HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	天文教育普及論文の相互参照性の評価
Author(s)	鴈野, 重之; 富田, 晃彦
Citation	科学技術コミュニケーション, 33, 49-57
Issue Date	2023-09
DOI	10.14943/108264
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/90445
Type	bulletin (article)
File Information	jjsc33_p049-057_Karino.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

ノート

天文教育普及論文の相互参照性の評価

鴈野 重之[1]，富田 晃彦[2]

Evaluating Circulation of Peer-reviewed Articles in Astronomy Education and Outreach

KARINO Shigeyuki[1], TOMITA Akihiko[2]

要旨

査読付き論文は研究コミュニティ内で成果を共有する最も重要な手段である．一方で論文が十分に相互参照されないと，似たような研究に気づかずに研究を進めてしまう危険が生じるなど，その分野の発展の遅滞を招くこととなる．本研究では，天文教育普及分野における査読付き学術論文の引用-被引用関係を調べることで相互参照性を評価する指標づくりを提案するとともに，各々の学術雑誌が分野に対して及ぼすインパクトを調べた．結果として，天文教育普及分野では同じ雑誌内だけの引用が多く，他の雑誌からの引用が少ない傾向が見られた．とくにインパクトの高い雑誌の論文も隣接する分野の雑誌では参照されていなかったり，重要と考えられる論文も他の雑誌からの引用がなかったりという例も見られた．論文の相互参照性を高めるためには，分野に特化した論文データベースや検索エンジン対策などを，そのコミュニティとして考える必要があるだろう．

キーワード：学術論文，天文教育普及，相互参照，評価，データベース

Keywords: refereed paper, astronomy education and outreach, circulation, evaluation, database

1. はじめに

学術的な知見を共有する上で，研究成果を論文として発表することは最も有効な手段のひとつである．査読システムについては，分野ごとに研究方法や研究作法の違いがあり，学術団体により異なるシステムが採られており，どのような方法が最も有効であるかは議論の最中である（藤垣 2004, 水島 2021, 41-61）．透明性を確保するため，査読のやり取り自体も公開化するような動きも広がりつつある．査読そのものに関しては広く有効性が認識されており，査読審査を乗り越えて論文を出版し，多くの研究者により引用されることが研究者の評価につながることも少なくない（例えば林他 2007）．

しかしながら，天文教育普及分野においては，ここで大きな問題が立ちはだかる．現在，この分野に関する論文は，当該分野の研究者がすべからく目を通すような中核的な雑誌がなく，より一般的な分野を扱う複数の雑誌に分散されて掲載されている．これだけならば，他の分野でも似た状況

2022年10月26日受付　2023年 6 月29日受理
所　属：1. 九州産業大学理工学部
2. 和歌山大学教職大学院・教育学部
連絡先：karino@ip.kyusan-u.ac.jp

があり得る．加えて天文教育分野では，この分野に焦点を絞った，雑誌を横断した十分な論文データベースが現在のところ存在しない．このため，読者は興味のある文献を探すために多くの雑誌に目を通すか，一般の検索エンジンを用いて膨大な資料の中から関連論文を探さざるを得ない状況にあり，必要な知見にアクセスする上での障壁となっている（縣 他 2015）．

図 1 で，天文教育普及分野[1] における学術論文の発表数の推移と掲載誌の割合を示す．当該分野における論文は，「理科教育学研究」（日本理科教育学会），「科学教育研究」（日本科学教育学会），「地学教育」（日本地学教育学会），「天文教育」[2]（日本天文教育普及研究会）を中心に掲載されている．近年では，「教育工学会論文誌」（日本教育工学会），「情報文化学会誌」（日本情報文化学会），「科学技術コミュニケーション」（北海道大学 CoSTEP），「物理教育」（日本物理教育学会）などの隣接分野の雑誌にも論文が掲載されている．大学等の紀要や研究会集録の中にも査読付きのものもあり，これらを含めると天文教育普及分野の論文は，広範に分散している（縣 他 2015）．論文数としては「理科教育学研究」と「地学教育」が多いが，両誌を合わせても半数にしかならない[3]．また，類似したテーマの論文であっても複数の雑誌に掲載されている[4]．

