2023/5/15 Mon.



# 最適化計算基礎



## 最適化問題をソルバーで解く

> 最適化問題

▶ 例題:週末に子供と遊ぶの定式化 max.  $4x_1 + 3x_2$ s. t.  $x_1 + x_2 \leq 5$  $4x_1 + 2x_2 \leq 16$  $x_1, x_2 \geq 0$ 

#### ▶ CPLEX Optimization Studio の起動



② CPLEX Optimization Studio X.X.X
 というフォルダを選択(中身を開く)
 ※X.X.X はソフトウェアのバージョン番号

③ CPLEX Studio IDE X.X.X を選択
 ※IDE = Integrated Development Environment
 統合開発環境 (プログラミング・開発用ソフト
 ウェア等に必要である、エディタ・コンパイ
 ラー・デバッガー等を1つにまとめたソフトウェ
 ア)のこと

Windowsマークをクリック

#### > ワークスペース(作業場所)の設定

- 1 作業フォルダを設定(変更しなくて良い. 拘りがあるなら変更しても良い)
- ② [この選択をデフォルトとして…]を☑
- ③ [起動]をクリック



#### > チュートリアル画面から作業画面へ移動

チュートリアル画面が表示されるので、右上[ワークベンチ]をクリック



※CPLEX を初めて起動するときに、このチュートリアル画面が表示される ※2回目以降は、この画面ではなく、次ページの作業画面になる(と思う)

#### > 作業画面(メイン画面)

💠 IBM ILOG CPLEX Optimization Studio				– 🗆 X
ファイル( <u>F</u> ) 編集( <u>E</u> ) ナビゲート( <u>N</u> ) 検索( <u>A</u> ) 実行	〒( <u>R</u> ) ウィンドウ( <u>W</u> ) ヘルプ( <u>H</u> )			
. 📬 ▾ 🗐 🕒   🖑 \>   🛷 🗎 💼 z	Z 🗄 🕶 💷 🗏 🐐 🕶 💽 🕶 💽 🕶 💁 🕶	🛷 🕶 🖗 👻 🖓		クイック・アクセス
🛜 OPL プロジェクト 🕴 🎄 デバッグ 🛛 🗖			語 アウトライン 🛿	
□ 🔁 🗢			現在、表示するアウトラインがま	ちりません。
			■ プロパティー 🖾	
			プロパティー 値	
3. 問題… ☆ (x)=変数 ● ブレ… □	💌 問題 👷 🖻 スクリ 🕞 解 🛹 読合 😂 緩和	『! エンジ 🞽 統計情 (	% 7⊓ファ 🛱 CPLF 🛱	Watso 🗄 DOcpl 🖳 🗖
			·····	
2前 /店	0項目			
- <b>H</b> BU 102	説明	リソース パス	ロケーション	タイプ
00:00:00:00				1 2 🖉 🖓 🗠

#### ▶ 新規プロジェクトの作成

- [ファイル(F)]-[新規(N)]-[OPLプロジェクト]を選択
- ② [プロジェクト名]を記入し, 2カ所☑し, [終了]クリック

			<u> </u>				_	
-	IBM ILOG CPLEX Optimization Stue	lio			🌁 新規	見ブロジェクト		– 🗆 X
771	「ル(F) 編集(E) ナビゲート(AH) 検察	索(A) 実行(R) 兌	ィンド	ブNV) ヘルブ(H)	プロジ	ェクトの新規作成	(2)	
	新規(N)	>	19	OPL プロジェクト	プロジュ	こクトの新規作成		
	インボート(1)	>	Ľ	プロジェクト(R)				
	ブロジェクトにファイルをコビー(0)		D	実行構成	プロジェ	ロクト名: 「Ipex1		
	エディターでファイルを開く		Ê	モデル	プロジェ	ェクトの場所: C:¥Users¥okh¥opl		参照
	閉じる(C)	Ctrl+W		データ	プロジェ	ェクト・フォルダー: CitUsers¥bkh¥opl¥lpex1		
	すべて閉じる(L)	Ctrl+Shift+W		設定	ーオプシ	з <b>у</b>		
R	保存(S)	Ctrl+S		フォルター	説明:			
	別名保存(A)			ノバイル 主頭なしのテキフト・ファイル		フォルトの実行構成の追加		
Đ	すべて保存(E)	Ctrl+Shift+S		32.23なしのフィスト・ファイル		デルの作成		
æ	印刷(P)	Ctrl+P		サンフル(X)	□ 記	上の1FAX -夕の作成		
	ワークスペースの切り替え(W)	>		その他(O)				
4	エクスポート(O)		1					
	再始動							
	終了(X)		: 23	🖳 スクリ 🖓 解 😤				¥
	ファイルを開く(.)				?			終了( <u>F)</u> キャンセル
	行区切り文字の変換(V)	>	$\vdash$	^				

プロジェクト名は

自由だが、半角

英数が無難



#### ➤ モデルファイル[\*\*\*.mod]を完成させる

- 1 モデルファイルの中身を書き(例題:週末に子供と遊ぶ問題),保存
- ② [∨]クリックし, [実行構成]の中身を開く
- ③ [実行構成]の中身を[構成1]→[config1]に書き換え





> 解く





## 最適化問題をソルバーで解く

- ▶ 最適化問題(例2)
  max.  $5x_1 + 2x_2 + 3x_3$ s. t.  $x_1 + x_2 4x_3 \leq 7$ 
  - $3x_{1} 2x_{2} + x_{3} \le 11$  $x_{1}, \quad x_{2}, \quad x_{3} \ge 0$

