

基礎プログラミングおよび演習 # 06

2411572 北崎 碧恵

2025 年 2 月 3 日

1 課題の再掲

プログラムを用いて、自分が美しいと思えるような絵を生成せよ。

2 テーマ及び作成物

3D グラフィックスに挑戦した。

そもそも、画像をプログラムによって出力することのメリットについて考えなければならないが、その一つには 3D 描写があるだろう。

要するに、パラメータを変えるだけで様々な角度からオブジェクトを映し出すことができれば、一つ一つパースをとって手書きで書いていくよりはるかに楽に画像を生成できるというわけである。

今回は、3D エンジンを簡易的に構築するとともに、日本の美しい建築物として呼び名の高い金閣寺を、ミニチュアを参考にしてモデリングした。以下が出力画像である。

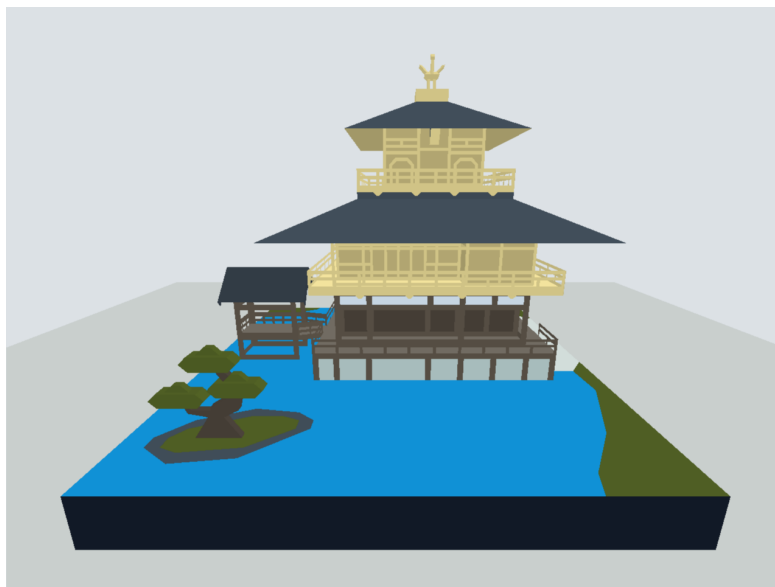


図 1: 3D.ppm

さらに、モデルが様々な角度から見れることを示すために、生成した複数の画像を結合して動画化した。以下の URL から閲覧可能である¹。

<https://www.edu.cc.uec.ac.jp/~k2411572/FP/6th/>

以下、2～43 ページまでプログラムを掲載する。重要なのは engine.rb の方で、3D エンジンを実装している。modeling.rb は各ポリゴンの頂点の 3 次元座標を配列で書いてあるに過ぎない。

なお、画像の出力方法については、プログラムの後に掲載してある**実行例**の項を参照願いたい。

ソースコード 1: engine.rb

```
1 require 'matrix'
2
3 Color = Struct.new(:r, :g, :b) do
4   def +(target)
5     Color.new(r + target.r, g + target.g, b + target.b)
6   end
7   def *(target)
8     new_r = (r * target).to_i > 255 ? 255 : (r * target).to_i
9     new_g = (g * target).to_i > 255 ? 255 : (g * target).to_i
10    new_b = (b * target).to_i > 255 ? 255 : (b * target).to_i
11    Color.new(new_r, new_g, new_b)
12  end
13 end
14
15 def v3(x, y, z)
16   return Vector[x.to_f, y.to_f, z.to_f]
17 end
18
19 class Draw3D
20
21   def initialize(polygon, parameters)
22     @polygon = polygon
23     @cv_size_x = parameters[:cv_size_x]
24     @cv_size_y = parameters[:cv_size_y]
25     if parameters[:cam_index] == 0 then
26       @cam_pos = parameters[:cam_0][:pos]
27       @cam_angle = parameters[:cam_0][:angle]
28     else
29       @cam_pos = parameters[:cam_1][:pos]
30       @cam_angle = parameters[:cam_1][:angle]
31     end
32     @z_near = 0.01
33     @zoom = parameters[:zoom] * @cv_size_x / 640.0
```

¹第 5 回も含めて、UEC Wireless に接続しなくても見られるように設定しておきました。


```

        2, 22)], color: cam_color_list[:z]},
66     {vertex: [v3(-2, 2, 22), v3(-2, 2, 2), v3(2, 2, 2), v3(2,
        2, 22)], color: cam_color_list[:z], is_bc: true},
67     {vertex: [v3(2, 2, 2), v3(2, -2, 2), v3(2, -2, 22), v3(2,
        2, 22)], color: cam_color_list[:z]},
68     {vertex: [v3(2, 2, 2), v3(2, -2, 2), v3(2, -2, 22), v3(2,
        2, 22)], color: cam_color_list[:z], is_bc: true},
69     {vertex: [v3(-2, 2, 22), v3(-2, -2, 22), v3(2, -2, 22),
        v3(2, 2, 22)], color: cam_color_list[:z], is_bc: true},
70 ]
71
72     cam_polygon.each_index do |i|
73         cam_polygon[i][:vertex].each_index do |j|
74             cam_polygon[i][:vertex][j] = angle * cam_polygon[i][:
                vertex][j] + pos
75         end
76     end
77     @polygon += cam_polygon
78 end
79
80 # プロジェクション・スクリーン座標変換
81 def view_2_scr_x(x) return x * @zoom + @cv_size_x / 2 end
82 def view_2_scr_y(y) return -y * @zoom + @cv_size_y / 2 end
83
84 def scr_2_view_x(x) return (x - @cv_size_x / 2).to_f / @zoom end
85 def scr_2_view_y(y) return (- y + @cv_size_y / 2).to_f / @zoom end
86
87 # クリッピング
88 def shape_clip(vertex)
89     vertex_view = []
90     xmin = Float::INFINITY
91     xmax = -Float::INFINITY
92     ymin = Float::INFINITY
93     ymax = -Float::INFINITY
94
95     border_update = lambda do |x, y|
96         if x < xmin then xmin = x end
97         if x > xmax then xmax = x end
98         if y < ymin then ymin = y end
99         if y > ymax then ymax = y end
100     end
101
102     vertex.each_index do |i|
103         i_next = i + 1
104         if i_next >= vertex.length then i_next = 0 end
105
106         if vertex[i][2] >= @z_near then
107             vx = vertex[i][0].to_f / vertex[i][2]
108             vy = vertex[i][1].to_f / vertex[i][2]

```

```

109         vertex_view.push(v3(vx, vy, 1))
110         border_update.call(vx, vy)
111     end
112     if (vertex[i][2] >= @z_near) ^ (vertex[i_next][2] >=
113         @z_near) then
114         ratio = (@z_near - vertex[i][2]) / (vertex[i_next][2] -
115             vertex[i][2])
116         clip_x = vertex[i][0] + ratio * (vertex[i_next][0] -
117             vertex[i][0])
118         clip_y = vertex[i][1] + ratio * (vertex[i_next][1] -
119             vertex[i][1])
120         vx = clip_x / @z_near
121         vy = clip_y / @z_near
122         vertex_view.push(v3(vx, vy, 1))
123         border_update.call(vx, vy)
124     end
125     return vertex_view, xmin, xmax, ymin, ymax
126 end
127
128 # 凸多角形の内外判定
129 def shape_judge(px, py, vertex)
130     point = v3(px, py, 1)
131     cross_pm = lambda do |i|
132         i_next = i + 1
133         if i_next >= vertex.length then i_next = 0 end
134         return (point - vertex[i]).cross(vertex[i_next] - vertex[i
135             ])[2] > 0
136     end
137     c1 = cross_pm.call(0)
138     (vertex.length - 1).times do |i|
139         if cross_pm.call(i + 1) != c1 then
140             return false
141         end
142     end
143     return true
144 end
145
146 # 画像ファイルの出力
147 def writeimage(img, name)
148     File.open(name, "wb") do |f|
149         f.puts("P6\n#{@cv_size_x} #{@cv_size_y}\n255")
150         img.each do |a|
151             a.each do |p| f.write(p.to_a.pack("ccc")) end
152         end
153     end
154 end
155
156 def draw

```

```

153
154 # ビュー・プロジェクション座標の保存
155 polygon_view_n = []
156 polygon_view_d = []
157 polygon_pj = []
158 polygon_pj_color = []
159 polygon_scr_border = []
160 total_count = 0
161
162 @polygon.each_index do |i|
163
164     each_view = []
165     is_exist_plus = false
166
167     # ワールド・ビュー座標変換
168     @polygon[i][:vertex].each_index do |j|
169
170         view = @cam_angle.t * (@polygon[i][:vertex][j] -
171                                @cam_pos)
172         is_exist_plus = is_exist_plus || view[2] >= @z_near
173         each_view.push(view)
174
175     end
176
177     # 裏面判定
178     each_n = -(each_view[1] - each_view[0]).cross(each_view[2]
179                                                    - each_view[0]).normalize
180     if (@polygon[i][:is_bc] || (@polygon[i][:is_ds] && each_n.
181                                dot(each_view[0]) > 0)) then each_n *= -1 end
182
183     if is_exist_plus && (each_n.dot(each_view[0]) < 0) then
184
185         # z_near のクリッピング
186         pj, pj_xmin, pj_xmax, pj_ymin, pj_ymax = shape_clip(
187             each_view)
188
189         scr_xmin = view_2_scr_x(pj_xmin).to_i
190         scr_xmax = view_2_scr_x(pj_xmax).to_i
191         scr_ymin = view_2_scr_y(pj_ymin).to_i
192         scr_ymax = view_2_scr_y(pj_ymax).to_i
193
194         # xy の境界のクリッピング
195         if 0 <= scr_xmax && scr_xmin <= @cv_size_x && 0 <=
196             scr_ymax && scr_ymin <= @cv_size_y then
197
198             if scr_xmin < 0 then scr_xmin = 0 end
199             if scr_xmax > @cv_size_x then scr_xmax = @cv_size_x
200             end
201             if scr_ymin < 0 then scr_ymin = 0 end
202

```

```

196             if scr_ymax > @cv_size_y then scr_ymax = @cv_size_y
197                 end
198             # ビュー・プロジェクション座標を記録する
199             polygon_pj.push(pj)
200             polygon_scr_border.push({xmin: scr_xmin, xmax:
201                 scr_xmax, ymin: scr_ymin, ymax: scr_ymax})
202             polygon_pj_color.push(@polygon[i][:color])
203             polygon_view_n.push(each_n)
204             polygon_view_d.push(-each_n.dot(each_view[0]))
205             total_count += (scr_xmax - scr_xmin) * (scr_ymax -
206                 scr_ymin)
207         end
208     end
209
210     # 画像の保存領域
211     img = Array.new(@cv_size_y) do Array.new(@cv_size_x) do Color.
212         new(0, 0, 0) end end
213     grid_color = Array.new(@cv_size_y + 1) do Array.new(@cv_size_x +
214         1) do Color.new(220, 225, 229) end end # 背景色
215     grid_depth = Array.new(@cv_size_y + 1) do Array.new(@cv_size_x +
216         1) do Float::INFINITY end end
217
218     count = 0
219
220     polygon_pj.each_index do |i|
221         # 深度を計算するための領域
222         plain_const = -polygon_view_d[i]
223
224         sy = polygon_scr_border[i][:ymin]
225         py = scr_2_view_y(sy)
226
227         sx_left = polygon_scr_border[i][:xmin]
228         px_left = scr_2_view_x(sx_left)
229
230         pdepth_left = (polygon_view_n[i][0] * px_left +
231             polygon_view_n[i][1] * py + polygon_view_n[i][2]) /
232             plain_const
233
234         # フラットシェーディングによる隠の色の決定
235         rate = polygon_view_n[i].dot(@light) / @light.norm
236         if rate < 0 then rate = 0 end
237         pcolor = polygon_pj_color[i] * (rate * 0.2 + 0.9)
238
239         # 各ピクセルごとに処理する
240         while true

```

```

237
238     sy += 1
239     if sy > polygon_scr_border[i][:ymax] then break end
240
241     py -= 1 / @zoom
242     pdepth_left -= polygon_view_n[i][1] / (@zoom *
243         plain_const)
244     pdepth = pdepth_left
245
246     sx = sx_left
247     px = px_left
248
249     while true
250
251         sx += 1
252         if sx > polygon_scr_border[i][:xmax] then break end
253
254         px += 1 / @zoom
255         pdepth += polygon_view_n[i][0] / (@zoom *
256             plain_const)
257
258         # 凸多角形の内外判定
259         if shape_judge(px, py, polygon_pj[i]) then
260
261             # 深度を比較する
262             if grid_depth[sy][sx] - 1 / pdepth > -1 then
263
264                 grid_color[sy][sx] = pcolor
265                 grid_depth[sy][sx] = 1 / pdepth
266
267             end
268         end
269
270         if (count % 1e+4 == 0) || (count == total_count -
271             1) then puts "#{count}/#{total_count - 1} passed
272             " end
273         count += 1
274     end
275 end
276
277 # 色の平均をとる
278 (@cv_size_y).times do |sy|
279
280     (@cv_size_x).times do |sx|
281
282         img[sy][sx] = (grid_color[sy][sx] + grid_color[sy][sx
283             +1] + grid_color[sy+1][sx] + grid_color[sy+1][sx
284             +1]) * 0.25

```



```

280
281         end
282     end
283
284     writeimage(img, @output_file_name)
285     return "success!!"
286 end
287 end
288
289 # 直交座標による位置および回転行列の生成
290 def cam_rectangular(x, y, z, roll, pitch, yaw)
291
292     roll *= Math::PI / 180
293     pitch *= Math::PI / 180
294     yaw *= Math::PI / 180
295
296     pos = v3(x, y, z)
297
298     rst = Matrix[[1, 0, 0], [0, Math.cos(roll), -Math.sin(roll)], [0,
        Math.sin(roll), Math.cos(roll)]]
299     rst *= Matrix[[Math.cos(pitch), 0, Math.sin(pitch)], [0, 1, 0], [-
        Math.sin(pitch), 0, Math.cos(pitch)]]
300     rst *= Matrix[[Math.cos(yaw), -Math.sin(yaw), 0], [Math.sin(yaw),
        Math.cos(yaw), 0], [0, 0, 1]]
301
302     return {pos: pos, angle: rst}
303 end
304
305 # 極座標による位置および回転行列の生成
306 def cam_polar(cx, cy, cz, l, alpha, beta)
307
308     alpha *= Math::PI / 180
309     if beta > 90 then beta = 90 elsif beta < -90 then beta = -90 end
310     beta *= Math::PI / 180
311
312     rp = v3(l * Math.sin(alpha) * Math.cos(beta), l * Math.sin(beta), l
        * -Math.cos(alpha) * Math.cos(beta))
313     pos = rp + v3(cx, cy, cz)
314
315     ez = -rp.normalize
316     if beta.abs == Math::PI / 2 then
317         ex = v3(Math.cos(alpha), 0, Math.sin(alpha))
318     else
319         ex = v3(0, 1, 0).cross(ez)
320     end
321     ey = ez.cross(ex)
322     rst = Matrix.columns([ex, ey, ez])
323
324     return {pos: pos, angle: rst}

```

325 end

ソースコード 2: modeling.rb

```
1 require "./engine"
2
3 color_list = {
4   HZ: Color.new(194, 199, 197),
5   A: Color.new(18, 26, 39),
6   B: Color.new(16, 140, 206),
7   C_brick: Color.new(202, 213, 210),
8   C: Color.new(171, 192, 192),
9   D: Color.new(76, 91, 35),
10  E_brick: Color.new(109, 103, 95),
11  E: Color.new(87, 79, 69),
12  E_dark: Color.new(70, 63, 55),
13  F: Color.new(48, 57, 66),
14  F_light: Color.new(48, 57, 66) * 1.3,
15  G: Color.new(202, 218, 231),
16  HIJ: Color.new(213, 199, 137),
17  HIJ_ground: Color.new(234, 219, 151),
18  HIJ_dark: Color.new(213, 199, 137) * 0.85,
19  HIJ_houou: Color.new(239, 192, 70),
20 }
21
22 $model = [
23
24   # 地平線
25   {vertex: [v3(-1000, 0, 1000), v3(-1000, 0, -1000), v3(1000, 0,
26     -1000), v3(1000, 0, 1000)], color: color_list[:HZ]},
27
28   # A1
29   {vertex: [v3(-350, 70, -350), v3(-350, 0, -350), v3(350, 0,
30     -350), v3(350, 70, -350)], color: color_list[:A]},
31   {vertex: [v3(350, 70, -350), v3(350, 0, -350), v3(350, 0, 350),
32     v3(350, 70, 350)], color: color_list[:A]},
33   {vertex: [v3(350, 70, 350), v3(350, 0, 350), v3(-350, 0, 350),
34     v3(-350, 70, 350)], color: color_list[:A]},
35   {vertex: [v3(-350, 70, 350), v3(-350, 0, 350), v3(-350, 0,
36     -350), v3(-350, 70, -350)], color: color_list[:A]},
37
38   # B1
39   {vertex: [v3(-350, 70, 350), v3(-350, 70, -350), v3(350, 70,
40     -350), v3(350, 70, 350)], color: color_list[:B]},
41
42   # C1
43   {vertex: [v3(0, 70, 350), v3(0, 70, 210), v3(350, 70, 210), v3
44     (350, 70, 350)], color: color_list[:C_brick]},
```

```

38     {vertex: [v3(270, 70, 350), v3(270, 70, -55), v3(350, 70, -55),
39           v3(350, 70, 350)], color: color_list[:C_brick]},
40
41     # D1
42     {vertex: [v3(-350, 70, 350), v3(-350, 70, 265), v3(-330, 70,
43           265), v3(-220, 70, 335), v3(-215, 70, 350)], color:
44           color_list[:D]},
45
46     # D2
47     {vertex: [v3(-70, 70, 350), v3(-80, 70, 210), v3(0, 70, 210), v3
48           (30, 70, 290)], color: color_list[:D]},
49     {vertex: [v3(-70, 70, 350), v3(30, 70, 290), v3(70, 70, 350)],
50           color: color_list[:D]},
51
52     # D3
53     {vertex: [v3(290, 70, 350), v3(295, 70, 315), v3(315, 70, 280),
54           v3(350, 70, 255), v3(350, 70, 350)], color: color_list[:D]},
55
56     # D4
57     {vertex: [v3(320, 70, -55), v3(325, 70, -125), v3(350, 70,
58           -125), v3(350, 70, -15)], color: color_list[:D]},
59     {vertex: [v3(325, 70, -125), v3(280, 70, -240), v3(350, 70,
60           -240), v3(350, 70, -125)], color: color_list[:D]},
61     {vertex: [v3(280, 70, -240), v3(230, 70, -315), v3(220, 70,
62           -350), v3(350, 70, -350), v3(350, 70, -240)], color:
63           color_list[:D]},
64
65     # D5
66     {vertex: [v3(-315, 70, -250), v3(-315, 70, -270), v3(-270, 70,
67           -300), v3(-190, 70, -290), v3(-115, 70, -230), v3(-115, 70,
68           -210), v3(-140, 70, -190), v3(-205, 70, -180), v3(-280, 70,
69           -210)], color: color_list[:F_light]},
70
71     # C2
72     {vertex: [v3(-140, 120, -90), v3(-140, 70, -90), v3(270, 70,
73           -90), v3(270, 120, -90)], color: color_list[:C]},
74     {vertex: [v3(270, 120, -90), v3(270, 70, -90), v3(270, 70, 210),
75           v3(270, 120, 210)], color: color_list[:C]},
76     {vertex: [v3(270, 120, 210), v3(270, 70, 210), v3(-140, 70,
77           210), v3(-140, 120, 210)], color: color_list[:C]},
78     {vertex: [v3(-140, 120, 210), v3(-140, 70, 210), v3(-140, 70,
79           -90), v3(-140, 120, -90)], color: color_list[:C]},
80
81     # E1
82     {vertex: [v3(-140, 120, 210), v3(-140, 120, -90), v3(270, 120,
83           -90), v3(270, 120, 210)], color: color_list[:E_brick]},
84
85     # E6
86     {vertex: [v3(270, 110, -90), v3(270, 70, -90), v3(270, 70, -80),

