

# 高齢者のためのスマート住空間整備に必要な要素に関する研究開発

戸田晴貴 福井克也 大森清博 立川正真 開発学人

## 1 はじめに

住み慣れた自宅で長く暮らし続けるためには、支援機器の効果的な活用による物的な支援、介護サービスや介護予防等の介入といった人的な支援、それらを効果的に導入するための住空間の工夫が必要となる。しかしながら、これらの要素は個別に研究開発されることが多い。また、超高齢社会の進展に伴いヘルパーやケアマネジャーといった高齢者を支援する人の高齢化も進んでおり、設置しやすさも含めた操作の簡便性や、日常生活のデータを自動的に蓄積・評価できる支援技術の構築も望まれている。本研究では、“生活動作を阻害せずに対象者の日常的な動作や活動などを計測し、対象者の自立支援や遠隔からの見守りを行う住空間”を「スマート住空間」と定義し、支援機器を導入しやすくするための空間整備要件、それ自体に計測機能を有するスマート家具・建材の開発、といった要素技術の研究開発を一体的に進める。

令和4年度は、立ち上がり方からフレイルのリスクを推定する運動機能評価システムの開発を進めるとともに特許取得に至った。また、先行研究で開発したビデオ通話システムをもとに、併設する兵庫県立リハビリテーション中央病院のWeb面会向けにシステムを改良し導入に至ったので合わせて報告する。

## 2 立ち上がり方からフレイルのリスクを推定する運動機能評価システムの開発

近年、介護予防やフレイル対策等のために「将来的に介護が必要になるリスク」を評価することが望まれている。このような課題に対し、当研究所の先行研究「認知症高齢者が自立生活できる住環境に関する研究開発」において、立ち座り時に計測された特徴量から身体の衰えのリスクを評価できる椅子型の評価システム（以下、スマート椅子）の開発を進めてきた。令和4年度はスマート椅子の妥当性を検証し、さらにフレイル評価に対する有効性を検証するために播磨町で計測会を実施した。合わせて、スマート椅子に関連する特許取得を進めた。

### 2.1 計測会用スマート椅子の開発と妥当性検証

図1に改良した計測会用スマート椅子の外観を示す。立ち上がり動作を計測するための測距センサが座面と背もたれに取り付けられている。また、計測会場への搬入/搬出を考慮して折り畳み機構を追加している。計測システムは、測距センサとして M5Stack 用 ToF 測距センサユニット（VL53L0X 搭載、M5Stack 社製）2個とそれらを制御するためのマイコンモジュール（M5Stack Basic V2.6、M5Stack 社製）2個で構成される。これらのデータをもとに立ち上がり時の特徴量を算出し、身体機能を評価する。

開発したスマート椅子から算出した体幹と大腿角度の妥当性を検証するために、光学式モーションキャプチャーシステム（Vicon Vero、VICON 社製、以下 MoCap）と同時に計測し、誤差や相関を検証した。対象は健常な若年者3名とし、普段通りの立ち上がり方に加えて速度（遅い、速い）、傾斜（前傾、後傾）、非対称（右変位、左変位）を変更した7条件の立ち上がり方で比較した。

解析の結果、スマート椅子で計測された大腿角度の波形は MoCap と相関係数 0.8 以上、体幹角度も屈曲相において 0.75 と高い相関係数を示した（図2）。一方、体幹角度の伸展相では相関係数 0.2 以下と波形の一致度は低かった。角度の誤差は、屈曲相で 20%程度に対し、伸展相では 100%以上の誤差を有していた。以上より、スマート椅子で計測した体幹屈曲角度は精度の良い光学式 MoCap と比較して高い妥当性を有していた。よって、高齢者の立ち上がり中の体幹屈曲運動の評価に使用可能であることが示唆された。この研究の成果は、国際論文 Sensors に投稿し掲載された<sup>1)</sup>。

