

Interevent relationships and judgment under uncertainty: Structure determines strategy

Alan G. Sanfey & Reid Hastie

Memory & Cognition, 2003, Vol.30, 921-933

不確実下の判断と確率表現

- 不確実な事象の生起に関する判断
 - 今日雨が降るだろうか？
 - どちらのチームが試合に勝つだろうか？
 - 株価は上がるか下がるか？
- このような判断はしばしば確率推定の形式で表現される。
 - 天気予報士は雨が降る確率を提示する
 - ブッキーはホームチームの勝つオッズを提示する
 - マーケットアナリストは株価の動向を推定する

不確実下の判断と確率表現

- この種のステートメントは、事象生起についての**信念の強度**[strength]を反映している(と一般に考えられている)
- ほとんどの理論家の間で一般的に合意されているのは、
 - 信念の強度はプリミティブなもの
 - 主観確率(信念の強度)の統合は比率ルールに従っている
- Support Theoryは最もよく知られている例である

Support Theory

$$P(A) = \frac{s(A)}{s(A) + s(B)}$$

P : probability

A, B : focal hypothesis A , alternative B

mutually exclusive and collectively exhaustive

s : support for the hypothesis

疑問

- 信念の強度の理解はどこから来るのか？
- 強度の判断と実際の証拠の強度との関係は？

経験した頻度から強度を学習するモデルを仮定してみよう

頻度と強度

- 多くの理論家が「生の頻度(絶対頻度)が強度を推論するのに用いられる刺激だろう」と言っている (e.g. Tversky & Kahneman, 1973)
- 相対頻度か絶対頻度かの議論 (e.g. Gigerenzer & Hoffrage, 1995; Cosmides & Tooby, 1996)

この論文では、単に頻度と言えば絶対頻度、確率と言えば相対頻度を指すものとする

Estesの実験(1976)

- 参加者は選好調査結果をもとに予測をした。
- 教示：
 - 選好調査 = ペアにされた商品 (or 候補者) のうちどちらがより好きか (と多くの人に聞きました)
 - 今から選好調査の結果 (回答) を一人ずつ見せます
 - 全部見終わったら、どっちの商品 (or 候補者) がより人気がありますか？ と質問します
- 実際そのとおりにする。

Estesの実験(1976)

- 6つの商品(or候補者)が登場
- 提示されるペア:A-B、C-D、E-Fの3種類のみ。
- 「どっちが人気があるか」の質問は可能な全ペアについて行われる。(3種類だけではない)

Estesの実験(1976)

結果:

- 提示されていないペア (例えばA-C) について、
 - Aが勝ったのは90回、勝率は62%
 - Cが勝ったのは112回、勝率は58%
- Cが選択された。
絶対頻度に基づいて選択していた。

問題点1

- ペアにされた商品がそんなに格差つけられていない ($A > B$:62%、 $C > D$:58%、 $E > F$:54%)
- もっと大きな差があっても同じ結果になるのか？
 - 差が小さくて相対頻度の見分けが付きにくいんじゃないの？という批判があるから

問題点2

- Estesの刺激は部分的につながっている。
 - 参加者に推測を促した可能性がある。
- AとCのどちらが人気がありますか？という質問は、
 - 直接比較なし
 - 間接的なつながりもなし論理的に妥当な推論はできない。

Pitz et al(1981)が行った追試

- 商品数を少なくし、全ての可能なペア総当りで提示。
- 結果：相対頻度で選択した。(Estesの実験よりは)

少々気になる点

- 勝敗数が小さな数字だった。
- 要約情報を提示した。(一つずつの提示ではなく)

つながりの程度

- 項目(候補者)間のつながりの程度が推論の困難さに影響し、推論の複雑さが絶対頻度と相対頻度のどちらに基づくかを決めるのでは？

本研究の仮説：

- 推移構造を与えたとき相対頻度に依拠するだろう

概略

- **実験 1**
- Estes(1976)の追試。6人の候補者を用いて、3種類のペアのみ提示
- **実験 2**
- まったくつながっていない刺激。6人の候補者を単独で提示
- **実験 3**
- 推移構造。6人を隣の候補とのペアで提示

実験1 – 方法

被験者

- コロラド大学の学生32名。
- 心理学のコースクレジットで参加

• 装置

- マック上でHypercardというソフトを使った。質問紙も使用。

手続き(1)

- 教示「来たる選挙で戦う数人の候補者について判断してもらう課題です。...」
- 名前と顔(コンピュータで生成)を提示。
 - Black, Brown, Gray, Green, Silver, White
- 教示「お見せするのは本当の結果ですが、顔と名前はふせていますので、この仮の顔や名前から何か推論しようとししないでください。」
- 6人とも男性。

手続き(2)