```

```

        v3(270, 110, -80)], color: color_list[:E]},
69 {vertex: [v3(270, 110, -60), v3(270, 70, -60), v3(270, 70, -50),
        v3(270, 110, -50)], color: color_list[:E]},
70 {vertex: [v3(270, 110, -10), v3(270, 70, -10), v3(270, 70, 0),
        v3(270, 110, 0)], color: color_list[:E]},
71 {vertex: [v3(270, 110, 50), v3(270, 70, 50), v3(270, 70, 60), v3
        (270, 110, 60)], color: color_list[:E]},
72 {vertex: [v3(270, 110, 110), v3(270, 70, 110), v3(270, 70, 120),
        v3(270, 110, 120)], color: color_list[:E]},
73 {vertex: [v3(270, 110, 170), v3(270, 70, 170), v3(270, 70, 180),
        v3(270, 110, 180)], color: color_list[:E]},
74 {vertex: [v3(270, 110, 200), v3(270, 70, 200), v3(270, 70, 210),
        v3(270, 110, 210)], color: color_list[:E]},
75 {vertex: [v3(270, 120, -90), v3(270, 110, -90), v3(270, 110,
        210), v3(270, 120, 210)], color: color_list[:E]},
76 {vertex: [v3(270, 145, -90), v3(270, 120, -90), v3(270, 120,
        -85), v3(270, 145, -85)], color: color_list[:E], is_ds: true},
77 {vertex: [v3(270, 130, -50), v3(270, 120, -50), v3(270, 120,
        -45), v3(270, 130, -45)], color: color_list[:E], is_ds: true},
78 {vertex: [v3(270, 145, -10), v3(270, 120, -10), v3(270, 120,
        -5), v3(270, 145, -5)], color: color_list[:E], is_ds: true},
79 {vertex: [v3(270, 145, -85), v3(270, 140, -85), v3(270, 140,
        -10), v3(270, 145, -10)], color: color_list[:E], is_ds: true},
80 {vertex: [v3(270, 135, -85), v3(270, 130, -85), v3(270, 130,
        -10), v3(270, 135, -10)], color: color_list[:E], is_ds: true},
81
82 # E7 (正面)
83 {vertex: [v3(-140, 110, -90), v3(-140, 70, -90), v3(-130, 70,
        -90), v3(-130, 110, -90)], color: color_list[:E]},
84 {vertex: [v3(-105, 110, -90), v3(-105, 70, -90), v3(-95, 70,
        -90), v3(-95, 110, -90)], color: color_list[:E]},
85 {vertex: [v3(-50, 110, -90), v3(-50, 70, -90), v3(-40, 70, -90),
        v3(-40, 110, -90)], color: color_list[:E]},
86 {vertex: [v3(50, 110, -90), v3(50, 70, -90), v3(60, 70, -90), v3
        (60, 110, -90)], color: color_list[:E]},
87 {vertex: [v3(105, 110, -90), v3(105, 70, -90), v3(115, 70, -90),
        v3(115, 110, -90)], color: color_list[:E]},
88 {vertex: [v3(160, 110, -90), v3(160, 70, -90), v3(170, 70, -90),
        v3(170, 110, -90)], color: color_list[:E]},
89 {vertex: [v3(215, 110, -90), v3(215, 70, -90), v3(225, 70, -90),
        v3(225, 110, -90)], color: color_list[:E]},
90 {vertex: [v3(260, 110, -90), v3(260, 70, -90), v3(270, 70, -90),
        v3(270, 110, -90)], color: color_list[:E]},
91 {vertex: [v3(-140, 120, -90), v3(-140, 110, -90), v3(270, 110,
        -90), v3(270, 120, -90)], color: color_list[:E]},
92 {vertex: [v3(-140, 140, -90), v3(-140, 120, -90), v3(-135, 120,
        -90), v3(-135, 140, -90)], color: color_list[:E], is_ds: true
        },
93 {vertex: [v3(-100, 130, -90), v3(-100, 120, -90), v3(-95, 120,

```

```

-90), v3(-95, 130, -90)], color: color_list[:E], is_ds: true},
94 {vertex: [v3(-60, 140, -90), v3(-60, 120, -90), v3(-55, 120,
-90), v3(-55, 140, -90)], color: color_list[:E], is_ds: true},
95 {vertex: [v3(-20, 130, -90), v3(-20, 120, -90), v3(-15, 120,
-90), v3(-15, 130, -90)], color: color_list[:E], is_ds: true},
96 {vertex: [v3(20, 140, -90), v3(20, 120, -90), v3(25, 120, -90),
v3(25, 140, -90)], color: color_list[:E], is_ds: true},
97 {vertex: [v3(62.5, 130, -90), v3(62.5, 120, -90), v3(67.5, 120,
-90), v3(67.5, 130, -90)], color: color_list[:E], is_ds: true
},
98 {vertex: [v3(105, 140, -90), v3(105, 120, -90), v3(110, 120,
-90), v3(110, 140, -90)], color: color_list[:E], is_ds: true},
99 {vertex: [v3(145, 130, -90), v3(145, 120, -90), v3(150, 120,
-90), v3(150, 130, -90)], color: color_list[:E], is_ds: true},
100 {vertex: [v3(185, 140, -90), v3(185, 120, -90), v3(190, 120,
-90), v3(190, 140, -90)], color: color_list[:E], is_ds: true},
101 {vertex: [v3(225, 130, -90), v3(225, 120, -90), v3(230, 120,
-90), v3(230, 130, -90)], color: color_list[:E], is_ds: true},
102 {vertex: [v3(265, 140, -90), v3(265, 120, -90), v3(270, 120,
-90), v3(270, 140, -90)], color: color_list[:E], is_ds: true},
103 {vertex: [v3(-140, 145, -90), v3(-140, 140, -90), v3(270, 140,
-90), v3(270, 145, -90)], color: color_list[:E], is_ds: true},
104 {vertex: [v3(-140, 135, -90), v3(-140, 130, -90), v3(270, 130,
-90), v3(270, 135, -90)], color: color_list[:E], is_ds: true},
105
106 # E7 (左面)
107 {vertex: [v3(-140, 110, 10), v3(-140, 70, 10), v3(-140, 70, 0),
v3(-140, 110, 0)], color: color_list[:E]},
108 {vertex: [v3(-140, 110, -35), v3(-140, 70, -35), v3(-140, 70,
-45), v3(-140, 110, -45)], color: color_list[:E]},
109 {vertex: [v3(-140, 110, -80), v3(-140, 70, -80), v3(-140, 70,
-90), v3(-140, 110, -90)], color: color_list[:E]},
110 {vertex: [v3(-140, 120, 10), v3(-140, 110, 10), v3(-140, 110,
-90), v3(-140, 120, -90)], color: color_list[:E]},
111 {vertex: [v3(-140, 145, 10), v3(-140, 120, 10), v3(-140, 120,
5), v3(-140, 145, 5)], color: color_list[:E], is_ds: true},
112 {vertex: [v3(-140, 145, -35), v3(-140, 120, -35), v3(-140, 120,
-40), v3(-140, 145, -40)], color: color_list[:E], is_ds: true
},
113 {vertex: [v3(-140, 145, -85), v3(-140, 120, -85), v3(-140, 120,
-90), v3(-140, 145, -90)], color: color_list[:E], is_ds: true
},
114 {vertex: [v3(-140, 145, 5), v3(-140, 140, 5), v3(-140, 140,
-85), v3(-140, 145, -85)], color: color_list[:E], is_ds: true
},
115 {vertex: [v3(-140, 135, 5), v3(-140, 130, 5), v3(-140, 130,
-85), v3(-140, 135, -85)], color: color_list[:E], is_ds: true
},
116

```

```

117 # E8 (左面)
118 {vertex: [v3(-140, 110, 210), v3(-140, 70, 210), v3(-140, 70,
119 200), v3(-140, 110, 200)], color: color_list[:E]},
120 {vertex: [v3(-140, 110, 155), v3(-140, 70, 155), v3(-140, 70,
121 145), v3(-140, 110, 145)], color: color_list[:E]},
122 {vertex: [v3(-140, 110, 100), v3(-140, 70, 100), v3(-140, 70,
123 90), v3(-140, 110, 90)], color: color_list[:E]},
124 {vertex: [v3(-140, 110, 60), v3(-140, 70, 60), v3(-140, 70, 50),
125 v3(-140, 110, 50)], color: color_list[:E]},
126 {vertex: [v3(-140, 120, 210), v3(-140, 110, 210), v3(-140, 110,
127 50), v3(-140, 120, 50)], color: color_list[:E]},
128 {vertex: [v3(-140, 145, 210), v3(-140, 120, 210), v3(-140, 120,
129 205), v3(-140, 145, 205)], color: color_list[:E], is_ds: true
130 },
131 {vertex: [v3(-140, 130, 170), v3(-140, 120, 170), v3(-140, 120,
132 165), v3(-140, 130, 165)], color: color_list[:E], is_ds: true
133 },
134 {vertex: [v3(-140, 145, 132.5), v3(-140, 120, 132.5), v3(-140,
135 120, 127.5), v3(-140, 145, 127.5)], color: color_list[:E],
136 is_ds: true},
137 {vertex: [v3(-140, 130, 95), v3(-140, 120, 95), v3(-140, 120,
138 90), v3(-140, 130, 90)], color: color_list[:E], is_ds: true},
139 {vertex: [v3(-140, 145, 55), v3(-140, 120, 55), v3(-140, 120,
140 50), v3(-140, 145, 50)], color: color_list[:E], is_ds: true},
141 {vertex: [v3(-140, 145, 205), v3(-140, 140, 205), v3(-140, 140,
142 55), v3(-140, 145, 55)], color: color_list[:E], is_ds: true},
143 {vertex: [v3(-140, 135, 205), v3(-140, 130, 205), v3(-140, 130,
144 55), v3(-140, 135, 55)], color: color_list[:E], is_ds: true},
145
146 # E8 (背面面)
147 {vertex: [v3(270, 110, 210), v3(270, 70, 210), v3(260, 70, 210),
148 v3(260, 110, 210)], color: color_list[:E]},
149 {vertex: [v3(235, 110, 210), v3(235, 70, 210), v3(225, 70, 210),
150 v3(225, 110, 210)], color: color_list[:E]},
151 {vertex: [v3(180, 110, 210), v3(180, 70, 210), v3(170, 70, 210),
152 v3(170, 110, 210)], color: color_list[:E]},
153 {vertex: [v3(80, 110, 210), v3(80, 70, 210), v3(70, 70, 210), v3
154 (70, 110, 210)], color: color_list[:E]},
155 {vertex: [v3(25, 110, 210), v3(25, 70, 210), v3(15, 70, 210), v3
156 (15, 110, 210)], color: color_list[:E]},
157 {vertex: [v3(-30, 110, 210), v3(-30, 70, 210), v3(-40, 70, 210),
158 v3(-40, 110, 210)], color: color_list[:E]},
159 {vertex: [v3(-85, 110, 210), v3(-85, 70, 210), v3(-95, 70, 210),
160 v3(-95, 110, 210)], color: color_list[:E]},
161 {vertex: [v3(-130, 110, 210), v3(-130, 70, 210), v3(-140, 70,
162 210), v3(-140, 110, 210)], color: color_list[:E]},
163 {vertex: [v3(270, 120, 210), v3(270, 110, 210), v3(-140, 110,
164 210), v3(-140, 120, 210)], color: color_list[:E]},
165 {vertex: [v3(25, 145, 210), v3(25, 120, 210), v3(20, 120, 210),

```

```

    v3(20, 145, 210)], color: color_list[:E], is_ds: true},
142 {vertex: [v3(-15, 130, 210), v3(-15, 120, 210), v3(-20, 120,
    210), v3(-20, 130, 210)], color: color_list[:E], is_ds: true},
143 {vertex: [v3(-55, 145, 210), v3(-55, 120, 210), v3(-60, 120,
    210), v3(-60, 145, 210)], color: color_list[:E], is_ds: true},
144 {vertex: [v3(-95, 130, 210), v3(-95, 120, 210), v3(-100, 120,
    210), v3(-100, 130, 210)], color: color_list[:E], is_ds: true
    },
145 {vertex: [v3(-135, 145, 210), v3(-135, 120, 210), v3(-140, 120,
    210), v3(-140, 145, 210)], color: color_list[:E], is_ds: true
    },
146 {vertex: [v3(20, 145, 210), v3(20, 140, 210), v3(-135, 140,
    210), v3(-135, 145, 210)], color: color_list[:E], is_ds: true
    },
147 {vertex: [v3(20, 135, 210), v3(20, 130, 210), v3(-135, 130,
    210), v3(-135, 135, 210)], color: color_list[:E], is_ds: true
    },
148
149 # E3
150 {vertex: [v3(-300, 120, 65), v3(-300, 120, -5), v3(-185, 120,
    -5), v3(-140, 120, 10), v3(-140, 120, 50), v3(-185, 120,
    65)], color: color_list[:E_brick]}},
151
152 # E5 (正面)
153 {vertex: [v3(-300, 210, -5), v3(-300, 70, -5), v3(-290, 70, -5),
    v3(-290, 210, -5)], color: color_list[:E], is_ds: true},
154 {vertex: [v3(-195, 210, -5), v3(-195, 70, -5), v3(-185, 70, -5),
    v3(-185, 210, -5)], color: color_list[:E], is_ds: true},
155 {vertex: [v3(-290, 80, -5), v3(-290, 70, -5), v3(-195, 70, -5),
    v3(-195, 80, -5)], color: color_list[:E], is_ds: true},
156 {vertex: [v3(-290, 125, -5), v3(-290, 110, -5), v3(-195, 110,
    -5), v3(-195, 125, -5)], color: color_list[:E], is_ds: true},
157 {vertex: [v3(-290, 180, -5), v3(-290, 170, -5), v3(-195, 170,
    -5), v3(-195, 180, -5)], color: color_list[:E], is_ds: true},
158 {vertex: [v3(-290, 210, -5), v3(-290, 195, -5), v3(-195, 195,
    -5), v3(-195, 210, -5)], color: color_list[:E], is_ds: true},
159
160 # E5 (背面)
161 {vertex: [v3(-300, 210, 65), v3(-300, 70, 65), v3(-290, 70, 65),
    v3(-290, 210, 65)], color: color_list[:E], is_ds: true},
162 {vertex: [v3(-195, 210, 65), v3(-195, 70, 65), v3(-185, 70, 65),
    v3(-185, 210, 65)], color: color_list[:E], is_ds: true},
163 {vertex: [v3(-290, 80, 65), v3(-290, 70, 65), v3(-195, 70, 65),
    v3(-195, 80, 65)], color: color_list[:E], is_ds: true},
164 {vertex: [v3(-195, 120, 65), v3(-195, 110, 65), v3(-290, 110,
    65), v3(-290, 120, 65)], color: color_list[:E]},
165 {vertex: [v3(-195, 130, 65), v3(-195, 125, 65), v3(-290, 125,
    65), v3(-290, 130, 65)], color: color_list[:E], is_ds: true},
166 {vertex: [v3(-195, 145, 65), v3(-195, 135, 65), v3(-290, 135,

