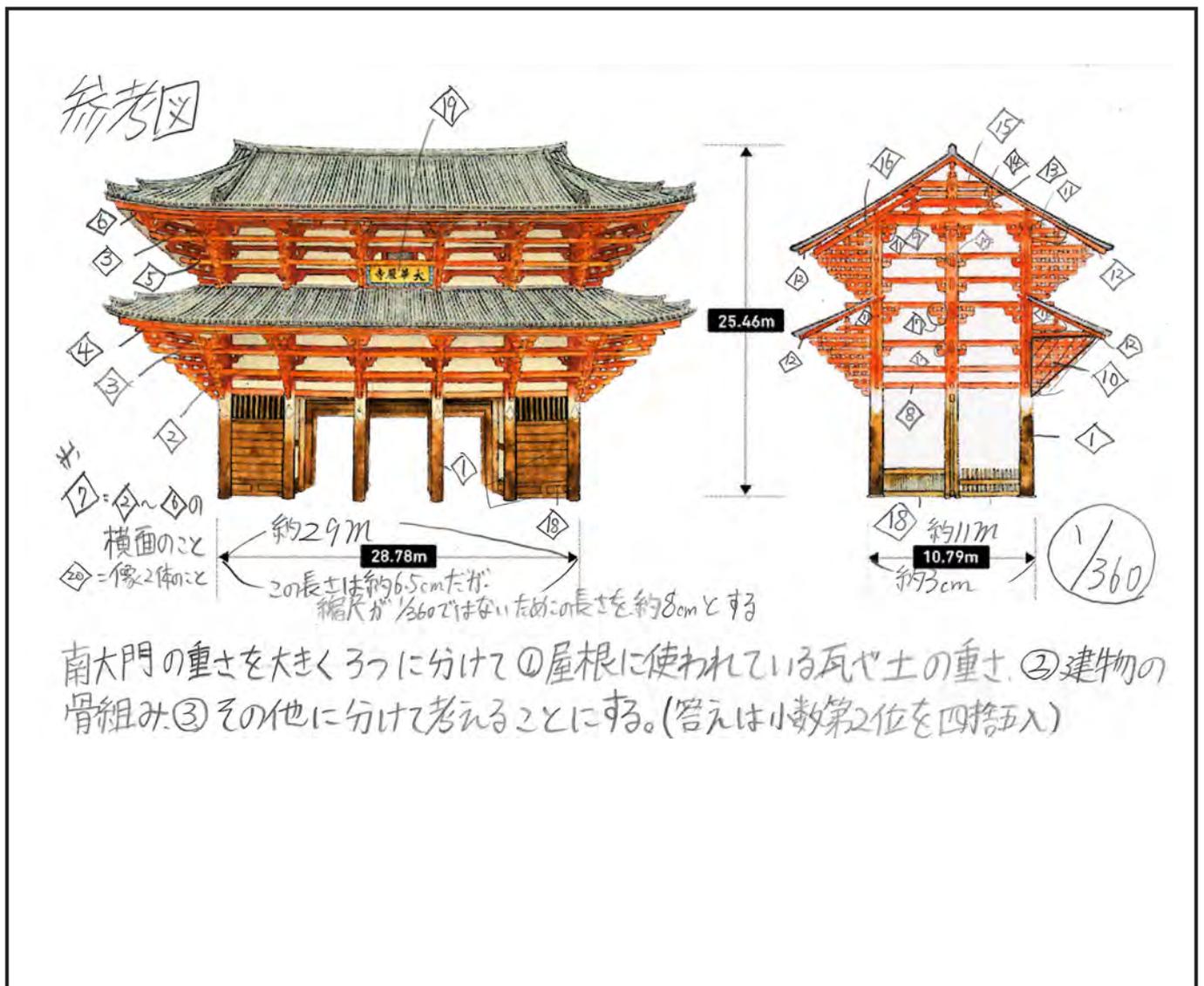


令和二年 問題二 最優秀解答賞

砂川 真慧さん (追手門学院大手前中学校、14 歳、大阪府)

講 評

南大門の部材を 20 か所に分けて考察し、重さを検討する際には、梁や柱、屋根瓦、仁王像を細かく分類しながら、1つひとつについていねいに検証を進めている点が印象的でした。出典を明記している点も評価に値するものといえます。創意くふうや課題に取り組む意欲の高さなど、総合的にすばらしいです。



① 屋根に使われている瓦や土

南大門の幅29m、奥行き11mとして計算。

南大門の平米数(床面積) = $29 \times 11 = 319 \text{ m}^2$

屋根の面積 = 建物の平米数 \times 傾斜の公式に当てはめる

(※一般的な家では屋根の傾き程度に合わせて1.1~1.2として計算されているが、南大門の傾きは急で、屋根の4隅が放射線状に広がっている分多くの瓦が必要となるため傾斜を1.5として計算することにする)

屋根の面積 = $319 \times 1.5 = 478.5 \text{ m}^2$



屋根は上下2つにあり、左図のように $AB:BC = AD:DE = FG:GH = FI:IJ$ が全て1:1の比で造られていると仮定すると、FGとFIの分が不要となるので、屋根の面積 $\times 2$ 倍 $\times \frac{3}{4}$ (倍) が総屋根面積となる。

