

2010（平成22）年度 秋 学 期

博 士 （工 学）
博 士 （理 学） 学 位 論 文

論文の内容の要旨および論文審査の結果の要旨

慶應義塾大学理工学部

目 次

岡部 雅夫	ルール・オントロジーとドメイン・オントロジーに基づく知識継承支援システムの開発と評価	1
吉田 洋一	誘導結合インタフェースを用いた非接触ウェアハテストに関する研究	3
納谷 太	センサネットワークによる作業行動の観測・理解・分析に関する研究	5
田中 裕之	Application of FPGA to Haptic Systems (FPGAのハプティクスへの応用)	7
北川 光洋	Metabolomic Identification of the Target of the Compounds Modulating Filopodia Protrusion (フィロポディア形成制御物質の探索とメタボローム解析を用いた標的同定)	9
境野 翔	Advanced Motion Control for Tasks in Open Environment (開環境下のタスクにおける高度なモーションコントロール)	11
浅田 順之	地上デジタルテレビジョン放送を用いたバイスタティックレーダに関する研究	13
島崎 夏美	レーザを熱源とする短時間加熱型血管形成術の拡張機構に関する研究	15
横倉 勇希	Haptic Recognition for Reproduction of Human Motion (人間動作再現のための触覚認識)	17
雨宮 史年	ゲージ不変な量子宇宙論の構成と宇宙の初期特異点回避	19
竹下 覚	近紫外光を赤色および緑色に波長変換するナノ蛍光体の作製と特性評価	21
笠原 和朗	近接場光学プローブを用いた蛍光相関分光法の特性に関する数値解析	23
中澤 満	アルミニウム合金内部の変形特性評価のためのサブミクロンCT画像解析	25
金 哲	XML整形出力言語PPXに関する研究	27
岡田 伸之介	ナノ構造を有する水酸アパタイト系材料による細胞活性の制御	29
松岳 大輔	Characterization of the Hydration Structures of Proteins through the Database Analysis and Its Application to the Prediction of Protein Hydration Structure (データベース解析による蛋白質水和構造の特徴抽出と、その蛋白質水和構造予測への応用)	31
伴野 太祐	カーボネート結合を有する新規グリーンサーファクタントの創成	33
黒澤 瑛介	FCC超微細粒金属の力学特性に関するトリプルスケール転位-結晶塑性モデリングおよび大変形FEMシミュレーション	35
山本 伸幸	コピー機消耗品需給における需要と在庫の変化対応策に関する研究	37
成瀬 正啓	先体反応誘起の分子機構とその進化に関する研究	39
門脇 亜美	微小時間の香り提示に対する嗅覚の時間特性	41
齋藤 広大	極低温走査プローブ顕微鏡の開発とナノスケール非接触摩擦の研究	43

鈴木 卓馬	人間の振動特性と車速による車両ダイナミクスの変化を考慮した自動車用サスペンションの制御系設計	45
越智 庸介	デンドリマーへの精密機能分子集積	47
森下 弘樹	Characterization of phosphorus donors in silicon by low magnetic field electrically detected magnetic resonance (低磁場電気検知磁気共鳴によるシリコン中のリン不純物評価)	49
近藤 雅貴	キノリノラトロジウム錯体およびその集積体を用いた新規触媒反応の開発に関する研究	51
三柴 数	補間とシームカービングを用いた画像のリサイズに関する研究	53
手島 知昭	平面拘束を用いた道路映像からの車両の水平位置推定および路面上の鏡面反射領域検出	55
本多 泰理	Small-time Existence of a Strong Solution of Primitive Equations for the Ocean and the Atmosphere (海洋と大気のPrimitive Equationsの時間局所解の存在)	57
北澤 謙太郎	ルテニウム錯体による炭素－水素結合の触媒的官能基化を経る多環式芳香族化合物の合成に関する研究	59
大野 憲一	磁性流体を用いた同調液体ダンパーの基礎特性及び性能改善に関する研究	61
濱 直人	Overman 転位を鍵反応とした Agelastatin A および Broussonetine 類の全合成	63
加藤 健郎	多様場に対応するロバストデザイン	65
海津 一成	Robustness Analysis of the Budding Yeast Cell Cycle Using an Integrative Model and in vivo Measurements (統合モデルとin vivo定量化実験による出芽酵母細胞周期のロバストネス解析)	67
Rahman Mohammad Rizwanur	Dynamic nuclear polarization of ^{29}Si nuclei using lithium related centers in isotopically controlled silicon (同位体制御されたシリコン中のリチウム関連欠陥を用いた ^{29}Si の動的核分極)	69
Wang, Enyang	Load Transfer in Motor Vehicle Compartment Structures during Frontal Collision (自動車前面衝突時の客室構造における荷重伝達)	72
浅原 理人	Flash Crowdによる影響を軽減する複製サーバの配置先決定手法に関する研究	74
濱中 玄	イトマキヒトデ胚ならびに幼生における間充細胞の時空間的配置と形態形成能に関する研究	76
Zhu, Yan-Li	Electrochemical Deposition of Nickel and Iron in Hydrophobic Ionic Liquids (疎水性イオン液体におけるニッケルおよび鉄の電気化学的析出)	78
吉田 哲也	CPUの仮想化に着目した仮想マシン技術の応用に関する研究	80
畑中 美穂	Theoretical study on the f-f transition intensities of lanthanide trihalide systems (ランタニド三ハロゲン化物のf-f遷移強度に関する理論的研究)	82
橋本 泰成	Development of Brain-Computer Interface Based on Sensorimotor Function in Humans (ヒト感覚運動機能に基づくブレイン・コンピュータ・インタフェースの開発)	84
工月 良太	エネルギーの面的利用がもたらす間接的便益に関する研究	86

Xing, Zhenhua	Damage Assessment of Shear Structures Based on Autoregressive Models and Substructure Approach (ARモデルおよびサブストラクチャ法によるせん断構造物の損傷評価)	88
針井 一哉	強磁性/常磁性複合膜におけるスピンプンピング誘起スピンの流に関する研究	90
太田 裕貴	マイクロ旋回流を利用した3次元スフェロイド形成・実験プラットフォームの開発	92
Zhang, Yuhua	Development of a Biomimetic Tactile Sensor with Epidermal Ridges for Sensitivity Enhancement (感度増強のための指紋構造を有する生体模倣型触覚センサの開発)	94
岩月 正人	微生物代謝産物からの薬剤耐性病原体を標的とした抗感染症剤の探索	96
シャフィイ, フラン	フォトニクスポリマーの複屈折性制御と液晶ディスプレイへの応用	98
Nandar Lynn	Data Rate Adaptation and Cooperative Diversity for Future Wireless Communications (将来の無線通信のための適応データレート及び協調ダイバーシチ)	100
西川 由理	A Study of Interconnection Network for Many-Core Processors Based on Traffic Analysis (トラフィック解析に基づいたメニーコア型プロセッサの接続方式に関する研究)	103
慶 奎弘	Control of Nano-Structure of Thin Film by Spray Layer-by-Layer Method and the Optical Applications (スプレー交互吸着法による薄膜ナノ構造の制御と光学応用)	105

論文の要旨および審査結果の要旨

本報は、学位規則(昭和28年4月1日文部省令第9号)第8条による公表を目的として、本大学において2010(平成22)年度秋学期に博士の学位を授与した者の論文内容の要旨および論文審査の結果の要旨である。収録したものは次のとおり。

慶應義塾大学理工学部

学位の種類	学位記号・番号	授与年月日	氏 名	本 籍
博士(工学)	甲第 3390 号	平成 23 年 3 月 23 日	岡部 雅夫	東京都
博士(工学)	甲第 3393 号	平成 23 年 3 月 23 日	吉田 洋一	東京都
博士(工学)	甲第 3394 号	平成 22 年 12 月 1 日	納谷 太	愛知県
博士(工学)	甲第 3401 号	平成 23 年 3 月 23 日	田中 裕之	兵庫県
博士(理学)	甲第 3402 号	平成 23 年 1 月 12 日	北川 光洋	神奈川県
博士(工学)	甲第 3403 号	平成 23 年 3 月 23 日	境野 翔	北海道
博士(工学)	甲第 3410 号	平成 23 年 3 月 23 日	浅田 順之	大阪府
博士(工学)	甲第 3411 号	平成 23 年 3 月 23 日	島崎 夏美	埼玉県
博士(工学)	甲第 3412 号	平成 23 年 3 月 23 日	横倉 勇希	埼玉県
博士(理学)	甲第 3413 号	平成 23 年 3 月 23 日	雨宮 史年	東京都
博士(工学)	甲第 3414 号	平成 23 年 3 月 23 日	竹下 覚	島根県
博士(工学)	甲第 3415 号	平成 23 年 2 月 2 日	笠原 和朗	兵庫県
博士(工学)	甲第 3416 号	平成 23 年 3 月 23 日	中澤 満	長野県
博士(工学)	甲第 3417 号	平成 23 年 2 月 2 日	金 哲	中国
博士(工学)	甲第 3452 号	平成 23 年 3 月 23 日	岡田 伸之介	東京都
博士(理学)	甲第 3453 号	平成 23 年 3 月 23 日	松岳 大輔	東京都
博士(工学)	甲第 3454 号	平成 23 年 3 月 23 日	伴野 太祐	山梨県

学位の種類	学位記号・番号	授与年月日	氏 名	本 籍
博士(工学)	甲第 3455 号	平成 23 年 3 月 23 日	黒澤 瑛介	神奈川県
博士(工学)	甲第 3456 号	平成 23 年 3 月 1 日	山本 伸幸	東京都
博士(理学)	甲第 3457 号	平成 23 年 3 月 23 日	成瀬 正啓	香川県
博士(工学)	甲第 3458 号	平成 23 年 3 月 23 日	門脇 亜美	神奈川県
博士(理学)	甲第 3459 号	平成 23 年 3 月 23 日	齋藤 広大	神奈川県
博士(工学)	甲第 3460 号	平成 23 年 3 月 23 日	鈴木 卓馬	神奈川県
博士(理学)	甲第 3461 号	平成 23 年 3 月 23 日	越智 庸介	愛媛県
博士(工学)	甲第 3462 号	平成 23 年 3 月 23 日	森下 弘樹	神奈川県
博士(理学)	甲第 3463 号	平成 23 年 3 月 23 日	近藤 雅貴	千葉県
博士(工学)	甲第 3464 号	平成 23 年 3 月 23 日	三柴 数	埼玉県
博士(工学)	甲第 3465 号	平成 23 年 3 月 1 日	手島 知昭	東京都
博士(理学)	甲第 3466 号	平成 23 年 3 月 1 日	本多 泰理	東京都
博士(理学)	甲第 3467 号	平成 23 年 3 月 23 日	北澤 謙太郎	長野県
博士(工学)	甲第 3468 号	平成 23 年 3 月 23 日	大野 憲一	和歌山県
博士(理学)	甲第 3469 号	平成 23 年 3 月 23 日	濱 直人	神奈川県
博士(工学)	甲第 3470 号	平成 23 年 3 月 23 日	加藤 健郎	東京都
博士(理学)	甲第 3471 号	平成 23 年 3 月 23 日	海津 一成	石川県
博士(工学)	甲第 3472 号	平成 23 年 3 月 23 日	Rahman Mohammad Rizwanur	インド
博士(工学)	甲第 3473 号	平成 23 年 3 月 23 日	Wang, Enyang	中国
博士(工学)	甲第 3474 号	平成 23 年 3 月 1 日	浅原 理人	静岡県
博士(理学)	甲第 3475 号	平成 23 年 3 月 23 日	濱中 玄	北海道

学位の種類	学位記号・番号	授与年月日	氏 名	本 籍
博士(工学)	甲第 3476 号	平成 23 年 3 月 23 日	Zhu, Yan-Li	中国
博士(工学)	甲第 3477 号	平成 23 年 3 月 23 日	吉田 哲也	東京都
博士(理学)	甲第 3478 号	平成 23 年 3 月 23 日	畑中 美穂	神奈川県
博士(工学)	甲第 3479 号	平成 23 年 3 月 23 日	橋本 泰成	東京都
博士(工学)	甲第 3480 号	平成 23 年 3 月 23 日	工月 良太	広島県
博士(工学)	甲第 3481 号	平成 23 年 3 月 23 日	Xing, Zhenhua	中国
博士(工学)	甲第 3482 号	平成 23 年 3 月 1 日	針井 一哉	東京都
博士(工学)	甲第 3483 号	平成 23 年 3 月 23 日	太田 裕貴	静岡県
博士(工学)	甲第 3484 号	平成 23 年 3 月 23 日	Zhang, Yuhua	中国
博士(理学)	乙第 4455 号	平成 23 年 3 月 1 日	岩月 正人	愛知県
博士(工学)	甲第 3485 号	平成 23 年 3 月 23 日	シャフィイ, フラン	イラン
博士(工学)	甲第 3486 号	平成 23 年 3 月 23 日	Nandar Lynn	ミャンマー
博士(工学)	甲第 3487 号	平成 23 年 3 月 23 日	西川 由理	奈良県
博士(工学)	甲第 3488 号	平成 23 年 3 月 23 日	慶 奎弘	韓国

