

ネットワーク・システムと遊牧商人

奈良産業大学 棚橋 豪

概要

本論文は次のようなモデルを目論む。それは都市発展のダイナミクスを、ネットワーク構造の変化として捉えるモデルである。そこで、都市をノード、商人をエージェントと見なして、都市間めぐる交易をリンクの有無で表現する。

そこで形成される交易関係の総体は、一つのネットワーク・システムとして見なすことができる。その際、ネットワーク上の中心を求めることにより、これを各都市の勢力分布として適用する。

本論のモデルは、動的にネットワークが生成していく様相を、二つのアイデアで形にした。それらは①都市同士が直接リンクを張っていくモデル、②商人が都市間を往来しリンクを張っていくモデルである。

このようなモデルを **artisoc** 上で描出することにより、交易ネットワーク形成過程における、覇権都市の勃興／衰退の直感的理解が可能となる。

1. 研究動機

従来の都市論は単一の都市を想定したうえで、もっぱらその内部構造に関心を寄せてきた。仮に、複数の都市間の関係性に目を向けたとしても、「中心と周辺」といったように階層的システムとして理解するのが主流である。また、**Batty (2007)**のように、都市発展のダイナミクスをシミュレーションモデルに展開する研究も存在するが、それらはセルオートマトン型のモデルに類型される。ここでは、都市はライフゲームのように増殖し、テリトリーを拡大させていく。

これに対して、本論のモデルは、都市発展をネットワークの拡充として見なそうとする。ここでは、独立した都市同士が互いに結びつけられていき、都市間の流通が活性化していく。

また、都市の相対的規模を、社会ネットワーク分析の中心性で把握しようとする。例えば、後に出てくる「媒介中心性」は、都市間における物流・情報流・商流

といったネットワーク・フローの集中度として再定義される。この値が高いとき、その都市では交易が活発に行われており、その相対的規模を推し量ることができる。そして、ネットワーク構造の変化に伴うこれの変化から、覇権ヘゲモニーの推移などを捉えることが可能となる。

Hohenberg and Lees (1995) は、西欧における中世から現代に至る 1000 年の都市発展を扱った。そこで、彼らは従来の都市論が「セントラルプレイス・システム」に拠っていることを批判する。この枠組みは、農耕社会を基礎とした中央集権的な都市像を仮定している。しかし、遠隔地交易を想起すれば容易に理解できるように、西欧社会のダイナミクスは、農耕社会を超えた商業都市ネットワークとして見なした方が理に適うのである。彼らはこの枠組みを「ネットワーク・システム」と呼んだ。

ただし、Hohenberg and Lees は、どのようにネットワークが生成するのかということ自体にはそれほど関心を払っていない。そこで本論の後半では、都市間を行き来するエージェントを「商人」として登場させる。さらに、この商人に 2 種類の行動ルールを設ける。その一つが、既に張り巡らされたネットワーク上を巡回する行動規範である。もう一つは、気のままに遊牧して都市と都市をリンクしていく行動規範である。

本論は、後者の行動ルールに従う商人のことを「遊牧商人」と呼ぶ。遊牧商人は、既存のネットワーク内の探索ではなく、空間上を探索する。都市をパッチワークしていく遊牧商人により、都市の規模が変化していく。この様相を *artiso*c 上でビジュアル化することが本論の最終目的となる。

2. モデルの履歴

前回のコンペティション発表との関連について触れておく。棚橋 (2011) では、1 種類のエージェントが空間上を移動しつつ、近傍のエージェントと関係を結んでいくモデルであった。今回のモデルでは、静止したエージェント (都市) と移動するエージェント (商人) の 2 種類が区別される。これにより商人の行動が都市ネットワーク構造に影響を与え、また反対に更新された都市ネットワーク構造が商人の行動に影響を与える。抽象的ではあるが、前回よりそれぞれ

のエージェントの役割が明確になったモデルとなっている。

モデルの本質は前回と首尾一貫している。それは、人工社会構築に際して、①地理的空間に依拠した関係、②ネットワークに依拠した関係の両方を考慮にいたしたモデルを指向している点である。一般的に、①と②のアプローチは無関係なものとして考えられている。例えば、セルオートマトンとネットワーク理論が無関係であるように、両者はそれぞれ独立したパラダイムに属している。

しかし、「遠距離恋愛」の歯がゆさに象徴されるように、我々の身体感覚は常に物理的空間と抽象的繋がりの方の関係性が併存し、そしてそれらが相互作用しているのが自然な状態なのだ。それは人間社会総体にも当てはまる。したがって、空間系とネットワーク系の双方を視野に納めることは別段奇をてらったことではない。

ただし、仮に両方を視野に入れたモデル構築の着想を得たとしても、そのようなアプリケーション・ソフトは皆無であり、また独力でプログラミングするにはコストが高くつくことになる。そこで `artisoc` を利用することにより、ネットワーク解析用のアルゴリズムを `Univ_Step_End{}` に実装し、ネットワーク解析と `artisoc` 本来の空間系関数が共存するモデルが容易に構築可能となる。

3. 概念構築

3-1 ネットワーク・システムとしての都市

・シムシティ

かつて `Macintosh` で発売され、シリーズ化されている「シムシティ」というゲームに注目しよう。このゲームは、プレイヤーが市長となり道路や様々な施設を建設していき、公害や災害などを押さえ込みながら都市を活性化させて人口を増やしていくシミュレーションゲームである。

「シムシティ」は、新作が出るごとにシステムが複雑になっていった。しかし、様々な要素が盛り込まれていったにもかかわらず、都市発展のキーファクターに関して、このシリーズは本質的にナイーブであると言わざるを得ない。つまり、このゲームが定義する都市は、まるで孤島にあるかのように隔絶した場所にあり、他の都市との関係性は一切捨象されているのである。しかし言う

までもなく、都市の盛衰は、他の都市と切り離して考えることはできないはずである。

もつとも、その外部にある都市との関係性をもコントロールしようとするならば、もはやそれは「市長」の権限を超えている。それでは大統領になれば良いのだろうか。恐らくその場合、今度は国境を越えた外国が統制不可能な対象として浮き彫りになるだろう。

