貴金属比を用いた等価時間サンプリングでの高効率波形取得条件の検討

群馬大学
佐々木 優斗、山本 修平
桑名 杏奈、小林春夫

アウトライン

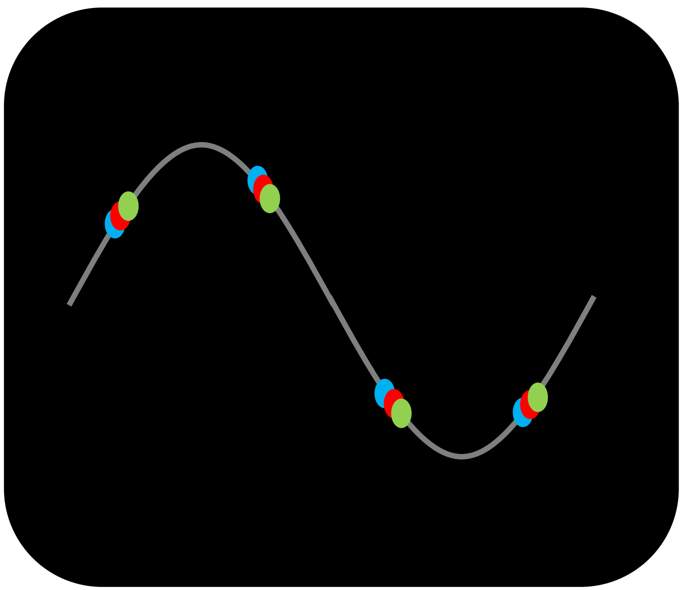
- 研究目的
- 等価時間サンプリング
- 高効率波形取得条件
  - 黄金比サンプリング
  - 貴金属比サンプリング
- まとめ

アウトライン

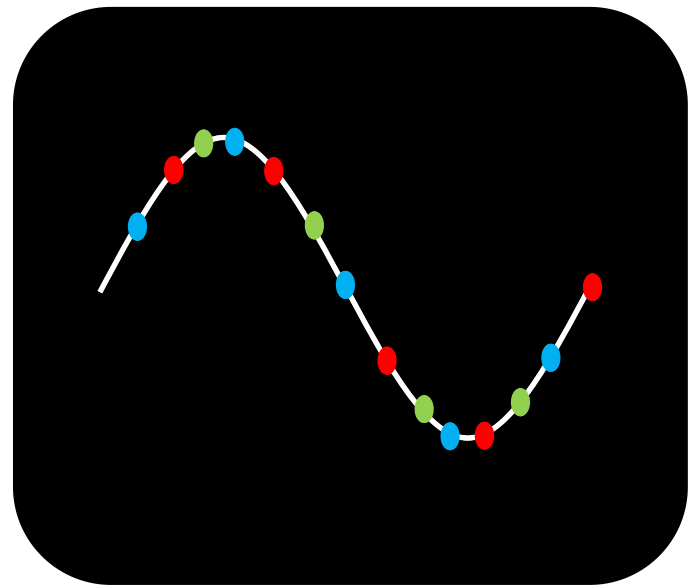
- 研究目的
- 等価時間サンプリング
- 高効率波形取得条件
  - 黄金比サンプリング
  - 貴金属比サンプリング
- まとめ

