

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 におけるフェアネスの考慮に関する一考察

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におけるフェアネスの考慮に関する一考察について述べる。

キーワード：介護マッチング 定式化 QOL

1. はじめに

我々は、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開発を行っている [1], [2], [3]。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ことから、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定式化および試作を行ってきた [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8]。

フェアネスに関しては、国際会議でもチュートリアルが行われており、IJCAI 2020 では、機械学習におけるフェアネスに関するチュートリアルが開催された^{*1}。また、機械学習におけるフェアネスに関する研究については、広く

研究がされており、マッチングにおけるフェアネスについての研究も行われている [9], [10], [11]。

介護マッチングにおいても、QOLの最適化を進める上で、不公平な結果となる可能性が考えられることから、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フェアネスの考慮に関する一考察について述べる。

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。

本研究における、QOLの定義は、参考文献 [12] に従っており、次に概要をまとめる。本研究では、QOLの計算を行うために介護者と被介護者の信頼関係及び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、介護者対しての被介護者の相性を $WPF_{i,k}$ 、被介護者対しての介護者の相性を $IPF_{i,k}$ として定義する。文献 [12] に従い、介護行為には、カテゴリ $D = \{d_1, d_2, \dots, d_i\}$

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.itoh@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
^{*1} <https://sites.google.com/view/fairai>

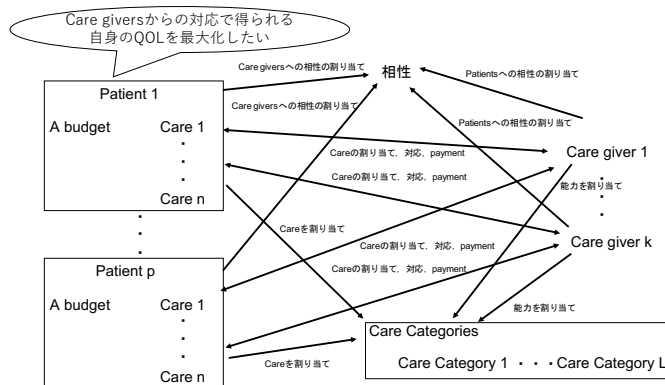


図 1: 介護行為のマッチング問題のモデル (概念図)

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 [12] 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、 $\theta = (IPF_{i,k} WPF_{i,k}) \sum_{l=1}^L r_{n,l} \eta_{n,l}$ となるのがわかる。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 [12] に従い、 $\delta_{n,l} = [\delta_{n,1}, \delta_{n,2}, \dots, \delta_{n,L}]$ として示す。

前述の定義に基づいて、QOL の計算式を次のように定義する。

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

3. フェアネスを考慮した介護マッチングに関する考察

本研究におけるフェアネスを、QOL の inequality 及び労働者の労働回数 (労働負荷の一つ) の 2 点から考える。本研究において、介護マッチングを実現するために、信頼関係を導入している。そこで、信頼関係の有無が本研究におけるフェアネスに与える影響を確認する。本実験では、最も単純な介護マッチングにおけるフェアネスを確認するために、Budget Feasibility, Incentive Compatibility, Individual Rationality については考慮していない。また、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]。表 1, 2 に、実データに対して本試作を適用した結果を示す。

表 2 からは、一人当たりの平均労働回数や分散、最大値が低下していることが確認できる。本試作システムでは、

QOL を最大化することが目的となっており、フェアネスは考慮されていないが、信頼関係を導入することで労働負荷の観点からマッチング結果のフェアネスに影響を与えていることが確認できた。一方で、QOL の inequality は、表 1 にある平均値や分散、最大値、最小値を単純に比較するだけでは不明瞭なため、Generalized Entropy Index を用いて比較を行う [11], [15]。本研究で用いた Generalized Entropy Index の数式を次に示す。

$$GE_\alpha(b_1, b_2, \dots, b_p) = \frac{1}{p\alpha(\alpha - 1)} \sum_{i=1}^p \left(\frac{b_i}{\mu}\right)^\alpha - 1 \quad (2)$$

ここで、 b は、介護者と被介護者のペアに割り当てられた QOL を示し、 μ は、次の式で与えられる。 $\mu = \frac{1}{n} \sum_i^p b_i$ 。

表 3 に、Generalized Entropy Index を用いた QOL のフェアネスの評価結果を示す。今回の評価では、 $\alpha = 0.5$ としている。Generalized Entropy Index は、情報量の考え方に基づいた指標なので、数値が小さいほどフェアネスは高いと考えることが可能である。表 3 からは、信頼関係を考慮することにより QoL のフェアネスを高めたことが確認できる。

