

進捗報告

1 CMA-ES

CMA-ES とは、進化型計算（EC）の一種である。悪スケール性や変数間依存といった最適化を困難にする特徴を持つ実数最適化問題に有力なアルゴリズムである。

2 サロゲートモデル

サロゲートモデルとは、数値シミュレーションを行う代わりに、ニューラルネットワークなどで現象を予測するなど代替の方法を用いることで計算結果を近似的により早く求めるようなモデルである。CMA-ES は強力であるが、これを用いるのはその計算の際に膨大な時間がかかる。また、エネルギープラントのような様々な制約条件を満たすような最適解は探索が困難である。そこで、この探索の際に一部の作業を置き換えることによって作業の時間短縮を目的とする。また、問題ごとに様々な制約条件があるが、それを満たすように初期探索解を調整することによって実行可能解を見つけるまでのスピードを速める。

3 問題設定

ガスタービン一台、ボイラー一台、ターボ式冷凍機一台、蒸気吸収式冷凍機二台の 5 つの機器からなる 24 時刻運用問題である。120 次元の変数 x が存在するが、24 時刻としてそれぞれ 5 つの機器の熱生成量及びガス消費量を表すためである。以下の表 1 に変数説明を表す。

表 1: 変数説明

変数	変数の定義域	変数の意味
x_t	1.5～5.0	ターボ式冷凍機の熱生成量
x_{s1}	4.5～15.0	蒸気吸収式冷凍機 1 の熱生成量
x_{s2}	4.5～15.0	蒸気吸収式冷凍機 2 の熱生成量
x_g	0～	ガスタービンのガス消費量
x_b	0～	ボイラーのガス消費量

なお、変数の定義域は動かした場合のものであり、停止している場合は当然 0 となる。

3.1 CMA-ES アルゴリズム (Deap/cma) を用いて実行可能解の探索の手法

Deap の cma には Strategy, StrategyOnePlusLambda, StrategyMultiObjective が存在するため、単目的最適化及び多目的最適化を行うことが考えられる。

単目的最適化の場合 (Strategy) は元の問題の目的関数を F 、違反関数合計値を V 、ペナルティ関数の重み ρ とすると、deap 上での目的関数 F' は次の式で表される。

$$F' = F + \rho V$$

多目的最適化の場合は (StrategyOnePlusLambda, StrategyMultiObjective) は目的関数 F 、違反関数合計値 V の二個を目的関数ととらえ多目的最適化を行えばよい。

今回は単目的最適化である Strategy を使い実験を行った。

3.2 CMA-ES での実行可能解の探索

CMA-ES を用いて実行可能解を見つけられるか実験した。なお、実験パラメータは表 2 の通りである。そのため、0 という値及びそれぞれの範囲での連続値をとるため、探索を困難にしている。

表 2: 実験パラメータ

パラメータ	値
centroid	5
N	120
NGEN_MAX	3242
seed	128
λ	2400
ρ	1e+12

図 7, 8, 9 にそれぞれ目的関数と制約違反関数と y 軸が片対数の制約違反関数の遷移を示す.

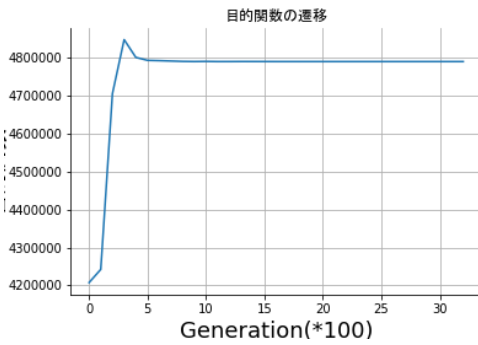


図 1: 目的関数

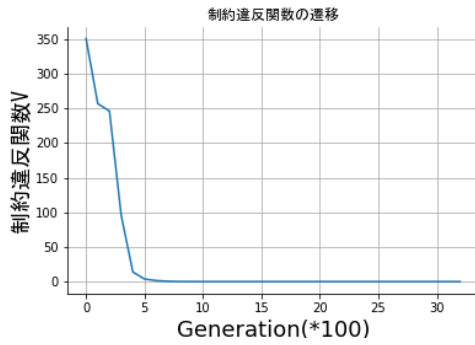


図 2: 制約違反関数

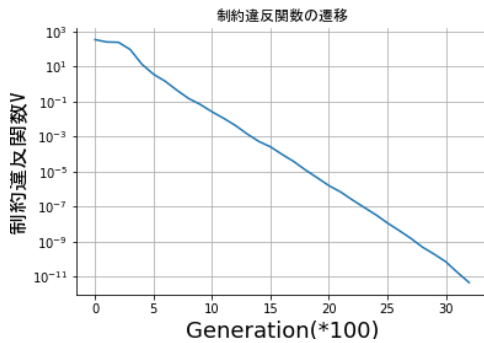


図 3: 制約違反関数

CMA-ES で見つけた実行可能解と既知の可能解を比較すると, 既知解が部分的に機器を停止・起動させていたのに対し, CMA-ES の解は x_g が全ての範囲で 0 となり, ガスタービンを常に動かさず, ほかの 4 機器は常に動いているモデルとなってしまった.

