

スポーツ統計学(進矢)

更新日: 2020-06-03

目次

[0. はじめに](#)

[1. 尺度・分布](#)

[2. 差の検定1 統計検定の考え方\(1 sample t検定を例に\)](#)

[3. 差の検定2 独立t検定・対のt検定](#)

[4. 差の検定3 一元配置分散分析・反復測定一元配置分散分析・多重比較法](#)

[5. 差の検定4 二元配置分散分析](#)

[6. 相関分析 Pearsonの積率相関・Spearmanの順位相関](#)

[JASPによる統計解析 まとめ](#)

動画作ろうかな、どうしようかな、と思っている内容

- ・ANCOVA
- ・カイ二乗検定
- ・ロジスティック回帰
- ・いろいろな多重比較法
- ・いろいろなノンパラ検定
- ・PCA
- ・クラスター分析
- ・線形判別分析 1変数・多変数
- ・線形回帰分析 1変数・多変数
- ・情報量解析(相互情報量とか)
- ・円統計
- ・ベイズ統計
- ・ブートストラップ
- ・permutation系

はじめに

このノートは、進矢（広島大学）の Youtube 動画 へのリンク集です。動画内容の簡単な説明と、動画視聴前後の課題も、添えてあります。内容は、広島大学総合科学部で提供している2,3年生向け演習科目、「スポーツ統計学演習」の一部となります。

目的

スポーツ科学には、生理学・生化学・心理学・バイオメカニクスなど、自然科学の様々な分野が含まれますが、基本的な統計分析は分野に関わらず必須のスキルです。この授業では、数値データの確認・基本的な統計分析・図示までの基本的な流れを、理解することを目的としています。

ターゲット・授業のレベル

統計の理論をしっかり理解するためには、数学的のバックグラウンドが必要です。統計ソフトの操作方法や、統計の名称や用語を丸暗記をしても、数学的に理解することを放棄しては、統計的結果を正しく解釈したり利用したりすることは不可能です。

一方で、多くのスポーツ系の学生は、理工系ほど数学の知識・理解がないかもしれません。そこで、この講義では、受講生の数学的バックグラウンドを、センター試験で数学を受ける程度には計算ができる非理系向け、として設定しています。統計検定に出てくる、 t 値・ F 値・相関係数の計算など、四則演算でできる部分は、数字を追いかけてもらうようにしている一方、正規分布の式・ t 分布の導出、といった高等数学（いわゆる高校文系数学より上のレベル）が必要な部分に関しては、数学的理解は後回しにして概要を把握できるようにしています。

参考： 広島大学総合科学部には、文系・理系・AO、の入試を受けた学生がいます。また、1年生の段階で、微分積分学などの数学系の授業を受講する学生もいますが必修ではなく、学生の理数系のレベルは様々です。

―― 統計検定を学ぶ学生の皆様へ ――

この内容は、広島大学総合科学部の「スポーツ統計学演習」の一部です。この授業の受講生以外の方の、内容への個別の質問は、申し訳ないですが、サポートできません。こんな内容も説明してほしい、とかの意見は有難いので、メールしてみてください。

統計検定の種類はかなり多く、また、年々新しい手法が生み出されているため、学部生がそれら全てを網羅的に把握する、ということは困難です。そこで、代表的な統計分析として、「差の分析」と「相関分析」に焦点を当て、まずは、代表的な統計検定を、手を動かしながらざっくり把握する、というのがこの授業の目的です。その後、卒論など、自分の研究を通して、前提条件が満たされない場合の手法・分野ごとの習慣・さらに高度な解析など、必要に応じて身に付けていくと、様々なケースに対応できるようになるでしょう。

この内容が難しいと感じる人へ

高度な数学だと思って、苦手意識を感じていませんか？一度、肩の力を抜いてみましょう。統計理論の背景にある数学は高度ですが、統計検定の理屈や、統計量の算出はとても単純です。t値やF値の計算が、一度でも自力でできると、統計検定は身近に感じられるでしょう(と信じています...)。パラメトリック検定が数値的計算として難しいのであれば、ノンパラメトリック検定はどうでしょうか。統計量の計算自体は[小学生でもできる](#)ほどに簡単です。

