

**2025年度 統計関連学会連合大会イベント
統計・データサイエンス力向上のための授業に係る
優秀事例表彰2024年度受賞者記念講演会**

『学校設定科目「SS 統計学」における学習指導の概要～適合度の検定を用いた研究～』

市立札幌旭丘高等学会
大西 洋 小林 奨悟
矢野 友則 寺岡 潤紀

概要・沿革



1958年 札幌市立初の全日制普通科高等学校として設立

1998年 道しるべ「この坂 越えん」制定

2001年 オープン型新校舎完成

2004年 道内初となる「進学重視型単位制」への移行

2022年 「数理データサイエンス科」の新設

2023年 「次世代社会を担う科学的教養を備えた数理データサイエンス人材の育成」を研究開発課題に設定し、SSH指定校となる

市立札幌旭丘高等学校

次世代社会を担う科学的教養を備えた数理データサイエンス人材の育成

基礎期

「気付く力」の育成

充実期

「思考する力」の育成

発展期

「発信する力」の育成

仮説A

高大接続を見据えた
数理データサイエンス
教材の開発

「SDS基礎」

(数理DS科 1 単位必修)

「データサイエンス基礎」

「さっぽろ探究」「ディベート活動」

「SDS探究」

(数理DS科 2 単位必修)

【グループ課題研究活動】

「SS統計学」

(数理DS科 1 単位必修)

【課題研究に必要な統計学を学ぶ】

「SDS発展」

(数理DS科 1 単位必修)

【課題研究論文】

【学校外の発表会へ参加】

仮説B

単位制を活かした
数理データサイエンス
教育の各教科及び
普通科への拡大

「SunriseTimeRステージ」

(普通科 1 単位必修)

「進路探究学習」「ブックレポート」

「ゼミエントリー研究」

「SunriseTimeGステージ」

(普通科 1 単位必修)

【ゼミ活動】【個人課題研究】

【Sunrise Time 発表会】

「SunriseTimePステージ」

(普通科 1 単位必修)

【ゼミ活動】【進路探究学習】

【進路研究】

仮説C

国際性と
科学的教養の育成

「理数理科」

(数理DS科 6 単位必修)

物理・化学・生物・地学の科目
横断的な学習を行う

普通科選択者

「SS物理基礎」(2単位)「SS物理」「SS化学」「SS生物」(各6単位)

「SS数学Ⅱ」(4単位)「SS数学B」(2単位)

単位制システムを活かした選択学校設定科目

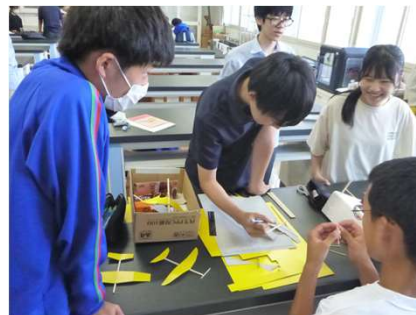
「人工知能概論」「データサイエンス演習」「プログラミング演習」「科学史」

「インフォグラフィックス」「実験物理」「実験科学」「実験生物」「統計学」

【特色あるカリキュラム】

学校設定科目「SDS基礎」1年次 数理データサイエンス科(1単位)

オープンデータを活用したデータ分析を通じて課題発見力をはじめとする「気付く力」を身につける。



学校設定科目「SDS発展」3年次 数理データサイエンス科(1単位)

課題研究の成果を論文にまとめ、発表することにより、「発信する力」を身につける。



学校設定科目「SDS探究」2年次 数理データサイエンス科(2単位)

データを統計の手法を用いて解析し、根拠をもった「思考する力」を育成することができる。



単位制に基づいた学校設定科目

「SS統計学」 「理数理科」 「人工知能概論」
「データサイエンス演習」 「実験物理」
「プログラミング演習」 「実験化学」
「インフォグラフィックス」 「実験生物」
「統計学」 「科学史」

学校設定科目「SS統計学」

数理データサイエンス科2年次(1単位)

数理データサイエンス科では、理数科のカリキュラムに基づいて2年次で理数数学Ⅱを6単位で実施していたが、1単位を統計に特化した時間として分離し、年間を通じて、毎週統計を学べるようにした。

