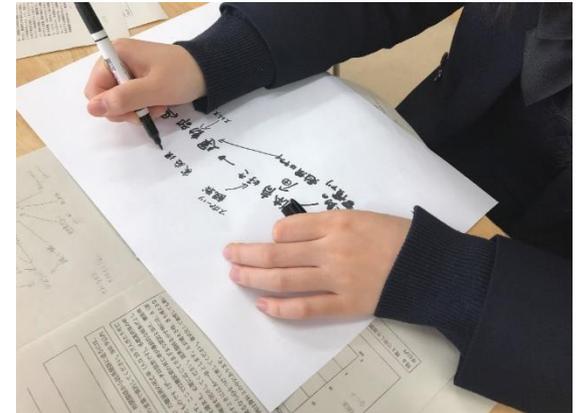
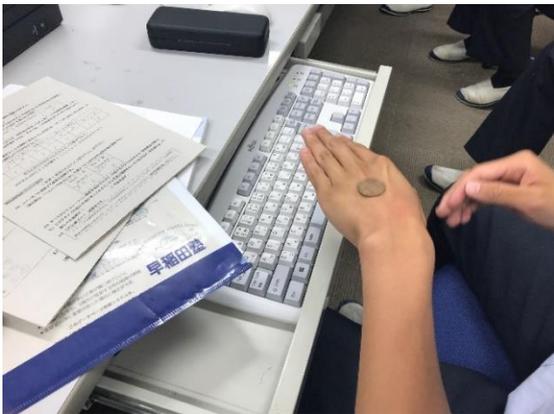




情報Ⅰ&Ⅱを見据えた “情報科”統計教育

- 仮説検定 相関・因果 バイアス -



【千葉県】 日出学園中学校・高等学校
武善紀之

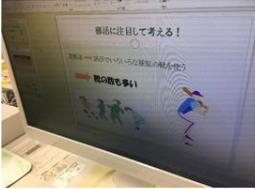
n_takeyoshi@hinode.ed.jp



第12回全国高等学校
情報教育研究会
(和歌山大会)

高校生が楽しく学べる 仮説検定と相関・因果

-シミュレーションから始まる“情報科”統計教育-


日出学園中学校・高等学校
武善紀之
n_takeyoshi@hinode.ed.jp

※「平成30年度埼玉県高等学校
情報教育研究会研究発表会」で一部発表。

高校生が楽しく学べる仮説検定と相関・因果

シミュレーションから始まる“情報科”統計教育

千葉県 日出学園中学校・高等学校 武善 紀之

新学習指導要領ではデータサイエンスが大きな目玉となっている。現行課程の内容でも統計に対しては苦手意識を持っている生徒も多い。今回は楽しく統計の本質を学ぶような実践として、数式を一切使わず「仮説検定」の概念習得及び実習、相関関係・因果関係の発見グループワークを行った。結果、生徒の興味・関心を維持しながら、統計に対する理解を大幅に深めることができた。その実践の過程と成果について報告する。

- #### 1. 実践の背景ときっかけ

統計分野は苦手意識の強い生徒が殊更多く、計算が面倒、性格が悪くなりそうといった負のイメージをよく待たれてしまう。これを払拭するため現課程ではクラスアンケートの調査結果を1枚のポスターにまとめる実習を行っていた。生徒も楽しんで取り組んでいたが、単なる何でもアンケートに陥ってしまうことが課題であった。

新学習指導要領ではデータサイエンスが1つの目玉となっており、情報Iと並んで、数学Iでも仮説検定の考え方や相関・因果まで扱うこととなった。これに対し数学=理論、情報=ソフト活用と棲み分けてしまうと、情報=PC教育の二の舞に陥るのではと、危惧を抱いている。

情報科としては理屈も程々に理解させながら、何より楽しく統計を学び、体験して欲しい。今回は今までの課題と共に情報Iを意識してクラスアンケート実習を改良し、数式を一切使わず「仮説検定」と「相関・因果」へ繋げた実践を報告する。
- #### 2. 実践1: 統計的仮説検定実習(6コマ)

2.1 導入: シミュレーションに基づく推論

仮説検定においては確率密度関数や数式指導が障壁となる。今回はDoi(2018)の開発した教材¹⁾を用いて、理論の説明を行った。この教材は「赤ちゃんと善悪はあるか?」という心理実験で生徒の興味を惹き、数式無しで仮説検定を理解させる。

“ある映像を視聴した赤ちゃんと図形の選択を行わせると、16回中14回図形Aを選んだ。この時、赤ちゃんはデタラメに図形を選んでいるか(偶然)、確固たる意志(必然)で図形を選んでいるか?”

テーマの提示後、生徒にコインを配る。「デタラメ」という仮説の下、赤ちゃんをシミュレートするという設定で、16回のコイントスを全員が行い、クラス全体の確率分布を作り上げる。その上で「偶然ではあり得ないことが起きている。」(仮説が関連している)という仮説検定の考え方を理解させる。

更にその後、コメントスットもって大きな紙行回

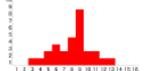
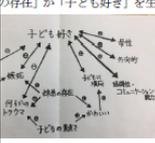


図1 2種類のシミュレーション



4 生徒作成図の一例
と今後の展望

- #### 2.2 実践: Fisherの正確検定

Doiの実験は二項検定であり理解しやすいが、実習テーマとしてはやや面白みに欠けてしまう。そこで同様に正確確率検定である Fisherの正確検定を実習では用いた。この検定は2×2のクロス集計表に於いて期待値計算でその表の珍しさを算出し、そこからp値を求める。そのイメージはSBIの導入だけで十分可能であり、検定もRを用いずは、たった2行の命令で行うことができる。

```

> mcmc(mcmc(12, 6, 5, 14),
      nrow=2, byrow=T)
> fisher.test(m)

```

	運動好き	運動嫌い
運動部	12	6
それ以外	5	14

Fisher's Exact
p-value = 0.02171
pc.05より有意

図2 直接確率計算のイメージとRコマンド

この手法では、2×2のクロス集計表に落とし込めない設問は実施できない。中には再提出を促す必要のある生徒もいたが、むしろ今までのアンケート調査実習よりも興味深いテーマが多く出たように思う。(以下テーマ例を記載)

 - ・好物を食べる順序と兄弟の存在の関係
 - ・SNSの好み(Twitter/Instagram)と性別の関係
 - ・小雨の際の傘差と頻度と性別の関係
- #### 2.3 配当時間、授業の流れ、結果

SBI講義(1コマ)後、生徒は仮説を設定し、アンケート項目を作成した。上記の例では、「①運

考察の妥当性について発表するという実習を行った(生徒の研究は質的変数同士の比較なので「相関」ではなく正確には「連関」)。

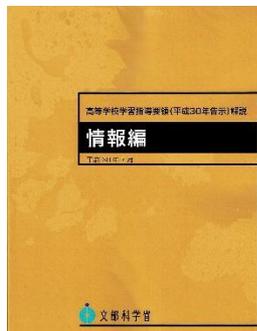
3.3 配当時間、授業の流れ、結果

4人グループを7組作成し、応題の問題を実際に解き(0.5コマ)、その上で統計実習にて有意差が

グ入門編、北大氏書房(1996)

