

~~~~~  
論 説  
~~~~~

「明治維新はどれほど蓋然的だったのか：
幕末動乱期のマルチエージェント
シミュレーション (MAS) 分析 その 2」*

光 辻 克 馬**
山 影 進***

0 序論

0.0 本稿のねらい

本稿は、自己駆動粒子系モデルに基づく幕末動乱期のマルチエージェントシミュレーション (MAS) 分析の第 2 弾である。第 1 弾 (光辻克馬・山影進 (2015), 以下前稿) では、分析対象となる幕末期の統治体制をめぐる対立構造を概観し、統治制度動態モデル (GSSM) を自己駆動粒子系の考え方に基づいて構築し、幕末動乱モデルとして提示した。そこでは基準シナリオ (パラメータを基準値に固定) に従って、シミュレーションの開始時点をずらすことによって、モデルの基本的特徴を紹介した。本稿では、基準シナリオを変更しながら、幕末動乱期 (史実) の蓋然性を検討する。

本節 (0) では、前稿で構築した幕末動乱モデルをもう一度簡潔に紹介し直すことにする。モデル上のエージェントのプロパティ設定など詳細については、前稿を参照されたい。次節 (1) では、幕末動乱モデルにおけるエージェントド

* 本稿は、日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究 (A) 「実証的マルチエージェントモデルによる国際関係分析法の開発」 (課題番号: 24243023, 代表: 山影進) による研究成果の一部である。

** 東京大学大学院総合文化研究科・学術研究員

*** 青山学院大学国際政治経済学部・教授

うしの相互作用の基本となっている信頼と同調圧力について、パラメータ値を変えながらモデルの基本的特徴を明らかにする。続いて(2)、統治制度交代(王政復古・明治維新)の蓋然性を、前提を変えながら、検討する。

0.1 Vicsek モデルから幕末動乱モデルへ

本研究のねらいは、近年開発が進んでいる自己駆動粒子系モデルを出発点として、幕末維新期の体制変動のモデル化を行い、幕末維新期の政治変動についての新しい視点からの知見を得ることである。自己駆動粒子系モデルとは、ヒトや生き物、自動車など、物理的粒子と異なり、主体的・能動的な動きをする単位(自己駆動粒子)として対象をとらえて、その相互作用をモデル化したものである。鳥の群れ、群衆や渋滞など、その扱うテーマは多岐にわたる。前稿では、自己駆動粒子のふるまいを表す基礎モデルである Vicsek モデルを基に、多主体間の統合と分裂の現象をモデル化するための枠組みとして、GSSM 基本モデルを構築し、さらにそれを幕末動乱期の分析に用いるため、幕末維新期の個別具体的な特徴を組み込んでカスタマイズし、幕末動乱モデルと名づけて紹介した。本稿の分析も、このモデルに依拠している。

鳥の群れ形成を表現する Vicsek モデルと GSSM 基本モデルや幕末動乱モデルとの関係を示すと、Vicsek モデルにおける鳥のベクトル(方向性)が、GSSM 基本モデルや幕末動乱モデルにおける構成員(藩エージェント)の意見にあたる。鳥が群れを形成するにあたって、その方向性を同調させていくのと同様に、政治主体がその意見を同調させていくのである。Vicsek モデルにおける粒子間の距離が、構成員間の連動性にあたる。距離が近い(連動性が高い)主体どうしの方向性(意見)は近似し、方向性(意見)が同じ主体どうしの距離は近く(連動性は高く)なる。というメカニズムが GSSM 基本モデルにおいても、幕末動乱モデルにおいても働くことになる。

Vicsek モデルにおいては、鳥が生じさせるノイズ(ブレ)が群れ形成の攪乱要因になる。GSSM 基本モデルや幕末動乱モデルの場合、ノイズ(ブレ)の代わりに、構成員(藩エージェント)は自分の選好に向かいたいという欲求を持って

おり、そのために必ずしも同じ意見に収束するとは限らない。自分の望む方向性に進みたいという自我発露と仲間と同じ方向性に進みたいという同調圧力のせめぎ合いが、主体間に統合と分裂を引き起こす、というのが GSSM 基本モデルや幕末動乱モデルのベースになるメカニズムである。

ただ、主体間の距離感を表現している連動性空間における連動性は、二次元空間における距離がもっているいくつかの性質を欠いている。まず、連動性は対称性に欠け、また、連動性は、自分からの連動性の高い構成員の間の連動性が高いとも限らない。自分の友達にとって自分は友達であるとは限らず、友達と友達は必ずしも友達ではないのである。連動性空間のもつこの性質のため、GSSM 基本モデルや幕末動乱モデルは、出発点となった Vicsek モデルに比べると、極めて複雑なふるまいや様相を示す。

上述したように、幕末動乱モデルは、GSSM 基本モデルを幕末維新期の個別の特徴を組み込んでカスタマイズしたものである。最大の違いは強制メカニズムを組み込んだ点にある。幕末動乱期の政治社会では、暗殺や弾圧、軍事力による脅迫や武力行使によって、強制的に相手の意見を変更しようとする主体の行動が頻出し、さらに相手の意見を変えるだけでなく相手の資源を削り存在自体を脅かす行動も生じた。このような過程もモデルの射程におさめるため、幕末動乱モデルは、同調による意見の動的過程と強制による意見の動的過程という2つの過程が複合したものとなり、強制による動的過程には、意見変更だけでなく、資源移転のルールも含まれることになった。

0.2 幕末動乱モデル：ルールの解説

本項では、幕末動乱モデルの内容を説明する。ルール内容の詳細については、前稿も参照していただきたい。幕末動乱モデルは、幕末維新期の政治社会を構成していた基本的単位である諸藩のうち石高 20 万石以上の主要 22 藩（譜代 2 藩（譜代格を含む）、親藩家門 4 藩、外様 16 藩）と徳川宗家および朝廷の計 24 の藩エージェント（以下では、場合により藩とのみ記述）で構成されるものとした（図表 1 を参照）。藩エージェント i は、「資源 R_i 」をもち、系内における藩

図表 1 藩エージェントのリスト

ID	分類	藩名称	石高	選好	意見 (初期値)
0	将軍家	徳川宗家	450 万石	0	1
1	譜代	彦根	33 万石	0	0
2	譜代格 (親藩)	会津	28 万石	0	0
3	親藩	尾張	62 万石	1	0
4	親藩	紀伊	56 万石	1	0
5	親藩	水戸	35 万石	1	1
6	親藩	越前	32 万石	1	1
7	公家	朝廷	10 万石	1	0
8	外様	加賀	120 万石	2/3*	0
9	外様	薩摩	73 万石	2/3*	1
10	外様	仙台	62 万石	2/3*	0
11	外様	肥後	54 万石	2/3*	0
12	外様	筑前	47 万石	2/3*	0
13	外様	安芸	42 万石	2/3*	0
14	外様	長州	36 万石	2/3*	0
15	外様	肥前	36 万石	2/3*	0
16	外様	津	33 万石	2/3*	0
17	外様	因幡	32 万石	2/3*	0
18	外様	備前	32 万石	2/3*	0
19	外様	阿波	26 万石	2/3*	0
20	外様	土佐	24 万石	2/3*	1
21	外様	久留米	21 万石	2/3*	0
22	外様	久保田	21 万石	2/3*	0
23	外様	盛岡	20 万石	2/3*	0

*有志者強度 m 個の外様大名が選択され選好 3 をもつ。それ以外は選好 2 をもつ。

明治維新はどれほど蓋然的だったのか

エージェントの重要性、存在感、強さを表す。本研究では、藩エージェントの資源は、各藩大名家の石高によって操作化しているが、とくに徳川宗家は450万石の藩エージェントとし、朝廷は10万石の藩エージェントとする。幕末動乱モデルを構成する藩エージェントの総石高はおよそ1400万石程度となり、当時の総石高(2500から3000万石)のおよそ半分を覆う。

幕末期の対外的危機のなかで、諸藩は、国策の意思決定制度の譜代大名による独占に異議を申し立て、あるいはそれに対抗した。場合によっては統治制度へ参画しようと、あるいは統治制度を大きく変革しようとした。諸藩の政治的立場は、幕末動乱モデルの藩エージェント i のもつ国策の意思決定制度についての「意見 O_i 」と「選好 P_i 」で表される。「意見 O_i 」と「選好 P_i 」は、0から3までの離散値で与えられ、それぞれが国策の意思決定制度についての構想を表している。

