

市民参加による寺有林の保全と管理に関する研究

神戸大学大学院資源生命科学科

高橋あかり

I. 序文

日本にある巡礼地のうち有名なものとして四国八十八カ所巡礼は中世末から近世にかけて急速に広まったものの、多大な日数、費用、労力を必要とするため、一部の富裕階級や宗教者に限られたものだった。巡礼に出ることが困難な一般民衆の願いに沿うかたちで形成されたのが『写し霊場』と呼ばれるものである(山本 2003)。本研究地である太山寺四国八十八カ所霊場は、地元民の賛助のもと太山寺境内内に造建されたものである。

太山寺学芸員の瓦谷氏による 2017 年 2 月の調査から、太山寺八十八カ所霊場は本堂の東側に一番から三十七番まで、伊川を挟んだ向かい側の奥の院近辺に三十八番から八十八番までが位置していることが判明していたが、2017 年 10 月の台風 21 号、2019 年西日本豪雨による周辺木の倒木により巡礼ルートが消滅、石祠の損壊が相次いだ。

倒木による文化財や地域遺産の破損は枚挙にいとまがない一方で、倒木要因は腐朽や枯死、台風や豪雨などの自然災害と様々である。強風による倒木被害には幹折れと根返りがあげられる。このうち特に根返りについて、飯塚(2021)は樹木個体の胸高幹周と根系盤体積の間に関係について述べ、倒伏可能性の高い個体の根系盤体積の閾値を示している。Naka(1982)は、日本のような台風の常襲地域では照葉樹林は台風の影響を強く受けるとしており、さらに本調査地のような遷移後期照葉樹林で優占するコジイは照葉樹林の極相種であるカシ・イスノキよりも台風に対する耐性が低い(峠田 1987; Yamamoto and Manbe 1997)という報告もある。実際に太山寺社寺林は 2003 年から続的に植生調査が行われており、調査区内にも倒木による林冠ギャップが多数存在している(川田 2022)。

II. 調査地及び調査対象建造物

兵庫県神戸市西区伊川谷町(北緯 34 度 70 分,東経 135 度 07 分)にある寺院であり、神戸市唯一の国宝建造物である本堂を有している。境内には合計 16ha の寺有林があり、遷移後期の照葉樹林が多く含まれていることから、県の天然記念物に指定されている。寺有林内には四国八十八カ所巡り霊場や西国三十三カ所巡りなどが存在し、自然的、文化的価値の高い森林となっている。四国八十八カ所巡り霊場は、明治期に造建されたもので、弘法大師と釈迦如来を一組とした石祠が奥の院の周辺などに設置されている。

寺有林の自然植生はカナメモチーコジイ群衆(宮脇 1984)であるが、西側斜面は僧侶の修業場であったため人為的攪乱が発生せず、斜面中部から下部はコジイが優占する天然性照葉樹林となっており、斜面上部から崖上地および尾根部はウバメガシが優占している(古舘 1991)。社寺林では二次林と照葉樹林の林縁部と山頂部にプロットが設置され、林縁部では 2003 年から計 5 回、山頂部では 2020 年に 1 度毎木調査が行われた(川田 2022)。

III. 調査方法

石仏の現状調査

太山寺境内内の四国八十八カ所霊場で、石仏の位置の把握、破損状況の把握を行った。石

仏の位置は、GNSS 受信機である GEO WALKER (myzox) を用いて石祠正面の位置情報を取得した。破損状況については、「破損なし」(写真 1)、「石祠なし」(写真 2)、「破損」(写真 3)として区別した。

寺有林内で倒伏している樹木個体調査

四国八十八カ所霊場を主として、太山寺の社寺林全体からすでに倒木している個体の根鉢サイズ、胸高直径、樹高、樹種、樹木の根本位置の斜度、樹木位置を計測した。今回の調査では根返りによる倒伏個体を対象とした。根鉢サイズは根が見えている範囲内について長径と短径、垂下根長を計測し、根系盤体積を算出した。胸高直径は垂下根長を測り始めた場所から 1.3m 地点において周囲長を計測したが、メジャーを通すことができなかった個体については Vertex III (Haglof 社) もしくはコンベックスを用いて直径を測量した。樹高はニコンのレーザー距離計 (Forestry Pro II J) を用いた。根本位置の斜度はニコンのレーザー距離計 (Forestry Pro II J) を用いた。倒木の位置を把握するため、上述と同様の GEO WALKER (myzox) を用いて根本位置と樹木の先端部分の情報を取得した。

