

多期間巡回型ナップザック問題 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 4407045 神保 智行

目次

1. 背景
2. 本研究の目的
3. 記号化
4. 提案するモデル記号化
5. 定式化
6. 解法
7. 数値実験
8. まとめ
9. 今後の課題
10. 参考文献

1. 背景

1.1 はじめに

巡回活動の最適化

一般的な問題

～目的～

与えられた点を
できるだけ短い時間で
訪問する

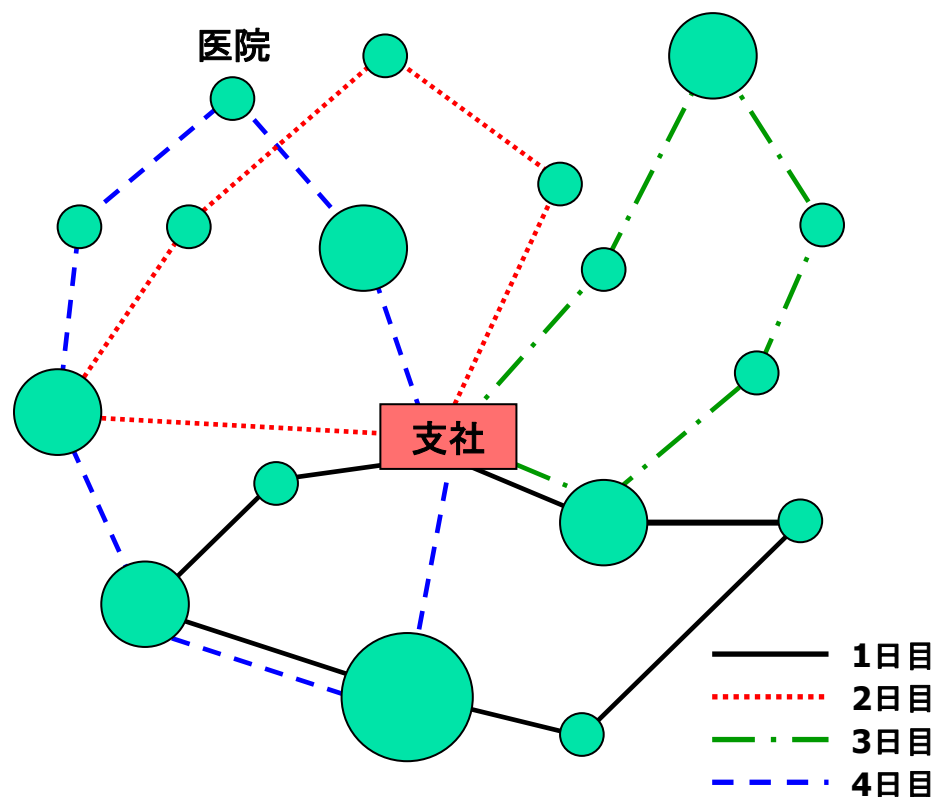
本研究で扱う問題

～目的～

与えられた時間内に
対象とする点を
(重複を許して)
できるだけ多数回訪問する

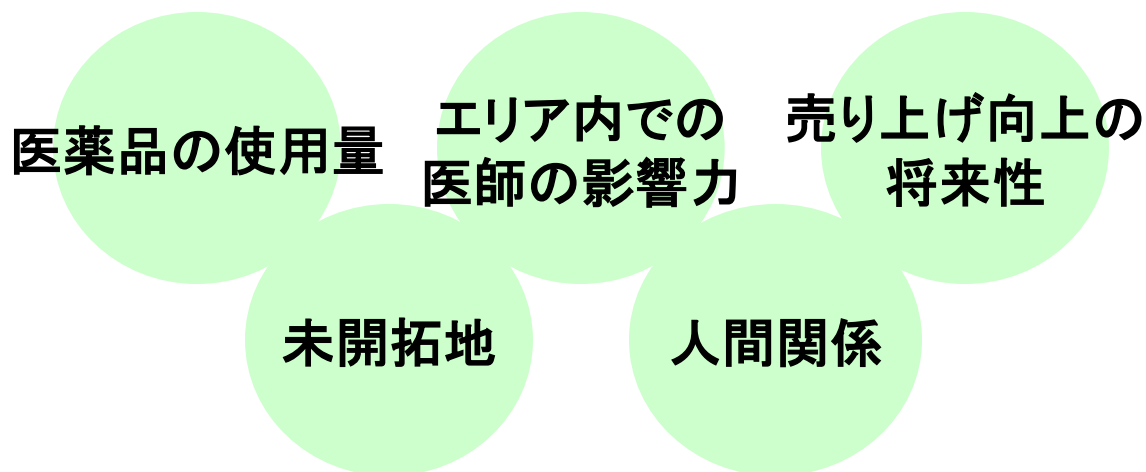
1.2 製薬会社における医療情報担当者

- 医療情報担当者 (Medical Representative: 以下MR)
- 30~120程度の個人医院を営業対象として担当
- 医院への訪問目的は主に情報の提供, 収集