(4) 慶應義塾大学 総合政策学部 2017年度小論文 参考文献

(5) 大貫和則「統計リテラシーを育成するアンケート調査実習の実践と課題」第4回全国高等学校情報教育研究会(2011)



情報Ⅰ

(4) 情報通信ネットワークとデータの活用

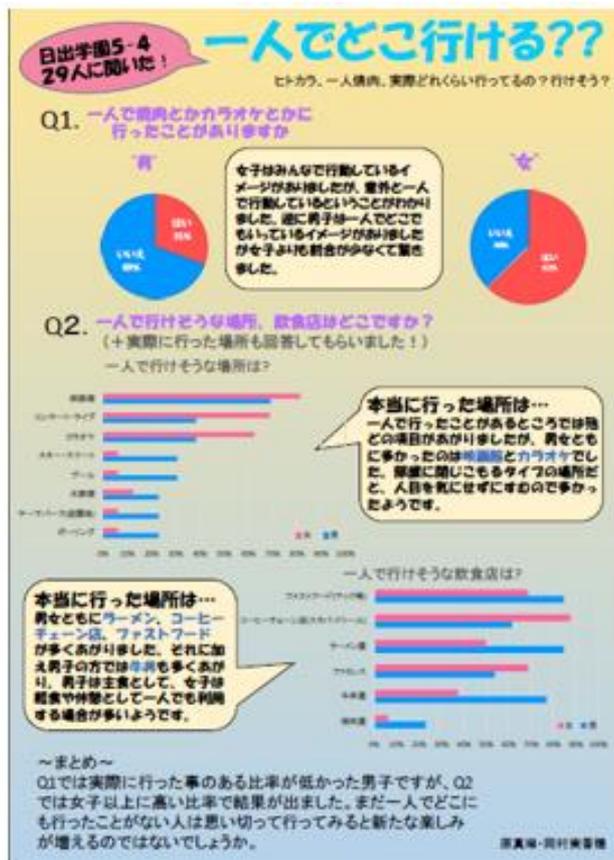
情報Ⅱ

(3) 情報とデータサイエンス

データサイエンス単元は大きく3つ

1. 自分達でアンケート集計や分析を行う内容
2. データベースやDBMSに関する内容
3. 大規模データの分析,可視化に関する内容

今までのアンケート実習の課題



男子より、女子の方が勇気ある!

偶然じゃないの? それ、本当に差がある?



仮説検定をやってみよう!

情報 I 指導要領解説にも...



データの傾向について評価するために**仮説検定の考え方**などを取り扱ったりすることも考えられる。

プレゼン実習の改良で、 データサイエンスっぽく！

情報科実践事例報告会
2019
(神奈川)



高1特進クラス
「社会と情報」
週1時間授業
2学期全て

統計的仮説検定実習(Ⅰ)

SBIモデル
講義
1時間

アンケート
実施&検定
1.5時間

プレゼン
作成&発表
2+2.5時間



「結果」が出て、良かったね
本当に……？

それぞれ
単独でも、
実施可能

相関関係？因果関係？グループワーク(Ⅰ) 1.5時間



因果関係はありそうだね。
本当に……？

New!

バイアス検証グループワーク(Ⅱ) 1.5時間

楽しみながら、
3回疑う構造



期末試験



振り返り
アンケート



統計的仮説検定実習(情報 I)

SBIモデル

講義

1時間

仮説立案
項目作成



収集



分析
(検定)



考察
発表



プレゼン実習に +a



運動部に入ると、
運動が好きになる？



	運動好き	運動嫌い
運動部所属	9	6
それ以外	5	10

テーマ決め&結果予測



プレゼン



アンケート
集計 & 検定

$p=0.27$



プレゼン作成



メカニズムと計算がややこしい

Step1. 帰無仮説を設定。

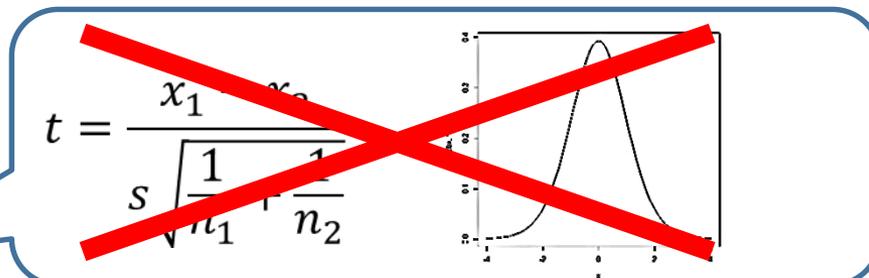
A組とB組では成績に差がない。

Step2. いろいろ計算する。

あれ、同じにしては無理がある…？！

Step3. 帰無仮説を棄却。対立仮説を採択。

A組とB組では成績に差がある！



Simulation-based Inference(SBI) で解決！

シミュレーションに基づく推論

(出典)

Jimmy A Doi,

Active Learning Lectures for Statistical Understanding
(推測統計の概念を理解するためのアクティブラーニング授業),
第6回情報教育研究会 in 江戸川大学, July 2018



ギャンブルに参加する前に何をやる？

仮説 コインは公正

実験 50回このコインを投げる

予測 25回は表が出る



表の数	予想の範疇？	仮説は
24	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

仮説検定のメカニズムは、たったこれだけ！

2段階のシミュレーション



Helper versus Hinderer

(赤ちゃんは善悪がわかるか?)



●● お助けマン

▲ 邪魔マン

Helper Selected	Hinderer Selected
14	2

わかるわけないよ!



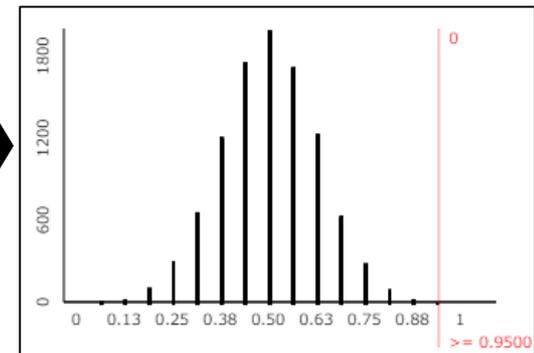
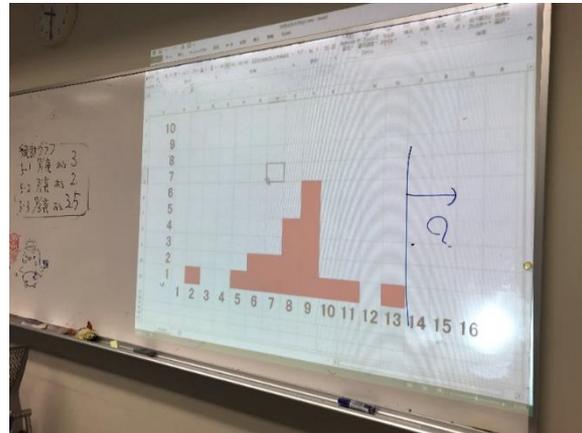
てきとうに
きまってるじゃん



