

「ミクロ→マクロ」に関する方法論的検討

康 凱 翔・樊 怡 舟

「マイクロ→マクロ」に関する方法論的検討

康 凱 翔*
樊 怡 舟**

1. 問題提起

本稿は、高等教育政策などマクロの課題が、マイクロのメカニズムによってどう基礎づけられるかという課題（「マクロ→マイクロ」問題）に対し、方法論的背景、概念構築の条件と政治性、エージェント・ベース・モデル（ABM: Agent Based Model）の原理、限界と可能性から検討したものである。

高等教育分野の研究は、「政策科学への志向性」（濱中など、2016）とともに現場の実践への関心が高い。それ故に、高等教育の研究テーマはマイクロ・マクロの両面性を有する場合が多い。例えば、国際化論では、マイクロの視点からは研究者の国際間流動と研究生産性に関する検討をしつつ、マクロの視点からは学術振興、頭脳流出ないし国際間格差などの議論に焦点が当てられる。

従来の研究では、方法論上マイクロ・マクロを切断して論じているものが多くみられる。特にマクロの政策に関するテーマでは、マイクロの構成員をすべて孤立した同質物として扱う傾向があり、構成員間の異質性やピア効果などの複雑なメカニズムを不問にする場合も多い。マイクロもマクロもそれぞれ重要だが、二者択一的よりも、両者を有機的に接続させた議論がより望ましいと思われる。

しかし、マイクロとマクロの接続、即ち「個」と「全体」の関係を検討することは簡単ではない。実際の高等教育の政策・制度は、マクロとマイクロの対応関係が必ずしも自明的にあらず、「脱連結」（Meyer & Rowan, 1977）が指摘される。藤村（2016）によれば、マクロの目的とマイクロの実践的活動との乖離、マイクロの実践的活動とマクロで規範したアウトカムとの乖離という二段階の「脱連結」が高等教育の実態に組み込まれているという。このようなマイクロとマクロの不条理が引き起こす規範と実践との隔たりは、奇しくもマイクロ・マクロ接続の重要性を反例的に示唆している。この問題は、実社会のメカニズムをどう如実に定式化すべきかという理論構築だけではなく、それよりもそこに内蔵する不条理を解析するための方法論に関する一般的な検討が必要である。

二段階の「脱連結」から着想すると、マイクロ・マクロ接続は二つのプロセスに分けられる。即ち、「マクロ→マイクロ」＝マクロの構造がマイクロの個体の行動を規定するプロセス、そして「マイクロ→マクロ」＝マイクロレベルの基礎づけからマクロレベルの現象を構築するプロセスである。

これまでのマイクロ・マクロ問題を意識した計量手法として、マルチレベル分析が挙げられる。この分析は、マイクロの従属変数に対する複合的な影響を個人・機関または国など多層に分解し、「マ

* 広島大学人間社会科学部研究科博士課程後期

** 広島大学高等教育研究開発センター特任学術研究員

クロ→マイクロ」を意識した構造を採っている。ところが、「マイクロ→マクロ」の課題にはマルチレベル分析が解答できず、これは社会科学の計量研究全般の方法論的課題でもある (Kittel, 2006)。

そこで、本稿は高等教育領域に限らず、社会科学における「マイクロ→マクロ」問題に着目する。実際に、本稿は実社会のマイクロ・マクロのメカニズムの定式の在り方に関する議論をいったん棚上げ、「マイクロ→マクロ」に含まれるメカニズムと矛盾をいかに定量的に記述するかという方法論の視点から整理を行うこととする。そのため、本稿は以下の課題に取り込む。2章では、社会科学方法論の視座から、マイクロ・マクロ問題に関する議論を整理する。3章では、マクロの概念構築のプロセスに焦点を当て、「マイクロ→マクロ」に関する計量的記述の難点を分析する。4章では、ABM (Agent Based Model) を「マイクロ→マクロ」解析に応用し、その可能性と問題点を論じる。

2. 社会科学方法論におけるマイクロ・マクロ問題の展開

(1) 方法論的個人主義と方法論的集団主義

マクロ・マイクロ問題に関しては、社会科学の方法論上の議論では「方法論的個人主義」(Methodological individualism) と「方法論的集団主義」(Methodological collectivism) という二つの見方がある。両者の違いは還元主義 (Reductionism) を採択するか否かにある。還元主義とは、マクロレベルは、より単純にマイクロレベルの関係に分解して把握可能という認識論的立場である。方法論的個人主義の場合、分析の単位を個人とし、個人の行為から社会を把握するという立場をとっている。対して方法論的集団主義は、還元主義を拒否し、分析の単位を社会そのものとすべきだと主張する (中條, 1997)。この分岐は、さらに、「社会」を実在物として扱えるかどうか、即ち「社会実在論」(Social realism) と「社会唯名論」(Social nominalism) の存在論的議論に裏付けられる (中江, 1975)。

方法論的個人主義の系譜は、ウェーバーにまでさかのぼる (Heath, 2009)。ウェーバーはマイクロレベルにいる個人の主観動機付けを手がかりに、プロテスタントと資本主義を解釈した (陳, 2022)。対して、方法論的集団主義の代表として、デュルケムの自殺論やパーソンズの社会システム論などが挙げられる (Goldthorpe, 2015)。例えばデュルケムの自殺論 (Durkheim, 1897) は、個人の自殺行動よりも、社会集団の自殺死亡率の差異や変化の説明に研究関心を置いており (平野, 2019; Bernard, 2006)、そして個人の行動を社会の規範・制度などを内面化した結果とみなした。

ただし、方法論的集団主義には多くの批判がある。特に計量分析の不十分さ、中でも生態学的誤謬 (Ecological fallacy) が指摘される (Selvin, 1958)。生態学的誤謬とは、集団レベルで見られる傾向性はその下位グループまたは個人内では必ずしも成立しえない、という指摘である。例えばアメリカにおいて、移民率の高い州ほど識字率が高いという現象が観測されるが、その下位集団 (例えばニューヨーク市) になると同じような関係が見られなくなり、さらに、そもそも個人レベルでは移民の識字率が低いということが分かっている (Robinson, 1950, 2019)。この問題は、即ち統計学でいうシンプソンのパラドクスであり、交絡要因による因果効果の識別問題でもある。