課題研究SDS探究と並行して学ぶことで、統計を活用することを重視している。



SS統計学の学習内容

標本調査法	推定	検定	回帰
標本抽出法 ・ 復元抽出と非復元抽出 ・ 単純無作為抽出法 ・ 多段抽出法 ・ 層化抽出法 ・ 系統抽出法 ・ 比例分配法	信頼区間 点推定と区間推定 ・ z推定 ・ t推定 ・ F推定	正規分布 ・ 正規分布表の見方 ・ 中心極限定理 検定 ・ z検定 ・ t検定 （ウェルチを含む） ・ F検定 ・ 適合度・独立性の検定 ・ マンホイットニーのU検定 ・ 分散分析	・ 散布図 ・ 相関と因果 ・ 目的変数と説明変数 ・ 回帰直線、回帰曲線 ・ 回帰分析 ・ 偏相関 ・ 重回帰分析

重点的に指導している内容

「平均の比較」

t検定(Student・Welch)、
分散分析(ANOVA)

「比率の比較」

適合度の検定、独立性の検定

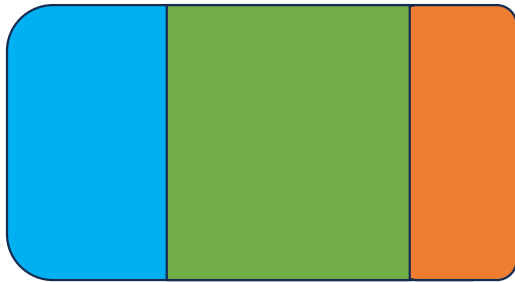
「2変数の関係」

相関、回帰、重回帰分析

適合度の検定

ある標本のカテゴリーごとの比率が、基準の比率と一致するかどうかを判定する際に用いる検定を**適合度の検定**という。

基準のグループ



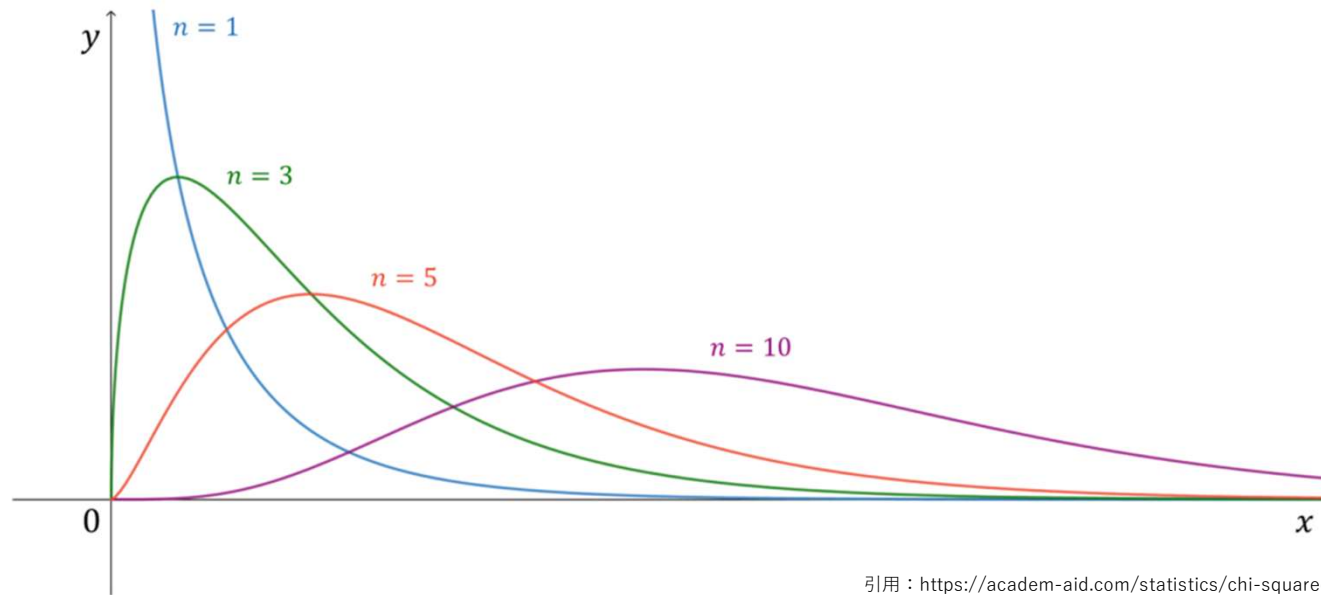
同じような傾向をもつグループとしてとらえてよいか？

標本



χ^2 乗分布

χ^2 乗分布はF分布と同様に自由度ごとに形を変え、非対称なグラフとなる。



適合度の検定

さいころを60回振ったときにそれぞれの出た目の回数は次のようになった。このさいころは正しく作られているか。有意水準5%で検定せよ。

サイコロの 目	1	2	3	4	5	6	計
出た回数	7	12	9	14	10	8	60

①理想値を設定する。

サイコロの 目	1	2	3	4	5	6	計
出た回数	10	10	10	10	10	10	60

②帰無仮説と対立仮説を立てる

帰無仮説

H_0 :このさいころは正しく作られている。

