

2019数理計画法

第2回：線形計画問題の標準形

復習

数理計画法 = 数理計画問題 - 問題 + 法

数理計画問題

maximize $z = f(x_1, \dots, x_n)$
subject to $g(x_1, \dots, x_n) = 0, \quad (x_1, \dots, x_n)^T \in X$

与えられた制約式のもとである関数を最大化する問題

線形計画問題

$f(x_1, \dots, x_n)$ や $g(x_1, \dots, x_n)$ が線形な場合

線形計画法 = 線形計画問題 - 問題 + 法

グラフを利用した解法
グラフの交点を総当たりする解法

復習

前回授業内容の復習

復習

線形計画問題の素朴な解法

グラフを用いた解法

1. 制約式に対応するグラフを描き
2. グラフを境界とする実行可能領域を求める
3. 目的関数に対応するグラフを描き
4. 目的関数値を増やす(減らす)方向を調べる
5. 実行可能領域の端点から最適解を選ぶ

交点を総当たりする解法

1. 制約式に対応するグラフの方程式を全て求める
2. 方程式の組合せで定まる交点を全て求める
3. 全ての交点の実行可能性を調べる
4. 実行可能な交点の目的関数値を求め最適解を選ぶ

復習：演習問題1

A4用紙を横に使って、左上に名前・学年・学籍番号を記入

コーヒードリンク生産に必要な原材料と利益

| 原材料 | 珈琲飲料(100g中) | 珈琲牛乳(100g中) | 最大供給量 |
|--------|-------------|-------------|----------|
| 珈琲原液 | 15g | 11g | 1650kg/日 |
| ミルク | 10g | 14g | 1400kg/日 |
| ガムシロップ | 9g | 20g | 1800kg/日 |
| 利益 | 5円 | 4円 | |

問題：利益を最大化する珈琲飲料・珈琲牛乳の1日当り生産量は？

上記の最適化問題について、
課題1：maximize ... subject to ... の形式で
線形計画問題を表現しなさい。

課題2：グラフを用いる解法・交点を総当たりする解法
で最適解を求めなさい。

課題3：授業の感想・意見があれば書いてください。

復習：演習問題1

A4用紙を横に使う、左上に名前・学年・学籍番号を記入

コーヒードリンク生産に必要な原材料と利益

| 原材料 | 珈琲飲料(100g中) | 珈琲牛乳(100g中) | 最大供給量 |
|--------|-------------|-------------|----------|
| 珈琲原液 | 15g | 11g | 1650kg/日 |
| ミルク | 10g | 14g | 1400kg/日 |
| ガムシロップ | 9g | 20g | 1800kg/日 |
| 利益 | 5円 | 4円 | |

問題：利益を最大化する珈琲飲料・珈琲牛乳の1日当り生産量は？

まず変数を定義、
問題の表現と自然
に対応し、誤り難い
選択をする
「求められている値
=生産量」

珈琲飲料の1日当り生産量を $x_1 \times 100$ [g] とする
珈琲牛乳の1日当り生産量を $x_2 \times 100$ [g] とする

復習：演習問題1

A4用紙を横に使う、左上に名前・学年・学籍番号を記入

コーヒードリンク生産に必要な原材料と利益

| 原材料 | 珈琲飲料(100g中) | 珈琲牛乳(100g中) | 最大供給量 |
|--------|-------------|-------------|----------|
| 珈琲原液 | 15g | 11g | 1650kg/日 |
| ミルク | 10g | 14g | 1400kg/日 |
| ガムシロップ | 9g | 20g | 1800kg/日 |
| 利益 | 5円 | 4円 | |

問題：利益を最大化する珈琲飲料・珈琲牛乳の1日当り生産量は？

次に制約式を導出、
問題に示された制限を定義した変数で表現する
例：「珈琲原液の最大供給量制限」

珈琲飲料の1日当り生産量を $x_1 \times 100$ [g] とする
珈琲牛乳の1日当り生産量を $x_2 \times 100$ [g] とする

↑の生産に要する珈琲原液の1日当り消費量

$$= x_1 \times 15 \text{ [g]} + x_2 \times 11 \text{ [g]}$$

∴制約式は、

$$15x_1 + 11x_2 \leq 1650 \times 10^3$$

同様にして

$$10x_1 + 14x_2 \leq 1400 \times 10^3$$

$$9x_1 + 20x_2 \leq 1800 \times 10^3$$

復習：演習問題1

A4用紙を横に使う、左上に名前・学年・学籍番号を記入

コーヒードリンク生産に必要な原材料と利益

| 原材料 | 珈琲飲料(100g中) | 珈琲牛乳(100g中) | 最大供給量 |
|--------|-------------|-------------|----------|
| 珈琲原液 | 15g | 11g | 1650kg/日 |
| ミルク | 10g | 14g | 1400kg/日 |
| ガムシロップ | 9g | 20g | 1800kg/日 |
| 利益 | 5円 | 4円 | |

問題：利益を最大化する珈琲飲料・珈琲牛乳の1日当り生産量は？

問題に明示されない制限に注意する

例：「負の生産量
はありえない」

珈琲飲料の1日当り生産量を $x_1 \times 100$ [g] とする
珈琲牛乳の1日当り生産量を $x_2 \times 100$ [g] とする

原材料供給制限
にもとづく制約式

$$\begin{aligned} 15x_1 + 11x_2 &\leq 1650 \times 10^3 \\ 10x_1 + 14x_2 &\leq 1400 \times 10^3 \\ 9x_1 + 20x_2 &\leq 1800 \times 10^3 \end{aligned}$$

生産量は正なので $x_1, x_2 \geq 0$

復習：演習問題1

A4用紙を横に使って、左上に名前・学年・学籍番号を記入

コーヒードリンク生産に必要な原材料と利益

| 原材料 | 珈琲飲料(100g中) | 珈琲牛乳(100g中) | 最大供給量 |
|--------|-------------|-------------|----------|
| 珈琲原液 | 15g | 11g | 1650kg/日 |
| ミルク | 10g | 14g | 1400kg/日 |
| ガムシロップ | 9g | 20g | 1800kg/日 |
| 利益 | 5円 | 4円 | |

