

《論 説》

地域間での情報交流に関するネットワーク分析：
高梁川流域圏での調査による

中 村 良 平*・横 田 夏 実**

1. はじめに
2. ネットワーク分析とは
 - 2.1 ネットワークの概念
 - (1) 隣接行列
 - (2) 最短距離
 - (3) 中心性
 - 2.2 ネットワークの指標
 - (1) 密度
 - (2) 推移性
 - (3) 相互性
3. ネットワーク分析の研究例
 - 3.1 日本企業間の取引関係ネットワークの構造分析
 - 3.2 自治体・大学間連携の生産性に関する分析
 - 3.3 持続的農村振興における組織間連携のネットワーク分析
 - 3.4 観光研究におけるネットワーク分析
4. 主体間のネットワーク分析：高梁川流域連携中枢都市圏
 - 4.1 高梁川流域連携中枢都市圏
 - 4.2 高梁川流域経済成長戦略会議
 - 4.3 調査方法
 - 4.4 ネットワーク個別指標の算出と解釈
 - (1) 観光
 - (2) 創業支援
 - (3) 事業継承
 - (4) 地域資源活用
 - 4.5 ネットワーク集計指標の算出と解釈
5. 地域振興の課題と展望

* 岡山大学, 和歌山県顧問 (データ利活用推進センター)

** 下関市役所

要旨

本稿では、岡山県の「高梁川流域連携中枢都市圏」で2014年から開催されている「高梁川流域経済成長戦略会議」における参加主体間の情報交流についてのネットワーク分析を行った。高梁川流域連携中枢都市圏（高梁川流域圏）とは、岡山県高梁川周辺に位置する現在の新見市、高梁市、総社市、早島町、倉敷市、矢掛町、井原市、浅口市、里庄町、笠岡市の10自治体が参加している連携中枢都市圏である。高梁川流域圏におけるネットワーク分析に際しては、同圏域内で展開されている事業を8つに分類し、それぞれの事業に関する参加主体間の情報交流についてアンケート調査を行った。ネットワーク指標については事業ごとに次数中心性と媒介中心性の中心性指標を、また事業別に密度、推移性、相互性を算出した。事業別にみると、観光事業についての情報交流が最も密なネットワーク構造をしており、ネットワークの視点では観光事業が高梁川流域圏内で最も勢力的に行われている事業といえる。また全事業において特定の行政主体や商工会議所をはじめとする地域経済団体等の中心性指標が全体的に大きな値をとっており、ネットワークにおいて情報交流のハブや情報の集中・分散主体として機能していることが明らかになった。分析結果を踏まえ、ネットワークの視点から高梁川流域圏の今後の地域振興について2点提言した。1つは事業によって情報交流のハブや情報の集中・分散主体を主体間で分担することによって、すべての事業で密なネットワークを築くことを目指すことである。もう1つは高梁川流域圏の情報交流ネットワークに全く参加していない主体をなくすことで、全体的に密なネットワークを目指すことである。

1. はじめに

今日では、物理的距離の程度にかかわらずインターネットを介して様々なやりとりがなされると同時にネットワークが築かれ、それが生活の利便性向上に貢献している。

そのネットワークは、インターネットだけにとどまらず高速道路や送電網、企業間取引から知人関係、防災ネットワークや地域ネットワークなどいろいろな種類がある。ネットワークは、具体的な「何か」が具体的な「何か」によってつながっており、その「つながっている」という抽象的な部分は同じであっても、構成要素次第で浮かびあがる事象は様々である。

人間社会では、多くの場合、ネットワークを形成する。人同士が連絡して結びつき、会社の中では社員たちは部署というネットワークに属し、同僚だけでなく相手先ともネットワークを形成する。私生活でも家に帰れば家族というネットワークの一員であり、町内会、同窓会とネットワークを構成している。このようにネットワークはインターネットなどの情報化によるものではなく、昔から現在に至るまで、あらゆるところに存在しているのである。

一方で対象を都市・地域に転じると、例えば「連携中枢都市圏構想」とは、中核性を備える中枢都市と近隣市町村が連携した圏域を形成し、「コンパクト化とネットワーク化」により、経済成長の牽引、高次の都市機能の集積・強化、圏域全体の生活関連機能サービスの向上に取り組み、地方圏に一定の人口を有し社会経済を維持するための拠点を形成する構想として定義されている。ここで「コンパクト化」とは各々の都市機能を圏域内の住民がアクセスしやすく利用しやすい場所に集約することである。また「ネットワーク化」とは圏域内の拠点となるエリアや周辺の集落を公共交通や情報通信網等のネットワークでつなげることである。

本稿では、岡山県の高梁川流域圏における高梁川流域経済戦略会議の参加主体を分析対象にして社会ネットワーク分析をし、高梁川流域連携中枢都市圏のネットワーク構造について明らかにする。参加主体が所属する市町村をクラスターとしたネットワーク構造を確認し、その強度や中心となっている主体を明らかにする。

具体的には、高梁川流域圏の参加主体に高梁川流域圏内で展開している事業の情報交流に関わるネットワークについてアンケート調査を実施し、そのデータから事業別にネットワーク構造を識別する。そして、ネットワーク構造の視点から同流域圏で展開される事業の連携度を解明することを試みる。

次節では、ネットワーク分析について、その手法を詳しく説明する。ネットワーク分析に利用されているグラフ理論をはじめとして、中心性指標やネットワーク指標について整理する。3節では、ネットワーク分析を用いた研究例について整理する。4節では、分析対象である岡山県の高梁川流域連携中枢都市圏について整理する。同流域圏に属する市町における人口規模や高梁川流域経済成長戦略会議の概要を説明する。同流域圏が展開する事業ごとにネットワーク分析をし、それぞれの事業についての情報交流についてのネットワーク構造を把握する。ネットワーク構造の解釈の際には、分析対象である参加主体を属性で分類し、ネットワークグラフとネットワーク個別指標、ネットワーク集計指標を使用する。最後の節では本稿の総括として、高梁川流域連携中枢都市圏の情報交流におけるネットワーク構造の視点から、同流域圏内の地域振興に関わる課題と、どの課題から今後の高梁川流域連携中枢都市圏における地域振興についての展望を述べる。

2. ネットワーク分析とは¹

2.1 ネットワークの概念

ネットワーク分析とは、様々な対象における構成要素間の関係構造を探る研究方法である。構成要素や関係の種類の違いにもかかわらず、これらのネットワークは複数の点は何らかの関係でつながったものという点で共通しており、それゆえ同じ方法で研究できるという発想がネットワーク分析の根幹にある。すなわち、ネットワーク分析は様々なネットワークがそれぞれに持っている固有の事情や特性よりも、それらに共通してみられる関係構造に着目し、それを主要な研究対象とするものである。

関係構造の重要性は、全体としてのネットワークと、それを構成する個々の要素との関係に由来している。全体について何か知ろうとすると、その構成要素について知るだけでは不十分であり、重要なのは構成要素がどのようにして結合して全体としてのネットワークを形成しているかということである。なぜなら、同じ構成要素からなるとしても、それらの相互結合の様子が違えば全く違う働きをするかもしれないし、同じ構成要素もネットワーク内での位置が違えば全く違う働きをするかもしれないからである。このような場合、構成要素の間の関係構造こそが本質的重要性を持つ。だからこそネットワーク分析には、個々の構成要素だけでなくそれらの間の関係についての情報が必要となる。

ネットワーク分析では、人間関係やウェブページリンクなどの構造を点と線によって構成される構造として抽象的に捉える。このような点と線からなる関係構造を扱う数学の分野にグラフ理論がある。グラフ理論が扱うグラフとは、点の集合およびそれらの点の間の関係を示す線の集合によって定義されるものである。グラフ理論は主体間の相互の関係性などを、主体を取り囲むネットワークの観点から論じる構造的指向性の強い学問であり、主体の資質や特徴、所属といった属性は分析において排除される。本論文では、研究対象である関係構造のことを「ネットワーク (network)」, それらを点と線の集合として抽象化したものを「グラフ (graph)」と表記する。

ネットワーク分析やグラフ理論において、点は頂点(vertex)やノード(node)、線は辺(edge)やリンク(link)と呼ばれる。社会ネットワークでは頂点は例えば個人を表し、辺はなんらかの社会的な関係を表す。本稿では、頂点は高梁川流域経済連携圏の参加主体を表し、辺は情報のやりとりの有無を表す。

(1) 隣接行列

ネットワーク分析では、グラフの特徴を知るために様々な行列演算をする。そのためグラフを隣接行列

1 鈴木(2009)、安田(1997)など参考にしている。

(adjacency matrix) によって表現する。隣接行列とは、グラフにおける頂点間の関係の有無を行列で表現したもので、 n 個の頂点からなるグラフの隣接行列 A は $n \times n$ の正方行列となる。

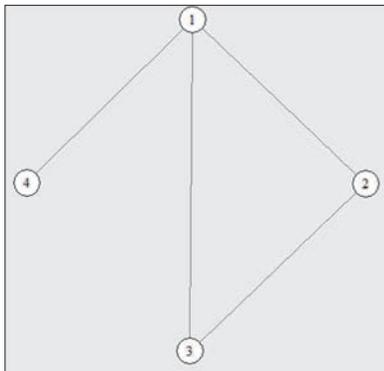
$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1j} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{j1} & \cdots & a_{jj} & \cdots & a_{jn} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nj} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix}$$

ただし、

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{頂点}i\text{から頂点}j\text{への辺がある} \\ 0 & \text{頂点}i\text{から頂点}j\text{への辺がない} \end{cases}$$

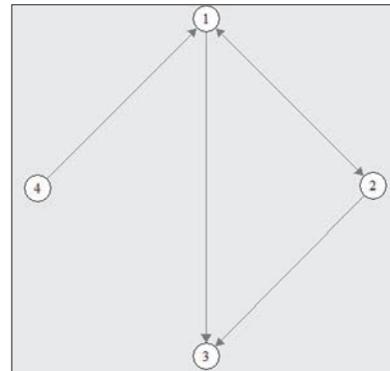
である。

つまり、頂点 i から頂点 j に辺が引かれるとき、隣接行列の i 行（横の並び） j 列（縦の並び）に1の値が入り、辺がないときに0の値が入るということである。無向グラフの場合、頂点 i から頂点 j への辺があれば、頂点 j から頂点 i への辺も必ずあるので、隣接行列は対称行列となる。すなわち、 $a_{ij} = a_{ji}$ が常に成り立つ。隣接行列の対角成分 (a_{ii}) は、ある頂点からその頂点自身への辺（ループ）を考えない場合すべて0となる。図-1と図-2にグラフとその隣接行列の例を示している。



$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

図-1 無向グラフ



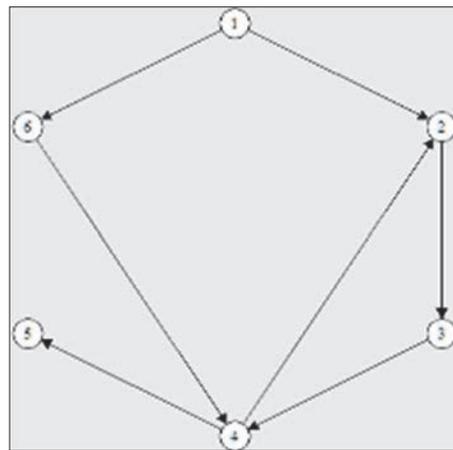
$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

図-2 有向グラフ

グラフ上の辺をたどって、ある頂点から他の頂点へと移動するときの最も短い経路を最短経路 (shortest path) あるいは測地線 (geodesic) という。またその長さである最短距離 (shortest distance) を最短パス長 (shortest path length) や測地線距離 (geodesic distance), あるいは単に距離 (distance) などという。このとき、無向グラフにおいて辺はどちらの方向にも進むことができるが、有向グラフでは有向辺のもつ向き (図の矢印の向き) にしか進むことができない。

(2) 最短距離

ネットワーク分析では、最短距離や最短経路でネットワークの特徴を表すだけでなく、中心性など他のネットワーク指標の算出にも最短距離や最短経路の数が用いられている。図-3に示した有向グラフを例



$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

図-3 ネットワークグラフ例

にして説明する。

ここでは辺の重みを考えず、辺の長さはすべて1とする。よって、ここでの最短距離は最短経路に含まれる辺の数に等しく、この有向グラフの隣接行列をAとする。

距離の視点から隣接行列を見ると、頂点間の辺の有無を表した隣接行列は、頂点間に長さ1の経路が存在するかどうかを表しているといえる。例えば、頂点1から頂点2と頂点6へは長さ1の経路が1ずつあり、他の頂点への長さ1の経路は存在しない。長さ2の経路数を求めるために行列の積を利用する。隣接行列Aの行列積による2乗を求める。

