

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 4 日現在

機関番号：13903

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2015

課題番号：25540146

研究課題名(和文) 発話音韻解析と信念ネットワークの高度化に基づく認知症の早期スクリーニング

研究課題名(英文) Early Detection of Dementia by Advancing Speech Analysis and Bayesian-Based Data Mining

研究代表者

加藤 昇平 (Kato, Shohei)

名古屋工業大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：70311032

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、高齢者の音声に対する独自の解析手法を提案することで、ごく早期の認知症発見・予防を目的とした極めて簡易な、在宅でも利用可能な音声認知症スクリーニングの基礎アルゴリズムを開発した。データ解析ならびにデータマイニング技術の手法であるROC解析ならびに多重ロジスティック回帰分析の技術を応用することで、高齢者の質問応答発話音声から抽出した音響ならびに韻律特徴を用いて認知機能の危険度指標SPCIRを計算するアルゴリズムを提案した。これにより、誰でも、定期的に、安心して認知症スクリーニング検査を受けることができ、認知症の疑いを早期に発見することで専門医への受診誘導を促す仕組みが実現される。

研究成果の概要(英文)：In this research, we have developed a novel data-mining approach for detection of cognitive impairment, SPCIR (Speech Prosody-Based Cognitive Impairment Rating), which can discriminate between mild cognitive impairment and mild Alzheimer's disease from elderly using prosodic sign extracted from elderly speech during questionnaire test. This study proposes a binary discrimination model of SPCIR using multivariate logistic regression and model selection using receiver operating characteristic (ROC) curve analysis, and confirmed acceptable discriminative performance of the sensitivity and specificity of SPCIR for diagnosis (control; mild cognitive impairment/mild Alzheimer's disease).

研究分野：人工知能、知能感性ロボティクス、医工連携情報処理

キーワード：認知症スクリーニング 医療・福祉サービス 発話音声解析 加齢工学

1. 研究開始当初の背景

我が国の超高齢化社会が抱える問題のひとつに認知症対策がある。認知症対策の1つの柱として認知症の早期診断の重要性が掲げられているものの、早期発見・予防に結びつく機会やプロセスが十分ではなく、より感度の高いスクリーニング・ツールの開発が望まれている。申請者の先行研究では、患者の日常的会話音声から音声韻律特徴を解析することで、認知症の早期診断を実現することを目的としており、これまでに、東京都健康長寿医療センターと株式会社イフコムと共同して、東京都の施設利用高齢者を中心に115名の高齢者から音声採取している。わが国で最も頻用されている認知症スクリーニング検査である改訂長谷川式簡易知能評価スケール(HDS-R)を実施した臨床に相当する認知機能障害の判定結果とあわせて、 $R=0.71$ と比較的高い相関関係が示され、音声の韻律特徴と認知機能障害の間に、何らかの関連があることが示唆される結果を得ている。

2. 研究の目的

上記の予備的研究成果を発展させて高齢者の発話音声韻律特徴を用いた認知症早期スクリーニングのシステムの基礎アルゴリズムを試作する。本申請課題においては、相関分析計算技法に基づいた、単なる認知症危険度の指標値の計算手法としてではなく、高齢者が在宅で単独で検査実施可能なスクリーニング補助システムの実現へ直結する要素技術を確認することを目的とする。

- 1) 発話音声の非言語情報から認知症の早期診断に寄与する特徴を発見する。
- 2) 発見された特徴量とCDR尺度との間に強い相関を有する($R \geq 0.85$, かつ, 補正済み決定係数 $R^2 \geq 0.6$)。
- 3) 特徴量から算出した高次統計量に基づき計算機に学習させた認知症早期推定モデルの出力(確率推定値)が85%超の認知症推定正答率を有する。

3. 研究の方法

①実験データ(音声と臨床データ)の採取
音声の特徴を研究し、健常群と軽度認知症群(認知症疑い群を含む)を判別するスクリーニングシステムを研究開発するためには、65歳以上男女の高齢者の音声データと、音声データと対となる専門医で認知症の診察を受けた結果の臨床データが必要となり、認知症専門医で実験データを採取する。

