

Dr.みまもりくん

～異常検知モデルを用いた自然会話からの認知症早期発見～

吉ノ藺陽向

群馬県立高崎高等学校

要旨

近年、認知症患者の増加が社会問題となっており、特に「高齢者で一人暮らしの認知症」が問題視されている。認知症は早期発見が重要であるが、一人暮らしの高齢者にとって、認知症予防のための病院での検査や地域コミュニティへの参加は心理的なハードルが高く、発見が遅れる可能性がある。そこで高齢者の話し相手として近年注目されている会話ロボットに着目し、自然会話から認知症をスクリーニングできないかと考えた。そこで、異常検知モデル OneClassSVM を用いて自然会話から認知症のスクリーニングを可能とする独自の機械学習モデルを作成した。また、このモデルを組み込んだ高齢者向けの会話ロボット『Dr.みまもりくん』を開発した。

1.はじめに

1-1. 研究背景

2040年には高齢者の6人に1人が認知症になる¹⁾と言われており、特に認知症患者のうち4人に1人が「高齢者で一人暮らしの認知症」になる²⁾と予想されている。認知症は早期発見が重要であることはよく知られているが、一人暮らしの高齢者にとって認知症予防のための病院や電話での簡易検査や地域コミュニティへの参加は自ら行動を起こす必要があるため心理的なハードルが高く、発見が遅れる可能性がある。そこで、高齢者の話し相手として近年注目されている会話ロボットに着目し、自然会話から認知症をスクリーニングできないかと考えた。よって本研究は認知症をスクリーニングできる機械学習モデルの作成およびその機能を搭載した高齢者向け会話ロボットの開発を目標とする。

1-2. 認知症について

認知症とは「様々な病気により、脳の神経細胞の働きが徐々に変化し、認知機能（記憶、判断力など）が低下して、社会生活に支障を来した状態」である。

認知症の診断方法の1つに Mini-Mental State Examination (MMSE) がある。MMSE は時間の見当識、場所の見当識、3単語の即時再生と遅延再生、計算、物品呼称、文章復唱、3段階の口頭命令、書字命令、文章書字、図形模写の計11項目から構成される30点満点の認知機能検査である。MMSEは23点以下が認知症疑いである（感

度 81%、特異度 89%) 16,17)。27 点以下は軽度認知障害(MCI)が疑われる (感度 45-60%、特異度 65-90%)³⁾。

本研究では上記に基づいて MMSE が 28 点以上を健常者、27 点以下を軽度認知症含む認知症患者と定義した。

2. OneClassSVM を用いた認知症スクリーニングの研究

柴田 大作らによる研究「対照群付き高齢者コーパスの構築 とそれを用いた認知症予備軍スクリーニング技術の開発」⁴⁾ では 2 クラス分類の機械学習モデルを用いており、精度も良好であるが、研究で用いられたコーパス「対照群付き高齢者コーパス」にある認知症の会話データは数が少ないため過学習の可能性があると考えた。一方、健常者の会話データは多くあるため異常検知モデルが有効ではないかと考え、本研究では異常検知モデルの 1 つである OneClassSVM を用いて健常者のデータのみから独自の機械学習モデルを作成した。

2-1. 会話の特徴量を調べる

コーパスには高齢者群 (60-79 歳) の会話データ 60 名分 (うち 24 点以上 27 点以下の認知症患者 15 名) および非高齢者群 (20-59 歳) の会話データ 20 名分が記録されており、それぞれ以下のインタビューに対する回答が収集されている

- ・ 画像説明課題 (PDT) : 1 件
- ・ エピソード説明課題 (EDT) : 10 件
- ・ アニメーション説明課題 (ADT) : 1 件 (1 人当たり)

コーパスの会話データを認知症高齢者(n = 15)、非認知症高齢者(n = 45)、非高齢者(n = 20)の 3 グループに分け、先行研究⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾で用いられていた以下の特徴量をそれぞれのグループに対して GiNZA を用いて調べた。また、有意差を示す際には ANOVA 検定を用いた。

