

水の落下速度及び容器形状と落下位置の相関

袋井市立袋井中学校
3年 土屋信天

1 研究の動機

夏休みになり、おやつとして、自分で袋ラーメンを作る機会が増えた。「さあ食べよう！」とワクワクしながら鍋からラーメンどんぶりに移すのだが、このときにスープがこぼれてしまい、残念な気持ちになることがたびたびあった。こぼれる水の量が0gになる条件を探し、最後の1滴までおいしく袋ラーメンを食べようという欲求から、この実験を行うことにした。

2 研究の目的

- (1) 鍋の傾け方によって、こぼれ方に違いがあるのかを探る。
- (2) 鍋の形状によって、こぼれ方に違いがあるのかを探る。

【資料1】



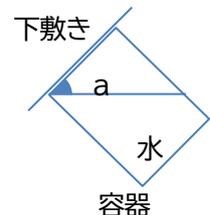
3 実験Ⅰ：鍋の傾け方による、こぼれかたの違い

(1) 実験の方法

ア 準備物

- (ア) 鍋の代わりとなる容器
- (イ) 三角定規
- (ウ) ラーメンどんぶりの代わりとなるコップ
- (エ) 受け皿（コップからこぼれた水を量るために、コップよりも面積の大きいものを用意する）
- (オ) 下敷き（セットするとき、容器から水がこぼれないための蓋）
- (カ) スポイト
- (キ) はかり（容器や水の質量を量る）

【資料2】



- イ 「(ウ) コップ」と「(エ) 受け皿」の質量を、それぞれ量る。
- ウ 用意した「(イ) 三角定規（45度）」と「(ウ) コップ」、「(エ) 受け皿」を、組み立てる。

エ 「(ア) 容器」に水を100g入れる。

オ 【資料1】のように、エの水を入れた容器を「(オ) 下敷き」で押さえつけることで蓋をする（【資料2】の角aが45度になる）。下敷きをずらし、「(ア) 容器」から「(ウ) コップ」に水を流す。

カ オの後のコップの質量を量り、コップのもとの質量を引くことで、実際にコップに入った水の質量を求める。

キ オの後の受け皿の質量を量り、受け皿のもとの質量を引くことで、コップからこぼれてしまった水の量を求める。

ク エ～キを12回行い、データをとる。

ケ オの角aを60度、90度にし、同様の実験行う。

(2) 実験の結果



ア 傾きが45度するとき

回数 (回目)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均
こぼれた水の質量 (g)	13	10	12	11	13	8	14	7	7	9	11	12	10.6

- こぼれた水の質量は、12回のデータのうち、最大値が14g、最小値が7gとなった。
- こぼれた水の質量は、平均すると10.6gになった。

イ 傾きが60度するとき

回数 (回目)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均
こぼれた水の質量 (g)	8	9	9	10	11	15	16	15	7	10	11	10	10.9

- こぼれた水の質量は、12回のデータのうち、最大値が16g、最小値が7gとなった。
- こぼれた水の質量は、平均すると10.9gになった。

ウ 傾きが90度するとき

回数 (回目)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均
こぼれた水の質量 (g)	6	7	12	5	6	11	10	5	7	3	5	8	7.1

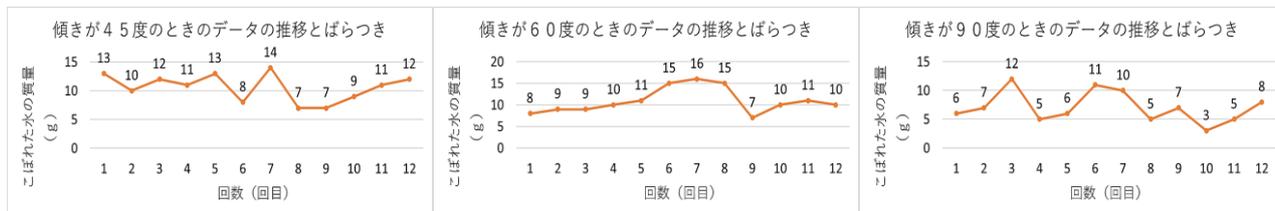
- こぼれた水の質量は、12回のデータのうち、最大値が12g、最小値が3gとなった。
- こぼれた水の質量は、平均すると7.1gになった。

