

# 時間枠制約付ホームヘルパーの割り当てに関する研究

大久保 俊哉 (沼田 一道 教授, 松浦 隆文 助教)

## 1 はじめに

近年, 我国では急速に高齢化が進行している [1]. さらに家族・近所関係の希薄化により, 近親者からの日常生活の手助けを受けられない人 (以下, 要介護者) が増えており介護サービスの必要性が高まっている. この問題に対処するために 2000 年 4 月 1 日より介護保険制度が開始された. これにより, 以前より介護サービスを利用しやすくなり需要が伸びている [2] が, それに応えるだけの労働力を確保することが難しくなっている. このことにより, 介護サービス業界ではサービスを実施する人をサービスを受ける人に割り当てる作業が大きな課題となっている.

本研究では, 介護サービスの中でニーズが高い在宅サービスに注目にする. 在宅サービスの 1 つで普段自宅で生活しながら介護が受けられるホームヘルプサービスがある. ホームヘルプサービスを実施するホームヘルパー [3] は様々な条件 (ホームヘルパーの勤務可能時間帯, 希望勤務時間, 要介護者の希望時間帯, 希望時間, 希望人数) を考慮して要介護者への割り当てを考えているため, 手作業で最適に割り当てることは難しい. これらの問題を扱った先行研究 [4] では, コストの最小化やホームヘルパーの負荷の平準化を目的としてホームヘルパー側の視点で問題を考えていた. ホームヘルパー側からみた割り当てが必ずしも要介護者の満足につながるとは限らない. 毎回自分の知らない人に介護してもらうことは要介護者の心理的負担になるので, なるべく同じホームヘルパーを割り当てることが望ましい. 本研究では, ホームヘルパー, 要介護者の双方のニーズを満たすような割り当てモデルを提案し, 得られる解の評価を行う.

## 2 本研究で取り扱う問題

### 2.1 問題設定

要介護者が要求する介護 (以下, 仕事) の種類は家事援助と身体介護の 2 種類ある. 家事援助のみ必要な要介護者は 1 人のホームヘルパーで介護を行い, 身体介護を含む介護が必要な要介護者の場合は危険が伴うためホームヘルパー 2 人で介護を行う (図 1). 各ホームヘルパーの「仕事割り当て」に対する満足度を (勤務時間の合計/希望勤務時間) とする. また, 1 人の要介護者が

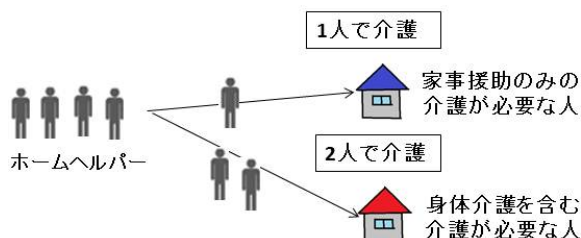


図 1: 介護の内容による訪問人数の違い

複数回の介護を求めている場合, 毎回知っているホームヘルパーに介護してもらうことで安心感が得られる. そこで, 介護を受ける相異なるホームヘルパーの人数を要介護者の満足度とする. この時に, 両者の満足度を同時に大きくする割り当てを考えることは難しいので, 本研究ではホームヘルパーの満足度を制約条件とし, その下限をパラメータとして変化させ要介護者の満足度を大きくするような最適な割り当てを求める.

### 2.2 割り当て方

・ホームヘルパーの勤務可能時間帯が要介護者の希望時間帯を含む時に割り当て可能である (図 2)



図 2: 割り当て可能な条件

・ホームヘルパーが勤務可能な時間帯で複数仕事する時は、前の仕事の終了時間から移動を行い、次の仕事の開始時間に移動が間に合えば割り当て可能である (図 3)

これらの条件のもと要介護者の満足度が高くなるように最適な割り当てを求める問題を Home Helper Assignment Problem(HHAP) と呼ぶ。

