

4 . 研究現況

4 . 1 列車の運転計画・運転整理

リアルタイム乗客行動把握と個別誘導案内を活用した鉄道ネットワークスケジューリング法

楊 中平

本研究では、リアルタイムの乗客行動把握・個別誘導案内可能なモバイル情報端末を鉄道ネットワークに導入する前提で、乗客の利便性の観点から、モバイル情報端末のリアルタイムの乗客行動把握と個別誘導案内機能を活用した、鉄道ネットワークにおける平常時のスケジューリング法と異常時の再スケジューリング法の提案および定量的な検討を行う。

具体的には、まず平常時のネットワークスケジューリング法として、遺伝的アルゴリズムを用いた乗換時間の短縮を重視したネットワークスケジューリング法を提案し、シミュレーションにより提案手法の有効性を検証した。また、異常時の再スケジューリング法については、選択停車を利用した運転再開直後の事故路線の再スケジューリング法とネットワークの迂回ルートを活用した乗客個別誘導案内法を提案し、乗客損失時間の低減と混雑の緩和に寄与できることを示した。

Scheduling Method for Railway Network using Real-Time Detection of Traffic Demand and Individual Passenger Guidance Information

Zhongping Yang

Some studies have been conducted on the scheduling problem for a single railway line in recent years. However, very few studies have dealt with the scheduling problem for a railway network. The objective of this study is to construct a railway networks scheduling method with utilization of real-time passenger behavior knowledge and individual guidance.

First, the image and functions of mobile information terminals are proposed. Next, a novel method of constructing a railway network schedule with consideration of reducing the transfer time using a genetic algorithm is proposed. Simulation results show that the proposed method gives better results than that of conventional scheduling method. Finally, we discuss the rescheduling problem in the case of the train operation of one line of network is interrupted for a long time. From the viewpoint of reducing passengers' loss time and passenger flow uniformity, we propose a novel rescheduling method. As simulation results, it is found that our proposed method can contribute greatly to reduction of passengers' loss time and passenger flow uniformity.

都市近郊鉄道における運転整理案の自動生成と評価

長崎 祐作

列車の運行が乱れた際には、適切な運転整理を行う必要がある。先行研究では運転整理を乗客の立場から見て定量的に評価する方法を示し、運転再開前のダイヤ変更や運転再開後の種別の格上げを実行することによって、乗客の損失を低減することができることをある1つの運転中止パターンについて示した。

本研究では、このような運転整理手法がさまざまな運転中止パターンについてより一般的に乗客の損失を低減できることを示すために、先行研究では手作業で行われていた運転整理案立案と評価値の計算を計算機を用いて自動化する方法を考案した。そして、その方法を用いて実際にプログラムを実装し、種別の格上げという運転整理手法についてさまざまな運転中止パターンについて有効性を検証した。

Automatic Generation and Evaluation of Urban Railway Rescheduling Plan

NAGASAKI Yusaku

It is necessary to perform suitable train rescheduling when train operation is disordered. Former research showed how to evaluate train rescheduling from the viewpoint of passengers quantitatively and rescheduling before the operation restart or upgrading train class after the operation restart will reduce loss of passengers in case of one operation disorder pattern.

In my research, to show that such rescheduling method can reduce loss of passengers generally in case of various operation disorder pattern, I have designed the method of automation of planning train rescheduling and calculating evaluation value by a computer, which was executed by hand work in former research. And I implemented the program by the method, verified efficiency of upgrading train class in various operation disorder pattern.

4.2 電気車の純電気ブレーキ化

低速時の電気ブレーキ制御のためのオブザーバを用いた速度推定と制御

リリット ゴーウツィクンランシー

一回転60パルスという極めて精度が低いエンコーダが設置されている鉄道車両においては、エンコーダパルスの演算から、特に低速時、精密な速度情報は得られない。この結果、低速時の電気ブレーキ制御は困難である。

この問題を解決するため、サンプリングタイム毎に速度推定を行う瞬時速度オブザーバをシステムに導入し、状態空間法により一般化した。マルチレートサンプリング理論に基づいて解析した結果、安定性を保証する新しい極配置の方法を提案した。そして、停車直前の精密のブレーキ制御をシミュレーションで確認した。さらに、この方法は状態空間法で一般化されているため、さらに複雑なシステム、たとえば車両群ダイナミクス、に対してもオブザーバが簡単に設計できる。

Control and Speed Estimation for Electric Braking Control in Low Speed Range

Lilit Kovudhikulrungsri

One of the main problems in control of electric brakes of railway vehicles in low speed range is the resolution of speed encoders. Since 60-pulse-per-revolution encoders are installed, it is difficult to achieve precise speed information at low speed by normal speed calculation. This finally results in failure of electric brake control at the speed near to zero.

