

3次元地形データを用いた考古学的仮説の実験的検討

加藤 常員[†] 小沢 一雅^{††}

考古学において地理情報は研究の基軸をなす情報である。遺跡の位置や遺物の出土地など地理情報は従来から記録されてきた。それらの多くは、所在地名などのテキスト情報か、せいぜい分布図程度の取扱いにとどまっている。一方、3次元地理情報の導入は、その測定が難しいことや膨大なデータ量と処理時間が必要となることから例外を除いて一般化していない。しかしながら、3次元地理情報処理に関する技術環境が昨今著しく進歩するとともに、3次元の地勢データや地図データも容易に入手できるようになった。いよいよ考古学研究に3次元地理情報を活用する時代になったといえる。本稿では、3次元地形データを用いて高地性集落遺跡と呼ばれる遺跡についての仮説の検証を試みる。高地性集落は弥生時代の集落遺跡の1つであり、その用途について、古代のノロシ通信施設であったとする仮説がある。この仮説に対して、3次元地形データを用いてコンピュータ内に地形空間を生成し、生成した地形空間上で2遺跡間が可視かどうかを判定するシミュレーションを行う。また、一部の遺跡群について行われた考古学者によるノロシ通信のフィールド実験と本シミュレーションとの対比を行う。シミュレーションの結果から即、ノロシ通信が可能であったかどうかを結論づけるものではないが、仮説に対する1つの傍証を与えることができる。シミュレーションに先立ち、高地性集落遺跡のデータベース化を行った。データベースの概要についても簡潔に紹介する。

Experimental Verification of a Hypothesis in Archaeology Based on the 3-dimensional Digital Terrain Data

TUNEKAZU KATO[†] and KAZUMASA OZAWA^{††}

Geographical data are very important in archaeological study. Most of the geographical data which have been recorded so far include positions of sites and remains. These have been represented by characters, texts or two-dimensional distribution maps. Three-dimensional geographical data have never been introduced because they need a huge amount of memory space and computing time. In recent days, technical environment for geographical information system (GIS) have rapidly been improved and three-dimensional geographical data can easily be obtained, so that we can introduce them into archaeological study. This paper presents an experimental verification of a hypothesis in archaeology by use of the three-dimensional geographical data. The hypothesis is that the hill-forts were built for ancient beacon telecommunication. These sites lived between the Middle Yayoi Period and the Late Yayoi Period (100AD-300AD). We built a terrain space in computer, in which our experiment has been done for evaluating visibilities between sites. Although our experiment can not directly provide a proof of the hypothesis, it has indicated that GIS will be a useful tool to support a type of model-based reasoning in archaeology.

1. はじめに

地理情報処理が近年、比較的容易に行えるようになった。その背景にはコンピュータの処理能力の飛躍的な増大に加え、デジタル化された3次元の地勢データや地図データが容易に入手できるようになった

ことがある。

地理情報は、考古学にとって重要な情報である。考古学は発掘により検出される事物によって、時間と空間を背景にして過去を復元する科学である。考古学において従来から採用されてきた地理情報の形態の多くは、テキストあるいは地図上に示された点や線や面に限られてきた。たとえば、遺跡の所在地や遺物の出土地の地名表や分布図などである。

昨今、考古学研究のために3次元地理情報を有効に利用できるようになったことを背景として、本稿では、3次元地形データを用いて高地性集落遺跡と呼ばれる遺跡についての仮説の検証を試みる。

[†] 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

高地性集落遺跡は弥生時代の集落跡の1つであり、その用途について、古代のノロシ通信施設であったとする仮説がある^{1)~4)}。高地性集落遺跡がノロシ通信施設であったことを検証するために、考古学者は遺跡に足を運び、実際にノロシを揚げる通信実験を行った。こうしたフィールド実験は、遺跡間のノロシ通信の可能性の確認を目的としたものであるが、実際上多くの労力を要し、遺跡数もおのずと限られる。

本稿で示す検証実験とは、ノロシ通信の可能性を3次元地形データをもとにコンピュータ内に生成した地形空間上で考古学者が行ったフィールド実験と同様の判定を行うシミュレーションである^{5),6)}。考古学者がフィールド実験⁴⁾で検証した同じ遺跡群についてのシミュレーションでは、フィールド実験の結果とよく合致した結果を得ている。一般論として、本稿で述べるシミュレーションの結果から即、現実にはノロシ通信が可能であったかどうか結論づけられるものではない。本研究の目的は、仮説に対する1つの傍証を与えようとするものである。

2. ノロシ通信施設仮説と基本データ

2.1 ノロシ通信施設仮説

弥生時代は我が国に水稻農耕が定着し、農耕社会が形成された時代である。生活の基盤は農耕であり、集落は耕地と密接に関係していたと考えられる。弥生時代の集落遺跡の多くは、低台地上や沖積地の自然堤防上など微高地に存在する。ところが、弥生時代中期から後期かけて西日本を中心に標高100m、時には300mを超える高所に居を構える高地性集落遺跡と呼ばれる集落跡が検出されている。水稻農耕には不便な場所に集落が営まれているといえる。高地性集落は微高地に営まれた集落とは区別され、集落設営の目的や機能について焼畑説、洪水回避説、祭祀場説、軍事施設説などいろいろな説がある^{2),3)}。

