

在庫条件を考慮した上で 稼働時間を最小にする 多期間配送計画に関する研究

経営工学科 沼田研究室
4409039 白川 浩平

目次

1. はじめに
2. 先行研究
3. 本研究
4. 定式化
5. 提案解法
6. 数値実験
7. 結果
8. まとめと課題

1. はじめに

- 物流の効率的な管理・運営

➡ 利益向上に
欠かせない

- 在庫品の保管場所にかかる費用
- 欠品による販売機会の喪失

➡ 利益向上の
阻害要因



「ジャストインタイム」の考え方が重要視[3]

ジャストインタイムを用いた配送計画

◆『在庫量』と『欠品』を減らす.

→ 商品の配送回数を増やし、
頻繁に商品補充を行う必要がある.

✓ 問題点

◆ 労働時間の長期化

◆ 配送車の稼働時間長期化



運送コストがかかる



ジャストインタイム + 稼働時間短縮

の考え方を提案.

2. 先行研究

[1]欠品ゼロと在庫最小化を目指した多期間配送計画問題とその解法

(圓川 隆夫,伊藤謙治,笠原鉄雄,陳大)

日本経営工学論文誌Vol.46,No5,pp.492-502(1995))

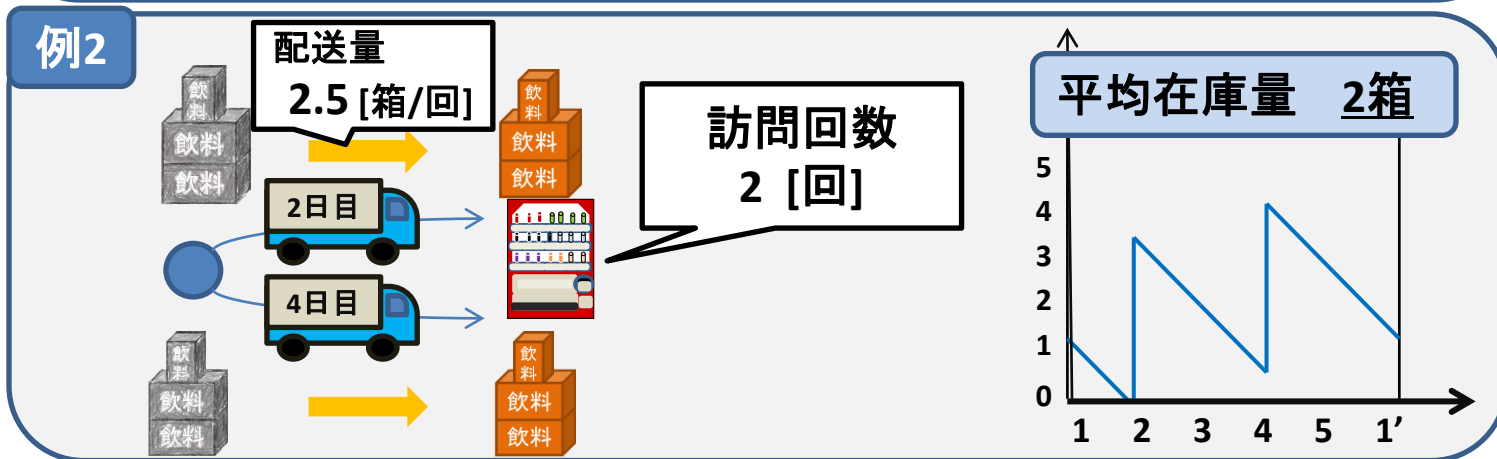
目的関数:訪問回数の最大化

[2]欠品と在庫を考慮した多期間配送計画問題に対するモデルと解法の研究

(花室 昌司 沼田研究室 2008年度)

目的関数:在庫量の最小化

訪問回数と在庫量の関係



訪問回数を増やす。 ➡

- 平均在庫量が減る。
- 稼働時間(距離)が増える。

先行研究と本研究の目的

先行研究

在庫量を減らす.



稼働時間の範囲内で,需要点をできるだけ多く訪問する.