- 0 = 大君譜代主義：譜代藩による政権独占
- 1 = 徳川松平主義：朝廷や親藩家門の政権参画
- 2 = 雄藩公議主義：外様藩の政権参画
- 3 = 天皇親政主義：天皇を軸とした新体制

藩エージェント i は、最も好む意見、つまり実現を最も希望する意思決定制度を意味する「選好 P_i 」をもつ。幕末動乱モデルの試行においては、選好は藩の属性に応じて所与のものとし、モデル実行中に変化することはない。それぞれの藩エージェントがもつ選好は、徳川宗家、彦根藩、会津藩は選好0、朝廷および会津以外の親藩家門大名は選好1、外様藩は基本的には選好2をもつが、有志者強度 m にしたがって無作為に選ばれた m 個の外様藩は選好3をもつものとする(図表1を参照)。基準シナリオでは $m=4$ である。有志者強度 m を制御することによって、上級武士と下級武士の力関係や下級武士以下の社会階層の相対的強さを粗視的に表している。

表明された意見 O_i に関しては、初期状態の藩エージェントは、基本的に譜

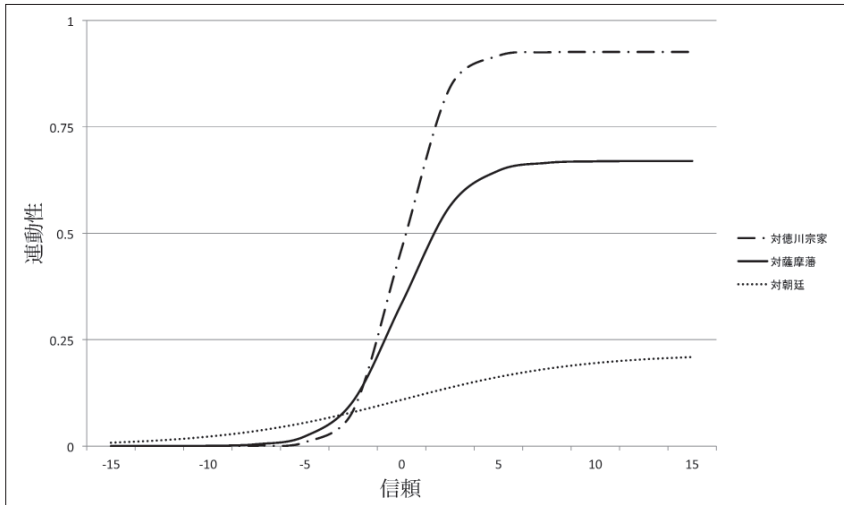
代独占の意思決定制度を受け入れており、意見0をもつと仮定するが、阿部正弘を中心とする幕閣は、その政策に鑑み、意見1を持っていたものとし、水戸、越前、薩摩、土佐の4藩も積極的に国策決定過程を変革しようとしており、やはり意見1を持っていたものとする(図表1を参照)。

藩エージェント*i*は、他藩*j*に対して「信頼*T_{ij}*」をもち、他藩に対する信頼感情を表す。信頼変動単位*a*を設定し、*a*を基本的な単位として昇降させる。信頼は、特別に自藩についても設定され(自己信頼*T_{ii}*)、藩そのものの統合性や結束力を表す。藩エージェント間には、信頼と資源量のバランスから「連動性*C_{ij}*」が生じる。連動性は、0.0から1.0の範囲で、他の構成員に対する距離感を表す。連動性は以下の数式0-1、0-2で与えられる。例示として、長州藩について徳川宗家、朝廷、薩摩藩との連動性*C_{ij}*をグラフ化した(図表2)。

$$C_{ij} = B_{ij} / (1 + e^{-B_{ij}T_{ij}}) \quad \text{数式 0-1}$$

$$B_{ij} = R_j / (R_i + R_j) [i \neq j], B_{ii} = 1 \quad \text{数式 0-2}$$

図表2 長州藩(36万石)の連動性



明治維新はどれほど蓋然的だったのか

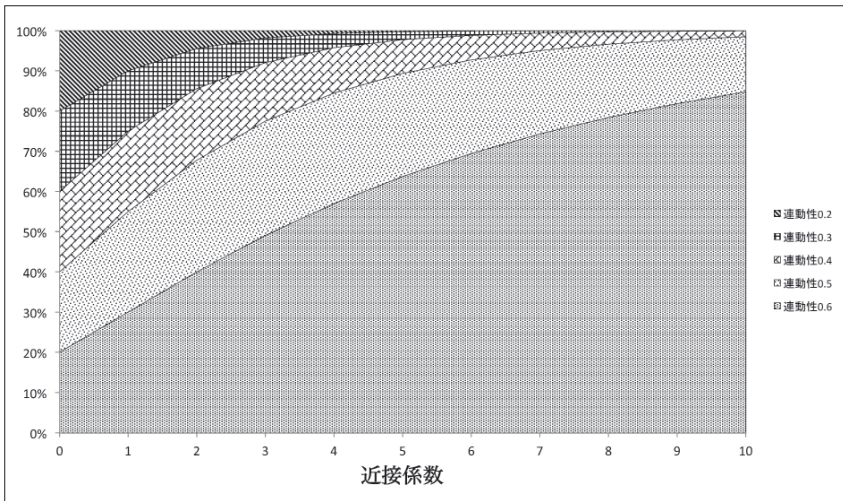
モデルの実行にともない、藩エージェント間の信頼は変動し、それにともない連動性も変動する。以下では、藩エージェントの行動ルールを説明する。

(0) 各ステップにひとつの藩エージェントが無作為に選択され活性化される。48ステップを1年と想定する。藩エージェントは平均すると各年に2回程度の頻度で活性化される。モデルは通常960ステップ(20年間、1853嘉永6年から1872明治5年までの想定)実行されて終了する。

(1) 活性化した藩エージェント*i*は、近い藩エージェント*j*をひとつ選択し、当該藩の意見に自分の意見を近づける。選択は、その藩に対する連動性に基づき確率的に行う。連動性の高い相手を選ばれやすい傾向をもつ。その傾向の強さは、下記の数式0-3で定義される。図表3は、近接係数*c*の値によって、異なる連動性(0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6)をもつ5個の相手がどの程度選ばれやすいかを例示したものである。近接係数*c*=0のときは等確率で選ばれ、*c*=1のときは連動性の大きさに比例して選ばれる。

$$P_i(j) = C_{ik}^c / \sum_j C_{ij}^c \quad \text{数式 0-3}$$

図表3 意見の参照対象として選択される確率分布の例
[候補は5個の藩, 異なる連動性をもつ]



(2-1) 自己信頼 (T_{ii}) が自己不信閾値 T_α (基準シナリオでは T_α = -10) 未満になっている場合 (自己不信状態)、自分の意見を転向させ自分の選好に近づける。この時点で自己信頼は 0 に回復する。

(2-2) 自己不信状態でなければ、藩エージェントは、ある閾値 T_β (基準シナリオでは T_β = -20) 未満に信頼が低下した相手に対して、相手の意見の強制的変更を試みる。強制行動を採った藩エージェントと対象とされた藩エージェントは、それぞれが陣営成員を募る。他の全エージェントは、どちらの陣営に参加するか、あるいは中立を保つかを、連動性に基づいて確率的に決定する。両陣営の資源を比較し、強制行動の成否を決める。強制行動が成功した場合、対象とされた陣営に加盟した全ての藩エージェントの意見は、強制行動を試みたエージェントと同じとなる (信頼も 0 に回復する)。

強制行動の成否は、フェルミ関数と呼ばれる以下の数式 0-4 で決定される。基本的に資源が多いほうが優位であるが、それがどの程度であるかは、強者優位係数 ν で決定される (基準シナリオでは $\nu = 0.001$)。幕末の政治状況は、前半は資源を要しない暗殺やテロ行為による脅迫が効果的に用いられ、後半には銃兵制の導入によって戦術が急変したため、資源の多寡が効きにくい状況であった。例示として、徳川宗家と薩摩藩の強制成功確率を一部の藩エージェントについて図示した (図表 4)。

