

MOON²

MOONとは^{2・} Multi Objective Optimizer with value function model by Neural Net 略してMOON²。コンセプトは意思決定者(DM)に負担をかけず、選好解を効率よく求める多目的最適化手法を目指しています。

負担をかけず
効率よく 一対比較とニューラルネットワークで価値関数を同定
 従来の数理計画法を使用

以下に本解法の大まかな流れを示す。詳細は[ここ](#)。また、システム構成図は[ここ](#)。
MOON²の歴史は[ここ](#)。

使用する

実際に自分で問題を入力し、選好解を求め、問題を解決してみる。

デモ1

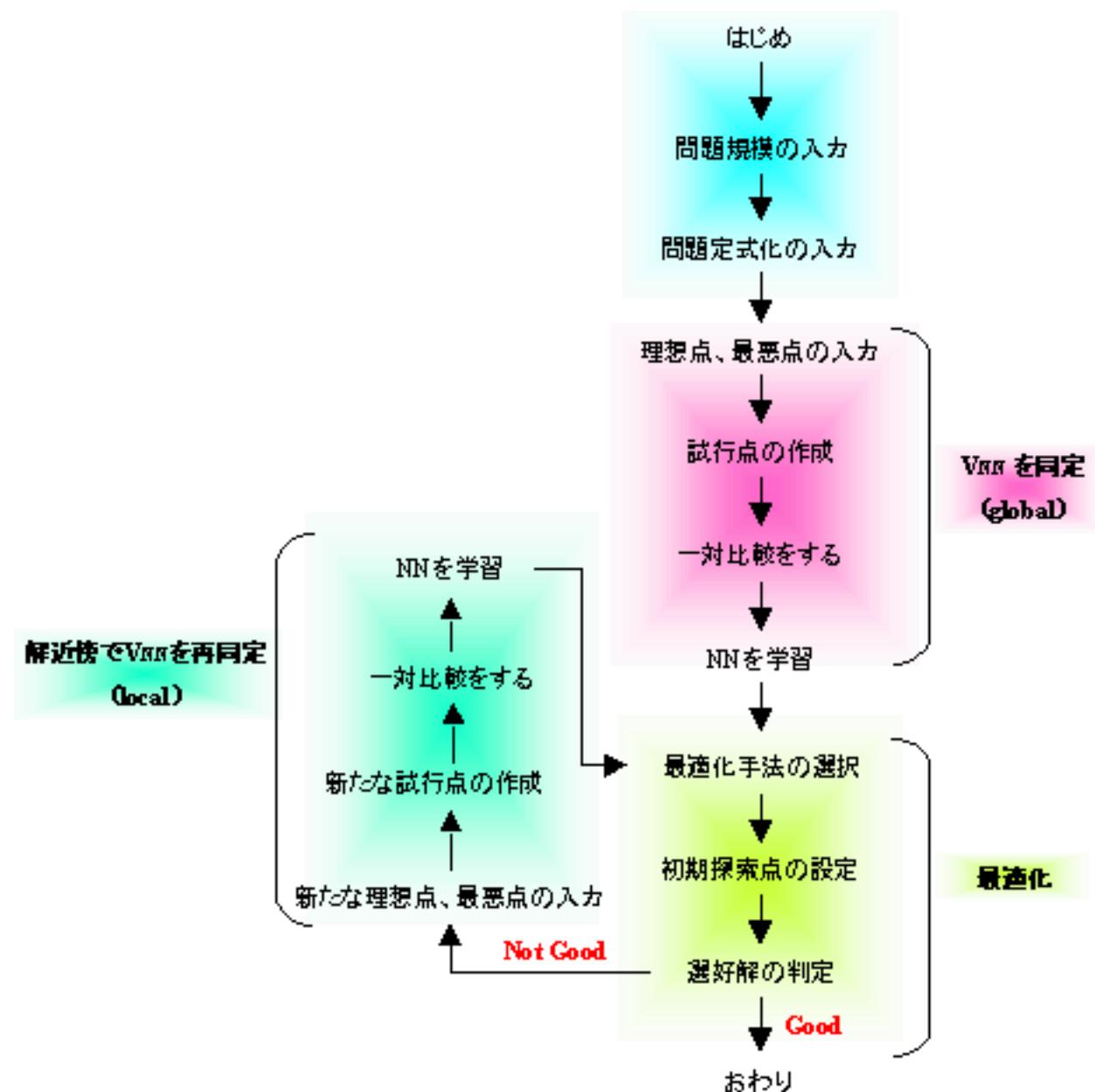
軸の設計問題における多目的最適化問題を例題として、本アプリケーションの流れを体験。[クリックだけでok](#)

