

金峯神社から仮拝殿にかけての階段の設置

井上 喜人¹ 大谷 絃太¹ 竹内 伸幸¹ 西村 滉平¹

高木 方隆² 西内 裕晶^{2*}

(受領日：2021年5月31日)

¹ 高知工科大学大学院工学研究科 基盤工学専攻社会システム工学コース
〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185

² 高知工科大学システム工学群
〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185

* E-mail: nishiuchi.hiroaki@kochi-tech.ac.jp

要約：本稿は高知県香美市土佐山田町佐岡地区に位置する里道において設置した階段の計画・測量・設計・施工の手順を記録する。佐岡地区には様々な里道が張り巡らされており、特に対象とする里道は、金峰神社と仮拝殿を結ぶため金峰神社の例祭や参拝、大学関係者による研究などで必要不可欠となっている。しかしながら、急勾配な箇所や落ち葉などによる足元の視認性が悪い箇所、岩肌が多く足の踏みどころがない箇所が見られ、安全性に欠ける点が問題となっている。そこで、設置する階段を設計するにあたって3つの条件を設定した。具体的には、降水時の里道上での水路確保、次に低コストで景観考慮を兼ねた地場材の使用、維持管理の簡略化である。また、施工手順をマニュアル化することで、階段の拡張や修繕時の再現性を確保した。これらを踏まえた2020年度の取り組みでは、24段の階段が竣工し、対象地点において周囲との景観の調和と安全性を確保できた。

1. 背景目的

高知工科大学では高知県香美市佐岡地区を拠点に「里山基盤科学技術の社会実装モデルプロジェクト（佐岡プロジェクト）」が遂行されている。佐岡地区には様々な里道が張り巡らされており、金峰神社の例祭や参拝、大学関係者による研究などで里道の利用が不可欠となっている。

しかし、現在の里道は急勾配な箇所や落ち葉などによる足元の視認性が悪い箇所、岩肌が多く足の踏みどころがない箇所が見られ、安全性に欠ける里道が存在する（図1参照）。そこで、本プロジェクトでは、安全性に欠ける里道の整備により、利用者の安全確保や佐岡プロジェクトにおける物資運搬などの効率向上を目的とする。

2. 対象敷地

対象敷地は、古民家から金峰神社本殿にかけての

里道とする（図2参照）。はじめに、対象の里道に対して現地調査を実施した。実施日は2020年7月1日であり、当日の気候は晴れであったが、前日の日積算降水量（後免）が149mmであり、現場は少し地面が湿っていた。

当日は、はじめに対象の里道を徒歩で往復し、「滑りやすい」と感じたポイントをortho画像にプロットした（図3参照）。なお、本調査で用いたortho画像は2020年5月15日に高木研究室により作成されたものを使用した。続いて、滑りやすいポイントの地形的特性を調査した。1つ目の特性は「急斜面」である。ここでの急勾配の評価には、数値的な根拠を要するために測量の実施を計画することにした。2つ目の特徴は「岩肌」である。ポイント付近で岩肌が綺麗な部分があり施工においては景観保存として残す方針とした。



