

機関番号：1 2 4 0 1

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2007～2009

課題番号：1 9 5 3 0 2 3 2

研究課題名 (和文)

発展途上国経済開発におけるバイオテクノロジー利用可能性に関する研究

研究課題名 (英文)

Study on Biotechnology Useful for Economic Development in Developing Countries

研究代表者 菰田文男 (KOMODA FUMIO)

埼玉大学・経済学部・教授

研究者番号：60116720

研究成果の概要 (和文)：

本研究は発展途上国の経済開発におけるバイオテクノロジーの果たす役割を研究対象とし、技術の将来動向を描くためのツールを確立することを目的としている。具体的には特許公報や技術論文を用いて、構造化された部分にとどまらず、構造化されていないテキストデータを統計解析することによって「意味」を発見し、技術の将来予測を目指す。結果として、バイオテクノロジーにとどまらず複数の技術分野を対象としてこの研究をおこない、技術の将来動向を知るためのツール開発の手がかりを得た。

研究成果の概要 (英文)：

Taking an example of the role of biotechnology in the economic development of developing countries, the purpose of this research exists in establishing the tool necessary for clarifying roadmap of technology in future. To say a little more concretely, meanings of text data are discovered and mainstream of technical progress in future is described through statistical analysis of unstructured text data as well as structured meta data such as *controlled term* in patent journals and technical papers. As a result, the key of research was acquired from text mining analysis of these text data in some industries in addition to bio industry..

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2008 年度	900,000	270,000	1,170,000
2009 年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：技術経営

科研費の分科・細目：経済政策

キーワード：バイオテクノロジー、発展途上国、経済開発、経済政策

1. 研究開始当初の背景

今日、世界の石油や天然ガス等のエネルギー資源(化石燃料)が枯渇しつつあり、再生可能なエネルギー開発やエネルギー節約技術に

対するニーズが高まっているが、とりわけ経済開発が急速に進みつつありエネルギー需要が高まっている新興工業国や発展途上国でそのニーズが大きい。また多くの発展途上国に

において、都市における産業廃棄物や生活排水や農村における家畜の排泄物等による水資源汚染などが深刻化しつつある。また医療衛生環境も劣悪で、風土病や感染症の脅威から抜け出せていない地域も多く、住民を苦しめている。さらに、爆発的に増加しつつある人口に対して、農業生産性が向上しないことが、将来の食糧不足を危惧させている。

このような諸問題の解決は新興工業国や発展途上諸国にとって焦眉の課題である。その解決のためには、社会制度の改革や意識改革から新技術開発・新しい産業システムの模索に至るまで、広範な領域でのパラダイム転換を求められる。その中で注目を集めつつある施策の一つが、バイオテクノロジーを利用することによって、エネルギー(電力や燃料用ガス)を作りだし、産業廃棄物や生活排水を低コストで安全に処理し、医薬品を開発しようという試みである。さらに先進国で開発され実用化されているバイオテクノロジーを発展途上国に適用することによって、世界のエネルギー利用節約、二酸化炭素排出量の削減、環境破壊の防止、医療衛生環境の改善などが期待できる。たとえば、バイオリクターを用いて産業廃棄物や家畜の糞を燃料ガスに変えたり、あるいは河川に流しても汚染することのない物質に変える等の試みが進んでいる。また、とくに熱帯・亜熱帯地域に多くの種が生息する野草(herb)は、マラリアやその他の疾患に薬効を持つ物質が含まれている場合があるので、それを利用して新薬を開発するという研究が、先進国の多国企業だけでなく、発展途上国(とくに中国、インド)でも積極的にとりくまれ、成果を上げている。

もちろん生き物を扱うバイオテクノロジーは、非生物を扱う物理・化学技術とは異なり、品質の一定した規格品を大量に生産するための製造技術にまで高めるためには多くの困難があるので、これらの試みは潜在的な利益を実現するにはほど遠いというのが現状である。しかしそうであるがゆえに、逆にバイオテクノロジーの振興と、その発展途上国の経済開発への適用についての研究の必要性は極めて高いものがある。