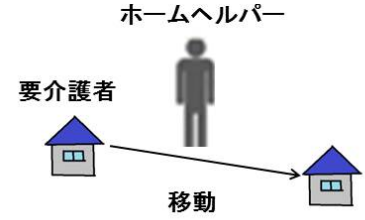


図 3：移動時間制約

### 3 記号の定義と定式化

#### 3.1 記号の定義

$N = \{1, 2, \dots, k, \dots, n\}$ : 要介護者の集合  
 $S = \{1, \dots, s, \dots, S_k\}$ : 要介護者  $k$  の  $s$  番目の仕事  
 $j_{ks} (j_{ks} \in J)$   
 $J = \{1, 2, \dots, j_{ks}, \dots, D\}$ : 仕事の集合  
 $q_{ks} \in \{1, 2\}$ : 仕事  $j_{ks}$  のホームヘルパーの必要人数  
 $b_{ks}$ : 仕事の開始時間  
 $e_{ks}$ : 仕事の終了時間  
 $d_{ks}$ : 仕事の所要時間  
 $t_{kss'k's'}$ : 仕事  $j_{ks}j_{k's'}$  間での移動時間

$H = \{1, \dots, i, \dots, p\}$ : ホームヘルパーの集合  
 $[l_{ih}, u_{ih}]$ ,  $h = \{1, 2, \dots, h_i\}$ : ホームヘルパー  $i$  の  $h$  番目の勤務可能時間帯  
 $L_i$ : ホームヘルパー  $i$  の希望勤務時間  
 $\alpha$ : ホームヘルパーの満足度の下限 (パラメータ)  
 $x_{iks}$ : ホームヘルパー  $i$  が仕事  $j_{ks}$  をする (1) か否 (0) かを表す決定変数  
 $y_{ik}$ : ホームヘルパー  $i$  が一回以上要介護者  $k$  の介護をする (1) か否 (0) かを表す決定変数

#### 3.2 定式化

以上の記号を用いると HHAP は以下のように定式化できる。

$$\begin{array}{l}
 \text{(HHAP)} \quad \left\{ \begin{array}{l}
 \text{minimize} \quad \sum_{i \in H} \sum_{k \in N} y_{ik} \quad (1) \\
 \text{subject to} \quad \alpha \leq \sum_{j_{ks} \in J} \frac{x_{iks} d_{ks}}{L_i} \quad (k \in N, s \in S) \quad (2) \\
 x_{iks} \leq a_{iks} \quad (i \in H, k \in H, s \in S) \quad (3) \\
 x_{iks} + x_{ik's'} \leq w_{kss'k's'} \quad (i \in H, k, k' \in N, k \neq k', s, s' \in S) \quad (4) \\
 \sum_{s \in S} x_{iks} \leq G y_{ik} \quad (i \in H, k \in N, G \text{ は大きな正数}) \quad (5) \\
 \sum_{i \in H} x_{iks} = q_{ks} \quad (k \in N, s \in S) \quad (6) \\
 x_{iks} \in \{0, 1\} \quad (i \in H, k \in N, s \in S) \quad (7) \\
 y_{ik} \in \{0, 1\} \quad (i \in H, k \in N) \quad (8)
 \end{array} \right.
 \end{array}$$

(1) 式は目的関数であり、各要介護者ごとの介護を行う相異なるホームヘルパーの数の総和を (2) 式から (8) 式の制約条件のもとで最小化する。この最小化は出来る限り同じホームヘルパーから介護を受けられるようにすることを意味する。(2) 式は各ホームヘルパーの満足度を下限値  $\alpha$  以上で満たしながら、ホームヘルパーに仕事を割り当てることを示している。(3) 式は要介護者が要求している仕事に割り当て可能なホームヘルパーのみ割り当てることを示している。(4) 式は移動時間制約を示している。(5) 式は 1 人の要介護者が要求している仕事に同一のホームヘルパーが複数回割り当てられても 1 回と数えることを示している。(6) 式は要介護者が要求している仕事に必要な人数割り当てることを示している。

