



実技競技①

科学の甲子園ジュニア 全国大会

実技競技① 「大江戸mathにてとり分けmass!？」

事前学習資料

●注意事項

次の各項目を確認し、安全に競技を行うこと。

(1) 確認事項

- ・筆記用具・腕時計以外は持ち込めない。
必要な器材はすべて各チームの机上に用意されている。
- ・こぼすなどで不足した場合の補充はない。
- ・トイレに行くなど、競技会場を出なければいけないときには、競技進行員に申し出ること。

(2) 競技および安全に関する注意事項

- ・競技中に怪我をした場合には、すぐに手をあげて係員に申し出ること。

(3) 競技に使用する材料や器具

- ・競技を始める前に、次のチェックリストで器材がすべてそろっているか、確認すること。
- ・過不足や不具合があった場合には、すぐに手をあげて係員に申し出ること。

都道府県名		チーム 番号	
-------	--	-----------	--

●チェックリスト

「説明」を始める前に、このチェックリストで材料、道具類がそろっているかを確認すること。
不足または不具合がある場合は、ただちに手を挙げて係員に申し出ること。

<実演競技①の用具>

- パイプ A (アクリル管1本)
- パイプ B (アクリル管1本)
- パイプ C (アクリル管1本)

※パイプも枡も 一番小さいものがAで、順にB, C, 一番大きいものがD

<実演競技②の用具>

- 大江戸枡 A (アクリル容器1個)
- 大江戸枡 B (アクリル容器1個)
- 大江戸枡 C (アクリル容器1個)
- 大江戸枡 D (アクリル容器1個)
- 「黒豆」
- 「黒豆」の格納容器
- 「黒豆」格納容器のふた
- すり切り用丸棒
(赤いテープでマークしたもの 1本)
- 用具すべてを格納するプラスチックケース
(取り分け作業用ケース)

<実演競技②の準備で使用する用具>

- PET 板 透明色 (A4判 0.5mm 2枚)
- スチレンボード白 (B4判 1mm 1枚)
- スチレンボード白 (A4判 3mm 1枚)
- セロハンテープ 両面テープ ガムテープ
- はさみ (1)
- カッターナイフ 定規
- カッターマット (カッターで切断するときの下敷き)
- 電卓
- キッチンメーター
- ビニールパック (実演前に余分な黒豆を収納するためのもの)

1. 競技の概要と配点

古来からある和算の「油分け算」を豆に見立てた直径6mmのプラスチック粒（以後「黒豆」と呼ぶ）を使って実際に行う。

この競技は、油分け算の解を見出すための数学的思考力に加えて、実験・観察を通して粉粒体（粒状の物質の集合体）の特性を見出すことで、与えられた枡を使って「黒豆」を計量する技能を競い、チーム全体で協力して課題を解決するものである。

(1) 競技説明

まず問題を2つ用意した。1問目は3つの枡を使う一般的な油分け算。こちらは、事前学習の確認として、解答用紙のみを提出する。実技が伴うのは2問目で、4つの枡を使う発展的問題。等分することのできる答えは複数あるが、操作数の多い答えは比較的容易に見つかるもの。よく考えると操作数の少ない答えが次々見つかるよう設計されている。できるだけ少ない操作手順を考え、解答用紙に記入して提出する。時間帯を区切って、早く提出した方が有利となる。

与えられた準備時間は55分。この間に、油分け算の解答を考える課題の一方で、大江戸枡と「黒豆」を使って取り分ける実演実技の準備を進める。ここで、しっかり準備を進めることが重要となる。

最後は、全チーム一斉に実演に入る。実演は2通り。1つはタイルを使ったもの。もう一つは「黒豆」を使ったもの。提出した手順をもとに、2つの方法で実演しながら、タイルと「黒豆」の等分を目指す。最後に「黒豆」が等分されているか質量を測定する。

(2) 配点

	配点	内訳
事前学習	15	レポート内容1・2・3（各5点）
問1	50	解答の状況によって途中点も認める。
問2	235	1位は235点。以下1位ずつ5点減とする。

(3) 競技の流れ

①. 競技の説明と問題の提示 <15分>

②. 実演の準備 <55分>

- (1) 油分け算の算法による解答を考え、解答用紙に記入し提出する
- (2) 枡に入れる「黒豆」の充てん方法の工夫
- (3) 枡のサイズを「黒豆」用に整える