0.00046%

この実験を
シミュレーション

<http://www.rossmanchance.com/applets/OneProp/OneProp.htm>



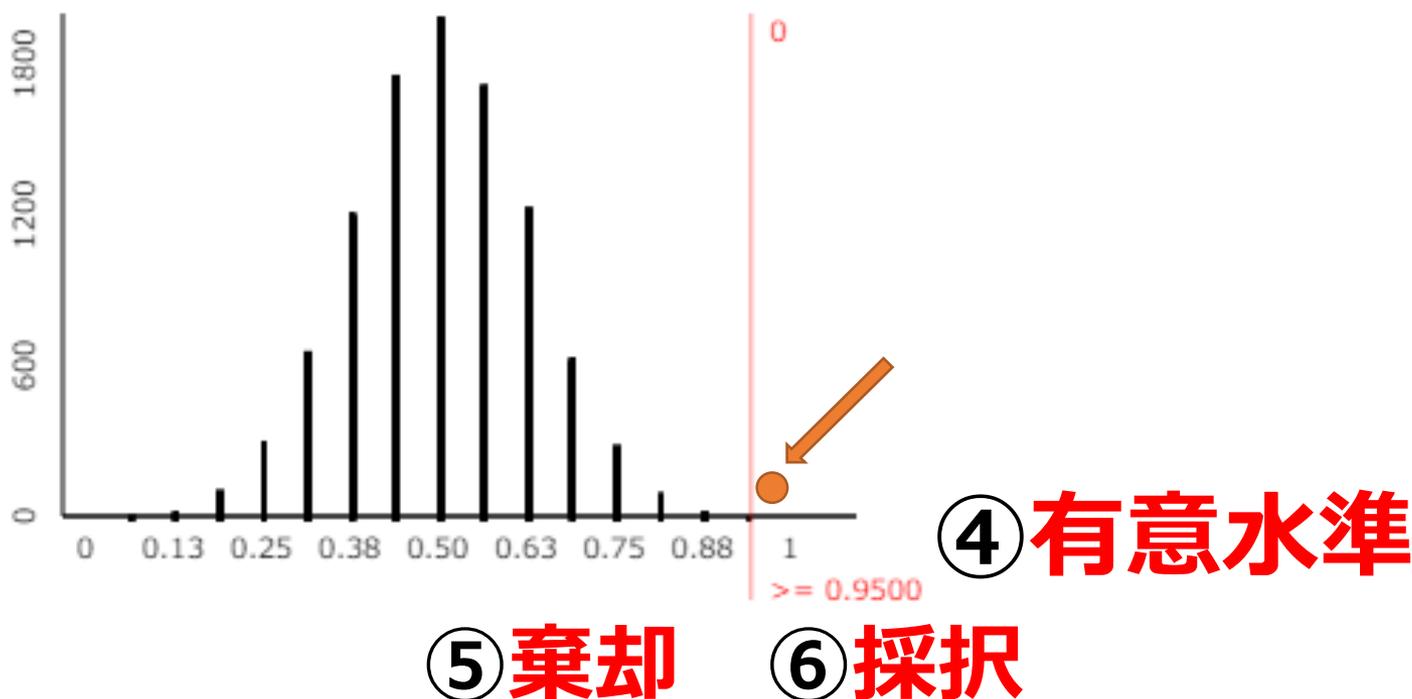
実は全部説明している



統計的【① 仮説検定】

主張（赤ちゃんには好みがある） = ② 対立仮説

（赤ちゃんには好みがない） = ③ 帰無仮説





統計的仮説検定実習(情報 I)

SBIモデル
講義
1時間

アンケート
実施&検定
1.5時間

プレゼン
作成&発表
2+2.5時間

仮説立案
項目作成

収集

分析
(検定)

考察
発表





「2項検定」では、ちょっと物足りない



数学Aの知識だけでわかろうと思えばわかる！
フィッシャーの直接確率計算

(期待度数表)

	運動好き (14)	運動嫌い (16)
運動部所属 (15)	7	8
それ以外 (15)	7	8

(実測値)

	運動好き	運動嫌い
運動部所属	9	6
それ以外	5	10

$$30 \times \frac{1}{2} \times \frac{14}{30}$$

クラスの人数 × 運動部の割合 × 好きの割合

この表がどれくらい、
期待度数表から偏ったものか
を考える！
(1クリックで検定可能！)



「仮説検定」を使って、 クラスの実態を調査してみよう！

(2x2のクロス集計表に落とし込む)

疑問 運動部の人ってみんな体育の時間が好きだ

仮説 運動部に入ると、みんな好きになる？

予測

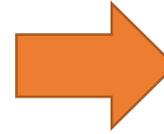
所属部活\好み	好き	嫌い
運動部		
運動部以外		

この表のレア度を判断すればよい

実習のプロセス(計6コマ)



	運動好き	運動嫌い
運動部所属	①	②
それ以外	③	④



- ① 運動部所属で、運動が好き
- ② 運動部所属で、運動が嫌い
- ③ 運動部以外で、運動が好き
- ④ 運動部以外で、運動が嫌い

【特進】仮説検定実習2018_1

※切は9/18(火)です。匿名収集ですので、よろしくお願ひします。

このフォームを送信すると、メールアドレス (n_takeyoshi@hinode.ed.jp) が記録されます。自分のアカウントでない場合は、[アカウントを切り替えてください](#)

*必須

1 *

① 男子でおみくじの内容を信じる

② 男子でおみくじの内容を信じない

③ 女子でおみくじの内容を信じる

④ 女子でおみくじの内容を信じない

2 *

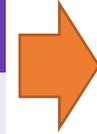
1 あなたは、内部進学生で、給食よりお弁当のほうが好きですか。

2 あなたは、内部進学生で、お弁当より給食のほうが好きですか。

3 あなたは、外部進学生で、給食より、お弁当のほうが好きですか。

4 あなたは、外部進学生で、お弁当より給食のほうが好きですか。

3 *



	運動好き	運動嫌い
運動部所属	9	6
それ以外	5	10



ペンギンが好きだと、
水族館・動物園に行く
回数が増える！

直接確率計算 2×2表(Fisher's exact test)

メイン データ形式 グラフ 説明

データ

読み 消去

群1・2×観測値1・2に度数を入力してください。
(総度数Nは自動的に計算します)

	観測値1	観測値2
群1	9	6
群2	5	10

N = 30

計算! 結果を追加

	年間の水族館・動物園訪問回数	
	年間10回以上	年間10回未満
知っているペンギンの種類	3種類以上	7
	3種類未満	3
	2	14

p=0.0048 ** (<.05)

仮説は支持された。

考察

- そもそも3種類が厳しい
- 好き=詳しい?
- 好きだから増えるを聞いたかったが、行くから詳しくなったの関係かも?
- その他の動物について聞いてみると、関係しない動物もある?