```

```

        65), v3(-290, 145, 65)], color: color_list[:E], is_ds: true},
167 {vertex: [v3(-210, 135, 65), v3(-210, 120, 65), v3(-215, 120,
        65), v3(-215, 135, 65)], color: color_list[:E], is_ds: true},
168 {vertex: [v3(-230, 135, 65), v3(-230, 120, 65), v3(-235, 120,
        65), v3(-235, 135, 65)], color: color_list[:E], is_ds: true},
169 {vertex: [v3(-250, 135, 65), v3(-250, 120, 65), v3(-255, 120,
        65), v3(-255, 135, 65)], color: color_list[:E], is_ds: true},
170 {vertex: [v3(-270, 135, 65), v3(-270, 120, 65), v3(-275, 120,
        65), v3(-275, 135, 65)], color: color_list[:E], is_ds: true},
171 {vertex: [v3(-290, 180, 65), v3(-290, 170, 65), v3(-195, 170,
        65), v3(-195, 180, 65)], color: color_list[:E], is_ds: true},
172 {vertex: [v3(-290, 210, 65), v3(-290, 195, 65), v3(-195, 195,
        65), v3(-195, 210, 65)], color: color_list[:E], is_ds: true},
173
174 # E5 (左面)
175 {vertex: [v3(-300, 210, 65), v3(-300, 70, 65), v3(-300, 70, 55),
        v3(-300, 210, 55)], color: color_list[:E], is_ds: true},
176 {vertex: [v3(-300, 210, 5), v3(-300, 70, 5), v3(-300, 70, -5),
        v3(-300, 210, -5)], color: color_list[:E], is_ds: true},
177 {vertex: [v3(-300, 80, 55), v3(-300, 70, 55), v3(-300, 70, 5),
        v3(-300, 80, 5)], color: color_list[:E], is_ds: true},
178 {vertex: [v3(-300, 120, 55), v3(-300, 110, 55), v3(-300, 110,
        5), v3(-300, 120, 5)], color: color_list[:E]},
179 {vertex: [v3(-300, 130, 55), v3(-300, 125, 55), v3(-300, 125,
        5), v3(-300, 130, 5)], color: color_list[:E], is_ds: true},
180 {vertex: [v3(-300, 145, 55), v3(-300, 135, 55), v3(-300, 135,
        5), v3(-300, 145, 5)], color: color_list[:E], is_ds: true},
181 {vertex: [v3(-300, 135, 45), v3(-300, 120, 45), v3(-300, 120,
        40), v3(-300, 135, 40)], color: color_list[:E], is_ds: true},
182 {vertex: [v3(-300, 135, 25), v3(-300, 120, 25), v3(-300, 120,
        20), v3(-300, 135, 20)], color: color_list[:E], is_ds: true},
183 {vertex: [v3(-300, 180, 55), v3(-300, 170, 55), v3(-300, 170,
        5), v3(-300, 180, 5)], color: color_list[:E], is_ds: true},
184 {vertex: [v3(-300, 210, 55), v3(-300, 195, 55), v3(-300, 195,
        5), v3(-300, 210, 5)], color: color_list[:E], is_ds: true},
185
186 # E5 (斜め)
187 {vertex: [v3(-185, 120, -5), v3(-185, 110, -5), v3(-140, 110,
        10), v3(-140, 120, 10)], color: color_list[:E]},
188 {vertex: [v3(-185, 130, -5), v3(-185, 125, -5), v3(-140, 125,
        10), v3(-140, 130, 10)], color: color_list[:E], is_ds: true},
189 {vertex: [v3(-185, 145, -5), v3(-185, 135, -5), v3(-140, 135,
        10), v3(-140, 145, 10)], color: color_list[:E], is_ds: true},
190 {vertex: [v3(-185, 135, -5), v3(-185, 120, -5), v3(-182, 120,
        -4), v3(-182, 135, -4)], color: color_list[:E], is_ds: true},
191 {vertex: [v3(-164, 135, 2), v3(-164, 120, 2), v3(-161, 120, 3),
        v3(-161, 135, 3)], color: color_list[:E], is_ds: true},
192 {vertex: [v3(-143, 135, 9), v3(-143, 120, 9), v3(-140, 120, 10),
        v3(-140, 135, 10)], color: color_list[:E], is_ds: true},

```



```

193
194     {vertex: [v3(-140, 120, 50), v3(-140, 110, 50), v3(-185, 110,
195         65), v3(-185, 120, 65)], color: color_list[:E]},
196     {vertex: [v3(-185, 130, 65), v3(-185, 125, 65), v3(-140, 125,
197         50), v3(-140, 130, 50)], color: color_list[:E], is_ds: true},
198     {vertex: [v3(-185, 145, 65), v3(-185, 135, 65), v3(-140, 135,
199         50), v3(-140, 145, 50)], color: color_list[:E], is_ds: true},
200     {vertex: [v3(-185, 135, 65), v3(-185, 120, 65), v3(-182, 120,
201         64), v3(-182, 135, 64)], color: color_list[:E], is_ds: true},
202     {vertex: [v3(-164, 135, 58), v3(-164, 120, 58), v3(-161, 120,
203         57), v3(-161, 135, 57)], color: color_list[:E], is_ds: true},
204     {vertex: [v3(-143, 135, 51), v3(-143, 120, 51), v3(-140, 120,
205         50), v3(-140, 135, 50)], color: color_list[:E], is_ds: true},
206
207     # F1
208     {vertex: [v3(-320, 245, 30), v3(-320, 190, -25), v3(-165, 190,
209         -25), v3(-165, 245, 30)], color: color_list[:F], is_ds: true},
210     {vertex: [v3(-320, 245, 30), v3(-320, 190, 85), v3(-165, 190,
211         85), v3(-165, 245, 30)], color: color_list[:F], is_ds: true},
212
213     {vertex: [v3(-320, 190, 85), v3(-320, 180, 75), v3(-320, 235,
214         25), v3(-320, 245, 30)], color: color_list[:F], is_ds: true},
215     {vertex: [v3(-320, 190, -25), v3(-320, 180, -15), v3(-320, 235,
216         35), v3(-320, 245, 30)], color: color_list[:F], is_ds: true},
217
218     {vertex: [v3(-165, 190, 85), v3(-165, 180, 75), v3(-165, 235,
219         25), v3(-165, 245, 30)], color: color_list[:F], is_ds: true},
220     {vertex: [v3(-165, 190, -25), v3(-165, 180, -15), v3(-165, 235,
221         35), v3(-165, 245, 30)], color: color_list[:F], is_ds: true},
222
223     # E9
224     {vertex: [v3(-105, 220, -10), v3(-105, 120, -10), v3(230, 120,
225         -10), v3(230, 220, -10)], color: color_list[:E_dark]},
226     {vertex: [v3(230, 220, -10), v3(230, 120, -10), v3(230, 120,
227         50), v3(230, 220, 50)], color: color_list[:E_dark]},
228     {vertex: [v3(-105, 220, 50), v3(-105, 120, 50), v3(-105, 120,
229         -10), v3(-105, 220, -10)], color: color_list[:E_dark]},
230
231     # E10
232     {vertex: [v3(-105, 220, -10), v3(-105, 120, -10), v3(-95, 120,
233         -10), v3(-95, 220, -10)], color: color_list[:E]},
234     {vertex: [v3(-50, 220, -10), v3(-50, 120, -10), v3(-40, 120,
235         -10), v3(-40, 220, -10)], color: color_list[:E]},
236     {vertex: [v3(55, 220, -10), v3(55, 120, -10), v3(65, 120, -10),
237         v3(65, 220, -10)], color: color_list[:E]},
238     {vertex: [v3(110, 220, -10), v3(110, 120, -10), v3(120, 120,
239         -10), v3(120, 220, -10)], color: color_list[:E]},
240     {vertex: [v3(165, 220, -10), v3(165, 120, -10), v3(175, 120,
241         -10), v3(175, 220, -10)], color: color_list[:E]},

```

```

222     {vertex: [v3(220, 220, -10), v3(220, 120, -10), v3(230, 120,
223         -10), v3(230, 220, -10)], color: color_list[:E]},
224     {vertex: [v3(-95, 130, -10), v3(-95, 120, -10), v3(220, 120,
225         -10), v3(220, 130, -10)], color: color_list[:E]},
226     {vertex: [v3(-95, 195, -10), v3(-95, 185, -10), v3(220, 185,
227         -10), v3(220, 195, -10)], color: color_list[:E]},
228     {vertex: [v3(-95, 220, -10), v3(-95, 210, -10), v3(220, 210,
229         -10), v3(220, 220, -10)], color: color_list[:E]},
230
231     # G1
232     {vertex: [v3(230, 220, 60), v3(230, 120, 60), v3(230, 120, 175),
233         v3(230, 220, 175)], color: color_list[:G]},
234     {vertex: [v3(-105, 220, 175), v3(-105, 120, 175), v3(-105, 120,
235         60), v3(-105, 220, 60)], color: color_list[:G]},
236     {vertex: [v3(230, 220, 175), v3(230, 120, 175), v3(-105, 120,
237         175), v3(-105, 220, 175)], color: color_list[:G]},
238
239     # G2
240     {vertex: [v3(-105, 210, -55), v3(-105, 195, -55), v3(230, 195,
241         -55), v3(230, 210, -55)], color: color_list[:G], is_ds: true},
242     {vertex: [v3(230, 210, -55), v3(230, 195, -55), v3(230, 195,
243         50), v3(230, 210, 50)], color: color_list[:G], is_ds: true},
244     {vertex: [v3(-105, 210, 50), v3(-105, 195, 50), v3(-105, 195,
245         -55), v3(-105, 210, -55)], color: color_list[:G], is_ds: true
246     },
247
248     # E11 (右面)
249     {vertex: [v3(230, 130, -55), v3(230, 120, -55), v3(230, 120,
250         175), v3(230, 130, 175)], color: color_list[:E], is_ds: true},
251     {vertex: [v3(230, 195, -55), v3(230, 185, -55), v3(230, 185,
252         175), v3(230, 195, 175)], color: color_list[:E], is_ds: true},
253     {vertex: [v3(230, 220, -55), v3(230, 210, -55), v3(230, 210,
254         175), v3(230, 220, 175)], color: color_list[:E], is_ds: true},
255     {vertex: [v3(230, 210, -55), v3(230, 130, -55), v3(230, 130,
256         -45), v3(230, 210, -45)], color: color_list[:E], is_ds: true},
257     {vertex: [v3(230, 210, -10), v3(230, 130, -10), v3(230, 130, 0),
258         v3(230, 210, 0)], color: color_list[:E]},
259     {vertex: [v3(230, 210, 50), v3(230, 130, 50), v3(230, 130, 60),
260         v3(230, 210, 60)], color: color_list[:E]},
261     {vertex: [v3(230, 210, 110), v3(230, 130, 110), v3(230, 130,
262         120), v3(230, 210, 120)], color: color_list[:E]},
263     {vertex: [v3(230, 210, 165), v3(230, 130, 165), v3(230, 130,
264         175), v3(230, 210, 175)], color: color_list[:E]},
265
266     # E11 (正面)
267     {vertex: [v3(-105, 130, -55), v3(-105, 120, -55), v3(230, 120,
268         -55), v3(230, 130, -55)], color: color_list[:E], is_ds: true},
269     {vertex: [v3(-105, 195, -55), v3(-105, 185, -55), v3(230, 185,
270         -55), v3(230, 195, -55)], color: color_list[:E], is_ds: true},

```

```

250     {vertex: [v3(-105, 220, -55), v3(-105, 210, -55), v3(230, 210,
        -55), v3(230, 220, -55)], color: color_list[:E], is_ds: true},
251     {vertex: [v3(-105, 210, -55), v3(-105, 130, -55), v3(-95, 130,
        -55), v3(-95, 210, -55)], color: color_list[:E], is_ds: true},
252     {vertex: [v3(-50, 210, -55), v3(-50, 130, -55), v3(-40, 130,
        -55), v3(-40, 210, -55)], color: color_list[:E], is_ds: true},
253     {vertex: [v3(55, 210, -55), v3(55, 195, -55), v3(65, 195, -55),
        v3(65, 210, -55)], color: color_list[:E], is_ds: true},
254     {vertex: [v3(110, 210, -55), v3(110, 130, -55), v3(120, 130,
        -55), v3(120, 210, -55)], color: color_list[:E], is_ds: true},
255     {vertex: [v3(165, 210, -55), v3(165, 195, -55), v3(175, 195,
        -55), v3(175, 210, -55)], color: color_list[:E], is_ds: true},
256     {vertex: [v3(220, 210, -55), v3(220, 130, -55), v3(230, 130,
        -55), v3(230, 210, -55)], color: color_list[:E], is_ds: true},
257
258     # E12 (左面)
259     {vertex: [v3(-105, 130, -55), v3(-105, 120, -55), v3(-105, 120,
        175), v3(-105, 130, 175)], color: color_list[:E], is_ds: true
        },
260     {vertex: [v3(-105, 195, -55), v3(-105, 185, -55), v3(-105, 185,
        175), v3(-105, 195, 175)], color: color_list[:E], is_ds: true
        },
261     {vertex: [v3(-105, 220, -55), v3(-105, 210, -55), v3(-105, 210,
        175), v3(-105, 220, 175)], color: color_list[:E], is_ds: true
        },
262     {vertex: [v3(-105, 210, -55), v3(-105, 130, -55), v3(-105, 130,
        -45), v3(-105, 210, -45)], color: color_list[:E], is_ds: true
        },
263     {vertex: [v3(-105, 210, 0), v3(-105, 130, 0), v3(-105, 130,
        -10), v3(-105, 210, -10)], color: color_list[:E]},
264     {vertex: [v3(-105, 210, 60), v3(-105, 130, 60), v3(-105, 130,
        50), v3(-105, 210, 50)], color: color_list[:E]},
265     {vertex: [v3(-105, 210, 120), v3(-105, 130, 120), v3(-105, 130,
        110), v3(-105, 210, 110)], color: color_list[:E]},
266     {vertex: [v3(-105, 210, 175), v3(-105, 130, 175), v3(-105, 130,
        165), v3(-105, 210, 165)], color: color_list[:E]},
267
268     # E12 (背面)
269     {vertex: [v3(230, 130, 175), v3(230, 120, 175), v3(-105, 120,
        175), v3(-105, 130, 175)], color: color_list[:E]},
270     {vertex: [v3(230, 195, 175), v3(230, 185, 175), v3(-105, 185,
        175), v3(-105, 195, 175)], color: color_list[:E]},
271     {vertex: [v3(230, 220, 175), v3(230, 210, 175), v3(-105, 210,
        175), v3(-105, 220, 175)], color: color_list[:E]},
272     {vertex: [v3(230, 210, 175), v3(230, 130, 175), v3(220, 130,
        175), v3(220, 210, 175)], color: color_list[:E]},
273     {vertex: [v3(175, 210, 175), v3(175, 130, 175), v3(165, 130,
        175), v3(165, 210, 175)], color: color_list[:E]},
274     {vertex: [v3(70, 210, 175), v3(70, 130, 175), v3(60, 130, 175),

```

```

    v3(60, 210, 175)], color: color_list[:E]},
275 {vertex: [v3(15, 210, 175), v3(15, 130, 175), v3(5, 130, 175),
    v3(5, 210, 175)], color: color_list[:E]},
276 {vertex: [v3(-40, 210, 175), v3(-40, 130, 175), v3(-50, 130,
    175), v3(-50, 210, 175)], color: color_list[:E]},
277 {vertex: [v3(-95, 210, 175), v3(-95, 130, 175), v3(-105, 130,
    175), v3(-105, 210, 175)], color: color_list[:E]},
278
279 # H1
280 {vertex: [v3(270, 220, 210), v3(270, 220, -90), v3(-140, 220,
    -90), v3(-140, 220, 210)], color: color_list[:G]},
281 {vertex: [v3(-140, 230, 210), v3(-140, 230, -90), v3(270, 230,
    -90), v3(270, 230, 210)], color: color_list[:HIJ_ground]},
282
283 # H2 (正面)
284 {vertex: [v3(-140, 235, -90), v3(-140, 220, -90), v3(270, 220,
    -90), v3(270, 235, -90)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
    },
285 {vertex: [v3(-140, 250, -90), v3(-140, 245, -90), v3(270, 245,
    -90), v3(270, 250, -90)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
    },
286 {vertex: [v3(-140, 260, -90), v3(-140, 255, -90), v3(270, 255,
    -90), v3(270, 260, -90)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
    },
287 {vertex: [v3(-140, 255, -90), v3(-140, 235, -90), v3(-135, 235,
    -90), v3(-135, 255, -90)], color: color_list[:HIJ], is_ds:
    true},
288 {vertex: [v3(-100, 245, -90), v3(-100, 235, -90), v3(-95, 235,
    -90), v3(-95, 245, -90)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
    },
289 {vertex: [v3(-60, 255, -90), v3(-60, 235, -90), v3(-55, 235,
    -90), v3(-55, 255, -90)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
    },
290 {vertex: [v3(-20, 245, -90), v3(-20, 235, -90), v3(-15, 235,
    -90), v3(-15, 245, -90)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
    },
291 {vertex: [v3(20, 255, -90), v3(20, 235, -90), v3(25, 235, -90),
    v3(25, 255, -90)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true},
292 {vertex: [v3(62.5, 245, -90), v3(62.5, 235, -90), v3(67.5, 235,
    -90), v3(67.5, 245, -90)], color: color_list[:HIJ], is_ds:
    true},
293 {vertex: [v3(105, 255, -90), v3(105, 235, -90), v3(110, 235,
    -90), v3(110, 255, -90)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
    },
294 {vertex: [v3(145, 245, -90), v3(145, 235, -90), v3(150, 235,
    -90), v3(150, 245, -90)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
    },
295 {vertex: [v3(185, 255, -90), v3(185, 235, -90), v3(190, 235,
    -90), v3(190, 255, -90)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true