- | | | |
|----------|------------------|---------|
| ・ 一般名詞割合 | ・ フィラー割合 | ・ 意味密度 |
| ・ 固有名詞割合 | ・ 否定表現 | ・ 文長 |
| ・ 代名詞割合 | ・ TypeTokenRatio | ・ 短文フラグ |
| ・ 動詞割合 | ・ 最大係り受け距離 | ・ 区切り割合 |
| ・ 形容詞割合 | ・ 平均係り受け距離 | ・ 感嘆詞割合 |
| ・ 副詞割合 | ・ 異なり名詞割合 | |
| ・ 機能語割合 | ・ 名詞繰り返し割合 | |

TypeTokenRatio とは

Type : コーパス中の異なり語数と Token : コーパス中の単語数の比率

(Type/Token) で算出され、一般にこの値が大きいほど語彙量が大きくなる。

係り受け距離とは

前頭側頭葉変性症などの認知症においては文法誤りや複雑な構文の利用頻度が減るといった症状が現れるとされ、その特徴を捉えるために抽出しているものである。係り受けとは図1に示されるように文節と文節の関係を示したものであり、一般に係り受け距離が長いほど複雑な文章だとされる。

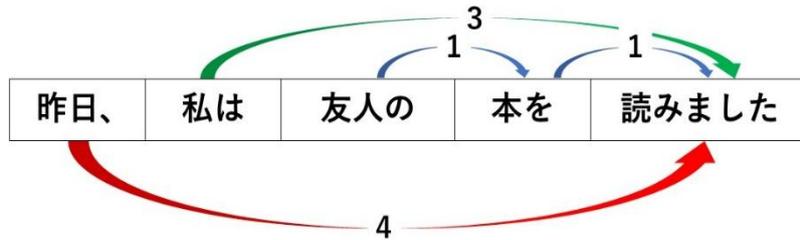


図 1. 係り受け距離の例

結果

4 グループにおける P 値の算出結果を表 1 に示す。各特徴量のうち、副詞割合、TypeTokenRatio、最大・平均係り受け距離、名詞繰り返し割合、文長で 1%未満の有意差がみられ、特に TypeTokenRatio、最大・平均係り受け距離、文長ではおよそ 0.01%未満と強い有意差がみられた。以降は 1%未満の有意差がみられた 6 項目を用いて機械学習モデルを作成する。

特徴量	ANOVA 検定 P 値	特徴量	ANOVA 検定 P 値
一般名詞割合	0.8504739	最大係り受け距離	0.0000004
固有名詞割合	0.0285831	平均係り受け距離	0.0000014
代名詞割合	0.1442563	異なり名詞割合	0.9956496
動詞割合	0.7388450	名詞繰り返し割合	0.0022083
形容詞割合	0.5983490	意味密度	0.9967340
副詞割合	0.0025688	文長	0.0000599
機能語割合	0.9837238	短文フラグ	0.1703236
フィルター割合	0.9569526	区切り割合	0.1045710
否定表現	0.9631265	感嘆詞割合	0.6720062
TypeTokenRatio	0.0017389		

表 1

2-2. 機械学習モデルの作成

コーパスから健常者 (n = 65) と認知症患者 (n = 15) のデータを抽出し、それを用いて両者を自動で識別するための機械学習モデルの構築と評価を行う。前述の通り、コーパス内の認知症会話データは少量であり、従来の2クラス分類モデルでは過学習の懸念があった。そこで本研究では、健常者の会話データのみで学習可能な異常検知モデル OneClassSVM を採用し、上記6項目の特徴量を用いて Scikit-learn によりモデルを構築、評価する。また、パラメータ値は各値を変化させて検証した際もっとも精度が高かった $\nu = 0.010$, $\gamma = 0.0010$ としている。

nu ($0 < \nu \leq 1$):

あらかじめ与えた正常データについて、異常とみなす割合のこと。

gamma ($0 < \gamma$):

