日本数学会
於　名古屋大学

高等学校数学科における統計教育への期待

宮崎大学
藤　井 良　宜

2025年9月16日

宮崎大学
University of Miyazaki

今回の概要

1. 背景

   統計教育・データサイエンス教育の現状

2. これからの統計教育への期待

   統計的な理論をどのように現実に適用するのか

   1. 交絡因子への対応
   2. バイアスへの対応

   統計的な推理力(Statistical Reasoning)の育成

3. まとめ

学習指導要領の改訂

- 平成10，11年

  学校5日制
  教育内容の**厳選**
  「総合的な学習の時間」

  統計的な内容が
  大幅に削減された

- 平成20，21年

  指導内容の**充実**
  思考力・判断力・表現力等

  統計的な内容が復活
  高等学校で**箱ひげ図**を導入

- 平成29，30年

  資質・能力
  主体的で対話的で深い学び
  カリキュラムマネジメント

  さらに、統計的な内容が充実
  改訂のポイントでも挙げられた

この時、なぜ統計教育が充実されたのか？

1. 情報活用能力の育成
   - 情報活用能力を「世の中の様々な事象を**情報とその結び付き**として捉え、情報及び情報技術を適切かつ効果的に活用して、**問題を発見・解決したり自分の考えを形成したり**していくために必要な資質・能力」と定義
   - **統計はその中心的な役割**を担う。
2. データに基づいた思考力の育成
   - **論理的思考力**や**問題解決能力**
3. グローバル社会への対応
   - **国際社会で活躍する**ための重要な要素の一つ

データサイエンス教育関連の動き

- 平成28年12月　文部科学省
  「大学の数理・データサイエンス教育強化方策について」
- 平成28年12月　中央教育審議会答申
- 平成29年3月　小学校・中学校の学習指導要領改訂
- 平成29年6月　閣議決定
  未来投資戦略2017　Society 5.0 の実現に向けた改革
- 平成30年3月　高等学校の学習指導要領改訂
- 平成30年6月　閣議決定
  未来投資戦略2018　「Society5.0」「データ駆動型社会」への改革
- 平成31年4月　文科大臣が中央教育審議会に諮問
  「新しい時代の初等中等教育のあり方について」
- 令和元年6月　閣議決定　「AI戦略2019」
- 令和2年6月　「AI戦略2019　フォローアップ」
- 令和2年7月　閣議決定　「統合イノベーション戦略2020」

AI戦略2019　教育改革

教育改革に向けた主な取り組み

デジタル社会の「**読み・書き・そろばん**」である「**数理・データサイエンス・AI**」の基礎などの必要な力を**全ての国民**が育み、あらゆる分野で人材が活躍

主な取組

エキスパート

先鋭的な人材を発掘・伸ばす環境整備

- **若手の自由な研究と海外挑戦**の機会を拡充
- 実課題をAIで発見・解決する学習中心の**課題解決型AI人材育成**

応用基礎

AI応用力の習得

- **AI×専門分野**のダブルメジャーの促進
- **AIで地域課題等の解決**ができる人材育成（産学連携）

認定制度・資格の活用

- 大学等の**優れた教育プログラムを政府が認定**する制度構築
- **国家試験**（ITパスポート）の見直し、高校等での活用促進

リテラシー

学習内容の強化

- 大学の標準カリキュラムの開発と展開（**MOOC**※**活用**等）
- 高校におけるAIの基礎となる**実習授業**の充実

小中高校における教育環境の整備

- 多様な**ICT人材の登用**（高校は1校に1人以上、小中校は4校に１人以上）
- **生徒一人一人が端末**を持つICT環境整備

育成目標【2025年】

トップクラス育成
100人程度/年

2, 000人/年

２５万人/年
（高校の一部、高専・大学の**50%**）

５０万人/年
（大学・高専卒業者**全員**）

１００万人/年
（高校卒業者**全員**）
（小中学生**全員**）

※Massive Open Online Course：大規模公開オンライン講座

高等学校における数学教育の意義

- 実用的な意義

  高等学校で数学を学ぶことは，**数学を活用して社会をよりよく生きる知恵を得る**ことにつながる

- 陶冶的な意義

  自らの考えや判断の前提を明確にし，**根拠を示しながら考えや判断について的確な説明**をして他に理解を得る力

  新たな**問題に向かう意欲**を育てることになるのである。問題がすぐには解けなくても**粘り強く考え続ける**こと

- 文化的な意義

  数学的な**思考を楽しみ，知的なよろこびを得る**こと

  数学は，人類が生活や社会を発展させる中で**継承され発展してきたもの**

高等学校学習指導要領　数学編理数編　p.7

統計教育に対する期待

1. 数学を活用して、社会をよりよく生きる

数学の特徴は、抽象的であること、体系的であること

→　幅広い分野でその理論を適用できる

統計的な内容の場合には、**現実とモデルの間にギャップがある**

→　このギャップにどう対応するのか

2. 根拠を示しながら考えや判断について的確な説明

- 統計的なデータを根拠とすること
- 統計的なデータには確率的なバラツキがある

交絡とバイアス

- **ヒトを対象としたデータ**を取り扱う場合には、、**さまざまな要因が影響すること**を意識する必要がある。
- 例えば、ある要因の影響を調べる場合にも、**他の要因の影響**を考慮しないといけない。
- その際に考慮しないといけない現象が、**交絡とバイアス**である。

