

Title	内容の要旨；論文審査の要旨
Sub Title	
Author	
Publisher	慶應義塾大学工学部
Publication year	2016
Jtitle	慶應義塾大学工学部研究報告別冊 Vol.82, (2016.) ,p.1- 82
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	
Genre	Thesis or Dissertation
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO50002003-20160002-0001

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

内容の要旨

報告番号	甲 第 4546 号	氏 名	鈴木 美央
主論文題目： 東京の公共空間におけるマーケットの社会的効果と空間形態に関する研究 ～ロンドンにおけるマーケットの実施モデルとの比較を通して～			
<p>本論文は「東京の公共空間におけるマーケットの社会的効果と空間形態に関する研究」と題し、四章より構成されている。</p> <p>第一章では研究背景、目的、研究構成について述べる。マーケットによる公共空間利用は古くから世界中で日常的に行われ、地域に賑わいをもたらしてきた。日本では街路が商業の場の役割を担い街路市が親しまれたが戦後、モータリゼーションや法規制、消費形態の変化により各地で街路市が減少し日常生活との結び付きが希薄になった。日本同様に街路空間が歴史的に活用されていたロンドンでは、現在に至っても公共空間で行われるマーケットが人々の日常の一部として親しまれ、行政もマーケットの社会的効果を評価している。本研究ではロンドンにおけるマーケットを実施モデルとして研究し、東京の公共空間におけるマーケットの総合的な実態把握として社会的効果と空間形態を明らかにすることを目的とした。東京とロンドンを比較考察することで日本の都市におけるマーケットによる公共空間の日常活用に総合的な示唆を行った。</p> <p>第二章ではマーケットの社会的効果に関する研究を行った。まず、ロンドンでは行政機関によって発行されたマーケットに関連する調査報告書及び都市戦略を示すロンドンプランにおいてマーケットの社会的効果が述べられた箇所を抽出し、KJ法によって分析した。次に、東京ではロンドンのように行政機関によって発行された調査がないため、社会的効果についてインタビュー調査を行った。対象4マーケットで、各マーケットの運営者、来場者、出店者の3つの主体に、合計464名へのインタビューを行った。結果、社会的効果は「経済」「生活の質」「環境」に大別され、幅広い社会的効果が生まれていることが確認された。ロンドンで確認されなかったが東京で確認された社会的効果として「経済」の効果において、宣伝効果、店舗間交流、顧客ニーズ把握が確認された。また課題として売り上げ、ルールや設備に関する不備などが指摘された。</p> <p>第三章では空間形態に関する調査を行った。ロンドンでは都市部であるインナーロンドンの自治体により運営される全45事例を対象として実地調査を行い、空間タイプ、マーケット内通路、規模と立地の項目で空間形態を確認した。次に東京23区内の公共空間で開催されるマーケット60事例を対象として実地調査を行い、同様に空間形態を確認した。結果、東京のマーケットの開催場所ごとの空間的特徴を明らかにし、配置に関する特徴、場所性に関する特徴、制度に関する特徴を確認した。</p> <p>第四章では各章で得られた知見を統括し、マーケットの社会的効果及び空間形態について共に考察することで、東京の公共空間におけるマーケットの日常活用に対する示唆を「視認性の改善による売り上げ効果への対応」「商店街との一体型活用」「寺社の日本独自のマーケット空間の活用」「状況に則した柔軟な幅員の活用」「道路・公開空地利活用の施策の充実」の項目より行い、それぞれの項目について、検討されるべき行動、意思決定主体、予想される結果、受益者について考察を行った。本研究で得られて知見は今後の日本の都市におけるマーケットによる公共空間の日常活用の一助になると考える。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4546 号	氏 名	鈴木 美央
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学専任講師	博士(工学) ホルヘ・アルマザン
	副査	慶應義塾大学教授	博士(工学) 伊香賀 俊治
	副査	工学院大学教授	博士(工学) 遠藤 新
	副査	東京理科大学准教授	博士(工学) 垣野 義典
<p>学士(工学)、鈴木美央君提出の学位請求論文は「東京の公共空間におけるマーケットの社会的効果と空間形態に関する研究 ～ロンドンにおけるマーケットの実施モデルとの比較を通して～」と題し、四章からなっている。</p> <p>公共空間の魅力向上が都市の魅力向上に繋がることは古くから多くの研究者に指摘されている。中でもマーケットによる公共空間利用は古くから世界中で日常的に行われ、地域に賑わいをもたらしてきた。しかし、日本では戦後、モータリゼーションや法規制、消費形態の変化により各地でマーケットが減少し日常生活との結び付きが希薄になった。日本同様に街路空間が歴史的に活用されていたロンドンでは、現在に至っても公共空間で行われるマーケットが人々の日常の一部として親しまれ、行政もマーケットの社会的効果を評価している。このような背景をふまえ、本研究ではロンドンにおけるマーケットを実施モデルとして研究し、東京の公共空間におけるマーケットの総合的な実態把握として社会的効果と空間形態を明らかにすることを目的としたものである。</p> <p>第一章では、序論として本研究の背景と目的について記している。</p> <p>第二章ではマーケットの社会的効果に関する研究を行っている。まず、ロンドンでは行政機関によって発行されたマーケットに関連する調査報告書及び都市戦略を示すロンドンプランにおいてマーケットの社会的効果が述べられた箇所を抽出し、KJ 法によって分析している。次に、東京では対象 4 マーケットで、各マーケットの運営者、来場者、出店者の 3 つの主体に、合計 464 名へのインタビューを行っている。結果、社会的効果は「経済」「生活の質」「環境」に大別され、幅広い社会的効果が生まれていることが確認された。ロンドンで確認されなかったが東京で確認された社会的効果として「経済」の効果において、宣伝効果、店舗間交流、顧客ニーズ把握が確認された。また課題として売り上げ、ルールや設備に関する不備などが指摘された。</p> <p>第三章では空間形態に関する調査を行っている。ロンドンでは都市部であるインナーロンドンの自治体により運営される全 45 事例を対象として実地調査を行い、空間タイプ、マーケット内通路、規模と立地の項目で空間形態を確認している。次に東京 23 区内の公共空間で開催されるマーケット 60 事例を対象として実地調査を行い、同様に空間形態を確認している。結果、東京のマーケットの開催場所ごとの空間的特徴を明らかにし、配置に関する特徴、場所性に関する特徴、制度に関する特徴を確認している。</p> <p>最後の第四章では、各章の結論を総括し、東京の公共空間におけるマーケットの社会的効果と空間形態の結果をまとめるとともに今後の公共空間を利用したマーケットに対して 5 つの示唆を行っている。更にそれぞれの項目について、検討されるべき行動の具体例を挙げ、意思決定主体、予想される結果、受益者について考察を行っている。</p> <p>以上より、本研究で得られて知見は今後の日本の都市におけるマーケットによる公共空間の日常活用の一助になると考え、工学的に寄与するところが大きい。</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 4556 号	氏 名	関口 優希
主論文題目： 大規模データ解析と統計分析を通じた生体粒子の XFEL コヒーレント回折イメージング			
<p>コヒーレント X 線回折イメージング(Coherent X-ray Diffraction Imaging, CXDI)は、結晶化が不可能なマイクロメートルからサブマイクロメートルサイズの粒子の構造を、数十ナノメートルの分解能で可視化できる構造解析手法である。同手法では、高可干渉性の高強度 X 線を、空間に孤立した非結晶粒子に入射し、回折パターンを十分細かくサンプリングして測定する。この回折パターンに対しランダムな初期電子密度を与え、情報理論に立脚したアルゴリズムを適用することで、試料の X 線入射方向への投影電子密度像を回復する。CXDI は、光学顕微鏡で観察するには小さすぎ、電子顕微鏡で観察するには大きすぎる非結晶生体粒子に対する、新たな構造解析手法として期待されている。近年実用化された X 線自由電子レーザー(X-ray Free Electron Laser, XFEL)は、完全可干渉の X 線短パルスを CXDI 実験に供給できることから、我々は XFEL 施設 SACLA において、クライオ試料固定照射装置を用いた CXDI 実験を行ってきた。実験では、生体非結晶粒子を散布・凍結した薄膜を 30 Hz で供給される XFEL パルスに対してスキャンし、二台の CCD 検出器を用いて回折パターンを記録する。現在、74 時間で、約 260 万ショットの XFEL パルスを試料薄膜に照射することが可能であり、XFEL を用いた CXDI の確立には、50 TB に及ぶ膨大な回折パターンの自動処理、尤も確からしい投影電子密度を得るためのアルゴリズムやソフトウェアの開発が不可欠であった。</p> <p>本研究では、まず、30 Hz で得られる膨大な回折パターンを、実験中その場で高速自動処理するためのソフトウェアを開発した。同ソフトウェアは信号対雑音比が良好な回折パターンを抽出し、2 検出器データを統合するとともに、試行的に像回復計算を行い、スキャン毎の回折パターンを統計的に評価する。これにより、人の手を介する事無く、解析に値する良好な回折パターンを抽出し、さらには、ビームタイム中での試料作製へのフィードバックも可能となった。</p> <p>1999 年の実証実験以来、CXDI 分野は、回復投影像の妥当性を保証する確固たる方法がないという根本的問題を抱え続けてきた。従来、回復投影像概形と他手法での観察像の一致度から妥当性を主張してきたが、真に興味の対象である粒子内部の詳細構造の妥当性を保証できなかった。このような状況の下、本研究では投影像の尤もらしさを評価する方法を開発した。1 つの回折パターンについて、ランダムな初期電子密度を大量に与えて像回復計算を行い、主成分分析を通じて投影像の超次元画像空間上の分布を低次元空間に射影し、分布の可視化とクラスタリングを行う。得られたクラスタ毎の平均化投影像、評価指標、低次元空間上の分布から尤もらしいクラスタを定め、高分解能の投影像を得る。これにより、回復投影像の信頼性を大きく向上させることができた。</p> <p>これらの成果を細菌細胞、核や葉緑体などの細胞内小器官の構造解析に適用し、XFEL を用いた CXDI 実験において、マイクロメートルサイズの生体粒子の構造を数十ナノメートルの解像度で可視化する方法を確立した。本研究の成果は、これまでにアクセスが困難であった細胞内階層空間の理解に大きく貢献するものと期待される。さらに、膨大なデータから高信頼度・高分解能の投影像を回復可能になったことから、単粒子解析法を援用して、大量の投影像を用いた生体粒子の三次元構造の再構成への可能性も検討した。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4556 号	氏 名	関口 優希
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	理学博士 中迫 雅由
	副査	慶應義塾大学教授	博士(理学) 岡 朋治
	副査	慶應義塾大学准教授	博士(理学) 渡邊 紳一
	副査	慶應義塾大学准教授	博士(工学) 神原 陽一
<p>学士（理学）、修士（理学）関口優希君提出の学位請求論文は、「大規模データ解析と統計分析を通じた生体粒子の XFEL コヒーレント回折イメージング」と題し、本論 9 章より構成されている。1999 年の放射光 X 線を用いるコヒーレント回折イメージングの実証実験後、非結晶試料の X 線構造解析法が実用化され始めた。さらに近年、XFEL（X 線自由電子レーザー）の実用化により、サブマイクロメートルからマイクロメートルサイズの細胞や細胞内小器官など、電子顕微鏡と光学顕微鏡の適用限界空間階層に位置する生体非結晶粒子に対する新たなイメージング手法として利用できる可能性が高まってきた。このような状況下、著者は、我が国で建設された XFEL 施設 SACLA において先端的な XFEL コヒーレント回折イメージング実験を実施し、得られる膨大量の回折パターンを処理しながら、最も確からしい電子密度を得る方法を独自に考案・実用化し、生体非結晶粒子の X 線構造解析の広い展開を目指した基盤研究を推進している。</p> <p>第一章では、細胞内の空間階層構造と、既存のイメージング手法の概要をまとめ、生体非結晶試料イメージングにおける XFEL コヒーレント回折イメージングの必要性や役割について述べている。第二章では、X 線回折の基礎理論に基づいて、コヒーレント回折イメージングの概要、特に、反復的位相回復法や生体粒子構造解析におけるコントラスト変調について述べている。また、通常のレーザーとは異なる XFEL の発振原理について詳しく述べている。第三章では、SACLA における低温コヒーレント X 線回折イメージング実験の概要について、低温試料固定照射装置、検出器を紹介し、得られる回折パターンの特徴や概要を紹介している。</p> <p>第四章では、70 時間で約 260 万 XFEL パルスを用いて得られる膨大量の回折パターンを、人の手を介さずに高速自動処理するソフトウェアについて、その独自のアルゴリズムを紹介している。また、実際の適用例を通じて、データ処理結果の可視化や、スーパーコンピュータを用いて達成されている処理速度が示されている。第五章では、コヒーレント回折イメージングの弱点と指摘されてきた反復的位相回復法で得られる投影電子密度図の正当性を客観的に判断する方法を提案している。その方法では、多数回の試行で得られる位相回復電子密度を画像超空間の一点と見做し、主成分分析によってその分布を可視化しながら分類する。その概要と、ソフトウェアとしての実用化やシミュレーションについて論述し、従来に比べて格段に画像選択の客観性を高めている。第六章では、本研究でのソフトウェア開発によって、XFEL コヒーレント回折イメージングが生体非結晶粒子のイメージングに適用できることを示している。金属粒子クラスターに対する予備的適用を経て、バクテリア葉緑体、磁性細菌、シアノバクテリアと出芽酵母核の水和凍結試料に関する解析結果とその生物学的意義を論述している。</p> <p>第七章では、多数の投影電子密度から生体粒子構造の三次元再構成を試みる構造解析法が提案され、出芽酵母核内の DNA 分布イメージングを試みた結果が示されている。さらに、第八章では、現在の課題と将来展望として、データ処理への人工知能の導入や、放射光トモグラフィ実験との連携が提案されている。最後に、第九章において本研究を総括している。</p> <p>以上、本論文の内容をまとめると、著者は、高速データ処理及び客観的に回復電子密度の妥当性を判断可能な方法の開発と実用化に成功し、非結晶生体粒子の構造解析によってその有効性を示すことで、XFEL コヒーレント回折イメージングを細胞生物学における新たなイメージング法として発展させることができた。よって、本研究は、細胞生物学分野に貢献できる回折イメージングの基盤を整え、その可能性を具体的に示したと評価できる。本論文の骨子である第四～六章の内容は、それぞれ学術論文として掲載されており、また、研究内容は、広く理學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(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 4557 号	氏 名	尾木 研三
主論文題目： 小企業の信用リスク評価モデル			
<p>銀行にとって、貸したお金のうち、返ってこない可能性があるお金はいくらなのかという信用リスク量は、経営上最も重要な数値である。融資残高のうち1年後に予想される損失は期待損失 (expected loss: EL)と定義され、融資先が今後1年間にデフォルトする確率 (probability of default: PD) に、万が一デフォルトした場合、残高金額のうちどれだけの金額が回収できないのかという損失率 (loss given default: LGD) を乗じて計算する。そのため、PD や LGD を推計するモデルに関する研究はさまざま行われている。しかし、ほとんどの研究は大企業を対象にしており、わが国の企業数の85%を占める小企業を対象にした研究は少なく、推計精度が低いという課題がある。</p> <p>したがって、本論文では、このような課題を解決するため、小企業の信用リスク評価モデルの精度向上を図る。まず、PD 推計モデルの精度を向上させるために、定性情報とマクロファクターを考慮する手法を考える。大企業向けのモデルは、説明変数として株価や決算書の情報を用いているが、小企業の大半が株式を上場しておらず、決算書よりも経営者の人柄などの定性情報やマクロファクターの重要性が高いからである。もっとも、定性情報を収集するのは手間暇がかかるうえ、人柄やノウハウなどを数値化するのは容易ではないので、定性情報の代理変数として業歴を用いる方法を提案する。また、マクロファクターを考慮する方法はいくつか提案されているが、小企業を対象にした研究は見当たらない。そこで、マクロファクターとして、小企業の前月デフォルト率を用いることが有効であることを明らかにする。</p> <p>次に、LGD を推計するモデルを開発する。小企業融資の大半は担保や保証が付いており、デフォルトしても債権回収できるため、モデル自体が普及していない。ただ、無担保無保証融資が増えており、LGD 推計モデルの必要性が高まっている。この点を踏まえて、本論文では、無担保無保証融資の回収率を推定するモデルを提案する。</p> <p>最後に、EL を計算する際に、個々の企業のPD と LGD との間の相関を考慮する方法を提案する。PD と LGD との間に相関があると、EL が過小評価される可能性がある。そこで、PD と LGD の共通ファクターを見つけ、その共通ファクターをPD モデルと LGD モデルの変数として利用することで過小評価問題を解決できることを明らかにする。</p> <p>本論文では、約100万社の小企業に融資している日本政策金融公庫国民生活事業本部が保有する膨大なデータを使用している。2015年度版中小企業白書・小規模企業白書によると、小規模企業の法人企業数は127.7万社であり、本論文で得られた知見は公庫だけではなく融資活動を行う商業銀行にとっても参考になるものと考えている。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4557 号	氏 名	尾木 研三
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	博士(工学) 枇々木 規雄
	副査	慶應義塾大学教授	博士(工学) 今井 潤一
		慶應義塾大学教授	博士(工学) 高橋 正子
		慶應義塾大学教授	Ph. D 小暮 厚之
<p>商学士、ファイナンス修士（専門職）の尾木 研三君提出の学位請求論文は「小企業の信用リスク評価モデル」と題し、全7章より構成されている。</p> <p>銀行の融資に関連する信用リスク量の評価は、銀行経営で最も重要な課題である。具体的には融資残高のうちデフォルトによって発生すると予想される損失 (expected loss: EL)を推計することが重要であるが、そのためには実務上、デフォルト確率 (probability of default: PD) と、デフォルトした場合に回収できない損失率 (loss given default: LGD) を推計する必要がある。しかし、小企業を対象にした PD や LGD の推計モデルに関する研究は少なく、その推計精度も低いという課題があった。</p> <p>そこで尾木君は、まず、PD 推計モデルの精度を向上させるために、小企業にとって重要な経営者に関する定性情報の代理変数として業歴を用いる方法を提案した。また、マクロファクターとして小企業の前月デフォルト率を用いることが有効であることを明らかにした。次に、無担保無保証融資の増加に伴い、その必要性が高まっている LGD を推計するモデルを開発した。さらに、EL を計算する際に、個々の企業の PD と LGD の間の相関を考慮する方法を提案した。これらのモデルを構築するために、日本政策金融公庫国民生活事業本部が保有する約 100 万社の融資データを使用し、実務で使えるように様々な視点から分析を行い、提案モデルの有用性を明らかにした。</p> <p>第1章では、本論文の背景と目的、および論文構成とその概要を述べている。</p> <p>第2章では、本論文の特徴である小企業の信用リスク評価の現状と課題を示し、その評価に重要な定性情報を中心に大企業とは異なる評価方法について述べている。</p> <p>第3章では、約 100 万件の小規模な法人企業のデータと約 32 万件の個人企業のデータを使用して、業歴を考慮した PD 推計モデルを構築している。業歴別デフォルト率を3次関数で定式化した業歴関数をモデルの説明変数に追加すると、モデル評価の代表的な指標である AR 値 (Accuracy Ratio) が改善されることを明らかにしている。</p> <p>第4章では、マクロファクターとして実績デフォルト率を考慮したPD推計モデルを構築し、推計PDの一致精度を改善できることを明らかにしている。</p> <p>第5章では、約2万件のデータを使って回収率の特徴を担保付、一部担保付、無担保無保証といった保全のタイプに分けて分析し、その必要性が高まっている無担保無保証債権の回収率モデルを構築している。</p> <p>第6章では、個々の企業のPDとLGDには正の相関がある可能性が高いことを検証し、それを考慮したEL推計モデルを提案している。</p> <p>最後に第7章では、本論文のまとめと今後の課題を述べている。</p> <p>以上要するに、本研究においては、小企業を対象とした信用リスク評価モデルを提案し、様々な分析を通して、従来 of 主な研究対象であった大企業に対するモデルとは異なる点を定量的に明らかにした研究成果をまとめたものであり、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 4558 号	氏 名	高 山
主論文題目： Software Defined Control Technology for Wide Area Transport Network (広域トランスポート網のソフトウェアデファインド制御技術)			
<p>クラウドコンピューティングや Internet of Things の普及・発展により、多種多様なサービスを効率的かつ経済的に収容する新たな広域トランスポート網の実現が求められる。既存トランスポート網の構成やプロトコルを大規模化・大容量化した場合、制御システムが大規模化・複雑化することで Operating Expense が大きく上昇する。この問題を解決するために、データセンタや Local Area Network (LAN)へ適用されている Software Defined Networking (SDN)を広域トランスポート網へ拡張することが期待できる。データセンタや LAN と異なり、異なるドメイン/レイヤから構成される広域トランスポート網では、ドメイン/レイヤをまたがる End-to-End パス設定の高速化、管理リソースの増加による制御システム拡張性の劣化の二つの課題解決が必要である。</p> <p>そこで本研究では、高速化をサポートするためのソフトウェアデファインド経路計算エンジンを提案し、その高速性を評価した。また、経路計算エンジンの応用として、メッシュ型接続となる広域トランスポート網の省電力化経路選択への適用を示した。さらには、抽象化を用いた広域トランスポート網制御による管理リソース削減を提案し、実証実験により実現性を明らかにした。</p> <p>まず第 1 章では、ネットワーク制御における特徴や問題点、SDN 化の必要性について述べる。</p> <p>次に第 2 章において、SDN 技術を広域トランスポート網に適用するための課題を明確化し、課題に対する関連研究と第 3 章から第 5 章までに展開される各研究との位置づけを説明する。</p> <p>第 3 章では、広域トランスポート網における End-to-End パス設定高速化を実現するプロセッサチップ内に構築したジオラマ網を用いた集中制御型ソフトウェアデファインド高速経路計算エンジンを提案する。マルチプロセッサを用いて実網トポロジを反映したジオラマ網を構築し、実網上のデータの流れをエミュレーションすることで高速に最短経路を計算する。提案手法をリコンフィギュラブルプロセッサ DAPDNA に実装した結果を示すと共に、ソフトウェア演算比 10 倍の速度で経路を算出可能であることを示す。</p> <p>第 4 章では、第 3 章で述べた集中制御型経路計算エンジンを活用可能な集中・分散ハイブリッド型省電力経路選択手法を述べる。Open Shortest Path First (OSPF)による分散経路選択網に対して、集中制御型経路計算エンジンを用いて動的に各リンクのトラヒック量に応じたコスト最適化を行い、積極的に未利用ノード/ポートを作り出して電源オフにすることで省電力化・管理リソース削減を行う。広域トランスポート網に適用した結果として電源オンリンク数を 20% ~ 50%削減可能であることを示す。</p> <p>第 5 章では、管理リソースを削減するための抽象化を用いた大規模な広域トランスポート網制御の実現手法と実証実験結果を述べる。従来の抽象化は、マルチレイヤ制御の困難性を高める欠点が存在した。大規模な光トランスポートネットワークを単純なレイヤ 2 スイッチに抽象化することでマルチレイヤ制御が実現可能となることを提案し、マルチレイヤ/マルチドメインの SDN トランスポート網接続試験により抽象化アプローチの有効性が確認されたことを示す。</p> <p>最後の第 6 章では、各章のまとめ、本研究の成果を要約するとともに、研究の発展性について言及する。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4558 号	氏 名	高 山
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
		George Mason University	Ph.D in Electrical Engineering Bijan Jabbari
		慶應義塾大学特任教授	博士(工学) 岡本 聡
<p>学士(工学), 修士(工学) 高山君の学位請求論文は, 「Software Defined Control Technology for Wide Area Transport Network」と題し, 全6章から構成される。</p> <p>クラウドコンピューティングや高速モバイル通信, Internet of Things デバイス等の普及により, トランスポートネットワークを流れるトラフィック量は急速な増加を続けている。トランスポートネットワークは様々な伝送装置(スイッチ, ルータ等)およびドメイン(コア, メトロ, アクセス)から構成される。したがって, 増加し続けるトラフィックを効率的に収容するために, これら多種多様かつ膨大な数の伝送装置を効率的に制御する技術が必要となる。さらに, トラフィック量の増加に伴いネットワーク機器の消費電力が増大しており, トラフィックエンジニアリングによる省電力化の実現が要求されている。</p> <p>スケーラブルかつ省電力な次世代のトランスポートネットワークを実現するために, Software Defined Networking (SDN) 技術をトランスポートネットワークに適用することが検討されている。本論文では, 先述した要求を解決し, スケーラブルかつ省電力な広域トランスポートネットワークを実現するための技術について論じ, 必要な要素技術の提案を行っている。本論文は以下のように構成される。</p> <p>第1章は序論であり, 本研究の背景およびSDN技術の必要性を論じている。</p> <p>第2章ではSDN技術を広域トランスポートネットワークに適用する際の課題を提起し, 既存研究を提示している。その上で, 本論文の目的および位置づけを明らかにしている。</p> <p>第3章から第5章にかけて, 具体的な研究内容について述べている。第3章では, 広域トランスポートネットワークにおけるEnd-to-endの高速パス設定を実現する経路計算エンジンを提案している。動的リコンフィギュラブルプロセッサ上に物理ネットワークを模した「ジオラマネットワーク」と呼ぶネットワークを作成し, トラフィックフローをエミュレートすることで, 最短経路を実験的に発見する。提案方式を市販のリコンフィギュラブルプロセッサを用いて実装し, ソフトウェアを用いた既存手法と比較して約1/20の所要時間で最短経路を算出可能であることを示している。</p> <p>第4章では, 第3章で述べた経路計算エンジンに適用可能な, 省電力トラフィックエンジニアリング方式について提案している。一般的なルーティングプロトコルであるOpen Shortest Path Firstを拡張し, 不使用リンクおよび不使用ノードの数を増加させることを目的として, 各リンクに与えられるリンクコストをトラフィック負荷に応じて動的に変更する。計算機シミュレーションにより, 本提案方式の適用により電源オンのリンク数を約20~50%削減可能であることを示している。</p> <p>第5章では, 広域トランスポートネットワークの制御方法として, ネットワークの抽象化により制御装置の数を削減しスケーラビリティを向上させる手法について検討している。複数のドメインおよびレイヤに跨がるネットワークを制御するために, 各ネットワークドメインをレイヤ2スイッチに抽象化し, 共通のコントロールシステムから制御を行う。提案方式の実現可能性を証明するために, 全国規模のネットワークを構築し実証実験を実施したことを報告している。</p> <p>第6章は結論であり, 本研究により得られた結果を総括している。</p> <p>以上要するに, 本論文はSDN技術を用いた広域トランスポートネットワークの制御手法確立のために, ジオラマネットワークを用いた高速経路探索手法, リンクコストの動的変更による省電力トラフィックエンジニアリング手法, ネットワーク抽象化を用いたスケーラブルな広域トランスポートネットワーク制御手法について提示している。これらの研究内容は, 通信ネットワークの効率的な制御を実現し, 高度なネットワークインフラストラクチャを将来にわたり提供・運用していく上で, 工学上寄与する所が大きいと評価される。</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4567号	氏名	野中 純
主論文題目： <p style="text-align: center;">Geometry and growth of hyperbolic Coxeter polyhedra (双曲コクセター多面体の幾何学と増大度)</p>			
<p>各隣接面角がπの整数分割角である凸多面体をコクセター多面体という。n次元双曲空間におけるコクセター多面体の存在・非存在は、最も興味深い研究テーマの1つである。コンパクトなコクセター多面体の例は8次元以下で、体積が有限なコクセター多面体の例は21次元以下の双曲空間で見つかっている。一方、Vinbergは30次元以上の双曲空間にはコンパクトなコクセター多面体が存在しないことを示した。また、Khovanskij と Prokhorov は996次元以上の双曲空間には体積が有限なコクセター多面体が存在しないことを示している。</p> <p>コクセター多面体のうち、すべての隣接面角が$\pi/2$となるものを直角多面体という。双曲空間におけるコンパクトな直角多面体の例は4次元以下で、体積が有限な直角多面体の例は8次元以下でしか見つかっていない。一方、Vinbergは、5次元以上の双曲空間にはコンパクトな直角多面体が存在しないことを示している。さらに、Potyagailo-Vinberg および Dufour よれば13次元以上の双曲空間には体積が有限な直角多面体は存在しない。したがって、5次元以上の双曲空間において、体積が有限な直角多面体は非コンパクトであり、必ずカスプをもつ。これらの結果から、双曲空間の次元が上がるにつれ、コンパクトに近い直角多面体は存在しづらくなる、すなわち多くのカスプをもつような直角多面体しか存在しえないことが予想される。本論文では、6次元以上の双曲空間における直角多面体をもつカスプの数について、下からの評価を得た。例えば、6次元の場合、直角多面体は3個以上のカスプをもち、7次元の場合は17個以上のカスプをもつ。12次元の場合は、2200個以上のカスプをもつことまでわかった。これらの評価は、先の予想への肯定的な解答を与えている。</p> <p>双曲空間におけるコクセター多面体の増大度も、興味深い研究対象である。ここでいう増大度とは、コクセター多面体の各面における鏡映を生成元とする鏡映変換群の増大度のことである。低次元双曲空間におけるある特定のコクセター多面体の増大度は、特別な代数的整数になることが知られている。例えば、2または3次元双曲空間におけるコンパクトなコクセター多面体の増大度は Salem 数になることが、Cannon-Wagreich, Parry によって示されている。本論文では、3次元双曲空間における理想コクセター多面体の増大度が Perron 数になることを示した。ここでいう理想コクセター多面体とは、双曲空間の境界にのみ頂点をもつコクセター多面体のことである。また、この多面体の中で最小の増大度をもつものを決定した。さらに、2つの理想コクセター多面体P, P'を貼り合わせることでできる多面体$P*P'$がまた理想コクセター多面体となるならば、$P*P'$の増大度は、P, P'の増大度よりも大きくなることを示した。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4567 号	氏 名	野中 純
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	博士(理学) 井関 裕靖
	副査	慶應義塾大学教授	博士(理学) 栗原 将人
		慶應義塾大学准教授	博士(理学) 亀谷 幸生
		慶應義塾大学准教授	博士(数理学) 勝良 健史

学士（理学）、修士（理学）野中純君提出の学位請求論文は、「Geometry and growth of hyperbolic Coxeter polyhedra（双曲的コクセター多面体の幾何学と増大度）」と題し、全6章から成っている。

非ユークリッド幾何学のモデルの一つとして知られている双曲幾何学（双曲空間の幾何学）においては、ユークリッド平面の幾何学の基礎をなす平行線の公準が成り立たない。そのため、双曲空間の多面体は、通常のユークリッド空間の多面体とは著しく異なる性質を有する。例えば、双曲平面の三角形の内角の和は常に π より小さくなる。多面体を面で折り返すことを繰り返して平面（あるいは空間）を埋め尽くすことを「平面（あるいは空間）の多面体によるタイル張り」という。ユークリッド平面の三角形によるタイル張りは三角形の内角の和が π に限ることに由来して3種類に限ることが容易に分かるが、双曲平面の三角形によるタイル張りは無限個存在する。このように双曲空間のタイル張りには、ユークリッド空間のタイル張りより遥かに豊かな例があり、興味深い幾何学的研究対象となっている。本論文において、著者は、双曲空間のタイル張りを与える多面体（コクセター多面体という）およびタイル張りの対称性を表す鏡映変換群について、次元によって著しく異なるその様相の一端を明らかにするとともに、とくに3次元の場合に詳細な記述を与え、双曲空間におけるコクセター多面体に関する新たな知見を与えている。

第1章は序章であり、双曲幾何学の起源に遡ってこれまでの研究を概観し、本論文の4つの主定理の主張、および本論文の構成を述べている。

第2章では双曲幾何学についての基礎的な事項を整理し、双曲空間の鏡映変換群について、また第3章ではコクセター多面体について解説している。

第4章では、3次元のコクセター多面体の組合せ的な構造について詳細に論じている。とくに特殊なコクセター多面体である直角多面体については、その面の数に関して、組合せ的な手法により、精密な議論がなされている。ここで得られた幾つかの補題が、後の章での主定理の証明において重要な役割を果たす。また、3次元の直角多面体に関して得られた補題を下に、直角多面体のカスプの数に関する主定理1の6次元の場合の証明を与えている。

第5章では、第4章で得られた結果を基に、主定理1の高次元の場合の証明を完結させている。

第6章では、コクセター多面体に付随する鏡映変換群の増大度という概念を導入し、3次元理想コクセター多面体（すべての頂点を理想境界上にもつコクセター多面体）に付随する鏡映変換群の増大度に関する主定理2、3、4の証明を与えている。主定理2では3次元理想コクセター多面体に付随する鏡映変換群の増大度がペロン数と呼ばれる特殊な代数的整数になることを明らかにし、主定理3では最小の増大度をもつ鏡映変換群を与える3次元理想コクセター多面体を完全に決定している。また、主定理4では、3次元理想コクセター多面体を貼り合わせて得られる3次元理想コクセター多面体に付随する鏡映変換群の増大度が元の多面体に付随する鏡映変換群の増大度以上になることを示し、鏡映変換群の増大度と多面体の幾何学の間に関係深い関係があり得ることを示唆している。

