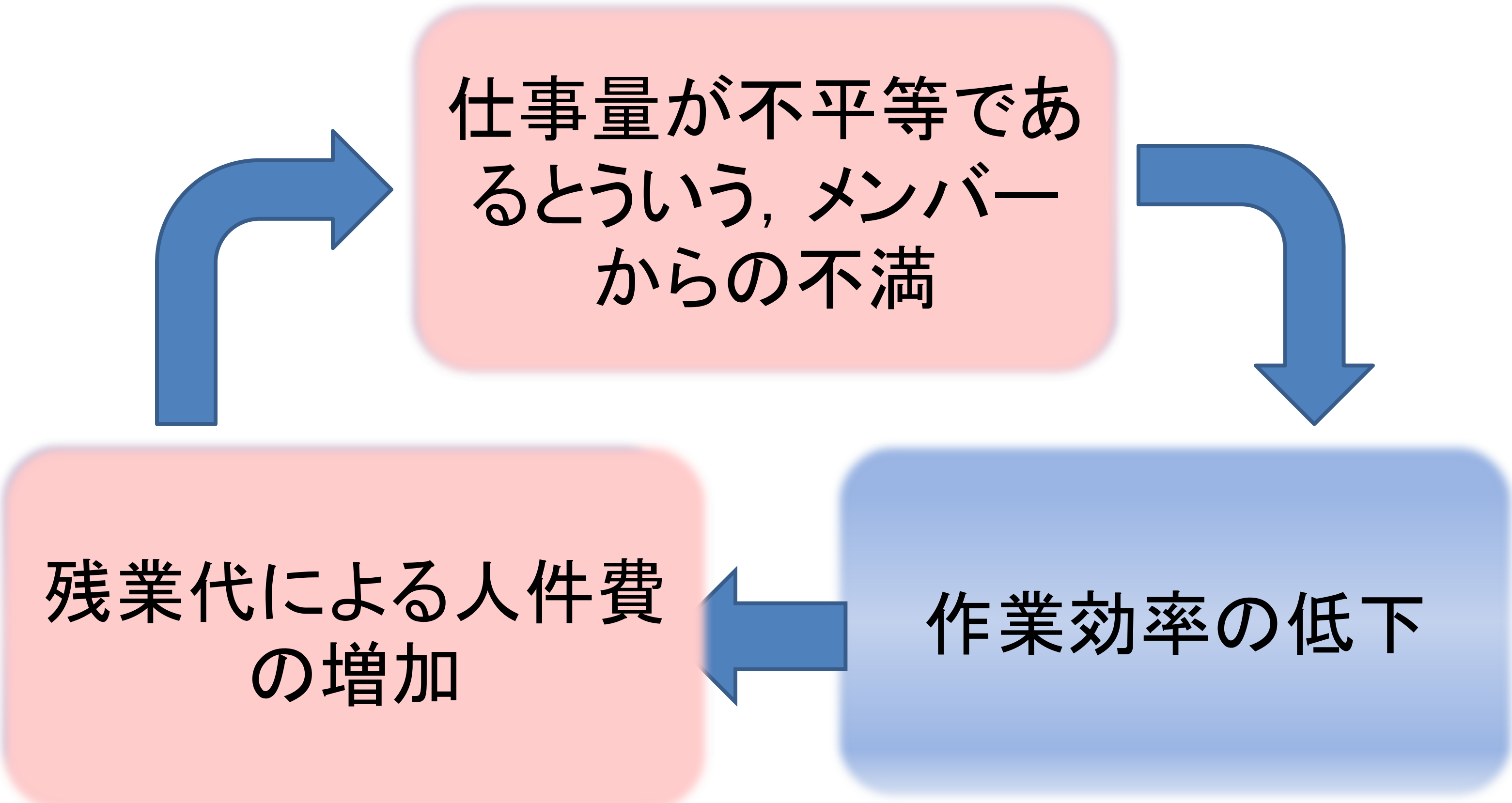
運送会社の引越し業務における チーム構成と案件配分に関する研究

東京理科大学　工学部　経営工学科　沼田研究室
4407052　高倉大樹

目次

1.はじめに

- 引越し業務のような肉体労働における悪循環



研究の目的

チーム構成と案件配分を最適にするための解決策を検討する

↓

- メンバーの不満が減る.
- 会社全体の人件費が減る.

