材料科学学術雑誌のメトリクス分析による Materials Transactions のベンチマーキング

武田浩太郎¹ ハンゼンマーク² 池ノ上芳章¹ 長坂 徹也¹

¹ 東北大学大学院工学研究科工学系研究企画室

² 東北大学研究推進・支援機構 URA センター

J. Japan Inst. Met. Mater. Vol. 85, No. 6 (2021), pp. 229-238

© 2021 The Japan Institute of Metals and Materials

Bibliometric Analysis of Academic Journals in the Area of Materials Science and Engineering for the Benchmarking of Materials Transactions

Kotaro Takeda¹, Marc Hansen², Yoshiaki Ikenoue¹ and Tetsuya Nagasaka¹

¹ Office of Research Strategy, Graduate School of Engineering, Tohoku University, Sendai 980-7579

² University Research Administration Center, Organization for Research Promotion, Tohoku University, Sendai 980-8577

Bibliometric analysis has been conducted against eight representative academic journals, Materials Transactions, Acta Materialia, Scripta Materialia, Journal of Alloys and Compounds, Metallurgical and Materials Transactions A, Materials Science and Engineering A, ISIJ International and Science and Technology of Advanced Materials in order to make clear and benchmark the current status of Materials Transactions in the area of materials science and engineering. The status of each journal has been analyzed and comprehensively discussed based on the annual trend of number of published papers, citation per paper, journal impact factor, number and country affiliations of authors, rate of zero-citation articles and so forth.

The major conclusions are as following: (1) the decrease in zero-citation articles in Material Transactions and ISIJ International is very slower against passed time than other six journals, and thus approximately 3 % of papers in Material Transactions published in 2004 remain uncited. One of the reasons of this observed trend may be poor self-citation by the authors themselves. (2) The average number of references per paper in Material Transactions and ISIJ International is 28, which is less than 40 in the other six journals. (3) The most of the references are generally cited in the introductory part in order to review the previous related works, explain the originality of their research. These results suggest that the coverage of previous papers and the claim of the expected impact given by their research may be insufficient and thus give a negative effect on the citation for Material Transactions. [[doi:10.2320/jinstmet.J2021003](https://doi.org/10.2320/jinstmet.J2021003)]

(Received January 20, 2021; Accepted March 16, 2021; Published April 23, 2021)

Keywords: journal status, Materials Transactions, bibliometrics, citation, zero-citation, number of references per paper

1. 緒 言

大学ランキングや研究力評価など、大学機関などにおける教育・研究活動の成果が様々な形で定量的に測られ、格付けされる時代になってきている^{1,2)}。文部科学省科学技術・学術政策研究所(NISTEP)の科学技術・学術基盤調査研究室は、約 170 の指標に基づいて日本および主要国の科学技術活動状況を調査し、2020 年 8 月に「科学技術指標 2020」として取りまとめた結果を公表している³⁾。この中で、主要指標として論文数および注目度の高い論文数が増えられており、我が国はいずれも中国をはじめとする科学技術新興国の台頭によって、順位を下げていることが示されている。今日では学術原著論文は様々な指標でその研究成果がもたらすインパクトの強さが評価されている。論文インパクトの測定・定量法、すなわちメトリクスについては現在も活発な検討がなされているが⁴⁻⁶⁾、現状で最もよく用いられる典型的な指標が被引用数である。

研究成果は、学術雑誌に投稿され、厳しい査読で新規性、

進歩性、有用性を認められて初めて原著論文として世に出される。その論文の知見が有益で波及効果が大いほど、研究者コミュニティは後続研究においてしばしばその論文を引用する。論文のインパクトが期待通りであるなら、その論文の被引用数は着実に上がっていくことになる。最近では、電子学術雑誌の閲覧・ダウンロード回数や Altmetrics と呼ばれる SMS などのソーシャルメディアでの引用回数^{7,8)}なども、その論文に記載された研究成果がもたらすインパクトを示す指標の 1 つとして捉えられている。

多くの論文や報告書などで指摘されているように、学術論文の価値が 1 つの指標で評価できるはずもなく、近年では論文自身のみならず、学術雑誌、研究分野そのものを多角的なメトリクスに基づいて論じる研究が盛んになってきた⁹⁻¹⁵⁾。すなわち、論文被引用数は論文の質を表す絶対的な指標ではないが、その論文の知見を利用した研究者数が多いという点でインパクトの一面を定量的に表していることは間違いなく、このようなわかりやすい尺度が一助となり、被引用数に基づいた学術論文や学術雑誌の評価が社会的にも大きな注目を集めるようになってきた。また、近年では、テキストマイ

ニングを用いた学術誌の内容分析や計量的分析から、当該分野における研究動向や研究分野間の関係性について明らかにしようとする試みも行われている。例えば、佐久嶋ら¹⁶⁾は、日本神経学会誌「臨床神経学」における論文タイトル頻出語分析から、医学研究の動向の変遷や時代背景について明らかにした。佐々木¹⁷⁾は、心理学会機関誌 7 誌の論文タイトルの傾向分析から、各学会誌の特徴、学会誌間の関係、テーマやタイトルの変遷や、研究関連語のスタイルの変遷について明らかにした。堤ら¹⁸⁾は日本社会学会・日本教育社会学会・日本教育学会の機関誌である 3 誌に発表された論文を対象に頻出語の類似度分析を行い、社会学・教育社会学・教育学の学問間の位置関係を明らかにしている。さらに、このような分野間の諸条件の違いを平準化した被引用度指数として、FWCI(Field-Weighted Citation Impact)が用いられることも多くなってきている。

