

2015（平成27）年度 春 学 期

博 士 （工 学）
博 士 （理 学） 学 位 論 文

論文の内容の要旨および論文審査の結果の要旨

慶應義塾大学理工学部

目 次

| | | |
|---|--|----|
| 高松 勇輔 | ウェブアプリケーションのロジックに依存する攻撃の自動生成による脆弱性検査に関する研究 | 1 |
| 武見 充晃 | Physiological Characterization of Event-Related Desynchronization in Human Electroencephalogram (ヒト頭皮脳波における事象関連脱同期の生理学的特性) | 3 |
| 小川 恵美悠 | 細胞外光増感反応による心筋細胞の障害 | 5 |
| 原 豪紀 | 展示施設における拡張現実ガイダンスサービスシステムの実用化 | 7 |
| (クルイ, ソティア) KRUY, SOTHEA | Development of Burr Prediction System for End Milling (エンドミル加工におけるバリ予測システムの開発) | 9 |
| 新倉 啓介 | ウニ配偶子認識タンパク質由来膜融合促進ペプチドの機能解析と抗体DDSへの応用 | 11 |
| 森田 真布 | 海洋産マクロリドbiselyngbyaside類の構造と作用機序 | 13 |
| (楊 川) YANG, CHUAN | Conceptual Design and Control of Walking and Transportation Assist Devices Considering Human Motion (人の動作を考慮した歩行・移動補助器の概念設計と制御) | 15 |
| 宮島 敬明 | A Toolchain for Application Acceleration on Heterogeneous Platforms (異種混在環境におけるアプリケーション高速化のためのツールチェーン) | 17 |
| 堀江 光 | 需要変動によるサーバ負荷の変動を軽減するコンテンツ配信手法に関する研究 | 19 |
| 芦沢 國正 | Multi-Service Adaptable and Low-Power Consumption Active Optical Access Network Using High-Speed PLZT Optical Switches (超高速PLZT光スイッチを用いたマルチサービス適応可能な低消費電力アクティブ型光アクセスネットワーク) | 21 |
| (ヘーナカラララゲ, オシャーニ イルニカー) HENAKARALALAGE, OSHANI ERUNIKA | A Study on Distributed Management Schemes for Node Mobility in the Internet (インターネットにおけるノードモビリティの分散管理方式に関する研究) | 23 |
| 大場 清美 | 2,4,6-トリイソプロピルフェニルリチウムを用いたBarbier型反応によるアリール-β-C-グリコシド合成法の開発とパエシロマイシンBの全合成 | 26 |
| (周 進) ZHOU, JIN | Bayesian inference on structures using differential evolution adaptive Metropolis algorithm considering measurement uncertainty (計測誤差を考慮した適応型差分進化メトロポリス法を使った構造物のベイズ推定) | 28 |
| (ムハンマドレザ パルサネジャド) MOHAMMADREZA PARSANEJAD | Performance Measurement of the Supply Chain Using Control Engineering Approach (制御工学手法を用いたサプライチェーン・パフォーマンス評価方法に関する研究) | 30 |
| 村上 和明 | On the isomorphism classes of Iwasawa modules (岩澤加群の同型類について) | 32 |
| (トゥルオング, ニュ フク アラン) TRUONG, NHU PHUOC ALAIN | Magnetic properties of single crystalline Mn ₅ Ge ₃ films grown on Ge (111) substrates (Ge(111)基板上に成長されたMn ₅ Ge ₃ 単結晶膜の磁気特性) | 34 |
| 栗原 一樹 | 拡散光トモグラフィによる脳機能イメージングのための頭部構造モデルの構築 | 36 |
| 兵頭 翔洋 | Motion Control for Haptics and Its Application to Delayed Communication Systems (ハプティクスのためのモーションコントロールとむだ時間を伴う通信システムへの応用) | 38 |
| 鈴木 良一 | Explicit Representations of Locally Risk-minimizing Hedging Strategy for Lévy Markets by Malliavin Calculus (マリアアヴェン解析によるレヴィ市場における局所的リスク最少化ヘッジ戦略の明示的な表現公式) | 40 |
| 増淵 継之助 | レーザー蒸発法によって気相合成された多成分ナノクラスターの物性評価と機能材料への展開 | 42 |
| 白石 理人 | 部分構造の特性変化に基づく構造物の局所損傷検出に関する研究 | 44 |
| 村山 大輔 | ユニバーサルサービスを実現する光アクセスネットワークに関する研究 | 46 |
| 齊藤 英一 | Control of Wave Systems Based on Reflected Wave Rejection (反射波除去に基づく波動システムの制御) | 48 |
| 澁谷 泰蔵 | Study of Reduced Rutile TiO ₂ (110) Surfaces based on the Density Functional Theory (密度汎関数理論によるルチル型TiO ₂ (110)還元表面の研究) | 50 |
| (梅 柳) MEI, LIU | Substructural Damage Identification of Shear Structures Based on Autoregressive Models (ARモデルに基づくせん断構造物のサブストラクチャ損傷同定) | 52 |

論文の要旨および審査結果の要旨

本報は、学位規則(昭和28年4月1日文部省令第9号)第8条による公表を目的として、本大学において2015(平成27)年度春学期に博士の学位を授与した者の論文内容の要旨および論文審査の結果の要旨である。収録したものは次のとおり。

慶應義塾大学理工学部

| 学位の種類 | 学位記号・番号 | 授与年月日 | 氏 名 |
|--------|------------|------------------|---|
| 博士(工学) | 甲 第 4275 号 | 平成 27 年 4 月 8 日 | 高松 勇輔 |
| 博士(工学) | 甲 第 4279 号 | 平成 27 年 9 月 21 日 | 武見 充晃 |
| 博士(工学) | 甲 第 4288 号 | 平成 27 年 9 月 21 日 | 小川 恵美悠 |
| 博士(工学) | 甲 第 4289 号 | 平成 27 年 7 月 29 日 | 原 豪紀 |
| 博士(工学) | 甲 第 4290 号 | 平成 27 年 9 月 21 日 | (クルイ, ソティア) KRUY, SOTHEA |
| 博士(工学) | 甲 第 4291 号 | 平成 27 年 9 月 21 日 | 新倉 啓介 |
| 博士(理学) | 甲 第 4292 号 | 平成 27 年 7 月 29 日 | 森田 真布 |
| 博士(工学) | 甲 第 4293 号 | 平成 27 年 9 月 21 日 | (楊 川) YANG, CHUAN |
| 博士(工学) | 甲 第 4294 号 | 平成 27 年 7 月 29 日 | 宮島 敬明 |
| 博士(工学) | 甲 第 4295 号 | 平成 27 年 9 月 21 日 | 堀江 光 |
| 博士(工学) | 甲 第 4304 号 | 平成 27 年 9 月 21 日 | 芦沢 國正 |
| 博士(工学) | 甲 第 4305 号 | 平成 27 年 9 月 21 日 | (ヘーナカラララゲ, オシャーニ イルニカー) HENAKARALALAGE, OSHANI ERUNIKA |
| 博士(工学) | 甲 第 4306 号 | 平成 27 年 9 月 2 日 | 大場 清美 |
| 博士(工学) | 甲 第 4307 号 | 平成 27 年 9 月 21 日 | (周 進) ZHOU, JIN |
| 博士(工学) | 甲 第 4308 号 | 平成 27 年 9 月 21 日 | (ムハンマドレザ パルサネジャド) MOHAMMADREZA PARSANEJAD |
| 博士(理学) | 甲 第 4309 号 | 平成 27 年 9 月 21 日 | 村上 和明 |
| 博士(工学) | 甲 第 4310 号 | 平成 27 年 9 月 21 日 | (トゥルオング, ニュ フク アラン) TRUONG, NHU PHUOC ALAIN |

| 学位の種類 | 学位記号・番号 | 授与年月日 | 氏 名 |
|--------|------------|------------------|-------------------|
| 博士(工学) | 甲 第 4311 号 | 平成 27 年 9 月 21 日 | 栗原 一樹 |
| 博士(工学) | 甲 第 4312 号 | 平成 27 年 9 月 21 日 | 兵頭 翔洋 |
| 博士(理学) | 甲 第 4313 号 | 平成 27 年 9 月 21 日 | 鈴木 良一 |
| 博士(理学) | 甲 第 4314 号 | 平成 27 年 9 月 21 日 | 増渕 継之助 |
| 博士(工学) | 甲 第 4315 号 | 平成 27 年 9 月 2 日 | 白石 理人 |
| 博士(工学) | 甲 第 4316 号 | 平成 27 年 9 月 21 日 | 村山 大輔 |
| 博士(工学) | 甲 第 4317 号 | 平成 27 年 9 月 21 日 | 齊藤 英一 |
| 博士(工学) | 甲 第 4318 号 | 平成 27 年 9 月 21 日 | 澁谷 泰蔵 |
| 博士(工学) | 甲 第 4319 号 | 平成 27 年 9 月 21 日 | (梅 柳) MEI, LIU |

内容の要旨

| | | | |
|--|------------|-----|-------|
| 報告番号 | 甲 第 4275 号 | 氏 名 | 高松 勇輔 |
| 主 論 文 題 目 : ウェブアプリケーションのロジックに依存する攻撃の自動生成による脆弱性検査 に関する研究 | | | |
| <p>ウェブアプリケーションの脆弱性は深刻な不正攻撃につながっており、不正攻撃によってクレジットカード番号などの個人情報が流出した事例などが多く報告されている。さらに、77% 以上のウェブアプリケーションに少なくとも 1 つの脆弱性があると報告されており、開発段階においてウェブアプリケーションの脆弱性を検査する必要がある。実際に 85% の企業がウェブアプリケーションのリリース前に脆弱性の検査を行っている。それにもかかわらずウェブアプリケーションに脆弱性が残っている主な要因は次の 3 点である。1 点目は、開発者が脆弱性や攻撃に関する知識を持たないことである。2 点目は、脆弱性や攻撃についての知識があっても防御手法の回避法について知識がないことである。3 点目は、開発者に脆弱性や攻撃、防御手法、その回避手法などについての十分な知識はあるものの防御手法の実装に不具合が残ることである。</p> <p>本論文では、ウェブアプリケーションのロジックに依存する攻撃を自動的に実行することで脆弱性を検査する手法を提案する。ウェブアプリケーションのロジックとは、ウェブアプリケーションが持つ機能 (例: ログイン機能やメッセージ送信機能) を動作させるために必要な手順や情報のことである。提案機構は、こうしたロジックに関する情報を利用してウェブアプリケーションの機能を動作させることで、ロジックに依存する攻撃を実行する。提案機構と同様にウェブアプリケーションへの攻撃を実行することで脆弱性を検査する既存手法があるものの、ウェブアプリケーションのロジックに依存する攻撃を実行することができない。なぜなら、このような攻撃の実行に必要なロジックに関する情報を収集できないためである。提案機構はウェブアプリケーションの開発段階における利用を想定することで、開発者からこのロジックに関する情報を獲得する。例えば、ウェブアプリケーションのロジックに依存する Cross-Site Request Forgery (CSRF) という攻撃を実行するためにウェブアプリケーションにログインする必要があり、開発者からログインのロジックに関する情報を獲得する。提案機構は、このロジックに関するいくつかの情報を自動的に収集するためにテストフェーズにおいて開発者が行うウェブアプリケーションの動作確認を監視する。これは、ロジックに関する情報を要求することで開発者にかかる負担を軽減するためである。提案機構がウェブアプリケーションのロジックに依存する攻撃を実行することで、これまで攻撃を用いて自動的に検査できなかった脆弱性が検査できるようになる。提案機構が自動的に検査を行うことで、脆弱性や攻撃、防御手法、その回避手法などの知識がない開発者でもこの脆弱性を検査することができる。さらに、提案機構は実際に攻撃を実行することで防御手法の不具合も検査できる。</p> <p>本手法の有用性を示すために、既存手法では実行できない CSRF と session fixation, visual clickjacking という攻撃に本手法を適用する。提案機構が実行するこれらの攻撃で脆弱性を検査できることを確認するために、さまざまなサイトで利用されているオープンソースのウェブアプリケーションを対象に脆弱性検査を行った。その結果、提案機構が検査した機能に残る脆弱性については全て検出することができた。以上の結果から、本手法は脆弱性を検査するためにウェブアプリケーションのロジックに依存する攻撃を自動的に実行できることがわかった。</p> | | | |

論文審査の要旨

| 報告番号 | 甲 第 4275 号 | 氏 名 | 高松 勇輔 |
|--|------------|-----------|--------------|
| 論文審査担当者： | 主査 | 慶應義塾大学教授 | 博士(理学) 河野 健二 |
| | 副査 | 慶應義塾大学教授 | 博士(工学) 高田 眞吾 |
| | | 慶應義塾大学准教授 | 博士(工学) 遠山 元道 |
| | | 慶應義塾大学教授 | 工学博士 山口 高平 |
| <p>学士(工学), 修士(工学) 高松勇輔君提出の学位請求論文は, 「ウェブアプリケーションのロジックに依存する攻撃の自動生成による脆弱性検査に関する研究」と題し, 全 6 章で構成されている。</p> <p>ウェブアプリケーションの脆弱性は深刻な不正攻撃につながっており, 個人情報の流出や金銭的な被害など多くの事例が報告されている。このような脆弱性を排除するため, 開発段階において, 脆弱性スキャナなどを用いた検査が行われている。脆弱性スキャナなどを用いると, 脆弱性や攻撃手法に関する知識をもたない開発者でも利用しやすいという利点がある。しかし, 既存の検査手法では, ウェブアプリケーションのロジックに依存した攻撃に対する脆弱性を発見することができない。ウェブアプリケーションのロジックとは, ウェブアプリケーションが持つさまざまな機能を動作させるために必要な手順や情報のことである。既存の検査手法では, ウェブアプリケーション毎に異なったロジックについて, その情報を獲得できないため, ロジックに依存した攻撃には対応が難しい。本論文では, 開発段階における検査工程から自動的にロジックに関する情報を獲得し, それによってロジックに依存した攻撃に対する脆弱性検査を可能にする手法を提案している。</p> <p>第 1 章では, 脆弱性検査の必要性和現状について論じ, 本研究の目的と論文の構成について述べている。</p> <p>第 2 章の関連研究では, 脆弱性を検査するための既存手法について述べている。既存手法ではウェブアプリケーションのロジックに関する情報を取得できないため, ロジックに依存した攻撃に対する脆弱性検査が不十分であることを示している。</p> <p>第 3 章では, ウェブアプリケーションのロジックに依存した攻撃を自動的に実行することで, 脆弱性を検査する手法を提案している。ウェブアプリケーションの開発段階における利用を想定し, 通常の検査工程からアプリケーションに依存したロジックに関する情報を自動的に獲得する。このようにして獲得した情報から, ロジックに依存したさまざまな攻撃を自動的に実行し脆弱性の有無を検査する。</p> <p>第 4 章と第 5 章では, 第 3 章で提案した手法の有効性を示すため, 従来の手法では自動検査が難しい Cross-Site Request Forgery (CSRF), session fixation, visual clickjacking という 3 種類の攻撃に対し, 脆弱性の自動検査が可能であることを示している。それぞれの攻撃に対して, 脆弱性検査に必要なロジック関連の情報を取得する方法, ロジックに依存した攻撃の生成方法, 脆弱性の有無の判定手法を述べている。また, 実際に提案手法の実装を行い, さまざまなウェブサイトで実運用されているオープンソースのウェブアプリケーションに対して脆弱性検査を行っている。その結果, 5 種類のウェブアプリケーションから 11 個の CSRF の脆弱性, 6 個の session fixation の脆弱性を検出し, 4 種類のウェブアプリケーションから 26 個の visual clickjacking の脆弱性を検出し, 提案手法の有効性を示している。</p> <p>第 6 章では, 本論文で得られた成果をまとめており, 第 4 章と第 5 章で得られた結果から, 提案手法によって, ウェブアプリケーションのロジックに依存した攻撃に対し, 脆弱性検査が可能であることを結論づけている。さらにこれらの研究成果の展望についても述べている。</p> <p>以上, 本論文は, ウェブアプリケーションのセキュリティを向上させるため, 既存手法では検査の難しい脆弱性に対する検査手法を実現しており, その貢献は工学上寄与するところが少なくない。よって, 本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p> | | | |

内容の要旨

| | | | |
|--|------------|-----|-------|
| 報告番号 | 甲 第 4279 号 | 氏 名 | 武見 充晃 |
| <p>主 論 文 題 目 : Physiological Characterization of Event-Related Desynchronization in Human Electroencephalogram (ヒト頭皮脳波における事象関連脱同期の生理学的特性)</p> | | | |
| <p>脳卒中は、がん、心筋梗塞と並んで三大疾病のひとつであり、罹患後に患者は一側性の運動麻痺である片麻痺を呈することが多い。しかしこれまで、随意筋電図も発現できないほどの重度片麻痺に対する効果的なリハビリテーション法は存在しなかった。これに対して近年、脳から直接神経活動を計測して運動訓練を行う、ブレイン・コンピュータ・インターフェース (Brain-Computer Interface: BCI) による神経リハビリテーションが提唱され、重度脳卒中片麻痺に対する治療法として注目を集めている。</p> <p>このような BCI の信号源には、計測器材が比較的安価であること、身体拘束性が低いこと、その誘発と検出が容易であること、非侵襲的であること等を理由として、頭皮脳波を利用することが多く、そのなかでも特に 7-26 Hz 成分の振幅変化 (事象関連脱同期: Event-Related Desynchronization, ERD) が特徴量として用いられている。ERD は、運動イメージあるいは運動遂行にともなって、一次運動野 (M1) 近傍で生じることから、運動に関連した M1 の神経興奮性を反映すると考えられているが、その生理学的実証は進んでいない。またヒトの随意運動は、運動計画を担う高次運動皮質や、M1 との直接結合を有する脊髄運動ニューロンによって仲介されるが、ERD とこれらの領域との活動相関について検討した研究は存在しない。経験則的に用いられて来た脳波信号と、神経活動実体との関連性を理解することは、神経治療を BCI によって実現するリハビリテーション工学の発展上、重要な課題となっている。そこで本研究では、運動イメージ中に発生する ERD と M1 および脊髄運動ニューロンにおける神経興奮性の関係を実験的に明らかにし、BCI リハビリテーションに関する技術原理の確立を目指した。</p> <p>第 1 章は序論である。最初に随意運動における中枢神経系の役割と、運動イメージが皮質脊髄興奮性におよぼす影響を概説した。また、皮質脊髄興奮性の評価手法を説明した。ついで ERD と神経興奮性の関連について既知の知見をまとめ、最後に現状の課題と本研究の目的を述べた。</p> <p>第 2 章では、M1 近傍の ERD と、M1 の興奮性および M1 内神経回路の活動性との関連を、健常成人 20 名で検討した。実験では頭皮脳波を M1 近傍から計測し、運動イメージ中に ERD が一定強度に達したタイミングで M1 に経頭蓋磁気刺激を行うことで、その時の M1 興奮性を評価した。その結果、ERD が M1 の興奮性を反映し、ERD の発生時には M1 内の抑制性介在ニューロンの活動が減弱していることが明らかになった。またこの傾向は、手関節の伸筋と屈筋という異なる特性を有する筋においても共通であった。</p> <p>第 3 章では、M1 近傍での ERD の発生が脊髄運動ニューロンの興奮性におよぼす影響を検討した。健常成人 15 名において、運動イメージ中に M1 近傍の ERD が一定強度に達したタイミングで正中神経に刺激を与え、その時の脊髄興奮性を評価した。結果、ERD は脊髄運動ニューロンの興奮性も反映することが明らかになった。また全頭脳波計測の結果は、M1 だけでなく、高次運動皮質の活動性も、脊髄興奮性亢進のために重要であることを示唆した。</p> <p>第 4 章は結論である。本研究の成果を総括し、今後の展望と課題を述べている。</p> | | | |

論文審査の要旨

| 報告番号 | 甲 第 4279 号 | 氏 名 | 武見 充晃 | |
|--|------------|------------|-----------|-------|
| 論文審査担当者： | 主査 | 慶應義塾大学准教授 | 博士（工学） | 牛場 潤一 |
| | 副査 | 慶應義塾大学教授 | 工学博士 | 岡 浩太郎 |
| | | 慶應義塾大学准教授 | 博士（工学） | 舟橋 啓 |
| | | 慶應義塾大学名誉教授 | 工学博士、医学博士 | 富田 豊 |
| <p>学士（工学）、修士（工学）武見充晃君提出の学位請求論文は、「Physiological Characterization of Event-Related Desynchronization in Human Electroencephalogram(ヒト頭皮脳波における事象関連脱同期の生理学的特性) 」と題し、全4章から成っている。</p> <p>成人の脳を構成する神経細胞は、修復能や再生能が著しく低下しているため、脳卒中による部分損傷は完治せず、運動障害が半永続的に残存する。ブレイン・マシン・インターフェース（以後、BMI）を用いた神経リハビリテーションでは、不活性化した大脳皮質運動野の活動状態を頭皮脳波という表層的な信号から推定し、実時間で電動装具やディスプレイを応答させて脳に状態フィードバックを与えることで、運動神経系の再活性化をうながす手法がとられている。本論文は、頭皮脳波が運動神経系の興奮性を実時間で表現していることについて、神経生理学的な実証研究を通じて明らかにし、その工学利用の妥当性を裏付けた。</p> <p>本論文の第1章は序論であり、ヒトの脳における随意的な身体運動の生成過程、身体運動の生成過程で生じる頭皮脳波の時系列信号としての特性、および脳卒中片麻痺の運動機能回復に必要な神経経路とその活性化の必要性について概説している。</p> <p>第2章では、身体運動の脳内準備過程で頭皮脳波上に観察される事象関連脱同期（Event-Related Desynchronization, ERD）が、大脳皮質から脊髄運動神経群へ至る皮質脊髄路の興奮性を反映していることについて、経頭蓋磁気刺激法を用いた電気生理学の実験により明らかにしている。単一パルスによる評価では、ERD の振幅依存的に皮質脊髄路の興奮性が増加することを確認したほか、二連発パルスによる評価では、一次運動野内に存在する GABA 作動性抑制性介在神経の脱抑制が、その興奮性の増加に関与していることを示した。なお、セロトニン作動性介在神経については、本実験が持つ検出感度以下の応答であり、その影響は限定的であった。</p> <p>第3章では、筋収縮をともしない身体運動の脳内準備過程でありながら、筋に直接接合している脊髄運動神経細胞群の興奮性が潜在的に増加することを、実験的に明らかにしている。末梢神経束を皮膚表面から電気刺激することによって発生させた神経活動電位は、運動神経軸索上を逆行伝搬し、細胞体の興奮性に依存して確率的に再度、軸索上を下行して筋収縮反応を引き起こす。このことを利用して、筋収縮の生起確率から脊髄運動神経細胞群の興奮性を調べたところ、身体運動の脳内準備過程で生じる ERD の振幅依存的に、脊髄運動神経細胞群の興奮性が増加することを認めた。筋収縮の遅れ時間や振幅から推定される神経細胞サイズには差異が認められなかったことから、安静時に動員されやすい脊髄運動神経細胞群が、選択的にその興奮性を変調させていると考えられた。</p> <p>第4章では、本研究を総括するとともに、ERD を利用した BMI が運動神経系の興奮性を高める神経リハビリテーションとして有用であることを述べている。また、ERD を利用した BMI リハビリテーションは、現在応用が進められている脳卒中片麻痺にとどまらず、不全脊髄損傷をはじめとした神経疾患由来の運動障害を治療する手法として、広く適用が可能であることを指摘している。</p> <p>以上本論文の成果は、非侵襲的な脳活動計測手法である頭皮脳波によって、脳の興奮性を実時間で推定可能であることを明らかにしたことであり、脳卒中片麻痺をはじめとした運動障害に対する神経工学研究の更なる発展に寄与するところが少なくない。よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。</p> | | | | |

