第81回科学展
熊日ジュニア科学賞

円が転がりやすいのは？
～円と球の関係を探る～

天草市立本渡南小学校
6年
緒方 柚衣(他4名)

Ⅰ 動機

3年生の算数で「筒の形は切り口が円になる方向へは転がりやすいこと」「球はどこを切っても切り口は円の形になること」を学習した。でも「なぜ円になると転がりやすくて、球はどちらへでも転がりやすい理由」についてはわからなかった。そこで、「なぜ円は転がりやすいのか」、「円と球はどんな関係なのか」はっきりとさせたいと思い研究することにした。

Ⅱ 研究の目的

1. トイレットペーパーの芯(中空の筒)を使い、どのように切れば切り口の形が円になるか調べる。
2. 野菜(ダイコン、コボウ)を使って、野菜の縦軸に対して30°、45°、60°の傾きで輪切りにしたときの転がり方、進む方向を調べる。
3. なぜ円が転がりやすいのか、車軸の上下する大きさから判断する。また、斜面を転がったり模型に付けて走らせたりして、円のよさを判断する。
4. 球は円が回転したものと考え、円や半円を中心で通る軸で回転させてみる。球に見えることを確認する。
5. 球のどこを切っても切り口は円になることを学習したが切るのはむずかしいので切らずに切り口の様子やかわる方法を探る。
6. 斜面上や透明半球体で球が転がるときの転がり方の特徴(きまり)を探す。

Ⅲ 研究の方法

方法1
(1) トイレットペーパーの芯の巻き紙のへりに沿ってハサミで切り広げてみる。
(2) トイレットペーパーの芯を平たくつぶし、切ったあとで、元の形にもどして切り口の形をみる。
① 直角に切る
② 斜めに切る。

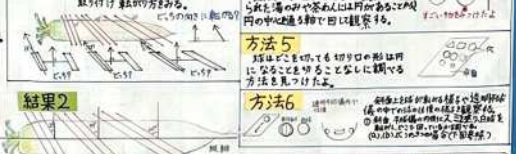
方法2
野菜(ダイコン、コボウ)や丸棒を1cmほどの厚さで30°、45°、60°の角度で水平に切る。このリングたちの中をイメージとして車軸に見たてて転がり方をみる。

方法3
直径2.5cmの模型のタイヤに外接する正多角形(三角形、正方形、正五角形、正六角形、正八角形)の外付けタイヤを接着し、① 車軸の上下する様子を観察する。② その外付けタイヤを付けたものを斜面上で転がす。③ 模型に外付けタイヤを付けたものを床上で転がす。④ 模型に外付けタイヤを付けたときの様子を観察する。

方法4
球は円が回転したものと考え、円や半円を中心で通る軸で回転させて円の中心を通る軸で円は観察する。

方法5
球はどこを切っても切り口の形は円になることを知ることなしに調べる方法を見つけたよ。

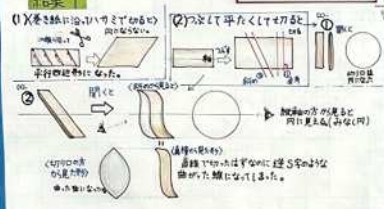
方法6
斜面上や球が転がる様子や透明半球体の中での球の様子を観察する。
① 斜面上球が転がる様子
② 透明半球体の中には、三角形の円錐を動かしたり使ったりして観察する。
(2)(3)(4)(5)の場合(下記参照)



Ⅳ 研究の結果とわかったこと

〈注意〉図の見方

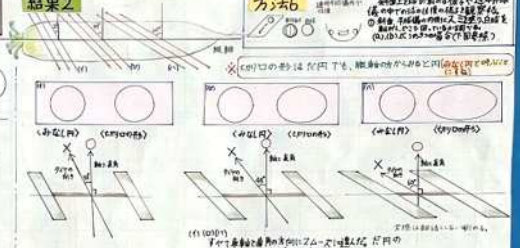
結果1



わかったこと
トイレットペーパーの芯のような中空の筒は切ったあと広げると車軸の方から見ると円になる。
全部に切ると(縦横できないが)ふしぎな逆S字のタイヤになる。しかし、芯の軸方向から見ると円(みなし円)になる。

