
Innovation and Academia-industry Collaboration

産学連携はイノベーションを起こせるか

Schumpeter TAMADA, Ph.D.
Professor, Kwansei Gakuin University

関西学院大学 経営戦略研究科 教授
博士（学術） 玉田 俊平太

tamada@kwansei.ac.jp



Outline of my presentation

本日のアウトライン

1. What is innovation?
2. The role of innovation for the people, the industries, and the nations
個人、産業、国家にとってのイノベーション
3. Measuring linkages between academia and industrial innovation
産学連携によるイノベーションの計測
4. Academia from Mars, innovations from Venus: policy recommendations to enhance academia-industry collaborations
産学がベスト・パートナーになるために

WHAT IS INNOVATION?

Increasing importance of innovation

イノベーションの重要性の増大 (1/2)

- Eric Schmidt of Google said “It used to be that companies could turn poor products into winners by dint of overwhelming marketing or distribution strength.” But “product excellence is now paramount to business success.”
- グーグルのエリック・シュミット会長は「かつては圧倒的なマーケティング力や販売力があれば、お粗末なプロダクトでも市場の勝者になれた」が、「今や企業の成功に最も重要な要素はプロダクトの優位性になった」と述べている。
- Eric Schmidt & Jonathan Rosenberg, “How Google Works”, Grand Central Publishing (2014)

Increasing importance of innovation

イノベーションの重要性の増大(2/2)

- Jeff Bezos, founder and CEO of Amazon, said “In the old world, you devoted 30 percent of your time to building a great service and 70 percent of your time to shouting about it. In the new world, that inverts.”
- アマゾン創業者兼CEOのジェフ・ベゾスは「古い世界では持てる時間の30%を優れたサービスの開発に、70%をそれがどれほど素晴らしいサービスか吹聴してまわるのに充てていた。その比率が新たな世界では逆転した」と述べている。
- Eric Schmidt & Jonathan Rosenberg, “How Google Works”, Grand Central Publishing (2014)

Word root of innovation

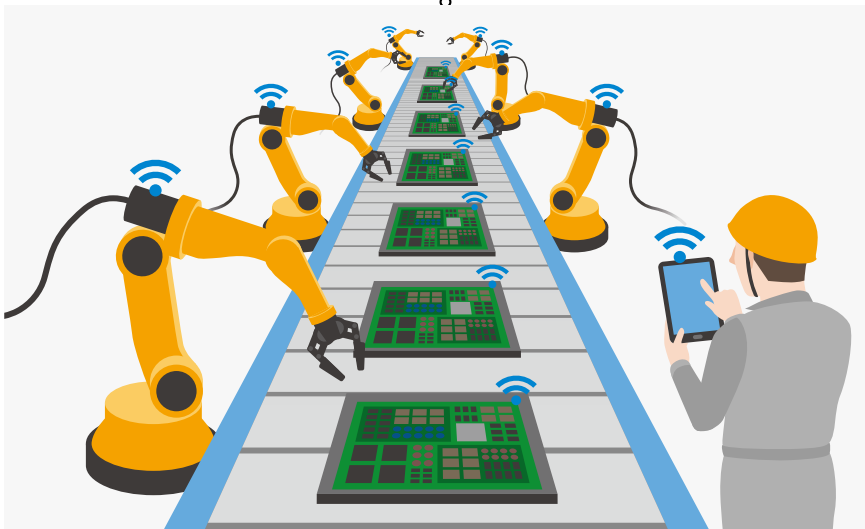
イノベーションの語源

- The word root of innovation is a Latin “Innovare”
- 語源はラテン語のInnovare（インノバーレ）
- Which means “to make something new”
- 意味は「何かを新しくすること」
- But newness is necessary for innovation, but not sufficient.
- ただし、あるアイデアに新規性があれば、特許は取れるかもしれないが、特許がもらえたからといって、そのアイデアを盛り込んだ商品が商業的に成功するとは限らない
- According to Mansfield, the 80% of all ideas succeeded technically, but only 20% of technically successful ideas had also succeeded commercially.
- 事実、E.マンスフィールドが行った米国大企業のプロジェクトのケーススタディによれば、アイデアの
 - 技術的な成功確率=0.8
 - その後の商業的な成功確率=0.2

What does innovation change?

イノベーションによって何が新しくなるか？

Process



Firm

Product
or
Service



Customer

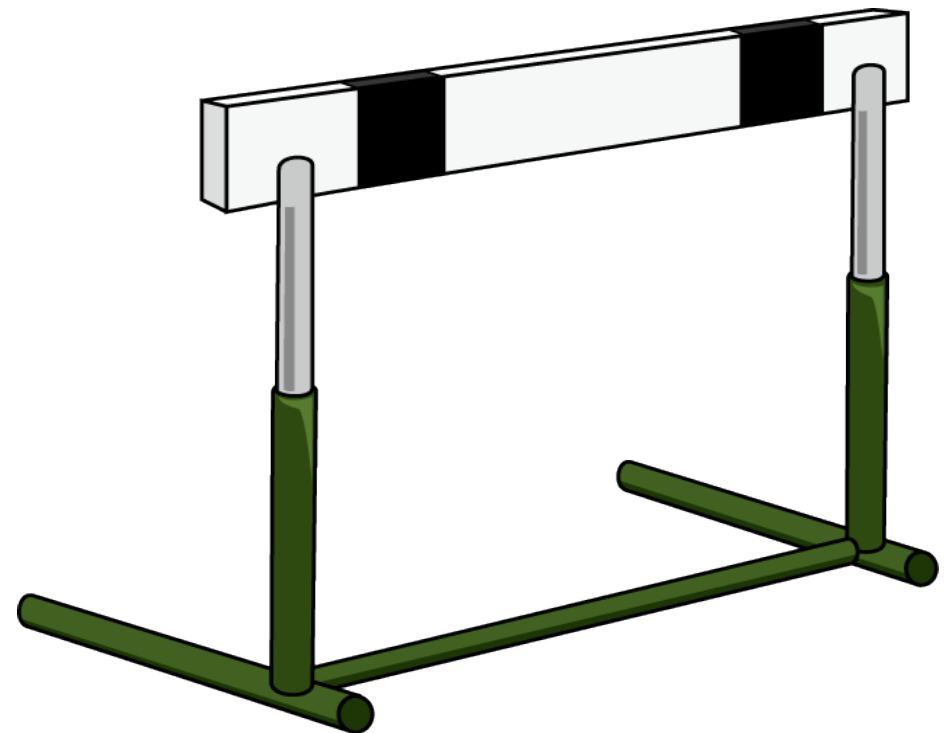
Two hurdles to succeed in innovation

イノベーション実現には2つのハードルがある



Technical hurdle; invention

技術のハードル
(=イノベーション, 発明)



Customer's hurdle; innovation

顧客 (市場) のハードル
(=イノベーション)

Definition of innovation

イノベーションの定義

- Innovation is a **process** of turning **opportunity** into **new ideas** and of putting these into **widely used practice**. This definition implies that the commercial success is implicitly included in the successful innovation process.
- パビットらによる教科書『イノベーションの経営学』では、イノベーションとは「**機会を新しいアイデアへと転換し、さらにそれらが広く実用に供せられるようにする過程**」と定義
 - すなわち、**イノベーション**の概念には、**アイデアの新しさ**に加えて、その**アイデアが顧客に広く受け入れられて普及すること**、つまり、「**経済的成功**」が暗黙的に含まれている

INNOVATIONS FOR PEOPLE

Innovation enable people to make impossible things possible

Adaptive spectacles by Adaptive Eyecare founded by Dr. Joshua Silver



Radio with hand-winding generator provided critical information while earthquake

震災でも威力を発揮した手回し式ラジオ



Q-drum freed women and children from drawing water

女性や子供の水汲みの労働を軽減したQドラム



INNOVATIONS FOR COMPETITIVENESS OF FIRMS

Innovation contributes to the competitive advantage of firms

イノベーションは企業競争力の源泉

- **Differentiation** (差別化)

- 自社の製品を競合他社と差別化することによって、顧客の支払意思 (willingness to pay) を増やし、高い価格で買ってもらうことで利益を得る



- **Lower cost** (コスト競争力)

- 競合他社と同等の製品を、競合他社よりも低いコストで提供することで利益を生み出す



Companies will be able to adapt environmental change by innovations

イノベーションによって企業は環境変化に適応できる



5900cc

VS



1496cc

Dow Jones Industrial Index

in 1928

Allied Chemical, Allied Can, American Smelting, American Sugar, American Tobacco, Atlantic Refining, Bethlehem Steel, Chrysler, **General Electric**, General Motors, General Railway Signal, Goodrich, International Harvester, International Nickel Company, Mack Trucks, Nash Motors, North American, Paramount Publix, Postum, Radio Corporation of America, Sears Roebuck, **Standard Oil of New Jersey**, Texas Corporation, Texas Gulf Sulphur, Union Carbide, U.S. Steel, Victor Talking Machine, Westinghouse Electric, Woolworth, Wright Aeronautical

in 2017

3M, American Express, Apple, Boeing, Caterpillar, Chevron, Cisco System, Coca-Cola, Disney, du Pont, **ExxonMobile**, **General Electric**, Goldman Sachs, Home Depot, IBM, Intel, Johnson & Johnson, JPMorgan Chase, McDonald's, Merck, Microsoft, Nike, Pfizer, Procter & Gamble, Travelers Companies Inc., United Technologies, Unitedhealth, Verizon, Visa, Wal-Mart

