

2016 年度 外国語電子教材成果報告書
地球システム設計論
鳴川肇 政策・メディア研究科 准教授

教材がダウンロードできる URL

<http://narukawa-lab.jp/archives/#tesd2016>

概要

地球環境を理解し、サステナブルな地球システムを設計するには、今までの世界地図や建築技術を根本から改善する必要があります。その先駆的な試みはバックミンスター・フラーという人物によって既に 60 年代に行われていました。しかしこの試みの中核をなす技術には、通常の座学を通して、つまり言葉やスライド（写真）では理解ができない特殊な形状が用いられていました。

そこで下記に、これらの技術の構造模型を短時間で組立てる事ができ、立体的考察ができるモデリングキットを教材として開発します。さらにはこれを、学内にあり学生たちが気軽に使用できる加工機械、レーザーカッターや (DFFW), カuttingマシン(メディアセンター)にそのまま入力+加工することができるデータ集として設計し公開します。同時に外国語により製作する事で、真にこの技術が必要な国々に技術伝搬が可能となることを目指します。

さらに次のステップとして、本年度からは、これらの技術的アイデアをより深く理解するために、授業内で模型製作を通して学んだジオデシックドームの実物（人が中に入れて空間体験ができるサイズ）を製作するワークショップを行いました。これは製作日数がかさむため全員参加とすることは難いため希望者のみ参加とし、また技術的支援として授業担当講師である鳴川研究室の学生も参加するという布陣で行いました。この製作活動を踏まえて、実物のジオデシックドームのコンストラクションキットを教材として開発します。さらにはこれを、学内の加工機械、レーザーカッター (DFFW) にそのまま入力+加工することができるデータ集として設計し公開します。こちらも英語によるインストラクションとともに提供します。

同様に、授業内で地図製作を通して学んだオーサグラフ世界地図を用いた英語版の世界史地図 (Chronomap 4700) の製作ワークショップと展示を行いました。こちらも製作日数がか

さむため希望者のみ参加とし、鳴川研究室の英語が堪能な学生も参加するという布陣で行いました。この製作と展示を踏まえて、成果物である世界史地図（Chronomap 4700）を教材として公開+提供します。

背景

バックミンスター・フラーは地球を「非常に良くデザインされた巨大宇宙船」と捉えました。この「宇宙船」がこのままだと故障してしまうという問題提起しました。そこで彼は地球とそこに住む人間が持続して生存できる技術を開発してきましたが、重要なのは彼がこのように地球問題を提唱した思想家であるだけでなく、それを解決するために具体的な技術提示を行っているところにあります。その製作活動を通してフラーは独自の幾何学を用いたデザイン理論を作り上げました。それは、普段我々が使っているもののデザインを大きく刷新する可能性を秘めた、独創性ある設計の道具でした。

目的

フラーの世界観や発明の数々は多くの出版物で紹介されています。しかし上述の発明は独特な幾何学によって成り立っているため、これらの出版物を読破してもその技術を学ぶ事はほとんどできません。これらの発明の真髄を学ぶために、ペーパークラフトなどの模型キットを設計作成します。その主旨、目的は以下です、

- モデリング（模型を作る作業）は文章や写真に変わる言語である。
- 立体的に複雑に見えるこれらの発明はコンピュータグラフィックス等で表現しても理解できない。
- これらを 3D プリンターで、再現する事も有効だが、製作過程を経験することで構法につながるエンジニアリングを理解できる。この事はコンピュータを用いた設計の否定ではなく、上記を理解した上でコンピュータを活用する事でデザインとエンジニアの大きな刷新を目指す事を意味している。
- 一見複雑に見えるこれらの発明は、実は構法に発明の真髄が隠されているため、実際に組み立てる事で実は驚く程製作が簡単である事を理解できる。
- さらにこれらの考えを発展させ今年は原寸大の実物を作りながら本当のエンジニアリング、デザインを学習することに重きをおく。

以上の観点から本教材を作成する重要性があると判断しました。

手法

これらの教材は PDF 形式で提供しますが、以下 2 通りの方法で使用できるように工夫を加

えます。

1. PDF を汎用の印刷機で紙に印刷して、はさみとセロテープで気軽に工作+学習できます。
2. 同時に illustlator 形式でも提供します。illustlator 形式においてはカットライン、折り目のラインを特定できる機能があり、この形式のデータを直接、レーザーカッターやカッティングマシンに流し込むことができます。そのため部材加工までを機械で行うことができ、ハサミを用いなくても授業内で組立てることができます。
3. さらに今年は同様の形式で、ダンボールをレーザーカットすることで実物のドームが建設できる教材も提供します。
4. また、これらとは別に、今年は世界史と地理を融合させた教材として世界史地図という物を PDF 形式にて提供します。

ダウンロード可能なモデリングアイテム

・ダイマキシオンマップ

参考 URL: <http://ja.wikipedia.org/wiki/ダイマクシオン地図>

我々が抱く”歪んだ世界観”は、地図が歪んでいたからだった、という問題提起からフラーが1946年に発明した世界地図を学ぶ教材を製作します。この地図のベースとなる正二十面体の地球儀を組み立てたり、それを切り開いて世界地図を作る作業を短時間に実践できるペーパークラフトです。

期待できる成果：

- メルカトル図法（1569年）によって流通している歪んだ世界観よりも正確な世界のレイアウトを学べます。こうして進化するグローバル社会の全体像を把握することができます。
- 全ての多面体には頂点数+面数-辺数=2（オイラーの多面体公式）が成り立つ事を直感的に学べます。
- 全ての多面体には{360度-(各頂点の内角の合計)} X 頂点の数=720度が成り立つ事を直感的に学べます。

オーサグラフ

参考 URL: <https://vimeo.com/15432252>

ダイマキシオンマップをさらに改善し、海も陸地も途切れず四角形に表示できる世界地図について学ぶ教材を製作します。地球を長方形に描き写す複雑な投影のステップを学べるペーパークラフトです。

期待できる成果：

- 南極など、任意の地域を中心にして世界地図をレイアウトでき、G5がG20になったように世界が多中心化する状況を手を動かしながら学べます。
- 海も途切れない特徴から海洋資源問題のように陸だけでなく海上にも各国の思惑が錯綜している状況を手を動かしながら学べます。
- 正二十面体、正四面体をはじめとする正多面体の特性を直感的に学べます。
- 鳥と魚が絡み合うエッシャーの絵画と共通する幾何学のルールを直感的に学べます。

ジオデシックドーム

参考 URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Geodesic_dome

建設に半年もかかり、重さも 100t もある今の住宅（コンクリートの場合）の技術を刷新する為に考案されたドーム構造を学ぶ教材を製作します。一人で 1 日で組み立てられる住宅として開発された軽量構造体の理論と組み立てて手順を学べるペーパークラフトです。