図 1. 階段設置前の現況

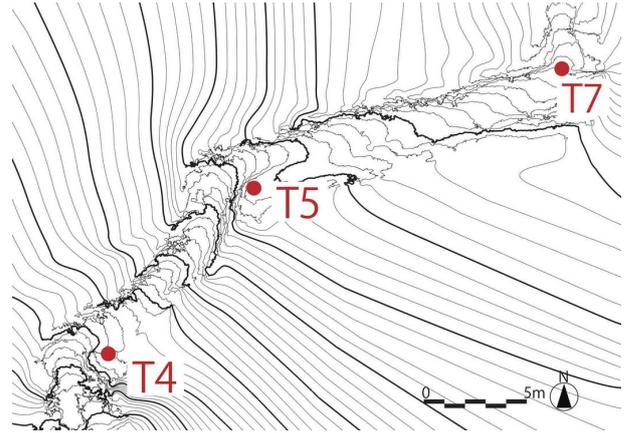


図 4. 基準点位置

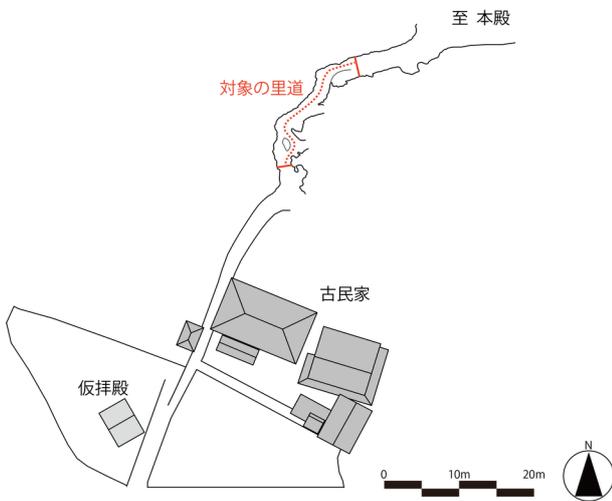


図 2. 広域平面図



図 3. 滑りやすいポイント

3. 測量

測量は、急勾配の評価と対象敷地の図面作成のために行った。

3.1 測量方法

対象範囲内に 1m 間隔でポイントを打っていく。中でも目測でわかるほど急な場所には、どこが滑りやすいかを検証するため 50cm 以下の任意の間隔でポイントを打つ。

測量には、トータルステーション（トプコン社製 SOKKIA）を用い、基準点から任意で定めた各点（以下、任意点とする）までの距離と角度を測定する。基準点は、林内観測データ¹⁾の T4、T5、T7（図 4 参照）を使用する。

3.2 座標算出方法

二つの基準点（ここでは一例として、T5 (x_5, y_5) と T7 (x_7, y_7) を用いる）と任意点 Q (x_q, y_q) を用いる。T7 と任意点 Q の距離 r と T5 と任意点 Q の角度 α を用いてを求める。

そのためにまず、基準点 T7 を原点とし、基準点 T5 をある座標軸とする座標系を設定する。この座標軸を U-V 座標系とすると、点 Q の U-V 座標系は、以下の式 (1) で与えられる。

$$\begin{cases} u = r \cos \alpha \\ v = r \sin \alpha \end{cases} \quad (1)$$

この U-V 座標系で表された座標を X-Y 座標系に変換するため、X 軸と U 軸とのなす角度 θ だけ回転させ、基準点 T7 の座標分平行移動させる。これにより、求める座標 (x_q, y_q) は次式 (2) となる。

$$\begin{pmatrix} x_q \\ y_q \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_7 \\ y_7 \end{pmatrix} \quad (2)$$

表 1. 測量結果 (26 - 40)

番号	鉛直距離 z (m)	2点間距離 l (m)	角度 θ (°)	角度差 θ' (°)
40	144.7	0.28	28.99	9.64
39	144.6	0.42	19.35	2.02
38	144.4	0.42	21.37	4.98
37	144.2	0.46	16.39	8.02
36	144.1	0.49	24.42	9.93
35	143.9	0.42	34.35	18.91
34	143.6	0.38	15.44	16.56
33	143.5	0.29	32	12.19
32	143.3	0.26	19.81	2.68
31	143.2	0.38	17.13	19.67
30	143.1	0.14	36.8	19.06
29	143	0.23	17.74	22.51
28	142.9	0.13	40.26	22.26
27	142.8	0.47	17.99	2.13
26	142.7	0.47	15.86	2.24
平均値				11.79

なお、 θ は次式 (3) で計算できる。

$$\theta = \tan^{-1} \frac{y_7 - y_5}{x_7 - x_5} \quad (3)$$

以上の式より、任意点の座標が求められる。

Z 座標の算出方法は、基準点の Z 座標（ここでは T7 (z_7) を用いる）とトータルステーションの高さ H の和と鉛直角 $\alpha - 90^\circ$ と斜距離 L の三角比を用いた値とプリズムの高さ h の和の差分で求められる。式は以下の式 (4) となる。

$$(H + z_7) - \{L \sin(\alpha - 90^\circ) + h\} = z_p \quad (4)$$

3.3 測量結果

任意点の座標から余弦定理を用いて 2 点間距離 l を求め、2 点を結ぶ線の角度を求めた。ポイント番号 26~36 は目測で滑りやすいと考えられる範囲、ポイント番号 28~36 は角度差が平均値以上の値が多く見られた範囲となっている。(表 1 参照) このように勾配が急かつ起伏の激しいポイント番号 28~36 のような場所を優先して階段の作成を行う範囲と設定する。