ここで得られた行列の各成分が、頂点間の長さ2の経路数を表している。例えば、頂点1から頂点3への長さ2の経路は1つだけ存在することがわかる。これは2乗して得られた行列の第1行第3列の成分が隣接行列の第1行と第3列を取り出したベクトルの内積になっているためである。内積は2つのベクトルの同じ位置にある成分同士の積を足しあげたもので、ここでは次のように計算される。隣接行列の第1行と第3列を取り出して横に並べ、対応する成分同士の積をとり、これらの積の値をすべて足したものが内積である。

$$\begin{array}{r} \text{第1行} \\ \text{第2行} \\ \text{積} \end{array} \begin{array}{cccccc} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array}$$

上の例では第2成分のみがともに1なので内積は1となる。隣接行列第1行の第2成分は頂点1から頂点2への辺の存在を表し、第3列の第2成分は頂点2から頂点3への辺の存在を表しているからこれらの積の計算は頂点1から頂点2を通過して頂点3に至る経路が1つ存在することを表していることがわかる。このようにして得られる積の和である内積は頂点間に存在する長さ2の数を表している。同じようにして隣接行列を3乗すると頂点間の長さ3の経路数を表す行列を得ることができる。

こうして隣接行列のべき乗を求めていき、ある頂点から他の頂点への経路数が初めて0でなくなったときの指数が、その頂点間の距離として求められる。次にここまでで判明した距離から、図-1の各頂点間の距離を表す距離行列 (distance matrix) を求める。隣接行列と同様に、第*i*行第*j*列の成分が頂点*i*から頂点*j*への距離を表すようにする。最初は対角を除くすべての成分を無限大に、対角成分を0とする。そして隣接行列のべき乗の計算によって判明した距離を入れる。3乗までの計算で次のような距離行列Dを得ることができる。

$$D = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 & 2 & 3 & 1 \\ \infty & 0 & 1 & 2 & 3 & \infty \\ \infty & 2 & 0 & 1 & 2 & \infty \\ \infty & 1 & 2 & 0 & 1 & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & 0 & \infty \\ \infty & 2 & 3 & 1 & 2 & 0 \end{pmatrix}$$

次に隣接行列の4乗を求める。

ここで新たに判明した距離はなく、これ以上計算しても距離行列に変化はないことがわかったので距離行列Dが確定した。距離行列の成分が無限大(∞)の頂点間にはこれらを結ぶ経路は存在しない。図-1でいうと、例えば他の頂点から頂点1へ移動することはできない。

隣接行列のべき乗を用いて最短距離を求める方法は、ネットワーク分析と線形代数の関係を示す良い例だが、実用性の面からでは行列の乗算は計算量が多く、特に大規模なグラフの分析には不向きである。そこで最短距離を求めるより効率的な方法の一つとして幅優先探索が挙げられる。幅優先探索 (Breadth First Search: BFS) は実際にある辺だけをたどって行って最短距離を求めるため、べき乗を用いて最短距離を求めるよりも効率的である。以下はその手順を説明する。グラフに含まれる頂点の1つの始点*s*とし、*s*から他の頂点への最短距離を求めるには次のようにする。

1. 頂点ごとに距離ラベルを作る。
2. *s*の距離ラベルを0にする。
3. *i* = 0とする。
4. 距離ラベルが*i*である頂点に隣接する頂点で、距離ラベルが空白の頂点を探す。
5. 4.で見つかった頂点の距離ラベルを*i* + 1にする。頂点が見つからなかったら、ここで探索を止める。
6. *i*の値を増やして1増やして4.に戻る。

実際にこの方法を図-3に適用してみると、幅優先探索が始点となる頂点から順に頂点をたどりながら距離を確定していくのがわかる。最後まで距離ラベルが空白のままの頂点は、始点から到達できないので視点からの距離は無限大にする。グラフに含まれるすべての点を始点として幅優先探索を行うことで、グラフに含まれるすべての頂点間の距離を求めることができる。なお、幅優先探索は、すべての辺の長さは1であることを前提にしているため、辺によって異なる距離が与えられているような有値グラフには適用できない。

(3) 中心性

中心性 (centrality) は、ネットワーク分析の中でも最もよく用いられる概念の一つである。中心性は、ネットワークにおける各頂点の重要性を評価したり比較したりするための指標でもある。中心性はあくまでネットワークの構造によって決まるものであり、他のなんらかの属性によって決まるものではない。

次数中心性 (degree centrality) は最も簡便で適用範囲の広い中心性の概念である。次数とは、頂点に接続している辺の数である。つまり、ネットワーク内でより多くの関係を持つ頂点を高く評価するのが次数中心性である。あるグラフの隣接行列を $A = (a_{ij})$ とすると、無向グラフの次数中心性は次のように定式化される。

$$C_d(i) = \sum_{j=1}^n a_{ij} = \sum_{j=1}^n a_{ji}$$

ここで、 $C_d(i)$ は頂点 i の次数中心性、 n はグラフに含まれる頂点数である。次数中心性を求めるには、頂点に接続している辺の数さえわかればよく、どの頂点とどの頂点が隣接しているかという情報は必要ではない。これは、次数中心性の適用範囲を広げる利点となっている一方で、次数中心性がネットワークの全体構造を直接的に反映していないという弱点にもなっている。

中心性の指標には、ネットワークにおける媒介や伝達に着目したものがあ。例えば、図-4において頂点3を取り除くと、グラフは2つの部分に分離してしまう。頂点3は頂点8と他の頂点をつなぐ唯一の点であり、他の頂点から頂点8から移動したり、頂点8に何かを伝えたりするためには必ず頂点3を通らなければならない。このようにある点を取り除くと、それまで連結であったネットワーク (あるいはネットワークの部分) がいくつかの部分に分離する点を切断点 (cutpoint) という。また図-4の頂点3と頂点8の間にある辺のようなある辺を取り除くとネットワークが分離するような辺をブリッジ (bridge) という。また、1つの頂点に限らず、複数の頂点を取り除いたときに、ネットワークが分離するような頂点の集合や辺の集合を切断集合 (cutset) という。

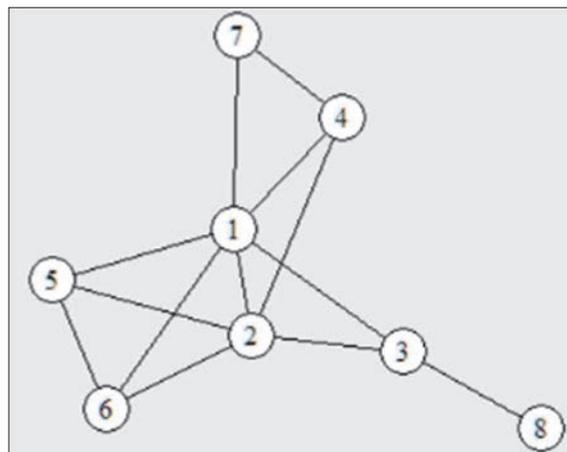


図-4 無向グラフの例

切断点はネットワークの連結性を維持するという点では重要な頂点と考えることができる。一方で、切断点以外の頂点の重要性を評価するためには「切断」という基準はいささか厳格であるため、ある頂点が他の頂点間の最短経路上に位置する程度を中心性指標としたのが媒介中心性 (betweenness centrality) である。媒介中心性の高い頂点は、頂点間の移動において中継地点になるという意味では交通の要衝となりえるし、情報の迅速な伝達にかかわるとい点では情報通の個人にもなりえる。媒介中心性は様々なネットワークにおいて他の頂点同士の間であって、それらをつなぐ働きをする頂点を見出そうとする中心性指標である。すなわち、他の頂点同士をつなぐ最短経路上に位置する頂点は、頂点間の仲介や情報のコント

ロールが可能になるという点で有力であり、より多くの頂点間の最短経路上にある頂点ほど、そのような影響力が大きいと考えることができる。

グラフに含まれる頂点*i*の媒介中心性は次のように定式化される。

$$C_b(i) = \sum_{i \neq j \neq k} \frac{g_{jk}(i)}{g_{jk}}$$

ここで g_{jk} は頂点*j*と頂点*k*の間の最短経路数であり、 $g_{jk}(i)$ は頂点*j*と頂点*k*の間の最短経路の内、頂点*i*と通るものの数である。無向グラフの場合は、()の式にさらに $j < k$ という条件が加わる。図-4の場合では、頂点3は頂点8と他の6つの頂点との最短経路上に必ずあるから、 $C_b(3) = 6$ となる。頂点4は頂点2と頂点7の間の最短経路上にあるが、この頂点間の最短経路には頂点4の代わりに頂点1を通るものがあるので $C_b(4) = 1/2 = 0.5$ となる。

媒介中心性を求めるには、頂点間の最短経路数やその経路上に各頂点がどの程度位置しているのかを調べる必要がある。これは幅優先探索を応用することによって求めることができる。図-5のようなグラフを考える。まず幅優先探索でやったように、各頂点を始点とし最短経路を探索しながら最短距離と最短経路の数を調べる。最短距離の求め方は幅優先探索と同じだが、最短経路数は次のようにして求める。始点から始点自身への最短経路数は1とする。そして、探索の過程で到達したある頂点への経路数は、その直前の頂点への経路数に等しい。もし、直前の頂点が複数ある場合には、それらの直前の点への経路数の和に等しい。この方法は3. で示した隣接行列のべき乗を用いる方法より効率的である。こうして始点*s*からある頂点*v*への最短経路数 g_{sv} で、*s*を順に替えていくが、 $s = 1$ と $s = 2$ の場合を図-6 a, bにそ

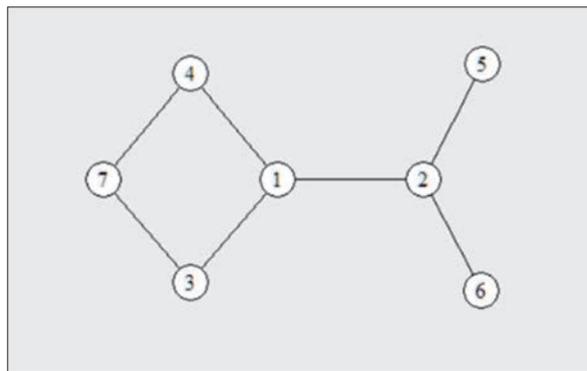


図-5 ネットワークグラフ：最短経路

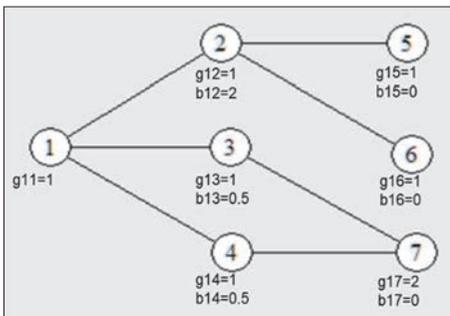


図-6 a $s=1$ のとき

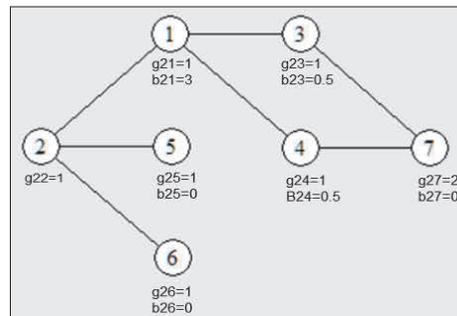


図-6 b $s=2$ のとき

それぞれ示している。それぞれの図で左端にあるのが始点 s である。左から右へと移動しながら g_{sv} を求めている。

このようにして調べた最短経路を今度は逆にたどることで、各頂点が他の頂点間の最短経路上に位置する程度を調べていく。図-6 a では頂点 1 を始点としたとき、最短経路の終点である右端には頂点 5、頂点 6、頂点 7 がある。これらは頂点 1 と他の頂点の間には位置しないので、 $b_{15} = b_{16} = b_{17} = 0$ とする。次に頂点 5 と頂点 6 の直前にある頂点 2 は、頂点 1 から頂点 5、頂点 1 から頂点 6 という 2 つの最短経路上に位置するので、 $b_{12} = 2$ とする。頂点 7 の直前には頂点 3 と頂点 4 があるので、 $b_{13} + b_{14} = 1$ となるように、 $b_{13} = b_{14} = 0.5$ とする。

