

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

永間 慎太郎¹ 大石 伸之¹ 沼尾 雅之¹

概要：介護施設では高齢者を見守る、見守りシステムの導入が進んでいる。既に多くの企業が見守りシステムを開発しており、導入も進んでいる。見守りシステムの多くは、異常検知やバイタルデータの収集を主な機能としている。しかし、介護施設で求められる見守りシステムの機能は多岐にわたるため、センサー追加やアクチュエーターの追加にも柔軟に対応する必要がある。また、介護施設によって自由にシナリオを組むことができると異常検知やバイタルデータの収集の他に、システムとの対話による認知機能の測定なども可能となる。そのような施設の要望に合わせて開発者が自由にシナリオを組むことができる柔軟なシステムが求められている。そこで本研究では、マルチモーダルセンサー・マルチシナリオに対応した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はオープンソースのログ収集ソフトウェアである fluentd をベースにしており、先行研究 [1] で作成されたプラグインを用いながら実装を行った。実際にアプリケーションを作成し、提案フレームワークの評価実験を行った結果、フレームワークの設定ファイルの記述方法には改善の余地はあるが、簡潔な設定ファイルを書くだけで開発者が意図したシナリオを作成でき、その動作も問題ないことが確認できた。

Scenario Engine for Context-Aware Robot Using Multimodal Sensors

SHINTARO NAGAMA¹ NOBUYUKI OISHI¹ MASAYUKI NUMAO¹

1. はじめに

近年世界中で高齢化が進んでおり、日本も平成 25 年 9 月時点の推計で、人口の 4 分の 1 が 65 歳以上である超高齢化社会となった [2]。介護が必要な多くの高齢者は、在宅の介護サービスや介護施設を利用している。当然、介護施設の利用者は年々増加しており、2000 年の 4 月から 2013 年の 4 月までに介護施設サービスの利用者数は 1.71 倍となった [3]。介護士が足りていない介護施設が増えてきており [4]、被介護者を見守るシステムが既に多く現場で使用されている。多くの見守りシステムは様々なセンサーから得られた大量のデータを用いて、ベッドルームやトイレ等での異常検知、心拍数や体温などのバイタル情報の記録などを行うことができる。例えば日立システムズが提供している見守りシステム [5] では、居室にマイクロ波センサー

や赤外線センサーを取り付けることで、被介護者の異常を検知後に従業員にすぐに伝えることで業務支援を行うものである。また、心拍数や体温などを測ることも可能となっている。

介護施設の中でも、介護老人保健施設と呼ばれる施設では、被介護者の自宅への復帰を目的としている。そのため、異常検知やバイタル情報の記録以外にも、被介護者の運動機能や認知機能などの評価を行うことが求められる。介護施設で暮らす高齢者が復帰可能かどうかを判断するための材料として FIM(Functional Independence Measure)[6] のような評価基準を用いることがある。日常生活で行われる食事、排泄、入浴、整容、着替え、移動などは ADL(Activities of Daily Living) と呼ばれている。FIM の採点にはこれらの ADL のスムーズさといった運動項目と、記憶力やコミュニケーション能力といった認知項目の 2 つに分けられている。運動項目と、認知項目を含めた FIM の評価項目を図 1 示す。

¹ 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

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	排便コントロール	排尿コントロール	ベッド・椅子・車椅	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 1 FIM ([6] より引用)

認知機能を系統的に測定することができれば、自宅への復帰の判断材料として使用できる。また、認知機能の低下を日常的に測れるようになることで認知症の進行を遅らせることや早期発見が可能になると考えられる。認知機能の測定には長谷川式認知機能評価スケール [7] にもあるように、対話による測定が一般的である。システムの利用者が独自にシナリオを考え、対話シナリオを実装することができれば、認知機能の測定も可能になる。

これらのように、介護施設における見守りシステムは異常検知やバイタルデータの収集といった機能に加え、ADLを認識する機能や対話シナリオの実装など、施設の用途に合わせたシナリオの実装も要求される。しかし、見守りシステムそのものを自由に拡張したり、シナリオを追加する柔軟性をもたせることは従来製品では困難である。

そこで、本研究では複数センサーとアクチュエーターの追加が可能で、ルールベースでのシナリオの記述可能な見守りシステムフレームワークを提案し、本フレームワークを使って開発した対話見守りロボットシステムを用いて評価を行う。

2. 見守りシステムフレームワーク

提案するフレームワークの全体像を図2に示す。先行研究 [1] ではマルチモーダルセンサーを用いたリアルタイム ADL 認識・学習フレームワークを提案している。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。マルチモーダルセンサーを用いて ADL 認識及び学習が可能になったが、行動レベルデータフローで実行できるシナリオには制限があり、単純な分岐しかできずシナリオの連鎖などは不可能であった。本研究で提案するフレームワークは、従来のフレームワークで定義された行動レベルデータフローの中に、シナリオエンジンを追加した。これにより、開発者が自由にセンサーやアクチュエーターの追加ができる従来のメリットに加えて、シナリオをルールベースで自由に記述することが可能になる。