③. 実演 <20分>

- (1) 実演①・・・タイルとパイプ
- (2) 実演②・・・大江戸枡と「黒豆」
- (3) 等分した「黒豆」の質量（誤差）の測定

2. 「黒豆」取り分けのルール

- ①. 枡と枡の間で「黒豆」を移動させることで、量をはかるものとする。
このため、移動先の容器が満杯になるか、移動元の容器が空になるか、必ずどちらかが成り立つようにすること。
- ②. ある枡から他の枡にある量を移すのをひとつの操作とし、これを「操作数」と数える。
- ③. 枡を傾けて $\frac{1}{2}$ や $\frac{1}{3}$ にするなど図形的性質を使ったはかり方はしないものとする。
- ④. 実演のときは、4つの枡のサイズだけを頼りに「黒豆」を取り分ける。このときは、キッチンメーターは一切使えない。

2. 求められる力

(1) 数学的思考

早く、正確に答えを求める。このためには数学的思考に基づく合理的なアプローチが重要だ。さらに、準備の時間では、本当にその答えが正しいものか確かめる力が問われる。実演で、最後にタイルを等分にするためには、途中計算にミスがないことを繰り返し確認する必要がある。また、最短の手数の解法も複数あり、それを見出すことに挑戦してほしい。

(2) 数学的思考の表現方法（解答用紙の記入と実演①）について

<例題>

体積比が12:8:4の枡ABCがある。はじめはAに12の黒豆がある。これをBとCを用いて、三等分に分けるものとする。

①. 解答用紙の記入

例題の解答用紙

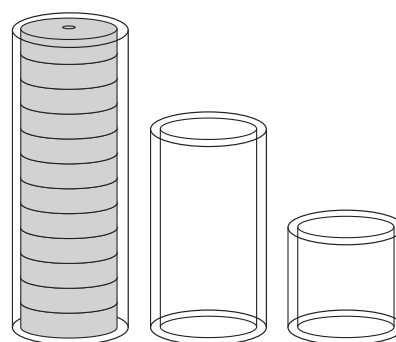
	各枡の大きさ		
操作数	12	8	4
0	⑫	0	0
1			
2			

<表記のルール>

- ・各枡の容量を数で示す。
- ・枡が全量となった場合は○で囲む。
- ・内容物の移動は矢印で結ぶ。

できるだけ少ない操作手順を考え、解答用紙に記入する。

例



い ろ は

② タイルを使った実演

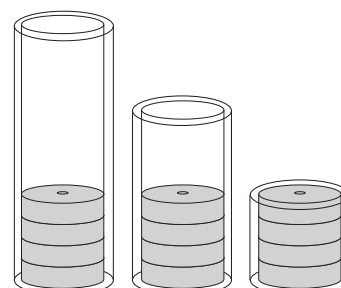
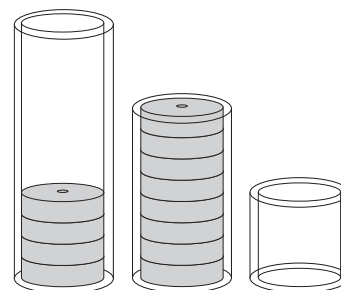
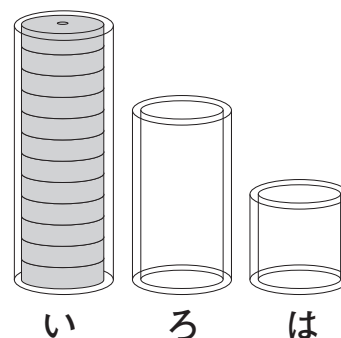
- ・①で考えた操作を右上の図にあるようなタイルとパイプを使って実演する。
- ・タイルは、パイプの上・下どちらから取り出してもよい。
- ・1回の操作では、移動先の容器が満杯になるか、移動元の容器が空になるか、必ずどちらかが成り立つようにすること。

例題の解答例

	各枡の容量		
手数	12	8	4
0	⑫	0	0
1	4	⑧	0
2	4	4	④

<表記のルール>

- ・各枡の容量を数で示す。
- ・枡が全量となった場合は○で囲む。
- ・内容物の移動は矢印で結ぶ。



(3) 科学的な問題解決 —計量(正しくはかり取る)のための科学—

事前学習で課題としたが、油分け算の操作を実際に行うと、水を使って等分にするのは案外難しい。液面の表面張力や容器の内壁に残る水滴の影響で、容積の正しい枡を使っても、誤差が生じてしまうからだ。この問題を解決するためには、観察・実験・分析・理解・対応という科学的なアプローチが不可欠だ。

