

黄金分割を設計で利用しやすくするための中間値と表示方法の提案 2

○ 株式会社 AEN 正員 橋本和夫
株式会社 協和コンサルタンツ 富岡 昇
有限会社 ISS コンサルタント 染谷義孝

1. はじめに

黄金分割を使ったル・コルビュジェの提案している数列「モデュロール」1) は、良く知られているが、実際の設計に広く利用されているとはいいがたい。利用されない理由は、メリットが明確ではなく、使いにくいからである。昨年度は黄金分割を利用することのメリット、使いにくい原因と、その対策案を提案した。提案した内容は黄金分割の中間値と記号表示である。ここでは、中間値と記号表示の改良と、CAD ツール化について報告する。

2. 黄金分割を利用することのメリット

黄金分割を利用すると、均整の取れた形状を設計出来ることは当然として、高い互換性があることがメリットである。図1は形状の異なる多くの黄金分割を用いたパーツで組み合わせた例である。黄金分割を利用すると、道路の計画なら、橋の長さや橋脚から歩道の縁石、タイルの大きさ、タイルの目地の幅まで互換性を持って組み合わせることが可能である。全体と部分の調和が図られるわけである。

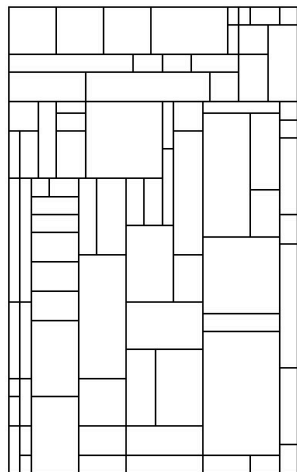


図.1 形状の異なる多くの黄金分割を用いたパーツで組み合わせた例

3. 中間値と記号化の必要性

3.1 中間値の必要性

コルビュジェの提案している数列は 1.618... 倍の数列であるから数列の間隔が広く、欲しい寸法が採用できない問題がある。この対策として中間値の算出方法が必要である。

3.2 黄金分割を表現する記号化の必要性。

互換性からは、精度が高くないといけない。しかし、黄金分割の数列の数字は無理数であるから、5000、200、80

のようなゼロが並ぶ数字にはならない。メートル法では切りのいい数字にならないのである。互換性からは、小さい数字であっても、mm の単位での四捨五入は好ましいことではない。この対策として黄金分割を表現する記号化が必要である。

4 黄金分割の記号表示

4.1 黄金分割比

黄金分割比は単に黄金比と呼ばれたりしており、英語では golden section、と呼ばれている。

黄金分割比 (ϕ): 一般的に ϕ が使われている。

$\phi : (1 + (\sqrt{5})) / 2 = 1.618...$

4.2 基本寸法

黄金分割の数列を導く原点となる寸法を、基本寸法と呼ぶことにする。基本寸法の異なる数列間では互換性がない。基本寸法を (BL) と呼ぶことにする。

4.3 一次黄金値の呼び名の提案

一次黄金値は基本寸法 (BL) に、黄金比 (ϕ) を、任意の回数掛けることにより、基本寸法より大きい数字を算出する。基本寸法より小さい数字は、任意の回数割ることにより算出する。

一次黄金値の呼び名は基本寸法からの順序で表示することが分かりやすい。

基本寸法 (BL) から大きい方は $BL * \phi$ 、 $BL * \phi * \phi$ 、 $BL * \phi * \phi * \phi$ 、となるから、ここでは乗数と gold のを組み合わせさせて呼び名を決めた。

$BL * \phi$ は 1gd (1 ゴールドと呼ぶ)

$BL * \phi * \phi$ は 2gd

$BL * \phi * \phi * \phi$ は 3gd

BL は 0gd とする。

小さい方は

BL / ϕ は -1gd

$BL / \phi / \phi$ は -2gd

$BL / \phi / \phi / \phi$ は -3gd と呼ぶことにする。

(昨年度は一次黄金値を基本数列と呼んでいた。また gd を GS としていた。より使いやすい表現のために変更した。)

4.4 基本寸法 BL の選定

黄金分割を記号表示することで、簡単に使えるようになるのだが、基本寸法を勝手に決めて記号表示を行うと、たがいに互換性のない数列が存在してしまう。これは絶対に避けねばならないことである。互換性の確保には、基本寸法の統一が重要である。

キーワード: 黄金分割 景観 黄金比 中間値 一次黄金値 二次黄金値

住所: 郵便番号 167-0021 東京都杉並区井草 3-21-18 TEL, FAX 03-3397-6081

kazu7@mac.com

最適な基本寸法はどのように決めたいのか？ ル・コルビュジェもこのことで悩んだと思われる。最初フランス人の平均身長、1750mm を黄金分割と関係する寸法としていたのを、6 フィートの 1829 に変更したのは、材料の規格のためではなかったかと推察している。

ル・コルビュジェに敬意を示して、記号表示のための黄金分割と関係する寸法とを 6 フィート (1828.764mm) とする。0gd を 6 フィートとすると、6 フィート以下の日常品の形状がすべてマイナス表示になってしまう。これでは使いにくいので、6 フィートでの互換を保って、0gd の設定を小さくすることにした。6 フィートを 16gd とすると 0gd は 0.8286...mm となる。1mm 以下の寸法を表示することは、日常ではすくないと判断した。1gd は 1.34 mm で 10gd は約 102mm で、20gd は約 12.5m となる。10gd 変化すると実際の寸法では、約 100 倍の変化になる。

