

築石の形状・寸法などからみた城郭石垣の分類と変遷

田中邦熙¹・新谷洋二²・山田清臣³

¹正会員 田中建コン事務所 (〒192-0371 東京都八王子市南陽台2-33-16)

²フェロー 工博 日本大学教授 理工学部土木学科 (〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台1-8)

³フェロー 工博 日本大学教授 理工学部土木学科 (〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台1-8)

本研究は、城郭石垣の築(平)石を正面から見たときの形状寸法などを基準に行った分類と変遷についてとりまとめたものである。多くの石垣を踏査するうちに、積み石はその形状寸法や加工状態から古代型・掘出し石型および切出し石型の3タイプに大分され、これはさらに8タイプに細分されるのではないかと想定した。そこで、全国約140箇所(箇所)の石垣調査データのうち、積み石の形状寸法に関する4種類の数値パラメータから得られる9種の統計量を8タイプに当てはめたところ、この4パラメータにより8タイプの石垣を定量的に表示できる可能性が示された。したがって現存石垣を4パラメータを用いて数値化して表示することにより、石垣分類を行いました、その構築年代を推定する一手法になりうると考えられる。

Key Words : masonry wall, classification of types of m.w., transition of m.w.

1. はじめに

我が国に現存するある程度以上の規模を有し歴史的価値も高い城郭石垣は200箇所程度であるが、それらは時代的・地域的・経済的背景などを反映して、石材の種類・加工度・積み方などは多様である。また同一城郭内でもその場所の重要性等に応じて使い分けられている上に、修復された箇所ではその時の緊急性や財政状態などを反映して、周辺とはかなり異なる様態を示すことも多い。したがって石垣調査に当たってはどの部分はその城郭を代表する石垣であるかを判断することはかなり困難である。

ここで城郭石垣の分類法として、荻生徂徠の「鈴録」1727(享保12)年に示されている、石垣平面部の積み石(築石または平石)の加工度や積み方に基づいて分類した、自然石を用いた野面積み、粗加工石を用いた打込み接ぎ、精加工石を用いた切込み接ぎという分類はよく知られている。しかしこの分類は概略すぎてその区分や定義などが明確でない。一方北垣は図-1に示す隅角部にも注目して、隅石の加工度・積み方・算木積み石の組み合わせ状況などから石垣を分類し時代区分している¹⁾。隅角部の構造は石垣の安定上重要な役割を担っていることは間違いないさそうであり、隅角部は平面部が野面石の場合には粗加工石、平面部が粗加工石の場合には精加工石というように平面部より加工度の高い大きい石材を用いて算木積みしている場合が多い。したがっ

て隅角部には石積み技術水準を判断する要素が多く、この分類方法は意義深い。

一方石垣の崩落事例の大半は平面部であり、また石材の使用量も平面部の方が圧倒的に多いことから、平面部の築石の形状寸法・加工度・積み方などを調査して、これらを新たに整理分類することができれば老旧石垣の修復工事などにも有用と考えられる。

著者は、多くの石垣を踏査するうちに、築石を正面から見たときの形状寸法や加工状況から、8タイプに分類されると想定した。

本研究は、城郭石垣のこのような想定結果に対し、積み石に関する実測定量データを用いてその妥当性を検証することを試みたものである。

なお用語の説明・定義は文末にとりまとめて示す。

2. 現地踏査から想定した石垣の分類と変遷

(1) 現存する城郭石垣の分類に関する想定

石垣の現地踏査は、現実問題として一般に石垣の見える部分を観察計測するのみで、積み石の岩質・形状寸法・加工状態・積み方・間詰状態などに限られる。これらの調査を続けていくうちに、積み石の形状寸法と加工状態に関して整理してみても、石垣は次のような分類を行うことができるのではないかと想定するに至った。

① 16世紀後半以降盛んに築かれた近世城郭の石垣は、1600年頃までの主として現地に産する「掘出し

自然石（岩塊や川原石）」を用いた山城系石垣と、1580年頃現れ、1590年から1620年頃まで盛んに築かれた「切出し加工石（岩場から切出した規格石）」を大量に用いた平城系高石垣の2者に大別される。

② 「掘出し自然石」は無加工のもの、荒加工のものおよび玉石状巨礫塊状のものに、「切出し加工石」は乱割りしたもの、粗加工したものおよび精加工したものに細分される。

③ 古代山城は粗加工した板状石塊を積み重ねたものが主流であった。12～13世紀に築かれた山城にはこの系列に属すると判断できる石垣も実在する。

④ 石垣の定義範疇に加えるには疑問もあるが、土壘代用型石積みと言えものも実在する。

以上の考えを整理した結果を表-1に示す。

(2) 石垣構築年代との関連性

城郭の構築年代を特定することは多くの歴史研究者などにより行われてきたが、結論に達しない場合も多く、非常に難しい。まして石垣に関する古文書などは今までのところ皆無ともいえるほどで、築城年代から概略推定される程度である。そして現存する石垣は中世より幾多の増設・修復を繰り返してきたり、他城から転用された石材を使用したケースもあり、その年代を特定することは非常に困難である。このように石垣構築年代は正確詳細に追求することはできないが、城郭に関する種々の図書等に示されている年代を整理して、長年月を要したときにはその中間年代を代表させて、表-1の事例覧に示した。これらの石垣構築年代を石垣型ごとに整理した結果を図-2に示す。

多くの歴史研究者により検討されてきた築城年代などは疑問のある結論と考えられるケースなどは稀なことと考えられるが、仮に±10年程度の大きな誤差が含まれていたとしても図-2のように想定した石垣型ごとに石垣構築年代を整理した場合、大きな傾向を把握するとき、石垣のタイプごとに年代データの存在する範囲などにはかなりはっきりした差異が認められ、さほど問題はないように思われる。

図-2より(1)で想定した傾向が明確に理解できる。

なお、築石の加工度からB、C型を細分したB-I～IIIおよびC-I～III間には構築年代的に大きな差異はない。一般的にB-I～IIIおよびC-I～III間には、石垣に関する石材加工・切出し・運搬等の技術的発達があったことは認められようが、IからIIIへ時系列的に発達したという傾向は明瞭には認められない。この理由は構築者の地域性・経済性などが影響した結果でありかつ石垣技術の伝播性が制約されていたからではなかろうか。一方C型を考えて

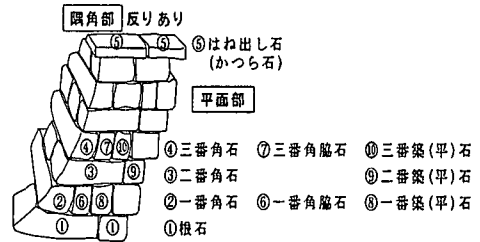


図-1 石組み構造模式図（算木積み）

みると、乱割りした切り出し石を用いるC-I型は1580年頃より始まったが、それから10年以内には切出し石を粗～精加工した規格化された築石を大量に使用するC-II、III型の高石垣が全国中でほぼ同時期に盛んに構築されている。自然石を用いる野面積みのような高度な技術を持たない人々も容易に高石垣を築くことが出来るようになったことを示しているように考えられる。すなわちその地方に良好な岩石山があり、かつ規格石材を大量に産出できるだけの経済力と技術力があれば、野面石を収集運搬して野面積みするよりは、切出し石を用いる方が返って容易で経済的であったのであろう。また福岡城、福山城のようにC-I型の乱割り石を用いても、C-II、IIIの粗・精加工石を用いた高石垣と同等以上の高石垣を築いている例も多く、C-II、IIIは美的要素や経済力を誇示しているようにも思われる。

3. 石垣の調査方法


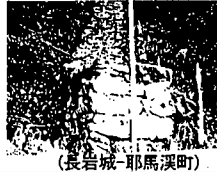






(1) 調査方法と調査項目

本章は2.で想定した石垣分類法などを定量的に検討するために、実在石垣の築石の形状寸法などに関するデータをどのような方法で収集整理したらよいのかを検討したものである。

石垣の様態を正しく把握するためには、積み石を順次取り外して、石垣の奥行き方向に対する築石の控え長、間詰状況、背面地盤状況などを立体三次元的に把握しなければならない。しかし多くの城郭石垣は文化財であり移動したりすることは許されない。修復工事などのときに調査するしか方法はなくかつ経費等の面から十分な調査を行えない場合も多い。本研究では石垣平面部を正面から観察調査して得られる積み石の形状寸法に関するデータのみを用いて検討を行なうこととした。

ここで現地踏査などにより調査対象とする石垣面が定まったとき、その石垣面の概況写真撮影を行い、かつその部分の正面図を教育委員会などを通して入手またはスケッチ（石垣面における縦横直角2方向のスケールを写し込んだ正面写真も含む）などによ

