

Title	論文共引用に基づくファンディングエビデンスの形成 に向けて：材料科学分野におけるケーススタディ
Author(s)	藤沢, 仁子; 田中, 珠; 吉田, 秀紀
Citation	年次学術大会講演要旨集, 33: 16-21
Issue Date	2018-10-27
Type	Conference Paper
Text version	publ isher
URL	http://hdl.handle.net/10119/15686
Rights	本著作物は研究・イノベーション学会の許可のもとに 掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Research Policy and Innovation Management.
Description	一般講演要旨

論文共引用に基づくファンディングエビデンスの形成に向けて ：材料科学分野におけるケーススタディ

○藤沢 仁子, 田中 珠, 吉田 秀紀 (科学技術振興機構)

satoko.fujisawa@jst.go.jp

1. はじめに

近年、ICTなどの急速な進展などを背景に科学技術そのものが変容し、これまでの学問体系に立脚しないエマージング技術が台頭してきている。例えば、生物学とテクノロジーの融合から隆盛したゲノム科学や、“インダストリー4.0”、“自動運転”、“IBMのワトソン”など様々な先端技術が複合的に呼応して起こった”第3次AIブーム[1]”などがある。エマージング研究に対するファンディングの好機を逃さないように、早期段階で認識することが難しいエマージング研究を予兆段階から捉え探索する手法の検討が喫緊の課題となっている。

Scientometrics の分野において科学技術トピックスのエマージングを捉えようという先行研究は数多い。共引用関係に基づいたネットワーク分析の内、Smallら[2]は直接引用分析と共引用分析を用いて科学技術トピックスの新しさ(newness)を特定し、クラスター内の論文数の変化率から伸び(growth)を測定した。その結果、71のエマージング研究を特定した。表1のように、日本人研究者による成果も含まれており、いずれもJSTプログラムの研究代表者を務めている研究者である。

しかしながら、早期にエマージングな研究領域を発見するという点で、共引用分析にはいくつかの弱点が指摘されている。まず、研究成果が論文として公開された後、引用が蓄積されるまでのタイムラグがある。Fujitaら[3]は、共引用ネットワークは、他の引用ネットワークと比して新興論文群を形成しにくいと指摘する。共引用ネットワークでは、ある2つの論文が結ばれるには、その2つの論文よりも後に出版される別の論文がその2つの論文を引用する必要があり、共引用ネットワークは本質的に引用が形成されるまでにタイムラグが必要とされるためである。また、NISTEPは共引用に基づくサイエンスマップの留意点について、「研究成果を論文として発表することが盛んな研究領域もある一方、応用開発が中心で論文発表が少ない研究領域もある」と指摘[4]しており、共引用分析の有用性には研究分野による差があることを示唆している。もう一つ本来的な弱点として、学術的な研究成果である論文を対象にしているため、社会に実装される技術とのつながりや、将来的な技術の社会・経済におけるインパクトなどが見えにくい。

そこで、本研究では、ファンディングエビデンスの形成とそれらのファンディングへの実践に向け、共引用分析が有効な分野を対象に、タイムラグや将来的な技術の観点における分析を補完した分析手法の検討について報告する。

表1 スモールらが特定したエマージング研究の内、日本人研究者によるもの

Label	Event description	Application/objective
Ion-based superconductors	Kamihara, Y., Hosono, H. et al, 2008	New superconducting materials
Induced pluripotent stem cells	Takahashi, K. & Yamanaka, S., 2007	Disease treatment by organ regeneration
Microporous metal-organic frameworks	Kitagawa, S., et al., 2004	New methods for catalysis and separation

2. 方法

2.1. EU Horizon2020 の未来萌芽技術における Research Fronts の活用事例

EU Horizon2020 の未来萌芽技術 (Future and Emerging Technologies、以下 FET) [5]では、エマージングな研究開発に加え、FET 推進のための活動も対象であり、フォーサイト手法の開発を目的としてドイツ・フラウンホーファー研究所による OBSERVE プロジェクトが実施された[6]。OBSERVE では、ホライズンスキニングの一環として国際的な学会や出版社による技術予測、FET の過去の研究課題・申請書、書誌分析などの多様な情報源から注目トピックを抽出している[7]。この中で高被引用論文

