

# 社会的孤立の測定とケアを目的とした介護施設向け見守りシステムフレームワークの提案

永間 慎太郎<sup>1</sup> 沼尾 雅之<sup>1</sup>

**概要:** 世界中で高齢化は進んでおり、介護負担の軽減のために見守りシステムが導入され始めている。既存の見守りシステムは、単機能のものがほとんどであり、例えば、床センサによって起床を検知する。しかし見守りシステムに求められる機能は非常に多く、拡張性と柔軟性が求められる。特に近年、高齢者の健康寿命を伸ばすことに関心が高まっており、日中の日常生活動作をモニタリングし、高齢者の健康状態を把握し、維持・向上していくためのケアに繋がるような見守りシステムにしていく必要がある。そのために必要な機能を分析したところ、複数のセンサー・複数シナリオを制御できる仕組みが必要であることがわかった。そこで本研究では介護施設向けに複数人のモニタリングが可能で、多機能かつ機能の追加・変更が可能な、見守りシステムを構築するためのフレームワークを提案する。見守りシステムフレームワークでは、システムに使用するセンサーやアクチュエーターの追加・変更が容易であり、システムの挙動も自由に変更可能なため、施設で求められるシナリオにも柔軟に対応することができる。フレームワークを用いて実装した見守りふくろうを用いてフレームワークの動作検証を行い、新たなセンサーの追加、シナリオを記述することで対話処理を行えることを確認した。

## Monitoring System Framework for Caring Social Isolation in Nursing Home

SHINTARO NAGAMA<sup>1</sup> MASAYUKI NUMAO<sup>1</sup>

### 1. はじめに

世界中で高齢化は進んでおり、国連の報告によると、2019年時点で65歳以上の高齢者は7億人を超えた。1990年時点で65歳以上の割合は6%程度であったが、2050年には16%まで達すると言われている [1]。日本でも高齢化は進んでおり、65歳以上の占める割合は2018年10月時点で28.1%である。そこで介護分野では介護者の負担を軽減するために、介護ロボットや見守りシステムが導入され始めている。これまで出ている見守りシステムの多くは、ベッドなどにセンサーをとりつけ、高齢者の転倒を検知するとアラートを出すような事故の通知・防止機能がメインである。しかし介護施設で使われている見守りシステムには、機器のアラームが鳴った後に訪問高齢者のところを訪問す

るため間に合わないことや、複数のコールがあった場合に緊急度や優先度の判断が難しいこと、などの課題が残っている上、介護者の負担軽減のための機能や、転倒などの事故を通知・防止するだけでなく、高齢者の自立支援に向けて現状のケアのプロセスや内容を見直すためのサポートなることが期待されている [2]。

また、生活不活発病や認知症などの様に、歳をとるにつれて症状が出てくる問題にも対応していく必要がある。中でも「社会的孤立」は高齢化が進むとともに近年問題となってきた。高齢者は配偶者やパートナーと死別、友人や家族から離れる、退職など、繋がりがコミュニティを失うことをきっかけに社会的孤立に陥るリスクが高くなる。アメリカ国立老化研究所によると [3]、社会的孤立に陥ると高血圧、心臓病、肥満、免疫の低下、抑うつ、認知機能の低下、アルツハイマー病、さらに死までの様々な部分へ影響があるとされている。見守りシステムを通して、高齢者の社会的孤立へのケアを行うことができれば、介護施設での高齢

<sup>1</sup> 電気通信大学大学院 情報理工学研究所  
情報・ネットワーク工学専攻  
The University of Electro-Communications

者の生活の質を改善できる可能性もある。しかし社会的孤立は転倒検知や事故防止のような個々人を見守る機能だけでは測ることができず、周囲とのコミュニケーションを始めとした社会的活動 (SADL: Social Activity of Daily Living) のモニタリングも必要になる。ここで、社会的活動 (SADL) とは本研究で独自に定義したもので、他社との会話やレクリエーションへの参加といった他社や社会と関わる活動のことを示している。高齢者の周囲とのコミュニケーションや社会的活動をモニタリングするには、寝室や個室だけでなく、談話室や食堂などでの日中の介護施設での行動もセンシングできるような、広範囲に様々なセンサーを用いて常時見守るシステムでなければならない。そして、新しい機能が施設に急遽必要になった場合は、施設で既に利用しているセンサーを使ったり、センサーを変更・追加してそれぞれの施設にマッチした機能を追加できるように、システム全体が柔軟に対応できる必要がある。

