

糸の耐久力

研究者氏名 澤潤 圭吾 湊 卓磨 三原 由樹

【概要】

私達は、日常生活で使っている手縫い糸をどうすれば丈夫にできるのか、また、どの程度耐久力が上がるのかを調べてみたいと思った。私達は、断面積と耐久力は正比例の関係にあり、また、糸を加工することで耐久力は大きくなると仮定した。そして、糸の断面積等を変えることで、耐久力の変化の規則性を見つけることにした。

まず、糸を2本重ねる(断面積を2倍にする)と耐久力が約1.7倍になった。断面積と耐久力が正比例の関係にならなかったのは、2本の糸に均等に力を加えることができなかつたからであると考えられる。

次に、糸に捻りを加えた場合、一定の回数までは捻ると耐久力が上がったが、その後は減少した。捻りを加えると耐久力が上がったのは、糸を捻ることにより、糸を構成する繊維の一本一本がより密着することで、繊維と繊維の間に発生する摩擦力が大きくなり、繊維と繊維がずれにくくなったからだと考えられる。捻りすぎると逆に耐久力が下がったのは、捻ることで糸が張ってしまい、測定する以前にすでに力がかかっているからだと考えられる。

We would like to examine how we can make threads used in everyday life tougher, and how strong we can make them. We assumed that the cross sectional area was directly proportional to the durability of the thread and that durability is improved by processing the thread. We found that there was a regularity to the change in durability when the cross sectional area of the thread was changed.

First, we piled up two threads. Doubling the cross section, then durability increased about 1.7 times. The width and durability of the cross section were not in direct proportion because we couldn't add equal pressure on the two threads.

Next we found that when we added twists to the thread, the durability increased until we reached a certain number of twists where the durability began to decrease. We wondered why durability was improved when twists were added. We think that it is because each of the fibers that constitutes a thread stick together more tightly when the thread is twisted. We also think that the frictional force which occurs between the fibers increases when the fibers are twisted. We think that because the thread was already twisted, it had pressure already applied to it before it was measured, that we then twisted the thread too much and, as a result, the durability fell.

【研究の目的】

糸の断面積等を変えたり、捻りを加えることで、糸の耐久力に関する規則性を見つける。

【仮説】

- 断面積と耐久力は正比例の関係にある。
- 糸を加工することで耐久力は大きくなる。

【実験器具・装置・材料】

- 手縫い糸 (綿) (18 μ m)
- スタンド
- S字フック
- 食塩
- バケツ (小)
- サーモカップ (発泡スチロール)
- 電子天秤
- デジタルホフォースゲージ
- マイクロメーター

【実験】

【実験 I-i】

- ① 糸を14cmの長さに切り、余分片側2cm×2で結んで円周10cmの糸の輪を作る。(結ぶにあたり、2cmの部分で結びやすいよう、マジックで印をつけておく。)
- ② 糸の両端にS字フックを引っ掛け、上側にはスタンド、下側にはおもりを入れたバケツをそれぞれ引っ掛ける。
- ③ サーモカップに塩をすくい、電子天秤を用いて塩の質量のみを量り、サーモカップを細かく叩きながら、バケツに少しずつ塩を振り落とす。これを繰り返し、糸が切れたところで塩を入れるのをすぐにやめて、それまでに入れた塩とおもりとバケツとS字フックの質量を、糸の輪が耐えた質量とする。

この実験はそれぞれ20回ずつ行った。また、2本の糸を平行に吊した状態でも同様に行った。これは、糸を2本にすることによって、断面積を2倍にすることができるからであり、仮説の「断面積等と耐久力は正比例の関係にある」を調べるためである。



〔図1：測定の様子〕

【結果 I-i】

結果は、糸の本数が1本の時は平均2275g（最大2690g 最小1788g）、2本の時は平均3805g（最大4494g 最小2859g）となった。

しかし、この実験では、1回測定するのに10～15分ほどかかり、実験時間がとても長くなってしまった。しかしデジタルフォースゲージという装置の存在を知ったため、この装置を使って時間短縮をすることにした。

【実験 I-ii】

ほぼ実験 I-i と同じ実験方法だが、おもりを入れたバケツの代わりにデジタルフォースゲージを引っ掛け、デジタルフォースゲージを手でゆっくり垂直に下方向に引っ張って測定する。



【デジタルフォースゲージ】

本体の上部に、付属のフックや突起を取り付け、その部分を引っ張ったり押したりすることで、その部分にかかっている力の大きさを計測することができる装置。また状況により、今回の実験における「糸の切れた瞬間」のような、「値の変化のピーク時」にかかっていた値を示した後、表示をその後変わらないようにしたり、値が変化し続けている間、表示される値も変化しつづけるようにすることもできる。



〔図3：デジタルフォースゲージ〕

【結果 I - ii】

実験 I - ii を行った結果は、表 1 のようになった。

1 回の測定が 10~15 秒で終わるので、実験 I - i から実験 I - ii において、測定時間が大幅に削減できた。

しかも、実験 I - i で用いた安価で身近に手に入れることができる装置でも、高価な装置と同じような値がとれることが証明できた。しかし、今後は時間短縮のため、実験 I - ii の方法で研究を進めた。

