

# パーフェクトジェンガを達成させるための方法

森田 一輝 白井 雅也 金山 琢磨 田中 理久

## 1. 要旨

私たちは、友達と「ジェンガ」という木製のブロックのタワーからブロックを一つ抜いて、最上段に積み上げていくテーブルゲームをしている中で、絶対に負けたくないと思い、ジェンガについての研究を進めようと思った。その中で「パーフェクトジェンガ」(以下「PJ」とする)という各段のブロックを必ず1個以上抜いた状態があることを知った。しかし、PJはTKG株式会社特殊高所技術様により達成されている(※1)。そのため、各段から必ず2個のブロックを抜いた状態を「真のPJ」と定義し、(真のPJを達成した状態) = (最大数のブロックを抜いた状態)、つまり、絶対に負けないことになると考え、その状態を目指すことにした(図1)。そこで、私たちは、真のPJを達成するためにジェンガを配置、抜く順番、抜き方、置き方という4つの要素に分け、それぞれの要素ごとに最善の方法を考えることとした。まず初めに抜き方について、実際にジェンガを行い、どのような抜き方がより周囲のブロックを動かさないかを考察した。次に、ジェンガタワーの中央の列の厚さを変えたときに左右のブロックの抜きやすさがどのように変化するか調べた。その結果、抜きやすくするためには左右のブロックの厚さが中央のブロックよりも薄いことが必要であることが分かった。しかし、中央と左右のブロックの厚さが近いときはその効果が小さかったため、効果を最大化するために各ブロックの傾きに注目した。そこで、厚さが大きくなる方向にブロックを押すと動き始めるときの力が小さくなると仮定し、実験を行った。その結果、ブロックの向きは抜きにくさにほとんど影響しないと結論付けた。

以上のことから、ジェンガの上段で厚いブロックを中央に配置し、薄い4つのブロックを繰り返し用いることが重要であるとし、これらを使い、さらに良い配置がないか模索しながら真のPJを目指した。

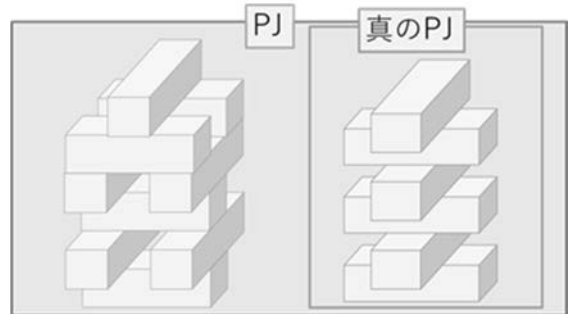


図1. 「PJ」と「真のPJ」の関係

## 2. 先行研究

・「ジェンガブロックの差異とランダム性の関係」(※2)では、ジェンガブロックごとの縦横の長さにはそれほど差がないことと、厚さと質量にはかなりのばらつきがあることが分かっている。このことから質量の差は厚さによるものではないかと予想していた。そこで私たちは全てのジェンガブロック(54個)の四隅の厚さと質量を測定した。

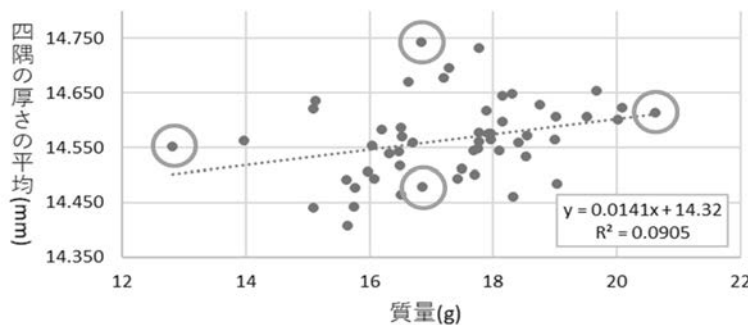


図2. ジェンガ全ブロックの厚さと質量の関係

各点は各ブロックの値を示している。

図2から、オレンジで囲った部分では同じくらいの厚さであるが質量が大きく異なり、緑で囲った部分では同じくらいの質量であるが厚さが異なっていることがわかるため、ブロックの四隅の厚さと質量には相関関係がないことが分かった。これは、質量がブロックの密度に大きく依存しているからだと考えた。