ここでの b_{sv} を求める式は次のようになる。ここで頂点 w は頂点 s を始点とする最短経路上で頂点 v 、頂点 w への最短経路数とする。

$$b_{sv} = \sum_w \frac{g_{sv}}{g_{sw}} (b_{sw} + 1)$$

こうしてグラフに含まれる各頂点を始点としたとき、各頂点がどれくらい他の頂点への最短経路上に位置するかを調べ、それらを足し合わせることで各頂点の媒介中心性がわかる。すなわち、

$$C_b(v) = \sum_{s \neq v} b_{sv}$$

である。

例えば、図-5 の頂点 1 の中心性を $s = 2$ から $s = 7$ より求めると次のようになる。実際には、始点を替えるごとに $C_b(v)$ に b_{sv} の値を足して上書きすればよいので、すべての b_{sv} を記憶させておく必要はない。

$$\begin{aligned} C_b(1) &= \sum_{s \neq 1} b_{s1} \\ &= b_{21} + b_{31} + b_{41} + b_{51} + b_{61} + b_{71} \\ &= 3 + 3.5 + 3.5 + 3 + 3 + 3 \\ &= 19 \end{aligned}$$

有向グラフの場合は以上で終了し、無向グラフの場合はこの値の $1/2$ が求める媒介中心性となる。ここでは無向グラフであるので、 $C_b(1) = 9.5$ となる。

媒介中心性のとりうる範囲はグラフに含まれる頂点数によって異なるので、媒介中心性をそれぞれがとりうる最大値で割ることで 0 から 1 の範囲をとるように標準化することができる。無向グラフの場合、媒介中心性の理論的な最大値は、グラフに含まれる他の頂点から 2 つの頂点を取り出す組合せの数に等しいので $(n-1)(n-2)/2$ となる。ただし n はグラフに含まれる頂点数である。したがって無向グラフの標準化された媒介中心性は次のようになる。

$$C_b'(i) = \frac{2C_b(i)}{(n-1)(n-2)}$$

有向グラフにおける媒介中心性の理論的な最大値は、中心以外の頂点から 2 つの頂点を取り出す順列の

数に等しいので $(n-1)(n-2)$ となる。よって有向グラフの標準化された媒介中心性は次のようになる。

$$C_b'(i) = \frac{C_b(i)}{(n-1)(n-2)}$$

ここで紹介した媒介中心性は最短経路における媒介性のみ注目し、それ以外の経路については考慮していない。また、最短経路上に位置すればその距離に関係なく同等にカウントされる。つまり、短い経路上に位置する場合と、長い経路上に位置する場合ではその影響力も異なるかもしれないが、そのような違いを考慮していない。

2.2 ネットワークの指標

ネットワーク分析には中心性だけではなく、ネットワークの全体的な構造を表す指標がいくつかある。本稿では中心性の他に3つの指標を算出する。以下はそれらの指標について説明する。

(1) 密度

ネットワークの全体的な構造的特徴を示す値の1つに密度 (density) がある。密度とは、グラフにおいて張ることのできるすべての辺の数に対する、実際の辺の数の比率である。ループや多重辺を含まない単純グラフの場合、頂点数 n の無向グラフにおいて可能な辺の数は、 n 個の頂点から2つの頂点を選ぶ組合せの数に等しいので、最大で $n(n-1)/2$ である。すなわち、グラフに含まれる辺の数を m とすると、密度は次のように定義される。

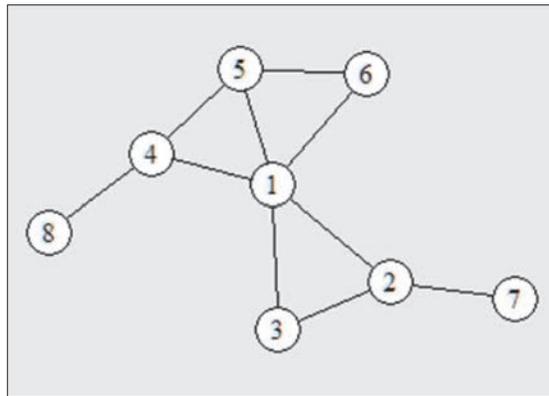
$$\text{density} = \frac{m}{n(n-1)/2} = \frac{2m}{n(n-1)}$$

有向グラフの場合、頂点数 n のとき、可能な有向辺の数は n 個の頂点から2つの頂点を選ぶ順列の数に等しいので、最大で $n(n-1)$ である。すなわち、グラフに含まれる有向辺の数を m とすると、密度は次のように定義される。

$$\text{density} = \frac{m}{n(n-1)}$$

密度は、すべての頂点間に辺のある完全グラフ (complete graph) で最大値の1をとり、辺が全く存在しない空グラフ (empty graph) で最小値の0をとる。

密度はネットワークにおいて可能な辺がどれくらい実現しているか、あるいは完全グラフにどれくらい近いかを示す指標と考えることができる。密度はグラフに含まれる頂点数に関係なく、最大値で1、最小値で0をとるので、頂点数の異なるグラフ間で密度を比較することは可能である。しかし、頂点数が10倍になれば、同じ密度を保つのに必要な辺の数は約100倍になる。つまり、1つの辺をもつためのコストが一定であると仮定すると、ネットワークを構成する頂点が10倍になっただけで、同等の密度を保つためのコストは100倍になるのである。頂点数が大きく異なるネットワークの密度を比較する際にはこの点に留意する必要がある。



$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

図-7 無向グラフとその隣接行列

(2) 推移性

ネットワークにおいて、頂点*i*と頂点*j*の間、および頂点*j*と頂点*k*の間に関係があつて、頂点*i*と頂点*k*の間にも関係がある場合、関係が推移的 (transitive) であるという。図-7でいえば、頂点1、頂点2、頂点3の関係は推移的だが、頂点1、頂点2、頂点7の関係は推移的でない。通常、ネットワークにおいてすべての関係が推移的であることはあまりないから、ネットワーク分析では、推移的な関係が成り立っている程度を比率で表したものを推移性 (transitivity) と呼んで、ネットワークの構造的な指標として用いている。

より厳密に定式化すると、無向グラフにおいて関係が推移的であるとは、頂点*i*と頂点*j*に辺があり、かつ頂点*j*と頂点*k*の間に辺があるとき、頂点*i*と頂点*k*の間に辺があることを意味する。また、有向グラフにおいては、頂点*i*から頂点*j*への有向辺があり、かつ頂点*j*から頂点*k*への有向辺があるとき、頂点*i*から頂点*k*への有向辺があることを意味する。推移性は、ある頂点から他の頂点へ2つの辺を通過して到達する、つまり長さ2の経路の内、それらの頂点間に直接の関係が存在するものの比率として計算される。

具体的な算出方法としては、隣接行列を行列積により2乗することで、長さ2の経路が各頂点間にいくつ存在するかを調べる。ただし、自分自身に戻ってくる経路は考慮しないので、隣接行列の2乗の対角成分を0とし、各成分の総和によりグラフに長さ2の経路がいくつ存在するかを調べることができる。また、無向グラフの場合、すべての経路が二重にカウントされている。ここで得られた長さ2の経路の内、両端の頂点に直接の関係の存在するものの数は隣接行列とその2乗で対角成分を修正した行列の成分籍の成分の総和によって求められる。

(3) 相互性

有向グラフにおける頂点間の有向辺の張り方には、図-8に示したような4つのパターンがある ($i < j$)。すなわち、a.) 2つの頂点のそれぞれから他方に有向辺がある場合、b.) 2つの頂点のどちらからも他

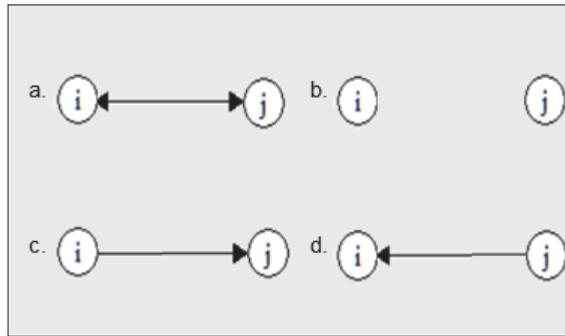


図-8 2つの頂点間の有向辺のパターン ($i < j$)

方への有向辺がない場合, c.) および d.) 一方向にのみ有向辺がある場合, である。有向グラフ全体において, 相互に有向辺を持つ二者関係がどれくらいの割合を占めているかという指標が相互性 (reciprocity) である。

ここで, グラフに含まれる頂点のペアのうち, 図-8の各パターンに当てはまるものの数を便宜的に a, b, c, dで表すと, 相互性は次のようにして計算される。

$$\text{reciprocity} = \frac{a}{a + c + d}$$

3. ネットワーク分析の研究例

3.1 日本企業間の取引関係ネットワークの構造分析

杉山他 (2006) は, ネットワーク技術の発展によるネットワーク上に仮想社会の形成から, 新しいサービスの実現にはサイバースサイエティ上での様々な商取引や流通行為がどのような構造をもつべきかを把握することを重要視した。サイバースサイエティ上での取引関係は, 個人と個人, 個人と企業, もしくは企業と企業など多様な形態をとると考えられる。そこで杉山らは企業情報データベースより, 現実の企業間の取引関係に関する情報を入手し, 企業間の取引関係ネットワークを構築して企業間の取引関係ネットワークを分析した。このデータより企業間の取引関係ネットワークを構築することで, ネットワークが巨大なクラスターを形成していることを明らかにした。またネットワーク分析手法の内, 平均距離, クラスタリング係数², 次数分布, スペクトル密度³, 構造的優位性⁴に着目した解析を行い, 企業間の取引関係のネットワークについての次の知見を得ている。(1) 平均距離はランダムネットワークと比較してノードがより密接に関連していること, (2) クラスタリング係数はランダムネットワークと比較してノードがグループ構造をもつ傾向があるものの, 他のソーシャルネットワークと比較すると, ノードがあまりグループ構造をもたない傾向があること, (3) 次数分布はスケールフリー構造をもつこと, (4) スペクトル密度は非常に小さな値をとること, (5) 構造的優位性が企業の時価総額と正の相関をもつことから, サイバースサイエティにおける取引関係ネットワークの構造的優位性より, 個人の特徴が推定できる可能性がある。

2 ネットワークの中のノードがどの程度クラスター構造をもっているかを示すネットワーク指標である。

3 スペクトル密度はネットワークのトポロジ構造を解析するために用いられる指標である。

4 構造的優位性は, 産業間の取引関係ネットワークにおいてある産業がその他の産業と比較して (ネットワーク構造に) どの程度有利な位置にいるかを示す指標である。

3.2 自治体・大学間連携の生産性に関する分析

山口・谷本（2016）は、連携に関わる大学側の人的ネットワークに着目し、それらが成果の生産性にどのような影響を及ぼしているのかを社会ネットワーク分析を用いて定量的・実証的に検討している。様々な地域課題に挑む自治体と大学が連携することによって、成果の生産性に影響を及ぼしているという仮説の下、自治体・大学間連携を推進する体制として自治体の政策立案を支援する大学教員の人的なネットワークに着目し、高い生産性との関係性を実証的に検討している。その際、社会ネットワーク分析を用い、ネットワークの特性を定量化した様々な指標を取り上げ、それらのどの指標が生産性と関係があるのかについて検討するアプローチをとっている。分析対象としては鳥取大学ならびに当大学と連携協定を締結している市町村としている。データの収集については、自治体との連携に関与した経験のある鳥取大学の教員に対するアンケート調査を利用している。

山口・谷本は研究に際して、「集中度が高いネットワークほど生産性が高い」「リンク（辺）の数が多くほど生産性が高い」という仮説を立てている。連携の生産性については、年度ごとの各自治体と大学の共同事業数を把握し、その平均値を各自治体と大学との連携による生産性とした。分析結果としては、高い生産性を有する連携は、「教員間のリンク（辺）が多い」「高い推移性」「中心性の集中度が高い」特徴をもったネットワーク構造をしていることを明らかにした。また連携事業については継続的にメンバーの母集団が変化し、それが生産性にも影響を及ぼすと考えている。

3.3 持続的農村振興における組織間連携のネットワーク分析

伊藤他（2020）は、地域資源の活用における組織間の連携構造について社会ネットワーク分析を用いて研究している。伊藤らは、持続的な農村振興において、伝統的な食文化、景観、農業システムなどの地域資源の活用が重要であり、行政、農業生産者、加工業者、流通業者、観光業者、研究、教育機関など、多様な組織が連携しながら、地域資源の付加価値を高めることが必要と考えた。そして、地域資源が国際的の制度に登録された山形県鶴岡市（鶴岡）、石川県能登地域（能登）、熊本県阿蘇地域（阿蘇）の3地域を主な対象とし、どのような組織間の連携を通じて地域資源の保全・利用が行われているのかを、社会ネットワーク分析を用いて定量的に把握・比較することを試みている。

