

「ジェンガ」を用いた重心教材の研究

－身近なテーブルゲームを用いた教材の提案－

後藤田洋介

(奈良教育大学大学院 教科教育専攻 理科教育専修)

岡野杏奈

(三木町立氷上小学校)

松山豊樹

(奈良教育大学 理数教育研究センター)

Study of Teaching Material for Learning Center of Gravity with “Jenga” － Proposition of Teaching Material Using Table Game －

Yosuke GOTODA

(Graduate School of Education, Nara University of Education)

Anna OKANO

(Hikami Elementary School)

Toyoki MATSUYAMA

(Center for Educational Research of Science and Mathematics, Nara University of Education)

要旨：子どもたちが日常的にバランスという言葉を用いて、転倒現象を説明する場面が散見される。しかし、バランスを考える上で重要となる重心と接地面の関係は、高等学校物理での取り扱いしかなく、子どもたちは経験を元にバランスという言葉を用いていると考えられる。本研究では、身近なテーブルゲームである“ジェンガ”を用いて、重心と転倒の関係を意識づける教材を開発し、小学校の科学教室において実践を行ったので、それらについて報告を行う。

キーワード：ジェンガ Jenga
重心 Center of Gravity
防災教育 Education for Disaster Prevention

1. はじめに

子どもたちはバランスという言葉を用いて転倒現象を説明することがある。しかし、「バランスが悪かった」や「バランスに気を付ける」といった表現は転倒現象を説明するには十分ではなく、重心の位置や接地面といった要素を理解して説明する必要がある。その一方で、現行の学習指導要領では、転倒現象は高等学校で始めて学習する内容である。それゆえ、重心と接地面の関係を学習している児童・生徒は少ないと考えられる。重心の位置と接地面の関係は、日常生活において、転倒を考える際に必要な概念であると言え、重要な知識となることは言うまでもない。

本研究に用いたテーブルゲームは、イギリスで作成されたジェンガ*¹⁾である。これは、木製のブロックが3本ずつ互い違いに積み上げられているタワーである。このタワーからブロックを引き抜き、積み上げを繰り返し、タワーを崩したプレーヤーが負けとなる。ジェンガはテーブルゲームではあるが、重心の位置や接地面の関係を指導す

る中で、単なるテーブルゲームではなく、物理的な現象を説明・理解することができる教材となり得るのである。

本報告は、重心の位置と接地面の関係について、身近なテーブルゲームを用いて、奈良県下の小学校及び、京都府下の小学校の2校において実践を行ったので、教材の概要及び、授業の様子、授業を受けた児童のコメントカードを紹介する。さらに、近年では大地震に備えた防災教育が推進されている。本実践を元に考えることができる、理科の視点を生かした防災教育についても提案する。

2. 重心と転倒について

2. 1. 重心と転倒について

重心は、「質量が空間的に分布する系において、その系にはたらく重力の合成力の作用点」⁽¹⁾と定義されている。さらに、「一様な重力の下では、重心は質量中心に一致する」⁽²⁾となっている。学校教育では、一様な重力の下での物体を主に扱うので、本稿では、重心と質量中心は同じであるとする。

任意の物体の重心は、次の方法で求めることができる。まず、物体のある1点を糸でぶら下げる。このとき、糸の延長線上に重心がある。次に、違う1点で物体をぶら下げると、同様に糸の延長線上に重心がある。この2直線の交点が、その物体の重心となる。

重心と転倒の関係性について考える。物体を床に置いている際は、物体にかかる重力と、物体が床から受ける垂直抗力はつり合っている(図1 a)。この物体をある角度で傾けたとき(図1 b、c)に、垂直抗力と重力によって、回転がおきる。この回転の方向は物体に与える傾きの大きさに依存する。

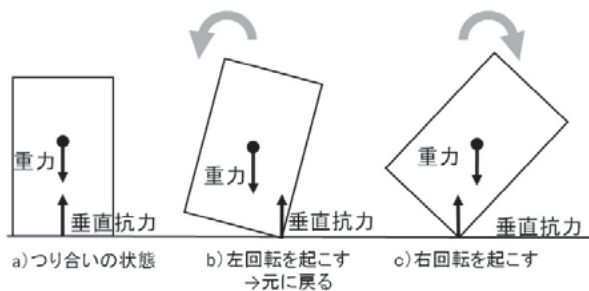


図.1 傾きを与えたときの回転方向

次に、接地面の大きさについて考える。図2のように、物体の底面を削るような状況を考える。この時、図2aでは、釣り合いを保っている。図2bでは重心の鉛直下方向に接地面があるために、床から受ける垂直抗力と、釣り合いの状態を保つ。図2cのように切り取ると、重心の鉛直下方向に接地面がなく、左方向に回転する。