高地性集落に固有な特徴は、文字どおり「高い」という、眺望の良い立地に設けられている点である。すなわち、見通しのきく高所から「見張る」こと、それによって得られる情報を「伝える」ことに最良な立地である。また、高地性集落が営まれた時期は、中国の史書が「倭国大乱」として伝える軍事的緊張があった時代にあたる。これらのことから高地性集落は、軍事通信用のノロシ施設であったとする説が生まれたとみられる。

高地性集落遺跡がノロシ通信施設であったことを検証するため、淀川水系の14カ所の高地性集落遺跡について現地踏査と実際にタイヤを燃やしノロシを揚げ

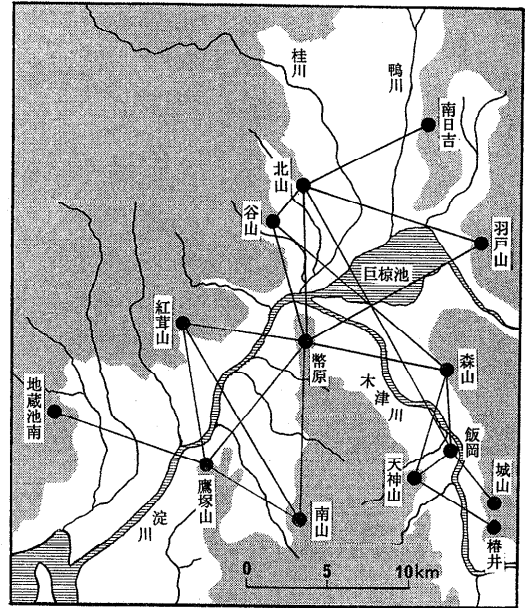


図1 フィールド実験で推定される高地性集落遺跡の可視ネットワーク⁴⁾

Fig. 1 Visibility network over the ancient hill-forts estimated by a field experiment.

るフィールド実験が実施されている⁴⁾。その結果は、図1のような可視ネットワークとしてまとめられている。

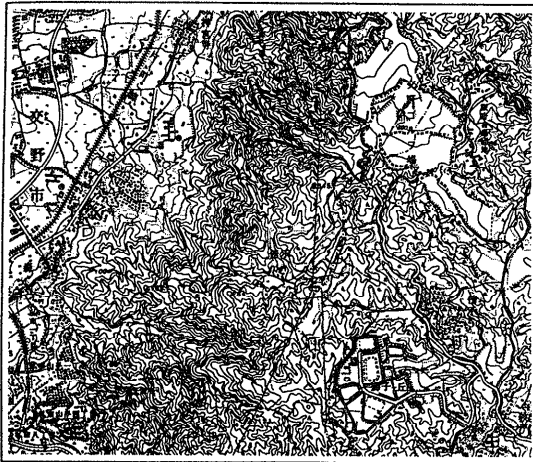
2.2 ノロシ通信施設仮説の検証の基本方針

本稿で試みる仮説の検証とは、遺跡間でノロシ通信が可能であったか否かであり、高地性集落が通信施設であったかどうかではない。すなわち、「仮にノロシ通信施設が設けられていたならば、ノロシ通信が可能か」を検証しようとするものである。こうした意味での通信可能性は、遺跡間で見通せるか否かで判定される。当然、判定結果が仮説の成否にただちに結び付くものではない。判定は、仮説に対する1つの傍証(十分条件)を与えるものにすぎない。ノロシ通信の可能性の最終的判断には、考古学的検証が必要であろう。

本稿のシミュレーションによる検証は、2遺跡を結ぶ空間直線(可視線)を遮る地形的障害の有無の判定を通じて行われる。すなわち、すべての2遺跡の組合せに対して相互に可視かどうかの判定を行う。この判定に必要なデータは、遺跡の位置情報(緯度・経度)とその位置の標高値、2遺跡間を結ぶ可視線の通過地点における標高値およびその点に対応する地形の標高値である。

2.3 高地性集落遺跡データ

高地性集落遺跡に関する原資料は、文献7)の「高



遺跡番号	5	遺跡名	南山(鍋塚)遺跡	旧国名	河内国
所在地	交野市大字寺				
出現の文化小期	弥生後期(第V様式)	V	消滅の文化小期	弥生後期(第V様式)	V
標高	230m	比高	180m	地貌	山腹
位置・地形の特色	示勢山の南230mの頂上付近から山腹にかけて立地。				
集落跡の特質と遺物の特色					
集落跡態とその変遷	小規模で見張り場的				
文献	片山美三『交野町史』1963 正岡久重『鍋塚弥生式遺跡緊急調査報告』男志社考古 1961				
作成者氏名	森 浩一・額川芳則			図幅名	牧方

5152.048 500

図2 高地性集落遺跡・遺跡台帳⁷⁾(南山(鍋山)遺跡:大阪府交野市)

Fig. 2 An example of the data list of a hill-fort site.

