

当財団では、2021年度よりこれまで実施していた「中部社研ITフォーラム」、「中部社研セミナー」、「SDGsセミナー」を再編し、刻々と変化する社会・経済情勢に対応したタイムリーなテーマを取り上げ、「中部社研時事フォーラム」として開催しております。

本レポートは、第6回（2022年5月25日）でのご講演「電力データ・その他データとAIによる介護予防の現在と将来」を元に、講師の株式会社JDSC DXソリューション事業部の吉井勇人氏および金岐俊氏にその概要を執筆いただいたものです。

## ライフラインデータを用いたフレイル検知～健康寿命延伸に向けて

株式会社JDSC



執行役員  
DXソリューション事業部  
グループ長  
吉井 勇人



DXソリューション事業部  
ユニット長  
金 岐俊

### 1. 社会動向とフレイルについて

近年、世界は平均寿命の伸びと低出生率による人口構造の大きな変化を迎えている。特に、高齢者人口の割合が急激に増加していることは、多くの国で起きている現象である。国連の調査<sup>[1]</sup>によると、2020年世界の65歳以上の高齢者は7億2,700万人であり、今後30年でその規模は15億人を超えると予想されている。65歳以上の高齢者が全体人口に占める割合は、2022年は9.3%、2050年には約16%に増加すると予想されている。特に、一人

暮らしの高齢者の増加が顕著であり、現状でも65歳以上の高齢者人口のうち、男性の24%、女性の11%が一人暮らしをしている。

日本においても同様の傾向で一人暮らしの高齢者が増加すると予想されている。図1.1にて示しているように2035年には、65歳以上の高齢者のうち約39%は一人暮らしをし、その規模はおおよそ761万人になると予想される。このような人口構造変化によってさまざまな社会変化・課題が発生すると考えられ、その中でも高齢者の見守り・健康寿命延伸は重要課題と認識されている。

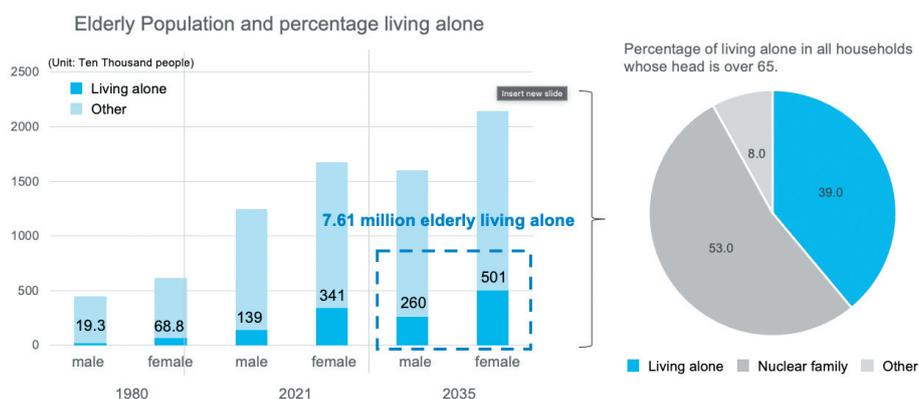


図1.1 日本の高齢者人口推移・一人暮らし高齢者の割合<sup>[2]</sup>

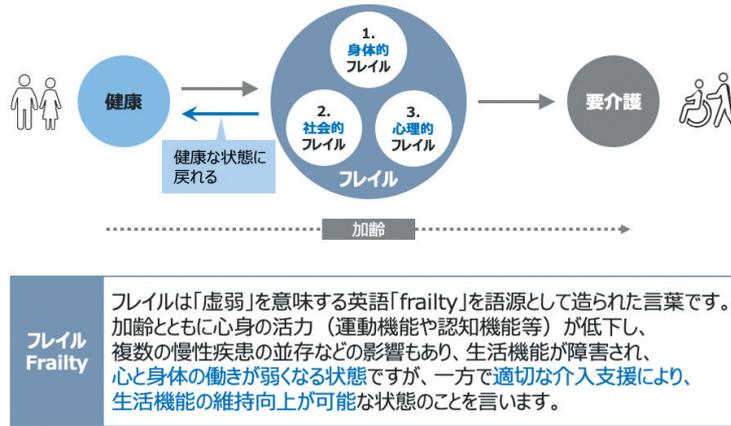


図 1. 2 フレイルとは

特に、一人暮らしの高齢者は同居人のいる高齢者と比較し、医療リソースへのアクセスが困難な場合が多く、また自分の衰えに気づきにくいことから、要介護状態になる可能性が高いとされている。従って、今後一人暮らしの高齢者が761万人規模に急激に増加すると予想されているなか、要介護状態の高齢者も増加するであろう。社会保障審議会医療部会にて発表した介護給付金の将来見通し<sup>[3]</sup>によると、2019年に約9.8兆円だった介護給付金が2025年には約15.3兆円、2040年には約25.8兆円規模になると予想されている。つまり、高齢者人口の増加・人口構造の変化による、政府の財政的コストも増加するということである。