Google Formを使って、
5分に短縮
匿名性も保たれる
(テストの成績等)

難しいところ（ある意味、醍醐味）

情報科実践事例報告会
2019
(神奈川)



【全員有意差は出ない】

【プレゼンは個性が出る】

11名/28名が有意

有意差が出なくても…

- 仮説が間違っていた？
- 実験計画上の問題？
 - ・ 聞き方？
 - ・ 質問内容？

「考察」できる点は、
たくさんある！

○ 食べ物をめぐる兄弟喧嘩

スマホの脱出ゲーム→

仮説

小雨のとき…

男の人→傘を差す人

少

女の人→傘を差す人

多

- 「好きなもののプレゼン」と違い、絶対コピペにならない。
- 自分の立てた仮説の為に、生徒が必死に考察を考える

しかし、武善はしつこかった (1年目の失敗…)

情報科実践事例報告会
2019
(神奈川)



運動部の方は、
運動好きです！

偶然じゃないの？
それ、本当に差がある？



↓ 仮説検定で有意！



運動部に入ると、
運動が好きになる！

仮説検定したから、
間違いはない！

相関関係と因果関係は違う！

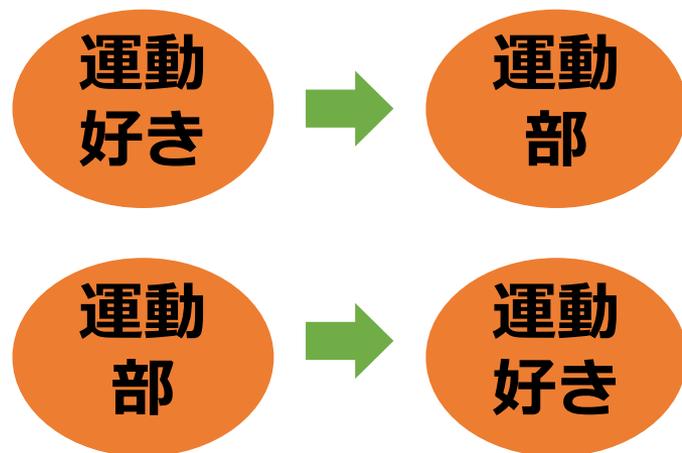


運動が好きだから、
運動部に入ったん
じゃないの？

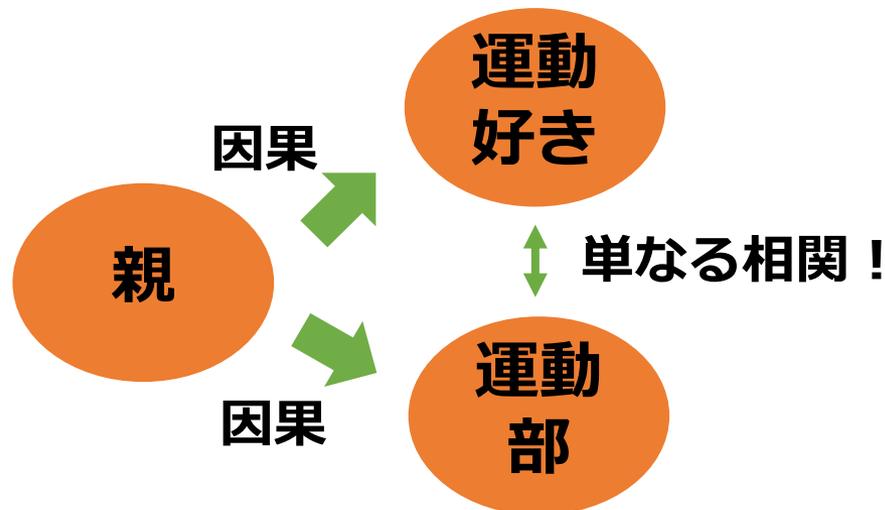
親がスポーツ熱心だ
から、運動部に入部
させ、子供も運動好
きになったのでは？



方向性



疑似相関（交絡因子）



仮説検定で連関（相関）が出ても、
「運動部」と「運動好き」に関係があると言えただけ！

仮説検定で止めるのは危険！

情報科実践事例報告会
2019
(神奈川)



~~仮説検定したから、
間違いない！~~

仮説検定は、 相関因果の検討とセットで扱う必要あり！

情報 I 指導要領解説にも…



相関係数などの統計指標、相関関係や因果関係などのデータの関係性、調べようとするもの以外で結果に影響を与えている原因である交絡因子……

第2章



統計的仮説検定実習(情報 I)

SBIモデル
講義

1時間

アンケート
実施&検定

1.5時間

プレゼン
作成&発表

2+2.5時間

相関関係？因果関係？グループワーク

1.5時間

「結果」が出て、
良かったね
本当に……？

解説30分+ワーク1時間

以降の授業は、
全て配布資料に
プリントあります。

仮説立案
項目作成

収集

分析
(検定)

考察
発表



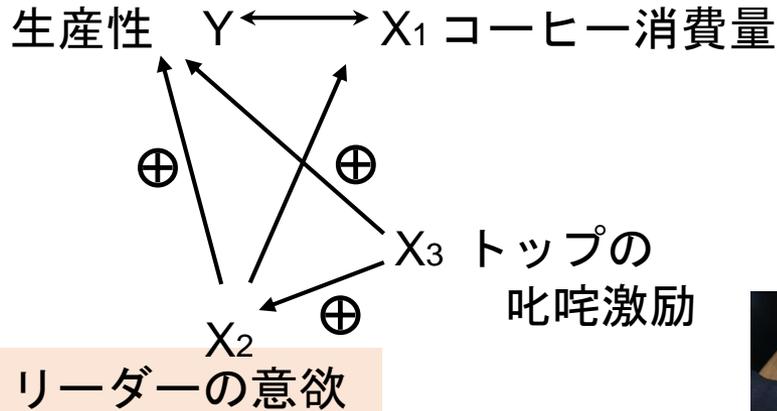
入試問題活用ワーク 説明30分+実習1h

この2つを組み合わせると、
ゲーム感覚にしたら面白いのでは...?



慶應義塾大学 総合政策学部2017 [相関関係・因果関係の可視化]

職場にコーヒーマーカーを置くと、
生産性が向上する！
だから、コーヒーマーカーを置こう！



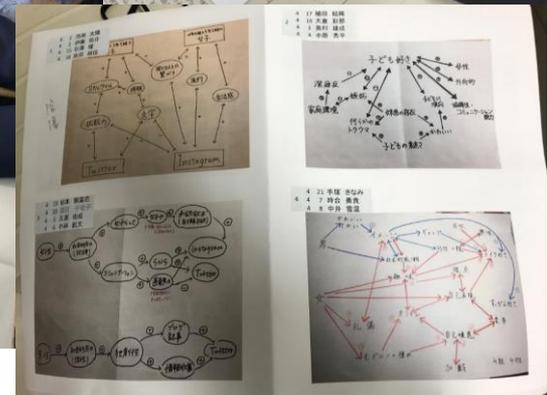
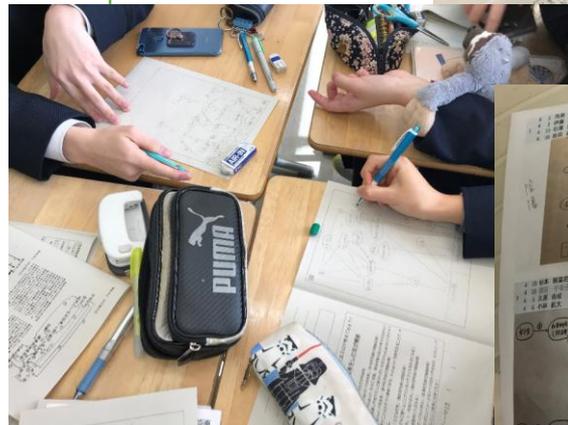
表記ルール
因果関係 A(原因)→B(結果)
相関関係 A \longleftrightarrow B
A増,B増の時は \oplus
A増,B減の時は \ominus