1.3 訪問の特徴

- ◆ どの医院もある期間内に少なくとも1回は訪問する必要がある。
- ◆ 2回以上訪問する必要がある医院も存在する。



- ◆ 再訪問は一定の日数を空けることが必要である

1.4 MRの活動計画

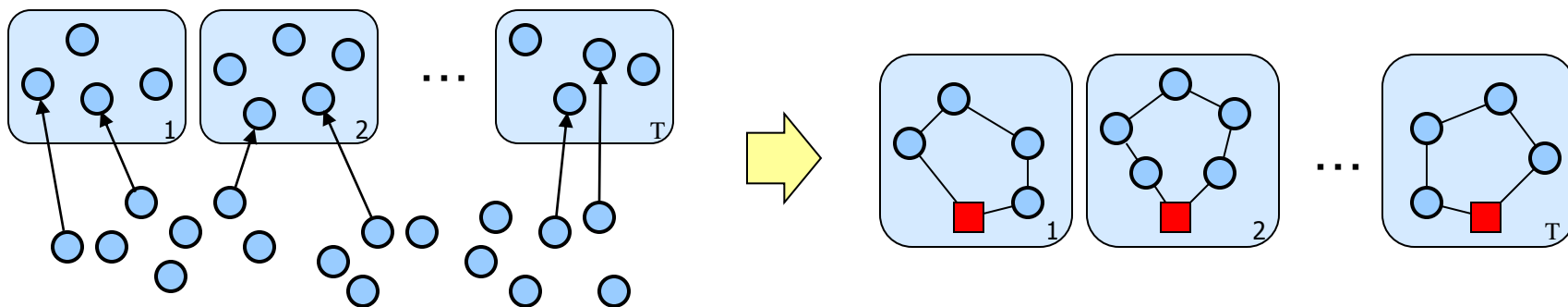
◆ MRが活動計画を立てるとき考えること

訪問する医院を
うまく振分ける

制限時間を守る

医院の
重要度に対応した
回数訪問する

割り振った医院を
最短経路で回る



2. 本研究の目的

- ◆ 本研究では・・・
医院の重要度に対応した回数訪問するように
計画期間内に医院をうまく振分け、
時間を余すことなく多数回巡回することを目的とする。

この問題を数理計画問題として定式化し、その準最適解を求めるための方法を提案する。

3. 記号化

T : 計画期間

$$k \in T \quad T = \{1, 2, \dots, d\}$$

i : 医院

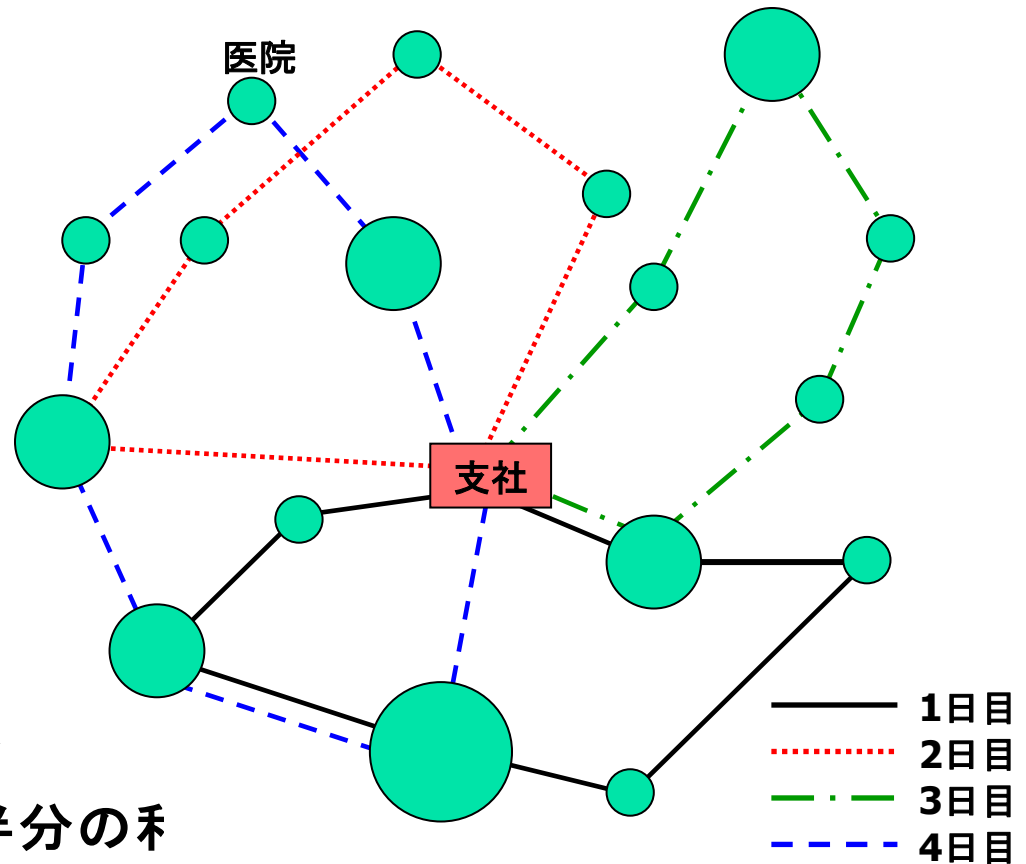
$$i = \{0, 1, 2, \dots, n\} \quad (0 \text{ は支社})$$

