

# マイナー・サブシステムとしての自然科学研究過程論

On the research process of natural sciences as a minor subsistence

松 崎 昌 之

Masayuki MATSUZAKI

福岡教育大学理科教育研究ユニット

(令和6年9月2日受付, 令和6年12月23日受理)

田中一著「研究過程論」に欠如している, 自然科学研究を必ずしも本務としない場での研究活動について, 民俗学の概念である「マイナー・サブシステム」とのアナロジーで捉えられることを提唱し, 福岡教育大学理科における過去の状況を文献情報学的に調査する。

## 1. 動機

「研究過程論」<sup>1</sup>は, 日本における原子核理論<sup>1</sup>研究の先駆者の一人である, 故・田中一・北海道大学名誉教授によって1988年に上梓されたもので, 筆者は学位を取得し指導教員の下を離れ, ポスドク1年目で次の研究テーマ(後出の術語では「個別課題」)を考え始めた時期に初読した。1年間に在籍した研究室は応用系のミッションを持った機関にあったが, 基礎系のテーマの研究を自由に行える状況であり, 専攻分野の先達の手による同書に強い関心を持った。

同書は, 研究を志して大学院に入学し, 与えられた個別研究課題を自分のものとして受け止めた「初志的研究者」が, 「要素的研究過程」を遂行する経験を経て大学院を修了して「独立研究者」となり, 更には, 各学問分野の研究動向・基本課題に基づいて, より本質的な研究課題(「核心課題」)を設定・評価・解決できる「指導的研究者」へと成長する過程を, 研究室経営・大学院生指導の経験や文献情報学の視点から論じている。

少なくとも自然科学の研究においては, 設備の制約を受けにくい理論分野であっても, 旧制大学や附置/共同利用研究所を始めとする大研究室と新制大学等の小研究室(同分野の研究者がいない場合を含む)では状況が大きく異なることは当然ながら言及されているが, 実態はともあれ意識としては研究が本業であることを暗黙の前提として書かれているように思われる。

学生の教育を本務とする後者の状況を長く経験していると, 学問研究を続ける意義は単に「研究成果を教育に生かす」ということに留まらず, 次章に述べる民俗学の概念「マイナー・サブシステム」のアナロジーとして捉えることが適当であると感じる。そこでこの短稿では, このアナロジーを論じた後, 筆者が所属する福岡教育大学教育学部理科教育研究ユニットの前身である理科, 理科教育, 環境教育<sup>2</sup>講座(旧学科目を含む, 以下, 「本学理科」)の過去の構成員の状況を文献情報学的に調査し, 約55年の時間幅での研究状況の推移を見る。

なお, 「指導的研究者」やミッションが明確な企業等の研究者の業務については, 筆者の知見・本稿のスコップを越えるが, 物質材料研究機構の有賀<sup>ii</sup>が本稿に近い視点でミッション研究/自由発想研究を論じて

<sup>1</sup> 日本物理学会での領域名は理論核物理。

<sup>2</sup> 技術, 家政分野は除く。

いる。

## 2. 研究過程とマイナー・サブシステムの概念

### 2-1 自然科学分野での要素的研究過程

初志的研究者であれば指導者に与えられた、独立研究者であればそれまでの経験から導かれたあるいは“アイディアが閃いた”<sup>3</sup> 個別課題（テーマ、題材）に関して、先行研究の調査、実行可能性の検討、結果の予想によって“論文になる”と判断できたら、必要な実験装置や計算プログラムの開発・改良、それらによるデータや計算結果の取得、解釈、意義づけ、論文原稿の執筆、査読者とのやり取りに基づいた改稿による客観性や質の担保、を経て出版して完了、というのが一般的であろう。

分野にもよるであろうが、この要素的研究過程（論文出版）を一つまたは二つ完了して学位を取得した後は、時には銅鉄主義的な内容も含めた個別課題の継続や、ポストドクとして新たな指導者または共同研究者との、それまでとは異なる個別課題への取り組みによる量的拡大、特に若手の間は“第1著者<sup>4</sup>の論文”の生産に努める。

