

三次元レーザースキャナによる 唐招提寺金堂の破損図作成

破損図について 重要文化財建造物の保存修理においては、修理前と竣工時の2種類の図面をつくり、保存することが必須となっている。

修理では解体工事と併行して、部材一個一個におよぶ子細な調査がすすめられ、その成果としてまとめられたのが修理前図面である。この図面は厳密に言えば、工事直前の姿をそのまま写すものではない。現状を調査し、設計寸法を導き出す手順を経て描かれた図面であり、経年変化により生じている部材の折れ・狂い、軒の垂下はノイズとして除去される。現状図ではなく、設計意図を図面として表現したものである。

図24は5年前に竣工した新薬師寺鐘楼（奈良市）の梁行断面図である。前回の修理より100年ほど経過し、軒の垂下が生じていたが、図面では垂木のたわみ・組物の変形を補正している。前回修理時の納まりを作図し、実測値とは異なる設計寸法を書き込んでいる。

一方、明治末期の修理においては破損の状態をそのままに描く図面もつくられていた。図25は當麻寺東塔（奈良県當麻町）の明治35年解体修理着手前の断面図である。心柱が傾斜し、尾垂木下端には垂下を防ぐ支柱が組み込まれ、破損状況をそのままに描いている。修理技術者は

このような図面を「破損図」と呼んでいる。

破損図より読めるのは歪んだままの寸法で、求めた設計寸法を表記するには不適切であるが、建物の構造的不具合から生じた破損を表現し記録するには最良のものといえる。建物の不安定な箇所が明白なため補強策を検討するにも最適である。

唐招提寺金堂での実測 唐招提寺金堂（奈良市）では、軒先の鉛直荷重により柱の内倒れがおこっており、傾斜が進行した場合の危険性を鑑み、寺より委託された奈良県が、保存修理を始めている。建造物研究室では、唐招提寺・奈良県文化財保存事務所の協力を得て、金堂の構造的特性を把握するための手法研究を実施した。

三次元レーザースキャナ 計測には、技術熟成度が高まりつつある三次元レーザースキャナを用いた（図23）。この機器はレーザー光を照射し、対象物に反射して戻ってきた光をCCDで受光することで、対象までの距離データを計測するものである。また同時に照射方向の角度を記録し、計測器と対象物の位置関係を数値化する。

計測器頭部を内蔵のモーターによりわずかずつ回転させ、10mの距離位置で5mmピッチの極細なスキャンニングをおこなう。1秒間に約800ポイントの計測をし、集められた点群データはモニタ上で対象物のかたちを立体的に描きメモリに記録していく（図26）。この技術により対象物の形状を三次元で計測することが可能とな