デモ2

三目的多目的最適化問題を例題として、本アプリケーションの流れを体験。[クリックだけでok](#)

デモ3

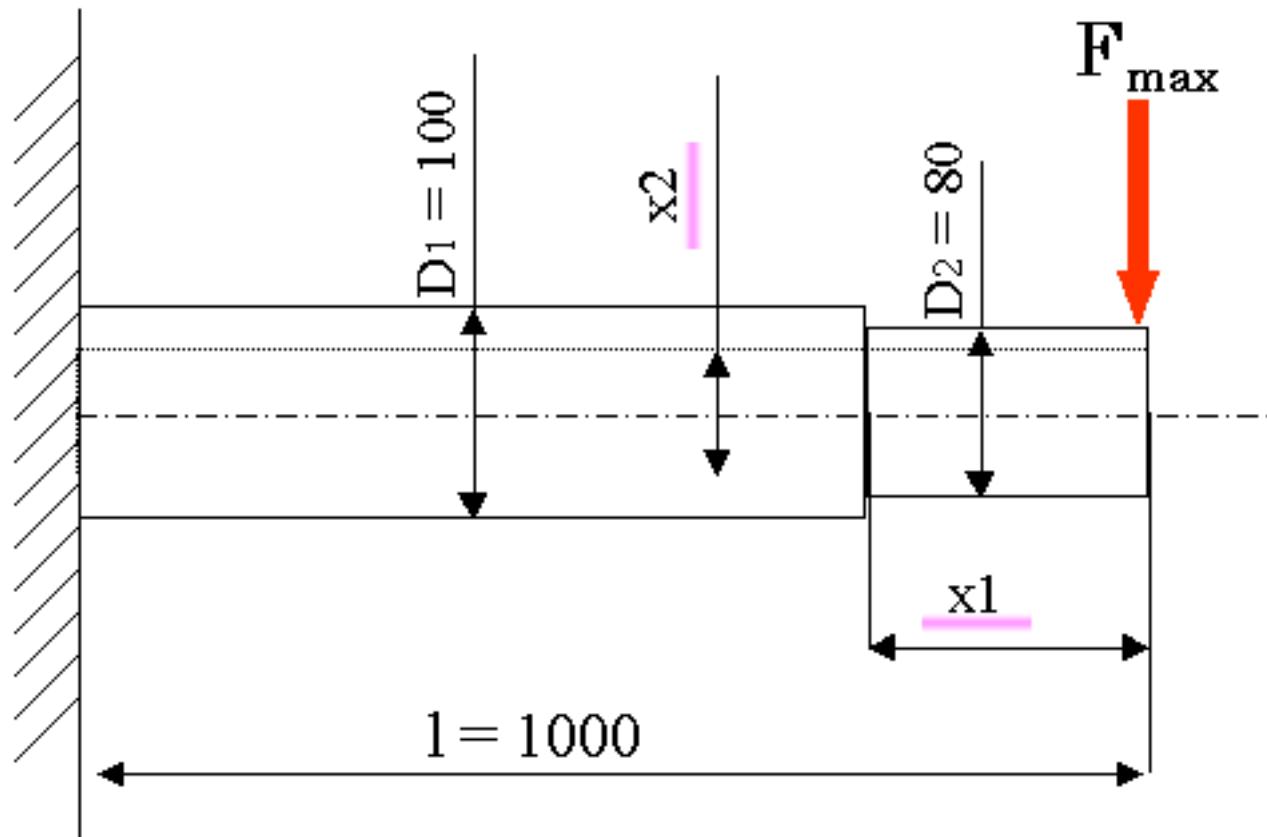
廃棄物の立地問題を解いた例を示します。[クリックだけでok](#)
(作成中…)