このように、本論文は、3次元双曲空間のコクセター多面体の組合せ構造に関する詳細な研究を基にして得られた、双曲的コクセター多面体に関する新たな成果をまとめたものであり、その成果はこの分野のさら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（理学）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 4568 号	氏 名	外田 脩
主論文題目： A Study of Online Learning with Multiple Kernels and Variable Metric (複数の再生核と時変計量に基づくオンライン学習法の研究)			
<p>近年、広域センサ網やスマートグリッドなど、多数のセンサから大量のデータを取得し、価値ある情報（通信路情報、発電設備の磨耗状態、インフラ設備の破損有無など）を抽出する信号処理技術に注目が集まっている。大容量データ（ビッグデータ）を一括処理するには、高負荷の計算を長時間実行する必要があり、計算機故障の原因となる。また、時々刻々と最新のデータが取得される場合、その都度、再計算が必要となり、一括処理による学習は現実的に困難である。そのため、データを取得する毎に線形オーダの計算量で処理して最新の情報を抽出する信号処理技術が待望されている。しかし、このようなオンライン学習法では、学習アルゴリズムで用いる計量と再生核を適切に設計することは一般に困難である。本研究では、時変計量と複数の再生核を用いることで、適切な計量と再生核を適応的に推定する機能を備えたオンライン学習法の構築を目的としている。</p> <p>本論文は6章で構成されている。</p> <p>第1章は、本論文の背景と概要を述べている。</p> <p>第2章は、本論文の主要成果を述べるための基礎事項（近接写像、時変計量射影、再生核など）を説明している。</p> <p>第3章は、時変計量に着目した新たな適応アルゴリズム metric-combining normalized least mean square (MC-NLMS)法を提案している。提案法は、異なる先験情報に基づく複数の計量行列の凸結合として適切な計量を設計することで、正規化 LMS (NLMS) 法の収束速度を改善することができる。MC-NLMS 法の具体例として、2種類の計量行列の凸結合を取ることで各計量の利点を適切に引き出す natural proportionate NLMS 法を導出し、improved proportionate NLMS 法に対する優位性を実証している。また、MC-NLMS 法の音響エコーキャンセラへの応用例を示している。</p> <p>第4章は、有界な台を持つ再生核（compactly supported kernel, CSK）に着目し、再生核適応フィルタの計算量（乗算回数）の削減法を提案している。CSK は入力台に含まれる時に限り非零値を取る。提案法は、(i) l_1-ノルムに基づく台推定を行った後に、(ii) l_2-ノルムに基づく厳密な台推定を行う。この2ステップ処理により、フィルタ係数の更新に必要な計算量が大幅に削減されることを示している。</p> <p>第5章は、generalized forward-backward splitting (GFBS) 法をオンライン型に拡張した適応アルゴリズム (adaptive GFBS) 法を導出し、多核適応アルゴリズムに基づくオンライン学習法を提案している。本章では、適切なガウス核に関する先験情報が事前に取得できない状況を想定している。そのため、オンライン学習法は、適切なガウス核をデータから推定する必要がある（モデル選択問題と呼ぶ）。データ忠実項（可微分）と2つの正則化項（非可微分なデータ選択項と再生核選択項）の和でコスト関数を設計している。非可微分な正則化項は近接写像の計算が容易であるため、adaptive GFBS 法が適用できる。これにより、モデル選択と関数推定を同時に行うオンライン学習法を実現している。実測の地形モデルを用いた数値実験により、提案法の有効性を実証している。</p> <p>第6章は、本論文で得られた結果を総括し、今後の研究に関する展望を述べている。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4568 号	氏 名	外田 脩
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	工学博士 足立 修一
		慶應義塾大学教授	博士(工学) 眞田 幸俊
		慶應義塾大学准教授	博士(工学) 湯川 正裕
<p>学士（工学）、修士（工学）外田脩君の学位請求論文は「A Study of Online Learning with Multiple Kernels and Variable Metric」（複数の再生核と時変計量に基づくオンライン学習法の研究）と題し、6章から構成されている。</p> <p>近年、広域センサ網やスマートグリッドなど、多数のセンサから大量のデータを取得し、価値ある情報（通信路情報、発電設備の磨耗状態、インフラ設備の破損有無など）を抽出する信号処理技術が注目されている。最新のデータが時々刻々取得される状況においては、その都度、最適解を再計算する必要があり、一括処理による学習は現実的に困難である。そのため、データを取得する毎に近似解を、線形オーダの計算量で、逐次的に更新するオンライン学習アルゴリズムが待望されている。この問題は、非線形関数の適応推定問題として定式化できる。しかしながら、学習アルゴリズムで用いる計量と再生核を事前に適切に設計することは一般に困難である。本研究では、時変計量と複数の再生核を用いることで、計量と再生核を適応的に推定する機能を持つオンライン学習法を構築することを目的としている。</p> <p>第1章は序論であり、本研究の背景と先行研究を紹介し、本論文の概要を述べている。</p> <p>第2章では、本論文の主要成果を述べるための基礎事項（近接写像、Moreauエンベロープ、計量射影、再生核など）を説明している。</p> <p>第3章では、時変計量に着目した適応アルゴリズムMetric-combining normalized least mean square (MC-NLMS)法を提案している。提案法は、異種の先験情報に基づく複数の計量行列の凸結合として適切に設計された計量を利用するため、収束特性の大幅な改善ができる。MC-NLMS 法の具体例として、2種類の計量行列の利点を最大限に引き出すNatural proportionate NLMS 法を導出し、既存法に対する優位性を実証している。また、MC-NLMS 法の音響エコーキャンセラへの応用例を示している。</p> <p>第4章では、有界な核を持つ再生核（Compactly supported kernel, CSK）に着目し、再生核適応フィルタの計算量を削減するための手法を提案している。提案法は、(i) L_1-ノルムに基づく台推定を行った後、(ii) L_2-ノルムに基づく厳密な台推定を行う。この2ステップ処理により、フィルタ係数の更新に必要な計算量が大幅に削減されることを示している。</p> <p>第5章では、Generalized forward-backward splitting (GFBS) 法をオンライン型に拡張した適応GFBS法を導出し、多核適応アルゴリズムに基づくオンライン学習法を提案している。本章では、適切なガウス核に関する先験情報が事前に取得できない状況を想定している。そのため、適切なガウス核をデータから推定する必要があり、これをモデル選択問題と呼ぶ。データ忠実項（可微分）と2つの正則化項（非可微分なデータ選択項と再生核選択項）の和でコスト関数を設計している。非可微分な正則化項は近接写像の計算が容易であるため、適応GFBS法が適用できる。これにより、モデル選択と関数推定を同時に行うオンライン学習法を実現している。実測の地形モデルを用いた数値実験により、提案法の有効性を実証している。</p> <p>第6章では、本論文で得られた結果を総括し、今後の研究に関する展望を述べている。</p> <p>以上要するに、本研究では、非線形関数の適応推定問題において、時変計量・CSK・多核適応アルゴリズムに基づく手法を提案し、その有効性をシミュレーションで実証しており、信号処理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 4569 号	氏 名	吉岐 航
主論文題目： Dynamic control of ultra-high Q silica toroid optical microcavities (超高 Q 値シリカトロイド微小光共振器の動的制御)			
<p>シリカガラスは、光の吸収や散乱が小さく加工も容易なことから、光ファイバ、光カップラや光フィルタを含むパッシブな光学素子の材料として広く用いられてきた。その一方で、シリカガラスは非線形光学定数が小さく、キャリア注入や電界印可による光制御も困難である。それ故に、シリカガラスは優れた光学特性を持つにも関わらず、光スイッチや光メモリを始めとするアクティブな光学素子にはほとんど用いられてこなかった。しかしながら、高 Q 値かつ小さなモード体積を有する微小光共振器を用いると、非線形光学定数が小さい材料を用いた場合でも、効率的に光を制御できることに、近年注目が集まっている。特に、非線形光学効果によって光共振器の特性を時間的に変化させることで実現される光制御は動的制御と呼ばれ、光スイッチ、光メモリや光周波数変換素子への応用が期待される。本研究では、超高 Q 値シリカトロイド微小光共振器の動的制御を、光カー効果を用いて実現し、全光スイッチ、全光メモリ、光周波数変換素子、全光バッファへと応用することを目的とする。</p> <p>第 1 章では、本研究の背景および目的を概説した。</p> <p>第 2 章では、本研究で用いるシリカトロイド微小光共振器の基礎理論、作製及び光学測定の手法について述べた。</p> <p>第 3 章では、シリカトロイド微小光共振器中にて生じる、光カー効果と熱光学効果の 2 つの非線形光学効果に関する理論モデルを構築し、光共振器を用いた全光メモリの実現可能性を確かめた。</p> <p>第 4 章では、光カー効果を用いた全光スイッチの実証実験を、シリカトロイド微小光共振器を用いて行い、2.1 mW の入力光パワーでスイッチング動作が得られることを示した。さらに、Q 値が 10^7 を超える微小光共振器を用いることにより必要な入力光パワーを 36 μW 程度まで低減可能であることを明らかにした。</p> <p>第 5 章では、断熱的周波数変換過程を利用した光周波数変換動作について示した。超高 Q 値をもつシリカトロイド微小光共振器と高速な光カー効果を組み合わせることにより、周波数変換量、変換時間幅、変換回数を自在に制御できる断熱的周波数変換動作を実現した。また、光周波数変換動作の前後での光の位相差が光出力に与える影響を明らかにした。</p> <p>第 6 章では、シリカトロイド微小光共振器中の超高 Q 値の光モード間の強結合を時間領域で観測した。本章で構築した数値モデルおよび実験技術は第 7 章の理論と実験で利用される。</p> <p>第 7 章では、遅延量可変な全光バッファを理論と実験の両面から実証した。2 つのシリカトロイド微小光共振器それぞれが持つ超高 Q 値な光モードと低 Q 値な光モードとを結合させ、それらの結合を光カー効果によって動的に制御することで、遅延量を制御可能な全光バッファ動作を実現した。</p> <p>第 8 章では、各章で得られた知見をまとめ、本研究の総括を行った。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4569 号	氏 名	吉岐 航
論文審査担当者：	主査 慶應義塾大学准教授	博士(工学)	田邊 孝純
	副査 慶應義塾大学教授	工学博士	神成 文彦
	慶應義塾大学教授	博士(工学)	津田 裕之
	慶應義塾大学教授	工学博士	山中 直明
	慶應義塾大学特別招聘准教授(国際) Ph.D. ブロイニツヒ, イング		
<p>学士(工学), 修士(工学), 修士(商学) 吉岐航君提出の学位論文は「Dynamic control of ultra-high Q silica toroid optical microcavities」(超高 Q 値シリカトロイド微小光共振器の動的制御)と題され、8章から構成されている。</p> <p>シリカガラスは、光の吸収や散乱が小さく加工も容易なことから、光ファイバ、光カプラや光フィルタを含むパッシブな光学素子の材料として広く用いられてきた。その一方で、シリカガラスは非線形光学定数が小さく、キャリア注入や電界印加による光制御も困難である。それ故に、シリカガラスは優れた光学特性を持つにも関わらず、光スイッチや光メモリを始めとするアクティブな光学素子にはほとんど用いられてこなかった。しかしながら、高 Q 値かつ小さなモード体積を有する微小光共振器を用いると、非線形光学定数が小さい材料を用いた場合でも、効率的に光を制御できることに、近年注目が集まっている。特に、非線形光学効果によって光共振器の特性を時間的に変化させることで実現される光制御は動的制御と呼ばれ、光スイッチ、光メモリや光周波数変換素子への応用が期待される。本研究は、超高 Q 値シリカトロイド微小光共振器の動的制御を、光カー効果を用いて実現し、全光スイッチ、全光メモリ、光周波数変換素子、全光バッファへと応用することを目的としている。</p> <p>第1章では、本研究の背景および目的が概説されている。</p> <p>第2章では、本研究で用いるシリカトロイド微小光共振器の基礎理論、作製、および光学測定の手法について述べられている。</p> <p>第3章では、シリカトロイド微小光共振器中にて生じる、光カー効果と熱光学効果の2つの非線形光学効果に関する理論モデルが構築され、光共振器を用いた全光メモリの実現可能性が確かめられている。</p> <p>第4章では、光カー効果を用いた全光スイッチの実証実験が、シリカトロイド微小光共振器を用いて行われている。光カー効果を用いた素子としては世界最小の入力光パワー2.1 mWにて、スイッチング動作が得られることが示されている。さらに、Q 値が 10^7 を超える微小光共振器を用いることにより必要な入力光パワーを 36 μW 程度まで低減可能であることが明らかにされている。</p> <p>第5章では、断熱的周波数変換過程を利用した光周波数変換動作が示されている。超高 Q 値をもつシリカトロイド微小光共振器と高速な光カー効果を組み合わせることにより、周波数変換量、変換時間幅、変換回数を自在に制御できる断熱的周波数変換動作が実現されている。また、光周波数変換動作の前後での光の位相差が光出力に与える影響が明らかにされている。</p> <p>第6章では、シリカトロイド微小光共振器中の超高 Q 値の光モード間の強結合が時間領域で明瞭に観測されている。</p> <p>第7章では、遅延量可変な全光バッファが理論と実験の両面から実証されている。2つのシリカトロイド微小光共振器それぞれが持つ超高 Q 値な光モードと低 Q 値な光モードとを結合させ、それらの結合を光カー効果によって動的に制御することで、遅延量を制御可能な全光バッファ動作が実現されている。</p> <p>第8章では、各章で得られた知見をまとめ、本研究の総括が行われている。</p> <p>以上要するに、本研究は非線形光学制御の省エネルギー化と高機能化を実現したものであり、光エレクトロニクス分野において、これらの成果は工学上、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>			

Thesis Abstract

Registration Number	“KOU” No.4570	Name	Panca dewi pamungkasari
<p>Thesis Title</p> <p style="text-align: center;">Cyclic Delay Estimation Schemes in Time Domain Cyclic Selective Mapping for Orthogonal Frequency Division Multiplexing Systems</p>			
<p>Orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) is a multicarrier transmission technique that has been recently adopted in many wireless communication standards. It has many advantages such as robustness to multipath fading and high spectrum efficiency. In spite of these advantages, OFDM suffers from its high peak-to-average power ratio (PAPR) signal which has become severe constraint in OFDM systems. The high PAPR may drive a power amplifier (PA) into a saturation region, cause interference among subcarriers, and corrupt the spectrum of the signal. In order to reduce the PAPR of the OFDM signal, many PAPR reduction schemes have been proposed and analyzed.</p> <p>Time domain cyclic-selective mapping (TDC-SLM) has been proposed to reduce the PAPR. At the transmitter side, the signal candidates (SCs) are generated by summing the original signal and its cyclic delayed versions. The SCs with the lowest PAPR are chosen for transmission. The conventional TDC-SLM scheme requires sending the amounts of cyclic delays as side information (SI) at a receiver side. In this dissertation, cyclic delay estimation schemes at the receiver side are proposed. The proposed schemes omit the transmission of the SI and improve the throughputs of the OFDM systems by up to 10%.</p> <p>Chapter 1 introduces the OFDM concept and wireless communication standards and the background of the research. The PAPR reduction schemes are then overviewed. The motivation of the research is represented in the last part of this chapter.</p> <p>In Chapter 2 a delayed correlation (DC) estimation scheme for TDC-SLM at the receiver side is investigated. At the transmitter side, only one mapping branch is assumed and a SC with the lowest PAPR is applied. At the receiver, DC is used to estimate the cyclic delay. The DC process multiplies the received signal in the time domain with the conjugate of the guard interval (GI) sequence. The PAPR reduction, the bit error rate performance, and the accuracy rate of the estimation are evaluated under various channel conditions.</p> <p>Chapter 3 proposes a DC-matched filtering (DC-MF) scheme that improves the DC estimation scheme in Chapter 2. The use of the MF makes the receiver be able to estimate the cyclic delays due to the generation of the SCs from multiple branches. TDC-SLM places the DC-MF after the frequency domain equalization (FDE) to remove the multipath components of the received signal. This proposed scheme is also evaluated with the nonlinear PA.</p> <p>Chapter 4 summarizes the results of each chapter and concludes this dissertation.</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4570 号	氏 名	Panca dewi pamungkasari
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	博士(工学) 眞田 幸俊
	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	博士(工学) 大槻 知明
		慶應義塾大学教授	工学博士 池原 雅章
<p>学士(工学), 修士(工学) Panca dewi pamungkasari 君提出の学位請求論文は「Cyclic Delay Estimation Schemes in Time Domain Cyclic Selective Mapping for Orthogonal Frequency Division Multiplexing Systems」(直交周波数分割多重システムのための時間領域サイクリック選択マッピング法におけるサイクリック遅延量推定法)と題し, 4章から構成されている。</p> <p>直交周波数分割多重(Orthogonal Frequency Division Multiplexing: OFDM)はマルチキャリア方式の一つであり, 近年多数の無線通信規格に採用されている。OFDM システムはマルチパスフェージングに耐性があり, また周波数利用効率が高いなどの利点がある。しかし, OFDM システムの課題は送信信号の最大電力対平均電力比(Peak-to-Average Power Ratio: PAPR)が高いことである。高い PAPR は送信側の電力増幅器を非線形領域で動作させ, その結果として OFDM システムのサブキャリア間で干渉が発生し, 信号のスペクトルが乱れる。OFDM システムにおける PAPR を低減するために多くの方式が提案されている。</p> <p>時間領域サイクリック選択マッピング法(Time Domain Cyclic-Selective Mapping: TDC-SLM)は PAPR を低減する手法の一つである。送信側では候補信号(Signal Candidate: SC)を送信信号とそのサイクリック遅延させた信号を合成することによって生成する。送信機は候補信号の中で最も PAPR が低い信号を選択し, 送信する。従来の TDC-SLM 方式では受信側にサイクリック遅延量をサイド情報(Side Information: SI)として送信する必要があった。本論文ではサイクリック遅延量を受信側で推定する方式を提案している。提案方式は SI の送信を不要にし, OFDM システムのスループットを最大 10%改善している。</p> <p>第 1 章は序論であり, OFDM システムの基礎, 無線通信規格, および本研究の背景を説明している。PAPR 低減方式を概観し, 本研究の目的をこの章の最後に述べている。</p> <p>第 2 章は TDC-SLM のための受信機側における遅延相関方式について検討している。送信側では 1 マッピングブランチを想定し, 最小の PAPR に対応した SC を選択する。受信機の遅延相関処理では受信信号を時間領域でガードインターバル部分と乗算する。本章では提案方式の PAPR 低減効果, ビット誤り率特性などを様々な通信条件で評価している。計算機シミュレーションの結果, 提案方式はビットエネルギー対雑音スペクトル密度比 8.0 dB で 100%の推定精度を達成している。</p> <p>第 3 章は遅延相関出力を相関フィルタで合成することによって, 第 2 章で示された方式よりサイクリック遅延の推定精度が改善することを示している。また提案 TDC-SLM は, 遅延相関器および相関フィルタを周波数領域等化後に適用する。周波数領域等化を適用することにより受信信号のマルチパス成分を取り除くことができる。本章では非線形電力増幅器を用いた環境でも提案方式を評価している。この方式は第 2 章で提案した方式に対して, さらに 2.0 dB 特性を改善している。</p> <p>第 4 章は結論として各章の内容をまとめ, 本研究の成果を要約している。</p> <p>以上要するに, 本研究は信号間の相関を利用したサイクリック遅延量検出方式を提案したものであり, 無線通信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4571号	氏名	上野 大樹
主論文題目： Mathematical Analysis on the Thin Film Approximation for the Flow of a Viscous Incompressible Fluid down an Inclined Plane (斜面を下る非圧縮性粘性流体の流れに対する薄膜近似の数学解析)			
<p>本論文は、2次元空間において重力と表面張力の影響下で斜面を下る非圧縮性粘性流体の流れに対する薄膜近似の数学解析を論じたものである。そのような流体の運動は数学的には非圧縮性 Navier-Stokes 方程式に対する自由境界問題として定式化されるが、これまでに数多くの近似方程式がより単純なモデルとして提唱され、解析されてきた。これらの近似方程式は、形式的には現象の代表波長と液膜の厚みの比である無次元パラメーター δ が十分小さいと仮定して、無次元化 Navier-Stokes 方程式を δ に関して摂動展開することによって得られる。その際、非線形パラメーターと Weber 数に δ の適当なオーダーを課すことにより、現象に応じた様々な近似方程式が得られる。このような近似は薄膜近似と呼ばれ、1966年に Benney によって提唱されて以来幅広く応用されているが、近似方程式の解が Navier-Stokes 方程式の解をどのように近似しているかという理論的研究はなされてこなかった。本論文では、Navier-Stokes 方程式に対する初期値問題の解の δ に関する一様評価を導出し、それを用いて Navier-Stokes 方程式の解と近似方程式の解との誤差評価を数学的に厳密に与える。</p> <p>第1章は序論で、問題の背景と本論文の目的を述べる。さらに、本論文で用いる記号や不等式を説明する。特に、δ の重みを付けた Korn の不等式と trace 定理を述べる。</p> <p>第2章では、方程式系を無次元化したのち、δ の重みを考慮して調和拡張した液面の振幅関数を用いた微分同相写像を構成し、自由境界問題を固定境界問題に変換する。そして、本論文における2つの主定理を述べる。</p> <p>第3章では、初期値、斜面の傾斜角、および Reynolds 数が十分小さいという仮定の下、Navier-Stokes 方程式に対する初期値問題の解の δ に関する一様評価を導出する。エネルギー評価が証明の鍵となるが、通常のエネルギー法では低階項の処理が不可能で、δ に関する一様評価が得られない。本章では、低階項と高階項を異なる手法で評価し、δ の重み付きエネルギーを導入することでエネルギー評価を完成させる。また、非線形評価においては、斜面方向と垂直方向の微分に対する δ の重みが異なることを考慮した評価が実行されている。特に、圧力を含む非線形項の評価に際しては、圧力項の楕円型評価と新たに導入した散逸関数に含まれる圧力項を利用した評価を組み合わせることにより、δ に関する一様評価を得ている。</p> <p>第4章では、Benney の方法に従って、パラメーターに関する適当な仮定の下で、近似方程式として Burgers 方程式や4階の消散項や3階の分散項をもつ Burgers 方程式を導き、それらの解を用いて Navier-Stokes 方程式の近似解を構成する。そして、前章の仮定に加え、斜面方向への周期性を仮定し、近似方程式と Navier-Stokes 方程式の解の誤差が $O(\delta)$ であること、および遅い時間スケールに対して一様かつ指数的に減衰することを示す。その証明には、Navier-Stokes 方程式の解の δ に関する一様有界性を導いたエネルギー評価を用いる。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4571 号	氏 名	上野 大樹
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	博士(理学) 井口 達雄
	副査	慶應義塾大学教授	理学博士 下村 俊
		慶應義塾大学教授	工学博士 杉浦 壽彦
		慶應義塾大学名誉教授	理学博士 谷 温之

学士 (理学), 修士 (理学), 上野大樹君提出の学位請求論文は「**Mathematical Analysis on the Thin Film Approximation for the Flow of a Viscous Incompressible Fluid down an Inclined Plane** (斜面を下る非圧縮性粘性流体の流れに対する薄膜近似の数学解析)」と題し, 本文 4 章と付録から構成されている。

斜面を流れる薄い液体の表面には様々な流れのパターンが生じる. その流れは古くから研究されており, 非圧縮性粘性流体の基礎方程式系である **Navier-Stokes** 方程式の自由表面問題として数学的に定式化される. 斜面が平らな場合, 液面も平らで速度分布が半放物線型となる層流がその定常解として存在する. **Reynolds** 数が小さい場合その層流は安定であるが, ある臨界値を越えると不安定化し液面に波のパターンが生じる. **Benjamin (1957)**はその臨界 **Reynolds** 数を導出し, **Gjevik (1970)**は表面張力の影響を取り込み有限振幅の波が存在することを説明している.

一方, **Benney (1966)**は平均的な液膜の厚みと流れ方向の代表波長との比として微小な無次元数 δ を導入し, δ に関する摂動展開法を用いて **Navier-Stokes** 方程式の自由表面問題から液膜の振幅に対する閉じた非線形偏微分方程式を導出した. さらに, 波の弱非線形性を仮定することにより, **Burgers** 方程式をはじめ様々な近似方程式が提唱されている. このような近似方程式を用いると, **Benjamin** の臨界 **Reynolds** 数や **Gjevik** の結果などが統一的に理解される.

本論文は, 斜面を流れる液体が平面的な運動をしていることと **Reynolds** 数と斜面の傾斜角が小さいという仮定の下, **Navier-Stokes** 方程式の自由表面問題の解と **Burgers** 方程式を含めた 4 つの近似方程式の解との誤差評価を, 無次元数 δ を用いて理論的に与え, その近似の意味を明確に示したものである.

第 1 章は, 序論であり, 斜面を流れる液膜に対するこれまでの研究の歴史を, 主として数学面から遡り, 本研究の背景と位置付け, 問題設定が行われている.

第 2 章では, 基礎方程式系が無次元化され, 微分同相写像により自由表面問題が固定された領域上の問題に変換されている. 特に, 無次元化された方程式系は 2 つの空間方向に関して異方性をもつため, それに応じた微分同相写像が構成されている. そして, 本論文の 2 つの主定理, すなわち, 基礎方程式系の解の無次元数 δ に関する一様有界性および 4 つの近似方程式の解と基礎方程式系の解との誤差評価が述べられている.

第 3 章では, 無次元化した基礎方程式系の解の一様有界性が, エネルギー法を用いて証明されている. 空間方向に関する異方性により, 通常の数値積分を用いた議論は破綻してしまう. それを回避するため, 著者は新しい積分量を提案し, その時間発展を解析している. 変換された基礎方程式系は非常に複雑な非線形項を含むが, それらを丁寧に分類し精密で膨大な計算を行うことによって, 解の一様有界性の証明に成功している.

第 4 章では, 基礎方程式系の解と近似方程式の解との誤差評価が証明されている. その証明では, まず液面の振幅に対する近似方程式の解を用いて基礎方程式系の近似解が構成されている. 次に, 著者は第 3 章で確立した解の評価を適用し, 誤差評価を理論的に与えることに成功している.

以上, 要するに, 本論文の著者は基礎方程式系の解と近似方程式の解との誤差評価を理論的に与えることにより, 薄膜近似の正当性の証明に成功した. 特に, 基礎方程式系の解の一様有界性を導く新しい積分量を提案し, その有効性を示したことは理学上益することが少なくない.

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.

内容の要旨

報告番号	甲 第4572号	氏名	倉科 佑太
主論文題目： 金属製培養基材の固有振動による接着性細胞の剥離			
<p>再生医療は機能不全に陥った組織や臓器を再生する新たな医療であり、近年めざましく発展している。これにともなって、高効率な細胞培養技術の確立が求められている。とくに、多くの組織を構成する接着性細胞の培養効率の向上は急務であり、培養過程における細胞の剥離、回収方法の効率化が期待されている。本研究では、超音波領域で振動する面が放射圧を発生することに注目し、培養基材の固有振動を利用して基材から接着性細胞を剥離する手法を提案する。すなわち、超音波領域の固有振動を励振できる細胞培養デバイスを開発し、活性の高い細胞を効率的に基材から剥離する手法を確立し、細胞の活性を維持した状態で培養基材から剥離することを目的とする。</p> <p>はじめに、細胞に超音波振動を付与できるよう、振動特性に優れた金属材料を用いて細胞培養器を製作した。生体適合性に優れた金属材料としてSUS316Lを選定し、微粒子ピーニング (FPP) 処理により表面処理した試験片上で細胞の増殖性や仮足の伸展を評価した。この結果、アルミナ粒子により FPP 処理した培養面には高周波な微視的凹凸が形成され、鏡面処理した試験片やシリカ粒子を用いて FPP 処理した試験片と比べて細胞の増殖性が高いことを明らかにした。このため、アルミナ粒子により FPP 処理した SUS316L 培養基材を用いて金属製培養器を構成して細胞を培養した結果、一般的なポリスチレン製培養ディッシュと同等の細胞増殖性を示すことを明らかにした。</p> <p>つぎに、金属製培養基材を超音波振動子として構成し、振動を用いた細胞の剥離を試みた。具体的には、圧電素子によって所望の振動モードを励振可能な培養基材を設計、製作した。その後、一般的な剥離酵素であるトリプシンと固有振動を用いて基材から細胞を剥離した。この結果、振幅と基材に残存する細胞の数が反比例すること、トリプシンの濃度を薄めると剥離された細胞、あるいは基材に残存した細胞の増殖性が向上することが明らかとなった。なお、この方法で剥離された細胞数は、トリプシンとピペッティングによる剥離方法と同等であり、細胞の活性は優位に向上する。</p> <p>さらに、トリプシンよりも細胞剥離能力が低い酵素であるコラゲナーゼと固有振動を用いて細胞の剥離を試みた。この剥離方法はトリプシンとピペッティングによる剥離方法と同等の剥離性能を有し、剥離後の細胞の増殖性は有意に高いことを明らかにした。加えて、トリプシンを用いた際に損傷する細胞表面が、コラゲナーゼと固有振動を用いた際には損傷しないことが確かめられた。</p> <p>最後に、温度刺激と固有振動を用いて細胞の剥離を試みた。この結果、一般的なトリプシンとピペッティングを用いた剥離方法に対して78%の細胞数を剥離できることが示された。また、細胞剥離酵素を使用しない本手法では、酵素による細胞膜の損傷なく細胞を剥離、回収できることを確かめた。ただし、この手法で回収された細胞は温度低下の影響により一時的に増殖性が低下し、回収直後の増殖性はトリプシンとピペッティングで回収された細胞と同等であった。</p> <p>以上より、振動を励振できる金属製培養器を具現化し、培養基材の固有振動を用いて従来の細胞剥離手法より優れた細胞剥離手法を構築し、その有効性を示した。上記の結果から、細胞を剥離する際には、細胞の仮足の接着を低減する剥離のきっかけと固有振動のように細胞に物理的な刺激を組み合わせることで活性を維持した状態で細胞を剥離、回収することができることを明らかとした。とくに酵素を用いない場合には、細胞の表面にタンパク質が残存することを確認した。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4572 号	氏 名	倉科 佑太
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学准教授	博士(工学) 竹村 研治郎
	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	工学博士 小茂鳥 潤
		慶應義塾大学准教授	博士(情報理工学) 尾上 弘晃

学士(工学), 修士(工学), 倉科佑太君提出の学位請求論文は「金属製培養基材の固有振動による接着性細胞の剥離」と題し, 本論 6 章により構成されている。

近年の再生医療の発展に伴って, 高効率な細胞培養技術の確立が求められている。特に, 生体組織を構成する接着性細胞の培養効率の向上は急務であり, 培養過程における細胞の剥離, 回収の効率化が期待されている。本論文はこうした細胞培養過程に対して, 培養基材の固有振動を利用して基材から接着性細胞を剥離する手法について論じたものである。すなわち, 超音波領域の固有振動を励振できる細胞培養デバイスを開発し, 活性の高い細胞を効率的に基材から剥離する手法を確立することを目的としている。各章の内容は以下の通りである。

第 1 章は緒論であり, 研究の背景, 関連研究の動向をまとめ本研究の目的を述べている。

第 2 章では, 細胞に超音波振動を付与できるように, 振動特性に優れた金属材料を用いて細胞培養器を製作している。生体適合性に優れた金属材料として SUS316L を選定し, 微粒子ピーニング (FPP) 処理を施した試験片上で細胞の増殖性や仮足の伸展を評価した結果, アルミナ粒子により FPP 処理した培養面には微視的凹凸が形成され, 鏡面処理した試験片やシリカ粒子を用いて FPP 処理した試験片と比べて細胞の増殖性が高いことを明らかにしている。続いて, アルミナ粒子により FPP 処理した SUS316L 培養基材を用いて金属製培養器を構成し, それを用いて細胞を培養した結果, 一般的なポリスチレン製培養ディッシュと同等の細胞増殖性を示すことを明らかにしている。

第 3 章では, 金属製培養基材を超音波振動子として構成し, 振動を用いた細胞の剥離を試みている。有限要素法を用いて培養基材の振動モードを求め, 圧電素子によって所望の振動モードを励振可能な培養基材を設計, 製作した後, 一般的な細胞剥離酵素であるトリプシンと培養基材の固有振動を用いて基材から細胞を剥離した。この結果, 振動振幅と基材に残存する細胞の数が反比例すること, トリプシンの濃度を薄めると剥離された細胞, あるいは基材に残存した細胞のその後の増殖性が向上することを明らかにした。すなわち, この方法で剥離された細胞数は, 一般的なトリプシンとピペッティングによる剥離方法と同等であり, 細胞の活性は優位に向上する。

第 4 章では, トリプシンよりも細胞剥離能力が低い酵素であるコラゲナーゼと固有振動を用いて細胞の剥離を試みている。この結果, コラゲナーゼと固有振動による剥離はトリプシンとピペッティングによる剥離と同等の剥離性能を有し, 剥離後の細胞の増殖性は有意に高いことを明らかにしている。加えて, トリプシンを用いた際に損傷する細胞表面が, コラゲナーゼと固有振動により剥離した際には損傷しないことが確かめられた。

第 5 章では, 温度刺激と固有振動を用いて細胞の剥離を試みている。この結果, 一般的なトリプシンとピペッティングを用いた剥離方法に対して 78% の細胞数を剥離できることが示された。また, 細胞タンパク質の分析によって, 本手法は酵素による細胞膜の損傷なく細胞を剥離, 回収できることが確かめられた。ただし, この手法で回収された細胞は温度低下の影響により一時的に増殖性が低下し, 回収直後の増殖性はトリプシンとピペッティングで回収された細胞と同等である。

第 6 章は結論であり, 本論文の結果の総括と今後の展望を述べている。

以上のように, 本論文で論じられた培養基材の固有振動を利用した接着性細胞の剥離は, 再生医療の発展に不可欠な細胞培養過程の効率化に寄与するところが少なくない。また, こうした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と言える。