問題：利益を最大化する珈琲飲料・珈琲牛乳の1日当り生産量は？

最適化(最大化 or 最小化)する関数を定義する

最大/最小化の別や関数値の単位を明確にする

珈琲飲料の1日当り生産量を $x_1 \times 100$ [g] とする

珈琲牛乳の1日当り生産量を $x_2 \times 100$ [g] とする

原材料供給制限
にもとづく制約式

$$\begin{aligned} 15x_1 + 11x_2 &\leq 1650 \times 10^3 \\ 10x_1 + 14x_2 &\leq 1400 \times 10^3 \\ 9x_1 + 20x_2 &\leq 1800 \times 10^3 \end{aligned}$$

生産量は正なので $x_1, x_2 \geq 0$

目的関数=利益 $5x_1 + 4x_2$ [円] を最大化する

数理計画問題の自然な表現が得られた

復習：演習問題1

A4用紙を横に使う、左上に名前・学年・学籍番号を記入

コーヒードリンク生産に必要な原材料と利益

| 原材料 | 珈琲飲料(100g中) | 珈琲牛乳(100g中) | 最大供給量 |
|--------|-------------|-------------|----------|
| 珈琲原液 | 15g | 11g | 1650kg/日 |
| ミルク | 10g | 14g | 1400kg/日 |
| ガムシロップ | 9g | 20g | 1800kg/日 |
| 利益 | 5円 | 4円 | |

問題：利益を最大化する珈琲飲料・珈琲牛乳の1日当り生産量は？

表現の形式を
整える

maximize/
minimize
subject to
の表現を使う

珈琲飲料の1日当り生産量を $x_1 \times 100$ [g] とする
珈琲牛乳の1日当り生産量を $x_2 \times 100$ [g] とする

$$\begin{aligned} &\text{maximize} && 5x_1 + 4x_2 \\ &\text{subject to} && 15x_1 + 11x_2 \leq 1650 \times 10^3 \\ & && 10x_1 + 14x_2 \leq 1400 \times 10^3 \\ & && 9x_1 + 20x_2 \leq 1800 \times 10^3 \\ & && x_1, x_2 \geq 0 \end{aligned}$$

数理計画問題の自然な表現が得られた

課題1 解答例

珈琲飲料の1日当り生産量を $x_1 \times 100$ [g] とする

珈琲牛乳の1日当り生産量を $x_2 \times 100$ [g] とする

$$\text{maximize } 5x_1 + 4x_2$$

$$\text{subject to } 15x_1 + 11x_2 \leq 1650 \times 10^3$$

$$10x_1 + 14x_2 \leq 1400 \times 10^3$$

$$9x_1 + 20x_2 \leq 1800 \times 10^3$$

$$x_1 \geq 0$$

$$x_2 \geq 0$$

変数の定義は
残しておく

復習：演習問題1

A4用紙を横に使って、左上に名前・学年・学籍番号を記入

コーヒードリンク生産に必要な原材料と利益

| 原材料 | 珈琲飲料(100g中) | 珈琲牛乳(100g中) | 最大供給量 |
|--------|-------------|-------------|----------|
| 珈琲原液 | 15g | 11g | 1650kg/日 |
| ミルク | 10g | 14g | 1400kg/日 |
| ガムシロップ | 9g | 20g | 1800kg/日 |
| 利益 | 5円 | 4円 | |

問題：利益を最大化する珈琲飲料・珈琲牛乳の1日当り生産量は？

上記の最適化問題について、
課題1：maximize ... subject to ... の形式で
線形計画問題を表現しなさい。

課題2：グラフを用いる解法・交点を総当たりする解法
で最適解を求めなさい。

課題3：授業の感想・意見があれば書いてください。

課題2 グラフを利用した解法

maximize

$$5x_1 + 4x_2$$

subject to

$$15x_1 + 11x_2 \leq 1650 \times 10^3$$

$$10x_1 + 14x_2 \leq 1400 \times 10^3$$

$$9x_1 + 20x_2 \leq 1800 \times 10^3$$

$$x_1 \geq 0$$

$$x_2 \geq 0$$

x_2 珈琲牛乳

2変数なので、
2次元のグラフ
を描く

珈琲飲料

x_1

課題2 グラフを利用した解法

maximize

$$5x_1 + 4x_2$$

subject to

$$15x_1 + 11x_2 \leq 1650 \times 10^3$$

$$10x_1 + 14x_2 \leq 1400 \times 10^3$$

$$9x_1 + 20x_2 \leq 1800 \times 10^3$$

$$x_1 \geq 0$$

$$x_2 \geq 0$$

グラフを与える方程式

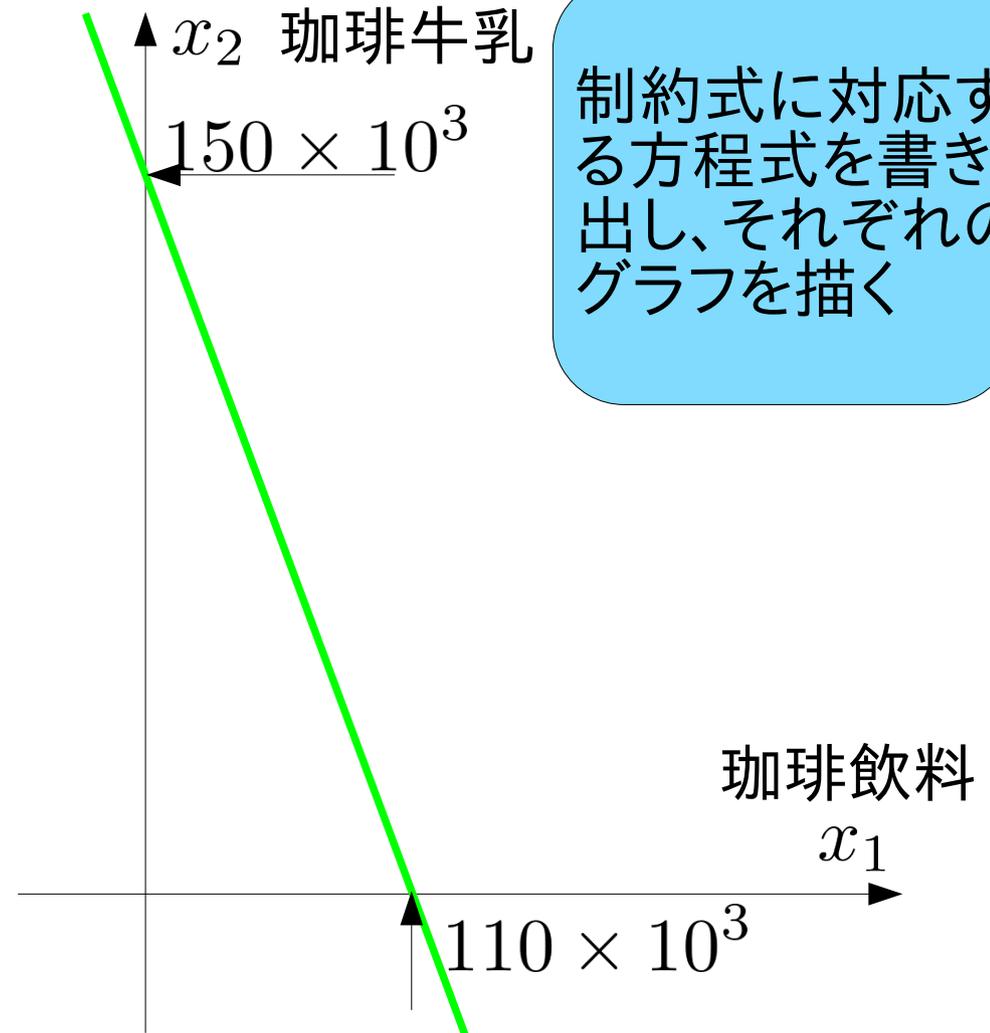
$$\textcircled{1} 15x_1 + 11x_2 = 1650 \times 10^3$$