✓ 運送コスト浪費

本研究

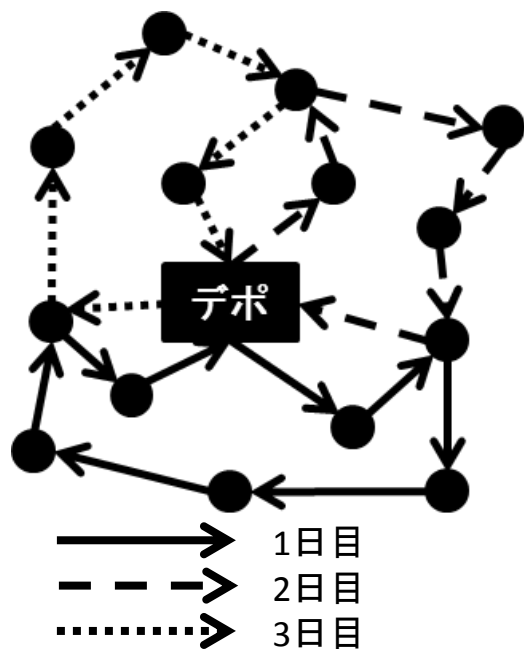
運送コストを減らす.



在庫上限を超えない範囲内で,総稼働時間を最小化する.

数理計画問題として定式化し, 解法を提案する.

3. 本研究 問題設定



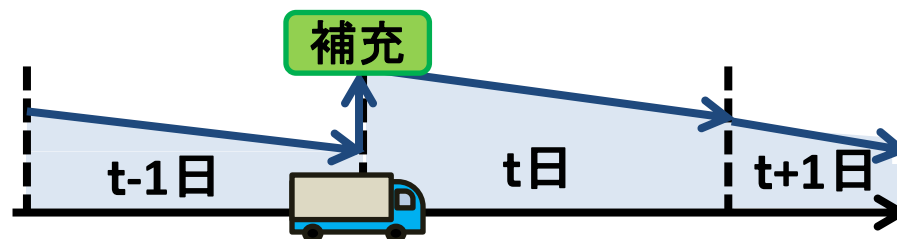
- ◆ 需要点(自動販売機) N個
 - 在庫量には, 上限がある
(各需要点の各期首の在庫量)
 \leq (在庫量上限)

- ◆ 配送車両 1台
 - 移動速度一定
 - 積載量には, 上限がある.
(1日の配送量) \leq (積載容量)

配送車の総稼働時間を最小化する
T日間の配送計画を立てる.

前提条件

- ◆ 飲料の消費量は需要点ごとに一定.
- ◆ 需要点では欠品を起こさない.
- ◆ 1日の初めに,飲料の補充を行う.
- ◆ 飲料の消費は,1日の最後までに完了する.
- ◆ 飲料補充にかかる時間は考慮しない.



4. 定式化

記号の定義

定数

B : 配送車両の積載量上限

C : 自動販売機の在庫量上限

c_{ij} : 需要点 i, j 間の移動時間

d_i : 計画期間内の需要点 i の需要量

変数

n_i : 需要点 i への配送回数

Q_i : 需要点 i への1回の
配送量 ($= d_i/n_i$)

