

倉庫移転先決定問題

～ 小物販売業F社の事例研究 ～

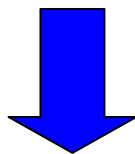
東京理科大学
工学部経営工学科沼田研究室
4400003 浅野 一平

発表構成

1. 本研究の背景と目的
2. 問題の概要と解決手順
3. 定式化
4. 本研究で試みる基本解法
5. 本研究での解法
6. 数値実験及び結果・考察
7. まとめ
参考文献

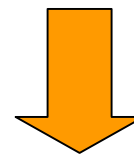
1. 本研究の背景と目的

近年不況の影響で、多くの企業の経営状況悪化



様々なコストの削減

- 人件費
- 倉庫・在庫管理費
- 商品配送費

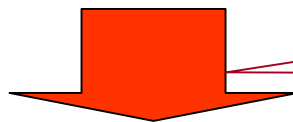


更なる収益の向上

- 店舗数の拡大
- 商品数の多様化
- 価格設定の見直し

候補地の中から選択

F社も同様



出店に伴う倉庫移転

本研究の目的

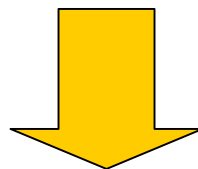
倉庫移転先決定問題

を数理計画と捉え、

配送拠点として便利な立地

+

コストの安い立地



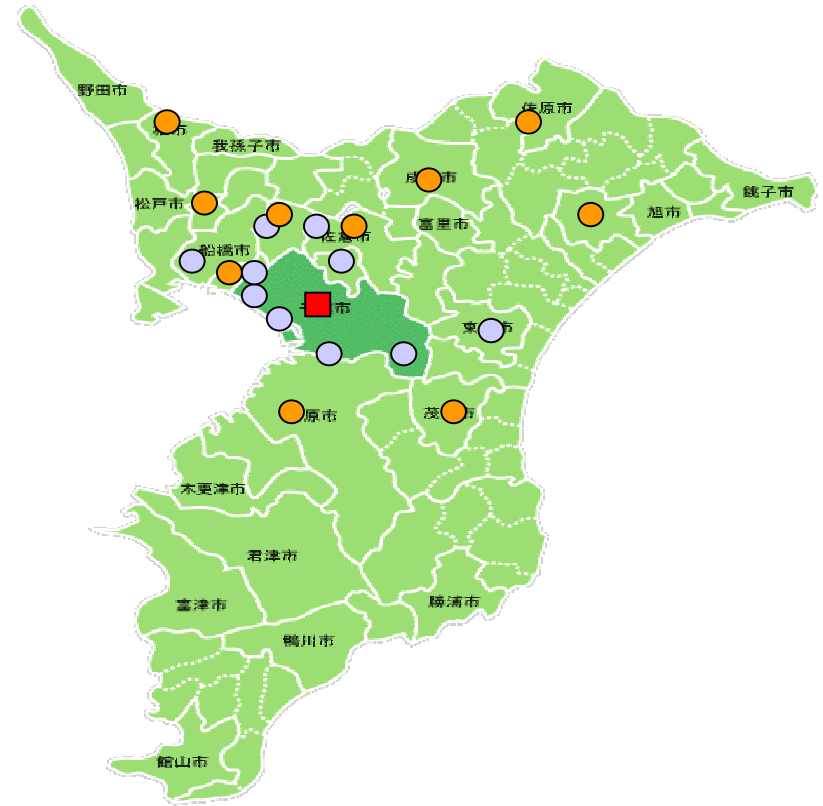
倉庫候補地10箇所の中から、

新倉庫立地点を求める方法の提案

2. 問題の概要と解決手順

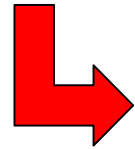
2.1 F社の現在の概要

- ◆生活雑貨小売業者(商品は小物)
- ◆倉庫の目的は在庫の保管及び商品配送拠点.
- ◆商品配送は, 自社所有中型トラック(2台)で行っている.
- ◆各店舗の商品要求量は日々変動する.