研究成果の価値は個々の論文に帰属するものであるが、研究活動が活発で注目度が高い分野の学術雑誌には、それだけ注目度が高い論文が集まりやすくなり、結果的に当該学術雑誌のステータスが上がることになる。このような学術雑誌のステータスは、いわゆるインパクトファクター(IF)で一般的に測ることができる。高 IF 誌は、俗に higher journal と呼ばれ、Nature, Science などはその代表格である。各学術雑誌の編集関係者は IF を高めようと努力し、研究者は自らの研究成果を高 IF 誌に載せようと励むのが一般的であり、双方の努力による正のスパイラルが理想的である。

学術誌の IF は、基本的に掲載された論文の平均被引用数とみなすことができる。その値に影響する要因は多数あるが、当該学術分野の研究者人口や慣習が強く影響する。材料科学は、長らく日本が世界をリードしてきた研究分野であり、特に金属材料の研究成果の発信に関して、日本金属学会の英文論文誌である Materials Transactions が果たしてきた役割は大きい。しかしながら、我が国から発表される研究論文の様々な指標は、幾つかの例外分野を除き、いずれも停滞傾向を示している^{1-3,13,14)}。材料科学は残念ながら例外分野とはいえない。

このことが端的に現れていることの 1 つが、国内英文学術雑誌のステータスの伸び悩みである。例えば、海外の同分野の英文誌と比較して、収録論文の被引用数が低いことが指摘されてきた¹⁴⁾。多くの分野の学術雑誌を扱っている大手出版社や計量書誌学の専門家によって、様々な形で各学術雑誌のステータスが公表されているが¹⁹⁻²¹⁾、分野間の事情の違いを考慮しても、我が国の学術誌が苦戦していることは明瞭に見て取れる。NISTEP では、データベースと分析ツールを駆使し、複数のメトリクスで国内外の学術誌を分析・評価している。そこでは様々な指摘がなされているが¹⁻³⁾、特定誌について原因を深く検討した例は少なく、材料系の国内学術誌に特化した分析例は、山口¹⁴⁾や谷藤¹⁵⁾の報告を除いてほぼ見当たらない。

そこで本稿では、国内英文誌のステータスが伸び悩む原因分析を行うために、我が国が未だ強みを発揮している材料科学分野に焦点を当て、その代表的学術雑誌である Materials Transactions について学術雑誌メトリクス分析を行い、材料

科学分野における学術誌のベンチマーキングを行うと共に、今後取り得る方策について検討した。

2. 分析方法

2.1 分析対象学術雑誌の選択

材料科学は広範な分野であり、材料関連の国内学会誌は 60 誌、うち英文誌は約 30 誌あるが、本研究では、掲載論文数、IF、歴史、出版者の観点などから、Materials Transactions (MATR)と比較検討・ベンチマーキングを行うための同分野国内英文誌として、ISIJ International (ISIJ)、Science and Technology of Advanced Materials (STAM) の 2 誌を取り上げた。ISIJ International は鉄鋼に特化した材料科学専門誌であり、歴史も古い。かつては和文論文誌「鉄と鋼」の論文が海外でも多く引用され、鉄鋼先進国の担い手として日本金属学会論文誌と共に世界をリードした経緯がある。最近では、鉄鋼のみならず、チタンやスーパーアロイなど、先進材料についての論文掲載も少なくない。STAM は 2000 年に創刊された材料科学分野を広く網羅する隔月刊学術雑誌であり、オープンアクセス化が進んでいること、レビュー論文を重視していることなどが前 2 誌とは大きく異なる点である。編集機関として、物質・材料研究機構に加え、2014 年よりスイス連邦材料研究所 (EMPA) も参画しており、国際誌とも言える学術誌であるが、本研究では国内誌と位置付けることにする。

これら国内 3 誌との比較対象として、冶金・鉄鋼・合金分野における代表的海外英文誌 5 誌を加え、計 8 誌のステータスについて比較分析を行った。これら 8 誌の基本情報を Table 1 に示す。Acta Materialia (ACMA)、Scripta Materialia (SCMA)、Metallurgical and Materials Transactions A (MMTA)、Materials Science and Engineering A (MSEA) の 4 誌は、いずれも同分野において歴史が古く、また、後述するように、対象とするトピックが MATR と似通っているため、ベンチマーキングの検討対象として適切であると考えた。Journal of Alloys and Compounds (JALC) は、編集方針を転換して応用研究に重点化した経緯があり、ステータス分析対象としては非常に興味深い学術誌である。なお、以下本論文では、各学術雑誌を Table 1 に記載した略称で示すことにする。

2.2 分析対象学術誌の特徴

メトリクス分析結果を考察する上で、各誌と学会組織との関係は重要なポイントであると思われる。本論文では、発行者が学会組織、出版社もしくは研究者集団のいずれかで各誌を区分することにした。MATR と ISIJ は、それぞれ(公社)日本金属学会と(一社)日本鉄鋼協会の会誌という位置づけであるため、発行者は学会組織である。STAM は、創刊時の母体は国内の 14 の材料系学協会による日本材料工学連合会であるが、実際の運営は連合会員の有志に支えられていた経緯があるため²⁰⁾、発行者は研究者集団であるとした。同様に、海外誌のうち、MMTA は ASM International (米国金属学会、元 American Society for Metals) および The Minerals, Metals & Materials Society (米国材料学会)が発行者であるため、学会ベースでの出版である。ACMA, SCMA, MSEA および

