



介護送迎サービスにおける 移動経路の研究

東京理科大学工学部第二部経営工学科

沼田研究室

5307044 白坂 禎貴



発表構成

1. はじめに
2. 制度の現状
3. 取り扱う問題
4. 定式化
5. 解法
6. 数値実験
7. まとめと今後の課題
8. 参考文献

1. 背景

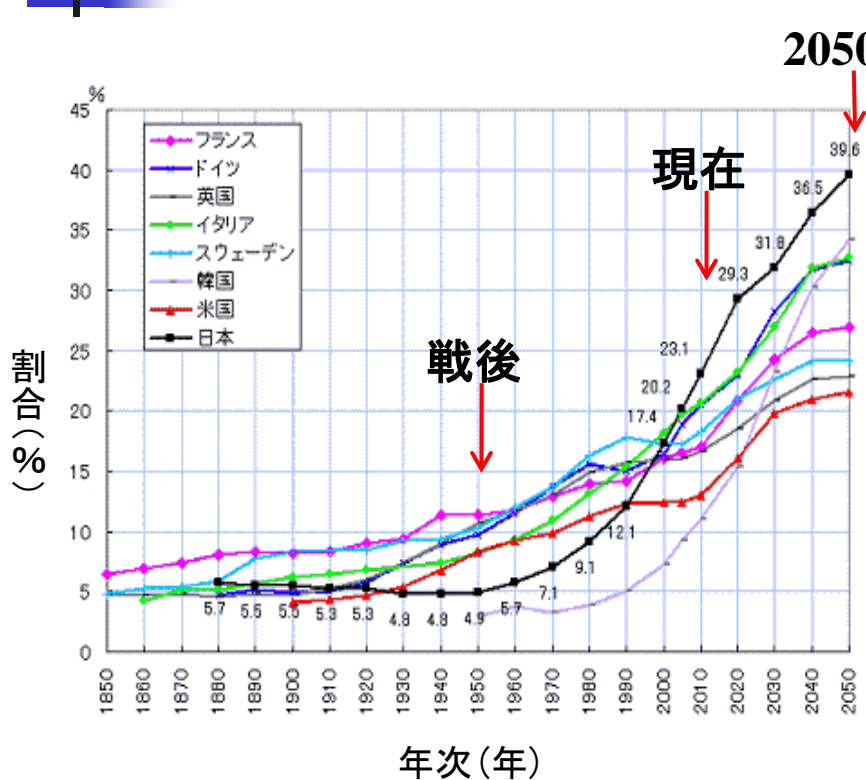


図1: 世界の高齢化率の推移[1]

