

4. 研究現況

4-1 列車の運転整理

複数経路を考慮した乗客流推定に基づく運転整理支援システムにおける暫定運行計画の運用法

田中 峻一

鉄道において列車の運行が乱れた際に列車のダイヤに変更を加え、元のダイヤに収束させる運転整理業務が行われる。現在の運転整理は確立したアルゴリズムや定量的な評価がなく、経験のある司令員の判断に頼る部分が多く、コンピュータによる支援が望まれている。

本研究室では、先行研究より乗客の立場に立った評価に基づいて運転整理の作成を行う運転整理案の作成支援システムの開発を行っている。本研究では、乗客の視点に立ったダイヤ評価を適切に行うために、乗客の行動仮定の見直しの提案を行い、その合理性について考察を行った。また、障害発生直後の列車運行はどうすべきかについて、複数のパターン運行を考え、その選択法について言及を行った。

Generation Method of Tentative Operation Plan for Train Rescheduling System Based on Passengers' Flow Analysis under Consideration of Multi-Paths

Shunichi Tanaka

Train rescheduling during disrupted service is a substantially significant task for urban railway operators. This task typically depends on the experiences and personal decisions of the professional operators. The operators use neither systematic methodologies for modifying train schedules nor quantitative criteria for measuring the quality of the rescheduled plans. Thus, operators have requested assistance in the form of a computer-aided train-rescheduling program.

In our laboratory, we are creating the train-rescheduling system based on passengers' view. In this research, I changed the model of passengers' behavior for the accuracy enhancement and made the operating pattern shortly after the accident.

列車ダイヤ復旧作業支援のための乗客視点を考慮した再スケジューリング提案手法

千種 健二

不測の事態によって列車運行に障害が発生した際、遅延解消や輸送力確保のために乱れたダイヤを調整する業務を運転整理と呼ぶ。

列車運行上の厳しい制約下で、復旧調整を迅速かつ適切に実施するのは困難で負担も大きいため、計算機による支援システムの導入が望まれている。

本研究室では、ダイヤ乱れ時に乗客が被る不利益を定量的に評価することで、運転整理案の作成を支援するシステムの開発を行ってきた。さらに本研究では運転整理を複数のプロセスに分け、乗客視点の評価に基づき各プロセスを最適化して提案するシステムの開発に取り組んでいる。現在は、待避位置と列車間隔をまとめて最適化するアルゴリズムを構築している。

A Passenger-Oriented Optimization of Disrupted Train Timetable

Kenji Chigusa

Once a trouble happens in a railway traffic, delay propagates and causes crush, big confusion. Then, a rescheduling of train operation such as train reordering or interval adjustment is conducted by train dispatchers to restore it to normal status. However, it is a quite difficult and burden task due to lots of changes and strict constraints on the basis of a safety operation. Consequently, a computer-aided rescheduling support system is strongly required.

In previous works, a passenger-oriented evaluation system for rescheduling has been constructed. But a framework of providing dispatchers with suitable plans is uncompleted and rescheduling under disturbed train operation has still been done by their own.

In this study, real-time approximation optimization methods of rescheduling are examined, and train reordering and interval adjustment are modeled by Mathematical Programming (MP).

And also, demonstrating a systematic rescheduling technique to them is intended.

複々線区間における運転線路変更と運休の乗客視点からの評価と判断**福地 正樹**

人身事故等で乱れたダイヤを元に戻す作業を運転整理という。この作業は、指令員が経験と勘で行われている。そして、運転整理案の適切な評価は非常に困難なものである。

本研究室では、乗客視点での評価を用いて、片方向の運転整理案を提案するシステムを開発してきた。本研究では、さらに上下両方向に拡張する。そして、運休と複々線区間特有の手法である運転線路変更がどのような時に有効か検証する。

Selection of Rescheduling Strategies between Track-change and Train Suspension based on Passenger's Disadvantage Analysis in a Quadruple Track Selection**Masaki Fukuchi**

Train rescheduling is an important task to recover a disordered train operation. Train dispatchers are going by the experience and intuition. And an appropriate evaluation of train rescheduling plan is very difficult.

In this laboratory, the system that proposes the train rescheduling plan that considers the operation only of a certain direction has been developed by evaluating from passenger's point of view.

In the present study, it enhances it to the system that can consider both directions in addition. Whether track-change and train suspension are effective when is verified by it.

