

研 究 内 容

「斜面を下る二足歩行のおもちゃの秘密」

長崎県佐世保市立広田中学校 1年

小深田 拓真

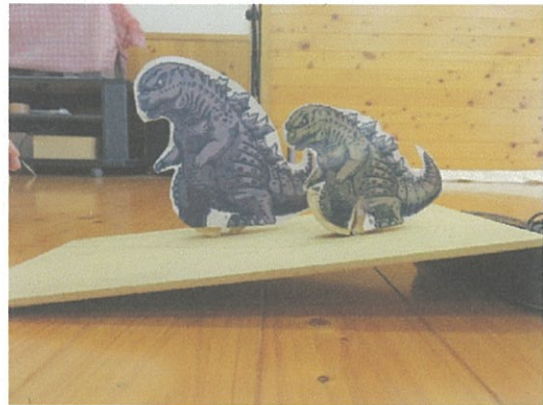
1 【動機】

昨年は斜面を下る恐竜のおもちゃの実験をした。昨年の実験は、原理がわかり、それを応用して前足と後足で動くおもちゃを作った。(写真1)

今年は、二足歩行で動くおもちゃの実験を行うことにした。二足歩行で動くのは、どのような原理で動いているのか疑問に思ったから、この研究をしようと思いました。

2 【実験内容】

- 【観察1】赤ちゃんの動きの観察
- 【観察2】人の重心移動による動き
- 【実験1】プラダンで作ってみる。
- 【実験2】足の材質を変えてみる。
- 【実験3】足の長さ(重心の高さ)について
- 【実験4】足の形(弧の半径)について
- 【追加実験1】足のなめらかさをつくる。
- 【追加実験2】足の厚さを変えてみる。
- 【実験5】足の棒の材質について
- 【実験6】足の幅について
- 【実験7】斜面の角度の関係。
- 【実験8】摩擦の関係



(写真1)

3 【実験・観察】

【観察1】赤ちゃんの動きの観察

「目的」

二足歩行をするおもちゃは、左右にゆれながら歩いている、このような歩く方が赤ちゃんの歩き方と似ていることを確かめたい。

「予想」

赤ちゃんも二足歩行をするおもちゃと同じように重心が移動している、原理は同じであると思う。

「方法」

- (1)赤ちゃんにたってもらおう。
- (2)まっすぐ歩いてもらおう。

「結果」

- ・はじめは、両方の足がどちらともついていて、2つの足で支えている。(写真2)
- ・動きはじめると、体をゆさぶりはじめる。(写真3)
- ・左足を出そうとする時、右手が出てくる。右足を出そうとする時、左手が出てくる。(写真4)
- ・前に出た方の足にすべての体重がかかる。(写真5)
- ・このくり返しによって、赤ちゃんは歩くことができる。



(写真2)



(写真3)



(写真4)



(写真5)



「考えた事」

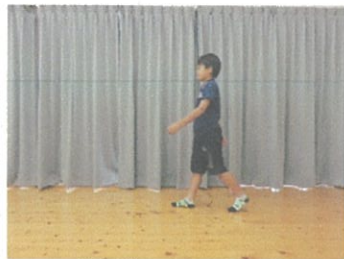
- ・体重が移動することは重心が大きく関わっているとわかった。
- ・赤ちゃんは歩く時、前に手を上げる。これは体を左右に振らずに歩くため、手をあげて前に重心をかけてバランスを取ろうとしていると考える。

【観察2】 人の重心移動による動き

「目的」 赤ちゃんとの違いを比べる



(写真6)



(写真7)



(写真6)



(写真7)

「結果」

- ・手を下げて前後に振って歩いている (写真6)
- ・右足が前に出れば、左手が前が出る。左手が前に出れば、右手が前にでる。(写真7)

「考えたこと」

- ・年齢が高くなると、手をあげなくてもうまくバランスをとることができるようになると思う
- ・片方の足が前に出ただけでは、後ろに重心があり、重心を前に出すために、反対の手を前に出すことにより、前に進むことができ、横にふれなくてもまっすぐ歩くことができると思う。

【実験1】 プラダンで作ってみる。

「目的」

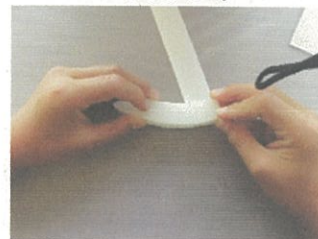
パソコンでダウンロードした二足歩行のおもちゃがあり、その通りに作ってみようと思った。

「方法」

- (1) パソコンから得たデータ通りの形が書いてある紙を切る。
- (2) プラスチック段ボールに(1)で作った紙を貼る。
- (3) 紙の形通りにハサミで切る。(写真8)
- (4) 足の形の部品を両面テープでとりつける。(写真9)
- (5) 竹串をとおす。
- (6) かんかくをあけるため、ストローを通す。
- (7) 両端をストローで固定する。(写真10)