地性集落の研究・資料編」を主に用いた。文献7)は、図2に示すような様式の遺跡台帳を掲載している。この遺跡台帳から表1に示すような11項目をデータ化した。データ化した遺跡位置の緯度・経度は、図2の地図部分から遺跡位置を2万5千分の1の地形図に転記し、対象遺跡全域を覆う最小の円の中心座標をデジタイザーで読み込み、緯度・経度に変換した値である。他の項目は、図2の記載内容をそのままデータ化した。なお、文献7)には、図1に示されている遺跡のうち、羽戸山遺跡、森山遺跡、北山遺跡、城山遺跡、谷山遺跡、南日吉町遺跡が掲載されていない。これら遺跡については、発掘調査報告書、全国遺跡地図⁸⁾などを参照し、同様に項目をデータ化した。現在までにデータ化した遺跡の総件数は581件である。以下、このデータを格納したファイルを単に遺跡ファイルと呼ぶことにする。

2.4 標高データ

標高のデータは、建設省国土地理院が作成した国土

表1 高地性集落遺跡データ項目

Table 1 List of data items of a hill-fort site.

順番	項目名	バイト数	備考
1	都道府県コード	2	J I S
2	市町村コード	3	J I S
3	郡コード	2	自治省
4	遺跡番号	5	※1
5	遺跡区分コード	3	
6	遺跡位置緯度	7	※2
7	遺跡位置経度	7	※2
8	遺跡位置標高[m]	4	
9	遺跡名(カナ)	50	
10	遺跡規模[m]	5	※3
11	代表文化小期コード	4	※4

- ※1 都道府県・遺跡区分ごとの通し番号
- ※2 遺跡の中心位置(※3の円の中心)
- ※3 対象遺跡全域を覆う最小の円の直径
- ※4 遺跡の隆盛期または出現期の文化小期

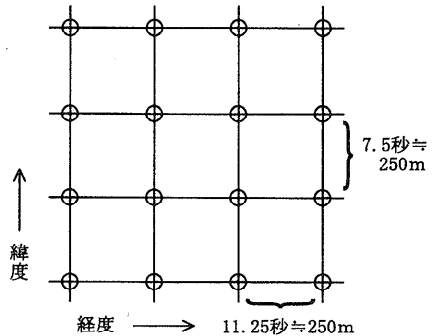


図3 標高データ・格子点位置

Fig. 3 The grid structure of the digital terrain model.

数值情報・標高ファイル(ks-110-1)⁹⁾の内容を一部改編して用いた。国土数值情報・標高ファイルは、緯度・経度で区画された約250m(緯度方向7.5秒、経度方向11.25秒)★間隔の格子点位置の標高が格納されている(図3参照)。区画の基準は、国土数值情報共通のもので一意的に位置を決定できる。格子点の位置が海、川、湖沼などの場合には、標高ではなく海などを表すコードが格納されている。

標高ファイルに格納されたデータは、いうまでなく、現在の地形である。本研究では、本来、往時の古地形を考える必要があろう。しかしながら、ここ2000年間の地形の変動は、おおむね地震などによる局所的な

★北緯35°近辺の地域(関西地域)では、緯度方向距離は約284.6m、経度方向距離は約231.6mとなる。

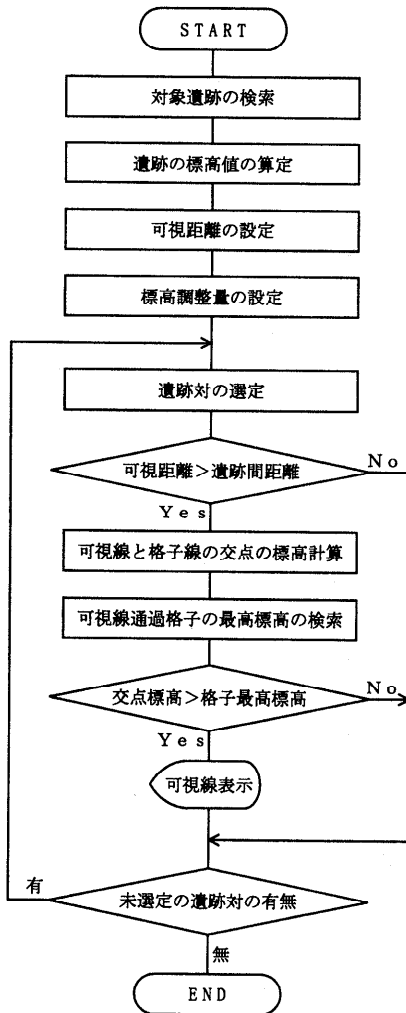


図4 ノロシ通信可能性の判定処理の流れ
Fig. 4 Flow chart of the process for visibility examination between sites.

