

刺激項目をランダム要因にした 分散分析

心理データ解析演習

猪原

08 / 1 / 9

前置き

- **分散分析** (analysis of variance)
 - 平均値間の差異が有意であるかを統計的に検定する分析法 (1 要因 2 水準なら t 検定)。
 - 検定統計量として F 値が算出される。
- しかし、特に言語を扱う論文においては、「 F_1 」, 「 F_2 」という表記で2つの検定統計量を報告されることが多い。
 - F_1 は「参加者 (subject) をランダム要因とする分散分析の検定統計量」
 - F_2 は「刺激項目 (item) をランダム要因とする分散分析の検定統計量」
- これらはどういう意味なのか？

ある分散分析の例 1

- ある認知課題の反応時間に与える、ある項目特性の効果
 - これ以降のデータや数式の出典 : Raaijmakers, Schrijnemakers, & Gremme(1999)
- 通常, どのように分散分析を行うか。

		low				high			
		item1	item2	item3	item4	item5	item6	item7	item8
subject	1	546	567	547	566	554	545	594	522
	2	566	556	538	566	512	523	569	524
	3	567	598	568	584	236	539	589	521
	4	556	565	536	550	516	522	560	486
	5	595	609	585	588	578	540	615	546
	6	569	578	560	583	501	535	568	514
	7	527	554	535	527	480	467	540	473
	8	551	575	558	556	588	563	631	558

ある分散分析の例 2

- 参加者8名のそれぞれから各条件4項目ずつのデータが得られているから、4項目を平均して、条件ごとにデータを集約する。

		low	high
		item 1-4	item 5-8
subject	1	557	554
	2	557	532
	3	579	471
	4	552	521
	5	594	570
	6	573	530
	7	536	490
	8	560	585

ある分散分析の例 3

- そして全変動をいくつかの変動因に分割
 - 全変動 = 特性A + 参加者S + AS + 残差
 - $F = A$ の平均平方 / 誤差項(ASの平均平方)
 - 誤差項の選択は平均平方の期待値に基づく。
- ここで得たF値が F_1 と表記される。
 - 項目を平均した分析
- この分散分析において,
 - 参加者は「ランダム要因」となり, 参加者の変動はモデルの中に含まれている。
 - 刺激項目は条件ごとに平均されて水準内変動は無視されている。すなわち, Aの効果と同一視され, 「確定要因」となっている。

要因の種類

- **ランダム要因** (random factor)
 - 変量因子とも呼ばれる。
 - 計画に利用される水準が、他の多くの水準(母集団)からランダムに抽出されたとき
 - 抽出した水準から、母集団に推測が及ぶとき
 - 例) 人類 実験参加者
- **確定要因** (fixed factor)
 - 固定因子とも呼ばれる。
 - 計画に含まれる水準のみに興味があるとき
 - 推測の範囲がその水準を超えないとき
 - 例) 性別 男, 女

F_1 を求める分散分析の問題点 1

- この分散分析では、刺激項目は**確定要因**
 - すなわち、「**ここで用いた刺激項目こそが特性Aである**」と主張していて、実験で用いた刺激項目以外に存在する刺激項目には、推測を広げることとは(統計上)しない。
- それでいいのか？ (Clark, 1973)
 - 良くないですね。
- **ランダム要因**として扱うべき

F_2 を求める分散分析 1

- 今度は、**刺激項目をランダム要因とする分散分析**を行う。
- 刺激項目8つのそれぞれから各条件8名ずつのデータが得られているから、8名分を平均してデータを集約する。

	low				high			
	item1	item2	item3	item4	item5	item6	item7	item8
subject 1-8	560	575	553	565	496	529	583	518

F_2 を求める分散分析 2

- そして全変動を分割
 - 全変動 = 特性A + 刺激項目 (Aの水準内誤差)
 - $F = A$ の平均平方 / 誤差項 (刺激項目)
- ここで得た F 値が F_2 と表記される。
 - 参加者を平均した分析
- この分散分析において,
 - 参加者は平均されて無視されている。
 - 刺激項目は「ランダム要因」であり, 刺激項目の変動は誤差項にふくまれている。