INNOVATIONS FOR NATIONS

Innovation benefits countries

イノベーションの地域や国家にとっての意義

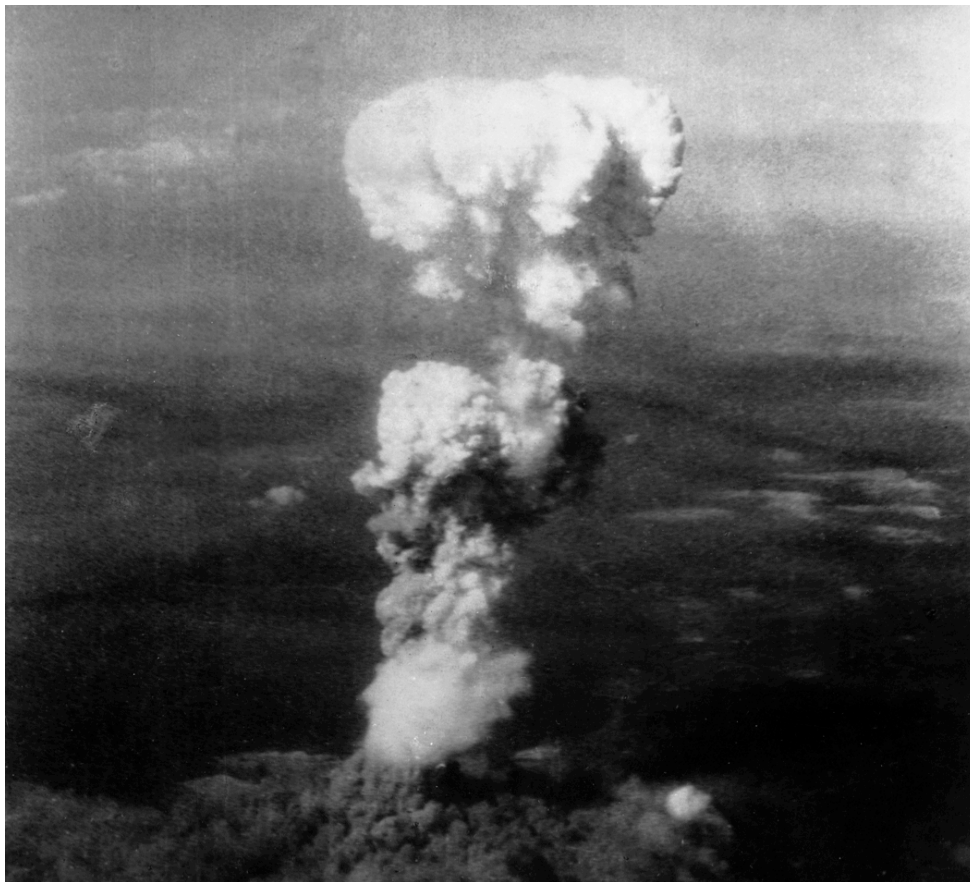
- Economic growth is one of the key performance indicators for policymakers, because it increases income of people.
- 一人あたりの所得がより多くなることは良いことであるとの考えから、経済成長は善とされている
- After WWII, about a half of American economic growth is contributed by “technical change” which is now called “innovation.”
- 戦後アメリカでは、マクロ経済成長の約半分はイノベーションによる
- Declining workforce and savings late in Japan shall reduce the inputs of production function. It is critical for Japan to innovate more to maintain her growth rate.
- 高齢社会の到来により労働人口（＝労働供給）および貯蓄率（＝資本供給）の低下が見込まれている。そんななか、国や地域の経済成長を維持するためにはイノベーションが必要！

Of course, new technologies made some countries win the war

もちろん、新兵器が国家の存亡を決める事もある

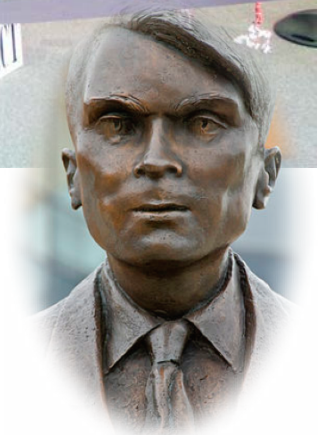
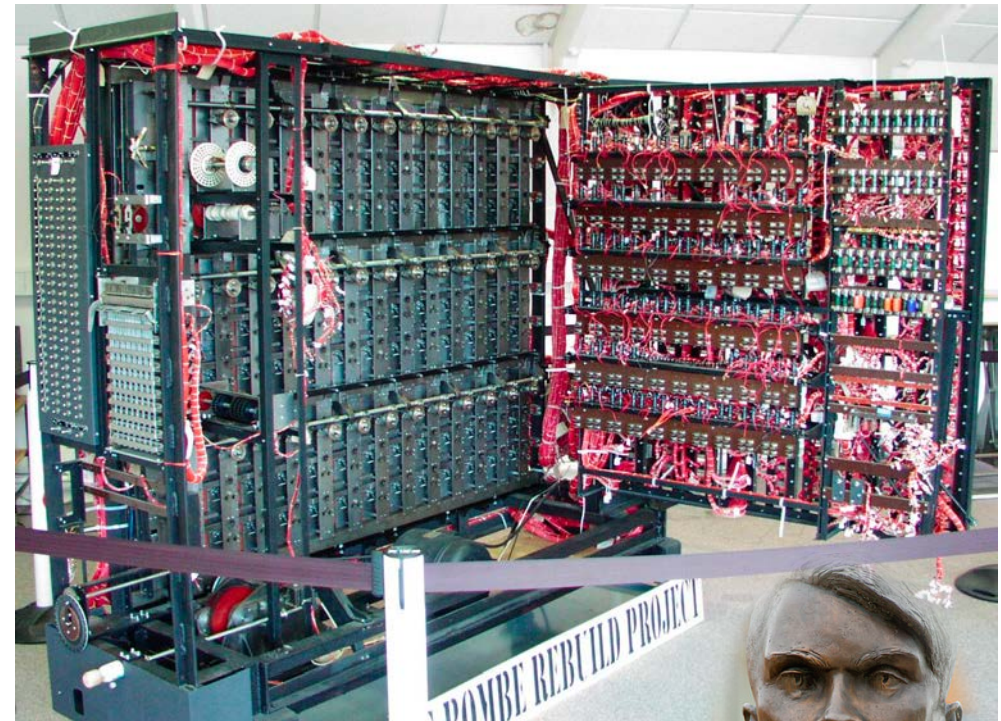
Atomic bomb made Japan to surrender

大日本帝国にとどめを刺した原子爆弾



Alan Turing made the machine to defeat Germany

ドイツ軍を打ち負かしたアラン・チューリングの暗号解読装置



ACADEMIA AND INNOVATION

Discussions on academia and innovation

大学とイノベーションの関係についての議論

- It is estimated that the development of 10% of new products and process would have been substantially delayed in the absence of recent academic research (Mansfield, 1991).
- もしも大学における研究の貢献がなかったとすれば、産業におけるイノベーションの10%は起きなかったか、大きく遅れたであろう
- There has also been increased interest in the linkage between science and technological change (Narin *et. al.*, 1997).
- 科学がイノベーションの主要な原動力の一つであると広く認識されている

Increasing attention to academic knowledge

as a source of industrial innovation

イノベーションの源泉として大学の知識への関心の増大

- Similar interest has grown regarding the importance of the impact of academia on the economy (OECD, 1990).
- 大学が経済へ及ぼす重要性についても認識が高まっている(OECD)
- Then, how can we measure academia-industry collaboration?
- では、科学とイノベーションとの関係はどのようにすれば定量的に計測できるのか？

