

K-001

生活パターンに基づく身体的負担を考慮した家具配置案作成支援 Support of Furniture Arrangement Considering Physical Burden Based on Life Pattern

脇田 昂祐[†]
Kosuke Wakita

原田 史子[‡]
Fumiko Harada

島川 博光[‡]
Hiromitsu Shimakawa

1. はじめに

高齢者の人口の増加とともに、高齢者の生活支援が問題となっている。高齢者は加齢に伴い、身体機能が低下してしまう。以前は問題なく暮らすことができた家庭内でも、身体機能が低下した高齢者は日常生活に支障をきたす場合がある。高齢者への身体的負担を軽減するために家具配置場所を変更することが考えられる。例えば足腰が衰えはじめた高齢者は家具の配置場所が適切でないために通行が妨げられてしまうといった事態が考えられる。このような事態を防ぐために、家具をユーザにあわせて部屋内で自動配置する手法が研究されている [1][2]。しかし、家屋全体を通じて家具をどのように配置することで高齢者の身体的負担が軽減できるのかを定量的に知る方法は現在のところ提案されていない。

本論文では、身体機能の低下した高齢者が家具の配置場所を変更するさい、身体的負担が軽減された配置案の発見を支援する手法を提案する。本研究では家庭内のあらゆる場所に周波数 13.56MHz 帯の近接型 RFID タグが貼付されており、RFID リーダを身につけたユーザが日常生活を送る中で、触れたタグの情報が自動的に蓄積されているという環境を想定する。この蓄積された接触履歴から、ユーザが毎日何時ごろに何を行うのかという生活パターンを抽出する。その生活パターンを用いて、ユーザが考えた配置案に対する身体的負担を定量化した指標を提示する。ユーザは提示される指標を参考にしながら、身体的負担を考慮した家具配置案を発見できる。

本手法の有効性を評価するため、本システムを使用した場合と使用しなかった場合の双方で、身体的負担を考慮した配置案を作成した。その結果、10人中9人の被験者が本システムを使用することで、使用しなかった場合よりも小さな身体的負担で生活できる家具配置案を発見できた。

2. 家具配置変更

2.1 生活パターンへのこだわり

高齢者は加齢に伴い、身体機能が低下してしまう。高齢者が暮らす家庭内での現在の家具配置では、高齢者への身体的負担が大きすぎる場合がある。そのため、家具の配置場所を変更することでそのような状況を打開することが求められる。具体的には、足腰が弱ってきたことが原因で歩行が困難となり、今まで2階にあった寝室を1階に移したいという状況や、電動ベッドのような大型介護用品を新しく設置するために現在の家具配置場所を見なおす必要があるといった状況が考えられる。しかし高齢者は長年に渡って慣れ親しんできた家具の配置場所

を変更しても、毎日何時ごろに何を行うのかという生活パターンを変えようとしめない傾向が強くみられる。

現状では、高齢者の身体的負担を軽減するための家具配置案の作成は、間取りと家具の配置を紙面に描いたり、家具配置のシミュレータ [3] を用いるなどして、人手で考えられている。しかし、その配置が生活パターンを反映した高齢者の身体的負担を考慮した配置になっているのかはわからない。そのため、家具の配置場所変更後に高齢者が同じ生活パターンで生活しようとする、家具の配置場所の変更が適切に行われなかったことが原因で、階段、段差のある廊下などを通る状況が増し、以前よりも身体的負担が増えてしまう可能性がある。

2.2 既存手法の未解決点

是永ら [1] はユーザの好みや感性を反映した家具配置案を作成するシステムを提案している。この手法では、システムが作成する配置案に対して、ユーザ自身の主観に基づいた評価を行う。この手順を繰り返し行うことで、システムはユーザの好みや感性を反映した配置案を作成する。この手法ではユーザの身体的負担を考慮した家具配置が行われていない。

一方、伴場ら [2] はユーザの負担を軽減し、満足度の高い家具配置案を自動的に取得できるシステムを提案している。この手法では、家具配置対象の部屋の形や大きさ、使用する家具の種類や個数、生活パターンなどのパラメータをあらかじめシステムに入力する必要がある。システムはこれらのパラメータを用いて自動的に生成した配置案を評価する。システムにより評価された配置案に対して、今度はユーザ自身の主観に基づいた評価を行う。この両方の評価を組み合わせ、さらに新たな配置案を生成する。この手順を繰り返し行うことで、システムはユーザの負担を軽減した満足度の高い配置案をユーザに提供する。この手法では対象となる空間が部屋の中に限定されている。そのため、階段の昇降、廊下の歩きやすさ、ドアの開け閉めなど家屋全体を含めた身体的負担を考慮していない。

