

令和元年6月7日現在

機関番号：12612

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15H01720

研究課題名(和文) 高齢者の身体的・認知的変化に応じた介護コンシェルジュエージェントシステム

研究課題名(英文) Care concierge agent system for physical and cognitive changes of aged persons

研究代表者

高玉 圭樹 (Takadama, Keiki)

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・教授

研究者番号：20345367

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 33,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究ではQOL(Quality Of Life)が低下した認知症者を含む高齢者に対して適切なケアを提供し、その有効性を被験者実験を通して検証した。具体的には、高齢者の状況は日々変化し、ケアする場所も異なるため、(i)健康な状態から介護・医療を受けるまでの身体的・認知的な時間的変化と(ii)在宅・介護施設・病院の間で高齢者の場所的変化に対応するケア基盤技術の確立した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

・学術的意義：人間の体は日々変化しているにも関わらず、従来のケア技術はそのときの状況にしか対応できないが、提案ケア技術は身体的・認知的な変化に対応できるという意味で、学術的領域の拡大に貢献できる。  
・社会的意義：求められている多種多様なケアに対して、提案ケア技術は組み合わせることでそれらに対応できるため、提案技術が定着すると、介護支援システムの標準化が進み、デファクトスタンダードとして確立できる可能性があり、社会的意義が高い。

研究成果の概要(英文)：This project aims at providing appropriate care for aged persons including dementia patients who have a low QOL (Quality Of Life), and evaluates an effectiveness of the proposed care through the human subject experiments. For this purpose, this project builds the care fundamental technologies to cope with (i) the physical and cognitive changes from a healthy condition to an unhealthy condition that requires care and/or medical treatment and (ii) the place change among home, care house, and hospital, considering the fact that the situations of aged persons change day by day and the places for their care are different according to their physical and cognitive conditions.

研究分野：知能情報学

キーワード：医療・福祉 機械学習 可視化 感性情報学

## 1. 研究開始当初の背景

2025年、総人口の35%(3500万人)弱を65歳以上の高齢者が占め、世界で最も高齢化が進む我が国では、高齢者の生活を与えることをはじめ、生涯に亘るケアや治療が急務となっている。このような背景から、近年さまざまなセンサを用いて身体的・認知的状態をモニタリングするセルフトラッキング(self-tracking)技術が探究されている[1]。例えば、寝るだけで(無拘束状態で)心拍や呼吸を測定し、睡眠状態を推定するマットセンサ[2]や、発話情報と睡眠リズムから躁鬱状態を見極めるスマートフォンアプリ[3]が考案されている。しかし、これらの技術はそのときの状態を把握する段階に留まっており、健康な状態から介護・医療を受けるまでの長い期間の支援はできず、身体的・認知的な**時間的変化**への対応はできない。更に、高齢者は身体的・認知的な機能低下により、在宅→介護施設→病院、あるいは、在宅→病院に転移するため、**場所的変化**に応じて実施可能なケアが不可能になるなど限界がある。

<引用文献>

- [1] Lane, N.D. et al.: A survey of mobile phone sensing, IEEE Communications Magazine, 48(9):140-150, 2010.
- [2] Watanabe, T. and Watanabe, K: Noncontact Method for Sleep Stage Estimation, IEEE Transaction on Biomedical Engineering, 10(51): 1735-1748, 2004.
- [3] Matthews, M., et al.: Tracking Mental Well-Being: Balancing Rich Sensing and Patient Needs, IEEE Computer, 47(4):36-43, 2014.

