集落遺跡間の文物移動流のモデル化に関する一考察

加藤常員[†] 小沢一雅[††]

集落遺跡は，古代人の生活空間の痕跡であり，その立地や規模あるいは位置関係は，往時の生活や社会などを反映していると考えられる．集落遺跡に付随して出土する遺物の分布は，交流や交易による文物の移動と広がりを示すものといえる．遺跡・遺物の空間的時間的分布状態，あるいは地理的環境などから文物の移動経路を探ることは，考古学の重要な課題である．

本稿では，3 次元地理情報を活用した古代の文物の移動経路を推定するためのモデル構成について述べる．すなわち，集落遺跡の位置および 3 次元地理情報を用いて産地から各消費地への主たる経路を抽出するシミュレーションモデルである．本モデルのめざすところは，マクロな文物の移動経路の探索であり，具体的な道路の探索を目的としたものではない．文物の移動を負担という観点から水平および垂直距離から指標化し，移動経路のネットワークを求める．具体的な事例として弥生時代中期の畿内の集落遺跡の実データを用いて，石器石材産地の二上山からの石材の移動経路のネットワークを導出し，考古学的知見との比較を行う．

A Consideration on Modeling of Transfer of Cultural Properties between Sites of Settlements

TUNEKAZU KATO[†] and KAZUMASA OZAWA[††]

The sites of settlements involve a lot of information to clarify the society and life of ancient people. Distribution of cultural properties detected over the sites sometimes shows transfer and spread of properties. It is an archaeological problem to estimate transfer routes to convey many products or materials based on distribution of sites and remains and on geographical situation. This paper presents a mathematical model of transfer of ancient products or materials. Our model can be used to detect possible transfer routes from a center of production to many settlements as consuming places. To compute values of the proposed traveling cost function, three-dimensional terrain data have been employed: Precisely, the transfer cost is defined as a function of both horizontal and vertical distances between two sites. A possible transfer network has experimentally been detected in such a case as Mount Nijo in Nara Prefecture is assumed to be the center of production of stone material. Comparison between our computer-detecting network and the archaeological one has been made and related discussion has also been presented.

1. はじめに

歴史学や考古学で扱われる情報の基本は，現在まで有形・無形のかたちで残されてきた過去の事象の痕跡である．具体的には，遺跡，遺構，遺物，文書，伝承，風習などが対象になる．不動産である遺跡は人間の生活空間の確実な痕跡であって，往時の人々が生活した集落遺跡の規模や位置関係には，往時の人々の生活環境，交流，交易，ひいてはその時代の文化や社会などが反映されていると考えられる．また，動産である遺物の分布は，交流や交易による物質・人・技術・思想など文物の移動と広がりを示す証拠といえる．文物の移動には，「道」が想定される．「道」には，遺構としての物理的な道路（road）と地理的に推測される経路（route）の 2 通りの意味を持つ[1]．文物の移動経路は，遺物・遺構の空間的時間的分布状態，あるいは考古資料や地理的要因など多くの傍証により示される．

考古学において，特に地理情報は不可欠であるが，近年，3 次元地理情報が容易に活用できる環境が整ってきた[2]．本稿では，3 次元地理情報を利用した古代の文物の移動経路の提示する方法について述べる．すなわち，集落遺跡の位置情報および地理情報に基づいて供給地（産地，発信地）から各消費地（集落遺跡）への主たる経路（主路）を抽出するシミュレーション

† 大阪電気通信大学工学部
Faculty of Engineering, Osaka Electro-Communication University
†† 大阪電気通信大学情報工学部
Faculty of Information Science and Technology, Osaka Electro-Communication University

モデルを提案する．提案するモデルは，人の徒歩による移動が主体であった古代を想定した文物の流れのモデルである．このモデルは人間の移動にともなう負担に注目し，遺跡間の距離と3次元的な地形の起伏情報に基づく負担度を設定，負担度を指標に文物のマクロな移動経路を推定するものである．

以下，本稿ではまず文物の移動のモデル化について述べ，次に弥生時代中期の畿内の54カ所の拠点集落遺跡（位置データ）に本モデルを適用した石器石材の移動の経路のネットワークを示す．

