1. 生活を科学的にデザインする：生活構造データベースによる生活機能構成

応用

西田佳史（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）

生活機能変化にダイナミックに対応する社会と情報処理技術

子どもがベランダから転落するなどの事故，女性が妊娠・出産・育児期に経験するキャリア断絶，高齢者が疾病などによって一時的に身体機能が低下することで社会との接点が乏しくなり生活不活発になる，といった私たちの誰もが遭遇し得るこれらの問題は，個人の努力によって回避・解決されるべきものなのだろうか？　本稿では，発想を変え，人々の身体機能や認知機能などの変化に対して生活を支える環境や社会が適応できていないという，科学技術上そして社会システム上の問題という観点から考えてみたい．

冒頭で述べた問題はいずれも，生活機能の変化という統一的な視点から考察可能である．ここでの生活機能とは，WHO の国際生活機能分類（ICF）[1] に基づくものであり，1）手足の動作や計算などの心身の機能，2）食事・排泄・歩行など基本的活動を行う機能，3）それらが組み合わさって可能となるレジャー・家事・仕事などの社会参加のための機能を指し，この生活機能という切り口によって，生活で必要となる機能や，生活の中で実際に使われている機能を幅広く整理することが可能である．上述したような個々の生活機能の変化にうまく対応するには，本人・家族・社会・人工物（情報処理システムやロボット）の生活機能や生活機能を支援する機能を，その都度，ダイナミックに連合させることで，より良い生活を再構築（デザイン）する技術体系・社会体系が必要となる．本稿では，このような人・モノ・サービス連合を生活機能構成と呼ぶことにする．

生活機能構成を科学的に，かつ，産業化を通じて力強く推進するには，現場・学術・産業間の知識循環の仕組みが不可欠である．本稿では，生活機能変化にダイナミックに対応する創造的社会に必要となる仕組みとして，①人々の生活データを再利用可能にする「生活構造データベース」，②生活構造データベースを用いて生活機能構成を可能とする「生活幾何技術」，③生活構造データベースから生活者の行動を理解することで生活者中心のモノ・サービス（生活機能構成の要素）を作り出す「生活者行動フィードバック型柔軟マニュファクチャリング」と，これらが三位一体となり連合する社会システムの必要性を述べる．

生活デザインの科学的アプローチ：生活構造データベースと生活幾何学

生活機能変化にうまく対応するには，すなわち，無自覚に未来を選択するのではなく，主体的に生活を選択するには，生活機能が変化した際に，あらかじめ蓄積されている過去のさまざまな生活や人生のデータを参照することで，タイムリーに生活をリデザインしてくれる技術や社会的な仕組みが不可欠である．

生活デザインの科学的アプローチの中でも，強力になり得るものが，生活現象を扱う数理体系そしてそれを計算機の上で扱うための計算理論の開発を通じたアプローチである．生活現象という集合に何ら

