

5. 日常生活理解のための正準化表現 による生活データベースの構築と活用

応
般

北村光司（産業技術総合研究所 デジタルヒューマン工学研究センター）
田井宏樹 大内綾子（ミサワホーム（株））

データに基づく生活デザイン

日常生活環境や日常生活で使用する製品の選択、日常生活を支援するための機器やサービスの選択、さらにはそれらの組合せによってどんな生活を送るのかといった日常生活全体のデザインをするためには、生活実態を感覚的にではなく、データに基づいて定量的に理解することが必要である。ここでの日常生活のデザインとは、人が持つ生来機能と、環境・製品・サービスなどが持つ機能を組み合わせ、日常生活を送る上で必要な機能（生活機能）を再現・再構成することである。たとえば、歩行が困難な方が、支援機器として杖や車椅子を選択したり、支援サービスとして歩行の手助けをしてくれるヘルパーを雇うといった選択の問題は、個人が必要とする生活機能を実現する複数の支援候補の中から適切な支援を選択するという生活デザインの問題である。現状、このような生活デザインは、医師やリハビリ関係者といった専門家であっても、対象者の生活全体を考慮して適切な選択を行うことは難しいため、対象者の生活に合わせてデータに基づいて科学的に選択を支援する技術は有用である。そのほかにも、データから把握した生活機能ニーズに基づいて、新たな支援機器・サービスを開発したり、そのような機器・サービスの開発を支援する仕組みづくりも求められている。

しかし、生活の全体像を定量的に理解するために必要な、生活データの収集方法や収集した生活情報の処理手法などの明確な方法論は確立されていない。また、人の生活は、個人の性別や文化といった要素、

個人が持つ心身機能、生活環境、行っている活動や社会参加などによって異なり、またその生活を構成する要素は膨大であるため、さまざまな条件に対応するように生活データを網羅的に収集することは困難である。筆者らは、各生活場面において収集可能な範囲内で収集した生活データをデータベース化し、使用目的に応じて各生活データを適宜統合して利用することで、生活の全体像の理解へ接近する方法を提案している。実際に間取りデータやモノの配置データ、生活不具合データ、ライフログ、事故データなど、生活の各場面における生活データを集めてきた。また、収集した生活データベースを活用するための、データベース、検索・モデリング機能、可視化機能から構成される生活データベース管理システムを提案してきた¹⁾。

本稿では、定量的な生活全体像の理解のために、生活データベースを構築・活用する上での問題点を整理し、それを解決するための生活データベース管理システムについて紹介する。開発システムを活用した事例として、間取り情報を含んだ生活データの検索・統合機能について紹介する。

生活データベースの構築・活用における問題と生活データベース管理システムの提案

▶ 生活データベースの構築・活用における問題点

適切に生活を支援するためには、対象となる人の生活機能や生活環境を含めて生活の全体像を定量的に理解し、その理解に基づいて生活機能を支援機器

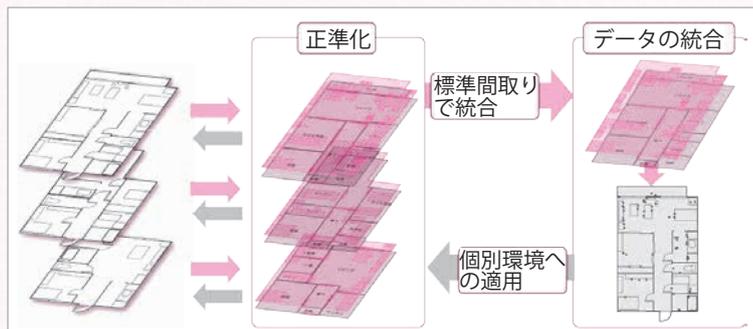


図-1 標準化による生活データの統合・活用の概念図

や支援サービスを導入して再構成する必要がある。しかし、生活の全体像を定量的に理解しようとしたとき、現状ではいくつかの問題がある。以下にそのうちの2例について述べる。

1つ目は、生活データの収集方法である。さまざまな生活場面における、あらゆる生活データを網羅的に収集することは現状では困難である。そこで、収集可能な範囲で、各生活場面における生活データを収集し、それらを目的に合わせて適宜統合することで生活を再現し、生活の全体像の理解を進めていくアプローチが考えられる。そのためには、各生活データが統合可能で、他の環境や他の場面において再利用可能である必要がある。しかし、生活を個別空間で起きる現象として記述して扱おうと、統合や再利用が困難である。たとえば、家に存在する家具の配置について考えると、間取りや各部屋の大きさや形状は家ごとに異なるため、個別の空間座標系での表現のままでは統合したり、他の環境に適用することはできないという問題がある。この問題を解決するためには、空間座標系ではなく、間取りや各部屋の大きさや形状が異なっても共通して扱える状態空間での表現に変換した上で統合する機能が必要である。