期待できる成果：

- 球面を均等に分割する数学とそれにより何種類の部材をどう配列すれば球体構造を効率よく構成できるかを直感的に学べます。
- このドームを手で押したり、引いたりして、その強度を直感的に学べます。

新型ジオデシックドーム

参考 URL: <https://www.miraikan.jst.go.jp/exhibition/tsunagari/geo-cosmos.html>

上記ドーム技術は 60 年代に一躍有名になりましたが、その後はあまり進歩しませんでした。このドームの球面分割を改善した新型ジオデシックドームを学ぶ教材を製作します。正八面体を均等に分割することで考案した最新のジオデシックドームを学べるペーパークラフトです。

期待できる成果：

- このドーム構造を用いて球面ディスプレイを合理的に設計できるしくみを直感的に学べます。
- 球面を均等に分割する数学とそれにより何種類の部材をどう配列すれば球体構造を効率よく構成できるかを直感的に学べます。

カーボンナノチューブ

参考 URL: <http://ja.wikipedia.org/wiki/カーボンナノチューブ>

ジオデシックドームの最新の実例を高分子材料学の分野から取り上げます。宇宙エレベーターによって地球を俯瞰する技術の主構造を学ぶ教材を製作します。

期待できる成果：

- 過去のジオデシックドームが支える現代の微小技術の幾何学を直感的に学べます。

テンセグリティ構造

参考 URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/Tensegrity>

史上最軽量とうたわれたテンセグリティ構造を学ぶ教材を製作します。テンセグリティ構造は構造的には優れているものの幾何学的にも施工手順的にも非常に難解でもありました。この技術の幾何学と構造力学を学べるレーザーカットを用いたモデリングキットを教材として製作します。

期待できる成果：

- この構造はワイヤーと棒が立体的に編まれて形をなしている複雑な形をしています。その幾何学を直感的に学ぶことができます。
- 同時に棒同士が繋がりあっていないのになぜバスケットボールのような硬さをもった構造になるのかを直感的に学ぶことができます。

オクテットトラス

参考 URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Space_frame

スペースフレームとも呼ばれる構造を学ぶ教材を製作します。大阪万博お祭り広場にも用いられたこの大空間構造の理論と仕組みを学べるペーパークラフトです。

期待できる成果：

- この構造が正四面体と正八面体が交互に組み合って形成している構成を直感的に学ぶことができます。
- この建築構造が分子構造（格子）と共通した幾何学を持つことを直感的に学ぶことができます。

HP 曲面とスペースフレーム

上記スペースフレームをトポロジカルに改造した構造体を学ぶ教材を製作します。曲面を用いて空間を等分割する建築空間を学べるペーパークラフトです。

- この構造は上記のスペースフレーム（線材）を面に置換してできあがる構造ですが、このように線を面に置き換えたり，面を点に置き換える数学，位相幾何学を直感的に学ぶことができます。
- この構造では双曲面（hyperbolic paraboloid）という曲面を用いますが図ではわかりづらいこのような幾何学を直感的に学ぶことができます。

以上8つの教材は2015年度にも用いた教材を部分的にブラッシュアップし2016年4月から7月の3ヶ月間の授業内で全履修学生提供され，学生による製作作業が行われました。これらの改定版を上記URLにアップロードし，そのURLから無料配布できるようになっています。

さらに今年以下の新規教材を製作しました。より本格的な製作を通して知識を深めることができると考えました。

ペーパードーム PAPER GEODESIC DOME OCT96

数学とエンジニアリングを短時間で組立てて学ぶことができる球体ドーム教材です。実物大のドームを製作できる，紙製のドームの型紙です。

期待できる成果：

授業内で紹介する「新しいジオデシックドーム」において，その構造的な優位性と内部空間の特性を実際の空間として体感できます。

幾何学的な仕組みを学んでもらいつつ，接合部はどのようにして設計しているのか，背の高い部分はどのようにして組み立て，解体できるのか，音響はどんなものなのか，など原寸大でないとわからないドーム教材になります。実際に押したり持ち上げて，強さ，軽さを体で習得できる効果が期待できます。

以上の教材は2016年度，新たに製作されました。教材のもとになった技術や資料は授業内で紹介され，模型製作などでその考えを学ぶ機会をもってもらいつつ，希望する学生と本授業の講師の研究室である鳴川研究室の学生との合同ワークショップが行われました。これらの製作過程を通して得られた組み立てマニュアルと製作に必要な図面＝加工データを上記URLにアップロードし，そのURLから無料配布できるようになっている。

