



Title	捻りがゴムに及ぼす影響
Author(s)	
Citation	令和4（2022）年度学部学生による自主研究奨励事業 研究成果報告書．2023
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/90989
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

令和4年度大阪大学未来基金「学部学生による自主研究奨励事業」研究成果報告書

ふりがな 氏 名	ちん きょう 陳 強	学部 学科	工学部 応用自然科学学科	学年	3 年
ふりがな 共 同 研究者氏名		学部 学科		学年	年
					年
					年
アドバイザー教員 氏名	荻 博次 教授	所属	工学研究科		
研究課題名	捻りがゴムに及ぼす影響				
研究成果の概要	研究目的、研究計画、研究方法、研究経過、研究成果等について記述すること。必要に応じて用紙を追加してもよい。(先行する研究を引用する場合は、「阪大生のためのアカデミックライティング入門」に従い、盗作剽窃にならないように引用部分を明示し文末に参考文献リストをつけること。)				
背景・目的 本研究のきっかけは、友人の何気ない発見であった。以前に、友人が輪ゴムの捻りながら弾くと、捻っていない輪ゴムと比べて「柔らかく感じる」ことを発見し、共有してくれたことが本研究の始まりである。 応力ひずみ線図は材料が力を受けた時にどのように応答するのかということを知るのに広く使われている。しかしながら材料の捻りが応力ひずみ線図にどのような影響を及ぼすのかについて調べている研究はほとんどない。引張試験を用いてゴムの捻りの回数を変化させた際の応力ひずみ線図を計測し、ゴムの捻りがどのように材料の特性に影響を及ぼすのかについて調べるのが目的の一つである。 結果、本研究では捻りにより見かけの弾性定数が増加したことから、「なぜゴムは捻ってから弾くと柔らかく感じるのか」という疑問に対して逆の傾向が得られたことになる。実際に弾くことで得られる音声データと静的実験で得られるゴムの特性を踏まえて解析し、動的な弾性挙動を議論することが必要であるのかもしれない。 計画・経過 当初の計画では引張試験を行い、応力ひずみ線図を作成したのち、実際に捻ったゴムを弾くことで音声データを取得し、スペクトル解析することで、引張実験で得られる結果と合わせて最初の疑問に対する説明を試みる予定であった。そして弾く時の条件を揃えるために、金具等を使って自作の試験台を組み立てるという段取りであった。また、必要ならば追加で、周期的に節が生じることもゴムの性質に影響している理由である可能性があることを考慮して、ゴムを周期的に糸で絞ることで人工的に節を作り出して実験を行う予定であった。					

実際はゴムのような変位の大きいサンプルに対応する引張試験機を大阪大学内で見つけることができず、引張試験を行う手法の開発に予定変更した。方法を確立した後、本番の試料について、引張試験を行った。

方法

引張試験の方法を述べる。サンプルに 100 mm の間隔を開けて、糸または輪ゴムを結び、標線とする。このサンプルを 200 mm の間隔を開けて Figure 1 のように固定する。下側のクリップには重りを吊るすための紐が付けられており、捻りによる回転を防ぐ竹ひごが通されている。重りには 30.3 g のものを 6 つ、200 g のものを 4 つ使用する。これらを組み合わせて吊るすことで荷重をかけた。また、一度荷重をかけたサンプルは使用しないことにした。

実験の様子をスタンドに固定された iPhone 7 を用いて 1080 P@30 fps 条件下において撮影することで、後に述べる方法によって標線間距離の測定を行う。iPhone を固定した後は「計測」App でそれ自身の水平を確かめている。

得られた動画に対し、OpenCV を用いた自作の python プログラムにて解析し、二つの標線をトラッキングして、標線間の距離の変化を算出した。トラッカーのアルゴリズムは総合的に精度が良いとされている CSRT を用いた [1, 2]。

