

コンピュータグラフィックスによる遺跡の復元

文学部・情報処理センター

横坂 朋子・湊 敏

要旨：コンピュータのハードウェアとソフトウェアの進歩により、近年多くの古代遺跡が復元されている。本報告では、パーソナル・コンピュータを用いて遺跡の復元が可能か、また実際に個人レベルで復元を行った場合、遺跡の復元までにどれくらいの時間を要するかを検討した。その結果、本プロジェクトで選んだ南京城聚宝門の復元には約60日程度必要であり、小規模な遺跡の復元ならば、パーソナル・コンピュータを用いて個人レベルで可能であることが分かった。

コンピュータグラフィックス（CG）は、現在多くの分野で利用されている。私達の最も身近な分野では、SF Xに代表される映画であろう。学術面では、医学、物理、化学といった分野でCGは有効に利用されている。また、考古学の分野でも、遺跡や遺物の復元に利用されている。古代遺跡の復元にかんしては、NHKをはじめ民放のテレビで数多く紹介されている。最近では、“CG考古学”という言葉も現れてきた¹⁾。

CGによる遺跡の復元は、現在目にするのでできない過去のものを目に見える形にしてくれる。もちろん、過去の遺跡を目に見える形にするためには模型を作るという手段がある。しかし、模型では一旦作成した遺跡の色彩や遺跡の存在する環境を簡単に作り替えることはできない。一方、CGは模型に比べると一旦遺跡の形状さえ作成すれば、色彩や環境を比較的容易に変更することができるという利点を持っている。

これまでは、コンピュータの能力に限界があるため、通常のコンピュータの利用環境では、CGによる遺跡の復元は不可能であった。これは、復元した遺跡の形状に色をつけたり、遺跡を照らす光の効果等を再現するために非常に多くの計算時間を要するためである。また、遺跡の形状データの入力には多くの人が必要になる。現在でもテレビ等で紹介されているCGによる古代遺跡の復元は、多くの人と時間をかけたものである。

しかし、近年のコンピュータのハードウェアとソフトウェアの進歩を考えると、通常のコンピュータ利用環境でも形状データの少ない小規模な遺跡の復元は可能になってきたと思われる。特にソフトウェア面では、パーソナル・コンピュータ上でOpenGLというグラフィック・ライブラリが利用可能になったので、これまではグラフィック・ワークステーション上でしか利用できなかった多くの非常に優れた3次元構造物作成のためのプログラムがパーソナル・コンピュータで利用できるようになってきた。

本報告では、パーソナル・コンピュータを用いて小規模な遺跡の復元が可能か、また個

人レベルでは復元の完成までにどれくらいの時間を要するかを検討した。

復元対象の選択

本報告では、復元の対象として中国明代南京城の聚宝門を選んだ²⁾。復元対象の選択に当たっては、遺跡の図面が簡単に手にはいり、遺跡の形状を表わすための入力データが少ないことを条件にした。特に、入力する人員は著者2人しかいないので、入力データの条件は重要なものとした。

コンピュータグラフィックスによる聚宝門の復元

(1) 図面の作成

コンピュータを用いて聚宝門を復元するための図面は、「中国都城歴史図録第三集」³⁾に記載されている明代の聚宝門の図面を参考にして作成した。この図面では城門は城壁に対して傾いて突き出ているが、今回の復元ではコンピュータへの入力を簡単にするために城門は城壁に対して垂直に出ているものと仮定した。また、図面に具体的に示されていない数値は、具体的に示された数値と図面上での長さに基づいて求めた。聚宝門上に設置されていた城楼に関しては、参考となるものは「中国都城歴史図録第三集」の鳥瞰図しかない³⁾ので、甘肅嘉峪関城楼復元図³⁾を参考にして、仮想の3層の城楼の図面を作成した。図1に1/1000の聚宝門の3面図（正面図、側面図、平面図）を、図2に1/200の3層の城楼の3面図を示した。

(2) 使用機器

パーソナル・コンピュータは、日本ゲートウェイ2000社のG6-200を用いた。CPUはPentium Pro 200で、主記憶容量は128MBである。また、グラフィック・アクセラレータ・ボードは、MATROX Millennium 4MBである。

復元にあたって使用したソフトウェアは、3D Studio MAX⁴⁾である。グラフィック・ライブラリは、3D Studio MAXが内蔵しているHEIDIを用いた。現在ではグラフィック・ライブラリとして標準となっているOpenGLを使用しなかった理由は、今回利用したアクセラレータ・ボードではOpenGLの能力を引き出せないためである。