## 2. 研究の目的

上記に述べた問題点を解決するために、本研究ではQOL(Quality Of Life)が低下した認知症者を含む高齢者に対して適切なケアを提供し、その有効性を検証することを目的とする。具体的には、高齢者の状況は日々変化し、ケアする場所も異なるため、(i)健康な状態から介護・医療を受けるまでの身体的・認知的な**時間的変化**と(ii)在宅・介護施設・病院の間で高齢者の**場所的変化**に対応するケア基盤技術の確立を目指す。

## 3. 研究の方法

高齢者の情報を長期に亘り記録し、時間的・場所的変化に対応可能なケアを提供するために、本研究では、図1に示すように(1)高齢者の事故予防と状態把握、(2)高齢者の生活行動改善と動機づけ技術、(3)高齢者に対する好みの介護理解技術を探究する。具体的には、(1)は主に自宅にいる健康者を想定し、**安心・安全ケア技術**として提供する。次に、(2)は主に介護施設で生活される軽中度QOL高齢者を想定し、**健康改善ケア技術**として活用する。また、(3)は主に病院で治療を受けている重度QOL高齢者を想定し、**快適介護ケア技術**として展開する。

これらの3つの技術より、健康な状態から介護・医療を受けるまでのシームレスな支援を実現するとともに、高齢者の身体的・認知的変化に伴い、在宅・介護施設・病院の場所が移動になってもそれぞれの場所での適切な支援が可能となる。

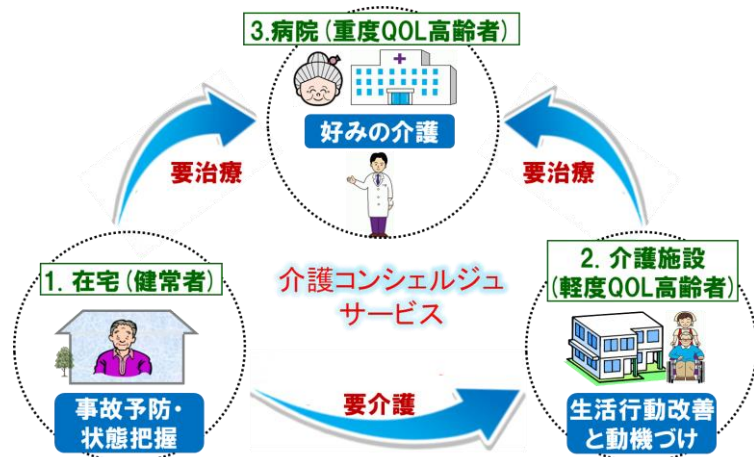


図1 本研究の全体像

## 4. 研究成果

以下、上記の3つの技術に対して得られた成果をまとめる。

### (1) 安心・安全ケア技術(転倒防止技術と高齢者の状態把握)

安心・安全ケアに基づく高齢者支援として、転倒防止と高齢者の状態把握に焦点をあて、異常状態の検知アルゴリズムを考案するとともに、多様なセンサを用いて認知症を含む生活不活発病の早期発見のための方法を探究した。

まず、高齢者の転倒防止に関しては、東京消防庁の報告によると、高齢者の緊急搬送において全体の70%を占めるのが「転倒」によるケガであり、その半数は自宅で発生していることから、本研究では(i)通常の生活を妨げないために高齢者には装置を付けずに、(ii)転倒検知ではなく転倒察知を自宅に設置することを目指す。その実現に向け、(i)に関し

ては図 2 (c)に示すように転倒察知技術を環境(床に敷くマット)に埋め込むことで対応し、(ii)に関しては転倒事故を起こす主たる原因である「摺り足」に着目する。特に、摺り足検知に関しては、同図(c)に示す圧電素子を含むマットレス型圧力センサの上を歩くと、通常歩行と摺り足による圧力センサの値が異なることから(具体的には、同図(a)に示す通常歩行はかかとが地面についた後に、地面を蹴るように離れる一方で、同図(b)に示す摺り足は足を滑らすように動かすために、足と地面との摩擦によって細かな振動が生じることから)、本研究ではその違いを利用して摺り足を検知する方法を考案し、94%の検知率を達成した。