都市の歴史を紐解いたとき、それは単に都市の内的要因や限定的なテリトリーだけではなく、その外部に開かれた交易ネットワークに目を向ける必要がある。そして、それは中央集権的な権限だけではどうすることもできない場合がある。我々はそこにこそ歴史のダイナミクスとゲーム性を見出すのだ。

・脱領土的都市論に向けて

Marx の資本論に強い影響を受けながら、それとは全く異なった資本論を展開したのが Sombart である。Engels によって体系化された資本論は、経済システムの合理性を強調する結果となった。これに対して、Sombart は「戦争」や「贅沢」などの人間社会の非合理的側面こそ資本主義発展の原動力であると見なした。これに加えて、彼が強調したのが、交通や移動手段などの地理的側面である。交通は開けていく。これもまた非合理的な側面だと言えよう。

そして、彼の影響のもと、人文地理学を歴史学に取り入れたのが Braudel である。彼の歴史観は、国家を基点とした政治史ではなく、商人達が政治的な領土を横断して、地理的な交易ネットワークが目まぐるしく更新していくダイナミクスに根ざしている。例えば、彼の代表的な著書『地中海』に象徴されるように、歴史の動態は、定住民の大地の側＝領土にあるのではなく、それらをパッチワークしていく錯乱の場にこそ見出されるのだ。

これに関連して、都市の歴史から Hohenberg and Lees も同様の考えを持っている。彼らは、従来の都市論が「セントラルプレイス・システム」であると批判する。セントラルプレイス・システムとは、農耕地域を基礎とし、ヒエラルキー的で、定向進化 (orthogenetic) していく都市像である。理念型としてレスターに代表される。

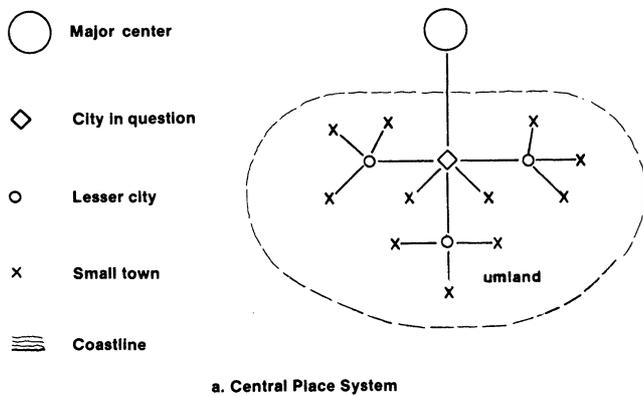
これに代わるパラダイムとして、彼らは「ネットワーク・システム」を提唱する。これは、都市を交易ネットワークとして見なし、ヒエラルキーや領土を越え、遠隔地交易に織り込まれた都市像である。それは中世のヴェネチアに代

表される。5世紀、西洋の辺境にすぎなかったヴェネチアは、中世では西欧と東欧のあいだを結ぶ要所となる。また、ヴェネチアの建築様式に見られるように、その都市文化は異種混合的 (heterogeneous) である。セントラルプレイス・システムとネットワーク・システムの特徴を改めて以下にまとめておこう。

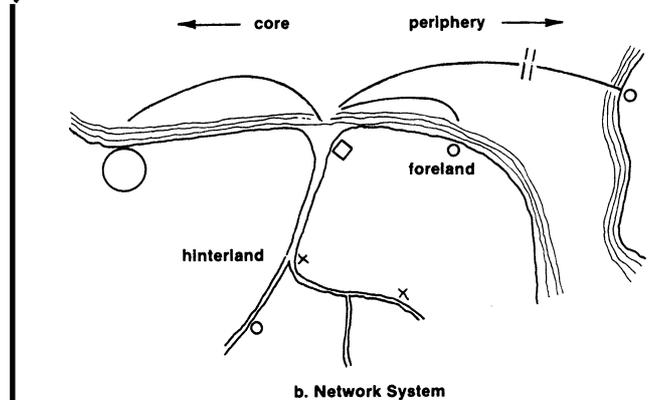
セントラルプレイス・システムとネットワーク・システムの特徴

特徴		セントラルプレイス・システム	ネットワーク・システム
構造	基本単位	農業地域と地方の行政単位	交易ネットワーク
	都市の役割	諸中心地からなるヒエラルキ ーの中心地	ネットワークのノード 都市は中心と周辺に区分
	形態	領土的、幾何学的	海運、不規則
	理念型	市場都市 (レスター)	商業都市 (ヴェネチア)
機能	経済的	マーケティングとサービス	遠隔地交易
	政治的	ヒエラルキーによる統制 低階層への公的なリンク	非公式的統制 帝國的ヘゲモニー
	文化的	定向進化的	異種混合的
進化	成長への経済圧力	供給圧力	需要けん引力
	発展の方向性	基底から上方へ	中心からの逸脱
	原動力	生産者：職人と農民	トレーダー：商人と金融業者

セントラルプレイス・システム



ネットワーク・システム



Source: Hohenberg and Lees (1995: 63, 65).

3-2 遊牧商人と都市のヘゲモニー

・流れと回路

Hohenberg and Lees は、ネットワーク・システムの原動力として商人を見たが、一重に商人と言ってもその行動規範には大きく 2 タイプが存在する。

Deleuze and Guattari (1987) は遊牧民(nomad)と移動牧畜民(transhumant)を区別している。前者が「流れ」に身を任せるのに対して、後者は閉じた「回路」の中、つまりルーティン化した秩序の中にある。そして、この区別は商人にも当てはまることを指摘している。

商人さえも、商品のさまざまな流れが出発点と到着点の回転(探しに行く-持ってこさせる、輸入する-輸出する、買う-売る)に従属しているかぎりにおいて、移動牧畜民なのである。(邦訳 p.465) .

