

第2版

15  
15レクチャー  
シリーズ

リハビリテーションテキスト

# リハビリテーション 統計学

総編集 ..... 石川 朗 神戸大学生命・医学系保健学域

責任編集 ..... 対馬栄輝 弘前大学大学院保健学研究科総合リハビリテーション科学領域

中山書店

15 Lecture

第2版

15レクチャーシリーズ

リハビリテーションテキスト

# リハビリテーション 統計学

総編集

石川 朗

責任編集

対馬栄輝

中山書店

- 総編集 ————— 石川 朗 神戸大学生命・医学系保健学域
- 編集委員（五十音順） ——— 木村雅彦 杏林大学保健学部リハビリテーション学科理学療法学専攻  
小林麻衣 晴陵リハビリテーション学院理学療法学科  
仙石泰仁 札幌医科大学保健医療学部作業療法学科  
玉木 彰 兵庫医科大学リハビリテーション学部理学療法学科
- 責任編集 ————— 対馬栄輝 弘前大学大学院保健学研究科総合リハビリテーション科学領域
- 執筆（五十音順） ——— 石田水里 弘前大学大学院医学研究科ウォーターヘルスサイエンス講座  
國澤洋介 埼玉医科大学保健医療学部理学療法学科  
五嶋裕子 東京保健医療専門職大学リハビリテーション学部理学療法学科  
高倉保幸 埼玉医科大学保健医療学部理学療法学科  
対馬栄輝 弘前大学大学院保健学研究科総合リハビリテーション科学領域  
藤田ひとみ 日本福祉大学健康科学部リハビリテーション学科理学療法学専攻  
師岡祐輔 埼玉医科大学保健医療学部理学療法学科

## 刊行のことば

本 15 レクチャーシリーズは、医療専門職を目指す学生と、その学生に教授する教員に向けて企画された教科書である。

理学療法士、作業療法士、言語聴覚士、看護師などの医療専門職となるための教育システムには、養成期間として4年制と3年制課程、養成形態として大学、短期大学、専門学校が存在しており、混合型となっている。どのような教育システムにおいても、卒業時に一定水準の知識と技術を修得していることは不可欠であるが、それを実現するための環境や条件は必ずしも十分に整備されているとはいえない。

これらの現状をふまえて 15 レクチャーシリーズでは、医療専門職を目指す学生が授業で使用する本を、医学書ではなく教科書として明確に位置づけた。

学生諸君に対しては、各教科の基礎的な知識が、後に教授される応用的な知識へどのように関わっているのか理解しやすいよう、また臨床実習や医療専門職に就いた暁には、それらの知識と技術を活用し、さらに発展させていくことができるよう内容・構成を吟味した。一方、教員に対しては、オムニバスによる講義でも重複と漏れがないよう、さらに専門外の講義を担当する場合においても、一定水準以上の内容を教授できるように工夫を重ねた。

具体的に本書の特徴として、以下の点をあげる。

- 各教科の冒頭に、「学習主題」「学習目標」「学習項目」を明記したシラバスを掲載する。
- 1科目を90分15コマと想定し、90分の授業で効率的に質の高い学習ができるよう1コマの情報量を吟味する。
- 各レクチャーの冒頭に、「到達目標」「講義を理解するためのチェック項目とポイント」「講義終了後の確認事項」を記載する。
- 各教科の最後には定期試験にも応用できる、模擬試験問題を掲載する。試験問題は応用力も確認できる内容としている。

15 レクチャーシリーズが、医療専門職を目指す学生とその学生たちに教授する教員に活用され、わが国におけるリハビリテーションの一層の発展にわずかながらでも寄与することができたら、このうえない喜びである。

2010年9月

総編集 石川 朗

## 序文 (第2版)

平均や中央値という用語は、聞いたことがある人も多いと思います。日常生活では、平均という用語を使う機会も多いので、意味についても理解していると思います。「大学生の私は、先月に使ったお小遣いが1日平均1,500円、今月は1日平均1,000円ぐらいだった」といえば、今月は節約したことがわかります。

しかし、これから述べる統計学では、この日常的な感覚で平均や確率を考えると、ややこしいことが起こります。「私は1日平均1,000円使っていたけど、他の大学生も1日平均1,000円使うのかな?」と思い、周りの同級生を100人調査してみたら、100人分の使ったお小遣いの1日平均は約1,200円だったとします。「日本の大学生は1日平均1,200円ぐらい使うのか」と考えるかもしれません。しかし、日本の大学生全部を調べなければ、真の金額はわかりません。日本全国の大学生を母集団、日本全国の平均を母平均と呼びます。大学生100人分の平均は標本平均と違って区別するのです。この標本平均の数値を使って、母平均を推定するのが本書で述べる統計学になります。

医療に携わる者は、主に疾病を患った人を対象とします。リハビリテーションでは、頻繁に脳卒中患者や骨折患者などを対象とします。脳卒中患者は「早期離床によって廃用症候群が防げる」とか、術後の骨折患者に対して「関節可動域運動をすれば関節拘縮が防げる」などの理論に裏付けられた経験則があります。しかし、この経験則は先人の豊富な経験から生まれたものもありまじょうが、大半は「数名の脳卒中患者に対して早期離床を試みたら、早期離床しない人に比べて廃用症候群が起こり難い」という研究成果をもとにして、「他の脳卒中患者でも同じ結果になるのではないか」と推測するわけです。「早期離床」や「廃用症候群」を客観的な数値で表す工夫をしてデータにし、統計学の力を借りて効果があった、なかったという客観的な判断ができるわけです。こうした意味で、ほとんどの研究で統計学が活用されています。

本書のLecture 11以降は、高度なレベルの統計手法を解説しています。具体的に統計解析を行っていないのであれば十分理解する必要はなく、ある程度の理解で十分です。可能であれば、具体的にパソコン用の統計ソフトウェアを使用して解析を体験してみることも推奨します。

