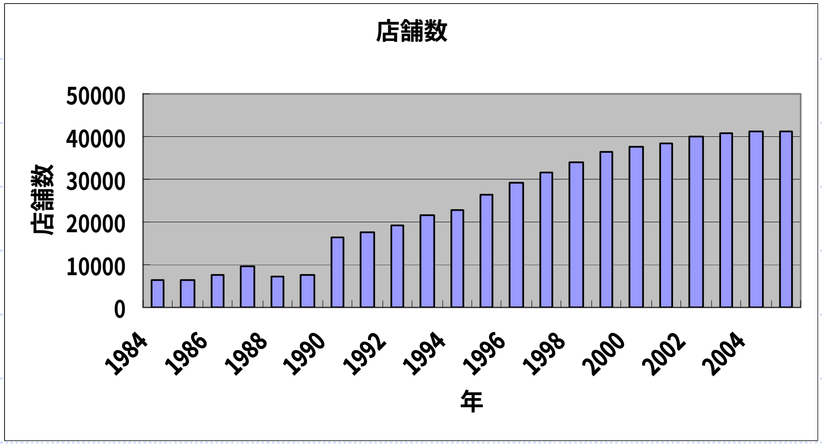
コンビニ弁当配送計画問題

沼田研究室
川崎秀和

発表構成

はじめに

- 現在利便性からコンビニが普及している
- 弁当以外の商品は各チェーン店で似た種類の商品を販売しているが弁当は違う種類の商品を扱っている[1]



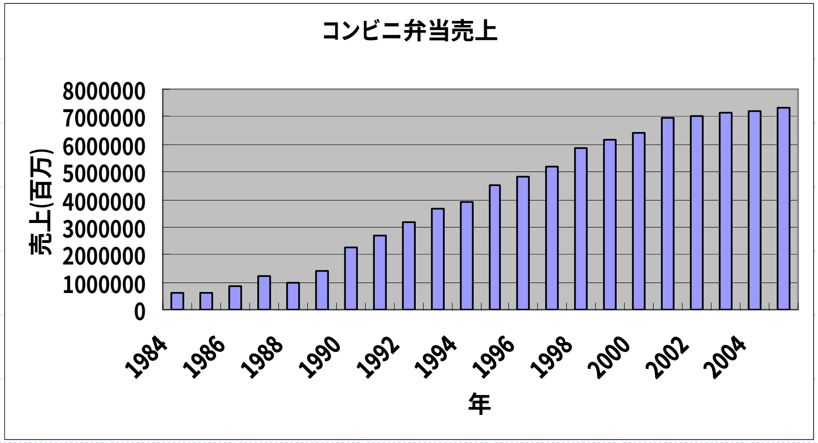


図1：コンビニ店舗数

図2：コンビニ弁当売上

コンビニ弁当配送の現状

配送センターにすべての弁当が集められる。そこからすべての店舗に数台のトラックで配送する[1]