3.4 測量結果から敷地図面作成

測量で得られたデータから以下の図面を作成した (図 5 参照)。

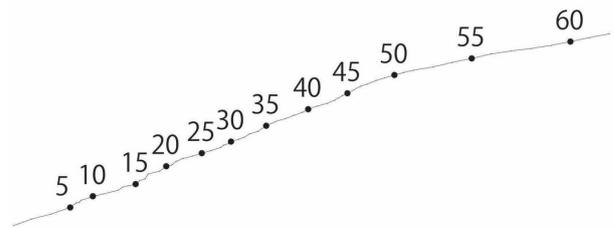


図 5. 縦断面図

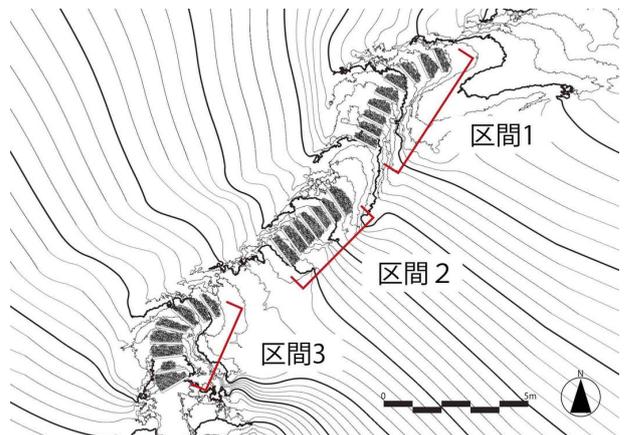


図 6. 全体平面図

4. 設計

4.1 設計指針

階段の設計にあたって、降水時の里道上での水路確保、低コストと景観考慮を兼ねた地場材の使用、維持管理の簡略化を条件とした。

現況の里道の地形は横木を置いた際に、横木下部が空くため、横木で土砂を塞ぎとめる形の一般的な階段は困難である。そこで、階段の踏面の躯体確保と、降水時の水路確保を兼ねて蛇籠を使用する設計案とした。

材料としては、佐岡地区にある資材（以下、地場材とする）を使用する。地場材は材料費と輸送費を削減させ、低コストでの施工を可能とする。また、地場材を使用することにより、周辺の景観と調和し、景観を考慮した階段を設置することを可能とさせる。