今回の競技では、新しい課題として液体ではなく粒状の素材で行う。事前学習の経験をもとに、より正確な計量ができることを目指して、科学的な問題解決に挑戦してほしい

3. 実演②のための事前学習

(1) 粉粒体（粒状の物質の集合体）の独特な性質 –その1–

①. 変形性と固着

粒状の物体は固体の物質だが、集合体として見ると全体が自在に変形するなど液体に似た性質を持つ。ところが、力を加えているのに、粒と粒が固着して動かなくなることがあり「ブリッジ現象」と呼ばれている。眼鏡橋などの石組みの橋はこの性質を利用しているが、容器内部にアーチ状の空隙ができると、上から力をかけても容易には崩れない。例えば、校庭で使うラインカーで石灰がたくさん入っていても出てこなくなるとき、多く場合はこの「ブリッジ」ができています。

②. 密度の不安定さ

例えば、1.0 L の枡に入った粒を同じ容積の別の枡に移し替えると、粒が余って枡からこぼれたり、逆に枡の上部にすき間ができてしまったりすることがある。これは、粉粒体の特性である密度の不安定さが原因だ。

密度の不安定さの原因は前述の「ブリッジ現象」だ。容器内部にアーチ状の空隙ができると、上から力をかけても容易には崩れない。密度の不安定さは、この空隙のできる量が不規則になるからと考えられる。

③. 最も誤差が少ないのは「最密充填」

密度の不安定さは、容器内の空隙のできる量が不規則になるからだ。もし、不安定の原因を取り除きたいなら粒を隙間なく埋め尽くすしかない。この状態を「最密充填」と呼ぶ。

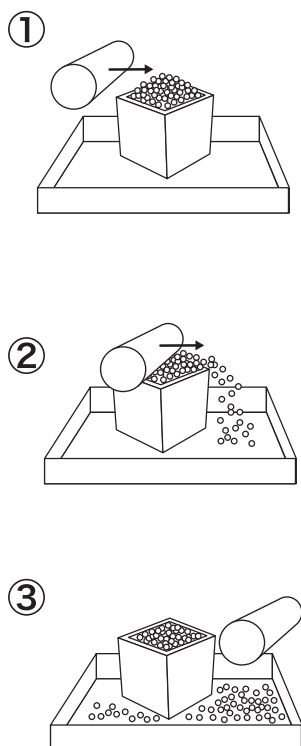
手作業で最密充填を試みるならば、「黒豆」を枡に入れるときには、空隙ができないようにていねいに少しずつ入れる。さらに、枡を小刻みに振動させることで、下からきれいに「黒豆」を並べていく。実際に、0.7 L の枡で最密充填を試みると、およそ 30 分の時間を要する。

(2) 対応策の学習 -その1- 枡に「黒豆」の充てんする量を一定にする工夫

余分な「黒豆」を除く方法によって、誤差の生じ方に差がある。ここでは、比較的誤差の少ない方法の例を2つ示す。まずは、実際にそれぞれの方法の結果を計量して確かめること。その上で、各チーム毎に充填量が安定するように工夫するとよい。