多目的最適化問題

問題

下図に示す中空の丸棒の設計条件が以下のように与えられているとする。「許容曲げ応力 $g=180\text{N/mm}$ 、最大荷重 $F_{\max}=12000\text{N}$ 、丸棒の内径 x_2 は 40mm 以上、先端部の長さ x_1 は x_2 の 5 倍とする。」この下で重量（ボリューム）が小さく（ f_1 ）、かつ静的コンプライアンスも小さく（ f_2 ）なるように x_1 と x_2 を決定せよ。ただしヤング率は $E=206\text{kN/mm}^2$ とする。



この問題は以下のように定式化される。

$$\text{Min } \mathbf{F}(\mathbf{x}) = \begin{bmatrix} f_1(\mathbf{x}) = \frac{\pi}{4} \left[x_1 \left(D_2^2 - x_2^2 \right) + (l - x_1) \left(D_1^2 - x_2^2 \right) \right] \\ f_2(\mathbf{x}) = \frac{64}{3\pi E} \left[\left(\frac{1}{D_2^4 - x_2^4} - \frac{1}{D_1^4 - x_1^4} \right) x_1^3 + \frac{l^3}{D_1^4 - x_1^4} \right] \end{bmatrix}$$

subject to

$$g_1(\mathbf{x}) \equiv 180 - \frac{9.78 \times 10^6 x_1}{4.096 \times 10^7 - x_2^4} \geq 0$$

$$g_2(\mathbf{x}) \equiv 75.2 - x_2 \geq 0$$

$$g_3(\mathbf{x}) \equiv x_3 - 40 \geq 0$$

$$g_4(\mathbf{x}) \equiv x_1 \geq 0$$

$$h_1(\mathbf{x}) \equiv x_1 - 5x_2 = 0$$

上記の問題の規模は以下のように入力する。

- 目的関数の数
- 決定変数の数
- 不等号制約条件の数
- 等号制約条件の数

[最初のページに戻る](#)

多目的最適化問題の定式化1

- 目的関数の数 2
- 決定変数の数 2
- 不等号制約条件の数 4
- 等号制約条件の数 1

上記の問題規模でよろしいですか？

Yes を押して下さい

[最初のページに戻る](#)

多目的最適化問題の定式化2

ここでは、目的関数、制約式を入力します。
入力の形式は [Fortran](#) 形式でお願いします。

注意 : Fortranでは指数は “**” で表します。なお、組み込み関数を用いてもok
数字はすべて小数点を用いて記入して下さい。 ex) 1 1.0 0 0.0
決定変数はX(1),X(2),,X(3),…として下さい。

- 目的関数

- 目的関数 f1 $f_1(\mathbf{x}) = 0.785 \left[x_1 \left(6400 - x_2^2 \right) + (1000 - x_1) \left(10000 - x_2^2 \right) \right]$
Min Max

f1=

- 目的関数 f2 $f_2(\mathbf{x}) = 3.2985 \times 10^{-5} \left[\left(\frac{1}{4.096 \times 10^7 - x_2^4} - \frac{1}{10^8 - x_2^4} \right) x_1^3 + \frac{10^9}{10^8 - x_1^4} \right]$
Min Max

f2=

- 決定変数

- 決定変数 X(1)
- 決定変数 X(2)

- 不等号制約条件

- 不等号制約条件 g1

$$g_1(\mathbf{x}) = 180 - \frac{9.78 \times 10^6 x_1}{4.096 \times 10^7 - x_2^4} \geq 0$$

0

- 不等号制約条件 g2

$$g_2(\mathbf{x}) = 75.2 - x_2 \geq 0$$

0

- 不等号制約条件 g3

$$g_3(\mathbf{x}) = x_3 - 40 \geq 0$$

0

- 不等号制約条件 g4
 $g_4(\mathbf{x}) \equiv x_1 \geq 0$

0

- 等号制約条件

- 等号制約条件 h1
 $h_1(\mathbf{x}) \equiv x_1 - 5x_2 = 0$
g5

0

Submitを押して下さい。

[最初のページに戻る](#)