総屋根面積 = $478.5 \times 2 \times \frac{3}{4} = 717.75$ 約 717.8 m^2

屋根瓦には木瓦(土付き)が使われており、地面にかかる重量は 250 kg/m^2 (※1)

瓦と土の重さ = $717.8 \times 250 \text{ kg/m}^2 = 179450 \text{ kg} =$ 約179.5t (A)

② 建物の骨組みとなる木材の重さ

◇ 柱 (高さ21mの柱18本、樹齢800年の直径1mの山口県産の丸太ヒノキが使われている(※2))

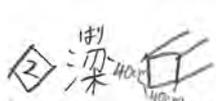
木材の重さ(※1) = 体積 \times 比重 (ヒノキの比重は0.41(※3))、 $\pi = 3.14$ として計算

柱の重さ = $50^2 \pi \times 2100 \times 0.41 \times 18 = 121659300$ 約 121.7 t

(m) (本) (g)

(△比重...ある物質の密度(単位体積あたり質量)と基準となる標準物質の密度との比のこと)

モリを測るときは基準となる物質のこと



② (ロ) ← この40cmは断面図における梁の長さが1mmだったため $1 \times 360 = 360 = 36\text{cm}$
 約40cmとしている

↓ (※)この木材は南大門の横の長さ29mから両端にのびている
 正面と反対側 (◎)こののびている長さは左と右それぞれ約1cmだが、正面図は縮尺が $1/360$ ではないので
 6.5cm → 8cmに調整しているためこの1cmも約1.2倍し1.2cmとなる
 よって $1.2\text{cm} \times 360 = 432$
 片のびている長さ(実物大)

木材の重さ = $(432 \times 2 + 2900) \times 40^2 \times 0.41 = 2469184$

約2.5t ← 2本あるので
 約5t

③ 梁 正面と反対側

(※)と同用
 (◎)約1.5cmであとは同用
 よって $1.5 \times 360 = 540$

木材の重さ = $(540 \times 2 + 2900) \times 40^2 \times 0.41 = 2610880$

約2.6t ← 4本あるので
 約10.4t

④ 梁 正面と反対側

(※)と同用
 (◎)約1.8cmであとは同用
 よって $1.8 \times 360 = 648$

木材の重さ = $(648 \times 2 + 2900) \times 40^2 \times 0.41 = 2752576$

約2.8t ← 2本あるので
 約5.6t

⑤ 梁正面と反対側

(△)と同用

(○)約8mmであとは同用

$$\begin{aligned} \text{よって } 8 \times 360 &= 2880 \\ &= 288 \text{ (mm)} \\ &= 28.8 \text{ (cm)} \end{aligned}$$

$$\text{木材の重さ} = (288 \times 2 + 2900) \times 40^2 \times 0.41 = 2280256$$

$$\begin{aligned} \text{約 } 2.3\text{t} &\leftarrow \text{2本あるので} \\ \text{約 } 4.6\text{t} & \end{aligned}$$

⑥ 梁正面と反対側

(△)と同用

(○)約2cmであとは同用

$$\text{よって } 2 \times 360 = 720$$

$$\text{木材の重さ} = (720 \times 2 + 2900) \times 40^2 \times 0.41 = 2847040$$

$$\begin{aligned} \text{約 } 2.8\text{t} &\leftarrow \text{2本あるので} \\ \text{約 } 5.6\text{t} & \end{aligned}$$

⑦ 梁横面と反対側 12本



$$\begin{aligned} \text{木材の重さ} &= 40^2 \times 1100 \times 0.41 \times 12 = 8659200 \\ &\text{約 } 8.6\text{t} \end{aligned}$$

⑧ 梁建物内の横面 36本

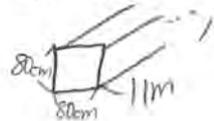


$$\begin{aligned} \text{木材の重さ} &= 40^2 \times 1100 \times 0.41 \times 36 = 25977600 \\ &\text{約 } 26\text{t} \end{aligned}$$

◇ 9 深建物内の横面一番上の太いもの6本

(口)の2倍の長さ
と仮定する

$$\text{木材の重さ} = 80^2 \times 1100 \times 0.41 \times 6 = 17318400$$



約17.3t

◇ 10



左図の三角柱の底面を直角二等辺三角形と仮定する。底面の等しい2つの辺の1つの長さを

$$3:1100 = 1.5:X$$

$$X = 550 \text{ (cm)}$$

口は穴のあいている部分で1つの▽につき、28個ある

→ 口を 40cm の立方体と仮定する。

▽が全てで44個あるので

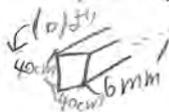
$$\text{木材の重さ} = 44(550^2 \times \frac{1}{2} \times 7.5 \times 0.41 - 40^3 \times 28 \times 0.41) = 76814320$$