ある分野において，雑誌を横断した十分な論文データベースがないと，相互参照性が悪くなるという懸念がある．すなわち，多くの研究者は自身の所属する学術団体の発行する雑誌を中心に目を通すと考えられるが，自身と関係の薄い雑誌に関連分野の論文が掲載された際に目が届くかという問題が生じる．そして，論文の相互参照性が低下すると，「車輪の再発明」リスクが増加することとなる．すなわち，既にある雑誌で発表された成果や報告について，既に掲載されていることに気付くことができず，別の雑誌で同様の報告を投稿してしまう危険性がある．論文の実際の相互参照性を調べた先行研究は，天文教育普及分野においては，管見の限り見当たらない．基礎科学の分野では，arXiv のようなプレプリントサーバや，物理学分野の iNSPIRE，天文学分野の ADS のように，分野に特化した検索サイトの発展により，多くの雑誌の文献情報が比較的容易に縦覧できる環境が以前より整えられている[5]．しかし，科学教育分野，とくに日本の天文教育普及分野のようなさほど大きくないコミュニティでは，そのような環境構築には至っていない．結果として，コミュニティ

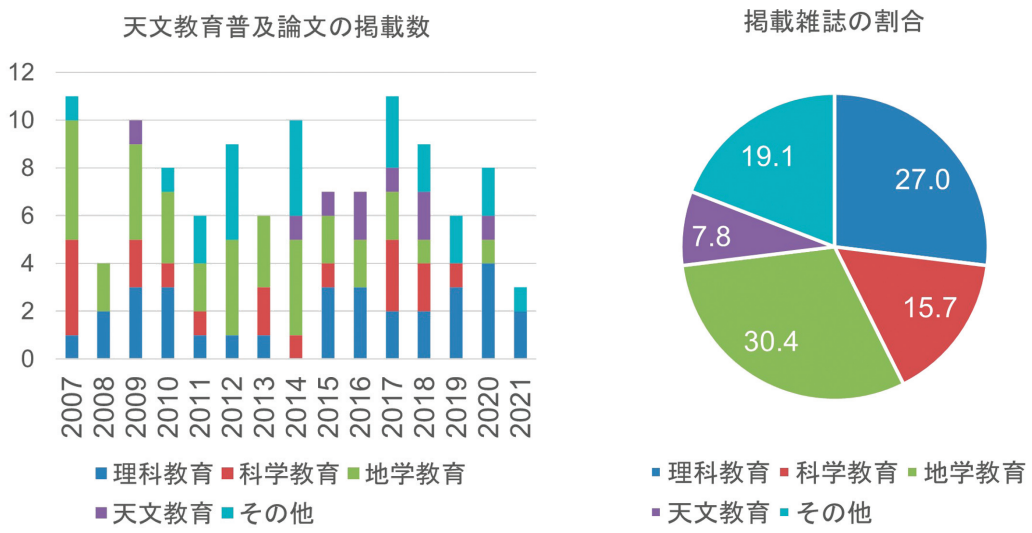

図 1　査読付き天文教育普及論文の掲載数とその割合
左図では過去 15 年間の推移を示す．右図は過去 15 年間の出版履歴に基づく割合を示す．

が小さいにも関わらず，そのコミュニティが更に細分化され，相互のコミュニケーションが取れていない可能性が危惧される．このような危惧が現実に起きているかを判断するため，客観的指標により相互参照性の悪さが明らかとなれば,学術コミュニティとして対策を考える材料となるだろう．個別の論文の評価に立ち戻ることなく，多くの論文を統計的に扱う指標を作り，その変遷を追っていけば,学術コミュニティの論文相互参照性の点でのモニタリングにも使える可能性が考えられる．

