

2024年度 統合講義
歯科医学情報処理法②

1. 研究デザイン
2. データ解析の基礎
3. ノンパラメトリック検定

令和6年度統合講義 ©愛知学院大学大学院歯学研究所 加藤一夫
「本書の一部または全部についての個人で教育のために使用するほかは、著作権上、著作権者の承諾を得ずに無断で複写、複製することは禁じられています。」

● ● ● | <http://kazkato.agu.ac.jp/>

- ①【実験計画法】にカーソルを合わせマウスの左ボタンをクリック
- ②「パスワードを入力してください。」というウィンドウが開いたら、半角でjikkenと入力
- ③ jikken.xlsxというファイルを各自が持参したメディアに保存
- ④「資料1」と「資料2」をクリックして解説を保存または印刷



● ● ● | 歯学研究の分類

観察的研究【研究目的とは独立した対象を計画的に観察】

- (1)生態学的研究（地域単位で、要因と疾病の関連を検討する方法）
- (2) 記述疫学
 - 人（性、年齢など人の属性による分布の観察）
 - 時（患者発生の時間的分布、例えば流行曲線）
 - 場所（地理的分布など空間的な分布の観察）
- (3)分析疫学
 - 1)横断（断面）研究（疾病と要因の保有状況を同時に調べる）
 - 2)前向き研究
 - 要因対照（コホート）研究（曝露者群と非曝露者群の追跡）
 - 3)後ろ向き研究
 - 患者（症例）対照研究（患者群と対照群における曝露状況の観察）

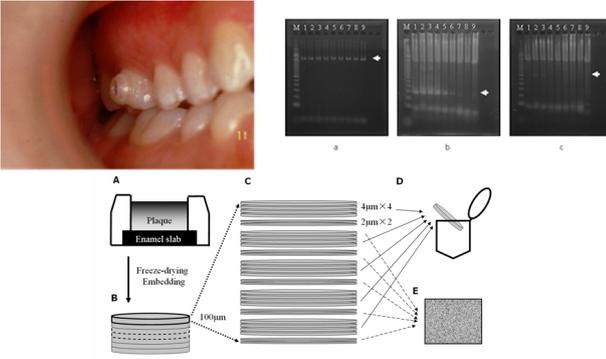
介入研究（実験疫学）【研究対象に影響すると思われる因子や処置を作用させ、その効果を検証：前向き研究としての性格をもつ】

- (1)動物実験
- (2)臨床試験（薬剤、処置などの効果をヒトで検証）
- (3)疫学的介入試験（地域社会に対してある処置の効果を評価する疫学的な研究方法。禁煙教育、集団検診、予防処置などの評価）

● ● ● | 研究のデザイン

- 目的と研究対象（ヒト、動物、材料）
- 研究方法（観察、介入）
- グループの設定（対応の有無、グループ数）
- コントロール群の設定
(Positive control, Negative control)
- ランダム化とマスク化（臨床・介入研究）
- サンプル数の決定（検出力、誤差、脱落）
- 評価項目（エンドポイント）・評価指標
- データの性質（量的、質的） など

● ● ● | プラーク内の細菌の層別検索法



Kato et al. A Method for Mapping the Distribution Pattern of Cariogenic Streptococci within Dental Plaque in vivo. Caries Res 2004;38:448-453

● ● ● | 歯垢内のミュータンスレンサ球菌

両者の分布から言えることは何か？

菌種	<i>S. mutans</i>										<i>S. sobrinus</i>									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
被験者	1	2	4	6	8	10	19	20	22	55	1	2	4	6	8	10	19	20	22	55
プラークの層別検索	1	+	±	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	7	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	8	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	9	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Kato et al. A Method for Mapping the Distribution Pattern of Cariogenic Streptococci within Dental Plaque in vivo. Caries Res 2004;38:448-453

●●● | ロイテリヨーグルト



おなかの環境を整え、虫歯予防にも効果のあるロイテリヨーグルト。脂肪分を抑えながら味と機能を追及した、毎日の健康づくりに欠かせないヨーグルトです。

●●● | 研究仮説の設定

- 乳酸菌の一種である *Lactobacillus reuteri* ATCC*55730 (*L.reuteri*) は、in vitroの研究でミュータンスレンサ球菌 (*S. mutans*と*S. sobrinus*) に対する発育阻止作用を発現することが報告されている。
- *L.reuteri* を含むヨーグルトが国内の乳業メーカーから市販されている。もしかして、このヨーグルトを摂取したら、口腔内でのミュータンスレンサ球菌の増殖が抑制されるのではないかと？