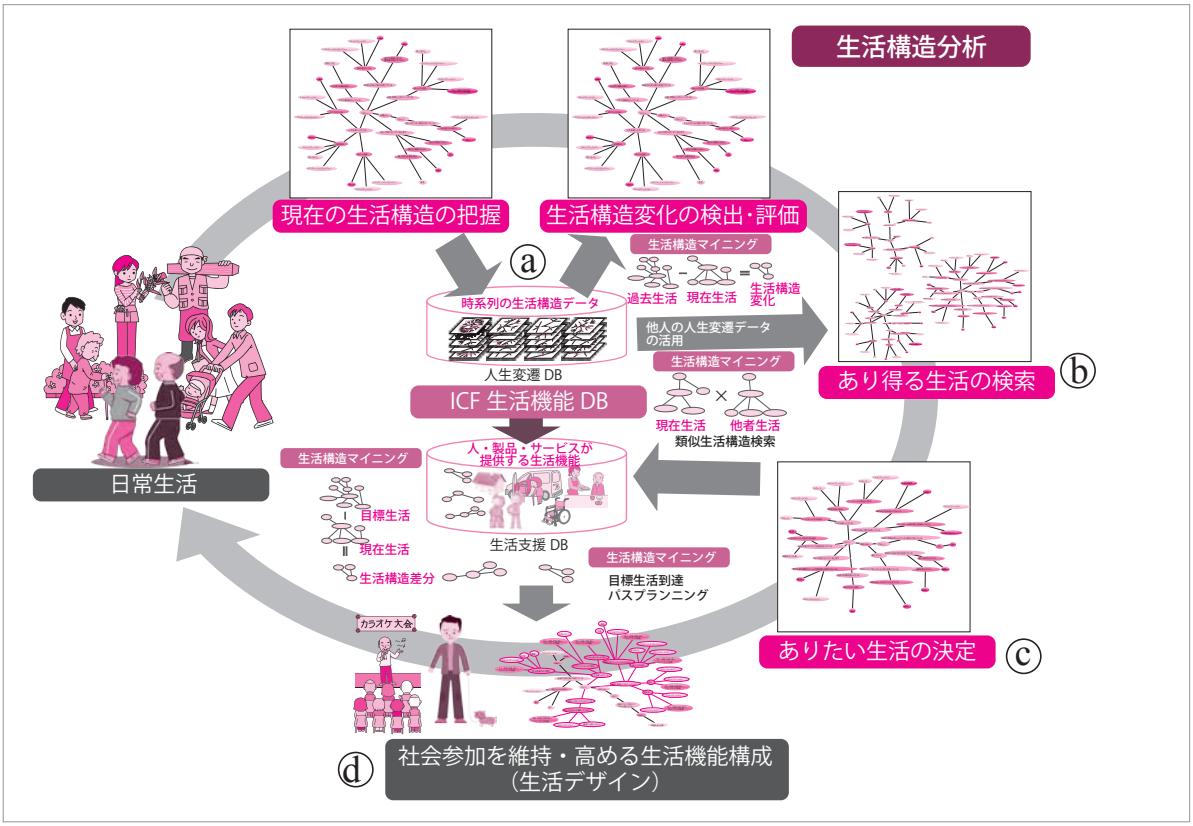


図 -1　あり得る・ありたい生活デザインのための情報処理体系（生活幾何演算）

かの位相（構造）を入れ幾何学化することができれば，生活を科学的に扱う数理体系を構築することが可能である．このような観点から，本研究では，ICF という構造を生活現象に与え，グラフとして記述することで数理的に取り扱える体系の開発を進めている．本稿では，グラフ構造化された生活データを生活構造データと呼んでいる．**図 -1** にこのような体系に基づく生活デザインの構想図を示す．ここでの生活デザインとは，あり得る生活，ありたい生活，サービス統合による実施，その評価を通じた持続的改善からなる循環プロセスを指す．このプロセスでは，a）個々の生活データを ICF に基づいてグラフとして構造化させて記述し，データベース化し蓄積しておく，b）その生活構造データベースに幾何演算を行い，自分の類似した条件にある他者の成功事例を探すことで，自分が置かれた状況下で，あり得る生活構造を見つける（生活構造類似検索を行う「積」演算），c）ありたい生活を自己決定する，d）実際にその地域でありたい生活を実現するための具体的な方法を見つける（他人の人生の接ぎ木する「差」や「和」の演算）までの一連のプロセスを示している．

このように，いったん，グラフとして構造化された生活構造データは，適当なグラフ間の距離を定義することで，さまざまな計算を高次元多様体の処理に帰着することが可能となり，情報処理の力を活用することが可能となる．**図 -2** は，そうした情報処理の一例である．この例では，生活環境下で発生する事故の状況を，人・モノ・環境の関係の時間的な変化として記述した生活構造データを約 800 人分作成し，これに幾何演算を行ってクラスタリングした結果を表している．具体的には，Jaccard 係数と呼ばれるグラフ間の類似度を用いて，事故前の状況，事故時の状況，事故後の状況の各グラフを点として可視化したものである．図 -2 の例は，事故データの分析例であったが，同様に，生活データの場合にも，ICF を用いたグラフ構造解析によって，ある人と類似した状況を見つけたり，現在の状況から起こり得る状況を予測したり，さまざまな処理が可能となる．