我国における高齢化率は、他国と比較すると急速に進行している。高齢化が進むと2050年には、総人口の約3割が高齢者人口になると予測されている。



「老老介護」の問題の浮上

介護保険制度が施行された



2. 1 サービス概要

- ・地域密着型サービス

住み慣れた自宅や地域で受けることができるサービス

- ・施設サービス

必要としているサービスに応じた施設に入所して、受けるサービス

- ・在宅サービス

入浴、排泄、食事等の訪問とディケア施設などへ送迎するサービス

2. 2在宅サービスの現状

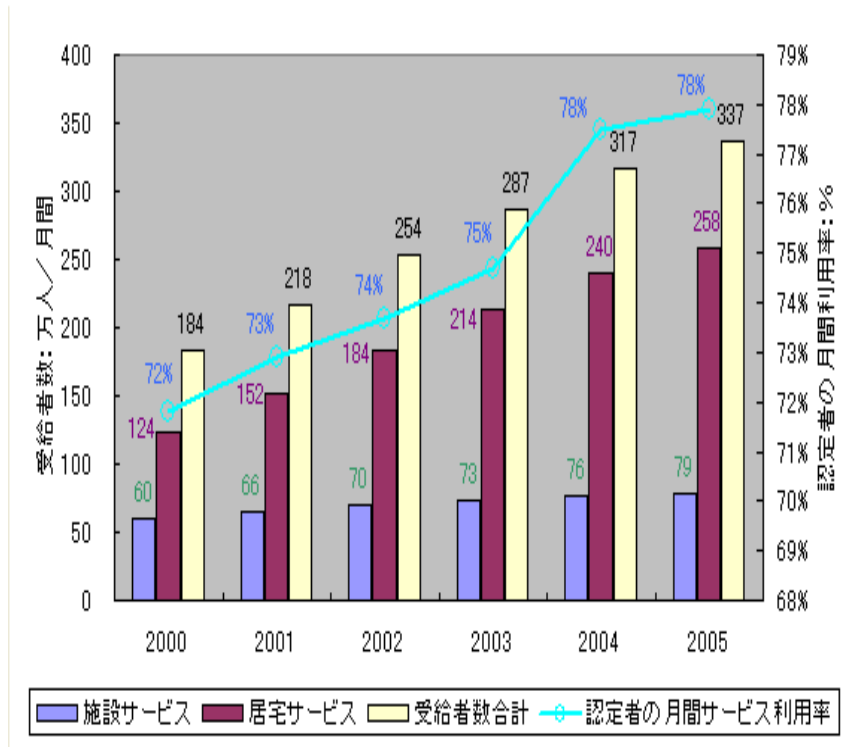
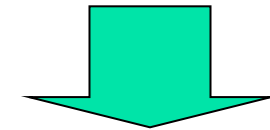
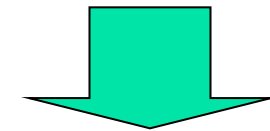


図2：在宅サービスと施設サービスの利用者

在宅サービスは、施設サービスに比べ、より基本的な必需サービス



年々利用者が増加してきている



在宅サービスに着目する

- 訪問サービス
- 送迎サービス

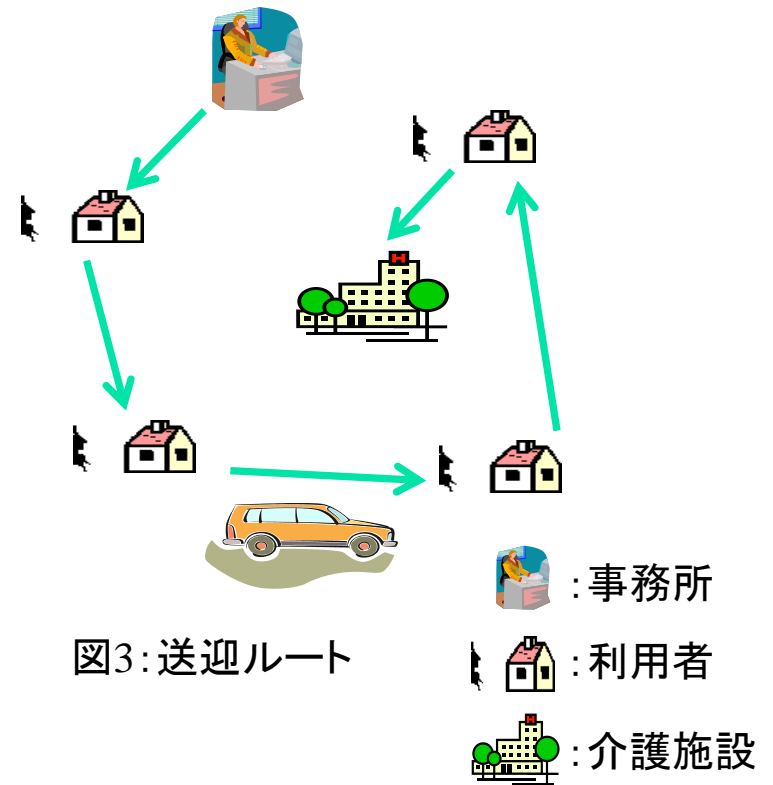
2. 3送迎サービス(1)

- ・ディケアサービスなどの開始時までに、利用者を施設まで送迎するサービス



業者が行っている

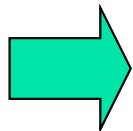
- ・送迎車内での負担を軽くするため長時間の乗車は避ける
- ・複数での送迎を行う



2. 3送迎サービス(2)

現状は...

