

考古学における研究成果公開の動向 －データ管理・方法の透明性・再現性－

Ben Marwick (ワシントン大学)
日本語化：高田祐一・野口 淳・Peter Yanase

Archaeological Science and Current Trends in Research Publication, Data Management,
and Methods Transparency and Reproducibility
Ben Marwick (University of Washington)

- ・オープンサイエンス/Open science・オープンアクセス/Open access
- ・オープンデータ/Open data・オープンメソドロジー/Open methodology

はじめに

考古学では、フィールドワークや博物館のコレクションなどの情報源からデータを収集し、そのあと詳細な記述、厳密な分析を行い、多くの場合、研究成果を簡潔だが高度に凝縮された報告や学术论文の形で発表する。ほとんどの場合、(データ収集・記述・分析の)過程は、これらの出版物としてしか示されないし、その上、学术论文の大半は、掲載雑誌の出版社に講読料を支払っている研究機関の研究者にしかアクセスできない。このような従来の考古学研究のモデルは、過去に関する新知識の獲得において長い間効果を発揮してきたが、他分野における現在の実践規範と次第にずれが生じている。「オープンサイエンス」と呼ばれる新しい規範は、データの所有権ではなく管理義務、分析過程の秘匿性より公開性、そして一般の人々の排除より包摂が求められる。考古学において、オープンサイエンスというコンセプトは決して新しいものではないが(例えば、Lake 2012 および同論文掲載誌のほかの論文を参照)、残念なことにいまだ透明性が低いモデルの方が多。オープンサイエンスの実践がより広範囲に進めば、個々の研究者と考古学の学問分野の双方の利得は間違いなく多。本論文では、オープンサイエンスの実践とそれにより研究者が受ける恩恵について簡単に説明する。また、考古学者がオープンサイエンスに取り組み恩恵を得るための支援を学会

(グループ)の活動として行うことを推奨し、それがどのように考古学におけるオープンサイエンスの導入を促すのかを説明する。

オープンサイエンスとは何か

科学における公開性は、近代科学の起源を規定し (David 2004)、未来を想起させる (Fecher and Friesike 2014) という点で重要な意味を持つ。オープンサイエンスに関する先行研究をまとめた Fecher と Friesike (2014) は、5つの課題を見出した。①インフラ (研究の効率を向上するためのツールやサービスを作ること)、②公共性 (科学者以外もアクセスできるようにすること)、③評価 (研究のインパクトを測る新たな指標を開発すること)、④民主主義 (すべての人が自由に知識にアクセスできるようにすること)、そして⑤実用 (共同研究をより効率的におこなうこと) である。オープンサイエンスを推進することで一般の人が受ける恩恵については広く論じられているので、ここでそれについて言及しない (Boulton, et al. 2012; OECD 2015を参照)。かわりにここでは研究者中心のアプローチを採用し、考古学者としての実践の経験に基づいて研究者にとって最大の利益をもたらすであろう公開性の具体的事例に焦点を絞るこの観点から、Fecher と Friesike が見出した課題と交錯する、オープンサイエンスの3つの要素を位置付ける。すなわち、オープンアクセス、オープンデータ、オープンメソドロ

ジーである。

オープンアクセス

オープンアクセスとは読者や図書館から料金を徴収せずに、学術研究、特に書籍出版物を恒久的にオンラインで全文にアクセスできるようにすることである (Willinsky 2006)。これを可能にする方法はいろいろある。例えば、「ゴールドオープンアクセス」は、著者が掲載料 (通常、論文掲載料または APC と呼ばれる) を支払う形である。この料金は、本来なら研究機関が購読することで出版社が回収する出版費用に充てられる。しかし、こうした APC は、かなり高額になることがあり、しばしば研究者が自分の掲載論文をオープンアクセスにしない理由になる。これは特に、発展途上国の研究者、伝統的に活躍の場が与えられない人々 (女性、障害者など)、若手研究者、論文投稿料が研究助成金に含まれていない考古学などの分野の研究者へ大きな影響を与える (一部学術雑誌は免除の制度がある、Herb, 2010; Solomon & Bjork, 2012などを参照)。別の方法は、「グリーンオープンアクセス」と呼ばれ、学術雑誌への掲載前に著者が「プレプリント」として自身の原稿をオンラインで公開することである (図 1, Bourne, et al. 2016; Desjardins-Proulx, et al. 2013)。グリーンオープンアクセスの最大のメリットは、著者は無料で公開でき、読者は無料でアクセスできる点である。

分野別のプレプリント・リポジトリの代表例は、物理、数学、コンピュータサイエンス、天文学とこれらに関連する分野の論文を保管する arXiv.org と、生物医科学と生命科学専門の bioRxiv.org である。実際、生物学分野の一部の助成金提供団体は、掲載前にプレプリントをサーバーにアップすることを義務付けている (Dolgin 2016)。考古学者がよく使用するプレプリント・リポジトリには、社会科学に特化した socarxiv.org がある。academia.edu と researchgate.net はオンラインでの論文共有によく

使用されているが、実は、コンテンツの大半を公開する権利をもたない民間の営利企業であり (そのため、出版社に訴訟を起こされる可能性が高い)、論文へアクセスするには登録が必要である。したがってこれらは、プレプリント・リポジトリの代替手段として使用するべきではない (Fortney and Gonder 2015)。研究に力を入れている大学のほとんどはオープンアクセス・リポジトリを所有しており、所属する研究者がプレプリントとして自身の研究を広められるようになってきている (Pinfield, et al. 2014)。多くの学術誌は、出版論文のプレプリントの投稿を許可しており、(数が少ないゴールドオープンアクセス誌に比べて) 研究者は投稿する学術誌の選択肢を広げることができ、オープンなアクセスが可能になっている。学術誌のそれぞれのポリシーについては SHERPA/RoMEO データベースにおいてオンラインで確認できる。オープンアクセスの出版物は、引用される機会やメディアで取り上げられる機会が増えるため、インパクトが大きくなるという研究者にとっての利点がある (これを裏付ける先行研究について McKiernan, et al. 2016 と Tennant, et al. 2016 を参照)。また、将来の学生や、地元住民・先住民のコミュニティのようなアカデミア外の協力者が、自身の出版物に容易にアクセスできるというメリットもある。