②刺激課題の研究開発

音声データを採取するには、話題(刺激課題)を提供して、それに対して話してもらう方法をとる。そのための刺激課題を、認知症の予防や進行抑制として用いられる回想法(人生の思い出話など)に基づく課題と、認知症との関連が研究されているワーキングメモリ(作業記憶)に基づく課題を対象として作成する。

③音声による認知症スクリーニングの予備実験の精査

申請課題の基となる研究成果で述べた本研究課題の予備実験における音声データと臨床データに相当するHDS-R得点データ、および、音声スクリーニングの技術を用いて、予備実験を精査する。具体的には、音声韻律特徴量としてこれまで抽出した、スペクトルとピッチ、フォルマント、短時間エネルギー、時間構造、に加えて、それぞれの周波数ゆらぎと振幅ゆらぎの特徴、MFCCなどの特徴を追加し、再度検討する。また、検査時間5分以内で判別結果を出力するためには、短時間で処理できる能力も求められる。

④音声特徴量抽出ソフトウェアの試作

音声に含まれる様々な非言語的特徴量を抽出し、認知症のスクリーニングに用いる音声特徴を精練・選択する機能を研究開発する。ここでは、特徴選択の基本的手法である、赤池情報量基準AICを考慮したフォワードステップワイズ等の逐次選択法に加えて、遺伝的アルゴリズム(GA)やSimulated Annealing(SA)等のストカスティックなアプローチについても検討する。

⑤音声相関分析(変数生成)

主成分分析、多変量解析、ベイジアンネットワーク等の統計分析、学習、推定技術を用いて、音声特徴と認知症の認知機能障害との相関関係を分析する機能を研究開発する。初年度の研究開発で抽出された多くの特徴量の中から、判別に有用な特徴量を複数選択し組み合わせる技術の研究開発が必要となる。

⑥認知症危険度(SPCIR)判定計算手法の開発

a) 数値型SPCIR: 重回帰分析, リッジ回帰, サポートベクトル回帰(SV回帰), カーネル回帰分析などの高次統計量解析を応用し発話者のHDS-Rスコアと相関の高い数値指標を音声特徴から自動計算する方法を開発する。

b) 分類型SPCIR: 正準判別分析, 線形判別分析, ナイーブベイズ法, などの多変量解析, ならびに, ベイジアンネットワーク, Tree

Augmented Naïve Bayes (TAN) クラシファイアなどの信念ネットワークやグラフィカルモデルを応用し、音声から発話者の認知症危険度の有無を自動推定判別する知識モデルを構築する。

⑦認知症スクリーニングの応用ソフトウェア開発

これまでの研究成果を総合し、認知症スクリーニングの応用ソフトウェアを開発・整備するとともに、実用的な計測機器・ソフトウェアシステムとして、地域社会ネットワークに展開できる品質・機能へ向上させる。

コンピュータソフトに不慣れな高齢者でも操作が可能となるような、簡単なヒューマンインターフェースの考案や、スクリーニング結果にあわせて高齢者の健康管理および生活支援に有用な情報を提供する情報出力などの応用機能を開発する。最終的には、音声による認知症スクリーニングの機能を中心として、専門医、かかりつけ医、ならびに、介護施設等の地域包括支援センターの連携を強化する地域ネットワークの中核的コンテンツとなることを目指す。

4. 研究成果

【平成 25 年度】研究課題の初年度では以下の項目について研究を実施した。

1) 実験データ（音声サンプルと臨床データ）採取

スクリーニングアルゴリズム開発の基となる実験データ（音声サンプルと臨床データ）を採取する方法と手続きをデザインし、実験データを採取した。実験には、国立長寿医療研究センター病院に来院した外来患者 25 名の高齢者（年齢 64-93 歳、男性 7 名、女性 18 名）が参加し、健常な高齢者（CN 群）の他に、軽度認知機能障害（MCI 群）および軽度アルツハイマー型認知症（AD 群）を対象とした。

