

○藤垣裕子 (科技厅・科学技術政策研), 牧野淳一郎 (東大総合),
内田 斉 (アライドコンサルティング), 土井伸一 (日本電気)

1. はじめに

科学技術と社会との接点においては、各専門分野の個別知識に留まらず、複数の専門分野の個別の知識を統合して、実践的課題を解決する学際研究がのぞまれている。その必要性がさげばれて久しいが、このような学際的研究に対する十分なRoNRが行われてきたとはいえない。本研究の目的は、学際的研究に対するRoNRをおこなうことによって、その分野間知識統合の経時的変化を分析することである。筆者らはすでに、学際研究遂行における異分野摩擦と知識の統合の理論的側面について、ジャーナル共同体の妥当性要求水準を単位とした分析をおこなってきた。¹⁾本研究ではより具体的に環境科学と生物物理学を対象とし、口頭発表および論文発表の内容の経年変化を追うことによって、学際分野の知識統合のようすを調べた。その結果について報告する。

2. 研究の視点および対象の選択

本研究では以下の点に注目した。

(1) 学際研究における知識統合のありかた。学際分野成立以後、その形成にかかわった各個別分野間の内容の類似性の経年変化を追うことによって、その知識統合の経年変化のようすを調べる。

(2) 学際的研究分野における制度化・組織化の役割。とくにブレイクスルー(新しい研究分野をつくろうとする活動を大きく前進させる画期的研究成果)となるような業績よりも、社会的圧力による制度化のほうが先行した場合の、その後の分野の動向を調べる。

3. 方法

3-1. 対象分野の選定

上記のような視点をもって分析を行う対象学際分野としてまず環境科学を選択した。これは社会的要請を受けて成立した分野の代表的存在であるためである。また上記2のような制度化の影響を調べるために、対照分野として、制度化の影響よりも学問内在的要求によって成立した度合いの高い分野の例として生物物理学を選択した。

3-2. データ取得手続き

3-2-1. 母集団の設定

各分野に「所属する研究者」を以下のように定義する。

A. 環境科学 1) 環境科学関係の学科・研究科に所属するもの

2) 文部省科学研究費補助金環境科学特別研究に参加している者
B. 生物物理学 生物物理学会年会講演予稿集に原稿をよせている者
A. については調査当時(84年)に環境科学全般にわたった内容を扱う学会がなかったためにそれに代わる制度・研究機関として上記を採用した。

3-2-2. 調査年度の設定

各分野のライフサイクルにおける段階や、各種制度(学会、学科、補助金など)の成立年度、およびデータの入手可能な範囲などを考慮に入れて、次のように設定した。

A. 環境科学: 1977年度、1983年度

B. 生物物理学: 1966、1972、1979、1984年度

3-2-3. 研究者名簿の設定

A. 環境科学

① 学科研究科に属する者

環境科学関連の学科研究科のうち、1977年以前に設立されたものを取り上げる。全国大学職員録から、それらの学科研究科に属する人間をリストアップして1977年度の名簿とする。これに、1977年から1983年の間に設立された学科の人間をつけくわえて、1983年度の名簿とした。

② 科研費に参加している者

1977年度については、科研費総合班発行の「環境科学」研究広報「52年度研究計画概容」から、掲載された研究報告に載っている研究者の名簿を作成した。1983年度については、上と同じ研究広報「58年度研究計画概容」の巻末の「昭和58年度名簿」を利用した。

B. 生物物理学

1966年、1972年、1979年については、日本生物物理学会年会講演予稿集の巻頭プログラムからその年の発表者の名簿を作成した。1984年については、同年予稿集の巻末の「発表者名簿」を利用した。

3-2-4. 母集団の人数

上記3-2-1~3の手続きをふんだ結果、各集団の人数は次のようになった。

A. 環境科学 学科メンバ102人、科研費メンバ271人、全体346人(2つのデータソースに共通する人間も存在する)。

B. 生物物理学 1966年:242人、1972年:353人、1979年:582人、1984年:888人

3-2-5. データ作成の作業手順

名簿作成から、各研究者名に各分類項目(学際分野を形成する個別分野に相当する。3-3.で詳述)ごとの論文本数が対応する形にデータを作成した。その手順は次の通りである。

