

検定 モデル選択

使い分ける

粕谷英一（九州大・理・生物）

かすや えいいち

検定

VS

モデル選択

いつでも検定すればいいわけではない

釧路での1枚

キーワード

モデル選択

検定

尤度

AIC

統計的な推論のタイプ

検定

推定

モデル選択

予測の最適化

AIC

▶ 今日のコース

検定とは モデル選択とは

モデル選択と検定のちがい

検定とモデル選択によって言えること

使い分け

モデル選択と検定の間係をめぐって

生態学と使い分け

とくに野外調査について

統計用ソフトウェア

検定—たくさん

モデル選択 AIC

重回帰の ” stepwise ” 変数選択

検定でも可能

検定

帰無仮説

差がない、効果がない

対立仮説

差がある、効果がある

検定統計量

帰無仮説が正しいとすると、データで得た結果はどれだけの確率で起こるか

有意水準

有意確率

危険率

帰無仮説が正しいとすると、ごく低い確率でしか起こらないことが実際には起こった



帰無仮説がまちがっている（棄却）

検定

検定

結果はノイズにすぎないのか、
シグナルが含まれているのか

帰無仮説ーノイズのみ

有意確率ーノイズのみだとしても、そ
の結果がおこる確率

検定で有意：ノイズのみではそんな
結果が起こる確率はごく低い

検定

新しい要因が関与している



確実に言いたい

確実に言えないときは、「まだ言えない」
(帰無仮説の受容)

拳証責任 (burden of proof) は対立仮説を示したい側に

基礎科学で、それまでに示されていない新しい内容を立証するときには

検定

適切

モデル選択

予測の最適化

仮説1

2つの仮説 どちらがデータをよく予測できるか

仮説2

~~有意水準~~ ~~有意確率~~ ~~危険率~~

モデル選択 赤池情報量基準 (AIC)

(Akaike's Information Criterion)

||

$-2 \times \text{最大対数尤度} + 2 \times (\text{パラメーター数})$

小さいほど、モデルがデータを把握できている

確率モデル

仮説1

仮説2

モデル選択 AIC

予測の最適化

確率モデル（仮説）を使ってデータを予測する

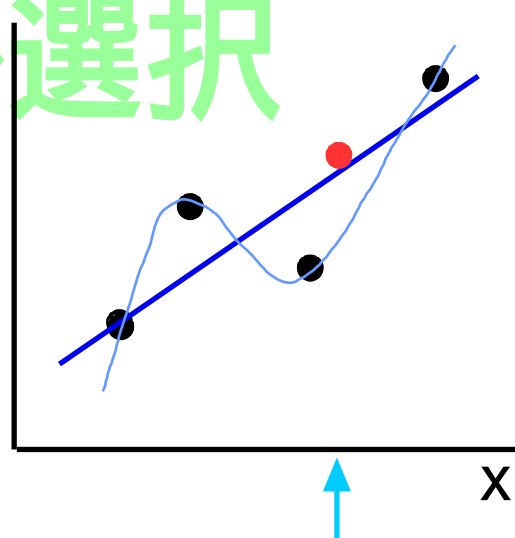
たくさんの独立変数

複雑なモデル

予測にすぐれているか？

モデル選択

予測の最適化



複雑なモデルは最大対数尤度は高いことが・・・

モデルで予測される y は？

AIC

$-2 \times \text{最大対数尤度} + 2 \times (\text{パラメーター数})$

モデル選択 AIC

予測精度が高いことが目的のとき

仮説を対等に見て、どちらかを選ぶとき

適切

AIC(モデル選択)

対等

仮説1

仮説2

帰無仮説

対立仮説

対等でない

検定

使い分け

検定

新しい要因や関係の存在を確実に示すとき

モデル選択

予測精度が高いモデルを作るとき

仮説を対等に見て、どちらかを選ぶとき

(例、保全政策)