大学院（及びポストドク）時代の初志的研究者としての訓練期間を経て運良く大学教員等の職を得た後は、独立研究者段階で年齢を重ねることも多いと思われ、これが次節以降の主題となる。田中が述べているように、個別課題の解決を目的とする要素的研究過程の背景には各学問分野の基本課題<sup>5</sup>が存在しており、個別課題にも知識の裾野を広げる横方向のものと基本課題の解決にアプローチする縦方向のもの（「核心課題」）がある。それに気づき関与できるかによって指導的研究者の段階へ向かうかどうかが変わってくるのであろう。その意味で研究過程と研究者の成長は表裏一体と思われる。主著者ではない協力者としての共同研究への参加、業績の量的拡大には結びつかない学会業務等の経験も必要であろう。隣接分野の観察からは、指導的研究者への道は個人間の自由競争である分野もあれば、次世代の指導的研究者を（国内の）分野全体で早くから養成する分野も見受けられるようである。

### 2-2 マイナー・サブシステムと「教育研究」

人類の集団が自然環境から糧を得る活動 — 生業（サブシステム） — は生態人類学の研究対象である。その主たる形は狩猟・採集、農耕、牧畜である。これら生存のために必須な生業（メジャー・サブシステム）の他にも、時代・地域を越えて、経済的意味は小さい副次的活動（マイナー・サブシステム）が見られ、労働と遊びの視点から民俗学や文化人類学の対象として研究されている〔松井〕<sup>iii</sup>。その例として農耕民が行う狩猟・採集活動等が挙げられている。

同書によると、

- ・個々の集団・活動単位の中に混在、
- ・客観的基準によるメジャー／マイナーの区分と集団構成員のセルフ・イメージは必ずしも一致しない、
- ・獲得物は主に自己消費され、消滅しても影響を及ぼさないが、伝統的に行われている、
- ・自然環境と密着し、高度な技法が必要とされ、成果の個人差が大きく、習熟者にとっては誇りとなる、
- ・メジャー／マイナーの相対的ウエイトは年齢・経験によって変化、
- ・メジャー・サブシステムでは必須な機械化・合理化などの組織的な不断の改良を必ずしも必要としない、

等の特徴がある。

以下では、前章で言及した同分野の研究者がいない状況の一例として本学理科の状況を中心に考察する。本学教員の業務は「教育研究」とされている。この言葉の厳密な意味は定義されておらず、幅広い解釈が併

<sup>3</sup> 予期せぬ偶然の産物といった意味合いでセレンディピティという言葉もいろいろな場面で使われるが、田中は前掲書（p. 33）で、課題意識と個々の知識に立脚してアイディアが誕生することを明示的に述べている。

<sup>4</sup> 筆者の隣接分野の一つでは、並びはアルファベット順が基本であり、第1著者に意味はない。

<sup>5</sup> 基本課題にも階層構造があると考えられる。原子核理論の場合、最も基本となるものは、「強い相互作用」に支配される有限量子多体系の存在・運動様式の理解であろう。その存在・運動様式は環境 — 運動エネルギー、密度、角運動量 — に大きく依存し、その多面性から、現実的には次の階層のいくつかの基本課題が意識される。

存して教員集団が成立していると推測される。教育と研究の相対的なウエイトは様々であっても、教育がメジャー・サブシステム、各自の専門分野の研究がマイナー・サブシステムと位置づけると、上述の民俗学的概念と非常に良く対応する。

- ・各教員、教員集団とも、分離の程度は別として教育と研究の業務があることを理解、
- ・そのウエイトは各個人に依存し、外から見えるウエイトとセルフ・イメージは必ずしも一致せず、またセルフ・イメージも年齢によって変化し得る、
- ・研究の要素は日常的には表面化せず、またその評価基準を明確化することも困難であるが、漠然とした水面下の感覚は存在しており、昇任審査といった際に限定された形で表面化、個人差が存在、
- ・個人の活動という側面が大きく、集団としての活動目標等はない、