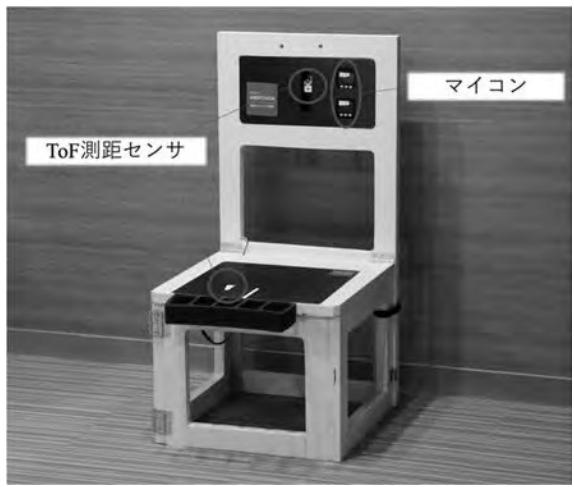


図1 計測会用スマート椅子の外観（左）と計算に使用したリンクモデル（右）

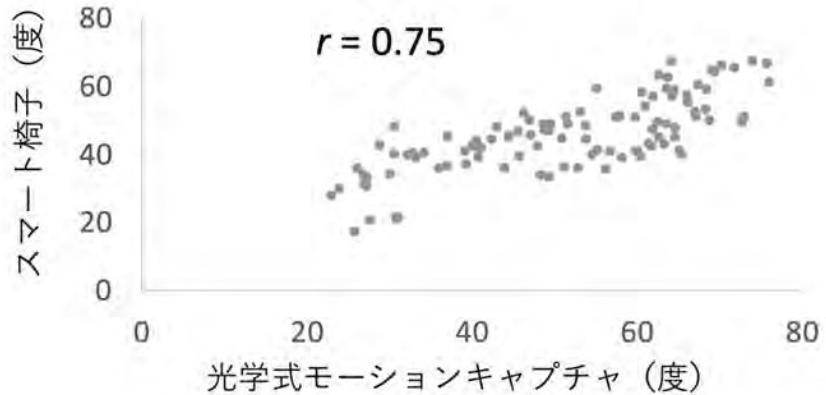


図2 スマート椅子と光学式モーションキャプチャシステムを使用して計測した体幹屈曲角度の関係

## 2.2 計測会の開催と分類モデルの作成

スマート椅子を用いてフレイルの評価ができるか検証するため、兵庫県播磨町に協力いただき計測会を実施した。ここでは「立ち上がり計測」と「フレイル評価アンケート」を実施した（図3）。なお、本計測会は兵庫県立福祉のまちづくり研究所の倫理委員会の承認を受けて実施した。計測会の開催月日および参加者数は以下のとおりである。

- ・開催場所：兵庫県播磨町
- ・開催月日：令和4年8月1日～5日、17日
- ・参加者：99名

計測結果をもとに精度72.9%、感度66.7%、特異度75.8%でフレイルリスクの判定が可能な分類モデルを作成した。

## 2.3 スマート家具化に向けたシステム改良

計測会で用いたスマート椅子を、スマート家具として住空間に導入することを目指し、システム改良を進めた。スマート家具として用いる場合、ハード面・ソフト面で下記の課題が挙げられる。

- ・ハード：リビング等生活空間に馴染む椅子形状（計測会用スマート椅子は図1のように計測に特化し



図3 計測会の様子

た馴染みにくい形状である)

- ・ハード：計測結果の提示方法（計測会用スマート椅子は計測後にPCにデータを移して分析する方式だが、その場で本人や同居者に計測結果を分かりやすく提示する必要がある）
- ・ソフト：計測開始・終了方法（計測会用スマート椅子は計測スタッフが手動で操作する方式だが、立ち座り動作を自動的に判別して計測する必要がある）
- ・ソフト：計測結果の保存方法（例えばクラウドにアップロードするなど、他のスマート家具を含めてデータを集約する必要がある）

令和4年度は、上記の課題のうち「計測結果の提示方法」「計測開始・終了方法」の改良を進めた。前者については、計測会で得られた分類モデルを用いて、①マイコン単体で計測データの分析を行う、②分析結果を背もたれ部のマイコンの画面に表示する、の2点の開発を進めた。このとき、分析結果を直感的に判断できるよう、フレイルのリスクなしを○、リスクありを△で表示することとした（図4）。一方、後者については、座面の測距データが閾値以下となったら計測開始、その後、座面の測距データが閾値以上となったら計測終了、と判定することにした。さらに、立位と離席を分けることで、測距センサの仕様で離席して計測範囲内に物体が無いときの返値が安定しないことに対応することができた。