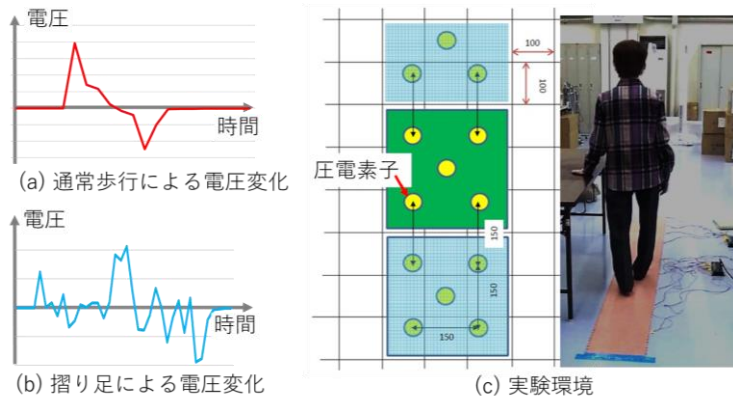


図 2 高齢者の摺り足判定

次に、認知症を含む生活不活発病の早期発見に向けた高齢者の状態把握に関しては、開発した見守りロボットを用いて、介護施設における高齢者の身体的・認知的変化を短期および長期にモニタリングすることで、高齢者の行動を的確に判定する方法を考案した。具体的には、マイクロ波センサやマットレス型圧力センサを活用しながら、RFID タグ付きパジャマなどの衣類を着用した高齢者の位置と姿勢をモニタリングすることで、誰がいつどんな状態にあるかを認識する技術を開発し、介護老人保健施設「ゆい」にて評価した。その結果を表 1 に示す。ここでは、10種類の行動を正確に分類できていることを示している。さらに、これらの行動把握から、高齢者の日常生活行動(Activities of Daily Living: ADL)を推定する方法を構築し、その長期的な変化を観察することで生活不活発病などの早期発見に貢献する状態を把握できた。

表 1 高齢者の行動分類

Activity	Classified As										Accuracy Rate
	Sitting	Standing	Walking	Vacuuming	Blow-drying	Washing Hands	Brushing Teeth	Gargling	Speaking	Stairs Up/Down	
Sitting	42 (47)	0(0)	0(1)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	1.0 (0.98)
Standing	0(0)	26 (34)	0(7)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	1.0 (0.83)
Walking	0(0)	0(0)	45 (45)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	1.0 (1.0)
Vacuuming	0(0)	0(0)	0(0)	47 (42)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	1.0 (1.0)
Blow-drying	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	39 (38)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	1.0 (1.0)
Washing Hands	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	39(39)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	1.0 (1.0)
Brushing Teeth	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	38 (35)	0(0)	0(0)	0(0)	1.0 (1.0)
Gargling	0(0)	0(1)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	3 (13)	37(0)	0(0)	0.08 (1.0)
Speaking	19(10)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	28 (24)	0(0)	0.60 (0.71)
Stairs Up/Down	0(0)	1(1)	35(5)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	17 (94)	0.32 (0.94)

## (2) 健康改善ケア技術 (生活行動改善と動機付け技術)

健康改善ケアに基づく高齢者支援として、生活行動改善と動機付けに焦点をあて、生活行動改善に貢献する行動の特定方法を考案するとともに、高齢者に与える生活情報の見える化の影響を分析した。

まず、生活行動改善に関しては、長期に亘り記録した高齢者の日常の行動情報から深い睡眠を導く行動(午前中のリハビリや午後の入浴など)を特定するデータマイニング技術を提案し、その行動を日常の生活に取り入れることで生活行動改善(深く眠ることで次の日の活力を高めること)を促した。特に、高齢者の身体的な変化(例えば、歩ける状態から車椅子での状態への変化)に応じて実施できる行動も異なることから、身体的な変化に応じた生活行動改善案を提供することで、介護施設で生活している高齢者は身体的な変化あったとしても、継続的に深い睡眠をとれるようになった。