この内容が簡単だと感じる人へ

この内容は、いろいろ端折っているのですが、数学的にしっかり理解したい人は、「数理統計学」的な内容を学ぶとよいでしょう。この内容をだいたい理解できたけど数学にはそこまで興味がないよ、という人は、自分の研究分野を中心に(他の分野だと、統計的常識も違っていたりするので、それも勉強になります)、論文を読んでみましょう。どのような統計検定が使われているのか、を軸に、研究のフレームワークを理解する練習を繰り返すとよいでしょう。また、用いる手法や結果の解釈に、間違いや疑義がある論文もたくさんあるので、批評的に見るとよいと思います(その論文の著者をフォローしておく、時代や分野によって標準的な手法は違いますし、唯一の正解はないので、ある程度は仕方がないです。私も自分の昔の論文には、突っ込みを入れたいくなるもの、けっこうあります)。

--- 資料を使っただけの教員の皆様へ ---

- ・この講義ノートでは、統計ソフトはJASPを用いています。
- ・説明の順序などが、一部、JASPのインターフェイスに合わせた形になっています。
- ・JASPのバージョン違いによって、あれこれ齟齬が生じているかもしれません。

二次利用について

- ・反転授業の資料やゼミ生への教育として利用していただくことを想定しています。
- ・このドキュメントやYoutube動画のURLを、非営利・教育目的に、二次配布していただいても問題ありません。
- ・このドキュメントの共有設定は「閲覧」となっています。
- ・スポーツ統計学関係のYoutube動画の閲覧設定は、「公開」としています。

ご一報ください

- ・使っただけいたら、ご一報、あるいは感想など貰えると嬉しいです。
- ・間違い、コメント等ありましたら、やさしく教えてください。
- ・同様の内容の講義動画集、このノートで扱っていない内容等、関連した動画資料をお持ちの方、リンクさせてもらえると嬉しいです。
- ・進矢の連絡先は、こちらをご参照ください。

[広島大学研究者総覧：進矢 正宏 \(大学院人間社会科学研究科\)](#)

尺度・分布

スポーツ統計学(進矢) はじめに: 研究計画と統計

現代の自然科学的研究において、統計処理は必須です。
また、研究計画の立案は、統計モデルの計画と密接な関係があります。

スポーツ統計学(進矢) 研究計画と統計

<https://youtu.be/6wsCWxolm9A>

スポーツ統計学(進矢) 尺度・分布・記述統計

統計の基本として、データの性質について知っておく必要があります。
データは、適応可能な演算のレベルや分布によって、4つの尺度に分類されたり、質的/量的データと呼ばれたりします。
それらに応じて、使う統計手法は異なり、図示の仕方も異なります。

[Basic 1.1: 尺度](#)

[Basic 1.2. データの分布](#)

[Basic 1.3. 記述統計](#)

スポーツ統計学(進矢) 尺度・分布

<https://youtu.be/awvsWxlhzlc>

スポーツ統計学(進矢) 記述統計量とそのグラフ

https://youtu.be/I_Rwyl2vSVU

スポーツ統計学(進矢) 統計手法の分類(一変量)

<https://youtu.be/4v368bcFyQY>

同じようなコンセプトを表していても、使うデータによって、あるいは指標の取り方によって、様々な尺度となり得る。

たとえば、緊張の度合いを表す指標としては、以下のようなものがあり得るだろう。

- ・名義尺度: いま緊張していますか? Y/N
- ・順位尺度: どれくらい緊張していますか? 1, 2, 3, 4, 5
- ・比率尺度: 心拍数 beat/min

課題

課題1: 以下のコンセプトを表す(あるいは、表しうる)、名義尺度・順序尺度・間隔/比率尺度を考えなさい。

- ・サッカーの熟練度
- ・持久性運動能力
- ・高齢者が自律的に日常生活を過ごす運動能力

課題2: 練習1で考えた尺度を用いて、以下のような2つの研究計画を考える。それぞれに対して、独立変数・従属変数が質的データ・量的データであったときの結果として、どのようなグラフが想定されるだろうか？

- ・「サッカーの熟練度」を独立変数として、「持久性運動能力」を従属変数とした研究計画
- ・「持久性運動能力」を独立変数として、「高齢者が自律的に日常生活を過ごす運動能力」を従属変数とした研究計画

※ 独立/従属変数が、質的/量的である組み合わせは4通りある。2つの研究計画それぞれに対して、4つのグラフを考えなさい。

コラム: 不自然な分布【相撲の勝ち星】

データの分布は、それ自体が重要な情報です。実世界から取得するにせよ、実験により取得するにせよ、自然なデータには、“自然な”ばらつきが存在します。自然なばらつきからの逸脱は、その背後に、何らかの法則性が潜んでいる可能性を示唆します。相撲の勝ち星の分布を10年分以上調べてみると...