既存の倉庫の家賃はそれほど安くはない

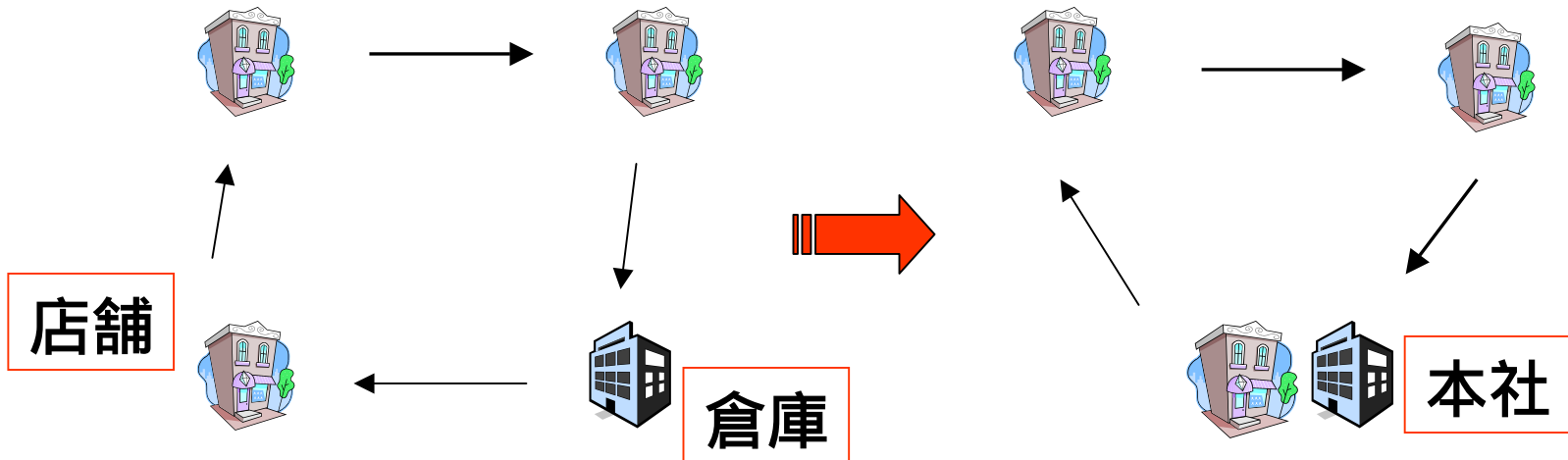
出店を考えると配送拠点として不便



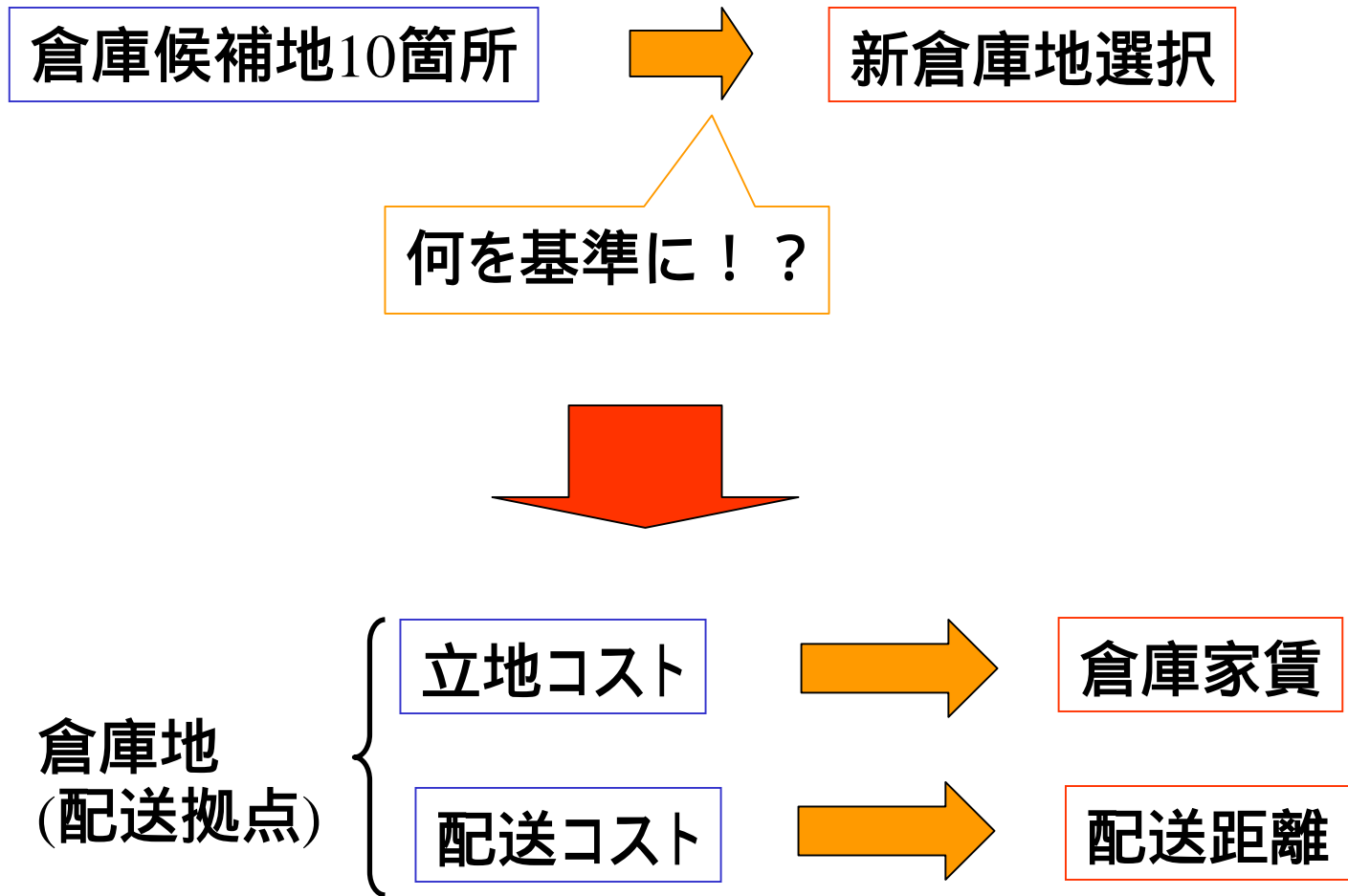
倉庫を移転



新倉庫地は店舗地20箇所(既存・新店)に付随

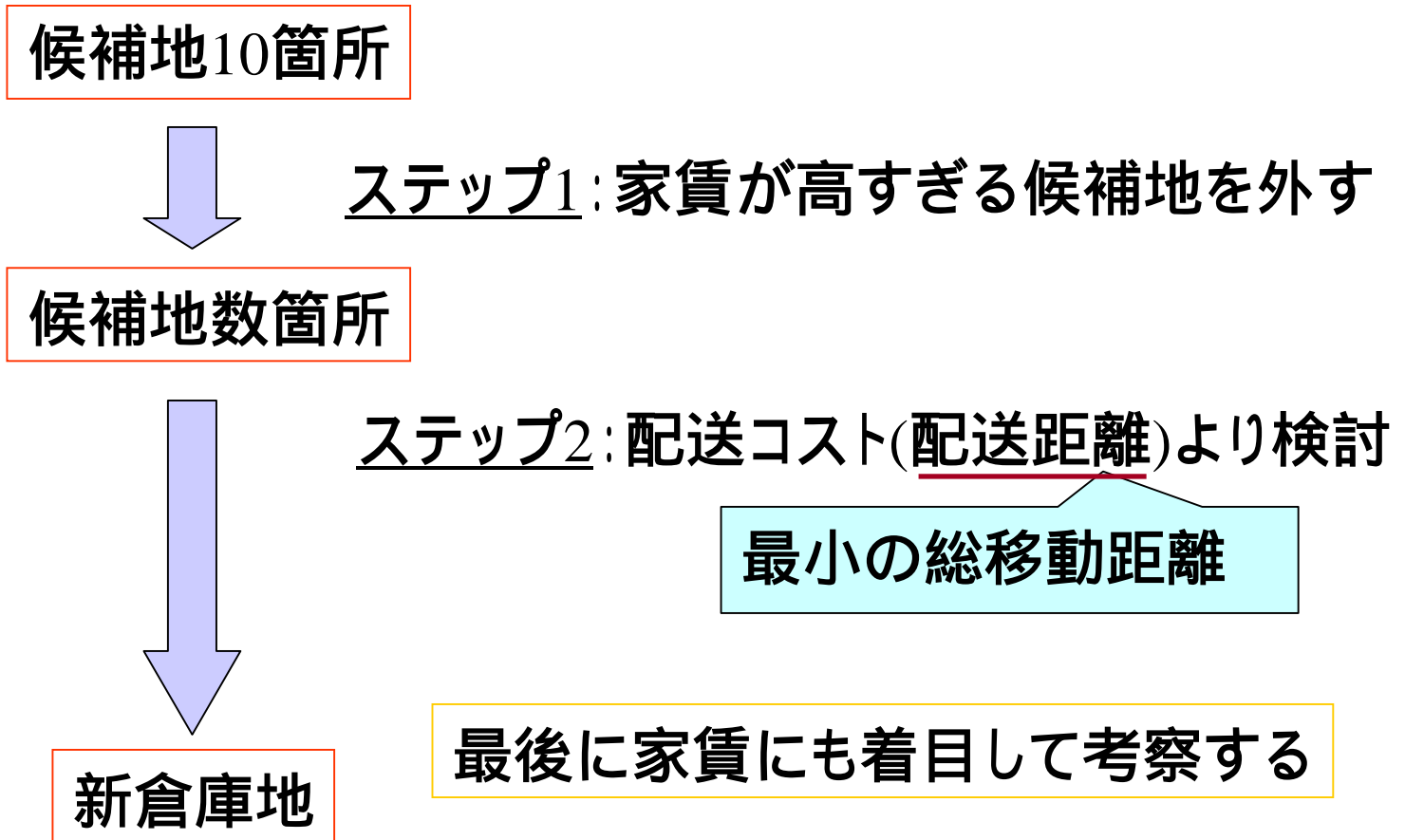


2.2 問題整理



2.3 問題の解決手順

2.3.1 問題解決の基本方針



2.3.2 ステップ1

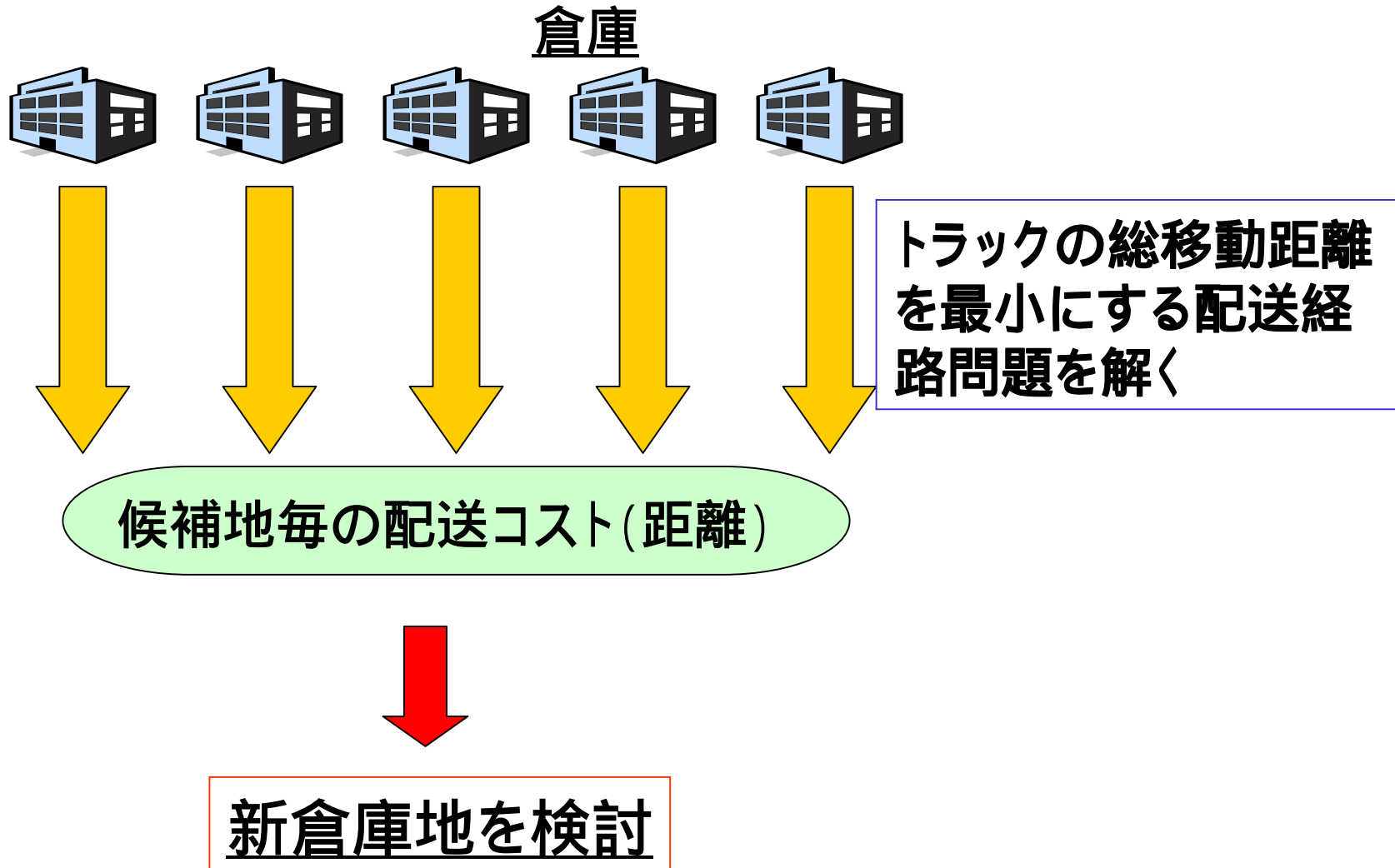
新倉庫候補地10箇所から5箇所を外す。