$$\textcircled{2} 10x_1 + 14x_2 = 1400 \times 10^3$$

$$\textcircled{3} 9x_1 + 20x_2 = 1800 \times 10^3$$

$$\textcircled{4} x_1 = 0$$

$$\textcircled{5} x_2 = 0$$



課題2 グラフを利用した解法

maximize

$$5x_1 + 4x_2$$

subject to

$$15x_1 + 11x_2 \leq 1650 \times 10^3$$

$$10x_1 + 14x_2 \leq 1400 \times 10^3$$

$$9x_1 + 20x_2 \leq 1800 \times 10^3$$

$$x_1 \geq 0$$

$$x_2 \geq 0$$

グラフを与える方程式

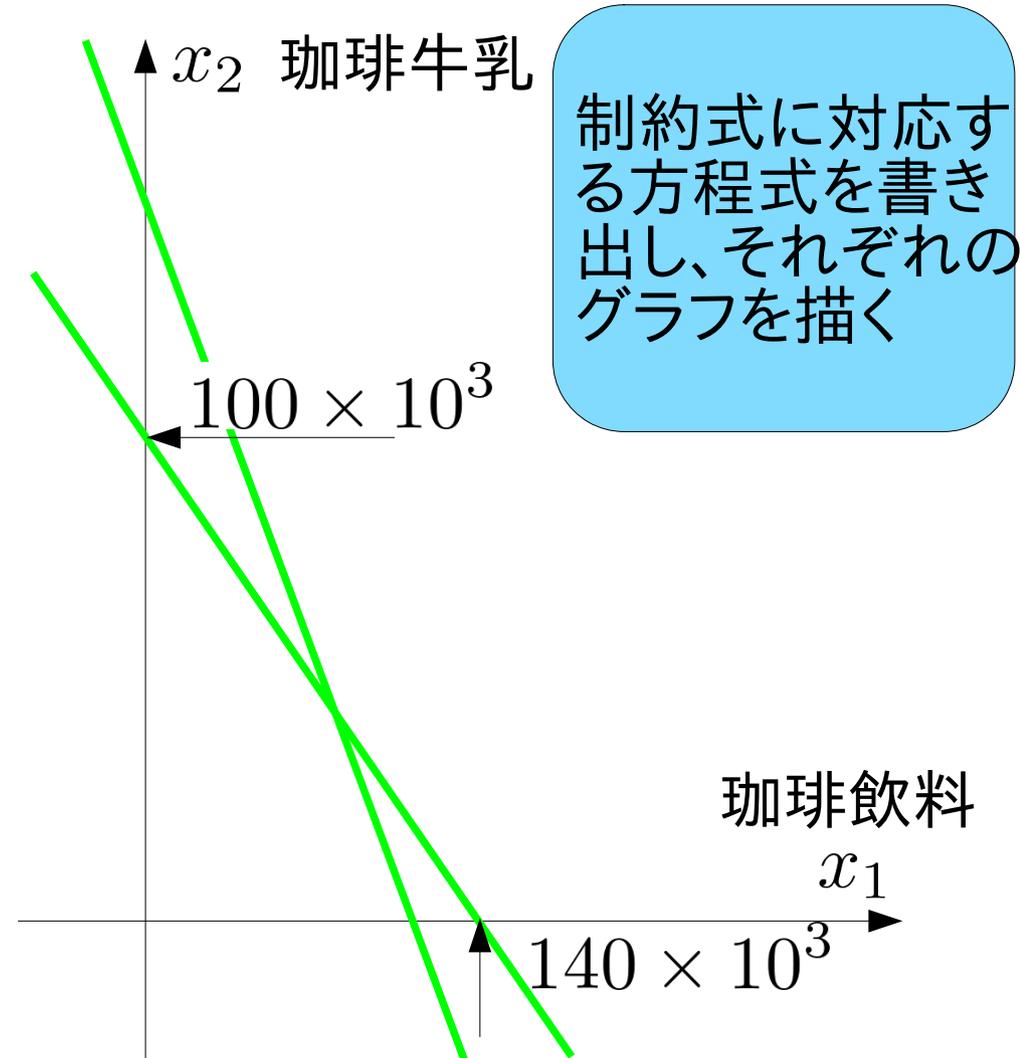
$$\textcircled{1} 15x_1 + 11x_2 = 1650 \times 10^3$$

