

# 1 生活習慣改善の継続支援技術 —パーソナル・ヘルスケア実現に向けて—

中嶋 宏 (オムロン (株))

## ヘルスケア ICT への期待

世間は ICT によるヘルスケアブームの渦中にある。関連する展示会では、人の行動や生体情報を継続的に取得するためのウェアラブル・デバイスのオンパレードである。それも、リストバンド型、眼鏡型、指輪型、帽子型、ペンダント型等々、さまざまなデバイスが開発されている。携帯電話やスマートフォンでは、多数のヘルスケアに関するアプリケーションが提供され、クラウドにはヘルスケア関連のデータが蓄積、解析されている。

企業においては、上記のように大企業・ベンチャー問わずに参入が相次いでいる。学会においては、ヘルスケア ICT に関する研究グループが次々と組織され、数多くの会議が開催されている。大学においても、健康科学に関する学部・学科の新設が相次いでいる。また、必ずしも ICT という技術にこだわっているわけではないが、我が国では「健康日本 21」と称して、21 世紀における国民健康づくり運動が政府主導で展開している。

これらの活動を通じて ICT の発展によって創造される価値は、素晴らしいものに違いない。それらは、パーソナル・ヘルスケアやテラーメイド医療と呼ばれる。個人最適化されるヘルスケアサービスの実現に大きな意義と期待がある。

その背景として医療危機や老老介護などの社会的課題がある。特に世界的に避けられない人口推移として少子高齢化があり、我が国は高齢化がますます進み、さまざまな課題を後押ししている。

また一人ひとりに目を当てると、誰もが健康でありたいと願っている。若い人の中には、単に病気にはなりたくないという程度の人もおられるであろう。

また、ダイエットに夢中な若い女性も多い。中高年になって、若い頃の衣服が入らないことに気が付く方々もおられる。以上のように、さまざまな理由はあるが、「痩せたい」とは、容姿を気にすることや、健康を気遣うことと共通の悩みであると言える。

これらのような強力で、しかも幅広いニーズに対して、市場にはダイエット関連商品やサービスがあふれかえっている。低カロリー食、健康補助食品、特保飲料、運動機器、フィットネス・プログラムなどさまざまなものがある。これらのほとんどは、減量を価値として提供するものである。しかしながら、減量にばかり注力すると、過剰な減量に取り組んでしまいがちである。その後には、リバウンドを起こしてしまうことが多々ある。また過剰な減量は、悪い生活習慣を定着させてしまうという負の側面もある。

心身ともに健康的な生活を手に入れるための本質的な目標とは、生活習慣改善の継続とその定着ではないだろうか。すなわち、減量したかどうかは結果指標として大切であるが、体重変化は生活習慣改善の結果としてついてくると考える。このような考え方にに基づき、より個人に適した生活習慣の改善を支援する技術について解説する。以降では、まずメタボリックシンドロームを中心とする社会的背景とその課題について示す。その後、生活習慣と生体情報について概説し、生活習慣の一部について、変動パターンを知るためのデータを示す。さらに減量支援プログラムを取り上げ、動機づけの維持・向上についての課題について議論を行う。最後に生活習慣改善を支援する技術について将来展望と課題について述べる。

指標		基準
必須	ウエスト周囲長	男性 85cm 以上, 女性 90cm 以上 (男女ともに臍位置の内臓脂肪面積が 100 平方 cm 以上に相当)
	血清脂質異常	トリグリセリド値 150mg/dL 以上 かつ/または HDLc 40mg/dL 未満
2 項目以上	高血圧	最高血圧 130mmHg 以上 かつ/または 最低血圧 85mmHg 以上
	高血糖	空腹時血糖値 110mg/dL 以上