- ・業者が利用者の割り振りを行っている。
- ・施設まで送迎する際のルートは、経験に基づき作成している。



各送迎車の移動距離に差が生じ、移動距離が長い送迎車が存在し、利用者が負担を感じているケースがある

移動距離が最長の送迎車をできるだけ短くし
長時間の乗車を緩和することを目的とする

3. 1 問題設定

- 送迎サービスの利用者をすべて目的地まで送迎する。
- 利用可能な送迎車を用い、同時に事務所を出発する。
- 介護施設、事務所、全利用者間の距離はすべて分かっているものとする。
- 往路のみを考え、渋滞による遅延は考えないものとする。

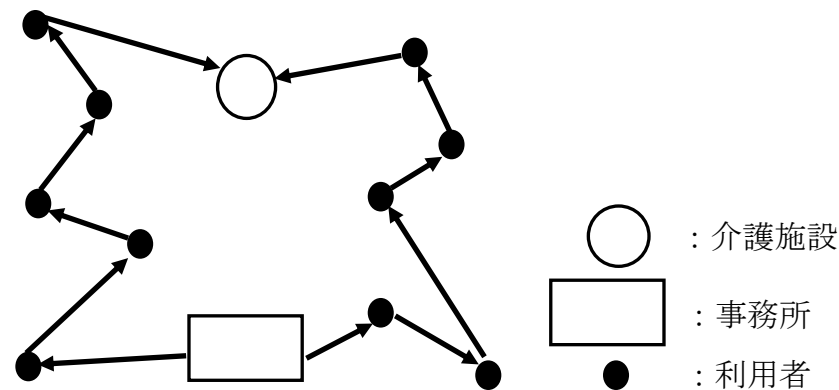


図4：最適な送迎ルート

3. 2記号の定義

出発地: 0 (事務所)

目的地: $n + 1$ (介護施設)

N : 利用者の集合 ($N = 1, 2, \dots, n$)

M : 送迎車の集合 ($M = 1, 2, \dots, m$) 定員数は q 人とする

利用者 i から j までの距離を $d_{ij} (= d_{ji})$ とする

決定変数

$x_{ijk} \begin{cases} 1: \text{送迎車 } k \text{ が利用者 } i \text{ の次に利用者 } j \text{ を訪れる} \\ 0: \text{送迎車 } k \text{ が利用者 } i \text{ の次に利用者 } j \text{ を訪れない} \end{cases}$

$y_{ik} \begin{cases} 1: \text{送迎車 } k \text{ が利用者 } i \text{ を送迎する} \\ 0: \text{送迎車 } k \text{ が利用者 } i \text{ を送迎しない} \end{cases}$



4. 1 目的関数

全送迎車の中で、移動距離が最も長い送迎車の移動距離を最短にする

$$\min \max_{1 \leq k \leq m} \left(\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n d_{ij} x_{ijk} \right) \quad (1)$$



4. 2制約式(1)

s.t.

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n x_{0jk} = 1 \quad (k = 1, 2, \dots, m) \quad (2) \\ \sum_{i=1}^n x_{i(n+1)k} = 1 \quad (k = 1, 2, \dots, m) \quad (3) \end{array} \right.$$

全送迎車は事務所から出発し、
必ず最後に目的地である介護施設に送迎する

$$\sum_{k=1}^m y_{ik} = 1 \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

各利用者は、必ずいずれかの送迎車に乗車させる

4. 2制約式(2)

s.t.(続)

$$\sum_{j=1}^{n+1} x_{ijk} = y_{ik} \quad (i = 1, 2, \dots, n \quad k = 1, 2, \dots, m) \quad (5)$$

$$\sum_{i=0}^n x_{ijk} = y_{ik} \quad (j = 1, 2, \dots, n \quad k = 1, 2, \dots, m) \quad (6)$$

