

2009.9.13 ディスコース心理学研究部会(夏期セミナー)

言語心理学データの分散分析 — 項目分析の問題 —

井関龍太

(日本学術振興会特別研究員PD・京都大学)

発表の概要

- 項目を変量効果として扱うための指標
 - F_1 と F_2
 - 疑似F値 (F')
 - $\min F'$
- 複数の指標を用いた多段階決定手続き
 - Forster & Dickinson (1976)
 - Rietveld & van Hout (2007)

言語を固定効果と見なす誤り

- **理想的な実験計画**

- 条件 – 固定効果・・・固定されたカテゴリー
- 参加者 – 変量効果・・・母集団からの無作為抽出

- **多くの言語心理学実験**

- 条件 – 項目がネスト (e.g., 名詞 vs. 動詞)
 - 項目・・・変量効果 (多数の候補からの無作為抽出)
- 参加者 – 変量効果

→ **タイプ I エラーの増加** (Clark, 1973; Raaijmakers et al., 1999)

参加者分析 (F_1) と項目分析 (F_2)

	t1			w4	t2		t3		
	w1	w2	w3		w5	w6	w7	w8	w9
s1	0.60	0.09	0.16	0.09	0.10	0.24	0.24	0.03	0.75
s2	0.54	0.96	0.87	0.29	0.21	0.02	0.47	0.25	0.41
s3	0.49	0.33	0.49	0.29	0.26	0.03	1.00	0.97	1.00
s4	0.89	0.42	0.25	0.19	0.12	0.07	0.21	1.00	1.00
s5	0.10	0.31	0.54	0.15	0.01	0.06	0.82	0.16	0.46
s6	0.90	0.47	0.84	0.07	0.20	0.07	0.21	1.00	1.00

個人ごとに平均(一般的な分散分析) = F_1

t ... 条件 (treatment)

w ... 項目 (word)

s ... 参加者 (subject)

参加者 = 変量効果

項目 = 固定効果

$F_1(2, 10) = 11.15$

参加者分析 (F_1) と項目分析 (F_2)

	t1			t2			t3		
	w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7	w8	w9
s1	0.60	0.09	0.16	0.09	0.10	0.24	0.24	0.03	0.75
s2	0.54	0.96	0.87	0.29	0.21	0.02	0.47	0.25	0.41
s3	0.49	0.33	0.49	0.29	0.26	0.03	1.00	0.97	1.00
s4	0.89	0.42	0.25	0.19	0.12	0.07	0.21	1.00	1.00
s5	0.10	0.31	0.54	0.15	0.01	0.06	0.82	0.16	0.46
s6	0.90	0.47	0.84	0.07	0.20	0.07	0.21	1.00	1.00

項目ごとに平均(参加者要因をつぶす) = F_2

t ... 条件 (treatment)

w ... 項目 (word)

s ... 参加者 (subject)

参加者 = 固定効果

項目 = 変量効果

$F_2(2, 4) = 14.93$

F_1 と F_2 の併用

- 現在の言語心理学分野の論文の標準的なスタイル
 - e.g.,) $F_1(1, 23) = 4.72, p = .04; F_2(1, 55) = 7.95, p = .01$
- しかし, Clark(1973)はこれを推奨しない
 - F_1 と F_2 の併用は, タイプ I エラーの制御にとって十分でない
 - 擬似F値(F')の提案

擬似F値 (F') の算出 (1)

Source	SS	df	MS	F-ratio	p-value
s	0.6534	5	0.1307		
T	2.2478	2	1.1239	11.1462	0.0028 **
sxT	1.0083	10	0.1008		
W	0.0522	2	0.0261	0.8625	0.4513 ns
sxW	0.3024	10	0.0302		
TxW	0.3011	4	0.0753	0.9970	0.4322 ns
sxTxW	1.5100	20	0.0755		
Total	6.0752	53			+p < .10, *p < .05, **p < .01, ***p < .001

参加者と項目
の両方を変量
要因として含
めた分散分析
表を作る

擬似F値 (F') の算出 (2)