なお成果物であるペーパードームは2017年3月4日から展覧会 Nature Wise 展（東京丸の内，丸ビル1階ホール）にて展示公開される。

世界史地図 Chronomap4700

上記「オーサグラフ地図」において、時系列を一望できる特徴を学習してもらう目的で、同地図を用いた世界史地図を教材として製作し提供します。

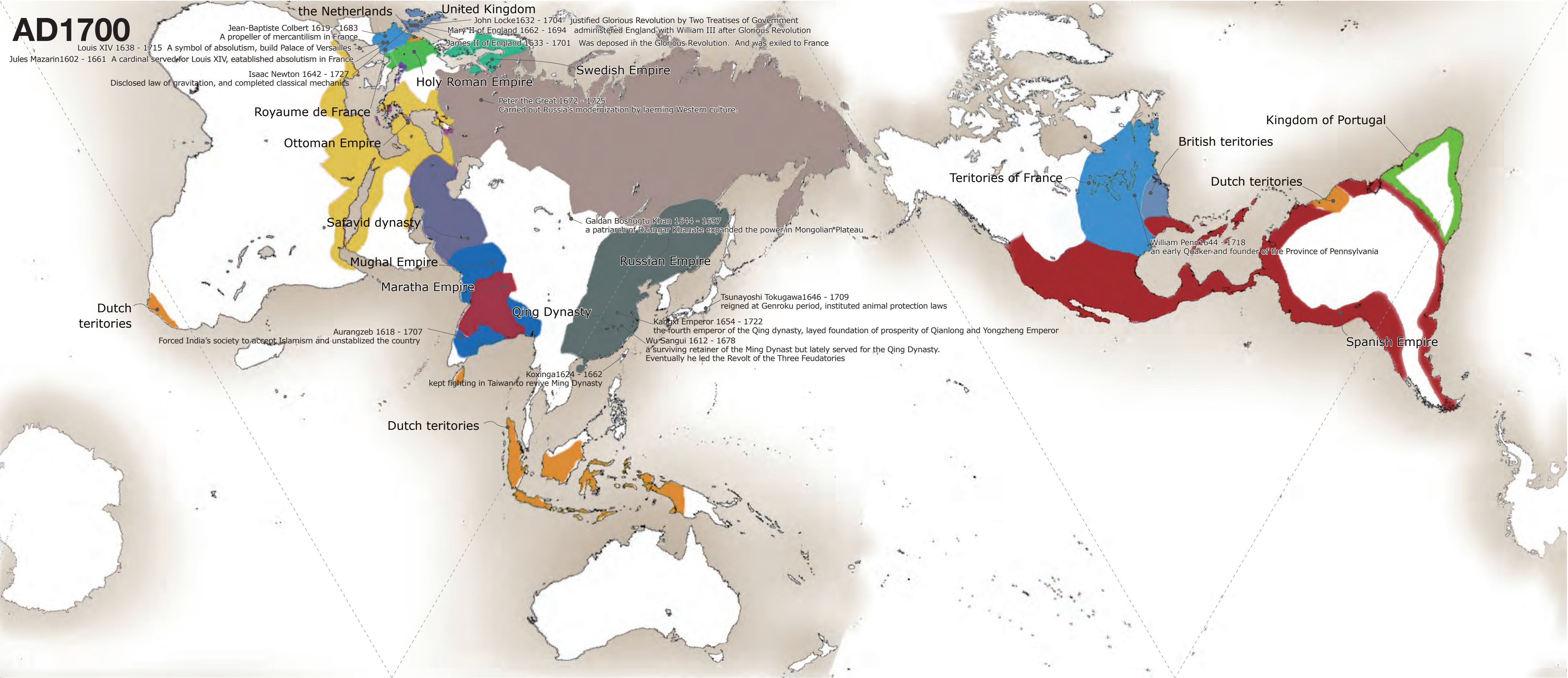
期待できる成果：

幾何学的な仕組みを学んでもらいつつ、時間の流れを平面の絵に落とし込むグラフィックデザインの教材となります。世界史の知識を独自の視点で眺めつつ、英語で内容を読み返すことで、数学、社会、英語、美術をまとめて学習してもらいます。

以上の教材は、本申請者が過去に製作した日本語版の資料をもとに英語版が新規製作されました。教材となった世界史地図は授業内で紹介され、その後、希望する学生と本授業の講師の研究室である鳴川研究室の学生によって世界史地図の内容を読み解き英語版製作が行われました。こうして出来上がった96の時代の世界地図はPDF書類としてまとめられ上記URLにアップロードし、そのURLから無料配布できるようになっている。

なお成果物であるChronomap4700は2016年5月から展覧会Eco Expanded City展(WRO Art Center ヴロツワフ, ポーランド)にて展示公開された。また日本語版ではあるが、同様に2017年3月7日からオーサグラフ展(東京丸の内, グッドデザイン丸の内ギャラリー)にて展示公開予定である。

AD1700



the Netherlands

United Kingdom

Swedish Empire

Holy Roman Empire

Royaume de France

Ottoman Empire

Safavid dynasty

Mughal Empire

Maratha Empire

Qing Dynasty

Russian Empire

Kingdom of Portugal

British territories

Dutch territories

Territories of France

William Penn 1644 - 1718
an early Quaker and founder of the Province of Pennsylvania

Spanish Empire

Dutch territories

Aurangzeb 1618 - 1707
Forced India's society to accept Islamism and unstablized the country

Koxinga 1624 - 1662
kept fighting in Taiwan to revive Ming Dynasty

Dutch territories

Galdan Boshugtu Khan 1644 - 1697
a patriarch of Dzungar Khanate expanded the power in Mongolian Plateau

Tsunayoshi Tokugawa 1646 - 1709
reigned at Genroku period, instituted animal protection laws

Kangxi Emperor 1654 - 1722
the fourth emperor of the Qing dynasty, layed foundation of prosperity of Qianlong and Yongzheng Emperor

Wu Sangui 1612 - 1678
a surviving retainer of the Ming Dynast but lately served for the Qing Dynasty. Eventually he led the Revolt of the Three Feudatories

Jean-Baptiste Colbert 1619 - 1683
A propeller of mercantilism in France

Louis XIV 1638 - 1715
A symbol of absolutism, build Palace of Versailles

Jules Mazarin 1602 - 1661
A cardinal served for Louis XIV, eatablished absolutism in France

Isaac Newton 1642 - 1727
Disclosed law of gravitation, and completed classical mechanics

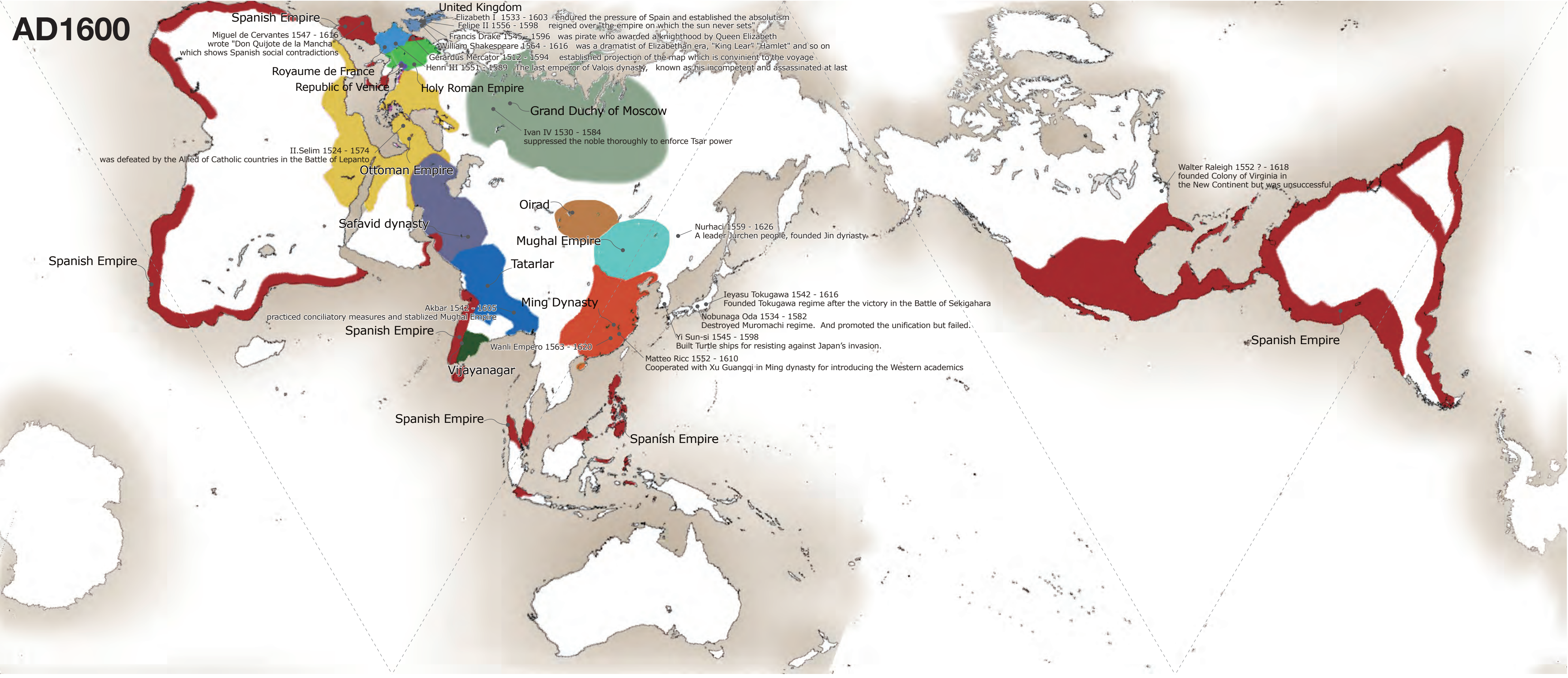
John Locke 1632 - 1704
justified Glorious Revolution by Two Treatises of Government

