

ICT を活用した介護現場感染症対策支援に関する取り組み

渡邊祥太¹ 蔦谷雄一¹ 長島久美子¹ 長坂知美¹
杉本千佳² 小林匠² 河野隆二³

概要: 新型コロナウイルス感染拡大により介護施設ではクラスタが度々発生し、感染症終息の見通しが立たない中で、介護施設では継続的な感染症予防対策が求められている。COVID-19 感染では体温上昇傾向に個人差があり、感染判断の指標となる体温や血中酸素飽和濃度等バイタルサインの変化を個人毎にモニタすることが有効と考えられるが、人手不足が課題となっている介護施設では頻繁に検査を行うような感染対策は困難である。このため ICT を活用した支援策が必要であると考え、本稿では、バイタルセンサ、無線ボディアエリアネットワーク (BAN) および機械学習を活用した個人毎の体調変化を検出する仕組みを構築する取り組みについて報告する。検出に有効な要因を考察し、複数の介護施設にて実証実験を行い、仕組みの実用性と現場での有効性について確認した結果を示すとともに、今後の施策と社会適用性について考察する。

キーワード: 新型コロナウイルス感染対策, 介護, 無線ボディアエリアネットワーク (BAN), Fitbit Sense, IEEE802.15.6a, 機械学習, Isolation Forest, COVID-19, スマート社会

1. はじめに

新型コロナウイルス感染拡大により介護施設にクラスタが度々発生し、訪問介護需要の比重が増える一方で利用控えも増加している[1]。コロナ禍で感染症予防対策が求められる中、従来の課題である介護の人手不足に拍車がかかり、介護事業所をひっ迫している。介護事業者がサービス利用者に対して安心・安全なサービスを継続して提供するためには、人手の対策コストを極小化しつつ、感染予防を実施する必要があるため、ICT を活用した感染症予防対策支援が必要と考える。

介護事業者のサービス利用者の特徴として一般に高齢の利用者が多く ICT に明るくない場合が多く、また体力的に十分でない利用者も多いため、できうる限り簡易な仕組みでかつ、身体的な負荷も考慮した仕組みであることが重要である。本研究報告では事業形態の異なる2つの介護事業者から感染予防に対する現行業務とその課題をヒアリングし、介護サービス利用者の特徴を踏まえた上で課題を解決するための ICT サービスの内容・仕組みを考案した結果、コンセプトの実現性の確認のため、さらに2つの介護事業者と実証実験を実施した成果および今後の社会実装の展望を報告する。

なお本報告は国立研究開発法人情報通信研究機構(NICT)の「ウイルス等感染症対策に資する情報通信技術の研究開発」に関する委託研究の成果を活用している。

2. コロナ禍における介護施設の課題

本報告では4つの介護施設について現行の予防対策と改題のヒアリングを行い、結果を整理した。

(1) 対象の介護施設について

本報告では表1に示すように4施設に対して感染症対策の内容と課題のヒアリングを行った。

表1 対象施設一覧

項番	施設名	分類
1	施設 A	デイケア
2	施設 B	デイサービス
3	施設 C	デイサービス
4	施設 D	デイサービス

ここでデイサービスとは図1に示すように利用者が自宅で自立した日常生活を送る事を支援するサービスで食事、入浴、機能訓練や自宅との送迎などを行う。デイケアは図2に示すようにリハビリを目的としたサービスであり、デイサービス同様、食事、入浴なども実施するが、大きな違いは医師が常勤し、指示している事である。

各介護施設によりサービスの内容に差異はあるが、施設への送迎、運動指導、食事、入浴支援などを行っており、かつ複数のサービス利用者に対してサービスを提供しているため、他者との接触機会が多く、また新型コロナウイルス感染時の重症化リスクの高い高齢者がサービス利用者により多い特性から感染対策が必須な環境である。

1 富士通(株)
Fujitsu Limited.
2 横浜国立大学 大学院工学研究院
Faculty of Engineering Yokohama National University
3 YRP 国際連携研究所
YRP International Alliance Institute

a) Fitbit および Fitbit Sense のロゴは、米国およびその他の国における Fitbit, Inc の商標または登録商標です。
なお、本報告で紹介される社会実験は、実施母体の倫理審査を経て実施した。