そこで，本研究では「天文教育普及分野で出版される査読付き学術論文がどのように相互参照されているのか」を調査するための定量的な指標を提案する．そして,「どのような学術雑誌が当該分野に高いインパクトを与えているのか」を明らかにする．そのために計量書誌学の手法を用いる．先述の通り，天文教育普及分野では中核的雑誌が存在せず，かつ複数雑誌に掲載される論文を検索するデータベース環境が未整備となっている．適切な検索環境がない場合，学術論文はどの程度相互参照されるのか疑問が生じる．そして環境の不備は「車輪の再発明」の危険性に繋がる可能性も議論の必要がある．第 2 章では本研究で用いる分析手法を紹介し，天文教育普及分野における査読付き論文に適用した結果を紹介する．第 3 章では結果を吟味するとともに，現在の当該分野における相互参照性向上に関する問題を議論する．第 4 章では結論を述べる．

2. 天文教育普及論文が掲載される学術雑誌のインパクト

ここでは天文教育普及論文の相互参照性について引用-被引用関係を用いて定量的に評価するため，各雑誌に掲載された論文の引用文献を調査する．発行元の学術団体とは別の機関の雑誌からも積極的に先行研究が引用されていれば，相互参照性は十分に確保されていると考えてよいだろう．逆に，引用文献の出典が一部の雑誌のみに偏っていれば，相互参照がなされていないことの傍証となる．ここではまず天文教育普及に関する論文が比較的多く掲載されている雑誌について，引用-被引用の関係を調べた．調査対象としたのは掲載数の多い主要雑誌 3 誌（「理科教育学研究」,「科学教育研究」,「地学教育」）に加え，誌名に天文教育を冠する「天文教育」である．加えて，周辺分野であるものの関連論文が掲載される雑誌として「教育工学会論文誌」,「物理教育」,「科学技術コミュニケーション」の 3 誌を「その他」というカテゴリにまとめたものに対しても調査を行った．周辺分野の雑誌としては，過去 15 年で概ね 5 本以上の天文教育普及論文が掲載されているものを選んだ（鴈野 他 2017）．

調査は 2022 年 1 月に web 上で調査を行い，web 公開されていないものについては紙媒体で出版されたものを調査した．調査は 2007 年～2021 年発行（出版日ベース）の雑誌より査読付き論文を収集した．同じ誌面であっても，査読付きでない記事は除いた．査読があったとしても，紀要や学会発表集録とわかるものは除外した．また，天文教育普及と関連しうるものの，引用-被引用関係の薄い天文学史や天文考古学関係の論文はここでは除外した．同時に，引用された文献の中から査読有りのものをカウントした．査読無しの文献の中にも重要性の高いものも多くあることは否定しない．しかし，その数は膨大であり，かつ出典を確認できないものも多いため，当面の指標作成を目指す本調査では除外した．査読作業は学術分野の進展の差分を示すものであり，査読論文を共有する集団をコミュニティの単位として採用することは，科学活動を記録する上で有用であることが指摘されている（藤垣 2004）．将来的には査読無しの文献についても調査を行うことも有用と考えられる．

各誌の引用-被引用関係を表 1 に示す．この表では 2007 年から 2021 年の 15 年間に出版された査読付き学術論文の 115 本の中で，ある雑誌 i の掲載論文が雑誌 j で引用された回数を示している．表 1 によれば，地学教育に掲載された査読付き論文が 15 年間で総計のべ 138 回，理科教育学研究の論文がのべ 124 回引用されており，この 2 誌の論文の被引用回数が他誌に比べて多いことがわかる．

これに科学教育研究ののべ 92 回が続く．しかし，このような引用回数はバイアスがあることが知られている．一般的に歴史が古く，過去から多くの論文を掲載してきた雑誌や規模の大きい雑誌からは，それだけ多くの論文が引用される傾向がある．従って，単純な引用数だけで較べると，どの雑誌がどれだけのインパクトを残しているかを正確に把握することができないことが知られている（角田 他 2006）．そこで，各雑誌が当該分野でどれだけ参照され，どれだけのインパクトを与えているかを，バイアスを除いて評価するための指標として多くの手法が提案されている（根岸 1999; 清水 2009 など）．その中で，雑誌同士の相互参照の程度を示す手法として，有向グラフ理論に基づいた計算手法が Pinski & Narin（1976）により提案され，後に Shirabe & Fujigaki（2000）により改良されたものが，信頼度の高いもののひとつとして使われている．これらの手法では，より影響力がある論文誌から引用されると，引用された論文誌の影響力が増すような数値指標として，contribution という指標を用いる．

