

# 研 究 報 告 書

## 「学習進化機能に基づくスパイラル・ケアサポートシステム」

研究タイプ：通常型

研究期間：平成 21 年 10 月～平成 25 年 3 月

研究者：高玉 圭樹

### 1. 研究のねらい

我が国は、2025 年に総人口の 35%(3500 万人)弱が 65 歳以上の高齢者が占めると推定され、世界で最も高齢化が進んだ社会となる。このような社会情勢の中、現在の介護福祉施設は 65 歳以上の高齢者(老人福祉法上では 40 歳以上)で、介護保険上「要介護」に認定された人を対象とした入所サービスを実施しており、自宅で適切な介護を受けることが困難な高齢者がケアを受けている。入居者の多くは「自立」が困難、もしくは寝たきりの高齢者であるため、各居室で生活する入居者に対し、複数の介護士が交代で食事から運動、服薬、排泄等の生活支援および健康状態の管理を行っている。

このような背景から、本研究では現代の高齢化社会に欠くことのできない介護支援に焦点をあて、(1)入居者(高齢者)、(2)介護士、(3)経営者が抱えるそれぞれの問題を相乗効果的に解決することによって介護の質の向上を目指す。特に、介護施設において重要な「快眠・快食・快便」という健康的で過ごし易い快適な生活の中で「睡眠」に着目し、深い睡眠を導く介護支援に取り組む。具体的には、(1)入居者の観点では睡眠が浅く夜中に起きる回数が多い問題、(2)介護士の観点では入居者毎の個別ケアが厳しい問題、(3)経営者にとっては介護のノウハウが明らかでないために、介護の質を維持できない問題があるため、それらの解決策を探究する。

この目標達成に向け、本研究では「(1)無拘束で睡眠状態を推定できれば、入居者の睡眠を妨げずに睡眠の良し悪しを評価できる、(2)入居者の睡眠状態を評価できれば、深い睡眠を導く入居者毎のケアプランを設計できる、(3)深い睡眠を導く介護が実現すれば、その介護ノウハウが蓄積され、それが再び入居者への介護に活用される」という介護支援のスパイラル向上を目指す。具体的には、(1)入居者毎に異なる睡眠のリズムと年齢にともない浅くなる睡眠変化を考慮した睡眠モニタリングエージェント、(2)入居者毎に深い睡眠を導く適切なライフスタイルを設計するケアプラン設計エージェント、(3)入居者毎に用意されたエージェントに蓄積された介護記録から有用な知識を抽出する介護士育成支援エージェントを考案する。更に、それらを統合したスパイラル・ケアサポートシステムを構築し、その有効性を介護福祉施設にて検証する。

### 2. 研究成果

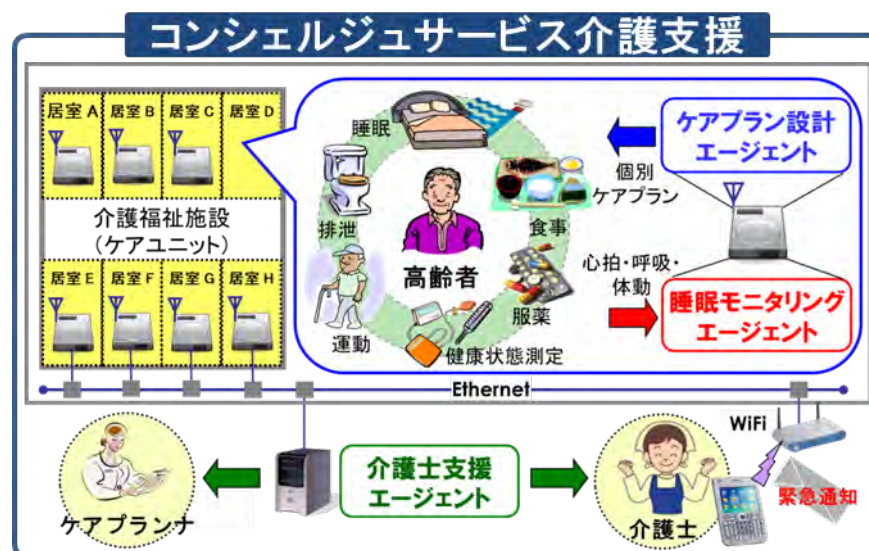
#### (1)概要

提案するスパイラル・ケアサポートシステムは、今まで決められたスケジュール(食事やリハビリの時間が決められているなど)での生活しかできなかった入居者に対して、個々のライフスタイルを考慮した上での適切な介護を実現できるコンシェルジュサービス介護支援を可能にした。具体的には、下図に示すように3つの機能(睡眠モニタリングエージェント、ケアプラン設計