樹種については表面が腐朽していることも多かったため、可能なものについては森林総合研究木材データベースなどを参考に、解剖学的手法を用いて樹種を同定した。また重量の推定には「幹材積計算プログラム (森林総研)」を用いた。

根系盤体積と斜度を従属変数とし、胸高幹周、胸高断面積合計、幹材積をそれぞれ従属変数として閾値を算出した。この際に、境界線解析 (Ishii 2000) を用いた。

IV. 結果

石仏の現状調査

石祠は第二十番、第四十番、第六十五番の 3 つについてはそれぞれ 2 つずつ石祠が存在し、全体で 91 の石祠があることが確認された (図 1)。全 91 字の石祠のうち、「破損なし」が 53 字、「石祠なし」が 24 字、「破損」が 14 字であった。このうち倒木の下敷きとなり、「破損」状態にあったものは 5 字であった。また、ルート上に倒伏した樹木が 5 個体あり、4 個体が「破損」状態の石祠上にかぶさっていた。残りの 1 個体は第 59 番の石祠に樹冠が重なる形になっており、巡礼ルートを分断していた。

社寺林内で倒伏している樹木個体調査

太山寺寺有林内において根返・倒伏した 33 個体を調査対象とした (図 2)。このうち、7 個体は八十八カ所巡り霊場内での倒伏個体であった。残りの個体は太山寺本堂より北側にある寺有林で倒伏していた。33 個体のうち、6 個体は腐朽が激しく、樹種同定は困難だった。それ以外の個体についてはコジイが 10 個体と全体の約 30%を占めていた。次に多かったのはソヨゴで 4 個体であった。

倒伏可能性の予測

根系盤体積、斜度を従属変数とし、胸高幹周、胸高断面積合計、幹材積を独立変数としてグラフ上にプロットし、境界線解析から抽出したデータから作成した回帰線については図 4 に示した。

V. 考察

石仏の現状調査

石祠を構成する屋根や壁、土台、納められた石仏とその土台については接着されること

はなく、下から上に積み重ねられた構造をしており、一定の負荷がかかった場合、容易に破損すると考えられる。そのため、石祠を構成する部材さえ見つければ、バラバラになっていたとしても修復自体はそこまで困難ではない。しかし、石祠の第四十二番～第八十一番までは斜面に存在しており、周囲環境が整備されているわけではないため、地滑りなどの理由により損壊は今後も免れないと考えられる。実際に完全に「破損」していた14字のうち、第三十四番以外の13字はこれに該当する。この13字のうち、倒木による「破損」状態にあったものが5字であった。直接的な「破損」に関わる以外に巡礼ルート上に倒木している個体が5個体存在し、このうち4個体は「破損」に関わっている。

スイスでの既往研究 (Stoffel 2005) にもあるように、森林は斜面において落石率を減少させる役割を持ち、森林が斜面崩壊の防止に重要な役割を果たすことは古くから提唱されている (Ziemer 1981)。樹木や森林による落石、斜面崩壊の防止は可能であり、石祠の整備と同時に森林の管理が重要であることは間違いない。

この10年弱で倒木等の被害が相次いだことをふまえると、巡礼ルートの再整備に加え、整備後の状態を維持するために周囲環境のさらなる調査は必須であると言える。

寺有林内で倒伏している樹木個体調査

太山寺寺有林内においてコジイが最も倒伏個体の多い樹種であった。これはコジイが根返り、幹折れしやすいという既存研究 (峠田 1987; Yamamoto and Manbe 1997) と一致する。次に倒伏個体が多かったソヨゴについては一般的に浅根性で風倒しやすいと言われており、実際 *Ilex* 属の多くが浅根性である (荏住 2010)。

倒伏可能性の予測

根系盤体積(x)、斜度(y)を胸高幹周(a)、胸高断面積合計(b)、幹材積(c)の3つとそれぞれ比較し、回帰線を引いた結果、式[5]が最も当てはまりの良い結果を得た。モデルの決定係数 (R^2) が高く、幹材積が根系盤体積の変動を十分に説明しているとともに回帰係数が有意であったことから、幹材積と根系盤体積の間には強い関連があることが分かった。このモデルは幹材積から倒伏可能性のある根系盤体積の推定最大値を高精度で予測できるといえる。ほかの独立変数である胸高幹周と胸高断面積合計と比較しても、幹材積が倒伏可能性のある根系盤体積を予測する上で最も有効な独立変数であることが示された。