2024年1月

責任編集 対馬栄輝

## 序 文 (初版)

統計学とは、統計のつくり方や統計の判断・推論の方法を研究する学問のことをいいます。ここでの統計とは、ある集団について、その特性を数量的に測って得られる数値のことをいいます。専門的には、「データ」「統計的方法」「統計推論」の3つが統一された総合科学といわれています。

統計の起源は、家畜や財産の帳簿を付けるために古代人が木に付けた刻み目であるといわれます。また、主に国家・社会の様子をつかむことに活用したために“state (国家)”という用語を使って統計学 (statistics) と呼ぶようになりました。

これから医療に携わろうとするうえで「なぜ統計学が必要なのか」「なぜ数学の勉強が必要なのか」と考える学生は多いでしょう。確かにどのように活用されるのか、まったくイメージがつかめないかもしれません。

医学に携わる人は、疾病を患った人の集団を治療や研究の対象とします。たとえば、脳血管障害や骨折などの患者と頻繁に遭遇し、「患者さんに対して早期離床を試したら、早期離床しない場合と比べて廃用症候群が起りにくいのではないか」と感じた経験から「他の患者さんでも同じ結果になるか試してみよう」と実験を繰り返し、経験則が生まれます。この経験則を基に、さらに“早期離床”や“廃用症候群”を客観的な数値で表す工夫をしてデータにし、統計学の力を借りて効果があった/なかったという客観的な判断ができるわけです。こうした意味で、ほとんどの研究で統計学が活用されています。しかし、データを扱う経験がないと重要性がなかなか理解できないものです。最初は、何となくこのような場面で使うのだな、という理解で十分ですので、学習を進めてみてください。

本書では Lecture 1 から 10 までは基礎的な内容で構成しています。また、Lecture 11 以降は、リハビリテーションの研究ではよく使われている手法ですが、やや高度な内容となっています。特に Lecture 14 や 15 は、ある程度の用語の意味を理解する程度で十分だと思われる内容ですので、無理に理解しようとせず、必要に迫られたときに独学する資料として活用してみてください。

このテキストが、理学療法士・作業療法士・言語聴覚士のみならず、広くエビデンスに基づくリハビリテーションの臨床に役立つことを願っています。

2014年12月

責任編集を代表して 対馬栄輝

# 15レクチャーシリーズ リハビリテーションテキスト／リハビリテーション統計学 第2版 目次

執筆者一覧 ii  
刊行のことば iii  
序文（第2版） iv  
序文（初版） v



## 統計学の基礎

対馬栄輝 1

<b>1. 統計学の概略</b> .....	2
1) 統計学 2	
2) 統計学の分類 2	
数理統計学／記述統計学／推測統計学／探索的データ解析／医学・医療で活用される統計学	
<b>2. 統計解析の必要性</b> .....	4
1) 医療におけるデータの重要性 4	
2) 医療における統計解析の意義 5	
3) 統計解析の理解の必要性 5	
<b>3. 統計解析の理解</b> .....	5
1) 統計解析の実際 5	
2) 客観的な指標 7	
3) 統計解析の限界 7	
<b>Step up</b>   <b>統計学の基礎事項</b> .....	8
1) 平均の性質 8	
2) 標準誤差 8	
3) 自由度 8	
小問題 8	



## データの尺度・特性値・グラフ

國澤洋介・師岡祐輔 9

<b>1. データの尺度</b> .....	10
1) 尺度の分類 10	
名義尺度／順序尺度／間隔尺度／比率尺度	
2) 4つの尺度の相違点 10	
<b>2. 特性値</b> .....	11
1) 代表値 11	
平均／中央値／最頻値	
2) 散布度 11	
分散と標準偏差／範囲／四分位範囲	

<b>3. グラフ</b> .....	12
1) ヒストグラム	13
2) 箱ひげ図	13
3) エラーバーグラフ	14
4) 散布図	14
5) 分割表	14
<b>Step up</b>   <b>1. 尺度分類の判断</b> .....	16
<b>2. 特別な尺度</b> .....	16
小問題	16



## 推定と検定の基礎

対馬栄輝 17

<b>1. 推定と検定</b> .....	18
1) 標本	18
2) 正規分布	19
3) 平均	19
<b>2. 検定の概略</b> .....	20
1) データの分布と代表値の関係	20
<small>正規分布に従うデータ / 正規分布に従わないデータ / 正規性の検定</small>	
2) 帰無仮説と対立仮説	20
3) 有意確率	21
4) 95%信頼区間	21
<b>3. 検定の実際</b> .....	21
1) 帰無仮説	21
2) 正規分布	23
3) 統計ソフトを用いた解析例	23
<small>改変 R コマンド / IBM SPSS® / 検定結果の解釈</small>	
4) 信頼区間の意味	25
<b>Step up</b>   <b>効果量</b> .....	28
小問題	28



## 2 標本の差の検定 ——パラメトリック法 (1)

五嶋裕子 29

<b>1. 差の検定</b> .....	30
<b>2. 2 標本の差の検定</b> .....	30
<b>3. 2 標本 <math>t</math> 検定を行う手順</b> .....	31
1) 仮説の設定	31
2) 統計手法の選択	31
<small>尺度 / 分布 / 分散</small>	
3) 検定処理と $p$ 値の算定	32
4) 信頼区間の推定	32

<b>4. 2 標本 <math>t</math> 検定の例</b> .....	33
例題 33	
検定手順と検定結果 33	
仮説の設定 / 統計手法の選択 / 検定処理と $p$ 値の算定 / 信頼区間の推定 / 結果の記載	
<b>5. ウェルチの検定</b> .....	34
<b>6. 適用の注意点</b> .....	34
1) 結果の記載 34	
2) 標本の大きさ 34	
3) 2 標本の関係のグラフでの確認 34	
4) 欠損値, 脱落例, 外れ値の扱い 34	
外れ値の原因が測定ミスの場合 / 測定ミスとは判断できないが, 生物学的にもかなり異常な場合 / 原因が測定ミスとは判断できず, 生物学的にも異常でない場合	
<b>Step up</b>   <b>1. 順序尺度のデータに対するパラメトリック法</b> .....	36
<b>2. 両側検定を選ぶ根拠</b> .....	36
<b>3. 第I種の過誤と第II種の過誤</b> .....	36
小問題 36	



