発表４

科学・技術・産業データの接続と産業の科学集約度の測定

2017年12月15日

第10回 政策研究レビューセミナー

文部科学省　科学技術・学術政策研究所
第1研究グループ 主任研究官　塚田尚稔

はじめに

- **産業界のイノベーション活動において、科学的知識が果たす役割の重要性が高まっている。**

  （例）

  - 遺伝子解析技術は医薬品産業の研究開発プロセスを大きく変化
  - ナノ・スケールでの物質の物性に関する科学的な理解が大規模集積回路の微細化に不可欠
  - 情報技術の発展は社会経済に大きな影響を与えており、ビッグデータ解析はビジネスやマネジメントについてのより深い理解に貢献

- **科学的知識の発展を中心的に担っている大学などの高等教育機関や公的研究機関など、いわゆる「アカデミア」には、産業界に比べてより大規模な公的資金が投入されている。**

- **アカデミアが生み出す科学的知識の産業界のイノベーションへの貢献を精緻に測定することへの政策的関心も高まっている。**

⇒ **アカデミアから産業界への知識フローを計測**

科学技術の産業活用促進に関連する政策

- **科学技術基本計画**
  - 1995年の科学技術基本法に基づき、第1期科学技術基本計画が1996年にスタート。現在は第5期科学技術基本計画を実施

- **産学連携を促進する主要な政策**
  - 1998年：TLO法
  - 1999年：日本版バイドール法
  - 2001年：大学発ベンチャー1000社計画
  - 2005年：知的財産推進計画：大学の知財本部の整備・支援

- **公的セクターの組織改革**
  - 2001年：国立試験研究機関の独立行政法人化
  - 2004年：国立大学の法人化

- **イノベーションを促進する最近の主な政策**
  - オープン・イノベーション
  - ImPACT、SIPなどの省庁横断プログラム開始

先行研究

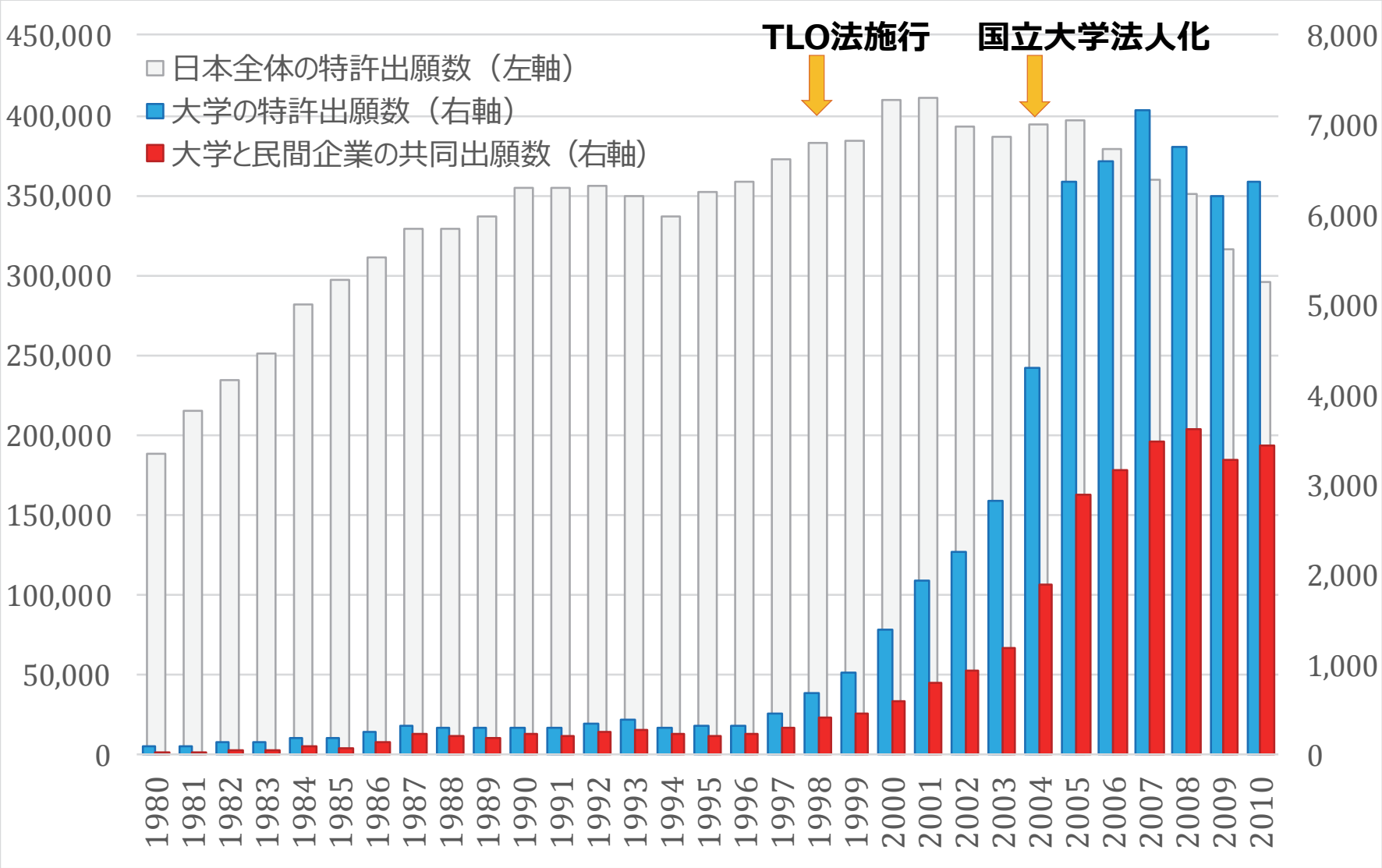
- **科学知識と産業技術の結びつきの程度を表す指標**

- **伝統的に最もよく用いられてきたのは：**
  - 非特許文献引用数（特許による科学技術論文の引用数，Narin and Noma 1985; Schmoch 1997）
  - 特許出願に先行して存在していた科学知識
- **別の試み：**
  - 内容の同一性がある科学論文と特許のペアをテキスト・マイニング技術で同定（Lissoni et al. 2013; Magerman et al. 2015）
  - 科学論文と特許の両方で公表されている研究を同定