▶ 2つ目の問題用モデルファイル[\*\*\*.mod]を作成する OPLプロジェクトの[実行構成]上で右クリックし[新規作成]ー[モデル]選択  $(\mathbf{1})$ 2 ファイル名を設定し、「終了」クリック 新規モデル・ファイル 🛜 OPL プロジェクト 🛛 🏠 デバッグ lipex1.mod ⊠ モデル・ファイル モデル・ファイルの新規作成 OPL 12.10.0.0 Mode ✓ <sup>™</sup> Ipex1 3 \* Author: bkh ∨ (四) 実行構成 2020/06/11 at 15 実行 親フォルダーを入力または選択(E): 🖫 lp DOcplexcloud 上で実行 lpex1 🗊 lpex1.mo サーバートで実行 銜 シード付きで実行する Jpex1 Watson Machine Learning 上で実行 ъ OPL プロジェクト > 😢 新規作成 プロジェクト(R) EŶ. コピー(C) Ctrl+C 実行構成 貼り付け(P) Ctrl+V 🗶 削除(D) B. モデル delete 名前の変更(N)... テータ F2 2 ファイル名を設定し、 🎦 問題... 💥 (x)= 設定 5 インポート(1) [終了]クリック <u>r</u> ✓ <sup>™</sup> lpex1 、 
「
」
実行構成 ファイル名(M) Ipex2 ✓ □ config1 (デフォルト) (3) [lpex2.mod] 📑 lpex1.mod : CPLEX Ipex1.mod : CPLEX が出来る ? 🕞 lpex2.mod : CPLEX

▶ 2つ目の問題用モデルファイル[lpex2.mod]を完成させ,保存



#### ▶ 解く

- ① [実行構成]-[config1]内の, 前の問題用モデルファイル[lpex1.mod]削除
- ② 同じ箇所に, 今度解きたい問題用モデルファイル[lpex2.mod]をdrag&drop
- ③ [config1]で右クリック[これを実行]選択(解く)





#### 実行不能とは、制約条件を満たす解が無 How to use CPLEX? い、ということ ※例1,2の結果と比較せよ no solution (infeasible) ➢ 別問題[lpex0.mod]の実行結果 解なし(実行不能) IBM ILOG CPLEX Optimization Studio ファイル(E) 編集(E) ナビゲート(N) 検索(A) 実行(B) ウィンドウ(W) ヘルプ(H) 📸 🕶 🔚 🐚 🎂 🛯 🛷 🛸 👘 👘 💈 Z 🛛 🗄 🕶 💷 🖷 🛛 🕷 🕶 💽 🕶 🌬 🕶 🔗 🕶 😓 🖛 🦓 🕶 😓 🖛 🌾 🗢 🗢 - -> 同 OPL プロジェクト 🛛 🎄 デバッグ 📄 🔄 🏼 🗖 🗖 🕞 lpex0.mod 🔀 ✓ <sup>™</sup> Ipex1 OPL 12.10.0.0 Model ▼ 四 実行構成 \* Author: bkh ✓ D config1 (デフォルト) \* Creation Date: 2020/06/11 at 22:36:12 Inex0.mod : CPLEX 🕞 lpex0.mod : CPLEX dvar float+ x1; dvar float+ x2; Ipex1.mod : CPLEX dvar float+ x3; g lpex2.mod : CPLEX lpex3.mod : CPLEX minimize 100 🕞 Ipex4.mod : CPLEX x1 + x2 + x3;11 12 subject to { 136 ① [lpex0.mod]新規作成 x1 + x2 + x3 <= 1; 15 2\*x1 + x2>= 3; 2 定式化を記述 16 }; ③ [config1]内の現モデル削除 🚷 問題 🖳 スクリプト・ログ 🗐 解 🛹 競合 📜 緩和 🏥 エンジン・📭 🚄 統訂 ④ [config1]内に[lpex0.mod]を drag&drop 統計情報 ✓ Cplex no solution (infeasible) (5) [config1]上で右クリックし[こ Constraint れを解くつで実行 Variables 3 Other З ⑥ 結果[統計情報]タブを見る Non-zero coefficients 5

## 最適化問題をソルバーで解く

> 最適化問題(例3)

max. 
$$4x_1 + 3x_2 + 2x_3 + 3x_4$$
  
s. t.  $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \leq 3$   
 $4x_1 + 2x_2 + 3x_3 + x_4 \leq 9$   
 $x_1, \quad x_2, \quad x_3, \quad x_4 \geq 0$ 

> 最適化問題(例4)

min. 
$$x_1 - 4x_2$$
  
s. t. 
$$2x_1 + x_2 \leq 5$$
  
$$4x_1 - 2x_2 \leq 3$$
  
$$-7x_1 + 5x_2 \leq 4$$
  
$$3x_1 + 2x_2 \geq -4$$

#### 最適化問題をモデルとデータで表現し解く

- ▶ 最適化問題
  - ▶ 例題:週末に子供と遊ぶの3つの定式化(ベタ表記・行列表記・Σ表記)
- $\begin{array}{ll} \max. 4x_{l} + 3x_{2} & \max. (4 \quad 3) \begin{pmatrix} x_{l} \\ x_{2} \end{pmatrix} & \max. \sum_{j=1}^{2} c_{j} x_{j} \\ \max. \frac{x_{l} + x_{2}}{2} \leq 5 \\ 4x_{l} + 2x_{2} \leq 16 \\ x_{l}, \quad x_{2} \geq 0 \end{array} & \text{s. t. } \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 4 & 2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_{l} \\ x_{2} \end{pmatrix} \leq \begin{pmatrix} 5 \\ 16 \end{pmatrix} & \text{s. t. } \sum_{j=1}^{2} a_{ij} x_{j} \leq b_{i} (i = 1, 2) \\ x_{j} \geq 0 \ (j = 1, 2) \end{aligned} \\ \begin{array}{l} x_{j} \geq 0 \ (j = 1, 2) \\ x_{j} \geq 0 \ (j = 1, 2) \end{aligned} \\ \begin{array}{l} c = (4 \quad 3)^{T} \\ A = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 4 & 2 \end{pmatrix}, b = \begin{pmatrix} 5 \\ 16 \end{pmatrix} \end{aligned}$
- > 数理モデル部分とデータ部分を分離して書く
- ▶ 前回は、モデルファイル[\*\*\*.mod]にベタに全部書いたが、これを、 2つ(モデルファイル[\*\*\*.mod]とデータファイル[\*\*\*.dat])に分離して書く、行列表記・∑表記を理解していることが前提となる