そこでマルチモーダルセンサーに対応した見守りシステムを構築するためのフレームワークを提案する。このフレームワークはセンサー情報を集める「センサーレベルデータフロー」とそれらのセンサーデータから認識や分類を行う「概念レベルデータフロー」、そしてログの吐き出しやロボットへの発話指示、アラートを出すなどのアクションを制御する「行動レベルデータフロー」の3つの層から成り立つ。役割によって層をわけ、センサーデータを受け渡ししながら処理を行っていくため、それぞれの層は疎結合になっており、センサーやアクチュエーターの追加・変更にも柔軟に対応でき、施設が必要な動作をシナリオとして自由に設定できる。本研究ではこの見守りシステムフレームワークを使って開発した「見守りふくろう」を使ってフレームワークの動作検証を行う。

## 2. 介護施設におけるシナリオ

本研究では、高齢者が朝起きると、ロボットが挨拶をしてバイタルチェックを行うような一連の出来事を「シナリオ」と呼ぶ。介護施設で必要とされるシナリオは、介護業務の省力化に繋がるようなものもあれば、従来の見守りシステムにも組み込まれているような異常発生時のシナリオ、日常生活動作の認識、住環境の制御など多岐に渡る。図1に示すように、介護施設で起こるシナリオは以下の4つにグルーピングできる。

- 異常検知シナリオ
- 環境管理シナリオ
- ヘルスチェックシナリオ
- コミュニケーションシナリオ

異常検知シナリオは既存システム [4] にもあるように、転倒を検知すると家族や介護士へ知らせるようなものであり、見守りシステムには必須であり最も重要なシナリオであると考えられる。介護施設は高齢者が過ごしやすいうちに温湿度

をある一定の値に保つ必要があり、介護施設の設備や環境に関するシナリオが環境管理シナリオとして存在する。健康状態や行動を把握・認識するシナリオはヘルスチェックシナリオ、そして施設内の高齢者同士や、ロボットとの交流に関するものはコミュニケーションシナリオとグルーピングできる。

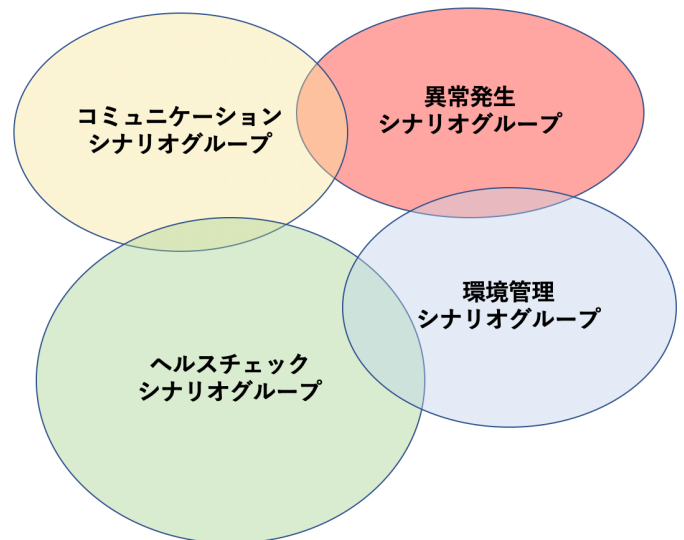


図1 介護施設におけるシナリオ

社会的孤立は身体的な衰退や認知機能の低下、他社との関わりがなくなることから陥るため、それらを日中の日常生活から知る必要がある。そういった社会的孤立を測るためのシナリオについて詳細に説明する。