（被引用数 Top1%）同士の共引用に基づいた” Thomson Reuters Research Fronts 2014” から多くのトピックが抽出されていることに着目し（図1）、内訳を確認したところ、20 件中、5 件が生命科学関連、1 件が地球科学関連であるのに対し、化学・材料科学関連は最多の 14 件と突出して多く、同分野のエマージングトピック探索における Research Fronts の有用性が示唆された。よって、本研究では、2017 年 11 月にレポートとして公表された “Research Fronts 2017” [8]の化学・材料科学分野 26 件を対象に分析を行うこととした。

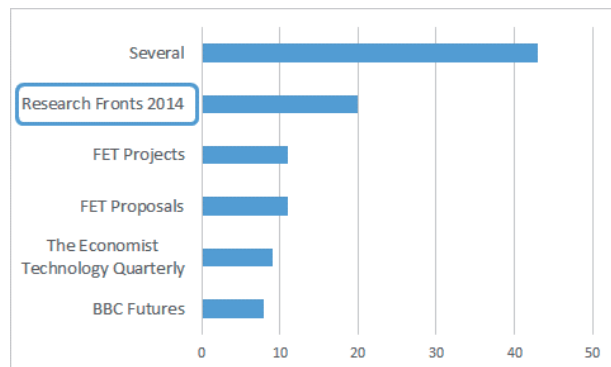


図1 OBSERVE 171 トピックの主軸となった情報源
(多い順上位のみ)

2.2. Research Fronts 2017

“Research Fronts 2017” では、共引用による 1 段階クラスタリングであるリサーチフロントの中から”Largest”と”Newest”という 2 つの観点で、9,690 研究領域から 100 の Hot 研究領域と 43 の Emerging 研究領域を抽出している（図2）。Emerging 研究領域は、抽出時に研究分野を考慮しないため研究分野により偏りがある。具体的には、環境、数学・コンピュータ科学・工学、経済学・心理学・社会学と Emerging 研究領域が抽出されない研究分野が存在した一方で、化学・材料科学は 16 件と最も多くの Emerging 研究領域が抽出されている。本研究では、化学・材料科学の Hot 研究領域 10 件と Emerging 研究領域 16 件、計 26 件の Research Fronts を分析対象とした。26 件の Research Fronts は技術（トピック）の観点でグループ化することができ、触媒・太陽電池・新規構造などに大別でき、更に触媒は電極触媒などより具体的に細分化することができた（表2）。

● Hot 研究領域 の抽出 1. ESI 21 分野の 9,690 研究領域を 10 分野のやや広い分野に割り当て。 10 分野の各分野の中で、 2. 被引用数の総数でランキング 3. 被引用数 TOP10%を抽出 4. 3.をコアペーパーの平均出版年でランキング 5. TOP10 件の研究領域を抽出 → 100 の“Largest” 研究領域	● Emerging 研究領域 の抽出 1. コアペーパーの平均出版年 2015.5 以降の研究領域のみ抽出 2. 被引用数の総数でランキング 3. 被引用数 100 以上の研究領域を抽出 → 43 の“Newest” 研究領域
--	---