多目的最適化問題の定式化2

ここでは入力した式などの確認を行います。

- 目的関数

- 目的関数 $f1 = 0.785 * (X(1) * (6400.0 - X(2)^{**2}) + (1000.0 - X(1)) * (10000.0 - X(2)^{**2}))$
- 目的関数 $f2 = 3.298 * 10^{**}(-5.0) * ((1.0 / (4.096 * 10.0^{**}7.0 - X(2)^{**4.0})) - 1.0 / (10.0^{**}8.0 - X(2)^{**4.0})) * X(1)^{**3.0} + (10.0^{**}9.0) / (10.0^{**}8.0 - X(2)^{**4.0}))$

- 決定変数

- 決定変数 $x1$
- 決定変数 $x2$

- 不等号制約条件

- 不等号制約条件 $g1 = -(180.0 - (9.78 * 10^{**}6 * X(1)) / (4.096 * 10^{**}7 - X(2)^{**4}))$
- 不等号制約条件 $g2 = -(75.2 - X(2))$
- 不等号制約条件 $g3 = -(X(2) - 40.0)$
- 不等号制約条件 $g4 = -(X(1))$

- 等号制約条件

- 等号制約条件 $h1 = X(1) - 5.0 * X(2)$

上記の問題規模でよろしいですか？
カッコの対応は大丈夫ですか？ 演算子は正しいですか？

Yesを押して下さい。

[最初のページに戻る](#)

