

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 14 日現在

機関番号：13103

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K17267

研究課題名(和文) 単一事例実験における効果量の改良と検定力分析

研究課題名(英文) On the effect size and power analysis in single-case experimental research

研究代表者

奥村 太一 (Okumura, Taichi)

上越教育大学・大学院学校教育研究科・准教授

研究者番号：90547035

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,000,000円

研究成果の概要(和文)：Hedges et al. (2012) が提案した標準化平均値差に対して、線形トレンドを仮定した場合にその影響を除去して処置効果を評価するための標準化効果量について検討を行った。ベースライン期と処置期の評価時点についてある合理的な仮定が成り立っていれば、処置効果は経過時間と処置の交互作用を個人間分散と個人内分散の和の平方根によって標準化することで、処置なしに生じる自然な線形トレンドの影響を除去した標準化された効果量が提案できることがわかった。検定力分析については、母集団効果量が大きいと考えるほど信頼区間は広くてよいと考えていることになるという解釈が正確度分析との比較で成り立つことがわかった。

研究成果の概要(英文)：Based on the standardized effect size by Hedges et al. (2012), this study investigated a standardized effect size which evaluates the "pure" treatment effect by excluding the a natural linear trend over both the baseline and treatment phases if it exists. Under some reasonable constraints, this study shows that a treatment effect corresponds to the interaction between time and treatment, which can be standardized by the square root of the sum of inter- and intra-individual variances. Through this study, a new perspective on the statistical power analysis was also proposed; that is, the larger population effect size a researcher assumes, the wider confidence interval the researcher allows. This perspective is significant when we shed a light on the power analysis by comparing it with the precision analysis.

研究分野：心理統計学

キーワード：ABデザイン

1. 研究開始当初の背景

単一事例実験とは、一人の被験者の介入前後のデータを経時的に収集することで、介入の効果を評価する方法である。

実験的研究では複数の被験者からデータを得ることが一般的であるが、教育心理学の研究では単一事例実験も有効な手法として利用されてきた(Kratochwill, 1985)。単一事例実験の特徴は、個人内の変化をその事例の特殊性と絡めて詳細に記述できることである。

単一事例実験の効果は、得られたデータをグラフ化したものによって視覚的に評価されることが多かった。

こうした方法については判断の客観性や信頼性が低いといった批判も多い(Park, Marascuilo, & Gaylord-Ross, 1990)。

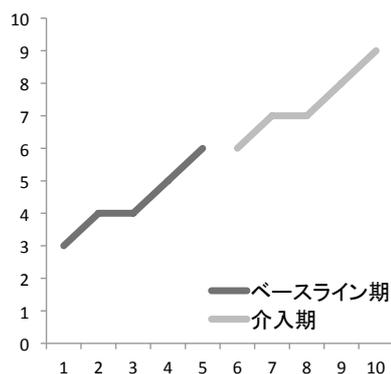
一方、データから統計的な指標を算出して効果の大きさを評価したり、効果の有無を統計的検定により判断する方法も、データの視覚的判断に代わるものとして数多く提案されている(Franklin, Allison, & Gorman, 1996)。

複数の被験者を対象にした実験と同じように、単一事例実験でも実験効果を評価するための効果量が提案されている。例えば、Busk & Serlin (1992) や Van den Noortgate & Onghena (2008) は、被験者間の2群比較で一般的に用いられるCohenの効果量dを参考に、ベースライン期の平均 M_b と処置期の M_t の差をフェーズ内の標準偏差 S_w で割ったものを単一事例実験の効果量として用いることを提案している。

一方、Shadish, Hedges, & Pustejovsky (2014) は、この定義にはケース間の得点のばらつきが含まれていないため、効果量の値を被験者間2群比較で得られるdの値と直接比較することは出来ないとしてきた。その上で、彼らはフェーズ内の標準偏差 S_w とケース間の標準偏差 S_b の両方を用いて平均値差を標準化することで、Cohenのdと直接可能な効果量を提案している。

2. 研究の目的

これまで提案されてきた単一事例実験の効果量は、いずれも観測値にトレンドがないことを仮定している。トレンドとは、フェーズ内で見られる観測値の規則的な増加(減少)