対立仮説

H_1 :このさいころは正しく作られていない。

③ T値(検定統計量)を求める。

サイコロの目	1	2	3	4	5	6	計
出た回数	7	12	9	14	10	8	60
出た回数 (理想)	10	10	10	10	10	10	60

$$\begin{aligned}T &= \frac{(7-10)^2}{10} + \frac{(12-10)^2}{10} + \frac{(9-10)^2}{10} + \frac{(14-10)^2}{10} + \frac{(10-10)^2}{10} + \frac{(8-10)^2}{10} \\&= 0.9 + 0.4 + 0.1 + 1.6 + 0 + 0.4 \\&= 3.4\end{aligned}$$

[Spread sheet へのリンク](#)

④ χ^2 値を求める。

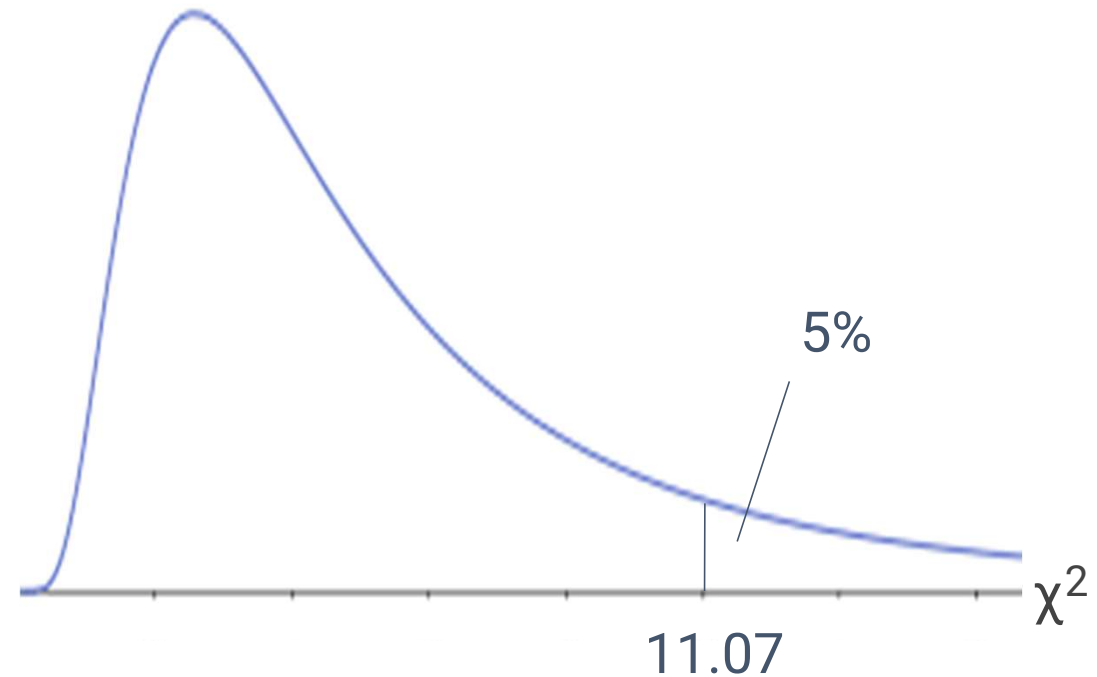
$\alpha = 0.05$ の右側検定

自由度

$$n-1=6-1=5$$

χ^2 分布表より

$$\chi^2 = 11.0705$$



⑤結果を分析する。

$T = 3.4 < 11.0705$ であり、

帰無仮説 H_0 は十分起こり得るため
帰無仮説を棄却できない。

よって、有意水準5%で、このさいころは
正しく作られていないとは言えない。
(正しく作られていると言える)

ICTを活用して学ぶ

Spreadsheetの活用

さいころを60回ふったとき出た目の回数は次のとおりとなった。このさいころは正しく作られているか。有意水準5%で検定せよ。

目の数	1	2	3	4	5	6	計
回数	7	12	9	14	10	8	60

理想的な回数

目の数	1	2	3	4	5	6	計
回数							0

① 帰無仮説・対立仮説を立てる。

帰無仮説 このさいころは正しく作られている。

対立仮説

② 統計検定量 (t値) を求める。

χ^2 = #DIV/0!