w_i : 医院 i への訪問回数

R : 最大稼働時間

S : 最小医院訪問間隔

τ_{ij} : 医院 i, j 間の移動時間と
医院 i, j の滞在時間の半分の和



決定変数

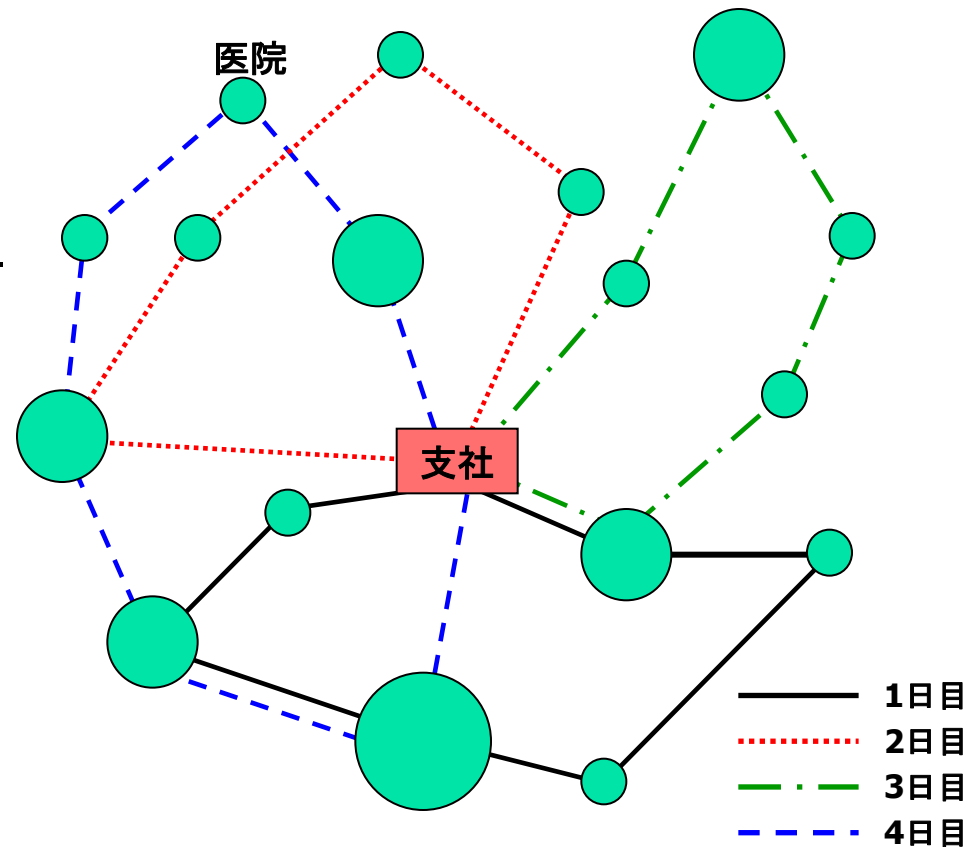
$$x_{ijk} = \begin{cases} 1: k \text{ 日目に } i \text{ を訪問してから } j \text{ を訪問する} \\ 0: k \text{ 日目に } i \text{ を訪問してから } j \text{ を訪問しない} \end{cases}$$

$$y_{ik} = \begin{cases} 1: k \text{ 日目に } i \text{ を訪問する} \\ 0: k \text{ 日目に } i \text{ を訪問しない} \end{cases}$$

4. 提案するモデル

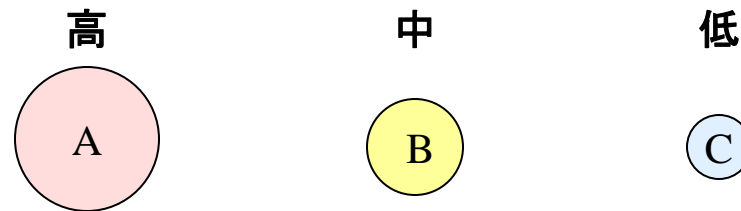
4.1 前提条件

- ◆ 各医院の重要度に応じて、予定訪問回数が決まっている。
- ◆ 各医院での滞在時間は一定。
- ◆ 移動速度は一定
- ◆ 支社から出発し、各医院を回り、制限時間内に支社へ戻ってくる。
- ◆ 同じ医院を訪れる際、最低S日あける(以降S日制約)



