

16 ドミノ倒しを成功させるためには

1 動機

アンバランスタワーというおもちゃの部品を使ってドミノ倒しをして遊んだが、うまく倒れずに途中で止まってしまう。どうすれば止まらずに全てを倒せるのか、と疑問に思った。

2 目的

- (1) 最初のドミノを倒すための最適な力の加え方を調べる。
- (2) 直線的にドミノを置いたとき、倒すのに必要な条件を調べる
- (3) 横ズレさせて並べたときのルールを調べる。
- (4) 2つのドミノを横に並べ分岐させて倒すときのルールを調べる。

3 実験の準備

(1) 事前準備

ドミノ(アンバランスタワー)の重さを測り、同じぐらいの重さのものを12個選ぶ。

- ・ ドミノの寸法: 6.3cm x 2.1cm x 1.2cm
- ・ ドミノの重さ: 約 6.8g



図 1 実験に必要な材料

(2) 実験装置の製作

いつも同じ条件で実験をするために、最初のドミノを同じ力で押す実験装置を作る。実験装置の材料は次の通り。

- ・ CDケース 数枚
- ・ スーパーボール 1個 (直径: 約 2.4cm、重さ: 約 9.5g)
- ・ ストロー 1本
- ・ 鉄の棒(おもちゃの車軸) 1本
- ・ ゴムマット

完成した実験装置の図と写真を図2、図3に示す。

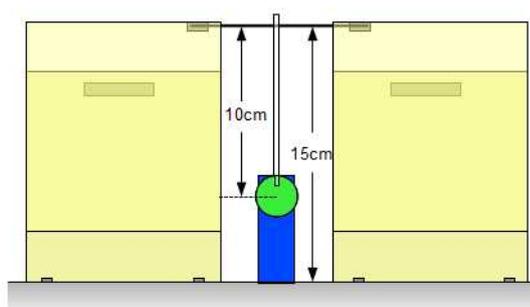
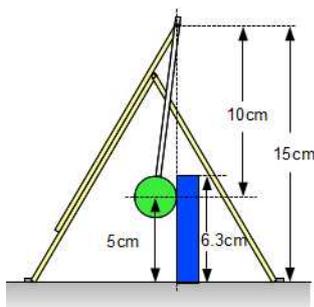


図 2 実験装置の構造 (横、正面から見た図)



図 3 実験装置の写真

4 実験内容

(1) 基礎実験Ⅰ：最初のドミノを倒すための最適な力の加え方の調査

6つのドミノを一直線に並べて実験する。

押す場所、押す力を変え、どの組み合わせが最も良いか調べる。実験装置の高さとスーパーボールの角度をそれぞれ3段階に分けて実験する。(図4)

これで9通りの実験となる。

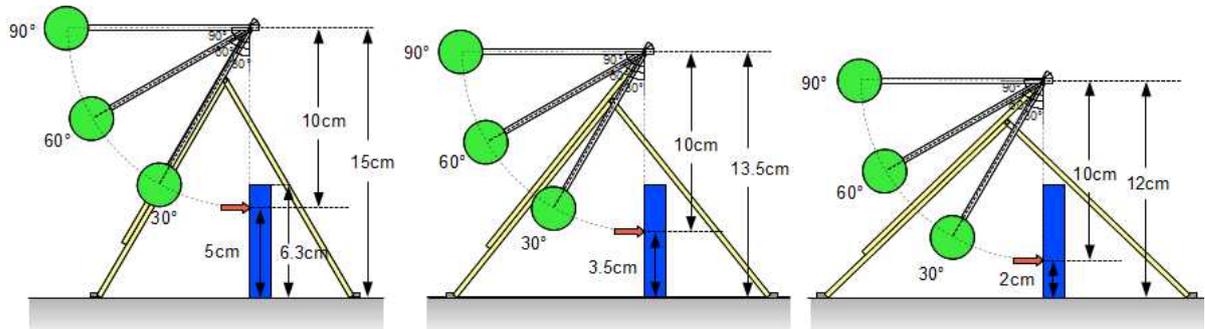


図4 基礎実験の方法 (横から見た図)

