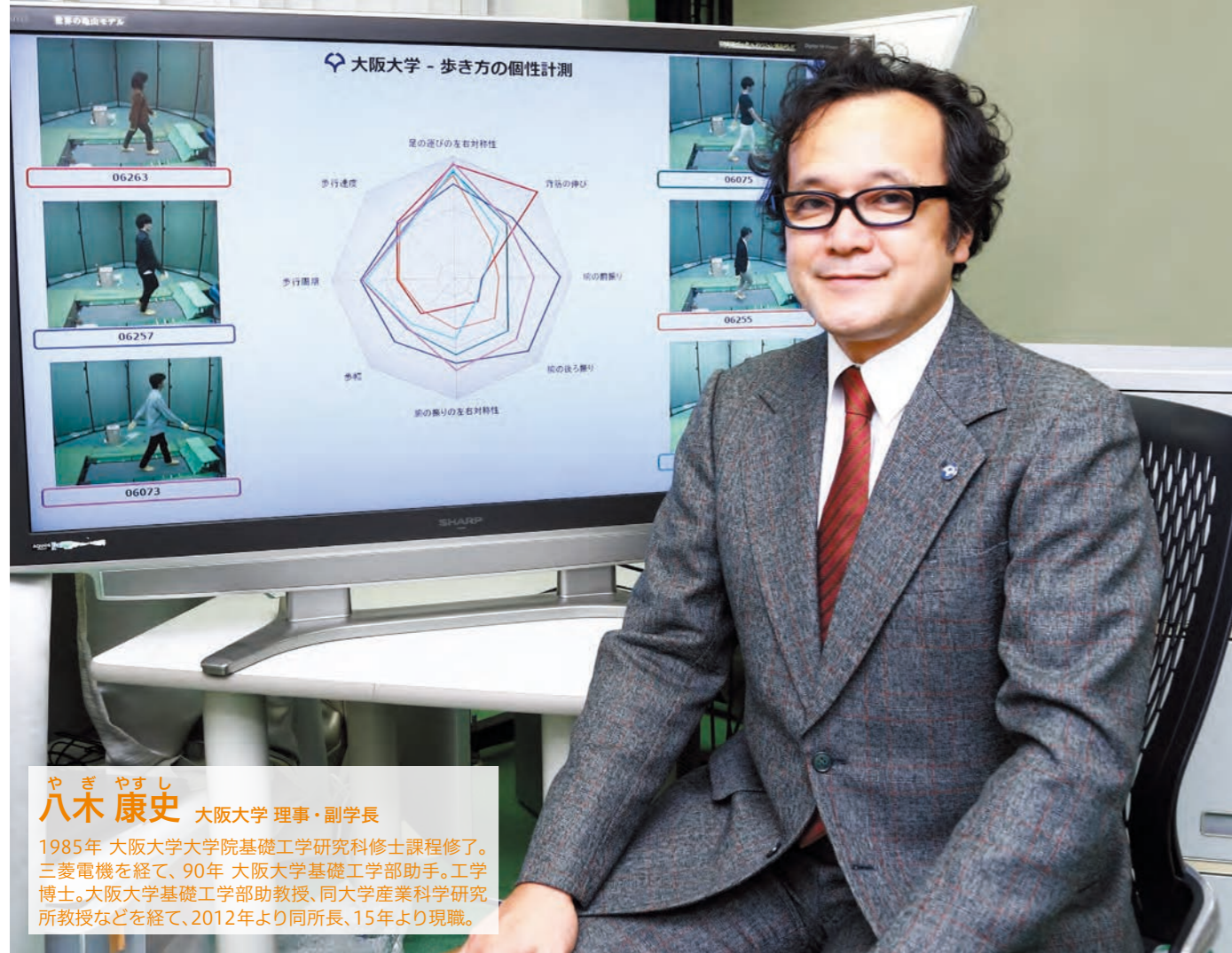




「歩くだけ」でわかること



やぎ やすし
八木 康史 大阪大学 理事・副学長
 1985年 大阪大学大学院基礎工学研究科修士課程修了。三菱電機を経て、90年 大阪大学基礎工学部助手。工学博士。大阪大学基礎工学部助教授、同大学産業科学研究所教授などを経て、2012年より同所長、15年より現職。

