

大屋根リングの秘密をときあかせ！

福井大学教育学部附属義務教育

立

学校

8年

名前

宇山 明里

1. 研究の動機

2025年の4月～10月の間、大阪・関西万博が開催されています。私は家族で万博に行ってきました。数々のパビリオンやその中の魅力的な展示を見て、とても圧倒され、感動しました。けれど、一番驚いたのは大屋根リングです。大阪・関西万博のシンボルともいえる大屋根リングの第一印象は、その大きさでした。なんと高さは約12m～20mあります。世界最大の木造建築物としてギネス世界記録にも認定されているそうです。万博のどんは場所からも見え、圧倒される、そんな大屋根リングです。では、具体的に大屋根リングは、どれほどの大きさなののでしょうか。また、あの木の組み合わせは、どうなっているのでしょうか。私は万博の大屋根リングのことについて深く知りたくなったため、研究してみようと思いました。

2. 研究の方法

- (1) 自分が実際に大屋根リングを見て、触れて感じた感想をまとめます。また、いっしょに万博へ行った母にも大屋根リングについてインタビューをしました。

まず、私の感想です。研究の動機にも書いたように、初めて見た時、大きさに圧倒されました。別世界にきたようで、いつも見ている世界とは建築物の基準が違う

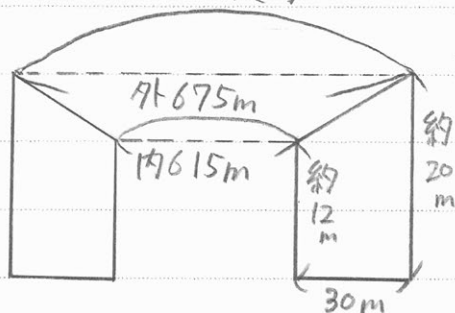
ような気にさえなりました。また、万博のどこからでも見えるというのは、特別なことです。万博にはパビリオンなどの建物が180個以上存在しています。そのどこでも大屋根リングを見ることが出来るのです。大屋根リングを近くで見ると、構造の複雑さに驚きました。木が、規則的に入り組んでおり、たくさんの木が使われています。この構造のおかげで、大屋根リングがたっていることが出来るのだろうと感ずることができました。また、木の色が全体的にオレンジ色で、また新しい木材であることが分かりました。大屋根リングに触れてみると、そこまでコーティングされていない木の感じがし、やさしい木の匂いがしました。あたたかみのあるさわりごちや、リラックスできる木の匂いは、暑さで休けいしている人へのいい効果になるのではないかと感ずました。大屋根リングの上のスカイウォークへのぼってみると、高い場所から万博の景色が見れることがとても気持ち良かったです。大屋根リングの下は、はばが広いので、必ずどこかは日陰になります。だから、移動する時にとっても使いやすかったです。

次は母にインタビューをした内容です。母の大屋根リングの第一印象は「美しい」だったそうです。その理由は2つあり、1つ目は巨大であることです。やはり圧巻の大きさであることは、拍力をうみます。母は「大きい」ということが「美しい」につながる感ずたそうです。2つ目は整っていることです。同じ長さや幅のものが同じ間幅で規則的に並んでいることに対して、「美しさ」を感ずたそうです。また、この大屋根リングがあることで、万博に来れた気持ちになったそうで、大屋根リングという存在があるだけで、万博の気分になれてしまうからすごいと話していました。そして、

大屋根リングのスカイウォークへのぼったときのことです。2本の道に分かれていて、その2つの道をつくらることができる木のすごさを感じたそうです。巨大な建物の耐久性を保つことができるのは石などのものかと思っていたため、木で耐久性を保ちながら大きいものを作るのがとてもすごいと驚いていました。また、木で作るところが日本らしく、日本の万博らしさがでていたと話していました。スカイウォークで万博を見てみると、やはり拍力があって、スカイウォークに行ってきたと話していました。