内容の要旨

報告番号	甲 第 3390 号	氏 名	岡部 雅夫
主 論 文 題 目： ルール・オントロジーとドメイン・オントロジーに基づく 知識継承支援システムの開発と評価			
我が国において技術・技能の継承が大きな問題となつて久しいが、これは決して一過性の問題ではない。製造現場の自動化・統合化が進み、OJTによる技術・技能の継承が困難なまでに組織がスリム化されてしまっていることに原因があり、スリム化された組織においても永続的に機能する新しい技術・技能の継承の仕組みが求められている。また、昨今の自動化・統合化された製造現場においては、所謂匠的熟練に代わって、予期せぬ不具合等に対処しながら製造現場を的確かつ効率的に運営していく知的熟練と呼ばれる技術・技能が重要になってきている。そこで、本論文では、OJTに依存しない知的熟練の継承のために、オントロジーを活用した知識継承支援システムを提案する。 本提案では、オントロジーを広く捉え、知的熟練を構成する概念を体系化したドメイン・オントロジーと共に、知的熟練が比較的単純な業務ルールに分解されることを利用して、それらの業務ルールをプリミティブとし、それらの間にあるルールが他のルールの正当性を示す正当性関係等の意味的关系を導入し体系化したルール・オントロジーを活用する。個々の業務ルールはドメイン・オントロジーにより新人にも理解可能となり、また、ルール・オントロジーにより全体として体系化され、新人が様々な局面において活用することが可能になる。熟練者により表出化・連結化されたルール・オントロジーとドメイン・オントロジーは、標準的な業務手順を表す業務プロセス・フローおよびルール・オントロジーの中で業務に直接用いられる浅いルールを実行可能形式に変換したルールベース・システムと組み合わせられて、新人の知的熟練の内面化を支援する。また、ルール・オントロジーは、業務の遂行に直接使われる浅いルールの正当性を示す深いルールも保持し、そこから経営環境等の変化に際し、経営層の意思に沿って更新されるべき浅いルールを示唆することにより、熟練者による経営環境等の変化に追随した永続的な表出化・連結化も支援する。 以下、本論文の構成について述べる。 はじめに、第1章において、本研究の背景、目的について述べた。 第2章では、本研究の関連知識・技術として、巧的熟練と知的熟練、SECIモデルを中心とするナレッジマネジメント、ルールベース、知識モデリング、オントロジーについて述べるとともに、オントロジーのナレッジマネジメントへの活用の現状についても紹介した。 第3章では、本論文の提案であるオントロジーを活用した知識継承支援システムについて述べ、その支援ツールであるGENについても紹介した。 第4章では、GENを活用して提案システムを東京電力のある業務に試験適用したモデルケースおよびその評価について述べた。 最後に第5章では、モデルケースの評価を基に、本提案のまとめを行うとともに、今後の課題および展望について述べた。			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3390 号	氏 名	岡部 雅夫
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	工学博士 山口 高平
	副査	慶應義塾大学教授	博士(工学) 櫻井 彰人
		慶應義塾大学教授	工学博士 山本 喜一
		慶應義塾大学准教授	博士(工学) 鈴木 秀男
理学士、文理学修士および工学修士の岡部雅夫君提出の学位請求論文は「ルール・オントロジーとドメイン・オントロジーに基づく知識継承支援システムの開発と評価」と題し、5章より構成されている。 現在、企業などの組織においては、経験豊富な専門家がもつ業務ノウハウを新人が理解し活用できるための枠組みである「知識継承」の必要性が説かれ、有用な知識継承支援システムが模索されている。特に、経済不況が続く昨今では、組織にはOJTによる知識継承を実施する余裕がなくなってしまう、スリム化された組織においては、持続的に機能する知識継承支援システムの重要性は、ますます高まっている。 以上の背景から、本論文では、ルールで表現可能な業務ノウハウの理解支援に焦点を絞った上で、対象業務に含まれる様々な概念の意味を定義するドメイン・オントロジー、および一つのルールを一つの概念とみなしてルール間の様々な関係を定義するルール・オントロジーの二つのオントロジーを活用し、前者によってルールの意味、後者によってそれぞれのルールが正しい理由やルールベース全体の意義をユーザに理解させることを特色とする知識継承支援システムを開発し、評価実験を通して、その有用性を確認している。 以下、本論文の構成について述べる。 第1章において、本研究の背景、問題の洗い出し、目的について述べている。 第2章では、本研究の関連知識として、巧的熟練と知的熟練、暗黙知と形式知、知識変換、ルールベース、商用レベルの知識マネジメントツールの現状と課題、知識マネジメントに関連する人工知能技術、知識モデリング、種々のオントロジーについて述べるとともに、オントロジーの知識マネジメントへの活用の現状と課題についても言及している。 第3章では、本論文の提案であるオントロジーを活用した知識継承支援システムの全体像について述べ、ルール・オントロジーの表現形式、ドメイン・オントロジーの表現形式、オントロジーエディターである GEN について説明した後、各オントロジーの構築手順について言及している。 第4章では、東京電力の水力発電関係のある現場事務所における停止調整（スケジューリング）業務をモデルケースとして、スケジューリングルール 90 個、その正当性を言及するルール 44 個のルールベースを開発し、正当性関係などのリンクによりルールを結びつけたルール・オントロジーを開発するとともに、設備や点検業務などを概念として体系化したドメイン・オントロジーとして、55 個のクラス、292 個のインスタンスを開発している。この後、過去の実問題を例題にして、本システムで教育された被験者の解答と熟練者から教育を受けた被験者の解答を比較した結果、正答率は 91% から 88% と少し低下したが、学習時間は 199 時間から 47 時間と 1/4 以下に短縮でき、本システムの有用性が示されたといえる。さらに、ルール構築時に、日本語レベルの概念ルールを計算機実行可能ルールに変換支援するツール、ルール・オントロジーを利用して、経営目標の変化をスケジューリングに反映させるツールを開発し、これらのツールが知識の外在化に効果があることも確認している。 第5章では、ケーススタディの評価を考察し、本論文の成果をまとめるとともに、今後の課題および展望についても言及している。 以上要するに本論文では、複数のオントロジーを有機的に連携させることにより、知識継承支援システムを効果的に実現できることを確認しており、工学上寄与するところが少なくない。 よって、本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。			

