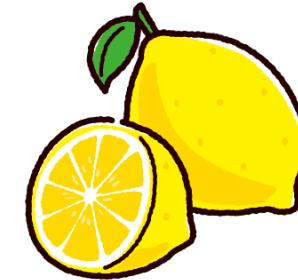


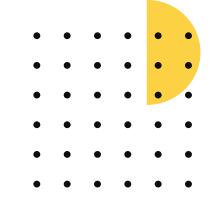
ビタミンCの滴定実験を用いた

PBLによるデータの生成



名古屋大学教育学部附属中・高等学校

数学科 都丸希和
体育科 佐藤健太



01

歴史



昭和27年	設立
昭和38年	名古屋大学構内へ移転
平成9年	研究開発学校（文科省指定）
平成18年	SSH（スーパー・サイエンス・ハイスクール）第I期
平成22年	ユネスコスクール認定
平成23年	SSH・第II期 指定
平成27年	SGH（スーパー・グローバル・ハイスクール）指定
平成28年	SSH・第III期 指定 ← 数理探究
平成30年	SSH重点校 指定
令和3年	WWL（ワールドワイド・ラーニング）指定 ← データ サイエンス
令和6年	SSH・第IV期 SSH重点校 指定



01

STEAM+の目指すところ



萌えから推し、そしてリアルへ

"From Moe to Oshi, and Then to Reality"



興味があることを突き詰めて探究し、社会への繋がりを考える



課題研究 STEAM⁺

2-3年生合同

目的 インターディシプリンアリーに課題を捉え、社会へのつながりを考えて解決へ導く力を養う

方法 16講座少人数ゼミ

- 個人テーマで探究（共同・グループ可）
- 報告会

多領域合同報告会

様々な異分野に
助言や質問



1年生

データサイエンス

量的分析



1年生

アカデミックライティング

質的分析

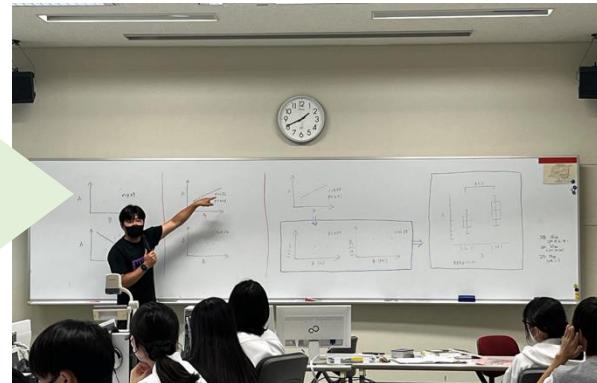
全ての生徒が客観的に定量評価する視点を持つことを目指す

02

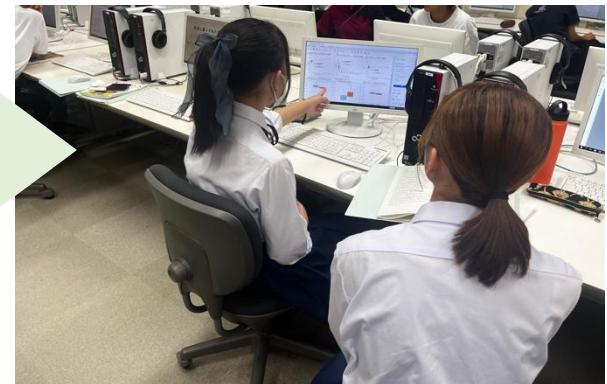
DSの授業構成

年間3つのフェーズで構成

I. 方法と結果の解釈 演習



II. 方法の選択 ポスター・レポート



III. データの取得と整理 PBL



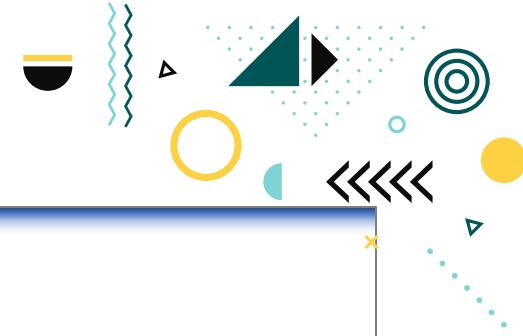


回		内 容
1	理論	基礎 データの種類・構造
2		基礎 統計図表・代表値
3		基礎 散布度
4		演習 相関関係
5		基礎 回帰分析・時系列分析
6		基礎 仮設検定
7		演習 t 検定
8		基礎 クロス集計表・適合度検定
9		応用 データ収集・正規分布
10	実践	応用 統計ポスター作成
夏		応用 統計ポスター作成・提出
11		基礎 レポート作成時の注意
12		基礎 分析・レポート作成
13		応用 分析・レポート作成 2 回目
14		応用 分析・レポート完成・まとめ