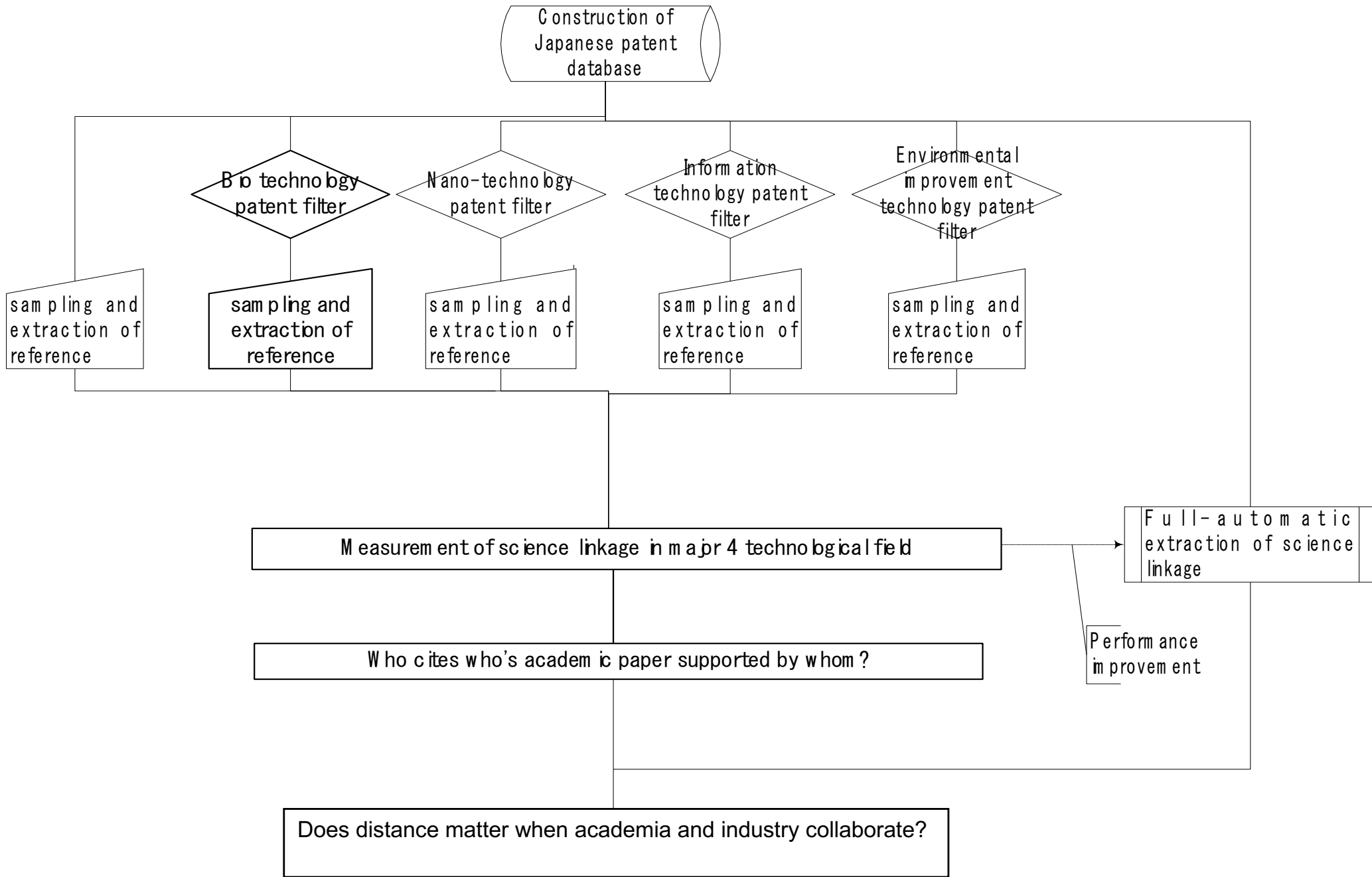
Science linkage as a measurement tool for academia-industry collaboration

- In recent years, the “Science Linkage,” which is the number of non-patent reference, which are mainly academic papers cited per a patent, has been used as an indicator for understanding the effect that academia exerts on innovation.
- 「サイエンス・リンケージ」、すなわち特許本文中に引用されている非特許文献（主として学術論文）が、大学等がイノベーションに及ぼしている影響を計測する手段として注目されている

Research questions

- **Is the academic influence on Japanese patents differ among technological areas?**
大学等で生まれた論文の特許への影響は技術の分野によって異なるのか？
- **Who cites who's academic paper supported by whom?**
どの国によって支援されたどの国の論文が多く引用されているのか？
- **Does distance matter when academia and industry collaborate?**
学会の論文を参照するのと、共同で研究するのとでは互いの距離はどの程度影響するのか？

Materials and methods



1. Extracting cited papers and patents manually

Making “teacher” data

Data used

用いたデータ

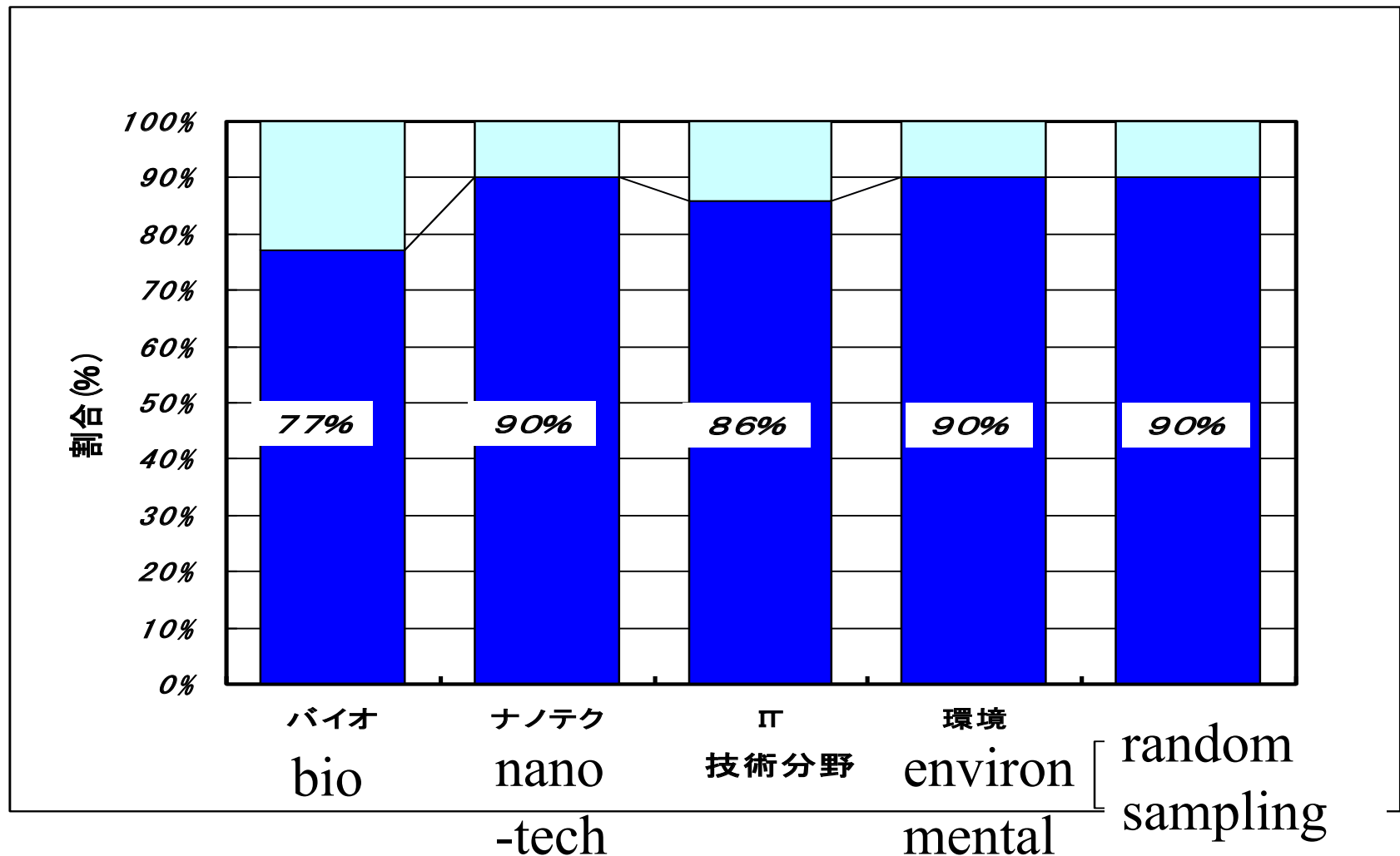
- **Patents granted since 1995 to 1999**
1995年から1999年の特許が対象
- **Using filtering algorithm, patents in four priority technological fields in the Japanese Science and Technology Basic Plan was filtered out.**
「フィルタリングアルゴリズム」により科学技術基本計画の重点4分野特許を抽出
- **Out of those patents in each technological fields, 300 patents are randomly sampled.**
各技術分野から特許300件ずつを抽出
- **As control, 300 patents are randomly sampled from entire patents since 1995 to 1999.**
対照群として全特許から300件を無作為に抽出

Filtering algorithm

Technological field	Filtering algorithm	Number of patents filtered
Bio	1) IPC: C12N15+C12N/1+C12N/5+C12N/7+A61K/48 2) 明細書中のキーワード: ベクタ遺伝子+癌遺伝子+遺伝子配列+ウイルス遺伝子+バクテリア遺伝子+細菌遺伝子+遺伝子障害+遺伝子治療+レトロウイルス+細胞成長+細胞増殖+リンホカイン+シトキン+サイトカイン 3) 1+2	6,965
Nano	1) IPC(+FI): B82B1/00+B82B3/00 2) キーワード: ナノ+超微粒子+メソポーラス+(メソ*多孔体)+自己組織+自己配列+(自己*アッセンブリ)+(自己*アセンブリ)+超分子+量子ワイア+量子ドット+量子井戸+量子細線+LB膜+(ラングミュア*プロジェクト*膜)+(langmuir*blodgett)+分子機械+(バイオ*素子) 3) 2のデータを次のIPCに絞る: A01N+A23B+A23C+A23J+A23L+A61K+A61L+A61M+B01D+B01F+B01J+B03C+B05B+B05C+B05D+B07B+B09B+B22F+B23B+B23C+B23D+B23K+B23Q+B24B+B25J+B32B+B41M+B62C+C01B+C01F+C01G+C02F+C03B+C03C+C04B+C07B+C07C+C07D+C07F+C07H+C07J+C07K+C08B+C08F+C08G+C08J+C08K+C08L+C09C+C09D+C09K+C12N+C12P+C12Q+C21D+C22B+C22C+C23C+C23D+C23F+C23G+C25BL+C25C+C25D+C25F+C30B+D01F+D03D+D04H+D06F+D06M+D06N+D21H+G01B+G01C+G01J+G01N+G01N033+G01P+G01R+G01T+G02B+G02F+G03C+G03G+G03H+G05D+G06F+G11B+G11C+G12B+G21K+H01B+H01F+H01G+H01J+H01L 021+H01L 023+H01L 025+H01L 027+H01L 029+H01L 031+H01L 033+H01L 039+H01L 041+H01L049+H01M+H01S+H04B+H05B+H05G+H05H+H05K 4) 1+3	7,943
Information	IPC: G06F+H01L	49,995
Environment improvement	Faucet = ZAB	7,555
Total	-	880,043