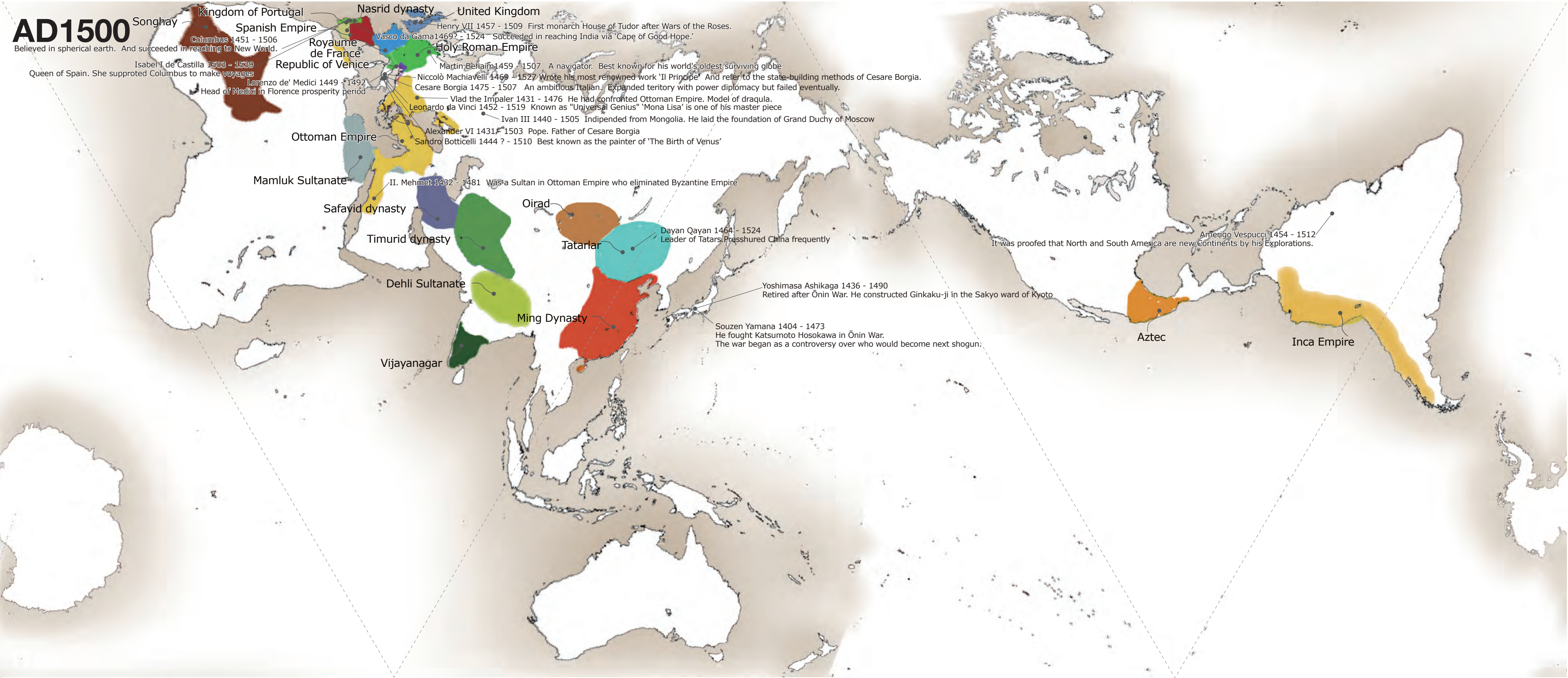
Mary II of England 1662 - 1694
administered England with William III after Glorious Revolution

James II of England 1633 - 1701
Was deposed in the Glorious Revolution. And was exiled to France

Peter the Great 1672 - 1725
Carried out Russia's modernization by laerning Western culture.

AD1600





AD 1500

Believed in spherical earth. And succeeded in reaching to New World.
Isabel I de Castilla 1503 - 1539
Queen of Spain. She supported Columbus to make voyages

Kingdom of Portugal

Spanish Empire

Royaume de France

Republic of Venice

Lorenzo de' Medici 1449 - 1492
Head of Medici in Florence prosperity period

Ottoman Empire

Mamluk Sultanate

Safavid dynasty

Timurid dynasty

Dehli Sultanate

Vijayanagar

Nasrid dynasty

United Kingdom

Holy Roman Empire

Martin Behaim 1459 - 1507
A navigator. Best known for his world's oldest surviving globe

Niccolò Machiavelli 1469 - 1527
Wrote his most renowned work 'Il Principe' And refer to the state-building methods of Cesare Borgia.

Cesare Borgia 1475 - 1507
An ambitious Italian. Expanded territory with power diplomacy but failed eventually.

Vlad the Impaler 1431 - 1476
He had confronted Ottoman Empire. Model of dracula.

Leonardo da Vinci 1452 - 1519
Known as "Universal Genius" 'Mona Lisa' is one of his master piece

Alexander VI 1431 - 1503
Pope. Father of Cesare Borgia

Sandro Botticelli 1444 ? - 1510
Best known as the painter of 'The Birth of Venus'

II. Mehmet 1432 - 1481
Was a Sultan in Ottoman Empire who eliminated Byzantine Empire

Oirat

Tatarlar

Ming Dynasty

Dayan Qayan 1464 - 1524
Leader of Tatars. Pressured China frequently

Yoshimasa Ashikaga 1436 - 1490
Retired after Ōnin War. He constructed Ginkaku-ji in the Sakyo ward of Kyoto

Souzen Yamana 1404 - 1473
He fought Katsumoto Hosokawa in Ōnin War.
The war began as a controversy over who would become next shogun.