内容の要旨

報告番号	甲 第 3393 号	氏 名	吉田 洋一
主 論 文 題 目：			
誘導結合インタフェースを用いた非接触ウェーハテストに関する研究			
過去 30 年に渡る LSI 製造プロセスの微細化に牽引され、LSI チップは急速な小型化・高性能化を続けてきた。一方で、LSI システムの複雑化は LSI 製造工程におけるテストコストを急激に増加させる結果となった。テストコスト削減のためにテスト時間短縮を目指したウェーハテスト並列化の研究が続けられているが、プローブニードルの並列配置は、実装の難しさ・耐久性の低さ・位置合わせ精度等に問題があり、実現は現実的でない。この問題解決に向け、無線インタフェースを用いた非接触テスト技術の研究が始まったが、未だ高並列化された非接触ウェーハテストは実現されていない。そこで本研究では、誘導結合インタフェース技術を応用した高並列化可能な非接触ウェーハテストの開発を目指し、誘導結合チャンネルが近接配置された際に生じるチャンネル間クロストークを削減する技術の開発、同時双方向通信技術の開発、DC テストを非接触に実行するための基準電圧伝送技術の開発を目的とした。 第 1 章に、本研究の背景である LSI テスト工程の持つ問題点と研究課題を概説した。 第 2 章では、まず誘導結合インタフェース技術が研究され発展してきた背景・経緯について説明し基礎理論を解説した。次に誘導結合インタフェースの応用例を挙げ、その有用性について述べた。最後に本論文の主題である非接触ウェーハテストへの応用について議論した。 第 3 章では、差動インダクタを誘導結合チャンネルに適用したクロストーク削減技術および同時双方向通信技術を提案した。差動インダクタが同相で入力される磁界信号に対する信号キャンセル効果を持つことを解説し、差動インダクタチャンネルはほぼチャンネルピッチを考えることなしに近接した配置が可能であることを明らかにした。次に誘導結合を構成する差動インダクタ対の片方を水平面内で 90° 回転して配置する直交配置を定義し、その配置による信号キャンセル効果を電磁界シミュレーションにより検証した。さらに 2 組の差動インダクタチャンネルを直交配置したデュアルチャンネルを定義し、デュアルチャンネル内の 2 つのチャンネル間にクロストーク干渉がほぼ生じないことを利用した双方向通信インタフェースを提案した。提案技術は $0.18\mu\text{m}$ CMOS プロセスを用いた試作チップで性能評価を行った。2Gb/s の同時双方向通信を $\text{BER} < 10^{-12}$ にて達成した。 第 4 章では、DC テストを非接触に実行するために必要となる基準電圧伝送技術を提案した。送信回路が出力する非対称パルス数の制御により、任意のアナログ基準電圧を生成することが可能な受信回路を開発した。受信回路の出力電圧はデバイスばらつきや実装上の配置誤差によって変動するが、フィードバックチャンネルを用いたデジタルキャリブレーション技術により補正可能である。提案技術は 90nm CMOS プロセスを用いた試作チップによる実測で動作を実証した。出力電圧 $0.15\sim 1.1\text{V}$ のレンジにおいて、要求仕様を満たす 6bit の電圧分解能を達成した。 第 5 章に、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。提案技術の適用により、テストコストを従来の $1/10$ 程度に削減できることを示した。			
以上			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3393 号	氏 名	吉田 洋一
論文審査担当者：主査 慶應義塾大学教授 博士(工学) 黒田 忠広			
副査 慶應義塾大学教授 工学博士 天野 英晴			
慶應義塾大学准教授 博士(工学) 中野 誠彦			
慶應義塾大学准教授 博士(工学) 石黒 仁揮			
学士（工学）、修士（工学）吉田洋一君提出の学位請求論文は「誘導結合インタフェースを用いた非接触ウェーハテストに関する研究」と題し、5章から構成されている。 半導体集積回路の微細化によりチップの性能や機能が高くなるほど、チップの製造工程におけるウェーハテストのコストが増加する。テストコストはテスト時間にほぼ比例するので、複数のチップを同時にテストできればテスト時間を短縮でき、その分テストコストを削減できる。しかし、プローブ針をチップのパッドに接触させて信号を入出力する従来のテスト方式では、同時にテストできるチップの数に上限がある。また、針の寸法やパッドとの距離を均等にできず一部のパッドに強い圧力が加わると、プローブ針を接触させた傷跡がパッドに残り、チップをパッケージに実装する際にボンディング配線の歩留まりを低下させる。こうした課題を克服する一つの方法として、機械的接続をしない非接触テスト方式が研究されている。そのための無線通信技術としては、誘導結合インタフェースの研究が進展している。しかし、無線通信なのでクロストークを十分小さく抑えないとチャンネルを高密度に配置できない。また、誘導結合インタフェースはDC信号を送送できないので、DCテストができない。そこで本研究では、誘導結合インタフェースを用いて、多数のチップを同時にテストし、DCテストもできる非接触ウェーハテストを追究している。並列化のためには、誘導結合チャンネルのクロストーク削減技術や同時双方向通信技術を提案している。また、DCテストのためには、アナログ基準電圧をパルス数で制御して伝送する基準電圧伝送技術を提案している。 第1章は序論である。研究の背景としてウェーハテストが抱える問題点を整理し、本研究の意義と解決すべき課題を整理している。 第2章では、誘導結合インタフェースを応用するために最近の研究成果を概説している。 第3章では、誘導結合チャンネルの高密度化のために、クロストーク削減技術と同時双方向通信技術を提案している。8の字形をした差動インダクタを用いて、磁界の同相ノイズ除去比を高め、チャンネル間クロストークを削減している。更に、互いに90°回転させた2つの差動チャンネルを重ねて、同時双方向通信を行っている。また、テストチップを試作評価して、2Gb/sの同時双方向通信が10⁻¹²以下のビット誤り率で実現できることを実証している。 第4章では、DCテスト用のアナログ基準電圧を誘導結合通信で伝送する技術を提案している。送信回路は非対称パルスを送信し、受信回路は受信したパルス毎に出力電圧を一定値だけ変化させる。ここで送信パルス数を変えることでアナログ基準電圧を自由に設定できる。また、フィードバックチャンネルを用いてデジタル補正することで、製造ばらつきを補正して基準値の精度を高めている。更にテストチップを試作評価して、0.15～1.1 Vの範囲で6 bitの分解能の基準値を送送できることを実証している。 第5章は結論であり、各章で得られた知見を総括し今後の展望を述べている。電子機器に広く応用されている小型のマイクロコントローラに本研究の提案技術を適用した場合、テストコストを従来の1/10程度に削減できることを示している。 以上要するに、本論文の著者は、誘導結合インタフェースを用いた非接触ウェーハテストの方式を考案し、テストチップで実証し、従来技術では困難なテストコストの削減を可能にしておき、集積回路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 3394 号	氏 名	納谷 太
主 論 文 題 目： センサネットワークによる作業行動の観測・理解・分析に関する研究			
本論文では、工場やプラント、病院などの各種業態で業務を行う作業者の日常行動や状況をユビキタス・センサネットワークにより計測し、計測したデータから業務に付随する種々のコンテキストをリアルタイムに認識・理解し、その結果から業務改善や事故防止を目的として従事者に情報を提供するための、センサネットワーク・システム・アーキテクチャ、コンテキスト識別・理解手法、分析手法について述べる。 従来、作業者の位置情報や、業務の実施状況などのコンテキスト情報についてこれを PDA 等によって入力し、作業者間で共有するシステムが実現されている。しかし、対象とする業務に関するコンテキストについては、その取得において人が介入することが多いため、時空間的な粒度や正確さにおいて十分ではなく、事故防止のためのリアルタイムな情報提示や、業務改善に必要な、質・量ともに詳細かつ十分なコンテキスト情報を得ることは困難であった。本研究では、様々な業態の中でも特に緊急な対応が望まれ、ニーズが明確な医療看護に焦点を当て、チームとして作業する看護師の業務に付随する種々のコンテキストについて、業務を阻害せずにこれを半自動で記録するセンサネットワーク技術、看護業務中であっても看護師間でお互いのコンテキストを共有することを可能にするためのオンライン行動・状況理解技術、事後に業務効率化や事故防止を目的とした分析・可視化技術について述べる。 本研究で提案するセンサネットワーク・アーキテクチャは、1) 異種・複数の無線センサネットワークデバイス群、2) 無線センサネットワークデバイスの制御および、異種・複数のセンサデータを看護師ごとに集約し記録・蓄積する種々のモジュール群、3) 種々のセンサデータから看護師の位置・行動・状況に関する種々のコンテキストをオンラインで識別する行動識別エンジンおよびリアルタイムデータベースシステム、4) 識別されたコンテキストに関する情報を、状況に応じて医療従事者間で共有するための種々の提示・可視化アプリケーション群、の 4 つの階層から構成される。本研究の中心的課題である、業務に付随する「誰が」「いつ」「どこで」「誰と」「何をを用いて」「誰に」「どう行動した」のかに関する小粒度のコンテキスト情報をリアルタイムに識別・理解するために、異種・複数センサ情報を統合した特徴抽出処理および、作業者の位置情報に依存した業務行動特性に着目した位置依存行動識別モデルと行動履歴を考慮したリアルタイム行動識別手法を提案する。本手法は、実環境における看護業務観測実験により、主要約 90 種の看護行動を抽出し、典型的な看護業務シナリオに基づく評価実験結果により、リアルタイム性および識別性能について本システムおよび手法の有効性を示す。 また、病院での実証実験により、システムに記録・蓄積された業務の流れに関する詳細な履歴情報をもとに、事故の起きやすい状況の検知と防止、ベテランと新人の業務比較による業務改善を目的とした分析事例について述べ、さらに、本研究で提案する一連のシステム・行動識別手法・分析手法の有効性を示す。本手法は看護業務のみならず、他業態・分野への適用も可能であり、応用事例および展望について言及する。			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3394 号	氏 名	納谷 太
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	工学博士 安西 祐一郎
	副査	慶應義塾大学教授	博士(工学) 斎藤 英雄
		慶應義塾大学准教授	博士(工学) 斎藤 博昭
		慶應義塾大学准教授	博士(工学) 今井 倫太
学士（工学）、修士（工学）、納谷 太君の提出の学位請求論文は「センサネットワークによる作業行動の観測・理解・分析に関する研究」と題し、全7章からなる。 無線技術をはじめとするユビキタスネットワーク技術の発展にともない、人の日常行動やモノの動きを計測し、これを業務効率化や事故防止に役立てるシステムの開発が望まれている。本論文では、病院でチームとして作業する看護師を対象に、業務に付随する種々のコンテキスト情報を計測し、取得した異種・複数センサデータから看護師の作業行動・状況をリアルタイムに識別・理解するためのセンサネットワークシステムを提案する。提案システムは、種々の装着型センサや環境設置型センサなどから構成され、業務改善・教育・事故防止を目的とする分析・可視化に関する一連の処理が可能となっている。特に、本研究の中心的課題である、業務に付随する「誰が」「いつ」「どこで」「誰と」「何を用いて」「誰に」「どう行動した」のかに関する種々のコンテキスト情報を異種・複数のセンサ情報を用いてオンラインで識別する一連の手法を提案し、実環境における評価実験によりその有効性を示す。 第1章では、本研究の動機および概要を述べ、目的を明確化するとともに、本研究でのアプローチ全般について述べている。 第2章では、看護業務に付随する種々のコンテキストの特徴を述べ、業務をセンシングする上で満たすべき要件について説明している。特に、看護業務を阻害せずに半自動で記録し、看護業務中であっても看護師間でお互いのコンテキストを共有する必要性を明らかにしている。また、センシングによってコンテキストを推定するシステムに関する関連研究を説明し、本論文の位置づけを明らかにしている。 第3章では、提案するセンサネットワークシステムE-Nightingale Systemのアーキテクチャデザインについて説明している。 第4章では、E-Nightingale Systemで用いられる装着型センサおよび環境設置型センサについて説明している。装着型センサは、看護師に取り付けられる小型加速度センサであり、看護師の作業行動の推定に必要なデータを取得するために用いられる。環境設置型センサは、看護師の屋内位置の計測に用いられる。 第5章では、装着型センサおよび環境設置型センサで得られるデータを元に看護師の作業行動を推定する手法を提案している。看護師の行動は、業務場所に依存して異なる事がシステムの構築を通して明らかになり、本論文では、看護師の行動を位置情報と加速度特徴量を用いたダイナミックベイジアンネットワークでモデリングし、これをオンラインで識別する手法を実現している。 第6章では、看護師の作業行動・状況を可視化し分析するためのシステムについて提案している。看護師の作業行動をオンライン識別し業務を可視化するために、コンテキストのスナップショット、行動履歴、取得センサデータ、位置データの観点から情報を表示するビューワを開発している。 第7章では、本研究の結論を述べ、研究の今後の課題および展望について述べている。 以上の通り、本論文は、装着型センサおよび環境設置型センサを元に看護師の作業行動を識別し、オンラインで業務進行を可視化するシステムを提案・設計・実装するとともに、人がチームとして複雑に関わりながら遂行する業務を明示的に可視化するシステムの有用性を明らかにした点で、工学上寄与するところが少なくない。また、これらの成果は著者が自立して研究活動を行うために必要な高度な研究能力、ならびにその基礎となる豊かな学識を有することを示したといえる。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3401号	氏 名	田中 裕之
主論文題目： Application of FPGA to Haptic Systems (FPGA のハプティクスへの応用)			
FPGA (Field Programmable Gate Array) をロボットのプロセッサに用いることで、並列かつ高速演算が可能となる。これは、ハプティクスのような未知環境下での動作が前提であるロボットシステムに適している。特に、手術支援ロボットのような高度な操作性と安全性が要求されるシステムでは、FPGA を用いる意義は大きいといえる。本論文では、ハプティクスのための制御系および機能の FPGA 上への実装方法に関する提案を行った。 第1章では、FPGA をハプティクスなどの未知環境下で動作するロボットへ適用する優位性を明らかにし、研究背景および目的を述べた。 第2章では、FPGA の構造を簡単に紹介したあと、本論文で基礎となる加速度制御系について述べた。ここでは、外乱オブザーバとバイラテラル制御を紹介し、FPGA による高速サンプリングによって加速度制御系の性能が向上することに言及した。続いて、FPGA などによるハードウェアデバイスによるハードリアルタイムシステムの実現の優位性について議論した。さらに、FSM (Finite State Machine) による FPGA 上への制御系の実装方法について述べ、本論文で使用する FPGA デバイスを紹介した。 第3章では、操作性を向上させるためのバイラテラル制御系を提案した。本提案の有効性は二端子対回路における F パラメータおよび実験によって確認した。 第4章では、FPGA を用いてバイラテラル制御系を 7 自由度マスタースレーブ型の力覚フィードバックを有する腹腔鏡手術支援ロボットに実装した。合計 14 自由度を有する多自由度システムへの高速サンプリングによる制御系の実装が実現できたことを実験結果より確認した。 第5章では、力覚情報の非可逆圧縮に関する提案をおこなった。本論文では、離散コサイン変換に基づいた非可逆圧縮をおこなった。本章の前半ではまず、提案する非可逆圧縮手法をモーションコピーシステムに適用した。シミュレーションおよび実験結果の SNR (Signal-to-Noise Ratio) を用いた評価より、本手法の有用性を確認した。続いて、整数離散コサイン変換を用いた非可逆圧縮をハプティック通信システムに適用した。非可逆圧縮のためのエンコーダおよびデコーダを FPGA 上に実装することにより、オンラインでの圧縮・伸張を実現した。シミュレーションおよび実験結果を周波数パワースペクトラムによって評価し、その有用性を確認した。 最後に第6章では、本論文の結論を述べた。本論文での提案が、今後のハプティクスにおいて基礎的な技術となりうることを述べ、また FPGA はハプティクスに限らず未知環境下で動作するロボットのプロセッサとして大いに可能性があることについて言及した。 以上			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3401 号	氏 名	田中 裕之
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			
慶應義塾大学准教授 博士(工学) 矢向 高弘			
慶應義塾大学准教授 博士(工学) 西 宏章			