A. 環境科学: 名簿作成→JICSTの科学技術文献速報環境公害編年間索引

で記事番号を引く→記事番号から論文抄録をひき、その内容から論文の属する分類項目を調べる→データファイルの作成

B. 生物物理学：年会講演予稿プログラムから、発表名簿に発表件数および分類項目（発表分科会名）をひき、データファイルとした。

3-3. 分類項目の設定

A. 環境科学：先行研究2)の分類に以下の4点の変更を加えて用いた。1)植物、動物、微生物、生態システムをまとめて「生物」とした。2)排水処理・生物利用処理から、活性汚泥関係のものをまとめて、新たに「活性汚泥」という項目をたてた。3)分析・反応を、分析化学と環境反応化学に分割した。4)アセスメント、都市計画、人間・環境システムをまとめて、「環境政策全般」とした。これらはいずれも、各分類の件数があまり大きく違いすぎないようにするための調整である。

B. 各年度ごとに、予稿集のプログラムにつけられた分類をそのまま利用した。これは年ごとに変動しているが、研究内容自体の変化を反映していると考えられるので、そのまま採用した。

4. 結果と考察

4-1. 単純集計

A. 環境科学：論文総数に占める各分類項目（専門領域）の割合

1977年から1983年にかけての大きな変化は「毒物」の割合が5倍近く増加したことである。この項目にふくまれる論文は、環境中に排出される各種の合成物質の毒性評価というものがほとんどであり、古典的公害（NO_x, SO_x, Hgなど）とは性質が異なり、80年代にクローズアップされてきた問題である。一方、この2区間で割合が1/3ほどに減少しているのが「環境化学反応」である。これは、77年には気圏での光化学反応過程（光化学スモッグの発生プロセス）についての研究が非常に多かったことに対応している。これらのことから、環境科学では、かなりのタイムラグはみられるものの、専門領域と社会的要請との対応が見られると考えられる。

B. 生物物理学 上記のような社会的要請との対応は見られなかった。

4-2. 専門領域間の関係の変化-1

A. 環境科学

専門領域の総数をn、サンプル数をqとし、i番目のサンプル（ここではひとにあたる）がj番目の領域に発表した論文の数を X_{ij} ($i=1, 2, \dots, q, j=1, 2, \dots, n$) とする。行列 $A = \{A_{ij}\}$ を下の式によって定義する。

$$A_{jk} = \sum (X_{ij} \cdot X_{ik} / \sum X_{il})$$

今2つの領域j, kを考えよう。もし多くの研究者がj, kの両方の領域に論文を出していれば、 A_{jk} の数字は大きくなる。したがって上で定義した行列Aは、領域間の関係の強さを表している。この行列から相対伝達量 U_c を求める。 U_c が大きいと

いうことは、領域間の関係が薄く、行列Aが対角行列に近いということを表している。環境科学においては1977年の $U_c = 0.385$ 、1983年の $U_c = 0.413$ 、となった。77年に比べ83年のほうが専門領域が孤立化して相互の関係が薄くなったと考えることができる。

B. 生物物理学

生物物理学では用いたデータが年会講演集であるため、1人あたりの発表総数があまり多くなく、上の式をそのまま利用することは困難である。しかし4つのサンプル点があるので、連続する2時点間での領域の連続性の強さを測定した。このため上の式を拡張して、

$$A_{jk} = \frac{\sum \{ X_{ij} \cdot X'_{ik} / (\sum X_{il} + \sum X'_{il'}) \}}$$

但し、 X_{ij} : サンプル数が年度1の領域j ($j=1, 2, \dots, n$) に発表した回数

X'_{jk} : 同じく年度2の領域k ($k=1, 2, \dots, m$) に発表した回数

但し後年の方の年度を独立変数として U_c を計算した。その結果、66-72年度間では $U_c = 0.434$ 、72-79年度間では $U_c = 0.395$ 、79-84年度間では $U_c = 0.485$ となった。79-84年はそれ以前に比べ U_c が大きいことから、専門領域の固定化が進み、領域間の流動性が減少したものと考えられる。72-79年の U_c の減少は、領域の分け方の変化と対応しており、この時期に生物物理学の研究内容の変化があったと考えられる。

4-3. 専門領域間の関係の変化-2

4-2節では領域間の関係の平均的強さを扱った。本節では領域間の相対的關係を扱う。ここでは数量化Ⅲ類を用いた。

A. 環境科学

77年の専門領域と83年の専門領域を並列して同じデータをとって扱い、同時に数量化Ⅲ類で布置を与えたのが、図1である。この図から対象年度によって分野の布置に動きがあることが読み取れる。これは対象年度というものがひとを区別する形になっていることを示している(つまりひとのいれかわりの激しさが布置の動きをもたらしている。)そこでひとの入れ代わりを排除して両方の年度に継続して存在していたひとのみを対象とした図が図2である。これを見ると、各専門領域の布置はあまり変化しておらず、動いているものはほぼ一方向に移動している。各テーマは融合していないことが示唆される。