$$\textcircled{2} 10x_1 + 14x_2 = 1400 \times 10^3$$

$$\textcircled{3} 9x_1 + 20x_2 = 1800 \times 10^3$$

$$\textcircled{4} x_1 = 0$$

$$\textcircled{5} x_2 = 0$$



課題2 グラフを利用した解法

maximize

$$5x_1 + 4x_2$$

subject to

$$15x_1 + 11x_2 \leq 1650 \times 10^3$$

$$10x_1 + 14x_2 \leq 1400 \times 10^3$$

$$9x_1 + 20x_2 \leq 1800 \times 10^3$$

$$x_1 \geq 0$$

$$x_2 \geq 0$$

グラフを与える方程式

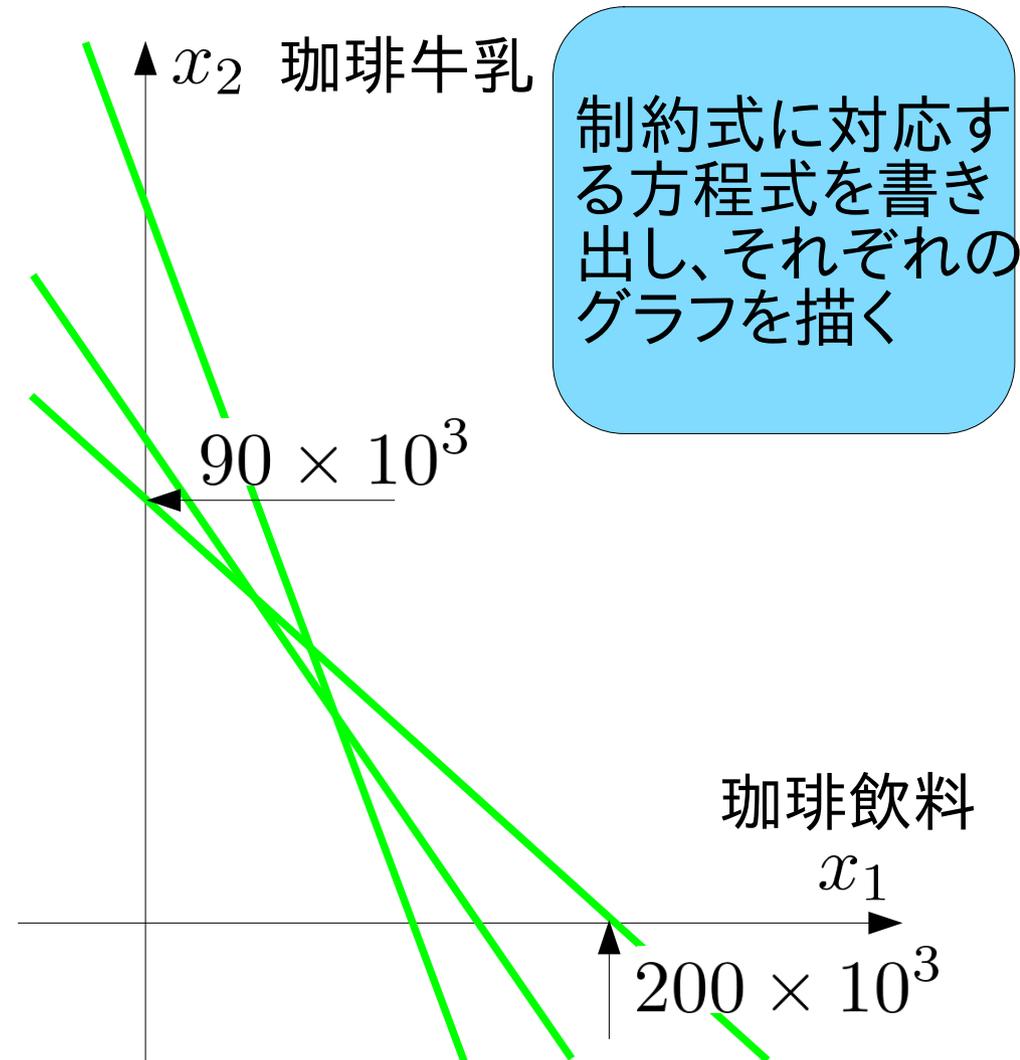
$$\textcircled{1} 15x_1 + 11x_2 = 1650 \times 10^3$$

$$\textcircled{2} 10x_1 + 14x_2 = 1400 \times 10^3$$

$$\textcircled{3} 9x_1 + 20x_2 = 1800 \times 10^3$$

$$\textcircled{4} x_1 = 0$$

$$\textcircled{5} x_2 = 0$$



課題2 グラフを利用した解法

maximize

$$5x_1 + 4x_2$$

subject to

$$15x_1 + 11x_2 \leq 1650 \times 10^3$$

$$10x_1 + 14x_2 \leq 1400 \times 10^3$$

$$9x_1 + 20x_2 \leq 1800 \times 10^3$$

$$x_1 \geq 0$$

$$x_2 \geq 0$$

グラフを与える方程式

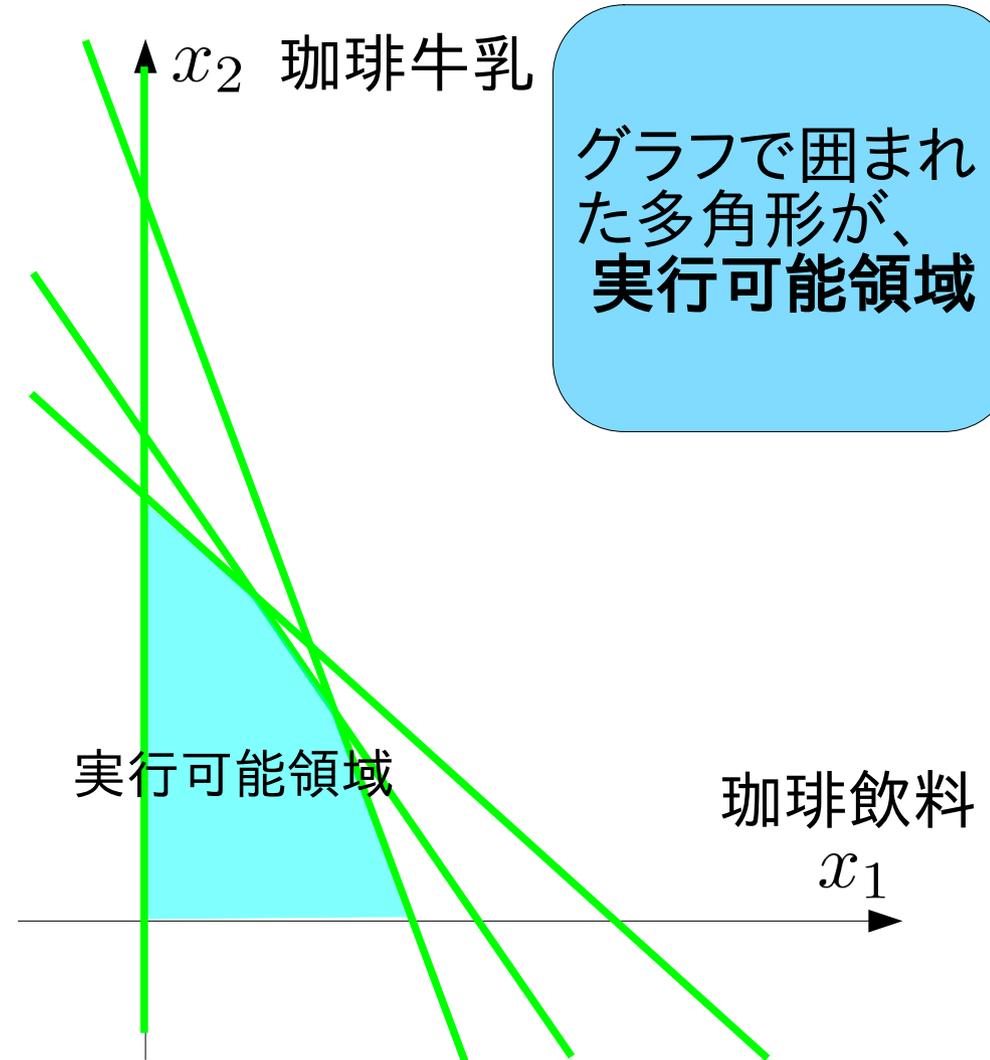
$$\textcircled{1} 15x_1 + 11x_2 = 1650 \times 10^3$$