内容の要旨

| | | | |
|---|------------|-----|--------|
| 報告番号 | 甲 第 4288 号 | 氏 名 | 小川 恵美悠 |
| 主 論 文 題 目： | | | |
| 細胞外光増感反応による心筋細胞の障害 | | | |
| <p>本研究の目的は、光増感反応による頻脈性不整脈の電気伝導遮断治療すなわち光線力学アブレーションの実用化のため、心筋細胞を用いた <i>in vitro</i> 基礎実験により細胞外光増感反応による心筋細胞の障害を明らかにし、治療に有効な条件を推定することにある。著者は細胞外光増感反応による細胞膜障害により心筋の即時的な電気伝導遮断を、また細胞壊死によって永続的な遮断を行う熱的副作用を抑制できる治療を提案している。臨床における光増感反応条件を検討するため、即時的な電気伝導遮断に対応する (i) 数十 s から数 min の急性期の細胞電気生理学的障害、永続的な電気伝導遮断に対応する (ii) 亜急性期の細胞壊死、および (iii) アポトーシスなどの遅発性細胞死、の 3 つについて <i>in vitro</i> で実験を行った。</p> <p>数十 s から数 min の即時的な障害の応答を心筋細胞内 Ca^{2+} 濃度計測によって明らかにした。細胞壊死発生までの時間は、タラポルフィンナトリウム濃度と放射照度が高くなるにつれて短くなったことから、細胞壊死発生までの時間は一重項酸素産生速度に依存することが示唆された。放射照度 $30\text{--}290\text{ mW/cm}^2$、タラポルフィンナトリウム濃度 $10\text{--}30\text{ }\mu\text{g/ml}$ の範囲では、光照射開始から $200\text{--}500\text{ s}$ で細胞壊死が発生した。96 ウェルプレート <i>in vitro</i> 実験系における光増感反応の進行を、蛍光および酸素分圧経時計測と分光測定によって明らかにした。この系では酸素供給が律速段階となり、放射照度 0.29 W/cm^2 では液面からの拡散によって反応が継続することを明らかにした。この実験系を用いて光増感反応から 2 h 後における心筋細胞の死細胞率をタラポルフィンナトリウム濃度 $0\text{--}40\text{ }\mu\text{g/ml}$、放射照射量 $0\text{--}40\text{ J/cm}^2$ の範囲で計測したところ、タラポルフィンナトリウム濃度が約 $15\text{ }\mu\text{g/ml}$ に細胞壊死発生の閾値があり、タラポルフィンナトリウム濃度と放射照射量が大いほど高い死細胞率が得られることが分かった。アルブミンとタラポルフィンナトリウムの結合率はアルブミン濃度に比例して高くなった。殺細胞効果は結合率とは比例関係になく、モル濃度比 $0.3\text{--}1.2$ を境にし、それより大きいと急激に殺細胞効果が減少した。溶液温度を 17 から 37 に上昇させることで、血清タンパクとタラポルフィンナトリウムの結合率が低下し、殺細胞効果が有意に上昇した。静脈注射後心筋細胞内にタラポルフィンナトリウムが蓄積することによる遅発性細胞死を評価するため、タラポルフィンナトリウムの心筋細胞への蓄積量と光増感反応 24 h 後の死細胞率を測定した。この結果蓄積量は、接触時間 60 min まで急激に増加し 120 min 以降飽和傾向が見られた。接触時間が 30 min 以上の条件で 24 h 後の死細胞率は 2 h 後と比較して有意に上昇した。</p> <p>以上の結果より、臨床における有効な治療条件を推定すると以下となった。(i) 1 か所 $200\text{--}500\text{ s}$ の照射による電気伝導遮断は一括型アブレーションの運用に適合すると思われた。(ii)-a 細胞外光増感反応によって心筋細胞壊死が得られる $15\text{ }\mu\text{g/ml}$ のタラポルフィンナトリウム濃度は、現状の認可投与量で達成できると推定された。(ii)-b アルブミン濃度比の大きい血液中では光増感反応の影響は小さく、心筋細胞周囲の間質液中では大きいと考えられた。(ii)-c インターベンション治療では温度変化による影響が問題とならないが、外科的な治療の場合は組織温度低下に注意する必要があると思われた。心筋細胞内へのタラポルフィンナトリウム蓄積量が $0.17\text{ }\mu\text{g/ml}$ 以下であれば遅発性の治療域拡大が生じないと思われた。以上本研究では、光線力学アブレーション実用化のため細胞外光増感反応による心筋細胞の障害を明らかにし、治療に有効な光増感反応条件に関して論じた。</p> | | | |

論文審査の要旨

| 報告番号 | 甲 第 4288 号 | 氏 名 | 小川 恵美悠 |
|--|------------|------------|--------------------|
| 論文審査担当者： | 主査 | 慶應義塾大学教授 | 工学博士 荒井恒憲 |
| | 副査 | 慶應義塾大学教授 | 博士(工学) 内山孝憲 |
| | | 慶應義塾大学准教授 | 博士(工学)・博士(医学) 塚田孝祐 |
| | | 慶應義塾大学教授 | 工学博士 戸嶋一敦 |
| | | 慶應義塾大学名誉教授 | 医学博士 小川 聡 |
| | | 日本医科大学教授 | 博士(医学) 白田実男 |
| <p>修士(工学) Diplôme d'Ingénieur、小川恵美悠君提出の学位請求論文は、「細胞外光増感反応による心筋細胞の障害」と題して、10章より構成されている。</p> <p>申請者は、光増感反応による頻脈性不整脈の電気伝導遮断治療すなわち光線力学アブレーションの実用化のため、心筋細胞を用いた <i>in vitro</i> 基礎実験により細胞外光増感反応による心筋細胞の障害を明らかにし、治療に有効な条件を推定した。</p> <p>第1章は、序論であり本論文の目的と構成に関して述べている。</p> <p>第2章は、心房性頻脈性不整脈に対する電気伝導遮断治療に関して述べている。</p> <p>第3章は、光増感反応による治療、すなわち、光増感反応原理、細胞内光増感反応治療、細胞外光増感反応治療に関して述べている。</p> <p>第4章は、細胞外光増感反応による光線力学アブレーションに関して述べている。熱発生を著しく抑制できる電気伝導遮断技術である光線力学アブレーションを提案した。</p> <p>第5章は、細胞外光増感反応による心筋細胞の即時的応答、として、数十 s から数 min の即時的な障害の応答を心筋細胞内 Ca^{2+} 濃度計測によって明らかにしている。細胞壊死発生までの時間は一重項酸素産生速度に依存することが示唆され、調査した範囲では、光照射開始から 200-500 s で細胞壊死が発生することが分かった。</p> <p>第6章は、<i>in vitro</i> 実験系における光増感反応の進行と殺細胞効果、として、まず 96 ウェルプレート <i>in vitro</i> 実験系における光増感反応の進行を明らかにした。この系では放射照度 0.29 W/cm^2 では液面からの酸素拡散によって反応が継続することを明らかにした。次いでこの実験系を用いて光増感反応から 2 h 後における心筋細胞の死細胞率を計測し、タラポルフィンナトリウム濃度約 $15 \mu\text{g/ml}$ に細胞壊死発生の閾値があり、タラポルフィンナトリウム濃度と放射照射量が大きいほど高い死細胞率が得られることが分かった。</p> <p>第7章は、アルブミン濃度および温度が殺細胞効果へ与える影響、を調査した。殺細胞効果はアルブミンとタラポルフィンナトリウムのモル濃度比 0.3-1.2 を境に、それより大きいと急激に減少した。溶液温度を 17 から 37 に上昇させることで、血清タンパクとタラポルフィンナトリウムの結合率が低下し、殺細胞効果が有意に上昇することが分かった。</p> <p>第8章は、心筋細胞へのタラポルフィンナトリウム蓄積量と遅発性殺細胞効果、として、タラポルフィンナトリウムの心筋細胞への蓄積量と光増感反応 24 h 後の死細胞率を測定した。蓄積量は、接触時間 60 min まで急激に増加し 120 min 以降飽和傾向を示した。接触時間が 30 min 以上の条件で 24 h 後の死細胞率は 2 h 後と比較して有意に上昇した。</p> <p>第9章は、細胞外光増感反応による心筋細胞障害に関する総括的討論、として、本方式の <i>in vivo</i> 運用における治療条件に関して検討し、以下のことを予測しえた。(i) 1 か所 200-500 s の照射による一括型アブレーション運用に適合すること。(ii)-a 現状の認可投与量で細胞外光増感反応によって、心筋細胞壊死が得られるタラポルフィンナトリウム濃度が達成できること。(ii)-b 血液中では光増感反応の影響は小さく、心筋細胞周囲の間質液中では大きいこと。(ii)-c 外科的な運用の場合は組織温度低下に注意する必要があること。さらに、(iii) 心筋細胞内への蓄積量が $0.17 \mu\text{g/ml}$ 以下であれば遅発性の治療域拡大が生じないこと。</p> <p>第10章は結論である。</p> <p>以上要するに、本論文は、<i>in vitro</i> 細胞実験によってタラポルフィンナトリウムの細胞外光増感反応による心筋細胞の障害を詳細に調査し、光増感反応を応用した心筋電気伝導遮断治療の基礎知見を得たものであり、循環器医学・医工学の分野において、工学上、工業上寄与するところが少なくない。よって、本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p> | | | |

内容の要旨

| | | | |
|---|------------|-----|------|
| 報告番号 | 甲 第 4289 号 | 氏 名 | 原 豪紀 |
| 主 論 文 題 目： | | | |
| 展示施設における拡張現実ガイダンスサービスシステムの実用化 | | | |
| <p>美術館や博物館といった展示施設において、展示物のガイダンス手法として拡張現実(Augmented Reality : AR)が利用され始めているが、実証実験等の短期運用に留まり、実用化には至っていない。本研究では、展示施設における拡張現実ガイダンスサービスシステムを実用化するための課題を解決する手法を提案し、実際の展示会で運用可能なシステムを構築、一般公開することによりその実用性を検証する。</p> <p>システム実用化には、閲覧者が注目している展示物を把握し、解説コンテンツを理解しやすい形で提示することが重要である。閲覧者が注目している展示物を把握するには携帯端末のカメラの 3 次元位置と姿勢を取得すればよく、これには 2 次元マーカ―や自然特徴量を用いた画像認識が用いられるが、マーカ―は見た目が美しくない上、展示物を覆い隠す。画像認識は展示物のどこから情報が得られるか分かりづらく、自然特徴量が得づらい展示物では精度が落ちる。また、屋内展示環境では認識に必要な光量が十分確保できないことが多い。そこで、これらの問題を解決する実用的なシステムとして、「LED をマーカ―として利用する拡張現実ガイダンスサービスシステム」を提案する。これは発光体を特徴点として検出し、カメラの 3 次元位置と姿勢を安定的かつ高精度に取得することで実現する。通常、カメラの姿勢を推定するために 4 個以上の発光体が必要となるが、加速度センサを併用することで、発光体が 2 個あれば推定可能とし、高速化も実現した。ジャイロセンサから相対的な回転角度を取得することでマーカ―がフレームアウトした場合でもコンテンツ再生を継続可能とし、表現力と操作性向上も実現した。ユーザテストにより本手法が有効であることを示す。</p> <p>解説コンテンツを閲覧者が理解しやすい形で提示するには、情報提供装置の選択と解説コンテンツの内容が重要である。一般的には画面付きの携帯端末で撮影した展示物の手前に解説コンテンツを重畳して表示することが多いが、展示物内部の立体的な情報が提供できず、また、端末が重い・持ちづらいといったユーザ体験の問題がある。そこで、これらの問題を解決する「拡張現実ガイダンスにおける立体的内部構造表示手法」と「プロジェクションマッピングによる立体的内部構造表示手法」を提案する。「拡張現実ガイダンスにおける立体的内部構造表示手法」は、展示物を撮影した映像と提示する情報を適切な透過度と順序で合成することにより展示物内部の立体的な情報を携帯端末で提供する。「プロジェクションマッピングによる立体的内部構造表示手法」は立体視用の視差映像を展示物に直接投影し、液晶シャッタ眼鏡を通して見ることで展示物内部の立体的な情報を提供する。液晶シャッタ眼鏡は軽量・ワイヤレスで端末に起因するユーザ体験の問題が発生しにくい。利用者が指差した箇所を選択的に透過表示するジェスチャ認識機能を追加しインタラクション性を高めている。ユーザテストにより本手法が有効であることを示す。</p> <p>システム実用化には、展示環境において発生が予測されるグレアを除去する必要がある。展示施設の照明光がカメラに直接入射することで発生するグレアや、レンズに付着した水滴により発生するグレアは画質を損なうノイズとなり、カメラの 3 次元位置と姿勢の取得が困難となる上、閲覧者の閲覧を妨げる。そこで、これらの問題を解決する「コンピュータショナルフォトグラフィによるグレア除去手法」を提案する。本手法はレンズを透過する光を制御する光シャッタを設置し、グレアの原因となる入射光を特定・除去するものである。具体的には光シャッタによりレンズの一部のみを透過した画像を複数枚取得、これらの画像列からグレア発生画像を自動的に判定して除外することでグレアを除去した画像を取得する。実験により本手法の有効性を示す。</p> <p>本研究で提案した手法により、展示施設における拡張現実ガイダンスサービスシステムを実用化可能であることを実証することができた。今後、実用的な拡張現実ガイダンスサービスシステムが展示施設において展示物を鑑賞する人に様々な発見や刺激、感動をもたらし、人と展示物との間の豊かなコミュニケーションが促進されることが期待できる。</p> | | | |

論文審査の要旨

| | | | |
|--|------------|-----|------|
| 報告番号 | 甲 第 4289 号 | 氏 名 | 原 豪紀 |
| 論文審査担当者： 主査 慶應義塾大学教授 博士（工学） 斎藤 英雄 | | | |
| 副査 慶應義塾大学教授 工学博士 岡田 謙一 | | | |
| 慶應義塾大学准教授 博士（工学） 杉本 麻樹 | | | |
| 慶應義塾大学准教授 博士（工学） 青木 義満 | | | |
| <p>学士（工学） 修士（工学） 原 豪紀君提出の学位請求論文は、「展示施設における拡張現実ガイダンスサービスシステムの実用化」と題し、6章より構成されている。</p> <p>近年、美術館や博物館といった展示施設において、展示物のガイダンス手法として拡張現実 (Augmented Reality: AR) が利用され始めている。しかしながら、そのほとんどが実証実験や話題作りのための短期運用に留まっており、実用化には至っていない。本論文は、展示施設における拡張現実ガイダンスサービスシステムを実用化するための手法を提案し、提案手法に基づいて構築したシステムを実際の展示会で運用・一般公開することによりその実用性を検証した成果についてまとめたものである。</p> <p>第1章では、展示施設の歴史と、展示施設におけるガイダンスサービスの関連研究についての解説がなされ、展示施設における拡張現実ガイダンスサービスシステムへの期待とその実用性を阻む問題点についての議論に基づき、本論文の目的と位置づけが示されている。</p> <p>第2章では、展示物上に拡張現実ガイダンス情報を提示する際に、美観を損なわずに情報提示ポイントであることを閲覧者が直感的に理解可能であり、さらに展示物の見え方や照明環境に影響を受けない LED マーカを利用した拡張現実ガイダンスサービスシステムが提案されている。提案システムでは、従来のマーカに比べて、位置姿勢推定精度や認識可能な最少照度が優れていることを実験により定量的に実証し、さらにユーザテストにより、実際の美術館や博物館といった展示施設において、本手法が有効であることを実証している。</p> <p>第3章では、携帯端末による拡張現実ガイダンスにおいて、展示物内部を透視させて立体構造を表示する手法を提案している。本手法は、展示物を撮影した映像と提示する情報を適切な透過度と順序で合成することにより、展示物の内側に内部構造が存在するかのように見せる手法であり、その有効性を実際の美術館や博物館といった展示施設における運用中に行ったユーザテストにより実証している。</p> <p>第4章では、展示物に対する拡張現実提示における立体感を増強するために、立体視とプロジェクションマッピングを組み合わせた情報提示手法を提案している。本手法は立体視用の視差映像を展示物に直接投影(プロジェクションマッピング)し、液晶シャッター眼鏡を通して見ることで、展示物の内部構造を両眼立体視で透過表現する。さらに本手法はジェスチャ認識機能を追加実装しており、利用者が指差した箇所を選択的に透過表示することでインタラクション性を高めている。ユーザテストにより、実際の美術館や博物館等の展示施設において、本手法の有効性を実証している。</p> <p>第5章では、展示施設において拡張現実ガイダンスを行う際に、展示に利用されるライトやカメラレンズに付着する水滴が原因で発生すると予見されるグレアを除去するための手法を提案している。本手法はレンズを透過する光を制御するための光シャッターをレンズ前面に設置し、光シャッターでグレアが発生している領域を選択的に閉鎖することにより、グレアを除去した画像を生成するものである。実験により、本手法がグレアを効果的に除去できることを示している。</p> <p>第6章は結論であり、本論文で得られた成果をまとめ、本研究成果の将来展望を議論している。</p> <p>以上要するに本研究は、展示施設における拡張現実ガイダンスサービスシステムを実用化するために必要となる新手法を提案したものであり、本手法により展示施設における情報提示能力の向上が期待でき、工学上寄与するところが少なくない。</p> <p>よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。</p> | | | |

Thesis Abstract

| | | | |
|--|---------------|------|---------------|
| Registration Number | “KOU” No.4290 | Name | Kruiy, Sothea |
| Thesis Title | | | |
| Development of Burr Prediction System for End Milling | | | |
| <p>To date, various methods have been proposed for the development of burr prediction systems; however, there is no unique system that can be used as a preventive method and that can be applied in practical use. The objectives of this study is to develop a system for predicting the position and dimensions of the burrs and determining tool paths to minimize the burr in the end milling process. This system predicts the position and dimensions of the burrs based on workpiece material properties, tool geometry data, a cutting force model, cutting conditions, and a burr formation model. This approach can be used to optimize the factors that affect burr formation, and thus burrs can be minimized.</p> <p>Chapter 1 gives an overview of the issues related to burrs and the objectives of this study. A review of previous studies on burr formation is also provided.</p> <p>Chapter 2 describes the basic knowledge of burr formation and the parameters that influence burrs. The definition of a burr and the types of burrs that form in end milling are given. Two kinds of burr models, namely the Poisson burr and rollover burr models, are discussed in detail, with two types of cutting processes, orthogonal cutting and oblique cutting. A burr measurement method is also illustrated.</p> <p>Chapter 3 describes the classification of burrs in end milling and the application of a burr model to each burr type. The burrs found in end milling are classified as entrance burrs, entrance side burrs, top burrs, exit burrs, and exit side burrs. This classification is based on the cutting tool motion when intruding into a workpiece. Two kinds of burr models were used in this study. A Poisson burr was used when the cutting tool edge was pushing into the workpiece edge, while a rollover burr was used when the cutting tool edge was leaving the workpiece edge. The orthogonal and oblique cutting processes were applied based on the cutting tool edge motion and workpiece edge position.</p> <p>Chapter 4 describes the burr prediction method and development of the burr prediction system. The development of a geometric simulator, including a Z-map model, NC program analysis model, and the identification of up milling and down milling, is proposed. The mechanistic forces model, which is an important factor that influences burrs, is illustrated in detail. The identification of the burrs formed in the NC simulation is also explained, and the burr models are applied in end milling. Tool path planning for burr minimization is conducted. The influence of the flank wear on burr formation was identified using a tool nose wear analytical model.</p> <p>Chapter 5 proves the burr prediction system proposed in Chapter 3 and Chapter 4 to have the ability to estimate burr sizes and locations in the end milling process. The system verification is discussed. Ten simulation and experimental tests for carbon steel and aluminum alloy were conducted using an end mill tool with two flutes. An evaluation of burr prediction based on flank wear was also conducted using the two flute end mill in relation to the flank wear dimensions. Comparisons of the burr prediction results were made for all cases, and both the predicted and experimental results were found to agree under most of the cutting conditions. In addition, a comparison of the burr prediction results based on flank wear shows that the proposed model can help in predicting the burr size under the effect of tool flank wear with high accuracy.</p> <p>Chapter 6 presents the concluding remarks and a summary of the study.</p> | | | |

論文審査の要旨

| 報告番号 | 甲 第 4290 号 | 氏 名 | Krui, Sothea |
|--|------------|-----------|--------------|
| 論文審査担当者： | 主査 | 慶應義塾大学教授 | 博士（工学） 青山 英樹 |
| | 副査 | 慶應義塾大学教授 | 工学博士 青山 藤詞郎 |
| | | 慶應義塾大学准教授 | 博士（工学） 柿沼 康弘 |
| | | 慶應義塾大学教授 | 博士（工学） 閻 紀旺 |
| <p>学士(工学)・修士(工学) Krui, Sothea 君の学位請求論文は「Development of Burr Prediction System for End Milling (エンドミル加工におけるバリ予測システムの開発)」と題し、6章から構成されている。</p> <p>バリ予測システムの開発に関して、今日まで、様々な方法が提案されてきた。しかし、バリ抑制・防止の実用に適するユニークな方法は認められていない。本研究の目的は、エンドミル加工プロセスにおいて、バリの位置や寸法を予測し、生成されるバ리를最小化する切削工具経路を決定するシステムを開発することである。このシステムは、材料特性、工具形状データ、切削力モデル、切削条件、バリ生成モデルを基に、生成されるバリの位置や寸法を予測する。</p> <p>第1章では、バリに関連する問題点と本研究の目的が紹介され、バリ生成に関する従来研究が述べられている。</p> <p>第2章では、バリ生成に関する基礎的知識とバリに影響を及ぼすパラメータについて述べられている。また、エンドミル加工において生成されるバリの定義とタイプが記述されている。2種類のバリモデル、すなわち、ポアソンバリモデルとロールオーバーバリモデルの詳細について、述べられている。</p> <p>第3章では、エンドミル切削におけるバリの分類とそれぞれのバリ分類に関するバリモデルの適用が述べられている。エンドミル切削におけるバリは、入り口バリ、入り口側面バリ、上面バリ、出口バリ、出口側面バリに分類される。この分類は、工作物に対する切削工具切刃の動きに基づいており、これらの分類バリに対して2種類のバリモデル（ポアソンバリモデル、ロールオーバーバリモデル）が適用される。ポアソンバリモデルは、切削工具切刃が工作物に押し込まれている時に適用され、ロールオーバーバリモデルは、切削工具切刃が工作物から抜け出るときに適用される。</p> <p>第4章では、バリ予測法とバリ予測システムの開発について述べられている。Zマップモデル、NCプログラム解析モデル、アップカット・ダウンカット同定を含む幾何シミュレーション法が提案されている。バリ生成において重要な影響を及ぼす力学モデルの詳細が説明されている。NCシミュレータによりエンドミル加工におけるバリモデルが適用されるとともに、バ리를最小化する工具経路生成法について述べられている。また、バリ生成に関する逃げ面摩耗の影響がノーズ摩耗解析モデルにより同定されている。</p> <p>第5章では、第4章で開発されたバリ予測システムが、エンドミル加工においてバリの寸法と位置を予測できることが確認され、システムの有用性が議論されている。炭素鋼とアルミニウム合金に対してエンドミル工具で10種類の切削実験とシミュレーションが行われている。また、逃げ面摩耗に伴うバリ予測の評価も行われている。予測されたバリは、実験結果と比較され、ほとんどの条件で一致が確認されている。逃げ面摩耗を考慮したバリの予測も可能であることを示している。</p> <p>第6章では、結論を述べ、本研究をまとめている。</p> <p>以上、要するに、本論文は、切削加工において生ずるバリの予測法を提案するとともに、同提案に基づいてバリ予測システムを開発し、バ리를抑制する切削工具経路の生成とバリ除去の自動化に貢献する成果を得ており、機械加工学の分野において、工学上、工業上寄与するところが少なくない。</p> <p>よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。</p> | | | |

