

介護者と被介護者のQOLを最適にする介護マッチング機構の試作

佐藤 匠^{1,a)} 伊藤 徹^{2,b)} 福田 直樹^{3,c)} 渡邊 博子^{2,d)} 廣江 晃⁴ 東本 幸子⁵ 小川 貴代^{2,e)}
神成 淳司^{6,f)} 和田 智之^{2,g)}

概要：日本における高齢化の進行により、介護の重要性が増加しているが、介護者のQOL(Quality of life)の低下から、離職者も顕在化しており、緊急に対応すべき社会問題となっている。介護者の人材不足を解決するためには、介護者のQOLを向上させることが必要であると指摘されているが、介護者及び被介護者のQOLは、多くの場合、相反するものとなっている。本研究では、介護者のQOLの維持・向上に貢献するために、介護行為のカテゴリ及び介護者と被介護者の相性を考慮した、介護者と被介護者間のQOLを最適にする介護マッチング機構の試作について述べる。

キーワード：介護マッチング 定式化 QOL

1. はじめに

日本における高齢化の進行により、家族や施設を含めた介護の重要性が増加することが指摘されている [1], [2], [3], [4], [5]。一方で、介護人材が不足する可能性も指摘されており、介護人材の不足を解決するためには、介護者のQOLの維持・向上が必要であることが指摘されている [6], [7], [8], [9], [10]。

タスクのカテゴリを考慮した上での予算制約下におけるタスクを配分する研究としては、INCARE Mechanism がある [11]。INCARE Mechanism では、タスクを依頼する Initiator は1人だけとなっているが、介護行為のマッチングにおいては介護行為の依頼主である被介護者は複数人いることが考えられる。また、介護行為では、被介護者と介護者の相性も重要になる。

予算配分とマッチングを同時に解決するための方法とし

ては、SVDA Mechanism が挙げられる [12]。SVDA Mechanism では、学生とプロジェクトの間の選好を考慮しているが、プロジェクトのカテゴリが予算配分とマッチングに影響を与える場合は想定していない。一方で、介護行為のマッチングにおいては、介護行為のカテゴリごとに介護者の得意不得意があることが考えられる。

本研究では、介護行為のカテゴリ及び介護者と被介護者の相性を考慮した、介護者と被介護者間のQOLを最適にする介護マッチング機構の試作について述べる。

2. 介護者と被介護者のQOLが最適になる介護行為を選択するためのシステムモデル

本研究で扱う介護行為のマッチング問題の概念図を図1に示す。本研究において、被介護者は、ある介護行為から得られる自身のQOLが最大化するための介護者を見つけることが目的となる。被介護者及び介護者が得るQOLは、介護行為の難易度と介護者の各介護行為に対する介護能力に応じて変化すると考える。また、介護行為の難易度は、介護行為自体が有する固有の難しさだけでなく、被介護者と介護者の相性によっても決まると考える。

参考文献 [11] では、Initiator はタスクと予算を持っており、本研究においても、被介護者は、介護行為と予算を持つ。一方で、参考文献 [11] では、Initiator は一人しかいなかったが、本研究における被介護者は、複数人いることを想定しおり $I = \{1, 2, \dots, I\}$ として示す。I は、予算 B_i 内で自身のQOLを示す Q_i が最大になるような介護行

¹ 慶應義塾大学大学院政策メディア研究科
² 理化学研究所 量子工学研究センター 量子制御技術開発チーム
³ 静岡大学 大学院情報学領域
⁴ 社会福祉法人 こうほうえん
⁵ 一般社団法人 気づきデータ解析研究所
⁶ 慶應義塾大学 環境情報学部
a) taksat@sfc.keio.ac.jp
b) tohru.ito@riken.jp
c) fukuta@inf.shizuoka.ac.jp
d) hiroko.watanabe@riken.jp
e) pogawa@riken.jp
f) kaminari@sfc.keio.ac.jp
g) swada@riken.jp