(3) 実験Iの考察

実験Iを通して気づいたことは、「外にこぼれる水の質量は、傾け方(角度)による違いがあまりない」ということである。しかしこの実験方法では、「容器から流した水の質量は、傾け方(角度)が大きい方が大きくなる」ため、この結果をそのまま受け止めてよいかを検討する必要がある。

そこで、「容器から流した水の質量」と「こぼれた水の質量」について、12回のデータの推移をグラフ化し、【資料3】に示した。

【資料3】



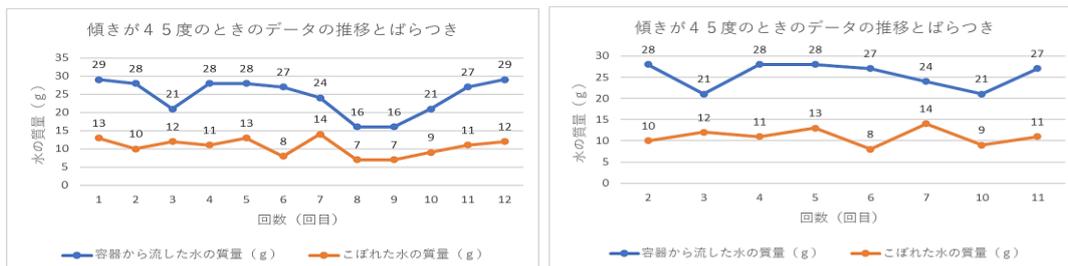
ここから気づいたことは、以下の2点である。

- 45度、60度、90度のすべてで、12回のデータにはばらつきがあり、操作の慣れによる推移があるようには見えない。
- 「容器から流した水の質量」は、「こぼれた水の質量」に比べると一部のデータが突出しているように見えるので、「容器から流した水の質量」で**最大値と最小値となったデータを抜いて、残りのデータで考察を行っていく**ことにする。

(4) 実験Iの補正後のデータ

(3) -②で示した方法で、データの補正を行った。【資料4】は45度ときのものである。

【資料4】



条件によって資料数に違いはあっても、補正前より人為的ミスが少ないデータだと考えられる。

4 実験Ⅱ：容器の形状による、こぼれかたの違い

【資料5】

(1) 実験の方法

容器の形状を変え、実験Ⅰと同じ手順で実験を行う。実際に使用した容器A、容器B、容器Cは、形状の違いがわかるよう、【資料5】に示した。

ア 容器B

- 容器Aと同じく「丸形」だが、縁が大きい。
- 縁を大きくすることで、側面を伝わってこぼれていく水を少なくなると予想した。

イ 容器C

- 容器A、Bとは異なり「角形」。
- 角の部分を注ぎ口にすると、注ぎやすく、こぼれる量が少なくなると予想した。



(2) 実験Ⅱの結果

ア 容器B

回数 (回目)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均
こぼれた水の質量 (g)	45度	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
	60度	1	4	1	0	0	2	3	1	10	8	6	9	3.8
	90度	8	6	4	8	1	4	6	5	7	2	3	7	5.1

- 容器Bは深さがあつたため、傾きが45度だと水を流すことができなかった。
- 傾きの角度が60度から90度になったとき、容器Aや容器Cとは異なり、「こぼれた水の質量」が増えた。
- 縁があることで、水の勢いが小さくなったあとも真下に落ち、側面を伝わってこぼれていく水は少なかった。

イ 容器C

回数 (回目)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均
こぼれた水の質量 (g)	45度	12	16	17	16	14	18	12	10	7	8	12	12	12.8
	60度	14	11	9	5	11	18	10	9	6	13	7	9	10.2
	90度	14	7	10	12	5	14	4	8	12	9	2	12	9.1