表 1　天文教育普及論文における引用–被引用の関係

		引用する雑誌（j）				
		理科教育学研究	科学教育研究	地学教育	天文教育	その他
引用される雑誌（i）	理科教育学研究	80	23	9	5	7
	科学教育研究	40	30	2	1	19
	地学教育	48	15	62	2	11
	天文教育	2	0	0	1	2
	その他	7	10	0	0	36

ある雑誌 i の contribution（R_i）は以下の式により定義される：

$$R_i=\sum_{j=1}^{n}a_{ij}R_j. \qquad (1)$$

ここで，a_{ij} は規格化された influence weight と呼ばれる量（行列）で，

$$a_{ij}=\frac{C_{ij}}{\sum_{k=1}^{n}C_{kj}} \qquad (2)$$

により与えられる．C_{ij} は雑誌 i から雑誌 j に引用された回数である．ただし contribution は，$\sum_{i=1}^{n}R_i=1$ となるような規格化を行う．式（1）はベクトル R に対する固有値問題となっており，これを解くことにより contribution を求めることができる．この contribution により，ある雑誌（とそこに掲載されている論文）が，その学問領域でどれだけの「貢献」をしているか，どれだけのインパクトを与えているのかの尺度とすることができる（角田 他 2006）．これを天文教育普及分野に当てはめるため，主要誌と周辺分野について引用–被引用関係を調べた表 1 の結果を用いる．

表 1 に示された数値が，式（2）で用いる行列 C_{ij} の各要素となる．これをもとに，式（1）を固有値問題

$$[a_{ij}]\begin{pmatrix}R_1\\ \vdots\\ R_5\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}R_1\\ \vdots\\ R_5\end{pmatrix} \qquad (3)$$

と考えて解くことで求めた contribution を表 2 に示す．

表 2　主要雑誌のインパクトの大きさを示す contribution の値

	理科教育学研究	科学教育研究	地学教育	天文教育	その他
Contribution R	0.2175	0.1274	0.6068	0.0004	0.0479

表 2 よりあきらかな通り，天文教育普及分野においては，「地学教育」が最大の contribution を示している．論文数および被引用数でみると「地学教育」と「理科教育学研究」では大きな差はないが，contribution の値を見ると「地学教育」の方がかなり高くなっていることがわかる（図 2 も参照）．つまり，「地学教育」に掲載された論文は被引用回数が多いだけでなく，幅広い雑誌に引用されている．一方で，「地学教育」は同誌からの引用が 8 割以上（62/73）を占め，他誌からの引用が少ない．結果として，他の主要誌である「理科教育学研究」および「科学教育研究」は，「地学教育」と比べ，被引用数の差以上に contribution がかなり低くなっている．

論文の相互参照の傾向を示すのが，式（2）で定義された influence weight と呼ばれる量である．この influence weight は，ある雑誌 j の引用論文中で雑誌 i のものが占める割合を表している．これを有向グラフで表したものが図 2 である．influence weight を見ることにより，ある雑誌（に投稿する著者）がどの程度，他誌の論文にまで目配りしているかを推測できると期待できる．

例として「理科教育学研究」について考える．「理科教育学研究」に掲載された論文中の引用文献のうち，ここで考えている 4 誌 1 群からの引用を見ると，そのうちの 45％は同誌掲載のものとなっている．その他，「地学教育」からが 27％，「科学教育研究」からが 23％となっている．逆に「理科教育学研究」に掲載された論文は，「科学教育研究」における引用文献の 29％，「地学教育」の引用文献の 12％を占める．