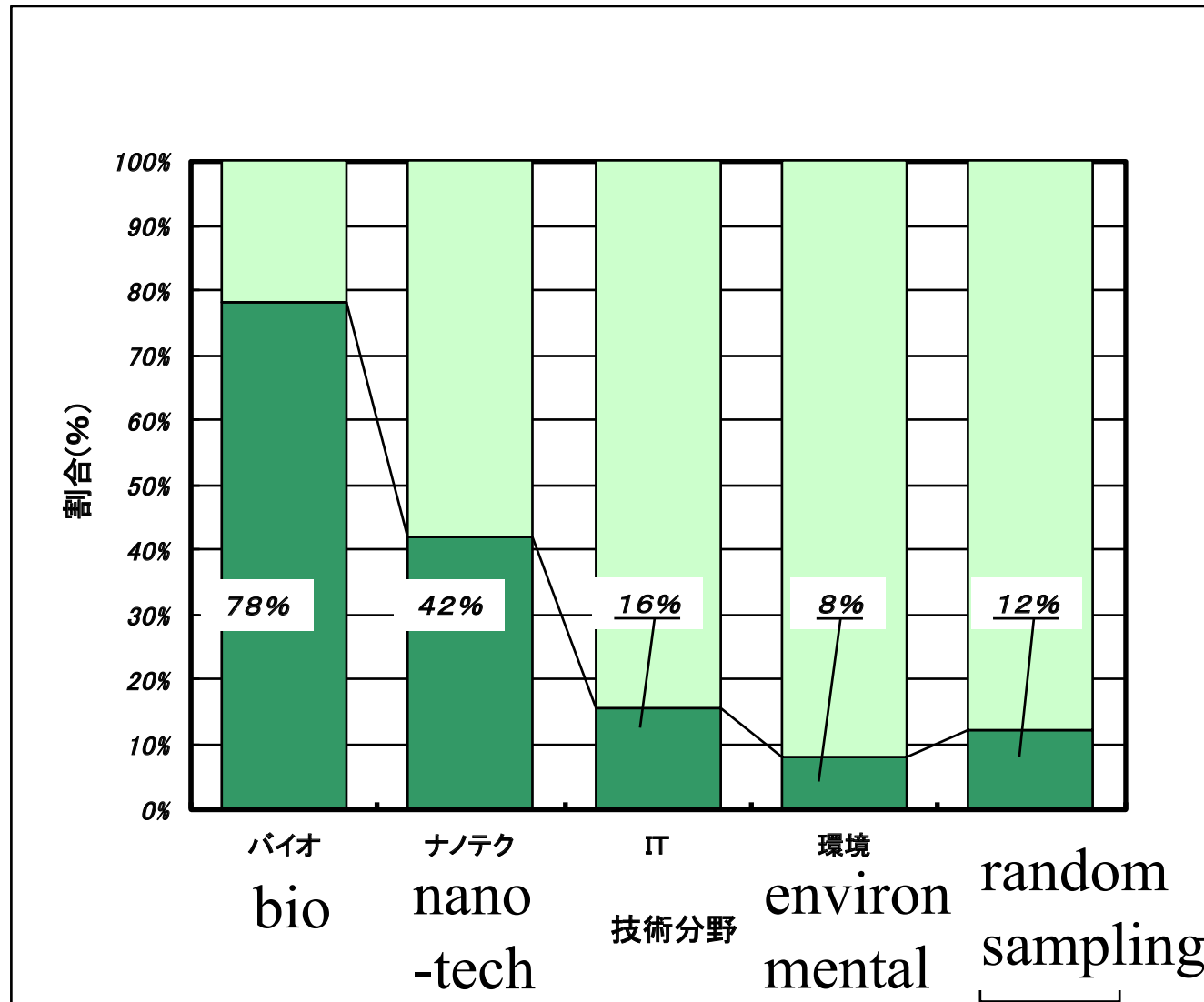
Percentage of patents citing previous patents

各300サンプル中で先行特許を引用している特許の比率



Percentage of patents citing one or more academic journals

各300サンプル中で論文等を引用している特許の比率



Citations in 300 patents of each technological fields

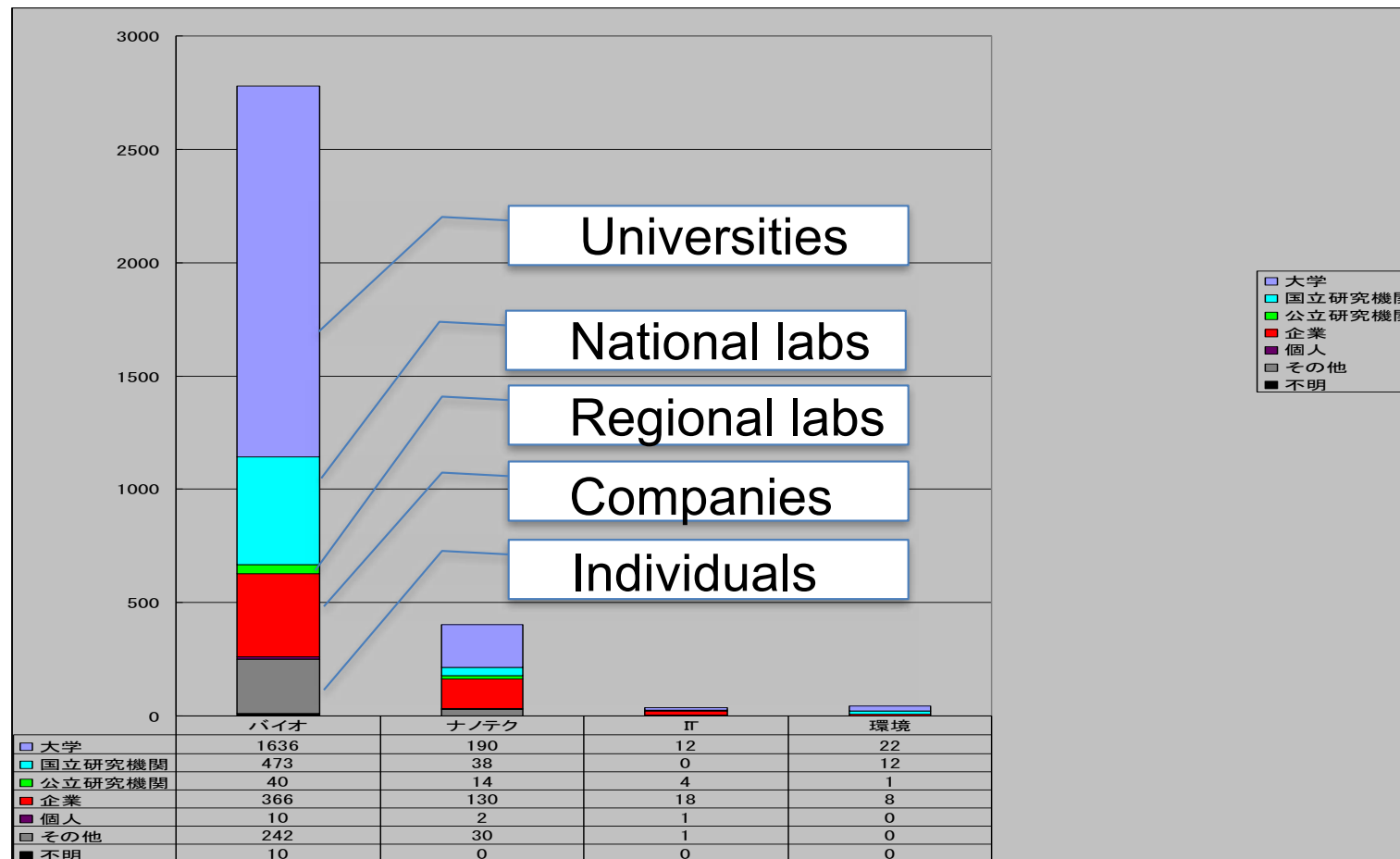
	Cited papers		Cited patents	
	total	Average	Total	average
Biotechnology	3,439	11.46	1,102	3.67
Nano-technology	597	1.99	2,125	7.08
Information technology	95	0.32	927	3.09
Environment improvement	77	0.26	1,193	3.98
Random sample	179	0.6	1,749	5.83