(2) 基礎実験Ⅱ：直線に並べたときの倒れ方の調査

ドミノを直線に並べたときの間隔(1cm, 3cm, 5cm)を変え、結果を確認する。(図5)

また置き場所による違いを調べるため、机の上、ゴムの上の2条件で実験し、結果を確認する。

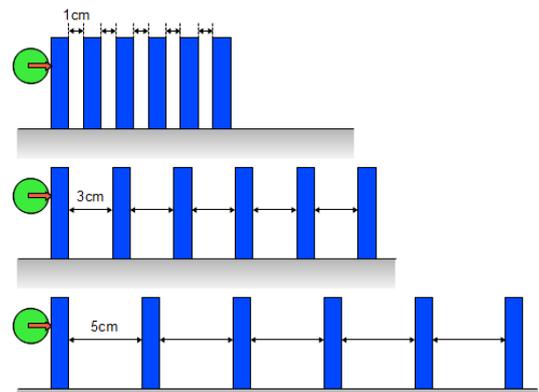


図5 ドミノの並べ方 (横から見た図)

(3) 応用実験Ⅰ：横ズレさせて並べたときの条件

横ズレ量(1/4, 2/4, 3/4)、ドミノを並べる間隔(1cm, 3cm, 5cm)、置き場所(机、ゴム)を変えて倒れ方の違いを調べる。(図6)

(4) 応用実験Ⅱ：分岐させる条件

合計8個のドミノを使う。最初の4つは一直線とし、後の2段を分岐させる。応用実験Ⅰで調べた結果をもとに横ズレ量を決め、並べる間隔(1cm, 3cm, 5cm)、置き場所(机、ゴム)を変えて倒れ方の違いを調べる。(図7)

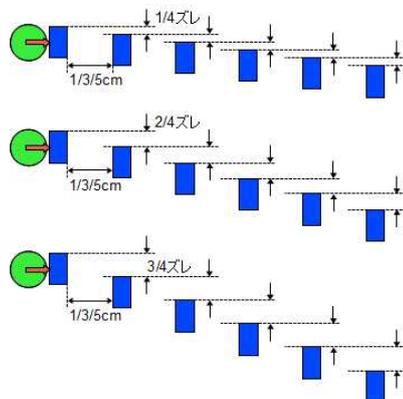


図6 横ズレ実験でのドミノの並べ方(上から見た図)