エージェント、介護士支援エージェント)が有機的に結び付くことによって実現する[1, 4]。システム構成としては、睡眠モニタリングとケアプラン設計の両エージェントは、各居室の PC (あるいはタブレット)に導入され、入居者の睡眠状態を把握するとともに、深い睡眠を導くケアプランを設計する。一方、介護士支援エージェントは介護施設のサーバ室の PC に導入され、介護のノウハウを蓄積することによって介護の質を向上させる。

これらの 3 種類のエージェントは次のように機能する。まず、健康モニタリングエージェントは、就寝中に入居者の心拍と体動のデータをベッドの下に敷いたセンサから無拘束状態で測定し、入居者の睡眠段階の推定を可能にする[2]。続いて、ケアプラン設計エージェントは、推定した睡眠段階から数多くのケアプラン(一日のスケジュールに相当する)の中で入居者が深い睡眠を導いたケアプランを選び、どのような要因が深い睡眠を導くのかのデータマイニング(例えば、午前中にリハビリをすると眠りが深くなるなどの知識抽出)を可能にする[3]。さらに、介護士支援エージェントは、このような知識を蓄え、介護士間での共有を促進するとともに、入居者の気持ちの変化を察知し、それを介護士に伝えることによって、入居者に寄り添った介護を実現する[5]。

このようなエージェントが連携することによって、コンシェルジュサービス介護支援が可能となる。具体的には、健康モニタリングエージェントが入居者毎の睡眠状態を把握するとともに、ケアプラン設計エージェントがその情報を基に入居者毎に適したケアプランを設計し、介護支援エージェントが入居者の気持ちの変化を介護士に伝えることによって、入居者ごとのケアを可能にする。このような介護は現在の介護施設では実現できておらず、個々の入居者に対していきいきとしたライフスタイルを提供する新たな介護の可能性を示している。



## (2) 詳細

### ○研究テーマ1: 個人差と年齢の影響を考慮した睡眠段階推定技術の確立

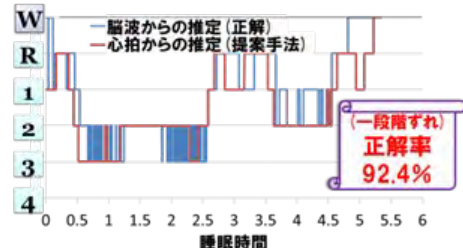
無拘束で睡眠段階を推定する技術には、心拍データから中周波数成分を抜き出す方法が提案されているが、(1)推定精度は個人差があるだけでなく、同じ人でも日によって異なる。また、(2)年齢とともに変化する睡眠段階(高齢者になると深い睡眠の割合は減ることなど)は考慮で

きておらず、介護施設にいる入居者にそのまま適用するには限界がある。そこで、本研究では個人差と年齢の影響を考慮した睡眠段階推定方法[2]を考案し、その有効性を介護施設で検証した。具体的には、下図(左と中央)のように、ベッドの下に心拍データを測定可能なセンサ(本研究では EMFIT 社のセンサを採用)を敷き、そのデータから各人にあった睡眠段階の推定に成功した。病院で採用されている睡眠段階測定法である脳波から推定した睡眠段階と比べたところ、下図(右)のようにほぼ同じ睡眠段階を推定できていることが明らかになった。なお、縦軸は睡眠段階、横軸は時間を示し、青は脳波から推定した睡眠段階、赤は提案手法で推定した睡眠段階を示している。特に、1 段階の睡眠段階のずれを許容した場合、92.4%と高い正解率で一致している。

