

4. 研究現況

4.1 列車の運転整理

数理的最適化手法に基づく運転整理の計算機支援

森 拓哉

鉄道が人身事故などでダイヤ乱れが生じた際、元のダイヤに戻す業務を運転整理と呼ぶ。平常時の運行管理に関しては自動化が進む一方、運転整理については指令員の経験と勘に頼って行われ、鉄道事業者にとって大きな負担となっており、計算機により運転整理案を自動で作成するシステムの開発が望まれている。今までも運転整理の研究は盛んに行われてきており、旅客損失に関する評価量に基づき、運転整理案を自動作成する手法の検討が行われてきた。しかし、これらの手法の多くは局所的判断の積み重ねに基づくメタヒューリスティクスなどの準最適化手法が用いられており、得られた解が本当に最適かどうかの保証がない。本研究では混合整数計画法の手法を用いて、旅客損失を主眼におきつつ、最適性の保証を持った運転整理案を導出することを目的としている。先行研究では現実時間内に解を導出するためにモデルが非常に単純なものとなっていた。そこで、より現実に即した評価を行うためにモデルの見直し、評価関数の選定などを行った。

Computer-aided Railway Rescheduling Based on Mathematical Optimization Technique

Takuya Mori

In train operation, when disruption occurs, train dispatchers operate trains to recover the schedule. This operation is called "rescheduling". While normal operation operated by computer, rescheduling is operated by human depending on dispatcher's experience and intuition. It has become a heavy burden for railway companies, so the system that creates rescheduled idea automatically is desired. The study of rescheduling problem based on evaluation of passenger loss has been considered even now, however, these techniques are based on metaheuristic techniques which do not guarantee optimality. The purpose of our research is the optimization of passenger loss with a guarantee of optimality by using Mixed Integer Programming (MIP) method. In previous research, the model was very simple due to the calculation time. Therefore, we review the model and the object function to evaluate more realistic scene.

乗車率に応じた旅客行動の変化を考慮した運転整理支援

大橋 和也

鉄道は専用軌道を持つため定時運行率が高いという特徴があるが、輸送障害は増加する傾向にある。輸送障害などによって列車ダイヤに乱れが生じた場合にはダイヤに変更を加えて復旧する業務が行われる。これを運転整理と呼ぶ。

平常時の運行管理は自動化が進んでいる一方、運転整理は自動化が進んでいない。これは、運転整理は指令員の経験による勘に頼る部分が大きいためである。したがって、指令員の負担を軽減するために運転整理案を自動で作成するシステムが望まれている。

先行研究において、旅客損失に主眼を置き混合整数計画法によって最適化を行う運転整理支援システムが提案されたが、実用化に向けていくつかの課題が残されている。

本研究では、それらの課題のうち、列車の混雑による旅客の行動の変化についてモデル化を行う。

Train Rescheduling Considering the Change of Passenger flow Depending on Train Congestion

Kazuya Ohashi

In railway system, the rate of on-time service is high, but transport disorder tends to increase. When transport disorder occurs, train rescheduling is performed.

Since the train rescheduling in railway operation is a difficult task, the rescheduling system is expected to support the staff. Previous work suggested the train rescheduling system focusing on passenger delay, but it has problem that it doesn't consider the train congestion.

We introduce the mathematical model of the change of passenger flow depending on train congestion.

旅客流動を考慮した運転整理アルゴリズムに関する研究

前田 和希

鉄道は専用軌道を持つため定時運行性が高く、特に我が国の鉄道は世界的に見ても高い定時運行性を誇るしかし天候や事故、設備の故障などの原因により定刻通りの運行をすることができない場合がある。その際に遅延の伝搬や運行本数の減少を最小限に食い止めて定常運行へと速やかに回復させる列車運の調整業務のことを運転整理と呼ぶ。本研究室の先行研究において、乗車率による旅客行動の変化を考慮したモデルが提案された。このシステムによって駅での積み残しを再現し、現実の鉄道システムにより近いモデルを構築することが可能であることが示された。しかし先行研究のモデルにより考慮されていない点として、駅での乗降人数がその駅での列車停車時間と与える影響がある。本研究では駅停車時間と乗降人数の間に成り立つ関係を数理モデル化し、乗降人数を考慮した運転整理案作成システムを作成する。また作成されたシステムを用いて振替輸送などにより乗降人数が変化した際の運転整理への影響を調べることを目的とする。

