

人々を健康に導く取り組み

－行動科学と技術の実装により健康増進・予防サービス市場拡大の可能性も－

2020/9

三井物産戦略研究所

技術・イノベーション情報部 コンシューマー・イノベーション室

木下美香

Summary

- 高齢化に伴う医療費の負担が世界的課題となるなか、慢性疾患などを未然に防ぐ「健康増進・予防」が重要になっている。
- 健康増進・予防領域の事業者の課題として、病気のリスクへの早期自覚を促すこと、サービスの有効性を定量的に測定・評価すること、健康増進に向けて効果的に働きかけることが挙げられ、これらの課題解決に予測アルゴリズム、非侵襲・非接触モニタリング技術、行動科学の活用が期待されている。
- 健康増進・予防を推進する上で、上記技術を仕組みとともに生活の場の実装していくことが重要と考えられ、事業の対象顧客が個人に広がれば、健康増進・予防サービス市場も拡大することが想定される。

1. 世界的な高齢化に向けて健康増進・予防が重要に

2050年には世界の65歳以上の人口は15億人に達し（2019年の2倍以上；United Nations, World Population Prospects 2019 Highlights）、高齢化が急速に進むことで、慢性疾患¹の有病率、ケアコストともに高まることが予測されている（図表1）。

図表1 世界の慢性疾患関連コスト

糖尿病 ¹	心疾患 ²	がん ³
2019年 7,600億ドル	2010年 8,630億ドル	2017年 974億ドル
2030年 8,250億ドル	2030年 1兆440億ドル	2025年 1,765億ドル

注：2025年、2030年は推定値。がんの数値は治療費市場。心疾患関連コストについて、最近の研究では、米国だけで2035年に1.1兆ドルに達するとの試算もある（CARDIOVASCULAR DISEASE: A COSTLY BURDEN FOR AMERICA PROJECTIONS THROUGH 2035）

出所：1. IDF Diabetes Atlas Ninth edition 2019

2. World Heart Federationウェブサイト The costs of CVD

(<http://www.championadvocates.org/en/champion-advocates-programme/the-costs-of-cvd>)

3. Allied Market Research Global Oncology/Cancer Drugs Market, opportunities and forecasts, 2018-2025

慢性疾患は、一度発症すると完治することは難しく、重症化すると高額な治療やケアが必要となり、患者のQOLが著しく低下する。こうした背景から、高齢化社会に向けて慢性疾患の発症回避を含めた「健康増進・予防」の取り組みはさらに重要となり、生活習慣の改善（食事、運動、睡眠、お酒やタバコといった嗜好製品の摂取などを含む）が課題となる。

¹ 慢性疾患とは、米国疾病予防管理センター（CDC）によると、1年以上の継続的な医療処置や日常生活の活動を制限する必要がある状態と定義され、代表的な慢性疾患は糖尿病、心疾患、がんとなる。

近年、ICT機器、センサー、通信技術などのデジタル技術開発が進み、これらのテクノロジーをベースとしたさまざまな技術の活用が健康増進・予防領域で期待されている。また、デジタルネイティブである米国ミレニアル世代は、健康増進・予防への関心が高く、45%はヘルスケアモニタリングなどの技術を活用している（KPMG, Healthcare 2030）。さらにCOVID-19感染拡大によってオンライン診察、検査キット開発の需要は高まり、人々の健康に対する関心がより高まっている。健康増進・予防領域のサービスは保険償還の対象とすることは難しく、これまで当領域の主要サービスとなる健康増進プログラムの主なターゲット顧客は当領域に関心が高い保険会社や企業の雇用保険管理者（日本の場合、健康保険組合や健康経営を目指す企業となる）であった。しかし、テクノロジーが身近になることで、これら企業や健康意識の高い個人だけでなく、より広く個人向けに市場が拡大することが期待されている。JETROの調査によると、各国・地域の企業が、健康増進プログラムの提供といった社員の健康管理に向けた取り組みを行っている（図表2）。従来の目的である医療費の抑制に加えて、社員の生産性や満足度の向上、人材確保、職場の健康風土の醸成が比較的新しい目的となっており、各国民の健康に対する意識も高まりつつあるとのことである。