都賀(既)	4500円
船橋	6500円
津田沼	6500円
稲毛	6000円
西千葉	6000円
志津	4000円

八千代	5500円
四街道	4100円
佐倉	3600円
鎌取	3500円
土気	3400円

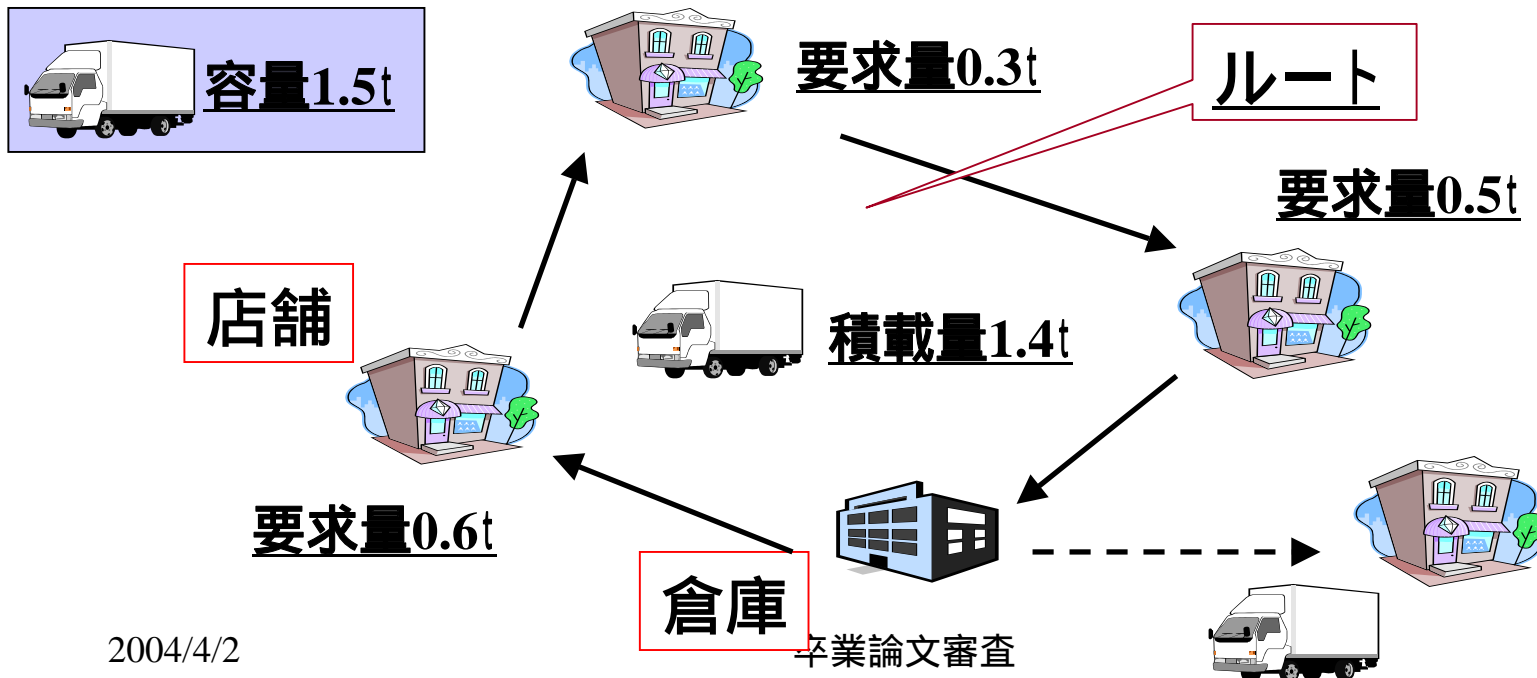
各倉庫候補地の家賃 / 坪(月当り)

2.3.3 ステップ2



2.4 配送経路問題における前提条件

- ◆トラックは倉庫出発 各店舗1度ずつ 倉庫に戻る。
10通りの需要パターンについて問題を解く。
- ◆配送トラック台数: 2台(1.5t車)
- ◆各トラック平均時速: 40km
- ◆道路: 実際の道路(渋滞は考慮しない)



