



## 軌道・構造物 軌道の不等沈下低減のためのスタビライジング・ユニットの最適制御

*Optimierte Regelung von Gleisstabilisieraggregaten zur Reduktion irregulärer Setzungen*

Bernhard Lichtberger ; System7 railsupport 社, オーストリア

Der Eisenbahningenieur Vol.75 No.9 (2024-9) pp.66-70 独語

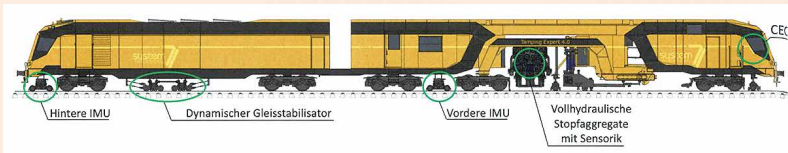
軌道のタンピング後にスタビライザーを用いることにより道床横抵抗力が増加し、座屈安定性が向上する。しかしながらスタビライザーによる作業は軌道の不等沈下を誘発し、高低変位が増大する。最適化されたフィード・フォワード制御によりこのような不等沈下を大幅に改善することが可能となる。このために用いる制御回路ではタンピングによる扛上量とともに、作業に伴うバラストの挙動と不均一な残留変位を考慮することによりスタビライジング後の最適結果を得ることができる。この制御付きスタビライジングユニット (KSA) は既知のパラメーターから沈下量を予測し、可能な限り均一な沈下を実現するために加振周波数と垂直荷重を制御し、高低変位の増大を最小限に抑えるようにコントロールされる。油圧式のタンピング装置は、バラスト層の硬さ、圧縮力、剛性などをセンサーで測定し、これらの特性を制御回路に組み込み、スタビライザーの制御変数を算出する。沈下が大きすぎる場合はスタビライザーの荷重と周波数を減少させ、沈下が少ない場合はこれを増加させる。こうして作業範囲全長にわたって一定の沈下量が維持されるように制御される。



制御付きスタビライジングユニット (KSA)

《出典 Der Eisenbahningenieur》

連続タンピングロボット 4.0 は完全に自動化されていて、自律作業の準備段階を満たしており、完全油圧式タンピング駆動によりバラスト道床の特性を測定することができる、とされている。新しい特徴として、分岐器内の2つのまくらぎを同時にタンピングすることができることが挙げられていて、分岐器のタンピングにおける柔軟性と速度の大幅な向上が期待されている。



ダイナミック・スタビライザー付き連続タンピングロボット 4.0

《出典 Der Eisenbahningenieur》

## 軌道・構造物 DB Systemtechnik社のインフラ連続モニタリング

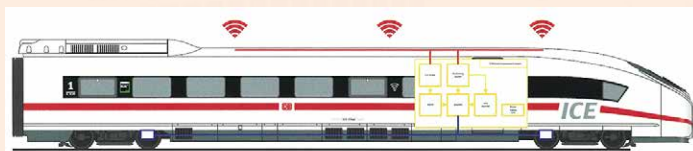
*Continuous Infrastructure Monitoring der DB Systemtechnik*

Jörg Heland ; DB Systemtechnik 社, ドイツ / 他

Der Eisenbahningenieur Vol.75 No.9 (2024-9) pp.50-53 独語

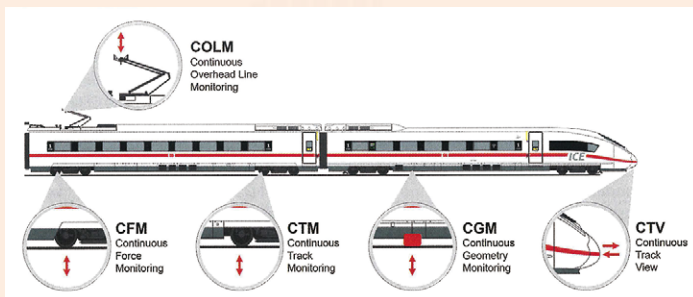
昨今、鉄道分野ではインフラ保守を支えるモニタリングが世界的なトレンドになっている。熟練者不足、デジタル化およびコスト節約がその原動力である。背景には地球温暖化対策の目標を優先的に遵守し、鉄道のような資源節約型輸送手段への切り替えおよびそれに伴って鉄道インフラの可用性を引き上げる必然的な要請がある。輸送需要の増加にインフラの整備が追いつかないのでその保守に支障が予想される。また線路閉鎖を伴う保守の作業時間は短くせざるをえないので人手のかからない保守方法に置き換える必要がある。このような事情がインフラ事業者これまで通常使われていた時間ベースの保守検査を統合し、最新の保守プロセスに向かう柔軟なソリューションとして連続モニタリングシステム構築を促進させている。