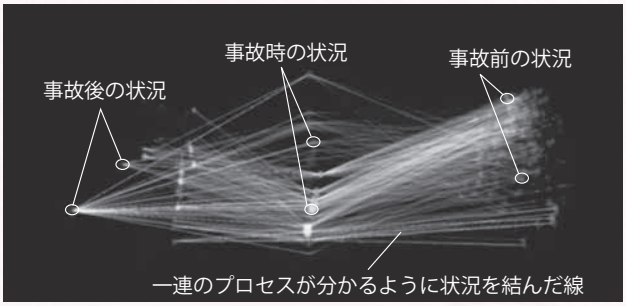


図 -2　生活状況構造のクラスタリング（生活不具合データ）

WHO によって ICF が承認されてから，ICF を活用したさまざまな取り組みが始まっている．たとえば，医療・福祉の分野で，肥満，うつ病，リウマチ関節炎などの疾病が生活へ与える影響や介入の生活への効果を評価するなどの研究が進められており，ICF という世界共通の言語による知見の蓄積が可能になっている．とは言え，海外での事例では，今のところ，評価項目の設計に活用される事例が多く，本稿で紹介するような生活データを再利用なデータとして蓄積し，情報処理技術を用いることで生活機能構成に応用する取り組みについては，ほとんど事例がない．医療・福祉分野にとどまらない学際的な取り組みが必要となる領域であり，今後の展開が待たれる．

こうした生活幾何学とでも呼べる領域ではどのような点が重要になるのだろうか．ユークリッド幾何学は，合同変換の下で不変な図形の性質を研究する幾何学であり，位相幾何学は，位相同型変換の下で不変な図形の性質を研究する幾何学であった[2]．これに対して，生活幾何学では，生活データを用いて，生活構造変換群に対する不変性（対称性）を明らかにしていくことが重要な仕事の 1 つである．

たとえば，ある障害を持った人の社会参加を高めるためのショッピングルート，イベントやスポーツ，観光ルート，自宅への復帰を促進するための訓練ルートなどをリコメンデーション（計算）するという問題を考えてみると，要求される生活機能が不変であるようなサービス統合の問題や，ちょうど負荷レベルが等価なルートを探索する問題を扱う必要がある．また，ある人の人生や生活のデータを，他者の人生や生活をより良くするために活用しようという場合にも，個人適合のための変換が不可欠であり，何を不変量としてそのような変換を計算すればよいのかに関してはほとんど何も分かっていない．生活幾何学では，多様な生活機能を持つ人の生活のどのような特徴量が脆弱で，したがって，慎重な変換が必要であるかや，どのような特徴が人間生活に共通する特徴であるかを明らかにしていくこと，そして，多様な生活機能に適合した変換群を開発していくことが重要となろう．

「良い理論ほど実用的なものはない」という意味での良い理論をつくり出すためには，実際にデータが発生している現場との協働が特に重要である．現在，筆者らは，急性期の脳血管疾患の専門病院，回復期から慢性期における生活支援を担当するリハビリテーション病院，地域包括支援センター，住宅リフォーム事業者などとの共同研究（生活構造データベースに基づく生活アドバイズサービスのプロジェクト「デジタル水晶玉プロジェクト」）を進めている．その中で，例えば，スマートフォンを用いて環境の物理的特徴（道の傾斜角）を計測し，近隣の施設で必要となる生活機能や具体的なサービス内容を登録することでコミュニティの地図（**図 -3** 参照）を作成し，この地図を用いて，社会参加を高めつつ体力増進を図る効果が期待できるルート（ショッピングルート，喫茶談話ルートなど）を推薦するソフトウェア（**図 -4** 参照）を開発している．図 -3 の地図には，ICF を活用することで，娯楽施設，喫茶店，ショッピングモールなどで必要とされる生活機能や期待される体験が登録されている．また，図 -4 は，健常者の場合のような最短ルート検索とは異なり，移動可能なルートのうち（黒色のルート），人が能力に配慮し，運動機能を維持・向上させるために適切な上下移動量を持つルート（赤色のルート）が選択されている様子を示している．