別の例として「地学教育」を考えると，当誌掲載論文は「理科教育学研究」，「科学教育研究」における引用文献のそれぞれ 1/4 程度を占めており，地学教育学会以外の学術団体参加者からある程度参照されている．このことは，「地学教育」の contribution が最も高いことからも伺い知れる．一方，「地学教育」に掲載される論文で引用されている論文の大半は，同じく「地学教育」掲載ものとなっており，その割合は 85％にもなる．つまり，「地学教育」は他団体からは広く読まれている一方，「地学教育」に研究成果を掲載する著者は「地学教育」以外の雑誌をあまり参照していないという非対称性が存在する．

このような非対称性は雑誌ごとの引用傾向の違いによる可能性も考えられる．そこで，各雑誌に掲載された論文の引用数平均を調べた．結果を表 3 に示す．表 3 を見ると，「地学教育」掲載論文は，他の雑誌の論文に較べ引用文献数が少なく，他の雑誌の掲載論文まで目配りできていない可能性も考えられる．しかし，平均引用数の差は大きくはなく，有意とまではいえなかった（$p=0.011$）．

次に，比較的論文掲載数の少ない「天文教育」と「その他」の雑誌群を考える．「天文教育」は学校教育だけでなく，広く天文普及・天文コミュニケーションを扱う雑誌である．また「その他」に含まれる雑誌群は，必ずしも天文教育・科学教育を中心課題としては扱わない周辺分野の雑誌といえる．興味深い点としては，「その他」の雑誌群では，「その他」からの自己引用が最も多いが，主要誌の中では「科学教育研究」が最もよく参照され，その influence factor は 0.25 にもなる．このことから，周辺分野の研究コミュニティからは「科学教育研究」が最も読まれやすくなっていることが見て取れる．逆に，「理科教育学研究」や「天文教育」は周辺分野からはほとんど引用されていない．

ここでは，あくまで引用–被引用関係という表に出ている情報のみを頼りにして各雑誌間の相互

参照性を評価している．しかし，実際には引用されていない論文には，読まれたものの引用不要と判断されたものと，実際に読まれていないものが混在している．図２では，そのような個別の論文の状況については一切考慮せず，全論文について規格化を行っている．従って，contribution の低さだけを持って，参照性が低いとは必ずしも言い切れないものの，「どの論文からどの論文に目が向いているか」を有向グラフの形で示すことができる．これにより，自己引用率の高さなど，雑誌の特性をある程度見ることができることから，雑誌間の相互参照性に対していくらかの示唆は得られるだろう．

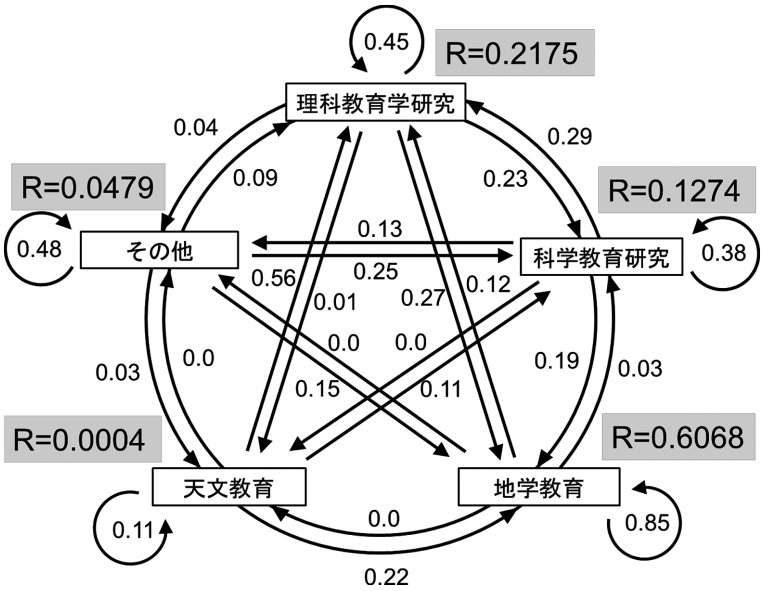

図２　各雑誌の influence weight と contribution
ある雑誌 i から雑誌 j への引用の度合いを示す influence weight を矢印と数値で示す．各雑誌の contribution は網掛けの数値で示している