3. 家屋全体での日常負担の軽減

3.1 接触履歴に基づく家具配置

本論文では、ユーザの生活パターンを用いて、身体的負担を考慮した家具配置案の作成を支援する手法を提案する。

本手法では、家屋内のあらゆる場所に RFID タグが貼付されており、RFID リーダを身につけたユーザが日常生活を送る中で、ユーザが触れたタグの情報が自動的に蓄積されているという環境を想定している。

身体機能の低下したユーザが家具の配置場所を変更したいと考えた場合、蓄積された接触履歴からユーザの生

[†]立命館大学大学院理工学研究科
[‡]立命館大学情報理工学部

活パターンを抽出し、その生活パターンを用いて、ユーザが考えた配置案に対する身体的負担を定量化した指標を提示する。この指標を参考にすることで、ユーザは家具配置場所の決定を容易に行える。

3.2 行動とオブジェクトの関係

日々の生活の中で、人はさまざまな行動をとる。その中でも起床、洗顔、食事などの代表的な行動に着目する。人はそれらの行動をとるとき、たとえば、起床したさいにはベッドに触れる。顔を洗うさいには洗面台に触れるといった具合に、行動の種類に応じてある特定のものに触れる。山原ら [4] は物体につけた RFID タグと、手に装着した RFID リーダにより行動を認識する手法を提案している。これは人が行動中に触れるものを識別することで、ある程度行動の推測が可能であることを示している。本論文では人が行動中に触れる特定のものをオブジェクトと呼び、下記の3種類に分類する。

- 動かすづらいオブジェクト：
タンス、食器棚、ベッドなどのように、動かすことはできるが、重量があたり大きかったりして簡単には移動できないもの。
- 動かさないオブジェクト：
洗面台、浴槽、便器、冷蔵庫などのように、家中で固定されていて動かすことのできないもの。
- 身体的負担を与えるオブジェクト：
ドア、ふすま、階段などのように、高齢者が移動する上で、身体的負担を与えるもの。

上記3種類のオブジェクトに RFID タグを貼付することで、行動を推測し家屋内でのユーザの移動経路と身体的負担を認識できる。たとえば、ユーザが2階の寝室で起床して1階の洗面台で顔を洗うとする。このさいユーザが触れるオブジェクトの順番は「ベッド ドア 階段 ドア 洗面台」となる。この接触履歴からユーザの家屋内での移動経路を見つけ出すことができる。本来ならユーザは「目覚まし時計」や「鏡」などに触れる。しかしこれらのものに RFID タグを貼付したところで、ユーザの移動経路は大きく変化しないという理由から上記で定義したものをオブジェクトとする。

3.3 生活パターン同定

日々の生活の中で触れるオブジェクトは、すべての日で完全には一致しない。しかし、毎日の生活パターンが同じなら、どの日にも共通した順序で触れるオブジェクト群が存在すると考えられる。そこで、毎日の生活の中で触れるオブジェクトの接触履歴を収集・分析することで、生活パターンを同定する。高齢者の生活の中で、いつも同じような行動がとられる時間に着目する。本研究では、生活の中で大体同じ行動をとると考えられる時間の一例として、起床後の1時間を考える。

オブジェクトの接触履歴は図1の左上のグラフに示すように、時刻から接触オブジェクトへの離散関数とみなせる。起床から1時間分の接触履歴を離散フーリエ変換し、分解した周波成分の連続スペクトルを一定期間分のデータ間で平均化する。平均化して得られる連続スペクトルを逆離散フーリエ変換によって関数に復元する。これにより、1日に接触するオブジェクトの順番から生活パターンを同定する。