図2 Research Fronts 2017 Hot 研究領域と Emerging 研究領域の抽出手順

表2 Research Fronts のトピック分類の例

トピック分類		リサーチフロント名称	平均出版年
触媒	電極触媒	酸素発生反応のためのNi-Fe高効率電極触媒	2015.7
		非貴金属系二機能性電極触媒	2015.6
	C-H活性化	Cp * Co (III) 触媒C-H活性化反応	2015.1
		タンパク質の選択的修飾	2015.8
	フルオールアルキル	フォトレドックス触媒によるフルオールアルキル化	2015.7
ヒドロシリル	非貴金属ヒドロシリル化触媒	2015.6	
太陽電池	ペロブスカイト	発光材料としての全無機ペロブスカイトナノ結晶	2015.9
		全無機ペロブスカイト吸収材 (CsPbX ₃) 系太陽電池	2015.8
		鉛フリーハライドペロブスカイト吸収材	2015.7
		ペロブスカイト型太陽電池に向けた正孔輸送材料	2014.7
	ポリマー	非フラーレンポリマー太陽電池	2014.5
オールポリマー太陽電池		2014.2	
新規構造		金ナノクラスター	2013.9
		ナノアーキテクトニクス	2014.4
		共有結合有機骨格 (COF)	2016

3. Research Fronts 2017 と他の手法の組み合わせによる分析

3.1. Hot Paper (2018 version2) との結合

直近 2 ヶ月の出版された被引用数上位 0.1% を占める論文である Hot Paper により、最新の高被引用論文の情報を補完できると考える (表 3)。2018 年 7 月に ESI WEB 版にて公開された Hot Paper 2018 v2 の ESI 分野 CHEMISTRY・MATERIALS SCIENCE を対象に 2.1 で見出したトピック分類をベースに分類し、適宜、新しいトピック分類の追加も行った。その結果、Research Fronts 2017 と同様のトピックが多く抽出された一方で、「MXENE」「トポロジカル&スピン (スキルミオン)」といったトピックが新規で抽出された (表 4)。

さらに、「ペロブスカイト」に関連して、Hot Paper では「太陽電池」だけではなく「発光ダイオード」でも複数の論文が抽出されていることに着目し、「ペロブスカイト太陽電池」と「ペロブスカイト発光ダイオード」の文献動向を比較した。「ペロブスカイト発光ダイオード」の文献数はまだ少ないものの、2017 年から注目度が急増していることが分かった (図 3)。以上から、Hot Paper により Research Fronts で抽出されていない新興トピックを捉えられる可能性が示唆された。

表 3 Research Fronts 2017 と Hot Paper 2018 v2 の比較

論文	抽出単位	被引用数の
出版年		かつ外期間
Research Fronts 2017	2011 共引用で -2016 グループ化された 2017 TOP1%論文群	2011 -2016
Hot Paper 2018 v2	2016 分野毎に算出された -2018 被引用数 上位 0.1% の各論文	2018.3 -2018.4

表 4 Hot Paper 2018 v2 の主なトピック分類

Hot Paper 2018v2 の主なトピック分類	Research Fronts2017 との対応
太陽電池 (非フラーレンポリマー)	○
太陽電池 (ペロブスカイト)	○
太陽電池 (ポリマー)	○
MOF: 金属有機構造体	≡ COF: 共有結合有機骨格
スーパーキャパシター	○
MXENE	Hot Paperのみ
発光ダイオード (ペロブスカイト)	≡ 発光材料としてのペロブスカイト結晶
トポロジカル&スピン (スキルミオン)	Hot Paperのみ
光電変換・光触媒	○
電極触媒	○

