

Title	ダンゴムシの球体形状に関する耐荷重性能について
Author(s)	石黒, 理紗
Citation	平成28年度学部学生による自主研究奨励事業研究成果報告書. 2017
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/60341
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

平成28年度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	いしぐろ りさ 石黒 理紗	学部 学科	基礎工 システム科	学年	2 年
ふりがな 共同 研究者名		学部 学科		学年	年
					年
アドバイザー教員 氏名	中村 泰	所属	未来戦略機構		
研究課題名	ダンゴムシの球体形状に関する耐荷重性能について				
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。				
<p>1. 抄録</p> <p>動物や昆虫の中には、技術開発に応用可能な構造を持つものも多くいる。本研究ではダンゴムシの生体構造に着目し、その構造が立方体状の殻の構造と比較して荷重に対し破壊されにくいかどうかを実験的に調査した。その結果、荷重のかかる方向によっては、球殻は非常に優れた結果を示すことが分かった。</p> <p>2. 背景</p> <p>日常生活で用いられている機械の部品には、その性能の向上、あるいは弱点の克服のために自然界に存在する生物のもつ構造を応用している例が多々見られる。例えば、電車のパンタグラフには騒音を減らす目的でフクロウの風切り羽の構造が応用されており、また蚊の針の構造を応用して痛みのない注射針が開発されている。このように、自然界に生きる生物の持つ構造には、技術開発に応用可能な構造を持つものも多く存在する。</p> <p>本研究では、そのような生物の持つ構造を技術開発に応用するという視点から、幾何学的に体積に対する表面積の値が最も小さい球という構造をとるダンゴムシの性質に着目した。そして、その球の状態となる性質の有利性について実験的に調査した。また、その構造を技術的に応用することについて考察した。すなわち本研究では、ダンゴムシの球形が他の構造と比較した際、荷重に対して強いという特徴を持つかどうかということを、技術的に応用可能な大きさで再現、実験することによって考察する。なお、本研究においては破壊による衝撃吸収という観点での有利性は、破壊が起こっているという事実から有利であるとはみなさず、単に破壊が起こりにくい構造であるかということを調査している。</p> <p>3. 研究方法・経過</p> <p>本研究では、まず観察によりダンゴムシの殻の構造を調査する。その後、調査によって得られた構</p>					

造を他の材料によって再現し、実験的にその構造の荷重に対する優位性を調査する。本研究においては、軽く、脆い和紙を用いて再現を行った。和紙を選択することで、材料そのものの特性により構造の耐荷重性能が決定されるのではなく、構造に依存した耐荷重性能が容易に比較できると期待できる。

和紙による構造の再現においては、型となる形を作り、その表面に接着剤を水に溶かした液体に浸した和紙を貼り付け、和紙が乾燥し固まったところで型を抜くという張り子の手法をとった。これは、今回の研究においては薄く軽い構造を手作業で作成する必要があるためである。また、比較対象として、同様の手法により異なった構造を再現する必要があるためである。

観察の結果、ダンゴムシの構造は非常に単純であり、球殻に近似できると考えたため、構造の再現においては和紙を用いて球殻を作成した。また、比較対象として、球殻の作成の際に型とした球と同じ体積を持つ立方体の型を作成し、球殻の作成の際と同じ量の和紙を用いて立方体状の殻を作成した。作成の際には、球の場合には半球状のパーツを、立方体の場合にはその立方体のある並行平面間を二平面から等距離の位置で平面に並行に切った直方体の、正方形の一面を除いた面で構成される



図1 球殻の試料

殻と同じ形状のパーツを作成した。各々について、4つのパーツを組み合わせることで一つの試料とした。組み合わせる際には、球の場合、半球のパーツ二つを用いて半球の断面が合うように球を作り、その球を外から包み込むようにして、半球の断面が最初の半球の断面と直角に交わるように新たに球を作る(図1)。球の作成手順と同様にして、立方体も4つのパーツから作成する(図2)。今回の実験では、実用的な大きさの球の型として卓球ボールを用い、立方体ではクリアファイルのプラスチックシートを用いて同体積の立方体を作成し、型に用いた。



図2 立方体状の殻の試料

耐荷重性能を調査する実験に用いた実験系は、図3のようなものである。この系では、図の上部で二つの滑車を通る紐の一端に、重りとなる水の入ったペットボトルが結ばれ、もう一端にアルミ板と全ネジ棒、およびナットで作成した試料を乗せる籠が吊るされている。