内容の要旨

| | | | |
|--|------------|-----|-------|
| 報告番号 | 甲 第 4291 号 | 氏 名 | 新倉 啓介 |
| 主 論 文 題 目： | | | |
| ウニ配偶子認識タンパク質由来膜融合促進ペプチドの機能解析と抗体 DDS への応用 | | | |
| <p>抗体分子を利用した抗体医薬は、従来の化学合成によって作られる低分子医薬と比較して、標的への高い親和性や特異性、生体内での高い安定性などの長所を有する。しかし、抗体は巨大な分子であるため細胞内へ透過しにくく、細胞内の分子に対して直接作用できないという課題がある。先行研究において、ドラッグデリバリーシステム (DDS) に用いられる細胞膜透過性ペプチドを利用することで細胞内因子を標的とした抗体の構築が試みられてきたが、エンドソーム離脱効率が低く実際に細胞質に到達する分子が少ないことや、細胞非特異的に透過してしまうなどの課題があった。そこで、本研究ではエンドソーム内の pH 依存的に脂質膜を不安定化し、エンドソーム離脱を促進する膜融合促進ペプチドに着目し、ウニ配偶子認識タンパク質 Bindin の脂質結合領域に存在する B18 および B55 ペプチドのヒト培養細胞における機能を検証し、これらのペプチドを利用して抗体 DDS を構築することを目的とした。</p> <p>第 1 章は序論であり、本論文の背景となる既存の抗体医薬の問題点およびその解決策について説明し、本研究の目的と意義を示している。</p> <p>第 2 章では、B18 および B55 ペプチドの eGFP 融合タンパク質を作製し、HeLa 細胞を用いてその機能を検証した。その結果、B18 が <i>cis</i> 型の、B55 が <i>trans</i> 型の膜透過を促進することがわかった。また、B18 および B55 共に細胞毒性はみられず、B55 においては弱酸性環境と高 Zn^{2+} 濃度環境で性質が異なることがわかった。さらに、B55 は抗体や RNase の <i>trans</i> 型の膜透過を促進し、これらのタンパク質は細胞質に移行した後もその機能を維持していることが示唆された。</p> <p>第 3 章では、B18 は <i>cis</i> 型の、B55 は <i>trans</i> 型の膜透過促進に応用できると考え、これらのペプチドの抗 EGFR 一本鎖抗体融合タンパク質を作製した。作製した抗体は、いずれも抗原である EGFR 特異的な結合能を有していた。そこで、実際に EGFR および NLS 付加による核移行と細胞分画による核抽出を組み合わせることで、各抗体のエンドソーム離脱効率を定量的に評価した。その結果、B18 を融合した抗体ではエンドソーム離脱効率が向上しており、これらのペプチドが抗体の <i>cis</i> 型の膜透過を促進することが示唆された。また、B55 を融合した抗体は共添加した dextran の <i>trans</i> 型の膜透過を EGFR 高発現細胞特異的に促進することが示唆された。</p> <p>第 4 章では、総括として全体のまとめと今後解決すべき課題、および本研究の将来的な応用について示している。</p> <p>以上より、本研究で B18 および B55 を利用して構築した抗体 DDS は、<i>cis</i> 型および <i>trans</i> 型の 2 種類の作用機序によって、抗体の膜透過性向上や薬剤の細胞内送達に応用できると期待される。</p> | | | |

論文審査の要旨

| 報告番号 | 甲 第 4291 号 | 氏 名 | 新倉 啓介 |
|---|------------|-----------|------------------|
| 論文審査担当者： | 主査 | 慶應義塾大学准教授 | 博士（地球環境科学） 土居 信英 |
| | 副査 | 慶應義塾大学教授 | 農学博士 井本 正哉 |
| | | 慶應義塾大学教授 | 工学博士 佐藤 智典 |
| | | 慶應義塾大学教授 | 工学博士 岡 浩太郎 |
| <p>学士（理学）、修士（理学）新倉啓介君提出の学位請求論文は、「ウニ配偶子認識タンパク質由来膜融合促進ペプチドの機能解析と抗体 DDS への応用」と題し、全 4 章から成っている。</p> <p>抗体医薬は、従来の低分子化合物医薬と比べて標的分子への高い親和性や特異性、生体内での高い安定性などの長所を有するが、細胞内へ膜透過しにくいことため細胞内の疾患標的分子に対しては直接作用できないという課題がある。先行研究では、TAT やポリアルギニンなどのカチオン性の細胞膜透過性ペプチド(CPP)を利用することで細胞内因子を標的とした抗体の構築が試みられてきたが、エンドソーム離脱効率が低く実際に細胞質に到達する分子が少ないことや、細胞選択性が低いなどの課題があった。一方、HA2 などの膜融合促進ペプチド(FP)は、単独では細胞膜とは相互作用しないが、エンドソーム内の pH 依存的に脂質膜を不安定化しエンドソーム離脱を促進することが知られている。しかし、その効果は十分ではなく新規の FP が求められていた。そこで本研究では、ウニ配偶子認識タンパク質 Bindin の脂質結合領域に存在する FP である B18 (103-120 残基) および B55 (83-137 残基)に着目し、これらのペプチドのヒト培養細胞における機能を解析し、抗体 DDS (Drug Delivery System) に応用することを目的とした。</p> <p>第 1 章は序論であり、本論文の背景となる既存の抗体医薬の問題点およびその解決策について概説し、本研究の目的と意義を示している。</p> <p>第 2 章では、B18 および B55 ペプチドの eGFP (enhanced Green Fluorescent Protein) 融合タンパク質を作製し、HeLa 細胞を用いてその膜透過促進に関する機能を解析した結果について記述している。解析の結果、eGFP-B18-TAT 融合タンパク質は従来の eGFP-TAT と比べて高い膜透過効率を示し(<i>cis</i> 型)、eGFP-B55 は共添加したデキストランや IgG 抗体、リボヌクレアーゼなどの高分子の <i>trans</i> 型の膜透過を促進することを見出した。この膜透過はエンドサイトーシス阻害剤で抑制されること、また、eGFP-B18-TAT および eGFP-B55 に細胞毒性はみられないことを確認した。また、eGFP-B55 による膜透過促進は、弱酸性環境と高 Zn^{2+} 濃度環境で効率が異なることから、<i>cis</i> 型と <i>trans</i> 型の膜透過の分子メカニズムは異なることが示唆された。さらに、eGFP-B55 と共添加することで <i>trans</i> 型の膜透過が促進された IgG やリボヌクレアーゼは、細胞質に移行した後もその機能を維持していることが示唆された。</p> <p>第 3 章では、B18 および B55 ペプチドを細胞選択的な膜透過促進に応用するために、これらのペプチドを抗 EGFR 一本鎖抗体(scFv)に融合した結果について記している。作製した scFv-B18 および scFv-B55 融合タンパク質は、いずれも抗原である EGFR 特異的な結合能を維持していた。EGFR 高発現細胞に対する各 scFv のエンドソーム離脱効率を定量的に評価するために、核移行シグナルの有無で核画分の scFv の相対存在比を定量する新しい手法を確立した。その結果、scFv-B18 のエンドソーム離脱効率が向上しており、B18 ペプチドが scFv の <i>cis</i> 型の膜透過を促進することが示唆された。また、scFv-B55 は共添加した eGFP やデキストランの <i>trans</i> 型の膜透過を EGFR 高発現細胞特異的に促進することが示唆された。</p> <p>第 4 章では、総括として全体のまとめと今後解決すべき課題、および本研究の将来的な応用について記述している。</p> <p>以上、本論文では、ウニ配偶子認識タンパク質由来 B18 および B55 ペプチドが <i>cis</i> 型および <i>trans</i> 型の膜透過を促進する性質を見出し、その詳細な解析を行なった。これらの成果は、抗体医薬や非膜透過性薬剤の細胞選択的な DDS に応用することが期待できる。</p> <p>よって、本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p> | | | |

内容の要旨

| | | | |
|--|------------|-----|-------|
| 報告番号 | 甲 第 4292 号 | 氏 名 | 森田 真布 |
| 主 論 文 題 目 : | | | |
| 海洋産マクロリド biselyngbyaside 類の構造と作用機序 | | | |
| <p>現在に至るまで自然界に有用化合物を求める研究が精力的に行われており、生命科学や創薬といった周辺分野の進展に寄与してきた。特に、カイメンやホヤといった海洋生物からは数々の生物活性物質が発見されてきたが、その多くはシアノバクテリアや渦鞭毛藻といった共生微生物によって生産されると考えられている。なかでも海洋シアノバクテリアは培養が難しいとされ、私は自然界から採取した海洋シアノバクテリアを用いて、新しい生物活性物質の探索研究を進めてきた。</p> <p>第一章では、biselyngbyaside 類の単離と構造決定について述べる。Biselyngbyaside 類は、鹿児島県徳之島で採取した海洋シアノバクテリア <i>Lyngbya</i> sp. の抽出物より単離された。これらはいずれも 18 員環のマクロリドであり、2009 年に当研究室で単離された biselyngbyaside の類縁体であった。その平面構造および相対立体配置は、高分解能マスペクトルと核磁気共鳴スペクトルの解析により推定した。さらに円偏光二色性スペクトルを測定し、既知化合物である biselyngbyaside と比較することで、biselyngbyaside 類の絶対立体配置を決定した。</p> <p>第二章では、biselyngbyaside 類の生物活性評価について述べる。本研究において biselyngbyaside の類縁化合物が単離されたことにより、構造活性相関の知見を得ることができた。マクロラクトン環内の共役 1,3-ジエンとその周辺構造が活性に重要であること、そして糖を持たないアグリコン誘導体は配糖体に比べ約 100 倍活性が強いという知見を得た。さらに、ヒトがん細胞パネルスクリーニングを糸口として、biselyngbyaside 類の作用機序の解明に取り組んだ。種々の活性評価の結果から、biselyngbyaside 類は腫瘍細胞に対して小胞体ストレスを誘導し、アポトーシスを引き起こすことが分かった。ヒトがん細胞パネルスクローニングの結果と生物活性評価の結果により、biselyngbyaside 類は（筋）小胞体膜上カルシウムポンプを阻害することが示唆された。ウサギの筋小胞体を用いた活性試験を行なったところ、biselyngbyaside 類が（筋）小胞体膜上カルシウムポンプ SERCA1a および 2a を強力に阻害することが明らかになった。</p> <p>第三章では、biselyngbyaside 類の標的分子であるカルシウムポンプ SERCA1a に対する結合様式について述べる。biselyngbyaside 類との結合様式を解明するため、東京大学分子細胞生物學研究所との共同研究を行い、共結晶の作製と X 線結晶構造解析を試みた。SERCA1a は分子量 110kDa の膜タンパク質であり、カルシウムイオンを細胞質から小胞体内腔へと能動輸送する。Biselyngbyaside とそのアグリコン biselyngbyolide B は、SERCA1a の膜貫通ヘリックス M1-M4 および細胞質ドメインである P ドメインに囲まれた領域に結合することが結晶構造から明らかになった。二種の biselyngbyaside 類はいずれも膜貫通ドメインと細胞質ドメインの境界領域に結合しており、これまでに報告されているカルシウムポンプ阻害剤とは異なる様式で結合していることが分かった。本研究で得られた知見は今後、カルシウム依存性シグナル制御機構の解明や研究試薬、医薬リードの開発における合理的分子設計の重要な基盤になるものと考えられる。</p> | | | |

論文審査の要旨

| | | | |
|--|------------|-----|-------|
| 報告番号 | 甲 第 4292 号 | 氏 名 | 森田 真布 |
| 論文審査担当者： 主査 慶應義塾大学教授 博士（理学） 末永 聖武 | | | |
| 副査 慶應義塾大学教授 博士（理学） 藤本ゆかり | | | |
| 慶應義塾大学准教授 博士（工学） 清水 史郎 | | | |
| 慶應義塾大学准教授 博士（理学） 犀川 陽子 | | | |
| <p>学士（理学）、修士（理学）森田真布君提出の学位請求論文は「海洋産マクロリド biselyngbyaside 類の構造と作用機序」と題し、序論、本論 3 章、総括および実験項より構成されている。</p> <p>現在に至るまで自然界に有用化合物を求める研究が精力的に行われており、生命科学や創薬といった周辺分野の進展に寄与してきた。特に、海洋生物からは数々の生物活性物質が発見されてきたが、その多くはシアノバクテリアや渦鞭毛藻といった共生微生物によって生産されると考えられている。なかでも海洋シアノバクテリアは培養が難しいとされ、本論文の著者は自然界から採取した海洋シアノバクテリアを用いて、新しい生物活性物質の探索研究を進めてきた。</p> <p>第一章では、新規 biselyngbyaside 類の単離と構造決定について述べている。Biselyngbyaside 類は、鹿児島県徳之島で採取した海洋シアノバクテリア <i>Lyngbya</i> sp. の抽出物より単離された。これらはいずれも 18 員環のマクロリドであり、2009 年に当研究室で単離された biselyngbyaside の類縁体であった。その平面構造および相対立体配置は、高分解能マスマスペクトルと核磁気共鳴スペクトルの解析により推定した。さらに円偏光二色性スペクトルを測定し、既知化合物である biselyngbyaside と比較することで、4 種の新規 biselyngbyaside 類の絶対立体配置を決定した。</p> <p>第二章では、biselyngbyaside 類の生物活性評価について述べている。本研究において類縁化合物が単離されたことにより、構造活性相関の知見を得ることができた。マクロラクトン環内の共役 1,3-ジエンとその周辺構造が活性に重要であること、そして糖を持たないアグリコン誘導体は配糖体に比べ約 100 倍活性が強いという知見を得た。さらに、ヒトがん細胞パネルスクリーニングを糸口として、作用機序の解明に取り組んだ。種々の活性評価の結果から、biselyngbyaside 類は腫瘍細胞に対して小胞体ストレスを誘導し、アポトーシスを引き起こすことが分かった。ヒトがん細胞パネルスクリーニングの結果と生物活性評価の結果により、biselyngbyaside 類は（筋）小胞体膜上カルシウムポンプを阻害することが示唆された。ウサギの筋小胞体を用いた活性試験を行なったところ、biselyngbyaside 類が（筋）小胞体膜上カルシウムポンプ SERCA1a および 2a を強力に阻害することが明らかになった。</p> <p>第三章では、biselyngbyaside 類の標的分子であるカルシウムポンプ SERCA1a に対する結合様式について述べている。biselyngbyaside 類との結合様式を解明するため、共結晶の作製と X 線結晶構造解析を試みた。SERCA1a は分子量 110kDa の膜タンパク質であり、カルシウムイオンを細胞質から小胞体内腔へと能動輸送する。Biselyngbyaside とそのアグリコン biselyngbyolide B は、SERCA1a の膜貫通ヘリックス M1-M4 および細胞質ドメインである P ドメインに囲まれた領域に結合することが明らかになった。二種の biselyngbyaside 類はいずれも膜貫通ドメインと細胞質ドメインの境界領域に結合しており、これまでに報告されているカルシウムポンプ阻害剤とは異なる様式で結合していることが分かった。</p> <p>以上、本研究で得られた知見は今後、カルシウム依存性シグナル制御機構の解明や研究試薬、医薬リードの開発における合理的分子設計の重要な基盤になるものと考えられる。本研究成果は天然物化学のみならず創薬化学・生命科学にも貢献するものである。よって、本論文の著者は博士（理学）の学位を受ける資格があるものと認める。</p> | | | |

Thesis Abstract

| | | | |
|--|---------------|------|-------------|
| Registration Number | "KOU" No.4293 | Name | Yang, Chuan |
| <p>Thesis Title</p> <p>Conceptual Design and Control of Walking and Transportation Assist Devices Considering Human Motion</p> | | | |
| <p>Nowadays, lacking in adequate care for the elderly, especially those who are walking with inconvenience is becoming a growing problem for the aging society. According to this problem, this thesis presents three solutions to help the elderly or patient walk and move more conveniently and easily from three different aspects. All of them are intended to help the elderly or patient walk or move independently.</p> <p>Chapter 1 presents the motivation and related works.</p> <p>Chapter 2 introduces the human motion measurement method by inertial sensors. The developed measurement method is utilized for sophisticated control of assist devices.</p> <p>Chapter 3 explains the disturbance observer (DOB), reaction torque observer (RTOB) and synthesized camber angle disturbance observer (SCOB). They are utilized to control the proposed devices accurately and robustly.</p> <p>From chapter 4 to chapter 6, the conceptual design and control of the three walking and transportation assist devices are introduced. Different design objectives for the three solutions are summarized below.</p> <p>Chapter 4 describes the multi-legged walking assist device (approach 1) focusing on preventing the elderly fall down and enhancing their walking ability, it is suitable for the elderly or patient who have very poor walking ability. The moving speed is the slowest correspondingly.</p> <p>Chapter 5 shows the walking assist cart operated by human foot (approach 2) that focuses on giving a hand to the elderly when they walking. It is suitable for the elderly or patient who have a better walking ability but cannot walk without walking assist devices. The device easily moves beside the user and coordinate with his or her steps, and moving speed is depend on the users' habits.</p> <p>Chapter 6 presents the self-balancing two-wheel electric motorcycle (approach 3) focusing on providing a fast and safe transportation solution for the elderly or patient. It can keep self-balancing not only at high speed but also at low and zero speed. It is suitable for the elderly or patient who have a better walking ability and want to move fast. Its moving speed is the fastest correspondingly.</p> <p>Although these researches are still relatively immature, they can provide solutions to help the elderly or patient move more conveniently and easily in the future society. The major contributions of them is providing some novel ideas, designs and control methods to help the elderly or patient who want to walk or move conveniently and independently.</p> <p>Chapter 7 concludes the thesis and provides a summary of the major results and contributions of this work. Also, a discussion of directions for future work is provided finally.</p> | | | |

論文審査の要旨

| 報告番号 | 甲 第 4293 号 | 氏 名 | Yang, Chuan |
|---|------------|-----|-------------|
| 論文審査担当者： 主査 慶應義塾大学教授 博士（工学） 村上 俊之 | | | |
| 副査 慶應義塾大学教授 工学博士 大西 公平 | | | |
| 慶應義塾大学教授 博士（工学） 滑川 徹 | | | |
| 慶應義塾大学准教授 博士（工学） 荻原 直道 | | | |
| <p>学士（工学）、修士（工学）楊 川（Yang, Chuan）君提出の学位請求論文は「Conceptual Design and Control of Walking and Transportation Assist Devices Considering Human Motion(人の動作を考慮した歩行・移動補助器の概念設計と制御)」と題し、7章から構成されている。</p> <p>近年、少子高齢化に伴う介護者不足と高齢者人口の増加により、高齢者に対して長期的な自立生活の支援が必要となっている。また、平均寿命の伸び率に対して健康寿命の伸び率が低いことから、健康維持向上のための社会基盤の整備、また適切な生活補助器の開発が切に望まれている。こうした社会的な背景から、本論文では歩行・移動支援のための統一的な概念に基づいた機器開発とその制御アルゴリズムの提案を行っている。特に、歩行動作そのものを支援する機器と移動を支援する機器に分類した提案を行い、歩行・移動補助器として段階的な提案とその制御アルゴリズムの構築法を示している。</p> <p>第1章では、本論文の背景と目的について述べている。</p> <p>第2章では、IMU（Inertial Measurement Unit）センサを用いた人の運動状態計測のための基本アルゴリズムを纏めている。</p> <p>第3章では、制御系の基本構成要素となる3つのオブザーバ、DOB（Disturbance Observer）、RTOB（Reaction Torque Observer）、SCOB（Synthesized Camber Angle Disturbance Observer）の構成を示している。本論文で提案している歩行・移動補助器の制御ではこれらのオブザーバのうち目的に合致したものを選択することで、ロバストで高性能な制御系を実現している。</p> <p>第4章では、本論文において第1の提案となっている2脚型歩行動作補助器の構成とその制御器設計法を示している。提案システムの特徴とする点は、歩行者の歩行状態応答に応じて、転倒防止と歩行安定性評価を同時に行える機構設計、制御手法を示したことにある。また、提案システムの有効性は2リンク2脚型歩行動作補助器による実機検証によって確認されている。</p> <p>第5章では、本論文において第2の提案となっているマニピュレータ搭載型の歩行動作補助カーの概念設計と制御設計法を示している。本補助器の特徴としては、爪先に設置されたIMUセンサによる歩行動作の検出と歩行動作応答に基づいたカーの安定化追従制御にある。提案システムの有効性はマニピュレータ搭載型2輪駆動移動ロボットによる実機実験により検証されている。</p> <p>第6章では、本論文における第3の提案となっている前後輪ステアリング型の移動補助器の機構・制御の提案を行っている。特に、ステアリングの操作モードに関して3つの分類を行い、静止状態および走行状態において各モードの切り替えを行うことで、速度に依存しない2輪車の大域的な安定化制御を実現している。また、搭乗者の動作状態応答を用いた簡易型移動補助器の実応用の可能性について、実機実験による検証を行っている。</p> <p>第7章では、各章を総括し、本論文の結論を述べている。</p> <p>以上要するに、本論文の著者は、人の動作状態応答を用いた歩行・移動補助器を実現するため、IMUセンサに基づいた人の歩行動作の検出およびその評価、また多自由度補助器システムの動作モードを考慮した制御器の基本構成法を提案し、統一概念に基づいた歩行・移動補助器の設計・制御について、実機実験によりその有効性を実証した。これらの研究は、歩行・移動補助器の安全性に配慮した産業応用分野において、工学上、工業上寄与するところが少なくない。</p> <p>よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。</p> | | | |

内容の要旨

| | | | |
|--|------------|-----|-------|
| 報告番号 | 甲 第 4294 号 | 氏 名 | 宮島 敬明 |
| 主論文題目： A Toolchain for Application Acceleration on Heterogeneous Platforms （異種混在環境におけるアプリケーション高速化のためのツールチェーン） | | | |
| <p>近年、CPU に加えて GPU (Graphic Processing Unit) や FPGA (Field Programmable Gate Array) などのアクセラレータを搭載した環境が一般化してきている。このような異種混在型プラットフォーム (Heterogeneous Platforms) は、高い演算能力が必要とされる科学技術計算分野から低消費電力が要求される組み込み分野まで幅広く利用されつつある。設計環境やライブラリなどのプログラミングが整備されてきているが、各プラットフォームでの既存のアプリケーションの高速化は専門知識なしには困難なままである。</p> <p>これらの背景を受け、本論文では、異種混在型プラットフォームを対象とした既存アプリケーションの高速化のためのツールチェーンの提案を行う。我々が研究中のツールチェーン Courier は、専門知識なしに既存アプリケーション内部の関数群の解析を行い、解析された関数をアクセラレータへオフロードすることができる。Courier は、実行中のアプリケーションのバイナリ解析を行う"Frontend"、解析で得られた処理フローをグラフ化・言語化する"Courier IR"、解析された関数を対応するアクセラレータの処理に入れ替える"Backend"の大きく 3 つの部分から構成される。また、対象とするプラットフォームは、ノード内に CPU-GPU を持つプラットフォーム (CPU-GPU 混在型)、CPU-GPU 混在型ノードを複数利用するプラットフォーム (CPU-GPU 混在クラスタ型)、CPU-FPGA を持つプラットフォーム (CPU-FPGA 混在型) である。CPU-GPU 混在型と CPU-GPU 混在クラスタ型のプラットフォームでは対応する関数とデータ転送処理をコンパイルしたバイナリを、CPU-FPGA 混在プラットフォームでは CPU にバス接続されたハードウェアモジュールを利用する。CPU-GPU 混在クラスタ型プラットフォームでは、筑波大学のノード間直接通信機構 PEACH2 (PCI-Express Adaptive Control Hub 2) を利用し、ノード間パイプラインを構築する。また、CPU-FPGA 混在型プラットフォームでは、ソフトウェア処理とハードウェアモジュールのパイプラインを構築する。Courier と各種プラットフォームを用いて画像処理やベクトル演算、フーリエ級数演算などのアプリケーションが高速化できることを各章で示す。</p> | | | |

論文審査の要旨

| | | | |
|---|------------|-----|-------|
| 報告番号 | 甲 第 4294 号 | 氏 名 | 宮島 敬明 |
| 論文審査担当者： 主査 慶應義塾大学教授 工学博士 天野 英晴 | | | |
| 副査 慶應義塾大学教授 博士(工学) 斎藤 英雄 | | | |
| 慶應義塾大学教授 博士(工学) 高田 眞吾 | | | |
| 慶應義塾大学准教授 博士(工学) 矢向 高弘 | | | |
| <p>学士(工学)、修士(工学)、宮島敬明君の学位請求論文は、「A Toolchain for Application Acceleration on Heterogeneous Platforms (異種混在環境におけるアプリケーション高速化のためのツールチェーン)」と題し、5章から成る。</p> <p>GPU(Graphic Processing Units)やFPGA(Field Programmable Gate Array)などを用いて、特定の計算処理を高速化するアクセラレータは、科学技術計算の広い分野で一般的に用いられている。しかし、アクセラレータを用いた高速化には、専用のプログラミング言語やハードウェア記述言語の知識が必要であり、開発環境の改善に関して多くの研究が行われているにも関わらず、一般のコンピュータユーザにとっては依然として難しい点が多い。一方、最近、画像処理における Open-GL、行列計算における BLAS など標準ライブラリが普及しており、多くのプログラムが標準ライブラリを用いて記述されている。このライブラリのそれぞれの関数は、既に専門家の手によって、それぞれのアクセラレータ上で動作する最適化されたコードが開発されている。</p> <p>本論文では、標準ライブラリを用いて書かれたプログラムのバイナリを解析し、関数の流れを自動的に抽出し、アクセラレータの対応する関数に置き換えることにより、アクセラレータおよびソースコードに対してほとんど知識を持たないユーザが、プログラムを高速化することのできるツールチェーンを提案した。</p> <p>1章で背景をまとめた後、2章で、現在の代表的なアクセラレータを紹介し、そのプログラミングに関する問題点について明らかにした後、3章で、GPUを対象としたツールチェーン Courier を提案している。Courier は、フロントエンドが高速化対象のプログラムをホスト CPU 上で走らせてそのバイナリを解析し、中間表現に変換すると共に、フローグラフを生成する。次にバックエンドが、対応するアクセラレータの関数と置き換え、アクセラレータとのデータ交換用のコードを生成して、オフローディングを行う。ほとんどの処理は自動的に行われるが、中間表現を変更することで、人手による制御を行うことができる。HOG 計算、行列積、電力スペクトラム密度評価プログラムについて、実際の GPU に対してオフローディングを行い、1.23 倍から 9 倍程度の高速化を実現し、その効果を確認している。次に 4 章では対象を FPGA に拡張した Courier-FPGA を提案している。Courier-FPGA は、組み込み CPU と FPGA 上のアクセラレータモジュール間で、効率の良いタスク間パイプラインを構築することで、ハードウェアとソフトウェアの協調処理を自動的に行うことを可能にしている。組み込み用の CPU ARM と Xilinx 社の FPGA の協調処理が可能な Zynq ボードを用いてケーススタディを行い、4 倍から 20 倍の高速化を実現し、その効果を確認した。5章は結論である。</p> <p>以上、本論文は、アクセラレータやソースコードにほとんど知識を持たないユーザでもアクセラレータで高速化が可能なツールチェーンを提案し、ケーススタディによりその効果を明らかにした点で、その貢献は工学上少なくない。</p> <p>よって、本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p> | | | |