2. 文物移動流ネットワークモデル

文物の移動はその時代の社会環境により大きく異なると考えられる．本稿では水稲農耕が定着し，古代国家が形成される弥生時代の文物の移動を想定する．農耕の定着により生産経済が確立される時代，集落間には基盤施設（ハードウェア）としての道路がすでに存在していたと想像される．基盤施設は，人々の生活に密着した集落間の長い相互交流の中で自然な形で集束され最適化が行われた結果として確定されたと考えられる．提案するモデルは，基盤施設の存在を漠然と認めたうえで，基盤施設をどう利用したか，文物がその上をどのように流れたかを示す経路を抽出しようとするものである．ただし，この場合に求められる経路は具体的な道路を示すものではなく，文物の移動のマクロな経路と考えている．

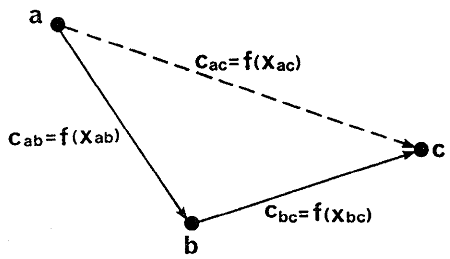
2.1 文物の移動経路と中継効果

産地から1つの遺跡に到達可能な文物の移動経路は，直接の経路を含め無数にある．遺跡間の距離が近ければ直接の経路が，遠く離れていればいくつかの遺跡を中継した経路が主な経路であったと考えられる．すなわち，状況（遺跡間の距離や配置の相互作用）によっては，他の遺跡を中継することで，交流に要する負担が小さくてすむ場合がありうる．ここで,「2つの遺跡間の交流に要する負担や労力が，他の遺跡を仲介することで減少する」（図1参照）という現象を中継効果と名づける[3),4)]．

中継効果を定式化する．遺跡 s_i と遺跡 s_j の間の距離などの基本量を x_{ij}，x_{ij} に対するマクロな費用（負担）を c_{ij} とする．このとき，x_{ij} と c_{ij} の間に

$$c_{ij} = f(x_{ij}) \tag{1}$$

なる関係が成り立つものと仮定する．ここでは，$f(\cdot)$ を単に変換としておく．遺跡 s_i と遺跡 s_j の間に遺跡 $s'_1, s'_2, \cdots, s'_{n-1}$ を介した交流があったとき，この交流に要する費用 c^l_{ij} を，



$x_{ab} = 4,\ x_{bc} = 5,\ x_{ac} = 6,$
$f(x) = x^2 : 41 = x^2_{ab} + x^2_{bc} > x^2_{ac} = 36,$
$f(x) = x^3 : 189 = x^3_{ab} + x^3_{bc} < x^3_{ac} = 216$

図1 中継効果
Fig. 1 Junction effect.

$$c^l_{ij} = c_{i1} + c_{12} + \cdots + c_{n-1j} \tag{2}$$

と定義する．すなわち，系列 $l : s_i, s'_1, s'_2, \cdots, s'_{n-1}, s_j$ に沿った交流に要する全体の費用は，隣接する遺跡間の費用の和と考える．

2遺跡間を結ぶ系列は，理論的には無数に存在するが，我々の興味は主路，すなわち最も頻繁な交流があった系列にある．本稿では，主路を式(2)を最小（費用最小）にする系列とする．

中継効果を引き起こす変換 f は，下に凸で単調増加な関数を変換に用いればよい[5)]．具体的な関数の形式は後述する．f を移動負担関数と名づける．移動負担関数 f によって各遺跡間の負担が計算できれば，費用最小の系列の探索は，ダイナミック・プログラミングなどで利用される最適性の原理に帰着でき，最短路問題の解法[6),7)]を援用することで費用最小の系列を探索することができる．

2.2 移動負担関数

人の移動，人と人との交流にともなう負担は，多くの要因を考慮する必要があろう．しかし，その主要因は地理的要因，特に空間移動距離と考えられる．移動負担関数は，空間移動距離の関数として定義する．

（1）空間移動距離

空間移動距離は移動負担関数の定義域となるもので，移動を的確に反映した指標として定義する必要がある．空間移動距離は水平移動距離と垂直移動距離の2つの要素から構成する．2地点間の水平移動距離は，その地点の緯度・経度などから容易に計算できる．一方，垂直移動距離とは起伏量といえるが，2地点の標高値だけからでは単純に示すことができない．たとえば，2地点間の標高差では，その間に山や谷がある場合など2地点間の起伏状況を反映した値とはいい難い．

そこで2地点間の垂直移動距離を3次元地形データを用いて算定する．用いる3次元地形データは，建設

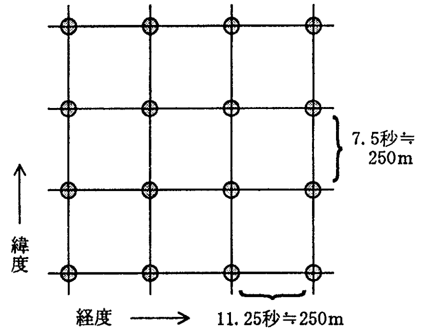


図 2 標高データ・格子位置
Fig. 2 The grid structure of the digital terrain model.