- $F' = (MS_T + MS_{S \times T \times W}) / (MS_{S \times T} + MS_{T \times W})$
 $= (1.12 + 0.08) / (0.10 + 0.08)$
 $= 6.67$
- $df_1 = (MS_T + MS_{S \times T \times W})^2 / (MS_T^2 / df_T + MS_{S \times T \times W}^2 / df_{S \times T \times W})$
 $= (1.12 + 0.08)^2 / (1.12^2 / 2 + 0.08^2 / 20)$
 $= 2.29$
- $df_2 = (MS_{S \times T} + MS_{S \times T \times W})^2 / (MS_{S \times T}^2 / df_{S \times T} + MS_{T \times W}^2 / df_{T \times W})$
 $= (0.10 + 0.08)^2 / (0.10^2 / 10 + 0.08^2 / 4)$
 $= 12.46$

F'の実用上の難点

- 統計パッケージでサポートされていない
- 欠損データがあると使えない

→ **min F'**の利用

– F_1 と F_2 の結果から計算できる

– F_1 , F_2 の計算の際, 項目, 参加者をそれぞれ**プー**
ルした平均値を使う(欠損値を平均で補う)

min F'

- F' の下限値

- 定義式:

- $$\begin{aligned} \min F' &= MS_T / (MS_{S \times T} + MS_{T \times W}) \\ &= 1.1239 / (0.1008 + 0.0753) = 6.38 \end{aligned}$$

- 簡便な算出法:

- $$\begin{aligned} \min F' &= (F_1 \times F_2) / (F_1 + F_2) \\ &= (11.15 \times 14.93) / (11.15 + 14.93) = 6.38 \end{aligned}$$