これを先のネットワーク・システムに準えて換言しよう。回路に従う移動牧畜民的商人は、すでに確立された交易ネットワークの上で何らかの利益を追求しようとする者である。他方、回路から流れ出ていく遊牧民的な商人は、既存のネットワークから逸脱して、新たな交易ネットワークを築かんとする者である。時として、彼は Marx のあの有名なフレーズを体現することもあるだろう。

商品交換は、共同体の果てるところで、共同体が他の共同体またはその成員と接触する点で、始まる。(邦訳(1) p.161) .

通俗的な資本論解釈では、商人(商業資本)は価値を生み出すことはない。しかし、それは後年 Engels が編集した商人解釈の一つでしかない。事実、Engels は「もしマルクスが第三部にもう一度手を入れることができたとすれば、疑いもなくこの箇所をもっとずっと詳しく論じたであろう(邦訳(8) p.459)」と補遺で述べている。「この箇所」とは、剰余価値と商人の関連についての問題である。

柄谷行人は Marx を引用しながら、資本論の本質を商業資本に見出そうとした。彼の考えでは、剰余価値は複数の価値体系の間において生まれる。そのよ

うな差異の場へ「跳躍」する主体は、遊牧民的、冒険商人的である。本論では、このタイプの商人を「遊牧商人」と呼ぶことにする。遊牧商人の特徴を移動遊牧民的商人との対比でまとめておこう。

遊牧商人の特徴

	商人（移動牧畜民）	遊牧商人
類型	回路	流れ
探索	ネットワーク探索 共同体内部	空間探索 共同体と共同体のあいだ
行動規範	保守的・秩序維持	破壊的・創造的
理念型	経済人	冒険商人、イノベーター

（筆者作成）。

・都市のヘゲモニー

西洋史における世界システムのヘゲモニーは変遷していく。ヴェネチアからアムステルダムへ、そしてアムステルダムからロンドンへといったように、ネットワーク・システムの拡充に伴い劇的に移動していく。この大局的なパースペクティブは Braudel により提示され、さらに Arrigi はその歴史的变化の構造を詳細に考察した。彼は、ヴェネチアからロンドンへ至る変遷は「固定的空間」から「流動的空間」への転換であると結論づけた。

本論の関心に照らし合わせれば、それらは局所的な地理的空間からネットワーク拡充によるネットワーク・フローの前面化として捉えることができるだろう。ただし、この網状におけるヘゲモニーとその変遷をどのように形式化できるのだろうか。そこで我々は、これについてさらに一步踏み込んだ定義を試みることにする。そのために本論は、Braudel を経由しながらも、歴史学の範疇にとどまった Arrigi とはまた別のアプローチを採ることにしよう。

・ネットワークの中心性

ネットワーク・システムのヘゲモニー分布を定量化するために、ネットワークの中心性分析を応用する。Freeman (1979) は、ネットワークの中心性について 3 種類の指標を考案した。本論は、このうち「次数中心性」と「媒介中心性」

を利用する。

以下にその定義を示そう。ここで、 v は中心性を求めようとする任意のノードである。 V はノード（バーテックス）の集合である。 s と t は任意のノードで、それぞれ始点と終点を意味する。これに関して、 σ_{st} は始点から終点までの最短経路数を意味する。 $\sigma_{st}(v)$ は 始点から終点において v を通る最短経路数である。

次数中心性

$$C_D(v) = \sum_{p \neq v \in V} a(p, v)$$

ここで p と v に

リンクがある場合、 $a(p, v) = 1$

リンクがない場合、 $a(p, v) = 0$

となる。

要するに、次数中心性は、自身のリンク数が多いほど、高い中心性を示すという指標である。

媒介中心性

$$C_B(v) = \sum_{s \neq v \neq t \in V} \frac{\sigma_{st}(v)}{\sigma_{st}}$$

媒介中心性は、次数中心性が自身の隣接ノードに関心が向かうのに対して、媒介中心性は自身とネットワーク全体のフローとの兼ね合いを考慮する。簡潔にその特徴を述べると、あるノードを始点として、メッセージを他の全ノードに発信する場合を考えれば良い。

ここで始点-終点の発信経路は最短経路を仮定している。その際、終点に至るまでに媒介したノードに関して、それを経由した頻度が多い（負荷が高い）ノード

ドが高い媒介中心性を示すことになる。

ただし、始点-終点間の最短経路が1通りであるとは限らない。仮に、始点から終点まで2通りの最短経路が存在したとしよう。その場合、確率的に、求めるべきノード v を通らない可能性がある。したがって、媒介の頻度を $1/2$ に割り引く必要がある。別言すれば、始点から終点に至るまでの全最短経路数 σ_{st} と媒介中心性を求めたいノード v を経由している最短経路数 $\sigma_{st}(v)$ の割合を調べる必要がある。これをすべて始点-終点の組み合わせにおいて算出し、その最大値を持つノードが中心性を有していることになる。

・中心性とヘゲモニー

以上、ネットワーク上の中心は、その捉え方（指標）によって異なる可能性がある。この特徴も、都市のネットワーク・システムとそのヘゲモニーを考察する際に、有効に活用することができるだろう。果たして、ヘゲモニーというものは一元的に理解して良いのだろうか。

例えば、「すべての道はローマに通ず」と言うとき、文字通りローマは放射線状に様々な都市と直結していたのだろう。ローマは、次数中心性という指標でヘゲモニーと見なすことができる。

ところで、中世における香辛料のルートを想像した場合、「すべての道はヴェネチアを経由する」のである。そこでは、直接のリンク数が問題にはならず、どれだけ交易上のネットワーク・フローを独占しているのか、が鍵となる。事実、ヴェネチアはローマとは全く別の方法で地中海を支配していった。さらに言えば、大航海時代以降、オリエントとの新たなルートが開拓されて、ヴェネチアが急速に衰えていったのも、同じ考え方で説明がつくだろう。媒介中心性はこのような指標として解釈することができる。

もちろん、一つのノードが両指標の最高値を兼ねることも多い。ただし、ネットワーク構造の如何により、両者は大きく乖離することもある。このような条件を直感的に把握するためにも、`artisoc` 上で視覚的に表現することが望ましいのである。まずは媒介中心性の特性を把握するために、商人のいないモデルから見ていくことにする。