ある利用者を訪れる場合、送迎車は他の利用者を乗車させた後に他の利用者へ向かう

$$\sum_{i=1}^n y_{ik} \leq q \quad (k = 1, 2, \dots, m) \quad (7)$$

各送迎車は定員数を超えて利用者を乗車させてはならないことを示す

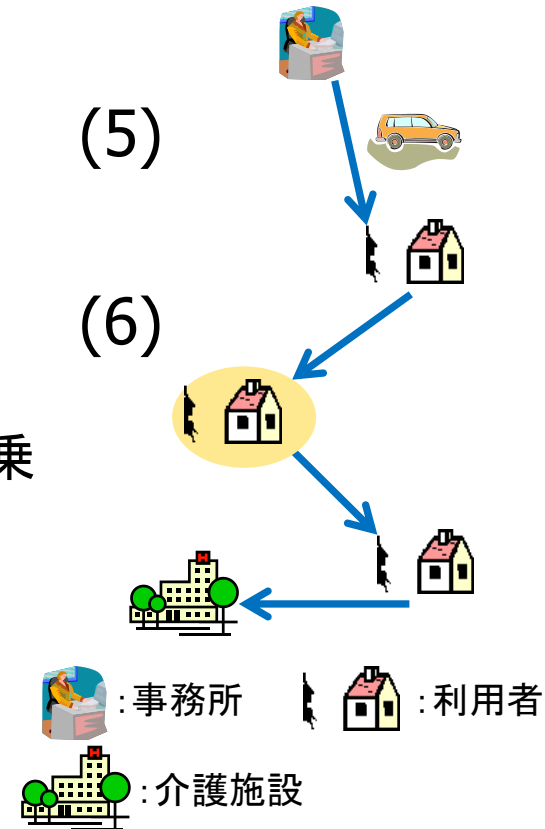


図5: 送迎ルートの特徴



5. 1 解法の概要

①各送迎車に乗車する利用者の決定

ランダムに割り当てる場合

最近傍法により割り当てる場合

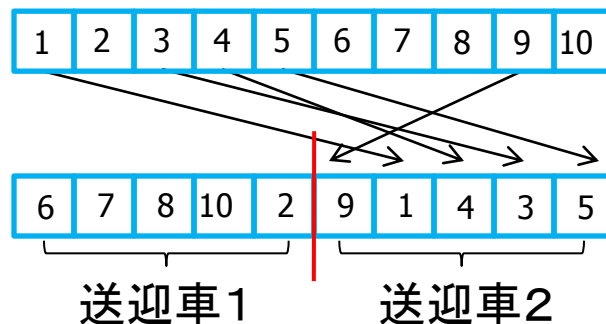
②初期経路の構築

③近傍探索

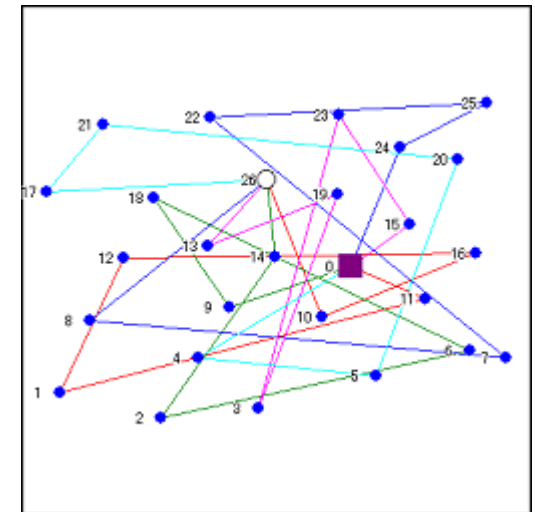
5. 2解法(1)