## 4 解法

HHAP は 1 次の 0-1 整数計画問題のため，前章の定式化と汎用ソルバーを用いて最適解を求めることが出来る．本研究では Gurobi4.0.1[5] を用いて最適解を求める．Gurobi に入力するファイルは，モデルとデータを同時に記述することが出来る「py ファイル」という形式を用いた．このファイルの作成には Borland 社の Delphi6 を用いた (図 4)．

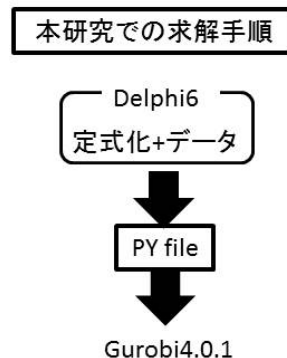


図 4: 求解手順

## 5 数値実験

### 5.1 概要

前節までに示したモデルで実験を行う．実験データは Delphi6 を用いて作成する．ホームヘルパーの勤務可能時間帯は，午前，午後のみ，また一日中勤務可能な人の 3 パターンとする．ホームヘルパーの勤務可能時間帯，希望勤務時間，また，要介護者の希望時間帯，希望時間 (1~4 時間)，希望人数 (1 人 or 2 人) の実験データを現実に近いように作成する (表 1)．作成した実験データを py ファイルに変換し，Gurobi で最適解を求める．

表 1: 実験データ

要素 \ 実験番号	1	2	3	4	5	6
ホームヘルパー (人)	15	15	20	20	25	25
要介護者 (人)	10	15	15	20	20	25
仕事 (件)	35	35	49	49	70	70
1 人仕事 (件)	21	21	28	28	42	42
2 人仕事 (件)	14	14	21	21	28	28

3 節の式 (2) の  $\alpha$  の値を変化させて実験を行う．今回の実験では  $\alpha = 0.1, 0.15, \dots, 0.75$ ， $G = 100$ ，割り当てを考える期間を 1 週間とし，実験を行った．実験環境は，Windows7, intel core i5 2.67GHz である．

### 5.2 結果・考察

図 5 は目的関数と  $\alpha$  の関係を表している．今回の数値実験では， $\alpha$  は実行可能解が得られる範囲内で打ち切っている．図 5 をみると， $\alpha$  が大きくなるに連れて一人の要介護者をみる相異なるホームヘルパーの数が多くなっていることが分かる．このことから，要介護者の満足度とホームヘルパーの満足度との間にはトレードオフの関係あると考えられる．ほとんどの実験データにおいて  $\alpha$  が一定値以下であれば，相異なる割り当てホームヘルパーの数の変化は小さい．そのような  $\alpha$  の限界値における割り当ては両者の満足度の高い割り当てであると言える．

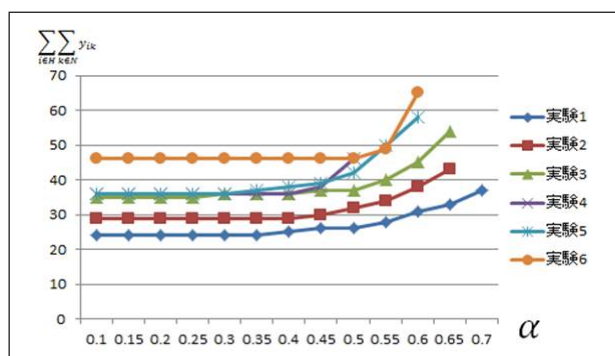


図 5: 目的関数と満足度の関係

図 6, 7 は実験結果をホームヘルパー 1 人で行う仕事と 2 人行う仕事を分けて，それぞれの仕事に割り当てられたホームヘルパーの総数を仕事を要求している要介護者数で割り，要介護者 1 人あたりの平均担当ホームヘルパー数 (以下，HTH) を表したものである．図 7 をみると，実験 4 の時に  $\alpha$  が 0.5 より大きくなると急に HTH が大きくなっている．これは実験データが同じ時間帯に仕事が集中したりして，勤務可能なホームヘルパーが少なくなってしまうために，他の実験より比較的多くの相異なるホームヘルパーが割り当てられたと考えられる．また本研究では，1 人仕事と 2 人仕事を同じ一つの仕事として扱っ