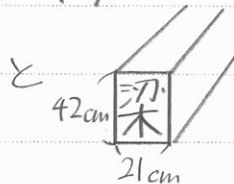
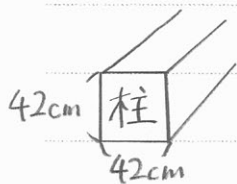
(2) インターネットを使って、大阪・関西万博のホームページなどから大屋根リングの情報を集めました。

まず、大屋根リング全体についてです。



← 大屋根リングを縦に切って表した図です。
大屋根リングの全周はなんと2025mです。
今年の西暦である2025年と同じ数字です。

次は、柱の部分についてです。



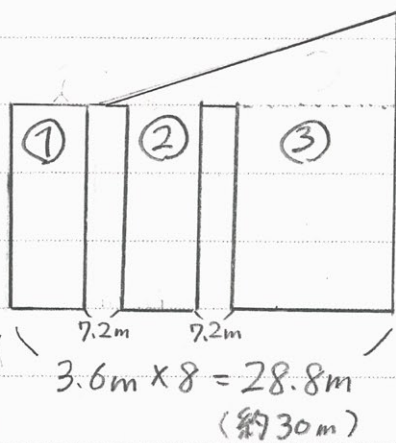
と の材料に分けて作られています。
長さは2~9mです。

柱と梁は使用される場所に合わせた最適な長さになっています。

そして、大屋根リングの構造について

大屋根リングは「木架構ユニット」1091個を円形に結合して作られています。「木架構ユニット」とは、大屋根リングの柱、梁、床などの基本的な構

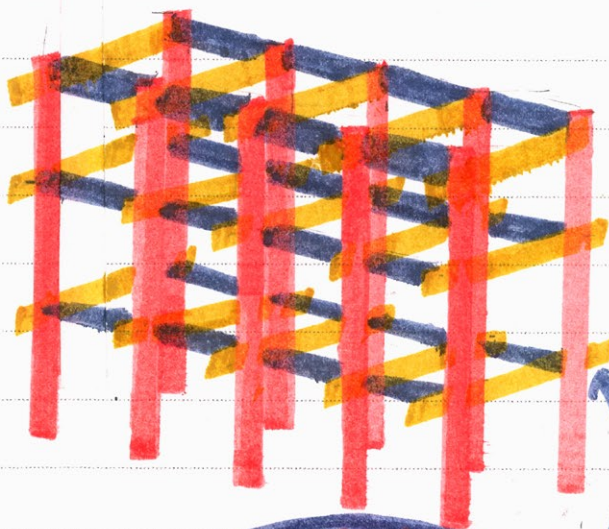
造を構成しているもので、複数の木材で作られている
 もののことです。この木材が重なるところには、日本の
 伝統構法である貫接合がされています。そこにさらな
 る工夫をして、現在の耐震基準を満たすことができて
 います。



← 柱と柱の間幅は3.6mです。

その柱にもかたまりがあります。それを①～
 ③として表しています。①と②は同じ大
 きさです。③は2倍になっています。この図
 は大屋根リングを縦に切っています。そのため、この
 図からみえる幅が③は①、②に比べると2倍
 になっているのです。柱の数は①、②が2本。
 ③が3本になっています。