①各送迎車に乗車する利用者の決定

ランダムに割り当てる場合



Step1: 送迎車に、ランダムに利用者を1人割り当てる。
 Step2: 全ての利用者がある送迎車に割り当てられる
 までStep1を繰り返す。



● : 利用者 ■ : 事務所 ○ : 介護施設

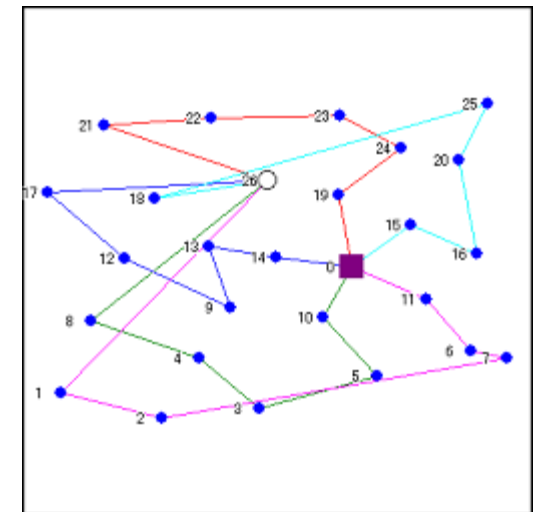
図6: 無作為に割り当てた場合の送迎ルート

5. 2解法(2)

最近傍法により割り当てる場合

最も距離が近い利用者を
優先的に割り当てる方法

- Step1: 送迎車番号が小さい順に、出発地から最も距離が近い利用者に移動し新たな始点とする。
Step2: 全ての利用者を迎えに行くまで、Step1を繰り返す



● : 利用者 ■ : 事務所 ○ : 介護施設

図7: 最近傍法により割り当てた場合の送迎ルート

5. 2解法(3)

②初期経路の構築

割り振られた利用者を列挙法を用いて、最短経路を求める。

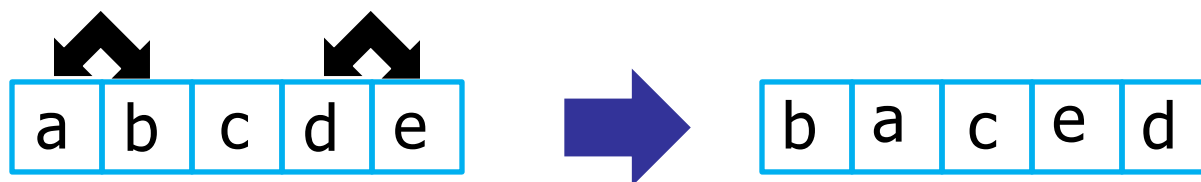


図9: 初期経路の構築

5. 2解法(4)

③近傍探索

Step1: 最大経路長の送迎車 m' を決定し、その経路長を α とする。

Step2-1: 送迎車 m' に乗車する利用者 i と、その他の送迎車に乗車する利用者 j を入れ替える。

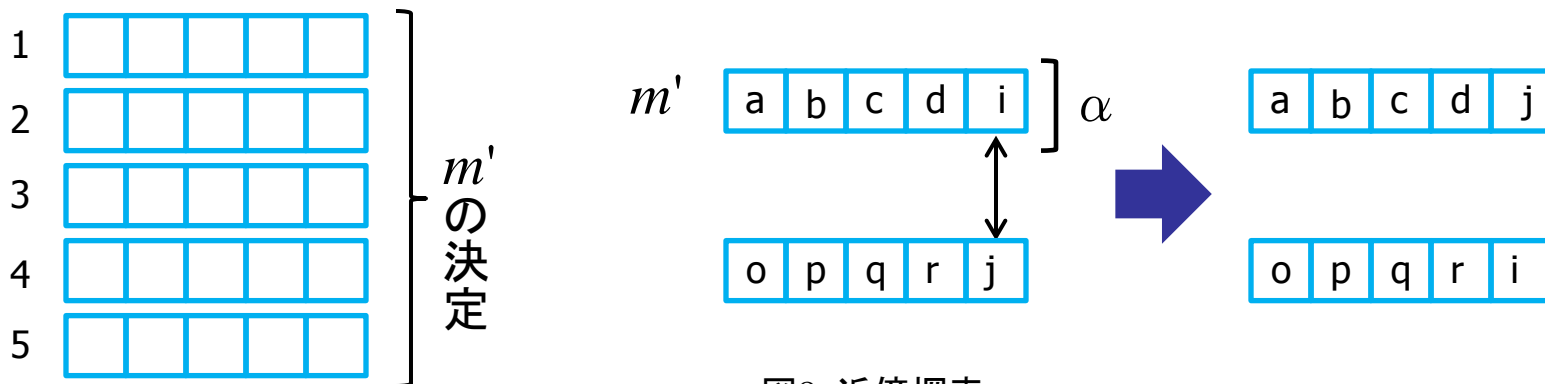


図8: 近傍探索

5. 2解法(5)