傾向のことである。トレンドのあるデータに従来の効果量を適用すると、実際には観測値が単調に増加し続けているだけでもフェーズ間には平均値差が現れるから、これをもって実験効果があったと評価されかねない。(下の図を参照のこと。)

単一事例実験の結果にはしばしばトレンドが観察されるという知見を考慮すれば、平均値差の評価はトレンドの影響を除去して行うのが適切であろう。

また、介入がトレンド自体の変化に影響を及ぼすのであれば、トレンドの変化そのものが平均値差の影響を除去した上で評価されなくてはならない。

そこで本研究は、平均値の変化とトレンドの変化を別に評価できるよう単一事例実験の効果量を改良することを目的とする。

3. 研究の方法

3-1

Hedges, Pustejovsky, & Shadish (2012) が提案した単一事例実験における効果量ES(標準化平均値差)について検討を行った。Cohenのdが処置の群内平均平方にもとづいて平均値差を標準化しているのに対し、HedgesらのESは時点(セッション)の群内平均平方にもとづいて平均値差を標準化している。異なった平方和の分割にもとづく効果量が標本変動においてどのような違いを見せるのか、またES(d)は平均値差を同じ意味で標準化しており相互比較可能であるのか検討するために、メタ分析により標本効果量を統合するという想定の下でシミュレーションを行った。

3-2

検定力分析の必要性は心理学研究において古くから指摘されており、アメリカ心理学会等の指針においても行われることが強く推奨されている。一方、正確度分析とは信頼区間の幅を母集団効果量推定の正確さと考え、その幅を一定以下に抑える観点から標本サイズを設計することである。検定結果のみを関係性や効果の有無を表すものとして報告することの弊害についても数多くの指摘があり、分析結果の報告においては効果量の信頼区間を報告することも多くの学会によって推奨されている。ここで、検定と推定にはよく知られた密接な関係がある。すなわち、効果量の信頼区間がゼロを含まないということと、検定において母集団効果量をゼロとした帰無仮説が検定において棄却されることは同等だということである。このことは、検定力分析と正確度分析についても別個に扱われるのではなく、それらを統合的に解釈することの必要性を示唆している。しかしながら、現実的にはこれらの関係性について言及されることはこれまでほとんどなく、標本サイズの設計式も検

定力分析と正確度分析それぞれが別個に提示されるにとどまってきた。

4. 研究成果

4-1

ESはdに比べて全体的に小さめの値をとることがわかった。ただし、標本効果量について、

- (1)母集団効果量 δ は絶対値そのもの
- (2)級内相関係数はプラス方向
- (3)1次の自己相関はマイナス方向
- (4)統合するケースの数はマイナス方向

というバイアスを生じさせることから、ESとdのどちらかが常に δ に近いとは言えないことがわかった。また、バイアスが(プラスマイナスどちらでも)大きくなるような条件であるほどd>ESの傾向は顕著であった。従って、マイナス方向のバイアスがかかる条件ではESのバイアスがより大きくなり、プラス方向のバイアスがかかる条件ではESのバイアスはより小さくなると言える。