#### ▶ 新規プロジェクトの作成

- ① [ファイル(F)]-[新規(N)]-[OPLプロジェクト]を選択
- ② [プロジェクト名]を記入し、3カ所☑し、[終了]クリック

		(1	$\rightarrow$					
*	IBM ILOG CPLEX Optimization Studio				1	新規プロジェクト		— 🗆 X
771	(ル(F) 編集(E) ナビゲート( <del>A)</del> 検索(A) 新規(N)	実行(R) ウ >	インド (空	ウNV) ヘルプ(H) OPL プロジェクト	プリ	ロジェクトの新規作成 プロジェクトの新規作成	2	
	インポート(I) プロジェクトにファイルをコピー(O)	>	C)	プロジェクト(R) 実行構成	-	プロジェクト名: example2		421
	エディターでファイルを開く			モデル	7	プロジェクトの場所: C:¥Users¥bkh¥opl		参照
	閉じる(C) すべて閉じる(L) Cti	Ctrl+W rl+Shift+W		テーダ 設定	ד   די	プロジェクト・フォルダー: C:¥Ugers¥bkh¥opl¥example2 オプション		
	保存(S) 別名保存(A)	Ctrl+S		フォルター ファイル 表題なしのテキスト・ファイル		説明: ゴブオルトの実行構成の追加 フォデルの作言		
	すべて保存(E) C 印刷(P)	trl+Shift+S Ctrl+P		サンプル(X)		<ul> <li>→ 2 ) ルの1+成</li> <li>→ 3 ) 設定の作成</li> <li>→ 3 → 9 の作成</li> </ul>		
	ワークスペースの切り替え(W)	>		その他(O)				
4	エクスポート(0)							
	冉始動 終了(X)		X	■スクリ 印解 🛃				↓
	ファイルを開く(.)				C	?	*	&了(E) キャンセル
	行区切り文字の変換(V)	>		^				

プロジェクト名は

自由だが、半角

英数が無難



#### ➤ モデルファイル[\*\*\*.mod]とデータファイル[\*\*\*.dat]の作成



▶ 解く

#### [config1]の上で右クリックし, [これを実行]を選択



#### ▶ 計算結果の確認

遊ぶ)を解いているので, 答え 💠 IBM ILOG CPLEX Optimization Studio (解)は当然同じ ファイル(E) 編集(E) ナビゲート(N) 検索(A) 実行(R) ウィンドウ(W) ヘルプ(H) 📸 • 🗑 👜 🖉 😂 😽 🖹 👔 z Z 🚦 • 💷 🖷 🔺 🏷 • 💽 • 💁 • 🔗 • 👰 • 🖓 • 🗟 OPL プロジェクト 🛛 🎄 デバッグ 📄 🔄 🏱 🖳 🗖 🕞 lp.mod 📄 lpex1.dat 🔀 ✓ <sup>™</sup> example2 ▼ 四 実行構成 \* OPL 12.10.0.0 Data \* Author: ✓ □ config1(デフォルト) Creation Date: 2020/06/17 at 21:05:51 Ip.mod : CPLEX 🚰 lpex1.dat 6 i\_max = 2; // 行数の最大値を指定 Ip.mod : CPLEX 7 j max = 2; // 列数の最大値を指定 Ipex1.dat 8 > 1 lpex1 9c = [4 3];最適解が見つかった. ということ 10 11 A = [ 12 [1 1] 3 [4 2] 最適值 = 18 (= 4\*3 + 3\*2) 2 [解]タブの中身 ③ [統計情報]タブの中身 ]; 各定数(係数行列) 5b = [5 16]; 最適解 (x1, x2) = (3, 2) < 💽 問題 🖳 スクリプト・ログ 🖽 解 🛛 💤 競合 😂 緩和 🔅 エンジ 問題 🖳 スクリプト・ログ 🖽 解 🛹 競合 📚 緩和 🔅 エンジン・ログ 💋 統計情報 19月1日 100 (x)= 変数 ●0 つ Jaz solution (optimal) with objective 18 統計情報 目的 18 の解 Colex solution (optimal) with objective 18 値 // There are no reduced-cost infeasibilities. データ (7) Maximum Ax-b residual Constraints = 0 × 崎 // Maximum c-B'pi residual = 0 Variables 2 El" Δ [[11] [42]] Maximum |x| = 3 Other 2 El" b [5 16] // Maximum |slack| = 0 Non-zero coefficients 4 El" [4 3] С // Maximum |pi| = 2 **₊**₽ Iterations I. 1...2 // Maximum |red-cost| = 0 // Condition number of unscaled basis = 1.3e+01 10 i max 2 11 T. 1...2 solution (optimal) may x = [3 解(最適) 2]; P \$ [3 2]

前回と全く同じ問題(週末子供と





#### 最適化問題をモデルとデータで表現し解く

ようしていた。<br/>
 ようしていた。<br/>
 ようしていた。<br/>
 ようした。<br/>
 は、<br/>
 ようした。<br/>
 ようした。<br/>
 は、<br/>
 ようした。<br/>
 は、<br/>
 は、<br/>
 は、<br/>
 は、<br/>
 は、<br/>
 ようした。<br/>
 は、<br/>
 し、<br/>
 し、<br/>
 は、<br/>
 し、<br/>
 は、<br/>
 は、<br/>
 し、<br/>
 し

max. 
$$5x_1 + 2x_2 + 3x_3$$
  
s. t.  $x_1 + x_2 - 4x_3 \leq 7$   
 $3x_1 - 2x_2 + x_3 \leq 11$   
 $x_1, \quad x_2, \quad x_3 \geq 0$ 

max. 
$$(5 \ 2 \ 3) \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_3 \end{pmatrix}$$
  
s. t.  $\begin{pmatrix} 1 & 1 & -4 \\ 3 & -2 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} \le \begin{pmatrix} 7 \\ 11 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} \ge \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ 

$$\max \sum_{j=1}^{3} c_{j} x_{j}$$
  
s. t.  $\sum_{j=1}^{3} a_{ij} x_{j} \le b_{i} (i = 1, 2)$   
 $x_{j} \ge 0 \ (j = 1, ..., 3)$ 

$$\boldsymbol{c} = (5 \quad 2 \quad 3)^T$$
$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & -4 \\ 3 & -2 & 1 \end{pmatrix}, b = \begin{pmatrix} 7 \\ 11 \end{pmatrix}$$