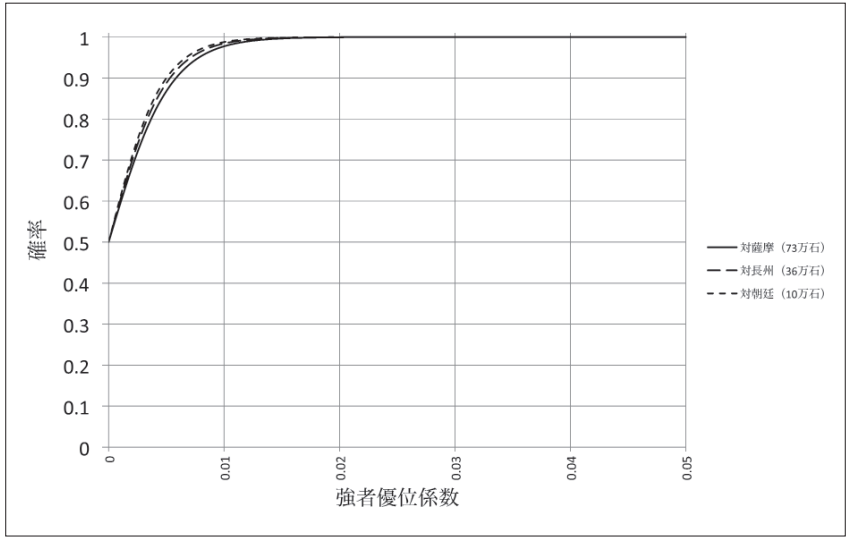
$$Q_{ij} = 1 / (1 + e^{-\nu(R_i - R_j)}) \quad \text{数式 0-4}$$

幕末動乱モデルでは、大君譜代主義 (意見 0) をもつ藩エージェントによる強制が徳川宗家への資源移転を引き起こし、天皇親政主義 (意見 3) をもつ藩エージェントによる強制が朝廷への資源移転を引き起こすとする。意見 0 (意見 3) をもつ藩エージェントが強制に成功し、徳川宗家 (朝廷) が同じ陣営にいた場合、対象エージェントの資源の一部 (基準シナリオでは 2 分の 1) を徳川宗家 (朝廷) に移転する。

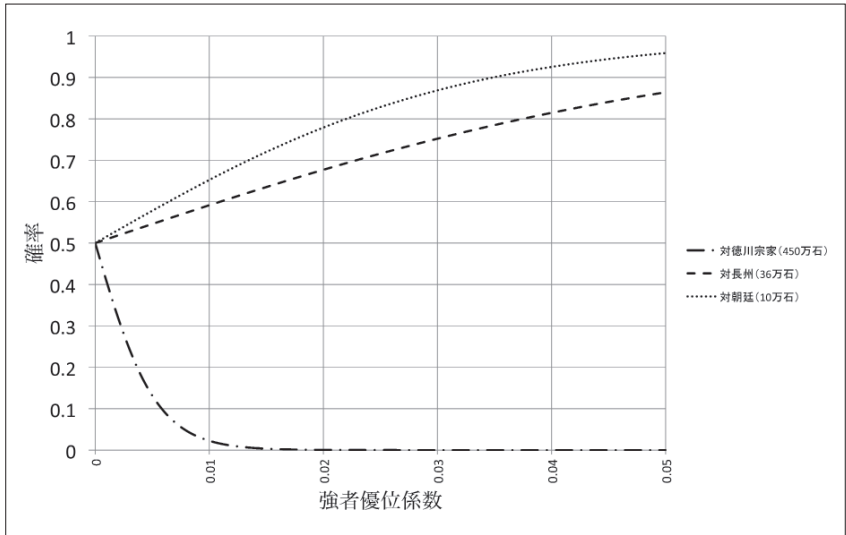
(3) 他藩に対する信頼が変動する。同じ意見をもつ藩エージェントに対する信頼は高まり、異なる意見をもつ藩エージェントに対する信頼は低まる。モデ

明治維新はどれほど蓋然的だったのか

図表 4(1) 徳川宗家による強制の成功確率



図表 4(2) 薩摩藩による強制の成功確率



ルでは信頼変動単位 a で設定されている量だけ（基準シナリオでは $a=5.0$ ）信頼が昇降する。ただ、朝廷に対する信頼が上昇する際、 $e*a$ （基準シナリオでは $e=2.0$ ）上昇する。これは、当時の支配階級が共有していた尊王思想を表したものである。

(4) 自己の選好と自己の意見が異なるとき、自己信頼は下降し、逆に選好と意見が一致するとき、自己信頼が上昇する。

☆藩エージェントの行動のまとめ（活性化されたとき）

- (1) 近い藩に意見を近づける。
 - (2-1) 自己不信が十分に高ければ、自分の意見を選好に近づける。
 - (2-2) 不信を抱く他藩があれば、当該藩に自分の意見の強制を試みる。
- (3) 同じ意見の藩に対する信頼が高まり、意見の異なる藩に対する信頼が低まる。
- (4) 自分の意見と選好が同じとき自己信頼が高まり、異なるとき自己信頼が低まる。

このように構築した幕末動乱モデルはどのようにふるまうだろうか。注目すべきことは、前稿で明らかにしたように、史実のように徳川宗家の領土が削減され、朝廷への資源の移転が起こることが、稀ではあるものの確かに起こることである。基準シナリオの設定では 2-4% 程度の確率で史実に近い結果が生じた（50 試行で、1 ないし 2 回実現）。徳川宗家が朝廷に比して圧倒的な資源を有していた（450 万石対 10 万石）ことから、この結果は極めて自然であり、その状況設定で、一定のルールの相互作用から、史実に近い結果が生じたことが驚きであった。史実と異なる結果が生じることが圧倒的であることは不自然ではないという前提に立ちながら、どのような設定で史実に近い結果が生じやすくなるのかを探索する必要がある。本稿では、基本的にこの視角をもって、幕末動乱モデルを検討してみたい。

1 幕末動乱モデルの安定性

1.0 基準シナリオから離れるとどうなるか

前稿で明らかにされた幕末動乱モデルの挙動は、基準シナリオに従ったものである。言い換えれば、それはパラメータについての特定の値の組み合わせの結果が反映されたものであり、パラメータの値が変われば、大きく異なる挙動を示すかも知れない。本節では、パラメータ値を変えることにより、幕末動乱モデルのふるまいがどう変化するかを検討し、幕末動乱モデルの全体的な性質を探ることとする。

パラメータ値の変動がどの程度シミュレーション結果の変化を引き起こすのかを調べることを感度分析という。前者のわずかな変化が後者に大きな変化をもたらすとき、そのパラメータ(値)に対して系が敏感であるといい、その近傍を詳しく検証する必要がある。こうした感度分析は、網羅的に、あるいはさまざまな組み合わせで行うのが通例であるが、本稿では、主要なパラメータについて基準シナリオからはずれた場合にモデルのふるまいがどのように変わるか(変わらないか)を紹介する。

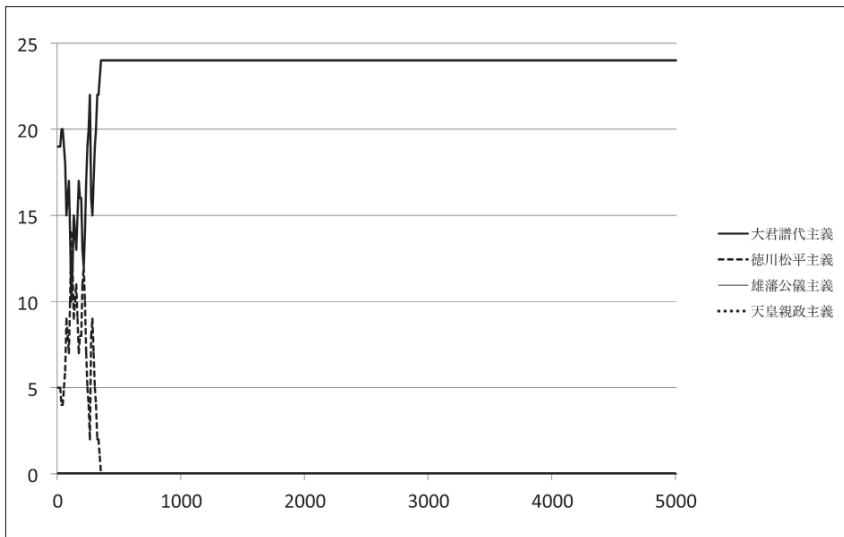
1.1 同調圧力と転向の効果

本項と次項では、信頼に関するパラメータの設定や値を変えることにより、幕末動乱モデルのふるまいがどう変化するかを検討し、幕末動乱モデルの性質を探ることとする。

幕末動乱モデルの藩エージェントは、意見の異同により互いの信頼を昇降させ、その信頼に基づき互いの連動性を定めている。連動性は、藩エージェントが他藩に対して感じている距離の近さとなっている。また自分の選好と自分の意見の異同により、自分に対する信頼(自己信頼)も昇降する。変動量は信頼変動単位 a (基準シナリオでは 5) に従う。藩エージェントの自己信頼が自己不信閾値 $T\alpha$ (基準シナリオでは -10) 未満になると、意見を転向させて自分の選好に近づける。また、他藩への信頼が他者不信閾値 $T\beta$ (基準シナリオでは -20) 未満になると他藩に自分の意見を強制して採用させようと試みる。