実験手順は次の通りである。まず、試料を含めた金属の籠と釣り合うようにペットボトル内の水を調節し、その状態でのペットボトルの重さを、はかりを用いて測定する。次に、ペットボトルをもう一度紐に結び、系外に固定した棒(固定棒)と試料が接触した状態に調整する。その状態でペットボトル内に水を継ぎ足していき、最初に試料から変形音がした時点、また最初に試料が目視で分かるほどの突発的な変形をした時点でのペットボトルの重さを、はかりを用いて測定する。得られた値から最初に測定した釣り合いの状態でのペットボトルの重さを引き、導出された値をその時点での荷重とする。ただし、ここで用いたはかりは電子天秤であり、この電子天秤は、0gから300g以下においては0.1gまでの精密さで測定され、1500g以下においては0.5gまでの精密さで測定されるものである。そのため、測定結果として平均を導出し、誤差を導出する際は、整数部分のみを四捨五入して求めた。

この実験手順に従って、前述の通りに和紙で作成した二種類の試料を用い、次の三通りの条件 1-3

で実験を行った。

条件 1

球殻状の試料を上下から垂直に挟み込む。

条件 2

立方体状の殻を一つの平面が籠の底面に接触するように置き、上下から垂直に挟み込む。この時、系外に固定した棒に接触している上面の正方形の一頂点が、固定棒の下に来るように置く。

条件 3

立方体状の殻を、一つの頂点のみが籠の底面に接触し、かつ対頂点が接触する頂点の真上に来るように置き、上下から垂直に挟み込む。

また、条件 1 と条件 3 においては、試料を挟み込んだ後、負荷荷重を大きくしていく間にバランスが崩れることを防ぐため、レゴブロックで水平方向から試料を支えた。条件 1 においては等間隔に三点から支持し、条件 3 においては、固定棒とも籠の底面とも接触しない頂点の内、底面に近い水平面上にある三点に接触するようにレゴブロックを配置し、試料を支持した。



図 3 実験系

4. 実験結果

各条件で 5 つの試料を用いて実験を行った。得られたデータの平均と誤差をまとめると、表 1 のようになる。ただし、得られたデータの内、条件 1 において、最初に実験を行った試料では実験途中で重りの大きさを変えざるを得なくなり、重りを変えて再度実験をし直した為、反復的に負荷がかかったことから、計算に用いるデータから取り除いた。また条件 2 において、実験前の段階から試料に和紙のはがれやすきまがあるもの（図 4）があり、極端に低い計測値が出たため、この値はデータから取り除いた。さらに、条件 3 において、実験の初期段階で実験系がバランスを崩し、その衝撃で試料が破壊されたものがあつたため、データから取り除いた。

	変形音発生時	へこみ発生時
条件 1	239 ±50	1011 ±62
条件 2	305 ±71	888 ±66
条件 3	217 ±43	375 ±40

表 1: 各条件での荷重値(単位: g)

5. 考察

変形音発生時の荷重値を各条件で箱ひげ図にすると、図 5 のようになる。同様に、へこみ発生時の荷重値を箱ひげ図にすると、図 6 のようになる。

図 5 から、各条件で最初に変形音が発生する荷重値には殆ど差がないことが分かる。実際、t 検定によって、各 2 条件について差があるかを調べてみると、条件 1 と条件 2 では有意確率約 0.47、条件 2 と条件 3 では有意確率約 0.31、条件 3 と条件 2 では有意確率約 0.71 となり、いずれの 2 条件についても、差があるとは言えないことが分かる。これは、変形音の発生には素材自体の強度が関係し、構造はあまり影響しないためだと考えられる。



図 4 条件 2 で除外した試料

図6からは、突発的なへこみが生じるときの荷重値について、条件1と条件3および条件2と条件3の間には有意な差があると考えられるが、条件1と条件2には差がないであろうということが分かる。変形音発生時の荷重値と同様にt検定によって各2条件に差があるかを調べると、条件1と条件3では有意確率約0.0006、条件2と条件3では有意確率約0.0001となり、条件1と条件3、条件2と条件3の間については有意な差があると考えられる。一方で、条件1と条件2では有意確率約0.22となり、差があるとは言えない。以上のことから、条件1と条件3を比較する限り、