JALC は、創刊や運営について関連学会・団体からの支援を受けているものの、特定の学会組織の会報ではないため、研究者集団による発行とした。

各誌の掲載論文総数については、直近 2019 年では大きな違いがあり、最多の JALC と最少の STAM では 50 倍強の差がある。2019 年におけるレビュー論文率は、STAM が 25% と最大で、残り 6 誌はいずれも数% 未満である。2019 年におけるオープンアクセス比率は、J-STAGE(科学技術情報発信・流通総合システム)とデータ連携している国内 3 誌は、発表された論文がデータベースに収録されるまでの時間差はあるものの、ほぼ 100% となっている一方、海外 5 誌は、数%~14% に留まる。2019 年における 1 報当たりの被引用数(Citation Per Paper, CPP)は、海外誌では、海外 5 誌と STAM が 4-6 報台を示す一方、MATR と ISIJ は 1 報となっている。

2.3 メトリクス分析対象項目

分析対象 8 誌の全掲載論文のうち、材料科学分野全体における上位 5 つの研究トピックを論じた論文割合分布を各誌毎に示したものが Fig. 1 である。元来、材料科学は広範な研究

トピックを持つ分野であり、各誌の特徴が明瞭に表れている。例えば Microstructure, Steel, Austenite については、全 8 誌においてそれぞれ 5-16% 程度の割合を占める。一方、Photocatalysis, Photocatalysts, Solar Cells については、JALC における占有率 86% が他の 7 誌の 0.1-3% 程度のそれと比べて非常に大きく、JALC の応用研究の成果を重視する出版方針が窺える。

このような特徴を持つ各誌について、

1. 各年の掲載論文数とその種類内訳(レギュラー・アーティクル, レビュー論文, ノート, コミュニケーションなど)
2. 各掲載論文のキーワード, ページ数, 引用文献数
3. 各掲載論文の著者数および著者の所属構成
4. 各掲載論文のその後の被引用数

の 4 つの指標について、Scopus(データ固定日: 2020 年 9 月 16-18 日)より情報を抽出し、エルゼビア社が提供する研究分析ツールの SciVal およびプログラミング言語の Python を用いて分析・可視化を行った。分析対象年は 2004-2020 年の 16 年間とした。

Table 1 The characteristics of the eight journals.

Journal title	Abbreviation in this paper	First issue year	Publisher	Type of publisher	IF (2019)	CiteScore (2019)	h-index (2019)	Citation Per Paper (2019)	Ratio of review paper (2019)	Ratio of open access paper (2019)
Acta Materialia	ACMA	1953	Acta Materialia Inc./Elsevier	Researchers group	7.656	13.8	275	6.5	0	12
Scripta Materialia	SCMA	1967	Acta Materialia Inc./Elsevier	Researchers group	5.079	8.5	185	5.1	0	6
Journal of Alloys and Compounds	JALC	1958	Elsevier	Researchers group	4.650	7.6	160	5.8	1.2	2
Metallurgical and Materials Transactions A	MMTA	1970	Springer/TMS, ASM International	Academic society	2.050	3.9	146	1.7	0.4	14
Materials Science and Engineering A	MSEA	1988	Elsevier	Researchers group	4.652	8.0	222	4.4	0.1	4
Science and Technology of Advanced Materials	STAM	2000	Taylor & Francis/NIMS, Empa	Researchers group	5.866	6.9	87	5.4	25.3	100
ISIJ International	ISIJ	1961	The Iron and Steel Institute of Japan	Academic society	1.405	2.7	103	1.0	1.7	98
Materials Transactions	MATR	1960	The Japan Institute of Metals and Materials	Academic society	0.731	1.4	97	1.1	2.9	100

Fig. 1 Logarithmic radar chart of the share of top 5 topics in the eight journals.

3. 分析結果

3.1 掲載総論文数

Fig. 2 は、8 誌それぞれにおける総論文数の経年変化を示したものである。掲載総論文数は、これら 8 誌の中では JALC が他誌を圧倒しており、直近では年間 5000 報に上ろうとしている。JALC は、1958 年に創刊された Journal of the Less-Common Metals が 1991 年に改編されたものであり、学術誌の目的と掲載トピック範囲を拡大したことが奏功していると考えられる。その他の学術雑誌の掲載総論文数では、JALC に次いで MSEA が約 1500 報の規模であり、ACMA は 730 報、SCMA と MMTA は同程度で約 550 報の掲載数である。これに対して国内 3 誌は掲載数が海外誌より少なく、MATR と ISIJ は 350-300 報の範囲であり、STAM は隔月刊誌であることに加え、レビュー論文を多く掲載しているため、MATR と ISIJ の約 1/3 の規模である。

年間掲載総論文数の経年変化を見ると、JALC が 2005 年頃から年平均 250 報以上という非常に高い増加率を示しており、JALC に次ぐ約 11 報/年の ACMA での増加率より 1 桁以上高い値である。SCMA、MSEA、MMTA、ISIJ、STAM では、掲載総論文数の変化は小さく、大略一定とみなすこと