表-1 築石の形状寸法・加工度等からみた城郭石垣の分類と変遷

No. Type	概念代表写真	仮名称	石垣正面からの観察				石積み		空隙 間詰	事例
			産出資	加工度	形状	寸法構成	技法	積み		
1 A-I	 (古代-鬼ノ城-岡山)	古代-薄板型 ↓ 長四辺形型	自然石	粗加工 荒加工	薄板 長四辺形	小~中 中~大	平積み 古野面積み	*1 空隙小 間詰石少	金田一/城戸上① 665 鬼ノ城角楼② 640? 岩村⑦1195 苗木⑧1335 金田一/城戸下③ 665 鬼ノ城展望台④ 640? 大野城百間石垣⑤ 667 大野城水ノ口⑥ 667	
2 A-II	 (長吉城-耶馬溪町)	古代-土壘代用型	自然石 風化顕著	加工なし	偏平~ ~小塊	小	隔壁状 石積み	*2 空隙多い 間詰なし	屋島① 667 元寇防塁②1280 長岩③1588 黄峰④1571	
3 B-I	 (安土城-安土町)	掘出し石- 現地産岩塊 無加工型	掘出し石 山岳岩場 風化岩	無~大割	多様 角張って いる	小~中~ 大 混合	古野面 積み	空隙多い 間詰多い	安土①1576 高梁②1616 竹田③1443 七尾④1581 近江八幡⑤1585 郡上八幡⑥1559 観音寺⑦1565 大野⑧1575 猪苗代⑨1598 洲本⑩1631 引田⑪1587勝山⑫1864高取⑬1584 甲府天守⑭1600 名護屋⑮1591	
4 B-II	 (松坂城-松坂市)	掘出し石- 近辺産岩塊 荒加工型	掘出し石 山岳岩場	無~大割 (角取り) 荒加工	巨塊状	中~大 大径選択	野面積み	空隙多い 間詰 少ない	浜松①1577 松坂②1588 出石③1604 大垣⑤1595 会津天守⑥1593 亀山⑦1590 松江⑧1611 二俣⑨1501 郡山⑩1577	
5 B-III	 (高島城-諏訪市)	掘出し石- 玉石状 巨礫型	掘出し石 河床海岸 巨玉石	無加工 ~大割	巨塊	大径選択	野面積み	空隙多い	岡天山守①1597 高島②1598 丸岡③1575 高松④1640 松代⑤1560 鈴鹿神戸⑥1732 長浜⑦1574 榑崎⑧1602 白石⑨1591	
6 C-I	 (津山城-津山市)	切出し石- 乱割り型	切出し石 石目の 知識ない 又は 不十分	雑割り (矢穴 あり)	変則 多角形	中~大	野面積み	空隙多い 間詰 少ない 空隙多い 間詰多い	富山①1661 名古屋②1610 篠山③1609吉田④1590上野⑤1611 彦根⑦1610鳥原⑧1625今治⑨1602 津山⑩1616明石⑪1619金沢⑫1580 八代⑬1622三原⑭1550大分⑮1599 二本松⑯1643 日出⑰1602 佐賀⑱1611 松本⑲1597 澁⑳1622 鳥取㉑1580 姫路㉒1605 山形㉓1610 熊本㉔1605 萩㉕1607 松坂㉖1588 小倉㉗1607 米子㉘1588	
7 C-II	 (大坂城-大阪市)	切出し石- 粗加工型	切出し石 石目、 石木目 知識あり	粗加工 (矢穴 あり)	やや いびつな 四角	中~大	打込み 接ぎ	目地開き 少ない~ 多い 間詰多い	津①1611 福山内堀②1622 久留米③1573 岡④1596 唐津⑤1614 小田原⑥1686 岡山内堀⑦1597 福岡⑧1607 大坂⑨1625 赤穂⑩1661	
8 C-III	 (駿府城-静岡市)	切出し石- 精加工型	切出し石 石目、 石木目 知識あり	精加工	主として 長四角	中 均一型	切込み 接ぎ	目地開き なし~少	丸亀①1597 福井②1607 二条③1602 白河④1627 鹿兒島⑤1602 日田月隈⑥1601 仙台⑦1610 鳥原⑧1610 駿府⑨1607 上山⑩1622 小松⑪1573	

(同一石垣面内に掘出し石と切出し石とを混用しているような事例は除く)

- * 1 水平に積木状に雑然と石積み
- * 2 ガラ状小石片を巧みに隔壁状に石積み

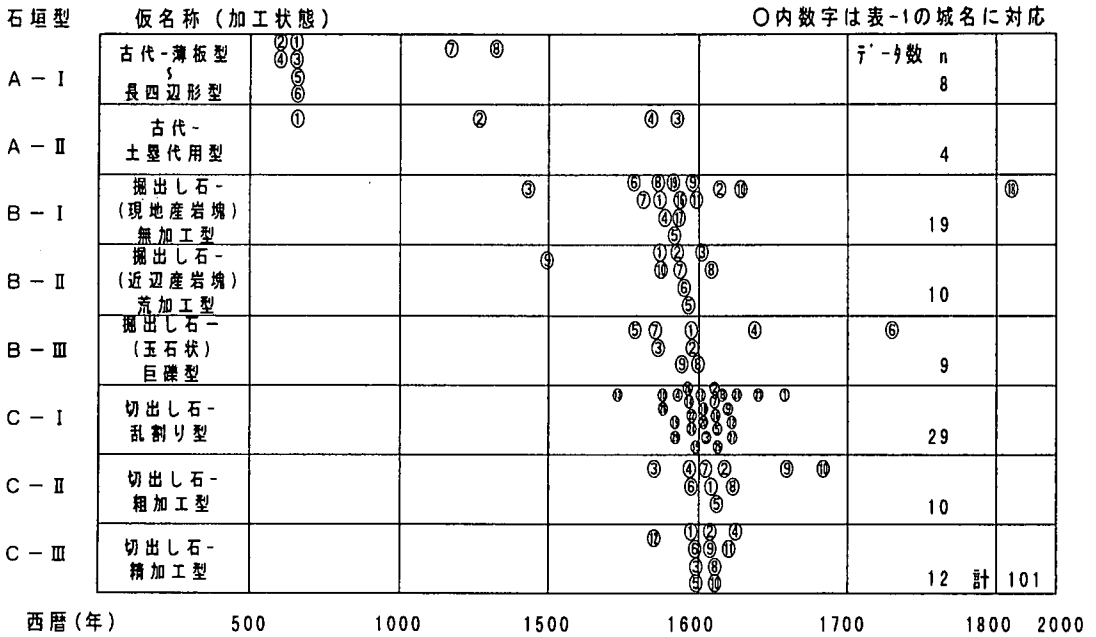


図-2 城郭石垣の石垣型別の構築概略年代 (加工状態の説明は図-13参照)

り作成する。今回調査計測し検討したデータは図-3に示す5項目である。

短辺長さ a (cm)
長辺長さ b (cm) 偏平度 b/a
奥行き長さ d (cm) (報告書等に記載してあるとき参考データとして収録)

ラウンドネス Ro
アンギュラリティ Ag

なお a, b は積み石を縦使または横使しているようにも、短辺長さを a, 長辺長さを b とした。また Ro と Ag は石垣石の形状を数値的に示す一方法として試みたもので、石垣石の円形度 (Ro) および角張り度 (Ag) を表し、次のように定義される。

$$Ro = \sum r_i / n \cdot R \quad (\text{Wadell})^{21} (1)$$

R: 石垣面を正面から見たときの影絵的に表した石垣石に内接する最大の円の半径

r_i: 石垣石に内接する小円の半径 (n個ある)

$$Ag = \sum \alpha_i \quad (\text{total degree of Angularity}) \\ = \sum (180^\circ - \alpha_i) l_i / r_i \quad (\text{Lees})^{22} (2)$$

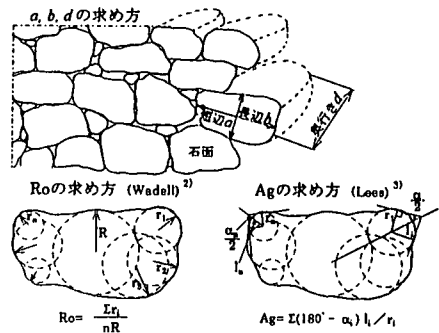
(一つ一つの角の Ag_i の累計)

r_i: ある角に内接する円の半径

l_i: ある角からそれに内接する中心までの距離

α_i: ある角の角度(°)

Ro, Ag は、今回は図-3の下表に示すモデル形状に対して式(1),(2)を用いて計算された値から視察的に求める方法により求めた。



RoとAgとを視察的に求める概略形状 (Krumbein & Lees) 23

影絵的に表した形状					
Roundness	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5
Angularity	0~99	100~199	200~299	300~399	400~499
影絵的に表した形状					
Roundness	0.4	0.3	0.2	0.1	-
Angularity	500~599	600~699	700~799	800~899	900~1,000

図-3 調査項目の定義と Ro, Ag を視察的に求める図表

(2) 解析検討に用いる統計量

(1)において積み石個々の調査計測項目を設定した。しかし実際の石垣面には大小様々の形状寸法の積み石が用いられていて、どの位の範囲で何個くらいのデータを収集するか、そして得られたデータをどのように処理すればよいのかなどを検討しなければならない。ここで、城郭は時代性、地域性、経済

表-2 石垣面調査事例—築石の形状寸法
(甲府城本丸北面) 文献5)を充補して作成

石材No.	a (m)	b (m)	b/a	d (m)	d/a	Ro	Ag
77	0.20	0.70	3.50	1.00	5.00	0.5	450
79	0.50	1.30	2.60	0.80	1.60	0.4	550
80	0.55	0.90	1.64	0.80	1.45	0.4	650
85	1.15	1.45	1.26	0.75	0.65	0.5	750
86	0.40	0.60	1.50	0.85	2.13	0.4	650
87	0.45	0.60	1.33	0.70	1.56	0.4	450
88	0.80	1.10	1.38	0.70	0.88	0.3	550
89	0.80	1.00	1.25	1.10	1.38	0.5	550
90	0.75	0.90	1.20	1.00	1.33	0.3	550
107	0.95	1.25	1.32	1.00	1.05	0.5	550
108	0.45	0.70	1.56	0.90	2.00	0.5	550
111	0.35	0.60	1.71	1.20	3.43	0.4	650
115	0.30	0.65	2.17	0.90	3.00	0.5	550
116	0.55	0.55	1.00	1.05	1.91	0.3	750
117	1.30	1.10	0.85	0.60	0.46	0.2	750
118	1.15	1.30	1.13	0.90	0.78	0.2	850
136	0.50	0.95	1.90	1.10	2.20	0.4	750
137	0.65	1.40	2.15	1.00	1.54	0.3	750
149	0.30	0.60	2.00	0.70	2.33	0.5	550
150	0.60	0.90	1.50	1.00	1.67	0.2	650
151	0.75	1.20	1.60	0.85	1.13	0.4	850
163	0.80	1.40	1.75	0.80	1.00	0.3	650
合計	14.25	21.15	36.29	19.70	38.48	8.4	14,000
平均 \bar{x}	0.65	0.96	1.65	0.90	1.75	0.38	636
標準偏差 σ	0.30	0.31	0.59	0.16	1.03	0.11	117