幕末動乱モデルは、意見の動的変動過程について、同調によるものと強制によるものという2つの過程が複合しているため、モデルのふるまいが複雑である。まず、同調による意見変動過程のみでモデルがどうふるまうのかを見てみることにする。自己不信閾値と他者不信閾値が働かないように設定する。これらの閾値が存在しないと同調圧力だけが働くことになる。初期状態では、藩エージェントは意見0か意見1の立場をとっているので、モデルを試行すると早晩、すべての藩の意見は0か1に（多くの場合0に）収束して安定状態にいたる。ある試行において各意見を提示した藩エージェントの数の推移を示す（図表5）。

図表5 意見分布の推移の例
 [自己不信ルールなし，強制ルールなし]

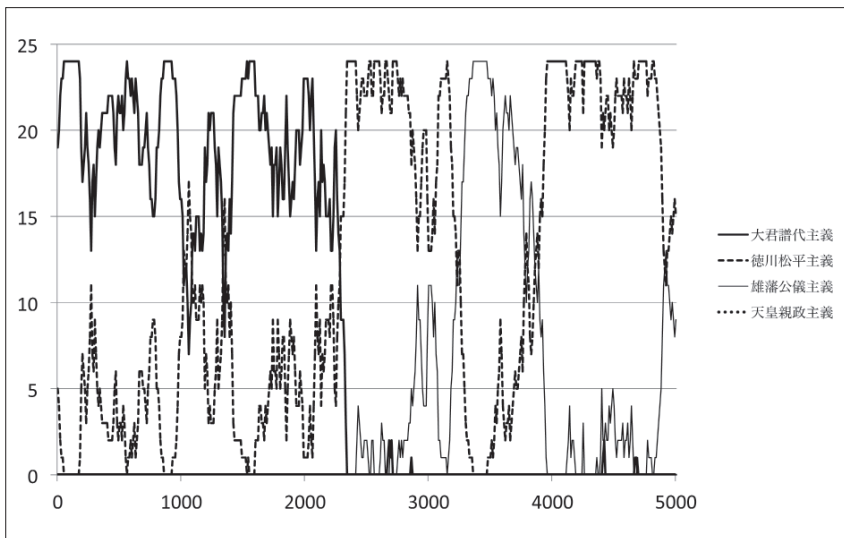


ここで自己不信閾値 $T\alpha$ を導入してみる。藩エージェントは他藩に同調して、そのとき支配的な意見0か意見1の立場をとるが、やがて自分の選好と異なる意見を掲げている藩エージェントは自己信頼が低まり転向する。多くの場合再び支配的意見に同調することになるが、転向する藩が続出すると、やがて新た

明治維新はどれほど蓋然的だったのか

な意見のほうが支配的意見となり、元の意見をもつ諸藩を同調させることもある。幕末動乱モデルでは、最初に(多くの場合)意見0が支配的となるが、あるタイミングで支配的な意見が1に変動する。その後、支配的意見が意見1と意見2のあいだを行き来する。少数である意見0や意見3は、一時的に多くの藩にそれが流行することはあるが、支配的意見になるのは難しい。ある試行において各意見を提示した藩エージェントの数の推移を示す(図表6)。

図表6 意見分布の推移の例
[自己不信ルールあり, 強制ルールなし]



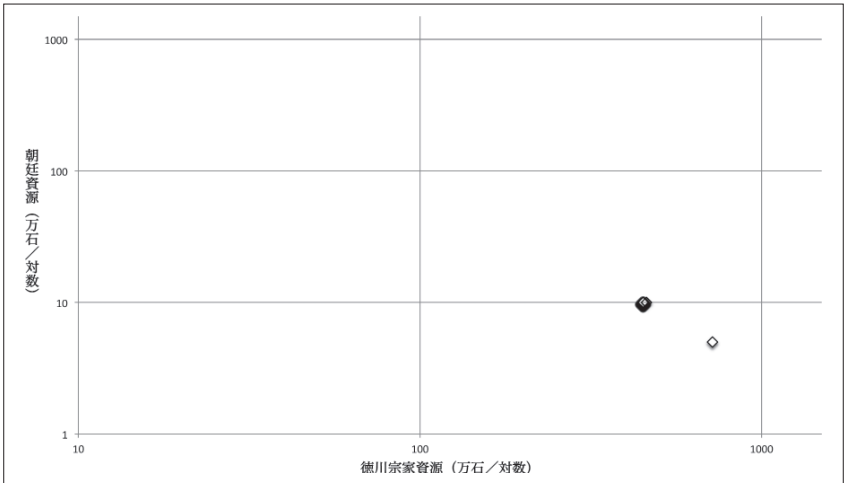
1.2 信頼のゆらぎがもたらす影響

次に、信頼を昇降させる量を定めたパラメータである信頼変動単位 a を変えたときに幕末動乱モデルのふるまいがどう変化するかを検討する。基準シナリオでは、信頼変動単位 $a=5.0$ に設定されていたが、ここでは信頼変動単位を 1.0 から 10.0 まで変化させ、モデルのふるまいの違いを検討してみる。下の図(図表7, 8, 9)は、信頼変動単位をそれぞれ 1.0 , 5.0 (基準シナリオ), 10.0 と

してモデルを実行したときの、最終時点（960 ステップ後、1872 明治 5 年）における徳川宗家と朝廷の資源分布を示したものである。100 回の試行結果をプロットしている。

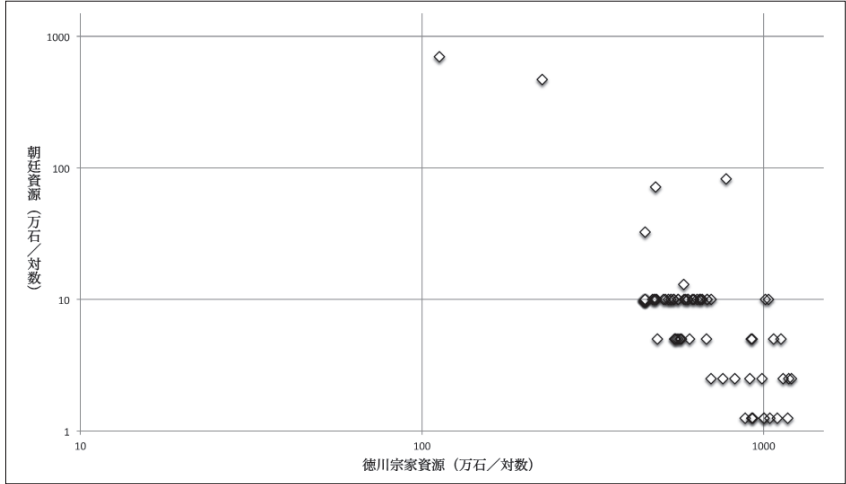
信頼変動単位が低い ($a=1.0$) とき、昇降ともに信頼の変動量は小さく、強制メカニズムが働くまでにならないので、資源の移転はほとんど起こらず、ほぼ資源は初期分布（徳川宗家 450 万石、朝廷 10 万石）のまま終了する（図表 7）。信頼変動単位を上げると、強制メカニズムが働き、徳川宗家または朝廷、あるいは両方への資源移転が進む（図表 8, 9）。

図表 7 徳川宗家および朝廷の資源量最終的分布
 信頼変動単位 = 1.0
 (尊王 2/有志 4/強者優位 0.001)