```

```

    },
296     {vertex: [v3(225, 245, -90), v3(225, 235, -90), v3(230, 235,
        -90), v3(230, 245, -90)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },
297     {vertex: [v3(265, 255, -90), v3(265, 235, -90), v3(270, 235,
        -90), v3(270, 255, -90)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },
298     {vertex: [v3(-65, 220, -90), v3(-60, 215, -90), v3(-55, 215,
        -90), v3(-50, 220, -90)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },
299     {vertex: [v3(15, 220, -90), v3(20, 215, -90), v3(25, 215, -90),
        v3(30, 220, -90)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true},
300     {vertex: [v3(100, 220, -90), v3(105, 215, -90), v3(110, 215,
        -90), v3(115, 220, -90)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },
301     {vertex: [v3(180, 220, -90), v3(185, 215, -90), v3(190, 215,
        -90), v3(195, 220, -90)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },
302
303     # H2 (背面)
304     {vertex: [v3(-140, 235, 210), v3(-140, 220, 210), v3(270, 220,
        210), v3(270, 235, 210)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },
305     {vertex: [v3(-140, 250, 210), v3(-140, 245, 210), v3(270, 245,
        210), v3(270, 250, 210)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },
306     {vertex: [v3(-140, 260, 210), v3(-140, 255, 210), v3(270, 255,
        210), v3(270, 260, 210)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },
307     {vertex: [v3(-140, 255, 210), v3(-140, 235, 210), v3(-135, 235,
        210), v3(-135, 255, 210)], color: color_list[:HIJ], is_ds:
        true},
308     {vertex: [v3(-100, 245, 210), v3(-100, 235, 210), v3(-95, 235,
        210), v3(-95, 245, 210)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },
309     {vertex: [v3(-60, 255, 210), v3(-60, 235, 210), v3(-55, 235,
        210), v3(-55, 255, 210)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },
310     {vertex: [v3(-20, 245, 210), v3(-20, 235, 210), v3(-15, 235,
        210), v3(-15, 245, 210)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },
311     {vertex: [v3(20, 255, 210), v3(20, 235, 210), v3(25, 235, 210),
        v3(25, 255, 210)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true},
312     {vertex: [v3(62.5, 245, 210), v3(62.5, 235, 210), v3(67.5, 235,
        210), v3(67.5, 245, 210)], color: color_list[:HIJ], is_ds:
        true},
313     {vertex: [v3(105, 255, 210), v3(105, 235, 210), v3(110, 235,
        210), v3(110, 255, 210)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },

```

```

314     {vertex: [v3(145, 245, 210), v3(145, 235, 210), v3(150, 235,
        210), v3(150, 245, 210)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },
315     {vertex: [v3(185, 255, 210), v3(185, 235, 210), v3(190, 235,
        210), v3(190, 255, 210)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },
316     {vertex: [v3(225, 245, 210), v3(225, 235, 210), v3(230, 235,
        210), v3(230, 245, 210)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },
317     {vertex: [v3(265, 255, 210), v3(265, 235, 210), v3(270, 235,
        210), v3(270, 255, 210)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },
318     {vertex: [v3(-65, 220, 210), v3(-60, 215, 210), v3(-55, 215,
        210), v3(-50, 220, 210)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },
319     {vertex: [v3(15, 220, 210), v3(20, 215, 210), v3(25, 215, 210),
        v3(30, 220, 210)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true},
320     {vertex: [v3(100, 220, 210), v3(105, 215, 210), v3(110, 215,
        210), v3(115, 220, 210)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },
321     {vertex: [v3(180, 220, 210), v3(185, 215, 210), v3(190, 215,
        210), v3(195, 220, 210)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },
322
323     # H2 (右面)
324     {vertex: [v3(270, 235, -90), v3(270, 220, -90), v3(270, 220,
        210), v3(270, 235, 210)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },
325     {vertex: [v3(270, 250, -90), v3(270, 245, -90), v3(270, 245,
        210), v3(270, 250, 210)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },
326     {vertex: [v3(270, 260, -90), v3(270, 255, -90), v3(270, 255,
        210), v3(270, 260, 210)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },
327     {vertex: [v3(270, 255, -90), v3(270, 235, -90), v3(270, 235,
        -85), v3(270, 255, -85)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },
328     {vertex: [v3(270, 245, -55), v3(270, 235, -55), v3(270, 235,
        -50), v3(270, 245, -50)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },
329     {vertex: [v3(270, 255, -20), v3(270, 235, -20), v3(270, 235,
        -15), v3(270, 255, -15)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },
330     {vertex: [v3(270, 245, 15), v3(270, 235, 15), v3(270, 235, 20),
        v3(270, 245, 20)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true},
331     {vertex: [v3(270, 255, 57.5), v3(270, 235, 57.5), v3(270, 235,
        62.5), v3(270, 255, 62.5)], color: color_list[:HIJ], is_ds:
        true},
332     {vertex: [v3(270, 245, 100), v3(270, 235, 100), v3(270, 235,

```

```

        105), v3(270, 245, 105)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
    },
333 {vertex: [v3(270, 255, 135), v3(270, 235, 135), v3(270, 235,
        140), v3(270, 255, 140)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
    },
334 {vertex: [v3(270, 245, 170), v3(270, 235, 170), v3(270, 235,
        175), v3(270, 245, 175)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
    },
335 {vertex: [v3(270, 255, 205), v3(270, 235, 205), v3(270, 235,
        210), v3(270, 255, 210)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
    },
336 {vertex: [v3(270, 220, -25), v3(270, 215, -20), v3(270, 215,
        -15), v3(270, 220, -10)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
    },
337 {vertex: [v3(270, 220, 52.5), v3(270, 215, 57.5), v3(270, 215,
        62.5), v3(270, 220, 67.5)], color: color_list[:HIJ], is_ds:
        true},
338 {vertex: [v3(270, 220, 130), v3(270, 215, 135), v3(270, 215,
        140), v3(270, 220, 145)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
    },
339
340 # H2 (左面)
341 {vertex: [v3(-140, 235, -90), v3(-140, 220, -90), v3(-140, 220,
        210), v3(-140, 235, 210)], color: color_list[:HIJ], is_ds:
        true},
342 {vertex: [v3(-140, 250, -90), v3(-140, 245, -90), v3(-140, 245,
        210), v3(-140, 250, 210)], color: color_list[:HIJ], is_ds:
        true},
343 {vertex: [v3(-140, 260, -90), v3(-140, 255, -90), v3(-140, 255,
        210), v3(-140, 260, 210)], color: color_list[:HIJ], is_ds:
        true},
344 {vertex: [v3(-140, 255, -90), v3(-140, 235, -90), v3(-140, 235,
        -85), v3(-140, 255, -85)], color: color_list[:HIJ], is_ds:
        true},
345 {vertex: [v3(-140, 245, -55), v3(-140, 235, -55), v3(-140, 235,
        -50), v3(-140, 245, -50)], color: color_list[:HIJ], is_ds:
        true},
346 {vertex: [v3(-140, 255, -20), v3(-140, 235, -20), v3(-140, 235,
        -15), v3(-140, 255, -15)], color: color_list[:HIJ], is_ds:
        true},
347 {vertex: [v3(-140, 245, 15), v3(-140, 235, 15), v3(-140, 235,
        20), v3(-140, 245, 20)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
    },
348 {vertex: [v3(-140, 255, 57.5), v3(-140, 235, 57.5), v3(-140,
        235, 62.5), v3(-140, 255, 62.5)], color: color_list[:HIJ],
        is_ds: true},
349 {vertex: [v3(-140, 245, 100), v3(-140, 235, 100), v3(-140, 235,
        105), v3(-140, 245, 105)], color: color_list[:HIJ], is_ds:
        true},

```

```

350     {vertex: [v3(-140, 255, 135), v3(-140, 235, 135), v3(-140, 235,
        140), v3(-140, 255, 140)], color: color_list[:HIJ], is_ds:
        true},
351     {vertex: [v3(-140, 245, 170), v3(-140, 235, 170), v3(-140, 235,
        175), v3(-140, 245, 175)], color: color_list[:HIJ], is_ds:
        true},
352     {vertex: [v3(-140, 255, 205), v3(-140, 235, 205), v3(-140, 235,
        210), v3(-140, 255, 210)], color: color_list[:HIJ], is_ds:
        true},
353     {vertex: [v3(-140, 220, -25), v3(-140, 215, -20), v3(-140, 215,
        -15), v3(-140, 220, -10)], color: color_list[:HIJ], is_ds:
        true},
354     {vertex: [v3(-140, 220, 52.5), v3(-140, 215, 57.5), v3(-140,
        215, 62.5), v3(-140, 220, 67.5)], color: color_list[:HIJ],
        is_ds: true},
355     {vertex: [v3(-140, 220, 130), v3(-140, 215, 135), v3(-140, 215,
        140), v3(-140, 220, 145)], color: color_list[:HIJ], is_ds:
        true},
356
357     # H4
358     {vertex: [v3(-105, 340, 175), v3(-105, 230, 175), v3(-105, 230,
        -15), v3(-105, 340, -15)], color: color_list[:HIJ_dark]},
359     {vertex: [v3(-105, 340, -15), v3(-105, 230, -15), v3(115, 230,
        -15), v3(115, 340, -15)], color: color_list[:HIJ_dark]},
360     {vertex: [v3(115, 340, -15), v3(115, 230, -15), v3(115, 230,
        -65), v3(115, 340, -65)], color: color_list[:HIJ_dark]},
361     {vertex: [v3(115, 340, -65), v3(115, 230, -65), v3(230, 230,
        -65), v3(230, 340, -65)], color: color_list[:HIJ_dark]},
362     {vertex: [v3(230, 340, -65), v3(230, 230, -65), v3(230, 230,
        175), v3(230, 340, 175)], color: color_list[:HIJ_dark]},
363
364     # H3
365     {vertex: [v3(230, 340, 175), v3(230, 230, 175), v3(-105, 230,
        175), v3(-105, 340, 175)], color: color_list[:HIJ_dark]},
366
367     # H5 (側面)
368     {vertex: [v3(115, 340, -15), v3(115, 230, -15), v3(115, 230,
        -20), v3(115, 340, -20)], color: color_list[:HIJ]},
369     {vertex: [v3(115, 340, -60), v3(115, 230, -60), v3(115, 230,
        -65), v3(115, 340, -65)], color: color_list[:HIJ]},
370     {vertex: [v3(115, 340, -20), v3(115, 335, -20), v3(115, 335,
        -60), v3(115, 340, -60)], color: color_list[:HIJ]},
371     {vertex: [v3(115, 310, -20), v3(115, 305, -20), v3(115, 305,
        -60), v3(115, 310, -60)], color: color_list[:HIJ]},
372     {vertex: [v3(115, 295, -20), v3(115, 290, -20), v3(115, 290,
        -60), v3(115, 295, -60)], color: color_list[:HIJ]},
373     {vertex: [v3(115, 235, -20), v3(115, 230, -20), v3(115, 230,
        -60), v3(115, 235, -60)], color: color_list[:HIJ]},
374

```



```

375 # H5 (正面)
376 {vertex: [v3(-105, 340, -15), v3(-105, 230, -15), v3(-100, 230,
-15), v3(-100, 340, -15)], color: color_list[:HIJ]},
377 {vertex: [v3(-45, 340, -15), v3(-45, 230, -15), v3(-40, 230,
-15), v3(-40, 340, -15)], color: color_list[:HIJ]},
378 {vertex: [v3(50, 340, -15), v3(50, 230, -15), v3(55, 230, -15),
v3(55, 340, -15)], color: color_list[:HIJ]},
379 {vertex: [v3(110, 340, -15), v3(110, 230, -15), v3(115, 230,
-15), v3(115, 340, -15)], color: color_list[:HIJ]},
380 {vertex: [v3(-100, 340, -15), v3(-100, 335, -15), v3(110, 335,
-15), v3(110, 340, -15)], color: color_list[:HIJ]},
381 {vertex: [v3(-100, 310, -15), v3(-100, 305, -15), v3(110, 305,
-15), v3(110, 310, -15)], color: color_list[:HIJ]},
382 {vertex: [v3(-100, 295, -15), v3(-100, 290, -15), v3(110, 290,
-15), v3(110, 295, -15)], color: color_list[:HIJ]},
383 {vertex: [v3(-100, 260, -15), v3(-100, 255, -15), v3(-45, 255,
-15), v3(-45, 260, -15)], color: color_list[:HIJ]},
384 {vertex: [v3(55, 260, -15), v3(55, 255, -15), v3(110, 255, -15),
v3(110, 260, -15)], color: color_list[:HIJ]},
385 {vertex: [v3(-20, 290, -15), v3(-20, 230, -15), v3(-15, 230,
-15), v3(-15, 290, -15)], color: color_list[:HIJ]},
386 {vertex: [v3(2.5, 290, -15), v3(2.5, 230, -15), v3(7.5, 230,
-15), v3(7.5, 290, -15)], color: color_list[:HIJ]},
387 {vertex: [v3(25, 290, -15), v3(25, 230, -15), v3(30, 230, -15),
v3(30, 290, -15)], color: color_list[:HIJ]},
388 {vertex: [v3(-100, 235, -15), v3(-100, 230, -15), v3(110, 230,
-15), v3(110, 235, -15)], color: color_list[:HIJ]},
389
390 # I1 (左面)
391 {vertex: [v3(-105, 340, 175), v3(-105, 230, 175), v3(-105, 230,
170), v3(-105, 340, 170)], color: color_list[:HIJ]},
392 {vertex: [v3(-105, 340, 115), v3(-105, 230, 115), v3(-105, 230,
110), v3(-105, 340, 110)], color: color_list[:HIJ]},
393 {vertex: [v3(-105, 340, 50), v3(-105, 230, 50), v3(-105, 230,
45), v3(-105, 340, 45)], color: color_list[:HIJ]},
394 {vertex: [v3(-105, 340, -10), v3(-105, 230, -10), v3(-105, 230,
-15), v3(-105, 340, -15)], color: color_list[:HIJ]},
395 {vertex: [v3(-105, 340, -60), v3(-105, 230, -60), v3(-105, 230,
-65), v3(-105, 340, -65)], color: color_list[:HIJ], is_ds:
true},
396 {vertex: [v3(-105, 340, 170), v3(-105, 335, 170), v3(-105, 335,
-60), v3(-105, 340, -60)], color: color_list[:HIJ], is_ds:
true},
397 {vertex: [v3(-105, 310, 170), v3(-105, 305, 170), v3(-105, 305,
-60), v3(-105, 310, -60)], color: color_list[:HIJ], is_ds:
true},
398 {vertex: [v3(-105, 295, 170), v3(-105, 290, 170), v3(-105, 290,
-60), v3(-105, 295, -60)], color: color_list[:HIJ], is_ds:
true},

```

```

399     {vertex: [v3(-105, 235, 170), v3(-105, 230, 170), v3(-105, 230,
        -60), v3(-105, 235, -60)], color: color_list[:HIJ], is_ds:
        true},
400
401     # I1 (右面)
402     {vertex: [v3(230, 340, 170), v3(230, 230, 170), v3(230, 230,
        175), v3(230, 340, 175)], color: color_list[:HIJ]},
403     {vertex: [v3(230, 340, 110), v3(230, 230, 110), v3(230, 230,
        115), v3(230, 340, 115)], color: color_list[:HIJ]},
404     {vertex: [v3(230, 340, 45), v3(230, 230, 45), v3(230, 230, 50),
        v3(230, 340, 50)], color: color_list[:HIJ]},
405     {vertex: [v3(230, 340, -15), v3(230, 230, -15), v3(230, 230,
        -10), v3(230, 340, -10)], color: color_list[:HIJ]},
406     {vertex: [v3(230, 340, -65), v3(230, 230, -65), v3(230, 230,
        -60), v3(230, 340, -60)], color: color_list[:HIJ]},
407     {vertex: [v3(230, 340, -60), v3(230, 335, -60), v3(230, 335,
        170), v3(230, 340, 170)], color: color_list[:HIJ]},
408     {vertex: [v3(230, 310, -60), v3(230, 305, -60), v3(230, 305,
        170), v3(230, 310, 170)], color: color_list[:HIJ]},
409     {vertex: [v3(230, 295, -60), v3(230, 290, -60), v3(230, 290,
        170), v3(230, 295, 170)], color: color_list[:HIJ]},
410     {vertex: [v3(230, 235, -60), v3(230, 230, -60), v3(230, 230,
        170), v3(230, 235, 170)], color: color_list[:HIJ]},
411
412     # I1 (正面)
413     {vertex: [v3(-105, 340, -65), v3(-105, 230, -65), v3(-100, 230,
        -65), v3(-100, 340, -65)], color: color_list[:HIJ], is_ds:
        true},
414     {vertex: [v3(-55, 340, -65), v3(-55, 230, -65), v3(-50, 230,
        -65), v3(-50, 340, -65)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },
415     {vertex: [v3(65, 340, -65), v3(65, 230, -65), v3(70, 230, -65),
        v3(70, 340, -65)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true},
416     {vertex: [v3(115, 340, -65), v3(115, 230, -65), v3(120, 230,
        -65), v3(120, 340, -65)], color: color_list[:HIJ]},
417     {vertex: [v3(170, 340, -65), v3(170, 230, -65), v3(175, 230,
        -65), v3(175, 340, -65)], color: color_list[:HIJ]},
418     {vertex: [v3(225, 340, -65), v3(225, 230, -65), v3(230, 230,
        -65), v3(230, 340, -65)], color: color_list[:HIJ]},
419     {vertex: [v3(-100, 340, -65), v3(-100, 335, -65), v3(230, 335,
        -65), v3(230, 340, -65)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },
420     {vertex: [v3(-100, 310, -65), v3(-100, 305, -65), v3(230, 305,
        -65), v3(230, 310, -65)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },
421     {vertex: [v3(-100, 295, -65), v3(-100, 290, -65), v3(230, 290,
        -65), v3(230, 295, -65)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },
422     {vertex: [v3(-100, 235, -65), v3(-100, 230, -65), v3(230, 230,