Difyの活用

AI Completion

Workflow Process

- 開始
- テキスト抽出ツール
- LLM
- 終了

RESULT DETAIL

まず、適合度検定において立てる帰無仮説と対立仮説を定義します。

- 帰無仮説 (H0): このさいころは正しい。すなわち、各目の出現確率は同じである (1の目から6の目まで、出現確率はそれぞれ1/6である)。
- 対立仮説 (H1): このさいころは正しくない。すなわち、各目の出現確率は同じではない。

次に、観測データに基づいて期待値を求めます。さいころを60回振ったので、各目の期待される出現回数は次のようになります：

期待値 = 総試行回数 * 各目の確率 = 60 * (1/6) = 10

したがって、各目の期待される出現回数は以下の通りです：

- 1の目: 10
- 2の目: 10
- 3の目: 10
- 4の目: 10
- 5の目: 10
- 6の目: 10

次に、観測値と期待値を用いてカイ二乗統計量を計算します。カイ二乗統計量は次の式で求められます：

$$\chi^2 = \sum ((\text{観測値} - \text{期待値})^2 / \text{期待値})$$

それぞれの目について計算します：

- 1の目: $(7 - 10)^2 / 10 = 9 / 10 = 0.9$

演習

適合度の検定

の活用





研究の目的

通常の生徒と比べ、DS科の生徒はどれほど理系教科が得意な生徒が多いのか。

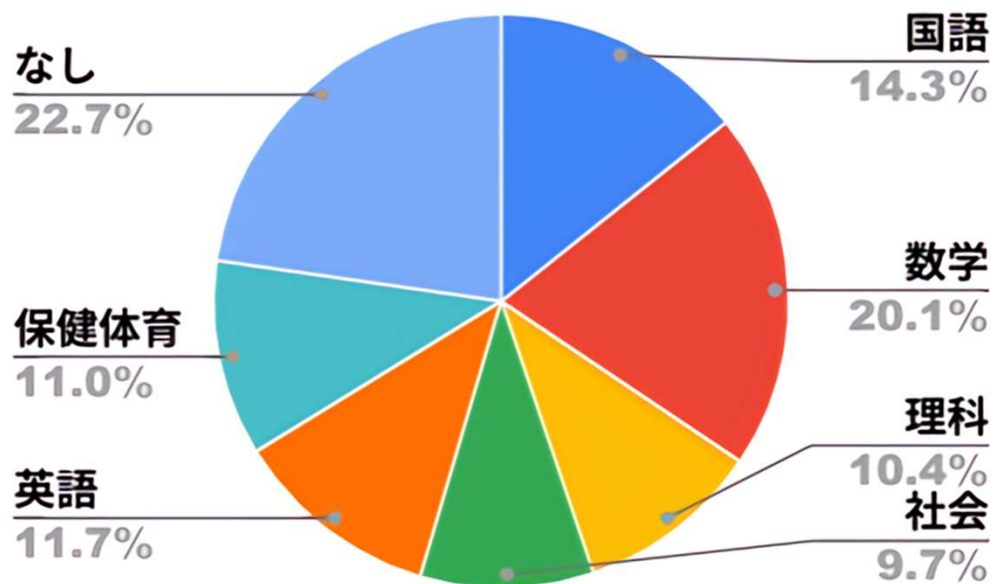
理系教科に流れた分どの教科が減少しているのか。



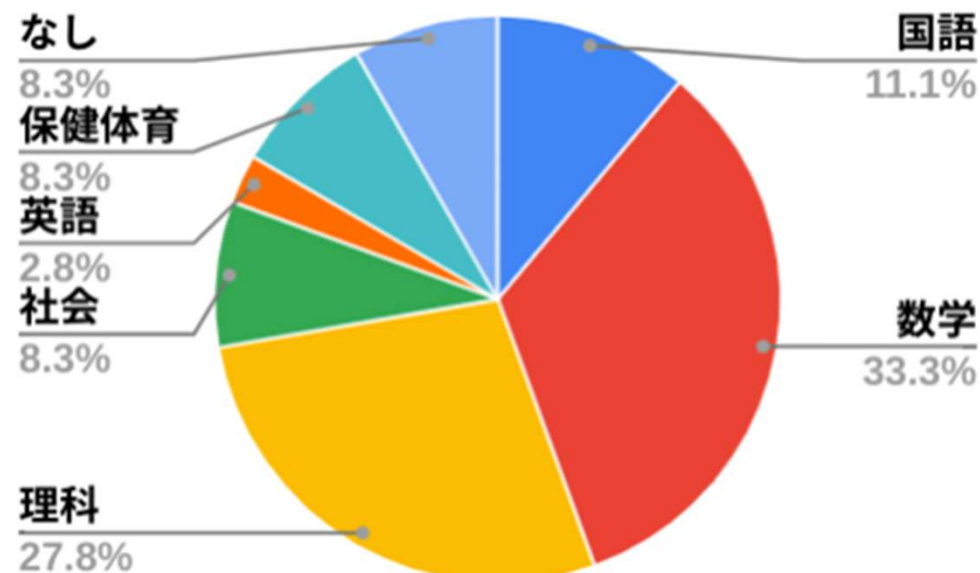
全体の結果

全体	国語	数学	理科	社会	英語	保健体育	なし	全体
理想値 (%)	14.3	20.15	10.4	9.75	11.7	11.05	22.75	100
実際の値 (%)	11.1	33.3	27.8	8.3	2.8	8.3	8.3	100
差	-3.2	13.15	17.4	-1.45	-8.9	-2.75	-14.45	

理想値



実際の値



全体の結果の適合度検定

帰無仮説 H_0 : *DS科の生徒は通常の生徒と得意教科の傾向が同じである*

対立仮説 H : *DS科の生徒は通常の生徒と得意教科の傾向が異なる*

統計検定量 $T(\chi^2\text{値})$: 55.2576 有意水準 : 0.05 自由度 : 6

