

画像の動きベクトルを用いた 列車前方障害物検出

道路交通の分野では、ITSの要素技術の一つである車載画像処理技術を利用して、前方車両との衝突防止や、前方の歩行者を実時間で認識するシステムが報告されています。鉄道においても、高度な視覚機能の実現が期待できる画像認識を応用した前方監視システムの研究を進めています。

前方物体を検知する代表的な方法として、距離センサやステレオ視といった距離情報を用いる手法があります。距離センサは、センサから物体までの距離や位置を知ることができますが、駅ホームのように人が複雑な動きをする場合に、異常か否かを距離の情報だけから判断するのは難しいと言えます。また、ステレオ視では、距離精度を上げるためには2台のカメラの視差を大きくとる必要がありますが、離しすぎると監視領域が狭くなるうえ、装置が大型化するなどの問題があります。

上記課題を解決するために本特許では、単眼の車載カメラで撮影される時系列画像に正則化手法を用いた画像処理を施し、画素毎に観測される動きベクトルを解析し、方向と速度を基に選別することによって、列車前方に危険な移動物体が存在することを検知する手法を考案しました。

物体の動きや、列車（観測者）の進行に伴い、画像中の輝度が見かけ上変化します。この変化を画像中の各点に速度ベクトルとして対応させたものが動きベクトルです（図1）。動きベクトルを延長した直線による交点をFOE（Focus of Expansion, 消失点）と呼びます。異常のない状況では、FOEから放射状に広がる速度ベクトルが主に観測されます（図2）。一方、ホーム端から線路内へ向かう動きを示すホーム転落者の場合、観測される動きベクトルはFOEには収束しません。このことを利用して背景領域の動きベクトルとホーム転落者の動きベクトルを分離することを考えました。

具体的には、列車の進行方向前方に仮定されるFOEを中心にして、XY軸により分割された4つの領域を定義します。第Ⅰ領域と第Ⅳ領域の境界のY軸を 0° とし、かつ時計方向の角度を正方向とした場合、通常観測される速度ベクトルは、第Ⅰ領域では 0° から 90° の角度幅に、第Ⅱ領域では 90° から 180° 、第Ⅲ領域では 180° から 270° 、そして第Ⅳ領域では 270° から 360° の範囲に限定されます。転落の可能性のある乗客は、線路進行方向に対して直角な方向にある速度以上で進入するものとします。例えば、第Ⅰ領域及び第Ⅳ領域にホーム端が映る線路画像では、図3に示す、2つの赤い実線矢印で挟まれた範囲内の動きベクトルを有する物体が危険であると判断します。即ち、第Ⅰ領域においては $(\theta_1 - \theta_2)$ の角度幅 α 、第Ⅳ領域においては $(\theta_3 - \theta_4)$ の角度幅 β の範囲内の動きベクトルが観測された場合、

転落の可能性のある“候補”物体とします。最終的に物体の移動速度を表す動きベクトルの大きさと、当該動きベクトルのFOEへの収束状況から、危険な移動物体であると判断します（図4）。

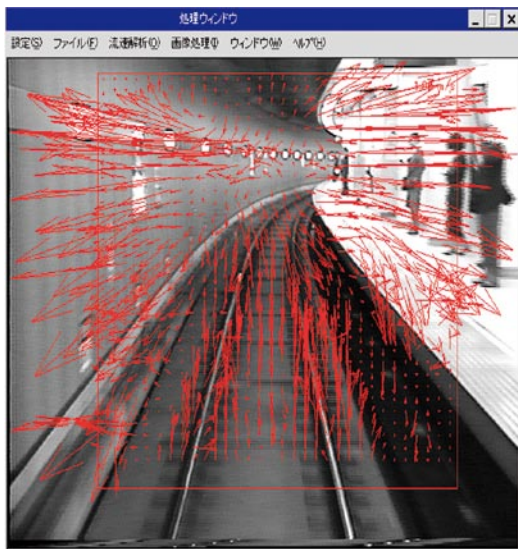


図1 車載カメラから観測される動きベクトルの例

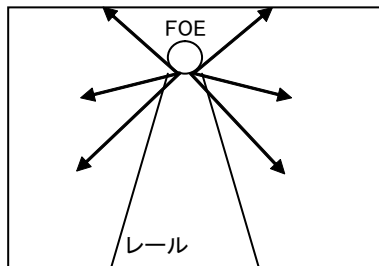


図2 FOEから放射状に発散する動きベクトル

前方監視は大別すると、車上監視型と地上監視型に分けられます。地上監視型は、センサを静的な状態で使用できるので、車上監視型に比べ一般的に信頼性の高い監視が期待できます。さらに、監視すべき箇所が特定される場合や、見通しの利かない曲線区間などは、地上監視方式の方が望ましいといったことが言えますが、逆にカメラが監視している箇所ではしか異常を検知できない、地上車上間通信を必要とするなどの問題があります。一方車上監視型は、地上設備が不要ことから、コスト面や保守面で有利なうえ、監視結果を車両制御系に即座に反映できるという特長があります。車上監視型前方監視システムに求められる最も重要な機能は、ホーム転落者も含めた前方障害物検知であると考えたのが、この発明のきっかけです。