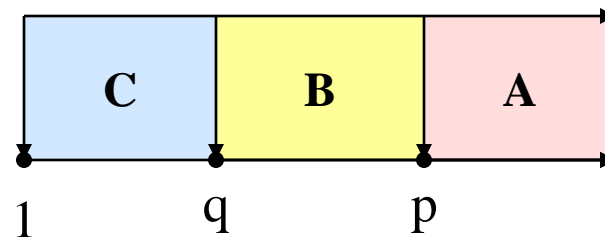
4.2 重要度の設定

医院の重要度はA,B,Cの3つの集合に分かれている。



A,B,Cの重要度に応じて予定訪問回数を以下のように設定する。

- A p 回以上
- B q 回以上 p 回以下
- C 1 回以上 q 回以下



5. 定式化(1)

- $$\max \quad \alpha \sum_{i \in A} w_i + \beta \sum_{i \in B} w_i + \gamma \sum_{i \in C} w_i \quad (1)$$

医院の重要度の合計を最大化する

- $$w_i = \sum_{k=1}^d y_{ik} \geq 1 \quad i \in \{1, \dots, n\} \quad (2)$$

各医院へ少なくとも1回は訪問する

- $$\sum_{l=0}^S y_{i \ k+l} \leq 1 \quad k \in \{1, \dots, d - S\} \quad (3)$$

再訪問におけるS日制約

5. 定式化(2)

- $$\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n x_{ijk} \tau_{ij} \leq R \quad k \in \{1, \dots, d\} \quad (4)$$

1日の最大稼働時間がR以下である

- $$\sum_{k=1}^k \sum_{j=0}^n x_{ijk} = 1 \quad i \in \{1, \dots, n\} \quad (5)$$

$$\sum_{k=1}^k \sum_{i=0}^n x_{ijk} = 1 \quad j \in \{1, \dots, n\} \quad (6)$$

医院への訪問は巡回路である

- $$\sum_{j=1}^n x_{ijk} = \sum_{j=1}^n x_{jik} = 1 \quad i = 0 \quad k \in \{1, \dots, d\} \quad (7)$$

支社から出発して各医院を回り、再び支社へ戻る

5. 定式化(3)

$$\blacksquare \sum_{i \in U} \sum_{j \in U} x_{ijk} \leq \sum_{i \in U} y_{ik} - 1 \quad 1 < \sum_{i \in U} y_{ik} < \sum_{i=1}^n y_{ik} \quad \forall U \subseteq \{1, 2, \dots, n\} \quad k \in \{1, \dots, d\} \quad (8)$$

部分巡回路を除去する

$$\blacksquare x_{ijk} \in \{0, 1\} \quad i, j \in \{0, 1, \dots, n\} \quad i \neq j \quad k \in \{1, \dots, d\} \quad (9)$$

$$\blacksquare y_{ik} \in \{0, 1\} \quad i \in \{0, 1, \dots, n\} \quad k \in \{1, \dots, d\} \quad (10)$$

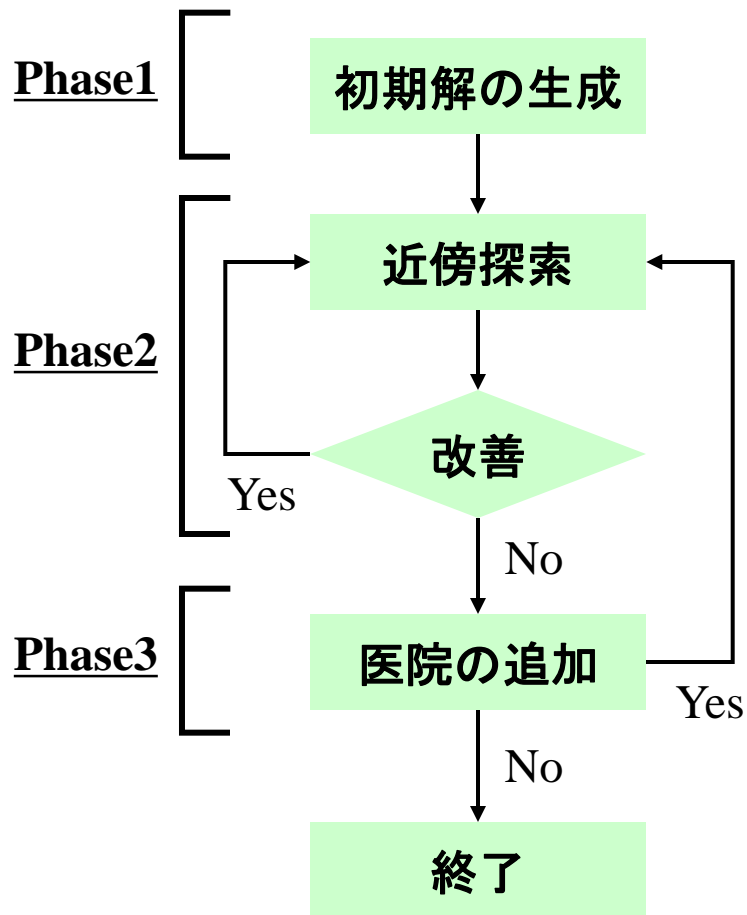
決定変数

$$x_{ijk} = \begin{cases} 1: d \text{日目に} i \text{を訪問してから} j \text{を訪問する} \\ 0: d \text{日目に} i \text{を訪問してから} j \text{を訪問しない} \end{cases}$$

$$y_{ik} = \begin{cases} 1: d \text{日目に} i \text{を訪問する} \\ 0: d \text{日目に} i \text{を訪問しない} \end{cases}$$