Study of Rescheduling Considering Congestion

KAZUKI MAEDA

Railway is highly punctual for having a dedicated track, especially the railway of our country has high punctuality even in the worldwide. But when there is bad weather, an accident, or an equipment failure, it is not possible to make a punctual operation. Operation control is the adjustment operation that halts the reduction of delayed propagation and less operation number and quickly revives the railway into regular operation. According to the previous study of laboratory, the model that considering the changes of passengers' actions due to the riding rate is proposed. It has been shown that it is possible to build a closer model to real railway system reappearing the situation of the station by this system. However, as a point what is not considered in the prior research model, there is influence of passenger number of the station to the train stop time at the station. In this study, constructing the Mathematical Modeling due to the relationship between the passenger number and station stop time, the driving organization creation system is created considering the number of people getting on and off. Also it is intended to examine the influence of the operating arrangement when the number of passengers changes due to transfer transported using the generated system.

4.2 永久磁石型同期電動機／リニアドライブ

工作機械用永久磁石形横方向磁束リニア同期モータの研究

申 重燮

近年、IT産業、自動車産業、航空産業などの製造業の急速な発展と共に物は小型化、複雑化していることから、高度かつ精密な加工ができる工作機械への要求は高まっている。工作機械の生産性能を決める上で重要な役割を担う直線駆動部に、従来使われていた回転式モータとボールねじを用いた駆動方式に変えて、永久磁石形リニア同期モータを導入することで、更なる高度・精密な加工を実現している。一方、工作機械への実装に有利なリニア同期モータは、ユーザからのサイズ・性能の要求に柔軟に対応し、長寿命で早く、安く提供できるモータのことである。これらの条件を達成するためにモータ設計者は、モータの構造、モータ設計と制御を総合的に取り組む必要がある。リニア同期モータには様々な種類があるが、従来のリニア同期モータではいくつかの構造的な制約・課題を抱えており、ユーザからの要求性能を満足しても各タイプが実装される範囲が狭く、結果的に各タイプのマーケットが小さいことが課題となっていた。本研究の目的は、全体的には工作機械への実装により有利なリニア同期モータを開発することである。具体的にはリニア同期モータの工作機械への実装において、ユーザの要求(サイズ・性能)に柔軟に対応しながら、より長寿命で早く、安く提供するためのリニア同期モータを開発する上で、高性能・低材料コストの面に重点を置き、横方向磁束形リニア同期モータの構造と磁気回路簡易設計の提案と、位置決め制御性能の実証を行っている。最初に、構造の条件を満たす方法として、新しい構造のリニア同期モータ「両側式横方向磁束形リニア同期モータ」を提案している。提案モデルは7つの技術的な点を工夫したことで、工作機械への実装の有利な構造の条件を幅広く満たしながら、既存モデルの構造から起因する技術的な課題を幅広く改善できる。次に、設計の条件を満たす方法として、横方向磁束形リニア同期モータの元々装置にあったモータを置き換えることと新しく作る装置に導入することを想定し、初期設計の段階で体積と推力の設計点を簡易に見積もることに有用な磁気回路簡易設計として「簡易推力設計点導出法」と「簡易体積設計点導出法」を提案している。その後、提案した設計法を用いて両側式横方向磁束形リニア同期モータを5軸マシニングセンタの送り軸向けに設計し、試作モデルを用いて基礎性能特性の測定を行っている。次に、提案モデルの試作モデルを汎用ドライバを用いて設計した位置決め制御系において1□□m以下の位置決め制御性能を実証している。最後に、提案モデルの試作モデルを工作機械への実装に有利なリニア同期モータの条件に基づいて、既存モデルと構造・性能・材料コストの面で比較・分析し、提案モデルの工作機械への実装により有利なリニア同期モータとしての可能性を総合的に評価している。本研究の結果、リニア同期モータの構造と磁気回路簡易設計、位置決め制御性能の実証に取り組んだ結果として、1) 既存のコア付きリニア同期モータの構造的な問題点を幅広く改善し、2) 既存モデルに比べても遜色のない高性能(高推力密度: 339.2 kN/m³、低振動・騒音: 推力の2.3%の低ディテント力、高位置決め性能: 1□m以下の位置決め性能)、3) 低材料コスト(50%の永久磁石のコスト低減)が実現可能な横方向磁束形リニア同期モータの開発に成功した。また、本研究で提案した2つの簡易設計法は、横方向磁束形リニア同期モータの磁気回路簡易設計法として有効である。