正常と異常の境界線の複雑さを表し、小さいと単純な境界、大きいと複雑な境界となる。

2-3. 精度検証

5-fold 交差検証を用いて、F 値 (F-measure) を算出するほか、ROC (Receiver Operator Characteristic) 曲線を描画し、AUC (Area Under the Curve) の平均値を算出することでモデルの評価を行う。

結果

各 fold における AUC、最適な閾値での F 値を表 2、最良 fold の ROC 曲線を図 2、各 fold の混合行列を図 3 に示す。表 2 からわかるように、平均 AUC 0.72、最大で 0.90 と、先行研究で作成した機械学習モデルの最大 AUC 0.85 と比較しても一定の実用可能性があることを示した。また、平均 TPR (実際に異常であるもののうち、異常と正しく判定された割合) が 0.87 と、本研究の目的である認知症スクリーニングという目的においては十分な精度をもつことがわかり、健常者の会話データのみからでも十分な精度をもつ機械学習モデルの作成が可能であることが示せた。

	AUC	F 値
Fold1	0.73	0.76
Fold2	0.64	0.74
Fold3	0.74	0.81
Fold4	0.90	0.87
Fold5	0.61	0.72
平均	0.72	0.78

表 2

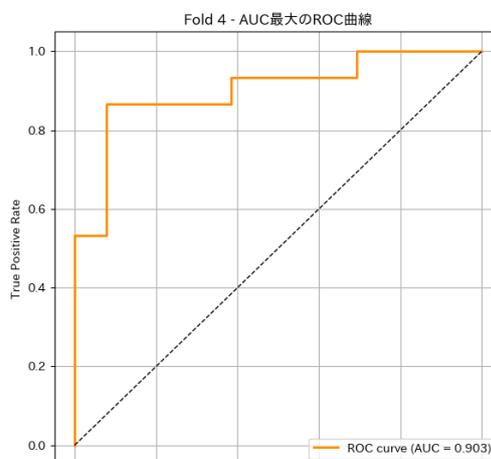


図 2. 最良グループの ROC 曲線

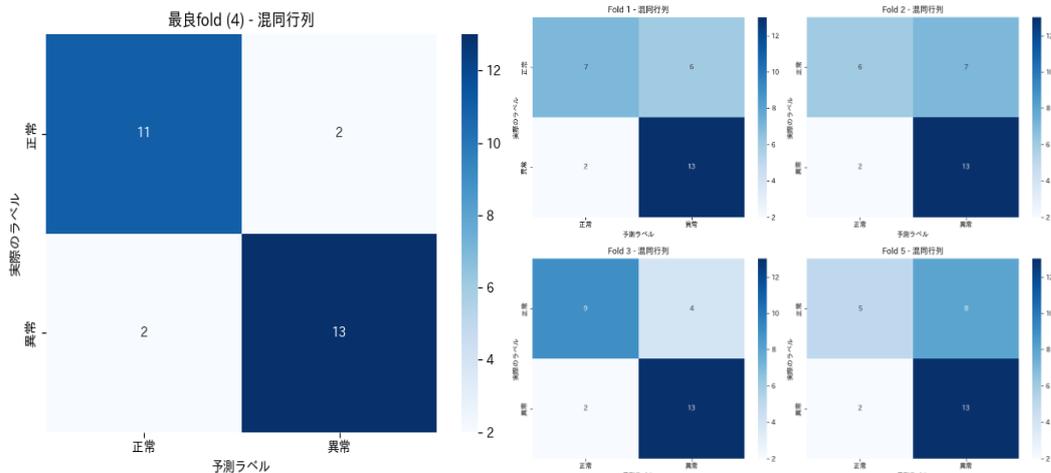


図 3. 各 fold の混同行列

3. 『Dr.みまもりくん』の開発

『Dr.みまもりくん』は温度センサーおよび人感センサーを ArduinoUNO に、カメラ、マイク、スピーカーを RaspberryPi 3 にそれぞれ取り付け、シリアル通信で2機が通信を行う構成となっている。実際の写真を画像 1、システム構成図を図 4 に示す。