s_{i0} : 需要点 i の初期在庫量

t 期において需要点 i から j へ移動

$$x_{ij}^t = \begin{cases} 1: \text{する} \\ 0: \text{しない} \end{cases}$$

t 期において需要点 i を訪問

$$y_i^t = \begin{cases} 1: \text{する} \\ 0: \text{しない} \end{cases}$$

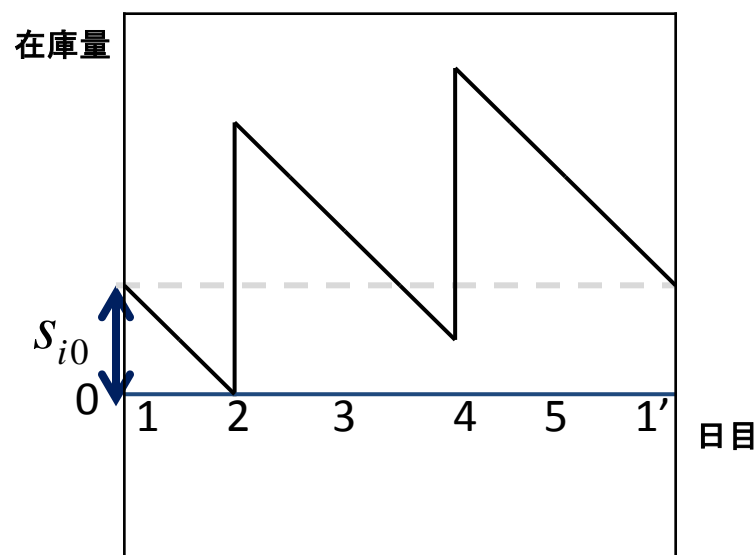
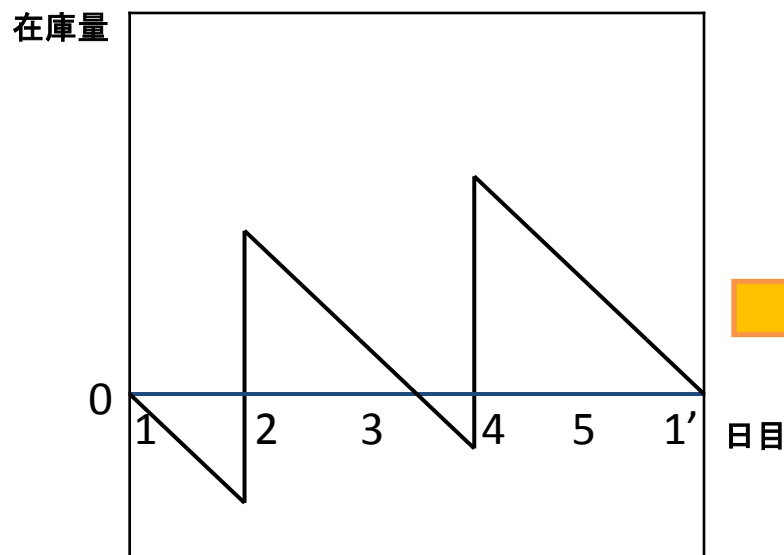
初期在庫量 s_{i0} とは



計画期間内に欠品が起きないように、最初に最低限抱えていなければならない在庫量.

例

配送回数2回(2日目と4日目に配送)



目的関数

$$\min \sum_{t=1}^T \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N c_{ij} x_{ij}^t \quad (1)$$

- ◆ 配送期間内における配送車両の総稼働時間を最小にする。

制約式①

$$\text{s.t.} \quad \sum_{i=0}^N Q_i y_i^t \leq B \quad (t = 1, 2, \dots, T) \quad (2)$$

- ◆ 各期の総配送量が配送車の積載量の上限 B 以下である.

$$\sum_{h=0}^N x_{hi}^t = y_i^t \quad (i = 1, 2, \dots, N, t = 1, 2, \dots, T) \quad (3)$$

$$\sum_{j=0}^N x_{ij}^t = y_i^t \quad (i = 1, 2, \dots, N, t = 1, 2, \dots, T) \quad (4)$$

- ◆ t 期にいずれかの需要点から需要点 i に来た配送車は、必ずいずれかの需要点へ向かう.

$$n_i = \sum_{t=1}^T y_i^t \quad (i = 1, 2, \dots, N) \quad (5)$$

- ◆ 各需要点の訪問回数の定義式.

制約式②

$$n_i \geq 1 \quad (i = 1, 2, \dots, N) \quad (6)$$

◆ どの需要点にも計画期間内に少なくとも1回は配送する.

$$d_i = n_i Q_i \quad (i = 1, 2, \dots, N) \quad (7)$$

◆ 需要量と配送回数, 1回当たりの配送量の関係式

$$s_{i0} = \max \left[\max_{t=1, \dots, T} \left(\frac{d_i}{T} \times t - \sum_{k=1}^T Q_i y_i^k \right), 0 \right] \quad (i = 1, 2, \dots, N) \quad (8)$$

◆ 初期在庫量の定義式.

$$s_{i0} + \left(\sum_{k=1}^t Q_i y_i^k \right) - \frac{d_i}{T} \times (t - 1) \leq C \quad (i = 1, 2, \dots, N, t = 1, 2, \dots, T) \quad (9)$$