#### ・介護施設でのシステム設置



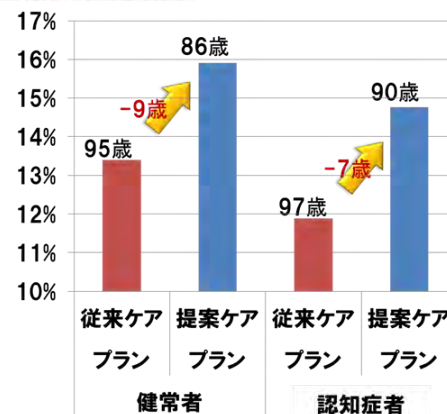
#### ・実験結果



#### ○研究テーマ2: ケアプランのためのデータマイニング技術の確立

今まで数多くのデータマイニング手法が提案されているが、介護施設で生活する入居者の睡眠に関する知識をマイニングする場合、(1)同じスケジュールでも睡眠の深い日と浅い日がある(これは矛盾したデータを意味し、ノイズに対処する以上に困難である)。また、(2)どの日でも深く眠れる汎用知識に加えて、誕生日など特別な日の特殊知識の同時獲得ができない(多くの手法は後者をノイズとして扱う)。そこで、本研究では矛盾したデータの重みを下げ、汎用知識と特殊知識を同時に獲得可能なデータマイニング手法[3]を考案し、その有効性を介護施設で検証した。具体的には、提案手法で得られた知見をケアプランに適用したところ、右図のように深い睡眠を表す睡眠段階 3 と 4 の割合が健常者も認知症者も高くなった。なお、縦軸は睡眠段階 3 と 4 の割合、横軸は健常者と認知症者の違いを示し、赤は従来ケアプラン、青は提案ケアプランを示している。特に、この睡眠段階 3 と 4 の割合で寝る人の年齢を全国平均から計算すると、健常者で 9 歳若い睡眠、認知症者では 7 歳若い睡眠の実現に成功している。

#### 睡眠段階34割合



#### ○研究テーマ3: 高齢者の気持ちの変化を察知する技術の探究

介護士が入居者にしてあげたいことと入居者が望むことは必ずしも一致しないため、ずれが生じ、介護の質が向上しない。そこで、本研究では入居者の気持ちを察知し、それに即したケアプランを提供することで介護士と入居者のずれを減少させる手法[5]を考案し、その有効性を介護施設で検証した。具体的には、提案手法で得られた知見をケアプランに適用したところ(厳密には、食事(特に副食)の量を半分以下とし、かつ、嫌いで実施していないリハビリを午前中

に実施したところ)、睡眠が深くなることが分かった。下表は朝食(副食)の量とリハビリに関するもので、左から項目、介護士がしてあげたいこと、介護士の思う高齢者の希望、提案手法が推定した高齢者の希望を表し、数値(0～100)は希望の大きさを表している。これより、食事の量もリハビリも高齢者の希望が異なるため、実際に高齢者に尋ねたところ、同室の方が亡くなり食欲が湧かなくなり、かつ、そのときから自分の死を意識し、今患っている糖尿病と戦うためにリハビリに前向きになったとのことである。このような高齢者の希望の推定は提案手法のみが成功しており、それに即した介護が深い睡眠に貢献している。

－ 食事:副食の量を半分以下

項目	介護士	高齢者(現在)	高齢者(推定)
食べない	0.00000	0.04135	0.00000
少量	0.00048	0.98472	0.00000
...	0.28609	10.29261	99.00000
中間	13.31050	47.21935	0.00000
...	47.87307	95.08146	0.00000
定量	100.00000	84.03362	0.00000

－ リハビリ:“なし”→“午前”

項目	介護士	高齢者(現在)	高齢者(推定)
なし	10	50	1
午前	100	15	50
午後	50	10	3
両方	40	10	0

### 3. 今後の展開

今までは、介護施設で生活している高齢者に対するコンシェルジュサービス介護支援を探究してきたが、全員が介護施設に入居できるわけではない。この問題を解決するために、提案システムの在宅介護への展開を検討している。具体的には、高齢者、その家族、病院、デイケアセンターをコンシェルジュサービスネットワークで結び、ケアサポートエージェントによる広範囲からの見守りを実現する。例えば、高齢者を機械的に24時間見守るだけでなく、深く眠れない日々が続いたら、その家族に通知し、家族から電話をかけるきっかけを与えるようなエージェントと人の協同による「つながり」を深めるケアなどが考えられる。

さらに、このような在宅介護を中心としたコンシェルジュサービスネットワークを広げ、数多くの在宅に提案エージェントを導入することによって、街全体で見守りを可能にするスマートタウンを構想している。現在、数多くの介護施設や病院などとの接点ができたため、それらを活かして展開したいと考えている。

### 4. 自己評価

本研究では、介護支援における入居者(高齢者)、介護士、経営者が抱えるそれぞれの問題を解決することによって介護の質の向上を目指してきた。この目標に対し、介護施設の入居者にとって重要な「快眠・快食・快便」のうち「睡眠」の側面であるが、各問題は解決され、個々のライフスタイルを考慮した上での適切な介護を実現できるコンシェルジュサービス介護支援の可能性を示すことに成功した。これより、さがけ研究期間で得られた研究成果は研究のねらいを「睡眠」の側面からある程度実現できたと考えている。ただ、提案手法の有用性を検証するには、介護施設の数も高齢者の数も十分ではない。得られた成果をより確実にするには、それらの数も増やしていかなければならず、ここは今後の課題として実施していく予定である。