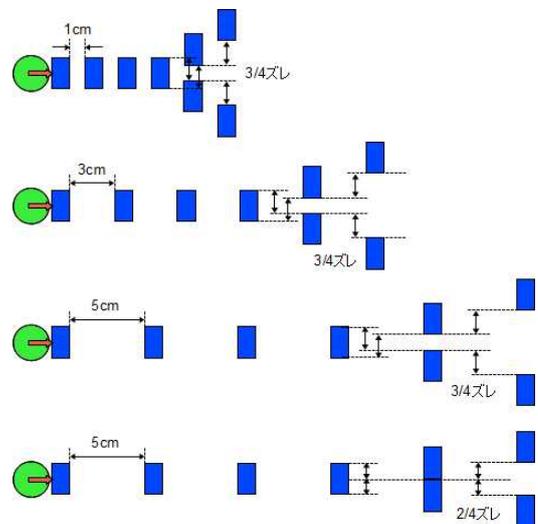


図7 分岐実験でのドミノの並べ方

5 実験結果

基礎実験 I・II、応用実験 I・IIの結果を表、写真に示す。

■基礎実験 I・II 結果

床	間隔 [cm]	場所	角度 [度]	倒れた 個数	メモ	写真 No.	床	間隔 [cm]	場所	角度 [度]	倒れた 個数	メモ	写真 No.
机	1	上	30	6		82	ゴム	1	上	30	6	きれいに倒れた	156
机	1	上	60	6		83	ゴム	1	上	60	6		158
机	1	上	90	6		86	ゴム	1	上	90	6		159
机	1	中	30	6	倒れる前にくっついた	96	ゴム	1	中	30	6		150
机	1	中	60	6	前2つスライド	98	ゴム	1	中	60	6		151
机	1	中	90	6		100	ゴム	1	中	90	6		152
机	1	下	30	6	止まり向き変る	102	ゴム	1	下	30	6		145
机	1	下	60	6	倒れる前に一瞬とまる	104	ゴム	1	下	60	6		146
机	1	下	90	6	前2つは後ろに倒れる	105	ゴム	1	下	90	6		148
机	3	上	30	6		107	ゴム	3	上	30	6	きれいに倒れた	161
机	3	上	60	6		108	ゴム	3	上	60	6		165
机	3	上	90	6		109	ゴム	3	上	90	6	少し跳ね返った	167
机	3	中	30	6		110	ゴム	3	中	30	6		170
机	3	中	60	6	前2つスライド	111	ゴム	3	中	60	6	跳ね返ったが倒れた	171
机	3	中	90	6	横に跳んで倒れた	112	ゴム	3	中	90	6		172
机	3	下	30	6	ばらばらと倒れた	113	ゴム	3	下	30	6		173
机	3	下	60	6	止まって回転した	114	ゴム	3	下	60	6		174
机	3	下	90	4		115	ゴム	3	下	90	6	強かったが倒れた	175
机	5	上	30	6	きれいに倒れた	119	ゴム	5	上	30	6		176
机	5	上	60	6	きれいに倒れた	122	ゴム	5	上	60	6	下が滑らず倒れにくい	177
机	5	上	90	6	途中一瞬止まった	124	ゴム	5	上	90	6		179
机	5	中	30	6	ゆっくり倒れた	129	ゴム	5	中	30	6	綺麗に倒れた	180
机	5	中	60	4		130	ゴム	5	中	60	6	綺麗に倒れた	181
机	5	中	90	4		131	ゴム	5	中	90	6		183
机	5	下	30	1	倒れず	136	ゴム	5	下	30	6		185
机	5	下	60	3	力で3つ倒した	137	ゴム	5	下	60	6		186
机	5	下	90	4		140	ゴム	5	下	90	3		187

基礎実験 I・IIから分かったこと

- ・ 角度 30 度でゴム・上をやさしく押するのがもっともよい
- ・ ゴムの場合、下を叩くと間隔が大きい時に倒れず、また勢いが強いほどその傾向が強い。
- ・ ゴムの場合、上を叩くと倒れやすい。
- ・ 机で下を叩く場合、間隔が大きくても滑って倒れる。力が強いほどよく倒れる。

応用実験 Iから分かったこと

- ・ 机は滑ったが、ゴムは踏ん張った。
- ・ 倒れるドミノが回転し、次のドミノの方を向いて倒れた。

■応用実験 II(分岐調査) 結果

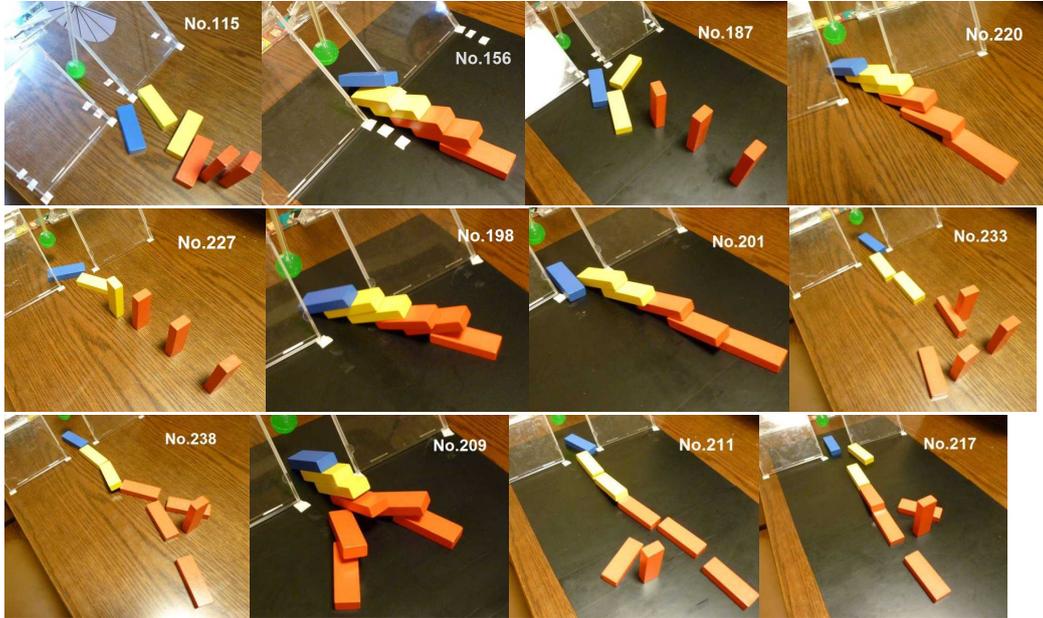
床	間隔 [cm]	横ズレ 量	倒れた 個数	メモ	写真No.
机	1	3/4	8		231
机	3	3/4	8		232
机	5	3/4	5		233
机	5	3/4	5		234
机	5	2/4	7		238
ゴム	1	3/4	8		209
ゴム	3	3/4	8		210
ゴム	5	3/4	7		211
ゴム	5	3/4	6		212
ゴム	5	2/4	7		217