2.1 シナリオ

本研究で作成したフレームワークではユーザーが自由にシナリオパラメータを定義できる。ここでは、そのシナリオに必要なパラメータと、シナリオを選択する際の if-then ルールの記述方法について述べる。

シナリオは以下のようなパラメータをもつ。シナリオラベルは「挨拶」や、「バイタルチェック」など、どのようなシナリオかを簡潔に示すものである。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。これらのパラメータのうち、重要度と継続時間は後述するシナリオエンジンで、シナリオをシリアルライズする際に用いられる。

- 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ション

次に、シナリオを選択する際の if-then ルールの記述方法について述べる。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、上述したような形式に従って記述されたシナリオ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 ルールで選択することができる。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する。この例では、挨拶をする“greet”というアクションと、歌う“sing”というアクションを用意していることを前提としている。

表 1 シナリオのパラメータ

scenarioLabel	greeting
priority	2
limit	30[s]
action	greet
scenarioLabel	singing
priority	2
limit	10[s]
action	sing

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

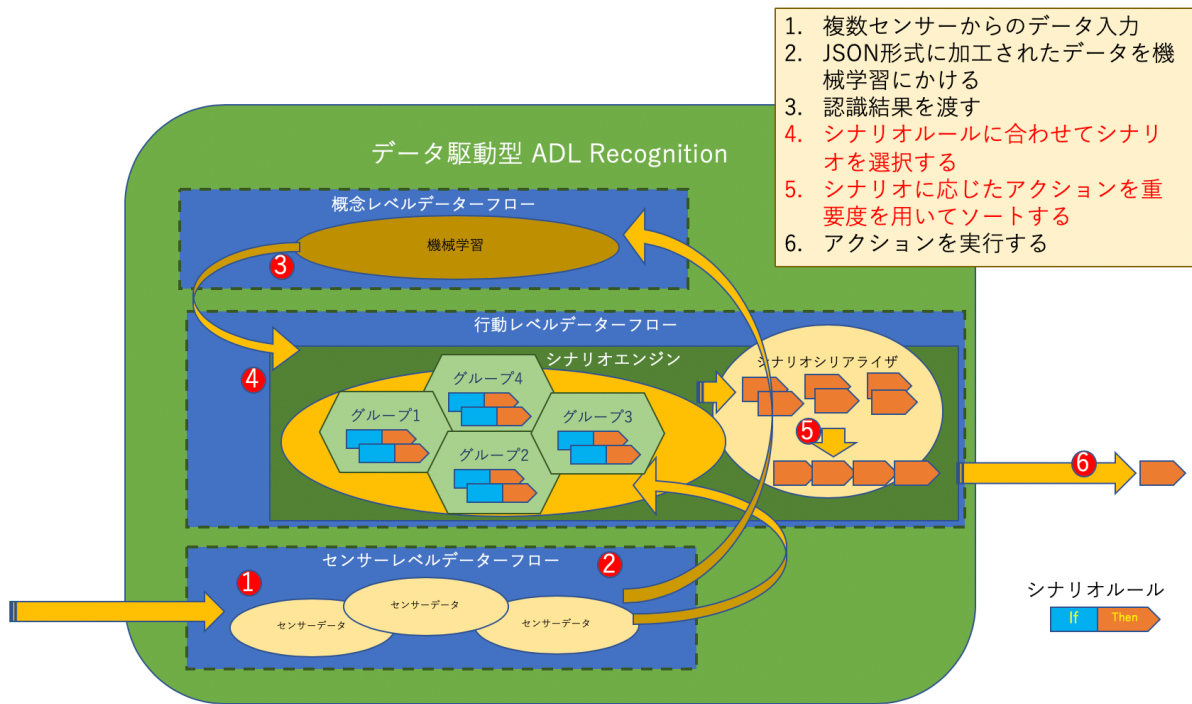


図 2 提案システムの全体像

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。

プログラム 1 シナリオールの記述例

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

2.2 シナリオエンジン

次に，2.1 で示したシナリオのパラメータ，シナリオ選択の if-then ルールを用いて動作するシナリオエンジンについて説明する。本フレームワークに搭載したシナリオエンジンには3つの機能が存在する。1つは実行するシナリオの選択である。開発者が if-then ルールで記述したシナリオの条件に応じて，実行すべきシナリオを選択する。2つ目は，シナリオの優先順位付けである。介護施設で想定されるシナリオには様々なものがあり，グループ分けすることができる。そのシナリオのグループ分けを行う際に重要度をつけてグループ分けを行う。例えば，挨拶や簡単なお話をするような「リラクゼーション」という名のシナリオグループの優先度を1，被介護者に何らかの異常が発生