![](_page_28_Figure_1.jpeg)

▶ 2つ目の問題用データファイル[lpex2.dat]を完成させ,保存

![](_page_29_Figure_2.jpeg)

![](_page_30_Picture_1.jpeg)

#### ≻ 解く

- ① [実行構成]-[config1]内の, 前の問題用データファイル[lpex1.dat]削除
- ② 同じ箇所に、今度解きたい問題用データファイル[lpex2.dat]をdrag&drop
- ③ [config1]で右クリック[これを実行]選択(解く)

![](_page_30_Figure_6.jpeg)

#### > 結果の確認: [統計情報]タブを見る

![](_page_31_Figure_2.jpeg)

#### 最適化問題をモデルとデータで表現し解く

> 最適化問題(例3)

max. 
$$4x_1 + 3x_2 + 2x_3 + 3x_4$$
  
s. t.  $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \leq 3$   
 $4x_1 + 2x_2 + 3x_3 + x_4 \leq 9$   
 $x_1, \quad x_2, \quad x_3, \quad x_4 \geq 0$ 

> 最適化問題(例4)

$$\begin{array}{l} \max \cdot -x_{1} + 4x_{2} \\ \text{s. t. } 2x_{1} + x_{2} \leq 5 \\ 4x_{1} - 2x_{2} \leq 3 \\ -7x_{1} + 5x_{2} \leq 4 \\ -3x_{1} - 2x_{2} \leq 4 \\ x_{1}, \quad x_{2} \geq 0 \end{array}$$

#### 最適化問題をモデルとデータで表現し解く

#### > 最適化問題(例5)

max.  $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5$ s. t.  $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 \leq 9$   $2x_1 - x_2 + 3x_3 - x_4 + 2x_5 \leq 7$   $-x_1 + 2x_2 - x_3 + 3x_4 - x_5 \leq 6$   $(1x_1 + (2)x_2 - (3)x_3 + (4)x_4 - (5)x_5 \leq 8)$  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 \geq 0$ 

#### <u> <レポート実施手順></u>

1. 左の定式化(例5)のデータファイル[lpex5.dat]を つくり,保存する

ただし、定式化の12345は、各自の学籍番号の下5桁の数値とする

例)学籍番号B9R11789 →①=1, ②=1, ③=7, ④=8 ⑤=9
 ①~⑤の係数の前に付いている符号(±)はそのまま使うこと

2. CPLEX で解く

- 3. 解いた直後, CPLEXウィンドウのスクリーンショット を撮る(※撮り方参照)
- 4. ペイントを起動(左下[Winマーク]-[Windowsアク セサリ]-[ペイント]を選択)
- 5. ペイント上で, [Ctrl] + [v] を押す (撮ったスクリーンショットが表示される)
- 6. [ファイル]-[名前をつけて保存]-[PNG画像]を選択し,名前をつけて保存(名前は自由)
- 7. 6の画像ファイル「\*\*\*.png」を提出

#### <u> <スクリーンショットの撮り方></u>

スクリーンショットは、[Print Screen] や [scr] [prt sc] などと書かれている ボタンを押すと撮れるが、PCによって若干操作が異なる. 例えば、 [Fn]+[Print Screen] のように他のボタンと同時に押して撮るなどがある. 詳 細は、各自の持っているPCのマニュアルを参照したり、スクリーンショット の撮り方をgoogle検索せよ

また、「画面全体」ではなく、「一番手前のウィンドウのみ」をスクリーン ショットに撮る方法があるので、必ずこちらで撮ること、これも操作方法は PCによって異なる、撮り方は例えば、[Alt]キーと組み合わせて

[Alt] + [scrを撮る方法]

とすると、CPLEXのウィンドウだけをスクリーンショットに撮れる. 例えば、

画面全体のスクリーンショット = [Fn] + [Print Screen] というPCの場合,
 最手前ウィンドウのみスクショ = [Alt] + [Fn] + [Print Screen] となる

![](_page_34_Picture_0.jpeg)

#### ▶ 提出ファイル(スクリーンショット撮影)例

![](_page_34_Figure_2.jpeg)