省国土地理院が提供している国土数値情報・標高ファイル (ks-110-1)[2] である．標高ファイルは，緯度・経度で区画された約 250 m 間隔の格子点位置の標高が m 単位で格納されている（図 **2** 参照）．

地点 s_i と地点 s_j の間の垂直移動距離 $dv\ (s_i, s_j)$ は，s_i と s_j を結ぶ直線が通過する標高ファイルでの格子単位の最大標高差の総和として定義する．位置 (x, y) の格子の 4 頂点の最大標高値および最小標高値を $h\max(x, y)$，$h\min(x, y)$ とすると，以下のように定式化できる．

$$dv\ (s_i, s_j) = \sum_{(x,y)\in P} (h\max(x, y) - h\min(x, y)) \tag{3}$$

ここで，P は直線が通過する格子位置（座標）の集合を示し，通過する格子は，8 連接[8] で採択する．

よって，s_i と s_j の間の空間移動距離 $d\ (s_i, s_j)$ は水平移動距離を $dh\ (s_i, s_j)$ として，

$$d\ (s_i, s_j) = dh\ (s_i, s_j) + dv\ (s_i, s_j) \tag{4}$$

と定義する．

（2）移動負担関数

人の移動・交流にともなう負担や労力などのマクロな費用を算出する変換として移動負担関数を導入する．移動負担関数は式 (4) で定義される空間移動距離の関数として，「ある地点における負担の増分が，その地点までの負担に比例する」という仮定を条件に導出する．この仮定は，2.1 節で述べた中継効果を数式化のために言い換えた表現である．ここで移動負担量を c，比例定数を k すると

$$\frac{\partial c}{\partial d} = kc \tag{5}$$

この微分方程式の一般解は

$$c = C\exp(kd) \tag{6}$$

となり，c が d の関数として表される．ここで C は定数，$\exp(\cdot)$ は e を底とする指数関数を表す．式 (6) の定義域は正 ($d > 0$) であり，仮定より C および k は正定数である（図 **3** 参照）．定数 C は，関数値の相対的関係（全順序や比例関係）にはなんら影響を与えないため，$C = 1$ とする．式 (6) の関数値が小さいほど，抵抗なく人の移動が行われていたことを意味する．定数 $k\ (> 0)$ は，移動の難易の度合いを制御するパラメータとなる．すなわち，k を調節することで中継効果の度合いを制御する．

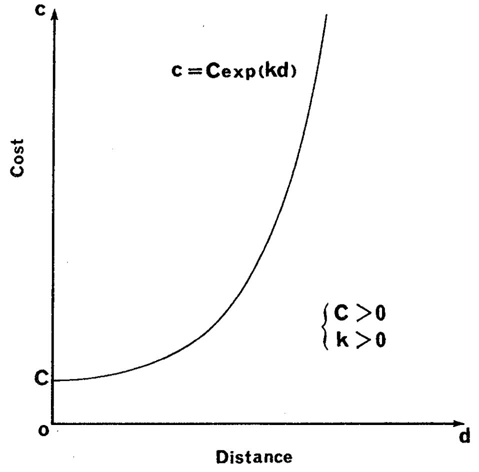


図 3 移動負担関数
Fig. 3 Traveling cost function.

以下，移動負担関数の値を単に負担と呼ぶことにする．

2.3 文物移動流ネットワークの構成

産地と各遺跡間の主路は，式 (6) の負担のもとに式 (2) が最小となる遺跡系列である．主路の探索には「最適性の原理（最適経路の部分路も最適経路）」が働く．すなわち，主路 L の系列に含まれる（中継地点となった）遺跡と産地間の主路は，L の部分路として含まれることになる．たとえば，産地 s_c から遺跡 s_i への主路 L_i を

$$L_i : s_c, s_1, s_2, \cdots, s_j, \cdots, s_i \tag{7}$$

と示す遺跡の系列するとき，s_c から s_j への主路 L_j は，

$$L_j : s_c, s_1, s_2, \cdots, s_j \tag{8}$$

である．

産地と各遺跡間の主路からなるネットワークを文物移動流ネットワークと名づける．

文物移動流ネットワークでは，上述の最適性の原理より産地と任意の遺跡を結ぶルートは必ずその遺跡への主路であり，一般的には唯一経路となる（複数の経路が存在する場合はそれらの経路の負担が同じときである）．よって，文物移動ネットワークの構成にあたっ