等。

田中の前掲書では独立した章（6章）として扱われているように、集団による研究体制は研究の質の向上を生むと期待されるが、マイナー・サブシステムとしての研究活動にあっては、同分野の研究者（議論相手）がいなく、研究設備が不十分といった要因から、内向きの形に向かっていく危険性があり、その状況は古くから理論物理学では「四畳半物理」<sup>iv</sup>、人文系では「個人が密室においておこなうもの」<sup>v</sup>などの言葉で指摘されている。田中はその行き先について「やがてその分野の研究の水準を追いかけることすら難しくなる場合もある」（p. 161）と警鐘を鳴らしている。

### 3. 文献情報学的調査

前章で述べた要素的研究過程は論文出版をもって完了する。そこで本章では、本学理科を対象として、マイナー・サブシステムとしての研究活動状況を、文献情報学的側面から調査する。

「論文」の定義は分野・個人によって異なると思われるが、自然科学での標準では英文査読誌に掲載されたものと考えられる。以下の調査では査読の有無を明確に区別することはできないが、間接的な情報で可能な限り区別を試みる。

#### 3-1 方法

フリーのデータベース OpenAlex<sup>vi 6</sup>で2023年11月5日に“*Institution=University of Teacher Education Fukuoka*”で検索<sup>7</sup>し、1180件がヒットした。そのうちで“*primary\_location\_type=journal*”のフィルターをかけた結果が1052件であった。“*author\_names*”は第1著者でしかフィルターをかけられないので、第2著者以降は手作業で判別して理科関係者の論文を抽出。この段階で、筆者が氏名を確認できる1991年度以降の在籍者に限定した。同姓同名者の判別、データベースの瑕疵である、名とイニシャルの機械的な名寄せのミス、氏名のスペルミス等は、論文タイトル、掲載誌名、doi (Digital Object Identifier)、pdfファイル等を参照して可能な限り対処した。収録内容のチェックとしては、例えば筆者の分野の「素粒子論研究」誌のような査読なし・和文/英文混載の媒体、学会概要集、抄録誌、年次報告、erratumを可能な限り手作業で除去した。更に、プレプリント・アーカイブ等と二重に勘定されたものや本学着任直後に前所属機関名で発表されたもの<sup>8</sup>も除去し、その結果384件が残った。

筆者自身のデータを精査したところ、“*author\_institution\_names*”のデータの欠落のためヒットしていないものがあつたので、改めて氏名をキーとした検索を行い、以下に記述する図1の調査の対象となる63歳以上の方に関して、当初384件に含まれないデータ14人分92件を発見した。見落としや除去すべきデータの混入の可能性を完全に否定することはできないが、この384 + 92 = 476件を分析対象とした。対象データの出版時期は1969年から2023年途中までの約55年間に渡る。

<sup>6</sup> 本学学術情報センター図書館でご教示いただいた。

<sup>7</sup> 大学名や雑誌名が改称された場合はデータベース内で新名称に統一されているので、所属“*Fukuoka University of Education*”で出版されたものは全て含まれる。

<sup>8</sup> “*present address*”も検索にかかる。



### 3-2 結果

図1は、1991年度末から2022年度末に（正規雇用）定年を迎えた27名のうち、在籍期間中に9篇以上の論文を発表した教員11名の各年齢での出版数の合計、すなわちマイナー・サブシステムの量的側面の一つの尺度を示している。退職後の出版も存在するがここでは示していない。本学への就職（あるいは転入）年齢は個人差があるが30歳程度のケースが多い。調査結果では40代で発表数のピークを示す傾向が明らかである。

マイナー・サブシステムではあっても、研究活動を行うことの意義は自然界の理解を深めることの一端を担うことにある。その価値は出版したものが読まれ、後続研究に影響を与えることで評価され则认为ると、被引用回数が研究活動の質的側面の一つの尺度と見なせる。そこで、（氏名からの検索で発見され共同研究者の所属情報が不完全な上述の92件を除いた）当初384件の被引用回数を調べた。その結果を表1に示す。100回以上はごく少数であるが、最高は1009回であった。被引用回数総計は7316回。このうち、共同研究であることの判定基準として著者の所属機関が複数であるものを抽出すると、論文数は234件、被引用回数の合計は5842回であった。