CTM (連続軌道モニタリング) は単一の測定システムおよび CIM (連続インフラモニタリング) の要素として長距離列車に導入され、架線測定などほかの測定システムのベースとしても使用できる。また、システム全体のコストを削減するためには、車両にケーブル敷設用の空の導管、車両屋根上のアンテナへのアクセスなど、測定システム装備の事前準備をしておくことが望ましいとされている。



長距離輸送営業列車の統合測定システム CTM2.0 (連続軌道モニタリング) の概念図

《出典 Der Eisenbahningenieur》



営業列車で連続インフラモニタリングが実現可能な要素 (架線、軸重、軌道、地形、先頭眺望)

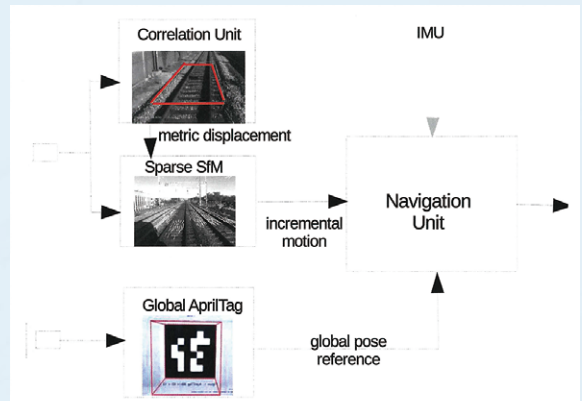
《出典 Der Eisenbahningenieur》

*Visuelle Detektion beliebiger Hindernisse im Gleisbett mit skalierbarer Empfindlichkeit für ATO*

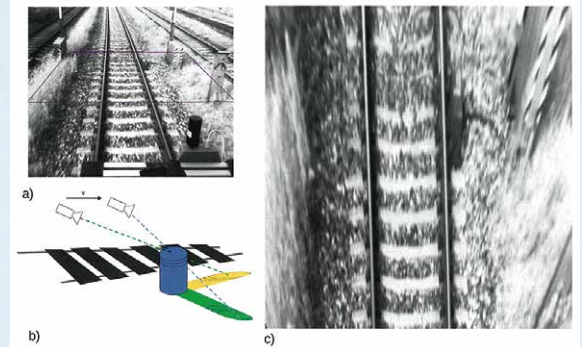
Daniele Capriotti : M2C ExpertControl 社, ドイツ / 他  
 SIGNAL+DRAHT Vol.116 No.9 (2024-9) pp.58-66 独語 / 英語

鉄道技術の自動化が進み、特に現在の ATO アプローチでは幹線列車の場合、線路上の障害物の自動検知が必要となる。線路上の障害物を視覚的に検知するには、長距離にわたる高速での信頼性の高い検知が必要となり、そのためには未知の障害物も検知する必要がある。データ駆動アプローチでは自動的に行われる処理の種類を指定することは不要であるが、障害物を特定できる機能を与えるために障害物の事前の例示（トレーニング）が必要となる。一方、筆者らのアプローチはモデルベースの処理に依存した仕組み（モデルベースアプローチ）であり、鉄道に適用する場合、オープン平面の鉄道線路の単純なモデルを操作することにより、障害物を事前に知らなくても障害物を視覚的に監視することが可能である。機械学習ベースの手法のほとんどを含んでいるデータ駆動アプローチでは計算方法の事前選択の必要はないが、モデルベースアプローチでは画像を主に幾何学モデルと比較することになる。したがって、データ駆動アプローチは、輪郭や表面の特徴などの配合を対象物の特性に応じて適用する必要があるが、この決定は学習システムによって行われるため、既知の対象物の認識（検知）に適している。しかし、未知の対象物からの逸脱を識別するには事前学習ができないため適していない。モデルベースアプローチでは対象物からの逸脱があれば、対象物や関連情報を事前に知る必要がなく、視覚的に検知が可能となる利点がある。

ATO 向けの線路上の障害物を検知するシステムにおいて、著者らのモデルベースのアプローチにより、LiDAR センサーの単眼カメラへの置き換えが可能になるとされている。既存の機関車に容易に後付けでき、必要な計算能力は比較的低いほか、同アプローチにより車両の位置特定やインフラストラクチャー監視目的のインフラストラクチャー要素検出などアプリケーションの追加も可能とされている。



慣性システム (IMU) によるサポートが可能なハイブリッド光学システム (出典: M2C ExpertControl 社) 《出典 SIGNAL+DRAHT》



a) オリジナルのカメラ画像, b) トップビューの歪みの説明, c) トップビューの障害物視認 (出典: M2C ExpertControl 社) 《出典 SIGNAL+DRAHT》

*Ambitionen für maschinelles Lernen in der Eisenbahnsicherheit*

Mika Dijkstra : Alstom 社, オランダ / 他  
 SIGNAL+DRAHT Vol.116 No.10 (2024-10) pp.31-39 独語 / 英語