(写真8)



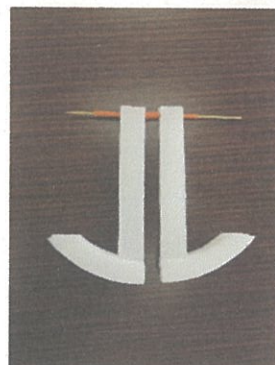
(写真9)

「結果」

- ・何歩かは動いたがあまりたくさん下って行かなかった。(写真11)
- ・前に倒れてしまった。
- ・坂道の角度は小さかった。



(写真11)



(写真10)

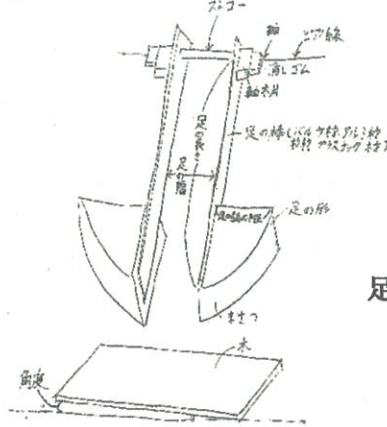
「考えたこと」

- ・竹串で実験したが、両足の動きが悪くなるため、次からはピアノ線を使った方が良いのではないかと思った。
- ・重心が下にあれば倒れにくくなる。
- ・1つ作るのに時間がかかるため、たくさん作る時には適していない。
- ・竹串を上にはさすと重心があがり、下にはさすと重心が下に下がると考える。

〈考えられる条件〉

- ・足の材質
- ・足の長さ（重心の高さ）
- ・足の形
- ・足の材質
- ・足の弧の半径
- ・足の幅
- ・坂道の角度
- ・摩擦

おもちゃの名前



足の図（名称）

【実験2】材質を変えてみる

「目的」

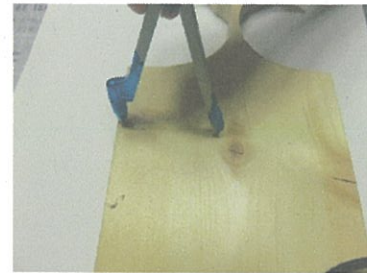
プラダンは強度が弱く、たくさん作るのにも適していないく、作りにくい
ため、作りやすくプラダンよりも強度のあると思われる木で作ってみる。

「予想」

プラダンよりも強度があり、作りやすいと思う。

「方法」

- (1) 20mmの厚さの板にコンパスで半円を書く。(写真12)
- (2) (1)で書いた部分を糸のこ盤で切り取る。(写真13)
- (3) 軽い5mmのバalsa材で足の棒を作る。(写真14)
- (4) (1)の足を(3)のバalsa材の棒にボンドではりつける。(写真15)
- (5) 足の棒に軸になる木片をボンドでつける。(写真16)
- (6) 軸の木片の場所に軸の通る穴をあける。
- (7) ピアノ線を通し、2本の足の棒の間にストローをはさむ。(写真17)
- (8) 足が動かないように、両はしを消しゴムの切ったもので固定する。(写真18)



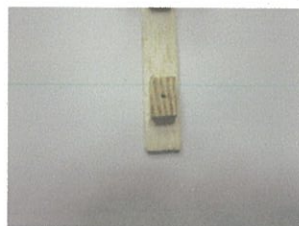
(写真12)



(写真13)



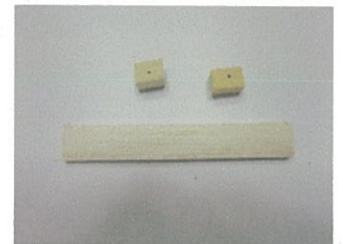
(写真15)



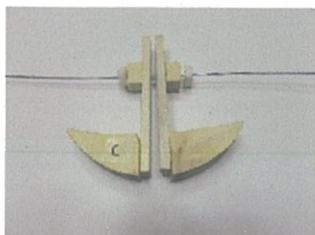
(写真16)



(写真17)



(写真14)



(写真18)



(写真19)

「結果」

- ・予想と同じで強度は強く、作りやすかった、
- ・足の裏のずれが出て、2、3歩しか進まず倒れてしまった。(写真19)
- ・竹串では左右の足に通らなかったため、ピアノ線を使った。

「考えたこと」

- ・プラダよりも作りやすく、強度があるため、これから木を使うことにする。
- ・しかし、糸のこ盤で切るのが難しいこともあった。いかに、きれいに弧を切り取ることが問題であると思った。