*American Type Culture Collection

●●● | その仮説を検証するには……

目的： *L.reuteri* 入りヨーグルトの摂取下で形成された歯垢内でのミュータンスレンサ球菌の発育抑制作用をみる。

研究方法： ヒトを使ったin situでの介入試験

介入手段： ヨーグルトの一定期間の摂取

ランダム化とマスク化： プラセボヨーグルトの盲検的な応用

エンドポイント・効果の指標： 歯垢内のミュータンスレンサ球菌の分布パターン、平均検出率の変化など

●●● | フッ化物のう蝕予防効果とは

「口腔環境中のフッ化物濃度を高める食品の応用可能性」を例に考えると……

真のエンドポイント	う蝕発生量の減少	プラセボまたは無処置群との間のう蝕の増加量の比較 長期間（年単位）にわたり盲検的に比較する必要がある
サロゲートエンドポイント	エナメル質の脱灰抑制や再石灰化 プラーク中の酸産生の抑制 う蝕関連菌の減少など	口腔病理学や予防歯科学の観点から合理的にう蝕予防効果を予測するもの う蝕予防効果を短期間で評価する指標であり、う蝕予防効果を説明する根拠となるもの

●●● | 代理と真のエンドポイント

抗菌薬のChlorzoin® を塗布すると、唾液中の*S. mutans*は99.9%減少した(Sandham : J Dent Res, 1991)。カナダの厚生労働省、Chlorzoin®認可(September 14, 1993)。Chlorzoin® は虫歯をなくして、世界中の歯科医療を永遠に変えるだろう (Oral Health Magazine, 1996)。

Chlorzoin® は確かに*S. mutans*を劇的に減らす。しかし、う蝕自体の予防にはまったく効果がなかった(ランダム化比較試験) (Forgie AH: Caries Res, 2000)。投資家から3億ドルの民事訴訟がトロント大学とApotex社に対して起こされた(July 24, 2001)。

健康・医療の情報を読み解くー健康情報学への招待ー第2版

●●● | コントロール群の設定

- **Positive control (プラセボヨーグルト)**
 1. *L.reuteri* を含まないヨーグルト (ヨーグルトから*L.reuteri*のみを除外)
 2. *L.reuteri* を失活させたヨーグルト (加熱殺菌したヨーグルト)
- **Negative control**
ヨーグルトによる介入無し

陽性対照は、実験系が機能していることを明らかにするために、明らかに陽性を示すと予想されるものを用い、陰性対照は結果に影響を与えないものとするのが一般的であるが、この研究では、陽性を示す（ミュータンス菌を減少させる）と予想される製品が他に存在しないことから対照群の設定が変えてあることに注意。

●●● | 演習1

Ca²⁺やMg²⁺など2価の陽イオンを含む溶液によるプレリンスは、フッ化物洗口後のプラーク中でのフッ化物の停滞性を高めることが知られている。2価の陽イオンであるSr²⁺も同様の効果があるかどうかを検討したい。

この場合の陰性対照と陽性対照を考えてみよう。

●●● | 実験デザイン

対応がない場合の例

ランダムな割り付け

被験者 → L.reuteri入りヨーグルト群
 → プラセボヨーグルト群
 → コントロール群

被験者のバイアス (S.mutans の検出率等)

●●● | ランダム化

- ランダム (無作為) : 偶然によって支配されること。すなわち、測定可能な因子によって完全には決定されないこと。
- 無作為化は、未測定の違いに関する不確実性を、標準誤差やP値、信頼区間を用いて、統計的手順により説明することができる。また、調査者の個人的な判断と見解が割り付け (例えば治療の) に影響しないことを保証する。
- 無作為割り付け : 臨床試験において、個人を複数の群 (例えば、介入群と対照群) に、偶然に割り付け、介入群と対照群との差を偶然にする (RCT : 無作為化比較試験)。無作為割り付けは、対象数が大きければ、調査開始時に両群を偶然変動の範囲内で類似させることができる。

参考 : Miquel Porta編 疫学辞典 第5版

●●● | 実験デザイン

対応がある場合の例 (Cross over)

被験者 → コントロール群 → プラセボヨーグルト群 → L.reuteri入りヨーグルト群
 → プラセボヨーグルト群 → L.reuteri入りヨーグルト群 → コントロール群
 → L.reuteri入りヨーグルト群 → コントロール群 → プラセボヨーグルト群

Wash out 期間の設定と キャリーオーバー効果

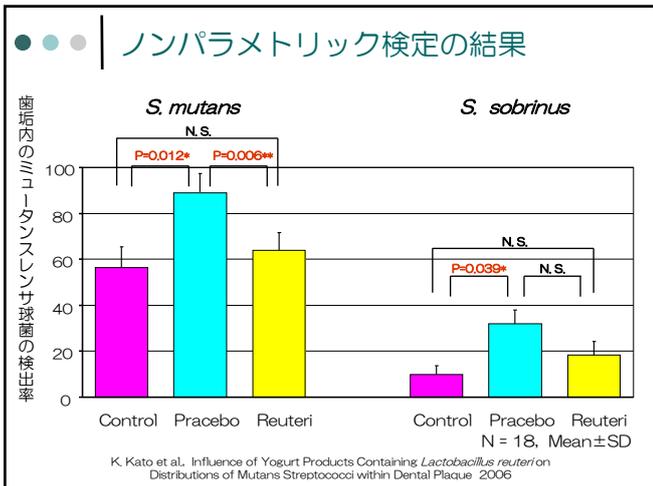
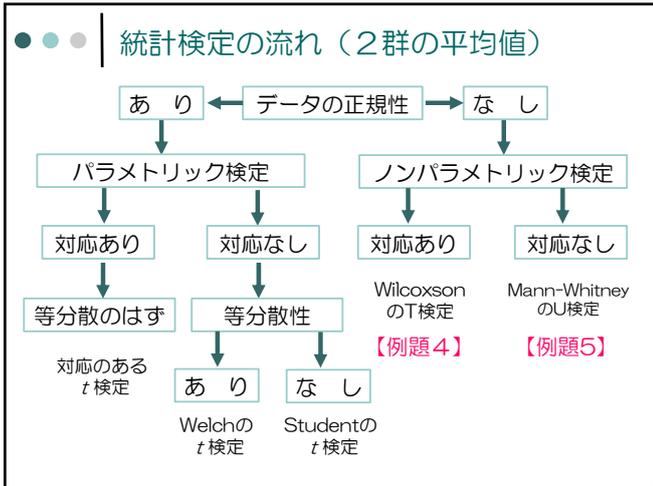
●●● | マスク化