維持管理としては、横木は地面に接している部分から水を吸収し、腐敗が進行するため横木の交換を容易にする必要がある。

4.2 階段の全体配置

測量結果を元に、区間を 3 つに分け、階段の全体配置を行なった (図 6 参照)。

蹴上と踏面は比較的良好な昇降感が得られる住宅性能表示制度の等級 2~5 の条件³⁾ を満たすことを

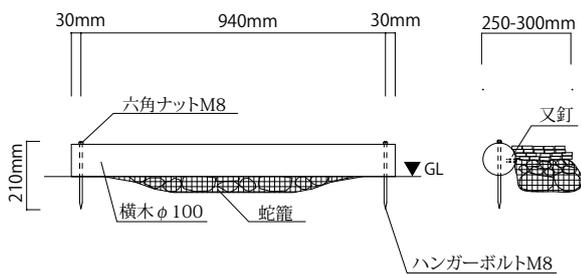


図7. 階段詳細立面・断面図

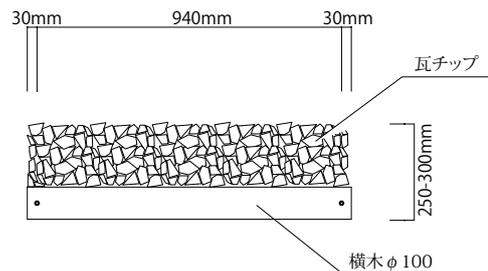


図8. 階段詳細平面図

前提として、設計を行った。条件は R : 蹴上、 T : 踏面として条件 (5) となる。

$$5.5 \times 10^2 \text{ mm} < 2R + T < 6.5 \times 10^2 \text{ mm} \quad (5)$$

ここでは区間2を扱う。この条件を満たすために蹴上と踏面を求めると式 (6)、(7) となる。

$$R : (z_{q36} - z_{q28}) / 8 = 1.5 \times 10^2 \text{ mm} \quad (6)$$

$$T : (l_{36} - l_{28}) / 8 = 3.2 \times 10^2 \text{ mm} \quad (7)$$

求めた蹴上と踏面から条件の式に当てはめると式 (8) となる。

$$2R + T = 6.2 \times 10^2 \text{ mm} \quad (8)$$

これは条件を満たし、区間2では段数8段にすることによって、比較的良い昇降感³⁾が得られる階段となる。

4.3 階段の詳細設計

全体配置と区間設定により、階段1段あたりの詳細設計を行った (図7、図8参照)。

地場材としては里道付近で伐採された木材、古民家改修に伴い放置された瓦、里山内にあった石を使用する。木材は横木として使用する。瓦は砕くことにより、瓦チップとして踏面の表面を覆い、石は瓦チップの下地となる蛇籠を構成する材料とする。

維持管理の向上のため、横木が腐敗した場合でも簡単に横木を換えることを可能とする。そこで、ハンガーボルト ($\phi 8 \times 210 \text{ mm}$) と六角ナット ($\phi 8 \text{ mm}$) を組み合わせ、杭として使用する。ハンガーボルトは全長 210 mm であるため、横木の直径の大小により、杭としての機能が左右される。そのため、横木は多少前後するが、 $\phi 100 \text{ mm}$ として設定する。また、杭の位置は里道での地形を考慮して、木材端部

表2. 施工期間の詳細日時

業日時	施工段数
2020/12/15	3
2020/12/18	6
2020/12/22	4
2020/12/25	5
2021/1/15	6
	24

から 30 mm を基準とした。

5. 階段の施工

5.1 施工概要

施工期間は2020年12月～2021年1月である。詳細日時は以下の表2となる。

5.2 材料の選定

a. 木材の選定

佐岡地区には伐採された横木が多く放置されており、その中から施工に利用できそうな木材を選定し利用した。選定の基準としては腐敗状態・形状・見た目の3つである。選定した木材を図9に示す。

b. 石の選定

佐岡地区には昨年プロジェクトで購入し使用した石が多く残っている。その中から蛇籠に利用できる石を選定した。蛇籠の下部部分には蛇籠の網目より大きい石を利用した。選定した石を図10に示す。

5.3 施工手順

初めに、選定した木材が階段を作成するポイントに設置できるように丸鋸で切断し長さを調整した。切断している様子を図11に示す。その後切断



図 9. 木材の策定



図 12. 下穴を開けている様子



図 10. 選定した石



図 13. ハンガーボルトを取り付けている様子



図 11. 木材を切断している様子



図 14. ハンガーボルト取り付け後

した木材を階段作成ポイントに設置し、木材にハンガーボルトを階段の左右に取り付ける。取り付ける際にハンガーボルトが抜けないようにナットとワッシャーを用いて固定した。ハンガーボルトを取り付けている様子を図 12、13 に、取り付け後を図 14 に示す。

次に蛇籠の作成を行った。階段の踏面部分の縦・横の長さを測り、踏面部分に合うように金網を切断

した（図 15 参照）。金網切断後、金網を階段の踏面部分に設置し、蛇籠の下となる部分には大きな石・上の部分には小さな石を敷き詰めた（図 16 参照）。敷き詰めが終わり次第、石を金網で覆った。その後、ワイヤーを用いて金網の端の部分をつなぐ（図 17 参