球殻の構造は立方体状の殻の構造に比べて垂直荷重に対して優れていると言えるが、条件1と条件2を比較すると球殻の構造は立方体状の殻の構造と同程度の強度しかないことが分かる。条件2の結果が条件3の結果よりも優れていることは、立方体の一辺が固定棒と籠の底面に挟まれ、支柱の役目をするのが原因と考えられる。すなわち、立方体は一辺が支柱として作用するような状況では球殻と同程度の耐荷重性を示すが、対角線上に荷重がかかった場合、球殻からは大きく劣る結果を示す。一方で球殻はその対称性から全方向の荷重に対して立方体の一辺が支柱として作用する場合と同程度の耐荷重性を示すと考えられ、荷重の方向によって性能の劣る立方体状の殻よりも優れた構造であると考えられる。

これらのことから、球殻の構造は、すべての方向から荷重がかかることが想定されるもの、あるいは荷重のかかる方向を制限しないものを開発する場合には適した構造であると考えられる。例えば、小型のセンサーをある高さから広範囲に散布する場合、センサーを保護する外殻を考えると、外殻にかかる荷重の方向にはばらつきがあるため、球殻は適した構造であると考えられる。

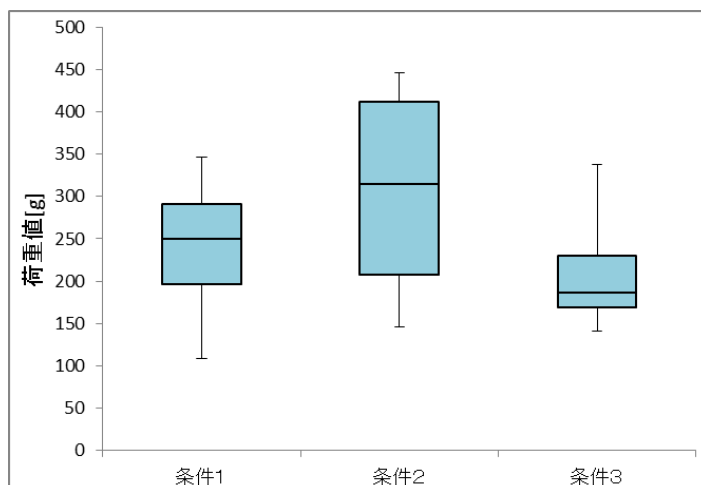


図5 変形音発生時の荷重値

球殻からは大きく劣る結果を示す。一方で球殻はその対称性から全方向の荷重に対して立方体の一辺が支柱として作用する場合と同程度の耐荷重性を示すと考えられ、荷重の方向によって性能の劣る立方体状の殻よりも優れた構造であると考えられる。

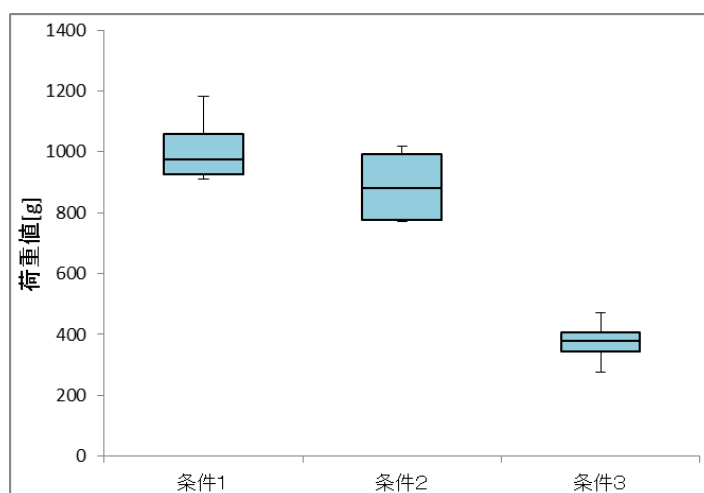


図6 へこみ発生時の荷重値

6. 参考文献

- [1] 「Japan Knowledge Lib」 <http://japanknowledge.com/library/> (2016年12月12日確認)
- [2] 岡本正芳『工学系のための確率・統計——確率論の基礎から確率シミュレーションへ——』コロナ社、2013
- [3] 縄田和満『Excelによる統計入門—Excel 2007 対応版—』朝倉書店、2007
- [4] 服部哲弥『統計と確率の基礎 第3版』学術図書出版社、2014
- [5] 日本統計学会『改訂版 日本統計学会公式認定 統計検定2級対応 統計学基礎』東京図書、2015