伊藤らは、ネットワーク分析にあたって、まず調査対象として推進プランにある事業に携わる組織からセクター・地域の多様性を考慮して選定しアンケート調査を実施した。ここで、「セクター」は各組織の業種、「地域」は各組織の主な活動拠点を指す。調査では主に、対象組織が他の組織とどのように連携しているのか、他の組織とうまく連携できていると思うか、という2点に関する認識を調べている。「連携」とは、「食文化創造都市の認定を活かした取組」に関連する会合での情報交換、共同事業の実施、祭り・イベントなどへの共同参加など、それらに関連する会議、メール、電話連絡などのすべてを含む。こうして集められた連携に関する情報から、主体間の関係マトリクスを作成し、グラフを作成している。なお、伊藤らは、ネットワークを無向ネットワークとして扱っている。伊藤らは、それぞれセクター間、地域間におけるネットワーク構造を、対象の3地域ごとに明らかにし、それらを比較している。

分析の結果、鶴岡と能登のネットワークは、相対的に「集中的な構造」をなしており、すなわちネットワークは全体として凝集的であるが、セクター内部の連携が多くとられる一方で、異なるセクター間の連携はあまりとられていなかったことがわかった。また、同じセクター内では地域を超えた連携も多くとられていることも注目された。また阿蘇のネットワークは相対的に「分散的な連携構造」をなしている。すなわち、全体としての凝集性が相対的に低く、地域内あるいは地域間でも、異なるセクター間の連携が多くとられていることがわかった。さらに阿蘇のネットワークにおける一部のセクターの組織にみられた、様々

なセクター間の関係を調整する役割を果たす組織の存在が、分散的なネットワークの維持やイノベーションの誘発において重要であると考えた。多様なセクターを調整する組織は、異なる得意分野・苦手分野を持つ、異なる性格の組織同士を結び付けることで、互いに補完し合う関係を生み出す「総合型組織」の役割を果たしていると考えている。

3.4 観光研究におけるネットワーク分析

張(2014)は、観光産業はネットワークビジネスであるにとらえ、地理的に散在する観光関係主体が互いに関連してネットワークを結成し、観光商品の届け、日常意思決定、観光地の再開発では、関係主体間の様々なつながりとネットワークが重要な役割を果たしていると考えた。そこで、ネットワーク分析を観光研究に適用し、ネットワークに関わる諸分野を詳しく紹介している。次に観光ネットワーク分析のボトルネックとなるネットワークデータ収集の方法と特徴を述べた上で、ネットワークの可視化の重要性を強調している。最後にネットワーク密度による北海道グリーンツーリズムの関係主体分析、ネットワークの中心性指標を用いた台湾南投地域の観光中心地分析、複雑ネットワークの理論によるイタリアエルバ島の観光ネットワークとコンピューターネットワークの比較研究という3つの事例を取り上げている。グリーンツーリズムの関係主体分析については、権他(2009)の事例を取り上げており、グリーンツーリズムの関係事業体として鹿追町、新得町を調査対象として6つの社会ネットワークに着目し、ネットワーク構造を分析した。観光地の中心性分析については、自由で独特な旅行体験が味わえるドライブ観光という新しい観光動向に応じて、台湾における観光地ネットワーク分析の研究事例を取り上げて中心性の応用について紹介している。観光ネットワークとコンピューターネットワークについては、イタリアエルバ島を観光対象地として関係主体から構成された観光ネットワークと観光関係のウェブネットワークの関係分析の事例を紹介している。このようにして、張(2014)は観光研究へのネットワーク分析の有用性を説明している。

4. 主体間のネットワーク分析：高梁川流域連携中枢都市圏

4.1 高梁川流域連携中枢都市圏

高梁川は、岡山県と鳥取県境の新見市花見山に源を発し、全長111kmの流れを経て瀬戸内海に注ぎ、支流を含めた流域面積は2,670km²に及ぶ。1954年3月に流域の、現在の新見市、高梁市、総社市、早島町、倉敷市、矢掛町、井原市、浅口市、里庄町、笠岡市の10自治体が「高梁川流域連盟」を設立し、産業や文化、教育など流域全般の文化向上に寄与する取り組みを進めた。気候や風土、主要産業が異なり様々な地域特性がある7市3町が連携し、圏域の特色を最大限に活かすことや産・官・学・金の連携、圏域内で最大の人口規模である倉敷市の持つ工業・商業・観光などの各資源を活用することなどを通し、人口減少や少子高齢化社会への対応を図り、圏域全体の経済成長を目指すことを掲げている。現在では高梁川流域連盟から高梁川流域連携中枢都市圏（以下、高梁川流域圏）と名称を変えている。

高梁川流域圏は人口785,304人、面積2,463.31km²（2015年1月1日現在 住基人口）の規模である。人口推移は2040年までに高梁川流域圏に属するすべての市町で減少見込みとなっている。2015年から2040年にかけての人口減少の割合は、すべての市町では13.9%であり、市町別では新見市、高梁市の減少の割合が著しいことがわかる。また年齢別に見ると、全体で0～14歳の年少推計人口と15～64歳の生産年齢推計人口が減少の見込みにある一方、65歳以上の老年推計人口は増加する見込みである。圏域の各自治体では、これまでも人口減少問題などに対して危機感を抱き、それぞれ地域経済活性化、子育て支援や医療の充実、移住定住促進など様々な施策を行ってきたが、未だ十分な成果は得られておらず、高梁川流域連盟

で培ってきたつながりを活かした圏域全体の発展に向けた取り組みとして2点の視点を取り上げている。1点目は、圏域内での自然動態の減少抑制を目指し、若年世代の結婚・出産・子育ての希望をかなえるための切れ目のない施策を推進することである。自然動態は、圏域全体で2006年に486人減、2013年に1,961人減と減少数が7年間で4倍にまで増加していることと、圏域全体の年少、生産年齢推計人口の減少の見込みを受けてである。2点目は、社会動態の増加を目指し、圏域内から東京、大阪、名古屋の三大都市圏への人口流出に歯止めをかけるとともに、三大都市圏から圏域内に人・資源を呼び込む施策を推進することである。これは圏域全体の社会動態で2005年から2010年の5年間で1,697人転入増となっているのに対し、三大都市圏とはいずれも転出超過となっていることを受けてである。連携中枢都市である倉敷市は、圏域の経済成長の牽引役として圏域に必要となる都市機能を整備し、生活関連機能サービス向上への取り組みについても積極的に推進することを目指している。各市町においては、それぞれの個性と魅力を磨き高めていくとともに圏域内での連携・役割分担に取り組むことで、圏域としての総合力を発揮することを目指している。

高梁川流域圏では多様な地域資源が圏域内に存在している。圏域内には、国内有数の企業集積地である水島コンビナートや繊維産業が集積している。い草製品やピオーネ、タコなどの特産品や倉敷美観地区をはじめとする観光資源が多々存在している。また、鉄道や高速道路などの利便性の高い交通網を活かした企業立地と広範な商圈を有している。これらの特色を生かした取り組みの方向性として、観光客の周遊性向上、外国人観光客の誘致拡大、圏域の経済成長に向けた施策の立案、圏域全体での起業促進、ビッグデータ等の活用による新たなビジネスの創出、新たな魅力拠点の構築、圏域の地域資源を活用した商品開発・販路開拓、I・J・Uターンによる就職の促進を行い、圏域内で相互に結び合いながら成長を目指していくこととしている。具体的な取り組みとしては、経済成長戦略会議等の運営事業を行い、産学官民一体となった経済戦略の策定、国の成長戦略実施のための体制整備に取り組んでいる。その他に創業サポートセンター広域連携事業やデータで紡ぐ高梁川流域事業で産業の育成やイノベーションの促進を行うなど、圏域内で連携した地域経済の成長や観光施策に取り組んでいる。

4.2 高梁川流域経済成長戦略会議

「高梁川流域経済成長戦略会議」は、新見市、高梁市、総社市、早島町、倉敷市、矢掛町、井原市、浅口市、里庄町および笠岡市により構成する高梁川流域圏において、それぞれの個性や資質を生かしながら全体としての経済成長を推進することを目的としている。主には、高梁川流域圏の経済成長戦略について、高梁川流域圏成長戦略ビジョンに掲載される事業案の策定および事業の実施や、団体等の連携に必要な情報、意見の交換および関係機関との連絡調整に関する業務を行っている。当戦略会議は産・学・金・官・民・言・労等、高梁川流域圏の経済成長にかかわる団体、組織、および有識者等をもって組織されている。当戦略会議の事務局は倉敷市文化産業局商工労働部商工課に置かれている。

本稿では、高梁川流域経済成長戦略会議の参加主体を6つの属性に分類し、展開されている8事業別にネットワーク分析を行う。ここでは、主体の属性別にネットワーク分析することで、高梁川流域圏全体のネットワーク構造を把握することを目的とする。

4.3 調査方法

高梁川流域圏の対象としたネットワーク分析にあたって、「高梁川流域経済成長戦略会議」の参加主体にそれぞれ参加主体間の情報交流について、高梁川流域圏事業を8つの事業に分類し、各参加主体のかかわりのある事業においてアンケート調査を行った(2021年)。そして、事業ごとに参加主体のネットワー

ク指標を算出，ネットワークグラフを描画することにより，参加主体間の情報交流に関するネットワークの視点から連携中枢都市圏事業について分析した。アンケート調査を行った主体は56で，主体の属性として地域経済団体等，地域観光団体等，学校，金融機関，行政，その他の6つに分類している。所属地域については，各主体の事務所が位置している市町とする。アンケートの回収率は76.8%であった。

以下の表-1は調査を行った8つの事業の分類である。なお，事業については高梁川流域圏経済戦略会議の議案を参考に分類している。

表-1 調査対象の事業分類

番号	事業内容	番号	事業内容
(1)	観光	(5)	商品開発
(2)	創業支援	(6)	環境問題
(3)	事業承継	(7)	人材育成・人材獲得
(4)	地域資源活用	(8)	働き方改革

また，アンケートでは，8事業ごとに情報交流の手段を対面，電話，メールと3つに分類し，対面と電話については1回当たりの平均の時間と1か月あたりの回数を，メールについては1か月あたりの回数を相手主体ごとに回答してもらい，その満足度も5段階ではかった。なお本稿ではコロナ禍以前の情報交流について分析した。

このようにして集まった8事業分の各主体の情報交流についてのデータからネットワーク分析をし，市町村別，主体属性別にネットワークグラフを描画することで事業ごとのネットワークの特徴について分析した。以下では，相対的に交流の程度の多かった(1)～(4)を中心に分析結果を述べる。

4.4 ネットワーク個別指標の算出と解釈

(1) 観光

図-9のネットワークグラフは，観光事業について，情報のやりとりの有無を辺で示し情報の発信の向きを矢印で表したものである。ノードは参加主体の6つの属性で集団を表している。