### 2.1 社会的孤立の測定に必要なシナリオ

社会的孤立の把握のためには身体的な衰退や認知機能の衰退、そして社会との関わりを日中の日常生活から知る必要がある。これらをここでは「身体機能測定シナリオ」、「認知機能測定シナリオ」、「社会的活動認識シナリオ」と呼ぶ。これらの3つについて詳細に述べる。

#### 2.1.1 身体機能測定シナリオ

身体機能は食事をする、排泄を行う、移動するといった個人の日常生活動作の測定がメインとなる。測定項目としては、介護施設で暮らす高齢者が自宅へ復帰可能かどうかを判断するための材料として用いられることもある Functional Independence Measure (FIM) [5] の運動項目などが挙げられる。

#### 2.1.2 認知機能測定シナリオ

認知機能測定項目としては FIM の認知項目や、長谷川式簡易知能評価スケール [14] などが挙げられる。認知機能の測定は身体的な日常生活動作から把握することは困難であるため、長谷川式簡易知能評価スケールのように、対話による測定が現実的である。

運動項目										認知項目							
セルフケア					排泄		移乗		移動	コミュニケーション			社会認識				
食事	整容	清拭	更衣(上半身)	更衣(下半身)	トイレ動作	排泄コントロール	排泄コントロール	ベッド・椅子・車椅子	トイレ	浴槽シャワー	歩行・車椅子	階段	理解(聴覚・視覚)	表出(音声・非音声)	社会的交流	問題解決	記憶
計42～6点					計14～2点		計21～3点		計14～2点	計14～2点			計21～3点				
運動項目 計91～13点										認知項目 計35～5点							
合計 126～18点																	

図 2 FIM の評価項目一覧

### 2.1.3 社会的活動認識シナリオ

社会的活動とは、他社とのコミュニケーションなど社会的交流のある活動のことを指す。施設内の他者との会話やレクリエーションへの参加の他、介護スタッフとの会話、家族との面会などが含まれる。社会的活動の測定項目としては、具体的には LUBBEN SOCIAL NETWORK SCALE-6[9] と De Jong Gierveld Loneliness Scale の Social Loneliness に関する項目 [10] などが参考になる。この 2 つの尺度は「一週間に何回友人と話したか」といった行動ベースの採点と「話せる人が身近にいるか」といった対話から得る情報の 2 種類が存在する。

## 3. 見守りシステムフレームワークの要件と提案

### 3.1 見守りシステムとフレームワークの要件

高齢者の転倒検知などはベッドや個室で行うと可能だが、健康状態を測り、さらに社会的孤立を把握するには日中の行動を見守るには以下のような機能を見守りシステムは実現できなければならない。

- 寝室だけでなく食堂や談話室など施設全体を広範囲にセンシングできること
- 複数人のモニタリングができること
- 会話や対話からの情報収集ができること
- 新たな課題が出てきたときに解決する機能を追加できること

これらを実現するにはフレームワークとしては以下のよう な事項を満たす必要がある

- 使用するセンサーは柔軟に変更・追加できる
- スピーカーなどのアクチュエーターは柔軟に変更・追加できる
- 人物の情報を何らかの形で保存しセンサーデータと紐付けできること
- シナリオの変更・追加ができること
- シーケンス的な処理だけでなく対話のようなインタラクティブなシナリオを実現できること

社会的孤立の測定や COVID-19 の様な新しい脅威へも迅速に対応できるように機能の追加を可能にするには、センサーやアクチュエーターの変更・追加に加え、シナリオ

の変更・追加も容易である必要がある。

### 3.2 見守りシステムフレームワークの提案

上述したような見守りシステムフレームワークの要件を満たすような、センサーやアクチュエーターの変更・追加が容易で、施設内でのシナリオを自由に設定できる見守りシステムフレームワークを提案する。

提案するフレームワークの全体像を図 3 に示す。フレームワークには、流れてきたセンサーデータを加工・マージするセンサーレベルデータフローと、アクチュエーターを動作させる行動レベルデータフロー、そしてセンサーデータから認識を行い、認識結果を行動レベルデータフローへ渡す概念レベルデータフローの 3 つの層が存在する。行動レベルデータフローにはシナリオを優先度と状況に合わせて遂行するためのシナリオエンジンが含まれる。

