

AI 技術強化のための大学連携事例

平本 美智代
竹内 晃一

前野 蔵人
伊加田 恵志

近年のAI技術の発展には、統計学の多大な貢献がある。OKIは、ビッグデータへの分析力強化の重要性が予見された2008年度から、中央大学統計データ解析研究室（指導教官：鎌倉稔成教授）とデータ分析に関する研究で連携している。

連携は、多様なセンサーの時空間情報から状況を認識する時空間データマイニング技術の研究開発から始まり、各種センサーデータに対する統計的アプローチを主体としながら行動解析や位置推定、各種状況の認識などの研究分野で成果を上げてきた。近年では、センシングデータのみならず、ビジネス活動の中で産み出される多様なデータの分析にも研究活動の幅を広げている。

長期継続した連携関係によりデータリテラシーが強化された人材を社内に多数擁するまでになった。IoT (Internet of Things) やAIへの期待感の高まりで、これまで以上にデータの規模が求められ、それらの分析にも高度で大規模なモデルが必要になってきている。本稿では、これまでに中央大学との連携で進めてきた研究開発事例を紹介する。

センシング系AI技術

時空間データマイニング技術の研究開発としてスタートした連携の主な対象は、装着型加速度センサーを用いた行動認識技術、アクティブタグを用いた高精度位置推定技術、電波センサーを用いた非装着型行動認識技術など、センサーと連携した一連のAI技術であり、それらをまとめてセンシング系AI技術と呼んでいる。

一般にセンサーから得られるデータには、実世界の多様な状況の影響を受けた変動量を含むが、そこから元の状況を推定することは難しい。状況を精度良く推定するには、精度の高い統計モデルへの当てはめが必要であり、そのモデルのバリエーションが、センサーに多様なAI的振る舞いを与える。統計モデルは、個別の事象の推定機能だけではなく、複数のモデルを積み重ね、相互に連携することでさらに高度な事象の推定を実現できる。例えば電波センサーによる状況認識技術では、人の存在や活動の有無の認識から生体情報の推定、消費カロリー、睡眠状

態の推定などは、統計モデルの積み重ねにより高度化している。これらに用いる生のセンサーデータは基本的に同質であり、統計モデルの高度化だけで得られる情報の質を高めている。センシング系AI技術の真価は、ここにあると考えている。

以降に、これらセンシング系AI技術に関する研究開発事例の詳細を紹介する。

(1) 装着型加速度センサーによる行動認識

本技術は、加速度センサーを片腕に装着し、センサーから得られるデータの時間的変化に基づき人の行動の種類等を認識する技術である。

中央大学は、広い空間を扱える3次元モーションキャプチャーシステムを研究設備として備え、研究対象のセンサーデータと実際の体の動きであるモーションデータを同期して把握できる。加速度センサーのデータは1次元の時系列データだが、本設備を用いると人の動きに基づく空間上の動きや速さの分布として、モーションデータと比較できる。安価なセンサーや低速なサンプリング周期では、高精度な動きの軌跡の再現は難しいが、動きの特徴を抽出するには十分である。データの多面的な見方や統計モデルへの当てはめなど、大学での議論を通じて得られた数多くの知見が、行動認識技術の精度と安定性向上に大きく貢献している。

2010年度に約4ヵ月間、本技術をフィットネスクラブの運動種別を認識する実証実験（図1）に用いた¹⁾。実験における認識対象は、18種類の運動（各種カーディオ・ウェイトトレーニング・インターバル含む）の分類とそれに付随する運動ペースで、実験参加者へのサービスとして、認識結果から消費カロリー・運動バランス・種別毎の運動量などヘリアルタイムに変換し、運動履歴をSNS上に可視化（図2）するシステムを提供した。

実験の結果は、平均的には継続によるBMI (Body Mass Index) の改善が見られ、人によっては運動量と関係した顕著な体重減少などが確認できた。現在では、多くのベンダが腕などに装着するセンサーで同様の仕組みを提供しているが、本実験はその先駆的な事例であったと考えている。

この延長として、製造・保守現場での作業効率化への適用も試行した。上記と同様の仕組みを、作業員の行動把握に適用し、作業中の作業傾向や行動履歴を可視化した。OKIグループ内で毎年実施している保守作業のスキルを競うコンクールにて、実際の作業データを取得し分析したところ、熟練度合いと関連した行動傾向を確認できた。現場に多様なセンサーを組み込むことで生産性を上げていくIoT実現に向けて、人の行動や機械との協働の面での技術革新が期待できる成果となった。