スポーツ統計学(進矢)- コラム: 不自然な分布【相撲の勝ち星】

https://youtu.be/cB4hy_Oli-E

スポーツ統計学(進矢)- コラム: 続・不自然な分布【相撲の勝ち星】

<https://youtu.be/9QKVap8aW24>

差の検定1 統計検定の考え方

(1 sample t検定を例に)

Basic 2.1. 統計的検定の考え方

1標本t検定(1 sample t test)を題材に、以下の通り、一連の統計処理の流れを勉強します。

- ・仮説検定の考え方
- ・統計量(t値)の計算方法
- ・統計ソフト(JASP)の使用法
- ・結果の書き方とグラフの作り方

初回は、以下の工程で勉強を進めてください(途中の課題を飛ばさないように)。
復習のために繰り返し見るのはOK!

スポーツ統計学(進矢) 統計的仮説検定の考え方

<https://youtu.be/dQVxpZ2RNqQ>

課題

- ・上記動画 7:20 あたりのスライド中の空白、4回中3回以上残業が発生する確率、を計算しなさい

スポーツ統計学(進矢) - 統計検定の基礎(1 sample t test)

https://youtu.be/_ZM9FNvOTNg

課題

- ・上記動画中のデータを用いて、平均値・不偏標準偏差・t値、を計算しなさい(統計ソフトは用いないこと)。

スポーツ統計学(進矢) - 統計結果の報告 - 1 sample t test

<https://youtu.be/X4RMAwWZ8Mw>

スポーツ統計学(進矢) - JASP - 1 sample t test

https://youtu.be/dUS_MMOLsEY

課題

- ・上記動画に倣い、JASPを用いて、1 sample t test を行いなさい。

課題

- ・動画中に挙げた例(線の長さが5cmより長い/短い?)以外に、1 sample t test を用いて解析を行う実験を1つ考え、実験と統計検定を行い、グラフを作成し、方法および結果を日本語および英語で書きなさい。

グラフの作成は、進矢はIllustratorを使っているが、powerpoint, paint 等、適当なアプリケーションで作成するとよい(図として重要な情報が漏れていなければ、クオリティが多少低くても問題ない)。

差の検定2 独立t検定・対のt検定

Independent samples t test

差の分析の基本として、t 検定を学びます。

統計の前提条件、帰無仮説、統計量(t値)の計算、結果・方法の書き方とグラフの作成方法等、統計の概要に関する説明と、統計ソフト: JASPの使い方は、別の動画にしております。

必ず、概要を学んでから、ソフトの使い方を見るようにしてください。

統計ソフトを操作する中で、分からない用語や概念が出てきた場合は、統計の概要の動画で復習を行ってください。

また、卒論等の研究を進めていく中で、ソフトの使い方を復習したい時などは、ソフトの使い方の動画の方を見るとよいでしょう。

初回は、以下の工程で勉強を進めてください(途中の課題を飛ばさないように)。

スポーツ統計学(進矢) - independent samples t test

<https://youtu.be/qwevJcgvQH0>

スポーツ統計学(進矢) - independent samples t test (JASP)

<https://youtu.be/hWNkrXbWqbQ>

課題

統計検定として independent samples t test を用いる実験を行い、得られたデータから統計ソフトを用いずに、t 値を計算しなさい。

Paired samples t test

比較したい2群のデータに "対応がある" 場合は、independent samples t test ではなく、paired samples t test を用います。

スポーツ統計学(進矢) - paired t test

<https://youtu.be/LjdyvjRTzbY>

スポーツ統計学(進矢) - paired t test (JASP)

<https://youtu.be/uCWwLESQiFw>

課題

動画の中では、"左右の握力を比較" を例に、たとえ同じような言葉で表されたとしても、independent t test / paired t test のどちらを使うべきかは、その目的や実験方法によって様々だ、ということを示している。

これと同様の例を、以下の文章を埋める形で、自分で考えなさい。

「***実験テーマ***」を明らかにするといっても、「***目的1***」を目的とした場合は、「***実験1***」のような実験を行い independent t test で検定を行うべきだが、「***目的2***」を目的とした場合は、「***実験2***」のような実験を行い paired t test で検定を行うべきである。

差の検定3 分散分析・多重比較法

多重比較の問題

比較したい群が3以上ある場合、t検定による2群間の比較を繰り返すと、多重比較の問題が起きます。まずは、これを理解してください。

スポーツ統計学(進矢) - 多重比較問題

https://youtu.be/snrk0lyd_kc

課題

多重比較の問題とは何か？数字を使って、具体的に説明しなさい。

コラム: Dead Salmon fMRI

独立した統計検定を繰り返すと、そのうちいずれかに有意な結果を得る確率は、最初に設定した α レベル(多くの場合、0.05)より高くなってしまいます。この多重比較の問題に、適切に対処しなければ、科学的には何もないところに結果が出てしまいます。たとえそれが死んだ鮭であったとしても...