2.問題設定

A運送会社の現状

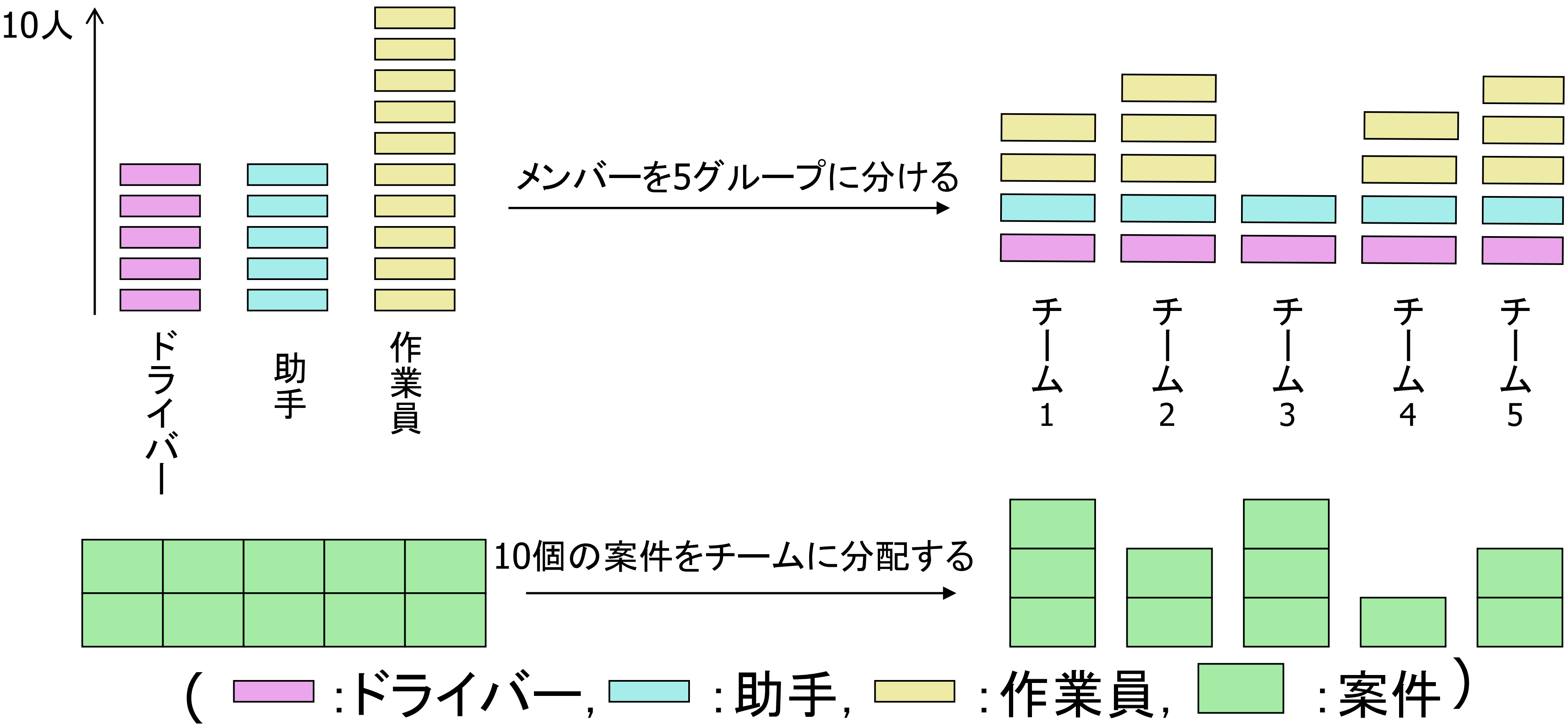
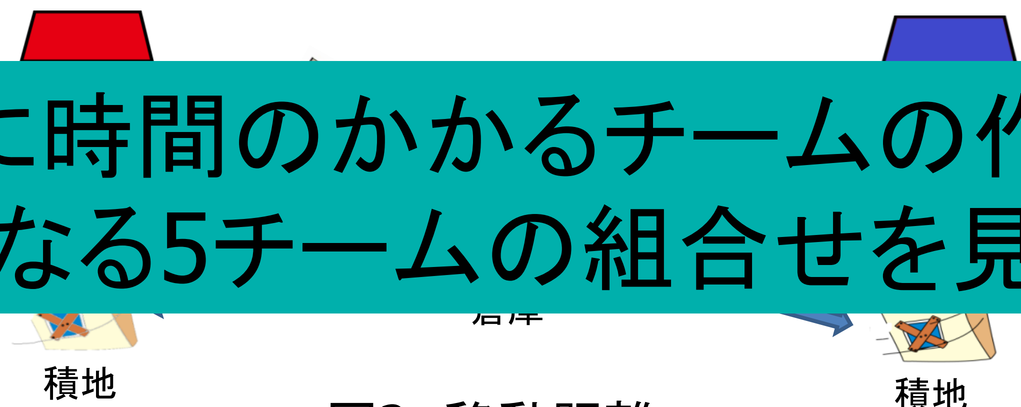