・「ジェンガブロックの押しにくさ推定する試み」(※3)では、左右のブロックの厚さが中央のブロックより0.1mm以上厚くなると指押しでは、崩れる箇所が発生するということが示されている。このことから中央のブロックの厚さが左右の厚さより大きいとき(図3)は抜けやすくなる(仮説1)と予想した。



図3. 中央が厚い場合のイメージ図

### 3. 実験準備

#### 3-1 ジェンガのルール

- ① ジェンガは複数人ではなく一人で行う。
- ② ブロックの抜く順番と置く場所を決めておく。
- ③ 左右どちらの手を使ってもよいが同時に使用はできない。
- ④ 実験中はマスクを着用する。(風による外的要因の軽減)

#### 3-2 ジェンガブロックのナンバリング

図4のように全54ブロックにナンバリングを行った。  
ブロック中央の

黒数字...質量の大きい順(以下「⑦」と表記)に記した

赤数字...厚い順(以下「16」と表記)に記した

以上のように、本文中で質量順を記すときには順番を示す数字を丸で囲み表示している。

厚さ順の際には、数字のみで示し、丸で囲んでいない。

ブロック隅の

赤点...四隅のうち厚さが最大の点

青点...四隅のうち厚さが最小の点

を表している。



図4.ナンバリングの様子

#### 3-3 ジェンガブロックの表し方

左右に並んだ段を平面で表すのは容易であるが、手前・奥に並んだ段を平面で表すのは困難である。そのため、本文中で表す際は、手前・奥へととなっている段を90度回転させて、図5の右図のように手前を左側、奥を右側に表すこととした。

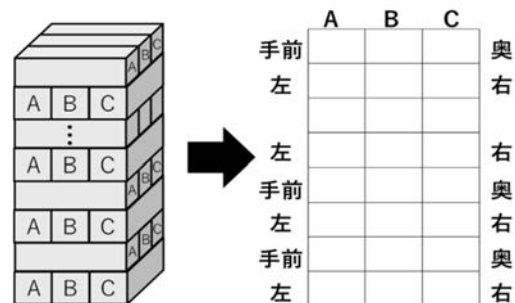


図5.配置の表し方

(左: ブロックを積み重ねた様子, 右: 本論文中での表記)

#### 3-4 予備実験2, 3の●のジェンガの向き

タイプ	I	II	III	IV
向き	基準	Iの上下逆	Iの奥手前逆	Iの上下・奥手前逆
ブロックの様子				
押す方向				

図6.力センサーで押すジェンガブロックの向き

(「押す方向」の **ア** はジェンガブロックが厚くなる方向に向けて押したとき、**イ** はジェンガブロックが薄くなる方向に向けて押したときを表している。)