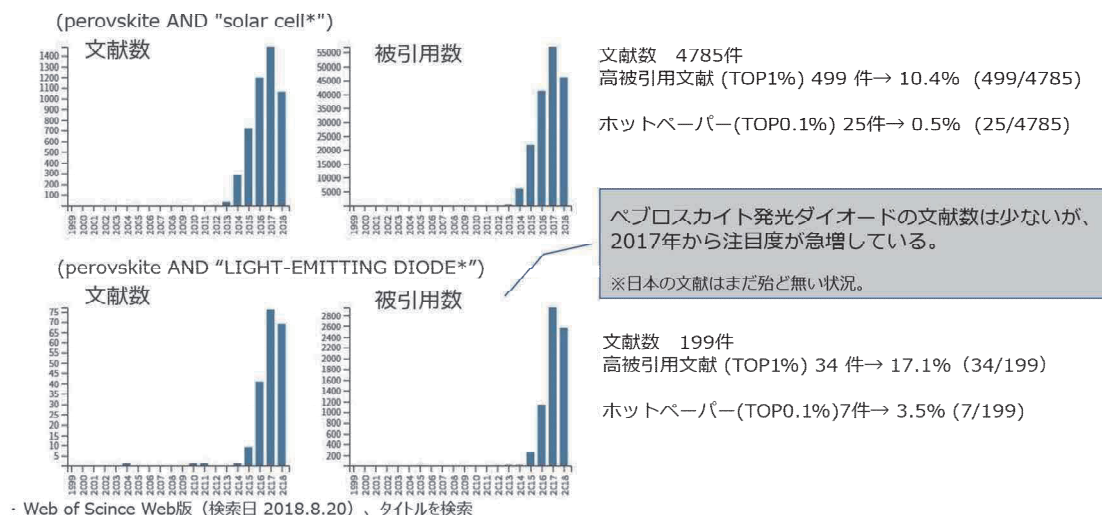


図 3 「ペロブスカイト太陽電池」「ペロブスカイト発光ダイオード」文献動向比較

3.2. NISTEP「科学技術予測調査」との接続

JST のファンディング対象として研究領域を分析する場合、学術的な注目度だけではなく、実用化の可能性や将来的な重要性の視点が重要である。NISTEP「科学技術予測調査」は、科学技術の中期的発展の方向性について専門家の見解を収集・分析したもので、現在の最新版である 2015 年公表の第 10 回調査では、設定された科学技術トピックについての 2016 年から 2050 年までの将来展望について研究開発の重要度・不確実性・国際競争力・倫理性、社会実装の実現可能性などの研究開発特性がスコア化されている [9]。

第10回調査の内、マテリアル・デバイス・プロセス分野および環境・資源・エネルギー分野の科学技術トピックの中から、先の26件のResearch Frontsに関連するものをマニュアルで選択・照合し、5件の科学技術トピックと9件のResearch Frontsに関連づけた。この5件の科学技術トピックにおける研究開発の重要度・不確実性・国際競争力の比較を図4に示す。国際競争力および重要度のスコアは、非常に高い(4)・高い(3)・低い(2)・非常に低い(1)でスコア化されている。Research Frontsに関連する科学技術トピックは、国際競争力・重要度とも高い(3)以上が比較的多いことが分かった。また、5件の科学技術トピックの中では「希少金属を用いない自動車用の高効率燃料電池」が国際競争力・重要度とも最も高く、これと関連するResearch Front「酸素発生反応のためのNi-Fe高効率電極触媒」は同時に、科学技術トピック「自動車に搭載されている蓄電池や燃料電池を用い、家庭や需要家等への給電・配電制御を可能とするシステム」とも関連していて、将来的な観点で重要な技術と見ることもできる。これらの指標は、Research Fronts等から抽出されたトピックをファンディング対象として検討する際の戦略策定に有効であると考えられる。