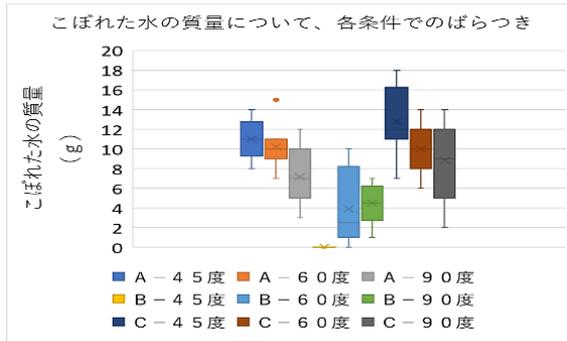
- 容器A、Bと比べ、「こぼれた水の質量」が多かった。
- 容器A、Bが、角度が大きくなるにつれ、「こぼれた水の質量」の最大値が減っていくのに対し、容器Cは60度のときも90度のときも最大値は変わらない。
- 角の部分を注ぎ口にしたところ、水の流れが角に集中し、水の勢いがより大きくなった。
- 水に勢いがあるときにはコップに入っているが、水に勢いがなくなってくると、コップの外に落ちるようになる。
- 容器Aと容器Bのように、注ぎ口がない容器は、水の勢いが最初は小さく、次第に大きくなり、水が少なくなるにつれ、だんだんと勢いが小さくなっていく。それに対し、容器Cでは水の勢いが最初から安定しており、最後、水が少なくなることで勢いが小さくなる。

(3) 実験Ⅰ、Ⅱをあわせた考察

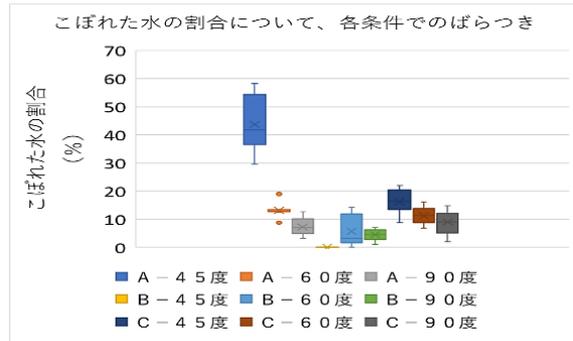
実験Ⅰ－(3)－②で示した方法で、実験Ⅱのデータの補正を行ったものが【資料6】である。

容器を変えたことによって、角度を同じにしても、流れる水の質量が異なってしまうため、「容器から流した水の質量に対する、こぼれた水の割合」も求めてみた。その結果が【資料7】になる。「割合」にすることで、結果の特徴がさらにはっきりとした。

【資料6】



【資料7】



データから言えることは、以下の2点である。

- ・ 傾けた角度が大きいほど、こぼれる水の割合は少なくなる。
- ・ 水の勢いが一定だと、データのばらつきは小さく、こぼれた水の割合で、安定した結果が得られる。

データから気になった点を、目測で気づいたこととあわせ、次のように考えた。

- ① 容器Aの45度で水がこぼれやすいのは、水の勢いが定まらないからだと考えられる。「水の流ることができるまで」と「水が少なくなってきたとき」の両方に、こぼれる要素があるからである。さらに、他のデータに比べ、容器から流した水の質量が小さく、水が安定した速度で流れ落ちている時間が、圧倒的に短いことも要因である。「適切な水の落下速度がある」という条件が、こぼれる水の量を減らすということが確認できた。
- ② 3つの形状の中で、もっともこぼれた水の割合が小さかったのは容器Bである。このことから、「容器に縁がついている」という条件は、「適切な水の落下速度」よりも、より有効に作用するのではないかと考えられる。

5 実験Ⅲ：実験Ⅰ、Ⅱで出たエラーの確認

考察を通して、「割合」で考えることの有効性に気づいた。次の2つの実験について、「流す水の質量」を調整し、確認してみることにした。

<実験Ⅰより、容器Aで45度のとき>

4- (3) -①で指摘したとおり、容器Aで45度のときは、容器から流した水の質量が小さいことが実験データに影響を及ぼしていると考え、容器から流した水の質量を増やして、同じ実験を行う。

