

日常生活行動情報収集管理システム

～ MAGOME ハウスにおける行動分析 ～

Information Management System for Understanding Everyday Life Activity
～ Behavior analysis in MAGOME house ～

白石 康星^{*1*2} 保川 悠一郎^{*1*2} 西田 佳史^{*2*3} 本村 陽一^{*2*3} 溝口 博^{*1*2}
Kosei Shiraiishi Yuichirou Yasukawa Yoshifum Nishida Yoichi Motomura Hiroshi Mizoguchi

^{*1}東京理科大 Tokyo University of Science ^{*2}産業技術総合研究所 National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

^{*3}科学技術振興機構, CREST
Japan Science and Technology Agency, CREST

Development of everyday life service technology requires understanding everyday life behavior. However, it is still difficult to recognize meanings of multiply ambiguous behavior from collected sensor data. To tackle this problem, this paper proposes a system for describing and managing human behavior data using not only sensor data but also meaning and context data. This system consists of embedded sensors for measuring a person's behavior, wearable sensors for measuring the person's remarks and statistical analysis software. This paper reports a newly developed sensor house, "MAGOME house," for implementing a proposed system and its early applications.

1. 緒言

日常生活支援サービス技術の開発を行う際に、日常生活行動の理解が重要である。日常生活行動理解の応用の一つとして、日常生活行動予測が挙げられる。行動予測が可能になれば、ある製品が新たに生活の中に加わったときの行動の変化や、その製品の使い方などを知ることができる。また、どのような行動を起こしたときに事故が起こりやすいかという情報と日常生活行動予測がつながれば、事故予測による事故予防が可能となる。[本村 06]。しかしながら日常生活行動は科学技術の分野において十分な理解がなされてこなかった。この原因としては日常生活行動を定量的に把握するためのセンサがなく、通常的生活環境において安定かつ長期的な計測が困難であったことが挙げられる。一方近年のセンサ技術の発展により、小型で安価なユビキタスセンサが多く登場している。これにより日常生活行動を定量的にセンシングすることが可能となってきた。例えば、オフィス空間内にカメラと床圧力センサを設置することでオフィス内の人間の行動を記録し、そのデータの収集・蓄積・検索を可能とするシステムの研究 [Ivanov 07] が挙げられる。従来研究の問題点と本研究のアプローチ

認知心理学の分野では、対象者の発話情報をもとに内的認知過程を分析するプロトコル分析がある。この分析法を用いれば行為者の考えの過程を知ることができるが、そのときの外的環境を定量的に把握していないため行動と環境との因果関係の把握は困難である。部屋にセンサを埋め込み、これを用いて人間行動を観察するセンサルーム関連の研究は国内外において数多く行われている。これらのセンサルームでは、行動とその時のセンサ情報（場所や温度などの環境情報）を定量的に把握することが可能である。しかし、日常生活行動情報の多様性と意味の多義性を考えると、単なるセンサ情報だけでは生活行動の意味を理解することは困難である。行動の意味をセンサ情報から

理解したり、行動の背景にある因果構造を理解しようとする際に生じるシンボルグラウンディングの問題に取り組むことを困難にしている原因の一つは、行動の行為者の目的や考えなどの意味情報と各種センサデータとを対応付けて統合的に記録し処理できる体系的な技術が存在しないことにある。この問題に対する一つの有効なアプローチとして、本研究では、いつでもどこ何に対してどんな行動が生じたかをセンサを用いて計測するだけでなく、その時その場で何を考えていたかという意味情報を同時に取得することで、センサ情報と意味情報の関係性を分析する大量データを蓄積し、さらに、この大規模な時空間センサ・意味情報を用いた分析、いわば、時空間プロトコル分析法を提案する。これにより日常生活行動理解において、センサデータを用いた工学的アプローチと意味情報を用いた認知心理学的アプローチを融合させたアプローチが可能となる。