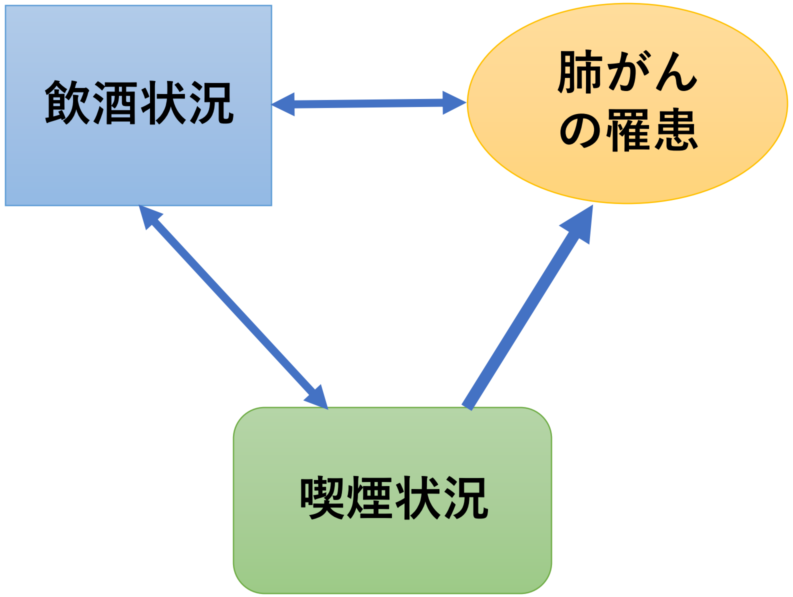
交絡とは

- 2つの因子の間に相関があるからと言って、因果関係があるとは限らない。
- その原因の一つが、交絡である。

- 交絡とは、2つの因子の間の因果関係を歪めてしまう**第3の因子による影響**の事をいう。この第3の因子を**交絡因子**という。
- 本来は、**関連のない因子**が他の因子の影響によって**関連があるように見える**場合によく用いられるが、逆に関連があるのに、関連が出てこなくなる場合もある。
- 例　飲酒は肺がんの要因なのか？

飲酒すると、肺がんに罹りやすくなるのか？

- 飲酒状況と肺がんの罹患については、単純にみると関連が強いという結果がいろいろ出された。
- ただし、肺がんには喫煙というかなり強い要因が示されており、肺がんの影響を取り除かないと、喫煙そのものが影響があるとは言いにくい。（交絡の可能性がある）
- 実は、飲酒状況と喫煙の間にはかなり関係があることが知られている。
- 喫煙状況を**調整する**と、飲酒と肺がんの関連は弱くなり、飲酒が肺がんに影響するという強い証拠はまだ確立されていない。



２つの質的変数の間の関係

合否が判定される試験において，ある本を使って学習したかどうかを尋ねた

	合	否
使用有	65%	35%
使用無	49%	51%

学年に分けると

		合	否
使用有	1年生	3	4
	2年生	8	2
使用無	1年生	12	38
	2年生	32	10

本の使用の有無よりも，学年の方が合否に影響していることが予想でき，また，度数を見ることで本の使用者自体が少なかったこともわかる

この現象も、交絡が起こっている例である

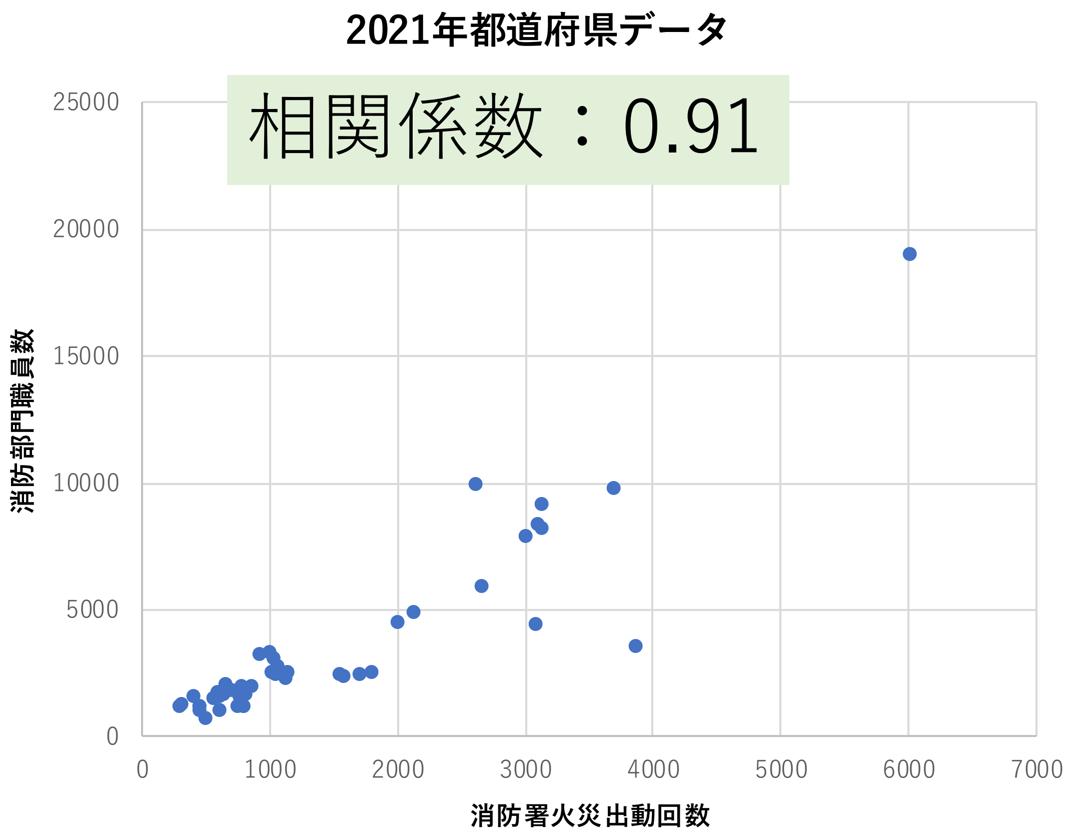
学年の違いが大きいことはわかった。しかし，学年はどうしようもない。本を利用するかどうかのほうがアクションとしては重要。