②近傍探索(続)

Step2-2: 入れ替え後の最短経路を列挙法により求める。

送迎車 m' の移動距離を β 、新たに利用者 i を乗車する送迎車の移動距離を γ とする。

最大移動距離 α よりも、移動距離 β と γ が短いならば利用者を交換する。

Step3: step2を満たす改善がなくなるまで、改善操作を行う。

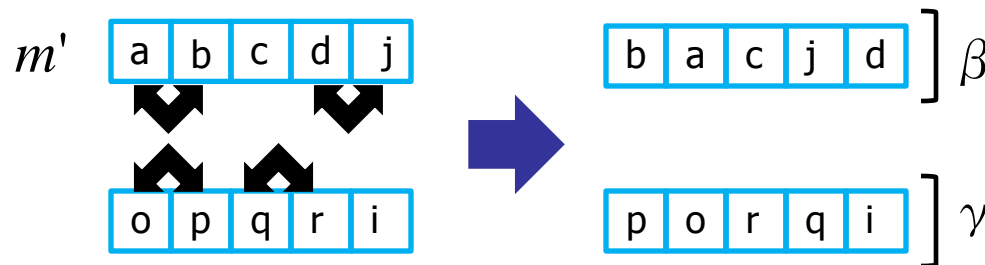


図9: 改善操作

6. 1 実験概要

前節で示した解法により送迎車の経路を求める。

S介護施設の利用者は25人で、乗車定員数が5名の送迎車5台を用いて最適な送迎ルートを求める。提案手法のプログラムは、Borland社のDelphi6 [3]で実装した。

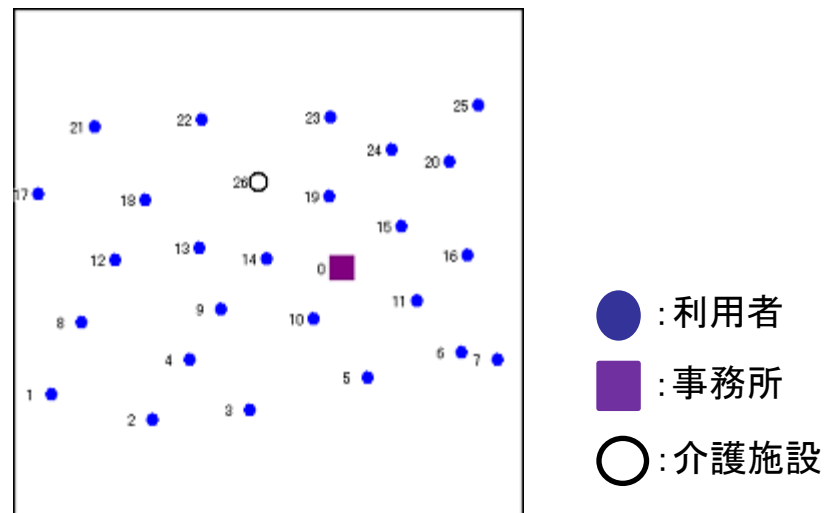


図10: 利用者・事務所・介護施設の配置

6. 2実験結果・考察(1)