$\chi^2\text{値}(5\%)$: 12.5916

結果を分析すると、 $\chi^2\text{値}(5\%) < \text{統計検定量 } T$ となる

よって、有意水準 5 % で帰無仮説が十分に起こり得ないので、
DS科の生徒は通常の生徒と得意教科の傾向が異なる

結果の考察

この結果は、DS科が普通科に比べ理系科目を学べることを押し出されていたり、入試の点数配点が理系科目重視の傾斜配点になっていることが影響されていると考えられる。

また、理想値に比べ得意科目がないと回答した割合が少なかった。これは、それぞれが自分の特性を理解していると考えられる。

調査上の反省点

- ・ 主要教科に焦点を当てたが、その結果として副教科についての観点が不足してしまった。



- ・ 副教科も重要な役割を果たしているため、今後の調査ではこれらの教科にもよく注意を払う必要があると感じた。

探究を終えて

- 適合度の検定を身近な問題や事象に活用することで、生徒の統計リテラシーが向上した。
- 全てのグループの探究において、反省点を振り返り全体で共有した。統計の活用においては、様々な状況に応じた適用の仕方を学ぶ必要があるため、これらを共有することは、全体の統計に対するセンスを向上させることにつながった。
- その後、課題研究においても積極的に統計を活用しようとする姿勢が向上した。

今後に向けて

- 指導に関わる数学科の教員の研修・養成。
- どの教科の授業においても、簡単に利用できるような統計ツールを開発する。
- 指導内容の吟味。課題研究における必要性を考慮する。
- コンクール等における発表の機会を確保する。

今後に向けて

SS統計学オンデマンド配信

本校の数理データサイエンス科の学校設定科目「SS統計学」の内容についてダイジェスト版をオンデマンドで配信いたします。

回	学習内容	資料へのリンク
第1回	全数調査と標本調査	Spreadsheet(全数調査と標本調査) 生成AIアプリ(標本数)
第2回	系統抽出法	Spreadsheet(系統抽出法)
第3回	層化抽出法	Spreadsheet(層化抽出法)
第4回	データの分類	生成AIアプリ (データの尺度)
第5回	アンケートの作成方法	Google Forms(アンケート例)
第6回	データの補完	Spreadsheet(平均値補完)

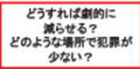
<https://www23.sapporo-c.ed.jp/asahigaoka/index.cfm/1,12910,46,html>