(3) 復元

コンピュータを用いて、遺跡を復元する手順は5つに分けることができる。最初はモデリングで、次に表面材質設定、ライティング、カメラワーク、最後にレンダリングである。

モデリングとは、コンピュータに3次元の立体の形状を入力することである。今回の聚宝門の復元にあたっては、主としてプリミティブ（直方体、球、円柱等の基本立体図形）を用いた。まず、図1、2に基づいて、城門や城壁等は直方体を利用し、城楼の柱等は円柱を利用して、聚宝門の大まかな構造を作成した。次に、プリミティブにより作成された

立体にメッシュ編集を施すことにより、正確な聚宝門の構造に変形した。また、城門の通路や城壁にある蔵兵洞は、プリミティブにブーリアンを適用することにより作成した。図3に作成した構造物を示した。図3では、各部材を区別するためのグループ分けだけを行っている。すなわち、次に述べる表面材質設定のために、木、石、瓦などの材質の異なるものをグループ分けして、名前をつけて色分けしてある。

表面材質設定は、モデリングにより作成された立体の表面に色彩や材質感を与えることである。表面材質設定は、ある意味ではモデリングより重要になる。例えば、城壁の色は何色か、城壁はどの様なもので作られていたかを決めるのは表面材質設定である。極端なことを言えば、城壁に金箔を張ることも可能である。今回の復元にあたっては城門及び城楼の原材料や色彩等に関する情報を得ることができなかつたので、復元により得られた聚宝門の色彩や原材料は仮定のものである。城壁に関しては、土の煉瓦で作られたものと仮定した。モデリングにより作成された立体に材質感を与えるために張り付けた絵（テクスチャ）は、階段を除いて3D Studio MAXが標準で持っているものを利用した。

ライティングは、照明効果を与えるものである。今回復元した聚宝門は自然の中にあるものなので、このライティングでは聚宝門が存在している時間帯、朝、昼、夜や天候を決めることができる。今回の復元では、晴れた日の昼間の状態にある聚宝門を再現した。

カメラワークは、復元されたものを見る方向を決めることである。今回作成した画像は、城門内上方から見下ろしたものにした。

レンダリングは、表面材質設定やライティングした立体及び周囲をカメラワークにしたがって、画像にすることである。このレンダリングは、多くの計算時間を要するものである。しかし、今回の復元では、800ピクセル×600ピクセルの大きさの画像でもレンダリング時間は5分程度であった。レンダリングした結果を図4に示した。図4 aには、建造物だけをレンダリングしたものを示した。図4 bには、建造物に地形を加えてレンダリングしたものを示した。ここで付け加えた地形は、「中国都城歴史図録第三集」の鳥瞰図を参考に作成したものである。

今回のCGによる遺跡の復元、すなわち図面作成から最終的な画像を得るまでに要した期間は約60日であった。実働時間は1日3～4時間程度であったので、実際に必要な時間は200時間位と考えられる。今回使用したコンピュータのハードウェアの能力は、実際に復元をコンピュータ処理する上で、大きな問題となることはなかつた。したがって、個人レベルでもパーソナル・コンピュータを用いて小規模な遺跡の復元は可能であると考えられる。

まとめ

今回の復元により、形状データの少ない遺跡や遺物ならば通常のコンピュータでもCGによる復元が可能であることが示された。今回の復元に用いたコンピュータの能力は、主記憶の大きさを除いて、現在本学の情報処理センターに設置してあるクライアント機と同じまたはそれ以下である。情報処理センターのクライアント機の主記憶の容量は64MBまたは96MBであるので、本学のクライアント機を用いて、CGによる遺跡や遺物の復元は十分可能である。今後、CGによる遺跡・遺物の復元を本学の授業に取り入れることができるのかどうかを検討することが望まれる。

謝 辞

本研究は、平成10年度奈良大学研究助成の補助を受けて行った。

文 献

- 1) 大成建設設計本部CGデザイン室、「日経BP・デジタルブックス・02 CGでよみがえる古代都市」、日経BP社、1998.
- 2) 横坂 朋子、「南京城について」、奈良大学文学部史学科平成10年度卒業論文、1999.
- 3) 「中国都城歴史図録 第三集」、博遠出版有限公司、1977.
- 4) 「3D Studio MAX 2.5」、Autodesk、1998.