学士（工学）、修士(工学) 田中裕之君提出の学位請求論文は「Application of FPGA to Haptic Systems」（FPGA のハプティクスへの応用）と題し、6 章から構成されている。 ハプティクスのためのバイラテラル制御は時間遅れを許さないハードリアルタイム性の高いシステムであり、高速演算が要求される。そのため、並列計算が可能な FPGA (Field Programmable Gate Array) をバイラテラル制御に用いることで多自由度化および遠隔操作やハプティックデータ作成に必要な非可逆圧縮が高速に行えると期待される。本論文は、バイラテラル制御に FPGA を活用することで、このような高性能性が得られることを実証するとともに、ハプティクスにおいて常に現れる未知環境との接触作業に関して有効であることを示したものである。 第 1 章は序論であって、従来の研究をまとめるとともに、FPGA が多自由度ハプティクスに有利であることを示した。 第 2 章では FPGA が加速度制御系の実現に対して有利であることを示すとともに、具体的な制御系の実装を FSM (Finite State Machine)により行う手法を示した。 第 3 章ではバイラテラル制御系において定義される制御系の性能指数である操作性と再現性に着目し、実際の応用において重要な操作性の改善方法を示し、バイラテラル制御実験においてこれを検証した。 第 4 章では FPGA が有利であるとされる多自由度ハプティック制御を内視鏡下低侵襲性手術支援ロボットに適用し、過去最大の 7 自由度のハプティック能力を持つロボットの実装に成功した。1 枚の基板で 3 自由度の制御が可能で、これを並列に接続すれば自由度を増やすことが可能になっている。これをマスタースレーブで合わせて 14 軸の同時制御を 30 マイクロ秒という短い制御サンプリング時間において実現することに成功した。また、力覚フィードバックが可能であることを実証し、その有用性を明らかにした。 第 5 章ではマスタースレーブ間に通信路がある場合や、ハプティックデータ作成に有用であるデータ圧縮法について検討した。圧縮には離散余弦関数変換による非可逆圧縮を用いることで、オンラインでも高速な圧縮、伸張が可能になることを示した。また、これを実機に適用しその有用性を示した。 第 6 章は各章で得られた成果をまとめ、論文全体の結論を述べた。 以上要するに、本論文では FPGA をハプティックシステムに活用することで、多自由度化やデータ圧縮の面で優位になることを理論的に実験的に示したもので、ハプティクス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。 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 3402 号	氏 名	北川 光洋
主 論 文 題 目 : Metabolomic Identification of the Target of the Compounds Modulating Filopodia Protrusion (フィロポディア形成制御物質の探索とメタボローム解析を用いた標的同定)			
小分子化合物は多彩な構造とユニークな活性を有することから、小分子化合物を用いて生命現象を解析するケミカルバイオロジーが注目されている。このケミカルバイオロジーを展開する上で重要なのが生理活性物質を持った小分子化合物の取得とその標的分子の同定である。このような背景の下、筆者らはまずがん転移に関与するフィロポディア形成を阻害する物質を微生物資源より探索した。その結果、グルコピエリシジン A(GPA)とピエリシジン A(PA)の併用によりフィロポディア形成を強力に抑制することを見出した。PA はミトコンドリア呼吸鎖阻害剤であることが知られているが、GPA の作用機構はこれまで不明であった。そこで、GPA と PA の併用によるフィロポディア形成阻害機構を解析するため、我々は未知の GPA の作用機構解明を行った。まず標的既知の化合物ライブラリーより GPA と同様に PA との併用によりフィロポディア形成を阻害する化合物を探索したところ、解糖系阻害剤 2-デオキシグルコースが目的の活性を有することを見いだした。このことから GPA も解糖系を抑制することが推測され、メタボローム解析によって、これまで作用機構の不明であった GPA がグルコーストランスポーターに作用し、そのグルコースの取り込み能を抑制することにより解糖系を抑制することを見出した。以上より PA と GPA を併用すると、それぞれミトコンドリア呼吸鎖と解糖系を抑制することにより細胞内 ATP エネルギーを顕著に減少させ、フィロポディア形成を相乗的に阻害することが示唆された¹。 一方、がんの解糖系は、古くから亢進している事が知られており、従ってがんの解糖代謝を抑制する物質は有用な抗腫瘍剤となりうる。今回筆者は、細胞レベルで簡便にがんの解糖系抑制物質を探索する実験系を構築した。この実験系を用いて、カルバ糖ライブラリーより解糖系抑制物質を探索したところ、2 化合物がヒットした。この 2 化合物はいずれも、ミトコンドリア呼吸鎖阻害剤との併用によりがん細胞の細胞内 ATP 量を相乗的に減少させたことから、実際に細胞内で解糖系を抑制していることが確認された。さらにこの 2 化合物はいずれもグルコースの細胞内への取り込みステップを抑制する事によりがんの解糖系を抑制する事を明らかにした²。 1 Kitagawa M., et al., Chem. Biol. (2010) 17, 989-998 2 Kitagawa M., et al., Biosci. Biotechnol. Biochem., (in press)			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3402 号	氏 名	北川 光洋
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	理学博士 上村 大輔
		慶應義塾大学教授	工学博士 佐藤 智典
		慶應義塾大学教授	工学博士 岡 浩太郎
		慶應義塾大学准教授	博士（地球環境科学） 土居 信英
学士（工学）、修士（理学）北川光洋君提出の学位請求論文は、「Metabolomic Identification of the Target of the Compounds Modulating Filopodia Protrusion（フィロポディア形成制御物質の探索とメタボローム解析を用いた標的的同定）」と題し、全五章から成っている。 小分子化合物を用いて生命現象を解析するケミカルバイオロジー研究をさらに推進するためには、ユニークな生理活性を有する小分子化合物を取得し、さらにその標的タンパク質の同定を行うことが求められる。そこで著者は、ユニークな生理活性を有する小分子化合物の探索のため、フィロポディア形成制御物質の探索を行い、さらにその標的タンパク質の同定に取り組んだ。 第一章は序論であり、生命科学の発展に貢献してきたケミカルバイオロジー研究について概論し、そのさらなる発展のために必須となる新たな阻害剤探索の研究について概略を述べている。 第二章では、著者が行った微生物資源からのフィロポディア形成制御物質の探索研究結果について述べている。著者はまず、約 3,000 株の微生物資源よりフィロポディア形成制御物質をスクリーニングし、<i>Lechevalieria</i> sp. 1869-19 株の培養液に強力な目的の活性を見出した。次に、活性本体の単離・精製を試みた結果、本菌の培養液に含まれる <i>glucopiericidin A</i> (GPA) と <i>piericidin A</i> (PA) の併用によりフィロポディア形成が強力に抑制されることを見出した。 第三章では、GPA と PA の併用によるフィロポディア形成阻害の作用機序の解析について述べている。PA はミトコンドリア呼吸鎖阻害剤であることが知られているが、GPA の作用機構はこれまで不明であった。著者はケミカルゲノミックスクリーニングの手法から GPA が解糖代謝に作用する可能性を見出し、さらにメタボローム解析によって GPA がグルコーストランスポーターに作用し、そのグルコースの取り込み能を抑制することにより解糖系を抑制することを見出した。また PA と GPA を併用すると、それぞれミトコンドリア呼吸鎖と解糖系を抑制することにより細胞内 ATP エネルギーを顕著に減少させ、フィロポディア形成を相乗的に阻害することが示唆された。 第四章では、著者が考案した簡便な解糖代謝阻害剤の探索方法と、その実証結果について述べている。著者は、解糖系阻害剤が呼吸鎖阻害剤の存在下でフィロポディア形成を阻害したことから、このフィロポディア形成抑制を指標に細胞レベルで簡便にがんの解糖系抑制物質を探索する実験系を構築した。この実験系を用いて、カルバ糖ライブラリーより解糖系抑制物質を探索したところ、1,4,5,6-tetra-<i>-O</i>-acetyl-2-<i>O</i>-mesyl-3-<i>O</i>-benzoyl-<i>myo</i>-inositol と 1,2,4,5-tetra-<i>O</i>-acetyl-3,6-di-<i>O</i>-tosyl-<i>muco</i>-inositol の 2 化合物がヒットした。この 2 化合物はいずれも、ミトコンドリア呼吸鎖阻害剤との併用によりがん細胞の細胞内 ATP 量を相乗的に減少させたことから、実際に細胞内で解糖系を抑制していることが確認された。さらにこの 2 化合物はいずれもグルコースの細胞内への取り込みステップを抑制する事によりがんの解糖系を抑制する事を明らかにした。 第五章では総括であり、阻害剤探索において本研究で用いたフィロポディア形成のスクリーニングの有用性と、標的分子同定という困難な課題に対して本研究で用いた CE-MS メタボローム解析が有効な手段となりうることについて、各章で紹介した既報の知見を踏まえて議論している。 以上、本論文ではフィロポディア形成阻害というユニークな生理活性物質探索系を用いてこれまで作用機構不明の小分子化合物を取得し、さらに小分子化合物の標的分子同定をメタボローム解析という新手法で達成するなど、これらの成果は今後の化学生物学研究に貢献するところが多い。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3403号	氏 名	境野 翔
主論文題目： Advanced Motion Control for Tasks in Open Environment (開環境下のタスクにおける高度なモーションコントロール)			
近年、工場のような閉環境だけではなく、人間の生活空間のような開環境におけるロボットの利用が望まれはじめている。ここで開環境とは、ロボットの周辺環境や接触対象物などが限定されていない環境のことを指す。このような開環境下における、人の生活支援を目的としたロボットが実用化されれば、ロボット技術が人と環境を結ぶ鍵技術となる。しかし、開環境においては、ロボットにとって想定外の外乱が存在し、容易にロボットを不安定化する。人や未知対象物とのインタラクションの制御はいまだに複雑・困難であった。そこで、本論文では外乱に対してロバストなシステムを実現する加速度制御を基に、開環境下のタスクを実現する手法を提案した。 第1章では、本研究の背景及び目的を述べた。開環境下のタスクに向け、外乱にロバストな制御系とタスクの記述の、二つの要素技術が必要であることを述べた。 第2章では、加速度制御を基に、高精度な位置と力のハイブリッド制御を実現し、その応用例として異構造バイラテラル制御を実現した。バイラテラル制御とは、力覚のフィードバックを実現する遠隔操作制御のことである。 第3章では、斜交座標制御を提案した。斜交座標制御とは、タスクを適切な座標における、位置と力のハイブリッド制御問題としてとらえる制御系のことである。これにより、タスクの動特性を簡易に記述することが可能になり、複雑なタスクでさえも高精度に実現可能になった。斜交座標制御の応用例として、一自由度ミクロマクロバイラテラル制御、多自由度ミクロマクロバイラテラル制御、位置拘束バイラテラル制御、冗長バイラテラル制御を実現した。 第4章では、斜交座標制御をさらに一般化するために必要な新しい運動方程式を提案した。提案運動方程式では、座標変換が位置・運動量・時間等すべての物理変数の関数とすることが可能であり、正則であること以外の条件を必要としない。この提案運動方程式を用いて、モバイルハプトを実現した。モバイルハプトでは、遠隔ロボットの速度を制御し、同時に力覚フィードバックが実現される。 第5章では、力制御の制御性能を向上させる、力ベース外乱オブザーバを提案した。従来の外乱オブザーバは、位置制御を目的としており、力制御時には慣性力が力応答を劣化させる。提案する力ベース外乱オブザーバは慣性力をも外乱と捉えることが可能になり、力制御の制御性能を大きく改善した。従来の外乱オブザーバと力ベース外乱オブザーバを組み合わせ、位置と力のハイブリッド制御系を構成した。その一応用例としてバイラテラル制御を実現した。 第6章にて、本論文の結論を述べた。第2章から第5章の提案手法を組み合わせることにより、人や未知対象物とのインタラクションが存在する開環境下におけるタスクが実現可能であることを言及した。			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3403 号	氏 名	境野 翔
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			
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) 斎藤 英雄			
学士（工学）、修士(工学) 境野翔君提出の学位請求論文は「Advanced Motion Control for Tasks in Open Environment」（開環境下のタスクにおける高度なモーションコントロール）と題し、6章から構成されている。 少子高齢化社会が現実となり、ロボットを含む様々な機械の開環境下におけるタスク実行が重要課題になってきている。これは、機械、人間、周囲環境の間の相互干渉が存在する中でのモーションコントロール設計問題になる。本論文は、外乱に対してロバストな加速度制御に力制御と斜交座標を導入することで開環境下のタスク実行のための新しいモーションコントロール設計法を理論的に示したものである。それと同時にその有効性を様々な例において検証したものである。 第1章は序論であって、従来の研究をまとめるとともに、開環境におけるタスク実現にはタスクの記述とそれを実現するロバスト制御系が必要であることを示した。 第2章では開環境下のタスク実行に必要な位置と力のハイブリッド制御が加速度制御に基づいて容易に実現できることを示した。応用上重要な異構造バイラテラル制御が、この手法により精度よくしかも簡単に実現できることを示した。 第3章では開環境におけるタスクが、斜交座標における位置と力のハイブリッド制御に帰着できることを示した。その結果、複雑なタスクの動的な振舞いが容易に解析できるようになり、その設計が座標変換と動特性解析により容易に行えるようになることを示した。この結果、多自由度のバイラテラル動作や冗長性の高いバイラテラル動作などの複雑なタスクが簡単に実現できた。 第4章では前章で提案した斜交座標を運動系に拡張し、開環境下のタスクを実行するのに便利な新しい運動方程式の記述法を提案した。その手法を援用することで、位置、運動量、時間などの物理量を座標変換に組み入れることが可能になり、より柔軟な制御が可能になった。例としてモバイルロボットの不整地走行情報がハプティック情報としてフィードバックされる新しい走行制御法を提案しその有効性を示した。 第5章ではロバストな加速度制御法を力制御に拡張することで、ハイブリッド制御が容易に設計できることを示すと共に、斜交座標と組み合わせることでタスク実行がより拡大されることを示した。 第6章は各章で得られた成果をまとめ、論文全体の結論を述べた。 以上要するに、本論文では開環境下のタスクに斜交座標とハイブリッド制御を導入することで柔軟性のあるモーションコントロールが可能なることを理論的に実験的に示したもので、ロボット制御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。 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 3410 号	氏 名	浅田 順之
主 論 文 題 目：			
地上デジタルテレビジョン放送を用いたバイスタティックレーダに関する研究			
本論文は、地上デジタルテレビジョン放送を用いたバイスタティックレーダにおいて、レーダ性能を向上させるための信号処理の研究に関するものである。当該レーダは、目標位置の標定のために、新たに電波を送信する必要がない等の大きな利点があるため、周波数利用効率等の面で極めて有用である。一方でこのレーダに特有の問題が存在する。すなわち、所望の目標信号と送信局から受信局へ直接伝搬する直接波との間の干渉や固定目標からのクラッタ成分と目標信号の間の干渉が目標探知性能を低下させる問題や、信号諸元が制御できないことから距離分解能が制限される問題等が挙げられ、これらはレーダ性能向上のために解決すべき問題である。そこで本論文では、これらを改善する方法について地上デジタルテレビジョン放送の信号フォーマットを勘案し検討を行った。その結果、このレーダにおいて新たな不要波抑圧法および高分解能な移動目標検出法を提案し、その有効性をコンピュータシミュレーションを用いて明らかにした。 本論文は6章で構成される。 1章は序論であり、本研究の背景と目的、レーダの概説およびバイスタティックレーダ技術における本研究の位置づけを述べている。 2章では、地上デジタルテレビジョン放送の伝送方式、バイスタティックレーダの標定方法およびその特性について述べ、地上デジタルテレビジョン放送を用いたバイスタティックレーダにおける課題について示している。 3章では、このレーダにおいて、所望信号の信号対雑音干渉比（SINR）の劣化の主要因である送信局から受信局へ伝搬する直接波および固定目標によるマルチパス波を抑圧する方法を提案している。提案は放送信号に含まれるパイロット信号を用いて、マルチパスの遅延時間を求め、不要波の正確なレプリカを生成し減算する原理に基づいている。計算機シミュレーションにより、受信信号に含まれていた不要波成分の電力対雑音比程度、所望信号のSINRが改善されることを示している。 3章に提案する抑圧方式を用いた場合、再生した参照信号にシンボルエラーが生じた場合、抑圧性能が著しく劣化する。4章では、この抑圧性能が劣化する現象を軽減する処理を提案している。この処理では、シンボルエラー率が0.1未満の領域では、所望信号のSINRがエラーフリー時とほぼ同等になることを示している。 5章では、信号帯域幅の制限を超える高分解能な移動目標検出法を提案する。提案は固定目標成分の周波数方向への相関を低減させることで、移動目標のみを高分解能で抽出するものである。計算機シミュレーションにより、時間軸上で近接した2つの移動目標が信号帯域幅の制限を超えて分離抽出され、かつ固定目標が抑圧されることを示している。 最後に6章で、本論文の総括を行い、提案の有効性を示している。			
			以上