生体情報から個人を特定する生体認証といえば、顔や指紋、DNA、静脈などがまず思い浮かぶのではないだろうか。実は歩き方の特徴（歩容）から個人を特定する技術も生体認証の1つだ。大阪大学産業科学研究所の八木康史教授らは、9万5,000人もの歩き方の映像データを集め、AI（人工知能）による解析技術を用いて高精度な歩容認証技術を開発した。さらに歩容から人物の意図や感情、健康状態などを読み取る技術にも取り組んでおり、犯罪捜査やセキュリティ管理といった安心・安全のみならず、幅広い活用が期待されている。

距離が離れていても個人を認識できる

歩幅や歩行速度など人の歩き方には癖があり、遠くにいて顔がはっきり見えなくても知人だと気が付くことがある。あるいは、歩く様子から年齢や性別を推測できることもある。こういった歩き方の特徴（歩容）を映像から抽出し、個人を特定しようというのが歩容認証技術だ。歩き方なら服装や髪型が違って変化せず、遠方から撮影した低解像度の防犯カメラ映像で

も抽出することができる。

歩き方にはいろいろな情報が含まれる。スウェーデンの心理学者のグンナー・ヨハンソンは1973年に、歩行などの人の動作から性差や個人や感情などを検出できると報告している。

1990年代になると世界で歩容認証の研究が始まった。2001年に米国で同時多発テロ事件が起こると歩容認証が注目されるようになり、アメリカやヨーロッパを中心に研究者が増えた。八木さんが研究を始めたのは2003年のことだ。

「以前は全方位カメラの研究をしていました。全方位カメラを防犯システムに応用できるのではないかと考えたことが研究を始めたきっかけです。」

歩容認証と、顔や指紋、DNAなどによる生体認証との大きな違いは、距離にある。顔を認証しようとするれば10メートル以内で撮影した画像でないと難しい。指紋やDNAは、直接採取しなければならない。

一方、歩容を利用した個人認証では、解像度の低い遠隔防犯カメラ映像でも鑑定できる。解像度は頭から足先までで30

画素以上あれば十分だといいい、20～30メートル離れて撮影した映像でも判別可能だ。近年は映像技術が進化しており、ハイビジョン映像なら50メートル、4K映像なら100メートル離れて撮影された映像でも利用できる。

「歩容認証では顔がはっきりと映っている必要はありません。広視野の映像からでも目的の人を探すこともできます。同じことを顔認証で実現しようとする、街中をカメラだらけにしなければならないでしょう。」

犯人特定につながったケースも

八木さんらが開発した方法は防犯カメラなどの映像から背景と人とを識別し、歩いている姿のシルエットから「腕の振り」、「歩幅」、「姿勢」、「動きの左右非対称性」などの情報を低周波の周波数領域特徴として抽出し、生体認証するというものだ。しかし、カメラに対して人の歩く向きが異なると見え方も大きく異なるため、これまでの技術では歩容による認証は困難だった。そこで開発したのが、独自の深層学習モデルだ。深層学習（ディープラーニング）とはAIを実現するための機械学習の1つで、複数の処理段階を重ねることで精度が高まる。「抽象的な特徴を適切に使分けれることで、歩く向きが異なる画像データでも、高精度の歩容認証が可能になりました」と八木さんは説明する。

歩く向きが大きく異なる場合、2つの歩行映像が同一人物かを判断する際の誤り率は40パーセント程度であった。しかし、この学習モデルを用いると約4パーセントまで低減できた。さらに、深層学習に用いる評価基準を適切に変更することで、カメ



図1 歩容鑑定システム。歩いている映像をシルエットとしてとらえ、数学的に解析して同一人物かどうかを判断する。シルエットで白い部分は動きの少ないところで、動きが多い部分ほどグレーが濃い。

ラに映った複数の人物から特定の1人を探すことも可能になった。

このような技術は、犯行現場付近の防犯カメラに映った人物と容疑者の歩き方の特徴を比べたり、街の防犯カメラから逃走経路を特定したりするのに実際に使われている。2009年には犯罪捜査の有力情報として警察で活用され、犯人逮捕につながった。13年には科学警察研究所で歩容鑑定の試験運用が始まり、16年には裁判の有罪判決の状況証拠になった。警察白書に記載されるなど新たな科学捜査方法として注目されている。科学捜査研究所でも、犯行時や逃走経路上の映像を利用した、歩容鑑定の研修が始まっている(図1)。