$$\textcircled{2} 10x_1 + 14x_2 = 1400 \times 10^3$$

$$\textcircled{3} 9x_1 + 20x_2 = 1800 \times 10^3$$

$$\textcircled{4} x_1 = 0$$

$$\textcircled{5} x_2 = 0$$



課題2 グラフを利用した解法

maximize

$$5x_1 + 4x_2$$

subject to

$$15x_1 + 11x_2 \leq 1650 \times 10^3$$

$$10x_1 + 14x_2 \leq 1400 \times 10^3$$

$$9x_1 + 20x_2 \leq 1800 \times 10^3$$

$$x_1 \geq 0$$

$$x_2 \geq 0$$

グラフを与える方程式

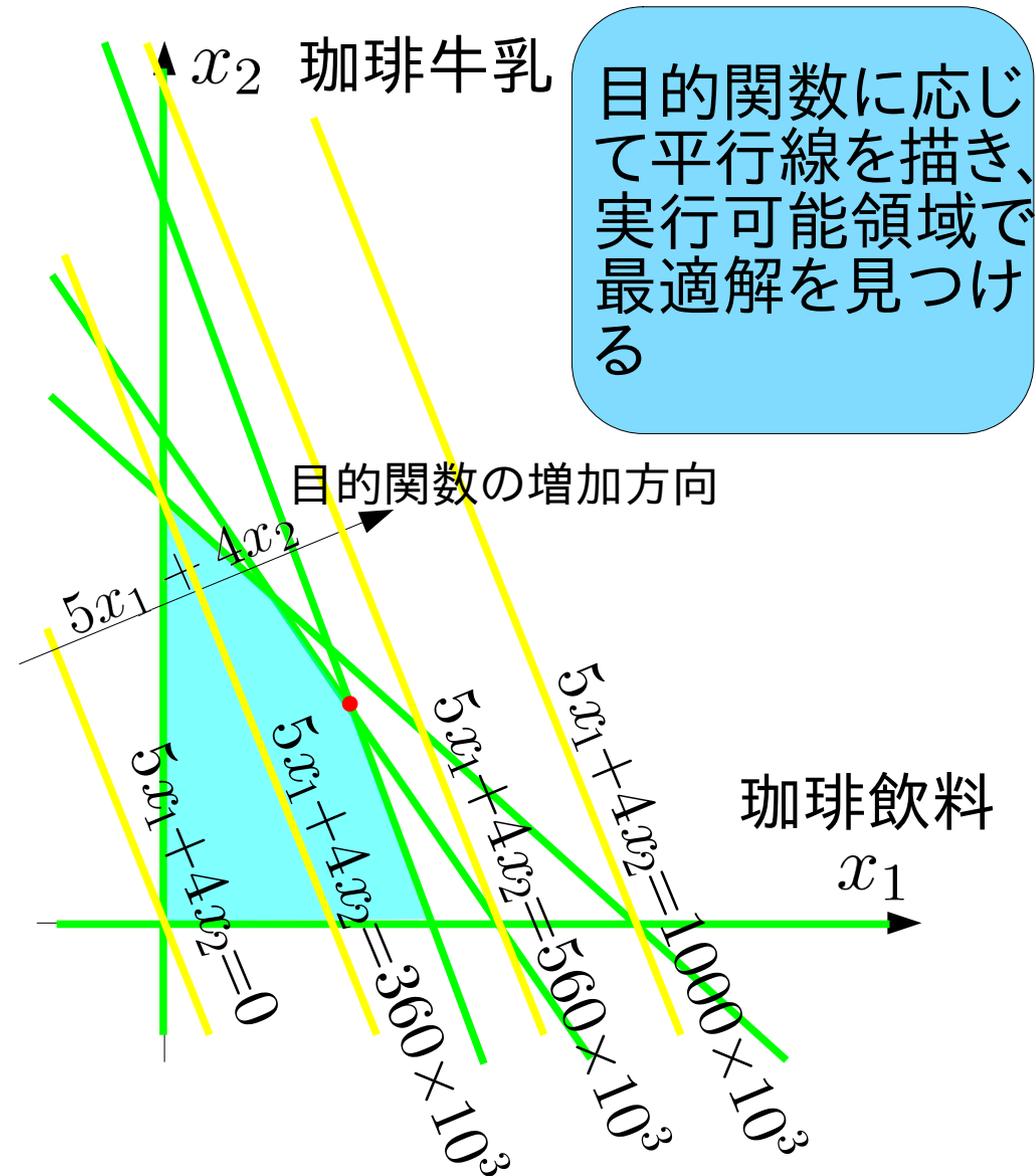
$$\textcircled{1} 15x_1 + 11x_2 = 1650 \times 10^3$$