なぜ F_1 と F_2 を報告するか 1

- 2つの分散分析において共に有意な結果であれば, その実験で得られた条件差が参加者にも項目にも一般化できて丸くおさまる!
- ということで, F_1 と F_2 が報告されている!
- …が, これは実は勘違いであることがRaaijmakers et al.(1999)によって指摘されている。
 - この例の場合には, Clark(1973)の提唱する参加者と刺激項目を両方ともランダム要因にした検定統計量 F' もしくは近似の $\min F'$ を報告すべきである
 - ただし, F' は平均平方の合成による擬似 F 値。
 - 例えば, F_1 と F_2 が共に5.00だと, $\min F'$ は2.50となってしまう。

$$\min F' = \frac{F_1 F_2}{F_1 + F_2}$$

なぜ F_1 と F_2 を報告するか 2

- ところで、現在の実験計画において、刺激項目の要因は前の例のように純粹にランダムで抽出されてくることはほとんどなく、ある特性についてブロック化・マッチングしたり、刺激項目の違いをカウンターバランスすることによって条件間の刺激項目の違いを統制する場合がほとんどである。
- こうした実験計画を考慮せずに刺激項目をランダム要因として扱おうと、取り出せる変動を誤差項から取り出さないことになり、検出力が低下する。この際には、ブロックやリストをランダム要因として扱い、刺激項目を平均した F_1 を算出することになる (Raaijmakers et al., 1999)。

なぜ F_1 と F_2 を報告するか 3

- ということで、 F_2 には問題があるかもしれない。
- しかし、 F_1 と F_2 が両方有意であれば、 F_2 が無駄でしたということになってもデータは有効であることから、**全体的な動向としては F_1 と F_2 が両方有意のデータのみを扱う立場が増えている(らしい)。**
- **実験計画から適切なモデルを選択して分析すべし。**
- 以下、余談
- ところで、 F_2 だと、刺激項目が少ないと自由度は非常に小さくなってしまい、検出力が小さい。そのため、有意差が出にくい。
- 有意差が出ないと論文になりにくい。
- そのため、実験時間の増加などの問題に苦しみながらも、刺激項目の数を増やすことに力を注いでいるというわけです。

引用文献

- Clark, 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.
- 小牧純爾 (1995). データ分析法要説. ナカニシヤ出版
- 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 & Language*, 41, 416-426.

カウンターバランスした分散分析 1

- ある認知課題の反応時間にSOAの効果が及ぼす影響
- 条件間で使われる材料は同じ。

TABLE 7

Simulated Data for Design Using Counterbalanced Lists

Group	Subject	Short SOA				Medium SOA				Long SOA			
		Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8	Item 9	Item 10	Item 11	Item 12
1	1	532	508	522	482	468	496	544	547	475	522	502	484
	2	542	516	545	483	509	519	588	583	499	535	535	486
	3	615	584	595	560	542	591	630	617	543	606	560	545
	4	547	553	584	535	514	555	591	606	538	565	546	527
2	5	553	598	581	551	619	576	606	561	548	590	614	631
	6	464	502	485	451	484	479	499	471	447	486	514	523
	7	481	511	492	472	531	506	542	475	471	510	539	556
	8	541	588	551	533	582	556	589	515	538	545	601	576
3	9	482	530	571	563	501	561	500	506	543	539	558	497
	10	559	570	632	639	551	592	572	561	617	587	616	549
	11	462	497	546	538	487	546	491	470	529	508	525	473
	12	460	463	511	528	457	506	487	453	498	479	512	443

カウンターバランスした分散分析 2

- 刺激項目を平均して, リストとする。
 - 小牧(1995)によれば, こうした平均によるデータの集約自体, 他の要因と刺激項目の交互作用がある場合には問題となるが, それは今回は省略します。

TABLE 8

Data from Table 7 Collapsed over Items

Group	Subject	Short SOA	Medium SOA	Long SOA
		List 1	List 2	List 3
1	1	511	514	496
	2	522	550	514
	3	588	595	563
	4	554	567	544
		List 3	List 1	List 2
2	5	571	591	596
	6	476	483	492
	7	489	514	519
	8	553	560	565
		List 2	List 3	List 1
3	9	536	517	534
	10	600	569	592
	11	511	498	509
	12	490	476	483

カウンターバランスした分散分析 3

- そして全変動を分割

- 全変動 = SOA + グループ + リスト +
参加者 (グループ内誤差) + (グループ内)

- $F_1 =$ の平均平方 / 誤差項()

- カウンターバランスすることにより, グループの主効果, リストの主効果を他の変動因から分割。