研究目的

等価時間サンプリングでの高効率波形取得



サンプリング点が局在

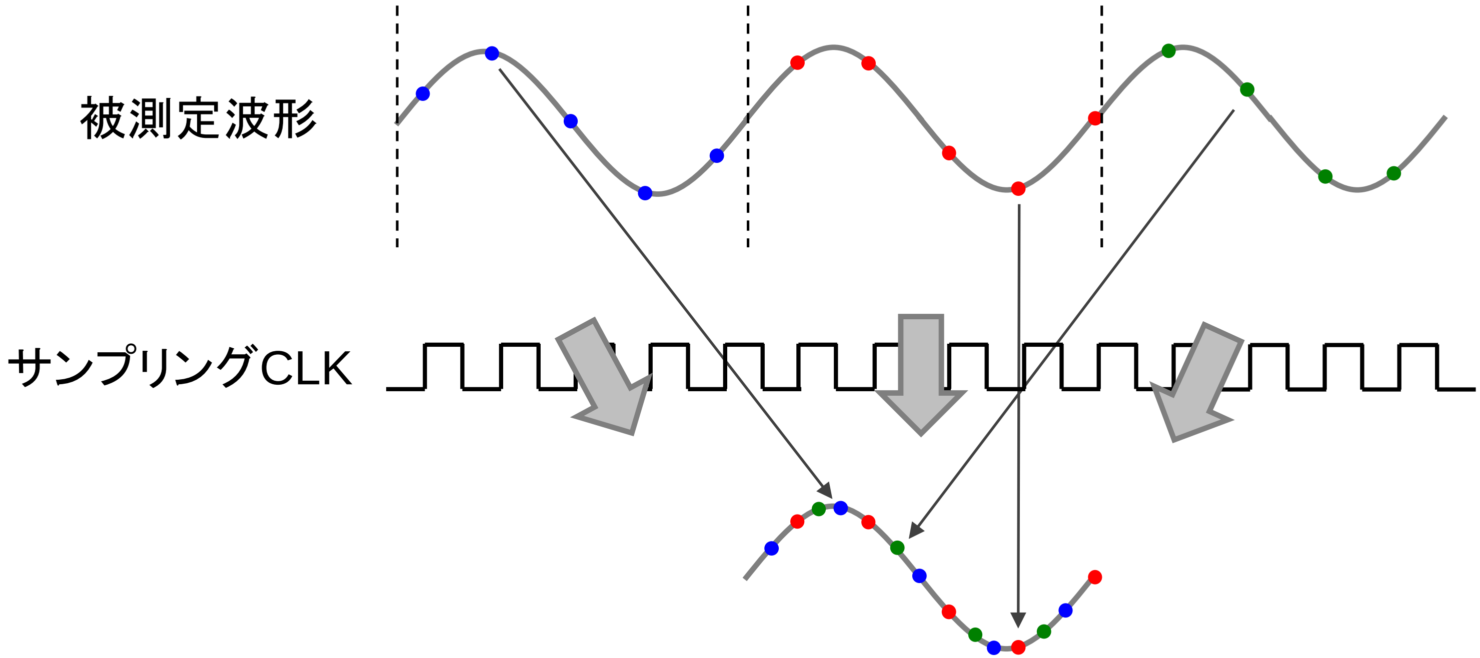


サンプリング点が分散

アウトライン

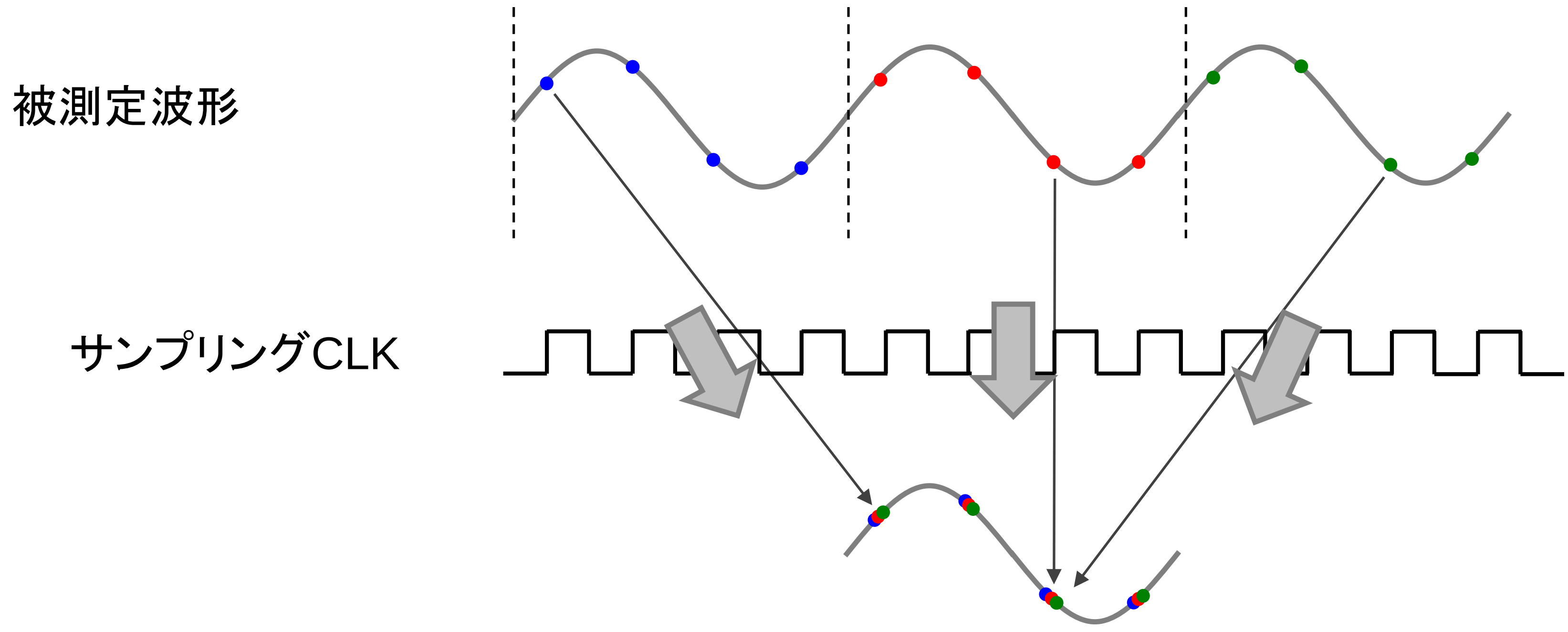
- 研究目的
- 等価時間サンプリング
- 高効率波形取得条件
  - 黄金比サンプリング
  - 貴金属比サンプリング
- まとめ