自分たちの研究結果から因果関係が本当にあるのか考えてみよう！

一番もっともらしい提案をした班が優勝

有意差(連関があったと認められた)が出た研究結果。

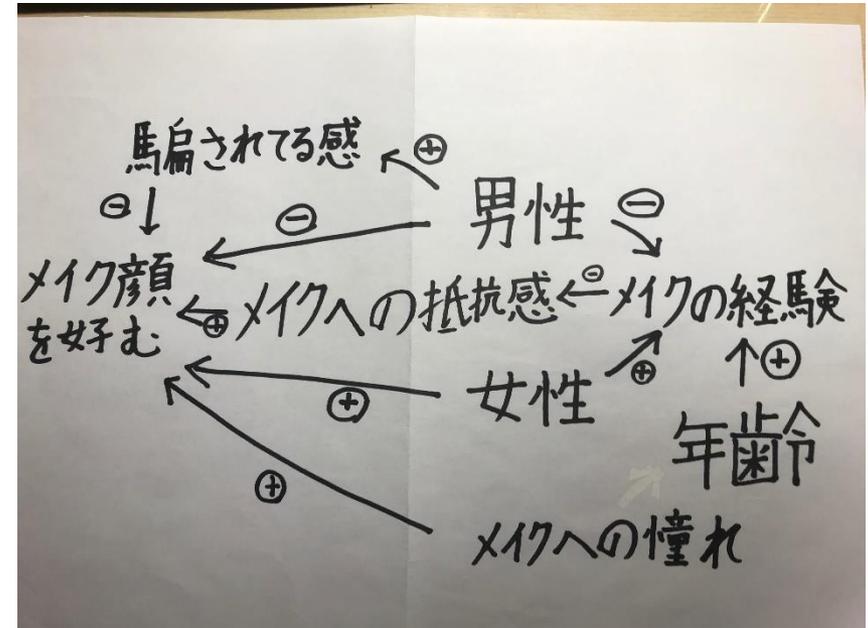
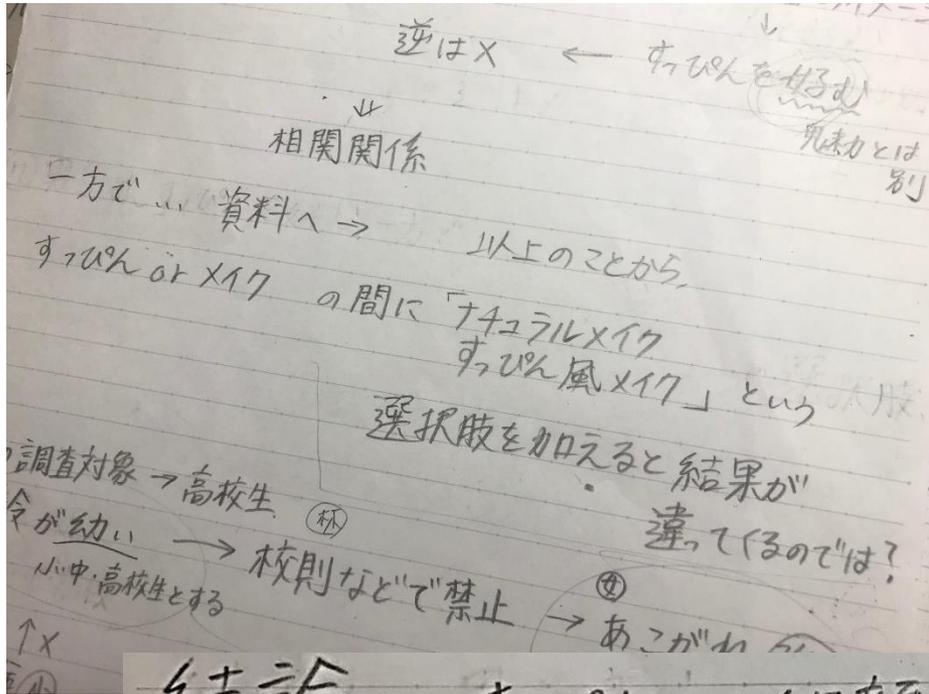
- (1)「男女」×「TwitterとInstagramの使用率」
Twitterは主に文章、Instagramは主に写真。情報収集や自分の考えを広めたい男性はTwitterに、暇潰しや様々な人と繋がりたい女性はInstagramに流れる？
- (2)「男女」×「Instagramの使用率」
Instagramを使うことで学力がアップする。
- (3)「妹弟の存在」×「子どもの学力」
妹弟がいると、子どもは学力が上がる。
- (4)「運動部/運動部以外」×「体力」
体育が好きだから、運動部に入部する。
- (5)「男女」×「メイク/ファッション」
男子には関係が薄く近寄りがたい。女子はかわいく生まれ変わりたい。



ピックアップ1



男子より女子の方が、メイクされた顔を好む。



結論 すっぴん・メイク顔の好みは男女差はあっても
経験・年齢などの相関関係から生まれたもの。
将来変わっていく可能性大。

ピックアップ2

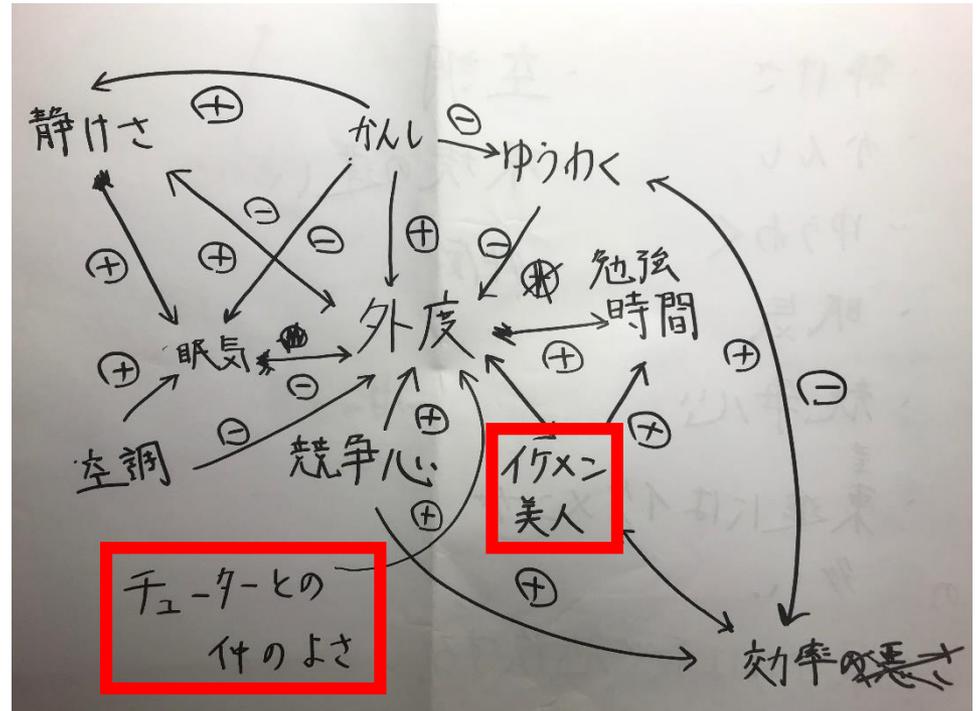


家より外での勉強を好む人の方が、
勉強時間が長い。

- ・静けさ
- ・かんし
- ・ゆうわく
- ・眠気
- ・競争心
- ・空調
- ・環境の違い
- ・外度

東進にはイケメンが
多い。

家よりは長く勉強する。



しかし、武善は更にしつこかった (3年目の挑戦)