#### 3-5 PJを達成するための4つの目標

我々はPJを達成するために以下の4つの目標を定めた。

1. 「ブロックの配置を作ろう」
2. 「ブロックの抜く順番を最適に」

3. 「抜きやすくなる抜き方を具体的に」
4. 「崩さずにおく方法を考えよう」

これらを Perfect Jenga Goals(PJGs)とした(図7)。なお、PJGsの番号は実際にジェンガを行う手順をもとに定めた。

# PARFECT JENGA GOALS

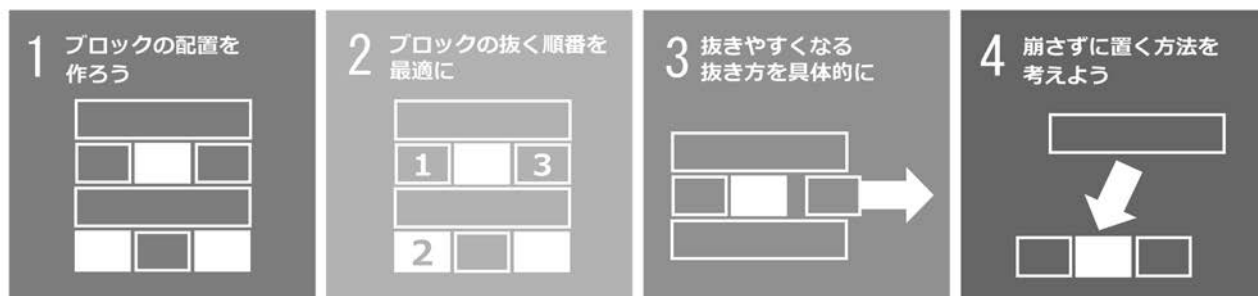


図7. PJGsの4つの目標のイメージ図

## 4. 予備実験

### 4-1 予備実験1

目的 3つ目の目標である抜きやすくなる抜き方について考察することである。

方法 実際に一人でジェンガを行い、より引っ掛かりが少なく、より周囲のブロックを動かさにくい抜き方を探す。

結果 『「シュッ」と抜く』、『捻りながら抜く』、『斜め持ち上げ』という方法が効果的であることがわかった。

考察 『「シュッ」と抜く』...運動中、最大静止摩擦力より小さい動摩擦力のみかかるため、抵抗力が小さくなり、抜きやすくなる。効果的であるが、抜く角度が悪ければタワーが崩れることがあったため、あまり有効ではない。

『捻りながら抜く』(図8)...下段のジェンガとの摩擦力が異なる方向に働くため、摩擦力の合力の大きさが小さくなり、抜きやすくなる。

『斜め持ち上げ』...手前を持ち上げることにより、外側に押し出す力が働くため、抜きやすくなる。

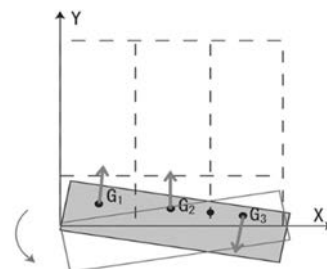


図8. 『捻りながら抜く』の様子(※4)

### 4-2 予備実験2

目的 中央の厚さが最大の時、ブロックが抜けやすくなること(仮説1)を調べる。

- 方法
- (1) 図9中の●を26番に固定する。
  - (2) ▲に1番を設置し、●を力センサーで押す。
  - (3) 誤差を小さくするため、最大静止摩擦力を3回測定し、平均値をとる。
  - (4) ▲を2番、3番、4番...と変え、同様に行う。

結果 先行研究(※3)より、私たちは▲の厚さが26番ブロックの平均の厚さを超えたとき、抜きやすくなると思った(仮説1)ため、計測した値は図10中の黒線より右側の緑の丸の位置に多くの値が存在すると予想していた。しかし、26番の平均の厚さ(図中の黒線)を超えていても、26番の最大の厚さ(図中の赤線)を超えない範囲では、予想していた値よりも大きいものとなった。また26番ブロックの四隅のうち最大の厚さを示す赤線より右側の赤丸では大きく値が減少した。



図9. 予備実験2の様子

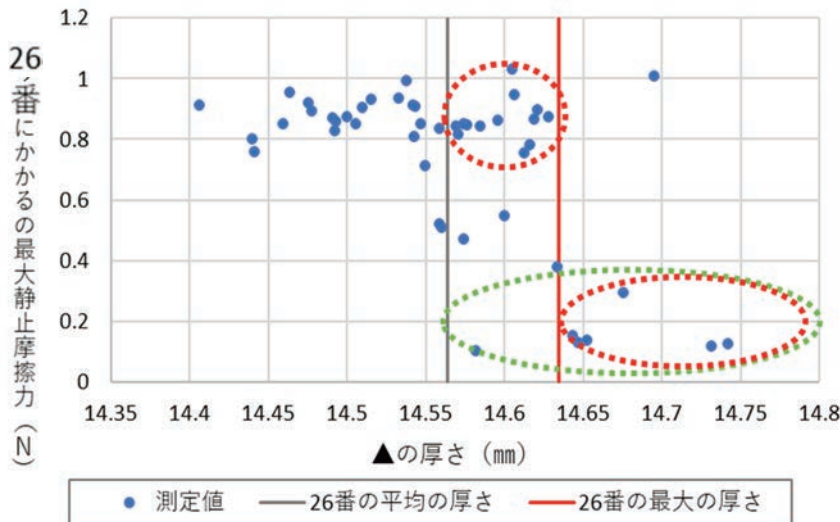


図 10.▲の厚さと 26 番の最大静止摩擦力の関係

考察 摩擦力が小さくなるためには、▲の厚さが 26 番の最大の厚さより大きくなる必要があります。仮説 1 だけでは不十分である。そのため、A、C 列のブロックの厚さが B 列と近いときは平均の厚さの他に抜きにくくする要素があるのではないかと考えた。そこで、グラフの赤で囲った部分は最大の厚さの点が上段のブロックと強く接触していたため摩擦力が大きくなったと考えられるので、押すブロックの各点の厚さ、つまり傾きが抜きにくさに影響していると考えた（仮説 2）（図 11）。