図表2 各国・地域の健康増進に向けた企業の取り組み

国・地域	所得分類	取り組み内容
米国	高所得国	- 健康増進・予防の取り組みは比較的古く、1960年代に始まる。 - 近年、企業による健康増進プログラムは増加し、内容も多様化。 - 自ら社員に保険を提供する雇用主提供医療保険（自家保険）を取り入れる企業が多く、社員を健康に保つインセンティブが強く働く。
中国	高中所得国	- 健康増進・疾病予防の取り組みは比較的新しい。 - 中国の多国籍企業は、社員向けの健康プログラムを導入しているところが多く、中国に本社を置く企業は、人材獲得のためオフィス内に社員向けジムの設置も行っている。 - 多くの現地企業も社員の健康管理の重要性に着目し始めている。
ドイツ	高所得国	高齢化の影響から社員の健康管理に関心が高まり、社員の健康管理プログラム提供に取り組み始めている。
メキシコ	高中所得国	- 大企業を中心に社員の健康管理に向けた取り組みが展開されている。 - 外資系企業を中心に社員への健康管理に向けた取り組みが展開されている。 - インド国内の健康長寿関連の新興企業に企業が外部委託するケースが増えている。
トルコ	高中所得国	
インド	低中所得国	
ブラジル	高中所得国	大企業を中心に社員の健康管理に向けた取り組みが展開されている。
マレーシア	高中所得国	運動・スポーツプログラムを後援するなど、国民の健康長寿やスポーツ振興に貢献している企業がある。
UAE	高所得国	企業の成長と社員満足度向上を目的として健康への投資を行う企業が増加している。

出所：JETRO「主要国・地域の健康長寿関連市場の動向調査2016年」を基に三井物産戦略研究所作成

2. 健康増進・予防サービス事業における課題と期待される技術

健康増進・予防サービス領域に取り組む事業者の課題は3つある。1つめは、慢性疾患の予備軍に相当する人に対しては病気のリスクに対する自覚を早期に促すこと（健康な人においては現状認識によって改善すべき点を特定すること）、2つめは、実際に起こした行動がどれだけ健康増進につながったのか定量的に評価する仕組みを構築すること、3つめは健康増進につながる行動を促し、維持するため効果的に働きかけることとなる。

慢性疾患は重症化するまで自覚症状がないことが多く、予備軍に当たる人には、病気のリスクに対する自覚と健康増進のための行動を早期に促すことが重要になる。しかし、すぐに結果が表れないものに対して人が積極的に行動を起こすことは難しい。そこで、健康増進に向けた行動の動機付けとしてビッグデータ解析に基づき将来の健康状態を予想する予測アルゴリズムの活用が期待されている。

また、当領域の事業者は、提供する健康増進サービスのさらなる個別化と質の向上を実現するために健康増進の効果を検証することが不可欠となる。そのため、ユーザーの行動や生活の管理にモニタリングが重要となり、このモニタリング技術として非侵襲（身体に負担をかけない）・非接触モニタリング技術の活用が期待されている。

これら予測アルゴリズムと非侵襲・非接触モニタリングといった技術に加え、ヒトの行動の一般法則を科学的に見いだそうとする学問である行動科学を組み合わせることで、健康増進に向けた効果的な働きかけが可能になると思われる。

2-1. 予測アルゴリズム

予測アルゴリズムは、数万人規模のデータをベースにした、将来の健康状態を精緻に予測するための計算手法である。この予測アルゴリズムによって、現在の生活習慣が将来の健康状態に与える影響を把握することが可能になる。また、同時に健康増進のための具体的な施策を提示することもできる。この分野のプレイヤーとして、弘前大学COI（Center of Healthy Aging Innovation）、PwCが挙げられる。

弘前大学COIでは、延べ2万人の約2,000項目健康診断ビッグデータ（一般的な健康診断項目に加え、体力測定の結果や遺伝子検査、食事内容、生活スタイル、社会活動などが含まれる）と人工知能（AI）を活用し、京都大学の研究チームと共同で、糖尿病や認知症など約20種類の病気に3年以内にかかる可能性を予測するモデルを開発したと発表（2020年6月）。発症する人の健康状態や遺伝子情報、食生活・喫煙・飲酒などの生活習慣に関連や特徴があることを突き止め、発症する確率を予測する。糖尿病の場合、血糖値、脚の筋肉量、脂肪量などから発症を予測することができる。一人一人の詳細なリスク因子を特定することが可能で、最適な予防法の提示による発症予防が期待されている。