本研究の目的

本研究ではセンサ情報と意味情報の関係性を定量的に分析するためのシステムとして日常生活行動情報管理システムを提案し、その有用性の検証を行う。本論文では以下の4つを目的とする。

1. 行動に関する情報をセンシングする環境埋め込み型の各種センサ、行動や発言発生位置を計測するための位置センサ、意味情報収集用の装着型センサにを配備した、データ収集環境を整える。
2. 日常生活行動の時空間センサ情報と時空間意味情報を統合的に収集・可視化・解析するシステムを構築する。
3. 長期住み込み実験を通して日常生活における家電の使い方を解析することで、システムの有用性を検証する。
4. 本システムの応用例として掃除行動実験を行い、掃除中の心理的状態と行動の関係や掃除評価構造の解析を行う。

2. 日常生活行動情報収集管理システム

構築したシステムは以下の3つの機能を有している。

1. センサハウスにおける生活行動データ収集

連絡先: 白石康星, 産業技術総合研究所デジタルヒューマン研究センター, 〒135-0064 東京都江東区青海 2-41-6, 03-3599-8201, ko-shiraiishi@aist.go.jp

2. 意味情報の定量化
3. 時空間統計数理解析

システム全体の構成図を図1に示す。

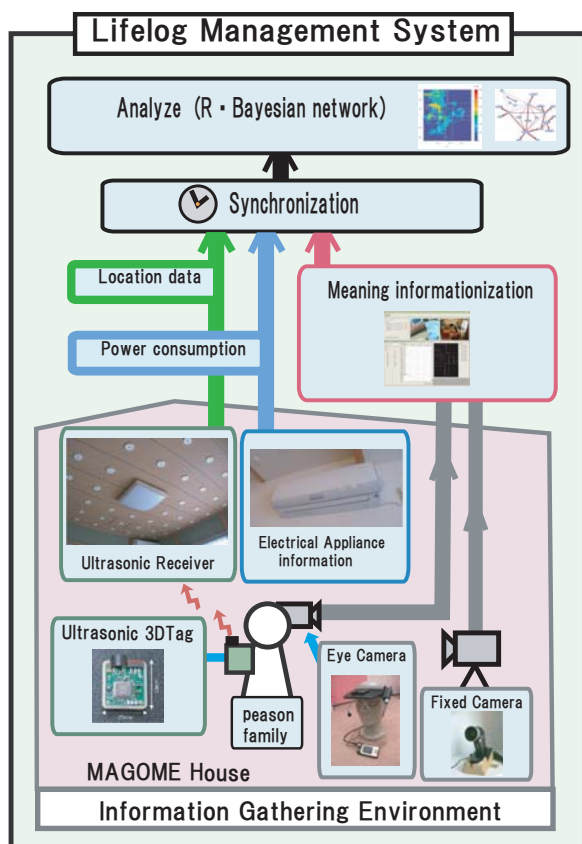


図1: システム構成図

2.1 センサハウス～MAGOMEハウス～

行動理解のための基礎データ収集環境として、MAGOME (Man-machine Activity Gathering Omnipresent Monitoring Environment) ハウスを構築した。MAGOME ハウスは仮想的な実験空間ではなく、実際の家にセンサを埋め込むことで実験空間としているので、長期的な住み込み実験による、連続的かつ現実的なデータが収集可能である。MAGOME ハウスにおける行動情報収集センサは、時間・場所・対象物・行動内容・思考内容、を知るために以下の4つとした。

1. 位置情報取得用の超音波式ロケーションセンサ
2. 家電消費電力情報取得用の家電消費電力計測システム
3. 視野情報と発言情報取得用のウェアラブルアイカメラ
4. 行動内容記録用の固定カメラ

これらのセンサはそれぞれ時計を有しているので、時間の情報が取得可能である。また、その時間を合わせることでセンサ同士の同期取りも可能となる。家電消費電力と視野情報は行動時の対象物把握のために用いた。

