

## 4. 研究現況

### 4 - 1 列車の運転整理

#### 乗客行動推定機能を持った運転整理支援システム

長崎 祐作

現在鉄道の運転整理は、指令員の経験と勘に頼って実行されており、その負担がとても大きいことからコンピュータによる支援や評価が求められている。これに対して、乗客の立場から見た評価法が提案されてきた。

本研究では、この乗客の立場から見た評価法と列車運行シミュレータを組み合わせた鉄道運転整理支援システムを提案し、これを実装してその可能性を示した。現在のコンピュータによって現実的な速度で動き、現実の鉄道の制約条件を満たす一般性のあるシステムが可能であることが実証された。

#### A Train Rescheduling System with Simulation of Passenger Behavior

Yusaku NAGASAKI

Currently, train rescheduling is executed by train operators based on their experiences and intuitions. Because their burdens are very heavy, assistance and evaluation by computers are required. Against this problem, it was proposed to evaluate from the viewpoint of passengers.

In this research, a train rescheduling assistance system which consists of this evaluation method from the viewpoint of passengers and railway operation simulator is proposed. And its possibilities are shown by implementation of the system. And it is proved that the system can work on current computers with practical speed, and the system has enough generality that can satisfy real railway's constraint conditions.

#### 複々線区間を含む都市鉄道の運転整理支援システム

高野 求

現在、列車の運行の乱れを収束させるために行なわれる運転整理は、指令員により人手で行なわれている。本研究では、運転整理案を半自動的に提案し指令員を支援するマンマシンシステムの構築を目指している。

本年度は、先行研究において開発されたシステムのデータ表現法を改善し、複々線やネットワークを構成する路線を扱うことを可能とした。また、先行研究において使用されている乗客モデルの妥当性の検討を行なった。また、来年度は、このような路線に対して運転整理案の生成や列車運行のシミュレーションを行なうためのアルゴリズムの開発・実装を行い、実用的なシステムの構築を目指す。

#### Dispatcher-friendly Train Rescheduling System against Traffic Irregularity in Urban Railway with Quadruple Track

Motomu TAKANO

Currently, train dispatchers take on train rescheduling when the train operation is disturbed. We are

trying to develop a man-machine system assisting dispatchers with proposing rescheduled plan of train operation semi-automatically. This year, data structures in the former system are reformed so as to deal with railway lines with quadruple track and lines forming railway networks. Appropriateness of the model of passengers used in the system is also tested. Next year, we are trying to establish and implement algorithms for rescheduling and simulating train operation so as to develop a practical system.

### リアルタイム乗客個別案内による列車運行異常時の乗客損失低減効果

永田 亮一郎

現在、列車運行異常時において乗客に対して個別に経路を案内するシステムはない。そのため「リアルタイム個別案内機能」に向け、携帯電話を利用した異常時においても、個別の経路案内ができる公共交通利用支援システムの検討を行い、また携帯端末の所持率を変化させることによる乗客の損失時間や混雑度などの定量的な評価とその効果の検証を行っている。個別案内を行い、乗客を直接適切に誘導することは、列車を再配置する従来の運転整理と比較して乗客損失低減効果が著しく大きいことを示した。また案内により混雑損失が増大してしまう場合がある。そのため、時間損失よりも混雑損失が著しく大きいと感じる身体障害者などに対して例外的な混雑回避案内を可能にした。

### Effect of Real-Time Individual Passenger Guidance in Irregular Train Operation on Reducing Passengers' Equivalent Loss Time

Ryoichiro NAGATA

Now, there is no real-time individual passenger guidance in irregular train. So, I demonstrated the system with individual passenger guidance in irregular train by cellular phone. The more a rate of possession increase, the more passengers' equivalent loss time decrease. That says individual passenger guidance in irregular train is very important. There's a possibility that equivalent congestion time increase by guidance. In this case, I make it possible to do guidance to avoid congestion anomalistically for the people who think equivalent congestion time is very bigger than loss time. (ex, handicapped person)