2) 刺激課題の研究開発

認知課題としては、国内の医療・介護現場で広く用いられている質問式の認知症スクリーニングツールである、長谷川式簡易知能評価スケール HDS-R テストを含め、様々な認知課題を実行中の高齢者の脳機能を計測するために以下の 9 項目 4 テーマから構成されるブロックデザインの認知課題を設計しブロックデザインの課題を設計し、音声・fNIRS 同時計測を行った。

3) 音声による認知症スクリーニングの予備的調査

2) に併行して、先行研究にて既に採取済み

の臨床データ（浴風会病院外来診察来訪高齢者 243 人）に対して、以下の研究を実施した。

a) 音声特徴量の精査

先行研究において、メル周波数ケプストラム係数 (MFCC) 特徴量の多くが軽度認知症を判別する韻律特徴として有力であることがわかっている。

そこで本研究項目では、この MFCC 特徴量の抽出計算を再評価し、軽度 AD の判別に有効な特徴量を精査した。

【平成 26 年度】2 年目である平成 26 年度は以下の項目について研究を実施した。

1) スクリーニングの基となる音声特徴の抽出技術の研究開発

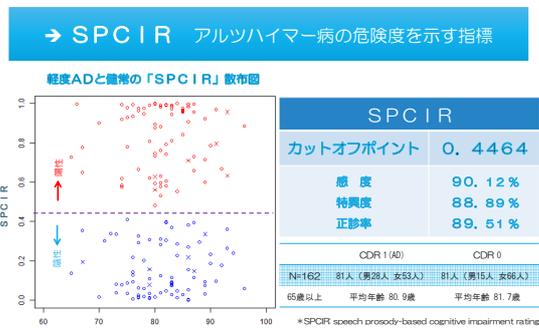
・ゆらぎ指標の導入：昨年度までに開発した、発話音声の音高、音高、口腔の共鳴特性、声道の伝達特性からなる 128 種の音声特徴量に加えて、音高と音量の時系列からゆらぎの特徴を算出する計算プログラムをそれぞれ開発した。

2) スクリーニングに有効な韻律特徴を選択する技術の研究開発

・3つの新しい統計指標の導入：リスクファクターの予後予測性能を評価する指標として、近年の統計医学で注目されている指標である、C-統計量、IDI、NRI、の3つの統計量をそれぞれ計算するプログラムを開発し、これを先行研究にて開発した認知症判別モデルに適用し性能を改善した。

・ROC 解析による特徴量の精査：昨年度の研究で実施したロジスティック回帰モデルと上記の指標を組合せて認知症の判別に有効な音声特徴量の自動選択・合成するアルゴリズムを開発した。任意の音声韻律特徴集合を用いて多重ロジスティック回帰モデルを作成し認知症の有無を判別する。ここで、同モデルのカットオフポイントを変化させながら、認知症判別の True Positive (感度) と False Positive (特異度) の 2 軸直交平面上にプロットを作成する。このプロットを繋いで曲線を描いたものが ROC 曲線と呼ばれるもので、この曲線の下側面積 (AUC) を C-統計量と呼ぶ。この面積が大きいほど、選択された音声韻律特徴の組合せが認知症の判別に有効であることを示すものである。本研究実施項目では、この評価指標に加えて「判別モデルがどれだけ判別目標を分類できるか」をより正確に表現した指標である IDI, NRI を採用した。

【平成 27 年度】3 年目である平成 27 年度は



以下の項目について研究を実施した。

1) スクリーニングに有効な韻律特徴の組合せを構築して判別する技術の研究開発
 昨年度までに「有効な韻律特徴を選択する技術の研究開発」として開発したロジスティック回帰分析の技術を応用し判別モデルを構

築した。下記の実験結果を通して、これまでのところ本方式が本研究課題に最も適合していると考えられる。

被験者数：N=243 (健常, MCI, 軽度 AD, 各群 81x3)

解析対象音声：日時の見当識課題 (HDS-R, Q2) の回答音声 (有効回答音声部分の切出し)

健常/軽度 AD の 2 群判別性能: 感度 90.12%, 特異度 88.89%, 正診率 89.51% (leave-one-out 交差検定)、SPCIR カットオフ: 0.446