$$\textcircled{2} 10x_1 + 14x_2 = 1400 \times 10^3$$

$$\textcircled{3} 9x_1 + 20x_2 = 1800 \times 10^3$$

$$\textcircled{4} x_1 = 0$$

$$\textcircled{5} x_2 = 0$$



課題2 グラフを利用した解法

maximize

$$5x_1 + 4x_2$$

subject to

$$15x_1 + 11x_2 \leq 1650 \times 10^3$$

$$10x_1 + 14x_2 \leq 1400 \times 10^3$$

$$9x_1 + 20x_2 \leq 1800 \times 10^3$$

$$x_1 \geq 0$$

$$x_2 \geq 0$$

グラフを与える方程式

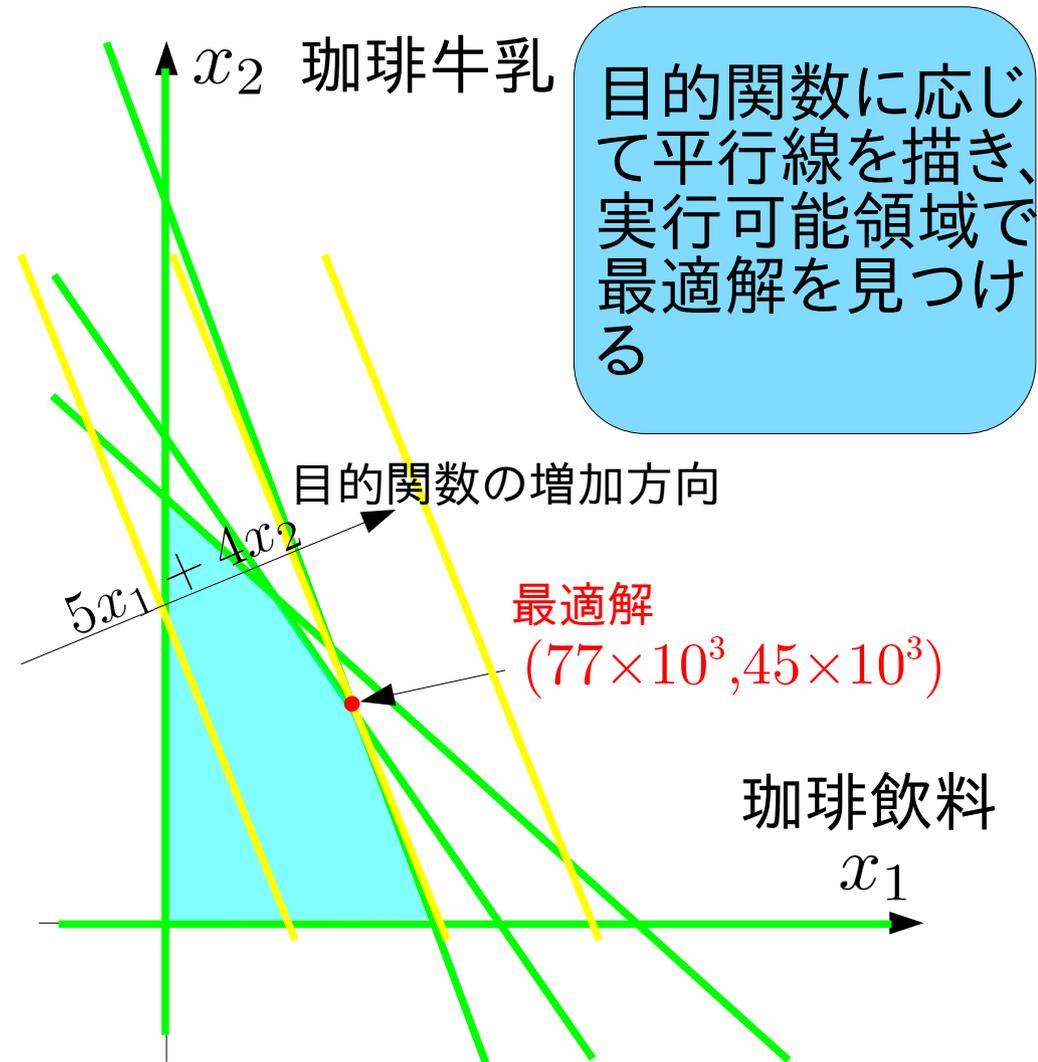
$$\textcircled{1} 15x_1 + 11x_2 = 1650 \times 10^3$$

