

4. データに基づく生活機能構造の理解と分析

応
般

—大規模データ活用による日常へのアプローチ—

本村陽一（産業技術総合研究所 サービス工学研究センター）

生活機能と構造

これまで「生活」という日常生活空間で人が生きるための活動は工学や技術が直接扱う対象というよりはむしろ、工学や技術が直接対象とした製品や機能が作用した結果生じるもの、つまり工学や技術の対象の外側にあるものと考えられてきた。しかし、最近のモノからコトへのパラダイムシフトの中で、製品や機能の結果として起こる作用過程、プロセスやダイナミクスとしてのコトを直接の対象として、それが良い状態であるように制御することが重要となっている。産業においてもコトへのパラダイムシフトはサービスへの関心の高まりに表れている。たとえば、モノかサービスかという二分法ではなく、顧客へ価値を提供する手段として企業活動を考えるサービスドミナントロジックや、生活中で行動する人やマーケットを含めた社会系をシステム（サービス・システム）として考えるサービス工学などがここ数年注目され、そのための技術開発も進んでいる¹⁾。これまででもっぱら交換価値にあった関心が利用価値や経験価値に移ったことで、価値は供給側が主体となって生み出すのではなく、供給側側の働きかけにより、利用者側が主体となって実体化するものとして認識されるようになった。つまり、工学や技術が目指す目的も、交換価値の高い製品を作ることから利用者側の利用価値や経験価値を高めることに関心が移り、その価値は生活の中で評価されるものであると考えざるを得ない。特に利用者の価値観が多様になっている現在では、供給側が考える事前の想定が外れることも多いため、利用者側の

情報を持続的に観測し、供給者側にフィードバックするための情報処理が重要になる。すると、必然的にこれまでは供給側が事前に仮定することの多かった利用者側の状態や行動をデータを通じてモデル化し、動的に予測する仕組みが重要になる。また工学や技術が対象とするシステムの概念がこれまでのいわゆるハードシステムにとどまらず、利用者側の状態や行動も含めた人間系とハード系のハイブリッドシステム、ソフトシステムに拡張されるので、生活の場面を工学的な計算対象や制御対象として取り扱うための枠組みとして、本特集で取り上げられている生活機能分類（ICF）が重要になる。生活機能分類は生活中の行動を分類し、それをコード化しているだけではなく、そこに人の行動の持つ意味や構造を規定しているところにも大きな特色がある。特に社会参加という目的に対する手段として個々の行動が位置づけられていること、「できる行動」、「実際にしている行動」を区別すること、などが本質的である。本稿ではこうした生活機能の要素である活動と状況や目的の間にある関係を生活機能の構造として理解し、分析を行うためのアプローチを紹介する。

生活機能の観測技術

国際生活機能分類（ICF）では生活機能（functioning）を心身機能・構造（body functions & structures）のレベル、活動（activities）のレベル、社会参加（participation）のレベル、という3階層で表す。心身機能・構造のレベルに相当する身体の位置や物理的な情報は筋電や加速度、接触センサなどを通じ

て電子データとして観測することができる。そのデータの値から活動レベルの生活機能（活動ラベル）を推定することを考える。観測されたセンサデータの値を入力とし、人手で付与された活動ラベルを正解として与えて機械学習により認識モデルを構築することで、センサデータが与えられたときの事後確率 P （活動ラベル | センサ）を最大にする活動ラベルが推定結果として得られる。

しかし、活動レベルの上位に位置する社会参加のレベルはセンサの値だけでは推定が難しい。そこで、ある社会参加活動はどのような活動レベルの生活機能から構成されるか、

という関係を大規模なデータベースとして得ることができれば、機械学習により構築できる確率モデル P （社会参加 | 活動ラベル）によって推定することができる。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 生活・社会機能デザイン研究チームでは自由記述に基づく日常生活データの収集を23日間行い、自由記述テキストから24,378種類の生活機能分類のラベル付けを行った²⁾。さらに、5日間分については、行動の目的についても人手で分類し、3,964種類の行動については目的の付与も行われた。ただし、自由記述テキストの中に、既存のICFコードには存在しない行動などもあり、こうした場合には、ICFで定義されていない行動を新たに追加することが必要となる。コード化した5日分の行動分類を集計した結果、「手の込んだ食事の調理」という参加レベルの行動と同時に発生している「引くこと」「持ち上げる」「手にとって運ぶ」「モノを置く」「押すこと」などの活動の間の関係（共起頻度）が得られた（図-1）。また、同様にして、「持ち上げる」などの活動と関係するモノとその属性（重さ）の間の関係も集計することができ、日常生活全体の約43%の行動に「持ち上げる」が同時に発生しており、そのうち「300g以上のモノ」を持ち上

