学生・若手向けの教育講演シリーズ3 「人間工学研究で役立つ統計学」

○榎原 毅（名古屋市立大学大学院医学研究科）

Seven statistical tips the young researchers should learn for conducting ergonomics research
Takeshi EBARA (Nagoya City University Graduate School of Medical Sciences)

1. 教育講演の趣旨

本講演は学会理事会主催の教育講演として、阿久津正大企画担当理事および岡田明企画担当理事を中心に企画頂きました。第1回は日本人間工学会(JES)第58回大会(2017/6/4, 於：日本大学生産工学部)にて「人間工学研究を進めるにあたり知っておいてほしい7つのこと」のタイトルで7つの心得を概説しました。第2回はその続編としてJES関東支部第47回大会(2017/12/17, 於：日本大学理工学部)にて7つの心得+3つのアクションを紹介しました。多くの若手人材が集まる全国大会や支部大会にて、人間工学に関する教養を学ぶ機会を提供し、次世代の人間工学人材の育成と学会の活性化を図ることを目的としています。若手研究者や大学院生・学部生はもちろん、老若男女問わず毎回40名以上の方に参加頂いています。

2. 講演内容について

今回はシリーズの第3回目として、要望の多かった「人間工学研究で役立つ統計学」をお話します。筆者の経験則に基づき、知っておいた方がよいと思うことを7つの心得として概説します。ちなみに、PRoS系の国際学術誌ではEditorialとして科学ライティングの10ルール¹⁾、学位取得の10ルール²⁾、大学院生のための10ルール³⁾などが紹介されています。この取り組みに習い、人間工学研究版のノウハウとして、以下の7つの心得について、当日の講演では分かりやすく解説します。

Rule 1：因果関係を見極める視点を持つ

人間工学は、機械・道具の設計や環境改善などを通じて人の安全・健康や生産性の適正化を図る実践科学です。人間工学的に設計された製品の効果や職場改善の効果を検証するには、要因（人間工学設計）が結果（安全・健康・生産性など）に作用していることを合理的に説明する必要があります。統計リテラシーを身につけていないと、数

字（絶対値）の大小に意味を見いだして因果論を展開してしまう場合があります。比較対照群を設定することの重要性や因果関係の成立条件（関連の時間性、関連の特異性など）、交絡要因（共変量）について理解しておく必要があります。

Rule 2： p 値の意味合いを理解する

人間工学分野で多用される統計手法のひとつに、帰無仮説検定（NHST）があります。t検定、分散分析など、いわゆる統計量として有意確率 p を求めて有意差を論じている“アレ”です。論理学の背理法をベースとした間接的証明方法を使って帰無仮説が誤っている事を確率的に示すトラディショナルな手法ですが、誤解釈・誤用されていることも多いです。「 p 値が小さい方が差が大きいと誤解釈する」「有意差が認められなかったから、A群とB群の平均値は同じと誤解釈する」「サンプルサイズが大きいのに有意水準5%を採用」などです。また p 値はサンプルサイズ依存の指標であることなど、NHSTの利点と限界をきちんと理解して用いることが重要です。

Rule 3：標準偏差と標準誤差を適切に使い分ける

標準偏差は得られたデータの平均値からの「ばらつきの程度」を示す指標、標準誤差は母平均などの母集団の統計量を推定する際に用いる指標です。研究目的に応じて適切に使い分ける事は重要です。母集団の統計量について区間推定を行いたい場合は標準誤差や95%CIを用いましょう。

Rule 4：人間工学領域で用いられる統計手法をマスターする

人間工学領域は幅が広く、それぞれの研究領域によって用いられる研究デザイン・統計手法は異なります。自分の研究領域でどのような研究デザイン・統計手法が多く用いられているのか、先行研究をまとめてみるのもよいでしょう。人間工学

領域全般としては、NHST系がやはり主流のようですが、プログラミング言語Pythonを用いた機械学習による予測モデルなど、ビッグデータ時代の統計処理も近年では散見されるようになっていきます。実験研究を行う方は、実験計画法・分散分析の基礎をしっかりと身につけておくが良いと思います。