約76.8t

◇ 11

出ている木材 参考図から長さを測り計算

長さを測ると6mm

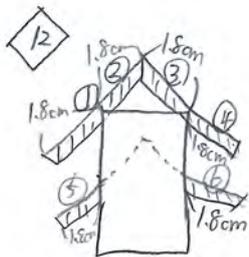


$$6 \times 360 = 2160 = 216$$

出ている木材は全て同じで44個ある

$$\text{木材の重さ} = 40^2 \times 216 \times 0.41 \times 44 = 6234624$$

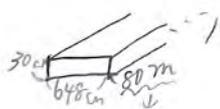
約6.2t



□□ 軒を支える防

木材のおおむねの長さを計算する。
↳ 1.8cm だけ

$$1.8 \times 360 = 648 \quad \text{厚みを } 30 \text{ cm と仮定}$$



実際には等間隔に木がはめ込まれているので
一枚の板の体積を $\frac{1}{2}$ に仮定して求める

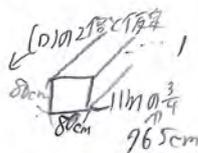
$29 \times 2 + 11 \times 2 = 80 \Rightarrow$ また周囲 80m が 6 本ある

$$\text{木材の重さ} = 30 \times 648 \times 8000 \times \frac{1}{2} \times 0.41 \times 6 \quad \text{①の①の 左回り}$$

$$= 191289600 \quad \text{約 } \underline{191.3 \text{ t}}$$

⑬ 長さを全体(11m)の $\frac{3}{4}$ と仮定。6本ある

$$1100 \times \frac{3}{4} = 765$$



$$\text{木材の重さ} = 80^2 \times 765 \times 0.41 \times 6 = 12404160$$

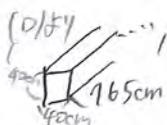
$$\text{約 } \underline{12.4 \text{ t}}$$

⑭ 長さを⑬と同じとする。6本ある

$$\text{木材の重さ} = 40^2 \times 765 \times 0.41 \times 6$$

$$= 3011040$$

$$\text{約 } \underline{3 \text{ t}}$$



⑮ 長さを全体(11m)の $\frac{1}{2}$ と仮定。6本ある

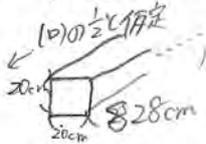
$$\text{木材の重さ} = 40^2 \times 550 \times 0.41 \times 6$$

$$= 2164800$$

$$\text{約 } \underline{2.2 \text{ t}}$$



⑩ 参考図からおおほの長さを求めて計算する。6本ある。



2.3cm だった $2.3 \times 360 = 828$

木材の重さ = $20^2 \times 828 \times 0.41 \times 6 = 814752$

約0.8t

⑪ 柱に隣接している凹のようなもの

凹口を1辺40cmの立方体と仮定する

1/1mmで凹と同じ大きさ

参考図の断面図上の凹の柱3本分の立方体の数は270個だった。←6列分ある。



木材の重さ = $40^3 \times 270 \times 6 \times 0.41 = 42508800$

約42.5t

①~⑬の総重量 = 537t ... (B)

⑬ その他

⑬ 仁王像が入っているこの櫛

参考図からおおほの長さを求め計算

縦: 8mm だった
横: 12mm だった

木材の重さ = $288 \times 432 \times 0.41 \times 3 \times 2$

= 306063.36

約0.3t

縦: $8\text{mm} \times 360 = 2880 = 288\text{cm}$

横: $12\text{mm} \times 360 = 4320 = 432\text{cm}$

が3面×2像分あると仮定する
↓
建物の2面と片方の側面側面分

◇19 看板

参考図よりおおよその長さを求め計算する 厚みを300mmと仮定する

↓
縦: 1cmだった $1 \times 360 = 360$

横: 0.3cmだった $0.3 \times 360 = 108$

木材の重さ = $360 \times 108 \times 30 \times 0.41 = 478224$

約0.5t

◇20 仁王像2体 (重さは2つとも同じと仮定)

重さ = $6.68 \times 2 = 13.36$

約13.4t

◇18~◇20の合計 = 14.2t ... ③

南大門の総重量 = ① + ② + ③ = $179.5 + 537 + 14.2 = 730.7$

答 730.7t

<参考>

(※1) ... 奈良県瓦センター協業組合HP (ckawara.co.jp) ^{ホームページ}

(※2) ... 木原木材店HP (<https://www.kihara-wood.jp>) ^{ホームページ}

(※3) ... Wood pocket (www.woodpocket.jp)