ができる。他方、MATR は直近ではやや増加傾向がみられるものの、2004 年以降の掲載総論文数は減少傾向が続いており、2004 年では 591 報であったが、2019 年では 357 報まで減少している。

3.2 著者構成

8 誌における 1 報当たりの著者数の推移を Fig. 3 に示す。いずれの学術雑誌においても、1 報当たりの平均著者数はゆるやかな増加傾向を示しており、2004 年では 4.3-3.5 人の範囲であったものが、2019 年では 6.0-4.3 人の範囲になっている。これは、論文発表に必要な実験や解析が徐々に大規模化しており、研究グループが拡大した結果、約 15 年間で平均著者数が 1 人ほど増えることになったためだと考えられる。

1 報当たりの著者の平均国数の推移を Fig. 4 に示す。MATR と ISIJ を除く 6 誌では、1 報当たりの平均国数が微増傾向を示しており、Fig. 3 と対比して考えると、国境を越えて拡大している研究グループの成果発表が増えていることが示唆される。STAM の傾向は、ほぼ海外誌並みである。これに対して MATR と ISIJ の国内 2 誌では、ほぼ 1.1 で一定であることがわかる。すなわち、10 報のうち 1 報に 2 カ国の著者が入っている程度で、他は全て著者の国数は 1 カ国であるのが MATR と ISIJ の傾向である。

Fig. 2 Changes in number of publications in the eight journals.

Fig. 3 Changes in average number of authors in the eight journals.

Fig. 5 は、著者国数が 1 カ国の場合、2 カ国の場合、3 カ国以上の場合の 3 つの場合について、その割合の経年変化を示したものである。MATR と ISIJ を除く他の 6 誌では、論文の国際共著化は ACMA と SCMA が顕著である。他方、MATR と ISIJ のみ著者の国数が 1 カ国の場合が 90% を超えており、他誌との違いが際立っている。ただし Fig. 6(a) および Fig. 6(b) 中に示した各誌における原著論文の発表国が日本および中国の率とあわせて見るとわかるように、MATR と ISIJ ではやや状況が異なる。すなわち、MATR と ISIJ における著者国数が 1 カ国の場合は 90-93% と大差ないが、MATR では著者国が日本の割合が 80% なのに対して ISIJ では 50% と大幅に低く、逆に ISIJ では最近急増する著者国が中国の発表論文の割合が海外 4 誌並みに高い。すなわち、MATR は著者国が日本のみの論文が圧倒的に多いのに対し、ISIJ では著者国が日本もしくは中国のみの論文が大多数を占める、ということになる。世界最大の鉄鋼生産国である中国では、鉄鋼関連学術英文誌として、例えば International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials(IJM3, IF: 1.713)が存在し、国内に抱える鉄鋼研究者コミュニティの研究成果の受け皿がある。

それに関わらず、中国からの ISIJ への投稿意欲が旺盛な理由は、歴史が古い ISIJ の認知度が未だ高い、IJM3 の前身である大学機関誌としての色彩が未だ強い、IJM3 の年間掲載論文数が 200 報以下であり、旺盛な中国国内での論文発表意欲を吸収できない、などの理由が考えられる。

3.3 被引用数

Fig. 7(a)に各学術雑誌別の CPP の推移を、Fig. 7(b)には対象年の CPP をその年から 2019 年までの期間(年数)で除し平均化した値(SCCP, Standardized Citation Per Paper)を示す。当然のことながら、発表後の時間が経過するほど引用数は増えるので、一般的には本指標値は Fig. 7(a)では左上がりの変化を示すことになる。実際に、Fig. 7(a)よりわかるように、STAM を除いて大略同じ傾向が認められる。Fig. 3 に示したように、STAM は他の 7 誌と比較して収録論文数を 100 報程度と少なく抑えつつ、2005 年頃よりレビュー論文を優先したり、2008 年からはアクセスしやすくするためにオープンアクセス化を図ったりするなど²⁰⁾、戦略的な方針の下で、論文をより厳選して発行されたためと思われる。Scopus での検索結

Fig. 4 Changes in average number of author countries in the eight journals.

Fig. 5 Changes in ratio of the co-authored country type in the eight journals.

Fig. 6 Changes in ratio of original papers published from (a) Japan and (b) China in the each of seven journals. SCMA (Scripta Materialia) is omitted, because of its focus on rapid short communication.

Fig. 7 (a) Changes in citation per paper and (b) changes in citation per paper standardized with aging years from 2019.

果からは、STAMにおける被引用数上位10報のうちの8報が2007-2010年の間に発表された論文であり、うち5報がレビュー論文であることから、これらの論文がFig. 6中の2010年における被引用数の特異ピークの出現となっている。一方、2010年を除いてACMAが常に頭一つ抜けたCCPを示しているのに対し、国内誌のMATRとISIJが最も低い値となっている。

また、Fig. 7(b)からは、ACMA、SCMA、JALC、MSEAの海外4誌はSCCPのピークが論文発表直後～3年後にあり、その後はゆるやかに左下がり減少している。STAMについては、年によって差はあるものの、傾向としては前述の4誌と同じであるといえる。一方、MMTAと国内誌のMATRとISIJではSCCPに明確なピークは認められず、ほぼ横ばいのままで推移している。つまり、2004年の各誌のSCCPは、ACMAの5.1を除き、いずれも1.1-3.5程度に収斂しているものの、論文発表直後～約3年後のSCCPのピークの有無が、各誌の経年によるCCPの違いに反映されているといえる。JALCについては、2004-2007年までのCCPおよびSCCPの値とそれらの推移は、MATRおよびISIJと似ている