<実験Ⅱより、容器Bで45度のとき>

4- (2) -アで示したとおり、容器Bは深さがあつたため、傾きが45度だと水を流すことができなかつた。容器から流した水の質量をある程度確保できるところまで、水の量を増やして、同じ実験を行う。

(1) 実験の方法

ア 実験Ⅰと同じ手順で予備実験を行い、「容器から流した水の質量」が70～100g程度になるよう、「最初に容器に入れる水の質量」を決める。

イ 12回分のデータをとる。

ウ 3- (3) -②で示した方法で、データの補正を行う。

エ 「容器から流した水の質量に対する、こぼれた水の割合」も求める。

(2) 実験の結果

<容器Aで45度のとき>

ア 「最初に容器に入れる水の質量」を150gと決めた。

イ 12回分のデータは以下の通りだった。

回数 (回目)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均
容器から流した水の質量 (g)	85	100	103	101	106	109	95	102	107	101	105	92	100.5
こぼれた水の質量 (g)	9	14	13	15	14	9	12	10	10	15	11	13	12.1

<容器Bで45度するとき>

ア 「最初に容器に入れる水の質量」を150gと決めた。

イ 12回分のデータは以下の通りだった。

回数 (回目)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均
容器から流した水の質量 (g)	83	82	75	80	72	85	89	77	82	76	81	98	81.7
こぼれた水の質量 (g)	3	0	5	5	1	7	3	10	0	2	1	7	3.7

(3) 考察

データの補正、もとの割合を【資料8】【資料9】に示した。さらに【資料10】は、容器Aの45度、容器Bの45度のデータを差し替え、まとめなおしたものである。

【資料8】

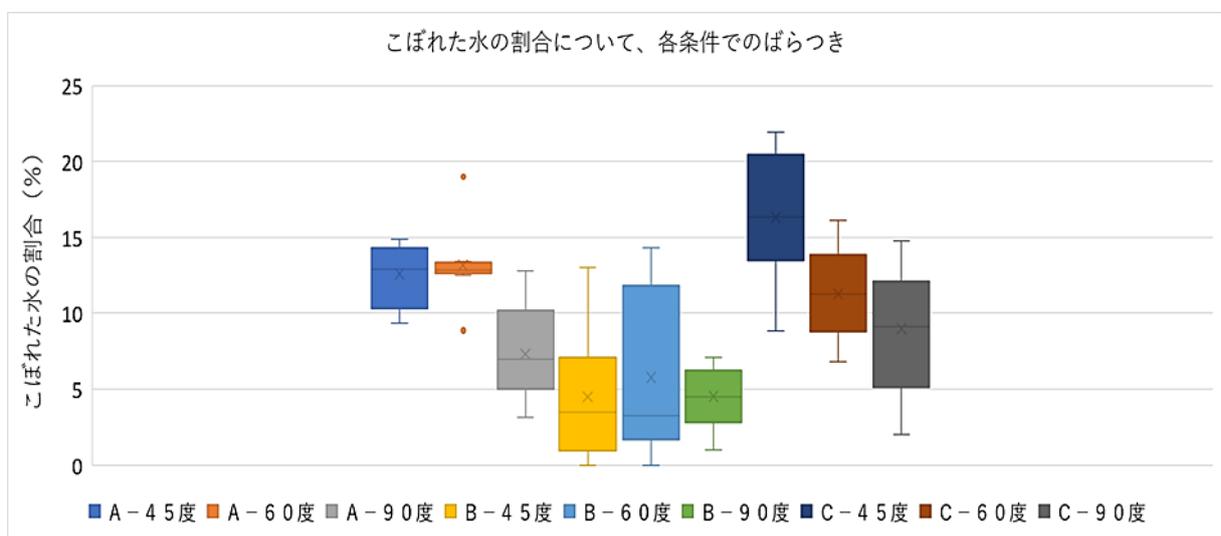
回数 (回目)	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	平均
容器から流した水の質量 (g)	100	103	101	106	95	102	107	101	105	92	101.2
こぼれた水の質量 (g)	14	13	15	14	12	10	10	15	11	13	12.7
こぼれた水の割合 (%)	14.0	12.6	14.9	13.2	12.6	9.8	9.3	14.9	10.5	14.1	12.5