情報の授業で
エクセルの基礎演習

情報・数学と
重複する部分

数学I・Bの授業で
問題演習

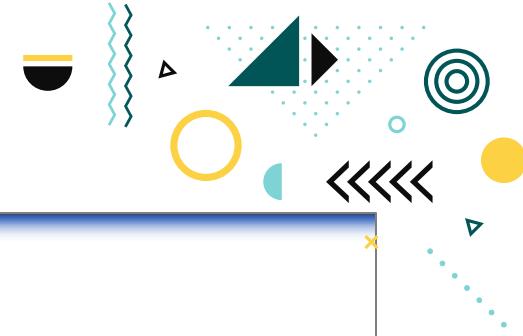


データセット

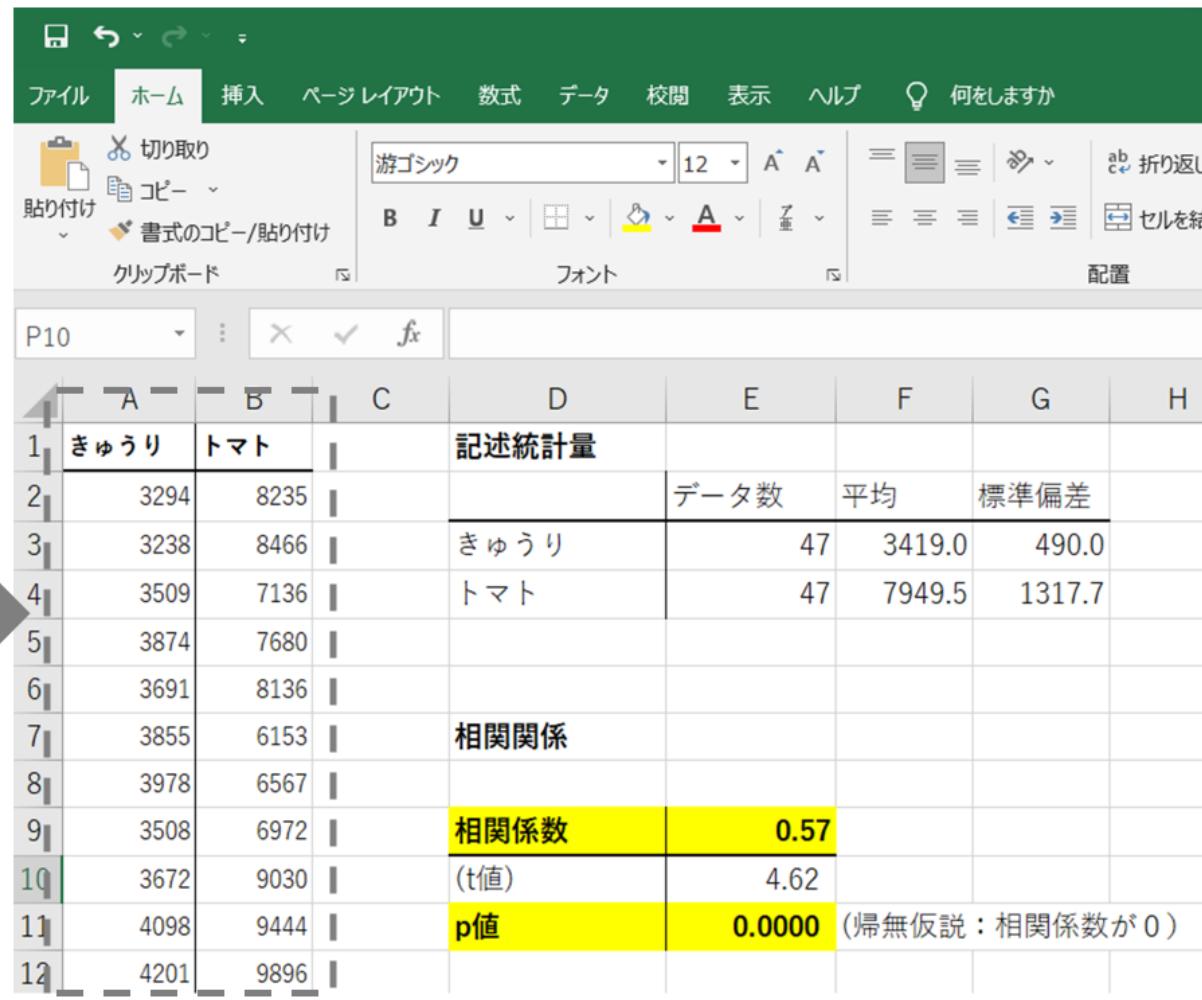
13~14_食料品データ (DS)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	通番	区域 (NTT)	地域	都道府県	市	世帯人員	年平均気温	食料 (合計)	01 穀類	米	食パン	他のパ
2	1 東日本	北海道	北海道	札幌市	2.91	9.50	939747	82676	31228	9075	18	
3	2 東日本	東北	青森県	青森市	2.93	11.00	897288	73381	23652	8492	16	
4	3 東日本	東北	岩手県	盛岡市	3.11	11.00	950535	80606	25033	8472	20	
5	4 東日本	東北	宮城県	仙台市	3.03	13.60	968029	73349	20338	8630	19	
6	5 東日本	東北	秋田県	秋田市	2.78	12.30	910130	67703	19704	6918	17	
7	6 東日本	東北	山形県	山形市	3.14	12.60	983054	79164	26068	7478	18	
8	7 東日本	東北	福島県	福島市	2.96	14.20	937721	73338	23738	7482	17	
9	8 東日本	関東	茨城県	水戸市	2.88	15.30	924724	69248	19099	8878	18	
10	9 東日本	関東	栃木県	宇都宮市	2.91	15.20	964692	76447	21578	10035	19	
11	10 東日本	関東	群馬県	前橋市	2.84	16.10	934278	80830	26212	8157	22	
12	11 東日本	関東	埼玉県	さいたま市	3.02	16.40	1055306	83194	24077	9800	23	
13	12 東日本	関東	千葉県	千葉市	3.01	17.20	1032661	81387	22785	10799	23	
14	13 東日本	関東	東京都	東京都区部	2.95	16.80	1136325	83171	22668	11473	24	
15	14 東日本	関東	神奈川県	横浜市	2.84	17.10	1049903	83949	24387	11043	23	

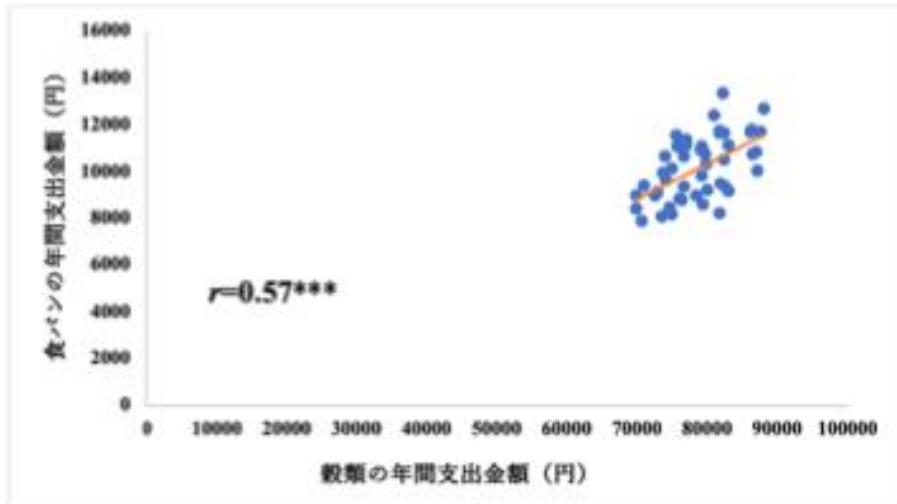
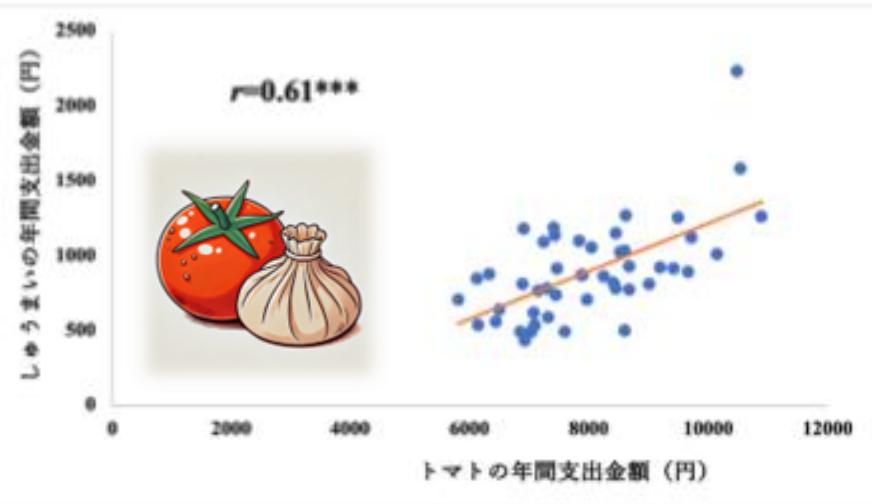
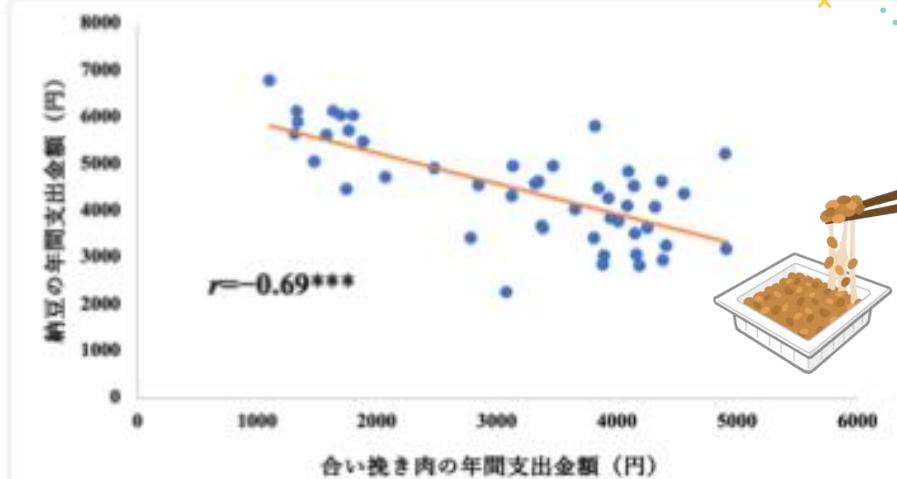
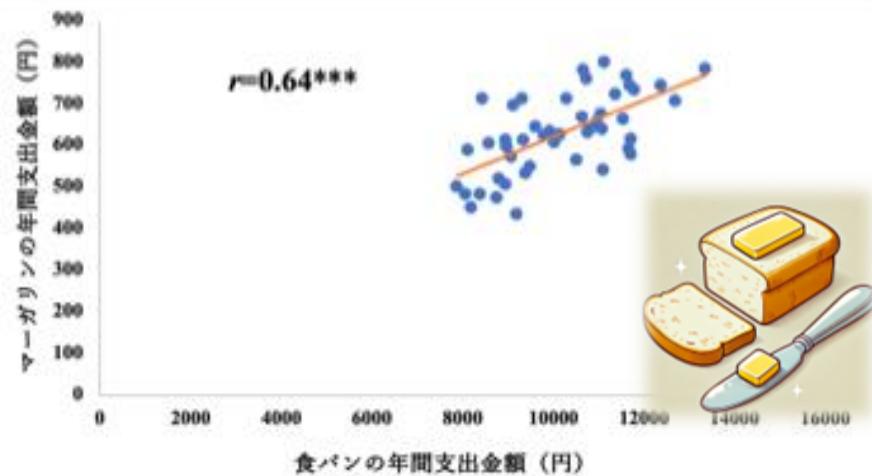
都道府県庁所在地別・2人以上の世帯の1世帯あたり・品目別の年間支出金額
(教育用標準データセットSSDSE)