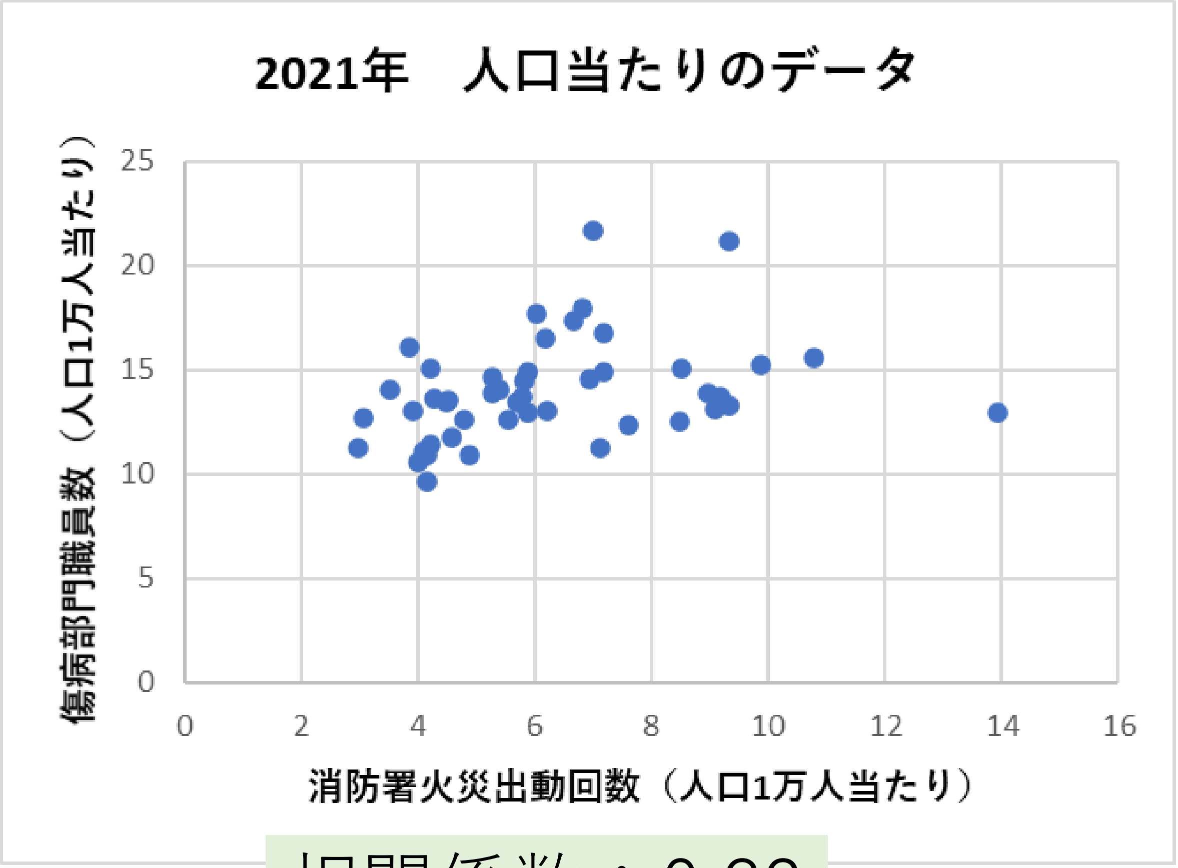
		合	否	合格率
1年生	使用有	3	4	42.9%
	使用無	12	38	24.0%
2年生	使用有	8	2	80.0%
	使用無	32	10	76.2%