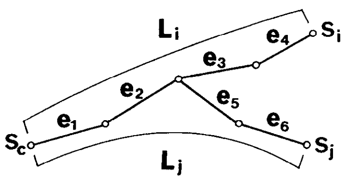


図 4 直接路の集合．e_n $(n=1,2,3,4,5,6)$：直接路，$E_i=\{e_1,e_2,e_3,e_4\}$，$E_j=\{e_1,e_2,e_5,e_6\}$
Fig. 4 Set of direct paths.

ては，単純に主路を重畳させればよい．

遺跡の集合を S とすると，産地 $s_c \notin S$ と遺跡 $s_i \in S$ の間に系列 $L_i: s_c, s'_1, s'_2, \cdots, s'_{m-1}, s_i$ として与えられる主路があるとする．L_i において隣りあう遺跡間の直接路（始点 s_c から s'_1 へは e_1，s'_1 から s'_2 へは $e_2, \cdots, s'_{m-1}$ から終点 s_i へは e_m）の集合を

$$E_i = \{e_1, e_2, e_3, \cdots, e_m\} \tag{9}$$

で表す（図 4 参照）．このとき文物移動流ネットワークは，次のようなグラフ T（s_c を根とする木）として定義する．

$$T = (S^*, E^*) \tag{10}$$

ただし，産地と遺跡からなる集合 S^* および直接路の集合 E^* は以下に与えられるものとする．

$$S^* = \{s_c\} \cup S \tag{11}$$

$$E^* = \bigcup_{s_i \in S} E_i \tag{12}$$

この E^* の探索には，最短路問題を解くアリゴリズムを利用する．具体的には，Dijkstra の算法[7] を採用する．

文物移動流ネットワークは，ある特定の文物の供給地としての産地から，その消費地としての各遺跡に向けて放射状に広がる構造（木構造）である．当然，異なった文物に対しては異なった形状のネットワークが対応する．

式 (10) で示される文物移動流ネットワークは，パラメータ k に依存するため，k の値により形状が異なる．そこで，k の設定の目安を得るために次のような実験により値を推定する．

文物移動流ネットワークは産地から消費地への文物の流れを想定してきた．この想定の背景には，産地から伝わる文物に共通の価値観や文化性を持ち，消費地（遺跡）間においても双方向性の相互交流があったと考えている．遺跡間相互の主路からなるネットワークを生成し，そのネットワークが後で示す条件のもとで最良となる k をもって推定値とする．k の推定に用いるネットワークを以下，集落ネットワークと呼ぶ．

集落ネットワークを構成するするには，まず，遺跡

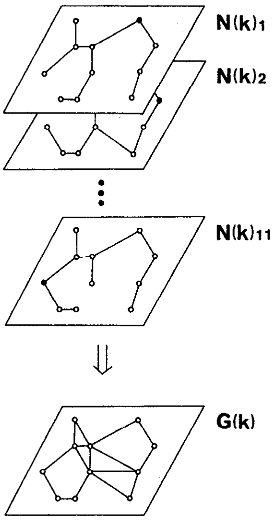


図 5 遺跡相互間の主路を重ねたネットワーク
Fig. 5 Superposed network of all transfer routes between sites.

の集合 S（産地 s_c を含めない）について式 (10) と同様のネットワークを求める．すなわち，適当な k の値で $s_i \in S$ を産地と見立て，他の遺跡を消費地としたネットワーク

$$N(k)_i = (S, E(k)^*_i) \tag{13}$$

を考える．ここで $E(k)^*_i$ は式 (9) および式 (12) に準拠して定義される直接路の集合である．$N(k)_i$ は s_i から他の遺跡への方向性を持つ経路であるので，全遺跡間の相互交流の経路網としては，各遺跡 s_i についての $N(k)_i$ $(i=1,2,3,\cdots)$ を重畳したネットワークを考える（図 5 参照）．