- **いずれも、文献に記述された科学知識に基づいた科学と技術の結びつきの指標**
  （⇔ 研究者に体化された科学知識）

- **近年の知識フローの経路の変化を反映していない**
  - 産学連携の拡大
  - 大学等のアカデミアからの特許出願の増加

日本の大学の特許出願の推移

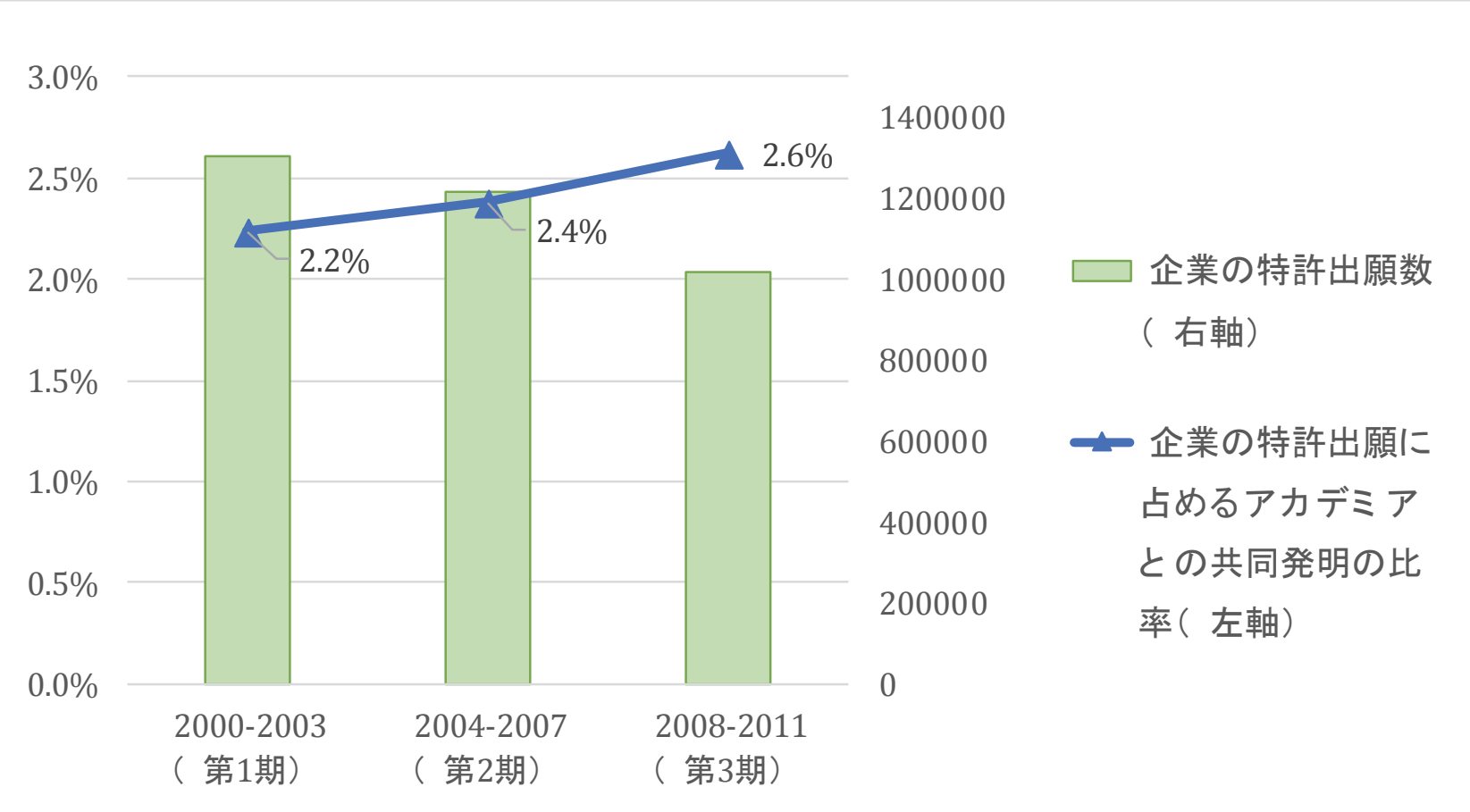


（出典）Figure 4 in Suzuki, Tsukada & Goto (2015)

（注）大学の特許出願は、発明者住所、出願人名・出願人住所の情報で同定

産業のイノベーションとアカデミアの関係

■ 企業の特許出願数が減少する中で、産学連携による共同発明特許の比率は上昇



（注）IIPパテントデータベースを用いて、以下の条件で、企業の特許出願数をカウント

- 出願年が2000-2003年、2004-2007年、2008-2011年
- NISTEP企業名辞書に収録されている出願人の特許出願、又は出願人名に「会社」を含む出願人の特許出願
- 出願人住所が日本国内にある

指標のコンセプト

- **二つの経路で生じる知識フローに注目：**
  - アカデミアと企業による共同研究（特許の共同発明）
  - 特許として公開されたアカデミアの技術的知識の企業による活用（企業の特許によるアカデミアの特許の引用）

- **企業が活用したとみなせる学術論文の数に基づく指標：**
  - 企業と共同発明を行ったアカデミアの研究者の学術論文の数
  - 企業が出願した特許に引用されたアカデミアの特許の発明者が公表した学術論文の数

- 本報告では、特許出願と同じ時期に当該発明者が公表した学術論文の数を、企業が活用した学術知識とみなして、カウントした結果を紹介

指標の作成

- 本研究では、まず、論文データベース（エルゼビア社 Scopus）と特許データ（知的財産研究所 IIPパテントデータベース）を研究者個人単位で接続し、アカデミアの研究者が発表した学術分野別の論文数と技術分野別の特許数を求めた。