```

```

-65), v3(230, 235, -65)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
    },
423
424 # I1 (背面)
425 {vertex: [v3(-100, 340, 175), v3(-100, 230, 175), v3(-105, 230,
175), v3(-105, 340, 175)], color: color_list[:HIJ]},
426 {vertex: [v3(-45, 340, 175), v3(-45, 230, 175), v3(-50, 230,
175), v3(-50, 340, 175)], color: color_list[:HIJ]},
427 {vertex: [v3(10, 340, 175), v3(10, 230, 175), v3(5, 230, 175),
v3(5, 340, 175)], color: color_list[:HIJ]},
428 {vertex: [v3(60, 340, 175), v3(60, 230, 175), v3(55, 230, 175),
v3(55, 340, 175)], color: color_list[:HIJ]},
429 {vertex: [v3(180, 340, 175), v3(180, 230, 175), v3(175, 230,
175), v3(175, 340, 175)], color: color_list[:HIJ]},
430 {vertex: [v3(230, 340, 175), v3(230, 230, 175), v3(225, 230,
175), v3(225, 340, 175)], color: color_list[:HIJ]},
431 {vertex: [v3(230, 340, 175), v3(230, 335, 175), v3(-100, 335,
175), v3(-100, 340, 175)], color: color_list[:HIJ]},
432 {vertex: [v3(230, 310, 175), v3(230, 305, 175), v3(-100, 305,
175), v3(-100, 310, 175)], color: color_list[:HIJ]},
433 {vertex: [v3(230, 295, 175), v3(230, 290, 175), v3(-100, 290,
175), v3(-100, 295, 175)], color: color_list[:HIJ]},
434 {vertex: [v3(230, 235, 175), v3(230, 230, 175), v3(-100, 230,
175), v3(-100, 235, 175)], color: color_list[:HIJ]},
435
436 # I2
437 {vertex: [v3(230, 340, -65), v3(325, 310, -145), v3(-200, 310,
-145), v3(-105, 340, -65)], color: color_list[:HIJ_dark]},
438 {vertex: [v3(-105, 340, 175), v3(-200, 310, 255), v3(325, 310,
255), v3(230, 340, 175)], color: color_list[:HIJ_dark]},
439 {vertex: [v3(-105, 340, -65), v3(-200, 310, -145), v3(-200, 310,
255), v3(-105, 340, 175)], color: color_list[:HIJ_dark]},
440 {vertex: [v3(230, 340, 175), v3(325, 310, 255), v3(325, 310,
-145), v3(230, 340, -65)], color: color_list[:HIJ_dark]},
441 {vertex: [v3(-105, 340, -15), v3(-105, 340, -65), v3(115, 340,
-65), v3(115, 340, -15)], color: color_list[:HIJ_dark], is_bc:
true},
442
443 # F2
444 {vertex: [v3(-60, 370, -65), v3(-200, 310, -145), v3(325, 310,
-145), v3(185, 370, -65)], color: color_list[:F_light]},
445 {vertex: [v3(185, 370, 175), v3(325, 310, 255), v3(-200, 310,
255), v3(-60, 370, 175)], color: color_list[:F_light]},
446 {vertex: [v3(-60, 370, 175), v3(-200, 310, 255), v3(-200, 310,
-145), v3(-60, 370, -65)], color: color_list[:F_light]},
447 {vertex: [v3(185, 370, -65), v3(325, 310, -145), v3(325, 310,
255), v3(185, 370, 175)], color: color_list[:F_light]},
448
449 # I4

```

```

450     {vertex: [v3(-60, 390, -65), v3(-60, 370, -65), v3(185, 370,
        -65), v3(185, 390, -65)], color: color_list[:F_light]},
451     {vertex: [v3(185, 390, 175), v3(185, 370, 175), v3(-60, 370,
        175), v3(-60, 390, 175)], color: color_list[:F_light]},
452     {vertex: [v3(185, 390, -65), v3(185, 370, -65), v3(185, 370,
        175), v3(185, 390, 175)], color: color_list[:F_light]},
453     {vertex: [v3(-60, 390, 175), v3(-60, 370, 175), v3(-60, 370,
        -65), v3(-60, 390, -65)], color: color_list[:F_light]},
454     {vertex: [v3(-60, 390, 175), v3(-60, 390, -65), v3(185, 390,
        -65), v3(185, 390, 175)], color: color_list[:HIJ_ground]},
455
456     # I5 (正面)
457     {vertex: [v3(-60, 390, -65), v3(-60, 380, -65), v3(185, 380,
        -65), v3(185, 390, -65)], color: color_list[:HIJ]},
458     {vertex: [v3(-55, 405, -65), v3(-55, 400, -65), v3(180, 400,
        -65), v3(180, 405, -65)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },
459     {vertex: [v3(-55, 415, -65), v3(-55, 410, -65), v3(180, 410,
        -65), v3(180, 415, -65)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },
460     {vertex: [v3(-60, 415, -65), v3(-60, 390, -65), v3(-55, 390,
        -65), v3(-55, 415, -65)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },
461     {vertex: [v3(-30, 415, -65), v3(-30, 390, -65), v3(-25, 390,
        -65), v3(-25, 415, -65)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },
462     {vertex: [v3(0, 415, -65), v3(0, 390, -65), v3(5, 390, -65), v3
        (5, 415, -65)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true},
463     {vertex: [v3(30, 415, -65), v3(30, 390, -65), v3(35, 390, -65),
        v3(35, 415, -65)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true},
464     {vertex: [v3(60, 415, -65), v3(60, 390, -65), v3(65, 390, -65),
        v3(65, 415, -65)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true},
465     {vertex: [v3(90, 415, -65), v3(90, 390, -65), v3(95, 390, -65),
        v3(95, 415, -65)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true},
466     {vertex: [v3(120, 415, -65), v3(120, 390, -65), v3(125, 390,
        -65), v3(125, 415, -65)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },
467     {vertex: [v3(150, 415, -65), v3(150, 390, -65), v3(155, 390,
        -65), v3(155, 415, -65)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },
468     {vertex: [v3(180, 415, -65), v3(180, 390, -65), v3(185, 390,
        -65), v3(185, 415, -65)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },
469     {vertex: [v3(-35, 380, -65), v3(-30, 375, -65), v3(-25, 375,
        -65), v3(-20, 380, -65)], color: color_list[:HIJ]},
470     {vertex: [v3(25, 380, -65), v3(30, 375, -65), v3(35, 375, -65),
        v3(40, 380, -65)], color: color_list[:HIJ]},
471     {vertex: [v3(85, 380, -65), v3(90, 375, -65), v3(95, 375, -65),
        v3(100, 380, -65)], color: color_list[:HIJ]},

```

```

472     {vertex: [v3(145, 380, -65), v3(150, 375, -65), v3(155, 375,
473         -65), v3(160, 380, -65)], color: color_list[:HIJ]},
474     # I5 (背面)
475     {vertex: [v3(185, 390, 175), v3(185, 380, 175), v3(-60, 380,
476         175), v3(-60, 390, 175)], color: color_list[:HIJ]},
477     {vertex: [v3(-55, 405, 175), v3(-55, 400, 175), v3(180, 400,
478         175), v3(180, 405, 175)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
479         },
480     {vertex: [v3(-55, 415, 175), v3(-55, 410, 175), v3(180, 410,
481         175), v3(180, 415, 175)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
482         },
483     {vertex: [v3(-60, 415, 175), v3(-60, 390, 175), v3(-55, 390,
484         175), v3(-55, 415, 175)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
485         },
486     {vertex: [v3(-30, 415, 175), v3(-30, 390, 175), v3(-25, 390,
487         175), v3(-25, 415, 175)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
488         },
489     {vertex: [v3(0, 415, 175), v3(0, 390, 175), v3(5, 390, 175), v3
490         (5, 415, 175)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true},
491     {vertex: [v3(30, 415, 175), v3(30, 390, 175), v3(35, 390, 175),
492         v3(35, 415, 175)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true},
493     {vertex: [v3(60, 415, 175), v3(60, 390, 175), v3(65, 390, 175),
494         v3(65, 415, 175)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true},
495     {vertex: [v3(90, 415, 175), v3(90, 390, 175), v3(95, 390, 175),
496         v3(95, 415, 175)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true},
497     {vertex: [v3(120, 415, 175), v3(120, 390, 175), v3(125, 390,
498         175), v3(125, 415, 175)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
499         },
500     {vertex: [v3(150, 415, 175), v3(150, 390, 175), v3(155, 390,
501         175), v3(155, 415, 175)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
502         },
503     {vertex: [v3(180, 415, 175), v3(180, 390, 175), v3(185, 390,
504         175), v3(185, 415, 175)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
505         },
506     {vertex: [v3(-20, 380, 175), v3(-25, 375, 175), v3(-30, 375,
507         175), v3(-35, 380, 175)], color: color_list[:HIJ]},
508     {vertex: [v3(40, 380, 175), v3(35, 375, 175), v3(30, 375, 175),
509         v3(25, 380, 175)], color: color_list[:HIJ]},
510     {vertex: [v3(100, 380, 175), v3(95, 375, 175), v3(90, 375, 175),
511         v3(85, 380, 175)], color: color_list[:HIJ]},
512     {vertex: [v3(160, 380, 175), v3(155, 375, 175), v3(150, 375,
513         175), v3(145, 380, 175)], color: color_list[:HIJ]},
514     # I5 (右面)
515     {vertex: [v3(185, 390, -65), v3(185, 380, -65), v3(185, 380,
516         175), v3(185, 390, 175)], color: color_list[:HIJ]},
517     {vertex: [v3(185, 405, -60), v3(185, 400, -60), v3(185, 400,
518         170), v3(185, 405, 170)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true

```

```

    },
495     {vertex: [v3(185, 415, -60), v3(185, 410, -60), v3(185, 410,
        170), v3(185, 415, 170)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },
496     {vertex: [v3(185, 415, -65), v3(185, 390, -65), v3(185, 390,
        -60), v3(185, 415, -60)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },
497     {vertex: [v3(185, 415, -35), v3(185, 390, -35), v3(185, 390,
        -30), v3(185, 415, -30)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },
498     {vertex: [v3(185, 415, -5), v3(185, 390, -5), v3(185, 390, 0),
        v3(185, 415, 0)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true},
499     {vertex: [v3(185, 415, 25), v3(185, 390, 25), v3(185, 390, 30),
        v3(185, 415, 30)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true},
500     {vertex: [v3(185, 415, 52.5), v3(185, 390, 52.5), v3(185, 390,
        57.5), v3(185, 415, 57.5)], color: color_list[:HIJ], is_ds:
        true},
501     {vertex: [v3(185, 415, 80), v3(185, 390, 80), v3(185, 390, 85),
        v3(185, 415, 85)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true},
502     {vertex: [v3(185, 415, 110), v3(185, 390, 110), v3(185, 390,
        115), v3(185, 415, 115)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },
503     {vertex: [v3(185, 415, 140), v3(185, 390, 140), v3(185, 390,
        145), v3(185, 415, 145)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },
504     {vertex: [v3(185, 415, 170), v3(185, 390, 170), v3(185, 390,
        175), v3(185, 415, 175)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },
505     {vertex: [v3(185, 380, -40), v3(185, 375, -35), v3(185, 375,
        -30), v3(185, 380, -25)], color: color_list[:HIJ]},
506     {vertex: [v3(185, 380, 20), v3(185, 375, 25), v3(185, 375, 30),
        v3(185, 380, 35)], color: color_list[:HIJ]},
507     {vertex: [v3(185, 380, 75), v3(185, 375, 80), v3(185, 375, 85),
        v3(185, 380, 90)], color: color_list[:HIJ]},
508     {vertex: [v3(185, 380, 135), v3(185, 375, 140), v3(185, 375,
        145), v3(185, 380, 150)], color: color_list[:HIJ]},
509
510     # I5 (左面)
511     {vertex: [v3(-60, 390, 175), v3(-60, 380, 175), v3(-60, 380,
        -65), v3(-60, 390, -65)], color: color_list[:HIJ]},
512     {vertex: [v3(-60, 405, -60), v3(-60, 400, -60), v3(-60, 400,
        170), v3(-60, 405, 170)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },
513     {vertex: [v3(-60, 415, -60), v3(-60, 410, -60), v3(-60, 410,
        170), v3(-60, 415, 170)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },
514     {vertex: [v3(-60, 415, -65), v3(-60, 390, -65), v3(-60, 390,
        -60), v3(-60, 415, -60)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },

```

```

515     {vertex: [v3(-60, 415, -35), v3(-60, 390, -35), v3(-60, 390,
        -30), v3(-60, 415, -30)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },
516     {vertex: [v3(-60, 415, -5), v3(-60, 390, -5), v3(-60, 390, 0),
        v3(-60, 415, 0)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true},
517     {vertex: [v3(-60, 415, 25), v3(-60, 390, 25), v3(-60, 390, 30),
        v3(-60, 415, 30)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true},
518     {vertex: [v3(-60, 415, 52.5), v3(-60, 390, 52.5), v3(-60, 390,
        57.5), v3(-60, 415, 57.5)], color: color_list[:HIJ], is_ds:
        true},
519     {vertex: [v3(-60, 415, 80), v3(-60, 390, 80), v3(-60, 390, 85),
        v3(-60, 415, 85)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true},
520     {vertex: [v3(-60, 415, 110), v3(-60, 390, 110), v3(-60, 390,
        115), v3(-60, 415, 115)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },
521     {vertex: [v3(-60, 415, 140), v3(-60, 390, 140), v3(-60, 390,
        145), v3(-60, 415, 145)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },
522     {vertex: [v3(-60, 415, 170), v3(-60, 390, 170), v3(-60, 390,
        175), v3(-60, 415, 175)], color: color_list[:HIJ], is_ds: true
        },
523     {vertex: [v3(-60, 380, -25), v3(-60, 375, -30), v3(-60, 375,
        -35), v3(-60, 380, -40)], color: color_list[:HIJ]},
524     {vertex: [v3(-60, 380, 35), v3(-60, 375, 30), v3(-60, 375, 25),
        v3(-60, 380, 20)], color: color_list[:HIJ]},
525     {vertex: [v3(-60, 380, 90), v3(-60, 375, 85), v3(-60, 375, 80),
        v3(-60, 380, 75)], color: color_list[:HIJ]},
526     {vertex: [v3(-60, 380, 150), v3(-60, 375, 145), v3(-60, 375,
        140), v3(-60, 380, 135)], color: color_list[:HIJ]},
527
528     # J1
529     {vertex: [v3(-20, 500, -25), v3(-20, 390, -25), v3(145, 390,
        -25), v3(145, 500, -25)], color: color_list[:HIJ_dark]},
530     {vertex: [v3(145, 500, 135), v3(145, 390, 135), v3(-20, 390,
        135), v3(-20, 500, 135)], color: color_list[:HIJ_dark]},
531     {vertex: [v3(-20, 500, 135), v3(-20, 390, 135), v3(-20, 390,
        -25), v3(-20, 500, -25)], color: color_list[:HIJ_dark]},
532     {vertex: [v3(145, 500, -25), v3(145, 390, -25), v3(145, 390,
        135), v3(145, 500, 135)], color: color_list[:HIJ_dark]},
533
534     # J2 (正面)
535     {vertex: [v3(-20, 500, -25), v3(-20, 390, -25), v3(-15, 390,
        -25), v3(-15, 500, -25)], color: color_list[:HIJ]},
536     {vertex: [v3(35, 500, -25), v3(35, 390, -25), v3(40, 390, -25),
        v3(40, 500, -25)], color: color_list[:HIJ]},
537     {vertex: [v3(85, 500, -25), v3(85, 390, -25), v3(90, 390, -25),
        v3(90, 500, -25)], color: color_list[:HIJ]},
538     {vertex: [v3(140, 500, -25), v3(140, 390, -25), v3(145, 390,
        -25), v3(145, 500, -25)], color: color_list[:HIJ]},

```

```

539     {vertex: [v3(-15, 395, -25), v3(-15, 390, -25), v3(140, 390,
        -25), v3(140, 395, -25)], color: color_list[:HIJ]},
540     {vertex: [v3(-15, 500, -25), v3(-15, 495, -25), v3(140, 495,
        -25), v3(140, 500, -25)], color: color_list[:HIJ]},
541     {vertex: [v3(40, 450, -25), v3(40, 445, -25), v3(85, 445, -25),
        v3(85, 450, -25)], color: color_list[:HIJ]},
542     {vertex: [v3(-15, 445, -25), v3(-15, 440, -25), v3(35, 440,
        -25), v3(35, 445, -25)], color: color_list[:HIJ]},
543     {vertex: [v3(-15, 455, -25), v3(-15, 450, -25), v3(35, 450,
        -25), v3(35, 455, -25)], color: color_list[:HIJ]},
544     {vertex: [v3(7.5, 460, -25), v3(7.5, 455, -25), v3(12.5, 455,
        -25), v3(12.5, 460, -25)], color: color_list[:HIJ]},
545     {vertex: [v3(-15, 465, -25), v3(-15, 460, -25), v3(35, 460,
        -25), v3(35, 465, -25)], color: color_list[:HIJ]},
546     {vertex: [v3(-10, 425, -25), v3(-10, 390, -25), v3(-5, 390,
        -25), v3(-5, 423, -25)], color: color_list[:HIJ]},
547     {vertex: [v3(-10, 425, -25), v3(-5, 423, -25), v3(2, 430, -25),
        v3(0, 435, -25)], color: color_list[:HIJ]},
548     {vertex: [v3(25, 423, -25), v3(25, 390, -25), v3(30, 390, -25),
        v3(30, 425, -25)], color: color_list[:HIJ]},
549     {vertex: [v3(25, 423, -25), v3(30, 425, -25), v3(20, 435, -25),
        v3(18, 430, -25)], color: color_list[:HIJ]},
550     {vertex: [v3(0, 435, -25), v3(2, 430, -25), v3(18, 430, -25), v3
        (20, 435, -25)], color: color_list[:HIJ]},
551     {vertex: [v3(90, 445, -25), v3(90, 440, -25), v3(140, 440, -25),
        v3(140, 445, -25)], color: color_list[:HIJ]},
552     {vertex: [v3(90, 455, -25), v3(90, 450, -25), v3(140, 450, -25),
        v3(140, 455, -25)], color: color_list[:HIJ]},
553     {vertex: [v3(112.5, 460, -25), v3(112.5, 455, -25), v3(117.5,
        455, -25), v3(117.5, 460, -25)], color: color_list[:HIJ]},
554     {vertex: [v3(90, 465, -25), v3(90, 460, -25), v3(140, 460, -25),
        v3(140, 465, -25)], color: color_list[:HIJ]},
555     {vertex: [v3(95, 425, -25), v3(95, 390, -25), v3(100, 390, -25),
        v3(100, 423, -25)], color: color_list[:HIJ]},
556     {vertex: [v3(95, 425, -25), v3(100, 423, -25), v3(107, 430,
        -25), v3(105, 435, -25)], color: color_list[:HIJ]},
557     {vertex: [v3(130, 423, -25), v3(130, 390, -25), v3(135, 390,
        -25), v3(135, 425, -25)], color: color_list[:HIJ]},
558     {vertex: [v3(130, 423, -25), v3(135, 425, -25), v3(125, 435,
        -25), v3(123, 430, -25)], color: color_list[:HIJ]},
559     {vertex: [v3(105, 435, -25), v3(107, 430, -25), v3(123, 430,
        -25), v3(125, 435, -25)], color: color_list[:HIJ]},
560
561     # J2 (背面)
562     {vertex: [v3(-20, 500, 135), v3(-20, 390, 135), v3(-15, 390,
        135), v3(-15, 500, 135)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true
        },
563     {vertex: [v3(35, 500, 135), v3(35, 390, 135), v3(40, 390, 135),
        v3(40, 500, 135)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true},