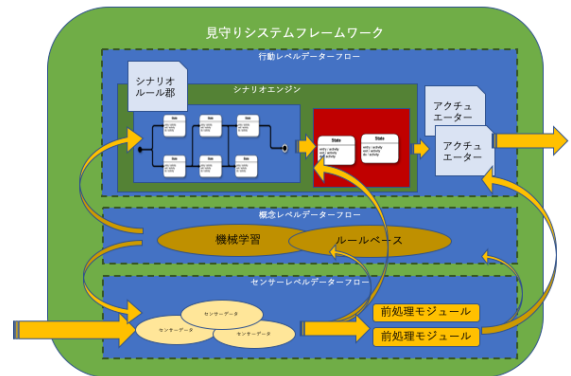


図 3 見守りシステムフレームワークの全体像

センサーレベルデータフローはセンサーデータを受け取り、概念レベルデータフローや行動レベルデータフローにデータを流す役割を持つ。また、その際にセンサーデータを結合するなどの前処理も行う。概念レベルデータフローは受け取ったデータを使って何らかの認識を行い、認識結果を行動レベルデータフロー、もしくは再度前処理を行うためにフレームワークの入力としてセンサーレベルデータフローへ渡す役割を持つ。行動レベルデータフローは受け取ったデータをシナリオエンジンへ渡し、シナリオエンジンが次に実行すべきアクションと動作させるアクチュエーターを決定して、アクチュエーターを動作させる。

### 3.3 センサーレベルデータフロー

使用するセンサーの追加や変更を可能にするためにセンサーデータフローは、図 4 の様にデータを受け取るモジュールと前処理のモジュールに分けている。センサーデータをフレームワークへ送信するプログラムに変更があった場合は、データ受け取りモジュールを変更することで、データをフレームワークの中に取り込むことができる。データ受け取りモジュールに変更があった場合、前処理モ

ジュールの変更やそれから先のモジュールの変更が必要になるが、他のセンサーモジュールや、前処理そのものの処理に影響はない。

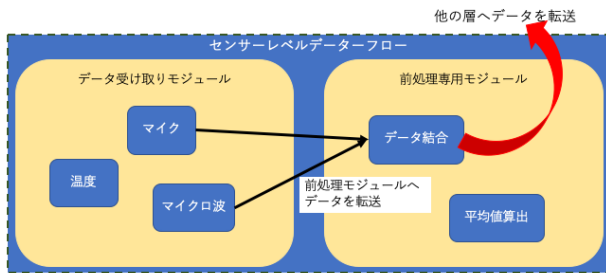


図 4 センサーレベルデータフローの詳細

### 3.4 概念レベルデータフロー

概念レベルデータフローは受け取ったデータを用いた認識を行う。図5に示すように、概念レベルデータフローにおける認識モジュールはフレームワークを流れるデータを用いて、何らかのプログラムを動作させて認識を行う。例えば、加速度データを入力として、その加速度から高齢者が静止しているのか、動いているのか、転倒したのかを分類するようなモジュールが考えられる。認識の処理を行うプログラムは入出力のインターフェースさえ変えなければ認識部のアップデートが容易になる。

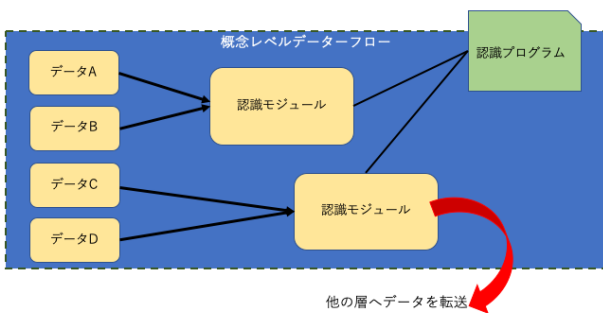


図 5 概念レベルデータフローの詳細

### 3.5 行動レベルデータフローとシナリオエンジン

行動レベルデータフローは図6に示すように、データを受け取った後、シナリオエンジンへそのデータを渡す。シナリオエンジンは本研究で定義した形のシナリオルールに従って動作する。まずそのシナリオルールについて説明する。シナリオは「高齢者が朝起きたらシステムは起きた人物とその時間をロギングする」といったように「何かを