表-1 メタボリックシンドロームの診断基準

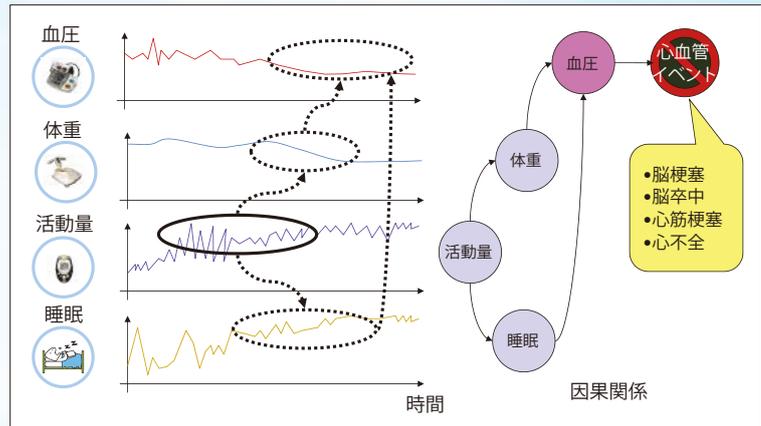


図-1 時系列データと因果関係

### + 超高齢社会と生活習慣病

現在、日本は 65 歳以上の高齢化率が 20% を超える超高齢社会である。先進国を中心として高齢化は深刻な勢いで進んでいる中で、我が国は 21 世紀初頭にトップに躍り出たあと、先頭を走り続けることになる。厚生労働省に属する研究機関である、国立社会保障・人口問題研究所によると、21 世紀半ばには高齢化率は実に 40% に達すると予測されており、人口は 9,000 万人弱に減少するとされる。

このような人口問題を背景に、高血圧症に代表される生活習慣病の罹患率は、人口は減少するが下がらず、むしろ上昇するとされる。高齢化とともにその必要性を増すものが要介護であるが、厚生労働省の調べによると、要介護もしくは要支援に至る要因の 20% 程度は脳血管疾患（脳卒中）であり、心疾患（心臓病）や糖尿病など生活習慣に端を発すると考えられる内臓疾患は 30% 弱を占めることになる。また、要介護度が上がるとともにこれらの疾患が占める割合が高くなる傾向がある。

2008 年の特定健診（いわゆるメタボ健診）以降、我が国ではメタボリックシンドロームやメタボという言葉聞いたことがない人はいないほどに浸透している。参考までに、表-1 にメタボリックシンドロームの診断基準を示しておく。表に示されるように、必須項目の肥満に加え脂質代謝異常・高血圧・高血糖のうち 2 項目以上当てはまるとメタボリックシンドロームと診断されることになる。

メタボリックシンドロームの特徴としては、痛み

などの自覚症状がほとんどない点にある。よって対処が遅れることで、ある日突然に心臓発作や脳卒中を起こし、最悪の場合は死に至ってしまう。診断基準にある指標を改善する治療は先に述べた脳心血管イベント発生リスクを下げるためにとても重要である。一方、この原因の多くは普段の生活習慣にあるため、その改善の継続が非常に重要である。

### + 生活習慣と生体情報

#### 生活習慣とは何か？

先に示したメタボリックシンドロームの診断基準は生体情報（バイタル）を指標とするものである。このように、疾病の診断基準は血圧、血糖を始めとする各種生体情報を指標として一定の基準を満たすことが要件となっている場合が多い。一方で、本稿のテーマである生活習慣とは何であろうか。この定義はさまざまなものが考えられるが、ここでは健康の三本柱として指摘されることが多い、運動・食事・睡眠を生活習慣の三要素として捉えることとする。その場合、たとえば図-1 に示すような生活習慣と生体情報である血圧との関係性が明らかになれば、生活習慣改善に役立つであろう。

図-1 に示すように各種指標の継続的な計測によって、多次元時系列データを得ることができる。ここから抽出しようとするものは、「よく運動すれば、体重減少と良い睡眠が得られ、結果として血圧の安定につながる」という誰もが常識として知ってほしいような知識である。ただ、ここではセンサ情報によ

て定量化, 個人最適な因果関係として導き出すことが狙いである。「私にとって最適な運動をどれくらいやれば良いか?」「体重はどれくらいがベストか?」などなど... という問いに答えることが重要である。

以下では日常生活下における計測およびその継続の重要性を指摘しておきたい。

## 日常生活下における計測

日々変動する指標であれば, 継続的かつ意味ある時点で計測することに意味がある。逆に変化の乏しい指標は頻繁に計測する必要はない。たとえば重要な生体情報である血圧は, さまざまな要因によって変動することが知られており, 日常生活下における計測はきわめて大きな意義を持つ。日本高血圧学会による高血圧治療ガイドラインには, 早朝・夜間・白衣・仮面など, 診察室における計測のみでは見つけにくいタイプの高血圧や, 診察室と家庭のそれぞれの血圧指標によって異なる降圧目標が掲載された(2009年版)。また診察室血圧と家庭血圧の間に診断の差がある場合, 家庭血圧による診断を優先する(2014年版)と明記された。