た．このことにより，仕事別に HTH を見てみると，1 人仕事の HTH が大きくなりやすくなったと考えられる．このことから，1 人仕事と 2 人仕事を分けて割り当てを考えると違った結果が得られると考えられる．今回は，ホームヘルパー，要介護者，仕事の数を変えて実験を行ったが，実験 4 を除いて他の 5 つの実験では  $\alpha$  を変化させても HTH の変化が小さかった．この結果から，このモデルでは 2 人仕事は各要介護者に同じホームヘルパーが割り当てられる傾向があると言える．このことから，2 人仕事を希望している要介護者には満足度が高くなりやすく，1 人仕事を希望している要介護者よりも有利なモデルであるといえる．

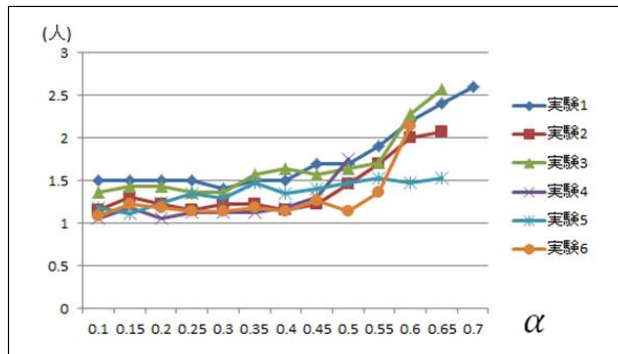


図 6: 1 人仕事と満足度の関係

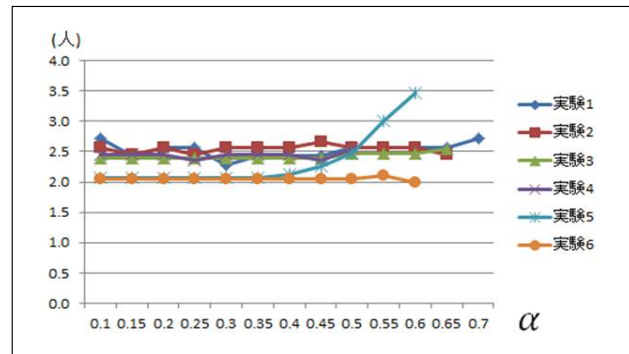


図 7: 2 人仕事と満足度の関係

## 6 まとめと今後の課題

本研究では，ホームヘルパーと要介護者の双方のニーズを満たすような割り当てモデルを提案し，定式化を行い，汎用ソルバーにより最適解を求めた．提案したモデルはホームヘルパーに要介護者を割り当てを考える際に有効と考える．今後の課題として，本研究の数値実験では短い期間で実験を行ったので，割り当てを考える期間を長くしたり，1 人で行う仕事 2 人で行う仕事を別々に割り当てを考えるとまた違う結果が得られると考えられる．また，ホームヘルパーが要介護者の需要をカバー出来るモデルで研究を行ったが，モデルを拡張し，新たに要介護者の需要をカバー出来ない状況を考えると，さらに実用性があるモデルになると考えられる．

## 参考文献

- [1] 高齢化の推移と見通し，<http://homepage2.nifty.com/tanimurasakaei/koureikan.html> (2011.12.20).
- [2] 厚生労働省，日本の居宅サービス利用者数 <http://www.mhlw.go.jp/topics/kaigo/osirase/jigyoyou/dl> (2011.12.5).
- [3] ホームヘルパー解説 NAVI，<http://www.power-factor.info/>(2011.12.22).
- [4] 池上 敦子，宇野 綾希，雨谷 賢一 (2004)，在宅介護ヘルパー・スケジュールリングのための基礎的研究，日本オペレーションズ・リサーチ学会 春季研究発表会，pp.216-217.
- [5] gurobi，<http://www.gurobi.com/>(2011.12.15).