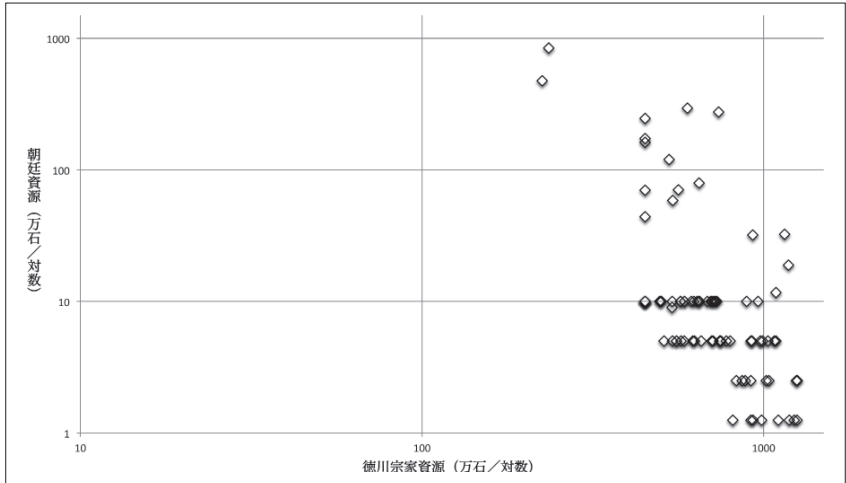


明治維新はどれほど蓋然的だったのか

図表 8 徳川宗家および朝廷の資源量最終的分布
 信頼変動単位 = 5.0
 (尊王 2/有志 4/強者優位 0.001)



図表 9 徳川宗家および朝廷の資源量最終的分布
 信頼変動単位 = 10.0
 (尊王 2/有志 4/強者優位 0.001)



最終的な資源分布により、幕末動乱モデルの展開を以下のように分類できる(図表 10 を参照)。幕権伸張 1 と幕権伸張 2 はいずれも徳川宗家の資源だけが増加し将軍家が圧倒的になる結果である。徳川宗家の資源が増加するとともに朝廷資源も増加するという結果も生じるが、これを幕朝伸張と呼ぶ。幕府維持 1 は現状維持という結果である。徳川宗家の資源が維持されている一方で朝廷資源が増加する結果を朝権伸張 2、朝廷資源が増加し徳川宗家の資源が減少する結果を朝権伸張 1 と命名する。史実で起こったのは朝権伸張 1 という結果である。なお、幕末動乱モデルでは資源移転は徳川宗家と朝廷のみに対して起こるので、幕府維持 2、体制分裂 1、体制分裂 2 といった結果は生じない。

図表 10 最終的資源分布の分類

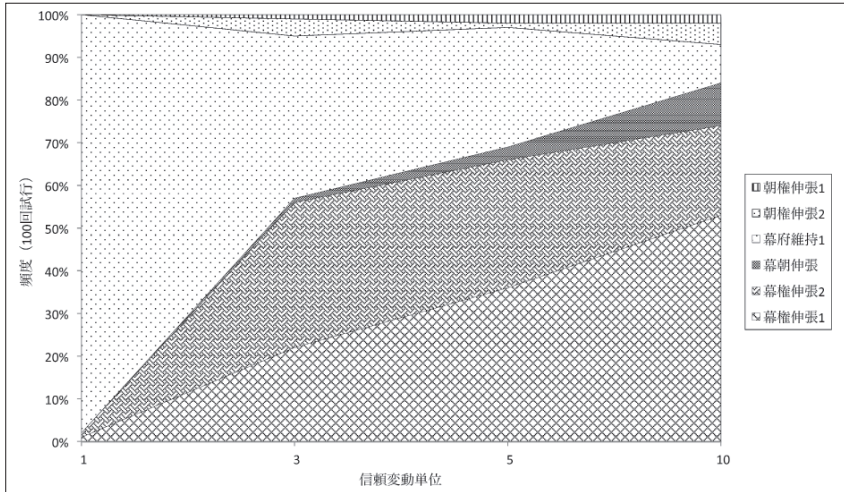
徳川宗家最終石高	朝廷最終石高	名称
450 万石超過	10 万石未満	幕権伸張 1
450 万石超過	10 万石	幕権伸張 2
450 万石超過	10 万石超過	幕朝伸張
450 万石	10 万石未満	幕府維持 2
450 万石	10 万石	幕府維持 1
450 万石	10 万石超過	朝権伸張 2
450 万石未満	10 万石未満	体制分裂 1
450 万石未満	10 万石	体制分裂 2
450 万石未満	10 万石超過	朝権伸張 1

信頼変動単位 a を 1.0 から 10.0 に上昇させるにつれて、初期状態が維持される幕府維持 1 の結果は急速に減少する(図表 11)。それとともに徳川宗家や朝廷が資源を増加させる結果が増えるが、幕権伸張の結果が圧倒的に増加していくことが分かる。基準シナリオにおいて、史実どおりの朝権伸張 1 の結果が生じる可能性があることは確かであるが、極めて稀な事例としてしか存在しない。信頼が変動し強制が働くことで資源移転が生じ、それによって朝権伸張 1 という史実の結果が生じたのであるが、信頼が大きく昇降する設定の下で強制が活

明治維新はどれほど蓋然的だったのか

発に働くことは、幕権が伸張する蓋然性を高める方向に作用するという点でもあり、史実のような結果が稀であるという点は変わらない。

図表 11 信頼変動単位と統治体制変動の分布
(尊王 2/有志 4/強者優位 0.001)



1.3 近傍の違いがもたらす影響

幕末動乱モデルの藩エージェントは、他藩の意見に自分の意見を合わせようとする。互いに相手の意見に合わせようとすることで幕末政治社会に働いていた同調圧力を表している。確率的に一つの藩を選択し、その藩の意見に自分の意見を近づける。対象となる藩を選ぶとき、その藩に対する連動性が高い藩を選択しやすく、その傾向を制御しているのが、近接係数 c である。(数式 0-3 を参照)

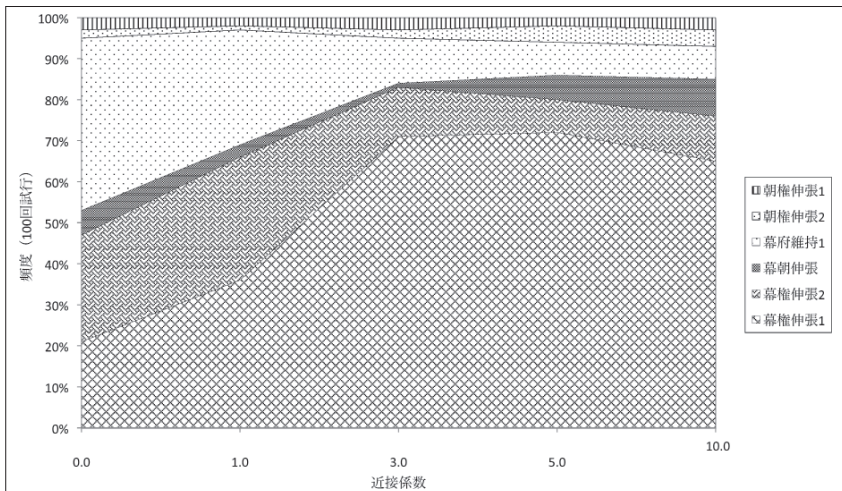
近接係数が高いとき、藩エージェントは、連動性が高い他藩の意見をより優先して参照する傾向をもち、逆に低いとき連動性が低い他藩の意見も幅広く参照する傾向をもつ(図表 3 参照)。近接係数 $c=0$ のとき、すべての藩についての参照する確率は等しくなり、無作為に 1 つの藩を選ぶことを意味する。基準

シナリオでは、近接係数は1に設定してあり、これはその藩に対する連動性に比例する確率で、参照する藩を選択することを意味している。近接係数が高いときは、連動しやすいものどうしで意見を参照しあう傾向が強まる。

まず、同調による過程のみでモデルがどうふるまうかを見てみる。自己不信閾値と他者不信閾値が働かないように設定する。1.1でみたように、基準シナリオ（近接係数 $c=1$ ）の場合は、系には支配的意見が生じ、ときおり交代を繰り返しながらも、全藩が共通の意見をもつ（図表5を参照）。近接係数を上げていくと、ある段階で（およそ $c=5.0 \sim 6.0$ 程度）、支配的意見が必ずしも生じなくなる。同意見をもった藩どうしのみが高い連動性をもつようになり、その結果いくつかの意見が共存したままになる（図示は省略）。