このような社会背景から、近年介護予防の必要性が社会の各所から提唱されており、そのなかで

もフレイル (frailty) の早期発見に関する取り組みはさまざまな場面で検討・実施されている。フレイルは日本語で虚弱を意味し、健康な状態と要介護状態の中間の状態を指す言葉であり、フレイルの状態であれば、早期かつ適切な介入を実施することでまた健康な状態に戻せる、つまり可逆性のある状態と言われている。そのため、介護予防の観点でフレイルを早期に発見し、早期に介入を実現することは非常に重要と言われている。

## 2. フレイル検知の方法について

このような社会動向のなか、フレイル検知に関するさまざまな手法が提案されている。図 2. 1 で示しているように、フレイルの受診方法を大

**フレイル検知におけるアプローチと課題**

	受診方法	診断方法	事例	課題
フレイル検知	能動的	質問票	多	<ul style="list-style-type: none"> <li>・能動的に受診して下さる方は少数</li> <li>・受診した時には既に要介護</li> </ul>
		ゲーム等の他手段	少	診断の信憑性に疑義
	受動的	?	無	まだ誰も実現していない

JDSCが目指すところ

特にコロナ禍・巣籠もり下で水面下で問題が拡大している可能性あり

**フレイルチェック質問票**

受診者が把握できている情報に基づき診断 (把握できていないが有用な情報は多数存在)  
※東京大学高齢社会総合研究機構 (IG) 考案

図 2. 1 フレイル検知におけるアプローチと課題

く能動的方法と受動的方法にて分類できる。能動的方法アプローチは医者等の医療関係者との面談・フレイルチェック用の質問票を用いる方法であり、具体的には、以下のようなものがあげられる。

- (1) 基本チェックリスト<sup>[4]</sup>：近い将来に要介護状態となる可能性の高い高齢者をスクリーニングすることを目的としているチェックリストである。質問項目は手段的日常生活活動、身体機能、栄養・口腔状態、閉じこもり、認知機能、気分の全7種類25項目からなる。8項目以上該当する場合は、フレイルを判定する
- (2) Japan-Cardiovascular Health Study (J-CHS) 基準<sup>[5]</sup>：体重減少、疲労感、筋力低下、歩行速度の低下、身体活動の低下の5つの項目から構成されるチェックリストである。5項目の中、3項目以上に該当する場合はフレイルと判定する
- (3) 簡易フレイルインデックス<sup>[6]</sup>：CHS基準に基づいて作成された5項目の自記式質問票であり、実測を必要とせずフレイルをより簡便に評価可能である。3項目以上に該当する場合はフレイルと判定する
- (4) 指輪っかテスト：サルコペニア（加齢などが原因で筋肉量が減少したり筋力が低下したりすること）診断による方法で、両手の母指および示指で輪を作り、その輪と下腿最大膨隆部を比較するテストである。「囲めない、ちょうど囲める、隙間ができる」の3グループに分けられ、隙間ができる場合にサルコペニアと判定する

これまでフレイル診断の主流であった、以上のチェック質問票は、臨床研究を経ていて信憑性の高い方法であることから多くの場面で使用されていたが、直接病院に行き受診する、フレイル診断のイベントに参加する必要があるなど、高齢者から能動的に行動をとってもらう必要があるため、網羅的に実施することが難しく、また受診のタイミングには既に手遅れの場合も多いことが課題として指摘されていた。そこで、近年 ICT

(Information and Communication Technology) を活用した受動的フレイル検知方法が提案されている。IoTデバイスを用いて日常生活のなかでさまざまなデータを取得し、長期間に渡って日常生活を解析することでフレイルを判定するアプローチであり、普段通り生活するだけでも一定精度でフレイル検知が実現できるという点から注目を集めている。具体的には、以下のような方法が挙げられる。