【実験3】足の長さ（重心の高さ）について

「目的」

足の長さは斜面をうまく下っていくための条件の中で重要であると考え調べることにした。

「予想」

足の長さが変わることによって倒れにくくなったりすると思う

「方法」

- (1) 足にピアノ線の軸の穴をあける場所を2か所決める。(写真20)
- (2) 穴を開ける場所に木の木片を取りつける。
- (3) 穴を開ける場所に電気ドリルで穴を開ける。
- (4) ピアノ線を通す。
- (5) 間かくを取るため、ストローを通す。
- (6) 両はしを消しゴムで止める。
- (7) それぞれの軸にピアノ線を入れ変えて、長さを変える。

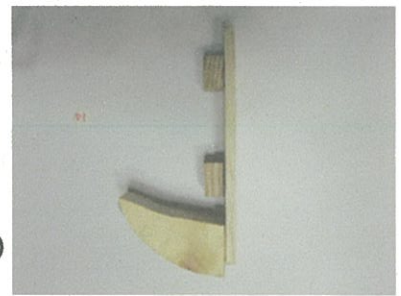
(写真21) (写真22) (写真23) (写真24)

「結果」

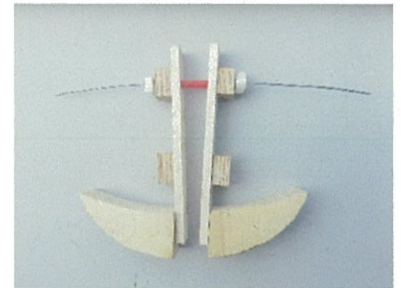
- ・足の長さが高くと倒れやすい。
- ・足の長さが短くと安定して倒れにくい。

「考えたこと」

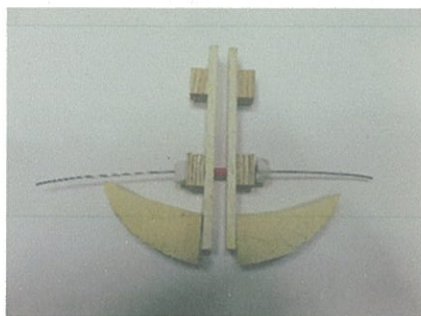
- ・足の長さが短い方が安定して重心も下がるので、長いより低い方が適していると思う。
- ・しかし、足の長さが短かすぎても重心が下がり、下っていかないため、ある程度の長さが必要だと思った。
- ・長さは足の半径の2、3倍が良いと思った。



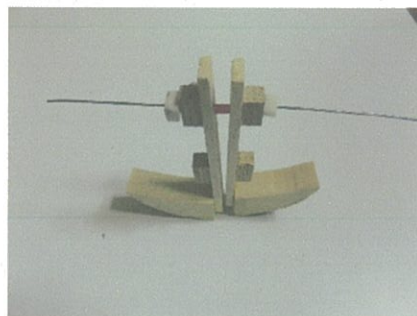
(写真20)



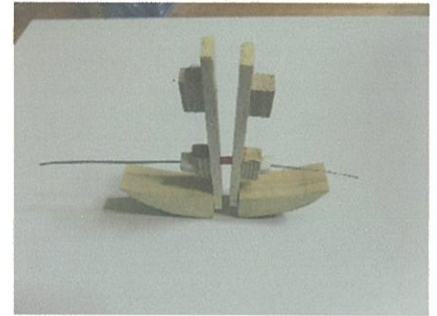
(写真21)



(写真22)



(写真23)



(写真24)

【実験4】足の形（弧の半径）について

「目的」

斜面を下っていくのには、足の形が関わっていくと分かってきた。足の弧の半径が大きいものや小さいものを作り、足の形がどのように関わっているか調べることにした。

「予想」

小さいものは、左右にふれるスピードが速く、大きいものは左右にふれるスピードが遅くなって下っていくと思う。

「方法」

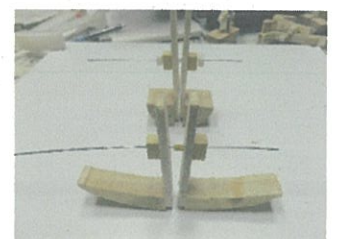
- (1) 20mmの板に足の弧の半径の大きいものと小さいもののこの半径を書く。
- (2) この半径を糸のこ盤で切り取る。(写真25)
- (3) 実験2で作った材質の実験と同じ方法で作る。(写真26)

「結果」

- ・予想とは違って小さいのはゆっくりふれ、4～5回左右にふれて下っ



(写真25) (写真26)

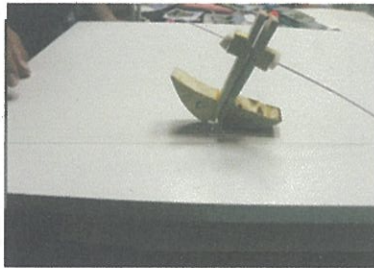


て、あとは止まった。(写真 27) (写真 28) (写真 29) (写真 30)