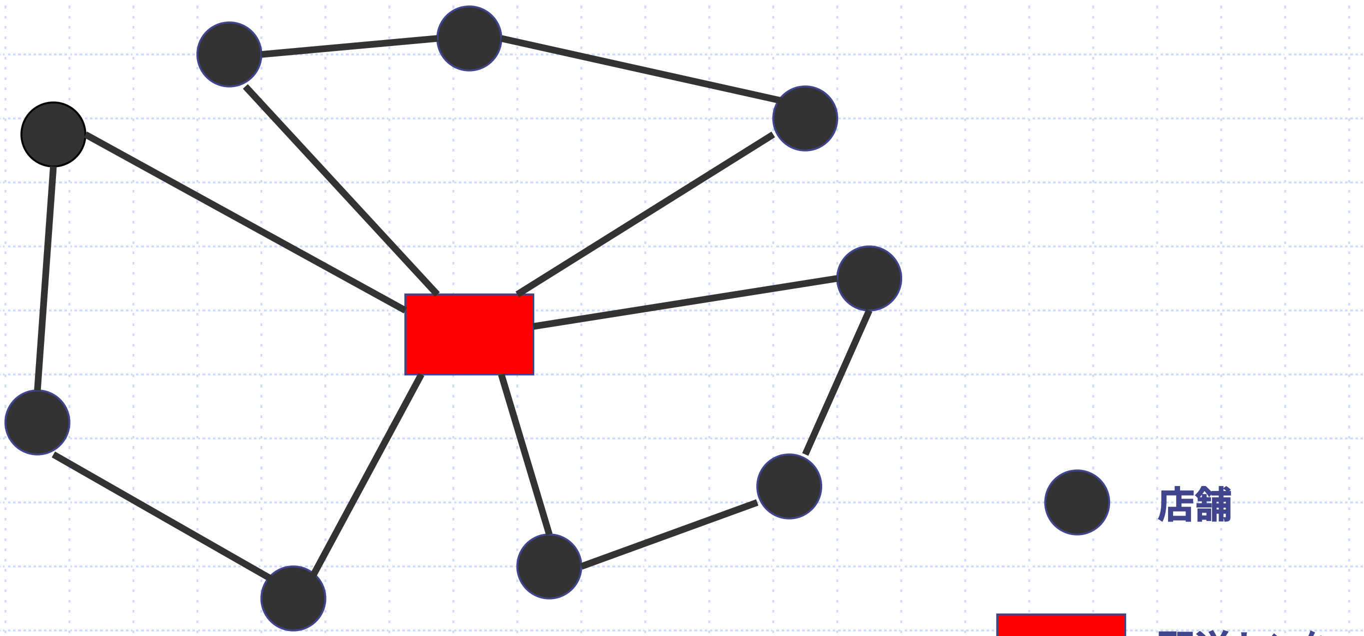


図3　コンビニ弁当配送の現状

コンビニ弁当配送の現状②

・トラックの積載量・各店舗の時間指定
・各店舗の積み降ろし量
・トラック台数・駐車場の有無

これらのことを考え弁当配送の巡回路を
決定し配送している[1]

コンビニ弁当配送の現状③

- **問題点**

現状の配送計画では弁当の売上量･配送量の多い店舗が最後に配達されることがある．そのため遅れが生じた場合の弁当の損害が大きくなる．

↓

売上量の多い店舗をできるだけ先に
配送する配送計画をつくる必要がある

研究目的

(1) 重要度 (弁当の売上高＝弁当の配送量) を考慮した弁当の配送経路の立案を行えるようなモデルを作成する.

(2) 作成したモデルを用いて現実の問題を解き, モデルの有用性を検証する.