- (1) モーションセンサーを用いる方法：宅内に複数のモーションセンサーを設置し、モーションセンサーの反応から宅内における動きや活動量および歩行速度、また外出時間/回数を抽出し、フレイル判定を行うアプローチ
- (2) ペンダント型の加速度センサーを用いる方法：ペンダント型の加速度センサーを常時携帯してもらい、歩行に関するデータを中心に身体活動機能を定量化し、フレイル判定を行うアプローチ

このように、IoTセンサーおよび深層学習・機械学習などのデータ分析アルゴリズムを活用しフレイル検知を行う研究は盛んであり、将来型フレイル検知方法として期待されているが、各種センサーの設置コストおよび管理コストが大きな課題として指摘されている。

### 3. 電力データを用いたフレイル検知モデル

本節では、これまで提案・研究されていた受動的フレイル検知方法の課題であったセンサーの設置・管理コスト問題の解決方法として、東京大学大学院越塚研究室・株式会社J D S C・合同会社ネコリコ・中部電力株式会社にて考案した電力データを用いたフレイル検知モデルについて紹介する。

#### 3.1 スマートメーター

スマートメーターは、通信機能が搭載されてい

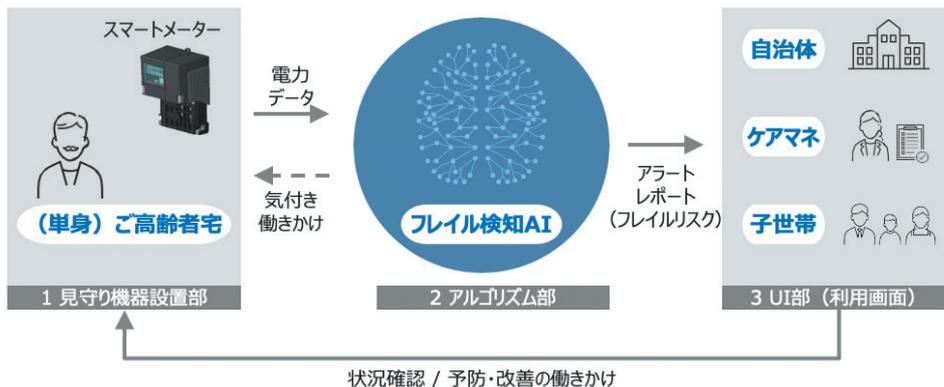


図 3.1 電力データを用いたフレイル検知～予防改善の全体図

る電力計測器であり、世帯消費電力量を一定時間間隔で自動計測できるIoTデバイスである。検診業務自動化や電力消費習慣の可視化～節電等を目的に世界各国でスマートメーターの導入が進んでいる。日本国内におけるスマートメーターの導入が進んでいて、高圧部門（工場など）については、2016年度までに全数スマートメーター導入を完了している。また、低圧部門（家庭など）については、2024年度末までに日本全国に導入完了する予定である。日本におけるスマートメーターからの電力収集ルートは、Aルート・Bルート・Cルート3種類があり、Aルートでは電力会社（送配電事業者）へ、Bルートでは家庭（HEMS）へ、Cルートでは電力会社（送配電事業者）経由で小売事業者や民間事業者（第三者）へ計量した電力データがそれぞれ送られる。

### 3.2 スマートメーターの活用事例

スマートメーターから取得できる電力データは、電力料金の計算以外にもさまざまな活用ができる。電力需要予測はもちろん、電力消費習慣の可視化～節電プランの提供への活用も行われている。さらに、近年は、深層学習や機械学習などのデータ分析技術の発展によるユニークな活用方法も提案されている。例えば、電力データの波形から在不在を判定するAIモデル、電力データの波形を分解するアルゴリズムを用いて、各家電の使用状況を検知するAIモデル、電力データから外出・睡眠などの日常生活行動を検知するAIモデルなど

が挙げられる。

### 3.3 フレイル検知への活用

3.1節にて説明した通りスマートメーターは巨大な社会インフラであり、先行事例の課題として指摘されていたセンサーの設置・管理コストが低い。また、3.2節で紹介した通り電力データは日常生活の行動を一定可視化する能力がある。以上を踏まえて「電力データから生活習慣を可視化し、フレイル検知に活用できないか」という仮説を考案し、東京大学大学院越塚研究室・株式会社J D S C・合同会社ネコリコ・中部電力株式会社は、2020年より、電力データを用いたフレイル検知モデル開発に取り組んでいる。図3.1でその全体図を示している。スマートメーターで取得した電力データから、外出・睡眠・食事・その他宅内における活動を可視化・定量化し、フレイルで確率を予測するAIモデルを構築する。また、検知結果を自治体・ケアマネジャー・子世帯等に連携し、介護予防に向けて早期・適切な介入を支援するシステム構築も目指している。