2つ目は、生活の理解に必要なデータの種類や構造は明らかではなく、目的によって変化するため、それらを事前に定義することが難しいことである。たとえば、目的によって、マンションでの生活データと一戸建てでの生活データを統合して扱ってよいか、対象者の性別を考慮するか、家族構成を考慮するか、といったように生活にかかわるどの変数を重視するのか、人や生活環境が持つどの属性を用

いてセグメンテーションするのは目的によって異なる。また、目的が明らかでも、生活構造は複雑であるため、事前に定義することが難しい場合もあり、生活データを用いた再現を行いながら、変数選択やセグメンテーションを行う必要がある場合もある。そのため、試行錯誤的にデータの抽出とモデリングを行い、モ

デルに基づいた再現を行いながらデータの変数を取捨選択して、生活の再現に最適なデータ構造を定義できる機能が必要である。また、再現結果を理解したり、再現条件を設定する上では、実際の生活環境を模擬した可視化および、その可視化環境の上でインタラクティブに条件を設定できる必要もある。

▶ 生活データベース管理システム

筆者らは、生活データの統合・活用の問題点を解決するためのアプローチとして、図-1に概念図を示した、標準化による生活データの統合・活用というアプローチを提案している²⁾。このアプローチでは、データや目的に合わせて共通して扱える状態空間上での表現に変換することでデータの統合を可能とする。この変換操作のことを本研究では“標準化”と呼ぶ。標準化に用いる状態空間は、データを共通して扱えるものであれば、どのようなものでも良いというわけではなく、目的にとって重要でデータの本質を表す変数で構成されている必要がある。つまり、データが表現されている元の空間から標準化で用いる状態空間への写像は逆写像を持つ可逆写像である必要がある。具体的には、ある環境で収集したデータを標準化し、その標準化されたデータを元の環境に適用した際に収集したデータと同様のデータが得られる必要がある。

標準化を行うことで、物理的な座標系では統合が難しいデータであっても、セマンティックな状態空間や相対的な位置関係で表現する状態空間、といった固定の空間座標系ではない、すべてのデータに共通した空間で扱うことができ、データ統合が可能となる。日常生活環境では1つの環境で膨大なデー

データを収集することは難しいため、同種の複数環境で取得したデータを統合することで、その種の環境で起きる現象の統計分析が可能となり、データに基づく日常生活の理解につながると考えられる。また、統合したデータは、個別の環境への逆写像を持つ状態空間で表現されているため、個別環境に合わせて適用することが可能である。つまり、その環境ではまだ起きていない現象であっても、同種の他の環境では起きている現象をその環境に合わせて把握することができ、潜在的リスクやニーズを把握できる可能性がある。

このアプローチを実現するためのシステムとして、生活データベース管理システムの開発を進めている。このシステムでは、生活データを「時間」、「空間」、「生活機能」の3軸をベースに記述する。生活は時空間現象であるため、「時間」、「空間」を軸に選択した。もう1つの軸である「生活機能」には、WHO（世界保健機関）の国際分類の1つである国際生活機能分類（ICF）を採用した。ICFは、人が持つ心身機能・身体構造、人が行う活動・参加、環境因子、個人因子から構成される記述体系であり、生活を構成要素に分解して記述することが可能である。これらの3軸をベースに記述方法を作り上げることで、生活データの統合や活用を可能にする。

提案システムの構成を図-2に示す。各生活場面で収集した生活データをためておく「生活データベースサーバ」、生活データを適切な状態空間での表現に変換して統合するための「正準化機能」、統合した生活データから対話的に必要なデータの構造を定義するための「対話的検索・モデリング機能」、生活像の理解を深めるためにインタラクティブに再現条件の設定やその結果の可視化を行う「インタラクティブな可視化機能」から構成される。以下に各機能の詳細について述べる。