問題設定①

重要度の高い店舗から順番に配送すると
遠回りすることになり総移動距離が大きくなる

距離と重要度のバランスが大事

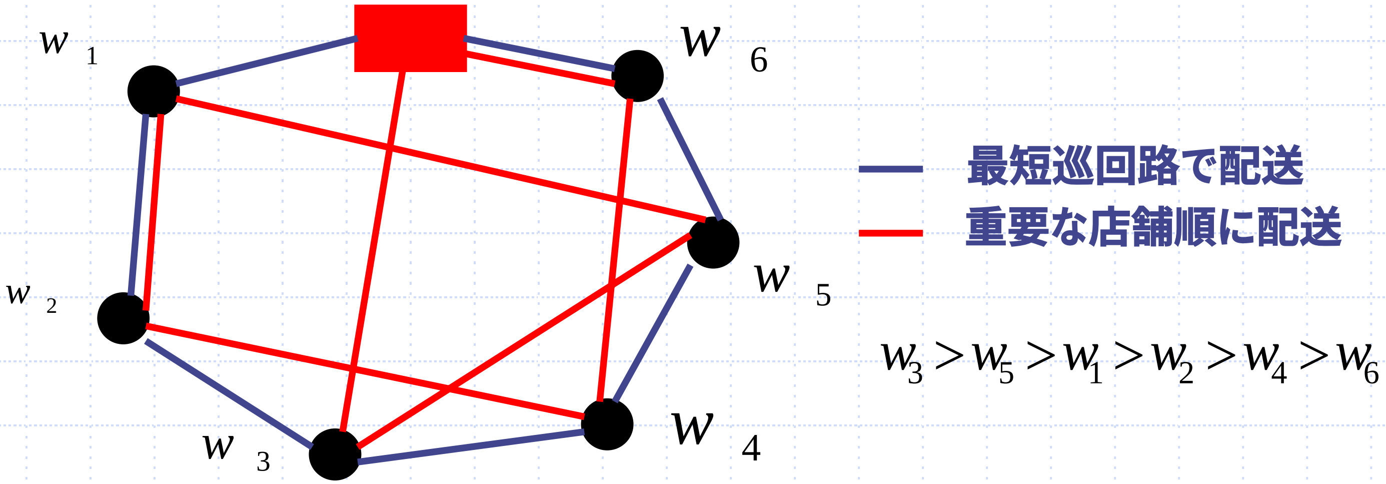
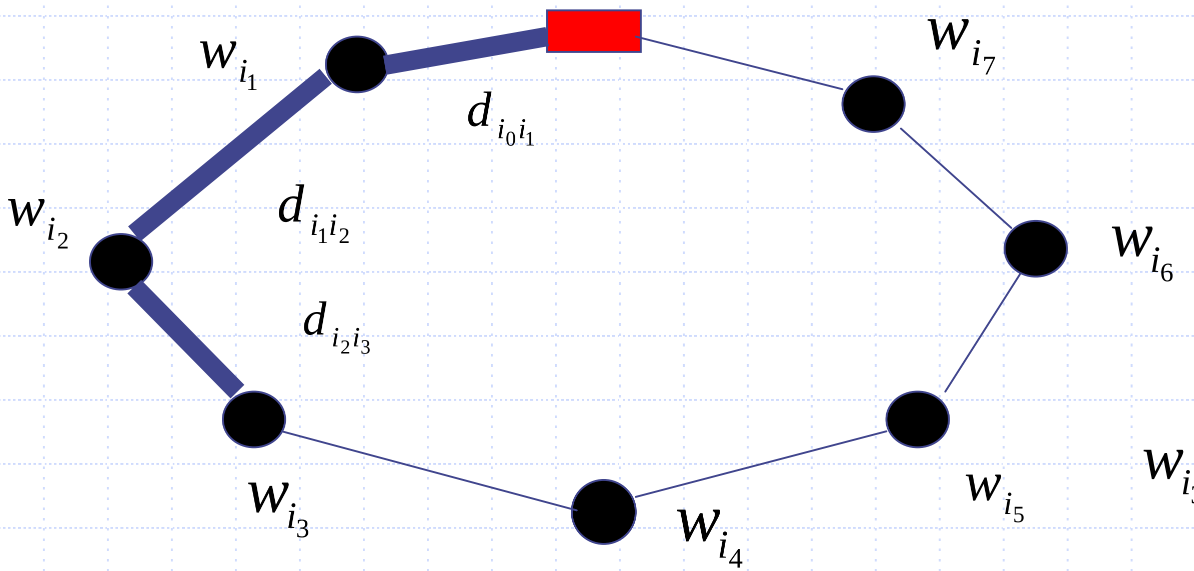


図4　距離と重要度のバランス

問題設定②目的関数

- 各店舗ごとに重みを与え各店舗へ配送するまでの距離と重み(配送量) を掛け、全ての店舗について足したものと総巡回経路長の重み付き和を最小化する



w_i ：配送量

d_{ij} ：距離

$$w_{i_3}\left(d_{i_0 i_1}+d_{i_1 i_2}+d_{i_2 i_3}\right)$$

図5　重み付き配送

問題設定③前提条件

- 重要度を表す重みを各店舗に配送する弁当の配送量で与える
- 積み込み積み下ろし時間は配送量に関わらず一定とする
- トラックの走行速度は一定とする
- トラックの積載量は充分大きいものとする
- トラックは配送センターを出発し，割り当てられた配送を行った後，配送センターに戻る

問題設定④記号化

データ

店舗集合　$N = \{i \mid i = 1$ ☹ $n\}$

店舗(i, j)間の距離　d_{ij}

店舗 i の重要度　w_i

トラック集合　$T = \{k \mid k = 1$ ☹ $m\}$

変数

$$x_{ijk} = \begin{cases} 1 : \text{トラック}\,k\,\text{が店舗}\,i\,\text{の次に店舗}\,j\,\text{に行く} \\ 0 : \text{それ以外} \end{cases}$$

$$y_{ik} = \begin{cases} 1 : \text{トラック}\,k\,\text{が店舗}\,i\,\text{に配達に行く} \\ 0 : \text{それ以外} \end{cases}$$

i までの経路長　z_i

定式化①

$$\min f = \alpha \sum_{i=1}^{n+1} w_i z_i + z_{n+1} \qquad (1)$$

s.t.