$$G(k) = \bigcup_{s_i \in S} N(k)_i \equiv (S, E(k)^*) \tag{14}$$

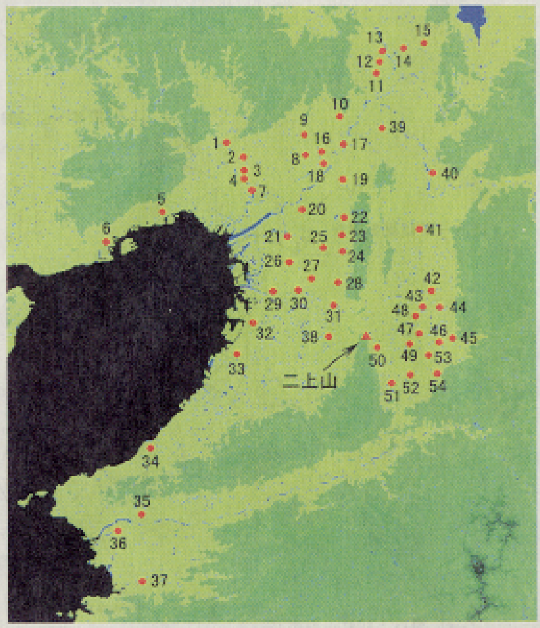
ただし，

$$E(k)^* = \bigcup_{s_i \in S} E(k)^*_i \tag{15}$$

$G(k)$ が k の推定に用いる集落ネットワークである．$G(k)$ の形状も当然，k に依存する．$G(k)$ を構成する直接路の交差がなくかつ $E(k)^*$ の濃度（$E(k)^*$ に含まれる直接路の数）$\#(E(k)^*)$ を最大となるように k を制御する．そのときの k の値を推定値とする．

直接路の交差を排除する条件は，経路の主旨に反するものの排除であり，$\#(E(k)^*)$ の最大化は，経路の汎用性の徹底化を意味する．

さて，S に属する遺跡数を n とすると，$E(k)^*$ の濃度に関して，次の不等式が成立する（上限と下限の存在）．



1. 加茂遺跡，2. 宮ノ前遺跡，3. 勝部遺跡，4. 田能遺跡，5. 本山遺跡，6. 楠・荒田町遺跡，7. 上津島遺跡，8. 東奈良遺跡，9. 耳原遺跡，10. 安満遺跡，11. 神足遺跡，12. 鶏冠井遺跡，13. 中久世遺跡，14. 深草遺跡，15. 中臣遺跡，16. 目垣遺跡，17. 大塚遺跡，18. 柱本遺跡，19. 太秦遺跡，20. 森小路遺跡，21. 森ノ宮遺跡，22. 中垣内遺跡，23. 鬼虎川遺跡，24. 縄手遺跡，25. 瓜生堂遺跡，26. 桑津遺跡，27. 亀井遺跡，28. 恩智遺跡，29. 山ノ内遺跡，30. 瓜破遺跡，31. 国府遺跡，32. 四ツ池遺跡，33. 池上遺跡，34. 男里遺跡，35. 北井田遺跡，36. 太田黒田遺跡，37. 岡村遺跡，38. 喜志遺跡，39. 狼谷遺跡，40. 湧出宮遺跡，41. 佐紀遺跡，42. 平等坊岩室遺跡，43. 唐古遺跡，44. 長柄遺跡，45. 三輪遺跡，46. 坪井大福遺跡，47. 多遺跡，48. 保津宮古遺跡，49. 中曽司遺跡，50. 竹内遺跡，51. 鴨都波遺跡，52. 新沢一遺跡，53. 四分遺跡，54. 岡遺跡

図 6　弥生時代中期・畿内・拠点集落遺跡の分布

Fig. 6　Distribution of the village sites in the Middle Yayoi Period in Kinki area.

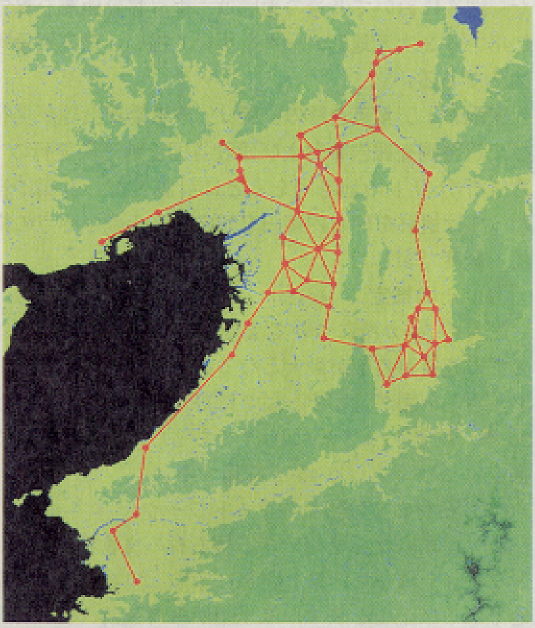


図 7　弥生時代中期・畿内・拠点集落遺跡の集落ネットワーク

Fig. 7　Village network between sites in the Middle Yoyoi Period in Kinki area.