## 4 - 2 車両制御の高性能化

### デュアル・サンプリング・レートをもつ離散時間オブザーバと 広い速度領域をもつ駆動制御への応用

リリット・ゴウウィティクンランシー

近年、電子計算機技術の発達により演算装置が高速化する中で、離散的な位置センサとしてのエンコーダ情報に基づく高速から低速までの可変速駆動制御に代表されるように制御用計算機に比べてセンサの速度が遅いため十分な制御性能を得られなくなり、不安定を引き起こすような現象などの問題点がある。これに対しセンサに対するハードウェアの要求を引き上げることなく制御用計算機の持つ短いサンプル時間と遅いセンサにより決まる長いサンプル時間を統合的に扱い、制御対象のプラントモデルに応じて有効な状態推定を行うデュアル・サンプリング・レート・オブザーバの原理を提案しその実用的実

装手法を示し、実験を通じその有用性を検証した。

## Discrete-Time Observer with Dual Sampling Rates and its Applications to Drive Control with Wide Speed Range

Lilit KOVUDHIKULRUNGSRI

According to the recent development of the DSP technology, High speed DSPs are normally used as controllers in many systems. For some systems such as traction drives, low resolution encoders are widely used as speed sensors. As a result, it is impossible to obtain effective control and the instability always occurs due to the remarkably difference in sensing and controlling speed. To solve this problem, the "dual-sampling-rate observer", which estimate the plant's state variables at every sampling period and corrects the estimation error when the measurement is detected, has been proposed. Its effectiveness has been verified through various experiments.

### 4 - 3 電気車の純電気ブレーキ化

#### 直流電気鉄道における回生ブレーキ有効活用のための車両と電気システム

岡田 万基

回生制動を用いて、列車の運動エネルギーを制動時に電力として回収し、力行中の他の列車で有効に利用する回生ブレーキを持つ車両が今日広く用いられるようになっているが、現在の多くの直流電気鉄道では、車両、き電システムともに、回生ブレーキの持つ良さを必ずしも完全に生かすことができるシステムとはなっていない。そこで、本研究では、将来の鉄道直流電気システムを視野に、現在の技術水準をもとに、回生の能力を持つ変電設備や、電力蓄積装置の設置の可能性を検討し、車両の特性設定との関係を論じて、その効果を、電力システムの計算をもとに評価、比較検討する。

#### Vehicle and Electrical System for Effective Usage of Regenerative Brake in DC-Electrified Railways

Yuruki OKADA

Currently, most electric trains are equipped with regenerative braking systems, which convert kinetic energy of the braking trains into electrical energy and the other powering trains consume the electrical energy. However, conventional vehicles and electrical systems do not enable effective usage of regenerative braking systems in DC-electrified railways. In this research, I investigate possibility of introduction of substations which have regenerative inverter, energy storage systems *etc.* regarding the characteristics of the vehicles based on present technical level. And I evaluate effects of these solutions for effective usage of regenerative braking system based on the calculation of the electrical circuit in computer environment.

#### 直流電気鉄道回生ブレーキ有効活用のための補機電力負荷積極利用の提案と効果の検証

福田 吉紀

電動機を発電機として用い、発生する電力を同じ路線上の加速する列車で消費することによりブレー

キ力を得る回生制動は、他の列車の電力消費が小さい場合には、十分に利用できない。いくつか考えられるその有効活用策の中で、ここでは電気に搭載される補機を負荷として積極的に利用することを提案し、その効果の評価した。補機は走行に関わる主回路に対し一割弱の容量しかないが、タイミング良い電力吸収制御により、回生失効防止の一定の効果を持たせることが出来る。しかし、その効果は補機の立ち上がりの遅れに大きく影響されるので、迅速な立ち上げあるいは予見的なブレーキ動作との協調制御への技術的要求が高いことも明らかとなった。

## Proposal and Evaluation of Intentional Activation of Onboard Auxiliary Equipments as Electric Loads for Efficient Regenerative Braking in a DC-Electrified Railway

Yoshinori FUKUDA

The regenerative brake, in which the traction motor is used as a generator and which works by sending its generated power to other accelerating trains, cannot supply its decelerating force when the power consumption of other trains is insufficient. This study deals with a method to activate onboard auxiliary equipment intensively as a sink of the regenerated power, among several possible ways for absorbing regenerated power. The effectiveness of the method has been evaluated: Timely activation of the onboard auxiliary equipment contributes to reducing number of failures in regenerative braking operation, although it has merely approximately capacity of ten percent of the main electric power supply. The performance is, however, sensitive to the delay in starting its operation: a fast rising or a predictive operation control in starting the auxiliary equipment coordinated with the regenerative braking operation is, therefore, technically significant.