ランダム・サンプリングの原理



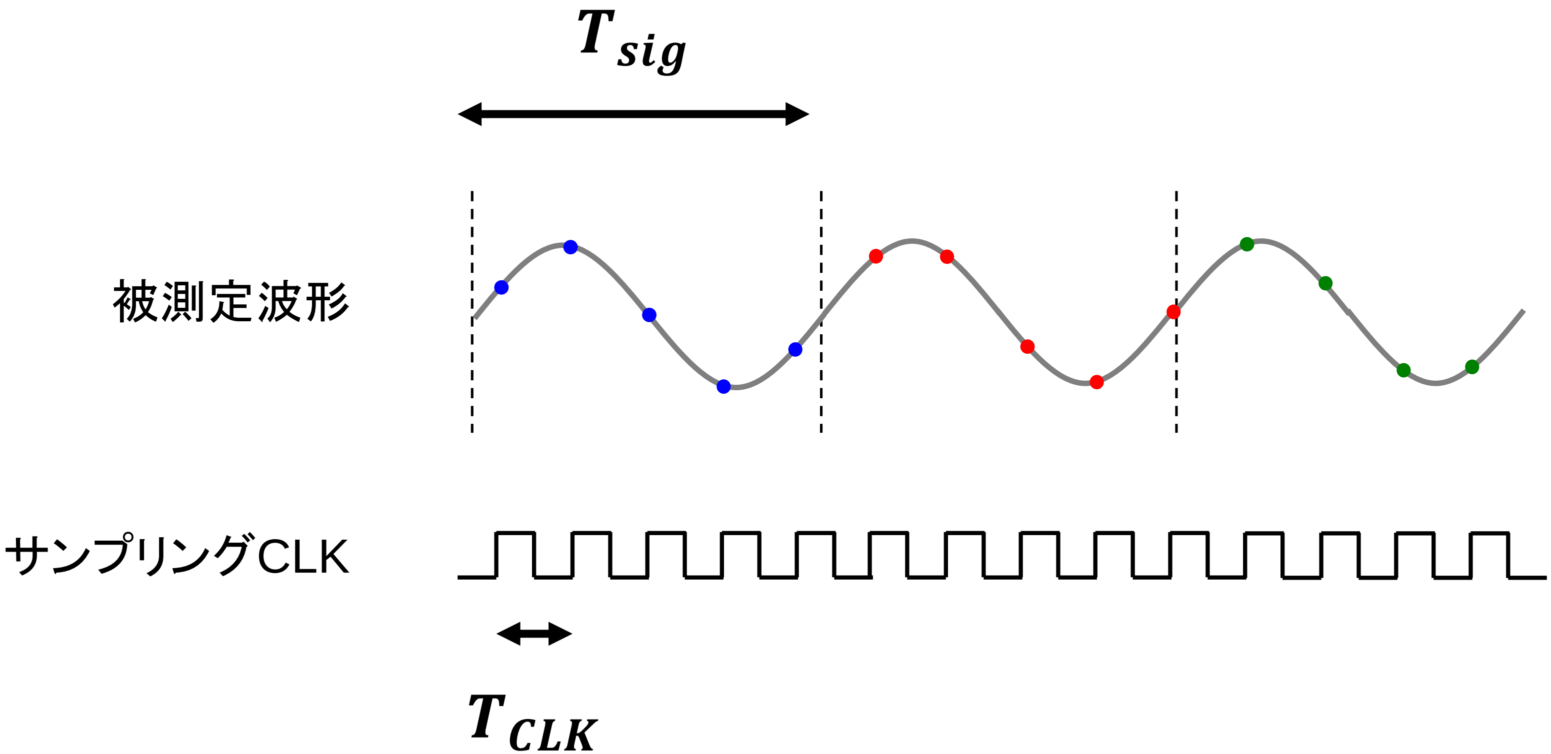
繰り返し波形を非同期CLKでサンプリング ➡ 単波形を構成

波形抜け



波形を再構成するために大量のデータが必要 ➡ 測定時間: 長

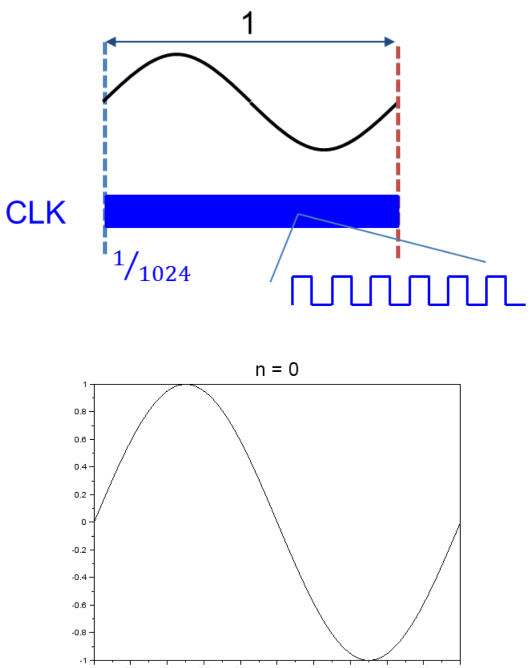
波形取得条件

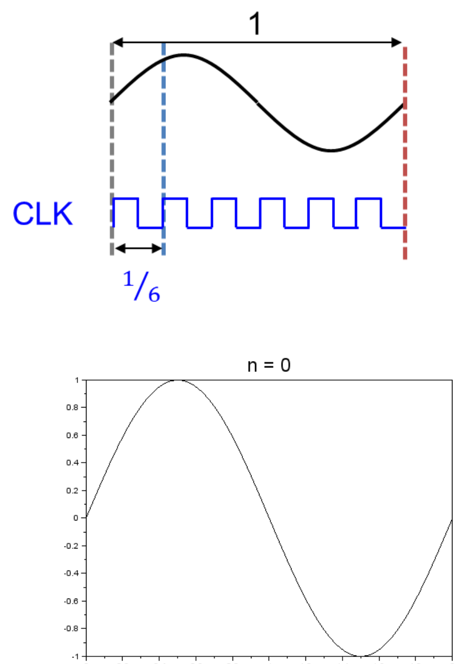


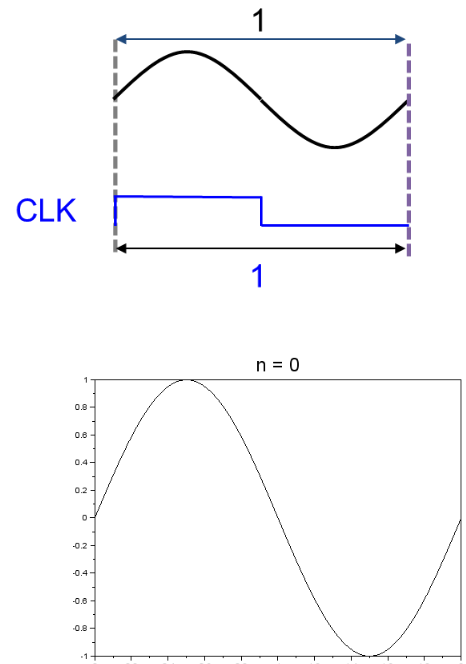
$$T_{CLK} = \boxed{?} \times T_{sig}$$

波形抜け条件（低効率）

$f_{CLK} \gg f_{sin}$ $\qquad$ $f_{CLK} \approx \frac{1}{\alpha} f_{sin} \left(\alpha = 1, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{2}{3}, \cdots, \frac{1}{6}, \cdots \right)$ $\qquad$ $f_{CLK} \approx f_{sin}$







サンプリング点が局在 ➡ 隣接するサンプリング点間の距離の比： 大

高効率条件

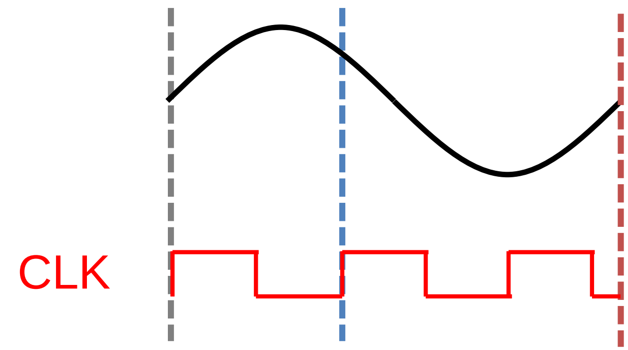
適切なCLK

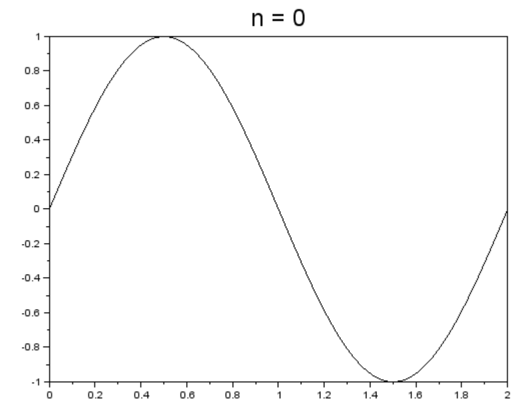
↓

サンプリング点が分散

↓

高効率





サンプリング点が分散 ➡ 隣接するサンプリング点間の距離の比： 小

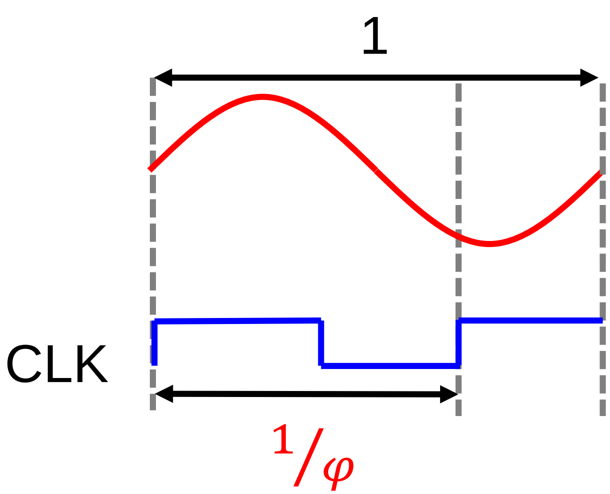
アウトライン

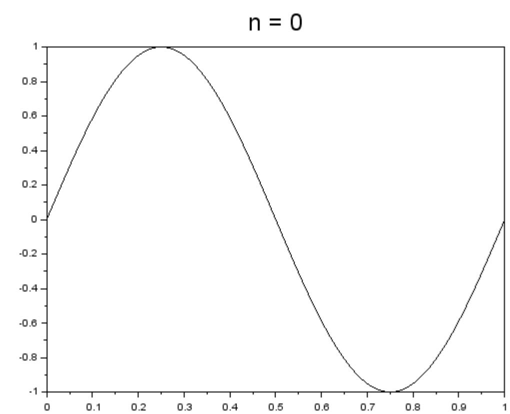
- 研究目的
- 等価時間サンプリング
- 高効率波形取得条件
  - 黄金比サンプリング
  - 貴金属比サンプリング
- まとめ

黄金比サンプリング

$$f_{CLK} = \varphi \times f_{sig}$$

φ : 黄金比 (= 1.6180339887…)