- マスク化 (盲検化 blinding) : 研究を進める上で、研究参加者の行動や判断に影響を与えないくつかの事実や観察結果を、彼らに知らせないようにして伏せておくこと。
- 盲検化研究 : 実験的研究では、観察者と被験者の片方ないし両方が割り付けられたグループを知らないままで行う研究。非実験的研究では対象者がどちらの集団に由来するかを知らないままに行う研究。被験者や観察者に、バイアスを持ち込むかもしれない知識を知らせないことで、そのバイアスの影響をなくすことになる。
- 二重盲検 (double-blind) : 観察者と被験者の両方が知らない状態
- 三重盲検 (triple-blind) : 対象者がどちらのグループに属しているか知らされずに統計的解析する場合

参考 : Miquel Porta編 疫学辞典 第5版

●●● | 研究のデザインと統計処理

- Single blind (プラセボ群との間で)
- 対応がある (等分散性は問題ない)
- 3つのグループから構成される (多重比較)
- データの正規性
 - 仮定できる (パラメトリックな検定)
 - 仮定できない (ノンパラメトリックな検定)
- 独立多群の差の検定
 - 一元配置分散分析 or Kruskal-Wallis検定
- 関連多群の差の検定
 - 反復測定分散分析 or Freedman検定



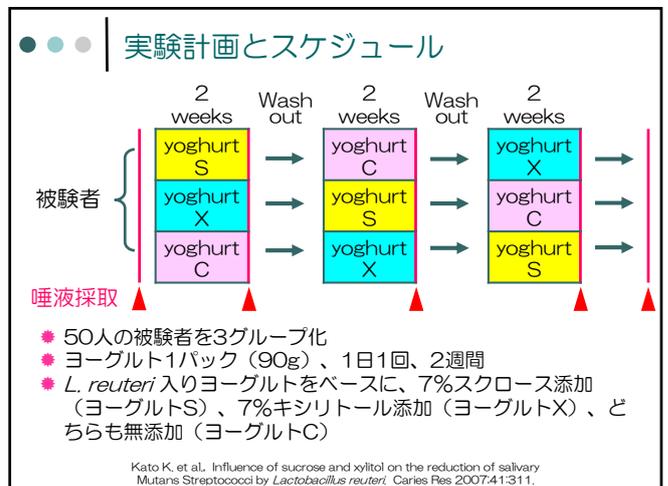
ロイテリヨーグルト

原材料	生乳、砂糖、脱脂乳、脱脂粉乳、乳清タンパク、食物繊維、寒天、ペクチン、香料	
乳酸菌	<i>Lactobacillus bulgaricus</i> <i>Streptococcus thermophilus</i> <i>Bifidobacterium longum</i> <i>Bifidobacterium lactis</i> <i>Lactobacillus reuteri</i>	
栄養成分 (90g当り)	エネルギー：68kcal たんぱく質：2.8g 脂質：1.2g 炭水化物：12.1g	ナトリウム：41mg カルシウム：91mg 食物繊維：1.1g

Lactobacillus reuteri in salt solution (image from BioGaia)

新たな仮説の設定

- ヨーグルトに添加された糖質が、ロイテリ菌のミュータンスレンサ球菌の抑制効果に影響したのではないかと?
- (スクロースの添加された) ロイテリ菌配合ヨーグルトをスクロース未添加のヨーグルトまたはミュータンスレンサ球菌に代謝されないキシリトールで代替したヨーグルトと比較検討してはどうだろう。



● ● ● | ヨーグルト摂取後の唾液からの *S.mutans* 検出率の推移

S. mutans		yoghurt S		Total
		+	-	
base	+	13	23	36
-line	-	1	13	14
Total		14	36	50

72.0%→28.0% (p=0.000)

S. mutans		yoghurt C		Total
		+	-	
base	+	12	24	36
-line	-	7	6	13
Total		19	30	49

73.5%→38.8% (p=0.041)

S. mutans		yoghurt X		Total
		+	-	
base	+	22	14	36
-line	-	5	8	13
Total		27	22	49

73.5%→55.1% (p=0.067)

S. mutans		2w after		Total
		+	-	
base	+	35	1	36
-line	-	13	1	14
Total		48	2	50

72.0%→96.0% (p=0.003)

Kato K, et al. Influences of sucrose and xylitol on the reduction of salivary Mutans Streptococci by *Lactobacillus reuteri*. Caries Res 2007;41:311.