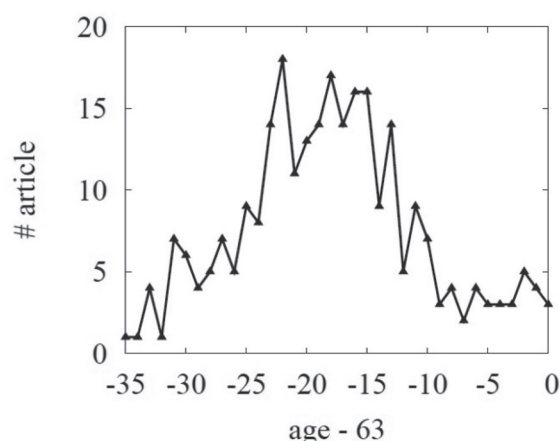


図1

被引用回数	全論文数	共同研究論文数	比率
0	56	26	0.46
1 - 9	180	106	0.59
10 - 19	60	37	0.62
20 - 29	35	21	0.60
30 - 39	15	11	0.73
40 - 49	11	9	0.82
50 - 59	6	6	1.00
60 - 69	8	6	0.75
70 - 79	3	3	1.00
80 - 89	1	1	1.00
90 - 99	2	2	1.00
100 -	7	6	0.86
計	384	234	0.61

表1

## 4. 考察

出版数が相対的に多いケースを対象とした図1では40代でピークが見られる。これは、30代では研究手法の習熟途中である、言い換えれば独立研究者への道半ばである、あるいは課せられたメジャー・サブシステムで手一杯である、ことによるのであろう。40代で充実期を送った後、50代を迎える頃には、それまでに身につけたものでは成果を出していくことが難しくなってくると考えられる。研究過程が成立するためには、課題設定の前提となる知識とそれを形にする装置・設備やスキルが必要であるが、両者とも新たなインプットによる更新が不可欠である。前者に関しては、上述の田中の危惧が思い起こされる。後者に関しては、特に今回の対象が1980年代あるいはそれ以前に研究活動を始めた世代であることに留意すると、分野ごとに大きく事情が異なる装置・設備の問題を別にしても、江間<sup>vii</sup>によって指摘されているように、研究手法自体が本質的に変化している<sup>9 viii ix</sup>ことも見逃せない。結果が出た研究情報へのアクセス状況は（電子ジャーナルの価格高騰といった問題点はあるものの）格段に良くなっているが、新たなインプットを得る手段としてはネット上の情報収集や受け身の学会講演聴講等では不十分で、課題設定以前のレベルからの共同の活動が不可欠であることが田中・前掲書6章扉で強調されている。最近Nature誌に掲載された大規模な調査<sup>x</sup>では、重要な発見の多くは、（インターネットを介した）遠距離の共同研究からではなく、対面によ

<sup>9</sup> その一例が物理学分野で新たにスタートした学術変革領域研究「学習物理学の創成」ではないだろうか。また、化学分野では「職人芸」の対極となる「データ駆動化学」の必要性が認識されつつある。

る近距離の共同研究から得られていることが明らかにされた。

共同研究の重要性の一つの側面を見たのが表1である。単独研究がよくないわけではもちろんないし、機関内共同研究の多くは研究室の大学院生等との共著だが、教室をまたがるものも含め、教員同士の共著も見られたことは注目すべきであろう。しかし今回の調査全体的には、度数分布から明らかなように、共同研究による論文の方が被引用回数が多い、すなわち後続研究に影響を与えていると解釈される。このことは、学問研究にあっては、マイナー・サブシステムであっても完全に個人レベルに留まっていけないことを意味しているのかもしれない。ただし、表の数値を解釈する際に、共著者が多いことが自己引用数を増やしている可能性は排除できない。指導的研究者であれば、出版数のピークは高年齢側に広がり、また共同研究の比率が高まることは確実であろう。