A Permanent Magnet Transverse-Flux Type Linear Synchronous Motor for Industrial Machine Tools

SHIN JUNG-SEOB

Machine tools are widely used for machining large metal structures and complex helical surfaces in many industries, e.g., aerospace, shipbuilding, and automobile industries, since they contribute to high-level products in factory automation. Many types of machine tools have been developed, including a machining center, a milling center, and a wire electric discharge machine. Their sizes depend on the sizes of their workpieces. Technical requirement for high performance of machining tools has been increased with rapid industrial development. One of the key factors for determining machining performance is translational drive mechanisms for conveying works and tools. Two methods are generally used to realize such translational motions. One method is the use of rotary motors with rotary-to-translational mechanical converters. Such converters can be designed at low costs with large thrust densities as a consequence of intensive industrial development. However, such mechanical conversion produces large noise and friction, which eventually leads to deterioration of positioning accuracy and energy loss. The second method is to employ linear motors. Here, a direct linear drive is possible, which can yield low noise, easy maintenance, and high positioning accuracy. Several types of linear motors are available. In particular, because of the advent of rare-earth permanent magnets, a permanent-magnet linear synchronous motor (PMLSM) has been used in applications in which large thrust densities and high positioning accuracies are required. The requirement of PMLSMs applied to machine tools include large thrust, simple structure, ease of assembly, high positioning accuracy, and the possibility of long-stroke drive. Users and machine designers want their motor designers to provide a PMLSM possible as cheap and fast as possible which meets the requirements of thrust and size with long lifetime. In order to meet the requirements from the users, the motor designers have to comprehensively investigate the aspects of structure, design, and control. Several types of PMLSMs were developed, including the single-sided core type, double-sided core type, coreless type, tubular type, and transverse-flux type, and they have been applied in many industrial fields. However, there was no type of linear motors which simultaneously satisfied the following technical requirements; systematic and straightforward magnetic circuit design, ease of mechanical support with small attractive force, simple, compact and robust structure, and large thrust with small thrust ripples. The purpose of this research is to develop a PMLSM comprehensively applicable to machine tools with high performance. This dissertation mainly focuses on the following four issues. The first is to propose structure of a functionally versatile "Double-sided transverse-flux type PMLSM (DSTF-PMLSM)" in machine tools. The second is to propose two simplified magnetic circuit design approaches to save design time at a preliminary design stage which are useful not only to the DSTF-PMLSM but also to other recent transverse-flux type PMLSMs. The third is to verify position-control performance with accuracy of 1 μ m of the prototype model of the DSTF-PMLSM designed as uses in 5-axis machining center including the proposed two simplified magnetic circuit design approaches. The fourth is to evaluate the proposed model by comparison with other recent proposals in the aspects of structure, performance, and material cost to verify the current status and goodness of the proposed model. The results of this research show that the DSTF-PMLSM is more widely applicable to machine tools, and the proposed two simplified magnetic circuit design approaches are useful to save design time at a preliminary design stage of transverse-flux type structure.

ホールセンサを用いた簡易位置検出による永久磁石リニア同期モータの位置制御

赵 琦

リニアドライブは、産業用途、民生や公共交通機関などの多くの分野で広く使用されている。長いリニアドライブの位置フィードバック制御のために、例えば、リニアエンコーダのような高解像度センサは、多くの場合、工業用途のために高価である。また、汚染や妨害環境に弱い。このように経済的位置検出を長いリニアドライブの位置フィードバック制御のために必要とされる。我々は、ルックアップテーブルによって、ホールセンサを使用して経済的な位置検出方法を提案した。ホールの点は、磁界の磁束分布が正弦波の近似であると出力電圧との仮定をセンサかかわらホールとの対応関係を与えるテーブルは、出力電圧センサ、モータ位置は、ピーク、ゼロを使用して構築される。モータが移動し、2つのホールセンサの出力電圧が読み込まれたときにモータ位置をホール出力電圧をセンサの単調性を考慮したルックアップテーブルによって得られる。我々はまた、コントローラパラメータ決意と速度推定を含む永久磁石リニア同期モータの位置制御駆動システムに焦点を当てる。

Position Control of Permanent Magnet Linear Synchronous Motor Based on Simplified Position Detection Using Hall Sensors

ZHAO QI

Linear drive is widely used in many areas such as industrial applications, civilian applications and public transportation. For position feedback control in long linear drives, high-resolution sensor such as a linear encoder is often expensive for industrial applications. It is also weak to contamination and disturbance environment. Thus economic position detection is required for position feedback control of long linear drives. We proposed an economic position detection method using Hall sensors by look up table. The table which gives the corresponding relationship between the Hall sensors output voltages and motor position is built by using the peak, zero, though points of the Hall sensors output voltages and assumption that the magnetic field flux distribution is approximate sinusoidal. When motor moves, two Hall sensors outputs voltage are read in. Motor position is obtained by look up the table considering the monotonicity of Hall sensors output voltages. We also focus on the position control drive system of Permanent Magnet Linear Synchronous Motor including controller parameter determination and speed estimation.

