

進捗報告

1 今週やったこと

- CMA-ES の後にネルダーミード法をする最適化の実験
- ネルダーミード法の後に CMA-ES をする最適化の実装

2 CMA-ES の後にネルダーミード法をする最適化の実験

以下の 2 種類の実験をした。

- 実験 1: CMA-ES を用いて最適化をし、制約違反を満たす最初の解をネルダーミード法の初期解として代入する。
- 実験 2: CMA-ES を用いて最適化をし、最終世代の解をネルダーミード法の初期解として代入する。

2.1 実験設定

表 1 に、実験 1, 2 におけるネルダーミード法の実験設定を示す。

表 1: ネルダーミード法の実験設定

変化しない場合の許容回数	4000
変化とみなす閾値	10^{-11}
最大操作数	無限
α	1.0
γ	2.0
ρ	0.5
σ	0.5

x の初期位置は 0 から 1 のランダムな実数とする。

2.1.1 評価関数と制約違反

取り扱うベンチマーク問題では制約違反を考慮する必要があり、今実験ではその許容量を 1.0×10^{-10} とす

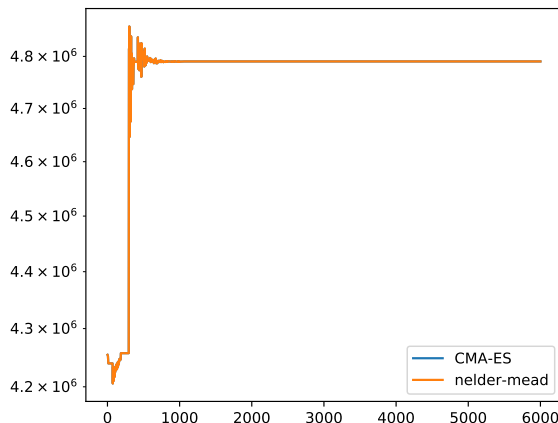


図 1: 目的関数値の推移

る。また、制約違反の合計値 V を用いて式 1 のようにネルダーミード法の目的関数 F を定義する。

$$F(x) = \begin{cases} f(x) & (V < 1.0 \times 10^{-10}) \\ V + 10^7 & (otherwise) \end{cases} \quad (1)$$

ただし、ベンチマークの目的関数を f とする。

表 2 に、実験 1, 2 における CMA-ES の実験設定を示す。

表 2: CMA-ES の実験設定

最大世代数	6000
入力次元数	120
1 世代あたりの個体数 λ	1200
μ	600
$\sigma^{(0)}$	0.05
$\mathbf{m}^{(0)}$	(5,...,5)

2.2 実験 1

図 1 に結果として得られた目的関数の推移を示す。縦軸は目的関数値、横軸は世代数または操作回数である。3005 世代からネルダーミード法による最適化がされたが、図 1 を見る限り CMA-ES とネルダーミード法には