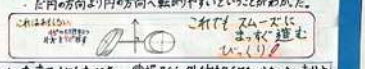
考えたこと
車軸に平行なことを考えると中空のものではむずかしい。平面のある円柱の棒をたくさん円(みなし円)になるからタイヤにできる。(タイコン、ごぼうへ)

結果2



○(車軸をもつ切り口がだ円型に近似する)
はじめはくねくねと動かしながら進むと思っていたが、車軸と垂直に進んだ。ただ車軸がもとがだ円なので斜めにもたおれて転がった。

わかったこと
・切り口がだ円であっても、車軸の方向から見て円(みなし円)であれば円のタイヤとあまり同じ転がり方ができる。
・だ円の方向より円の方向へ転がりやすいということがわかった。



結果3

①車軸の最高点	外付けのタイヤが1回転する間の車軸の移動曲線(赤の線)	②斜面上を転がしたとき	③模形に外付けタイヤをつけたときの走り方
正三角形 1.6cm	・となりの頂点までの回転角は120° ・車軸の高低差 4mm ・車軸の移動曲線の幅は三角形の1辺に沿って4.7cm ・1回転での移動距離 3.6	・35°ですべり始めた。 ・転がることはなかった。スーとすべった だけ。	・模型を床に置いた状態でスイッチを入れても動かなかった。 ・だ円回転してから床に置くとポンポンポンとう音はねて止まった。 ・前進することはできた。
正方形 1.0cm	・となりの頂点までの回転角は90° ・車軸の高低差 5mm ・車軸の移動曲線の幅は正方形の一辺と同じで2.5cm ・1回転での移動距離 10.2cm	・30°ですべり始めた。 ・32°で転がり始めた。 ・カタカタと音を立てて転がる。	・模型を床に置いた状態でスイッチを入れても動かなかった。 ・だ円回転してから床に置く、だがだとはやくから進んだ。ポンポンする。 ・正三角形のときより動いた距離は長い。
正五角形 1.0cm	・となりの頂点までの回転角は72° ・車軸の高低差 3.5mm ・車軸の移動曲線の幅は正五角形の一辺と同じで1.0cm ・1回転での移動距離 9.8cm	・20°で転がり始めた。 ・すべることはなくなった。 ・やっぱりコトコト音がする。	・カタカタと音は出ないが車転がることはできる。 ・でもいねねてもまだナレ残ってるような感じがする。
正六角形 1.0cm	・となりの頂点までの回転角は60° ・車軸の高低差 1.5mm ・車軸の移動曲線の幅は正六角形の一辺と同じで1.4cm ・1回転での移動距離 9.6cm	・17°で転がり始めた。 ・すべることはなかった。 ・タタと音が連続し聞こえた。	・正五角形のときより、音が小さくなった。 ・これなら円とさほど変わらないという感じになった。(転がりやすくなった)
正八角形 1.0cm	・となりの頂点までの回転角は45° ・車軸の高低差 ・車軸の移動曲線の幅は正八角形の一辺と同じで1.0cm ・1回転での移動距離 9.2cm	・10°で転がり始めた。 ・すべらなかった。 ・トトトと音が連続し転がり方	・まだほんの少しはねる感じが残っているが円のタイヤとほとんど変わらないように感じる。
円 直径2.5cm	・車軸の高低差 0cm ・1回転の移動距離 7.9cm	・1～2°ですぐに転がり始めた。 ・円は完ぺきに転がる形だとわかる。	・やっぱりスムーズな動きをするし、やっぱり正八角形より、タイヤとしてふさわしいのは円だ。
まとめ	・正多角形のタイヤのうち、角の数が少ないほど、車軸の最高さが高くなる。(数が多いほど最高さは低くなる) ・円は近づくにつれ高低はなくなっていく。	・車軸の上下の動きを赤色で示すとすべて〜になるようのくり返しになる。 ・角の数が小さいほど山が高くなり幅も広い。(角がいっぱい 山がいくつ幅が広い) ・円に近づくにつれ山は低くなっていく。	・正三角形のタイヤはそれらだけで回転しない。回転しにくいもたもたい形をしている。 ・正五角形以上になるとすべりはなく転がりやすくなった。 ・円は完ぺきな動かる形。	・正五角形以上になると何と転がると言えるか密かにねねや音がなり動める。 ・円は長いE離を移動し走る。

