音声対話ロボットを用いた健康維持支援システムの開発

Development of health maintenance support system using spoken dialogue robots

早道　広峻[1*]　松本 和幸[1]　吉田 稔[1]　西村 良太[1]　北 研二[1]
H. Hayamichi[1]　K. Matsumoto[1]　M. Yoshida[1]　R. Nishimura[1]　K. Kita[1]

[1] 徳島大学理工学部
[1] Faculty of Science and Technology Tokushima University

Abstract: 生活習慣病は医療費全体の 3 割，死亡者の 6 割を占めている．よい生活習慣を送ることが健康を守るうえで重要である．また，近年音声で入力できるサービスや機器が増えてきている．音声認識を使えば，より手軽に計算機を扱えるようになる．本研究では，対話ロボットとの対話内容を分析して生活習慣などを提示する Web アプリケーションを用いて，生活習慣の改善を助けるシステムを開発する．開発したシステムを用いて実際に生活習慣を収集し，生活習慣の分析とシステムの評価を行った．

1　はじめに

厚生労働省 [1] によると生活習慣病は医療費全体の 3 割，死亡者の 6 割を占めている．このことから，よい生活習慣を送ることが健康を守るうえで重要であることがわかる．また，近年 google アシスタントや Siri，スマートスピーカーといった音声で入力できるサービスや機器が増えてきている．音声認識を使えば，キーボードやペンで入力することができなくても計算機に情報を入力できようになり，より手軽に計算機を扱えるようになる．ロボットとの対話で手軽に生活習慣を登録し，自分の生活習慣を振り返ることのできるシステムがあれば，生活習慣病の予防に役立つのではないかと考えた．

2　関連研究

2.1　行動変容型生活習慣改善システム

櫻田 [2] は行動変容理論を活用した健康行動の変容を支援する生活習慣改善システムを提案し，行動の開始と継続に効果があるかどうか検証実験を行っている．この研究は生活習慣を改善するにはカウンセラーが同伴者として行動科学や心理学を用いて支援する必要があり，人的コストとコーチングスキルが必要になることを課題に挙げている．この課題を解決するために健康行動の変容を支援するシステムを提案している．ウェアラブル端末でデータを収集し，データと行動変容型理論に基づいて改善案するシステムである．検証実験の結果，行動の開始・維持に一定の効果が得られる可能性が示唆されている．

2.2　音声対話ロボットとリアルタイム画像提示による調理支援システムの開発

齋ら [3] は料理名を言うとその調理方法をロボットが読み上げ，調理工程をウェブページに表示するシステムの開発を行っている．この研究は，料理を支援するスマートフォンアプリを使用しながら調理をすると，スマートフォンを操作する際に衛生上の問題が生じたり，調理手順の確認のたびに効率が低下することを問題に挙げている．その原因は手でスマートフォンを操作することにあると考え，音声で操作できる調理支援システムを提案している．調理支援システムの概要説明とデモ動画を用いて，調理学の専門家による評価を行い，調理中の機器の汚れや衛生上の問題，調理の無駄な移動など効率低下の課題解決に有効であると評価された．

2.3　ユーザー相互のタイピングからジェスチャ表出するロボットアバター付きチャットシステム

中村ら [4] はユーザーのタイピング情報からユーザーの状態に対応したジェスチャを表出するロボットアバ

*連絡先：徳島大学理工学部理工学科
〒 770-8506　徳島県徳島市南常三島町 2 丁目 1 番地
E-mail:　matumoto@is.tokushima-u.ac.jp

ターを使ったチャットシステムの開発を行っている．この研究はテキストチャットによるオンライン上でのコミュニケーションではうなずきや表情といった非言語的コミュニケーションをとることが難しいことを問題に挙げている．この問題を解決するため，身体性を持つロボットをアバターとして利用し，非言語情報を伝える手法を考案している．この研究ではチャット時のユーザー相互のタイピング情報から話し手・聞き手の状態を推定し，タイピング量の比較でユーザ状態に対応するジェスチャを表出することで非言語情報を伝える手法を考案している．