オープンデータ

オープンデータとは、データセットへのオープンなアクセスのことである (Costa et al., 2013)。データはさまざまな形式・様態を取るが、ここでは、遺物の計測値の一覧表や、遺跡の所在地、属性の GIS レイヤーなど、報告書や出版物の要約的な表やグラフの作成に使用される情報を取り上げる。伝統的に考古学者は、データセットを占有的な成果物と見なし、その収集に高額な費用を支払っているため、排他的に占有したデータに基づき論文等を出版することでその費用を回収したいと望んできた。しかし多くの分野において、このデータの所有権という考え

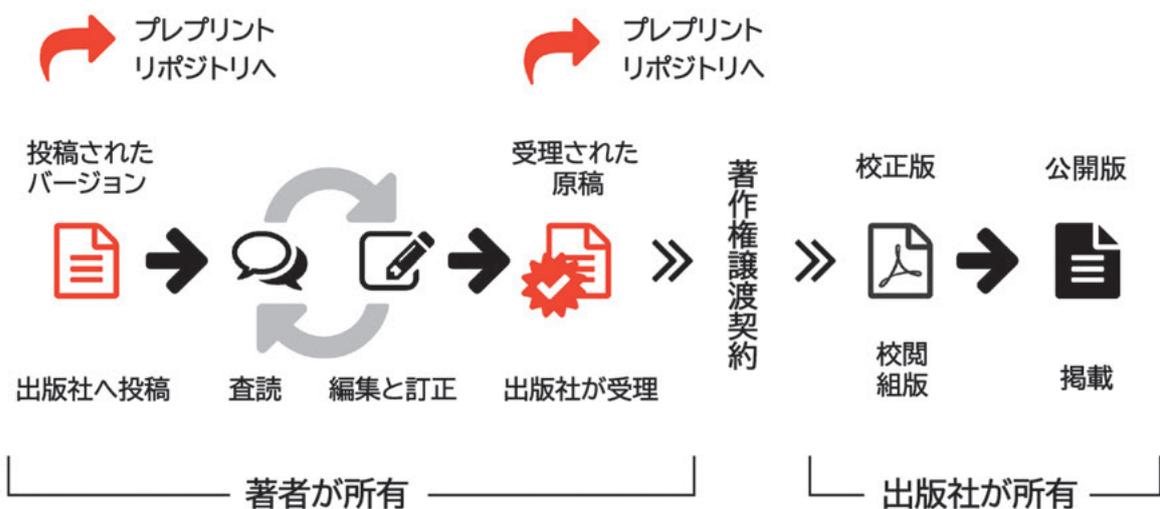


図1 プレプリントと、学術雑誌への論文掲載の一般的な流れ。通常、原稿は、査読のために学術雑誌に投稿されると同時に、または、掲載受理された後（ただし、校正版が準備される前）にプレプリント・リポジトリにアップされる。プレプリントは著者が更新でき、バージョンはリポジトリが管理する。投稿されたバージョンと受理された著者の原稿は著者が所有するため、これらは著作権を侵害することなくプレプリント・リポジトリにアップできる。著者が著作権譲渡契約に署名したら、出版社が作成した論文のバージョンは著者の所有ではなくなる。例えば、校正紙と刊行版（の知的財産権）は出版社が所有するため、ほとんどの場合、著者はプレプリント・リポジトリまたはその他の場所（例えば academia.edu や researchgate.net）で、これらを公開することが法的に認められていない。

方は時代遅れとみなされており、データの管理義務という考え方に取って代わられている (Hampton, et al. 2015)。データの管理義務は、個人のキャリアにおける野望のためでなく、科学コミュニティや社会に代わって研究者がデータを収集し、共有することを提唱している。こうした考え方は、公開リポジトリにデータを預けることで自身のデータを他の人と共有することを研究者に求める資金提供機関（例えば、ウェルカム・トラストやビル&メリンダ・ゲイツ財団、全米人文科学基金およびアメリカ国立科学財団）、および学術誌（例えば、「PLOS」、「エボリューション (Evolution)」、「サイエンティフィックデータ (Scientific Data)」および英国王立協会発行の学術誌）のポリシーにおいて見られる。これらの資金提供機関や学術誌が求めているデータ公開のニーズに応えるため、近年かなりの技術とインフラが整って来た。各分野のリポジトリを網羅したリストは、www.nature.com/sdata/policies/repositories で入手できる（リポジトリの多くは無料で利用可能）。考古学データに特化したリポジトリの例としては、opencontext.org、tdar.org および archaeologydataservice.ac.uk などが挙げられる。信

頼できるデータリポジトリの特徴は以下の通りである。①データへのアクセスと保存という明確なミッションがある。②データのアクセスと使用について適切なライセンスを提供している（例：CC0）。③補完データへの持続的アクセスと保存を確実に行うための継続計画がある。④データの完全性と真正性を保証しており（例えば、バージョン管理システム）、適切に引用することで永続的に利用者がデータを発見し参照することができるようにしている（例えば、DataCite DOI）(Edmunds, et al. 2016)。信頼できるデータリポジトリを使用することは、データの持続的な利用を確保するために重要である。なぜなら、研究者に対して個人的に保有しているデータを直接請求しても提供してくれないことが多いからである (Collberg and Proebsting 2016; Savage and Vickers 2009; Stodden, et al. 2013; Vines, et al. 2014; Wicherts, et al. 2006; Janssen 2017)。

データへのオープンなアクセスを提供することは、出版物へのアクセスをオープンにするよりも課題が多い。なぜならデータの乱用や機微情報（個人を特定できるデータや正確な遺跡の所在地）の公

表により人々や文化遺産を傷つける可能性があるためである。データをオープンにする場合、特に大人数のチームや民間調査組織、国、地方公共団体の場合、かつ・もしくは、先住民やその子孫のコミュニティともに作業している考古学者は、知的財産権について考慮しなければならない (Executive Office of the President 2009, 2013; Lane, et al. 2016; Open Knowledge Foundation 2012)。これらの倫理的課題の多くは、交渉や法的手段 (例えばクリエイティブ・コモンズ・ライセンスなどを用いること、Stodden 2009 を参照)、あるいは、データの一部を非公開化する、位置情報の精確さを下げる (The Digital Index of North American Archaeology などのプロジェクトにおいて使用し成功した方法)、アクセス制限、または公表停止措置を課すなどの解決策によって対処できる。言うまでもなく、研究者は、自身のデータを一般公開する前に、負の影響について慎重に対処しなければならない (Finn, et al. 2014)。とはいえ、ほとんどの考古学者にとって学術雑誌掲載された自身の論文で表や図を作成するベースとなったデータはもちろん、それよりさらに詳細な元の記録を共有することさえ大した負担にならないだろう。実際、多くの考古学者はすでに学術雑誌掲載論文のオンライン補足資料として日常的にこれを行っている (Kansa 2012)。オープンアクセスと同様、データの共有公開は、被引用数を増し、インパクトが向上する傾向が見られる (McKiernan, et al. 2016 を参照)。また、データへのアクセスをオープンにすることにより他の考古学者も恩恵を受ける。例えば、過去の研究データが信頼できるリポジトリで公に入手できるようになっていれば、より簡単にそれを見つけることができる。また、経験上、データは一般公開を前提に準備した場合、普段より適切に記録され、再利用が容易になる。