図 1 デイサービス



図 2 デイケア

(2) 感染症対策の実施状況

前述のとおり、介護施設では感染症対策が必須な環境である。ここでは4施設に対して、現行の感染症対策をヒアリングした結果を報告する。

4施設に対してヒアリングした結果、いずれの施設も共通で実施している対策としては1.「入室時の検温の徹底と発熱時のサービスの利用の断り」、2.「介護者と被介護者の接触を避けられないため、都度の消毒の徹底」の2種である。これに加えて施設A、C、Dでは3.「SpO2センサの利用による血中酸素飽和度の監視」を実施し、施設Aでは4.「サービス利用時の体調悪化に対する医療サービスとの連携」を実施している。

表 2 感染予防対策一覧

項番	実施施設	内容
1	A, B, C, D	入室時の検温
2	A, B, C, D	接触前後の消毒
3	A, C, D	血中酸素飽和度の測定
4	A	医療サービスとの連携

血中酸素飽和度は体内の酸素濃度を示す指標であり、新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) の先行指標と考えられており、重症度の分類にも活用されている[2]。

(3) 感染症対策の課題

表2にあるように通所後の対策が主な感染症対策となっている。介護施設ではこれら感染症対策では解決しきれない課題を抱えており、解決策を模索していることがヒアリングできている。介護施設からヒアリングできた課題は以下のとおりである。

- 体温やSpO2の値は個人差があり、平常時との差異や時系列的な推移を確認する必要がある。
- 新型コロナウイルス感染症は、発熱や咳などの症状が出た日の数日前から他の人にうつす可能性がある。
- バス送迎利用時など通所前に他の利用者に感染する可能性がある。
- 介護施設は介護スタッフと被介護者が密集・密着する機会が多く感染リスクが高まる可能性がある。

いずれも現行の対策では解決できない課題であり、また、介護人員不足の現状から新たな対策の立案・実施が困難な状況であるため、ICTなどを活用し、現行の業務負担を抑えたままで新たな感染症対策を実施する必要があると考える。

3. ICTを活用した課題解決について

本章では2章でヒアリング・整理した結果に基づき、ICTを利用して解決する方法を検討した結果について報告する。

(1) アプローチの基本方針について

介護施設の課題を解決するためにはサービス利用者のバイタルを監視し、新型コロナウイルスに感染した可能性がある場合など、バイタルの異常をICTで検知することで介護施設を支援する仕組みが必要と考えられる。

バイタルセンサの情報を収集する仕組みとしてはデータの信頼性なども含めて無線ボディエリアネットワーク (BAN)[3] が有効であるため、BANとバイタルセンサを活用し、被介護者のバイタルを収集・監視する仕組みをベースとして検討した。結果を下記に示す。

- バイタルセンサ等を活用し、常時体温、SpO2等を測定・蓄積する。
- 取得したバイタルセンサの測定値等を活用し、新型コロナウイルスの感染・発症の予兆を早期に検知する。
- 取得したバイタルセンサの値を通所前にリモートで取得し、感染の可能性を事前にチェックする。
- センサの測位情報などから施設内の長期間の接触を検知する。

また、人手不足の状況から介護事業者が日々すべての被介護者のセンサの状況を収集・監視・確認することは困難であるため、AI技術などを活用し、半自動的に被介護者の体調・メンタルの不調を検知する仕組みである感染症対策支援システムが必要と考えられる。

(2) 感染症対策支援システムのコンセプト

感染症対策支援システムの実現のためには、1.「被介護者からバイタル情報を取得するためのバイタルセンサ」、2.「バイタルセンサの情報を収集・蓄積するための BAN および収集クラウド」、3.「収集したバイタル情報をもとに被介護者の体調・メンタルの変調を検知する AI」の要素が必要である。これらの技術を統合することで図3に示す介護事業者が安心・安全に被介護者にサービスを提供するための感染症対策支援システムが構築できると考える。