検定

モデル選択

モデル選択

検定

基礎知識・実用
として両方必要

検定

モデル選択

両方知って

使い分けられる

データを扱うとき

必要な基礎的技能

両方知って
使い分ける



できない



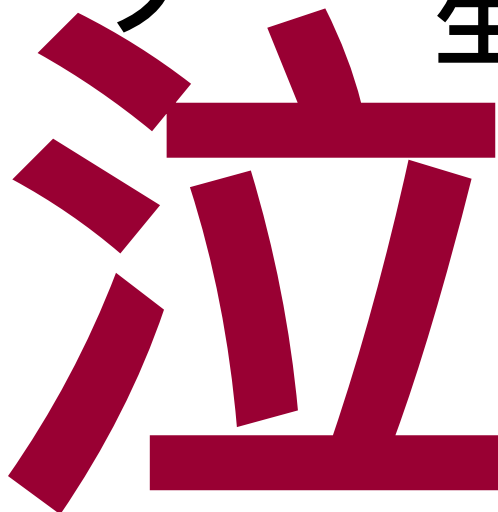
データ

生物

時間

労力

経費



使い分けの基本

検定

新しい要因や関係の存在を確実に示すとき

モデル選択

予測精度が高いモデルを作るとき

仮説を対等に見て、どちらかを選ぶとき

(例、保全政策)

検定するとき、 ” 検定したい効果 ” に直接関係のないパラメーター

検定に使うモデル選び

例、母平均比較のときの分散

例、交絡変数（要因）

モデル選択で判断

『モデル選択は新しいテクノロジーであり、古いテクノロジーである検定にかわるものだ』

待て

AICの差を検定する

(例、Linhart, 1988; 下平, 2005)

モデル選択の信頼性を評価する

『モデル選択は尤度を使っている、
尤度や最尤法（最大尤度法）といえ
ばモデル選択だ』

待て

尤度比検定

尤度比検定

検定 - 2つの確率モデルの比較

帰無仮説の最大対数尤度

対立仮説の最大対数尤度

差の2倍 = 対数尤度比統計量

自由度 (パラメーター数の差) のカイ2乗分布

使い分けの基本

検定

新しい要因や関係の存在を確実に示すとき

モデル選択

予測精度が高いモデルを作るとき

仮説を対等に見て、どちらかを選ぶとき

(例、保全政策)

使い分け の応用問題

生態学

- とくに野外での非実験的な調査・観察

× 絞りこまれたごく少数の仮説

いろいろな仮説—後づけも

野外データ

検定

仮説	有意でない
仮説	有意でない
仮説	有意でない
仮説	有意でない
仮説	有意でない
仮説	有意でない
仮説	有意でない
仮説	有意でない
仮説	有意でない
仮説	有意
仮説	有意でない
仮説	有意でない

野外データ

検定

目的変数

独立変数 有意でない

独立変数 有意でない

独立変数 有意でない

独立変数 有意でない

独立変数 有意でない

独立変数 有意でない

独立変数 有意でない

独立変数 有意でない

独立変数 有意でない

独立変数 有意でない

独立変数 **有意**

独立変数 有意でない

野外データ

検定

目的変数

独立変数 独立変数

独立変数 独立変数

独立変数

足し算、引き算 掛け算

割算

各種関数

重回帰

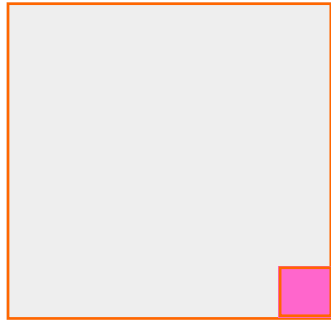
各種リンク関数

野外データ

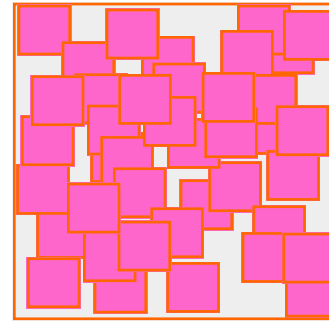
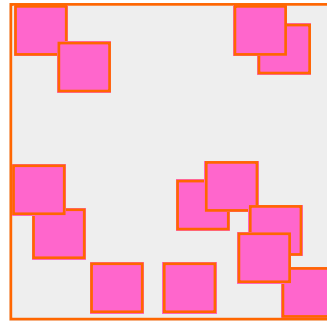
検定