幹線鉄道の自動運転 (ATO) および障害物検知の登場で、鉄道の安全性に関して検討すべきさまざまな問題が生じている。機械学習の開発ペースと将来の応用を考えると、機械学習が ATO システム成功の鍵となる可能性が高い。機械学習の出現により安全性実証技術の再評価が必要となっている。無人運転 (UTO) の安全度水準を実証する上で、説明可能な AI (XAI) と組み合わせた統計的分析が重要な役割を果たすことが期待される。ATO システムは、現在安全度水準 SIL4 の地上と車上の保安システムを組み合わせて安全度水準 SIL0 に割り当てられて使用されている。輸送量が多く、線路への侵入がより多い幹線鉄道に UTO を適用する場合には、より高い安全度水準が必要になる可能性がある。

機械学習と深層学習は、鉄道システムの不可欠な要素になると見込まれている。一方で、XAI は研究で初期段階にある。このような現状において、GOA 3 および GOA 4 の自動運転レベルは、制限された環境では実現可能であるが、一般的な路線で運転士の複雑な認知タスクを完全に置き換えるには深層学習のさらなる開発が必要とされている。



障害物検知のイメージ図

《出典 SIGNAL+DRAHT》



説明可能な障害物検知, 入力画像 (左) と検知結果 (右)

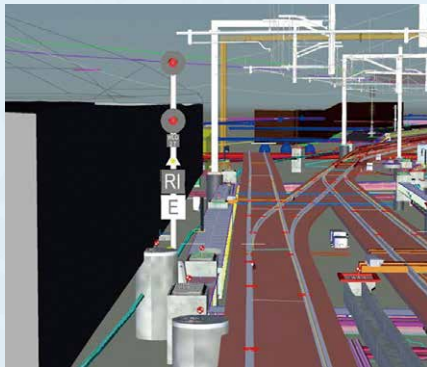
《出典 SIGNAL+DRAHT》

*Revitalising rail at the edge of the world*

Damian Philipsen ; KiwiRail, ニュージーランド  
 Railway Gazette International Vol.180 No.10 (2024-10) pp.22-25 英語

世界最南端の首都であるニュージーランドのウェリントンの歴史ある複合駅では、さらなる高頻度運行と安全性の向上のため、信号設備の大規模な更新が行われている。インフラを管理する KiwiRail は、これが将来の ETCS（欧州列車制御システム）へのグレードアップにつながるものと期待している。2024 年 12 月末に完了予定の KiwiRail のウェリントン駅信号再整備プロジェクトは、ニュージーランドで最も混雑し、最も複雑な交通ハブの 1 つであるこの地区の信号設備を近代化することを目的とする。列車運行の安全性と効率性を高めるだけでなく、将来の首都圏鉄道網の自動化と技術開発の礎となる。駅入口のてこ扱所には 90 年前から稼働する 127 レバーの電気機連動装置があり、7 人の職員が 24 時間交代で勤務している。これを電子連動装置に更新する。更新には新しい信号機、転てつ機、列車検知装置、ケーブル敷設が含まれる。更新作業は 2023 年 2 月に開始され、ウェリントン駅への鉄道が閉鎖された週末や夜間にも行われてきた。

ウェリントン駅での信号設備の大規模更新の主な目的は、安全性を向上させるとともに近郊旅客列車の頻度を増やすことである。さらに、進路制御の自動化を可能にし、最終的に ETCS へのグレードアップに向けた第一歩になると期待されている。この大規模更新では数世代を飛び越す技術の移行を要したが、古い鉄道インフラの残骸が発見され、カタログ化されたことでプロジェクトの歴史的意義が高まっている。



プロジェクト設計作業の一環として、信号の視認性及びその他施工可能性のチェックに使用される 3D モデルの画像 《出典 Railway Gazette International》



駅進入路の門形支持物に新しい信号機を取り付ける作業員たち 《出典 Railway Gazette International》

**車両** セミトレーラーがモーダルシフト推進の鍵になる

*Semi-trailers will be key to driving modal shift*

Eugen Truschkin ; DB Engineering & Consulting, ドイツ / 他  
 Railway Gazette International Vol.180 No.9 (2024-9) pp.72-76 英語