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。

内容の要旨

報告番号	甲 第4573号	氏名	林 寛貴
主論文題目： A Study on High-Resolution Direction-of-Arrival Estimation Algorithms for Array Antenna Systems (アレイアンテナを用いた高分解能到来方向推定に関する研究)			
<p>近年、通信デバイス等の普及に伴うアレイアンテナ利用の広がりを背景に、アレイアンテナを用いた到来方向推定は高い関心を集めており、推定精度の向上に関する研究だけでなく、アレイ自由度の向上に関する研究や信号処理負荷の低減に関する研究など、各種テーマについて多くの研究成果が報告されている。一方、より複雑化する電波環境下での到来方向推定の困難さから、現在でもアレイアンテナを用いた到来方向推定の更なる性能向上が求められている。</p> <p>本論文ではアレイアンテナを用いた電波の到来方向推定の向上を主題とし、優れた到来方向推定性能を実現する新たな手法を提案するとともに、計算機シミュレーションによりその有効性を示す。以下に本論文の構成を示す。</p> <p>第1章では、本研究の背景、目的および位置付けを詳述する。</p> <p>第2章では、本論文に関連するアレイアンテナを用いた電波の到来方向推定技術について、これまでに報告されている参照すべき主要な手法について概観するとともに、本論文の基礎となる各種信号処理手法やその原理について説明する。</p> <p>第3章では、時空間仮想アレイを用いた新たな到来方向推定技術として、適応的パルス繰り返し周期コントロールを適用した時空間仮想アレイ形成による到来方向推定手法を提案する。従来法では電波放射源の運動により推定精度が変化するという欠点をもっていたところ、提案法では電波放射源の運動に依存せず時空間仮想アレイが形成できるため、その欠点を改善することができる。計算機シミュレーションにより、提案法が電波放射源の運動に異存せず安定して高精度に到来方向を推定できることを示す。</p> <p>第4章では、アレイアンテナを用いた新たな広帯域信号の到来方向推定として、Weighted Squared TOPS (WS-TOPS) を提案する。WS-TOPS は基準となる Squared TOPS に対して、加重周波数合成手法と新たな直交検定行列生成手法を組み合わせた方式である。前章と同様、計算機シミュレーションにより、提案法が従来法に比べ優れた到来方向推定精度及び到来信号の分離性能を実現できることを示す。</p> <p>第5章では、第4章で説明した WS-TOPS の計算負荷の低減法について提案する。WS-TOPS は、優れた到来方向推定精度が得られる一方で高い計算負荷が欠点として挙げられる。本章で提案する手法は、WS-TOPS で行う直交検定の演算量を効率的に削減することで、一定程度の到来方向推定精度を維持しつつ、計算負荷の低減を実現する。前章と同様、計算機シミュレーションによりその有効性を示す。</p> <p>第6章は、結論であり、本論文の内容および成果を総括する。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4573 号	氏 名	林 寛 貴
論文審査担当者：	主査 慶應義塾大学教授	博士(工学)	大槻 知明
	副査 慶應義塾大学教授	工学博士	笹瀬 巖
	副査 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)	眞田 幸俊
<p>学士（工学）、修士（工学）、林寛貴君提出の学位請求論文は、「A Study on High-Resolution Direction-of-Arrival Estimation Algorithms for Array Antenna Systems (アレイアンテナを用いた高分解能到来方向推定に関する研究)」と題し、全6章から構成されている。</p> <p>近年、通信デバイス等の普及に伴うアレイアンテナ利用の広がりを背景に、アレイアンテナを用いた到来方向推定は高い関心を集めており、推定精度の向上に関する研究だけでなく、アレイ自由度の向上に関する研究や信号処理負荷の低減に関する研究など、各種テーマについて多くの研究成果が報告されている。一方、より複雑化する電波環境下での到来方向推定の困難さから、現在でもアレイアンテナを用いた到来方向推定の更なる性能向上が求められている。</p> <p>本論文ではアレイアンテナを用いた電波の到来方向推定の向上を主題とし、優れた到来方向推定性能を実現する新たな手法を提案するとともに、計算機シミュレーションによりその有効性を示している。</p> <p>第1章は序論であり、本研究の背景と目的について述べている。</p> <p>第2章では、本論文に関連するアレイアンテナを用いた電波の到来方向推定技術について、これまでに報告されている参照すべき主要な手法について概観するとともに、本論文の基礎となる各種信号処理手法やその原理について説明している。</p> <p>第3章では、時空間仮想アレイを用いた新たな到来方向推定技術として、適応的パルス繰り返し周期コントロールを適用した時空間仮想アレイ形成による到来方向推定手法を提案している。従来法では、電波放射源の運動により推定精度が変化する欠点があった。これに対し、提案法では、電波放射源の運動に依存せず時空間仮想アレイが形成できるため、その欠点を改善できる。計算機シミュレーションにより、提案法が電波放射源の運動に依存せず、安定して高精度に到来方向を推定できることを示している。</p> <p>第4章では、アレイアンテナを用いた新たな広帯域信号の到来方向推定として、Weighted Squared TOPS (WS-TOPS) を提案している。WS-TOPS は基準となる Squared TOPS に対して、加重周波数合成手法と新たな直交検定行列生成手法を組み合わせた方式である。前章と同様、計算機シミュレーションにより、提案法が従来法に比べ優れた到来方向推定精度及び到来信号の分離性能を実現できることを示している。</p> <p>第5章では、第4章で説明した WS-TOPS の計算負荷の低減法について提案している。WS-TOPS は、優れた到来方向推定精度が得られる一方で高い計算負荷が欠点として挙げられる。本章で提案する手法は、WS-TOPS で行う直交検定の演算量を効率的に削減することで、一定程度の到来方向推定精度を維持しつつ、計算負荷を低減する。前章と同様、計算機シミュレーションによりその有効性を示している。</p> <p>第6章は結論であり、本研究の総括を述べている。</p> <p>以上、本論文の著者は、アレイアンテナを用いた電波の到来方向推定手法について以下の成果を挙げている。まず、時空間仮想アレイを用いた新たな手法として、電波放射源の運動に依存しない高精度な到来方向推定法を提案しその有効性を確認している。また、広帯域信号を対象とした新たな推定手法として、従来法に比べ高精度な到来方向推定が可能な WS-TOPS を提案し、同様にその有効性を確認している。これらの成果は、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4574号	氏名	三浦 一将
主論文題目： Variable-Structured Elastic Mechanism for High-Speed and Backdrivable Actuation (高速・逆駆動性アクチュエーションのための可変構造弾性機構)			
<p>モーションコントロール技術の進歩により、ヒューマノイドやウェアラブルデバイスなど、人間支援のためのロボット技術が発展を見せている。しかしながら、ロボットの運動性能は駆動源であるアクチュエータの性能によって決定されるため、現状の高減速比を有するギヤ付モータを利用したロボット設計では高速動作や柔軟な接触動作の実現は困難である。このように、ロボットの新しい機能獲得にはアクチュエータ自体の性能向上が必須となっている。本研究の目的は、アクチュエータ設計において、理論的にゼロの慣性と無限大の慣性を有する2つの相反する機能を実現することで、瞬発力のある動作を可能にする可変構造弾性アクチュエータの動作原理及びその制御手法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た。</p> <p>第2章では、瞬発力のある動作の鍵となる可変構造弾性アクチュエータについて述べた。電磁クラッチおよび機械バネを導入することで、高減速比を有するギヤ付モータの利用に関わらず、高速な動作の獲得を実験により確認した。さらに、可変構造弾性駆動を実現する2種類の構成法について述べ、比較検討した。</p> <p>第3章では、可変構造弾性アクチュエータの構成要素である電磁クラッチの制御を想定し、受動システムのロバストな負荷制御系を提案した。特に受動システムに対する外乱オブザーバを実装することで、システムのパラメータ変動や外乱抑圧特性に関する有効性を実験的に示した。</p> <p>第4章では、前章で述べた受動システムに対するロバストな制御系を応用し、ギヤ付モータに電磁クラッチを直列に連結させたクラッチアクチュエータの制御系について示した。電磁クラッチの制御により、理論的に慣性がゼロになる機能と無限大になる機能を実現し、相反するシステムのシンセシスを行うことで、クラッチアクチュエータの慣性を制御した。ソフトウェアにより慣性を変化させる制御系と比較して、ハードウェアにより慣性を変化させる本手法の有効性を確認した。</p> <p>第5章では、前章までに構築した制御設計のもと、可変構造弾性アクチュエータの制御系を提案した。本制御手法により、瞬発動作中における速度拘束を実現し、可変構造弾性アクチュエータの繰り返し動作を達成した。</p> <p>第6章では、可変構造弾性駆動による高トルク・高速な動作を実現するための可変構造弾性アクチュエータの設計手法を示した。さらに、可変構造弾性アクチュエータを利用したロボットマニピュレータや二足ロボットを製作し、瞬発力のある動作を実験的に検証した。</p> <p>第7章では、本研究の成果を要約し、展望とともに結論を述べた。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4574 号	氏 名	三浦 一将
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
		慶應義塾大学教授	博士(工学) 滑川 徹
		慶應義塾大学教授	博士(工学) 西 宏章
<p>学士(工学), 修士(工学) 三浦一将君提出の学位請求論文は「Variable-Structured Elastic Mechanism for High-Speed and Backdrivable Actuation」(高速・逆駆動性アクチュエーションのための可変構造弾性機構)と題し, 7章から構成されている。</p> <p>人間のパワーアシストを行うウェアラブルデバイスや, 人間の立ち入ることのできない環境で作業を行うための遠隔操作型ロボットなど, ロボット技術の社会への実装が進んでいる。ロボットはアクチュエータ, 電力変換, 制御, センサなどさまざまな要素技術の複合技術であるが, 特に駆動源であるアクチュエータはロボットの運動性能を決定づける重要な要素となっている。一般的にアクチュエータは用途に合わせて容量の選択が行われるが, 出力できる速度とトルクには制限がある。そのため, トルクを増幅する際には減速機等を導入することで高いトルク出力を得ることができるようになるが, その反面, 高速な動作や柔軟な接触動作の実現は困難になる。ロボットの利用範囲のさらなる拡大のためには, 高トルクかつ高速な動作の実現が望まれている。本論文では上記に鑑み, 可変構造弾性アクチュエータの新しい機構設計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, 電磁クラッチおよび機械バネを導入した可変構造弾性アクチュエータの機構設計について述べている。可変構造弾性駆動を実現するための2種類の構成法について示し, 比較検討により設計論に結びつけている。本機構設計により, 高減速比を有するギヤ付モータの利用においても高速な動作の獲得が可能になることを実験により確認している。</p> <p>第3章では, 可変構造弾性アクチュエータの構成要素である電磁クラッチの負荷制御系について述べている。電磁クラッチは受動システムであり, ロバストな制御性能を得るための外乱オブザーバの設計法を示している。提案する制御系により, システムのパラメータ変動へのロバスト性を向上することができ, 外乱抑圧特性に関する有効性を実験的に確認している。</p> <p>第4章では, 前章で述べた受動システムに対するロバストな制御系をギヤ付モータに電磁クラッチを直列に連結させたクラッチアクチュエータに適用し, その有用性を確認している。特に, 電磁クラッチと制御を総合することで, システムの慣性を理論的にゼロから無限まで変化させることが可能になることを明らかにしている。ソフトウェアにより慣性を変化させる制御系と比較することで, ハードウェアにより慣性を変化させる本手法の有効性を示している。</p> <p>第5章では, 前章までに示した機構設計ならびに制御設計を総合し, 可変構造弾性アクチュエータの制御系を提案している。本制御手法により, 高トルクかつ高速な動作を同時に達成し, 瞬発力を発生させることが可能になることを確認している。また速度拘束によりクラッチの滑り動作を制御することで, リアルタイムに任意の慣性を実現できることを示している。</p> <p>第6章では, 提案する可変構造弾性アクチュエータをユニット化するための設計手順を示すとともに, 2足ロボットの跳躍動作に適用した際の瞬発力の効果について示している。</p> <p>第7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, 本論文では可変構造弾性アクチュエータの新しい構成法ならびにその制御手法を示すとともに, 理論と実験の双方から有効性を実証しており, メカトロニクス, ロボ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。</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4575号	氏名	山口 辰威
主論文題目： パリティを破るスピン軌道相互作用と可変な引力相互作用を駆使して p 波フェルミ原子気体超流動を実現させる方法の理論的研究			
<p>本論文では、極低温フェルミ原子気体において、未だ達成されていないp波超流動状態の実現に向け、従来の実験が直面している困難を克服できる新しいアプローチを理論的に提案する。さらに、それが現在の技術水準で実現可能か否かを理論的に検証する。この新しい提案では、超流動状態を特徴付ける超流動秩序パラメータが対振幅と引力相互作用との積で与えられることに着目、従来の実験がp波相互作用するフェルミ原子気体を最初から用いるのに対し、既の実現している熱平衡状態下のs波フェルミ原子気体超流動から出発する。そして、パリティを破るスピン軌道相互作用を用い、s波超流動状態中にp波対振幅を誘起させる。この段階では系はまだs波超流動状態であるが、次に、Feshbach 共鳴を用い、原子間引力相互作用をs波対称性のものからp波対称性のものへ変換、あらかじめ用意されていたp波対振幅との積により、有限なp波超流動秩序パラメータを作り出し、p波超流動状態を実現させる。p波相互作用するフェルミ原子気体を最初から用いる従来のアプローチでは、対形成に必須のp波引力相互作用が、同時に、3体ロスなどを引き起こしてしまい、そのことがp波超流動の実現を阻んでいるが、本論文が提案する方法では、p波相互作用を用いることなくp波対振幅を誘起し、かつ、p波超流動秩序パラメータの生成もp波相互作用の印可直後に瞬時に行われるため、この問題を克服できるものと期待される。</p> <p>本論文では、極低温フェルミ原子気体の概要、および、p波超流動実現を目指す研究が抱える問題点を述べた後、前半部分で、パリティを破るスピン軌道相互作用を有するs波フェルミ原子気体超流動体中に誘起されるp波対振幅を研究する。絶対零度において、フェルミ原子気体の分野で議論されている様々なタイプのスピン軌道相互作用に対し、どのような対称性のp波対振幅がどの程度誘起されるかを、BCS (Bardeen-Cooper-Schrieffer)-Leggett 強結合理論の枠組みで、弱結合 BCS 領域から強結合 BEC (Bose-Einstein condensation) 領域までの幅広い相互作用領域で明らかにする。さらに、スピン軌道相互作用の超流動転移温度への影響を、Nozières と Schmitt-Rink による強結合理論を援用し BCS-BEC クロスオーバー全域で調べ、絶対零度で誘起されるp波対振幅が大きな値をとる領域が、実験的に到達可能な超流動転移温度を有することを理論的に明らかにする。</p> <p>本論文の後半では、前半で議論したp波対振幅を有する熱平衡s波フェルミ原子気体超流動を初期状態とし、原子間引力相互作用の対称性をs波からp波へと変更した後の系の時間発展の様子を、時間依存 Bogoliubov-de Gennes 理論を用いて明らかにする。様々な条件での時間発展を調べることで、上述したアイデアで作られ出したp波超流動秩序パラメータが、時間発展とともに消えずに残る場合があることを示し、さらに、大きなp波超流動秩序パラメータが得られる条件を理論的に明らかにする。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4575 号	氏 名	山口 辰威
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	博士(理学) 大橋 洋士
	副査	慶應義塾大学教授	博士(理学) 能崎 幸雄
		慶應義塾大学教授	博士(工学) 的場 正憲
		慶應義塾大学専任講師	博士(理学) 山本 直希

学士(理学)、修士(理学)山口辰威君の学位請求論文は、「パリティを破るスピン軌道相互作用と可変な引力相互作用を駆使して p 波フェルミ原子気体超流動を実現させる方法の理論的研究」と題し、全4章より構成されている。

冷却フェルミ原子気体の研究分野では、2004年に s 波超流動が ^{40}K 、 ^6Li フェルミ原子気体で実現して以降、 p 波超流動の実現が次なる大きな目標の一つとなっている。 p 波フェルミ原子気体超流動が実現されれば、この系の最大の特長である可変な原子間引力相互作用を利用することで、 p 波超流動の性質を、弱結合領域から強結合領域に至るまで、統一的に研究することが可能となる。 p 波超流動は、液体 ^3He の超流動や強相関電子系超伝導、あるいは中性子星の内部状態など、様々な研究分野でも議論されており、高い操作性を有する p 波フェルミ原子気体超流動の実現は、こうした研究分野にも資するものがあると期待されている。ところが、 p 波相互作用を有するフェルミ原子気体は、この相互作用に起因する3体衝突による原子損失などにより、 p 波凝縮体の成長に必要な時間より系の寿命がはるかに短いという、極めて困難な問題を抱えている。このため、現在に至るまで、 p 波フェルミ原子気体超流動は実現できていない。こうした当該研究分野の現状に対し、本研究では、この困難を克服し p 波フェルミ原子気体超流動を実現させる新しい方法を理論的に提案している。その方法とは、先ず、 s 波フェルミ原子気体超流動体中で、 p 波超流動に必要な p 波クーパー対振幅を、人工ゲージ場で生成された反対称スピン軌道相互作用を用いて生成し、その後、フェッシュバハ共鳴を使い、 s 波相互作用を p 波相互作用に変換することで p 波超流動状態を実現させるという、従来とは全く異なるアイデアである。本研究では、提案に加え、この方法の有効性の理論的検証も行っており、さらに、実験を行う際の適切な条件をも明らかにしている。

第1章は序論である。 p 波フェルミ原子気体超流動の実現を目指す研究の現状と、本研究が提案する方法の鍵となる反対称スピン軌道相互作用の説明の後、本研究の目的が述べられている。

第2章では、反対称スピン軌道相互作用を有する s 波フェルミ原子気体超流動を研究している。様々なタイプのスピン軌道相互作用に対し、どのような p 波クーパー対振幅が誘起されるかを、絶対零度の BCS-Leggett 理論の枠組みで明らかにしている。また、大きな p 波クーパー対振幅が得られる条件を理論的に特定、さらに、そのような条件下でも実験的に到達可能な温度で超流動転移が起こることを、Nozières と Schmitt-Rink の強結合理論をスピン軌道相互作用がある場合に拡張した理論を用い明らかにしている。

第3章では、前章で議論したスピン軌道相互作用を有する s 波フェルミ原子気体超流動において、 s 波引力相互作用をフェッシュバハ共鳴により p 波引力相互作用に変換した後の系の時間発展を、時間依存 Bogoliubov de-Gennes 理論を用い研究している。相互作用の変換前に誘起されていた p 波クーパー対振幅と、変換後に導入された p 波相互作用が合わさることで、相互作用の変換直後から有限な p 波超流動秩序パラメータを有する p 波超流動が実現することを明らかにしている。また、 p 波超流動秩序パラメータの成長に要する時間は p 波フェルミ原子気体の寿命に比べはるかに短く、この方法を用いれば系の寿命の範囲内で p 波フェルミ原子気体超流動が実現可能である、との結論を得ている。さらに、大きな p 波超流動秩序パラメータを得るうえで、相互作用変換前の s 波超流動状態での粒子の運動量分布が重要な鍵を握っていることも明らかにしている。

第4章では、結論として、本研究の成果がまとめられている。

本研究は、冷却フェルミ原子気体の研究分野における大きな目標である p 波超流動を実現するための新しい方法を提案しており、高く評価できる。この方法を用いれば、 p 波フェルミ原子気体超流動の実現を阻んでいる最大の要因である p 波相互作用に起因する系の短寿命の問題を克服することができるため、本研究の成果は当該研究分野はじめ、広く超流動研究の発展に大きく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。

内容の要旨

報告番号	甲 第 4576 号	氏 名	田島 裕之
主論文題目：			
極低温フェルミ原子気体の BCS-BEC クロスオーバー領域における熱力学的性質			
<p>本論文では、極低温フェルミ原子気体の BCS (Bardeen-Cooper-Schrieffer)-BEC (Bose-Einstein condensation) クロスオーバー領域における強結合効果を理論的に研究する。この系の特徴である、「Feshbach 共鳴で制御された可変な原子間引力相互作用」に起因する超流動揺らぎの効果を拡張 T 行列近似 (ETMA) と呼ばれる強結合理論の枠組みで取り入れ、スピン帯磁率などの熱力学量の振舞いを、相互作用については弱結合 BCS 領域から強結合 BEC 領域に至るまで、温度領域については高温の正常相 (常流動相) から超流動転移温度 (T_c) 以下の超流動相の領域まで明らかにする。</p> <p>本論文の前半では、T_c 以上の正常相を扱う。超流動状態でないにもかかわらず、強い引力相互作用により非凝縮なスピン 1 重項 Cooper 対 (preformed Cooper 対) が形成されることで、「スピングャップ現象」と呼ばれる、スピン帯磁率の抑制現象が T_c 近傍で起こることを明らかにする。この現象を特徴付ける量として、スピン帯磁率が最大となる温度を「スピングャップ温度」として導入し、この特徴的温度を BCS-BEC クロスオーバー全域で決定することで、スピングャップ現象が起こる領域をこの系の温度-相互作用相図中で特定する。また、弱結合 BCS 側におけるスピングャップ現象は、フェルミ面近傍の 1 粒子状態密度に窪み構造が現れる擬ギャップ現象と深く関係している一方、強結合 BEC 領域では、古典気体における 2 原子分子の熱解離がこの現象を理解する上で重要であることを指摘する。</p> <p>本論文の後半では、拡張 T 行列近似 (ETMA) を T_c 以下の超流動相に拡張し、この領域での超流動揺らぎがスピン帯磁率に与える影響を研究する。平均場 BCS 理論ではスピン帯磁率は T_c 以下で急速に減少することが知られているが、BCS-BEC クロスオーバー領域では超流動揺らぎの影響を考慮するとこの減少が弱められることを示す。平均場 BCS 理論の結果との比較から、超流動相において、スピン帯磁率が超流動揺らぎの影響を強く受ける領域を温度-相互作用相図中で特定する。また、本論文で用いる ETMA の妥当性を検証するため、化学ポテンシャル、内部エネルギー、圧縮率、音速、圧力、コンタクトといったスピン帯磁率以外の物理量をこの強結合理論の枠組みで計算し、フィッティングパラメータなしでこれら物理量の実験結果を定量的によく再現することを示す。絶対零度近傍では熱揺らぎの効果はほとんどないが、BCS-BEC クロスオーバー領域では、それに代わり、量子揺らぎによる多体補正がこれらの物理量の定量的評価の際に重要であることを、平均場近似との比較から明らかにする。また、現実の極低温フェルミ原子気体の実験では必須であるトラップポテンシャルの効果についても局所密度近似の範囲で研究し、スピン帯磁率への影響を明らかにする。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4576 号	氏 名	田島 裕之
論文審査担当者：	主査 慶應義塾大学教授	博士(理学)	大橋 洋士
	副査 慶應義塾大学教授	Ph. D.	伊藤 公平
	慶應義塾大学教授	理学博士	白濱 圭也
	慶應義塾大学准教授	博士(理学)	齊藤 圭司

学士(理学)、修士(理学) 田島裕之君の学位請求論文は、「極低温フェルミ原子気体の BCS-BEC クロスオーバー領域における熱力学的性質」と題し、全 5 章より構成されている。

^{40}K や ^6Li を用いたフェルミ原子気体では、フェッシュバハ共鳴と呼ばれる現象を用いることで、原子間にはたらく引力相互作用の強さを自在に制御することができる。これにより、弱結合領域から強結合領域に至るフェルミ粒子系の量子多体现象を、統一的に研究することが可能となった。特に、BCS (Bardeen-Cooper-Schrieffer)-BEC (Bose-Einstein condensation) クロスオーバー領域と呼ばれる中間結合領域では、強い引力相互作用に起因する超流動揺らぎが顕著なため、物理的状況が類似している銅酸化物高温超伝導体の低ドープ領域に見られる擬ギャップ(常伝導状態密度に超伝導ギャップに似た窪み構造が現れる多体现象)の存在が期待されている。しかし、現在、フェルミ原子気体の状態密度を直接観測する手段はなく、この現象の有無の検証は間接的方法に頼らざるを得ない。このため、この系で擬ギャップが存在するか否かについては実験方法によって異なる結果が報告されており、未だ最終的結論には至っていない。これに対し、本研究は、フェルミ原子気体で近年観測可能となったスピン帯磁率の温度変化に現れるスピングャップ現象の観測から擬ギャップの有無が判定できることを理論的に明らかにするという、重要な成果を挙げている。

第 1 章は序論である。冷却フェルミ原子気体の研究の現状と、擬ギャップ現象、および、スピングャップ現象についての説明の後、本研究の目的が述べられている。

第 2 章では、常流動相におけるスピン帯磁率を研究している。様々な BCS-BEC クロスオーバー理論のうち、この物理量に対し拡張型 T 行列理論が有効である理由が説明された後、それを用い、スピン帯磁率の温度変化を BCS-BEC クロスオーバー全域で理論的に明らかにしている。その結果から、スピン帯磁率が超流動揺らぎにより抑制され始める特徴的溫度(スピングャップ溫度)を決定、スピングャップ現象が現れる領域を溫度-相互作用相図上で特定している。更に、同じ理論の枠組みで 1 粒子状態密度を研究し、その溫度変化から、擬ギャップ現象が起こり始める特徴的溫度(擬ギャップ溫度)を決定、BCS 領域から中間結合領域では、スピングャップ溫度と擬ギャップ溫度とが良く一致することを明らかにしている。この結果は、スピン帯磁率の溫度変化の観測から擬ギャップ現象の有無が判定できることを示すものであり、非常に重要である。

第 3 章では、前章の議論を超流動状態に拡張している。平均場 BCS 理論で良く知られた芳田関数と、拡張型 T 行列理論を用い計算されたスピン帯磁率を比較、両者の違いから、超流動揺らぎの影響が超流動相のスピン帯磁率に現れる領域を BCS-BEC クロスオーバー領域で特定している。また、実験結果との比較も行い、弱結合領域、および、ユニタリ極限で観測されたスピン帯磁率を定量的レベルで理論的に説明することに成功している。さらに、同じ理論の枠組みで、近年観測された圧縮率、音速、コンタクト、圧力などの物理量についても定量的レベルでの理論的説明に成功、拡張型 T 行列理論が、スピン帯磁率だけでなく、BCS-BEC クロスオーバー領域の様々な物理量に対し有効であることを明らかにしている。

第 4 章では、トラップポテンシャルの効果を研究している。現実のフェルミ原子気体は常にトラップポテンシャルに捕獲されていることから空間的に非一様であるが、その効果がスピン帯磁率の空間依存性にどう影響するかを理論的に明らかにしている。

第 5 章では、結論として、本研究の成果がまとめられている。

本研究は、「冷却フェルミ原子気体の BCS-BEC クロスオーバー領域において擬ギャップが存在するか」という、当該研究分野の重要課題に取り組んだものである。状態密度の直接観測ができない現状において、観測可能量であるスピン帯磁率に現れるスピングャップ現象から擬ギャップの有無が判定できることを明らかにした本研究の成果は、この問題の解決に大いに貢献するものであり、高く評価できる。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。

Thesis Abstract

Registration Number	“KOU” No.4577	Name	Pedro Moreira Varela
Thesis Title			
A Study on Co-Location of Mobile Users Using Ambient and iBeacon Radio Signals in Wireless Network			
<p>This dissertation provides a study on co-location system of mobile users. Co-location system combines methods of detecting nearby mobile users and providing them interesting and useful services or information within their respective groups. It has found several useful and real-world applications in proximity-based services. Aware of this new trend in our society and its impact in our daily life, we design two novel frameworks with the aiming at unleashing the potential of these proximity-based services.</p> <p>We first devise a scheme that exploits the similarity of the environmental radio signals from multiple Wi-Fi access points when mobile users are in the same place, a room, for instance, to cluster them into the same group. The designed scheme is based on a nonparametric Bayesian method called infinite Gaussian mixture model that allows the model parameters to change with the observed input data. In addition, we apply a modified version of Gibbs sampling techniques with an average similarity threshold to better fit user's group. We evaluate the performance, in terms of clustering accuracy, of our proposal numerically and then experimentally. Through the experimental results we demonstrate the feasibility and the efficiency of this method. Results on experiment showed that it can even achieve a better accuracy when compared with the state-of-the-art community detection-based clustering method.</p> <p>Then, we extend our first scheme to a new issue arising from the need to co-localize walking groups of people. That is, we give it now the ability of clustering groups of people even though their are walking together as part of the same group. This second devised framework is based on the analysis of the two key network properties, i.e., the edge betweenness and the shortest average path length among all pairs of mobile users in the wireless networks. It leverages Bluetooth low energy technology to achieve a high degree of co-location accuracy. From the collected radio signals, we construct a graph network in which the distance between pairwise vertices represents the connection strength between mobile users. Then, we apply a modified version of the edge betweenness techniques to cluster walking groups of mobile users into the same group. We assess our method with both computer-generated and experimental data sets. Through obtained results, we have shown that our method can be successfully applied to co-localize people walking as part of the same group in wireless networks.</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4577 号	氏 名	Pedro Moreira Varela
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	博士(工学) 大槻 知明
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 笹瀬 巖
	副査	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) 眞田 幸俊
	副査	National University Of Singapore	Ph.D. Pooi Yuen Kam

Bachelor Degree in Computer Science, Master Degree of Science and Technologies with Professional Purpose in Computer Science, Pedro Moreira Varela 君提出の学位請求論文は、「A Study on Co-Location of Mobile Users Using Ambient and iBeacon Radio Signals in Wireless Network (無線ネットワークにおける環境及び iBeacon 無線信号を用いたモバイルユーザのクラスタリングに関する研究)」と題し、全 5 章から構成されている。

近年、各ユーザの物理的・地理的な近接度を検出して、近接ユーザにのみサービスを提供したり、近接ユーザの協力により高速大容量なアップロード/ダウンロードを実現するアプリケーションが検討されている。また、会社などの組織において、近接度に基づき社員間の交流度を推定し職場の活性化を図るなどのアプリケーションも検討されている。そのような様々なアプリケーションの実現を考えた場合、各ユーザが一般に持ち歩いている携帯電話のようなデバイスや、そのユーザがいる環境から得られる環境信号を用いて、近接度を検出できることが望ましい。また、ユーザの近接度やクラスタ数、その環境は、時々刻々と変化するため、観測信号やクラスタ数などの事前知識無しで、ユーザをクラスタリングできる手法が望ましい。

本論文では、無線ネットワークにおける環境信号や、携帯電話で利用可能な iBeacon 無線信号を用いたモバイルユーザのクラスタリング法を提案している。

第 1 章は序論であり、本研究の背景と目的について述べている。

第 2 章では、本研究に関連した技術の紹介と詳細について述べている。従来のクラスタリング手法として、ユーザの位置情報を用いる方法や、環境信号である無線信号の類似度に基づきユーザをクラスタリングする手法などについて説明している。

第 3 章では、環境信号である無線 LAN (Local Area Network) の複数 AP (Access Point) からの信号の観測値に基づき、ユーザの近接度を検出してグルーピングする手法を提案している。提案法は、無線 LAN の複数 AP からの観測信号を無限混合ガウスモデル (IGMM: Infinite Gaussian Mixture Model) によりモデル化し、ギブスサンプリングを用いて、ユーザをクラスタリングする。提案法は、観測信号やグループ数などの事前知識無しで、ユーザをクラスタリングできる。計算機シミュレーション及び実験により、提案法が従来法に比べて、より正確にユーザをクラスタリングできることを確認している。

第 4 章では、静止及び歩行しているユーザのクラスタリングを目的として、各ユーザが iBeacon デバイスと、そのデバイスにタグ付けされた携帯電話を用いたクラスタリング法を提案している。提案法は、各携帯電話の観測 iBeacon 無線信号に基づき、各ユーザの無指向性グラフを作成する。そして、そのグラフに対し、エッジ媒介中心性と最短平均パス長に基づき、ユーザをクラスタリングする。計算機シミュレーション及び実験により、提案法が従来法に比べて、歩行しているユーザに対しても、より正確にユーザをクラスタリングできることを確認している。