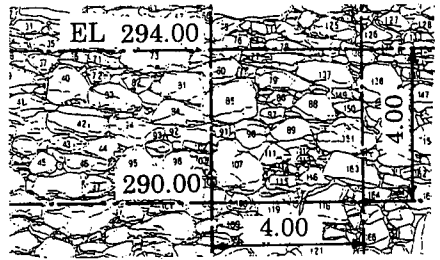
調査項目	(判定)	該当箇所を○で示す
石材	自然石 ○掘出し石 切出し石	
加工度	○無し, ○雑削り, 荒加工 粗加工 粗~精加工 精加工	
形状構成	薄板 塊~扁平 長四辺形 ○雑多混合 実則多角形 塊状 (3~7角形) 不均一, 塊状均一 主として四角 主として長四角	
寸法構成	小, 小~中, 中, ○小~大, 中~大, 大 大径選択	
石積み技法	雑積み ○野面積み 打込み接ぎ 切込み接ぎ 落とし積み, 煉瓦積み 間知積み 布積み 箱積み	
石面凹凸	○不揃いで凹凸多い 平面的で凹凸少ない	
空隙	○多い 中 少ない 目地空隙のみ	
間詰状態	小石後詰め ○中石後詰め 構造的間詰 無し, 少ない, 中程度, 密, 十分密	

(用語の説明・定義は文末にまとめて示した)

性, 政治体制などを反映したものであるから, 石垣に関して統一的に統計手法を適用することには疑問もある. しかし石垣のような雑多な状態を表すには統計的手法を適用してみることも有用と考えて検討を進めた.

表-2は甲府城本丸北面石垣において, 図-4に示した 4.0m × 4.0m の範囲内に所属する築石の調査事例であり, a ~ Ag の7項目 (b/a と d/a は計算値) について調査し, それぞれの平均値と標準偏差を示している. なお境界線にかかる築石はその面積の1/2以上がその領域に所属するときのみその領域に所属するとして扱った. また正面図で影絵的にかんりの大きさの石材であってもそれが明らかに間詰石である場合にはデータとして採用していない.

図-5は図-4, 表-2に示した甲府城の石垣調査データを用いて, a, b に関する度数分布図を作成したものである. 一般に石垣の積み石は特に野面石ではある目標の寸法値に対して管理されて製作されたものではないので, データのバラツキは非常に大きい. しかし これらのバラツキが偶然により支配されているときはその分布の形はある値を中心として釣



(表-2に対応)

図-4 甲府城本丸北面石垣正面図と調査範囲例

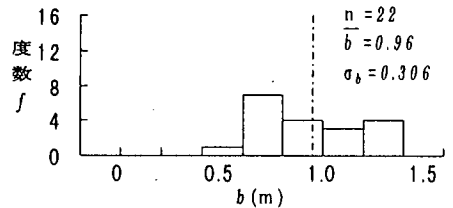
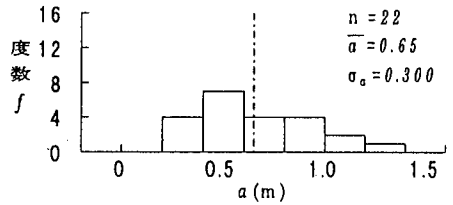


図-5 表-2に示す a, b の度数分布図

鐘を伏せたようなほぼ左右対称ないわゆる正規分布になる. このような分布を示さず偏りなどがあっても, データ量を増やしたり, 各変量の√や log などの適当な変換を施すことにより正規分布型に近づく場合が多いことも古くから統計学的に知られている. そこで図-5に示すようなデータ群は基本的に正規分布していると想定して検討を進めても, 統計学上問題は生じないと考えて, 次の平均値およびバラツキに関する統計量を基本として検討を進める.

$$\text{平均値} \quad \bar{x} = \sum_{i=1}^n x_i / n \quad (3)$$

x_i : データの値
 n : データの個数

$$\text{バラツキ分散} \quad s^2 = \sum (x_i - \bar{x})^2 / n = S/n \quad (4)$$

$$\text{標準偏差} \quad \sigma = \sqrt{S/n} = \sqrt{s^2} \quad (5)$$

$$\text{不偏分散の推定値 (真の母集団の分散の推定値)} \\ V = S / (n-1) \quad (6)$$

本研究では 例えば a の平均値は \bar{a} , 標準偏差は $\sqrt{\sigma_a}$ のように表示する.



写真-1 金田城一ノ城戸石垣(撮影:田中, 1998)

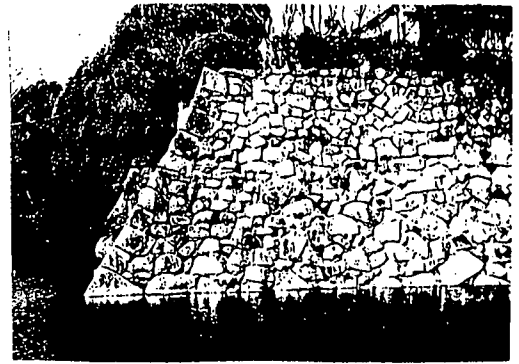


写真-2 郡山城内堀石垣(撮影:田中, 1998)

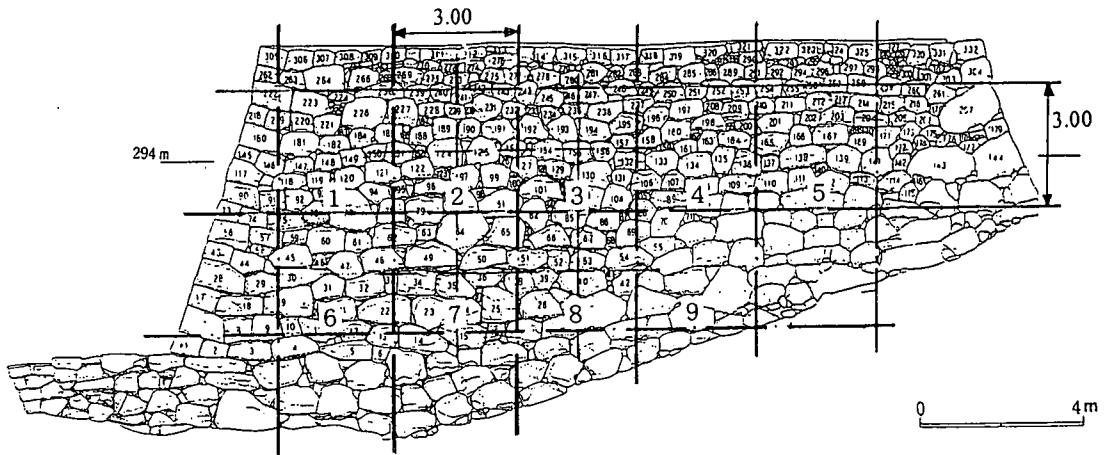


図-6 石垣面ブロック区分図例(甲府城本丸西面石垣)

(3) 層分け

写真-1は朝鮮式古代山城金田城(対馬)一ノ城戸石垣で、上半部は横に平たく薄板状に粗加工された築石が目地が縦に通る形で高さ約 3.0m、下半部は米俵状に太長い自然石が野面積み状に高さ約 3.0m 石積みされていて、上下の築石は形状寸法とも異質であり、同一に扱うことには疑問がある。

写真-2は郡山城内堀石垣で、平面部下半部は不規則な四角形のやや大きめの雑割り石を野面積み状に高さ 5 ~ 6m、上半部は下半部の築石の 1/3 ~ 1/5 程度の大きさの切出し粗加工石を間知積み状に 3 ~ 4m 石積みしている。そして平面部天端部には様々な厚さの粗加工石を用いて天端線の水平を確保する工夫が施されている。さらに隅角部は平面部下半部よりも大きい精加工に近い粗加工石を用いて、算木積みを意識した技法で石積みしている。したがってこの面の石材は 4 グループに分けられると考えられるが、上半部は修復された様子も伺われ、この面を代表する石垣は平面部下半部と判断できる。

このような石垣例の概観結果からも分かるように、

本研究で検討しようとする築石の形状寸法などからの石垣分類は、上述のような目視判断に基く層分けされたグループを基本単位とする必要がある。すなわち、目視判断による層分けを行うことは、石積み時に意図を持って石材や石積み技法を変えている場合に対し、同一母集団に属するデータとして扱えないことに対処するものである。

(4) テータサンプリングサイズの差による統計量の変化

(甲府城本丸西面石垣を事例として)

図-6は甲府城本丸西面石垣の平面図であり、(3)で述べた層分けを念頭に隅角部や天端付近を除いたほぼ同様と判断される中央部を 3.0m × 3.0m の 9 個のブロックに区分けした図で、さらに No.2, 3, 7, 8 ブロックは 1.5m × 1.5m の計 16 個の小ブロックに区分けしてある。

図-3および表-2に示したような手法で、そのブロック領域内に所属する積み石の短辺長さ a (cm)、長辺長さ b (cm)および両者の比 (=偏平度) b/a のデータをもとに、平均値および標準偏差を計算し、プ