2.4 本研究との差異

齋ら [3] は調理支援システム， 中村ら [4] はチャットシステムの開発を行ったのに対し，本研究では Sota を用いて健康の改善及び維持を支援するシステムの開発を行う．加えて収集したデータから習慣の改善目標を提案し，改善促進のために良い生活習慣のメリット (生活習慣 Tips) を自動生成してユーザーに伝える．

櫻田 [2] はウェアラブル型の活動量計を用いて生活習慣を収集していたが，本研究ではロボットとの対話によって収集する．また，櫻田 [2] は行動変容理論を用いて生活習慣改善のための助言を生成していたが，本研究では理想的な生活習慣を設定し，そこに少しずつ近づいていくように生活習慣の改善目標を生成する．

3 提案方法

本研究では，対話ロボットとの対話にて収集した生活習慣を表示する Web アプリケーションを用いて，生活習慣の改善を助けるシステムを開発する．ロボットには Sota [5] を使用する．ロボットとの対話でユーザーの生活習慣を収集・分析し，次の習慣の改善目標を提案する．そして良い生活習慣を送るメリットをロボットが話すことによって，生活習慣の改善を後押しする．生活習慣を登録し終えたら，ユーザーは専用のウェブページを見ることで，これまでの生活習慣を振り返ることができる．図 1 に大まかなシステムの流れを示す．

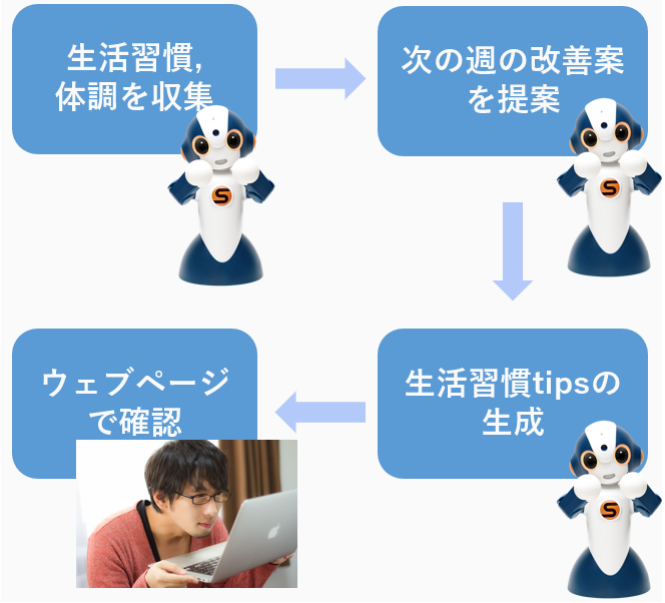

図 1: システムの流れ

図 2: Sota（ [5] より引用）

3.1 Sota について

本研究では対話ロボットとして Sota [5] を用いる（図 2 参照）．Sota にはカメラやマイクが搭載されており，頭部や左右の腕である程度自由に動きをつけることができる．Sota には通常版とより高性能なマイクを搭載したインテリジェントマイク版の 2 種類があり，本研究では後者を使用している．また，Sota クラウドという音声認識と音声合成機能を提供するサービスがあり，本研究では Sota クラウドを用いて音声認識と音声合成を行う．

3.2 生活習慣の収集

3.3 生活習慣登録の流れ

ロボットとの対話で生活習慣を登録する流れは図 3 のようになっている．

3.3.1 YES/NO 質問の判定

YES/NO 質問に関しては，完全一致や部分一致ではなく，図 4 のように文章の類似度で判断する．例えば「昨日運動した?」という質問に対して「運動した」や「運動してない」だけでなく「腹筋した」や「走った」のようにある程度自由に答えることができる．回答文が YES か NO かを判定する手順は次の通りである．