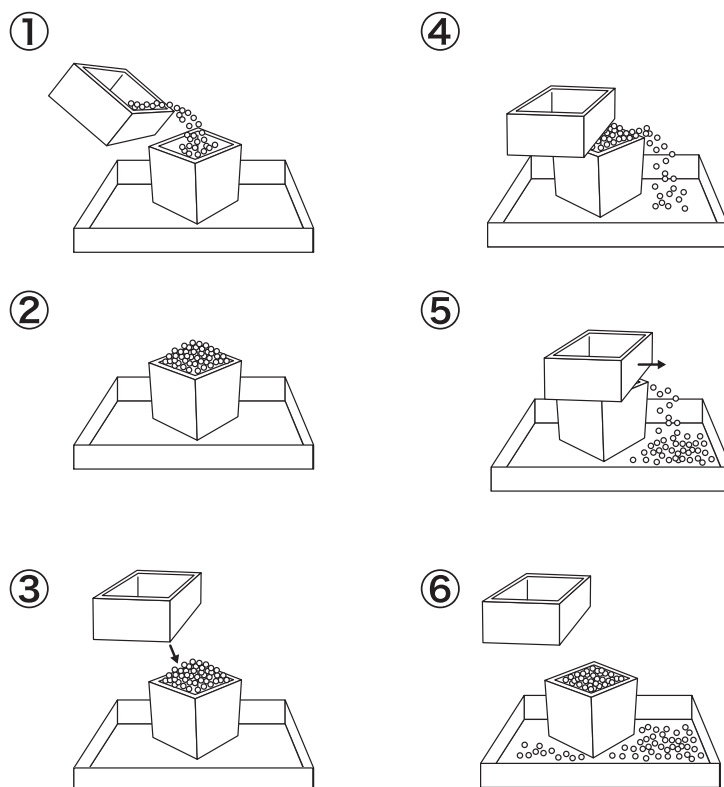
〔考えてみよう〕 どちらのすり切り方が誤差が少ないだろうか？

<その1：丸棒すり切り>



- ①. 容器に黒豆を流し入れる。
- ②. 丸棒ですり切る。
- ③. 充てん完了。

<その2：圧力をかけてすり切る>



- ①. 一方の容器に黒豆を流し入れる。
- ②. 黒豆は山盛りにする。
- ③. その容器の口の対角線をねらって半分は隙間を開け、もう一方の容器の底を使って上から押すようにふたをする。
- ④. 口の隙間から黒豆があふれ出る。
- ⑤. ふたにした容器の底が、黒豆を入れた容器の口に接したら、接したままずらして容器の隙間を完全にふぐ。
- ⑥. 充てん完了。