判断としては、1年生には本を使用するということになる。
データ数はそれほど大きくはないが

量的なデータでも、交絡は生じる

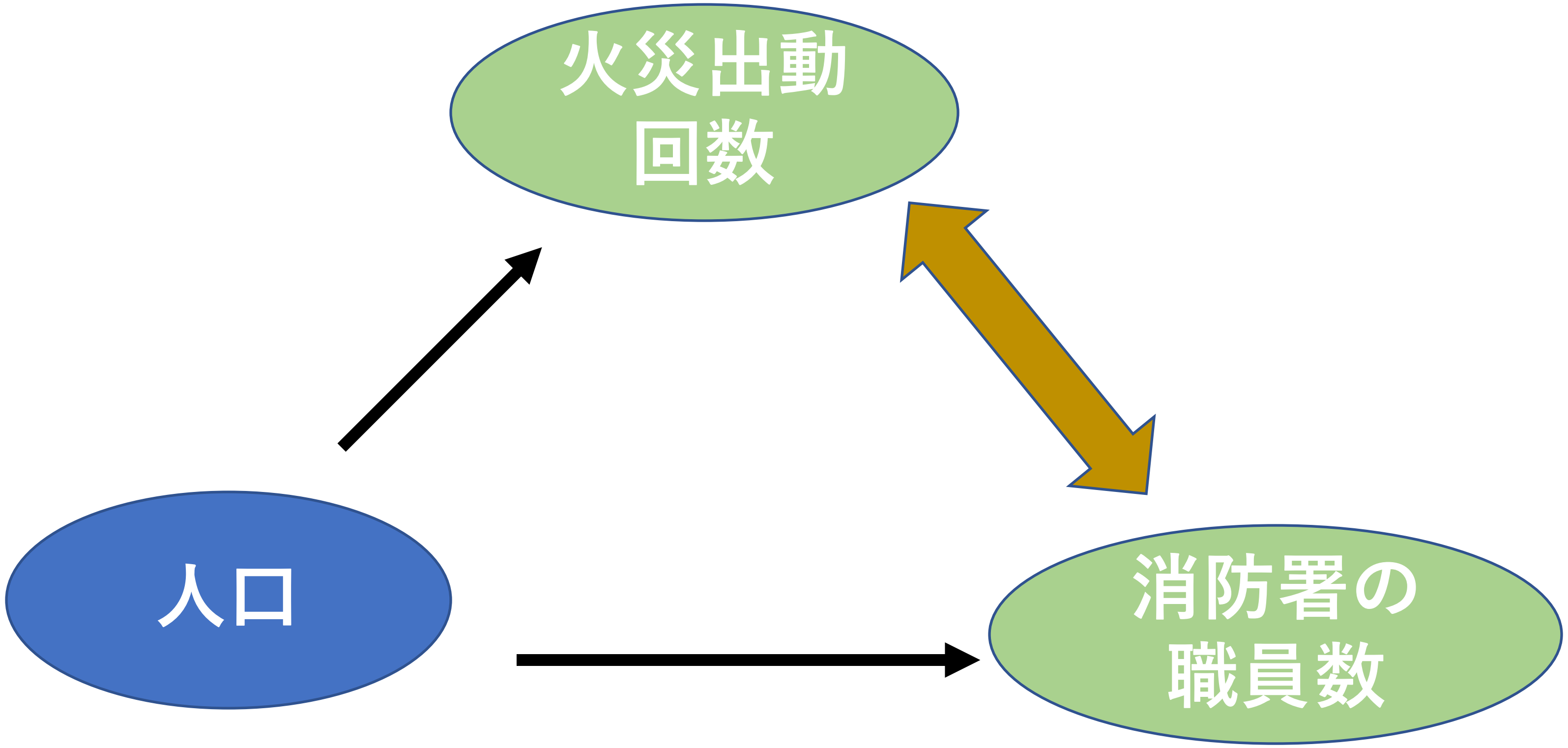
都道府県データにおいては、人口は交絡因子となることが多い。
例）消防出動回数と職員数





相関係数：0.32

都道府県データの場合には、人口が交絡因子になることが多い



この現象も**交絡**と同じ構造を持っている。交絡は、離散的なデータだけでなく、連続的なデータの場合も生じる

2つの対処方法

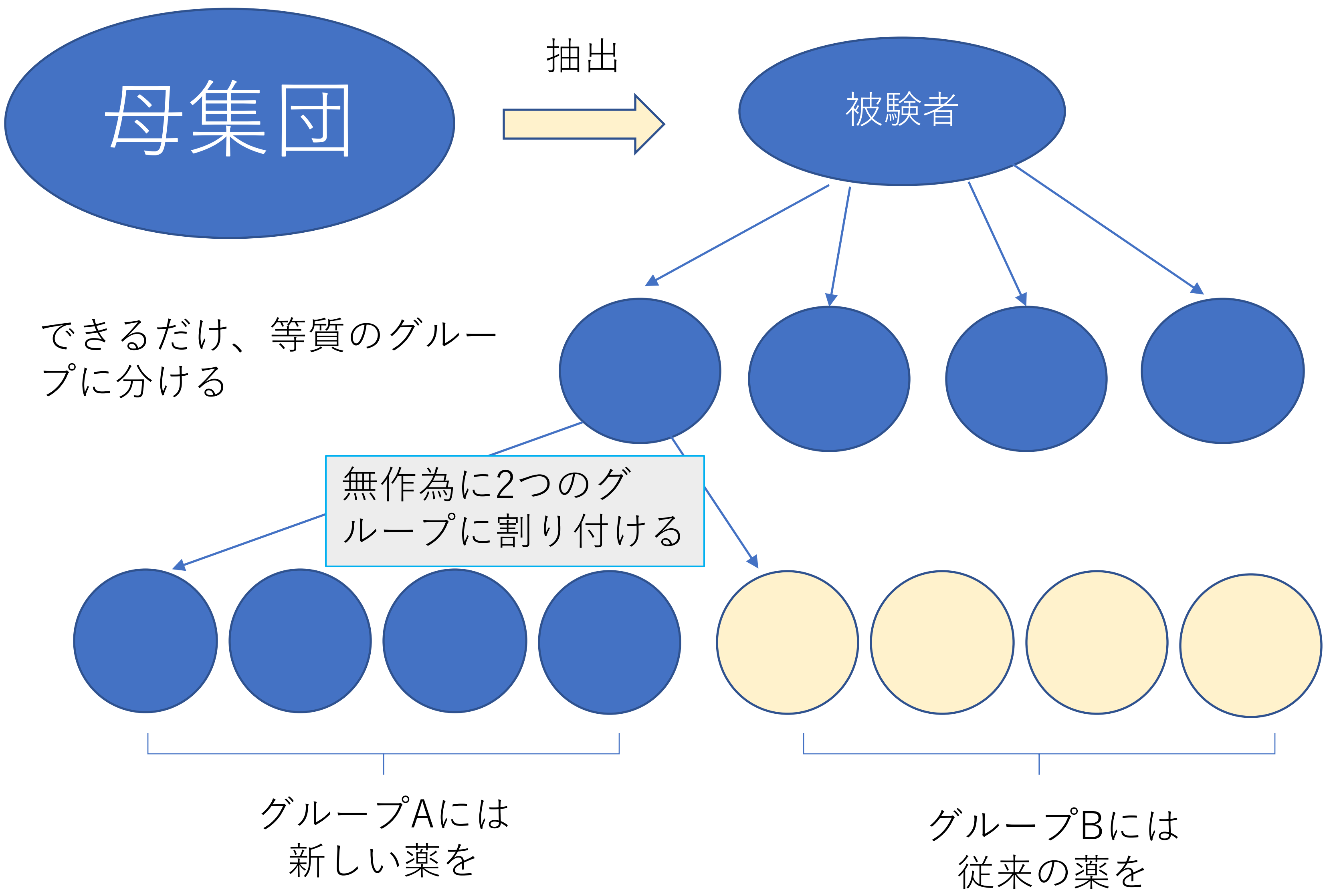
- 層別化
  - 交絡因子の状態でグループ分け（層別）をする。
  - それぞれの層での状況を調べる。
- 多変量解析
  - 数学的なモデル（交絡因子や要因がどのように結果にかかわるかを表す）で表現する。