図1 チーム構成と案件配分の例

2.問題設定

A運送会社の現状

- 各案件の仕事内容は，梱包，運び出し，運び入れ，積み込み，トラックでの移動で決まる．
- トラックの移動とは倉庫～案件の積地～案件の卸地～倉庫の距離を足し合わせたもの．
- あるチームが複数の案件を処理する場合,一度倉庫に戻ってから次の案件に向かうとする．



最も作業に時間のかかるチームの作業時間が最小となる5チームの組合せを見つける

図2　移動距離

作業時間を求めるための記号化 I

- i をドライバー(1~5), 助手(6~10), 作業員(11~20)のメンバー番号とする.
- ドライバー i の能力を積込技術[㎥/分], 梱包技術[㎥/分], 土地勘[km/分]で表わし, それぞれ dA_i, dB_i, dC_i とする.
- 助手 i の能力を体力[㎥/分], 梱包技術[㎥/分]で表わし, それぞれ sA_i, sB_i とする.
- 作業員 i の能力を体力[㎥/分], 梱包技術[㎥/分]で表わし, それぞれ wA_i, wB_i とする.
- 案件 j の仕事量を全物量[㎥], 梱包を要する物量(梱包量) [㎥], 移動距離[km]で表わし, それぞれ A_j, B_j, C_j 表わす.

作業時間

- 仮に，ドライバー1，助手6，作業員11，作業員12で構成されたチームが案件1，案件2を実行した場合の作業時間．

$$\frac{A_1 + A_2}{dA_1 + sA_6 + wA_{11} + wA_{12}} + \frac{B_1 + B_2}{dB_1 + sB_6 + wB_{11} + wB_{12}} + \frac{C_1 + C_2}{dC_1} \quad (1)$$

この作業時間を減らすような定式化をすると
<u>非線形計画問題</u>となってしまう．そこで…

定式化をするための準備

<u>0-1線形計画問題</u>にするために以下のデータを用意する.

可能チーム候補の列挙

- 2～5人のメンバーで構成される.
- ドライバー，助手は必ずチームに一人ずつ配置される.

4375チーム

各案件の作業時間の列挙

- 列挙した可能チーム候補が，各案件を実行するのにかかる時間.

4375チーム×10件

3 .定式化(1)

＜定数/データ＞

- i :　　メンバー番号$(i=1,...,20)$
- j :　　案件番号$(j=1,...,10)$
- k :　　チーム候補番号$(k=1,..,n)$
- n :　　可能チーム候補数
- a_{ik} :　$\begin{cases} 1: メンバーiがチーム候補kに含まれる \\ 0: メンバーiがチーム候補kに含まれない \end{cases}$
- d_{kj} :　チーム候補kが案件jを行うのに要する時間

3.定式化(2)

＜決定変数＞

◆$x_k = \begin{cases} 1: & \text{チーム候補}k\text{を選択する} \\ 0: & \text{チーム候補}k\text{を選択しない} \end{cases}$

◆$y_{kj} = \begin{cases} 1: & \text{チーム候補}k\text{が案件}j\text{を実行する} \\ 0: & \text{チーム候補}k\text{が案件}j\text{を実行しない} \end{cases}$

3.定式化(3)

$$\text{minimize} \quad V = \max_{k=1,\ldots,n} \sum_{j=1}^{10} d_{kj} y_{kj} \qquad (2)$$

$$\text{subject to} \quad \sum_{k=1}^{n} x_k = 5 \qquad (3)$$

$$y_{kj} \le x_k \quad (k = 1,\ldots,n \quad , j = 1,\ldots,10) \qquad (4)$$

$$\sum_{k=1}^{n} y_{kj} = 1 \quad (j = 1,\ldots,10) \qquad (5)$$

$$\sum_{k=1}^{n} a_{ik} x_k = 1 \quad (i = 1,\ldots,20) \qquad (6)$$

4.提案解法

予備実験

先に紹介した定式化で最適値を求める.