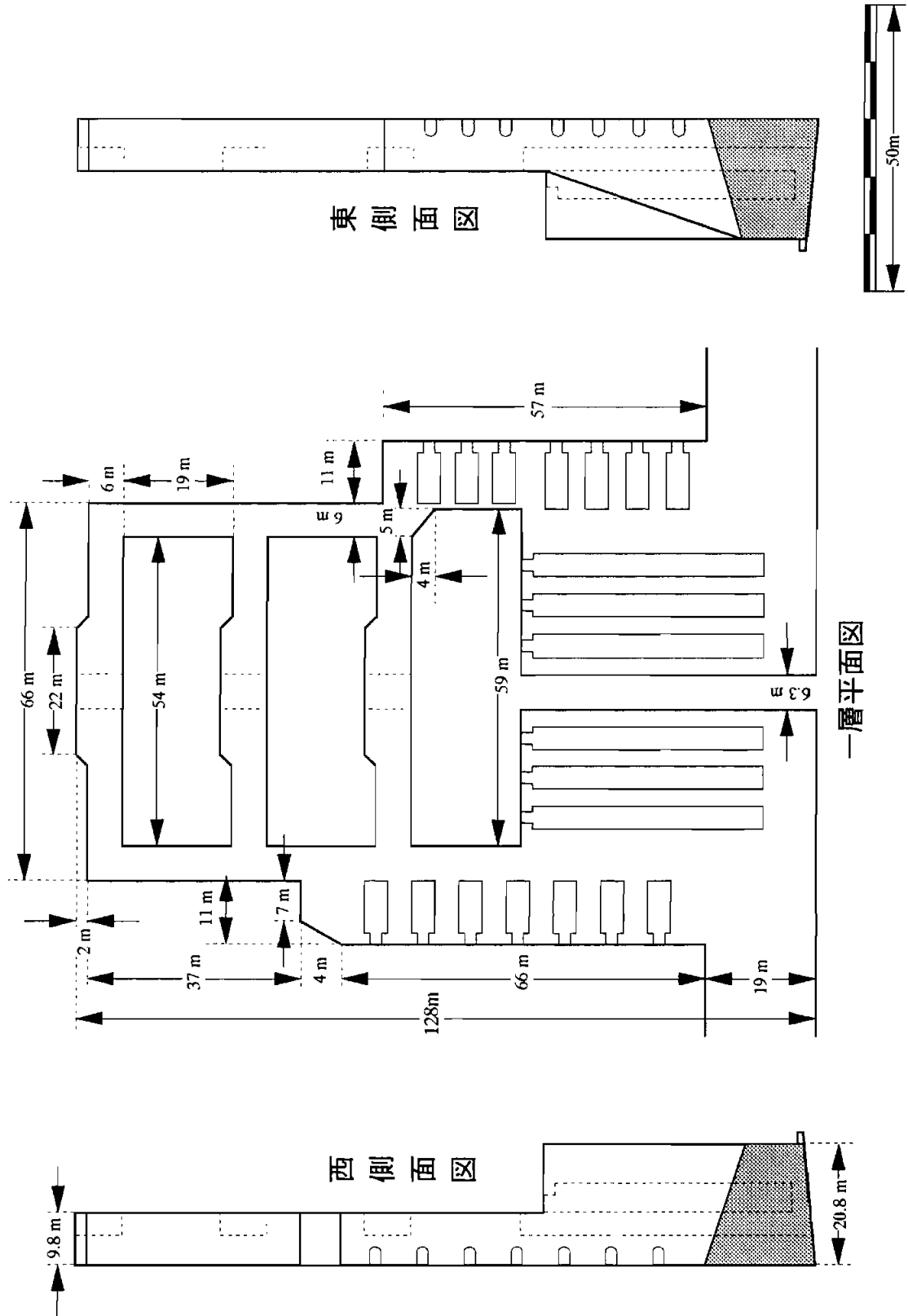


図1 a. 明代聚宝門第一層平面図及び東西側面図

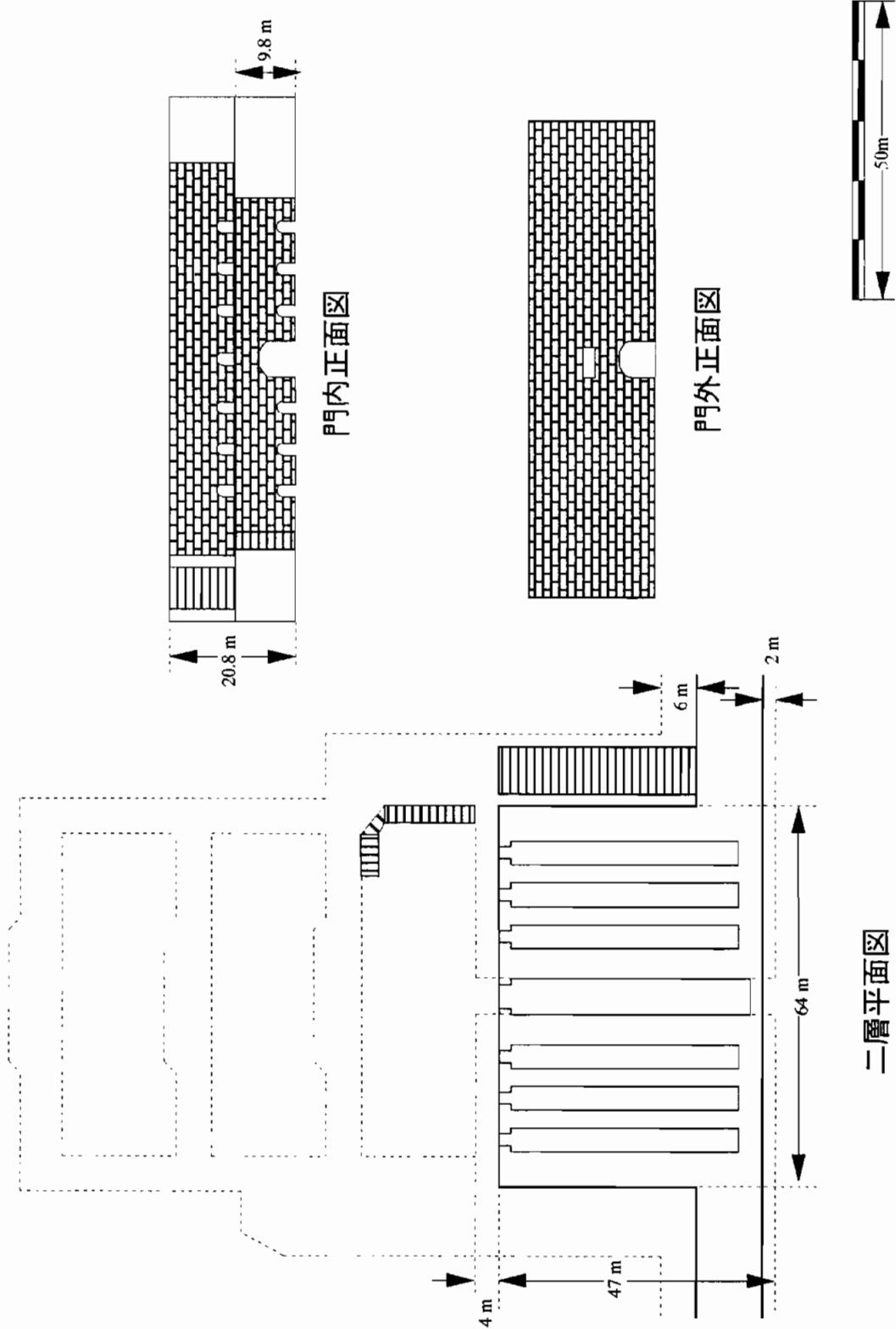