そこで、近接係数 c を変えたときに幕末動乱モデルの振る舞いがどう変化するかを検討する。基準シナリオでは、近接係数は1に設定されている。近接係数を0.0から10.0まで変化させ、モデルのふるまいの違いを検討してみる（図表12参照）。全体的な傾向としては近接係数が上昇するに従って、徳川宗家も

図表12 近接係数と統治体制変動の分布
（尊王 2/有志 4/強者優位 0.001）



明治維新はどれほど蓋然的だったのか

しくは朝廷が資源移転を受ける結果が増加するが、圧倒的に生じているのはやはり幕権伸張という結果である。一方で、朝権伸張の可能性も残っている。

上述したように、近接係数は藩エージェントがどれくらいもともと近いものかというところが参照し合いやすい傾向をもつかを表している。その傾向が強まると幕権主義は意見を集約してひとつの群れ(派閥)を形成するようになり、幕権伸張の結果を導き出しやすくなるのに対し、天皇親政主義にはそのようなふるまいが見られないことを示していると思われる。初期状態で意見3をもつものが少なく、天皇親政主義が群れ(派閥)を形成するには不利な状況にあったことがその理由として考えられる。

2 明治維新をもたらした要因

2.0 通説はどれほど尤もらしいのか

明治維新では、天皇を中核とした新体制が築かれた。将軍や諸藩といった大名権力を解体することにより、中央集権化が成し遂げられたのである。藩の存在自体を相対化あるいは否定する意見を藩が持つというのはそれ自体矛盾を含んでいる。しかし徳川幕藩体制を見限り、天皇親政(王政復古)さらには廃藩置県へと向かう動きが史実の明治維新である。

圧倒的な資源を有していた徳川宗家ではなく、多くの譜代並みの規模だった朝廷がなぜ新しい中央集権の核となったのか。言うまでもなく、さまざまな説明がなされてきたが、本稿では、幕末動乱期においてそのような方向付けを促したとされる3つの要因を取り上げる。すなわち、倒幕・天皇親政をめざす急進派の存在、武士階級に浸透していた尊皇思想、そして輸入された軍事革命である。これらの要因が果たしてどの程度政権交代を促したのか、幕末動乱モデルのパラメータを操作することにより検討する。

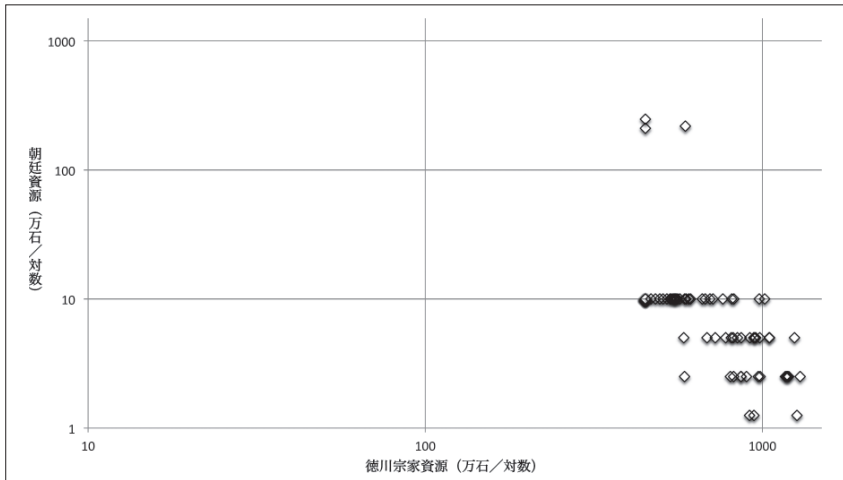
2.1 尊攘急進派の役割

長州藩や土佐藩などにおいて下級武士を中心とした勢力が力をもつことによって、天皇親政構想が藩論として提示され、明治維新へとつながっている。既存

体制で排除されていた層が藩の主導権を握り、藩の存在を相対化する構想を提示したのである。本項では、急進派の潜在的な力の強弱が、維新をもたらすのにどの程度影響をもつのかを検討する。

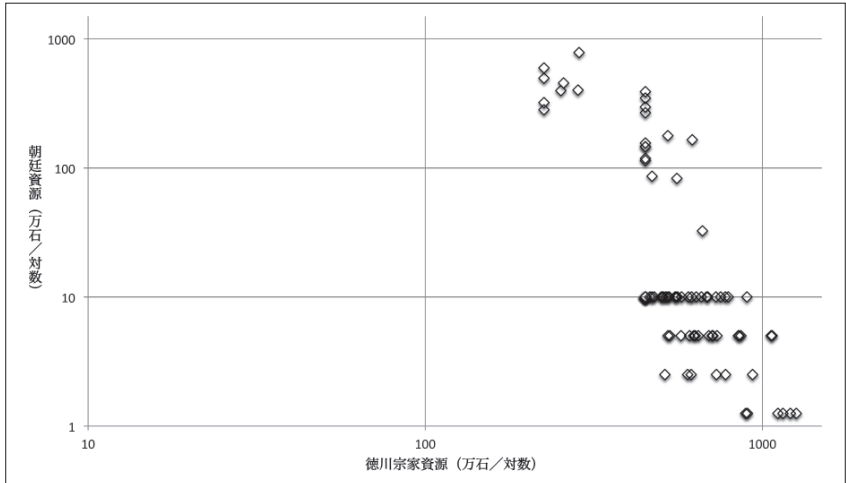
幕末動乱モデルにおいては、有志者強度 m として、急進派の潜在的な力が表されている。モデルの初期状態として、有志者強度 m の数だけ、天皇親政主義（意見 3）を選好としてもつ外様藩の存在が設定される（基準シナリオでは $m=4$ ）。意見 3 を選好としてもつ外様藩の数が急進派の潜在的な力を表しているのである。系内の外様藩エージェントは全部で 16 個である。有志者強度を 2 から 16 まで変化させたとき、幕末動乱モデルのふるまいがどう変化するのかを検討してみる（図表 13, 8, 14, 15 参照）。史実の幕末の政争においては、天皇親政主義を主張した者は多数存在したが、藩の公式意見（藩論）として天皇親政主義を掲げた藩はごく少数であり、ほとんどの藩が掲げたのは雄藩公議主義（意見 2）どまりであった。その意味で、有志者強度 16 というのはやや過剰な設定である。しかし、注意していただきたいのは、選好（最も好む意見）が 3（天皇

図表 13 徳川宗家および朝廷の資源量最終的分布
 有志者強度 = 2
 （尊王 2/強者優位 0.001）

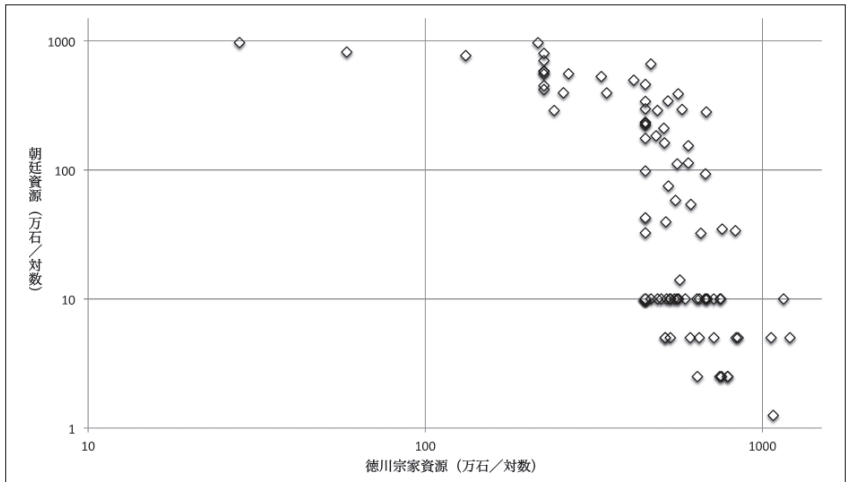


明治維新はどれほど蓋然的だったのか

図表 14 徳川宗家および朝廷の資源量最終的分布
 有志者強度 = 8
 (尊王 2/強者優位 0.001)