<b>1 標本の差の検定</b> ——パラメトリック法 (2)	五嶋裕子 37
<b>1. 1 標本の差の検定</b> .....	38
<b>2. 対応ありと対応なしの違い</b> .....	38
<b>3. 対応のある <math>t</math> 検定を行う手順</b> .....	39
1) 仮説の設定 39	
2) 統計手法の選択 39	
尺度 / 分布	
3) 検定処理と $p$ 値の算定 39	
4) 信頼区間の推定 39	
<b>4. 対応のある <math>t</math> 検定の例</b> .....	40
例題 1 40	
検定手順と検定結果 40	
仮説の設定 / 統計手法の選択 / 検定処理と $p$ 値の算定 / 信頼区間の推定 / 結果の記載	
例題 2 41	
検定手順と検定結果 41	
仮説の設定 / 統計手法の選択 / 検定処理と $p$ 値の算定 / 信頼区間の推定 / 結果の記載	
<b>5. 母平均の差の検定</b> .....	42
<b>6. 適用の注意点</b> .....	43
1) 結果の記載 43	
2) 有意であるか否かの論文の記載の違い 43	
有意であるとき / 有意でないとき	
3) 母集団の分布 43	
<b>Step up</b>   <b>効果量の種類</b> .....	44
小問題 44	



# 差の検定

## ——ノンパラメトリック法

國澤洋介・師岡祐輔 45

<b>1. ノンパラメトリック法の適用</b> .....	46
1) ノンパラメトリック法が適用となるデータの特徴	46
2) ノンパラメトリック法が適用となるデータの例	47
<b>2. マン・ホイットニーの検定</b> .....	47
1) 仮説の設定	47
2) 統計手法の選択	47
尺度／分布／そのほか	
<b>3. マン・ホイットニーの検定の例</b> .....	48
例題 1	48
検定手順と検定結果	48
仮説の設定／統計手法の選択／検定処理と $p$ 値の算定／信頼区間の推定／結果の記載	
<b>4. ウィルコクソンの検定</b> .....	49
1) 仮説の設定	49
2) 統計手法の選択	49
尺度／分布／そのほか	
<b>5. ウィルコクソンの検定の例</b> .....	50
例題 2	50
検定手順と検定結果	50
仮説の設定／統計手法の選択／検定処理と $p$ 値の算定／信頼区間の推定／結果の記載	
<b>6. ノンパラメトリック法による結果の解釈における注意点</b> .....	51
1) 有意差がある ( $p < 0.05$ もしくは $p < 0.01$ ) 場合	51
2) 有意差があるとはいえない (有意差がない) 場合	51
<b>Step up</b>   <b>1. 差の検定の選択手順</b> .....	52
<b>2. ノンパラメトリック法による差の検定に必要な標本の大きさ</b> <b>(<math>n</math>) と効果量の関係</b> .....	52
小問題	52



# 相関

対馬栄輝 53

<b>1. 相関とは</b> .....	54
<b>2. 相関係数</b> .....	54
1) 相関係数とは	54
2) 相関係数の種類	55
ピアソンの相関係数／スピアマンの順位相関係数	
3) 相関係数の有意確率	55
<b>3. 相関の検定と相関係数を求める手順</b> .....	56
1) 仮説の設定	56
2) 統計手法の選択	56
尺度／分布	
3) 有意確率	56
4) 信頼区間の推定	57

4. 相関の検定と相関係数を求める例	57
例題	57
検定手順と検定結果	57
仮説の設定／統計手法の選択／検定と相関係数の算出／散布図の確認／結果の記載	
5. 適用の注意点	58
散布図の観察／ほかのデータの影響／選択バイアスの影響	
<b>Step up</b>   1. 擬似相関	60
2. 交絡と交絡因子	60
小問題	60



## 回帰分析

藤田ひとみ 61

1. 回帰分析の概略	62
2. 相関と回帰の違い	62
3. 回帰式	63
1) 最小 2 乗法と残差	63
2) 回帰係数と標準回帰係数	64
3) 決定係数 $R^2$ (寄与率)	64
4. 回帰分析の手順	64
1) 仮説の設定	64
2) 統計手法の選択	64
尺度／分布	
3) 検定処理と $p$ 値の算定	65
4) 信頼区間の推定	65
5. 回帰分析の例	65
例題	65
検定手順と検定結果	65
統計手法の選択／検定処理と $p$ 値の算定／信頼区間の推定／結果の記載	
6. 回帰分析を行う場合の注意点	67
1) 直線性の確認	67
2) 外れ値の影響	67
3) 因果関係の解釈	67
<b>Step up</b>   1. 2 変量が正規分布していない場合の考え方——対数変換	68
2. 統計的有意性と臨床的意義	68
小問題	68



## 重回帰分析

高倉保幸 69

1. 重回帰分析の概略	70
2. 重回帰式	70
3. 重回帰分析の手順	70

1) 仮説の設定	70
2) 統計手法の選択	70
3) 検定処理と $p$ 値の算定	71
分散分析表の検定 / 偏回帰係数の検定 / 標準偏回帰係数の大きさ / 多重共線性 / 変数選択法 / 決定係数の大きさ	
4) 信頼区間の推定	73
<b>4. 重回帰分析の例</b>	<b>73</b>
例題	73
検定手順と検定結果	73
統計手法の選択 / 検定処理と $p$ 値の算定 / 結果の記載	
<b>5. 重回帰分析における注意点</b>	<b>75</b>
1) 標本の大きさと独立変数の数	75
2) データ相互の関係性と外れ値の存在	75
<b>Step up   名義尺度のダミー変数化</b>	<b>76</b>
小問題	76