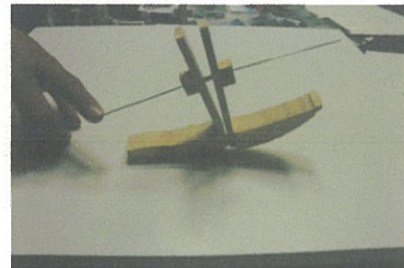
・予想とは違って、大きいのは早くふれてすぐ止まった。(写真 31) (写真 32) (写真 33) (写真 34)

「考えたこと」

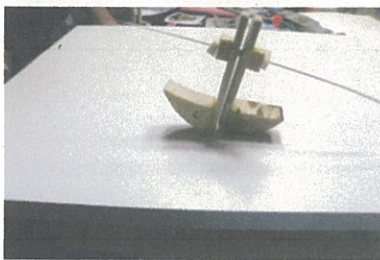
- ・弧の半径が大きいものよりも、小さいものの方がゆっくりとふれながらゆっくりと下っていくと考える。弧の判定が大きいのは早くゆれ、とまるので適していないと思う。
- ・小さいのはゆっくりと触れ、ある程度進むため、小さい方が適していると思う。



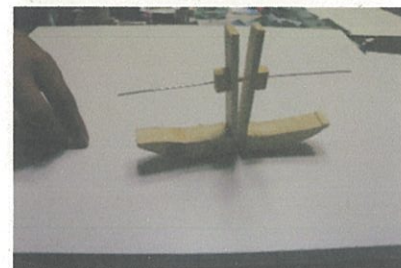
(写真 27)



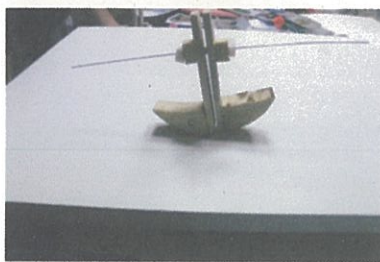
(写真 31)



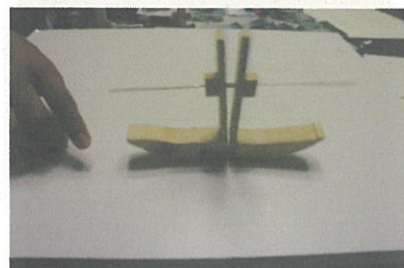
(写真 28)



(写真 32)



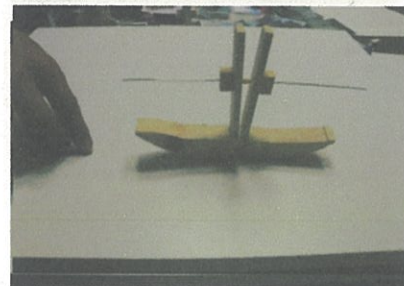
(写真 29)



(写真 33)



(写真 30)



(写真 34)

「追加実験 1」足のなめらかさつくる

「目的」

小さいので糸のこ盤で線の通りに足の曲線を切るのが難しく作業が大変だった。そこで、既製品の丸棒を購入し、なめらかな足の弧の曲線を利用することにした。(写真 35)

「予想」

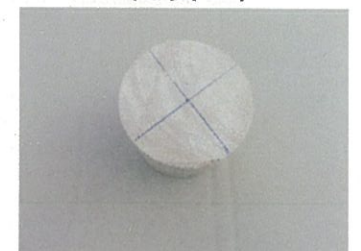
足の曲線がなめらかになることで安定して下っていくと思う。

「方法」

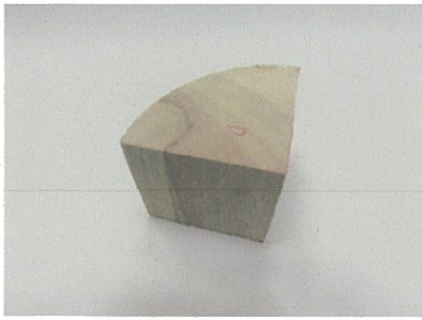
- (1) 30mm、25mmの丸棒を20mmの幅に糸のこ盤で切る。(写真 36)
- (2) この円形の木を四等分し、糸のこ盤で切り取る (写真 37)
- (3) あとは、【実験 2】の方法で組み立てる。(写真 38) (写真 39)



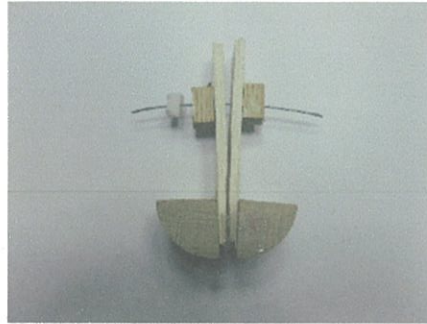
(写真 35)