このような現状認識を踏まえて、本研究は発展途上国の中でも人口が過密でエネルギー問題や環境問題が最も深刻であるアジア諸国のバイオテクノロジー利用の取り組みの事例をとりあげ、バイオテクノロジーの利用可能性、実際に利用されている場での問題点や収益性などについて概観した上で、それを振興するためにはバイオテクノロジーの発展の将来動向を理解することにより、振興政策のた

めの基礎的なツールを提供することが必要となっている。したがって、本研究ではこのツール作りを目指すこととした。

2. 研究の目的

本研究の目的は、アジアの新興工業国や発展途上国の経済開発/社会環境開発にバイオテクノロジーを適用し、

- (1)農業・畜産・工業廃棄物の微生物分解による環境負荷低減
- (2)代替エネルギー生産によるエネルギーコスト削減
- (3)新医薬品開発による医療環境改善
- (4)農業生産性の向上

等々の可能性について模索することであり、産業技術政策の指針となる知見を得ることである。

しかし周知のように「死んだ物質」を扱う機械、電気機械、エレクトロニクス、化学産業などとは異なり、「生きたモノ」を扱うライフサイエンス産業は「生産工程の制御が複雑で難しい」「再現性の確保が難しい」などの多くの困難があり、その発展には多くの工学的な制約がある。したがって、その実現可能性や、その実現に向けたタイムスケジュールについての不確実性が大きくなりがちである。どのような産業分野であっても、新しい産業技術の確立のための投資は巨額で長い年月を要するのであり、技術開発の最大の困難は長い年月を要し多額の投資資金を要するにも関わらず、確かな将来が見通せないという点にある。研究開発はしばしばインプットが成果として結実するとは限らず、仮に成功したとしてもライバルのより優れた技術によって駆逐される場合が多い。そのために、技術開発への投資が躊躇されることになるのである。研究開発のこのような性質は、とくに将来の不確実なバイオテクノロジー分野で強くあてはまる。したがって、必然的にバイオテクノロジーやライフサイエンス分野の研究開発投資に対する姿勢が消極的となり、それから得られるはずの潜在的利益が実現されないままになってしまう。

この問題を克服するためには、技術開発と技術進歩の将来を可能な限り正しく見通せるようになることが必要である。将来に対する確信が強くなればなるほど、将来の技術進歩の方向に向けて、「資金」「人材」という限られた研究開発資源を振り向けることが可能になり、成果を上げる確率も高まる。

このような問題点を克服して研究開発を積極的に推進することに必要なのが、バイオテクノロジーの将来の進歩の全体像を鳥瞰し予

測するためのロードマップである。産業技術政策の指針として最も必要性が高いのは、技術のロードマップを可能な限り正確に描くことである。

従来、技術のロードマップはそれぞれの専門分野の有識者が出し合った知識をまとめて描くのが一般的である。しかし近年、技術論文や特許公報などの技術データのデジタル化が急速に進みつつあり、これを解析 (=「計量書誌学」と呼ばれる) することによって技術ロードマップを描くための基礎資料が得られるようになりつつある。本研究もこの手法を取り入れる。

もちろん、将来の技術ロードマップを描くためには、現状についての正しい認識が必要である。さらに、技術に対する社会の側からの「ニーズ」「期待」「要求」を的確に把握することも研究として不可欠である。そのために、実態の調査や専門家の知識の動員も必要となる。

以上のような認識に基づいて、本研究ではアジアの新興工業国や発展途上国の経済開発にバイオテクノロジーを適用しうる可能性について解明するため、計量書誌学にもとづく技術予測や評価のための基礎的なツールの開発を目指す。

3. 研究の方法

「2. 研究の目的」から理解されるように、本研究の基本的目的はバイオテクノロジーの将来の進化の方向性を知りその適用の可能性と意義を知るために、科学・技術に関連するデジタルデータを用い、計量書誌学の手法を適用して、ロードマップを描くことである。この手法自体にはバイオテクノロジーやライフサイエンスに独自の手法やアプローチがあるわけではない。このアプローチはあらゆる科学分野、産業技術分野に共通するものであり、したがって本研究の成果は他分野にも応用可能である。