## 4 - 4 リニアドライブ・磁気浮上

### 異なる 3 種類の磁気浮上制御の消費電力評価

王 建輝

電力消費を低減する目的で提唱されたゼロパワー磁気浮上は、外乱力に応じて永久磁石の発生力とのつりあいを保つためギャップ長さ積極的に変化させる性質を持つ。このため、振動的な外乱力が定常的に加わるとギャップ長さ一定制御と比較して、エネルギー的に必ずしも有利とは限らない。この観点から、ギャップ長さ一定、ゼロパワーおよびセミゼロパワーの 3 種類の浮上方式に正弦波状の外乱力が加わる際の消費電力をシミュレーションで計算し、その結果を比較した。

### Evaluation of Electrical Energy Consumption in Three Different Methods for Magnetic Levitation

WANG, Jianhui

The zero-power control method has been developed to minimize power consumption. The permanent magnet is used to suspend the total weight of the levitated body. The gap length is automatically changed to let the attractive force due to permanent magnet balance the total weight of the levitated body. But, if there is a periodic disturbance, the power consumption of zero-power control does not converge to zero. So, the zero-power control scheme may not be best compare with gap-constant control and semi-zero-power control scheme from the viewpoint of power consumption. So, the power consumption of above three control schemes is surveyed here by

simulation method. Then the evaluation of power consumption is made from the results of simulation.

## 永久磁石リニア同期モータによる石炭鉱山井戸用鉛直輸送システム

崔 建明

石炭鉱山の深い井戸で鉛直輸送を行うシステム用に固定子巻線を両側に配置する永久磁石リニア同期モータについての研究例があるが、コストが高いという欠点が指摘されてきた。本研究では、コストを低減するため、固定子巻き線が片側に配置される永久磁石リニア同期モータを対象として、検討した。有限要素法を用い、永久磁石リニアモータ間欠配置モデルを解析し、特性を調べた。

## Lift System of Coal Mineral Well with Permanent Linear Synchronous Motor

Cui Jianming

A double-sided long stator linear synchronous motor with permanent field magnet has been studied for a system for lifting coal well. Such a system is, however, considered not preferable since its construction is expensive. In order to reduce the cost of the system, the coil is only fixed in one side of the stator. The model of the new system with coils in single-sided stator is made and the finite element method is used to analyze the characteristics of the model.

## E型ハイブリッド電磁石を用いた6自由度能動振動制御システム

エルカン・カディル

近年、振動制御の手法はあらゆる工学分野においてその重要性を増してきており、精度と品質の向上が重視されている。しかし、現在採用されている手法の多くは、高コスト、高エネルギー消費、応用範囲の限定といった問題を抱えている。

これらの問題に対応するため、我々は能動的除振システムを提案しており、3つのE型ハイブリッド電磁石を採用している。これによりアクチュエータの数を最小化でき、電力消費も減少する。また、コストの問題はシステムに用いるセンサの数と直結しているが、安価で測定できる制御変数以外をオブザーバで推定することにより、この問題を解決している。そして数値解析においては、好ましい結果が得られている。現在は実験機の設計と製作を進めるとともに、システムの非線形要素に対処する手法について検討中である。

## 6 Degrees Freedom Active Vibration Control System by Employing Staggered E-Type Hybrid Electromagnets

Kadir ERKAN

Recently, employment of the active vibration control systems gained much more importance in many advanced engineering fields to improve the precision and quality of the products. However, most of the current active vibration control systems have some cumbersome features such as high cost, excessive power consumption and restricted application area etc.

To deal with aforementioned issues, we propose an active vibration isolation system, in which triple configuration of the novel E type hybrid electromagnets are employed. So that, actuator number set is minimized and power consumption is reduced. Furthermore, system can provide 6 degrees freedom active vibration control.

On the other hand, cost is directly proportional with sensor numbers, to solve sensor issue, we proposed decoupled observers to estimate some of the control variables from inexpensively measurable ones. We obtained plausible results from the numerical studies of the proposed active vibration system. Currently, we have been studying on the design of experimental test bench and elimination of the undesired nonlinear affects of the system elements by using soft computing techniques.