2.2 意味情報の定量化

意味情報を直接定量的にセンシングすることは困難である。そこで、その元となる情報（カメラ映像・発言）を収集し、マニュアルで意味ラベルをつけることで意味情報を定量化する方法をとった。意味ラベルの例としては、(Sit/Stand/Move) や (Feel good/Feel bad) 等が挙げられる。この方法であれば新

たな意味情報が必要な際にも、意味ラベルの定義を変更・追加することで対応が可能である。このように動画の内容や発言の特徴を決められたラベルに振り分けることで、頻度データや特徴量といった定量的なデータとして扱うことが可能となる。

2.3 時空間統計数理解析

本システムにより、定量化された意味情報と他センサとの統合的扱いが可能になったことで、時空間分析（取得した情報を時間や地図上に展開し解析支援を行う）と因果構造モデル（原因-結果の構造可視化とそれによる推論が可能）の構築が可能となった。本研究では、解析用ソフトウェアとして R と Bayonet を利用した。

2.4 システム応用：時空間プロトコル分析

意味情報と位置情報を組み合わせることで、日常生活空間内における時空間プロトコル分析が可能である。プロトコル分析とは、人間の発話データをもとにした認知プロセス分析のことであるが、発話時の時間や場所を同時に記録可能な本システムを応用することで、時空間軸上に展開されたプロトコル分析、すなわち時空間プロトコル分析が可能となる。これを用いることで実生活中における考えや気持ちなどの因果に迫ることができるのではないかと考えられる。また、複数人数の時空間プロトコル分析を行うことで、思考の傾向（怒りっぽい人、消極的など）と行動の関係をすることも可能となる。プロトコル分析の問題点として以下の二つがあげられる。(1) 発言し忘れによる記録もれ (2) 自由発言による表現ゆれ。(1) に関しては実験後、撮影映像をみながら被験者へのインタビューをしながら、発言し忘れた部分への補修作業を行うことができる。(2) に関しては発言情報をその対象や内容によって分類し、その分類に含まれるか否かの 0-1 情報として管理することで、表現ゆれをなくし解析も行き易くすることが可能である。

3. 長期住み込みによる検証実験

3.1 実験方法

本システムの検証実験として、23歳男子学生を対象とした長期住み込み実験による生活行動データの収集を行った。実験はセンサホームで行われ、8月から合計37日間の起床・外出と帰宅・就寝までの生活行動を記録した。センサホーム内では図2のようにアイカメラと超音波タグを装着した状態で生活を行い、その様子を超音波タグの位置情報と家電の消費電力値、アイカメラ・固定カメラの映像で記録した。



図2: 装着の様子 (アイカメラ・超音波タグ)

3.2 実験結果および解析結果

図3に示したのはリビングの家具配置と、2007年12月15日のリビング内の行動軌跡である。基本的にソファ・ダイニングテーブル・座椅子に存在が集中していることがわかるが、そればかりが目立ってしまい、そのほかに注目すべき点を浮かび上