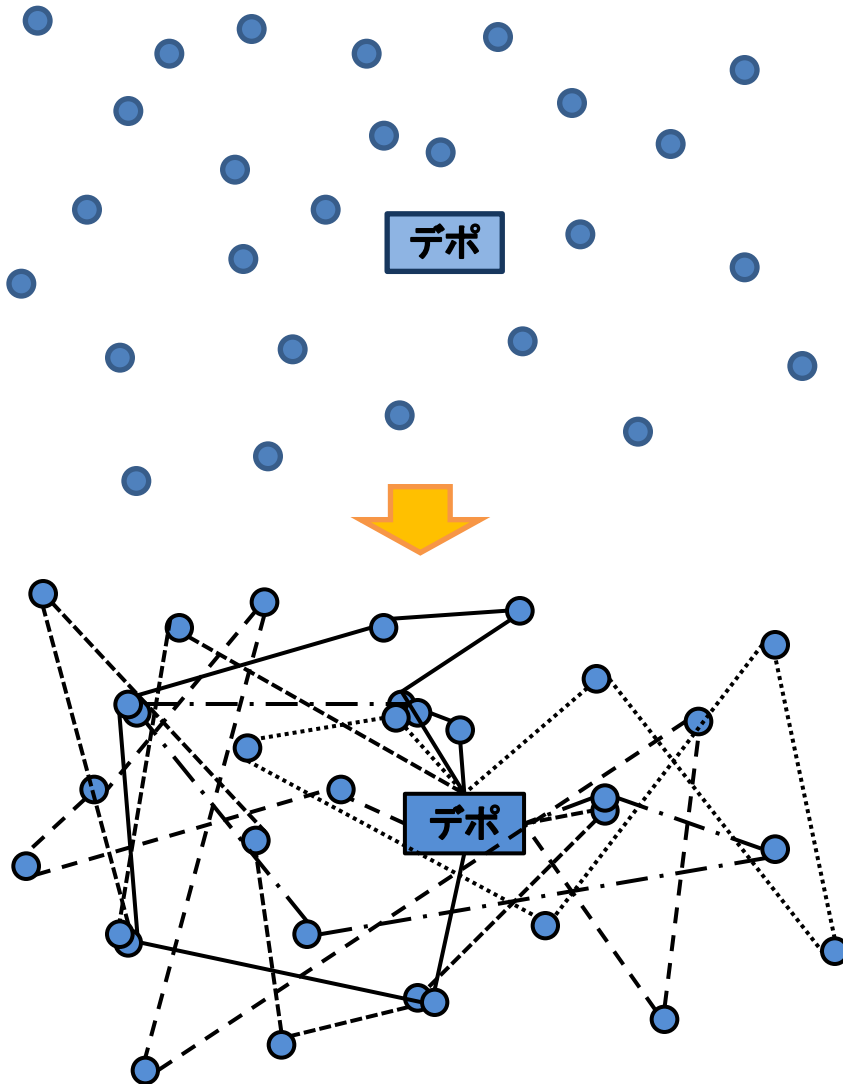
◆ 各需要点の各期首の在庫量が在庫上限C以下である.

5. 提案解法

解法の方針

- Step 1 暫定訪問回数を決める.
- Step 2 無作為に, T 個のグループに分ける.
- Step 3 各グループの需要量が B 以下になるように需要点を移動させる.
- Step 4 総稼働時間が短くなるように改善操作を行う.
- Step 5 暫定訪問期を決め, 暫定解を出力する.
- Step 6 暫定解が実行可能解になるまで, 改善操作を行う.

提案解法(1)



Step 1 暫定訪問回数を決める.