年齢も精神状態も歩容に表れる

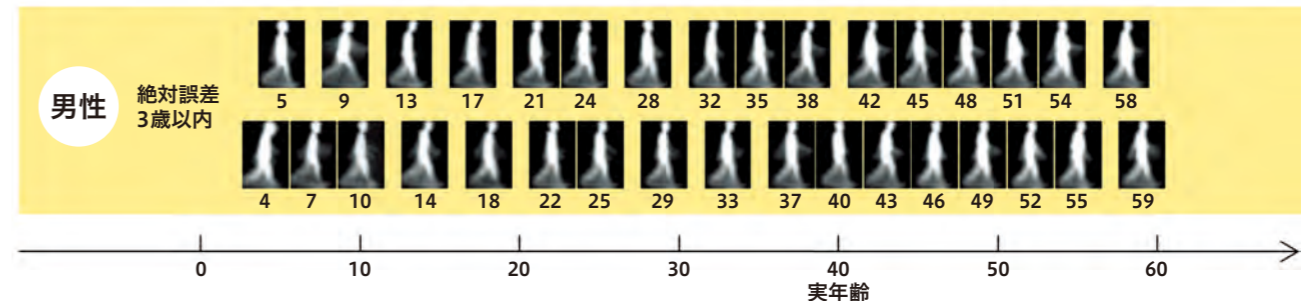
容姿がそっくりの双子でも歩き方は全く違う。この理由は、性格の違いだという。「例えばおっとりした人は歩き方もおっとりしています。いくら容姿がそっくりでも性格が違うので歩き方も違うのです」と八木さ

んは続ける。

指紋や血液型などは、変わることはない静的な特徴だ。一方、歩き方は成長や生活で変わる動的な特徴で、同じ人でも歩き方には変動、すなわちゆらぎがある。「例えば幼児は頭が大きく体の重心が上にあるので、ゆらぎが大きいです。成長するにつれて、身体のバランスが良くなると、歩き方も安定します。一方、高齢者の歩き方というものもあります。そのため歩き方から年齢を推定することもできます」(図2)。

歩き方は精神状態も反映する。気持ちが沈んでいるときと、浮き浮きしているときとで足取りが違うのは、誰でも経験があるだろう。歩容認証では、こうした複合的な要因も学習させる必要がある。歩き方は文化や生活も反映するため、国などによっても異なるという。しかし、構築した一般モデルを類似する別の問題に適用させる転移学習が可能のため、日本人で作った歩容認証のシステムを他の国や人種の人に当てはめることができると八木さんは考えている。

図2



歩いている映像から抽出したシルエットで年齢を推定できる。各画像の下の数字は推定された年齢。

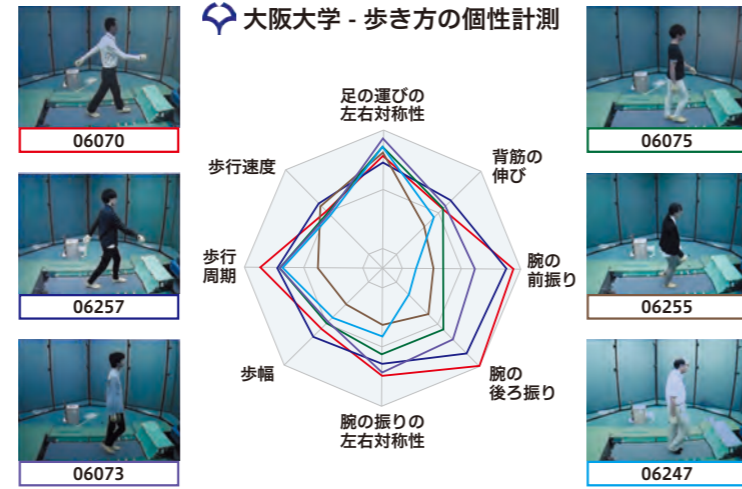
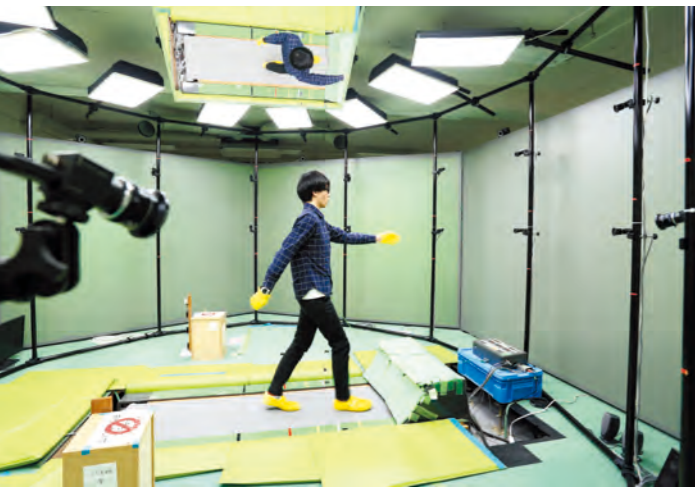