PwCは、人体の生理機能を数式で表し、サイバー空間上に個人の生活習慣や健康診断データを入力し、身体状態のシミュレーションが可能となる人体のデジタルツイン「Bodylogical」を開発。個人のデータを詳細に入力するほど、より精緻に将来の健康状態を予測することが可能となる。将来の体型などを自分に似せたアバターで提示し、自覚を促すようなソフトウェアの開発が進んでいる。

予測アルゴリズムの活用においては、生活習慣改善に向けた行動の動機付けをより高めるために、ユーザーに類似した人の予測精度を提示することなど、継続的なアルゴリズムの予測精度の向上とエビデンスの蓄積が重要となる。また、病気を発症していない人の身体状況はさまざまな状態にあることが想定される。したがって、ユーザーがどのような健康状態にいるのか、どのような生活習慣を持っているのか、改

善すべき習慣は何なのか、健康増進に対してどれだけ関心が高いのかなどを明確にすることもユーザーに効果的に働きかけるために重要となる。バラエティーに富むユーザー各個人の詳細情報を継続的に取得し、遺伝子情報などの特徴からグルーピングした集団に対して再現性のある健康増進施策の検証をすることで、健康増進のための細やかな個別化提案が可能になっていくと思われる。さらに効果的に働きかけるためには、後述する行動科学を活用し、ゲーミフィケーションやナッジ理論を組み合わせることでユーザーが自ら楽しんで行動変容できるような仕組みを構築していくことが期待される。

2-2. 非侵襲・非接触モニタリング技術

健康増進・予防サービスのさらなる個別化と質の向上を実現するには、どのような人にどれだけ健康増進の効果があつたか検証することが必要で、それにはユーザーが推奨された行動をどれだけ実行できたかを確実に把握するモニタリングが必須となる。

現在の健康増進サービスのモニタリングにはウェアラブルデバイスが主に活用されている。しかし、ウェアラブルは個人で保有する必要があるためサービス全体のコストが高くなるほか、ユーザーによっては、毎日充電し、毎日身に着けることが煩わしく感じるといった課題がある。そこで注目されるのが非侵襲（身体に負担をかけない）・非接触モニタリング技術となる。非侵襲・非接触モニタリングは、複数人をまとめてモニタリングすることが可能なため、ウェアラブルデバイスと比べると1人当たりのコストは低く抑えられる。また、生活空間に設置されれば利用者は身に着ける必要がなく、生体データが自動かつ継続的に記録され、多くの情報が得られることとなる。

近年、新型コロナの感染拡大の影響もあり、多種多様な非侵襲・非接触モニタリング技術開発が活発化している（図表3）。現段階では主に医療用となるが、家庭での健康モニタリングに活用されているものもあり、将来的に健康増進分野への転用が期待されている。

その中で、測定項目が多岐にわたる点で画期的な体内モニタリング技術を開発しているのがイスラエルのContinUse Biometrics社である。ナノテクノロジーをベースとした技術で、特殊な光学レンズとレーザーを搭載したカメラやセンサーを用い、1メートルほど離れた位置で服を着たまま数秒間レーザーを照射するだけで、呼吸や心臓の鼓動、血流などでおこる体内のわずかな振動をとらえ、体温、心拍数、血圧、呼吸状態、血中アルコール濃度、血糖値などのモニタリングが可能となる。将来的には、スマホやタブレットなどの端末をリモートモニターとして活用することを視野に入れている。2018年10月に開催されたCEATEC JAPAN2018でローソンが出店した未来のコンビニには、遠隔診療が可能なコミュニティスペースが設けられ、そのスペースでのバイタルデータの計測デバイスにContinUse Biometrics社の技術が利用されていた。また、同社は2019年にはモニタリングシステムと自動車とを連動させたシステムをコンペティションで発表するなど、モニタリングの活用シーン拡大につながる研究開発にも取り組んでいる。