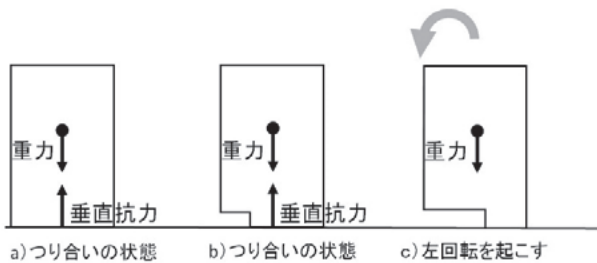


図.2 物体の底面を削ったときの回転について

以上のように、物体の重心が、その物体の接地面から出たとき回転する。したがって、重心が接地面から出ないように、物体内の質量の分布を変化させたり、形状を変化させたりすることによって、回転及び転倒を防止することができる。これがバランスをとるといふことの物理的な解釈である。

2. 2. 重心と転倒の条件の取り扱いについて

小学校での重心の取り扱いはないものの、第6学年において、この規則性の学習を行うこととなっている。この規則性の学習目標は、「てこを使い、力の加わる位置や大きさを変えて、てこのしくみや働きを調べて、てこの規則性について考えをもつことができる。」⁽³⁾となっている。ここでは、つり合うときに注目するものの、つり合っ

ていない時の回転方向についての指導は明記されていない。

中学校第一学年の力による現象の単元では、重さと質量の違いや、重力を扱うものの、その作用点を重心と表記せず、物体の中心などと表記している教科書⁽⁴⁾もある。また、転倒の条件に関する学習は含まれていない。

高等学校では、「物理基礎」の発展学習の中で、重心が導入されている。また、「物理」では、重心やモーメントに注目して転倒現象を説明している。さらに、物体の縦横比から、地震時の家具の転倒に注目する教科書⁽⁵⁾もあった。

以上のように、転倒や回転運動の学習は、高等学校の物理でのみ取り扱われている。しかし、転倒や回転現象は日常でも観察できることや、高等学校での物理の履修率が2割にとどまっていることから、転倒や回転運動を取り入れた学習が必要ではないかと考える。

3. 教材の概要

本実践における教材の詳細と、教材の概要について以下に述べる。

3. 1. ジェンガについて

ジェンガはゲームデザイナーであるレスリー・スコット (Leslie Scott) によって開発されたテーブルゲームである。もとはレスリーの身内では「タコラディ・ブリック (タコラディのレンガ)」と呼ばれており、1974年には、家族で楽しんでいたことが分かっている⁽⁶⁾。そのルールは単純で、木製の直方体ブロック54本を3本ずつが互い違いに積み上げられているタワーがある。プレイヤーはそのタワーから1本好きなブロックを抜き取り、上に互い違いになるように積み上げていく。この引きぬく操作や、積み上げる操作時に、タワーを崩してしまったプレイヤーが負けというルールである。この木製のブロックの一つひとつに質量の違いなどの個性を与え、ゲームとしての複雑さを生みだしている。

本実践ではブロックそのものに注目するのではなく、引きぬいたときの重心の位置と接地面の関係に注目させるために、木製ではなくプラスチックで作られたタカラトミー製ジェンガジュニアを用いた。

3. 2. 実験教材について

本実践では、引きぬいた後のジェンガの側面に注目させるようにした。たとえば、4段で構成された単純なジェンガを考える(図3A)。この時の重心は、側面からみた長方形の中心に位置する。この時、地面と接地しているブロックに注目する。引き抜くことのできるブロックを左から順に番号を付けた(図3の①②③)。初め状態では、すべてのどのブロックを引き抜いてもタワーは崩れない(引き抜く際は、上下の振動が与えられず、理想的に引き抜かれたとする)。たとえば、①のブロックを引き抜いたとする。

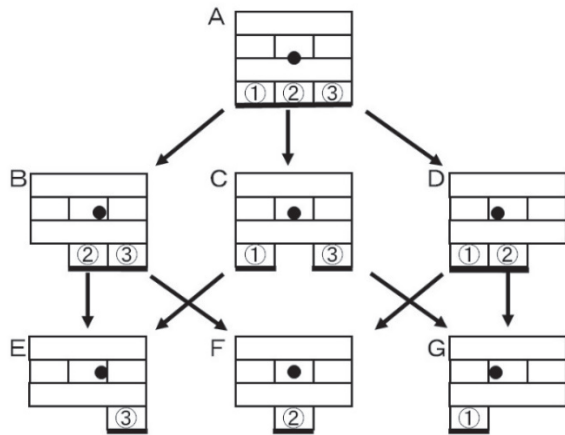


図.3 ジェンガの引き抜きパターン

すると、タワー全体の重心は引き抜いたジェンガの反対側に移動する。また、引き抜くことにより、ブロックの接地面は小さくなる。次に、②を引き抜くことを考える。この時、重心は向かって右側に移動していることがわかるが、接地面が③のみになることによって、タワーは崩れる。このように、重心の移動と接地面を考えることによって、タワーの崩壊について考えることができる。