## 4. 三重県東員町での実証実験：電力データを用いたフレイル検知モデル開発に向けて

本節では、電力データを用いたフレイル検知モデル開発に向けて、三重県東員町にて実施した実証実験の概要および成果について説明する。

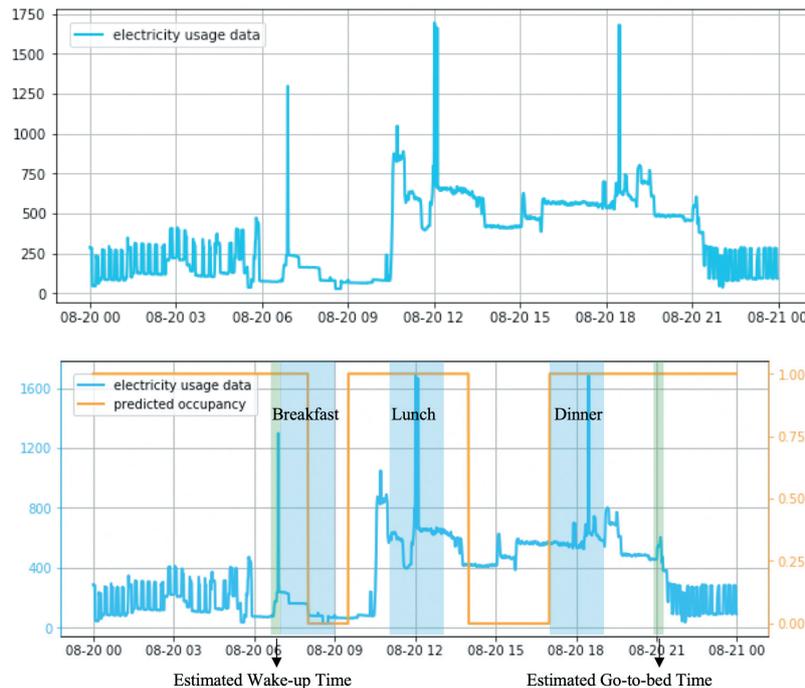


図 4.1 (上) 生電力データ (下) 生電力データから抽出した特徴量: 生活習慣

#### 4.1 実証実験の概要

3 節にて紹介した電力データを用いたフレイル検知の可能性を確認するために、三重県東員町にて実証実験を実施した。65歳以上の単身高齢者24人に実証実験参加同意をもらい、8ヶ月間電力データ（本実証にて用いる電力データは、3.1 節で記述した3つのルートのうち、Bルートから収集した電力データを使用）収集およびフレイルチェック（簡易フレイルインデックス）を実施した。フレイルチェックの結果、5人がフレイル、19人は健康と判定され、実証実験においては、電力データからフレイル状態と健康状態を分類するAIモデルを構築し、次項にて記述する所定の指標にて精度評価を行った。

#### 4.2 電力データを用いたフレイル検知モデルの精度

まず、電力データから抽出するフレイル判定に用いる情報（以下、「特徴量」）について紹介する。本実証研究においては、電力データの波形から以下4種類の特徴量を抽出する。

- 外出関連特徴量：電力データから在不在を判定

するAIモデルを活用し、外出時間や外出回数等の特徴量を生成する。図4.1のグラフにおける橙色の線が在不在判定結果であり、1が在宅、0が不在宅を意味する。このような0/1の在不在判定結果から、外出回数や外出時間を長期間にわたり計算し、高齢者の身体活動機能を表す指標として活用する

- 睡眠関連特徴量：朝/夜における電力使用量から起床時間・就寝時間を推定し、睡眠時間や睡眠リズムなどを計算する。図4.1のグラフにおける緑色の線が推定された起床時間・就寝時間である
- 食事関連特徴量：食事の時間帯における電力使用状況から、調理/食事の有無を推定し、特徴量として活用する
- その他活動関連の特徴量：その他宅内における活動（≒さまざまな家電の使用）を電力波形から抽出し、特徴量として活用する