(3) キッチンメーターの使い方

1) 各部の名称

【ON/OFF】キーをのみ
他のキーは押さないこと。

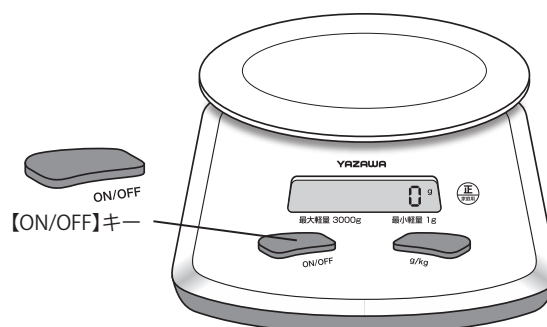


※電源は、何もしないと約 90 秒後に
自動で OFF になる。

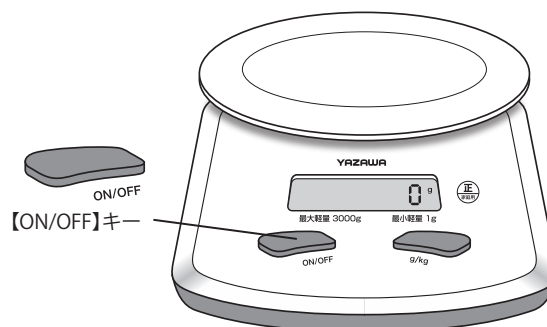
途中で電源が OFF になった場合は、
測定の手順を始めからやり直す。

2) 測定方法

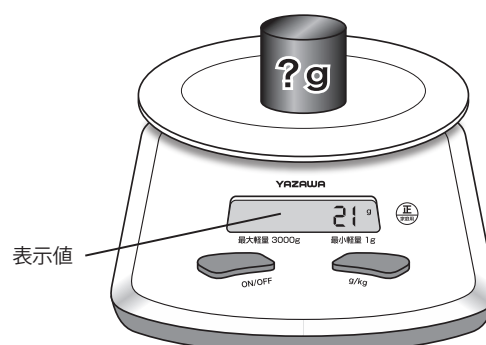
① 【ON/OFF】キーを押して、電源を入れる。



② 表示が安定したら 【ON/OFF】キーを押し
て、表示をゼロにする。

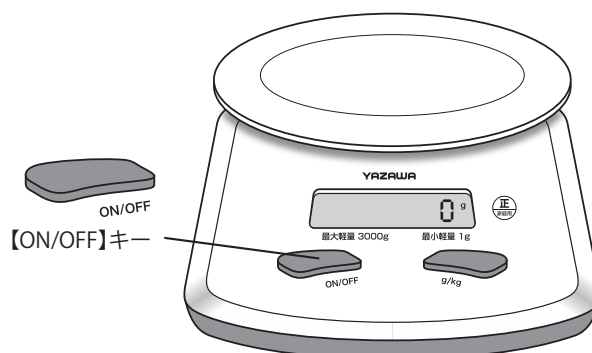


③ 皿の上に計測したいものをのせる。
表示が安定したら、表示値を読み取る。



3) 「黒豆」の重さのみを測定する方法

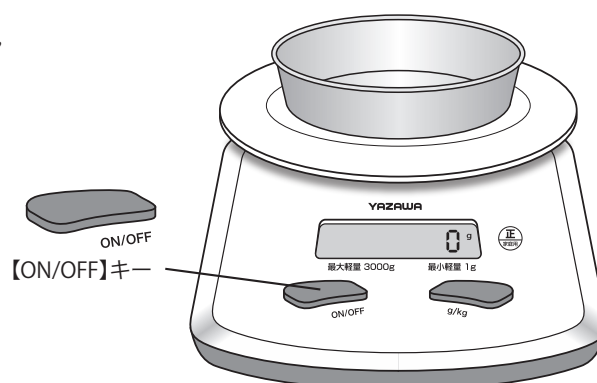
①【ON/OFF】キーを押して、電源を入れる。



②容器を皿の上ののせる。



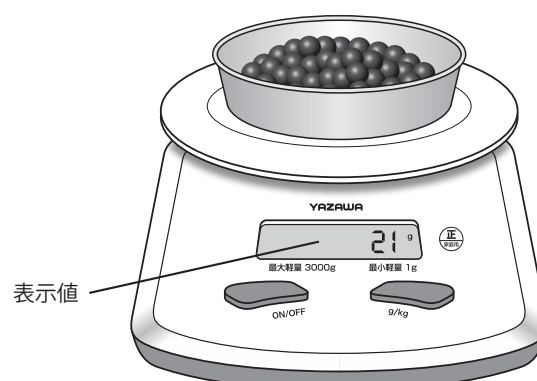
③表示が安定したら【ON/OFF】キーを押して、表示をゼロにする。



④容器に、計測したいものをのせる。
表示が安定したら、表示値を読み取る。

※注意

約 90 秒後にオートパワーオフ機能により、電源が切れます。



<実習（5分間）>

一番小さい枴（アクリル容器）に「黒豆」を充てんして、質量をはかってみる。

◎操作時間の目安は1回の操作で遅くとも1分。6回で5分以内が目標。

<その1：丸棒切り>

回数	質量 (g)
1	
2	
3	
平均値	
誤差	

<その2：圧切り>

回数	質量 (g)
1	
2	
3	
平均値	
誤差	

※「誤差」は、測定した最大値と最小値の差。

誤差が少ないのは _____

(4) 粉粒体 (粒状の物質の集合体) の独特な性質 –その2–**①. 容積と密度の関連性**

1：9の容積比の枡がある。1の枡に黒豆を入れてすり切ったものを9の枡に9回入れても、9の枡は満たされないで上に隙間ができる。逆に1.0 Lの枡に入った黒豆を0.3 L・0.7 Lに移し分けたときに、 $10 = 3 + 7$ と単純にはいかないで、粒が余ってしまう。

これは、容器の容積が大きいと、粒の密度が変化して、より多くの粒が充填される性質があるからである。つまり、枡の体積をそのままに、油分けの実技を行うと、理論通りに等分することはできない理由はここにある。

(5) 対応策の学習 –その2– 各枡に充てんする「黒豆」の量の比を整える**①. 4つの枡に入る「黒豆」の量を確認する【ワークシート1】**

容積の大小で充てんされる粒の密度は変わる。まず、そのことを実際に確かめてみる。そして、容積と密度(充填できる量)の関係についての規則性を見出せば、枡の容積比に対する「黒豆」の量を調整できる。

②. 4つの枡に入る「黒豆」の量の調整する【ワークシート2】

調整するには、配られた材料から適切なものを選んで使うとよい。

- PET板 透明色 (0.5mm 各2枚)
- スチレンボード白 (3mm 1枚)
- セロハンテープ 両面テープ ガムテープ
- はさみ(1)
- カッターナイフ 定規
- カッターマット(カッターで切断するときの下敷き)
- キッチンメーター

(6) 競技準備の流れと目安の時間

- ①. (20分) 各枡の平均値を求める。
- ②. (5分) 目標値(調整した結果、各枡で量りたい「黒豆」の質量)を考える。
- ③. (20分) 各枡に入る「黒豆」の量が目標値になるように、枡の調整を行う。
- ④. (10分) 調整後の結果をもとに、さらに枡の精度が高まるように微調整する。