第 5 章は結論であり、本研究の総括を述べている。

以上、本論文の著者は、無線ネットワークにおける環境信号や、携帯電話で利用可能な iBeacon 無線信号を用い、観測信号やグループ数などの事前知識無しでユーザをクラスタリングできるモバイルユーザの新しいクラスタリング法を提案し、その有効性を確認しており、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 4578 号	氏 名	小平 薫
主論文題目： 高速近接無線インタフェースの周波数および電力効率改善のための 通信方式と回路に関する研究			
<p>本研究は、周波数効率を改善し、消費電力を削減できる近接無線通信インタフェースの実現を目指している。</p> <p>携帯情報端末の機能向上とともに、無線インタフェースに対する通信速度向上、周波数利用効率改善、消費電力削減への要求がとどまることなく増大している。従来のセルラや無線 LAN といった比較的距離の長い通信規格では、多元接続を実現するとともに、多値変調技術の採用により周波数利用効率の改善が図られてきた。一方、デバイス間の超高速大容量のデータ通信には有線接続が用いられてきたが、利便性や防塵防水性の向上のために高速近接無線インタフェースに置き換える試みが活発になってきた。近接無線通信では、通信距離が短く超広帯域チャネルを使用することができ、比較的単純な通信方式で送受信機を構成することができた。ただし、将来的により高速な通信を実現するには、電力効率や周波数利用効率の改善が不可欠となるが、複雑な多元接続や多値変調技術を用いるとコストや消費電力の増大を招く。</p> <p>以上の背景をもとに、本研究は、比較的、帯域制約の緩い至近距離の通信において電力効率を改善するための受信機の実現、および利用可能な周波数帯域に制限のある近距離の無線通信において低電力で周波数利用効率を改善できる通信方式の確立を目標とした。</p> <p>第 1 章は序論であり、本研究の背景と既存の通信規格についてまとめ、従来技術の課題と本研究の目標を述べる。伝送速度と帯域幅の関係や符号化や変調方式について議論する。インパルス無線が低消費電力の無線通信を実現する上で優位性があることを明らかにする。</p> <p>第 2 章では、比較的周波数制限の緩い至近距離の超高速通信用に、直流からシンボルレートまでの帯域を利用した低電力の受信回路が提案されている。従来クロック・データ再生回路では、複数の遅延セルで構成される遅延器を用いたエッジ検出器により実現されてきた。提案方式では遅延セル 1 つ分の消費電力の差動同相変換方式によるエッジ検出器を用いて、有線通信と無線通信の双方に対応できるクロック・データ再生回路を搭載した受信回路が 65 nm CMOS プロセスで設計試作され、12.5 Gbps での動作を実証している。</p> <p>第 3 章では、周波数帯域に制限のある近距離無線通信のために周波数利用効率を向上できる方式が提案されている。従来のインパルス無線では、従来よく用いられてきた Quadrature Phase Shift Keying (QPSK) 変調以上の周波数利用効率を実現できなかった。提案手法ではベースバンド信号の第 1 サイドローブを利用することで、アップコンバータを用いないインパルス無線特有の低電力性能を保ちながら、QPSK 変調以上の周波数利用効率を実現している。</p> <p>第 4 章では、第 3 章で提案されたサイドローブインパルス無線用の復調回路が提案されている。デュアル周波数変換を用いていることで波形等価機能が備わり、周波数応答に歪みを有する伝送路の信号に対しても、高い信頼性を保ちクロックとデータを再生することが可能となっている。65 nm CMOS プロセスでテストチップが試作され、消費電力 24 mW において 5.7 Gbps で動作することを実証している。</p> <p>第 5 章は結論であり、本研究の総括をしている。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4578 号	氏 名	小平 薫
論文審査担当者：	主査 慶應義塾大学教授	博士(工学)	石黒 仁揮
	副査 慶應義塾大学教授	博士(工学)	黒田 忠広
	慶應義塾大学准教授	博士(工学)	中野 誠彦
	慶應義塾大学教授	博士(工学)	松本 佳宣
<p>学士（工学）、修士（工学）小平薫君提出の学位請求論文は「高速近接無線インタフェースの周波数および電力効率改善のための通信方式と回路に関する研究」と題し、5章から構成されている。</p> <p>携帯情報端末の機能向上とともに、無線インタフェースに対する通信速度向上、周波数利用効率改善、消費電力削減への要求がとどまることなく増大している。従来のセルラや無線 LAN といった比較的距離の長い通信規格では、周波数分割、時間分割、符号分割を用いて多元接続を実現するとともに、多値変調技術の採用により周波数利用効率の改善が図られてきた。一方、デバイス間の超高速大容量のデータ通信には有線接続が用いられてきたが、利便性や防塵防水性の向上のために高速近接無線インタフェースに置き換える試みが活発になってきた。近接無線通信では、通信距離が短く超広帯域チャンネルを使用することができ、比較的単純な通信方式で送受信機を構成することができた。ただし、将来的により高速な通信を実現するには、近接無線通信においても電力効率や周波数利用効率の改善が不可欠となるが、複雑な多元接続や多値変調技術を用いるとコストや消費電力の増大を招く。</p> <p>以上の背景をもとに、本研究は、帯域制限の緩い至近距離の通信において電力効率を改善するための受信機の実現、および利用可能な周波数帯域に制限のある近距離の無線通信において低電力で周波数利用効率を改善できる通信方式の確立を目標としている。</p> <p>第1章は序論であり、本研究の背景と既存の通信規格についてまとめられ、従来技術の課題と本研究の目標が述べられている。伝送速度と帯域幅の関係について議論され、符号化や変調方式について記されている。インパルス無線が低消費電力の無線通信を実現する上で優位性があることが明らかにされている。</p> <p>第2章では、帯域制限の緩い至近距離の超高速通信用に、直流からシンボルレートまでの帯域を利用した低電力の受信回路が提案されている。差動同相変換方式によるエッジ検出器を用いて、有線通信と無線通信の双方に対応できるクロック・データ再生回路を搭載した受信回路が 65nm CMOS プロセスで設計試作され、12.5 Gbps での動作が確認されている。</p> <p>第3章では、帯域に制限のある近距離無線通信のために周波数利用効率を向上できる方式が提案されている。提案手法ではベースバンド信号の第1サイドローブを利用することで、アップコンバータを用いないインパルス無線特有の低電力性能を保ちながら、従来よく用いられてきた Quadrature Phase Shift Keying (QPSK) 変調以上の周波数利用効率を実現されている。</p> <p>第4章では、第3章で提案されたサイドローブインパルス無線用の復調回路が提案されている。デュアル周波数変換を用いていることで波形等化機能が備わり、周波数応答に歪みを有する伝送路の信号に対しても、高い信頼性を保ちクロックとデータを再生することが可能となっている。65nm CMOS プロセスでテストチップが試作され、消費電力 24 mW において 12.5 Gbps で動作することが実証されている。</p> <p>第5章は結論であり、本研究の総括がなされている。</p> <p>以上要するに、本研究は高速近接無線通信において必要となる、周波数および電力利用効率の良いインタフェース回路への応用を可能とするもので、通信および集積回路の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 4579 号	氏 名	長尾 建
主論文題名： Viewer-Adaptive Control of Displayed Content for Digital Signage (デジタルサイネージにおける表示コンテンツのビューア適応型制御)			
<p>公共の場に設置される大型ディスプレイであるデジタルサイネージは、近年のハードウェア技術の発展、設置環境の改善に起因し、急速に普及を進めている。デジタルサイネージには、表示コンテンツとして動画像が利用可能、表示コンテンツの取替えが容易、ネットワークによる操作が可能などといった利点が存在する。このとき、デジタルサイネージに情報入力端末を付随することで、その場のビューア(視聴者)からの要求によっても、その表示コンテンツを変更できる。付随させる代表的な情報入力端末として、マウスやキーボード、タッチパネルディスプレイが挙げられる。近年では、モーションキャプチャデバイスの発展により、ジェスチャ認識による非接触型の情報入力の利用も進められており、ビューアが手をスワイプすると表示コンテンツを変更できるデジタルサイネージなどの開発も進んでいる。</p> <p>一方、これら既存のモーションキャプチャデバイスを利用した表示コンテンツの変更が、ビューアの表示コンテンツの理解にどのような影響を及ぼすか、十分な検証が行われていない。本学位論文の目的は、既存のモーションキャプチャデバイスを利用した表示コンテンツの変更の利点・欠点を分析し、そのうえで、デジタルサイネージにおけるインタラクションの有効な活用手法を探求し、デジタルサイネージの表示コンテンツをビューアに適応するかたちで制御する新たな手法を提案することである。</p> <p>具体的には、まず、実験を通し、既存のモーションキャプチャデバイスを利用した表示コンテンツの変更は、ビューアに対して正の効果と負の効果をもち、特に負の効果として、ビューアの表示コンテンツの理解の阻害要因になりうることを示した。そのうえで、これら既存の表示コンテンツ変更手法を、「ビューアの意識的な動作」をもとにする制御手法として位置づけ、本学位論文では、「ビューアの無意識的な動作」をもとにする制御手法を、「ビューア適応型制御」として提案し、デジタルサイネージの表示コンテンツの見えの適応化手法、表示コンテンツの表現の適応化手法を新たに開発した。本学位論文では、これら手法の応用例として、広告としてデジタルサイネージを用いた場合、学術ポスターとしてデジタルサイネージを用いた場合を扱い、その有用性を実験を通して示した。さらに、将来ARグラスなどのディスプレイ技術がより発展したときの大型ディスプレイの役割について、没入型可視化システムの開発を通し検討した。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4579 号	氏 名	長尾 建
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	理学博士 藤代 一成
	副査	慶應義塾大学教授	博士(工学) 今井 倫太
		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
		カリフォルニア大学ディビス校教授	Ph. D. Kwan-Liu Ma
<p>学士(工学), 修士(工学), 修士(商学)の長尾 建君が提出した学位請求論文は「Viewer-Adaptive Control of Displayed Content for Digital Signage (デジタルサイネージにおける表示コンテンツのビューア適応型制御)」と題し, 全7章より構成されている。</p> <p>公共の場に設置される大型ディスプレイであるデジタルサイネージは, 近年のハードウェア技術の発展や設置環境の改善に起因し, 急速に普及が進んでいる。デジタルサイネージには, 表示コンテンツとして動画像が利用可能, 表示コンテンツの取替えが容易, ネットワークによる操作が可能等の利点が存在する。さらに, デジタルサイネージに情報入力端末を付随させることにより, その場に居合わせるビューア(視聴者)からの即時的要求に従ってその表示コンテンツを変更できる。その代表的情報入力端末として, マウスやキーボード, タッチパネルディスプレイ等が挙げられるが, 近年ではモーションキャプチャデバイスの発展により, ジェスチャ認識による非接触型の情報入力の利用も進められており, ビューアが手をスワイプするだけで表示コンテンツが変更できる対話型デジタルサイネージなどの開発も進んでいる。</p> <p>第1章では, このようなデジタルサイネージが既存の看板に比べ有する多くの利点を遍く紹介するとともに, その表示コンテンツをビューアにとってより魅力的かつわかりやすくすることの重要性に言及した。それに伴い, 本研究の研究領域を決定し, 既存のデジタルサイネージにおける表示コンテンツ制御手法の利点・欠点を分析し, それにもとづいてデジタルサイネージにおける新たな表示コンテンツ制御手法を提案することを, 本研究の目的として定めている。</p> <p>第2章では, 本研究の背景として, デジタルサイネージにおけるインタラクションに関する関連研究を, 大きく接触型・非接触型のインタラクションの2点から考察した。</p> <p>第3章では, 既存の研究において不足している, 非接触型のインタラクションによる表示コンテンツの変更がビューアに及ぼす影響を, 特に消費者行動論の視点から分析し, その正負の影響を論じた。</p> <p>第4章では, 第3章の分析結果に言及しながら, 既存のデジタルサイネージにおける表示コンテンツ制御手法の問題を指摘し, 新たな表示コンテンツ制御手法として「ビューア適応型制御」を提案した。これは, 既存の表示コンテンツ制御手法を「ビューアの意識的な動作」を抛り所にする手法と位置づけ, それと対照をなす「ビューアの無意識的な動作」に着目することで新たに導出された概念である。</p> <p>第5章では, この制御手法のアルゴリズムを詳述している。具体的には, ビューアのデジタルサイネージに対する状態を2点から捉え, デジタルサイネージの表示コンテンツの見えをビューアに適応化する手法, 表示コンテンツの表現をビューアに適応化する手法の2種類を提案し, その詳細を述べた。</p> <p>第6章では, これら2種類の手法の応用例として, 商業広告および学術ポスターをデジタルサイネージの表示コンテンツとするケースを扱い, その評価をシミュレーションおよび被験者実験を通して行った。その結果として, これら2種類の手法の一定の有用性を, 考察とともに示している。</p> <p>第7章では, 本研究の発展可能性について論じ, 特に今後のデジタルサイネージの在り方について, 没入型可視化システムの開発経験を通して言及し, 本研究の総括につなげている。</p> <p>以上要するに, 本研究で提案するデジタルサイネージのより効果的な情報呈示手法は, 社会基盤として浸透しつつあるデジタルサイネージの役割をなお一層増強させる可能性を有する点で, 工学的に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4580号	氏名	村上 翔太
<p>主論文題目：</p> <p style="text-align: center;">On the deformation equivalence classes of complex surfaces with the first Betti number equal to one (1次ベッチ数が1と等しい複素曲面の変形同値類について)</p>			
<p>複素曲面のホモトピー同値類, 微分同相類, および変形同値類を比べることは幾何学の一つのテーマである. 複素曲面 S に対し, $D(S)$ を S と微分同相である複素曲面の変形同値類の集合とする. ゲージ理論の発展をきっかけに, この集合の有限性について Friedman と Morgan が研究を始めた. そして彼らは複素曲面 S の1次ベッチ数 $b_1(S)$ が1と等しくない場合, $D(S)$ は有限であることを示した. 従って $b_1(S)$ が1と等しい場合について $D(S)$ の濃度を調べた. まず $b_1(S)=1$ かつ $b_2(S)=0$ を満たす複素曲面について研究した.</p> <p>Enriques-Kodaira の分類および Bogomolov, Teleman の結果によると $b_1(S)=1$ かつ $b_2(S)=0$ を満たす曲面は楕円曲面, Hopf 曲面, S^0, S^+, S 型の井上曲面のいずれかである. S が楕円曲面, Hopf 曲面, または S^0 型の井上曲面の場合はすでに $D(S)$ の濃度が高々2であることが知られている. 従って S が S^+ 型の井上曲面の場合について研究を行った. S^+ 型の曲面を基本群で分類し, さらに2つの S^+ 型の曲面の間の双正則写像を構成することで, $D(S)$ の濃度が高々4であることを示した. さらに S が S 型の井上曲面の場合も同様の手法を用いて $D(S)$ の濃度が高々2であることも示した.</p> <p>次に $b_1(S)=1$ かつ $b_2(S)=0$ を満たす曲面のホモトピー同値類に着目した. $H(S)$ を S とホモトピー同値である複素曲面の変形同値類の集合とする. $H(S)$ は有限であることが知られていたため, $\{\#H(S) \mid b_1(S)=1 \text{ and } b_2(S)=0\}$ が有界であるか問うた. 今, 複素曲面 S が $b_1(S)=1$ かつ $b_2(S)=0$ を満たし, さらに基本群が可換な曲面であると仮定する. このとき以下の評価式を得た:</p> $\frac{\sqrt[3]{n}}{16} < \#H(S) \leq \frac{n+1}{2}.$ <p>ここで n は S の基本群のねじれ部分群の位数である. この評価式の系として $\{\#H(S) \mid b_1(S)=1 \text{ and } b_2(S)=0\}$ は有界ではない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 4580 号	氏 名	村上 翔太
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学准教授	博士(理学) 亀谷 幸生
	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(数理科学) 勝良 健史
		慶應義塾大学教授	博士(理学) 栗原 将人

学士（理学）、修士（理学）村上翔太君提出の学位請求論文は、「On the deformation equivalence classes of complex surfaces with the first Betti number equal to one (1次ベッチ数が1と等しい複素曲面の変形同値類について)」と題し、全6章より構成されている。

幾何学の研究対象である素朴な意味での図形の特徴は数学的にはその上の構造によって捉えられている。この構造は与えられた設定において自然に賦与されていることが多く、正確な認識には多少の時間を要したようであるが、形そのものを表す Riemann 計量の構造、関数論の土台となる複素構造などが様々な背景から定式化され、その上で幾何学が展開された。その後、数学的基礎の確立により連続変形によっても変化しない特徴であるトポロジーに関わるものとして位相構造、位相空間上の関数の微分可能性を定める微分可能構造、更に複素構造の連続変形として小平-Spencer によって定義された複素変形族が重要な問題として認識され、一つの図形、幾何学的には多様体とよばれる位相空間には多重の構造が許容されることが理解された。そのような流れの中で、コンパクト2次元多様体においては Teichmüller 空間論として確立され、高次元においては微分位相幾何学、組合せ位相幾何学など幾何学の新しい分野が構築された。

本論文においては特にコンパクト4次元多様体において微分可能構造と複素構造の関連について調べている。問題の背景として Enriques-小平による複素曲面の分類、ゲージ理論による微分可能構造の研究があり、特に前者の集大成としてほとんどの複素曲面において微分可能構造と複素構造の変形同値類のずれが小さい、数学的には一つの微分構造に対してその上にある複素構造の変形同値類は高々有限個であることが示されている。ここでほとんどの複素曲面とは1次 Betti 数が1と等しくない複素曲面のことである。そこで本論文において1次 Betti 数が1と等しい場合に複素曲面を調べ、2次 Betti 数が零である場合に同様の有限性を示した。また、この結果と複素曲面論でよく知られている GSS 予想を合わせると全ての複素曲面に対して有限性が直ちに示されることから、問題の最終的な解決が GSS 予想に帰着された。

第1章においては問題の背景、特に Enriques-小平による複素曲面の分類などと本論文の主結果の位置づけについて説明している。また、1次 Betti 数が1と等しい複素曲面が Enriques-小平による分類のどの曲面にあたるかを考察し、井上曲面以外については既に有限性が得られていることを述べている。第2章においてはトーラスを例として、複素変形の概念の理解を促している。第3章においては井上曲面の定義を与え、その基本群の特徴について調べている。また、二つの井上曲面の基本群が同形であることの判定条件、二つの井上曲面が双正則であること、更に変形同値であることの判定条件をそれぞれ明示式によって表し、両者を比較することによって変形同値であることと基本群が同形であることのずれは高々4個であることを示している。最後に井上曲面は微分同相であることと基本群が同形であることは同値であることが知られていることから、問題となる有限性を導いている。第4章においては位相構造の連続変形同値類として定義されるホモトピー構造を論じている。一般にホモトピー構造と位相構造のずれはコンパクト多様体においては微妙であるが、特別な例として Hopf 曲面の場合にはそのずれが有界ではない。そこで、実際にどの程度のずれがあるのかを明示的な評価式によって表している。第5、6章においては関連する議論、問題などを集めている。尚、結果の一部は Shota Murakami, Deformation equivalence classes of Inoue surfaces with $b_1=1$ and $b_2=0$ (投稿済み)に記載されている。

以上、本論文の内容をまとめると、著者は複素曲面の分類などから現れる問題を見出し、井上曲面の複素変形による同値類、基本群の特徴について詳しく調べ、それらのずれについて評価式を得た。また、研究内容は広く理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(理学)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4641号	氏名	日開野 輔
主論文題目： 炭素繊維強化プラスチックの高精度・高品位切削加工に関する研究			
<p>航空機や自動車をはじめとする輸送機器の分野では、軽量化による省エネルギー化を目的とした軽量かつ高強度な炭素繊維強化プラスチックの使用が増加している。この傾向は、輸送機器のみならず、一般産業用機械にも広がってきており、今後もその使用量の増加が見込まれている。近年は、熱硬化性樹脂をマトリクス樹脂に使用した高強度なCFRP(Carbon Fiber Reinforced Plastic)の他、リサイクルや製造コストに有利な熱可塑性樹脂を使用したCFRTP(Carbon Fiber Reinforced Thermoplastic)も注目を集めている。一方で、炭素繊維強化プラスチックの機械加工では、工具寿命が短いことや、層間剥離や炭素繊維の切残しなどの加工不良の発生が問題となっている。</p> <p>そこで本研究では、炭素繊維強化プラスチックのエンドミル加工時に発生する加工不良を抑制するために、湿式加工の他、液化炭酸ガスや液体窒素を用いた極低温加工技術の開発を目的とした。具体的には、1) 極低温加工を実現する装置の開発、2) CFRPの湿式加工特性の実験的解析、3) CFRPの極低温加工技術の開発、4) CFRTPの極低温加工技術の開発について研究を行った。</p> <p>本論文の構成は以下のとおりである。</p> <p>第1章では、本研究の背景として、CFRP/CFRTPの材料特性や市場動向ならびに機械加工に関する従来の研究動向について述べ、本研究の目的を明らかにした。</p> <p>第2章では、極低温加工を実現するための装置として、液化炭酸ガス供給装置と液体窒素供給装置の開発について述べた。そして、開発した装置による冷却性能を実験的に評価し、さらに極低温環境による工作機械構造の熱変形が加工精度に与える影響について検討した。また、提案する極低温加工を実用化する上で必要となる、作業環境中の酸素濃度への影響を調査し、ランニングコストについても検討した。</p> <p>第3章では、CFRPのエンドミル切削加工に水溶性切削油剤を用いた湿式加工を適用し、乾式加工との比較を行い、切削加工中のCFRPの温度上昇を抑制できることや炭素繊維の切り残しの抑制への効果を示し、加工精度への影響を明らかにした。</p> <p>第4章では、CFRPのエンドミル切削加工に液化炭酸ガスおよび液体窒素を用いた極低温加工を適用し、切削加工中に被削材温度が極低温に保たれることにより、良好な加工面が得られることを示した。また、極低温による材料特性の変化が工具摩耗へ及ぼす影響を明らかにした。</p> <p>第5章では、熱可塑性樹脂であるポリアミド66をマトリクス樹脂としたCFRTPのエンドミル切削加工について、液化炭酸ガスと液体窒素を用いた極低温加工を適用し、乾式加工および湿式加工での切削特性を比較検討した。液化炭酸ガス使用時には、バリやデラミネーションが発生せず、良好な仕上げ面性状が得られることを示した。併せて極低温条件下でのマトリクス樹脂の弾性率を調べ、マトリクス樹脂の弾性率上昇が、加工特性に影響していることを明らかにした。</p> <p>第6章は結論であり、各章の内容をまとめ、本研究で得られた成果を要約した。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4641 号	氏 名	日開野 輔
論文審査担当者：	主査 慶應義塾大学教授	工学博士	青山 藤詞郎
	副査 慶應義塾大学教授	博士(工学)	青山 英樹
	副査 慶應義塾大学准教授	博士(工学)	柿沼 康弘
	副査 慶應義塾大学教授	工学博士	鈴木 哲也
<p>学士（工学）日開野輔君提出の学位請求論文は「炭素繊維強化プラスチックの高精度・高品位切削加工に関する研究」と題し、6章から構成されている。</p> <p>航空機や自動車をはじめとする輸送機器の分野では、軽量化による省エネルギー化を目的とした軽量かつ高強度な炭素繊維強化プラスチックの使用が増加している。この傾向は、輸送機器のみならず、一般産業用機械にも広がってきており、今後もその使用量の増加が見込まれている。近年は、熱硬化性樹脂をマトリクス樹脂に使用した高強度なCFRP(Carbon Fiber Reinforced Plastic)の他、リサイクルや製造コストに有利な熱可塑性樹脂を使用したCFRTP(Carbon Fiber Reinforced Thermoplastic)も注目を集めている。一方で、炭素繊維強化プラスチックの機械加工では、工具寿命が短いことや、層間剝離や炭素繊維の切残しなどの加工不良の発生が問題となっている。</p> <p>本論文の著者は、炭素繊維強化プラスチックのエンドミル加工時に発生する加工不良を抑制するために、湿式加工下での加工特性の解析、液化炭酸ガスや液体窒素を用いた極低温加工技術の開発を行った。</p> <p>第1章は緒論であり、本研究の背景として、CFRP/CFRTPの材料特性や市場動向、CFRP/CFRTPの機械加工に関する従来の研究動向について述べ、本研究の目的を明らかにしている。</p> <p>第2章では、極低温加工を実現するための装置として、液化炭酸ガス供給装置と液体窒素供給装置の開発について述べている。開発した装置による冷却性能を実験的に評価し、さらに極低温環境による工作機械構造の熱変形が加工精度に与える影響について検討している。また、提案する極低温加工を実用化する上で必要となる、作業環境中の酸素濃度への影響を調査し、ランニングコストについても検討している。</p> <p>第3章では、CFRPのエンドミル切削加工に水溶性切削油剤を用いた湿式加工を適用し、乾式加工との比較を行い、切削加工中のCFRPの温度上昇を抑制できることや炭素繊維の切り残しの抑制への効果を示し、加工精度への影響を明らかにしている。</p> <p>第4章では、CFRPのエンドミル切削加工に液化炭酸ガスおよび液体窒素を用いた極低温加工を適用し、切削加工中に被削材温度が極低温に保たれることにより、良好な加工面が得られることを示している。また、極低温による材料特性の変化が工具摩耗へ及ぼす影響を明らかにしている。</p> <p>第5章では、熱可塑性樹脂であるポリアミド66をマトリクス樹脂としたCFRTPのエンドミル切削加工について、液化炭酸ガスと液体窒素を用いた極低温加工を適用し、乾式加工および湿式加工での切削特性を比較検討している。液化炭酸ガス使用時には、バリやデラミネーションが発生せず、良好な仕上げ面性状が得られることを示し、併せて極低温条件下でのマトリクス樹脂の弾性率を調べ、マトリクス樹脂の弾性率上昇が、加工特性に影響していることを明らかにしている。</p> <p>第6章は結論であり、各章の内容をまとめ、本研究によって得られた成果を要約している。</p> <p>以上、要するに、本研究は、炭素繊維強化プラスチック材料の高精度・高品位加工のために必要とされる、新たな切削加工技術として、湿式加工、液化炭酸ガスや液体窒素を用いた極低温切削加工技術の開発を行い、炭素繊維複合材料の加工に関する有用な知見を与えるものであり、生産工学の発展に工業上、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4642号	氏名	北島 孝浩
<p style="text-align: center;">主論文題目：</p> <p style="text-align: center;">Iwasawa theoretic studies on K-groups and Selmer groups (K群とセルマー群の岩澤理論的研究)</p>			
<p>整数論において、整数環の K 群、および楕円曲線のセルマー群は重要な研究対象であり、多くの研究がなされてきた。岩澤理論では、このような対象の \mathbb{Z}_p 拡大における振る舞いを研究する。本論文では、整数環の K 群と楕円曲線のセルマー群について以下に述べるような新しい結果を得た。</p> <p>古典的な岩澤理論は、\mathbb{Z}_p 拡大におけるイデアル類群の p-Sylow 部分群の振る舞いを記述している。整数環の K 群はイデアル類群の一般化である。Wiles が証明した総実体上の岩澤主予想と Voevodsky, Rost 達が証明した Bloch-Kato 予想により、整数環の K 群と Dedekind ゼータ関数の間の関係が記述されている。</p> <p>楕円曲線の岩澤理論は、\mathbb{Z}_p 拡大における p-セルマー群の振る舞いを記述している。楕円曲線の岩澤主予想は、適切なセルマー群と p 進 L 関数の間の関係を予想するものである。楕円曲線が通常還元を持つ場合は古くから研究され、多くのことが知られている。小林真一が 2003 年に、有理数体上の楕円曲線が超特異還元を持つ場合に、\mathbb{Z}_p 拡大に関する標準的なセルマー群を修正して偶奇セルマー群を定義し、特性イデアルを用いて岩澤主予想を定式化した。B.D. Kim は 2013 年に、基礎体で p が完全分解する場合に、この偶奇セルマー群の Pontryagin 双対が非自明な有限部分加群を持たないことを証明した。</p> <p>本論文では、まず、\mathbb{Z}_p 拡大における整数環の K 群の振る舞いを研究する。代数的 K 理論により、非負整数 m に対して m 次 K 群が定義される。イデアル類群の挙動に関する Coates の問題の類似として、整数環の K 群に関する「拡張版 Coates 問題」を定式化し、部分的な解決をあたえる。すなわち、全ての素数 p に対し、有理数体の円分 \mathbb{Z}_p 拡大の中で $m=4n+2$ 型の正整数 m に対する整数環の m 次 K 群の位数が有界でないことを証明する。さらに、これらの K 群の位数を割る素数が無数に存在することを証明する。</p> <p>次に、超特異還元を持つ楕円曲線の \mathbb{Z}_p 拡大に関する偶奇セルマー群の岩澤加群としての構造を研究する。小林の偶奇セルマー群の拡張として、有理数体とは限らない一般の代数体上の超特異還元を持つ楕円曲線に対して、円分 \mathbb{Z}_p 拡大に関する偶奇セルマー群を考え、その岩澤加群としての構造を研究する。主結果として、基礎体で p 上の超特異還元素点が多岐の場合に、偶奇セルマー群の Pontryagin 双対加群が非自明な有限部分岩澤加群を持たないことを証明する。この結果は、B.D. Kim の 2013 年の結果の一般化である。また、本研究により、偶奇セルマー群の局所条件の Pontryagin 双対加群の岩澤加群は一般に自由加群でなくなる等、今まで知られていなかった現象がわかった。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4642 号	氏 名	北島 孝浩
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(数理学) 坂内 健一

学士(理学), 修士(理学) 北島孝浩君提出の学位請求論文は, 「Iwasawa theoretic studies on K-groups and Selmer groups (K 群とセルマー群の岩澤理論的研究)」と題し, 全 4 章から構成されている.

岩澤理論は, 素数 p を固定して, \mathbb{Z}_p 拡大上の不分岐 Galois 拡大のような数論的な対象物と, p 進 L 関数のような解析的对象物との間の関係を与える理論として岩澤健吉によって創始された. そして 1970 年代に楕円曲線や Abel 多様体にも同じアイデアが適用できることが Mazur によって示され, 数学に大きな進歩をもたらされた. しかしながら, アーベル多様体を扱うときには(不分岐 Galois 拡大を扱う古典的岩澤理論と同じ状況を得るために), p でアーベル多様体が通常還元を持つという条件をつける必要があった. この条件をみたさない場合にも古典的岩澤理論と同じような結果が, 数論的对象物をうまく修正することによって可能になることがわかったのは今世紀に入ってからである. 北島君提出の本学位論文の主定理は, このような通常還元を持たない場合の岩澤理論に関する新しい結果である.

論文の第 1 章は序論であり, 背景と共に本学位論文で得られた定理が説明されている. 第 2 章では岩澤加群の構造について今まで知られていた事実が述べられている. 第 3 章では代数体の整数環の K 群に関する岩澤理論的研究が記述されている. 有理数体の円分 \mathbb{Z}_p 拡大の塔の中で, イデアル類群の p 成分がどのように大きくなるか, という問題は, 通常の岩澤理論が扱う問題であるが, p 成分以外の部分に対してはどのようなことが起こるか, ということについてはあまりよくわかっておらず, 有界であるかどうかも知られていない. 北島君はこの問題に関して, イデアル類群を代数的 K 群に置き換えて研究し, m が $4n+2$ の形の正の整数のとき, 円分 \mathbb{Z}_p 拡大の中間体の整数環の $K_{\{m\}}$ は有界でないことを証明した. それだけではなく, F が円分 \mathbb{Z}_p 拡大の中間体を走るときに, その整数環 $O_{\{F\}}$ の $K_{\{m\}}(O_{\{F\}})$ の位数を割る素数が無限個あることを証明した. イデアル類群が $K_{\{0\}}$ のねじれ部分であることを考えると, これは大変興味深い結果である.

第 4 章では p で超特異還元を持つ楕円曲線の Selmer 群の性質が調べられている. 有理数体上定義された楕円曲線が p で超特異還元を持つとき, 円分 \mathbb{Z}_p 拡大上の Selmer 群は岩澤代数上ねじれ加群にならない. これが通常還元のとときの最も大きな違いであり, このことによって岩澤主予想を古典的な場合と同様に定式化することができなかつたのである. しかしながら, 小林真一は修正した \pm Selmer 群を定義して, 円分体の \mathbb{Z}_p 拡大上の \pm Selmer 群は岩澤代数上ねじれ加群であることを証明し, 岩澤主予想を定式化することに成功した. このように, 超特異還元を持つ場合には, この \pm Selmer 群が岩澤理論的に最も重要な対象物である. 古典的岩澤理論との対比で考えると, 次に重要な岩澤理論的問題は, この \pm Selmer 群が $(0$ 以外の)有限ねじれ部分加群を持たないことを証明することである. B.D. Kim はこの問題を考えて, ある条件のもとにこの性質を証明した. 本論文において, 北島君は, 何の条件もつけない完全に一般の状況で, \pm Selmer 群が $(0$ 以外の)有限ねじれ部分加群を持たないことを証明することに成功している. これは岩澤理論的にきわめて重要な結果である. B.D. Kim による先行結果では, 条件をつけることにより局所体上の \pm 有理点の群が岩澤代数上自由加群である場合のみを扱ったが, 本論文において北島君は, 局所体上の \pm 有理点の群の構造をねじれ部分までこめて具体的に決定し, それを用いて主定理を導出している. この局所体上の結果も大変興味深い結果である.

以上のように, 本論文において北島君は, 楕円曲線の岩澤理論における極めて重要な問題を解決し, Selmer 群の Galois 加群としての構造を理解するための重要な基礎を築いた. これは, 楕円曲線の有理点と L 関数の間の重要な関係の研究に大きく貢献する結果である. 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.