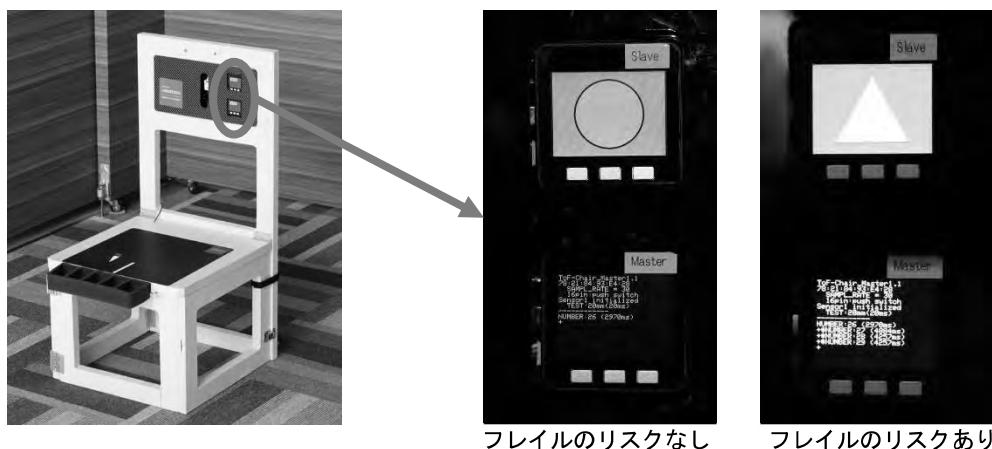


図4 分析結果の表示例

## 2.4 スマート椅子に係る特許取得

スマート椅子に係る発明として、令和3年度に特許出願した「運動機能評価システム、運動機能評価方法及び運動機能評価プログラム」が特許取得に至った（特許第7134371号<sup>2)</sup>）。本特許は、ユーザに計測装置を装着せずに、ユーザの体幹の力学量を算出して正確に運動機能を評価する運動機能評価システムを提供するものであった。本発明の運動機能評価システムは座部に測距装置が取り付けられた椅子型の装置で、予め設定されているユーザや椅子のパラメータ、および測距装置で経時的に測定されるユーザの大腿部までの距離データに基づいて、ユーザの少なくとも下半身の運動機能を評価するものであった。また、本特許に関連して新たな特許出願も進めている。

## 3 高齢者にやさしいビデオ通話システムの病院Web面会サービスへの適用

当研究所の先行研究「認知症高齢者が自立生活できる住環境に関する研究開発」において、新型コロナウィルスの感染拡大以降の外出規制・高齢者施設での面会規制といった課題に対し、パソコンに不慣れな高齢者等でも簡単に利用可能なビデオ通話システムの開発を進めてきた。令和4年度、併設する兵庫県立リハビリテーション中央病院のWeb面会サービスに対して本システムの実装を試み、運用を開始した。

### 3.1 院外Web面会サービス

近年ではビデオ通話アプリを用いたWeb面会を行う施設が増えている。しかしながら、院外から利用す

る場合、ご家族のスマートフォンやタブレット端末に当該アプリをご自身でインストール・設定する必要があるため、スマートフォン等に不慣れな高齢者等にとって利用が難しいという課題がある。そこで、このようなご家族にも利用できるオンライン面会サービスを開発コンセプトとして、ビデオ通話用の機器を貸し出してオンライン面会を行う方式を検討することになった。本システムのシステム構成を図5に、製作した通話端末を図6に示す。

