

No.10

鉄道の自動運転 - 自動車の要素技術の活用 -

「鉄道トレンドウォッチング」第10回では、運転動作不要で車両を走行させる自動運転技術、および運転手不在で走行させる無人運転技術に着目し、鉄道との関係について解説します。

■ 鉄道の自動運転の歴史と特徴

鉄道では古くから自動運転に取り組まれています。試験や期間を限定した運用では、名古屋市の地下鉄で1960

年から1年半の間、列車の停止に加え、加速も自動化したATO（自動列車運転装置）がテストされたほか、いくつかの地下鉄でも試験が行われました。1970年の大阪万国博モノレールでも、およそ半年間運用されました。

営業路線での自動運転は、運転士が乗務するATOがロンドン地下鉄で1968年に導入され、日本でも1976年6月に札幌市の地下鉄東西線（ゴム

タイヤ走行）および1977年3月に神戸市の地下鉄西神・山手線（鉄車輪走行）にて行われています。無人運転は、1981年2月に神戸新交通ではじまっています（**図1**）。海外での鉄道の無人運転は、日本の新交通システムとヨーロッパの2つのメーカーのシステム（**図2**に例示）が主流となっています。

鉄道の無人運転では、一般に、障害物が入り込まないように、高架もしくはトンネルで区画された走行路を走ります。駅でも同様に、天井まで届く仕切りとホームドア（フルスクリーンドア）を設け、人や物が車両に触れないようにする例が多くなっています（**図3**）。

■ 自動車の自動運転システム

最近では自動車の自動運転が話題になっています（**図4**に例示）。自動車を自動運転化することによって、安全性を高めたり、運転手不足を補ったり、交通の不便な地域を活性化したりすることが期待されています。

自動車の自動運転システムでは、障害物の有無や車線などの道路状況と、「目的地はどこか」「どの交差点で曲がるか」といった行動計画の情報が制御装置に送られます。制御装置はそれらの情報をもとに判断し、ハンドル・アクセル・ブレーキに指示を送ります。

自動運転自動車で用いられるセン



図1 無人運転の鉄道：神戸新交通ポートアイランド線（提供：神戸市）



図3 駅のホームドア：新豊洲駅（提供：ゆりかもめ）



図2 フランスの空港での無人運転（撮影：森口将之）



図4 自動運転自動車の例（提供：金沢大学）

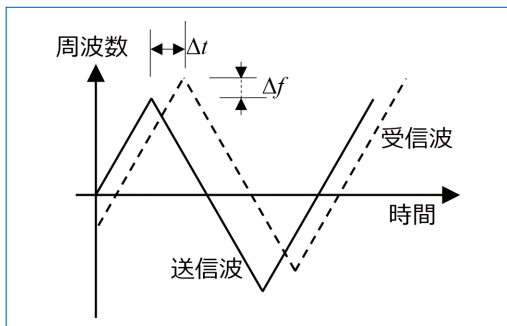


図5 電波レーダー (FM-RADAR) の仕組み

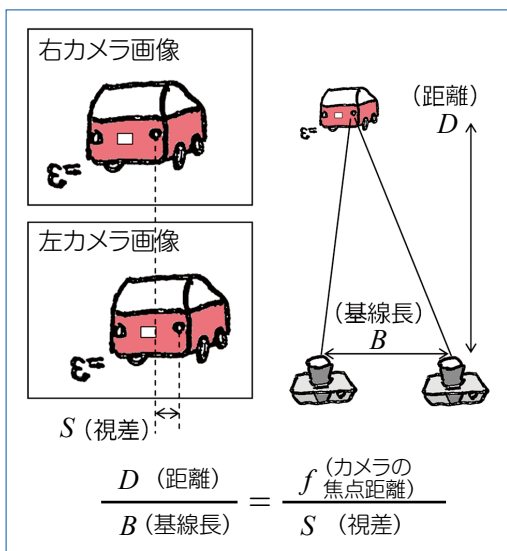


図6 ステレオカメラの仕組み

サーのうち、LiDAR (ライダー) とよばれているセンサーは、レーザー発光器により対象物にレーザーを照射し、反射される光を計測して、往復に掛かった光の飛行時間から距離を計算します。このようにして対象物までの距離を求める方法を、TOF (Time of Flight) 方式とよびます。センサー自身がレーザー光を発するので、反射光が検知できる範囲において、暗闇でも距離を測ることができます。