エクセルで相関分析をする（方法）



	A	B	C	D	E	F	G	H
1	きゅうり	トマト		記述統計量				
2	3294	8235			データ数	平均	標準偏差	
3	3238	8466		きゅうり	47	3419.0	490.0	
4	3509	7136		トマト	47	7949.5	1317.7	
5	3874	7680						
6	3691	8136						
7	3855	6153		相関関係				
8	3978	6567						
9	3508	6972		相関係数	0.57			
10	3672	9030		(t値)	4.62			
11	4098	9444		p値	0.0000	(帰無仮説：相関係数が0)		
12	4201	9896						

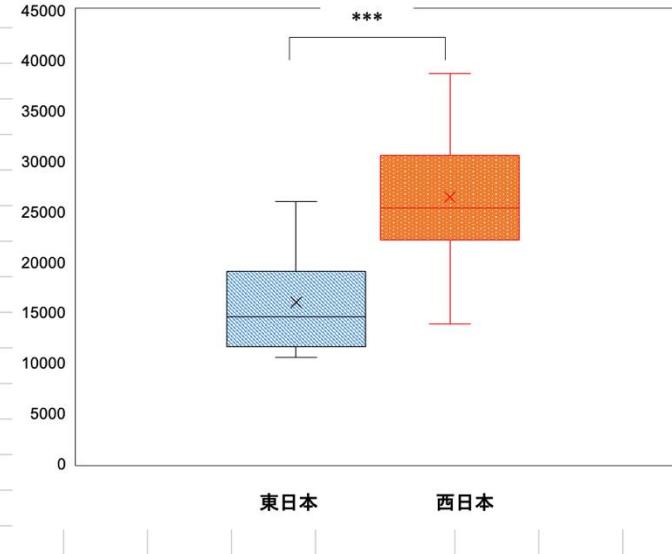


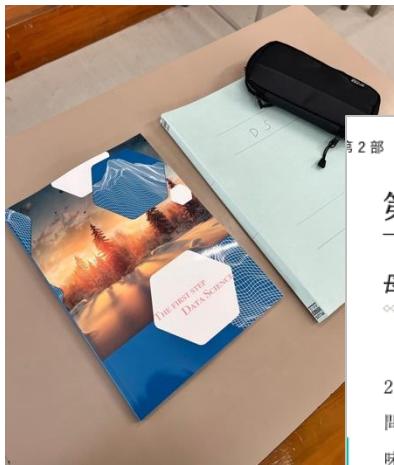
03

フェーズⅠ:t検定演習



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	区域 (NTT) ▼	牛肉 ▼		東日本	西日本		記述統計量①										
2	東日本	12447		12447	19238			データ数	平均	標準偏差							
3	東日本	14650		14650	21975		区域 (NTT)	0	#DIV/0!	#DIV/0!							
4	東日本	11041		11041	26266		牛肉	47	22886.17	7735.98							
5	東日本	15593		15593	15894												
6	東日本	14514		14514	23808		記述統計量②										
7	東日本	24762		24762	18113			データ数	平均	標準偏差							
8	東日本	10752		10752	22223		東日本	16	15997.63	5123.77							
9	東日本	13315		13315	32052		西日本	31	26441.55	6345.60							
10	東日本	17362		17362	38742												
11	東日本	11420		11420	38374		分散が等しくないと仮定した2標本による検定										
12	東日本	19028		19028	34788												
13	東日本	19157		19157	28015		p値	0.0000	(帰無仮説:D列とE列の平均は等しい)								
14	東日本	25998		25998	38011												
15	東日本	23322		23322	34720		*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001		(円)								
16	東日本	10542		10542	24355												
17	東日本	12059		12059	19709												
18	西日本	19238			21632												
19	西日本	21975			30795												
20	西日本	26266			28825												
21	西日本	15894			30276												
22	西日本	23808			23978												
23	西日本	18113			26136												
24	西日本	22223			24695												
25	西日本	32052			26622												
26	西日本	38742			30621												
27	西日本	38374			23569												
28	西日本	34788			25355												
29	西日本	28015			29471												
30	西日本	38011			23218												
31	西日本	34720			24379												