下の表は、データの規模が小さい場合、かつデータが完全無作為に発生しているという

delta	rho	ar	cor01	k	n	J	M.Cohen	M.Hedges	SD.Cohen	SD.Hedges	Bias.Cohen	Bias.Hedges	RMSE.Cohen	RMSE.Hedges
0	0	0	0	1	4	2	0.006	0.011	0.855	0.999	0.006	0.001	0.855	0.999
0	0	0	0	1	4	3	0.001	0.001	0.648	0.667	0.001	0.001	0.648	0.667
0	0	0	0	1	4	4	0.002	0.002	0.534	0.541	0.002	0.002	0.534	0.540
0	0	0	0	1	6	2	0.010	0.012	0.637	0.633	0.010	0.012	0.637	0.633
0	0	0	0	1	6	3	0.003	0.003	0.507	0.519	0.003	0.003	0.507	0.519
0	0	0	0	1	6	4	0.007	0.007	0.423	0.428	0.007	0.007	0.423	0.428
0	0	0	0	1	8	2	0.002	0.001	0.530	0.560	0.002	0.001	0.530	0.560
0	0	0	0	1	8	3	0.006	0.007	0.423	0.431	0.006	0.007	0.423	0.431
0	0	0	0	1	8	4	0.006	0.006	0.369	0.372	0.006	0.006	0.369	0.372
1	0	0	0	1	4	2	1.163	1.270	0.989	1.233	0.163	0.270	1.002	1.262
1	0	0	0	1	4	3	1.080	1.101	0.702	0.735	0.080	0.101	0.706	0.742
1	0	0	0	1	4	4	1.072	1.081	0.584	0.598	0.072	0.081	0.588	0.603
1	0	0	0	1	6	2	1.100	1.167	0.701	0.826	0.100	0.167	0.709	0.843
1	0	0	0	1	6	3	1.038	1.054	0.540	0.567	0.038	0.054	0.541	0.570
1	0	0	0	1	6	4	1.036	1.042	0.461	0.472	0.036	0.042	0.462	0.474
1	0	0	0	1	8	2	1.057	1.107	0.584	0.669	0.057	0.107	0.586	0.677
1	0	0	0	1	8	3	1.031	1.047	0.456	0.478	0.031	0.047	0.457	0.481
1	0	0	0	1	8	4	1.033	1.039	0.386	0.397	0.033	0.039	0.387	0.399
2	0	0	0	1	4	2	2.292	2.496	1.203	1.617	0.292	0.496	1.238	1.691
2	0	0	0	1	4	3	2.175	2.223	0.849	0.927	0.175	0.223	0.867	0.953
2	0	0	0	1	4	4	2.112	2.134	0.698	0.734	0.112	0.134	0.707	0.747
2	0	0	0	1	6	2	2.167	2.293	0.864	1.081	0.167	0.293	0.880	1.120
2	0	0	0	1	6	3	2.109	2.145	0.653	0.712	0.109	0.145	0.662	0.721
2	0	0	0	1	6	4	2.065	2.082	0.539	0.566	0.065	0.082	0.542	0.572
2	0	0	0	1	8	2	2.113	2.212	0.687	0.874	0.113	0.212	0.697	0.899
2	0	0	0	1	8	3	2.071	2.098	0.535	0.587	0.071	0.098	0.539	0.595
2	0	0	0	1	8	4	2.047	2.061	0.458	0.484	0.047	0.061	0.460	0.487

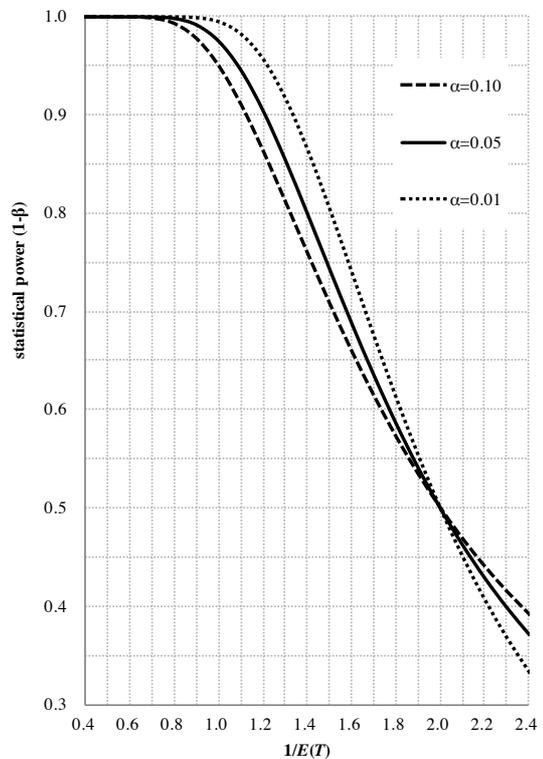
条件の下でのシミュレーションの結果を表したものである。(級内相関係数、1次の自己相関について操作した場合のシミュレーション結果については、紙幅の関係上本報告書では割愛する。)