①の部分



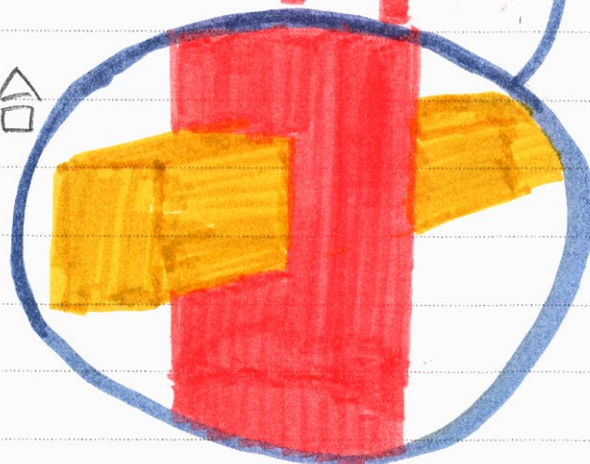
← 色分けをしてかきました。

赤→柱、黄→梁
 青→梁です。

黄は奥から手前にのび
 ている梁です。青は
 左右にのびている梁
 です。

貫接合

貫接合→
 はこんな
 ところに
 使われて
 います。



今1部分をかいただけでも
 41本の木を使っていると
 考えられます。それが大屋根
 リングになるとすると、一体
 どれだけの木が使われて
 いるのでしょうか。

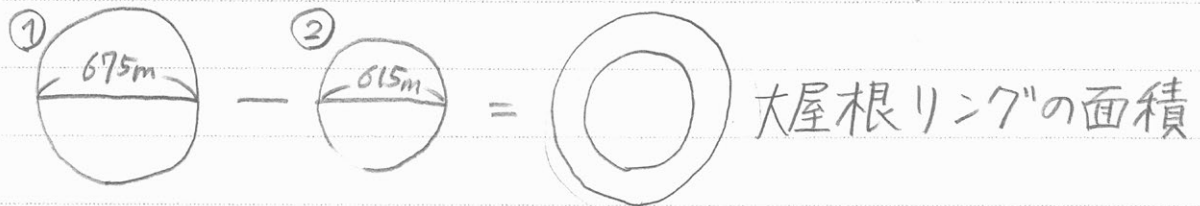
3. 研究の結果と考察

調べた結果、数値として大屋根リングの巨大さが分かりました。また、大屋根リングのくわしい構造が分かり、想像することがしやすくなりました。

では、ここからは調べた結果を使って、大屋根リングを数学的に見ていこうと思います。

(1) 大屋根リングの面積

大屋根リングの外径は675mで内径は615mです。



このように考えました。πを使ってといていきます。

$$\textcircled{1} \quad \text{式} \quad 337.5 \times 337.5 \times \pi = 113906.25\pi$$
$$(11万3906.25\pi \text{ m}^2)$$

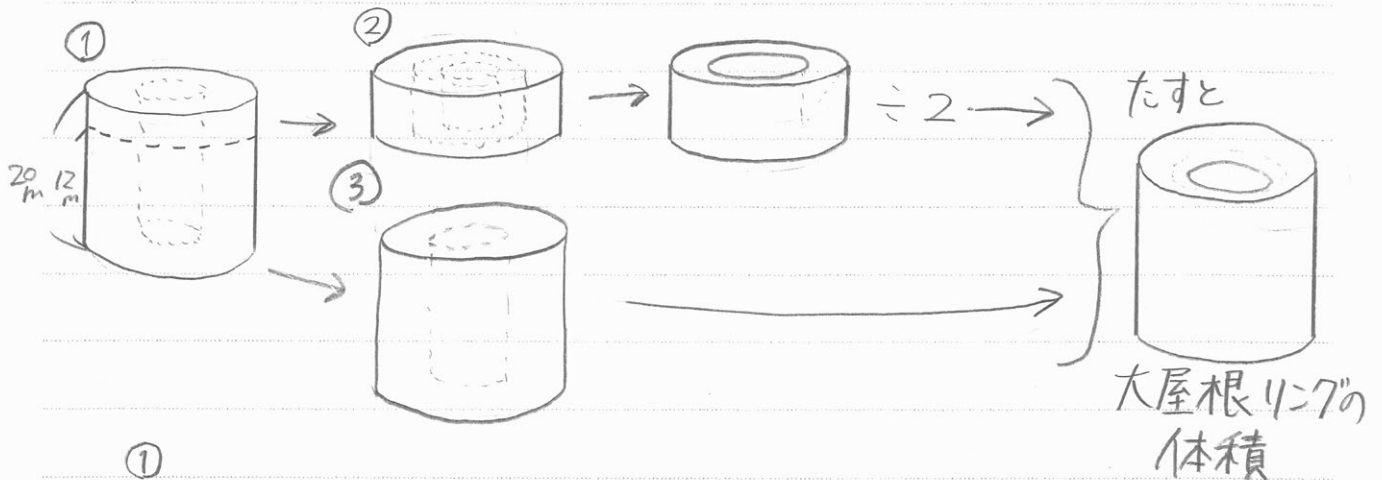
$$\textcircled{2} \quad 307.5 \times 307.5 \times \pi = 94556.25\pi$$
$$(9万4556.25\pi \text{ m}^2)$$