オープンメソドロジー

オープンメソドロジーとは、誰でも検証、または再利用ができる、データの収集、分析および可視

化の方法である。このアプローチには、経験的な方法 (例えば、試料を用意するために使用する化学薬品の詳細)、および計量的・統計的方法 (例えば、原データの取得、統計検定、モデルおよび可視化を提供する方法の詳細) がある。オープンメソドロジーは、研究の再現性を向上するために重要である。研究の再現性とは、同じ材料と方法を使い研究をやり直して同じ結果を出せることという意味であり、科学の大前提である (Stodden et al. 2014)。今日の研究、とりわけ計量的・統計的方法は複雑であり、通常の学術雑誌掲載論文は再現性を確保するために詳細を論じるには短すぎる (Buckheit and Donoho 1995; Rollins et al. 2014)。オープンメソドロジーは、生物医学 (Begley and Ellis 2012) や心理学 (Open Science Collaboration 2015)、遺伝学 (Callaway 2016)、政治学 (McNutt 2015) および経済学 (Herndon, et al. 2014) において注目された研究の結果を再現できなかったことが社会的な注目を集めたことを受けて、考古学以外の分野で盛んになった。

その結果、考古学 (Marwick 2016) を含む多くの分野において再現性を向上する方法について広く議論された (例えば、Goodman, et al. 2016; Munafò, et al. 2017; Sandve, et al. 2013; Stodden, et al. 2016; Stodden & Miguez 2014; Wilson, et al. 2014)。これらの議論は、いくつかの頻繁に推奨される実践に集約される (図2)。例えば、①その分析アルゴリズムがプロプラエタリにブラックボックス化されているソフトウェア (例えば、Excel、SPSS、PAST; Joppa, et al. 2013) ではなく、再現性を実現する透明性の高いソフトウェア環境 (RまたはPythonなど、図3) を用いてデータを分析する、②効率的に変更を追跡・記録し、協働を容易にするバージョン管理システムを使う (マイクロソフトワードやGoogleドキュメントの「変更履歴」に似たGit など; Ram 2013)、③オープンソース・ライセンスを使って、(オリジナルの) エフォートを認識しながらコードの再利用可能性を最大限に高める (Apache、MIT、またはGPLライセ

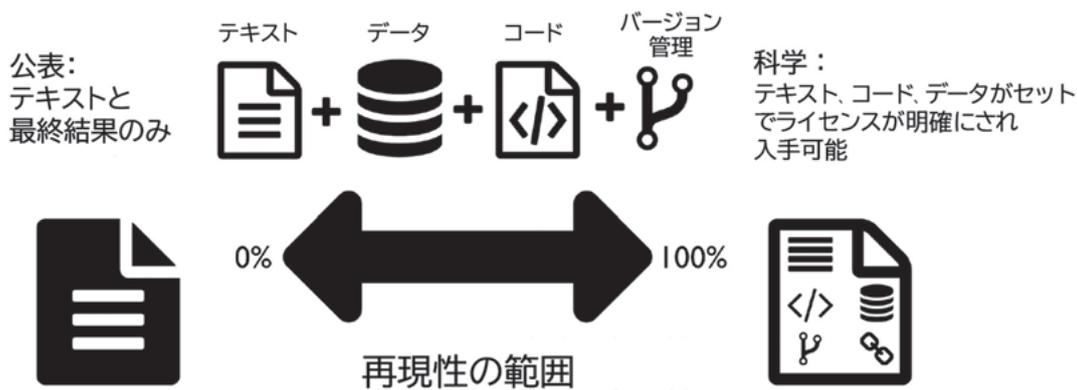


図2 再現可能研究の範囲 (Peng 2011)。最終的なテキスト、結果および図のみで構成される科学論文（例えば、1つのPDF文書）は、1つの研究結果を公表するものだが、これらの再現性が最も低く、データから結果までの分析過程全体を再現することが不可能な場合が多い。分析に使用したデータおよび / またはコードを公開すれば、再現性は大幅に向上する。同様に、バージョン管理システム (Gitなど) を使用することで、プロジェクトの過程全体を見るのが可能になる。最後に、最も再現性が高く、したがって科学的な研究は、テキスト、コードおよびデータを、実行可能な環境に組み込んだ動的レポート (R Markdown notebookなど) を用いたものである。