B. 生物物理学

生物物理学において環境科学の図1と同じように年度を並列して同じデータとして扱った結果を図3に示す。生物物理学では、対象年度というものがひとを区別していない(つまりひとのいれかわりが少ない)ことが読み取れる。ここでひとの入れ代わりがあまりない(つまり両年度に存在していたひとが多い)ことが判明したので、66, 72年の年度ごとの布置を図4、5に示す。'66において「遺伝」と「蛋白合成」群、「膜」群、「運動」「筋肉」群、および中央に大きな群と4つあった群のうち、'72年では中央の大きな群が2つに分かれ、「膜」群と「運動」「筋肉」群はそれぞれ分かれた一方に含まれたような形となっている。これは専門領域の分離と複合化が同時に進行したためと理解できる。

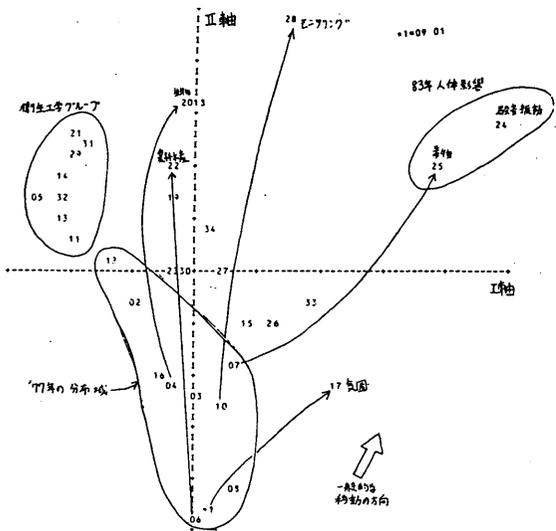


図 1 : 環境科学
'77と'83の専門領域の配置

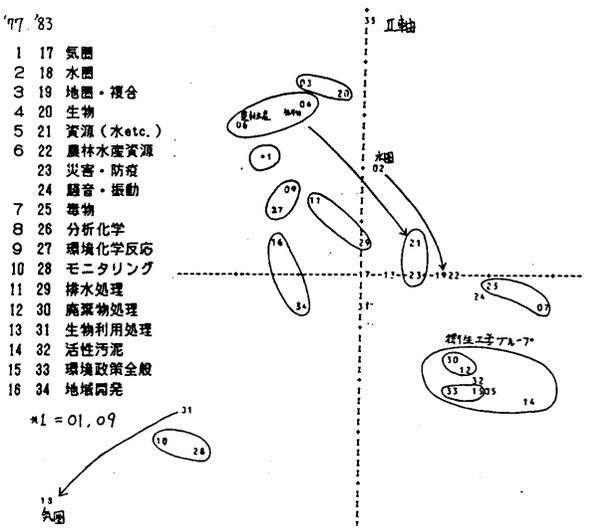


図 2 : 環境科学
継続的研究者の専門領域の配置の変化

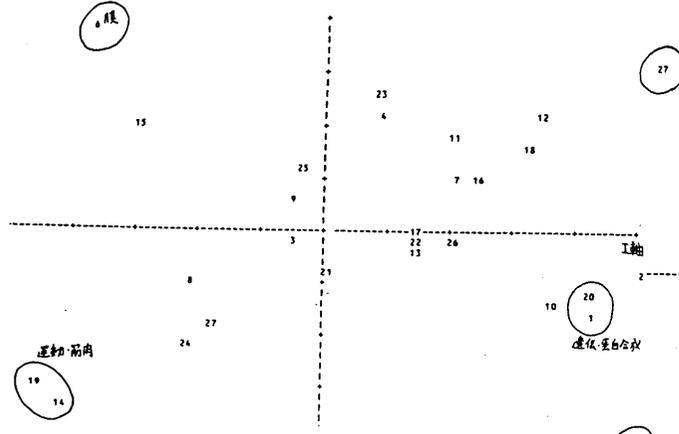


図 3 : 生物物理学
'66と'72の専門領域の配置

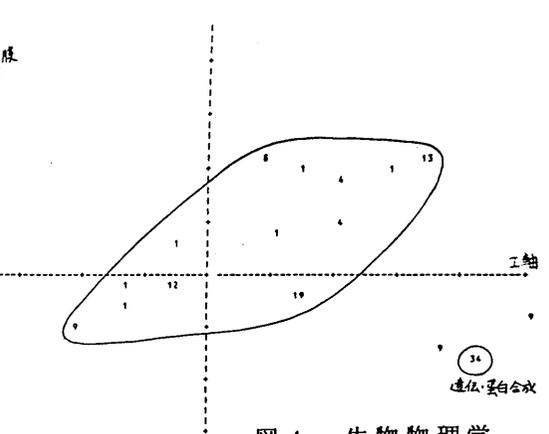


図 4 : 生物物理学
'66の専門領域の配置

- '86
- 1 蛋白質合成
 - 2 リボソーム・SRNA
 - 3 コンフォメーション
 - 4 蛋白質構造
 - 5 脳神経
 - 6 膜
 - 7 理論
 - 8 電解質
 - 9 粘弾性
 - 10 実験方法
 - 11 酵素
 - 12 光合成
 - 13 核酸
 - 14 筋肉