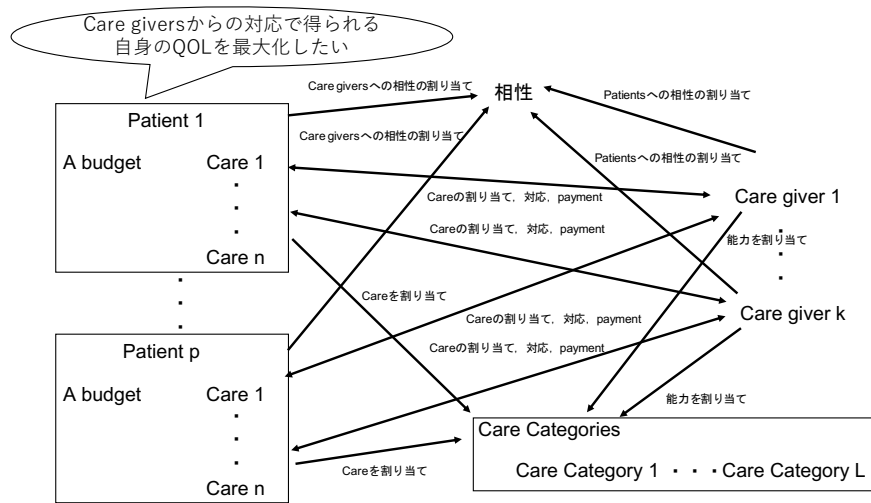


図 1: 介護行為のマッチング問題のモデル (概念図)

為 $N = \{1, 2, \dots, N\}$ を行ってもらうために、全ての介護者 $K = \{1, 2, \dots, K\}$ に対して介護行為 N_i を提示をする。

参考文献 [11] に従い、全ての介護者は、依頼された介護行為に対して必要となる代金 $b_{k,i,n}$ を提示する。よって、Worker k は、 m_k 回、タスクと金額のペアである $\phi_k = (n_k, b_k)$ を提示する。また、参考文献 [11] に従い、被介護者は、提示された代金と介護者のそれまでの介護実績 $QOL_{i,k,n}$ を参考にどの介護者から介護行為を受けるかを決定し、支払い金額 p を決める。

介護実績 $QOL_{i,k,n}$ は、過去 (round t より前) に介護者が被介護者に対して行った介護の結果が累積されたものである。 $QOL_{i,k,n}$ は、被介護者がある介護者からある介護行為を受けた結果として得た QOL を示す $IQOL_{i,k,n,t}$ 及び介護者がある被介護者に介護行為を提供した結果として得た QOL を示す $WQOL_{i,k,n,t}$ から構成される。被介護者は介護行為の結果として $IQOL_{i,k,n,t}$ を得ることになる (介護者はこの逆) ので、介護実績は各被介護者が各介護者の各介護行為に対して割り当てられた QOL ($QOL_{i,k,n}$) の合計値と考える。本研究では、介護実績として、次の式を用いる。

$$QOL_{i,k,n} = \left[\sum_{t=1}^T IQOL_{i,k,n,t}, \sum_{r=1}^t WQOL_{i,k,n,t} \right] \quad (1)$$

このとき、 T は、最後の round とする。

$IQOL_{i,k,n,t}, WQOL_{i,k,n,t}$ は、介護行為の難易度と介護者の各介護行為に対する能力により計算される。また、実際の介護現場においては、介護者と被介護者それぞれが相手との間で相性を持っていると考えられるので、介護行為の難易度は、介護行為固有の難易度、被介護者と介護者の相性の 2 つから計算される。

相性が両者の QOL に与える影響は、相性の良い関係であるほど良い方向に変化するが、相性の悪いもの同士の場合、相性が QOL に与える影響は悪い方向に変化すると考

えられる。本研究では、介護者対しての被介護者の相性を $WPF_{i,k}$ 、被介護者に対しての介護者の相性を $IPF_{i,k}$ として定義する。 $WPF_{i,k}, IPF_{i,k}$ がとり得る値は 0 以上 1 以下の実数であると考えられる。被介護者と介護者の相性が最も良い場合、 $WPF_{i,k} = IPF_{i,k} = 1$ となり、被介護者と介護者の相性が最も悪い場合、 $WPF_{i,k} = IPF_{i,k} = 0$ となる。