2. Who supports who's scientific research cited by patents

Accumulation of cited papers

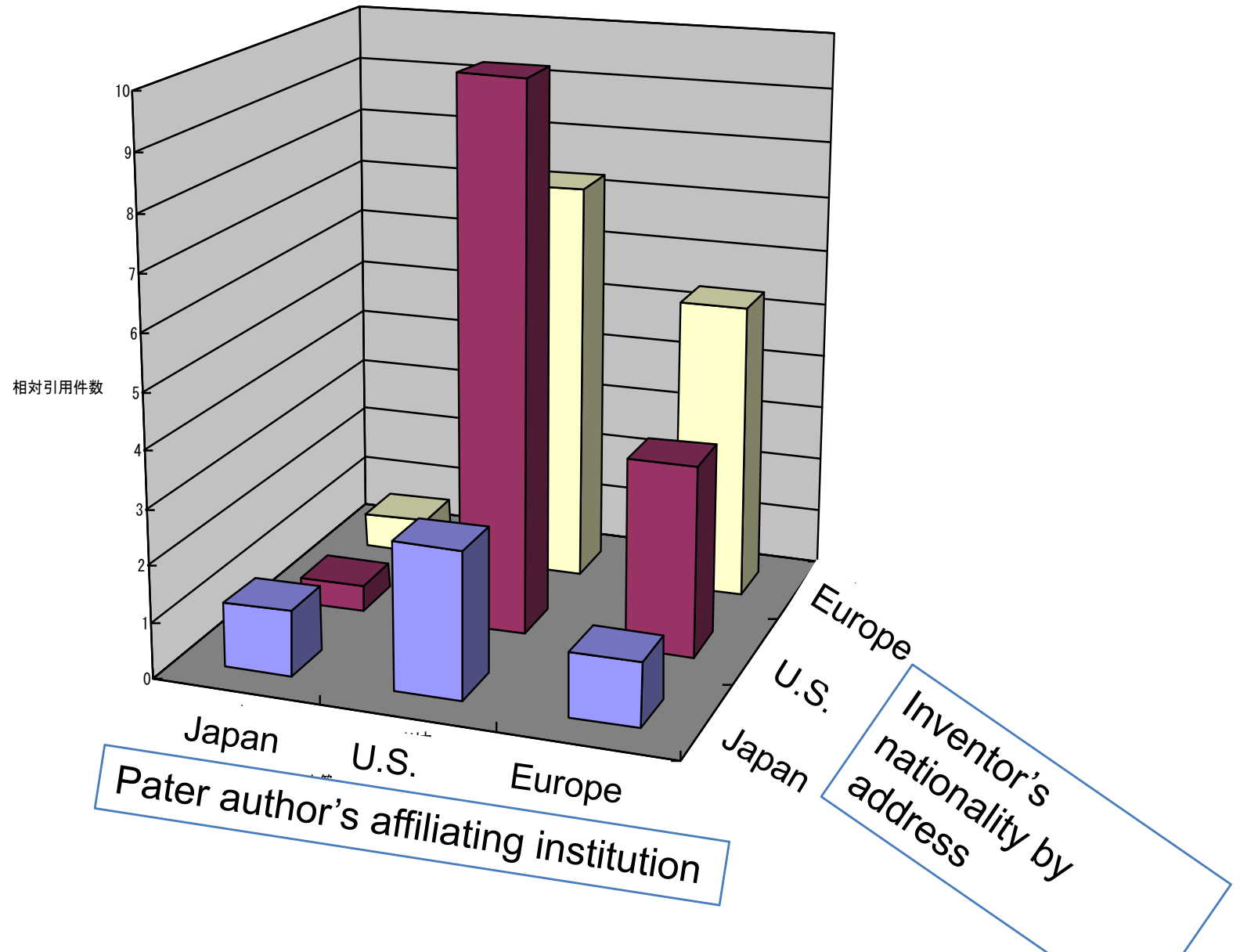


Affiliations of authors of academic papers cited in patents



U.S. papers are cited most in bio-related- patents invented in the US, in EU, and Japan

発明者国籍にかかわらず米国で書かれた論文が多く引用されていた



Funding agencies for biotech papers

Not supported	1002	23%
NIH	547	13%
NSF	222	5%
NCI (National Cancer Institute)	200	5%
USPHS (U.S. Public Health Service)	168	4%
American Cancer Society	157	4%
Ministry of science and education, Japan	93	2%
National Institute of General Medical Sciences	89	2%
Deutsche Forschungsgemeinschaft	66	2%
U.S. DOE	57	1%

Preliminary findings

ここまでのまとめ

- Most of the authors of papers cited in patents belonged to academia i.e. universities and public labs.
特許に引用されていた論文の多くは学者が著者
- U.S. papers are most cited by bio-tech patents invented in the U.S., Europe and Japan.
バイオ特許に引用されていた論文著者の多くは米国で研究
- 77% of accumulated papers in biotechnology are publicly funded.
バイオ特許に引用されていた論文の多くは公的助成を受けていた
- Most funding agencies supporting academic papers cited in bio-tech patents are located in the U.S.
助成機関の大半は米国のものだった

3. Full-automatic extraction of cited references using machine-learning (AI)

Limitation of manual labor and necessity to automated citation recognition

- We constructed an original Japanese patent database and specialized workstation. Similar to the U.S. and the EU, inventors cite many academic papers in the Japanese Patent System.
- But they are not in the front page but embedded in the description of the patent gazettes.
- Manual extraction of reference cited in patents is labor intensive and time consuming. Therefore, full-automatic extraction of cited reference in the texts of the patent applications is necessary.

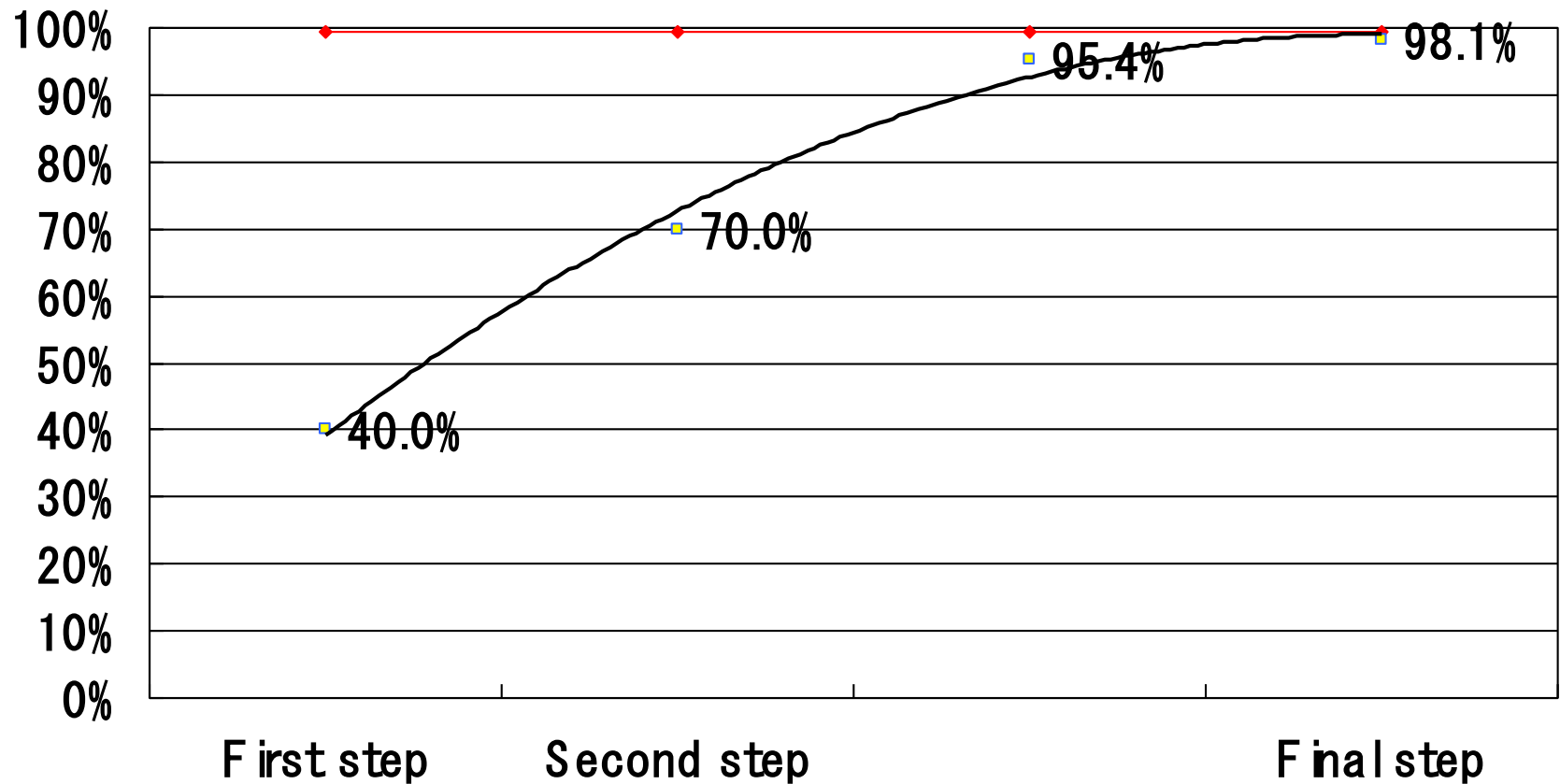
Performance indicator for
automated reference extraction
(Recall ratio=R, Precision ratio=P)