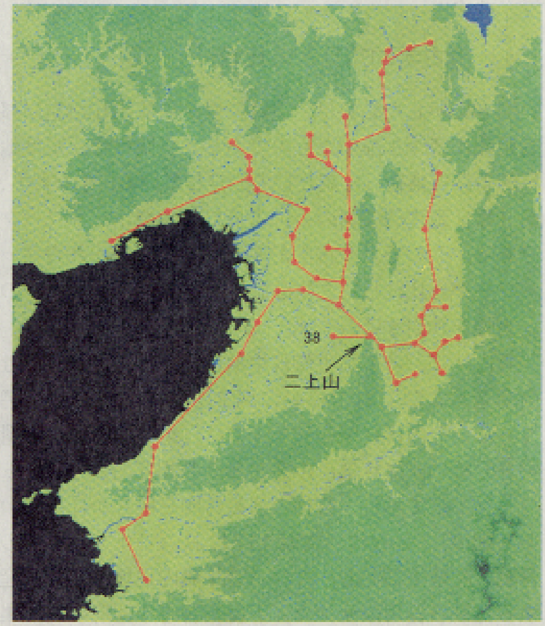


図 8　弥生時代中期・畿内・拠点集落遺跡の石器石材の文物移動流ネットワーク

Fig. 8　Transfer network of stone materials between the village sites in the Middle Yoyoi Period in Kinki area.

$$n-1 \leq \#(E(k)^{*}) \leq \frac{n}{2}-(n-1) \qquad (16)$$

上限における $G(k)$ は，遺跡と遺跡がすべて直接路で結ばれている状態（完全グラフ）になる．下限では，すべての遺跡を最短距離で結んだ状態（最小木）[6] となる．つまり，k が大きくなるに従って $G(k)$ は，完全グラフから中間状態を経て最小木まで変化する．上述の条件のもとで求まる $G(k)$ は，適当な中間状態となる．

以上のようにして推定した k を用いて求めた文物移動流ネットワークは，産地 s_c からの直接路を除いて，他の路はすべて真部分として $G(k)$ に含まれる．

3. 弥生時代中期の石材移動

弥生時代中期の畿内における石器石材の移動に文物移動流ネットワークモデルを適用した．対象とした遺跡の集りは，図 6 に示す 54 カ所である．産地としては，石器石材（サヌカイト）の産地である二上山とし

た．図6において背景の地図は，垂直移動距離を算定に用いる3次元地形データを用いて描いた標高別段彩図[2]である．

産地および集落遺跡の位置は，教育委員会等が発行した遺跡調査報告書および建設省国土地理院発行の2万5千分の1の地形図をもとに計測した．計測に当たっては遺跡を囲む内接円を想定し，その中心点の緯度・経度で表した．

(1) k の推定

図6の54カ所について k を制御し，直接路が交差せずに直接路の数が最大となる状態の集落ネットワーク $G(k)$ を**図7**に示す．図7に描かれている直接路は90本，設定された k は0.45であった．この結果から推定値として $k=0.45$ を採用する．

(2) 石材の文物移動流ネットワーク

(1) で求めた k を用いて石器石材の文物移動流ネットワークを求めた結果を**図8**に示す．図8で赤丸は産地である二上山を表す．二上山から各遺跡の経路は1通りであり，二上山から遺跡への流れを追うことができる．図8に描かれている直接路は55本で，その内3本が産地から経路である（残り52本は図7の真部分である）．

4. 考古学的知見との比較

図8に示した結果は，遺跡位置から算出した空間移動距離に基づき描いたものである．空間移動距離は地理的条件を集約した値として設定している．すなわち，図8は，地理的要素のみによって描いたネットワークである．ここで，考古学的知見に基づき描かれたネットワークと比較し，文物移動流ネットワークモデルの妥当性を検討する．