文献 [11] では、確率変数 Z_n は、タスクの答えが 1 と 0 のどちらになるかを示していたが、本研究においては、介護行為が成功する場合と失敗する場合があるので、確率変数 Z_n を介護行為の成功か失敗か (成功が 1, 失敗が 0) を示すために用いる。また、文献 [11] では、タスクの難易度を $\theta = Pr(Z_n = 1)$ で示し、 $\theta = 0.5$ の場合が最も難易度が高いことを示しており、本研究における介護行為の難易度も、 $\theta = Pr(Z_n = 1)$ を用いているが、本研究では、 $\theta = 0.5$ の場合が最も難易度が高いわけではない。本研究においては、介護行為の難易度を介護行為が成功する確率である $\theta_{i,k,n}$ を用いて示す。

本研究においては、介護行為の属するカテゴリ毎に介護者の能力が異なることを前提としているので、文献 [11] に従い、介護行為には、カテゴリ $D = \{d_1, d_2, \dots, d_l\}$ が割り当てられていると考え、介護行為がどのカテゴリに関連するかを示した確率も $r_n = [r_{n,1}, r_{n,2}, \dots, r_{n,l}]$ で示す。また、文献 [11] に従い、介護行為が実際にどのカテゴリに割り当てられているのかを、 $o_n = Pr(o_n = L) = r_{n,l}$ として示し、あるカテゴリに属する介護行為の難易度を、 $\eta_{n,l} = Pr(Z_n = 1 | o_n = l)$ として示す。 r_n の定義及び相性が良ければタスクの難易度が下がるという点を考慮して、 $\theta = (IPF_{i,k} WPF_{i,k}) \sum_{l=1}^L r_{n,l} \eta_{n,l}$ となることがわかる。介護者の介護能力のあるカテゴリ $d_{n,l}$ に属する介護行為を提供した場合の成功確率として考え、文献 [11] に従い、 $\delta_{n,t} = [\delta_{n,1}, \delta_{n,2}, \dots, \delta_{n,L}]$ として示す。

文献 [11] では、タスクの答えが 1 と 0 のどちらであるか

を $y_{n,k} \in \{0, 1\}$ として示しているが、本研究においては介護者が行った介護行為の成功・失敗を $y_{n,k} \in \{0, 1\}$ として示す。また、文献 [11] に従い、介護者が $t-1$ までに行ったあるカテゴリの介護行為についての確率を重みとして集めたものを、 $v_{k,l}^{t-1} = \sum_{j \in N_k^{t-1}} r_{j,l}$ として示す。 N_k^{t-1} は、 $t-1$ までに介護者 k が行った介護行為の記録である。 t における、介護行為の難易度、介護者の能力に関するパラメータの全ての可能性から構成される状態空間を、文献 [11] に従い、以下のように定義する。

$$S^t = \{ \{ \eta_{j,l}^t \}_{j \in N, l \in \mathcal{L}}, \{ \theta_j^t \}_{j \in N}, \{ \delta_{i,l}^t \}_{i \in \mathcal{K}, l \in \mathcal{L}}, \{ v_{i,l}^t \}_{i \in \mathcal{K}, l \in \mathcal{L}}, \{ IPF_{i,k} \}_{i \in \mathcal{I}, k \in \mathcal{K}}, \{ WPF_{i,k} \}_{i \in \mathcal{I}, k \in \mathcal{K}} \}$$

round t において、被介護者が介護者が提示した ϕ から ϕ_k^m を 1 つ決定した場合、介護行為と介護者のペア $\omega^t = \{n^t, k^t\}$ が決定されるため、次状態 S^{t+1} として事後確率 $Pr(y_{n^t, k^t} | S^t, n^t, k^t)$ が計算可能になる。文献 [11] に加えて、被介護者と介護者の相性を考慮する必要があるため、事後確率の計算は次の通りとする。相性が最も悪い場合には、介護行為が成功する確率は 0 となる。被介護者及び介護者がより良い QOL を得るためには、以下の式から計算される成功する確率が高くなり、失敗する確率が低くなる介護者あるいは被介護者と介護行為を選択をする必要がある。

$$Pr(y_{n^t, k^t} = 1 | S^t, n^t, k^t) = \sum_{l=1}^L (IPF_{i,k} WPF_{i,k}) r_{n,l} [\delta_{k,l}^t \eta_{k,l}^t + (1 - \delta_{k,l}^t)(1 - \eta_{n,l}^t)] \quad (2)$$

$$Pr(y_{n^t, k^t} = 0 | S^t, n^t, k^t) = \sum_{l=1}^L (1 - IPF_{i,k} WPF_{i,k}) r_{n,l} [\delta_{k,l}^t (1 - \eta_{k,l}^t) + (1 - \delta_{k,l}^t) \eta_{n,l}^t] \quad (3)$$