表３　各雑誌の平均引用文献数

	理科教育学研究	科学教育研究	地学教育	天文教育	その他
平均引用数	18.9	19.5	12.1	14.4	11.8
標準偏差	14.6	8.5	6.7	5.6	7.3

3. 議論

表２に示した contribution の値，または図２に示した相互参照の関係図から，「地学教育」のように広く引用され，当該分野の中で大きな影響を持っている雑誌がある一方，「天文教育」や「その他」の論文誌群に含まれる周辺領域の論文のように，他の雑誌からはあまり引用されておらず，contribution の低い雑誌もあることが定量的に明らかとなった．このことは，これらの雑誌に掲載された論文が必ずしも質が低いわけではない．例えばその他のカテゴリに含まれている「日本教育工学会論文誌」掲載の天文教育論文の中には，その学術団体で年間論文賞を受賞したような評価の高い論文も含まれている（瀬戸崎 他 2016）．これは，この分野の論文データベースがないことによる相互

参照性の悪さを示す一面といえる．相互参照性の悪さは，当該コミュニティが学術的知見を共有するジャーナル共同体（藤垣 2004）として未だ成熟していないということを意味するかも知れない．このような相互参照性をモニターしていくことは，この点でのコミュニティの成熟度の指標としても使える可能性がある．このような定量的指標作成の一つの試みが本研究における提案となっている．

自身のフィールドに近い分野の研究動向に目を光らせることは，コミュニティとして研究を効率的に進め，かつ意図せぬ不正を防ぐ意味でも重要である．Tomita et al.（2021）は 2007 年から 2019 年の間に出版された天文教育普及分野の査読付き学術論文を詳細に分析し，その多くが月および金星の満ち欠けを含む太陽系内天体の運動の理解に関するものであることを明らかにした．この傾向は世界的に見ても同様である．よく研究されている内容であるが，発表する学術誌によって相互参照性が低くなっていると「車輪の再発明」に繋がりやすい状況と言えよう．このような事態を避けるためにも，論文の相互参照性を向上し，コミュニティ内や周辺領域における研究動向を常に把握しておくことは重要である．一方，Tomita et al.（2021）では高校生以降の学習内容についての教育研究や，普及・アウトリーチに関しての実践研究などは非常に少ないことも明らかにしている．このことは，高等教育や普及・アウトリーチ分野で論文発表の文化が根付いていないことを示唆している．今回の調査対象としている「天文教育」から発表される査読付き論文が少ないのも，当誌を発行する天文教育普及研究会の参加者に普及・アウトリーチ関係者が多いことと関係するかもしれない．教育よりも普及・アウトリーチ関連の方が論文として発表しにくい現状において，多くの論文が互いに参照されやすい環境が構築されれば，アウトリーチの実践も論文として発表する動機が高まることも期待される．

天文教育普及分野の研究活動を効率化するためには論文の相互参照性を向上させることが重要である．そのためには，上記で紹介した arXiv のようなプレプリントサーバを用意するか，天文学分野における ADS のような天文教育に特化した検索エンジンを用意することがひとつの解と考えられる．日本の学術団体により発行されている雑誌の多くは J-STAGE のような検索エンジンで検索が可能である．しかし，J-STAGE は特定の雑誌の掲載論文や，指定したキーワードを含む文献の検索には適しているが，キーワードが合致していないと検索にかからないことも多い（例えば，「金星の満ち欠け」について検索しても「惑星の運行」に関係する論文は検索できない）．また，天文教育普及分野以外の膨大な学術分野の中から目当てのテーマに関する論文を探し出すことは簡単ではない．天文教育分野における arXiv のような著者自身が登録するアーカイブシステムを構築することを検討すべきだろう．さらに，検索エンジンのように読者が情報を捜すプル型の情報共有でなく，読者に新着論文の情報を積極的に配信するプッシュ型の情報共有システムを検討すべきと考えられる．しかし，そのような環境は一朝一夕にできるものではなく，多額の予算やマンパワーが必要となる．