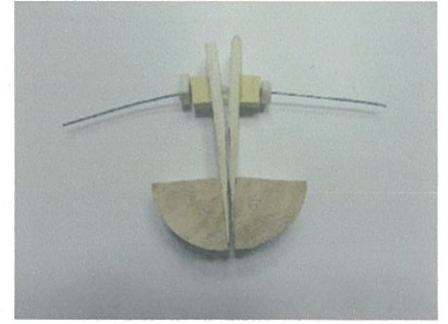
(写真 36)



(写真 37)



(写真 38)



(写真 39)

「結果」

- ・なめらかな足の弧の曲線を作ることができた。
- ・なめらかな動きでおもちゃは下るようになった。

「考えた事」

- ・足を滑らかにすればするほど、うまくいくとわかった。
- ・足を滑らかにすれば安定してゆっくりと下っていくとわかった。

「追加実験 2」足の厚さを変えてみる

「目的」

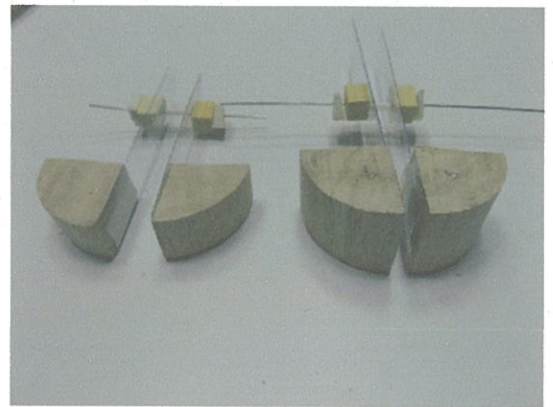
足の厚さがせまいと角度がおおきくなると前に倒れやすい。
そこで、足の厚さを広くしたら、たおれにくいと思った。

「予想」

たおれにくいと思う

「方法」

- (1) 20mm、30mmの厚みに丸棒を糸のこ盤で切る。
- (2) この円形の木を四等分し、糸のこ盤で切り取る
- (3) あとは、【実験 2】の方法で組み立てる。(写真 40)



(写真 40)

「結果」

- ・足を厚くすると安定して下っていった。
- ・前に倒れにくくなった。

「考えた事」

- ・足の厚さが厚いと少しずれても修正しながら下っていくとわかった
- ・厚さがうすいと、前に傾いた時に倒れやすいが、足が厚くなると前に傾いても倒れにくくなるとわかった。

【実験 5】足の棒の材質

「目的」

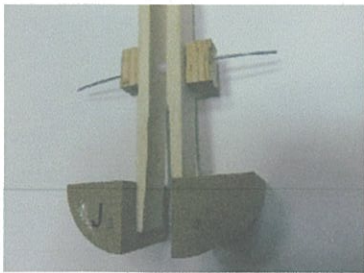
棒の材質によって変わってくると考え、調べることにした。

「予想」

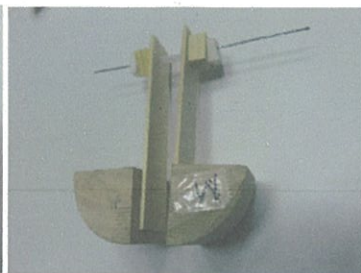
薄くてがんじょうな材質が良いと思う。

「方法」

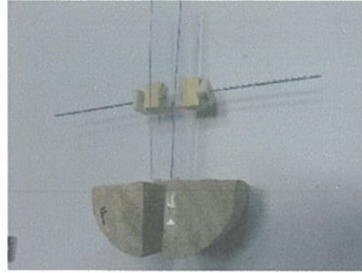
- (1) 「実験 2」のように作り、足の材質だけを変えてみる。
- (2) 厚さ 2mm のバルサ材を使う。(写真 41)
- (3) 厚さ 1mm のヒノキ材を使う。(写真 42)
- (4) 厚さ 0.1mm 以下のプラスチックを使う。(写真 43)
- (5) 厚さ 0.5mm のアルミ板を使う。(写真 44)



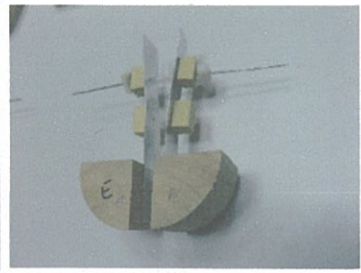
(写真 41)



(写真 42)



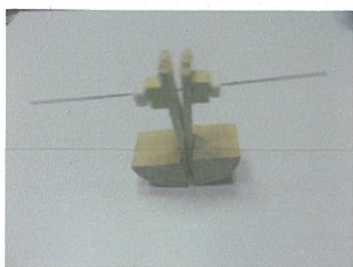
(写真 43)



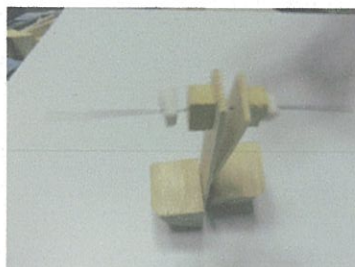
(写真 44)