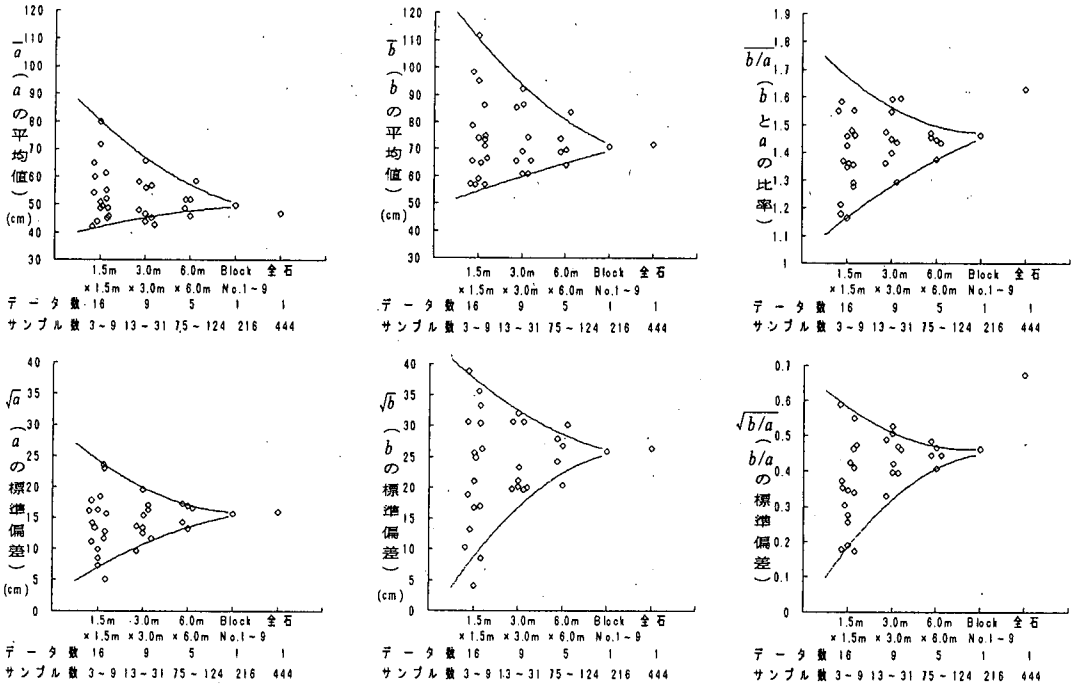


図-7 ブロックサイズごとの平均値および標準偏差のバラツキ (甲府城本丸西面石垣)

ロックの大きさごとにその分布を図示すると図-7のようになる。

a の平均値 \bar{a} について説明すると、1.5m × 1.5m の小ブロックに所属する積み石数は 3 ~ 9 個で、 $\bar{a}_{1.5} = 41 \sim 80\text{cm}$ 、3.0m × 3.0m の中ブロックに所属する積み石数は 13 ~ 31 個で、 $\bar{a}_{3.0} = 42 \sim 67\text{cm}$ 、6.0m × 6.0m の大ブロックに所属する積み石数は 75 ~ 124 個で、 $\bar{a}_{6.0} = 47 \sim 59\text{cm}$ といずれも大きくバラツキている。ブロックサイズが大きくなるとデータ数が多い程バラツキは小さくなり、No.1 ~ 9 ブロックの全データ 216 個による平均値 $\bar{a}_{1.5-9} = 49.9\text{cm}$ に収束する傾向が認められる。

このような傾向は、 b 、 b/a の平均値 \bar{b} 、 $\bar{b/a}$ および a 、 b 、 b/a の標準偏差 \sqrt{a} 、 \sqrt{b} 、 $\sqrt{b/a}$ についても同様である。

データ数が多いほど統計量のバラツキが小さくなるのは統計学的にも当然であるが、図-7に示したような定量的傾向を用いて、統計学的に意味のあるデータサンプリング法を検討することが必要となる。

(5) 統計量の意味の検討

図-7に示したような平均値や標準偏差などの統計量のバラツキの意味について統計手法を用いて検討する。

a) 分散の一様性の検定

図-7に示した \sqrt{a} を事例に検討する。1.5m × 1.5m

の小ブロックでは a の標準偏差 $\sqrt{a_{1.5}} = 5 \sim 24\text{cm}$ 、3.0m × 3.0m の中ブロックでは $\sqrt{a_{3.0}} = 10 \sim 20\text{cm}$ 、6.0m × 6.0m の大ブロックでは $\sqrt{a_{6.0}} = 13 \sim 18\text{cm}$ と大きくバラツキているが、このバラツキの意味を Bartlett の方法⁹⁾を用いて統計的検定を行う。これはいくつかの不偏分散が与えられたとき、それらが同じ分散の推定量であるかどうかを検定する手法であり、Bartlett が定義した統計量 M は近似的に自由度 $(k-1)$ (k : データ組数) の χ^2 分布に従うことを用いる。

① 6.0m × 6.0m 大ブロックの場合

$\sqrt{a_{6.0}} = 13 \sim 18\text{cm}$ の 5 個の値はデータの大きな差があると考えられるが、統計的には χ^2 検定により同じ分散に対する推定値 (同じ分散に属する値) といえることが分かった。

② 3.0m × 3.0m 中ブロックの場合

①と同様に、 $\sqrt{a_{3.0}} = 10 \sim 20\text{cm}$ の 9 個の値は同じ分散に属する値といえることが分かった。

③ 1.5m × 1.5m 小ブロックの場合

①と同様に、 $\sqrt{a_{1.5}} = 5 \sim 24\text{cm}$ の 16 個の値は非常に大きな差があるが同じ分散に属する値といえることが分かった。

④ 考察

$\sqrt{a_{6.0}}$ 、 $\sqrt{a_{3.0}}$ 、 $\sqrt{a_{1.5}}$ はそれぞれ図-7のようになり大きなバラツキを有しているが、上述①~③のとおり、統計的には 95% 確率で同じ分散の推定値 (同

じ分散に属する値)と言えることが検定された。これは母集団(今回は No.1 ~ 9 全ブロック)のデータ自体が元来非常に大きなバラツキを有しているのでサンプル数 n が 100 程度の大ブロックのみならず、 n が 10 以下の小ブロックに関しても、この場合 n が小さいので求められた標準偏差の信頼性が低いため、その計算された分散個々はそのグループ内において同一分散に属するといえることになる。この結論は \sqrt{a} 以外の \sqrt{b} 、 $\sqrt{b/a}$ に関しても同様である。

b) 母分散の検定

図-7に示した \sqrt{a} を事例に検討する。

$\sqrt{a_{1,5}} = 5 \sim 24\text{cm}$ 、 $\sqrt{a_{3,0}} = 10 \sim 20\text{cm}$ 、 $\sqrt{a_{6,0}} = 13 \sim 18\text{cm}$ という値はブロック No.1 ~ 9 の全データによる標準偏差 $\sqrt{a_{1,9}} = 15.7\text{cm}$ に対して有意差があるかどうかを χ^2 検定する¹⁾。これは $\chi^2 = S / \sigma^2 = (n-1) V / \sigma^2$ が自由度 $\phi = n-1$ の χ^2 分布することを利用する手法である。

① 6.0m × 6.0m 大ブロックの場合

$\sqrt{a_{6,0}} = 13 \sim 18\text{cm}$ は $\sqrt{a_{1,9}} = 15.7\text{cm}$ に対して有意の差はなく、 χ^2 検定により 95%確率で同じ分散に属する値といえることが分かった。

② 3.0m 中ブロック, 1.5m 小ブロック

いずれも $\sqrt{a_{1,9}} = 15.7\text{cm}$ に対して有意の差はなく、同じ分散に属する値といえることが分かった。

③ 考察

$\sqrt{a_{6,0}}$ 、 $\sqrt{a_{3,0}}$ 、 $\sqrt{a_{1,5}}$ は図-7のようにそれぞれかなり大きなバラツキを有しているが、統計的には全データによる $\sqrt{a_{1,9}} = 15.7\text{cm}$ に対して有意の差がないことが検定された。これはデータ数が少ないと分散の推定精度が低下して、 n が 10 以下の $\sqrt{a_{1,5}} = 5 \sim 24\text{cm}$ という大きなバラツキを示す小ブロックの値でも有意差はなく、計算された値のどの値も統計学上間違いではないことを示している。

c) 母平均の検定

図-7に示したように、 \bar{a} 、 \bar{b} 、 $\bar{b/a}$ はそのサンプルサイズに対応して大きくバラツキしているが、これらのバラツキについて統計的に検討する。以下に \bar{a} を事例に検討する。

母平均の検定は、分散に違いがあるときに平均値の差を論じて意味のないことが多いので、一般には先に両者のバラツキに違いがないかどうかを F 検定などにより調べた後に行うことが必要である。今回は前に示したようにどのケースの分散にも事実上差がないことが検定されているので、 $\bar{a}_{1,9} = 49.9\text{cm}$ に対して $\bar{a}_{1,5}$ 、 $\bar{a}_{3,0}$ 、 $\bar{a}_{6,0}$ の値が統計学上有意の差があるかどうか検定する。今回は分散 $\sigma = 15.7\text{cm}$ 、平均値 $\mu_0 = 49.9\text{cm}$ が真値として判っているとして、 u 検定を行う²⁾。

① 6.0m × 6.0m 大ブロックの場合

u 検定により、 $\bar{a}_{6,0}$ の 51.7, 51.6, 48.5cm は 95% 確率で同じ母集団からの平均値の推定値といえるが、45.9 と 58.6cm は同じ母集団からの平均値の推定値とはいえないと判定された。