3. 3. 重心の定義と演示について

本実践では、重心を、「ある点で物体を糸でつるし、その延長線をとる。また、別の点で物体を糸でつるし、延長線をとる。その2本の延長線の交点を重心とする」と定義した。この定義を用いた理由は、本実践の対象が小学生であったので、演示によって容易に重心を示すことができると考えたためである。

次に重心の移動や重心と接地面の関係、回転運動を演示するために図4のような方眼紙を切り抜き、ジェンガの側面を模した2次元モデルを作成した。図3にもあるように、ここでは、引きぬいた後の重心の位置と、底面の引き抜くパターンをすべて示した。

重心の位置を求める演示では図3Aにあたる図形を用いた演示を行った。その他の図形に関しては、事前に重心の位置を示しておいた。この教材を用いたことで、重心の移動と、接地面の外に出るとき、ジェンガが回転運動を起こすことも説明できるモデルとなっている。

さらに、ジェンガは平面ではないので、立体の中にある重心の位置を示すための教材として、立体のモデルを作成した(図5)。初めての実践では、発泡スチロールを用いて作成したもの(図5a)を使用した。発泡スチロールで作成したため、重心の位置を想像することにとどまってしまう。この反省から、次の実践では透明なプラスチックケースの中心にスーパーボールを固定したもの(図5b)を用いた。このスーパーボールで示した重心の下で支えることによって、転倒や回転運動を起こさないことを指導できるようにした。このプラスチック製のモデルを実践したところ、重心の位置と接地面、転倒の関係がより明瞭に示

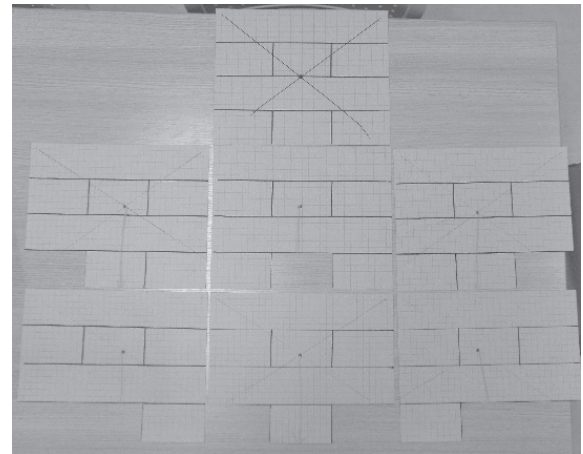
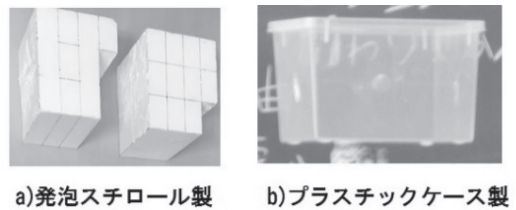
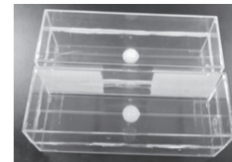


図.4 方眼紙で作成した2次元のモデル



a)発泡スチロール製 b)プラスチックケース製



c)プラスチックケース製改良版

図.5 立体のモデル

せたので、それ以降の実践では、より強度を持たせた、アクリルケースで作成した透明なブロックモデル(図5c)を用いて指導を行った。

3. 4. 巨大ジェンガについて

本実践では科学を楽しみながら学ぶ点も重要だと考え、巨大なジェンガを体験させた。巨大なジェンガは発泡スチロールの縦・横・奥行きが10×9×30 cmのブロックに摩擦を軽減するシートを巻いた。体験の際は9段から12段程度で体験を行わせた(図6)。