図 15. 金網を切断している様子



図 18. 蛇籠と木材を固定している様子



図 16. 敷き詰めた小さな石



図 19. 完成した蛇籠



図 17. ワイヤーを結んでいる様子



図 20. 瓦を敷き終わった様子

照)。そして蛇籠の位置がずれていかないように、又釘を用いて蛇籠と木材を固定した（図 18 参照）。完成した蛇籠を図 19 に示す。

最後に踏面部分を作成する。踏面部分は瓦を細か

く割った物を敷いた。1 段あたり約 3 枚の瓦を使用した。瓦を敷き終わった様子を図 20 に示す。

5.4 階段の完成

5.3 の作業を階段作成ポイントの 24 か所で繰り返



図 21. 完成した階段

し行い階段を完成させた。竣工日は2021年1月15日である。完成写真を図21に示す。

階段を使った感想として、施工前よりも登り降りが安定していた。また、階段を登るごとに瓦の音が心地よい印象であった。

6. 終わりに

6.1 今後の課題

今回施工した階段の今後の課題としては以下の事項があげられる。

今回階段を作成したポイント以外にも滑りやすい箇所がある。そういった箇所にも階段を作ることにより安全な里道になると考える。また、作成した階段の材料の耐用年数が不明であるため、定期的に階段の様子を観察しメンテナンスをしていかなければならない。さらに、踏面部分には細かく砕いた瓦を用いたが、現在の瓦の大きさでは底が薄い靴などでは歩行時に違和感や場合によっては痛みが生じることも考えられる。そのため今後階段を作成する際やメンテナンス時にはよりきめ細かく砕いた瓦の大きさにしなければならないと考える。

6.2 まとめ

本稿では高知県香美市土佐山田町佐岡地区に位置する里道の階段設計・施工を行なったことをまとめた。階段の竣工後、地元の方々と大学関係者から「施工前よりも格段と歩きやすくなった」といった率直な評価をいただいたことから、「利用者の安全確保」の目的を達したと考える。また、今後は竣工した階段によって佐岡プロジェクトにおける研究の作業効率が向上することを期待する。

文献

- 1) 国土を測る技術の基礎—地理空間情報技術者を
目指す人のために—
- 2) 国土情報処理工学研究室（高木研究室）
(URL=<https://sites.google.com/view/takagilab>)
- 3) 国土交通省住宅局住宅生産課, “新築住宅の住宅
性能表示制度ガイド”

Installation of Stairs from Kanamine Shrine to the Temporary Hall of Worship

Nobuhito Inoue¹ Genta Ohtani¹ Nobuyuki Takeuchi¹ Kohei Nishimura¹

Masataka Takagi² Hiroaki Nishiuchi^{2*}

(Received: May 31st, 2021)

¹ Infrastructure Systems Engineering Course,
Graduate School of Engineering, Kochi University of Technology
185 Miyanokuchi, Tosayamada, Kami City, Kochi 782–8502, JAPAN

² School of Systems Engineering, Kochi University of Technology
185 Miyanokuchi, Tosayamada, Kami City, Kochi 782–8502, JAPAN

* E-mail: nishiuchi.hiroaki@kochi-tech.ac.jp

Abstract: This paper aims to record the procedures for planning, surveying, designing, and construction of stairs on the roads located in the Saoka district in Kami City, Kochi Prefecture. The roads are especially indispensable in the Saoka district for the annual festivals, worship at the Kanamine Shrine, and research. However, there are safety problems where the visibility of your own feet is poor due to steep slopes and fallen leaves, as well as many rocks and places with no where to step. Therefore, the stairs for this design have three set conditions. First, secure a waterway on the roads during precipitation. Second, combine the use of low-cost local materials while taking the landscape into consideration. Third, simplify maintenance. In the construction process, by summarizing the first stage of the construction procedure, the second and subsequent stages of construction were facilitated. In addition, our expectation is that this will be used as a manual for stair expansion and repair by giving reproducibility to the construction procedure. As a result, a 24-step stairway was completed achieving harmony with the surrounding landscape and ensuring safety.