画像 1. Dr.みまもりくん

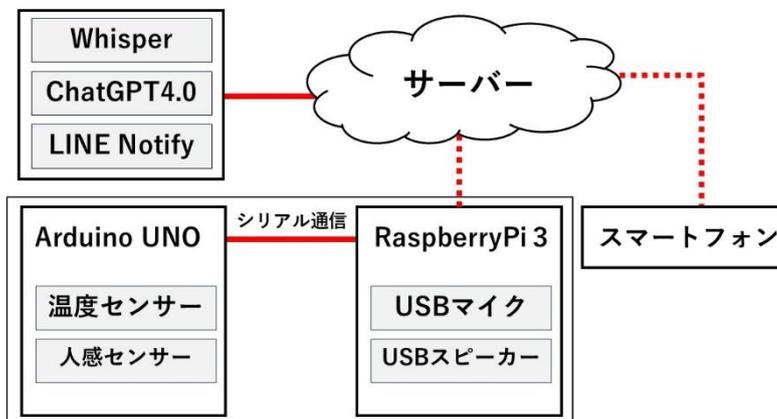


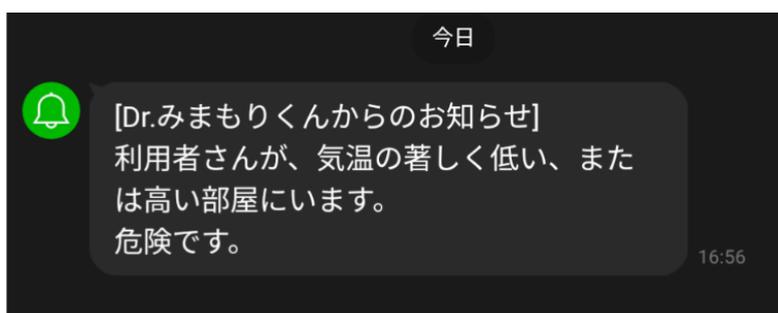
図 4. Dr.みまもりくんのシステム構成図

3-1. 会話機能

本製品は音声認識 AI の Whisper と生成 AI の ChatGPT4.0 を用いて本製品と対象者との会話を成立させている。ChatGPT には発話内容のほか、以前の会話例を要約して共に送信しており、疑似的に会話の記憶能力を作成している。また、会話の開始条件を「相手が喋りかけたら」「一定時間になったら」「一定回数目の前を通り過ぎたら」など複数設けることによって自然な会話相手と認識しやすくした。会話内容は、JSON ファイル形式で双方の発話内容を記録している。

3-2. みまもり機能

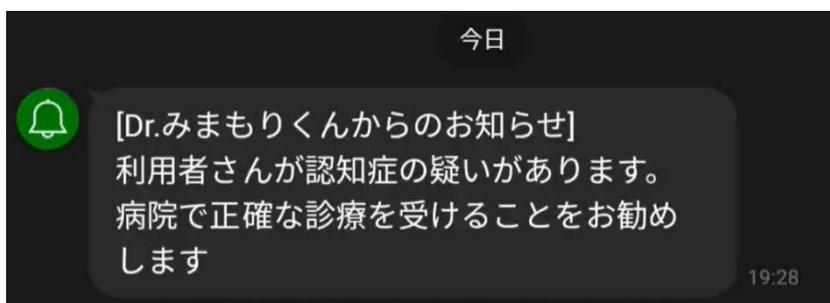
温度センサーと人感センサーを用いて「気温が 31°C 以上かつ人が通ったら」または「気温が 10°C 以下かつ人が通ったら」などの条件を満たしたとき、Arduino UNO から信号が送信され、RaspberryPi3 が LINE Notify を用いてあらかじめ設定していたアカウントに危険を知らせるメッセージを画像 2 のように送信する。



画像 2. みまもりメッセージ送信例

3-3. 認知症早期発見機能

3-1. 会話機能 で記録した会話データを先ほど作成した機械学習モデルを用いて認知症の疑いがあるかどうかを判定する。認知症の疑いがある場合 LINE Notify を用いて画像 3 のようにメッセージを送信する。