	Reference extracted automatically	Reference not extracted automatically
Matched	w	x (leakage)
Unmatched	y (noise)	z

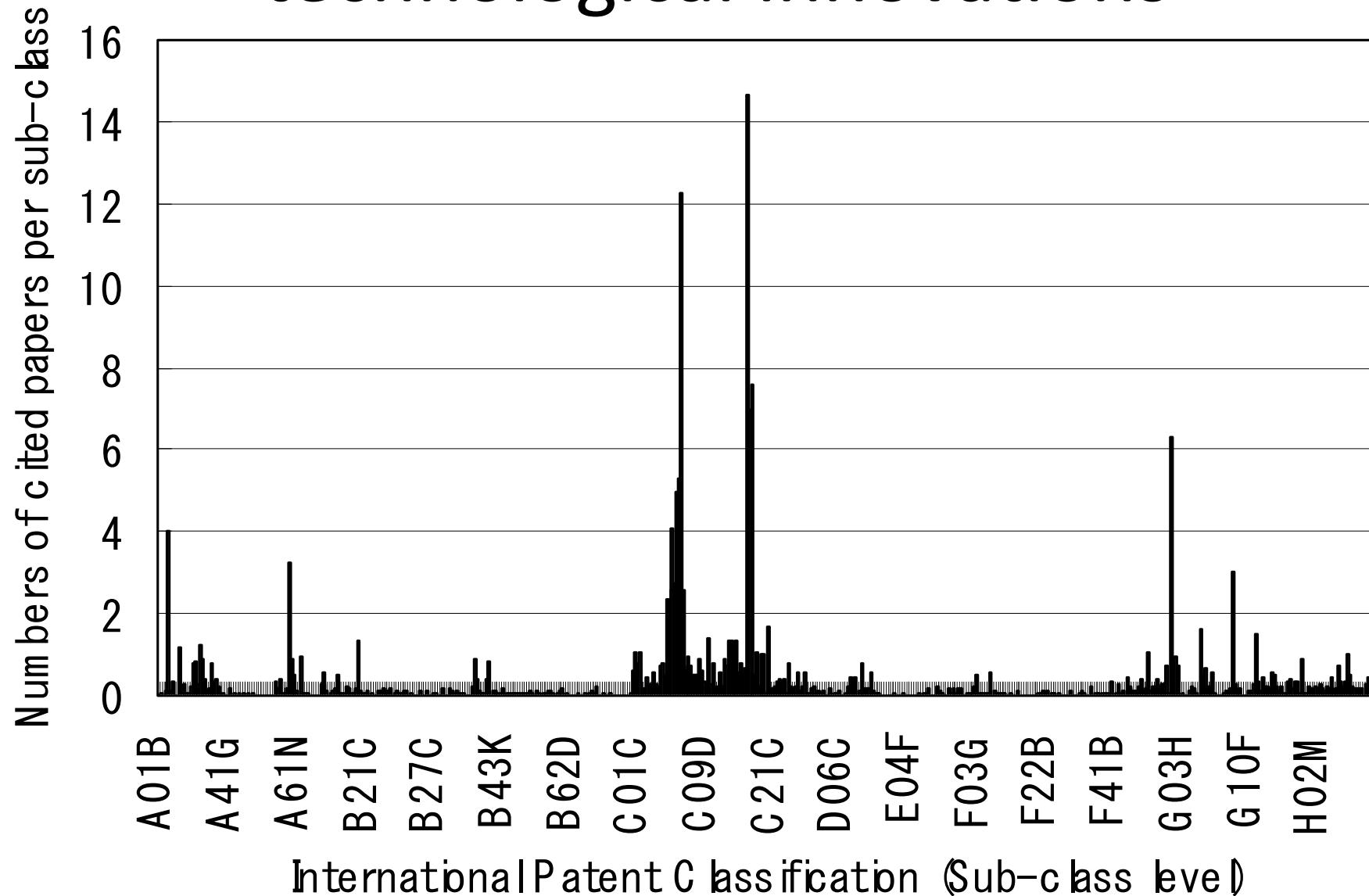
$$R = \frac{w}{w + x}$$

$$P = \frac{w}{w + y}$$

Recall ratio increased by program improvement



Significant difference in dependence upon academic knowledge among different technological innovations



Ranking of Technological Fields (top 10)

-Which technological field represents strong science linkage in Japan?-

Sub-classes	Number of Patents	Science Linkage
C12N MICRO-ORGANISMS OR ENZYMES; COMPOSITIONS THEREOF; PROPAGATING, PRESERVING, OR MAINTAINING MICRO-ORGANISMS; MUTATION OR GENETIC ENGINEERING; CULTURE MEDIA	44425	14.6
C07K PEPTIDES	18390	12.3
C12Q MEASURING OR TESTING PROCESSES INVOLVING ENZYMES OR MICRO-ORGANISMS; COMPOSITIONS OR TEST PAPERS THEREFOR; PROCESSES OF PREPARING SUCH COMPOSITIONS; CONDITION-RESPONSIVE CONTROL IN MICROBIOLOGICAL OR ENZYMOLOGICAL PROCESSES	5442	7.6
C12P FERMENTATION OR ENZYME-USING PROCESSES TO SYNTHESISE A DESIRED CHEMICAL COMPOUND OR COMPOSITION OR TO SEPARATE OPTICAL ISOMERS FROM A RACEMIC MIXTURE	9617	7.0
G03C PHOTSENSITIVE MATERIALS FOR PHOTOGRAPHIC PURPOSES; PHOTOGRAPHIC PROCESSES, e.g. CINE, X-RAY, COLOUR, STEREO-PHOTOGRAPHIC PROCESSES; AUXILIARY PROCESSES IN PHOTOGRAPHY	24018	6.3
C07J STEROIDS	1373	5.3
C07H SUGARS; DERIVATIVES THEREOF; NUCLEOSIDES; NUCLEOTIDES; NUCLEIC ACIDS	2837	5.0
C07D HETEROCYCLIC COMPOUNDS	24241	4.1
A01H NEW PLANTS OR PROCESSES FOR OBTAINING THEM; PLANT REPRODUCTION BY TISSUE CULTURE TECHNIQUES	596	4.0
A61K PREPARATIONS FOR MEDICAL, DENTAL, OR TOILET PURPOSES	23852	3.3

Ranking of Technological Fields (11~20)

-Which technological field represents strong science linkage in Japan?-

Sub-classes	Number of Patents	Science Linkage
G09C CIPHERING OR DECIPHERING APPARATUS FOR CRYPTOGRAPHIC OR OTHER PURPOSES INVOLVING THE NEED FOR SECRECY	233	3.0
C07G ORGANIC COMPOUNDS OF UNKNOWN CONSTITUTION	138	2.7
C07F ACYCLIC, CARBOCYCLIC, OR HETEROCYCLIC COMPOUNDS CONTAINING ELEMENTS OTHER THAN CARBON, HYDROGEN, HALOGEN, OXYGEN, NITROGEN, SULFUR, SELENIUM, OR TELLURIUM (metal-containing porphyrins)	3651	2.6
C08B POLYSACCHARIDES; DERIVATIVES THEREOF (polysaccharides containing less than six saccharide radicals attached to each other by glycosidic linkages; fermentation or enzyme-using processes; sugar industry; production of cellulose)	1155	2.6
C07B GENERAL METHODS OF ORGANIC CHEMISTRY; APPARATUS THEREFOR	468	2.3
C07C ACYCLIC OR CARBOCYCLIC COMPOUNDS	15291	2.0
C14C CHEMICAL TREATMENT OF HIDES, SKINS OR LEATHER, e.g. TANNING, IMPREGNATING, FINISHING; APPARATUS THEREFOR; COMPOSITIONS FOR TANNING	51	1.6
G06E OPTICAL COMPUTING DEVICES	56	1.6
G10L SPEECH ANALYSIS OR SYNTHESIS; SPEECH RECOGNITION	1761	1.5
C09H PREPARATION OF GLUE OR GELATINE	18	1.4