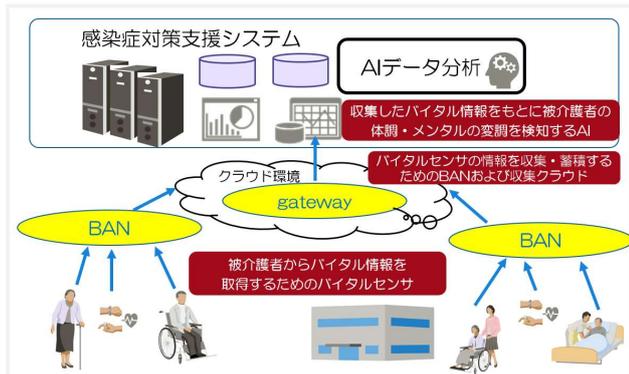


図3 感染症対策支援クラウドコンセプト

感染症対策支援システムでは被介護者のセンサで測定した種々のバイタル情報は BAN を介して集約され、クラウドに蓄積される。蓄積されたデータを機械学習で活用することで、体調・メンタルの変調を検知する AI を構築する。感染症対策支援システムを構築することで被介護者のバイタルは日々クラウドに送信され、AI による解析結果が介護事業者へ通知されることになる。感染症対策支援システムの利用時の流れは図4の形となり、これまで通所後に実施していた感染の可能性確認が通所前に確認できるようになるため、介護事業者の感染予防対策、ひいては安心・安全な社会を構築する支援ができると考える。

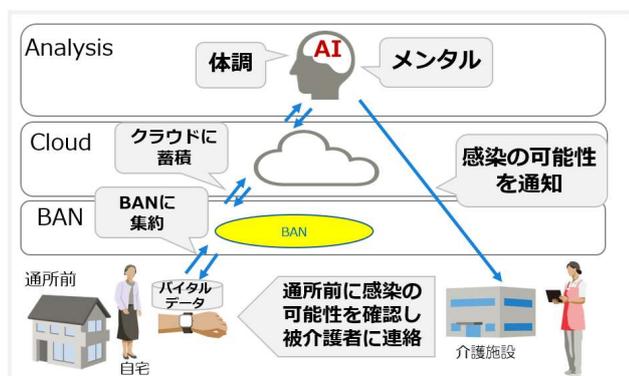


図4 システム利用時の流れ

4. 実現に必要な技術について

4.1 各技術に求められる要件

介護事業者のサービス利用者の特徴として一般に高齢の利用者が多く ICT に明るくない場合が多く、また体力的に十分でない利用者も多い。本節ではこれらの事情も踏まえ、感染症対策支援システムに求められるユーザ要件について介護事業者へヒアリングし、整理した結果について報告する。

表3 バイタルセンサに関するユーザ要件

項番	要件
1	装着時に被介護者に身体的負担のかからないセンサである必要がある。
2	装着・測定が簡単に実施できるセンサである必要がある。
3	頻繁な充電などは困難なため、センサは充電無しで数日間稼働する必要がある。
4	運動時に支障のないセンサである必要がある。

表4 BANに関するユーザ要件

項番	要件
1	身体的負担から BAN は常時携帯する事は不可能であり、特定の場所に設置する必要がある。
2	施設内での運動などに支障がない設置方法である必要がある。

表5 AIに関するユーザ要件

項番	要件
1	体調不良と判断した根拠が提示できる必要がある。
2	高血圧な被介護者も存在するため、一般的な基準からの乖離を体調不良と判断しないなど個人の特徴を捉えた AI である必要がある。

表6 個人情報保護・倫理規定に関するユーザ要件

項番	要件
1	個人情報保護法に準拠し、被験者、事業者に目的と提供データの活用法と範囲などを周知し、同意を得て実施する必要がある。
2	医師による医療診断行為ではなく、ICT、データサイエンスによる技術的な学習、解析であることを周知し、実施母体の倫理規定に準拠して実施する、また、ユーザに過度の期待や誤解のないことを確認して実施し、不測の事態にあつては速やかな対策を講じる必要がある。

4.2 選定技術について

本節では要件に従って選定した技術について説明する。

(1) バイタルセンサについて

バイタルセンサは 4.1 節に記載したように身体的に負担が少なく、装着、測定が簡単な必要があるため、腕時計

型のバイタルウォッチを活用する。ただし、医療機器認定されているバイタルウォッチは存在しないため、変調が確認できたあと等、より厳密な判断が求められる場合は医療機器認定されている機器の活用も検討する必要があると考える。なお、採用するバイタルウォッチは以下の条件に基づいて選定する。

