

鉄道における画像・予測技術

- 鉄道一般
- 車両
- 施設
- 電気
- 運転・輸送
- 防災
- 環境
- 人間科学
- 浮上式鉄道



鵜飼 正人
Masato Ukai
信号・情報技術研究部
画像・IT研究室 室長
[専門分野] 画像処理, 画像認識, 情報処理

老朽化した設備の維持管理や、労働人口減少を見据えた省力化は、鉄道事業者における重要課題となっています。こうした課題の解決策の一つとして、画像技術の活用が期待されています。鉄道における画像処理の応用についてはこれまでも紹介していますので、ここではAI(※参照)を活用した事例を中心に紹介します。とくに、今注目されている機械学習(※参照)や深層学習(※参照)に代表されるAI技術は、予測分野においても技術的ブレークスルーを果たすといわれていますので、ここでは機械学習の動向についても概観します。

はじめに

鉄道総研では、急速に高度化している画像・IT技術を有効に活用した研究成果を早期に創出するために、また、最近注目されているAI技術の活用に対する強いニーズに応えるため、画像・IT研究室を設置しました。

研究室では分野をまたいで多くの研究テーマに取り組んでいますが、とくに本号で紹介する画像関係のテーマを

重点課題として取り組んでいます。また、予測技術などのIT関連についても、今後の重要な基盤技術として取り組みを進めています。

ここでは画像と予測の二つの技術要素に焦点を当てて紹介します。

画像技術の鉄道への応用

画像技術については、近年、多くの鉄道分野で活用の動きがみられま

す。表1に、画像処理技術をすでに適用、あるいは適用が考えられる分野を示しますが、残存寸法や変形、位置ズレなど、画像から高精度な解析が期待できる事象への応用が報告されています。ここでは具体例として、画像・IT研究室での取り組み例を紹介します。

深層学習を用いたひび割れ検出

トンネル覆工面に発生するひび割れを自動的に検出する画像処理手法の開

表1 画像処理技術の活用対象

分類	活用対象	事象, 検知内容
構造物	トンネル, 高架橋	変状(状態)
電車線	トロリー線, ハンガーなどの架線金具	寸法, 位置, 変形
車両	パンタグラフ, 車輪形状	寸法, 変形
保線	軌道, まくらぎ, レール遊間, 継目板ボルト	変状(状態), 寸法
信号通信	信号設備	形状, 作動状態
その他	前方巡視	変化, 状態

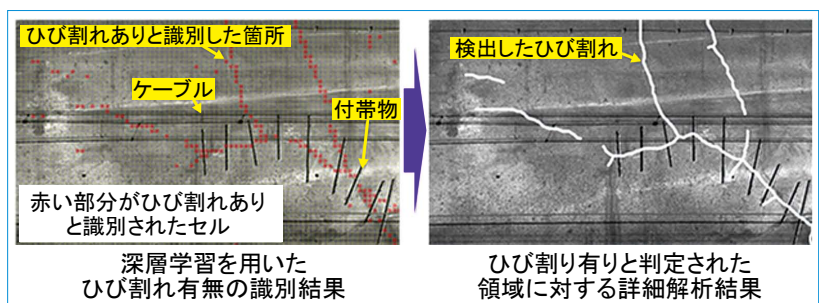


図1 深層学習を用いた実用的なひび割れ検出

AI

Artificial Intelligenceの略で、人工的に作られた人間のような知能、ないしは知的な振る舞いをさせようという取り組みやその技術です。究極には人を超えていくものも想像されています。またAIは、後述する機械学習や深層学習を包括する概念です。

機械学習

データから反復的に学習を行い、特徴を見つけ出しモデル化します。出来上がったモデル(識別器)に分析したいデータを入力すると、分類や予測結果が得られます。予め行わせる動作を人がプログラムする従来の手法とは異なり、コンピューターが自律的に法則やルールを見つけ出すのが大きな特徴です。

深層学習

人の脳の神経回路をモデルにしたニューラルネットワークの隠れ層を多層にしたディープニューラルネットワークによる機械学習の手法です。2012年に開催された画像認識のコンペティションで、深層学習が他の手法を圧倒して断トツの1位を獲得したことがブレイクのきっかけとなりました。