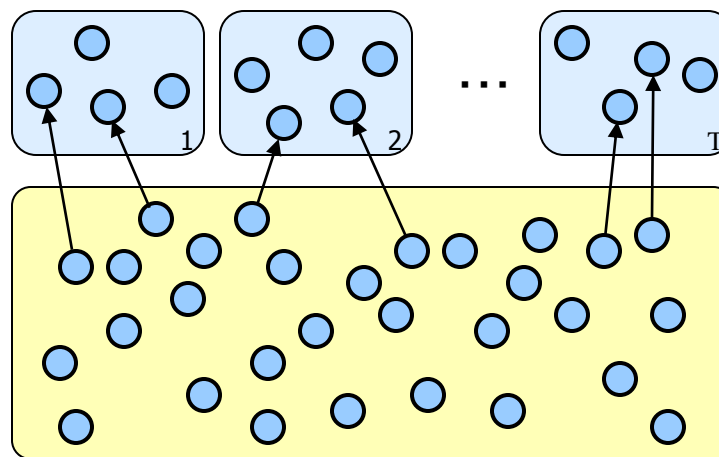
6. 解法

6.1 方針(1)

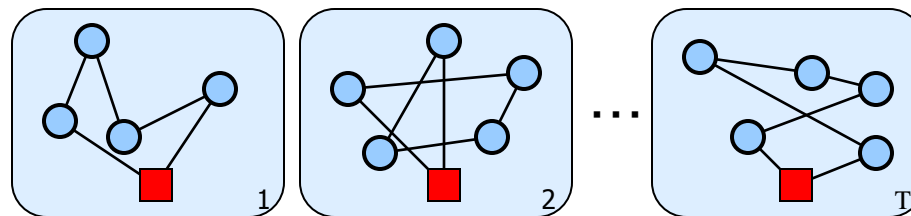


■ Phase1 初期解の生成

1. 医院振り分け



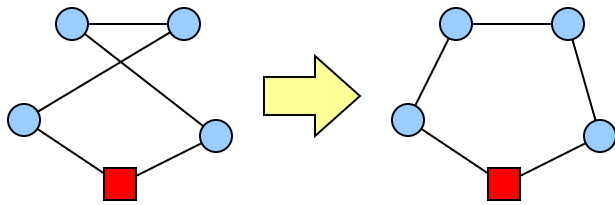
2. 巡回路作成



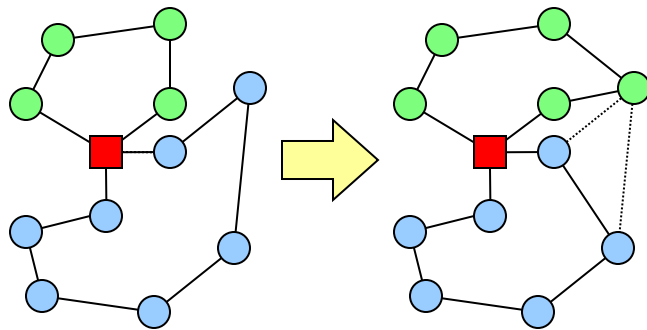
6.1 方針(2)

■ Phase2 巡回路の改善

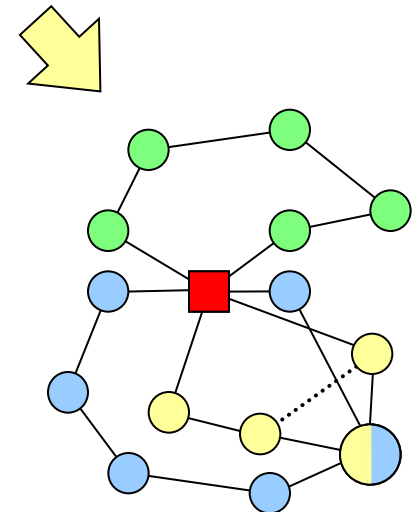
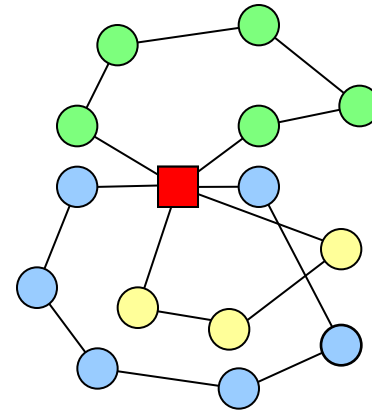
1. 巡回路内