● ● ● | 新たな問題の出現

- 乳製品株が（腸内では増殖できても）口腔内での増殖に適応していない場合、プロバイオティクス効果は一時的なものになるかもしれない。
- 細菌を取り巻く状況（すなわち、プラークまたは唾液）が、矛盾する結果を生み出す可能性がある。
- 製品に添加された甘味料等が、そのプロバイオティック効果に影響を与える可能性がある。
-

● ● ● | 研究で扱うデータ

- 生体内、細胞内での酵素活性
- 組織中、溶液中の標的物質の濃度
- 材料の透過性、伝導性など物理的な特性
- 社会経済的要因の歯科保健状況への影響度
-
- どのような手段で集められたデータか？
- それはどのような特徴を持つのか？
- データから有益な情報を抽出するには？
- データの生産や処理にどう活用するか？

● ● ● | データの収集方法と特性

- 測定
 - 基準：絶対的尺度（物理的特性）
 - 測定値：連続変量 客観性・再現性は高い
 - 例 身長・体重、唾液pH・緩衝能など生化学的検査、咬合圧
- 検出
 - 基準：検出基準による区分（検査者の判断が必要）
 - 検出値：離散変量 検査者の主観の介入
 - 例 判定表を用いた各種検査、歯科領域の各種指数、う蝕の程度別分類
- 調査
 - 基準：回答者の判断（調査者の判断手段はない）
 - 調査値：離散変量 回答者の主観（思考、意識、記憶 etc）の介入
 - 例 各種社会調査、鎮痛剤の効果、生活習慣、甘味嗜好

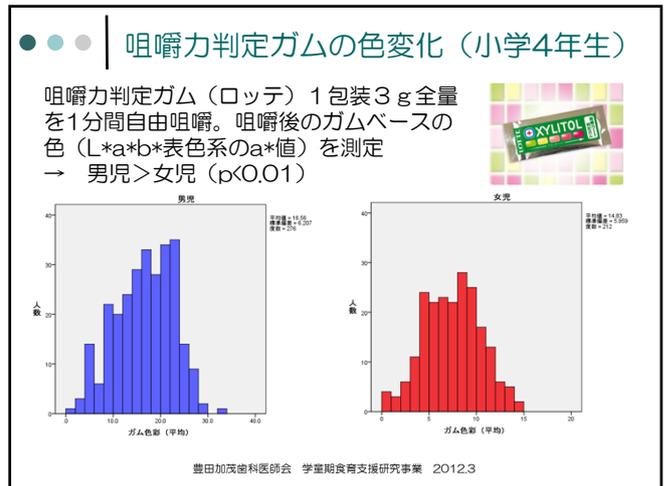
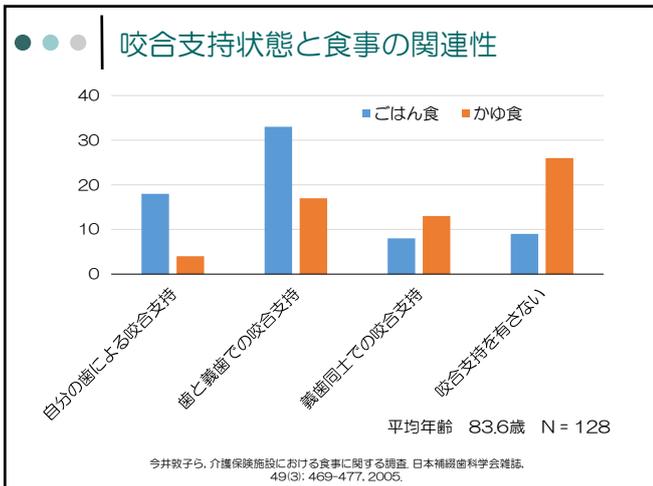
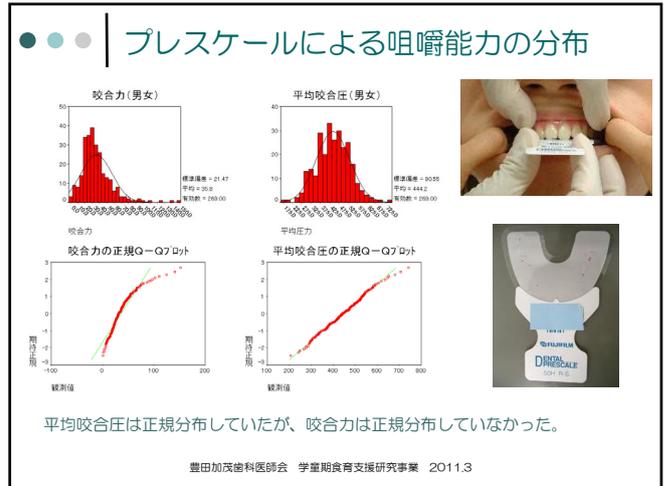
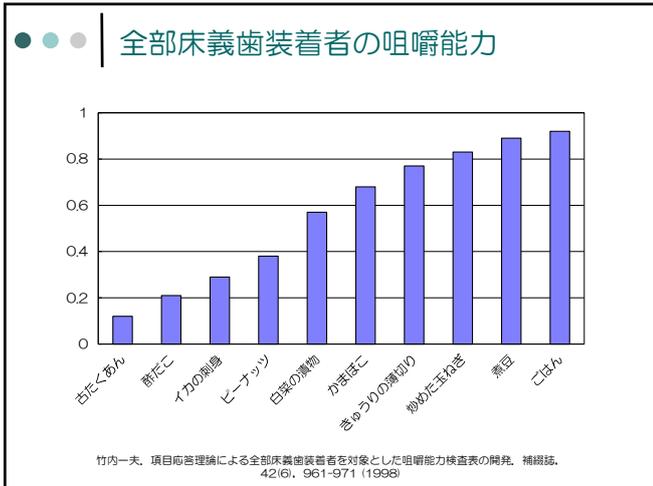
● ● ● | データの尺度