次に、高齢者の健康に対する動機づけに関しては、ウェアラブル機器を使った高齢者の生活情報(例えば、脈拍や万歩計の数字など)をモニタリングし、計測結果を時系列に表示することによって、自己行動の把握、問題点の察知、行動変容への気持ちの変化が生ずるかを分析するために、それらを模擬した環境で被験者実験を実施した。その結果を図 3 に示す。この図において、横軸がフィードバックの違い、縦軸が実験前の結果との差を示している。フィードバックの種類としては、フィードバックなし(NFB)、短時間の言語フィードバック(SFB)、長時間の言語フィードバック(LFB)、長時間の言語+グラフ変化フィードバック(LGFB)を実施し、それらを比較した。なお、言語フィードバックとは「よく頑張りました」などの声かけによる称賛を意味し、グラフ変化は数字の変化を図として表示することを意味する。実験の結果、言語フィードバックの効果は時間が長くなるにつれて効果が

である(縦軸の値がプラスになるが), グラフ変化の表示は負の効果を生む(縦軸の値がマイナスになる)ことが明らかになった. これは本人が努力していたにも関わらず, グラフ変化の結果が本人の想像よりも低い場合, やる気がそがれてしまったためである. これより, よく商品でアピールされているグラフ表示などの絶対的な値による提示はかえって動機付けを損なわせる可能性が高いが, 声かけによる称賛は本人の想像を崩さないため, 動機付けの効果がそのまま表れることが示唆された.

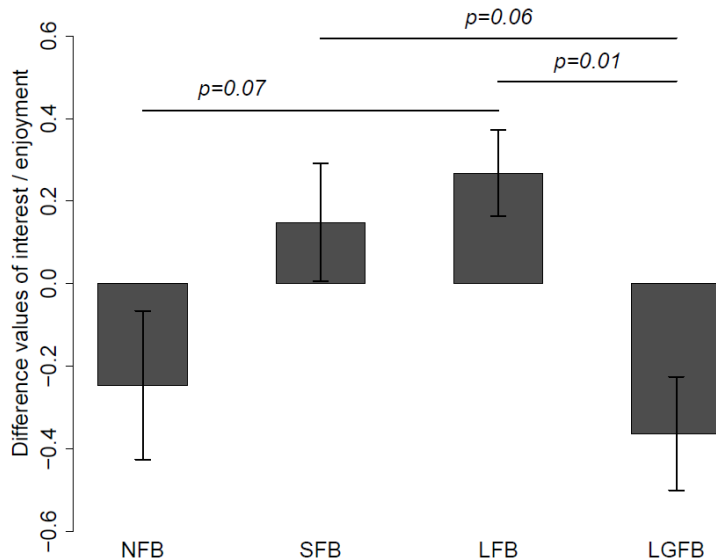


図3 異なるフィードバックによる動機付け

### (3) 快適介護ケア技術(好みの介護理解技術)

快適介護ケアに基づく高齢者支援として, 高齢者の好みの介護理解に焦点をあて, 視聴触味覚を対象に好みを測ることで, 個人の主観に寄り添う方法を探究した.

具体的には, 好みの介護に向けた心地よい手触りを実現するために(高齢者の好む質感を見出すために), 図4に示すさまざまな粗さの表面を持つスマホケースを3Dプリンターで試作し, 高齢被験者40名(男性20名, 女性20名)に触って頂くとともに, 次のことを伺い, 手触りの感じ方を分析した. 厳密には, (i) SD評定法を用いて, 図4に示すスマホケースそれぞれについて触ってみたいか, 触った感触が好きかを回答して頂くとともに, (ii) 見た目から想像した質感, 触って感じた質感をそれぞれオノマトペで回答して頂き, 高齢者が好む質感を持つ素材から想起されるオノマトペを分析した. その結果, 想起されたオノマトペの傾向から, 高齢者は若年者と比較して質感の感じ方が異なることが分かった. 具体的には, SD評定法の回答結果から, 高齢者が好むと予想されたスマホケースは予想通りに好まれる一方で, 高齢者が回答したオノマトペは予想と異なるものが想起される場合が見受けられた. 例えば, 「ざらざら」と回答されると予想していたものは「さらさら」と回答され, 「さらさら」と回答されると予想していたものは「つるつる」と回答される傾向がみられた. このことから, 高齢者の感覚の変化は質感認知に影響を与え, 表面の粗いものの手触りを若年者よりも滑らかに感じる可能性が示唆された.