## ハルバツハ形磁石配列リニア同期モータを用いた非接触駆動鉛直輸送システム

立石 大輔

現在のロープ式エレベータは、1つのシャフトに1つのかごしか入れられず、高低差が大きくなると輸送効率が極端に低下する。また、機械的な案内機構を持っているため、シャフトの施工において非常に高い精度が求められる。

これらの問題を解決するため、空心ながら大推力の期待できるハルバツハ形磁石配列リニア同期モータと姿勢制御用の電磁石を組み合わせた非接触駆動鉛直輸送システムを提唱し、4電磁石で3自由度の姿勢制御を行う手法を実験機により検証した。また、空心巻線は、大きな電磁ノイズ発生源であり、システム実現には電磁シールドの強化が必要であることが示された。

## Contactless Vertical Transport System Driven by a Linear Synchronous Motor with Halbach Magnet Array

Daisuke TATEISHI

Present elevator has cables, so we can place only one mover on each shaft. So, when the distance becomes longer, capacity becomes smaller. In addition with this, mechanical guide of present elevator demands a high precision assembly of shaft, so construction cost is high.

To solve these problems, we are now investigating about the contactless vertical transport system. This system has a combination of linear synchronous motor with Halbach magnet array, which can produce big thrust force without iron core and electromagnet for levitation control. The levitation and hoisting system are verified by experiments. Experimental results show that coreless windings are source of electromagnetic noise.

## 二次元搬送装置のための三台のハイブリッド電磁石と 三台のリニア誘導モータによる六自由度制御

牧野 祐輔

本研究では柔軟な非接触搬送装置の実現を目的とし、可動子に三台の電磁石と三台のリニア誘導モータ(LIM)を持つ構成を提案する。永久磁石を併用したハイブリッド電磁石の採用により定常時の消費電力をゼロにできることや駆動にLIMを用いることで固定子が簡単になるという利点を持つ。さらにLIMが発生する垂直力によって可動子の積載容量を増加できるが、この垂直力は磁気浮上系に対し外乱力となり不安定性を増す可能性がある。本研究ではシミュレーションと実験によって提案した構成が六自由度制御可能であることを実証する。

## Six Degrees of Freedom Control through Three Hybrid Electromagnets and Three Linear Induction Motors for Two Dimensional Conveyance System

Yusuke MAKINO

In my research, the configuration that the mover has three electromagnets and three linear induction motor (LIM) has been proposed for contactless flexible conveyance system. Hybrid electromagnet which uses permanent magnet can make power consumption converge to zero in steady state, and stator becomes simple because LIM is used for two dimensional drive. In addition, normal force of LIM can increase the carrying capacity of the mover, but it can be disturbance force for magnetic levitation system. We will confirm that the proposed configuration can realize six degrees of freedom control of the mover by simulations and experiments.

## リニア同期モータによる二次元移動が可能な非接触駆動輸送システム

中井 敏幸

従来のエレベータは建造物の高層化に伴うシャフト長の増大により、空間の利用率低下を招くことや、ロープの自重により一定以上のシャフト長には対応できないなどの問題点がある。その解決策として水平移動も可能なロープレスエレベータが提案されており、当研究室では、姿勢制御用電磁石と空心リニア同期モータによって、非接触で二次元の駆動を行うシステムを考案している。現在、4つの電磁石による姿勢制御システムは既に実現している。本研究では空心リニアモータによる鉛直方向の駆動を実現した後、ある一定の輸送能力を達成するために、短時間で水平移動を可能にするような機構をシステムに組み込むことを目標とする。

## Two-Dimensional Contactless Transport System Driven by a Linear Synchronous Motor

Toshiyuki NAKAI

Ropeless elevators have been studied for efficient transportation in high buildings. This system can achieve higher capacity and flexibility of transportation than conventional elevators, and the method of scheduling is well discussed in former researches. To realize such a system, our laboratory has proposed contactless transportation system which has coreless linear synchronous motor for driving, and four U-shaped electromagnets for posture control. And then, posture controlling system has already realized. In future times, we are going to build in horizontal driving system which can realize large transability.