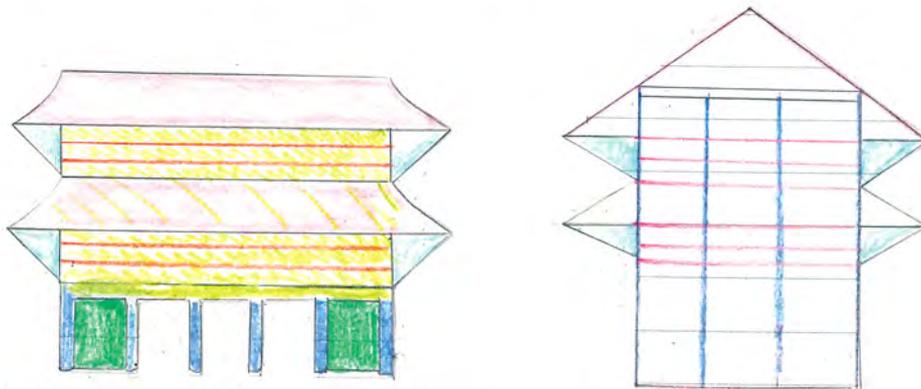
令和二年 問題二 優秀解答賞

木下 結愛さん (広陵町立真美ヶ丘中学校、14歳、奈良県)

講 評

南大門を独自で考察した図に置き換え、それにもとづいて柱、^{かわら}瓦、その他の木材の部分に分けて考え、結論にいたるまでの細かな検証と表現力はとても立派です。また、データ収集に熱心に励んだことも答案から垣間見ることができます。

簡単な図にして考える。この図の縮尺は正しくない。



南大門に使われている木はすべてヒノキとする。
 \rightarrow 比重 0.4 g/m^3
 410 kg/m^3

木の厚さ
 \Rightarrow 柱の $\frac{1}{4}$ とする。 $\rightarrow 93 \div 4 = 23.25$
 $\rightarrow 23 \text{ cm} = 0.23 \text{ m}$

柱の部分

問題から、高さ21mの柱が18本あることが分かる。

直径は93cmとする。(インターネットより引用)

↳半径は46.5cm = 0.465m

$$0.465 \times 0.465 \times 3.14 \times 21 = 14.2578765$$

↳14.3m³

18本で $14.3 \times 410 = 5863 \text{ kg}$

↳ $5863 \times 18 = 105534 \text{ kg}$

105534 kg

瓦の部分

瓦は東大寺と同じものとする。

南大門の縦×横は東大寺の縦×横の約 $\frac{1}{10}$ だったので、(計算した結果)

屋根の面積、重さも $\frac{1}{10}$ とする。

東大寺の瓦の重さ...1500t (インターネットより引用)

$$1500 \div 10 = 150 \text{ t}$$

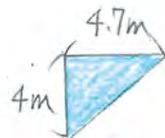
150t = 150000 kg

△の三角形の部分

問題の断面図から、

$$10.79 \text{ m} : 3 \text{ cm} = \text{約} 4.7 \text{ m} : 1.3 \text{ cm}$$

$$25.46 \text{ m} : 6.3 \text{ cm} = \text{約} 4 \text{ m} : 1 \text{ cm}$$



▽が21個 (インターネットの図より引用) があると可る。

$$4.7 \times 4 \times \frac{1}{2} \times \underbrace{0.23}_{\text{厚さ}} \times 21 = 45.402 \text{ m}^3$$

$$45.402 \times 410 = 18614.82$$

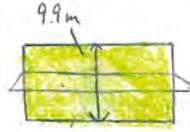
↳ 18615 kg

18615 kg

の部分

縮尺図(インターネットより)

$$25.46m : 10.8cm = 9.9m : 4.2cm$$



正面

$$\left\{ \begin{array}{l} 28.78 \times 9.9 = 284.922 m^2 \\ \text{表\&裏} \\ 28.78 \times 2 = 569.844 m^2 \end{array} \right.$$

側面

$$\left\{ \begin{array}{l} 10.79 \times 9.9 = 106.821 m^2 \\ \text{右\&左} \\ 106.821 \times 2 = 213.642 m^2 \end{array} \right.$$

$$569.844 + 213.642 = 783.486 m^2$$

$$783.486 \times 0.23 = 180.20178$$

の面積

$$\hookrightarrow 180.2 m^3$$

$$180.2 \times 410 = 73882 kg$$

73882kg

の裏の木

の面積の半分を占めるとする。

表裏

$$\left\{ \begin{array}{l} 4.7 \times 28.78 = 135.266 m^2 \\ \text{表に2面, 裏に2面の4面で} \\ 135.266 \times 4 = 541.064 m^2 \end{array} \right.$$

右左

$$\left\{ \begin{array}{l} 4.7 \times 10.79 = 50.713 m^2 \\ \text{右に2面, 左に2面の4面で} \\ 50.713 \times 4 = 202.852 m^2 \end{array} \right.$$

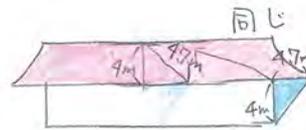
$$541.064 + 202.852 = 743.916 m^2 \dots \text{の面積}$$

$$743.91 \div 2 = 371.958 m^2 \dots \text{の裏の木が占めている面積}$$

$$371.958 \times 0.23 = 85.55034 m^3$$

$$85.6 \times 410 = 35096 kg$$

35096kg

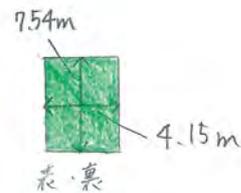


の部分

縮尺図(インターネット)より

<縦> 25.46m : 10.8cm = 約7.54m : 3.2cm

<横> 28.78m : 11.8cm = 約4.15m : 1.7cm

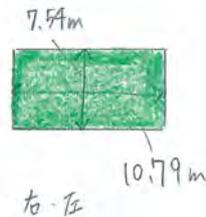


表・裏

$$\begin{cases} 7.54 \times 4.15 = 31.291 \text{ m}^2 \\ \text{表に2面, 裏に2面の4面で,} \\ 31.291 \times 4 = 125.164 \text{ m}^2 \\ 125.164 \times 0.23 = 28.78772 \text{ m}^3 \\ \text{厚さ} \quad \hookrightarrow 28.8 \text{ m}^3 \\ 28.8 \times 410 = 11808 \text{ kg} \end{cases}$$