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3410 号	氏 名	浅田 順之
論文審査担当者：	主査	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
		慶應義塾大学教授	博士(工学) 大槻 知明
		慶應義塾大学准教授	博士(工学) 眞田 幸俊
学士（工学）、修士（工学）、浅田順之君提出の学位請求論文は、「地上デジタルテレビジョン放送を用いたバイスタティックレーダに関する研究」と題し、全6章から構成される。 このバイスタティックレーダは送信局と受信局は異なる場所に配置され、位置を決定する機能すなわちレーダ機能を有する受信局では、電波を送信する必要がないという特徴がある。目標の位置決定に用いる電波として放送波を用いることで、レーダ機能を目的とした周波数帯域幅の割り当てを行う必要がなく、1つの周波数帯域を放送用途とレーダ用途の2つの用途に用いることにより周波数利用効率が向上するという利点が挙げられ、米国および欧州などでは盛んに研究が行われている。上述のような利点がある一方で、特有の問題が存在する。すなわち、所望の目標信号と送信局から受信局へ直接伝搬する直接波との間の干渉や固定目標からの散乱波成分と目標信号の間の干渉が目標探知性能を低下させる問題や、信号諸元が制御できないことから距離分解能が制限される問題等が挙げられる。 本論文では、これらを改善する方法について地上デジタルテレビジョン放送の信号フォーマットを勘案し検討を行い、新たな不要波抑圧法および高分解能な移動目標検出法を提案している。 1章は序論であり、本研究の背景と目的、レーダの概説およびバイスタティックレーダ技術における本研究の位置づけを述べている。 2章では、地上デジタルテレビジョン放送の伝送方式、目標の標定方法について述べ、地上デジタルテレビジョン放送を用いたバイスタティックレーダにおける課題について示している。 3章では、このレーダにおいて所望信号の信号対雑音干渉比（SINR）の劣化の主要因である送信局から受信局へ伝搬する直接波および固定目標によるマルチパス波を抑圧する方法を提案している。提案は放送信号に含まれるパイロット信号を用いて、マルチパスの遅延時間を求め、不要波の正確なレプリカを生成し減算する方法を採用している。計算機シミュレーションにより、受信信号に含まれる不要波成分の電力対雑音比程度、所望信号のSINRが改善されることを示している。 3章に提案する抑圧方式では、不要波のレプリカを生成する際に復調によりマルチパスの影響を取り除いた信号（以下、再生した参照信号という）を用いている。この方式では、再生した参照信号にシンボルエラーが生じた場合、抑圧性能が著しく劣化する。4章では、この抑圧性能が劣化する現象を軽減する処理を提案している。この処理では、レプリカ減算後の信号成分を周波数領域で評価し、雑音レベルに基づいて決定される閾値を超える成分をシンボルエラーによる不要波の残留を認定する。この残留成分をマスクすることにより抑圧性能の向上を図っている。計算機シミュレーションにより性能評価を行い、シンボルエラー率が0.1未満の領域では、所望信号の減衰を0.5dB程度に抑えつつ、エラーフリー時とほぼ同等の不要波抑圧性能、およびほぼ同等のSINRが得られることを示している。 5章では、信号帯域幅の制限を超える高分解能な移動目標検出法を提案する。提案は固定目標成分の周波数方向への相関を低減させることで、移動目標のみをMUSIC法（MUSIC:Multiple Signal Classification）により高分解能で抽出するものである。計算機シミュレーションにより性能を評価した結果、時間軸上で近接した2つの移動目標が信号帯域幅の制限を超えて分離抽出され、かつ固定目標が抑圧されることを示している。 6章は結論であり、本論文で得られた結果を総括している。 以上、本論文の著者は、地上デジタルテレビジョン放送を用いたバイスタティックレーダにおける不要波抑圧法および高分解能移動目標検出法を提案し、その有効性を明らかにしており、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 3411 号	氏 名	島崎 夏美
主 論 文 題 目： レーザーを熱源とする短時間加熱型血管形成術の拡張機構に関する研究			
下肢動脈に動脈硬化が生じると末梢下肢組織への血流量が不足し、間欠性跛行や重症下肢虚血に代表される下肢末梢動脈疾患が引き起こされる。下肢末梢動脈疾患の患者数は米国でおよそ 800 万人、日本でおよそ 108 万人であり、65 歳以上の 10-20%が罹患している。現在、動脈硬化治療法として経皮的インターベンション治療が広く普及している。しかし、浅大腿動脈より末梢側の下肢動脈領域においてはバルーン拡張術、ステント留置術ともに治療成績が悪く、確立されていない。本研究では、レーザーを熱源とする短時間加熱型血管形成術デバイスである Photo-thermo dynamic balloon (以下、PTDB と呼ぶ) を用いた治療法に注目した。この方法は、バルーン拡張中に血管壁を短時間 (<25s) 加熱することで、主に二つの効果を得ることを意図している。第一に、血管壁中膜に存在するコラーゲン繊維を軟化熱変性させ、急性期の血管拡張効果を得る。第二に、血管中膜の平滑筋細胞を熱により適度に壊死させ、慢性期再狭窄の原因である平滑筋細胞過増殖を抑制する。PTDB は、バルーン温度と加熱時間を独立に設定可能な初めてのデバイスである。また、バルーン表面の温度分布は 5℃以下と小さく、均一加熱を実現している。このようなデバイスの性能によって、PTDB 拡張では他の加熱型血管形成術で実現されなかった血管壁温度履歴の調節が可能であり、血管壁構成要素に与える熱作用の程度を変化させることができる。しかし、加熱条件と治療効果の関係、およびその原理は検討されておらず、PTDB 拡張術の最適加熱条件は明らかになっていない。本論文の目的は、PTDB の加熱拡張が血管壁組織に与える影響を工学的見地より検討し、その熱作用と治療効果の関係を明らかにすることにある。 第 1 章では、動脈硬化とその治療法である経皮的インターベンション治療に関して述べた。第 2 章では、生体組織の熱作用と熱的治療法への応用を述べ、さらに本研究で用いた反応速度論解析の理論をこの章にまとめた。第 3 章では、加熱型血管形成術のデバイス、治療原理を総括し、この治療法の利点と欠点を示した。第 4 章では、PTDB を用いた短時間加熱型の血管拡張術を提案した。デバイスの性能、治療効果を述べ、これまでに行われた基礎実験の結果を総括した。第 5 章では、PTDB 拡張による血管拡張効果の原理を検討することを目的とし、<i>ex vivo</i> で PTDB 拡張実験を行った結果を示した。第 6 章では、PTDB 拡張中に生じる熱作用であるコラーゲン繊維の熱変性、および平滑筋細胞壊死の程度を推定するための計算モデルを検討した。第 7 章では、PTDB 拡張後急性期における血管拡張効果および副作用を検討するため、健常なブタ腸骨動脈、浅大腿動脈、冠状動脈に対して <i>in vivo</i> で PTDB 拡張実験を行った結果を述べた。第 8 章では、PTDB 拡張効果の慢性期における持続性を検討するため、および、血管加熱が慢性期の血管組織性状に与える影響を検討するために、健常なブタ腸骨動脈に対して <i>in vivo</i> PTDB 拡張実験を行った。第 9 章は結論であり、本研究で得られた結果に関して総括し、さらに、治療応用への展望を述べた。 本研究では、PTDB 拡張による血管拡張治療法の機構を工学的見地より明らかにし、さらに、反応速度論的解析を用いて PTDB 拡張中の血管組織の熱作用を定量的に推定する方法を確立した。			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3411 号	氏 名	島崎 夏美
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	工学博士 荒井恒憲
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 小原 實
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 田中敏幸
	副査	慶應義塾大学准教授	博士(工学) 内山孝憲
	副査	日本医科大学教授	医学博士 水野杏一
学士（工学）、修士（工学）島崎夏美君提出の学位請求論文は「レーザを熱源とする短時間加熱型血管形成術の拡張機構に関する研究」と題し、9章より構成されている。 下肢動脈に動脈硬化が生じると下肢組織への血流量が不足し、間欠性跛行や重症下肢虚血に代表される下肢末梢動脈疾患が引き起こされる。下肢末梢動脈疾患の患者数は米国でおよそ 800 万人、日本でおよそ 108 万人であり、65 歳以上の 10-20%が罹患している。現在、動脈硬化治療法として経皮的インターベンション治療が広く普及しているが、浅大腿動脈より末梢側の下肢動脈領域においてはバルーン拡張術、ステント留置術ともに治療成績が悪く、治療法は未だに確立されていない。本論文の著者は血管壁コラーゲン繊維を軟化させて拡張を行う加熱型血管形成術の新しいデバイスである Photo-Thermodynamic Balloon（以下 PTDB と呼ぶ）に注目し、<i>ex vivo</i> および <i>in vivo</i> の急性、慢性実験に基づき、工学的観点から治療技術の原理と最適条件の解明を行った。 第 1 章は動脈硬化とその治療法である経皮的インターベンション治療に関して述べている。 第 2 章では生体組織の熱作用と熱的治療法への応用に関して述べている。 第 3 章では加熱型血管形成術の開発の経緯と知見に関して述べている。 第 4 章では、PTDB を用いた短時間加熱型の血管拡張術を提案している。このデバイスの性能、治療効果を述べ、これまでに行われた基礎実験の結果を総括している。 第 5 章では、PTDB 拡張による血管拡張効果の原理解明を目的とし、<i>ex vivo</i> で PTDB 拡張実験を行った結果を示している。 第 6 章では、PTDB 拡張中に生じるコラーゲン繊維の熱変性、および平滑筋細胞壊死の程度を推定するための計算モデルを検討している。 第 7 章では、PTDB 拡張後急性期における血管拡張効果および副作用を検討するため、健常なブタ腸骨動脈、浅大腿動脈、および冠状動脈に対して <i>in vivo</i> で PTDB 拡張実験を行った結果を述べている。 第 8 章では、PTDB 拡張後慢性期における血管拡張効果および副作用を検討するため、健常なブタ腸骨動脈に対して <i>in vivo</i> で PTDB 拡張実験を行った結果を述べている。 第 9 章は結論であり、本研究で得られた結果に関して総括し、さらに治療応用への展望を述べている。 以上要するに、本論文の著者は短時間血管加熱が可能な新しい加熱型血管形成術デバイスにより血管を加熱拡張した際の血管壁コラーゲン繊維の挙動に関して詳細な実験と理論的解析を加え、加熱型血管形成術の拡張機構および最適拡張条件に関して工学的手法を用いて解明したもので、血管形成術・医工学の分野において、工学上、工業上寄与するところが少なくない。よって、本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。			