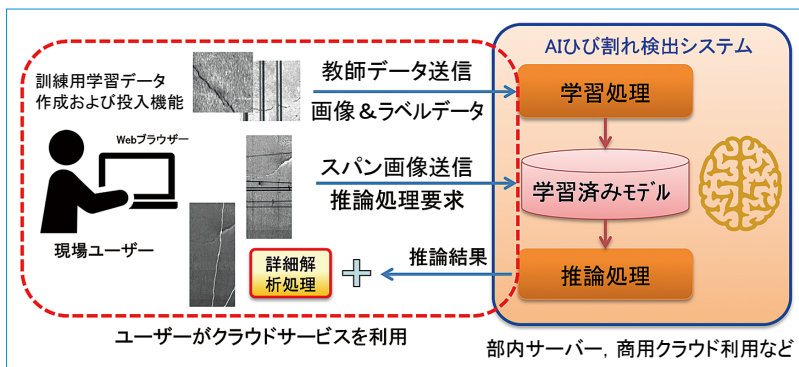


図2 クラウドサービスによるひび割れ検出の手順

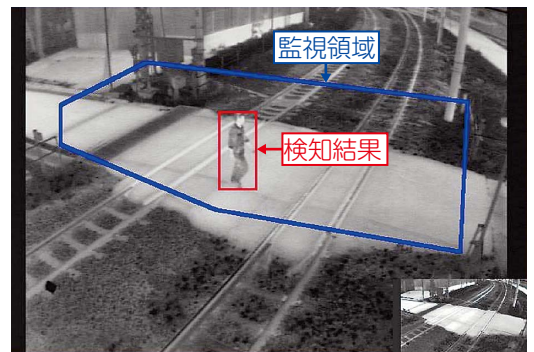


図3 画像処理による踏切異常検知装置

発を進めています。撮影画像の大部分はひび割れの無いきれいな覆工面とケーブルや目地などの地物が映った部分になります。これら大部分の領域を背景として正しく認識できればひび割れの誤抽出を減らすことができます。ノイズ除去を目的とした深層学習を適用したところ、識別器(機械学習参照)の正解率は90%以上となりました。さらに、ひび割れ有り判定された領域に対して、ひび割れの幅や長さなどを精度よく計測する実用的なひび割れ検出手法を開発しました¹⁾(図1)。

また、作成したひび割れ検知プログラムをWeb上から利用できるクラウドサービスを開発しました(図2)。訓練用学習(教師)データとは、AIを作るためにはコンピューターにトレーニングさせる必要があります、そのために用いるデータの事です。ラベルデータとは、トレーニングするにはその画像がどのクラスに属するかといった正解値が必要になりますが、その正解ラベルをさします。スパン画像とは、トンネル覆工面にコンクリートを打ち込む単位ごとに区切った画像の事です。推論処理とは、学習した知識をもとに未知の画像に対してひび割れ有無の判定結果を得る事です。詳細解析処理とは、ひび割れ有りの領域から最終的なひび割れ検出結果を出力する処理です。サービス利用者はトンネル覆工面の画像をクラウドにアップロードすることで、AIが1スパンあたり1分程度でひび割れを自動検出します。現在、正式版として



図4 深層学習を用いた画像によるホーム検知結果

リリースすべく、開発を進めています。
踏切異常検知装置の開発

踏切の安全性向上を目的として、遠赤外線カメラで踏切内の熱画像データを取得し、画像解析と機械学習により人を人として検知する装置の開発を進めています²⁾(図3)。

遠赤外線カメラを用いるため照明が不要で、通常の可視光カメラとは違い、雨や霧、影といった環境の影響を受けにくいという特長があります。カメラ映像を画像処理することで、対象の高さにかかわらず検知する手法のため、事故につながりやすい倒れた状態の人も検出できます。既存の障害物検知装置に人の検知機能を容易に付加できるうえ、大規模な設置工事なども必要としません。なにより「画像を記録として残すことができる」のは、画像処理方式の大きな特長です。