#### 最適化問題をモデルとデータで表現し解く2

#### > 最適化問題(例6)

max.  $3x_1 + 4x_2 + 3x_3 + 3x_4 + 4x_5 + 3x_6 + 4x_7 + 4x_8 + 1x_9 + 2x_{10}$ s. t.  $2x_1 + 2x_2 + 5x_3 + 6x_4 + 3x_5 + 2x_6 + 5x_7 + 1x_8 + 1x_9 + 3x_{10} \le 201$  $2x_1 + 3x_2 + 2x_3 + 2x_4 + 4x_5 + 6x_6 + 3x_7 + 7x_8 + 2x_9 + 4x_{10} \le 241$  $3x_1 + 4x_2 + 3x_3 + 1x_4 + 7x_5 + 2x_6 + 2x_7 + 5x_8 + 6x_9 + 3x_{10} \le 242$  $4x_1+6x_2+4x_3+2x_4+5x_5+6x_6+4x_7+6x_8+3x_9+2x_{10} \le 279$  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10} \ge 0$  $c = (3 \ 4 \ 3 \ 3 \ 4 \ 3 \ 4 \ 4 \ 1 \ 2)^T$ max.  $\boldsymbol{c}^T \boldsymbol{x}$  $A = \begin{pmatrix} 2 & 2 & 5 & 6 & 3 & 2 & 5 & 1 & 1 & 3 \\ 2 & 3 & 2 & 2 & 4 & 6 & 3 & 7 & 2 & 4 \\ 3 & 4 & 3 & 1 & 7 & 2 & 2 & 5 & 6 & 3 \\ 4 & 6 & 4 & 2 & 5 & 6 & 4 & 6 & 3 & 2 \end{pmatrix}, \boldsymbol{b} = \begin{pmatrix} 201 \\ 241 \\ 242 \\ 279 \end{pmatrix}$ s. t.  $Ax \leq b$  $x \ge 0$  $x = (x_1 \ x_2 \ x_3 \ x_4 \ x_5 \ x_6 \ x_7 \ x_8$ max.  $\sum_{i=1}^{10} c_i x_i$ *x*<sub>9</sub>  $(x_{10})^T$ s. t.  $\sum_{i=1}^{10} a_{ii} x_i \le b_i (i = 1, 2, 3, 4)$ 

 $x_i \ge 0 \ (j = 1, ..., 10)$ 

![](_page_36_Figure_1.jpeg)

③ [実行構成]内に[lpex6.dat]が出来る

- ▶ データファイル[lpex6.dat]を完成させ、保存する
  - 1 [lpex6.dat]の中身を記述
  - ② 書き終えたら保存([ctrl]+[s] キーを押すか, [上書き保存]ボタンをクリック)

![](_page_37_Figure_4.jpeg)

モデルファイル[lp.mod]は前回作成し た同じものを流用できる(データファイ ル[\*\*\*.dat]を入れ替えるだけで良い)

シード付きでこ

> 解く

![](_page_38_Figure_3.jpeg)

- > 結果の確認
  - ▶ [統計情報]タブー

<b>L</b>				
	🎦 問題 🔀 (X)= 変数	な 💁 ブレ 🖳 🗖	🔝 問題 🗐 スクリプト・ログ 💬 解 🚀 競行	合 ≳ 緩和 🛟 エンジン・ログ 🞽 統計情報 🖇
		↓ <mark>a</mark> ▽		
	目的 233.222 の解	~	統計情報	値
	名前	値	✓ Cplex	solution (optimal) with objective 233.221
	✓ ⅔ データ(7)		Constraints	4
	El° A	[[2256325113] [	✓ Variables	10
	l" b 🛃	[201 241 242 279]	Other	10
	ll c	[3433434412]	Non-zero coefficients	40
	<b>↔</b> <sup>0</sup>	14	Iterations	5
	ı₀ i_max	4		
	+ <sup>10</sup> J	110		
	ı₀ j_max	10		
	🗸 💡 決定変数 (1)			
	∎° x	[4.1186 0 0 0 16.206 0		
			📲 問題 🖳 スクリプト・ログ (甲) 解 🛛 🎉	: 競合 混 緩和 🛟 エンジン・1
▶ 「解]タブ -			// solution (optimal) with object	tive 233.221649484536
			Quality There are no bound in	feasibilities.
			<pre>// There are no reduced-cost inf</pre>	easibilities.
			// Maximum Ax-b residual	= 3.01981e-14
最適値 opti	imal value 🤸		// Maximum [x]	= 4.440898-16
	<b>ヨールナ</b> 、去」		// Maximum  slack	= 0
(日的) (日) (日) (日) (日) (日) (日) (日) (日) (日) (日	取人化を進め	<b>兆し/こ1</b> 但/	// Maximum  pi	= 0.561856
			// Maximum  red-cost	= 1.25773
			<pre>// Condition number of unscaled //</pre>	basis = 2.0e+01
最適解 opti	imal solutior		11	
		$\rightarrow$	x = [4.1186	
			0 0 0 16.206 0 26.284 1	2.727 0 0];

#### 最適化問題をモデルとデータで表現し解く3

▶ 最適化問題(例8)

 $\begin{array}{l} \max. \ \boldsymbol{c}^T \boldsymbol{x} \\ \text{s. t.} \ \boldsymbol{A} \boldsymbol{x} \leq \boldsymbol{b} \\ \boldsymbol{x} \geq \boldsymbol{0} \end{array}$ 

$$c = (...)^T$$
  
A = (...),  $b = (...)$   
 $x = (x_1 \dots x_{50})^T$ 

$$\max \sum_{j=1}^{50} c_j x_j$$
  
s. t.  $\sum_{j=1}^{50} a_{ij} x_j \le b_i (i = 1, ..., 70)$   
 $x_j \ge 0 \ (j = 1, ..., 50)$ 

データがこのページにおさまらない 程 大きなサイズの問題を解く cplex のデータファイル(\*.dat) と Excelファイル(\*.xlsx)との連携

- 1. Excel → \*.dat へ入力(読込)
- 2. cplex で最適解を求め
- 3. \*.dat → Excel へ出力(書込)

![](_page_41_Figure_1.jpeg)