セミトレーラーはヨーロッパの道路貨物輸送の大部分を担っており、政策立案者はセミトレーラーを長年のモーダルシフト目標を達成するインターモーダル車両として用いられるように正しいインセンティブを提供しなければならない。道路から鉄道へのモーダルシフトは輸送部門の脱炭素化を推進し、気候変動への影響を緩和し、持続可能性を改善する EU の目玉政策である。欧州委員会は 2011 年に、EU 内の移動距離 300km 以上の道路貨物の 30% を 2030 年度までに、50% を 2050 年までに鉄道や水運などのほかの輸送モードにシフトする主要目標を設定した。しかし、Covid-19 パンデミックによってモーダルシフトのペースはスローダウンしている。現在使用されているセミトレーラーの約 95% はクレーンに対応しておらず、ガントリークレーンを用いた列車への積み降ろしができないが、CargoBeamer, Helrom, Modalohr のような、水平積み替え、リフティングクレードル、専用車体など、クレーン非対応セミトレーラーをインターモーダル輸送に使用できるようにする技術が盛んに提供されている。同時に、ガントリークレーンを使用した垂直積み替え用のクレーンでつり上げ可能なセミトレーラーの需要も顕著になっており、さまざまな積み替え技術を組み合わせて導入し、セミトレーラーの輸送を改善することが、貨物を道路から鉄道にさらに移行させる鍵となるようである。

セミトレーラーの水平積み替え技術を既存ターミナルへ導入する際、スペースの制約により拡張が不可能となるケースが多いことに注意する必要性が指摘されている。その場合、出発時に水平積み替えでセミトレーラーに荷物を積み込み、到着時に垂直積み替えで荷降ろしする（またはその逆）ことで、より広範なターミナルネットワークへの接続が容易になると期待されている。



CargoBeamer 社はクレーンを使わないセミトレーラートラックの鉄道への積み降ろし技術を開発した 《出典 Railway Gazette International》



Helrom 社の回転プラットフォーム車体のコンセプト 《出典 Railway Gazette International》

## 軌道・構造物 新しい安全レベルのレール輸送

### Schienenlogistik auf neuem Sicherheitsniveau

Jan Flämig ; Robel Bahnbaumaschinen 社, ドイツ

Der Eisenbahningenieur Vol.75 No.10 (2024-10) pp.25-29 独語

自動レール積載列車がロングレール交換に際しての品質、効率を向上している。レール積載列車は数十年にわたって世界中の鉄道インフラ事業者、輸送サービス事業者によって効率的に使用されてきた。これにより、工場やレール集積場から工事現場まで直接ロングレールを輸送することが可能になった。同時に取り外した古レールを拾い上げ、再利用あるいはリサイクルへの輸送を担っている。自動レール積載列車における積載処理の新たな開発は本質的な機能の自動化に重点が置かれ、最大の輸送性能を引き出すのに必要な人員を最小にし、同時に効率や労働安全性を向上させている。

自動レール積載列車では新たに開発された遠隔操作式の自動積載ユニットによりレールの積降が制御される。自動化により必要な人員が減り、特にレール積載部や列車の隣接部における人力での作業が不要となる。そのため、積降の際のき電停止措置が不要となるほか、線路上における安全性確保の観点からも大きな利点となっている。



マニピュレーター(制御操作部)と搬送ユニットを備えたモジュール化されたレール積載システム 《出典 Der Eisenbahningenieur》



3両の長物貨車で構成されるユニットは全自動化され、遠隔で操作される。 《出典 Der Eisenbahningenieur》

## 軌道・構造物 分岐器向け総合ソリューションとしてのエコロジカルなプラスチックまくらぎEPS

### Die ökologische EPS als integrierte Lösung für Weichen

Adrian Bednarczyk ; Vossloh 社, ドイツ / 他

Eisenbahntechnische Rundschau Vol.73 No.10 (2024-10) pp.46-49 独語

鉄道用まくらぎはその用途に応じて運用条件(列車荷重や速度)、地理的条件、環境条件などを考慮する必要がある。コンクリートまくらぎは加工の自由度、強度や安定性、耐久性などの面で優れた特性を有し、幅広く使用されている。Vossloh社のプラスチックまくらぎEPS(Engineered Polymer Sleeper)は分岐器用として、熱膨張に対する厳格な要求を満たすだけでなくさまざまな箇所でも柔軟に対応できる最適なソリューションを提供することが可能であり、一般軌道、分岐器、橋りょう用などあらゆる用途に適用できるものとして承認されている。木まくらぎの代替品として特に分岐器や橋りょう用としての用途に関心が高まっており、世界最大の木まくらぎ市場である北米においても、高負荷用のほか過酷な環境下でのさまざまな用途に採用されている。

EPSを開発する目的として、コンクリートまくらぎと木まくらぎの利点を1つの製品に組み合わせ、現行のプラスチックまくらぎの欠点を回避することがあった。EPSの最大の利点は、レールに直接固定して使用できるようになったこととされており、直接固定は従来のリブ付きプレートを用いた間接固定に比べて部品点数が減少することとそれに伴うCO<sub>2</sub>排出量削減の利点も挙げられている。



分岐器組み立て工場における顧客による受取検査

《出典 Eisenbahntechnische Rundschau》



モントリオールのプロジェクト向けに組み立てられた分岐器 《出典 Eisenbahntechnische Rundschau》