右・左

$$\begin{cases} 7.54 \times 10.79 = 81.3566 \text{ m}^2 \\ \text{右に1面, 左に1面の2面で,} \\ 81.3566 \times 2 = 162.7132 \text{ m}^2 \\ 162.7132 \times 0.23 = 37.424036 \text{ m}^3 \\ \text{厚さ} \quad \hookrightarrow 37.4 \text{ m}^3 \\ 37.4 \times 410 = 15334 \text{ kg} \end{cases}$$



$11808 + 15334 = 27142 \text{ kg}$

27142 kg

の部分

縮尺図(インターネット)より

25.46m : 10.8cm = 約0.47m : 0.2cm

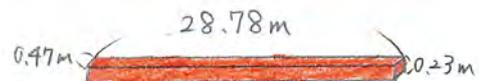
$28.78 \times 0.47 = 13.5266 \text{ m}^2$... 面積

$13.5266 \times 0.23 = 3.11118 \text{ m}^3$... 体積

$3.11118 \times 410 = 1275.55838 \text{ kg}$... 1本の重さ

表に2本, 裏に2本の4本あるとすると,

$1275.55838 \times 4 = 5102.23352 \text{ kg}$



5102 kg

の部分

縮尺図 (インターネット) より

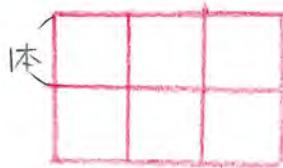
$$10.79 \text{ m} : 4.7 \text{ cm} = \text{約 } 9 \text{ m} : 3.9 \text{ cm}$$

$$9 \times 0.47 = 4.23 \text{ m}^2$$

の長さを利用可る。

$$4.23 \times 0.23 = 0.9729 \text{ m}^2$$

$$0.9729 \times 410 = 398.889 \text{ kg} \dots \text{1本の重}$$



17本 が6段あると可る。

$$17 \times 6 = 102 \text{ 本}$$

$$398.889 \times 102 = 40686.678 \text{ kg}$$

$$\rightarrow 40687 \text{ kg}$$

$$40687 \text{ kg}$$

$$105534 \text{ kg} + 150000 \text{ kg} + 18615 \text{ kg} + 73882 \text{ kg}$$

$$+ \text{真の木 } 35096 \text{ kg} + 27142 \text{ kg} + 5102 \text{ kg} + 40687 \text{ kg}$$

$$+ \text{仁王像 } 6680 \text{ kg}$$

$$= 462738 \text{ kg}$$

$$462 \text{ t } 738 \text{ kg}$$

令和二年 問題二 優秀解答賞

和田 明歩さん (大妻多摩中学高等学校、12歳、東京都)

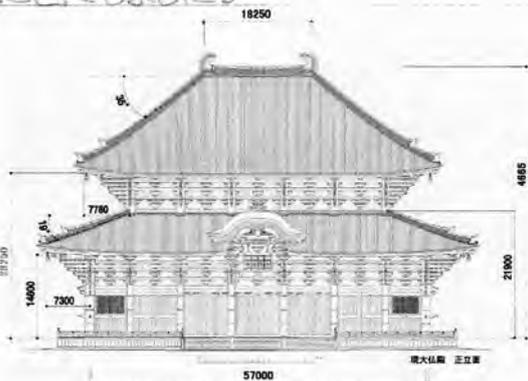
講 評

部材寸法の規格化に関する論文のデータから良い気づきを得ていて、ヒノキにとどまらず、スギやマツの比重に触れていたことから感じられるように、好奇心旺盛でユーモアのあふれる答案でした。既存のデータだけでなく、近似的なデータを活用している点も印象的でした。

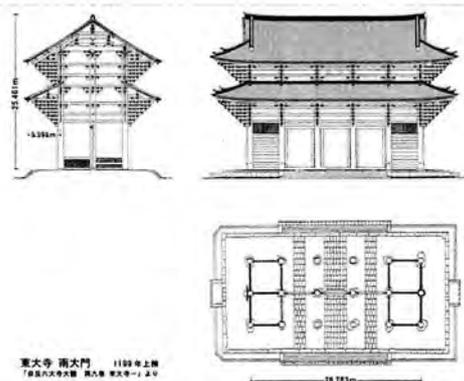
南大門の屋根瓦の重さは大仏殿から推定。南大門を構成する部材の重さは過去の研究論文に記載のある材積と木材の密度を用いて推定。最後に2体の仁王像の重量を加算して南大門の重さとした。