内容の要旨

報告番号	甲 第3412号	氏 名	横倉 勇希
主論文題目： Haptic Recognition for Reproduction of Human Motion (人間動作再現のための触覚認識)			
音声や画像を扱う技術が発展した現在、視覚情報および聴覚情報の保存や再現、伝送、共有を行うことが可能となっている。視覚情報および聴覚情報については、大変多くの研究開発が行われているものの、触覚・力覚情報の研究は十分になされているとは言い難い状況である。また、現状の人間支援を目的としたシステムは主に音声や画像ベースでの制御が行われており、触覚・力覚ベースでの環境の高度な認識能力は持ち合わせていない。従って、接触を伴う複雑な作業を実行することは未だ困難といえる。そこで本論文では、人間動作の再現に焦点を当て、触覚・力覚情報の認識手法を示す。 第1章において、本研究の背景と目的、および論文の構成を述べる。 第2章では、触覚・力覚感覚の抽出および認識方法を述べる。本論文では、移動ロボットに触覚・力覚器官を発現させ、走行路面の表面状況をハプトグラフを用いて認識することを提案する。ハプトグラフは連続ガボールウェーブレット変換により作成され、「つるつる」、「ざらざら」といった定性的な触覚・力覚情報を定量的に表現できる。提案手法により走行している路面状況を動作計画に反映することができ、障害物だけでなく悪路の回避が可能となる。 第3章において人間の動作を保存し再現することが可能なモーションコピーシステムについて説明する。提案手法は従来のモーションキャプチャなどによる人間の動作抽出とは異なり、操作者の位置情報に加え、力情報に関しても保存し再現できる。すなわちモーションコピーシステムにより、時間と空間を越えて動作の保存と再現を実現することができる。また、動作を再現する際に再現速度を自由に変更できる技術も合わせて提案している。さらに、安定性解析や力再現性の向上手法についても理論的な観点および実験によって検証される。 第4章において、遠隔地からの触覚・力覚情報の伝送に基づいた触覚認識方法について説明する。本手法では、ネットワークにおける通信遅延や通信損失に対処するために上述のモーションコピーシステムや物体における触覚・力覚感覚の保存再現手法が用いられる。 第5章では、本論文で提案する選択型モーションコピーシステムについて述べる。第2章で述べたモーションコピーシステムは、保存時と再現時において対象となる物体が異なる場合では、力情報と位置情報の正確な再現が不可能になることが明らかとなっていた。そこで、触覚・力覚情報のための環境検索アルゴリズムを実装し、接触環境に従ってあらかじめ保存されている力情報および位置情報を選択的に切り替えて再現する手法を提案する。提案する選択型モーションコピーシステムを活用することで、人間の動作データベースに基づいたフレキシブルな動作再現が可能になる。 最後に第6章において本論文の結論を述べる。			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3412 号	氏 名	横倉 勇希
論文審査担当者： 主査 慶應義塾大学専任講師 博士(工学) 桂 誠一郎			
	副査 慶應義塾大学教授	工学博士	大西 公平
	慶應義塾大学教授	工学博士	藪野 浩司
	慶應義塾大学准教授	Ph. D.	小國 健二
学士（工学）、修士（工学）横倉勇希君提出の学位請求論文は「Haptic Recognition for Reproduction of Human Motion」（人間動作再現のための触覚認識）と題し、6章から構成されている。 人間の動作の抽出・保存・再現は、生産分野や情報通信分野をはじめとするさまざまな分野において実現が望まれている。特に、人間の動作の中でも周囲環境との接触動作は作用・反作用の法則に支配されているため、その再現にあたっては実世界触覚情報の抽出・保存が基本となる。本論文は、実世界ハプティクスに基づく触覚認識により、あらかじめ保存された人間の動作データ群からさまざまな接触環境に応じた動作を再現するためのモーションコピーシステムの設計手法を示したものである。 第1章は序論であって、従来の研究をまとめるとともに、人間動作の再現には実世界触覚情報の抽出とその認識が必要であることを示している。 第2章では受動的な抽出によって得られた触覚情報の認識手法を示すとともに、時間的かつ空間的な加工処理を施すことで、定量的な特徴量の抽出が可能になることを示している。 第3章ではバイラテラル制御システムにより抽出・保存された人間の能動的な動作を再現するモーションコピーシステムの基本概念を明らかにしている。触覚情報は位置情報と力情報から構成されるため、位置制御と力制御をロバストな加速度制御により統合することで、接触・非接触を繰り返すような動作が精度良く、しかも簡単に再現可能であることを示している。また、動作再現制御の安定性解析や力再現性の向上手法についても理論的な観点および実験によって検証している。 第4章では前章で提案したモーションコピーシステムをネットワークシステムに拡張し、遠隔地からの触覚情報の伝送に基づいた触覚認識手法について提案している。モーションコピーシステムを用いることで、ネットワークにおける通信遅延や通信損失の補償が可能であることを実証し、その有用性を明らかにしている。 第5章では接触環境の認識に基づいて動作を選択的に再現するモーションコピーシステムの拡張手法を提案している。この結果、接触環境と対応付けされた動作を自動的に再現することを可能としている。提案する選択型モーションコピーシステムを活用することで、人間の動作データベースに基づいたフレキシブルな動作再現が可能になることを示している。 第6章は各章で得られた成果をまとめ、論文全体の結論を述べている。 以上要するに、本論文は実世界触覚情報の抽出に基づいた触覚認識により柔軟な人間動作の再現が可能になることを理論的かつ実験的に示したもので、ハプティクス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。 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 3413 号	氏 名	雨宮 史年
主 論 文 題 目 :			
ゲージ不変な量子宇宙論の構成と宇宙の初期特異点回避			
現代の宇宙論は主に一般相対性理論に基づいている。そこでは宇宙の動的な描像が予言され、その後宇宙の膨張が観測によって確かめられた。宇宙がこれまで膨張を続けてきたならば、時間を遡れば宇宙は小さくなり、最終的には全ての存在が一点に凝縮する宇宙の初期特異点の状態に行き着く。この初期特異点を宇宙の始まりと解釈することが多いが、実際には10^{-35}m程度のPlanck スケールでは重力の量子効果が重要となるため、一般相対性理論のみを用いた解析では宇宙開闢の真の歴史を知ることはできない。それを調べるためには宇宙を記述する量子論、つまり量子宇宙論が必要である。従来用いられてきたDirac量子化法では、古典的な拘束条件は量子状態に対する条件に置き換えられる。すると、一般相対性理論が一般共変性のゲージ自由度を持つため、これを量子化した理論から時間発展が失われる。また、一般的にゲージ理論においては観測量はゲージ不変量でなくてはならないが、過去の研究ではゲージ依存量が変数として用いられていた。これらの問題を解決しなければ、現実の宇宙と対応付けた議論を行うことは不可能である。 本論文では、ダストを含む一様等方宇宙を正準量子化して量子宇宙論を構成し、宇宙の初期特異点の量子重力的性質を調べた。近年定式化されたRelational formalismを用いると、古典系のゲージ不変量が構成でき、さらにその物理的時間発展の抽出が可能であることに注目し、我々はその後に量子化を行う量子宇宙論の構成手順を提案した。この手順で得られた量子宇宙論は時間と観測量の問題を回避する。本研究では異なる2つの正準形式を基に量子宇宙論を定式化し、それぞれで宇宙の時間発展を解析した。その結果、正準形式の選び方によらず、宇宙の初期特異点が量子重力効果によって回避されることを示した。2つの正準形式では変数が異なり、一方では波動関数は宇宙の大きさに関する情報しか持たないが、他方では変数が宇宙の大きさに加えてさらにその正負が座標系の向き付けを決定し、波動関数は右手系と左手系を表す状態の重ね合わせとなる。本研究で得た宇宙膨張のシナリオは古典論とは異なり、過去の宇宙は収縮しており、宇宙がある最小の大きさに達したところで収縮から膨張に転じて現在の膨張期に至った。我々はダストの流線に沿った固有時を時間変数として用いており、これは古典的には宇宙論的固有時と一致するため自然な時間変数の選択となっている。同様のシナリオを提唱する量子一様等方宇宙モデルはこれまでも存在したが、観測量としてゲージ不変量を用いて現実 に即した自然な時間発展の中でそれを示したのは我々が初めてである。			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3413 号	氏 名	雨宮 史年
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学専任講師	博士（理学）古池 達彦
	副査	慶應義塾大学教授	Ph. D. 日向 裕幸
		慶應義塾大学教授	理学博士 佐々田 博之
		慶應義塾大学准教授	博士（理学）亀谷 幸生
		大阪市立大学大学院教授	理学博士 石原 秀樹
学士（理学）、修士（理学）雨宮史年君提出の学位請求論文は、「ゲージ不変な量子宇宙論の構成と宇宙の初期特異点回避」と題し、6 章および付録4 節から成る。初期宇宙では重力と量子力学の効果がともに顕著になるため、重力の量子論が必要となるが、未だ完成していない。古典重力理論である一般相対論を量子化する試みは、時空そのものを量子化することから生じる様々な概念的困難を伴う。そのため、一般相対論の量子化に伴う困難を解決する手がかりを得ること、および、初期宇宙における量子効果を知ること为目标とし、自由度を減らし単純化した宇宙モデルの量子化が研究されてきた。著者もこの観点から、一様等方宇宙モデルを用いて量子重力・量子宇宙論の研究を行った。 第1章は序論であり、本研究の前提知識となる古典的な宇宙モデルを概説し、量子重力と量子宇宙論の先行研究を概観している。特に、量子重力の従来の取り扱いで生じる「時間の問題」および「観測量の問題」を説明する。前者は状態の時間発展が失われる問題、後者は座標変換不変（ゲージ不変）な物理量の時間発展が失われる問題で、互いに密接に関係している。 第2章では最も伝統的な一般相対論の量子化法であるWheeler-DeWitt 理論を解説し、序論で紹介した2 つの問題が一般にどのように現れてくるかを述べ、本論文で解決すべき問題を明確に示している。 第3章では、ゲージ不変な物理量を構成する「Relational formalism」を紹介している。これは、物理量を座標との関係で見るとはではなく物理量どうしの関係として見ることで、一般相対論の座標の任意性から生じる困難を解決する。さらに、系の座標変換にかかわる拘束条件が「Deparametrized form」である場合に、ゲージ不変な物理量からなる相空間を具体的に構成できることを説明している。 第4 章で著者は、具体的な宇宙モデルを、第3 章で紹介した方法を組み合わせて、「時間の問題」および「観測量の問題」が生じない形で量子化している。モデルはダストと呼ばれる圧力のない流体が満たした一様等方宇宙で、ダストの正準変数としてBrown とKuchar により見いだされたものを用いることで、拘束条件がDeparametrized form になることを利用している。物理的には、宇宙の大きさを、ダストを「時計」として見たモデルになっている。量子化されたモデルを用いて、古典論における宇宙の初期特異点が量子効果により回避され、ビッグバウンスが起こることを示している。つまり、宇宙が特異点から始まったのではなく最小の大きさがあり、それ以前には収縮期にあったことを主張している。 第5章で著者は、古典的には第4 章のモデルと等価なモデルに対し、Ashtekar 変数を用いて量子化を行っている。第4 章のモデルでは宇宙の大きさが0 になるところで波動関数に境界条件をおく必要があるため、それがビッグバウンスの原因になっている可能性が残る。第5 章のモデルでは原点で波動関数に境界条件をおく必要がなく、ハミルトニアンが自動的に自己随伴になることを示している。初期特異点の解析では第4 章と同様の結果を与え、境界条件に依存せずビッグバウンスが生じることを再確認している。さらに、宇宙が過去にパリティが正と負の状態の重ね合わせだった可能性を指摘している。 第6章では、以上を結論としてまとめている。 本論文は概念的な正当性が保証される形で宇宙モデルを量子化することに成功し、ビッグバウンスの存在を確立した点で、量子宇宙論に重要な貢献を行うものである。また、本論文で展開された方法は一般的なモデルに応用可能で発展性がある。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3414号	氏 名	竹下 寛
主論文題目： 近紫外光を赤色および緑色に波長変換するナノ蛍光体の作製と特性評価			
太陽光発電，固体素子照明などの分野で，波長 300～400 nm の近紫外光を赤色・緑色・青色の可視光の三原色に変換する波長変換材料が強く求められている．従来，このような材料のうち，長期耐久性が要求される用途にはミクロンサイズの無機蛍光体が利用されてきたが，可視光に対して不透明であり，蛍光体粒子による光散乱損失が問題とされている．一方，透明性が要求される用途には有機色素や希土類錯体が利用されてきたが，長期耐光性が欠如しており，その用途は著しく制限されている．本研究では，近紫外光で励起でき，可視光の三原色のうち赤色および緑色に発光する無機ナノ蛍光体の作製と特性評価を検討し，透明性・長期耐光性を有する新規な波長変換材料を提案した． 第1章では，本研究の背景と従来の研究を概説した． 第2章では，本研究で用いた特性評価法について述べた． 第3章では，近紫外光を波長 619 nm の赤色光に波長変換する $\text{YVO}_4:\text{Bi}^{3+},\text{Eu}^{3+}$ ナノ蛍光体の作製と特性評価を行った．クエン酸ナトリウム水溶液，硝酸イットリウム・硝酸ユウロピウム(III)水溶液，Bi^{3+}原料，オルトバナジン酸(V)ナトリウム水溶液を混合し，所定温度で熟成することで，見た目に透明なナノ蛍光体分散液を得た．Bi^{3+}原料として，クエン酸ビスマス(III)，または硝酸ビスマス(III)五水和物のエチレングリコール溶液を用い，後者の場合により均一な Bi^{3+} ドープが実現できることを明らかにした． 第4章では，第3章で確立した均一な Bi^{3+} ドープができる液相合成法において，クエン酸ナトリウム添加量が得られるナノ蛍光体に与える影響について検討した．ナノ粒子表面に配位したクエン酸イオンは，静電反発によって効果的な分散安定剤として機能した．一方，作製したナノ蛍光体は，波長 365 nm の励起光の連続照射下において，ミクロン粒子には見られない蛍光強度が低下する現象（光退色）を示した．この機構を追究したところ，光退色は V^{5+} から V^{4+} への光還元反応およびそれに伴う酸素欠陥の生成に起因し，クエン酸イオンが V^{5+} に対して還元剤的に働いていることを特定した．そこで第5章では，ナノ蛍光体の光安定性を向上させるため，光退色の原因物質であるクエン酸イオンを後処理によって除去することを検討した．その結果，水熱処理によって，分散液の見た目の透明性を維持したまま光退色が抑制できることを明らかにした．また，光退色の度合いとクエン酸イオンの定量的な関係を明らかにした． 第6章では，$\text{YVO}_4:\text{Bi}^{3+},\text{Eu}^{3+}$ ナノ蛍光体の波長変換材料としての実用的な評価を行った．$\text{YVO}_4:\text{Bi}^{3+},\text{Eu}^{3+}$ ナノ粒子またはミクロン粒子が分散した波長変換膜を作製し，透明性や波長変換特性の膜厚依存性を比較することで，蛍光体のナノ粒子化により光散乱損失が低減できることを明らかにした．また，長期耐光性試験の結果，ナノ蛍光体は屋外 15 年相当以上の長期耐光性を有することを明らかにした． 第7章では，近紫外光を波長 538 nm の緑色光に波長変換する $\text{Zn}_2\text{GeO}_4:\text{Mn}^{2+}$ ナノ蛍光体の作製と特性評価を行った．酢酸亜鉛二水和物，酢酸マンガン(II)四水和物，酸化ゲルマニウム(IV)，水酸化ナトリウムを，水・ジエチレングリコール（DEG）混合溶媒に投入し，200℃で2hオートクレーブ処理することで $\text{Zn}_2\text{GeO}_4:\text{Mn}^{2+}$ を得た．このとき，混合溶媒の DEG の割合を 0% から 91.7% へ増加させることで，得られる $\text{Zn}_2\text{GeO}_4:\text{Mn}^{2+}$ の粒子サイズは平均長径約 120 nm から 30 nm まで減少した．混合溶媒比が粒子特性，Mn 含有量，蛍光特性などに与える影響を探究し，反応機構，粒子形態を決定する因子，蛍光強度を決定する因子について考察した． 第8章では，結論として各章で得られた結果を総括し，今後の課題と展望を述べた． 以上			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3414 号	氏 名	竹下 覚