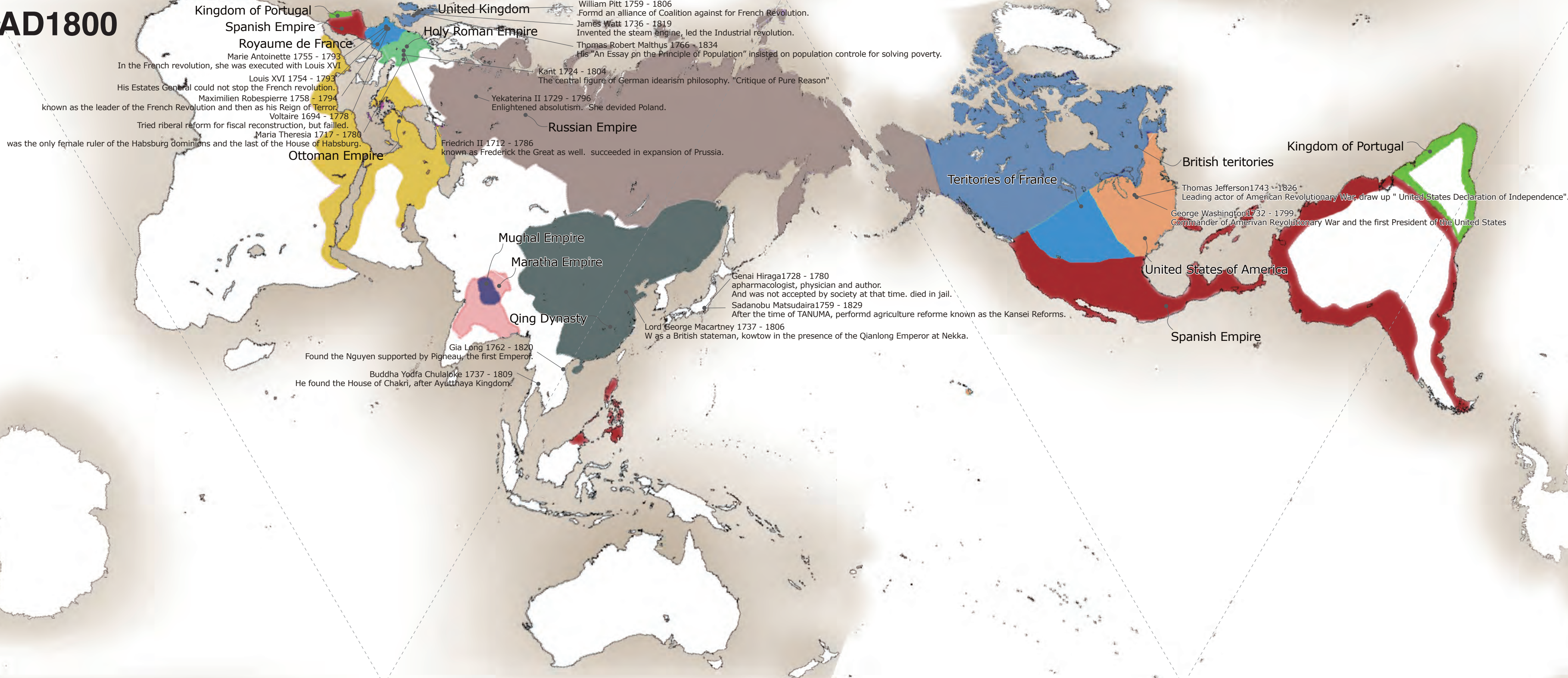
Aztec

Inca Empire

Amerigo Vespucci 1454 - 1512
It was proved that North and South America are new continents by his Explorations.

Henry VII 1457 - 1509
First monarch House of Tudor after Wars of the Roses.
Vasco da Gama 1469 ? - 1524
Succeeded in reaching India via 'Cape of Good Hope.'

AD1800



Kingdom of Portugal

Spanish Empire

Royaume de France

Marie Antoinette 1755 - 1793
In the French revolution, she was executed with Louis XVI

Louis XVI 1754 - 1793
His Estates General could not stop the French revolution.

Maximilien Robespierre 1758 - 1794
known as the leader of the French Revolution and then as his Reign of Terror.

Voltaire 1694 - 1778
Tried liberal reform for fiscal reconstruction, but failed.

Maria Theresia 1717 - 1780
was the only female ruler of the Habsburg dominions and the last of the House of Habsburg.

Ottoman Empire

United Kingdom

William Pitt 1759 - 1806
Formed an alliance of Coalition against for French Revolution.

James Watt 1736 - 1819
Invented the steam engine, led the Industrial revolution.

Thomas Robert Malthus 1766 - 1834
His "An Essay on the Principle of Population" insisted on population controle for solving poverty.

Kant 1724 - 1804
The central figure of German idearism philosophy. "Critique of Pure Reason"

Yekaterina II 1729 - 1796
Enlightened absolutism. She devided Poland.

Russian Empire

Friedrich II 1712 - 1786
known as Frederick the Great as well. succeeded in expansion of Prussia.

Mughal Empire

Maratha Empire

Qing Dynasty

Genai Hiraga 1728 - 1780
apharmacologist, physician and author.
And was not accepted by society at that time. died in jail.

Sadanobu Matsudaira 1759 - 1829
After the time of TANUMA, performed agriculture reforme known as the Kansei Reforms.

Lord George Macartney 1737 - 1806
W as a British statesman, kowtow in the presence of the Qianlong Emperor at Nekka.

Gia Long 1762 - 1820
Found the Nguyen supported by Pigneau, the first Emperor.

Buddha Yodfa Chulaloke 1737 - 1809
He found the House of Chakri, after Ayutthaya Kingdom.

Territories of France

British territories

Thomas Jefferson 1743 - 1826
Leading actor of American Revolutionary War, draw up " United States Declaration of Independence".