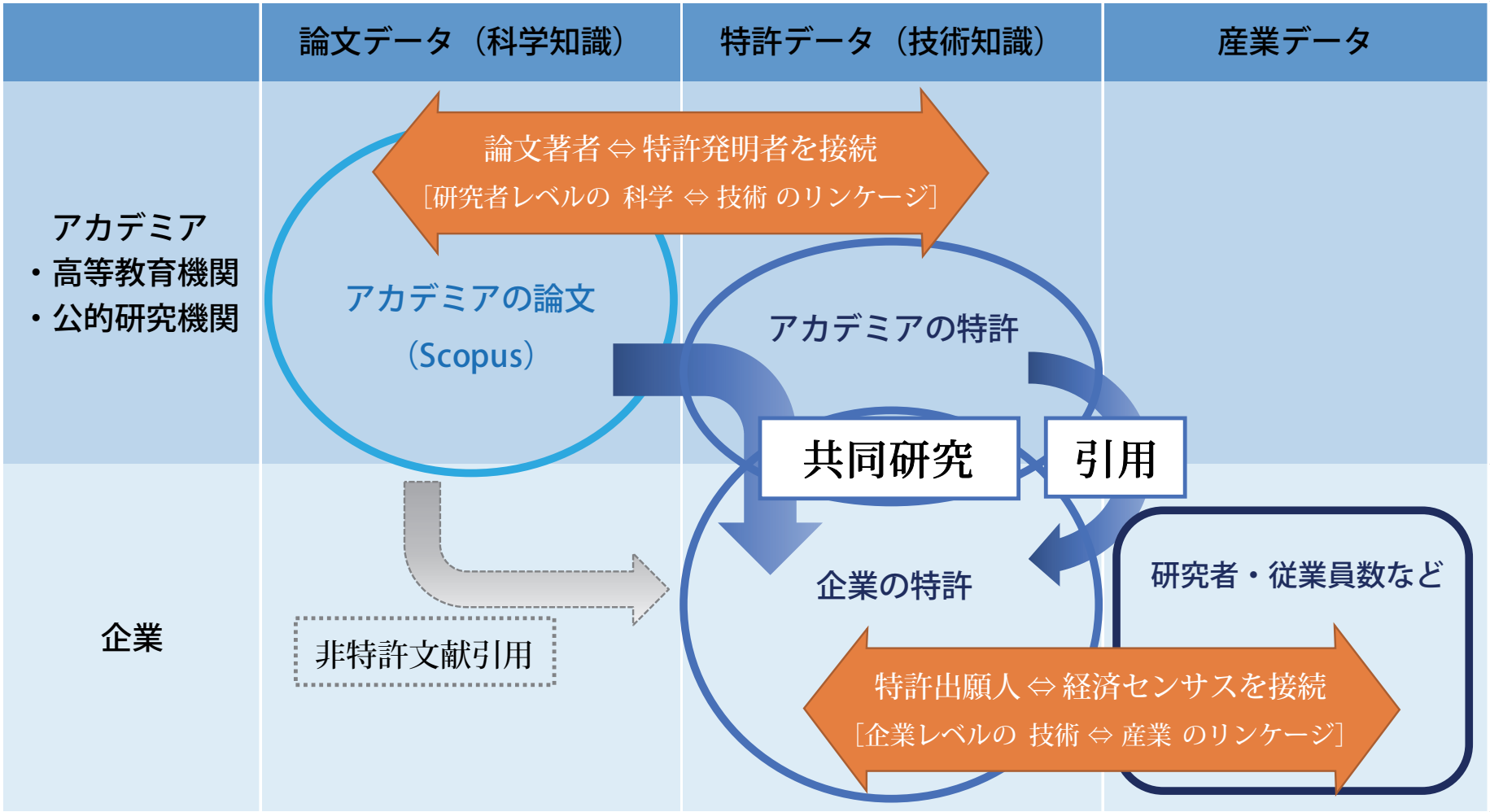
- 次に、特許の出願人と「経済センサス」（総務省）の企業情報を接続した。

- 特許データから把握可能な、企業とアカデミアとの共同研究（共同発明）の状況と企業によるアカデミアの特許の引用状況を把握した。

- 最後に、これら学術論文、特許、研究者及び企業の接続データを用いて、知識フローの経路別（企業とアカデミアの共同研究、アカデミアの特許の引用、及びその両方）に、アカデミアで生産された科学的知識の産業界での活用度（科学集約度）を算出した。

フレームワーク

■ アカデミアと企業の共同研究、及びアカデミア特許を通じた知識フローを考慮



特許の発明者の名寄せ

- **参照した先行研究：**
  - Li et al. (2014) “Disambiguation and co-authorship networks of the U.S. patent inventor database (1975-2010)” *Research Policy*, 43(6), pp.941–955.

- **上記の研究者が公開済みのプログラムを日本特許に適用するために改変して利用**

- **日本特許の発明者名寄せのために用いた情報**
  - 発明者名
  - 特許分類
  - 出願人情報

  正解データとして利用：
  - 電話帳データから抽出したレアネーム
  - 科研費の成果情報（特許）

- **現在、機械学習を用いたアルゴリズムに改良中**

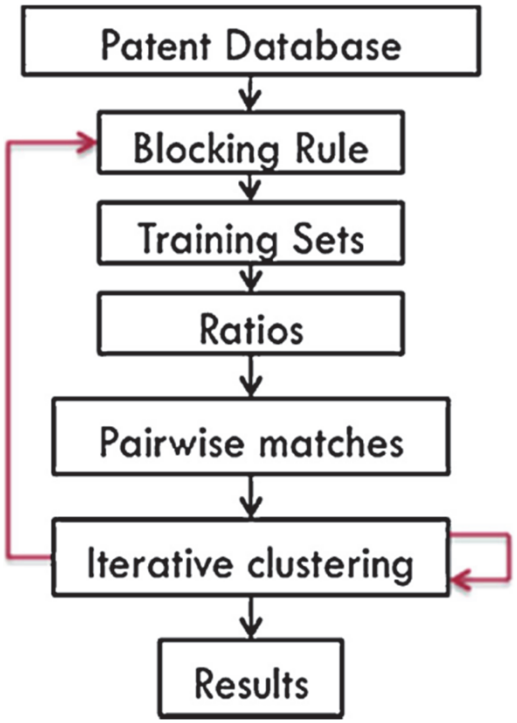


Fig. 3. Steps in the iterative disambiguation process.