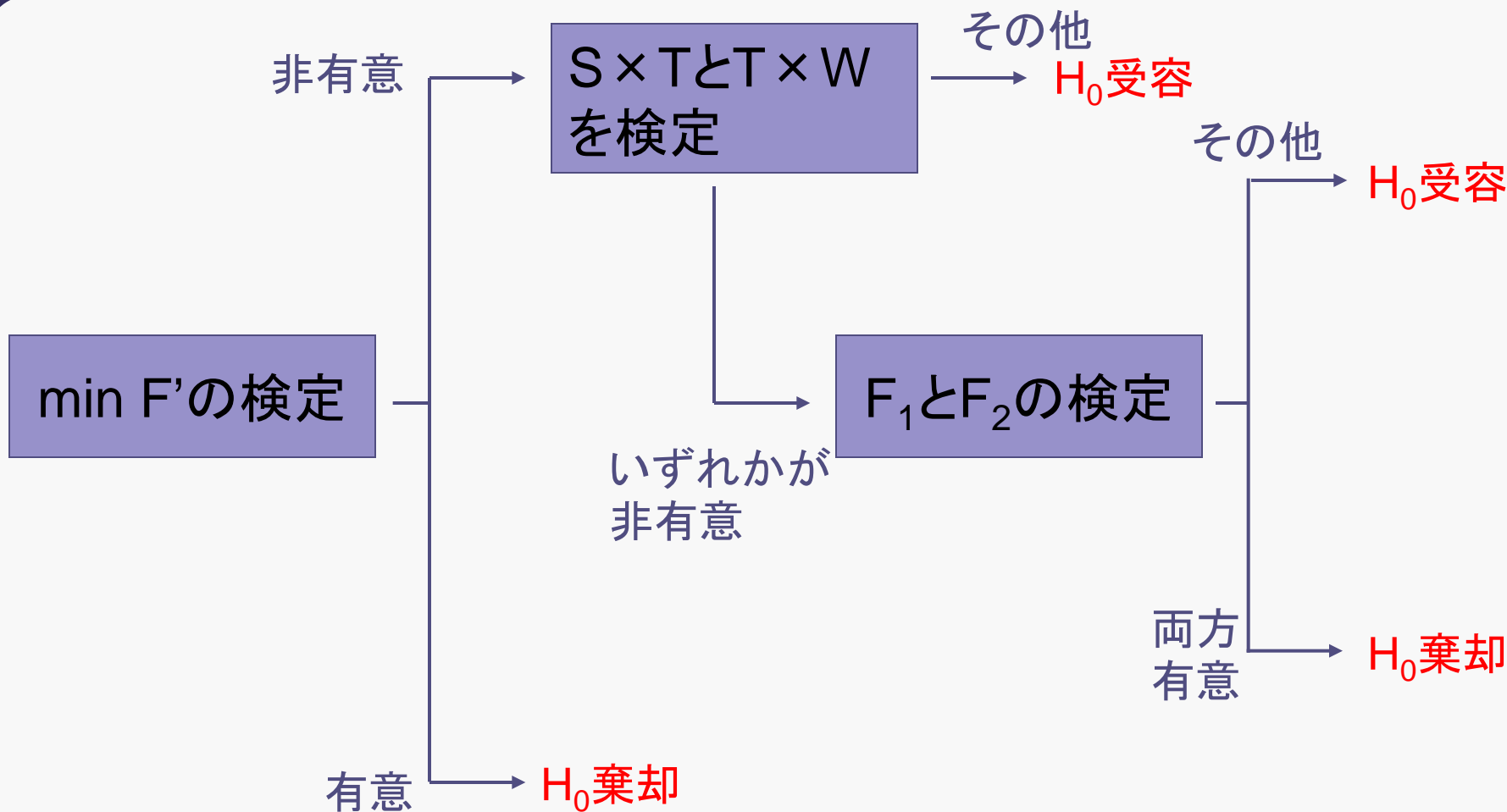
- $df_1 = df_T = 2$

- $df_2 = (F_1 \times F_2)^2 / (F_1^2 / df_{T \times W} + F_2^2 / df_{S \times T})$
$$\begin{aligned} &= (11.15 + 14.93)^2 / (11.15^2 / 4 + 14.93^2 / 10) \\ &= 12.74 \end{aligned}$$

多段階決定手続き

- F' や $\min F'$ は, 保守的過ぎる
 - F_1 や F_2 も, 特定の場合には適切にタイプ I エラーを制御できる
- **多段階決定手続き**: 複数の指標を場合によって使い分ける
- シミュレーションの結果による正当化