独立変数を胸高幹周とする研究は既往研究 (飯塚 2021) でも見られており、今回の結果からも当てはまりが良いことが分かった。根系盤体積、斜度のどちらにも当てはまりがよく、両者について胸高幹周と強い関連があることが分かった。

独立変数を胸高断面積合計としたモデルについては、根系盤体積の推定最大値の予測に有効な式を作ることはできたものの、斜度については当てはまりが悪く、高精度に予測することはできないと考えられる。

これらのことから、幹材積がもっとも高精度の予測線を描く際に有効であると言える。一方で、幹材積を推算するにあたり必要なデータで合った樹高データが本調査では必ずしも正確ではないという点には留意したい。胸高幹周についても幹材積に比べれば当てはまりは悪かったものの、十分に高精度な予測線を引くことができているため、既往研究同様、胸高幹周を独立変数として用いることは問題ないと言える。

これらの予測線は文化財周辺の樹木個体について倒木する危険性を高精度に測るうえで有用であるといえる。一方で生存木については根のサイズを測ることが難しい。地中レー

ダーを用いた樹木根の非破壊検出について調査が進められており、根の位置や大きさについては推定できることが分かっている(平野 2018; 谷川ら 2020)。垂下根が深かった場合、検出できない可能性があることや、レーダーに映らず根系盤体積が過小評価されることもある。しかし、これらが実用化された場合、予測線と非破壊調査から、事前に倒伏の危険性が高い個体について伐採等の処置を施すことができる可能性がある。

【引用文献】

- ・平野恭弘 (2018) 地中レーダを用いた樹木根の非破壊検出と根系構造決定. システム/制御/情報, Vol.62. No.12. 502-507
- ・Hiroaki Ishii, Joel P. Clement, David C. Shaw (2000) Branch growth and crown form in old coastal Douglas-fir, *Forest Ecology and Management* 131: 81-91
- ・飯塚康雄、松江正彦、久保満佐子、舟久保敏 (2021) 津波による海岸林の倒伏発生要因と根系を中心とした育成目標、*日緑工誌* 46(3)、316-328
- ・苅住昇(2010) 最新 樹木根系図説. 誠文堂新光社
- ・川田直人(2022) 照葉樹林に隣接する管理放棄された二次林の空間的変化と植生動態の把握. 修士学位論文. 神戸大学大学院農学研究科博士課程前期課程
- ・Kazuo Naka(1982) Community dynamics of evergreen broadleaf forests in southwestern Japan. I. Wind damaged trees and canopy gaps in an evergreen oak forest, *95: 385-399*
- ・古舘誓治(1991) 瀬戸内沿岸域の照葉樹林における地形・植生・土壌の関係に関する研究. 神戸大学大学院自然科学研究科. 博士論文
- ・Markus Stoffel, Dominique Schneuwly, Michelle Bollschweiler, Igor Lièvre, Reynald Delaloye, Moe Myint, Michel Monbaron (2005) Analyzing rockfall activity (1600–2002) in a protection forest—a case study using dendrogeomorphology. *Geomorphology*. 68: 224 – 241
- ・宮脇昭(1984) 日本植生誌 近畿. 至文社;66-67
- ・谷川東子・山瀬敬太郎・藤堂千景・池野英利・大橋瑞江・檀浦正子・金澤洋一・平野恭弘 (2020) 地中レーダがもつ樹木の根系可視力を減災に生かす試み. *水利科学*. No.374
- ・峠田宏(1987) 風害によるコジイ林植生遷移の促進. 中西宏博士追悼植物生態分類論文集. 379-382. 神戸群落生態研究会
- ・R. R. Ziemer (1981) Roots and the stability of forested slopes. *Erosion and Sediment Transport in Pacific Rim Steeplands*. I.A.H.S. Publ. No. 132
- ・山本準(2003) 徳島県における四国八十八か所写し霊場. 鳴門教育大学研究紀要(人文・社会科学編). 第 18 卷
- ・Yamamoto S. and Manabe T. (1997) Typhoon disturbance and tree replacement pattern in a secondary evergreen broad-leaved forest, *JIBP Special Research area at Minamata, Southwestern Japan*. *Jpn. J. For. Environ.* 39:13-20