- 体温、SpO2 など新型コロナウイルス感染症の指標となる情報が測定できる
- 着脱が容易であり、3日以上充電なしで稼働可能である

これらの条件を満たす Fitbit Sense[a][4]が適していると考えられる。Fitbit Sense は、腕時計型のバイタルウォッチであり、心拍数や歩数などの一般的なバイタルウォッチの機能に加え、睡眠中の皮膚の表面温度や血中酸素ウェルネスを測定することができる。ただし、Fitbit Sense は我が国の認定を受けた医療機器ではなく、その測定値は同種の目的の認定医療機器による精度や確度などのように保証されていない。一方で、Fitbit Sense は、腕時計型のため着脱が容易であるうえ、バッテリーは 6 日間以上継続使用可能であることから本社会実験に適したセンサであると考えられる。

(2) 無線ボディアエリアネットワーク (BAN)について

BAN は 4. 1 節の要件に加え、バイタルのデータを扱う関係上、セキュアな通信が求められるため、IEEE 802.15.6 の標準規格にそった機器を選定する。なお無線通信方式の国際標準規格である IEEE 802.15.6 は、医療やヘルスケア分野への適用を前提に策定されており、伝送の信頼性が高いこと、厳格なセキュリティ要件や緊急データの優先伝送といった内容が基本仕様として設定されている。

また、感染症対策支援システムでは様々なセンサに加え、バイタルウォッチなどの接続が必要であるため、感染症対策支援システムに特化した機器を試作した。なお、同試作機器は、現在更新が進められている同標準規格の高信頼化 (Enhanced Dependability) 更新 (amendment/revision) IEEE802.15.6a に反映されている。

(3) AI について

AI に利用する機械学習の手法として教師あり学習、教師なし学習、強化学習などが存在する[4]。感染症対策支援システムで検知すべき事象は人の体調の変化であり、以下の特性が想定される。

- 基礎疾患の有無なども含め人のバイタル情報は大きな個人差が存在する
- 個人が新型コロナウイルスに感染する事は稀であり、症状も様々であるため十分なデータ量でかつ精緻な教師データを確保する事は困難である
- 医師のみに許可されている病名などの判定より、個人の体調、メンタルに変化が生じている事を検知する技術的な根拠を提供する事が重要

これらの特性から各個人の正常な状態を学習し、正常な状態から逸脱した状態を検知するアプローチが適している

と考えられたため、教師なし学習を利用する。

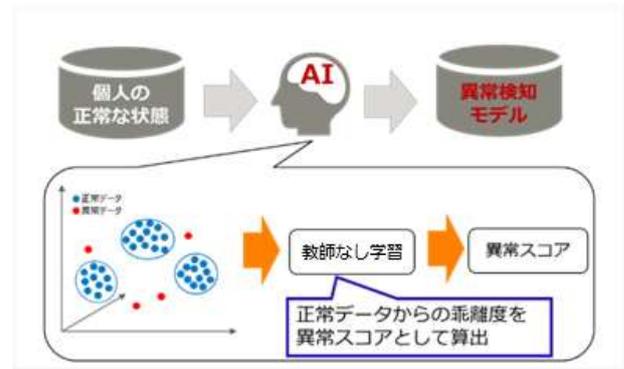


図 5 異常検知のイメージ

5. 社会実験について

5.1 社会実験概要

3 章で検討したコンセプトが 4 章で選択した技術によって実現できる可能性があるか富士通社員および介護者、被介護者の協力を得て、必要な倫理審査を経て、社会実験を行った。なお社会実験は 3 回に分けて実施予定であり、各社会実験では 1 回目は主にデータの収集と機械学習の試行を実施し、2 回目は BAN と Fitbit Sense、各種医療機器を接続し、より精緻なデータの取得と機械学習のアルゴリズムの改善を行う。

3 回目の社会実験では 1 回目、2 回目で取得したデータおよび開発した機械学習のアルゴリズムを活用し、介護支援システムのプロトタイプの開発と実証を実施する。

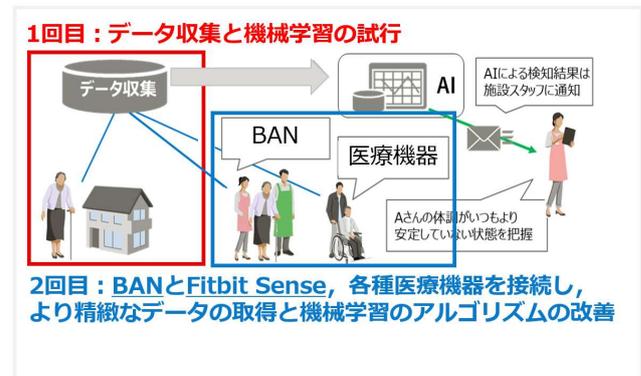


図 6 社会実験実施イメージ

表 7 社会実験 1 回目

項番	内容
1	Fitbit Sense を活用した個人のデータ収集
2	問診表を利用した個人のデータ収集
3	収集したデータによる機械学習の試行
4	BAN と Fitbit Sense および医療機器の接続