＜南大門の屋根瓦の重さを大仏殿から推定＞

調べても南大門に関する屋根瓦のデータが見つかりませんでした。一方、大仏殿の屋根瓦に関するデータは見つかりました。ただ、同じ東大寺内の建物同士ですし、同じような瓦を使用する可能性は高いと思ったので、大仏殿の屋根瓦と南大門の屋根瓦が単位体積あたり同じ質量であると仮定し、大仏殿の屋根瓦の重さから南大門の屋根瓦の重さを推定することにしました。



〔図1 大仏殿の正面図面〕



〔図2 南大門の寸法〕

図1は奈良国立博物館に所蔵されている「鹿園雑集 平成16年3月号 東大寺大仏殿内 建地割板図について 図7」から抜粋した、大仏殿の正面図面です。図2は、「奈良六代大寺 大観 第9号」から抜粋した、南大門の図面です。左右を見比べると、大仏殿の1階屋根の方が南大門よりも大きいことがわかります。この部分は除いて推定する必要があることがわかりました。以下の図3に示すとおり、除く部分を以下青色部分としました。なお、大仏殿の奥行については約50.5mであることがわかりましたので、それを用います。

(東大寺大仏殿 Wikipedia)



〔図3 大仏殿と南大門の屋根瓦についての模式図〕

青色部分の面積は、大仏殿の一階屋根から大仏殿の二階屋根を差し引くことで求めます。

- 大仏殿の一階屋根面積: $57\text{m} \times 50.5\text{m} = 2,878.5\text{m}^2$
- 大仏殿の二階屋根面積: $(57\text{m} - 7.3\text{m} - 7.3\text{m}) \times (50.5\text{m} - 7.3\text{m} - 7.3\text{m}) = 42.4\text{m} \times 35.9\text{m} = 1,522.16\text{m}^2$

従って、大仏殿から除くべき青色部分の面積は、 $2,878.5\text{m}^2 - 1,522.16\text{m}^2 = 1,356.34\text{m}^2$ となります。上の図の青色部分から内側は大仏殿、南大門とともに二階建て構造になっています。大仏殿の屋根の延べ面積は、大仏殿の二階屋根部分を2倍しそれに青色部分を加えたものとなります。その大仏殿の一階、二階西方の屋根の面積から、南大門の一階、二階両方の屋根の面積分に相当する部分の面積割合を求めると、

$$\frac{\{(1,522.16\text{m}^2 \times 2) + 1,356.34\text{m}^2\}}{100 \times \{(28.783\text{m} \times 10.786\text{m}) \times 2\}} = 14.109403\%$$

なお、大仏殿の瓦の重さは約3280トンです。(kawayaya.hatenablog.com/entry/2016/05/09/172131)。よって南大門の面積にあたる重さは、以下のように計算できます。

$$3280\text{トン} \times 14.109403\% = 462.78848\text{トン}$$

これが南大門の屋根瓦の重さとなります。

＜南大門を構成する部材の重さ＞

東大寺南大門は日本の古建築上、貫や挿肘木が用いられた非常に革新的な構法が用いられた建造物です。言及したところ、その点についての研究は昔から多くありました。そのなかで、日本建築学会計画系論文集 第593号 P.173-P.177 2005年7月に掲載されている「東大寺南大門における部材寸法の規格化について—大仏様における部材寸法の規格化に関する研究 その1—」に詳しい部材のデータが掲載されていたので、そのデータを用いることにしました。その論文の表1を以下に抜粋します。