3. 定式化

記号及び決定変数

n : 店舗数 m : 配送ルート数

q_i : 店舗地 i での商品要求量(kg) d_{ij} : 店舗地 i ~ 店舗地 j の距離

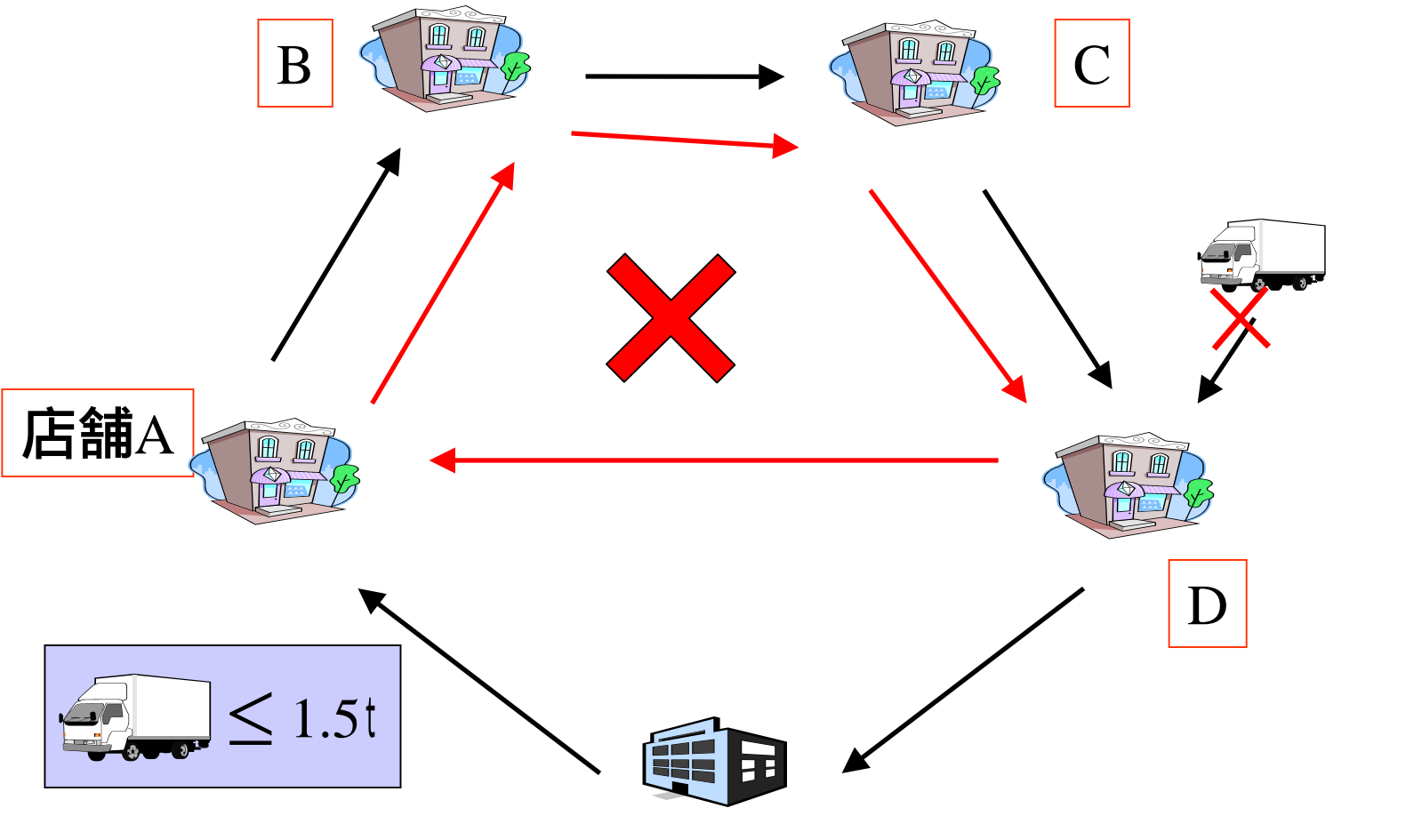
点0 : 倉庫地 点1 ~ 点 n : 店舗地

$x_{ijk} = \begin{cases} 1 : & \text{トラック}k\text{が店舗}i\text{の直後に店舗}j\text{に訪れる} \\ 0 : & \text{それ以外} \end{cases}$

$y_{ik} = \begin{cases} 1 : & \text{トラック}k\text{が店舗}i\text{に訪れる} \\ 0 : & \text{それ以外} \end{cases}$

目的関数：全トラックの総配送距離の最小化

制約条件



$$\text{minimize} \quad \sum_k \sum_{i,j} d_{ij} x_{ijk} \quad (1)$$

$$\text{Subject to} \quad \sum_{i=0}^n x_{ijk} = y_{jk} \quad j = 1, 2, \dots, n \quad k = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

$$\sum_{j=0}^n x_{ijk} = y_{ik} \quad i = 0, 1, \dots, n \quad k = 1, 2, \dots, m \quad (3)$$

$$\sum_k y_{ik} = \begin{cases} 1 & i = 1, 2, \dots, n \\ m & i = 0 \end{cases} \quad (4)$$

$$\sum_{i,j \in S} x_{ijk} \leq |S| - 1 \quad \forall S \subseteq \{1, 2, \dots, n\} \quad k = 1, 2, \dots, m \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^n y_{ik} q_i \leq 1500 \quad k = 1, 2, \dots, m \quad (6)$$

$$x_{ijk}, y_{ik} \in \{0, 1\} \quad i, j = 0, 1, \dots, n \quad k = 1, 2, \dots, m \quad (7)$$

4. 本研究で試みる基本解法

倉庫数1(5候補地毎), 配送先数19の配送経路問題

配送ルート複数

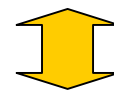
解を全列挙して, 厳密解を出すのは計算時間が大

近似解法を利用

局所探索法を採用

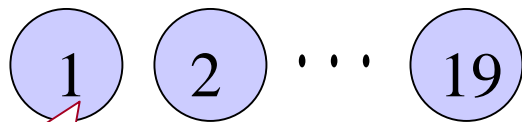
- 初期解の生成法
- 近傍の取り方

多少解の精度は下がる

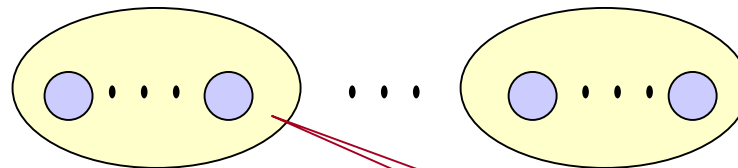


計算時間短縮

初期順列(配送順序による店舗順列)の生成法
配送コストの計算(配送ルートへの割当)手順



店舗地番号



ルート毎

局所探索(近傍探索)

局所最適解

多スタート局所探索

配送コスト

(候補地毎)

準最適解

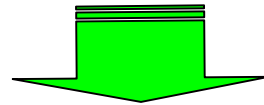
σ : 店舗番号順列 $f(\sigma)$: 全トラックの総配送距離

5. 本研究での解法

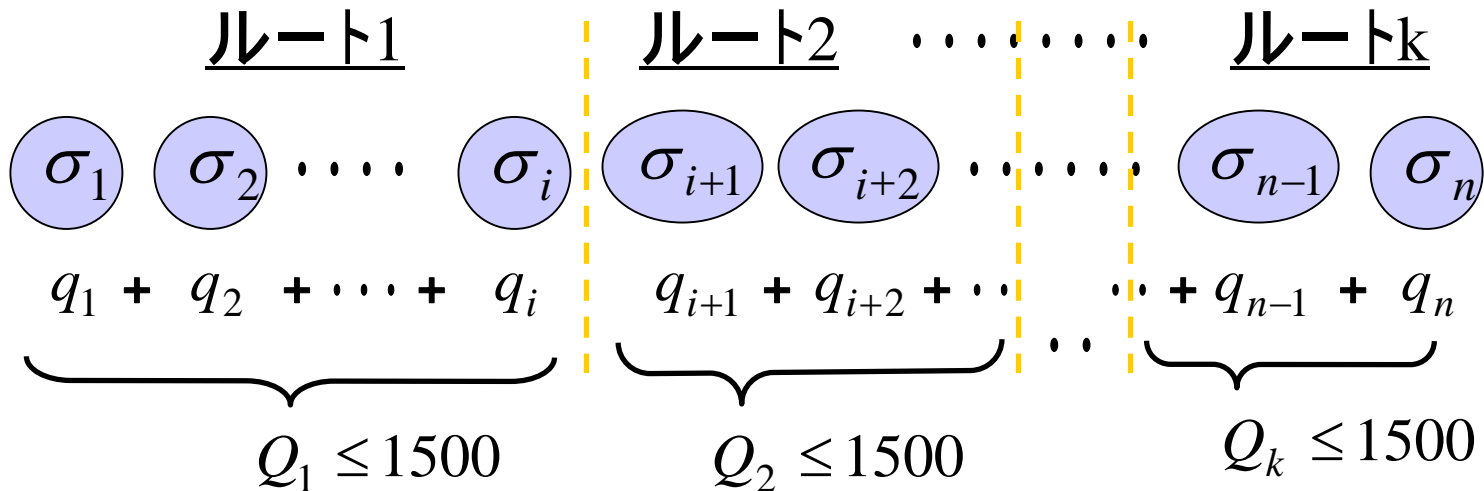
5.1 初期順列生成・配送コスト(距離)の計算

店舗番号順列生成
(ランダムな)