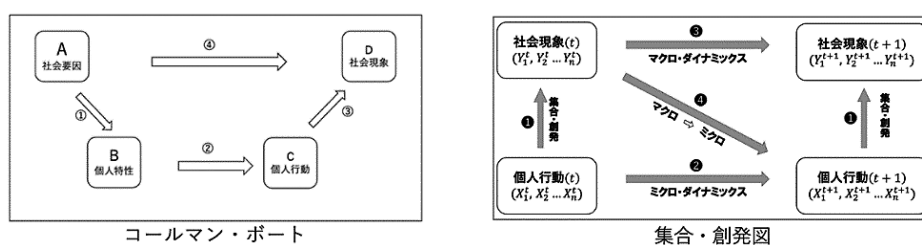
こうした批判や、因果推論をはじめとする研究手法の応用に後押しされ、90年代以降、社会学の

計量研究において方法論的個人主義が台頭した (Cetina, 2014)。実際, AJS (American Journal of Sociology) と ASR (American Sociological Review) の計量研究のほとんどが方法論的個人主義であり, 社会集団に関心を寄せた研究は2割程度にとどまる (陳, 2022)。この方法論的個人主義の台頭はマクロ経済学にも起きていた。特にルーカス批判 (Lucas, 1976) を受け, RBC や DSGE など, マクロ経済学のミクロの基礎づけについてこだわったモデルづくりが, 80年代後半からマクロ経済学研究の標準的方法として確立してきた。

ただし, このような方法論的個人主義の台頭は, マクロ志向の研究関心の重要性を低めるものではない。むしろ懸念されるのは, 方法論的個人主義の隆盛により, 社会学研究としての視野や研究手法の可能性が制約されることである (陳, 2022; 山崎, 1988)。社会学の関心対象には「組織」「格差」などマクロ概念が多く, 方法論的集団主義が適している場合もある。特に近年 EBPM など研究の政策貢献が求められる文脈 (小西, 2020) では, ミクロな効果検証以上に, 直接マクロにアプローチする方法論的集団主義も期待され, より厳密な研究手法の開発と適用が求められる。

(2) コールマン・ボート

コールマン・ボート (Coleman boat) は社会学的説明における「ミクロ」と「マクロ」のダイナミックな関係を体系的に図示した理論図の一つである (Gibbs & Coleman, 1990)。図1の左側からわかるように, コールマン・ボートは, マクロの説明変数 A, ミクロの説明変数 B, ミクロの被説明変数 C 及びマクロの被説明変数 D から構成される。そして, それらの部分が次のように接続される。即ち, ①マクロの社会要因がミクロの個人特性 B を拘束し, ②個人特性 B に基づいて個人行動 C が発生し, ③個人行動 C が結局マクロの社会現象 D に帰結し, 結果として, ④マクロにおいて「A → D」という社会構造の変動がみられる。このように, コールマン・ボートを通して, マクロ外的環境とミクロの個人の行動が互いに影響を及ぼし合う形で結び付けて定式化される (Matsueda, 2017)。



出典: Coleman (1986) と Page (2015) より筆者作成

図1 コールマン・ボート及び集合・創発図

本稿の研究関心である「ミクロ→マクロ」というプロセスは, コールマン・ボートにおいて矢印③=個人の行動の集団レベルの帰結・集約に相当する。一方, Page (2015) は, 社会現象のダイナミズムを強調し, ミクロのダイナミクスがマクロのダイナミクスの基礎づけとしてあることを図示し, コールマン・ボートをさらに図1右側の集合・創発図に発展した。コールマン・ボートと集合・創発図と比べると, 前者はマクロ的社会要素を個人の外部に存在する環境要因としているの

に対して、Pageの集合・創発図はボトムアップの図式となっており、マクロの概念がミクロの概念の集合 (aggregation) または創発 (emergence) として構築される一面を表現している。このボトムアップの過程と類似し、富永 (1997) は個人の合理的行為が社会交換を経てシステムにいたるといふ枠組みを、ミクロからマクロの「概念的上昇」としている。このような「概念的上昇」を通して、個人の合理的行為から出発するものの、分析対象は集合体レベルに上昇され、方法論的個人主義にとらわれずに「社会システムにとっての機能的要件の充足」について検討可能とする。

コールマン・ポートも集合・創発図も「ミクロ→マクロ」というプロセスの解明を一大研究方向と位置付けている。だが、従来の高等教育研究では「ミクロ→マクロ」を十分に分析の対象としてこなかった。ミクロとマクロの間に発生する「概念的上昇」を看過し、ミクロレベルで行った計量分析をあくまで直感的に、マクロ的な意味合いとして拡大解釈するものも多い。特に高等教育の研究課題では、授業内の学生間のやり取り、大学間の競争関係、共同研究でみられる学術生産の補完性など、アクターの間には複雑な相互作用が想定され、ミクロの傾向性だけではマクロのダイナミクスを捉えきれない。そういう意味で、高等教育研究ないし社会科学全般にとって、「ミクロ→マクロ」を直感的に論じるのではなく、分析の対象として位置づけた研究デザインが必要となる。

3. 「ミクロ→マクロ」の難点

「ミクロ→マクロ」という「概念的上昇」(富永, 1997) は即ちミクロの概念に基づいてマクロの概念を定義・構築する過程である。図2ではその過程を「統合」・「創発」としている。そういう過程を解析することが難しく、その理由は実社会におけるそういう過程の複雑さや多様性だけではなく、方法論上、「ミクロ→マクロ」を計量的に記述すること自体が困難だからである。

結論から言うと、少なくとも以下の三つが難点として上げられる。つまり、①マクロ概念の構築に「政治性」が伴うこと、②前提の置き方によってミクロの概念が「集合」できなく、即ちマクロ概念の存在性が必ずしも保障されないこと、③複雑系問題、即ちマクロの概念が創発現象である場合、「ミクロ→マクロ」が認識不可能なプロセスになること。本章では、マクロの概念の基礎づけ＝前提の置き方に注目し、「ミクロ→マクロ」の「概念的上昇」にまつわる方法論上の難点について検討していく。

(1) 概念構築に伴う「政治性」と社会的効用関数

例えば、「国の研究力」の構築はいかなるものだろうか。

最もナイーブなアプローチとして、ミクロの各個体の状態の総和をマクロの概念として定義することが考えられる。つまり個人の研究力指標 (例えば論文数) を足し合わせて、その総和を組織全体の研究力として定義するということになる。対して、リービッヒの最小律 (Liebig's law) のように、マクロの水準が最下位の個体の水準によって決まるとも考えられる。したがって、研究力指標が最も低い個人の状態を組織全体の研究力として定義するということになる。前者のほうが公平性などを全く考慮しておらず、後者のほうが個体間のバランスを極めて重視している。そういう意味