Rule 5 : サンプルサイズ設計を行う

実験や調査の計画を立案する際、サンプルサイズの設計は研究倫理上も重要です。どんなに良い研究であっても適切な統計検出力を満たしていなければ有意差を合理的に判断できませんし、過剰なサンプルサイズは不必要に実験協力者に対し負担を強いる事になります。サンプルサイズは用いる統計手法に応じて、 α エラー水準、統計検出力($1-\beta$)、効果量を定めれば求められます。近年では無料で使えるサンプルサイズ計算ソフトもあります。

Rule 6 : 外れ値や欠損値を適切に扱う

近年では研究倫理の面からもリサーチ・インテグリティの重要性が提唱され、FFP（捏造・改ざん・盗用）の防止策の一つとして解析手順書・作業実施手順書の記録保管が要求されるようになっていきます。解析で用いる変数についてはどのような外れ値の処理を行ったのか、欠損値の対応はどのように行ったのか、というプロセスの記録を残し、トレーサビリティを担保する事は必須です。外れ値があった場合、研究者の独断でそのケースを解析に含めない・削除することはデータの改ざんになりますので、慎重な判断が求められます。欠損値への対処については近年では多重代入法(multiple imputation)を採用する論文も増えてきました。時代に応じて許容されるデータクリーニングの方法は変わってきますので、最新動向にアンテナを張っておきましょう。

Rule 7 : 統計量・サンプル数・単位を正確に記載する

最後のルールとして最も基本的ですが、統計量・サンプル数・単位といった基本情報を適切に記載することの重要性をあらためて述べておきたいと思います。各群のサンプルサイズ(n数)、標準偏差や信頼区間、用いている統計検定(t検定、F検定など)、統計検定量(t値、F値など)、自由度、効果量(d 、 η^2 など)など、研究に応じて適切な

基本情報を明示することは、将来的に複数の研究データを統合した解析を行うメタアナリシスに必要となります。また、どのような方法でサンプリングを行っているのかという情報はエビデンスレベルを左右するRisk of Bias評価においても重要になりますので、参加者の適確基準、要因やアウトカムの定義、研究デザイン、欠損値処理の方法なども漏れなく論文に記載するようにしましょう。国際的な学術ジャーナルで多く採用されている「論文にする際に記載すべきチェックリスト(STROBE声明⁴⁾など)」を参照されると良いでしょう。

参考文献

- 1) Weinberger CJ, Evans JA, Allesina S (2015) Ten Simple (Empirical) Rules for Writing Science. PLoS Comput Biol 11(4): e1004205.
- 2) Marino J, Stefan MI, Blackford S (2014) Ten Simple Rules for Finishing Your PhD. PLoS Comput Biol 10(12): e1003954.
- 3) Gu J, Bourne PE (2007) Ten simple rules for graduate students. PLoS Comput Biol 3(11): e229.
- 4) 上岡洋晴, 津谷喜一郎(訳).(2008) 疫学における観察研究の報告の強化(STROBE声明): 観察研究の報告に関するガイドライン, ライフサイエンス出版, p.202-9

【講師略歴】

2005年3月名古屋市立大学大学院医学研究科満期退学、博士(医学)(名古屋市立大学 論 第1512号)。同年、同学労働生活・環境保健学分野助手、助教を経て、2009年から環境労働衛生学分野講師。(一社)日本人間工学会理事(2012-2016)、同副理事長(2016-2018)、同学会改革・戦略委員会委員長(2016-)、人間工学誌編集委員会副委員長(2012-2018)、日本産業衛生学会代議員・東海地方会理事(2007-)、Journal of Occupational Health編集委員(2014-)、Ergonomics領域委員長(2016-現在)ほか。専門は、産業保健人間工学(作業関連運動器疾患(WMSDs)予防策)、ビッグデータを利用したライフログ解析の産業保健応用、産業人間工学のメタアナリシスなど。