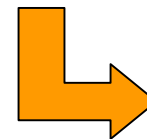
$\sigma : \sigma_1 \sigma_2 \dots \sigma_n$



配送もこの順番

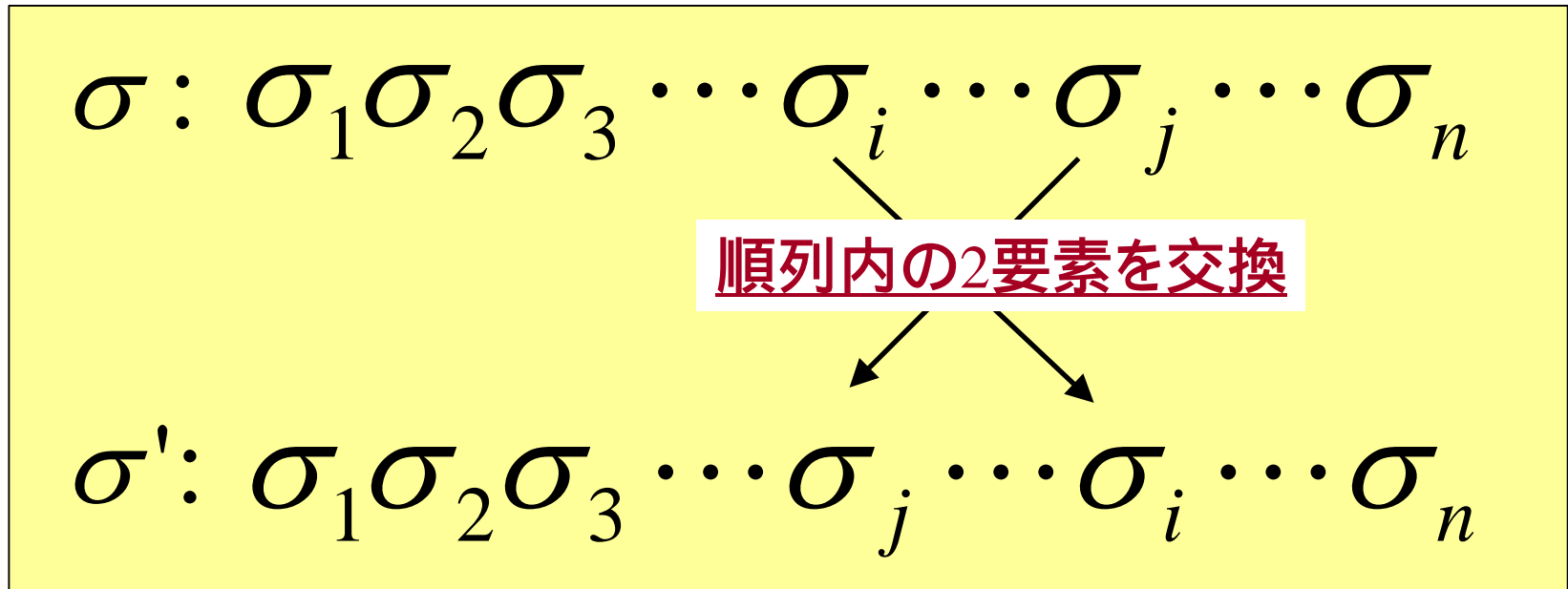


Q_k : トラック(ルートk)の積載量



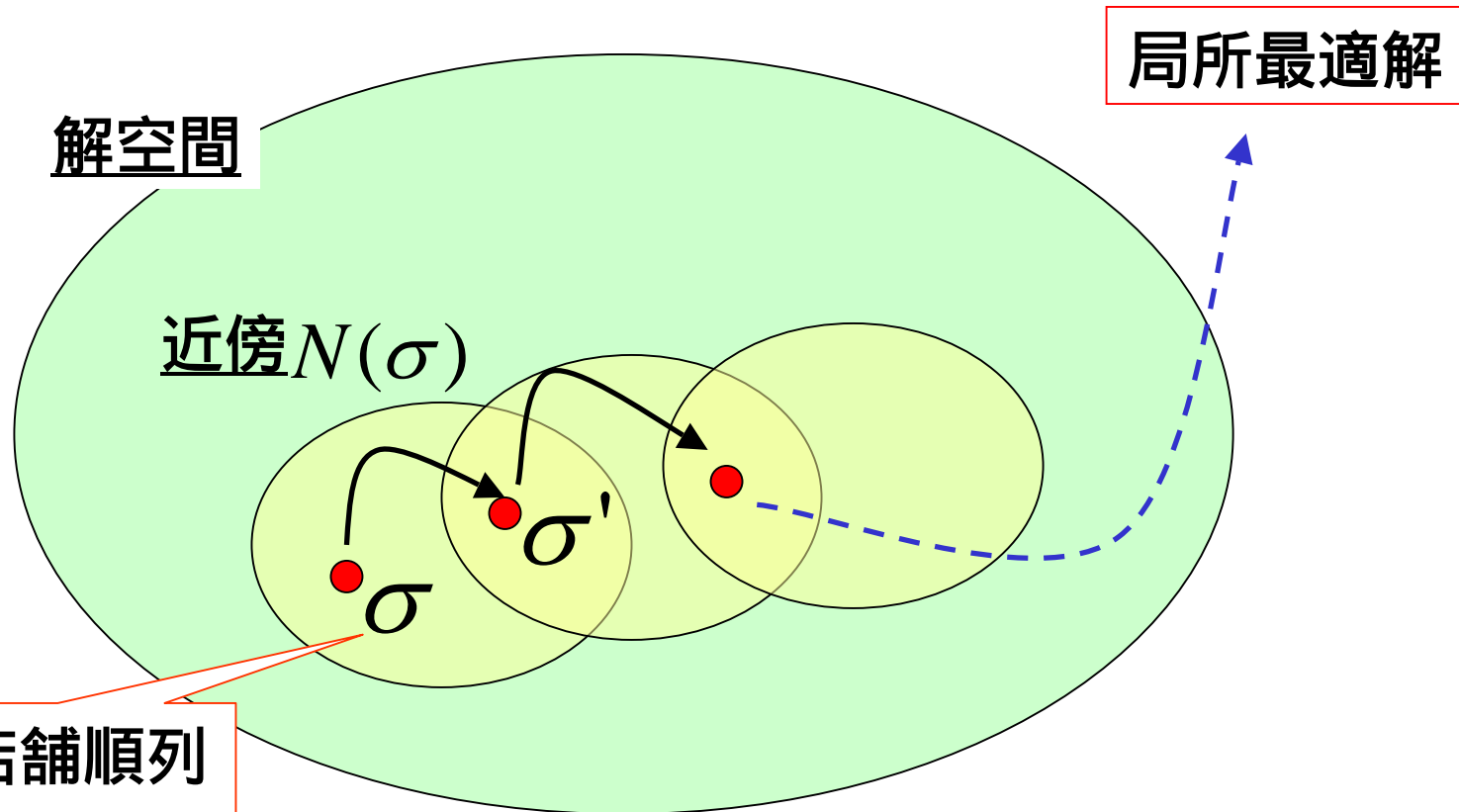
$f(\sigma)$ を計算

5.2 近傍の取り方(更新方法)