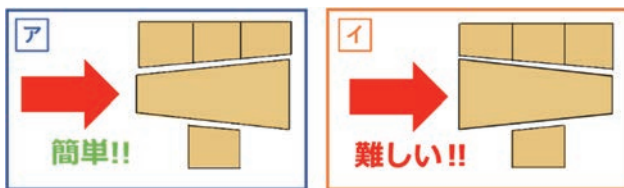


図 11.押す向きイメージ図

（アはジェンガブロックが厚くなる方向に向けて押したとき、イはジェンガブロックが薄くなる方向に向けて押したときを表している。）

#### 4-3 予備実験 3

目的 厚さが大きくなる ア の向きから押すと動き始めるときの力が小さくなること（仮説 2）を検証する。

- 方法
- (1) 図 12 中の●のブロックの中央を力センサーで押す。
  - (2) ●の向きを 3-4 の図 6 の I~IV の向きに変え、(1) の操作を各 5 回ずつ行う。
  - (3) 各向きの最大静止摩擦力の平均値を求める。
  - (4) 最大静止摩擦力が小さくなった向きでは、アとイのどちらの関係になっているか調べる。
  - (5) ●を他のブロックに変えて同様に実験を行う。なお、●に置くブロックは無作為に抽出した 10 個を使用している。



図 12. 予備実験 3 の様子

結果 ブロックの上下の面が同じで奥・手前が違う I と III、II と IV でそれぞれ比べて ア のパターンである III、IV より、イ のパターンである I と II の最大静止摩擦力が小さければ仮説 2 の関係が成り立つといえる。図 13 より、10 個中 2 個のブロックで仮説 2 の関係が成り立ち、すべてのブロックにおいては成り立ってはいなかった。したがって、B 列の平均の厚さが A、C 列の持つ最大の厚さ以下の時、ジェンガの向きは抜きにくさにほとんど影響しないといえる。