スポーツ統計学(進矢) - コラム: Dead Salmon fMRI

<https://youtu.be/6Wh7958UJT8>

1-way ANOVA・多重比較法

多重比較の問題を解決するため、3群以上で平均値の差を検定したい場合は、分散分析や多重比較検定を用います。

スポーツ統計学(進矢) - 1-way ANOVA

<https://youtu.be/zS7VOOzFTJc>

スポーツ統計学(進矢) - F分布 (上の1-way ANOVAの動画に含まれています)

https://youtu.be/gCbAFzr_dBw

課題

1-way ANOVA を用いて解析するサンプルデータを作成しなさい(5 samples × 3 groupsくらいでよい)。その例を用いて、統計ソフトを用いずに、F 値を計算しなさい。その値を統計ソフトが算出した値と比較しなさい。

(全体平方和) = (群間平方和) + (群内平方和) を証明しなさい。

1-way repeated measures ANOVA

データに "対応がある" 場合は、repeated measures ANOVAを用います (t検定で言う、paired tに相当)。

スポーツ統計学(進矢) - 1-way rmANOVA

<https://youtu.be/MImjCeDcxO8>

課題

この動画の中では、多重比較でBonferroniの方法とHolmの方法で結果が異なる、という例が示されており、そういったときは、科学的に妥当な考察をするしかない、と説明しています。この例で言う「科学的に妥当な方法」とは、どのようなものなのか、その理由は何か、考えなさい。

課題

以下の4つの統計を用いる測定を行い、統計検定を実施し、グラフを作成し、方法および結果を日本語および英語で書きなさい。

- independent samples t test
- paired samples t test
- 1 way ANOVA
- 1 way repeated measures ANOVA

※ 実測した値を用いて統計検定をする場合、有意な結果が得られている必要はない。

※ 実測することが難しい場合、その検定を行うに相応しい実験を考え、仮想的なデータを設定して、検定を行いなさい。その場合、方法に、仮想データであることを明記しなさい。

差の検定4 二元配置分散分析

従属変数に影響を与える要因が2つあり、それらの関係に着目した研究では、2-way ANOVAを用いて交互作用を検討します。

スポーツ統計学(進矢) - 2-way ANOVA 前半

<https://youtu.be/8xpHcZ3nRMk>

スポーツ統計学(進矢) - 2-way ANOVA 後半

https://youtu.be/6hk629c7_b8

要因が3つ以上ある場合も、同様に分散分析を行なうことができますが、複雑になりすぎても厄介ですので、研究デザインをシンプルにすることが重要です。

スポーツ統計学(進矢) - n-way ANOVA

<https://youtu.be/ZEkDqjNcA2w>

t検定・分散分析と、差の検定を扱ってきましたが、統計は統計です。統計の理屈と限界をしっかりと把握して、科学的に重要な点は何なのか、を見失わないようにしましょう。

スポーツ統計学(進矢) - 差の検定 注意点

<https://youtu.be/A7NNRXXLZO8>

課題

以下の仮説を検証したい場合には、どのような実験を行い、どのような統計解析を行うか？

従属変数と独立変数は何か、独立変数の場合、それが対応のある要因か否かが明記された方法を書きなさい。

仮想的な結果・グラフ(手書きでもよい)を作成し、方法と合わせて、日本語で書きなさい。

・ハーフタイムに積極的な冷却を行なうことで、何もしない時と比べて、後半のパフォーマンス低下を抑えることができる

・緊張する本番環境に初めて暴露される前に、メンタルトレーニングセッションを行うことで、本番でのパフォーマンス悪化が防げる

相関分析

量的データ(順位尺度以上)同士の関係を調べる代表的な方法が、相関分析です。

パラメトリックなデータは、Pearsonの積率相関係数で、ノンパラメトリックなデータは、Spearmanの順位相関係数やKendallの順位相関係数等で、定量することが一般的です。