$$\text{暫定訪問回数}(n_i) = \left\lceil \frac{d_i}{C} \right\rceil$$

※ $\lceil \quad \rceil$ は天井関数

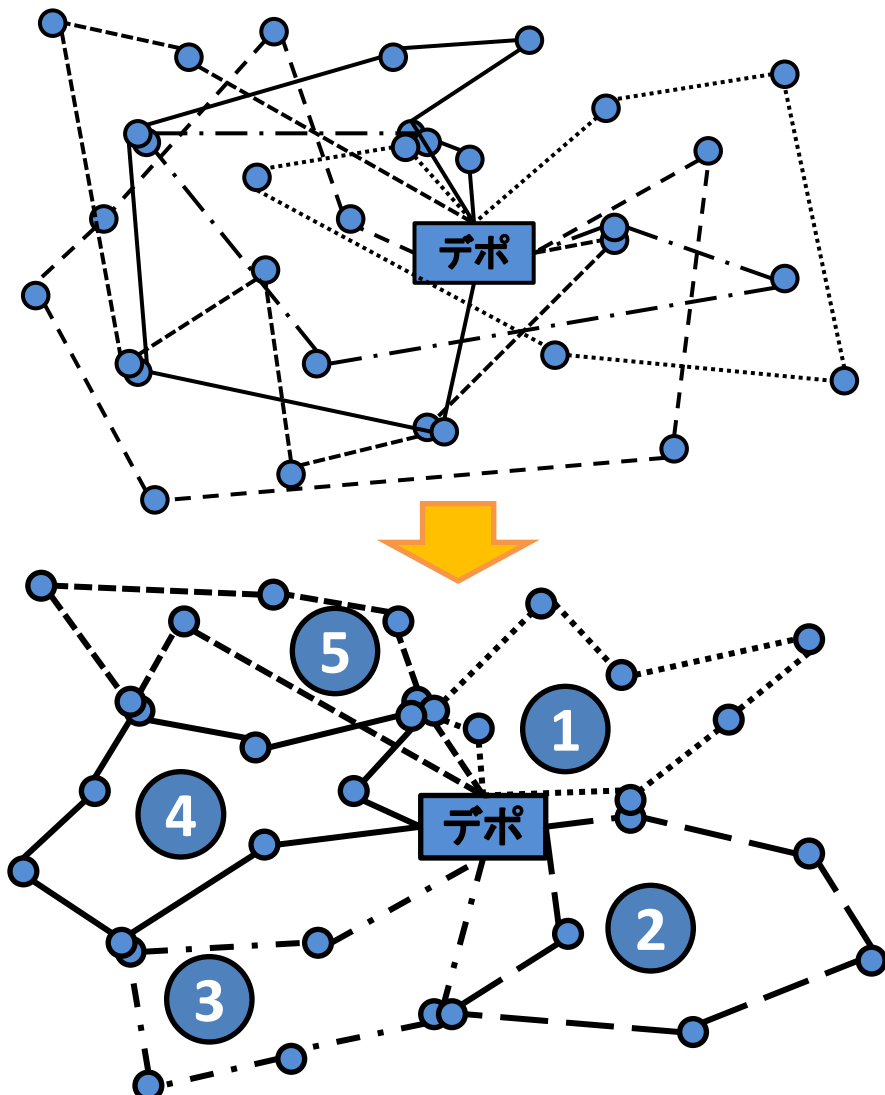
- 複数回訪問する需要点を同じ座標の位置に複製する.
※同一需要点を区別する.

Step 2 無作為にT個のグループに分ける.

- 各グループで、需要点番号順に訪問する巡回路を作成する.

Step 3 各グループの需要量が制限以下になるように需要点を移動させる.

提案解法(2)



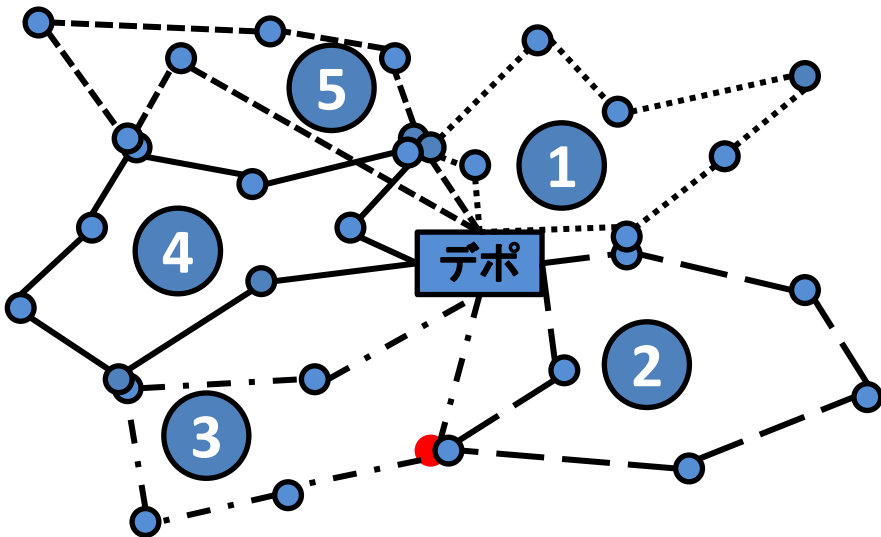
Step 4 総稼働時間が短くなるように改善操作を行う。

- 各グループ内で, 2-opt法を用いて, 稼働時間を短くする.
 - グループ間で, 挿入法と交換法を用いて, 総稼働時間を短くする.
- ※積載量上限 B 以下の範囲で局所解になるまで繰り返す.