## 三次元の磁気回路を持つ電気機器の二次元解析を活用した設計論

中内 慎一郎

永久磁石の可動子を持ち、推力/可動子重量比の大きな新しいタイプのアクチュエータの設計論を検討した。このアクチュエータは三次元的構造を持ち、正確な推力は三次元解析でしか得られない。それに加えて、設計要因が多い。本研究では二次元解析を用いて正面方向、横方向から解析を行った。その結果に基づき、磁気回路法を用いて簡易等価回路を作成した。そして、実験計画法を適用して最適な形状を探った。実験計画法は少ない回数での推定が可能であり、設計要因が多い場合有用である。

## Design Theory for Actuator with 3-Dimensional Magnetic Circuits using 2-Dimensional Field Analysis

Shinichiro NAKAUCHI

I have studied the new type actuator, whose ratio of thrust to mover weight is substantially large. The structure of the actuator is inherently three-dimensional. One needs, therefore, applied three-dimensional analysis in order to acquire its exact thrust. As an approximation, I analyzed it from front and side face using two-dimensional analysis program. I derived simplified magnetic circuits based on the results and the method of experimental design.

### 4 - 5 無線通信

#### 分散型電力測定のための無線信号伝送システムにおける干渉イミュニティ向上策

ドアン クォング マン

据付容易かつ保守性の良い分散型電力システムの構築を目指すために、2.45GHz帯で稼動する無線技術(Bluetooth・無線LAN)を用いて電気製品の使用する電力情報を収集する分散電力測定システムを提唱する。しかし、複数のユーザが同時に通信を行うと、同一チャンネル干渉を生じ通信品質が劣化するという問題点がある。無線LAN及びBluetoothに対し、それぞれの直交ベクトルを用いる方法と周期的な周波数ホッピングパターンを用いる方法を提案した。白色熱雑音とレイリーフェージング環境下において、計算機シミュレーションによって評価を行った。

#### Improvement of Immunity against Interference in a Radio Signal Transmission System for Distributed Electrical Power Measurement

DOAN Cuong Manh

In my research work, the aim is to apply 2.45GHz wireless technologies such as Bluetooth or wireless LAN to establish a distributed electrical power measurement system, which has some requirements like easy connection and low cost. Unfortunately, Co-channel Interference (CCI) has occurred because multi users communicate simultaneously using the same frequency. CCI is one of the main factors that degrade the performance of wireless communication system. And now, I proposed two new methods. One is using periodic frequency hopping pattern in Bluetooth and the other uses orthogonal vector in WLAN system. The improvements of interference immunity are evaluated by using numerical simulation under Rayleigh fading environment.

#### 信号処理機能を持つ電力監視用無線分散型センサの研究

清水 則博

本研究では、分散型電源による小規模なエネルギーネットワークにおいて合理的な需給制御を行うため、電力使用状況の空間的分布、時間的変化の詳細情報を収集することを考えた。そのために電気製品で使用される電力情報を個別に測定し収集する分散型電力測定システムを構築することを目的に、その測定システムの情報処理方法を検討した。センサの信号伝送におけるケーブルでの配線問題への解決策



として、無線通信技術であるBluetoothの応用を提案した。特に、この無線には有線に比べ伝送容量に強い制約があるため、センサの段階で信号処理を行い、必要な情報を抽出・加工することで、伝送する情報量を減らすことを考えた。サンプリング周期20kHzで力率や有効電力を抽出したとき、伝送量は加工前の1/160となりBluetoothで伝送可能なことを確認した。また同様に、40次までの高調波の電流・電圧値及び、その位相差を抽出した場合も伝送可能であることを確認した。

## Wireless Sensor System for Measuring Distributed Power Consumption with Signal Processing Function

Norihiro SHIMIZU

We have proposed a novel sensor system for measuring detailed information on spatial distribution and time dependency of electric power consumption in order to reasonably control energy demand as well as its supply in a distributed electric network. The system shall collect the real-time information on spatially distributed power consumption in each electric components and supervise the power flow in the network. It will be a serious problem to wire each distributed sensor in practice. We have therefore proposed to use Bluetooth, which is one of the popular and standard wireless technologies. The transmission rate of the Bluetooth system is, however, substantially smaller than a wired system. Therefore, some data compression or signal processing must be applied in each sensor. The request of the transmission rate can be reduced to 1/160 when the sampling frequency is 20kHz by sending only real power and power factor in comparison with sending sampled raw data of current and voltage. It has been also confirmed that Bluetooth has also sufficient communication capability even if you send the processed compact data in a set of five values, *i.e.*, r. m. s. values of current and voltage, power factor, real and reactive powers from zero to fortieth harmonics.