

# デイサービス施設における 排泄介助マルチエージェントシミュレーション

## Multi-Agent Simulation of Excretion Care in Day Care Facilities

高木碧<sup>1)</sup>, 藤井秀樹<sup>2)</sup>, 内田英明<sup>3)</sup>, 吉村忍<sup>4)</sup>

Aoi Takagi, Hideki Fujii, Hideaki Uchida and Shinobu Yoshimura

- 1) 東京大学大学院工学系研究科 (〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1, E-mail: a\_takagi@save.sys.t.u-tokyo.ac.jp)  
2) 博(環境) 東京大学大学院工学系研究科 准教授 (〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1, E-mail: fujii@sys.t.u-tokyo.ac.jp)  
3) 博(工) 大阪大学大学院工学研究科 助教 (〒565-0871 吹田市山田丘2-1, E-mail: uchida@see.eng.osaka-u.ac.jp)  
4) 工博 東京大学大学院工学系研究科 教授 (〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1, E-mail: yoshi@sys.t.u-tokyo.ac.jp)

With the declining birthrate and aging population, the shortage of care workers is becoming a serious problem in Japan. In this study, with a view of improving the efficiency of care work by caregivers, we verify the effectiveness of the developed method by modeling and simulating care work in day care facilities, and by comparing the results with actual observation results in actual care facilities. Here we focus on "excretion care," which is considered to be a particularly high burden on caregivers.

**Key Words :** Multi-agent simulation. excretion care. day-service facilities

### 1. はじめに

超高齢化社会を迎えて10年以上が経った現在も、日本における少子高齢化は止まるところを知らない[1]. 少子高齢化の進行に伴う介護サービス需要の拡大や、介護職の不人気により、介護人材不足は日本の社会福祉における課題として深刻さを増しており、介護人材の需要と供給は今後もますます乖離していくと推測されている[2]. この状況に対し、政府は厚生労働省を中心とし、介護人材の確保に向けて、介護士による作業の効率化や労働環境の改善、介護テクノロジーの導入、効果的な新人教育などの様々な対策を掲げている[3]. しかし、これらの対策の実施に際して、介護施設においては個人情報に関わる状況が多いために公的な調査が難しいことや、介護者や被介護者に関する情報の定量化が困難であるために介護問題を科学分野で扱いにくいこと等の障壁も存在する.

本研究では、介護施設において介護士により高齢者に対して行われる介助作業のモデル化及びシミュレーションを行うことで、介護環境における様々な状況を再現する. そして、今後モデル化やシミュレーションの対象範囲を拡大させることにより、シミュレーションに基づき介護に関する問題を議論する手法の確立を目指す. 具体的には、マルチエージェントモデルに基づき、現実のデイサービス施設を模した介護空間をコンピュータ上に構築し、実観測結果とシミュレーション結果の比較を行うことにより、本手法の有効性を検証する. なお、今回は介護活動の中で介護者の負担が特に高いと考えられる「排泄介助」に着目する.

### 2. 現実の介護施設における介助システム

本研究を行うにあたり、介護現場において介護士がどのような動きや導線、思考プロセスをとっているのかを把握するため、現実のデイサービス施設(以下、施設 X)の訪問見学を行った. 得られた主な知見には、①高齢者の運動機能や認知機能に個人差が大きいこと、②各高齢者に対する排泄介助のタイミングは介護士が高齢者の排泄時刻を記録したチェック表に基づいて決められること、が挙げられる. また、③高齢者の周囲にある机や椅子の配置がレクリエーションや食事等のイベントの切り替えと共に大きく変わることも知見として得られた. 施設 X における机や椅子の配置のうち10時-12時における配置をパターンA、13-14時における配置をパターンBとした.

施設Xでは、排泄介助作業時の介護士や高齢者の経路及び介助に要した時間の手動計測も行った. 計測結果を表1及び図1、図2に示す. 表1において、開始・終了時刻や作業時間のうち括弧()が付いているものは、介助作業の開始や終了のタイミングを正確に記録できなかったために、その高齢者の歩行速度等から推測した時刻や時間である.