で、「効率性」と「公平性」という政策科学の古典の議論（小塩，2010）は，このようにマクロの概念を定量的に記述する段階から参入しており，概念固有の「政治性」としてある。

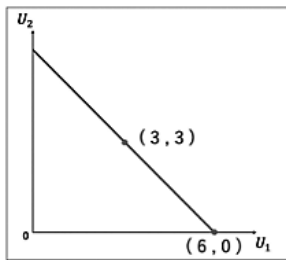
さて，それらのアプローチの妥当性はどのように評価すべきか，というより，それぞれどのような前提が置かれたときに条理的なアプローチといえるのだろうか。

ミクロの概念からマクロの概念をいかに定義するかという本章の課題は，市民の選好から社会の選好を構築するという社会選択理論の議論と類似している。本章では，「概念的上昇」の一例として，社会的効用関数に基づき，マクロの概念を定義・構築する際の前提条件について検討する。社会的効用関数とは，個々の構成員の効用の水準に基づき，社会の効用の水準を導き出す関数である。これは，個々の研究力指標に基づき全体の研究力を定義するというプロセスと本質的に同じである。

社会的効用関数を具体的に表現する際に，無差別曲線が活用される¹⁾。以下社会的効用関数の代表例の無差別曲線の形から，それぞれの特徴及び前提について議論する。なお，簡単化を期すために本稿は二人の構成員を包括する社会を例として説明していく。そして，二人の構成員の効用をそれぞれ U_1 と U_2 とし，社会全体の効用の水準を W で表記することとする。

(2) ベンサム型の社会的効用関数 (Benthamite social welfare function)

ベンサム型では「集計定理」(Summation Theorem)のアプローチ（村上，1981）をとっており，社会的効用 W が単純に各構成員の効用の総和として定義される（次の式）。



出典：筆者作成

図2 ベンサム型社会的効用関数の無差別曲線

$$W = U_1 + U_2$$

その際の無差別曲線は直線になっており，即ち，個々の構成員の効用は完全代替関係にある。図2から読み取れるように， U_1 が小さくとも，その分だけ U_2 が大きければ，社会の効用が変わらない。極端な例では， $U_1=3$ ， $U_2=3$ の場合と， $U_1=6$ ， $U_2=0$ の場合の社会的効用が完全に同値に定義される。

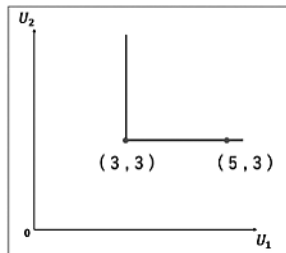
この場合，個体間の公平性を考えておらず（小塩，2010），格差よりも「最大多数の最大幸福」（村上，1981）を追求していることから，ベンサム型は功利主義（utilitarianism）とも呼ばれる。

ベンサム型にはどのような前提条件が置かれるのか。Ng（1975）の証明によると，「有限の感知性」（finite sensibility）と「弱多数決選好基準」（Weak Major Preference, WMP）という二つの条件の下で，個人の効用について「すべての人に共通な，個人間比較可能な単位」の存在性が保障される（村上，1981）。つまり，ベンサム型では，個人の効用は個人間で比較可能で，差分も精確に認識できると仮定している。これは，ミクロの効用が間隔尺度で測定されるという基数効用論（cardinal utility）の立場をとることとなる（塩野，2019）。ベンサム型に従って，「国の研究力」を個々の研究機関の研究力指標（例えば論文数）の総和として認識する場合，各機関の研究成果が互いに代替可能な同質物と扱われ，「効率性」重視という政治性を伴うマクロ指標となる。

(3) ロールズ型効用関数 (Rawlsian social welfare function)

ロールズ型社会的効用関数はベンサム型と真逆で、個体間のバランスを極めて重視しており、社会的効用が、各構成員の効用の最小値と定義される。

$$W = \min\{U_1, U_2\}$$



出典：筆者作成

図3 ロールズ型社会的効用関数の無差別曲線

その際の無差別曲線は「L型」になっており、即ち、個々の構成員の効用は完全補完関係にある。図3から読み取れるように、構成員の効用の下限が変わらない限り、他の構成員の効用をさらに伸ばしたところ、社会全体の効用の水準が上がらない。わかりやすく例えると、補完関係にある構成員1と構成員2はそれぞれ左足の靴と右足の靴を生産しているような関係であり、互いの水準の不一致が生じると余った部分が完全に無駄となる。ゆえに図3のように、 $U_1=3$ 、 $U_2=3$ の場合と、 $U_1=5$ 、 $U_2=3$ の場合の社会的効用が完全に同値に定義されるわけである。

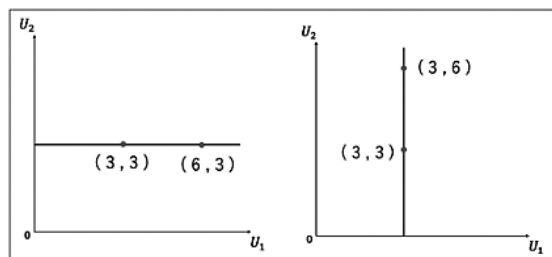
この場合、各構成員が互いに完全補完の関係にある協力者同士と扱われている。ミクロレベルの公平性が最優先に考慮されることから（小塩，2010）、「公正としての正義」を唱えるロールズ（田中，1975）の名前に因んで、このような定義のアプローチは「ロールズ型」と呼ばれる。

では、ロールズ型にはどのような前提条件が置かれるのか。ロールズ本人は、「無知の幕」(the veil of ignorance) という思想実験から論じている。即ち、社会においてどのような地位に置かれるかが分からないとしたら、リスク回避傾向を前提に、人がより格差の低い社会を好むことになり、つまりリスク排除に基づいて公平性が「正義」を意味するわけである（ロールズ，2010）。Dubey et al. (2021) は、数理ファイナンスの「coherent risk measure」に基づき、ロールズ型の前提条件が不確実性回避 (uncertainty-averse) であることを証明した。ロールズ型の場合、最も効用の低い個体を決める必要があるため、ミクロの効用の比較可能性を認めている。しかし、効用の下限を超えた部分はその大きさに関わらずすべて無駄とされるように、効用の差分は意味を有しなく、即ちミクロの効用が間隔尺度ではなく順序尺度で測定されるという序数効用論 (ordinal utility) の立場をとっている。ロールズ型に従って、「国の研究力」を各機関の論文数の最小値として認識する場合、各機関の研究成果が互いに補完関係にあると仮定され、極めて「公平性」を重視した概念となる。