が、Fig. 3からわかるように、2007年以降は、2012年を除いて、発表文献数が右肩上がりで大幅に増加しており、これが論文発表直後～3年後のSCCPのピークとなって表れている。

2018年での各誌のCCPの違いは、前掲のTable 1中に示した各誌のIFの違いと基本的に等価である。ACMAとMATRの間では、IFに10.5倍の違いがある。換言すると、MATRと比較してACMAでは、掲載された論文の知見を反映させて研究を行っている研究者が10倍あり、それだけ利用価値の高い論文が多く掲載されているといえる。

3.4 ゼロ引用論文

被引用数が高い論文は、周囲からの注目度が高く、その知見が後継の論文に対して何らかの影響を及ぼす可能性が高いといえる。その論文で得られた知見を手掛かりにして、さらに高度な知見を得ようとする場合、あるいはその逆で誤りや不十分な点を指摘する場合に、その論文の引用が発生する。しかしながら後者の場合はその後も引用が続くことは考えにくく、一過性の引用に留まることが多いと思われる。これに対して、その論文の有益度が高ければ引用される機会は継続

し、結果的に被引用数は増え続けることになる。

一方、論文に掲載された内容のインパクトが低く、引用する必要がなければ引用されないのは自明である。極端な場合は、発表された論文が1度も引用されない場合である。その時点で引用回数が1回もないものを「ゼロ引用論文」と定義し、各誌におけるゼロ引用論文をカウントした。その結果を Fig. 8 に示す。当然のことながら、論文が公開された直後は、執筆から出版までのタイムラグがあることからゼロ引用論文は多い。それでも ACMA では、発表直後においても約半数である 48% の論文が、既に1度は引用されている。ゼロ引用論文は時間が経過するほど研究者コミュニティ内で認知される確率が上がるために減少し、ACMA では2018 年発表の論文ではほぼ0% になっている。これに対して MATR と ISIJ はゼロ引用論文の減少が他誌に比べて極めて緩慢である。Fig. 8 中で掲載から最も時間が経過している 2004 年発行の論文では、ISIJ においてはゼロ引用論文は消滅しているが、MATR では未だ約 3% (591 報中 18 報) が1度も引用されないままである。

多くの場合で研究者は、研究進捗の各ステージで成果を論文として発表する。研究が進み、次のステージで成果が出れば、また論文発表を行うのが常である。その場合、発表する学術雑誌が同じとは限らないが、後続論文では自らの先行論文を引用する場合がほとんどであると思われる。このような場合を自己引用と呼び、分析目的に応じて被引用数から自己引用を除外する場合もある。自己引用は、特定テーマ研究の継続性や手掛ける研究プロジェクトの手広さに比例して不可避免的に多くなると考えられるので、研究アクティビティを示すメトリクスの1つであるともいえる。このことから逆説的にいうと、ゼロ引用論文は自己引用の手がかりさえもない特異な論文であると考えられる。

小松²²⁾は、Science Citation Index: SCI(Web of Science: WoS)を用い、我が国のノーベル賞受賞者3名(物理学、医学、生理学、化学)の発表論文を例として示しながら被引用数を分析している。この中で1度も引用されていない論文の比率を零 Impact 率と定義して評価に用いており、ゼロ引用論文について国内で初めて検討された例であると思われる。さらに、SCI における日本語学術誌の論文被引用数にも着目して

分析しており、1995 年の SCI データベースによると、日本語論文 2940 報の中では、666 回の被引用があるものの、零 Impact 率は約 83% (2440 報)であったと報告している。学術誌のステータス向上のためには、ゼロ引用論文を少なくすることが、重要な鍵の1つであることは間違いない。

4. 考 察

学術誌の IF を上げることは、優れた研究者に投稿意欲を促すことになり、正のスパイラルを生む最重要点とも言える。Tahamtan ら²³⁾は、Determin*, Factor*, Effect*, Relation*, Influence*, Impact*, Predict*, Function*, Significance*, Feature*, Characteristic*, Distribution*, Increase*, Citation* といったキーワードを組み合わせた検索式を用いて、Web of Science, Scopus, PubMed, OVID Medline の4つのデータベースから2000-2015年に発表された2087報の中から198報の論文を選別し、それらの論文(トピックなど14項目)、掲載誌(IFなど4項目)、著者(人数・国籍など10項目)の3カテゴリーに関係する28項目間の相互影響度分析を行った。定量的な結果が示されるには至っていないが、掲載誌の IF は、国際共著、高い被引用数を持つ論文の存在と強く相関していることを指摘している。このことから強く示唆されるように、学術誌の IF を上げるには、Fig. 7(a)に示したような CCP を高くすることが重要である。いわゆる Top10% 論文、Top1% 論文と呼ばれるような、当該学術分野の中で最上位層の被引用数を持つ優れた論文が多数掲載されると、CCP は当然高くなり、学術誌の IF が上がることになる。しかしながら最上位層の被引用数を期待して創意工夫することはできても、それを実現することは容易なことではない。これに対してゼロ引用論文を少しでも減らすことができれば、確実に CCP を上げることができる。すなわち、掲載論文の被引用数を上げることと、ゼロ引用論文をなくするという両面からの作戦が重要である。

ゼロ引用論文の解消を含め、論文の被引用数の増加方法については前述の小松や Thelwall と Informetr²⁴⁾の研究をはじめ、多くの検討事例がある。Wankat²⁵⁾は、Journal of Engineering Education に1993-1997年の間に発表された論文について、被

Fig. 8 Changes in ratio of zero-citation paper in the eight journals.