2. 巡回路間



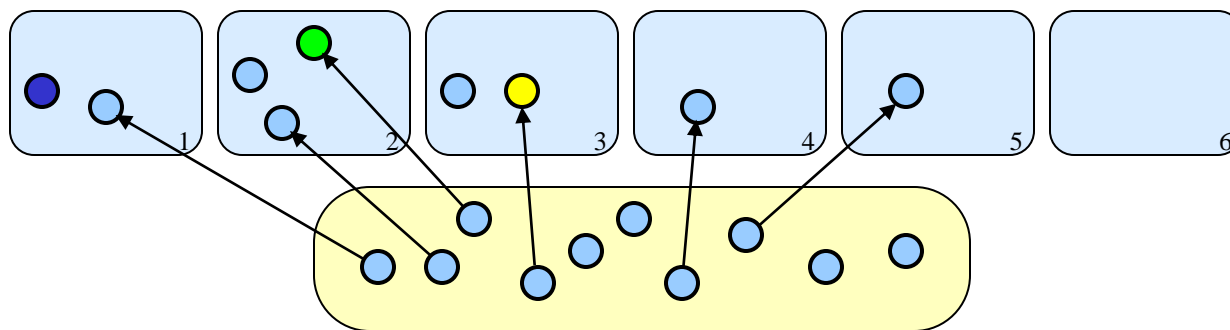
■ Phase3 医院の追加



6.2 解法の手順Phase1

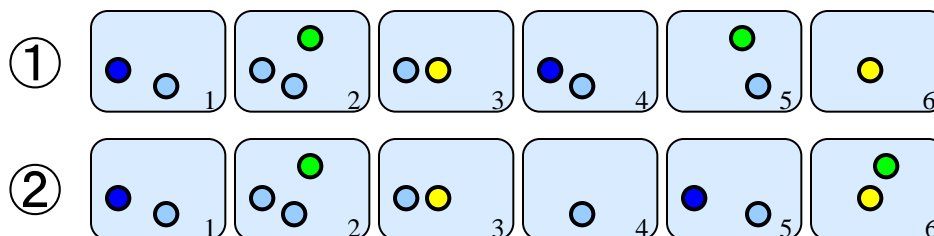
◆ 初期解の生成

Step1: Aグループに属する医院を, 無作為に割振る.



Step2: Step1で選ばれた医院を最低予定訪問回数訪れるように

- 初期解①: S日後(前)に割振る.
- 初期解②: S日後以降(前以前)に割振る



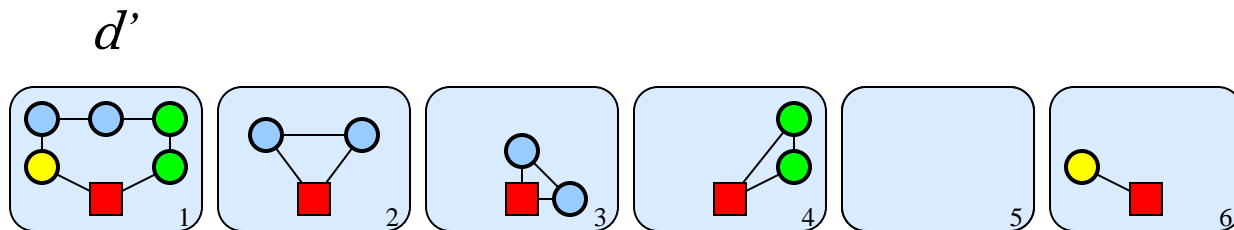
Step3: B,Cについて同様の作業を繰り返す.

6.2 解法の手順Phase2

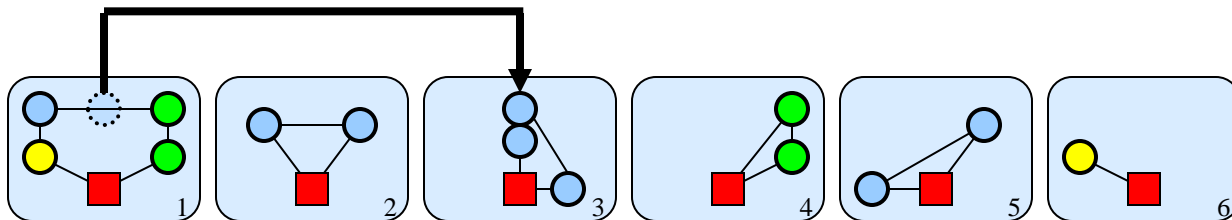
◆ 巡回路の改善

Step1: 各訪問日の巡回路に対して, 2-opt法を用いて巡回路の改善を行う.

Step2: 最大巡回路長の訪問日を d' とし, 巡回時間を λ とする.



Step3: 操作前の λ , 1日最大稼働時間 R を越えないように,
 d' に訪問する医院を d' 以外の日に挿入する.