ここまで、マイナー・サブシステムとしての研究活動自体に注目してきたが、対価として報酬を受け取るメジャー・サブシステムである大学教育がまずあっての上でのマイナー・サブシステムであることは自明である。まず両者の相対的ウエイトについて、前述のように客観的判定とセルフ・イメージは必ずしも一致するとは限らず、それはまた年齢にも依存する。外的要因として、構成員数が多かった時代にはウエイトの置き方の自由度が認められていた傾向があり、年齢とともにメジャー・サブシステムの業務量・責任が増していくなかで内的にはセルフ・イメージが追いつかないこともあり得る。若手研究者の置かれている状況が厳しくなっていくなかで、現在の若手教員はメジャー・サブシステムのウエイトを自覚することが求められていることを理解しているようである<sup>xi</sup>。

次に両者の相互関連について。前述の「教育研究」では第一義的に研究→教育の方向が意識される。自然科学教育にあっては研究活動としての実験や観察の実体験が重要であろう。別の視点として、研究過程論では課題意識の裏付けのない知識獲得は否定的に捉えられている（田中・前掲書 p. 34）が、知識を学生に伝えるという目的からすると、ポストドクから他業種へ転身した千田<sup>xii</sup>が述べている「「誰が発見したか」に関わらず、自分の知らない物事を理解したいという知的好奇心の強さ」は大学教員としては肯定的に捉えられるべきであろう。教育→研究の方向は、自然科学の研究という範囲では間接的かもしれない。例えば林<sup>xiii</sup>。しかし「理科教育」の研究に範囲を拡大すれば、必然的にその結びつきは強くなる。この方向の成果発表の場は、自然科学での基準による英文論文の調査では見えてこない和文媒体が主であろう。実際、最初の検索結果1180件の中には散見された。和文媒体は今回の調査のスコープ外であるが、50代前半あるいはそれ以前で論文出版に至る活動は止まっている例にも別の角度からの光を当てられるかもしれない。「成果」の捉え方は、退職後、すなわちメジャー・サブシステムが終了した後に、それまでの研究活動の何らかの継続を目指すか否かという人生観にも関わる問題であろう。

- 
- i 田中 一, 「研究過程論」, 北海道大学図書刊行会, 1988
  - ii 有賀 克彦, 「「やりたい研究」と「やらなければならない研究」」, 現代化学 No. 633, p. 72, 2023
  - iii 松井 健, 「マイナー・サブシステムの世界—民俗世界における労働・自然・身体」(「現代民俗学の視点 第1巻 民俗の技術」, 篠原 徹 編集, 朝倉書店, 1998) 所収)
  - iv 長谷川 晃, 「四畳半物理とセールスマン物理」, 日本物理学会誌 Vol. 32, No. 1, p. 3, 1977
  - v 梅棹 忠夫, 「研究経営論」, p. 39, 岩波書店, 1989
  - vi <https://openalex.org/>
  - vii 江間 有沙, 「研究方法今昔 20年ごとに変わる研究方法と研究者の役割」, 現代化学 No. 629, p. 26, 2023
  - viii <https://mlphys.scphys.kyoto-u.ac.jp>
  - ix 船津 公人, 「データ駆動化学の現在地—今後の展開のためにすべきこと—」, 現代化学 No. 639, p. 26, 2024
  - x Y. Lin, C. B. Frey, and L. Wu, “Remote collaboration fuses fewer breakthrough ideas”, Nature Vol. 623, p. 987, 2023
  - xi 小野田 穰, 「研究者兼大学教員となって」, 表面と真空 Vol. 66, No. 10, p. 601, 2023
  - xii 千田 篤史, 「研究資金配分機関の仕事と役割」, 日本物理学会誌 Vol. 65, No. 1, p. 41, 2010
  - xiii 林 久史, 「教育をやめたら研究はもっと進むか?—化学史から学ぶ—」, 日本女子大学紀要 理学部 Vol. 20, p. 49, 2012