波力発電用リニア同期発電機の実験と発電量を最大化する制御法

郭 瑞娟

海洋発電への応用を想定した永久磁石式リニア同期モータ等価回路同定のための試験法を論ずる。電機子抵抗や内部起電力は従来法に準拠した方法で測定可能だが、d軸、q軸インダクタンス測定に短絡試験法適用できない。ここでは可動子を固定し可変周波数の単相交流電源を用いたインダクタンス測定法を提案し、数値算、実験例を用いて詳細を説明する。

Characteristic Test Method and Control for Maximizing Power Generator of a Linear Synchronous Generator Applied to an Ocean Power Plant

GUO RUIJUAN

Armature resistance and electromotive force can be identified by conventional DC test and no load test. However, d-axis and q-axis inductances shall be measured by a new method. Authors propose to apply single-phase small AC-voltage to three phase winding to identify the two inductances by fixing mover to certain position. The proposed method will be explained in detail by numerical and experimental case studies.

波力発電機用のリニアリラクタンス発電機的设计

松岡 秀樹

リニア発電機は一般的な回転式の発電機と比べると、波力による上下運動を機械的・ネギア等を用いて回転運動に変換する必要が無いため、効率向上が期待できる。また、リラクタンス発電機は永久磁石を使わないレアアースフリーな発電機である。永久磁石形発電機と比して出力密度が低下するなどのデメリットはあるが、簡素で頑丈な構造にできるので、メンテナンスのしにくい洋上設置型の風力発電機としては適した方式である。しかしながら、リニアリラクタンス発電機は商業的に実用化されておらず、低い出力密度をカバーする設計の最適化が重要である。また、リニア発電機では回転型発電機と異なり、端部効果による影響が無視できないことが多いため、解析だけではなく実際に試験を行なって検証することが望ましい。しかしながら、リニア発電機の試験法については統一的手法が確立されていない。そこで、リニアモータ・リニア発電機ユニットによる設計結果の評価法についても考案する必要がある。

Design of Linear Reluctance Generator for Wave Power Generators.

HIDEKI MATSUOKA

Compare to rotating generators, linear generators are supposed to have higher efficiency because there is no need to convert vertical movement of wave into horizontal movement by means of mechanical gears. In addition, reluctance generators are rare earth elements free generators. Although their lower power density is a disadvantage, their simple and robust structure is suit for off-shore wave power generator, whose frequent maintenance is difficult. Since linear reluctance generators are not commercially operated, optimized design which compensates its low power density is important. In linear generators, not only design but also test is important because linear generators have higher end effect, which needs test by means of real machines. However, there are no standardized test methods of linear generators, reasonable evaluation by linear generator and motor unit also must be invented.

4.3 鉄道車両の電気駆動制御とエネルギー

鉄道電力負荷低減に向けた運行計画最適化と列車群運転電力制御の研究

渡邊 翔一郎

研究ではエネルギーの観点から持続可能な交通手段(Sustainable transportation system)の確立に向けて、主に都市鉄道の運行計画の設計と列車群の運転電力制御手法について分析を進めている。列車群の運転電力制御手法では、回生電力量を最大化する電力制限ブレーキを提案し、実務への適用を考慮した支援システムや運転曲線を設計、その効果を現車試験で検証している。この手法の最大の特徴は、与えられた駅間走行時分で回生電力量を最大化できることにある。つまり既存のダイヤに適用可能であることから、煩雑なダイヤを有する鉄道事業者にも適用可能な手法である。運行計画では少子高齢化社会を見据えた高齢者への着座サービスと生産年齢旅客の速達性を両立するため各駅・路線の旅客移動断面(OD断面, Origin and Destination)を推定し優等列車を積極的に導入する運行ダイヤの最適化問題を扱っており、求解には最適解の保証が得られる混合整数計画法を用いている。ここでの狙いは、高齢者は各駅停車列車を、生産年齢旅客は優等列車を利用する“住み分け”をOD断面の分析で実現し、優等列車の導入による旅客輸送エネルギー(kWh/人/km)を低減することである。そしてこれら2つの手法を組み合わせ、回生電力量を最大化する運転曲線を前提に、各駅間の走行時分を調整する運行計画により消費エネルギー低減を図る研究を進めている。ケーススタディとして、理想的な運転曲線を再現できるATO(Automatic Train Operation)を有する路線を選定し現車試験の準備を進めている。また、車輛機器の性能が向上した場合の効果、特に現在都市鉄道で普及しているリニア地下鉄の効果を推定する数値計算アルゴリズムの設計を進めており、磁気吸引力や端効果の電磁気学現象の再現も考慮し、走行抵抗に加味している。現在はこれらのケーススタディの検証に向けた現車試験の検討を深度化するとともに、鉄道電力負荷を平準化し系統から見た消費電力量を低減する列車群電力制御とその運行モデルを数値計算で分析している。