仮説	有意でない
仮説	有意でない
仮説	有意でない
仮説	有意でない
仮説	有意でない
仮説	有意でない
仮説	有意でない
仮説	有意でない
仮説	有意でない
仮説	有意
仮説	有意でない
仮説	有意でない

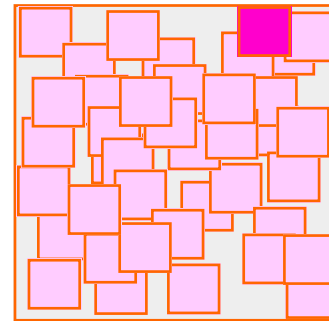
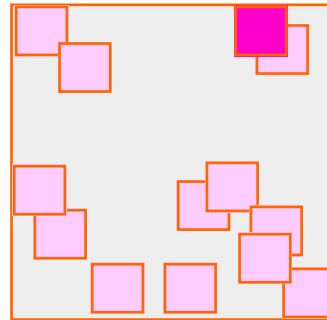
検定本来



有意
棄却域



ショットガン（散弾銃）
勝馬に賭ける



いろいろな仮説を次々に

それがたった1つの仮説であるかの
ように検定し

有意となったら、他のものには目を閉じる

検定の趣旨から逸脱

極端な多重検定

棄却域の拡張

本当の有意水準（有意確率）

インフレーション

検定

無意味化

仮説をデータによりサポートする方法

検定のみ

どうしても検定

形だけしか検定ではないもの

野外データ

検定

仮説
仮説
仮説
仮説
仮説
仮説
仮説
仮説
仮説
仮説
仮説
仮説

野外データ

検定

仮説
仮説
仮説
仮説
仮説
仮説
仮説
仮説
仮説
仮説
仮説
仮説

モデル選択

検定とは
なじみにくい

使い分け の応用問題

生態学

- とくに野外での非実験的な調査・観察

モデル選択 ← 適切

検定 ← 多くは不適切

使い分け の応用問題

生態学

- とくに野外での非実験的な調査・観察

モデル選択

検定

するときには多重性の厳密な評価が必要

そのデータに使ったすべての仮説を開示

使い分けの応用問題

生態学

- とくに野外での非実験的な調査・観察

目的上、検定の必要があるとき

検定によりサポートされた仮説

多重検定の厳密な評価 + 検定
仮説をしぼった実験（調査）

モデル選択によりサポートされた仮説

まとめ1

使い分け

検定

新しい要因や関係の存在を確実に示すとき

モデル選択

予測精度が高いモデルを作るとき

仮説を対等に見て、どちらかを選ぶとき

(例、保全政策)

まとめ2

使い分け

生態学

- とくに野外での非実験的な調査・観察

モデル選択 ← 適切

検定

多重検定の厳密な評価

仮説をしぼった実験（調査）

検定 モデル選択

使い分け

粕谷英一（九州大・理・生物）

かすや えいいち

付録

多数の仮説を次々試す

ショットガン

多重検定だが

普通の検定のふり

逃げ切れるか？

逃げ切れるか？

やったことは
ぜんぶ
おみとおしだ

あずまきよひこ 『よつぱと!』 第2巻より

いいいわけは
じごくできく

あずまきよひこ『よつばと!』第2巻より

質疑応答の内容の一部など

準備されていたが表示はされなかった

1つのデータ：次々多数の仮説を検定

多重性

『でも、有意なのに・・・』

サンプリング・エラーを無視

サンプリング・エラーを無視する
なら検定は成り立たない

AIC

QAIC

AIC_c

QAIC_c

小標本

擬似尤度

(quasi-likelihood)



尤度比検定

パラメーター数の差が1のとき

AICは、15.7%水準での検定に相当