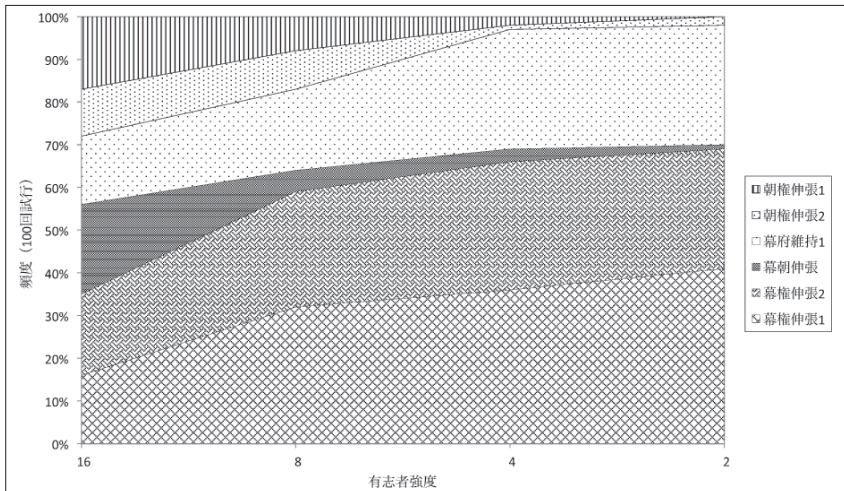
図表 15 徳川宗家および朝廷の資源量最終的分布
 有志者強度 = 16
 (尊王 2/強者優位 0.001)



親政主義) であるということと表明された意見が3であることは同じではない点である。史実の政治過程を、諸藩の選好は3であったが、幕末政治社会の同調圧力により諸藩の提示した意見が1から2であったと解釈することは十分に可能なのである。

結果を見れば明らかのように、有志者強度を8から16に設定することにより、史実どおりの朝権確立の結果(朝権伸張1のパターン)が生じる頻度がめだって増加する(図表16)。それでも、幕権伸張の結果のほうが頻度が高いのであるが、他のパラメータを操作してもこのような結果が得られないことから、これは注目すべき結果である。史実のように幕藩体制に代わる新体制が生じるためには、幅広い諸藩において、急進派の力が潜在的に存在することが必要であることを幕末動乱モデルは示唆している。

図表 16 有志者強度と統治体制変動の分布
(尊王2/強者優位 0.001)



2.2 尊王思想の浸透

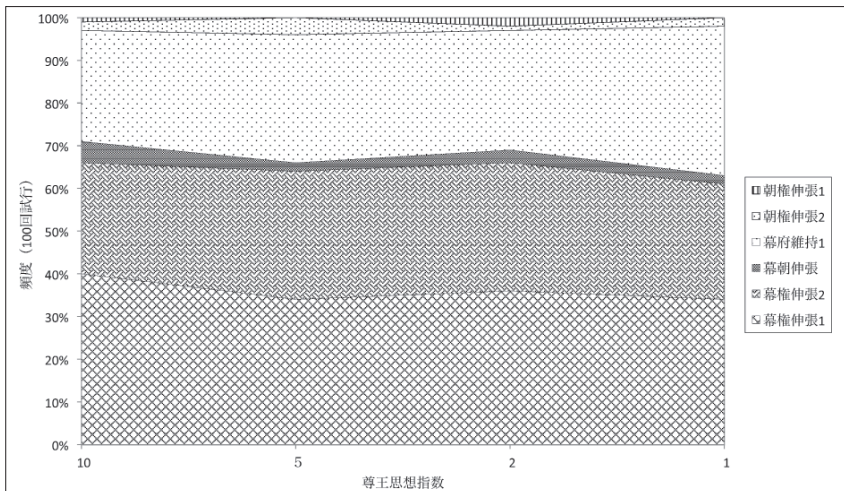
朝廷(天皇)を中核とした中央集権国家の建設がなされた一因として、支配者

明治維新はどれほど蓋然的だったのか

である武士階級のあいだに天皇や朝廷に対する尊王思想が浸透していたことが考えられる。幕末動乱モデルでは、2つの点で朝廷に対する尊王思想が表現されている。まず、強制メカニズムにより資源の移転の対象となり、新体制の中核となりうるのが、徳川宗家と朝廷だけであるという設定により、幕末政治社会におけるひとつの焦点であったという朝廷という政治主体の特殊性が表現されている。

次に、朝廷に対する信頼の高まりやすさが設定されている。幕末動乱モデルの藩エージェントは、意見の異同により他藩への信頼を昇降させる。信頼が昇降する量は、信頼変動単位 a で設定されている。幕末政治社会の尊王思想を表現するため、朝廷への信頼が高まりやすい傾向が設定されており、その傾向は尊王思想係数 e で制御される。朝廷と同意見であるとき信頼の上昇量は、 $e \cdot a$ と設定されており、一般の藩（徳川宗家を含む）に対するよりも e 倍、信頼が上昇しやすくなっている。高い信頼は高い運動性につながり、諸藩エージェントは、朝廷のもつ意見に同調しやすい傾向をもつ。尊王思想係数 e の存在により、

図表 17 尊王思想指数と統治体制変動の分布
(有志 4/強者優位 0.001)



朝廷はただの10万石の藩エージェントとは異なる影響力をもつことになる。

そこで、尊王思想係数 e を 1.0 から 10.0 まで変化させることで、幕末動乱モデルのふるまいがどう変化するかを検討する（図 17 参照）。尊王思想係数が 1.0 であるということは、朝廷と他の藩エージェントのあいだに違いがない状況を表している。基準シナリオでは尊王思想係数 $e=2.0$ である。図 17 が示しているのは、尊王思想係数が幕末動乱モデルの最終的な結果にほとんど影響を与えていないということである。この結果は、基準シナリオの設定を崩して、有志者強度を 8 あるいは 16 に設定しても変わらない。下級武士の潜在的な力が強い世界においても、尊王思想の強さ、つまり、諸藩が朝廷を信頼する傾向の強さは、朝権伸張という史実に近い結果を生じさせる要因になっていないのである。これは朝廷の選好が、そもそも意見 3（天皇親政主義）ではなく、意見 1（徳川松平主義）であったことを考えるときわめて自然な結果であると言える。諸藩が朝廷に追従したとしても、朝廷自体が天皇親政を望んでいないのであるから、明治維新は起こらないことになる。

2.3 軍事革命の帰結

幕末維新期の政治過程の際立った特徴は、圧倒的な規模や存在感をもっていった徳川宗家が統合に失敗したことである。そして島津久光による率兵上洛・東下、第二次長州征伐、鳥羽伏見戦など、軍事力や強制力が用いられた対決の多くにおいて、徳川宗家が敗北したことがその大きな要因となっている。無論、徳川宗家や幕府の弱さにその理由を求めることも可能であり、実際にそう説明されることもしばしばあるが、本研究ではその立場をとらない。政治闘争におけるテロリズムの活用や、何より新たな軍事技術の登場と普及により、当時の政治社会において、政治主体の規模や資源量が対決に際して必ずしも有効であるとは言えない状況にあったからである。テロリズムが有効となれば、人的資源は少なくても済む。さらに、新しい軍事技術の導入がなされるとすれば、最終的には規模や資源量が重要になるであろうが、初期段階では新技術を導入したかどうか重要となる。幕末維新期の銃兵制の導入のためには、新しい兵器だ