## 分割表の検定

高倉保幸 77

1. 分割表の概略	78
2. 分割表の作成	79
3. 分割表の検定	79
4. 分割表の検定の例	80
例題	80
検定手順と検定結果	80
仮説の設定 / 検定処理と $p$ 値の算定 / 結果の記載	
<b>5. 分割表の検定における注意点</b>	<b>81</b>
<b>Step up   1. 期待度数の補正</b>	<b>82</b>
<b>2. 調整済み残差</b>	<b>82</b>
<b>3. 対応のある検定——マクネマー検定</b>	<b>82</b>
小問題	82



## 一元配置分散分析

石田水里 83

1. 一元配置分散分析の概略	84
2. 一元配置分散分析の基礎事項	84
1) 分散分析で用いられる用語	84
要因と水準 / 対応のない要因と対応のある要因 / 主効果	
2) 分散分析を使う理由	85
3) パラメトリック法とノンパラメトリック法	86
<b>3. 多重比較法</b>	<b>86</b>
1) 分散分析と多重比較法	86
2) 一元配置分散分析後に適用となる多重比較法	87

- 3) 一元配置分散分析と多重比較法の解析手順 87  
 正規性の検定／一元配置分散分析またはクラスカル・ワリスの検定／多重比較法

4. 一元配置分散分析の例 ..... 88

- 例題 1 88  
 検定手順と検定結果 88  
 対象と測定方法／統計手法の選択と結果の記載  
 例題 2 88  
 検定手順と検定結果 88  
 対象と測定方法／統計手法の選択と結果の記載

5. 適用と結果記載の注意点 ..... 89

- 例題 1 89  
 例題 2 89

**Step up** | 二元配置分散分析 ..... 90

- 例題 1 90  
 例題 2 90

小問題 90



## 反復測定分散分析

石田水里 91

1. 反復測定分散分析の概略 ..... 92

2. 反復測定分散分析の基礎事項 ..... 92

- 1) 分散分析で用いられる用語 92  
 要因と水準／対応のある要因と対応のない要因／主効果  
 2) 分散分析を使う理由 93  
 3) パラメトリック法とノンパラメトリック法 93

3. 多重比較法 ..... 94

- 1) 分散分析と多重比較法 94  
 2) 反復測定分散分析後に適用となる多重比較法 94  
 3) 反復測定分散分析と多重比較法の解析手順 94  
 正規性の検定／反復測定分散分析またはフリードマンの検定／多重比較法

4. 反復測定分散分析の例 ..... 96

- 例題 1 96  
 検定手順と検定結果 96  
 対象と測定方法／統計手法の選択と結果の記載  
 例題 2 96  
 検定手順と検定結果 96  
 対象と測定方法／統計手法の選択と結果の記載

5. 適用と結果記載の注意点 ..... 96

- 例題 1 97  
 例題 2 97

**Step up** | 分割プロットデザインによる分散分析 ..... 98

- 例題 1 98  
 例題 2 98

小問題 98



# 信頼性係数

対馬栄輝 99

<b>1. 信頼性</b> .....	100
1) 再現性と正確度	100
2) 信頼性	100
相関係数と信頼性／平均差なしと信頼性／相関が高くかつ平均差のない状態と信頼性	
<b>2. 信頼性係数</b> .....	102
1) 検査者内信頼性と検査者間信頼性	102
2) 級内相関係数	102
検査者内信頼性：ICC (1, 1) / 検査者間信頼性：ICC (2, 1)	
3) カッパ係数	103
順序尺度のデータ／名義尺度のデータ／カッパ係数の特徴	
<b>3. ブランド・オルトマンプロット</b> .....	104
<b>4. 信頼性係数を用いた解析の例</b> .....	106
例題 1	106
検定手順と検定結果	106
統計手法の選択／検定処理と $p$ 値の算定, 信頼区間の推定／結果の記載	
例題 2	107
検定手順と検定結果	107
統計手法の選択／検定処理と $p$ 値の算定, 信頼区間の推定／結果の記載	
<b>Step up</b>   <b>1. ICC (3, 1)</b> .....	108
<b>2. 信頼性を求めた後の対応</b> .....	108
小問題	108



# 多重ロジスティック回帰分析

対馬栄輝 109

<b>1. 多重ロジスティック回帰分析の概略</b> .....	110
1) 多重ロジスティック回帰分析の利点	110
2) 多重ロジスティック回帰分析の欠点	111
<b>2. 多重ロジスティック回帰分析の基礎事項</b> .....	111
1) 独立変数の選択	111
独立変数／有意確率／変数選択法	
2) オッズ比	112
オッズ比／オッズ比の解釈／オッズ比の95%信頼区間	
3) $\chi^2$ 検定	114
4) ホスマー・レメシヨウの検定	115
5) まとめ	115
<b>3. 多重ロジスティック回帰分析の例</b> .....	115
例題 1	115
検定手順と検定結果	116
統計手法の選択／検定処理と $p$ 値の算定, 信頼区間の推定／結果の記載	
例題 2	116
検定手順と検定結果	116
統計手法の選択／検定処理と $p$ 値の算定, 信頼区間の推定／結果の記載	
<b>4. 適用の注意点</b> .....	117

- 1) 結果の記載 117
- 2) 独立変数の数と標本の大きさ 117
- 3) データの関係の視覚的な確認 117

<b>Step up</b>	1. 判別分析	118
	2. ロジスティック回帰分析に関連したほかの手法	118

小問題 118



## 検査値の判断指標

対馬栄輝 119

<b>1. 感度・特異度とは何か</b>	120
1) 感度と特異度	120
2) カットオフ値と感度・特異度	120
<b>2. 陽性的中率と陰性的中率とは何か</b>	121
1) 陽性的中率と陰性適中率	121
2) 感度・特異度と何が違うのか	122
3) 検査前確率も確認しておく	122
<b>3. ROC 曲線とは</b>	123
1) 感度・特異度の表と ROC 曲線	123
2) ROC 曲線を利用したカットオフ値の決め方	123
3) ROC 曲線を利用した検査の有効性	124
<b>4. ROC 曲線とカットオフ値を求める例</b>	124
例題	124
検定手順と検定結果	124
<small>仮説の設定／統計手法の選択／検定と ROC 曲線の算出／箱ひげ図による確認／結果の記載</small>	
<b>5. 適用の注意点</b>	126
1) 他の統計手法を併用する	126
2) 検査値の判断指標, ROC 曲線は記述統計ではない	126