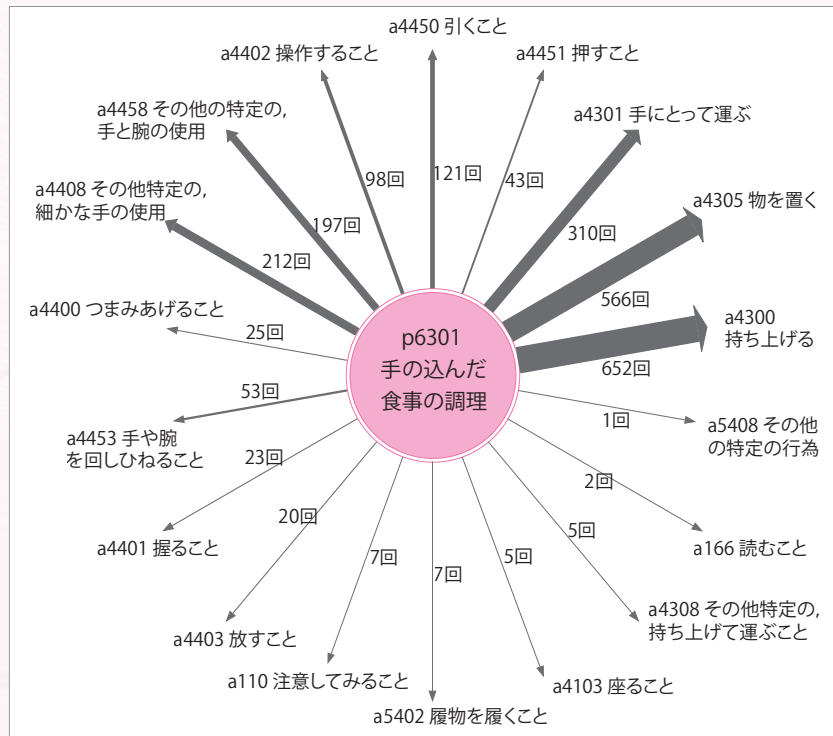


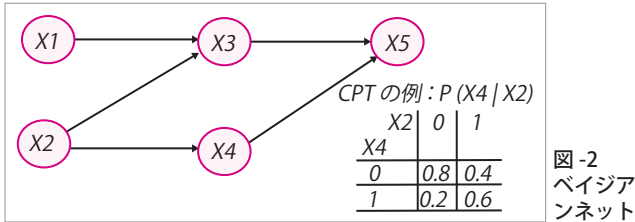
図-1 手の込んだ食事の調理と関係する活動の共起頻度

げることが約10%であること等の知見が明らかになった。これによりたとえば生活支援ロボットなどを開発する際の必要条件の設定や効果評価ができる。

生活機能構造のモデル化技術

生活中に観測したデータに対して大量に行動ラベルを付与したデータを収集することができれば、同じ時間区間に共起した事象の間の関係を条件付き確率によってモデル化し、行動を分析することができる。大量の変数の間の条件付き確率をモデル化する際に使われる確率モデルとしてベイジアンネットワーク（図-2）があり、これによって日常生活のモデル化を行い、子どもの傷害予防やユーザ適用システムに応用する研究も進んでいる^{3), 4)}。

ベイジアンネットワークは確率変数をノードとするグラフ構造と、各ノードに割り当てられた条件付き確率分布群によってモデルが定義される。条件付き確率が与えられる側の変数を子ノードと呼び、親ノードから子ノードの向きへ有向リンクを張る。各変数の条件付き確率分布は、条件付き確率表（conditional probability table : CPT）として表現され、非正規性、非線形性、交互作用を含んだモデル化も可能になる。