被介護者及び介護者が介護行為 n が成功した場合に、得ることが可能な QOL を以下の式として定義する。

$$IQOL_{i,k,n,t} = WQOL_{i,k,n,t} = (IPF_{i,k} WPF_{i,k}) \sum_{l=1}^L r_{n,l} \eta_{n,l} \delta_{k,l} \quad (4)$$

被介護者及び介護者は、 t までの間に提示する介護行為において、事後確率を用いない場合に得られる効用と事後確率を用いた場合に得られる効用の差の総計の期待値が大きくなることを目的とする。文献 [11] に従い、 $IQOL_{i,k,n,t}^0$ は、介護行為 n に関する事前情報を示し、 $IQOL_{i,k,n,t} | \mathcal{F}^{i,w}$ が事後情報を示す。 $\mathcal{F}^{i,w}$ は、どの介護者、被介護者間で介

護行為が行われるかを決定する過程で集められた情報を示す。被介護者の効用を U^i 、介護者の効用を U^k として、以下の式として定義する。

$$U^i = U^w = E \left[\sum_{t=0}^x IQOL_{i,k,n,t} | \mathcal{F}^{i,w} - IQOL_{i,k,n,t}^0 \right] \quad (5)$$

本研究における $IQOL_{i,k,n,t}$, $WQOL_{i,k,n,t}$ としては、被介護者、介護者及び介護行為の全ての組み合わせに対して計算可能であることが最も望ましい。しかし、実際の介護の現場において、介護者、被介護者及び介護行為の数が増えた場合、全ての介護者と被介護者の組み合わせにおいて介護行為が行われるわけではない。新しい介護行為については、介護カテゴリとして分類することで組み合わせの数が増えるのをある程度防ぐことは可能だと考えるが、介護行為が行われていない介護者と被介護者の組み合わせに関する計算は必要となる。

また、介護実績が、介護者と被介護者の組み合わせによって独立に計算されるわけではなく、他の介護者・被介護者との比較により計算される場合には数値ではなく順序しか知ることができない可能性もある。例えば、両者の QOL を計算するには相性 $IPF_{i,k}$, $WPF_{i,k}$ を考慮する必要性があるが、相性については数値で知ることが難しく、順序で知ることしかできないことも考えられる。介護行為が 1 度でも成立してれば、相性を他の介護者・被介護者との比較による順序で知ることができるという前提でも、介護行為が 1 度でも成立していない介護者と被介護者の相性は、順序を知るのが難しいことも考えられる。また、被介護者の健康状態が相性や QOL にも影響を与えることも考えられ、相性や QOL が順序あるいは数値で知ることができた場合に、被介護者、介護者、介護行為（及びそのカテゴリ）が同一であっても相性や QOL が変動することも考えられる。

このように、本研究で定式化したシステムモデルに対して truthful なメカニズムがあっても、実際の介護現場においてシステムを実現する上では値を得ることが難しいという課題がある。よって、本研究では、 $IQOL_{i,k,n,t}$, $WQOL_{i,k,n,t}$ を機械学習手法を用いて予測する。

被介護者が受けた介護行為と回数を $PCA_{i,k,n}$ 、機械学習モデルを IL_i として、被介護者が受けた介護行為から得られる $IQOL_{i,k,n,t}$ の予測値である $PIQOL_{i,k,n,t}$ を求めるために以下の式として定義する。

$$PIQOL_{i,k,n,t} = IL_i(PCA_{i,n}) \quad (6)$$

介護者が行った介護行為とその回数を $WCA_{i,k,n}$ 、介護者が介護を提供した時間を $WCT_{i,k,n}$ 、介護者が介護を担当した人数を $WCPN_{k,n}$ 、機械学習モデルを WL_k として、介護者が行った介護行為から得られる $WQOL_{i,k,n,t}$ の予測値である $PWQOL_{i,k,n,t}$ を求めるために以下の式として定義する。

$$PWQOL_{i,k,n,t} = WL_k(CA_{k,n}, CT_{k,n}, WCPN_{k,n}) \quad (7)$$

また, $PIQOL_{i,k,n,t}$ に基づく被介護者の効用を PU^i , $PWQOL_{i,k,n,t}$ に基づく介護者の効用を PU^w と示し, 以下の式として定義する.