写真1 歩き方の個性を計測するシステム(左)と測定された特徴(右)。中央のグラフでは8つの特徴により個性を表しているが、実際にはさらに複雑なパラメータで特徴を表現する。

健康長寿につながるシステムも開発

八木さんの研究室には、2つの計測システムがある。

歩き方の個性を計測するシステムは、ランニングマシンとカメラを組み合わせたものだ。被験者がランニングマシンに乗って歩く様子を、周囲を取り囲むように設置した25台のカメラで撮影する。動画から背筋の伸びなどの歩き方が計測される。これらのデータはあらかじめ機械学習済みのデータを基にどの個性に近いのか、遠いのが判断され、歩き方の個性が算出される(写真1)。

認知能力を測定するシステムは、センサーを組み込んだマットの上で歩くように足踏みをしながら、正面のモニターに映し

出される計算課題(タスク)を解くというものだ(写真2)。歩くという身体的な課題と計算という認知に関わる課題の2つを同時に行うので、「デュアルタスクシステム」という。通常の足踏み速度や計算中の足踏み速度、上半身の安定度といった歩容に関する情報と、回答数、正答率、計算のタイミングなどを併せて認知能力を解析する。以前の結果と比較することも可能だ。

高齢になると歩行速度が低下するなど、歩き方と健康には相関がある。歩き方から年齢を推定することもできるようになったが、ばらつきもある。「不健康な歩き方の人は年を取って見える」というが、歩き方は筋力や精神面でも変わる。歩き方から推定しているのは、実年齢ではなく体力年齢であることに八木さんは気が付いた。

デュアルタスクは認知症の発見や改善

につながると考えられ、高齢者の認知症予防や健康改善のために行われている。認知症の前段階である軽度認知障害のうちに見えれば認知症への進行を遅らせることができるが、簡便な診断技術はないという。八木さんは歩容を利用したデュアルタスクデータから軽度認知障害の識別ができるのではないかと考えた。「軽度認知障害を簡便に見えれば健康寿命を延ばすことができ、ひいては医療費の節減にもつながります」。現在、3カ所の高齢者施設にこのシステムを常設し、高齢者やその保護者からの同意を取得した上で長期追跡を行っている。

「これからの目標は、歩容を新たな健康指標として利用することです。今は、ウェアラブルセンサーによる健康管理システムの開発が盛んですが、身につけるのが難



写真2 その場で歩くように足踏みをしながら正面のモニターに映し出される計算問題を解く。両手に持ったボタンを押して選択肢から正答を選んで回答する(左)。1台のカメラでカラー画像、奥行き情報、骨格情報を取得することができる高齢者用歩行測定装置(上)を用いて測定する。

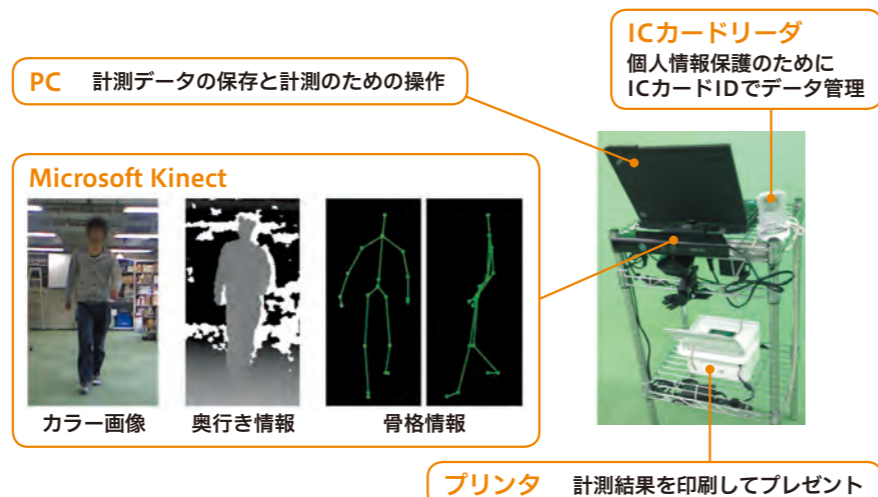


写真3 企画展「アルクダケ 一歩で進歩」のポスター(左)と展示の様子(右)。展示のモニターに表示されているのは、体験者の歩き方の個性。写真1右のような特徴で表されている。画像・写真提供：日本科学未来館