また、上述のように単にデジタルデータだけを統計解析することによってロードマップが描けるわけではない。専門的な知識の動員や現場でのフィールドワークという作業が不可欠である。

この理由から、本研究は2本の柱から構成されることとなる。第1に、発展途上国の経済開発にバイオテクノロジーを利用の実態やそれに対するニーズを知り、バイオテクノロジー利用を促進するための施策を考えること、第2に、バイオテクノロジー分野の特許公報や研究論文というテキストデータをマイニング(テキストマイニング)し、バイオテクノロジー

の将来の進化の方向とタイムスケジュール(ロードマップ)を知ることである。

また、対象分野を、(1)産業廃棄物、生活排水等のバイオリクター等を利用した処理による環境分野での利用、(2)先端的な医薬品開発ではなく、熱帯、亜熱帯地域に多く生育している薬効のある野草など医薬品開発への利用、(3) ゲノムサイエンスによる農業生産性を高める品種改良等への利用とした。

まず、第1の柱としては、アジアの1つ~2つの国を訪れ、バイオテクノロジーが環境保全、医薬品開発、農業生産性の向上に利用されている実態、その現状の問題点、将来の可能性などについて実態を把握する。

もちろん、本研究は本格的な実態調査が主目的ではなく、将来の技術進歩の方向性を知るためのロードマップを描くための計量書誌学の手法を確立することが主たる目的であるので、実態調査に置かれるウェイトは大きくない。

第2の柱としての計量書誌学を用いたバイオテクノロジーの将来技術予測については、科学技術振興機構の提供する技術論文データベースであるJDream2および日本の特許庁電子図書館から特許公報をダウンロードし、これを解析することによっておこなう。

従来の計量書誌学では、データベース上で構造化された部分(たとえば、「統制語」「著者」「技術分類」など)を対象とし、その時系列で捉えられた増減などから意味を発見し、技術進化のトレンドなどを予測していた。本研究もこの手法を継承するが、しかし近年のコンピュータの情報処理能力の飛躍的向上が、構造化されていない自然言語を処理し、統計解析することによってこれまでは得られなかった意味の発見を可能にしつつあるので(=「テキストマイニング」と呼ばれる)、その手法も適用する。

テキストマイニング手法の導入においては、コンピュータ(統計解析手法)と人間との協働による、実践的で有意義なマイニング手法の獲得を目指す。なぜなら、従来のテキストマイニング研究の多くは、統計解析手法の高度化自体が自己目的となっている場合が多く、結果として社会的課題に対して回答を与えてくれることは期待できなかったからである。この現実から脱却して、途上国の経済開発という極めて実践的な課題に有意義な回答を与えてくれるテキストマイニング手法の提示を追求する。

4. 研究成果

まず、一般的な観点からバイオテクノロジー

一の利用可能性についての文献考証から始めた。実際に研究を開始してみると、途上国における上述のような諸問題の解決のためにバイオテクノロジーを利用することが簡単ではないし、多くの取り組みが見られるようになってはいるものの、十分な成果をあげていないプロジェクトが多いという現実を知ることができた。その理由はバイオテクノロジーが新しい研究分野であり、技術が十分に確立されていないということにあることも理解された。

このような認識を踏まえて、第1の柱としての発展途上国のバイオテクノロジー利用にかんする実態調査を実施した。実態調査は埼玉大学経済学部が国際協力銀行(JBIC)から受託した日本からタイへのODA評価プロジェクトにかんする研究と連動して進められた。同プロジェクトは、タイ東北部の社会環境開発を対象とし、環境・医療・農業も含まれた広い範囲での経済開発について調査することをミッションとしていたので、本研究と親和性が高かった。したがって、3度にわたりバンコク周辺および同国東北部を訪問し、稲研究所やタイ・バイオガス社等を訪問しヒアリング調査を実施した。とくに、同国政府機関(NESDB)の支援を受けた調査であったこともあり、同国のバイオテクノロジー利用について、詳細からはほど遠いが、概観することはできた。