ある行動 b が発現した背景となる説明変数としては、ICFでも規定されている生活機能に影響を与える因子である個人因子 p 、や環境因子 e の中から影響が強いものを情報量規準に基づいて自動的に探索して、 $P(b|p, e)$ として生活行動をモデル化することができる。状況を表す変数群 e の間にさらに多段の因果的な構造が現れる場合もある。このようにして、人間の生活行動に関する因果構造「このような状況のときにはこの行動をとる」という生活機能の関係を構造化し、その行動が何に起因して起こりやすいのかを理解し、その行動が起こる確率を上げたり、望ましくない状況が起こる確率を下げる条件などが推定できる。たとえば、実際に子どもの事故が発生したときの記録から行動や状況を集計してモデルを構築し、ある年齢の子どもが危険な行動をとる確率を計算し、その確率を小さくするにはどうすればよいかを親に伝えるような応用が考えられる。

日常場面でのデータ活用技術

生活行動観察データが大量に収集できれば、先に述べたモデル化技術によって行動が起こる確率を推定したり、望ましい状態が起こりやすくするような応用が考えられる。しかし、観察するためのコストとプライバシー懸念などが社会的に容認できなければ、データを収集することは難しい。もちろん実際のリスクを下げる個人情報保護技術は重要であるが、プライバシー懸念はそもそも心理的なものであり、コストやプライバシー懸念とのトレードオフとなるベネフィットを高めることも重要である。したがって集まるデータを活用することで生活者や社会にとって十分な利益が得られる何らかのサービスが同時に提供される必要がある。これはデータを活用するということに対する社会的合意や受容性の問題

であり、そこでは生活中的文脈や、社会の合意といった、純粋に技術や従来の狭義の工学では扱いづらい社会的課題についても考慮せざるを得ない。つまりデータ活用技術を成立させるためには、技術の開発側、供給側の論理だけでは不十分で、利用者側や、受け入れるコミュニティや社会との対話や共創が不可欠になる。持続的にデータを収集し続けるためには前章までに述べた生活行動データを分析・モデル化することによって、意義の高い活用方法を考え、社会的にも受容される技術やサービスを早期に実現することが重要である。たとえば、すでに社会的にも広く認知されている技術・サービスの1つに情報推薦がある⁵⁾。日常生活の場面で、料理のレシピや、お買い物情報などの推薦を得られるサービスなどが実用化され、これを利用する人も増えているので、モデルを構築するためのデータも十分集まっている。スマートハウスなど家のインテリジェント化が進むことで今後はこうしたサービスを通じて得られるデータを推薦サービスそのもので利用するだけでなく、汎用の行動予測モデルを構築することで消費電力の低減や二酸化炭素排出量の低減などの二次的な目的にも利用することが考えられる。また、医療や介護の現場などでも電子カルテや多くの電子機器によって、さまざまな行動が観測可能になってきている。こうした現場でも医療安全や業務負荷低減などの問題解決のため、大規模データを活用することが望まれている。

子どもの行動データ活用事例

被災地では、小学校の校庭や運動場などに仮設住宅が建設されており、子どもの遊び場が使えなくなってしまったために、子どもの成長への影響が懸念されている。こうしたことから、産総研では育成医療センターと協力して、被災地における子どもの心のケアの一貫として、ロッククライミング型の遊具ノボレオン⁶⁾ (図-3) を被災地で活用する取り組みを開始した。この遊具は登る際につかむ突起にLEDとセンサが内蔵されており、難易度によって異なる目



図-3 センサ付き遊具ノレオン

標到達地点を示し、子どもたちが登った経路や時間などを計測することができる。宮城県気仙沼市において、遊具を用いた計測実験を2回行い、延べ310人(4~11歳)の参加者のデータを取得した。取得した行動データを過去の計測データと合わせて、遊びの回数とスキル獲得の関係を分析した。図-4に遊びの回数とスキル獲得の関係を示す。図-4では、今回の実験では遊ぶ回数が増えるにつれて、斜めの移動スキルが特に向上したことが示されている。