このように、交絡因子が特定できていれば、上のような**調整**が可能。
しかし、特定できていない交絡因子はどうしたらよいのか？

無作為割り付け

- 実験研究において、グループ間の比較可能性を保証する方法
- 交絡因子による影響を取り除くために、試験対象の個体を無作為に（確率的に）それぞれのグループに分ける
- 標本抽出の場合と同様に、あらかじめわかっている交絡因子で層別して無作為割り付けを行うこともある

無作為割り付けの考え方



バイアス

- データの収集や分析の過程で生じる、本当の値からの系統的なずれ（偏り）のこと
- このバイアスが存在すると、得られた結果や推測が真実を反映しておらず、誤った結論を導くことになる。
- バイアスの例
  - 選択バイアス

    研究対象者の集団が、母集団の代表と考えられない場合
  - 情報バイアス

    データの収集や測定の方法に偏りがあるために生じるバイアス

無作為抽出

- **標本調査**で用いられる手法
- 母集団の中から無作為に抽出することで、**標本のバイアス**が生じることを防ぐことができる
- 中学3年で標本調査の学習をしているが、その際には単純無作為抽出を中心に取り扱っている。しかし、現実的には**複雑な抽出法が用いられる**ことが多い。
- 無作為抽出を行うことで、標本のバラツキを**数学的に評価する**ことができる。

単純無作為抽出による標本調査の性質

- 母集団から標本を無作為抽出することで、バイアスが発生することを防ぐことができる。

  標本平均の期待値が母集団の平均と一致する

- 標本のサイズを大きくすることで、より正確に母集団の特性を推定することができる。

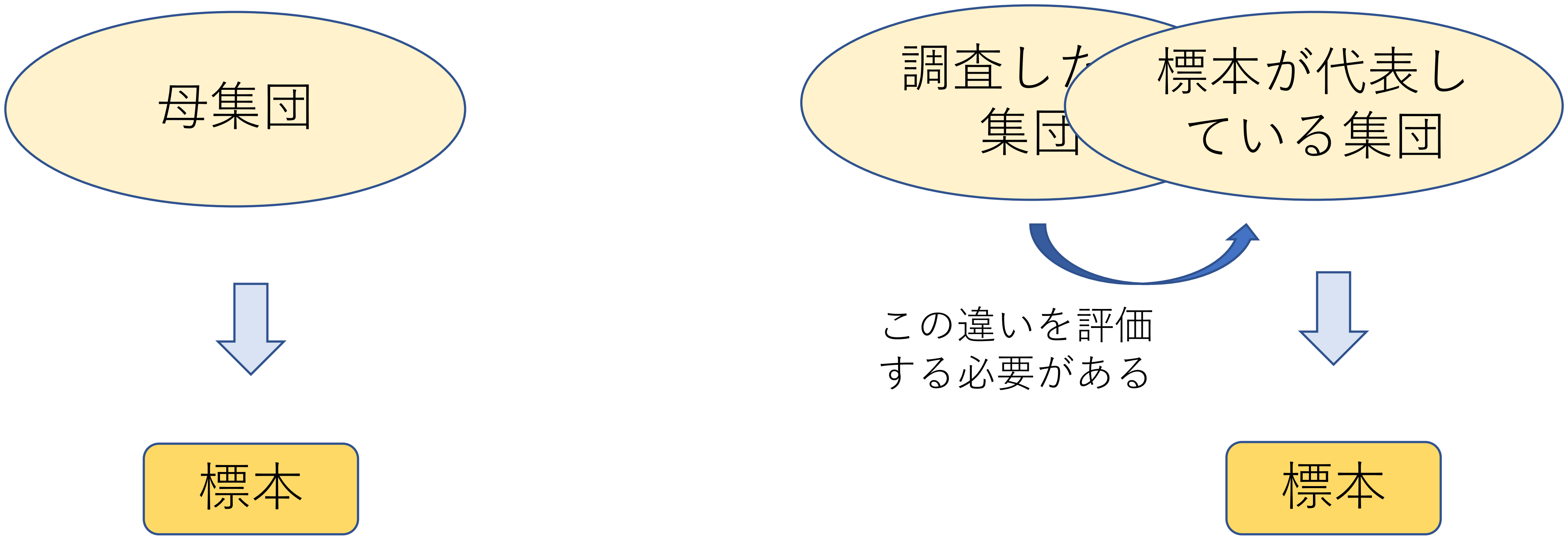
  標本平均の分散は、標本サイズとともに減少する

- 確率的に標本を選ぶことによって、標本のバラツキを数学的に評価することができる

無作為抽出ではない調査では、バイアスが起こる可能性がある

- 標本が、どのような集団の代表なのかを検討する。

無作為抽出　　**無作為抽出でない**



無作為抽出でない調査では、対象者の属性の確認が重要

表1　対象者の概要

n = 125

項　目	区分	平均値 ± 標準偏差 or n (%)
年齢（歳）		60.2 ± 12.1
性別	男性	80（64.0）
	女性	45（36.0）
糖尿病診断後経過年数	＜1	18（14.4）
	≧1－＜3	34（27.2）
	≧3－＜5	27（21.6）
	≧5－≦10	46（36.8）
同居家族	あり	105（84.0）
	なし	20（16.0）