たとえば、農村のさまざまな廃棄物をバイオリアクターで処理して河川に流すことにより汚染を解決している事例や、バイオガスを工場のエネルギーとして利用している事例など、成功例を知ることができた。しかし反面で、その現状は多くの問題を抱えていることも厳然たる事実であることも理解できた。廃棄物の処理における熱処理の制御の困難さ等の工学的な問題、それを制御する知的能力の高いワーカーを育成することの難しさをはじめとして多くの問題も指摘された。また、ゲノムサイエンスの高品種の稲開発への利用を目指す「第2の緑の革命」についても目処が立つにはほど遠い実態を知ることができた。このような現状を踏まえて、「将来のバイオ分野の技術開発のタイムスケジュールを知りたい」「複数の技術のうちどの技術を選択することが正しいのかを知りたい」等の現地での要求も理解できた。本研究目指す計量書誌学の手法を用いたロードマップ作成の試みに、重要な意義のあることを確認することができた。

その成果は国際協力銀行に提出された「報告書」としてまとめられ、発表された。

この研究を継承して、バイオテクノロジーとは異なるが、アジアの大都市化が進む中で、都市の環境保全と近代化との両立を進めるためのスマートシティ構想について研究し、計画行政学会の機関誌で公刊した。

第2の柱としての計量書誌学による技術のロードマップ研究については、実態調査が先行したために遅れることとなった。また、この手法自体はバイオテクノロジー分野のみに適用が限定されるわけではなく、普遍性があるものであるため、さまざまな分野を素材として研究をおこなった。とくに、医薬品開発にゲノムサイエンスを適用することは大きな利益があることは自明でありながら、それが容易に進まない理由の一つとして、膨大な候補化合物の中から医薬品として利用できる物質を同定するうえで、前臨床の段階から臨床試験(1-4相)との橋渡し部分のいわば「フェーズ0」の段階で放射線を用いた薬効の確認が極めて有効であり、したがって創薬への放射線利用がゲノムサイエンスの創薬への利用を促しうるという観点から、MEDLINEやJDream2等に依拠して、放射線技術の利用可能性についての計量書誌学研究をおこない、日本のその利用がアメリカに遅れている理由として、「フェーズ0」やその前の前臨床のステージにおいても、大学病院などでの臨床の現場での医師の関与が大きいアメリカと、小さい日本との違いから説明できる等の知見を得た。その成果は横浜市立大学医学部・井上登美夫氏等との共同論文として刊行された。

このような研究を踏まえて、さらに計量書誌学を用いた将来の技術進化予測手法に関する研究を、テキストマイニングにまで進めた。すなわち、構造化されていない自然言語で書かれたテキストデータをそのまま解析するテキストマイニングにまで進まなければ、テキストデータから豊かな「意味」「知識」を獲得し、技術の将来予測をおこなうことは不可能であるので、研究の後半はテキストマイニング研究を多くの時間が割いた。そして本研究の最も大きい成果はここから得られた。

すなわち、従来のテキストマイニングがアルゴリズム開発に重点が置かれすぎて、コンピュータのみに依存した解析を目指しているのであるが、それでは真に重要な知見は得られないということが分かったので、本研究ではコンピュータ(統計解析手法)と人間との協働というアプローチを追求した。その結果、(1)「単語セット」作成、(2)過去の知識の導入という二つの手法に行き着いた。また、技術の将来予測にとっては、出現頻度の大きい単語ではなく、出現頻度が少ない単語が重要で

あるということが理解されたので、統計解析手法として多変量解析よりもグラフ理論・ネットワーク理論が適していることも理解された。このようなアプローチにたつて、その有効性実証のための研究をおこなった。