特許発明者と論文著者

- **名寄せした特許発明者名 & Scopus の論文著者名を接続**
  - 特許の発明者全体に占めるアカデミアの発明者の比率：
    - 第1期 3.2% ⇒ 第3期 5.4% に上昇
  - 論文著者全体に占める特許を出願した論文著者の比率：
    - 第1期 3.0% ⇒ 第3期 4.1%に上昇

特許、論文データベースから得られたデータ：

	論文発表・特許出願の時期：	2000-03	2004-07	2008-11	全期間
[A]	論文著者数	316,031	355,936	381,660	739,372
[B]	特許の発明者数	673,927	623,849	562,822	1,229,027
[C]	アカデミアの発明者数	21,437	31,421	30,505	53,446
[D]	特許出願したアカデミアの論文著者数	9,532	15,726	15,598	26,333
[C/B]	特許の発明者の中の アカデミアの発明者の比率	3.2%	5.0%	5.4%	4.3%
[D/A]	論文著者の中で 特許出願したアカデミアの論文著者の比率	3.0%	4.4%	4.1%	3.6%
[D/B]	特許の発明者の中で 特許出願したアカデミアの論文著者の比率	1.4%	2.5%	2.8%	2.1%

(出典) Table 2, Ikeuchi et al. (2017)