Forster & Dickinson (1976) の多段階手続き



F&D手続きの補足

- **S × TとT × Wの検定**

- それぞれのMSを $MS_{S \times T \times W}$ で割る

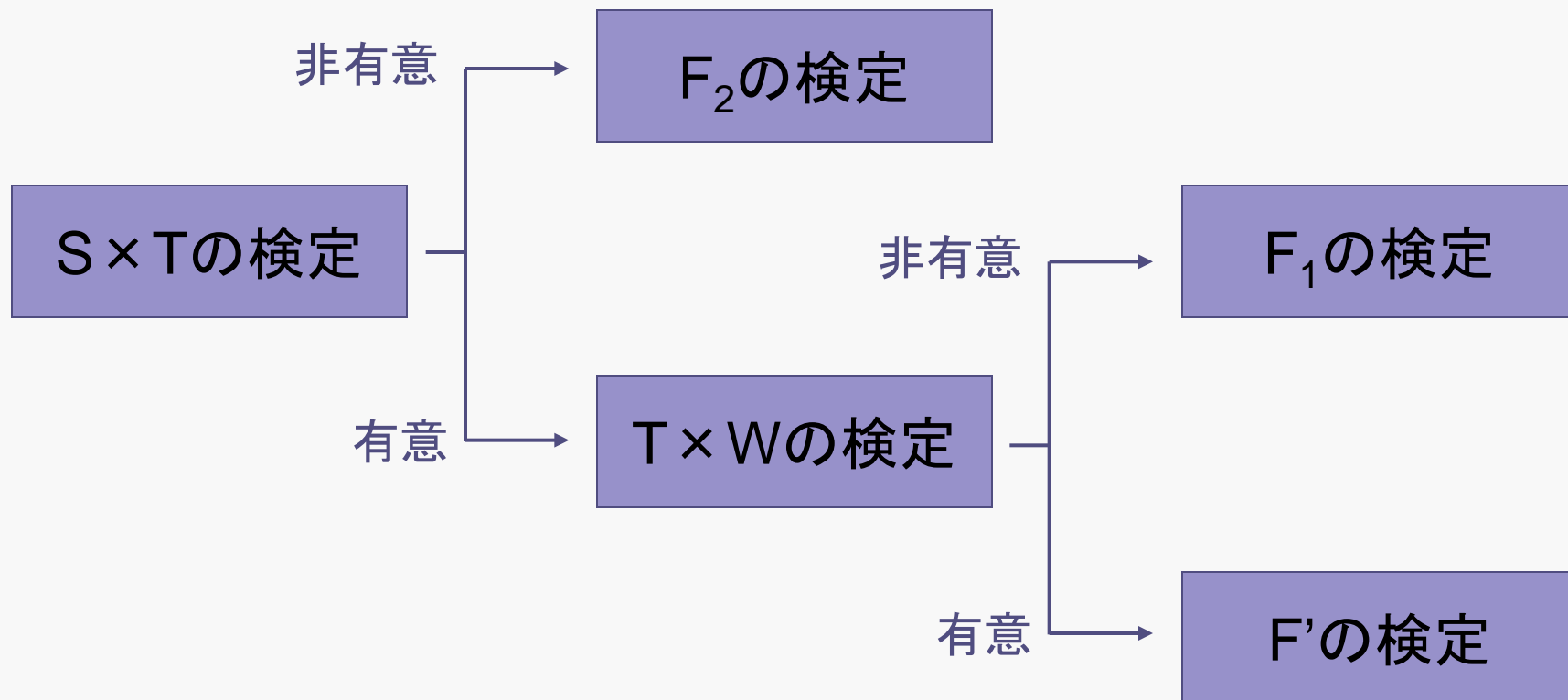
- $S \times T: 0.10 / 0.08 = 1.25 \rightarrow F(10, 20) = 1.25$

- $T \times W: 0.08 / 0.08 = 1 \rightarrow F(4, 20) = 1.00$

- 難点・・・**欠損データ**があるときには、上記検定を行うことが難しくなる

- $\min F'$ と F_1, F_2 だけ(あるいは、 F_1, F_2 だけ)が使われやすいことの原因？

Rietveld & van Hout (2007) の多段階手続き



R&H手続きの補足

- F&Dよりも検出力が向上
 - タイプ I エラーの制御も十分
- 手順どおりに自動的に適用できるものでない
 - $S \times T$ の検定が有意なときには、実質科学的見地からの説明が必要
 - $T \times W$ の検定が有意でない(=項目分散の効果がない)ときも同様

まとめ

- 項目を変量効果として捉える必要がある
 - 実際には, F_2 の算出だけでは不十分
 - $\min F'$ は簡便な反面, 検出力は低い
 - 多段階決定手続きは, 煩雑な面はあるが検出力は改善されている
- 他のアプローチ
 - マルチレベルモデルによる分析

参考文献

- Clark, H. H. (1973). The language-as-fixed-effect fallacy: A critique of language statistics in psychological research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, **12**, 335-359.
- Forster, K. I., & Dickinson, R. G. (1976). More on the language-as-fixed-effect fallacy: Monte Carlo estimates of error rates for F_1 , F_2 , F' , and $\min F'$. *Journal of Verbal Learning & Verbal Behavior*, **15**, 135-142.
- 郡司隆男・坂本勉 (1999). 言語学の方法—現代言語学入門1— 岩波書店
- Pallier, C. (1996). F and MinF' computations.
<http://www.pallier.org/ressources/MinF/compminf.htm>
 - F_1 と F_2 のF値, 自由度を入力すると $\min F'$ のF値と自由度を計算してくれる
- Raaijmakers, J. G. W., Schrijnemakers, J. M. C., & Gremmen, F. (1999). How to deal with “the language-as-fixed-effect fallacy”: Common misconceptions and alternative solutions. *Journal of Memory and Language*, **41**, 416-426.
- Rietveld, T. & van Hout, R. (2007). Analysis of variance for repeated measures designs with word materials as a nested random or fixed factor. *Behavior Research Methods*, **39**, 735-747.