

ノーフォーク・サザン鉄道、マシンビジョンシステムで走行中の鉄道車両を検査

リンダ・ウィルソン

この鉄道会社は、研究機関のジョージアテック・リサーチ・インスティテュートと協力して、AIと高解像度の高速カメラを組み合わせることにより、ビジョンシステムを開発した。

米ノーフォーク・サザン鉄道 (Norfolk Southern Railway) は、走行列車の欠陥を検出することを目的に、列車検査ポータルを米国の線路上に構築している。

この検査プロジェクトでこの鉄道会社と協力しているのが、米ジョージアテック・リサーチ・インスティテュート (Georgia Tech Research Institute: GTRI) である。

このポータルは、高解像度カメラ、スタジアム照明、AIアルゴリズムを組み合わせて、最大毎時60マイル (約96.6km) で走行する列車の画像を撮影し、解析する。すべてのコンポーネントが、線路脇に配置されたトンネル型の

の鋼鉄構造物の中に設置されている。

2基の検査ポータルが2023年に、オハイオ州リートニアの隣接する線路に設置された。2023年2月に列車が脱線し、有害化学物質が流出した現場のほど近くである。列車はおよそ1時間に一度の間隔で、この新しい検査ポータルを通過する。

ノーフォーク・サザン鉄道は、12基の自動ポータルを2024年末までに設置する計画で、その目的は、人間の検査員を置き換えることではなく補強することにある。

「人間による検査は、専門の職員が鉄道網のさまざまな地点で列車の端か

ら端まで歩き、欠陥がないかを観察することによって行われる。想像できるように、この作業は時間がかかり、天候などの制御不能な条件に左右される場合がある」と、ノーフォーク・サザン鉄道の首席データサイエンティストを務めるマビー・アムイ氏 (Mabby Amouie) は述べた。

耐候性に加えて、この自動システムは、人間では発見が難しいかもしれない潜在的な問題に関する情報を、鉄道会社に提供する。「自動検査ポータルの1つの利点は、走行中の列車を検査できることだ。走行車両には応力がかかり、静止時にはわからない欠陥が露呈する可能性がある」と、GTRIのシニアリサーチサイエンティストであるコリン・アシャー氏 (Colin Usher) は述べた。

ノーフォーク・サザン鉄道は、さまざまな種類の欠陥を検出したいと考えている。「列車はあれほど大きいのに、すべてが適切に機能するように保っているのは意外にも、さまざまな場所に配置された比較的小さなボルトとコッターピンだ。加えて、はしごなどの安全設備が破損していないかどうかを検査される。最後に、ハッチやドアが開いているかなどの項目も検査される」と、アシャー氏は説明した。

マシンビジョンとAI

GTRIのエンジニアが、新しい検査ポータルのハードウェア構成を設計し、ノーフォーク・サザン鉄道の従業員が、AI対応の検査アルゴリズムを開発した。



図1 列車検査ポータルは、高解像度カメラ、スタジアム照明、AIアルゴリズムを組み合わせて、最大毎時60マイルで走行する列車の画像を撮影し、解析する (本稿の図はすべてノーフォーク・サザン鉄道提供)

このシステムでは、線路の高さに上向きに設置されているものなど、38基のカメラをさまざまな角度で戦略的に配置することにより、各鉄道車両の特定のポイントを撮影する。

カメラには、エリアスキャンとラインスキャンの両方のモデルが含まれており、その組み合わせによって、1台の鉄道車両につき約1000枚の画像が生成されて、各車両の360°ビューが生成される。

カメラとレンズは、保護筐体の中に配置されて、トンネル構造物の側面に取り付けられたアームに設置されている。

スタジアム照明は、トンネル筐体の中の側面と上面に沿って配置されている。「最大時速60マイルで走行する列車の明瞭な画像を撮影するには、非常に高速なシャッター速度が必要で、そのためには、大量の光で列車を照らす必要がある」とアシャー氏は述べた。

近づく列車の存在とその速度を検出するセンサが、この処理全体をトリガする。GTRIが開発したソフトウェアは、速度に基づいて各カメラが画像を撮影するタイミングと照明を点灯するタイミングを計算する。カメラはマイクロ秒単位で同期している。「重要なコンポーネントの画像のみが撮影され、欠陥の特定に重要ではない、列車のその他の部分は撮影されない。これによって、画像取得が最適化され、コンピュータシステムの容量が節約される」とアシャー氏は述べた。

容量をさらに節約するために、画像データは圧縮される。

AI対応アルゴリズムが、画像データをオンサイトで解析し、欠陥の有無を判定する。数分以内に結果がノーフォーク・サザン鉄道のネットワーク運用センターに送信され、そこで内容領域専門家 (Subject Matter Expert : SME)



図2 カメラは、線路の高さに上向きに設置されているものなど、さまざまな角度で戦略的に配置されている

によるデータの確認が行われる。重大な欠陥は、次の操車場で保守を行うように列車をスケジューリングするか、問題が深刻な場合は直ちに停車させるなど、即座に対応するように、AIソフトウェアによってフラグ付けされる。

ノーフォーク・サザン鉄道の検査アルゴリズムは「検出率が非常に高い上に、誤報率は非常に低い」と、アマイ氏は付け加えた。

マシンビジョンの設計課題

アシャー氏によると、同チームはこのシステムの設計において数多くの障害を乗り越えたという。

「データスループット、処理時間、ストレージの課題に遭遇した。画像をかなり圧縮した後でも、列車1台あたりのデータ量は平均で300ギガバイトにもなる」とアシャー氏は述べた。

この問題を解決するために、「データセンターで使われるようなエンタープライズシステムを使用して、データと処理要件を管理している」とアシャー氏は続けた。複数のエンタープライズレベルのコンピュータが、各検査ポータル電源キャビネットの中に配置されている。



図3 カメラとレンズは、保護筐体の中に配置されて、スイングアームに設置されている

もう1つの課題は、カメラ、レンズ、照明などのコンポーネントを、屋外の天候や通過列車による振動から保護することだった。

例えば、筐体は鋼鉄できていて、コンポーネントを悪天候から保護するだけでなく、イメージングセンサに対する直射日光も遮断して「画像にブルームが生じないようにする」とアシャー氏は述べた。

同様に、スタジアム照明は屋外環境に耐えられるように設計されている。

鉄道業界で使われている他のものと比べた場合のこの列車検査システムの特長は何かと尋ねたところ、アシャー氏は、「このシステムは、他のシステムには見られないような、鉄道車両とコンポーネントの数多くのカメラアングルとビューを追加する。また、より高解像度で高速なカメラを使用し、エリアスキャンとラインスキャンのカメラを組み合わせることで、コンポーネントの包括的なビューを生成し、特定の種類の欠陥を観測できるようにする」と答えた。