Design of a Low-Speed High-Thrust Permanent Magnet Synchronous Motor

Genevieve Marie Patterson

Fully integrated electric propulsion systems are gaining popularity in both commercial and military sectors. Propulsion motor manufacturers are investigating new direct drive solutions for use in electric ships. These applications require motors with high torque output at low speeds. Such requirements were the motivation for the design of a new PMSM with a novel topology.

This thesis describes the efficient mathematical model used to optimize our PMSM design. Based on a simplified theoretical model for the motor's behavior, torque output was quickly and accurately predicted. The minimalist design of this TFM is shown to be advantageous for computer simulation and machine manufacturing. Initial results from a prototype are included and discussed. Future plans for the prototype are outlined.

三次元磁束を考慮した大トルク永久磁石形同期機の設計と評価

佐藤 功一

現在、電動機は産業機器や交通機関等様々な分野でその技術が使用されている。電動機の中でも、永久磁石形同期機は高効率な電動機の担い手として開発・導入が進められている。永久磁石を用いることにより、界磁用の電磁石を作り出すための巻線・電源回路が不要になり、メンテナンス・コストの面で有用である。また、二次側の界磁用に永久磁石を使用するため、二次側の損失がなく、さらなる高効率期待されている。

希土類磁石を用いた永久磁石形同期機は、電動機単体で大トルクを出力し、変速機の不要な直接駆動の可能性を秘めている。直接駆動にすることにより、機械的損失の低減、容易な保守、低騒音・低振動等のメリットがある。直接駆動の産業応用例として船舶推進用モータがあり、特に低速回転領域において大トルクを必要とすることが特徴である。本研究では、企業との共同研究において、船舶推進用モータを想定し、先行研究の“横方向磁束形モータ”の長所・短所を考慮した直接駆動用大トルク永久磁石形同期機の設計とその評価を行った。

Design and verification of permanent magnet synchronous motor for high torque drive considering three-dimensional flux distribution

Kouichi Sato

Electric propulsion systems are gaining popularity in both commercial and military sectors. Propulsion motor manufacturers are investigating new direct drive solutions for use in electric ships. These applications require motors with high torque output at low speeds. Such requirements were the motivation for the design of a new PMSM with a novel topology.

We designed and measured “the 1st model” used for high torque at low speed making use of transverse flux motor. But the 1st model was not able to rotate smoothly due to cogging torque. The cogging torque has been a serious problem. Considering weak points of the 1st model, “the 2nd model” to innovate skew and entertain the number of core and winding turns was analyzed and designed. To compare the theoretical result, characteristics of the proposed 2nd model have been tested.

円盤状可動子を持つ永久磁石形大トルク同期モータの特性評価とコギングトルク低減

迫 健太郎

本研究では日立研究所との共同研究でTransverse Flux PMSMのアイデアを基にした新しいデザインの永久磁石形同期モータの設計と試験を行ってきた。

先行試験において第1試験機では電機子コアの位置合わせ精度が低いことに起因するコギングトルクが大きな問題となっており、本研究ではコギングトルクを低減することを狙い第2試験機の設計を行い、実際にコギングトルク測定を行った。電機子コアの位置配置と磁石数の組み合わせを変更し、スキュー角を導入したことでコギングトルクは1/5まで低減することができた。

Cogging Torque minimization of new PMSM

Kentaro Sako

We have been doing research with HITACH about new design PMSM. In first type motor, there was a trouble with cogging torque because we can't fix the core in right position.

In this work, I designed another positioning of core and magnet to minimize cogging torque. Changing the number and position of core and magnet, the cogging torque became 1/5 of first type motor.

都市交通用リニア誘導モータの三次元渦電流解析に基づくリアクションプレート改良を通じた高推力設計

早山 和弥

リニア誘導モータは、直接駆動による粘着からの解放や車体の小型化によるトンネル断面の小型化が可能であるというメリットから都営大江戸線をはじめとするリニアメトロの駆動源として活用されている。しかし、縁効果や二次鉄心の渦電流損といった二次側の渦電流に起因する損失があり、加速性能の向上における大きな問題点となっている。

そこで、本研究では電磁界解析の計算結果に基づいたリアクションプレートの改良によってこれらの影響を低減させ、推力を向上させることを目標とし、渦電流の流路を考慮できるように従来の二次元電磁界解析プログラムを三次元に拡張した上で、リアクションプレートの形状ごとに電磁界解析を行って推力を向上させる設計を提案する事を目指す。差分法を用いた二次元電磁界解析によって二次側に渦電流が流れる場合について計算を行い、二次鉄心の損失が推力に対して及ぼす影響を算出した。

Designing of Reaction Plate of Linear Induction Motor for Urban Transit for Improvement of Thrust Based on 3-D Eddy Current Analysis

Kazuya Hayayama

Linear induction motor (LIM) is used for traction system of Linear Metro and HSST. However, there are problems of "edge-effect" and eddy current loss of secondary core in LIM driving system. So thrust of LIM is decreased.