考古学において弥生時代中期の近畿地方中央部の社会構造および石材の移動に関する酒井の研究が有名である．その研究報告[9)~11)]では，集落遺跡および遺物を分析し，拠点集落の存在とその相互関係をネットワークとして示し，石材の移動方向を明らかにしている（**図9**）．さらに，文献11) においてサヌカイトの移動（産地：二上山）について，「畿内地域中央部に産する打製石器用のサヌカイトは，喜志や国府の拠点集落を経て，河内–和歌山線帯の諸集落を通じて南方へ，河内–摂津東部線帯や摂津–山城線帯を通じて北方各地へ，また竹之内集落を経て大和面帯の諸集落に伝えられた」と述べている．ここで述べられている線帯とは，狭長な河谷平野や海岸平野に列状に分布する拠点集落の配置状況をいう．これに対して，盆地や広い底地帯に認められる面的な拠点集落の分布状況を面帯と呼んでいる．

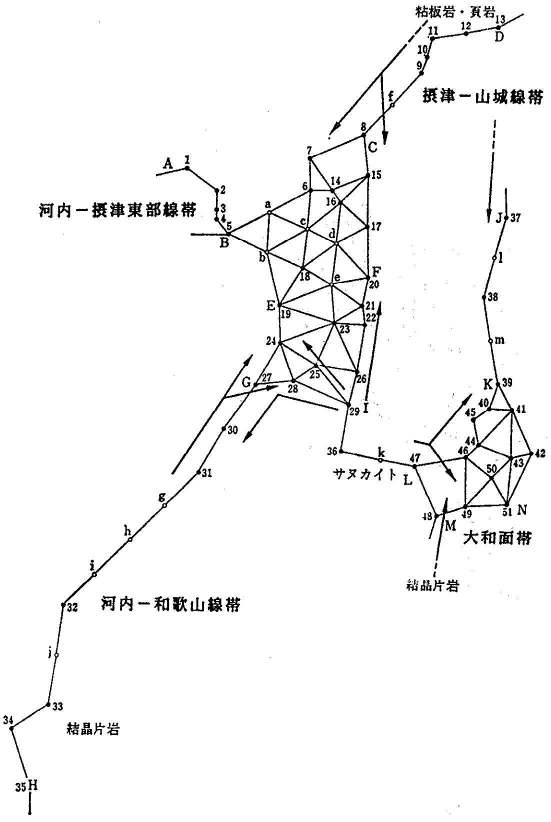


図9 弥生時代中期の拠点集落遺跡間の石器石材移動経路推定[11)]
図中の番号と図6の番号は一致しない．k が二上山である．他のアルファベットは，仮想遺跡である

Fig. 9 Estimation of the transfer routes of stone materials between the village sites in the Middle Yoyoi Period in Kinki area.

本稿で用いた図6の遺跡は，文献11) に示された拠点集落遺跡である．上述の酒井の研究内容と図8に示した石器石材の移動流ネットワークと比較すると，38. 喜志遺跡の位置づけを除き，ほぼ合致している．また，パラメータ k の推定に用いた集落ネットワークは，酒井の石器石材移動経路のネットワークと大枠においてよく一致している．

図8を描く際には，産地と各遺跡間について式 (2) に準じた負担の計算を行っている．産地から各遺跡への主路についての負担と準主路（主路の次に負担が小さい経路）についての負担を比較すると，図7で線的配置にある遺跡と面的配置にある遺跡では，その値に顕著な差が認めれた．線的配置にある遺跡では，10% 以上の差があるのに対して，面的配置にある遺跡では 2% 以下であった．これは，線的配置にある遺跡は水

平移動距離の大きい遺跡間の経路を含み，準主路が他の経路を選択する場合，水平移動距離の増加に加え垂直移動距離が大幅に増加するためと考えられる．一方，面的配置にある遺跡では，準主路が同じ面的配置関係にある遺跡を経由するものであり，水平，垂直ともに移動距離は大きく変わらないためと思われる．このことは，線的配置にある遺跡間では，ネットワークに示された経路で石材が順次移動した可能性が高いが，面的にある遺跡の集団域ではほとんど同時（同等）に石材を入手できる状況にあったのではないかと考えられる．

5. おわりに

本稿では，文物の移動経路を移動にともなう負担の観点からモデル化し，文物移動流ネットワーク導出について述べた．負担の算定は移動距離に着目して行った．具体的には，水平移動距離に加えて 3 次元地形データを利用した垂直移動距離をも参照した．また，具体的な集落遺跡の実データに基づいて石器石材の文物移動流ネットワークを導出して考古学的知見との比較を行い，モデルの有意性について考察した．