(4) アローの不可能性定理 (Arrow's impossibility theorem)

ここまで、前提の置き方によって、「ミクロ→マクロ」の「概念的上昇」に「政治性」が混入することを明らかにした。実は、前提の置き方によって、マクロの概念が必ずしも条理的に構築できるわけではない。それがアローの不可能性定理である (Feldman, 1974)。アローの考えでは社会全体の効用を、各構成員の効用から条理的に構築するには、以下の条件を満たすはず (Feldman, 1974)。即ち、①定義域の非限定性 (Unrestricted domain, U条件)²⁾、②弱パレート性 (Weak Pareto, WP条件)³⁾、③無関係な他の社会状態からの独立性 (Independence of irrelevant alternatives, IIA条件)⁴⁾、そして④非独裁性 (Non-dictatorship, D条件)⁵⁾ である。

いずれの条件も常識的で、ある意味民主社会の基本と思われるものともいえよう (Arrow, 1951)。しかしアローの不可能性定理によって、上記 $U \cdot WP \cdot IIA \cdot D$ の四つの条件を同時に満たす社会的効用関数が存在しないことが厳格に証明された。つまり、 $U \cdot WP \cdot IIA$ に従ってマクロの概念を構築する場合、結果的にそれらの条件と整合的になるのは、独裁性の社会的効用関数のみになる。この結果からいうと、アローの不可能性定理により、「マイクロ→マクロ」の「概念的上昇」は必ずしも直感・常識によって正当化できるものではないことが示唆される。



出典：筆者作成

図4 独裁制の社会的効用関数の無差別曲線

その際の無差別曲線は軸と並行する直線になり、即ち、社会的効用の水準はある特定の構成員（「独裁者」）の効用によって完全に決定される。例えば、構成員2が「独裁者」なら（図4左の方）、 U_2 さえ一定していれば、 $U_1 = 3$ だろうと $U_1 = 6$ だろうと、社会的効用が完全に同値に定義される。そして、この場合、マイクロレベルの効用に関して「序数効用論」のうえで、個人間で比較することの可能性も完全に否定される。各構成員の効用の大きさ関係が比較できない中、特定の構成員（即ち「独裁者」）の効用を社会全体の効用として認識することが妥当といえよう。

(5) 複雑系 (complex system) と創発 (emergence)

これまでの整理からわかるように、マイクロレベルの概念に基づいてマクロレベルの概念を定義するプロセスにおいて、前提条件の置き方が結局概念に含まれる「政治性」につながり、また、アローの不可能性定理からわかるように、マクロの概念が必ずしも条理的に定義できるわけではない。

一方、還元主義を批判し、マクロの概念の構築そのものが認識できないプロセスとする見方もある。それがいわゆる複雑系問題である (竹田, 1998; 徳田・合原, 1998)。複雑系の場合、マイクロの構成員の間に複合的で非線形の相互作用が複雑に組織化され、初期値鋭敏性 (sensitivity to initial conditions) によって、結果的にマクロレベルにおいて、マイクロの要素からでは予測できないような、システムとしての性質や特徴が観測される、即ち創発 (emergence) 現象が起きている。

ここでいう予測不可能性とは、マイクロとマクロの接続が不確実な関係にあるということの意味するわけではない。複雑系問題の場合でも、存在論的に「マイクロ→マクロ」の「概念的上昇」をあくまで決定論的過程 (deterministic process) として扱っており、一方、認識論的に、システムに織り込まれるあまりの複雑性によって、「概念的上昇」のプロセスの詳細は解析できないとしている。

例えば、科学技術の発展は複雑系問題として扱うべきだとよく指摘される (Johnson, 2010; Achermann et al., 2020)。つまり、イノベーションは線形性に従って計画的に起きるものではなく、個々の研究活動の不確実性を下敷きに、研究者間の複雑な相互作用を経て予測できないところで開花するというシステムレベルで起きる創発現象である。そういう意味で、「国の研究力」はそもそ

も個々の研究者の営みなどに還元主義的に分解することができない。つまり、「国の研究力」を複雑系問題として扱うと、「マイクロ→マクロ」のメカニズムを客観的に捉えられるものとする実証主義 (positivism) 的パラダイムは適用できない。そこに、方法論的個人主義と実証主義に基づいた仮説検証型の研究デザインの根本的限界が示唆される。

そういった限界を抱える中、複雑系問題を意識した上で、創発現象としてのイノベーションについて、方法論的集団主義の立場から展開する研究がみられる (例えば Wu, Wang & Evans, 2019; Zhang & Diao, 2012など)。それらの研究ではマイクロレベルの研究者よりも、研究チームないし高等教育システムに注目したうえで、マイクロレベルの行動を議論せずに、直接的に創発現象であるマクロのダイナミックスを研究対象に、実証主義のパラダイムを適用している。この時の研究関心は、即ちコールマン・ボートの矢印④、または集合・創発図の矢印③に相当する。例えば、Wu, Wang & Evans (2019) は科学生産を研究チームの産物と扱ったうえで、個々人の行動ではなく、異なる規模の研究チームの研究関心や研究成果の傾向の差異に注目し、特に破壊的イノベーション (disruptive innovation) はどのようなチームから生まれやすいかについて、1954-2014の間に発表された6,500万点の研究成果のデータから定性的に検討した。

一方、それらのアプローチにおいて実証されるのはあくまでマクロのダイナミックスのみである。勿論チームの規模という変数に注目したことに、チーム内のつながりややり取りなどを含意するが、結局「マイクロ→マクロ」の「概念的上昇」は依然として解析の対象とできていない点に関して、個人の研究活動しか検証しない方法論的個人主義の研究と同じといえよう。そして、2章で言及したように、方法論的集団主義に対して「生態学的誤謬」が指摘され、よって、マクロ現象としてのイノベーションを取り扱うと、そこでみられるマクロの傾向性 (大チームの特徴や小チームの特徴) はマイクロのダイナミックス (個々の研究者の行動様式など) まで解釈力を持たない。とはいえ、イノベーションをマクロの視点からしか捉えられない創発現象として理解する時点で、そもそも研究関心がマイクロのダイナミックスの方に置かれていない。そういう意味では、従来の方法論的集団主義を適用した研究と比べると、同じく「生態学的誤謬」の指摘を受けるが、複雑系問題として位置づけたからこそ、もっぱらマクロに注目した必要性と必然性が固められるといえよう。