- 教示「選挙に先立って意見投票を実施しました。」
 - 意見投票 = ペアにした候補のどちらに投票するか
- 教示「全部の投票結果を見終わった後、いくつか質問します。」

手続き(3)

観察試行(ペア提示試行)

- 候補者ペアが提示され、それがあある特定のペアかどうかをキー押し反応。
 - 勝者だけに注意を向けないようにするため
- 正しいキーを押したあとで、勝者の名前が提示される。
- 144回繰り返す。(1ブロック内で)

手続き(4)

- 観察試行全体の中での出現比率
 - Black/Brownペア : 33%
 - Green/Grayペア : 45%
 - Silver/Whiteペア : 22%
- それぞれのペアでの勝率
 - Table 1 を参照

手続き(5)

テスト試行

- 観察試行の後で、2候補者の選挙の結果を予測する。
- 全ての可能なペア(15ペア)が2回ずつ(左右入れ替えて)提示される。

ブロック

- 1ブロックは観察試行144回、テスト試行30回で構成され、全部で3ブロック行われる。
 - 各ブロックでの頻度や勝率は変わらない。

手続き(6)

割合推定質問紙

- 3ブロック終わった後で、全ての可能なペア選挙について、各候補者が得るだろう投票の割合を推定。
- さらに、6人での選挙を行うと各候補者はどれくらいの割合の投票を得るかを推定。
- 最後に、どのように判断したかを自由記述。

実験1 – 結果

- 3ブロック行ったのは実験課程の学習効果を見るためだったが、有意差がでなかった
ので、以下は3ブロック合わせた分析。

ペア選挙の割合推定

- 強度モデル (support theoryのモデル) を使用し、supportに各候補者の勝数 (絶対頻度) を入力
良く適合 ($R^2 = .88$, $\text{RMSD} = 7.20$, $\text{SE} = 2.31$)
- 他の2指標を入力とした場合
 - 出現頻度: $R^2 = .22$
 - 勝率: $R^2 = .55$, $\text{RMSD} = 11.53$
- Figure 1 を参照

6人選挙の割合推定

- 強度モデルを使用し、分母を6人分のsupportの合算にして予測。
- 勝ち回数(絶対頻度)を入力とした場合
 - $F(1, 5) = 56.99, p < .01$ $R^2 = .93$
- 勝率(相対頻度)を入力とした場合
 - $F(1, 5) = 18.79, p < .05$ $R^2 = .82$

個人の方略

- クラスタ分析
 - ペア選挙の投票割合推定を入力に2群に分類:
- W係数 (Appendixを参照) を計算
 - 群間で有意差 ($t(30) = -5.02, p < .01$)
 - 群1: frequentist ($W = -.14, n = 22$)
 - 頻度モデル $R^2 = .80$ 確率モデル $R^2 = .39$
 - 群2: probabilist ($W = .73, n = 8$)
 - 頻度モデル $R^2 = .72$ 確率モデル $R^2 = .88$

考察

- ペア毎の判断を予測するのに強度モデルが有益である。
- 確率よりも頻度であるというEstesの結果を支持
- 2種類の判断方略がある
- 6人選挙の割合推定の分析では頻度はもちろんのこと確率を入力としたときも有意になった。
頻度による予測と確率による予測の高い相関が原因では？

実験2 – 方法

被験者

- 再びコロラド大の大学生39名。
- 同じくコースクレジットで参加

装置

- 実験1と同じ

手続き(1)

- 実験1と同じ選挙シミュレーションのパラダイム

実験1と違う点

- 候補者の名前と顔の組み合わせ
 - Brown, Green, Orange, Red, Silver, White

手続き(2)

実験1と違う点

- 観察試行で、候補者は1人ずつ出現
 - その候補者が投票されたかどうかが表示される
- 観察試行は400試行、詳細はTable 2

実験2 – 結果

- ペア選挙の割合推定とモデルフィット

– Figure 2

頻度ベースのモデル: $R^2 = .89$

確率ベースのモデル: $R^2 = .39$

(刺激セットがつながっていなければ) 頻度にもとづく、という仮説を指示

ペア判断での選択

- 勝ち回数の多い候補者と勝率の高い候補者がペアで提示されたときにどう判断しているか？
 - Table 3
- 6ペア中5ペアで勝ち回数の多い候補者が選択された。(統計的に有意なのは3ペア)

6人選挙の割合推定

- 勝ち回数 (絶対頻度) を入力とした場合
 - $F(1, 5) = 16.49, p < .02$ $R^2 = .80$
- 勝率 (相対頻度) を入力とした場合
 - $F(1, 5) = 1.91, p > .05$ $R^2 = .32$

やはり絶対頻度のほうがよく予測できる

個人の方略

クラスター分析 W係数の算出

- frequentist: $W = 0.14$, $n = 22$
頻度モデル $R^2 = .92$ 確率モデル $R^2 = .03$
- probabilist: $W = 0.93$, $n = 16$
頻度モデル $R^2 = .26$ 確率モデル $R^2 = .95$
- W値は群間で有意差あり
 $t(36) = -7.29$, $p < .01$