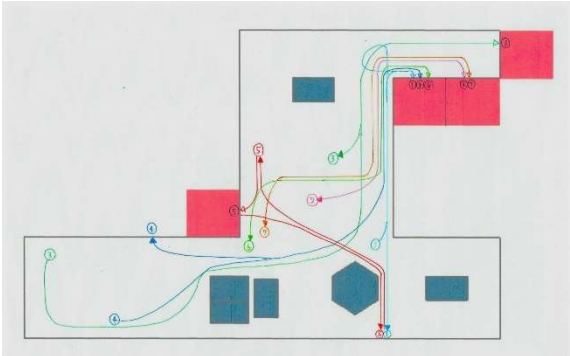


図 1 パターン A における，施設 X で観測された介護士・高齢者の移動経路

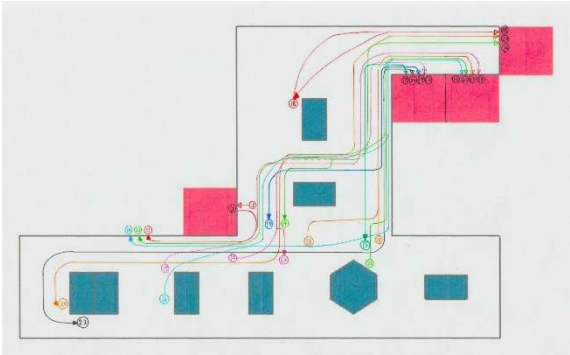


図 2 パターン B における，施設 X で観測された介護士・高齢者の移動経路

表 1 施設 X で観測された各介助の時刻及び作業時間

		開始時刻	終了時刻	作業時間
A	1	11:(01:40)	11:12:55	(11 分 15 秒)
	2	11:02:30	11:08:15	5 分 45 秒
	3	11:09:40	11:15:25	5 分 45 秒
	4	11:15:20	11:17:20	2 分 45 秒
	5	11:22:00	11:24:50	2 分 50 秒
	6	11:46:20	11:51:05	4 分 45 秒
	7	11:(46:20)	11:51:10	(3 分 50 秒)
—	8	12:22:25	12:25:10	2 分 45 秒
	9	12:32:20	12:37:15	4 分 55 秒
	10	12:47:25	12:49:15	1 分 50 秒
B	11	13:02:50	13:05:20	2 分 30 秒
	12	13:04:30	13:11:05	6 分 35 秒
	13	13:06:55	13:09:(35)	(2 分 40 秒)
	14	13:(09:45)	13:15:(35)	(5 分 50 秒)
	15	13:13:(35)	13:15:(50)	(2 分 15 秒)
	16	13:15:30	13:20:50	5 分 20 秒
	17	13:(19:30)	13:23:(35)	(4 分 5 秒)
	18	13:24:25	13:30:50	6 分 25 秒
	19	13:25:(45)	13:32:25	(6 分 40 秒)
	20	13:32:10	13:40:20	8 分 10 秒
	21	13:35:50	13:39:20	2 分 30 秒
	22	13:41:(55)	13:44:50	(2 分 55 秒)

3. 介護空間モデルの仕様と実装

(1) 概要

本研究では，シミュレーションによる介護状況の再現

及び介助作業効率化に向けた検討を行うことを目的として，まず介護施設における排泄介助の状況を再現する介護空間モデルを構築し，その有効性を検証する．具体的には，現実に存在するデイサービス施設Xを模した介護空間をコンピュータ上に構築し，マルチエージェントシミュレーションを行う．そのシミュレーション結果と施設Xにおける実観測結果の比較を行うことにより，本手法の有効性を検証する．本研究では，パターンAの環境でモデルチューニングを行い，本シミュレーションの出力を実際の介護施設におけるパターンA環境下での計測結果に適合させた後に，そのモデルを用いてパターンBの環境下で行ったシミュレーションを行い，解析結果を計測結果と比較し，モデルの再現性の検証を行った．