### 5. 研究総括の見解

本研究は、被介護者への個別対応から介護士の育成支援までを含むトータルな介護支援システムの構築を目標としている。本研究の優れた点は、まず研究の評価方法を確立したこと

である。具体的には、介護支援の評価指標として「快眠」をとりあげ、無拘束で睡眠段階を推定する技術を開発した。即ち、ベッドの下に心拍データを測定可能なセンサを敷き、そのデータから各人の睡眠段階を推定した。機械学習技術の適用により、1段階の睡眠段階のずれを許容した場合、92.4%という高い正解率で睡眠段階の推定を可能としている。次に、被介護者を快眠に導くケアプラン作成を目指して、どの日でも深く眠れる条件を表す汎用知識と、誕生日などの条件を表す特殊知識に分け、汎用知識と特殊知識を同時に獲得可能なデータマイニング手法を考案している。さらに、得られたケアプランの有効性を実際の介護施設で検証し、健常者で9歳若い睡眠、認知症者では7歳若い睡眠の実現に成功している。本研究は、介護環境を先端情報技術を用いて改善し、介護施設との連携によってその効果を検証したもので、介護の重要性が高まる我が国において、大きな社会的貢献に繋がる研究である。

## 6. 主な研究成果リスト

### (1) 論文(原著論文)発表

1. Takadama, K.: ``Towards Spiral Care Support System: Evaluating Sleep Stage for Care Plan Optimization,” The Fourth International Symposium on Medical Information and Communication Technology (ISMICT 2010), 2010.
2. Takadama, K., Hirose, K., Matsushima, H., Hattori, K., and Nakajima, N.: ``Learning Multiple Band-Pass Filters for Sleep Stage Estimation: Towards Care Support for Aged Persons,” IEICE (The Institute of Electronics, Information, and Communication Engineers) Transactions on Communications, Vol. E93-B, 2010, No. 04, pp. 811-818.
3. Takadama, K.: ``Exploring Individual Care Plan for a Good Sleep,” The AAAI (The Association for the Advancement of Artificial Intelligence) 2012 Spring Symposia, Self-tracking and Collective Intelligence for Personal Wellness, 2012, pp. 60-64.
4. Takadama, K.: ``Towards Next-generation Care Support: Your Own Agent improves Your Health,” International Conference on Humanized System 2012 (ICHS 2012), 2012 (invited talk).
5. Takadama, K.: ``Towards a Care Support System that Can Guess The Way Aged Persons Feel,” The AAAI (The Association for the Advancement of Artificial Intelligence) 2013 Spring Symposia, Data Driven Wellness: From Self-Tracking to Behavior Change, 2013, in press.

### (2) 特許出願

なし。

※今後、特許の出願を大学の担当者と検討する予定である。

### (3) その他の成果(主要な学会発表、受賞、著作物、プレスリリース等)

・招待および依頼講演

1. 高玉 圭樹: ``学習進化機能に基づくスパイラル・ケアサポートシステム”, 人工知能学会, JAWS'09 (Joint Agent Workshops and Symposium), 2009, pp. 46.
2. 高玉 圭樹: ``学習進化機能に基づくスパイラル・ケアサポートシステム: 睡眠中にそつと見守る自分だけのパートナー”, 情報処理学会, 創立 50 周年記念全国大会, 2010.

3. 高玉 圭樹: ``コンセルジェサービス介護支援: そっと見守るあなただけのエージェント'', 計測自動制御学会, システム・情報部門, 第5回関係論的システム科学調査研究会, 2012.
4. 高玉 圭樹: ``コンセルジェサービス介護支援: あなたの健康を把握・改善するエージェント'', 千葉労災病院リハビリテーション科研究会, 2012.
5. 高玉 圭樹: ``コンシェルジュサービス介護支援: あなただけのライフスタイル設計に向けて'', 第2回総合コミュニケーション科学シンポジウム, 2013.

・受賞

1. 進化計算学会 進化計算シンポジウム 2011 最優秀発表賞(論文賞)
  2. 進化計算学会 進化計算シンポジウム 2012 最優秀発表賞(論文賞)
- ※ 上記以外に、さがけ関連の研究で指導学生が受賞したものとして、IEEE CIS 日本支部 Young Research Award(2 件)、進化計算学会 進化計算シンポジウム 2010 ベストポスター発表賞(1 件)がある。