意思決定者の価値構造を同定する 1

ここでは意思決定者が考える理想的な代替案と最悪な代替案の設定をします。

- 代替案の理想値 F_{uto}

- f1=
- f2=

- 代替案の最悪値 F_{had}

- f1=
- f2=

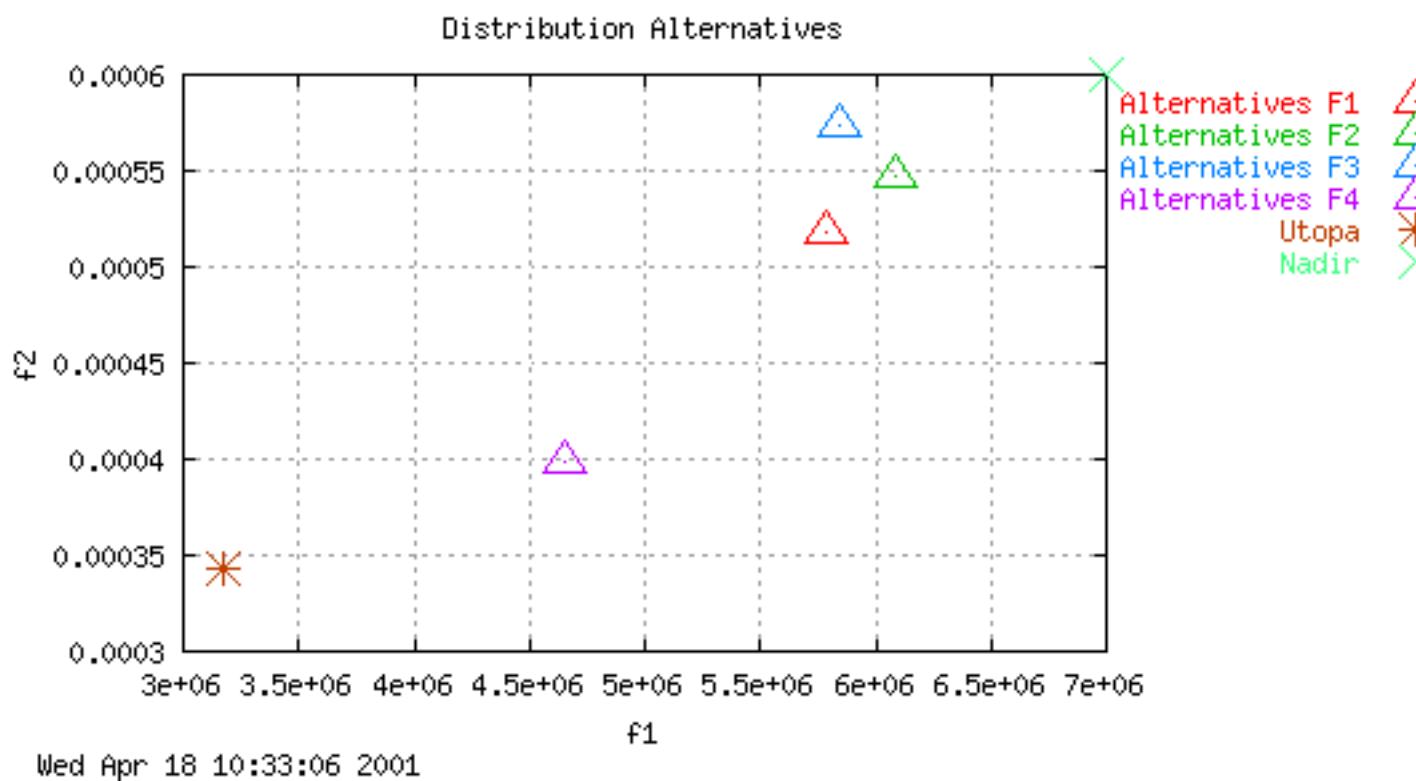
Submitを押して下さい。

[最初のページに戻る](#)

意思決定者の価値構造を同定する 2

ここでは、これから一対比較を行う際に用いる試行点とその分布を示し、納得しなければ”更新”を押し、再度試行点を作成する。作成される試行点は先ほど設定した理想点と最悪点の二点間の乱数を用いることで試行点を作成している。(詳細な作成方法は[ここ](#))

- 代替案1 F_1
 - $f1=5.78150E+06$
 - $f2=5.18142E-04$
- 代替案の理想値 F_{uto}
 - $f1= 3170000$
 - $f2= 0.000343$
- 代替案の最悪値 F_{nad}
 - $f1= 7000000$
 - $f2= 0.0006$
- 代替案2 F_2
 - $f1=6.08534E+06$
 - $f2=5.47624E-04$
- 代替案3 F_3
 - $f1=5.84205E+06$
 - $f2=5.73130E-04$
- 代替案4 F_4
 - $f1=4.65645E+06$
 - $f2=3.98850E-04$



上記の試行点を用いて一対比較しますか？

Yesを押して下さい。

意思決定者の価値構造を同定する 3

一対比較その1

ここでは、一対比較を行いニューラルネットワークの教師データを作成する。
ボックスに印を付けることにより、一対比較を行う。

極めて良い 非常に良い かなり良い やや良い	代替案の理想値 F_{uto} o f1= 3170000 o f2= 0.000343	VS	代替案の最悪点 F_{nad} o f1= 7000000 o f2= 0.0006	極めて良い 非常に良い かなり良い やや良い
---	--	-----------	--	---

同じくらい良い

極めて良い 非常に良い かなり良い やや良い	代替案の理想値 F_{uto} o f1= 3170000 o f2= 0.000343	VS	代替案 1 F_1 o f1= 5.78150E+06 o f2= 5.18142E-04	極めて良い 非常に良い かなり良い やや良い
---	--	-----------	---	---

同じくらい良い

極めて良い 非常に良い かなり良い やや良い	代替案の理想値 F_{uto} o f1= 3170000 o f2= 0.000343	VS	代替案 2 F_2 o f1= 6.08534E+06 o f2= 5.47624E-04	極めて良い 非常に良い かなり良い やや良い
---	--	-----------	---	---

同じくらい良い

極めて良い 非常に良い かなり良い やや良い	代替案の理想値 F_{uto} o f1= 3170000 o f2= 0.000343	VS	代替案 3 F_3 o f1= 5.84205E+06 o f2= 5.73130E-04	極めて良い 非常に良い かなり良い やや良い
---	--	-----------	---	---