George Washington 1732 - 1799
Commander of Amerivan Revolutionary War and the first President of the United States

United States of America

Spanish Empire

Kingdom of Portugal

Geodesic Dome OCT96 Assembly Manual

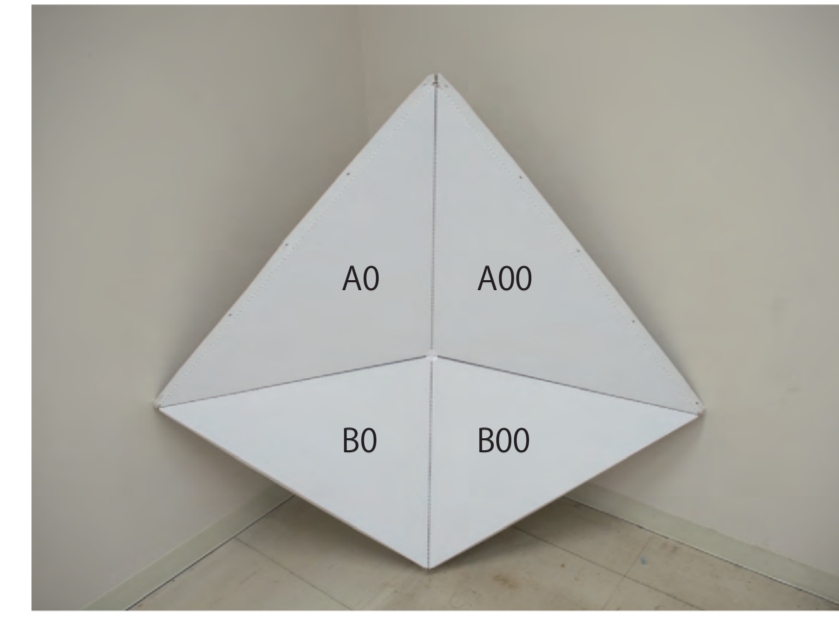


MEGASTAR より、150 万個の星が投影できる家庭用プラネタリウム『MEGASTAR CLASS』が発売された。それに伴い、Newton 創刊 35 周年特別号の企画として、一般人でも簡単に手に入るダンボールとボルト・ナットを使って組み立てられる簡易組み立て式プラネタリウムドームを設計した。『休日に簡単に組み上げられる』『平日にはしっかり収納できる』ということもコンセプトにし、少ないスペースで収納ができるように部材同士を重ねることができるような設計になっている。このプラネタリウムドームにより、昼間の部屋が瞬間にして夜

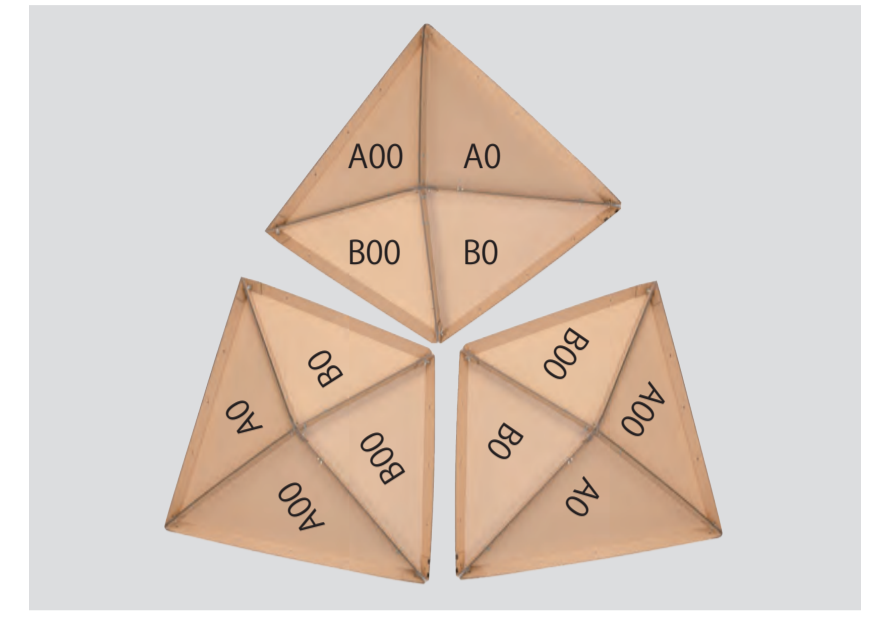
の空間になるという不思議な体験をすることができる。バックミンスター・フラウ氏のジオデシックドームの構造を元に、正八面体の各面を構成する正三角形を、トリアコン分割し、2種類の三角形で球形を表現している。レーザーカッターでダンボールを切り出し、組み立てた北半球を南半球の上に乗せて、完成する。レーザー切り出し時間は全部で6時間。組み立て時間は5人で約1時間程度。最終完成形のドームは高さが2m、直径が2.4mである。