トリガーとしてアクションを実行する」一連の流れを指す。そのシナリオを定義するためには複数のパラメータを扱う必要があり、本研究ではシナリオに必要なパラメータの集まりをシナリオルールと呼ぶ。シナリオルールは以下のようなパラメータをもつ。

- シナリオの条件
- シナリオラベル
- シナリオの重要度
- シナリオの継続時間
- シナリオ実行時に操作するアクチュエーター情報

シナリオの条件は if-then ルールで記述され、どのような状態のときに、何を行うかを示すものである。シナリオラベルは「挨拶」や、「バイタルチェック」など、行うシナリオが何であるか示すものである。見守りシステムでは様々なシナリオを扱うが、日常会話をするシナリオと異常検知をしたときのシナリオでは、異常検知のシナリオのほうが優先して遂行されるべきであるため、シナリオの重要度も記述する必要がある。重要度と継続時間も用いてシナリオエンジンが優先度順に、継続時間内のシナリオを実行していく。

シナリオエンジンはこのシナリオルールに従い、現在の状態と受け取ったデータを用いて、次に実行すべきシナリオを判別する。そしてそのシナリオで動作させるアクチュエーターの情報をアクチュエーター選択モジュールへ渡す。アクチュエーター選択モジュールは受け取った情報を元に、どのアクチュエーターを動かすか選択肢、プログラムを呼び出す。アクチュエーターを動かすプログラムは外部へ切り出しておくことで、アクチュエーターのプログラムは他のモジュールと疎結合になり、アクチュエーターの追加や変更が容易となる。また、シナリオを変更してもアクチュエーターのプログラムを変更する必要はない。

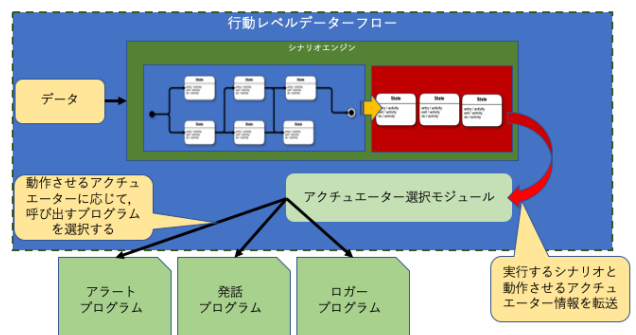


図 6 行動レベルデータフローの詳細

#### 3.5.1 シナリオルールの記述方法

提案するフレームワークでは、センサーレベルデータフローを流れるセンサー情報や概念レベルデータフローからの認識結果の情報と、上述した形式に従って記述されたシ

```

if personIsGreeting then executeScenario = greeting
elsif personEmotion = angry and executingScenario = greeting
then executeScenario singing

```

図 7 シナリオールの記述例

ナリオールのパラメータを用いることで、どのシナリオを実行するか if-then ルールで選択される。シナリオ選択のための if-then ルールの記述について、以下の2つのシナリオを例に説明する。

- 人が挨拶していたら挨拶シナリオを実行する
- 感情が「怒り」で、挨拶シナリオが実行中であれば歌うシナリオを実行する

まず、以下にシナリオールのパラメータの例を示す。limit がシナリオの継続時間を表しており、action には開発者が作成したアクチュエーターを動作させるためのキーワードを指定し、content にはアクチュエーターを動かすためのパラメータを指定する。この例では、挨拶をするときも歌うときも発話モジュールを用いることから、“speak”というアクションを用意しており、content の中身を発話する。

表 1 シナリオのパラメータ

scenarioLabel	greeting
priority	2
limit	30[s]
action	speak
content	”こんにちは。”
scenarioLabel	singing
priority	2
limit	10[s]
action	speak
content	”春が来た春が来た...”