Findings ここまでの結果

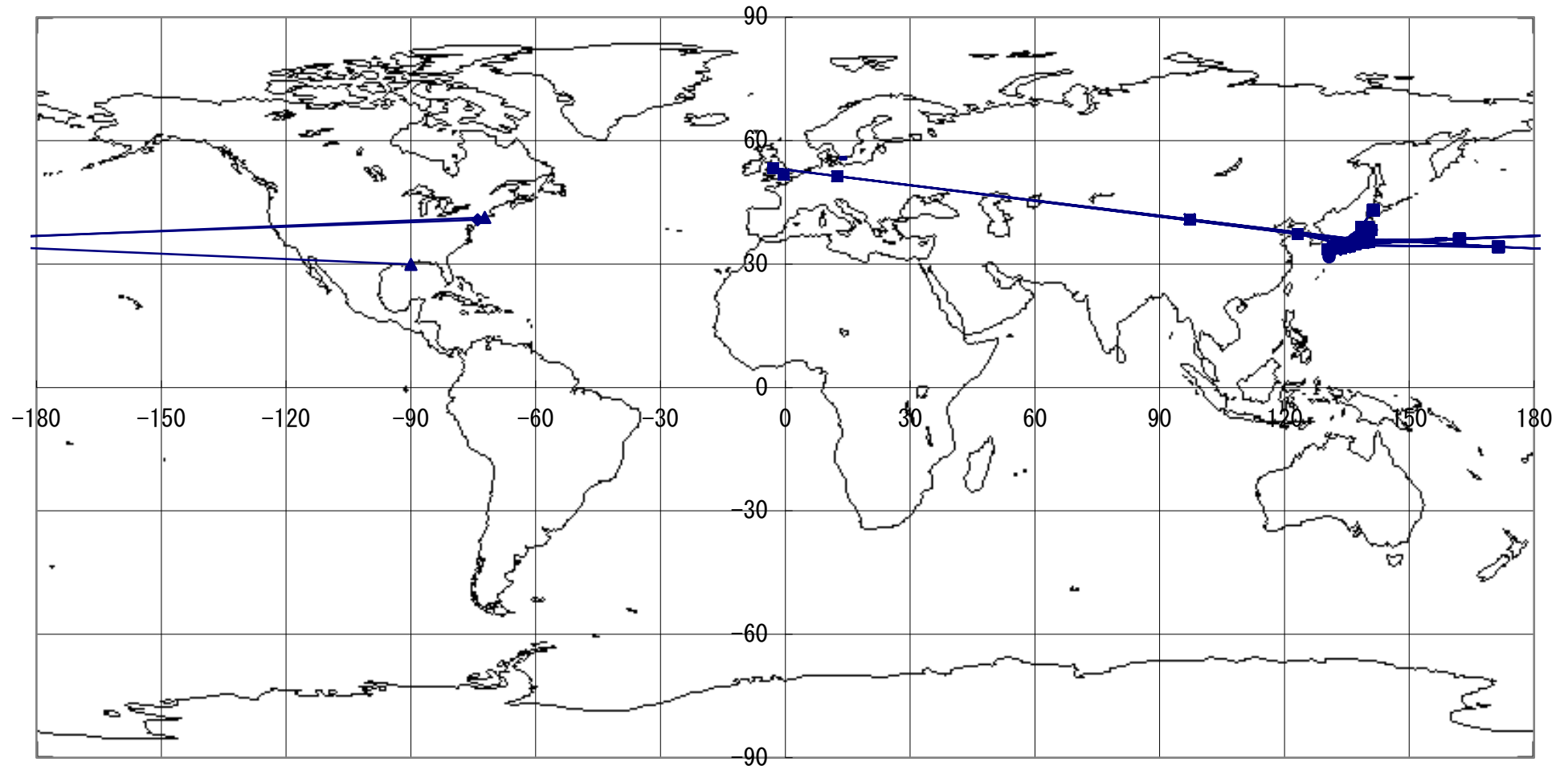
- Full-automatic extraction of cited references in the texts of the patent gazette is accomplished.
特許中に引用されている文献（特許および論文等）を機械学習によりほぼ正確に自動で抽出することに成功
- The science linkage index among different patent classifications differs significantly.
イノベーションの分野によって、アカデミアの知識（論文）に依拠する度合い（サイエンスリンケージ）が著しく異なった
- The pattern of difference of science linkage index was similar in the EU and Japan.
サイエンスリンケージの分野による違いの傾向は、欧州と日本で同様であった
- It suggests that the process of creating new innovation differs from technology to technology and the effectualoty of academia-industry collaboration.
このことは、技術の分野によって、アカデミアがイノベーションに対して与える影響、すなわち産学連携の有効性に違いがあることを示唆