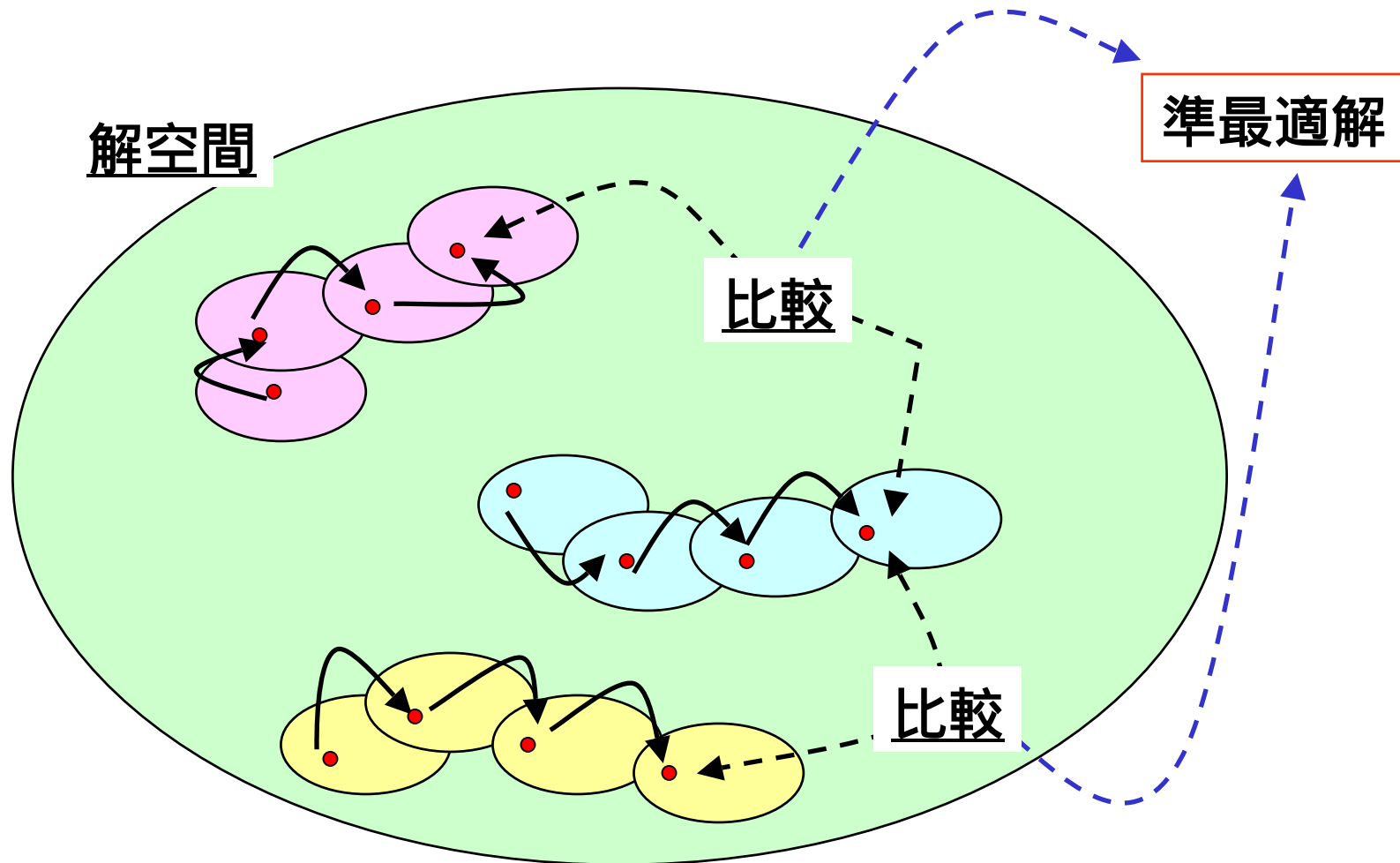
$f(\sigma) \geq f(\sigma')$ ならば $\sigma \leftarrow \sigma'$

5.3 局所探索



$N(\sigma)$: 順列 σ の 2 要素の順番を入れ替えた順列の集合

5.4 多スタート局所探索

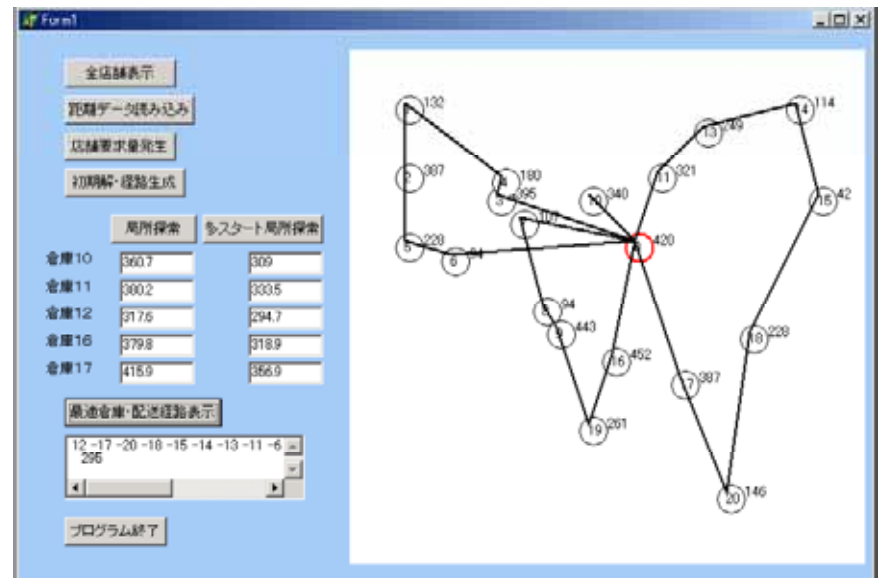


6. 数値実験

6.1 実験内容

F社の事例に基づいて、倉庫候補地5箇所について、1日全トラックの総配送距離の最小化問題を解く。

倉庫数1,店舗数19という条件のもとで,10通りの店舗要求量に対して実験する。



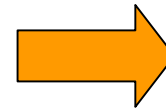
各店舗の経営状態と需要パターンデータ

	店舗形態	経営状態	商品要求量	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
柏店	店舗	普通	100～400	132	167	250	394	153	208	129	264	199	255
鎌ヶ谷店	店舗	普通	100～400	387	230	162	175	381	356	298	288	172	240
八千代店A	テナント	良好	200～500	395	306	230	297	395	232	356	419	216	222
八千代店B	テナント	普通	100～400	180	343	392	348	380	127	356	232	185	115
船橋店	テナント	良好	200～500	228	480	496	488	292	464	302	336	246	478
津田沼店	テナント	困難	0～200	94	7	140	171	165	126	174	19	176	115
稲毛店	店舗	普通	100～400	107	330	118	221	202	201	306	257	379	291
西千葉店	店舗	困難	0～200	94	99	90	47	61	92	129	59	7	136
千葉店	テナント	良好	200～500	443	330	473	498	297	391	466	385	367	336
志津店	店舗	良好	200～500	340	366	453	430	381	488	232	263	424	494
佐倉店	店舗	普通	100～400	321	142	104	324	235	122	391	246	321	139
四街道店	店舗	良好	200～500	420	417	343	405	417	317	390	204	312	219
成田店	テナント	良好	200～500	294	387	317	275	262	418	228	412	335	287
佐原店	店舗	困難	0～200	114	106	119	161	81	106	69	71	135	110
八日市場店	店舗	困難	0～200	42	154	72	93	158	7	155	69	156	119
鎌取店	店舗	良好	200～500	452	448	319	496	330	376	425	324	345	366
土気店	店舗	良好	200～500	387	209	205	357	382	442	500	327	347	411
東金店	店舗	普通	100～400	228	112	240	322	124	126	255	292	263	291
市原店	店舗	普通	100～400	261	148	227	196	206	268	351	144	205	134
茂原店	店舗	普通	100～400	146	268	112	132	309	116	388	177	381	284