深層学習によるホーム検知

乗降ドアの誤開閉によりホームのない場所で扉が開くと、お客様が線路上に転落する可能性があります。そこで、乗務員のドア扱い支援を目的とし

て、車載カメラ映像から車両のどちら側にホームがあるかを検知する装置を開発しました。超音波センサーを用いたホーム検知装置が実用化されていますが、ホーム端部の状態に左右されることから、課題も残されています。ホームの形状や輝度などの特徴に着目してホーム側を判定する画像処理手法も検討しましたが、環境光の影響を受けやすく、検知性能に問題がありました。

そこで、ホームなし、左ホーム、右ホーム、両側ホームの4クラスに分類する識別器を深層学習を用いて作成しました。突発的な誤検知を防ぐために、前後の画像でホーム側が急激に変わることはない、ある画像の一コマで判定するのではなく、過去15コマの判定値の最頻値を最終的な判定結果としました。その結果、どちらにホームがあるかを正しく判別する正解率は99%と、深層学習適用の有効性が示されました³⁾(図4)。

運転士の視認支援装置

車両運転台や貫通路に大きな部材があると、運転士の視界が狭められます。そこで運転士の死角を減少させること

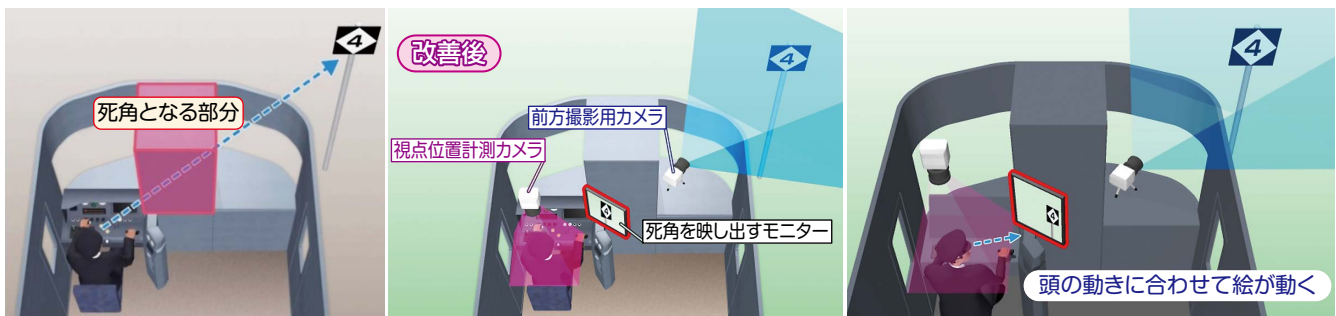


図5 死角となる運転台部材が透明化したイメージ

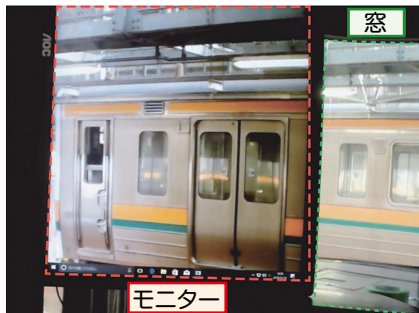


図6 死角部分を自然な見え方でモニターに表示した例

を目的として、最新の画像処理技術により、死角となって見えない車両外部の映像を運転士から見て自然な見え方でモニターなどに表示する視点変換手法を開発しました(図5)。死角領域の映像を運転席脇のモニターにスムーズに表示する装置を開発し、運転士から自然に見える視界が再現されることを現車試験で確認しました(図6)。本装置を視認支援装置として活用することにより、停止時に停止位置目標などの一部が死角で遮られることがなくなり、運転士の負担軽減に寄与します。

深層学習による戸挟み検知

車両側引戸の戸挟み事故減少に向けて、車両でもさまざまな対策がなされていますが、とくに、細い物、柔らかい物の挟み込みについてはその検知が難しいため、深層学習を用いた画像検知手法の開発を進めています。

乗車時、降車時、混雑時のさまざまな戸挟みシーンを想定して、列車のドアに物が挟まった状態(NG)と正常閉扉(OK)の映像を、側扉上部に取り付けたカメラで収録しました(図7)。学習に用いる画像は、戸先ゴム周辺が大