表1 部材拾い出し表

No.	部材名 (使用部位)	断面寸法 mm	部材長 m	総数	材積 m ³	材積率	構造材々率	分類別出	
1	柱	直径 (上部) 780~880φ	18.97~19.17	18本	209.04	19.9%	22.92%	2	
		直径 (下部) 940~1010φ							
		斗							
		大斗	960角 570		18個	9.46	0.9%	1.04%	
		小斗	390角 270		2000個	85.42	8.17%	9.37%	4
		小斗	610角 380		18個	2.41	0.23%	0.26%	
		小斗	520角 290						
		小斗	410角 290		3個	0.91	0.09%	0.10%	
		棟							
		通							
		通							
		2	斗	大斗	960角 570		18個	9.46	0.9%
小斗	390角 270				2000個	85.42	8.17%	9.37%	4
小斗	610角 380				18個	2.41	0.23%	0.26%	
小斗	520角 290								
小斗	410角 290				3個	0.91	0.09%	0.10%	
棟									
通									
通									
通									
通									
通									
3	榑木			棟	380 210	0.91~14.54	418T	206.69	19.7%
		通	" "	6.06	60T	29.70	2.74%	3.15%	1
		通	" "	2.12~6.06	122T	47.49	4.54%	5.21%	1
		通	" "	6.97, 7.29	14T	8.03	0.77%	0.88%	1
		通	" "	4.09~7.29	42T	18.43	1.78%	2.02%	1
		通	" "	1.55	104T	13.06	1.25%	1.43%	1
		通	" "	2.27	106T	7.69	0.74%	0.84%	1
		通	" "	3.03	6T	1.18	0.11%	0.13%	1
		通	" "						
		通	" "						
		通	" "						
		4	虹梁	大	820φ	13.42	4T	38.09	3.65%
大	" "			8.18	4T	22.00	2.10%	2.41%	5
大	" "			6.00	2T	8.07	0.77%	0.88%	5
大	" "			7.27	4T	11.90	1.14%	1.30%	5
大	640φ								
大	380 210			5.45~6.06	49T	21.50	2.06%	2.36%	1
大	380 210			5.45	14T	6.09	0.58%	0.67%	1
大	450 290			6.06	3T	2.37	0.23%	0.26%	1
大	350 330			5.39~10.30	96T	35.28	3.37%	3.87%	6
大	380 210			5.39~8.79	24T	7.50	0.72%	0.82%	1
大	350 330			5.39	1T	0.62	0.06%	0.07%	6
5	榑木			棟	380 210	0.91~14.54	418T	206.69	19.7%
		通	" "	6.06	60T	29.70	2.74%	3.15%	1
		通	" "	2.12~6.06	122T	47.49	4.54%	5.21%	1
		通	" "	6.97, 7.29	14T	8.03	0.77%	0.88%	1
		通	" "	4.09~7.29	42T	18.43	1.78%	2.02%	1
		通	" "	1.55	104T	13.06	1.25%	1.43%	1
		通	" "	2.27	106T	7.69	0.74%	0.84%	1
		通	" "	3.03	6T	1.18	0.11%	0.13%	1
		通	" "						
		通	" "						
		通	" "						
		6	榑木	棟	380 210	0.91~14.54	418T	206.69	19.7%
通	" "			6.06	60T	29.70	2.74%	3.15%	1
通	" "			2.12~6.06	122T	47.49	4.54%	5.21%	1
通	" "			6.97, 7.29	14T	8.03	0.77%	0.88%	1
通	" "			4.09~7.29	42T	18.43	1.78%	2.02%	1
通	" "			1.55	104T	13.06	1.25%	1.43%	1
通	" "			2.27	106T	7.69	0.74%	0.84%	1
通	" "			3.03	6T	1.18	0.11%	0.13%	1
通	" "								
通	" "								
通	" "								
7	榑木			棟	380 210	0.91~14.54	418T	206.69	19.7%
		通	" "	6.06	60T	29.70	2.74%	3.15%	1
		通	" "	2.12~6.06	122T	47.49	4.54%	5.21%	1
		通	" "	6.97, 7.29	14T	8.03	0.77%	0.88%	1
		通	" "	4.09~7.29	42T	18.43	1.78%	2.02%	1
		通	" "	1.55	104T	13.06	1.25%	1.43%	1
		通	" "	2.27	106T	7.69	0.74%	0.84%	1
		通	" "	3.03	6T	1.18	0.11%	0.13%	1
		通	" "						
		通	" "						
		通	" "						
		8	榑木	棟	380 210	0.91~14.54	418T	206.69	19.7%
通	" "			6.06	60T	29.70	2.74%	3.15%	1
通	" "			2.12~6.06	122T	47.49	4.54%	5.21%	1
通	" "			6.97, 7.29	14T	8.03	0.77%	0.88%	1
通	" "			4.09~7.29	42T	18.43	1.78%	2.02%	1
通	" "			1.55	104T	13.06	1.25%	1.43%	1
通	" "			2.27	106T	7.69	0.74%	0.84%	1
通	" "			3.03	6T	1.18	0.11%	0.13%	1
通	" "								
通	" "								
通	" "								
9	榑木			棟	380 210	0.91~14.54	418T	206.69	19.7%
		通	" "	6.06	60T	29.70	2.74%	3.15%	1
		通	" "	2.12~6.06	122T	47.49	4.54%	5.21%	1
		通	" "	6.97, 7.29	14T	8.03	0.77%	0.88%	1
		通	" "	4.09~7.29	42T	18.43	1.78%	2.02%	1
		通	" "	1.55	104T	13.06	1.25%	1.43%	1
		通	" "	2.27	106T	7.69	0.74%	0.84%	1
		通	" "	3.03	6T	1.18	0.11%	0.13%	1
		通	" "						
		通	" "						
		通	" "						
		10	榑木	棟	380 210	0.91~14.54	418T	206.69	19.7%
通	" "			6.06	60T	29.70	2.74%	3.15%	1
通	" "			2.12~6.06	122T	47.49	4.54%	5.21%	1
通	" "			6.97, 7.29	14T	8.03	0.77%	0.88%	1
通	" "			4.09~7.29	42T	18.43	1.78%	2.02%	1
通	" "			1.55	104T	13.06	1.25%	1.43%	1
通	" "			2.27	106T	7.69	0.74%	0.84%	1
通	" "			3.03	6T	1.18	0.11%	0.13%	1
通	" "								
通	" "								
通	" "								
11	榑木			棟	380 210	0.91~14.54	418T	206.69	19.7%
		通	" "	6.06	60T	29.70	2.74%	3.15%	1
		通	" "	2.12~6.06	122T	47.49	4.54%	5.21%	1
		通	" "	6.97, 7.29	14T	8.03	0.77%	0.88%	1
		通	" "	4.09~7.29	42T	18.43	1.78%	2.02%	1
		通	" "	1.55	104T	13.06	1.25%	1.43%	1
		通	" "	2.27	106T	7.69	0.74%	0.84%	1
		通	" "	3.03	6T	1.18	0.11%	0.13%	1
		通	" "						
		通	" "						
		通	" "						
		12	榑木	棟	380 210	0.91~14.54	418T	206.69	19.7%
通	" "			6.06	60T	29.70	2.74%	3.15%	1
通	" "			2.12~6.06	122T	47.49	4.54%	5.21%	1
通	" "			6.97, 7.29	14T	8.03	0.77%	0.88%	1
通	" "			4.09~7.29	42T	18.43	1.78%	2.02%	1
通	" "			1.55	104T	13.06	1.25%	1.43%	1
通	" "			2.27	106T	7.69	0.74%	0.84%	1
通	" "			3.03	6T	1.18	0.11%	0.13%	1
通	" "								
通	" "								
通	" "								
13	榑木			棟	380 210	0.91~14.54	418T	206.69	19.7%
		通	" "	6.06	60T	29.70	2.74%	3.15%	1
		通	" "	2.12~6.06	122T	47.49	4.54%	5.21%	1
		通	" "	6.97, 7.29	14T	8.03	0.77%	0.88%	1
		通	" "	4.09~7.29	42T	18.43	1.78%	2.02%	1
		通	" "	1.55	104T	13.06	1.25%	1.43%	1
		通	" "	2.27	106T	7.69	0.74%	0.84%	1
		通	" "	3.03	6T	1.18	0.11%	0.13%	1
		通	" "						
		通	" "						
		通	" "						
		14	榑木	棟	380 210	0.91~14.54	418T	206.69	19.7%
通	" "			6.06	60T	29.70	2.74%	3.15%	1
通	" "			2.12~6.06	122T	47.49	4.54%	5.21%	1
通	" "			6.97, 7.29	14T	8.03	0.77%	0.88%	1
通	" "			4.09~7.29	42T	18.43	1.78%	2.02%	1
通	" "			1.55	104T	13.06	1.25%	1.43%	1
通	" "			2.27	106T	7.69	0.74%	0.84%	1
通	" "			3.03	6T	1.18	0.11%	0.13%	1
通	" "								
通	" "								
通	" "								
15	榑木			棟	380 210	0.91~14.54	418T	206.69	19.7%
		通	" "	6.06	60T	29.70	2.74%	3.15%	1
		通	" "	2.12~6.06	122T	47.49	4.54%	5.21%	1
		通	" "	6.97, 7.29	14T	8.03	0.77%	0.88%	1
		通	" "	4.09~7.29	42T	18.43	1.78%	2.02%	1
		通	" "	1.55	104T	13.06	1.25%	1.43%	1
		通	" "	2.27	106T	7.69	0.74%	0.84%	1
		通	" "	3.03	6T	1.18	0.11%	0.13%	1
		通	" "						
		通	" "						
		通							