The purpose of this research is to propose design of reaction plate in order to remedy these problems. So condition of eddy current has to be considered by 3D electromagnetic analysis.

2D FDM electromagnetic analysis made cleared that thrust decrease caused by eddy current loss in secondary core.

横磁束リニア同期モータの設計と制御

シンジュンソブ

リニアモータは付加器機無しで線形移動を遂行できるが、低い力密度がその応用を限定している。この不利な点に狙いを付け、横磁束構成を採用した永久磁石リニアマシンの新たな構造を提案する。

Design and control of 3-dimensional linear synchronous motor

Shin Jung seob

One of the advantage of linear motor is a direct drive. However, its low force density can be a obstacle when considering application.

In order to solve the problem, we suggested a new motor design using transverse flux composition.

電気車の軸角速度情報に基づく再粘着制御と車輪部の超過角運動量補償に基づく粘着利用率の向上

槻木澤 佑公

鉄道においてその推進には鉄車輪とレール間の粘着力を利用している。しかし、粘着力に関係する現象としてしばしば発生する滑走・空転によって推進力が減少してしまうこと、車輪・レールの損傷を招くなど、この発生を防ぐことは大きな課題である。

そこで本研究では電気車の駆動に関わるこの滑走・空転現象に関して、インバータ装置の制御の面から滑走・空転を最小限に抑え最大限の減速/加速を実現するための制御則の提案を目的とする。

結果として、再粘着制御における接線力特性や再粘着可能性が包括的な現象として記述されることがわかった。

Re-adhesion Control Based on Axis Angular Velocity Information and Advancement of Adhesion Availability

Yutaka Tsukinokizawa

It is important in the viewpoint that secures the acceleration not to cause the slip and to use adhesion phenomenon effectively in railways.

I would like to examine the condition of causing the slip with Adhesion control. On the other hand, it is known that the tractive coefficient is shown as a function at the slip velocity. As a result, tracks of the tractive coefficient characteristic with the Adhesion control and the possibility of the readhesion control as the comprehensive phenomenon are described.

可変速交流駆動電車における推定接線力およびすべり速度情報を活用した再粘着制御の有用性の研究

原 崇文

鉄道は加速時に伝える力である接線力が小さいため、空転が起きる。一旦空転が生じると、エネルギー散逸や乗り心地の悪化、線路の破壊が生じてしまう。そのため、空転状態から粘着状態に戻す空転再粘着制御が必要である。

特に、車輪の回転速度と車体速度の差である「すべり速度情報使用」、車輪と線路との摩擦力である「接線力推定情報使用」の再粘着制御に着目し、新しい再粘着制御の提案と数値解析による粘着性能の評価を行った。

Readhesion Control Study on Electric Railways that Uses Information Presumpting Adhesive Information presumpting Adhesive Force and Information in Slip Velocity

Takafumi Hara

In these days, consideration for environment is rising all over the world. Furthermore, each country makes an effort on the reduction of greenhouse gas to achieve the target. For these environmental threats, Electric Railways are the most advantageous vehicle. They generate electricity and collect energy by using Induction Motor when they are braked. Currently, most of them equip with this brake. Therefore, their advantage for environmental threats is evident.

On the other hand, Electric Railways have problems. Compared with other Vehicles, their adhesive force are small when they accelerate. Particularly, in case of rainfall, dead leaves and snow slip cause. Generation of slip leads to energy dissipation, riding quality and break of rail. Therefore, it requires readhesion control to stop slip and adhere between rail and wheel.

Readhesion control can be divided three whether it use information presumpting adhesive force and information in slip velocity.

Readhesion control that uses information presumpting adhesive force and information in slip velocity is advantageous compared with other readhesion control. Because it uses information in slip velocity. It was investigated by calculation assuming actual train.