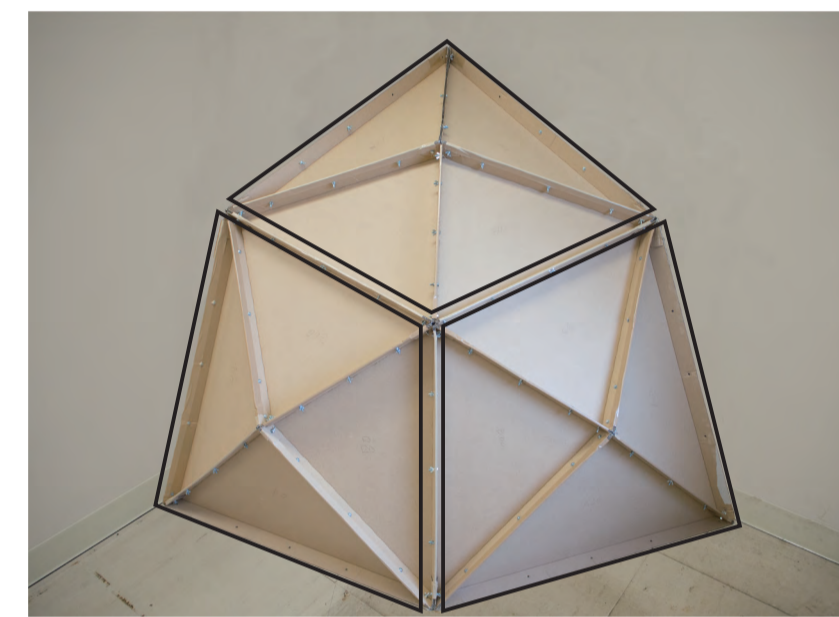
1, 切り出したパーツの縁を折り曲げ、立ち上げて三角形のユニットを作る。



2, 20 個ずつ切り出した A0,B0,A00,B00 の 4 つを組み合わせて、ひし形の大ユニットを 20 個作る。



3, ユニット (大) × 3 を床に並べて合体してゆく。



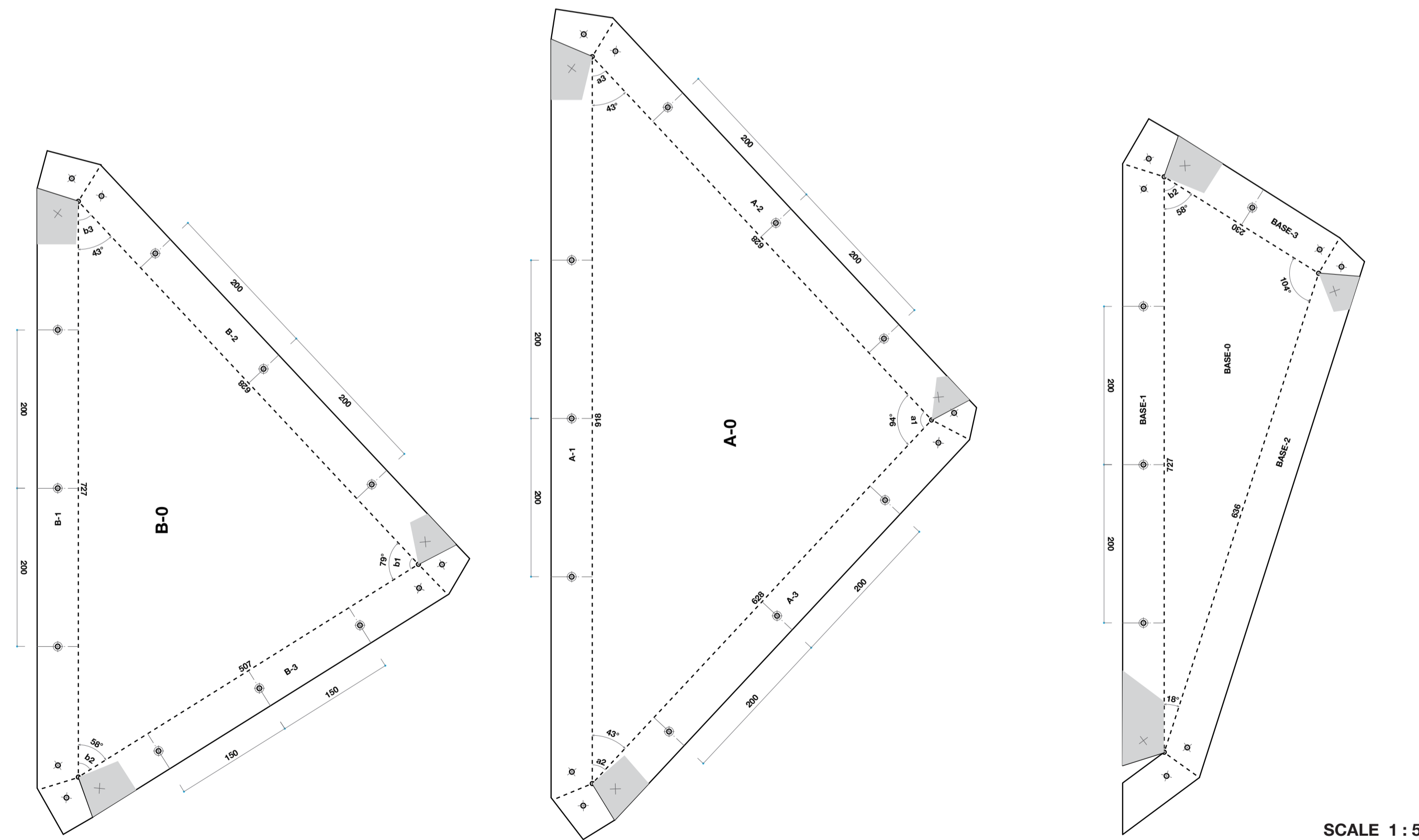
4, ユニット (大) を 3 つ組み合わせて、正八面体の一面となるユニット、オクタユニットを 4 つ作る。



5, オクタユニットを 2 つ組み合わせる。



6, オクタユニットを 4 つ組み合わせて、ドームの「北半球」を作る。

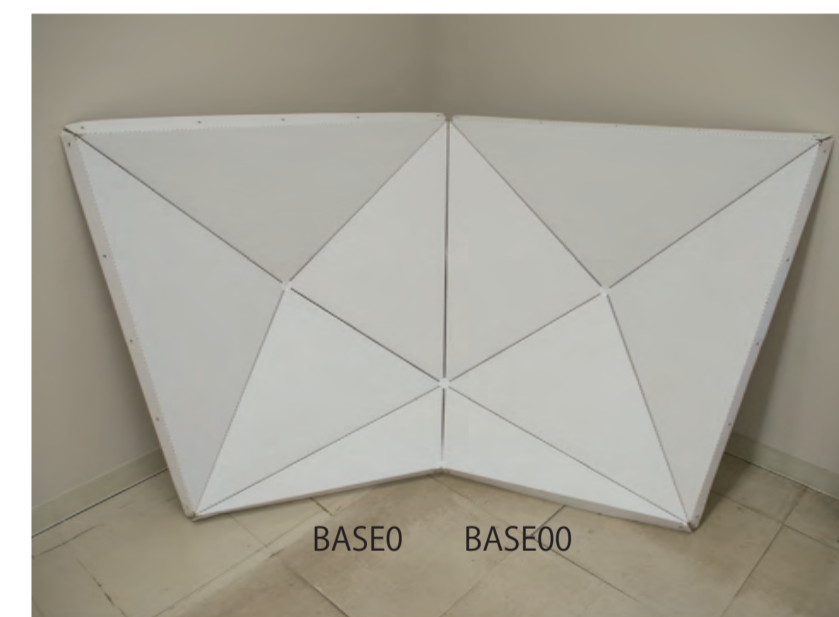


レーザー加工機でちょうど三角形一枚分を切り出せる大きさであること、天井にぶつからない範囲でなるべく大きくするという点を重視して設計した。ボルト穴は、なるべく外部からの光が漏れて入らないように3箇所を設定した。また、ダンボールは厚みがあるため、ダンボール同士が少ない面積で重なり合うような設計になっている。A-0、A-0の鏡像反転、B-0、

B-0の鏡像反転がそれぞれ20枚ずつとBASE-0、BASE-0の鏡像反転を4枚ずつカットして組み立てる。BASE-0は球形を南回歸線の位置で接地させるための三角形部材である。切り出すダンボールの寸法は1200*600。



7, 次に土台を作ってゆく。ユニット (大) × 2 と BASE0、BASE00 を床に並べて合体させる。



8, ユニット (大) 2 つと、BASE0、BASE00 を組み合わせて、南半球を構成する「南半球ユニット」を 4 つ作る。



9, 南半球ユニットを合体させる。



10, 4 つの南半球ユニットを合体して「南半球」を作る。



11, 南半球の上に、北半球をのせてドームが完成。完成すると、ドームの全体が安定し、強度がでる。ユニット (大) を 1 つずつ外し、出入口を設ける。



12, 使わないときは、ユニット (大) を積み重ねることで省スペースに保管することができる。

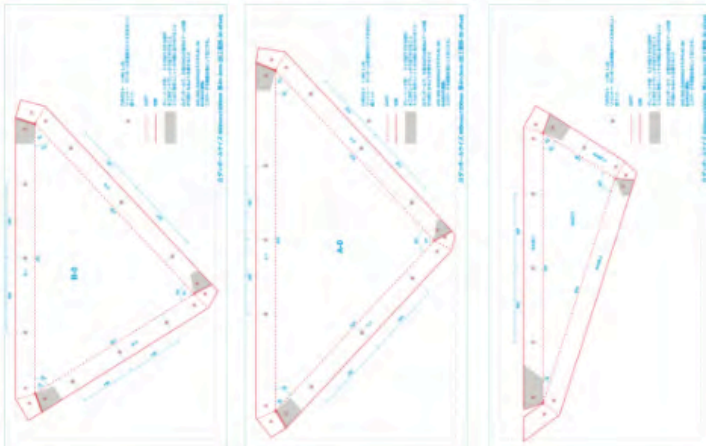


Downloads

NW-PEPERMODEL-010(.pdf)