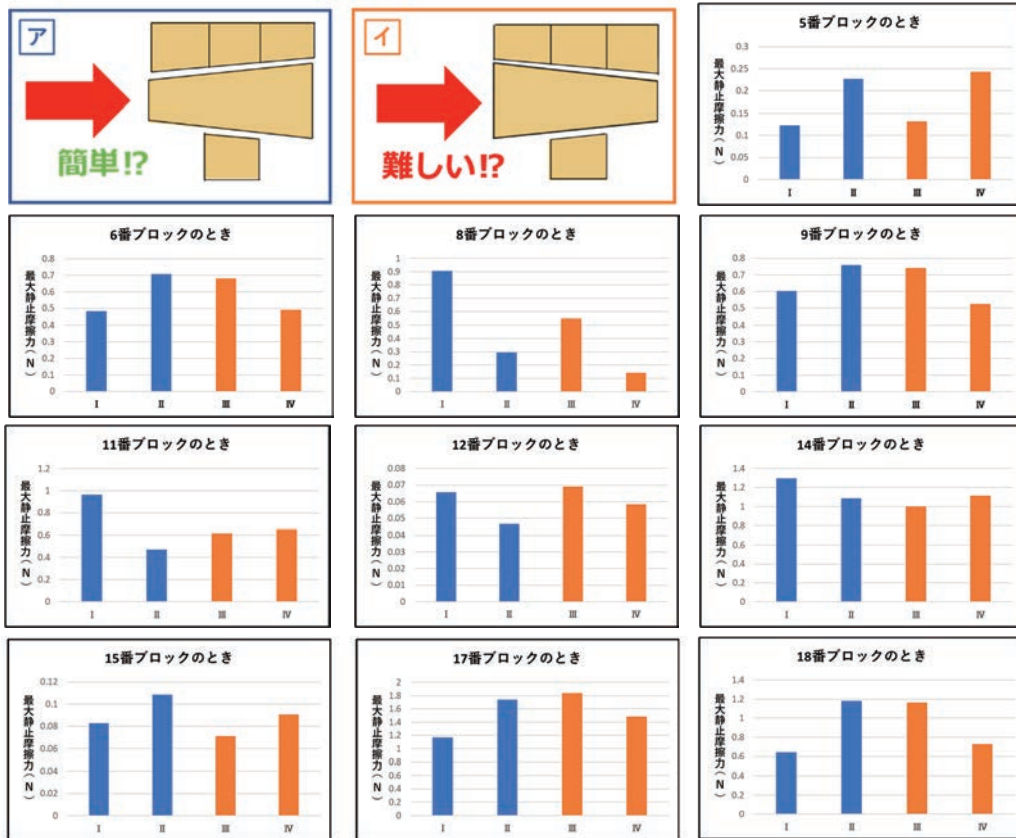


図 13. 押した向きごとの最大静止摩擦力 (青: アの向き、オレンジ: イの向き)

### 5. 本実験1

目的 これまでの実験から、厚さが離れているときは抜きやすくなること、上の方で抜きやすいほうが良いこと、A列、C列は薄いほど抜けやすくなることなどが分かったため、上で厚いブロックを中央に配置することと薄い4つのブロック (51番~54番) を繰り返し用いることを使う配置を作り、真のPJを目指す。

方法 以下の4つの配置 (図 14) で5回ずつジェンガを行い、達成率を比較する。

		配置 1			配置 2			配置 3			配置 4					
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C			
積む配置	50	54	1	53	54	1	53	54	8	53	54	8	53			
	49	52	2	51	52	2	51	52	9	51	52	9	51			
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮			
	20	54	31	53	54	31	53	54	38	53	54	38	53			
	19	52	32	51	52	32	51	52	39	51	52	39	51			
初期配置	18	53	50	54	1	33	2	53	50	54	8	1	9			
	17	51	49	52	3	34	4	51	49	52	⋮	⋮	⋮			
	16	31	48	32	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	12	20	7	21		
	15	29	47	30	⋮	⋮	⋮	8	22	40	23	⋮	⋮	23		
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	7	20	7	21	⋮	⋮	⋮		
	⋮	⋮	⋮	⋮	4	29	47	30	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
	⋮	⋮	⋮	⋮	3	31	48	32	⋮	⋮	⋮	3	38	48	39	
	2	3	34	4	2	51	49	52	2	10	2	11	2	51	49	52
	1	1	33	2	1	53	50	54	1	8	1	9	1	53	50	54
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C			

... ...特に厚いブロック   
 ... ...特に薄い51番~54番のブロック   
 ○ ...最初に抜くブロック

図 14. 各配置におけるブロックの並び

配置 1...初期配置(1~18 段目)はどの段でもある程度、厚さの差が小さくなるようにし、A、C列には、下から厚い順になるように設定した。また、初期配置から抜いたブロックを積み上げていく 19 段目以

降, A, C 列の奇数段目に 51 番と 52 番を, 偶数段目に, 53 番と 54 番を配置し, B 列には上から順に厚い順で並べることとした。

配置 2...配置 1 の初期配置の上下を反転させ配置した。

配置 3...配置 1 の 1 から 7 段目の厚さを厚くした。

配置 4...配置 3 の初期配置の上下を反転させ配置した。

## 結果

配置 1	抜けた本数	達成率	配置 2	抜けた本数	達成率	配置 3	抜けた本数	達成率	配置 4	抜けた本数	達成率
1	69	66.3	1	75	72.1	1	75	72.1	1	75	72.1
2	72	<b>69.2</b>	2	82	<b>78.8</b>	2	75	72.1	2	101	<b>97.1</b>
3	69	66.3	3	67	<b>64.4</b>	3	77	74.0	3	75	72.1
4	54	<b>51.9</b>	4	78	75.0	4	72	<b>69.2</b>	4	74	<b>71.2</b>
5	60	57.7	5	78	75.0	5	98	<b>94.2</b>	5	85	81.7
平均	64.8	<b>62.3</b>	平均	76	<b>73.1</b>	平均	79.4	<b>76.3</b>	平均	82	<b>78.8</b>

■ ...最高達成率    ■ ...最低達成率    ■ ...平均達成率

図 15.本実験 1 における各配置ごとの抜けた本数 (本) と真の PJ の達成率 (%)