変化にとどまるものと見なし、現地形をそのまま用いても本質的な影響はないと仮定している。

3. ノロシ通信可能性の判定

2遺跡間の可視性の判定を行うにあたり、2つのパラメータ、すなわち可視距離と標高調整量を導入する。ノロシ通信可能性の判定処理の流れを図4に示す。図4の各処理の概要を以下に述べる。

(1) 対象となる遺跡の検索

遺跡ファイルからQBE (Query By Example) 方式¹⁰⁾により対象の遺跡群を検索する。指定できる項目は、都道府県、遺跡区分、緯度・経度 (または図幅名)、標高、文化小期 (時期)、遺跡名である。緯度・経度、標高、文化小期については、範囲 (上限, 下限)

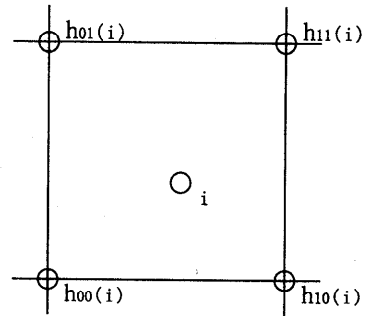


図5 遺跡*i*を取り囲む4格子点位置
Fig. 5 Four grid points around a site "i".

で指定し、遺跡名については、遺跡名称の全部または一部 (部分一致) を指定する。

(2) 遺跡の標高値の算定

遺跡ファイルの格納されている原資料からデータ化した遺跡の標高値は、少なくとも次の2つの理由からそのまま採用することができない。1つは、原資料に記載されている標高値が遺跡のどの地点の標高値であるかが不明である。もう1つは、原資料に記載されている標高値と可視性の判定に用いる標高ファイルの標高値との整合が十分にとれない。すなわち、標高ファイルに格納されている遺跡 (データ化した位置) を囲む4つの格子点位置の最高標高値または最小標高値と原資料に記載されている標高値との隔たりが大きすぎる。そこで、遺跡*i*、その標高値を*h(i)*として以下のように算定する。

遺跡*i*を取り囲む4つの格子点位置の標高ファイルでの標高値を*h₀₀(i)*、*h₀₁(i)*、*h₁₀(i)*、*h₁₁(i)*とするとき、

$$h(i) = \max\{h_{00}(i), h_{01}(i), h_{10}(i), h_{11}(i)\} \quad (1)$$

とする (図5参照)。ここで $\max\{\cdot\}$ は最大値検索の関数である。

(3) 可視距離の設定

可視性を判定する第1の条件は、遺跡間の距離が肉眼で定常的に見通せる距離 (可視距離) よりも小さいことである。可視距離は、季節や気象条件により大きく異なるが、遺跡間で安定したノロシ通信を行うためには、確実にノロシを判定できる距離に遺跡が存在する必要があるものと考えられる。可視性の判定を制御するパラメータとして、可視距離*d*を定める。

(4) 標高調整の処理

標高データに基づいた可視性を考えるにあたっては、本質的に解決が困難な不確定要因がいくつかある。

まず、ノロシ通信を想定すると、広がりを持った遺跡のどの位置でノロシを観測し、どの場所でノロシを

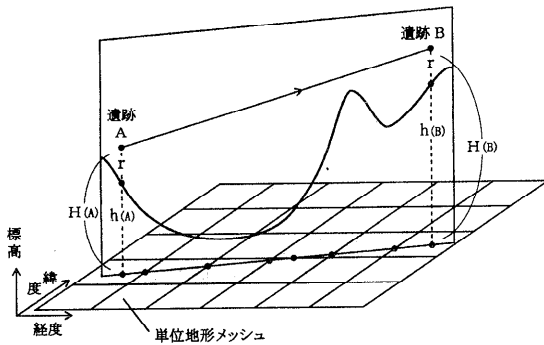


図 6 可能性の判定の概念図

Fig. 6 Conceptual sketch of visibility examination between sites.

揚げたのかという考古学的物証にかかわる不確定要因がある。一方、遺跡の立地や周辺の植性、あるいは植性の季節変動など、それぞれの遺跡ごとに異なる古環境についての不確定要因もある。さらに、前述のような手続きで導かれる標高値にも必然的に量子化誤差が含まれる。

こうした不確定要因を取り除くことは、残念ながら本質的に不可能といわざるをえない。したがって、遺跡間の可視性の判定にあたっては、さまざまな不確定要因を包含したままで、できるかぎり有意な結果を導ける現実的な方法を導入しなければならない。本稿では、以下のような標高調整という手法を導入して、この問題に対応することとした。