生活データ統合のための正準化機能

生活データはそのままでは統合や活用が困難である。それを解決するためには、データ間で共通した

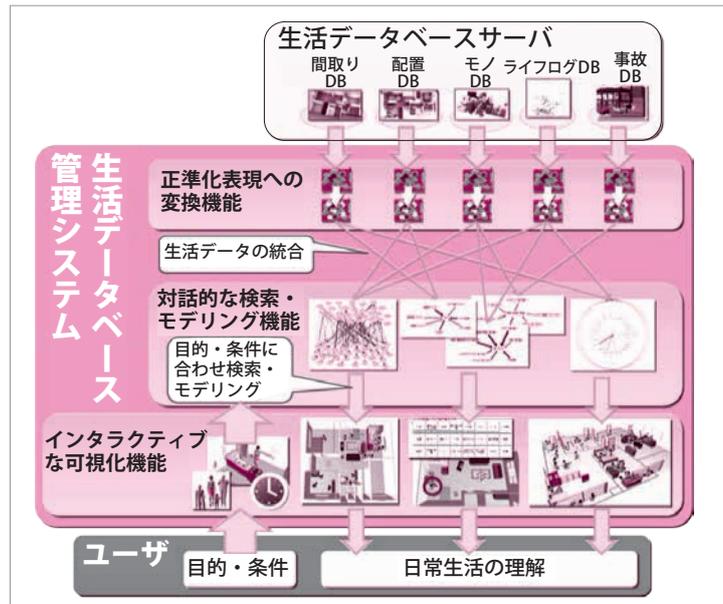


図-2 生活データベース管理システム

意味を持つ状態空間での表現に変換し、その状態空間で統合や再利用を行う方法が考えられる。たとえば、前節で挙げた、家に存在する家具の配置データの統合の例を考えると、xy座標のような空間座標系での表現のままでは統合できない。しかし、家具の位置を「テレビとソファとの距離」といった家具同士の位置関係で表現すると、異なる環境のデータでも統合が可能となる。このように、データ間で共通する意味を持つ状態空間における表現に変換すると、形状や大きさが異なる環境のデータでも統合や再利用が可能になる。データの正準化を行うことで、異なる環境のデータを統合することはもちろんのこと、異なる環境のデータそのものや、統合したデータを分析した結果や得られた知見を個別の環境に合わせて適用可能である。

データ構造定義のための対話的検索・モデリング機能

生活の全体像を理解するためには、分析目的や対象に合わせて再現したい生活を表すのに適切なデータを選択して活用する必要がある。しかし、どのデータをどの表現で用いるのかといった定義をあらかじめ決めることは難しいため、必要なデータの選択とモデリングを繰り返して、試行錯誤的に定義していく必要がある。そのため、本機能は検索機能とモデリング機能から構成される。検索機能は、空間軸、