科学集約度：時系列推移 （単位：論文数／従業員100人）

■ **第1期から第2期の変化**

◆ 特許引用 and/or 共同発明の両経路で増加

想定される要因：

➢ 国立大学法人化後の特許出願急増の影響

➢ 産学連携促進政策の効果（TLO法、日本版バイドール法など）

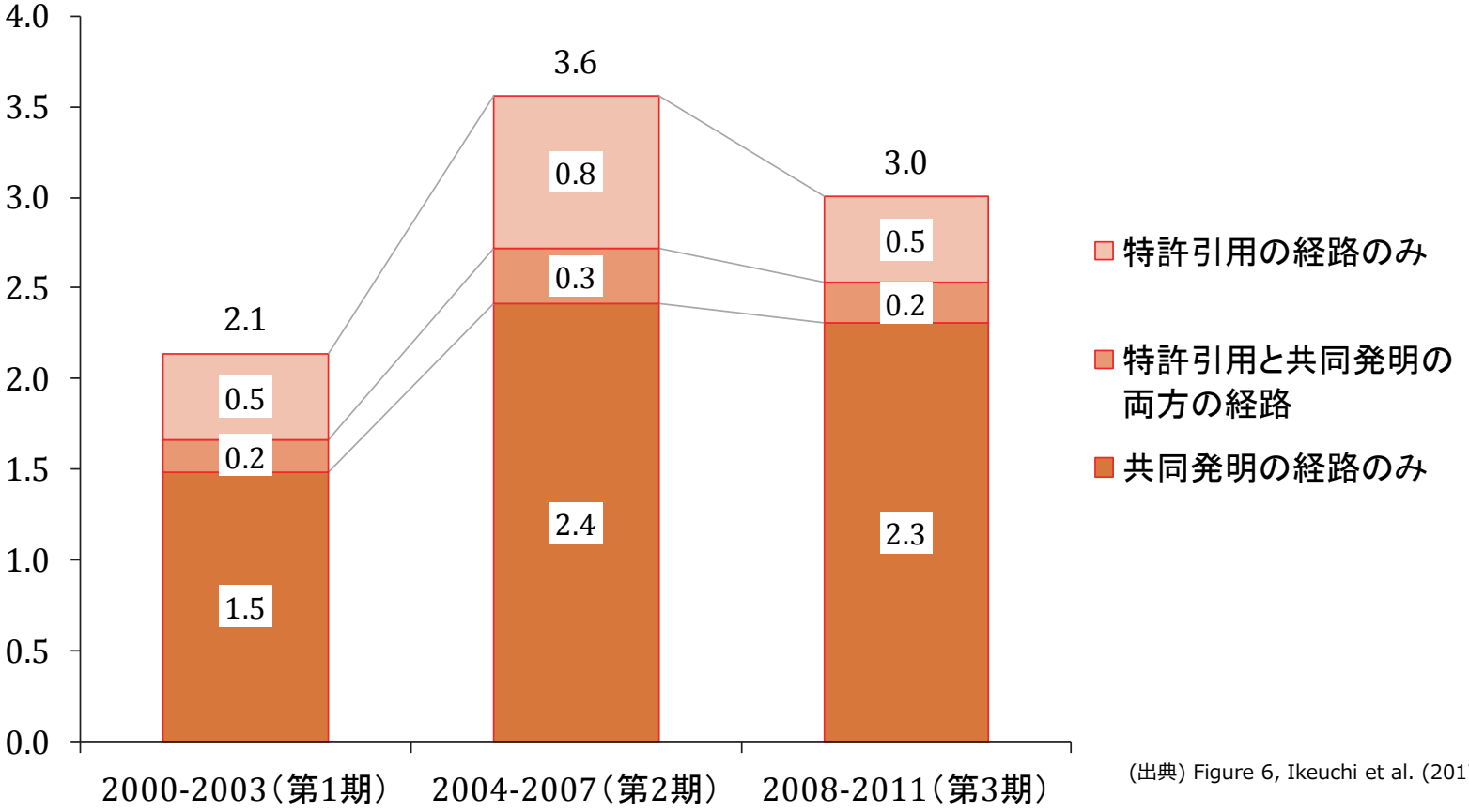
■ **第2期から第3期の変化**

◆ 特許引用の経路の影響が低下

想定される要因

➢ 特許化しやすい発明は第2期に集中的に出願され、その後は落ち着いた水準に

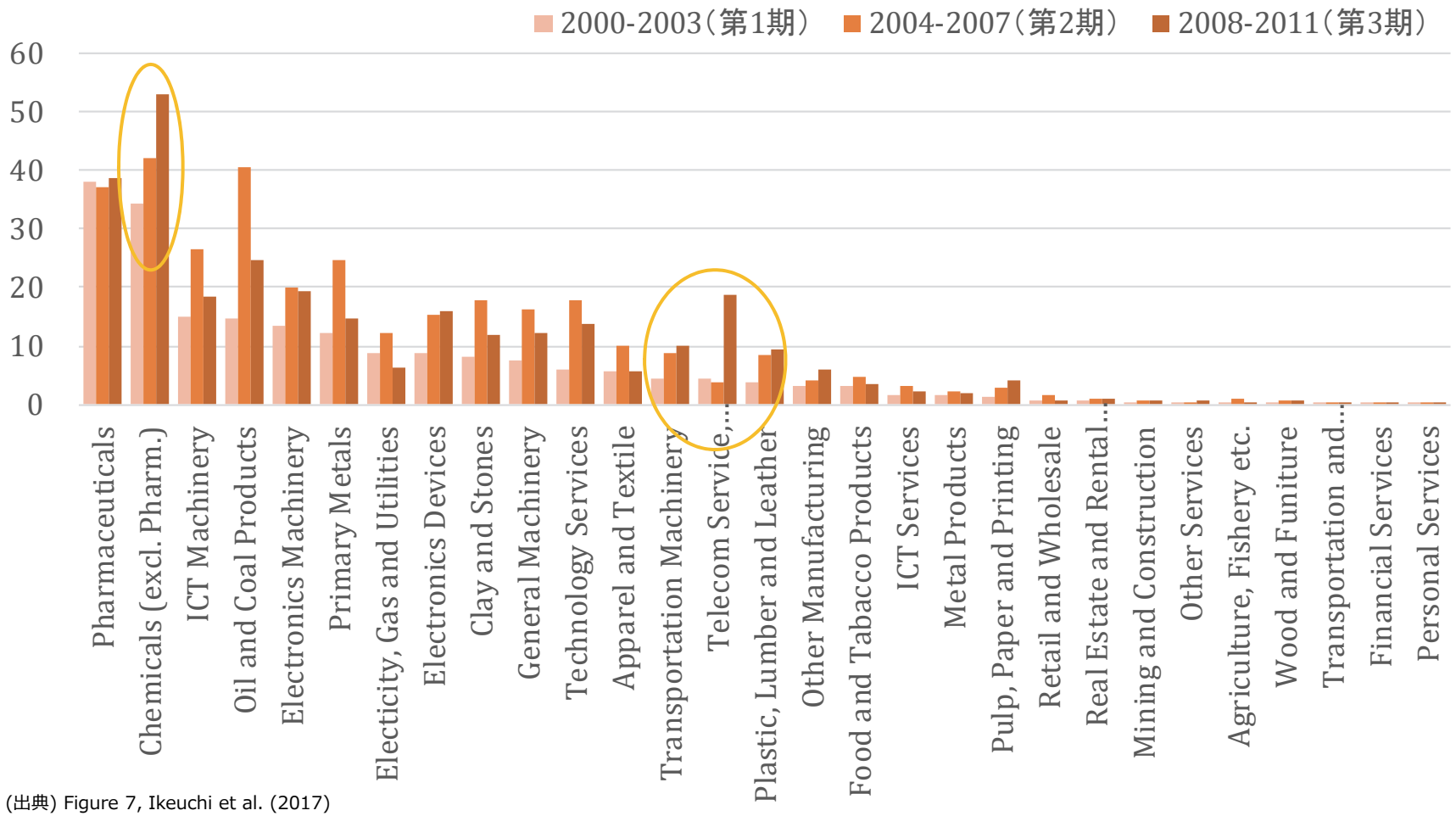
➢ リーマンショック等により研究開発と特許出願が低下



(出典) Figure 6, Ikeuchi et al. (2017)

科学集約度：産業別（単位：論文数／従業員100人）

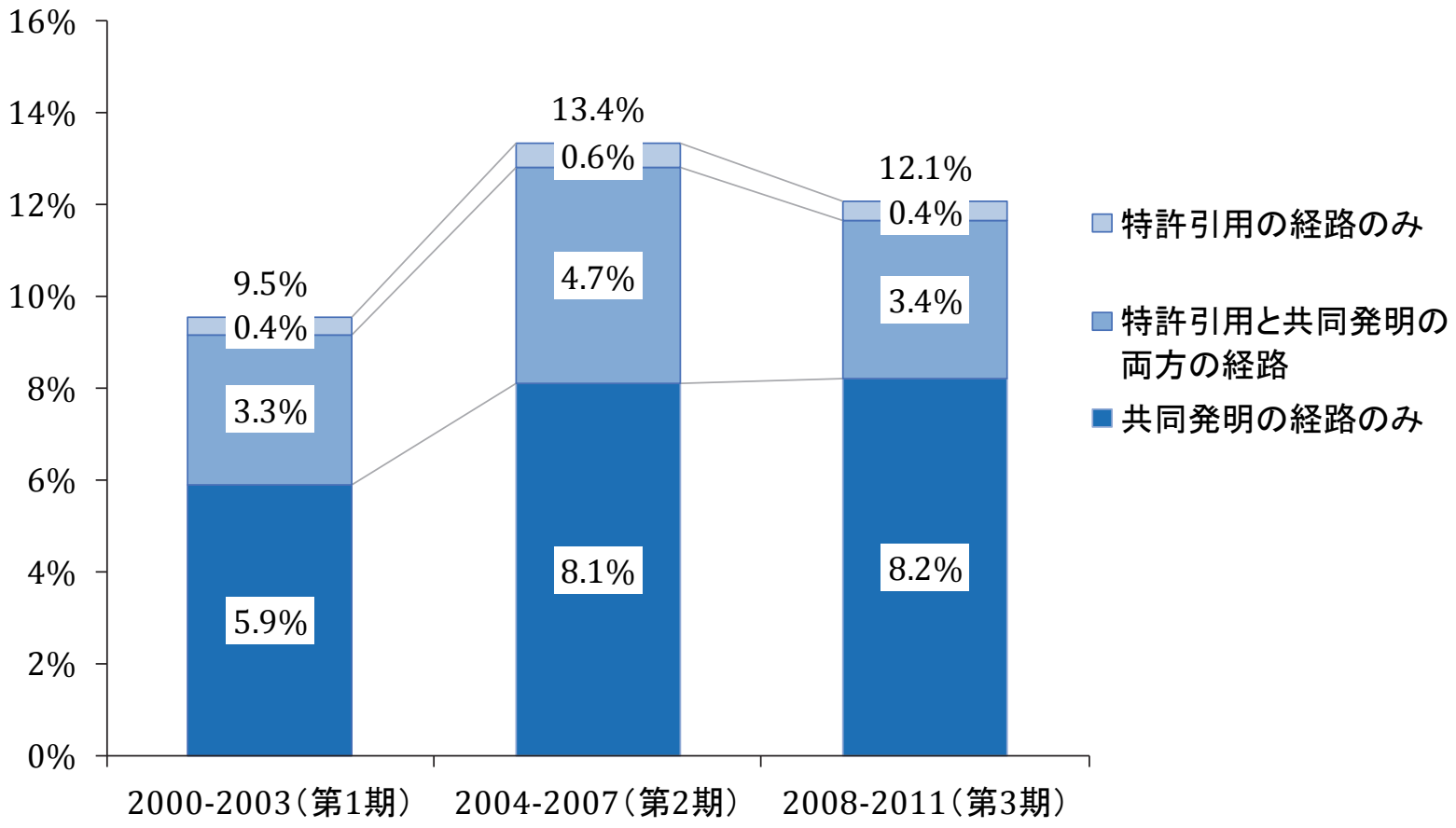
- 医薬品や化学分野における科学集約度が最も高い（アカデミアの特許が少ない分野の科学集約度は低くなりがち）
- 多くの産業で第1期よりも第2期・第3期の科学集約度が上昇
- 化学や通信サービスなどの分野では、科学集約度が第3期においても継続的に上昇
- 医薬品分野の科学集約度はほぼ横ばいで推移