③ [実行構成]内に[lpex8.dat]が出来る

# Excelファイル [\*\*\*.xlsx] の準備と設定 ① Excelファイル(lpex8.xlsx)を作成

	А	В	С	D	EF	G	Н	Т	J	К	L	М	N	0	PQ	R	S	Т	U	V	w )	( )	(   Z	AA	AB	AC	AD A	AE A	AF A	G Ał	A I	AJ	AK /	AL A	MA	N AO	AP	AQ A	RAS	AT	AU	AV A	WA	XA	Y AZ	Z BA	BE I	BC B	BD	BE
1	ex8)		j =	1	2	3 4	45	6	- 7	8	9	10	11	12 1	13 1	4 15	16	17	18	19	20 2	1 2	2 2	3 24	25	26	27	28 2	29 3	30 33	1 32	33	34	35 3	36 3	7 38	39	40 4	41 43	2 43	44	45	46 4	47 48	8 49	50				
2			<b>x</b> =	1	0	0 10	0 0	0	0	0	0	0	0	0	0	6 0	0	0	0	0	0	0	0	0 0	0	23	6	0	6	0	0 10	0	0	0	0	0 0	0	13 1	11 (	) 1	8	23	0	7 (	0 0	) 2				
3																																															ob	j.fn.		
4	ī.	max.	с =	4	3	4 4	4 3	4	3	2	3	3	2	2	4	4 3	3	3	5	3	2	5	2	3 4	2	5	4	4	5	5	2 4	2	2	4	3	2 2	4	5	5	3 4	5	5	3	4	54	15		595	1	в П
5	1	s.t.	Α =	2	4	6 1	1 3	3	2	2	6	1	3	3	5	5 2	3	3	2	7	3	6	3	2 7	7	7	2	1	2	2	72	5	7	7	2	4 7	2	1	6	õ 2	2	6	3	1 4	4 4	1 7		504 :	≦	504
6	2			3	1	1 4	4 4	1	5	5	7	1	7	4	3	6 6	7	5	7	1	3	2	3	4 5	6	4	2	1	7	5	2 5	7	4	5	6	1 2	6	6	1 (	6 6	7	3	2	4	1 2	2 4		532 ÷	≦	674
7	3			4	7	3 2	23	7	4	6	3	4	1	7	6	4 4	6	4	1	3	7	1	2	3 5	2	1	6	7	5	7	53	7	3	4	6	2 2	1	4	7	L 4	7	3	1	3	2 2	2 3		452 :	≦	683
8	4			4	7	7 3	37	6	2	1	1	1	2	1	3	67	6	2	1	6	1	2	7	51	1	7	2	2	2	5	4 2	4	6	4	2	32	3	4	6	2 2	6	6	3	3 4	4 4	1		601 ÷	≦	666
9	5			5	1	3 (	51	7	4	2	3	7	7	2	3	2 2	1	1	6	5	6	7	3	3 6	6	3	3	1	5	6	1 4	7	5	3	7	73	3	5	6	2 5	4	6	1	1 !	55	5 5		556 ÷	≦	556
10	6			5	3	5 7	71	7	7	6	3	1	4	6	6	6 3	4	4	2	7	4	3	2	1 1	7	5	3	2	5	3	71	1	2	1	4	55	1	3	6	76	7	7	6	4	32	2 2		640 i	≦	678
11	7			1	4	7 3	35	1	2	1	2	7	7	3	7	6 1	3	7	6	4	6	3	2	3 5	3	2	6	3	1	3	15	7	5	2	4	4 2	1	1	7	64	3	7	3	1	1 7	7 4		500 ÷	≦	500
12	8			5	7	7 5	55	6	2	7	3	3	6	3	7	4 3	5	1	7	7	1	1	2 !	56	4	4	1	5	7	1	54	4	6	1	6	32	7	5	1	32	5	6	4	7	1 6	5 1		563 :	≦	563
13	9			6	1	6 1	1 4	2	7	4	2	2	1	4	2	7 7	6	6	4	4	3	2	5	4 4	7	4	3	6	5	6	74	1	3	7	3	32	2	6	2	l 7	7	5	2	5 (	6 7	7 4		560 ÷	≦	652
14	10			4	7	7 4	4 2	1	6	7	2	5	3	6	3	1 5	6	4	1	4	4	5	6	3 3	3	6	7	5	1	7	52	4	3	6	1 !	55	5	6	5	55	7	1	7	3	1 4	1 5		508 i	≦	537
15	11			4	3	6 1	1 3	2	2	3	2	3	4	1	6	7 2	1	1	3	2	2	4	4	4 3	7	5	5	3	7	6	1 5	4	3	5	1 (	63	3	4	6	54	4	3	7	2	73	3 4		540 ÷	≦	563
16	12			1	6	7 2	2 5	2	6	2	2	1	7	1	6	67	1	6	2	4	4	4	7	7 2	2	3	4	1	6	1	35	1	7	1	5	32	4	7	5	4 7	4	2	5	1	37	2		481 i	≦	519
17	13			7	2	1 1	1 4	6	5	5	6	5	3	5	2	4 2	3	4	7	3	5	2	6	4 6	2	2	2	2	7	6	53	1	5	3	5 !	54	7	5	3	4 7	5	4	3	6	77	7 3		453 i	≦	621
18	14			5	1	2 4	4 1	1	5	4	1	1	4	5	5	7 7	3	1	6	6	4	1	3	2 5	6	6	7	2	1	1	43	3	4	2	1	73	2	3	2	51	4	2	4	1	1 3	3 1		454 i	≦	553
19	15			5	1	4 5	51	5	6	6	7	7	3	4	3	1 5	1	1	1	5	1	5	4 (	6 2	2	2	1	6	4	1	32	3	6	1	7 !	51	6	1	2	47	4	2	7	4 (	65	5 7		321 :	≦	681
20	16			3	7	2 (	6 6	2	1	5	4	3	3	2	1	4 7	7	1	2	3	4	3	2	56	5	4	5	2	7	4	53	5	2	1	6	1 3	4	1	7	16	1	3	2	5 !	55	5 3		494 i	≦	542
21	17			7	4	2 1	1 4	6	2	1	4	4	2	6	5	1 1	6	3	6	6	2	7	4 (	67	2	5	2	4	4	3	5 4	6	7	7	4 (	64	2	2	2	3 3	1	2	3	2	4 3	3 7		350 i	≦	519
22	18			7	5	5 1	1 7	6	4	3	4	6	3	1	2	3 3	7	4	3	3	5	5	7	1 7	3	4	6	5	7	6	76	6	7	1	7	26	6	6	7	64	6	5	4	6	4 5	5 3		633 :	≦	693
23	19			3	1	1 2	2 6	5	1	6	1	6	3	7	5	1 5	5	4	4	3	2	7	5	7 4	5	3	4	3	3	4	4 7	2	7	1	7	4 7	7	7	4	3 3	6	5	1	2	32	2 7		541 :	≦	682
24	20			3	6	4 3	3 7	1	1	5	1	2	1	7	1	5 6	6	7	7	6	5	4	6	63	5	2	4	5	5	2	32	1	5	1	2 (	63	5	1	4	73	5	2	5	1 3	23	3 2		341 :	≦	632
72	68			1	3	5 5	56	3	7	4	4	3	2	4	4	3 4	7	3	7	6	6	1	5	5 3	6	7	6	1	4	2	1 7	4	4	3	6	1 7	5	5	1	2 2	4	6	7	1 (	62	2 6		632 :	≦	656
73	69			1	1	1 1	1 3	5	7	4	2	5	6	7	2	2 2	5	5	7	6	1	1	2 !	5 1	3	5	3	1	1	4	32	3	4	2	6	7 1	1	1	3	2 2	6	1	1	5 !	51	. 7		351 :	≦	571
74	70			7	3	7 3	3 5	4	5	2	5	3	3	2	3	7 4	5	2	2	1	6	5	6	3 4	7	1	3	6	6	5	32	5	5	1	6	2 4	5	5	3	5 1	1	5	7	2	1 4	1		414 :	≦	597
75																																																		
	<	>	She	eet1		+	-																									E (		-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-		