```



```

564     {vertex: [v3(85, 500, 135), v3(85, 390, 135), v3(90, 390, 135),
              v3(90, 500, 135)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true},
565     {vertex: [v3(140, 500, 135), v3(140, 390, 135), v3(145, 390,
              135), v3(145, 500, 135)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true
        },
566     {vertex: [v3(-15, 395, 135), v3(-15, 390, 135), v3(140, 390,
              135), v3(140, 395, 135)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true
        },
567     {vertex: [v3(-15, 500, 135), v3(-15, 495, 135), v3(140, 495,
              135), v3(140, 500, 135)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true
        },
568     {vertex: [v3(40, 450, 135), v3(40, 445, 135), v3(85, 445, 135),
              v3(85, 450, 135)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true},
569     {vertex: [v3(-15, 445, 135), v3(-15, 440, 135), v3(35, 440,
              135), v3(35, 445, 135)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true
        },
570     {vertex: [v3(-15, 455, 135), v3(-15, 450, 135), v3(35, 450,
              135), v3(35, 455, 135)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true
        },
571     {vertex: [v3(7.5, 460, 135), v3(7.5, 455, 135), v3(12.5, 455,
              135), v3(12.5, 460, 135)], color: color_list[:HIJ], is_bc:
        true},
572     {vertex: [v3(-15, 465, 135), v3(-15, 460, 135), v3(35, 460,
              135), v3(35, 465, 135)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true
        },
573     {vertex: [v3(-10, 425, 135), v3(-10, 390, 135), v3(-5, 390,
              135), v3(-5, 423, 135)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true
        },
574     {vertex: [v3(-10, 425, 135), v3(-5, 423, 135), v3(2, 430, 135),
              v3(0, 435, 135)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true},
575     {vertex: [v3(25, 423, 135), v3(25, 390, 135), v3(30, 390, 135),
              v3(30, 425, 135)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true},
576     {vertex: [v3(25, 423, 135), v3(30, 425, 135), v3(20, 435, 135),
              v3(18, 430, 135)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true},
577     {vertex: [v3(0, 435, 135), v3(2, 430, 135), v3(18, 430, 135), v3
              (20, 435, 135)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true},
578     {vertex: [v3(90, 445, 135), v3(90, 440, 135), v3(140, 440, 135),
              v3(140, 445, 135)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true},
579     {vertex: [v3(90, 455, 135), v3(90, 450, 135), v3(140, 450, 135),
              v3(140, 455, 135)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true},
580     {vertex: [v3(112.5, 460, 135), v3(112.5, 455, 135), v3(117.5,
              455, 135), v3(117.5, 460, 135)], color: color_list[:HIJ],
        is_bc: true},
581     {vertex: [v3(90, 465, 135), v3(90, 460, 135), v3(140, 460, 135),
              v3(140, 465, 135)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true},
582     {vertex: [v3(95, 425, 135), v3(95, 390, 135), v3(100, 390, 135),
              v3(100, 423, 135)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true},
583     {vertex: [v3(95, 425, 135), v3(100, 423, 135), v3(107, 430,
              135), v3(105, 435, 135)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true

```

```

    },
584     {vertex: [v3(130, 423, 135), v3(130, 390, 135), v3(135, 390,
        135), v3(135, 425, 135)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true
    },
585     {vertex: [v3(130, 423, 135), v3(135, 425, 135), v3(125, 435,
        135), v3(123, 430, 135)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true
    },
586     {vertex: [v3(105, 435, 135), v3(107, 430, 135), v3(123, 430,
        135), v3(125, 435, 135)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true
    },
587
588     # J2 (右面)
589     {vertex: [v3(145, 500, -25), v3(145, 390, -25), v3(145, 390,
        -20), v3(145, 500, -20)], color: color_list[:HIJ]},
590     {vertex: [v3(145, 500, 30), v3(145, 390, 30), v3(145, 390, 35),
        v3(145, 500, 35)], color: color_list[:HIJ]},
591     {vertex: [v3(145, 500, 75), v3(145, 390, 75), v3(145, 390, 80),
        v3(145, 500, 80)], color: color_list[:HIJ]},
592     {vertex: [v3(145, 500, 130), v3(145, 390, 130), v3(145, 390,
        135), v3(145, 500, 135)], color: color_list[:HIJ]},
593     {vertex: [v3(145, 395, -20), v3(145, 390, -20), v3(145, 390,
        130), v3(145, 395, 130)], color: color_list[:HIJ]},
594     {vertex: [v3(145, 500, -20), v3(145, 495, -20), v3(145, 495,
        130), v3(145, 500, 130)], color: color_list[:HIJ]},
595     {vertex: [v3(145, 450, 35), v3(145, 445, 35), v3(145, 445, 75),
        v3(145, 450, 75)], color: color_list[:HIJ]},
596     {vertex: [v3(145, 445, -20), v3(145, 440, -20), v3(145, 440,
        30), v3(145, 445, 30)], color: color_list[:HIJ]},
597     {vertex: [v3(145, 455, -20), v3(145, 450, -20), v3(145, 450,
        30), v3(145, 455, 30)], color: color_list[:HIJ]},
598     {vertex: [v3(145, 460, 2.5), v3(145, 455, 2.5), v3(145, 455,
        7.5), v3(145, 460, 7.5)], color: color_list[:HIJ]},
599     {vertex: [v3(145, 465, -20), v3(145, 460, -20), v3(145, 460,
        30), v3(145, 465, 30)], color: color_list[:HIJ]},
600     {vertex: [v3(145, 425, -15), v3(145, 390, -15), v3(145, 390,
        -10), v3(145, 423, -10)], color: color_list[:HIJ]},
601     {vertex: [v3(145, 425, -15), v3(145, 423, -10), v3(145, 430,
        -3), v3(145, 435, -5)], color: color_list[:HIJ]},
602     {vertex: [v3(145, 423, 20), v3(145, 390, 20), v3(145, 390, 25),
        v3(145, 425, 25)], color: color_list[:HIJ]},
603     {vertex: [v3(145, 423, 20), v3(145, 425, 25), v3(145, 435, 15),
        v3(145, 430, 13)], color: color_list[:HIJ]},
604     {vertex: [v3(145, 435, -5), v3(145, 430, -3), v3(145, 430, 13),
        v3(145, 435, 15)], color: color_list[:HIJ]},
605     {vertex: [v3(145, 445, 80), v3(145, 440, 80), v3(145, 440, 130),
        v3(145, 445, 130)], color: color_list[:HIJ]},
606     {vertex: [v3(145, 455, 80), v3(145, 450, 80), v3(145, 450, 130),
        v3(145, 455, 130)], color: color_list[:HIJ]},
607     {vertex: [v3(145, 460, 102.5), v3(145, 455, 102.5), v3(145, 455,

```

```

        107.5), v3(145, 460, 107.5)], color: color_list[:HIJ]},
608 {vertex: [v3(145, 465, 80), v3(145, 460, 80), v3(145, 460, 130),
        v3(145, 465, 130)], color: color_list[:HIJ]},
609 {vertex: [v3(145, 425, 85), v3(145, 390, 85), v3(145, 390, 90),
        v3(145, 423, 90)], color: color_list[:HIJ]},
610 {vertex: [v3(145, 425, 85), v3(145, 423, 90), v3(145, 430, 97),
        v3(145, 435, 95)], color: color_list[:HIJ]},
611 {vertex: [v3(145, 423, 120), v3(145, 390, 120), v3(145, 390,
        125), v3(145, 425, 125)], color: color_list[:HIJ]},
612 {vertex: [v3(145, 423, 120), v3(145, 425, 125), v3(145, 435,
        115), v3(145, 430, 113)], color: color_list[:HIJ]},
613 {vertex: [v3(145, 435, 95), v3(145, 430, 97), v3(145, 430, 113),
        v3(145, 435, 115)], color: color_list[:HIJ]},
614
615 # J2 (左面)
616 {vertex: [v3(-20, 500, -25), v3(-20, 390, -25), v3(-20, 390,
        -20), v3(-20, 500, -20)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true
        },
617 {vertex: [v3(-20, 500, 30), v3(-20, 390, 30), v3(-20, 390, 35),
        v3(-20, 500, 35)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true},
618 {vertex: [v3(-20, 500, 75), v3(-20, 390, 75), v3(-20, 390, 80),
        v3(-20, 500, 80)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true},
619 {vertex: [v3(-20, 500, 130), v3(-20, 390, 130), v3(-20, 390,
        135), v3(-20, 500, 135)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true
        },
620 {vertex: [v3(-20, 395, -20), v3(-20, 390, -20), v3(-20, 390,
        130), v3(-20, 395, 130)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true
        },
621 {vertex: [v3(-20, 500, -20), v3(-20, 495, -20), v3(-20, 495,
        130), v3(-20, 500, 130)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true
        },
622 {vertex: [v3(-20, 450, 35), v3(-20, 445, 35), v3(-20, 445, 75),
        v3(-20, 450, 75)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true},
623 {vertex: [v3(-20, 445, -20), v3(-20, 440, -20), v3(-20, 440,
        30), v3(-20, 445, 30)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true},
624 {vertex: [v3(-20, 455, -20), v3(-20, 450, -20), v3(-20, 450,
        30), v3(-20, 455, 30)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true},
625 {vertex: [v3(-20, 460, 2.5), v3(-20, 455, 2.5), v3(-20, 455,
        7.5), v3(-20, 460, 7.5)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true
        },
626 {vertex: [v3(-20, 465, -20), v3(-20, 460, -20), v3(-20, 460,
        30), v3(-20, 465, 30)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true},
627 {vertex: [v3(-20, 425, -15), v3(-20, 390, -15), v3(-20, 390,
        -10), v3(-20, 423, -10)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true
        },
628 {vertex: [v3(-20, 425, -15), v3(-20, 423, -10), v3(-20, 430,
        -3), v3(-20, 435, -5)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true},
629 {vertex: [v3(-20, 423, 20), v3(-20, 390, 20), v3(-20, 390, 25),
        v3(-20, 425, 25)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true},

```

```

630 {vertex: [v3(-20, 423, 20), v3(-20, 425, 25), v3(-20, 435, 15),
        v3(-20, 430, 13)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true},
631 {vertex: [v3(-20, 435, -5), v3(-20, 430, -3), v3(-20, 430, 13),
        v3(-20, 435, 15)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true},
632 {vertex: [v3(-20, 445, 80), v3(-20, 440, 80), v3(-20, 440, 130),
        v3(-20, 445, 130)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true},
633 {vertex: [v3(-20, 455, 80), v3(-20, 450, 80), v3(-20, 450, 130),
        v3(-20, 455, 130)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true},
634 {vertex: [v3(-20, 460, 102.5), v3(-20, 455, 102.5), v3(-20, 455,
        107.5), v3(-20, 460, 107.5)], color: color_list[:HIJ], is_bc:
        true},
635 {vertex: [v3(-20, 465, 80), v3(-20, 460, 80), v3(-20, 460, 130),
        v3(-20, 465, 130)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true},
636 {vertex: [v3(-20, 425, 85), v3(-20, 390, 85), v3(-20, 390, 90),
        v3(-20, 423, 90)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true},
637 {vertex: [v3(-20, 425, 85), v3(-20, 423, 90), v3(-20, 430, 97),
        v3(-20, 435, 95)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true},
638 {vertex: [v3(-20, 423, 120), v3(-20, 390, 120), v3(-20, 390,
        125), v3(-20, 425, 125)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true
        },
639 {vertex: [v3(-20, 423, 120), v3(-20, 425, 125), v3(-20, 435,
        115), v3(-20, 430, 113)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true
        },
640 {vertex: [v3(-20, 435, 95), v3(-20, 430, 97), v3(-20, 430, 113),
        v3(-20, 435, 115)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true},
641
642 # A2
643 {vertex: [v3(55, 485, -25), v3(55, 485, -50), v3(70, 485, -50),
        v3(70, 485, -25)], color: color_list[:F_light]},
644 {vertex: [v3(55, 485, -25), v3(55, 455, -25), v3(55, 485, -50)],
        color: color_list[:F_light]},
645 {vertex: [v3(70, 485, -25), v3(70, 455, -25), v3(70, 485, -50)],
        color: color_list[:F_light], is_bc: true},
646
647 # J8
648 {vertex: [v3(55, 485, -50), v3(55, 455, -25), v3(70, 455, -25),
        v3(70, 485, -50)], color: color_list[:HIJ_ground]},
649
650 # J3
651 {vertex: [v3(-20, 500, -25), v3(-75, 470, -80), v3(200, 470,
        -80), v3(145, 500, -25)], color: color_list[:HIJ_dark], is_bc:
        true},
652 {vertex: [v3(-20, 500, 135), v3(-75, 470, 190), v3(200, 470,
        190), v3(145, 500, 135)], color: color_list[:HIJ_dark]},
653 {vertex: [v3(-20, 500, 135), v3(-75, 470, 190), v3(-75, 470,
        -80), v3(-20, 500, -25)], color: color_list[:HIJ_dark], is_bc:
        true},
654 {vertex: [v3(145, 500, 135), v3(200, 470, 190), v3(200, 470,
        -80), v3(145, 500, -25)], color: color_list[:HIJ_dark]},

```

```

655
656 # F3
657 {vertex: [v3(35, 530, 30), v3(-75, 470, -80), v3(200, 470, -80),
        v3(90, 530, 30)], color: color_list[:F_light]},
658 {vertex: [v3(35, 530, 80), v3(-75, 470, 190), v3(200, 470, 190),
        v3(90, 530, 80)], color: color_list[:F_light], is_bc: true},
659 {vertex: [v3(35, 530, 80), v3(-75, 470, 190), v3(-75, 470, -80),
        v3(35, 530, 30)], color: color_list[:F_light]},
660 {vertex: [v3(90, 530, 80), v3(200, 470, 190), v3(200, 470, -80),
        v3(90, 530, 30)], color: color_list[:F_light], is_bc: true},
661
662 # J7
663 {vertex: [v3(35, 550, 30), v3(35, 530, 30), v3(90, 530, 30), v3
        (90, 550, 30)], color: color_list[:HIJ]},
664 {vertex: [v3(90, 550, 80), v3(90, 530, 80), v3(35, 530, 80), v3
        (35, 550, 80)], color: color_list[:HIJ]},
665 {vertex: [v3(90, 550, 30), v3(90, 530, 30), v3(90, 530, 80), v3
        (90, 550, 80)], color: color_list[:HIJ]},
666 {vertex: [v3(35, 550, 80), v3(35, 530, 80), v3(35, 530, 30), v3
        (35, 550, 30)], color: color_list[:HIJ]},
667 {vertex: [v3(35, 550, 80), v3(35, 550, 30), v3(90, 550, 30), v3
        (90, 550, 80)], color: color_list[:HIJ]},
668
669 # J5, J6 (足)
670 {vertex: [v3(55, 570, 50), v3(55, 550, 50), v3(60, 550, 50), v3
        (60, 570, 50)], color: color_list[:HIJ]},
671 {vertex: [v3(60, 570, 55), v3(60, 550, 55), v3(55, 550, 55), v3
        (55, 570, 55)], color: color_list[:HIJ]},
672 {vertex: [v3(60, 570, 50), v3(60, 550, 50), v3(60, 550, 55), v3
        (60, 570, 55)], color: color_list[:HIJ]},
673 {vertex: [v3(55, 570, 55), v3(55, 550, 55), v3(55, 550, 50), v3
        (55, 570, 50)], color: color_list[:HIJ]},
674 {vertex: [v3(65, 570, 50), v3(65, 550, 50), v3(70, 550, 50), v3
        (70, 570, 50)], color: color_list[:HIJ]},
675 {vertex: [v3(70, 570, 55), v3(70, 550, 55), v3(65, 550, 55), v3
        (65, 570, 55)], color: color_list[:HIJ]},
676 {vertex: [v3(70, 570, 50), v3(70, 550, 50), v3(70, 550, 55), v3
        (70, 570, 55)], color: color_list[:HIJ]},
677 {vertex: [v3(65, 570, 55), v3(65, 550, 55), v3(65, 550, 50), v3
        (65, 570, 50)], color: color_list[:HIJ]},
678 {vertex: [v3(55, 570, 60), v3(55, 570, 45), v3(70, 570, 45), v3
        (70, 570, 60)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true},
679
680 # (胴体)
681 {vertex: [v3(55, 570, 45), v3(50, 575, 40), v3(75, 575, 40), v3
        (70, 570, 45)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true},
682 {vertex: [v3(55, 570, 60), v3(50, 575, 65), v3(75, 575, 65), v3
        (70, 570, 60)], color: color_list[:HIJ]},
683 {vertex: [v3(50, 575, 40), v3(55, 570, 45), v3(55, 570, 60), v3