図4 表面が異なるスマホケース

最後に, 上記の3つの技術((1)安心・安全ケア技術, (2)健康改善ケア技術, (3)快適介護ケア技術)をプライマリケア(総合性と受診のしやすさに基づく地域の保健医療福祉ケア)の観点から分析した. 特に, 高齢者が特異的に激増する地域(いわゆる大都市型の将来人口推移を示す東京都, 神奈川県)に着目し, それぞれの地域にみあった高齢者対策として検討したところ, いくつか改善する必要はあるが, その対策の実施可能性は高いことが明らかになった.

## 5. 主な発表論文等

以下に, 主な雑誌論文, 学会発表, 図書, 産業財産権についてまとめる. なお, 研究代表者, 研究分担者には下線を引いている.

[雑誌論文] (計28件)

- ① 高玉 圭樹, 村田 暁紀, 上野 史, 田島 友祐, 辰巳 嵩豊, 原田 智弘: Well-being Computing: 身体的・心理的・社会的健康増進技術と睡眠からの展望, 人工知能学会誌, 査読有, Vol. 32, No. 1, pp. 81-86, 2017.  
[https://jsai.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=repository\\_uri&item\\_id=1418&file\\_id=22&file\\_no=1](https://jsai.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=repository_uri&item_id=1418&file_id=22&file_no=1)

- ② 坂本 真樹：オノマトペー生活を快適にする情報技術ー，人工知能学会誌，査読有，Vol. 32, No. 1, pp. 111-116, 2017.  
[https://jsai.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=repository\\_uri&item\\_id=1422&file\\_id=22&file\\_no=1](https://jsai.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=repository_uri&item_id=1422&file_id=22&file_no=1)
- ③ 小宮山 純，松田 隆秀，石上 友章：認知症の行動と心理症状（B P S D），診断と治療，査読有，Vol. 105, No. 6, pp. 737-743, 2017.  
DOI，論文アクセス URL：なし
- ④ 沼尾 雅之：無負荷・無侵襲センサによる高齢者見守りシステム，人工知能学会誌，査読有，Vol. 31, No. 3, pp. 326-333, 2016.  
DOI，論文アクセス URL：なし
- ⑤ 小宮山 純，松田 隆秀：歩行障害，日本病院総合診療医学会雑誌，査読有，Vol. 10, No. 2, pp. 104-106, 2016.  
DOI，論文アクセス URL：なし
- ⑥ 高玉 圭樹，小峯 嵩裕：時系列歩行データに基づく環境知能型摺り足検知システム：転倒検知から転倒察知へ，人工知能学会誌，査読有，Vol. 30, No. 2, pp. 733-738, 2015.  
[https://jsai.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=repository\\_action\\_common\\_download&item\\_id=1995&item\\_no=1&attribute\\_id=22&file\\_no=1](https://jsai.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=repository_action_common_download&item_id=1995&item_no=1&attribute_id=22&file_no=1)