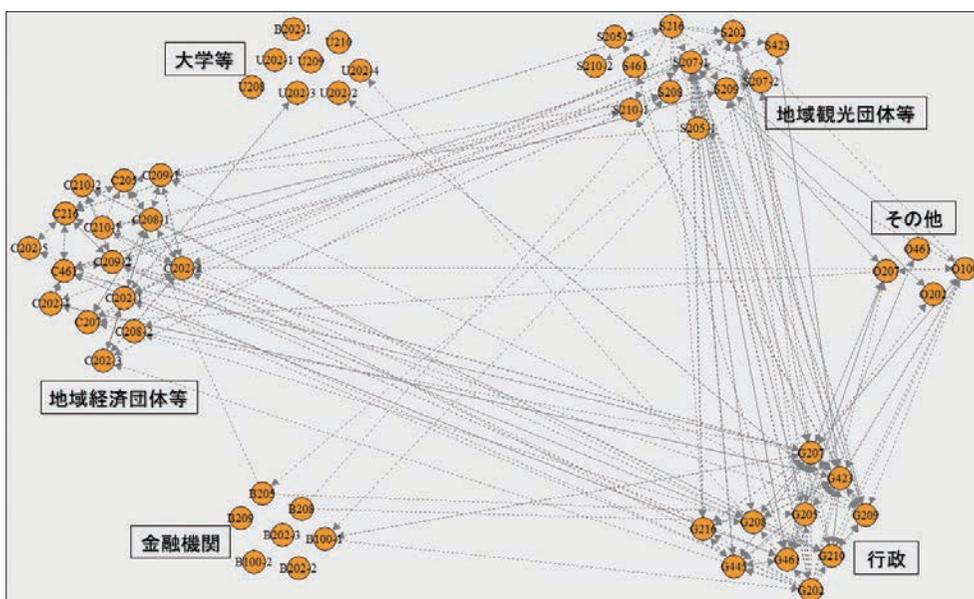


図-9 主体属性別ネットワーク有向グラフ：観光

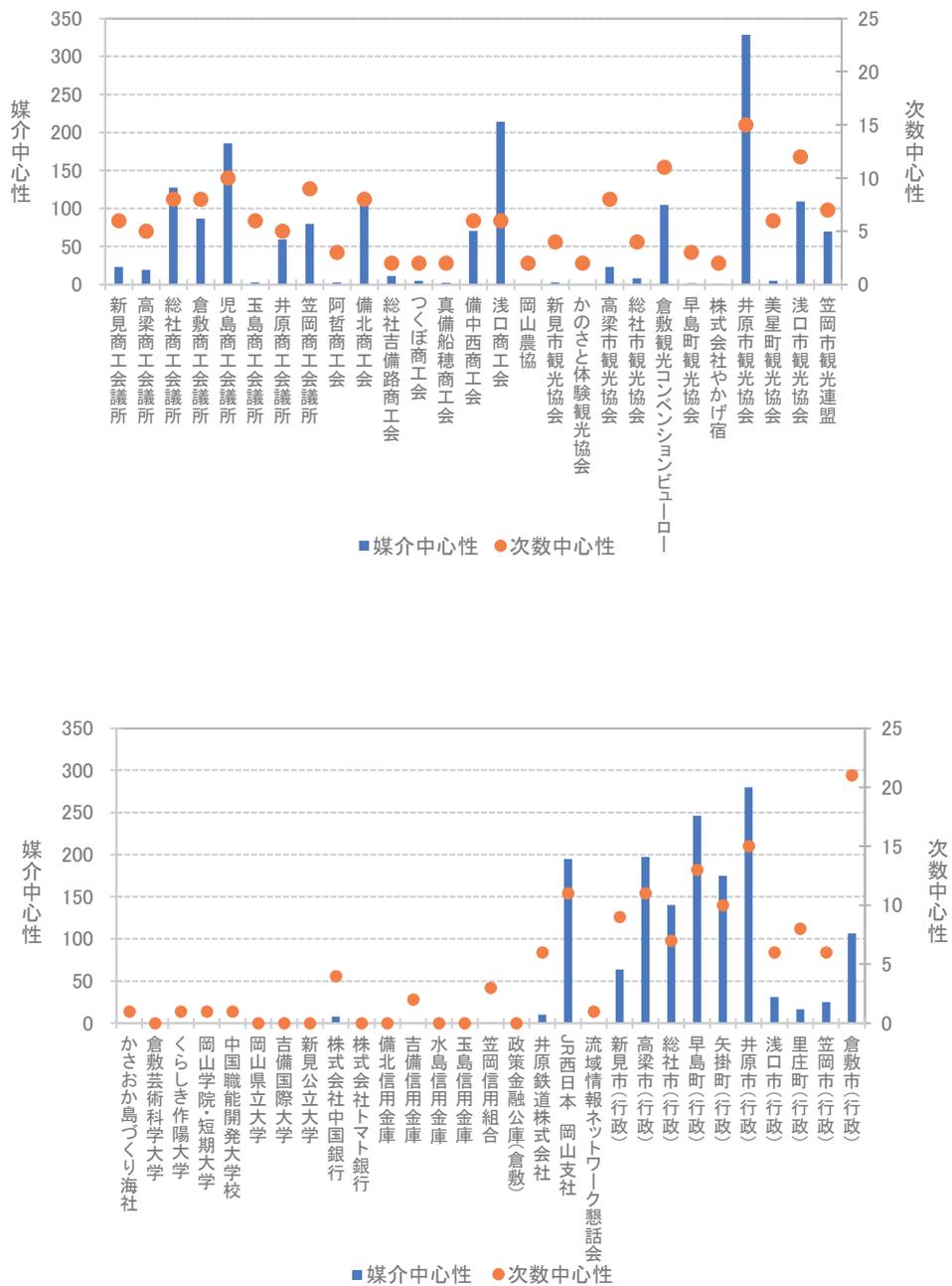


図-10 次数中心性と媒介中心性：観光

主体の属性で見ると、行政、地域経済団体等、地域観光団体等の3つの属性間で多数のやりとりが存在していることがわかる。そのなかで目を引くのは、行政と地域観光団体等とのやりとりである。多数の行政主体から井原市観光協会（S207-1）に集中して辺がある。井原市には国内でも有数の公開天文台が有名な美星町をはじめとして観光資源が複数あることを踏まえると、高梁川流域圏内の行政主体との情報のやりとりを介して精力的に観光PRを行っていると解釈できる。行政、地域経済団体等、地域観光団体等、その他に属する主体は全体的に情報のやりとりが存在していることが確認できる。これに対して大学等と金融機関の属性はほとんど他の属性の主体と同属性の主体とやりとりが存在していない。そのため、大学等と金融機関に属する主体ではごく一部の主体でしか情報のやりとりが存在していない。また情報のやりとりの相手についても、他属性とのやりとりのみになっていることから、同属性内での情報の共有はなされていないと解釈できよう。

図-10において、橙色の○は次数中心性で右軸がそのスケールである。また棒グラフは媒介中心性で尺度は左軸が基準となっている。

まず次数中心性については、倉敷市（G202）が飛びぬけている。次数中心性の大きさは、情報のやりとりについての相手先の数を示しているため、倉敷市（G202）は最も多数の情報交流の相手先を抱えていると解釈できる。主体属性別にみると、行政主体と地域観光団体等、地域経済団体等が全体的に大きい値をとっている。対して大学等の主体と信用金庫などの金融機関主体は小さい値をとっている。これは、図-9のネットワークグラフの特徴とも一致している。

媒介中心性の大きさは、矢印の向き、すなわち情報の受発信も含めたネットワーク構造内の情報のハブの程度を示している。井原市観光協会（S207-1）と井原市（G207）が大きな値をとっていることがわかる。つまり、この2つの主体が高梁川流域圏において、観光事業についての情報交流のハブとなっていると解釈できる。情報交流のハブとは、高梁川流域圏内で観光事業についての主体間の情報のやりとりには、井原市観光協会（S207-1）か井原市（G207）を介している程度が強いということを意味している。また、井原市と倉敷市を除いて、値の小さい行政主体の市町では補完的に地域観光団体等の値が大きいことも確

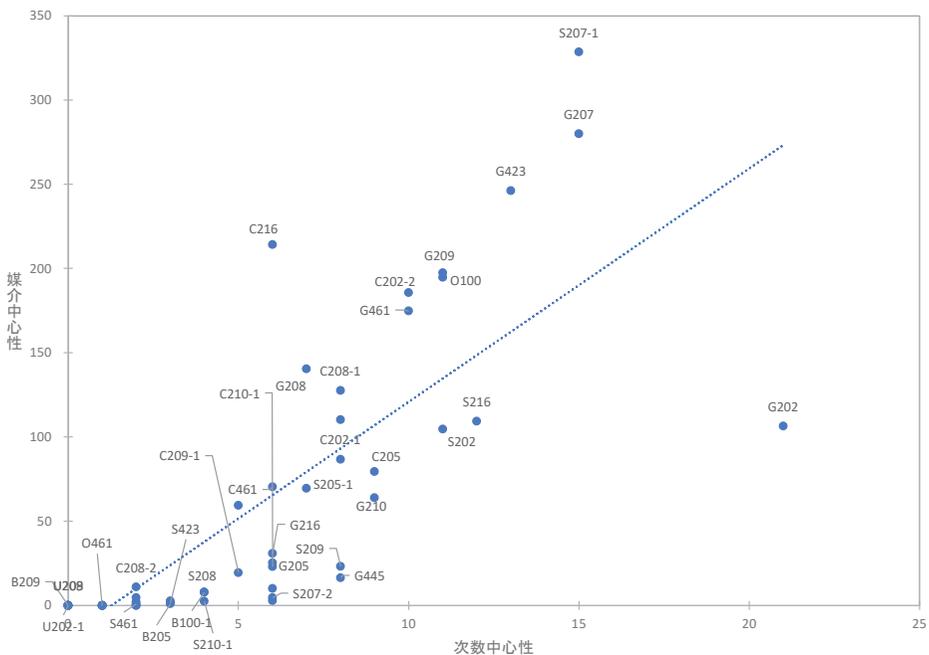


図-11 次数中心性と媒介中心性（散布図）：観光

認できる。これは、各市町内での観光事業についての情報交流のハブが行政主体か地域観光団体等の一方が担っていると解釈できる。これに対して、井原市と倉敷市は行政主体と地域観光団体の両方が情報交流のハブとして機能していると考えられる。

図-11の散布図は横軸に次数中心性、縦軸に媒介中心性をとったものである。便宜上の回帰線から上に外れている主体は、相対的に媒介中心性が次数中心性を上回っており、ネットワーク構造において情報交流のハブとして機能している部分大きいと解釈できる。逆に回帰線から下に外れている主体は、相対的に次数中心性が媒介中心性を上回っており、ネットワーク構造において情報の集中、もしくは分散として機能している部分大きいと解釈できる。

回帰線から上方に外れている主体としては、井原市観光協会（S207-1）と浅口商工会（C216）が目立つ。これらの主体は、観光事業についての情報交流のハブとして強く機能していると考えられる。これに対して回帰線から下方に外れている主体としては、倉敷市（G202）が目立っている。図-9のネットワークグラフと併せて考えると、倉敷市（G202）は観光事業についての情報の分散主体として強く機能していると考えられる。

（2）創業支援

図-12は創業支援の事業についてのネットワークグラフである。創業支援の事業については、属性別に見ると地域経済団体等、金融機関、行政の3つの属性間での多数の情報交流の存在が確認できる。また、地域経済団体等の属性内では矢印が両端についている辺が多く、同属性内において対等に情報交流ができていると解釈できる。行政の属性では早島町（G423）との間に多数の矢印が確認できる。これらの辺に関しては、相手先が他属性だけでなく同属性のものも多く見受けられることから、行政の属性内で早島町（G423）が情報交流のハブとなっていると解釈できる。これらに対して大学等の属性では他属性とも同属性とも全くやりとりが存在していないことから、創業支援事業については高梁川流域圏のネットワークに参加していないことがわかる。また、地域観光団体等では、新見市観光協会（S210-2）と美星町観光協会