名義尺度	用途：名前やラベルを割り当て、他と区別する 特徴：値に大小関係はなく、同じ値かどうかのみ意味がある。各ケースの数や頻度、モードなどの算出のみ可能 例：「好きな飲み物は何ですか？ 1. 緑茶、2. ミルク、3. コーヒー」と尋ねたときの 1, 2, 3
順序尺度	用途：ランキング、満足度、好感度などの程度を測定する 特徴：間隔に意味はなく順序のみに意味がある。演算はできない 例：「コーヒーがどのくらい好きですか？ 1. 好き、2. やや好き、3. やや嫌い、4. 嫌い」と尋ねたときの 1, 2, 3, 4
間隔尺度	用途：目盛が等間隔な量的特性を測定する 特徴：値の大小関係と間隔に意味があり、ゼロは相対的な意味しかない。加減などの演算や、平均、標準偏差などの一般的な統計値の算出が可能（比は無意味） 例：温度（摂氏）、暦年、偏差値、テストの点数など
比例尺度	用途：有意なゼロ点（原点）が存在する量的特性を測定する 特徴：大小関係と間隔、比率に意味があり、すべての演算が可能 例：身長、体重、速度、睡眠時間、値段など

● ● ● | 【演習2】

次の方法により咀嚼能力を評価することにした。そのデータの収集方法と得られたデータの尺度を考えなさい。

1. 食品モデル（調理した食品の写真を見せるなど）により咀嚼の可否をたずねる場合
2. 感圧フィルム（プレスケール）を用いて咬合力（面積×圧力）を調べる場合
3. 上下顎の対咬関係を指数化（アイヒナー指数）することで判定する場合
4. 質問紙法により日常の食事内容や調理法から推定する場合
5. グミゼリーを咀嚼させ溶出したグルコース濃度を定量することで評価する場合



● ● ● 【演習2】の解は

方法	結果	尺度
食品モデル	Yes/No	名義尺度
感圧フィルム	圧力の強さ	比例尺度
対咬関係	対咬する部位数	順序尺度
質問紙法	回答形式による	順序尺度 (名義尺度)
粉碎度 (溶出量)	グルコース量	比例尺度

- ### ● ● ● 質的データの検定方法
- 質的データは、人数、個数、性別、表・裏、正・誤など（連続的ではなく）数えることができるため、計数データとか離散量データとも呼ばれる。
 - 構成集団中である特性を持ったものの割合が問題となることが多い。
 - 基本的に検定は χ^2 統計量を用いた χ^2 検定を用いる。
- 母集団の比率と指定比率との検定（適合度の検定）
 - 群間の比較
 - 対応のない多群間の比率の検定（独立性の検定）
 - 対応のある2群間の比率の検定（McNemarの検定）

● ● ● 量的データの検定方法

- 温度や物の重さなどのように機器を使用して測定可能なデータで、途切れることなく連続して続き、どこまでも細かく推し測ることができる（連続データ）。
- 量的データでは、データの特徴を主に分布の中心や拡がりなどの統計量で示すことができる。
- 量的データが正規分布に従う場合には、パラメトリックな手法を用いた統計的仮説検定に優れている。

1. 標本の母平均と指定値との比較（t検定）
2. 2群間の比較（t検定）
3. 多群間の比較（分散分析）

● ● ● 分布の中心を表わす基本統計量

- ① 意味が明瞭
- ② 計算が簡単
- ③ 数学的発展性
- ④ 統計的推論に有用

- 平均（mean）
- メジアン（median）
- モード（mode）

データの正規性が仮定できれば
→ パラメトリック検定

● ● ● 母集団と標本集団

母集団：知識・情報を得たいと考えている対象の全体
標本：母集団から実際に調査や分析を行う対象として抽出した部分

標本調査は次の場合に行われる。

- 全体調査が無意味であるとき、または不可能なとき。
- 時間、費用が制限されているとき。
- 調査内容が多い場合、複雑な場合。

● ● ● 国勢調査の1%抽出速報と全数集計結果

		標本集団	母集団
項目		1%抽出速報	全数集計
性別	男	48.9	49.0
	女	51.1	51.0
年齢階級	0-15歳	15.9	15.9
	15-64歳	69.2	69.4
	65歳以上	14.8	14.5