したときの「異常対応」という名のシナリオグループの優先度は5とする。普段はリラクゼーションに関するシナリオを実行するが，異常対応のシナリオが発火した場合，優先度を考慮し直ちに異常対応のシナリオを実行する。このように，このシナリオエンジンはシナリオの重要度を考慮して優先順位付けを行う機能を持つ。3つ目の機能は，連鎖シナリオへの対応である。シナリオエンジンは現在どのような状況にあるかセンサー情報とシナリオ情報から把握する。シナリオエンジンはシナリオの継続時間や関連シナリオの情報を解釈し，シナリオの連鎖を可能とする。

フレームワークが可能にする連鎖シナリオの例を図3に示す。

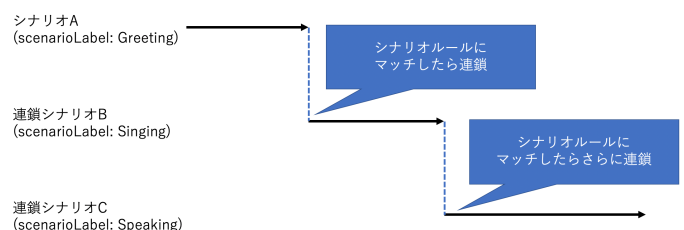


図 3 連鎖的シナリオの例

3. フレームワークの実装

提案したフレームワークは，オープンソースのログ収集ソフトウェアである fluentd をベースとして使用している。fluentd で使用する情報について説明する。

3.1 fluentd を流れるデータの形式

fluentd を流れるデータは tag, time, record の 3 つからなる。tag はピリオドで区切られおり、fluentd の設定ファイル及び提案するフレームワークの各モジュール内ではこの tag 名を見てどのルールを適用させるかを判断している。time は unix 時間で表される。record は json 形式となっており、外部から流れてくるデータや fluentd 内で生成した情報はこの record 内に含まれる。

本研究は先行研究で作成されたフレームワーク [1] を、以下のような拡張を行った。

- 各フローの tag ルール及び記述方法の整備
- シナリオエンジンの実装

3.2 各フローの tag ルール及び記述方法の整備

今回提案するフレームワークではそれぞれのモジュールでデータを扱う目的が異なっている。そこで、fluentd の tag 名を用いてデータの区別を行うことにする。具体的には以下に示すように各モジュールで扱う情報には規定の tag 名を先頭につけることで可能にする。加えて、データフローごとに専用の設定ファイルを設けた。これによって記述がより容易になることが見込める。

- センサーレベルデータフロー: input.**
- 行動レベルデータフロー: action.**
- 概念レベルデータフロー: processing.**
- シナリオエンジン: scenario.**

3.3 シナリオエンジンの実装

シナリオエンジンは if-then ルールによってシナリオを選択することができる。そのためにはシナリオの情報とその実行条件となる if-then ルールをシナリオエンジン専用の設定ファイルに記述する必要がある。

これらの記述には先行研究で開発された condition_checker [1] を拡張して記述可能にした。

見守りシステムの開発者は、センサーデータをフレームワークへ流し込む開発、発話やアラートを出すなどのアクチュエーターの開発、簡単な設定ファイルの記述及び if-then ルールでのシナリオの記述をフレームワークに乗っ取って行うことで見守りシステムを構築することができる。また、新しいセンサーやアクチュエーターの追加にも柔軟に対応することができるため施設の見守りシステムを作り変えることや入れ替えることなしに、常にアップデートし続けることができる。

4. 評価実験

提案するフレームワークを用いてマルチモーダル・マルチシナリオに対応したアプリケーションを作成し、以下の 2 つの点において評価実験を行う。

- フレームワーク上の設定ファイルの記述の容易さ

● 動作検証

使用したセンサーモジュールは温度センサー、顔認識カメラ、マイクロ波センサー。音声認識とアクチュエーターとなるテキスト発話システムを GoogleAPI を用いた。実装するシナリオは以下の 2 つを用意する。

- 挨拶シナリオ
- 認知機能測定シナリオ (1 問)