内容の要旨

| | | | |
|---|------------|-----|------|
| 報告番号 | 甲 第 4295 号 | 氏 名 | 堀江 光 |
| 主論文題目： | | | |
| 需要変動によるサーバ負荷の変動を軽減するコンテンツ配信手法に関する研究 | | | |
| <p>インターネット利用者数の増加に伴い、多くのウェブサービスが運用され、その経済的および社会的重要性が増している。しかし、その一方で、Flash Crowds と呼ばれる現象がウェブサービスの安定的な運用を妨げるとして問題となっている。Flash Crowds とは、特定のサービスやコンテンツに対する突発的なアクセス集中のことで、数分の間にウェブサービスへのアクセス数が平常時の数百倍から数千倍にも達するとの報告がある。Flash Crowds によりサーバが過負荷状態となるとサービスの性能低下や異常停止などの障害の原因となるため、対策が必要である。</p> <p>Flash Crowds による過負荷状態を防ぐためには、キャッシュ配信によりサーバへ到達するリクエスト数を減少させる負荷軽減と、サーバを複製することで個々のサーバへの負荷を分散する負荷分散の両方が必要である。なぜならば、ウェブサービスが配信するコンテンツには静的コンテンツと動的コンテンツの 2 種類が存在し、静的コンテンツには負荷軽減手法、動的コンテンツには負荷分散手法が適するためである。また、Flash Crowds に対応するためには、各手法において 4 つの性質を備える必要がある。第一に、投入した資源量に対し十分な処理能力を得られること、第二に、Flash Crowds 発生後速やかに処理能力が向上すること、第三に、需要に対して過不足のない適切な資源量で稼働すること、第四に、コンテンツの更新内容が速やかに反映されることである。既存手法は プロキシ方式、キャッシュ共有方式、クラウド方式、完全複製方式 の 4 種に大別できるが、これら 4 つの性質をすべて満たすものはない。</p> <p>本論文では、Flash Crowds のような突発的な需要変動によるサーバ負荷の変動を軽減するコンテンツ配信手法を提案する。本提案は、クライアント間連携による負荷軽減手法 MashCache およびデータセンタ間連携によるストレージの負荷軽減手法 Pangaea からなり、それぞれ 4 つの性質を満たす。</p> <p>MashCache は、各クライアントが取得したコンテンツをキャッシュとして他のクライアントと共有することで、ウェブサービスに直接アクセスすることなく目的とするコンテンツの取得を可能とする。キャッシュの共有には分散ハッシュ表による Peer-to-Peer ネットワークを用いる。また、MashCache は、Aggressive Caching、Query Origin Key、Cache Meta Data、Two-phase Delta Consistency の 4 つの要素技術により、各クライアントやウェブサービスの負荷を低く保ちつつ、常に新しいキャッシュをクライアント間で共有することを可能とする。</p> <p>Pangaea は、複数の異なるデータセンタに属するストレージサーバを統合し単一のキーバリューストア (KVS) を構築することで、個別のデータセンタ規模の制約を受けない負荷分散を実現する。一方で、データセンタ間通信路は高遅延かつ狭帯域であるため、応答時間や転送速度の性能低下が問題となる。Pangaea は Multi-Layered Distributed Hash Table、Local-first Data Rebuilding の 2 つの要素技術により、データセンタ間を跨ぐ通信の頻度と転送量を低下させる。これにより、複数のデータセンタの資源の効果的な利用を実現する。</p> <p>提案手法の Flash Crowds に対する有用性を確認するために、シミュレータおよび実際のインターネット環境を用い評価した。MashCache がサーバの負荷を軽減していることを確認するため、2,500 台のクライアントによる Flash Crowds を模した負荷を発生させたところ、ウェブサーバの負荷が約 98.2 % 削減された。また、コンテンツの更新が速やかに反映されることを確認するため、各リクエストによって得られたコンテンツのキャッシュがいつ生成されたものであるかを解析したところ、95 % 以上のリクエストが過去 10 s 以内に生成されたキャッシュで処理された。また、Pangaea がデータセンタ間通信による性能低下を軽減し、負荷分散手法として有用であることを確認するために、シミュレータと実際のインターネット環境を用いて評価したところ、Pangaea によりデータの探索に要する平均時間が 74 %、データセンタ間のデータ転送量が 70 % 削減された。</p> | | | |

論文審査の要旨

| | | | |
|---|------------|------------|-----------------|
| 報告番号 | 甲 第 4295 号 | 氏 名 | 堀江 光 |
| 論文審査担当者： | 主査 | 慶應義塾大学教授 | 博士(理学) 河野 健二 |
| | 副査 | 慶應義塾大学教授 | 博士(工学) 寺岡 文男 |
| | | 慶應義塾大学専任講師 | 博士(情報理工学) 金子 晋丈 |
| | | 慶應義塾大学准教授 | 博士(工学) 矢向 高弘 |
| <p>学士(工学)、修士(工学) 堀江光君提出の学位請求論文は、「需要変動によるサーバ負荷の変動を軽減するコンテンツ配信手法に関する研究」と題し、全 5 章から構成されている。</p> <p>近年インターネット利用者数は増加傾向にあり、ウェブサービスの利用者数も増加している。それに伴い、Flash Crowds と呼ばれるウェブサービスに対する突発的なアクセス集中が発生するようになっていく。Flash Crowds が発生すると、ウェブサービスへのリクエスト数が数分のうちに通常時の数十倍から数千倍に達し、サーバが過負荷状態となる。サーバが過負荷状態となると、応答時間の増大や異常停止などのサービス障害が発生するため、過負荷状態を防止する必要がある。Flash Crowds による過負荷状態を防ぐには、サーバが処理するリクエスト数を減少させる負荷軽減およびサーバの複製による負荷分散の両方を行う必要がある。</p> <p>第 1 章は本論文の序論であり、本研究の背景、目的、Flash Crowds の解析および論文の構成について述べている。Flash Crowds の解析では、過去に実際に発生した Flash Crowds を定量的に解析し、対策手法が備えるべき 4 つの性質として拡張性、敏捷性、伸縮性、一貫性を挙げている。</p> <p>第 2 章では、本研究の関連研究についてまとめている。本論文では、ウェブサーバの負荷を軽減する既存手法を、プロキシ方式、キャッシュ共有方式、クラウド方式、完全複製方式の 4 つに大別し、それぞれについてその仕組みおよび本研究との違いを示している。既存手法が 4 つの性質をすべて満たすことはできない一方で、本研究ではそれを満たすことを述べている。</p> <p>第 3 章では、クライアント間連携による負荷軽減手法 MashCache を提案している。MashCache はクライアント間でキャッシュ共有のための Peer-to-Peer ネットワークを構築し、ウェブサービスに直接アクセスせずとも目的のコンテンツを取得可能とする。MashCache は、あらゆるコンテンツについて常に新しいキャッシュを提供する Aggressive Caching、Two-phase Delta Consistency および各クライアントの負荷を分散するための Query Origin Key、Cache Meta Data の 4 つの要素技術により、集中管理することなく効率的なキャッシュ共有を実現する。シミュレーションを用いた評価実験により、サーバの負荷、スケーラビリティ、キャッシュの一貫性について MashCache の有効性を評価している。2,500 台のクライアントによる Flash Crowds を模した負荷を 98.2 % 削減し、また、各リクエストが過去 10 秒以内に生成されたキャッシュで処理されることを確認した。さらに、オーバーヘッド、セキュリティ、キャッシュヒット率、一貫性について議論を行っている。</p> <p>第 4 章では、データセンタ間連携によるストレージの負荷分散手法 Pangaea を提案している。Pangaea は、異なるデータセンタに属するストレージサーバを統合し単一のキーバリューストアを提供する。Pangaea を用いることにより、ウェブサービス提供者は任意のデータセンタにウェブサービスを配置することが可能となる。Pangaea は、データセンタ内優先探索によってデータセンタ間通信の頻度を削減する Multi-Layered Distributed Hash Table と、Erasure Coding によりデータセンタ間の転送量を削減する Local-first Data Rebuilding の 2 つの要素技術からなる。シミュレーションおよび実際のインターネット環境を用いた評価実験により、Pangaea がデータ探索の所要時間を 74 % ,データセンタ間の転送量を 70 % 削減することを確認した。さらに、オーバーヘッドについて議論を行っている。</p> <p>第 5 章は本論文の結論であり、論文を総括すると共に今後の展望について述べている。</p> <p>以上、本論文は需要変動によるサーバ負荷の変動を軽減するため、ウェブサービスの負荷軽減および負荷分散を行うコンテンツ配信手法の提案を行っており、その貢献は工学上寄与するところが少なくない。よって、本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p> | | | |

内容の要旨

| | | | |
|--|------------|-----|-------|
| 報告番号 | 甲 第 4304 号 | 氏 名 | 芦沢 國正 |
| <p>主 論 文 題 目 :</p> <p>Multi-Service Adaptable and Low-Power Consumption Active Optical Access Network Using High-Speed PLZT Optical Switches</p> <p>(超高速 PLZT 光スイッチを用いたマルチサービス適応可能な低消費電力アクティブ型光アクセスネットワーク)</p> | | | |
| <p>日本でのブロードバンドサービスの契約者数は、2013 年に全体で 9500 万人、FTTH (Fiber To The Home) で 2500 万人に達している。またアクセスネットワークにおいて、IPTV (Internet protocol television) , VoD (Video on Demand) , VoIP (Voice over Internet Protocol) 等のマルチサービスの提供が求められている。さらに通信容量の拡大に伴いネットワークの消費電力が増加しており、日本におけるインターネット全体の消費電力の約 7 割をアクセスネットワークが占めている。</p> <p>上記背景を踏まえ、次世代光アクセスネットワークでは、1) 拡張性、2) 柔軟性 (マルチサービスへの適応可能性)、3) 低消費電力の 3 つの要件が求められる。</p> <p>現在の光アクセスネットワークでは、光スプリッタを用いた低コスト・低消費電力のネットワークを実現する Passive Optical Network (PON) が広く普及しているが、収容可能ユーザ数 (32) と伝送距離 (20 km) がトレードオフの関係にあるため、ネットワークの拡張性に問題がある。</p> <p>そこで、拡張性の高いネットワーク実現に向けて、超高速 PLZT (Plomb Lanthanum Zirconate Titanate) 光スイッチを用いた ActiON (Active Optical Access Network) が提案されている。ActiON では、原理的な光損失が必須となる光スプリッタに替えて、光スイッチを活用することで、PON と比較して 4 倍の収容可能ユーザ数 (128)、2 倍の伝送距離 (40 km) の実現が可能となる。一方で、スイッチングによる通信を行うため、ユニキャスト時の送信待ち時間の増加、マルチキャスト時の帯域利用効率の低下が問題となる。また PON と比較し、光スイッチの電力が追加で必要となるといった問題がある。</p> <p>本論文では上記 3 つの要件を満たすために、拡張性の高い ActiON の利点を生かしつつ、マルチサービス適応可能な低消費電力アクティブ型光アクセスネットワークを提案する。本論文は以下のように構成される。</p> <p>第 1 章では、研究背景、次世代光アクセスネットワークにおける要件を明確化する。第 2 章では、次世代光アクセスネットワークの関連技術、本論文の位置付けを説明する。第 3 章では、ユーザの許容遅延を考慮して、スイッチングアイドル時間を最小化するスロット割当方式を提案し、ActiON と比較して最大 88% のスイッチング回数の削減を示す。第 4 章では、可変スプリッタモードの PLZT 光スイッチを利用した、マルチサービス適応可能なアクティブ型光アクセスネットワークを提案し、ActiON と比較して最大 81% の帯域利用効率の向上を示す。第 5 章では、マルチサービス適応可能なアクティブ型光アクセスネットワークにおける、光スイッチのモード切替回数を最小化する低消費電力スロット割当方式を提案し、PON と比較して最大 75 %、ActiON と比較して最大 41% の消費電力の削減を示す。最後に第 6 章では、本論文の研究の結論を述べる。</p> | | | |

論文審査の要旨

| 報告番号 | 甲 第 4304 号 | 氏 名 | 芦 沢 國 正 |
|--|------------|--------------|-----------------------------|
| 論文審査担当者： | 主査 | 慶應義塾大学教授 | 工学博士 山中 直明 |
| | 副査 | 慶應義塾大学教授 | 工学博士 笹瀬 巖 |
| | | 慶應義塾大学教授 | 工学博士 天野 英晴 |
| | | 慶應義塾大学教授 | 博士(工学) 津田 裕之 |
| | | テキサス大学ダラス校教授 | Ph.D. Andrea Fumagalli |
| | | バージニア大学教授 | Ph.D. Malathi Veeraraghavan |
| <p>学士(工学), 修士(工学) 芦沢國正君の学位請求論文は, 「Multi-Service Adaptable and Low-Power Consumption Active Optical Access Network Using High-Speed PLZT Optical Switches (超高速 PLZT 光スイッチを用いたマルチサービス適応可能な低消費電力アクティブ型光アクセスネットワーク)」と題し, 6 章から構成される。</p> <p>日本でのブロードバンドサービスの契約者数は, 2013 年に全体で 9500 万人, FTTH (Fiber To The Home) アクセスサービスで 2500 万人に達している。またアクセスネットワークにおいて, IPTV (Internet protocol television), VoD (Video on Demand), VoIP (Voice over Internet Protocol) 等のマルチサービスの提供が求められている。さらに通信容量の拡大に伴いネットワークの消費電力が増加しており, 日本のインターネット全体の消費電力の約 7 割をアクセスネットワークが占めている。</p> <p>上記背景を踏まえ, 次世代光アクセスネットワークでは, 1) 拡張性, 2) 柔軟性 (マルチサービスへの適応可能性), 3) 低消費電力の 3 つの要件が求められる。</p> <p>現在の光アクセスネットワークでは, 光スプリッタを用いた低コスト・低消費電力のネットワークを実現する PON (Passive Optical Network) が広く普及してきているが, 収容可能ユーザ数 (32) と伝送距離 (20 km) がトレードオフの関係にあるため, ネットワークの拡張性に問題がある。</p> <p>そこで, 拡張性の高いネットワーク実現に向けて, 切替時間 10 ns 以下が可能な超高速 PLZT (Plomb Lanthanum Zirconate Titanate) 光スイッチを用いた ActiON (Active Optical Access Network) が提案されている。ActiON では, 原理的な光損失が必須となるスプリッタに替えて光スイッチを用いて通信を実現するため, PON と比較して 4 倍の収容可能ユーザ数 (128), 2 倍の伝送距離 (40 km) の実現が可能となる。一方で, 固定長の時間単位のスイッチングで通信を行うため, 送信待ち時間の増加, マルチキャスト時の帯域利用効率の低下が問題となる。また PON と比較して, 収容ユーザ数に応じて PLZT 光スイッチの消費電力が追加で必要となるといった問題がある。</p> <p>学位請求論文では上記 3 つの要件を満たすために, 拡張性の高い ActiON の利点を生かしつつ, マルチサービス適応可能な低消費電力アクティブ型光アクセスネットワークを提案している。学位請求論文は以下のように構成される。</p> <p>第 1 章では, 研究背景および次世代光アクセスネットワークの要求条件を明確化している。</p> <p>第 2 章では, 光アクセスネットワークの関連技術, 学位請求論文の位置付けを説明している。</p> <p>第 3 章では, ユーザの許容遅延を考慮して, スwitchングアイドル時間を最小化するスロット割当方式を提案している。本方式を用いると, 従来の ActiON のスロット割当方式と比較して, 最大 88% のスイッチング回数の削減が可能なが示されている。</p> <p>第 4 章では, 第 3 章の提案方式に加え, マルチキャスト配信を実現するために, PLZT 光スイッチの可変スプリッタモードを導入し, マルチサービス適応可能なアクティブ型光アクセスネットワークを提案している。本ネットワークを用いると, 従来の ActiON と比較して, 最大 81% の帯域利用効率の向上が可能なが示されている。</p> <p>さらに第 5 章では, 第 4 章の提案ネットワークにおいて, 光スイッチのモード切替回数の最小化を図る低消費電力なスロット割当方式を提案している。本方式を用いると, PON と比較して最大 75 %, 従来の ActiON と比較して最大 41% の消費電力の削減が可能なが示されている。</p> <p>最後に第 6 章で, 学位請求論文の研究の結論が述べられている。</p> <p>以上要するに学位請求論文は, 次世代光アクセスネットワークにおける要求条件を満たすために, 超高速 PLZT 光スイッチを用いた, 高い独自性のあるマルチサービス適応可能な低消費電力アクティブ型光アクセスネットワークを提案している点で, 工学上寄与するところが少なくない。また, これらの成果は著者が自立して研究活動を行うために必要な高度な研究能力, 並びにその基礎となる豊かな学識を有することを示したと言える。</p> <p>よって, 学位請求論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p> | | | |

Thesis Abstract

| | | | |
|---|----------------|------|-----------------------------------|
| Registration Number | "KOU" No. 4305 | Name | HENAKARALALAGE, OSHANI ERUNIKA |
| Thesis Title | | | |
| A Study on Distributed Management Schemes for Node Mobility in the Internet | | | |
| <p>This thesis introduces a comprehensive study carried out focusing on Mobility Management (MM) schemes in the Internet. It describes the evaluation procedure adopted along with the simulator which is constructed to support the evaluation. Then, the results obtained are explained, which lead to introduce a novel MM scheme.</p> <p>During the past couple of decades, there have been a considerable number of standardization efforts for MM in the Internet. However, those standard methods severely suffer from well-known problems. Those problems include a single point of failure and attack, non-optimal data routing, and restricted scalability. Even though there has been a significant amount of efforts which try to identify such major problems and fix them by adopting a Distributed MM (DMM) approach, those efforts are still in the proposal phase.</p> <p>Performance evaluation of MM protocols remains challenging, despite of having a handful of network simulators. These simulators provide least conveniences to build and evaluate new protocols, regardless of having a good set of facilities to simulate ordinary standard protocols. Especially, it is difficult to simulate relatively new concepts, such as DMM. Thus, it remains extremely strenuous to evaluate proposed schemes and identify their competencies and applicability.</p> <p>Motivated by the lack of performance evaluation efforts and lack of simulation support, an Internet Protocol (IP) mobility simulator called SimNetDMM was designed considering the network layer of the Internet. It attempts to simulate mobility scenarios over mapped and synthetic topologies for all the selected MM schemes. SimNetDMM can be regarded as the inception effort of that sort. It also allows realistic mobility patterns, MM entity installments, and routing policies. Thus, the results can be considered closely liable and realistic.</p> <p>The selected set of client driven (host-based) and network driven (network-based) MM schemes are evaluated for performance separately. Evaluation carried out for host-based MM schemes reveals that the fully distribution in the control-plane in terms of functionality retrieves better control-plane performance. On the other hand, better performance in data-plane is observed during the evaluation for network-based DMM schemes with control/data-plane split. Thus, in overall, fully functional distribution in the control plane and control/data-plane split are identified as candidate MM approaches. Disadvantages of the existing proposals focusing on these concepts are also identified. A fully distributed host-based MM scheme found in the literature lacks consistency. The scheme adopting control/data-plane split has poor control-plane performance and when employed in a distributed control-plane environment, it suffers from heavy control overhead due to data residency.</p> <p>Considering the above issues, a novel localized network-based fully-distributed MM scheme (DMMSDN) is introduced. It is designated for a distributed Software Defined Network (SDN) environment. Control/data-plane separation is achieved with SDN. Dynamic Host Configuration Protocol for IPv6 (DHCPv6) is adopted for accounting and assigning IPv6 addresses for Mobile Nodes (MNs). DMMSDN distributes the control plane reducing data redundancy and increasing consistency of MM. Further, it regulates flow table updates in SDN to reduce control-plane overhead. The size of memory required in SDN-controllers is minimized by limiting MN's mobility information to be stored only in a single SDN-controller called the initial SDN-controller.</p> | | | |

(1/2)

DMMSDN is simulated and evaluated against a few DMM schemes. The results confirm the applicability of DMMSDN. Further, multiple SDN-controller installment is also examined. Optimal SDN-controller installments are identified for different topologies. Highest distribution in the control-plane is better for larger Internet Service Provider (ISP) networks residing closer to the Internet core (tier-1), which cover a few continents and have a considerably large number of Access Routers (ARs) for MNs. Medium distribution is better for least distributed ISP topologies residing at the edge of the Internet (tier-3). Least distribution is better for medium ISP topologies (tier-2).

They are tend to lease Internet Access to edge ISPs rather than providing direct access to MNs. The results confirm that multiple SDN-controller installment always outperforms single SDN-controller installment. Further, control-plane results are stable despite of the intercommunication of SDN-controller set. Thus, it assures the admissibility of DMMSDN.