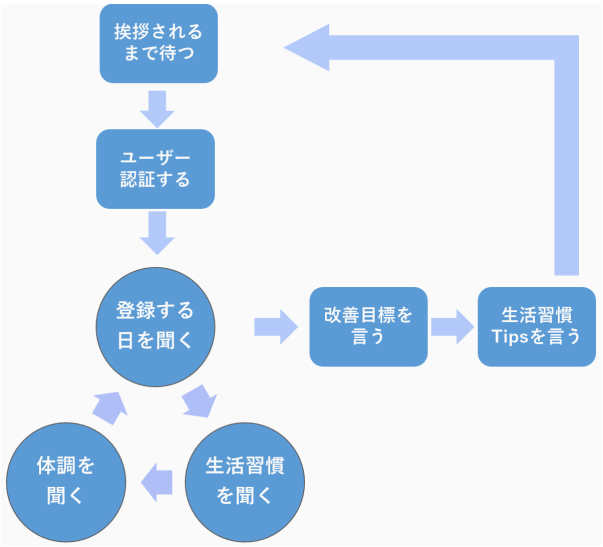

図 3: 生活習慣を登録する流れ

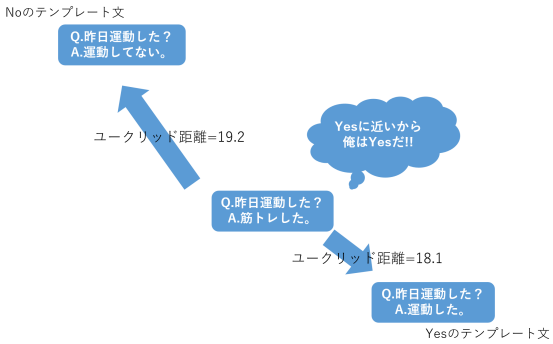

図 4: ユークリッド距離による YES/NO 判定のイメージ

1. 回答文と YES 及び NO のテンプレート文を BERT [6] モデルを用いてベクトル化（CLS トークンを用いる）
2. 回答文と YES のテンプレート文，回答文と NO のテンプレート文のユークリッド距離を計算
3. ユークリッド距離の短い方に分類

このように文のベクトル同士のユークリッド距離で YES か NO に分類することで，多様な答え方を想定して定型文を作成する必要がなくなり，ユーザーはある程度自由に答えることができるようになる．

3.4 質問の答えの聞き取りの正誤について

生活習慣を登録する上でユーザはロボットからのいくつかの質問に回答する．質問の回答の認識結果の正誤を毎回ユーザに確認することはせず，認識した結果を復唱して次の質問へと移る (図 5 参照)．間違っている場合は次の質問の答えで「間違ってる」と言うことでひとつ前の質問に戻ることができる．さらに YES/NO 質問の場合は再質問せずに答えを反転させる．質問からやり直したい場合は「前の質問」と答える．これにより毎回正誤確認するよりも登録時間が短縮され，ユーザーのストレスも軽減される．