さて, 前項では生活習慣について触れたが, これらに関連する指標も, 当然ながら常々変化することから日常生活下における計測が期待される。近年, さまざまなウェアラブル機器が市場に投入されているが, まさにこの点を狙ったデバイスが多い。

## + 生活習慣の計測

ここでは生活習慣に関する指標について, 簡単に紹介する。

### 運動

従来は歩数が普及していた。2006年の厚生労働省によるエクササイズガイドにて, メッツとエクササイズという指標が公表された。これは, 歩数という運動量のみを取り扱うものから, 運動強度(メッツ)と量(エクササイズ=メッツ×時間)への刷新を狙ったものである。加えて, ジョギングやバレーボールなどの運動と家事や庭仕事などの生活活動の双方を身体活動として定義した点が新しい。その後,

歩数計機能も兼ね備えた活動量計が市場に流通している。また携帯電話やスマートフォンに内蔵された, 加速度センサやGPSなどを利用したアプリも数多く提供されている。

### 食事

食事の量や質(たとえば, 蛋白質・脂質・炭水化物のバランスなど)を正確に計測する技術はまだ確立していない。携帯やスマートフォンなどのカメラを利用して送付した食事写真からカロリーを算出するサービスは開始されている。また, 食習慣という意味では, 何時にどのくらいの時間をかけて食事をとったかという情報も有用である。今後の発展が期待される指標である。

### 睡眠

医療現場では脳波や心電図, 眼球運動などをとらえる大掛かりな装置(睡眠ポリグラフ)を用いる。睡眠深度と呼ばれる睡眠の深さを脳波等から読みとる。しかしながら, 日常生活では, あまりに大掛かりなために, 非接触の電波や振動などのセンシング技術を用いて, 睡眠時間や睡眠効率(ベッドや布団に入っている時間で睡眠時間を割ったもの)などが指標として用いられている。スマートフォン内臓のセンサを利用した各種アプリも開発されている。

## 生活習慣改善のための支援技術

生活習慣改善に関連し, 行動変容ステージモデルがある。そこでは, 無関心期→関心期→準備期→行動期→維持期のように各ステージが定義されている。ここでは, 気付き, 改善に興味を持ち, 行動を起こして継続するという人の行動決定要因の本質を説明している。また, これらのステージに応じて行動変容を起こす働きかけとして, 意識の高揚, 感情的経験, 決意表明, 代替行動の学習, 援助関係の利用, 等々がある。これらは, 問題行動のきっかけを避け, 健康行動のきっかけを増やすことが重要であるとされる。支援技術とは, 本人へさまざまな情報や知識提供を行うこととなる。それは, グラフの提示や具体的な推奨される行動の提案, 知識情報の提供などさ