$$113906.25\pi - 94556.25\pi = 19350\pi$$
$$(1万9350\pi \text{ m}^2)$$

大屋根リングの面積は1万9350πm²だと分かりました。π→3.14にしてみると60759m²です。東京ドームが、46755m²のため、大屋根リングの方が大きいことが分かります。そうすると、万博全体の面積は東京ドーム何個分なのでしょうか。調べてみると、約155万m²だそうです。これは東京ドームの約33個分だそうです。万博の巨大さが数で伝わってきます。

(2) 大屋根リングの体積

大屋根リングの面積は $19350\pi \text{ m}^2$ でした。



①
式 $19350\pi \times 20 = 387000\pi (\text{m}^3)$

②
 $387000\pi \times \frac{2}{5} = 154800\pi (\text{m}^3)$
 $307.5 + 3.6 + 7.2 \div 2 = 314.7 (\text{m})$
 $314.7 \times 314.7 \times \pi \times 8 = 792288.72\pi (\text{m}^3)$
 $307.5 \times 307.5 \times \pi \times 8 = 756450\pi (\text{m}^3)$
 $792288.72\pi - 756450\pi = 35838.72\pi (\text{m}^3)$
 $154800\pi - 35838.72\pi = 118961.28\pi (\text{m}^3)$
 $118961.28\pi \div 2 = 59480.64\pi (\text{m}^3)$

③
 $387000\pi \times \frac{3}{5} = 232200\pi (\text{m}^3)$

$$59480.64\pi + 232200\pi = 291680.64\pi$$

$$(291680.64\pi \text{ m}^3)$$

大屋根リングの体積は $291680.64\pi \text{ m}^3$ だと分かりました。大屋根リングはすきまがたくさんありますが、それを考えないと、こんなにも大きく、そして高さがあるものだと思わされます。この答えにも 3.14 をかけてみると、 915877.2096 m^3 (915877.2096 m^3) であることが分かりました。

一般的な25mプールは水量は600m³です。だから大屋根リングの体積は25mプールは水量の1507.01664倍(約1500倍)です。約1500倍とは、とても想像できないほど、大きな数字であることが分かります。

(3) 大屋根リングの木の本数

大屋根リングは109個の木架構ユニットからできています。この109個の1個でどの部分をさすのでしょうか。私は4ページにかいた部分だと考えます。①~③と天井もあわせた部分です。なぜそう思ったかというと、万博のマップなどには、大屋根リングの番号がかいてあります。それは78番までしかないのですが、それは海の部分を入れていないからです。そこにある分も合わせると109個になるのではないかと考えました。

それをもとにして、計算しようと思います。なお、天井の部分は見えていない部分もあるため今回ははぶきます。

$$\text{式 } 41 \times 2 + 41 + 2 + 5 = 130$$

$$130 \times 109 = 14170$$

(1万4170本)

大屋根リング(スカイウォークのある天井以外)で1万4170本の木が使われていることが分かりました。

1万というのは想像がつかないほど大きな数字です。

けれど、その1万4170本の木があつたやさしい匂いを作り出していたんだと考えたら、リラックスできたのもうなずけます。では、その体積はどれくらい大きいのでしょうか。色んな部分が削られるため、大屋根リングの体積よりは小さくなるはずですが、木だけの体積はどれほどでしょうか。

(4) 大屋根リングの木の体積

(3)と同じで、天井はなしとして考えます。また長さは2~9mとあいまいで、使用される場所によって長さが変えられています。そのため、長さは仮定してときます。

柱 → 12m (大屋根リング内側の高さ)

梁(黄) → 3.8m / 7.4m (柱の間幅 + 0.2m) 柱が2本でも3本でも本数は変わらない。

梁(青) → 14.4m (柱の間幅 × 4)