情報科実践事例報告会
2019
(神奈川)



運動部の人
は、運動好き
です！

運動が好きだから、運動部
に入ったんじゃないの？



因果関係もありそう！



運動部に入ると、
運動が好きになる！



どう聞いた？

誰に聞いた？

いつ聞いた？

その調査、
本当に問題ない？

(自分達の研究からは離れ、
社会調査へ目を向ける)



バイアス = 「偏り」

選択バイアス

対象者



情報バイアス

測定時



交絡バイアス

分析時



情報Ⅱ指導要領にも…

ここでいうバイアスとは、データを収集する際に生じる偏りのことであり、対象となるデータを選択する際に生じる偏りである選択バイアスや、データを測定する際に生じる情報バイアスといわれるものがある。

調査方法にも疑いを向けてみよう

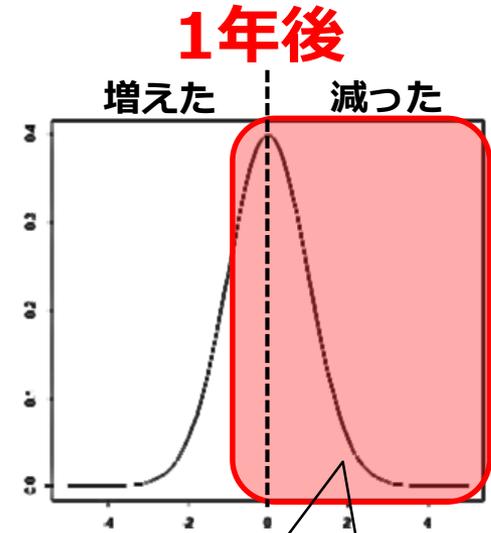
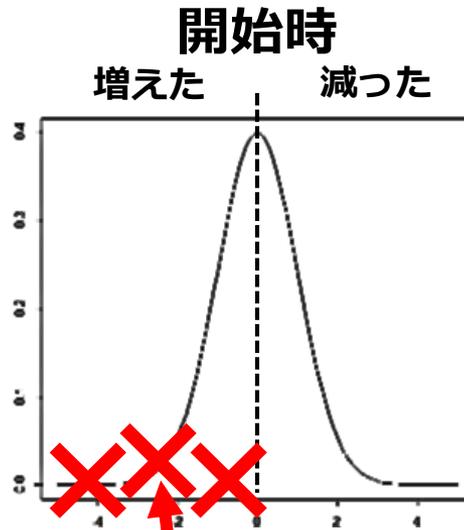
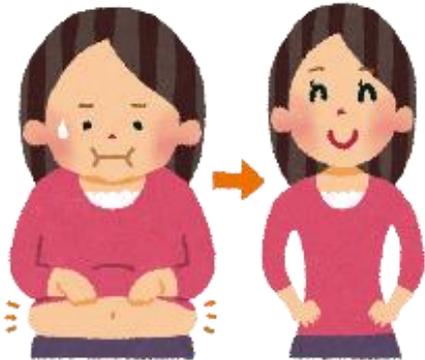
バイアスの具体例



1年後調査で95%が痩せていた奇跡のジム！

選択バイアス

脱落バイアス
(生存バイアス)



行くの面倒だな～



効果ないや。
他のダイエットをやる～

「大学より日出が大好き」な卒業生

第3章



統計的仮説検定実習(情報 I)

SBIモデル
講義

1時間

アンケート
実施&検定

1.5時間

プレゼン
作成&発表

2+2.5時間

相関関係? 因果関係? グループワーク

1.5時間

バイアス検証グループワーク

1.5時間

解説30分+ワーク1時間

「結果」が出て、
良かったね
本当に……?

因果関係は
ありそうだね。
本当に……?

仮説立案
項目作成

収集

分析
(検定)

考察
発表





バイアス = 「偏り」

選択バイアス
対象者選択

サンプリングバイアス



RDD(Random Digit Dialing) /
インターネット調査 / 郵送調査

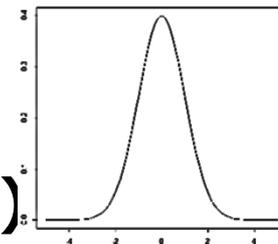
情報バイアス
測定時

自己選択バイアス

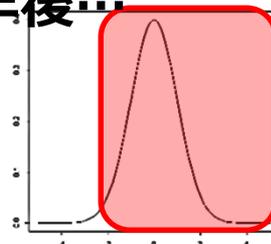
政治に関するアンケート (**任意解答**)
「政治に関心がありますか？」

交絡バイアス
分析時のずれ

脱落バイアス
(生存バイアス)



1年後...



1年後95%が痩せているダイエット法
「大学より日出が大好き」な**来校卒業生**



バイアス = 「偏り」

選択バイアス

対象者選択

誘導バイアス

多くの大学は英語を重視しているが、あなたは英語にどの程度興味があるか。

社会適応性バイアス (社会的望ましさ)

あなたは環境に配慮した製品を買うように、心がけていますか？

情報バイアス

測定時

(質問者バイアスのみ)

アンカリング効果



交絡バイアス

分析時

今回の受講料は1人5,000円でした。8,000円だったらあなたは受講したか？



バイアス = 「偏り」

選択バイアス

対象者選択

情報バイアス

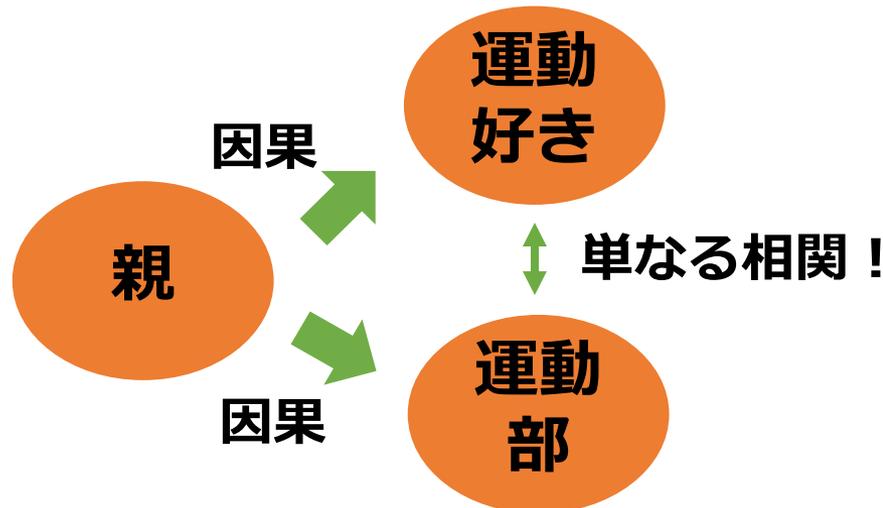
測定時

(質問者バイアスのみ)

