

Title	サイエンス型産業における持続的発展の研究 : 「知識と人」産学循環モデルのシステム構造
Author(s)	飯嶋, 秀樹; 中田, 喜文
Citation	年次学術大会講演要旨集, 31: 585-588
Issue Date	2016-11-05
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10119/13970">http://hdl.handle.net/10119/13970</a>
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

## 2 G O 1

# サイエンス型産業における持続的発展の研究：「知識と人」産学循環モデルのシステム構造

○飯嶋秀樹，中田喜文（同志社大学大学院）

### 要旨

本研究の目的は 1975～2014 年の 40 年間における日本の論文数の変動のメカニズムを社会システムの視点から明らかにすることである。日本の論文数は、2000 年までほぼ単調に増加したが、2000 年代初めに増加が止まり、現在まで推移している。2000 年以降の論文数の増減傾向を調べたところ、論文数が停滞あるいは減少した研究分野（A 群）と増加を続けた研究分野（B 群）に分かれた。A 群には物性物理など主要な研究分野が入り、B 群には天文学・天体物理学、数学、素粒子物理学など産業に直結しない基礎科学領域の研究分野が入った。A 群の減少と B 群の増加の幅が毎年ほぼ同じだったため、2000 年代に日本の論文数は停滞した。論文書誌事項のデーターを分析して、研究分野ごとの研究者数を推定した。物性物理分野では、論文数と研究者数がともに減少しており、新規に参入する若手研究者の減少と既存の研究者の他分野への流出の可能性を示唆した。「知識と人」産学循環モデルは「大学」、「企業」、「市場」（知識交換の場）の間を「知識と人」が一体となって往還するモデルである。モデルの背後にある階層構造を社会システム理論に準拠して 6 つの機能システム（科学システム；技術システム；経済システム；広場システム；教育システム；人的システム）に置き換えた。日本の科学・技術が発展する鍵は、6 つの機能システムが相互調整的に連動して“知”の循環の連鎖が続くことである。

### 1. はじめに

日本の物理、化学、バイオ科学など基盤分野の学術論文数（英語）は 2000 年代になって停滞ないし減少したが、日本全体の論文数はほぼ年間 70,000 報強で停滞を続けている。物理論文は 1990 年代前半に企業の論文数が減少したあと 1996 年に物理系大学院博士課程の学生数が減少し始め、2003 年から大学の物理論文数が減少した——この連鎖反応は、大学における教育・研究活動が産業や経済など社会全体の活動と密接に連動しており、社会の中を知識と人が変化しながら流れる様子を想起させる。

このような動的な構造を「知識と人」産学循環モデルとして提唱した[1,2]。このモデルでは大学と企業の間を「知識と人」が一体となって往還する。このモデルは物理分野の学生数と論文数のあいだに高い相関性があることに基づいているが、研究分野ごとの研究者数が判らないため、論文数が減少した原因は未解明である。

本発表では、モデルの普遍性をより確かなものにするために、(1)研究分野を細分化して論文数の推移を精査し、(2)研究分野ごとの研究者数を評価する方法を検討した。さらに(3)日本の科学・技術の発展像を探るため、社会システム理論を援用して「知識と人」産学循環モデルの動的構造について考察した。

### 2. 日本の論文数の研究分野ごとの推移

本研究では、1975～2014 年の 40 年間における論文数の変動のメカニズムを社会システムの視点から明らかにする。論文データベース（Web of Science；以後 WoS）を用いて、1975～2014 年に出版された日本の論文（少なくとも著者の一人が日本にある研究機関に所属する）を抽出した。WoS では各論文が関係する複数の研究分野を 100 以上の研究分野（「Web of Science の分類」）の中から選んでラベル付けしている。抽出したすべての論文を研究分野ごとに分類（一つの論文は複数の分野で数えられる）し、論文数が多かった上位 100 分野の論文数の増減傾向を調べた。