がらせることはこのままでは困難である．そこで家電消費電力値を利用して、行動軌跡の注目点の洗い出しを行う．

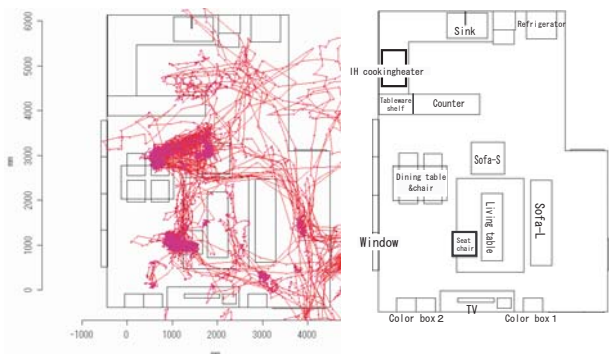


図 3: リビング内家具配置と移動軌跡

まず、主に使用した家電の一日の平均利用時間と消費電力値の関係を図 4 に示す．

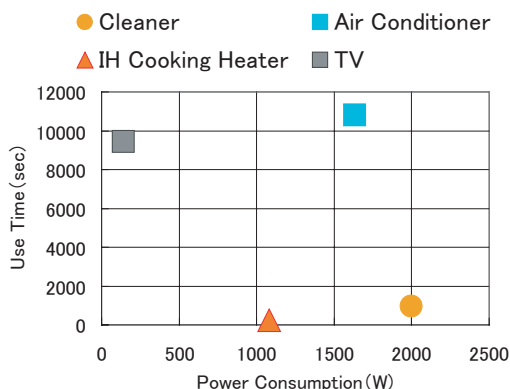


図 4: 家電特徴グラフ

図 4 よりテレビ・掃除機には以下の特徴があるといえる．

- (1) テレビ：消費電力値-小、使用時間-大
- (2) 掃除機：消費電力値-大、使用時間-小

省エネを考える場合、消費電力量（使用時間×消費電力値）をいかに減らすかが重要となる．省エネといえば利用時間削減であるが、例えば同じだけ使用時間を削減したとしても、TV よりも掃除機のほうが消費電力値が大きいため、削減できる消費電力量が多くなる．一方、同量の消費電力値を削減すると、TV のほうが一日の使用時間が長いので、削減可能な消費電力量が多い．つまり以下に示すような家電別の対策が必要である．

- (1) 使用時間が長い家電 機器改善
- (2) 消費電力が大きい家電 行動改善

そこで、本研究では掃除機の使い方に注目すべく 12 月 15 日の移動軌跡のうち掃除機使用中の軌跡から求めたリビング内の存在確率分布図（図 5）作成した．色が赤いほどその場所での存在確率が高いことを示している．

図 5 より、リビング内においては赤丸と黒丸の部分での存在確率が高いことがわかる．そこで、この場所での掃除の様子を動画で確認すると、赤丸ではカーペット・ソファの掃除、黒丸ではドアと壁の間の掃除をしていることがわかった．例えば、上述のような場所と行動の関係性を表すデータがあれば、効果的な省エネのために、存在確率の高い場所での掃除がしやすいように既存の掃除機を改善するなどの応用が考えられる．このように、構築した日常生活行動情報管理システムを用いること

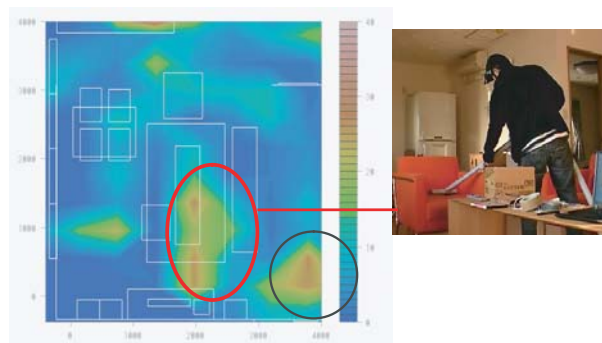


図 5: 掃除時存在確率分布図

で、必要な情報のみを検索し、可視化させたり、複数の異なるセンサーデータを統合利用することが可能となる．

4. 掃除行動解析

4.1 実験方法

構築したシステムの応用例として掃除行動解析を行った．実験は A～E の 5 人の被験者それぞれに、散らかしたリビング内を掃除してもらった．被験者は図 2 と同様にアイカメラ・超音波タグを装着した状態で掃除をしてもらい、視野映像・室内映像・タグの位置情報を収集した．また後の時空間プロトコル分析に利用するために、掃除中の気持ちや用具の使いやすさなどの発言も記録した．また映像から、どの家具を掃除しているかというラベル付けも行った．これを「掃除対象ラベル」とし、映像 1 秒を 1 行として表データに書き起こす作業を行った．