4. モデル構築

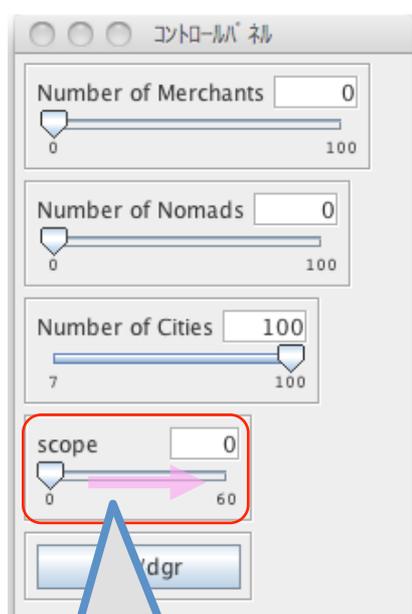
4-1. 商人のいないネットワーク・システム

商人を登場させず、 100×100 の二次元空間上に 100 都市をランダムに配置してみることにする。

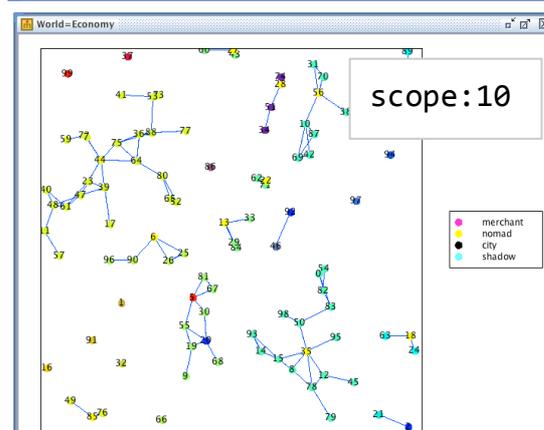
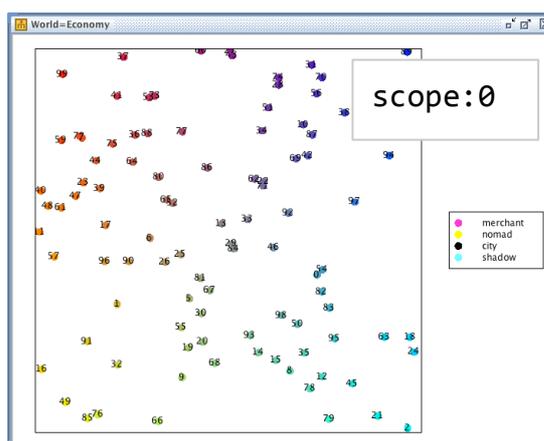
初期では、それぞれの都市はリンクを持たない。その後、文明の発展により、都市の視野 **scope** が開けていく（コントロールパネルで操作）。これに伴い、地理的に隣接する都市とリンクが張れるようになる。また、**Univ_Step_End{}** ではステップごとに中心性を求めており、ネットワークの変化とそれに伴う中心性の変化をアニメーションさせることができる。

