的な結び方の改良によるほどけにくい結び方を考えることを目的とする。

2 研究内容与方法

今回の研究では、まず靴紐のメカニズムについて書かれた海外の研究論文を翻訳し、研究の参考にした。次に、環境的条件の違いによる靴紐のほどけ方の違いを調べ、その後、よりほどけにくい結び方を考案することにした。

(1) 海外の研究論文について

『the japan times ST』 2017年4月28日号に「靴紐がほどけてしまうメカニズムが解明された。」という記事があった。今回の研究目的に即していたので、翻訳して内容を読み解いた。

(2) 環境的条件の違いによる靴紐のほどけにくさの違い

3種類の靴紐（平らな靴紐、平らなゴム素材の靴紐、丸い伸縮性のある靴紐）を使用し、それぞれの靴紐で6パターン of 外的環境条件（乾く、湿る、乾く+砂付着、湿る+砂付着、温める、冷やす）で実験を行う。

靴紐は通常の「蝶結び」で結び、結び目の輪の長さは80mmに、引っ張る紐の長さは90mmに設定した。両端からバネばかりを用いて、60秒までは5N、60秒経過後は10Nの力で引っ張り、ほどけるまでの時間を計測する。実験は各条件で5回行い、平均時間を導き出す。



【資料1】3種類の靴紐を冷蔵庫で冷やす



【資料2】ドライヤーを使用し温める



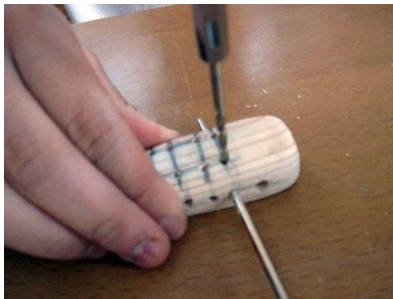
【資料3】乾燥した砂の付着した状態

(3) 結び方によるほどけにくさの違い

靴紐の結び方6種類のほどけるまでの時間を調べ、耐久力の違いを調べる。結び方は、従来の靴紐の結び方「蝶結び」「イアン結び」「イアン・セキュア結び」に改良を加えた。蝶結びは片側の紐を二重掛け、イアン結びは輪を半回転から一回転、イアン・セキュア結びは一重通しを二重通しにする改良を行った。改良を行うことで、結び目部分の紐が交わる箇所を増やし、摩擦力を上げるようにした。

靴紐実験マシンは 昨年の実験マシンから改良を行い、靴の模型に衝撃を与える方法をベルトコンベアー式に、駆動部分の電池モーターを電動ドリルに変更し、電力低下の不具合を改善した。開始から 15 分毎に結び目の状態を目視によって観察し、1 時間経過した状態でどの程度緩むかを測定する。

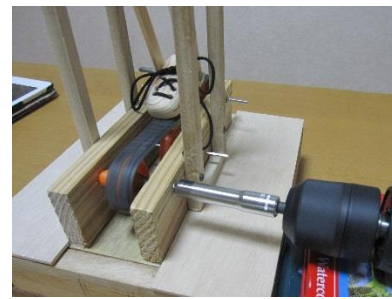
今回導き出した「耐久力」は、靴に衝撃を加えない場合の緩むまでの時間と、衝撃を加えた場合の緩むまでの時間の割合を示したものである。耐久力の割合が高いほど、衝撃に強いといえる。



【資料4】靴の模型を製作



【資料5】第2回実験の様子



【資料6】靴の模型が走行している様子

3 研究の成果とまとめ

(1) 海外の研究論文について

研究論文を読み解いてわかったことは以下の3点である。

- ① 靴紐は、いったんほどけ始めると、それを止める方法はない。
- ② ほどけるには、衝撃と揺れが発生しなければおこらない。
- ③ ほどけにくい結び方とほどけやすい結び方、靴にかかる衝撃の位置、結ぶ時の引っ張る力などによってほどけるまでの時間には差が生じる。

以上のことから、靴紐がほどけるメカニズムについて科学的な研究が行われた。しかし、今回の研究論文では、ほどけない結び方はなく、時間的な差はあるが最終的にすべての靴紐はほどけると結論付けている。

(2) 環境的条件の違いによる靴紐のほどけにくさの違い

靴紐の耐久力はゴム素材の靴紐が一番強く、ほどけにくいことがわかった。環境条件を変えた実験では、条件によってほどけるまでの時間に大きな差が出るのが明らかとなった。その中でも、乾燥した状態よりも湿った状態のほうが耐久力は高く、砂の付着した状態は耐久力が低いことがわかった。この結果は、私自身が部活動の練習時に感じていた「砂が付着しているとほどけやすい」という印象と同じ結果であった。

蝶結び		平均	蝶結び		平均	蝶結び		平均
平 ら な 靴 紐	乾燥	00:03.60	素 材 の 靴 紐	乾燥	00:19.95	丸 あ い る 伸 縮 性 の 靴 紐	乾燥	00:06.21
	湿る	00:52.91		湿る	01:03.87		湿る	01:04.44
	乾燥/砂付着	00:03.86		乾燥/砂付着	00:02.69		乾燥/砂付着	00:01.98
	湿る/砂付着	00:01.29		湿る/砂付着	00:01.82		湿る/砂付着	00:00.96
	温める	00:00.82		温める	00:04.27		温める	00:01.22
	冷やす	00:00.88		冷やす	00:06.23		冷やす	00:01.20

[資料7] 各条件によるほどけるまでの時間

(3) 結び方によるほどけにくさの違い

結び方の耐久力は、蝶結び<改良蝶結び<イアン結び<改良イアン結び<イアン・セキュア結び<改良イアン・セキュア結びの順に強度が上がり、改良イアン・セキュア結びが最もほどけにくい結び方ということがわかった。既存の結び方に少し改良を加えることで強度が上がり、ほどけにくい結び方になることが証明された。

蝶結び/平均	11.42%	イアン結び/平均	45.67%	イアン・セキュア結び/平均	82.30%
改良蝶結び/平均	35.14%	改良イアン結び/平均	67.96%	改良イアン・セキュア結び/平均	86.47%

[資料8] 各条件によるほどけるまでの耐久度の違い

今回の研究結果をまとめると、靴紐がほどけるまでの時間の違いは、結び方、環境条件、靴にかかる衝撃などによって、様々に変化することがわかった。また、複雑な結び方を使用して摩擦力を上げれば、ほどけるまでの時間は長くなり、摩擦力の低い簡単な結び方では、時間は短くなることがわかった。

4 今後の問題点

今後の展望として、さらに結び方を研究し、できるだけ長い時間紐がほどけず、ほどきたい時には簡単にほどける結び方を研究したい。また、今回は実施できなかったが、改良を加えた靴紐の結び方を使用した実際の走行実験も行いたい。

5 指導と助言

普段の部活動で、感じていた「靴紐のほどけやすさ」について調べようとした発想はとても素晴らしい。また、その研究テーマでの先行研究を英語の文献から見つけ、翻訳し、自分の研究のきっかけをつくった力は、他の人の研究の見本となるものであった。こうした文献調査や実験の結果から、研究のテーマに対し、「靴紐がほどけにくい結び方」という答えをみつけ、しっかりとまとめられている点がとても高く評価できる。

(指導教諭 小畑 大樹)