Step 5 訪問日程を決める。

- 訪問期を総当たりで割り振る.
- 在庫量制約を満たさない需要点を数え、制約を満たさない需要点が最も少ない組合せを暫定訪問期とする.

提案解法(3)



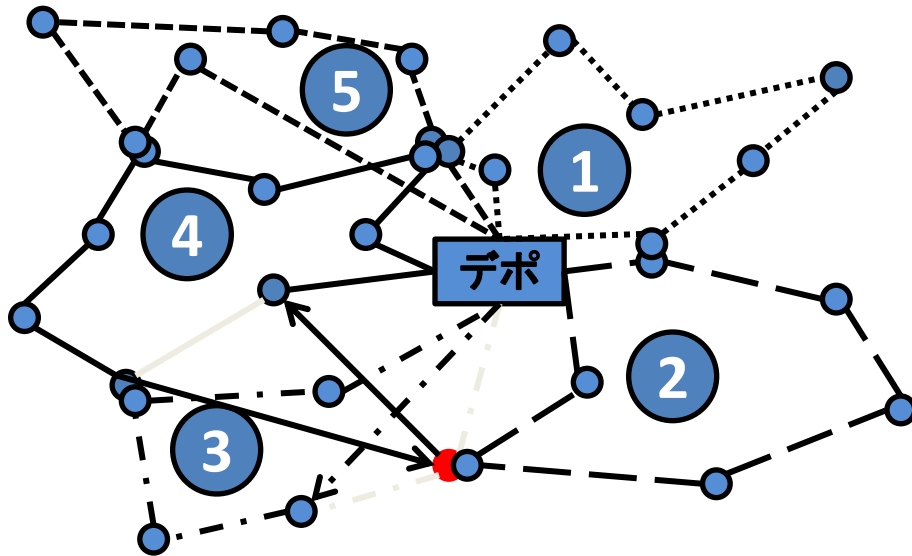
Step 6 実行可能解か確認し, 改善を行う.

- 暫定訪問期の在庫量上限を超えている点が0個の場合→準最適解とする.
- 暫定訪問期の在庫量上限を超えている点が1個以上の場合→改善を行う.

改善

⇒在庫量上限を超えている需要点を,他のグループに移動できるかを確認する.

提案解法(4)



移動できる

- 移動を行う。

※移動候補が複数ある時, 稼働時間が最も短くなる移動を採用。

→ 準最適解とする。

移動の可否

- 在庫量制約を満たさない需要点を現在の訪問期から取り除く。
- 取り除いた需要点を積載量上限 B , 在庫量上限 C 以下になる訪問日程に移動する。

移動できない



- 在庫量制約を満たさない需要点の訪問回数を1回増やし, Step 2 からやり直す。

6. 数值実験

- 計画期間(T) 5期
- 需要点(N) 36個
- 需要点間の移動時間(回帰式)
移動時間[分]=直線距離×1.55+7.6 [1]
- 車両積載量上限(B) 65箱

7. 結果

	本研究	先行研究[2]
総稼働時間(分)	968.58	1241.35
在庫量上限 C (箱)	10	10
延べ平均在庫量(箱)	57.80	30.50

 目的関数
 制約条件

先行研究[2]に比べ、
約273分(55分/日)短縮.

8. まとめと課題

まとめ

- ◆ 自動販売機の配送計画をモデル化し、在庫量上限を制約して、総稼働時間の最小化を行った.
- ◆ 総稼働時間を短縮.

課題

- ◆ 1回当たりの配送量 Q_i を一定でないモデルの構築.