第2部 仮説検定の考え方

第2部 仮説検定の考え方

母集団の推測

チョコレートメーカーが新商品について、アンケートを取りました。

20人に旧商品と新商品の2種類を食べてもらい、どちらが美味しいかを質問しました。このとき15名が新チョコを美味しいといった場合、新チョコは美味しくなったと判断して良いでしょうか。

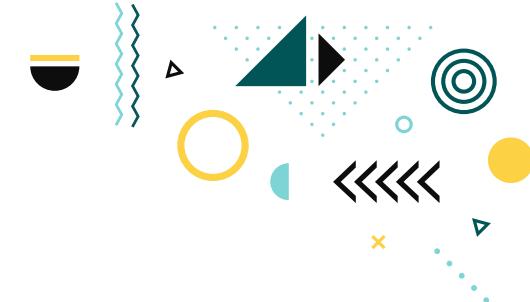


母集団（消費者全体）でも同じような結果が得られる？

まず、帰無仮説を考えましょう。ここでの対立仮説（言いたい事）は、「新チョコが美味しい」とです。ということは、帰無仮説は「新チョコと旧チョコで味は変わらない」です。具体的には、美味しさが同じということで「消費者全体の意見は半々に分かれる」という仮説になります。

帰無仮説

新旧のチョコで味が変わらない場合
消費者全体の意見は半々になる



4. 仮説検定

半々ということで、コイン投げに置き換えて考えてみます。コイン投げを20回やり、表が何回出たかを記録します。これを1セットとして、100セット試行します。その結果、以下のようにになりました。

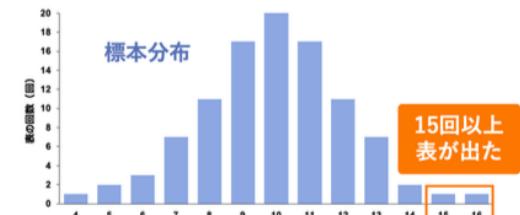
コイン投げでシミュレーションした結果

表の回数	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	計
度数	1	2	3	7	11	17	20	17	11	7	2	1	1	100

標本分布

各標本の結果（いまの場合、コイン投げでシミュレーションした結果）をグラフで表したものを作成して、標本分布といいます。

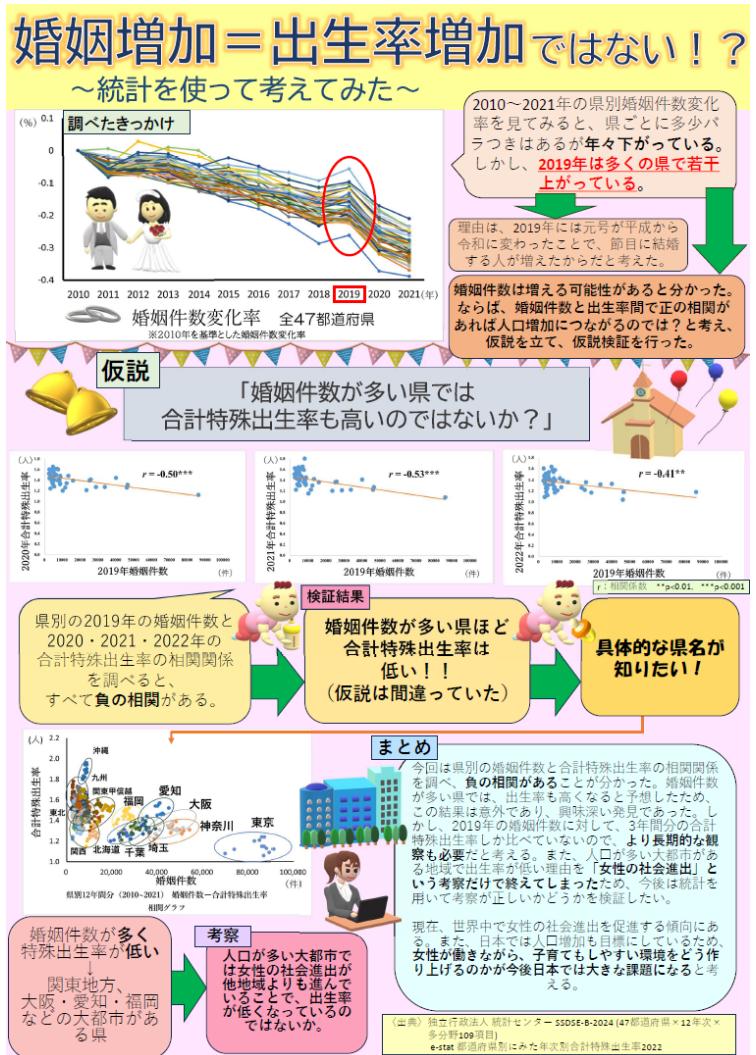
15人以上が「新チョコ」を選ぶ確率は、100セットの中で15回以上表が出たセット数の確率と等しくなります。今回、表が15回以上であったのは、100セットのうち2セットでした。



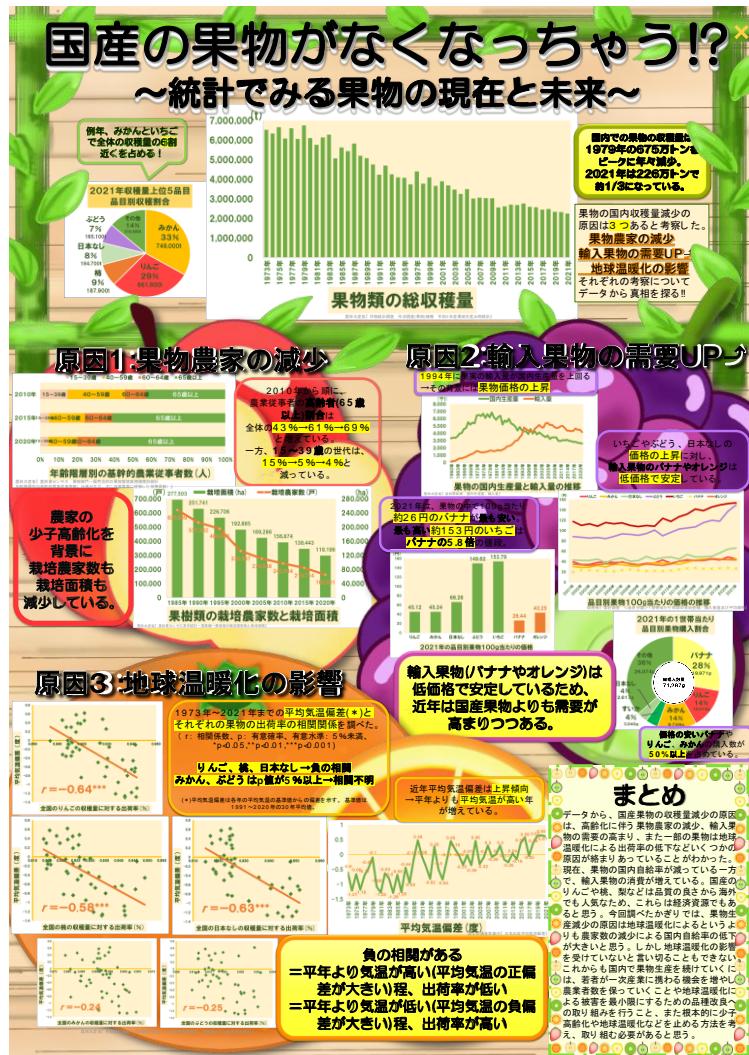
表の回数	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	計
度数	1	2	3	7	11	17	20	17	11	7	2	1	1	100