日本の論文数は、2000 年までほぼ単調に増加したあと、2000 年代の初めに増加が止まり、おおよそ年間 70,000-72,000 報で推移した。2000 年頃まではほとんどの研究分野で論文数は増えたが、それ以降は論文数が停滞あるいは減少した研究分野と増加を続けた研究分野に分かれた（前者を A 群と後者を B 群と呼ぶ）に分かれた。上位 100 分野のうち、A 群は 61 分野（6 割）、B 群は 39 分野（4 割）であった。A 群には、物理学（応用物理学、物質科学、物性物理）やバイオ科学（生化学・分子生物学、薬学、

神経科学、細胞生物学)、工学(電子工学)、化学(材料科学、物理化学、薬学、有機化学)などの主要な研究分野が入った。表1にA群の上位10分野、B群の上位10分野を示す。

図1にA群61分野の論文数とB群39分野の論文数の1975~2014年の推移を示す。A群は2000年に約50,000報だったが、2010年には約45,000報に減少した。一方、B群は2000年に約26,000報だったが、2010年には約32,000報に増加した。2000年代においてA群の減少とB群の増加ほぼ同じだった結果、2000年代の日本の論文数はほぼ70,000報強で推移した。A群の論文数が減少に転じたのは2003年である。特に生化学・分子生物学と物性物理の減少が急激である。B群では1975年から一貫して論文数が増加した。B群の各研究分野の論文数はそれほど多くないが、化学多領域と腫瘍学の増加が著しい。B群には天文学・天体物理学、数学、素粒子物理学など産業に直結しない基礎科学領域の研究分野が含まれていることが特徴的である。

表1. 論文数が減少した研究分野と増加した研究分野：論文数(1975-2014)上位10分野。

順位	2000年代の論文数	
	A群: 停滞~減少した研究分野	B群: 増加した研究分野
1	応用物理	化学 多領域
2	生化学・分子生物学	腫瘍学
3	物質・材料科学 多領域	天文学・天体物理学
4	物理化学	消化器病学・肝臓学
5	電子工学	光学
6	物性物理	心臓・循環器
7	薬学	数学
8	神経科学	食品科学・食品工学
9	有機化学	素粒子物理学
10	細胞生物学	放射線医学・核医学

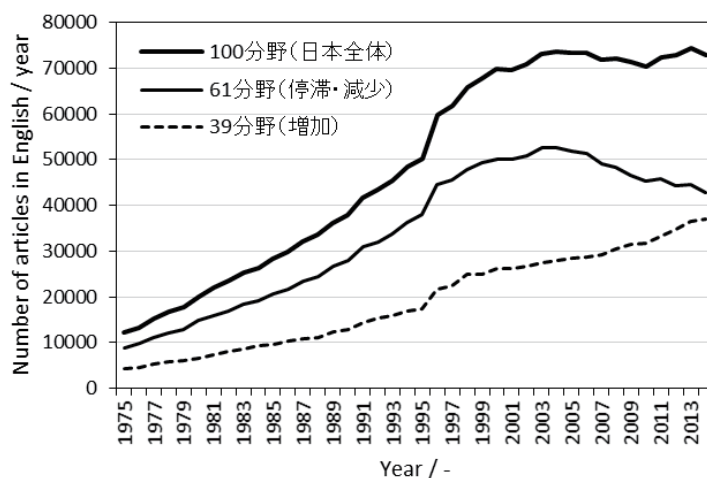


図1. 2000年代の論文数の増減で分類した100分野の日本の論文数の推移：1975-2014；太実線、日本全体の論文の上位100分野の論文数(合計)；細実線、2000年代に論文数が停滞~減少したA群61分野の論文数(合計)；破線、2000年代に論文数が増加したB群39分野の論文数(合計)；出典、Web of Science。