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	博士（工学） 磯部 徹彦
	副査	慶應義塾大学教授	理学博士 中嶋 敦
		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（理学） 近藤 寛
学士（工学）、修士（工学）竹下覚君提出の学位請求論文は「近紫外光を赤色および緑色に波長変換するナノ蛍光体の作製と特性評価」と題し、8章で構成されている。 太陽光発電、固体照明などの分野で、波長 300～400 nm の近紫外光を赤色・緑色・青色の可視光の三原色に変換する波長変換材料が求められている。従来、このような材料のうち、長期耐光性が要求される用途には粒子径 1 μm 以上の無機ミクロン蛍光体利用されているが、可視光に対して不透明であり、蛍光体粒子による光散乱損失が問題とされている。一方、透明性が要求される用途には有機色素や希土類錯体利用されているが、長期耐光性が欠如しており、その用途は制限されている。そこで本論文の著者は、近紫外光で励起でき、可視光の三原色のうち赤色および緑色に発光する粒子径 100 nm 以下の無機ナノ蛍光体の作製を検討し、透明性・長期耐光性を有する波長変換ナノ蛍光体材料を提案している。 第 1 章では、本研究の背景と従来の研究を概説している。 第 2 章では、本研究で用いた特性評価法について述べている。 第 3 章では、近紫外光を赤色に波長変換する $\text{YVO}_4\text{:Bi}^{3+},\text{Eu}^{3+}$ ナノ蛍光体の作製を検討している。クエン酸ナトリウム水溶液、硝酸イットリウム・硝酸ユウロピウム(III)水溶液、Bi^{3+}原料、オルトバナジン酸(V)ナトリウム水溶液を混合し、所定温度で熟成することで、見た目に透明なナノ蛍光体分散液が得られることを明らかにしている。また、Bi^{3+}原料として硝酸ビスマス(III)五水和物のエチレングリコール溶液を用いると、クエン酸ビスマス(III)を用いた場合よりも均一に Bi^{3+}をドーピングできることを明らかにしている。 第 4 章では、クエン酸ナトリウムがナノ蛍光体に与える影響を検討している。作製したナノ蛍光体は、近紫外光を連続的に照射すると、ミクロン蛍光体には見られない蛍光強度が低下する現象（光退色）を示し、この光退色はクエン酸イオンによる V^{5+}から V^{4+}への光還元反応およびそれに伴う酸素欠陥の生成に起因することを明らかにしている。そこで第 5 章では、ナノ蛍光体の光安定性を向上させるために、クエン酸イオンを後処理によって除去することを検討している。その結果、水熱処理によって、分散液の見た目の透明性を維持したまま光退色が抑制できることを明らかにしている。 第 6 章では、$\text{YVO}_4\text{:Bi}^{3+},\text{Eu}^{3+}$ ナノ蛍光体の波長変換材料としての実用的な評価を行っている。$\text{YVO}_4\text{:Bi}^{3+},\text{Eu}^{3+}$ ナノまたはミクロン蛍光体が分散した波長変換膜を作製し、透明性や波長変換特性の膜厚依存性を比較することで、蛍光体のナノサイズ化により光散乱損失が低減できることを明らかにしている。また、長期耐光性試験の結果、ナノ蛍光体は屋外 15 年相当以上の長期耐光性を有することを明らかにしている。 第 7 章では、近紫外光を緑色に波長変換する $\text{Zn}_2\text{GeO}_4\text{:Mn}^{2+}$ ナノ蛍光体をソルボサーマル法によって作製し、その特性を評価している。水に対するジエチレングリコールの溶媒比が粒子特性、Mn 含有量、蛍光特性などに与える影響を検討し、反応機構および粒子形態や蛍光強度を決定する因子について考察している。 第 8 章では、結論として各章で得られた結果を総括し、今後の課題と展望を述べている。 以上要するに、本論文の著者は、近紫外光を赤色および緑色に波長変換するナノ蛍光体が液相法で合成でき、透明性や長期耐光性に優れた特性を示すことを明らかにしており、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3415号	氏 名	笠原 和朗
主論文題目：			
近接場光学プローブを用いた蛍光相関分光法の特性に関する数値解析			
蛍光相関分光法は主に生化学分野で広く使われる分子の動的な挙動を明らかにする手法である。この手法は生物的な試料に対して最小限の汚染で高い時間的また空間的分解能の観測を可能にする。運動を明らかにしたい粒子を蛍光分子でラベリングし、これに励起光を照射したときに得られる蛍光強度の揺らぎを記録することで、粒子の移動度や光物理的および光科学的反応に関する情報を得ることができる。 蛍光相関分光法による観測の精度を確保するには、励起光の照射範囲および蛍光の集光範囲を厳密に制御すること、また特に集光において背景雑音を排除することが肝要である。特に観測対象の範囲をごく小さな領域に制限することで、より混み入った試料に対しても有効な観測をすることが可能になるため、特に分子生物学の分野で需要が大きい。そこで蛍光相関分光法を行う光学系としては、通常の共焦点光学顕微鏡のほかにも、ゼロモードウェーブガイドを用いるものや全反射によるエバネッセント光を用いるものなどが提案され用いられている。この中でも近接場光学顕微鏡を用いた蛍光相関分光は、観測領域を容易にかつ確実に三次元すべての方向で制限でき、また必要に応じて観測領域を移動可能にする構造をとることができるため、非常に有望な手法であるといえる。 しかし一方で、近接場光学顕微鏡によって得られる観測領域の分布は、通常の光学系によるものとは大きく異なることが予想されており、特にその分布を解析的な形で表すことは困難である。また原理的に、観測領域は近接場光学プローブの表面に接しているため、粒子の運動がプローブ表面との相互作用によって予期せぬ影響を受けることが考えられる。このような複雑な条件下における蛍光相関分光は、実験的には広く行われてきたにもかかわらず、その特性に関しては解析的に明らかにすることが困難であるため、あまり明確にされることはなかった。 本研究では近接場光学顕微鏡を用いた蛍光相関分光の特性を、数値解析的な手法を用いることで直接に明らかにし、これを解析的な特性の表式と比較することで観測結果のより厳密な理解を可能とした。また近接場光学顕微鏡による実際の観測をシミュレーションできる手法を確立することで、複雑な条件下において得られる観測結果を事前に予測することを可能とした。			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3415 号	氏 名	笠原 和朗
論文審査担当者：			
主査	慶應義塾大学教授	博士(工学)	斎木 敏治
副査	慶應義塾大学教授	工学博士	小原 實
	慶應義塾大学准教授	博士(工学)	木下 岳司
	慶應義塾大学准教授	博士(工学)	中野 誠彦
学士（工学）、修士（工学）笠原和朗君提出の学位請求論文は「近接場光学プローブを用いた蛍光相関分光法の特性に関する数値解析」と題し、5章から構成されている。 溶液中における蛍光体、ならびに蛍光体で標識化した生体分子の運動を定量的に計測する方法として蛍光相関分光法（Fluorescence Correlation Spectroscopy; FCS）が広く利用されている。FCSでは通常、共焦点顕微鏡下で溶液中に微小な光スポット（観察領域）を形成し、ブラウン運動に起因する蛍光強度、すなわち蛍光体数の揺らぎに対して統計的解析をおこなう。ただし、十分な揺らぎが観測できる程度に蛍光体数は少数である必要があり、回折限界分解能下での FCS 測定では、溶液の濃度が $10^{-12} \sim 10^{-9}$ mol/L の範囲となるように、試料を十分に希釈して測定をおこなわなくてはならない。このため、酵素など本来高濃度下で相互作用する生体分子を観察する場合、生体内環境とは大きく異なる低濃度下での測定を余儀なくされている。 そこで近年、近接場光学顕微鏡（Near-field Scanning Optical Microscope; NSOM）微小開口プローブを使用した、高空間分解能かつ高濃度溶液に適用可能な新しい NSOM-FCS 技術に注目が集まっている。ただし NSOM-FCS の場合、プローブ先端近傍の局在電場の空間プロファイルが微小開口形状に対して敏感に変化するため、測定データの解析にアーティファクトが混入する可能性が指摘されている。また、プローブ先端の固液界面では、蛍光体の拡散運動が大きな影響を受けることが知られており、これもまたデータ解析に困難をもたらす。 このような背景のもと本研究では、開口近傍の電場分布を数値的に計算し、かつ拡散運動の変化も正確に取り入れた計算機シミュレーションをおこない、NSOM-FCS の測定結果から現象の本質を抽出するための解析手法を確立することを目的としている。 第1章は序論であり、研究の背景、サブ波長観察領域における FCS 測定に関する研究動向、ならびに本研究の目的を述べている。 第2章では本研究の基礎となる FCS の解析理論と固液界面における微小粒子の拡散運動について整理している。 第3章では本研究でおこなったシミュレーションの実装方法について述べている。具体的には、NSOM 微小開口プローブ近傍の電場分布のシミュレーション、試料溶媒中を泳動する粒子運動のシミュレーション、ならびにこれらを総合した、粒子の光学的な観測と相関分光のシミュレーションの順に詳述している。 第4章ではシミュレーションの結果を提示し、得られた知見を整理している。まず、正確な開口電場分布のもとでの FCS シミュレーションの結果は、通常のガウス分布を仮定した解析解によってフィッティング可能であることが確認された。ただし、開口の形状や光励起方法などに起因する特異な電場分布のもとではその限りではなく、アーティファクトの発生の可能性を指摘した。また、拡散運動に対するプローブ先端界面の影響に関しては、拡散係数の異方性は測定結果に直接的には現れず、見かけ上は等方的な拡散係数の低下と等価であるという解釈を得た。 第5章は結論であり、本研究の成果を総括し、今後の展望について述べている。 以上要するに、本論文は高分解能かつ高濃度溶液へ適用可能な NSOM-FCS 測定に対して、その解析法の重要な指針を与えたものであり、光ナノ計測工学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。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3416号	氏 名	中澤 満
主論文題目：			
アルミニウム合金内部の変形特性評価のためのサブミクロンCT画像解析			
材料工学分野では、材料の安全性・耐久性を保証すべく、材料が破壊されるまでの応力とそれにより生ずるひずみの関係を示す変形破壊特性を解析することが重要とされている。材料の多くは単結晶である領域（結晶粒）同士が隣り合って構成される多結晶体である。直径数μm～数百μmの結晶粒は、それぞれ一定の結晶方位を持っており、材料に大きい力が作用した際に各々で方向が異なるすべりが生ずる。近年、このすべりの影響を3次元で観察するために、放射光施設SPring-8の単色X線（20 keV）で撮像されたサブミクロンCT画像が用いられている。しかし、これらは目視での解析が中心であり、定量評価は実現されていない。そこで本論文では、変形前後のサブミクロンCT画像からアルミニウム合金に含まれるミクロ組織を抽出し、それらの変位ベクトル場を取得する手法を提案する。 第1章では、まず研究背景として、マクロの視点から材料の弾塑性変形について、ミクロの視点から結晶粒のすべりについて説明する。そして、この結晶粒のすべりの影響を3次元で観察すべく、SPring-8にて撮像できるサブミクロンCT画像を用いて、材料内部に含まれるミクロ組織の変位ベクトル場を求めるという本研究の目的を明示する。 第2章では、撮像・試験装置と得られるCT画像について説明する。まずCTの概略を述べた上でSPring-8でのCT技術を説明する。そして、撮像・試験装置を説明し、取得される画像の特徴を述べる。更に、SPring-8で取得されるCT画像の撮像間誤差を検証する。 第3章では、材料工学分野と画像工学分野双方から先行研究を概説する。材料工学分野からは、材料の変形特性を解析するために必要であるひずみ測定法を概説する。画像工学分野からは変位ベクトル場の取得に関わる手法として、未知の変位ベクトル場を求める手法、既知の変位ベクトル場からある座標における変位ベクトルを推定する手法、そして、既知の変位ベクトル場から誤ベクトルを検出する手法の3つを概説する。 第4章では提案手法の詳細を述べる。提案手法は、材料を撮像した変形前後双方のCT画像からミクロ組織を抽出する手法と抽出したミクロ組織の変位ベクトル場を取得する手法から構成される。特に、変位ベクトル場を取得する手法は、ミクロ組織の中でも変形に強く体積分布にばらつきがある分散粒子に注目し、これらを体積に従い複数層に分類する。まず体積が大きい分散粒子をマッチングすることでおおまかな材料の変形と材料自体の並進・回転を把握する。そして残りは、体積値が大きい層に属している分散粒子から順次、既知の変位ベクトル場より変位ベクトルを推定し、マッチングする。更に、取得された変位ベクトル場を元に変形特性を解析することを踏まえ、変位ベクトル場を高精度化する。 第5章では、本手法を検証すべく、2種類の実験を行い考察する。まず、すべりの影響を考慮したアルミニウム合金の仮想引張試験より、本マッチング手法の有効性を定量評価する。その結果、マッチング適合率99%を確認し、変形特性を解析するために十分な結果が得られている。そして、実際にアルミニウム合金を引張った際のCT画像からミクロな変形特性を取得し、結晶粒のすべりの影響を確認している。 第6章では、本論文の結論を述べ、今後の課題と展望を示している。			