$$\sum_{j=0}^{n+1} x_{ijk} = \sum_{j=0}^{n+1} x_{ijk} = y_{ik} \quad (i = 1, \cdots, n, {}^{\forall}k) \qquad (2)$$

$$\sum_{j=1}^{n} x_{0jk} = \sum_{i=1}^{n} x_{i(n+1)k} = 1 \quad {}^{\forall} \quad k \qquad (3)$$

$$\sum_{k=1}^{m} y_{ik} = 1 \quad (i = 1, \cdots, n) \qquad (4)$$

$$\sum_{i \in S} \sum_{j \in S} x_{ijk} \leq |S| - 1 \quad ({}^{\forall}S \subseteq N) \qquad (5)$$

$$z_i = z_h + \sum_{k=1}^{m} \sum_{h=1}^{n} d_{hi} x_{hik} \quad (i = 1, \cdots, n, n+1) \qquad (6)$$

$$z_0 = 0 \qquad (7)$$

$$x_{ijk} \in \{0,1\} \quad (i, j = 1, \cdots n, n+1, {}^{\forall}k) \qquad (8)$$

$$y_{ik} \in \{0,1\} \quad (i = 1, \cdots n, {}^{\forall}k) \qquad (9)$$

定式化②制約式

$$\sum_{j=0}^{n+1} x_{ijk} = \sum_{i=0}^{n+1} x_{jik} = y_{ik} \qquad (2)$$

トラック k が店舗 i に配送するならばトラック k はある店舗から i に行き次の店舗 j へ配送する

$$\sum_{j=1}^{n} x_{0ijk} = \sum_{i=1}^{n} x_{i(n+1)k} = 1 \qquad (3)$$

トラックは配送センターから出発し配送センターへ帰る

$$\sum_{k=1}^{m} y_{ik} = 1 \qquad (4)$$

すべての店舗に必ず配送する

定式化③制約式

$$\sum_{i \in S} \sum_{j \in S} x_{ijk} \leq |S| - 1 \qquad ({}^{\forall} S \subseteq N) \qquad (5)$$

部分巡回路除去制約

$$z_i = z_h + \sum_{k=1}^{m} \sum_{h=1}^{n} d_{hi} x_{hik} \qquad (i = 1, \text{☹}, n, n+1) \qquad (6)$$

i **に到着するまでの経路長を表す漸化式**

$$z_0 = 0 \qquad (7)$$

出発点の経路長は0

定式化④目的関数

$$\alpha \sum_{i=1}^{n+1} w_i z_i + z_{n+1} \qquad (1)$$

- (6)式で定義したz_iと各店舗の重みの積を全ての店舗について足したものと総巡回経路長の重み付き和
- αの値を変えることにより重みの重視の仕方が変わる

（αが大きくなるほど配送量の多い店舗が先に配送されやすい）

解法①

Step1　店舗に番号付けし，その店舗番号をランダムに並べた順列 σ を生成する．

Step2　順列 σ の2要素を交換したすべての順列から成る σ の近傍 $U(\sigma)$ に属するすべての順列 τ について目的関数値 $f(\tau)$ を計算し最小値と成る順列 τ を求め，その順列を τ' とする．

Step3 $f(\tau^*) < f(\sigma)$ ならば $\sigma \leftarrow \tau'$ としてStep2へ，そうでないならばStep4へ．