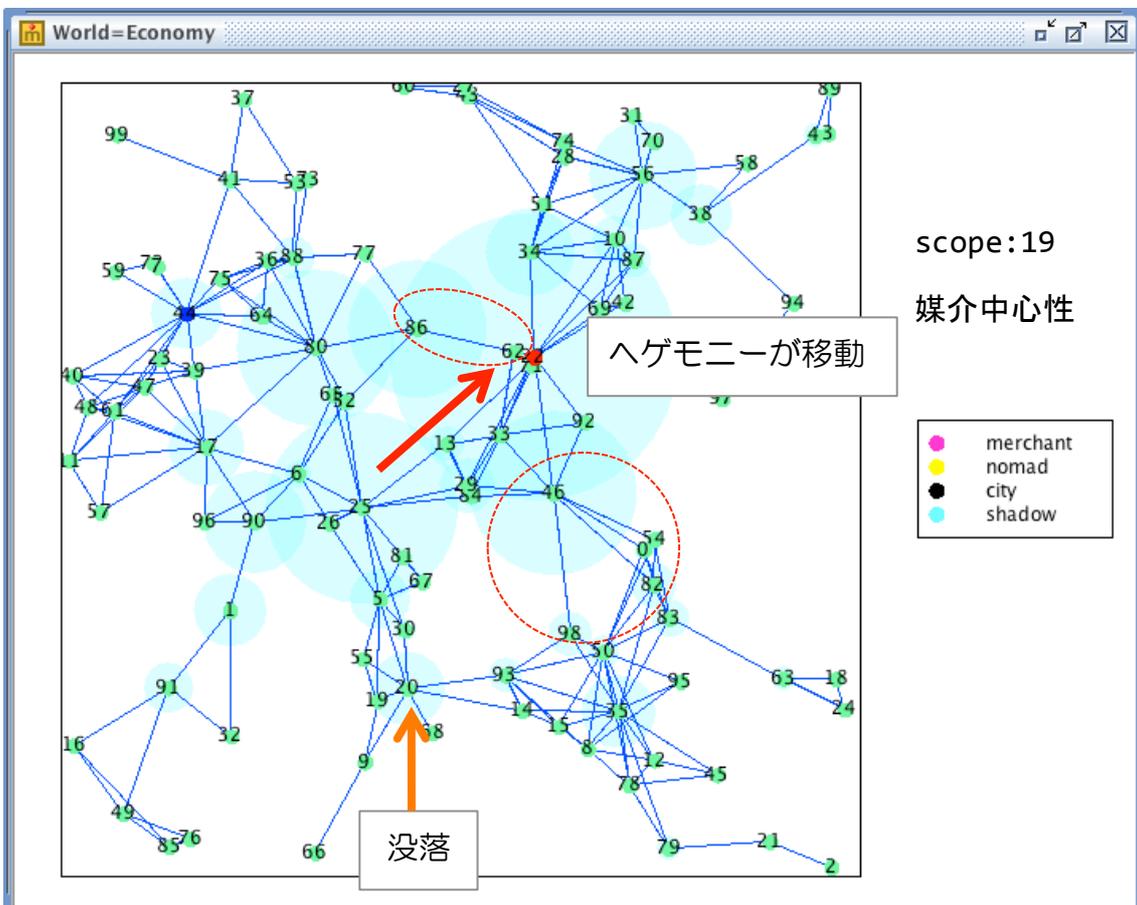
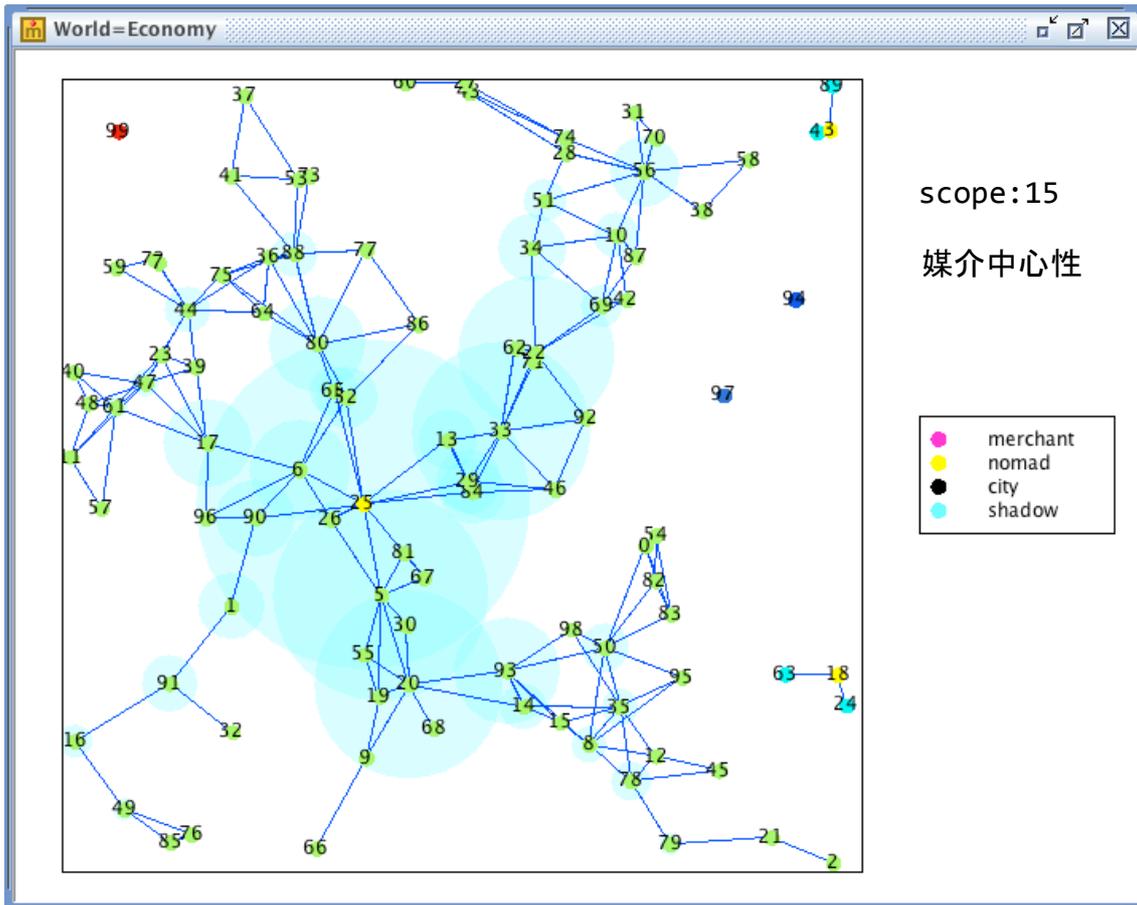
尚、**artisoc3.0** ではノードサイズを変数により調整できるので、都市とは独立に中心性の大きさを示す半透明のエージェント **shadow** を用意した。また、媒介中心性と次数中心性のサイズ表示切り替えはトグルボタン **btw/dgr** で行う。便宜的に、都市は次のようなルールに従う。

- 都市が他の都市を認識できる地理的視野は **scope** で制御
- 1step につき、各都市は他の都市と 1 本のリンクが張れる
- 視野内に複数の都市がある場合、中心性が最も高い都市を選択
- 媒介中心性 MAX: 赤色でマーク
- 次数中心性 MAX: 青色でマーク
- 媒介中心性 MAX かつ次数中心性 MAX: 黄色でマーク