表 3: 実験結果

手法	目的関数値	制約違反合計
CMA-ES	4787932.943	3.65e-12
既知解	3999635.845	6.43e-12

また, $\rho = 1e+10$, $\rho = 1e+08$ としたモデルは以下の図 4~図 9 のようになった.

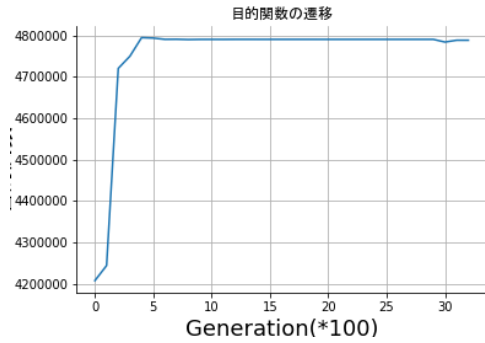


図 4: 目的関数, $\rho = 1e+10$

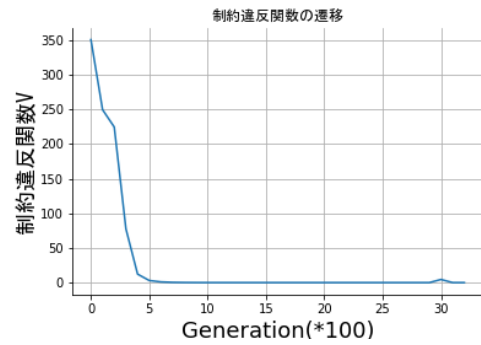


図 5: 制約違反関数, $\rho = 1e+10$

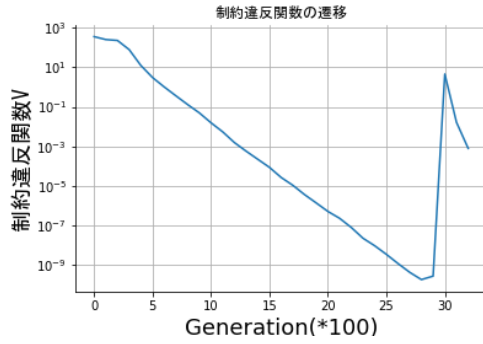


図 6: 制約違反関数, $\rho = 1e+10$

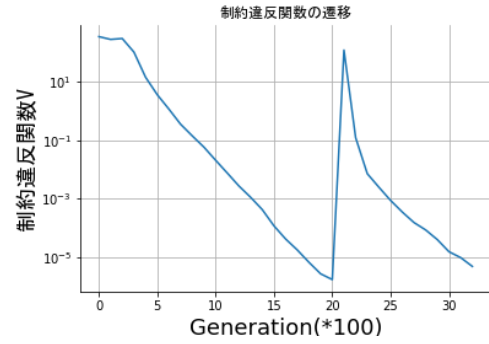


図 9: 制約違反関数, $\rho = 1e+08$

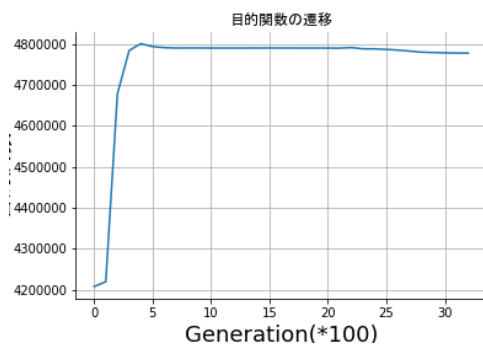


図 7: 目的関数, $\rho = 1e+08$

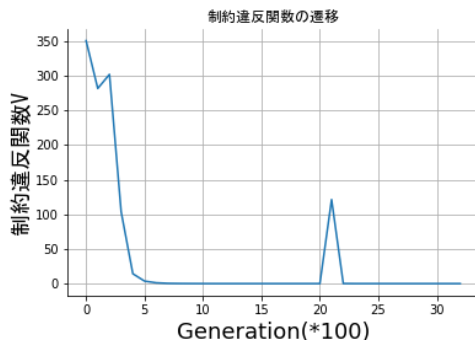


図 8: 制約違反関数, $\rho = 1e+08$

これらの図から ρ を上手く調整すれば制約違反ぎりぎりで見つけれられる可能性があるが、一方で制約違反を満たさない可能性もある。

4 次回までに行うこと

- 制約条件に対して柔軟に機器を動かすことを考慮した探索を行うことができるサロゲートモデルの構築

参考文献

- [1] 塚田健斗. CMA-ES に基づく適応度景観推定型進化型計算の提案. 大阪府立大学修士論文. (2017).
- [2] 長谷川拓. 進化型計算を用いた汎用的フレームワークに関する研究. 大阪府立大学博士論文. (2018).