② 3.0m 中ブロック, 1.5m 小ブロック

①と同様に検定した結果、危険率 $\alpha = 5\%$ とした検定規準値 $u(0.05) = 1.96$ に対して、 \bar{a} はこの1.96をオーバーして有意差ありと判定され同一母集団からの平均値の推定値とはいえないケースがほぼ30%程度であることが分かった。そしてデータ数が多くなっても1.96をオーバーするケースが減って有意差なしすなわち同じ母集団からの平均値の推定値であると判定されるケースが増加する傾向もないことが分かった。この原因は基本的に母集団におけるデータのバラツキが $\sigma = 15.7\text{cm}$ と非常に大きいために、平均値も大きくバラツクためであると考えられる。

③ 考察

上述のようにデータが大きくバラツクようなケースのデータサンプリング法に対する考え方として危険率 α を大幅に小さくする方法が考えられる。いま $\alpha = 0.0026$ とすると $u(0.0026) = 3.00$ となり、有意差ありと判定されるケースが大幅に減少する。この α を小さくするという事は、 $\alpha = 0.05$ では20回に1回の確率で判定を誤る可能性であるが、 $\alpha = 0.0026$ では385回に1回しか判定を誤る可能性がないことを示している、判定を間違える危険性を大幅に小さくした(極論すれば真値とかなり大きな差のある値を示しても間違いとはいえない)ことを示す。いいかえれば、 u 検定に用いる正規分布曲線においては、 $u(0.05) = 1.96$ とは $\pm 1.96\sigma$ 内に収まるデータ量は95%であるが、 $u(0.0026) = 3.00$ では $\pm 3\sigma$ 内に収まるデータ量は99.7%であることを用いている。

$u(0.05) = 1.0$ とは正規分布曲線において $\mu_0 \pm \sigma$ の範囲、 $u(0.05) = 2.0$ は $\mu_0 \pm 2\sigma$ 、 $u(0.05) = 3.0$ は $\mu_0 \pm 3\sigma$ の範囲を示し、それぞれ68.3, 95.5, 99.7%のデータが収まる範囲である。すなわち平均値の真値 $\mu_0 = 49.9\text{cm}$ に対して分散 σ が15.7cmと大きいためにデータは $\mu_0 \pm 3\sigma = 2.8 \sim 97.1\text{cm}$ のうちにほとんど収まってしまっていることを示している。

以上を要約すると、当甲府城のようにデータが大きくバラツク場合には、統計的検定などには判定精度を大幅に低くする一方、図表などで表示するときにはデータの重複などにより判別し難くなることを避けるために $\pm 1\sigma$ の68.3%のデータが収まる範囲で表示することもやむをえないと思われる。

(6) 石垣調査におけるデータサンプリング法の検討

以上述べてきた検討結果を総括して城郭石垣の築石の形状寸法などを比較検討するときのデータサンプリング法は次のように整理される。

a. 石垣平面部を目視観察判断して同一グループと判断される領域を選定する。このデータの層分けを行うに当たり目視判断によるグループ分けを行うだけでデータの信頼性は大きく高められる。

b. データを求める範囲は、 $2.0\text{m} \times 2.0\text{m} \sim 4.0\text{m} \times 4.0\text{m}$ 程度とし、領域の大きさよりは積み石数 (=データ数) を 20 ~ 30 程度とすればよい。データのバラツキの大きい場合には信頼性は低いがデータは $\pm 1\sigma$ 内に 68% 収まるので、以降 $\pm 1\sigma$ 表示する。バラツキの小さい場合には精度、信頼性がより高くなるので統計上はデータ数を減じてよいし、また $\pm 3\sigma$ 表示してもよいが、バラツキの大きい場合と同様に $n \approx 20 \sim 30$ 、 $\pm 1\sigma$ 表示した方が混乱が少ない。もし $\pm 3\sigma$ 表示するとデータ群のバラツキ範囲が重なり合いつぎて傾向を把握し難い。築石のようにバラツキの大きいデータを扱うときには高い精度で検討することは困難かつその必要も少ないと考えられる。

c. 他の品質管理などの分野で一般の統計的な検討を行う場合のデータ数はほぼ 20 ~ 30 程度を最小としていて、この程度のデータ数により検討を行っている場合が多い。これ位のデータ数から求めた統計量はそれなりに信頼性があるし、現地調査もデータ処理もさほど苦にならない。エリヤごとに数 100 のデータを得る必要は少ない。

d. 本石垣石調査のような場合、ランダムサンプリング法または抜取検査法などを適用することも考えられるが、現場作業で大きな困難を伴う場合も予測され、望ましくない。

e. 以上の結論は石垣石の寸法に関するパラメータ a 、 b により導かれたものであるが、形状に関するパラメータ R_0 、 Ag に関しても同様に扱ってよいと想定される。

4. 石垣調査

(1) 調査方法

現存する石垣は種々の立場から多様である。本研究では 3. の検討結果を応用して出来るだけ多くの地方・地点の石垣データを収集し、それらを整理検討して、表-1、図-2 のように想定した石垣分類法に関して、定量的に検証することを試みた。本研究では城郭名は便宜的に使用して、必ずしもその城郭を代表する典型例ではない場合もある。そして同

一城郭でも数ヶ所以上のデータとなることも多い。

一方、石垣は同一城郭内でも多様であるが、その城郭を代表するような石垣面を目視的判断に基づいて選択することは必ずしも困難でない場合も多い。したがって本研究では基本的に一城一面として、地域的偏りなどが無いようにできるだけ数多くの城郭を網羅するようにデータを選択した。その結果城郭数としては約 140 箇所分ほどになる。さらに石垣は多様であるとはいえ、多くの石垣が構築された時代は西暦 1600 \pm 50 年間であり、類似した事例も多い。(ただし現実には度重なる修築などのために、もっと幅広い時期に亘っていることも考えられるが、その時期を特定することは非常に困難で、今回は考慮外とした。) そのため、それらのデータを全て収録すると、グラフ上に図示するようときには重複が多く、傾向などを読みとるときには返って分かり難くなる。したがって客観的にデータの類似性が高いようなケースは割愛して、ほぼ 100 箇所のデータを用いて検討した結果を報告する。

(2) 調査結果と石垣構築年代の推定手法

図-8は \bar{a} 、 \sqrt{a} 、図-9は \bar{b} 、 \sqrt{b} 、に対して、これらの値が A-I ~ C-III 型ごとどの範囲に分布しているか図示したものである。そして A、B、C グループとも I から II、III にバラツキの大きさが小さくなり、 \bar{a} は A-II の 17cm、B-III の 48cm、C-III の 44cm に、 \bar{b} は A-II の 30cm、B-III の 65cm、C-III の 48cm に収束する傾向が認められる。

一方図-10は b/a (築石偏平度) と石垣型 A-I ~ C-III との関係を図示したもので、全般的傾向として A-I の 1.8 から C-III の 1.1 へ収束する傾向を示している。すなわち古代型 \rightarrow 掘出し石型 \rightarrow 切出し石型へと石材の偏平度が小さくなり、長矩形から正方形に近い $b/a \approx (48\text{cm}/42\text{cm}) = 1.14$ に収束する傾向が伺われる。

次に図-11は R_0 と A-I ~ C-III 型、図-12は Ag と A-I ~ C-III 型との関係を図示したものである。 R_0 、 Ag とともに石垣型ごとの平均値は A-I 型を除いて C-III 型の R_0 では 0.58、 Ag では 364 程度の値に収束し、次第に丸みを増し、鋭角性が小さくなっていく様子が把握される。

なおラウンドネス $\overline{R_0}$ の標準偏差 $\sqrt{R_0}$ は 0.056 ~ 0.107 程度で $\overline{R_0}$ の平均値が 0.215 ~ 0.595 であることを考えると、データのバラツキすなわち形状のバラツキもかなり大きいことが理解できる。

またアンギュラリティに対しては、 \overline{Ag} の標準偏差 \sqrt{Ag} は 49 ~ 109 程度で \overline{Ag} の平均値 758 ~ 364 に対しバラツキが大きい、C-III 型では \sqrt{Ag} が