信頼関係を導入したことにより、労働負荷の観点から労働者のフェアネスには良い影響を与えていることがわかるが、マッチングを実現する際に、QOL を最大化することだけでなく、QOL の inequality 及び労働負荷の観点も含めた上でマッチングすることが求められる。

4. 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におけるフェアネスの考慮に関する一考察について述べた。

参考文献

[1] 佐藤 匠, 伊藤 徹, 福田直樹, 渡邊博子, 廣江 晃, 東本幸子, 小川貴代, 神成淳司, 和田智之: 介護者と被介護

表 1: 信頼関係の考慮の有無によるマッチング結果 (QOL) の違い

| 信頼関係の考慮の有無 | mean | std | min | max |
|------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| あり | 9.87×10^{-4} | 6.28×10^{-4} | 2.70×10^{-4} | 3.33×10^{-3} |
| なし | 2.96×10^{-6} | 8.26×10^{-6} | 7.70×10^{-16} | 4.03×10^{-5} |

表 2: 信頼関係の考慮の有無による介護者の介護負担 (頻度) の違い

| 信頼関係の考慮の有無 | mean | std | min | max |
|------------|------|------|-----|-----|
| あり | 2.31 | 1.44 | 1 | 5 |
| なし | 4.29 | 3.45 | 1 | 10 |

表 3: Generalized Entropy Index を用いた QOL のフェアネスの比較

| フェアネスの指標 | 信頼関係の考慮あり | 信頼関係の考慮なし |
|---------------------------|-----------|-----------|
| Generalized Entropy Index | 0.177 | 2.368 |

者の QOL が最適になる介護行為を選択するためのマッチング問題の定式化に向けて、技術報告 7, 慶應義塾大学大学院政策メディア研究科, 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, 静岡大学学術院情報学領域, 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, 社会福祉法人こうほうえん, 一般社団法人気づきデータ解析研究所, 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, 慶應義塾大学環境情報学部, 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 (2021).

- [2] 佐藤 匠, 伊藤 徹, 福田直樹, 渡邊博子, 廣江 晃, 東本幸子, 小川貴代, 神成淳司, 和田智之: 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, 技術報告 12, 慶應義塾大学大学院政策メディア研究科, 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, 静岡大学学術院情報学領域, 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, 社会福祉法人こうほうえん, 一般社団法人気づきデータ解析研究所, 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, 慶應義塾大学環境情報学部, 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 (2021).
- [3] T. Sato, T. Itoh, N. F. H. W. K. H. S. T. Y. H. T. O. A. S. and Wada, S.: Toward a care matching system to optimize QOL of patients and caregivers, *Proc. The 5th IEEE International Conference on Agents (IEEE ICA2021)* (2021).
- [4] 岩切一幸, 松平 浩, 市川 洵, 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/sangyoeisei.16-026-B (2017).
- [5] 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).
- [6] 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).
- [7] 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).
- [8] 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).
- [9] Chzhen, E., Denis, C., Hebiri, M., Oneto, L. and Pontil, M.: Fair regression with Wasserstein barycenters, *Advances in Neural Information Processing Systems* (Larochelle, H., Ranzato, M., Hadsell, R., Balcan, M. F. and Lin, H., eds.), Vol. 33, Curran Associates, Inc., pp. 7321–7331 (2020).
- [10] Chzhen, E., Denis, C., Hebiri, M., Oneto, L. and Pontil, M.: Fair regression via plug-in estimator and recalibration with statistical guarantees, *Advances in Neural Information Processing Systems* (Larochelle, H., Ranzato, M., Hadsell, R., Balcan, M. F. and Lin, H., eds.), Vol. 33, Curran Associates, Inc., pp. 19137–19148 (2020).
- [11] Sühr, T., Biega, A. J., Zehlike, M., Gummadi, K. P. and Chakraborty, A.: Two-Sided Fairness for Repeated Matchings in Two-Sided Markets: A Case Study of a Ride-Hailing Platform, *Proceedings of the 25th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining*, KDD '19, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, p. 3082–3092 (online), DOI: 10.1145/3292500.3330793 (2019).
- [12] 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).
- [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).
- [15] Shorrocks, A. F.: The Class of Additively Decomposable Inequality Measures, *Econometrica*, Vol. 48, No. 3, pp. 613–625 (1980).