本稿で実験的に導いたネットワークが往時の文物の移動経路そのものであるかどうかについてはもちろん考古学的検討が必要である．冒頭でも述べたように本稿のモデルは，マクロな意味での文物の移動経路の推定をめざしたものであって，具体的な道路の探索を目的としたものではない．特に，地理的要因という視点のみから古代文物の移動経路を探る試みであり，考古学者が想定する経路に 1 つの傍証を与える方法を示したといえる．導出されたネットワークがいわゆる考古学とはまったく異なった見地から構成したものでありながら，1 つの事例に関して考古学的手法による結果と良い一致が見られたことは注目に値する．

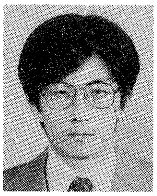
本モデルをさらに発展させるためには，個々の遺物と遺跡の詳細をデータベース化し，負担を多角的に定義できる状況を整備することが必要であろう．一方，石器石材に関する考古学的知見として，原材流通，半完成品流通，製品流通といった流通形態の存在や産地から遠ざかるにつれ，製品が小型化する傾向などが指摘されている．これらの知見を取り込んだ，より流通の実態に即したモデルへの展開も必要であろう．さらに一般論としては，遺物や遺跡に関する考古学データベースの構築やそれを活用するシステム，特に考古学者自身の使用を想定した多彩な研究支援システムの開発が望まれる．

本研究の一部は，文部省科学研究費補助金（特定領域研究 (A) No.07207119）による．

参考文献

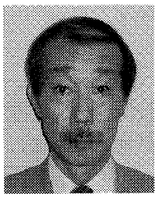
1) 種定淳介：加古川と由良川，生産と流通の考古学，pp.395–416, 横山浩一先生退官記念事業会，福岡 (1989).
2) 建設省国土地理院（監修）：数値地図ユーザスガイド，p.494, 日本地図センター，東京 (1992).
3) 加藤常員，小林博昭，小沢一雅，今枝国之助：伝播負担関数による文化の伝播路の抽出，情報処理学会論文誌，Vol.29, No.4, pp.418–428 (1988).
4) 加藤常員，小沢一雅，今枝国之助：集落遺跡間ネットワークのモデル化，情報処理学会人文科学とコンピュータ研究会報告，89-CH-3-4 (1989).
5) 加藤常員：凸関数により重みを変換した際の最短路問題に関する一考察，第 38 回情報処理学会全国大会論文集，pp.75–76 (1989).
6) Hu, T.C.: Shortest paths, *Combinatorial Algorithms*, pp.1–39, Addison-Wesley, Reading (1982).
7) Spira, P.M.: A new algorithm for finding all shortest paths in a graph of positive arcs in average time O (n2log2n), *SIAM J. Computing*, Vol.2, No.1, pp.28–32 (1973).
8) 安居院猛，中島正之：コンピュータ画像処理，pp.60–64, 産報出版，東京 (1979).
9) 酒井龍一：弥生時代,「図説 発掘が語る日本史」，第 4 巻（近畿編），pp.84–121, 新人物往来社，東京 (1985).
10) 酒井龍一：弥生時代中期・畿内社会の構造とセトルメントシステム，文化財学報，第四集，pp.19–37, 奈良大学 (1984).
11) 酒井龍一：石材の動き,「弥生文化の研究 7」，pp.98–102, 雄山閣，東京 (1986).

(平成 10 年 8 月 31 日受付)
(平成 10 年 11 月 9 日採録)



加藤 常員（正会員）

昭和 33 年生．昭和 57 年大阪電気通信大学工学部経営工学科卒業．昭和 57～59 年ミネベア（株）勤務．平成元年岡山理科大学大学院理学研究科博士課程修了．理学博士．昭和 63～平成 2 年日本学術振興会特別研究員．平成 2 年大阪電気通信大学短期大学部講師，平成 10 年同大学工学部第 2 部電子工学科助教授，現在に至る．情報処理技術の考古学への応用研究に従事．



小沢 一雅（正会員）

昭和 17 年生．昭和 41 年大阪大学基礎工学部電気工学科卒業．昭和 47 年同大学院博士課程修了．工学博士．同年大阪電気通信大学工学部講師．昭和 54 年同教授．平成 2 年同大学院担当（情報工学）．平成 7 年同大学情報工学部教授．同学部長．レーザ OCR の研究を経て，パターン認識，コンピュータ考古学等の研究に従事．電子情報通信学会，IEEE，英国 BMVA，CAA 各会員．著書「情報理論の基礎」（国民科学社），「数理考古学入門」（共訳：雄山閣），「前方後円墳の数理」（雄山閣），「考古学における層位学入門」（単訳：雄山閣），「パターン情報数学」（森北出版）．