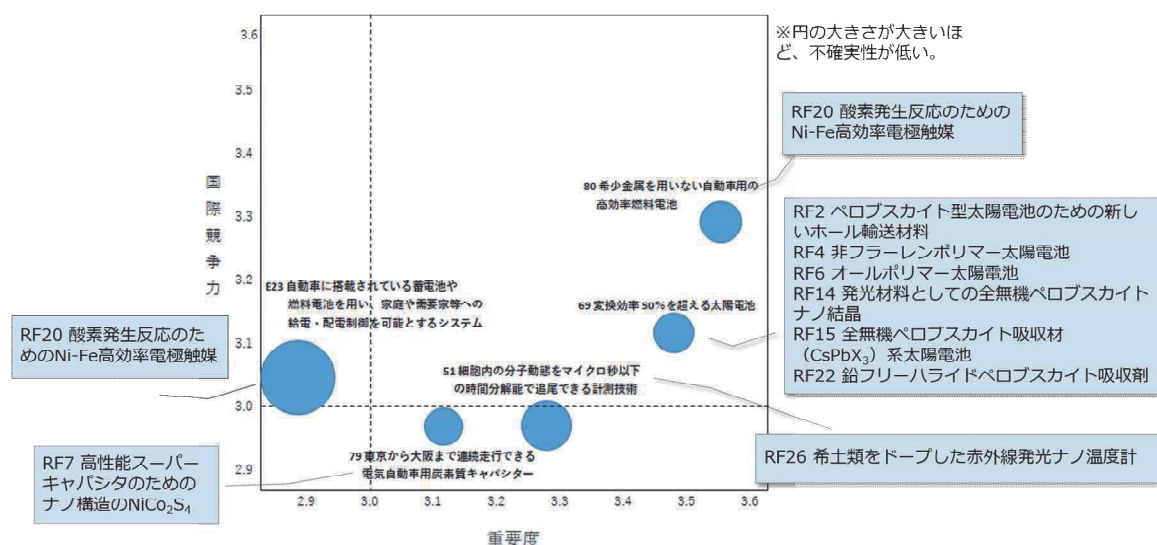


図4 Research Frontsに関連する科学技術トピックの比較

3.3. JST ファンディング情報との重ね合わせ

JSTとして実際のファンディングを検討する際には、国内に当該トピックに関連する研究の土壌が存在することが前提となる。今回は、JST ファンディング情報と重ね合わせることで、Research Fronts形成におけるJSTファンディングの貢献や、関連研究領域における日本の研究者・研究プロジェクトについて分析した。具体的には、Research Frontsに関連するJST戦略研究推進事業の課題を特定し、その研究課題を含む研究領域や研究代表者の繋がりを可視化した。

多くの研究課題との関連が見られた、触媒(C-H活性化)、可視光制御リビングラジカル重合、触媒(ヒドロシリル化)に関する3つのResearch Frontを選択し、関連する課題を含む研究領域をマップ化した例を図5に示す。図中の矢印は、複数の課題で研究代表者であった研究者の研究領域間の移動を表している。図5によりJSTでは、触媒(ヒドロシリル化)に関しては1990年代後半、可視光制御リビングラジカル重合に関しては2000年代初頭より現在まで脈々とファンディングを行ってきていることが可視化された。また、触媒(C-H活性化)に関しては、関連領域は2011年以降で最近に寄っているものの、研究者の移動で見ると、2000年代初期のさきがけ研究者がERATO研究総括として含まれており、過去のルーツが確認できる。

本研究では、研究代表者に絞るごく単純化したマップを作成したが、本手法を用い共同研究者も含むネットワークを作成することで、より詳細な関連領域の関係を可視化することができる。また、Research Frontsを構成する論文(コア論文)やサイティングペーパーと科研費の成果論文との突合により、科研費の研究課題や研究者についての広範な分析も可能となる。