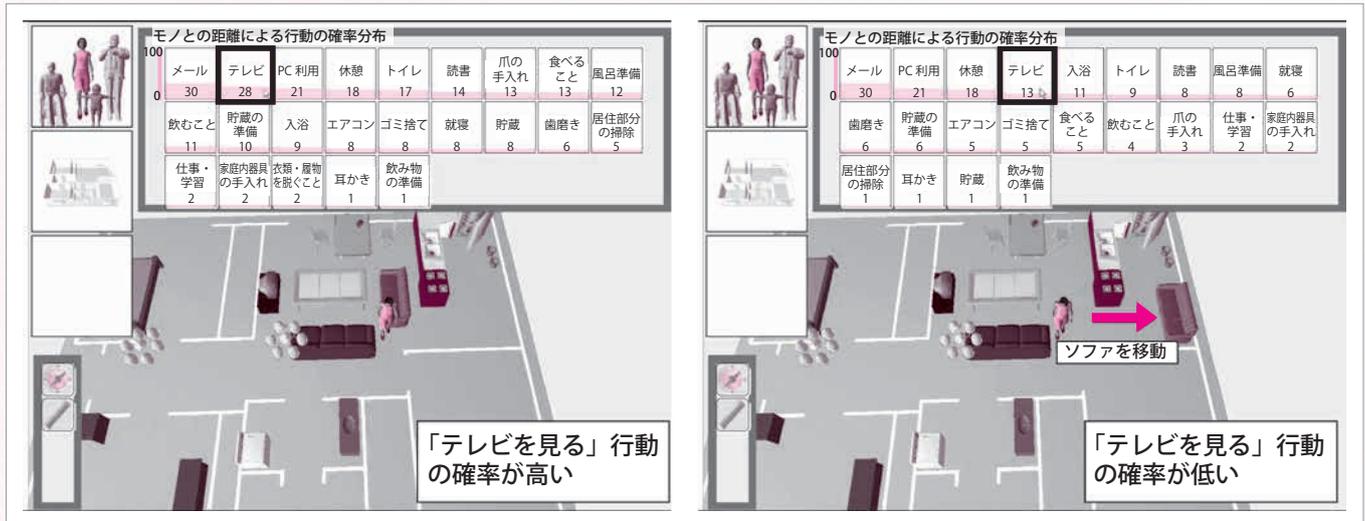


図-3 生活再現結果の例

時間軸、生活機能軸の各軸や、複数の軸の組合せで検索できる機能を持つ。モデリング機能は、検索機能で抽出された生活データに含まれる変数で、対象の生活を再現できるかを考慮できるように、変数間の因果関係を確率的なネットワークとして表現可能なベイジアンネットワークを採用した。モデリング手法は、ベイジアンネットワークに限らず、目的に合わせて入れ替えても問題ない。この検索とモデリングをシームレスに行えるようにすることで、必要なデータ構造を試行錯誤的に決定できる。

インタラクティブな可視化機能

分析のために生活を再現する条件を直感的に設定したり、再現結果を理解しやすく可視化する機能が必要である。本研究では、生活データベースの構造に合わせ、「空間」、「時間」、「生活機能」の3軸について、ソフトウェア上に構築した3次元空間上で条件設定や再現結果を可視化できる機能を実装した。たとえば、3次元空間上で間取りを作成して、家具や家電といったモノを配置して、その中に人を配置するといったように、インタラクティブに条件設定が可能である。その設定に基づいて生活を再現し、その再現結果を3次元空間上で可視化する機能を実装した。行動の頻度や発生確率のように数値的表現が必要な情報については、グラフと文字で提示するようになっている。生活再現結果の例を、図-3に示す。人とモノとの距離とそのときの行動のデータを基にモデリングを行い、再現を行った結果である。

図中の左側の状況では、「テレビを見る」行動が発生する確率が高いが、ソファの位置を移動させた図中の右側の状況では、その確率が低下していることが分かる。

提案システムの家庭内の生活不具合データへの適用

筆者らは、実際の生活環境の中で、子どもの事故やヒヤリハットが起きた状況、子どもの安全を考えた際に不便と感じる状況といった生活の不具合データの収集を行ってきた。図-4に不具合データの一例を示す。不具合データには、間取りの画像の上に、不具合が起きた場所を記入し、関連する製品や環境の写真と、不具合が起きた状況を文章で記述してある。たとえば、「洗面所や浴室の入り口に段差があり、子どもがひっかかったり、落ちたりしやすい」といった不具合や、「子どもが学習机の下に入ったボールを拾って立ち上がり、引き出し裏の補強板の角で額を打って出血した」といった事故がある。現在、25軒の400件以上の不具合データを収集した。本章では、生活データベース管理システムをこの不具合データに適用した事例を紹介する。