〔表 1〕

	実験 I - i	実験 I - ii
1本	2275g	2151g
2本	3805g	3822g

【実験 II】

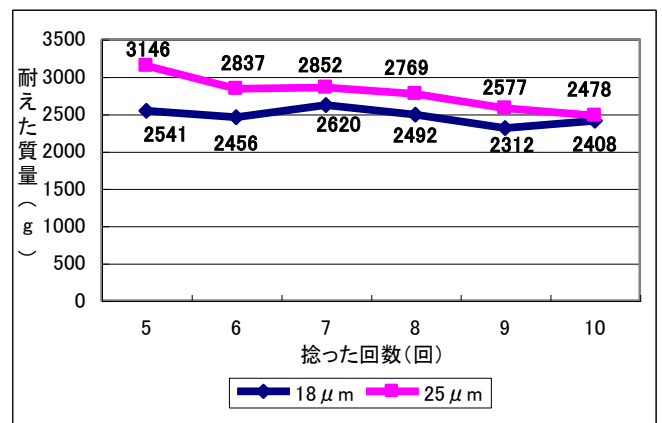
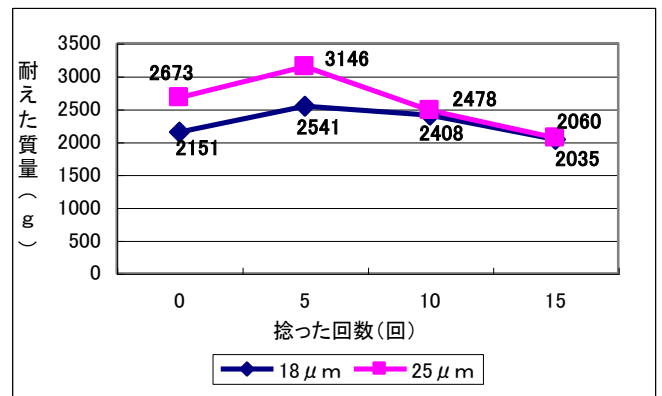
基本的には実験 I - ii と同じ実験方法で、糸を 5 回、10 回、15 回それぞれ捻って測定した。

捻り方については、スタンドと S 字フックと糸の輪とデジタルフォースゲージを繋げた後、デジタルフォースゲージごと手で回して捻る。このとき、糸の輪が緩みすぎず、かといって張り詰めすぎないように引っ張りながら、糸の輪を捻るようにする。この実験における「糸の輪の捻る」という行為は、仮説に示した「糸を加工すること」にあたる。

実験に使った糸の輪は、実験 I - i, ii のときと同じ長さのもので、糸の直径が 18 μm の糸の他に、直径が 25 μm の糸を追加した 2 種類で行った。

その後、耐久力のピークを詳しく調べるため、捻り回数 6~9 回も同様に測定した。

【結果 II】



グラフの横軸が糸の輪を捻った回数、縦軸が輪が切れるまでに耐えた質量である。

【考察】

断面積を2倍にしても、耐久力が2倍にならなかったのは、糸の輪をつくるのが手作業であり、2本の糸の長さが微妙に違っていたため、均等の力を加えることができなかつたからだと考えられる。

糸を3本にして実験したが、3倍とはかけ離れた結果となった。おそらく、長さの異なる3本の輪を同時に引っ張ることになったことで、さらに複数の輪を平行に引っ張ることができなくなり、均等に力がかからなかつたためだと考えられる。

輪をn本同時に引っ張るとすると、nの数を増やせば増やす程、n倍からはかけ離れた結果になっていくと考えられる。しかしこれは我々の行った実験に、手作りの糸の輪とS字フックを使ったため起こった結果であり、複数の糸の輪に均等に力をかけることができなければ、結果は違っていたかもしれない。

また、どの直径の糸でも捻りを加えると、同じような倍率で耐久力が大きくなると考えられる。ただし、一定のピークを超えて捻りすぎると、デジタルフォースゲージで力を加える以前に、糸に引く力がかかるため、耐久力は下がったと考えられる。また、耐久力が最も大きくなる捻り回数は、糸の太さによりそれぞれ異なると考えられる。

【結論】

・綿の手縫い糸の場合、糸の本数を1本から2本にしたとき、耐久力が約1.7倍となった。(今回使用したものに限る)

・糸の耐久力を大きくするには、捻りを加えることが有効な場合がある。

【感想】

一年余り課題研究をして、いかに研究というものが単調なデータ測定とデータ解析であるかという大変さを思い知った。また、予想と大きく異なったデータが測定された場合、その原因を考えることや、自分達が伝えたいことをこの研究を初見の人にも分かりやすい文章にまとめること、その他英訳等もろもろの難しさも。非常に大変ではあったが、なかなかやりがいのある研究だったのではないかと思っている。きっと応用数理科に来なければこういった体験もできなかったことだろう。

内容的には、まだまだ完成には程遠いといった感覚だ。今回実験に使用した糸は実は綿・綿(太)・絹・ポリエステル製の四種類だったが、時間的にこんなにバリエーションを増やしたら到底無理、といった経緯があつて結局今の状態に落ち着いたのだが、真面目に捻りの法則などを見つけようとしたらこれらもやらないといけなばかりか、糸の輪の大きさも直径10cmだけじゃなくて15・20cm等も検証しないといけな。下手したら5年くらいかかりそうな測定が必要になってくる。このように少し妥協したようなところもあるが、一定の条件下においての法則は見つけることができたので、これはこれで完成ではないかと思っている。

【引用文献(参考文献)】

なし