スポーツ統計学(進矢) - 相関分析

<https://youtu.be/i6yxHyzWMGc>

スポーツ統計学(進矢) - 相関分析 JASPとグラフ作成

<https://youtu.be/fTxpaBa40R8>

相関分析は、単純で強力な手法ですが、いくつか使い方や解釈の仕方に、いくつか注意点があります。

スポーツ統計学(進矢) - 相関分析 注意点

<https://youtu.be/MSUnciuUsgA>

課題

- ・Pearsonの積率相関係数を用いて分析するデータを自分で測定し、統計検定を実施し、グラフを作成し、方法および結果を日本語および英語で書きなさい。
- ・上記のデータに、仮想的な外れ値を1つ足して、相関係数がどのように変化するか試しなさい。外れ値の値を変えて、5通り行い、外れ値のみ色を変えたプロットを作成し、相関係数とともに図示しなさい。

検定力分析 (Power Analysis)

あなたの実験では、何人の被験者からデータをとるべきでしょうか。統計学的に言うと、サンプルサイズはどの程度の大きさであるべきなのでしょう。統計のロジックを踏まえると、サンプルサイズは、事前にかつ根拠をもって(大抵の場合、統計力分析によって)決定されなければなりません。

Karl Popper は、科学的研究は反証可能性を持つべきだ、と論じました。検定力が低ければ、すなわち、想定される偽陰性率が高ければ、ネガティブデータによって仮説を反証することが難しくなってしまいます。

反証可能性のある研究をしよう
<https://youtu.be/PukG7SU7J3Q>

テキスト資料はこちら: 検定力分析
https://docs.google.com/document/d/1ISGxNzxm56_zWurJkAvBoWWLYto39hnik1HQ5hG7RIE/edit#heading=h.gg8neuxx0phq

スポーツ統計学
進矢正宏
広島大学総合科学部

JASPによる統計解析 まとめ

スポーツ統計学(進矢) - JASP - 1 sample t test

https://youtu.be/dUS_MMOLsEY

スポーツ統計学(進矢) - independet samples t test (JASP)

<https://youtu.be/hWNkrXbWqbQ>

スポーツ統計学(進矢) - paired t test (JASP)

<https://youtu.be/uCWwLESQiFw>

スポーツ統計学(進矢) - JASP - 1 way ANOVA

<https://youtu.be/Rx0Y1Qow-Bs>

スポーツ統計学(進矢) - JASP - 1 way rmANOVA

<https://youtu.be/5Qk6dmqrzRQ>

スポーツ統計学(進矢) - 2-way ANOVA 後半

https://youtu.be/6hk629c7_b8 (JASPは、7:27~)

スポーツ統計学(進矢) - 相関分析 JASPとグラフ作成

<https://youtu.be/fTxpaBa40R8>

JASP 公式チュートリアルへのリンク

※ 頻繁にアップデートされているので、たまにチェックするといいいかもしれません。
リンクが切れていたら教えてください。

公式サイトには、充実した Support ページがあります。

<https://jasp-stats.org/support/>

使いたい統計手法は理解しているけど、それをJASPでどうやるんだっけ？ というとき。
ビデオやgifアニメで、JASPの使い方を説明してくれています。

How to use JASP

<https://jasp-stats.org/how-to-use-jasp/>

文章を読んで、丁寧に勉強したいときは、マニュアルを参照しましょう。論文に統計手法の根拠を書くための引用文献が欲しいときもこちらのページから探せます。

<https://jasp-stats.org/jasp-materials/>

教員向けリソースもあったりして、

<https://jasp-stats.org/teaching-with-jasp/>

教科書もあります。

Learning Statistics with JASP: A Tutorial for Psychology Students and Other Beginners

<https://learnstatswithjasp.com/>

全部英語なので読めません、とおっしゃる学生様へ。

お金を払って**有料ソフトを買きましょう！** [SPSS](#)だと、基本パッケージに、rmANOVAやロジスティック回帰のモジュールを付けると、65万円くらい。大学なら、割引で、**27万円**くらいで買えますよ！ 高いソフトなので、日本で売っている[代理店が日本語チュートリアルを整備](#)してくれています。

↑英語で勉強方が安くて、かつ、上質な教材がありますよ！ っていうお話です。

スポーツ統計学
進矢正宏
広島大学総合科学部

スポーツ統計学コラム 目次

スポーツ統計学(進矢)- コラム: 不自然な分布【相撲の勝ち星】

https://youtu.be/cB4hy_Oli-E

スポーツ統計学(進矢)- コラム: 続・不自然な分布【相撲の勝ち星】

<https://youtu.be/9QKVap8aW24>

スポーツ統計学(進矢)- コラム: Dead Salmon fMRI

<https://youtu.be/6Wh7958UJT8>