式 $42\text{cm} = 0.42\text{m}$

$21\text{cm} = 0.21\text{m}$

① 柱

$$0.42 \times 0.42 \times 12 = 2.1168$$

$$2.1168 \times 5 = 10.584$$

$$10.584 \times 109 = 1153.656$$

$$(1153.656 \text{ m}^3)$$

② 梁(黄)

$$0.42 \times 0.21 \times 3.8 = 0.33516 \quad \left\{ \begin{array}{l} 0.42 \times 0.21 \times 7.4 = 0.65268 \end{array} \right.$$

$$0.33516 \times 30 = 10.0548 \quad \left\{ \begin{array}{l} 0.65268 \times 15 = 9.7902 \end{array} \right.$$

$$10.0548 \times 109 = 1095.9732 \quad \left\{ \begin{array}{l} 9.7902 \times 109 = 1067.1318 \end{array} \right.$$

$$1095.9732 + 1067.1318 = 2163.105$$

$$(2163.105 \text{ m}^3)$$

③ 梁(青)

$$0.42 \times 0.21 \times 14.4 = 1.27008$$

$$1.27008 \times 18 = 22.86144$$

$$22.86144 \times 109 = 2491.89696$$

$$(2491.89696 \text{ m}^3)$$

④ たすと...

$$1153.656 + 2163.105 + 2491.89696 = 5808.65796$$

$$(5808.65796 \text{ m}^3)$$

大屋根リングの木の体積は 5808.65796 m³ と分かりました。
およそですが、体積が分かり、たくさんの木材が使われていたことが分かりました。これは天井の部分はぬいているため、天井もたしたら、結果が変わるかもしれません。また、25mプールで考えてみると、約9杯分と(2)の結果と比べると差が大きいので、天井の体積の大きさが見えていきそうです。

(5) 大屋根リングのエスカレーターとエレベーター、階段

これは少し番外編です。大屋根リングにはエスカレーターが5つ、エレベーター、階段が6つあります。ここでは、その1つ1つの距離を求め、分速60mの人が何分で移動することができるのかとめます。

円周 ^{675と615の間}

$$\text{式 } 645 \times \pi = 645\pi(\text{m})$$

$$645 \times \frac{78}{109} = 461.559 \dots$$

→ 約462

エスカレーター

$$462 \div 5 = 92.4$$

$$92.4 \div 60 = 1.54$$

(1分32.4秒)

エレベーター・階段

$$462 \div 6 = 77$$

$$77 \div 60 = 1.2833$$

→ 約1.28

(1分16.8秒)

どちらも1分15秒〜30秒くらいで次のエスカレーター、エレベーター、階段に行けることが分かりました。大屋根リングは大きいので、次のエスカレーターなどに行けるまでに時間がかかりそうですが、少しの時間で行けることが分かりました。けれど、これは歩くことのできない

海側の道も計算にいれたため、ズレも生じます。時に場所によっては、長く時間がかかることもあるかもしれません。

このように、大屋根リングに関する計算をすると、やはり、大きさが具体的にになっていきました。また、建築家達が深く考えたと思われる美しさも数値化して、より具体的にすることが分かりました。

4. 感想と今後の課題

私は今まで建物の芸術性を感じたことはそこまでありませんでした。けれど、万博は建物自体が展示品のようで、その1つ1つに意味がこめられていることが伝わりました。その中でも大屋根リングは、大阪・関西万博にとってのシンボルにふさわしいと感じました。私はその時、漠然とそう思っていました。けれど、この研究を通じて、圧倒される強さ、美しさの理由はここにあるんだと気づくことができました。建物を作るときにはさっとたくさん計算するでしょう。1つでもまちがってしまつとたくさんのものがむだになってしまうからです。そうして作られた建物を今度は見た人達が計算し、その秘密をといていくのです。私はそこに大きな縁を感じました。また、私の数学の力では表しきることができない部分もあったため、数学の知識をもっとつけたいと感じました。

5. 参考文献

<https://www.expo2025.or.jp/expo-map-index/main-facilities/grandring/>

8月23日

<https://www.kinki-shasei.org/upload/pdf/kankyoushasei3732.pdf> 8月23日