表 8 社会実験 2 回目

項番	内容
1	1 回目の社会実験の結果を踏まえたデータ収集方法の改善
2	Fitbit Sense および医療機器を利用した個

(3) 問診表の内容

問診表は体調を1回/日の頻度で取得した。問診表には体調異常の有無と症状を記載することで、前節にあるようにバイタルデータを体調の異常があったときのデータ、正常時のデータと区分した。

体温 ℃朝	体温 ℃夜	体調 ○で 囲む	自覚症状 当てはまる症状を○で囲む	会話を したら ○で 囲む	通所実 績を○ で囲む	備考 自由 記述 ※病名を記録(風邪など) ※ワクチン接種を記録
月 日 ()		普段 通り ・ 違和 感あり	発熱・空咳・痰の絡む 咳・鼻水・吐き気・嘔 吐・倦怠感・体の痛み・ 喉の痛み・頭痛・下痢 ・目の充血・味覚嗅覚の消 失・皮膚の発疹・手足の 指の変色	対面 ・ 電話	AM ・ PM	

図 8 問診表イメージ

(4) 機械学習の実施条件

体調不良の検知ではデータ提供者のデータから体調不良の存在した3名のデータを活用し、不良が検知できるか検証を行った。

体調不良のラベルは問診表を活用し、①倦怠感や頭痛などの軽度の体調不良、②発熱を伴う重度の体調不良を作成し、ラベリングした。新型コロナウイルス感染を検知する場合、②の検知は必須であり、①が実施できれば新型コロナウイルス感染症発症の予兆の検知が実施できる可能性があると考えられる。

表 12 機械学習の入力データ

	データ件数	軽度の体調 不良	重度の体調 不良
被験者 1	96	13	4
被験者 2	101	49	4
被験者 3	95	5	4

体調不良を検知する機械学習のアルゴリズムとして教師なし学習を利用するが、正常時のデータを定義する必要がある。今回の社会実験では正常時のデータは以下の定義とした。

- 軽度、重度の体調不良が発生した日は正常データに含めない
- 重度の体調不良が発生した前日、2日前、3日前は正常データに含めない
- 重度の体調不良が発生した翌日、2日後、3日後は正常データに含めない

1点目は異常データとして扱うための処置である。2点目3点目はより精緻な正常データを用意するため、体調の不良の発生前後の影響がある可能性のあるデータを正常に含めない処置である。

用意した手法を交差検定[4]を利用して体調不良が検知できるか検証した。なお教師なしの手法として複数の手法を実施したが、本報告では Isolation Forest[5]での実施結果

を報告する。

(5) 機械学習の実施結果

図 9, 10, 11 はそれぞれ被験者 1, 2, 3 に関して体調の異常検知を実施した結果である。

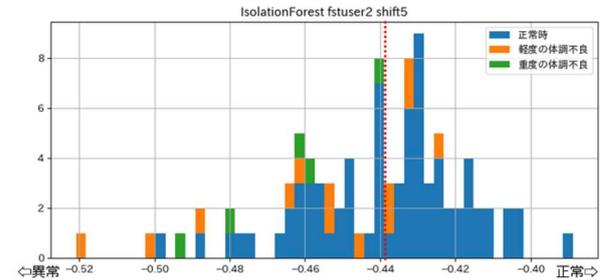


図 9 機械学習の実施結果 (被験者 1)

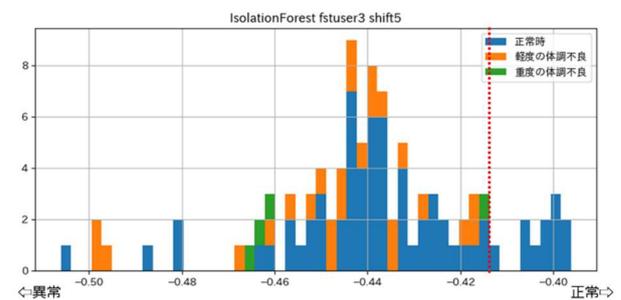


図 10 機械学習の実施結果 (被験者 2)