▶ 間取り情報を含んだ生活データの正準化

生活空間で起きた現象を空間座標系上での表現のままでは扱えず、それぞれの家で間取りが異なるため、

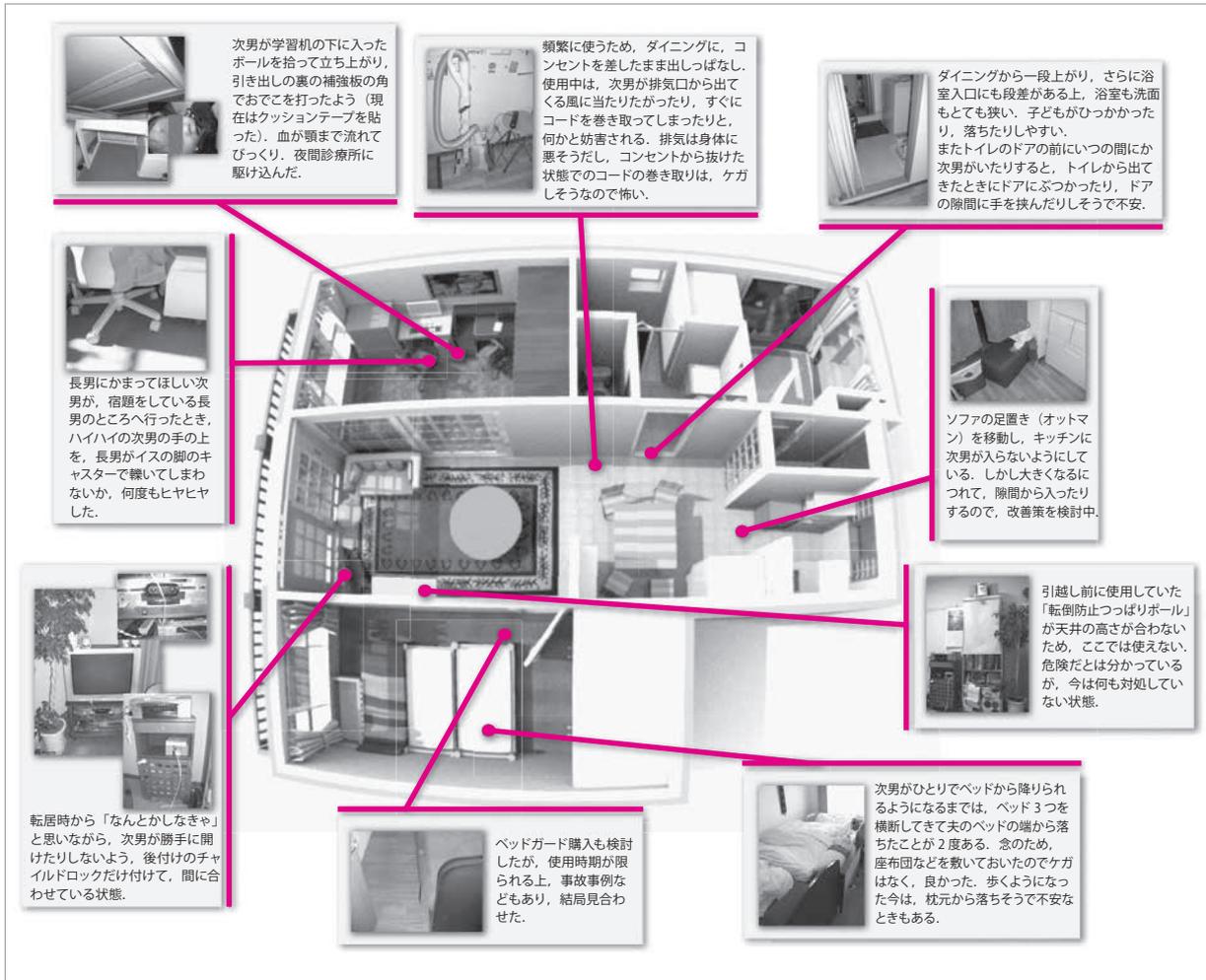


図-4 生活不具合データの一例

統合や再利用ができない。しかし、間取りの構造や部屋に配置された家具や家電を定義した上で、不具合データをそれらとの関係性で記述するという正準化を行うことで統合や再利用が可能となる。正準化のために定義したデータを図-5に示す。図中の間取りレイヤは、間取りの画像中の部屋の場所と名称を定義している。また、ドアや窓なども定義し、部屋同士のつながりも定義している。今回のデータ統合では、部屋の大きさや形状の情報は用いず、部屋のつながりのみに着目して扱った。部屋のつながりのみに着目することで、図-6に示すように部屋のつながりをグラフ構造として表現することができ、グラフ構造分析の手法が適用可能となるため、間取りの類似度計算といった数理的な扱いが可能となる。モノ配置レイヤは、モノの場所と名称を定義している。今回扱う不具合データには、不具合に関係した家具や家電以外に、主要な家具や家電を置いている

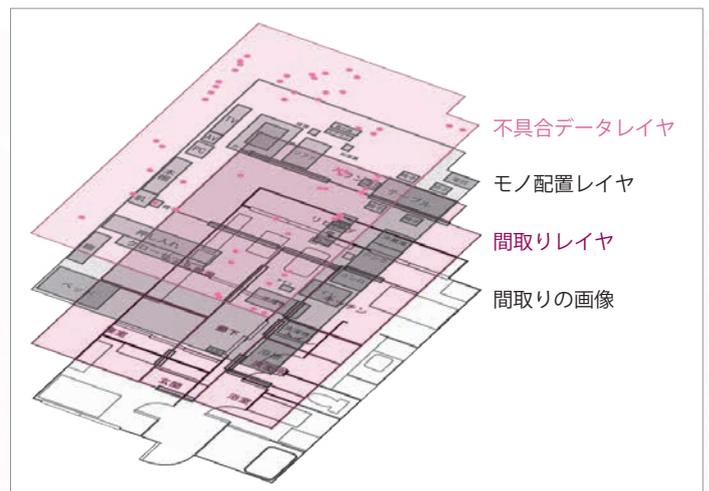


図-5 間取り情報を含む生活データの正準化の一例

場所も記録しているため、モノ配置レイヤは不具合に関係していないモノについても定義を行った。このように定義を行うことで、ある家庭では起きていない不具合でも、ほかの家庭で起きている不具合をマッピングして提示することが可能である。不具合