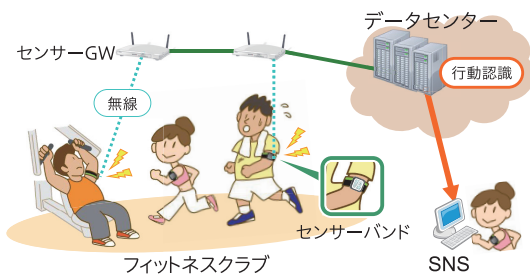


図1 フィットネスクラブでの実験イメージ

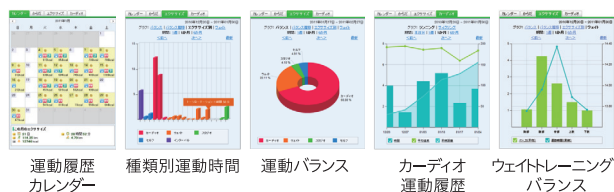


図2 運動履歴可視化例

(2) アクティブタグを用いた位置推定技術

本技術はToA (Time-of-Arrival) 方式に分類される電波の往復伝搬時間計測に基づくアクティブタグの位置推定技術である。ToA方式は、位置が固定の基地局を複数配置し、移動するタグと個々の基地局との距離を電波の往復伝搬時間により計測し、三辺測量の原理でタグの位置を求める。2000年ごろから、無線LANの電波強度分布に基づく測位方式が広まりはじめ、現在では無線LANアクセスポイントに基づく位置推定が主流となっているが、それらと比較してToA方式は厳密な距離の計測が可能であり、位置精度を高めやすいメリットがある。

しかし屋内環境でToA方式を用いる場合、壁などの電波反射の影響を受け、場合によっては位置の誤差に理論値の数倍～数十倍程度のばらつきを生じる。屋内では人の立ち位置がわかるレベルの測位精度が必要とされ、その精度改善のため、統計的アプローチを検討した。

ToA方式は、複数の基地局との距離値からタグの位置を計算するが、距離計測は電波の往復伝搬時間に基づくため高速である。人の位置推定用途であれば、計測の繰

返しにより多くの距離値を演算に利用でき、統計的に評価しやすい。本技術は、大学での議論の中で新たにロバスト推定の考え方を持ち込み、反復法により外れ値を排除しながら測位する異常な距離値の混入に強い方式となった。従来の最小二乗法に基づく推定と比べて実験時の平均で3～5割程度誤差が少なく、特にマルチパスの影響の強い壁際での精度に優れる安定的な方式である。

(3) 超高感度人感センサー技術

本技術は、歩行などの大きな動きから呼吸などの微細な動きまでを区別できる電波センサーを用いた人感センサー技術である^{2), 3)}。

少子高齢化にともない、高齢者の見守りや健康管理への関心が高まっているが、高齢者の行動把握に装着を前提とするセンシング技術の適用は難しい。例えばセンサーの装着を飽きずに継続できる人は、健康維持に対するモチベーションが高く自立している。モチベーションが低下しつつある人をどう見守るかが重要な課題と考えると、装着型では対応が難しい⁴⁾。

OKIは、非接触・全自動で高齢者のモチベーションによらず、在室時に自動で計測する技術として電波センサーに着目し、生活の妨げとならない天井付近から常時非接触にセンシングできる技術を開発した(図3)。本技術は、屋内外で利用可能な24GHz帯マイクロ波を採用した。

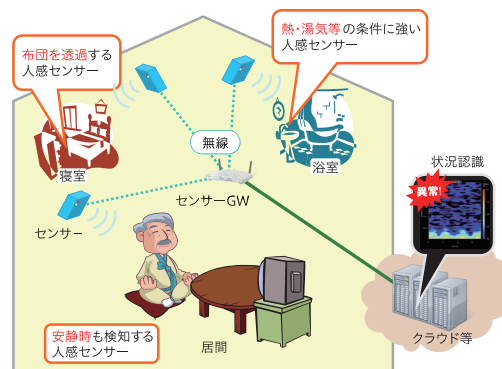


図3 電波型超高感度人感センサー

本技術の開発では、大学と共同で一般家庭を想定した大量の実験データの収集、物体の動きや揺らぎの違いに着目したデータ分析およびモデルを検討した。その結果、呼吸レベルの微細な動きと歩行レベルの大きな動きを区別して識別できる高感度な人感センサー技術を実現できた。