引用数が高い論文のトピック、情報源、著者を調べる目的で、同誌のメトリクス研究を行っている。被引用数が上位の論文には、20 の共通する情報源、すなわち特定の先行文献や学会発表などが 143 回引用されていたことが示されている。論文執筆の動機になった情報源まで遡って分析した結果は大変興味深い。取りまとめの中で Wankat は、同誌として注力すべきトピックや投稿者が心がけるべき先行文献の引用について、「参考文献情報の記載ミスをなくす」、「ウェブサイト引用の場合は URL を記載する」など、幾つかの具体的な提言を行っている。なお論文の中では、ゼロ引用論文についての分析も行っており、参考文献が適切に引用されたり、定量的エビデンスに基づく報告がされたりするなど、投稿論文そのものの質が向上したことで被引用数が増加し、それにあわせて学術誌のステータスも向上したと指摘している。

Didegah と Thelwall²⁶⁾は、2007-2009 年に WoS にリストされたナノ科学・ナノテク分野の学術誌に掲載された 50162 報を対象とし、同分野で被引用数が高い論文のメトリクス研究を行っている。その結果、被引用数が高い論文は、その論文の中で引用している参考文献数も多い傾向があることを指摘している。

Onodera と Yoshikane²⁷⁾は、電気・電気工学、生化学などの 6 分野それぞれから同年度のサンプル論文 230-240 報を抽出し、発表後 6 年および 11 年における被引用数に影響を与える要因を負の二項分布回帰分析法を用いて検討した。直接的な相互関係が希薄な分野を選ぶことにより、主に著者の研究アクティビティや言語、引用論文数、ページ数、著者数などの分野によらないファクターが被引用数に及ぼす影響を抽出した。その結果、当該論文の被引用数は、著者数や著者の研究アクティビティとあまり相関がみられなかったのに対し、参考文献のうちで当該論文の発表年から遡って 5 年以内に発表された文献の割合(Price index)、次いで参考文献数とは強い相関があったという、非常に興味深い報告を行っている。直近の先行研究をしっかりと把握し、当該論文の立ち位置を明確に謳った上で、タイムリーに論文化することが被引用数の向上に繋がることが示唆されている。

Rosenkrantz ら²⁸⁾は、放射線医学分野における論文の影響力を分析するために、WoS データベースを用い、1997-2006 年の間に、American Journal of Roentgenology(AJR) および Academic Radiology(AR)に発表された 13459 報の論文について、出版 10 年経過後のゼロ引用文献について調査した。その結果、該当するゼロ引用文献数はわずか 47 報(0.35%)であった。それらの内容を同時期に最も引用された論文 47 報と比較すると、ゼロ引用論文では放射線医学の臨床研究テーマから外れるものが多い、共著者として放射線医学を専門としない研究者の参画率や複数機関・複数国による共著率が低い、字数や図表などの量的コンテンツも高被引用論文より低い傾向がみられた。このことから Rosenkrantz らは、AJR および AR の 2 誌では掲載論文が適切に選択されているとみなせると同時に、投稿者らが影響力ある研究成果で当該分野の発展に寄与するためにも、より適切な研究トピックや研究体制を考えるべきであると結論している。すなわち、当該学術誌からゼロ引用論文を一掃することで学術誌の IF を向上で

きると述べている。

Huang ら²⁹⁾は、コンピューターサイエンスの分野において、発表された論文の最初と 2 回目以降の引用までの時間経過に着目して分析を行っている。その結果、最終的被引用数で高、中、低の 3 レベルに分けた論文群の中で、発表後から最初に引用されるまでに要した時間に有意差は認められなかったが、高引用数論文群は 2 回目以降の引用に要した時間が著しく短く、その後の引用数に対して最も強い相関を示す傾向が認められた。論文群を最終的被引用数で分類しているため、当たり前の傾向とも考えられるが、経過時間を尺度にして分析している点で独創的な研究といえる。なお Huang らは、論文のタイトルで Zero to one という表現を用いてゼロ引用論文を解消すべきであると主張している点は Rosenkrantz らの主張と等価である。

被引用数のメカニズムの観点では、谷藤¹⁵⁾は、STAM の取り組み事例分析から、論文が引用されるためには、論文間の「繋がり」—読者が当該論文に至る経路としての参考文献リストや当該論文を引用している論文の存在—の重要性を指摘している。また、山口¹⁴⁾は、国内外材料系学術誌の IF の推移分析から、出版後 1 年以内の引用は自己引用が殆どであり、「出版 1 年以内に引用されない」とずっと引用されない」という全般的傾向もあると指摘している。