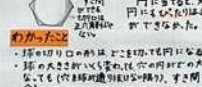
わかったこと
正多角形の角の数が増えるということは、だんだん円に近づくということで、車軸の上下する幅がだんだん小さくなるということであることがわかった。
この上下の動きが無い円は、転がるのに最適な形をしてることがわかった。

結果4

考えたこと
球をころがすということは、球の中に平面を入れること。

それぞれの穴に球を当ててすき間ができるか調べた。

結果
どの多角形に球を当ててもすきまが角にできた。円を当てると、大小どの円にもぴったりはまり、すき間ができなかった。

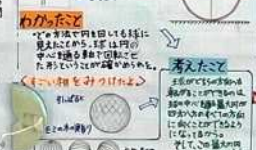


わかったこと
・球の切り口の形は どこを切っても円になる。
・球の大きさが いくら変わっても、穴の円がどの大きさになっても(穴と球が通り抜けられる限り)、すき間なくピッタリ合う。
・切らずに切り口の形を円だと確める方法として私たちの方法はすばらしいと思う。

考えたこと
ボールや丸棒プラスエ夫がないようにするには円柱の底を作ればいいことから ガムテープ、ロープ、プラックカップ、ガムボンベの7種類で球の穴作り。

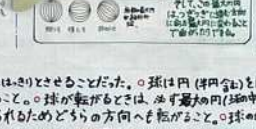
結果5

球は円が回転した形と考え いろんな方法で円を回してみた。



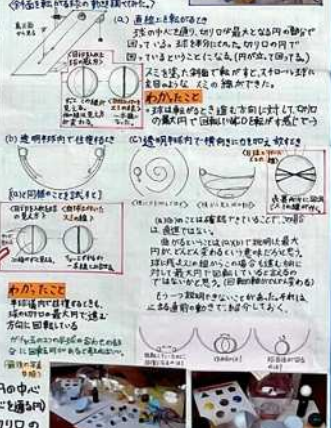
わかったこと
・どの方法で円を回しても球に見えたことから、球は円の中心を通る軸で回転させた形ということが確められた。

考えたこと
球がどちらの方向の軸あることが分ったのは、球の中心を通る円が中心からの長さが一番大きいから。
そして、この最大の円はつねに中心を通る軸に対して直角円になるとしてもよいと思った。



結果6

〈円を球に転がる球の動き方調べてみた。〉



わかったこと
・球は転がるとき進む方向に対して、切り口の最大円で回転しなければ転がる感じでない。

考えたこと
半球場内では埋めるとき、球の切り口の最大円で進む方向に回転している。
がんるスロコの形状の器ったものの動きに回転を可能あるとも思はない。

Ⅴ 研究のまとめと感想

私の研究の中心は、円と球との関係をはっきりとさせることだった。○球は円(半円含む)を円の中心を通る直線を軸として回転させた形であること。○球が転がるときは、必ず最大の円(球の中心を通る円)で回転していて、自在にその最大円を変えられるためどちらの方向へも転がること。○球の切り口の形はいつも円であることをからすに調べる方法やみなし円という見方」などたくさんのことがわかった。

ただ、円柱の筒(中空)をハサミで直線に切ったはずなのに曲がった線や面ができることがふしぎだったし、ノコギリで切ると真っすぐ(平面)になるのにどこが違うのかよくわからなかった。球の転がり方でも説明できない部分も残ってしまった。でも、いい研究ができたなあと思う。