■応用実験 I(横ズレ調査) 結果

床	間隔 [cm]	横ズレ 量	倒れた 個数	メモ	写真 No.
机	1	1/4	6		219
机	1	2/4	6		220
机	1	3/4	6	回った	221
机	3	1/4	6	2段階で倒れた	222
机	3	2/4	6		224
机	3	3/4	6		226
机	5	1/4	2		227
机	5	2/4	3		228
机	5	3/4	2		229
ゴム	1	1/4	6		193
ゴム	1	2/4	6		196
ゴム	1	3/4	6	次のドミノの方を向いて倒れた	198
ゴム	3	1/4	6		200
ゴム	3	2/4	6		201
ゴム	3	3/4	6		202
ゴム	5	1/4	6		204
ゴム	5	2/4	6		205
ゴム	5	3/4	6		206

応用実験Ⅱから分かったこと

- ・ 机は滑ったが、ゴムは踏ん張った。
- ・ 前後の間隔を小さくしないとうまく倒れない。
- ・ 2つ並んでいるうちの先に当たった方のドミノの方を向いて倒れるので、残りやすい。



6 考察

30度がもっとも倒れやすいという基礎実験の結果から考える。強く押すと初めの1つがはじかれてルートがそれるため、うまく倒れないのではないかと考える。上を叩くのが良いのは、重心よりも上を押された方がこの原理で倒れやすいから、と考える。また、ゴムに並べたときには支点で踏ん張れるため、ドミノが倒れやすいと思われる。

前後の間隔が離れている場合に下を叩くと倒れにくいという結果から、倒れるドミノが次のドミノの下の方を叩くため、それが積み重なって倒れにくくなっているのではないかと考える。間隔が大きいと、この原理がうまく働かず、倒れにくくなってしまっているのではないかと考える。

基礎実験から、ドミノの下が動かずに上の方を軽く押してあげるのが最も倒れやすい条件、と思われる。

横ズレさせて置いたときに次のドミノの方を向いて倒れたという結果から考える。倒れるドミノが次のドミノの端を押すので次のドミノが回転し、それに沿って、倒れるドミノも回転してしまっているのではないかと考える。倒れるドミノは片側が浮いた状態になって、回転しやすいと思われる。

ドミノを横に並べて分岐させるときに、倒れるドミノが回転してしまうと、どちらか片方に向いてしまうので、もう片方が倒れにくくなってしまふ。これを防ぐためには、分岐させる場合にはドミノの間隔を小さくして横ズレも小さくするのが良いと思われる。2つのドミノの前後の間隔が小さければ、倒れるドミノの重心より上を押しやすいとなり、また両方に当たりやすくなる。

分岐させる時は、直線に並べる時よりもこの点に注意しなければならない。

7 感想

横ズレや分岐のとき、実はドミノは回転していたということに驚いた。こうして実験してみると、ドミノの倒れ方にも条件や決まりがあり、奥が深い。今回の「下が滑るとうまく倒れない」という結果から、氷の上でのドミノ倒しは難しそうだとすることも考えられる。

来年は、ドミノ倒しをさらに応用し、カーブや階段などの実験もしてみたい。