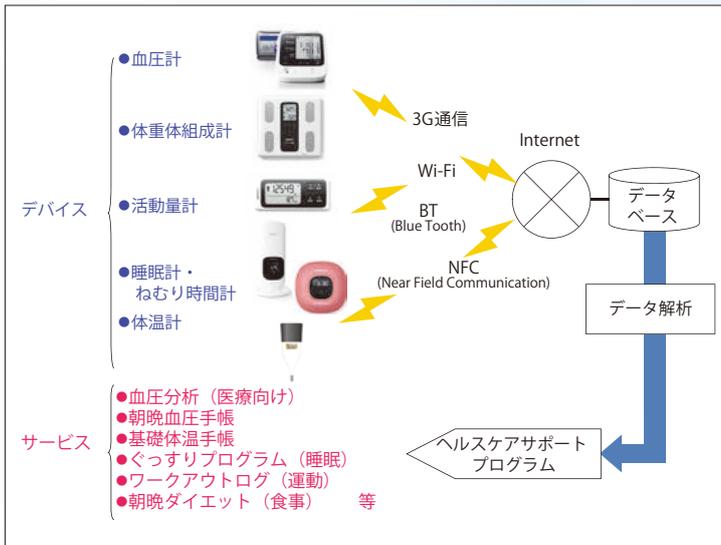


図-2 ICTヘルスケア・プラットフォーム

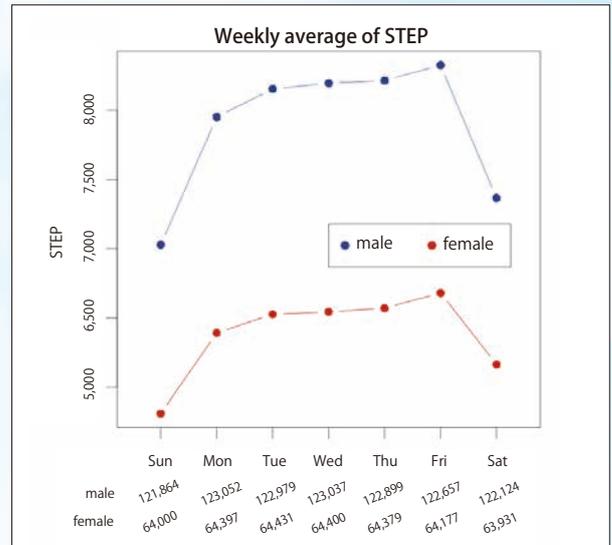


図-4 歩数の週内変動

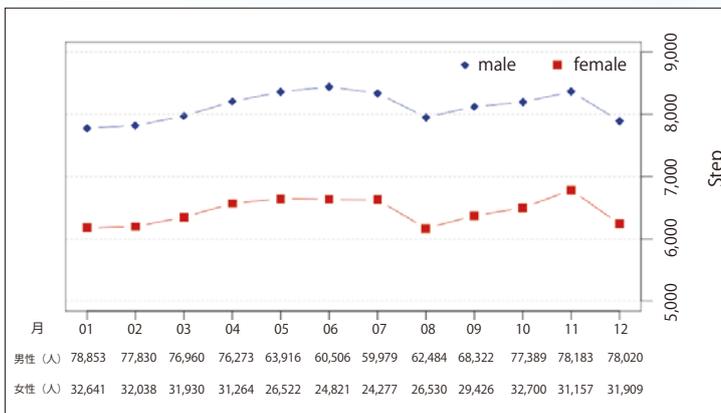


図-3 歩数の季節変動

さまざまなものが考えられる。特に個人適応した、最適なタイミング、内容の知識情報の提供が望まれる。

### + ICTヘルスケア・プラットフォーム

筆者らは、図-2に示すさまざまなヘルスケアデバイスをネットワーク接続し、データ蓄積と解析に基づいたサービス提供を行うシステムを開発してきた。デバイスやサービス種別はさまざまであるが、多くの会社がこのような形態に基づいた価値提供を展開している。

### + 生活習慣の変動状況

ここでは、さまざまな指標の変動状況について共有する。示されるデータは平均を用いているが、季節に応じて変動するもの、週内変動するもの、あるいは世代間や、平日・休日で変動するものなどを具

体的に示す。これによって、計測によって変動を捉えることの重要性を示したい。ここで示すことはできないが、これらの変動は個人ごとに異なるものも多いことを申し添えておきたい。

図-2に示したシステムを利用し、WellnessLINKと呼ぶ、個人が医療従事者の介入なしに実施できるセルフケア向けサービスを2010年11月に開始した。ここでは、生活習慣である活動、食事、睡眠に関する季節変動、週内変動について報告する。

#### 活動 (歩数)

身体活動の強度と量の指標であるメッツとエクササイズを先に紹介したが、ここではより身近な歩数についてその季節変動(図-3参照)および週内変動(図-4参照)を示す。季節変動では、暑い時期では減少し、過ごしやすい時期には増加するという傾向が確認できる。また、週内変動では平日と休日の差が大きいことが分かる。

#### 食事

食事による摂取カロリーを直接に計測することは困難である。ここでは朝体重と晩体重の差をもって、身体活動と食事を合わせた1日の生活習慣を推定することを考える。起床後、トイレに行った直後に計測する体重を朝体重とする。これは、その日の生