```

```

        (50, 575, 65)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true},
684 {vertex: [v3(75, 575, 40), v3(70, 570, 45), v3(70, 570, 60), v3
      (75, 575, 65)], color: color_list[:HIJ]},
685 {vertex: [v3(55, 580, 45), v3(50, 575, 40), v3(75, 575, 40), v3
      (70, 580, 45)], color: color_list[:HIJ]},
686 {vertex: [v3(55, 580, 60), v3(50, 575, 65), v3(75, 575, 65), v3
      (70, 580, 60)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true},
687 {vertex: [v3(50, 575, 40), v3(53, 578, 43), v3(53, 578, 62), v3
      (50, 575, 65)], color: color_list[:HIJ]},
688 {vertex: [v3(75, 575, 40), v3(72, 578, 43), v3(72, 578, 62), v3
      (75, 575, 65)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true},
689 {vertex: [v3(55, 580, 60), v3(55, 580, 45), v3(70, 580, 45), v3
      (70, 580, 60)], color: color_list[:HIJ]},
690
691 # (頭)
692 {vertex: [v3(65, 597, 40), v3(65, 575, 40), v3(65, 580, 45), v3
      (65, 600, 45)], color: color_list[:HIJ]},
693 {vertex: [v3(60, 597, 40), v3(60, 575, 40), v3(60, 580, 45), v3
      (60, 600, 45)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true},
694 {vertex: [v3(60, 597, 40), v3(60, 575, 40), v3(65, 575, 40), v3
      (65, 597, 40)], color: color_list[:HIJ]},
695 {vertex: [v3(60, 600, 45), v3(60, 580, 45), v3(65, 580, 45), v3
      (65, 600, 45)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true},
696 {vertex: [v3(66, 605, 40), v3(66, 600, 35), v3(66, 597, 40), v3
      (66, 600, 45)], color: color_list[:HIJ]},
697 {vertex: [v3(59, 605, 40), v3(59, 600, 35), v3(59, 597, 40), v3
      (59, 600, 45)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true},
698 {vertex: [v3(59, 605, 40), v3(59, 600, 35), v3(66, 600, 35), v3
      (66, 605, 40)], color: color_list[:HIJ]},
699 {vertex: [v3(59, 605, 40), v3(59, 600, 45), v3(66, 600, 45), v3
      (66, 605, 40)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true},
700 {vertex: [v3(59, 597, 40), v3(59, 600, 35), v3(66, 600, 35), v3
      (66, 597, 40)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true},
701 {vertex: [v3(59, 597, 40), v3(59, 600, 45), v3(66, 600, 45), v3
      (66, 597, 40)], color: color_list[:HIJ]},
702
703 # (尾)
704 {vertex: [v3(65, 580, 60), v3(65, 575, 65), v3(65, 575, 70), v3
      (65, 580, 65)], color: color_list[:HIJ]},
705 {vertex: [v3(65, 575, 70), v3(65, 585, 90), v3(65, 590, 75), v3
      (65, 580, 65)], color: color_list[:HIJ]},
706 {vertex: [v3(60, 580, 60), v3(60, 575, 65), v3(60, 575, 70), v3
      (60, 580, 65)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true},
707 {vertex: [v3(60, 575, 70), v3(60, 585, 90), v3(60, 590, 75), v3
      (60, 580, 65)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true},
708 {vertex: [v3(60, 580, 65), v3(60, 580, 60), v3(65, 580, 60), v3
      (65, 580, 65)], color: color_list[:HIJ]},
709 {vertex: [v3(60, 590, 75), v3(60, 580, 65), v3(65, 580, 65), v3
      (65, 590, 75)], color: color_list[:HIJ]},

```

```

710 {vertex: [v3(60, 585, 90), v3(60, 590, 75), v3(65, 590, 75), v3
      (65, 585, 90)], color: color_list[:HIJ]},
711 {vertex: [v3(65, 585, 90), v3(65, 575, 70), v3(60, 575, 70), v3
      (60, 585, 90)], color: color_list[:HIJ]},
712 {vertex: [v3(65, 575, 65), v3(65, 575, 70), v3(60, 575, 70), v3
      (60, 575, 65)], color: color_list[:HIJ]},
713
714 # (右羽)
715 {vertex: [v3(70, 580, 45), v3(72, 578, 43), v3(84, 590, 43), v3
      (80, 590, 45)], color: color_list[:HIJ]},
716 {vertex: [v3(70, 580, 60), v3(72, 578, 62), v3(84, 590, 62), v3
      (80, 590, 60)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true},
717 {vertex: [v3(80, 590, 62), v3(70, 580, 60), v3(70, 580, 45), v3
      (80, 590, 43)], color: color_list[:HIJ]},
718 {vertex: [v3(80, 590, 60), v3(80, 590, 45), v3(84, 590, 43), v3
      (84, 590, 62)], color: color_list[:HIJ]},
719 {vertex: [v3(84, 590, 43), v3(72, 578, 43), v3(72, 578, 62), v3
      (84, 590, 62)], color: color_list[:HIJ]},
720
721 # (左羽)
722 {vertex: [v3(55, 580, 45), v3(53, 578, 43), v3(41, 590, 43), v3
      (45, 590, 45)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true},
723 {vertex: [v3(55, 580, 60), v3(53, 578, 62), v3(41, 590, 62), v3
      (45, 590, 60)], color: color_list[:HIJ]},
724 {vertex: [v3(45, 590, 62), v3(55, 580, 60), v3(55, 580, 45), v3
      (45, 590, 43)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true},
725 {vertex: [v3(45, 590, 60), v3(45, 590, 45), v3(41, 590, 43), v3
      (41, 590, 62)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true},
726 {vertex: [v3(41, 590, 43), v3(53, 578, 43), v3(53, 578, 62), v3
      (41, 590, 62)], color: color_list[:HIJ], is_bc: true},
727
728 # F4
729 {vertex: [v3(-295, 70, -250), v3(-295, 70, -270), v3(-270, 70,
      -280), v3(-190, 70, -270), v3(-135, 70, -230), v3(-135, 70,
      -210), v3(-160, 70, -200), v3(-205, 70, -200), v3(-280, 70,
      -230)], color: color_list[:D]},
730
731 # D-E (幹・前面)
732 {vertex: [v3(-240, 100, -250), v3(-260, 70, -250), v3(-200, 70,
      -250), v3(-220, 100, -250)], color: color_list[:E_dark]},
733 {vertex: [v3(-260, 110, -250), v3(-265, 105, -250), v3(-240,
      100, -250), v3(-220, 100, -250), v3(-235, 110, -250)], color
      : color_list[:E_dark]},
734 {vertex: [v3(-270, 115, -250), v3(-265, 105, -250), v3(-260,
      110, -250), v3(-265, 115, -250)], color: color_list[:E_dark]},
735 {vertex: [v3(-235, 115, -250), v3(-235, 110, -250), v3(-220,
      100, -250), v3(-200, 110, -250), v3(-195, 130, -250), v3
      (-210, 130, -250)], color: color_list[:E_dark]},
736 {vertex: [v3(-225, 165, -250), v3(-215, 150, -250), v3(-210,

```

```

150, -250), v3(-205, 155, -250), v3(-215, 165, -250)], color
: color_list[:E_dark]},
737
738 # (背面)
739 {vertex: [v3(-240, 100, -240), v3(-260, 70, -240), v3(-200, 70,
-240), v3(-220, 100, -240)], color: color_list[:E_dark], is_bc
: true},
740 {vertex: [v3(-260, 110, -240), v3(-265, 105, -240), v3(-240,
100, -240), v3(-220, 100, -240), v3(-235, 110, -240)], color
: color_list[:E_dark], is_bc: true},
741 {vertex: [v3(-270, 115, -240), v3(-265, 105, -240), v3(-260,
110, -240), v3(-265, 115, -240)], color: color_list[:E_dark],
is_bc: true},
742 {vertex: [v3(-235, 115, -240), v3(-235, 110, -240), v3(-220,
100, -240), v3(-200, 110, -240), v3(-195, 130, -240), v3
(-210, 130, -240)], color: color_list[:E_dark], is_bc: true},
743 {vertex: [v3(-225, 165, -240), v3(-215, 150, -240), v3(-210,
150, -240), v3(-205, 155, -240), v3(-215, 165, -240)], color
: color_list[:E_dark], is_bc: true},
744
745 # (側面)
746 {vertex: [v3(-220, 100, -250), v3(-200, 70, -250), v3(-200, 70,
-240), v3(-220, 100, -240)], color: color_list[:E_dark]},
747 {vertex: [v3(-200, 110, -250), v3(-220, 100, -250), v3(-220,
100, -240), v3(-200, 110, -240)], color: color_list[:E_dark]},
748 {vertex: [v3(-195, 130, -250), v3(-200, 110, -250), v3(-200,
110, -240), v3(-195, 130, -240)], color: color_list[:E_dark]},
749 {vertex: [v3(-215, 165, -250), v3(-205, 155, -250), v3(-205,
155, -240), v3(-215, 165, -240)], color: color_list[:E_dark]},
750 {vertex: [v3(-225, 165, -240), v3(-215, 150, -240), v3(-215,
150, -250), v3(-225, 165, -250)], color: color_list[:E_dark]},
751 {vertex: [v3(-210, 130, -240), v3(-235, 115, -240), v3(-235,
115, -250), v3(-210, 130, -250)], color: color_list[:E_dark]},
752 {vertex: [v3(-235, 115, -240), v3(-235, 110, -240), v3(-235,
110, -250), v3(-235, 115, -250)], color: color_list[:E_dark]},
753 {vertex: [v3(-235, 110, -240), v3(-260, 110, -240), v3(-260,
110, -250), v3(-235, 110, -250)], color: color_list[:E_dark]},
754 {vertex: [v3(-265, 115, -250), v3(-260, 110, -250), v3(-260,
110, -240), v3(-265, 115, -240)], color: color_list[:E_dark]},
755 {vertex: [v3(-270, 115, -240), v3(-265, 105, -240), v3(-265,
105, -250), v3(-270, 115, -250)], color: color_list[:E_dark]},
756 {vertex: [v3(-265, 105, -240), v3(-240, 100, -240), v3(-240,
100, -250), v3(-265, 105, -250)], color: color_list[:E_dark]},
757 {vertex: [v3(-240, 100, -240), v3(-260, 70, -240), v3(-260, 70,
-250), v3(-240, 100, -250)], color: color_list[:E_dark]},
758
759 # (葉・前面)
760 {vertex: [v3(-300, 135, -255), v3(-310, 125, -255), v3(-300,
115, -255), v3(-250, 115, -255), v3(-240, 125, -255), v3

```



```

        (-250, 135, -255)], color: color_list[:D]}},
761 {vertex: [v3(-280, 145, -250), v3(-290, 135, -250), v3(-260,
        135, -250), v3(-270, 145, -250)], color: color_list[:D]}},
762 {vertex: [v3(-225, 150, -255), v3(-235, 140, -255), v3(-225,
        130, -255), v3(-175, 130, -255), v3(-165, 140, -255), v3
        (-175, 150, -255)], color: color_list[:D]}},
763 {vertex: [v3(-205, 160, -250), v3(-215, 150, -250), v3(-185,
        150, -250), v3(-195, 160, -250)], color: color_list[:D]}},
764 {vertex: [v3(-255, 185, -255), v3(-265, 175, -255), v3(-255,
        165, -255), v3(-205, 165, -255), v3(-195, 175, -255), v3
        (-205, 185, -255)], color: color_list[:D]}},
765 {vertex: [v3(-235, 195, -250), v3(-245, 185, -250), v3(-215,
        185, -250), v3(-225, 195, -250)], color: color_list[:D]}},
766
767 # (後面)
768 {vertex: [v3(-300, 135, -235), v3(-310, 125, -235), v3(-300,
        115, -235), v3(-250, 115, -235), v3(-240, 125, -235), v3
        (-250, 135, -235)], color: color_list[:D], is_bc: true},
769 {vertex: [v3(-280, 145, -240), v3(-290, 135, -240), v3(-260,
        135, -240), v3(-270, 145, -240)], color: color_list[:D], is_bc
        : true},
770 {vertex: [v3(-225, 150, -235), v3(-235, 140, -235), v3(-225,
        130, -235), v3(-175, 130, -235), v3(-165, 140, -235), v3
        (-175, 150, -235)], color: color_list[:D], is_bc: true},
771 {vertex: [v3(-205, 160, -240), v3(-215, 150, -240), v3(-185,
        150, -240), v3(-195, 160, -240)], color: color_list[:D], is_bc
        : true},
772 {vertex: [v3(-255, 185, -235), v3(-265, 175, -235), v3(-255,
        165, -235), v3(-205, 165, -235), v3(-195, 175, -235), v3
        (-205, 185, -235)], color: color_list[:D], is_bc: true},
773 {vertex: [v3(-235, 195, -240), v3(-245, 185, -240), v3(-215,
        185, -240), v3(-225, 195, -240)], color: color_list[:D], is_bc
        : true},
774
775 # (側面)
776 {vertex: [v3(-250, 135, -235), v3(-300, 135, -235), v3(-300,
        135, -255), v3(-250, 135, -255)], color: color_list[:D]}},
777 {vertex: [v3(-300, 135, -235), v3(-310, 125, -235), v3(-310,
        125, -255), v3(-300, 135, -255)], color: color_list[:D]}},
778 {vertex: [v3(-310, 125, -235), v3(-300, 115, -235), v3(-300,
        115, -255), v3(-310, 125, -255)], color: color_list[:D]}},
779 {vertex: [v3(-300, 115, -235), v3(-250, 115, -235), v3(-250,
        115, -255), v3(-300, 115, -255)], color: color_list[:D]}},
780 {vertex: [v3(-250, 115, -235), v3(-240, 125, -235), v3(-240,
        125, -255), v3(-250, 115, -255)], color: color_list[:D]}},
781 {vertex: [v3(-240, 125, -235), v3(-250, 135, -235), v3(-250,
        135, -255), v3(-240, 125, -255)], color: color_list[:D]}},
782 {vertex: [v3(-270, 145, -240), v3(-280, 145, -240), v3(-280,
        145, -250), v3(-270, 145, -250)], color: color_list[:D]}},

```

```

783     {vertex: [v3(-280, 145, -240), v3(-290, 135, -240), v3(-290,
135, -250), v3(-280, 145, -250)], color: color_list[:D]}},
784     {vertex: [v3(-260, 135, -240), v3(-270, 145, -240), v3(-270,
145, -250), v3(-260, 135, -250)], color: color_list[:D]}},
785     {vertex: [v3(-175, 150, -235), v3(-225, 150, -235), v3(-225,
150, -255), v3(-175, 150, -255)], color: color_list[:D]}},
786     {vertex: [v3(-225, 150, -235), v3(-235, 140, -235), v3(-235,
140, -255), v3(-225, 150, -255)], color: color_list[:D]}},
787     {vertex: [v3(-235, 140, -235), v3(-225, 130, -235), v3(-225,
130, -255), v3(-235, 140, -255)], color: color_list[:D]}},
788     {vertex: [v3(-225, 130, -235), v3(-175, 130, -235), v3(-175,
130, -255), v3(-225, 130, -255)], color: color_list[:D]}},
789     {vertex: [v3(-175, 130, -235), v3(-165, 140, -235), v3(-165,
140, -255), v3(-175, 130, -255)], color: color_list[:D]}},
790     {vertex: [v3(-165, 140, -235), v3(-175, 150, -235), v3(-175,
150, -255), v3(-165, 140, -255)], color: color_list[:D]}},
791     {vertex: [v3(-195, 160, -240), v3(-205, 160, -240), v3(-205,
160, -250), v3(-195, 160, -250)], color: color_list[:D]}},
792     {vertex: [v3(-205, 160, -240), v3(-215, 150, -240), v3(-215,
150, -250), v3(-205, 160, -250)], color: color_list[:D]}},
793     {vertex: [v3(-185, 150, -240), v3(-195, 160, -240), v3(-195,
160, -250), v3(-185, 150, -250)], color: color_list[:D]}},
794
795     {vertex: [v3(-205, 185, -235), v3(-255, 185, -235), v3(-255,
185, -255), v3(-205, 185, -255)], color: color_list[:D]}},
796     {vertex: [v3(-255, 185, -235), v3(-265, 175, -235), v3(-265,
175, -255), v3(-255, 185, -255)], color: color_list[:D]}},
797     {vertex: [v3(-265, 175, -235), v3(-255, 165, -235), v3(-255,
165, -255), v3(-265, 175, -255)], color: color_list[:D]}},
798     {vertex: [v3(-255, 165, -235), v3(-205, 165, -235), v3(-205,
165, -255), v3(-255, 165, -255)], color: color_list[:D]}},
799     {vertex: [v3(-205, 165, -235), v3(-195, 175, -235), v3(-195,
175, -255), v3(-205, 165, -255)], color: color_list[:D]}},
800     {vertex: [v3(-195, 175, -235), v3(-205, 185, -235), v3(-205,
185, -255), v3(-195, 175, -255)], color: color_list[:D]}},
801     {vertex: [v3(-225, 195, -240), v3(-235, 195, -240), v3(-235,
195, -250), v3(-225, 195, -250)], color: color_list[:D]}},
802     {vertex: [v3(-235, 195, -240), v3(-245, 185, -240), v3(-245,
185, -250), v3(-235, 195, -250)], color: color_list[:D]}},
803     {vertex: [v3(-215, 185, -240), v3(-225, 195, -240), v3(-225,
195, -250), v3(-215, 185, -250)], color: color_list[:D]}},
804 ]
805
806 $parameters = {
807     cv_size_x: 960,
808     cv_size_y: 720,
809     cam_0: cam_rectangular(-280, 270, 30, 0, 90, 10),
810     cam_1: cam_polar(0, 190, 0, 700, 0, 15),
811     cam_index: 1,

```

```
812     is_cam_0_object: false,  
813     zoom: 320,  
814     output_file_name: "3D.ppm"  
815 }
```

• 実行例

まず、2つのファイル `engine.rb` と `modeling.rb` を同一階層に置く：

```
/
├─ engine.rb
└─ modeling.rb
```

次に、`irb` から **`modeling.rb`** の方を呼びだし、必要なパラメータを変更した上でプログラム `Draw3D.new($model, $parameters).draw` を実行すれば、同じ階層に `ppm` ファイルが生成される。

なお、パラメータを全く変更しない場合に、図1と同じ図形が生成される。

ソースコード 3: (ターミナル)

```
1 irb(main):001> load "modeling.rb"  
2 => true  
3 irb(main):002> $parameters[:output_file_name] = "3D_image.ppm" # パラメ  
   ータ設定  
4 => "3D_image.ppm"  
5 irb(main):003> Draw3D.new($model, $parameters).draw  
6 0/1673737 passed  
7 10000/1673737 passed  
8 20000/1673737 passed  
9 (省略)  
10 1660000/1673737 passed  
11 1670000/1673737 passed  
12 1673737/1673737 passed  
13 => "success!!"
```

• 関数の説明

- クラス `Draw3D(model, parameters)`

3D 描写のためのクラス。

引数 `model` には、ポリゴンの頂点および色を辞書形式で指定する。 `modeling.rb` 内の `$model` を指定すれば、金閣寺のポリゴンを描写できる。

引数 `parameters` には、カメラ等のパラメータを辞書形式で指定する (`modeling.rb` の 806～815 行目参照)。具体的には以下のとおり：

- * `cv_size_x` ... 横方向の解像度を指定する.
 - * `cv_size_y` ... 縦方向の解像度を指定する.
 - * `cam_0` ... カメラ 0 の位置および回転行列を辞書形式で指定する (詳しくは 3.1 節).
 - * `cam_1` ... カメラ 1 の位置および回転行列を辞書形式で指定する.
 - * `cam_index` ... 視点とするカメラのインデックスを指定する.
 - * `is_cam_0_object` ... カメラ 0 の座標軸を描写するかどうか (この機能に関しては 5.1.3 節).
 - * `zoom` ... 拡大率を指定する. 通常 300~500 程度.
 - * `output_file_name` ... 生成画像のファイル名を指定する.
- 関数 `cam_rectangular(x, y, z, roll, pitch, yaw)`
直交座標によって, カメラの位置および回転行列を出力する.
 - 関数 `cam_polar(cx, cy, cz, l, alpha, beta)`
極座標によって, カメラの位置および回転行列を出力する (詳しくは 3.1 節).
 - 関数 `Draw3D.draw`
ポリゴンの描写を開始する.