$$\textcircled{2} 10x_1 + 14x_2 = 1400 \times 10^3$$

$$\textcircled{3} 9x_1 + 20x_2 = 1800 \times 10^3$$

$$\textcircled{4} x_1 = 0$$

$$\textcircled{5} x_2 = 0$$



課題2 グラフを利用した解法

maximize

$$5x_1 + 4x_2$$

subject to

$$15x_1 + 11x_2 \leq 1650 \times 10^3$$

$$10x_1 + 14x_2 \leq 1400 \times 10^3$$

$$9x_1 + 20x_2 \leq 1800 \times 10^3$$

$$x_1 \geq 0$$

$$x_2 \geq 0$$

グラフを与える方程式

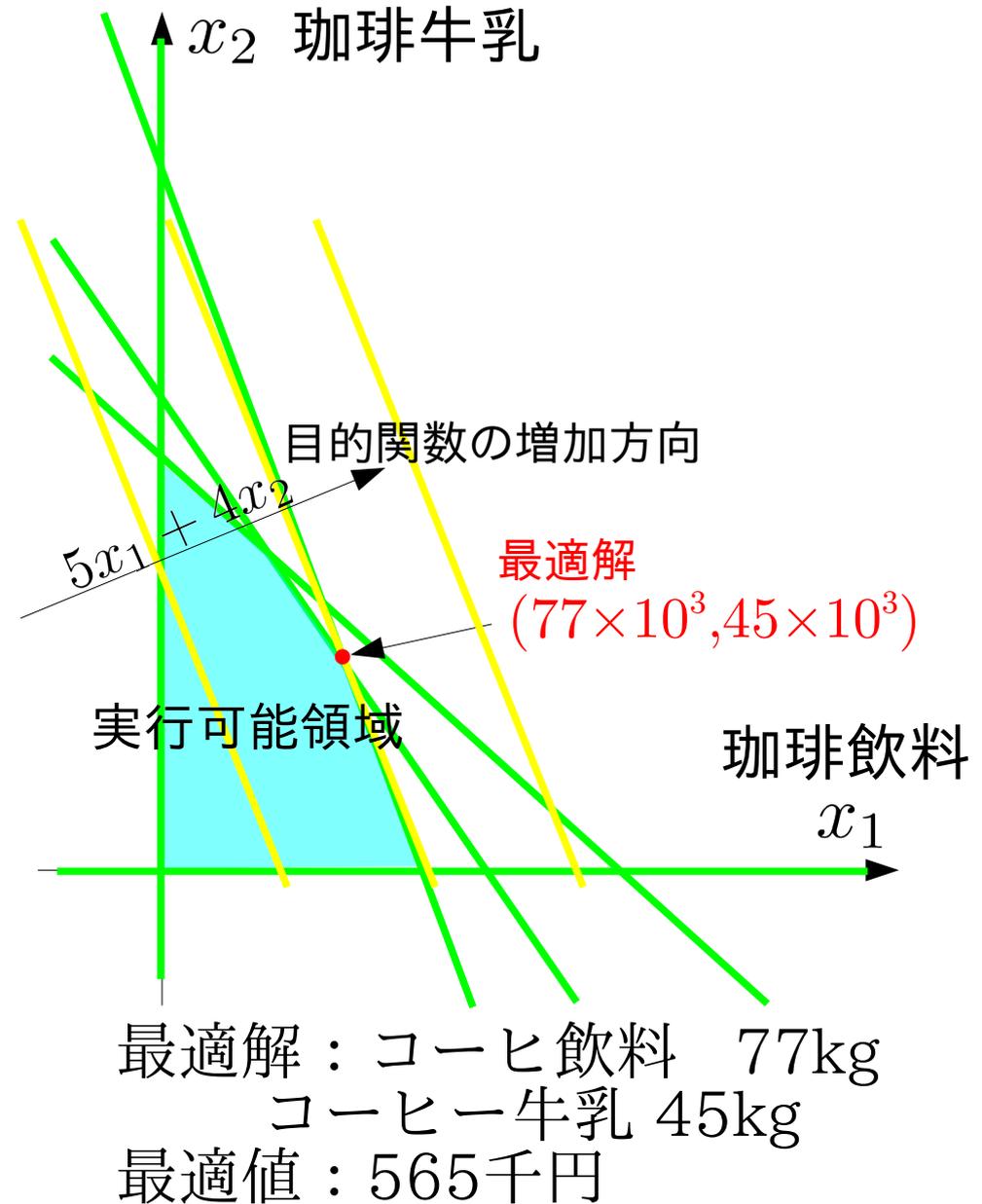
① $15x_1 + 11x_2 = 1650 \times 10^3$

② $10x_1 + 14x_2 = 1400 \times 10^3$

③ $9x_1 + 20x_2 = 1800 \times 10^3$

④ $x_1 = 0$

⑤ $x_2 = 0$



課題2 グラフの交点を総当たりする解法

$$\begin{aligned}
 &\text{maximize} \\
 &\quad 5x_1 + 4x_2 \\
 &\text{subject to} \\
 &\quad 15x_1 + 11x_2 \leq 1650 \times 10^3 \\
 &\quad 10x_1 + 14x_2 \leq 1400 \times 10^3 \\
 &\quad 9x_1 + 20x_2 \leq 1800 \times 10^3 \\
 &\quad x_1 \geq 0 \\
 &\quad x_2 \geq 0
 \end{aligned}$$

グラフを与える方程式

$$\begin{aligned}
 \textcircled{1} \quad &15x_1 + 11x_2 = 1650 \times 10^3 \\
 \textcircled{2} \quad &10x_1 + 14x_2 = 1400 \times 10^3 \\
 \textcircled{3} \quad &9x_1 + 20x_2 = 1800 \times 10^3 \\
 \textcircled{4} \quad &x_1 = 0 \\
 \textcircled{5} \quad &x_2 = 0
 \end{aligned}$$

| 方程式 | | | 実行可能? | 目的関数値 |
|-----|--|--|-------|-------|
| ①② | | | | |
| ①③ | | | | |
| ①④ | | | | |
| ①⑤ | | | | |
| ②③ | | | | |
| ②④ | | | | |
| ②⑤ | | | | |
| ③④ | | | | |
| ③⑤ | | | | |
| ④⑤ | | | | |

制約式に対応する方程式を書き出し、交点を与える組合せを全て求める

課題2 グラフの交点を総当たりする解法

$$\begin{aligned}
 &\text{maximize} \\
 &\quad 5x_1 + 4x_2 \\
 &\text{subject to} \\
 &\quad 15x_1 + 11x_2 \leq 1650 \times 10^3 \\
 &\quad 10x_1 + 14x_2 \leq 1400 \times 10^3 \\
 &\quad 9x_1 + 20x_2 \leq 1800 \times 10^3 \\
 &\quad x_1 \geq 0 \\
 &\quad x_2 \geq 0
 \end{aligned}$$

グラフを与える方程式

$$\begin{aligned}
 \textcircled{1} \quad &15x_1 + 11x_2 = 1650 \times 10^3 \\
 \textcircled{2} \quad &10x_1 + 14x_2 = 1400 \times 10^3 \\
 \textcircled{3} \quad &9x_1 + 20x_2 = 1800 \times 10^3 \\
 \textcircled{4} \quad &x_1 = 0 \\
 \textcircled{5} \quad &x_2 = 0
 \end{aligned}$$

| 方程式 | x_1 | x_2 | 実行可能? | 目的関数値 |
|-----|--------------------|--------------------|-------|-------|
| ①② | 77×10^3 | 45×10^3 | | |
| ①③ | 65.6×10^3 | 60.4×10^3 | | |
| ①④ | 0 | 150×10^3 | | |
| ①⑤ | 110×10^3 | 0 | | |
| ②③ | 37.8×10^3 | 73.0×10^3 | | |
| ②④ | 0 | 100×10^3 | | |
| ②⑤ | 140×10^3 | 0 | | |
| ③④ | 0 | 90×10^3 | | |
| ③⑤ | 200×10^3 | 0 | | |
| ④⑤ | 0 | 0 | | |

連立方程式を解き、全ての交点を
求める

課題2 グラフの交点を総当たりする解法

$$\begin{aligned}
 &\text{maximize} \\
 &\quad 5x_1 + 4x_2 \\
 &\text{subject to} \\
 &\quad 15x_1 + 11x_2 \leq 1650 \times 10^3 \\
 &\quad 10x_1 + 14x_2 \leq 1400 \times 10^3 \\
 &\quad 9x_1 + 20x_2 \leq 1800 \times 10^3 \\
 &\quad x_1 \geq 0 \\
 &\quad x_2 \geq 0
 \end{aligned}$$