論文審査の要旨

| 報告番号 | 甲 第 4305 号 | 氏 名 | HenakaRalalage, Oshani Erunika | |
|---|------------|------------|--------------------------------|-------|
| 論文審査担当者： | 主査 | 慶應義塾大学教授 | 博士(工学) | 寺岡 文男 |
| | 副査 | 慶應義塾大学教授 | 博士(工学) | 重野 寛 |
| | | 慶應義塾大学専任講師 | 博士(情報理工学) | 金子 晋丈 |
| | | 慶應義塾大学准教授 | 博士(工学) | 矢向 高広 |
| <p>Bachelor of Science, HenakaRalalage Oshani Erunika 君提出の学位請求論文は「A Study on Distributed Management Schemes for Node Mobility in the Internet (インターネットにおけるノードモビリティの分散管理方式に関する研究)」と題し、全7章から構成されている。</p> <p>IETF (Internet Engineering Task Force) にはインターネットにおける移動ノードのための分散移動管理方式が多数提案されているが、これらを定量的に評価する手法が確立されておらず、未だ標準化には至っていない。したがって分散移動管理方式を定量的に評価する手法を確立して既存方式の利点欠点を明確にし、既存方式が非効率であることが明らかな場合は新しい方式の開発が必要となる。</p> <p>第1章は本論文の序章であり、本研究の背景、目的、貢献についてまとめている。</p> <p>第2章は既存移動管理方式から代表的な11方式を取り上げてそれらを分類し、それぞれの仕組みや利点欠点をまとめている。</p> <p>第3章は分散移動管理方式を定量的に評価するためのシミュレータ SimNetDMM の設計と実装について述べている。NS-3 など広く研究に利用されているシミュレータはあるが、制御・データ両プレーンを分離した方式に対応していないなどの問題がある。SimNetDMM はさまざまな移動管理方式に対してネットワークのトポロジ情報と経路制御ポリシーを入力とし、制御・データ両プレーンにおける移動管理のための遅延とコストおよびルータの負荷を出力する。また既存移動管理方式のシミュレーション結果を確認することで SimNetDMM の動作を検証している。</p> <p>第4章はインターネット全体での移動を対象とした既存分散移動管理方式を SimNetDMM により評価している。最初にインターネットを模擬した大規模なトポロジにおいて2台の移動管理機構を配置する最適な AS (Autonomous System) を解析している。その結果、配置先 AS を決定するための指標として Freeman's closeness が適していることを明らかにし、2台の移動管理機構を配置する適切な AS の組み合わせを明らかにしている。次に既存の6方式を評価し、DMIP (Distributed Mobile IP) 方式が総合的には最も優れていることを明らかにしている。</p> <p>第5章は SimNetDMM により1つの管理ネットワーク内での移動を対象とした5種類の既存分散移動管理方式を評価している。規模の異なる5種類の ISP (Internet Service Provider) トポロジを用いて評価した結果、制御・データ両プレーンを分離することでデータプレーンの効率が向上すること、および制御プレーンの機能を分散配置することで制御プレーンの効率が向上することを明らかにしている。そして既存方式はこれらを満たさないため、新しい方式を開発する必要があることを明らかにしている。</p> <p>第6章は新しい分散移動管理方式である DMMSDN を提案し、その効率を SimNetDMM により評価している。DMMSDN は SDN (Software Defined Networking) を利用することで制御・データ両プレーンを分離し、SDN コントローラを分散配置することによって制御プレーンの機能を分散配置している。評価の結果、DMMSDN は既存方式より効率的に移動管理が可能であることを明らかにしている。さらに上記5種類の ISP トポロジを用いて SDN コントローラの最適配置を解析している。その結果、ISP の規模や特徴によって SDN コントローラの最適配置は異なることを明らかにしている。</p> <p>第7章は本論文の結論であり、論文を総括するとともに今後の展望について述べている。</p> <p>以上、本論文はインターネットにおける移動ノードの分散移動管理方式を定量的に評価するためのシミュレータを作成して既存分散移動管理方式を評価し、さらに既存方式より効率的な方式を提案しており、その貢献は工学上寄与するところが少なくない。よって、本論文の著者は博士(工学)の学位を受け資格があるものと認める。</p> | | | | |

内容の要旨

| | | | |
|---|------------|-----|-------|
| 報告番号 | 甲 第 4306 号 | 氏 名 | 大場 清美 |
| 主 論 文 題 目： | | | |
| 2,4,6-トリイソプロピルフェニルリチウムを用いたバルビエ型反応による アリール- β -C-グリコシド合成法の開発とパエシロマイシン B の全合成 | | | |
| <p>本研究は、2,4,6-トリイソプロピルフェニルリチウム(TIPPLi)を用いた、エステル等の電子求引性置換基を有するアリールハライドとアルドノラクトンとのバルビエ型カップリング反応、続くデオキシ化によるアリール-β-C-グリコシドの新規合成法の開発と、本合成法を応用したパエシロマイシン B の全合成に関するものである。</p> <p>アリールリチウムやアリールマグネシウム等をアルドノラクトンへ付加させ、生じたラクトールをデオキシ化しアリール-β-C-グリコシドを合成する方法は、その汎用性や高い立体選択性、さらに簡便な調製手順により大量合成にも向いていることなどから、有機合成化学の分野において広く用いられている。ただし、有機金属種の反応性が高いことから、これらと反応するエステルやシアノ基などの置換基を有する基質に適用した例はこれまでほとんどなかった。本研究において、ハロゲン-メタル交換試薬として嵩高い TIPPLi の使用が、芳香環上にエステル、シアノ、カルボニル基などの電子求引性置換基を有する基質のカップリング反応に有効であり、かつバルビエ型の反応条件がさらに収率を向上させることを見出した。続くラクトールのデオキシ化は、トリイソプロピルシランと三フッ化ホウ素エーテル錯体を用いることにより、C-β立体選択的に進行した。以上により、電子求引性置換基を有するアリール-β-C-グリコシドの立体選択的な新規合成法を確立した。</p> <p>次に本合成法を、抗マラリア活性を持つパエシロマイシン B の全合成へ応用した。レゾルシン酸ラクトンの一種であるパエシロマイシン B は、その 14 員環中にテトラヒドロピラン環を併せ持つ特徴的な構造を有する。今回、その全合成を三種類の合成ルートで達成した。すなわち、鍵反応であるマクロ環化を、閉環メタセシス、分子内野崎-檜山-岸(NHK)反応、あるいは分子内求核付加反応で行う合成ルートである。</p> <p>第一に、閉環メタセシスルートを検討した。水酸基が保護された 3-デオキシグルコノラクトンとプロモ安息香酸メチルエステルとの TIPPLi を用いたカップリング反応は収率良く進行し、89%の収率でカップリング成績体を与えた。続く化学的変換にて環化前駆体であるジエンを得、第二世代グラブス触媒を用いた閉環メタセシス反応により、81%の収率で望みの <i>E</i>-オレフィンを唯一の環化体として得た。最後に脱保護を行いパエシロマイシン B の全合成を達成した。第二に、分子内 NHK 反応ルートを検討した。上記カップリング成績体を出発物質として、アルデヒド基を有するビニルヨードを分子内 NHK 反応の前駆体として合成した。塩化クロム(II)と塩化ニッケル(II)を用いて環化させ、目的の立体配置を有する環化体を 42%の収率で、そのエピマーを 37%の収率で得た。続いて、脱保護を行いパエシロマイシン B へと導いた。第三に、分子内求核付加反応ルートを検討した。分子内にδ-ラクトン構造を有するアリールヨードを環化前駆体として合成し、TIPPLi を作用させることにより環化体を 30%の収率で得た。続くデオキシ化、脱保護によりパエシロマイシン B へと導いた。このように、TIPPLi を用いた本アリール-β-C-グリコシド合成法は、良好な官能基容認性を示し、天然物全合成への応用も可能であることを示すことができた。</p> | | | |

論文審査の要旨

| 報告番号 | 甲 第 4306 号 | 氏 名 | 大場 清美 |
|--|------------|-----|-------|
| 論文審査担当者： 主査 慶應義塾大学教授 工学博士 中田 雅也 | | | |
| 副査 慶應義塾大学教授 理学博士 千田 憲孝 | | | |
| 慶應義塾大学教授 工学博士 戸嶋 一敦 | | | |
| 慶應義塾大学准教授 博士(工学) 高尾 賢一 | | | |
| <p>学士(工学) 修士(工学) 大場清美君提出の学位請求論文は、「2,4,6-トリイソプロピルフェニルリチウムを用いた Barbier 型反応によるアリール-<i>-C-</i>グリコシド合成法の開発とパエシロマイシン B の全合成」と題し、序論、本論 4 章、結論、および実験項より構成されている。</p> <p>アリール-<i>-C-</i>グリコシド(芳香族-<i>-C-</i>グリコシド)を部分構造にもつ天然物には、有用な生理活性を示す化合物が数多く存在するため、その合成研究が盛んに行われている。本研究は、2,4,6-トリイソプロピルフェニルリチウム(TIPPLi)をハロゲン-メタル交換試薬として用いた、アリールハライドとアルドノラクトンとの Barbier 型カップリング反応とそれに続くデオキシ化によるアリール-<i>-C-</i>グリコシドの新規合成法の開発と、本合成法を利用した天然物パエシロマイシン B の全合成に関するものである。</p> <p>序論では、アリール-<i>-C-</i>グリコシド天然物の概要とそれらの既知の合成法、およびパエシロマイシン B の一般的事項について述べている。</p> <p>本論第一章では、アリール環部位に電子求引性置換基をもつアリール-<i>-C-</i>グリコシドの新規合成法を開発したことについて述べている。アリールリチウムやアリールマグネシウムなどをアルドノラクトンへ付加させ、生じたラクトールをデオキシ化しアリール-<i>-C-</i>グリコシドを合成する方法は、有機合成化学の分野において広く用いられている配糖化法である。しかし、有機金属化合物の反応性が高いことから、これらと反応する可能性が高いエステル基などの電子求引性置換基をもつアリール基質に適用した例は、これまでほとんどなかった。そこで、ハロゲン-メタル交換試薬として立体的に嵩高い TIPPLi を用いると、アリール環部位にエステル基、シアノ基、カルボニル基などの電子求引性置換基をもつ基質のアルドノラクトンとのカップリング反応が、Barbier 型の反応条件下で高収率で進行することを見出した。生じたラクトールのデオキシ化は、トリアルキルシランと三フッ化ホウ素エーテル錯体を用いることにより、高立体選択的に <i>-C-</i> 配置で進行した。すなわち本法は、アリール環部位に電子求引性置換基をもつアリール-<i>-C-</i>グリコシドの立体選択的な新規合成法である。</p> <p>本論第二章から第四章では、上記合成法を鍵反応に利用して、抗マラリア活性をもつ天然物パエシロマイシン B の全合成を、3 つの合成ルートで達成したことについて述べている。レゾルシン酸ラクトンの一種であるパエシロマイシン B は、その 14 員環骨格中にテトラヒドロピラン環を有するユニークな化学構造をもっている。上記合成法を、このテトラヒドロピラン環構築の戦略として取り入れた。第二章では、14 員環環化反応に閉環メタセシスを用いるルートを検討した。3-デオキシグルコノラクトンとプロモ安息香酸メチルエステル誘導体との TIPPLi を用いたカップリング反応は収率良く進行し、カップリング成績体を得た。続く効率的変換にて環化前駆体であるジエンを合成し、Grubbs 触媒を用いた閉環メタセシスにより、高収率で目的の <i>E</i>-オレフィンを環化体として得た。最後に脱保護を行い、パエシロマイシン B の全合成を達成した。第三章では、14 員環環化反応に野崎-檜山-岸(NHK)反応を用いるルートを検討した。第二章で得られたカップリング成績体を出発物質として、アルデヒド基を有するビニルヨードを合成した。これを、塩化クロム(II)と塩化ニッケル(II)を用いる分子内 NHK 反応により環化体に導いた。最後に脱保護を行い、パエシロマイシン B を合成した。第四章では、14 員環環化反応に上記アリール-<i>-C-</i>グリコシド合成法を用いるルートを検討した。分子内に <i>-</i>ラクトン骨格をもつアリールヨードを環化前駆体として合成し、TIPPLi を作用させることにより環化体を得た。続くデオキシ化と脱保護により、パエシロマイシン B を合成した。このように、TIPPLi を用いた本アリール-<i>-C-</i>グリコシド合成法は、良好な官能基許容性を示し、天然物全合成への応用も可能であることが分かった。</p> <p>以上、著者の研究は、新規アリール-<i>-C-</i>グリコシド合成法の開発と、それを利用した天然物パエシロマイシン B の全合成を達成したものであり、天然物化学および有機合成化学の発展に大いに貢献し、工学上寄与するところが少なくない。</p> <p>よって、本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p> | | | |

Thesis Abstract

| | | | |
|---|----------------|------|-----------|
| Registration Number | “KOU” No. 4307 | Name | Zhou, Jin |
| Thesis Title | | | |
| Bayesian inference on structures using differential evolution adaptive Metropolis algorithm considering measurement uncertainty | | | |
| <p>Bayesian posterior density estimation provides a rigorous framework of quantifying this uncertainty based on a probabilistic model that is defined by stochastic model classes. In Bayesian estimation, the identification problem is to infer the plausibility of each candidate model with a posterior density conditioned by the measured data; it is not a quest for the true structural parameters. The posterior density of structural parameters indicates how plausible each model is when considering the uncertainty of prediction errors.</p> <p>The main difficulty of Bayesian probabilistic identification is to obtain the posterior probability density of parameters conditioned by the measured response, because its calculation often requires an evaluation of multidimensional integrals. The Markov chain Monte Carlo (MCMC) method is a widespread medium for posterior inference but its convergence is often slow. Because most of these MCMC-based identification methods use a single Markov Chain, which may be inefficient when the posterior surface is complicated. It is known that because of the noise corrupted system response, the surface of the prediction error lies in a hyper-surface of a multi-dimensional parametric space. To surmount this difficulty, this dissertation presents an improved differential evolution adaptive Metropolis-Hasting algorithm (IDREAM) strategy to estimate the posterior density of structural parameters. The main benefit of IDREAM is its efficient MCMC simulation through its use of the adaptive Metropolis (AM) method with a mutation strategy for ensuring quick convergence and robust solutions. Its effectiveness was demonstrated in simulations on identifying the structural parameters with limited output data and noise polluted measurements.</p> <p>Moreover, the surface of the probability density for the posterior sequences has multiple regions of attraction and numerous local optima, which thus inevitably yields a biased estimator. To overcome this problem, which is defined as the “equifinality”, the first-two derivative of the log-likelihood measure is proposed to formulate a new informal likelihood measure for sake of improving the accuracy of the estimator. The proposal reduces the standard deviation (uncertain range) of the posterior samples. The benefit of the proposal was demonstrated in simulations and experimental verification. Finally, the conclusion is given. Comparison with existing methods (using the formal likelihood measure) shows that our proposed methodology is indeed a powerful tool for Bayesian identification of building structures.</p> | | | |

論文審査の要旨

| | | | |
|--|------------|-----------|----------------|
| 報告番号 | 甲 第 4307 号 | 氏 名 | Zhou, Jin |
| 論文審査担当者： | 主査 | 慶應義塾大学教授 | Ph.D. 三田 彰 |
| | 副査 | 慶應義塾大学教授 | 工学博士 足立 修一 |
| | | 慶應義塾大学准教授 | 博士(情報学) 小檜山 雅之 |
| | | 慶應義塾大学准教授 | 博士(工学) 高橋 正樹 |
| <p>B.S., M.S. Zhou, Jin 君の博士学位請求論文は、「Bayesian Inference on Structures Using Differential Evolution Adaptive Metropolis Algorithm Considering Measurement Uncertainty (計測誤差を考慮した適応型差分進化メトロポリス法を使った構造物のベイズ推定)」と題し、5章より構成されている。</p> <p>本論文は、建物の地震による事後損傷確率に関する研究で、適応型差分進化メトロポリス法を使って、構造物の部材剛性や減衰定数を直接数値的に推定する手法について研究を行ったものである。物理モデルに基づいてモデルのパラメタを直接推定する手法は多数提案されているが、そのほとんどはごく簡単なモデルについてのもので、実用的なレベルの複雑さに対応するには時間がかかり過ぎる問題点があった。本研究では、数値計算に適応型の重みを利用することでその収束スピードを格段に速くする方法を提案した。さらにこうした手法の問題点であるノイズによるバイアスの改善方法についても、収束判定の評価規範の極値に加えて、評価規範の二次導関数および三次導関数に着目した新しい指標を提案し、ノイズの影響を軽減する手法を提案した。実用的なレベルの複雑モデルにも適用できる手法を提案して、博士号取得に十分なレベルの研究といえる。</p> <p>第1章では、本論文の背景と目的について述べている。</p> <p>第2章では、メトロポリス法の概要について説明し、その収束に時間がかかることが主な課題であることを示した上で差分進化アルゴリズムを適用した新たな手法 differential evolution adaptive Metropolis-Hasting algorithm (DREAM)を提案し、並列処理の可能な手法となって収束時間を早くする効果があることが示された。</p> <p>第3章では、第2章で示された手法の反復収束計算に用いられる重みを可変とする手法である improved DREAM (IDREAM) が提案され、5層の建物のモデルに用いてその剛性と減衰定数の推定に要する時間を数分の1以下とすることが可能であることが示された。</p> <p>第4章では、観測ノイズについての検討がなされている。観測ノイズのレベルが高いと、誤差を評価規範とする収束計算によるパラメタ推定にバイアスが発生し、真値とずれる問題がある。そこで、本章では、分布が正規分布に従う場合には評価規範の二次導関数が真値で極値となり、三次導関数がゼロになる特性を利用した新たな評価規範を提案し、精度の高いパラメタ推定が可能であることを示した。</p> <p>第5章は、本論文全体をまとめて結論を述べた。</p> <p>以上、要するに、本論文で提案された手法は、構造物の損傷推定手法として、現実的なレベルの複雑モデルに対しても適用可能で実用性が極めて高く、工学上寄与するところが少なくない。また、社会的にも大きな貢献が期待される。よって、本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p> | | | |

Thesis Abstract

| | | | |
|--|----------------|------|-------------------------|
| Registration Number | “KOU” No. 4308 | Name | Mohammadreza Parsanejad |
| Thesis Title Performance Measurement of the Supply Chain Using Control Engineering Approach | | | |
| <p>A supply chain is an integrated process wherein raw materials are extracted and converted to the final products, and delivered to the customer. To design and analyze an appropriate supply chain we have to evaluate its performance. In practice, performance measurement of the supply chain is complicated due to the influence of different parameters involved in production planning, inventory control, logistics and transportation activities through the chain. On the other hand control theory is a well-known methodology to measure performance of business related problems. In control theory differential equations of a continuous model is derived in time domain and then Laplace transform is used to convert the model to the complex frequency domain or simply s-domain. The converted model is solved and the solution converted back to time domain by invers Laplace transform.</p> <p>The purpose of this dissertation is to measure performance of the supply chain using frequency response analysis. So control theory approach is used to measure different performance aspects of the supply chain. The IOBPCS model is used as a benchmark to propose an analytical approach for modelling production smoothing constraints. Since production constraints are nonlinear, the extended model which in this research is called Nonlinear IOBPCS (NIOBPCS) is no longer linear and thus nonlinear control theory is applied to measure frequency response for zero target inventory. The results of frequency response show improvement of production performance of the system facing with production smoothing constraints compared with the system without constraints, but deterioration of inventory performance especially if demand has higher amplitudes so amplitude of production signal ideally should be more than production constraints but practically could not be fluctuate appropriately to satisfy the customer demand. Due to lower performance of inventory in zero target inventory condition stock outs is observed during demand peaks, so non-zero target inventory conditions is applied to calculate the amount of safety stock that is necessary to have no stock out in the supply chain.</p> <p>Furthermore a total performance function is developed based on APIOBPCS which is an extended version of IOBPCS. Frequency response is used to introduce a total performance function encompassing all types of the system costs including production, finished goods holding and shortage, WIP, and ordering costs. The developed total performance function represents aggregate performance of the system in one general function. The results of sensitivity analysis of total performance function indicate a reverse effect of work in process recovery speed compared with finished goods recovery and demand updating rate for different demand frequencies.</p> | | | |

論文審査の要旨

| 報告番号 | 甲 第 4308 号 | 氏 名 | Mohammadreza Parsanejad |
|--|------------|-----------|-------------------------|
| 論文審査担当者： | 主査 | 慶應義塾大学教授 | 博士（工学） 松川 弘明 |
| | 副査 | 慶應義塾大学教授 | 博士（工学） 大門 樹 |
| | | 慶應義塾大学教授 | 工学博士 大森 浩充 |
| | | 慶應義塾大学准教授 | 博士（工学） 稲田 周平 |
| <p>本論文は、“Performance Measurement of the Supply Chain Using Control Engineering Approach (制御工学手法を用いたサプライチェーン・パフォーマンス評価方法に関する研究)”と題し、第 1 章の序論から始まり、6 章で構成されている。</p> <p>第 2 章では、制御工学手法を用いてサプライチェーン・パフォーマンスを評価する方法を提案するために、サプライチェーンの各段階を構成する生産在庫システムに焦点を当て、ラプラス変換およびブロックダイアグラムを用いて生産在庫システムの伝達関数を求める方法を導入し、さらに生産と在庫の間に積分関係が成り立つことから伝達関数を求めるときの積分と微分の処理方法、また需要変動の特性値（変動幅と周波数）に対するシステムの出力を分析するために、システムゲインなど需要変動に対するシステム応答の分析手法を説明している。</p> <p>第 3 章では、既存研究を概観し、制御理論を最初に生産在庫システムに適用した Simon 氏の研究(1952 年)、およびその拡張研究から生まれた 1 つの研究の流れである Towill 氏の研究モデル IOBPCS(Inventory Order Based Production Control System, 1982 年)を紹介し、IOBPCS の拡張研究の中の代表的な研究として、IBPCS、OBPCS、VIOBPCS、VIBPCS を紹介するとともに、生産制約を取り入れた拡張の必要性について述べている。</p> <p>第 4 章では、IOBPCS モデルに生産制約を取り入れて拡張を行い、新しい NIOBPCS (Non-linear IOBPCS) モデルを提案している。生産制約は従来の生産能力上限制約だけでなく、生産能力下限制約も取り入れた上下限制約、すなわち生産平準化を生産制約としている。生産能力は設計能力ではなく、稼働率や人的資源投入量を決定するオペレーション能力（以下生産能力）を対象とし、上下限制約を用いて負荷の平準化を行っている。NIOBPCS モデルでは製造ブロックを線形部分と非線形部分に分け、非線形以外の部分の伝達関数を導出してから Euler Formula を用いて等価式に変換し、需要の特性値を変化させながら非線形部分の伝達関数とマッピングを行っている。さらにこのマッピングにより求めた交点を需要の特性値平面にプロットしてシステム応答の線形区域と非線形区域の境界線を求めている。これにより、生産平準化に用いられる生産能力の上下限の幅と需要の特性値との関係が求められ、需要の変動幅が大きくても変動周期が短い場合には生産能力の上下限の幅を小さく設定できることを示し、逆に生産能力の上下限の幅が与えられた場合には、需要の特性値を用いて生産在庫システムのパフォーマンスを評価することができる。</p> <p>第 5 章では、生産在庫システムを総操業コストで評価する方法を提案している。具体的には、システム操業コストを生産変動調整コスト、製品在庫コスト、WIP (work-in-process) 在庫コスト、製品欠品コスト、WIP 在庫の不足による速度ロスコスト、および発注コストの合計で表し、需要をシステムインプットとし、生産量変動、製品在庫量変動、WIP 在庫量変動をそれぞれアウトプットしたときの伝達関数を導出し、これらの伝達関数を用いて上記の生産変動調整コストなど各種コストを求める計算方法を提案している。また、発注コストについては、発注サイクルが長いほど発注回数が少ないことを考慮して、需要情報処理時間、製品在庫水準の調整係数、および WIP 在庫調整係数と反比例すると仮定し、係数をかけて総費用に計上している。ここで WIP 在庫量変動については、伝達関数を比較することでその変動が生産量変動に正比例し、リトルの公式を用いて生産リードタイムとの積で表せることを証明している。総操業コストの評価については、シミュレーションを通じて需要の特性値とシステムパラメータ、特に需要情報処理時間、製品在庫水準の調整係数、および WIP 在庫調整係数との関係を調べ、異なる需要特性値に対するシステムパフォーマンスの評価方法を考案し、システムパフォーマンスを維持するためのパラメータ調整の指針を与えている。</p> <p>第 6 章では、第 4 章と第 5 章で提案した手法に関する結論をまとめ、将来の展望について述べている。</p> <p>以上を要するに、本論文は生産制約を取り入れて IOBPCS モデルを NIOBPCS に拡張を行い、生産制約と需要特性値との関係を明らかにするとともに、総操業コストとシステムパラメータとの関係を明らかにしたものであり、学術ならびにサプライチェーンマネジメントの実践における原理原則を明らかにした点において貢献するところが大きい。よって、本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p> | | | |

内容の要旨

| | | | |
|---|------------|-----|-------|
| 報告番号 | 甲 第 4309 号 | 氏 名 | 村上 和明 |
| 主論文題目： On the isomorphism classes of Iwasawa modules (岩澤加群の同型類について) | | | |
| <p>岩澤理論においては \mathbb{Z}_p 拡大に対してそのガロア群が作用する岩澤加群が重要な研究対象である。$\Lambda = \mathbb{Z}_p[[T]]$ を \mathbb{Z}_p 上変数形式冪級数環とすると、ガロア群の完備群環は Λ と同型なので岩澤加群は Λ-加群とみなせる。有限生成ねじれ Λ-加群の構造定理により Λ-加群の構造はまず特性イデアルに現れ、有限生成ねじれ Λ-加群全体は有限のずれを無視して擬同型類に類別できる。この論文では「特性イデアルよりも詳しい情報が得られるか」、「構造定理を精密化して同型類までわかるか」という問題を研究する。この問題に関して、隅田・小池によって特性イデアルが2次以下の多項式で生成される場合は同型類が分類されている。また同じ条件下で、栗原によって高次 Fitting イデアルを用いて同型類の分類ができることがわかっている。</p> <p>本研究では特性イデアルの生成元が重根を持たない3次または4次の多項式で生成される場合に同型類の分類を行った。本研究の主結果は二つの加群が同型であるための必要十分条件を与えることである。以下主結果について述べる。3次の場合は、加群を二つの整数と一つの \mathbb{Z}_p の元からなる三つ組で表し、それらの組全体に、ある同値関係を与える。4次の場合は、加群を3つの整数と3つの \mathbb{Z}_p の元からなる六つ組で表し、それらの組全体に、ある同値関係を与える。このとき主結果は「Λ-加群の同型類全体と上述の組全体の同値類が一対一に対応すること」である。組全体の同値関係は、簡単ないくつかの関係式で表すことができ、これが加群の同型性を判定する必要十分条件となる。その結果、3次以上の場合には2次までのときと本質的に異なる現象が現れることがわかった。また主結果を用いて、特別な条件下で同型類をすべて書き上げた。</p> <p>さらに上記の結果を具体的な岩澤加群にも適用し、その同型類を決定する研究を行った。いくつかの虚二次体の数値例に対し、その円分 \mathbb{Z}_p 拡大に付随する岩澤加群の構造を決定した。Mazur と Wiles によって岩澤加群の特性イデアルは p 進 L 関数で生成されることが証明されており、特性イデアルの生成元を求めることは容易である。しかしながら同型類を決定するためにはこれよりも深い情報が必要で、そのため計算例ではガロア群の作用の計算を行い、イデアル類群の高次 Fitting イデアルを用いることにより岩澤加群の同型類を決定した。</p> | | | |