Step4　局所最適解は $x(\sigma)$，そのときの目的関数値は $f(\sigma)$ となる．

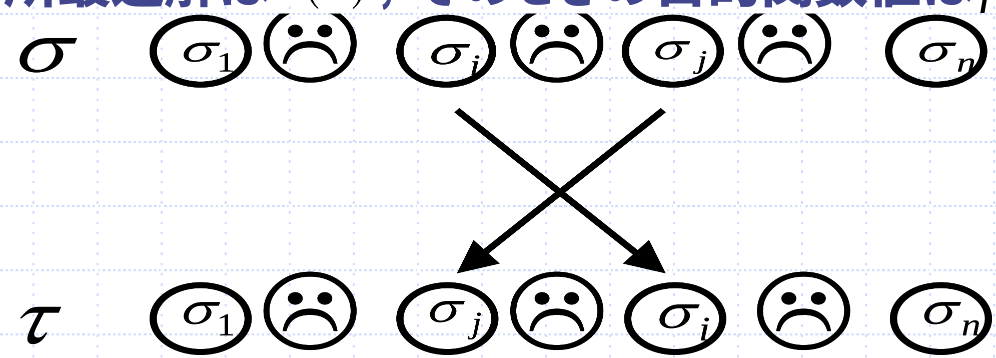


図6　2要素を交換

解法② $f(\sigma)$の計算

Step a　順列σ をm 個に分け，順列の順番通りに配送させ，目的関数値を求める

Step b　順列 σを m 個に分ける全ての組み合わせについて，目的関数値を求める．その中で最適な目的関数値を$f(\sigma)$，配送経路を $x(\sigma)$とする．

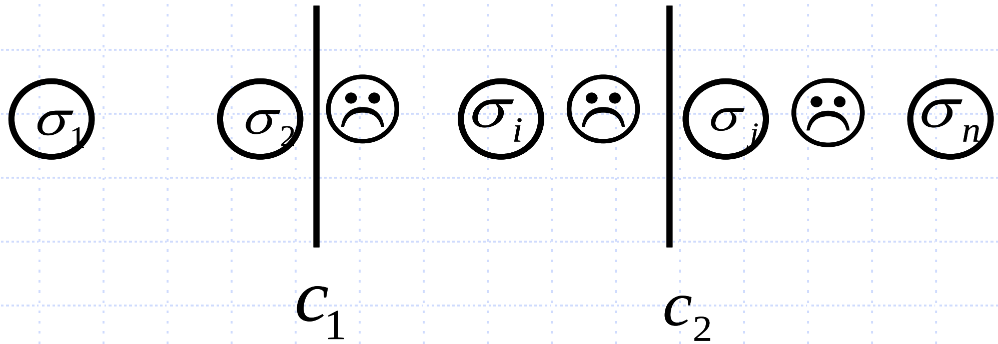


図7　順列の組み合わせ

実験概要

- 実際の配送量データに基づく重要度で配送した場合と総巡回路長だけを考えた配送経路を比較する．
- 目的関数のαの値を変えて実験を行い，妥当なαを求める
- データは新潟市内のコンビニに配送しているコンビニチェーンLのものを用いる．配送店舗数は30店舗，トラック台数は3台である
- 解法はBorland社のDelhi6で実装した

図8　実験地域

実験データ①

表2　実験データ

地点番号	座標 x座標	座標 y座標	配送量	地点番号	座標 x座標	座標 y座標	配送量
0	44.6	38	0	16	50.5	36	60.8
1	45.4	43.9	85.9	17	50.1	42.9	76.4
2	46.7	50.2	63.3	18	53.7	39.9	96.2
3	39.7	41.3	80.3	19	55.7	43.7	58.9
4	31.9	38.3	68.3	20	54.8	35.6	90.6
5	27.3	33.7	78.6	21	56.3	27.3	54.2
6	16.8	28.4	39.3	22	60.7	29.1	79.7
7	19.8	29	77.1	23	63	39.8	50.5
8	22.1	26.6	70.9	24	66.4	45.4	64.9
9	20.5	21.1	38.3	25	74.8	46.2	86.7
10	5.3	20.8	50.8	26	84.3	45	45.8
11	7.2	14	48.1	27	85.5	52.9	47.8
12	35.4	29.4	75.2	28	76.9	35.4	57
13	38.1	34.1	43.9	29	73.7	17.7	57.7
14	44.9	32.9	50.6	30	70	11.9	47.5
15	44.4	26.2	81.3				