図表3 開発が進む非侵襲・非接触モニタリング技術

モニタリング技術	開発企業・大学	モニタリング項目	開発内容
画像分析	イスラエル Binah.ai	心拍数、呼吸数、酸素飽和度、精神的ストレス	スマートフォン、車載カメラなどのデバイスから取得した画像から信号を検出、独自の人工知能で処理する。COVID-19患者の家庭内モニタリングに活用可能。
	英Oxehealth	脈拍数、呼吸数	ビデオカメラと光学センサーを用い、血液循環による皮膚の色の变化から脈拍数を検出し、呼吸の動きから呼吸数を検知する。英国規格協会によってヨーロッパのクラス2a医療機器に認定されている。
音分析	米Oregon Health and Science University	睡眠時無呼吸症候群：呼吸、動き、重症度分類	ベッドに取り付けるタイプのセンシングデバイス。呼吸とベッド上の動きを音から検知し、機械学習アルゴリズムで処理する。家庭内で検出が可能（精度82.9%）。
	独FAU ¹	心拍数、心拍数変動	電磁波による心音検出用レーダーシステム。複数人のモニタリングや衣服や寝具の上からの測定が可能。
ドップラーレーダー ²	ベトナムHanoi University of Science and Technology	感染症：心拍数、呼吸数	24.05～24.25 GHzのマイクロ波の周波数の医療レーダーでバイタルサインを測定、機械学習モデルで処理し、感染症を検出する。
	米Fujitsu Components America	心拍数	3チャンネルのドップラーレーダーによる医療用非接触モーション検出デバイス。毎秒6mm～6kmの速度の動きが検出でき、動脈にレーダーの焦点を当てることで心拍数を正確に検出。
	英Circadia Health	呼吸器合併症	レーダーを活用した「Circadia C100」を開発、呼吸器症状の急激な症状の悪化を予測可能。病棟、特別養護老人ホーム、COVID-19患者等の家庭内モニタリングに使用でき、FDA承認取得予定。
レーザー超音波	米University of Massachusetts	体内画像化	従来の超音波エコー検査が必要だった皮膚への探触子（プローブ）接触が不要で、画像精度が向上。1550nm波長のレーザー超音波が皮膚に当たると生成される音波を活用。
	伊University of Naples Parthenope	心拍数、心拍数変動	首のくぼみに超音波を送信し、反射エコーを受信し、送信波と受信波の位相差から心臓の収縮によって生じる圧力波による皮膚の動きを検出し、心拍数を測定する。
レーザーセンサー	イスラエルEarlySense	呼吸、呼吸数、心拍数、ベッド上の動き	マットレスの下に設置するパッドサイズの非接触型圧電性センサー。睡眠の質や健康に関する情報をリアルタイムで提供。
	イスラエルContinUse Biometrics	体温、心拍数、血圧、呼吸、血糖値、血中アルコール濃度	ナノテクノロジーをベースとした技術で、特殊な光学レンズとレーザーを搭載したカメラやセンサーを用い、1mほど離れた位置で服を着たまま数秒間レーザーを照射し測定。
家庭用スマートトイレ	中 徳訳科技 (DeyeeTec)	尿検査約20項目 腫瘍マーカー7項目	自動尿検査分析システムを開発、尿検査ができる家庭用スマートトイレ。日常のリアルタイムモニタリングのデータをもとに、個人の健康管理レポートを作成、注意喚起ができる。

注1: Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg

注2: ドップラーレーダーとは、超短波を照射した際のドップラー効果（観測対象がレーダーから遠ざかっている場合には反射波の波長が長くなり、観測対象がレーダーに近づいている場合には反射波の波長が短くなる現象）による周波数の変化から心拍、呼吸数、活動量などの測定が可能なレーダー。ドップラーレーダーを活用した非侵襲・非接触モニタリングは主に医療用が開発されているが今後高齢者の在宅モニタリングへの活用が期待されている

出所：Frost & Sullivan May 2020, Advanced Non-contact Patient Monitoring Technologies: New Paradigm in Healthcare Monitoring

もう一つの着目すべき技術は、中国ベンチャー企業、徳訳科技（以下、DeyeeTec社）が開発するスマートトイレである。近年見られる家庭内のインフラにデジタル機器を融合させたスマート家電やスマートホームの開発に向けた動きのなかで、商用化に最も近いと思われる。DeyeeTec社は自動尿検査分析システムを開発、尿検査が家庭でも可能なスマートトイレを開発した。このスマートトイレは便座本体とソフトウェアの自動サンプリングシステム、検査試薬、自動分析システムで構成される。尿検査約20項目、腫瘍マーカー7項目がモニタリング可能で、モバイル端末に検査結果が表示される仕組みとなっている。日常のリアルタイムモニタリングのデータをもとに、個人の健康管理レポートを作成、未病状態のユーザーに対して、病気に進行する前に注意喚起を行うことができる。スマートトイレ市場は、まだ黎明期にあり市場への投入は段階的に行われるとのことであるが、DeyeeTec社は、尿生化学発色反応による数千項目の尿検査技術のほか、便検査技術の開発にも取り組んでおり、今後の展開が注目される。