本稿の主旨から可視性の判定においては、可視を不可視とする誤判定よりも、不可視を可視と判定する誤りの方が許容される。そこで標高値 $h(i)$ を嵩上げし、前者の誤りを避ける。嵩上げる量を標高調整量と名づけ、パラメータ r として事前に与える。可視性の判定に用いる遺跡の標高値 $H(i)$ は、

$$H(i) = h(i) + r \quad (2)$$

のように調整する。なお、標高調整は全遺跡に対して均等に行う。

(5) 可視性の判定

可視性の判定は、以下の step 1 から step 3 の処理により行う (図 6 参照)。

Step 1 遺跡対の選定と可視線の設定

遺跡ファイルから遺跡の対 (i, j) を選定する。選定された 2 遺跡の位置 (緯度・経度) より遺跡間の距離 d_{ij} を計算し、

$$d > d_{ij} \quad (3)$$

の判定を行う。式 (3) が真となる対 (i, j) に対して、両者の標高値 $H(i), H(j)$ から遺跡間を結ぶ

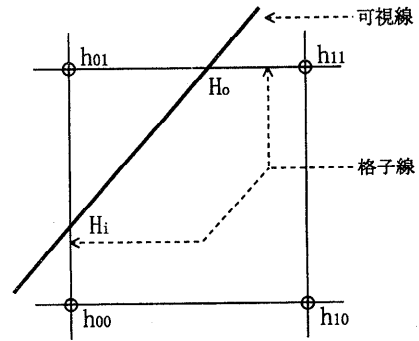


図 7 通過格子の可視可能性。 $h_{00}, h_{01}, h_{11}, h_{10}$: 格子点の標高値, H_i, H_o : 交点の標高値, $h \max = \max\{h_{00}, h_{01}, h_{11}, h_{10}\}$, ($h \max < H_i$) and ($h \max < H_o$) → 可視

Fig. 7 Visibility examination of a visual line passing through a grid.

空間直線 (可視線) を設定する。この可視線を緯度・経度平面に投影して平面直線と標高ファイルで採用されている区画の格子線との交点を求める。この交点に対して、両者の標高値 $H(i), H(j)$ から線形補間することで交点の標高値を決定する。

Step 2 可視線通過格子の最高標高の検索

可視線が通過する格子は、可視線を緯度・経度平面に投影した平面直線が通過する格子である。この格子は、8 連接¹¹⁾で採択する。通過する各格子に対して標高ファイルから格子の 4 頂点の標高を検索し、その最高標高値をもって格子の標高値とする。

Step 3 交点の標高値と格子の標高値の比較

通過格子の標高値とその格子の格子線と可視線の交点の標高値とを比較し、交点の標高値が格子の最高標高値よりも大きければ、その格子を可視と判定する。判定は、格子の入口と出口の 2 回行う (図 7 参照)。2 遺跡間を結ぶ可視線に対して、通過するすべての格子が可視であるとき、2 遺跡間は可視と判定する。

未選定の遺跡対があれば Step 1 に戻る。なければ、終了する。

上記の判定の手続きにおける、可視線の緯度・経度平面への投影に関して、投影された直線が通過する格子と大圏距離 (地球面上の最短距離) での線分が通過する格子のずれが、一般的に問題となる。本計算方法における線歪曲、角歪曲の解析¹²⁾を行った結果からすれば、対象とする距離範囲 (20 km 程度) で発生する格子のずれは、たかだか 1 格子の範囲におさまることを確認しており、本稿の近似方式が当該スケールでは有効と考えている。

(6) ノロシ通信可能ネットワークの表示

標高ファイルに格納されている標高値から作成した標高彩色地図上に対象の遺跡をプロットし、可視と判定された遺跡間を直線で結び、ノロシ通信可能ネットワークを表示する。

4. ノロシ通信可能性実験の概要

3章で述べた遺跡間のノロシ通信可能性の判定処理の手順に従って以下の3種類の実験を行った。

(1) パラメータ推定 (補助実験)

2つのパラメータ、可視距離 d および標高調整量 r の値を図1の14カ所の各遺跡の可視関係から推定する。

可視距離 d は、図1で接続されている遺跡間の距離 $\{d_{ij}\}$ を求め、それらの平均値 \bar{d} と標準偏差 σ_d を計算し、

$$d = \bar{d} + \sigma_d \quad (4)$$

なる推定式によって定める。

標高調整量 r については、まず各遺跡ごとに図1で接続されている遺跡との間で可視と判定される最小の標高調整量を実験的に探索する。探索する方法は、3章の手順で可視距離 d を遺跡 i に接続されている遺跡との最大距離に設定し、接続されている遺跡と可視性の判定がすべて可視となるよう調整標高量を適当に換えながら試行を繰り返し、遺跡 i についての最小の標高調整量 $r(i)$ を探索する。すべての遺跡についての $\{r(i)\}$ を求め、次にその平均値 \bar{r} および標準偏差 σ_r を用いて

$$r = \bar{r} + \sigma_r \quad (5)$$

なる推定値を得る。

もちろん、平均値に標準偏差を加えたものを推定値とする明確な証拠はない。ただし、通信が組織的にあるいは制度的に行われるためには、一定の規格のもとに通信施設が整備されていたと考えられる。ここでは、その標準値を平均値、許容範囲を標準偏差と想定し、最大許容値を推定値とした。この推定値は、あくまでも以下の実験においてパラメータを設定する目安を与える。

(2) 通信可能性検証実験

(1)の方法で得られた推定値を用いて、図1の14カ所の遺跡間の可視性を判定し、ノロシ通信可能ネットワークを描く。また、推定値の信頼性に関して、推定値に多少の変動を加えてパラメータを用いてネットワークを生成し、ノロシ通信可能ネットワークを維持するパラメータの範囲を確認する。