本発明は装置という名称になっていますが、中心は物体認識手法、いわゆる画像処理アルゴリズム（プログラム）になります。進行方向を監視する車載カメラで得られる時系列画像を処理して、ホームからの乗客の転落など、列車前方の異常を検出する基幹技術として、特徴ある動きに着目した認識手法を考案しました。

車載カメラを用いた画像認識システムを構築する際のハードルの一つに、実時間処理の問題があります。高度な画像認識を行おうとすると、その計算負荷の高さがネックとなり、実時間で処理がなかなか実現できませんでした。

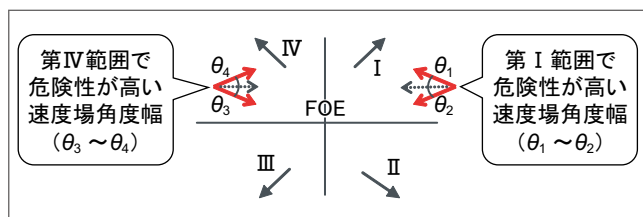


図3 分割領域に応じた動きベクトルの判定

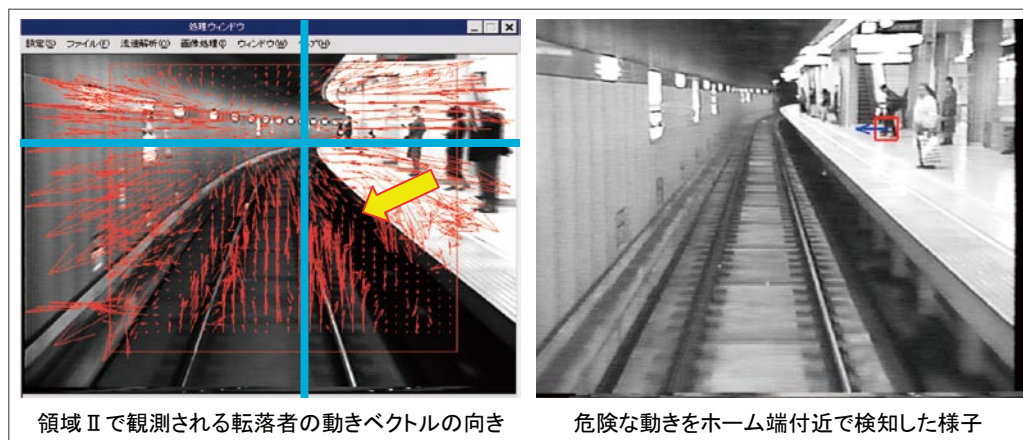


図4 動きベクトルの画像処理結果と検知例

《権利メモ》

発明の名称：オプティカルフローを利用した列車前方異常検出装置

概要：勾配法オプティカルフロー計算により、特定方向に速度場を持つ物体を高速に検出するアルゴリズムに関する発明。

出願番号：特願2000-394049 (2000.12.26)

公開番号：特開2002-197445 (2002.7.12)

登録番号：特許第3888055号 (2006.12.8)

総研発明者：鵜飼 正人

共有権利者：(株)シー・イー・デー・システム

ところが、近年の高機能・高性能CPUを用いた計算機や、GPU (Graphics Processing Unit) を活用したGPGPU (General Purpose computing on GPU) 技術の出現により、処理速度が格段に向上し、実時間処理の可能性を拓きました。計算機の進歩が、新しい手法やアイデアの発見を促すことになるにとっても過言ではないように思います。

最後に、鉄道分野において、画像処理技術を応用した監視系の実用システムを構築しようとした場合、「遠距離目標検知性能」「全天候性」などの点も、重要な要求事項となります。画像センサにはこれらの点で弱点もあり、各種センサにもそれぞれ性能項目に関し利点・欠点があります。すなわち、簡単には実現できない要求事項を満足する鉄道監視システムを構築するためには、センサの高性能化と、それらセンサの利点を相補的に組み合わせた複合センサシステムの研究開発が有効であると考えます。

我々は本発明の普及を図ると共に、鉄道安全に寄与する、実用的な画像処理システムの構築をめざしてゆきたいと考えています。

(信号通信技術研究部 信号 鵜飼正人)

※記事に関するお問合せ先
情報管理部(知的財産)
NTT: 042-573-7220
J R: 053-7220