母集団から実際に調査や分析を行う対象となる、一部分を抽出したもの

『平成7年国勢調査抽出速報』および『平成7年国勢調査報告』第2巻全国編(総務庁統計局)

● ● ● 標本サイズの決定要因

- ① 群間の効果の差（小さいと、標本サイズは大きくなる）
- ② データのばらつき（大きいと、標本サイズは大きくなる）
- ③ 第1種の過誤 α （小さいと、標本サイズは大きくなる）
帰無仮説が実際には真であるのに棄却してしまうエラー
- ④ 第2種の過誤 β （小さいと、標本サイズは大きくなる）
対立仮説が実際には真であるのに帰無仮説を採用してしまうエラー

標本集団における研究の結果	母集団における真理	
	差あり	差なし
帰無仮説を棄却	問題なし	第1種の過誤 (α)
帰無仮説を棄却せず	第2種の過誤 (β)	問題なし

https://best-biostatistics.com/hypo_test/num-subject.html

● ● ● 調査研究の妥当性を脅かす要因

種類	妥当性を脅かす要因		制御方法
外的妥当性	バイアス	抽出バイアス	無作為抽出
	偶然		統計的検討
内的妥当性	バイアス	選択バイアス	無作為割付
		測定バイアス	測定条件の標準化
		交絡バイアス	無作為割付、層化、標準化
	偶然	平均への回帰	複数回測定、対照群設定
	反応効果		マスク化
対象者の変化	成熟		無作為割付
	脱落		

武蔵 保健医療プログラムの経済的評価法 確成出版 1998

●●● 仮説検定の必要性

- 標本は母集団の一部にすぎないので、標本から得られる情報を、それが抽出された母集団全体についての性質・構造・法則性などに直接あてはめることはできない。
- 標本を基準として母集団の特徴や状態について何らかの**仮説を設け**、その妥当性を標本データから**確率論的に検証**することを検定という。

●●● 仮説検定の手順

1. 仮説の設定
「2群に差がない」とする帰無仮説 H_0 を設定する。
2. 統計量 X の計算
検定しやすいように標本データを一つの数値に要約する。
扱う統計量によって検定法が分れる。
統計量の理論分布：正規分布、 t 分布、 F 分布、 χ^2 分布等
3. 確率の算出
帰無仮説のもとで、統計量 X が生じる確率 P を計算する。
4. 判定
 - 統計量 X を生じる確率 P が、有意水準 α よりも大きければ、その程度の差は起こりうるので、帰無仮説を棄却できない。**(差があるとはいえない)**
 - 統計量 X を生じる確率 P が、有意水準 α よりも小さければそのようなことは起こりにくいと考えて、帰無仮説を棄却し、対立仮説を採用する。**(差がある)**

●●● 母集団と指定値との比較

- ある地域の標本と全国平均を比較する場合
- 理論的に与えた結果を実験結果と比較する場合等

標本の母平均と指定値の差の検定（母平均の t 検定）
母分散が既知か大標本の場合（母分散が不明のときは、不偏分散で推定）

平成19年度の学校保健統計調査によれば、6歳女児の平均身長は115.8cmである。ある町では、6歳女児350名の平均身長が113.8cm、不偏分散が26.7であった。全国平均に比べ、発育に差があるといえるか。

●●● 平均値の差の検定

1. 独立2標本の平均の差の検定（母分散既知か大標本）→ 正規検定
2. 独立（対応のない）2標本の平均の差の検定
 - 等分散とみなせる場合 → Student's t -test
 - 等分散とみなせない場合 → Welchの方法
3. 対応のある2群の小標本平均の差の検定 → paired t -test

【演習3】

●●● 舌苔のケア別口臭生産能

区 分	連日(N=28)	隔日(N=15)	対照(N=28)
ケア前	31.0±42.4	24.8±35.5	26.7±39.3
ケア1週間	14.7±21.3	21.0±27.6	35.0±38.3
ケア2週間	5.4± 9.2	11.7±19.1	31.7±35.3
ケア終了1週間	7.2±15.1	18.7±22.4	28.4±37.7
ケア終了2週間	18.2±26.0	25.3±31.0	32.8±34.5

メチルメルカプタン濃度(ng/mL)
舌ケア：スポンジブラシによる清掃 (寺岡 1999)

- ベースラインは一致しているか？ サンプル数は？
- 測定値の性質は？ 量的データか？ 質的データか？
- 何を比較するのか？ 2群か？ 多重比較か？ 独立した群か？
- どのような解析手法を使うのか？

●●● 多重比較について

3群以上の平均値（または中央値）の比較を同時に行う時に適用

1. **対比較**（プラセボ・対照・新薬の3群を仮定したとき、「プラセボvs新薬」「対照vs新薬」「プラセボvs対照」の全てのペアを比較する）
2. **対照との比較**（プラセボ・5 μ g・10 μ g・20 μ gの4群で、「プラセボvs 5 μ g」「プラセボvs 10 μ g」「プラセボvs 20 μ g」の比較のみ行う）
3. **対比**（A・B・C・D・Eの5群で、例えば「A・B・C・D」の各群の効き目の平均値よりも、Eの効き目が大きい」といった、いくつかの群をグループ化して比較する）