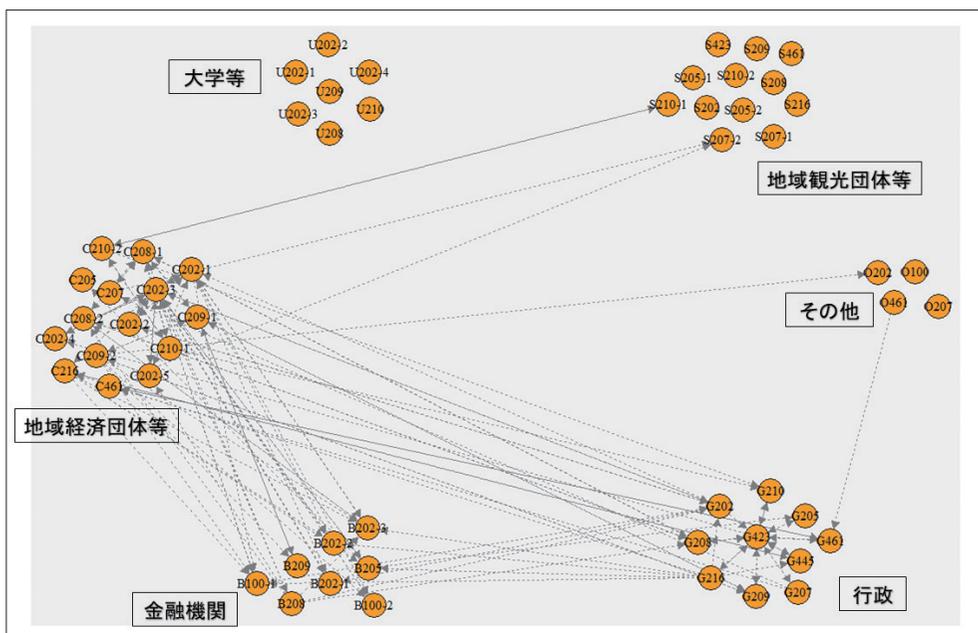


図-12 主体属性別ネットワーク有向グラフ：創業支援

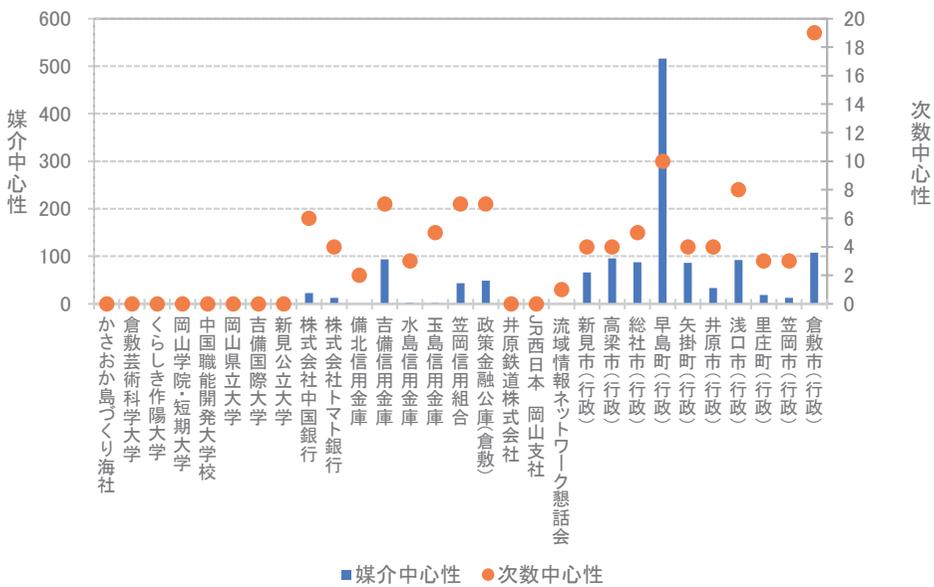
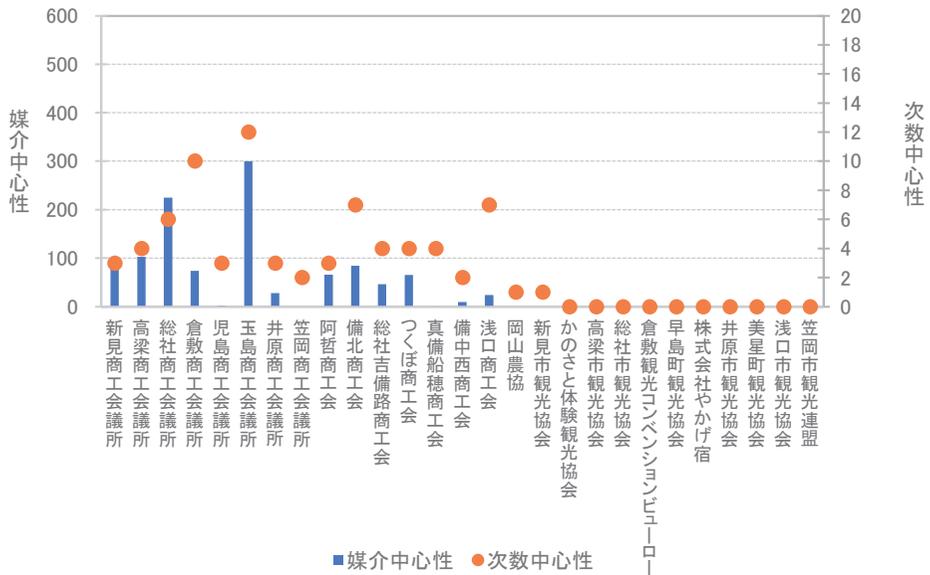


図-13 次数中心性と媒介中心性：創業支援

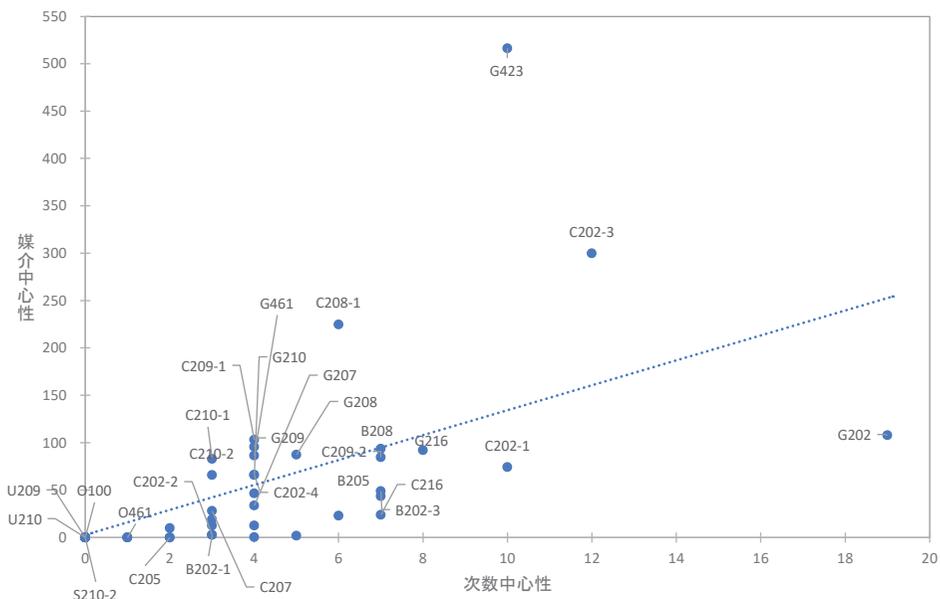


図-14 度数中心性と媒介中心性（散布図）：創業支援

(S207-2) の2主体が地域経済団体等と情報のやりとりをしていることが確認できる。一見、その事業内容が観光に関するものと捉えられる地域観光団体等であるが、創業支援事業についても情報のやりとりを行っていることは特徴的である。

図-13は、媒介中心性を棒グラフに度数中心性を点で示している。主体属性別にみると、行政主体と地域経済団体等が全体的にどちらの中心性指標でも大きな値をとっていることがわかる。特に図-12のネットワークグラフの特徴を踏まえて、この2属性の主体の媒介中心性の大きさに着目すると、金融機関の属性は行政主体か地域経済団体等を介して情報交流を行っていると解釈することができる。

度数中心性については、倉敷市（G202）が飛びぬけており、創業支援事業について最も多数の主体との情報のやりとりがあることがわかる。図-12で倉敷市（G202）の辺が外向きの矢印が多い点と、図-14で近似曲線を下に外れている点を考慮すると、倉敷市（G202）は、創業支援事業について最も多数の主体と情報のやりとりを行っており、ネットワークにおいて情報の分散主体として強く機能していると解釈できる。媒介中心性については、早島町（G423）が突出している。図-14でも早島町（G423）は、便宜上の回帰線を大きく上に外れていることがわかるので、ネットワークにおいて創業支援事業についての情報交流のハブとして機能していると解釈できる。また玉島商工会議所（C202-3）については、図-14から回帰線を上方に外れていることから、ネットワークにおいての早島町（G423）の次に情報交流のハブとして機能している部分が強いと考えられる。しかし、同時に度数中心性についても倉敷市（G202）の次に大きい値をとっていることもわかる。したがって玉島商工会議所（C202-3）は、創業支援事業についてのネットワークにおいて情報のやりとりの相手先も多く情報交流のハブとしても機能しているバランスの取れた主体であると解釈できよう。

（3）事業継承

図-15は、事業承継事業についてのネットワークグラフである。主体の属性でみると、地域経済団体等、金融機関、行政の属性間で情報のやりとりが存在していることがわかる。一方、その他の大学等、地域観光団体等、その他の属性では、他属性とも同属性とも全くやりとりが存在していないことから、事業承継

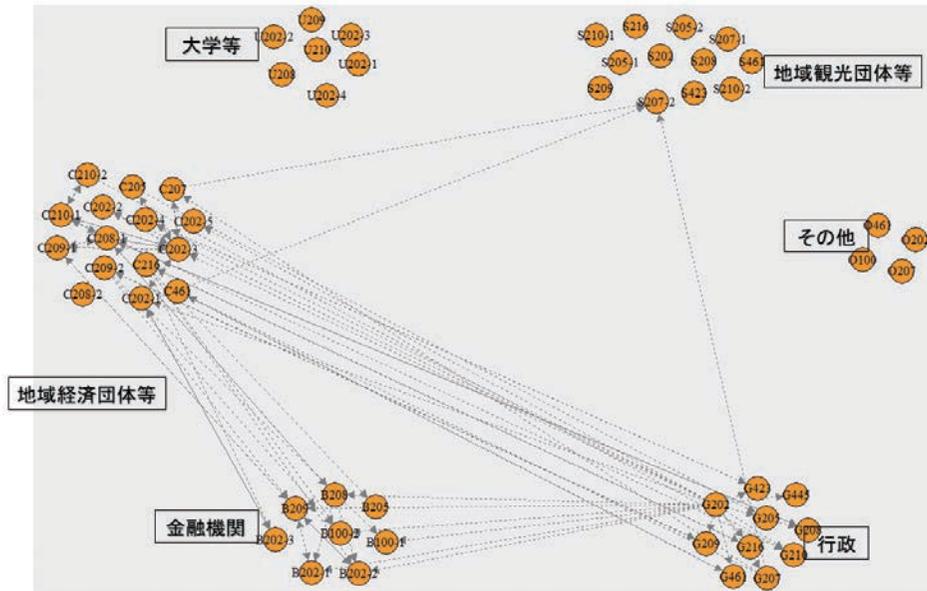


図-15 主体属性別ネットワーク有向グラフ：事業承継

事業についてのネットワークにこれらの3属性の主体は参加していないと考えられる。

属性内の辺に着目すると、特徴的なのは行政である。倉敷市（G202）から同属性の主体に向かって多数の矢印が確認できる。加えて、倉敷市（G202）を除いた行政主体で、他属性の主体との間に辺が存在しているものは少数である。つまり、行政属性と他属性の間での情報交流は倉敷市（G202）を介して行われている程度が高いと解釈できる。また行政属性内で、倉敷市（G202）以外に情報のやりとりが存在しない主体が多く、情報交流については流動的ではなく一極分散的だといえる。これに対して地域経済団体等の属性内では、同属性主体との両向き矢印をもつ辺が玉島商工会議所（C202-3）をはじめとして多数確認できる。これらのことから地域経済団体等の属性内の情報交流は流動的であると解釈できよう。

図-16より、属性別にみると、地域経済団体等が次数中心性、媒介中心性ともに相対的に大きい値をとっている。特に媒介中心性については他属性より飛び抜けており、その中でも、玉島商工会議所（B202-2）が注目される。図-15のネットワークグラフの特徴も考慮すると、図-14の近似曲線からも上に大きく外れていることから、玉島商工会議所（B202-2）が事業承継事業についての情報交流のハブとして、特に地域経済団体等の属性内で強く機能していると考えられる。現事業者が「事業承継」について相談する場所が商工会議所をはじめとした地域経済団体等と考えれば、このようなネットワーク構造になるのは必然である。

ところで事業承継事業の内容の一つに高梁川流域次世代経営者塾事業を想定している。この事業は玉島信用金庫（B202-2）が受託し、水島信用金庫（B202-1）、吉備信用金庫（B208）、備北信用金庫（B209）の協力のもと展開されている。すなわち、玉島地域に位置する玉島商工会議所（C202-3）の媒介中心性が大きいのはこれが要因の一つとして考えられる。しかし、図-15のネットワークグラフから、玉島商工会議所（C202-3）と玉島信用金庫（B202-2）の間に辺は存在しておらず、情報のやりとりは行われていないことがわかる。したがって当事業に関わらず、地域経済団体等と金融機関との間で情報交流がさらに活発になれば2属性間の連携が強化され、より势力的な事業承継事業にもつながると期待できる。