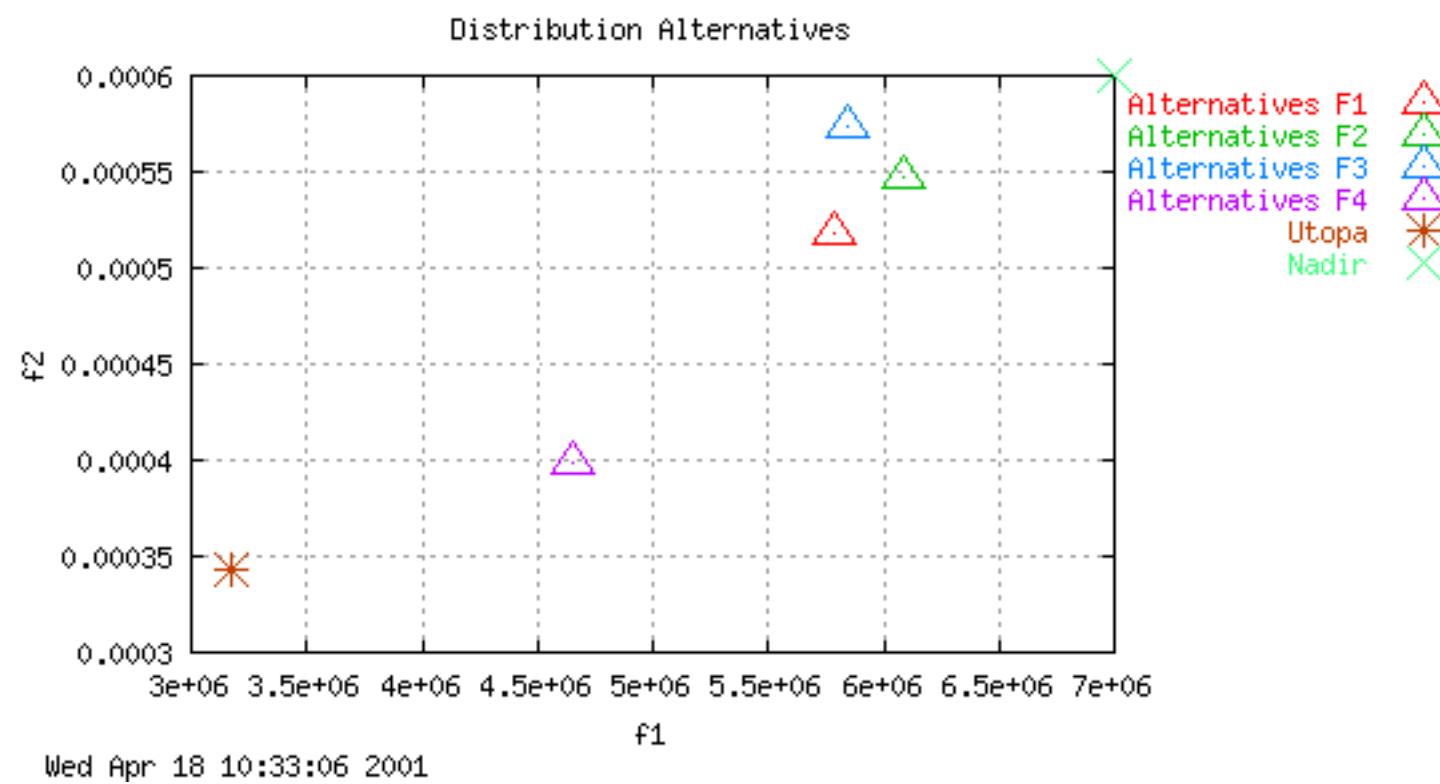
同じくらい良い

極めて良い 非常に良い かなり良い やや良い	代替案の理想値 F_{uto} o f1= 3170000 o f2= 0.000343	VS	代替案 4 F_4 o f1= 4.65645E+06 o f2= 3.98850E-04	極めて良い 非常に良い かなり良い やや良い
---	--	-----------	---	---

同じくらい良い

次は4回の一対比較をお願いします。

Nextを押して下さい。



[最初のページに戻る](#)

意思決定者の価値構造を同定する 4

デモなので、途中の一対比較を省略しました。

一対比較の結果は以下のよう得られたとします。(ファイル名:ex_aj.dat)

一対比較行列

	Futo	Fnad	F1	F2	F3	F4
Futo	1	9	4	5	3	8
Fnad	1/9	1	1/6	1/5	1/7	1/2
F1	1/4	6	1	3	1	5
F2	1/5	5	1/3	1	1/3	3
F3	1/3	7	1	3	1	5
F4	1/8	2	1/5	1/3	1/5	1