内容の要旨

報告番号	甲 第4643号	氏名	井岡 秀二
主論文題目： Development of novel imaging system by using firefly bioluminescence (ホタル生物発光を利用した新規イメージングシステムの開発)			
<p>ホタルの生物発光は、発光基質であるホタルルシフェリンが発光酵素ホタルルシフェラーゼによってAMP化され、続いて酸素化されることで黄緑色(最大発光波長562 nm)に発光する。その発光効率は41%と極めて高く、またS/N比も良好であることから、これまで<i>in vivo</i>イメージングやレポータージーンアッセイ、食品衛生管理などに応用されてきた。このようにホタル生物発光は、生物学的分野において生命現象を可視化するために必要不可欠なツールである。本研究では、有機合成化学的手法を用いて、未だ明らかでないホタルルシフェリンとホタルルシフェラーゼの基質特異性の解明と、それを利用した新しいイメージングツールの開発を行った。</p> <p>(1) ホタルルシフェラーゼの基質特異性の解明を目的とした新規ホタルルシフェリンアナログの合成と発光活性評価</p> <p>ホタルルシフェリンは、ベンゾチアゾール及びチアゾリン環の2つの環により構成されている。これまでに、ベンゾチアゾール環の構造と発光活性に関する研究から、芳香環構造を変化させることで発光波長のコントロールが可能であることが見出されている。しかしながら、発光反応の過程で代謝されるチアゾリン環の構造が発光に及ぼす影響は未だ明らかにされていない。そこで、ホタルルシフェリンのチアゾリン環部位の構造活性相関の解明を目的とし、数種類の誘導体を合成し、発光活性についての評価を行うこととした。チアゾリン環部位の構造が直鎖状である化合物及び環状である化合物を合成し、生物発光測定を行ったところ環状の化合物であるカルボルシフェリンのみ生物発光活性を示した。また、直鎖状の化合物が発光阻害活性を示さなかったことから、チアゾリン環部位の構造は酵素ルシフェラーゼの酵素認識に影響するものと結論づけられた。</p> <p>(2) 特異的な酵素による環化反応を用いた発光OFF-ON制御可能な新規ホタルルシフェリンアナログの開発</p> <p>前項の結果より、ルシフェラーゼ認識部位であるチアゾリン環部位の構造が直鎖状である化合物は生物発光を示さず、環状である化合物は生物発光を示すことがわかった。この結果を用いて、特定の生体内物質によりチアゾリン環部位が鎖状構造から環状構造へ変換されることによる、チアゾリン環の構造制御による発光OFF-ON制御が可能なルシフェリンアナログの開発を行った。そのようなイメージングモデルを構築するため、特定の生体内物質としてアミノアシラーゼ、発光OFF-ON制御が可能な鎖状ルシフェリンアナログとしてN-Ac-γ-グルタミンルシフェリンを設定し、合成とOFF-ON制御の検討を行なった。その結果、生物発光を示さないN-Ac-γ-グルタミンルシフェリンがアミノアシラーゼの活性化に伴い環化反応を起こし、生物発光を示すことがわかった。このイメージングモデルを応用し、N-Ac基を任意のペプチド配列に置き換えることで、そのペプチドを認識する生体内の特定酵素のみを時空間的に検出し生体内現象をモニタリングできるという可能性を見出した。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4643 号	氏 名	井岡 秀二
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	農学博士 井本 正哉
	副査	慶應義塾大学名誉教授	工学博士 西山 繁
		慶應義塾大学教授	工学博士 鈴木 孝治
		慶應義塾大学准教授	理学博士 宮本 憲二
		慶應義塾大学准教授	博士(工学) 高橋 大介
<p>学士(理学)、修士(理学)井岡秀二君提出の学位請求論文は、「Development of novel imaging system by using firefly bioluminescence (ホタル生物発光を利用した新規イメージングシステムの開発)」と題し、全4章から成っている。</p> <p>ホタルは、発光基質ホタルルシフェリンと発光酵素ホタルルシフェラーゼが反応することで発光を示す。その発光輝度や S/N 比の高さから、バイオイメージングツールとしてケミカルバイオロジー分野において広く応用されている。本論文では、有機合成化学的手法を基盤として、発光基質ホタルルシフェリンの構造に注目し未だ明らかとなっていない発光酵素ルシフェラーゼの基質特異性の解明と、その結果を用いた新しいホタルイメージングツールの開発を行った。</p> <p>第1章は序論であり、ホタル生物発光の性質や過去に開発されたホタルイメージングツール並びにその問題点を既述している。</p> <p>第2章では、今まで検討例が少なかったホタルルシフェリンのチアゾリン環部位の構造を改変した新規ルシフェリンアナログの合成、生物発光評価、並びにチアゾリン環部位の構造が発光活性に与える影響を検討している。ホタルの生物発光は、発光色が単色であること、発光輝度が低いこと、発光のコントロールが行えないことなど、様々な問題点がある。そこで著者は、その問題を解決するためホタルルシフェリンのどの構造がそれぞれどのように発光に寄与しているか検討した。ホタルルシフェリンはベンゾチアゾール環とチアゾリン環の2つの環構造を有する化合物である。過去の構造活性相関研究から、ベンゾチアゾール環部位の構造は発光色に影響することが解明されたが、チアゾリン環部位に関する報告例は極めて少なく、十分な知見が得られていなかった。そこで著者はチアゾリン環部位を改変した7種類の化合物を合成し、生物発光測定を行った。その結果、チアゾリン環の代わりに鎖状構造を有するルシフェリンアナログは生物発光を示さなかったのに対し、チアゾリン環の硫黄原子が CH₂ 基に置換したカルボルシフェリンは、ホタルルシフェリンより弱いものの生物発光活性を示すことが明らかとなった。次に著者は、カルボルシフェリンの発光強度が低下した原因について検討した。ホタルの生物発光は、AMP 化反応、酸化反応、ジオキセタン開裂反応、エネルギー変換反応と多段階反応であるが、それぞれの反応過程を調査した結果、カルボルシフェリンの発光活性が低下した原因は AMP 化反応速度が大きく低下したからであった。これらのことから、チアゾリン環部位の構造はルシフェラーゼの酵素反応、特に AMP 化反応に非常に大きく影響しているという結論を得た。</p> <p>第3章では、第2章の結果を用いてホタル生物発光の新規 OFF-ON イメージングの開発を行っている。チアゾリン環部位を鎖状構造にした生物発光を示さない化合物 <i>N</i>-Ac-γ-グルタミンルシフェリンを設計し、合成した。本化合物に酵素アミノアシラーゼを作用させると酵素反応に伴い環化反応が進行し、生物発光を示すカルボルシフェリンへと誘導されることを見出した。さらにその際にルシフェラーゼを共存させておくと、アミノアシラーゼが存在しないときは発光を示さず、存在するときは発光を示すことがわかった。このように、酵素ルシフェラーゼ認識部位であるチアゾリン環部位の構造変換に注目した新しい OFF-ON イメージングの開発に成功した。</p> <p>第4章では、総括として本研究の結果を生かした発光強度を向上させる手法や新しいイメージング手法への展開例を記した。</p> <p>本論文の成果は、ホタル生物発光の現状の問題点を解決するだけでなく、今後のホタル生物発光を応用する際の分子デザインに大きく貢献できると考えられる。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>			

内容の要旨

報告番号	甲 第4644号	氏名	齋藤 駿
主論文題目： Chemistry and biology of novel androgen receptor antagonist antarlides from microbial origin (微生物由来新規アンドロゲン受容体アンタゴニスト Antarlide に関する化学生物学研究)			
【背景・目的】 前立腺がんは、男性ホルモン（アンドロゲン）がアンドロゲン受容体（AR）に結合し転写因子として働くことで悪性化する。そこで、アンドロゲンと AR の結合を阻害する AR アンタゴニストが治療薬の一つとして用いられている。しかし近年、AR アンタゴニストの長期使用により耐性を示す変異体 AR の出現が問題となっている。この耐性が獲得される原因の一つとして、既存の AR アンタゴニストの化学構造の類似性が指摘されている。このことから、既存の AR アンタゴニストとは異なる化学構造を有する化合物は、新しい前立腺がん治療薬シードになり得ると考えられる。そこで、構造多様性に富んだ化合物を多数含有する放線菌代謝産物から新規 AR アンタゴニストの探索を行った。			
【結果・考察】 【Antarlide 類の単離精製・構造解析】 <i>in vitro</i> におけるアンドロゲンと AR の結合阻害活性を指標としたスクリーニングを実施し、放線菌 BB47 株の培養液中に目的の活性を見出した。そして、活性物質の単離精製・構造解析を試みた結果、新規化合物 Antarlide A-F の取得に成功した。Antarlide A-F は 22 員環のマクロライド構造を有しており、それぞれ幾何異性体であることが明らかとなった。次に、主成分である Antarlide A の絶対立体構造については、Antarlide A をメタノリシス反応により開環し、得られたメチルエステル体に対し NMR スペクトル解析や各種化学変換反応を駆使することで決定した。Antarlide B-F は光照射により Antarlide A へと異性化されることから、全て同様の絶対立体構造を有していることが推察された。さらにスクリーニングを継続した結果、20 員環マクロライド構造を有する Antarlide G ,H を発見した。Antarlide G についてもメタノリシス反応により開環し、得られたメチルエステル体に対し LC/MS による解析を行った。その結果、Antarlide A 由来のメチルエステル体とは保持時間が一致しなかったことから、Antarlide G,H は異なる絶対立体構造を有することが推察された。【Antarlide 類の生物活性】 Antarlide 類の中で安定性の高い Antarlide B 及び G は、アンドロゲンにより誘導されるマーカー遺伝子 PSA mRNA の発現及び細胞増殖を抑制し、細胞レベルでも AR アンタゴニスト活性を示した。さらに、既存の AR アンタゴニストに対して耐性を示す変異体 AR に対してもアンタゴニスト活性を示し、耐性を克服できる可能性が示唆された。			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4644 号			氏 名	齋藤 駿
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	農学博士	井本 正哉	
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士	佐藤 智典	
		慶應義塾大学教授	博士(理学)	末永 聖武	
		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) 齋藤駿君提出の学位請求論文は、「Chemistry and biology of novel androgen receptor antagonist antarlides from microbial origin (微生物由来新規アンドロゲン受容体アンタゴニストAntarlide)に関する化学生物学研究)」と題し、全3章から成っている。</p> <p>前立腺がんは、男性ホルモン(アンドロゲン)がアンドロゲン受容体(AR)に結合し転写因子として働くことで悪性化する。そこで、アンドロゲンとARの結合を阻害するARアンタゴニストが治療薬の一つとして用いられている。しかし、現在臨床で用いられている第1、第2世代のARアンタゴニストは、長期使用により耐性を示す変異体ARの出現が問題視されてきた。この耐性が獲得される原因の一つとして、既存のARアンタゴニストの構造の類似性が指摘されている。このことから、既存のARアンタゴニストとは異なる構造を有する化合物は、新しい前立腺がん治療薬シードになり得ると考えられている。本研究では、放線菌の二次代謝産物からARアンタゴニストの探索を行った。その結果、放線菌BB47株より既存のARアンタゴニストとは構造の異なる新規Antarlide類を発見した。さらに、Antarlide類は既存のARアンタゴニストに対する耐性を克服し、第3世代の治療薬シードになり得る可能性を示唆した。</p> <p>第1章はケミカルバイオロジーの実験手法、および天然物創薬研究の歴史や近年の取り組みをまとめている。さらに、本論文の研究対象である前立腺がんとその治療薬であるARアンタゴニストについて概説している。</p> <p>第2章の前半では、新規ARアンタゴニストの取得を目指し、<i>in vitro</i>スクリーニングおよび放線菌BB47株からの活性物質の単離精製・構造解析について述べている。齋藤君は活性物質として新規22員環マクロライドであるAntarlide A-Fを発見し、その平面構造を明らかにした。さらに、Antarlide Aに対しNMRスペクトル解析や各種化学変換反応を駆使することでその絶対立体構造を決定した。その後、齋藤君は同放線菌から20員環マクロライド構造を有するAntarlideファミリーのAntarlide GおよびHを発見した。通常放線菌が生産するマクロライド環の形成部位は、ポリケタイド合成酵素により厳密に制御されている。したがって、放線菌BB47株のポリケタイド合成酵素では基質認識のゆらぎが生じている可能性が示唆された。この知見は、放線菌が生産するマクロライド系化合物の生合成学的な観点からも非常に興味深いものである。</p> <p>第2章の後半では、Antarlide類の薬理活性についての評価を行なっている。まず、<i>in vitro</i>においてAntarlide類はアンドロゲンとARの結合を阻害した。一方、ARと同じ核内受容体であるERとそのリガンドであるEstradiolの結合は阻害しなかった。このことは、Antarlide類がARに対し特異的に結合することを示唆している。また、前立腺がん細胞においてアンドロゲンにより誘導されるマーカー遺伝子PSA mRNAの発現および細胞増殖を抑制した。最後に、既存のARアンタゴニストに対して耐性を示す変異体ARに対するアンタゴニスト活性を評価した。その結果、Antarlide類は既存のARアンタゴニストに対する耐性を克服する可能性が示唆された。</p> <p>第3章では、本研究で得られたAntarlide類の化学生物学的な結果から、生合成研究をはじめとする今後の天然物創薬の展望を議論し総括としている。</p> <p>本論文は、新規ARアンタゴニストAntarlide類を発見したことに留まらず、治療薬シードとしての可能性を示したことにまで及ぶ。本研究成果は、今後の天然物化学研究やがん研究に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>					

内容の要旨

報告番号	甲 第4645号	氏名	久住 俊一
主論文題目： デオキシ糖の新規化学選択的グリコシル化反応の開発と 抗生物質ビネオマイシン類の全合成研究			
<p>デオキシ糖鎖は、抗腫瘍活性や酵素阻害活性などの顕著な生物活性を有する抗生物質の構造中に見られ、その機能発現において重要な役割を果たしている。糖鎖を効率的に合成する上で、“armed-disarmed”の概念による化学選択的グリコシル化反応は最も重要な手法の一つとして挙げられる。しかし、2位に酸素官能基を有さない2-デオキシ糖においては、この概念を直接用いることができないため、代替となる手法の開発が求められている。また、2,3位に酸素官能基を有さない2,3-ジデオキシ糖は、アングサイクリン系抗生物質などの顕著な生物活性を有する天然物の構造中に見られるが、それら天然物の全合成例は極めて少ない。本論文では、2,3-ジデオキシ糖の新規化学選択的グリコシル化反応の開発と本手法を鍵反応として用いたアングサイクリン系抗生物質ビネオマイシン類の全合成研究について記述した。</p> <p>序論では、デオキシ糖鎖を有する抗生物質の分類について述べた後、本研究で着目したアングサイクリン系抗生物質ビネオマイシン類の興味深い生物活性や過去の合成例について概説した。また、ビネオマイシン類を合成する上で課題となるデオキシ糖鎖の合成及びアグリコンに対する配糖化について、過去に報告された合成研究を例に概説した。さらに、本研究の目的及び位置づけについて述べた。</p> <p>本論第1章では、デオキシ糖の新規化学選択的グリコシル化反応の開発について記述した。すなわち、脱離基としてアセタートをもつ3種の2,3-ジデオキシ糖の反応性を比較した結果、反応性の序列は、2,3-不飽和糖>2,3-ジデオキシ(飽和)糖>2,3-不飽和-4-ケト糖の順であり、種々のグリコシル化条件において、これらのデオキシ糖の間に有意な反応性の差があることを見出した。また、これらの反応性の差を利用した化学選択的グリコシル化反応が可能であり、アノマー位の保護・脱保護を省略した、効率的なデオキシ三糖鎖の合成に応用できることを見出した。</p> <p>第2章では、ビネオマイシン B₂の全合成について記述した。すなわち、無保護糖を用いたアリール C-グリコシル化反応、及び2,3-不飽和糖を用いた強力な化学選択的グリコシル化反応を鍵反応とし、アグリコン部分とデオキシ糖鎖部分をそれぞれ効率的に合成した。また、側鎖末端をシリルエーテルとしたアグリコン保護体と2,3-ジデオキシチオ糖を用いることにより、求核性の低い側鎖部分の三級アルコールに対して配糖化が可能であることを見出した。さらに、アグリコン保護体とデオキシ糖鎖部分のチオ糖とのグリコシル化反応では、基質濃度が収率に大きく寄与することを明らかにした。これにより、高濃度条件下で配糖化することで、アグリコン部分に対して2つのデオキシ糖鎖部分を一挙に導入することに成功し、ビネオマイシン B₂の初の全合成を達成した。</p> <p>第3章では、ビネオマイシン A₁のアグリコン部分であるアクアヤマシンの全合成について記述した。すなわち、3つの鍵反応(①アリール C-グリコシドから発生させたりチウム種のシクロヘキサノン誘導体に対する高立体選択的な1,2-付加反応、②アリルインジウムによる転位を伴うナフトキノンの位置選択的アリル化反応、及び③2価のバナジウム錯体を用いた高立体選択的な分子内ピナコールカップリング反応)により、高度に官能基化された四環性骨格を構築し、アクアヤマシンの効率的かつ実用的な全合成を達成した。</p> <p>結論では、本研究を総括し、今後の展望について記述した。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4645 号	氏 名	久住 俊一
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学准教授	博士(工学) 高橋 大介
	副査	慶應義塾大学教授	博士(理学) 藤本 ゆかり
		慶應義塾大学教授	博士(理学) 末永 聖武
		慶應義塾大学教授	理学博士 千田 憲孝
<p>学士(工学)、修士(工学)久住俊一君提出の学位請求論文は、「デオキシ糖の新規化学選択的グリコシル化反応の開発と抗生物質ビネオマイシン類の全合成研究」と題し、序論、本論第1～第3章、及び結論で構成されている。デオキシ糖鎖は、抗腫瘍活性や酵素阻害活性などの顕著な生物活性を有する抗生物質の構造中に見られ、その機能発現において重要な役割を果たしている。糖鎖を効率的に合成する上で、“armed-disarmed”の概念による化学選択的グリコシル化反応は最も重要な手法の一つとして挙げられる。しかし、2位に酸素官能基を有さない2-デオキシ糖においては、この概念を直接用いることができないため、代替となる手法の開発が求められている。また、2,3位に酸素官能基を有さない2,3-ジデオキシ糖は、アングサイクリン系抗生物質などの顕著な生物活性を有する天然物の構造中に見られるが、それら天然物の全合成例は極めて少ない。本論文では、2,3-ジデオキシ糖の新規化学選択的グリコシル化反応の開発と本手法を鍵反応として用いたアングサイクリン系抗生物質ビネオマイシン類の全合成研究について記述している。</p> <p>序論では、デオキシ糖鎖を有する抗生物質の分類について述べた後、本研究で着目したアングサイクリン系抗生物質ビネオマイシン類の興味深い生物活性や過去の合成例について概説している。また、ビネオマイシン類を合成する上で課題となるデオキシ糖鎖の合成及びアグリコンに対する配糖化について、過去に報告された合成研究を例に概説している。さらに、本研究の目的及び位置づけについて述べている。</p> <p>本論第1章では、デオキシ糖の新規化学選択的グリコシル化反応の開発について記述している。すなわち、脱離基としてアセタート有する3種の2,3-ジデオキシ糖の反応性を比較した結果、反応性の序列は、2,3-不飽和糖>2,3-ジデオキシ(飽和)糖>2,3-不飽和-4-ケト糖の順であり、種々のグリコシル化条件において、これらのデオキシ糖の間に有意な反応性の差があることを見出した。また、これらの反応性の差を利用した化学選択的グリコシル化反応が可能であり、アノマー位の保護・脱保護を省略した、効率的なデオキシ三糖鎖の合成に応用できることを見出した。</p> <p>本論第2章では、ビネオマイシン B₂の全合成について記述している。すなわち、無保護糖を用いたアリール C-グリコシル化反応、及び2,3-不飽和糖を用いた強力な化学選択的グリコシル化反応を鍵反応とし、アグリコン部分とデオキシ糖鎖部分をそれぞれ効率的に合成した。また、側鎖末端をシリルエーテルとしたアグリコン保護体と2,3-ジデオキシチオ糖を用いることにより、求核性の低い側鎖部分の三級アルコールに対して配糖化が可能であることを見出した。さらに、アグリコン保護体とデオキシ糖鎖部分のチオ糖とのグリコシル化反応では、基質濃度が収率に大きく寄与することを明らかにした。これにより、高濃度条件下で配糖化することで、アグリコン部分に対して2つのデオキシ糖鎖を一挙に導入することに成功し、ビネオマイシン B₂の初の全合成を達成した。</p> <p>本論第3章では、ビネオマイシン A₁のアグリコン部分であるアクアヤマシンの全合成について記述している。すなわち、3つの鍵反応(①アリール C-グリコシドから発生させたりチウム種のシクロヘキサノン誘導体に対する高立体選択的な1,2-付加反応、②アリルインジウムによる転位を伴うナフトキノンの位置選択的アリル化反応、及び③2価のバナジウム錯体を用いた高立体選択的な分子内ピナコールカップリング反応)により、高度に官能基化された四環性骨格を構築し、アクアヤマシンの効率的かつ実用的な全合成を達成した。</p> <p>結論では総括として、各章により得られた成果をまとめて記述するとともに、今後の展望について簡潔に記述している。</p> <p>以上、本論文の著者は、糖質及び配糖体合成において重要なグリコシル化反応において、新しい効率的なデオキシ糖のグリコシル化反応を開発し、また、その有用性を抗生物質ビネオマイシン B₂の全合成において実証した。さらに、抗生物質アクアヤマシンの全合成も達成している。これらの成果は今後の糖質科学及び有機化学の進展に貢献することが期待され、学術的及び工業的にも意義深い。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4646号	氏名	加藤 賢太郎
主論文題目： Lift Enhancement of Wings by Means of Nanosecond-Pulse Plasma Actuators (ナノ秒パルスプラズマアクチュエータを用いた翼の揚力増加)			
<p>この論文は、繰り返しナノ秒パルス電圧で駆動する誘電体バリア放電プラズマアクチュエータの翼上の流れにおける効果を二つの実験と数値計算を通じて明らかにすることを目標としている。</p> <p>第一の実験では、矩形翼面上の圧力分布におけるプラズマ制御の効果を調べた。様々な翼の迎角αにおいて駆動電圧の振幅V_{pp}、繰り返し周波数fの効果を評価した。結果は迎角によって負圧回復の異なる振る舞いを示した。失速角までは、調査した範囲内（翼弦長Cと主流速度U_∞に基づく無次元周波数で$0.3 \leq F^+ \equiv Cf/U_\infty \leq 3.8$）では周波数$f$に依存せず負圧回復が生じた。失速角以降では、$F^+ \approx 0.4$及び$3.8$で制御を行った場合に、負圧回復が顕著になった。これらの周波数は、非制御時の渦の特徴的な周波数と一致した。また、これらの周波数での制御には、迎角によって最適な電圧振幅が存在する。</p> <p>第二の実験では、後退翼上の前縁渦流れにおける効果を調べた。有効翼弦長C_mに基づく無次元加振周波数$0.12 \leq F^+ \equiv C_m f/U_\infty \leq 6.13$、迎角$25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$の範囲で翼にかかる力を計測した。$F^+ \approx 0.86$で制御を行った際、$\alpha = 35^\circ$で最大の揚力増加が見られた。このケースに関して、stereoscopic particle image velocimetry を用いて後流の速度場を計測した。この後流計測により、前縁渦強度の変化が揚力増加をもたらしていることが分かった。</p> <p>数値解析では、プラズマ制御の効果を見積もる運動学的なモデルを提案する。モデル化された攪乱の効果を、矩形翼上の流れ制御に関して調査した。モデルは、プラズマによる熱的な攪乱を翼面上の駆動壁で表し、その駆動壁の時空間的な幅、振幅の効果を調査した。流れは非圧縮と仮定し、二次元の $k - \omega$ shear stress transport scale-adaptive simulation を行った。導入した攪乱は剥離した剪断層の再付着を促し、その結果、圧力回復をもたらした。その効果は、個々のパラメータというよりも、駆動壁によって課された衝撃の時空間的な積分値で決まった。</p> <p>この研究はナノ秒パルスプラズマアクチュエータの流体制御効果を明らかにした。実験は翼上の流れ制御におけるプラズマアクチュエータの効果を実証した。単純化された数値計算は、実験で観察された負圧回復を定性的に再現した。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4646 号	氏 名	加藤 賢太郎
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	Dr. -Ing. 小尾 晋之介
	副査	慶應義塾大学教授	博士(工学) TeknD 深淵 康二
		慶應義塾大学専任講師	Ph. D. 安藤 景太
		東京大学生産技術研究所准教授	博士(工学) 長谷川 洋介
		ミュンヘン工科大学教授	Dr. -Ing. Breitsamter, Christian

学士(工学), 修士(工学), 加藤賢太郎君提出の学位論文は Lift Enhancement of Wings by Means of Nanosecond-Pulse Plasma Actuators(ナノ秒パルスプラズマアクチュエータを用いた翼の揚力増加)と題し, 本編 5 章により構成されている。

輸送機器や産業機器における流れの制御はエネルギーの有効利用の観点で極めて重要であり, これまでに種々の制御手法が提案されてきた。本研究で取り扱うナノ秒パルスプラズマアクチュエータは従来の手法とは異なる原理で高速の流れに刺激を与え, はく離流の再付着を促す技術として期待されているが, その物理現象の詳細や最適な制御を与えるパラメータなどが未解明である。この論文の著者は実験と数値解析の両面のアプローチからこれらの問題への解を見出した。

第 1 章は緒論であり, 研究の背景, 関連研究の動向をまとめ本研究の目的を述べている。

第 2 章では有限長の G6387 翼型を対象とした実験に関して記述されている。対象とした翼型は航空工学分野で標準的に用いられている 2 次元翼モデルであり, 従来の実験結果が豊富に蓄積されている。著者はアクチュエータを翼型モデルの前縁部に装着し, 様々な翼の迎角においてアクチュエータ駆動電圧の振幅, 繰り返し周波数の効果を翼面圧力分布の計測により評価した。迎角が小さく境界層のはく離が生じない状況ではアクチュエータの効果は顕著ではなかった。一方, 迎角が大きい失速状態では圧力係数の回復に周波数依存性があることを熱線風速計による速度計測から見出すことができた。

第 3 章は NACA65A005 後退翼モデルを対象とした実験を扱っている。低速風洞に設置された 6 分力計による抗力・揚力計測とステレオ粒子画像流速計による後流断面の速度場計測によって, アクチュエータ動作電圧ならびに動作周波数の効果を評価した。3 次元はく離現象の内包する複雑さ故, 2 次元翼モデルのような明確な周波数依存性は見出すことができなかったが, 制御効果はこの場合も失速状態において確認することができた。

第 4 章は 2 次元翼モデルを対象として非定常レイノルズ平均乱流モデルを用いて行われた数値解析について述べている。ナノ秒パルスプラズマアクチュエータの動作原理は, ごく短時間に加わる高電圧により発生する衝撃波がはく離せん断層を刺激して運動量交換を活性化させると考えられているが, 動作初期の熱力学的な効果と結果として生じる流体運動の間には大きな時間スケール上の隔りがあるため, これらの一連の過程をすべて数値解析で再現するためには膨大な計算資源が必要となる。著者は翼の一部に駆動部を設けることで前段の効果を簡易なモデルで表現することを提唱し, その結果, 駆動部の周波数, 時空間的な振幅のそれぞれについて広い範囲にわたり調査をすることができ, 最適な制御条件を与えうるパラメータの組み合わせを見出すことに成功した。

第 5 章は結論であり, 本論文の結果の総括と今後の展望を述べている。

以上のように, 本論文で論じられたナノ秒パルスプラズマアクチュエータの動作に関する実験から得られた知見と数値解析的なアプローチは当該分野への貢献が少なくない。また, こうした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と見える。

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。

内容の要旨

報告番号	甲 第4647号	氏名	四方 雄貴
主論文題目： Chemical biological studies for the compounds exerting synthetic lethal effect in human tumor cells (合成致死活性を有するがん治療薬シードの化学生物学的解析)			
<p>2012年現在、全世界で年間820万人が悪性腫瘍により命を落としており、その数は今後20年以内で年間1400万人にまで達すると推定されている。この悪性腫瘍に打ち勝つべく、これまでに多くの科学者によりがん治療薬の研究・開発がなされてきた。しかしながら、副作用や薬剤抵抗性、再発などといった多くの課題が未だに残されている。そこで本研究では『合成致死活性』に着目した。これは、がん遺伝子そのものをターゲットせず、がん細胞に対して強力かつ選択的に細胞死を誘導する活性であり、効果的ながん治療戦略になり得ると期待される。本論では、合成致死スクリーニングで取得した nonactin および抗がん活性報告のある xanthohumol を用いて、合成致死活性の観点からがん治療薬シードとしての有用性について検討を行った。</p> <p>(1). VCP 阻害剤 xanthohumol のヒト腫瘍細胞に対する合成致死活性 これまでに我々は、ホップ抽出物由来 xanthohumol (XN) が valosin-containing protein (VCP) をターゲットとしてその機能を阻害することを見出していた。VCP はがん細胞の生存や予後不良に寄与することが報告されており、また XN についても多くの論文にてその抗がん活性が報告されていることから、我々は XN が VCP をターゲットとすることで抗がん活性を発揮すると仮説を立て、XN の誘導する細胞死に関与する pathway を検証した。shRNA スクリーニングを利用し、阻害することで XN の抗がん活性を増強する遺伝子を探索したところ、adenylate cyclase (AC) pathway に関する遺伝子群がヒットした。実際に AC pathway の構成因子の1つである PKA の阻害剤 (H-89 および KT5720) を XN と共処理すると、相乗効果を示し、XN の細胞死誘導活性が増強した。以上の結果より、AC/PKA pathway と VCP の機能との間にクロストークが存在し、VCP 阻害剤の合成致死活性に AC/PKA pathway が関与することが示唆された。</p> <p>(2). β-Catenin 変異がんに対する治療薬シードの探索 様々なヒト腫瘍において、β-catenin に活性型変異が認められており、有用ながん治療のターゲットとして考えられている。しかしながら、β-catenin 変異がんに対する治療薬は未だ開発されていない。そこで我々は β-catenin 変異がんに対して合成致死を誘導するがん治療薬シードを、放線菌ライブラリーから探索した。そして、活性本体を単離および精製したところ、ミトコンドリア膜脱共役剤として知られる nonactin を同定した。Nonactin およびその他の脱共役剤である valinomycin や CCCP は、<i>in vitro</i> で β-catenin 変異がんに対して選択的に細胞死を誘導し、nonactin は <i>in vivo</i> で腫瘍退縮を誘導した。さらに活性型変異 β-catenin が解糖系を抑制することが見出された。脱共役剤はミトコンドリアを阻害することから、我々は、β-catenin 変異がんは解糖系が抑制されることでミトコンドリアの酸化的リン酸化に依存して生存し、したがって脱共役剤で細胞死が誘導されたのではないかと推測した。以上の結果より、β-catenin 変異がんに対してミトコンドリアをターゲットすることで合成致死が誘導されたことが示唆された。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4647 号	氏 名	四方 雄貴
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	農学博士 井本 正哉
	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(地球環境科学) 土居 信英
		慶應義塾大学准教授	博士(工学) 清水 史郎

学士（理学）、修士（理学）四方雄貴君提出の学位請求論文は、「**Chemical biological studies for the compounds exerting synthetic lethal effect in human tumor cells**（合成致死活性を有するがん治療薬シードの化学生物学的解析）」と題し、全4章から成っている。

がんは日本人の死因第1位で、その割合は年々増加している。これまでに多くの制がん剤が開発され、特に近年開発されたがんの分子標的治療薬は、がんの原因と関連する分子を標的とする薬剤であり、一部では画期的な治療効果を示している。しかしながら副作用や薬剤抵抗性、再発などといった多くの課題が未だに残されている。これらの問題を解決する方法として期待されはじめているのが合成致死を利用した治療薬の開発である。合成致死とは、ある2つの遺伝子について片方の遺伝子変異のみでは致死性を示さないが、両方の遺伝子に変異が生じることで致死性を示すという生命現象である。本研究では、合成致死の概念を利用してVCP阻害剤 xanthohumol の抗がん活性のメカニズムの一端を明らかにし、また変異型β-catenin に対して合成致死活性を発揮するがん治療薬シードとして nonactin を見出し、その合成致死活性発現メカニズムの一端を解明した。

第1章は序論であり、これまでのがん治療薬や分子標的治療薬を概説し、また合成致死活性を有する化合物の応用例についての従来研究をまとめている。

第2章では、VCP阻害剤 xanthohumol の *in vitro* およびマウスを用いた *in vivo* の抗腫瘍活性を検討した結果を述べている。Xanthohumol に対して高い感受性を示すがん細胞と感受性の低いがん細胞が存在することを見出し、高い感受性を示したがん細胞では xanthohumol 処理によって抗アポトーシスタンパク質 survivin の発現減少が誘導されることを見出した。このことから、survivin が xanthohumol に対する感受性規定因子である可能性が示唆された。また、shRNA スクリーニングによって xanthohumol の感受性を増強させる遺伝子を探索した結果、adenylate cyclase/PKA シグナル伝達経路が survivin の発現制御を介して xanthohumol の抗がん活性を抑制的に制御していることを見出した。さらに adenylate cyclase/PKA シグナルの阻害剤は xanthohumol によって VCP が阻害された細胞に合成致死活性を誘導することを見出した。

第3章では、β-catenin 遺伝子に活性型の変異を有するがん細胞に対して、選択的に細胞死を誘導する化合物、すなわち合成致死を誘導する化合物を放線菌ライブラリーから探索し、小分子化合物 nonactin が目的の活性を有することを見出した。さらに nonactin のミトコンドリア脱共役活性が β-catenin 変異がん細胞に選択的に細胞死を誘導することを明らかにした。その後、nonactin の β-catenin 変異がん選択的細胞死誘導機構を解析した。その結果、β-catenin 野生型がん細胞株に活性型変異β-catenin を強制発現させることで、解糖系強度の指標となる Extracellular Acidification Rate (ECAR)値が減少することを見出したことから、野生型β-catenin 発現がん細胞は Warburg 効果によって生存しているのに対し、変異型β-catenin 発現がん細胞は解糖系を阻害することでミトコンドリア依存的に生存すること、さらに、その結果 nonactin などのミトコンドリア脱共役剤によるミトコンドリアダメージ誘導が変異型β-catenin 発現がん細胞に対して合成致死を誘導することを明らかにした。

第4章では、本研究の結果をベースに、解析ツールおよび薬剤探索系における合成致死活性の有効性や今後の展望を議論し、総括としている。

本論文は、がん治療研究やがんの生存戦略解析における合成致死概念の有効性を示し、今後のがん研究に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。