「結果」

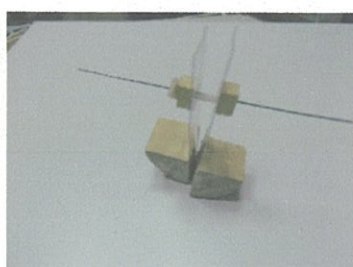
- ・厚さ 2mm のバルサ材は、早く下まで下っていく。(約 19 歩) (写真 45)
- ・厚さ 1mm のヒノキ材はあまりうまくいかず、何とかは歩くものの途中で止まってしまう。(約 3 歩) (写真 46)
- ・厚さ 0.1mm 以下のプラスチックは、あまりうまくいかず何とか歩くものの途中で止まる。(約 4 歩) (写真 47)
- ・厚さ 0.5mm のアルミ板は、とてもゆっくり細かく下っていく。(約 119 歩) (写真 48)



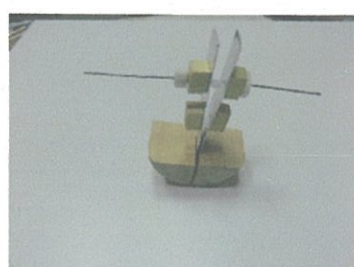
(写真 45)



(写真 46)



(写真 47)

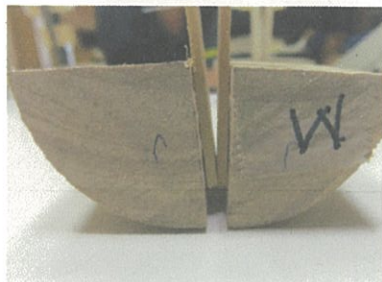


(写真 48)

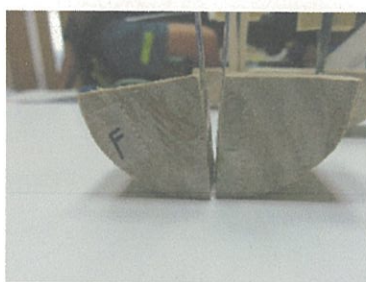
「考えた事」

- ・4つの材質の中で、アルミとプラスチックがうすかった。しかし、プラスチックはよなよなしていたから、アルミの方がよかったと思った。
- ・4つの材質の中で、アルミ板はがんじょうだったからうまく下ったとわかった。
- ・足の先にすきまがあいていて、まさつが少ない方がいいと思った。(写真 49)
- ・アルミ材だけ、足の後の方部分がひっついていて、前の部分がはなれているのに関係していると思う。

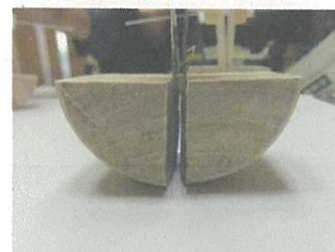
(写真 50) (写真 51)



(写真 49)



(写真 50) 後が狭い



(写真 51) 前がはなれている

【実験6】足の棒の幅

「目的」

斜面を下るのには、足の棒の幅が関係していると思うので調べることにした。

「予想」

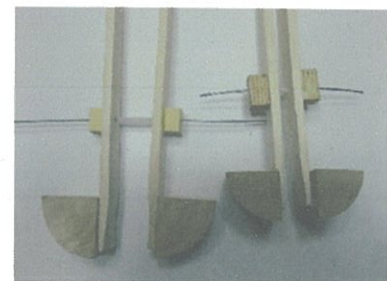
足の棒の幅は、せまい方がいいと思う。

「方法」

- (1) 「実験2」で二足歩行おもちゃを作った要領で、ストローの長さだけを変える。(写真 52)
- (2) 足の幅を変えるため、ストローの長さを変える。(5mm、10mm、15mm) (写真 53)



(写真 52) (写真 53)



「結果」

- ・ストローが短いものの方がうまくいった。(5mm、10mm)

「考えたこと」

- ・幅が長いと坂道の角度がゆるやかで、せまければ角度が急だったため、足の幅と坂道の角度は、関係していると思った。
- ・斜面を下るには、足の形が円に近い形を作らなければいけない。幅が広いと円にならないで左右にふれず、うまく動かなかった。