<b>Step up</b>	1. リスク比とオッズ比	127
	2. 陽性尤度比, 陰性尤度比	128

小問題 128

小問題の解答 129



## 試験

対馬栄輝 133

索引 142

# 15 レクチャーシリーズ リハビリテーションテキスト

## リハビリテーション統計学 第2版

### シラバス

一般 目標	臨床研究を行ううえでは、研究法の理解はもとより取得したデータの特徴や様相を解析するために、統計学の基礎知識が必須となる。また、研究成果を臨床に生かす立場としても、根拠に基づいてリハビリテーションを実践するうえで研究報告を正しく解釈するためにも、統計学は必要な知識となる。このテキストでは、数理的な統計学よりは、データを取得したときにどのような統計解析手法を適用させ、結果を得たときにどのように解釈するか、またその注意点などについて、基礎的な知識を身につけることを目的とする。特にリハビリテーションの研究で用いられる機会の多い統計的手法について、具体例をあげて解説することで、実践のための基礎知識の習得を目標とする。加えて、各レクチャー末尾に小問題を掲載した。
----------	---

回数	学習主題	学習目標	学習項目
1	統計学の基礎	統計学の概略を理解する。統計解析の必要性を理解する	統計学の概略、医療における統計解析の意義、客観的な指標、統計解析の限界
2	データの尺度・特性値・グラフ	データの尺度分類や特性値を理解する。さまざまなグラフの特徴・意味を理解する	データの尺度の分類、代表値、散布度、ヒストグラム、箱ひげ図、エラーバールグラフ、散布図、分割表
3	推定と検定の基礎	推定のしくみを理解する。統計的仮説検定のしくみを理解する	標本、母集団、正規分布、平均・標準偏差、推定、帰無仮説と対立仮説、統計的仮説検定、有意確率、95%信頼区間、シャピロ・ウィルクの検定、統計ソフト(改変R コマンダー、IBM SPSS®)、検定結果の解釈、信頼区間の推定
4	2標本の差の検定 ——パラメトリック法(1)	2標本の差の検定の適用を理解する。検定結果の読み方、適用の注意点を理解する	差の検定、2標本t検定、ウェルチの検定、パソコンによる結果の意味・読み方、解釈上の注意点
5	1標本の差の検定 ——パラメトリック法(2)	1標本の差の検定の適用を理解する。検定結果の読み方、適用の注意点を理解する	対応のあるt検定、パソコンによる結果の意味・読み方、解釈上の注意点、母平均の差の検定
6	差の検定 ——ノンパラメトリック法	ノンパラメトリック法の差の検定の適用を理解する。検定結果の読み方、適用の注意点を理解する	マン・ホイットニーの検定、ウィルコクソンの検定、符号検定、パソコンによる結果の意味・読み方、解釈上の注意点
7	相関	相関係数の意味を理解する	相関係数、順位相関係数、正の相関、負の相関、効果量、結果の解釈方法、解釈上の注意点
8	回帰分析	回帰分析を理解する	従属変数、独立変数、回帰分析、回帰式、回帰係数、残差、標準化回帰係数、決定係数、結果の解釈方法、解釈上の注意点
9	重回帰分析	重回帰分析を理解する	重回帰分析、単変量解析と多変量解析、分散分析表、多重共線性、変数選択法、結果の解釈方法、解釈上の注意点
10	分割表の検定	分割表の検定を理解する	分割表、期待度数、 $\chi^2$ 検定、結果の解釈方法、解釈上の注意点
11	一元配置分散分析	一元配置分散分析を理解する	一元配置分散分析、結果の解釈方法、多重比較法、解釈上の注意点
12	反復測定分散分析	反復測定分散分析を理解する	反復測定分散分析、結果の解釈方法、多重比較法、解釈上の注意点
13	信頼性係数	信頼性の指標となる係数の適用を理解する	信頼性、級内相関係数、カッパ係数、ブランド・オ尔特マンプロット
14	多重ロジスティック回帰分析	多重ロジスティック回帰分析を理解する	多重ロジスティック回帰分析、オッズ比、結果の解釈方法、解釈上の注意点
15	検査値の判断指標	診断に用いる指標を理解する	感度・特異度、ROC 曲線、カットオフ値の求め方、陽性的中率と陰性的中率、リスク比、尤度比

## 到達目標

- 相関について理解する.
- 相関係数について理解する.
- 相関の検定について理解する.
- 相関をみるときの注意点を理解する.

## この講義を理解するために

この講義では、2つの変数の関係を表す相関について学びます。最初に、相関とは、どのようなものなのか、何を知ることができるのかについて理解します。次に、相関係数、相関の検定の手順について解説し、解析によって得られた結果の解釈方法を説明します。

相関は簡単で理解が容易ですが、誤解を招く可能性も高い手法です。正しく解釈を行うための注意点を提示します。

相関を理解するために、数学的な知識はほとんど必要ありません。しかし、以下の点については復習、予習をしておきましょう。

- 相関とは何かの概略を学習しておく。
- 相関係数の意味を復習しておく。
- 検定（何をやるものなのか、結果で得られる  $p$  の意味）に関する知識を学習しておく。

## 講義を終えて確認すること

- 相関の意味を理解できた。
- 相関係数と相関の検定の意味を理解できた。
- 相関をみるときの注意点を理解できた。

相関 (correlation)

## 1. 相関とは

相関とは、2つの変数の関係を意味する。ここで、身長と体重の散布図を提示する(図1)。これを見て、「体重が重い人は身長も高い」とか「体重が軽い人は身長も低い」という関係を思いつくはずである。これが相関である。世の中では相関というよりも、関係とか関連と述べることが多いだろう。