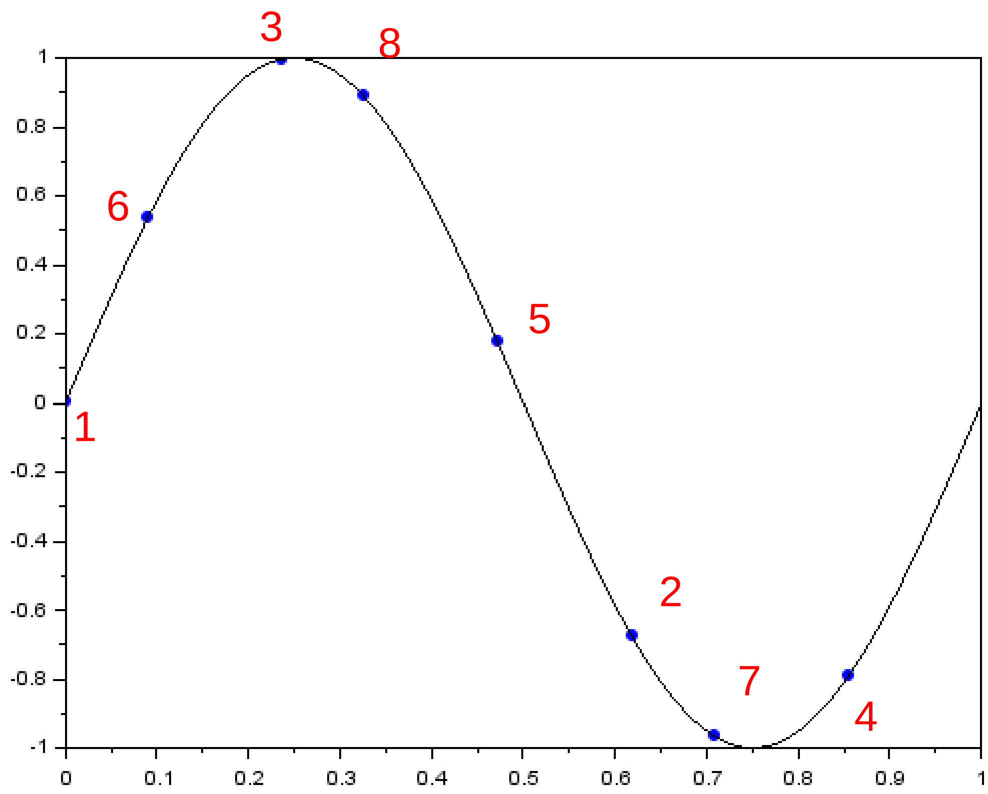




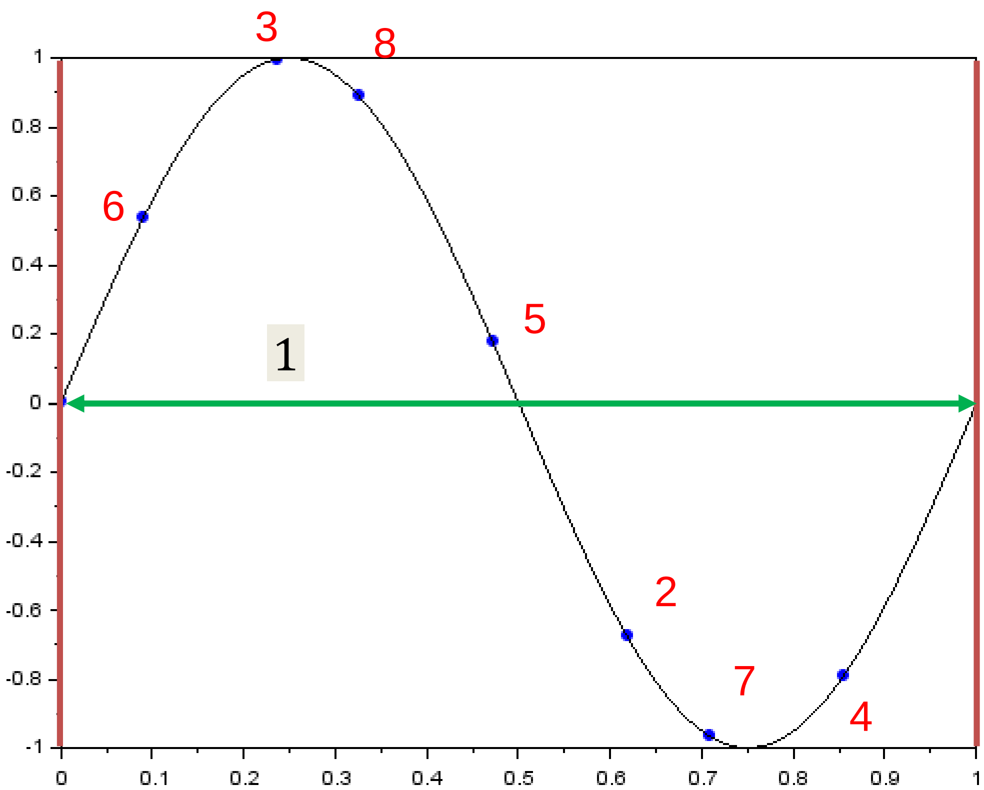
サンプリング点 ➡ 常に位相全体にまんべんなく分布

[5] Y. Sasaki, Y. Zhao, Anna Kuwana, and H. Kobayashi : “Highly Efficient Waveform Acquisition Condition in Equivalent-Time Sampling System”, 27th IEEE Asian Test Symposium, Hefei, Anhui, China (2018)