データの収集について

データ収集の目的は、統計的な処理を実施する上で必要なデータを集めることです。

データを収集する際には、偏りのあるデータを収集したり、恣意的にデータを収集したりすることがないように注意する必要があります。

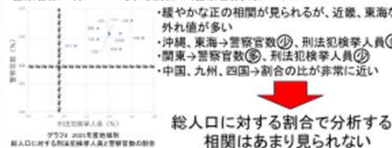
～重回帰分析を用いて犯罪の減らし方を探る～



考察

・警察官数が多くても犯罪は減らなかった
 ↳総人口に対する警察官の比が多くなると犯罪は減らないのでは？

総人口に対する割合で分析する刑法犯検挙人員と警察官数との関係
 刑法犯検挙人員の総人口に対する割合＝(刑法犯検挙人員/総人口)×100
 警察官数の総人口に対する割合＝(警察官数/総人口)×100



・総住宅数と刑法犯検挙人員に正の相関
総住宅数が多い＝都会である(住宅密度が高い)
強盗、殺人のターゲットが多くなる
入り組んでいれば犯人が逃げやすいのではないか

- ・警察費と警察官数は、意味があり説明変数として利用できる
- ・しかし、警察費は刑法犯検挙人員に影響を与えていない
- ・警察費が多くても、警察官数が少ないと犯罪は減らないのではないかと

- ・強い正の相関が見られる
- ・外れ値が存在しない
- ・比はどの地域でも一定

警察官数と警察費の比は
刑法犯検挙人員と
関係がない

- ・警察官数は刑法犯検挙人員に正の相関があるが、総人口に対する割合で分析すると、相関はあまり見られない
- ・警察官数が多いのにも関わらず刑法犯検挙人員が少ない、またはその逆など、一見起こりうるようなことが起こっている
- ・総住宅数が多いと、強盗、殺人のターゲットが多くなる上に、住宅が入り組んでいることで犯人が逃げやすいためではないかと考えた
- ・警察官数と警察官数は比例しており、その正と刑法犯検挙人員とは関係がない

総人口に対する警察官数が多く、また総住宅数が少ないほど
犯罪は起こりにくい

・今回判決犯拘禁人員との関連を調べていないこと(各地域の人口密度、天候や森などの自然環境)について調べたい

・今回は判決犯拘禁人員について調べたが、窃盗犯拘禁人員、知能犯拘禁人員などの数についても調べ、それぞれを減らせる環境についても調べたい

・犯罪の少ない地域の特徴については調べることができたが、実際に減らす方法については調べてくることがなかったの、具体的に調べていきたい

[illegible]

研究の背景

「数学に音楽を取り入れると、数学の成績が向上する」このことは研究によってすでにわかっている事実です。

音楽と数学はどちらも抽象的思考、定量的推論、記号、対称性を必要とし、この2つは非常に密接に関係しています。

そこで、「どんなジャンルの音楽がより数学の学力を向上させるのか」ケンドール検定を用いて分析していきたいと思います。

研究对象

国：アメリカ / イギリス / オランダ
カナダ / フランス / ドイツ
オーストラリア / スペイン
イタリア / スウェーデン

ジャンル : Pop / EDM / Hip Hop,R&B/
Rock,Indie Alternative

研究の手順

- ① 2024年、各国でそれぞれのジャンルが好まれている割合を調べる
- ② 各国のPISA 数学的リテラシーの平均得点を調べる
- ③ ①と②から、ジャンル別に各国で好まれている割合と各国のPISA数学的リテラシーの平均得点を順位付けし、下の式を使って Kendall の順位相関係数(r_k)を求める

$$r_k = \frac{\sum_{i=1}^n P_i - \sum_{i=1}^n Q_i}{\sqrt{\frac{n(n-1)}{2} - T_x} \sqrt{\frac{n(n-1)}{2} - T_y}}$$

N = ケース数 r_k = 順位相関係数
 ΣP_i = 2変数の順位の方向が一致する回数
 ΣQ_i = 2変数の順位の方向が逆方向に一致する回数

$$T_x = \sum_{i=1}^{n_x} \frac{t_i(t_i - 1)}{2} \quad T_y = \sum_{j=1}^{n_y} \frac{t_j(t_j - 1)}{2}$$
 n_x, n_y = 変数X、変数Yにおける同順位の個数
 t_i = 同順位の大さき