交絡バイアス

分析時のずれ

疑似相関のこと！



題材選びに苦心「怪しい調査」…？

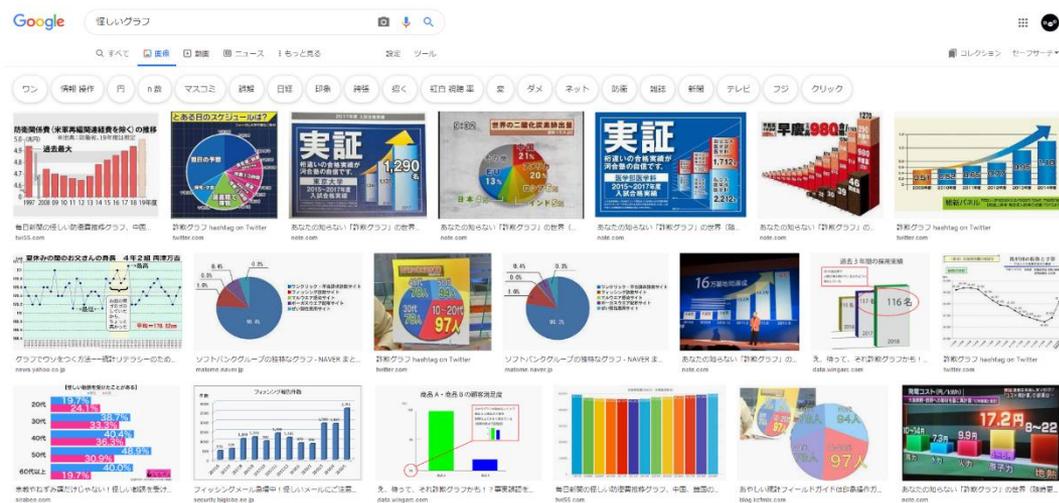


怪しい調査、怪しいグラフを、
見つけよう！持ち寄ろう！調べよう！

怪しいグラフ



統計 ウソ



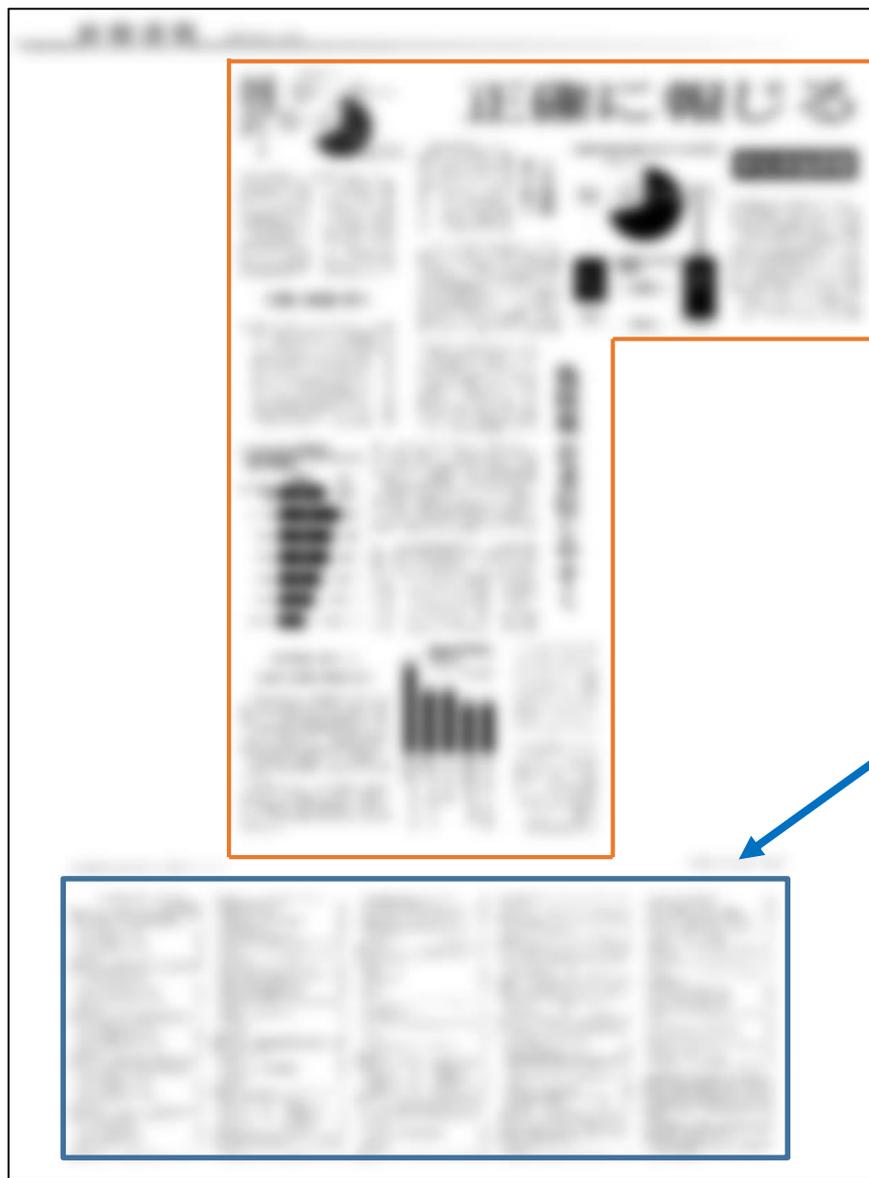
Twitterの面白コンテンツで騒ぐのと、
大差ないのでは…

怪しくなさそうだけど、
よく考えると怪しいかも？

が大事！

読売新聞の定期世論調査を活用

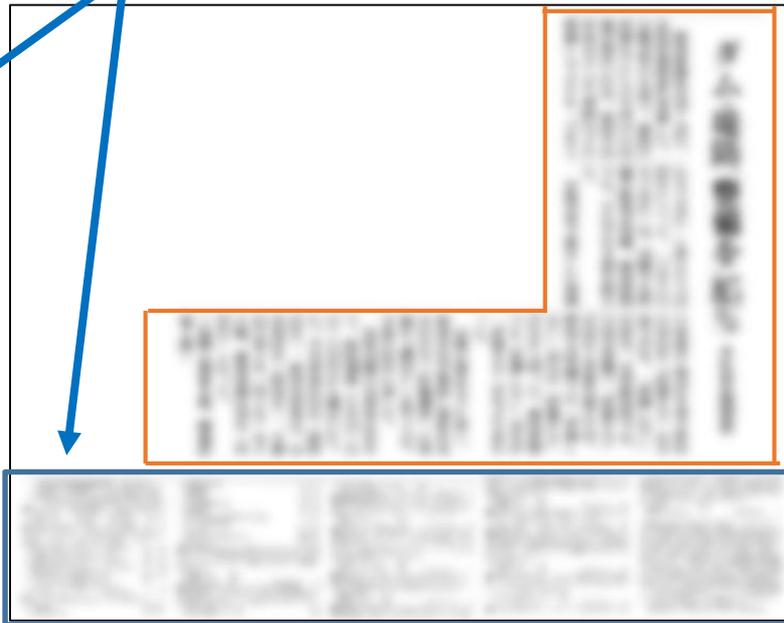
情報科実践事例報告会
2019
(神奈川)