●●● | 3群以上のデータの取り扱い

分散分析：ANOVA analysis of variance

(1)一元配置分散分析 (one way ANOVA)

1 因子により分類される多群

(2)二元配置分散分析 (two way ANOVA)

2 因子により分類される多群

繰り返しのある二元配置

繰り返しのない二元配置

(3)多元配置分散分析 (multi-way ANOVA)

3つ以上の因子により分類される多群

●●● | 一元配置分散分析 (エクセルを利用)

5種類のお茶がある。茶葉から抽出されるフッ化物イオン濃度に差はみられるだろうか。

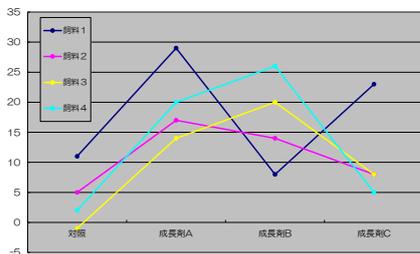
グループ	標本数	合計	平均	分散
煎茶	8	5.017	0.6271	0.015177
玄米茶	8	4.775	0.5969	0.052706
ほうじ茶	8	5.646	0.7058	0.022222
ウーロン茶	8	4.378	0.5473	0.012775
紅茶	8	5.761	0.7201	0.049189

分散分析表

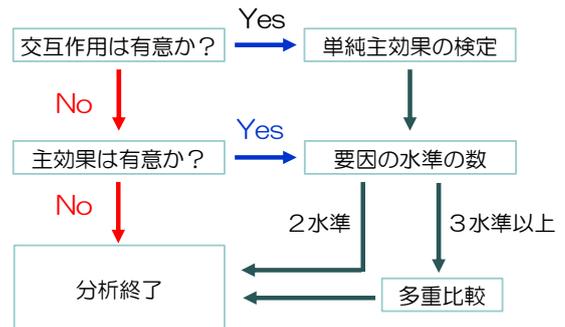
変動要因	変動	自由度	分散	観測された分散比	P-値	F 境界値
グループ間	0.171	4	0.0427	1.4052	0.2525	2.6415
グループ内	1.064	35	0.0304			
合計	1.235	39				

●●● | 二元配置分散分析と交互作用

- 交互作用とは、ある因子の優劣が他の因子の水準によって変わること。
- 交互作用のあるときは、個々の要因だけを取り出して、結論を出すことができない。



●●● | 二元配置分散分析による分析の流れ



竹原, SPSSのスヌメ①, 北大路書房

●●● | 繰り返しのない二元配置分散分析

- 要因 (観測データに影響を与えると思われる因子) が 2つある。
 - 要因の中の条件の違いを「水準」という。
 - 各水準にはデータが1つある。
- しかし、次の点に注意
- 欠損値があってはいけない。
 - 要因間の交互作用は求められない。(交互作用がないと考えられる2つの要因について利用する)
 - 検出力は概ね低くなる。