### 3. 研究分野ごとの研究者数の推定

WoSは著者の名前(アルファベットで姓字と名前の頭文字；例えば、湯川秀樹はYukawa H)のデータをもつので、ある論文集合A(例えば、2002年に出版された日本の物性物理分野の論文約4,000報)の著者名を分析すれば、著者数がわかる。ただし、同姓で名前の頭文字が同じ著者(湯川秀樹と湯川英夫はYukawa H)は区別しないので、著者数は少な目に評価される。また日本の研究機関に所属する研究者(日本の研究者；外国人研究者や留学生を含む)と海外の研究機関に所属する研究者(海外の研究者)が共同で行った研究(海外共同研究)の論文では、日本の研究者と海外の研究者を区別しない。しかし、日本の研究者だけで行った研究(国内研究)と海外共同研究を区別して2つの論文集合BとC

に分けることができれば、日本の研究者の人数  $x$  の範囲を式(1)で推定することができる。

日本の研究者が所属する研究機関の属性（所在する国）を用いて、論文を2グループに分けることができる：日本の研究機関に所属する研究者だけで行った研究（国内研究）と日本の研究機関に所属する研究者と海外の研究機関に所属する研究者が共同で行った研究（海外共同研究）である。論文集合 A（論文数  $a$ 、著者数  $a'$ ）を構成する論文は、国内共同研究の論文集合 B（論文数  $b$ 、著者数  $b'$ ）と海外共同研究の論文集合 C（論文数  $c$ 、著者数  $c'$ ）からなる集合である。このとき B と C は重ならない。

A の著者のうち、日本の研究者の人数を  $x$  とする。C の日本の研究者は1報当たり少なくとも1名であるから、C の日本の研究者の最小値は  $c$  である。したがって、論文集合 C の著者（人数  $c'$ ）の中の海外の研究者（人数を  $y$  とする）の最大値( $y, \max$ )は  $(c' - c)$  であり、 $x$  の最小値( $x, \min$ )は  $(a' - y, \max)$  である。同様に、C の海外の研究者は1報当たり少なくとも1名であり、 $y$  の最小値( $y, \min$ )は  $c$  であるから、 $x$  の最大値( $x, \max$ )は  $(a' - y, \min)$  である。したがって、 $x$  の範囲は式(1)となる。

$$a' - c' + c \leq x \leq a' - c \quad (1)$$

ここで、 $a$  は論文集合 A の論文数、 $a'$  は A の著者数、 $c$  は論文集合 C の論文数、 $c'$  は C の著者数である。

図2に物性物理分野の論文数（2a；国内研究と海外共同研究）と論文著者数（2a、2b；国内研究）の推移を示す。物性物理分野では、2000年代になって国内研究と海外共同研究ともに論文数が減少した。特に国内研究の減少が著しく、国内研究の著者数が激減した。物理系博士課程学生数は90年代半ばから減少し始め、2000年代前半から活発に研究している研究者数が減少した。これは物性物理分野へ若手研究者が参入しなかった可能性とこの分野の既存の研究者が他の分野へ流出した可能性を示唆する。