24人・8ヶ月分の電力データから抽出した特徴量をもとに、AIはフレイル該当者と健常者間の生活の違いを大量学習し、フレイルである確率を予測する。また、本実証研究においては、フレイル

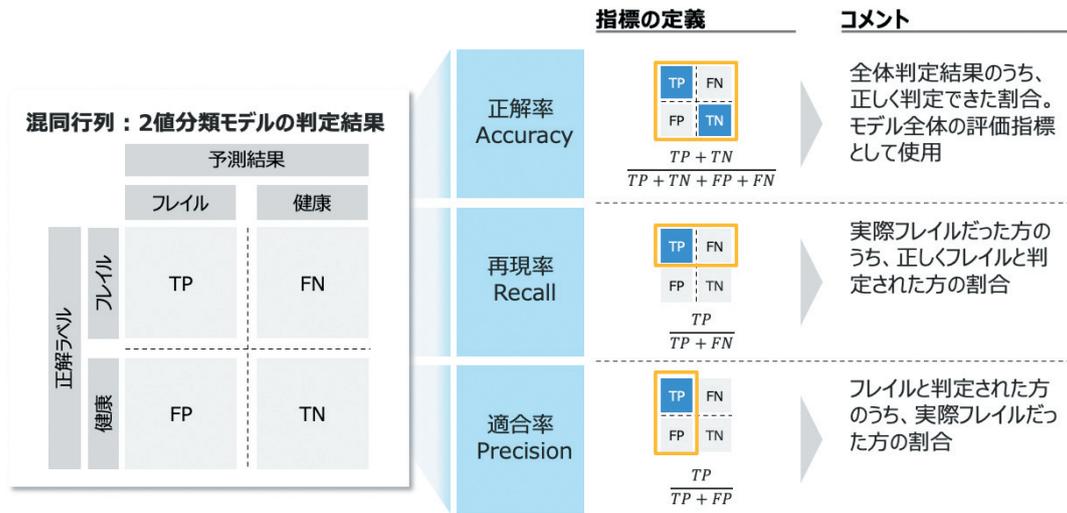


図 4. 2 フレイル判定結果および評価指標について

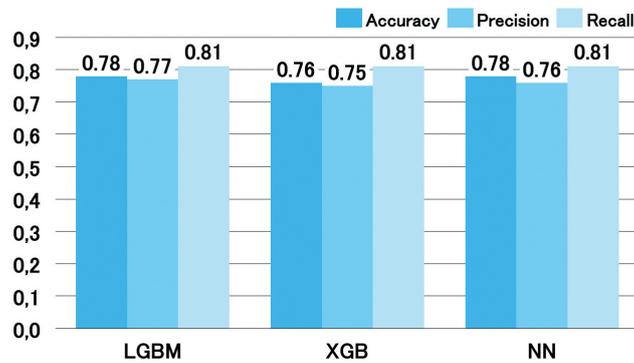


図 4. 3 フレイル検知 AI モデルの精度

ル／健康を分類する AI モデルを構築するため、図 4. 2 で示す 3 つの指標を用いた。精度評価の結果、正解率 (Accuracy) 0.78、適合率 (Precision) 0.77、再現率 (Recall) 0.81 の精度でフレイルと健康を分類できることを確認した。

## 5. 今後の展望について

三重県東員町での実証実験で電力データを用いたフレイル検知可能性を確認した。本節では、本 AI モデルの社会実装・導入に向けた課題や今後の展望について紹介する。

### 5. 1 AI モデルに関する課題

- 季節性に関する検証：電力の使用習慣・使用量は季節ごとに異なるため、電力使用量の多い夏

や冬と比較的電力使用量の少ない春・秋における差分を正しく吸収し、AI モデルの季節に対する汎化性能を確認する必要がある。そのためにより長期間にわたってデータ取得を行い、本実証実験にて構築した AI モデルの汎用性を検証する必要がある

- 地域性に関する検証：季節性と同様に、性別、居住地、マンション／住宅など、対象世帯の属性もモデルの汎用性を担保するための重要な検証事項である。そのなかでも居住地に関する汎化性能担保は重要課題である。例えば、沖縄居住者と北海道居住者の電力使用習慣は大きく異なる、このような居住地域による電力使用習慣の差分を AI モデルが正しく吸収し、判定できるようにモデル改良を行い、汎用性検証を行う必要がある