(2) 仕様

介護空間モデルは，デイサービス施設Xにおける共有スペースの環境を模して構築した．紙面の都合上，仕様についての詳細な説明は割愛するが，基本的には共有スペース内に座っている高齢者を介護士が周辺のトイレに誘導して排泄介助を行うという状況を想定している．

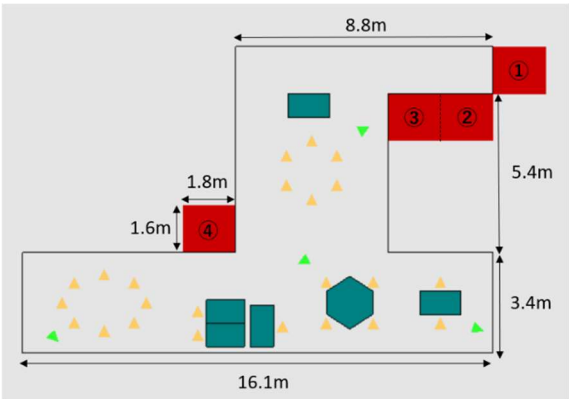


図3 環境設定

前章で述べた通り，施設Xでは時間帯によって机や椅子の配置が異なっていたため，それをパターンA，Bとして設定した．

(3) エージェントの行動に関するルール設定

各エージェントの状態遷移図を図4，5に示す．介護士にはタスク順位と名付けた介助をすべき優先順位が割り振られ，タスク順位上位の者から高齢者が介助を必要としている人数分だけ随時介助を行うという状況を想定する．ただし，今回のシミュレーションでは，全介護士の順位を完全にランダムに決定するものとした．また，介護士が高齢者に排泄介助の声掛けを行うタイミングに関しては，各高齢者が直近で排泄した時刻を参照し，介助すべき時刻を迎えた高齢者の中からランダムに順番をつけることで決定する．

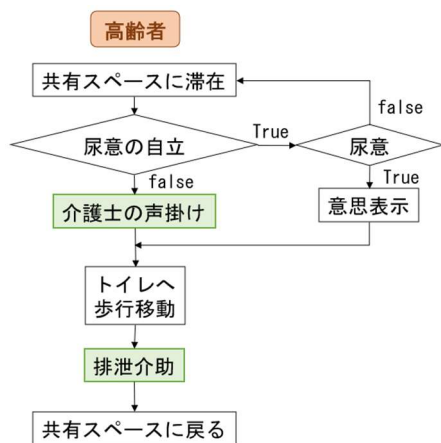


図4 高齢者エージェントの状態遷移図

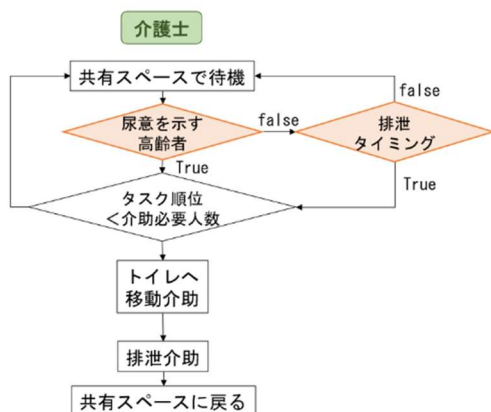


図5 介護士エージェントの状態遷移図

#### (4) 移動モデルに関する設定

エージェントの空間移動モデルとしては, Helbing が提唱した Social Force Model (以下SFM) を採用した[4]. 一般にSFMにおいてはエージェント間に以下の力が作用するとする.

- (1) 移動目標に近づく力
- (2) 他のエージェントからの斥力
- (3) 壁や机などの環境からの斥力
- (4) 魅力的な環境への引力

このうち, (4) 魅力的な環境への引力は今回のシミュレーションにおいては考慮しない. また, (1)~(3)の3つの斥力・引力は, 移動しているエージェントに働くものとする.