Research on Optimisation of Scheduling and Running Power Control of Train Groups for Power Load Reduction on Railway Systems

Shoichiro Watanabe

In this study, a method of scheduling and running power control of train group are analysed in order to contribute sustainable transportation systems .In running curve design, power-limiting braking is considered because this braking method can maximise regenerative energy. This running curve design involving power-limiting braking can apply for conventional scheduling easily because this design method has a restriction of keeping running time. This means that this design method can maximise regenerative energy in restriction of conventional scheduling, and this method has been experimented on on-track test by using on-board computers and assistance interface devices in order to apply for an actual driving. In scheduling design, I propose the estimation of OD (Origin and Destination) of passengers and installing rapid service aims for reducing energy consumption and congestion. This scheduling design is one of the optimization problems so that Mixed Integer Programming method is considered. The background of this motivation has an relationship between rapid service for workers and local service for elders in declining birth rate and the graying of society.To combine these two design methods, I analyse an energy-saving effect of scheduling based on running curve with power-limiting braking. I prepare a case study model involving ATO (Automatic Train Operation) for on-track test because ATO system has an advantage of driving operation. In addition, I analyse an efficiency of enhancing hardware of rolling stocks, focusing on linear metro. The end effect and magnetic attractive force are considered because these has an effect on running resistance of rolling stocks.Now I am preparing and discussing in detail for on-track test. In addition, I am building out the calculation systems to analysis the electric-load leveling in electric railway.

省エネのための新しいパラメータ化法に基づく最適な列車運転曲線的设计法

ドアン ヴァン ドウック

環境問題への関心の高まりにより、鉄道輸送に対する車両における消費エネルギーの減少を求め る要求は年々増加している。したがって、効率的にエネルギーを使用する際の戦略がさらに重要にな ってきており、総エネルギー消費量を削減する列車の運転方法に関する研究もその戦略の中で必要 である。消費エネルギーは、運転曲線に依存する関数としてモデル化することができる。そのため時間およびモータ駆動力といった、所定の制約下において最適な運転曲線を求めることにより、消費エネルギーを最適化することができる。しかし、駅間走行時分やモータ駆動力特性といった列車が持つ非線形特性によって求解が困難 な走行曲線とエネルギー消費量の関係を実証する費用関数は非常に複雑である。このため、このエネルギー最適化問題に対する解を容易に求めることはできない。本研究では、我々は、実行中の曲線の新規パラメータ法に基づくコスト関数と制約関数を得るために、(1) モデル化方法を研究に焦点を当てること、および(2) 効果的な最適化手法最適化問題を解決する。上記の両方の問題が解決できれば、ドライバのガイダンス・システムや自動列車運転 (ATO) システムは、事前に計算された走行曲線を利用することができる。

A Design Method of Running Profiles of Electric Train Minimizing Required Capacity of Energy Storage Devices

(--For a Train fed by Intermittent Contactless Power Transmission--)

Doan Van Duc

Railway transportation is facing increasing pressure to reduce the energy demand of its vehicle due to increasing concern for environment issues. Therefore, strategies in effectively using energy are becoming even more important, and studies on operation method of train to reduce the total energy consumption are necessary, also. Since the total energy consumption can be modeled as a function depending on the running curve, it is possible to optimize the total energy consumption by searching an optimal running curve, given constraints of running time and motor force. However, the solution for this energy optimization problem is not easily obtained because the cost function demonstrating the relationship between the total energy consumption and the running curve is very complicated due to the nonlinear model of train, and because there are also nonlinear constraints given such as running time and motor force, etc. Therefore, in this research, we focus on studying (1) Modelization Methods to obtain the cost function and the constraint function based on a novel parameterization method of the running curve, and (2) Effective Optimization Techniques to solve the optimization problem. If both of above problems would be solved, Driver Guidance systems or Automatic Train Operation (ATO) systems are able to take advantage of pre-calculated running curve.