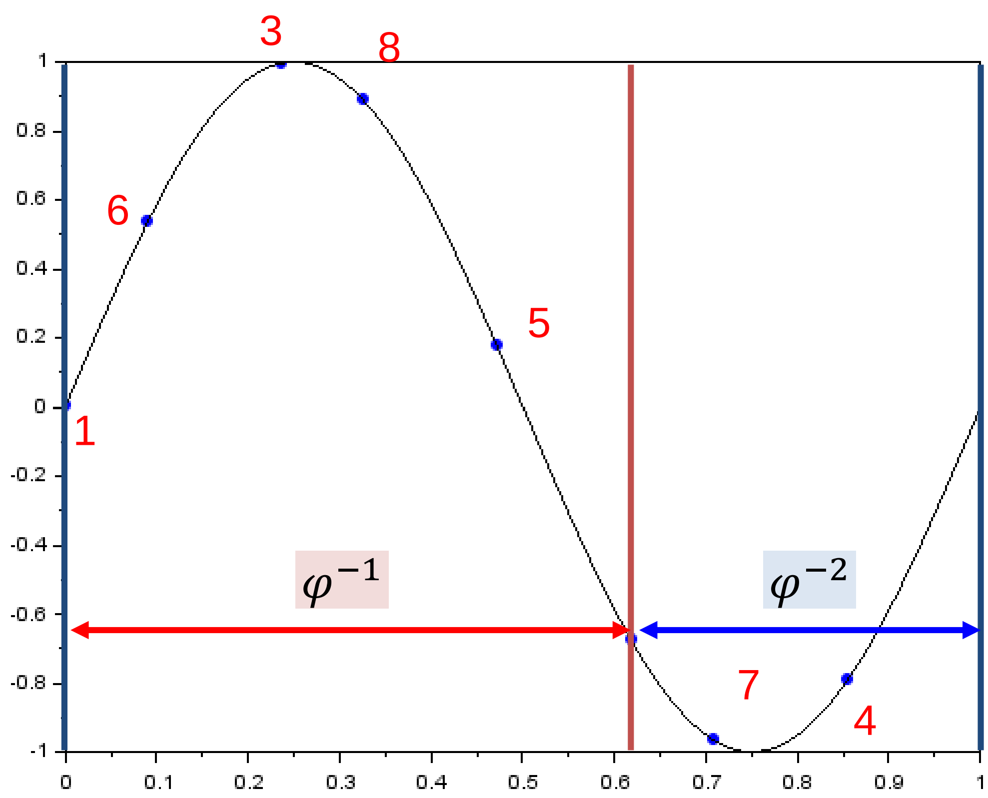
黄金比サンプリング（８点）



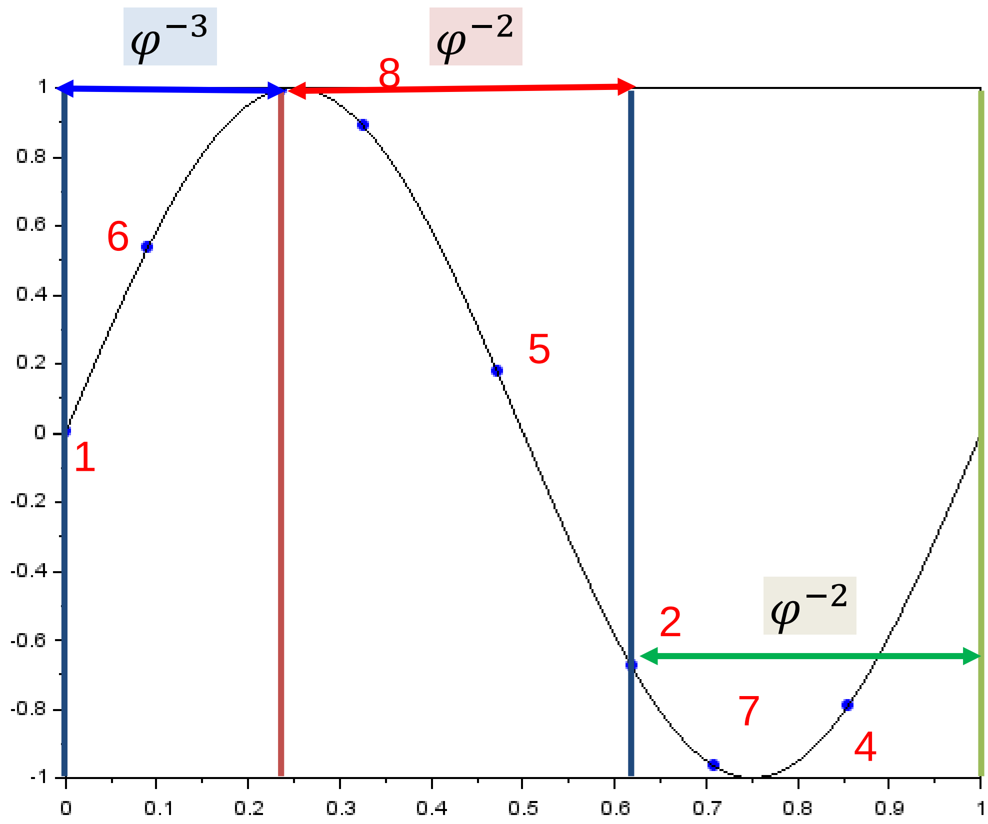
黄金比サンプリングの例（１／８）



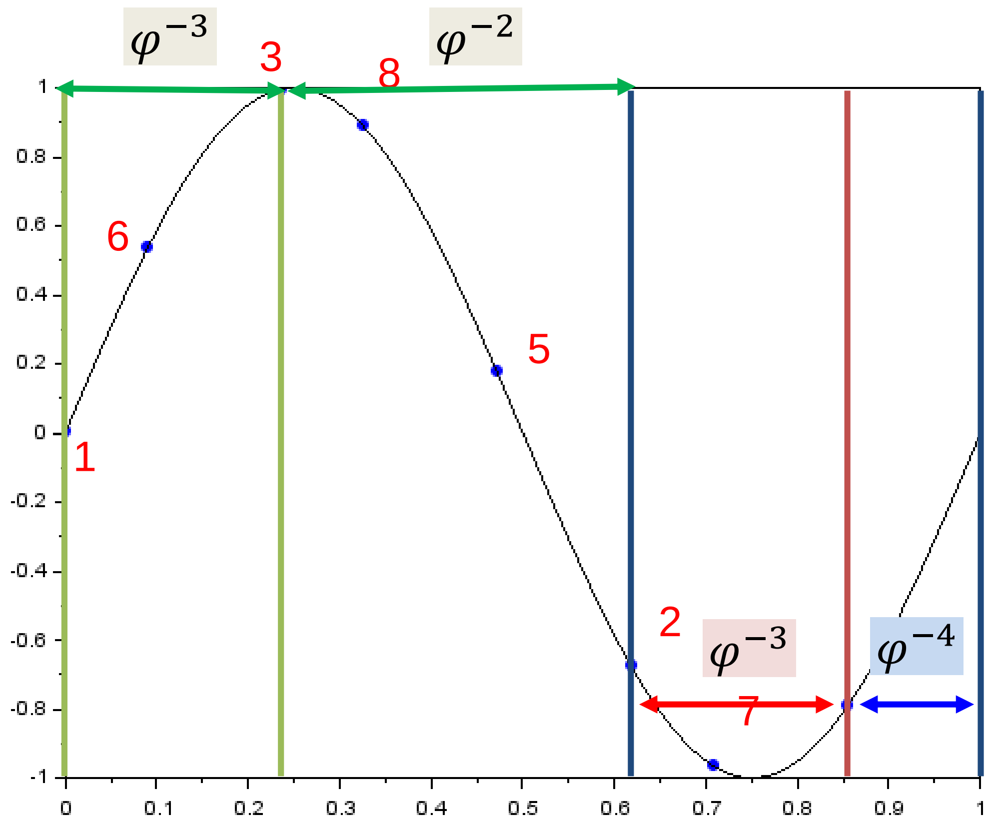
黄金比サンプリングの例（２／８）



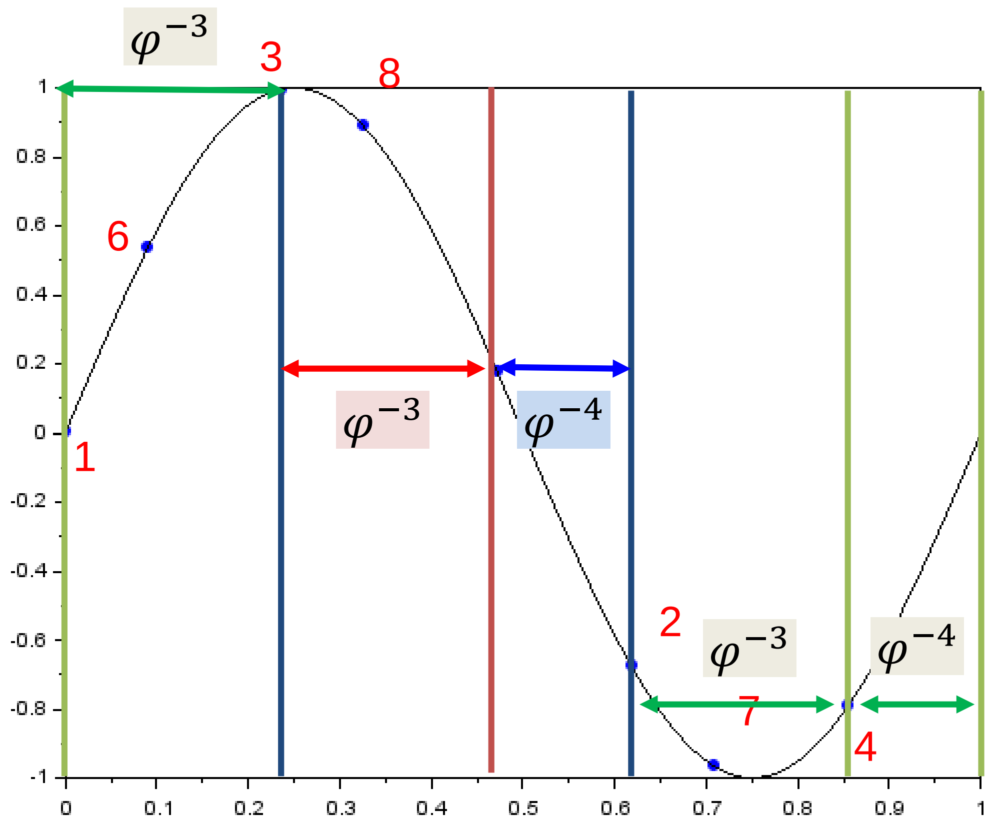
黄金比サンプリングの例（３／８）



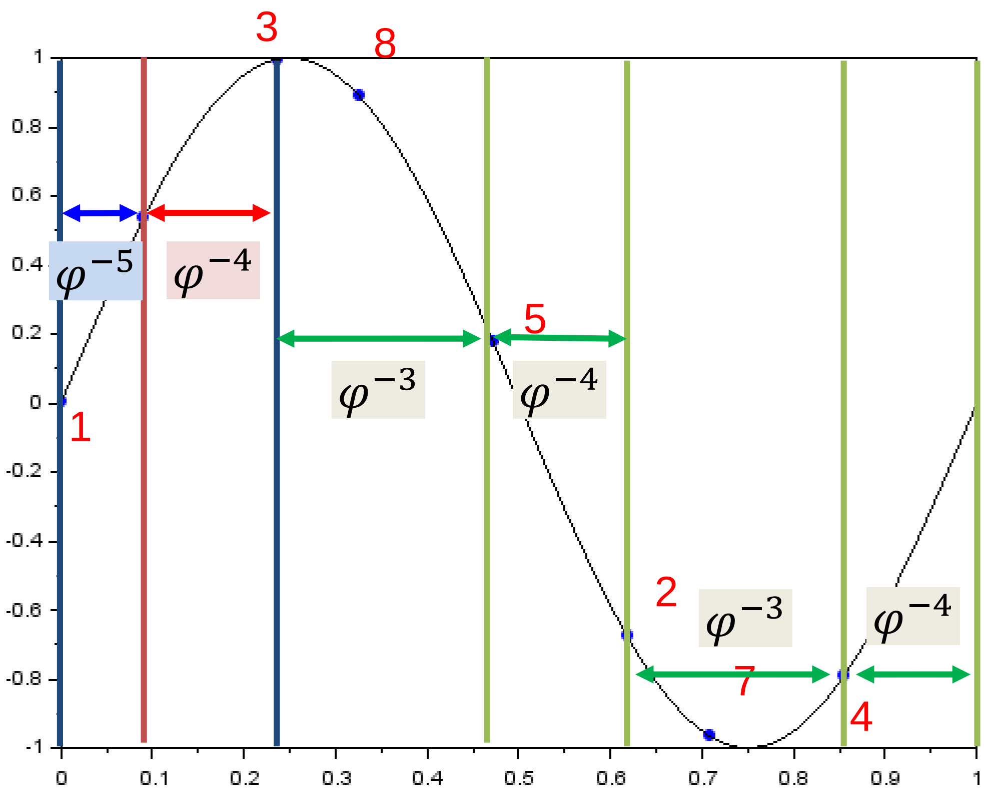
黄金比サンプリングの例（4／8）