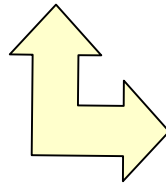
6.2 実験結果・考察

配送コスト

9通りについて: 四街道が最小
1通りについて: 志津が最小



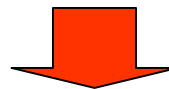
四街道が便利



家賃

四街道は最も高い

配送コストが安いほど家賃が高い傾向



配送頻度が高ければ四街道が適当

営業時間9時間(540分)
商品納入時間10分

需要パターンと各ルートでの走行時間

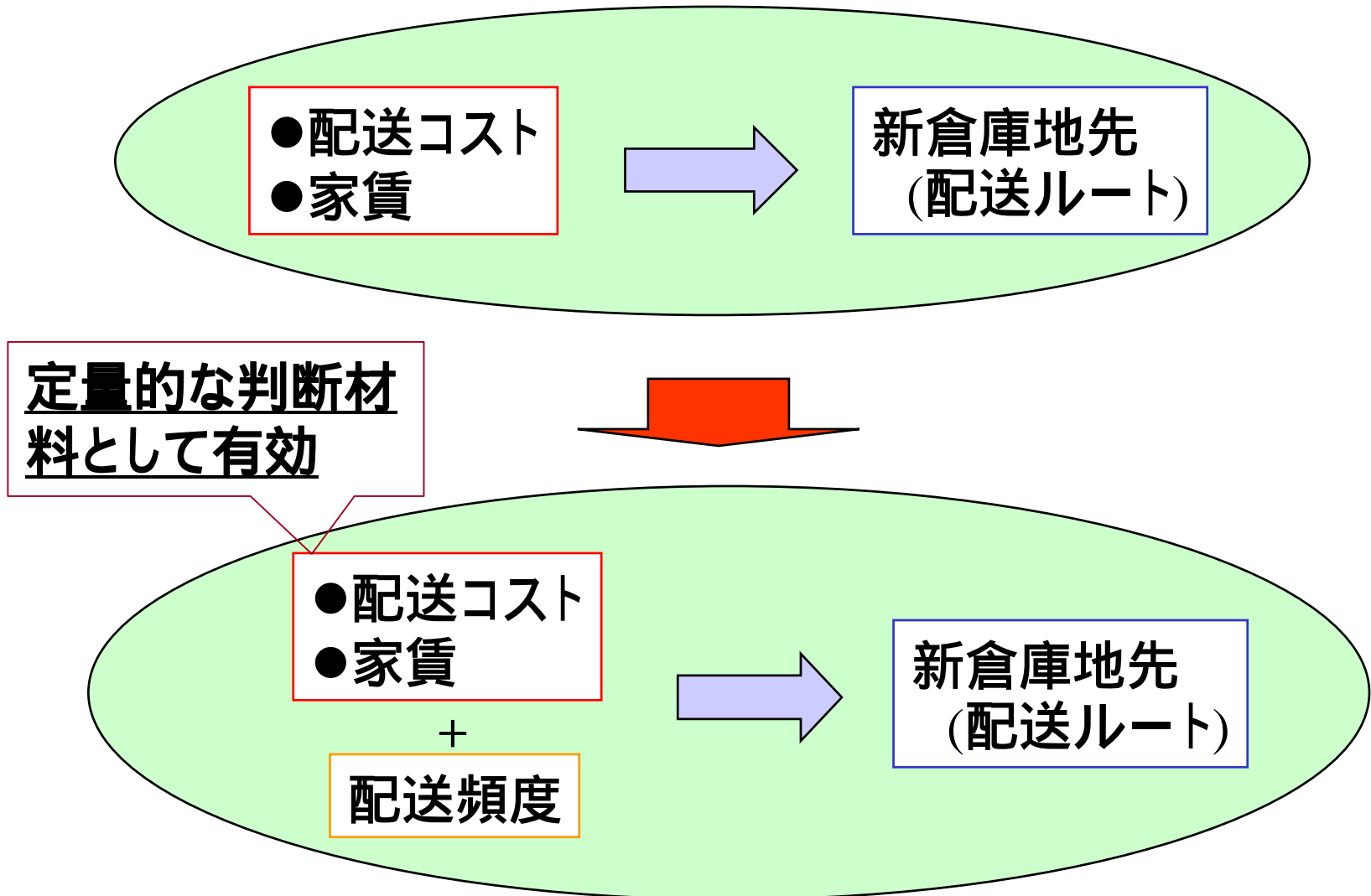
	q_1	q_2	q_3	q_4	q_5	q_6	q_7	q_8	q_9	q_10
ルート1	299.8	299.8	322.4	288.2	312.1	299.8	128.3	321.9	236.9	176.3
ルート2	130.4	167.6	156.8	147.4	159.2	130.4	289.4	175.5	164.5	328.4
ルート3	174	130.4	149.5	97.6	99.2	159.7	87.55	120.8	162	119.8
ルート4	32.2	52.1		130.4	88.25	57.95	176.3	38.5	103.4	32.2

多スタート局所探索の有効性

スタート数1と
100の比較

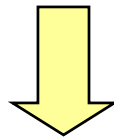
	q_1	q_2	q_3	q_4	q_5	q_6	q_7	q_8	q_9	q_10
倉庫番号	12	12	10	12	12	12	12	12	12	12
初期解数1	346.3	336.8	325.2	397	352.8	312.7	350.1	324.5	342.8	334.2
初期解数100	297.6	306.6	292.4	305.7	312.5	305.2	327.6	311.1	317.8	311.1

7. まとめ



今後の課題

F社が今後さらに店舗数拡大を進める



- 倉庫が複数ある場合
- 積載容量限界までトラックに商品を積む(トラックが2度訪れる店舗がある)場合
- トラックの積載容量が均一でない場合

参考文献

- [1]. 柳浦 睦憲, 茨木 俊秀:「組合せ最適化～メタ戦略を中心として～」 朝倉書店(2001年)
- [2]. 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」, 東京理科大学工学部経営工学科2001年度卒業論文
- [3]. 生活地図サイト マップファンウェブ
<http://www.mapfan.com/>

抄録訂正

P.154 定式化内

誤 **正**

$$\text{minimize } \sum_k \sum_{i,j} d_{ij} x_{ij} \longrightarrow \text{minimize } \sum_k \sum_{i,j} d_{ij} x_{ijk}$$

P.155 20,21行目 アルゴリズムの説明内

誤 Step2: $i < n$ ならばStep4へ, そうでなければStep5へ進む.