引張力の情報を用いた電気車走行抵抗速度特性の効率的な測定法

美浦 健

本研究においてはより高精度な消費電力量把握を目的として、消費電力量の大部分を占める列車の走行抵抗の効率的な測定方法を提案している。測定方法の提案と現車試験において提案法で測定した走行抵抗の検証を行った。この提案手法の特徴は力行中に走行抵抗を測定することで、従来法より効率的に走行抵抗を測定できることである。効率的に走行抵抗を測定することで、従来は困難であった車両ごとの走行抵抗パラメータを反映した高精度な消費電力量計算が可能となる。

Efficient Measuring Method of Electric Rolling Stocks' Running Resistance Speed Characteristics by Using Information of Motor Tractive Force

TAKERU MIURA

In this study, the efficient measuring method of electric rolling stocks' running resistance is proposed in order to more high precision energy calculations. Energy loss from running resistance occupies a large part of the rolling stocks' running energy. Using proposed method, the running resistance is measured in the experiment. Features of the proposed method can be measured running resistance more efficient, by measuring running resistance in acceleration. Measuring running resistance more efficiently enables high precision energy calculation which reflects parameters for each railway vehicle. Generally, A rolling stocks' running energy calculation does not reflect the parameters for each railway cars.

4.4 非接触給電

電気鉄道の静止形非接触集電システムの提案と車上コイルの位置センサレス補正

羅 嗣罡

非接触給電は、伝統の鉄道給電方式より、低コストと高安全性のメリットがある。この研究には、鉄道用停車中非接触給電装置における送電・受電コイルの相対位置をセンサレスで推定する方法について提案する。この相対位置推定法は非接触給電コイルの位置制御に応用することができるもので、シミュレーションによって有用性を確認した。そして、一次及び二次コイル間の磁気結合情報を用いたセンサレスコイル位置検出方式に基づいて、電気鉄道非接触給電のコイル位置ずれ補正をする模擬実験装置を製作し、基本的な測定を行った、さらに、ギャップ偏差に対する耐性を向上させる位置検出方法を考案した。位置決めとギャップ耐性改善の性能が検証された。

A Proposal of a Stationary Wireless Power Transmission System in Electrical Trains and a Sensorless Positioning Control of On-board Coils

LUO SIGANG

This paper studies WPT system for electrical trains. It discusses about the current drawbacks of using catenary&pantograph system for railway power supplying and mentions the merits of using WPT as a solution. About stationary WPT system, this paper mentions one of the biggest problems for its stable and efficient operation, that is coil misalignment. Then presents a coil position control system which can be used in railway applications, as a solution. For this coil position control system, as sensorless method to detect the position of coils is presented, which also shows a strong tolerance to vertical deviation of gap. As the result, the presented system is able move coils to the expected position with error less than 6.25% coil length, when gap deviation happens within (-50%~+100%).

複数送信コイルによる磁界共振結合を用いた非接触給電における高効率化

成田 大輝

非接触給電は、配線が困難であった場所及び場面での給電手法として期待されている。走行中給電といった、長縦方向距離での電力伝送においては、送信側を1つの大型コイルのみとすると、電力を送信していない領域においても高周波の電流を流すこととなる。しかし、伝送効率の向上、電磁両立性の観点から、給電を行っている領域のみに送信側の電流が流れる方が望ましい。そこで本研究では、同時に複数の送信側コイルを用いる非接触給電システムにおいて、最大効率となる送信側電圧の条件の導出、及びその実現のための制御手法について理論的検討を行い、数値計算において提案法の妥当性について検証を行った。

Design of Efficient Wireless Power Transfer via Magnetic Resonant Coupling using Multiple Transmitter Coils**HIROKI NARITA**

Wireless Power Transfer (WPT) is expected as a novel power feeding method where conventional wiring is difficult or causes problems. In case of Longitudinal WPT such as dynamic WPT, if transmitter coil is single and long type, there is high frequency current even if there is no receiver coil. However, this case is not proper in the view point of transfer efficiency improvement and electromagnetic compatibility. Also multiple transmitter with individual power source can reduce rated value of transmitter. In this research, requirement of voltage of transmitters for maximizing efficiency and control method for realization of maximum efficiency using voltage/current of transmitters were discussed and confirmed by numerical simulation.