健常/MCI の 2 群判別性能: 感度 76.5%, 特異度 75.3%, 正診率 75.9% (leave-one-out 交差検定)、SPCIR カットオフ: 0.521

2) 音声認知症スクリーニングの実用化を意識した音声区切りの採用

World Wide Web 上のアプリケーションとして本研究技術を実現するための研究調査と試作を実施した。

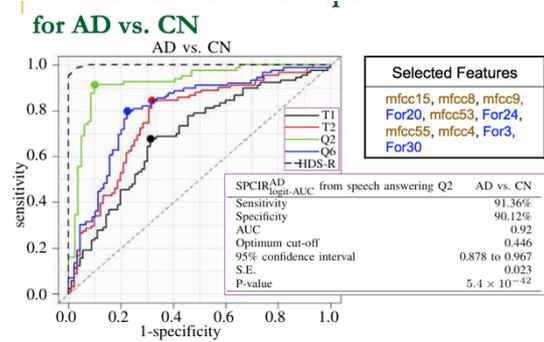
・音声データの区切り方式 (全回答音声)

実用化を考慮して回答音声データの切り分けの方法を、これまでは、回答音声の WAV ファイルを手で聴取し、有効回答部分の音声を抜き取る作業を行っていた。これに対して、簡単な Web 会話システムで自動的に実現可能な音声区切り方法として、この作業工程を省略し、質問者の音声終了後、何らかの音声が発話された時点を区切り点とする全回答音声データ (相槌や言いよどみ、短時間無音区間などのプレフィックス音声部分も含む) を対象として、軽度 AD の判別に関して実験を実施した。

被験者数: N=162 (健常, 軽度 AD, 各群 81x3)

解析対象音声：日時の見当識課題 (HDS-R, Q2) の回答音声 (有効回答音声部分の切出し)

健常/軽度 AD の 2 群判別性能: 感度 84.0%, 特異度 82.7%, 正診率 83.3% (leave-one-out



交差検定)

上記 1) の結果と比較して若干の性能低下が見られるものの、システム自動化のためのトレードオフとして許容範囲内と考えられる。

これにより、会話システムによる回答音声の自動切り取りと、回答のレスポンス時間の計測が可能となった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 7 件)

1. Shohei Kato, Hidetoshi Endo, Risako Nagata, Takuto Sakuma, Keita Watanabe, Bayesian-Based Detection of Mild Cognitive Impairment and Mild Alzheimer's Disease: discrimination performance using cerebral blood flow activation during daily conversation, Gerontechnology Vol.13(12) pp.116-117, 2014
2. Mitsuru Haga, Shohei Kato, A New Ant Colony Optimization Method Considering Intensification and Diversification, Lecture Notes in Computer Science, Vol.8291, pp.445-452, Springer, 2013 加藤昇平, 高齢者の発話から認知症の危険度を察知する情報技術, 名古屋工業会誌 ごきそ, Vol.461, pp.6-7, 2014
3. 岩井 亮, 加藤昇平, 探索の停滞に応じてパラメータを再設定する Differential Evolution on Scattered Parents, 情報処理学会論文誌, Vol.56, No.2, pp.733-743, 2015
4. 加藤昇平, 感性ロボットに心を宿す情報処理とインタラクションデザイン, 感性工学 特集「感性ロボット」, Vol.13 No.4 211-219, 2015
5. 小笠原宏樹, 加藤昇平, ユーザの行動選択傾向に応じた感性ロボットの性格付与, 日本感性工学会論文誌, Vol.15 No.1 pp.75-83, 2016
6. 金軼成, 佐久間拓人, 加藤昇平, 国立勉, 隠れマルコフモデルを用いた発話音声からの性格印象推定, 電気学会論文誌 C, Vol.135, No.12, pp.1517-1523, 2015

[学会発表] (計 3 4 件)