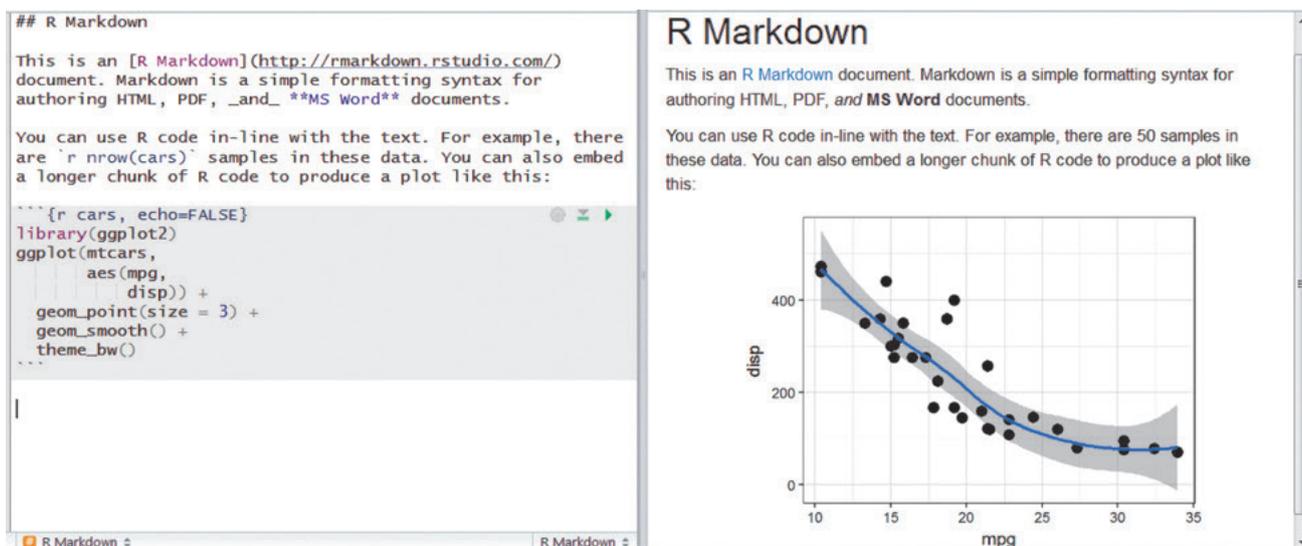


図3 再現可能な研究に R 言語を使用する方法を示した RStudio プログラムのスクリーンショット。左側のパネルはテキストエディタで、ここではプレーンテキストとコードを R Markdown ファイル (Rmd ファイル) に書き込む。右側のパネルは、Rmd ファイルが文書に [knit]、つまりレンダリングされたときに生成されるアウトプットである。この例では、Rmd を knit して、HTML ファイルを生成しているが、同じ Rmd ファイルから PDF またはマイクロソフトの文書を生成することも可能である。この例のテキストの最初のパラグラフは、基本的なテキストフォーマット (例: ヘッディング、URL、ボールドおよびイタリックのテキスト) の Markdown でのやり方を示している。2 つ目のパラグラフは、R コードがテキストにインラインで組み込めるやり方を示す。レンダリングプロセスは自動的にコードを実行し、その結果をテキストに挿入する。ここでは、「cars」データセットの列の数を計算し、その結果 (50) をレンダリングした文書に挿入している。左側のグレイ部分のテキストは、右側の HTML ファイルでグラフを生成する R コードの「チャンク」である。このコードチャンクで echo=FALSE を使用して、そのコードチャンクが HTML ファイルに表示されず、コードが生成するグラフのみが見える状態を指定している。同じ文書にテキストとコードを書き込むこの方法は再現性を向上する。データ分析の方法 (R code) がテキストとして同じ文書に含まれており、コードを容易に繰り返し実行して、結果を生成することができるからである。これにより、表やグラフを他のソフトウェアからコピーする必要がなくなり、転記エラーがなくなるだけでなく、結果の根拠も明白になる。

ンス、Stodden 2009)、そして、④自由にアクセスでき信頼できるリポジトリにこれらの方法をアーカイブする (例えば、osf.io、zenodo.org または figshare.com にアップされる R または Python のスクリプト

ファイル、Mislán, et al. 2016) などがある。これらの推奨事項を実施すれば、掲載時点で自分たちの研究ワークフローがすでに整備されているため、検証や再利用のための方法の公開が簡単になる。

オープンサイエンスは考古学者にどう関係するか？

上記の3つの実践、つまりオープンアクセス、オープンデータとオープンメソドロジーは、多くの考古学者を刺激する3つの基本原則と重なる。

第一に、多くの考古学者は、研究を進め、考古学の知識を広めたいと考えている。オープンサイエンスの実践は、透明性が高く再利用可能で簡単にアクセスできる研究（オープンデータとオープンメソドロジー）を、金銭的または著作権に関する障害に直面することなく（オープンアクセス）、実施するよう考古学者に奨励することで、この目標を支援する。さらにこれを研究コミュニティの目標とするために、再現性の高いソフトウェアを使う、スクリプト化されたワークフローを作る、バージョン管理と共同分析のための環境を使用する、データとプレプリントが公のリポジトリを通して入手できるようにする、オープンアクセス学術雑誌で研究を発表するなどの選択肢を考古学者に教育することが必要である。

第二に、多くの考古学者は、考古学の方法を改善し、考古学の倫理を向上すべく努力をしている。オープンサイエンスの実践は、研究における透明性と再現性を向上することで考古学を改善する。このアプローチにより考古学者は、より容易にかつ責任をもって他の考古学者の研究に基づいて研究を進め、考古学の実践を発展させ、発見を加速させる。透明性と再現性は、考古学研究に対する信頼性の向上にも役立つ。研究結果だけを確認する従来の査読よりも、研究過程全体の第三者による評価が可能になるためである。オープンサイエンスの実践は、データ分析の背後にある推論の連鎖を効率的に実証し研究過程を学界と一般社会に公開することによって、より倫理的な研究が推進される。コミュニティとして我々は、考古学者に対し、オープンサイエンスのツールと方法を活用して、自身の研究と考古学分野

そのものがいかに改善されるかということを教育しなければならない。

第三に、多くの考古学者は、研究者がお互いに、そして行政職員や一般の人々など他のコミュニティの人たちとかかわり合う協力的な研究コミュニティの一員になることで、意欲が高まる。コミュニティのベストプラクティスのための考古学におけるオープンサイエンスは、研究の方法、データ、結果を信頼できるオンラインリポジトリにアップするよう研究者に奨励し、共有を促す。研究共有の実践を標準化することで、考古学者、協力者、政策立案者やプロジェクト管理者などを含むコミュニティの間の関係が向上する。オープンサイエンスは、研究者相互、および方法とデータへの関わりについての金銭や制度的よる障害を取り除くので、包摂性を向上させる。

公開性を高める方向に進む考古学者のコミュニティは、すでに多くの科学分野において実践されている広範なオープンサイエンスの動向に貢献するだろう。例えば、米国生態学会、ヨーロッパ地球科学連合およびヒト脳機能マッピング学会は、オープンサイエンス部門を設立し、研究者が公開性によって利益を得ることを支援している。同様に、正式なオープンサイエンスのポリシーが心理化学学会 (Association for Psychological Science) およびアメリカ心臓協会 (American Heart Association) によって策定されている。いくつかの学術雑誌やシンポジウムでは、掲載が受理される前に、投稿された論文について再現性に関する審査を受けることを義務づけている (例えば、Association for Computing Machinery の分科会の一つである Special Interest Group on Management of Data, 「American Journal of Political Science」, 「Quarterly Journal of Political Science」)。多くの学術誌では掲載の条件としてデータのオープンアクセスを義務付けており (Alsheikh-Ali, et al. 2011)、また一部の学術誌は、オープンアクセスの実践を著者に報奨している (例えば、「*Biostatistics*」, 「*Psychological Science*」)。考古学