次に、if-then ルールでのシナリオ選択方法について説明する。構文としては“if”と“then”もしくは“elsif”と“then”の間にシナリオの実行条件を記述し“then”のあとにはシナリオを実行する処理を記述する。条件が1つの場合は“if”を使用し、2つ以上の時は最初の条件のみ“if”で記述し2つ目以降は“elsif”で記述する。特徴的なのは、シナリオの連鎖を可能にするために“executingScenario”という現在実行中のシナリオを条件の中で使えるようにしている。

このような記述方法で図8に示すように介護施設内で行うシナリオを状態遷移図の様に宣言することができる。

### 3.5.2 シナリオの設定方法

次に、シナリオの設定方法について述べる。

## 4. フレームワークの実装

### 4.1 フレームワークの実装

フレームワークの実現には fluentd をベースにし、シナ

## コミュニケーションシナリオ 異常検知シナリオ

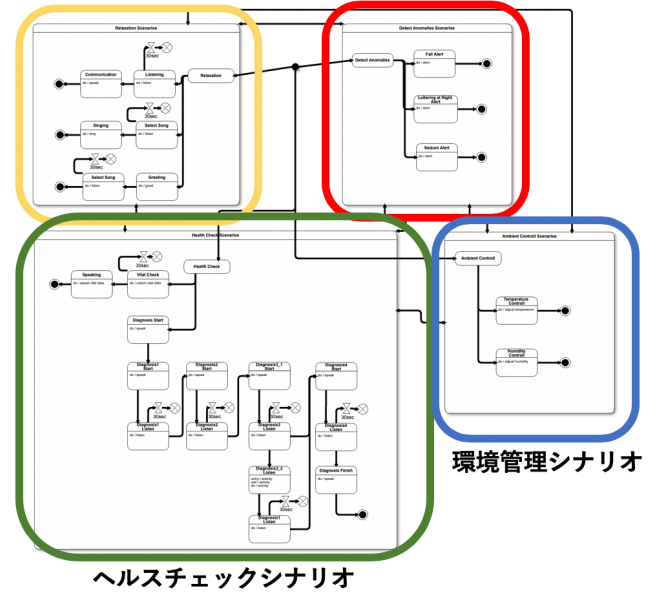


図 8 状態遷移図として表した介護施設でのシナリオ

リオエンジンは Go lang を用いて開発した。フレームワークの利用者は fluentd の設定ファイルを記述することで、フレームワーク内の各モジュールを追加・変更することが可能となっている。fluentd で記述する内容のイメージ図をに示す。このように処理ごとに fluentd の Label を用いて、各モジュールを繋ぎ合わせて認識やアクチュエーターの動作が行われるようにしていく。図9では、3つのデータ受け取りモジュール、2つの前処理モジュール、1つの認識モジュール、そして4つのシナリオを定義している。データ受け取りモジュール以外は各モジュールにユニークなラベルを付与することで、fluentd に流れるタグ名は意識せずにシナリオを構築できる。

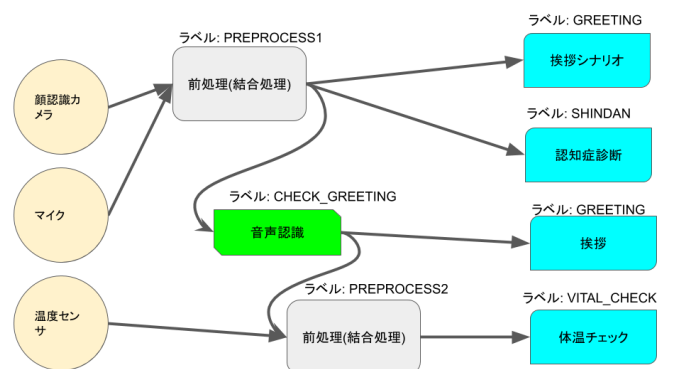


図 9 シナリオを構築するイメージ

## 5. 見守りふくろう

フレームワークを用いて実装した見守りふくろうを図10に示す。見守りふくろうはカメラ、マイク、スピーカー、温度センサー、マイクロ波センサーを扱えるようにしてい

る。カメラやマイクなどのモジュールはそれぞれがフレームワークにデータを流すように、スピーカーのみフレームワークからデータを受け取ってから動作するようにプログラムしている。データを受け取ってはすべてフレームワークのルールに従って fluentd の設定ファイルに処理を記述している。