1. Shohei Kato, Hidetoshi Endo, Akira Homma,

- Takuto Sakuma, Keita Watanabe, Early Detection of Cognitive Impairment in the Elderly Based on Bayesian Mining Using Speech Prosody and Cerebral Blood Flow Activation, 35th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC'13), Osaka, pp.5813-5816, July 03-07, 2013
2. Shohei Kato, Hidetoshi Endo, Risako Nagata, Takuto Sakuma, Keita Watanabe, Toward Personalized Cognitive Training for Elderly with Mild Cognitive Impairment: cerebral blood flow activation during verbally-based cognitive activities, 2013 IEEE International Conference on Systems Man and Cybernetics (SMC 2013), Manchester UK, pp.3775-3779, October 13-16, 2013
 3. Takuto Sakuma, Shohei Kato, Acquiring Interaction Rule Reflecting User's Evaluation Tendency, 5th International Association of Societies of Design Research (IASDR 2013), Tokyo, pp.01D-2 (9-pages), August 26-30, 2013
 4. 加藤昇平, 遠藤英俊, 永田理紗子, 佐久間拓人, 渡邊恵太, 軽度認知機能障害および軽度認知症の早期診断とリハビリテーション支援をめざして, Joint Agent Workshop and Symposium (JAWS) 2013, 南紀白浜, pp.99-103, September 17-20, 2013
 5. 単 壮, 渡邊恵太, 加藤昇平, 中文カウンセリングウェブデータの LDA を用いた文書分類, 平成 25 年度電気関係学会東海支部連合大会, 静岡大学, pp.O4-4, September 24-25, 2013
 6. 加藤昇平, 遠藤 英俊, 永田 理紗子, 佐久間拓人, 渡邊 恵太, 健康長寿社会のための人間内面のモニタリング, 平成 25 年度電気関係学会東海支部連合大会, 静岡大学, pp.S2-2 (2-pages), September 24-25, 2013 (シンポジウム招待講演)
 7. 加藤昇平, 高齢者の発話から認知症の危険度を察知する情報技術, 名古屋工業会尾張支部総会・特別講演会, 学会発表・依頼講演名古屋文理大学文化フォーラム, 2014/4/19
 8. 加藤昇平, 高齢者の発話から認知症の危険度を察知する技術, 日本感性工学会感性ロボティクス部会 Mini Symposium, 千葉工業大学, 2014/12/12
 9. 加藤昇平, 高齢者の発話から認知症をスクリーニングする情報技術, 第 8 回 Beyond Robotics 研究会, 東京大学, 2014/12/14
 10. Takuto Sakuma, Shohei Kato, A Ball Game Typed Human-Robot Interaction Based on All-Combinatorial N-grams, The 20th International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB 20th 2015), pp. 266-271, Beppu, 2015
 11. Hiroki Ogasawara, Shohei Kato, Effect of mood transition for characterizing KANSEI robot reflecting the tendency of treatment from user, The 20th International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB 20th 2015), pp. 254-257, Beppu, 2015
 12. Yona Nancy, Shohei Kato, A Study on Care-Giver Free Cognitive Impairment Screening and Reminiscence Therapy Tool for the Elderly, The 1st International Symposium on Affective Science and Engineering (ISASE2015), pp. B1-4 (9 pages), Tokyo, 2015
 13. Zhuang Shan, Shohei Kato, LDA-Based Text Classification Method for Psychological Counseling Data, The 1st International Symposium on Affective Science and Engineering (ISASE2015), pp. C1-1 (5 pages), Tokyo, 2015
 14. Yicheng Jin, Takuto Sakuma, Shohei Kato, Estimation of Personality Impression from Speech Record: Based on Non-verbal Information Modeled by HMM, The 1st International Symposium on Affective Science and Engineering (ISASE2015), pp. D2-1 (6 pages), Tokyo, 2015
 15. Akihiro Uhara, Shohei Kato, Emotion Estimation from Sentence of Written and Spoken Language: calculating sentence similarity for categorization using weighted common subsequence, The 1st International Symposium on Affective Science and Engineering (ISASE2015), pp. D2-5 (6 pages), Tokyo, 2015
 16. Shohei Kato, Hidetoshi Endo, Risako Nagata, Takuto Sakuma, and Kiyomi Tomida, Comparison of Cerebral Blood Flow Activation of Elderlies with Amnesic and Nonamnesic MCI during Daily Conversation, IEEE International Conference on Biomedical and Health Informatics (BHI-2016), NV, USA, 2016
 17. Shohei Kato, Akira Homma, Takuto Sakuma, Munehiro Nakamura, Detection of Mild Alzheimer's Disease and Mild Cognitive Impairment from Elderly Speech: binary discrimination using logistic