この数値を 1 ずつ
上げていく

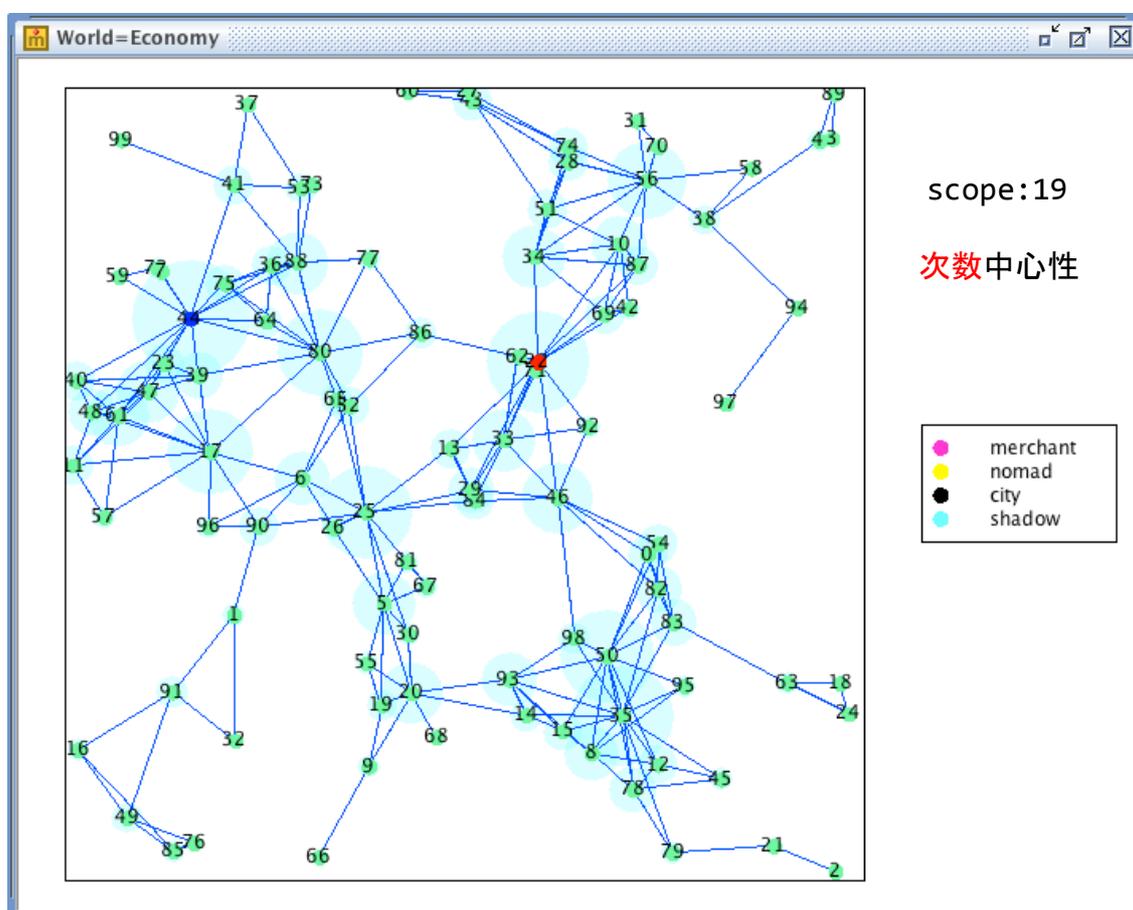




再生ボタンを押し、**scope** のスライドバーを 1 ずつ上げて、ネットワークを形成していく。**scope:15** と **scope:19** は、一見ネットワーク構造に大差ないように思えるが、赤の点線枠で囲われたリンクの生成によって、ネットワーク・フローは大きく変化している。

結果、図からもわかるように、ネットワーク・システムのヘゲモニーは左下から右上に推移する。このモデルは、いかに大都市が栄華を誇っていたとしても、他の取るに足らない辺境のリンクが全体のフローに影響を与え、既存の権力機構を揺さぶる可能性を示唆している。

さらに、**scope:19** を次数中心性のサイズで見た場合は以下のようなになる。



サイズ自体は調整しているので、媒介中心性のそれとは直接比較はできないが、次数中心性でネットワーク・システムを見た場合、同程度のサイズの大都市が分権的に併存していることが確認できるだろう。しかし、同じネットワークであるにも関わらず、先に見た媒介中心性の分布では、ヘゲモニーは一極に

偏在しているのである。

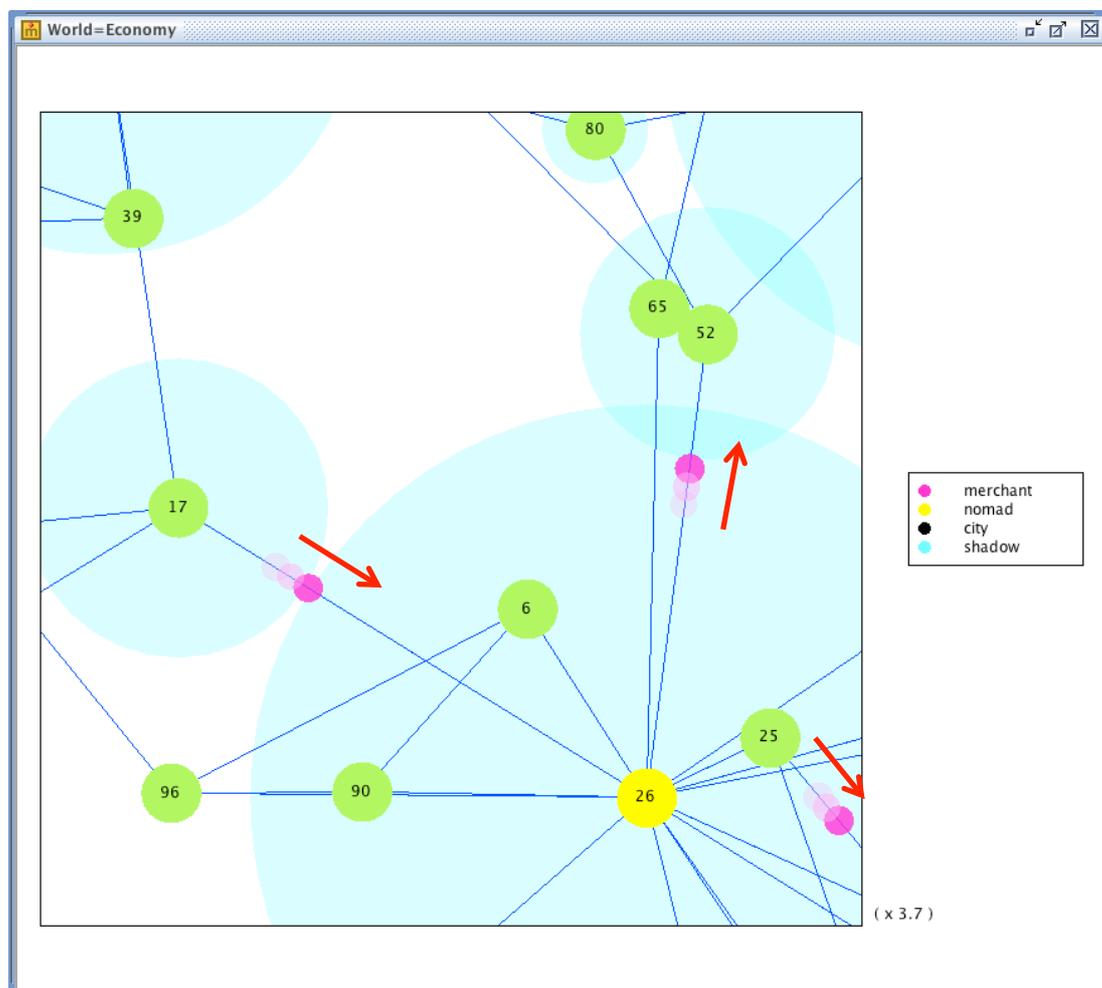
歴史を振り返ったとき、安泰していたはずの都市が儚くも没落していく背景には、媒介中心性で見るべき権力関係を次数中心性で理解してしまったことによるのかもしれない。中心性分布の両者の差異は、そのような示唆を与えている。