図 10 見守りふくろう

## 6. 検証実験

実装した見守りふくろうを用いてフレームワークの動作検証と社会的孤立のためのシナリオの動作確認を行う。フレームワークの動作検証としては、介護施設に見守りふくろうを設置し、談話室を訪れる社会的活動をモニタリングシナリオを通して行った。図 11 には実際に介護施設に見守りふくろうを設置して 24 時間談話室をモニタリングした時の高齢者の在室ログを示す。図 11 に示すように、高齢者の談話室を訪れるアクティビティを取ることができ、また一人であるのか二人であるのかも判別することができた。誰が在室しているのかも分かるため、複数人にも対応できていることがわかる。

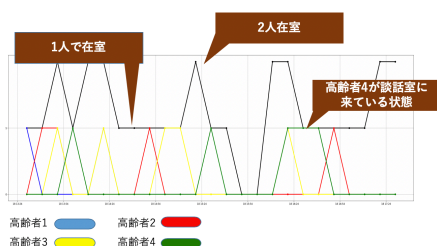


図 11 談話室を訪れる社会的活動をモニタリングした結果

次に、システムが現在の状態を認識し、インタラクティ

ブなシナリオも実現可能かどうかを検証するために、長谷川式認知症評価法 [14] を対話形式で行うナリオルールを定義した。実際に実装した質問事項を以下に示す。

- 今年は何年何月何日ですか？
- 私達が今いるところはどこですか？
- これから言う 3 つの言葉を言ってみてください。あとでまた聞きますのでよく覚えておいてください。
- 100 から 7 を順番に引いてください。
- 私がこれから言う数字を逆から言ってください。
- 先ほど覚えてもらった言葉をもう一度言ってみてください。
- 知っている野菜の名前をできるだけ多く言ってください

シナリオルールを定義してできる状態遷移図の一部を図 12 に示す。回答が得られなかった場合のタイムアウトは継続時間で、正答か誤答かの条件分岐は if-then ルールの中で表すことができる。

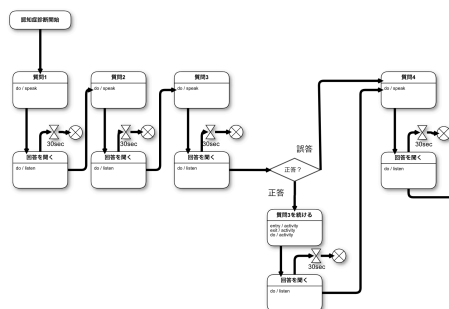


図 12 長谷川式認知症評価法を定義した状態遷移図 (一部)

スピーカーの音声をマイクが拾ってしまうため、スピーカーの代わりにイヤホンを用いて、実に対話して動作の確認を行った結果、処理に問題はなく、診断を進めることができた。また、診断に音声の認識や音声情報のフィルターなどが必要になった場合でも、概念レベルデータフローに新しいモジュールを追加することで、対応が可能であった。シナリオルールの定義の際には、その他のシナリオと競合することや、他のシナリオに影響を及ぼすことはなかった。

## 7. おわりに

介護施設で暮らす高齢者のケアをより良くするために、見守りシステムに必要な要件を考え、それらを実現するための見守りシステムフレームワークを提案した。見守りシステムフレームワークを使って実装された見守りふくろうに、対話での認知症評価機能を実装し、その動作に問題が無いことを確認した。また、シナリオルールを定義する際に他のシナリオへ影響を与えることはなかった。今後はよりモジュールの追加・変更を容易にするためのシステム構築用 GUI インターフェースの開発を行っていく。また、COVID-19 の様に世界的に流行しているウイルス対策とし