堀口ら(2023) 診断後10年以内の2型糖尿病患者の療養に対する思いとライフイベント及び療養イベント経験との関係、*看護実践学会誌*、Vol.35, pp.1-7.

統計教育に対する期待（2）

不確定な事象において、どのように的確な説明を行えばよいのか

根拠を示しながら
考えや判断について的確な説明

- 統計的なデータを根拠とすること
- 統計的なデータには確率的なバラツキがある

↓

確率的なバラツキを考慮して、論理的な判断をすることができるか？

SLRT

PPDACサイクル

Statistical Thinking

統計的探求をなぜ、どのように実施するのかその背景にあるBig Idea を理解すること

Statistical Literacy

統計情報や研究結果を理解する際に使われる基本的で重要なスキル

Statistical Reasoning

統計的なアイデアを用いて理由付けして、統計的な情報を納得する

概念

用語

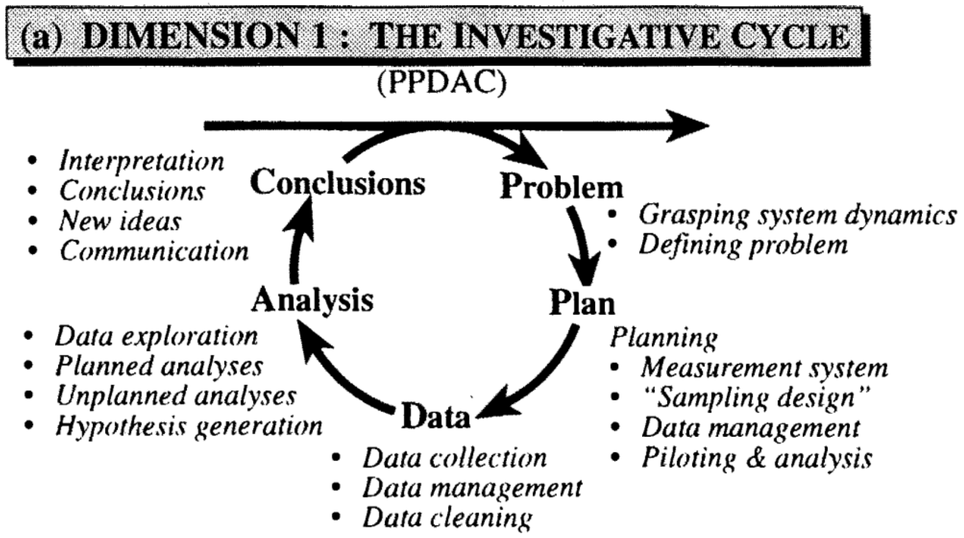
記号

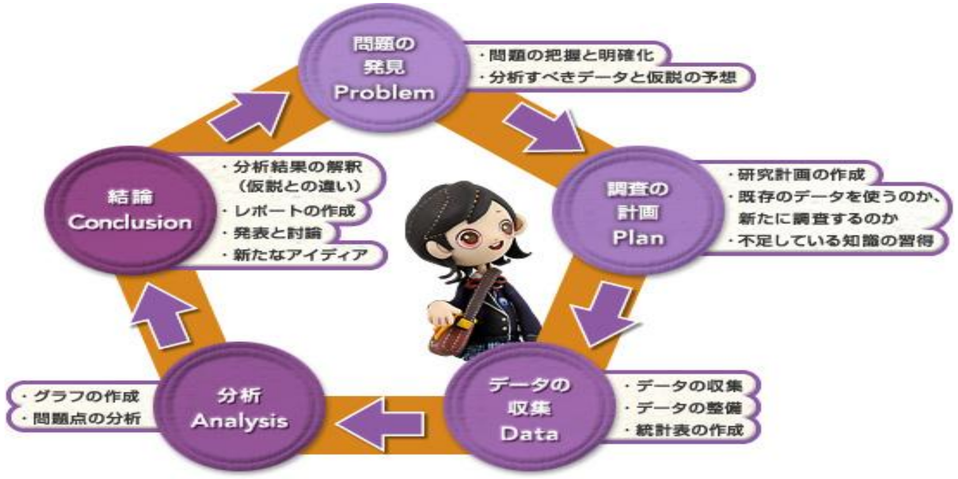
批判的思考

Ben-Zvi and Garfield(2004)

PPDACサイクル

- Wild and Pfannkuch(1999)
  - 統計的な思考力とは何か？
  - 4つの次元での分析
    - その一つが探究サイクル





SRA(Statistical Reasoning Assessment)

- Joan Garfield と Cliff Konold が開発したStatistical Reasoning を評価するためのツール
- 20項目の多肢選択式の問題が準備されている
- このツールを作成する段階で、Statistical Reasoning に関する評価内容を検討している。

Garfield(2003) Assessing Statistical Reasonig. Statistics Education Research Journal, Vol.2 pp.22-38.