4-2. 二つの商人像

先述のモデルは、都市が直接リンクを張るルールだった。ここでは、商人が都市間のリンク形成や維持に關与するモデルを考案する。

・移動牧畜民（ネットワーク探索系）

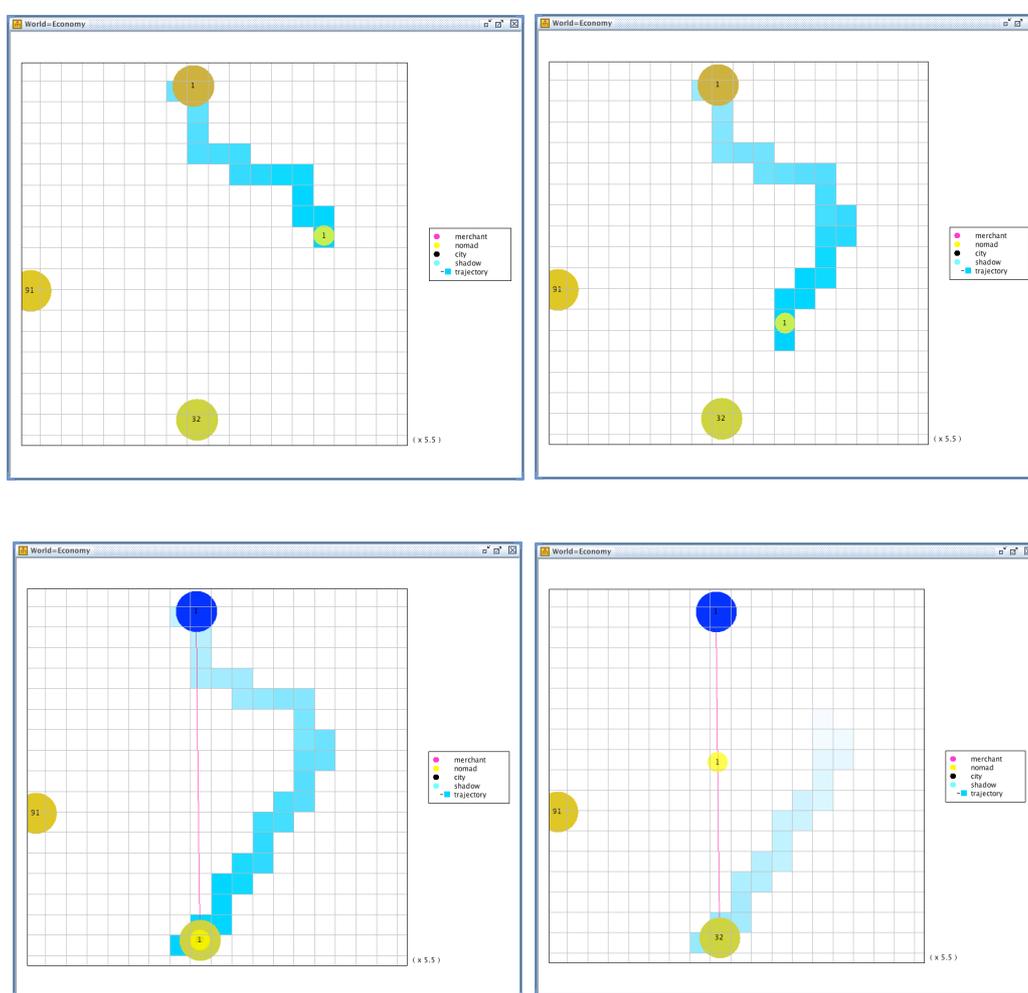
このエージェント（ピンク）は、既存のネットワーク・システム内を探索する。彼らは、ランダムに或いは中心性の高い都市をターゲットにする。都市の「回路」から逸脱することなく、安定した行動規範を持つ主体である。