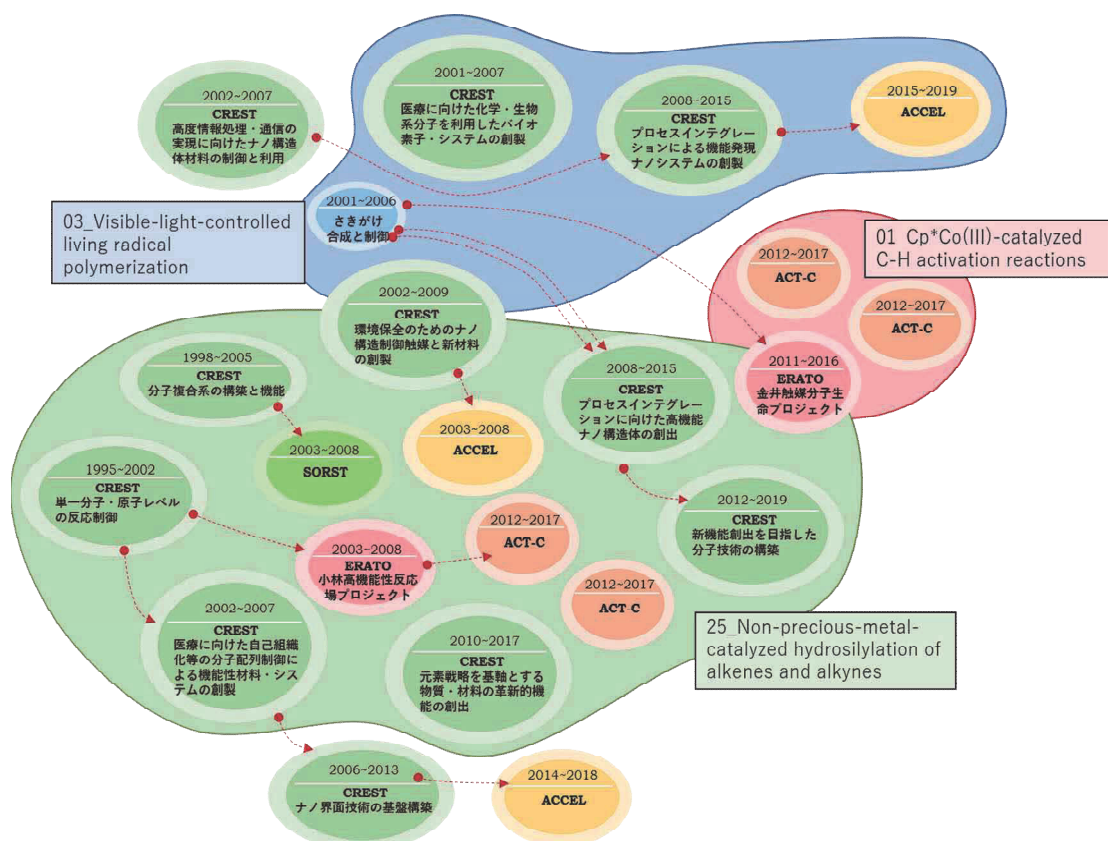


図5 Research Fronts と関連する JST 研究領域マップの例

4. まとめ

本研究では、論文共引用に基づいたファンディングエビデンスの形成と実際のファンディングへの実践に向けた手法開発の端緒として材料科学分野を対象に Research Fronts 2017 を主軸にしたトピック分類により、Hot paper による最新の注目論文情報の補完、NITSTEP 技術予測による将来的な技術との繋がり、ファンディング情報によるこれまでの日本の研究状況や中心的な研究者、を関連づけた分析を行った。結論として、多様な情報ソースの特徴を活かした多面的な分析により、タイムラグや技術との繋がり、の不明瞭さと言った共引用分析の弱点を補完することで、共引用分析をエマージング研究の探索に有効に活用できる可能性が示唆された。

今回は、共引用分析が有効である分野を対象にしたため、Research Fronts から見出したトピック分類を基軸に他の情報とのマッチングを行ったが、この際にキーとなるトピック分類の抽出には、分野や技術に応じて「主軸」となる情報ソースを使いわけることが重要と考える (図6)。例えば、ライフサイエンス分野では国際学会のセッション構成分析を、ICT 分野では海外出版社による「Breakthrough Technologies TOP10」の分析によるトピック分類を起点に、他の情報ソースへの分析に展開していくことなどが考えられる。

また、当然のことではあるが、データエビデンスは単体で戦略策定に直結するものでなく、定性調査を含む戦略策定プロセスの一端を担うものである。エビデンス形成手法の開発と並び戦略策定プロセスにおけるデータエビデンスの位置づけ等のプロセス全体の設計や活用手法についても検討を続けていきたい。