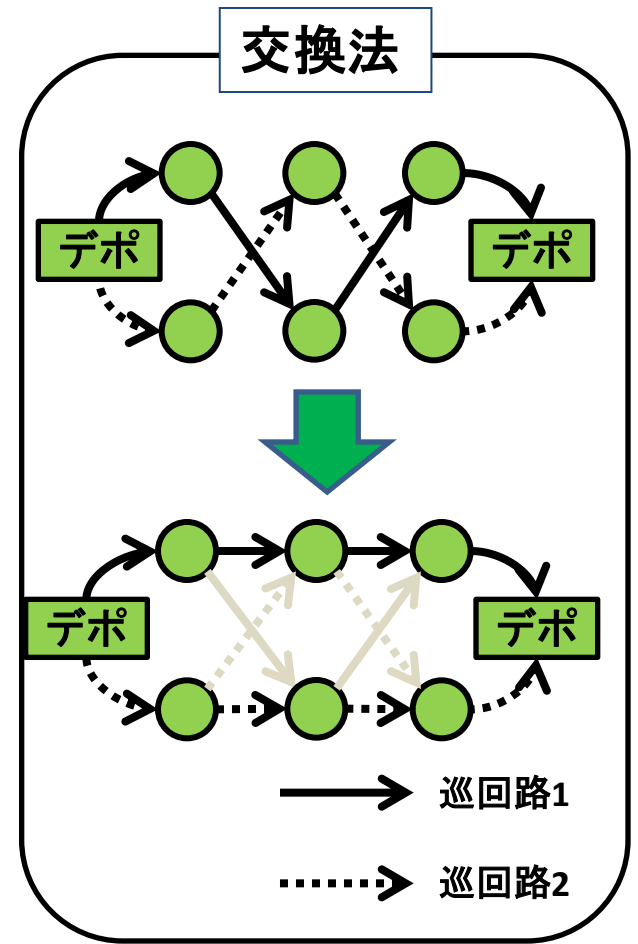
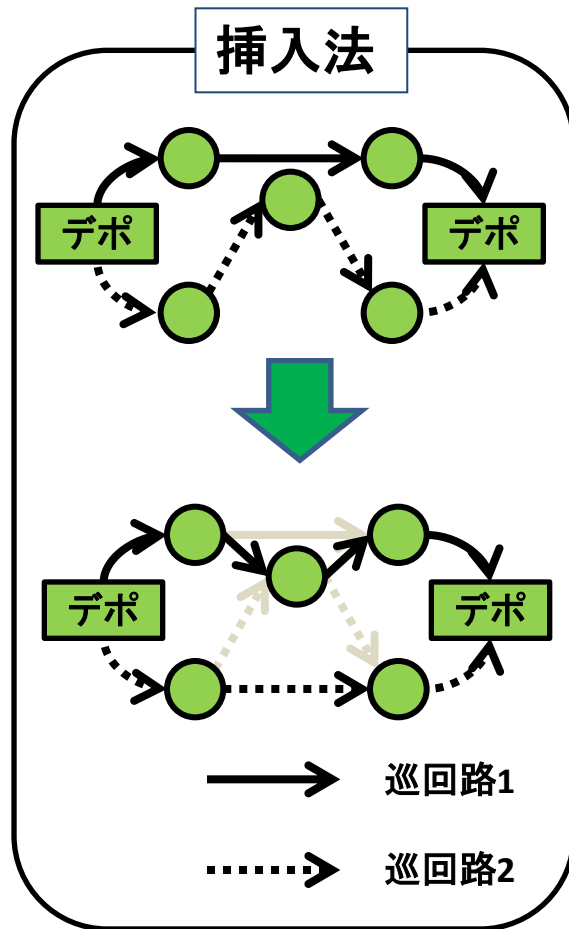
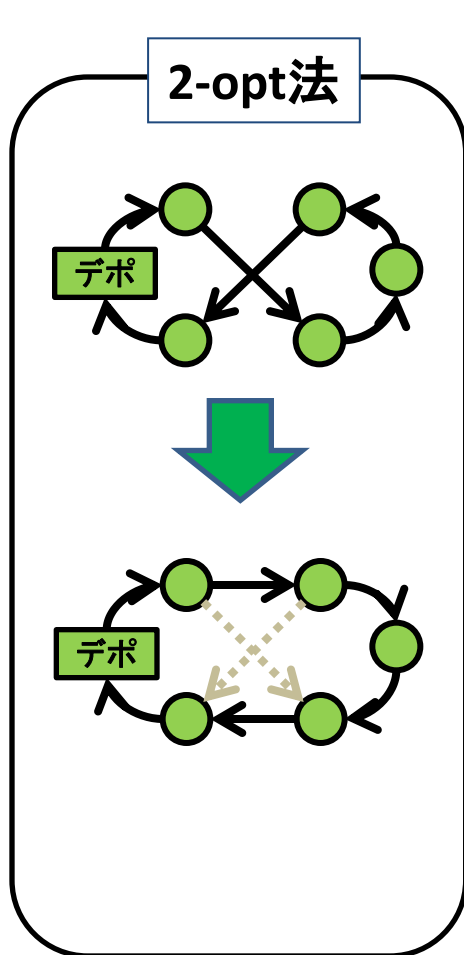
参考文献