以上のような先行研究での提言を考慮し、MATR におけるゼロ引用論文の低減策について検討する。

上述の Huang ら²⁹⁾の報告を言い換えると、当該論文がより多く引用されるためには、如何に早く被引用数をゼロから 1 に上げるかに掛かっていることを示唆している。他者からの最初の引用を待つよりは、まず著者自身が過去の研究活動と紐付けて適切に自己引用することが肝要であり、それがゼロ引用論文の低減、すなわち学術誌のインパクトの向上に繋がる。Fig. 7(b)において、MATR や ISIJ より IF や被引用数が高い ACMA, SCMA, JALC, MSEA の海外 4 誌に SCCP のピークが論文発表直後~3 年後に認められる点は、前述の Huang らによる「高引用数論文群は 2 回目以降の引用に要した時間が著しく短く、その後の引用数に対して最も強い相関を示す」という結果と概ね合致する。また、仮に 2019 年の MATR に発表された 357 報のうちの過半数を占めるゼロ引用論文 200 報が各 1 回引用された場合、当該年の MATR の CPP は 1.1 から 1.7 に上昇し、各 2 回引用された場合は 2.3 に上昇する。Fig. 7(a)において、2019 年における各誌の CPP の値は、MATR と ISIJ が 1.1、MMTA が 2.1、MSEA が 4.7、STAM が 5.1、SCMA が 5.6、JALC が 6.1、ACMA が 7.1 であり、論文発表直後の MATR の CPP が +0.6 あるいは +1.2 向上して他の 6 誌の CPP に近づくことは、長期的な被引用数および IF に与える影響は大きい。

Fig. 9 は、各誌における 1 報当たりの平均参考文献数を調べたものである。2004 年以降、いずれの学術誌も総じて参考文献数は増加基調にあることがわかる。MATR と ISIJ を除くと、他の 6 誌は ACMA の 58 報から STAM の 41 報の範囲にある。MATR と ISIJ はこれらより 10 報以上下回る 28 報である。Fig. 10 に参考文献数と IF の推移を示すように、両者の間には明確な相関関係が認められ、発表論文 1 報当たりの参

参考文献数が 40 報を超える ACMA や STAM とその半数に留まる MATR と ISIJ では、IF に約 8 倍の差が生じている。参考文献数に関してさらに分析を進めた結果、Fig. 11 に示すように、無作為に選んだ各誌 10 報における参考文献は、緒言の部分すなわち Introduction で多くが引用されていることがわかった。

いうまでもなく、論文の緒言は、研究背景、および当該研

究の立ち位置などをまとめる重要なパートである。先行研究を精密にレビューすることで、当該研究の独創性、サイエンスメリット、波及効果などを主張することになる。この重要なパートが他誌より有意に短く、ここに集中する参考文献が少ないということは、当該論文がカバーする研究範囲が限定的であり、カバーされた先行研究が少ないということを意味している。例えば特殊な耐熱合金の高温特性に関する研究論

Fig. 9 Changes in average number of references in the eight journals.

Fig. 10 Changes in Impact Factor and average number of references in the eight journals.

Fig. 11 Average number of references and that at the introductive part in randomly-selected-10-original papers from each of eight journals. SCMA (Scripta Materialia) is omitted, because of its focus on rapid short communication.

文の場合、同じ合金系の先行研究例と測定・解析の必要付帯情報を参考文献に挙げておけば、基本的に引用不足でリジェクトされることはない。一方、この特殊耐熱合金と競合する汎用実用材料との特性比較や、その特殊合金が汎用材料を凌駕した場合のインパクトなどまで考察範囲に含めた場合、確実に引用すべき文献は増加する。引用された汎用実用材料の研究者は、その後の研究でこの特殊耐熱合金の研究は引用せざるをえなくなり、結果的に当該論文の引用数向上が期待できることになる。投稿する論文の包含範囲を従来より拡大することは、程度の違いはあっても十分可能であり、被引用数の向上に有効に働くことになる。

本研究では、学術誌のステータスにおける被引用数などに着目しながら分析を行ったが、当該学術誌が論文投稿先として選択されなければ、被引用数の向上を期待すること自体が不可能となる。Fig. 3 において、海外 5 誌の発表論文数が右肩上がりになっている一方で、国内 3 誌では発表論文数が現状維持もしくは漸減となっている。本論文では海外 5 誌の発表論文数における「日本人」論文数はカウントしていないが、上記の一因として、根岸¹³⁾が指摘するように国内論文が海外へ「流出」している可能性がある。国内学会誌がそのステータスを向上させるためには、STAM の事例のように、学術誌の IF を上げることで優れた研究者に投稿意欲を促す、正のスパイラルを作り出していくことが重要であるといえる。

また、緒言の部分の字数は今回用いた分析ツールでは自動抽出することはできないが、今後、参考文献数との関係について、さらに分析および比較検討をする余地があると思われる。

前述したテキストマイニングによる先行研究事例¹⁶⁻¹⁸⁾は、当該分野における学術誌 IF について直接議論はしていないが、それら分析結果は学術誌のステータスに関わる様々な属性について示唆を与えている。今後は、学術誌のメトリクス分析に加えて、学術誌の運営形態や、学術誌間における日本人著者コミュニティの移動、論文の内容や学術動向、研究領域間の関係性などの、複合的観点からの分析および比較検討をする余地があると思われる。

5. 結 論

材料科学分野における国内学術英文誌のステータスが伸び悩む原因分析を行うために、その代表的雑誌である Materials Transactions のベンチマーキングのために国内外 7 誌と共に学術雑誌のメトリクス分析を行い、以下の結果を得た。