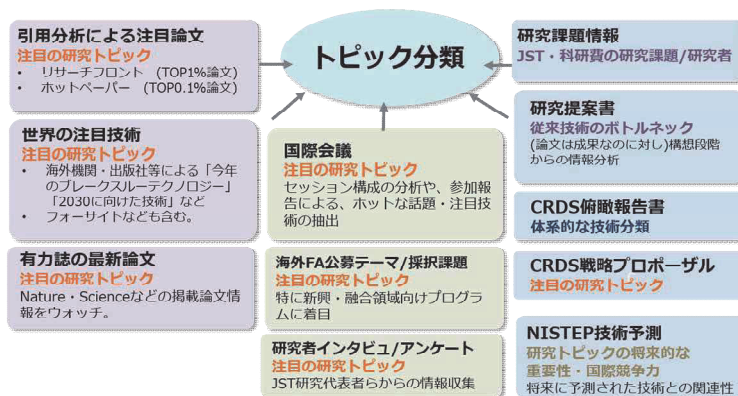


図6 トピック分類を中心とした

多様な情報ソースから収集した注目技術のマッチング

参考文献

- [1] 森山 雅勝.” 人工知能研究センター副研究センター長、麻生英樹氏が見る AI の世界” .産経新聞社.<http://www.sankeibiz.jp/aireport/news/161030/aia1610300700001-n2.htm>, (accessed 2018-09-14).
- [2] Small, H., Boyack, K. W., and Klavans, R. Identifying emerging topics in science and technology. *Research Policy*, 2014, vol.48, no.8, p.1450–1467.
- [3] Fujita, Katsuhide; Kajikawa, Yuya; Mori, Junichiro; Sakata, Ichiro. "Detecting Research Fronts Using Different Types of Combinational Citation". 17th International Conference on Science and Technology Indicators (STI 2012). Montreal, 2012. http://2012.sticonference.org/Proceedings/vol1/Fujita_Detecting_273.pdf, (accessed 2018-09-14).
- [4] 福澤 尚美, 伊神正貫, 村上 昭義, 阪彩香."サイエンスマップ 2014—論文データベース分析 (2009 年から 2014 年) による注目される研究領域の動向調査— [NISTEP REPORT No.169] ". 科学技術・学術政策研究所. 2016.<http://doi.org/10.15108/nr169>, (accessed 2018-09-14).
- [5] Horizon 2020 Future and Emerging Technologies <http://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/h2020-section/future-and-emerging-technologies>, (accessed 2018-09-14).
- [6] Project OBSERVE
Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI
<https://www.isi.fraunhofer.de/en/competence-center/foresight/projekte/observe.html#tabpanel-3>, (accessed 2018-09-14).
- [7] Deliverable 1.2 OBSERVE Horizon Scanning Report
Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI. 2016.
http://www.horizon-observatory.eu/radar-wAssets/docs/WP-1_Deliverables/Deliverable-1-2_Horizon-Scanning-Report.pdf, (accessed 2018-09-14).
- [8] "Research Fronts 2017". Clarivate Analytics and the Chinese Academy of Sciences. 2017 November. https://clarivate.com.cn/research_fronts_2017/2017_research_front_en.pdf(accessed 2018-09-14).
- [9] "第 10 回科学技術予測調査 分野別科学技術予測 — [調査資料 No.240] ". 科学技術動向研究センター, 科学技術・学術政策研究所. 2015.
<http://hdl.handle.net/11035/3080>, (accessed 2018-09-14).

ⁱ ESI22 分野とは、Clarivate Analytics 社が収録雑誌毎に付与した分野

(<http://archive.sciencewatch.com/about/met/fielddef/>) で、農業科学、生物・生化学、化学、臨床医学、計算機科学、経済学・経営学、工学、環境・生態学、地球科学、免疫学、材料科学、数学、微生物学、分子生物学・遺伝学、複合領域、神経科学・行動学、薬学・毒性学、物理学、植物・動物学、精神医学・心理学、社会科学一般、宇宙科学。Research Fronts2017 ではこの内、複合領域を除いた 21 分野を対象にしている。