$$PU^i = E[PIQOL_{i,k,n,t}] \quad (8)$$

$$PU^w = E[PWQOL_{i,k,n,t}] \quad (9)$$

3. 問題の定式化

参考文献 [11] に従い, Incentive Compatibility, Individual Rationality, Budget Feasibility の定義を示す.

Definition3.1 (Incentive Compatibility). タスクと介護者の提示価格のペアを $\phi_k^m = (n_k^m, b_k^m)$ と定義した場合, $\hat{\phi}_k^m = (n_k^m, c(n_k^m))$ を, 介護者 k の事実に基づく提示価格, $\phi_k^m = (n_k^m, b_k^m)$ を, 介護者 k の事実に基づかない提示価格, $c(n_k^m) \neq b_k^m$ とする. メカニズムが Incentive Compatibility(IC) を満たすとは, タスク n_k^m を行った場合に, 介護者の受け取る金額が次の数式を満たす場合である.

$$p(\hat{\phi}_k^m) - c(n_k^m) \geq p(\phi_k^m) - c(n_k^m) \quad (10)$$

Definition3.2 (Individual Rationality). メカニズムが Individual Rationality(IR) を満たすとは, 全ての介護者 $k \in K$ について, 介護者のコストを正直に申告した場合に, 介護者に支払われる金額が申告したコストを上回る場合であり, $\hat{\phi}_k^m = (n_k^m, c(n_k^m))$ の場合に,

$$p(\hat{\phi}_k^m) - c(n_k^m) \geq 0 \quad (11)$$

を満たす.

Definition3.3 (Budget Feasibility). メカニズムが Budget Feasibility を満たすとは, 被介護者が介護者に支払う金額の合計が, 被介護者の予算以下になる場合であり, $\sum_{\phi \in \Phi^w} p(\phi) \leq B$ を満たす.

本研究で解決したい課題を数学的に示すと次のように示すことが可能である.

$$\begin{aligned} \max E & \left[\sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^I \sum_{w=1}^W PU^i + PU^w \right] = \\ & E \left[\sum_{t=0}^x IQOL_{i,k,n,t} | \mathcal{F}^{i,w} - IQOL_{i,k,n,t}^0 \right] \\ & \text{subject to } \sum_{\phi \in \Phi^w} p(\phi) \leq B \text{ and} \\ & \text{IC and IR in equations (10) and (11),} \quad (12) \end{aligned}$$

4. 介護マッチング機構の試作

本システムモデルに従って計算した QOL に基づいて, 既存の線形計画法ソルバーを用いてマッチングを行うため

には, システムモデルでの計算結果に基づいて LP file を生成する介護マッチング機構が必要である. 本試作では, 特定のソルバーの API を用いることなく, LP file を生成しているため, 特定の線形計画法ソルバーに依存せずに介護マッチングを実現することが可能である.

本システムモデルに従って QOL の計算をするために, 本機構では, 介護マッチングの参加者の ID, 介護者かどうかを判別するフラグ, 介護者と被介護者の相性, 依頼する介護行為, 各介護行為に対する介護者の能力, 各介護行為とカテゴリの関係性の情報が含まれる参加者についての CSV ファイル及び, カテゴリの ID, カテゴリに分類される介護行為の難易度, の情報が含まれているカテゴリについての CSV ファイルの 2 つを入力として用いる. 線形計画法ソルバーを用いて介護マッチングを実現するために, CSV ファイルの情報から計算した QOL に基づいて LP file の生成を行う. LP file の生成を行ったら, 本機構が, Shell を通じて外部の線形計画法ソルバーを呼び出す. 最後に, 線形計画法ソルバーの結果を CSV ファイルとして保存する.