図 5: 質問の答えの聞き取り時のイメージ．上が毎回確認した場合．下が毎回確認するのをやめた場合

3.5 改善目標の提案

本システムでは，1 週間分 (日曜日から土曜日) の生活習慣が集まったら，次の週の改善目標を提案する．ここでは改善目標を提案するための手法について説明する．

3.5.1 算出手順

まず改善目標で提案される項目は以下のとおりである．

- 運動日数
- 飲酒日数
- 朝食摂取日数
- 間食摂取日数
- 平均睡眠時間

生活習慣の改善目標を求めるための手順は次の通りである (図 6 参照)．

1. 1 週間前の日曜日から土曜日の 7 日分の生活習慣から改善項目に該当する値を計算

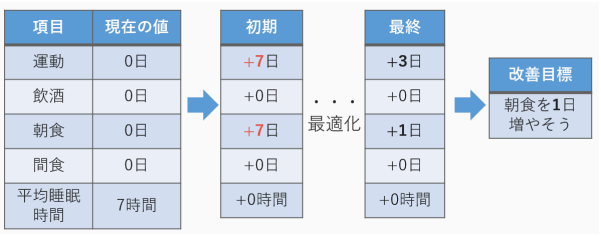

図 6: 最適化による改善案の提案イメージ

表 1: 理想の生活習慣

項目	理想の値
運動日数	7 日
飲酒日数	0 日
朝食摂取日数	7 日
間食摂取日数	0 日
平均睡眠時間	7 時間

2. 最適化アルゴリズムを用いて，理想の生活習慣に近づきつつ，改善の負荷の低い習慣を計算
3. 計算された改善項目の中から，最も改善負荷の低い改善項目を選択

3.5.2 最適化アルゴリズムによる改善目標の生成

最適化アルゴリズムには粒子群最適化 (Particle Swarm Optimization, PSO) [7–10] という手法を用いる．PSO とは鳥や魚の動きを模倣した粒子を作成し，粒子が群れを成して最適解を探索するアルゴリズムである．PSO を用いる理由としては比較的シンプルなアルゴリズムであり，深層学習とは違い学習用の大量のデータを用意する必要が無いからである．

理想の 1 週間の生活習慣 (以後，理想の生活習慣) は次の表 1 のように設定した．

PSO で最適化する関数は次のようになっている．$input$ を入力された生活習慣，x を改善された習慣，$ideal$ を理想の生活習慣とし，$D(a,b)$ を入力された生活習慣の差の絶対値の合計を求める関数とする．

$$F(x, input, ideal) = |D(x, ideal) - D(input, ideal) + D(x, input)| \quad (1)$$

まず式の前半 2 項目について説明する．$D(a,b)$ の取る値は 0 以上かつ，改善された生活習慣の方が入力された生活習慣よりも理想の生活習慣との差が小さくなるので，

$$D(x, ideal) - D(input, ideal) <= 0 \quad (2)$$

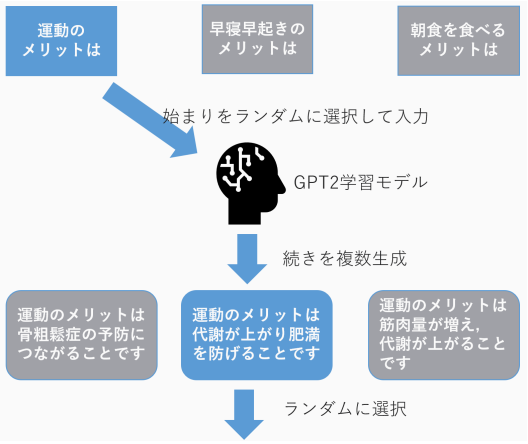

図 7: 生活習慣 Tips 自動生成の流れ

となる．この式は理想的な生活習慣との差がどれだけ縮んだのか，つまりどれだけ改善したのかを表している．一方 3 項目の $D(x, input)$ は入力された生活習慣と改善された生活習慣との差を計算している．この値が大きければ改善の負荷が大きく小さければ改善の負荷が小さいとみなす．この $D(x, input)$ と $D(x, ideal) - D(input, ideal)$ の和が 0 になる x を求めると，改善しつつ改善負荷の低い生活習慣を計算できたことになる．また $D(a,b)$ で絶対値を求める理由は，睡眠時間は長すぎても良くないものなので，理想的な値からどれだけ離れているのかを求める絶対値にする必要があったからである．

3.6 生活習慣 Tips の生成

3.6.1 生成手順

生活習慣の改善を促す為に，ロボットとの対話を終える際に良い生活習慣のメリット (生活習慣 Tips) をユーザーに教える．この生活習慣 Tips は，文章生成モデル GPT-2 [11] を用いて生活習慣 Tips を自動生成する．GPT-2 とは大規模な自然言語処理モデルであり，高精度な文章を生成することができるものである．手順は次の通りである (図 7 参照)．

1. 生活習慣 Tips の文章の文頭テンプレートをランダムに選択する
2. 文章生成モデル GPT-2 に選択された文頭テンプレートを入力し，続きを複数生成する
3. 生成されたものからランダムに 1 つ選択して，ユーザーに話す

図 8: ウェブページ全体

3.7 Web アプリケーションに表示

次に収集した生活習慣を振り返るためのウェブページについて説明する．図 8 はウェブページの全体のスナップショットである．ウェブページに表示される項目は次の通りである．