ここまで、本章は、「マイクロ→マクロ」の「概念的上昇」を捉える難点について、①マクロ概念の構築における「政治性」問題、②マクロ概念の存在性問題、③創発現象に対する実証主義的パラダイムの適用問題を提起した。では、複雑系問題の場合をも想定すると、高等教育研究の諸課題に含まれる「概念的上昇」はいかに捉えられるのだろうか。次章では、実証ではなくシミュレーションに焦点を移り、ABMによる「マイクロ→マクロ」の解析可能性について検討していく。

4. 「マイクロ→マクロ」に対応する研究手法—シミュレーションと ABM の可能性

(1) 社会科学研究へのシミュレーションの適用

すでに述べたように、マクロの被説明変数が個別要素から予測しにくい創発現象になることを考慮すると、マイクロの行動や相互作用と結び付けて実証的に捉えることが特に難しい。「マイクロ→マ

クロ」のプロセスが従来分析の対象とされてこなかったことに、適切な分析手法の欠落も一因となる。

そこで、「概念的上昇」を経験データから実証するのではなく、シミュレーション研究の可能性が浮き上がる (Macy & Willer, 2002)。具体的に、ミクロのダイナミックスを仮設し、それを前提にシミュレーションという形でマクロの変化を予測し、そこから疑似的にマクロのダイナミックスを観測することで、ミクロとマクロの対応関係を間接的にアプローチしていく。つまり、シミュレーション研究は、経験データに基づいた仮説検証と異なり、量的手法を介して、想定したミクロのダイナミズムがどのようなマクロのダイナミズムを創発するかについて完全に理論的に検討を行う。

社会科学の研究課題にシミュレーションを適用したのものとして、経済学の趨勢試算が先行している。古典的な人口成長の試算 (Meadows et al., 1972など) や経済情勢の試算 (Randers, 2012など) など多くのテーマに対して予測を目的としたシミュレーションの手法が適用されてきた。

その一方、本稿が目指すシミュレーション研究は、社会情勢の予測というよりも、最終的に社会のダイナミックスに対する理論的理解ないし定式化につながるものが目的となる。そのような志向性を持ったシミュレーションも、経済学の組織論・制度論など MML に関心を持った分野での試みにさかのぼり、ゴミ箱モデルをはじめ、多数の理論モデルがそういったシミュレーション研究をもとに出来上がっていた (Cohen et al, 1972 ; Bray et al., 2007など)。

中でも、「国の研究力」やイノベーションなどのキーワードと関連して、ネオ・シュンペーター学派 (Neo-Schumpeterian Economics) の一連シミュレーション・モデルが挙げられる (Nelson & Winter, 1982 ; Metcalfe, 2007など)。それらのシミュレーションは、「シュンペーターが記述的に論じた創造的破壊をつうじた『発展』のプロセス」をモデルで表現し可視化することが目的である (瀬尾, 2011)。例えば、その原点である Nelson & Winter (1982) のモデルでは、異質的技術を分析の単位とし、企業の開発投資の行動ルール (=ミクロのダイナミックス) を数式的に記述したうえで、市場シェア (=マクロのダイナミックス) の予測的推移を可視化している (Kwasnicki, 2007)。

上記の研究で行っているシミュレーション研究は、微分方程式をベースに変量間の関係を表す、いわゆる EBM (Equation-based model) に分類されるものが多い。一方、計算技術の向上やインターネットの普及に伴い、大規模データの解析も簡単となり、EBM よりも複数のエージェントの動きをできるだけ再現できる ABM が、計算社会科学の主な研究手法とされている (瀧川, 2018)。特に、ABM は個体レベルから構築できるため、個体間の相互関係が複雑になる複雑系問題を扱う際のメリットが大きい。また、EBM と比べて、ミクロレベルの個体の異質性を容易にモデルに取り入れることもできるので、ABM がシステム全体により詳細且つ現実性のある答えを提供できる (Wilensky, 2015)。

(2) ABM の応用例と強み

ABM またとは、自律的に行動する「エージェント」を組織化したモデルである (Bonabeau, 2002)。具体的に言うと、数理モデルで構築された仮想空間に、複数の「エージェント」を投入し

てシミュレーションを行うことである。それらのエージェントは事前入力したルールに従い、自律的にマクロの環境要因、そして他のエージェントらの行動に反応し行動する。そして環境要因もあらかじめ設定したメカニズム通りに、エージェントらの行動によって変化していく。そうすることで、マクロレベルの環境要因とマイクロレベルのエージェントとの「フィードバック的なループ」(塩沢, 1999)がモデル化される。シミュレーションを行う際に、初期状態及び「エージェント」の行動ルールと環境要因への影響のメカニズムを設定し、「エージェント」間の一連の相互行為を擬似的に発生させて、その結果を観測できる。上記の仕組みを通して、「マイクロ→マクロ」プロセスを直観的に捉えることができる。また、均衡状態の解析解が求めにくい場合でも、ABMは均衡状態を計算するのではなく、エージェントの行動からボトムアップ的に再現することができる。

ABMを応用した有名な例として、シェリングの分居モデルが挙げられる。Schelling (1971)は、個々人の人種差別意識(ミクロのダイナミズム)と白人と黒人の「分居現象」(マクロのダイナミクス)との関連性に関するシミュレーションを行った。具体的に、多数のエージェント(住人と見立てる)を投入し、ランダムに初期の住居地を振り分けたうえで、エージェントの行動様式について次のようにシンプルに設定した。即ち、自分に隣接する他のエージェントのうち、人種が異なるものが占める比率がある閾値を超えた場合、次期に他の場所にランダムに移動する。人種差別意識が高い社会ほど引越しを誘発する閾値が低く、一定期間を経ると人種別に住み分ける現象(=「分居現象」)が起きると想定される。上記の設定の下に、エージェントらの行動をシミュレーションしたところ、結果は直感に反し、人種差別意識を比較的弱く(閾値を20%以下に)設定した場合でも、「分居現象」が依然として起きてしまうことが分かった。シェリングの取り組みから、「マイクロ→マクロ」の「概念的上昇」について、自明な関係かのように論じることの限界が示された。このように、シミュレーションを通して反直感的な結果を可視化し、「マイクロ→マクロ」に関する従来の盲点を提示できることはABMの大きな強みの一つである。