図 15 の通り, 配置 1 から 4 になるにつれて達成率の平均は向上した。また, それぞれにおける最低の達成率および最高の達成率も向上した。

考察 力のモーメントをもとに考察を行った。配置 2, 4 では下から抜いたため, 腕の長さが短くなることで, モーメントが小さくなり, 崩れにくくなったと考えた。また, 配置 3, 4 では終盤に抜く B 列 (図 14 中の, □で示した部分) を厚くしたため, 終盤でも抜きやすくなり, 記録が向上したと考える。

配置 1, 3 では上から抜くためジェンガの途中で図 16 の左図のように, 2, 4 では下から抜くため途中で右図のようになる。ここで赤で囲んだブロックを抜くとすると, その抜くブロックより上のブロックの重心は赤丸の位置にある。また抜くときにタワーが少し傾くとすると, 抜くブロックと重心の距離が大きい配置 1, 3 は不安定になる。そのため, 配置 2, 4 では記録が向上したと考えた。

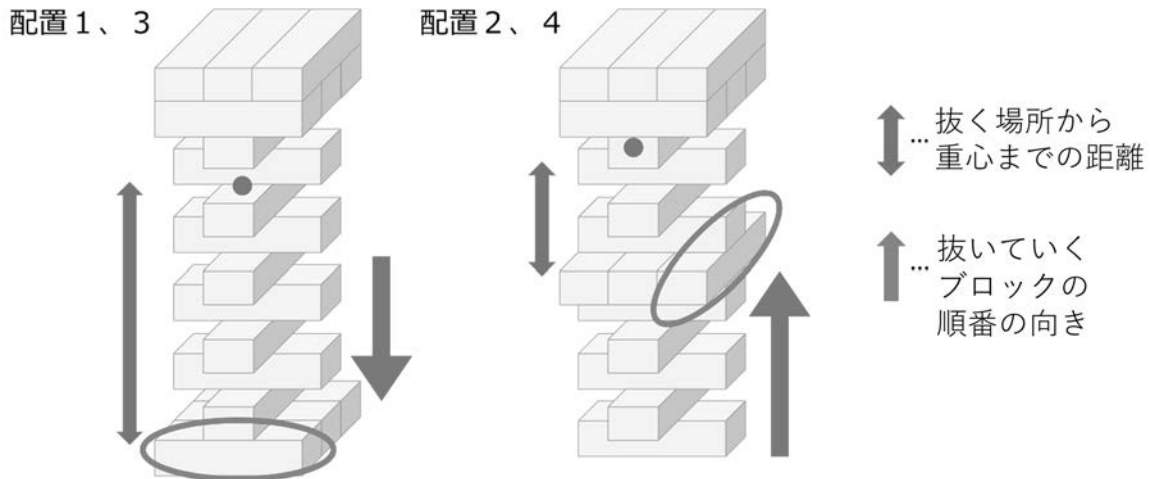


図 16.配置ごとのモーメントについて

## 6. 本実験 2

目的 配置がランダムな場合でも薄いブロックを繰り返し用いることが有力であることを確かめる。

方法 本実験 1 の配置 4 を基準とする。51~54 番を配置 4 の位置で固定して下から乱数を用いてランダムな配置のもの (1, 2, 3 と ①, ②, ③) を作る。それぞれ 5 回実施し, その達成率を比較する。

※黒丸数字は, その配置で薄いブロックを繰り返し用いずに下から抜いた配置である。

## 結果

繰り返し用いないもの

配置④	抜けた本数(本)	達成率(%)	ランダム①	抜けた本数(本)	達成率(%)
1	86	<b>82.7</b>	1	50	<b>48.1</b>
2	64	61.5	2	54	51.9
3	62	<b>59.6</b>	3	53	51.0
4	86	<b>82.7</b>	4	54	51.9
5	74	71.2	5	71	<b>68.3</b>
平均	74.4	<b>71.5</b>	平均	56.4	<b>54.2</b>

ランダム②	抜けた本数(本)	達成率(%)	ランダム③	抜けた本数(本)	達成率(%)
1	50	<b>48.1</b>	1	52	<b>50.0</b>
2	74	71.2	2	62	59.6
3	76	<b>73.1</b>	3	66	63.5
4	56	53.8	4	74	<b>71.2</b>
5	74	71.2	5	70	67.3
平均	66	<b>63.5</b>	平均	64.8	<b>62.3</b>