表が出た回数は100セット中2セットで確率0.02

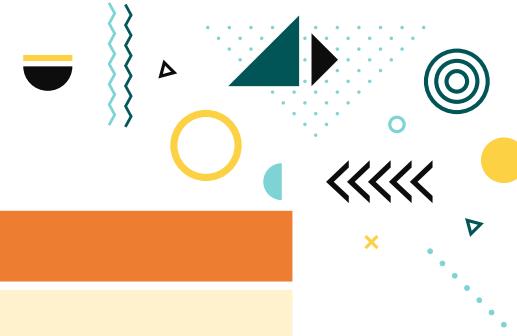
フェーズII：統計グラフコンクールへの参加



2024年度 高校生以上の部
愛知県金賞作品



2023年度 PC統計グラフの部
愛知県金賞・全国特選作品



回	内 容
1	後期オリエンテーション
2	準備 滴定原理・器具の説明
3	濃度既知のビタミンCの定量滴定
4	プレ実験（オレジュース対グレープフルーツジュース）
5	分析・グループ自由テーマ検討
6	PBL研究テーマ発表会・実験計画
7	PBL実験（ビタミンCの滴定）①
8	PBL実験（ビタミンCの滴定）②
9	実践 PBL実験レポート作成
10	PBL実験レポート作成・再実験計画
夏	PBL再実験（ビタミンCの滴定）
11	PBL実験レポート提出
12	PBL実験レポート発表会
13	相関・重回帰分析
14	まとめ・アンケート