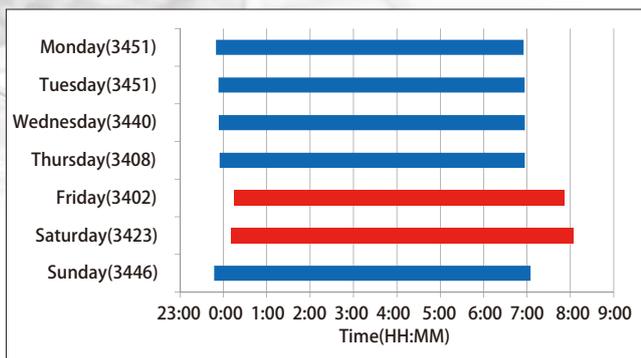


図-5 就床・離床時間の週内変動

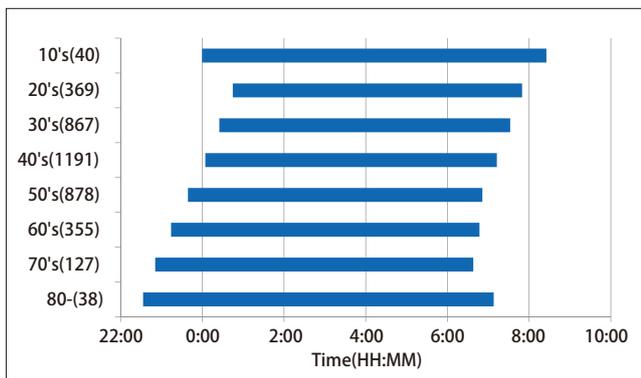


図-6 年代ごとの就床・離床時間

活習慣の影響を受けない体重である。また、就床直前に計測する晩体重は、その日の生活習慣を反映した体重と考えられる。これらを利用し、朝晩体重差(=晩体重-朝体重)はその1日の食事量と身体活動の結果を反映すると考える。この指標は、衣服の重さや計測時間のばらつきなどのノイズを含むことになるが、簡便に生活習慣を推定する指標として期待される。この原理を利用した減量プログラムについては後述する。

## 睡眠

まず就床・離床時間の週内変動を確認する。加えて、年代差についても見てみる。図-5に就離床時刻と曜日の関係を示す。休日の睡眠習慣は平日のそれと大きく異なる。また、図-6は就離床時刻と年代との関係を示すが、年を重ねるとともに離床時間が早くなるが、就床時間も早くなる傾向も窺える。

## + 減量支援プログラムとその効果

先述した朝晩体重差を利用したプログラムを提供している。ここでは2種類のプログラムを紹介する。

これらのプログラムでは、減量目標を設定するが、過剰な減量目標は設定できないようになっている。また、朝晩体重差を管理対象として、生活習慣改善を意識付けるものとして設計している。

### 日々の体重管理

30日後の目標体重を設定し、朝体重、晩体重を計測するといった単純なものである。体重体組成計には、朝体重を計測すると同時にその日の晩体重の目標値が提示される。この目標体重は30日後の目標体重を達成すべく案分された体重に基づいて算出される。さらに、スマホアプリやWebを経由し、日々計測される体重の推移と目標達成・未達成の結果を確認することができる。日々、この目標を達成し続けると目標体重をクリアできるというものである。また、日々の晩目標体重をクリアすると体重体組成計の表示でキャラクタがバンザイして応援してくれる。このプログラムの成功者、失敗者を分析すると、次のようなことが判明した。

- 成功者は適度な目標体重を設定する。失敗者は少し過剰な目標を設定しがちである。言い換えると、最初から成功できると思ってもない目標を設定する傾向にある。
- 計測頻度の多い(週に5日以上、朝晩体重を計測)人はそれ未満の人よりも成功確率は有意に高い。

### 月単位の体重管理

上記の減量プログラムは、日々の目標値の達成・未達成を1日ごとに厳格に評価されることになる。たった1日の未達成まで確認されるとなると、動機の継続には逆効果となる場合もあろう。そこで、成功者の減量パターンを追従することで成功率を高めることができないかという発想に至った。利用者が設定する目標体重に応じ、個別に最適化した減量を支援するパターンを次のように決定する。日々の体重変化の評価ではなく、月単位での減量パターンを、朝体重を下限とし、晩の目標体重を上限としたゾーンを構成する(図-7参照)。特に上限ラインに対しては、1週間7日間のうち、5日間は晩体重が下回っていれば良いという緩い制約条件とした。