#### (5) 評価項目

パターンBのシミュレーションを行うモデル検証においては, 介護士エージェントによる各介助作業の作業時間及び作業回数, エージェントの移動経路を解析し, それらの解析結果を施設Xにおける計測結果と比較した. 作業時間は, 出力された全介護士による合計作業時間を合計作業回数で割ることで, 介助1回あたりの作業時間に換算し, それらを施設Xにおける計測結果と比較した. なお, 本マルチエージェントシミュレーションにはランダム性が内包されるため, 同一条件で10回解析を行った.

## 4. 結果と考察

### (1) モデル構築

パターン A で実時間にして 2 時間分行ったシミュレーションにおける介護士の合計作業回数の平均値は, 図6に示すように, 介護士の人数の大小にかかわらず 7, 8 回程度となった. 施設 X での計測結果を参照すると, パターン A のレイアウトで活動が行われていた 10~12 時における作業回数は 7 回であり, 本シミュレーション結果と概ね一致した. また, 図7に示すように, 介助 1 回あたりの作業時間の平均値は 3.5 分程度となった. 施設 X での計測結果を参照すると, 10~12 時に行われた 7 回の介助における作業時間は, 高齢者の運動機能等に関する個人差が大きいため一概には言えないが, 多くの場合において作業時間がおよそ 3~4 分前後となっており, 本シミュレーション結果に近い値であった. 各試行の出力値には大きなばらつきがあるため, 数回試行を繰り返し平均値やばらつき等を観察することが必要であるが, それを考慮した上で, パターン A のシミュレーションが, 施設 X での現実の介護状況を妥当なレベルで再現できているということを確認し, モデルの構築 (パラメータ設定) を完了した. 図8にパターン A のシミュレーションから得られた介護時の移動経路を示す.

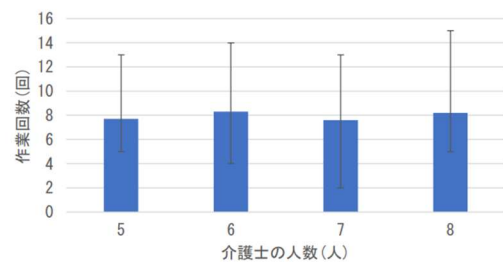


図6 パターン A のシミュレーションから得られた合計作業回数

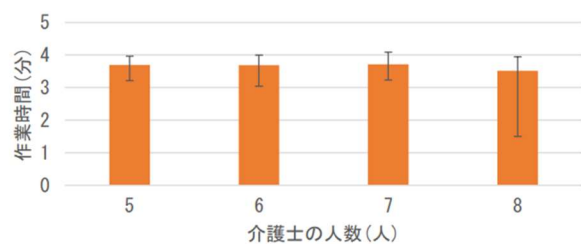


図7 パターン A のシミュレーションから得られた介助1回あたりの作業時間

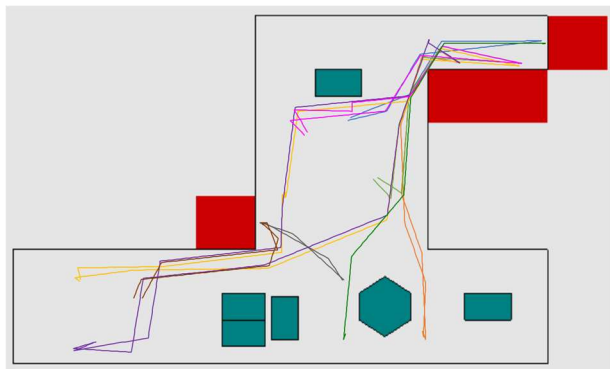


図8 パターンAのシミュレーションから得られた移動経路

## (2) モデル検証

次に、パターンBのシミュレーションを行うことで、本構築モデルの有効性を検証する。図9に示すように、介護士の人数に関わらず、パターンBにおける合計作業回数は9、10回程度であった。一方、施設Xでの計測結果は、パターンBの机・椅子の配置をとっていた13～14時の間には12回の介助が行われた。パターンBのシミュレーションから得られた合計作業回数の平均値は、施設Xでの作業回数の実測値に比べてやや少ないが、シミュレーションから得られる合計作業回数の最大値は12回であり、施設Xでの実測値に一致する。