- '72
- 15 膜
 - 16 生体高分子(電子論)
 - 17 生体高分子
 - 18 感覚
 - 19 運動
 - 20 分子運伝
 - 21 装置
 - 22 核酸
 - 23 ヘム蛋白
 - 24 形態形成
 - 理論
 - 25 ヘリックスコイル
 - 26 ポリペプチド
 - 27 電解質

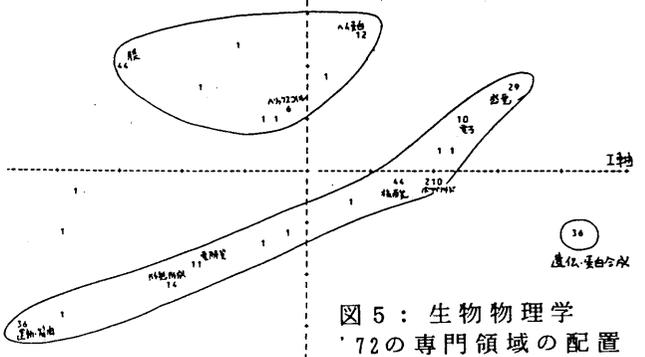


図 5 : 生物物理学
'72の専門領域の配置

環境科学では年度間で動いているものと動いていないものとか明確に分かれ、動いているものはほぼ一方向に移動したのに対し、生物物理学では、移動の方向が一様でなく、環境科学のような一方向への移動はどの年度間をとっても見られなかった。

6. まとめ

環境科学ではグループ構造が既存の専門領域のを反映し、知識の融合が進んでいないのに対して、生物物理学では固定した問題分割が存在せずグループ構造化に経時的変化が見られた。これらの結果は、学際研究のアウトプットによる以下の3分類のうち、環境科学がⅡに、生物物理学がⅢにそれぞれ対応していることを示している。

Ⅰ) その学際研究の出力が、社会や政策への提言のみの形をとり、かつジャーナル共同体を形成しえないもの

Ⅱ) その学際研究の出力は、それぞれの既存分野に個別な知識(妥当性要求の方向の異なるもの)の並立の形であられ、それらの間に相互連関のないもの

Ⅲ) その学際研究の出力は、(学際的)ジャーナル共同体を形成し、その知識産出は共通の妥当性要求水準をもつもの

すなはちⅡは社会的要請を受けて分野が形成され、知識産出よりも制度化のほうが先行する傾向をもつ。つまり学問外在的目的や制度化のほうが先行するために、学際といわれてもなお、既存の分野の枠を残している。これは既存の複数のジャーナル共同体の協働関係である。複数のジャーナル共同体は互いに協力しあっても、妥当性要求水準の異なる論文の林立という形で知識産出が行われ、1つの統一された妥当性要求水準をもつジャーナル共同体として統一されていない。それに対し、Ⅲのケースにおいては、Ⅱに比べて制度化の進行が遅く、社会的要請や外在的目的よりも、学問内在的要求から発生する。このために問題分割に経時的変化が見られる。

これらの結果は理論的分析による学際研究の出力分類に対応している。しかしこれらのデータはたかだか18年程度の傾向を追ったものなので、今後84年以降のデータを集めて、さらに処理を行い、経時的変化を追跡し、分析を深めてゆきたいと考えている。

1) 藤垣裕子、学際研究遂行の障害と知識の統合～異分野コミュニケーション障害を中心として～、研究技術計画、Vol.10、NO.1/2、1995、73-83

2) 塚原修一、「科学技術における専門分野の形成過程」

3) Fujigaki, Y., Theoretical Analysis on Interdisciplinary Collaboration as a Base of UniG Collaboration: Knowledge Based Analysis, International Conference on Technology Management, 1996, 206-211.

4) 藤垣裕子、科学知識と科学者の生態学—ジャーナル共同体を単位とした知識形態の静的分類および形態形成の動的把握、科学・技術・社会、Vol.4、1995、139