この取り組みでは，生活デザインの介入の結果，生活構造がどう変化したかの生活構造変遷のデータベースを作成する試みも始めている．**図 -5** は，疾病の前後での生活構造の変遷を表したもので，疾病

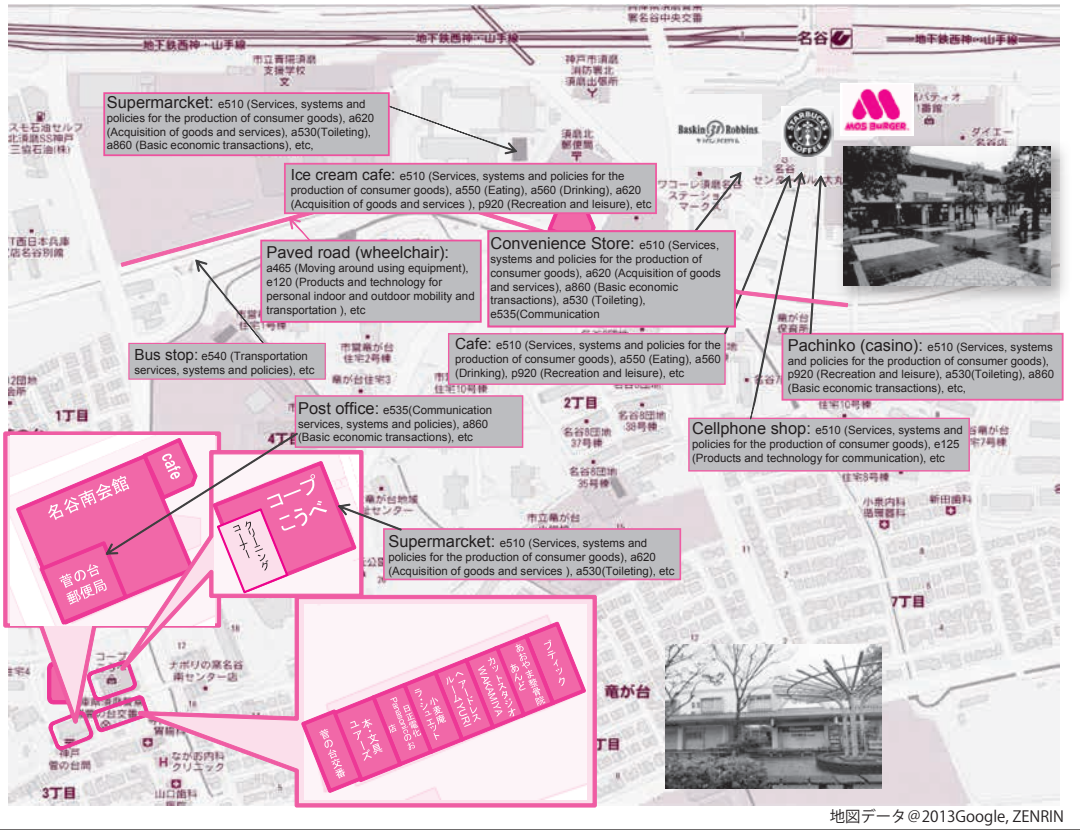


図 -3　生活機能モデル（ICF）ベースドのコミュニティ地図

の前後では生活の構造が大きく変わっていることを示している．たとえば，以前と比較し趣味が制限された一方で，病院で知り合った新たな人とのつながりやそうした人と一緒に参加する機会が大きく増えていることを示している．このようなデータには，他者の生活デザインのリソースとしての活用法のほか，さまざまな介入の質的・量的な効果評価の基本データとしての活用法が考えられる．

　こうした人間を支援する計算論とはどのようなものだろうか？　David Marr は，かつて人間が行っている情報処理の 1 つである脳の計算論に関して，脳という「計算機」の理解だけでなく「計算」それ自体の理解が不可欠であると指摘した．「何を」「どのように」計算しているかが理解できれば，生身の肉体を用いることなく，工学的な実現が可能となるからである．たとえば，脳で行われる視覚の計算が理解されたとき，それを人工的な画像