実際の実験において、ゴムは捻ると伸びたことが確認された。公称応力ひずみ線図についてはこのことを考慮して、動画における時

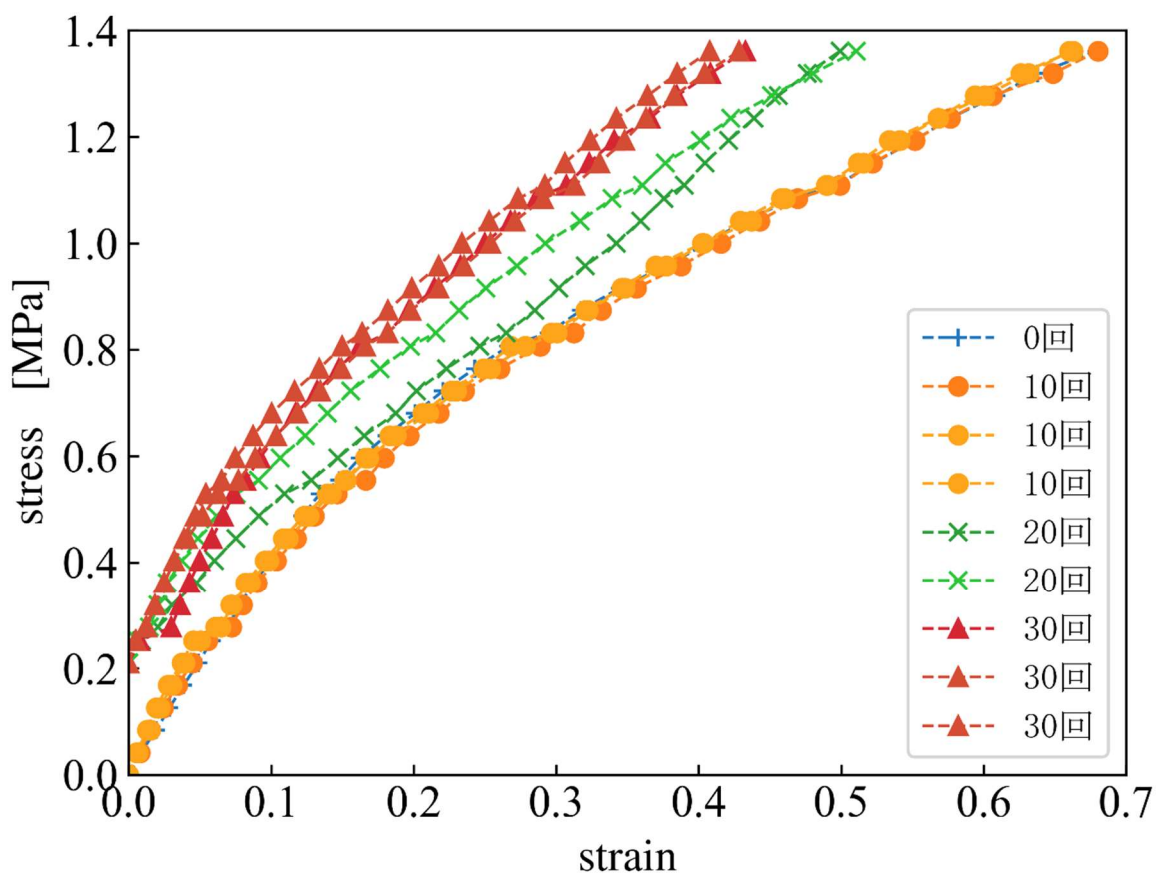