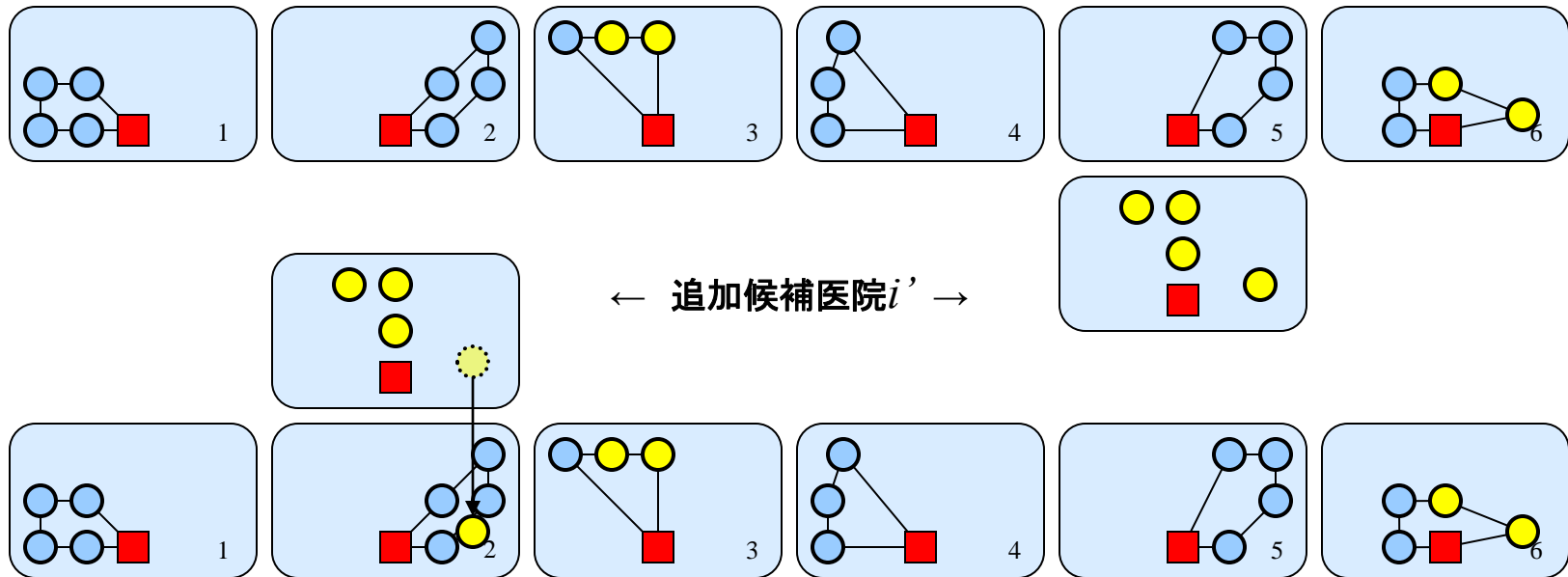
Step4: 改善が行われなくなるまで, Step1~3を繰り返す.

6.2 解法の手順Phase3

◆ 医院の追加

Step1: 上限に達していない重要度が最も高いグループの医院を i' とする.

Step2: 1日最大稼働時間Rを越えないように, 医院 i' の追加場所を決定する.



Step3: 制限時間を越えない挿入場所がない, または, 上限に達していない医院がなくなれば終了する.

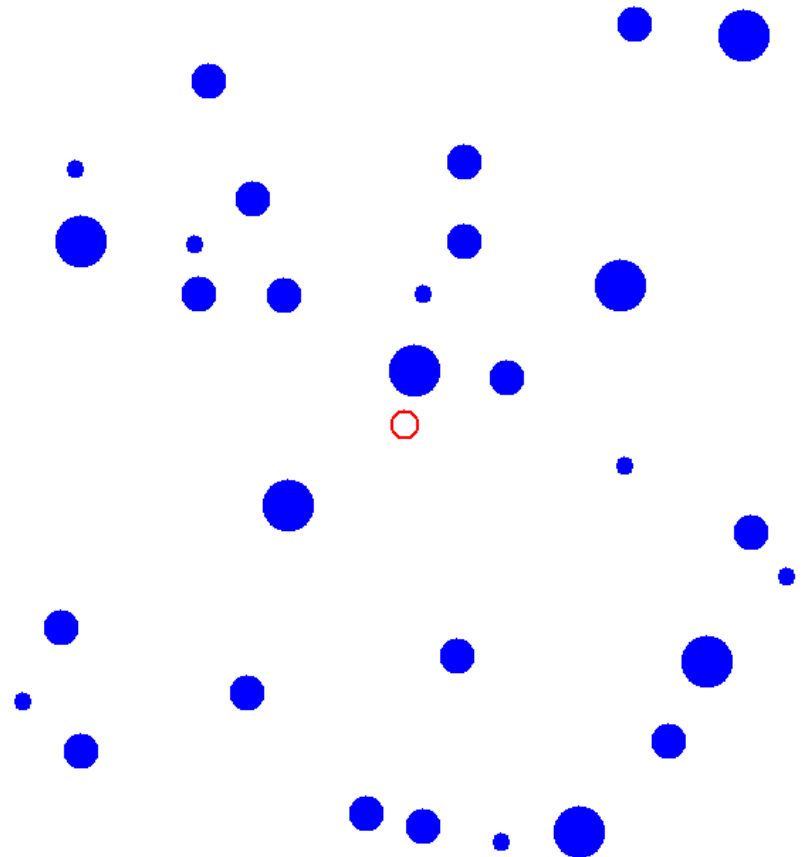
挿入箇所がある場合, 医院を挿入しPhase2に戻る.