図 1 b. 明代聚宝門第二層平面図及び正面図

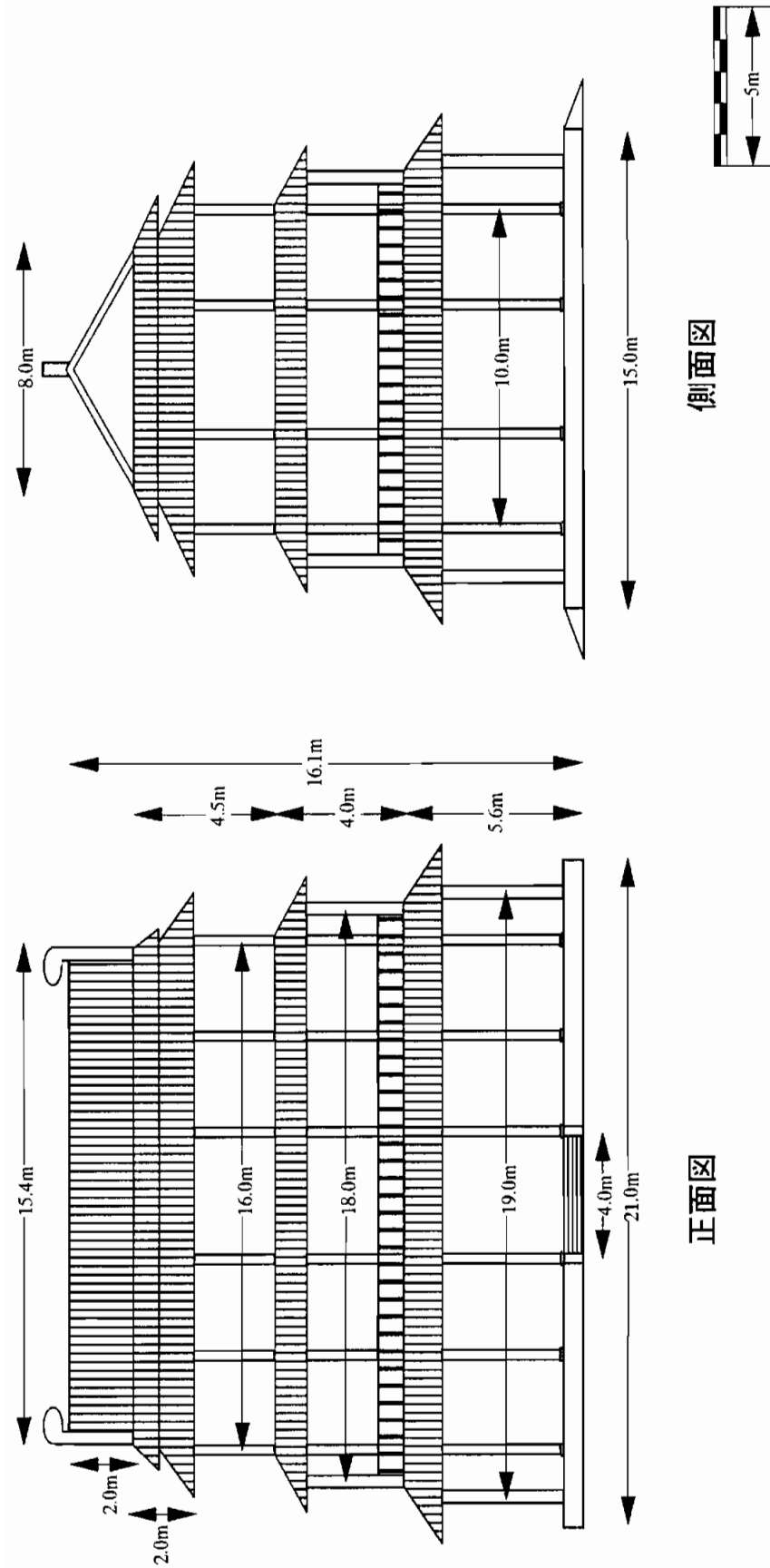


図 2 a. 明代聚宝門上の城楼の正面図及び側面図

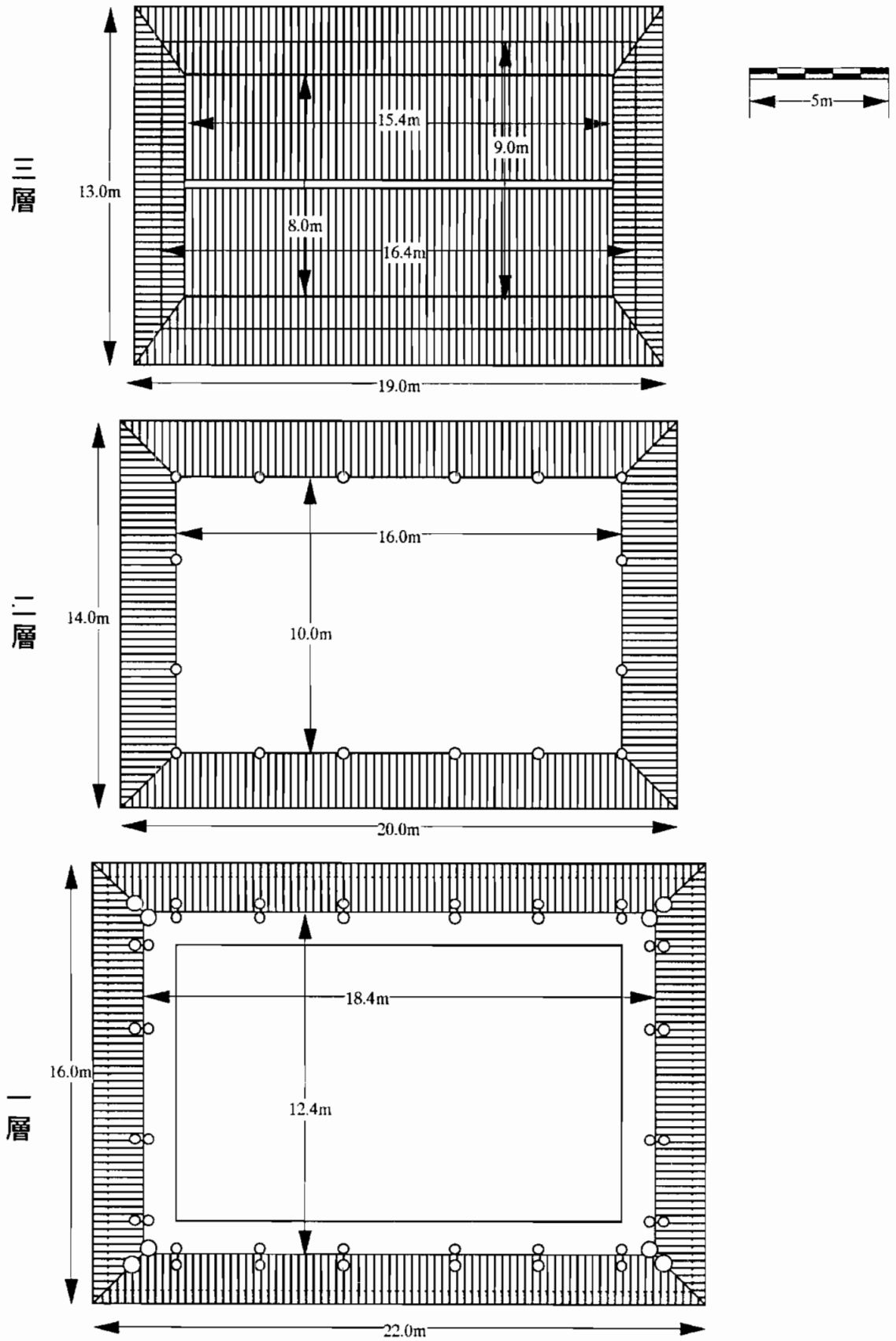