上記目的を達成するため，複数の雑誌を定期的にチェックし，出版された天文教育普及論文のデータを収集・リスト化し，公開する試みがなされている（鴈野 他 2017, Tomita et al. 2021）．天文学の分野でも，web 上での検索サイトやプレプリントサーバが普及する以前には，特定の研究分野に関して重要論文リストをまとめた年報などが発行されていた（例として Burkhardt et al. 1998, Verter 1990 など）．天文教育普及分野をはじめとする科学教育分野にあっても，現在はこの段階を昇っている，と自己評価することできるかもしれない．さらに，日本の中で車輪の再発明を回避したとしても，日本国外の実践と研究の中で，相互参照性をどう向上すべきかという問題も残っている．天文学研究者の国際団体である国際天文学連合の教育に関する作業部会では，天文教育に関する論文のデータベースを試行的に運用しはじめている[6]．しかし，教育普及活動はそれぞれの母語や文化

に基いて実践されるものであり，言語の違いや教育制度の違いをどう乗り越えるかは大きな課題である．

ここでは天文教育普及分野に限って調査を行ってきた．しかし，広義の科学コミュニケーション分野，そしてさらには他分野であっても論文データベースが十分整備されていないと相互参照性の低下という問題が生じている可能性もある．本研究で用いたような調査方法は，そのような学術分野でも問題の把握のためのツールとして同様に使えるだろう．また，このような調査を定期的に実施することで，その分野の「進化」の様子を定点観測的に追うことができるだろう．さらには，データベースの整備された分野，あるいは圧倒的な中核的雑誌が確立されている分野と比較して，相互参照性にどのような違いがあるのかなども関連する研究として考えられる．

また，教育普及に携わるコミュニティ（教員，科学コミュニケータや学芸員，キュレーターなどを含む）では，その実践報告の方法として査読付き論文が必ずしも一般的となってはいない側面もある．石村（2011）は教育普及活動の評価の難しさを指摘しており，評価の難しさが実績を示す難しさとなり，この分野での論文執筆の難しさにつながっている可能性がある．そのような困難さがあるものの，発表された論文が適正に参照されていくことで，教育普及活動が公正に評価され科学コミュニケータの立場を固めることに繋がることが期待される．論文として成果をまとめ，査読を経てブラッシュアップすることで，おろそかとなりがちであった教育普及活動の省察の場を確保することにも繋がることも期待できる（有賀 他 2013）．発表論文が効果的に分野内で共有される環境があれば，教育普及コミュニティの査読論文発表もより促されることになるだろう．

4. まとめ

本研究では教育普及活動に関する論文の相互参照性の現状を評価するため，十分に論文データベースが整備されていない天文教育普及分野を例に，雑誌間の参照関係を書誌学的手法により計量的に調査した．結果，天文教育コミュニティ内ではある程度の相互参照性が確保されているものの，周辺分野まで含めた相互参照性は十分とはいえないことが示された．また，インパクトの大きな雑誌同士であっても，その引用-被引用関係は非対称的となっている状況が明らかになった．さらに，周辺分野の研究者にまで届いている雑誌も一部に限られることが示唆された．

教育普及活動を論文として公表していく上で，論文誌の相互参照性がよくないと正しい評価に繋がらなかったり，似たような活動が別の場所で新規成果として扱われてしまったりする危険性がある．教育普及論文の相互参照性向上には論文データベースの整備が必要と思われる．この方向性は，他分野におけるデータベース整備と相互参照性の関係の調査や，データベース整備に伴う同分野での経年変化を見ることで確認されるべきであろう．

謝辞

本稿執筆にあたっては，縣秀彦氏，松本直記氏，寺薗淳也氏との議論が大変参考となった．感謝申し上げる．

注

1）「教育」という言葉を持って，アウトリーチや広報，様々な非正規教育までも含む場合もあるが，天文学に関する教育やアウトリーチ業界では，「天文教育普及」という言葉を持ってこれらの領域全体を表す場合が多い．ここでも天文教育普及と記すことで，天文学に関する科学コミュニケーション全般を包含するものとする．