ABMのもう一つの強みは、ミクロの個体間の学習・模倣などの行動をモデル化できることにある。この強みは、高等教育研究が扱う課題において有用性が高いように思われる。例えば、学生が隣にいる成績の良い学生の学修方略を倣うことや、大学が同地域の他の大学の取り組みを追って導入することなど、学習・模倣をベースにしたミクロの行動様式が多く考えられる。それらの行動がどうマクロレベルに「上昇」するのだろうか。このプロセスはEBMではなかなかモデル化できない。

戦略的行動を対象にABMを活用した研究は進化ゲーム理論に多い。例えば、エサが有限な仮想世界において、相手と半分共有するハト派や闘争して資源を独占するタカ派の集団のどちらがより多くの子孫を残せるのか、いわゆるタカハトゲームのシミュレーションがその先行例である(大浦, 2008)。戦略の優劣を生き残った個体が執行した戦略の割合で判断することで、マイクロレベルの競争行動とダーウィンの進化論のようなマクロレベルの自然選択のダイナミクスと接続され、「マイクロ→マクロ」の「概念的上昇」に関する検討ができるようになる。そのほかに、ABMは複数人の繰り返し囚人のジレンマの検討などの応用例でも見られる(Axelord, 1997など)。それらの研究では、相手を裏切るか協力をするか、あるいは相手前回と同じ手を取る(tit for tat)など複数の

策略（個人の行動ルール＝ミクロのダイナミックス）がある中、相互学習等の行動（他人の戦略を倣うこと）も考慮し、シミュレーションを通してどの戦略が結果的に優位に立つかを検証するとともに、マクロのダイナミックスとしての協力し合う現象がどのように創発されるかについて深く検討した。

上記の例から、「ミクロ→マクロ」の「概念的上昇」の解析に適する ABM の強みを生かし、特に教室内の教育学修活動、受験者の大学選択行動、大学間の競争など、ミクロレベルにおいて複雑な相互作用と相互学習が想定される高等教育の研究課題にとって、応用の余地が大きいと確認できる。

(3) ABM の問題点・可能性

ABM は魅力的な研究手法ではあるが、証明の不完全性問題、ABM の有用性問題、モデルの適切性問題、設計の恣意性問題、そして結果の信頼性問題などの限界が指摘される（稲水，2021）。それらの指摘を意識し、ABM の手法を慎重に扱うためには、とりわけ以下のことに注意する必要がある。

① 証明の不完全性問題・ABM の有用性問題

ABM は経験データに基づいた帰納的分析ではない。実は、厳密にいうと、ABM は「後付け的推論」(abduction/ retroduction) に基づいており、研究関心にあるマクロの現象（例えば、イノベーションがどのように起きるのか）の背後にあるミクロの基礎づけに関する考察を行っている。論理的に言うと、「後付け的推論」はあくまで「後件肯定」(Affirming the consequent) という形式的誤謬を犯しているケースに過ぎない（田村，2016）。ゆえに、決して「ミクロ→マクロ」のプロセスがシミュレーションの結果から証明されているわけではない。だが、シミュレーションを通して、マクロの現象の基礎づけに関する（最良な）説明を見出し、それに基づいて、真理の側面、又は一可能性を提起することができる。証明の不完全性という限界を持つが、ABM が「ミクロ→マクロ」のプロセスの解明に貴重な知見を提供できることは言うまでもない。

② モデルの適切性問題・設計の恣意性問題

ABM は、ミクロの基礎づけから複雑に構築されるマクロの現象に対して有力な解析手法である。「ミクロ→マクロ」のプロセスが一目瞭然の場合では、そもそも ABM を適用する必要性がなくなる。また、モデル設計上、単純すぎるものメカニズムの要所を見落としやすくなり、複雑すぎるモデルは間違った結論を導き出すリスクにつながる（寺野，2003）。恣意的なモデル設計を回避するためには、ドメイン知識に基づいて、より深くミクロの行動を理解する必要があり、それとともに、より目的に合ったマクロレベル変数の設置、およびそこに含まれる政治性の表明も不可欠であろう。

③ 結果の信頼性問題

社会科学の諸理論は常に不確実性が伴うものである。それゆえ分析結果に対する再検証が不可欠である。特に ABM はシミュレーションを通じた「後付け的推論」であり、その結果の妥当性を確かめるには、寺野（2003）が指摘したように、シミュレーションのもとにある理論、エージェント

の行動機能の根拠、プログラムの正確利用、結果の感度分析など厳密な手順を踏むことが重要である。

5. おわりに

本稿は社会科学における「マイクロ→マクロ」問題に着目し、社会科学方法論から再検討を行った。本稿の知見は主に次のようにまとめられる。

- 1) 2章では、社会科学におけるマイクロ・マクロ問題を整理した。その結果計量分析において方法論的個人主義の隆盛をみたが、社会科学の固有の課題やEBPMの後押しで方法論的集団主義の重要性も無視できず、計量分析では不十分だった「マイクロ→マクロ」に関する検証の重要性を確認した。
- 2) 3章では、「マイクロ→マクロ」の「概念的上昇」を扱う難点について、マクロ概念の構築における「政治性」問題、マクロ概念の存在性問題、創発現象に対する実証主義的パラダイムの適用問題を提起した。従来では指標の妥当性の議論は主に、研究論文数を見るべきか、著書の数を見るべきかなど代理指標の選択問題にとどまっているが、第三章の議論を踏まえると、代理指標の選択とは別に「マイクロ→マクロ」のプロセス自体が「政治性」を創発させうることが分かった。
- 3) 4章では、「マイクロ→マクロ」の「概念的上昇」に対するシミュレーション研究の可能性について論じた。具体的に社会科学研究におけるシミュレーション研究の適用を整理したうえで、複雑系問題などにも対応できるABMを紹介し、使用する際の問題点と注意点を提示した。ABMは「後付け的推論」としての限界を有するが、「マイクロ→マクロ」に対する有力な解析手法である。より厳密に分析を行うために、特にドメイン知識に基づいてマイクロの行動様式をより深く理解すること、そして適切なマクロレベルの変数選択が不可欠である。

高等教育研究において、ABMの応用例はほぼ見られないが、「マイクロ→マクロ」に対する有力な手法であることからその適用可能性が今後期待される。

高等教育研究にはABMを応用できる研究関心が多く存在する。例えば、ABMは教室内の現象の解明に役に立つと思われる。教室は、教員学生間、学生同士のやり取りが複雑に織り込まれている。マイクロレベルにおいて、教員及び学生が互いに影響を及ぼしながら、結果として教室の雰囲気の変遷というマクロレベルの創発現象が起きうる。ABMを通して、教員学生の行動と教室の雰囲気との関係を明確にすることは、クラスマネジメント研究として重要な議論となる。特に従来では、クラス研究は主にフィールドワークなど質的な手法を適用してきたが、ABMにより、既存理論を量的分析の見地から再検証・再検討することが可能になる。