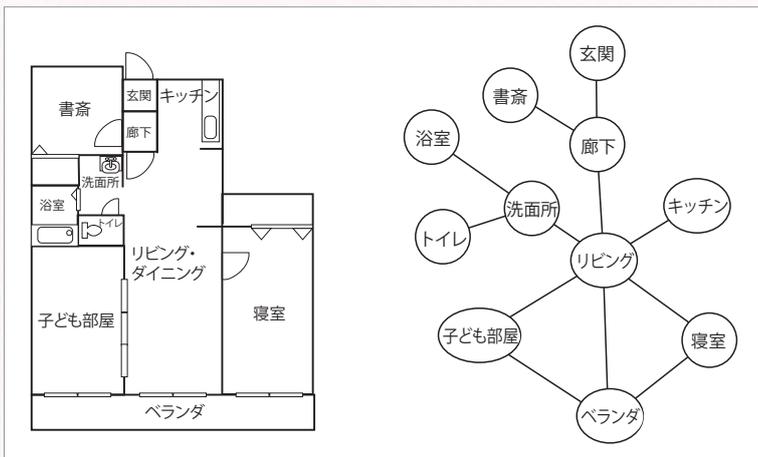


図-6 間取りのグラフ構造表現

データレイヤは、不具合が起きた場所に点をプロットし、その内容に関連づけることで定義を行った。以上の準備を行うことで、不具合データを空間座標系における場所との関係ではなく、どのような間取りの中のどの部屋で何と関連して起きたのかというセマンティックな状態空間での関係で表現することができ、間取りの違いにかかわらず、統合が可能となる。

▶ 正準化による複数環境における生活不具合データの統合

生活不具合データの正準化により、不具合が起きた部屋や不具合にかかわったモノとの関係で表現できるため、新たな環境について間取りやモノの配置を定義することで不具合データをその環境に合わせて写像することができる。つまり、複数環境で収集された不具合データを1つの環境に集約することができるため、統計的な分析が可能となり、生活不具合の全体像を把握することが可能になる。本節では、不具合データ

を収集した25軒には含まれない間取りに対して、間取りレイヤ、モノ配置レイヤを定義し、25軒分の不具合データをその間取り上に適用することで複数環境で起きた生活不具合データを集約し、その環境で起き得る不具合を可視化した(図-7)。不具合データは、部屋とモノとが一致する場合には、そのモノの場所に、部屋のみが一致しモノは存在しない場合はその部屋内にランダムにプロットした。