- ▶ 結果出力ファイルの準備と[lpex8.dat]へ記述
  - データ用のExcelファイル[lpex8dat.xlsx]を CPLEX のプロジェクトファイル
     名([LP2])のところへ drag & drop する

![](_page_43_Figure_3.jpeg)

#### ➢ Excelファイル [\*\*\*.xlsx] の準備と設定

					-	-	-	•		-	•					-					•		<u> </u>			_			_	-																		
	A		В	С	D	Е	FG	i H	1	J	Κ	LI	N N	N O	Ρ	Q	R	S T	U	V	W	X	Y	Z AA	AB	AC	AD A	AE AF	AG	AH	AI AJ	AK	AL	AM A	N AC	AP	AQ	AR A	S AT	AU	AV A	W A)	X AY	AZ	BA BI	BC	BD	BE
1	ex8	3)		j =	1	2	3	4 5	6	7	8	9	10 1	1 1	2 13	14	15	16 1	7 18	8 19	20	21	22 2	23 24	1 25	26	27	28 29	9 30	31	32 33	3 34	35	36 3	37 38	39	40	41 4	12 43	44	45 4	46 4	7 48	49	50			
2				<b>x</b> =	1	0	0 1	0 0	0	0	0	0	0	0	0 0	6	0	0	0 (	0 0	0	0	0	0 (	0 (	23	6	0	6 0	0	10 (	0 0	0	0	0 (	0	13	11	0 1	8	23	0	7 0	0	2			
3																																														obj.fi	7.	
4	-	r	nax.	c =	4	3	4	4 3	4	3	2	3	3	2	2 4	4	3	3	3 !	53	2	5	2	3 4	1 2	5	4	4	55	2	4 2	2 2	4	3	2 2	4	5	5	3 4	5	5	3 /	4 5	4	5	59	5	ъ П
5		1 :	s.t.	A =	2	4	6	1 3	3	2	2	6	1	3	3 5	5	2	3	3 2	2 7	3	6	3	2 7	7 7	7	2	1 2	2 2	7	2 5	57	7	2	4 7	2	1	6	6 2	2	6	3	1 4	4	7	50	1 ≦	504
6		2			3	1	1	4 4	1	5	5	7	1	7	4 3	6	6	7	5	7 1	3	2	3	4 5	56	4	2	1	75	2	5	74	5	6	1 2	6	6	1	6 6	7	3	2 /	4 1	2	4	53	2 ≦	674
7		3			4	7	3	2 3	7	4	6	3	4	1	7 6	4	4	6	4 1	1 3	7	1	2	3 5	52	1	6	7 !	57	5	3	73	4	6	2 2	1	4	7	1 4	7	3	1 3	3 2	2	3	45	2 ≦	683
8		4			4	7	7	37	6	2	1	1	1	2	1 3	6	7	6	2 1	1 6	1	2	7	5 1	l 1	7	2	2	2 5	4	2 4	46	4	2	3 2	3	4	6	2 2	6	6	3 3	3 4	4	1	60	l ≦	666
9		5			5	1	3	6 1	. 7	4	2	3	7	7	2 3	2	2	1	1 (	65	6	7	3	3 6	66	3	3	1 !	56	1	4	75	3	7	7 3	3	5	6	2 5	4	6	1 :	1 5	5	5	55	5 ≦	556
10		6			5	3	5	7 1	. 7	7	6	3	1	4	5 6	6	3	4	4 2	2 7	4	3	2	1 1	l 7	5	3	2 !	53	7	1 1	1 2	1	4	5 5	1	3	6	76	7	7	6 /	4 3	2	2	64	) ≦	678
11		7			1	4	7	3 5	1	2	1	2	7	7	3 7	6	1	3	7 (	64	6	3	2	3 5	53	2	6	3	L 3	1	5	75	2	4	4 2	1	1	7	6 4	. 3	7	3	1 1	7	4	50	) ≦	500
12		8			5	7	7	55	6	2	7	3	3	6	3 7	4	3	5	1	77	1	1	2	5 6	64	4	1	5	7 1	6	4 4	46	1	6	3 2	7	5	1	3 2	5	6	4 .	7 1	6	1	56	3 ≦	563
13		9			6	1	6	1 4	2	7	4	2	2	1	4 2	7	7	6	6 4	4 4	3	2	5	4 4	1 7	4	3	6 !	56	7	4 1	1 3	7	3	3 2	2	6	2	1 7	7	5	2 !	56	7	4	56	)≦	652
14		10			4	7	7	4 2	1	6	7	2	5	3	6 3	1	5	6	4 1	1 4	4	5	6	3 3	3 3	6	7	5	l 7	5	2 4	4 3	6	1	5 5	5	6	5	6 5	7	1	7	3 1	4	5	50	3 ≦	537
15		11			4	3	6	1 3	2	2	3	2	3	4	1 6	7	2	1	1 3	32	2	4	4	4 3	37	5	5	3	76	1	5 4	43	5	1	6 3	3	4	6	5 4	4	3	7	2 7	3	4	54	)≦	563
16	1	12			1	6	7	2 5	2	6	2	2	1	7	1 6	6	7	1	6 2	2 4	4	4	7	7 2	2 2	3	4	1 (	5 1	3	5 1	1 7	1	5	3 2	4	7	5	4 7	4	2	5	1 3	7	2	48	l ≦	519
17		13			7	2	1	1 4	6	5	5	6					-		_									/ 11	1		_					`										45	3 ≦	621
18		14			5	1	2	4 1	. 1	5	4	1	S	ne	e	τ	-0	nr	າຍ	C	τ1	.0	n	S	ne	ee	τ		Τt	)e	XX	•	ΓX	<b>.</b> S	X	)	;									45	1 ≦	553
19		15			5	1	4	5 1	. 5	6	6	7																•								·										32	l≦	681
20		16			3	7	2	6 6	2	1	5	4																																		49	1 ≦	542
21	1	17			7	4	2	1 4	6	2	1	4	i	n	າວ	v	f	n	מר		٢h		Δt	-R	02	ha	1	ch	00	+		ш	۲		<u>a</u> t	1	I۸	7	∕ "	)	•					35	)≦	519
22	:	18			7	5	5	1 7	6	4	3	4	÷.,	_''	a	Λ	1		וור		ווכ		CI		CC	au	1.	ווכ	CC		ر		וכ		CU		: -			)	ر					63	3 ≦	693
23		19			3	1	1	2 6	i 5	1	6	1	i	n	າລ	X	f	r	Sm	1	Sh	P	et	-R	ea	ЪF	(	sh	ee	לי			Sł	้าค	et	1	! P	LΔ'	1"		•					54	l≦	682
24	1	20			3	6	4	3 7	1	1	5	1	J.	-''									-		<u> </u>						ر						· L				כ					34	l≦	632
72	(	68			1	3	5	56	i 3	7	4	4	С	f	<sup>-</sup> r	on	1	Sł	າຍ	e	tR	le	ac	1	sł	າຍ	e	t.	. '	'S	he	e.	t1		D4		BΑ	4	")	:						63	2 ≦	656
73	(	69			1	1	1	1 3	5	7	4	2																						÷.				_		\$						35	l≦	571
74		70			7	3	7	3 5	4	- 5	2	5	Α	1	·r	On	N	Sľ	າຍ	e.	tΚ	le	a	ן (	sr	າຍ	e	Ċ,	- 1	S	he	e.	t1	.!!	<b>U</b> 5		3A		4 "	)	;					41	1 ≦	597
75												_	Ь	_	-	~ 10	•	c٢	• •		ĻΠ		~	1/	~ k		-	- -	T.	י <b>ר</b>	ha		L 1		οг	Ξ.	• □	. – .	7 /		١.							
	<	>		She	eet1		-	-					D	Т	. I.	OI		SI	ie	e	LK	e	d	<b>)</b> (	SI	ie	e	ر ا		2	ne	e	L		BE	S	: 5	E	/4		ز (							
													X	t	:0	9	Sh	ee	et	:WI	ri	t	e(	(ร	he	ee	t	,	"S	Sh	ee	et	1!	D	2:	B	42		);									