レクリエーション的な側面と同時に「今、抜いてはいけないブロックはどれですか」という発問を体験中に行うことで、実践への児童の理解度を確かめることとした。

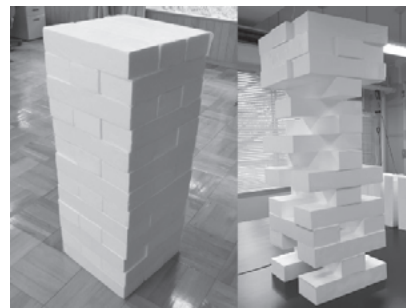


図.6 巨大ジェンガの写真

3. 5. 指導の実際

実践では、表1のような指導内容で活動を行った。実践での目標は、「重心と転倒の関係を学び、ブロックタワーマスターになろう」と設定した。本実践では、学習者が手元で実験を逐一できるように、4段のジェンガを準備した。重心と転倒の条件の指導の最終目標として、重心と接地面の関係から、図3Cがどうして倒れないのかについて考えさせた。授業の最後には、発泡スチロールで作成した巨大ジェンガを体験させた。この際、授業の振り返りとなるよう、体験中に「今、抜いてはいけないブロックはどれですか？」という発問を適宜行った。

表1. 指導の内容 (()は50授業での内訳、[]は60分授業での時間増分の内訳を示した。)

時間(分)	指導内容
(2)	本時の目標の提示とジェンガのルールの確認を行った。
(10) [+4]	8段のジェンガを用いて2人で対決を行わせた。
(5)	ジェンガが倒れた原因について全員で共有を行った。
(5)	重心を定義した。
(10)	2次元のモデルを用いて、倒れるパターンについて考えた。このとき、一人一人の手元に4段のジェンガを用意した。
(3) [+4]	3次元のモデルを用いて、重心と接地面の関係を確認した。
(5)	図3Cがどうして倒れないかを考えた。
(10) [+2]	巨大ジェンガを体験した。

4. 教材を用いた実践について

本実践では、奈良県下の小学校での実践(小学校3~6年生)と京都府下の小学校での実践(小学校4年生)を行った。

4. 1. 奈良県下の小学校での実践

奈良県下の小学校での実践は、平成27年の8月27日と28日の2日間にわたって、違う授業者が授業を行った。対象の児童は、小学校3年生から6年生で一回目の授業が11名二回目の授業が10名であった。また、授業時間は50分であった。

4. 2. 京都府下の小学校での実践

京都府下の小学校での実践は、平成27年11月7日と平成28年11月5日に同じ授業者が実践を行った。対象の児童は、小学校4年生で、一回目の授業では19名に、二回目の授業では17名に実践を行った。授業時間は60分

であった。

4. 3. 実践中の児童の様子

実践の初めに「ジェンガを知っているか」を児童に尋ねたところ、ほとんどの児童が「ジェンガを知っている」と答えた。また、ジェンガをしたことがある児童も多かった。ジェンガは児童にはポピュラーなテーブルゲームであり、それを取り上げることで、児童の興味関心を引くことができると思われる。その一方で、図3で紹介したE、Gのような形でも、タワーが崩れないと考えている児童がいたり、「ジェンガが倒れた原因についての教室での意見の共有」では、「バランスが悪かった」という意見を出す児童もいたりした。このことから、小学生に対して授業を実践する意義があったと考えられる。

これに対して、実践終盤での巨大ブロックタワーの体験中では、「今、抜いてはいけないブロックはどれですか？」という問いに対して、図7の網掛けで示した部分を選択していた(図7では、すでに引き抜いているブロックを黒で、児童が選択したブロックを網掛けで示した)。このことから、実践前に引き抜いてはいけないブロックを理解していなかった児童たちが、引き抜いてはいけないブロックを理解していたことがわかる。

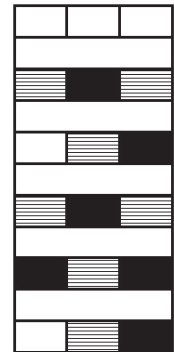


図.7 巨大ジェンガにおける児童の選択

重心に関する理解については、奈良県下で実践を行った際は、発泡スチロールで作成した立体のモデルを用いたが、これでは重心の位置を想像するだけにとどまっていたため、内部を見ることができるプラスチック製の立体のモデルを用いた。この立体のモデルを重心の下で支えることによって転倒しないことを示した。この結果、児童自らの手で触り、重心の位置が接地面の外に位置するとき、転倒や回転を起こすということ確かめていた。

授業中に手元に4段のジェンガを置いて実験を行うことで、実践者が示した引き抜いてはいけないパターンを児童は手元で確認をすることができた。しかし、その一方で、ブロックを決められた積み方以外の配置に積み上げたり、ブロックで手遊びをしていたりする児童も見られた。

4. 4. 実践への児童のコメント

奈良県下の小学校の実践、京都府下の小学校の実践では、「今日、学んだこと、感じたこと、気付いたことを書いてください。」として、自由記述形式で授業の感想を記入させた。主なコメントは次の表2に示した。