では同じような取り組みの数は少ないが、例えば、「*Internet Archaeology*」は掲載する論文の研究データをオープンにする著者に「オープンバッジ」という認定証を与える。また、信頼できるリポジトリで保管されているデータセットの詳細な説明を掲載する *Journal of Open Archaeology Data* がある。

何ができるのか？

公開性と透明性を支える考古学者の原則は、以下の2つである。(1) 考古学者と研究機関が、データ、方法、研究の成果物の管理において、透明性とアクセシビリティを向上させる。(2) 再現可能な研究を実現するオープンな実践の方法について個人および研究機関と情報を共有する。個人の研究者として以下の事柄を実践することで研究の再現性を高め、そして他の研究者もそれに倣うように影響を与えることができるであろう。

- ・データ分析について、明確な、または、スクリプト化された、再現可能なワークフローを作り、そのワークフローをアクセス可能にする。可能な限り、自身の実施した研究を他の人が容易に評価できるように、透明性が高くアクセス可能な分析ツールおよびソフトウェア (R、Python などのプログラミング言語など) を採用する。
- ・論文を査読する際にデータとコード (の公開) を要請する。また、編集者の立場にいるときは、学術雑誌における標準的な査読方法の一環として、データとコードの査読を提唱する (Stodden, et al. 2013; Morey, et al. 2016; Janssen 2017)。
- ・すべてのリサーチ・デザインにおいて、網羅的なデータ管理計画を含め、その計画に沿って研究を行う (LeVeque, et al.2012)。
- ・担当する学生と受講生に、再現可能な形でオープンに研究を行うことを教える (Baumer, et al. 2014)。
- ・オープンアクセス・リポジトリに自身の論文とプレプリントをアーカイブする (McKiernan, et al. 2016)。

- ・信頼できるリポジトリに自身の研究データとコードをアーカイブし、DOI を用いて掲載された論文においてそれらのアーカイブを引用する (McKiernan, et al. 2016; Mislan, et al. 2016; Rollins, et al 2014)。

こうした活動は、科学全般において、オープンな状態と再現性を向上するために最近推奨されている事項と一致する (Miguel, et al. 2014; Nosek, et al. 2015; Stodden, et al. 2016)。個々の研究者がおかれている状況やスキルによって、研究者が採用できるオープンさの程度や範囲が異なることは確かである。よって、全員が常に上記の事柄にそって活動することは不可能であることも事実である。しかし、ひとりひとりの活動が、考古学的研究全体の実践を一歩ずつオープンサイエンスの規範へと改善することは可能である。

考古学のコミュニティとして、例えば、考古学のシンポジウムやミーティングなど専門家が集まる場で、条件を満たすポスターを貼り出したりスライドのプレゼンテーションを実施したりした研究者に、オープンデータとオープン資料 (Open Data and Open Materials) を認定するセンター・フォー・オープンサイエンス (Center for Open Science) (COS) のバッジを与える (osf.io/tvyxz) などの方法で、オープンプラクティスを奨励することができる。こうしたバッジは様々な分野で使用されており、データ共有を促すことに効果的な手段であることがわかっている (Kidwell, et al. 2016)。考古学の学術雑誌と協力して、COS バッジをどのように学術誌論文に採用できるか検討することも良いだろう。2 つ目の活動は、ソフトウェアとデータの使い方に関するワークショップの開催である (Teal, et al. 2015; Wilson 2013)。これらのワークショップでは、より効率的に再現可能な形で、かつオープンに研究できるように、オープンサイエンスツールの使用について研究者に研修を行うことを目指す。シンポジウムやミーティング、あるいは自分の大学で、これらのワークショップを提供してもいいだろう。アメ

リカ考古学協会では、オープンサイエンス分科会 (Open Science Interest Group) を設けて、これらのコミュニティ活動を実施している。OSIG のウェブサイト osf.io/2dfhz/ では、分科会に関する情報や各種の資料などを見ることができる。

3つ目の活動は、考古学者の大学院教育の改革である。ほかの多くの分野と同じように、現在のやり方は「T型学者」の育成を目指すものである (Conley, et al. 2017)。つまり、学生への教育で、その中心に考古学における深い知識 (Tの縦の線) を構築しつつ、生態学、人類学、生物学、社会学など、ほかの分野の専門知識を広く浅く理解することで学生の認識の幅 (Tの横の線) を広めることを意図する。これに加えて、将来の世代に向けてオープンな状態と再現性を向上するために、大学院教育プログラムにおいて、T型と別の知識体系を持った研究者の育成を目指すことが必要となる。例えばそのために、オープンメソッドロジーとオープンデータを可能にすることを旨として、R Markdown や関連ソフトウェアを使用するのに必要なコンピュータスキルという2つめの縦の知識をもったII型研究者の育成を試みるのも一つの方法だろう。しかし、大学院生教育において、2つ目の深い専門知識の習得を要求することは非現実的かもしれない。その代わりに、考古学分野で専門レベルの深い知識をもっているが、透明性が高く再現性可能な研究に役立つコンピュータスキルだけ精通し熟練している、Γ型学者 (Fiore-Gartland 2017) の方がいいかもしれない。Γ型学者とは、コンピュータサイエンスの専門家ではないが、他の分野の学者と協力し他の分野の学者から学ぶことができるくらいには精通しており、考古学における自身の研究を進めるための新たなスキルとツールを手に入れることができるような人である (図4)。

まとめ

本稿では、現在実施されているオープンサイエンスの取り組みの目標とベストプラクティスについて簡単に紹介し、個々の研究者並びに科学そのものに

対して恩恵を与えると思われる具体的なベストプラクティスについて説明した。そのベストプラクティスとは、①プレプリントをサーバーにアップすることでオープンアクセス論文を増やす。②掲載済論文には、信頼できるリポジトリにアップしたオープンデータセットをつける、そして③掲載済論文のほか、関連しているコードを含む透明性が高く再現可能な科学的ワークフローを作り、それを利用可能にすることである。これらの実践と考古学者との関わりを示し、これらにより多くの考古学者の目標に向かって進むことができるとことを論じた。さらに、簡単に実行できるコミュニティの活動について記述し、そしてそれらの活動がいかに関考古学におけるオープンサイエンスの定着に役立つかを説明した。