(出典) Figure 7, Ikeuchi et al. (2017)

産業界で活用された学術論文シェア：時系列推移

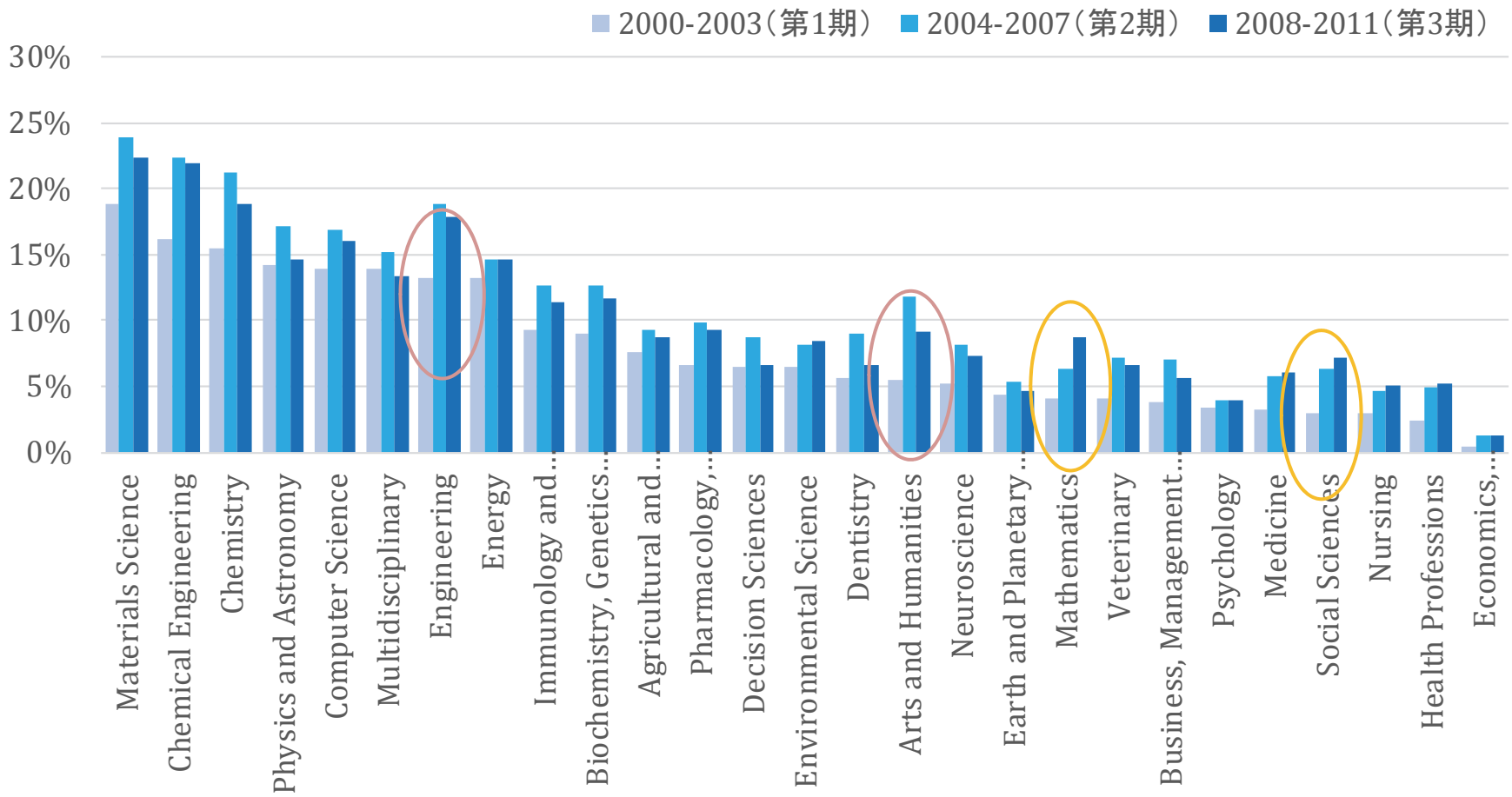
- 科学集約度と同様の時系列推移
- 第3期は、アカデミア特許引用を経路とする知識フローのシェアが低下
  ⇒ 共同発明による産学連携の重要性が相対的に増大



(出典) Figure 8, Ikeuchi et al. (2017)

産業界で活用された学術論文シェア：学術分野別

- 多くの学術分野の知識が産業界の技術開発で積極的に活用されるようになっている
- 数学や社会科学は継続的に上昇
- 工学や人文学では第1期から第2期にかけて大きく上昇



(出典) Figure 9, Ikeuchi et al. (2017)

まとめ

- **学術論文データベース（科学）、特許データベース（技術）、経済センサス（産業）を接続し、日本の産業のサイエンス化の進展の状況を表す指標の開発を試みた。**
- **この新しい指標は、伝統的に用いられてきた、文献に記述された科学知識による知識フローを捉えた非特許文献引用の指標では表せない、科学と産業活動の結びつきのメカニズムを反映しているといえる。**

- **本報告での科学集約度は、2000年代半ばに大きく上昇**
  - 1990年代以降実施された産学連携促進政策、2004年の国立大学法人化など、日本のアカデミックセクターの改革を背景として、大学発特許や、産学連携による共同研究が大きく増加した。
  - 2000年代後半以降は共同発明による産学連携の重要性が相対的に増加するなど、知識フローの経路も変化しつつある。
- **医薬品、化学産業などのような科学集約度の高い産業だけでなく、それ以外の幅広い産業において、イノベーションの創出のために、科学知識がますます重要になってきているものと考えられる。**