非侵襲・非接触モニタリング技術の精度が向上し、一般に向けて普及するにしたがって、健康に関するデータを詳細に取得するシステムのセキュリティの重要性はさらに高まるため、その堅牢性確保が今後の課題として挙げられる。

2-3. 行動科学

行動科学は、人々の行動における一連の法則を科学的に見いだそうとする学問で、社会学、心理学、経済学などが含まれる。主要理論の1つである「ナッジ理論²」一さりげなく働きかけ、自発的に望ましい状態

² ナッジ理論：経済学者のリチャード・セイラー博士（2017年にノーベル経済学賞を受賞）と、ハーバード大学のキャス・

に誘導する一が注目されており、近年、公共政策などに限らず、プロダクト開発やサービスデザインへ応用される例が増えている。その中で、健康増進の働きかけの事例として挙げられるのが、南アフリカの金融サービス会社Discovery社が提供する健康増進型保険サービス「Vitality」である（日本では住友生命が提供）。

この保険サービスでは、行動科学の「ナッジ理論」と「損失回避性（一度与えられたメリットを失いたくないと思う性質）」をベースに、健康につながる行動をすればするほど報酬が得られるようになっている。例えば、オンライン健康チェックや健診の実施、運動習慣、日々の歩数に応じて保険料割引やパートナー企業からのサービス特典が得られる。報酬を一度得たユーザーにとっては、報酬を失う「損失回避」の欲求から行動継続が促される仕組みとなっている。

技術を活用した健康増進のためのサービスを社会実装する際、上記のような行動科学を活用することで、ユーザーの健康に対する意識を高め、健康増進に向けた行動変容を促し、後押しすることが期待されている。

この行動変容を促す仕組みを考える際の留意点として、行動の背景にあるものまで考慮すべきことが挙げられる。いかに行動を変えさせるかに注目しがちだが、ユーザーの行動を規定しているルール、習慣、文化など背後にある社会制度にも着目し、既存の制度を変えられるかどうかも含めて考えることが重要となる。行動科学の活用における課題としては、仕組みを考えるデザイナーの高い倫理観の醸成が挙げられる。「ナッジ理論」がユーザーの無意識下に影響を与える刺激となるため、デザイナーの倫理観次第で悪用されてしまう可能性もある。行動科学の活用が進むにつれ、行動変容のデザインにおける高い倫理観醸成は不可避のテーマとなると思われる。

3. 今後の展望市場一拡大とさらなる健康増進に向けて

デジタル技術の進化に伴って、健康増進・予防サービスに取り組む上での課題の解決に期待される技術が確立し、活用され始めつつある。人々をより無理なく健康に導くためには何が求められるだろうか。