SRAが評価する8つの内容

1. **確率の正しい解釈**:
確率を長期的な相対頻度として理解し、少数の試行結果に左右されないこと。
2. **適切な代表値の選択**:
平均（mean）、中央値（median）、最頻値（mode）などの代表値がそれぞれ異なる特性を持つことを理解し、データの分布に応じて最適なものを選べること。
3. **確率の正しい計算**:
確率を比率として理解し、組み合わせ論的な推論を正確に用いることができること。
4. **独立性の理解**:
複数の事象が互いに影響しない「独立」という概念を理解できること。
5. **標本変動性の理解**:
同じ母集団から抽出された複数の標本が、平均値やばらつきにおいて多少の変動を示すことを理解できること。
6. **相関と因果関係の区別**:
2つの変数が相関している場合でも、必ずしも一方が他方の原因であるとは限らないことを認識できること。
7. **分割表の正しい解釈**:
2つのカテゴリカル変数の関係を示す分割表（two-way table）を正しく読み取り、解釈できること。
8. **大標本の重要性の理解**:
結論の信頼性を高めるためには、より大きな標本サイズが重要であることを理解できること。

Fishbein, Schnarch（1997）の実態調査

- 問題

　ある街に２つの病院がある。小さい病院は、一日平均約15人生まれ、大きい病院は、一日平均約45人生まれる。男の子が生まれる確率は、約50％である。（しかしながら、50％以上男の子が生まれる日もあれば、50％以下の時もある。）小さい病院では、60％を表す9人より多く生まれた日が、一年間記録されている。大きい病院では、その60％を表す27人以上の男の子が生まれた日を記録した。2つの病院のうち、どちらがそんな日が多いであろうか？

  - 大きい病院の方が、可能性が高い。
  - 小さい病院の方が、可能性が高い。
  - 2つの病院とも等しい。
  - その他

日本語訳は、松浦（2006）の訳を用いた

どのように考えたらよいのか？

- 問題

　ある街に２つの病院がある。小さい病院は、**一日平均約15人**生まれ、大きい病院は、**一日平均約45人**生まれる。男の子が生まれる確率は、**約50%**である。（しかしながら、50%以上男の子が生まれる日もあれば、50%以下の時もある。）小さい病院では、60%を表す9人より多く生まれた日が、一年間記録されている。大きい病院では、その60%を表す27人以上の男の子が生まれた日を記録した。2つの病院のうち、**どちらがそんな日が多い**であろうか？

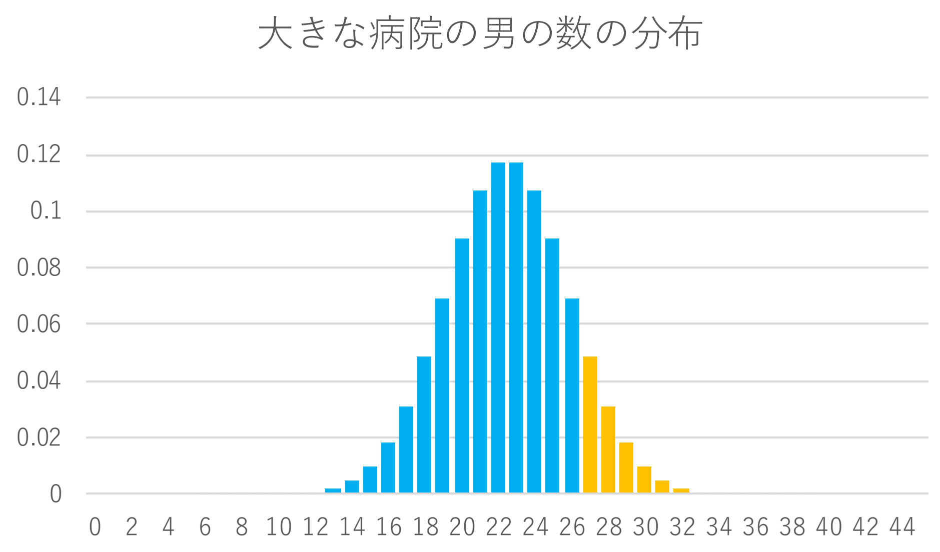
問題の単純化

- 日によって、生まれる子供の数は違うかもしれないが、毎日、大きい病院は45人、小さい病院は15人生まれたものと考える
- 男の子が生まれる確率も正確には50%ではないが、ここでは50%と考えて、それぞれ独立と考える。