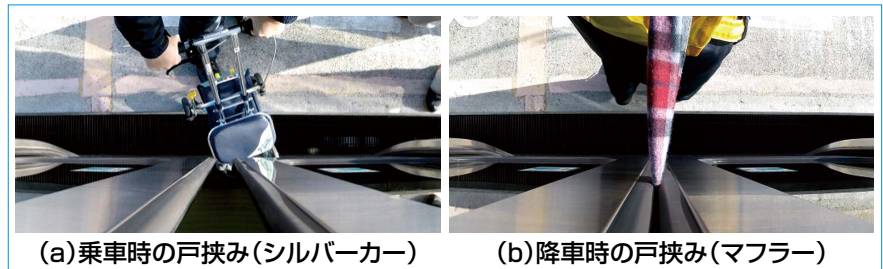


図7 実車での学習画像の収録

きくははっきり映っている必要がありますが、学習に有効な領域だけをマスクしたり(図8)、画像処理による前処理を適切に行うことで、認識性能や処理速度の向上が期待できます。これらの画像を読み込んで学習し、適切な前処理を組み合わせた結果、90%以上の認識精度を得ることができました(図9)。今後は、さまざまな天候・季節における映像、ホーム照明などの外乱光下での映像といった実用的なデータを収集し、認識精度の評価と再学習を実施する予定です。

予測技術の鉄道への応用

異常検知や状態把握以上に「予測」はチャレンジングなテーマで、この技術を確立することは簡単ではありません。本号の特集記事に掲載されているように、防災、車両、電気などの各鉄道分野では、さまざまな手法を用いて、異常現象や寿命などを予測する技術の研究開発が進められています。以下では予測技術について、もう少し広い視点で概観したいと思います。

機械学習と予測技術

機械学習は予測分野においても技術

的ブレークスルーを果たすといわれていますので、ここでは機械学習について概説します。

機械学習は大きく分けて「教師あり学習」と「教師なし学習」に分けられます。教師あり学習とは、大量の入力データと正解データを投入することでコンピューター自身が入力データの特徴を読み取り、正解データを学習します。教師なし学習とは教師あり学習と異なり、正解データが与えられていません。入力データのみからデータをグループ化し解釈する学習方法です。教師あり学習はさらに「分類」と「回帰」に分けられます。分類とは、画像で言えば、データを与えた場合にそれがネコの写真なのか、イヌの写真なのかのカテゴリを予測します。回帰とは、気温や株価予測というような、数値を推定する場合に使用されます。よって教師あり学習の回帰分析は、予測問題に応用される典型的な手法の一つといえます。

予測・推定へのICTの活用

予測技術はとくに、状態基準保全を実現するためには不可欠な技術ですので、今後その必要性は高まるものと思われます。シミュレーションによる予測

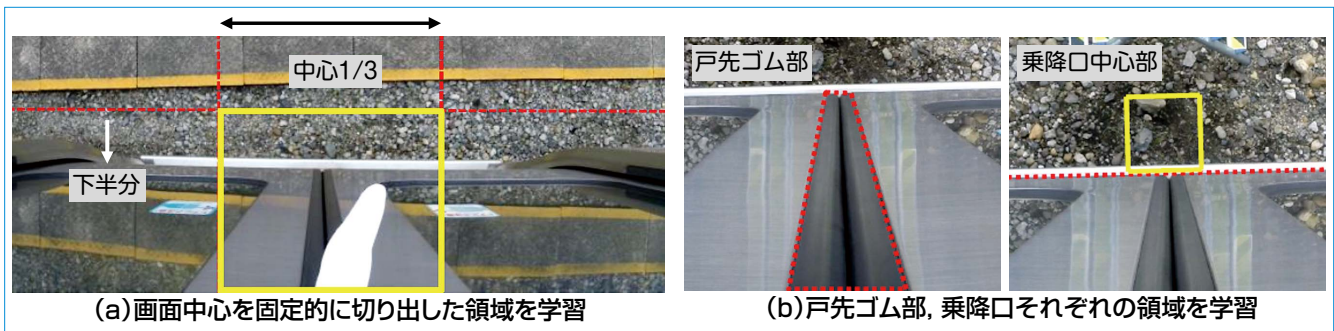


図8 最適な学習画像の検討

技術は鉄道総研でも取り組みが進められています。ここでは実測による予測・推定技術について、一例を紹介します。

「振動による駆動用機器の状態監視法の開発」⁴⁾では、車載の振動センサーでとらえた機器の振動を車上の状態監視装置で分析し、機械学習の考え方を適用した診断プログラムにより異常を検知するもので、過去の異常時の振動データと比較を行うことで、異常の種類を推定することもできます。