汎用ソルバーGurobiを使う

可能チーム候補の組合せ(4375チーム)が多く, 実行可能領域が広いため計算処理に大きな時間を要する

4.2提案解法の概要

- 上界値，下界値を設けることで実行可能領域を狭め，計算時間を短縮する.

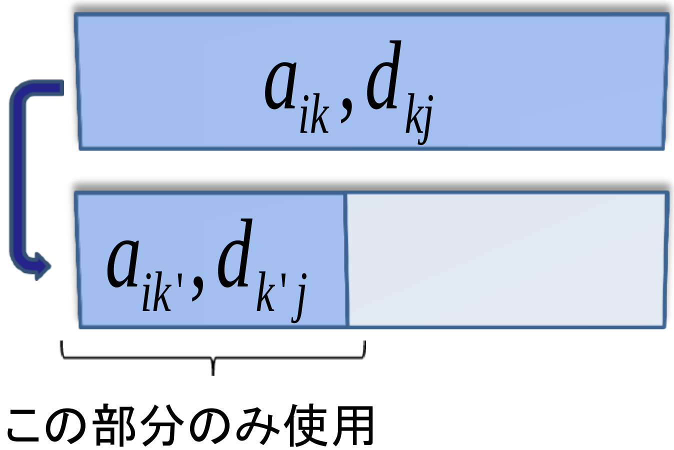
手続き1：上界値を求める

手続き2：下界値を与える.

上界値と下界値を制約式に組込み，短い時間で最適値を求める.

4.3手続き1

- 可能チーム候補数を減らし最良値を求める



チーム候補k'(501チーム)

- •チームのメンバー数は2~5人
- •ドライバー，助手が必要
- •チームのメンバーの能力が平均的

目的関数を(2)式，制約式を(3)~(6)式とし，Gurobiを用いて最良値を求める．この時 k を $k'(\leq k)$ とする．求まった最良値を上界値 $(=Z)$ とする．

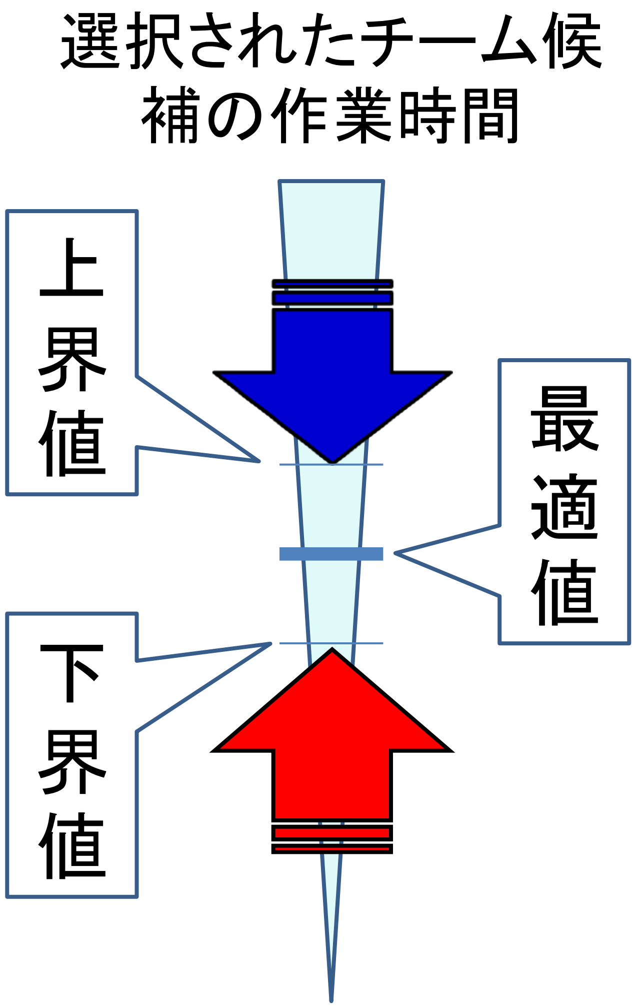
4.4手続き2

- 選択されたチーム候補の案件の処理時間の平均値は，選択されたチーム候補の案件の処理時間の最大値より小さくなる．これを下界値として与える．
- 設定した上界値，下界値を新たに制約式として組み込む．