To solve this problem, an instantaneous speed observer is introduced to the system to estimate the speed between the encoder's pulses. The observer is generalized in state space and analyzed by the aid of multirate sampling theory. We proposed a novel pole assignment, which guarantees the stability of the observer at all speed range. The effectiveness of this method is verified through various simulations. In addition, this method is also able to extend to design observers of more complicated plants, such as dynamics of a bogie system, because it has been generalized in state space.

純電気ブレーキを活用した電気鉄道システムの総合評価

鈴木 高志

本研究では、電気車の純電気ブレーキ化を念頭に、電気ブレーキを有効活用する方策を提案、検討すると共に、実在路線への適用シミュレーションおよび現車試験によって、その効果を具体的、定量的に示した。

検討の結果より、高速域の減速度は所要時間への影響がほとんど無く、高速域で低下する電気ブレーキ力を現状の常用ブレーキ特性に合わせるよりも、むしろ中高速域の減速度を絞った定電力ブレーキパターンを用いることが現実的かつ有効であることが示された。また具体的事例として、新京成線に定電力ブレーキパターンを適用した場合、約2割の省エネルギー化の可能性や、車両の回生絞り込み特性適正化が有効であることなどがシミュレーションによって示された。また、現車走行試験による定電力ブレーキパターンの有効性の確認も行った。

Total Evaluation of Electric Railway System Utilizing Pure Electric Brake

SUZUKI Takashi

In this research, considering the idea of pure electric brake in electric train, measures to utilize electric brake is proposed and studied. Then the effect of the measures is evaluated concretely and quantitatively through simulations based on the actual conditions and running tests.

As the result of this research, it has been proved that it is practical and effective to apply the constant power braking pattern, which means decreasing deceleration in middle and high speed range,

compared with adjusting the characteristic of electric brake to that of present normal service brake because deceleration in high speed range hardly affects running time.

Besides, simulations based on the actual conditions of Shin-Keisei line and running tests have proved advantages of the constant power braking pattern.

複数モーター括駆動時の減速時トルク制御のための瞬時速度オブザーバの適用

立石 大輔

当研究室では、解像度の低い速度エンコーダを搭載した現行の電気車システムで低速域において精密なブレーキ制御を行うために、瞬時速度オブザーバの適用を提唱し、これまで1インバータ1モータ駆動(1M1C)の場合において実証してきた。しかし、実際の電気車では、1インバータで複数のモータを駆動する(n M1C)システムが主流であり、しかもこの方式は粘着の面では1M1Cに比べて不利である。

そこで、本研究では、 n M1Cの場合においても、瞬時速度オブザーバによる速度推定が有効であることをシミュレーションにより示した。また、純電気ブレーキを前提とした新しい滑走再粘着制御手法を提案し、滑走の起こりやすい状況下でも、安定したブレーキ力が得られることを示した。

Application of an Instantaneous Speed Observer for the Control of Braking Torque for Multiple-motor-single-inverter System

TATEISHI Daisuke

Since the encoders used for traction control have low resolution, it is difficult to control brake torque at low speed. To solve this problem, we have applied an Instantaneous Speed Observer for the control of braking torque and experimented this method on single-motor-single-inverter system. But now multiple-motor-single-inverter system is major, which has an disadvantage over single-motor-single-inverter system in readhesion control.

In this research, it is shown that instantaneous speed observer well works also in multiple-motor-single-inverter system through simulation. Then, we propose a new readhesion control method premises on pure electric brake and show that brake torque is well controlled under slippery condition.

動的計画法による運転曲線の最適化

姚 景倩

同一列車が同一線路を同一時間で走行した場合でも、列車の運転方法により消費エネルギーは異なる。最近電車の高密度化、高速化に伴って消費エネルギーを最小とする運転方法の必要性が一層高まってきている。先行研究では、走行抵抗のみを考慮した場合の非回生ブレーキ車の最小エネルギー運転方法が明らかになっている。しかし、近年パワーエレクトロニクス技術の発達に伴う電気車のインバータ制御の普及によって電力回生ブレーキが一般化し、非回生ブレーキ車の運転パターンをそのまま回生車に適用しても、必ずしも最適運転になるとは限らない。

従来、消費エネルギーが最小となる運転曲線を求める方法として、変分法や最大限理に基づく方法などが用いられてきた。しかし、従来の方法は不連続の速度制限を容易に取り入れることができなかった。本研究では運転曲線の最適化問題を離散系問題に帰着する動的計画法を提案し、非線形走行・勾配抵抗や速度制限を考慮しながら一列車に関する非回生ブレーキ車と回生ブレーキ車の最適運転曲線を求める。

Optimization of Train Operation by Dynamic Programming

YEO Chinchien

The advance in semi-conductors gave birth to VVVF inverter which allowed Pure Electric Brake (PEB) system to be implemented in train operations. Under PEB, in time of braking, energy is regenerated and how this regenerated energy is utilized affects the minimum energy consumption running curve of train. This study examines the operation of train using PEB subject to arbitrary speed restrictions, non-linear gradient and running resistance. The aim is to formulate algorithm to calculate the minimal energy running curve of train along a given route for a given time. The result will serve to be very useful to automated train operations for high frequency and high speed metro lines.