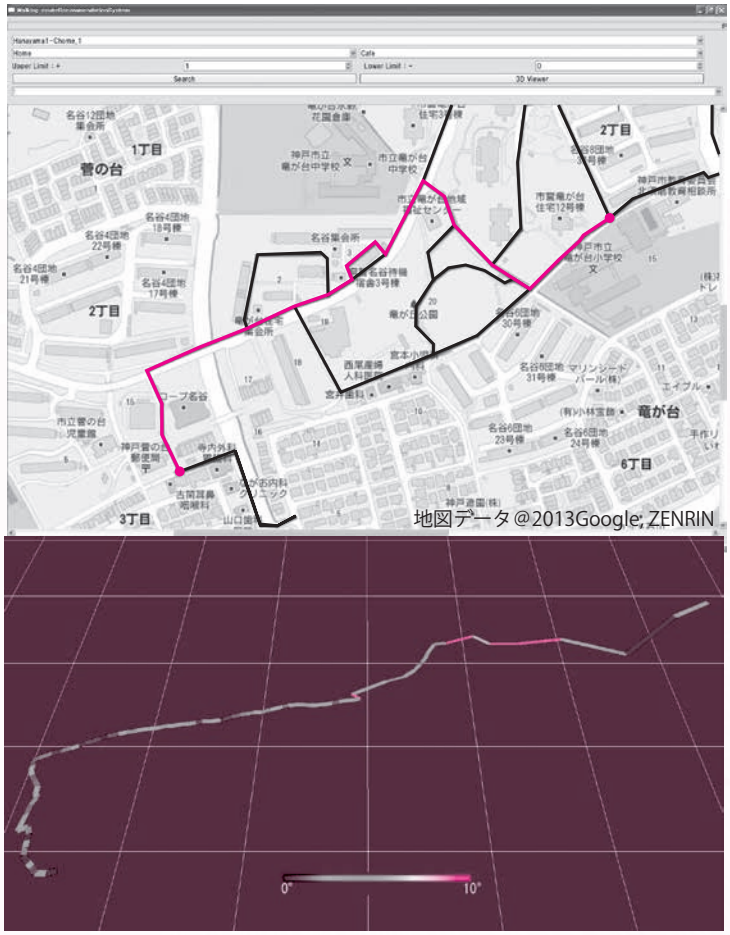


図 -4　社会参加向上のための生活機能対称性を有する生活ルート推薦システム（上図の赤いルートが歩行に関する関節可動域を考慮した推薦ルート，下図が道路の勾配データ）