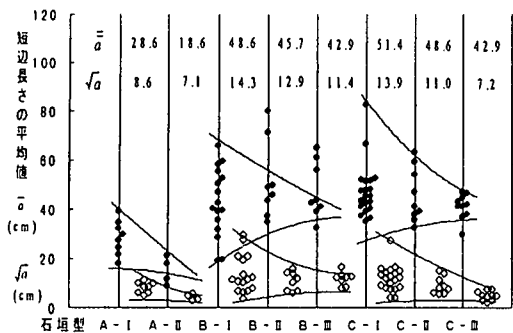


図-8 築石の短辺長さ a の平均値と標準偏差 \sqrt{a} の分布

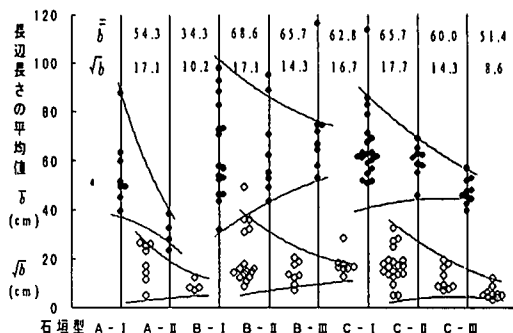


図-9 築石の長辺長さ b の平均値と標準偏差 \sqrt{b} の分布

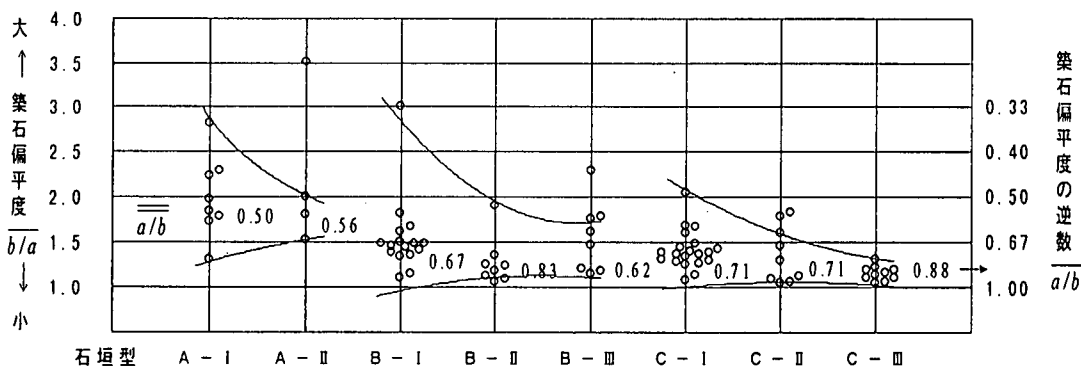


図-10 石垣型ごとの築石偏平度 b/a の平均値の分布

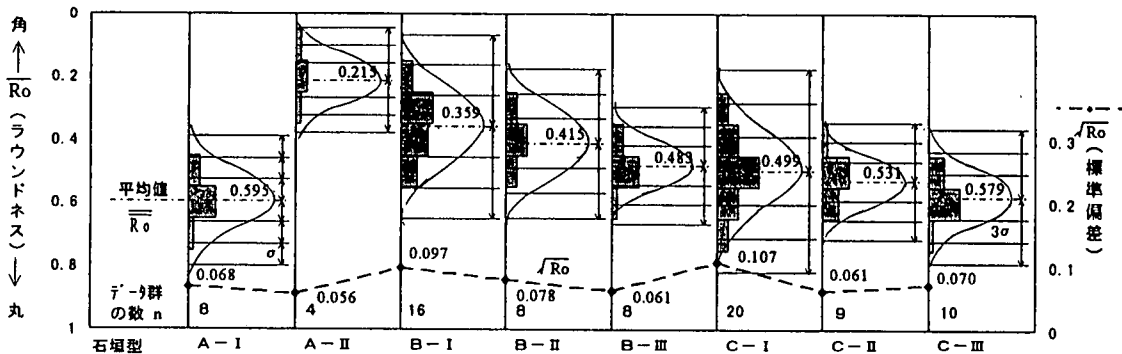


図-11 石垣型ごとのラウンドネス R_o の平均値の分布

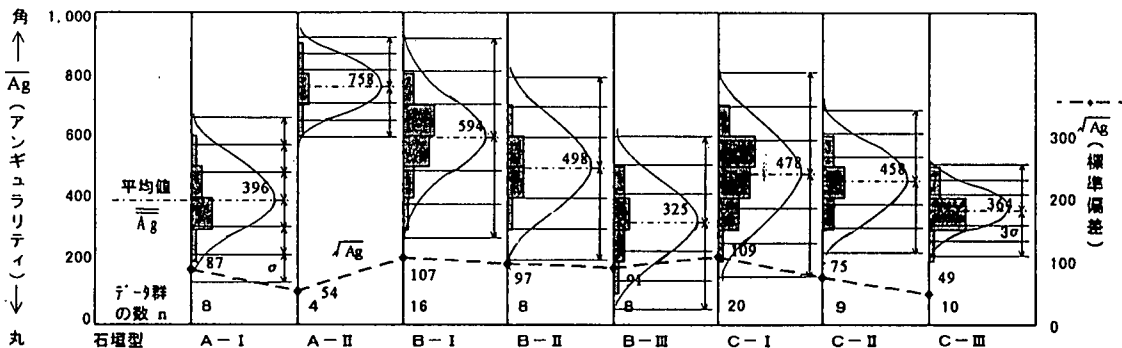
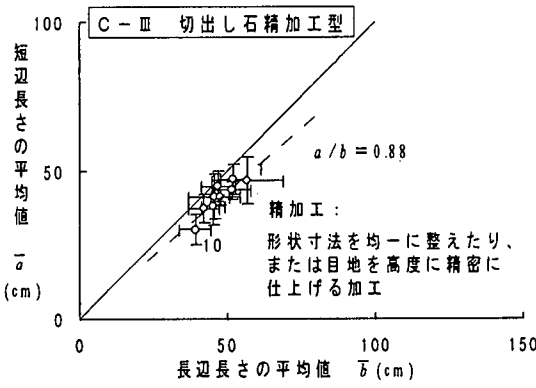
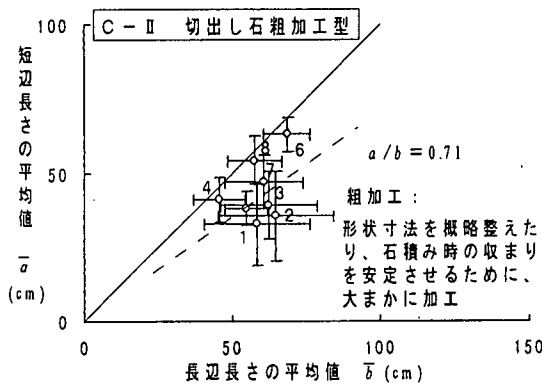
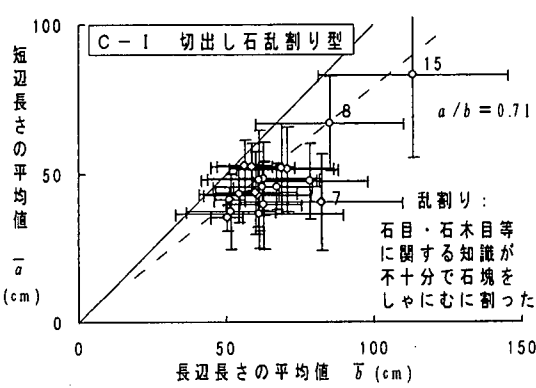
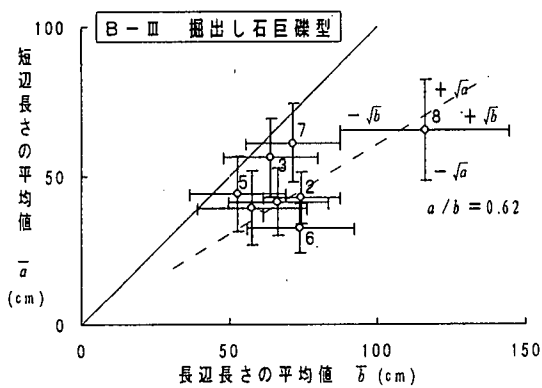
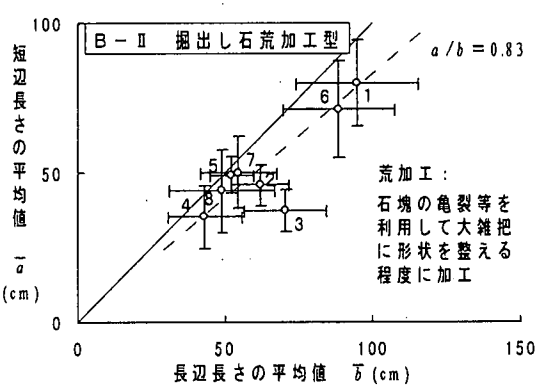
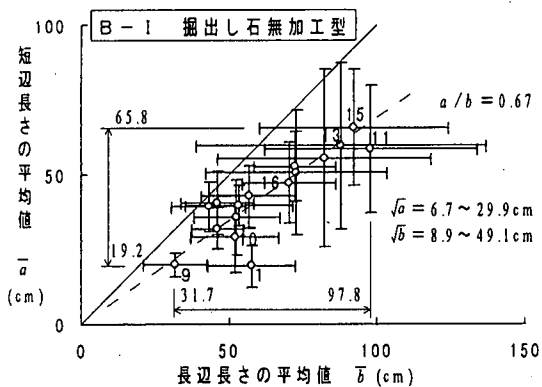
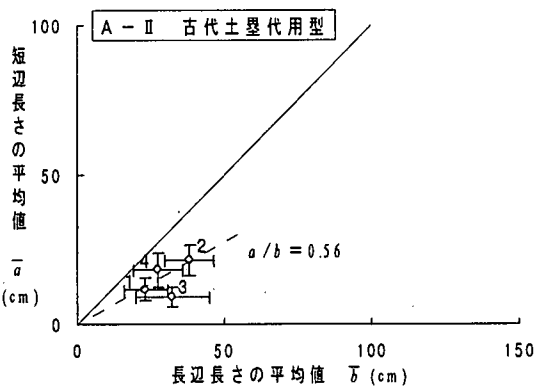
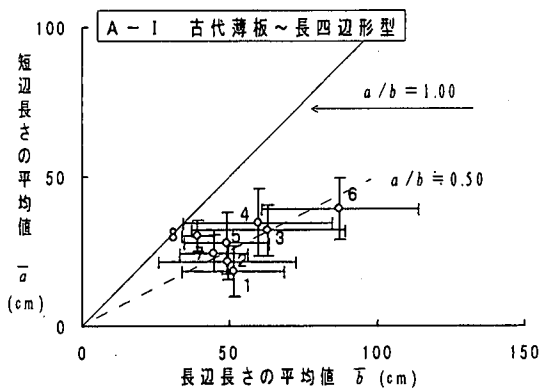


図-12 石垣型ごとのアンギュラリティ A_g の平均値の分布



(図中の数字は表-1に示す石垣 No.を示す)

図-13 築石の長短辺長さからみた石垣分類 (平均値±σ表示)