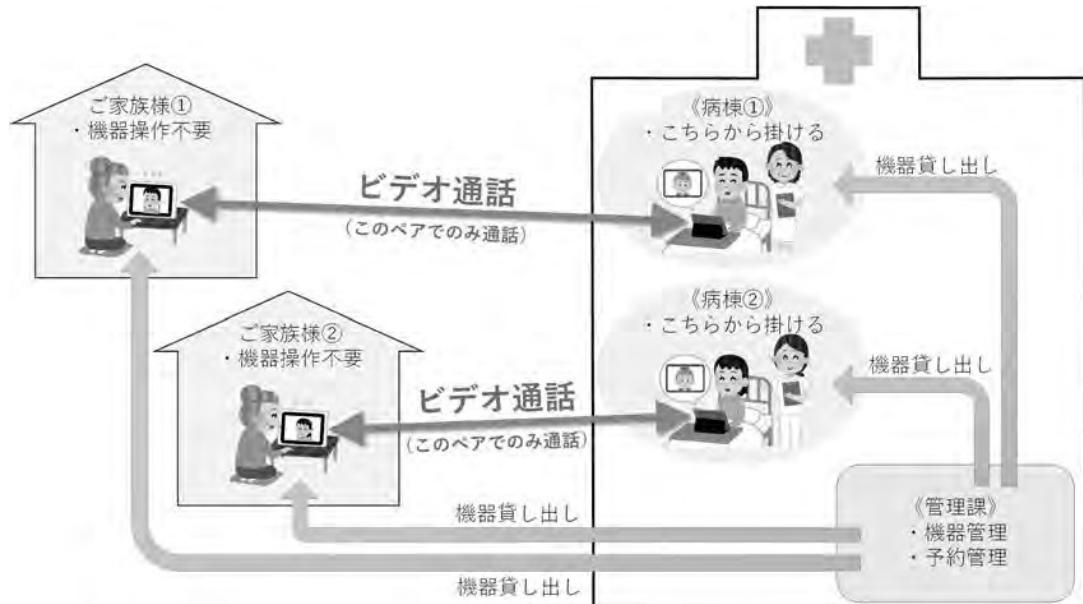


図5 院外Web面会サービスのシステム構成



(a) 通話端末



(b) 収納ケース

図6 院外Web面会サービス用通話端末（操作台部分を当研究所で製作）

システム構成の特徴は、通話端末を2台1組で他から通話できないようにし、機器管理および予約管理を兵庫県立リハビリテーション中央病院管理部管理課が一括して行っていることである。通話端末として、プリペイドSIMカードをあらかじめ挿入したiPad Cellularモデルを使用し、通話アプリは標準搭載されているFaceTimeを用いている。Cellularモデルを用いることで、使用する場所に依らず通信設定が必要になる。ビデオ通話の発信・終了操作は病棟側で行い、ご家族の通話端末は操作不要（自動着信、かつペアとなる通話端末以外からのコールを着信拒否して安全性を高めている）としている。

製作した操作台には「かける」ボタンと「もどる」ボタンが用意され、「かける」ボタンを1回押すとペアとなっている通話端末に発信し、「もどる」ボタンを1回押すと通話を終了する。

### 3.2 院内 Web 面会サービス

院外向けに先行して、院内 Web 面会サービスの運用を開始した。本システムは事前に予約したご家族が来院し、病棟に訪問する代わりに 1 階ロビーに用意された通話スペースからビデオ通話をを行うものである。システム構成を図 7 に、1 階ロビー通話スペースを図 8 に示す。