この一対比較行列を教師データとして用いますか？

Yes 学習開始

No 最初から一つ比較をやり直す

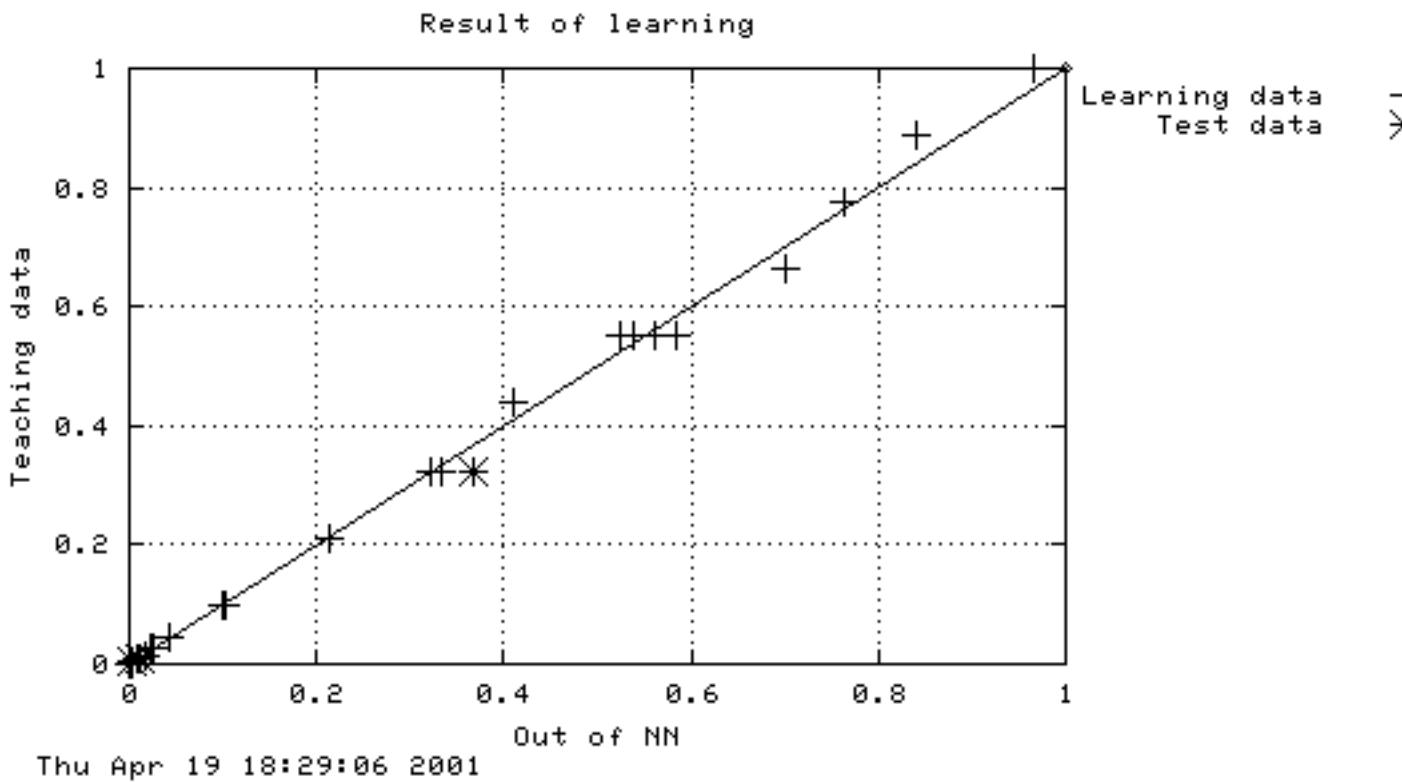
Yesを押して下さい。

[最初のページに戻る](#)

ニューラルネットワークの学習結果

青い線付近に点列があれば良好な学習結果が得られたことになります。

987677047 学習の際に必要と重みなどを初期化するのに用いる乱数の種です



学習の詳細は[ここ](#)

学習誤差= .00499697449

Nextを押して下さい。

[最初のページに戻る](#)

同定した価値関数を用いて最適化 1

組み込む最適化手法を選んで下さい

ここでは逐次二次計画法を選択します。

Nextを押して下さい。

[最初のページに戻る](#)

最適化

逐次二次計画法

ここでは入力した情報に基づいてFortranのソースをコンパイルし実行ファイルを作成し、最適化の必要となる初期条件を入力します。

コンパイルが失敗したときは、入力した式などに文法エラーがあるので、入力し直し、再度コンパイルします。

最適化する初期点を入力して下さい

- 決定変数

- 決定変数 $X(1) =$
- 決定変数 $X(2) =$

Nextを押して下さい。

[最初のページに戻る](#)