また、動きの識別だけでなく活動の度合いを数値として推定するモデルも開発した。推定量に消費カロリーに換算可能なメッツ (METs) を採用することで、従来の健康

管理指標をそのまま適用しやすくした。センサーデータとメッツの間の関係性のモデル定義は難しく、多次元で非線形なものとなるが、様々な活動状況に基づくセンサーの反応と、呼気ガス分析装置によるエネルギー消費量との関係性を大量に収集し分析した結果、実験では誤差1.5メッツ以下の精度で推定するモデルを実現できた。

(4) 生体センシング技術

本技術は、前記の人感センサー技術と同様の設置環境で、呼吸の把握や睡眠深度が推定できる技術である。電波による計測は完全非接触で、数メートル離れた人も計測できるため利便性が高く、高齢者見守りや睡眠の把握、体調管理などからのニーズも高い。

電波センサーから得られる呼吸の反応は、睡眠や安静中でも、生体として周期や振幅に揺らぎをもつ。電波センサーには、対象の動きの量が電波の半波長を超える／超えないで、大きく振る舞いを変える物理的な性質がある。人の呼吸の動きはちょうどその端境にあり、個人差や呼吸状態の変化により、センサーの反応が複雑に変化する。そのため呼吸の動きを推定するモデルは、電波と生体の両方の性質への理解が必要となる。それら性質を踏まえて開発したモデルは、単純なデータ解析から得られるモデル以上に高精度な呼吸が把握ができ、そこから呼吸周期の揺らぎに基づき睡眠深度を推定できる。

呼吸の動きのモデル化では、胸の動きに基づくセンサーの振る舞いを定式化し、そのパラメーター推定に粒子フィルタや回帰モデルの適用などを検討したが、より高い推定精度を達成するため、最近では深層学習モデルの適用を検討している。一般に、深層学習では大量のデータがあれば自動的にモデルができるとの考え方もあるが、よりよいモデルを構築するためには、学習データの分布把握からネットワークモデルの機能や学習過程に対する考察も重要となる。このような領域に統計的視点を加えながら、中央大学と共同で研究を推進している。

(5) 歩行センシング技術

道路交通での事故件数は減少傾向であるが、一方で、高齢者の死亡事故割合は、高齢化社会の進展にともなって高まっている⁵⁾。高齢者ドライバーの事故は、認知能力低下による判断遅延や見積りの甘さが原因とも言われている⁶⁾。

昼夜を問わず安全な運転を支援するため、近年、LiDAR (Light Detection and Ranging) やミリ波レーダー、カメラを用いた歩行者検知技術が自動車に搭載されてきている。歩行者を高度に検知するためには、人の認識と追尾による危険状況の判断が重要となるが、人の行動では

単独と群集での性質の違いの理解も必要となる。

OKIはLiDARや電波センサーを用いて、歩行者の行動を理解する技術を大学と共同で研究しており、動線・滞留分析や将来の交通安全に寄与する技術確立したいと考えている。

アナリティクス系AI技術

ビッグデータの活用が社会やビジネスを変革するといわれて久しい。近年では、デジタルトランスフォーメーションやIoTという考えが浸透し始め、あらゆるモノやコト(事象)がデジタルデータとして取得できるようになってきた。このように集められたビッグデータに基づいた予測が、人の経験や勘によるものにとって代わり、より素晴らしい生活や体験をもたらしてくれると期待されている。

しかしながら、ビッグデータから意味のある情報や知識を抽出することができなければ、せっかく集めたデータもゴミと同じであると文献⁷⁾に述べているように、ビッグデータから価値を引出す統計学(アナリティクス)の適用が重要となる。ここでは、OKIのビジネスで集められたデータとお客様の業務フローやサービス価値といった蓄積されたノウハウに加え、大学との連携の下にアナリティクス技術をいかに組み合わせるかを、議論を深めながらビジネスに活用した事例について簡単に紹介する。

(1) 部材需要予測技術の開発

OKIではATMやプリンターをはじめとした様々な機器を製造し世の中に提供している。これらの機器は様々な部品や消耗品から構成され、故障などの不具合が起こればすぐに修理・交換する必要があり、これを怠れば社会インフラやお客様のビジネスに影響を及ぼしてしまう。部材の適切な管理は重要であり、データに基づく需要予測技術の開発は、

- 部材の作り過ぎや買い過ぎを防止し過剰な在庫を抱えない
- 必要となる部材をあらかじめ見積り欠品を起こさずタイムリーに現場に供給する
- 費用を適切に見積りビジネスでの適切な判断を実施するといった効果をもたらすための必須技術である。