統計学では、相関とよく似たものに回帰分析(次章を参照)という手法がある。相関も回帰分析も2つの変数の関係を見る点では共通である。しかし、意味としては異なる部分がある。

相関では上述の通り、2つの変数どうしの関係をみる。食事量と体重の関係として、食事量が多いと体重が重い、食事量が少ないと体重は軽い、という2つの変数の関係は相関である。回帰分析は、結果と思われる変数に対して原因と思われる変数の影響、因果関係をみるものである。食事量が多い(原因)と体重は重くなるか(結果)?ということを知りたいなら、回帰分析の適用となる。

相関も回帰分析も変数同士の関係をみるものであるが、回帰分析は因果関係に特化しており、相関の範囲に入る手法である。

散布図をみたときに、一方の変数が大きくなると他方の変数も大きくなる相関関係を正の相関(図2a)という。変数の間に全く関係がないときは無相関(図2b)といい、一方の変数が大きくなると他方の変数は小さくなる相関関係を負の相関(図2c)という。

## 2. 相関係数

### 1) 相関係数とは

相関は変数同士の関係をみるものであるが、どれくらいの関係なのかについては不明であった。相関の程度を表す指標として相関係数がある。

以下に相関係数の特徴を述べる。

- ・相関係数は $r$ と記述されることもある。
- ・相関係数は $-1\sim 1$ の範囲で示される。
- ・相関係数が0のときは無相関である。
- ・相関係数が+のときは正の相関関係を示し、数値が高いほど関係が強い。相関係数が1のときは完全な直線関係となる。

正の相関 (positive correlation)  
 無相関 (no correlation)  
 負の相関 (negative correlation)

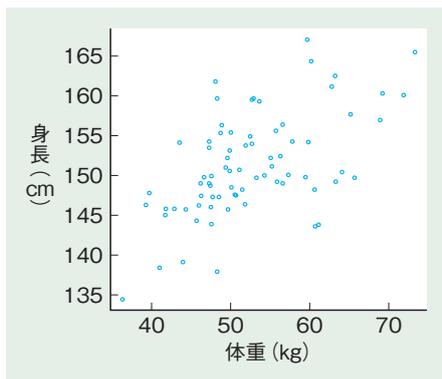


図1 身長と体重の散布図

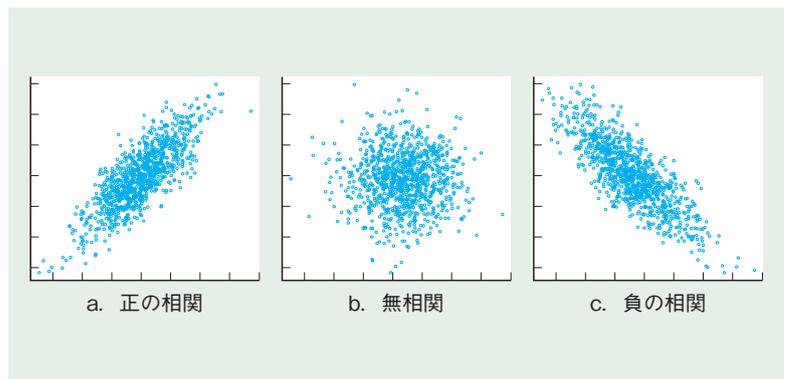


図2 相関の方向

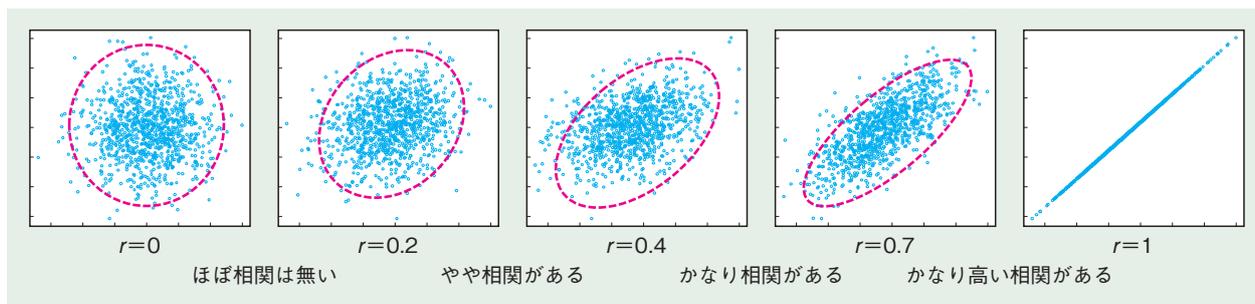


図3 相関の強さの判断 (正の相関の例)

- ・相関係数が-のときは負の相関関係を示し、絶対値としたときに数値が高いほど関係が強い。相関係数が-1のときは完全な直線関係となる。

以上について、正の相関に関する例を図3に挙げる。相関係数の大きさは、

- ・ $r \leq 0.2$  : ほぼ相関はない
- ・ $0.2 < r \leq 0.4$  : やや相関がある
- ・ $0.4 < r \leq 0.7$  : かなり相関がある
- ・ $0.7 < r$  : かなり強い相関がある

と解釈する。図3は正の相関なのでデータが右上がりに並んでいるが、負の相関の時は右下がりとなる。また、負の相関では $r$ は負の値となるが、絶対値にして図3と同様に大きさを解釈する。

## 2) 相関係数の種類

相関係数は大きく分けて、ピアソンの相関係数と、スピアマンの順位相関係数がある。

### (1) ピアソンの相関係数

ピアソンの相関係数は、単に相関係数、または積率相関係数などとも呼ぶ。正規分布に従う変数の関係をみるときに適用される。

### (2) スピアマンの順位相関係数

スピアマンの順位相関係数は、順位相関係数などとも呼ぶ。これは、正規分布に従わない変数が少なくとも1つ、もしくは両方の場合の関係をみる。ピアソンの相関係数が $r$ と記述するのに対して、スピアマンの順位相関係数は特に決まった記号表記はない。よくみられるのは、 $r_s$ とか $\rho$  (ロー)と記述されることが多い。