- ④ ③から、それぞれのジャンルについて、下の式を用いて検定統計量を求め、ケンドール検定を行う

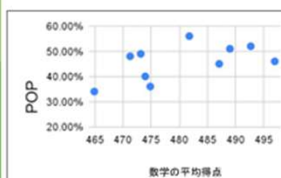
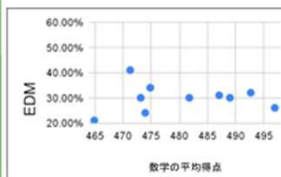
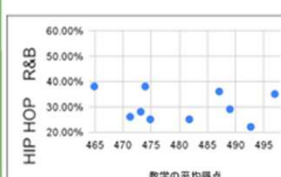
$$T = \frac{|r_k|}{\sqrt{\frac{4n+10}{9n(n-1)}}}$$

T = 検定統計量
 r_k = 順位相関係数
 n = ケース数

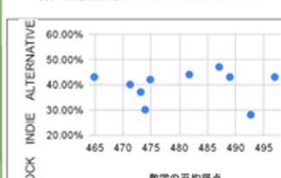
1. ジャンルの好まれている割合 2. 数学の平均得点

	数字の平均得点	Pop	EDM	Hip Hop R&B	Indie alternative
アメリカ	464.89	34	21	38	43
イギリス	488.98	51	30	29	43
オランダ	492.68	52	32	22	28
カナダ	496.95	46	26	35	43
フランス	473.94	40	24	38	30
ドイツ	474.83	36	34	25	42
オーストラリア	487.08	45	31	36	47
スペイン	473.14	49	30	28	37
イタリア	471.26	48	41	26	40
スウェーデン	481.77	56	30	25	44

3. 散布図と順位相関係数


$$\text{順位相関係数} = 5/9 \approx 0.555$$

$$\text{順位相関係数} = 4/3\sqrt{210} \approx 0.092$$


順位相關係數 = $7/3\sqrt{215} = -0.159$


$$\text{順位相関係数} = 4/3\sqrt{210} \approx 0.092$$

4. ケンドール検定

それぞれのジャンルの好まれている割合と数学の平均得点についてケンドール検定を行う

帰無仮説H0:「相関関係がない」
対立仮説H1:「相関関係がある」
有意水準5%で両側検定を行うと
結果は下の表である。

	検定統計量	帰無仮説
POP	χ^2_5	棄却される
EDM	$12.5/\chi^2_2$	棄却されない
HIP HOP R&B	$-21/\chi^2_2$	棄却されない
ALTERNATIVE	$12.5/\chi^2_2$	棄却されない

5. 結論・考察・展望

POPが好まれる割合と数学の平均得点に相関関係があることが分かった。また、対象とした他のジャンルにも、相関関係がほとんどないまたは負の相関があることがわかった。POPを好むほど数学の平均得点が高い傾向があったことから、POPを聴くほど数学の平均得点が高くなるのではないかと思う。

このような結果となった要因として、音楽が数学に与える影響だけではなく、そのジャンルの音楽を聴く人の環境や背景事情も影響していると考えられる。

今回、それぞれのジャンルが好まれている割合について相関を調べたが、各国の音楽を聴く時間も考慮して、相関を調べてみたい。また、数学の学力だけではなく、他の教科やIQについても相関を調べてみたい。

参考文献

6-2. ノンパラメトリック検定-順位相関係数(計算)の時間
<https://www.youtube.com/watch?v=9v3833333333>
 数学に苦手な人でもわかる、順位相関係数のイメージがわかるよー
 1番がなるイメージがわかるよー
<https://note.com/screemless/n/n31bac603aaz2023.11.17>
 PISA 数学のリテラシー(母体地点) 国別ランキング・格差
<https://www.globalnote.jp/post-16602.html#2024.3.4>
 ケンドールの順位相関係数
<https://www.webto.gicenter.com/ケンドールの順位相関係数>
 ケンドールの順位相関係数の有意性検定
<https://www.youtube.com/watch?v=9v3833333333>
<https://www.statista.com/search?q=ranked+correlation+coefficient>
 &preferred=audio&color-by=green+20240401

ご清聴ありがとうございました。

市立札幌旭丘高等学校

大西 洋 小林 奨悟

矢野 友則 寺岡 潤紀

代表:大西 洋

hiroshi.ohnishi@sapporo-c.ed