③ cplex のデータファイル(lpex8.dat)の中身↑を記述し、上書き保存

モデルファイル[lp.mod]は前回作成し た同じものを流用できる(データファイ ル[\*\*\*.dat]を入れ替えるだけで良い)

lpex6.dat

シード付きでこ

▶ 解く

![](_page_45_Picture_3.jpeg)

#### ▶ 結果の確認

#### 最適値 optimal value (目的関数最大化を達成した値)

▶ 「統計情報]タブ(省略. 各自で確認) ▶ [解]タブ // solution (optimal) with objective 594.590087759013 // Quality There are no bound inteasibilities. // There are no reduced-cost infeasibilities. // Maximum Ax-b residual = 2.36255e - 13// Maximum c-B'pi residual = 1.11022e-15 ▶ [Excel]確認 // Maximum |x| = 23.245最適解 // Maximum |slack| = 360.384 📄 lpex8.dat // Maximum |pi| = 0.224212Ipex8dat.xlsy optimal solution // Maximum |red-cost| = 4.36895新規作成 MaxMatching // Condition number of unscaled basis = 4.1e+02 MaxStableSet 開く(O) 11 MaxWeightMate アプリケーションから開く NumberPlace x = [0.6181 🔋 SportsSchedulin 📄 コピー(C) 0 0 9,9426 0 0 0 0 0 0 0 0 0 6.0995 0 0 23,245 6,4566 0 0 Transportation 0.39457 6.0208 0 0 10.025 0 0 0 0 0 0 0 13.207 10.521 0 1.2247 7.7431 貼り付け(P) 🛅 TSP 22.745 0 6.504 0 0 2.4235]; 削除(D) 問題... 🔀 (X)= 変数 名前の変更(N)... ٢Z インポート(1) 5 1594.59の解 エクスポート(O)... 名前 更新(F) F5 データ (7) Še А 実行(R) ٣ b デバッグ(D) ٣ C チーム(E) **≁**₽ 比較(A) i max 10 **₊**₽ 1 置換(L) j\_max プロパティー(R) Alt+Enter 決定変数(1)