【資料9】

回数 (回目)	1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	平均
容器から流した水の質量 (g)	83	82	75	80	85	89	77	82	76	81	81.0
こぼれた水の質量 (g)	3	0	5	5	7	3	10	0	2	1	3.6
こぼれた水の割合 (%)	3.6	0.0	6.7	6.3	8.2	3.4	13.0	0.0	2.6	1.2	4.4

【資料10】

資料		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	平均
容器A	45度	14.0	12.6	14.9	13.2	12.6	9.8	9.3	14.9	10.5	14.1			12.6
	60度	12.9	12.7	13.0	13.4	19.0	8.9	13.3	12.8	12.5				13.2
	90度	7.0	12.8	5.0	6.0	11.0	10.2	5.0	7.0	3.2	5.0	8.2		7.3
容器B	45度	3.6	0.0	6.7	6.3	8.2	3.4	13.0	0.0	2.6	1.2			4.5
	60度	1.7	6.5	1.7	0.0	2.7	3.8	1.6	14.3	11.1	14.1			5.7
	90度	6.0	4.0	1.0	4.0	6.0	5.0	7.0	2.0	3.0	7.1			4.5
容器C	45度	15.6	21.0	20.3	18.2	22.0	16.2	8.9	10.0	14.6	16.4			16.3
	60度	16.1	12.1	9.9	12.8	11.2	9.7	6.8	14.9	7.9				11.3
	90度	14.3	7.1	10.3	5.1	14.7	4.0	8.0	12.1	9.1	2.0	12.1		9.0



① 縁のない容器A、容器Cでは、傾きの角度が大きくなるほど、こぼれた水の割合は小さくなる。これは、実験Ⅰ、実験Ⅱで出した結論と変わらない。

② 縁のある容器Bでは、縁のない容器ほど、角度に影響されていない。

②の考えを検証するために、「縁のある容器」と「縁のない容器」について、もう少し詳しく調べてみようと思う。

6 実験Ⅳ：容器に縁があるかないかによる、こぼれかたの違い

【資料11】

容器に縁があることが、結果に影響を及ぼすことを確かめるために、縁のある・なし以外の条件（容積、形状、素材等）を同じにする必要がある。そこで、以下のような方法で容器を用意した。

＜容器D 縁あり＞紙コップを使用する。

＜容器D' 縁なし＞紙コップの上部を切り取って使用する。

実際に使用した容器D、容器D'の違いがわかるよう、【資料11】に示した。



(1) 実験の方法

ア 「容器から流した水の質量」は、紙コップの容積から考え、実験Ⅲと同じ150gとする。

イ 12回分のデータをとる。

ウ 3-(3)-②で示した方法で、データの補正を行う。

エ 「容器から流した水の質量に対する、こぼれた水の割合」も求める。

(2) 実験の結果

ア 容器D 縁あり

回数 (回目)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均
こぼれた水の質量 (g)	45度	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2	0	2	0.5
	60度	2	0	1	2	0	1	2	0	1	1	0	0	0.8
	90度	10	1	17	15	16	13	7	18	14	3	1	10	10.4

- こぼれた水の質量は、45度、60度ではかなり少なく、90度で一気に多くなる。
- 90度では、コップにゆがみが生じたことで、水の勢いが大きくなった。

イ 容器D' 縁なし

回数 (回目)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均
こぼれた水の質量 (g)	45度	2	7	9	13	9	12	6	7	9	11	12	10	8.9
	60度	16	14	17	15	9	10	20	22	18	18	19	9	15.6
	90度	18	18	35	29	25	31	26	19	30	31	25	17	25.3