- regression, The 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC'15), pp.5569-5572, Milano, 2015
18. Shohei Kato, Hidetoshi Endo, Risako Nagata, and Takuto Sakuma, Comparison of Cerebral Blood Flow Activation of Elderlies with Amnesic and Non-amnesic MCI during Verbally-Based Cognitive Test, The 54th Annual Conference of Japan Society for Medical and Biological Engineering, pp.296-300, Nagoya Congress Center, 2015
 19. 加藤昇平, 赤津裕康, 湊田英津子, 鳴子地区在住高齢者の健康状態、日常生活能力、および、認知機能の把握調査, 第 54 回日本生体医工学学会大会, pp.P2-6-17-G (poster), 名古屋国際会議場, 2015
 20. Shohei Kato, Hidetoshi Endo, Risako Nagata, Takuto Sakuma, Measurement of Cerebral Blood Flow Activation of Elderlies during Verbally-Based Cognitive Tasks: comparison of fNIRS signals between mild AD and MCI subtypes, Brain Connects 2015 (NCGG/JSPS NTU/NUS Joint Research Collaboration Workshop), Nagoya University, 2015
 21. 加藤昇平, 高齢者の発話から認知症の危険度を察知する情報技術: 誰でも気軽に使える認知症スクリーニングをめざして, CIAJ 情報通信ネットワーク産業協会・えくすぱーと・のれっじ・セミナー (招待講演), 東京, 2015
 22. 加藤昇平, コミュニティ工学シンポジウム 2016 ロボットによるコミュニティの活性化—ソーシャルロボティクスの今— (パネル討論・パネラー), 名古屋工業大学, 2016
 23. Rina Hayashi, Shohei Kato, CHOBONYAN: Soft-Stuffed Robot in Palmtop Size and Light Weight for Therapy, The 4th 2015 IEEE Global Conference on Consumer Electronics (IEEE GCCE 2015), pp.112-113, Osaka, 2015
 24. Fumihiko Kinbara, Shohei Kato, Munehiro Nakamura, Multi-Task Reinforcement Learning with Associative Memory Models Considering the Multiple Distributions of MDPs, The 4th 2015 IEEE Global Conference on Consumer Electronics (IEEE GCCE 2015), pp.27-29, Osaka, 2015
 25. Rina Hayashi, Shohei Kato, Psychological Effects of Physical Embodiment on Pet Therapy, International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB 2016),

pp.158-162, Beppu, 2016

[図書] (計 1 件)

1. 加藤昇平, 遠藤 英俊, 本間 昭, 音声韻律・脳血流情報を用いた認知症早期スクリーニング支援技術の開発, パーソナル・ヘルスケア: ユビキタス、ウェアラブル医療実現に向けたエレクトロニクス研究最前線 (第 2 編, 第 5 章, 第 2 節), NTS, pp. 201-209, October, 2013

[産業財産権]

○出願状況 (計 1 件)

名称: Cognitive Impairment Determination Apparatus, Cognitive Impairment Determination System and Program
発明者: Shohei Kato and Hidetoshi Endo
権利者: Nagoya Institute of Technology
種類: Patent
番号: USPT Appl. No.14/122,786
出願年月日: 2013/11/30
国内外の別: 外国

○取得状況 (計 1 件)

名称: Cognitive Impairment Determination Apparatus, Cognitive Impairment Determination System and Program
発明者: Shohei Kato and Hidetoshi Endo
権利者: Nagoya Institute of Technology
種類: Patent
番号: U.S. Patent: No. 9,131,889 B2
取得年月日: 2015/9/15
国内外の別: 外国

[その他]

ホームページ等

http://www.katolab.nitech.ac.jp/html/research_screening_cognitive_impairment.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

加藤昇平 (KATO, Shohei)
名古屋工業大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号: 7 0 3 1 1 0 3 2