49 と小さくなり、形状が一定化していく傾向が伺われる。

図-13は、表-2のような基本データを a 、 b の平均値の分布図として整理し、A-I から C-III の 8 型に分類して図示してある。そしてそれぞれの \bar{a} - \bar{b} 値のポイントに対して縦、横線により $\pm 1\sigma$ 範囲を図示している。分類型ごとに \bar{a} 、 \bar{b} の平均値の分布範囲およびデータのバラツキの大きさを図示したが、B-I の掘出し石無加工型では a 、 b の平均値は $\bar{a} = 19.2 \sim 65.8\text{cm}$ 、 $\bar{b} = 31.7 \sim 97.8\text{cm}$ と、ともに広範囲に分布バラツキいており、その分散の大きさも $\sqrt{a} = 6.7 \sim 29.9\text{cm}$ 、 $\sqrt{b} = 8.9 \sim 49.1\text{cm}$ と大きくバラツキいて、様々な石材がそのまま使用されていることが分かる。また、C-I ~ C-III のように切出し石型になると、 a 、 b の平均値の分布範囲が小さくなりかつ分散も小さくなって、特に C-III では $\bar{a} = 30.0 \sim 47.1\text{cm}$ 、 $\sqrt{a} = 2.5 \sim 7.8$ 、 $\bar{b} = 39.2 \sim 52.3\text{cm}$ 、 $\sqrt{b} = 3.3 \sim 11.9\text{cm}$ と、石材の大きさはかなり意図的にコントロールされて大量生産されるようになってきた様子が理解できる。

また \bar{a} と \bar{b} との回帰直線の勾配 $\overline{a/b}$ は A-I の 0.50 から C-III の 0.88 に次第に大きくなり、積み石は A 型の長矩形から C 型になる程正方形に近づいていく傾向が認められる。

なおここで、図-8~図-13は基本的な 4 パラメータとその統計量を、想定した 8 つの石垣タイプに当てはめたものであり、例えば、B-I、B-II、B-III間に統計上の有意の差があって 3 つに分けられると言っているのではない。しかし、3. で示した石垣調査法に基づいてある箇所の石垣データが得られたとき、図-8~図-13に示す \bar{a} 、 $\sqrt{a} \sim Ag$ 、 \sqrt{Ag} の 9 つの統計量を算出し、それぞれを図-8~図-13に当てはめて該当する石垣型を選択するとき、1 パラメータのみで判定するのではなく 9 つの統計量で判定するので、その石垣が所属する可能性が高い型は 9 つの統計量が最も多く該当する石垣型として抽出される。

例えば、ある石垣の 9 つの統計量による計算値が次の範囲に存在するとき、その石垣は B-I に分類される。

$$\bar{a} = \bar{a} \pm \sqrt{a} = 48.6 \pm 14.3$$

$$\bar{b} = \bar{b} \pm \sqrt{b} = 68.6 \pm 17.1$$

$$\overline{a/b} = \overline{a/b} \pm \sqrt{a/b} = 0.67 \pm 0.12$$

($\sqrt{a/b}$ は図示していない)

$$\overline{R_0} = \overline{R_0} \pm \sqrt{R_0} = 0.359 \pm 0.097$$

$$\overline{Ag} = \overline{Ag} \pm \sqrt{Ag} = 594 \pm 107$$

このような手法はその石垣の構築年代を推定する一手法となりうる。

図-8~13に示した石垣分類型は当初主として石材の産出姿と加工状態から区分したものであるが、図中に示した 9 つの統計量により定量的にも表示できる可能性が示された。

(3) 城郭石垣の分類と変遷

A 型は一般に風化度が進行し、石目が発達した薄板~長立方体状岩塊を掘り出して使用していて、B 型と C 型両者の性格を有するといえるが、図-2に示したとおり年代的に B、C よりははるかに古く、その系列に属する石垣は非常に少ない。

A-I 型は古代 7 世紀に構築された金田城(対馬)・大野城(福岡県)および 7 世紀以前とも言われる鬼ノ城(岡山県)などが典型例である。中世山城の岩村城(岐阜県)や苗木城(岐阜県)なども形状などから同様の部類に分類されようが、技術的伝承があったとは考えがたい。地表部に露頭した層状節理を有するクラックの多い短辺縦長さ $\bar{a} = 18 \sim 39\text{cm}$ 、長辺横長さ $\bar{b} = 39 \sim 87\text{cm}$ 程度の中大様々の寸法の薄板~長立方体状の岩塊を粗~荒加工して、縦・横の目地位置を考えないで、高さ 6~7m 雑然と水平に積木状に石積みしている。A-II 型は土塁代用型ともいえるもので、古代屋島城(香川県)、元寇防塁(福岡県)、中世末期の長岩城(大分県)、黄峰城(香川県)などが典型例である。風化して鋭角に石片状に割れた一抱え程度以下の $\bar{a} = 9 \sim 21\text{cm}$ 、 $\bar{b} = 23 \sim 38\text{cm}$ 程度のやや小さい岩塊を、加工は全く行わず雑然と積み上げていて、高さも垂直に 1.5~3.0m 程度と低い。(屋島城は 1:1.0 程度の緩勾配で高さ 6~7m)

B-I 型は中世末期に構築された竹田城(兵庫県)、高取城(奈良県)、郡上八幡城(岐阜県)など多くの山城で典型例が認められる。風化の著しい岩盤が地表に露頭し、岩塊を容易に大量に入手できる山岳地域に多い。産出されたままの角の多い雑多な形状の $\bar{a} = 19 \sim 66\text{cm}$ 、 $\bar{b} = 32 \sim 98\text{cm}$ 程度の大小様々な寸法の岩塊をほとんど無加工のまま巧みに組み合わせして石積みしている。積み石のかみ合わせが不良で空隙も多いが、その部分には間詰として小さな岩塊・岩片を巧みに挿入している。しかし積み石も間詰石も風化して岩質がもろく、容易に割れて抜け落ちも著しい。一方甲府城や名護屋城(福岡県)では、河床などから産出するやや角が落ちたゴツゴツした大小様々の寸法の岩塊を用いている。岩質は硬い。ときには大割りして角取りし、古式野面積み技法で高さ 10m 以上も石積みしているケースもある。

B-II 型は B-I 型のような岩塊産出状態のうち、風化度が低い $\bar{a} = 35 \sim 80\text{cm}$ 、 $\bar{b} = 43 \sim 95\text{cm}$ 程

度の大きめの寸法の岩塊を選択搬出し、これを荒加工して石積みしている型で、浜松城(静岡県)、松阪城(三重県)、大垣城(岐阜県)、出石城(兵庫県)などが典型例である。米俵状の太丸い岩塊を石積みするときの基本は積み石を落とし積み状に積んで左右および背面において3点支持状態で順次積み上げることであり、間詰材は補足的に後詰めして充填する。石積みの力学的バランスは積み石相互の支点により構成される。このような石積みを行うことは優れた技能を要するが、B-II型は野面自然石を用いた最も技術が進歩した石垣型であるといえる。

B-III型は河川や海岸において産出する十分角が取れ丸みを帯びた堅牢な $\bar{a} = 32 \sim 65\text{cm}$ 、 $\bar{b} = 53 \sim 116\text{cm}$ 程度の寸法の大きい岩塊を選択し穴太積みしているもので、高島城(長野県)、松代城(長野県)、岡山城天守台(岡山県)などが典型例である。岩塊は大きいので安定してみえるが、石の形が卵状に丸みを帯びているために積み石相互間の支点となる接触状態が不安定で、間詰石も抜け落ちやすく、石垣の安定性は高くない。

C-I型は平城で高石垣を構築するために大量の切出し石を用いたものであるが、石切り技術が未発達で岩場から岩塊を大割りした後乱割りして産出したために、形状は不規則な多角形をしている。岩質は一般に堅牢で、 $\bar{a} = 35 \sim 83\text{cm}$ 、 $\bar{b} = 51 \sim 113\text{cm}$ と寸法もやや大きめだが、B型よりも石積み技術的には退化していて、積み石間には石片をたくさん挿入し、この石片による間詰材の作用に依存して順次石積みし、石垣の安定を確保しているといえる。この型に属する石垣事例は数多いが、間詰の少ない富山城、名古屋城、篠山城(兵庫県)、上野城(三重県)、間詰石片が多い津山城(岡山県)、三原城(広島県)、そして目地加工に優れ目地開きの少ない姫路城、山形城、熊本城などの3型に小分類される。

C-II型は石材切り出しに当たって、石目・石木目などの知識のもとに矢穴を用いた矢割りにより、ややいびつな四角形状に大量に切り出した石材(間知石)を用いて間知積みした石垣型である。切り出した石材はあまり手を加えないで、そのまま積み石として用いている。石材の寸法は $\bar{a} = 33 \sim 63\text{cm}$ 、 $\bar{b} = 46 \sim 69\text{cm}$ 程度であり、 $a/b \approx 0.7$ で長方形状である。この型に属する石垣も津城(三重県)、福山城(広島県)、岡城(大分県)、大坂城等数多い。

C-III型はC-II型の状態で大量に切り出した石材を粗～精加工して $\bar{a} = 30 \sim 47\text{cm}$ 、 $\bar{b} = 39 \sim 57\text{cm}$ 、 $a/b \approx 0.88$ 程度にかなり正方形に近い形として加工していわゆる切込み接ぎで石積みしている。縦横目地開きは小さく、かつ美的にも美しく感じられるが

積み石相互間が面接触状態のために積み石相互の組み合わせは小さく、返って積み石が滑動し易いようにも考えられる。この型に属する石垣例も丸亀城(香川県)、福井城、二条城(京都府)など数多い。