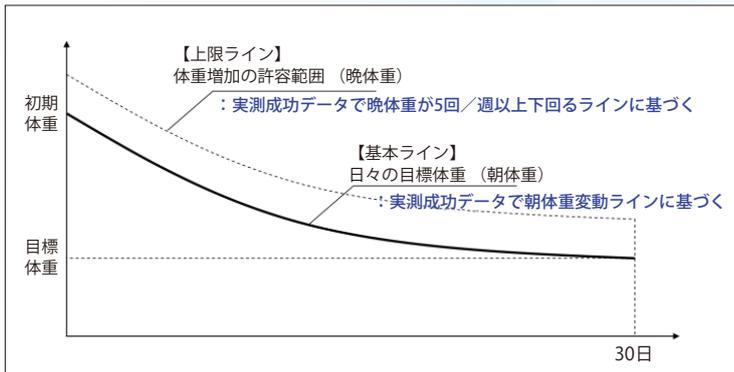


図-7 体重変化のゾーン

	日々の体重管理 (朝晩差)	月単位の体重管理 (ゾーン)
N 数	1541	2654
年齢 [歳]	30.4 ± 9.2	30.1 ± 10.6
開始時体重 [kg]	67.2 ± 5.8	67.1 ± 5.8
開始時 BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	26.9 ± 1.4	26.9 ± 1.4
体重減少率 [%]	1.12 ± 1.66	0.81 ± 1.52
減量者割合 [%] (※)	50.1	40.1

※体重減少率が 1% 以上のもの

表-2 各減量プログラムの評価結果

このゾーンを採用した月単位の減量プログラムと先に述べた日々の管理プログラムの比較結果を表-2に示す。なお、これらのプログラムの参加者はそれぞれ異なり、女性のみを対象としている。また、図-8にそれぞれのプログラムの測定頻度を示す。前項で計測頻度が高い方が成功率は高いと指摘したが、月管理は日々の管理に比べ、体重の計測頻度は低いが、減量成功者の割合が高いという結果を得た。また、参加者全体における成功減少率も大きく、成功率は高い。

これらのことから、ゾーンというやや長期の展望が、動機付けを維持しつつ、参加者の計測という負担を減らし、成功率の向上に寄与したのかもしれない。

## 今後の展望

本稿では、生活習慣改善を取り上げているが、これを支援する1つの有望な方法としては、情報薬

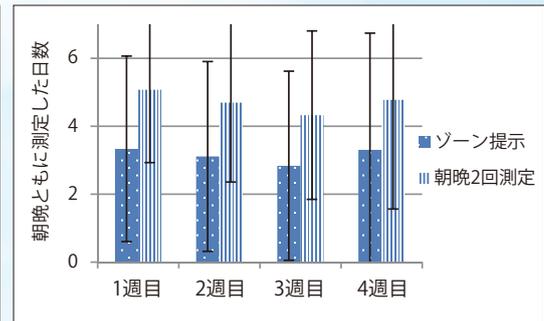


図-8 体重測定日数

を創造するということが理解できる。つまり、適切なタイミング、内容の情報・知識を提供することで、利用者に気付きを与え、行動選択を促し、生活習慣改善の継続をしていただくということを狙っている。

本稿で紹介したものは、データ蓄積による気付き、減量を対象とした生活習慣改善プログラムであったが、次のようなデバイスやサービスにおける課題が明らかになっている。

計測デバイスでは、非侵襲、無拘束に加えて、無意識計測が求められる。無意識に計測することにより、計測されるストレスや負担の除去、さらに計測忘れを防止することも期待される。また、デバイスはセンサ機能としてのみならず、人体へ刺激を与える機能の発展も期待される。行動を促す信号刺激、リアルタイムメッセージをたとえば音声を通じて提供するなどが考えられる。

サービスにおいては、まさに個別化された最適なメッセージの内容とその提供タイミングについて高精度化していく点に期待が大きい。そこでは、利用者の感情や気分の推定に基づくメッセージングによって、適切な気付きと意思決定を促すような情報薬が実現されるであろう。

今後ますますこの分野の技術が発展していくことに寄与し、それによって世界中の人々の健康で健やかな生活の実現につなげることができれば幸いである。

(2014年10月31日受付)

中嶋 宏 (正会員) | Hiroshi\_Nakajima@ieee.org  
オムロン(株)技術専門職、九州工業大学客員教授等。1985年神戸大学工学部システム工学科卒業、同年立石電機(株)(現オムロン(株))入社。博士(工学)。