4. Citation vs Collaboration; Does distance matter?

引用と産学連携～距離はどの程度重要か？

The address of co-inventor with the primary inventor addressed in Japan

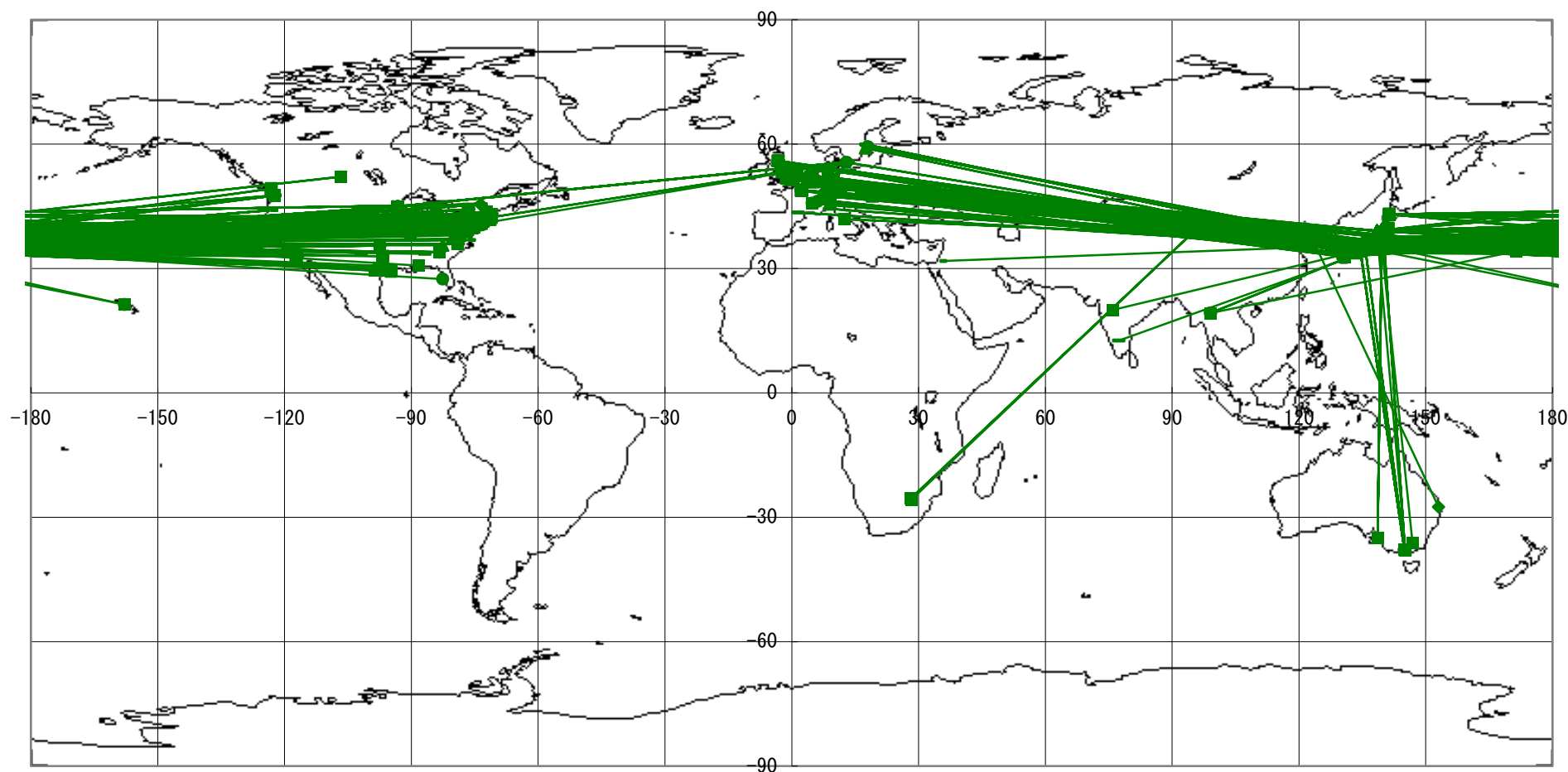
住所が日本国内である筆頭発明者の共同発明者



The address of authors' academic institution cited in patents invented in Japan

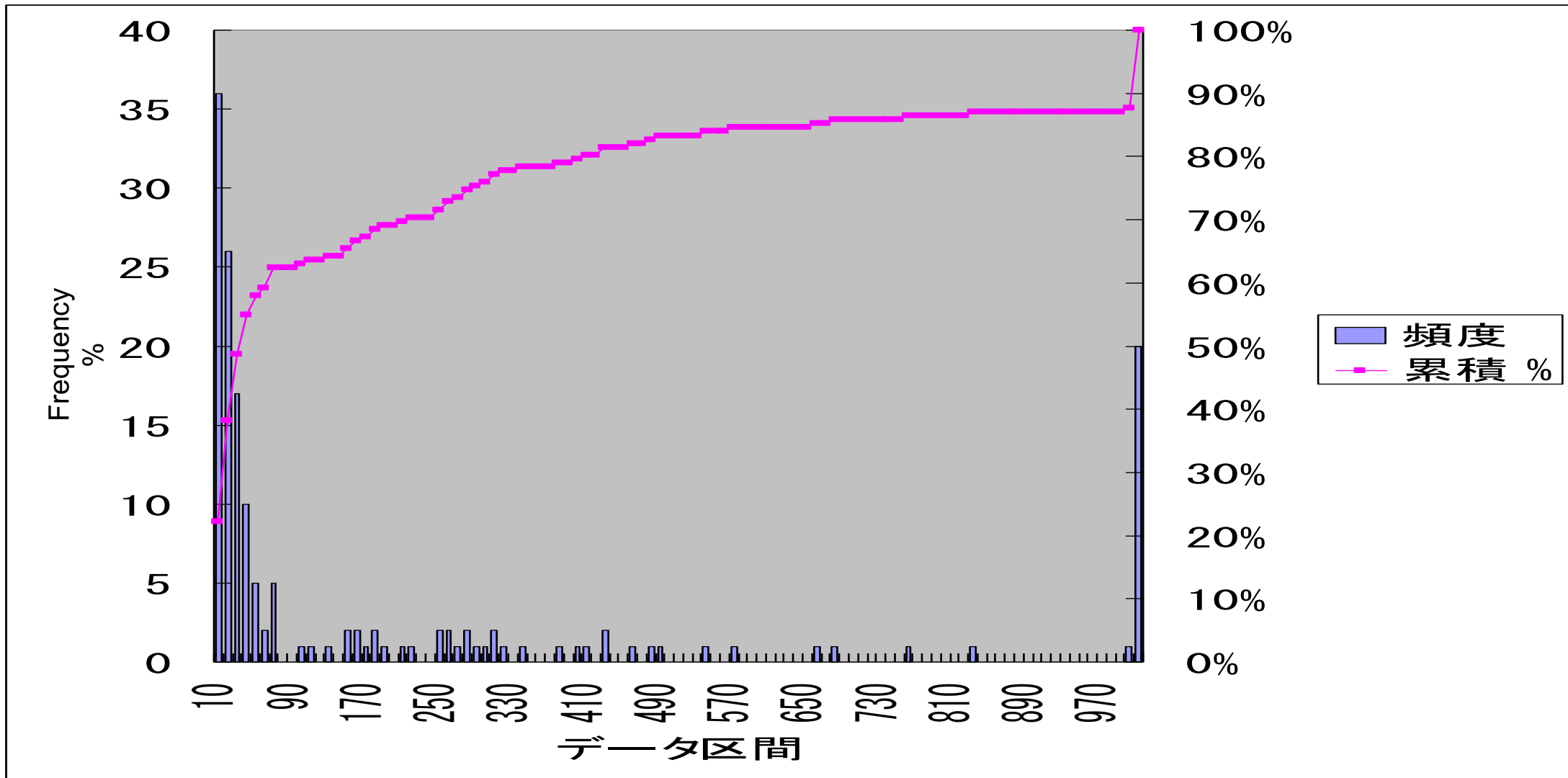
筆頭発明者の住所が日本国内である特許に引用されている論文研究機関の所在地

論文機関



48% of co-inventors work within 30km in diameter

発明者の48%が30km以内に居住



Distance among inventors (collaboration) and the distance from academic institution that published papers to the citing inventor

論文伝達距離と共同発明者間距離との比較（単位：km）

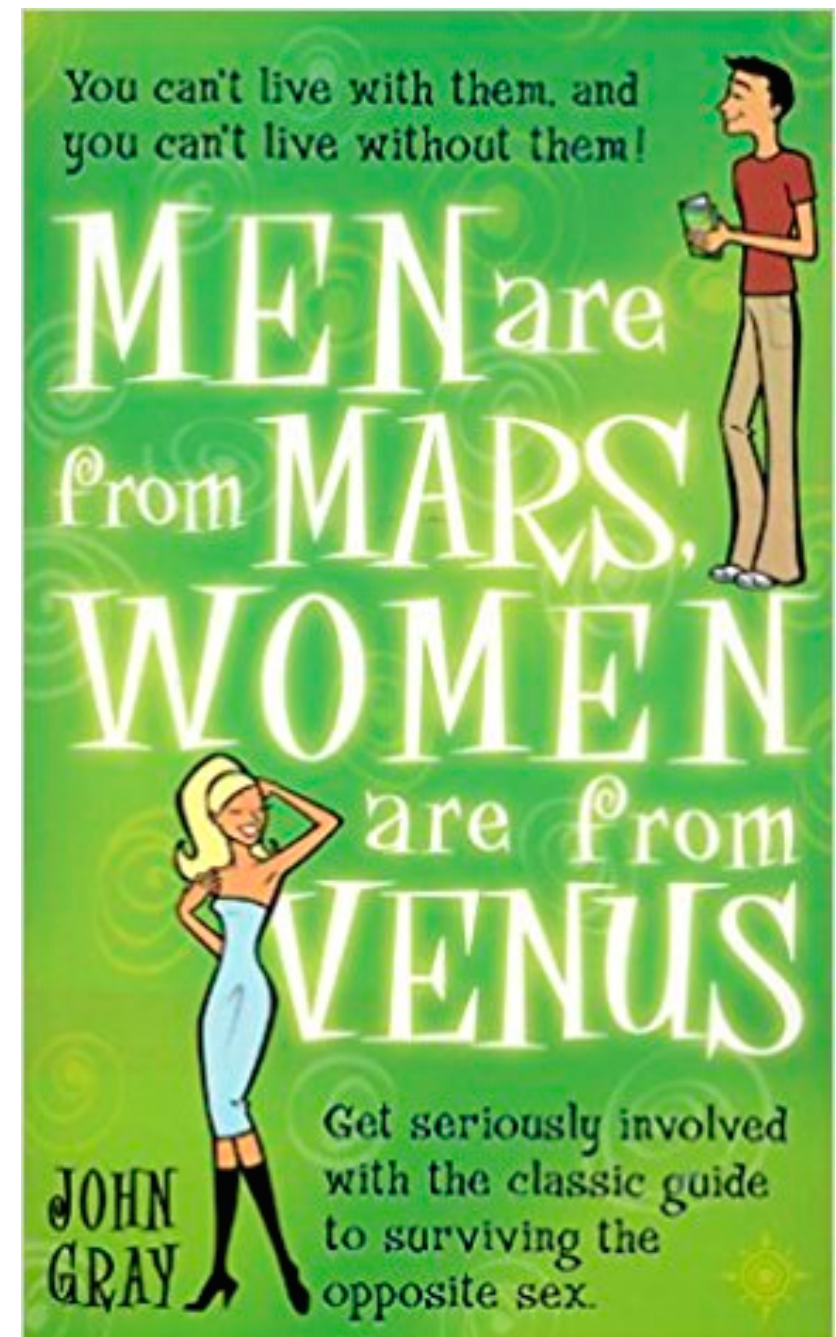
	Distance among co-inventors 発明者間距離	Distance from academia to inventor 論文伝達距離
Minimum 最小値	0.0	0.0
Median 中央値	31.7	4,323.5
Maximum 最大値	17,427.2	18,577.9

ACADEMIA FROM MARS, INNOVATOR FROM VENUS:

A POLICY
RECOMMENDATIONS TO
ENHANCE ACADEMIA-
INDUSTRY

COLLABORATIONS

産学連携を促進するための
政策提言



Policy recommendations (1/2) 政策提言

- By measuring technological competitiveness by the nationality of inventors of patents applied in Japan, the competitiveness in the technological areas which showed higher science linkage was weak in Japan.
- Most cited papers were written in the U.S. academic institutions and many of them were supported by the U.S. funding agencies.
- Japanese government needs to increase public funding to academia.

サイエンスリンケージの高い分野（バイオ、ナノテク）ほど日本特許の外国人出願比率が高い。すなわち、技術の国際競争力が低かった。産業に有用な技術（特許）に引用された科学論文の大半は米国のもので、その多くは米国の公的支援を受けていた。わが国は国内の大学や公的研究期間等に対する公的助成を増加させるべきではないか。

Policy recommendations (2/2)

政策提言

- To enhance mutual academia-industry collaborations, like joint-patenting, academia and industries need to live closer.
- Therefore, the Japanese government needs to promote clustering activities to reduce the distance between academia and industries in both physically and mentally.

一方的な論文の引用ならともかく、産学が共同で発明するような密接な連携のためには、学会と産業界が近くに隣接していることが重要。

したがって、わが国は国内の大学や公的研究期間等の地域的集積を進め、心理的障壁を取り除く政策を進めるべきではないか。

Reference 出典

- Mansfield, E. (1991), “Academic Research and Industrial Innovation”, *Research Policy*, 20(1):1-12.
- Narin F, Hamilton K, Olivastro D. (1997), “The increasing linkage between U.S. technology and public science”. *Research Policy* 26: 317-330.
- Solow R. (1957), “Technical Change and the aggregate production function”, *Review of Economics and Statistics* 1957
- Tamada, et. al., “Significant Difference of Dependence upon Scientific Knowledge Among Different Technologies”, *Scientometrics*, Vol.68, No.2(2006) pp.289-302, Jointly published by Akademiai Kiado, Budapest and Springer, Dordrecht
- 『産学連携イノベーション-日本特許データを用いた実証分析』 関西学院大学出版会
- 「重点4分野におけるサイエンスリンケージの計測（上）－サイエンスリンケージ－その意義と計測法－」, 『情報管理』, Vol.47 No.6, pp.393-400
- 「重点4分野におけるサイエンスリンケージの計測（下）－そのインプリケーションと限界－」, 『情報管理』, Vol.47 No.7, pp. 455-462
- 「日本特許におけるサイエンスリンケージの計測」, 『日本のイノベーションシステム』, pp.21-34, 東京大学出版会
- 「頭脳集積の必要性-発明者間の距離と論文伝達距離の比較研究－」, 『特許の経営・経済分析』, pp. 123-138, 財団法人 知的財産研究所 編, 雄松堂出版