(3) 通信可能性推測実験

弥生時代中期から後期にかけての河内湾（大阪湾）

から播磨灘にかけての周辺地域の101遺跡を遺跡ファイルから検索し、ノロシ通信可能ネットワークを求める推測実験を行う。具体的には、東経 $133^{\circ}54'00''$ 、北緯 $34^{\circ}20'00''$ と東経 $135^{\circ}54'00''$ 、北緯 $35^{\circ}00'00''$ を対角頂点とする約 $160 \text{ km} \times 80 \text{ km}$ 四方の地域で、文化小期が弥生時代中期 III から弥生時代後期 V の間に含まれる遺跡である。(2)と同様に(1)で得られた推定値を用いてネットワークを求める。

5. ノロシ通信可能性実験の結果

(1) パラメータ推定

図1にあげられている14カ所の遺跡を検索する。図8は、QBE方式より検索した画面である。図9は、南山遺跡からの可視判定結果（可視線を赤色の線で示す）に可視と判定遺跡リストが重畳的に表示された画面である。

表2は、各遺跡から可視関係（行項目の遺跡[始点遺跡]から列項目の遺跡[終点遺跡]への可視性）をまとめたものである。表2において標高調整量は、図1における各遺跡からの可視関係を保持する状態を得る最小値である。表内の値は、各遺跡の標高調整量で可視と判定された遺跡間の距離*を示している（空白部分は不可視と判定）。なお、網かけの部分は図1では可視線で結ばれていないが実験では可視と判定されたものを表す。

表2より14カ所のすべて遺跡について図1の可視関係にある遺跡間の距離の平均値は、8.27 km、標準偏差は4.03 kmであり、可視距離の推定値は、12.30 kmとなる。また、標高調整量の平均値は19.71 m、標準偏差は10.50 mである。標高調整量の推定は、30.21 mとなる（以下の実験では整数値であるので30 mを用いる）。

(2) 通信可能性検証実験

図10は、(1)の推定値を用いて図1の遺跡について通信可能性検証実験を行った結果の表示画面である。図10に赤色で引かれた可視線数は24本で、図1に対して共通な可視線は16本、欠落が5本、追加が8本となっている。また、この状態を維持するパラメータの範囲は、可視距離が12.25~12.30 km、調整標高量は、26~30 mであった。

* 距離計算は、簡単のため緯度方向7.5秒、経度方向11.25秒を250 mとして、算出した概算値を用いている。可視性の判定に、実質的に影響を与えるのは、地形が視線を遮蔽するかどうかであって、可視距離の設定は、こうした判定を行う範囲をあらかじめ制約する役割をになっている。実験結果からみた場合、距離に関して概算値を用いても、支障はないと判断している。

4次元歴史空間システム = QBE 検索 =				東海DB.ase	
条件集合1	条件集合2	条件集合3	条件集合4		
高野町見 遺跡区分	大坂府 高野町遺跡	大坂府 高野町遺跡	京都府 高野町遺跡		
緯度	34.4900	34.4900	34.4900		
経度	135.3800	135.3750	135.3600		
遺跡規模					
高さ		350			
文化小期	弥生中期Ⅱ	弥生中期Ⅱ	弥生中期Ⅱ		
遺跡名 (部分文字 列一致)	イケ	ヤマ			
				検索実行	ファイル
				かゝ表示	地形表示
				ノロシ	終了

図 8 QBE 検査画面

Fig. 8 QBE-based inquiry table.

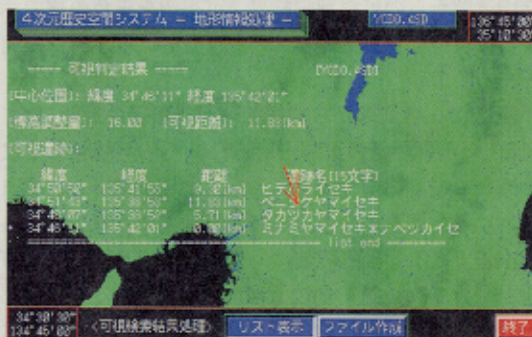


図 9 南山遺跡からの可視遺跡リスト画面

Fig. 9 Visible sites from the Minamiyama site and data list superimposed to the display image presented by GIS-assisted examination of visibility.