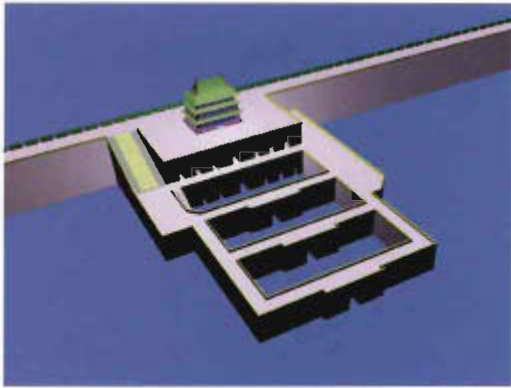


図2 b. 明代聚宝門上の城楼の平面図

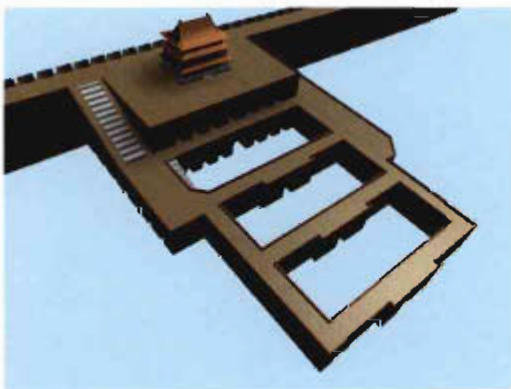


a. 聚宝門の鳥瞰図



b. 聚宝門上の城楼の鳥瞰図

図3. 表面材質設定前のモデリングされた明代聚宝門と城楼の形状



a. 建築物のみの復元図



b. 環境を考慮した復元図

図4. レンダリング後の明代聚宝門の鳥瞰図