繰り返し用いたもの

配置 4	抜けた本数(本)	達成率(%)	ランダム 1	抜けた本数(本)	達成率(%)
1	75	72.1	1	103	99.0
2	101	<b>97.1</b>	2	102	<b>98.1</b>
3	75	72.1	3	104	<b>100.0</b>
4	74	<b>71.2</b>	4	104	<b>100.0</b>
5	85	81.7	5	104	<b>100.0</b>
平均	82	<b>78.8</b>	平均	103.4	<b>99.4</b>

ランダム 2	抜けた本数(本)	達成率(%)	ランダム 3	抜けた本数(本)	達成率(%)
1	85	<b>81.7</b>	1	98	94.2
2	78	75.0	2	76	<b>73.1</b>
3	78	75.0	3	94	<b>90.4</b>
4	82	78.8	4	86	82.7
5	72	<b>69.2</b>	5	90	86.5
平均	79	<b>76.0</b>	平均	88.8	<b>85.4</b>

■ …最高達成率    ■ …最低達成率    ■ …平均達成率

図 17. 本実験2における各配置ごとの抜けた本数(本)と真のPJの達成率(%)

図 17 の通り、薄いブロックを繰り返し用いたものは、用いてないものに対して、記録が向上した。また、ランダム 1 の 3, 4, 5 回目では、真の PJ を達成できた。

考察 ランダムな配置でも薄いブロックを繰り返し用いることは有効であると考えた。また、ランダム 1 の達成率が他に比べて高いのは、他の配置では崩れる方向が同じであったため、B 列のブロックの傾きも影響しているのではないかと考えた。また、単に実験者の技能が向上した可能性も考えられるため、実験者を変えたり、複数名で実験をすることが必要になると考えた。

## 7. 結論

本研究より

1. 「捻りながら抜く」と「斜め持ち上げ」の2つの方法が有効である
2. 抜きやすくするためにはB列を厚くすることが必要である
3. ジェンガの向きは抜きにくさにほぼ影響しない
4. 薄いブロックを何度も繰り返し用いるとよいということがわかった。

以上より、真のPJを達成するためには、まずすべてのブロックの四隅の厚さを測り、配置4のように並べる。そこから「捻りながら抜く」と「斜め持ち上げ」の2つのどちらかを使いながら薄いブロックを繰り返し用いれば達成できる。

## 8. 今後の展望

- ・実験から判明した真のPJ達成のためのコツを今回の実験者以外に伝え、誰でも抜ける本数が増えるのか検証する。
- ・B列のブロックの傾きが倒れやすさに与える影響の大きさを調査する。
- ・今回は一人でジェンガを行っていたため、対戦形式を想定して、複数人で実験を行う。

## 9. 参考文献および引用文献

- ※ 1 TKG.株式会社特殊高所技術 (PJの達成の様子)  
[https://x.com/tokusyu\\_kousyo/status/1627930220903923712?ref\\_src=twsrc%5Etfw%7Ctwcamp%5Eembeddedtimeli  
ne%7Ctwterm%5Escreen-name%3Atokusyu\\_kousyo%7Ctwcon%5Es1](https://x.com/tokusyu_kousyo/status/1627930220903923712?ref_src=twsrc%5Etfw%7Ctwcamp%5Eembeddedtimeline%7Ctwterm%5Escreen-name%3Atokusyu_kousyo%7Ctwcon%5Es1)
- ※ 2 赤松拓真 島本晴 角田証友 瀧和把 堀田 将志 “ジェンガのブロックの差とランダム性の関係”  
<https://www.slideshare.net/slideshow/ss-229426810/229426810>
- ※ 3 栗原拓海 山本竜佑 “ジェンガブロックの押しにくさを測定する試み”  
<https://www.slideshare.net/slideshow/ss-229426810/229426810>
- ※ 4 木村真也 相山康道 “ジェンガブロック引き抜き操作のための理想的な力学モデルの提案”  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsmekanto/2010.16/0/2010.16\\_215/\\_pdf/-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsmekanto/2010.16/0/2010.16_215/_pdf/-char/ja)

※ 1



※ 2



※ 3



※ 4