- [1] 圓川隆夫, 伊藤謙治, 笠原鉄雄, 陳大, (1994)
欠品ゼロと在庫最小化を目指した多期間配送計画問題と
その解法
日本経営工学会論文誌, Vol.46, No.5, pp.492-502.
- [2] 花室昌司, (2009)
欠品と在庫を考慮した多期間配送計画に対するモデルと解
法の研究
東京理科大学工学部第一部経営工学科 卒業研究抄録集.
- [3] 繊維産業構造改善事業協会, (1994)
アパレル産業概論 pp.189-190.

- ご清聴ありがとうございました.

付録

付録 : 改善法



付録 : 実データ

座標番号	x座標	y座標	需要量	座標番号	x座標	y座標	需要量
0	0.0	0.0	0	19	3.5	8.5	4
1	20.2	18.3	50	20	25.7	16.6	4
2	12.1	21.5	43	21	15.6	14.9	4
3	19.3	17.6	32	22	5.0	6.7	3
4	20.4	17.4	30	23	11.3	19.2	3
5	22.3	20.7	17	24	20.9	15.0	3
6	19.0	12.3	14	25	6.7	9.6	2
7	11.7	21.3	12	26	12.7	12.7	2
8	16.3	27.9	10	27	4.4	6.5	2
9	19.2	20.6	9	28	9.0	16.6	2
10	18.7	20.1	8	29	11.9	29.6	2
11	9.2	8.0	7	30	20.8	16.4	1
12	14.1	11.4	6	31	12.2	16.6	1
13	8.9	9.2	5	32	8.2	22.1	1
14	4.2	6.5	5	33	12.3	31.0	1
15	5.6	7.4	5	34	14.2	16.2	1
16	7.9	21.8	4	35	7.4	7.8	1
17	13.3	29.6	4	36	12.2	15.9	1
18	22.4	14.0	4				

付録：需要点の訪問日程

需要点	需要量	訪問回数	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目
1	50	5	1	1	1	1	1
2	43	5	1	1	1	1	1
3	32	4	1	1	0	1	1
4	30	3	0	0	1	1	1
5	17	2	1	0	0	0	1
6	14	2	0	0	1	0	1
7	12	2	1	0	1	0	0
8	10	1	1	0	0	0	0
9	9	1	0	1	0	0	0
10	8	1	0	1	0	0	0
11	7	1	0	0	1	0	0
12	6	1	0	0	0	1	0
13	5	1	0	1	0	0	0
14	5	1	0	1	0	0	0
15	5	1	1	0	0	0	0
16	4	1	0	0	1	0	0
17	4	1	1	0	0	0	0
18	4	1	0	0	0	0	1

17	4	1	1	0	0	0	0
18	4	1	0	0	0	0	1
19	4	1	0	0	1	0	0
20	4	1	0	0	0	0	1
21	4	1	0	1	0	0	0
22	3	1	0	0	0	1	0
23	3	1	0	0	0	1	0
24	3	1	0	0	1	0	0
25	2	1	0	0	0	1	0
26	2	1	0	1	0	0	0
27	2	1	0	0	0	0	1
28	2	1	0	1	0	0	0
29	2	1	1	0	0	0	0
30	1	1	0	0	1	0	0
31	1	1	0	0	0	0	1
32	1	1	0	0	1	0	0
33	1	1	1	0	0	0	0
34	1	1	1	0	0	0	0
35	1	1	0	1	0	0	0
36	1	1	0	0	0	0	1

付録 : 追加研究

追加

最大在庫量 C を変化させて、
延べ平均在庫量を小さくする。

結果

総稼働時間(分)	1263.88
延べ平均在庫量(箱)	27.90