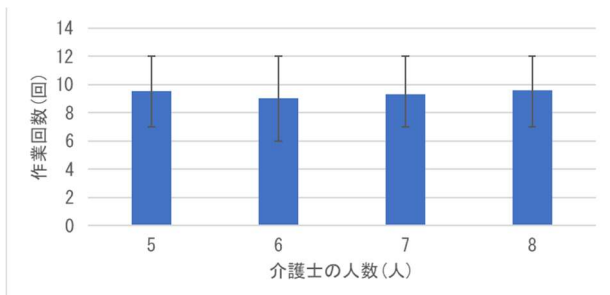


図9 パターンBのシミュレーションから得られた合計作業回数

パターンBのシミュレーションから得られた介助1回あたりの作業時間は、図10に示すように、どの介護士の人数に対しても4分程度となり、そのばらつきはおよそ3.5分から5分弱の幅に収まる。施設Xでの計測結果を参照すると、パターンBの机・椅子の配置をとっていた13～14時の間に行われた介助の作業時間は、各介助による差は大きいものの、平均値は約4分40秒ほどであり、シミュレーション結果に概ね合致した。

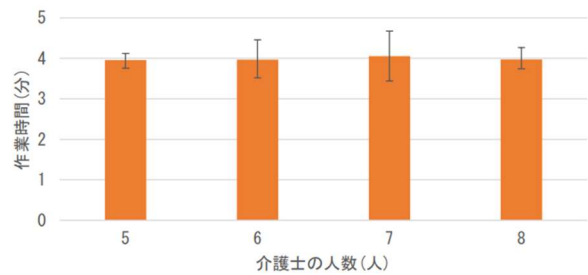


図10 パターンBのシミュレーションから得られた介助1回あたりの作業時間

図11には、パターンBのシミュレーションから得られたエージェントの移動経路と施設Xで計測された介護士・高齢者の移動経路を比較する。この図より、経路の概形が類似している上、画面左側のトイレ付近と画面右側のトイレ3室に続く壁沿いにて多数の経路が混在しているという点で共通していることが分かる。また、本シミュレーションから得られたエージェントの移動経路の範囲内に施設Xで観測された移動経路がおおよそ含まれていることが分かる。したがって、本シミュレーションは、介護時の移動経路についても、現実のデイサービス施設Xでの状況を再現していると判断できる。

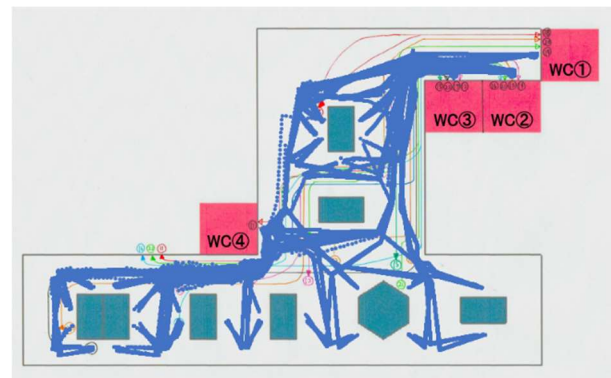


図11 パターンBのシミュレーションと施設Xで観測された移動経路の比較

## 5. 結論

本研究では、排泄介助を対象として、現実の介護施設における介護空間のシミュレーションモデルを構築し、シミュレーション結果（作業回数、作業時間、移動経路）を、施設での観測結果と比較を行い、妥当な再現性を有することを確認した。

### 参考文献

- [1] 内閣府. “令和4年版高齢社会白書（全体版）”. 2020.
- [2] 厚生労働省社会・援護局福祉基盤課福祉人材確保対策室. “第8期介護保険事業計画に基づく介護人材の必要数について”. 2021.
- [3] 厚生労働省社会・援護局福祉基盤課福祉人材確保対策室. “介護職員数の推移”. 2021.
- [4] DirkHelbing, PeterMolnar. “Socialforcemodelforpedestriandynamics”. PhysicalReviewE, Vol.51, Number5, pp.4282-4286, 1995.