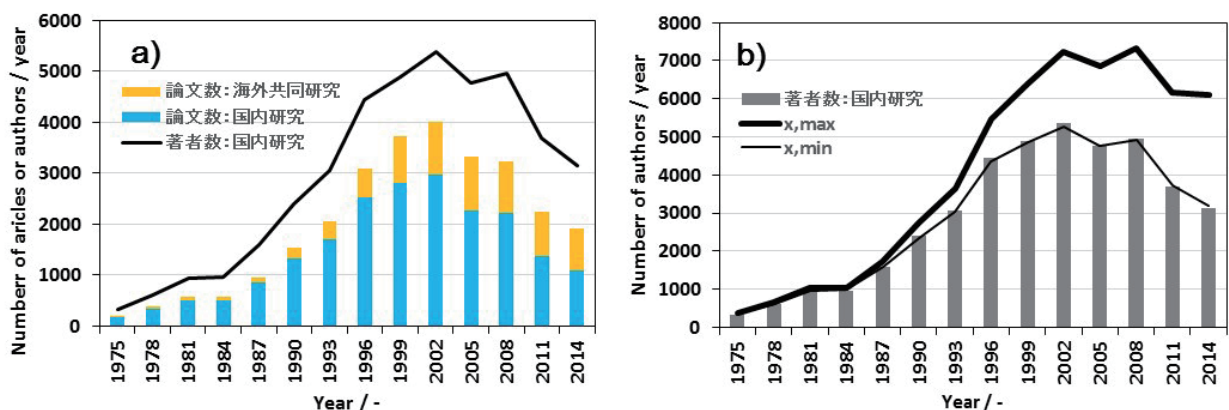


図 2. 物性物理分野の論文数と論文著者数の推移：a) 棒グラフ、国内研究と海外研究の論文数；実線、国内研究の著者数 (2b の棒グラフと同じ)；b) 太実線、 $x, \max$  (日本の研究者数の最大値)；細実線、 $x, \min$  (日本の研究者数の最小値)；棒グラフ、国内研究の著者数 (2a の実線と同じ)；出典、Web of Science。

#### 4. 社会システム理論：“知”の進化システムとしての「知識と人」産学循環モデル

「社会システム理論」はドイツの社会学者ルーマンが提唱した理論である[3]。この理論では、人間が主体者として行為するという視点を離れて、社会は様々な役割を担う複数の機能システムがその構成単位であり、機能システムが互いに影響し合いながらも自律的に作動する複合システムであると考えられる。このとき人は各機能システムの外（環境）に置かれる。ルーマンは機能システムが作動する普遍的なメカニズムは“コミュニケーションの連鎖”であると考えた。

図3に「知識と人」産学循環モデルの動的構造とこのモデルの背後にある階層構造を示す。産学循環モデルを構成する「大学」、「企業」、「市場」（人々が知識を交換する交流の場）と「人」が果たす役割（機能）を6つの機能システム（科学システム、技術システム、経済システム、広場システム、教育システム、人的システム）に置き換えた（図4）。6つのシステムが相互調整的に連動して“知”の循環の連鎖が作動する複合システムを“知”の進化システムと呼ぶ。日本の科学・技術が発展する鍵は、この“知”の進化システムが作動し、“知”の循環の連鎖が継続することである。

すべての機能システムは普遍的なメカニズムで作動するから、2つの機能システムを比較して役割の



違いを知ることができる。図4では、人を社会の階層構造から解放して、その機能を人的システムとして“知”の進化システムに組み入れた。こうすることで人の成長や人の交流など人が果たす役割や機能に焦点を当てることができる。人間が行為の主体者であるという視点を離れるといっても、システムが“コミュニケーションの連鎖”を機械的に行うわけではない。人的システムが作動することで、それぞれの機能システムにおいて“コミュニケーションの連鎖”が起こるのである。