考察

- 実験1と同様の結果。
- 勝ち回数をベースにしたモデルのほうがよくフィットするのは、やはり刺激セットがつながりのない構造だからだと考える。

実験3へ

- 名前を顔を変えたので、特定の色名や顔の効果ではない

実験3 – 方法

被験者

- またまたコロラド大の大学生36名。
- これまた同じくコースクレジットで参加

装置

- 実験1と同じ

手続き(1)

- 実験1, 2と同様のパラダイム。

実験2との比較

- 使った名前は実験2と同じ。(顔との組み合わせをどうしたかはわからない。)

手続き(2)

実験2との比較

- 提示したペアとその詳細はTable 4
- 各候補者の勝率と勝ち回数は実験2と同じになるようにしてある。
- 実験2で単独だったのがペア提示になっただけ。よって観察試行は200試行。
- 質問紙の内容に「それぞれのペアが何回出現したか」の推定と「各ペアでの候補者の勝率」の推定が加えられている。

実験3 – 結果

判断の正確さ

- 推定されたペアの出現回数と実際の回数を比較。
 - 5組中1組を除いてt検定での有意差はなかった。相関は $r = .99, p < .01$
- 非常に正確。

ペア選挙の割合推定

- Figure 3 を参照

頻度ベースのモデル: $R^2 = .31$

確率ベースのモデル: $R^2 = .81$

- 参加者は傾向を計算しているようだ
- しかし、観察試行のときに見たペアが出てきたときも計算された傾向を使っているのか？
- 単にあったことを思い出しているだけか？

ペア選挙の割合推定(2)

Figure 4

- それぞれのペアで最初に名前の拳がっている候補者が勝った割合を縦軸にした

確率ベースのモデル

- $F(1, 4) = 35.38, p < .01$

頻度ベースのモデル

- $F(1, 4) = 2.93, p > .05$

- やはり確率ベースのモデルがよく予測する

6人選挙の割合推定

- 確率ベースのモデル

- $F(1, 5) = 16.70, p < .02$ $R^2 = .96$

- 頻度ベースのモデル

- $F(1, 5) = 1.78, p > .05$ $R^2 = .06$

個人の方略

クラスター分析 W係数の算出

- 3群に分類された
- frequentist: $W = 0.12$, $n = 13$
頻度モデル $R^2 = .88$ 確率モデル $R^2 = .04$
- probabilist: $W = 1.20$, $n = 22$
頻度モデル $R^2 = .08$ 確率モデル $R^2 = .85$
- その他: $n = 1$
- W値は群間で有意差あり
 $t(33) = -8.30$, $p < .01$

考察

- もっともよくフィットしたモデルは頻度(絶対頻度)ベースではなく確率(相対頻度)ベースのモデルだった。
 - 勝ち回数や勝率は実験2と同じだったのに
- 推移順序を知覚しやすい刺激セットの構造によるものだと考えられる

総合考察(1)

- **関係的複雑性** (Halford, Wilson & Phillips, 1998)
 - 一つの表象内で互いに関係している変数の数
 - 参加者は相対頻度が推論できるならそれを使う。
 - 実験1, 2のような構造では相対頻度を出すために並列して処理しなければならない変数の数が多く、計算は困難であるため、より単純な表象(絶対頻度)に依拠せざるを得ない

総合考察(2)

- 生起の絶対頻度情報は基本的で事象カウンタに直結した自動的な産物だと考える
(Hasher & Zack, 1984; Hintzman et al. 1982)
- 相対頻度の推論は統制的な方略である
(Sedlmeier, 1999)
- 2つの行動モデル (frequentist v.s. probabilist) が2システムモデル (Sloman, 1996; Smith & DeCoster, 2000) と関連していると考えられるのもおもしろい

総合考察(3)

- 本研究では方略の個人差を分類することに成功した。
- probabilistかfrequentistかを決めるものは何か？
 - 一般的な認知能力？

総合考察(4)

- ペア選挙判断課題に規範解は存在しない。
6人選挙の投票割合推定も同じく。
- しかし、正しい解が存在しないにもかかわらず、参加者は頻度もしくは確率に基づいた判断という答えに集約しているように見える。

総合考察(5)

- 最も重要な結果は、個人的方略が変化することである。
- 判断される事象の集合が一貫していてよくつながっていると、人は認知資源を使って高次の統計的特性 (e.g. 相対頻度) に依拠する。
- しかしそのような構造が不足しているとよりプリミティブな刺激特性 (e.g. 絶対頻度) に依拠する。
- 統計的情報と、事情間関係の認知的表象と、判断方略の交互作用が重要である。