論文審査の要旨

| | | | |
|--|------------|-----|-------|
| 報告番号 | 甲 第 4309 号 | 氏 名 | 村上 和明 |
| 論文審査担当者： 主査 慶應義塾大学教授 博士(理学) 栗原 将人 | | | |
| 副査 慶應義塾大学教授 博士(理学) 井関 裕靖 | | | |
| 慶應義塾大学准教授 博士(理学) 田中 孝明 | | | |
| 慶應義塾大学准教授 博士(数理科学) 坂内 健一 | | | |
| <p>学士(理学), 修士(理学) 村上和明君提出の学位請求論文は, 「On the isomorphism classes of Iwasawa modules (岩澤加群の同型類について)」と題し, 全 7 章からなる.</p> <p>1950 年代に始まった岩澤理論は, イデアル類群のような数論的な対象物とゼータ関数の値との間の新しい関係を記述する理論として大きな発展を遂げてきた. 岩澤理論の特徴は, 代数体の Z_p 拡大上の加群(Z_p は p 進整数環)を考えることである. このとき, 加群の構造定理により, 加群の擬同型で決まる特性イデアルという不変量が定義されるが, たとえば岩澤加群と呼ばれる数論的な加群に対して, その不変量の様子を調べるのである. 以上のように, 普通の岩澤理論では擬同型を同じものと考えて理論を構築する. この学位請求論文で村上君が行っているのは, 擬同型よりずっと精密に, 加群の同型類を考えようという試みである. Z_p 上の 1 変数形式冪級数環をここではと書くことにする. この学位請求論文の主定理は, 上の有限生成ねじれ加群であって, Z_p 上自由であり, かつ階数 r が 4 以下になっているものを完全に分類したことである. $r=1$ あるいは $r=2$ のときは簡単であり, 既に同型類による分類は知られていた. この学位請求論文では, $r=3$ および $r=4$ のときの 加群の完全な分類に成功している. 方法としては, 加群 M を M の特性イデアルで割ったものの整閉包に埋め込み, M をその部分加群として表し, 代数的な操作を通じて M を分類するのである. また, 虚 2 次体上の岩澤加群がこの分類でどのように書けるかを具体的な数値例で計算している.</p> <p>論文の第 1 章は序論であり, 岩澤理論における岩澤加群の構造について今までどのようなことが知られているかが述べられている. また, 本論文の主定理が紹介されている. 第 2 章は準備であり, 加群の擬同型に関する構造定理が述べられている. 第 3 章では, の同型類について今までどのようなことが知られていたかが述べられている. 特に 加群の Z_p 階数を r とするとき, $r=2$ のときの隅田と小池による加群の分類が述べられている. この学位請求論文の主定理は, この隅田と小池による結果を $r=3, r=4$ に一般化したものである. 第 4 章, 第 5 章ではそれぞれ, $r=3, r=4$ のときの主定理の証明が述べられている. $r=3$ のときは, 今まで知られていた $r=2$ の場合とは本質的に異なる現象が現れ, それを乗り越えて分類を行う必要がある. なお, この場合の 加群は 2 つの整数と 1 つの Z_p の元で表され, 分類はこの 3 つの量を使ってなされている. $r=4$ のときは $r=3$ のときとも違う新しい現象が現れて, 分類はさらに困難となるが, 著者はその困難を乗り越えて分類に成功している. このとき, 加群は 3 つの整数と 3 つの Z_p の元を使って表される. 第 6 章では, 加群の高次 Fitting イデアルと主定理の分類に現れた整数および Z_p の元との関係を記述している. 岩澤加群の高次 Fitting イデアルはゼータ関数の値と結びついているので, この結果は興味深い. 第 7 章では, 虚 2 次体上の岩澤加群に対して, $r=3$ および $r=4$ となる数値例がたくさん計算され, 上記の分類でどれに当たるのかが決定されている.</p> <p>以上のように本論文において著者は, 今までほとんど人が着目していなかった同型類による加群の分類という非常に骨の折れる問題に挑み, $r=3, r=4$ のときに完全に分類を書き下した. また, 実際の岩澤加群に適用して, 数値例としてどのような加群が岩澤加群として現れるかも計算することに成功した. 以上のような研究は今まであまり前例がなく, 岩澤加群だけでなくセルマー群を始めとするいろいろな加群に対して適用できるという観点からも, 大変興味深いものであると思われる.</p> <p>以上の理由により, 本論文の著者は博士(理学)の学位を受ける資格があるものと認める.</p> | | | |

Thesis Abstract

| | | | |
|---|----------------|------|-------------------------|
| Registration Number | “KOU” No. 4310 | Name | TRUONG, Nhu Phuoc Alain |
| <p>Thesis Title</p> <p>Magnetic properties of single crystalline Mn_5Ge_3 films grown on Ge (111) substrates</p> | | | |
| <p>The field of spintronics has increasingly become an interest because of the possibility to manipulate magnetic properties with electric current and to produce spin currents. Spin currents are less energy-consuming than charge currents and they can be generated in a semiconductor material by a process called spin injection, using a ferromagnet as a spin polarizer. Due to the fact ferromagnets are usually metallic, the efficiency of spin injection is affected by the difference of conductivity between the ferromagnet and the semiconductor. In order to prevent such conductivity mismatch, the creation of ferromagnetic semiconductors was proposed. Semiconductors doped with magnetic atoms (diluted magnetic semiconductors) are excellent candidates as spin polarizers due to their conductivity matching. They are however difficult to fabricate and suffer from low Curie temperatures. Increasing the spin injection efficiency of ferromagnetic metals, that can be grown epitaxially on doped semiconductors, represents a reasonable alternate choice as long as the properties at the ferromagnet/semiconductor interface can be controlled. Mn_5Ge_3 has the advantage to be grown coherently on Ge(111) with a relatively high Curie temperature and spin polarization.</p> <p>The present thesis demonstrate a successful characterization of the interface between epitaxial Mn_5Ge_3 thin films and their Ge substrate. The evidenced interfacial spin-glass state is a promising result towards elucidating the interactions between ferromagnets and spin-glasses, which could open new prospects for spintronics applications. This thesis is composed of six chapters. Chapter 1 explains the motivations of this thesis. Chapter 2 gives a general background about epitaxial growth and deals with the structural characterization of the Mn_5Ge_3 thin films used in this work. Chapter 3 introduces the magnetic properties that are relevant to this work. Chapter 4 provides a detailed characterization of the magnetocrystalline anisotropy in Mn_5Ge_3 by using the ferromagnetic resonance technique. It is revealed that, despite being weak, a perpendicular anisotropy exists in such Mn_5Ge_3 thin films and its temperature dependence is successfully determined not to follow the Callen-Callen law. By comparing the perpendicular anisotropy with the shape anisotropy, this chapter concludes that the weak perpendicular anisotropy does not affect the magnetization hysteresis at low temperature. Chapter 5 explains the presence of a thermal irreversibility in the in-plane magnetization of Mn_5Ge_3 thin films. A spin-glass-like state arising at the interface between Mn_5Ge_3 and Ge considerably changes the magnetic properties of the ferromagnetic Mn_5Ge_3 by introducing a slow magnetization dynamics below the Curie temperature. It is also observed that the spin-glass-like state clearly depends on the growth conditions. Chapter 6 concludes the results of this work.</p> | | | |

論文審査の要旨

| | | | | |
|----------------------------------|------------|-----|-------------------------|--|
| 報告番号 | 甲 第 4310 号 | 氏 名 | Truong, Nhu Phuoc Alain | |
| 論文審査担当者： 主査 慶應義塾大学教授 Ph.D. 伊藤 公平 | | | | |
| 副査 慶應義塾大学教授 工学博士 佐藤 徹哉 | | | | |
| 副査 慶應義塾大学准教授 博士（工学） 安藤 和也 | | | | |
| 副査 慶應義塾大学名誉教授 工学博士 太田 英二 | | | | |

Ingénieur civil des Mines（エコールデミン工学修士）Truong 君の学位請求論文は”Magnetic properties of single crystalline Mn₅Ge₃ films grown on Ge (111) substrates [Ge(111)基板上に成長された Mn₅Ge₃ 単結晶膜の磁気特性]”と題し、全 6 章より構成される。

スピン偏極した電子を用いてデバイス動作を制御するスピントロニクスが注目を集めている。特に半導体上に強磁性薄膜からなる電極を作製し、その強磁性薄膜からスピン偏極した電子を半導体側に注入する技術の開発が望まれているが、強磁性金属と半導体のインピーダンス不整合などの問題によりスピン注入が困難な事例が多い。そこで申請者は、ゲルマニウム(111)面ウエハー上にエピタキシャル成長が可能な Mn₅Ge₃ に着目し、分子線エピタキシー手法と固相エピタキシャル成長法を組み合わせた高品質 Mn₅Ge₃ 単結晶薄膜成長技術を開発した。その上で、Ge 基板上の単結晶 Mn₅Ge₃ 薄膜の磁気特性を詳細に調べた。

第 1 章は導入で、スピン注入を中心としたスピントロニクス研究の最前線が概観される。第 2 章では本研究で用いる薄膜のエピタキシャル成長手法と評価手法が紹介される。第 3 章では本研究の背景となる磁気物性の基礎が評価方法とともに紹介される。第 4 章では、Mn₅Ge₃ 単結晶薄膜の磁気異方性の詳細が、強磁性共鳴測定の結晶方位依存性に基づき示される。薄膜の形状に由来する異方性に加えて、結晶の特性としての磁気異方性が見出され、その温度依存性が明らかにされる。第 5 章では、Mn₅Ge₃ 薄膜を磁場中で冷却した場合と、磁場なしで冷却した場合の磁気特性の比較により、Mn₅Ge₃ 薄膜の大部分が強磁性体でありながらも、その残りの一部がスピングラスであることが実験的に見出される。スピングラスの発現には乱れが必要なため、周期構造を有する Mn₅Ge₃ 単結晶がスピングラス挙動を示すことは全く予想されていなかった。そこで交流磁気測定等の実験結果を加え、全ての実験データを俯瞰した解析を施すことで、Mn₅Ge₃ 単結晶と Ge 基板界面に存在する数 nm 程度の乱れがスピングラスの起源であるという結論が導かれる。第 6 章ではまとめが述べられる。

以上要するに、申請者は Ge 半導体基板上に、高品質な Mn₅Ge₃ 単結晶薄膜を成長し、その磁気特性を詳細に調べることから、Mn₅Ge₃/Ge 単結晶ヘテロ構造におけるスピングラスの発現を見出し、その起源を突き止めた。本研究によって、単結晶強磁性/半導体システムで発現し得る新たな物性が見出され、スピントロニクス応用において留意すべき点が明らかにされた。これらの成果は工学の発展に寄与するところが少なくない。よって本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。

内容の要旨

| | | | |
|---|----------|-----|-------|
| 報告番号 | 甲 第4311号 | 氏 名 | 栗原 一樹 |
| 主論文題目： | | | |
| 拡散光トモグラフィによる脳機能イメージングのための頭部構造モデルの構築 | | | |
| <p>拡散光トモグラフィは、頭表から近赤外光を照射、受光し、検出光の伝播経路上で生じた血液量変化を多点で計測した結果から脳機能画像を再構成する手法である。検出光は頭部組織で散乱されて広い領域を伝播することから、正確な脳機能画像を再構成するためには、脳組織に対する検出光の空間感度分布が必要であり、頭部を模擬したモデルを用いた光伝播解析によって推定が行われている。頭部の光伝播は組織の光学的非均質性に強く影響されるため、頭部モデルは頭皮、頭蓋骨、脳脊髄液、灰白質、白質の5領域で構成するのが一般的である。さらに近年では、磁気共鳴(magnetic resonance: MR)画像に基づいた、被験者本人の頭部組織構造を模擬したモデルも用いられている。被験者毎に頭部構造モデルを構築するためには、MR画像の領域分割の自動化が望まれる。しかし、一般的な撮像法であるT1強調画像の場合、表層組織の間に十分なコントラストが得られないことから、領域分割の自動化は困難であった。また、被験者の頭部組織構造が忠実にモデル化できることから、従来のモデルでは考慮されていない組織構造が光伝播に及ぼす影響についても検討が必要になる。本論文は、拡散光トモグラフィによる脳機能画像の再構成をより正確に行うための頭部構造モデルを構築することを目的とし、頭部構造モデル構築における領域分割の自動化に適したMR画像の撮像法に関する検討、および従来のモデルで考慮されていない組織構造が拡散光トモグラフィの画像再構成に及ぼす影響について検討した。</p> <p>第1章に、拡散光トモグラフィの原理と頭部光伝播解析に用いられるモデルについてまとめた。</p> <p>第2章では、表層組織の領域分割に適すると考えられる2種類の高速な撮像法でMR画像を取得し、閾値処理を基本とする領域分割法で処理した結果を、従来の撮像法によって取得した画像の処理結果と比較した。46名のMR画像について表層組織の領域分割を行ったところ、提案した撮像法によるMR画像を用いた方が正確で、かつ良好な結果が得られる閾値の範囲も大きかった。また、提案法の撮像時間は、従来法の1/4未満であった。</p> <p>第3章および第4章では、これまでの頭部モデルでは考慮されていなかった頭部の組織構造が頭部光伝播と拡散光トモグラフィの画像再構成におよぼす影響を検討した。</p> <p>第3章では、吸収が大きい脳表血管の影響について検討するため、磁気共鳴血管撮像法で取得した脳表血管の3次元構造を付加した頭部構造モデルを構築した。脳表血管を含む頭部構造モデルを用いて局所的な脳活動による検出信号をシミュレーションし、脳表血管を含むモデルと含まないモデルで求めた空間感度分布を用いて脳機能画像を再構成した。脳表血管を含まない頭部構造モデルで再構成した場合、検出信号のノイズの影響が大きくなるとともに、太い血管近傍で生じた賦活が血管から離れた方向に再構成される傾向があることが明らかになった。</p> <p>第4章では、前頭部の頭蓋骨内にあり、低散乱、低吸収の空洞である前頭洞に着目し、脳表血管を考慮した頭部構造モデルにX線CT画像から抽出した前頭洞領域を付加したモデルを用いて、脳機能画像の再構成における前頭洞の有無の影響を検討した。前頭洞に近い部位では再構成画像の賦活部位が前頭洞に近づく傾向がみられたが、他の部位では脳表血管の方が再構成画像に及ぼす影響が大きいことが明らかになった。</p> <p>第5章で、各章で得られた結果を総括し、本論文の結論を述べた。</p> | | | |

論文審査の要旨

| 報告番号 | 甲 第 4311 号 | 氏 名 | 栗原 一樹 |
|------------|------------|--------|-------|
| 論文審査担当者：主査 | 慶應義塾大学教授 | 工学博士 | 岡田 英史 |
| 副査 | 慶應義塾大学教授 | 工学博士 | 池原 雅章 |
| | 慶應義塾大学准教授 | 博士（工学） | 青木 義満 |
| | 慶應義塾大学教授 | 工学博士 | 田中 敏幸 |

学士（工学）、修士（工学）栗原一樹君提出の学位請求論文は、「拡散光トモグラフィによる脳機能イメージングのための頭部構造モデルの構築」と題し、5章から構成されている。

拡散光トモグラフィは、頭表に装着した複数の光プローブによって、近赤外光を頭部組織に照射、受光し、脳活動に伴う局所的な血液量変化を脳機能画像として再構成する方法である。近赤外光は頭部組織で散乱されるため、正確な画像再構成を行うためには、頭部組織における光の伝播経路を正確に求める必要があり、頭部構造を模擬したモデルによるシミュレーションが行われている。頭部構造モデルは、組織の光学的非均質性を考慮して、頭皮、頭蓋骨、脳脊髄液、灰白質、白質の5領域で構成するのが一般的である。さらに近年では、被験者本人の磁気共鳴（magnetic resonance: MR）画像に基づいた頭部構造モデルを構築することで、高精度な光伝播シミュレーションが行われており、MR画像の領域分割を自動化することが求められている。また、被験者の頭部構造を忠実にモデル化できることから、従来のモデルでは考慮されていない組織構造が、光伝播に及ぼす影響についても検討が必要になってきている。本論文は、拡散光トモグラフィによる脳機能画像の再構成を、より正確に行うための頭部構造モデルを構築することを目的とし、頭部組織の領域分割の自動化に適したMR画像の撮像法、および従来の頭部構造モデルでは考慮されていない組織構造が拡散光トモグラフィの画像再構成に及ぼす影響について検討を行っている。

第1章は序論であり、拡散光トモグラフィと頭部光伝播シミュレーションに用いるモデルの研究動向についてまとめ、本論文の目的を述べている。

第2章では、一般的なT1強調MR画像では領域分割の自動化が困難な頭部表層組織に着目し、Fat Saturated Photon Density Weighted と Fast Imaging Employing Steady-State Acquisition という2種類の撮像法で取得したMR画像による領域分割を提案している。提案した撮像法と表層組織の領域分割に従来用いられていた撮像法であるT2強調で取得した46名のMR画像に対して、閾値処理を基本とする領域分割法を適用した結果から、提案した撮像法の方が正確な領域分割ができ、かつ閾値の選択も容易になることを明らかにしている。また、提案した撮像法の撮像時間は、従来法の1/4未満であることを示している。

第3章では、これまでの頭部構造モデルでは考慮されていなかった、周囲の組織よりも吸収が大きい脳表血管の影響について検討するため、磁気共鳴血管撮像法で取得した脳表血管の3次元構造を付加した頭部構造モデルを構築し、光伝播シミュレーションを行っている。従来の脳表血管を考慮していない頭部構造モデルを用いて画像再構成を行うと、矢状静脈洞などの太い血管近傍で生じた脳活動部位は、血管から離れた方向に再構成される傾向があることを明らかにしている。

第4章では、第3章に加えて、前頭部の頭蓋骨内にあり低散乱、低吸収の空洞である前頭洞に着目し、頭部構造モデルにおける前頭洞の有無が、拡散光トモグラフィの画像再構成に及ぼす影響を検討している。前頭洞近傍では、再構成された脳活動部位が前頭洞に近づく傾向が見られたが、その影響は脳表血管が画像再構成に及ぼす影響に比べて小さいことを明らかにしている。

第5章は結論であり、各章の成果を総括し、将来展望について述べている。

以上要するに、本論文は頭部組織の光伝播を正確に解析するモデルを構築することによって、拡散光を用いた脳機能イメージングの精度向上を実現したものであり、生体医用光工学分野において工学上、工業上寄与するところが少なくない。よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

内容の要旨

| | | | |
|--|----------|-----|-------|
| 報告番号 | 甲 第4312号 | 氏 名 | 兵頭 翔洋 |
| <p>主論文題目： Motion Control for Haptics and Its Application to Delayed Communication Systems （ハプティクスのためのモーションコントロールとむだ時間を伴う通信システムへの応用）</p> | | | |
| <p>人間は、日常生活において触覚を用いて様々な動作や認識を行っているが、現在触覚に関する技術は視覚や聴覚に比べ遅れている。この原因は、聴覚や視覚と触覚の違いにあると考えられる。聴覚や視覚は「聞く」、「見る」という一方的な動作により認識できるが、触覚は人間が「触る」という動作を行い、対象物から反作用力を「受ける」という双方向的なやり取りにより認識できる感覚である。触覚を研究対象として扱う分野として、ハプティクスという分野がある。</p> <p>本研究はハプティクスのためのモーションコントロールに関する基礎技術を構築することを目的としている。</p> <p>第1章では、触覚を研究対象として扱うハプティクスという分野について概説し、本研究の位置づけを説明している。</p> <p>第2章では、ロボットに所望の運動を実現させるために重要な技術となるモーションコントロールに関して概説する。</p> <p>第3章では、ロボットハンドの多自由度化のために開発したフレキシブルアクチュエータについて概説し、ハプティクスで扱うのに十分な性能があるか実証している。</p> <p>第4章では、周波数特性に基づいた環境の硬さの抽出および再現法に関して提案し、実験によってその有効性を示している。</p> <p>第5章では、人及び環境の動作モードを定義している。また、各動作モードを抽出する方法とそれらに基づいて動作の方向性を提示するシステムを提案し、実験によってその有効性を示している。</p> <p>第6章では、変動通信遅延やパケットロスといった非線形性が強いむだ時間を伴うフィードバック制御系に対応した通信外乱オブザーバの構成法を提案し、実験によってその有効性を示している。</p> <p>第7章では、不安定なネットワークに対応したバイラテラル遠隔操作システムを構築するため、制御対象モデル及びむだ時間モデルを必要としないむだ時間補償器を提案している。また、再現性及び操作性についてむだ時間が無い場合と同等になる制御系を提案し、実験によってその有効性を示している。</p> <p>第8章では、本研究の成果を要約し、今後の展望について言及している。</p> | | | |

論文審査の要旨

| 報告番号 | 甲 第 4312 号 | 氏 名 | 兵頭 翔洋 |
|--|------------|-----------|--------------|
| 論文審査担当者： | 主査 | 慶應義塾大学教授 | 工学博士 大西 公平 |
| | 副査 | 慶應義塾大学教授 | 工学博士 池原 雅章 |
| | | 慶應義塾大学准教授 | 博士(工学) 矢向 高弘 |
| | | 慶應義塾大学教授 | 工学博士 本多 敏 |
| <p>学士(工学), 修士(工学) 兵頭翔洋君提出の学位請求論文は「Motion Control for Haptics and Its Application to Delayed Communication Systems」(ハプティクスのためのモーションコントロールとむだ時間を伴う通信システムへの応用)と題され, 8 章から構成されている。</p> <p>工学におけるハプティクスとは人間の力触覚を人工的に伝え, 遠隔動作を実現する研究分野である。力触覚は視覚や聴覚に比べ, より能動的でかつ時間の遅れを許さないため人工的な伝送は簡単ではない。本論文の主張は, 力触覚の通信が可能であるということと接触対象のインピーダンスをマスタ側で再現することが等価であることを利用して, 周波数応答等の古典的な方法で力触覚伝送性能の評価が十分可能であることを示したことにある。この手法は通信遅れによる性能劣化の評価にも適用することが可能であり, 更にむだ時間補償のための補償器設計にも拡張できることを明らかにしている。このように, 比較的簡便な方法でハプティックシステムの性能評価とむだ時間補償が可能になることを明らかにしたのが特徴である。</p> <p>第 1 章では, 研究の背景と目的を述べ, 従来の研究を概説した。</p> <p>第 2 章では, ハプティクスの基礎となるロバスタなモーションコントロールについて概説し, それが加速度の完全制御と等価であることを明らかにしている。</p> <p>第 3 章では, 多自由度化のための機械的な設計例を提示し, 多自由度のロボットハンドを製作し, フレキシブルアクチュエータにより比較的 low 慣性で実現できることを示した。実験機による周波数応答による評価においてもそのことを確認している。</p> <p>第 4 章では, 力触覚の評価を環境のインピーダンス, 即ち仮想的な剛性や粘性で評価でき, 従来用いられてきた操作性や再現性を周波数領域で解釈したものと等価であることを明らかにしている。</p> <p>第 5 章では, 人間の動作と環境のインピーダンスの関係を動作モードという概念を導入して簡潔に表現できることを示し, 併せて動作モードを表すモード行列が動作の方向性を示していることを見出し, 力触覚の通信が動作のモード通信と表裏の関係にあることを明らかにしている。</p> <p>第 6 章では, 通信系の持つ変動遅延やパケット欠損等の実際的な問題点を取り上げ, これらが仮想的な外乱であると捉え, ロバスト制御手法を援用することで補償器が設計できることを示し, 実用上の問題点の解決法を具体的に提示し, 実験によりその有効性を確認している。</p> <p>第 7 章では, 第 6 章の結果を拡張し, 接触対象やむだ時間モデルに依存しないむだ時間補償器を提案し, 操作性や再現性がスミス補償器と同等の性能を持つことを明らかにしている。</p> <p>第 8 章は本研究の成果を要約し, 今後の展望を述べている。</p> <p>以上要するに, 本論文では遠隔操作の基本となるハプティクスにおけるモーションコントロールにおいて, 古典的な手法でその性能が評価できることを示し, 通信遅れなどのむだ時間系が介在している場合の補償器の設計と性能評価についての実用的な提案を行い, その有効性を理論と実験の双方で実証したもので, ハプティクス分野において工学上, 工業上寄与するところが少なくない。よって, 本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p> | | | |