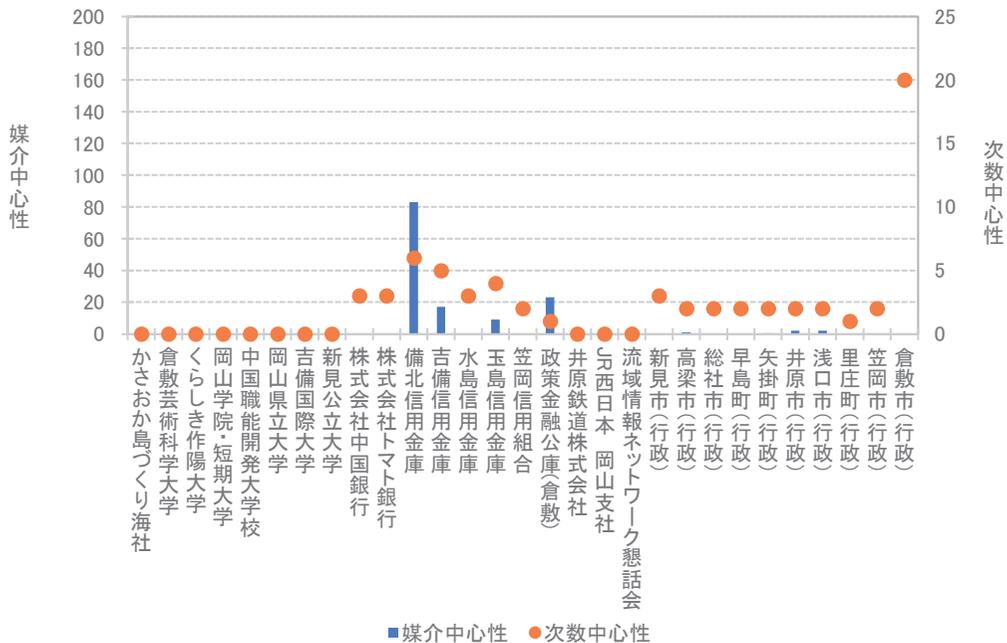
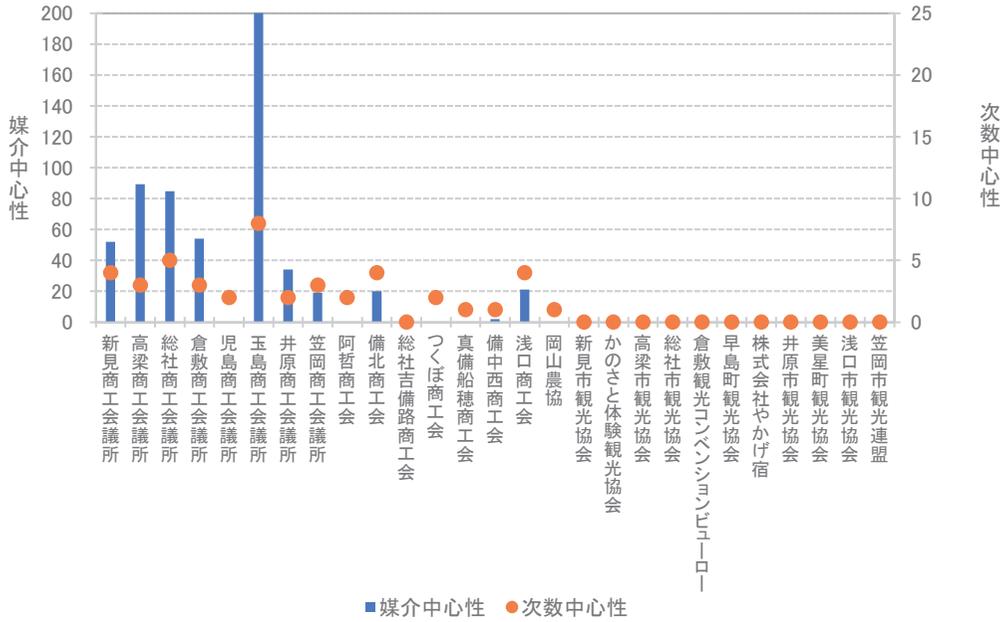


図-16 次数中心性と媒介中心性：事業承継

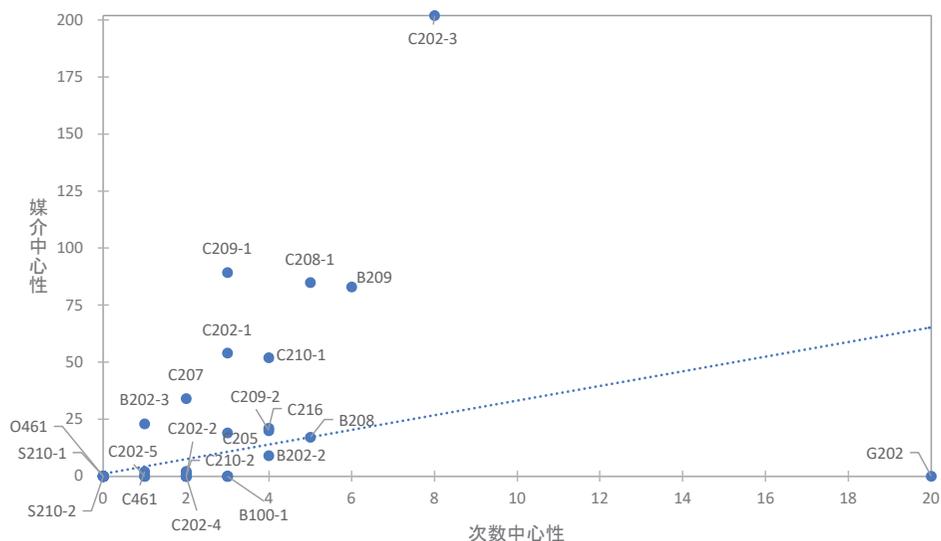


図-17 次数中心性と媒介中心性（散布図）：事業承継

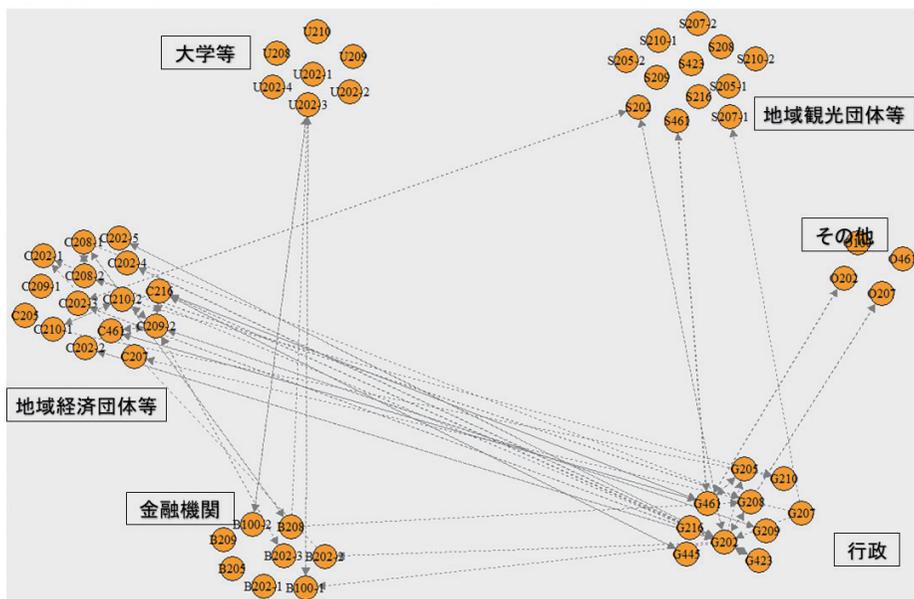


図-18 主体属性別ネットワークグラフ：地域資源活用

(4) 地域資源活用

図-18は、地域資源活用事業についてのネットワークグラフである。主体属性別にみると、地域経済団体等と行政の属性間で多数の辺が確認できる。特に地域経済団体等に属する多くの主体が倉敷市（G202）と情報のやりとりがあることが注目される。また、そのやりとりは両向きの矢印が多いことから、対等に情報の受発信ができているものが多いこともわかる。倉敷市（G202）については地域経済団体等だけでなく金融機関、地域観光団体等や同じ行政に属する主体からも辺が集中している。

同属性内でみると、行政と地域経済団体等のネットワーク構造は類似している。両属性とも同属性内の情報のやりとりは少なく、地域資源活用事業について属性内のネットワークは疎である。ただし地域経

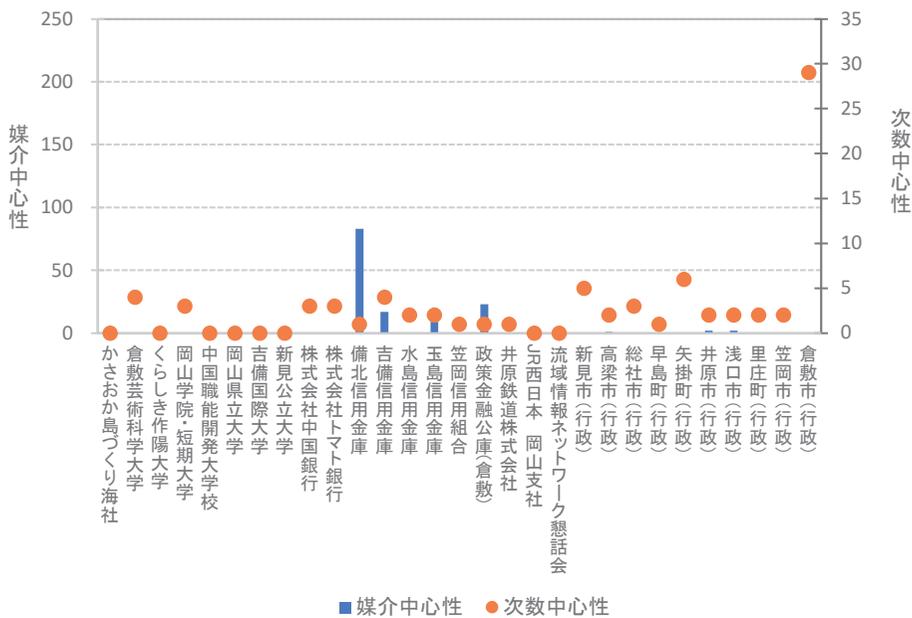
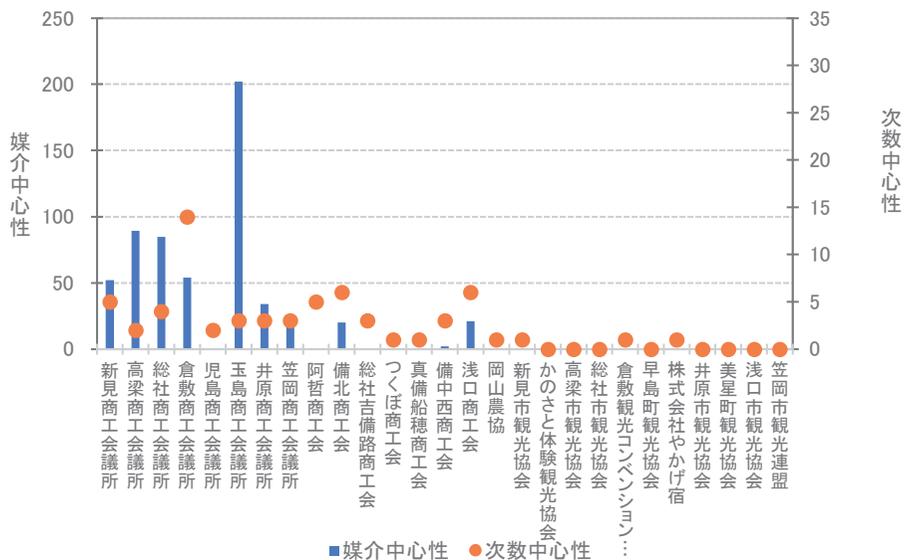


図-19 次数中心性と媒介中心性：地域資源活用

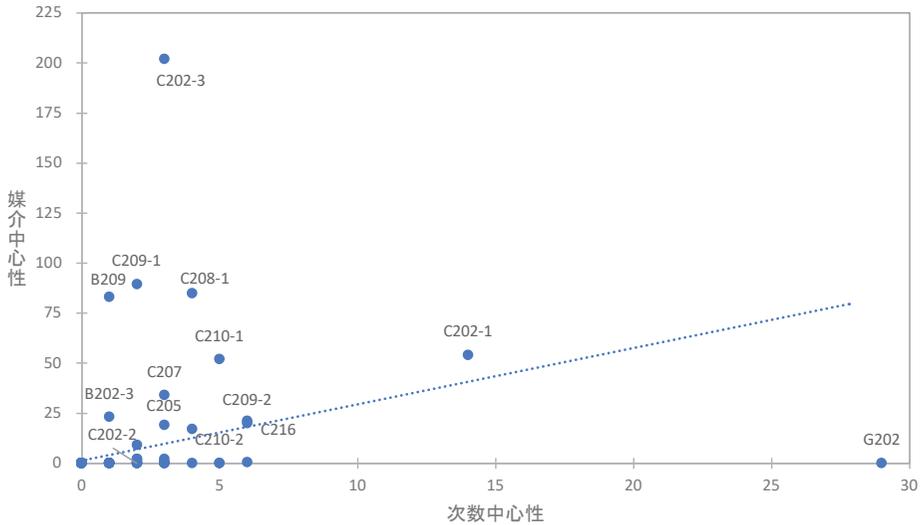


図-20 度数中心性と媒介中心性：地域資源活用

済団体等の属性内では、同属性内での情報のやりとりはそのほとんどが対等に情報の受発信ができています。このように全体のネットワークをみれば、行政と地域経済団体等が相互に活発に情報のやりとりができていますが、同属性内の情報の受発信の程度に着目するとそれは対称的である。