4.2 実験結果および解析結果

まず移動軌跡と快・不快の発言があった場所を重ねたマップを図 6 に二つ示す．快は ○ 不快は × で示されておりそれぞれ A と E のものである．

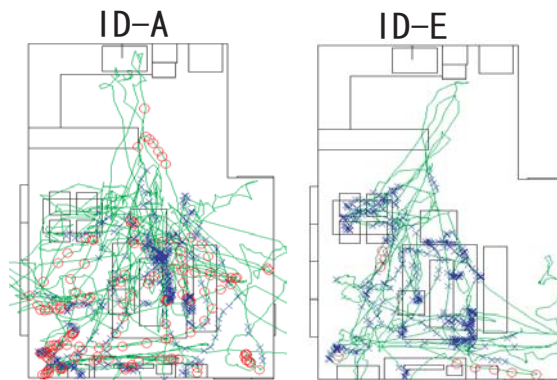


図 6: 快不快マップ

図 7 から、A では快不快の両方が発生していることや、移動軌跡が部屋全体に広がり移動回数が多いことに気がつく．一方 E では、ほとんど不快しか発生していないこと、また、移動軌跡は局部的に集中していることに気がつく．そこでまず無駄が多いということ、掃除中の移動回数が多い（移動頻度）掃除中遠いところへの移動が多い（非効率移動率）、この二つに言い換えて、その値の個人差を見る．まず に関して、掃除中に何回移動しているかを超音波タグの移動速度と動画から導き出し、その値を掃除時間で割ったものを移動頻度とした． に関しては、ソファからリビングテーブルを通過して TV へと移動するような、遠い場所かつ効率的と考えにくい移動の全移動中

の割合を非効率移動率とした。まず、全発言中の不快発言の割合（不快割合）と移動回数/掃除時間（移動頻度）の関係を図7に示す。

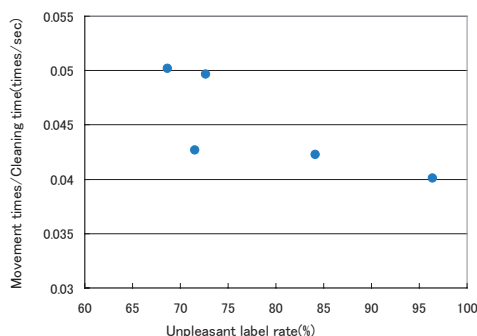


図 7: 不快割合と移動頻度の関係

移動頻度と不快割合・非効率移動率と不快割合の相関係数は
 ・不快割合 移動頻度 : - 0.77
 ・不快割合 非効率移動率: - 0.67

となった。このことから掃除中の不快発言の多い人ほど移動頻度が少ないことがわかる。心理学の分野では、ネガティブな個人特性では物事を局所的に捉え、注意の焦点が狭くなる傾向があり、ポジティブな個人特性の人は物事を広く捉え、全体的な焦点の当て方になる傾向がある [島井 06] と言われている。この事と図7の結果を考え合わせると、掃除中においてネガティブ特性の人は焦点が狭くなるため、同じ場所から動かない傾向があり、ポジティブ特性の人は焦点が広がるため、あちこち気になるところに移動するという仮説が得られる。つまり、その人の考え方と掃除行動には何らかの関係があると考えられる。そこで単に不快割合ではなく、発言の内容をより詳しく分析し、掃除中の思考と移動パターンとの関係を知るために時空間プロトコル分析を試みる。まず快不快の具体的な因果を知るために改めて”何に対してどのように感じたか・なぜそう感じたか”インタビューを行った。これにより得られたコメントデータは、そのままでは定量的な扱いは困難なため、ある程度制限された表現に変換する。ユーザビリティにおける使用性の概念 [黒須 03] として効果・効率・満足の三要素がある。掃除においてもこの考え方が当てはまると考え、コメントを効果・効率・満足以に分類し、さらにそのコメント発生の元となる欲求をまとめることを行った。例えば、「掃除機のコードが届かない」「椅子がじゃまで掃除しにくい」という2つのコメントがある。一見異なるコメントであるが、その根本は「スムーズに掃除がしたい」という欲求でまとまっていると考えられる。このようにして、コメントデータを以下に示す7つの欲求に変換した。