グラフを与える方程式

$$\begin{aligned}
 \textcircled{1} \quad &15x_1 + 11x_2 = 1650 \times 10^3 \\
 \textcircled{2} \quad &10x_1 + 14x_2 = 1400 \times 10^3 \\
 \textcircled{3} \quad &9x_1 + 20x_2 = 1800 \times 10^3 \\
 \textcircled{4} \quad &x_1 = 0 \\
 \textcircled{5} \quad &x_2 = 0
 \end{aligned}$$

| 方程式 | x_1 | x_2 | 実行可能? | 目的関数値 |
|-----|--------------------|--------------------|-------|-------|
| ①② | 77×10^3 | 45×10^3 | ○ | |
| ①③ | 65.6×10^3 | 60.4×10^3 | × | |
| ①④ | 0 | 150×10^3 | × | |
| ①⑤ | 110×10^3 | 0 | ○ | |
| ②③ | 37.8×10^3 | 73.0×10^3 | ○ | |
| ②④ | 0 | 100×10^3 | × | |
| ②⑤ | 140×10^3 | 0 | × | |
| ③④ | 0 | 90×10^3 | ○ | |
| ③⑤ | 200×10^3 | 0 | × | |
| ④⑤ | 0 | 0 | ○ | |

交点を制約式に代入し、全ての交点の実行可能性を調べる

課題2 グラフの交点を総当たりする解法

$$\begin{aligned}
 &\text{maximize} \\
 &5x_1 + 4x_2 \\
 &\text{subject to} \\
 &15x_1 + 11x_2 \leq 1650 \times 10^3 \\
 &10x_1 + 14x_2 \leq 1400 \times 10^3 \\
 &9x_1 + 20x_2 \leq 1800 \times 10^3 \\
 &x_1 \geq 0 \\
 &x_2 \geq 0
 \end{aligned}$$

グラフを与える方程式

$$\begin{aligned}
 \textcircled{1} & 15x_1 + 11x_2 = 1650 \times 10^3 \\
 \textcircled{2} & 10x_1 + 14x_2 = 1400 \times 10^3 \\
 \textcircled{3} & 9x_1 + 20x_2 = 1800 \times 10^3 \\
 \textcircled{4} & x_1 = 0 \\
 \textcircled{5} & x_2 = 0
 \end{aligned}$$

| 方程式 | x_1 | x_2 | 実行可能? | 目的関数値 |
|-----|--------------------|--------------------|-------|-------------------|
| ①② | 77×10^3 | 45×10^3 | ○ | 565×10^3 |
| ①③ | 65.6×10^3 | 60.4×10^3 | × | |
| ①④ | 0 | 150×10^3 | × | |
| ①⑤ | 110×10^3 | 0 | ○ | 550×10^3 |
| ②③ | 37.8×10^3 | 73.0×10^3 | ○ | 481×10^3 |
| ②④ | 0 | 100×10^3 | × | |
| ②⑤ | 140×10^3 | 0 | × | |
| ③④ | 0 | 90×10^3 | ○ | 360×10^3 |
| ③⑤ | 200×10^3 | 0 | × | |
| ④⑤ | 0 | 0 | ○ | 0 |

実行可能な交点における目的関数値を求める

課題2 グラフの交点を総当たりする解法

$$\begin{aligned}
 &\text{maximize} \\
 &\quad 5x_1 + 4x_2 \\
 &\text{subject to} \\
 &\quad 15x_1 + 11x_2 \leq 1650 \times 10^3 \\
 &\quad 10x_1 + 14x_2 \leq 1400 \times 10^3 \\
 &\quad 9x_1 + 20x_2 \leq 1800 \times 10^3 \\
 &\quad x_1 \geq 0 \\
 &\quad x_2 \geq 0
 \end{aligned}$$

グラフを与える方程式

$$\begin{aligned}
 \textcircled{1} \quad &15x_1 + 11x_2 = 1650 \times 10^3 \\
 \textcircled{2} \quad &10x_1 + 14x_2 = 1400 \times 10^3 \\
 \textcircled{3} \quad &9x_1 + 20x_2 = 1800 \times 10^3 \\
 \textcircled{4} \quad &x_1 = 0 \\
 \textcircled{5} \quad &x_2 = 0
 \end{aligned}$$

| 方程式 | x_1 | x_2 | 実行可能? | 目的関数値 |
|-----|--------------------|--------------------|-------|-------------------|
| ①② | 77×10^3 | 45×10^3 | ○ | 565×10^3 |
| ①③ | 65.6×10^3 | 60.4×10^3 | × | |
| ①④ | 0 | 150×10^3 | × | |
| ①⑤ | 110×10^3 | 0 | ○ | 550×10^3 |
| ②③ | 37.8×10^3 | 73.0×10^3 | ○ | 481×10^3 |
| ②④ | 0 | 100×10^3 | × | |
| ②⑤ | 140×10^3 | 0 | × | |
| ③④ | 0 | 90×10^3 | ○ | 360×10^3 |
| ③⑤ | 200×10^3 | 0 | × | |
| ④⑤ | 0 | 0 | ○ | 0 |

目的関数最適化の条件に合う
最適解を見つける

課題2 グラフの交点を総当たりする解法

$$\begin{aligned}
 &\text{maximize} \\
 &5x_1 + 4x_2 \\
 &\text{subject to} \\
 &15x_1 + 11x_2 \leq 1650 \times 10^3 \\
 &10x_1 + 14x_2 \leq 1400 \times 10^3 \\
 &9x_1 + 20x_2 \leq 1800 \times 10^3 \\
 &x_1 \geq 0 \\
 &x_2 \geq 0
 \end{aligned}$$

グラフを与える方程式

$$\begin{aligned}
 \textcircled{1} & 15x_1 + 11x_2 = 1650 \times 10^3 \\
 \textcircled{2} & 10x_1 + 14x_2 = 1400 \times 10^3 \\
 \textcircled{3} & 9x_1 + 20x_2 = 1800 \times 10^3 \\
 \textcircled{4} & x_1 = 0 \\
 \textcircled{5} & x_2 = 0
 \end{aligned}$$

| 方程式 | x_1 | x_2 | 実行可能? | 目的関数値 |
|-----|--------------------|--------------------|-------|-------------------|
| ①② | 77×10^3 | 45×10^3 | ○ | 565×10^3 |
| ①③ | 65.6×10^3 | 60.4×10^3 | × | |
| ①④ | 0 | 150×10^3 | × | |
| ①⑤ | 110×10^3 | 0 | ○ | 550×10^3 |
| ②③ | 37.8×10^3 | 73.0×10^3 | ○ | 481×10^3 |
| ②④ | 0 | 100×10^3 | × | |
| ②⑤ | 140×10^3 | 0 | × | |
| ③④ | 0 | 90×10^3 | ○ | 360×10^3 |
| ③⑤ | 200×10^3 | 0 | × | |
| ④⑤ | 0 | 0 | ○ | 0 |

最適解： コーヒ飲料 77kg
 コーヒー牛乳 45kg

最適値： 565千円