提案法により得られた各送迎車の経路

- 従来の経路に比べて、利用者の割り当てが広範囲に広がっていない
 - 送迎車の経路に交わりが少なくなっている
- 改善操作による利用者の交換が有効であった

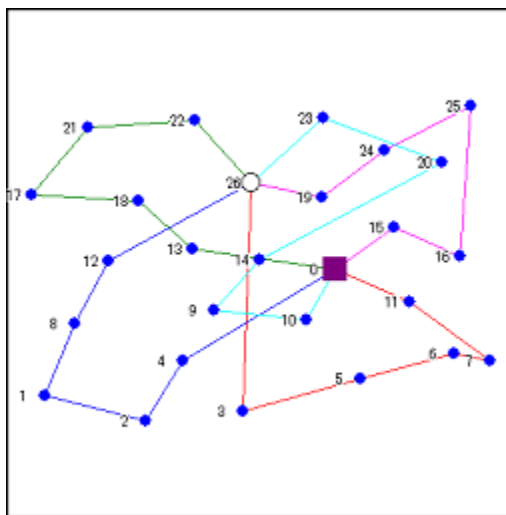


図11: ランダムによる最適送迎ルート

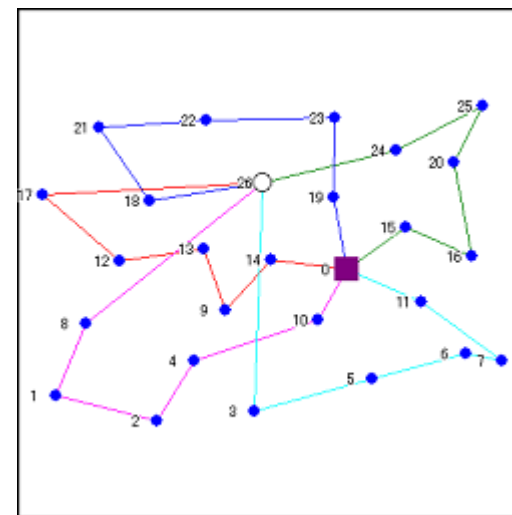


図12: 最近傍法による最適送迎ルート

6. 2 実験結果・考察(2)

ランダムによる利用者割り当ての移動距離の変化

- 改善操作を行うことで、各送迎車の移動距離がほぼ均等になった
- 移動距離が、30~40kmの範囲に収まった
- 送迎車の総移動距離は、190.323km

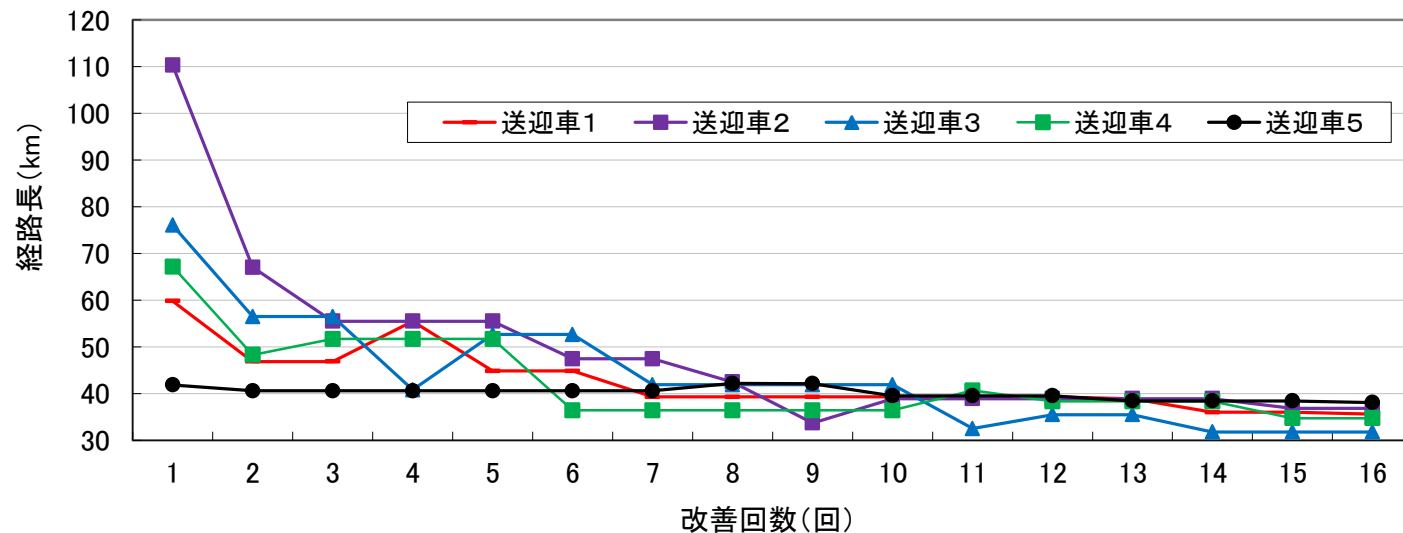


図13: 移動距離の推移(ランダム)