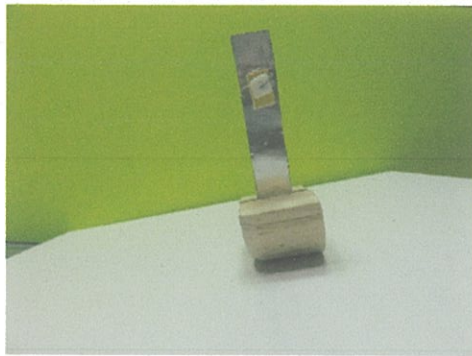
【実験7】 斜面の角度の関係

「目的」

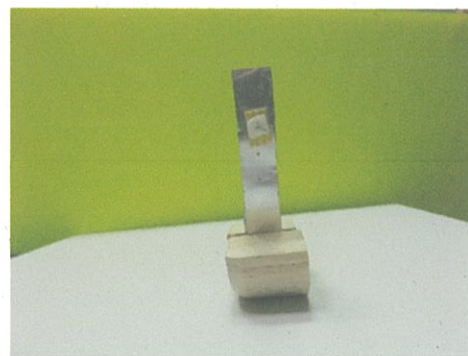
角度によって、はやく下ったり、ゆっくり下ったりすると思い、調べることにした。

「方法」

- (1) 角度を変え、動きを見てみる。(写真54) (写真55)



(写真54)



(写真55)

「結果」

- ・おもちゃによって角度は違う。
- ・角度が大きいと倒れてしまう。
- ・角度が小さいと止まってしまう。

「考えたこと」

- ・足の幅が長かったりすることと角度は関係していると思う。
- ・作ったおもちゃによって、角度が違うことがわかった。
- ・角度が大きいと重心が前にいくため、倒れてしまうと分かった。

【実験8】 摩擦の関係

「目的」

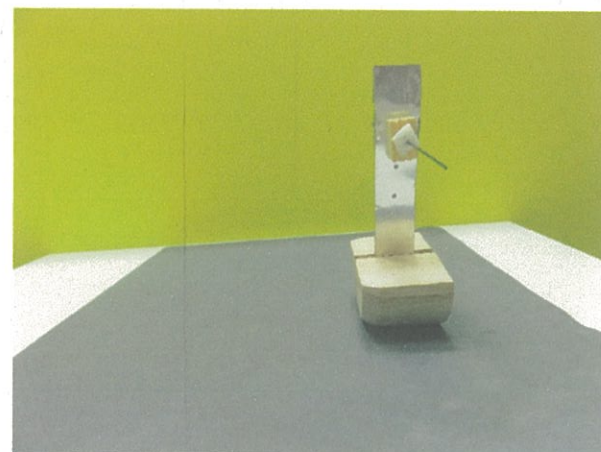
斜面を下っている中で、滑ってしまうものがあつたので調べることにした。

「方法」

- (1) 紙やすりを坂道の板にはる。(写真56)

「結果」

- ・紙やすりを使ったものと使わなかったものでは、特に変わらなかった。



(写真56)

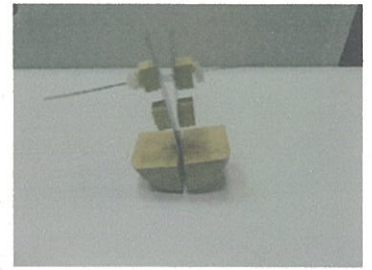
「考えたこと」

- ・角度がゆるやかでも、おもちゃは動くため、紙やすりはあってもなくても、ほとんど変わらないことがわかった。

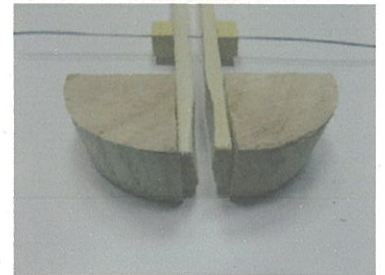
4 【全体のまとめ】

【坂道を下るためには、次のようなことを試しながら、作れば出来ることがわかった。】

- ①足はプラダンより、木の方がよい。
- ②足はなめらかな弧であるため、直径60mmの丸棒を使った方がよい。
- ③左右によくふれるほうがよい。
- ④足の長さは、この半径の2～3倍がよい。(写真 57)
- ⑤足の厚さは薄いと倒れやすく、厚い方が安定する。(写真 58)
- ⑥足の棒の材質は、アルミ板で薄いほうがよい。
- ⑦足の幅は、広いと左右にふれにくい。10mm程度ひらきがあったほうがよい。
- ⑧斜面の角度は、おもちゃによって違う。



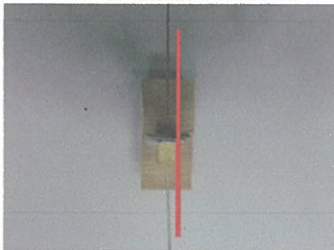
(写真 57)



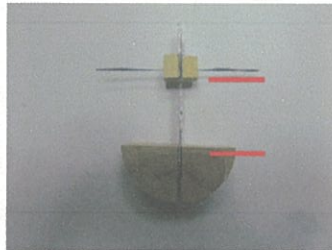
(写真 58)