- こぼれた水の質量は、今までの実験の中で、最も多いように感じた。
- 縁の部分を切ったことで、容器の形を保てず、水を流すときにかなり変形していた。

(3) 考察

データの補正、もとめた割合を【資料12】【資料13】に示した。【資料14】は、補正後のデータをまとめたものである。

【資料12】

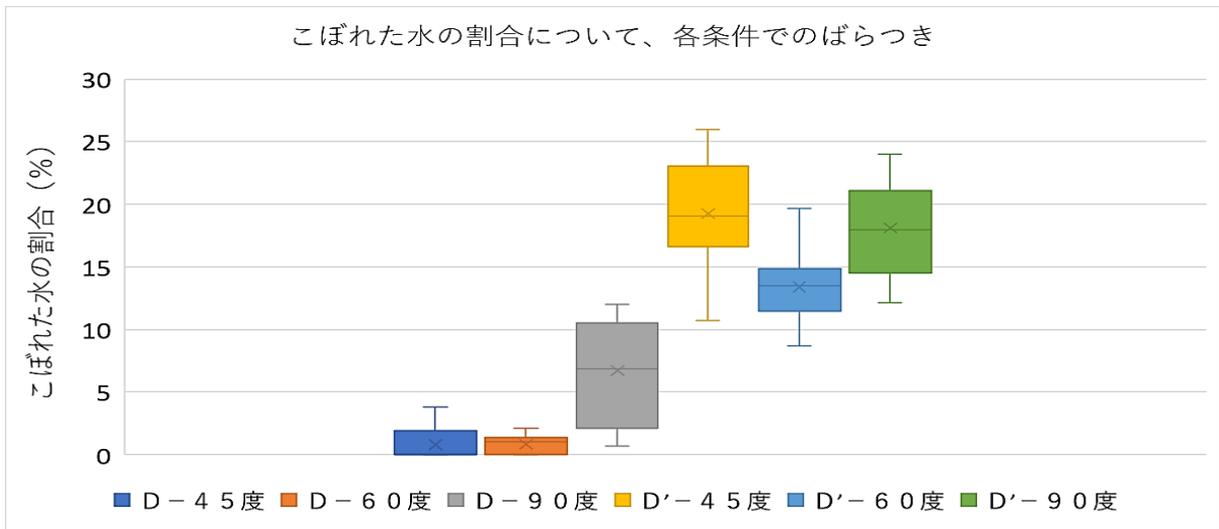
回数 (回目)	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	平均
容器から流した水の質量 (g)	52	54	48	53	51	53	55	50	58	53	52.7
こぼれた水の質量 (g)	0	0	1	0	0	1	0	0	0	2	0.4
こぼれた水の割合 (%)	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	1.9	0.0	0.0	0.0	3.8	0.8

【資料13】

回数（回目）	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	平均
容器から流した水の質量（g）	42	39	50	55	56	38	43	56	52	57	48.8
こぼれた水の質量（g）	7	9	13	9	6	7	9	11	12	10	9.3
こぼれた水の割合（％）	16.7	23.1	26.0	16.4	10.7	18.4	20.9	19.6	23.1	17.5	19.1

【資料14】

資料		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	平均
容器D	45度	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	1.9	0.0	0.0	0.0	3.8			0.8
	60度	0.0	1.1	2.1	0.0	1.0	2.1	0.0	1.0	1.0	0.0			0.8
	90度	6.8	0.7	11.5	10.5	8.8	4.7	12.0	9.3	2.1	0.7	6.8		6.7
容器D'	45度	16.7	23.1	26.0	16.4	10.7	18.4	20.9	19.6	23.1	17.5			19.2
	60度	13.3	12.3	13.7	12.7	9.0	19.6	14.6	14.8	15.1	8.7			13.4
	90度	12.2	12.8	24.0	20.1	18.0	21.1	17.8	14.5	20.1	21.1	17.6		18.1



- データのばらつきは、素材が紙であることが影響していると考えられる。容器A～Cと異なり、水の流れによって大きな力がかかると、容器の形が変形してしまった。そのことによって、水の流れや勢いが安定せず、たくさんこぼれてしまうという結果につながったと思われる。偶然、水の落下地点がコップに収まることもあるので、そのとき、こぼれた水の量が少なくなったのではないかと。
- とはいえ、容器Dと容器D' というまとまりで比べれば、こぼれた水の質量に大きな差が出た。容器Dの方が圧倒的に少ない。とくに、45度、60度の結果から、容器に縁があることで、水がこぼれることをある程度阻止できるといえる。