ただ、本来であればバイオテクノロジー分野の特許や技術論文を対象として研究すべきであるが、しかしバイオ分野は特許公報による分析が難しいという性質があるため、まずバイオテクノロジー同様に途上国の経済開発にとって重要な太陽電池を選び、研究した。ロードマップの作成は、デジタル文書のテキストの形態素解析をおこない、その共起頻度を発見し、多次元尺度法などの多変量解析やネットワーク分析の手法を適用することによっておこなわれるが、そのために **Text Mining Studio** という統計ソフトを用いて、日本特許庁の特許公報の中から関連する特許をダウンロードすることにより、ロードマップ作成の可能性について研究した。

その成果は、『特許情報のテキストマイニング』として刊行された。

実は、本研究は平成19年度～22年度の4年間の研究を予定していた。しかし、テキストマイニングを進めるにつれて、(1)単にバイオテクノロジーのみに限定するのでは研究が偏る、(2)発展途上国に限定するのではなく、先進国にも対象を拡大するほうがより大きい成果が期待できる、(3)国家の政策レベルよりも、民間企業の戦略として捉えたほうがより大きい成果が期待できる、等の認識が強まった。したがって平成21年度で打ち切り、新たに平成22年度～25年度に「特許公報等のテキストマイニングによる「選択と集中」戦略の立案に関する研究」として、これまでの研究を発展的に継承した研究を開始している。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計11件)

- ① 菰田文男「都市とイノベーション」『計画行政』33巻4号、2010年11月、pp.15-20.
- ② 柳沢和章・菰田文男「技術連関分析手法を用いた安全性研究の途上評価」『JAEA-Review』2010-003、日本原子力研究開発機構、June 2010, pp. 1-28.
- ③ Komoda, F. T. Inoue et al., Bibliographic Study of Radiation Application on Microdose Useful for New Drug Development, *Annals of Nuclear Medicine*, vol.23, 2009, pp.

829-841, 査読有

- ④ Misawa K, Kikuno R. Evaluation of the effect of CpG hypermutability on human codon substitution, *Gene*, vo.431, 2009, pp. 18-22
- ⑤ Takada H, Kikuno R et al. The RNA-binding protein Mex3b has a fine-tuning system for mRNA regulation in early *Xenopus* development, *Development*, vol.136 No.14, 2009, pp. 2413-2422
- ⑥ Mathivanan S, N G. Kikuno.R., et al, Human Proteinpedia enables sharing of human protein data, *Nature Biotechnology*, vol. 25, 2008, pp.164-167, 査読有
- ⑦ Nagase T, Kikuno.R., et al, Exploration of human ORFeome: high-throughput preparation of ORF clones and efficient characterization of their protein, *DNA Research*, vo.15 no.2, 2008, pp. 137-149

〔学会発表〕(計2件)

- ① 柳沢和章・菰田文男等、「放射線利用の経済効果」、日本原子力学会秋期全国大会、2008年9月4日、高知工科大学

〔図書〕(計5件)

- ① 豊田裕貴・菰田文男編『特許情報のテキストマイニング』ミネルヴァ書房、2011年、pp.1-274.
- ② 柳沢和章・菰田文男等、『放射線利用の経済効果と新量子ビーム利用に関する調査研究報告書』、原子力研究バックエンド推進センター、2008年、1-183ページ。
- ③ 上井喜彦・菰田文男等『社会環境分析に基づくタイ東北部の複数の円借款事業のインパクト評価』国際協力銀行、2008年 pp.1-250
- ④ Kamii, Y., Komoda, F. et al, *Impact Evaluation on ODA Loan Projects in the Northeastern Thailand based on Socio-economic Environment Analysis*, Japan Bank for International Cooperation, 2008, pp. 1-290.
- ⑤ 菰田文男・松島三児等『技術と市場ニーズの探索・融合』税務経理協会、2007年、1-187ページ。

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：

番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況（計0件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等
なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

菺田 文男 (KOMODA FUMIO)
埼玉大学・経済学部・教授
研究者番号：60116720

(2) 研究分担者

菊野 玲子 (KIKUNO REIKO)
かずさDNA研究所・ヒト遺伝子研究部
・主任研究員
研究者番号：50370929