【作るときのポイント】

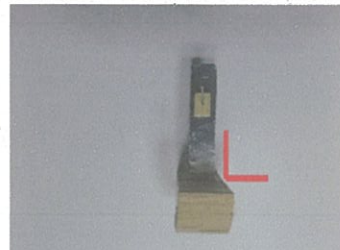
- ①上から見たとき、(写真 59) のように一直線にする。
- ②ピアノ線の軸と足の面を(写真 60) のように平行にする。
- ③横から見たとき、(写真 61) のように足と足の棒を直角にする。
- ④足の棒とピアノ線の軸を(写真 62) のように直角にする。



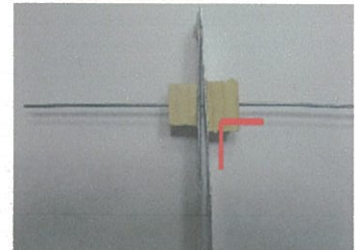
(写真 59)



(写真 60)

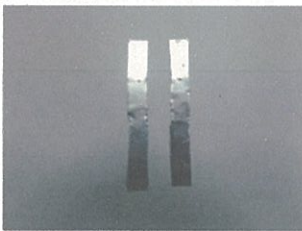


(写真 61)

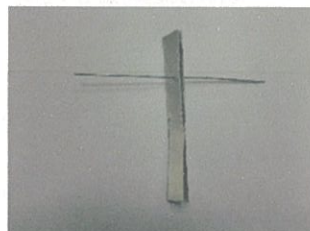


(写真 62)

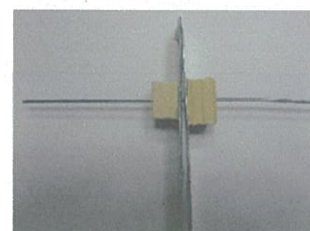
【作り方】



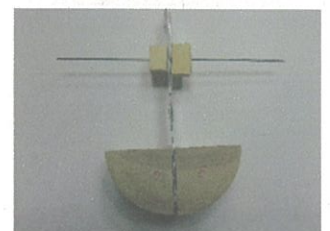
(写真 63)



(写真 64)

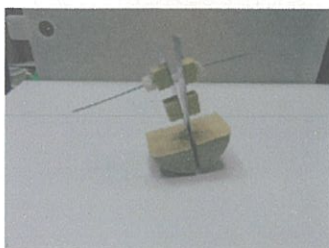


(写真 65)

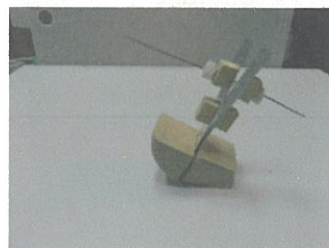


(写真 66)

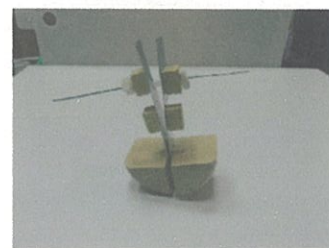
【動いているおもちゃのようす】



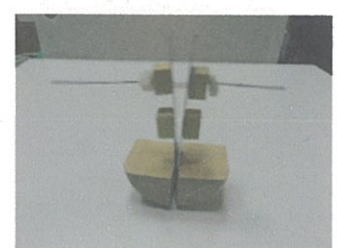
(写真 67)



(写真 68)



(写真 69)

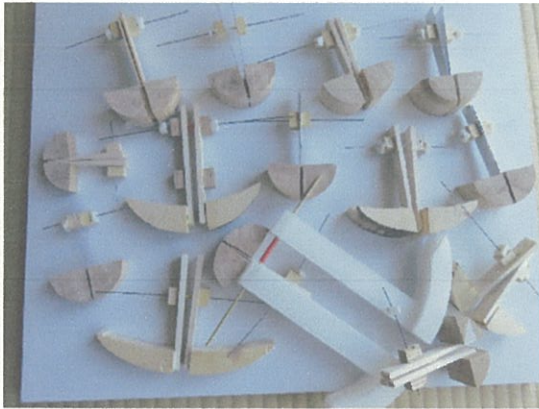


(写真 70)

5 【感想】

僕がこの実験で難しかったことは、足の形や幅、重心の高さなど、それぞれ違っていて、原理を見つけるのが難しかったです。はじめはぜんぜん見つけることが出来なくて、何度もあきらめようと思いましたが、あきらめずにがんばったので、うまく動くおもちゃの原理を見つけ、作ることが出来ました。そして、完成したときはとてもうれしかったです。そのあともたくさん努力して、安定してゆっくりと坂道を下るおもちゃを作ることが出来て良かったです。

今後は、四足歩行のむずかしそうなおもちゃを作りたいと思っています。



(写真 71)



(写真 72)



(写真 73)

6 【参考文献】

「ボール受動歩行機の作り方」

歩行機的设计用エクセルシート [bipeddesign2016.xlsx](#)