3 3D 座標変換の基礎

ここでは, 初学ながら 3D グラフィックスのアルゴリズムを説明しようと思う. 全部で 6 ステップ存在する.

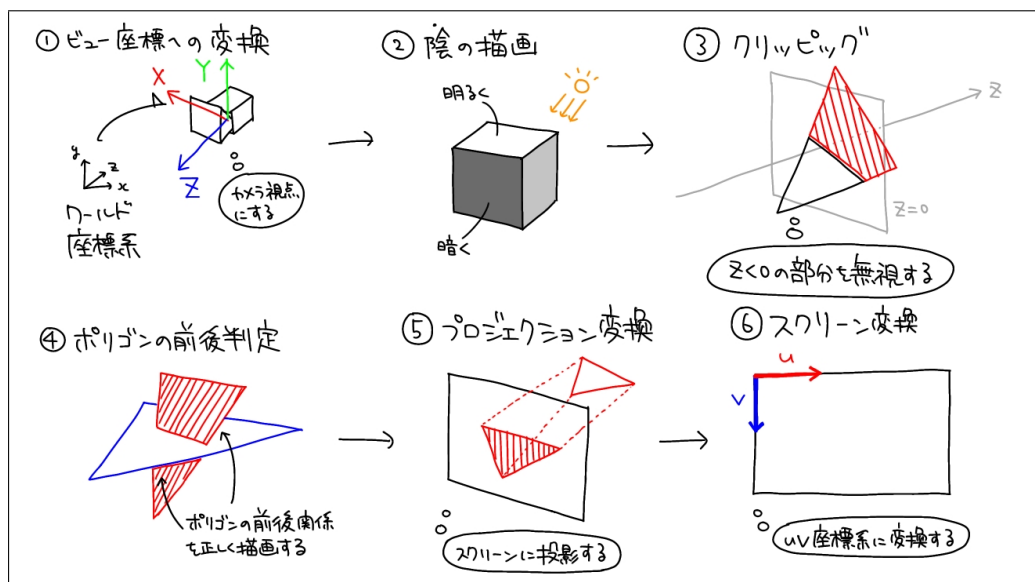


図 2: 3D グラフィックスの全体像

3.1 ビュー座標への変換

まずは，ワールド座標系として記述されたポリゴンの頂点を，カメラからみた座標に置換する必要がある．

ポリゴンのワールド座標を \mathbf{p}_{world} ，ビュー座標を \mathbf{p}_{view} と置くと，関係式

$$\mathbf{p}_{world} - \mathbf{p}_{cam} = \mathbf{R}^T \mathbf{p}_{view} \quad (1)$$

が成り立つことを利用する．ここで \mathbf{R} はカメラに関する回転行列である．この回転行列の取り方が2通りある．

3.1.1 直交座標による回転行列

図3のように， x 軸周りに ϕ ， y 軸周りに θ ， z 軸周りに ψ 回転する場合，その回転行列は以下ようになる：

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \phi & -\sin \phi \\ 0 & \sin \phi & \cos \phi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 & \sin \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \theta & 0 & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \psi & -\sin \psi & 0 \\ \sin \psi & \cos \psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

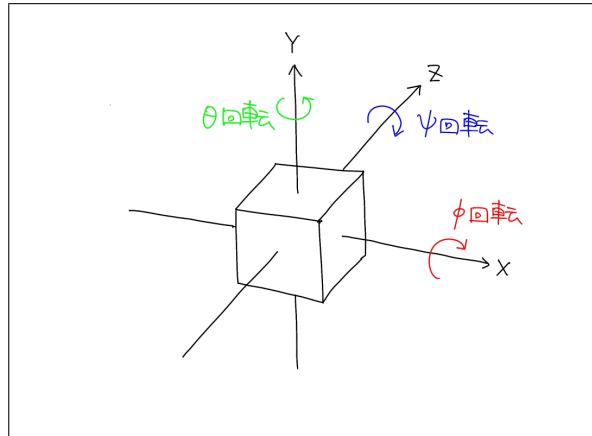


図 3: 直交座標を軸とする回転 (オイラー角)

3.1.2 極座標による回転行列

図4のように，オブジェクトを取り囲む球面上からオブジェクトを見下ろしたい場合が存在する．この場合，回転行列は以下のように計算できる．

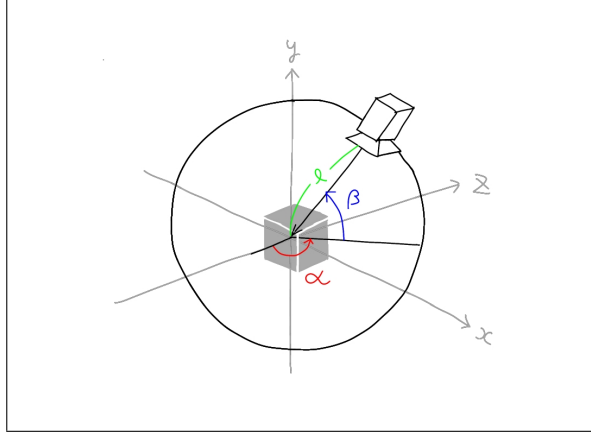


図 4: 極座標による回転

まず、カメラの座標 \mathbf{p}_{cam} は、球の半径 l を用いて以下のように表せる：

$$\mathbf{p}_{cam} = \begin{bmatrix} l \sin \alpha \cos \beta \\ l \sin \beta \\ -l \cos \alpha \cos \beta \end{bmatrix} \quad (3)$$

次に、ベクトル \mathbf{e}_x , \mathbf{e}_y , \mathbf{e}_z を以下のように定義する：

$$\mathbf{e}_z = \frac{-\mathbf{p}_{cam}}{\|\mathbf{p}_{cam}\|} \quad (4)$$

$$\mathbf{e}_x = \begin{cases} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \times \mathbf{e}_z & \text{if } \beta \neq \pm\pi/2, \\ \begin{bmatrix} \cos \alpha \\ 0 \\ \sin \alpha \end{bmatrix} & \text{if } \beta = \pm\pi/2. \end{cases} \quad (5)$$

$$\mathbf{e}_y = \mathbf{e}_z \times \mathbf{e}_x \quad (6)$$

このとき、回転行列は以下のように書ける：

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} \mathbf{e}_x & \mathbf{e}_y & \mathbf{e}_z \end{bmatrix} \quad (7)$$

本プログラムでも、関数 `cam_rectangular(x, y, z, roll, pitch, yaw)` と `cam_polar(cx, cy, cz, l, alpha, beta)` によって実装している。この戻り値をパラメータの `cam_0` と `cam_1` に入れてあげればよい。

3.2 隠の描画

今回は一番簡単なフラットシェーディング法を用いた。これは面ごとに隠の暗さを決定するもので、ポリゴンの法線ベクトル \mathbf{n} と光の差す方向 \mathbf{c} のなす角の余弦値 $\cos \theta$ の値に応じて色を乗算する。engine.rb の 231～233 行目に該当する。

3.3 クリッピング

(当然だが) カメラの裏側は見えないので、その部分のポリゴンを除去しなければならない。方法は単純で、ポリゴンを構成する辺と平面 $z = k$ (ただし k は 0 より僅かに大きい数) の交点を全て算出し、その交点および z 座標が k より大きい頂点で凸多角形を再構成すればよい。engine.rb の 88～123 行目に該当する。

3.4 ポリゴンの前後判定

隠面処理の話である。今回は比較的単純な z バッファ法を実装した。これは、各ピクセルごとに深度情報を保存し、より手前のポリゴンが来たら色を更新していく方法である。

この深度 (z 座標) を計算するにも若干の工夫ができる。まず、平面は以下の方程式で書ける：

$$ax + by + cz + d = 0 \quad (8)$$

ここで、3.5 節と順番が前後するが、ビュー座標 V とプロジェクション座標 P には以下の関係がある：

$$P_x = \frac{V_x}{V_z} \quad (9)$$

$$P_y = \frac{V_y}{V_z} \quad (10)$$

これを式 8 にいれると、 z 座標 V_z は以下のように求まる：

$$P_z = -\frac{d}{aP_x + bP_y + c} \quad (11)$$

しかしながら、割り算を各ポリゴンに対して計算しては時間がかかる。そこで、 P_z の逆数について考える：

$$\frac{1}{P_z} = -\frac{aP_x + bP_y + c}{d} \quad (12)$$

これは、 P_x と P_y に関して線形であるため、for 文の中で深度情報を加算すればよい。これにより、足し算のみで深度を求めることができる。 $1/P_z$ の大小を比較し、より大きければ色を変えていけばよい。

3.5 プロジェクション変換

次に、ピクセルがポリゴンの内外どちらにあるかを判定しなければならないが、これに関しては、前回にもでてきた凸多角形の内外判定法 (外積を用いる方法) を使えば良い (engine.rb の 126~140 行目)。その後、プロジェクション平面にポリゴンを投影する。方法は投影透視と平行透視の 2 種類があるが、今回は投影透視を採用し、式 9, 10 によって座標を変換した。

3.6 スクリーン変換

最後に、左上を原点とするスクリーン座標に変換すれば、3D エンジンの完成である。

4 プログラムの実行結果

生成された絵は 1 ページの図 1 の通りである。金閣寺全体をやや俯瞰する構図にした。

5 考察

5.1 工夫した点

5.1.1 360° 回転への対応

(今まで説明してきた通りだが) 全ての角度からオブジェクトを観察できる。以下に興味深い画像をいくつか載せておく：

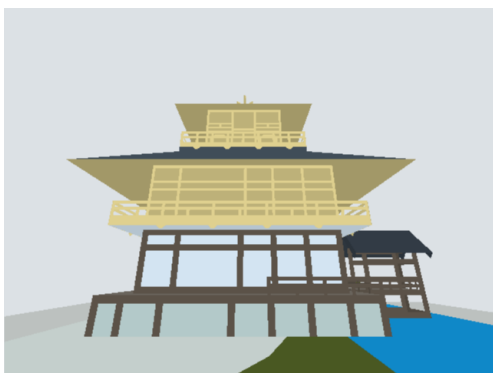


図 5: 地上から見上げた構図

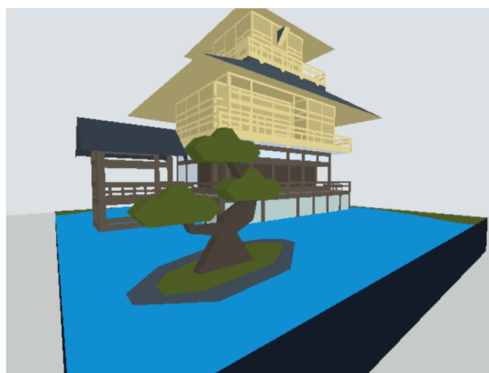


図 6: 浮島にて



図 7: 書院造を歩く



図 8: 鳳凰佇む屋根

参考までに、カメラのパラメータは以下の通りである：

- 図 5 … `cam_polar(50, 350, 0, 600, 180, -20)`
- 図 6 … `cam_polar(0, 120, 0, 560, -39, 3)`
- 図 7 … `cam_rectangular(94, 170, -25, 0, -90, 0)`
- 図 8 … `cam_polar(62.5, 550, 55, 150, 40, 40)`

5.1.2 アンチエイリアシング

本プログラムでは、角ピクセルの色を決定するにあたり、その四隅の色を平均している (engine.rb の 279 行目)。これによって、ポリゴンの境目で起きるギザを最小限に留めている。

なお、色を平均するにあたり、engine.rb の 3～13 行目によって、構造体 Color に対して加算および乗算を定めた。

5.1.3 視点確認機能

カメラの位置を決定するにも、どの座標に置けばよいのか分かりにくい場合もある。そのような時にこの機能が役に立つ。

まず、パラメータを次のように設定する。

ソースコード 4: (ターミナル)

```
1 irb(main):001* $parameters = {
2 irb(main):002*   cv_size_x: 640,
3 irb(main):003*   cv_size_y: 480,
4 irb(main):004*   cam_0: cam_rectangular(-260, 160, 35, 0, 90, 0),
5 irb(main):005*   cam_1: cam_polar(-260, 160, 35, 400, -10, 5),
6 irb(main):006*   cam_index: 1,
7 irb(main):007*   is_cam_0_object: true,
8 irb(main):008*   zoom: 320,
9 irb(main):009*   output_file_name: "3D.ppm"
10 irb(main):010* }
11 =>
12 {:cv_size_x=>640,
13 ...}
```

ここで、`cam_index` を 1 にしているため、実際に出力される画像は `cam_1` からの視点である。`is_cam_0_object` を `true` にした状態で `Draw3D.new($model, $parameters).draw` を実行すると、図 9 が出力される：

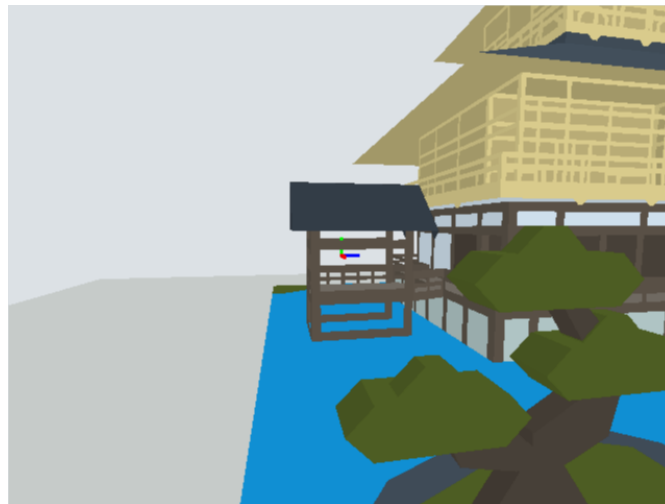


図 9: `cam_1` からの画像

このとき、真ん中に座標軸が出ており、これが `cam_0` の座標系である。この状態で `cam_0` のパラメータを調整し、その後 `cam_index` を 0 にして `Draw3D.new($model, $parameters).draw` を実行すれば、比較的楽に出力したい画像が得られる。

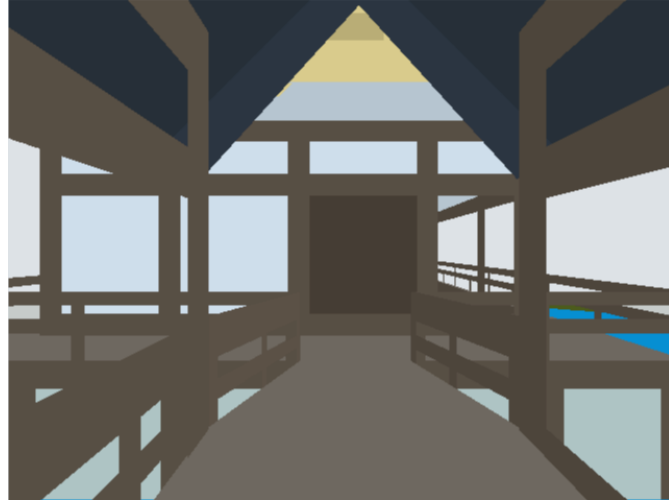


図 10: cam_0 からの画像

5.2 今後への展望

本プログラムを通し、普段は Unity 等に任せている 3D グラフィックスのアルゴリズムに触れることができた。最小構成でもかなり煩雑である。

実際には影の描画や水面の映り込みなども実装したほうがよいが、現段階でも十分美しいと言えるのではないだろうか。

なお、1つの画像を生成するのに最大で 30 秒ほどかかっており、本来は GPU の出番である。しかしアルゴリズムを理解する目的であれば CPU で実装しても問題ないだろう。

6 アンケート

Q1. 画像が自由に生成できるようになりましたか。

はい。

Q2. 画像をうまく生成する「コツ」は何だと思いましたか。

執念。

Q3: リフレクション (今回の課題で分かったこと)・感想・要望をどうぞ。

3D エンジン自体は 4~5 日で 9 割型完成している。問題はポリゴンの記述の方で、一つ一つ書いていくのに 2 週間近くかかった。暫くはやりたくない。