### 3) 相関係数の有意確率

パソコンの統計ソフトを使って相関係数を求めると、相関係数の他に $p$ 値も出力される。

この $p$ 値が意味するところは、これまでの講義で述べてきた有意確率 $p$ と同じものである。

最初に、 $n = \infty$ の母集団があるとする。例えば健常な成人 $\infty$ 人の集団と考え、その母集団の身長と体重の母相関係数が0(無相関)とする。母集団の相関係数は特に母相関係数と呼び $\rho$  (ロー)で記すので、 $\rho = 0$ である(図4)。

ここから $n = 10$ の対象者(標本)を取り出し、その10名の身長と体重の標本相関係数を求めたら $r = 0.1$ だったとする。なお、実際の対象者から求めた相関係数は、標本相関係数と述べるのが正しい。しかし、一般には標本相関係数を相関係数と述べている。

相関係数が $r = 0.1$ だったとき、母相関係数が $\rho = 0$ となる確率がどれくらいなのかを計算して求めるのが有意確率 $p$ である。 $p < 0.05$ のように小さいときは $\rho = 0$ とは考え難いので、有意に母相関係数 $\rho = 0$ ではない、と判断する。

## MEMO

相関係数の大きさの解釈は特に定まった基準はなく、本書では一般的な判断を述べている。したがって、必ずしも本書の基準で判断する必要はないが、判断基準が不明な場合には、本書の基準を参考にすればよい。

ピアソンの相関係数 (Pearson's correlation coefficient)

スピアマンの相関係数 (Spearman's rank correlation coefficient)

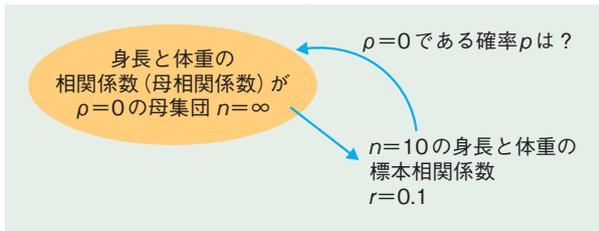


図4 母相関係数  $\rho$  と (標本) 相関係数  $r$

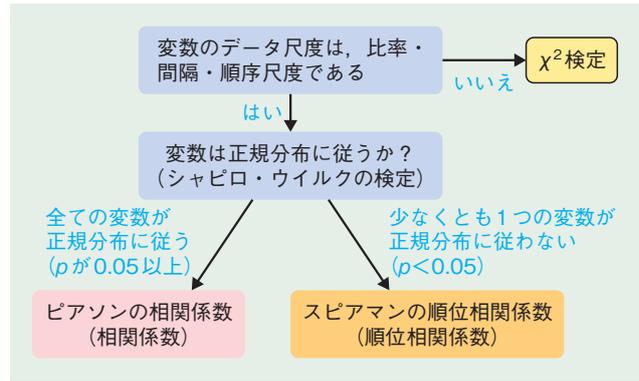


図5 相関係数の選び方

したがって、

- ・有意確率は、その標本の母相関係数が  $\rho=0$  である確率
- ・(標本) 相関係数は、対象者(標本) から得られる実際の相関係数を表している。

を表している。

相関の検定の手順としては、 $\rho=0$  ではないことを確認してから、実際の相関係数はどれくらいの大きさかを評価する。例えば  $\rho=0$  のとき、いくら対象者の相関係数が  $r=0.5$  で大きくても、真は  $\rho=0$  なのである。相関係数が大きかったのは単なる偶然に過ぎない。

### 3. 相関の検定と相関係数を求める手順

#### 1) 仮説の設定

- ・帰無仮説  $H_0: \rho=0$  (母相関係数は0である)
- ・対立仮説  $H_1: \rho \neq 0$  (母相関係数は0ではない)

#### 2) 統計手法の選択

図5のフローチャートを参照しながら、以下の項目に該当するかを確認する。

##### (1) 尺度

2つの変数の尺度が、順序尺度・間隔尺度・比率尺度であれば、次の検討に進む。2つの尺度が名義尺度であれば、 $\chi^2$  検定 (Lecture 10 参照) を選択する。

##### (2) 分布

解析の対象とする変数が、正規分布に従うデータかを確認する。正規性の検定としてはシャピロ・ウィルクの検定を用いるのが簡単である。

シャピロ・ウィルクの検定の結果、2変数とも  $p$  が 0.05 以上の場合は、ピアソンの相関係数を求める。少なくとも1変数が  $p < 0.05$  の場合は、スピアマンの順位相関係数を求める。

#### 3) 有意確率

有意確率を見て、

- ①  $p < 0.05$  なら帰無仮説を棄却し、「有意水準5%で有意な相関がある」と判定する。
- ②  $p$  が 0.05 以上なら帰無仮説を棄却できないので、「有意な相関があるとはいえない」と判定する。

なお、「有意な相関がある」とは、「 $\rho \neq 0$ 」という意味に等しい。統計ソフトからは、これ以外に  $t$  値や自由度も出力されるが、解釈上は  $p$  値と相関係数のみの判断で十分である。

#### MEMO

正規性の検定は、シャピロ・ウィルクの検定を用いる。

#### 4) 信頼区間の推定

差の検定 (Lecture 4 参照) と同様に相関の検定でも信頼区間 (Lecture 3 参照) が出力される統計ソフトもある。理解が難しいときは、無理に確認する必要はない。

なお、信頼区間と  $p$  値は差の検定のときと同じ意味がある。

### 4. 相関の検定と相関係数を求める例

#### 例題

地域在住の高齢者 10 名を対象に、身長、体重、握力を測り、これらの相関を確認したい (表 1)。身長と体重、体重と握力に有意な相関があるか、相関があるとすればどれくらいかを知りたい。