内容の要旨

報告番号	甲 第4648号	氏名	永井 康史
主論文題目： Pattern space: a general framework for tilings, Delone sets, functions and measures to discuss their interrelations, repetitivity and corresponding dynamical systems (パターン空間：タイル張り・Delone 集合・関数・測度とそれらの相互関係、概周期性および対応する力学系を論じるための統一的な枠組みについて)			
<p>タイル張りや Delone 集合、関数、測度などの概周期性は表現論・力学系・Fourier 解析などの数学の分野や、物理における準結晶の研究などに関連する重要な研究対象である。本論文において、著者はまずこれらのうちのタイル張りについて、以下の考察をした。まず、タイル張りの研究において用いられる、二つの位相の関係を完全に明らかにすることに成功した。また、タイル張りとは、対応して定まる力学系の関係について、以下の成果を上げた。先行研究において、タイル張りの性質から、対応する力学系の性質が導出されてきた。著者は逆に、力学系の性質から、タイル張りの性質を導出することに成功した。具体的には、力学系の固有値全体の集合が稠密ならば、タイル張りにおいて「周期的に近い」現象が起こることを証明した。</p> <p>次に著者は、タイル張りの研究に用いられる手法のうちから、本質的なものを抜き出すことにより、タイル張りだけでなく、最初に挙げた Delone 集合・関数・測度などを統一的に扱うための枠組みを構築することに成功した。これらの対象はそれぞれ個別に論じられることはあったが、著者のこの研究により、統一的な視点からこれら全てを論じることが初めて可能となった。これらの対象は、抽象的パターンと呼ばれる。著者は抽象的パターンがなす空間をパターン空間と名付け、その性質を研究した。</p> <p>また、二つのタイル張りの関係を論じるための概念として、局所導出可能性と相互局所導出可能性 (MLD) というものがあったが、これはタイル張りだけに定義された概念で、例えばタイル張りとは測度の関係や、Delone 集合と関数の関係を記述することはこれまでできなかった。そこで著者は同じ群が作用している、任意の二つの抽象的パターンに対し適用できるように、局所導出可能性と MLD の定義を拡張した。さらに先行研究においてしばしば同一視されていた、二つの異なる抽象的パターンが MLD になっていることを示すことで、この拡張された定義が自然なものであることを示した。また著者は、抽象的パターン P と抽象的パターンの集合 S が与えられたとき、P と MLD な S の元 Q が構成できるかという問題にも解答を与えた。すなわち、多くの具体例が満たす、弱い仮定の下では、そのような Q が常に構成できることを示した。</p> <p>先行研究において、タイル張りの位相幾何学的側面を研究するために、パターン同変関数というものがあるが、著者はこのパターン同変関数が上記の拡張された局所導出可能性によって捉えられることを示した。また上記の結果によって、ある条件のもとでは、パターン同変関数全体の空間がもとの抽象的パターンの情報をほとんど持っていることを示した。</p> <p>また著者は、先行研究でよく用いられていた、タイル張りの集合や Delone 集合の集合における距離を、一般のパターン空間に対して定義し、その距離が完備であるための十分条件を発見した。またこの距離に関しての概周期性が局所導出によって伝播することや、それが持つ幾何学的な意味を記述することに成功した。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4648 号	氏 名	永井 康史
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学准教授	博士(数理科学) 勝良 健史
	副査	慶應義塾大学准教授	博士(理学) 高橋 博樹
		慶應義塾大学名誉教授	工学博士 仲田 均
		筑波大学数理物質系教授	学術博士 秋山 茂樹

学士(理学), 修士(理学) 永井康史君提出の学位請求論文は「Pattern space: a general framework for tilings, Delone sets, functions and measures to discuss their interrelations, repetitivity and corresponding dynamical systems (パターン空間：タイル張り・Delone 集合・関数・測度とそれらの相互関係、概周期性および対応する力学系を論じるための統一的な枠組みについて)」と題し、本文5章と付録から構成されている。

物理における準結晶や数学における表現論・力学系・Fourier 解析などの研究において、周期性によく似た概周期性と呼ばれる性質が重要な役割を演じている。Penrose によって概周期性を持つタイル張りが発見された後、Solomyak らによって概周期性を持つタイル張りは力学系や関数解析などと関連し広く研究されてきた。概周期性という性質はタイル張り以外にも Delone 集合、関数、測度などの数学的対象に対して定義され、様々な観点から研究されている重要な研究対象である (Bohr など)。これら様々な対象に対して定義されている概周期性には多くの種類があり、異なる種類の概周期性の間いくつかの関連があることが知られているが、統一的に扱われてはこなかった。また、概周期性を持つ対象どうしの関連も散見されているが、それらが正確にはどのような関係なのかはあまり議論されてこなかった。本論文で導入されたパターン空間と呼ばれる概念によって、様々な対象及び概周期性を統一的に扱うことが可能になった。

第1章は序論であり、本論文の主題であるタイル張りなどに現れる分布の問題と、パターン空間という概周期性を議論するために本論文で導入された概念に関して、簡単な例や先行研究などを通して説明がなされている。また、本論文の構成や使用される用語の説明もされている。

第2章では、タイル張り、及びそれに付随する位相空間や力学系の理論が、置換基則などから決まるタイル張りの例などとともに述べられている。タイル張り中でのタイルの分布が持つある種の周期構造が、対応する力学系の固有値を通して理解できることが示されている。

第3章では、本論文のタイトルにあるパターン空間と呼ばれる概念が定義され、タイル張りだけではなく、Delone 集合、関数、測度などの集合がパターン空間の例になっていることが説明されている。パターン空間の基本的な性質が調べられたのち、タイル張りに対して定義されていた局所導出可能性 (LD) および相互局所導出可能性 (MLD) と呼ばれる関係を、任意のパターン空間の元の間関係として拡張する方法が提案されている。この拡張により、タイル張りや測度の関係や、Delone 集合と関数の関係など異なる対象に対して、LD や MLD という関係を考えることが可能になった。この拡張された定義が自然でかつ有用なものであることが、先行研究においてしばしば同一視されていた二つの異なる対象が MLD であることを示すことで説明されている。そして、弱い仮定のもとで、与えられた数学的対象と MLD であるものをある対象の中で構成することが可能だという定理が示されている。この結果の応用範囲は極めて広いと期待され、実際第3章の最後では Kellendonk らによるパターン同変関数の理論への応用が議論されている。

第4章では、先行研究でよく用いられていた、タイル張りの集合や Delone 集合の集合における距離を、一般のパターン空間に対して定義し、その距離が完備であるための十分条件が示されている。またこの距離に関しての概周期性が局所導出によって伝播することや、それが持つ幾何学的な意味を記述することに成功している。

第5章はまとめであり、本論文と関連する話題や今後の研究課題などが述べられている。

以上、本論文では、これまで多くの分野で様々な対象に対して色々な方法で調べられてきた概周期性という性質や関連する力学系を統一的に論じる枠組みとしてパターン空間と呼ばれる概念を提案し、この概念と先行研究との関連や、新たな結果が述べられている。この成果は、さらなる応用、発展が見込まれ、広く理学上寄与することが少なくない。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。

Thesis Abstract

Registration Number	“KOU” No.4649	Name	Mohammad Aimaduddin Atiq bin Kamisan
<p>Thesis Title</p> <p style="text-align: center;">Biomechanical Study of Drilling Trabecular Bone and Lifting Maxillary Sinus Membrane in Oral Implant Surgery</p>			
<p>This study aims at reducing the number of serious cases occurred in the oral implant surgery through biomechanical study of mandibular trabecular bone and maxillary sinus membrane. The problem occurs when a clinician misjudges the bone quality of the trabecular bone in the lower jawbone during drilling causing perforation through the mandibular canal. Furthermore, accidents that could lead to death such as the perforation to the lingual cortical bone also might happen. In the upper jawbone the problem lies with the breakage of the maxillary sinus membrane due to perforation or dead cell caused by strain concentration that cuts the blood flow during the sinus lift up process after drilling. Therefore, to avoid the above mentioned problems, it is important to quantify the drilling force-sensing for trabecular bone and strain distribution in lifted sinus membrane.</p> <p>In relation to the quantification of drilling force-sensed, a new oral implant surgery training simulator was developed so that the users can feel the real force-sense. The apparatus was tuned through experiment using fresh cadaver and expert clinician’s evaluation not only for the trabecular bone but also for cortical bone in order to simulate the accidental cases. The developed system was then evaluated by clinicians, and it was revealed that their experience was very much influential on the force-sensed by investigating the input drilling force and the output drilling speed. The developed system was then used for education of students in a problem-based learning (PBL) class at a dental college. It was quantified how correctly the students could recognize the bone quality of the trabecular bone by the drilling force-sensed. More than half of them could identify the main features of force-sensed influenced by bone quality for a bone sample. This implies that the same evaluation can be done on well experienced clinicians and they can identify them more accurately. Hence, the developed system can also help the clinician to quantify the drilling force-sensed and the bone quality after the surgery, which can be transferred to an inexperienced student.</p> <p>In regards to the strain distribution in the maxillary sinus membrane, an apparatus was designed and developed in order to measure the reaction force during the lift up process using fresh cadaver. Also with the help of nonlinear finite element analysis, the material properties of sinus membrane were calibrated using a power-law constitutive equation, and finally the strain distribution was obtained. Based on the strain values, it was concluded that the RZ component of the shear strain was significant to the cutting of the blood flow in the sinus membrane, where the R component denotes the radial direction of the membrane and Z denotes its thickness direction. This fundamental study on the membrane is expected to lead to the development of sinus lift up surgery training simulator with force-sensing capability.</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4649 号	氏 名	Mohammad Aimaduddin Atiq bin Kamisan
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	博士(工学) 高野 直樹
	副査	慶應義塾大学教授	博士(工学) 荻原 直道
		慶應義塾大学准教授	博士(工学) 竹村 研治郎
		慶應義塾大学准教授	博士(工学) 宮田 昌悟
<p>Bachelor of Mechanical Engineering, Master of Medical Engineering Science, Mohammad Aimaduddin Atiq bin Kamisan 君の学位請求論文は“Biomechanical Study of Drilling Trabecular Bone and Lifting Maxillary Sinus Membrane in Oral Implant Surgery”（口腔インプラント手術における海綿骨ドリリングと洞底粘膜挙上に関する生体力学的研究）と題し、全7章で構成されている。</p> <p>歯を失った際の治療法の一つである口腔インプラントは年々増加している反面、医療トラブルの件数も増え、国内で死亡事例も出ている。歯科学会の調査結果から、下顎骨のドリリング時の下顎管内の下歯槽神経損傷と上顎骨サイナスリフト時の洞底粘膜損傷による上顎洞炎症あるいはインプラント迷入の防止が急務であることがわかる。ともに暗視野で行われる術式であり、ミスを防ぐには医師が手で感じる力覚が重要となる。本研究では、力覚の定量化、および力覚を再現する口腔インプラント手術シミュレーターの開発を目指し、新鮮屍体を用いた計測と有限要素法による数値シミュレーションによるアプローチをとり、下顎骨ドリリング手術シミュレーターは歯科大学における演習授業にも登用され、力覚に関する新しい知見を得ている。</p> <p>第1章は序論であり、研究の動機づけと目的を述べている。</p> <p>第2章では口腔インプラント手術と対象となる骨および洞底粘膜の概要、ならびに確率的マルチスケール有限要素法による海綿骨ドリリング荷重の予測に関する過去の成果をレビューしている。</p> <p>第3章と第4章は下顎骨ドリリングに関する研究成果を述べている。まず、第3章では、本研究で開発した下顎骨ドリリングに関する力覚体感型手術シミュレーターの装置設計、臨床医による評価、ならびに模型との比較の結果を述べている。新鮮屍体に対するドリリング荷重の計測結果から、皮質骨貫通時の力覚を得た後、熟練医による評価に基づき装置のチューニングを行った。次に、経験の異なる7名の臨床医による評価を行い、ドリリング時の力覚を決定している因子は荷重値、ドリリング速度および医師の手術経験が関与していることを示した。模型との比較においては、ドリリング速度が模型では非現実的であることを明らかにした。</p> <p>第4章では、開発した手術シミュレーターを歯科大学において24名の学生に対する演習授業において使用し、手術経験がない学生でも力覚の主要な特性を理解できることを実証した。</p> <p>第5章と第6章では上顎骨に対するサイナスリフトで問題となる洞底粘膜の力学的特性および血流阻害や粘膜破断につながるひずみ分布を得ている。第5章では、新鮮屍体より採取する洞底粘膜に対するサイナスリフト術を模擬する実験装置を開発している。破れやすい薄い粘膜を装置にセットする際に、医師が容易に扱えるように工夫されている。</p> <p>第6章では、新鮮屍体による計測結果、非線形有限要素解析による洞底粘膜の材料モデルのキャリブレーションを行った上で、挙上時に粘膜に生じるひずみ分布を計算している。粘膜表面に発生するひずみであれば計測の可能性もあるが、挙上に用いる手術器具先端が半球状でない場合には、粘膜内部に発生するせん断ひずみが血流阻害に深く関連するという知見を得た。</p> <p>第7章は結論であり、本研究で初めて得られた知見および課題点の整理を行った。</p> <p>以上、本論文は、下顎および上顎に対する口腔インプラント手術の際に医師が感じる力覚に関する定量的な研究を独創的な実験装置の開発および数値シミュレーションにより行ったものであり、多くの新しい知見を得ている。社会還元まで見据えた独創的なアプローチは工学上寄与するところが大きく、歯科医学教育にとっても価値も高いものと認められる。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>			

内容の要旨

報告番号	甲 第4650号	氏名	櫻木 俊輔
主論文題目： Pd(100)超薄膜において量子井戸状態により誘起された強磁性			
<p>3d 電子遷移金属の Fe、Co および Ni のみがバルク状態で室温において安定な強磁性を発現する。近年の研究において、それらの金属以外に Pd などの遷移金属が微粒子状態において強磁性を発現することが実験的に示されてきた。金属における磁性は主にフェルミエネルギー付近の状態密度 $D(\epsilon_F)$ により特徴づけられることから、微粒子化に伴う電子状態の変化が強磁性の発現を引き起こすものと理解されているが、その詳細は明らかではなかった。本研究では、Pd(100)超薄膜に形成される d 電子量子井戸状態に起因した $D(\epsilon_F)$ の変調に伴う Pd の磁性の変化を詳細に調べた。</p> <p>第1章では、本研究の背景と目的を記した。</p> <p>第2章では、本研究に関連する理論的背景と関連研究の現状を記した。</p> <p>第3章では、SrTiO₃基板上に堆積した Pd(100)超薄膜の磁気測定の結果を述べた。磁化測定より、Pd 中に膜厚に対し振動的に自発磁化が生じ、その最大値が Ni の磁化に相当することを見出した。この振動周期は Pd のフェルミ面の形状より予想される量子井戸状態の周期と完全に一致する。これより、Pd(100)超薄膜では特定の膜厚で量子井戸状態に起因した $D(\epsilon_F)$ の増大が生じ、強磁性の発現条件である Stoner 条件が満たされることで強磁性が発現することが明らかとなった。</p> <p>第4章では、Pd/SrTiO₃界面構造の変化が Pd(100)超薄膜の磁気特性に与える影響について記した。SrTiO₃基板の構造相転移により Pd/SrTiO₃界面に結晶転位を導入することで Pd(100)超薄膜の有効膜厚が減少し、量子井戸状態が変調されて Pd(100)の磁気モーメントが変化する傾向が観測された。加えて、結晶転位を増大させると量子井戸の劣化が生じ、Pd(100)超薄膜の強磁性が消失することが明らかになった。</p> <p>第5章では、Pd(100)超薄膜における in-situ 構造解析実験および第一原理計算の結果から、量子井戸により誘起された強磁性と構造の関係について議論を行った。それより、Pd における強磁性の発現に伴い表面エネルギーに利得が生じ、それが薄膜構造の一様性を高めることが明らかとなった。また、Pd が交換分裂した際のエネルギーの損失分を抑制するために自ら格子を膨張させること、すなわち Stoner 条件の逆効果の存在が見出された。</p> <p>第6章では、各章で得られた内容をまとめ、本研究の結論を記した。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4650 号	氏 名	櫻木 俊輔
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	工学博士 佐藤 徹哉
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 今井 宏明
		慶應義塾大学教授	博士(工学) 栄長 泰明
		慶應義塾大学教授	博士(理学) 近藤 寛
		島根大学教授	理学博士 影島 博之
<p>学士（工学）、修士（工学）櫻木俊輔君提出の学位請求論文は「Pd(100)超薄膜において量子井戸状態により誘起された強磁性」と題し、6章から構成されている。</p> <p>バルク状態で室温において安定な強磁性を示す単一元素からなる物質は 3d 遷移金属の Fe、Co および Ni に限られる。一方、近年の研究でバルクでは非磁性の Pd などの遷移金属が微粒子状態において強磁性を発現することが実験的に示されてきた。金属の磁性は主にフェルミエネルギー ϵ_F 付近の状態密度 $D(\epsilon_F)$ により特徴づけられることから、微粒子化に伴う電子状態の変化が強磁性の発現を引き起こすものと理解されているが、その詳細には不明な点が多い。近年注目を集める外的手法による磁性制御を目指す磁気応用において、このような金属ナノ構造体における強磁性発現機構の深い理解が求められている。本研究では、微粒子と比較して形状の制御が容易な薄膜を用いることで、ナノサイズ化に伴う電子状態の変化が及ぼす磁性への影響を詳細に調べており、結晶性の良い Pd(100)超薄膜が室温において強磁性を発現すること、およびその強磁性が d 電子量子井戸状態に伴う $D(\epsilon_F)$ の変調に起因することを明らかにしている。</p> <p>第 1 章では、本研究の背景と目的を記している。</p> <p>第 2 章では、本研究に関連する理論的背景と関連研究の現状を記している。</p> <p>第 3 章では、SrTiO₃ 基板上に堆積した Pd(100)超薄膜の磁気測定の結果を示している。Pd(100)超薄膜は室温で強磁性を示し、その自発磁化は膜厚に対し振動的に変化して最大値が Ni の磁化に匹敵することを見出している。この磁化の振動周期は Pd において量子井戸状態のエネルギーが ϵ_F と一致する膜厚の周期と一致する。これより、Pd(100)超薄膜では特定の膜厚で量子井戸状態に起因する $D(\epsilon_F)$ の増大が生じ、強磁性の発現条件であるストーナー条件が満たされることで強磁性が発現することを明らかにしている。</p> <p>第 4 章では、Pd/SrTiO₃ 界面構造の変化が Pd(100)超薄膜の磁気特性に与える影響について記している。SrTiO₃ 基板に構造相転移が生じると Pd/SrTiO₃ 界面に結晶転位が導入され、その結果 Pd(100)超薄膜の有効膜厚が減少することで量子井戸状態が変調されて Pd(100)の磁気モーメントが変化することを示すとともに、結晶転位をさらに導入すると量子井戸の劣化が生じて Pd(100)超薄膜の強磁性が消失することを見出している。</p> <p>第 5 章では、Pd(100)超薄膜における in-situ 構造解析実験および第一原理計算の結果から、量子井戸により誘起された強磁性と構造の関係について議論を行っている。強磁性を示す膜厚を持つ Pd 薄膜では膜構造の一様性が増すこと、および膜厚方向の格子定数が増大することを実験的に見出している。第一原理計算の結果を基に、前者は Pd 中で量子井戸状態に誘導されて強磁性が発現するとエネルギー利得が生じるため強磁性を発現する膜厚が優先的に形成されることによるものであり、後者は交換分裂に伴って生じる電子の運動エネルギーの増大を抑制するように自ら格子を膨張させるためであると説明している。</p> <p>第 6 章では、各章で得られた内容をまとめ、本研究の結論を記している。</p> <p>以上要するに、本研究は金属薄膜に形成される d 電子量子井戸状態に伴う電子状態密度の変調を通して強磁性が発現する機構の詳細を明らかにしており、外的手法による金属磁性の制御を目指す上で必要となるナノ構造における強磁性発現機構に関する知見を与えるもので、磁気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4651号	氏名	小野 雅隆
主論文題目： On Finite Multiple Zeta Values and Finite Multiple Polylogarithms (有限多重ゼータ値と有限多重ポリログに関して)			
<p>整数論において多重ゼータ値と多重ポリログは重要な研究対象である。本論文の目的はそれらの有限類似の定義を拡張し、その性質を研究することである。</p> <p>1 つ目の主結果は、2 色根付き木と呼ばれるグラフ理論的な対象に付随する有限多重ゼータ値 (FMZV) に関するものである。古典的な FMZV は多重ゼータ値を素数ごとに有限で打ち切り、有理数体 Q 上のある代数の元として金子と Zagier によって定義された。2016 年、鎌野は Mordell-Tomheim 多重ゼータ値の有限類似を導入し、それらを古典的な FMZV で表す明示公式を与えた。さらに鎌野はその明示公式を用いて古典的な FMZV の間の線型関係式を得た。本論文の第 1 部において、2 色根付き木に付随する FMZV の定義を与え、その性質を研究する。この FMZV は多くの種類の FMZV の共通の一般化になっており、特に古典的な FMZV と有限 Mordell-Tomheim 多重ゼータ値を特別な場合を含んでいる。主結果として、本質的に正である指数を持つ 2 色根付き木に付随する FMZV を、古典的な FMZV で表す明示公式を与える。これは鎌野の結果の一般化である。さらに 2 色根付き木に付随する FMZV を用いて、古典的な FMZV のシャッフル関係式の別証明を与える。この結果から、シャッフル関係式と鎌野が得ていた関係式に統一的な解釈を与えることができる。</p> <p>2 つ目の主結果は有限多重ポリログ (FMP) に関するものである。Kontsevich の有限対数関数および Cathelineau の無限小ポリログの研究を受けて、Elbaz-Vincent と Gangl は有限ポリログを定義し、関数等式や分配関係式を得た。シャッフル関係式を満たすことが古典的な多重ポリログの重要な性質の 1 つである。本論文の第 2 部でシャッフル関係式の有限類似を証明する。シャッフル関係式を証明するために、金子と Zagier が FMZV を定義する際に用いた Q 代数を基にして新たな Q 代数を定義し、FMP をその Q 代数の元として定義する。さらに FMZV の変形を導入し、この変形を FMZV の和で書き下す明示公式も与える。多重ポリログの場合はシャッフル関係式によって多重ポリログが Q 上生成するベクトル空間は代数をなしたが、この 2 つの結果により有限な場合も FMP が Q 上のある代数上で生成する加群が代数をなす。特に Elbaz-Vincent と Gangl の有限ポリログの積に FMP や FMZV の変形が現れることがわかった。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4651 号	氏 名	小野 雅隆
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学准教授	博士(数理科学) 坂内 健一
	副査	慶應義塾大学教授	博士(理学) 栗原 将人
		慶應義塾大学教授	理学博士 太田 克弘
		立教大学准教授	博士(理学) 小森 靖
<p>学士（理学）、修士（理学）小野雅隆君提出の学位請求論文は、「On Finite Multiple Zeta Values and Finite Multiple Polylogarithms（有限多重ゼータ値と有限多重ポリログに関して）」と題し、全3章からなる。</p> <p>Riemann ゼータ関数は、古くから整数論において重要な数学的対象として研究されてきた。その正の偶数点での値は、円周率の冪乗と、Bernoulli 数と呼ばれる有理数で具体的に記述され、整数論的に深い情報を持ち合わせていることが知られている。その正の奇数点での値は超越数であることが期待されているが、これを証明するための戦略や値の具体的な性質は知られていない。多重ゼータ値は、Riemann ゼータ関数の正の整数点での値を特別な場合として含む、重要な値である。個々の多重ゼータ値の性質は、Riemann ゼータ関数の場合と同様あまり知られていないが、値の間にはシャッフル関係式やスタッフ関係式など、多くの関係式の存在が知られており、興味深い現象として活発に研究されている。本論文は、この様な多重ゼータ値の有限類似である「有限多重ゼータ値」と、多重ゼータ値の関数版である多重ポリログ関数の有限類似である「有限多重ポリログ」の定義とそのシャッフル関係式という、2つの事柄について、新しい知見をもたらすものである。</p> <p>論文の第1章は序論であり、多重ゼータ値に関する先行研究などを紹介すると同時に、本論文の2つの主結果とその帰結が解説されている。第2章では、本論文の最初の成果である、有限多重ゼータ値にまつわる結果が証明されている。最も基本的な有限多重ゼータ値は、金子-Zagier によって、あるアデールの環の元として定義された。古典的な多重ゼータ値の無限和を有限のところまで切ったという単純な定義であるにも関わらず、シャッフル関係式など古典的な多重ゼータ値と類似の性質を満たすことが証明され、古典的なゼータ値とも直接関係すると予想されている。また鎌野により、Mordell-Tornheim 型という別種の有限多重ゼータ値も定義されている。本論文の最初の成果は、金子-Zagier 型と Mordell-Tornheim 型有限多重ゼータ値という一見異なる量を同時に含む形で、2-colored rooted tree という組合せ論的対象に対して、有限多重ゼータ値を定義することに成功したことである。有限多重ゼータ値の間の非自明な関係式を、tree に対する組合せ論的な操作を通して解釈することで、シャッフル関係式のより見通しの良い別証を得ることに成功した。第3章では、本論文の2つ目の成果である、有限多重ポリログ関数が扱われている。まず有限多重ポリログ関数をアデールの環の関数版の中に定義し、それに対するシャッフル関係式を証明することに成功した。有限の場合のシャッフル関係式は、古典的な場合と比べて余分な項が出てくるが、第3章の終わりでは、特定の低次数のいくつかの場合に、この項が具体的に書き下されている。</p> <p>以上のように本論文において著者は、有限多重ゼータ値と有限多重ポリログ関数という、2つの密接に関係する話題について成果をあげている。2-colored rooted tree という枠組みを導入するなど、特筆すべき独創的なアイデアも含んでおり、今後の発展も注目されている。第2章の成果は国際研究集会でも発表され、分野の専門家にも高く評価され、論文「Finite multiple zeta values associated with 2-colored rooted trees」（投稿済）にまとめられている。第3章の有限多重ポリログ関数の結果は、すでに国際的な査読付学術雑誌に出版されている。</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>			

内容の要旨

報告番号	甲 第 4652 号	氏 名	段 牧
主論文題目： Research on Structural, Economic, and Social Measures of Enterprise Against Earthquake Disasters (企業の構造的・経済的・社会的な地震災害対策に関する研究)			
<p>本論文の主な目的は、構造的、経済的、社会的観点から、企業の地震災害に対する対策を提案することである。本論文は6章から構成される。第1章では、本研究の背景と目的について述べ、第3章、第4章、および第5章で説明される地震災害に対する企業の構造、経済、社会的対策に関する3つの研究についてそれぞれ概略を説明した。</p> <p>第2章では、2015年に実施した企業と地域住民に対するアンケートの結果を示した。アンケート調査は、地域住民の生活復興感および企業活動が生活復興感に影響を与える要因を明らかにすることを目的として福島県いわき市で実施された。いわき市は、地震と津波で直接被害を受けただけでなく、原子力発電所事故による風評被害などの間接被害を多く受けた地域である。このようにいわき市では全ての市民が長年にわたり被害を受けていることから、本調査の対象として選定された。本調査の結果から、震災直後の事業継続性は建物に対する被害だけではなく、設備機器の被害にも大きく影響されることが明らかとなった。また、震災後多くの企業が企業の社会的責任（CSR）活動への取り組みを強めたことが分かった。</p> <p>第3章では、大空間構造物の形状および制御システムの同時最適化手法を提案した。企業にとっては、震災後の事業継続性を高めることが重要であるが、スタジアムや工場等の大空間構造物の場合、震災発生時に大きな加速度が加わることにより天井設置器具などが落下する被害が頻発している。また、建築的観点から大空間構造物は設計者の意図を反映した意匠を実現することも重要である。したがって、意匠設計者の意図を実現しながら、地震加速度応答の低減を行う必要があると言える。本章では、複数のTMDを有する非対称な屋根構造物を用いて提案手法の有効性を検証するためのケーススタディを行った。提案手法により、構造物の固有周期を周期に持つサイン波入力に対する加速度応答を最小化するような設計を行うことで、初期設計形状に近い形状を保ちながら地震加速度応答を低減することのできる形状および制御システムの設計を行うことができた。</p> <p>第4章では、地震リスクを考慮したリアルオプション手法を用いた最適化手法を提案した。リアルオプションとは、新しい施設の建設、既存施設の更新、プロジェクトの拡大や終了など、ビジネスにおけるプロジェクトの意思決定の方法である。企業にとっては自社施設への制御システムの導入や耐震化などを行うにあたり、最も合理的な時期や手段を知ることが必要不可欠であると言える。そこで本章では、地震リスクを考慮したリアルオプションを用いて、企業の地震災害対策の最適計画を導出する手法を提案した。また本章ではケーススタディとして、3つの施設を保有する企業の耐震補強プロジェクトを想定し、提案手法の有効性を検証した。提案手法により、企業にとって重要となるプロジェクト価値を最大化しつつ、地震被害を低減する計画の導出を行うことができた。</p> <p>第5章では、企業による社会的な地震災害対策について述べた。近年、企業の社会的責任（CSR）活動は、企業価値を向上させるための最も重要な活動の1つと考えられている。本章では、第2章で示したアンケート結果の分析に基づいて、構造方程式モデリングを行い、生活復興感とCSR活動の構造モデルをそれぞれ明らかにした。これらの2つのモデルを用いた分析により、CSR活動が震災後の従業員の生活復興感に正の影響を与えることが明らかになった。</p> <p>第6章では結論と今後の課題について述べた。また本章では本研究の限界について述べ、またそれぞれの対策を企業が統合的に実施していくための課題についても言及した。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4652 号	氏 名	段 牧
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	博士(情報学) 小檜山 雅之
	副査	スタンフォード大学教授	Ph. D. Anne Kiremidjian
		慶應義塾大学准教授	Ph. D. 梅津 光弘
		慶應義塾大学准教授	博士(工学) 高橋 正樹

学士(工学), 修士(工学), 修士(商学)の段牧君が提出した学位請求論文は、「Research on Structural, Economic, and Social Measures of Enterprise Against Earthquake Disasters (企業の構造的・経済的・社会的な地震災害対策に関する研究)」と題し、全6章から構成される。

阪神・淡路大震災, 東日本大震災などの教訓から、企業は事業継続のためハードの対策からソフトの対策まで様々な対策を総合的に講じることが必要であると認識されている。地震の直接的な被害による災害直後の活動低下に対しては構造的なハードの対策が要求される。また、一般に企業は複数の施設を有することが多く、構造的な対策を限られた資源とリスクを考慮し戦略的に行うことが求められる。そして、災害が発生したときには早期に活動レベルを回復するための方策、すなわちソフトの対策が必要となる。ハード・ソフトの対策により累積的な損失を小さくとどめる能力はレジリエンスと呼ばれており、近年は企業の枠組みに留まらず、地域やコミュニティを包含した対策の考案が期待されている。このような背景のもと、本論文では工学と社会科学を融合した新たな方法を開発している。

各章の内容は次のとおりである。

第1章では、本論文の背景と目的ならびに論文の構成について述べている。

第2章では、地震と津波の直接被害ならびに原子力事故の風評被害などの間接被害を受けたいわき市で2015年に実施した企業と地域住民に対するアンケートの結果を示している。震災直後の事業継続性は建物に対する被害だけではなく設備機器の被害にも大きく影響すること、震災後多くの企業が企業の社会的責任(CSR)活動への取り組みを強めたことを明らかにしている。

第3章では、企業の地震災害後の事業継続性を高めるため、複数の同調質量ダンパーを有する非対称な大空間構造物を対象に、形状および制御システムの同時最適化手法を提案している。最適化の目的関数に関しては、天井設置器具などが落下する被害が頻発していることを踏まえ、最大加速度応答を採用している。構造物の固有周期の正弦波入力に対し最大加速度応答を最小化することで、初期設計形状に近い形状を保ちながら地震加速度応答を低減できる形状ならびに制御系を設計できることを示している。

第4章では、地震リスクを考慮したリアルオプション手法を用いた企業の地震災害対策の最適化手法を提案している。リアルオプションは、新しい施設の建設、既存施設の更新、プロジェクトの拡大や終了など、ビジネスにおけるプロジェクトの意思決定の方法である。ケーススタディとして3つの施設を保有する企業の耐震補強プロジェクトについて提案手法を適用し、その有効性を検証している。

第5章では、第2章で示したアンケート調査結果の分析に基づき、生活復興感と企業のCSR活動の構造方程式モデリングを行い、企業による社会的な地震災害対策について述べている。近年、CSR活動は企業価値を向上させるための最も重要な活動の一つと考えられている。生活復興感と企業のCSR活動の2つの構造方程式モデルを用いた分析により、CSR活動が震災後の従業員の生活復興感に正の影響を与えることを明らかにしている。