図 2a に, 本機構で得た介護マッチング結果に基づいて, 被介護者の介護行為を担当する介護者を割り当てを確認するためのスケジュール確認画面を示す. 本 UI では, どの時間帯のどの介護行為に対して誰が何円で担当しているのかを確認することが可能である. 例えば, スケジュール確認画面の一番上にある介護行為については, 7:00 から保清を Chris Downey が 20\$ で担当していることがわかる. 介護者の情報としては, 最低賃金や介護能力, 介護提供可能時間を確認可能である. 介護行為は毎日行われるものだけではなく, 突発的に求められるものもあるため, 図 2a の下部にある ADD ボタンや DELETE ボタンを用いて, 介護行為の削除追加も可能である. ADD ボタンを押した場合には, 図 2b に示した介護行為入力画面に遷移する. 介護行為入力画面では, 求める介護行為と予算, 日時を入力する. 被介護者が介護行為を入力して, ADD ボタンを選択したら, 本機構により介護マッチングを行い, スケジュール確認画面に反映される.

5. 予備実験

本機構を用いて介護マッチングの評価する前に, 予備実験として外部のソルバーで対応可能な介護マッチングの規模についての確認を行う. 介護マッチングの規模については, 介護マッチングへの参加者とマッチングを実施するタイムスロットの 2 つを用いる. 介護マッチングへの参加者は最小単位を 4 名として, そこから 2 倍ずつ増やしていく. タイムスロットについては, 外部のソルバーで対応可能な最大の参加者数に対してどれだけタイムスロットを増やすことができるのかを確認する. 本予備実験では, 最も単純な介護マッチングにおいて外部のソルバーが対応可能な規模を確認するために, Budget Feasibility, Incentive

Time	Care	Caregiver	Payment
2021/07/21 07:00	看護	Chris Doernley	25
2021/07/21 07:15	観察	Chris Doernley	25
2021/07/21 07:30	洗面	Chris Doernley	25
2021/07/21 07:30	排便	Chris Doernley	25
2021/07/21 08:00	口腔ケア	Emilia Fisher	25
2021/07/21 12:30	昼食	Emilia Fisher	25
2021/07/21 19:30	入浴	Patrick Silvano	30
2021/07/21 19:00	夕食	Emilia Fisher	25

(a) 被介護者のスケジュールの UI 例

(b) 被介護者の介護行為入力の UI 例

図 2: 介護マッチングシステムの UI 例

Compatibility, Individual Rationality については考慮していない。

本実験は、Intel Core i9 6 コア 2.9GHz, メモリ 32GB, macOS catalina version 10.15.7 で動作している docker desktop version 3.5.2 (CPU を 6, Memory を 14GB の設定) 上で、線形計画法ソルバーとして SCIPopt version 7.0 を実行している [13], [14]。docker を用いて介護マッチング機構の開発をしている理由は、介護マッチング機構を導入する組織の有する計算機の実行環境の違いによらずに、介護マッチング機構を実行可能にすることが目的である。

まず、被介護者に対して複数人の介護者を割り当てることが可能で、かつ、時間制約がない設定で参加者を増やしていき、SCIP に対応可能な規模を確認する。この設定では、介護士側は複数人の被介護者に対応することはできない設定となっている。また、介護者が必ず介護を担当するという制約条件を用いた場合、休みがなく常に労働が発生することになるが、実際には、介護を担当せずに休みを取る可能性を反映している。今回の設定では、介護を担当しない介護者も現れる可能性があるが、本実験においては、全ての介護者は異なる一人の被介護者を担当するように入力データの作成を行った。

本実験では、参加者数として、4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024 のを用いた。被介護者と介護者の人数は同数となっている。結果を図 3a に示す。介護マッチングへの参加者が 256 名の場合までは、1 秒以下で SCIP の計算が終了しているが、512 名の場合には、計算首領まで、およそ 6 秒近く必要であった。また、参加者が 1024 名の場合には、SCIP が Killed を表示をして、結果の sol ファイルの作成に至らなかった。

次に、初期設定では、どの被介護者とどの介護者がマッチング成立したのかという点は考慮されているが、いつ介護行為が行われるのかという点が考慮されていない。この設定では、同一のタイムスロット内で複数の被介護者の対応が可能であってもマッチングすることができないので、