Past researches adopted numerical techniques of Calculus of Variations and the Incremental method and etc. These methods are incapable of accounting for piecewise speed limits without much difficulty. This study proposes an application of the Dynamic Programming by Richard Bellman which has the feasibility for taking account of speed limitation and effects of regenerative electric energy.

4.3 リニアドライブ制御

4 極型電磁石による 3 自由度磁気浮上制御

劉 江桁

磁気浮上技術は、物体を磁気力で非接触支持する技術であり非接触化により従来の接触形機械的支持機構に起因する摩耗、摩擦、潤滑油、振動、騒音等の諸問題を大幅に改善できる。電磁石吸引力を用いる方式は本来不安定であり能動制御により安定化する必要がある。

本研究では、従来用いられてきた U 字型電磁石に代わって、二次元リニア駆動にも適した 4 極ハイブリッド電磁石を提案し、単独磁石で 3 自由度の姿勢制御を行って安定浮上させる方式を検討する。ゼロパワー制御を導入することで、安定浮上する際の消費電力が低減できる。さらに、システム誤差と外乱が推定できる外乱オブザーバを用いたセミゼロパワー制御系を導入することで、ゼロパワー浮上系のパフォーマンスを向上させる。

3 Degree-of-Freedom Maglev Control of 4-Pole Type Electromagnet

Liu Jiangheng

The magnetic levitation technology, in which electromagnetic forces are used for supporting the object without contacting, is expected as a key to solve the problems, which usually exist in the mechanical support system, such as, abrasion, friction, lubricating oil, vibration, noise and so on. The levitation scheme using attractive forces of electromagnet is originally unstable, it need to be stabilized by active control.

A 4-pole type hybrid electromagnet, which is suitable for 2-dimensional linear driver, is proposed instead of the usual U-type magnet and its 3 degree-of-freedom magnetic levitation control is studied in the research. The zero-power control has been applied to minimize energy consumption. Furthermore, the semi-zero-power control with the disturbance observer, which can collect all the possible modeling errors and estimate disturbance forces, is proposed to improve the performance of zero-power controller.

リニア誘導モータの端効果補償を含む高速駆動法の提案

真野 亮

回転型誘導機と動作原理が同じであるリニア誘導モータ (LIM) は、特に二次側の構造が簡単であり、リニアモータの中で最も経済的な方式として、都市交通システムなどに利用されている。しかし LIM には、一次側の両端において磁束密度が急激に変化するために、その変化を妨げようとする渦電流が二次導体板上に流れ、その結果特性が悪化する、端効果と呼ばれる現象が存在する。この現象は特に高速域において顕著に現われるため、現状では LIM の高速駆動は困難とされている。

そこで、端効果の時間軸上でのダイナミクスに注目し、制御工学的な視点から端効果を補償し、高速駆動を可能とする手法について提案し、評価を進めている。

A Proposal of a Linear Induction Drive for High Speed Application Including Compensation of End Effect

MANO Ryo

Linear induction motors (LIMs) are regarded as the most reasonable type of all linear drive systems because of structural simplicity of secondary side, and applied to several transportation systems, especially to new urban transit. LIMs, however, have peculiar phenomenon, which is called end effect, and this deteriorates the characteristics of LIMs. The end effect is a serious problem, especially in high speed region, and it is indispensable to compensate the end effect to achieve high speed drive of LIMs.

In this study, a method to compensate the end effect, taking its time-base dynamics into account, is proposed from a new viewpoint of control engineering.

鉄心を可動子とするリニア同期モータの電機子電流のみによる浮上・推進制御

山下 浩司

磁気浮上技術は非接触で物体を支持できるという利点を持つので、搬送システムに応用される。先行研究では搬送システムにおいて可動子にエネルギー供給を行わずに4極3自由度を制御するシステムを実現した。筆者らはさらに、同期機理論を用いて浮上推進制御を行うシステムを提案した。まず、FEMLABで磁界解析を行い、提案したシステムが実現可能である事を確かめた。さらに、実験を行い浮上推進制御が可能である事を確認した。

Levitation and Thrust Control of a Completely Passive Core Excited Solely by Armature Currents of a Linear Synchronous Motor

YAMASHITA Kohji

Electromagnetic suspension technique is applied to conveyance system because it can suspend object without mechanical contacts. Pre-research proposed the system which controlled 3degree-of-freedom with 4-pole electromagnet without energy supply to mover side in conveyance system. Furthermore Authors proposed the system which controls thrust and levitation at once using the synchronous motor theory.

First, we carried out an electromagnetic analysis by FEMLAB to confirm that the proposed system could be realized. Second, we carried out an experiment and confirmed that the system could control thrust and levitation at once.