【演習3】二元配置分散分析について、繰り返しのある場合と繰り返しのない場合の違いを比べてみよう

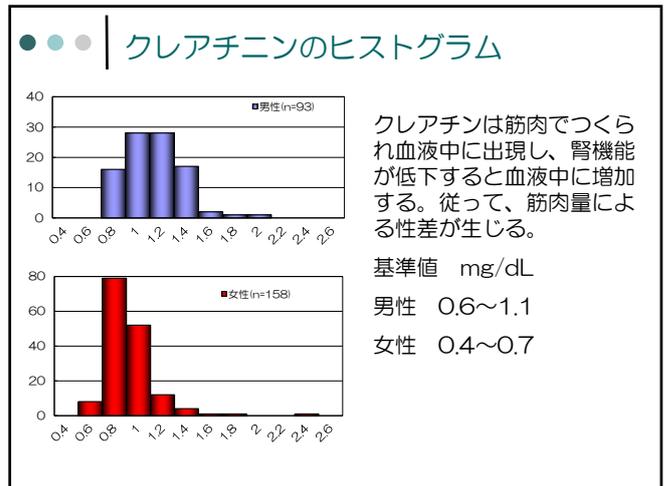
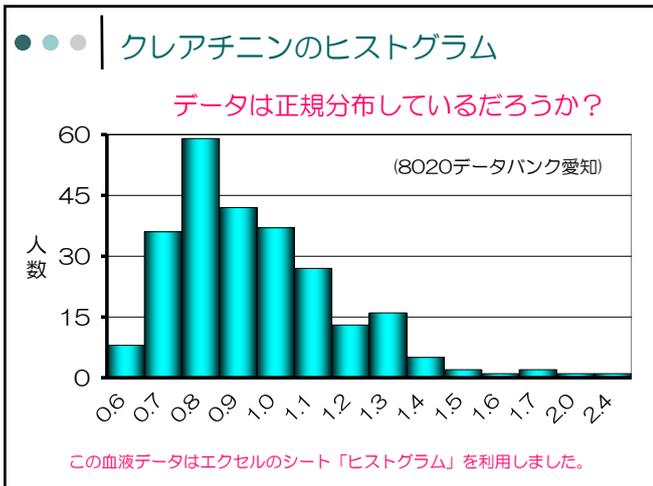
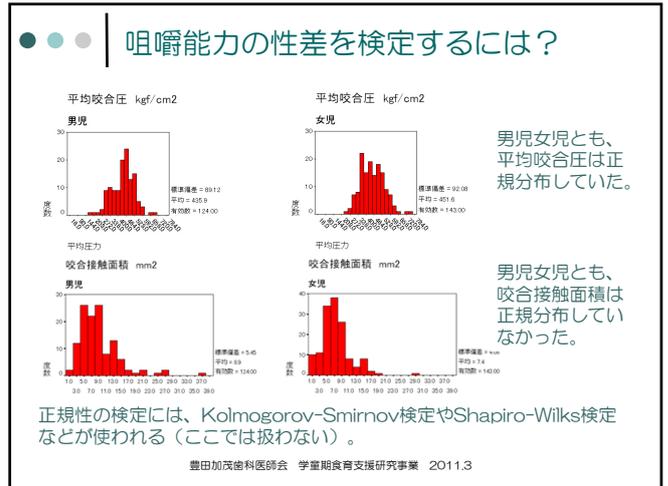
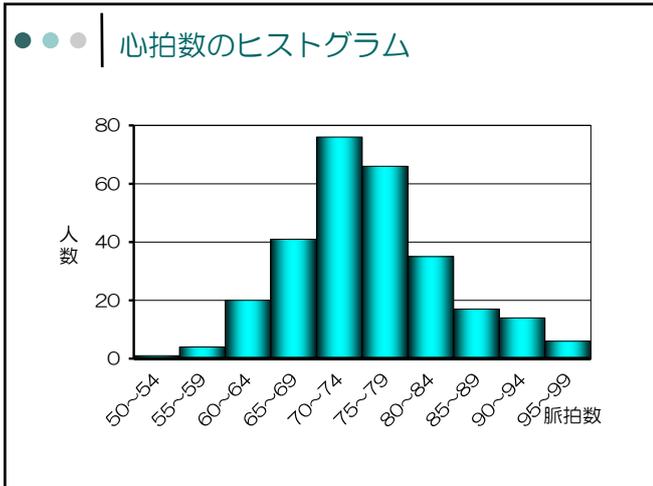
●●● | 分散分析から多重比較へ

1. 分散分析のいろいろ

- 1元配置 (対応のない因子) の分散分析
- 反復測定 (対応のある因子) による1元配置の分散分析
- Kruskal-Wallis検定
- Freedman検定
- 2元配置 (対応のない因子と対応のない因子) の分散分析
- 2元配置 (対応のない因子と対応のある因子) の分散分析
- 3元配置の分散分析・共分散分析・多変量分散分析

2. 多重比較 (今回の講義では扱わない)

- チューキー (のHSD)、シェッフェの方法など
- 有意水準調整



データが正規分布しない場合

- データを変数変換して正規化する
 例：対数変換 (右裾広がりの場合)
- ノンパラメトリック的手法の利用
 正規性、等分散性の仮定が満たされない場合
 母集団の特性を規定する値について何ら特殊な仮説を含まない統計推理法 (岩原)

順位で示されるデータの取扱い

Non-parametric test = 分布の型によらない(母数parameterを必要としない)検定

↓

正規性、等分散性などの前提条件を必要としない。

- 標本サイズが小さい場合 (但し、n<10では適用が困難になる)
- データが正規分布に近似するという仮定を立てにくい場合 (名義尺度や順序尺度など)
- パラメトリックな検定を適用できる条件の下でノンパラメトリック検定を用いると検出力は低下する。

● ● ● | 量的データの検定方法

- 標本の母平均と指定値との比較
 1. 正規性あり：母平均の t 検定
 2. 正規性なし：WilcoxonのT検定
- 2群間の比較
 1. 対応なし
 - ① 正規性あり：Studentの t -test/Welchの方法
 - ② 正規性なし：Mann-WhitneyのU検定
 2. 対応あり
 - ① 正規性あり：対応のある t 検定
 - ② 正規性なし：WilcoxonのT検定
- 多群間の比較
 1. 正規性あり：分散分析
 2. 正規性なし：Kruskal-Wallis検定/Freedman検定

● ● ● | ノンパラメトリック検定の種類

検 定	パラメトリック検定	ノンパラメトリック検定
独立（対応のない）2標本の差の検定	t-test Z検定 F検定	Mann-WhitneyのU検定（順位和検定）
対応のある2標本の差の検定	paired t-test	WilcoxonのT検定（順位付き符号検定）、符号検定、McNemar検定
独立した多群の差の検定	one way ANOVA（一元配置分散分析）	Kruskal-Wallis検定
対応のある多群の差の検定	one way repeated measures ANOVA（一元配置反復測定分散分析）	Freedman検定
相 関	Pearsonの相関係数	Speamanの順位相関、Kendallの順位相関
分布の適合度		χ^2 検定