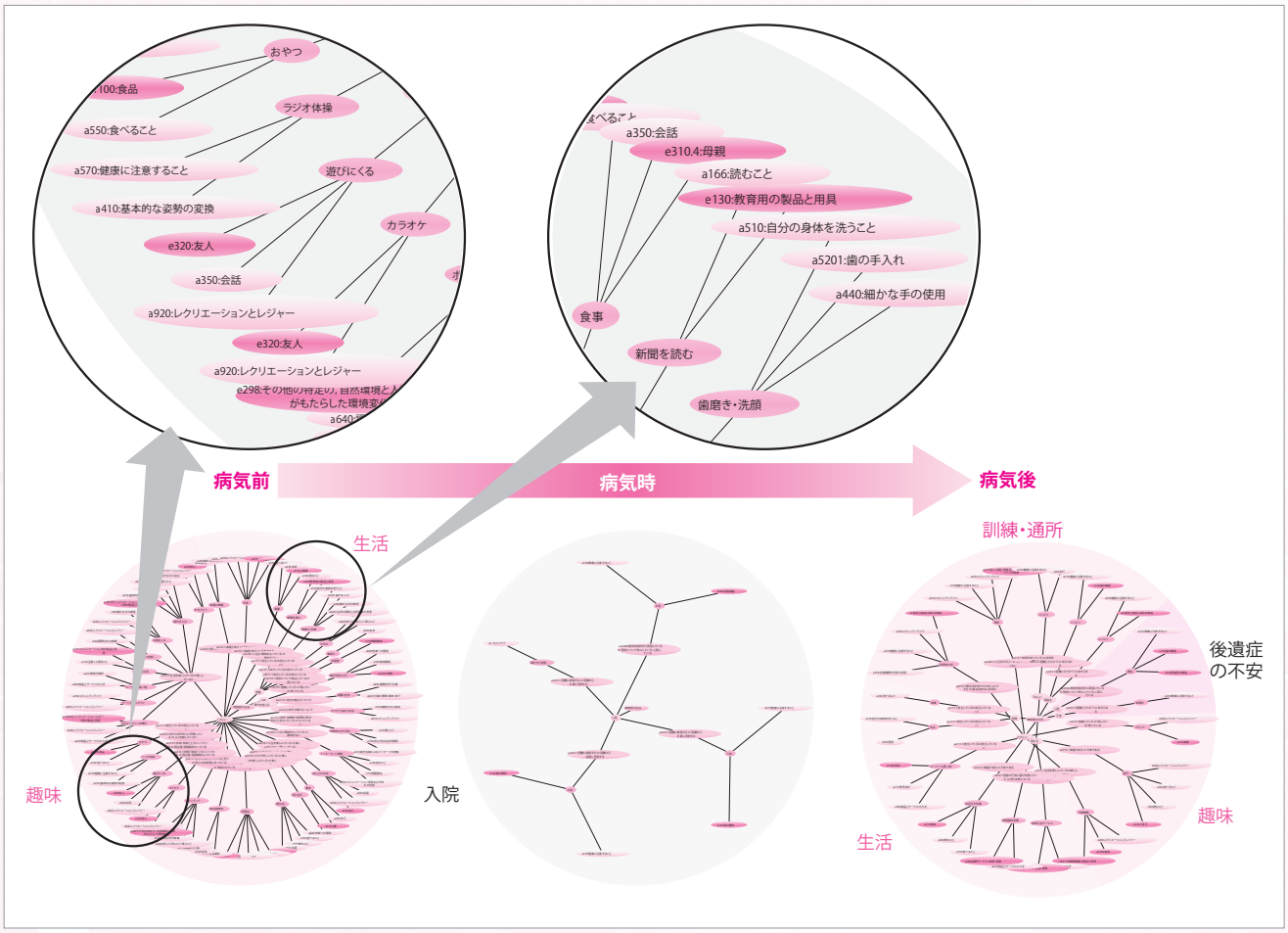


図 -5　個々の人の生活構造の変化の様子

処理プロセッサで工学的に代替することが可能となった．さらに，計算論の対象が，目と手足を備えた脳に拡張され，人間の作業における計算が理解されたとき，今度は，人工的なロボットで代替可能となった．

「生活支援の計算論」とでも呼べるものの場合，これまでの計算論とは，その目的が異なっているように思える．すなわち，生活機能についてシミュレート可能な計算を明らかにし，それを代替しようとするのではなく，むしろ，そのような人間の生活機能の理解に基づいて人間の保存された能力や可能な生活をどのように引き出すかの計算，別の言い方をすれば，どのように助けるかだけでなく，どのように助けないかという計算が不可欠となる．これは，人を置き換える機能代替から，人を活かす機能支援へのパラダイムシフトが求められることを意味している．ICF はそのような計算論のための表現系の足がかりを与えてくれるものであり，情報処理を援用した新たな人間科学の可能性を秘めている．

生活デザイン産業：生活者行動フィードバック型柔軟生産システム

生活機能変化対応社会の実現には，新たな生産システムが必要となる．これまでの消費者購買行動フィードバック型大量生産方式だけでなく，健康で安全な生活を実現する生活者行動フィードバック型柔軟生産方法が求められる．生産技術の観点からは，文字通り一品生産を含めた多様な量の生産を可能とする完全無人化工場（ロボティクス工場）や 3D プリンタ [3] などの生産技術が利用可能になりつつある．一方，生活者理解技術の観点からは，生活者の