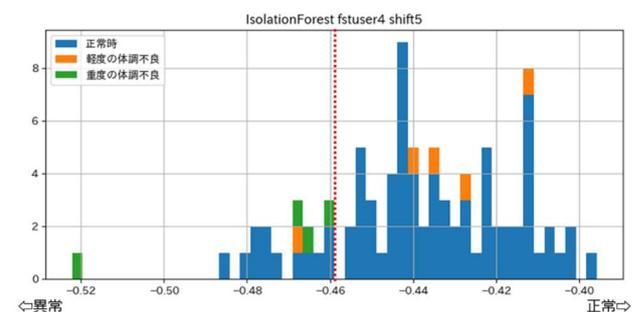


図 11 機械学習の実施結果 (被験者 3)

図 9, 10, 11 に示すように、重度の体調不良は推察できているが、軽度の体調不良は推察できていない事がわかる。

重度の体調不良は発熱や心拍の上昇など分かりやすいデータの変化があったが、軽度の不調はバイタル上の変化に乏しいのが原因である。Fitbit Sense は医療機器ではないこともあり、医療機器に比べてデータの信頼性の面で課題が存在する一方で Fitbit Sense という簡易で身体負荷が低いセンサを活用することで被験者の体調不良が検知できる可能性が実証できたことは本社会実験の成果である。

なお、現段階では誤検知も多いが、これは運動時や頻度の少ない行動パターンを学習しきれていないケースが多く、今後のデータ蓄積により誤検知は削減できる想定である。社会実験の2回目では医療機器のデータの活用、データの件数の増加によって精度が向上するか検討する。

6. おわりに

本論文では新型コロナウイルス感染拡大に伴う予防対策が急務な介護施設において ICT を活用した感染症予防対策の支援のため、サービス利用者が受容可能な簡易な仕組みを検討、考察し、2 つの異なる事業形態を持つ介護事業者にてコンセプトの実現性を確認する実証実験を行い、その成果と把握した課題を報告した。

システムのコンセプトは介護事業者およびサービス利用者に求められる要件から、実現に必要な技術として、被介護者への負荷を考慮して採用した腕時計型のバイタルウォッチ Fitbit Sense, セキュアかつ伝送の信頼性の高い国際標準規格に沿った BAN, 体調の異常検知を行う AI (機械学習) を採用し実証実験を行うことで実現性を確認した。社会実験 1 回目の結果としては重度の体調不良は検知できたが軽度の体調不良は検知するに至らなかった。今後の課題は運動時や頻度の少ない行動パターンを適切に学習し誤検知を低減するよう学習モデルの精度向上施策を講じていくことである。

謝辞 本研究成果は、国立研究開発法人情報通信研究機構の委託研究により得られたものである。

また、本研究にご協力頂いた介護施設の皆様に、謹んで感謝の意を表す。

参考文献

- [1] “厚生労働省 社会保障審議会介護給付費分科会 第 190 回【参考資料 3】新型コロナウイルス感染症拡大防止に係る取組に関する通所介護事業所への調査”。
https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/shingi-hosho_126698.html (参照 2022-1-24).
- [2] “厚生労働省 医療機関向け情報（治療ガイドライン、臨床研究など）新型コロナウイルス感染症 COVID-19 診療の手引き・第 6.1 版 “。
https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000121431_00111.html, (参照 2022-1-24)..
- [3] “総務省 戦略的国際連携型研究開発推進事業(平成 24 年度) 医療等社会システムのセキュリティ・デペンダビリティを確保維持するマルチレイヤ ICT の研究開発”。
https://www.soumu.go.jp/menu_seisaku/ictseisaku/ictRD/event/h25program.html, 参照 2022-1-24).
- [4] “fitbit” . <https://www.fitbit.com/global/jp/home>, (参照 2022-1-24).
- [5] 後藤 正幸, 小林学. 入門 パターン認識と機械学習, 2014, 256p.
- [6] Charu C. Aggarwal. Outlier Analysis, 2013, 461p