実験環境の整備

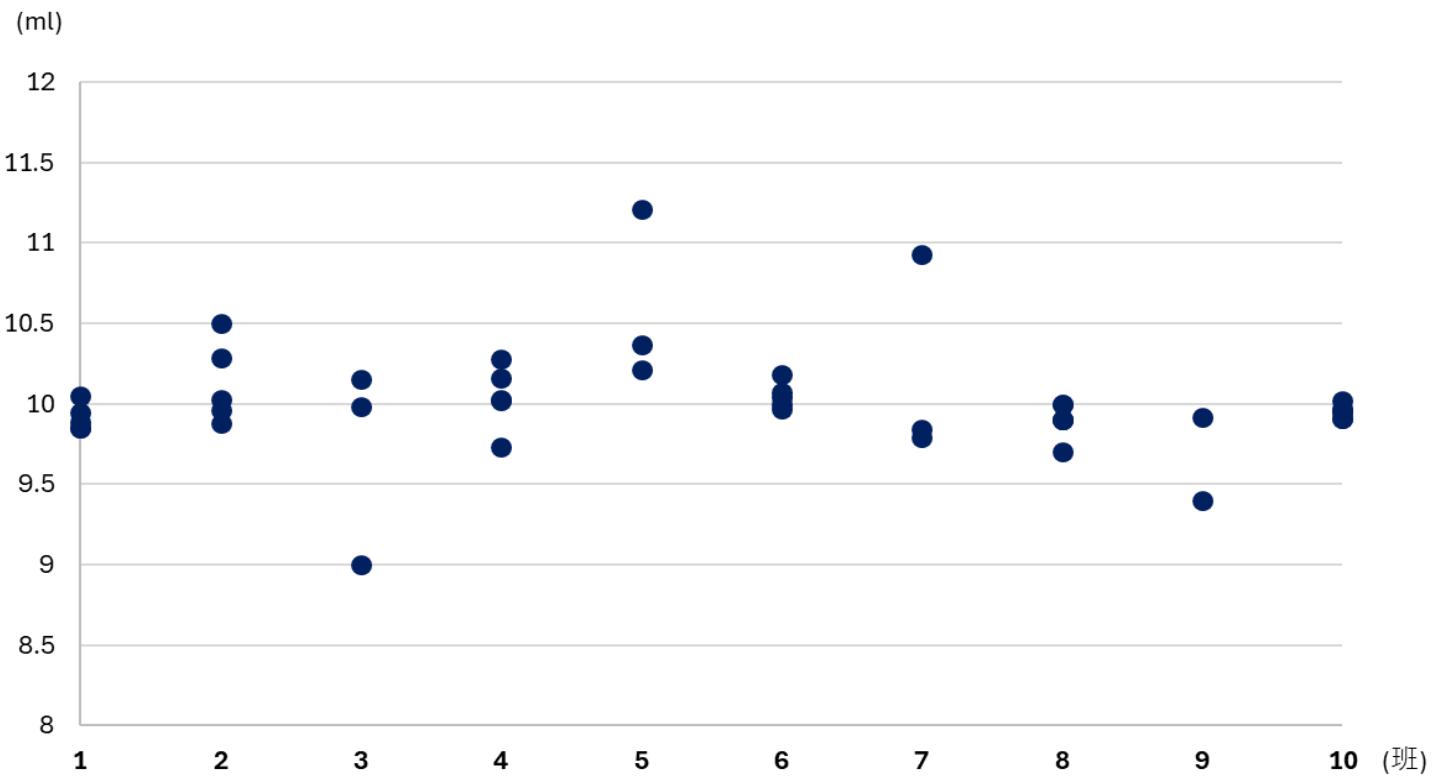
実験による
データを生成する経験

04

フェーズIII：導入問題としての予備実験



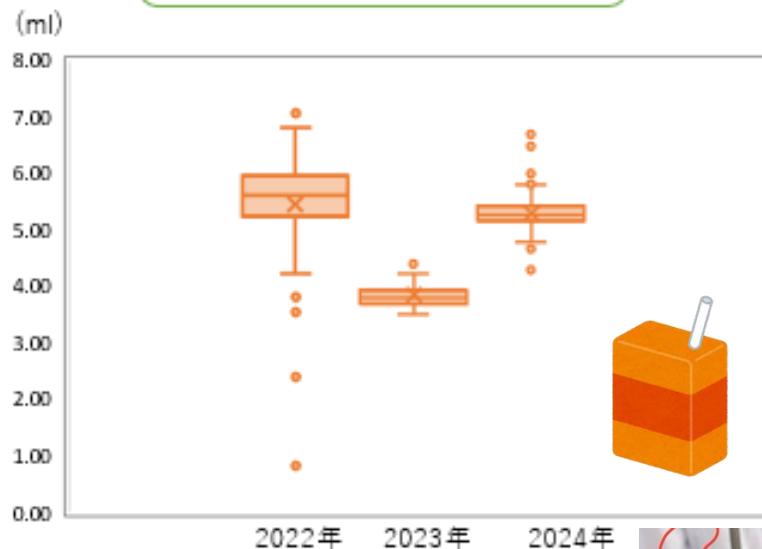
濃度既知のビタミンCの滴定（10mlで設定）の班によるばらつき



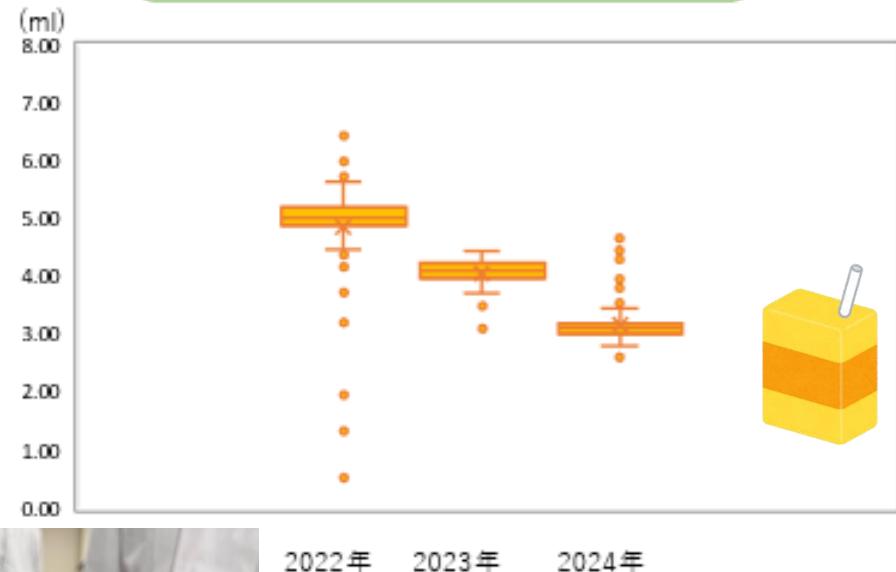


オレンジジュースとグレープフルーツジュースはビタミンCの含有量に違いがある？

オレンジジュース



グレープフルーツジュース



2022年 2023年 2024年



実験・分析に入るまでのイメージ

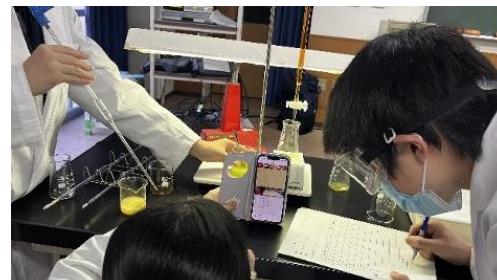
- ① ビタミンC含量を調べる資料を選ぶ
- ② ①を選んだ理由
- ③ 仮説を立てる
- ④ 具体的な予想をする
- ⑤ ④のように予想した理由

実現可能性を意識

- ⑥ データの収集と分析の方法
- ⑦ 試料収集の際に気を付けること
- ⑧ 実験やデータ収集の際に気を付けること



- 1班 🍊🍓🍇 100% 果汁ゼリーの味によって、ビタミンCの含有量は異なるのか？（同一メーカー、袋）
- 2班 💰 値段とビタミンCの量は比例するのか 試料：オロナミンCとオロナミンCゴールド
- 3班 🍅 小さいトマトの方が大きい🍅よりビタミンCを多く含んでいる（熊本県産、愛知県産（2回目～））
- 4班 🥝 ビタミンC含量はゆでることや電子レンジであたためることで変化するのか（キウイ、福岡県産）
- 5班 🍋 ゆでることでレモンのビタミンC含有量は変化するのか（チリ産とアメリカ産（3回目以降））
- 6班 🍋 キウифルーツにおいて、緑色の部分は白色の部分に比べてビタミンCの含有量が多い（NZ産）
- 7班 🍊 同じ日本産蜜柑でも品種が違えばビタミンCの量が変わるのか（静岡県産、熊本県産）
- 8班 🍅 トマトの色によってビタミンCの含まれている量が違うのか（愛知県産）
- 9班 🍅 柿の種類によってビタミンCの含有量は異なるのか（スーパー、Mさんの家）
- 10班 🥬 ゆでた後のホウレンソウは、ゆでる前に比べて、ビタミンCが減少している（岐阜県産）





テーマ設定と最終報告での発表会（協同的探究学習）

④ 具体的な予想

キウイの白い部分より、緑の部分の方がビタミンCの含有量が多い。

⑤ ④のように予想した理由

感覚的に、緑の部分の方が酸味を感じから。

⑥ データ収集と分析の方法（前期の学習成果が表れるように書いてください）

どれだけのデータをとり、どのような統計手法を使うと、仮説を検証できると思いますか。
緑の部分と白い部分を3回ずつ測定して、その値を利用して検定を行う。

⑦ 試料収集の際に気を付けるべきこと

上手にキウイの白い部分と、緑の部分を分ければよいんじゃないといけない。

⑧ 実験やデータ収集の際に気を付けるべきこと

時間がたてばほどので、熱してしまったときに成分が変わってしまうため、1日で完結できるようにしなければならない。

④ 具体的な予想

キウイの白い部分より、緑の部分の方がビタミンCの含有量が多い。

⑤ ④のように予想した理由

感覚的に、緑の部分の方が酸味を感じから。

⑥ データ収集と分析の方法（前期の学習成果が表れるように書いてください）

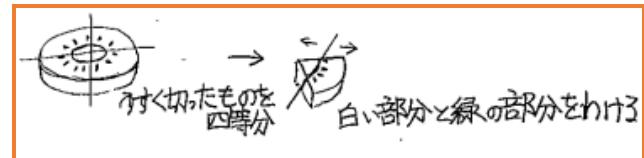
どれだけのデータをとり、どのような統計手法を使うと、仮説を検証できると思いますか。
緑の部分と白い部分を3回ずつ測定して、その値を利用して検定を行う。

⑦ 試料収集の際に気を付けるべきこと

上手にキウイの白い部分と、緑の部分を分ければよいんじゃないといけない。

同じ産地のものを使う!!

白い部分を取り出しちゃくするため、ハサウエーナイフを使う。



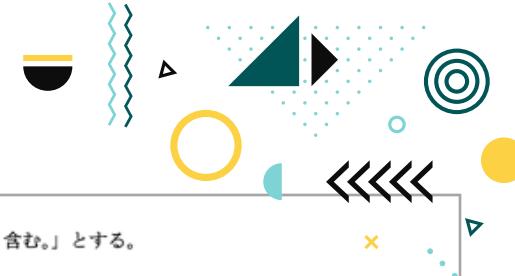
⑧ 実験やデータ収集の際に気を付けるべきこと

時間がたてばほどので、熱してしまったときに成分が変わってしまうため、1日で完結できるようにしなければならない。

对照実験になるように、それそれから取り出す液体の量などを決める。

- ・産地を同じにすることを加筆
- ・試料の作成方法の精緻化
- ・対照実験になるように、条件を揃えることに言及

フェーズIII：レポートの作成



高校1年生 データサイエンス ビタミンC測定レポート

2024.1

1年（B）組（）番 名前（）
(8)班 班員の名前（）

1. 研究テーマ・試料・仮説

ブロッコリーとカリフラワーでは含まれるビタミンCの量に違いがある。
また、ブロッコリーのほうがカリフラワーよりもビタミンC含有量が多い。

① ビタミンC含量を調べる試料

- ・ブロッコリー（香川県産）（マックスバリュ本山店）（切り口にラップをかけ、ビニール袋の中に入れ冷凍保存）
- ・カリフラワー（三重県産）（マックスバリュ本山店）（ビニール袋の中に入れ冷凍保存）