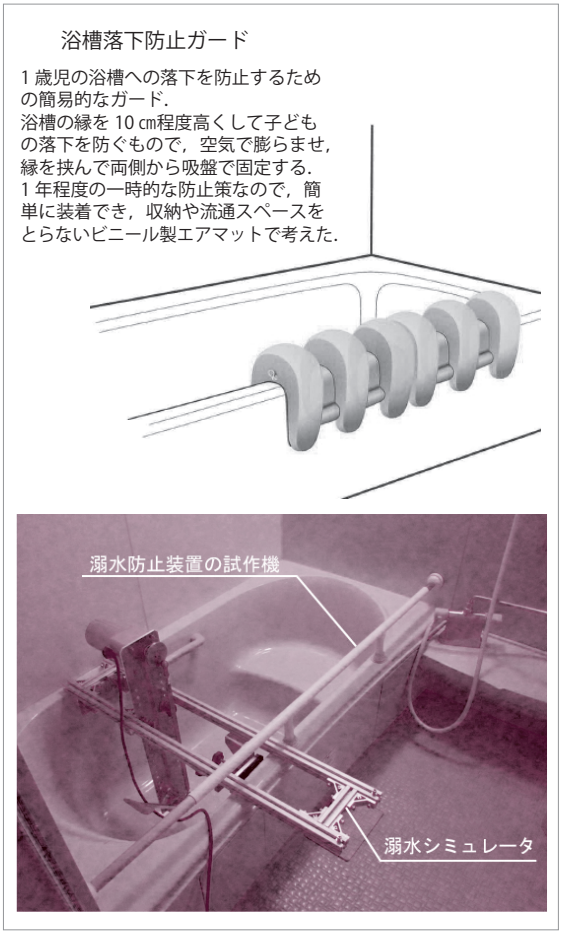


図-6　生活機能変化に対応したモノ作りの事例（高齢者対応製品に対して，子どもへの安全性を付加するキッズデザイン：上がアイディアスケッチ，下が試作例）

地域生活を大規模データから知識化し生活者起点の生産に役立てる知識循環の仕組みも可能になりつつある．このような技術背景は，生活者行動フィードバック型柔軟生産方法，すなわち，多様な生活機能を持つ生活者に手早く，きめ細かく対応しつつも，産業として成立させることのできる新たな生産方式の実現可能性を示唆している．

生産システムは社会の根幹であり，家族，就労，地域，国家に大きな影響を及ぼすため，その変革時期には，必ず大きな議論がなされてきた．30年以上前からサービス産業の台頭を指摘した脱工業社会[4]の議論があったし，より最近でも第二の産業分水嶺[5]の中でクラフト的生産（地域密着型の柔軟な生産システム）と呼んだ新たな生産体制の議論があった．

生活者行動フィードバック型柔軟生産方法では，生活理解にかかわる情報をオープンにすることを通じて，多職種連携で創造的なデザインに取り組むことで持続的な高付加価値化が可能となる．

生活にかかわる情報や知識を循環させる仕組みづくりとして，子どもの傷害予防の問題に焦点を当てた試みが始まっている．2005年より安全知識循環システムと呼ばれる知識循環の仕組みの開発が産業技術総合研究所，医療機関，行政機関が連携することで進められている[6]．このプロジェクトでは，情報をオープンにすることで生活者ニーズを顕在化させ，ニーズに対応した製品を開発し，そのソリューションをその価値とともに社会に伝達するといった，特定企業では困難な知識循環の可能性の検証が進んでいる．

図-6は，そのような活動から出されたアイディア（浴槽への転落による溺死を防ぐ製品）の一例である．子どもの事故は，子どもが成長し，生活機能が発達していく過程で生じる生活機能変化への対応問題である．たとえば，浴室は，高齢者への対応が進み，大半の浴槽で床面からの高さは45cm以下となっており，乳幼児の転落による溺死の一因となっている．従来から，高齢者と乳幼児の両方に配慮したユニバーサルデザインの考え方の適用が難しいとされている例である．これまで，子どもという一時期の生活機能変化に製品で対応するのが困難であるという理由から実効性のある対策はほとんど進んでいない．

事故や傷害データの把握と製品による解決の間にはギャップがあり，クリエイティブな思考が要求されるが，一般に，成熟製品分野では，以下のような課題がある．1）しばしば，解決法が現在の企業内生産システムの微修正に限定される，もしくは限定したくなるという拘束条件が付きまとい，思考空間を狭めている点．2）クリエイティブな解決法が考案できた場合も，商品化に至る保証はなく，その場合，そのアイディアごと隠ぺいされる点．