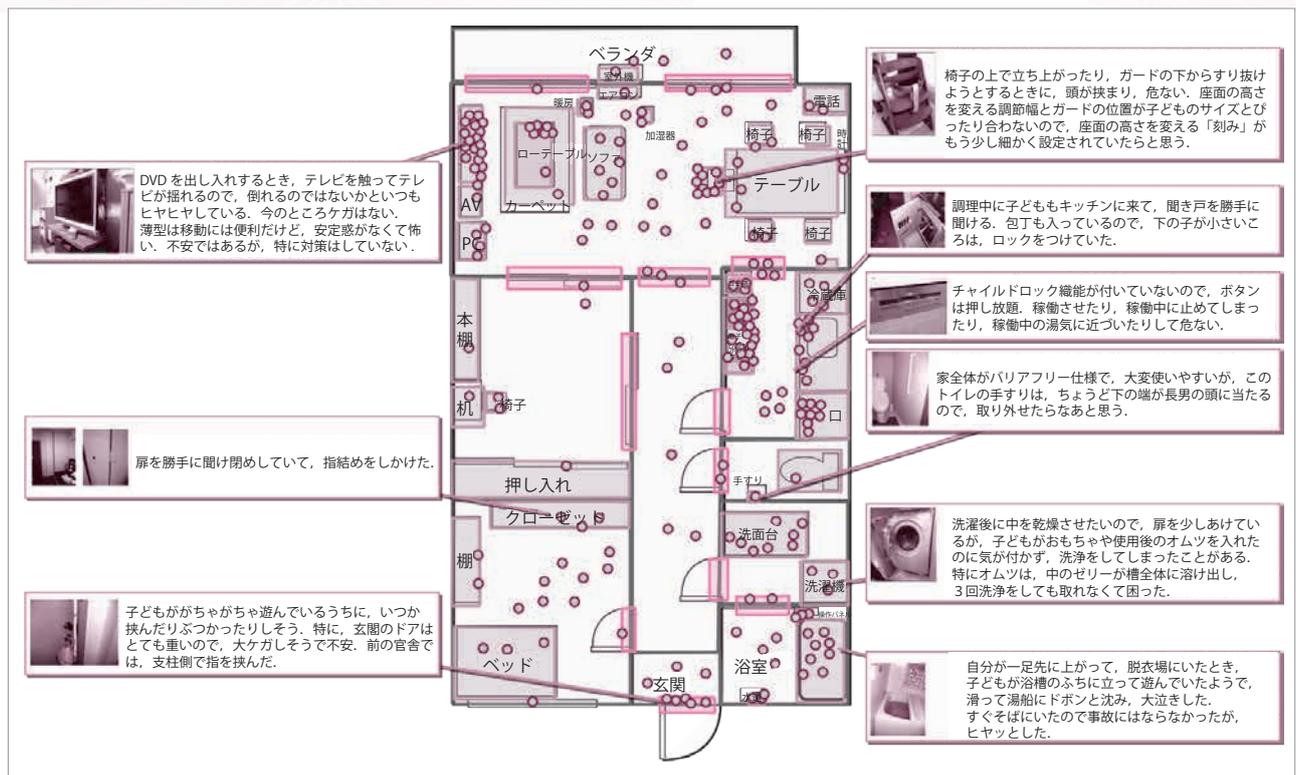


図-7 統合した生活不具合データの他環境への適用

図-7のように、複数環境における不具合データを、正準化して新たな環境に適用して情報を集約することで、その環境で実際に不具合が起きる前に、その環境ではどんな不具合が起き得るのかを把握可能になる。また、個々の環境での不具合データが少数の場合、その不具合が稀な事例なのか、よく起きる事例なのかを把握できないが、正準化して統合することで、生活空間における不具合の傾向を把握することが可能になる。

たとえば、図-7中では、テレビ周辺に不具合が集中している。これは、薄型テレビをテレビ台に載せて使用するケースが一般的になっており、その場合、子どもがテレビに触ったり、よじ登ろうとすることがあり、その際にテレビが不安定なため、倒れそうになった事例がよく起きていることが分かる。また、キッチンではガスコンロ周辺に不具合が集中しており、これは子どもがガスコンロの点火つまみをいじる事例などが起きていることが分かる。ガスコンロには、つまみをいじっても点火されないようにするためのチャイルドロック機能があるが、コンロを使用しているときにはチャイルドロックをかけられないため、子どもが火力を大きくしてしまい、鍋が噴きこぼれたり、逆に火を止めてしまうといった不具合情報が見られた。同じくキッチンでは、データ数は少数ではあるが、最近一般家庭にだいぶ普及してきた食器洗い機の不具合情報も見られ、チャイルドレジスタント機能（チャイルドロック）がついていないため、子どもでも電源のオン・オフができてしまい、稼働中に止めてしまったり、稼働させて出てくる湯気に近づいたりして危ないといった不具合が起きていることが分かる。このように不具合データを集約することで、実際の生活環境の中でどこにどんな製品を置いて使用しているのかという生活実態と合わせて、どんな状況でどんな不具合が発生しているのかを把握することが可能になる。日常生活で感じる不具合をデータに基づいて生活実態と合わせて理解できると、実態に合わせた改善案を考案することが可能となる。また、日常生活環境にかかわる異業種（住宅メーカー、家電メーカー、家具メー

力など）が不具合を共有して理解する助けにもなり、異分野連携による今までにない解決策を考案できる可能性もある。以下に、異業種が連携して不具合を解決するための案の例を挙げる。