② ①を選んだ理由

ブロッコリーがビタミンCの多い食べ物ランキング四位

（<https://www.kusurinomadoguchi.com>）であることに意外性を感じ、同時に食感や見た目が似ており、

「ブロッコリーの突然変異で花蕾が白化したものといわれ」（<https://www.takii.co.jp>）るカリフラワーとは違があるのか、私たちによりなじみのあるブロッコリーを食べることは損にならないか気になったため。

③ 仮説とその理由

2020年作物統計調査では、カリフラワーの生産量21000トン、出荷量18000トンなのに対し、ブロッコリーは生産量174500トン、出荷量158200トンだった。また農林水産省のホームページに示された「身近な作物」の中に、カリフラワーの姿を見ることはできなかった。その明らかな格差からブロッコリーのほうがカリフラワーより選ばれないと捉えることができると考える。これは栄養価、その中でもビタミンCの含有量の多いブロッコリーを人々が求めているからではないかと考えた。

「アスコルビン酸合成は光によって厳密に調節されており、光強度が高ければ高いほど活性化され、逆に光のない条件（夜間）では速やかに不活性化されます。」

（<https://shimane-univ-biochemistry.jp>）とあるが、ブロッコリーは熱を吸収しやすい緑色であるのに対しカリフラワーは白色であることから、ブロッコリーのほうがビタミンCを多く生合成し、蓄えていると考えた。また、「ビタミンCは、植物が強い光にさらされると、細胞質のミトコンドリアで作られて、同じ細胞内の葉緑体へ運ばれ、過剰な光エネルギーを熱として逃して、葉の光障害を防ぐ。」

（https://scienceportal.jst.go.jp/newsflash/20150107_01）
とされており、花も緑色であることからブロッコリーにはカリフラワーと比べ葉緑体も多く含まれると考え、販売されている一房に葉緑体が含まれる部分（ビタミンCを蓄える場所）が多い分一房当たりの含量も多くなるのではないかと考えた。

そこでこの実験に臨むまでの仮説を、

「ブロッコリーとカリフラワーのビタミンC含量には有意差があり、カリフラワーより

ブロッコリーのほうがビタミンCを多く含む。」とする。

2. 実験方法

A ブロッコリー

冷凍したブロッコリー一株をブロッコリーが壊れないようにお湯につけ、包丁や手で房に分けて、ジューサーでさらに細かくする。

その後、不織布で細かくしたカリフラワーを包み、手でビーカーに液体を絞り出す。

B カリフラワー

冷凍したブロッコリー一株をブロッコリーが壊れないようにお湯につけ、包丁や手で房に分けて、ジューサーでさらに細かくする。その後、不織布で細かくしたカリフラワーを包み、手でビーカーに液体を絞り出す。

① ヨウ素液をビュレットに入れ、目盛りをよむ。

② 資料Aをホールビペットで10mL測りとり、コニカルビーカーに入れる。

③ ②にデンプン溶液を二滴加える。

④ スターラーで振搾しながら、ビュレットからヨウ素液を滴下する。

⑤ 色が紫色っぽく変化し、戻らなくなった時点を反応の終点として、ビュレットの目盛りを読む。

資料Bにおいても①～⑤を繰り返しA、B各3回(12月13日)、各4回(1月31日)の酸化還元滴定を行った。

3. 結果（元データとデータ処理方法も書くこと）

表1 ブロッコリーとカリフラワーの滴定値（12月13日）

数値は加えたヨウ素液の体積(mL)

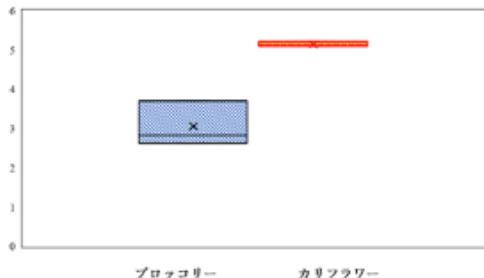
ヨウ素液濃度はすべて0.0040mol/L

記述統計量 n=3

	ブロッコリー	カリフラワー
1回目	3.70	5.21
2回目	2.82	5.09
3回目	2.63	5.10
	平均値	標準偏差
ブロッコリー	3.05	0.57
カリフラワー	5.13	0.07

p 値 0.02288 < 0.05

フェーズIII：レポートの作成



↑ヨウ素液の体積 (ml)

表2 ブロッコリーとカリフラワーの滴定値 (1月 31日)

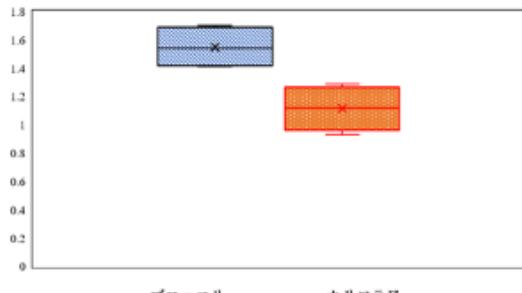
数値は加えたヨウ素液の体積(ml)

ヨウ素液濃度はすべて 0.0038mol/L

記述統計量 n=4

	ブロッコリー	カリフラワー
1回目	1.65	1.19
2回目	1.70	1.29
3回目	1.41	0.93
4回目	1.43	1.05
平均値	1.55	標準偏差
ブロッコリー	1.55	
カリフラワー	1.12	0.16

p 値 $0.00727 < 0.01$



↑ヨウ素液の体積 (ml)

4. 考察　ここまででの実験でわかったこと

今回、各7回ずつの実験を行った。前半の8回と後半の4回にわけて考察する。

まず、前半である。ブロッコリー1リットルにおけるビタミンcの量は、

$$0.0040 \times 3.05 = c \times 10$$

$$c = 0.00120 \text{ mol/L}$$

$$0.00120 \times 176 = 0.2112\dots$$

1Lに 0.211mg 含まれる

カリフラワー1リットルにおけるビタミンcの量は、

$$0.0040 \times 5.13 = c \times 10$$

$$c = 0.00205 \text{ mol/L}$$

$$0.00205 \times 176 = 0.3608\dots$$

1Lに 0.361mg 含まれる

次に、後半である。ブロッコリー1リットルにおけるビタミンcの量は、

$$0.0038 \times 1.55 = c \times 10$$

$$c = 0.000589 \text{ mol/L}$$

$$0.000589 \times 176 = 0.1036\dots$$

1Lに 0.104mg 含まれる

カリフラワー1リットルにおけるビタミンcの量は、

$$0.0038 \times 1.12 = c \times 10$$

$$c = 0.0004256 \text{ mol/L}$$

$$0.00205 \times 176 = 0.07490\dots$$

1Lに 0.075mg 含まれる

前半の t 検定の p 値が*ではあるが、前半ではカリフラワーのビタミンC含有量がブロッコリーのビタミンC含有量よりも多かったにもかかわらず、後半ではブロッコリーのビタミンC含有量がカリフラワーのビタミンC含有量よりも多くなっている。その原因を考察したい。