In addition to this, many problems is found out. We suggest new readhesion control that uses information presumpting adhesive force and information in slip velocity.

生体の二関節同時駆動特性を考慮したヒューマノイドロボットの運動制御

福正 博之

ヒューマノイドロボットの運動制御簡単化のために、近接する二つの関節にまたがり同時に駆動させる二関節筋に着目する研究がある。先行研究によると、上肢を固定した状態で手先から発生する力の方向を意図的に変化させた場合に、二関節筋と一関節筋がそれぞれの筋力を簡単に制御していることが理論解析および筋電図測定から明らかになっている。

これは手先位置から各関節角度を求め、逆運動学を計算することで関節トルクを制御する従来のロボット工学とは異なり、生体はもっと簡単な方法で運動制御をおこなっているのではないかという分析につながっている。

本研究では、静止時の筋電図による結果を具体的に理論計算により証明し、筋肉の役割をするアクチュエータへ簡単な比例配分制御入力を行うことで手先の力の方向を任意に決められることを計算により明らかにした。加えて、物を持ち上げたりスクワットをしたりするような、先端が支点から真っ直ぐに曲げ伸ばしする運動時に必要な関節のトルクは、先端の外力を制御する場合の関節トルクの特性和近いことを理論的に検討した。

これより、運動時においても上述の二関節同時駆動を主とした関節トルク設計により制御することを目指している。

Motion control of a humanoid robot taking advantages of cooperation with biological bi-articular simultaneous drive

Hiroyuki Fukusho

Research for motion control of a humanoid robot with consideration of bi-articular mechanism which is connected between adjacent two joints and rotates those joints simultaneously is advancing. It has been already obvious from the previous research that direction of the force from the tip point of an arm and a leg is defined from each actuator control. And it is actualized by simple proportional distributed control.

This means that our life might not use a complex calculation like inverse kinematics using the information of the position of tips and each joint angles but use easy control like above proportional distributed actuator control.

In this research, relationship between the direction of the force at the tip point and each actuator torque which generates each joint torque has mathematically calculated.

Furthermore, joint torques during the straight line stretching motion has taken into consideration and it has been considered that the characteristics are similar to the characteristics of static condition.

Therefore, cooperation with bi-articular simultaneous drive would be mainly applied to specific straight line motion control of a tip of a robot.

運動学的冗長性と筋冗長性とを有するマニピュレータの特性解析と筋配列の最適化に関する研究

杉本 貴大

ヒトを始めとする生物は膨大な数の関節を有しており、それに加え、それぞれの関節を複数の筋を協調させることで駆動させている。この意味で生物は運動学的冗長性、筋冗長性という2つの冗長性を有していると言える。生物はこれらの冗長性を生かして、様々な環境下でものを掴む、投げる、走るといった巧みな動作を実現していると考えられる。

本研究では、運動学的冗長性、筋冗長性を持つマニピュレータがどのような特徴を有しているのかを数理的に解明し、生物の筋配列の合理性を解明するとともに、これらの冗長性を利用した巧みな運動制御を行うことを目的としている。工学的にはマニピュレータの構造に冗長性を持たせ、マニピュレータの性能を向上させようとするものである。現在のところ、線形計画法を利用してマニピュレータの最大出力分布を求める方法を考案し、有蹄類下肢の筋配列の合理性を解明するとともに、ヒト示指先端の最大出力分布が実測と理論値とでよく一致するという成果が得られている。

Characteristic Analysis and Muscle Arrangement Optimization of Manipulator with Kinematic Redundancy and Muscle Redundancy

Takahiro Sugimoto

Human beings not only have an enormous number of joints, but also drive one joint by many muscles. In this sense, human beings have kinematic redundancy and muscle redundancy. It could be due to these redundancies that we are able to realize various motions like grasp, throw and run dexterously. On the other hand, it is common for conventional robot manipulators to have not so many joints and drive one joint by one motor. But, there are some advantages of equipping industrial robot manipulators with kinematic redundancy and muscle redundancy. The advantages are increasing the reliability, avoiding singular configurations, avoiding obstacles, minimizing the necessary energy and so on.

In our research, method for maximizing output force and acceleration of a manipulator with kinematic and muscle redundancy by linear programming method has been derived. And the maximum output force distribution of ungulate lower leg and the maximum acceleration distribution of primate lower leg has been calculated. Rationality of ungulate lower leg and primate lower leg are confirmed from these distributions.