引き続き、級内相関や自己相関に関する補正を行った場合の標本効果量の統計的性質について検証する必要がある。

4-2

独立な2群の平均の比較に関して、検定力分析と正確度分析の関係について検証したところ、以下のことが明らかになった。まず、母集団標準偏差を既知とした場合、検定力は母集団効果量 δ と標本効果量の信頼区間の幅wとの比T(と有意水準)によって定まることがわかった。具体的には、例えばT=1.0の場合の検定力は97.5%に相当し、T=0.5の場合は検定力50%となっていた。逆にいうと、ある一定の検定力を満たす標本サイズを求めようとする場合、母集団効果量が大きいと考えるほど、信頼区間幅は広くてよい(すなわち推定の正確さは低くてかまわない)と考えていることになるということである。

母集団効果量と標本効果量の信頼区間の幅との比と検定力との関係について示したものが下の図である。



線形トレンドのある (AB)¹ デザインについて、トレンドを考慮した効果量の標準化について検討を行った。ただし、応答変数は量的な連続変数とする。トレンドがある場合、当然のことながらベースライン期、処置いずれについてもどの時期を評価の対象として選ぶかによって応答変数の平均値差は異なってくる。もっとも、縦断的な研究に限らず、実験群と統制群を対象とした横断的な集団比較においても、その背後にトレンドが存在することを想定することは自然である。さて、Y を応答変数、X を処置を表すダミー変数、T を経過時間とすると、ここでのモデルは

$$Y = \alpha + \beta T + \delta X + \gamma TX + e$$

と表すことができる。α, β, δ, γ はそれぞれ切片、時間の主効果、処置の主効果、時間と処置の交互作用効果に相当する。ここでは、切片 α を変量効果と考える。(α 以外に変量効果を仮定すると、2群のデータの等分散性が失われるため、そもそも Cohen's d と比較可能な標準化指標を設定することができなくなる。) ここでベースライン期における評価時点を T_C、処置期における評価時点を T_E とし、仮に T_E = 2T_C なる仮定を置くとすると、自然なトレンド変化を除去した場合の平均値差はいわゆる「差の差分析」の効果の大きさ γT_C に相当することが導かれる(ただし、通常の「差の差分析」と異なり、2時点のデータだけ用いるわけではない)。時間の単位は任意であるから、T_C=1 と設定すれば効果の大きさは γ で評価できることになる。モデル上、データのばらつきを発生させる要因は α の SD と e の SD であるから、これらをそれぞれ σ_α, σ_e とおくと、処置効果 γ は

$$d = \gamma / \sqrt{(\sigma_{\alpha}^2 + \sigma_e^2)}$$

と標準化できることがわかる。

<引用文献>

- Busk, P. L., & Serlin, R. C. (1992). Meta-analysis for single-case research. In T. R. Kratochwill, & J. R. Levin (Eds.), *Single-case research design and analysis: New directions for psychology and education* (pp. 187-212). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Franklin, R. D., Allison, D. B., & Gorman, B. S. (Eds.) (1996). *Design and analysis of single-case research*. Lawrence Erlbaum.
- Kratochwill, T. R. (1985). Case study research in school psychology. *School Psychology Review*, 14, 204-215.
- Park, H. S., Marascuilo, L., & Gaylord-Ross, R. (1990). Visual inspection and statistical analysis

in single-case designs. *Journal of Experimental Education*, 58, 311-320.

Shadish, W. R., Hedges, L. V., & Pustejovsky, J. E. (2014). Analysis and meta-analysis of single-case designs with a standardized mean difference statistic: A primer and applications. *Journal of School Psychology*, 52, 123-147.

Van den Noortgate, W., & Onghena, P. (2008). A multilevel meta-analysis of single-subject experimental design studies. *Evidence Based Communication Assessment and Intervention*, 2, 142-151.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計0件)

[学会発表] (計1件)

寺島ひかり・八島猛・奥村太一・佐藤将朗 (2018). 超重症児の感覚系に注目した指導内容とその効果 日本特殊教育学会第56回大会発表論文集

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

奥村 太一 (OKUMURA, Taichi)

上越教育大学・大学院学校教育研究科・准教授

研究者番号 : 90547035