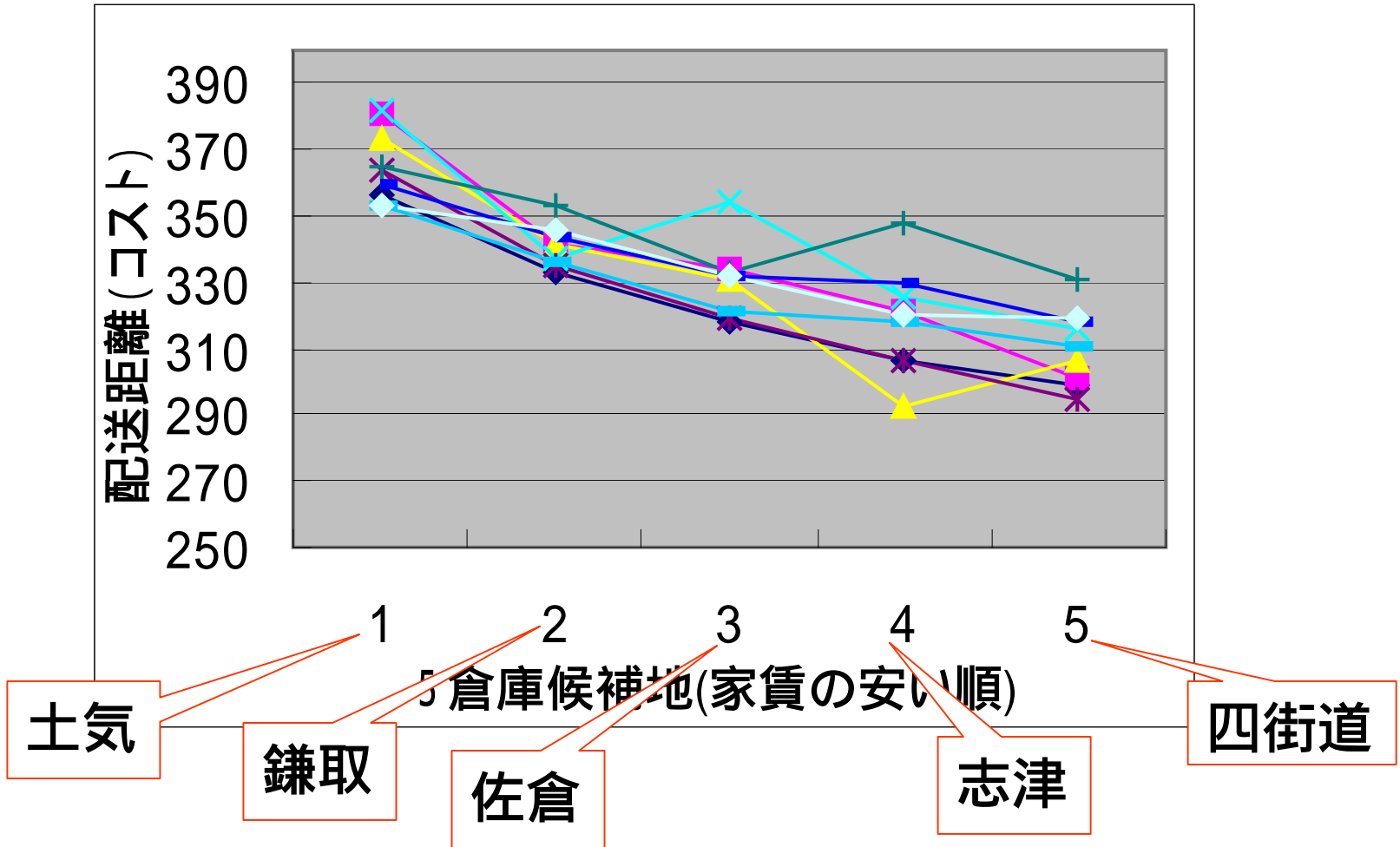
Step3: $i = i + 1$ として $Q < 1500$ ならばStep2へ, ……



正 Step2: $i < n$ ならばStep3へ, そうでなければStep4へ進む.

Step3: $i = i + 1$ として $Q_k < 1500$ ならばStep1へ, ……

付録



各モデル(10通り)の候補地毎の配送コスト(km)

モデル毎の各候補地の配送コスト(km)

	q_1	q_2	q_3	q_4	q_5	q_6	q_7	q_8	q_9	q_10
土気	356.2	381.3	373.5	382.1	364	366.3	365.4	359.5	353.7	352.8
佐倉	333.5	341.8	341.8	336.9	335.4	348.2	352.9	343.3	335.9	346.2
鎌取	318.6	334.2	331	353.8	318.9	326.2	333.5	331.8	321.1	332.1
志津	306.3	321.7	292.4	325.3	306.3	317.5	347.6	329.7	317.7	320.1
四街道	299.1	301	306.4	315.7	294.7	308.1	330.6	317.7	311.1	318.8

四街道と土気の総配送距離差(一日) = 約50km

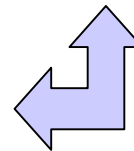


1km走行 = 50円必要とする

配送費差約の2500円

一方

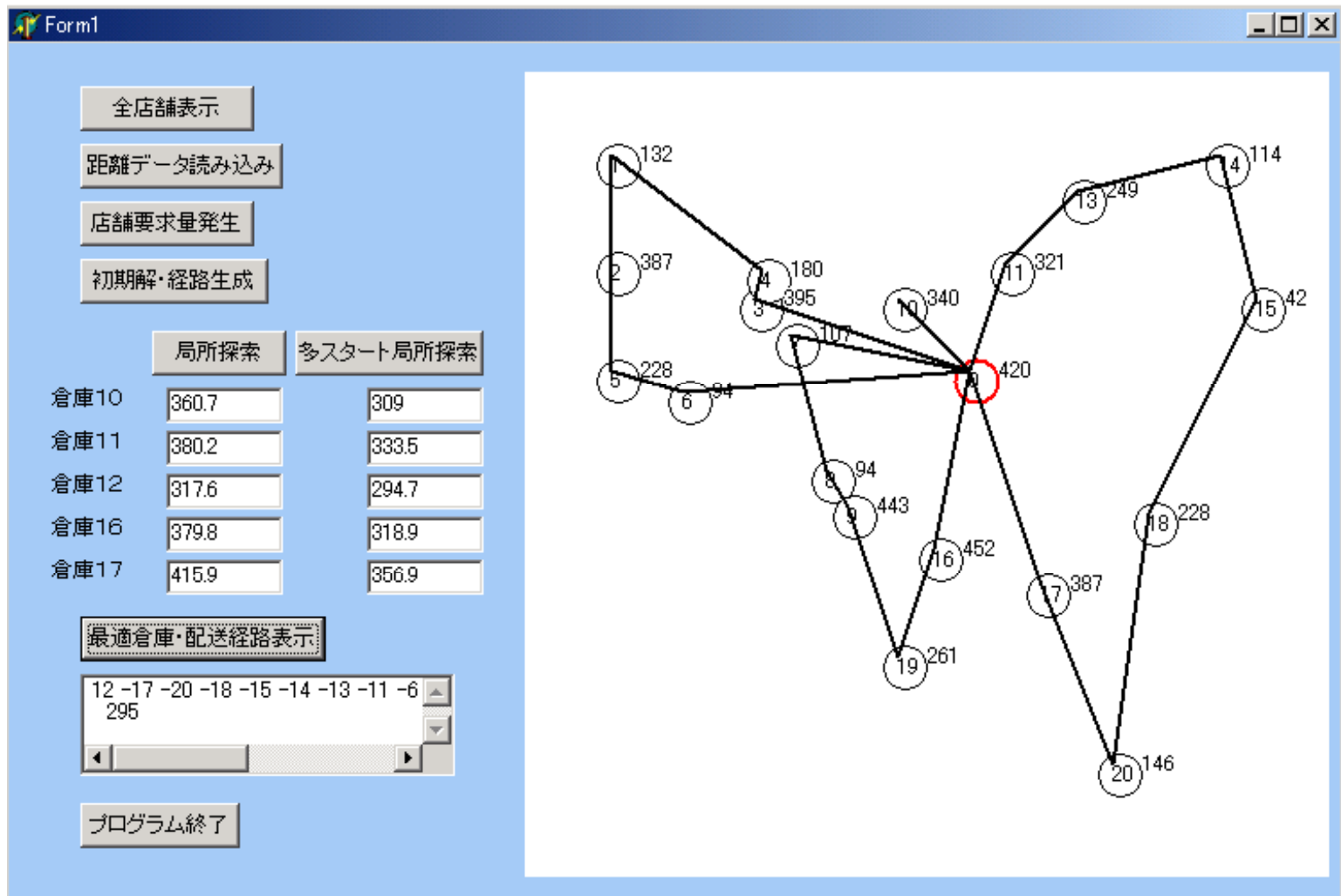
家賃差(80坪,1ヶ月)は56000円



配送回数23回以上



四街道が最適



実行画面の例