実験データ②

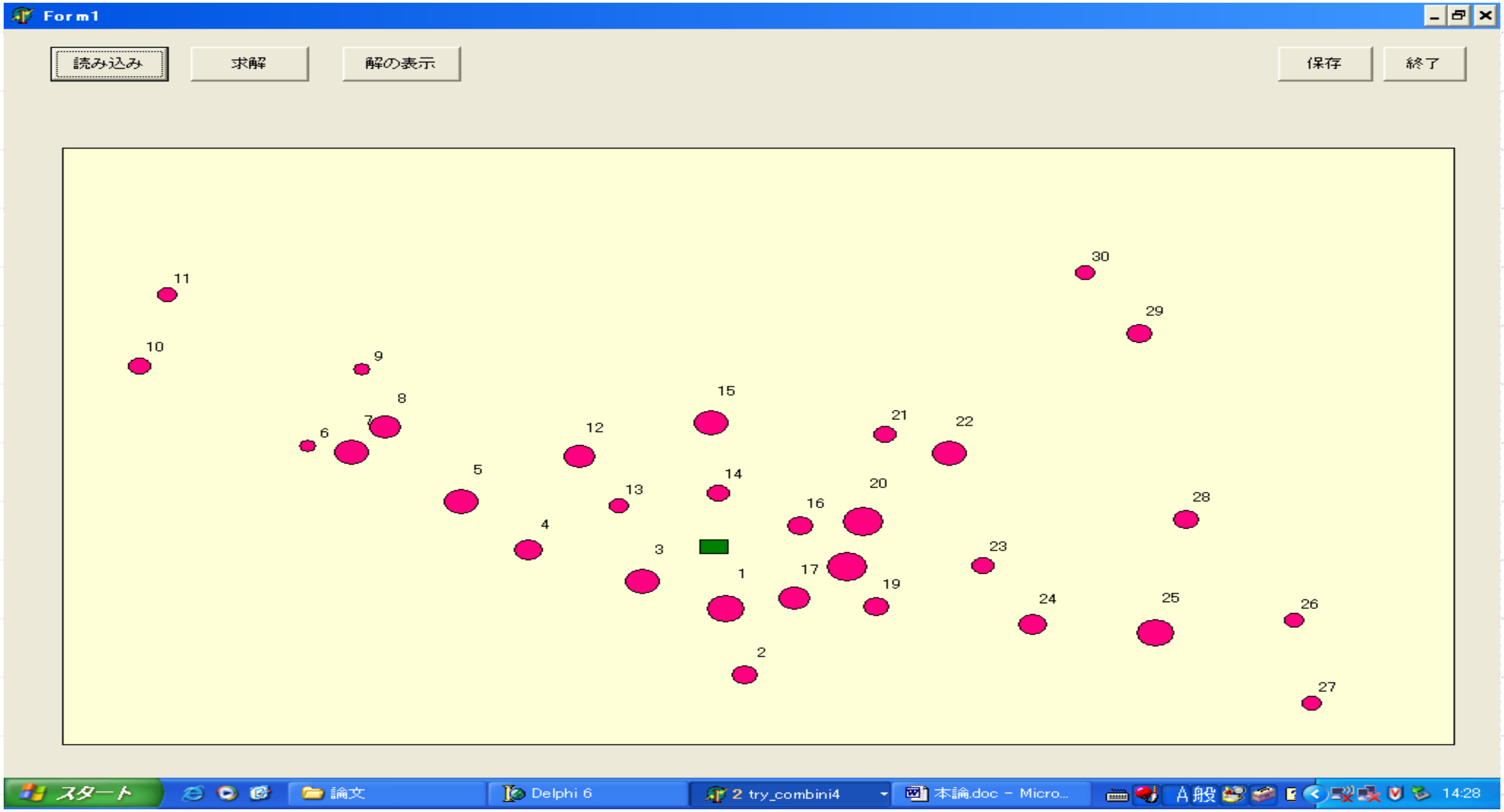


図9　店舗位置

実験結果と考察①

表２　実験結果

	総移動距離	重みと配送距離の積の和
配送量を考えた時	64784	10928
経路長のみ考えた時	54050	13592

重みと配送距離の積の和の値が小さくなっている．

重要な店舗を先に配送することができた

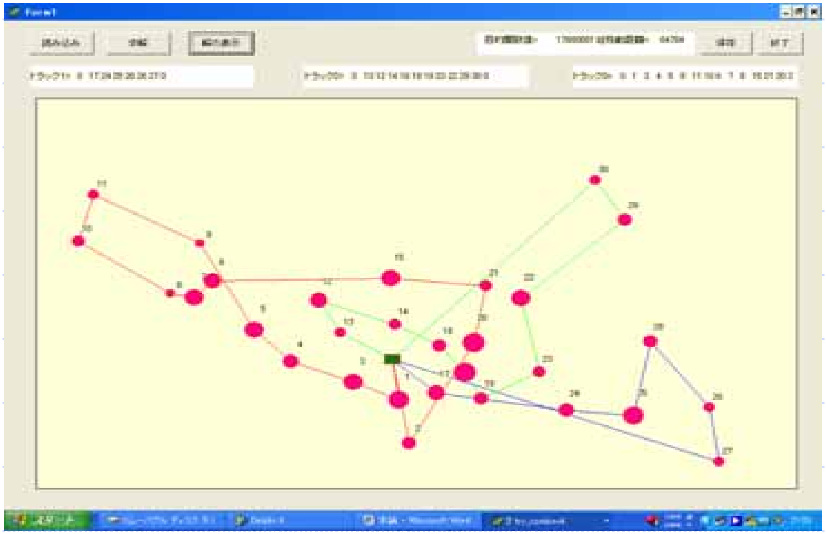


図１０　配送量を考えた時の実行画面

実験結果と考察②

表3　実験結果

	総移動距離	重みと配送距離の積の和
経路長のみ考えた時	54050	13592
α＝0.001	57156	12329
α＝0.01	61608	11835
α＝0.1	62475	11378
α＝1	64784	10828
α＝1０	68326	10465
α＝1００	73317	10164
α＝1０００	78078	9976