新聞記事

ヨミダス[®] for スクール

設問文



調査方法が明確



主な質問と回答（数字は%）

- 調査方法
- ・調査日 = 3月30、31日
 - ・対象者 = 全国の有権者3000人
(250地点、層化2段無作為抽出法)
 - ・実施方法 = 個別訪問面接聴取法

- ・有効回収数 = 1472人 (回収率49%)
- ・回答者内訳 = 男47%、女53% ▽ 20歳代8%、30歳代14%、40歳代16%、50歳代19%、60歳代25%、70歳以上18%

※グラフや表の数値は四捨五入のため、合計が100%にならないことがある。
0は0.5%未満。

1073人の回答を得た。回答率は固定54%、携帯41%。

小数点以下四捨五入。グラフや表の数値は、合計が100%にならないことがある。

0は0.5%未満。-は回答なし。

*RDD=Random Digit Dialing

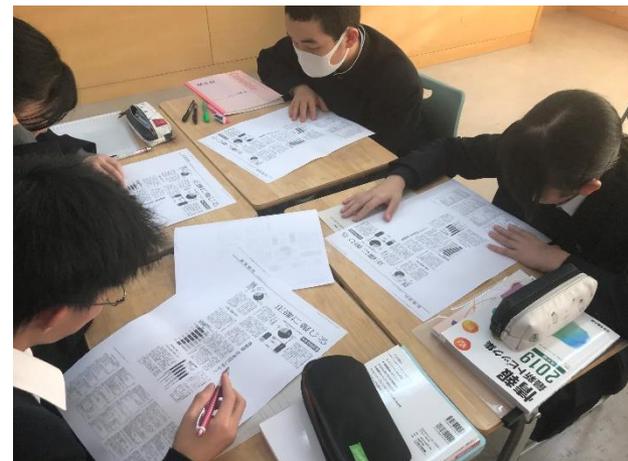
以上の有権者から、層化2段無作為で実施した。9月4日発送し、10月10日まで対象者以外による回答は2176。回答者52% ▽ 18~29歳17%、50歳代18%、グラフや表の数値

グループワーク&発表(1コマ)



Step1.班(4~5人) で1テーマ選択

- 学校教育「不満」56%(2013/4/18)
- 親の体罰禁止「賛成」59%(2019/3/25)
- 増税「支出減らさず」7割(2019/10/21)
- ダム・堤防「整備を」85%(2019/10/21)
- 令和に「好感」62%(2019/4/3)
- 正確に報じる(2019/10/14)
- 「手に取って選びたい」(2019/10/27)



Step2.グループ全員で議論&発表

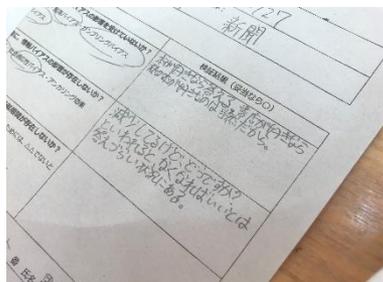


検証項目

項目	検証結果(妥当なら○)
Q1.収集時点で、選択バイアスの影響を受けていないか? 生存者バイアス・脱落バイアス・サンプリングバイアス 自己選択バイアス	<input type="checkbox"/>
Q2.調査項目に、情報バイアスの影響が存在しないか? 誘導バイアス・社会適応性バイアス・アンカリング効果	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Q3.結論に、交絡バイアス・疑似相関が存在しないか? ・共変関係(○○であれば△△を言うためには、△△でないときには○○ではない)を検証する! ・時間的順序関係(逆の関係は考えられないか?) ・交絡因子の存在(その他に原因は無いか?)	<input type="checkbox"/>

例えばこんな点が出てきました

情報科実践事例報告会
2019
(神奈川)



印象との違い

学校教育「不満」56%
⇒今の学校教育に関する記事だが、回答者の43%が60代以上。
見出しの印象と違う。

印象との違い

増税「支出減らさず」7割
⇒「非常に」が13%,「多少」が46%の合算結果である。
印象と違う。

選択バイアス

「手に取って選びたい」
⇒「本」に興味がない人は、
郵送法のアンケートに答えるか？

選択バイアス

「正確に報じる」
⇒そもそもネットに触れる時間が短いと、偽の情報に触れる機会も少ない？

情報バイアス

「手に取って選びたい」
⇒前問で「減少している」と示されると、「あった方が良い」に「そうは思わない」とは答えづらい。



統計的仮説検定実習(情報 I)

SBIモデル
講義

1時間

アンケート
実施&検定

1.5時間

プレゼン
作成&発表

2+2.5時間

相関関係? 因果関係? グループワーク

1.5時間

バイアス検証グループワーク

1.5時間

期末試験

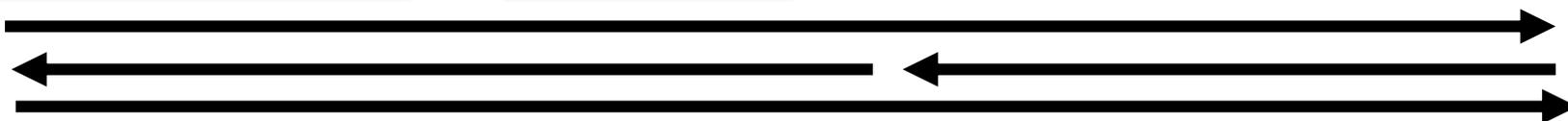
振り返り
アンケート

仮説立案
項目作成

収集

分析
(検定)

考察
発表





期末試験

- 「相関」と「因果」の違いは、明確に理解できている(85%)
- 別の解釈, 要因を発見する問題の正答率が意外高い(67%)。

●● お助けマン ▲ 邪魔マン

Helper Selected	Hinderer Selected
14	2

他の要因は完全に排除できているか、他の要因について1つ挙げ、どのような実験を行えばその要因を排除できるか述べよ。

形？ 色？ 形×色？

振り返りアンケート

- 統計調査への好感が、PC操作と同程度に向上。
- 実生活の中で仮説検定を使って検討したい事項を上げる生徒もいる。
- バイアス検証は「役に立つ」実感を得られている。また、新発見というより、認知過程の見直しとして捉える生徒が多い印象(≒錯覚?)。

情報リテラシー
は情報をむやみに
疑うことではない
と実感した。



情報 I & II を見据えた “情報科”統計教育

- 仮説検定 相関・因果 バイアス -

END