(3) 通信可能性推測実験

図 11 に (1) の推定値を用いて行った推測実験の結果を示す。ここで対象とした遺跡数は 101 遺跡、可視性の判定回数は 5050 回で可視と判定され、描かれている可視線は 375 本である。

6. 実験結果に関する考察

(1) パラメータ推定に関する考察

各遺跡からの可視関係としては、図 1 とほぼ同じ結果が得られた。図 1 にさらに付加された可視線が現れる場合は、比較的長距離間（北山遺跡-飯岡遺跡、谷山遺跡-森山遺跡）を見通す遺跡を含むか、または逆に近距離（飯岡遺跡-天神山遺跡、飯岡遺跡-城山遺跡）を見通す遺跡を含む場合である（表 2 の網かけ部分）。長距離のものは、川（平地）を挟む対岸の遺跡との可視判定となるため、山腹に存在する遺跡は可視と判定されやすい傾向が現れるためと考えられる。一方、近距離の遺跡については、山沿いの遺跡を可視と判定する必要があるため、かなり大きな標高調整量の設定を

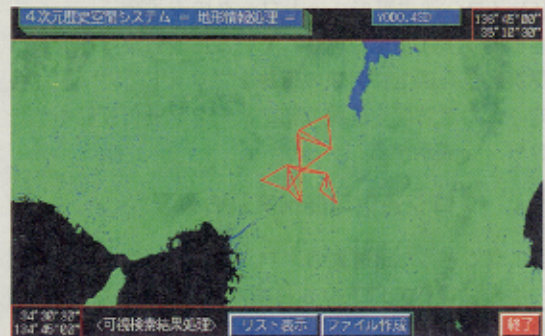


図 10 淀川水系の遺跡のノロシ通信可能ネットワーク表示画面

Fig. 10 Detected beacon telecommunication network over the 14 sites along Yodo River.

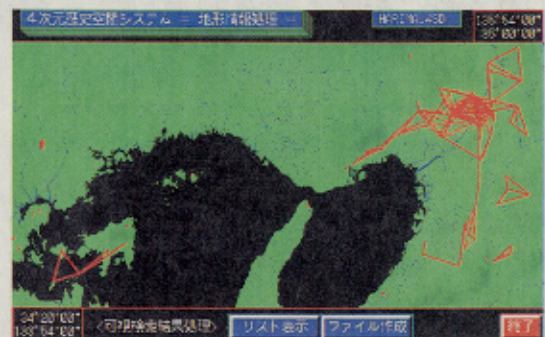


図 11 ノロシ通信可能ネットワーク表示画面

Fig. 11 Detected beacon telecommunication network over the 101 sites.

行う必要があり、そのため余分に可視と判定される遺跡が現れるとみられる。いずれの場合も遺跡位置および可視線の設定の方法に依存するので、標高調整量の意味合いを含めさらに検討の余地がある。

推定したパラメータ値は、以上の考察からやや大きめの値になっていると思われる。とくに、標高調整量は遺跡の立地に深くかわり、遺跡が険しい場所（急峻な場所）にあれば、かなり大きな値を指定する必要があると考えられる。その結果として推定値も大きくなる。

(2) 通信可能性検証実験の結果に関する考察

図 10 では、図 1 とほぼ同じ状態が得られている。図 1 に対して、図 10 では欠落した可視線が 5 本、付加された可視線が 8 本ある（図 12 参照）。欠落した 5 本の可視線は、(1) の実験で付加された可視線が現れた遺跡（北山遺跡、谷山遺跡、森山遺跡、飯岡遺跡、天神山遺跡、城山遺跡、椿井遺跡）がかかわる。すなわち、(1) の実験の際、推定値よりも大きなパラメータで図 1 の可視関係が得られた遺跡では、推定値をそのまま適用すると欠落する可視線が現れるものと考え

表2 図1の14カ所の遺跡について同じ可視関係を与えるパラメータ値
Table 2 Values for the parameters providing the same network as Fig.1 given by the field experiment.

始点遺跡名	終点遺跡名	南日吉	羽戸山	森山	北山	谷山	幣原	飯岡	天神山	城山	椿井	紅茸山	鷹塚山	地藏池南	南山
1 南日吉	15	—			9.66										
2 羽戸山	0		—		11.42		11.47								
3 森山	7			—		14.12	7.89	4.40	5.46						
4 北山	17	9.66	11.42	15.43	—	1.82	12.25	18.37							
5 谷山	26		10.91	14.12	1.82	—	10.47								
6 幣原	26		11.47	7.89	12.25	10.47	—					4.41	6.79		9.30
7 飯岡	31			4.40	18.37	17.70		—	1.75	4.92					
8 天神山	31			5.46				1.75	—	5.48	6.05				
9 城山	31							4.92		—	0.67				
10 椿井	31								6.05	0.67	—				
11 紅茸山	1						4.41					—	7.20		11.83
12 鷹塚山	22						6.79					7.20	—	8.38	5.71
13 地藏池南	22											8.38	—		
14 南山	16						9.30					11.83	5.71	—	

※ 距離については、緯度7.5秒を250m、経度11.25秒を250mとして算定した。

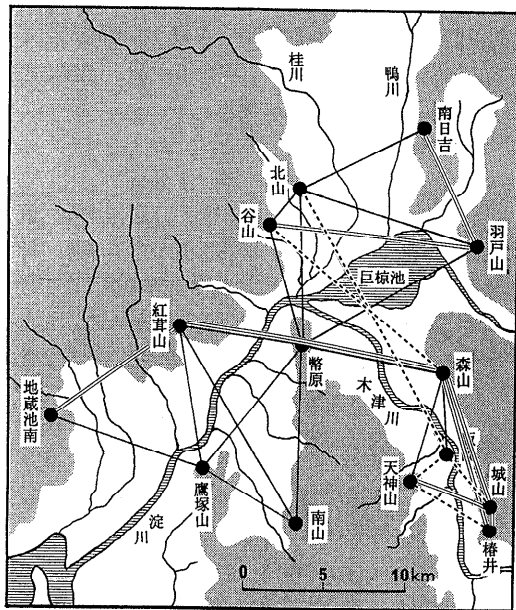


図12 フィールド実験による可視ネットワークとの差異
Fig. 12 Difference between the two networks given by the field experiment and by our examination.