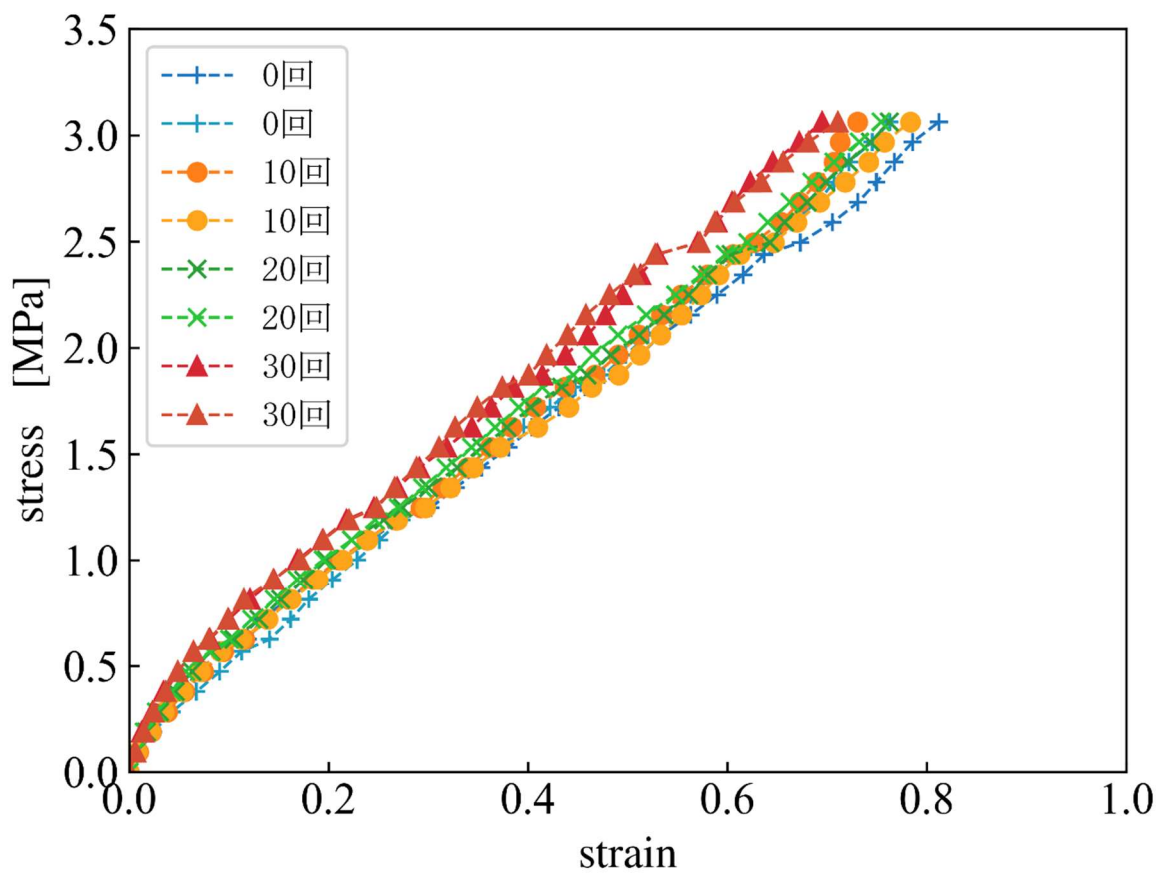
間を t 、標線間距離を $u(t)$ として、ひずみは $\frac{u(t)-u(0)}{u(0)}$ と計算した。