$$V \leq Z \qquad (7)$$

$$V \geq \sum_{k=1}^{n} \sum_{j=1}^{10} d_{kj} y_{kj} \times \frac{1}{5} \qquad (8)$$

目的関数を(2)式，制約式を(3)~(8)式とし，Gurobiを用いて最適値を求める．



5.数値実験

概要

- 案件数は10個
- メンバーはドライバー5人，助手5人，作業員10人の計20人．

表1　実験に使った案件

	A（㎥）	B（㎥）	C（km）
案件1	17	10	30
案件2	22	12	70
案件3	11	5	130
案件4	24	20	20
案件5	8	3	27
案件6	4	2	35
案件7	15	9	10
案件8	21	12	67
案件9	9	2	131
案件10	17	4	87

5.数値実験

提案解法の手順に沿った実験の結果

表2　実験結果

		可能チーム候補数	最適値(分)	計算時間(秒)
予備実験		4375		
提案解法	手続き1	501	661	86.08
	手続き2	4375	623	1549.56

表3　チームごとの作業時間

	作業時間
チーム1	531
チーム2	614
チーム3	622
チーム4	605
チーム5	623

6.まとめ

実用に耐えうる時間内で最適値を求める

- 全体の作業時間の減少
- 仕事負担の均等化

- メンバーの不満の改善
- 人件費の削減

<u>今後の課題</u>

案件を複数処理する場合，倉庫に戻らず案件間を移動するモデルを考えること.

7.参考文献

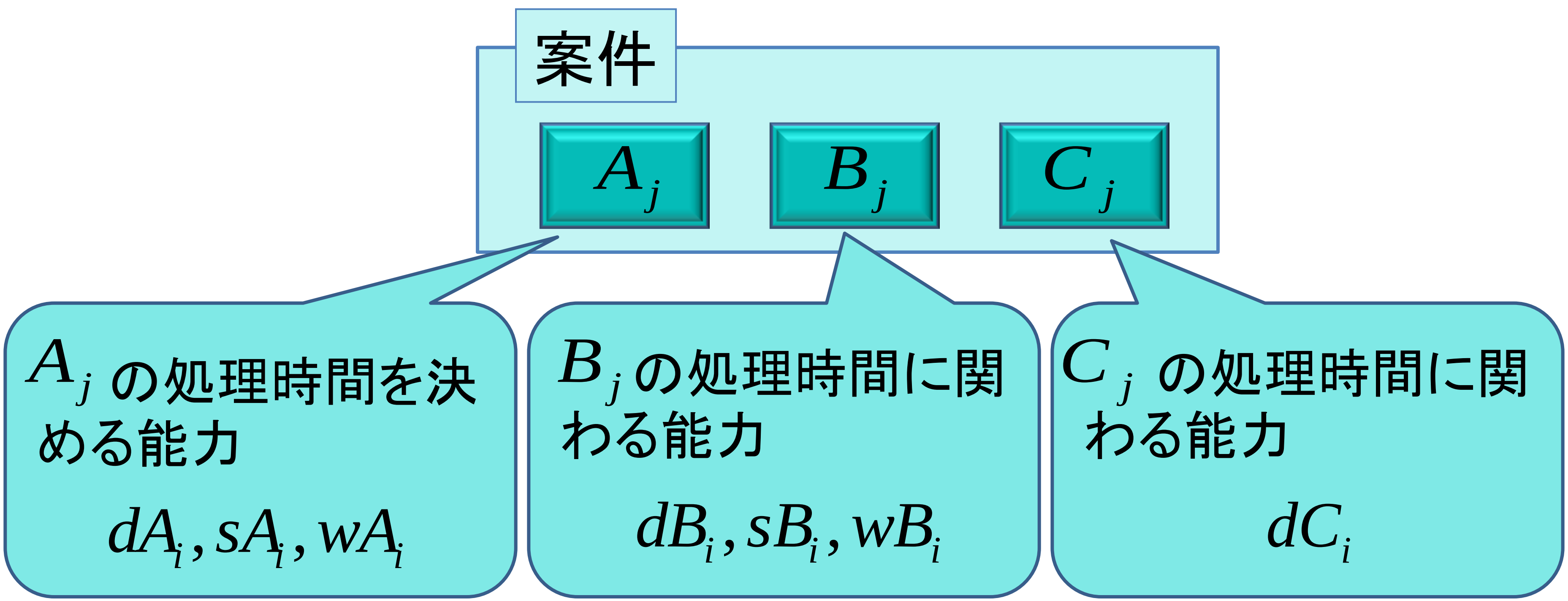
- [1]今野 浩・鈴木 久敏：整数計画法と組合せ最適化，日科技連，(1982)
- [2]glpkで楽しく最適化しよう：http//mukun_mmg.at.infoseek.co.jp/mmg/glpk/index.html (最終閲覧日2010　10/1)
- [3]佐藤親一：Delphi6プログラミング，オーム社，(2002)
- [4] Welcome to Gurobi Optimization：http://www.gurobi.com/(最終閲覧日2011 1/3)