これらの問題を解決するには，生産プロセスには理解があるが，特定企業の拘束条件までは知らない，もしくは無視できるような第三者集団が必要であり，

この第三者集団には，たとえば，科学者，プロダクトデザイナ（同業種・異業種のインハウス・フリーランスのデザイナ），子どもの傷害や行動に詳しい医師や現場の実務家などが入る．今回，過去の事故データ，浴槽の高さと浴槽への転落事故の疫学データを参考に，日本インダストリアルデザイナー協会と小児科医師と研究者とが連携しワークショップを行って，溺死を制御する製品デザインを検討した．そこでは，溺れ事故の統計によると 1 歳から 2 歳の間で多発し，子どもの発達期の限られた時期だけの現象であること，すでに多くの家庭に 50cm 以下の浴槽が使用されており，これを交換することは難しいこと，などを確認し，後付けタイプの製品として予防策を考案した．図 -6 は考案した予防策の例であり，浴室における溺水が多発する時期に後付けで浴槽の高さを 10cm 程度高める製品の例である．

本稿では，乳幼児に配慮されたデザインを紹介したが，今後，さまざまな生活機能状態にある人へきめ細かく対応した製品が重要になることは必至であり，データに基づいた科学的で創造的なアプローチは，生活機能構成の問題だけでなく，ユニバーサルデザインを進化させる上でもキーとなろう．

近年の技術基盤は , オープンな生活データと創造的で柔軟なマニュファクチャリングとの統合の可能性を示唆するものであり，生活機能変化対応社会に求められる生産システムの構築という格好のテーマが目の前に広がっている．

生活デザインイノベーションと高度な社会参加を両立する創造的社会構築に向けて

黒川[7] は，「イノベーションとは技術革新ではなく，アイディア・科学的な発見・技術などが社会に広まって人々の生活を具体的に変えていき，結果として，一人ひとりの価値観や生活が変わること」と述べた．イノベーションとは生活を変化させる行為にほかならない．その意味で，生活機能変化への対応は，イノベーション・テーマの宝庫であり，科学的なアプローチに基づいて積極的に取り組むことで，私たちの生活を作り出している地域・家族・就労・生産システムを，より良く変化させる大きな社会変革につながる可能性がある．生活機能変化対応社会の 1 つの姿は，Richard Florida[8] がクリエイティブ・クラスと呼んだ創造力を持つ人々（意義のある新しい形態をつくり出す人々）がオープンな生活情報に基づいて生活機能変化対応問題の革新的解決のために活躍する社会であり，さらに，そのような社会の中で生活機能変化者自身がクリエイティブ・クラスとして活躍できる創造的社会である．本稿で述べた 3 つの要素からなる社会システムは，こうした生活機能変化に対応する創造的社会の原動力を生み出すものであると考えている．

参考文献

1）大川弥生：生活機能とは何か― ICF：国際生活機能分類の理解と活用―，東京大学出版会（2007）．
2）野口　廣：トポロジー，ちくま学芸文庫（2007）．
3）クリス・アンダーソン：メイカーズ，NHK 出版（2012）．
4）ダニエル・ベル：脱工業社会の到来（上・下）―社会予測の一つの試み，ダイヤモンド社（1975）．
5）マイケル・J. ピオリ，チャールズ・F. セーブル：第二の産業分水嶺，筑摩書房（1993）．
6）西田佳史，本村陽一，北村光司，山中龍宏：子どもの傷害予防工学～日常生活を科学し，傷害を制御する工学的アプローチ～，国民生活研究，Vol.50, No.3, pp.84-126 (2010).
7）黒川　清：イノベーション思考法，PHP 新書（2008）．
8）リチャード・フロリダ：クリティブ資本論，ダイヤモンド社（2008）．

（2013 年 5 月 12 日受付）

西田佳史 ▮ y.nishida@aist.go.jp

1998 年東京大学大学院工学系研究科機械工学専攻博士課程修了．博士（工学）．現在，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首席研究員．同センター生活・社会機能デザイン研究チーム長兼務．生活理解，傷害予防工学の研究に従事．