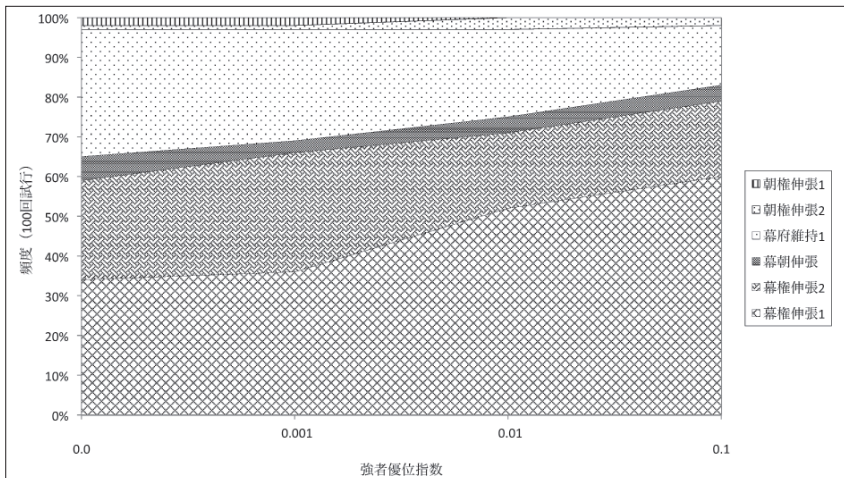
明治維新はどれほど蓋然的だったのか

けでなく組織全体を改革する必要があり、新技術の導入の有無が結果に大きく影響し、資源量が結果を左右する段階に至っていなかったと考えられる。

幕末動乱モデルの藩エージェントは、不信が十分に高まっている他藩が異なる意見を持っているとき、相手に自分の意見を採用することを強制しようとする。モデルにおける強制による意見の動的変動過程を表すもので、上述したように幕末政治社会において、諸藩はしばしばこの手法を用いた。モデルでは、強制の成否は、資源の多寡に基づいた関数によって決定される。もちろん陣営の資源が優位な方が、強制に成功する確率が高くなるが、どの程度優位になるかは、強者優位係数 v によって制御されている。

本項では、強者優位係数を 0.0 から 0.1 まで変動させることで、幕末動乱モデルのふるまいがどのように変化するかを調べることにする(図 18)。予想されたことであるが、強者優位係数を上昇させれば、幕権伸張に有利に働き、逆に下げれば、幕権には不利に働いている。そして、基準シナリオにおいてすでにほぼ限界近くまで下げており ($v=0.001$)、これでもようやく朝権確立の可能性

図表 18 強者優位指数と統治体制変動の分布
(尊王 2/有志 4)



が生じているということである。強者優位係数を少し上昇させただけで、その僅かな可能性すら無くなってしまう。たとえ資源量が意味をもたないと設定しても ($v=0.0$)、幕藩体制の続く可能性が高い結果になったのである。

3 おわりに

本稿では、自己駆動粒子系に基づいた幕末動乱モデルを用いて明治維新の展開を検証しようとした。網羅的な感度分析をするのではなく、史実(前稿を参照)を念頭に置いたシナリオについて、前稿のシミュレーション結果を相対化することを試みた。本稿の全体的な結論は、前稿の結論(朝廷中心の中央集権統治体制は実現しにくい)を再確認するものであった。また、シナリオを変えても想定外の結果が生じなかったことは、幕末動乱モデルをさらに「実証的に」分析することの妥当性があることを示していると言えよう。

内憂外患に直面して、日本の統治体制はどのような可能性(選択肢)があったのだろうか。幕末動乱モデルでは、強制によって移転する資源の受け手は徳川宗家か朝廷のみなので、体制分裂(徳川宗家も朝廷も資源を減らす)ことは生じない(1.2, 図表10参照)。したがって中央集権的統治体制が確立する場合、どちらかが中核となるのは当然であるが、朝廷中心の体制に変わるのは、不可能ではないにしても蓋然性が小さいことが確認された。特殊な行動原理や並外れた能力をもった主体(組織や人物)の存在を前提とせず、基準に従った状況設定と共通の行動ルールに基づいて主体が交錯すると考えるとき、朝廷を中心とした中央集権国家の建設よりも、徳川宗家を中心とした中央集権国家の建設のほうがはるかに蓋然的だったことを幕末動乱モデルは示している。この点は、前稿で行った1868(慶応4年)の徳川宗家から朝廷への資源の大規模移転が実現した時点を初期状態とするシミュレーションで、ようやく朝廷への資源集中が頻繁に観察されるようになったことと整合的である。

興味深いのは、尊攘急進派の役割である(2.1)。外様大名家の選好を左右するだけの影響力があれば、朝廷をかついで中央集権体制をもたらしやすくなるという点である。歴史的には、尊攘急進派が政権を担った藩はさほど

明治維新はどれほど蓋然的だったのか

多くはない。しかし藩の政権は雄藩公議主義を支持していたとしても、実際に藩を構成している主体の多くが天皇親政主義を望んでいる状況が幅広く存在していたとしたら、史実のような政権交代が起こる可能性がかなり高まることを幕末動乱モデルは示しているのである。王政復古や廃藩置県は一種のクーデターだったかも知れないが、下級武士層によって藩論が変えられたことが明治維新につながったと見れば、やはり革命とみなすべきなのだろうか。

また、幕末動乱モデルは、朝廷の果たした役割についても、ヒントを与えている。もちろん、中央集権国家の核となるフォーカルポイントとして、徳川宗家以外では事実上唯一の存在であったという意味で、朝廷の存在が重要であったことは間違いないだろう。この点は幕末動乱モデルにおいても、資源移転の対象となるのが徳川宗家と朝廷のみであったということで表現されている。一方で、諸藩が朝廷への信頼を高めやすく設定しても、朝権伸張は起こりやすくなる（2.2）。朝廷の意見や選択に同調しやすいかどうかは、幕末の政治過程を考えるうえで特に重要ではなかったことを示唆している。明治維新が必ずしも朝廷や天皇の希望にそって行われたのではないことを考慮すれば、幕末維新の政治過程で尊王思想の果たした役割についても再考してみても良いかもしれない。

以上をもって、幕末動乱モデルの挙動の中間報告としたい。

参考文献（著者名 ABC 順）

- 青山忠正（2000）『明治維新と国家形成』吉川弘文館
青山忠正（2012）『明治維新』吉川弘文館
カマジン（Camazine）、スコット、他（2009）『生物にとって自己組織化とは何か』海潮社
Castellano, Claudio, Santo Fortunato, Vittorio Loreto（2009）“Statistical Physics of Social Dynamics”, *Reviews of Modern Physics*, Vol. 81, April-June 2009, pp. 591-646
フィッシャー（Fisher）、レン（2012）『群れはなぜ同じ方向を目指すのか？』白揚社
郡司ベギオー幸夫（2013）『群れは意識をもつ』PHP 研究所
平岡喬之（2014）「自己駆動粒子系の動力学」（ワーキングペーパーシリーズ人工社会研究 No. 44）
レビー（Levy）、スティーブン（1996）『人工生命』朝日新聞社

- 松本健一 (2008) 『開国のかたち』 岩波書店 (岩波現代文庫)
- 三谷博 (2006) 『明治維新を考える』 有志舎
- 光辻克馬 (2007) 「コンピュータのなかの幕末：関係性からみた明治維新」 (シンポジウム「人工社会の可能性：マルチエージェントシミュレーションと社会科学」 (2007年12月1日) 発表論文)
- 光辻克馬 (2011) 「帝国システムの消長と主権国家システムの生成：マルチエージェントシミュレーションによる挑戦」 (ワーキングペーパーシリーズ人工社会研究 No. 40)
- Mitsutsuji, Katsuma and Susumu Yamakage (2006) “A Generic Simulation Model of the Relationship between State-Entities: Sovereign States, Empires and Confederations” (ワーキングペーパーシリーズ人工社会研究 No. 29)
- 光辻克馬・山影進 (2015) 「幕末動乱期のマルチエージェントシミュレーション (MAS) 分析：自己駆動粒子系による統治制度動態モデル (GSSM) の構築とその応用」 『青山国際政経論集』 94号
- 成田龍一 (2012) 『近現代日本史と歴史学』 中央公論新社 (中公新書)
- 西成活裕 (2006) 『渋滞学』 新潮社
- 野口武彦 (2002) 『幕末歩兵隊』 中央公論新社 (中公新書)
- 野口武彦 (2006) 『長州戦争』 中央公論新社 (中公新書)
- 野口武彦 (2010) 『鳥羽伏見の戦い』 中央公論新社 (中公新書)
- Reynolds, Craig W., (1987) “Flocks, Herds, and Schools: A Distributed Behavioral Model,” *Computer Graphics*, 21, 4
- 佐藤誠三郎 (1992) 『「死の跳躍」を越えて』 都市出版
- Vicsek, T. et al. (1995) “Novel Type of Phase Transition in a System of Self-Driven Particles” *Physical Review Letters* 75, 1226
- Vicsek, T. and A. Czirók (2000) “Collective Behavior of Interacting Self-propelled Particles” *Physica A*, 281
- 渡辺浩 (2010) 『日本政治思想史 17～19世紀』 東京大学出版会