電波レーダー (FM-RADAR, 図5) は、周波数変調した送信波を受信波と比較する仕組みです。遅延時間 (Δt) により物体までの距離を、周波数差 (Δf) により物体との相対速度をそれぞれ測定することができます。空間分解能が低いものの、長距離を測定できる強みがあります。

人間の眼と同様、2台のカメラを用

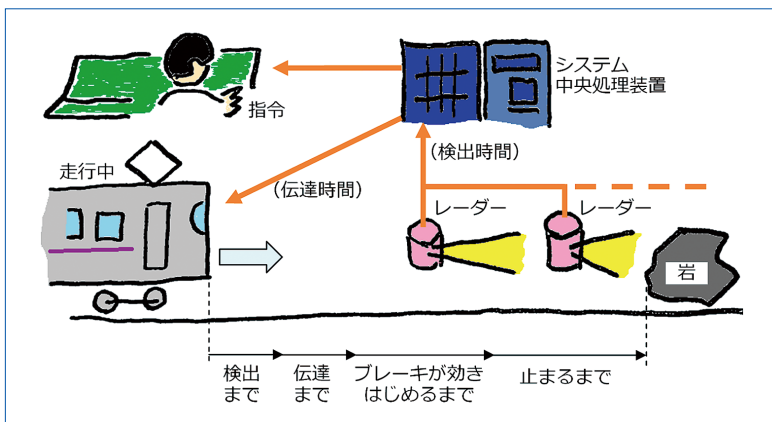


図7 列車が停止するまでの走行距離の確保 (イメージ)

いて物体までの距離を測る方法は、ステレオカメラ方式とよべます。左右の画像のマッチングにより視差 S を算出し、焦点距離 f とカメラの間隔 B (基線長) を使って距離 D を計算します (図6)。暗闇や直射日光を受けた場合など、鮮明な画像が得られない場合の測定に難がありますが、安価できめ細かい空間分解能での測定が可能です。

センサーのデータは制御装置で処理されます。測定の精度向上や距離以外の情報の獲得のため、種類が違うセンサーの情報を組み合わせる技術は、センサーフュージョンとよべます。また、周囲の物体までの距離情報と全球測位衛星システム (GNSS) などにより得た現在位置は、3次元の地図上で合成されます。建物や標識などの動かないもの (静的情報) をベースに、車線規制などの一時的な情報 (動的情報) も重ねあわせた3次元地図は、ダイナミックマップとよべます。

自動車の自動運転では、これらの情報をもとに、歩行者を避けてどちらにハンドルを切るか、近づいてくる自動車に衝突せずにどのタイミングでアクセルを踏むか、といった高度な判断を行い、運転動作を行います。

■ 鉄道の無人運転に向けて

国内における鉄道の無人運転では、現状では高架橋やトンネルなどの建設が必要になります。駅設備についても、フルスクリーンドアではなく胸までの高さのホーム柵であっても、一駅あたり数億円の設置費用が必要といわれています。

また、鉄道は自動車と違い、高速走行状態から安全に停止するまでに、自動車の何倍もの距離を走ります。鉄道の無人運転では、こうした制約への対応が必要になります。対応策として、停止に必要な距離を確保するように、線路沿線に複数のセンサーを置き、障害物を検知する試みも行われています (図7)。

自動運転の自動車は自ら道路状況を判断し、どこへでも好きなところへ連れて行ってくれる期待がありますが、鉄道は一度に大量の人や物を運ぶのに有利で、線路以外の場所にはみ出さず、決められた時刻どおりに走ってくれる安心感があります。無人運転によって、鉄道のメリットをもっと活用できるようになるかもしれません。自動車の自動運転技術が進展するなか、鉄道では駅のホームや運転台からの安全確認の補助として自動車の自動運転技術を使いつつ、鉄道の無人運転化に向けた取り組みが続けられるものと思われます。

(大屋戸理明/企画室 戦略調査)