考えられる原因是主に3つある。

1つ目は、ブロッコリーとカリフラワーのビタミン C が減る量の違いである。冷凍はしていたが1回目の実験と2回目の実験との期間が長く、ビタミン C が減ってしまった。具体的には、購入した日がブロッコリーの方がカリフラワーより1週間ほど早かった。

2つ目は、でんぶん反応で色が変わったと判定する基準の違いである。これも、1回目の実験と2回目の実験との期間が長く、1回目で色が変わったと判断したときに写真を撮っていないかったり、実験をする人が異なっていたりした。

3つ目は、ブロッコリーとカリフラワーを解凍する方法の違いである。実験方法で、どちらも袋に入れた状態でお湯につけたと述べたが、実際には、1回目ではブロッコリーのみ太陽光に当て、2回目ではカリフラワーのみ袋に入れずに直接お湯につけたことがあった。

5. 再実験の計画

気をつけることはデンプン反応で色が変わったとする基準を揃えることである。特にブロッコリーは徐々に茶色く濁っていくが、これはヨウ素液の茶色なのか、ブロッコリーの緑色とデンプン反応の青紫色が混じった色なのかが分かりづらい。次の実験では1回目の写真を撮り、それを基準として目盛を読むようにする。



- ✓ 試料の選択・仮説について考えたこと・改善点
- ✓ 実験方法について考えたこと・改善点
- ✓ 誤差の種類・誤差が生じた要因・改善点
- ✓ データの数・処理方法について考えたこと・改善点
- ✓ 前期のデータサイエンスでの学びを生かせたこと
- ✓ データの分析・結論に対して生じる可能性がある反論
- ✓ 引用・参考文献

1.4. データの分析・結論に対して生じる可能性がある反論

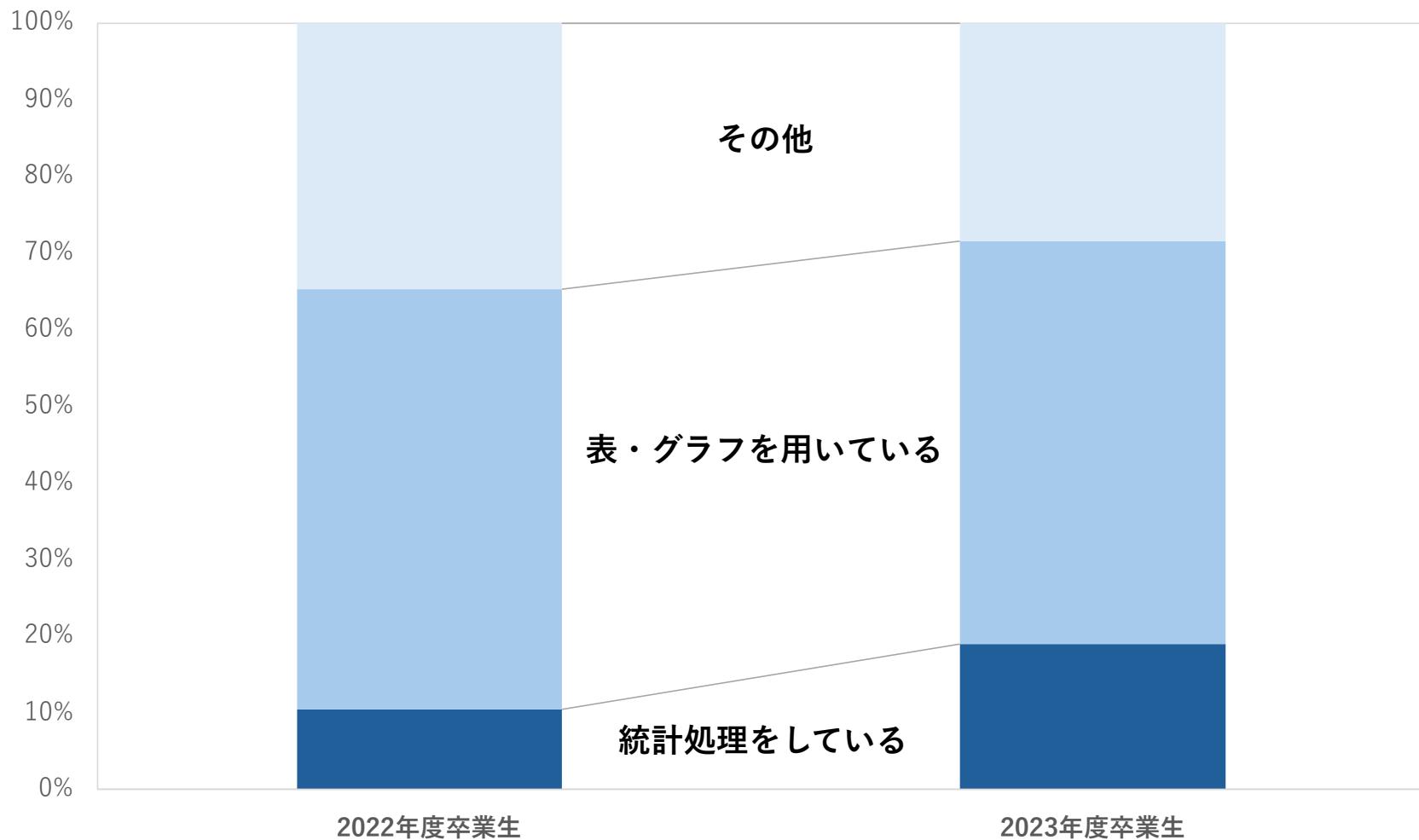
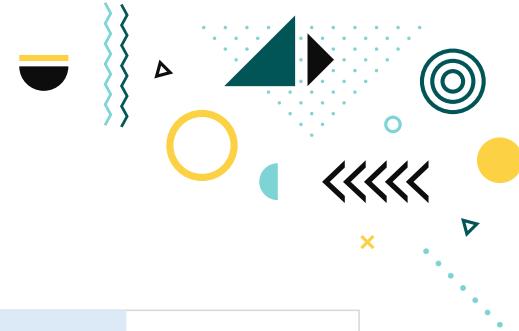
例：収穫時期や保存方法、種類によってVC含量が変わるので、これだけで、輸入レモンより国産レモンのVCが多いとは言えない。

白の部分と緑の部分は同じ個体の中のものなので、普通の果汁を含んでおり、VCの量ではなく、果汁の量の差ではないか。

熟れ具合によって含有量が異なる可能性があるため、これだけでは、国産とニュージーランド産の差は分からぬ。

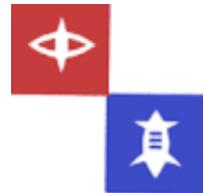
05

評価：STEAM+での統計処理の利用





ご静聴ありがとうございました



名古屋大学教育学部附属中・高等学校