しい人や嫌がる人もいます。でも歩くだけなら簡単で手軽なので、あまり抵抗がないですね。システムを普及させて、誰もが健康で長生きできる社会を実現したいです。

病気の予兆を発見したり、未然に防いだりすることで健康寿命を延ばす。この目標に向け、昨年11月にはJSTの未来社会創造事業探索加速型で研究を開始した。歩容からその人の健康度や疾病リスク、身体能力などを示す新たな健康指標を定義し、計測を含めた健康モニタリングサービスの創出をめざすという。

世界に類を見ない9万5,000人もデータ

八木さんらが開発した歩容認証技術は世界最高レベルの精度を誇る。この高い精度が実現できたのは、世界に類を見ない9万5,000人分もの歩行データを持っているためだ。「実際のシステム作りは泥臭く、地道なものです。特にデータ収集のための仕組み作りには苦労しました」と八木さんは言う。

歩行データを集めるには個人の画像が必要となる。プライバシーへの十分な配慮と個人情報提供に対する同意が不可欠な上、動画はデータ量も大きいので歩行データは集めにくい。八木さんらは日本科学未来館のメディアラボ第15期に出展し、来場者からデータを集めることを試みた。

2015年7月に開催した展示「アルクダケ 一歩で進歩」では、2つの体験型コンテンツを用意した(写真3)。1つは歩き方の個性を計測するもので、実際に一定の距離

を歩き、映像から歩き方を解析することで、歩き方から個人を特定したり年齢を推定したりする技術を体感できる。もう1つは認知能力を測定するものだ。個人情報の提供に同意すれば、解析結果をお土産としてもらえた。研究室にある計測システムは、この体験型コンテンツを改良したものだ。

企画は好評で、会期を延長し、16年6月まで続いた。「長期間にわたる展示になりましたから、装置が故障したり壊れたりしないように気を遣いました。この展示で歩容認証を知ってもらうとともに、データを提供してもらうための仕組みができました。せっかくデータを提供してもらうのだから、楽しんでもらえるよう工夫しました」と八木さん。現在は宮城県仙台市にあるスリーエム仙台市科学館に常設されており、今後も展示場所が増える予定だ。

さまざまな可能性を秘める歩容認証技術

歩き方から感情や意志、意図なども推察できると八木さんは言う。歩容から「人の意図や心身状態、人間関係」を読み取る技術の構築は、CRESTの研究で力を入れた部分だ。

まず注目したのが視線と振る舞いの関係だ。歩くときの進行方向に対する体の方向からその人が注視している方向とその推移を推定できる技術を開発した。眼球計測装置などを用いずに、姿勢情報から視線方向とその推移を推定可能なため、万引きの抑止への効果が期待できる。過去の実験から、普通の購買客は商品に視

線が行くのに対し、万引き犯では防犯カメラや店員など周囲の環境にも視線が行くなど、注視方向の推移に特徴があることがわかっているからだ。八木さんは歩容から万引きの「意図」を検知し、音などで万引きを意図している人に知らせることで犯罪行動を未然に抑止することができないかを検討しているという。

また、誰かと一緒に歩くときとは歩き方が変わるので、どの人がその団体のリーダーなのかといった人間関係がわかるという。不特定多数の人の中から、集団内の役割や人間関係を推定できるのだ。

このような技術を犯罪予防や教育現場における心理ケア、商店街の販売誘導などに応用できると八木さんたちは考えている。

現在、八木さんが所属する大阪大学産業技術研究所内に40台ものカメラを設置し、歩行と行動の関係についての実証実験を続けている。倫理面に配慮し、十分な周知や手続きを行った上での実験だ。「日本では至る所に防犯カメラがあります。歩行データを集めることももちろん重要ですが、カメラの下で暮らす人がこの技術をどう感じるかといった社会科学的な調査が必要です。カメラがあるのが当たり前の中で、カメラを気にせず暮らすにはどういう運用の仕方があるのかといったことも探り、課題を見つけ社会に貢献したいと考えています」。

歩き方にはさまざまな情報が詰まっている。「歩くだけ」でわかること、できること。その可能性はまだまだ広がっていく。