また、計測したデータに基づきベイジアンネットワークを構築することで、スキル獲得モデル(図-5)を作成した。

このモデルでは、各行動の間の関係と、目標への到達回数と時間との間の構造が獲得示されている。これにより、斜めの移動割合が目標への到達回数と強く関連していることが分かる。こうした分析結果を分かりやすく効果的に子どもにフィードバックすることで運動への関心や向上心を喚起することが期待され、被災地における子どもの心のケアに役立つ仕組み作りが進められている。

生活行動データ活用の時代

本稿では生活機能分類によって可能になる、観測データからの生活機能構造のモデル化、生活行動データ活用技術について紹介した。行動分析学や社会科学など、従来から人間の行動を理解しようとする試みには長い歴史がある。しかし、現在のように誰もが手軽に行動を電子データとして記録し、それを大量に収集できる時代はこれまでにはなかった。こ

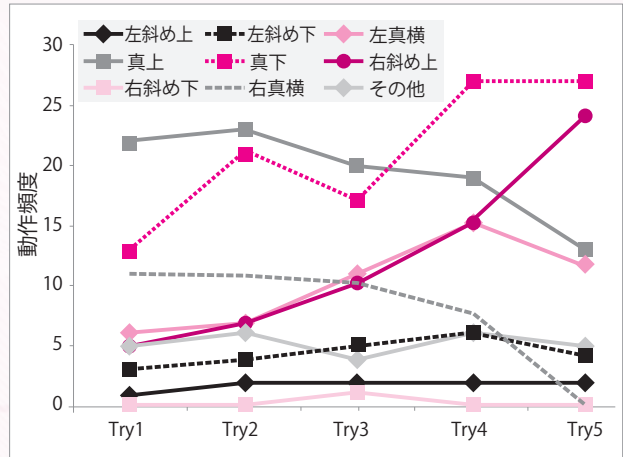


図-4 遊び回数とスキル獲得の関係

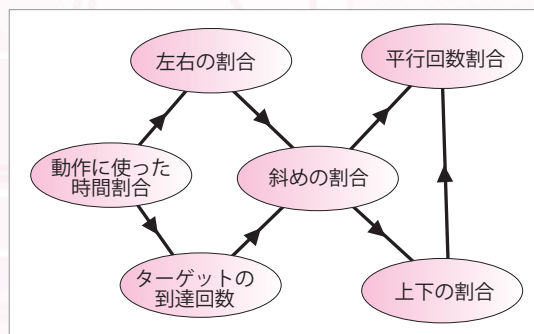


図-5 スキル獲得を評価するベイジアンネットワーク

れからの時代、我々がどのようなサービスや情報処理技術によってこうした生活行動データを活用し、それがどのように社会に受け入れられていくのか、歴史的にも重要な時代の転換期が訪れているのではないだろうか。

参考文献

- 1) 本村陽一, 竹中 毅, 石垣 司(編): サービス工学の技術, 東京電機大学出版局(2012).
- 2) 白石康星, 西田佳史, 本村陽一, 大川弥生, 溝口 博: 国際生活機能分類を用いた日常生活プロトコルデータの正規化に基づく生活機能構造のモデル化と理解, 信学技報ニューロコンピュータリング, pp.431-436(2010).
- 3) 本村陽一, 西田佳史: 日常生活における不確実性のモデル化と知識循環, ヒューマンインタフェース学会誌, Vol.13, No.1, pp.19-24(2011).
- 4) 本村陽一: ベイジアンネットワークを利用したユーザ適応システム, オペレーションズ・リサーチ, 経営の科学, Vol.56, No.9, pp.518-523(2011).
- 5) 小野智弘, 麻生英樹, 本村陽一: 情報・コンテンツのレコメンド技術と課題, 電子情報通信学会誌, Vol.94, No.4, pp.310-315(2011).
- 6) 井上美喜子, 西田佳史, 北村光司, 大内久和, 金 一雄, 本村陽一, 溝口 博, 城 仁士: インタラクティブ遊具を用いた遊び行動と発達の分析, 情報処理学会論文誌, Vol.53, No.4, pp.1238-1250(Apr. 2012).

(2013年4月30日受付)

本村陽一 | y.motomura@aist.go.jp

産業技術総合研究所サービス工学研究センター副研究センター長, 統計数理研究所客員教授, 東京工業大学連携准教授兼任, 博士(工学). 知能情報処理, 機械学習, サービス工学等の研究に従事.