7. 数値実験

7.1 設定

- ◆ 1辺40kmの正方領域
- ◆ 計画期間:6日間
- ◆ S日制約:2日
- ◆ 医院:30
 - Aグループ:7 (2回訪問)
 - Bグループ:16 (1~2回訪問)
 - Cグループ:7 (1回訪問)
- ◆ 重要度 α, β, γ は, 100, 10, 1と設定
- ◆ 滞在時間:15分
- ◆ 移動速度:30km/h
- ◆ 1日あたりの最大稼働時間は300分

医院の位置, 重要度を変更した5つのデータで初期解①, ②でそれぞれ10回実験を行った.



7.2 結果・考察

表1: グループBにおける重要度の総和の平均

	初期解①	初期解②
1	225	215
2	256	241
3	226	198
4	264	247
5	248	236

表2: 残り時間の総和の平均

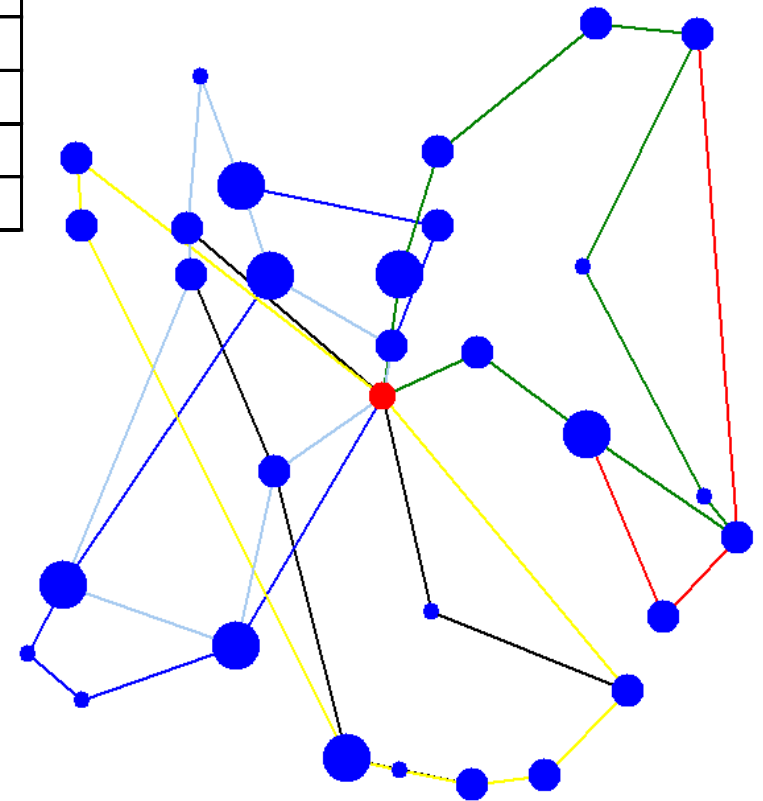
	初期解①	初期解②
1	105	92
2	131	101
3	98	74
4	118	126
5	119	114

表1→初期解①の方が良い値
 表2→初期解①の方が良い値



初期解①の方が短い時間で多くの医院を訪問できている

初期解①の方が効率が良い



8. まとめ

◆ MRの医院巡回問題を定式化し、
準最適解を求めるための解法を提案した.

◆ 数値実験では、初期解によって
結果が変動することがわかった.

9. 今後の課題

- ◆ 実データを用いてシミュレーションを行う
- ◆ 初期解の生成方法を変化させることで
なぜ医院の訪問回数が増えたのか明らかにする
- ◆ 局所最適解を抜け出し、
よりよい解を求める解法を提案する

10. 参考文献

- [1] 加藤直樹著: 数理計画法, コロナ社(2008)
- [2] 今野浩, 鈴木久敏: 整数計画法と組み合わせ最適化(1999)
- [3] 柳浦睦憲, 茨木俊秀: 組み合わせ最適化—メタ戦略を中心として—, 朝倉書店(2001)
- [4] 栗原高明: 地方選挙区における街頭演説日程巡回計画の研究, 東京理科大学工学部経営工学科卒業論文(2008)

ご清聴ありがとうございました