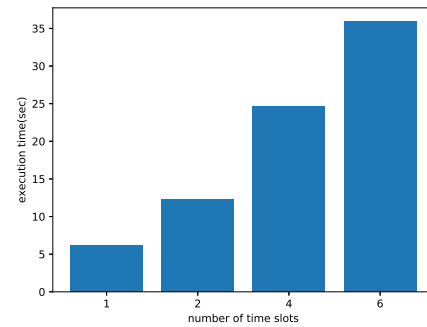
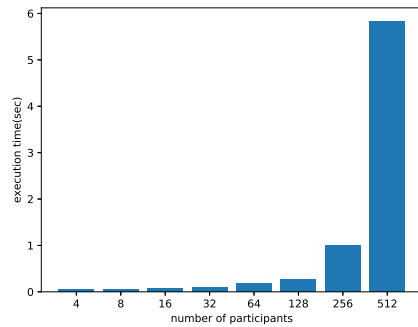
タイムスロットを考慮した上でマッチングを行うという設定で予備実験を行う。

本実験では、図 3a の実験において、SCIP の計算が終了した参加者として 512 名を用い、タイムスロットの数としては、1, 2, 4, 6, 8 を用いた。本実験の設定において、タイムスロットが 24 個ある場合、介護行為の合計 24 個分に対して、マッチングを行っていることになるので、24 時間 (1 日) において 1 時間ごとに介護行為を提供する場合には、1 日分の介護行為のマッチングを行なっていることになる。結果を図 3b に示す。タイムスロットが 1 の場合には、図 3a における実験と同様に、およそ 6 秒で計算が完了した。タイムスロットが 2 の場合には、およそ 12 秒で計算が完了しており、タイムスロットが 4 の場合には、およそ 24 秒、タイムスロットが 6 の場合には、およそ 36 秒と、タイムスロット数の増加に応じて、計算時間が線形に増加していることが確認できる。一方で、タイムスロットが 8 の場合は、SCIP が Killed を表示をして、結果の sol ファイルの作成に至らなかった。

6. おわりに

本研究では、介護者の QOL の維持・向上に貢献するために、介護行為のカテゴリ及び介護者と被介護者の相性を考慮した、介護者と被介護者間の QOL を最適にする介護マッチング機構の試作について述べた。

本研究の定式化に基づいて最適化を行う場合、単純に被介護者の効用の総和を最大化することだけを目的とすると、特定の少数者が大きな不利益を受ける状況を生み出す可能性があり、公平性に欠け、倫理上の問題が生じることが考えられる。また、介護者の効用に関しては、介護者の効用がある基準値を下回る場合には、介護とは異なる仕事への転職をするということが考えられる。文献 [10] では、介護者の人材不足が指摘されており、本研究においても介護者が転職をしないように最適化を行うことが求められる。このように本研究の定式化に基づいて最適化を行う場合に



(a) 介護マッチングへの参加者数とソルバーの実行速度の比較

(b) タイムスロットの数とソルバーの実行速度の比較 (参加者 512 名)

図 3: 予備実験の結果

は、被介護者及び介護者の効用に関して、単純に総和を最大化するというだけでなく、公平性を考慮することにより、倫理上の問題が生じないように最適化の定義を行う必要がある。

最後に、図 3 の実験結果より、介護マッチングへの参加者数とタイムスロットの数によって SCIP の計算が完了しない場合が確認されたので、介護マッチングシステムを実現する上で、SCIP での計算が完了しない場合についての対応について議論が必要になると考える。

参考文献

[1] 齊藤 基: 家族介護における介護行動及び介護者の QOL に関する研究 介護行動スケールの開発とその信頼性・妥当性の検討, 日本看護科学会, Vol. 23, No. 3, pp. 57-68 (2003).

[2] 宮下光子, 酒井真理子, 飯塚弘美, 町田玲子, 中村光江, 横井由美子, 新谷周三, 椎貝達夫, 戸村成男: 在宅家族介護者の介護負担感とそれに関連する QOL 要因, 日本農村医学会雑誌, Vol. 54, No. 5, pp. 767-773 (オンライン), DOI: 10.2185/jjrm.54.767 (2006).

[3] 岩切一幸, 高橋正也, 外山みどり, 平田 衛, 久永直見: 高齢者介護施設における介護機器の使用状況とその問題点, 産業衛生学雑誌, Vol. 49, No. 1, pp. 12-20 (オンライン), DOI: 10.1539/sangyoisei.49.12 (2007).