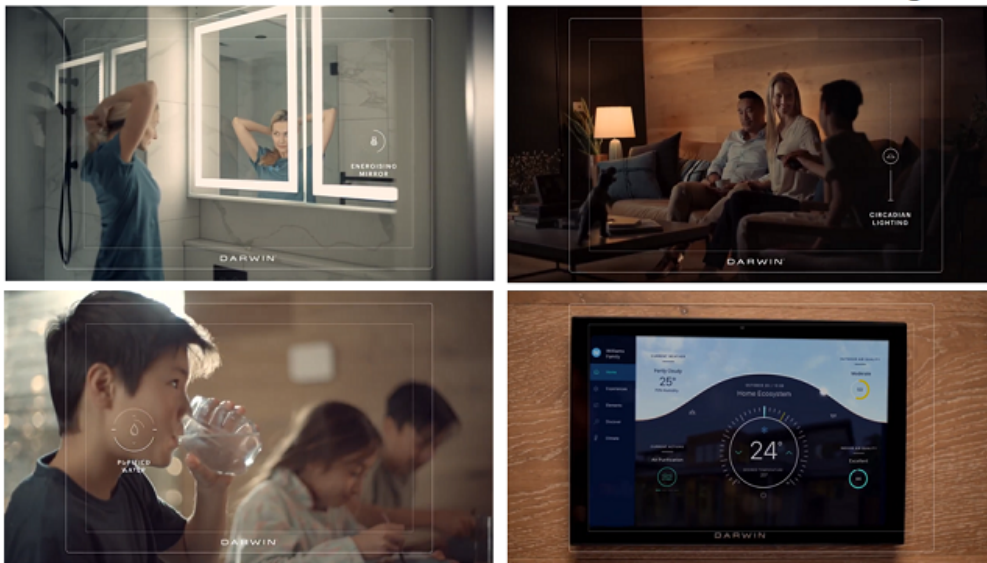
これまで、健康増進・予防のサービスは企業向けのウェルネスプログラムとして、生活習慣や健康状態に関する問診、血液検査などによる健康リスク診断、フィットネス、禁煙、ダイエットプログラムなどの生活習慣改善プログラムが提供されてきた。また、個人への働きかけは、看護師などが主体となり、対面、電話、電子メールなどを使って行われてきた。近年は、ウェアラブルなどデジタル技術が活用され、AIチャットボットと医療従事者による効果的な働きかけや行動科学が健康増進プログラムに取り込まれるなど進化し、医療費削減などの成果が出始めつつある。

このような状況のなかで、今後、個人向けに展開できる事業モデルの一例として挙げられるのがウェルネス不動産である。

サンスティーン教授が、2008年に提唱した理論。強制ではなくさりげなく働きかけることで自発的に望ましい方向に誘導する手法が提案されている。

ウェルネス不動産とは、建設デザインに、人の活動に適切な環境条件や、身体に良い影響を与えるとされる仕組みを組み込む形で、居住空間が最適化された不動産である。代表的な取り組みとしては、ウェルネス不動産を手掛けるDelos社と米国を代表する総合病院Mayo Clinicとのコラボレーション「Well Living Lab」が挙げられる。この取り組みでは、生産性や健康状態を向上させる環境についてさまざまな研究が行われており、これらの研究結果がDelos社のテクノロジー開発に活かされている。Delos社は近年、日々の生活環境の健康度合いをタブレット上で表示できるDARWIN Wellness Intelligenceというデジタルプラットフォームを提供している（図表4）。

図表4 Delos社が提供するデジタルプラットフォームDARWIN Wellness Intelligence



左上：目覚めを促す照明、右上：就寝時間に合わせて照度を落とす調光システム
左下：飲料水の浄化、右下：DARWIN Wellness Intelligenceコントロールパネル（スマホ・タブレットで操作可能）
出所：Delos社のYouTube動画「DARWIN Home Wellness Intelligence」より抜粋
(<https://www.youtube.com/watch?v=m75sTbARSGo>)