画像 3. 認知症メッセージ送信例

3-4. コミュニティ創成機能

会話履歴を RaspberryPi3 から ChatGPT4.0 に送信し、283 種類の興味・関心カテゴリーのうち利用者に当てはまる上位 3 項目を推測させる。興味・関心カテゴリーは meta 社が作成した Web 広告におけるターゲティング項目を参考にしている。本機能によって収集した利用者の興味・関心データセットを自治体等に提供することで、潜在的なコミュニティのニーズがわかり、更に新たにコミュニティを創成してもらうことで、利用者の社会的孤立を解消し、会話ロボットのみならず人間による認知症の早期発見も期待できる。

4. まとめ

本研究では、OneClassSVM を用いた、自然会話から認知症をスクリーニングしうる機械学習モデルの作成およびその機能を搭載した高齢者向け会話ロボットの開発を行った。これまで機械学習モデルを用いた認知症スクリーニングの研究では 2 クラス分類モデルを使用していたが、認知症会話データはコーパス内で少量であり、2 クラス分類モデルでは過学習のリスクが高いと考えられた。そこで、健常者の会話データのみで学習可能な異常検知手法である OneClassSVM を採用し、スクリーニングモデルの構築、精度検証を試みた。

そして、コーパスにおいて健常者と認知症患者で有意差のある特徴量を調査し、強い有意差をもった特徴量で機械学習モデルを作成、評価したところ、平均 AUC が 0.72 とモデル全体としても、また平均 TPR が 0.87 とスクリーニングという目的においても一定の精度をもつことがわかった。

一方で、今回は人間同士の会話データを用いて作成した機械学習モデルを使用しているが、会話ロボットとの会話においても同様に機能するかどうか検証をする必要がある。

今後はこの問題の調査に加え、本製品で得た会話データを活用してより大規模かつロボットとの会話に適した会話コーパスの作成をし、モデル精度の向上と実運用への適応を図る予定である。

最後に、本研究の成果が、高齢者が安心して暮らせる社会づくりに寄与することを期待する。

5. 謝辞

本研究に協力してくださった本校教諭 岡田直之先生、ならびにご助言くださった東京大学大学院総合文化研究科准教授 林克彦先生、群馬大学数理データ科学教育研究センター講師 中村賢治先生、システムクリエイターズ社長 井澤年宏様および社員の皆様に深く感謝申し上げます。

6.参考文献

1. 厚生労働省 認知症および軽度認知症（MCI）の高齢者数と有病率の将来推計
(<https://www.mhlw.go.jp/content/001279920.pdf>) 2025年7月閲覧
2. 厚生労働省 独居認知症高齢者等が安全・安心な暮らしを送れる環境づくりのための研究
(https://mhlw-grants.niph.go.jp/system/files/report_pdf/202117001A-sonota7.pdf) 2025年7月閲覧
3. 日本老年医学会 認知機能の評価法と認知症の診断
(https://www.jpn-geriat-soc.or.jp/tool/pdf/tool_02.pdf) 2025年7月閲覧
4. 柴田 大作, 伊藤 薫, 若宮 翔子, 荒牧 英治「対照群付き高齢者コーパスの構築 とそれを用いた認知症予備軍スクリーニング技術の開発」人工知能学会論文誌, 2019, 34 巻, 4 号, p. B-J11_1-9.
5. 石原颯人ら(2021) 「係り受け距離に着目 した雑談対話からの認知症疑い検出」電子情報通信学会論文誌 J104-D Vol.4 p357-367
6. 吉井 謙太ら(2020)「人型ロボットとの会話における軽度認知症者の発話特徴分析 」第84回全国大会講演論文集 2022 (1), p1005-1006
7. 長江勇樹ら(2024)「自由会話のトピックモデルに基づいた軽度認知障害の検出」言語処理学会 第30回年次大会 発表論文集 (2024年3月)