[4] 岡前暁生, 原田和宏, 岡田 誠, 松下和弘, 村岸亜伊子, 和田智弘, 和田陽介, 浅川康吉, 道免和久: ショートステイ利用前後における要介護者の ADL と介護者の介護負担の変化, 理学療法学, Vol. 43, No. 4, pp. 323-332 (オンライン), DOI: 10.15063/rigaku.11121 (2016).

[5] 今井弥生: 在宅療養高齢者と家族介護者の家族機能の特徴と QOL の関係, 目白大学健康科学研究 = Mejiro journal of health care sciences, No. 13, pp. 67-75 (オンライン), 入手先 (<https://ci.nii.ac.jp/naid/120006859858/>) (2020).

[6] 岩切一幸, 松平 浩, 市川 洌, 高橋正也: 高齢者介護施設における組織的な福祉用具の使用が介護者の腰痛症状に及ぼす影響, 産業衛生学雑誌, Vol. 59, No. 3, pp. 82-92 (オンライン), DOI: 10.1539/sangyoisei.16-026-B (2017).

[7] 高橋美岐子, 藤沢緑子, 佐藤沙織, 佐藤 怜: 介護専門職のストレスの現状と課題-特別養護老人ホーム介護職員のストレス要因体験頻度の分析から, 日本赤十字秋田短期大学紀要, No. 6, pp. 61-68 (オンライン), 入手先

(<https://ci.nii.ac.jp/naid/110000037684/>) (2001).

[8] 橋本 力: 介護老人福祉施設における介護職員のワーク・ライフ・バランスと職務満足度および離職意向との関連, 老年社会科学, Vol. 38, No. 4, pp. 401-409 (2017).

[9] 杉山育子, 庄司春菜, 五十嵐尚子, 佐藤一樹, 高橋 都, 宮下光令: がん患者の家族介護者の quality of life に影響を与える要因 日本語版 CQOLC (The Caregiver Quality of Life Index-Cancer) を用いた検討, *Palliative Care Research*, Vol. 12, No. 3, pp. 259-269 (オンライン), DOI: 10.2512/jspm.12.259 (2017).

[10] 打和 登, 稲谷ふみ枝, 打和華子: BPSD に対応する介護専門職の共感性と QOL の関連, 日本心理学会大会発表論文集, Vol. 82, pp. 2EV-034-2EV-034 (2018).

[11] Luo, Y. and Jennings, N. R.: A Budget-Limited Mechanism for Category-Aware Crowdsourcing Systems, *Proceedings of the 19th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems, AAMAS '20, Auckland, New Zealand, May 9-13, 2020* (Seghrouchni, A. E. F., Sukthankar, G., An, B. and Yorke-Smith, N., eds.), International Foundation for Autonomous Agents and Multiagent Systems, pp. 780-788 (online), available from (<https://dl.acm.org/doi/abs/10.5555/3398761.3398854>) (2020).

[12] Yahiro, K. and Yokoo, M.: Game theoretic analysis for two-sided matching with resource allocation, *Proceedings of the 19th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems, AAMAS 2020* (An, B., El Fallah Seghrouchni, A. and Sukthankar, G., eds.), Proceedings of the International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems, AAMAS, International Foundation for Autonomous Agents and Multiagent Systems (IFAAMAS), pp. 1548-1556 (2020).

[13] Gamrath, G., Anderson, D., Bestuzheva, K., Chen, W.-K., Eifler, L., Gasse, M., Gemander, P., Gleixner, A., Gottwald, L., Halbig, K., Hendel, G., Hojny, C., Koch, T., Le Bodic, P., Maher, S. J., Matter, F., Miltenberger, M., Mühmer, E., Müller, B., Pfetsch, M. E., Schlößer, F., Serrano, F., Shinano, Y., Tawfik, C., Vigerske, S., Wegscheider, F., Weninger, D. and Witzig, J.: The SCIP Optimization Suite 7.0, Technical report, Optimization Online (2020).

[14] Merkel, D.: Docker: lightweight linux containers for consistent development and deployment, *Linux journal*, Vol. 2014, No. 239, p. 2 (2014).