4.5 生体機構を取り入れた運動制御

鉛直方向の負荷変動に対応する2足歩行の運動制御 – 生体の筋構造の考慮の有無による相違の評価 –

サルブッチ ヴァレリオ

二関節アクチュエータ - 2つの関節にまたがるアクチュエータの需要が増大しつつある。その理由は 従来のロボットアームに存在する制約を解決できるからである。運動学的な冗長性とは対照的に、二関節アクチュエータの存在により、得られたアクチュエータの冗長性は、安定性、転送、近位から遠位 の関節への機械的エネルギーを増加させ、力の方向の関数として、エンドエフェクタの力の非線形性を減少させる。制御の観点からは、双関節作動ロボットは、多くの場合、アクチュエータの冗長性が得られ、接合部よりもアクチュエータを提示する。アクチュエータの冗長性の分解能は、ロボットの制御設計における重要な点である。我々は無限ノルムの最適化基準に基づいて、冗長性の解決方法を提案する。提案されたアプローチはリアルタイムで実施される閉じた形式(反復アルゴリズムが不要)で表される。解決案は、すべてのドメインに連続区分線形関数によって表される。提案された解決策は、広く使用されている擬似逆行列と比較し、より大きな最大エンドエフェクタ力低い最大関節アクチュエータのトルク、および速い応答をもたらすことが示されている。

Bi-articular Actuation in Robot Arms: Resolving Actuator Redundancy Using Infinity Norm with Closed Form Expression

Salvucci Valerio

Bi-articular actuators - actuators spanning two joints - are gaining popularity for solving the known limitations of conventional robot arms. In contrast with kinematic redundancy, actuator redundancy resulting by the presence of bi-articular actuators increases stability, transfers mechanical energy from proximal to distal joints, and decreases the non-linearity of the end effector force as a function of force direction. From a control point of view, bi-articularly actuated robots often present more actuators than joints, resulting in actuator redundancy. The resolution of actuator redundancy represents a key point in the control design for such robots. We propose a redundancy resolution approach based on infinity norm optimization criteria. The proposed approach is expressed in a closed form expression (no need for iterative algorithms) to be implemented in real time. The solution is expressed by piecewise linear functions continuous in all the domain. The proposed solution has been compared with the widely used pseudoinverse matrix, and shown to lead to a greater maximum end effector force and a higher performance in intrinsic stiffness modulation.

冗長決議に拘束カスケード一般逆確保継続

バラカート トラヴィス

理想的な出力のための冗長なシステム構成において得られた解が入力の制約条件を越えるため、得られた解を実行できないことは多く存在する。カスケード接続された一般逆行列 (CGI) は、これらの入力制限を考慮したうえで、解像度の一般的逆方法を使用した解決可能範囲を拡張するために導入された。これは未使用の入力を繰り返し再配置することで実現される。しかし、一般逆方法の範囲を拡張するには、解の連続性の点で主な利点の一つを失う。CGI の解で観察されるこれらの不連続性は、物理的なシステムにおいて、トラッキングエラー、不安定性、および他の負の効果 (ロボットマニピュレータでノック例えば関節) を引き起こす可能性がある。不連続の問題を克服するために、我々は、CGI の領域を制限する制約付き CGI を提案する。これはいくつかの拡張された出力範囲を犠牲にするが、連続性を保持する。この制約付き CGI の実装は、運動学的な冗長性を解決し、CGI の解では観察される不連続性をなくすことが実証されている。

A Constrained Cascaded Generalized Inverse Ensuring Continuity in Redundancy Resolution

Baratcart Travis

Redundancy is a useful criteria, endowing systems with fault tolerance and dexterity while operating in dynamic and unpredictable environments. However, when these redundant degrees of freedom are not being employed in solving a particular problem, how best to distribute input contributions is ambiguous. This problem of redundancy resolution has been the subject of a great deal of deliberation, however the vast majority of implementations have chosen to make use of the 2-norm in resolving systems due to its simple implementation in general systems. To address the shortcomings of 2-norm resolution, while retaining the benefits of its simple implementation, we have introduced three resolution methods. Two methods have been introduced improving upon the concern of the limited resolvable output space of the 2-norm. The Extended Cascaded Generalized Inverse (eCGI) comprises the largest present extension of 2-norm resolution for general systems, though bares the possibility of discontinuity, like other existing methods. The Continuous Cascaded Generalized Inverse (cCGI) then represents the largest extension of 2-norm for general systems which ensures continuity. In a more specific implementation, the 2-norm and the infinity-norm were successfully combined in a continuous switching system for the resolution of biarticular actuation redundancy. This switching system allows for the benefit of both systems' physical advantage in all corresponding regions of interest.