以上のように石垣を整理分類してみると石垣は掘出し石を用いた系列と切出し石を用いた系列に大別されるが、石積み技術的には前者の方がレベルが上のようだが、石材生産加工技術は後者の方がレベルが上のように思われる。1600年頃を境としてB型は少なくなり、C型が増加したが、これは平地に美的な高石垣を短期間で数多く築く必要の結果と考えられる。なお掘出し石と切出し石の区分は、矢穴があり、石面が平坦で石目、石木目が現れていれば切出し石、というように矢穴の有無や割れ面の平坦性などから判断した。

なお現存する明治・大正時代に築かれた石垣(お茶の水ニコライ堂石垣など)の精加工された石積みは正方形に近い長四辺形のものが多く、また現代のコンクリートブロック間知石も基本的に長四辺形である。このことは上述の「石垣積み石は長四辺形に収束する傾向を有する」延長線上の結果のように思われる。

5. まとめ

本研究は非常に大きなバラツキを有する石垣積み石の寸法・形状に関するデータサンプリング法を甲府城などを事例として統計学的に検討し、導かれた方法を全国の数多くの石垣に適用し、収集されたデータを想定していた石垣分類法に当てはめて検討したもので、以下のようにまとめられる。

- ① 石垣平面部にある築石の寸法などに関するデータは、元来築石は管理されて生産されたものではないので、大きなバラツキを有する。したがって計算される統計量もデータサンプル位置やデータサイズにより大きくバラツク。現地でデータサンプルするに当たり、目視判断により同一性があると判断される領域を選定して層分けされたデータを得るように心掛けることが必要である。そしてデータ数が20～30程度となるような2.0～4.0m矩形エリアを区分けし、その中のデータを用いて他のエリアとを比較する。そして統計学上の分散の大きさを σ としたとき、品質管理などで行われている $\pm 3\sigma$ (99.7%)の高い信頼性があるような統計的検定を行う(判定する)ことは困難で平均値 $\pm 1\sigma$ の信頼性(データが68%収まる)を示す形で表示することもやむをえない。
- ② 石垣調査データのうち、形状寸法に関する4種

類の数値パラメーターから得られる9つの統計量を次に示す8つの石垣タイプに当てはめたところ、石垣タイプを定量的に表示できる可能性が示された。すなわち城郭石垣はA-I：古代薄板～長四辺形型、A-II：古代土留代用型、B-I：（山岳）掘出し石無加工型、B-II：（山岳）掘出し石荒加工型、B-III：（河床または山岳）掘出し（玉石状）巨礫型、C-I：切出し石乱割り型、C-II：切出し石粗加工型およびC-III：切出し石精加工型の8タイプに区分された。B型は1550～1600年間に構築されたが、以降は非常に少なくなった。C型は1580年頃から現れ、1590～1620年間に数多く構築された。C-IからC-IIIには時系列的な傾向は認められず、C-II～C-IIIは美的要素や経済力を誇示した結果のように思われる。

③ ①で示した石垣調査法に基づいて石垣データを得れば図-8～13に示す統計量を算出してそれぞれに当てはめたとき、最も多く該当する分類がその石垣パターンを示し、したがって構築年代を推定する一手法となりうる。

④ 石材の寸法・形状に関する短辺長さ a 、長辺長さ b 、偏平度 b/a 、円形度 R_o および鋭角度 Ag はA-I型を除いて大局的にA-IIからC-IIIへ次第にバラツキが小さくなりながら収束する傾向がある。この傾向は石材の採取加工技術の進歩と対応しているようであり、寸法・形状は精加工石のC-IIIの $b/a \approx 48\text{cm} / 42\text{cm} = 1.14$ の矩形に収束する傾向がある。以上のような傾向は明治以降の石垣の切込み石やコンクリートブロックの長四辺形形状に連なる現象のように思われる。

用語の説明・定義 (文献15)中の「石垣用語集」等を用いて再検討整理して作成した)

石材	自然石	露頭した岩塊そのままの人工を加えない自然の石。野石、天石とも言う。(野石の丸みのあるものをゴロタという。)
	掘出し石	山岳岩場の風化岩や河床に埋もれている転石などを掘り出した石材。大割りまたは荒加工して使用する場合が多い。
	切出し石	「石切り場」で矢穴を用いた矢割りにより産出した石材を言い、「割り石」と言った方が当たっていると思われる。一方「石切り」とは石材を石山から切り取ったりまた石材を精加工することを意味するので、これらを含めて「切出し石」と呼称する。
加工度	雑割り	岩塊を雑然と割った結果、形状寸法が様々になっている。
	荒加工	岩塊の亀裂等を利用して大雑把に形状を整える程度に加工。
	粗加工	形状寸法を概略整えたり、石積みの時の収まりを安定させるために、大まかに加工。

精加工	形状寸法を均一に整えたり、または目地を高度に精密に仕上げる加工。	
形状	長四辺形	長辺長さ/短辺長さ $\approx 1.3 \sim 2.0$ 程度の長四角で、寸法は大小様々でバラツキが大きい。
	変則多角形塊状(3～7角形)	鋭角・鈍角を含む不規則な多角形で、寸法は大小のバラツキが大きい。角度や辺長がかなりバラバラな不規則型の塊状の3～7角形石材で、寸法に大小のバラツキがある。
	塊状均一	比較的同じ程度の角度や辺長を持つ塊状の4～6角形石材で、寸法のバラツキが小さい。
	主として四角形	主として正方形に近い正四辺形で、寸法のバラツキが小さい。
寸法	小	平均的な直径 30cm 以下、一般に 10 ～ 20cm。
	中	平均的な直径 30 ～ 50cm 程度。
	大	平均的な直径一般に 50 ～ 100cm 程度、100cm 以上のものも多い。
石積み技法	雑(=乱)積み	天然石または破砕石の小粒で形状の雑多な石材を用いた雑な積み方。
	野面積み(=古式)穴太積み	大小様々の塊状石材(野面石)をそのまま用いて自然に積む積み方。
	打込み接ぎ	野面石の出コブを打ち欠いて積む積み方。
	切込み接ぎ	切石に近く加工した石を積む積み方(切石=整形に仕上げた石材)
	落し積み	下石の谷へ谷へと石を落とし重ねていく積み方。
	煉瓦積み	煉瓦を積む要領で横に寝かすように一段ごとに積み上げる積み方。
	間知積み	四角錐体の頂部を切り捨てた形の切出し石(角錐台形の規格石材)を積む積み方(間知=検知=一定寸法という意味だった)。下石が作る谷へ上石をはめていく積み方を谷積み(=矢はず積み)という。
	布積み	石々の横目地を通す積み方。(布積み崩し積みという、横目地が通らない積み方となる)
	箱積み	方体の石を箱重ねに積む積み方。水平直立積み。
	(参)	新穴太積み
(参)	牛蒡積み	胴長な石ばかりを揃えてゴボウを並べるように積む積み方。
(参)	練積み、空積み	石垣の合端にはトロ(漆喰やモルタル等)、ヒカエ尻まではコンクリートを入れて積み上げる積み方を練積みといい、トロを用いないときは空積みという。
間詰め	小石後詰め	石積みした後の積み石のガタツキを収めるために薄片状小石を挿入した状態。
	中石後詰め	石積みするときに積み石がやや大きくガタツクので、直径 10 ～ 20cm 程度の中石を

挿入した状態.

構造的間 詰め	石積みに当たり、積み石を加工しないで 堅牢な間詰め石を使うことにより積み石の 安定を得る間詰め状態.
少ない	50%以下 (空隙充填率)
中程度	50~70% (空隙充填率)
密	70~90% (空隙充填率)
十分密	90%以上 (空隙充填率)

参考文献

- 1) 北垣聰一郎：石垣普請，(財)法政大学出版局，1987. 3.
- 2) 最上武雄編著：土質力学，技報堂，pp. 898~903，1969.
- 3) 同上，pp. 899~903
- 4) 同上，pp. 899~903
- 5) 山梨県教育委員会，山梨県土木部：甲府城跡 I ~ IV，1991~1994.
- 6) 増山元三郎監修，吉川英夫編：統計解析手順集，QCテキスト13，(財)日本科学技術連盟，pp. 26~27，1968.
- 7) 同上，pp. 21
- 8) 同上，pp. 12
- 9) 丸亀市教育委員会：「史跡丸亀城跡石垣修理工事」，1991.
- 10) 長崎県教育庁文化課：「特別史跡 金田城跡 確認調査結果 報告書」，平成5年度，平成6年度，平成7年度，平成8年度
- 11) 福岡県教育委員会：「特別史跡 大野城 VII」，1991.
- 12) 総社市教育委員会：「鬼ノ城 角楼および西門の調査」，総社市埋蔵文化財調査年報7，1997. 9.
- 13) 高松市教育委員会：「屋島城跡」，1981. 3.
- 14) 上野市教育委員会：「史跡上野城跡石垣保存修理工事報告書」，1990.
- 15) 田淵実夫：石垣，(財)法政大学出版局，1975. 4.

(1998. 12. 18 受付)

CLASSIFICATION OF TYPES & TRANSITION OF CASTLE-MASONRY WALLS JUDGED FROM STONE SHAPE AND SIZE

Kunihiro TANAKA, Yoji NIITANI and Kiyoomi YAMADA

The work summarizes the classification of types and transition based on the stone shape and size.

We applied 4 types of numerical parameters regarding the data of masonry walls investigated for 140 castles across the country to 8 types of stones which we assumed. As the result, the 4 parameters showed the possibility to indicate 8 types of masonry walls quantitatively. Therefore, the use of 4 parameters allows the existing masonry walls to be numerized and indicated for the classification of masonry walls, thereby it allows the classification of types to be one of techniques to presume the year of the construction.