- 今週の改善目標
- 4 週間での習慣の変動
- X 週間前の詳細なデータ

4 実験

4.1 生活習慣を収集

4.1.1 ロボットとの対話による生活習慣の収集

7 人の被験者（すべて本大学の学生）に協力してもらい，1 人当たり 1 ヶ月分の生活習慣を収集する．本実験の実施にあたり，徳島大学大学院社会産業理工学研究部理工学域及び生物資源産業学域研究倫理委員会の審査を経て承認を受けた．また，被験者には実験目的および取得したデータの利用に関して説明し，同意を得たうえで実験に協力していただいた．まず，ロボットとの対話によって下記の質問に答えてもらい，生活習慣を登録する．前述の通り起床時間と体調以外の情報はその日では確定していないと考えたので，登録したい日の 1 日前の情報を登録する．X は登録するために遡る日数である．

- $X+1$ 日前運動したか
- $X+1$ 日前お酒飲んだか
- $X+1$ 日前朝食食べたか
- $X+1$ 日前間食食べたか
- $X+1$ 日前間食に何食べたか
- $X+1$ 日前何時に寝たか
- X 日前何時に起きたか
- X 日前の体調はどうか

また，1 回の実験で数日分まとめて登録することもできる．

4.1.2 ウェブページで生活習慣を確認

生活習慣を登録し終えた後，ウェブページでこれまでの生活習慣を振り返ってもらう．

4.1.3 アンケート調査

実験終了後，毎回アンケートを記入してもらう．記入内容は以下のようになっている．

- 実験時間
- 聞き取ってくれなかった単語
- もっとこうだったらいいのに
- ここはよかった
- 提案された改善目標
- 生活習慣が先週より改善したか
- 自分の習慣を見て気づいたこと

5 結果

5.1 各項目で改善・悪化が見られた人数

表 2 に各項目ごとの初めの週と最後の週で改善及び悪化が見られた人数を示す．運動した日数，平均睡眠時間が最も改善した人数が多く，朝食をとった日数が最も改善した人数が少なかった．運動した日数と朝食をとった日数が最も悪化した人数が多かった．

5.2 生活習慣の傾向

収集した生活習慣の傾向として以下のようなものが見られた

- 協力者全員の平均睡眠時間が 7 時間以上
- 飲酒・朝食・間食を毎日飲んだりとったりしない人が多い

協力者の全員の平均睡眠時間は 7 時間以上だったが，多くの協力者が夜遅くに寝て昼前に起きるという夜型の生活習慣を送っていた．

表 2: 各項目ごとの初めの週と最後の週で改善・悪化が見られた人数

項目	改善した人数	悪化した人数
運動した日数	3	4
お酒飲んだ日数	2	1
朝食をとった日数	1	4
間食をとった日数	2	2
平均睡眠時間	3	0
平均間食カロリー	2	1

表 3: 聞き取りにくい単語とよくある間違え方

単語	間違え方
あってる	待ってる，飼ってる
飲んだ	なんだ
27 時	17 時
26 時	16 時

5.3 アンケート結果

5.3.1 聞き取りにくい単語

アンケートの結果から分かった，聞き取りにくい単語とそのよくある間違え方の一例を表 3 に示す．

5.3.2 システムの良い点

アンケートの結果から分かった，システムの良い点は次の通りである．

- 大体意味をくみ取ってくれるので答え方に悩まなくてよい
- 基本的にスムーズに対話できている

6 考察

6.1 生活習慣の改善・悪化

各項目ごとに生活習慣が改善した人数が一人以上いることから，自分の生活習慣を記録し振り返ることは生活習慣の改善に一定の効果が得られる可能性がある．ただし，変動グラフが単純な右肩上がりや右肩下がりではなく，波打っている場合があるので，一概にも習慣が改善したといえないものもある．また，運動日数が悪化した人数が最も多かったが 4 人中 2 人が元々毎日運動しており，それが 5〜6 日に減少しただけなので運動習慣が失われたとは考えていない．

6.2 生活習慣の傾向

協力者全員が大学生もしくは大学院生であることを踏まえると，朝に用事がなければたとえ夜型であっても昼前まで寝れば睡眠時間は確保できる．また，昼前に起きることと一人暮らしをしていることから，朝ごはんを用意することが面倒になり朝ごはんを食べなくなりやすいのではないかと考えている．