- ・効果: うまくゴミを取りたい・ゴミが取れてるか知りたい
- ・効率: スムーズに掃除したい・力が要るのは嫌だ
- ・満足: ホコリがたつのは嫌・いい空気・いい匂いがいい

これらの欲求と掃除行動パターンを含めた個人特性との関係を見るために、Bayonet で因果構造を学習した。その結果を図8に示す。線の太さは要素同士の関係の強さを表し、+ は要素同士が正の関係であることを示している。図8より、(1) 子供がいる人はうまくゴミを取ること・ホコリのないいい空気を重視する傾向があり、不快割合が低い傾向があること (2) 35歳以下の人はスムーズな掃除・力の要らない掃除を望んでおり、移動頻度が低くなる傾向にあることがわかる。欲求や掃除行動の要素が少ないため、まだ多くのことはわからないが、今後要素が増えていけばより複雑な因果構造を把握することも可能となると

いえよう。

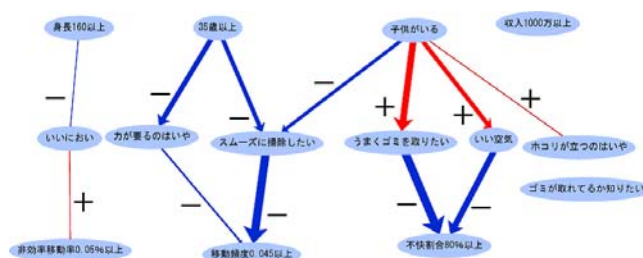


図 8: 欲求と個人特性

5. 結論

本研究では、日常生活行動のセンサ情報と意味情報を統合的に収集・解析するシステムとして、日常生活行動情報収集管理システムの提案と構築を行った。構築したシステムは、3つの機能を持つ。(1)MAGOME ハウスにおける行動情報収集 (2) 意味情報の定量化 (3) 時空間統計数理解析機能。

構築したシステムの基本機能検証のため、23歳男子学生を対象としたセンサホーム住み込み実験を行った。解析結果は、利用時間削減による削減可能な消費電力量は家電により異なり、消費電力値の大きい掃除機が特にその効果が高いことがわかった。掃除機使用中のリビング内における存在確率分布図から、カーペット・ソファ・ドアと壁との間、といった場所の掃除方法に注目すべきであるといった知見が得られた。

構築したシステムの応用として、掃除行動情報の収集と時空間プロトコル分析による解析を行った。実験はセンサホーム内で被験者5名を対象に行った。解析結果は、掃除中の移動頻度が多いほど不快発言の割合が少ないこと。掃除行動を含む個人特性と欲求との関係を知ることができた。

謝辞

本研究の第3章の内容は(株)東芝 研究開発センターとの共同研究の一環として行われた。また第4章の内容は花王(株)生活者研究センターとの共同研究の一環として行われた。(株)東芝 研究開発センターの方々、花王(株)生活者研究センターの方々には、実験の準備から解析まで様々な面で協力して頂いた。ここに感謝の意を示す。

参考文献

- [本村 06] 本村 陽一, 西田 佳史, 山中 龍宏, 北村 光司, 金子 彩, 柴田 康徳, 溝口 博, ”知識循環型事故サーベイランスシステム”, 統計数理 (2006), 第 54 巻, 第 2 号, 特集「予測と発見」, 2006.
- [Ivanov 07] Ivanov, Y.; Wren, C.; Sorokin, A.; Kaur, I., ”Visualizing the History of Living Spaces”, IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, ISSN: 1077-2626, Vol. 13, Issue 6, pp. 1153-1160, Nov-Dec 2007 (IEEE Xplore, TR2007-068), 2007
- [島井 06] 島井 哲志, ”ポジティブ心理学~21世紀の心理学の可能性”, 兼文堂, 2006
- [黒須 03] 黒須 正明, ”ユーザビリティテストング”, 共立出版, 2003