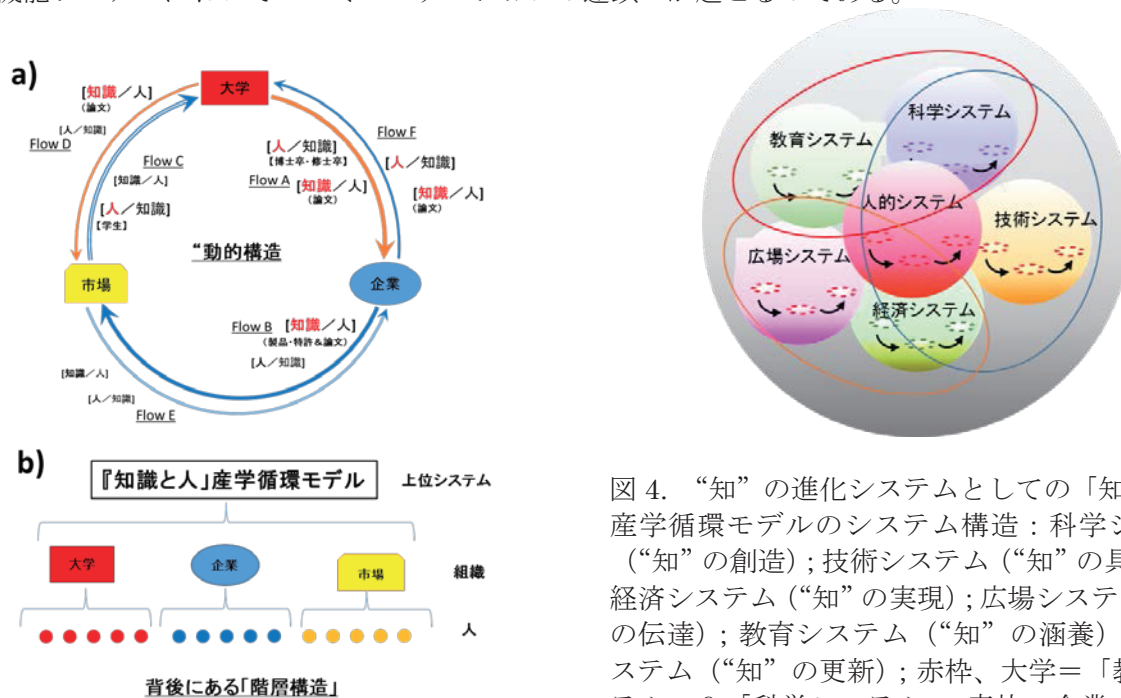


図3. 「知識と人」産学循環モデル：a) 「知識と人」が循環する動的構造；b) 「階層構造」。

図4. “知”の進化システムとしての「知識と人」産学循環モデルのシステム構造：科学システム（“知”の創造）；技術システム（“知”の具現化）；経済システム（“知”の実現）；広場システム（“知”の伝達）；教育システム（“知”の涵養）；人的システム（“知”の更新）；赤枠、大学＝「教育システム」&「科学システム」；青枠、企業＝「科学システム」&「技術システム」&「経済システム」；黄枠、市場＝「経済システム」&「広場システム」；人＝「人的システム」。

## 5. まとめ

- (1) 1975—2014年に出版された論文数が多かった100分野のうち、61分野で2000年代になってから論文数が減少した（A群）が、39分野では増加した（B群）。A群の減少とB群の増加の幅がほぼ等しかったため、2000年以降の日本の論文数は停滞した。
- (2) 研究分野ごとに論文誌事項の著者名と所属データを分析して、その研究分野の研究者数を推定した。物性物理分野では、国内研究、海外共同研究ともに論文数が減少した。国内研究の著者数が激減した。これは物性物理分野へ若手研究者が参入しなかった可能性とこの分野の既存の研究者が他の分野へ流出した可能性を示唆した。
- (3) ルーマンの社会システム理論を援用して、「知識と人」産学循環モデルの背後にある階層構造を6つの機能システム（科学システム、技術システム、経済システム、広場システム、教育システム、人的システム）に置き換えた。6つのシステムが相互調整的に連動して“知”の進化の連鎖が作動する複合システムを“知”の進化システムと呼ぶ。

## 参考文献

- 1 Iijima, H. and Yamaguchi, E. (2015) Decrease in the number of journal articles in Physics in Japan: Correlation between the number of articles and doctoral students, *J. Integrated Creative Studies*, No. 2015-0009, 1-20.
- 2 飯嶋秀樹・中田喜文・山口栄一 (2015) 「サイエンス型産業における持続的発展の研究：『知識と人』産学循環モデル」『研究・技術計画学会年次学術大会講演要旨集』Vol.30<sup>th</sup> Page. ROMBUN NO.2A24 (2015.10.10).
- 3 ゲオルク クニール・アルミン ナセヒ（舘野受男・池田貞夫・野崎和義 訳）（1995）『ルーマン 社会システム論』新泉社。