軌道分野では、軌道変位の予測にベイズ推定(☞参照)を用いた手法が開発されています⁵⁾。大量の学習データを必要とする深層学習に対して、ベイズ推定は少ないデータであっても比較的精度の高い予測式を作ることが可能です。

運転分野では、「車内が暑い」などお客様から寄せられる声や、車両の不具合情報などの大量の文書情報から、指摘された車両を特定し、不具合箇所を推定する研究を進めています。最終的な目標は「お客様の車内快適性向上」ですが、そのステップとして、形態素解析(☞参照)により文章の内容を認

☞ ベイズ推定

観測された事象から、推定したい原因事象を確率的な意味で推論することをさし、事前情報を推定に使うという点が特徴です。

☞ 形態素解析

自然言語のテキストデータ(文章)から、「冷房」や「暑い」といった単語の品詞などの情報に基づいて文章を分解して内容を判断するもので、自然言語処理の一過程として行われる。

識して、カテゴリ毎に文章を自動分類する機械学習手法を開発しています。

予測への適用の課題

異常を検知し、状態を把握するフェーズから予測のフェーズに進むためには、①異常や劣化の発生メカニズムの解明、②どんなセンシングデータが正しい予兆をとらえているかを把握する技術、③異常を含む大量の測定データから故障の予兆をとらえる技術などが必要となります。

①については、たとえば電子機器のように、突発的に発生する故障に対して、発生メカニズムはわかっても、センシングできるデータから予兆を見つけたり、予測することは非常に難しいです。このような場合の予測技術には、機械学習などの新しい手法の適用が期待されます。③についても、近年色々な手法が報告されています。それに対し、②の「どのようなデータを取得すれば予兆を把握できるのか」、「どこからそのデータをとればよいのか」といった問題は、他の産業分野でも課題としてあげられています。

近年、車両や設備に各種センサーを取り付け、色々な種類のデータを取得できるようになってきましたが、取得したあらゆるデータを学習すれば良い予測モデルができるというものではありません。故障や劣化に相関性のある指標をいかに組み合わせるかについては、現時点では、熟練者の知見や人手をもとに検討を繰り返す必要があります。

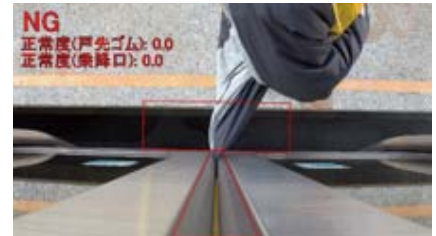


図9 薄い物体(衣類)の検知例

おわりに

画像および予測技術について、AI技術に焦点を当てて、鉄道総研での最近の取り組みを紹介しました。

近年、AIを実現する技術の代名詞となっている機械学習は、画像認識や予測手法の分野で著しい進化を遂げています。しかしながらAIは万能ではありませんので、その能力を見極め、相性のよい分野に導入していくというスタンスで、研究開発に取り組んでいきたいと考えています。[RRR]

文献

- 1) 鷓飼正人：深層学習を用いたトンネル覆工面のひび割れ検出手法の開発, 鉄道総研報告, Vol.32, No.5, pp.5-10, 2018
- 2) 中曽根隆太, 新井英樹, 長峯望, 電本ジヨ, 大森達也：遠赤外線画像を用いた踏切障害物検知装置の開発, 平成30年電気学会全国大会講演論文集, pp.344-345, 2018
- 3) 鷓飼正人, 田中斗志貴, 菅原章博, 安田光範：深層学習を用いたホーム検知方法の提案, 第24回鉄道技術・政策連合シンポジウム(J-RAIL2017), S5-1-5, 2017
- 4) 西谷幸祐, 近藤稔, 高重達郎, 片岡祐太, 野口敬太：振動による駆動機器用状態監視システムの営業列車への適用, 鉄道総研報告, Vol.32, No.8, pp.23-28, 2018
- 5) 村本勝己：省力化を目指す高度メンテナンス, RRR, Vol.76, No.1, pp.16-19, 2019