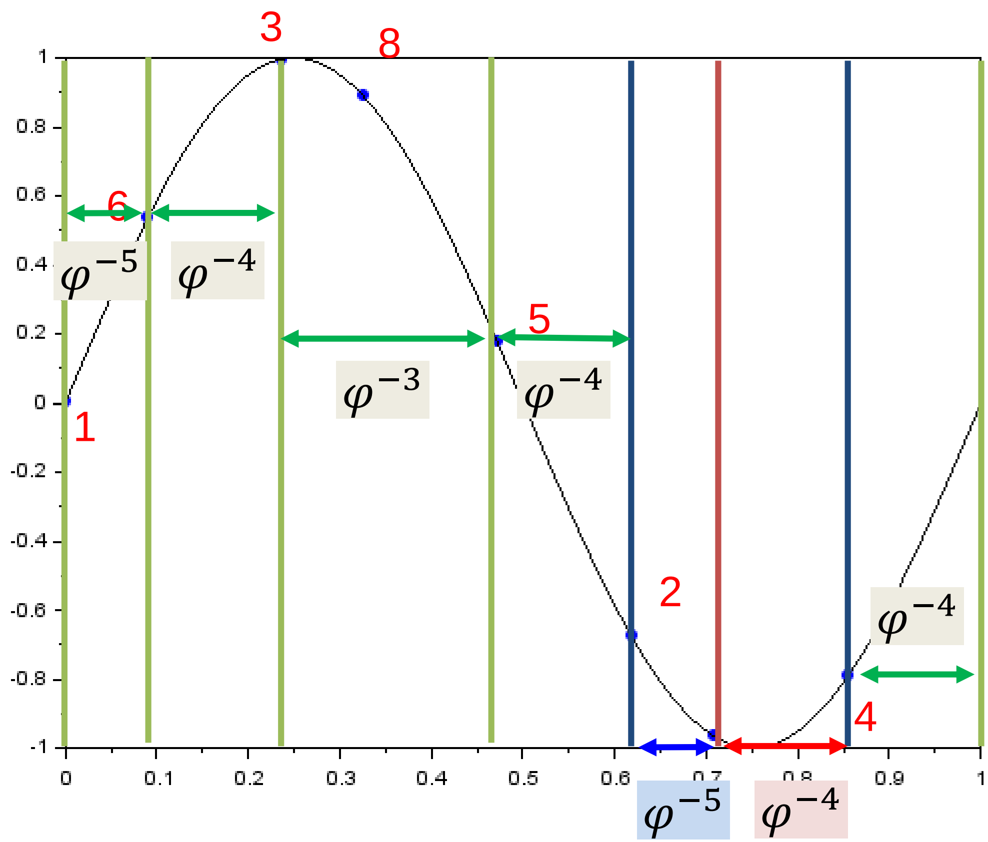
黄金比サンプリングの例（5／8）



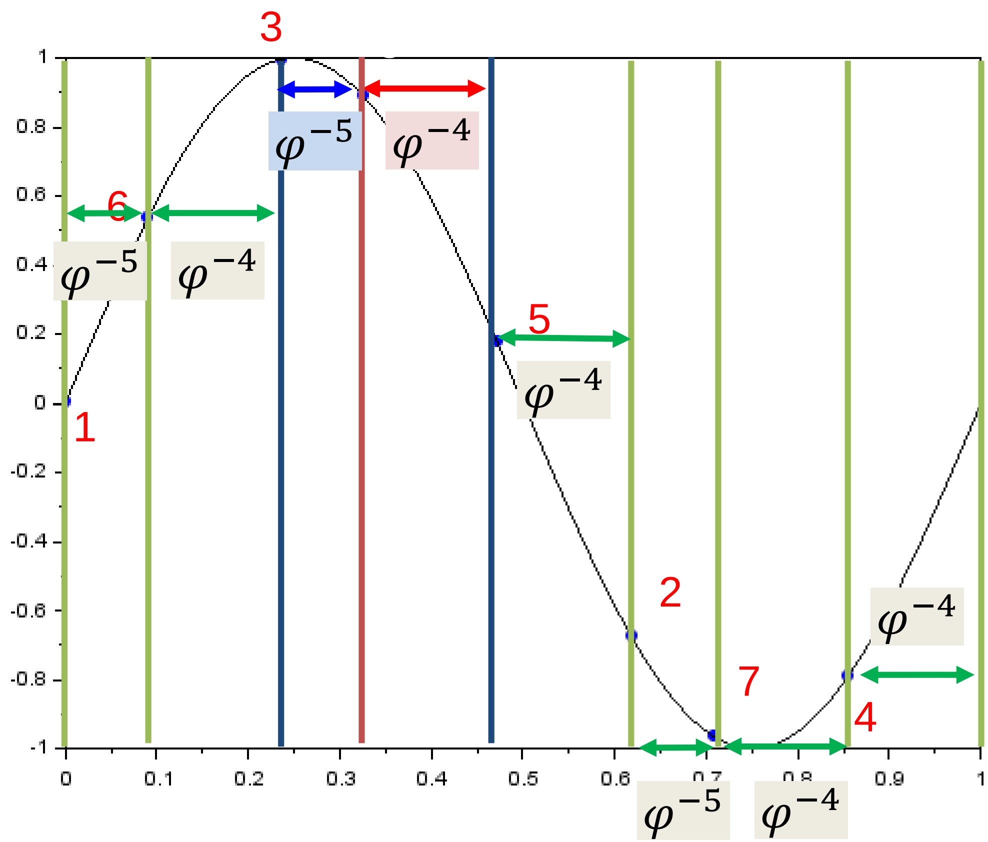
黄金比サンプリングの例（6／8）



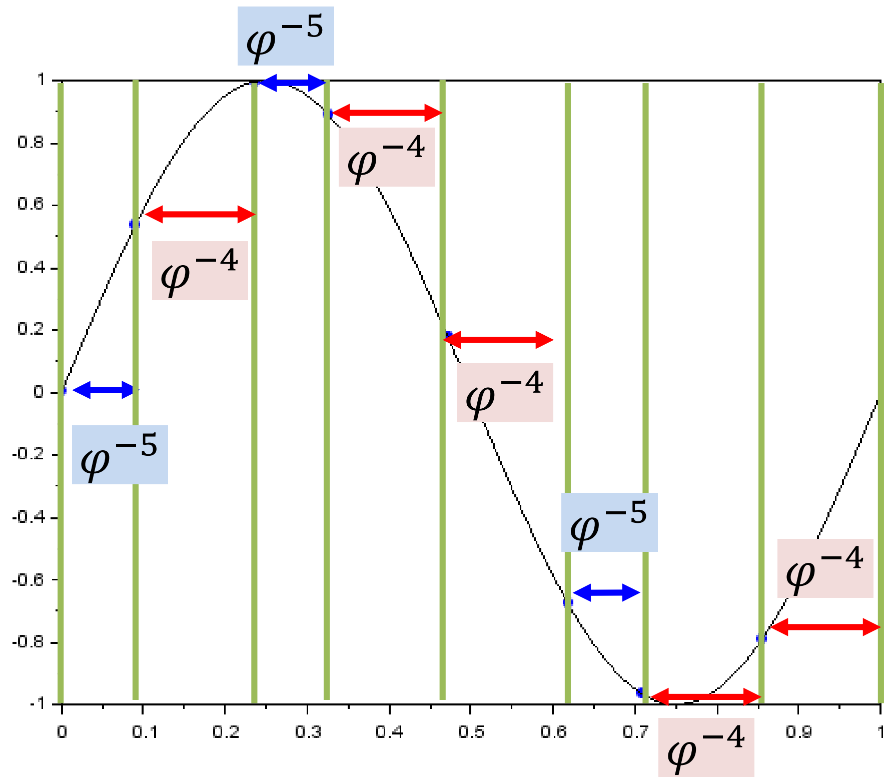
黄金比サンプリングの例（7／8）



黄金比サンプリングの例（８／８）



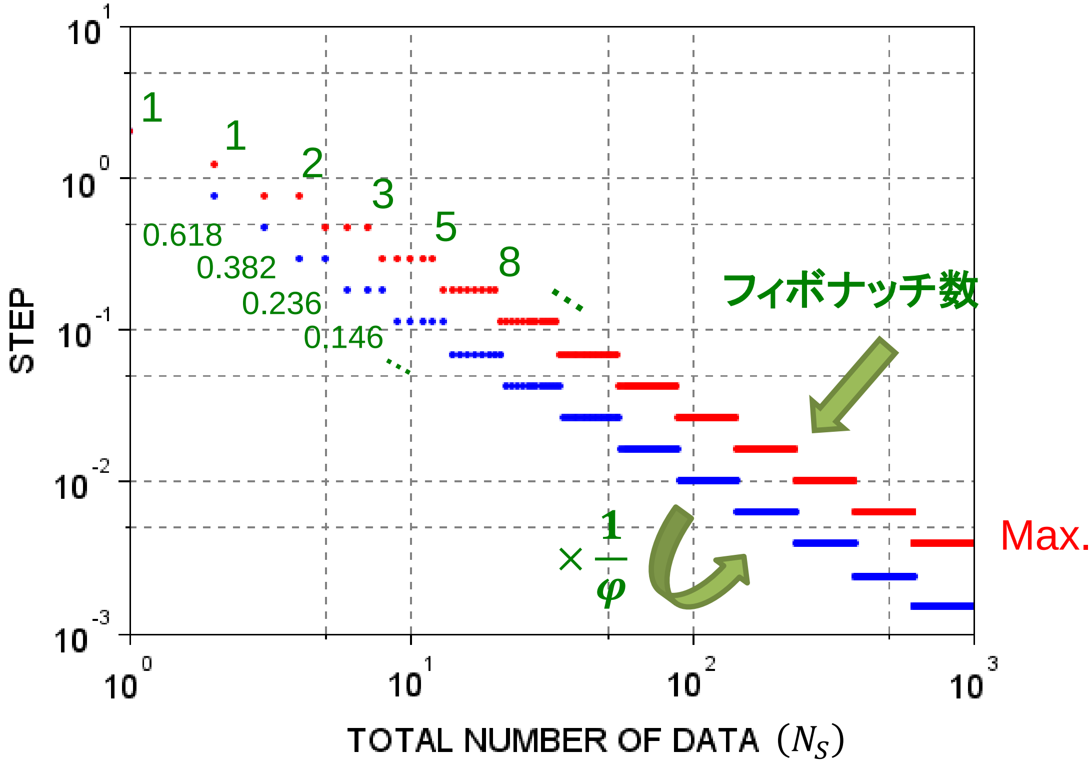
隣接点間距離（黄金比サンプリング）



最大距離／最小距離 ＝ φ または φ^2 （比が一定）

➡ サンプリング点： 近付きすぎる＆遠すぎることがない

時間分解能（黄金比サンプリング）



最大・最小距離：　フィボナッチ数毎に x 1/Φ

⇨ 時間分解能：　およそ 1 / 総サンプリング数 で向上

アウトライン

- 研究目的
- 等価時間サンプリング
- 高効率波形取得条件
  - 黄金比サンプリング
  - 貴金属比サンプリング
- まとめ

貴金属比

貴金属比

$$1:\frac{n+\sqrt{n^2+4}}{2} \qquad (n=1,2,3\cdots)$$

n＝1： 黄金比(1.6180…)

n＝2： 白銀比(2.4142…)

n＝3： 青銅比(3.3027…)