2）「天文教育」誌は査読付き学術論文の掲載もあるが，査読を経ない実践報告やアイデアの共有が中心の雑誌であり，当該分野における査読付き学術論文掲載の中心的な学術誌とはなっていない．
3）さらにいえば，天文教育普及分野の論文は「理科教育学研究」の中での 6 %，「地学教育」の中でも 21% にとどまる．これらの雑誌は，決して天文教育に関する論文掲載が主となる雑誌ではない．
4）例えば小学生を対象とした月の満ち欠けに関する理解を促進する教材開発についての論文は少なくとも 5 誌に掲載されている．
5）arXiv は投稿した論文を著者自身が登録し，公表するためのプレプリントサーバである．一方，iNSPIRE や ADS は物理学・天文学分野に特化して出版された論文を検索するシステムである．
6）iSTAR – International STudies of Astronomy education Research database　https://istardb.org/（2023 年 7 月 1 日閲覧）．

文献

arXiv preprint server: https://arxiv.org/（2023 年 7 月 1 日閲覧）.

Astrophysics Data System (ADS): https://ui.adsabs.harvard.edu/（2023 年 7 月 1 日閲覧）.

縣秀彦・鴈野重之・松本直記 2015:「学術研究としての天文教育・普及」『天文月報』108(8), 521–528.

有賀雅奈・梅本勝博 2013:「科学技術コミュニケーションにおける研究者の省察」『科学技術コミュニケーション』14, 3–12.

Burkhardt G. et al. 1998: “Astronomy and Astrophysics Abstracts Literature 1997” Springer-Verlag.

藤垣裕子 2004:「ジャーナル共同体におけるレビュー誌の役割」『情報の科学と技術』54(3), 102–108.

林隆之・富澤宏之 2007:「日本の研究パフォーマンスと研究実施構造の変遷」『大学評価・学位研究』5(3), 55–73.

INSPIRE: https://inspirehep.net/（2023 年 7 月 1 日閲覧）.

石村源生 2011:「科学技術コミュニケーション実践の評価手法: 評価の一般的定義と体系化の試み」『科学技術コミュニケーション』10, 33–49.

J-STAGE: https://www.jstage.jst.go.jp/browse/-char/ja（2023 年 7 月 1 日閲覧）.

鴈野重之・縣秀彦・富田晃彦・松本直記・寺薗淳也 2017:「天文教育論文アーカイブ ～2011–2016～」『天文教育』. 29(2), 42–49.

水島昇 2021:『科学を育む査読の技法』羊土社.

根岸正光 1999:「研究評価とビブリオメトリックス（研究評価の方法論）」『情報の科学と技術』49(11), 544–549.

Pinski G. & Narin F. 1976: “Citation Influence for Journal Aggregates of Scientific Publications: Theory, with Aoolication to the Literature of Physics” *Information Processing and Management*. 12, 297–312.

瀬戸崎典夫・鈴木滉平・岩崎勤・森田裕介 2016:「タンジブル天体学習用 AR 教材の開発および協調学習における有用性の評価」『日本教育工学会論文誌』40(4), 253–263.

清水毅志 2009:「研究活動に対する客観的かつ定量的な評価指標」『情報管理』52(8), 464–474.

Shirabe M. & Fujigaki Y. 2000: “The Introduction of Economic Methods to Scientometrics: The Citing-Cited Table and the Autopoietic Systems of Citations” *Scientometrics,* 47(8), 117–130.

Tomita A., Agata H., Karino S., Matsumoto N. & Terazono J. 2021: “An Analysis of Peer-Reviewed Papers on Astronomy Education Published From 2007 to 2019 in Japan” *Astronomy Education Conference - Bridging Research & Practice, The Proceedings of the AstroEdu Conference 2019*, 46–53.

角田裕之・小野寺夏生 2006:「論文と研究者のインパクトに対する新しい計量書誌学的指標—論文引用グラフの固有ベクトル解析—」『情報メディア研究』5(1), 1–20.

Verter F. 1990: “CO Observations of Galaxies 1985–1990” *Publications of the Astronomical Society of the Pacific* 102, 1281–1300.