一方、安易に高等教育研究に「複雑系」、「シミュレーション」などの概念を導入することの妥当性、そして工学分野で開発されたABMを実際に高等教育に使用する際の適合性について、改めて議論する余地がある。とはいえ、前記の例のように、高等教育研究においてABM有用性は見込まれており、Netlogoやartisocなど手軽にモデルを組んでシミュレーションを行うツールも多く開発されている。高等教育研究にABMの適用し、社会科学のドメイン知識と工学の研究手法上の知見

とを積極的に取り合い、高等教育研究の方法論的可能性を広げることとともに、その適性と限界について実践的に検証していくことを今後の課題とする。

【謝辞】

本研究は JST 次世代研究者挑戦的研究プログラム JPMJSP2132, 及び JSPS 科研費 JP19H00621, JP22K18591, JP22K18627, JP19H00619, JP20H01643, JP18K18651の助成を受けたものです。

【注】

- 1) 無差別曲線とは社会全体の効用の水準が一定の場合の、各構成員の効用の可能な組み合わせを意味している。つまり、無差別曲線に位置するすべての点は等しい社会的効用を導き出している。
- 2) 各構成員の効用のすべて可能な組み合わせについて、社会全体の効用は社会的効用関数を通して一貫的に完備に構築できること。
- 3) 構成員全員の効用水準が改善しているなら、社会全体の効用が必ず上がること。
- 4) 構成員の効用の組み合わせの案について、例えば X 案と Y 案に関する優劣判断は、Z 案の存在によって変わらないこと。つまり、X 案が Y 案より望ましい（社会全体の効用が高い）と判断された場合、新たに Z 案が参入したとしても、X 案と Y 案の優劣関係が逆転しない。
- 5) 社会全体の効用が、ある特定の構成員の効用のみによって決まるわけではないこと。

【参考文献】

- 稲水伸行 (2021) 「エージェント・ベース・シミュレーションを用いた経営組織研究」『組織科学』 54 巻, 4 号, 33-43 頁。
- 打越文弥 (2016) 「分析社会学の理論構造」『理論と方法』 31 巻 2 号, 293-303 頁。
- 大浦宏邦 (2008) 『社会科学者のための進化ゲーム理論』勁草書房。
- 大谷和 (1998) 「アロウの一般可能性定理」とその政治学的含意『経済学雑誌』 98 (4), 23-42 頁。
- 風間規男 (2008) 「ミクロレベルの政策分析とメゾレベルの政策分析」『同志社政策科学研究』 10 (2), 1-20 頁。
- 小塩隆士 (2010) 『再分配の厚生分析：公平と効率を問う』日本評論社。
- 小西敦 (2020) 「政策評価と証拠に基づく政策立案 (EBPM) の比較」『政策科学』 27 (4), 59-78 頁。
- 塩沢由典 (1999) 「ミクロ・マクロ・ループについて」『経済論叢』 164 (5), 1-73 頁。
- 塩野直之 (2019) 「価値の多元性と意思決定論的合理性」『科学基礎論研究』 46 (2), 51-63 頁。

- ジェフリー・C・アレグザンダー他編 (1998) 『マイクロ・マクロ・リンクの社会理論』 新泉社。
- ジョン・ロールズ (2010) 『正義論』 紀伊国屋書店。
- 鈴木正仁 (2000) 「方法論的個人主義とシステム論」 『社会・経済システム学会』 19, 28-35頁。
- 瀬尾崇 (2011) 「ネオ・シュンペーター学派の経済学」 『季刊経済理論』 47 (4), 76-82頁。
- 瀧川裕貴 (2018) 「社会学との関係から見た計算社会科学の現状と課題」 『理論と方法』 33,132-148頁。
- 竹田昌弘 (1998) 「複雑系科学と組織研究」 『情報処理学会研究報告』 111-118頁。
- 田村哲樹 (2016) 「観察可能なものと観察不可能なもの—規範・経験の区別の再検討—」 『年報政治学』 66 (1) 37-60頁。
- 田中成明 (1975) 「正義・自由・平等」 『法哲学年報』 1974 巻, 69-102頁。
- 陳雲松 (2022) 「当代社会学定量研究的宏观转向」 『中国社会科学』 (3), 127-144頁。
- 寺野隆雄 (2003) 「エージェントベースモデリング」 『人工知能』 18 巻, 6 号, 710-715頁。
- 寺野隆雄 (2013) 「計算機科学と社会科学のはざまで生きる社会シミュレーション」 『計測と制御』 第52巻, 第7号, 568-573頁
- 徳田功・合原一幸 (1998) 「複雑系とカオス」 『電気学会誌』 118 巻, 5 号, 294-297頁。
- 中江好男 (1975) 「マルクス主義社会学序論 (1) 社会と人間の基礎理論」 『北海道教育大学紀要』 1 第一部 B, 社会科学編 26 (1), 25-33頁。
- 中條秀治 (1997) 「経営組織論の方法を考える (1) : 方法論的全体主義, 方法論的個人主義そして方法論的折衷主義」 『中京経営研究』 6 (2), 97-118頁。
- 濱中義隆・佐藤香・白川優治・島一則 (2016) 「高等教育研究と政策」 『教育社会学研究』 99, 71-93頁。
- 平野孝典 (2019) 「『自殺論』以降の自殺の社会学 (1)」 『桃山学院大学社会学論集』 53 (1), 31-52頁。
- 藤村正司 (2016) 「高等教育組織存立の分析視角 (2) — 「脱連結」論から見た改革・実践・アウトカム—」 『大学論集』 第49集, 37-52頁。
- 富永健一 (1997) 『経済と組織の社会学理論』 東京大学出版会
- 松嶋敦茂 (1993) 「効用の個人間比較をめぐる」 『経済学史学会年報』 31 (31), 34-46頁。
- 村上雅子 (1981) 「Bentham 社会的厚生関数の存在と効用測定の一方法」 『国際基督教大学学報』 II-B,20 (1) 59-90頁。
- 山崎純一 (1988) 「マックス・ウェーバーにおけるマイクロ・マクロ問題」 『Sociologica』 23 (1), 1-21頁。
- Achermann, G., De Luca, G., & Simoni, M. (2020). An Information-Theoretic and Dissipative Systems Approach to the Study of Knowledge Diffusion and Emerging Complexity in Innovation Systems. *Lecture Notes in Computer Science*, 12140, 252-265.
- Axelrod, R. (1997). *The Complexity of Cooperation: Agent-Based Models of Competition and Collaboration*. Princeton University Press.