●例：キッチンで起こる事故

【要因】

- 子ども用のガードフェンスがキッチンに設置できない。
- 刃物の収納場所が不適切。
- 家電が子どもの手の届く高さにある。

【対応策】

「住宅メーカー」

- 後からガードが取り付けられるキッチンを設計する。

「キッチンメーカー」

- 包丁収納場所を幼児の手の届かない位置に変更する。

「家具・家電メーカー」

- 家電を子どもの手の届かない高さにビルトイン設置できるカップボードを開発する。

●例：建具での指詰め・手挟み

【要因】

- 玄関ドアが重い。
- 襖（引戸）を勢いよく閉める。
- 廊下が狭く、ドアを開いたときに人とぶつかる。

【対応策】

「住宅メーカー」

- 動線計画は、建具の開き勝手を考慮して設計する。

- 建具の動作範囲が確保できない場合は、引戸を採用する。

「建具メーカー」

- 建具面材に明かり窓を設ける。
- 指はさみ防止開閉構造付きの玄関ドアを開発する。

●例：リモコン・インターホンの誤操作

【要因】

- 子ども手の届くところに電話やリモコンが置いてある。

- 住宅内に数多くのリモコンが散在している。
- 子どもが触りたくなるデザインを採用している。

【対応策】

「住宅メーカー」

- 取り付け高さを検討。

「家電メーカー」

- 散在しているリモコンを統合化し、1台でまとめてコントロールできるようにする。
- 幼児や子どもがおもちゃとして使いたくなるようなデザインを避ける。
- チャイルドロック機能を設定する。

以上の通り、不具合を生活環境との関係も含めてデータに基づいた把握ができるため、その不具合を予防するためのアプローチを業種別に整理したり、不具合が発生するプロセスにおける段階ごとに整理して考えることができる。たとえば、子どもにとって危険につながる行動や操作を子どもができないように行動制御するアプローチや、危険につながる行動や操作をしても重篤な傷害にならないように傷害制御するアプローチなどが考えられる。

生活デザインのための情報処理技術の確立に向けて

本稿では、データに基づく日常生活の理解と日常生活デザインを目的として、生活全体像を定量的に理解するためのアプローチと、それを実現するための生活データベース管理システムについて紹介した。また、開発中のシステムの適用例として、複数の異なる環境で収集された生活の不具合データを用いた典型的な不具合の把握について紹介した。

日常生活は身近であるため、感覚的にはよく分かっているように感じるが、実際にはデータに基づい

て定量的に理解できていない場合が多い。それは、日常生活データがある1カ所に集積されることはなく、社会の中に薄く広く存在していることや、日常生活は多数の要素が関係しており、バリエーションが膨大にあることに起因している。また、情報処理技術の観点から見れば、日常生活データを目的に合わせて適切に記述するための表現系や、データの収集方法・分析手法、現象理解から社会実装へつなげるための枠組み、といった技術が確立されておらず、研究が十分に進んでいない。筆者らは本稿で紹介したアプローチを、これらの問題を解決し、データに基づく日常生活現象の理解のための情報処理技術体系として確立することを目指している。

参考文献

- 1) 金 一雄, 北村光司, 西田佳史: 生活機能構成のための生活データベース管理システムの提案, 第29回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 2N2-4 (2011).
- 2) 北村光司, 山中龍宏: 社会レイヤと物理レイヤを持つ子どもの傷害予防支援システム, ヒューマンインタフェース学会誌, Vol.13, No.1, pp.13-18 (2011).

(2013年5月1日受付)

北村光司 ■ k.kitamura@aist.go.jp

1981年生。2008年東京理科大学大学院理工学研究科機械工学専攻博士課程修了, 博士(工学)。同年同研究所デジタルヒューマン研究センター研究員。2010年より産業技術総合研究所デジタルヒューマン工学研究センター研究員, 2013年3月より主任研究員。ドコモ・モバイルサイエンス賞等を受賞。ヒューマンインタフェース学会, 日本ロボット学会, ヴァーチャルリアリティ学会各会員。

田井宏樹 ■ hiroki_tai@home.misawa.co.jp

1964年生。1987年近畿大学理工学部建築学科卒業。ミサワホーム(株)商品開発本部商品開発部担当部長。1987年にミサワホーム入社。神戸にて4年間戸建ての設計に従事した後, 1991年より東京本社商品開発部にて, 主に木質戸建て住宅の新商品開発に携わっている。

大内綾子 ■ ayako_ouchi@home.misawa.co.jp

1974年生。1997年慶應義塾大学理工学部応用化学科卒業。ミサワホーム(株)商品開発本部商品開発部第二設計課主任。二級建築士, インテリアコーディネーター。