結果

アズワン製の $\phi 3$ シリコンゴムと $\phi 2$ ニトリルゴム(NBR), および $\phi 3$ シリコンゴム (ノーブランド) をサンプルとして、測定を行った。自作したシステムにより計測したこれらの公称応力ひずみ線図を Figure 2~Figure 4 に示す。ただ、Figure 2 については、20 回以上捻るとまっすぐ伸びなくなってしまったので、初期から 151.5 g の重りを吊るした。



Figure 1 考案した
引張試験の様子

Figure 2 $\phi 3$ シリコンゴム, アズワン製の公称応力ひずみ線図Figure 3 $\phi 2$ ニトリルゴム(NBR), アズワン製の公称応力ひずみ線図

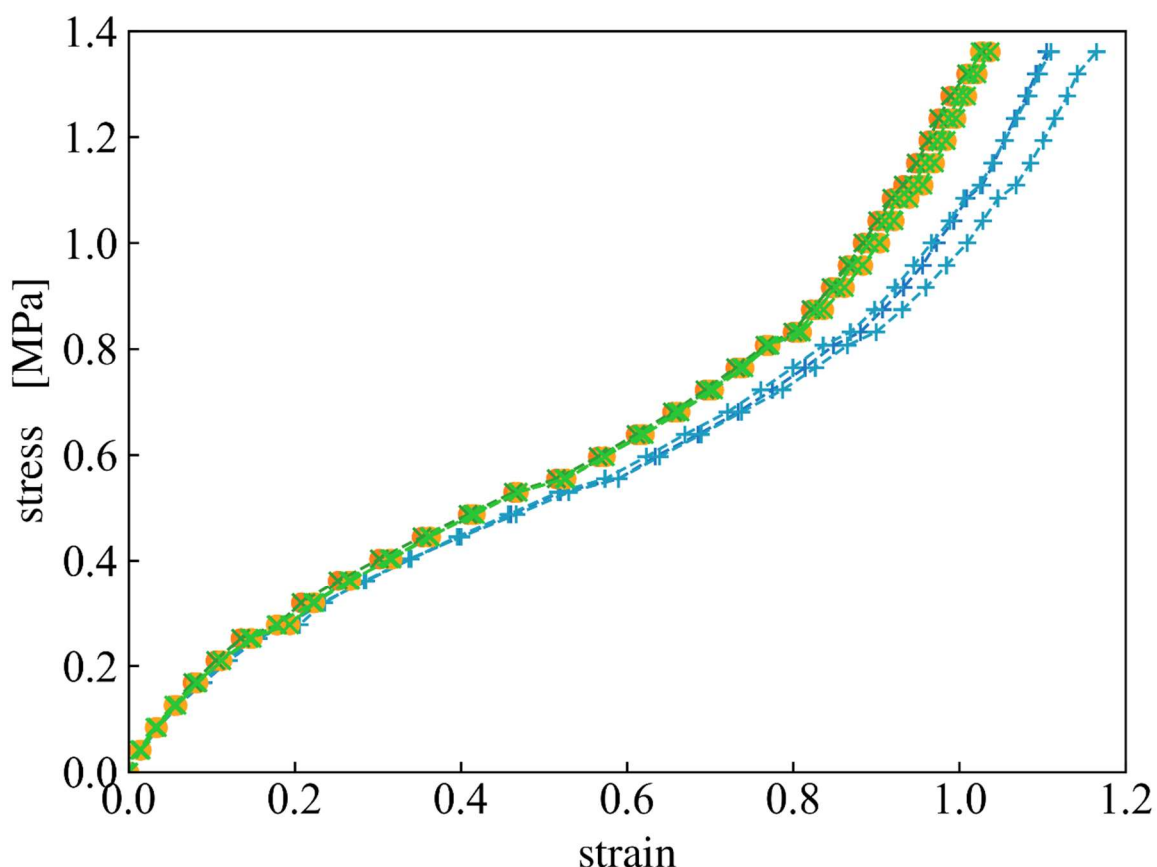


Figure 4 $\phi 3$ シリコンゴム, ノーブランドの公称応力ひずみ線図

これらの結果は今まで報告されてきたゴムの応力ひずみ線図 [3, 4]とよく合致しており, 本研究で開発した新しい測定方法の妥当性が確認できた.

また, ゴムを捻ることによって, 見かけ上剛くなることがわかった. ゴムを捻ることによって, ゴム内でせん断応力が生じ, ゴムを構成するその分子の並びが整い, エントロピーが低下したことが考えられる. これによってエントロピー弾性が強くなると考えれば, 得られた結果を定性的に説明することができる. しかしながら, 最初の疑問であるなぜ輪ゴムを捻ってから弾くと柔らかく感じられるのかは依然として解決されていない.

成果

得られた成果は 2 つある. 1 つ目は, 一般の引張試験機では測定が難しいとされている変形量の大きいゴムに対して, 既報データと遜色ない公称応力ひずみ線図を得る安価かつ簡便な方法を開発したことである. ただし, 解析において用いたアルゴリズムである CSRT は比較的計算量が大きいこと, トラッキングロストした時に手動で修正しなければならないことが今後の課題である.

2 つ目は自分の知る限り, これまで報告例のない, 捻りによってゴムの材料力学的な特性が変化したことを確認できたことである. ただし, 当初の疑問に答えられる結果は得られず, 捻りが材料力学的な特性に及ぼす影響は依然として分かっていないことが多い. これに対して, 静的な引張試験だけでなく, 振動を用いた動的な試験方法, およびシミュレーションも有用であると考えられる.

謝辞

指導教員の荻先生を含め、お世話になった荻研究室の皆様、本研究のきっかけを作ってくれた友人の竹下涼さんに心よりお礼申し上げます。

参考文献

- [1] R. Patil, O. Vaidya, G. Phade , S. Gandhe, “Qualified Scrutiny for Real-Time Object Tracking Framework,” *International Journal on Emerging Technologies*, 11(3), pp. 313-319, 2020.
- [2] T.-W. Mi , M.-T. Yang, “Comparison of Tracking Techniques on 360-Degree Videos,” *Applied Sciences*. 9(16), p. 3336, 2019.
- [3] N. YOSHIDA, “ゴムの応力とひずみに関する研究 I ゴム状物質の実用弾性率について,” *日本ゴム協会誌* 56(6), pp. 358-368, 1983.
- [4] Y. MORISHITA , K. TSUNODA, “架橋ゴムの応力-ひずみ曲線の基礎知識,” *日本ゴム協会誌* 94(4), pp. 116-122, 2021.