内容の要旨

| | | | |
|--|----------|-----|-------|
| 報告番号 | 甲 第4313号 | 氏 名 | 鈴木 良一 |
| <p>主 論 文 題 目：</p> <p style="text-align: center;">Explicit Representations of Locally Risk-minimizing Hedging Strategy for Lévy Markets by Malliavin Calculus</p> <p style="text-align: center;">（マリアヴァン解析によるレヴィ市場における局所的リスク最少化ヘッジ戦略の明示的な表現公式）</p> | | | |
| <p>局所的リスク最少化ヘッジ戦略(以下 LRM と略す)は非完備な金融市場における条件付き請求権に対するよく知られた 2 次法のヘッジ手法である。LRM の理論面は高いレベルで完成している。LRM はフェルマー・シュヴァイツァー分解と呼ばれる確率積分と直交マルチンゲールから構成させる確率変数の一種の直交分解と密接な関係がある。</p> <p>一方、LRM の明示的な表現公式に対する研究の必要性が高まっているが、一般的に LRM の明示的な表現公式を求めるのは困難である。それゆえに、本論文ではレヴィ過程によって導出される確率微分方程式に危険資産の価格過程が従う場合の非完備市場における LRM の明示的な表現公式をマリアヴァン解析によって導出する。この市場は非完備市場の典型的なフレームワークである。特にその目的のために、カノニカルレヴィ過程に対するマリアヴァン解析の理論を発展させる。中でもカノニカルレヴィ過程に対する測度変換の下でのクラーク・オコーン型公式を導出する。</p> <p>本学位論文における主な貢献は次の 6 つである。レヴィ過程のマリアヴァン解析に関しては、まずルベグ積分とマリアヴァン微分の交換公式、マリアヴァン微分に対する連鎖率などの計算をするための道具を導出した。次にカノニカルレヴィ過程に対する測度変換の下でのクラーク・オコーン型公式の定式化を行った。最後にギルサノフ変換の下で測度変換された確率測度 P^* の下でのレヴィ汎関数に関するポアンカレの不等式と P^* および元々の確率測度 P の下でのレヴィ汎関数に関する対数ソボレフ不等式のヴァージョンの導出を行った。一方 LRM に関しては、まずマリアヴァン微分によるレヴィ市場における LRM の定式化を行った。次に滑らかではない確率変数の関数や確率過程の最大値に対するマリアヴァン微分の近似法を用いた計算法を例示した。最後にレヴィ市場におけるコールオプション、アジアオプション、ルックバックオプションに対する LRM の具体的な表現公式の導出を行った。</p> | | | |

論文審査の要旨

| | | | |
|---|------------|-----|-------|
| 報告番号 | 甲 第 4313 号 | 氏 名 | 鈴木 良一 |
| 論文審査担当者： 主査 慶應義塾大学教授 理学博士 田村 要造 | | | |
| 副査 慶應義塾大学教授 工学博士 仲田 均 | | | |
| 慶應義塾大学教授 理学博士 下村 俊 | | | |
| 慶應義塾大学教授 (経済学部) 博士(理学) 新井 拓児 | | | |
| <p>学士(理学) 修士(理学)鈴木良一君提出の学位請求論文は「Explicit Representations of Locally Risk-minimizing Hedging Strategy for Lévy Markets by Malliavin Calculus (マリアヴァン解析によるレヴィ市場における局所的リスク最少化ヘッジ戦略の明示的な表現公式)」と題し、全5章からなっている。</p> <p>Malliavin 解析は、1976 年に P. Malliavin が確率微分方程式の国際会議で提唱したもので、Wiener 空間上の微分の理論 (Sobolev 空間論) といえるものである。Wiener 空間上の汎関数の重要な例として確率微分方程式の解があり、これを通し Malliavin 解析は多くの分野に応用されている。しかし、ジャンプのある確率微分方程式の解に対する Malliavin 解析は十分に整備、発展しているとはいえない。本論文で著者はジャンプのある Lévy 空間上で Malliavin 微分を用いた Clark-Ocone 型公式を導いた。さらに、これを数理ファイナンスに応用し、ジャンプのある非完備市場での条件付き請求権に対するヘッジ戦略を明示的に与えた。</p> <p>第1章は序論であり、第2章では Wiener 測度に基づく Malliavin 解析を要約し、さらに本論文で扱う問題の背景について説明している。また、第3章は以後で必要になる数理ファイナンスの理論を要約し、リスク最少化戦略、及び局所的リスク最少化戦略について説明している。</p> <p>第4章では、ジャンプのある代表的確率過程である Lévy 過程に対する Malliavin 解析に関し、基礎演算の理論的整備を行い、その上で測度変換がある場合の Clark-Ocone 型の公式を導出している。本論文で著者は J. L. Solé 等に従い標準 Lévy 空間上に、伊藤-Wiener 分解に対応する L^2 構造を導入し、Malliavin 解析を定式化している。連続な道を持つ Wiener 空間上の Malliavin 解析では、測度変換のある Clark-Ocone の公式は知られていたが、ジャンプのある標準 Lévy 空間上では、測度変換がある場合の Clark-Ocone 型の公式は正確な形では求められていなかった。そこで著者は、先ず今まで明確に述べられていなかった Malliavin 解析の基本的演算等を整備し、その上で測度変換がある場合の Clark-Ocone 型の公式を導いた。さらにこれを用いることで、測度変換がある場合の Poincaré の不等式や、ジャンプがある場合の対数 Sobolev 型の不等式を証明している。</p> <p>第5章では、危険資産が Lévy 過程で駆動される確率微分方程式に従う非完備金融市場における条件付き請求権の局所的リスク最少化戦略を求める問題を扱っている。連続な道の Wiener 空間の場合には、局所的リスク最少化戦略は、国田-渡辺型の分解を用いて求められることが知られているが、ジャンプのある場合には、この戦略を求めることは一般にできていなかった。本論文で著者は第4章で求めた Clark-Ocone 型の公式を応用して、この局所的リスク最少化戦略を Malliavin 微分を用いる形で明示的に与えることに成功し、さらに典型的な金融市場における代表的なオプションに対し、具体的な形を与えている。</p> <p>以上要するに、本論文の著者はジャンプを含む Lévy 空間上の Malliavin 解析の基礎理論を整備し、更に Clark-Ocone 型公式を測度変換がある場合に求め、これを数理ファイナンスのヘッジ戦略を求める問題に応用し、これまで求められていなかったヘッジ戦略を明示的に与えることに成功した。これらは数理ファイナンス理論の発展のみならず、ジャンプのある場合の確率解析の理論の発展にも大きく貢献した。</p> <p>よって、本論文の著者は博士(理学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p> | | | |

内容の要旨

| | | | |
|--|------------|-----|--------|
| 報告番号 | 甲 第 4314 号 | 氏 名 | 増淵 継之助 |
| 主論文題目： | | | |
| レーザー蒸発法によって気相合成された多成分ナノクラスターの物性評価と機能材料への展開 | | | |
| <p>異種の金属原子や、金属原子と有機分子の結合によって形成される多成分ナノクラスターは、個々の構成元素の性質を超えた新たな熱力学的ならびに化学的特性、電磁気的特性、光学的特性を発現することから、次世代機能材料における最小の構成単位として注目を集めている。このような多成分ナノクラスターの優れた物性を、ナノクラスター特有の幾何構造や電子状態と関連付けて理解することは、ナノクラスターの物性発現メカニズムを解明するうえで必要不可欠であるばかりでなく、多成分ナノクラスターを集積させて戦略的に機能材料を創出するためにも重要である。一方で、多成分ナノクラスターでは原子 1 個の差異が物性を大きく変化させることから、原子スケールで精密に幾何構造や電子状態を把握する必要がある。そこで本研究では、多成分ナノクラスターの物性評価において理想的な孤立単一組成を実現する手段として、レーザー蒸発法を用いた多成分ナノクラスターの気相合成に着目した。まず、幾何異方性を有する遷移金属 - ベンゼンクラスターについて、レーザー蒸発法を用い、その負イオンを効率的に気相合成する方法を確立し、負イオン光電子分光法ならびに量子化学計算を併用することによって、幾何構造、電子状態、さらにそれらの電子スピン状態との関連を調べた。また、多成分ナノクラスターの機能材料化を見据えて、レーザー蒸発法の汎用性を活かしつつ、単位時間当たりの合成量や連続合成の安定性における問題点を改善した多成分ナノクラスターの気相合成装置の開発を推進した。</p> <p>第 1 章では、本研究の背景と各章の内容を概説した。</p> <p>第 2 章では、レーザー蒸発法による多成分ナノクラスターの気相合成、負イオン光電子分光法ならびに量子化学計算の原理について詳述した。</p> <p>第 3 章では、バナジウム(V) - ベンゼン(Bz)クラスター (V_nBz_m) 負イオンの効率的気相合成法の確立と、実験と計算によるクラスターの幾何構造、電子状態の解明と物性評価について述べた。組成が V_nBz_{n+1} のクラスターは、中性、負イオンの両方が一次元多層サンドイッチ構造を有し、磁気モーメントがサイズ加成的に増加することに加え、スピフィルターとしての機能性が期待されることを明らかにした。</p> <p>第 4 章では、V_nBz_{n+1} に比べ Bz が 1 ないし 2 分子少ない、V_nBz_n および V_nBz_{n-1} の幾何構造および電子状態について述べた。小さいサイズ ($n \leq 3$) では Bz 数によって構造が大きく異なる一方で、$n \geq 4$ のとき多層サンドイッチ構造およびそれ由来の電子物性が保持されることを示した。</p> <p>第 5 章では、気相合成したマンガン(Mn) - ベンゼンクラスター (Mn_nBz_m) 負イオンの構造と物性について述べた。負イオンが有する新奇な曲線状一次元多層サンドイッチ構造、およびそれに由来する磁性や Mn_1Bz_1 の逐次的積層による独特の生成機構を見出した。</p> <p>第 6 章では、レーザー蒸発法を用いた新しい多成分ナノクラスターの気相合成装置の開発について述べた。従来の 10 倍の繰り返し周波数 (100 Hz) のパルスレーザーを用い、クラスターサイズを制御しつつ安定的に遷移金属 - シリコン複合クラスターの正イオンを気相合成できることを示した。</p> <p>第 7 章では、各章の結論を述べ、本研究の成果をまとめた。</p> | | | |

論文審査の要旨

| 報告番号 | 甲 第 4314 号 | 氏 名 | 増淵 継之助 |
|---|------------|----------|------------|
| 論文審査担当者： | 主査 | 慶應義塾大学教授 | 理学博士 中嶋 敦 |
| | 副査 | 慶應義塾大学教授 | 工学博士 佐藤 徹哉 |
| | | 慶應義塾大学教授 | 工学博士 藪下 聡 |
| | | 慶應義塾大学教授 | 工学博士 吉岡 直樹 |
| <p>学士(理学), 修士(理学) 増淵継之助君提出の学位請求論文は「レーザー蒸発法によって気相合成された多成分ナノクラスターの物性評価と機能材料への展開」と題し, 7 章から構成されている。</p> <p>複数の金属原子と有機分子の結合によって形成される多成分ナノクラスターは, 個々の構成元素の性質を超えた新たな熱力学的, 電磁氣的, および化学的特性を発現することから, 新規機能材料における最小の構成単位として注目されている。多成分ナノクラスターの優れた物性を, ナノクラスター特有の幾何構造や電子状態に基づいて理解することは, ナノクラスターの物性発現機構を解明する上で重要であるばかりでなく, 多成分ナノクラスターを集積させて機能材料を創出する基礎を与える。とりわけ, 多成分ナノクラスターでは原子 1 個の差異によって物性が大きく変化することから, 原子数を規定して精密に幾何構造や電子状態を明らかにする必要がある。</p> <p>そこで本研究では, 多成分ナノクラスターの物性評価に必要な孤立単一組成を実現する手段として, レーザー蒸発法を用いた多成分ナノクラスターの気相合成に着目している。まず, 幾何異方性を有する遷移金属 - ベンゼンクラスターについて, レーザー蒸発法を用いてその負イオンを効率的に気相合成する方法を確立し, 負イオン光電子分光法に量子化学計算を併用することによって, 幾何構造, 電子状態, さらにそれらの電子スピン状態を調べた。また, 多成分ナノクラスターの機能材料化を見据えて, レーザー蒸発法の汎用性を活かして, 単位時間当たりの合成量や連続合成の安定性における問題点を改善した多成分ナノクラスターの気相合成装置の開発を行なった。</p> <p>第 1 章では, 本研究の背景と各章の内容を概説するとともに, 本論文の目的と意義を述べている。</p> <p>第 2 章では, レーザー蒸発法による多成分ナノクラスターの気相合成, 負イオン光電子分光法ならびに量子化学計算の原理について詳述している。</p> <p>第 3 章では, バナジウム(V) - ベンゼン(Bz)クラスター (V_nBz_m) 負イオンの効率的気相合成法の確立と, 実験と計算によるクラスターの幾何構造, 電子状態の解明について述べている。組成が V_nBz_{n+1} のクラスターは, 中性, 負イオンの両方が一次元多層サンドイッチ構造を有し, 磁気モーメントがサイズ加成的に増加することに加え, スピンフィルター機能をもつことを示している。</p> <p>第 4 章では, V_nBz_{n+1} に比べ Bz が 1 ないし 2 分子少ない, V_nBz_n および V_nBz_{n-1} の幾何構造および電子状態について述べている。小さいサイズ ($n \leq 3$) では Bz 数によって構造が大きく異なる一方で, $n \geq 4$ では多層サンドイッチ構造およびそれ由来の電子物性が保持されることを示している。</p> <p>第 5 章では, 気相合成したマンガン(Mn) - ベンゼンクラスター (Mn_nBz_m) 負イオンの構造と物性について述べている。負イオンが有する新奇な曲線状一次元多層サンドイッチ構造, およびそれに由来する磁性や Mn_nBz_1 の逐次的積層による独特の生成機構を見出している。</p> <p>第 6 章では, レーザー蒸発法を用いた新しい多成分ナノクラスターの気相合成装置の開発について述べている。従来に比べて 10 倍となる 100 Hz の繰り返しパルスレーザーを用いて, サイズを制御して遷移金属 - シリコン複合クラスターの正イオンを気相合成できることを示している。</p> <p>第 7 章では, 各章の結論を述べ本研究の成果をまとめている。</p> <p>以上要するに, 本論文は遷移金属 - ベンゼンクラスターについてレーザー蒸発法を用いてその負イオンを効率的に気相合成する方法を確立し, 負イオン光電子分光法に量子化学計算を併用することによって, 幾何構造, スピン状態を含めた電子状態を明らかにした。また, 多成分ナノクラスターの機能材料化に資するナノクラスターの大量気相合成装置の開発を行なった。これらの知見と方法論は, ナノクラスターを最小の構成単位とする次世代機能材料の創出に重要な基礎をなすものであり, 物理化学, そしてナノ材料化学の発展への寄与が少なくない。よって, 本論文の著者は博士(理学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p> | | | |

内容の要旨

| | | | |
|--|------------|-----|-------|
| 報告番号 | 甲 第 4315 号 | 氏 名 | 白石 理人 |
| 主 論 文 題 目： | | | |
| 部分構造の特性変化に基づく構造物の局所損傷検出に関する研究 | | | |
| <p>構造物の大地震後の健全性や経年劣化の診断に際し、構造物内の損傷の有無や位置の情報は重要な指標となる。これまで構造物の損傷調査は技術者の経験と勘に頼る部分が多かったが、これを構造物に設置したセンサにより補完、代替することが考えられている。一方、昨今のセンサとその周辺技術の革新的な進化により、近い将来センサは構造物にこれまで以上に大量、高密度に設置することが可能になると予想され、これに対応する新たな損傷検出手法が求められている。</p> <p>このような背景を踏まえ、本論文では建築物の大地震後の健全性診断を主な対象に、センサ数の制約については重要視しないとの条件下で、構造物を部分構造に分割し各々の特性変化により損傷検出を行う局所損傷検出手法の枠組みを構築した。</p> <p>第 1 章では、本論文の背景を述べ、研究の位置付けを明らかにした。</p> <p>第 2 章では、部分構造の特性変化を利用した構造物の局所損傷検出手法を提示した。提案手法では部分構造毎に内部の入出力関係を事前に同定しておき、損傷後の観測出力とシミュレーション出力の差（出力誤差）の増加を利用して損傷を検出する。提案手法により建物全体の振動特性に与える影響が小さい局所損傷の検出と、その損傷の 3 次元的位置の特定が可能であることを、S 造 5 層建物の 3 次元フレームモデルの地震応答解析結果を用いた検討により示した。</p> <p>第 3 章では、提案手法に対する理論的な裏付けを与えることを目的として、一般的な部分構造を対象に損傷により発生する出力誤差を部分構造内部の伝達関数行列を用いて定式化した。その上で、損傷時の出力誤差発生メカニズムに関する検討と地震応答解析による検証により、利用するセンサ出力の方向、振動数帯域、観測ノイズが出力誤差の発生と損傷指標の増加に及ぼす影響についての知見を得た。</p> <p>第 4 章では、提案手法の実建物での検証を目的に、RC 造 5 層建物での損傷検出実験を実施した。建物の一部の柱に人為的損傷を付与した前後の起振機による強制振動試験のデータから、提案手法により損傷検出が可能であることを示した。さらに、少数センサによる部分構造毎の移動計測と建物内の損傷検出対象範囲の限定により、計測点数や計測方向が限られる従来型のセンサシステムに対しても応用可能な提案手法の実施方法を提示した。</p> <p>第 5 章では、提案手法の総合的な実証を目的に、大型振動台による実大 1/3 スケール S 造 18 層建物の崩壊実験へ手法を適用した。152 台の MEMS 型 6 軸振動センサを試験体に設置し提案手法による損傷検出を行った。損傷判定結果は試験体の梁端下端フランジの破断位置の分布と良く対応しており、提案手法の特徴である局所損傷の検出とその位置特定が可能であることを実証した。</p> <p>第 6 章では、以上の内容をまとめ、本論文の結論を述べた。</p> | | | |

論文審査の要旨

| 報告番号 | 甲 第 4315 号 | 氏 名 | 白石 理人 |
|------------|------------|---------|--------|
| 論文審査担当者：主査 | 慶應義塾大学教授 | Ph.D. | 三田 彰 |
| 副査 | 慶應義塾大学准教授 | 博士(情報学) | 小檜山 雅之 |
| | 慶應義塾大学准教授 | 博士(工学) | 高橋 正樹 |
| | 慶應義塾大学准教授 | 博士(工学) | 満倉 靖恵 |

学士(工学) 修士(工学) 白石理人君の博士学位請求論文は、「部分構造の特性変化に基づく構造物の局所損傷検出に関する研究」と題し、6章より構成されている。

本論文は、構造物を三次元の部分構造に分割し、分割した部分構造の動特性変化から損傷検出を行う局所損傷検出手法の枠組みを構築したものである。提案手法では、部分構造毎に内部の入出力関係を事前に同定しておき、損傷後の観測出力とモデルを使ったシミュレーション出力の差を利用して損傷を検出することで、全体の動特性には影響を及ぼさないような局所的な損傷推定が可能な手法としている。提案手法は数多くの入力情報と出力情報が必要とするが、そのすべてをセンサによって検知するのは実用的ではないため、部分モデルのそれぞれの入出力についての感度解析を行い、感度の特に高い部分的な情報を用いることで現時点での実用性を高めている。提案手法は実建物の損傷実験、および大型振動台による18階建て鉄骨建物の損傷実験に適用して検証を行っている。提案手法は部分構造単位で独立した計測・処理を行うため大量、高密度なセンサシステムに対するスケラビリティも合わせて持たせている。

第1章では、本論文で対象とした損傷検出手法のうち、特に部分構造を対象とした手法に着目し、本研究の背景と目的について述べている。

第2章では、部分構造の出力誤差を指標とした局所損傷検出手法について述べていて、その概念と部分構造の分割とモデリングを中心に紹介している。鉄骨造5層建物の三次元フレームモデルを構築し、シミュレーションによる検討を行って、部材の損傷と出力誤差が良い相関を持っていることを確認している。

第3章では、部分構造の損傷により生じる出力誤差の特性について、部分構造を二次元のフレームモデルとして扱って検討している。その結果、特に柱・梁の接合部の回転成分を用いて算出された出力誤差が損傷との感度が高いことが示された。

第4章では、解体されることとなった5層の鉄筋コンクリート建物を対象として、4階の柱3本の断面を減ずることで損傷を模擬し、小型起振機を使った振動実験を行って、手法の妥当性を検討している。損傷を与えた柱にとっては大きな損傷となるが、全体の動特性には変化がほとんどないことを示した上で、本手法では局所損傷を的確に検出可能であることが確認された。

第5章では、提案手法の総合的な実証を目的に、大型振動台による実大3分の1スケール鉄骨造の18階建て建物の崩壊実験へ本手法を適用している。試験体には152台のMEMS型6成分振動センサが高密度に配置され、提案手法による損傷判定結果と試験体の梁端破断時期の比較から本手法の特徴である局所的な損傷検出と損傷位置が特定できることが示された。

最後に第6章では、本論文の結論ならびに今後の課題・展望が述べられている。

以上、要するに、本論文の提案手法は、建物局所の損傷検出を可能とし、社会的な貢献も少なくない。よって、本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。

内容の要旨

| | | | |
|--|------------|-----|-------|
| 報告番号 | 甲 第 4316 号 | 氏 名 | 村山 大輔 |
| 主論文題目： | | | |
| ユニバーサルサービスを実現する光アクセスネットワークに関する研究 | | | |
| <p>FTTH (Fiber to the Home) サービスを、人々の基本的な生活を支える掛け替えのないユニバーサルサービスへと発展させていくためには、地理的要因や、経済的要因によるデジタル・ディバイドを解消することが重要である。このためには、経済的なカバーエリア拡大と更なる低コスト化が必要である。本研究では、これを実現するために、FTTH のアクセス区間を結ぶ EPON (Ethernet Passive Optical Network) システムの長距離化・多分岐化・オープン化を目指す。</p> <p>本研究では、EPON の長距離化時に、近距離の端末には帯域利用効率の高い方式で帯域を割り当て、遠距離の端末には遅延時間を短縮する方式で割り当てるハイブリッド式の帯域割り当て方式、接続距離に応じた待ち時間により検出ウィンドウを短縮する未登録端末の自動登録方式、多分岐化時に、登録要求メッセージを確率的に送信待機することでメッセージの衝突頻度を低減する自動登録方式、送信要求量を算出するための閾値を動的制御することで帯域制御性能を向上する帯域割り当て方式、および、異なる制御メッセージ記載方法を自動判別する帯域割り当て方式を提案した。提案方法を、実機またはシミュレーション系で実装して性能を評価した。評価結果から、長距離化・多分岐化・オープン化を行った際にも、提案方法により QoS の劣化を回避して、従来と同程度以上の品質のサービスを提供できることを明らかにした。</p> <p>第 1 章では、FTTH サービス発展の重要性と、FTTH を実現する光アクセスシステムの概要について述べた。</p> <p>第 2 章では、本研究で対象とする EPON システムと、これに関連する既存研究についてまとめた。</p> <p>第 3 章では、EPON の長距離化時に問題となる、遅延時間増大を回避する帯域割り当て方法と、最大転送レートの低下を回避する未登録端末の登録処理方法を提案し、実機実験およびシミュレーションにより、その効果を検証した。</p> <p>第 4 章では、EPON の多分岐化時の問題点である、多数の登録要求フレームの衝突頻度を低減する方法や、保証帯域における無駄帯域を低減する制御性能の高い帯域割り当て方法を提案し、シミュレーションによりその効果を検証した。</p> <p>第 5 章では、EPON のオープン化時に問題となる、端末ごとに異なる送信要求量の算出方法を自動判別した上で、無駄なく帯域を割り当てる方法を提案し、シミュレーションにより、そのフィジビリティおよび期待できる帯域利用効率向上効果を確認した。</p> <p>第 6 章では、各章で得られた内容をまとめ、本研究の成果を要約した。また、EPON の、FTTH 向け以外の用途へ向けた今後の発展の可能性について言及した。</p> | | | |