〔学会発表〕（計 88 件）

- ① Oishi, N. and Numao, M.：Measuring Functional Independence of an Aged Person with a Combination of Machine Learning and Logical Reasoning, The AAAI 2019 Spring Symposia, AAAI (The Association for the Advancement of Artificial Intelligence), 2019.
- ② Yonei, M., Tanaka, K.：Toward Measurement Display Content for Improving Intrinsic motivation in smart health equipment, 2019 IEEE 1st Global Conference on Life Sciences and Technologies (IEEE-LifeTech2019), pp. 206-209, 2019.
- ③ 田中 健次：不確定情報や不安感を利用して安全行動を誘因する法，電子情報通信学会，信学技法，Vol. 119, No. 13, pp. 9-12, 2019.
- ④ Takadama, K.：Can Machine Learning Correct Commonly Accepted Knowledge and Provide Understandable Knowledge in Care Support Domain? -Tackling Cognitive Bias and Humanity from Machine Learning Perspective-, The AAAI 2018 Spring Symposia, AAAI (The Association for the Advancement of Artificial Intelligence), pp. 285-290, 2018
- ⑤ Oishi, N., and Numao, M.：Active Online Learning Architecture for Multimodal Sensor-Based ADL Recognition Sense of Community in Nursing Home, The AAAI 2018 Spring Symposia, AAAI (The Association for the Advancement of Artificial Intelligence) pp. 259-266, 2018.
- ⑥ Ie, K., Albert, S., Hirose, M., Tsuchida, T., Nishisako, H., Takahata, J., Okuse, C., Matsuda, T.：Cumulative Medication Burden and the Risk of Falls among Community-Dwelling Older Adults, 22nd WONCA World conference, 2018
- ⑦ 高玉 圭樹，外村 真悟，青木 誠：無拘束センサから取得した日常生活データに基づく認知症判定：パーソナルビッグデータを用いた診療の可能性，第 12 回日本病院総合診療医学会学術総会，日本病院総合診療医学会，pp. 110, 2016.
- ⑧ Kosahara, M., Watanabe, J., Hiranuma, Y., Doizaki, R., Matsuda, T., and Sakamoto, M.：A System to Visualize Tactile Perceptual Space of Young and Old People, AAAI Spring Symposium 2016, AAAI (The Association for the Advancement of Artificial Intelligence) pp. 375-380, 2016.
- ⑨ 小宮山 純，松田 隆秀，長谷川 修：見えづらさを主訴とする若年性認知症：後部皮質萎縮症の 1 例，第 12 回日本病院総合診療医学会学術総会，日本病院総合診療医学会，2016.

〔図書〕（計 1 件）

- ① 坂本 真樹：第 6 節 オノマトペによる完成情報の定量化，触り心地の制御，評価技術と新材料・新製品開発への応用，技術情報協会，pp. 82-91, 2017.

〔産業財産権〕

○出願状況（計 9 件）

- ① 名称：情報処理装置  
発明者：大石 伸之，沼尾 雅之  
権利者：国立大学法人 電気通信大学  
種類：特許  
番号：特願 2019-05267  
出願年：2019  
国内外の別：国内

- ② 名称：情報処理装置  
発明者：沼尾 雅之，大石 伸之，永間 慎太郎  
権利者：国立大学法人 電気通信大学  
種類：特許  
番号：特願 2018-53454  
出願年：2018  
国内外の別：国内
- ③ 名称：睡眠状態からの疲労度合の推定と生活行動改善支援システム  
発明者：高玉 圭樹，梅内 祐太，志牟田 亨  
権利者：株式会社 村田製作所・国立大学法人 電気通信大学  
種類：特許  
番号：PCT/2018/01128  
出願年：2018  
国内外の別：外国
- ④ 名称：Sleep Stage Estimating Apparatus/Method/Program, Biological Data Estimating Apparatus/Method/Program  
発明者：高玉 圭樹，原田 智広  
権利者：国立大学法人 電気通信大学  
種類：特許  
番号：PCT/JP2016/050831  
出願年：2017  
国内外の別：外国
- 取得状況（計 0 件）

[その他]

なし

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

- ① 研究分担者氏名：沼尾 雅之  
ローマ字氏名：Masayuki Numao  
所属研究機関名：電気通信大学  
部局名：大学院情報理工学研究科  
職名：教授  
研究者番号（8 桁）：90508821
- ② 研究分担者氏名：田中 健次  
ローマ字氏名：Kenji Tanaka  
所属研究機関名：電気通信大学  
部局名：大学院情報理工学研究科  
職名：教授  
研究者番号（8 桁）：60197415
- ③ 研究分担者氏名：坂本 真樹  
ローマ字氏名：Maki Sakamoto  
所属研究機関名：電気通信大学  
部局名：大学院情報理工学研究科  
職名：教授  
研究者番号（8 桁）：80302826
- ④ 研究分担者氏名：松田 隆秀  
ローマ字氏名：Takahide Matsuda  
所属研究機関名：聖マリアンナ医科大学  
部局名：医学部  
職名：教授  
研究者番号（8 桁）：40190475

### (2) 研究協力者

なし