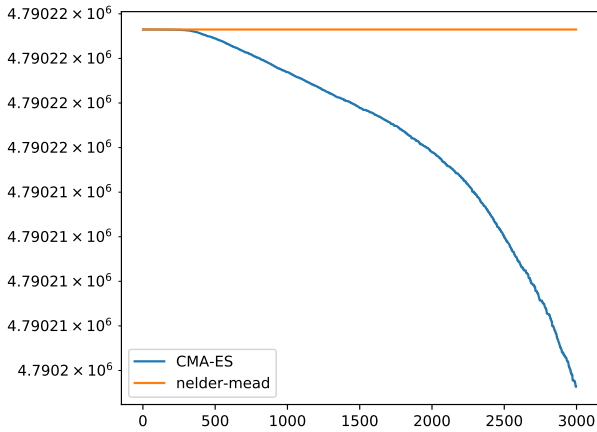


図 2: 目的関数値の推移

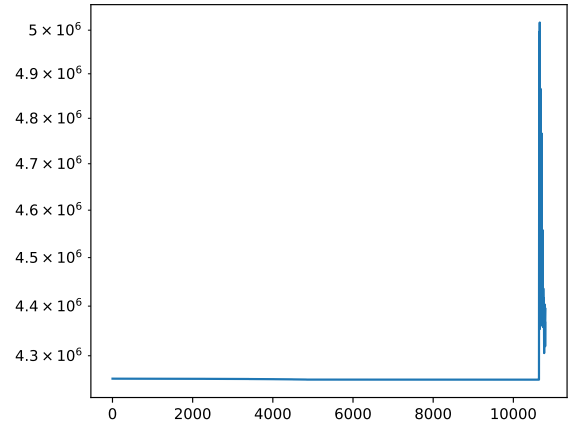


図 4: 目的関数値の推移

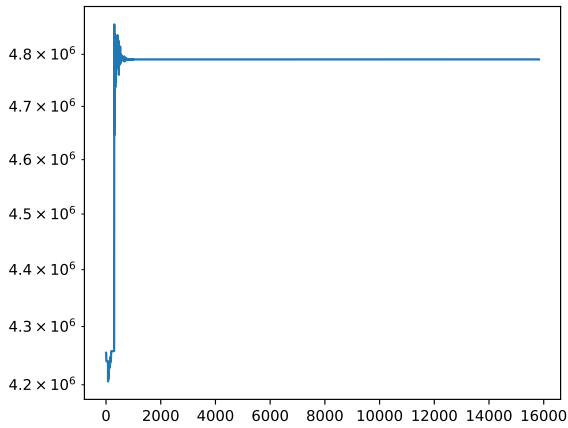


図 3: 目的関数値の推移

ほとんど違いがない。ここで、図 2 に 3005 世代以降の目的関数値の推移を示す。縦軸は目的関数値、横軸は世代数または操作回数である。図 2 より、CMA-ES の方がネルダーミード法より目的関数を最適化できていることがわかる。

2.3 実験 2

図 3 に結果として得られた目的関数の推移を示す。縦軸は目的関数値、横軸は世代数と操作回数である。図 3 より、CMA-ES の結果を用いたネルダーミード法は目的関数をほとんど最適化できていないことがわかる。

3 ネルダーミード法後に CMA-ES をする最適化の実装

上記と同様の設定でネルダーミード法から CMA-ES をする実装をした。ネルダーミード法における最後の λ 回の試行から得られた λ 個の \mathbf{x} を CMA-ES の初期個体群として代入した。図 4 に実装したコードでの目的関数値の推移を示す。縦軸は目的関数値、横軸は操作回数および世代数である。横軸の最後から 6000 世代が CMA-ES による最適化である。図 4 より、CMA-ES の前半、中盤がかなり停滞している。これはネルダーミード法から得た初期個体群の個体がほとんど似たような解であるためであると考えられる。

CMA-ES の数世代ごとにネルダーミード法を挟むという手法も試してみたが、やはりネルダーミード法の後の CMA-ES の最適化がうまくいかなかった。ネルダーミード法から得る CMA-ES の初期個体群に何か工夫が必要であると考えた。

4 CMA-ES の目的関数値と制約違反

図 5, 6 に CMA-ES を用いたベンチマーク問題の最適化の目的関数値の推移と制約違反の合計値の推移を示す。図 5 の縦軸は目的関数値、図 6 の縦軸は制約違反の合計値、横軸は世代数である。制約違反の合計値は許容量以下となったら 0 としている。

5 今後の展望

CMA-ES を用いてベンチマーク問題の制約違反を優先して最適化をすると、目的関数値が約 480 万に落ち着いた。既存の見つかっている解の目的関数値が約 400 万であることを考えると、一つの局所解にたどり着き抜け出せなくなっている可能性が高い。したがって、ある程度制約違反を許しながら目的関数の最適化をするという方法が考えられる。

さらに CMA-ES のパラメータの調整や、他のバリエーションの CMA-ES も用いてアプローチしたいと考えている。

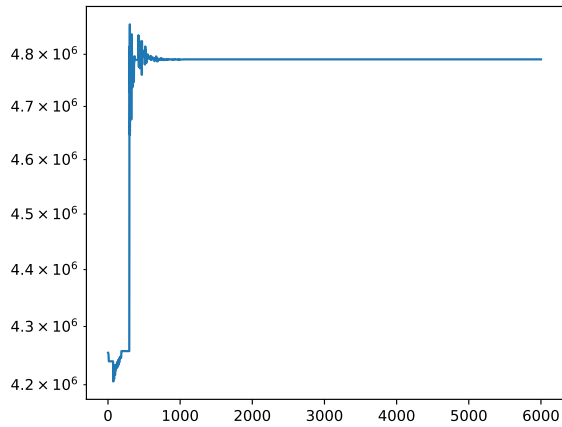


図 5: 目的関数値の推移

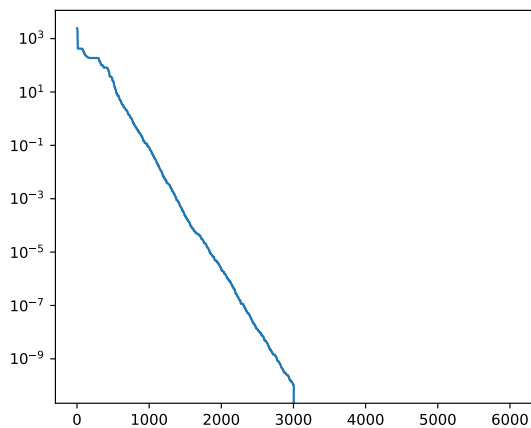


図 6: 制約違反の合計値の推移