オープンサイエンスの実践をよく知らない考古学者は多いと考えられ、これらの実践を通常の研究に組み込むことは、時間や努力、その他のリソースを費やすことになるのではないかと懸念しているかもしれない。プレプリントのアップは迅速かつシンプルに行えるが、データ分析のために新たなプログラム言語を学ぶのは、かなり骨が折れる。(とはいえ、筆者の経験からいうと、R や GRASS のようなオープンソースプログラム言語を学ぶのは、SPSS や ArcGIS など他のソフトウェアを初めて学ぶことと比べて、難しさにそれほど相違はない) オープンメソッドロジーの採用を加速するための研修ワークショップの開催が急務である。これらのワークショップははじめに、オープンソースの統計解析用プログラミング言語の R、バージョン管理システムの Git、そしてデータリポジトリの使用の3つのトピックを取り入れるべきである。長期的に見れば、R や Python などの環境においてスクリプト化したワークフローを使用すれば、研究者の効率は、間違いなくかなり向上する。オープンソースソフトウェアを使用すれば、ライセンスにかかる費用を大幅に削減できるのも確かである。

また、考古学者の中には、自分のデータやコード

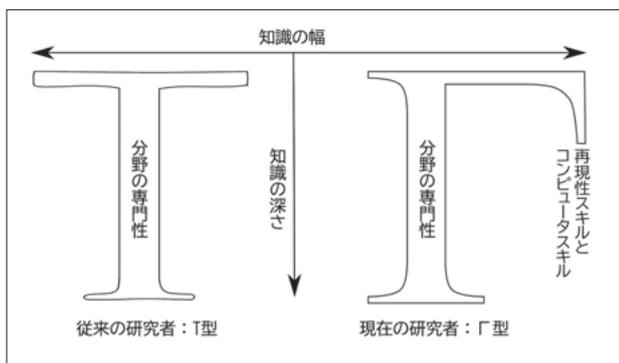


図4 T型の研究者は、大学院生教育の従来モデルを代表する。これらの学生は、ほとんどの時間を、自身の専門分野の自身が取り組んでいるテーマに費やす。「Γ型研究者は、自身の研究が再現可能で透明性の高いものになるように、いくらかのコンピュータースキルを身につける大学院生教育のモデルを代表する。

を他の学者が使用することで自身の論文掲載の可能性が低くなること、自分の資料が引用なしに使用される可能性、そして競合者が有利になるリスクについて、危惧している可能性がある (Stodden 2010 を参照)。しかし、これらのリスクは、従来の研究プラクティスにおいても常に存在していたし、オープンサイエンスのライセンスと引用のプラクティスは、むしろそれらのリスクを軽減させると考えられる。さらに、データとコードの共有により、共同研究が奨励され可能になるので、オープンサイエンスのプラクティスはむしろ、既存データを使った新たな研究 (および論文の掲載) の可能性を秘めている。これは特に若手研究者にとって重要な恩恵である。オープンサイエンスが考古学者と考古学のコミュニティにもたらす数多くの恩恵を考えれば、実践する価値があると断言しよう (Scherzler and Siegmund 2016 を参照)。

謝辞

Ben Marwick が着想を得てこの論文と図を書いた。本文は、SAA Archaeological Record (SAA 考古学的記録), 17 (4), pp. 8-14 に掲載された2017年の「Open science in archaeology (考古学におけるオープンサイエンス)」を一部修正した。

翻訳に関する補足事項

原文は open method (オープンメソッド)。日本におけるオープンサイエンスの議論・実践はオープンアクセス、オープンデータが中心であり、次いでオープンソースが言及される場合が多いようである。管見の限りでは、研究・分析の手段・方法の開示についての言及は少ない。日本語版 wikipedia の「オープンサイエンス」 (<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%AA%E3%83%BC%E3%83%97%E3%83%B3%E3%82%B5%E3%82%A4%E3%82%A8%E3%83%B3%E3%82%B9>) では、opencienceASAP の Was ist Open Science? (<http://opencienceasap.org/open-science/>) を参照して、オープンサイエンスの6つの要素のひとつとして「オープンメソドロジー」を挙げている。一般的に「メソドロジー」は、手段・方法 (≒メソッド) やツール、概念的枠組みなどを含むものと理解される。ここでは、open method は単に手段・方法の開示にとどまらないものと理解し「オープンメソドロジー」の訳語をあてる。

引用文献

- Alsheikh-Ali, Alawi A., Waqas Qureshi, Mouaz H. Al-Mallah and John P. A. Ioannidis
2011 Public Availability of Published Research Data in High-Impact Journals. *PLOS ONE* 6(9):e24357
- Baumer, Ben, Mine Cetinkaya-Rundel, Andrew Bray, Linda Loi and Nicholas J. Horton
2014 R Markdown: Integrating A Reproducible Analysis Tool into Introductory Statistics. *Technology Innovations in Statistics Education* 8(1)
- Begley, C. Glenn and Lee M. Ellis
2012 Drug development: Raise standards for preclinical cancer research. *Nature* 483(7391):531-533
- Boulton, Geoffrey, Philip Campbell, Brian Collins, Peter Elias, Wendy Hall, Graeme Laurie, Onora O'Neill, Michael Rawlins, J Thornton and Patrick Vallance
2012 *Science as an open enterprise*. The Royal