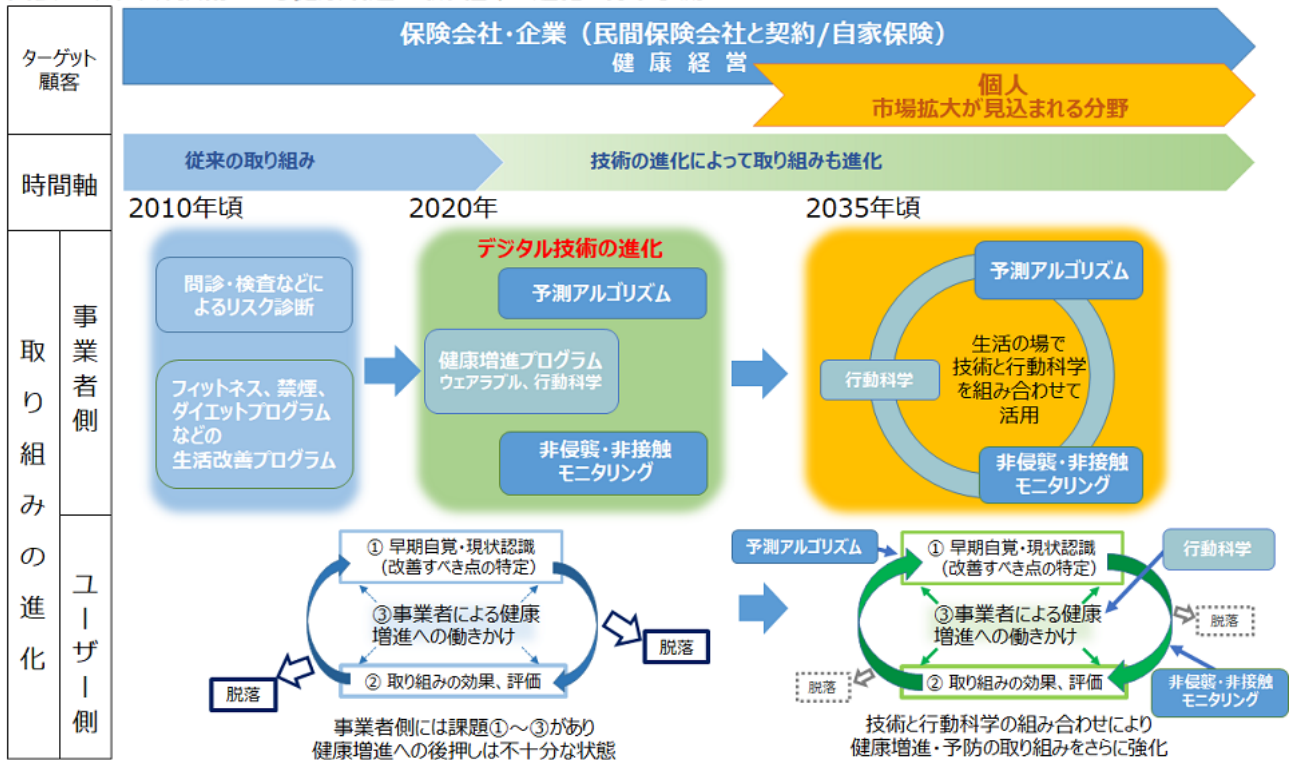
Global Wellness Institute (GWI) の調べ（2018 Reserch report）によると世界のウェルネス市場は、2017年に4兆2,000億ドルに達したと推計されている。その中で、ウェルネス不動産市場は、1,340億ドルとなるが、2022年までに1,800億ドルに達する（年間成長率6%）と予測されている。価格は、通常の不動産より平均で10～25%の割増（実質ベースでは5～55%の割増と、価格幅が大きい）となっている。健康意識の高いミレニアル世代を中心に人気が高まっているとされ、当面は健康的なライフスタイルに強い関心を持つ層が主な顧客となることが予想される。

ウェルネス不動産は生活の場そのものに健康に良い要素が組み込まれたものである。このことをヒントに考えると、今後、より強力に健康増進への取り組みを後押しするには、予測アルゴリズム、非侵襲・非接触モニタリング技術、行動科学を合わせて、人々の生活の場そのものに組み込むことが重要になるのではないだろうか。

事業者側がもしこれを実現できれば、ユーザーに対して予測アルゴリズムを用いて早期に病気のリスクに対する自覚を促し、非侵襲・非接触モニタリングを活用することで、自社サービスの個別化や質の向上

を実現しながら、ユーザーの取り組みの成果をリアルタイムにフィードバックすることが容易となる。さらに事業者側が、行動科学を活用してユーザーを健康増進に向けた行動にさりげなく効果的に導くことで、ユーザー側の早期自覚・現状認識と健康増進の取り組みの測定・評価を強化するループ形成が可能になる（図表5）。

図表5 デジタル技術による健康増進の取り組みの進化と将来予測



文部科学省科学技術・学術政策研究所による科学技術予測調査/デルファイ調査では、こういったビッグデータを活用した健康増進や適時適切な予防医療の実現時期は2035年頃と推測されている。こうして個人向けに健康増進・予防サービス市場が拡大すれば、サービス開発が活発化し、さらなる市場が創出されるという好循環が生み出されることも期待される。

当レポートに掲載されているあらゆる内容は無断転載・複製を禁じます。当レポートは信頼できるとされる情報ソースから入手した情報・データに基づき作成していますが、当社はその正確性、完全性、信頼性等を保証するものではありません。当レポートは執筆者の見解に基づき作成されたものであり、当社及び三井物産グループの統一した見解を示すものではありません。また、当レポートのご利用により、直接的あるいは間接的な不利益・損害が発生したとしても、当社及び三井物産グループは一切責任を負いません。レポートに掲載された内容は予告なしに変更することがあります。