α=0.1の時
バランスがとれている

α=0.1の時が
妥当である

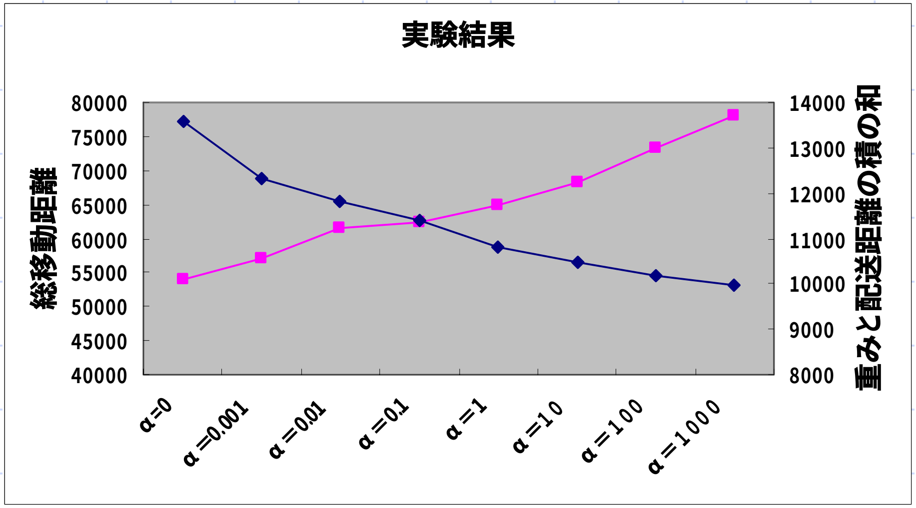


図11　実験結果

結論

- 本研究で提案した方法の有用性を確認することができた
- 目的関数のαの値を変えて実験を行い，妥当な配送量の重要度を見出した
- 今後の課題としてはαを介さずに巡回費用と遅れによる期待損失額の和を直接最小にするモデルの構築が考えられる

参考文献

[1]http://jfa.jfa-fc.or.jp 社団法人日本フランチャイズチェーン協会 2006/12/29

[2]山本芳嗣・久保幹雄：「巡回セールスマン問題への招待」 朝倉書店 (1997)

[3]徳山博于・曹徳弼・熊本和浩：「生産マネジメント」 朝倉書店 (2002)

[4]小山修一：“トラックの総走行距離を最小にする配送経路問題の解法の提案” 2001年度東京理科大学工学部経営工学科卒業論文 (2001)