て、新しい機能が施設に急遽必要になった場合は、施設で既に利用しているセンサーを使ったり、センサーを変更・追加してそれぞれの施設に適切な機能を追加する必要がある。このフレームワークも COVID-19 への対策へも応用できるように、機能の追加しやすさ、使いやすさの向上を目指す。

## 参考文献

- [1] United Nations: World Population Ageing 2019, Population Division, 入手先 <https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/files/documents/2020/Jan/worldpopulationageing2019-highlights.pdf> (参照 2020-05-13).
- [2] 厚生労働省: 介護ロボット重点分野別 講師養成テキスト, 介護ロボットの開発・普及の促進, 入手先 [https://www.mhlw.go.jp/sinsei/chotatu/chotatu/wto-kobetu/2017/02/dl/wt0227-04\\_08.pdf](https://www.mhlw.go.jp/sinsei/chotatu/chotatu/wto-kobetu/2017/02/dl/wt0227-04_08.pdf) (参照 2020-05-13).
- [3] National Institute of Aging: Social isolation, loneliness in older people pose health risks, 入手先 <https://www.nia.nih.gov/news/social-isolation-loneliness-older-people-pose-health-risks> (参照 2012-02-04).
- [4] 日立システムズ: 見守りシステム, 入手先 <https://www.hitachi-systems.com/sp/mimamori/> (参照 2019-05-08).
- [5] 厚生労働省: 日常生活動作 (ADL) の指標 FIM の概要, 入手先 <https://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-12404000-Hokenkyoku-Iryouka/0000184198.pdf> (参照 2019-05-08).
- [6] Douglas, N.: CIGNA U.S. LONELINESS INDEX, 入手先 <https://www.cigna.com/assets/docs/newsroom/loneliness-survey-2018-full-report.pdf>, (参照 2020-02-04).
- [7] Julianne Holt-Lunstad and Timothy B Smith and Mark Baker and Tyler Harris and David Stephenson: Loneliness and Social Isolation as Risk Factors for Mortality: A Meta-Analytic Review, *Perspectives on Psychological Science*, pp.227-237(2015)
- [8] 加藤 伸司, 下垣 光, 小野寺 淳志ほか: 改訂長谷川式簡易知能評価スケール (HDS-R) の作成, *老年精神医学雑誌*, pp.1339-47(1991)
- [9] Lubben, James and Blozik, Eva and Gillmann, Gerhard and Iliffe, Steve and von Renteln Kruse, Wolfgang and Beck, John C. and Stuck, Andreas E.: Performance of an Abbreviated Version of the Lubben Social Network Scale Among Three European Community-Dwelling Older Adult Populations, *The Gerontologist*, pp.503-513(2006)
- [10] De Jong Gierveld J, Van Tilburg T.: The De Jong Gierveld short scales for emotional and social loneliness: tested on data from 7 countries in the UN generations and gender surveys, *Eur J Ageing*, pp.121-130(2010)
- [11] 永間 慎太郎, 大石 伸之, 沼尾 雅之: マルチモーダルセンサーを用いて状況を認識するロボットのためのシナリオエンジン: マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2019 論文集, pp.1566-1570(2019)
- [12] 唐津 浩: 超高齢社会における高齢者の社会的孤立についての一考察, *奈良文化女子短期大学紀要*, pp.185-192(2012)
- [13] 江尻 愛美, 河合 恒, 藤原 佳典, 井原 一成, 平野 浩彦, 小島 基永, 大瀬 修一: 都市高齢者における社会的孤立

- の予測要因: 前向きコホート研究, *日本公衆衛生雑誌*, pp.125-133(2018)
- [14] 加藤 伸司, 下垣 光, 小野寺 淳志ほか: 改訂長谷川式簡易知能評価スケール (HDS-R) の作成, *老年精神医学雑誌*, pp.1339-47(1991)