6.3 アンケート結果

6.3.1 聞き取りにくい単語

聞き取りにくいときは，単語単位ではなく文で答えると聞き取りが改善する場合があった．例えば，「合ってる」ではなく「それで合ってる」と答えたり，「5 日前」ではなく「5 日前のデータ」と答えたりすると比較的聞き取りが改善した．

6.3.2 システムの良い点

システムの良い点として「大体意味をくみ取ってくれるので答え方に悩まなくてよい」というものがあった．それは YES/NO 質問の答えをテンプレート文との文章ベクトルの類似度で判定するようにした結果である．

次に，「対話がスムーズにできている」ことについて考察する．類似度で判定するようにしたことの恩恵は「答えに悩まなくてよい」ことだけでなく，どのような文章が来ても YES/NO のどちらかに分類できるので，完全一致とは違って問い返しの回数が減り，対話がスムーズになることにもつながる．ただし，人によってはスムーズな対話を実現できなかった．その主な原因は音声認識であった．人によって発音の仕方が異なる単語の場合，うまく認識できる発音とできない発音があった（昨日と機能，今日と京など）．そういった単語でも前節で述べた通り，文脈理解につながる語を追加して返答すれば改善する可能性があると考えている．

7 むすび

本研究では対話ロボットと収集した生活習慣を表示する Web アプリケーションを用いて，生活習慣の改善と健康の維持を支援するシステムを開発した．そして，開発したシステムを用いて実際に生活習慣を収集し，生活習慣の分析とシステムの評価を行った．生活習慣の分析から，改善した項目がある人が一定数いたことがわかり，共通の傾向が存在することもわかった．

今後の課題としては次のようなものがあげられる．

- 単語の聞き取り精度の向上
- YES/NO 質問の YES/NO 判定の精度の向上
- より自然な対話で生活習慣を収集する

謝辞

本研究は公益財団法人 JKA 令和 3 年度複数年研究補助事業により実施されました．深く謝意を表します．

参考文献

[1] 平成 26 年版厚生労働白書 ～健康・予防元年～ | 厚生労働省, https://www.mhlw.go.jp/wp/hakusyo/kousei/14/backdata/1-2-2-02.html(参照 2022-12-12)

[2] 櫻田孔司: “ 行動変容型生活習慣改善システム ”, OKI テクニカルレビュー 83 号, pp.26-29, 2016

[3] 齋 圭作, 加藤 宏脩, 阿部 秀尚:“ 音声対話ロボットとリアルタイム画像提示による調理支援システムの開発 ”, 第 80 回全国大会講演論文集 2018 (1),2018-03-13

[4] 中村 康嵩, 原田 誠一, 佐久間拓人, 田中 由浩, 南角 吉彦, 加藤 昇平: “ ユーザ相互のタイピングからジェスチャ表出するロボットアバター付きチャットシステム ”, HCG シンポジウム 2022 , 2022

[5] コミュニケーションロボット「Sota (ソータ)」— ヴイストン株式会社, https://www.vstone.co.jp/products/sota/ 参照 2022-12-12

[6] Devlin, J., Chang, M.-W., Lee, K., and Toutanova, K.: “ BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding ”, in Proc. NAACL-HLT 2019, pp. 4171–4186(2019)

[7] J. Kennedy and R. Eberhart: “ Particle Swarm Optimization ”, Proc. IEEE International Conference on Neural Networks, Vol. IV, pp. 1942-1948, Perth, Australia(1995).

[8] R. Eberhart, P. Simpson, and R. Dobbins: Computational Intelligence PC Tools, AP Professional(1996).

[9] J. Kennedy and R. Eberhart: Swarm Intelligence, Morgan Kaufmann(2001).

[10] Y. Shi, and R. Eberhart: “ A Modified Particle Swarm Optimizer ” Proc. of IEEE ICEC Conference, Anchorage(1998).

[11] Alec Radford, Jeff Wu, Rewon Child, David Luan,Dario Amodei, and Ilya Sutskever: “ Language models are unsupervised multitask learners. ” (2019).