授業の内容理解については、引き抜いてはいけないブロックを図示し説明しているコメントや、左右のブロックを抜くこと、「せぼねみたいにする」というコメントがあった。これは、引き抜いてはいけないブロックを理解したコメントであると考えられる。

表 2. 各実践でのコメント (() の中は筆者加筆)

各実践でのコメント (一部)	
奈良 ①	1.ジェンガをできてよかった。ジェンガをたおさないポイントを知れてよかった。 2.重心がささえている面の真上よりも外にあるときジェンガがくずれるということがわかった。 3.このじゅぎょうでジェンガがつよくなったと思います。
奈良 ②	1.これからは、左右をぬいていくようにしたい。 2.ジェンガは、ぬいては、いけない所が分かれば少しでも長くできることが分かった。 3.これから、ジェンガをやるとき、つかおうと思います。楽しかった。 4.たのしかったです。ジェンガおもしろかったです。
京都 ①	1.「くずすな!ブロックタワー」をして、重心の勉強をしてぬいたらくずれるところが分かりました。 2.せぼねみたいにするとかずれそうで、手がふるえて、くずしてしまいました。「おもしろかった」!! 3.今日のジェンガは楽しかったです。「重心」を学べて勉強になりました。ジェンガができてよかったです。 4.今日学んだことは、ジェンガの重心をむ(ぬ)くとたおれることがわかりました。
京都 ②	1.ぼくは下の2つのところの右がわをとったらたおれたかんじがしました。 2.このふう(右図)になくなったらぜったいにたおれることを思った。 3.重心が乗っていることが分かった。ジェンガがもっと楽しくなってジェンガについてもっとしりたくなった。

コメントカードを
元に筆者作成

京都の実践①のコメント4や実践②コメント3にあるように、重心の誤用と思われるコメントも見られた。本実践では重心の定義を演示で行ったことや、重心の考え方が難しかったなどの原因を考察することができる。重心そのものを理解できるような指導をする必要があると考えられる。

5. 今後の展望 — 防災教育として —

2.2節で示した現行の学校教育を考えたとき、家具等の転倒と転倒の条件を合わせて指導することが重要である。

本実践では重心の位置と接地面の関係から転倒の条件を考える実践を行ってきた。この発展学習としてジェンガの縦方向の積み上げについても考えさせたい。この学習を通じて、物体を積み上げることで重心が上方に移動し、転倒しやすくなることをより深く考えさせたい。また、引き抜く際のタワー全体の揺れにも着目させたい。理想的に引き抜けなかった場合、タワーに揺れが与えられる。この揺れによって転倒することにも考察を深めさせたい。

以上より、ジェンガを授業の導入とし、家具の転倒等の防災教育に必要な学習ができると考えられる。

6. まとめ

本稿では身近なテーブルゲームを用いて、重心と接地面の関係から、転倒の学習を進めるための教材の提案及び、その教材を用いた小学校での実践を紹介した。

重心と転倒の関係を指導するために、立体のモデルが有効であることや、ジェンガはテーブルゲームではあるが、物理的な側面を考察することにより、転倒の条件を指導する教材となることが分かった。また、実践の中で巨大ジェンガでの発問やコメントカードの一部から、ジェンガの引

き抜いてはいけないパターンを理解した児童がいたことが分かった。その一方で、重心の誤用が見られることから、重心そのものの指導の方法を再考していきたい。

謝辞

本研究の一部は、奈良教育大学学長裁量経費(理数ミュージアム構築構想 代表:花木良)の助成を受けた。ここに記して感謝申し上げます。また、本実践を行わせていただいた関係者の方々に、感謝申し上げます。

注

※1) Jenga®(ジェンガ)は Pokonobe Associates の商標登録です。

参考・引用文献

- (1) 服部武志監修(2010),「物理事典」,旺文社,p.119
- (2) 同上
- (3) 文部科学省(2008),「小学校学習指導要領解説理科編」,大日本図書,p.58
- (4) 塚田捷,山極隆,森一夫ほか(2012),「未来へひろがるサイエンス1」,啓林館,p.190
- (5) 高木堅志郎,植松恒夫,足利裕人ほか(2012),「物理」,啓林館,p.31
- (6) レスリー・スコット(2013),「JENGA 世界で2番目に売れているゲームの果てなき挑戦」,東洋経済新報社,p.26
- (7) 花木良,後藤田洋介,吉井貴寿(2016),「教員養成系大学による商業施設を利用した科学展示・演示」,科学教育学会年会論文集 40,pp.229-230