冗長ロボットシステムのための制御設計

キリン ディディエ

運動学的に冗長なマニピュレータは、タスクを実行するために必要なより多くの自由度を提示するという利点を有している。関節空間の次元 n は、そのタスク空間の次元 m よりも大きい、すなわち。これは マニピュレータに自己運動の特性を与え、逆運動学無限の数の解の存在を可能にする。それ故、そのような関節制限の回避、障害物回避、または他の性能基準のような余分なサブタスク、この自由空間を利用するために適用することができる。冗長性の明確な利点にもかかわらず、それはまた、解像度の点で困難をもたらす。我々は無限ノルムの最適化基準に基づく新規冗長解決手法を提案する。運動学的に冗長なアクチュエータ用の無限大ノルム上の以前の研究は、解決策を見つけるために冗長なアルゴリズムを提案した。提案されたアプローチはリアルタイムで実施される閉じた形の式（反復アルゴリズムが不要）で表される。この方法は、過剰労作から関節を保護する無限大ノルムの解決の利点を生み出す。加速度レベルでの解決を行う際に、このアプローチは、最大の関節速度と加速度を最小限にし、安全な操作のための滑らかな動きを可能にする。

Control Design for Redundant Robotic System

QUIRIN DIDIER

Kinematically redundant manipulators have the advantage of presenting more degrees of freedom than necessary for performing a task, i.e. the dimension n of its joint space is greater than the dimension m of its task space. This allows the existence of a infinite number of inverse kinematic solutions giving the manipulator the property of self-motion. Criterion can hence be applied to utilize this free-space to extra sub-tasks, such as joint limits avoidance, obstacle avoidance, or other performance criteria. Despite the clear advantages of redundancy, it also brings difficulty in term of resolution. We propose a novel redundancy resolution approach based on infinity norm optimization criteria. Previous work on infinity-norm for kinematically redundant actuators only proposed tedious algorithm to find a suitable solution. The proposed approach is expressed in a closed form expression (no need for iterative algorithms) to be implemented in real time. This method also brings forth the advantages of infinity norm resolution, which protects joints from over-exertion. In performing the resolution at the acceleration level, this approach minimizes the maximum joint velocities and accelerations and allows a smooth motion for safe operation.

ダイナミクスを考慮した高速化 ∞ -normに基づく運動学的冗長性解消法の提案と有用性検証

川野邊 素

冗長性解消手法の研究として、多関節ロボットアームにおける運動学的冗長性の解消をテーマに、高速化 ∞ -normという新しい冗長性解消手法を提案し、従来の2-norm, ∞ -normとの比較検討を行った。高速化 ∞ -normは2-normの計算速度が速く、制御が安定であるという利点と、 ∞ -normの出力を最大化できるという利点を併せ持つため、従来法より優れた手法であると考えられるが、仮説のみで実証がなされていないため、その実用性を実験的に検証した。また、従来の ∞ -normに関する研究では、関節-アクチュエータ間のアクチュエータ冗長性の解消について研究がなされており、ダイナミクスを考慮した研究となっていないため、本研究においてはアクチュエータへの入力電流-ロボットアームの先端速度出力間においてダイナミクスを考慮した研究を行った。

Experimental demonstration of resolution of kinematic redundancy based on ∞ -norm

Moto Kawanobe

As the study of redundancy resolution, on the theme of resolution of kinematic redundancy in multi-joint robot arm, proposed a new redundancy resolution of Fast ∞ -norm and compared with the 2-norm and traditional ∞ -norm. Fast ∞ -norm combines the advantages, the advantage of high-speed calculation of 2-norm, the advantage of maximizing the output of ∞ -norm, a better approach than the conventional method but it has not demonstrated. it is just hypothesis so I was verified its utility experimentally. Moreover, a conventional study for ∞ -norm, has been made for actuator redundancy between joints and actuators, so it is not a study considering the dynamics. In this study, I did research between input current to the actuator and the tip speed output of the Robot arm that takes into account the dynamics between.