第6章では本論文の結論と今後の課題について述べている。

以上要するに、本論文は企業の事業継続に役立つ新奇性と独創性を有した構造的、経済的、社会的な地震災害対策を提案しており、工学上寄与するところが大きいと評価される。

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。

内容の要旨

報告番号	甲 第 4653 号	氏 名	鈴木 悠
主論文題目：			
少数の加速度センサを用いた建物の層間変形角推定手法			
<p>地震時における建築構造体の大変形は構造体自身のみならず非構造部材の損傷にもつながることから、最大層間変形角は建築基準法においても重要な指標として定められている。最大層間変形角を精度よく推定するためには、全層にセンサを設置することが理想的であるが、導入に必要なコストを考慮すると現状では現実的でない。また、既往研究において、地震時のモード形状は極めて深刻な塑性領域に達しない限りはモード形状不変の前提でも十分に実用的な精度で推定が可能であることが確認されている。</p> <p>以上の背景を踏まえ、本研究では「少数の加速度センサを用いた層間変形角の推定」を目的として、モード形状および刺激係数からなる刺激関数を事前情報とし、地震時でもその刺激関数が不変であると仮定した上で、3つの場面を想定した手法を提案した。</p> <p>第1章では、本研究の背景や必要性を述べ、目的を明らかにした。</p> <p>第2章では、本研究で使用したモーダルアナリシス、部分空間法、カルマンフィルタ等の基礎的な解析理論と解析手法について概説し、本研究における焦点を明らかにした。</p> <p>第3章では、本研究で使用した数値シミュレーションデータおよび大型振動台実験データについて述べた。</p> <p>第4章では、高層建物における入力を含む2点または3点の加速度情報から適応型拡張カルマンフィルタを用いて全層の層間変形角を推定するための新たな手法を提案し、手法の有用性を数値シミュレーションデータと実データを用いて検証した。その結果、層間変形角波形の適合率、最大層間変形角の誤差率ともに、良好な結果を得ることができ、従来手法との比較によって提案手法が特に使用出来る加速度データが2点のみの場合に有効な手法であることを確認できた。</p> <p>第5章では、2点以上の少数点の出力のみの加速度データから全層の層間変形角を推定するための手法を2つ提案し、手法の有用性を数値シミュレーションデータと実データを用いて検証した。具体的には、各点の絶対加速度を刺激関数のセンサ設置位置に対応する成分で構成された行列の擬似逆行列を用いてモード分解する手法および、それと振動方程式を組み合わせるモード応答を得る手法を提案した。その結果、設置するセンサ数がある程度確保できれば、層間変形角波形の適合率、最大層間変形角の誤差率ともに良好な結果が得られることを確認できた。</p> <p>第6章では、1点の出力のみの加速度データから全層の層間変形角を推定するための手法を提案し、手法の有用性を数値シミュレーションデータと実データを用いて検証した。具体的には、絶対加速度をフィルタで各モードに分解し、それと振動方程式を組み合わせるモード応答を得る手法を提案した。その結果、層間変形角波形の適合率、最大層間変形角の誤差率ともに良好な結果が得られることを確認できた。</p> <p>第7章では、本論文の結論及び今後の展望を述べた。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4653 号	氏 名	鈴木 悠
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	博士(工学) 滑川 徹
		慶應義塾大学教授	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>学士（工学）、修士（工学）鈴木悠君の博士学位請求論文は、「少数の加速度センサを用いた建物の層間変形角推定手法」と題し、7章より構成されている。</p> <p>本論文は、地震時に重要な損傷指標として定められている最大層間変形角を少数の加速度センサを用いて推定する手法に関するものである。既往研究において、地震時のモード形状は極めて深刻な塑性領域に達しない限りはモード形状不変の前提でも十分に実用的な精度で推定が可能であることが確認されていて、そのことを前提とした研究である。</p> <p>本研究では「少数の加速度センサを用いた層間変形角の推定」を目的として、モード形状および刺激係数からなる刺激関数を事前情報とし、地震時でもその刺激関数が不変であると仮定した上で、3つの場面を想定した手法を提案している。</p> <p>第1章では、本研究の背景や必要性を述べ、目的を明らかにしている。</p> <p>第2章では、本研究で使用したモーダルアナリシス、部分空間法、カルマンフィルタ等の基礎的な解析理論と解析手法について概説し、本研究における焦点を明らかにしている。</p> <p>第3章では、本研究で使用した数値シミュレーションデータおよび大型振動台実験データについて述べている。</p> <p>第4章では、高層建物における入力を含む2点または3点の加速度データから適応型拡張カルマンフィルタを用いて全層の層間変形角を推定するための新たな手法を提案し、手法の有用性を数値シミュレーションデータと実データを用いて検証している。その結果、層間変形角波形の適合率、最大層間変形角の誤差率ともに、良好な結果を得ることが出来、従来手法との比較によって提案手法が特に使用出来る加速度データが2点のみの場合に有効な手法であることが示されている。</p> <p>第5章では、2点以上の少数点の出力のみの加速度データから全層の層間変形角を推定するための手法を2つ提案し、手法の有用性を数値シミュレーションデータと実データを用いて検証している。具体的には、各点の絶対加速度を刺激関数のセンサ設置位置に対応する成分で構成された行列の擬似逆行列を用いてモード分解する手法および、それと振動方程式を組み合わせるモード応答を得る手法を提案している。その結果、設置するセンサ数がある程度確保できれば、層間変形角波形の適合率、最大層間変形角の誤差率ともに良好な結果が得られることが示されている。</p> <p>第6章では、1点の出力のみの加速度データから全層の層間変形角を推定するための手法を提案し、手法の有用性を数値シミュレーションデータと実データを用いて検証している。具体的には、絶対加速度をフィルタで各モードに分解し、それと振動方程式を組み合わせるモード応答を得る手法を提案している。その結果、層間変形角波形の適合率、最大層間変形角の誤差率ともに良好な結果が得られることが示されている。</p> <p>第7章では、本論文の結論及び今後の展望を述べている。</p> <p>以上、要するに、本論文は、少数の加速度センサを用いて全層の層間変形角を推定する手法を、実用化において想定されるさまざまな状況を踏まえ複数提案したもので、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。</p>			

内容の要旨

報告番号	甲 第4654号	氏名	深谷 圭介
主論文題目： パクリタキセルの合成研究			
<p>本論文は抗腫瘍活性を有する天然物であるパクリタキセルの合成研究について述べたものである。</p> <p>緒論ではパクリタキセルの単離・構造および生物活性や生合成経路について述べた後、これまでの全合成および形式合成、近年の合成研究について紹介した。</p> <p>本論第一章ではパクリタキセルABC環部の構築について述べた。キラルプールからトリ-O-アセチル-D-グルカールを出発原料に選択し、C環部骨格となるシクロヘキセノン合成した。続いて、シクロヘキセノンに対して1,4付加反応とホルマリンを用いた向山アルドール反応で連続する不斉中心を構築し、計19工程でC環部を得た。また、A環部にあたるヒドラゾン、1,3-シクロヘキサジオンを出発原料にして6工程で合成した。合成したA環部とC環部をShapiroカップリング反応で連結した後、A環部のアリル位にベンゾエート基を導入してB環部環化基質であるアルデヒドへと誘導した。アルデヒドとアリルベンゾエートを有する基質に対して、HMPA存在下40℃でヨウ化サマリウムを滴下すると、速やかに環化反応が進行しABC環を有する三環性化合物を得ることに成功した。この時、環化進行のためにはアリルベンゾエートの立体化学が重要であった。</p> <p>第二章では、C環部前駆体であるシクロヘキセノンの改良合成法について述べた。第一章で述べた合成経路に代わり、より大量スケールでも合成容易な経路を確立した。安価な3-メトキシトルエンから3工程で誘導したジオールに対して酵素による速度論的光学分割をすると、非常に高い光学純度で望みのキラルジオールを与えた。続く2工程で既知のシクロヘキセノンへと誘導した。第一章での合成法では10工程、9回のシリカゲルによる精製を必要としていたが、新規合成法では6工程かつ4回のシリカゲルによる精製のみで望みのC環部前駆体を合成できた。</p> <p>第三章では第一章で得られた三環性化合物からパクリタキセルの形式合成に至る合成経路について述べた。まず、モデル基質を用いてChugaev脱離反応による橋頭位オレフィン導入の際の位置選択性を検討した。次にモデル基質での結果を踏まえ、合成計画に基づき2箇所でのChugaev反応を試みた。ビスキサンテートをトルエン中100℃加熱すると、反応は円滑に進行し望みの橋頭位オレフィン体を収率94%で与えた。その後、オキセタン環化の基質であるジオールへと導いた。高橋らの条件に従い、HMPA溶媒中100℃加熱するとオキセタン環が構築され、パクリタキセルの形式合成を達成した。</p> <p>第四章では、新規橋頭位オレフィンの導入法の開発について述べた。第三章で用いたChugaev脱離反応に代わり、ジエノールシリルエーテルに対するジメチルジオキシラン酸化を用いて橋頭位オレフィンを導入した。本法では天然物に必要な酸素官能基を同時に導入できた。</p> <p>総括では本研究の成果を完結にまとめた。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4654 号	氏 名	深谷 圭介
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	理学博士 千田 憲孝
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 中田 雅也
		慶應義塾大学教授	博士(工学) 垣内 史敏
		慶應義塾大学教授	博士(理学) 末永 聖武
		慶應義塾大学准教授	博士(理学) 佐藤 隆章
<p>学士(工学), 修士(理学) 深谷圭介君提出の学位請求論文は、「パクリタキセルの合成研究」と題し、緒論、本論四章、総括および実験編より成っている。</p> <p>有用な生物活性を示す天然有機化合物の効率的合成法の開発は、有機合成化学ならびに創薬化学領域の重要な課題である。著者は本論文において、顕著な抗腫瘍活性を示し、複雑な環構造を有する天然物、パクリタキセルの合成研究について述べている。</p> <p>緒論には、本研究の意義と目的、ならびに標的化合物であるパクリタキセルの単離・構造および生物活性や生合成経路などが述べられている。またこれまでの合成例、近年の合成研究例などが記されている。</p> <p>本論第一章では、パクリタキセル ABC 環部の構築について述べている。トリ-O-アセチル-D-グルカールを出発原料に選択し、C 環部骨格となるシクロヘキセノン合成した。続いて、ビニル金属の 1,4-付加反応とホルマリンを用いた向山アルドール反応で連続する不斉中心を構築し、C 環部を合成した。1,3-シクロヘキサジオンより合成された A 環部と C 環部を Shapiro カップリング反応で連結した後、A 環部のアリル位にベンゾエート基を導入して B 環部環化基質であるアルデヒドへと誘導した。この環化基質に対して、ヘキサメチルリン酸トリアミド存在下、ヨウ化サマリウムを加えると、炭素八員環環化反応が速やかに進行し、歪みの大きい三環性 ABC 環部を良好な収率で合成することに成功した。</p> <p>第二章には C 環部前駆体であるシクロヘキセノンの改良合成法が記されている。3-メトキシトルエンから 3 工程で誘導したジオールに対して酵素による速度論的光学分割をすると、非常に高い光学純度で望みのキラルジオールが得られた。続く 2 工程で既知のシクロヘキセノンへと誘導した。第一章での合成法では 10 工程、9 回のシリカゲルによる精製を必要としていたが、新規合成法では 6 工程かつ 4 回の精製のみで望みの C 環部前駆体を行うことができ、大量スケールでも合成可能な経路を確立した。</p> <p>第三章では、第一章で得られた ABC 環部からパクリタキセルの形式合成に至る合成経路について述べている。まず、モデル基質を用いて Chugaev 脱離反応による橋頭位オレフィン導入の際の位置選択性を検討した。次にモデル基質での結果を踏まえ、2 箇所での Chugaev 脱離を試みた。ABC 環部から 3 工程で合成したビスキサンテートを加熱すると、反応は円滑に進行し望みの橋頭位オレフィン体を高収率で得た。その後この化合物を脱離基を有するジオールへと導いた。分子内エーテル形成反応により D 環部であるオキセタンを構築したところ、既知のパクリタキセル合成中間体が得られ、パクリタキセルの形式合成を達成した。</p> <p>第四章では、新規橋頭位オレフィンの導入法の開発について述べている。ABC 環部から誘導されたジェノールシリルエーテルに対してジメチルジオキシラン酸化を行うと、橋頭位オレフィンと酸素官能基が導入されることを見出した。本法によりパクリタキセル合成に必要な橋頭位オレフィンと水酸基を同時に、かつ高収率で構築することが可能となった。</p> <p>総括には本合成研究の成果がまとめられており、実験編には、本論文における実験操作および反応生成物のスペクトルデータの解析等が詳細に記述されている。</p> <p>以上、著者は本研究において、ヨウ化サマリウムを用いる環化反応により、構築が困難であるとされるパクリタキセル ABC 環部の効率的な合成に成功し、さらに本化合物をパクリタキセル合成中間体へ導き、形式合成を達成した。また酵素を利用した効率的 C 環部合成、ならびに新規橋頭位オレフィンの構築法の開発にも成功した。この研究で示された新規反応と複雑な構造を有する天然物の合成は、生物活性化合物合成における重要かつ有用な方法論を提示している。著者のこれらの研究成果は、有機合成化学の進展に貢献し、理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(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4655号	氏名	兪 浩洋
主論文題目： Implant Surgery Supporting System Based on Potential Field and Bilateral Control (ポテンシャルフィールドとバイラテラル制御を用いた インプラント手術支援システム)			
<p>近年、欠損歯を修復する治療法としてインプラント治療が注目されている。インプラントは通常の歯と同様に、顎骨を土台として人工歯根を固定するため、従来の義歯やブリッジ等の方法に比べて欠損前の状態に近い噛み合わせを実現することができる。しかし、手術では事前に予定した軌道を外れたドリル切削を行うことで、医療事故に陥る危険性がある。このような事故を未然に防止するために、切削の開始地点と停止地点を正確に把握する必要がある。本研究ではポテンシャルフィールドとバイラテラル制御に基づく多自由度ロボットマニピュレータを用いて、切削の開始地点と停止地点を医師に教示する手術支援システムを提案した。</p> <p>第1章では、本研究の背景および目的を述べるとともに、医療分野における手術支援とインプラント手術の先行研究について概説した。</p> <p>第2章では、多自由度ロボットマニピュレータに関する運動制御の基礎技術および制御に必要な静力学について述べた。</p> <p>第3章では、医師を正確な開始地点に案内するためのポテンシャルフィールドを用いた力制御について説明した。このポテンシャルフィールドは次に示す3つの要求を達成するために、分子の相互作用のモデル式に基づいて設計した。まず、ドリルが開始地点から離れている時、医師は歯科ドリルを自由に動かすことが可能である。次に、ドリルが開始地点に近づいた時、歯科ドリルはロボットマニピュレータからの補助力により自動的に開始地点へ誘導される。もしドリルが開始地点を越えた場合、歯科ドリルはロボットマニピュレータからの補助力により自動的に開始地点へ戻される。実験の結果、提案したポテンシャルフィールドが所望の要求を満たすことを示した。</p> <p>第4章では、対象物の切削力と空間的なX線吸収値（CT値）との相関関係を表すモデルについて述べた。本モデルを用いることで、接触検知および切削中の骨密度をリアルタイムに教示することが可能となった。また、本モデルを用いる事で、事前に得られたCT値を基に切削時の力応答を教示することができることを示した。</p> <p>第5章では、自動停止システムを備えたバイラテラル制御系について述べた。本制御系では医師の操作するマスターロボットと切削を行うスレーブロボットの位置と力は双方向に伝達される。また、ドリルが切削停止地点へ到達すると、マスターロボットから伝わる力はスイッチング機能により遮断され、スレーブロボットが自動的に停止するように設計した。さらに切削深さは第4章で述べた切削力モデルと接触検知によってリアルタイムに得ることができることを実験により示した。提案したインプラント手術支援システムは十分な力出力性能と高精度な位置分解能を実現しており、本システムを用いることで歯科ドリルの位置を正確に操作することが可能となり、医療事故を未然に防ぐことが期待される。</p> <p>第6章では、本研究の成果を要約した。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4655 号	氏 名	兪 浩洋
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	博士(工学) 村上 俊之
	副査	慶應義塾大学准教授	博士(工学) 矢向 高弘
	副査	慶應義塾大学教授	博士(工学) 西 宏章
	副査	パドバ大学准教授	Ph. D. OBOE, Roberto

学士(工学), 修士(工学), 修士(医学) 兪浩洋君提出の学位請求論文は「Implant Surgery Supporting System Based on Potential Field and Bilateral Control」(ポテンシャルフィールドとバイラテラル制御を用いたインプラント手術支援システム)と題され, 6 章から構成されている。

義歯に代わる喪失歯治療として1960年代半ばからインプラント治療の臨床応用が始まったが, 顎骨に人工歯根を埋め込む精密な骨手術であるため, 手術成績が術者の技量に大きく依存している。現在インプラント手術の成功率はほぼ 90%を越えているものの, 顎骨の近傍には神経や血管が密集しているため一旦事故が起こると重大なケースに至る場合がある。従ってインプラント手術における骨切削には特段の安全性が求められている。本論文は対象とする顎骨近辺に人工のポテンシャルフィールドを設定し確実にドリルのオリエンテーションを行うと共に, バイラテラル制御によりドリルの切削開始点と切削停止点を術者に教示するシステムを開発し, 安全で正確な顎骨切削を可能にしたものである。

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。

第2章では, ドリルが装着される多自由度ロボットの関節座標系と骨側に原点のある作業座標系の定義を行い, ポテンシャルフィールドの設定とロボットの動作を結びつける関係式を運動学に基づき導いている。

第3章では, ドリルが装着されている手先効果器の動作が満たすべき三要件, すなわちドリル刃先が切削すべき骨表面より離れている場合に必要な自由動作, ドリル刃先が骨表面に近接したときにあらかじめ設定した切削開始点に近付ける誘導動作, および切削開始点を行き過ぎたときに開始点に戻す補助動作が Lennard-Jones ポテンシャルにより可能になることを明らかにしている。またこれを制御系に組み込み, 術者に力覚フィードバックするシステムを開発し, 有効に作動することを実験でも明らかにしている。

第4章では, 骨密度がX線吸収率より推定できることを利用し, 切削力と骨密度を同時に計測表示するシステムについてその原理と実装を示している。切削力は切削速度と骨密度の関数として近似できるためドリル切削トルクと回転速度より両者を同時に推定することが可能である。実際に歯の硬度に近い擬似ファントムを用いて実験を行いその有効性を示している。

第5章では, 手先効果器のマスタとスレーブにバイラテラル制御を適用し, 術者が力覚を得ながら安全に切削するシステムの原理と実装を示している。また, スケーリング技術と切削開始点からの切削深度制限をバイラテラル制御に組み込むことで安全性の高い骨切削が可能になることを実験でも明らかにしている。

第6章は本研究の成果を要約し, 今後の展望を述べている。

以上要するに, 本論文ではポテンシャルフィールドの導入とバイラテラル制御による術者への切削力フィードバックにより, 安全で正確な施術を可能にするインプラント手術支援システムを開発したもので, ロボット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 4656 号	氏 名	塚田 賢治
主論文題目： 負屈折率分布型ポリマー光ファイバーの作製と特性解析			
<p>屈折率分布型ポリマー光ファイバー (GI-POF) は大きなコア径, 柔軟性, 高耐衝撃性等の利点を有し, 屋内における高速光情報伝送媒体として知られている. しかしネットワーク形成には光分岐素子が必須であるが, 安価で容易に作製できる光分岐素子は現在のところまだ実現していない. そこで本論文では導波路中心付近において屈折率が最も低く, 周辺部に向かうに従って徐々に屈折率が高くなる負屈折率分布型ポリマー光ファイバー (N-GI-POF) を提案し, これを用いることで高い伝送帯域を維持しつつ, 容易に作製できる光分岐素子について検討した. 光が導波路側面方向に進行することを利用して導波路コア同士を接触させることで分岐が可能であると考えられる. N-GI-POF の母材となるプリフォームロッドの作製には, 少ない手順で再現性の良い負屈折率分布を与える紫外線アシストフロンタル重合法を用いた. これは紫外線照射を重合容器の中心部に行うことで, モノマー・ゲル界面を形成させ, 界面が熱重合により移動する過程で媒体内に屈折率分布を形成させる方法である.</p> <p>第1章は序論であり, 本研究の背景および家庭内光ネットワーク実現のための問題点の概要, 並びに本研究の目的を述べた.</p> <p>第2章では, N-GI-POF が有する導波路特性の概要を示し, 将来への展望を述べた.</p> <p>第3章では, N-GI-POF の伝送帯域特性を光線追跡法により予測した. まず光線追跡法の原理を述べ, 次に精度向上のための適切な条件設定を行った. また N-GI-POF においては, 導波される全ての光線が全反射を繰り返しながら伝搬されていくため, グース・ヘンシェンシフトの影響を受けるが, これを勘案しても従来の GI-POF とほぼ同様の伝送帯域が実現できることを述べた.</p> <p>第4章では, 光線追跡法を用いた N-GI-POF の曲げ損失の予測を行った. 初期の入射光線位置を導波路断面に対してランダムとしたモンテ・カルロ法を用いた評価を行った結果, N-GI-POF は従来の GI-POF に対して曲り区間での損失が小さいことを明らかにした.</p> <p>第5章では, 本研究で用いた屈折率分布測定法の原理を述べた. また新規な屈折率分布測定法を提案し, 実際に測定装置を作製し精度の評価を行った.</p> <p>第6章では, 紫外線アシストフロンタル重合法を用いた N-GI-POF の作製原理について述べた. また得られたプリフォームロッドの屈折率分布を測定し, 負屈折率分布であることを明らかにした. さらに作製された N-GI-POF を用いて光分岐素子を作製し, 実際に光分岐が行われることを確認した.</p> <p>第7章では, N-GI-POF を利用した光分岐素子において, 高い分岐率を実現する条件を光線追跡法により明らかにした. まず複数の複雑な形状の光分岐路をモデル化するために, 任意の導波路形状で光線追跡を行うための新規なアルゴリズムを提案し, 続いて既知の計算方法と光線位置を比較することで本手法の精度が高いことを明らかにした. さらに様々な条件下で光分岐率の計算し, 各パラメーターが光分岐率に与える影響を明らかにした.</p> <p>第8章では, 各章で得られた成果をまとめ, 本論文の総括とした.</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4656 号	氏 名	塚田 賢治
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学専任講師	工学博士 二瓶 栄輔
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 小池 康博
		慶應義塾大学教授	工学博士 田中 敏幸
		慶應義塾大学教授	工学博士 朝倉 浩一
<p>学士（工学）、修士（工学）塚田賢治君提出の学位請求論文は「負屈折率分布型ポリマー光ファイバーの作製と特性解析」と題し、8章から構成されている。</p> <p>凸型の屈折率分布を有するポリマー光ファイバー（GI-POF）は大きなコア径、柔軟性、高耐衝撃性等の利点を有し、屋内における高速光情報伝送媒体として知られている。しかしネットワーク形成には光分岐素子が必須であるが、安価で容易に作製できる光分岐素子は現在のところ実現していない。そこで本論文では導波路中心付近において屈折率が最も低く、周辺部に向かうに従って徐々に屈折率が高くなる負屈折率分布型ポリマー光ファイバー（N-GI-POF）を提案し、これを用いることで、高い伝送帯域を維持しつつ、容易に作製できる光分岐素子について検討している。また N-GI-POF の母材となるプリフォームロッドの作製には、再現性の良い負屈折率分布を与える紫外線アシストフロントル重合法を用いることを提案している。</p> <p>第 1 章は序論であり、本研究の背景および家庭内光ネットワーク実現のための問題点の概要、並びに本研究の目的を述べている。</p> <p>第 2 章では、N-GI-POF が有する導波路特性の概要を示し、将来への展望を述べている。</p> <p>第 3 章では、N-GI-POF の伝送帯域特性を光線追跡法により予測している。まず光線追跡法の原理を述べ、次に精度向上のための適切な条件設定を行っている。また N-GI-POF においては、導波される全ての光線が全反射を繰り返しながら伝搬されていくため、反射面で生じるグース・ヘンシェンシフトの影響を受けるが、これを勘案しても従来の GI-POF とほぼ同様の伝送帯域が実現できることを述べている。</p> <p>第 4 章では、光線追跡法を用いた N-GI-POF の曲げ損失の予測を行っている。初期の入射光線位置を導波路断面に対してランダムとしたモンテ・カルロ法を用いた評価を行った結果、N-GI-POF は従来の GI-POF に対して曲り区間での損失が小さいことを明らかにしている。</p> <p>第 5 章では、新規な屈折率分布測定法を提案し、実際に測定装置を作製し精度の評価を行っている。</p> <p>第 6 章では、紫外線アシストフロントル重合法を用いた N-GI-POF の作製原理について述べている。また得られたプリフォームロッドの屈折率分布を測定し、負屈折率分布型であることを明らかにしている。さらに作製された N-GI-POF を用いて光分岐素子を作製し、実際に光分岐が行われることを確認している。</p> <p>第 7 章では、N-GI-POF を利用した光分岐素子において、高い分岐率を実現する条件を光線追跡法により明らかにしている。まず複数の複雑な形状の光分岐路をモデル化するために、任意の導波路形状で光線追跡を行うための新規なアルゴリズムを提案し、続いて既知の計算方法と光線位置を比較することで本手法の精度が高いことを明らかにしている。さらに様々な条件下で光分岐率を計算し、各パラメーターが光分岐率に与える影響を明らかにしている。</p> <p>第 8 章では、各章で得られた成果をまとめ、本論文の総括がなされている。</p> <p>以上要するに、本研究は負屈折率分布型ポリマー光ファイバーの光学特性を明らかにするとともに、この光ファイバーを分岐素子に用いることを提案したものであり、光通信ネットワーク分野において、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4657号	氏名	高松 尚宏
主論文題目： 分数階微積分を有する非線形制御系と適応制御系の設計			
<p>分数階微積分とは、階数を整数から実数に拡張した一般化された微積分である。分数階微積分をシステムの数理モデルに用いることで、粘弾性体やリチウムイオン電池の応答などの複雑な現象を簡潔に精度よくモデル化できる。また、分数階積分器を導入した制御系は、制御則の設計に自由度が増えることから、優れた性能を発揮できる。しかし、分数階微積分は通常の微積分と異なる性質を持つため、分数階システムに対して整数階システムを対象とした制御系設計法を直接適用できず、微分連鎖則や実現などの課題を解決する必要がある。そこで本研究では、分数階に拡張された非線形制御系および適応制御系の設計法に関し研究を行い、これらの課題の解決を目的とした。</p> <p>第1章では、本研究の研究背景と従来研究について概説している。</p> <p>第2章では、本研究の基本となる分数階微積分の諸定義と演算に関し説明を行う。</p> <p>第3章では、従来のバックステッピング法を非整数階に拡張した手法を開発するとともに、非線形分数階システムを対象として、バックステッピング法に基づいたスライディングモード制御系の設計を行う。さらに、数値実験により、提案した制御系が確定外乱を有する場合においても有効であることを確認する。</p> <p>第4章では、未知パラメータを含む線形分数階システムを対象としたクライゼルマイヤー型適応観測器の設計を行う。さらに、リチウムイオンの拡散現象に由来してリチウムイオン電池の電気的な動特性が分数階の微積分によって記述されることを示す。リチウムイオン電池のハーフセルを模擬したシステムを対象として数値実験を行い、提案した適応観測器の有用性を確認する。</p> <p>第5章では、モデル規範型制御系の適応調整則に分数階積分器を導入した制御系を構成するとともに、構成されたシステムの安定性について、分数階積分器の偏微分方程式系への実現を通し、分布定数型のリアプノフ関数を用いて証明を行う。さらに、提案した制御系に対し従来の整数階の適応調整則では過渡応答が乱れる高ゲイン調整則を構成し、数値実験にて従来のモデル規範形制御系と比較する。数値実験の結果から、モデルマッチング条件を満たさない場合でも、分数階積分調整則により、モデル規範型適応制御系の応答が改善できる事を示す。</p> <p>第6章では、各章で得られた結果を総括的にまとめ、本研究の成果について述べる。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4657 号	氏 名	高松 尚宏
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	工学博士 大森 浩充
	副査	慶應義塾大学教授	博士(工学) 村上 俊之
		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) 高橋 正樹
<p>学士（工学）、修士（工学）高松尚宏君提出の学位請求論文は「分数階微積分を有する非線形制御系と適応制御系の設計」と題し、6章から構成されている。</p> <p>分数階微積分とは、階数を整数から実数に拡張した一般化された微積分であり、計算機の演算能力の向上とともにその実装可能性が増大したことから、近年注目を集めている。分数階微積分をシステムの数理モデルに用いることで、粘弾性体やリチウムイオン電池などで発現する複雑な現象を簡潔に精度よくモデル化できる。また、制御器として分数階積分を導入した制御系は、制御設計の自由度が増えることから、優れた性能を発揮できる。しかし、分数階微積分は通常の微積分と異なる性質を持つため、分数階微積分システムに対して従来の整数階システムを直接適用することは難しく、微分連鎖則や状態実現などの基礎的な課題を解決する必要があった。そこで本研究では、これらの基礎的な課題解決を利用して、分数階積分制御対象に対する非線形制御器と適応観測器の設計法を提案し、リアプノフの安定解析を行っている。さらに、整数階積分制御対象に対する分数階積分システムのモデル規範形適応制御器の設計法を提案し、リアプノフの安定解析を行っている。</p> <p>第1章では、本研究の背景・目的を述べ、従来研究との違いを明確に示している。</p> <p>第2章では、本研究の基礎となる分数階微積分の諸定義と演算法について説明している。</p> <p>第3章では、非線形分数階システムを制御対象として、バックステッピング法に基づいたスライディングモード制御系の設計を行っている。ここでは、従来法では1階のバックステップだった設計を分数階のバックステップに拡張することに成功している。さらに、数値シミュレーションにより、提案した制御系が、想定外の確定外乱を有する場合においてもロバストであることを確認している。</p> <p>第4章では、未知パラメータを含む線形分数階システムを対象としたクライゼルマイヤー型適応観測器の設計を行っている。応用事例として、リチウムイオンの拡散現象に由来してリチウムイオン電池の電気的な動特性が分数階の微積分によって記述できることを明らかにし、リチウムイオン電池のハーフセルを模擬したシステムを観測対象として数値シミュレーションを行い、提案したクライゼルマイヤー型適応観測器の有用性を確認している。</p> <p>第5章では、モデル規範形制御系の適応調整則に分数階積分器を導入した制御系を構成するとともに、構成された適応制御システムの安定解析を、分数階積分器の偏微分方程式系への状態実現を通し、分布定数型のリアプノフ関数を用いて厳密な証明を行っている。得られた適応制御系は分数階積分器の位相特性の利点から、誤差モデルの正実条件の緩和に大きく寄与し、厳密なモデルマッチング条件が満足されない場合でも、ロバスト性を示すことができることを数値シミュレーションで示している。</p> <p>第6章では、各章で得られた結果を総括的にまとめ、本研究の成果を述べている。</p> <p>以上要するに、本研究は分数階微積分システムの非線形制御系と適応制御系の制御系設計論を提案し、システムの性能評価を理論的に行ったものであり、分数階微積分を利用した制御のシステム設計に貢献し、制御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 4658 号	氏 名	松井 健太郎
主論文題目：			
3次元音響再生のための頭部伝達関数の推定と再生制御器の設計に関する研究			
<p>本論文では、システム同定理論に基づく頭部伝達関数の多方向同時推定法と、出力追従制御を応用したトランスオーラル再生法について述べる。</p> <p>第1章では、本論文の背景となるチャンネルベース音響技術の発展と、その発展に伴って高まるマルチチャンネル音響の擬似再生法の需要を、本論文の研究の目的として述べる。</p> <p>第2章では、本論文の基礎となる頭部伝達関数について、その定義から測定法、応用となるバイノーラル再生法とトランスオーラル再生法までを概説する。</p> <p>第3章では、頭部伝達関数の測定時間を短縮する方法として、システム同定理論に基づく多方向同時推定法を提案する。また、同定入力の一つのM系列から作成する方法も提案する。提案法では、頭部伝達関数の集合を多入力1出力の有限インパルス応答モデルとみなし、予測誤差法によりそのパラメータを推定する。そして、多方向同時推定実験により、1方向ずつの測定と比較して、測定時間が大幅に短縮されること、十分許容される精度で推定可能であることを示す。</p> <p>第4章では、出力追従制御を応用した状態空間でのトランスオーラル再生法を提案する。提案法では、トランスオーラル再生制御器の設計を、制御器のH_∞ノルムを評価指標とする凸計画問題として定式化する。制約の記述には線形行列不等式を用いる。トランスオーラル再生法に係る制御仕様が、適当な等価変換と変数変換により線形行列不等式に帰着されることを示す。</p> <p>第5章では、チャンネルベースの3次元音響方式である22.2マルチチャンネル音響方式を概説したのち、提案するトランスオーラル再生法の適用について述べる。22.2マルチチャンネル音響は多様な視聴スタイルが予想されるが、多くの場合、家庭で24個のスピーカを配置することは困難と考えられる。本章ではまず、ディスプレイに一体化される枠型スピーカアレイとラインアレイスピーカを用いた22.2マルチチャンネル音響のトランスオーラル再生法について述べる。次に、同スピーカを用いたシミュレーション実験により、提案する頭部伝達関数の多方向同時推定法とトランスオーラル再生法の有効性を示す。</p> <p>第6章では、本論文をまとめる。頭部伝達関数の多方向同時推定法では信号対雑音比の改善が、トランスオーラル再生法では聴取範囲の拡大とそれに伴う緩和処理法の検討が課題となっている。それぞれについて、今後の発展性を述べる。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4658 号	氏 名	松井 健太郎
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	工学博士 足立 修一
	副査	慶應義塾大学教授	博士(工学) 内山 孝憲
		慶應義塾大学教授	工学博士 大森 浩充
		慶應義塾大学教授	博士(工学) 滑川 徹
<p>学士（工学）、修士（工学）松井健太郎君提出の学位請求論文は、「3次元音響再生のための頭部伝達関数の推定と再生制御器の設計に関する研究」と題し全6章から構成されている。</p> <p>この論文は、より少ないスピーカで、22.2 マルチチャンネル音響のような立体音響を聴取することができる再生システムの開発を研究の対象としている。そのために、システム同定理論に基づく頭部伝達関数の多方向同時推定法と、出力追従制御を応用したトランスオーラル再生法について述べたものである。</p> <p>第1章では、本論文の背景となるチャンネルベース音響技術の発展と、その発展に伴って高まるマルチチャンネル音響の擬似再生法の需要を、本論文の研究の目的として述べている。</p> <p>第2章では、本論文の基礎となる頭部伝達関数について、その定義から測定法、応用となるバイノーラル再生法とトランスオーラル再生法まで概説している。</p> <p>第3章では、頭部伝達関数を推定するための測定時間を短縮するために、システム同定理論に基づく多方向同時推定法を提案している。また、同定入力の一つの M 系列から作成する方法も提案している。提案法では、頭部伝達関数を多入力 1 出力の有限インパルス応答モデルとみなし、予測誤差法によりそのパラメータを推定している。そして、防音室で実施した多方向同時推定実験により、1 方向ずつの測定と比較して、測定時間が大幅に短縮されること、十分許容される精度で推定可能であることを示している。</p> <p>第4章では、第3章でモデリングした頭部伝達関数を用いた、出力追従制御を応用した新しいトランスオーラル再生法を提案している。提案法では、トランスオーラル再生制御器の設計を、制御器の H_2 ノルムを評価指標とする凸計画問題として定式化し、制約の記述には線形行列不等式を用いている。トランスオーラル再生法のための制御仕様が、適切な等価変換と変数変換により線形行列不等式に帰着されることを示している。</p> <p>第5章では、チャンネルベースの3次元音響方式である 22.2 マルチチャンネル音響方式を概説したのち、提案するトランスオーラル再生法の適用について述べている。22.2 マルチチャンネル音響には多様な聴取スタイルが予想されるが、多くの場合、家庭で 24 個のスピーカを配置することは困難である。本章ではまず、ディスプレイに一体化される枠型スピーカアレイとラインアレイスピーカを用いた 22.2 マルチチャンネル音響のトランスオーラル再生法について述べ、つぎに、同スピーカを用いたシミュレーション実験により、提案する頭部伝達関数の多方向同時推定法とトランスオーラル再生法の有効性を示している。</p> <p>第6章は本論文のまとめである。</p> <p>以上要するに、本研究の成果は、より少ないスピーカで立体音響を実現するために、頭部伝達関数の効率的な推定法を提案し、そのモデルに基づいてトランスオーラル再生法を実現する制御器を設計する方法を提案したことである。この方法により、一般家庭でも容易に立体音響を聴取する環境を構築できることが期待でき、理論面と応用面の両面における貢献が大である。</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>			