4.5 二次黄金値の算出と呼び名の提案

一次黄金値の中間値として二次黄金値を決めた。二次黄金値を求める2つの一次黄金値のうち、小さい方の基本数列を 0 rg (relative gd) と名前をつける。0rg から小さい方の一次黄金値を -1rg, -2rg..... と呼ぶことにする。二次黄金値は 0rg と 1rg の間の値を求めるわけで、0rg から増加した組み合わせと、1rg から減少させた組み合わせから求める。0rg+ (-2rg)、0rg+ (-3rg)、0rg+ (-4rg)、0rg+ (-5rg) と続く数列は 0rgd から増加する数列である。一方、1rg- (-2rg)、1rg- (-3rg)、1rg- (-4rg)、1rg- (-5rg)、..... と続く数列は 1rg から減少する数列である。この数列で 1rg から減少する数列の小さい方の 2 つと 0rg から増加する数列の大きい方の 2 つが同じ値となる。重なった 2 つの値の部分を中心にして 9 個の配列を選び、おのおのを小さい方から +1,+2,+3.....+9 と呼ぶことにする。二次黄金値は、一次黄金値の gd に小さな一次黄金値を加えたことで求まる。このことから、一次黄金値にプラスされる形を呼び名をつけることにした。形としては 0gd+7、12gd+3 のようになる。15gd と 16gd の間の二次黄金値を表.1 に示す。(昨年度は 2 次黄金値を一次中間値と呼んでいた。12gd+3 は 12GS,3P と表示していた。)

4.6 n 次黄金値の算出と呼び名

4.5 と同様にして三次黄金値の算出と呼び名を表.2 に示す。同様にして、n 次の黄金値も求めることが可能である。

5 CAD 用の作図、寸法ツール

黄金値の作図と寸法ツールをパソコンの VecterWorks 用に作成した。一次黄金値から三次黄金値まで簡単に作図が可能となった。三次黄金値には、黄金分割点の表示を加えることが可能である。三次黄金値までの寸法は、小数点以下 4 桁の精度で判定して、黄金値の記号表示が可能である。

6 黄金値表示の特徴

- (1) 一次黄金値の半分は、黄金値表示が出来ない。
- (2) 一次黄金値の 2 倍は、gd+5 となる。
- (3) n 次黄金値の黄金分割点は、分割前の黄金値表示と gd 以下が同じ値となる。

この他にも多くの特徴があり、なかなか奥深いものを感じる。

7 黄金値と構造力学

黄金値と cubic spline による作図と、懸垂線がほぼ一致するなど、黄金値と構造力学とのあいだには、深い関係がありそうである。

8 おわりに

黄金値の呼び名では、多くの人の意見を取り入れて決定した。CAD 用の作図、寸法ツールが出来たことで、黄金分割がやっと設計に使えるようになったと思っている。

参考文献

- 1) 柳 亮 著：黄金分割、美術出版社、1965 初版
- 2) 橋本 和夫・富岡 昇・染谷義孝：黄金分割を設計で利用しやすくするための中間値と表示方法の提案、土木学会第 57 回次学術講演会概要集、平成 14 年 9 月

2次黄金値 計算式	gd+9	gd+8	gd+7	gd+6	gd+5	gd+4	gd+3	gd+2	gd+1	一次黄金値	相対黄金値	一次黄金値
	1rg- (-7rg)	1rg- (-5rg)	1rg- (-4rg)	1rg- (-3rg) 0rg+ (-2rg)	1rg- (-2rg) 0rg+ (-3rg)	0rg+ (-4rg)	0rg+ (-5rg)	0rg+ (-6rg)	0rg+ (-8rg)			
15gdと16gd の中間値 (2次黄金値)	1765.78	1726.85	1663.86	1561.95	1397.05	1295.14	1232.15	1193.22	1169.17	2959.00 1828.76 1130.24 698.53 431.71 266.81 164.90 101.91 62.99 38.93	1 rg 0 rg -1 rg -2 rg -3 rg -4 rg -5 rg -6 rg -7 rg	17 gd 16 gd 15 gd 14 gd 13 gd 12 gd 11 gd 10 gd 9 gd 8 gd

表.1
二次黄金値の算出

記号表示	2次黄金値		3次黄金値								2次黄金値 gd+5	一次黄金値	相対黄金値	一次黄金値
	gd+6	gd+5+9	gd+5+8	gd+5+7	gd+5+6	gd+5+5	gd+5+4	gd+5+3	gd+5+2	gd+5+1				
計算式	1rg- (-3rg) 0rg+ (-2rg)	gd+6- (-10rg)	gd+6- (-8rg)	gd+6- (-7rg)	gd+6- (-6rg) gd+5+ (-5rg)	gd+6- (-5rg) gd+5+ (-6rg)	gd+5+ (-7rg)	gd+5+ (-8rg)	gd+5+ (-9rg)	gd+5+ (-11rg)	1rg- (-2rg) 0rg+ (-3rg)			
15gd+5と15gd+6の 間の3次黄金値 BL=1000	1561.95	1552.76	1537.89	1523.02	1498.96	1460.04	1435.98	1421.11	1411.92	1402.73	1397.05	2959.00 1828.76 1130.24 698.53 431.71 266.81 164.90 101.91 62.99 38.93 24.06 14.87 9.19 5.68	1 rg 0 rg -1 rg -2 rg -3 rg -4 rg -5 rg -6 rg -7 rg -8 rg -9 rg -10 rg -11 rg	1 gd 16 gd 15 gd 14 gd 13 gd 12 gd 11 gd 10 gd 9 gd 8 gd

表.2
三次黄金値の算出