6. 2 実験結果・考察(3)

最近傍法による利用者割り当ての移動距離の変化

- 初期経路構築時点において、移動距離に大きな差がない
- 移動距離が、30～40kmの範囲に収まり、バランスよく配分された
- 送迎車の総移動距離は、183.085km

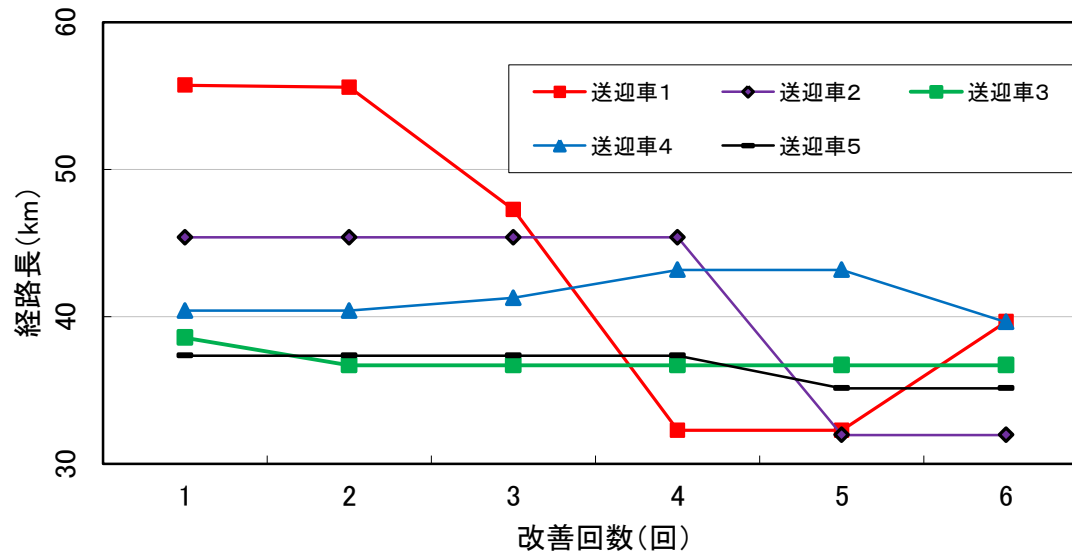


図14: 移動距離の推移(最近傍法)



6. 2 実験結果・考察(4)

- ◆ 改善操作を行うことで、どちらの場合においても送迎車の移動距離は30~40kmになった
- ◆ 提案法による求解時間は30秒程度であるので、経路作成に有効であった

7. まとめと今後の課題

- 送迎サービスに着目し、最大移動距離の送迎車の経路を短くするルートを求める解法を提案した
- 提案した解法を用いることでほぼ均等な長さの送迎経路を得られた
- 実際の道路網や交通状況を考慮したデータを用い、シミュレーションを行う必要がある



8. 参考文献

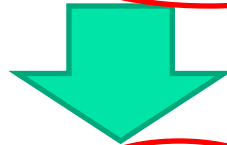
- [1] 国立社会保障・人口問題研究所:「人口資料集2009」、
国連“2008年改訂国連推計”
<http://www2.ttcn.ne.jp/honkawa/1157.html> 最終アクセス日
2010/12/22
- [2] 石橋 聡子:“通所介護施設における送迎車ルートの研究”、東京理
科大学工学部第一部経営工学科卒業論文2007
- [3] 掌多 津耶乃:「Delphi パーソナルプログラミング」、MYCOM

抄録訂正

抄録P55 3. 解法

②近傍探索

Step2: 最短経路を厳密解法により求め



Step2: 最短経路を列挙法により求め



ご清聴ありがとうございました