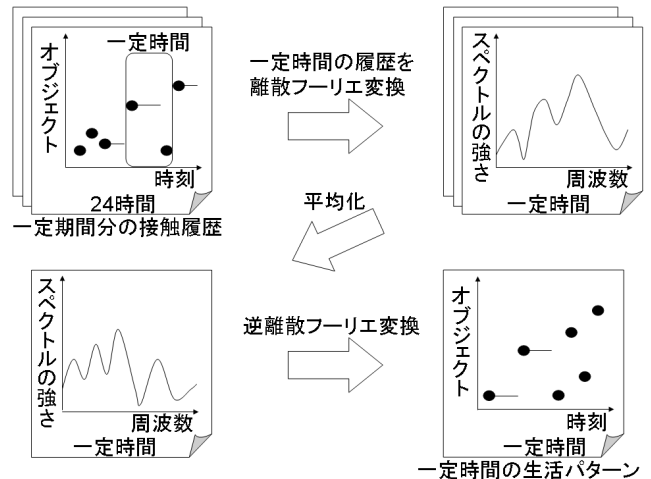


図1: 生活パターン同定の流れ

3.4 時間を用いた身体的負担の定量化

歩きにくい廊下や開けにくいドアなどは移動時間や接触時間を増加させる要因となる。1日を通してこれらの時間を可能な限り短くできれば、ユーザの身体的負担を小さくすることができる。本手法では身体的負担を定量化する指標として、移動時間と接触時間から算出した総移動時間を用いる。移動時間とは、部屋内のオブジェクトからその部屋のドアまでの移動時間や、ある部屋のドアから別の部屋のドアまでの移動時間のことをいう。また接触時間とは、ドア、ふすまなど身体的負担を与えるオブジェクトに触れている時間のことをいう。

移動時間と接触時間は、接触履歴を分析することで得られる。生活パターンと二次元マップを用いて移動時間と接触時間を合計した総移動時間を算出する。生活パターンとは前節で述べたように、日常生活において頻繁に接触するオブジェクトへの接触順序である。二次元マップは部屋の間取り、家具の配置場所をユーザに提示し、もしくはシステムが把握するためのものである。二次元マップ上では、身体的負担を与えるオブジェクトと部屋の中央にノードが置かれているものとする。

本研究では部屋内のオブジェクトは、すべて中央に置いたノード上にあるものとして扱う。たとえば、図2においてユーザがタンスから本棚へ行く場合を考える。二次元マップにより、タンスは部屋X、本棚は部屋Yにあることがわかる。部屋Xからドア1まで移動するための時間 a は、ドア1から部屋Xにあるすべてのオブジェクトまでの移動時間の平均により算出する。時間 b 、 d はそれぞれドア1、2を開けてから閉めるまでにかかった時間の平均値から算出する。ドア1を閉めてからドア2に触れるまでの時間 c と、ドア2から部屋Yの中央に移動する時間 e は移動時間の平均値から算出する。これらの時間の総計で身体的負担を表現する。ユーザが家具配置場所を決定するさいに、総移動時間だけでは判断しにくいと考え、階段の昇降回数とドアを開け閉めする回数も提示する。

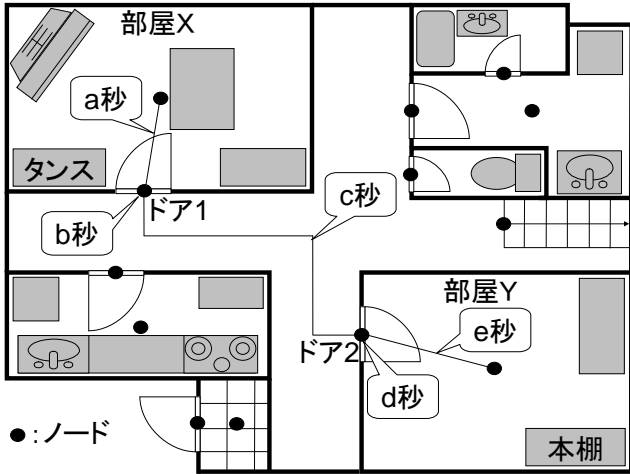


図 2: 二次元マップ

4. 実験

4.1 目的

本研究における提案手法である「生活パターンを用いて身体的負担を定量化し、家具配置案作成の支援をする手法」の有効性を評価するための実験を行った。

有効性を評価するため、家具の配置場所を頭の中で考えた場合と、本システムを用いて考えた場合とで、より身体的負担を考慮した配置案が作成できるのはどちらの場合かを実験により検証する。

4.2 実験内容

4.2.1 実験環境

被験者は家具配置案作成についての専門知識を持たない20代前半の男性10人である。大学内にある、一般的な家庭の生活空間を再現した実験室と、その外の共用空間(廊下・階段・談話スペース・トイレ)を用いて仮想的な家屋を再現した。この実験空間を図3に示す。