それぞれのシナリオのフローチャートを図 4 に示す。挨拶シナリオは顔認識カメラが認識したユーザーの名前を用いて挨拶するものであり、これは施設でのバイタルチェックに用いることを想定している。そのため、顔認識カメラで人物の特定と同時に、温度センサーとマイクロ波センサーを用いて顔の表面温度と体温・心拍数のデータを人物データに結びつけてログデータを保存まで行う。診断シナリオは、「100 から順番に 7 を引いてください」と問いかけるもので、診断回答シナリオはその続きである。つまり診断シナリオ実行中に音声認識の結果が「93」であれば診断回答シナリオへ続き、診断回答シナリオを実行中に「86」という音声認識結果がフレームワークに流れてくれば、診断終了シナリオが実行される。

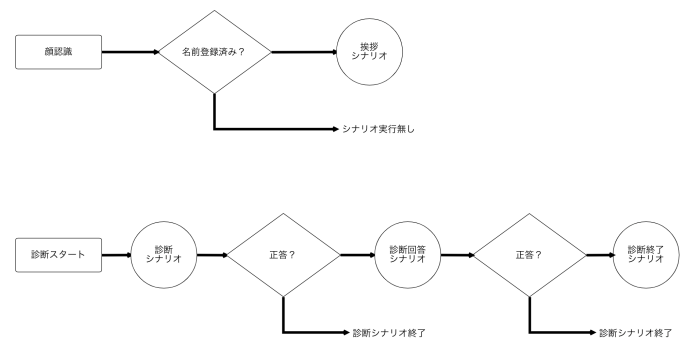


図 4 実装した 2 つのシナリオのフローチャート

5. 実験結果

5.1 設定ファイルの記述

センサーレベルデータフロー、概念レベルデータフロー、行動レベルデータフロー、シナリオエンジンのそれぞれの設定ファイルは提案するフレームワークではすべて専用のファイルを用意しており、すべてのファイルは 100 行以内に収まっており、複雑にならずに書くことが出来た。

今回作成したアプリケーションでは、音声の認識結果、温度センサー、顔認識カメラ、マイクロ波センサーを使用できるようにする。以下にフレームワークのセンサーレベルデータフローの設定ファイルの一部を示す。顔認識カメラからは登録した顔の ID や表情の情報が流れてくる。それらをデータ処理部へ渡すように tag 名に「processing」を付与している。この tag 名を付与することで、フレームワークへの入力データをセンサーレベルデータフローから

行動レベルデータフローへ転送することができる。またこのフレームワークを使用するに当たって、各センサープログラムはデータ取得後、fluentd と同一の規格でフレームワークヘデータを流すだけで良く、tag 名のルールさえ守られていれば特に特別な開発は必要ない。そのため顔認識モジュールなどのプログラム開発は先行研究のアプリケーション [1] で作成したプログラムの tag 名を変えるのみで済んでおり、開発時間の短縮化に貢献しているとともに、センサープログラムの開発者はシナリオの記述やアクチュエータを意識しなくても済むことがわかる。

5.2 動作検証

提案するフレームワークを用いて、上述したような設定ファイルを実装しアプリケーションの動作検証を行った結果、期待通りに動作することを確認した。シナリオの連鎖の動作確認として、音声認識結果で診断シナリオが実行されてないときに「93」という言葉を認識させても、診断回答シナリオが開始されることはなく、意図したシナリオが組み立てることができた。センサーデータやアクチュエータの動作まですべてのモジュールが問題なく動作していることを確認した。

6. おわりに

本研究では、開発者がセンサーやアクチュエータを追加でき、シナリオを自由に記述することができる見守りシステムフレームワークを提案した。評価実験を行い、アプリケーションとして実装したシステムが期待したように動作することを確認した。また、アプリケーションの実装の際にも提案フレームワークの設定ファイルは各モジュールごとに簡潔にまとめられており、複雑にはならなかった。今後は、設定ファイルを生成する GUI ツールや上級言語を開発し、よりフレームワークの利用者がセンサーやアクチュエータの追加及びシナリオの記述が楽になるようにすすめていく。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 JP17H01823「無負荷センサ統合による見守りシステムの構築法」の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 大石 伸之, 永間 慎太郎, 沼尾雅之: マルチモーダルセンサを用いたリアルタイム ADL 認識・学習フレームワークの提案, マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2018 論文集, pp.1014-1020(2018).
- [2] United Nations: United Nations Department of Economic and Social Affairs, 入手先 <https://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/ageing/WPA2015.Report.pdf> (参照 2019-05-11).
- [3] 介護保険制度を取り巻く状況, 入

- 手 先 http://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-12601000-Seisakutoukatsukan-Sanjikanshitsu_Shakaihoshoutantou/0000044899.pdf (参照 2019-05-08).
- [4] 公益財団法人 介護労働安定センター: 平成 28 年度介護労働実態調査結果について, 入手先 http://www.kaigo-center.or.jp/report/pdf/h28_chousa_kekka.pdf (参照 2019-05-08).
 - [5] 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).
 - [6] 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).
 - [7] 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)