以上より、南大門に関する直接的な木材質の情報はありませんでしたが、同じ東大寺の中の建物同士なので同じように推定できると思います。構造材の柱はヒノキ、それ以外はヒノキやスギ等であることが、その詳しい割合までわかりませんでした。一方、それぞれの密度は以下の通りとなります。(https://www.wood-museum.net/building-material.php)

- ・ヒノキ/気乾密度 約0.41 g/cm³
- ・スギ/気乾密度 約0.38 g/cm³
- ・アカマツ/気乾密度 約0.53 g/cm³

今回用いる密度は柱についてはヒノキの密度0.41g/cm³を用います。他の部材は使用割合が不明なため、3種類の木材の単純平均密度0.44g/cm³を用います。従って、求める部材の重さは、

$$\begin{aligned} & \cdot \text{柱 } 209.04\text{m}^3 \times 0.41\text{g/cm}^3 = 85,706,400\text{g} = 85.7064\text{トン} \\ & \cdot \text{柱以外の部材 } (1,045.77\text{m}^3 - 209.04\text{m}^3) \times 0.44\text{g/cm}^3 = 368,161,200\text{g} \\ & \qquad \qquad \qquad = 368.1612\text{トン} \end{aligned}$$

$$\text{合計 } 85.7064\text{トン} + 368.1612\text{トン} = 453.8676\text{トン}$$

これが南大門の部材の重さになります。

< 2体の仁王像の重さ >

南大門には2体の仁王像がいます。問題文より、1体あたりの重さは6.68トンとありますので、2本では倍の13.36トンになります。

< 最後に / 南大門の重さ >

屋根瓦の重さ、部材の重さ、仁王像の重さの合計が求める南大門の重さとなります。
 $462.788418\text{トン} + 453.8676\text{トン} + 13.36\text{トン} = 930.016018\text{トン}$
 これが求める答えです。