- Society. The Royal Society
- Bourne, PE, JK Polka, RD Vale and R Kiley
2016 Ten simple rules for considering preprints. *PeerJ Preprints* 4:e2669v1 <https://doi.org/10.7287/peerj.preprints.2669v1>
- Buckheit, Jonathan B and David L Donoho
1995 Wavelab and reproducible research. *Wavelets and Statistics. Lecture Notes in Statistics* 103:55-81
- Callaway, Ewen
2016 Error found in study of first ancient African genome. *Nature* 29 January 2016(doi:10.1038/nature.2016.19258)
- Collberg, Christian and Todd A Proebsting
2016 Repeatability in computer systems research. *Communications of the ACM* 59(3):62-69
- Conley, Shannon Nicole, Rider W. Foley, Michael E. Gorman, Jessica Denham, and Kevin Coleman. 2017 Acquisition of T-Shaped Expertise: An Exploratory Study. *Social Epistemology* 31, no. 2 (March 4, 2017): 165–83. <https://doi.org/10.1080/02691728.2016.1249435>
- Costa, Stefano, Anthony Beck, Andrew Bevan, and Jessica Ogden. 2013. Defining and Advocating Open Data in Archaeology. In *CAA 2012. Proceedings of the 40th Annual Conference of Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA), Southampton, England*, eds. Graeme Earl et al. Amsterdam: Amsterdam University Press, 449–56
- David, Paul A.
2004 Understanding the emergence of ‘open science’ institutions: functionalist economics in historical context. *Industrial and Corporate Change* 13(4):571-589
- Desjardins-Proulx, Philippe, Ethan P. White, Joel J. Adamson, Karthik Ram, Timothée Poisot and Dominique Gravel
2013 The Case for Open Preprints in Biology. *PLOS Biology* 11(5):e1001563
- Dolgin, E
2016 Big biology projects warm up to preprints. *Nature* 30 Nov 2016(<http://www.nature.com/news/big-biology-projects-warm-up-to-preprints-1.21074>)
- Edmunds, Rorie, Hervé L'Hours, Lesley Rickards, Paul Trilsbeek, & Mary Vardigan
2016 Core Trustworthy Data Repositories Requirements. DSA–WDS Partnership Working Group on Repository Audit and Certification, a Working Group (WG) of the Research Data Alliance. Online at <https://doi.org/10.5281/zenodo.168411> Accessed on 19 Jan 2017
- Executive Office of the President. 2009. “Transparency and Open Government.” *Federal Register*. January 26. <https://www.federalregister.gov/documents/2009/01/26/E9-1777/transparency-and-open-government>
- . 2013. “Making Open and Machine Readable the New Default for Government Information.” *Federal Register*. May 14. <https://www.federalregister.gov/documents/2013/05/14/2013-11533/making-open-and-machine-readable-the-new-default-for-government-information>
- Fecher, Benedikt and Sascha Friesike
2014 Open science: one term, five schools of thought. In *Opening science*, pp. 17-47. Springer
- Finn, Rachel, Kush Wadhwa, Mark Taylor, Thordis Sveinsdottir, Merel Noorman and Jeroen Sondervan
2014 *Legal and ethical issues in open access and data dissemination and preservation*
- Fiore-Gartland, Brittany. 2017 Hacked Ethnographic Fieldnotes. Data Science Studies (blog), August 22, 2017. <https://medium.com/@dataethnography/hacked-ethnographic-fieldnotes-4e59bc95f4e5>
- Fortney, Katie and Justin Gonder
2015 A social networking site is not an open access repository [Blog post]. *Office of Scholarly Communication*. Retrieved from <http://osc>.

- universityofcalifornia.edu/2015/12/a-social-networking-site-is-not-an-open-access-repository/
Access date: 18 Jan 2017
- Goodman, Steven N., Daniele Fanelli and John P. A. Ioannidis
2016 What does research reproducibility mean? *Science Translational Medicine* 8(341):341ps312
- Hampton, Stephanie E, Sean S Anderson, Sarah C Bagby, Corinna Gries, Xueying Han, Edmund M Hart, Matthew B Jones, W Christopher Lenhardt, Andrew MacDonald and William K Michener
2015 The tao of open science for ecology. *Ecosphere* 6(7):1-13
- Herb, Ulrich
2010 Sociological implications of scientific publishing: Open access, science, society, democracy and the digital divide. *First Monday* 15(2)
- Herndon, Thomas, Michael Ash and Robert Pollin
2014 Does high public debt consistently stifle economic growth? A critique of Reinhart and Rogoff. *Cambridge Journal of Economics* 38(2):257-279
- Janssen, Marco A.
2017 The Practice of Archiving Model Code of Agent-Based Models. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 20(1): 2
- Joppa, Lucas N., Greg McInerny, Richard Harper, Lara Salido, Kenji Takeda, Kenton Hara, David Gavaghan and Stephen Emmott
2013 Troubling Trends in Scientific Software Use. *Science* 340(6134):814
- Kansa, Eric
2012 Openness and archaeology's information ecosystem. *World Archaeology* 44(4):498-520
- Kidwell, Mallory C., Ljiljana B. Lazarević, Erica Baranski, Tom E. Hardwicke, Sarah Piechowski, Lina-Sophia Falkenberg, Curtis Kennett, Agnieszka Slowik, Carina Sonnleitner, Chelsey Hess-Holden, Timothy M. Errington, Susann Fiedler and Brian A. Nosek
2016 Badges to Acknowledge Open Practices: A Simple, Low-Cost, Effective Method for Increasing Transparency. *PLOS Biology* 14(5):e1002456
- Lake, Mark
2012 Open archaeology. *World Archaeology* 44(4):471-478
- Lane, Neal F., Kenneth M. Evans, and Kirstin R.W. Matthews. 2016. "The Vital Role of the White House Office of Science and Technology Policy in the New Administration." *James A. Baker III Institute for Public Policy of Rice University*. <http://bakerinstitute.org/research/white-house-office-st-policy/>
- LeVeque, Randall J., Ian M. Mitchell and Victoria Stodden
2012 Reproducible Research for Scientific Computing: Tools and Strategies for Changing the Culture. *Computing in Science and Engineering* 14(4):13-17
- Marwick, Ben
2016 Computational reproducibility in archaeological research: Basic principles and a case study of their implementation. *Journal of Archaeological Method and Theory*:1-27
- McKiernan, Erin C., Philip E. Bourne, C. Titus Brown, Stuart Buck, Amye Kenall, Jennifer Lin, Damon McDougall, Brian A. Nosek, Karthik Ram, Courtney K. Soderberg, Jeffrey R. Spies, Kaitlin Thaney, Andrew Updegrave, Kara H. Woo and Tal Yarkoni
2016 How open science helps researchers succeed. *eLife* 5:e16800
- McNutt, Marcia
2015 Editorial retraction. *Science* 28 May 2015:DOI: 10.1126/science.aac6638
- Miguel, E., C. Camerer, K. Casey, J. Cohen, K. M. Esterling, A. Gerber, R. Glennerster, D. P. Green, M. Humphreys, G. Imbens, D. Laitin, T. Madon, L. Nelson, B. A. Nosek, M. Petersen, R. Sedlmayr, J. P. Simmons, U. Simonsohn and M. Van der Laan