NW-PEPERMODEL-010(.ai)

Manual(Japanese)



Share

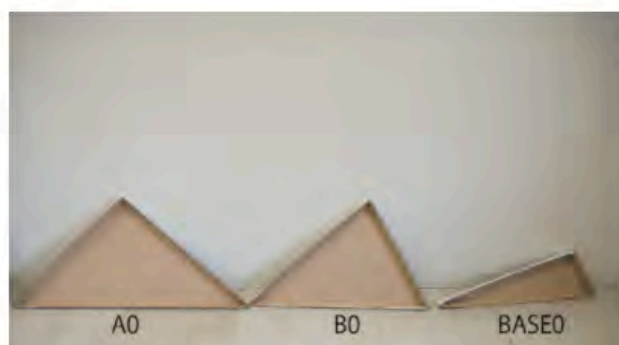
[Facebook](#) [Twitter](#) [Pinterest](#) [Email](#)

1,

切り出したパーツの縁を折り曲げ、立ち上げて三角形のユニットを作ります。

-

Bend and fold the edges of a triangular parts and make a triangular unit. Make four types of triangular units. For building a dome you need 20 units of each type.

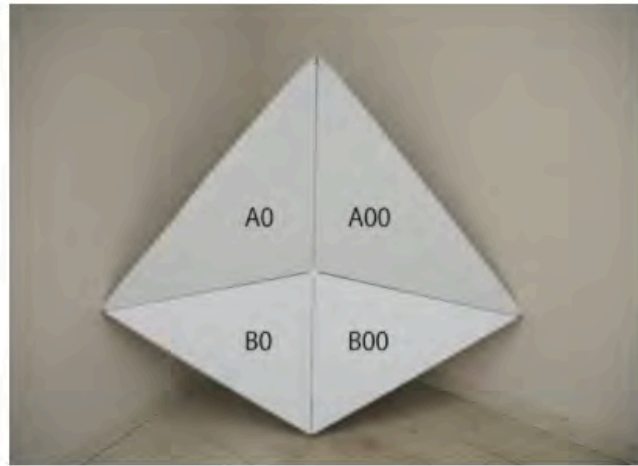


2,

20 個ずつ切り出した A0,B0,A00,B00 の 4 つを組み合わせ、ひし形の大ユニットを 20 個作ります。

-

Assemble units A0, A00, B0 and B00 that compose a large rhombic unit. For building a dome you need 20 rhombic units.

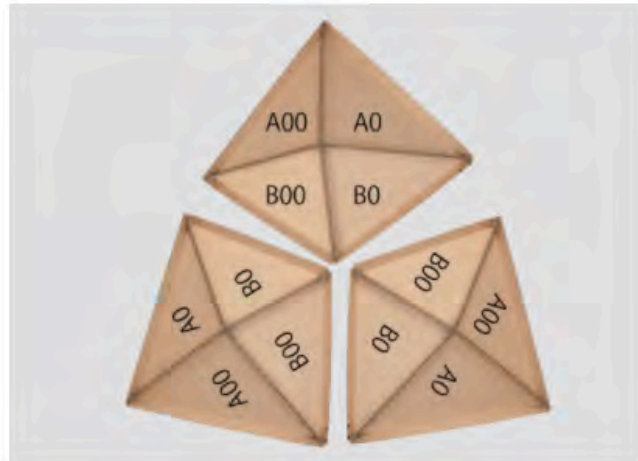


3,

ユニット（大）×3を床に並べて合体してゆきます。

-

Layout three rhombic units on the floor.

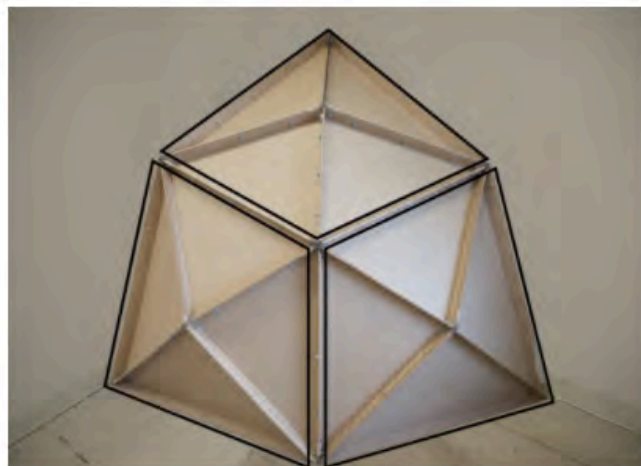


4,

ユニット（大）を 3 つ組み合わせて、正八面体の一面となるユニット、オクタユニットを 4 つ作ります。

-

Assemble these rhombic units units that compose a lface of spherical octahedron, that we call a octa-unit.



5,

オクタユニットを 2 つ組み合わせます。

-

For building the upper hemisphere of a dome you need four octa-units. Assemble two of them first.



9,

南半球ユニットを合体させます。

-

Make four South units and assemble them.



10,

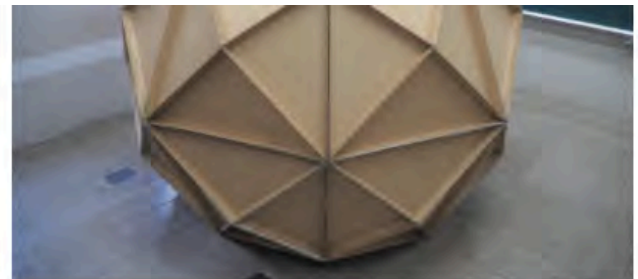
4つの南半球ユニットを合体して「南半球」を作ります。

-

Four units compose the lower part of the dome, a part of South hemisphere.



Lift up and place the North hemisphere on South hemisphere that is the lower part to finish dome construction.



12,

完成すると、ドームの全体が安定し、強度がでます。ユニット（大）を1つつ外し、出入り口を設けます。

-

Dome obtains its original strength and stability after whole dome construction is finished. Then remove a rhombic unit for making the entrance.