写真1 「破損なし」



写真2 「石祠なし」



写真3 「破損」

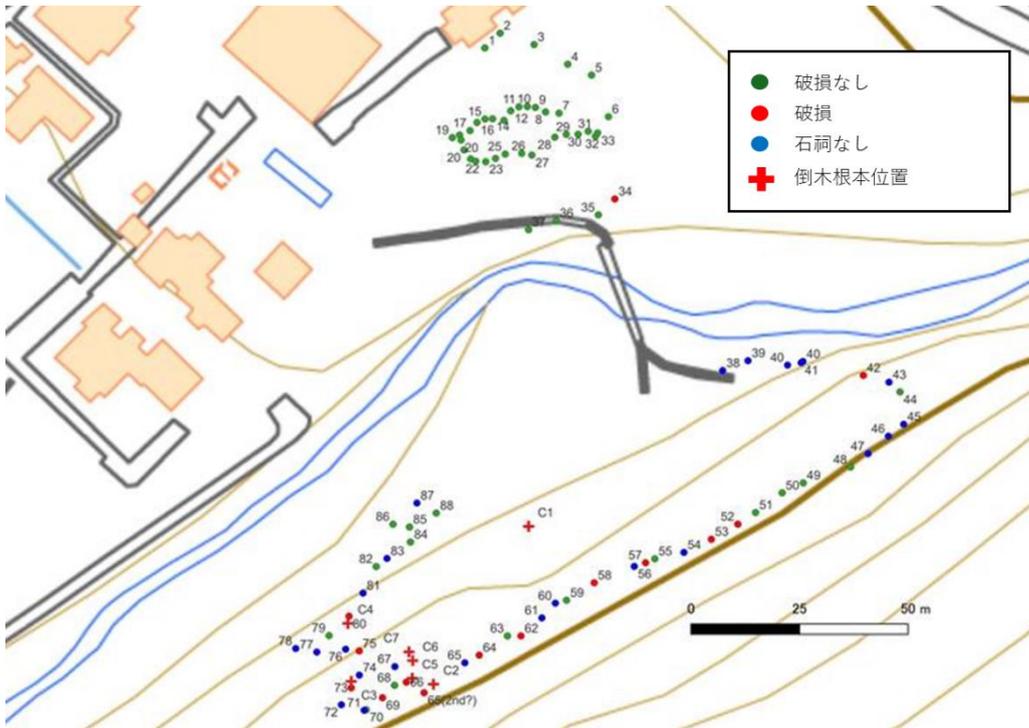


図1 石祠、倒木根本位置