最適化の結果

ただ今計算中。けっこうかかるよ。なんせマシンがボロだから… (^^;;
終了したら、下の画面に学習結果が表示されます。（どんなに長くて1分）
ここは実際に計算しています。

解が求まりました。

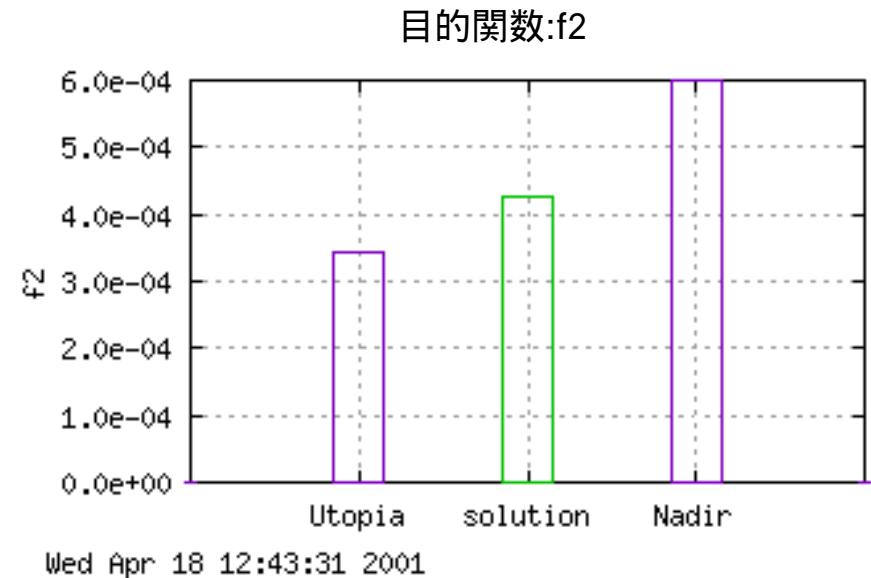
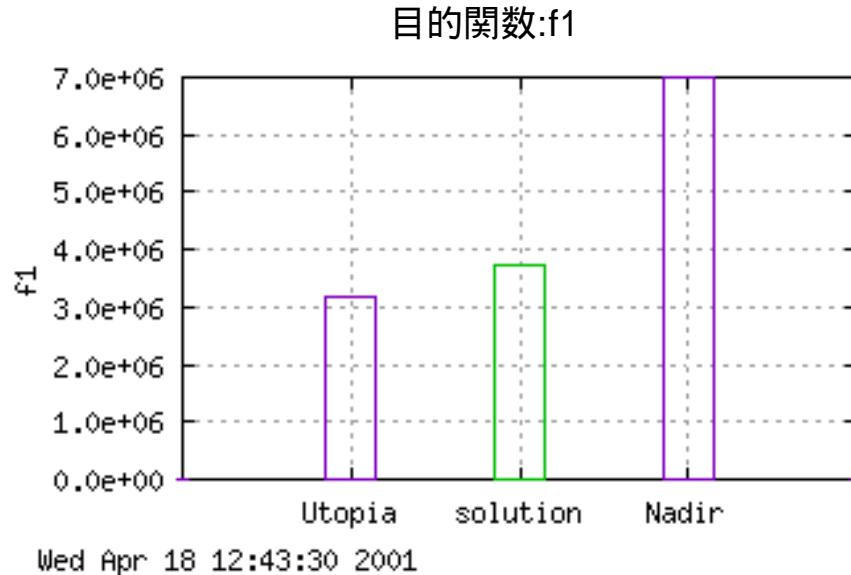
やったね!! [結果の詳細](#)

- 各目的関数値

- $f_1 = 3749744.055718035902828$
- $f_2 = 0.000426599872091$

- 決定変数値

- $x_1 = 319.151615931820174$
- $x_2 = 63.830323221980265$



以上の手順により意思決定者の選好を反映した解を求めていきます。もし、求まった解に不満がある場合は、求まった解近傍で新たに試行点を作成し、試行点を一対比較するといった手順を繰り返すことで、意思決定者が満足する解を求めます。

[最初のページに戻る](#)