- 検知対象の拡大：本実証研究においては、身体側面を中心としたフレイルおよび一人暮らしの高齢者を対象として、フレイル検知モデルを構築し精度評価を行った。一方、フレイルには身体的側面以外にも、社会的側面（e.g. 閉じこもり）、精神的側面（e.g. 認知機能低下）も存在するため、今後はさまざまなフレイルパターン・側面に対してAIモデルを構築・精度評価を実施し、より多く症状を検知の対象とする必要がある。また、一人暮らしの高齢者だけでなく、夫婦世帯に対する検知可能性も確認していく必要がある。このような検知対象の拡大に向けた取り組みを進め、スマートメーター・電力データを活用としたフレイル検知をより多くの高齢者に対して適用できるようにしていくのが望ましい。具体的な方法としては、幅広く電力データを収集していくと共に、電力以外のライフラインデータを活用することが考えられる。水道やガスデータを活用し生活習慣をより解像度高く可視化すると、提案モデルの検知対象拡大も期待できる

## 5.2 社会実装・導入に向けた今後の展望

- 検知結果の解釈：本実証研究にて電力データを用いたフレイル検知可能性は確認できたが、社会実装・導入を考えると、フレイル検知モデル出力結果（フレイルである確率）に対する解釈性を向上する必要がある。つまり、AIがフレイル判定の材料として活用する特徴量の医学的

解釈を行い、特徴量の変化とフレイル判定確率の変化パターン・関係性をより大きなデータセットに対して確認していく必要がある

- 検知後の介入に向けて：本実証研究では図3.1で示しているフレイル検知～予防改善に向けた介入システムのうち、検知部分に該当するAIモデル開発を目的としていた。一方、本システムの目的としている介護予防・健康寿命延伸を実現するためには、予防改善に向けた介入施策も非常に大事である。適切な介入方法・介入における役割分担はもちろん、フレイル検知AIモデルに必要なデータ連携を含め、システムとして機能するために準備・検討すべき事項も多数存在する。そのため、今後は検知後の早期介入の実現に向けた取り組みを実施していく

本稿では、フレイル検知をめぐる社会動向および電力データを用いたフレイル検知可能性について説明した。今後は提案モデルの検知精度・汎用性を向上させながら、介入システムを確立させ、フレイル検知～予防改善まで一貫通貫で支援するシステムの社会実装を目指していく。社会実装に向けた取り組みについては、さまざまな企業、研究機関、自治体間の連携が必要であるため、三重県東員町で実施した実証研究メンバーを中心に、コンソーシアム<sup>[8]</sup>を発足し、産官学連携による電力データを用いたフレイル検知～予防・改善システム構築および介護予防・健康寿命延伸を挑戦している。

## 6. 参考文献

- 
- [1] United Nations, “World Population Ageing 2020 Highlights,” 2020
- [2] Statistics Bureau of Japan, Ministry of Internal Affairs and Communications, “Future Projections of the Number of Households in Japan”
- [3] 平成30年6月6日 第62回社会保障審議会医療部会「2040年を見据えた社会保障の将来見通しについて」
- [4] Satake S, Senda K, Hong YJ, Miura H, Endo H, Sakurai T, Kondo I, Toba K. Validity of the Kihon Checklist for assessing frailty status. *Geriatr Gerontol Int*. 2016; 16(6): 709-15. doi: 10.1111/ggi.12543. Epub 2015 Jul 14.

- [ 5 ] Satake S, Senda K, Hong YJ, Miura H, Endo H, Sakurai T, Kondo I, Toba K. Validity of the Kihon Checklist for assessing frailty status. *Geriatr Gerontol Int*. 2016; 16(6): 709-15. doi: 10.1111/ggi.12543. Epub 2015 Jul 14.
- [ 6 ] Yamada M, Arai H. Predictive Value of Frailty Scores for Healthy Life Expectancy in Community-Dwelling Older Japanese Adults. *J Am Med Dir Assoc*. 2015; 16(11): 1002. e7-11. doi: 10.1016/j.jamda.2015.08.001. Epub 2015 Sep 15.
- [ 7 ] 経済産業省「次世代スマートメーターの仕様の検討状況について」2021年2月1日  
[https://www.emsc.meti.go.jp/activity/emsc\\_electricity/pdf/0006\\_06\\_02.pdf](https://www.emsc.meti.go.jp/activity/emsc_electricity/pdf/0006_06_02.pdf)
- [ 8 ] フレイル対策コンソーシアム,  
<https://frailty-prevention.org/>