実験IVからわかったことは、次の2点である。

- ① 水をこぼさないためには、水の落下速度について、速い・遅いだけでなく、速さが安定しているということも大切である。
- ② 容器の縁は、水がこぼれること防ぐのに有効である。

7 まとめと提案

実験I～IVから、容器から別の容器へ水に移し替えるときに、水がこぼれる量を少なくするには、以下の条件が必要だと考えられる。

- ① 落下する水の速さがある程度あること。
- ② 落下する水の速さが安定していること（安定している時間が長いこと）。
- ③ もともと水が入っていた容器の方に、縁がついていること。

【資料16】は、いつも僕が使っている鍋である。上記の3つの条件をふまえて、僕の作った袋ラーメンが、なぜ、こぼれてしまったのかを考えたところ、3つの原因があった。

- ① 使っていた鍋に、縁がない。
- ② 使っていた鍋に、注ぎ口がない。
- ③ 麺をこぼしたくなくて、スープを注ぐ速さがゆっくりであった。

もし、僕が、理想のラーメン鍋を売り出すとしたら、次のような鍋にしたい。

- ① 縁をつける。大きな縁である必要はなく、紙コップの上部にある折り返し程度のもので十分である。それなら、あまり邪魔にならないし、【資料17】が実際に僕の家にもあった。
- ② 注ぎ口をつける。右利きの人と左利きの人、両方が使いやすいように、左右にあるとよい。
- ③ 注ぎ口の上に、小さな穴が開いたふたをつけることで、麺をせきとめ、スープだけが通るようにする。鍋を他の用途として使ったり、洗うときのことを考えたりすると、取り外し式の方がよいかもしいない。「〇〇専用」とすることで、余分な機能をできるだけ減らし、安価に仕上げるのなら、最初からついている方がよい。普段料理をする人と、逆に料理をせず、袋ラーメンを愛用している人の両方の意見を聞き、方向性を決める。

【資料16】



【資料17】



【資料18】



8 感想

実験を始める前、容器の傾け方に問題があるだろうことは予想していたが、実際に実験し、観察したことで、傾きを変えることで流れる水の速さが変わっていて、それこそが大切であるわかったことは、自分なりの大きな発見だった。

それよりもっと意外だったのは、容器の形状に関係があることだった。世の中の売れている商品の形状には意味があるのではないかと考えた。この実験をやってから、ソースの容器の口にも縁があることに気付いた(【資料18】)。きっと、液体が垂れてしまうのを防いでくれているのだろう。僕は野球部に所属していたが、公式野球のボールの縫い目が108個と決まっていることは、有名な話である。この縫い目が、引っ掛かりや空気抵抗を生んで、カーブやスライダーが生まれるのだ。同じフォームで投げたら、きちんと同じボールになるからこそ、練習のし甲斐がある。決められた形には、ちゃんと意味があったのだと実感した。

そこから僕は、「決められたことに意味がある」ということについて、日常でも同じではないかと考えた。全国的な流れにのって、僕の学校でも、今年度から髪型の自由、自分で考え判断することが進められている。そんな中でも、理科の先生は、「実験の時間は、髪の毛が長い子は後ろでしばってほしい」と言い、僕のクラスではみんな守っている。全国的な風潮にのって、「ルールを押し付けられてブラックだ」と言う人はいない。そのルールがあることの意味がわかるからだ。僕が大人になったとき、周りに同調し、すぐに文句を言うのではなく、「定められた形には意味があり、その意味を自分で考えられる」、そんな人間になりたいと考えた。

今年度、理科研究を義務教育の集大成として挑戦してみたが、振り返ってみると、単に自分の一人で実験を行ったというだけでなく、自分の生き方についても考えられた。やってよかったと心から思った。