- Bernard, B. (2006). Macro-Micro Relationships in Durkheim's Analysis of Egoistic Suicide. *Sociological Theory* 24(1), 58-80.
- Bonabeau, E. (2002). Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99, 7280-7287.
- Bray, D. A., & Prietula, M. J. (2007). Social Networks, Exploration, and Exploitation in Multi-Tier Hierarchical Organizations Experiencing Environmental Turbulence. *Information Systems & Economic*.
- Cetina, K. K. (2014). *Introduction: The micro-sociological challenge of macro-sociology: towards a reconstruction of social theory and methodology*. Routledge.
- Cohen, M. D., March, J. G., & Olsen, J. P. (1972). A garbage can model of organizational choice. *Administrative Science Quarterly*, 17(1), 1-25.
- Coleman, J. S. (1986). Social theory, social research, and a theory of action, *American Journal of Sociology*, 91, 1309-1335.
- Dubey, R. S., Laguzzi, G., & Ruscitti, F. (2021). A characterization of Rawls's social welfare function via coherent risk measures. *The Journal of Economic Literature*, 1-9.
- Durkheim, E. (1897). *Suicide, a study in sociology* (1951 Edition, J. A. Spaulding, & G. Simpson, Trans.). London: Routledge.
- Feldman, A.M. (1974). A Very Unsubtle Version of Arrow's Impossibility Theorem. *Economic Inquiry*, 12, 534-546.
- Gibbs, J. P., & Coleman, J. S. (1990). Foundations of Social Theory. *Social Forces*, 69(2), 625.
- Goldthorp, J. H. (2015). *Sociology as a population science*. Cambridge University Press.
- Heath, J. (2009). Methodological Individualism, *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Spring 2009 Edition), E. N. Zalta (ed.) .
- Johnson, L. (2010). Science & Technology Innovation as a Complex Adaptive System: Applying the Natural Processes of Complexity to Policymaking. *APSA 2010 Annual Meeting Paper*.
- Jones, N. (2012). An Arrovian Impossibility Theorem for the Epistemology of Disagreement. *Logos and Episteme* 3 (1), 97-115.
- Kittel, B. (2006). A Crazy Methodology? On the Limits of Macro-Quantitative Social Science Research. *International Sociology*, 21(5), 647-677.
- Kwasnicki, W. (2007). Schumpeterian Modelling. *Elgar Companion to Neo-Schumpeterian Economics*, Edward Elgar, 389-404.
- Lucas, R. (1976). Econometric policy evaluation: a critique, *Carnegie Rochester Conference Series on Public Policy*, 1(1), 19-46.
- Macy, M. W., & Willer, R. (2002). From factors to actors: Computational sociology and agentbased modeling. *Annual Review of Sociology*, 28(1), 143-166.
- Matsueda, R.L. (2017). Toward an Analytical Criminology: The Micro-Macro Problem, Causal Mechanisms, and Public Policy. *Criminology*, 55, 493-519.

- Meadows, D.H., Meadows, D. L., Randers, J., & Behrens, W. W. III. (1972). *Limits to Growth*, University Books.
- Metcalf, J. S. (2007). Replicator Dynamics. *Elgar Companion to Neo-Schumpeterian Economics*, Edward Elgar. 440-452.
- Meyer, J., & Rowan, B. (1977). Institutionalized Organizations: Formal Structure as Myth and Ceremony. *American Journal of Sociology*, 83, 340-363.
- Nelson, R. R., & Winter, S. G. (1982). *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge, MA: The Belknap Press of Harvard University Press.
- Page, S. E. (2015). What Sociologists Should Know About Complexity. *Annual review of sociology*, 41 (1), s. 21-41.
- Randers J. (2012). *2052: A Global Forecast for the Next Forty Years*, Chelsea Green Publishing.
- Robinson, W. S. (1950). Ecological Correlations and the Behavior of Individuals, *American Sociological Review*, 15(3), 351-357.
- Robinson, W. S. (2009). Ecological correlations and the behavior of individuals. *International Journal of Epidemiology*, 38(2), 337-341.
- Schelling, T. (1971). Dynamic Model of Segregation. *Journal of Mathematical Sociology*, 1(1), 143-186.
- Selvin, H. C. (1958). Durkheim's suicide and problems of empirical research. *American Journal of Sociology*, 63(6), 607-619.
- Wilensky, U., & Rand, W. (2015). *An Introduction to Agent-Based Modeling: Modeling Natural, Social, and Engineered Complex Systems with NetLogo*. The MIT Press.
- Wu, L., Wang, D., & Evans, J. A. (2019). Large teams develop and small teams disrupt science and technology. *Nature*, 566(7744), 378-382.
- Yew-Kwang Ng. (1975). Bentham or Bergson? Finite Sensibility, Utility Functions and Social Welfare Functions, *The Review of Economic Studies*, 42(4), 545-569.
- Zhang, F., & Diao, Z. (2012). Microscopic Model on the Dissipative Structure of University Knowledge Innovation System. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 136. Springer, Berlin, Heidelberg.

A Methodological Examination of Micro to Macro

Kaixiang KANG *

Yizhou FAN **

In the field of higher education, there are many studies that seek to contribute to policy and practice. In this pursuit, research in higher education studies tends to have both micro and macro aspects. However, the relationship between micro behavior and macro phenomena is not self-evident, and conventional research shows methodological shortcomings. This research focuses on how the micro foundations of macro issues can be identified from a methodological perspective, and examines the limitations, possibilities, and suitability of the simulation approach, especially agent-based model (ABM) for higher education research.

First, this paper will re-frame the discussion on the formulation of micro-macro mechanisms in the real world and organize it from the methodological viewpoint of how to quantitatively describe the mechanisms and contradictions contained in the “micro to macro” process. In section two, we will organize the development of the debate on the micro-macro issue and the points of contention from the viewpoint of social science methodology. Section three focuses on the process by which the concept of concrete macro is constructed and analyzes the difficulties in quantitative descriptions of “micro to macro”. Based on these discussions, section four focuses on the research methods utilized in “micro to macro” analysis and presents the applicability and problems of Agent Based Model (ABM).

* Hiroshima University, Graduate School of Humanities and Social Sciences

** Hiroshima University, Research Institute for Higher Education