- 2014 Promoting Transparency in Social Science Research. *Science* 343(6166):30-31
- Mislan, K. A. S., Jeffrey M. Heer and Ethan P. White
2016 Elevating The Status of Code in Ecology. *Trends in Ecology & Evolution* 31(1):4-7
- Morey, Richard D., Christopher D. Chambers, Peter J. Etchells, Christine R. Harris, Rink Hoekstra, Daniël Lakens, Stephan Lewandowsky, Candice Coker Morey, Daniel P. Newman, Felix D. Schönbrodt, Wolf Vanpaemel, Eric-Jan Wagenmakers and Rolf A. Zwaan
2016 The Peer Reviewers' Openness Initiative: incentivizing open research practices through peer review. *Royal Society Open Science* 3(1)
- Munafò, Marcus R., Brian A. Nosek, Dorothy V. M. Bishop, Katherine S. Button, Christopher D. Chambers, Nathalie Percie du Sert, Uri Simonsohn, Eric-Jan Wagenmakers, Jennifer J. Ware and John P. A. Ioannidis
2017 A manifesto for reproducible science. *Nature Human Behaviour* 1:0021
- Nosek, B. A., G. Alter, G. C. Banks, D. Borsboom, S. D. Bowman, S. J. Breckler, S. Buck, C. D. Chambers, G. Chin, G. Christensen, M. Contestabile, A. Dafoe, E. Eich, J. Freese, R. Glennerster, D. Goroff, D. P. Green, B. Hesse, M. Humphreys, J. Ishiyama, D. Karlan, A. Kraut, A. Lupia, P. Mabry, T. Madon, N. Malhotra, E. Mayo-Wilson, M. McNutt, E. Miguel, E. Levy Paluck, U. Simonsohn, C. Soderberg, B. A. Spellman, J. Turitto, G. VandenBos, S. Vazire, E. J. Wagenmakers, R. Wilson and T. Yarkoni
2015 Promoting an open research culture. *Science* 348(6242):1422
- OECD
2015 *Making Open Science a Reality*. OECD Science, Technology and Industry Policy Papers, No. 25. OECD Publishing, Paris
- Open Knowledge Foundation. 2012. "How to Open up Data." *Open Data Handbook*. <http://opendatahandbook.org/guide/en/how-to-open-up-data/>
- Open Science Collaboration
2015 Estimating the reproducibility of psychological science. *Science* 349(6251)
- Peng, R. D.
2011 Reproducible Research in Computational Science. *Science* 334(6060):1226-1227
- Pinfield, S., Salter, J., Bath, P. A., Hubbard, B., Millington, P., Anders, J. H.S. and Hussain, A. 2014 Open-access repositories worldwide, 2005–2012: Past growth, current characteristics, and future possibilities. *J Assn Inf Sci Tec*, 65: 2404–2421. doi:10.1002/asi.23131
- Ram, Karthik
2013 Git can facilitate greater reproducibility and increased transparency in science. *Source Code for Biology and Medicine* 8(1):7
- Rollins, Nathan D., C. Michael Barton, Sean Bergin, Marco A. Janssen, and Allen Lee
2014 A Computational Model Library for publishing model documentation and code. *Environmental Modelling & Software* 61 (November): 59–64. doi:10.1016/j.envsoft.2014.06.022
- Sandve, Geir Kjetil, Anton Nekrutenko, James Taylor and Eivind Hovig
2013 Ten Simple Rules for Reproducible Computational Research. *PLoS Computational Biology* 9(10)
- Savage, Caroline J. and Andrew J. Vickers
2009 Empirical Study of Data Sharing by Authors Publishing in PLoS Journals. *PLOS ONE* 4(9):e7078
- Scheliga, Kaja and Sascha Friesike
2014 Putting open science into practice: A social dilemma? *First Monday* 19(9)
- Scherzler, Diane and Frank Siegmund 2016. Tübingen theses on archaeology. *Archäologische Informationen* 39: 9-11
- Solomon, David J., and Bo-Christer Björk

- 2012 A study of open access journals using article processing charges. *Journal of the American Society for Information Science and Technology* 63(8): 1485–1495
- Stodden, V
2009 Enabling Reproducible Research: Open Licensing For Scientific Innovation. *International Journal of Communications Law and Policy* 13:1-25
- Stodden, Victoria
2010 The scientific method in practice: Reproducibility in the computational sciences. *MIT Sloan School Working Paper 4773-10* <https://ssrn.com/abstract=1550193>
- Stodden, Victoria, Peixuan Guo and Zhaokun Ma
2013 Toward reproducible computational research: an empirical analysis of data and code policy adoption by journals. *PloS one* 8(6):e67111
- Stodden, Victoria, Friedrich Leisch and Roger D Peng
2014 *Implementing reproducible research*. CRC Press
- Stodden, Victoria, Marcia McNutt, David H. Bailey, Ewa Deelman, Yolanda Gil, Brooks Hanson, Michael A. Heroux, John P. A. Ioannidis and Michela Taufer
2016 Enhancing reproducibility for computational methods. *Science* 354(6317):1240
- Stodden, Victoria and Sheila Miguez
2014 Best Practices for Computational Science: Software Infrastructure and Environments for Reproducible and Extensible Research. *Journal of Open Research Software* 2(1)
- Teal, Tracy K, Karen A Cranston, Hilmar Lapp, Ethan White, Greg Wilson, Karthik Ram and Aleksandra Pawlik
2015 Data carpentry: workshops to increase data literacy for researchers. *International Journal of Digital Curation* 10(1):135-143
- Tennant, JP, F Waldner, DC Jacques, P Masuzzo, LB Collister and CHJ Hartgerink
2016 The academic, economic and societal impacts of Open Access: an evidence-based review [version 1; referees: 4 approved, 1 approved with reservations]. *f1000 research* 5(632)
- Vines, Timothy H, Arienne Y K. Albert, Rose L Andrew, Florence Débarre, Dan G Bock, Michelle T Franklin, Kimberly J Gilbert, Jean-Sébastien Moore, Sébastien Renaut and Diana J Rennison
2014 The Availability of Research Data Declines Rapidly with Article Age. *Current Biology* 24(1):94-97
- Wicherts, Jelte M, Denny Borsboom, Judith Kats and Dylan Molenaar
2006 The poor availability of psychological research data for reanalysis. *American Psychologist* 61(7):726
- Willinsky, John
2006 *The access principle: The case for open access to research and scholarship*. MIT Press, Cambridge, Mass. USA
- Wilson, Greg
2013 Software Carpentry: lessons learned. *arXiv preprint arXiv:1307.5448*
- Wilson, Greg, D. A. Aruliah, C. Titus Brown, Neil P. Chue Hong, Matt Davis, Richard T. Guy, Steven H. D. Haddock, Kathryn D. Huff, Ian M. Mitchell, Mark D. Plumbley, Ben Waugh, Ethan P. White and Paul Wilson
2014 Best Practices for Scientific Computing. *PLoS Biology* 12(1)