ここまでくれば、あとは数学的に計算できる

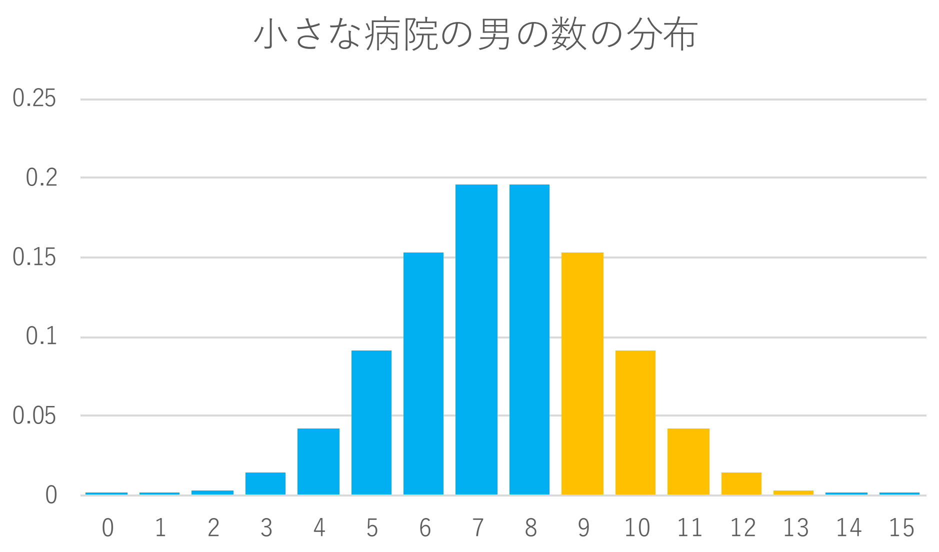
1日に生まれる男の数の分布（二項分布）

大きな病院の場合



27人以上の確率　0.116

小さな病院の場合

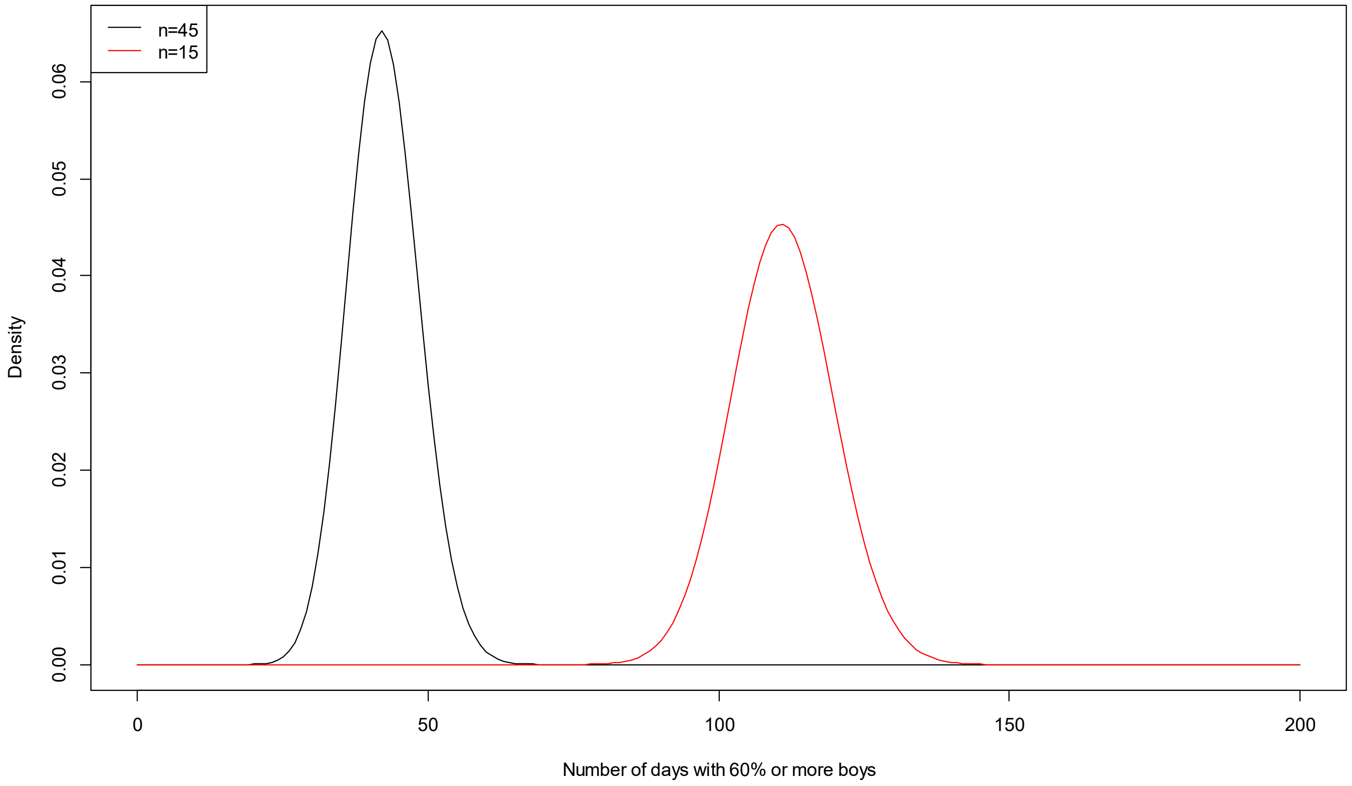


9 人以上の確率　0.304

男の子の数が60%以上の日数

ある特定の日に、男の子の数が60%以上の確率は、大きい病院では0.116であり、小さい病院では0.304である。これを365日繰り返すと、60%以上が男の子の日数はどうなるか？
これも、2項分布であるが、今度は繰り返し数ではなく、起こる確率が異なる。

大きな病院と小さな病院の比較



1年の日数にすると、明確な差が出ることがわかる。
大きな病院は42日程度
小さな病院は110日程度

どのように判断すればよいか

これは、確率の計算をしないと判断できないのか？

- 2項分布に関する、2つの事を理解していれば、回答できる
  - 2項分布は、繰り返し回数を大きくするとだんだん平均に近づいていく。
    - 逆に言うと、繰り返し数を大きくすると極端な値は出にくくなる
  - 繰り返し数が同じであれば、1回の試行で起こる確率が大きいほど、大きな値が出やすくなる。

数学的に論理を進めて、きちんと計算できる力も必要であるが、
数学的に示されたことをどのように生かしていくのか
という点も大切である。

まとめ

これからの統計教育への期待

1. 数学と統計学の間には違いがある
   - 統計的な内容は、そのまま現実のデータに適用することが難しい
   - その違いを意識しながら、現実に役立てていく必要がある。
   - 適用するためには工夫が必要
     - 交絡とバイアスへの対応

2. 統計的な推理力(Statistical Reasoning)の育成