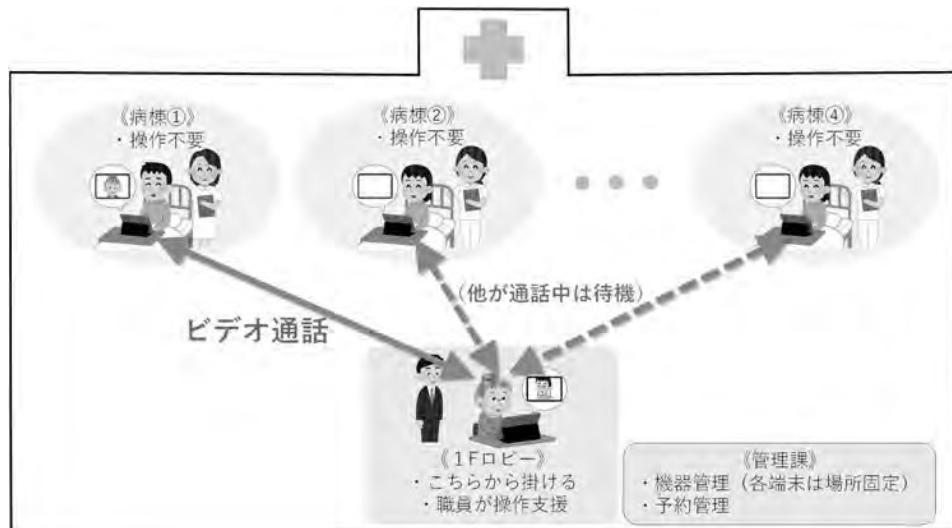


図 7 院内 Web 面会サービスのシステム構成



図 8 1階ロビー通話スペース

通話端末として院外版と同様 iPad Cellular モデルを使用し、院内 Wi-Fi を利用せずにビデオ通話可能となっている。一方、システム構成は院外版と異なり、1 階ロビー（ご家族が使用）からいざれかの病棟に対してビデオ通話の発信・終了を行う。そのため、開始時に「通話先を選ぶ」操作が必要となるので、職員を配置して操作を行う。また、病棟の端末は院外版と異なり各病棟に配置し、機材運搬の手間を減らすとともに掛け間違いが起こりにくくなるよう配慮している。なお、全ての通話端末に対して職員が配置されるので、院内版では操作台を装着せずタブレット端末単体で運用している。

### 3.3 利用実績

リハビリテーション中央病院では、入院時の案内の中で Web 面会サービス（院外版、院内版）を紹介するとともに、情報誌「さんぽみち」で同サービスの利用案内を掲載している。同サービスの利用実績（令和5年3月31日まで）を表 1 に示す。

表1 Web面会サービスの利用実績

|     | R4.4 | R4.5 | R4.6 | R4.7 | R4.8 | R4.9 | R4.10 | R4.11 | R4.12 | R5.1 | R5.2 | R5.3 | 計   |
|-----|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|-----|
| 院外版 | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —     | 0     | 1     | 2    | 4    | 6    | 13  |
| 院内版 | 1    | 2    | 16   | 20   | 29   | 25   | 28    | 23    | 45    | 30   | 26   | 33   | 278 |

院外版については、初回利用時、入院患者の許可を得た上でWeb面会の様子を見学した(図9)。初回は通信端末の設置や「かける」「もどる」操作を管理課職員が行った。見学時には、通話端末の各種操作(設置・発信・終了)、通信回線の安定性、Web面会中の会話のしやすさ(互いの声の聞き取りやすさ、画像の見やすさ)のいずれも問題は認められなかった。また、ご家族は通話端末の前に複数名集まってWeb面会に参加されていたが、問題なくコミュニケーションが取れていた。ご家族がご自宅の縁側にいることを入院患者が確認して「そこは暖かいね」とご自宅のことを思い出しながら発言する様子も見られた。

一方、院内版は、開始4か月(R4.7)以降頻繁に利用された(表1)。最近では予約が詰まっていること、リピータが多いことである。一方、この時期コロナウイルス対策として未成年のご家族は1Fロビーに立入禁止になっていた。よって、院内版であっても「未成年のご家族と一緒に面会」できず、そのようなご家族に院外版が有効と考えられる。



図9 院外Web面会サービスの様子(病棟談話室で実施、フレーム外に看護師が待機している)

#### 4 おわりに

令和4年度は、スマート椅子の製作を進めるとともに、フレイルリスク判定のためのモデル作成を行うため計測会を実施した。また作成したモデルを組み込むことで、即時にフレイルリスク判定ができるようになった。令和5年度は、企業と連携し事業化を進める予定である。また、今回製作したスマート椅子は計測会等での利用を想定した形態となっている。今後は本システムのスマート住空間への適用を目指し、より日常生活動作や住空間に馴染むよう計測手順やハード構成の改善を進める。新型コロナウイルス対策については國の方針転換が計画されているが、Web面会サービスの発展・改良を含め、引き続き関連施設等との連携、研究成果の効果的な展開を進める。なお、本研究の一部は科研費22K04466の助成を受けて実施した。

#### 参考文献

- 1) Toda H, et al. Measurement of Trunk Movement during Sit - to - Stand Motion Using Laser Range Finders: A Preliminary Study. Sensors, 23, 2022.
- 2) 特許第7134371号「運動機能評価システム、運動機能評価方法及び運動機能評価プログラム」、特許権者:社会福祉法人兵庫県社会福祉事業団、発明者:陳隆明、大森清博、中村豪、福井克也、出願日:2022年1月31日、登録日:2022年9月1日