内容の要旨

報告番号	甲 第 4659 号	氏 名	松崎 黎
主論文題目： 光イオン化断面積の量子化学的計算手法の開発			
<p>分子の電子状態を第一原理にしたがって計算することにより、その物性、構造、反応性を調べる量子化学計算が様々な系に応用されている。しかし、それらの計算のほとんどは電子の束縛状態に限定されたもので、原子核の束縛から開放された電子の連続状態の第一原理計算は非常に少ない。一方で、最近の実験技術の向上に伴って、電子連続状態が関与する様々な過程が精密に測定されており、理論計算による解析が期待されている。そのためには、分子の電子連続状態に対して、効率的で一般性のある計算手法が必要となる。本研究では、電子連続状態が露わに関わる物理量である光イオン化断面積の複素基底関数法に基いた計算手法を提案する。特に、効率的な複素基底関数の作成方法と、複素基底関数で効率よく微分断面積を計算する方法の検討を行った。また、具体的な分子に適用することで計算精度や基底関数の選択方法について議論を行った。</p> <p>第一章では、量子化学の概要とその限界について述べたうえで、効率的な光イオン化断面積の計算手法の開発の重要性について述べた。</p> <p>第二章では、電子連続状態や光イオン化断面積、driven 型(非同次型)シュレーディンガー方程式、複素基底関数法に関する基礎事項や関連性について説明した。</p> <p>第三章では、効率的な複素基底関数セットを作成するための方法論として、ヒレラス型汎関数を用いた変分的最適化および複素スレーター型軌道の複素ガウス型軌道 (GTO) による展開、外向クーロン関数に対するフィッティング法を説明した。それぞれの方法によって計算された基底関数セットが、driven 型シュレーディンガー方程式の複素解をよく表現することを、単純な系に適用することで示した。また、driven 型シュレーディンガー方程式を精度良く解くための基底関数の性質を調べるために、単純化したモデルを作り、その解析解を解くことでその性質を調べた。</p> <p>第四章では、複素基底関数法の枠組みで微分断面積を計算するための方法論と分子に対する応用について述べた。光イオン化微分断面積は、束縛始状態から連続終状態への遷移モーメントとして計算される。遷移モーメントを driven 型シュレーディンガー方程式の解で表現し、この表現に対して、複素基底関数法を適用することで基底関数展開のみで光イオン化微分断面積が計算できることを示した。計算例として、フィッティング法により計算した複素 GTO を用いて水素分子イオンの光イオン化微分断面積を計算し、精度よく計算できることを示した。また、光電子の運動を記述するための有効一電子ハミルトニアンである static exchange ハミルトニアンを用いて水素分子に応用し、その光イオン化微分断面積が精度よく計算できることを示した。さらに水素分子イオンおよび水素分子の計算を通じて、基底関数の選択方法について議論した。</p> <p>第五章では、本論文の総括を行い、本論文で述べた方法の欠点や改善案について述べた。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4659 号	氏 名	松崎 黎
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	工学博士 藪下 聡
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 畑山 明聖
		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

学士（理学）、修士（理学）松崎 黎君提出の学位請求論文は、「光イオン化断面積の量子化学的計算手法の開発」と題し、全5章からなっている。

分子の電子状態を第一原理にしたがって調べ、その物性、構造、反応性を議論する量子化学手法が様々な系に応用されている。しかし、それらのほとんどは電子の束縛状態を扱うもので、電子が原子核の束縛から解放された連続状態の第一原理計算は非常に少ない。一方で、最近の実験技術の発展に伴って、電子連続状態が関与する様々の過程が精密に測定され、理論計算による解析が求められている。そしてその実現のためには、分子の電子連続状態に対して、効率的かつ一般的な計算手法が必要である。本論文の著者は、電子連続状態が直接含まれる物理量である光イオン化断面積を複素基底関数法に基づいて計算する手法を提案している。特に、効率的な複素基底関数の作成方法、および微分断面積の計算方法を考案している。

第一章では、量子化学の概要について述べたうえで、効率的な光イオン化断面積の計算手法の開発の重要性について述べている。

第二章では、電子連続状態や光イオン化断面積、**driven**型(非同次型)シュレーディンガー方程式、複素基底関数法に関する基礎事項、およびそれらの間の関連について述べている。

第三章では、**driven**型シュレーディンガー方程式の複素解を高精度に表現する複素基底関数の作成方法をいくつか提案している。つまりヒレラース型汎関数を用いた複素スレーター型軌道(cSTO)による変分的展開法、cSTOを複素ガウス型軌道(cGTO)で最小二乗フィットする方法、および外向クーロン関数をcGTOで最小二乗フィットする方法の3種類である。それぞれの方法によって作成した基底関数の組が、**driven**型シュレーディンガー方程式の複素解をよく表現することを、単純なモデル系への応用計算によって示し、さらに、基底関数がこの方程式の解を高精度に表現するための条件を述べている。

第四章では、複素基底関数法の枠組みで微分断面積を計算するための方法論と簡単な分子に対する応用について述べている。光イオン化微分断面積は、束縛始状態から連続終状態への遷移モーメントを用いて計算される。遷移モーメントを**driven**型シュレーディンガー方程式の解で表現し、その表式に対して複素基底関数法を適用することにより、量子化学計算で用いる基底関数展開のみで光イオン化微分断面積が計算できることを示している。外向クーロン関数をcGTOで最小二乗フィットする方法を用い、水素分子イオンの光イオン化微分断面積を高精度に計算している。また、**static exchange**法を使って水素分子の光イオン化微分断面積を精度よく計算している。さらにこれらの応用計算を通じて、基底関数の選択方法について議論している。

第五章では、本論文の総括を行い、今後の展開について述べている。

以上要するに本論文の著者は、複素基底関数法を用いた光イオン化断面積の変分計算は、**driven**型シュレーディンガー方程式を変分的に解く方法論の一つであるという解釈を与え、それを基礎にして効率的な複素基底関数の組を作成する指針を明示した。さらに光イオン化全断面積のみならず、微分断面積まで定量的に計算する方法を開発し、今後の応用研究への足がかりを築いた点で、分子科学の発展への寄与は少なくない。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。

内容の要旨

報告番号	甲 第 4660 号	氏 名	加藤 拓巳
<p>主論文題目</p> <p style="text-align: center;">Nonlinear optical processes with a silica toroid microcavity for optical frequency comb generation (光周波数コム発生に向けたシリカトロイド微小光共振器を用いた非線形光学過程)</p>			
<p>レーザ光源は医療や微細加工をはじめ広く用いられており、用途に応じて様々な光周波数域での需要がある。非線形光学効果を用いた光周波数変換は、物質の非線形光学定数が一般的に小さいため、高強度な励起光を必要とする。近年、高 Q 値微小光共振器を利用すると単一周波数で低強度な励起光を用いても非線形周波数変換を容易に実現でき、効率的に光周波数コムが得られると提案されている。また、光周波数コム光源は、ガスセンシングや精密距離計測など多くの応用に向けて、それを小型化・省電力化し、安価な微小光共振器で構成することが望まれている。そこで本研究では、シリカトロイド微小光共振器内で生じる非線形光学過程の物理を調べることで、光周波数コムの実現に必要なマイクロコム（微小光共振器を用いて得られるくし状のスペクトル光）の特性を明らかにすることを目的とした。</p> <p>第 1 章では、高 Q 値微小光共振器と光周波数コム技術の背景を概説した。非線形光学過程の中でも、3 次の非線形光学効果である四光波混合、誘導ラマン散乱、第三次高調波発生に着目し、従来研究の動向を述べた。</p> <p>第 2 章では、シリカトロイド微小光共振器の基本理論と作製手法について述べた。また、非線形光学現象を観測するために必要となる実験系について説明した。</p> <p>第 3 章では、モード同期されたマイクロコムを発生させる方法として、入力パワーを制御する手法を提案し、その実験結果について示した。数値計算にはルジャート・レフイーヴァ方程式を用い、共振器内の光の振る舞いを解析した。共振器への入出力パワー変化に対するヒステリシス性に注目することで、本手法が従来の入力波長を掃引する手法と相互補完関係にあることを明らかにした。新たに提案した本手法を用いて、シリカトロイド微小光共振器においてモード同期されたマイクロコムを達成した。</p> <p>第 4 章では、マイクロコム発生における誘導ラマン散乱の影響について述べた。従来の解析では、四光波混合と誘導ラマン散乱の最大利得を比較していたが、自由スペクトル領域を考慮することで、2 つの非線形光学効果の競合を更に正確に記述できることを明らかにした。広い自由スペクトル領域を持つシリカトロイド微小光共振器において、入力パワーや、結合 Q 値を変化させることで、四光波混合と誘導ラマン散乱の推移を制御できることを示した。</p> <p>第 5 章では、誘導ラマン散乱による横モード間相互作用について述べた。広帯域なラマン利得を持つシリカトロイド微小光共振器において、低 Q 値のモードを励振すると、誘導ラマン散乱を介して高 Q 値のモードにエネルギーが移ることを明らかにした。横モード間相互作用の発生はモードの Q 値と空間的な重なりで決定されることを示した。その結果として、高 Q 値の横モードを励振した場合は、誘導ラマン散乱によって単一横モードの広帯域なマイクロコムが得られることを実験的に示した。</p> <p>第 6 章では、第三次高調波を介した広帯域な可視光発生について述べた。そのスペクトルは第三次高調波現象だけではなく、励振波長が存在する近赤外領域における四光波混合と誘導ラマン散乱にも依存していることを実験的に示した。広帯域な可視光発生には、広帯域な近赤外光発生とその制御が必要であることを明らかにした。</p> <p>第 7 章では、結論として各章で得られた内容をまとめ、本研究の成果を要約した。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4660 号	氏 名	加藤 拓巳
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学准教授	博士(工学) 田邊 孝純
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 神成 文彦
		慶應義塾大学教授	博士(工学) 津田 裕之
		慶應義塾大学教授	理学博士 佐々田 博之
		慶應義塾大学特別招聘教授(国際)	Ph. D. ロンカー, マルコ

学士(工学), 修士(工学), 修士(医学) 加藤拓巳君提出の学位論文は「Nonlinear optical processes with a silica toroid microcavity for optical frequency comb generation」(光周波数コム発生に向けたシリカトROID微小光共振器を用いた非線形光学過程)と題され, 7章から構成されている。

レーザ光源は医療や微細加工をはじめ広く用いられており, 用途に応じて様々な光周波数域での需要がある。非線形光学効果を用いた光周波数変換は, 物質の非線形光学定数が一般的に小さいため, 高強度な励起光を必要とする。近年, 高 Q 値微小光共振器を利用すると単一周波数で低強度な励起光を用いても非線形周波数変換を容易に実現でき, 効率的に光周波数コムが得られると提案されている。また, 光周波数コム光源は, ガスセンシングや精密距離計測など多くの応用に向けて, それを小型化・省電力化し, 安価な微小光共振器で構成することが望まれている。本研究では, シリカトROID微小光共振器内で生じる非線形光学過程の物理を調べることで, 光周波数コムの実現に必要なマイクロコム(微小光共振器を用いて得られるくし状のスペクトル光)の特性を明らかにしている。

第1章では, 高 Q 値微小光共振器と光周波数コム技術の背景が概説されている。非線形光学過程の中でも, 3次の非線形光学効果である四光波混合, 誘導ラマン散乱, 第三次高調波発生に着目し, 従来研究の動向が述べられている。

第2章では, シリカトROID微小光共振器の基本理論と作製手法について述べられている。また, 非線形光学現象を観測するために必要となる実験系について説明がなされている。

第3章では, モード同期されたマイクロコムを発生させる方法として, 入力パワーを制御する手法が提案され, その実験結果が示されている。数値計算にはルジャール・レフィーヴァ方程式が用いられ, 共振器内の光の振る舞いが解析されている。共振器への入出力パワー変化に対するヒステリシス性に着目することで, 本手法が従来の入力波長を掃引する手法と相互補完関係にあることが明らかにされている。新たに提案された本手法を用いて, シリカトROID微小光共振器においてモード同期されたマイクロコムが初めて達成されている。

第4章では, マイクロコム発生における誘導ラマン散乱の影響について述べられている。従来の解析では, 四光波混合と誘導ラマン散乱の最大利得を比較していたが, 自由スペクトル領域を考慮することで, 2つの非線形光学効果の競合を更に正確に記述できることが明らかにされている。広い自由スペクトル領域を持つシリカトROID微小光共振器において, 入力パワーや, 結合 Q 値を変化させることで, 四光波混合と誘導ラマン散乱の推移を制御できることが初めて示されている。

第5章では, 誘導ラマン散乱による横モード間相互作用について述べられている。広帯域なラマン利得を持つシリカトROID微小光共振器において, 低 Q 値のモードを励振すると, 誘導ラマン散乱を介して高 Q 値のモードにエネルギーが移ることが明らかにされている。横モード間相互作用の発生はモードの Q 値と空間的な重なりで決定されることが示されている。その結果として, 高 Q 値の横モードを励振した場合は, 誘導ラマン散乱によって単一横モードの広帯域なマイクロコムが得られることが実験的に示されている。

第6章では, 第三次高調波を介した広帯域な可視光発生について述べられている。そのスペクトルは第三次高調波現象だけではなく, 励振波長が存在する近赤外領域における四光波混合と誘導ラマン散乱にも依存していることが実験的に示されている。広帯域な可視光発生には, 広帯域な近赤外光発生とその制御が必要であることが明らかにされている。

第7章では, 結論として各章で得られた内容がまとめられ, 本研究の成果が要約されている。

以上要するに, 本研究はチップ集積された微小光素子における光周波数コム光源開発の可能性を示したものであり, 光エレクトロニクス分野において, これらの成果は工学上, 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4661号	氏名	佐々木 暢彦
主論文題目： 電磁シャントダンパによる超電導磁気浮上系の非接触制振			
<p>超電導バルク材を用いると、磁石を非制御で安定に浮上させることができる。しかしながら、接触がないために本系は低減衰系であり、大振幅の非線形振動を生じ得る。そのため、制振の必要があるが、非接触・非制御であるという超電導磁気浮上系の長所を損なわないように、制振も非接触・非制御で行われることが望ましい。本研究では、回路系と機械系を電磁的に連成させることで振動振幅の低減を行う電磁シャントダンパと呼ばれる装置に注目し、同ダンパを利用した超電導磁気浮上系の振動振幅を低減することを目的とした。</p> <p>第1章では、本研究の背景および目的を示した。</p> <p>第2章では、超電導により磁気支持された浮上体の鉛直方向振動を低減するため、非線形振動の一種である内部共振を利用した新しい電磁シャントダンパを提案した。外部磁場を作る永久磁石の配置を変更して回路系に非線形性を持たせ、さらに浮上系の固有振動数と電磁シャントダンパの固有振動数の比を 1:2 に設計することで、浮上系と回路系の間内部共振が発生するようにした。従来の電磁シャントダンパでは、固有振動数比を 1:1 にする必要があり、インダクタンスおよび抵抗の値が大きくなるという問題がある。しかし、内部共振を利用する場合には、それらの値を大幅に低減できることを非線形解析および数値解析により明らかにした。</p> <p>第3章では、超電導磁気軸受で支持された回転体のふれまわり振幅を低減するため、新しい様式の電磁シャントダンパを提案した。回転体にコイルを巻き付け、その近傍にリング形の永久磁石を固定することで、回転体がふれまわるとコイルに誘導電流が流れ、それに伴うダンピング効果によりふれまわりを低減できるようにした。第3章では特に、鉛直軸系の応答を調べ、磁気ダンパによる回転体の制振と異なり、前向きふれまわりに対しても振幅低減効果があることを線形解析および実験により示した。さらに、電磁シャントダンパのリング形永久磁石が作る磁場分布を考慮して、最適なコイル形状とリング形磁石形状を理論的に導出した。</p> <p>第4章では、第3章で提案した電磁シャントダンパの水平軸系に対する応答を調べた。各方向の主共振および分数調波共振に対して振幅低減効果があることを数値解析および実験により明らかにした。</p> <p>第5章では、第3章で提案した電磁シャントダンパの電磁場解析を行った。ふれまわり振幅が微小であると仮定し、導体内のポテンシャルおよび電流分布を導出した。さらに、ダンパから受ける力を回転体の変位および速度による一次結合で表すことで、磁気ダンパとの比較を行った。</p> <p>最後に第6章において、各章で得られた内容を総括し、本研究の成果を要約した。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4661 号	氏 名	佐々木 暢彦
論文審査担当者：	主査 慶應義塾大学教授	工学博士	杉浦 壽彦
	副査 慶應義塾大学教授	工学博士	澤田 達男
	慶應義塾大学准教授	博士(工学)	竹村 研治郎
	早稲田大学教授	工学博士	川本 広行
<p>学士（工学）、修士（工学）佐々木暢彦君提出の学位請求論文は「電磁シャントダンパによる超電導磁気浮上系の非接触制振」と題し、6章から構成されている。</p> <p>超電導バルク材を用いると、磁石を非制御で安定に浮上させることができる。しかしながら、接触がないために本系は低減衰系であり、大振幅の非線形振動を生じ得る。そのため、制振の必要があるが、非接触・非制御であるという超電導磁気浮上系の長所を損なわないように、制振も非接触・非制御で行われることが望ましい。本研究では、回路系と機械系を電磁的に連成させることで振動振幅の低減を行う電磁シャントダンパと呼ばれる装置に注目し、同ダンパを利用した超電導磁気浮上系の振動振幅を低減することを目的としている。</p> <p>第1章は緒言であり、本研究の背景および目的について述べている。</p> <p>第2章では、超電導により磁気支持された浮上体の鉛直方向振動を低減するため、非線形振動の一種である内部共振を利用した新しい電磁シャントダンパを提案している。外部磁場を作る永久磁石の配置を変更して回路系に非線形性を持たせ、さらに浮上系の固有振動数と電磁シャントダンパの固有振動数の比を1:2に設計することで、浮上系と回路系の間に内部共振が発生するようにしている。従来の電磁シャントダンパでは、固有振動数比を1:1にする必要があり、インダクタンスおよび抵抗の値が大きくなるという問題がある。しかし、内部共振を利用する場合には、それらの値を大幅に低減できることを非線形解析および数値解析により明らかにしている。</p> <p>第3章では、超電導磁気軸受で支持された回転体のふれまわり振幅を低減するため、新しい様式の電磁シャントダンパを提案している。回転体にコイルを巻き付け、その近傍にリング形の永久磁石を固定することで、回転体がふれまわるとコイルに誘導電流が流れ、それに伴うダンピング効果によりふれまわりを低減できるようにしている。第3章では特に、鉛直軸系の応答を調べ、磁気ダンパによる回転体の制振と異なり、前向きふれまわりに対しても振幅低減効果があることを線形解析および実験により示している。さらに、電磁シャントダンパのリング形永久磁石が作る磁場分布を考慮して、最適なコイル形状とリング形磁石形状を理論的に導出している。</p> <p>第4章では、第3章で提案した電磁シャントダンパの水平軸系に対する応答を調べている。各方向の主共振および分数調波共振に対して振幅低減効果があることを数値解析および実験により明らかにしている。</p> <p>第5章では、第3章で提案した電磁シャントダンパの電磁場解析を行っている。ふれまわり振幅が微小であると仮定し、導体内のポテンシャルおよび電流分布を導出している。さらに、ダンパから受ける力を回転体の変位および速度による一次結合で表すことで、磁気ダンパとの比較を行っている。</p> <p>第6章は結言であり、各章で得られた内容を総括し、本研究の成果を要約している。</p> <p>以上要するに、本論文は、電磁シャントダンパを利用して、超電導磁気浮上系の振動振幅を非接触・非制御で低減する方法を提案し、その有効性を理論および実験により示したものであり、機械工学分野において、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4662号	氏名	杉田 直広
主論文題目： Coupled Nonlinear Dynamics of Bubble and Bubble Cluster Oscillations (気泡および気泡群の振動における非線形連成動力学)			
<p>音響場におけるキャビテーション気泡の振動現象は、気泡の音響放射が周囲境界に与える干渉効果を利用して、洗浄技術、医療診断および治療技術などに用いられている。音波照射を受ける気泡の振動は、気泡の体積振動と並進運動が連成する非線形力学系であり、さらに複数の気泡間および気泡と境界壁の連成により複数の時間スケールを持つ多自由度系となる。したがって、超音波技術における気泡振動の効率的な援用には、気泡群がなす連成系の非線形解析が必須である。本研究では、音響場中の気泡振動が示す動作特性の高度化を目指し、二つの球形気泡の連成振動における分岐現象の非線形解析、気泡クラスタの実験観察と並進運動のモデリング、および弾性壁と干渉する単一気泡の連成数値解析を行う。</p> <p>第1章は緒言であり、本研究の動機と目的、先行研究について述べる。</p> <p>第2章では、気泡振動の非線形性に起因して気泡群の連成振動系に現れる分岐現象の解明を目的とし、音響放射により連成振動を行う二つの球形気泡に関する非線形解析を示す。多重時間尺度法を用いた非線形モード解析により定常応答の振動振幅および位相の安定解を導出し、定常解の分岐構造を明らかにする。特に、二気泡の平衡半径が同程度である場合の非線形ノーマルモードに対称性崩れの分岐が発生し、特定の範囲の周波数と気泡間の距離において一方の気泡に振動エネルギーが局在化する定常解が存在することを明らかにする。</p> <p>第3章では、複数の気泡が群をなした気泡クラスタの並進運動に関する実験観察と並進運動の線形理論との比較を示す。まず、高速度カメラを用いて撮影した画像から気泡クラスタの並進運動の軌跡を算出する。つぎに、単一球形気泡の並進運動を記述する古典理論を気泡クラスタの並進運動に拡張し、実験結果との比較を行う。その結果、観察された数 mm 程度の気泡クラスタでは、線形理論から見積もった第2 Bjerknes 力と気泡クラスタを球形とみなした場合の付加質量およびクラスタ自身の質量に由来する慣性力とのバランスによって運動が記述できることを明らかにする。</p> <p>第4章では、気泡振動と弾性壁の変形を連成させた数値解析により、弾性壁の厚さが気泡の並進運動に与える影響を議論する。気泡周囲はポテンシャル流れとし、境界要素解析に用いるための境界積分方程式の導出を行う。一方、気泡近傍の壁は線形等方弾性体とし、自由振動の固有値解析によりノーマルモードの固有関数と固有振動数を壁厚さの関数として求める。さらに、弾性体を非圧縮性と仮定し、壁面の変位に関する運動方程式を導出して有限要素法による定式化を行う。その結果、壁面の変形が大きいほど気泡に作用する第2 Bjerknes 力が減少し、壁厚さが小さい場合には弾性体の表面波を考慮する必要があることを明らかにする。</p> <p>第5章は結言であり、各章の結果をまとめ、本研究の成果および課題を要約する。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4662 号	氏 名	杉田 直広
論文審査担当者：	主査 慶應義塾大学教授	工学博士	杉浦 壽彦
	副査 慶應義塾大学教授	工学博士	澤田 達男
	慶應義塾大学教授	博士(理学)	井口 達雄
	慶應義塾大学准教授	博士(工学)	竹村 研治郎
	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) 杉田直広君提出の学位請求論文は「Coupled Nonlinear Dynamics of Bubble and Bubble Cluster Oscillations」(気泡および気泡群の振動における非線形連成動力学)と題し, 5章から構成されている。</p> <p>音響場におけるキャビテーション気泡の振動現象は, 気泡の音響放射が周囲境界に与える干渉効果を利用して, 洗浄技術, 医療診断および治療技術などに用いられている。音波照射を受ける気泡の振動は, 気泡の体積振動と並進運動が連成する非線形力学系であり, さらに複数の気泡間および気泡と境界壁の連成により複数の時間スケールを持つ多自由度系となる。したがって, 超音波技術における気泡振動の効率的な援用には, 気泡群がなす連成系の非線形解析が必須である。本研究では, 音響場中の気泡振動が示す動作特性の高度化を目指し, 二つの球形気泡の連成振動における分岐現象の非線形解析, 気泡クラスタの実験観察と並進運動のモデリング, および弾性壁と干渉する単一気泡の連成数値解析を行っている。</p> <p>第1章は緒言であり, 本研究の動機と目的, 先行研究について述べている。</p> <p>第2章では, 気泡振動の非線形性に起因して気泡群の連成振動系に現れる分岐現象の解明を目的とし, 音響放射により連成振動を行う二つの球形気泡に関する非線形解析を示している。多重時間尺度法を用いた非線形モード解析により定常応答の振動振幅および位相の安定解を導出し, 定常解の分岐構造を明らかにしている。特に, 二気泡の平衡半径が同程度である場合の非線形ノーマルモードに対称性崩れの分岐が発生し, 特定の範囲の周波数と気泡間の距離において一方の気泡に振動エネルギーが局在化する定常解が存在することを明らかにしている。</p> <p>第3章では, 複数の気泡が群をなした気泡クラスタの並進運動に関する実験観察と並進運動の線形理論との比較を示している。まず, 高速度カメラを用いて撮影した画像から気泡クラスタの並進運動の軌跡を算出している。つぎに, 単一球形気泡の並進運動を記述する古典理論を気泡クラスタの並進運動に拡張し, 実験結果との比較を行っている。その結果, 観察された数 mm 程度の気泡クラスタでは, 線形理論から見積もった第2 Bjerknes 力と気泡クラスタを球形とみなした場合の付加質量および気泡クラスタ自身の質量に由来する慣性力とのバランスによって運動が記述できることを明らかにしている。</p> <p>第4章では, 気泡振動と弾性壁の変形を連成させた数値解析により, 弾性壁の厚さが気泡の並進運動に与える影響を議論している。気泡周囲はポテンシャル流れとし, 境界要素解析に用いるための境界積分方程式の導出を行っている。一方, 気泡近傍の壁は線形等方弾性体とし, 自由振動の固有値解析によりノーマルモードの固有関数と固有振動数を弾性壁の厚みの関数として求めている。さらに, 弾性体を非圧縮性と仮定し, 壁面の変位に関する運動方程式を導出して有限要素法による定式化を行っている。その結果, 壁面の変形が大きいくほど気泡に作用する第2 Bjerknes 力が減少し, 壁の厚みが小さい場合には弾性体の表面波を考慮する必要があることを明らかにしている。</p> <p>第5章は結言であり, 各章で得られた結果のまとめと本研究の成果および課題を要約している。</p> <p>以上要するに, 本論文は, 気泡および気泡群の振動における非線形連成動力学現象の基礎的知見を与えるものであり, 機械工学分野において, 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。</p>			

内容の要旨

報告番号	甲 第4663号	氏名	長津 裕己
主論文題目： Estimation and Compensation of High-Order Disturbance for Motion Control Systems (モーションコントロールシステムのための高次外乱推定と補償)			
<p>近年、先進諸国では少子高齢化が進行しつつあり、ロボットによる人間の行為の代替技術が求められている。特に人間の運動情報の保存および再現を高精度に実現するためには、精密な軌道追従および接触力再現を行うためのモーションコントロールが必要になる。モーションコントロールにおいて、未知の外乱およびセンサ雑音の影響の補償に関してはこれまでに多くの研究がなされてきている。しかしながら、高速かつ高精度な動作の実現にあたっては、外乱の持つダイナミクスをより積極的に考慮しなければならない。そこで本研究は、この問題を解決するために、モーションコントロールシステムのための高次外乱推定と補償法を確立することを目的としている。</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た。</p> <p>第2章では、外乱推定における雑音の影響を明確化するために、確率的な振る舞いを考慮した高次外乱モデルの定義を示した。また、最高次数にプロセス雑音を含めた外乱モデルを構築することで、最適フィルタとして知られるカルマンフィルタに基づいた外乱観測器が構成可能になることを明らかにし、その設計法を示した。さらに力制御系に対して、提案する高次外乱推定器を適用し、その性能の検証を行った。</p> <p>第3章では、環境との接触を行う力制御系に対して、環境の剛性や粘性の変動を考慮したカルマンフィルタに基づく高次環境外乱補償法を提案した。提案する制御系により、力制御の理想的な特性を維持しつつ、安定な接触動作が可能になることを示した。</p> <p>第4章では、人間の動作情報の取得に必要となる位置・力ハイブリッド制御系において、それぞれの制御性能を向上するための非干渉化手法を提案した。特にロボットの作業空間における加速度制御をハイブリッド制御系へ拡張することで、ハイブリッド制御系特有の外乱を補償することが可能であることを示し、性能向上が実現可能であることを確認した。</p> <p>第5章では、ロボットによる人間の動作再現における対象環境の変化に対する適応手法について検証した。まず、動作再現制御の目標追従特性を定式化し、再現精度の解析・評価法を示した。さらに、環境の変化を動作再現における環境外乱として定義して、動作再現補償器を構成することで、従来手法では困難であった動作の高精度な再現ならびに環境変動への柔軟な適応の同時実現が可能になることを示した。</p> <p>第6章では、保存された人間の動作情報の汎用性を拡張するための方法について示した。前章までの手法を統合し、これらを動作保存・再現制御へ適用することで環境変動やセンサ雑音の影響に対して柔軟かつロバストに適応できることを示した。</p> <p>第7章では、本研究の成果を要約し、展望とともに結論を述べた。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4663 号	氏 名	長津 裕己
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	工学博士 大森 浩充
		慶應義塾大学教授	博士(工学) 村上 俊之
		慶應義塾大学教授	博士(情報学) 小檜山 雅之
<p>学士（工学）、修士（工学）長津裕己君提出の学位請求論文は「Estimation and Compensation of High-Order Disturbance for Motion Control Systems」（モーシヨンコントロールシステムのための高次外乱推定と補償）と題し、7章から構成されている。</p> <p>モーシヨンコントロールは、外乱オブザーバを中核技術として、産業機械の精密位置決め制御からロボットの柔らかい力制御まで広く応用が進んでいる。特に、ロボットによる人間の動作の再現に関しては、医療・介護の充実化や技能伝承など、人間支援の高度化にあたって性能の向上が期待されている。高精度に人間の動作を再現するためには、位置制御と力制御の双方が高い性能を持った上で同時に実現されなければならない。これまでに雑音を含むシステムの制御に関して多くの研究がなされてきたが、動作のさらなる高速化や、センサの分解能に相当する空間分解能での高精度な制御性能の獲得のためには、外乱の持つダイナミクスをより積極的に考慮する必要がある。本論文では上記に鑑み、モーシヨンコントロールシステムのための高次外乱推定と補償法を提案している。</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、確率的な振る舞いを考慮した高次外乱モデルを定義し、外乱推定における雑音の影響を明確化している。その上で外乱のモデル化において最高次数に雑音のモデルを含め、カルマンフィルタに基づいた高次外乱オブザーバの構造提案ならびにその設計法を示している。また提案する高次外乱オブザーバを力制御に適用し、その性能を検証している。</p> <p>第3章では、力制御系の接触対象である環境の持つ剛性や粘性の変動について高次外乱オブザーバで補償するための制御手法を提案し、安定性解析を行っている。提案する制御系により、接触時の衝撃力を緩和しつつ、過渡特性を向上できることを検証している。</p> <p>第4章では、人間の動作情報の抽出に必要となる位置・力ハイブリッド制御系に高次外乱オブザーバを適用し、位置制御、力制御それぞれの制御性能を維持したまま統合するための非干渉手法を示している。特に、力制御の性能に影響を与えることなく位置制御とのハイブリッド制御が構成できることを示し、安定な接触動作の実現につながることを確認している。</p> <p>第5章では、ロボットによる人間の動作の再現にあたり、動作を抽出した環境と異なる環境で保存動作を正確に再現するための適応手法について提案している。まず、動作再現制御における制御目標を定義し、再現精度を定量的に解析するための評価法を示している。その上で、接触環境の変化を動作再現における外乱として定義し補償器を構成することで、従来手法では困難であった動作の高精度な再現ならびに環境変動への柔軟な適応の同時実現が可能になることを確認している。</p> <p>第6章では、提案する動作再現制御の汎用性を高めるための方法を示している。前章までの手法を統合し、環境変動とセンサ雑音の双方の影響に対してロバストな性能が得られることを確認している。</p> <p>第7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、本論文では高次外乱推定と補償のための制御系設計の方法論を明らかにするとともに、理論と実験の双方からその有効性を実証しており、モーシヨンコントロール分野において、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>			