政策的示唆、及び今後の課題

- **新たに開発した産業の科学集約度の指標を用いた分析結果は**
  - 科学技術への公的支援は、産業界のイノベーションを促進するための重要な政策であること
  - アカデミアと産業界の連携・協働を促進することが、企業による科学知識の活用を促す上で重要な政策となりうること

  などを裏付けるものである。

- **今後の課題：**
  - 発明者名寄せ：機械学習アルゴリズムを活用したプログラムの導入
  - 企業の研究者が執筆した科学論文の考慮
  - 特許の技術分野、及びその基礎となる科学分野の対応関係の詳細な分析
  - 産業界へのインパクトに係る詳細な分析
  - 米国、欧州、中国等との比較研究

参考文献

- Ikeuchi, Kenta, Kazuyuki Motohashi, Ryuichi Tamura and Naotoshi Tsukada (2017) “Measuring science intensity of industry using linked dataset of science, technology and industry”（邦題：科学･技術･産業データの接続と産業の科学集約度の測定）
  NISTEP Discussion Paper, No.142, 2017年3月, DOI:http://doi.org/10.15108/dp142, 文部科学省 科学技術･学術政策研究所.

- Akira Goto, Kazuyuki Motohashi (2007) "Construction of a Japanese Patent Database and a First Look at Japanese Patenting Activities," *Research Policy*, 36(9), pp.1431-1442.

- Suzuki, Jun, Naotoshi Tsukada and Akira Goto (2015) “Role of public research institutes in Japan’s National Innovation System: Case study of AIST, RIKEN and JAXA,” *Science, Technology & Society*, 20(2), pp.133-160.