論文審査の要旨

| | | | |
|--|------------|------------|-------------|
| 報告番号 | 甲 第 4316 号 | 氏 名 | 村山 大輔 |
| 論文審査担当者： | 主査 | 慶應義塾大学教授 | 工学博士 池原 雅章 |
| | 副査 | 慶應義塾大学教授 | 博士（工学）大槻 知明 |
| | | 慶應義塾大学教授 | 博士（工学）眞田 幸俊 |
| | | 慶應義塾大学専任講師 | 博士（工学）久保 亮吾 |
| <p>学士(工学), 修士(工学) 村山大輔君提出の学位請求論文は「ユニバーサルサービスを実現する光アクセスネットワークに関する研究」と題し, 6 章から構成されている。</p> <p>FTTH (Fiber to the Home) サービスを人々の基本的な生活を支える掛け替えのないユニバーサルサービスへと発展させていくためには, 地理的要因や経済的要因によるデジタル・デバイスとを解消することが重要であり, 経済的なカバーエリア拡大と更なる低コスト化が必要とされている。このような背景から, 本研究は, FTTH サービスを提供する光アクセスネットワークの 1 つである EPON (Ethernet Passive Optical Network) システムの長距離化・多分岐化・オープン化を目的とする。</p> <p>EPON の長距離化技術として, 遅延時間増大を回避する帯域割り当て方式と, 最大転送レートの低下を回避する未登録端末の自動登録方式を提案している。また, EPON の多分岐化技術として, 多数の登録要求メッセージの衝突頻度を低減する自動登録方式や, 保証帯域における無駄帯域を低減する制御性能の高い帯域割り当て方式を提案している。さらに, EPON のオープン化技術として, 異なる制御メッセージ記載方法を自動判別する帯域割り当て方式を提案している。実機実験ないしシミュレーションにより, 長距離化・多分岐化・オープン化を行った際にも, 提案法を用いることで QoS (Quality of Service) の劣化を回避して, 従来と同程度以上の品質の通信サービスを提供できることを明らかにしている。</p> <p>第 1 章では, FTTH サービス発展の重要性と, FTTH を実現する光アクセスシステムの概要について述べ, 第 2 章では, 本研究で対象とする EPON システムと, これに関連する既存研究についてまとめている。</p> <p>第 3 章では, EPON の長距離化に関して, 近距離の端末には帯域利用効率の高い方式で帯域を割り当て, 遠距離の端末には遅延時間を短縮する方式で帯域を割り当てるハイブリッド型の帯域割り当て方式を提案している。また, 接続距離に応じた待ち時間の設定により検出ウィンドウを短縮する未登録端末の自動登録方式を提案している。実機実験およびシミュレーションにより, 提案法の有効性を確認している。</p> <p>第 4 章では, EPON の多分岐化に関して, 登録要求メッセージの送信を確率的に待機させることでメッセージの衝突頻度を低減する自動登録方式を提案している。また, 送信要求量を算出するための閾値を動的に制御することで帯域制御性能を向上させる帯域割り当て方式を提案している。シミュレーションにより提案法の有効性を確認している。</p> <p>第 5 章では, EPON のオープン化に関して, 端末ごとに異なる送信要求量の算出方法を自動判別した上で, 無駄なく帯域を割り当てる帯域割り当て方式を提案している。シミュレーションにより, 提案法の有効性を確認している。</p> <p>第 6 章では, 各章で得られた内容をまとめ, 本研究の成果を要約している。また, EPON の適用範囲拡大に向けた今後の発展性について言及している。</p> <p>以上要するに, 本研究はユニバーサルサービスのための光アクセスネットワークを提案したものであり, 従来法と同等以上の品質の通信サービスを提供でき, 光アクセスネットワーク分野において工業上, 工学上寄与するところが少なくない。</p> <p>よって, 本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p> | | | |

内容の要旨

| | | | |
|--|------------|-----|-------|
| 報告番号 | 甲 第 4317 号 | 氏 名 | 齊藤 英一 |
| 主論文題目： Control of Wave Systems Based on Reflected Wave Rejection (反射波除去に基づく波動システムの制御) | | | |
| <p>コンピュータおよび制御技術の向上により産業機械・ロボットの高速かつ高精度な駆動が可能になっている。しかしながら、その高速な応答により機械共振による振動が励起され、更なる高速化や精度の向上を妨げている。加えて制御信号の通信路や DA 変換器に含まれるむだ時間によっても制御系の高周波域の位相余有が減少し、しばしば振動が生じる原因となっている。このように産業機械・ロボットの高速・高精度化において、機械共振抑制およびむだ時間補償を考慮した制御が必須となっている。</p> <p>本研究の目的は、機械共振系とむだ時間系のモデル化において、分布定数系である波動方程式を導入し、波動システムの制御として統一的な振動抑制手法および制御を構築することである。</p> <p>第 1 章では、本研究の背景および目的について関連研究を交えて説明している。</p> <p>第 2 章では、機械共振系とむだ時間系それぞれに対し、波動方程式を用いたモデル化を示している。入出力の伝達関数から各系における波動の伝播構造を明らかにし、これらが両系において等価であり、振動が発生する原因が反射波であることを示している。</p> <p>第 3 章では、波動システムにおける振動を抑制するために反射波を推定し、除去するための基本制御構造について提案している。反射波除去は波動伝播時間を用いた時間遅れを含む補償器となり、実装が簡便でありながらも高次振動の抑制に効果があることを確認している。</p> <p>第 4 章では、前章で述べた反射波除去による振動抑制制御を応用し、境界条件や波動伝播の様子が異なる様々な機械共振系の振動抑制制御に適用し、効果の検証を行っている。特に、実際の産業機械やロボットの忠実なモデル化を目指した波動方程式の表現ならびに境界条件の設定方法を示している。</p> <p>第 5 章では、むだ時間系を対象とした反射波除去について示している。具体的には、第 2 章にて述べた機械共振系とむだ時間系との類似性に着目し、反射波除去による制御方法と等価弾性力フィードバックによるむだ時間補償を提案し、それぞれの性能を検証している。</p> <p>第 6 章では、機械共振とむだ時間の双方を含む波動システムにおける反射波除去法を提案している。提案手法はインナーループで反射波を除去することで、機械共振系を等価的にむだ時間のみで示される系に変換し、アウトナーループでむだ時間と等価むだ時間を合わせて補償し、安定化を達成するものとなっている。この提案を基に、波動システムの先端位置センシングに基づいた構成法、ならびに推定ねじれ反力を用いた構成法を示し、それぞれ検証を行っている。</p> <p>第 7 章では、波動システムが外乱およびパラメータ変動に対してロバストな応答を得るためのオブザーバ構築について述べている。特に、波動外乱オブザーバを実装した波動システムの感度関数・相補感度関数による解析を行い、有効性を示している。さらに波動外乱オブザーバを応用した力制御系についても提案、検証を行っている。</p> <p>第 8 章では、本研究の成果を要約し、展望とともに結論を述べている。</p> | | | |

論文審査の要旨

| | | | |
|---|------------|-----|-------|
| 報告番号 | 甲 第 4317 号 | 氏 名 | 齊藤 英一 |
| 論文審査担当者： 主査 慶應義塾大学准教授 博士（工学） 桂 誠一郎 | | | |
| 副査 慶應義塾大学教授 博士（工学） 村上 俊之 | | | |
| 慶應義塾大学准教授 博士（工学） 矢向 高弘 | | | |
| 慶應義塾大学准教授 博士（情報学） 小檜山 雅之 | | | |
| <p>学士（工学）、修士（工学）齊藤英一君提出の学位請求論文は「Control of Wave Systems Based on Reflected Wave Rejection」（反射波除去に基づく波動システムの制御）と題し、8章から構成されている。</p> <p>モーションコントロール技術の発展により、産業機械・ロボットの位置決め的高速化・高精度化が進んでいる。特に、制御系の周波数帯域向上にあたっては機械系の共振に対して格段の配慮が必要であり、様々な振動制御手法が提案されてきた。しかしながら、従来手法の多くが単純なバネ・マスモデルに基づくものであるために、高次の振動モードの補償では制御系の次数を上げる必要があり、かえって制御系が複雑化して実装上困難となる場合があった。さらに、制御系における信号伝達や DA 変換等に伴うむだ時間も振動を生じる原因となっており、振動抑制のために考慮すべき範囲が純粋な機械共振に加えてむだ時間補償まで広がっている。本論文では上記に鑑み、機械系の共振とむだ時間を統合して補償するための分布定数系に基づいたモデル化と制御系構築のための方法論を示している。</p> <p>第 1 章では、研究の背景と目的を述べ、従来の研究を概説している。</p> <p>第 2 章では、機械共振系とむだ時間系それぞれに対して、波動方程式を用いたモデル化を示している。入出力の伝達関数からそれぞれの系における波動の伝播構造を導出し、両者の等価性を示すとともに、振動の発生要因が反射波であることを明らかにしている。</p> <p>第 3 章では、波動システムとして一般化したモデルにおいて、反射波を推定して補償するための基本的な制御構造を提案している。反射波除去は波動伝播時間のモデルを使用した時間遅れ要素を含む補償器により補償が可能であるため、高次微分を行うことなく高次の振動モードの抑制に効果がある。物理的意味として、波動システムの先端位置に時間遅れを持たせ、正帰還フィードバックすることと等価であることも確認している。</p> <p>第 4 章では、提案する反射波除去法を一般的な機械共振系に適用するための解析ならびに実験的検証を行っている。具体的には、実際の産業機械・ロボットの忠実なモデル化に必要な波動方程式の境界条件の設定方法や、波動の伝播の様子が異なる系への提案手法の効果について示している。</p> <p>第 5 章では、むだ時間を含む系に提案手法を適用するための制御系設計について示している。むだ時間補償制御は制御系のパラメータ変動に強く影響を受けることから、固定遅延下における系のロバスト安定性について特に検証している。</p> <p>第 6 章では、機械共振とむだ時間の双方を含む系に提案手法を適用し、効果の検証を行っている。制御系のインナー・ループで反射波除去を行うことで、アウター・ループにおいてむだ時間補償問題として統合して取り扱うことが可能であることを示している。</p> <p>第 7 章では、波動システムが外乱およびパラメータ変動に対してロバストな応答を得るための波動オブザーバについて提案している。この波動オブザーバを実装した系の感度関数および相補感度関数に基づく解析により、有効性を示している。</p> <p>第 8 章では、各章で得られた成果を纏め、本論文全体の結論を述べている。</p> <p>以上要するに、本論文では波動システムの制御において反射波除去による統一的な補償が可能であることを明らかにし、理論と実験の双方からその有効性を実証しており、制御工学分野において、工学上、工業上寄与するところが少なくない。</p> <p>よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。</p> | | | |

内容の要旨

| | | | |
|--|------------|-----|-------|
| 報告番号 | 甲 第 4318 号 | 氏 名 | 澁谷 泰蔵 |
| 主 論 文 題 目 : Study of Reduced Rutile TiO_2 (110) Surfaces based on the Density Functional Theory (密度汎関数理論によるルチル型 TiO_2 (110)還元表面の研究) | | | |
| <p> TiO_2 は、太陽光による水からの水素製造を可能とする光触媒作用や、有害有機物の分解を実現する強い光酸化力などの機能が知られ、その本格応用に向けた研究が続けられている材料である。これらの機能は材料表面と分子との間の電子のやり取りがその本質にあるため、系統的な性能改善には、まずモデル表面での電子状態（反応に関与する電子の分布など）を理解する必要がある。最も研究されているのは、作成方法が確立されているルチル型 TiO_2 (110) 表面である。この表面をイオンスパッタ・真空アニールすると固有の表面電子状態が現れる。これが表面反応に寄与していると考えられており、この表面は還元表面と呼ばれる。この電子状態を記述するモデルとして、1970 年代に光電子分光や経験的分子軌道計算をベースに「酸素欠陥モデル」が提案された。このモデルでは、表面電子状態は表面酸素欠陥 (V_O) 近傍に存在する V_O 由来の余剰電子で説明される。これが現在も還元表面の反応性理解の基礎となっているが、近年これでは説明できない結果が報告され、その有効性についての議論が起きている。 </p> <p> 80 年代に登場した走査型トンネル顕微鏡 (STM) は、表面電子状態を空間分解できるため、原理的には上記問題の解決の糸口となる。しかし、結果の解釈に必要な還元表面の電子状態計算は難しく、現状では様々な解釈が乱立している。2000 年代に入ってから、密度汎関数理論 (DFT) にハイブリッド汎関数 (HF) あるいは DFT+U 法を施せば、V_O 由来の電子が Ti サイトに局在し、還元表面が正しく計算できることが示された。ところが、補正手法や計算ごとに異なる電子の局在位置が報告され、2010 年代に入っても STM 像の統一的な解釈には程遠い状況にあった。 </p> <p> 本論文では、まず HF と DFT+U 法による計算結果の比較から、格子緩和の初期構造と表面セルサイズを適切に選べば、どちらの手法も同じ最安定構造を与えることを示す。最安定構造では、V_O によって導入された電子は表面第 2 層の 5 配位 Ti の下 ($\text{Ti}_{5\text{c-2nd}}$ サイト) に局在して Ti^{3+} を形成する。この際、1 つの Ti^{3+} は (001) 方向に広がりを持ち、実効的には 3 つの $\text{Ti}_{5\text{c-2nd}}$ を占有する。また、全エネルギーの比較から Ti^{3+} は V_O の遠方ではなく近傍に安定して存在することが示される。さらに、理想表面における Ti^{3+} の安定状態の解析などから、伝導帯直下に状態を形成するには $\text{Ti}_{5\text{c-2nd}}$ が Ti^{3+} で実効的に埋まる必要があることが示される。以上の結果を基礎に、これまでに報告されている STM 像の統一的な解釈が提示される。特に、5 K と 78 K の STM 像の違いから、少なくとも 78 K 以上の温度では、表面電子状態は V_O だけでなく、表面下層に存在する格子間 Ti の影響も無視できないことが示される。この描像は酸素欠陥モデルでは説明できない酸素分子の吸着反応における矛盾を説明でき、その他の表面反応にも有効であると考えられる。 </p> <p> 少なくとも低温では表面欠陥由来の電子は最表面ではなく $\text{Ti}_{5\text{c-2nd}}$ サイトに局在している。また少なくとも 78 K 以上では表面下層の格子間 Ti 由来の電子も表面反応に参加すると考えられる。この 2 点は現状の酸素欠陥モデルには含まれていないが、還元表面の化学反応をより良く理解するためには重要な視点である。 </p> | | | |

論文審査の要旨

| 報告番号 | 甲 第 4318 号 | 氏 名 | 澁谷 泰蔵 |
|--|------------|------------|--------------------|
| 論文審査担当者： | 主査 | 慶應義塾大学教授 | 博士(工学)・TeknD 深淵 康二 |
| | 副査 | 慶應義塾大学教授 | 博士(工学) 泰岡 顕治 |
| | | 慶應義塾大学教授 | 博士(理学) 近藤 寛 |
| | | 慶應義塾大学准教授 | 博士(理学) 山内 淳 |
| | | 慶應義塾大学専任講師 | Ph.D. 安藤 景太 |
| <p>学士(工学), 修士(工学), 澁谷泰蔵君提出の学位請求論文は「Study of Reduced Rutile TiO_2 (110) Surfaces based on the Density Functional Theory (密度汎関数理論によるルチル型 TiO_2 (110)還元表面の研究)」と題し、本論 6 章により構成されている。</p> <p>TiO_2 は、太陽光による水からの水素製造を可能とする光触媒作用や、有害有機物の分解を実現する強い光酸化力などの機能が知られ、その本格応用に向けた研究が続けられている材料である。これらの機能は、材料表面と分子との間の電子のやり取りがその本質にあるため、系統的な性能改善には、まず材料表面での電子状態を理解する必要がある。走査型トンネル顕微鏡 (STM) を用いることにより表面電子状態は空間分解できるが、結果の解釈に必要な還元表面の電子状態計算は難しく、その解釈は定まっていない。2000 年代に入ってから、密度汎関数理論 (DFT) にハイブリッド汎関数 (HF) あるいは DFT+U 法を施せば、酸素欠陥由来の電子が Ti サイトに局在し、還元表面が正しく計算できることが示された。ところが、補正手法や計算ごとに異なる電子の局在位置が報告され、2010 年代に入っても STM 像の統一的な解釈には程遠い状況にあった。</p> <p>本論文ではこのような問題を解決するため、ルチル型 TiO_2 (110) 表面を対象として、密度汎関数理論に基づく異なる手法を用いた計算を行うことにより還元表面の電子状態計算の信頼性を示すとともに、その計算結果に基づいて表面状態の統一的な解釈を試みている。</p> <p>各章の内容は以下のとおりである。</p> <p>第 1 章は序論であり、研究の背景、動機、関連研究、研究目的を述べている。</p> <p>第 2 章では、計算に用いる理論である密度汎関数法や、それに基づく計算の中で用いられる、相互作用を記述する手法である DFT+U およびハイブリッド汎関数について述べている。</p> <p>第 3 章では、DFT+U およびハイブリッド汎関数を用いて Ti^{3+} の安定位置を計算し、これら 2 つの近似手法のいずれにおいても Ti^{3+} は表面から第 2 層において最も安定であることを示し、このことが近似手法によらない普遍的な結果であることを示した。また、計算されたバンドギャップの値からは、ハイブリッド汎関数を用いたほうが実験に近い値が得られることが分かった。</p> <p>第 4 章では、酸素欠陥と電子、および格子歪みの位置関係について、10 通り変えた計算を行い、そのエネルギーを比較することにより、Ti^{3+} は酸素欠陥の近傍のほうが安定に存在し、また Ti^{3+} 由来の格子歪みの影響は小さいことを示している。</p> <p>第 5 章では、前 2 章の結果を踏まえ、従来得られている STM 像の解釈を試みている。その結果、表面から第 2 層に Ti^{3+} が作る電荷分布によって STM の特徴が良く再現できることを示している。また、温度の違いによる STM 像の差異は、格子間 Ti から供給される電子の影響を考慮すれば説明できるとしている。</p> <p>第 6 章は結論であり、一連の研究で得られた成果を総括している。</p> <p>以上をまとめると、密度汎関数理論に基づく還元表面の電子状態計算手法の有効性が示されたほか、酸素欠陥に伴う Ti^{3+} の安定位置およびそのメカニズムについての重要な基礎的知見が与えられ、従来の STM 像に対して統一的な解釈を与えることができた。また、これらの成果は著者が研究者として自立して研究活動を行うために必要な高度な研究能力および豊かな学識を有することを証したものである。</p> <p>よって、本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p> | | | |

Thesis Abstract

| | | | |
|---|----------------|------|----------|
| Registration Number | “KOU” No. 4319 | Name | Mei, Liu |
| Thesis Title | | | |
| Substructural Damage Identification of Shear Structures Based on Autoregressive Models | | | |
| <p>Damage identification based on vibration data generated by SHM systems has been extensively studied for several decades and the literature on the subject is rather immense. However, most of them are not feasible or practical for large scale civil structures due to the challenges such as high equipment costs, long setup time, difficulties in cabling and the long computation time. This thesis is devoted to overcome these problems by proposing a decentralized damage identification strategy based on the combination of substructural approach and autoregressive models, which is especially effective and economic for large scale shear structures.</p> <p>Firstly, an improved substructure-based damage detection approach is proposed to locate and quantify damages in a shear structure, which extends from a previously established substructure approach. To improve the noise immunity and damage detection robustness under different types of excitations and realistic conditions, this paper proposes an ARMAX model residual-based technique to correct the former damage indicator. The results of simulation and experimental verifications show that the improved procedure works much better and more robust than previous method especially when it is applied to realistic problems.</p> <p>Secondly, to seek the balance between the number of substructures and the computation intensity inside each substructure, a more flexible substructural damage identification approach is proposed in this study to identify structural damage including its location and severity, using changes in the first autoregressive coefficient matrix as the damage indicator.</p> <p>Moreover, to simplify the above studied method, the diagonal elements from changes in the first autoregressive coefficient matrix (CFAR) are extracted to construct the damage indicating vector (DIV). Then simulations are conducted to investigate the potential of the DIV algorithm for implementation on wireless smart sensor networks (WSSN), where the issues of scalability of the DIV approach are undertaken by utilizing a decentralized, hierarchical and in-network processing strategy.</p> <p>Finally, the conclusion is given. The proposed substructural damage identification approach can satisfactorily locate and quantify the damage in both simulation and laboratory experiment. As the damage identification process can be independently conducted on each substructure, by utilizing some decentralized and hierarchical processing strategy, this method is promising and efficient for application on wireless smart sensor networks (WSSN) to perform SHM systems for large scale shear structures.</p> | | | |

論文審査の要旨

| | | | |
|---|------------|-----------|----------------|
| 報告番号 | 甲 第 4319 号 | 氏 名 | Mei, Liu |
| 論文審査担当者： | 主査 | 慶應義塾大学教授 | Ph.D. 三田 彰 |
| | 副査 | 慶應義塾大学准教授 | 博士(情報学) 小檜山 雅之 |
| | | 慶應義塾大学准教授 | 博士(工学) 高橋 正樹 |
| | | 慶應義塾大学准教授 | 博士(工学) 満倉 靖恵 |
| <p>B.S., M.S., Mei, Liu 君の博士学位請求論文は、「Substructural Damage Identification of Shear Structures Based on Autoregressive Models (AR モデルに基づくせん断構造物のサブストラクチャ損傷同定)」と題し、4 章より構成されている。</p> <p>本論文は、これまでに多数提案されている部分構造モデルに基づく損傷推定手法のうち、自己回帰(AR)構造に基づく手法の精度と安定性を高める手法を提案したものである。基盤となった手法は、推定したモデルから固有振動数を算出し、その変化を剛性の変化に変換する手法であった。しかし、これまでの手法はノイズがないシミュレーションでは機能するものの、ノイズが混入する振動実験に適用を試みたところ、推定結果のばらつきが大きくなり、本来損傷のない層が損傷あり、と判定されることがわかった。本提案手法では、モデル出力と損傷のない実観測データの誤差とモデル出力と損傷のある実観測データの誤差を比較し、Kolmogorov-Smirnov (KS)検定を利用することで、この問題を解決し、ノイズ環境下でも使える手法とした。改善のポイントはモデルに ARX ではなく ARMAX を用いたことと、損傷指標に KS 検定の結果を反映できるようにしたことにある。この手法により損傷の位置の特定と損傷の程度の推定が可能となった。本論文では部分構造をより一般化して、多自由度の構造の場合に発展させた手法も提案している。多自由度部分構造から推定されたモデルの AR 係数と剛性マトリクスを用いて、AR モデルの初項から構成されるマトリクスから損傷の有無とその程度を推定するもので、より汎用性の高い手法となっている。シミュレーションと実験からその有効性について確認されている。</p> <p>第 1 章では、本論文の背景と目的について述べている。</p> <p>第 2 章では、ARMAX に基づく部分構造のモデリングの方法とその活用方法について述べている。構築されたモデルの出力と観測された応答出力との誤差に KS 検定の結果を反映し、損傷指標の精度と安定性を向上させる手法を提案している。</p> <p>第 3 章では、多自由度部分構造の剛性マトリクスと AR モデルの係数マトリクスの関係を利用して、損傷の結果生ずる剛性の変化を AR モデルの初項の変化によって検出することで、多自由度のより一般的な部分構造に適用できるように発展させている。また、こうした手法を分散型損傷検出システムに応用する手順について述べている。</p> <p>第 4 章では、本論文全体をまとめて結論を述べた。</p> <p>以上、要するに、本論文で提案された手法は、構造物の部分構造の損傷推定手法として、現実的な建物に対しても適用可能で実用性が極めて高く、工學上寄与するところが少なくない。また、社会的にも大きな貢献が期待される。よって、本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p> | | | |

2015（平成27）年9月までの新制博士学位授与者数は次のとおり。

| 学位の種類 | 課程修了によるもの (課程博士・・・・・・甲) | 論文提出によるもの (論文博士・・・・・・乙) | 計 |
|--------|----------------------------|----------------------------|-------|
| 工学博士 | 451 | 389 | 840 |
| 博士（工学） | 1,210 | 314 | 1,524 |
| 理学博士 | 26 | 8 | 34 |
| 博士（理学） | 323 | 48 | 371 |
| 学術博士 | 0 | 1 | 1 |
| 博士（学術） | 1 | 1 | 2 |
| 計 | 2,011 | 761 | 2,772 |

本書に記載した論文審査担当者の所属および職位は2015（平成27）年度春学期のものである。

| | |
|---------------------------------|-------------------|
| 2015(平成27)年11月13日 発行 | |
| 発行者 | 理工学部長 青山 藤詞郎 |
| 編集 | 慶應義塾大学理工学部学生課学事担当 |
| 〒223-8522 神奈川県横浜市港北区日吉3-14-1 | |