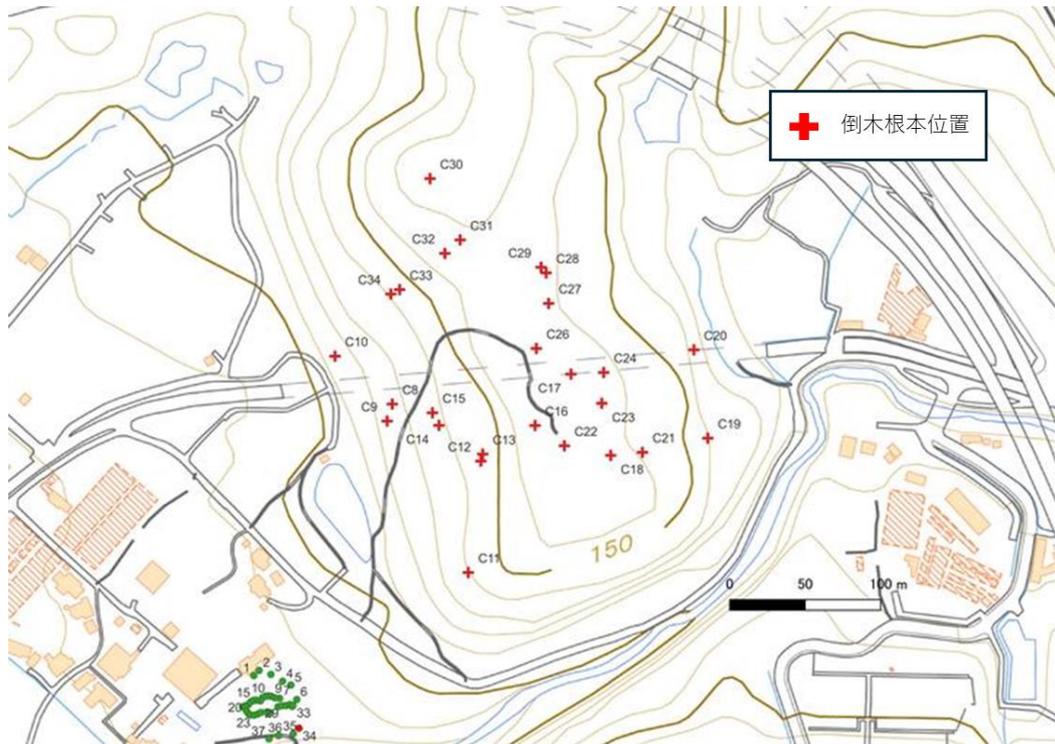


図3 倒木根本位置図

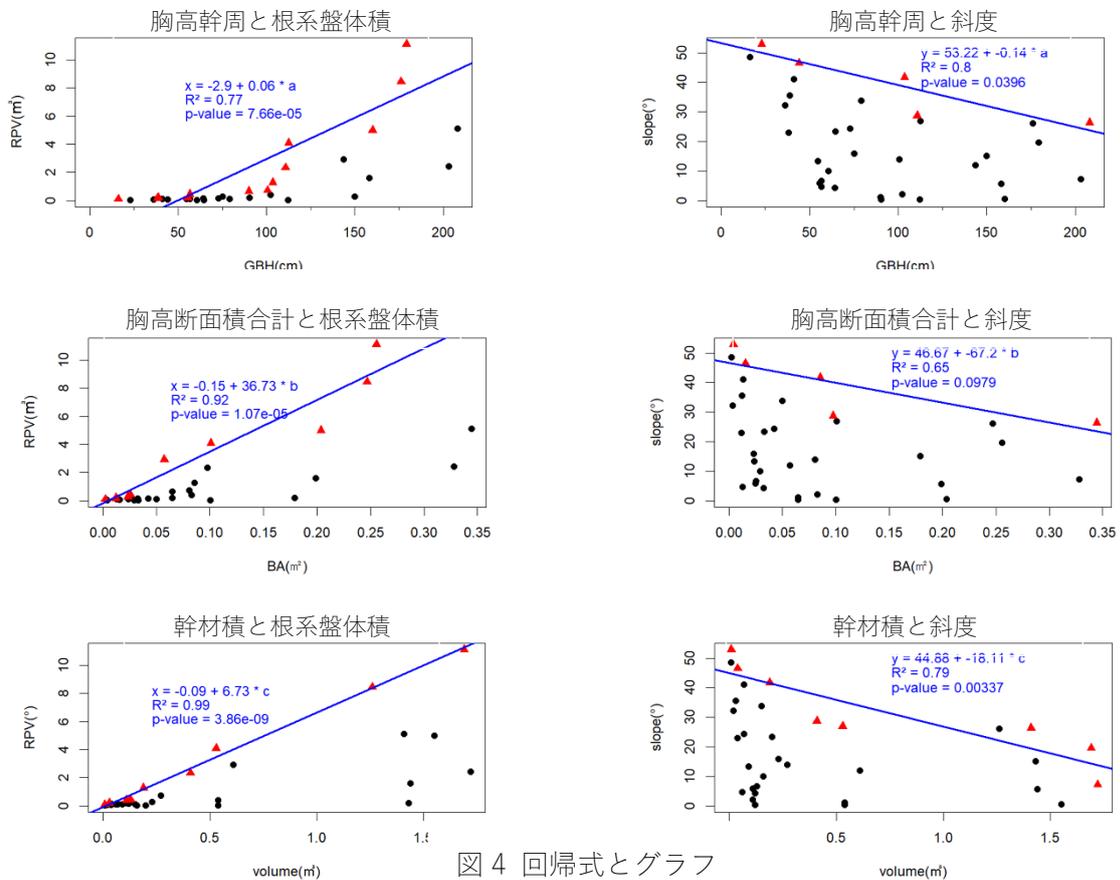


図4 回帰式とグラフ