⋮

n＝m： 1：M

逆数との差が自然数

$M-\frac{1}{M}$＝自然数

連分数として表される

$$M=n+\frac{1}{n+\frac{1}{n+M}}$$

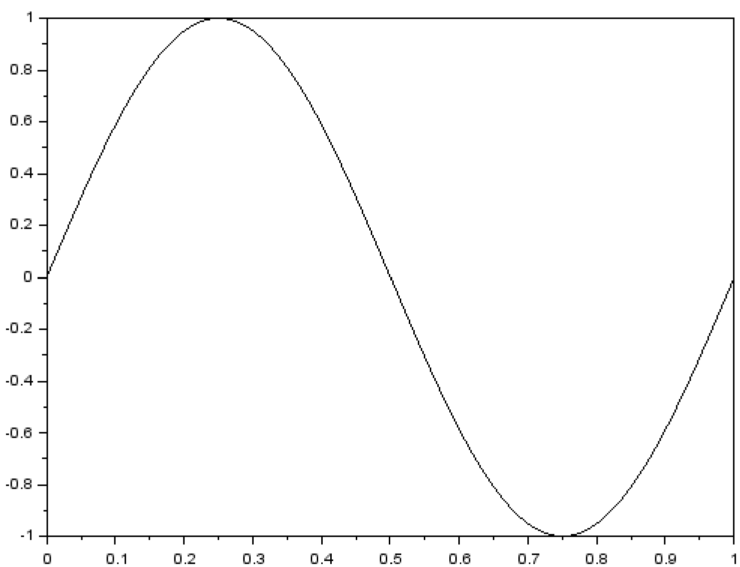
隣り合う項の比の極限が貴金属比になる数列がある

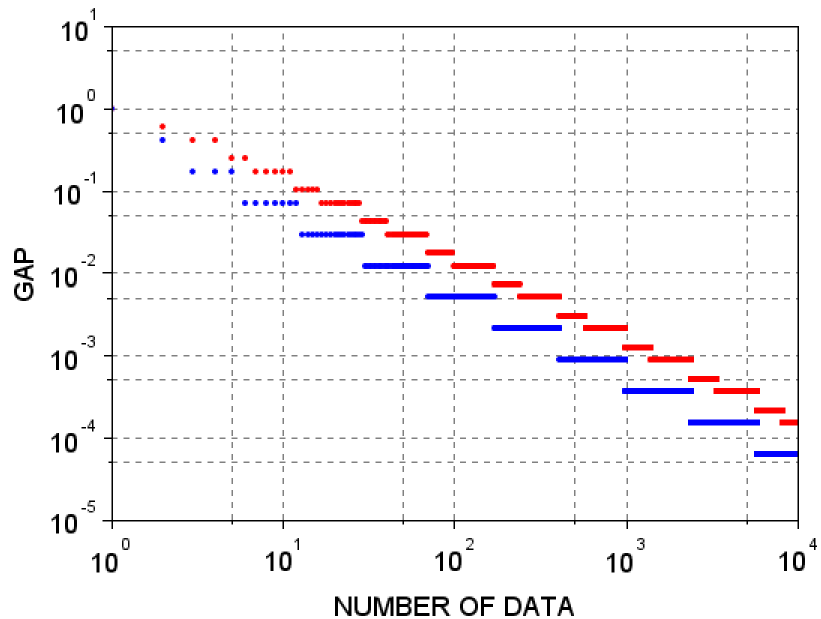
$$F_0, F_1=1, F_{n+2}=nF_{n+1}+F_n$$

白銀比サンプリング

$$f_{CLK} = \left(1 + \sqrt{2}\right) \times f_{sig}$$

n = 0

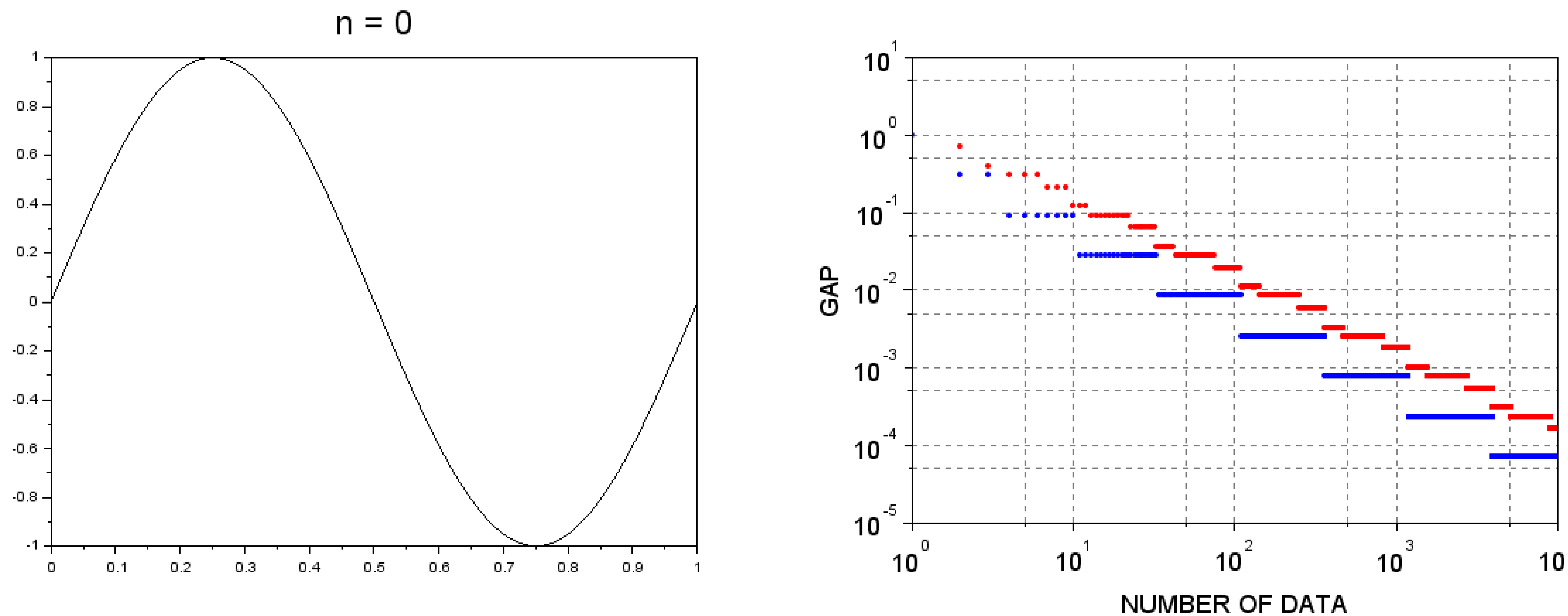




最大距離／最小距離 $= 2+\sqrt{2},\ 1+\sqrt{2},\ \sqrt{2}$

青銅比サンプリング

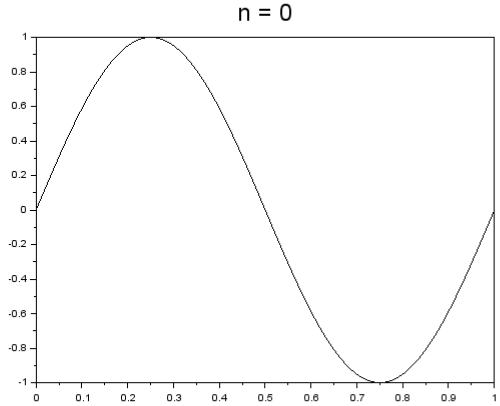
$$f_{CLK} = \left(\frac{1+\sqrt{13}}{2}\right) \times f_{sig}$$



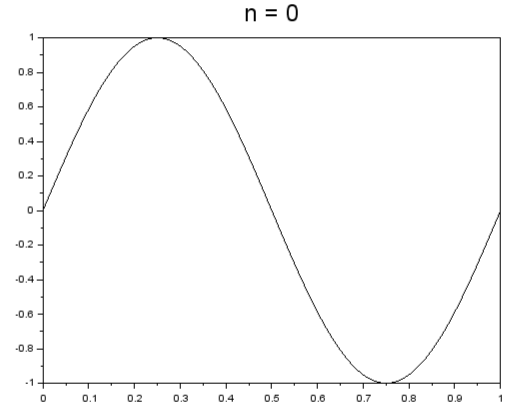
最大距離／最小距離 $= \frac{5+\sqrt{13}}{2}, \frac{3+\sqrt{13}}{2}, \frac{1+\sqrt{13}}{2}, \frac{\sqrt{13}-1}{2}$

貴金属比サンプリングの比較

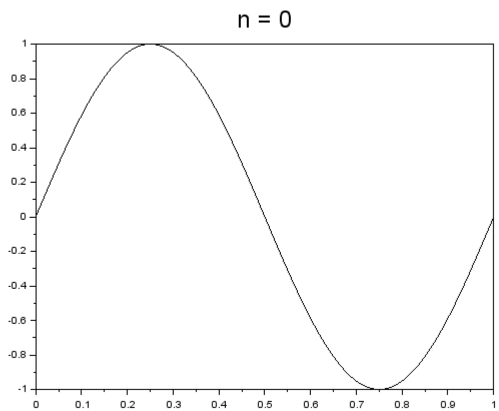
黄金比（1:1.6180…）



白銀比（1:2.414…）



青銅比（1:3.3027…）



第n貴金属比

- n → 小
  - 最大距離／最小距離： 小
  - サンプリング速度： 低速

- n → 大
  - 最大距離／最小距離： 大
  - サンプリング速度： 高速

アウトライン

- 研究目的
- 等価時間サンプリング
- 高効率波形取得条件
  - 黄金比サンプリング
  - 貴金属比サンプリング
- まとめ

まとめ

等価時間サンプリングでの高効率波形取得条件を検討

- 黄金比サンプリング（$f_{CLK} = \varphi \times f_{sig}$）
  - 効率:　最高
  - サンプリング速度:　低速

- 貴金属比サンプリング（$f_{CLK} = \frac{n+\sqrt{n^2+4}}{2} \times f_{sig}$）
  - 効率:　良
  - サンプリング速度:　高速