られる。一方、付加された8本の可視線は、山沿いを結ぶものが5本、および川(平地)を横断するものが3本からなる。付加された可視線が結ぶ遺跡(南日吉

遺跡、羽戸山遺跡、森山遺跡、天神山遺跡、城山遺跡、紅茸山遺跡)は、(1)の実験で標高調整量が比較的小さいかまたは図1では不可視な遺跡間を可視とした遺跡である。すなわち、(1)の実験で推定値よりも小さいパラメータで図1の可視関係を得た遺跡では、可視線が付加されることになったものと考えられる。

(3) 推測実験結果に関する考察

図11では、可視線が集中するところ(密)とそうでないところ(疎)がある。密な場所は、多くの遺跡が存在するところである。こうした地域の遺跡間距離は、非常に近接して3km以下のものも多く、ほぼ無条件に可視関係が生ずる。しかし、こうした場合、すべて遺跡がノロシ通信の発信施設でないと思ふべきであろう。また、可視線は比較的長いものと短いものが存在する。短いものがノロシ通信の可視線として妥当であるかどうかは、上述の理由から疑問である。一方、長いものは、ノロシ通信の可視線として有力な候補と考えられる反面、ある可視線が他の可視線と交わる場合や可視線の密な地域を通過する可視線など、解釈の難しいものも多い。

7. おわりに

本稿では、考古学への地理情報処理の応用事例として、高地性集落遺跡に関する仮説を検証するためのシ

ミュレーションについて述べた。具体的には遺跡間が可視か否かを3次元地形データを用いて判定した。また、考古学者によるフィールド実験との比較を通じて、本ミュレーションの有意性を検討した。

今回の実験で検出された可視関係にある遺跡間で、実際にノロシ通信が行われたかどうかについては、当然、発掘調査などの考古学的検討が必要である。しかし、少なくとも、検出されたネットワークが真のノロシ通信路を包含すると考えている。つまり、本稿における可視判定は、ノロシ通信路が存在したことの十分条件の検証にあたる。

古代のノロシ通信路を復元するためには、今後さらに多くの課題を克服する必要があると考えられる。たとえば、近距離に存在する遺跡群の場合、もともと同一のノロシ施設が時期などにより多少移動した可能性などが想定され、これらをひとまとめにするグルーピング処理が必要と考えられる。また、遺跡の位置についても本稿では点として扱ったが、現実には不定型な広がりを持ったものであり、規模や立地を考慮することが必要であろう。さらにノロシ通信ネットワークを形成する重要な遺跡がまだ発見されていない可能性もある。こうした問題に対しては、仮想的な遺跡の設定が必要と思われる。

最後に、本研究の発展課題として、通信に要した時間や通信容量の推定、後世の「甲斐武田のノロシ伝達網」や「堂島米相場の旗振り通信」などのミュレーションを考えている。

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) 都出比呂志：古墳出現前夜の集団関係，考古学研究，Vol.20, No.4, pp.20-47 (1974).
- 2) 森岡秀人：高地性集落性格論，論争・学説日本の考古学，4，雄山閣，東京 (1986).
- 3) 石野博信：古墳文化出現期の研究，p.664，学生社，東京 (1985).
- 4) 都出比呂志：弥生人とノロシ，図書，No.482, pp.15-19，岩波書店 (1989).
- 5) 加藤常員，小沢一雅，都出比呂志：4次元歴史空間システムの構想，情報処理学会「人文科学とコンピュータ」研究会資料，92-CH-13-2 (1992).

- 6) 加藤常員，小沢一雅，都出比呂志：4次元歴史空間システムの構成，情報処理学会「人文科学とコンピュータ」研究会資料，94-CH-23-4 (1994).
- 7) 小野忠熙：高地性集落の研究・資料編，p.1053，学生社，東京 (1979).
- 8) 文化庁文化財保護部：全国遺跡地図 京都府，p.103，国土地理協会，東京 (1975).
- 9) 建設省国土地理院（監修）：数値地図ユーザガイド，p.494，日本地図センター，東京 (1992).
- 10) Wiederhold, G.: *Database Design*, p.658, McGraw-Hill Kogakusya, Tokyo (1977).
- 11) 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).
- 12) 小坂和夫：地図編集と投影，p.275，山海堂，東京 (1982).

(平成 10 年 8 月 10 日 受付)

(平成 11 年 1 月 8 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)。