(1) Material Transactions および ISIJ International は、他の 6 誌と比較してゼロ引用論文の減少が他誌に比べて極めて緩慢であり、2004 年発行の Material Transactions の論文では未だ約 3% が 1 度も引用されないままであった。これは、発表者自身が適切に自己引用していないことが一因であり、ゼロ引用論文を少しでも解消することが学術雑誌としての Materials Transactions のステータス向上に繋がると考えられる。

(2) MATR と ISIJ における 1 報当たりの平均引用文献数は、他の 6 誌を 10 報以上下回る 28 報であった。また、各論文における参考文献は、緒言の部分で多くが引用されていた。さらに、無作為に選んだ各誌 10 報における参考文献は、緒言

の部分すなわち Introduction で多くが引用されていることがわかった。これらの結果は、当該論文がカバーする研究範囲が限定的で、カバーする先行研究が少ないことを示唆している。投稿する論文の包含範囲を従来より拡大して、適切な参考文献の引用による周辺領域の先行研究もカバーすることで当該論文の被引用の機会向上が期待され、長期的に Materials Transactions のステータス向上に繋がると考えられる。

本論文作成にあたり、東北大学 URA センター長の河村純一先生からは、昨今のメトリクス分野研究における傾向や分析結果の解釈など、熱心なご指導をいただいた。東北大学工学研究科および材料科学世界トップレベル研究拠点からは、メトリクス分析実施時のツール使用などに支援をいただいた。また京都大学産官学連携本部社会連携部門の清家弘史先生には、論文分析の方法論についてご助言をいただいた。心から感謝申し上げます。

文 献

- 1) A. Murakami and M. Igami: NISTEP Research Material No. 284, (National Institute of Science and Technology Policy, 2019).
- 2) A. Murakami and M. Igami: NISTEP Research Material No. 288, (National Institute of Science and Technology Policy, 2020).
- 3) A. Murakami and M. Igami: NISTEP Research Material No. 295, (National Institute of Science and Technology Policy, 2020).
- 4) E. Garfield: *Statistical association methods for mechanized documentation*, ed. by M.E. Stevens, (National Bureau of Standards, Washington DC, 1965) pp. 189-192.
- 5) T. Matsuda, M. Mori, Y. Aioi and K. Anegawa: *Standard Indicators of Institutional Research in Post-Secondary Education; From Quality Assurance to Finance*, (Tamagawa University Press, Machida, 2017) p. 295.
- 6) S. Koizumi: *Trends in the Sciences* **23** (2018) 12_64-12_67.
- 7) Y. Sun: *J. Inf. Technol. Assoc. Jpn.* **67** (2017) 179-184.
- 8) K. Hayashi: *Kagaku Gijutsu Doukou* **134** (2013) 20-29.
- 9) S. Hasegawa: *Hyomen Kagaku* **29** (2008) 437-445.
- 10) M. Ortiz-Pimentel, C. Molina and G.A. Ronda-Pupo: *Scientometrics* **125** (2020) 445-469.
- 11) X.S.Q. Chacón, T.C. Silva and D.R. Amancio: *Scientometrics* **125** (2020) 625-639.
- 12) Q. Zong, Y. Xie and J. Liang: *Scientometrics* **125** (2020) 607-623.
- 13) M. Negishi: *J. Inf. Process. Mana.* **54** (2011) 233-242.
- 14) S. Yamaguchi: *Trends in the Sciences* **24** (2019) 10_75-10_78.
- 15) M. Tanifuji: *J. Inf. Process. Manag.* **52** (2009) 323-333.
- 16) K. Sakushima, H. Sasaki and K. Tashiro: *Jpn. J. Med. Inform.* **32** (2012) 315-321.
- 17) H. Sasaki: *Gyosei Ronsou* **67** (2017) 11-41.
- 18) T. Tsutsumi, K. Masuda and T. Saito: *Annu. Rev. Sociol.* **27** (2014) 109-121.
- 19) "Improved methodology of CiteScore", Elsevier Japan K.K. https://www.elsevier.com/_data/assets/pdf_file/0016/1028050/CiteScore_2019.pdf
- 20) Clarivate Analytics: 2019 Journal Impact Factor, Journal Citation Reports, (Clarivate Analytics, 2020).
- 21) SCImago, (n.d.). SJR — SCImago Journal & Country Rank [Portal]: 18. September, 2020. <http://www.scimagojr.com>
- 22) S. Komatsu: *Bull. Med. Lib. Assoc.* **43** (1998) 26-31.
- 23) I. Tahamtan, A.S. Afshar and K. Ahamdzadeh: *Scientometrics* **107** (2016) 1195-1225.
- 24) M. Thelwall: *J. Informetr.* **10** (2016) 622-633.
- 25) P.C. Wankat: *J. Eng. Educ.* **88** (1999) 37-42.
- 26) F. Didegah and M. Thelwall: *J. Am. Soc. Inf. Sci. Technol.* **64** (2013) 1055-1064.
- 27) N. Onodera and F. Yoshikane: *J. Assoc. Inf. Sci. Technol.* **66** (2015) 739-764.
- 28) A.B. Rosenkrantz, R. Chung and R. Duszak Jr.: *Acad. Radiol.* **26** (2019) 282-285.
- 29) Y. Huang, Y. Bu, Y. Ding and W. Lu: *J. Assoc. Inf. Sci. Technol.* **70** (2019) 1098-1107.