各部屋には事前にRFIDタグを貼付したオブジェクトを配置した。実際に配置したオブジェクトの一覧を、3章で定義した3種類のオブジェクト群に分類して下記に示す。

- 動かすづらいオブジェクト
テレビ・リビングテーブル・コーナーソファ・ダイニングチェア・ダイニングテーブル・食器棚・リクライニングチェア・ベッド・ドレスサ・たんす・本棚・チェア(読書用)・パーソナルコンピュータ(PC)・PC用テーブル・PC用チェア
- 動かせないオブジェクト
洗面台・浴槽・便器・洗濯機・冷蔵庫・コンロ・シンク・仏壇・物干し
- 身体的負担を与えるオブジェクト
ドア・階段

4.2.2 平均移動時間・平均接触時間の取得

RFIDリーダを装着した被験者は、あらかじめ作成されている生活パターンに従い、模擬的に生活を行う。こ

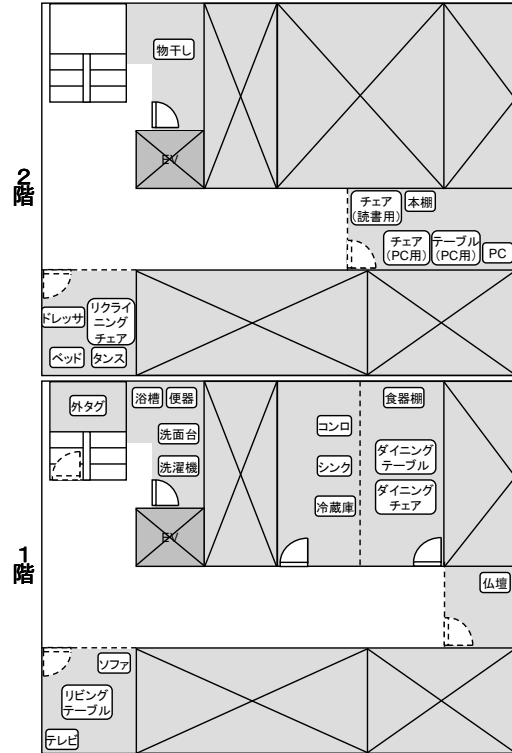


図 3: 実験空間

の生活パターンは、起床してから夕方ごろまでの典型的な行動の連なりである。本来は起床してから就寝するまでの生活パターンを使用すべきであるが、実験時間の都合上、1日の行動のすべてを実行するのは難しいため、1日の中でも特に活発に行動している時間帯に絞って生活パターンを作成した。生活パターン中の各々の行動のさいには、触れるべきオブジェクトが決められている。たとえば、「朝食を作る」という行動であれば、「冷蔵庫 シンク コンロ 食器棚 シンク」の順に触れるといった具合である。

被験者の平均移動時間と平均接触時間を取得するには、あらかじめある程度の期間の接触履歴を蓄積しておく必要がある。本手法ではこの接触履歴が日々の生活の中で蓄積されていることを前提としている。そのため、まず被験者の接触履歴を取得する必要がある。被験者は生活パターンに基づいた行動を10セット行う。10セットを終えた時点で移動時間や接触時間を取得できなかった部分については、別途10回分の時間を計測し、その平均値を記録する。

4.2.3 身体的負担を考慮した家具配置変更

平均移動時間と平均接触時間の取得後、被験者は二次元マップを用いて、下記の条件と注意事項に従い家具配置案を作成する。

- 条件
 - 足腰が悪くなったため、2階にあるベッドを1階に移動しなければならない

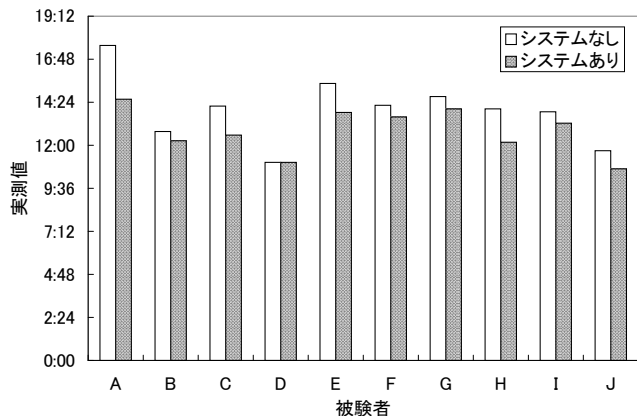


図 4: 実測値の比較

- 身体的負担ができるだけ少ない配置の実現を目指す

● 注意事項

- 二次元マップ上の部屋から家具がはみ出さないようにすること
- 1つの部屋に家具を置きすぎないこと
- 動かせないオブジェクトは移動させないこと
- 部屋内での家具の配置場所は自分が納得できる配置であること