ご清聴ありがとうございました。

付録

案件の構成と作業時間

$$\frac{A_1+A_2}{dA_1+sA_6+wA_{11}+wA_{12}}+\frac{B_1+B_2}{dB_1+sB_6+wB_{11}+wB_{12}}+\frac{C_1+C_2}{dC_1}$$



各メンバーの能力

	積込技術（m³/分）	梱包技術（m³/分）	土地勘（km/分）
ドライバー1	0.04　（Level2）	0.041（Level3）	0.53（Level5）
ドライバー2	0.041（Level3）	0.043（Level5）	0.53（Level5）
ドライバー3	0.04　（Level2）	0.04　（Level2）	0.5　（Level2）
ドライバー4	0.041（Level3）	0.041（Level3）	0.52（Level4）
ドライバー5	0.039（Level1）	0.042（Level4）	0.5　（Level2）

	体力（m³/分）	梱包技術（m³/分）
助手1	0.04　（Level2）	0.041（Level3）
助手2	0.043（Level5）	0.041（Level3）
助手3	0.043（Level5）	0.043（Level5）
助手4	0.04　（Level2）	0.04　（Level2）
助手5	0.04　（Level2）	0.041（Level3）

	体力（m³/分）	梱包技術（m³/分）
作業員1	0.021（Level3）	0.022（Level4）
作業員2	0.019（Level1）	0.022（Level4）
作業員3	0.02　（Level2）	0.019（Level1）
作業員4	0.022（Level4）	0.019（Level1）
作業員5	0.022（Level4）	0.019（Level1）
作業員6	0.023（Level5）	0.022（Level4）
作業員7	0.019（Level1）	0.021（Level3）
作業員8	0.019（Level1）	0.022（Level4）
作業員9	0.021（Level3）	0.021（Level3）
作業員10	0.023（Level5）	0.019（Level1）

各チームが行う案件

k ＼ j	案件1	案件2	案件3	案件4	案件5	案件6	案件7	案件8	案件9	案件10	合計時間
54	327	472	405	478	161	126	259	456	357	374	531
97	322	469	415	167	160	128	252	454	368	377	614
445	276	409	379	394	141	116	213	396	341	338	622
2836	253	383	375	352	133	113	191	369	341	325	605
3958	237	359	352	333	124	106	179	347	320	303	623

目的関数

$$\text{minimize} \quad V = \max_{k=1,\dots,n} \sum_{j=1}^{10} (d_{kj} y_{kj}) \qquad (2)$$

最も作業に時間のかかるチームの作業時間が最小となるような5つのチームの組合せを選ぶため.

選択されたチーム候補の各々が行う案件の作業時間の最大値を最小化するという目的関数.

A運送会社における問題点

1

メンバーの不満

【原因】 与えられる仕事量が平等でない

2

人件費の増加

【原因】作業効率の低下

分枝カット法

- すべての解を列挙する.
- 列挙した，すべての解は分枝木として表現できる.
- 分枝木で与えられる解の中で，実行不可能となる解をカットし実行可能領域を狭めていく