#### 検定手順と検定結果

##### (1) 仮説の設定

##### 体重と握力

- ・帰無仮説 体重と握力の母相関係数は 0 である ( $\rho = 0$ )。
- ・対立仮説 体重と握力の母相関係数は 0 ではない ( $\rho \neq 0$ )。

##### 身長と体重

- ・帰無仮説 身長と体重の母相関係数は 0 である ( $\rho = 0$ )。
- ・対立仮説 身長と体重の母相関係数は 0 ではない ( $\rho \neq 0$ )。

##### (2) 統計手法の選択

##### ①尺度

身長、体重、握力とも、比率尺度のデータである。

##### ②分布

シャピロ・ウィルクの検定の結果は以下の通りである。

- ・身長の有意確率:  $p = 0.9248$
- ・体重の有意確率:  $p = 0.1493$
- ・握力の有意確率:  $p = 0.0414$

握力だけが  $p < 0.05$  で正規分布に従わない。身長、体重は正規分布に従わないとはいえなかった (正規分布する)。

##### (3) 検定と相関係数の算出

握力だけが正規分布に従わないので、

- ・体重と握力の相関の検定と相関係数 → スピアマンの順位相関係数
- ・身長と体重の相関の検定と相関係数 → ピアソンの相関係数

を求める。その結果、

- ・体重と握力の検定結果は  $p = 0.3870$ 、スピアマンの順位相関係数  $r_s = 0.3077$
- ・身長と体重の検定結果は  $p = 0.1672$ 、ピアソンの相関係数  $r = 0.4732$

であった。この結果から、身長と体重、体重と握力、それぞれで有意な相関があるとはいえなかった。

有意な相関がない場合は、相関係数の大きさの評価は行わない。

##### (4) 散布図の確認

相関の検定を行う際には、散布図を観察するようにする。3 変数以上の相関では、全ての組み合わせの散布図である散布図行列を観察する。

実際に、出力された散布図行列は図 6 のようであった。散布図を見る限りでは、身長と体重に正の相関があるように見える。体重と握力の相関はありそうにみえない。散布図行列では、全ての組み合わせの散布図が出力されるので、身長と握力の関係も観察できるが、これも相関があるようには見えない。

#### MEMO

結果では、95%信頼区間も掲載するべきであるが、必ずしも解読する必要はない。

表 1 地域在住高齢者のデータ

身長 (cm)	体重 (kg)	握力 (kg)
149.9	47.6	21
149.7	65.7	25
155.4	50	22
143.6	60.7	13
156.3	48.9	22
153.1	49.9	12
161.2	62.8	24
157.7	65.2	22
138.4	41	24
145.8	41.8	18

散布図 (scatter diagram)



#### ここがポイント!

相関係数や  $p$  値だけ求めるのではなく、必ず散布図も確認するようにしよう。

## 1. 疑似相関

相関係数が高かったとしても、本当にその関係は高いのかと疑ってかかるべきである。例えば、アイスクリームが売れると蚊に刺される人が増える、という相関関係があったとする。これは、気温の高い夏の季節の特徴が原因であり、アイスクリームと蚊に刺されることに直接、因果関係はない。この見かけ上の相関関係を疑似相関 (spurious correlation) という。

相関係数は、2つの変数の関係を数字で客観的に表すものであり、計算によって数値を求めることはできるが、相関が高いから因果関係があるとはいえない。

相関は何かの法則発見のために非常に有効であるが、専門的な判断と、次に続く回帰分析などの手法で補足して、因果関係を明確にしていく必要がある。

## 2. 交絡と交絡因子

交絡とは、交絡因子の存在する因果関係である。交絡は疑似相関に含まれるものである。しかし、因果関係を考えるときに問題になるので回帰分析 (Lecture 8 参照) で扱われるのが一般的である。

例えば、運動習慣と身体活動量の関係を知りたいとする (図 1)。運動習慣が多いほど、身体活動量が高いと考えている。しかし、対象者は若い人から高齢者まで幅広く、むしろ若い人の方が運動習慣は多いとすれば、身体活動量には運動習慣ではなく年齢の方が影響しているかもしれない。このように、背後に影響する可能性のある変数が存在することを交絡と呼び、年齢が交絡因子となる。

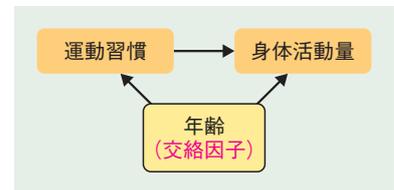


図 1 交絡の例

交絡の排除には重回帰分析 (Lecture 9 参照) や多重ロジスティック回帰分析 (Lecture 14 参照) を用いて対処することが多い。

### 参考文献

- 1) 医療系研究論文の読み方・まとめ方—論文のPECOから正しい統計的判断まで。東京図書；2010。p.138-152。

## 小問題

1. ピアソンの相関係数とスピアマンの順位相関係数の使い分けを説明せよ。
2. 表は、対象者 64 名の握力、身長、体重を測定し、これらの相関係数を求めた結果である。  
この表を見て、次の設問に答えよ。  
①「2. 相関係数表」では握力と身長、握力と年齢、身長と年齢の相関係数を表示している。「1. シャピロ・ウイルクの検定の結果」を見て、それぞれがピアソンの相関係数、スピアマンの順位相関係数のいずれか、考えてみよう。  
②どの変数同士の相関が有意な結果となっているか？  
③また有意な相関があった場合は、その大きさも評価してみる。  
(解答は p.130)

表 握力、身長、年齢の相関 (n=64)

1. シャピロ・ウイルクの検定の結果

変数名	p 値
握力	0.0011
身長	0.1009
年齢	0.0000

2. 相関係数表 (数値は相関係数)

	握力	身長	年齢
握力	1.0000	0.7665	-0.0854
身長		1.0000	0.0488
年齢			1.0000

3. 相関の検定結果 (数値は p 値)

	握力	身長	年齢
握力	1.0000	0.0000	0.5025
身長		1.0000	0.7016
年齢			1.0000