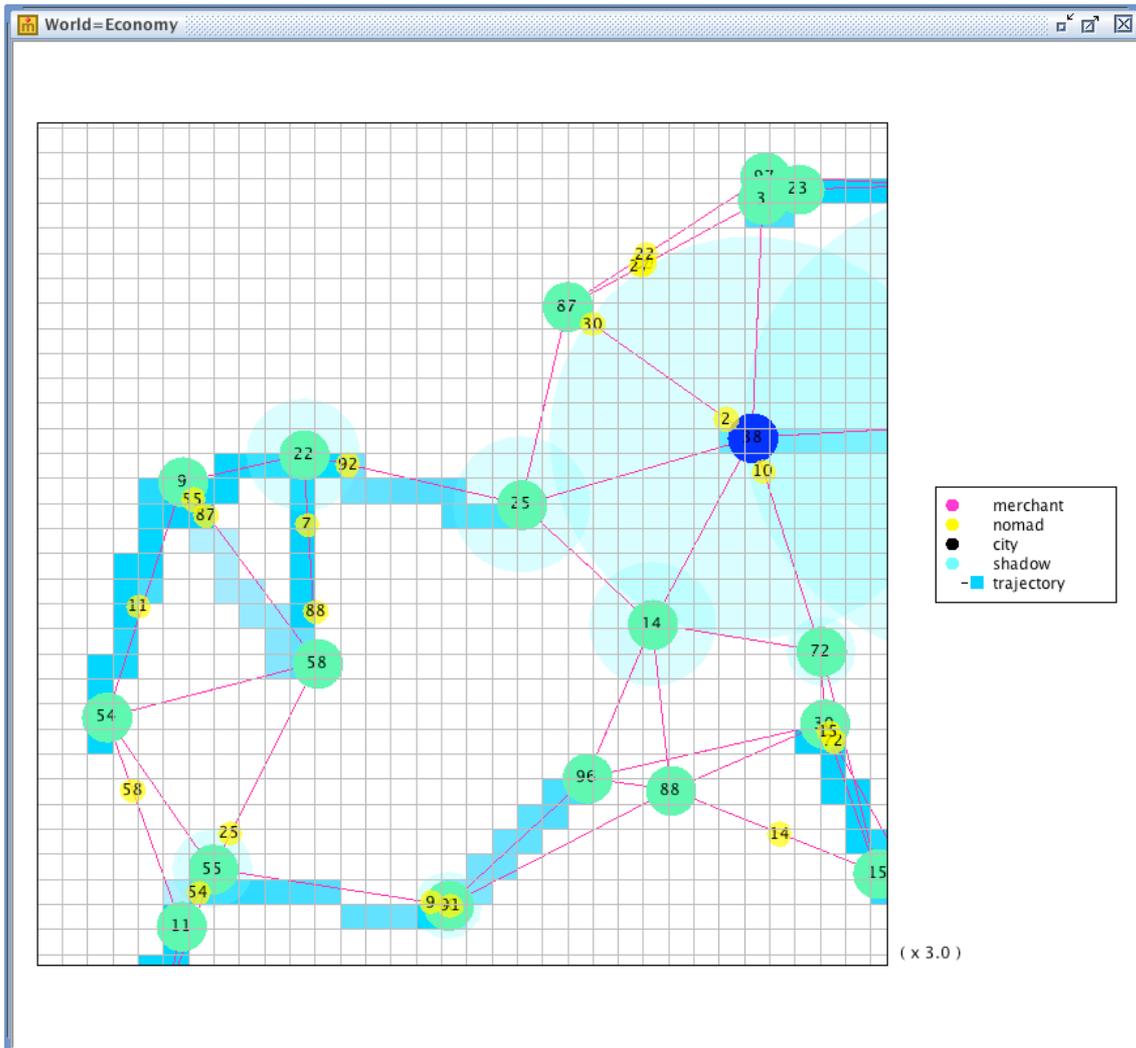
彼らはリンク形成それ自体には関与しないが、もし都市に「利用されなくなったリンクが切断される」というルールを盛り込むなら、彼らはリンクを維持する記憶媒体として機能することになる。

・遊牧商人（空間探索系）

遊牧商人はネットワーク内の探索は行わず、空間上をランダムウォークし、未だリンクされていない都市を探索する（上段）。そして、都市を見つけた場合、リンクが結ばれ探索時の軌跡は消えていく。リンク締結後は、両都市間の移動は直線距離で可能となる（下段）。



以上より、都市の中心性と商人の遊牧性を組み合わせた場合、よりダイナミックなネットワーク・システムの描出が可能となる。



上図は、遊牧商人がネットワーク・システムを構築していくなかで、安定した回路とヘゲモニーが生成する過程を示している。ただし、都市のリンクが切断されるルール、遊牧商人が移動牧畜民の行動に与える影響、遊牧商人が移動牧畜民へ転換する条件などの詳細は、項を改めて採りあげたい。今回は構想段階の試論として、その輪郭への言及にとどめることにする。

5. 本論の意義と残された課題

従来の社会科学では、ダイナミクスや関係性の問題は哲学的モチーフで飾り立て、詩的に語るのが習わしであった。artisoc を用いたアプローチはその因習

を打破する可能性を秘めている。ただし、その一方で、人工社会における創発や偶有性をどのように扱うのかという、新たな哲学の必要性に迫られている。

事実、本論では常識的な解析的・統計的手法による手続きを踏んでいない。もっとも、これは単に筆者の力量不足によるところも大きく、明らかな改善の余地が残されていることは否めない。

しかし、果たしてその手法を徹底した場合、人工社会の泰斗 Axtell (2000) が批判したはずの均衡論的なアプローチへと落ち込んでしまうのではないだろうか。マルチエージェント・シミュレーションの哲学的基礎を固めることも、この方法論を採用する者のもう一つの課題ではないかと思っている。

【参考文献】

- Axtell, R. (2000) "Why Agents? : On the Varied Motivations for Agent Computing in the Social Sciences," *CSED Working Paper*, No.17.
- Arrighi, G. (2010) *The Long Twentieth Century*, Verso Books. (土佐弘之監訳『長い20世紀』作品社, 2009.)
- Batty, M. (2007) *Cities and Complexity*, MIT Press.
- Brandes, U. (2001) "A Faster Algorithm for Betweenness Centrality," *Journal of Mathematical Sociology*, Vol.25, No.2, pp.163-177.
- Braudel, F. (1976) *Afterthoughts on Material Civilization and Capitalism*, Johns Hopkins University Press. (金塚貞文『歴史入門』中公文庫, 2009.)
- DeLanda, M. (2000) *A Thousand Years of Nonlinear History*, Zone.
- DeLanda, M. (2011) *Philosophy and Simulation: The Emergence of Synthetic Reason*, Continuum Intl Pub Group.
- Deleuze, G. and Guattari, F. (1987). *A Thousand plateaus: capitalism and schizophrenia*, University of Minnesota Press. (宇野邦一他訳『千のプラトー-資本主義と分裂症』河出書房新社, 1994.)
- Freeman, L. C. (1979) "Centrality in Social Networks: Conceptual Clarification," *Social Networks*, Vol.1, No.3, pp.215-239.
- Hohenberg, P. and Lees, L. H. (1995) *The Making of Urban Europe, 1000-1994*, Harvard University Press.
- Karatani, K. (2005) *Transcritique*, MIT Press.
- Marx, K. (1962-64) *Das Kapital*, BD. I-III, MEW 23-25, Diez Verlag. (岡崎次郎訳『資本論』(1)-(8), 国民文庫, 1972.)
- 棚橋豪 (2011) 「商人資本の形式化」『MAS コンペティション 論文集』Vol.11, pp.37-60.
- 林幸雄編著 (2007) 『ネットワーク科学の工具箱-つながりに隠れた現象をひもとく』近代科学者.