学術知識の活用（2008-2011年, 特許あたり論文数）

参考

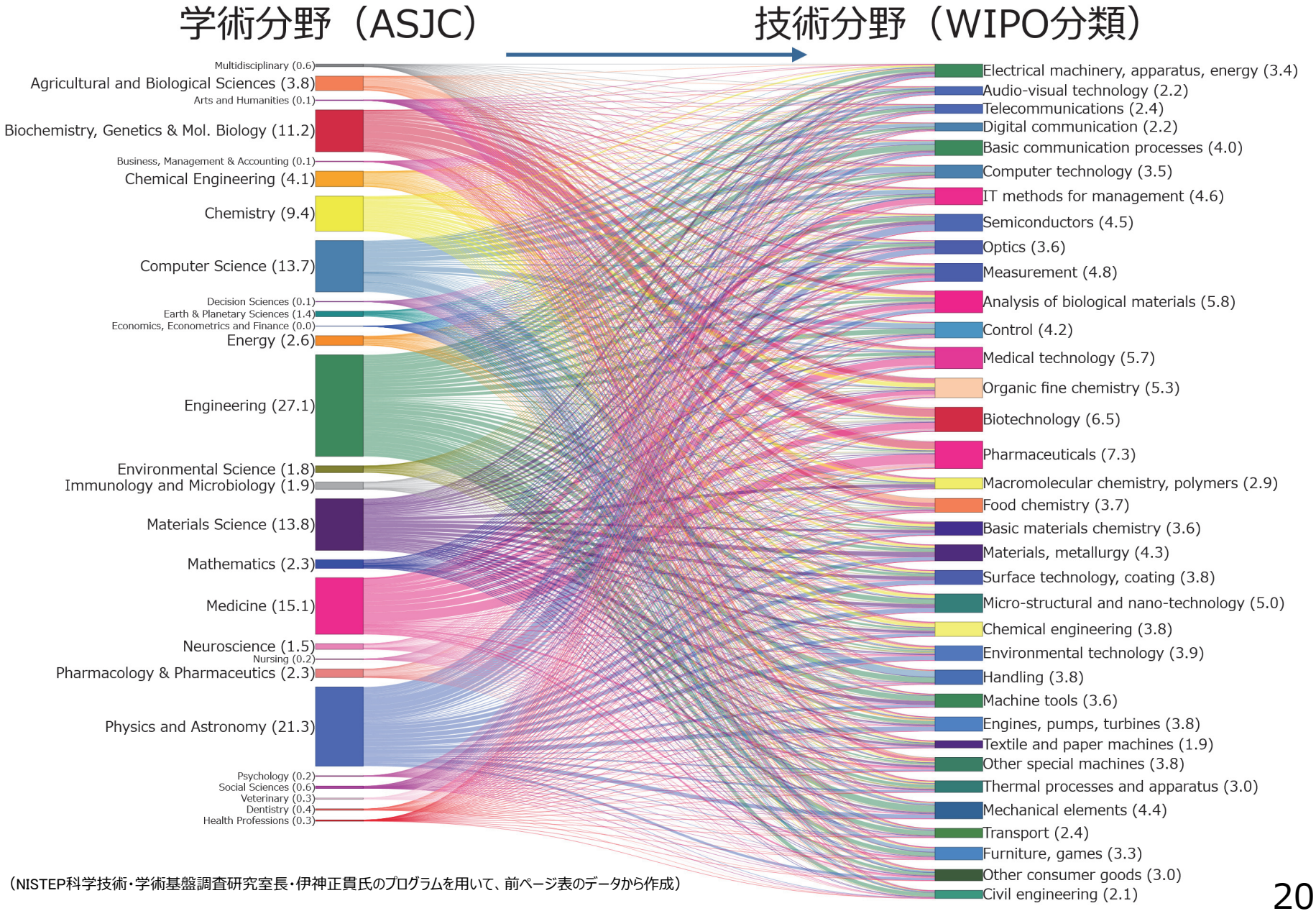
特許の技術分野

学術分野	Technology Class (WIPO)	Electrical machinery, apparatus, energy	Audio-visual technology	Telecommunications	Digital communication	Basic communication processes	Computer technology	IT methods for management	Semiconductors	Optics	Measurement	Analysis of biological materials	Control	Medical technology	Organic fine chemistry	Biotechnology	Pharmaceuticals	Macromolecular chemistry, polymers	Food chemistry	Basic materials chemistry	Materials, metallurgy	Surface technology, coating	Micro-structural and nano-technology	Chemical engineering	Environmental technology	Handling	Machine tools	Engines, pumps, turbines	Textile and paper machines	Other special machines	Thermal processes and apparatus	Mechanical elements	Transport	Furniture, games	Other consumer goods	Civil engineering
	Science Field (ASJC)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
10	Multidisciplinary	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.03	0.04	0.01	0.02	0.04	0.09	0.06	0.01	0.03	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.03	0.01	0.01	0.02	0.01	0.04	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
11	Agricultural and Biological Sciences	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.04	0.01	0.01	0.07	0.12	0.01	0.04	0.12	0.42	0.20	0.04	1.29	0.25	0.02	0.02	0.02	0.04	0.14	0.02	0.04	0.03	0.04	0.52	0.04	0.02	0.03	0.02	0.01	0.11
12	Arts and Humanities	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
13	Biochemistry, Genetics & Mol. Biology	0.08	0.04	0.03	0.03	0.07	0.16	0.32	0.06	0.07	0.43	0.84	0.12	0.55	1.08	1.95	1.80	0.19	0.85	0.27	0.09	0.11	0.15	0.16	0.19	0.10	0.07	0.09	0.14	0.57	0.07	0.06	0.05	0.14	0.18	0.03
14	Business, Management & Accounting	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	Chemical Engineering	0.12	0.02	0.01	0.00	0.02	0.03	0.01	0.07	0.04	0.11	0.17	0.09	0.12	0.27	0.16	0.11	0.23	0.10	0.22	0.20	0.13	0.22	0.45	0.23	0.03	0.05	0.10	0.15	0.13	0.25	0.11	0.03	0.05	0.04	0.03
16	Chemistry	0.38	0.06	0.02	0.02	0.05	0.04	0.05	0.23	0.17	0.30	0.55	0.06	0.11	1.03	0.31	0.36	0.78	0.23	0.56	0.51	0.44	0.73	0.73	0.30	0.04	0.12	0.17	0.25	0.27	0.17	0.07	0.02	0.13	0.07	0.03
17	Computer Science	0.14	0.43	0.71	0.95	0.84	1.55	1.15	0.13	0.25	0.36	0.12	1.32	0.46	0.03	0.07	0.04	0.04	0.05	0.09	0.04	0.06	0.21	0.08	0.05	1.67	0.10	0.13	0.05	0.06	0.16	0.49	0.30	0.92	0.47	0.17
18	Decision Sciences	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	Earth and Planetary Sciences	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.04	0.02	0.03	0.11	0.08	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.04	0.04	0.01	0.01	0.04	0.16	0.02	0.06	0.08	0.00	0.03	0.07	0.07	0.13	0.03	0.00	0.22
20	Economics, Econometrics & Finance	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	Energy	0.24	0.01	0.01	0.00	0.05	0.01	0.05	0.05	0.01	0.07	0.07	0.06	0.02	0.03	0.02	0.01	0.03	0.01	0.13	0.14	0.07	0.05	0.15	0.16	0.02	0.04	0.44	0.03	0.03	0.27	0.11	0.10	0.03	0.01	0.06
22	Engineering	0.91	0.58	0.80	0.61	1.59	0.69	0.50	1.12	0.78	1.04	0.73	1.31	0.79	0.14	0.23	0.19	0.22	0.14	0.43	0.79	0.72	1.29	0.54	0.41	1.40	1.35	0.82	0.31	0.39	0.78	1.65	1.18	1.03	0.69	0.98
23	Environmental Science	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.06	0.01	0.01	0.04	0.06	0.01	0.02	0.04	0.07	0.03	0.04	0.07	0.06	0.04	0.02	0.02	0.10	0.29	0.01	0.03	0.10	0.02	0.10	0.29	0.05	0.02	0.01	0.02	0.11
24	Immunology and Microbiology	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.03	0.01	0.00	0.06	0.11	0.01	0.05	0.18	0.45	0.39	0.02	0.17	0.04	0.01	0.01	0.00	0.02	0.08	0.00	0.01	0.00	0.01	0.12	0.01	0.02	0.00	0.01	0.02	0.00
25	Materials Science	0.58	0.24	0.16	0.07	0.34	0.08	0.04	0.80	0.51	0.41	0.49	0.10	0.41	0.27	0.18	0.19	0.83	0.12	0.62	1.20	0.85	0.86	0.54	0.30	0.10	0.91	0.35	0.49	0.45	0.28	0.40	0.16	0.13	0.19	0.12
26	Mathematics	0.03	0.06	0.07	0.12	0.13	0.21	0.34	0.02	0.04	0.07	0.04	0.28	0.07	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.04	0.02	0.03	0.11	0.03	0.04	0.01	0.02	0.04	0.09	0.06	0.13	0.04	0.02
27	Medicine	0.08	0.07	0.07	0.04	0.07	0.20	1.42	0.10	0.08	0.66	1.25	0.28	1.99	1.15	1.79	2.59	0.11	0.35	0.14	0.08	0.11	0.07	0.10	0.27	0.09	0.07	0.14	0.14	0.51	0.05	0.12	0.08	0.38	0.39	0.05
28	Neuroscience	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.05	0.07	0.01	0.01	0.05	0.10	0.05	0.17	0.15	0.15	0.29	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.00	0.02	0.01	0.07	0.00	0.00	0.02	0.04	0.06	0.00
29	Nursing	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.04	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00
30	Pharmacol., Toxicol. Pharmaceutics	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.08	0.01	0.01	0.06	0.12	0.02	0.09	0.44	0.23	0.65	0.05	0.10	0.05	0.01	0.01	0.04	0.04	0.03	0.01	0.01	0.02	0.01	0.06	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
31	Physics and Astronomy	0.78	0.62	0.38	0.19	0.75	0.24	0.10	1.83	1.47	0.84	0.90	0.27	0.52	0.17	0.22	0.16	0.28	0.10	0.63	1.05	1.16	1.21	0.79	1.19	0.14	0.70	1.25	0.25	0.39	0.51	1.08	0.22	0.12	0.64	0.15
32	Psychology	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.01	0.00
33	Social Sciences	0.00	0.02	0.07	0.05	0.03	0.06	0.06	0.01	0.03	0.02	0.01	0.06	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.03	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.03	0.02
34	Veterinary	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01	0.03	0.04	0.07	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
35	Dentistry	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.11	0.03	0.03	0.07	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
36	Health Professions	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.06	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.07	0.02	0.00

(出典) Table 6c, Ikeuchi et al. (2017)

学術知識の活用（2008-2011年, 特許あたり論文数）

参考



（NISTEP科学技術・学術基盤調査研究室長・伊神正貫氏のプログラムを用いて、前ページ表のデータから作成）