被験者は計5回、家具配置案を作成する。被験者に総移動時間を提示するタイミングは家具の配置場所を完了したときである。被験者に総移動時間がもっとも小さいと思う配置案を1回目に表示してもらい、さらに、その変更案を別に4つ示してもらい、すなわち各配置案に対してシステムは総移動時間を計算する。ユーザは本システムを用いて配置案の中からもっとも総移動時間の短い配置案を選出する。その配置案を本システムが推奨する配置案とする。被験者が最短と考えた配置案とシステムが推奨する配置案を実験空間に再現し、被験者には生活パターンに基づき5セットずつ行動を行ってもらい、実際に行動を開始してから終了するまでに要する時間を計測した。

4.3 結果

図4は被験者が最短と考えた1回目の配置案とシステムが推奨する配置案の実測値をグラフで表現したものである。10人中9人の被験者については、本システムを用いることで、実際にかかる時間を短縮できた。しかし、被験者Dについては、システムが推奨する配置案が1回目の配置案であったため、システムを使用した場合としない場合とで、実測値が同じ値になった。これより、システムを使用することで、身体的負担を考慮した家具配置案の作成を実現できたといえ、本手法の有効性を確認することができた。

4.4 考察

● 総移動時間の信頼性

10人中9人の被験者について、システムが推奨する配置案のほうが、被験者が最短と考えた配置案よりも実測値が短くなるという結果を得られた。このこ

とから、本システムが提示する総移動時間は信頼できる値であると言える。すべての被験者において、システムが算出した総移動時間は実測値に比べて短くなっていった。これは部屋内での移動時間や、動かしぶらいいオブジェクトおよび動かさないオブジェクトに接触している時間をシステムが考慮していないからである。

● 有効性

被験者は家具の配置場所を変更するさい、いくつかの配置案を思い浮かべる。しかし、どの配置が身体的負担を軽減できるような配置となっているのかを定量的に判断することができない。本手法を用いることにより、被験者は、総移動時間を参考にしながら家具配置案の作成を繰り返す。被験者の直感では得られない配置を試みることで最適な配置案を発見することができる。10人中9人の被験者は本手法を用いることで、直感による配置案に比べて総移動時間の短い配置案を作成することができた。

5. おわりに

身体機能の低下した高齢者が家具の配置場所を変更したいと考えることはよくある。本論文ではユーザの生活パターンを用いて身体的負担を考慮した家具配置案作成の支援を行う手法を提案した。本手法は高齢者の身体的負担が定量的に最小化されるような家屋全体での家具配置を提示するという特徴をもつ。

本手法の有効性を評価するため、家具の配置場所を頭の中で考えた場合と、本手法を用いて考えた場合とで、より身体的負担を考慮した配置案が作成できるのはどちらの場合かを実験により検証した。その結果、10人中9人の被験者が頭の中で考えた配置案に比べて、本手法を用いて考えた配置案のほうが身体的負担を軽減できた。これより本手法の有効性を確認することができた。

今後は本論文で提案に留まった個人の生活パターンを自動的に抽出する手法の実現を行う予定である。

参考文献

- [1] 是永 基樹, 萩原 将文, 対話型進化計算法によるインタリアレアウト支援システム, 情報処理学会論文誌, vol.41, no.11, pp.3152-3160, Nov. 2000.
- [2] 伴場 裕介, 小谷 淳司, 萩原 将文, 評価エージェントを用いた対話型進化計算法によるインタリアレアウト支援システム, 情報処理学会論文誌, vol.46, no.11, pp.2804-2813, Nov. 2005.
- [3] 株式会社フォー・ディー・コーポレーション, <http://www.stylics.com/index.html>
- [4] Hiroyuki Yamahara, Takanori Soma, Fumiko Harada, Hideyuki Takada, Yukihiko Shimada, Hiromitsu Shimakawa, Tagged World: an Intelligent Space Providing Services by Interaction between a User and an Environment, Proc. of the International Conference on Mobile Ubiquitous Computing, Systems, Services and Technologies (UBI-COMM2008), Valencia, Sep. 2008.