図-19より、属性別にみると度数中心性では行政属性が、媒介中心性では地域経済団体等属性が大きな値をとっている。中心性指標の特徴は全体的に事業承継事業と類似している。度数中心性については、特に倉敷市（G202）が飛びぬけていて、媒介中心性については特に玉島商工会議所（C202-3）が飛びぬけている。図-19をみると、事業承継事業よりもこの2主体の2つの中心性指標について偏りが大きく、ネットワークにおいて対称的な特徴をもっていることがわかる。つまり、地域資源活用事業の情報のネットワークにおいて倉敷市（G202）が最も多数の情報のやりとりの相手先を抱えており、玉島商工会議所（C202-3）が情報交流のハブとして強く機能していると解釈することができる。そして、比較的度数中心性と媒介中心性が大きく、ネットワークにおいて情報のやりとりの相手先の数が多く、情報交流のハブとしてバランスの取れた機能を果たしている主体としては、倉敷商工会議所（C202-1）が挙げられる。

4.5 ネットワーク集計指標の算出と解釈

前節では、ネットワーク個別指標として事業ごとに度数中心性と媒介中心性の視点から、それぞれネットワーク構造を解釈した。本節では、ネットワーク集計指標として密度、推移性、相互性の視点から、高梁川流域圏のネットワーク構造を分析する。

図-21は当初の8つの事業（表-1を参照）別にネットワーク密度を表したものである。密度とは、グラフにおいて張ることのできるすべての辺の数に対する実際の辺の数の比率であるから、とりうる値は最大で1である。図-21を見ると、密度が最大な事業である観光事業においても0.1未満であり、高梁川流域圏の情報のやりとりという点でのネットワーク構造は密であるとは言いがたい。

ネットワーク推移性とは、友人の友人がまた自分の友人であったというような3者のトライアングルの関係性の指標である。推移性の最大値も1であり、図-22で最も高い値を示している観光事業が0.35ということから、密度の程度よりは相互の関係性は高いと言えるが、高梁川流域圏のネットワーク構造は主体間のつながりの程度はまだまだであると言えよう。

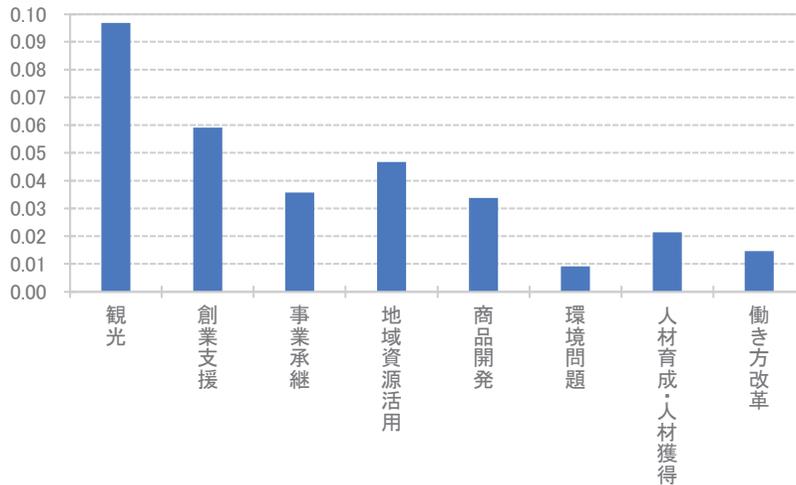


図-21 連携事業別のネットワーク密度

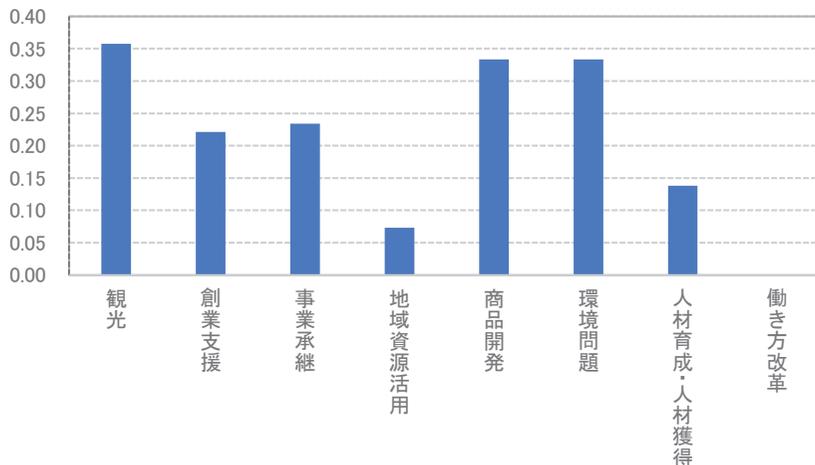


図-22 連携事業別ネットワーク推移性

事業別にみると、観光事業、創業支援事業、環境問題事業、人材育成・人材獲得事業の推移性が高い。つまり、この4事業についての情報のやりとりは、2者にとどまるようなものではなく、よりネットワーク全体に情報の共有がなされていると考えることができる。特に、環境問題事業と人材育成・人材獲得事業は、そのネットワークが他の事業と比較して疎なものである点を踏まえると特徴的である。

図-23は事業別の相互性を表している。相互性は、ネットワーク内のつながりの中で、いわゆる“両思い”であるような関係性の割合を示している。ここでいう“両思い”な関係とは、2者間での情報の受発信の程度が対等であるような関係性を示す。すなわち、双方が情報を発信し、同程度受信をしていると考えている関係を意味している。

図-23より相互性の高い事業は、地域資源活用事業、観光事業、創業支援事業である。これらの3事業は0.5以上の値をとっていることから、ネットワーク内の半分以上の情報のやりとりが相互に同程度の情報の受発信をしていることを示している。すなわち、情報のやりとりを通して双方に有益な情報を共有することができていると考えられる。

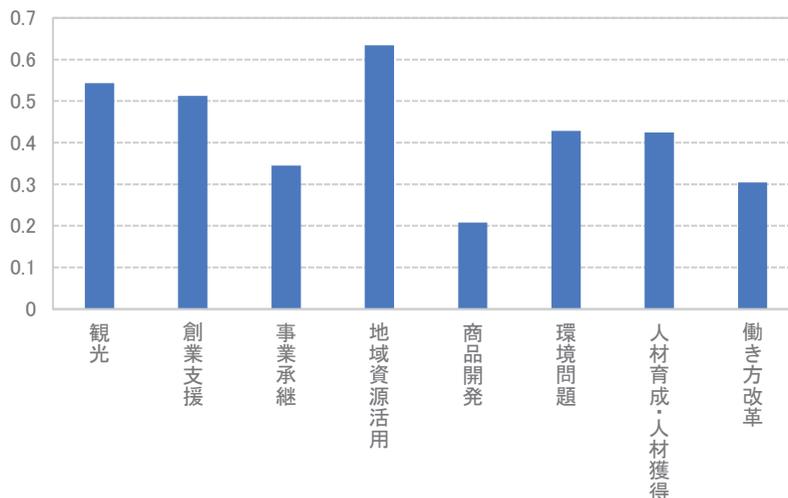


図-23 連携事業別ネットワーク相互性

5. 地域振興の課題と展望

本稿では、高梁川流域圏の情報交流に関して事業別にネットワーク分析を行うことで、そのネットワーク構造を明らかにし、ネットワークの視点から高梁川流域圏の情報交流と展開事業の相関を把握した。

本稿における情報交流とは、あくまで高梁川流域圏において展開される事業についての高梁川流域経済成長戦略会議の参加主体間の情報交流という意味であって、いわゆる財・サービスの取引に関連しているものは少ないと考えられる。しかしながら、行政や地域経済団体等をはじめとする高梁川流域圏の参加主体は、その市町の地域経済において重要な機能をもっているものや、あるいは市町を代表する機関という面をもつ参加主体も多い。したがって高梁川流域圏の参加主体間のネットワークが高梁川流域圏に位置する住民や企業に影響を及ぼし、ひいては今後の地域経済にも影響を与える場合も考えられる。

以上を踏まえて今後の高梁川流域圏における地域振興についてネットワークの視点から2点提言する。1点目は、より情報が流動的に共有できるようなネットワーク構造を目指すことである。本稿では高梁川流域圏で展開される事業を8つの種類に分類したが、その中でもほとんどの事業に関するネットワークは特定の主体に情報が集中したり、分散されたりというような一極的な構造をしていることがわかった。事業ごとに見ると、倉敷市（G202）や玉島商工会議所（C202-3）といった特定の主体が大部分の事業についてこのような機能を果たしていることが確認できた。多岐にわたる展開事業をこのように少数の特定主体が情報交流のハブや情報の集中・分散主体として機能するのは、情報の共有や業務に関する連絡網としての効率性を促している一方で、その主体の高梁川流域圏内での負担業務の大きさも増している。これが展開する事業によってネットワーク構造の密度に差異が生まれている要因の1つと考える。つまり、事業によって情報交流におけるネットワークの中心的機能を参加主体で分担することができれば、事業によってネットワーク構造の不均一さも是正され、全事業において全参加主体が情報を流動的に共有化することが可能になると考える。

2点目は、高梁川流域圏の情報交流のネットワークをより密になるよう目指すことである。本研究の調査対象は高梁川流域経済成長戦略会議の参加主体であり、全56の様々な主体間での同流域圏で展開される事業についての情報交流のネットワーク構造を分析した。現在のネットワークでは全体的に、特に観光事業については情報交流が活発になされている一方で、全く情報交流が行われていない主体の存在も確認された。ネットワーク集計指標からみても、高梁川流域圏の情報交流ネットワークが密なものになる余地は

十分にあることがわかり、これが高梁川流域圏の課題といえる。ネットワークに参加する主体を増やし、ネットワーク構造そのものが密になることで、これらの主体で市町をまたぐ圏域間の情報交流を通じた連携が強化され、政策の幅が広まり、地域経済を活性化させる可能性をもっている。

参 考 文 献

- 伊藤紀子他5名(2020)「日本における地域資源を活用した持続的農村振興～組織間連携のネットワーク分析～」, 農林水産政策研究所, 『都市住民プロジェクト研究資料 第3号 地域資源を活用した農村振興：社会組織の連携構造のネットワーク分析』
- 権秀賢他3名(2009)「社会ネットワーク理論によるグリーン・ツーリズム関係分析」, 『地域研究』, 39, 767頁-781頁
- 杉山浩平他4名(2006)「ネットワーク分析手法による日本企業間の取引関係ネットワークの構造分析」, 『社会情報学研究11(2)』, 45頁-56頁
- 鈴木努(2009)『Rで学ぶデータサイエンス8 ネットワーク分析 第2版』, 共立出版
- 林幸雄(編)(2007)『ネットワーク科学の工具箱』, 近代科学社
- 張長平(2014)「ネットワーク分析と観光研究への応用」, 『国際地域研究17号』, 95頁-112頁
- 安田雪(1997)『ネットワーク分析 何が行為を決定するか』, 新曜社
- 山口健太郎・谷本圭志(2016)「自治体・大学間連携の生産性に関するネットワーク論的分析」, 『社会技術研究論文集 Vol. 13』, 13頁-21頁

参 考 資 料

- 総務省(2018年)「平成30年版 情報通信白書のポイント」
- 倉敷市(2016年)「高梁川流域圏地域経済分析業務報告書」
- 倉敷市(2021年)「第2期 高梁川流域圏成長戦略ビジョン(第1回改訂)」

Network Analysis of Interregional Information Exchange: A Study in the Takahashi River Basin Area

Ryohei Nakamura, Natsumi Yokota

Abstract

This paper conducted network analysis focusing on information exchange among participating entities in the “Takahashi River Basin Economic Growth Strategy Council,” operating within Okayama Prefecture’s “Takahashi River Basin Core City Area.” The Takahashi River Basin Collaborative Core City Area (Takahashi River Basin Area) is a collaborative core city area encompassing ten municipalities located around the Takahashi River in Okayama Prefecture: Niimi City, Takahashi City, Soja City, Hayashima Town, Kurashiki City, Yakage Town, Ibara City, Asakuchi City, Satosho Town, and Kasaoka City. For the network analysis within the Takahashi River Basin Area, projects implemented within the area were classified into eight categories. A questionnaire survey was conducted regarding information exchange among participating entities for each project. Network metrics included calculating centrality indices (degree centrality and betweenness centrality) for each project, along with density, transitivity, and reciprocity. By project type, tourism projects exhibited the densest network structure for information exchange. From a network perspective, tourism projects can be considered the most actively pursued initiative within the Takahashi River Basin area. Furthermore, across all projects, centrality indicators for specific administrative bodies and regional economic organizations, such as chambers of commerce and industry, generally showed high values. This clearly indicates their function as hubs for information exchange and as entities concentrating or dispersing information within the network. Based on the results of network analysis, two recommendations for future regional development in the Takahashi River Basin were proposed from a network perspective. The first is to aim for dense networks across all businesses by sharing the roles of information exchange hubs and information concentration/distribution entities among the entities involved, depending on the business. The second is to aim for a dense network overall by eliminating entities that are not participating at all in the Takahashi River Basin’s information exchange network.