大学との連携により、OKIの保有する本体の出荷や部材の需要、機器のログデータを提供し、OKIの持つビジネス上の知見とポアソン過程やベイズ統計といった統計手法を組み合わせ、部材の需要が発生するメカニズムを様々な観点でモデリングした。そうすることで、より精度の高い予測技術を開発することができた(図4)。

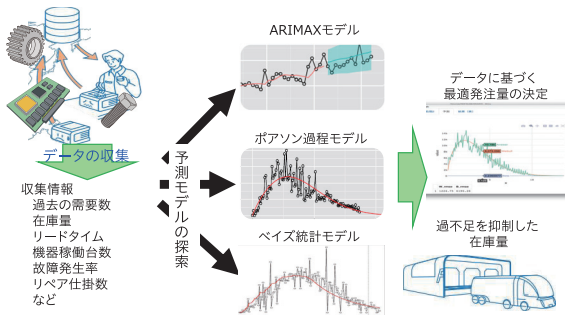


図4 ビッグデータと部材需要予測

(2) 時空間データからのアナリティクス技術

前節にも述べた通り、人の動きを捉えるセンシング系AIを用い、その時その場所の状況を捉えるデータを生み出すことができる。蓄積されたこれらのデータから人や物の動きを統計的にモデリングし、その流れが数十分～数時間後に確率的にどうなるのかという予測ができる技術を開発したいと考えており、混雑の回避やスムーズな流れを生出すためへの適用を考えている。

まとめ

OKIでは中央大学と2008年度から様々な社会的課題やビジネス的課題について連携した研究開発を進めてきた。継続的に強固な協力関係を築くことによって数多くの有用な成果を上げ、データ分析力の強化と人材育成も図ることができた。また大学の学生に対しても、統計学的アプローチで実社会のリアルな課題を解決する貴重な体験を提供できていると考えている。

今後もこのようなお互いに有益な協力関係を継続し、大学とOKIがうまく連携・補完し、技術進化と人材育成を継続的に進めていきたいと考えている。

謝辞

本共同研究への熱心なご指導とご協力をして頂きました中央大学 鎌倉稔成教授および同研究室 作村建紀助教に感謝いたします。また、実験およびデータ分析にご協力頂きました同研究室内の学生の方々に感謝いたします。◆◆

参考文献

1) 保田浩之 他：スマート社会実現のためのOKIのセンシング技術、OKIテクニカルレビュー第219号、Vol.79 No.1、p.12-15、2012年

2) プレスリリース 呼吸レベルの微細な動きを検知する超高感度人感センサー技術を開発、2012年10月9日

<http://www.oki.com/jp/press/2012/10/z12054.html>

3) プレスリリース 就寝時などの微細な呼吸レベルの動きも検知する「見守りシステム」を発売、2014年2月27日

4) 橘素子他：高齢者の「先回り見守り型」支援を実現する電波型超高感度人感センサー技術、OKIテクニカルレビュー第224号、Vol.81 No.2、pp.38-41、2014

5) 交通事故総合分析センター：高齢歩行者の横断中の事故、イタルデザインフォーメーションNo.118、2016

6) 交通事故総合分析センター：高齢運転者の出会い頭の事故を防ぐためには、イタルデザインフォーメーションNo.119、2016

7) 鎌倉稔成：ビッグデータと統計学、OKIテクニカルレビュー第224号、Vol.81 No.2、pp.4-7、2015

● 筆者紹介

平本美智代：Michiyo Hiramoto. 情報・技術本部 研究開発センター センシング技術研究開発部

前野蔵人：Kurato Maeno. 情報・技術本部 研究開発センター イノベーション推進室

竹内晃一：Koichi Takeuchi. 情報・技術本部 研究開発センター センシング技術研究開発部

伊加田恵志：Satoshi Ikada. 情報・技術本部 研究開発センター センシング技術研究開発部

TIP 【基本用語解説】

METs (Metabolic Equivalent)

身体活動におけるエネルギー消費量を座位安静時の代謝で割ったものである。

ポアソン過程

ある確率で発生するイベントにおいて、一定の時間内で発生する過程を指す。

ベイズ統計

ベイズの定理を基礎とした統計学で、ある結果事象の発生確率を想定し、観測データと組み合わせることによってその原因の確率を予測するための統計手法。この関係を用いることで、予測モデルのパラメータを推定することができる。

ARIMAX

時系列予測手法の1種。過去の予測データ系列との相関などを基に予測モデルを構築するARIMA（自己回帰和分移動平均）モデルに外的な説明変数を加えることができるように拡張したモデルである。