図23 計測状況



図24 新薬師寺鐘楼断面図
（『修理工事報告書』1996より）

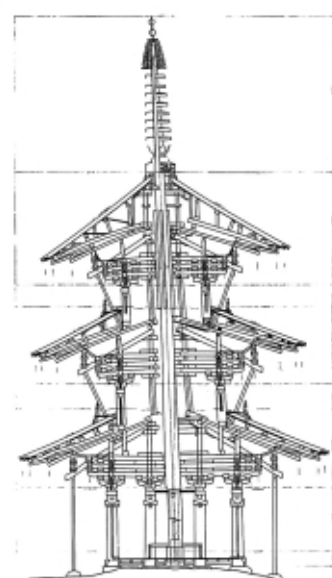


図25 當麻寺東塔明治修理前断面図
（奈良県所蔵図面より）

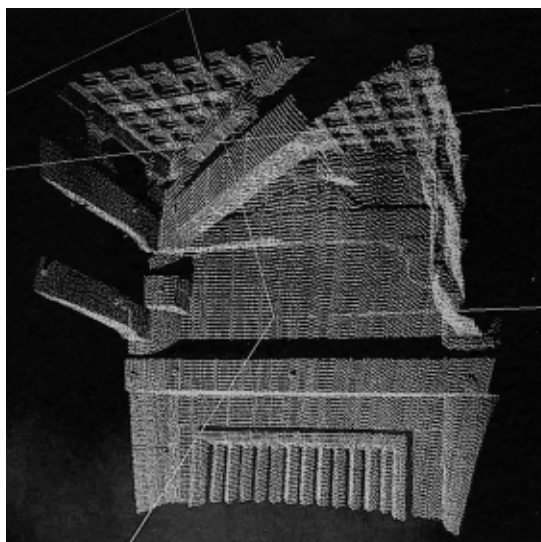


図26 取得した3Dデータ

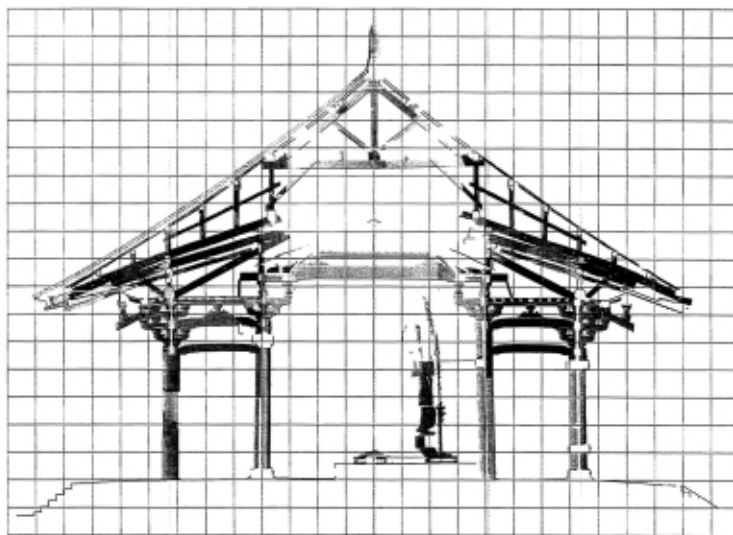


図27 合成データより作成した断面図

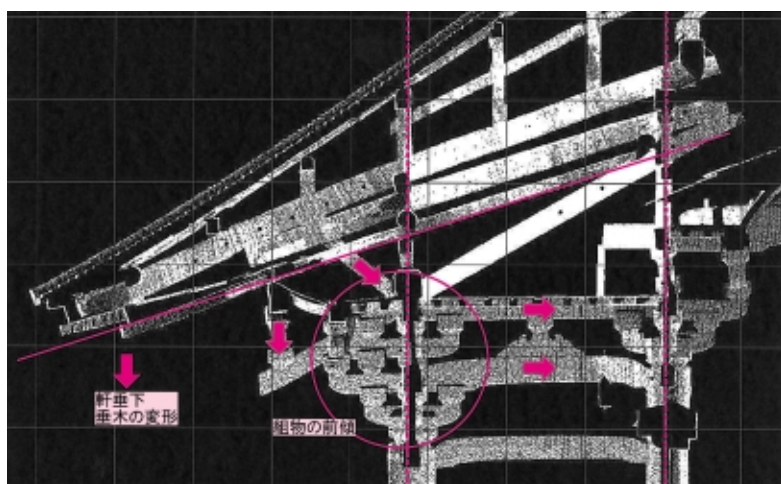


図28 軒廻り詳細図



図29 入側通り組物詳細図

り、明治期の破損図を再現できるのではないかと考えた。

実測作業においては、部材の重なりや安置仏像により一地点からの計測では隠れる部分が生じるため、機器位置を移動させ、複数箇所からの計測を行う必要がある。また機器性能上の限界により360度全範囲を一度には測定できず、複数箇所計測し記録したデータを後の工程で合成し、建物全体の姿を3D化することになる。

対象物が多数の面で構成され、複雑であるほど見通しは効かず、計測回数は増える。今回調査では、堂外160箇所、堂内65、小屋裏698、合計923箇所計測をし、データ総量は17GBに及んだ。

計測データの合成 各データは機器を中心とする孤立した座標であり、移動し計測するたびに座標軸が変化する。そのため建物各所に球（発泡スチロール製、直径50mm）を設置して、レーザー計測時にこの球を同時観測した。合成前に各データ上にある球に別途トータルステーションで計測したXYZ座標位置を与え、計測データ全体を国土座標系に変換して、座標の統一をはかった。

コンピュータのメモリの中には点群データの集合で立

体化した金堂が記録されている。最終的な図化作業においては明治破損図のように断面図での表示が最適と考え、合成立体化させたデータをモニター上で切断し、言葉どおりの断面図としてプリントアウトした（図27）。

成果の検証 作成した図面を見ると、(1)多大な荷重による軒の垂下。垂木の変形。(2)側通り組物の前傾。斗・肘木は一体となり大斗下端を中心とした回転。(3)枯木受けを通じて通肘木に水平力が伝達され、入側通り組物位置で大虹梁の反力を受け、組物が傾斜している破損状況が確認できる（図28・29）。

伝統的な木造建築物における構造的変形は、天井・壁に遮られて目視では全体を観察しにくく、化粧部分と小屋組内部の関連付けが困難である。しかし、この計測手法ならば全体的な変位を把握することが可能である。

この新たな手法は対象物を三次元で計測し、多量の情報を記録することが可能である。今回は破損断面図のかたちで二次元化したのが、構造解析が困難な伝統的な木造建築物での現状把握には、他にさまざまな計測および表現手法が期待できる。（田中 泉/奈良県文化財保存事務所）