以上

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3416 号	氏 名	中澤 満
論文審査担当者： 主査 慶應義塾大学准教授 博士（工学） 青木 義満			
副査 慶應義塾大学教授 工学博士 池原 雅章			
慶應義塾大学教授 工学博士 岡田 英史			
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 志澤 一之			
学士（工学）、修士（工学）中澤満君提出の学位請求論文は、「アルミニウム合金内部の変形特性評価のためのサブミクロン CT 画像解析」と題し、6 章から構成されている。 材料工学分野では、材料の安全性・耐久性を保証するため、材料が破壊されるまでの応力とそれにより生ずるひずみの関係を示す変形破壊特性を解析することが重要とされている。材料の多くは単結晶である領域（結晶粒）同士が隣り合って構成される多結晶体である。直径数μm～数百μmの結晶粒は、それぞれ一定の結晶方位を持っており、材料に大きい力が作用した際に各々で方向の異なるすべりが生ずる。近年、このすべりの影響を 3 次元で観察するために、放射光施設 SPring-8 の単色 X 線（20 keV）で撮像されたサブミクロン CT 画像が用いられている。しかし、これらは目視での解析が中心であり、定量評価は実現されていない。本論文は、変形前後のサブミクロン CT 画像からアルミニウム合金に含まれるマイクロ組織を抽出し、それらの変位ベクトル場を高精度に取得する新たな手法を提案し、検証実験によりその有効性を示している。 第 1 章では、研究背景として、材料の弾塑性変形と結晶粒のすべりについて述べている。そして、結晶粒のすべりの影響を 3 次元で観察すべく、SPring-8 にて撮像されるサブミクロン CT 画像を用いて、材料内部に含まれるマイクロ組織の変位ベクトル場を求めるという本研究の目的を述べている。 第 2 章では、撮像・試験装置について述べ、処理対象となる CT 画像の特徴を示している。更に、SPring-8 で取得される CT 画像の撮像間誤差を検証している。 第 3 章では、材料工学分野と画像工学分野双方における先行研究をまとめている。材料工学分野からは、材料の変形特性を解析するために必要であるひずみ測定法を、画像工学分野からは変位ベクトル場の取得に関する従来手法を示し、それらの手法の特徴と問題点を明らかにしている。 第 4 章では、提案手法について詳細に述べている。提案手法は、材料の変形前後双方の CT 画像からマイクロ組織を抽出する手法と、抽出したマイクロ組織の変位ベクトル場を取得する手法から構成されている。変位ベクトル場の取得に関しては、マイクロ組織の中でも変形に強く体積分布にばらつきがある分散粒子に注目した階層的マッチング手法を提案している。分散粒子を体積に従い複数層に分類し、体積が大きい分散粒子をマッチングすることで大局的な材料の変形と材料自体の並進・回転を推定している。残りの分散粒子は、体積値が大きい層に属しているものから順次、既知の変位ベクトル場より変位ベクトルを推定し、マッチングを行っている。更に、取得された変位ベクトル場を元に変形特性を解析することを踏まえ、変位ベクトル場の高精度化手法を提案している。 第 5 章では、提案手法の有効性を検証するため、2 種類の実験を行い考察、評価を行っている。まず、すべりの影響を考慮したアルミニウム合金の仮想引張試験により、提案手法の有効性を定量評価している。その結果として、マッチング適合率 99% という高いマッチング性能が得られることを示している。また、実際にアルミニウム合金を引張った際の CT 画像からマイクロな変形特性を取得し、結晶粒のすべりの影響を確認している。 第 6 章では、論文全体の結論を述べるとともに、今後の課題と展望を示している。 以上要するに、本論文では変形前後のサブミクロン CT 画像からアルミニウム合金に含まれるマイクロ組織を抽出し、それらの変位ベクトル場を取得する手法により、高精度な材料内部の変形特性の解析が可能となることを理論的に実験的に示したもので、画像工学分野、材料工学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。 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3417号	氏 名	金 哲
主 論 文 題 目： XML 整形出力言語 PPX に関する研究			
汎用マークアップ言語 XML はデータの交換，情報の記述・処理など様々に利用されている．その変換と出版は格納や検索とともに重要な研究課題である．XML の内容を任意にレイアウトしてから書式情報を持たせ，HTML のタグを与えることによって Web ブラウザに表示することができる．このような目的に XSLT や XQuery などの利用が広く普及しているが，そのコーディングは複雑で，手軽に HTML 化を行うための言語のニーズは高い． 本研究では XML から HTML への変換を行なう PPX (Pretty Printer for XML) 言語を提案する．PPX は関係データベースに対して同様のことを行なう SuperSQL に基づいているが，イレギュラーな XML ノードが持つ異なるデータ構造に対して異なるレイアウト方法を指定するために条件分岐構文を導入した． また，文書中心の XML で重要な意味を持つ兄弟ノードの出現順序を保存するため，元の出現順にソート，グルーピング，重複削除などの処理を行う順序保存型の反復演算子を追加した． 更に，部分 XML を元の構造を反映して自動的に HTML 化する自動レイアウト演算子を導入し，XML インスタンスの統計情報に基づいたレイアウト自動決定アルゴリズムを開発した． 評価実験では W3C の Query Use Cases に PPX を適用し，76 のサンプル XQuery 質問のうち，61 について PPX によって等価な結果データを得る表現が可能であることを確認した．また，XML データの HTML への変換に必要なコーディングについて，XSLT や XQuery よりも生産性が高いことを評価実験によって示した．			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3417 号	氏 名	金 哲
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学准教授	博士(工学) 遠山 元道
	副査	慶應義塾大学教授	理学博士 藤代 一成
		慶應義塾大学准教授	博士(工学) 高田 眞吾
		慶應義塾大学教授	Ph. D. 増田 靖
修士(工学) 金哲君の学位請求論文は「XML 整形出力言語 PPX に関する研究」と題し、5 章より構成されている。 XML (Extensible Markup Language) は、構造化された文書の記述を行うためのマークアップ言語であり、数学、化学などの科学分野や電子カルテ、電子商取引、企業の財務など様々な分野に広がって利用されている。XML データの構造変換と出版は、格納、検索とともに重要な研究課題である。XML を任意にレイアウトしてから HTML に変換して Web ブラウザに表示するため、現状では XSLT や XQuery が広く使われているが、これらの言語によるコーディングは複雑なので手軽に HTML 化を行うための言語のニーズは高い。 本研究では XML から HTML への変換を行なう PPX (Pretty Printer for XML) 言語を提案している。PPX は RDB に対して同様のことを行なう SuperSQL に基づいているが、イレギュラーな XML ノードが持つ異なるデータ構造に対して異なるレイアウト方法で処理を行なうために条件分岐を導入した。また、特に文書中心の XML で重要な兄弟ノード間の順序を保存するために、元の出現順にソート、グルーピング、重複削除などの処理を行う順序保存型の反復演算子を導入した。更に、部分 XML を元の構造を反映して自動的に HTML 化する自動レイアウト演算子を導入し、XML インスタンスの統計情報に基づいたレイアウト自動決定アルゴリズムを開発している。 評価実験では W3C の Query Use Cases に PPX を適用し、76 のサンプル XQuery 質問のうち、61 について PPX によって等価な結果データを得る表現が可能であることを確認している。また、XML データの HTML への変換に必要なコーディングについて、XSLT や XQuery よりも生産性が高いことを実験によって示している。 各章の内容は次の通りである。 第 1 章は序論であり、当研究の背景と目的について述べている。 第 2 章では当研究の主題である PPX 言語が対象とするデータモデルと構文の仕様について述べている。 第 3 章では PPX 言語によるカスタマイズ整形出力について述べている。カスタマイズ整形出力は、あらかじめ対象となる XML データの構造が分かっている場合に、プログラマがレイアウト演算子を用いて任意に出力の構造を指定し、その結果を得るものである。このために本研究では条件分岐構文と順序保存型の反復演算子を導入しているが、本章ではこれらについてその仕様、応用例、実装方法を詳細に述べ、それらの効果について評価を行っている。 第 4 章では PPX 言語による自動整形出力について述べている。自動整形出力は、ソース XML (またはその一部分) を元の構造を自然に表現する HTML 表構造に変換するもので、そのために自動整形演算子を導入している。自動整形は第 3 章のカスタマイズ整形と対照的な役割を担っている。長所はプログラマが構造指定をしないために容易に出力が得られることと、対象となる XML データの構造をプログラマが事前に知らない場合でも出力が得られることである。一方、プログラマが指定を行わないために元データと出力結果の間で構造変換を行うことはできない。本章ではその処理アルゴリズムを詳説し、評価を行っている。 第 5 章では結論として一連の研究を総括し、また今後の課題について述べている。 以上要するに当論文は、XML データの HTML への容易かつ高度の変換を目的とし、その解決法として PPX 言語を提案し、その有用性を確認したものである。従って当研究の成果は、著者が研究者として自立して研究活動を行うために必要となる高度な研究能力、および豊かな学識があることを示したものと云える。 よって当論文の著者は博士(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3452号	氏 名	岡田 伸之介
主論文題目：			
ナノ構造を有する水酸アパタイト系材料による細胞活性の制御			
水酸アパタイト（HA）は天然骨の主成分であり、生体適合性が高いため生体材料として臨床的に用いられている。一方で生体材料の表面にマイクロからナノスケールの構造を施すとその生体適合性が大きく変化することが最近の研究で示唆されている。しかし HA は結晶形態の制御が困難だったため、HA のナノ形態と細胞適合性に関する知見は少なかった。伊藤らは最近、リン酸カルシウム無水物（DCP）を中間体としてこれを水溶液プロセスで加水分解することにより、様々な形態をもつ HA ナノ結晶の作製に成功した。本研究ではこの HA ナノ結晶が細胞に与える影響について検討した。また HA ナノ結晶を焼成することで微細構造を持つ HA と β-リン酸三カルシウム（β-TCP）の複合体である二相系リン酸カルシウム（BCP）を作製し、この細胞適合性についても検討した。 第1章では、細胞と材料との相互作用に関する背景および先行研究について概説し、研究の目的を述べた。 第2章では、表面にナノ構造を有する HA および BCP ペレットの作製について検討した。中間体である DCP のペレットを異なる条件で処理することで、ペレット表面に直径 30～100 nm 程度の繊維状 HA 結晶、直径 20～25 nm の微結晶が束になった針状 HA 結晶、厚さ 25 nm 幅 260 nm 程度のフレーク状 HA 結晶を合成した。さらに、繊維状やフレーク状のナノ構造表面を有する HA ペレットを焼成することで数百 nm～数 μm の粒子で覆われた BCP ペレットが得られた。 第3章では、ナノ構造を有する HA ペレットに骨芽細胞を播種し培養することで、HA のナノ結晶が骨芽細胞に与える影響について検討した。その結果、ペレットを構成している HA 結晶の一次粒子サイズが低下するほど、その上に接着した細胞の機能が抑制されることが判明した。さらに粒子サイズが 100 nm 以下の HA 上では骨芽細胞はアポトーシスに陥ることが判明した。これは結晶の微細化により骨芽細胞が生存に必要なサイズの接着斑を形成することが不可能になるためである。 第4章では、第3章と同様の HA ナノ結晶表面が線維芽細胞に与える影響について検討した。30 nm 以下の結晶上では線維芽細胞は骨芽細胞同様の活性低下を示したが、50～100 nm の結晶上では緻密な HA 上に比べ線維芽細胞の初期接着性や増殖性が向上することが判明した。線維芽細胞は骨芽細胞に比べ小さな細胞であり、生存に必要な接着斑のサイズも骨芽細胞より小さいことが観測された。さらに、ナノ構造上では緻密面に比べ細胞の接着や増殖に必要なタンパク質の吸着量が多いため、生存に十分なサイズである 50～100 nm の結晶上で線維芽細胞の活性が向上することがわかった。 第5章では、BCP の微細構造が骨芽細胞に与える影響について検討した。HA の場合と同様にナノ構造上では骨芽細胞の生存性が抑制されることが判明した。しかし、マイクロ構造の BCP 上では骨芽細胞の接着や増殖は抑制されず、細胞のアルカリフォスファターゼ活性が緻密な BCP 上に比べ 7.4 倍に向上することが判明した。また生存性が抑制されたナノ構造上でも、骨芽細胞は安定に接着していた。これは BCP ペレットの微細化により表面からのカルシウムイオン放出量が増大したためである。 第6章では、結論として各章で得られた結果を総括し、ナノ構造と組成によって細胞を制御するための指針及び今後の課題と展望について述べた。			
以上			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3452 号	氏 名	岡田 伸之介
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	工学博士 今井 宏明
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 小茂島 潤
		慶應義塾大学教授	博士(工学) 藤本 啓二
		慶應義塾大学教授	博士(工学) 磯部 徹彦
学士(理学), 修士(理学) 岡田伸之介君提出の学位請求論文は, 「ナノ構造を有する水酸アパタイト系材料による細胞活性の制御」と題し, 6 章より構成されている。 天然骨の主成分である水酸アパタイト (HA) は良好な生体親和性のため生体材料として広く用いられている。生体材料の表面構造は生体親和性に影響することが示唆されているが, HA のナノ構造と細胞適合性に関する知見は十分ではない。本研究では, ナノスケールで多様な形態をもつ HA 結晶, および HA と β-リン酸三カルシウムの二相系リン酸カルシウム (BCP) 結晶を用いて材料表面の構造や組成が細胞に与える影響について検討し, 高い細胞適合性あるいは細胞活性の制御機能を指向した材料設計のための基礎的な知見を得ることを目的としている。 第 1 章では, 細胞と材料との相互作用に関する研究背景および先行研究について概説し, 本研究の目的を述べている。 第 2 章では, 表面に多様なナノ構造を有する HA および BCP ペレットの作製法とその構造について述べている。中間体であるリン酸カルシウム無水物を異なる条件で処理し, 必要に応じて熱処理を行うことで, ナノスケールの繊維状・針状・フレーク状の HA 結晶から構成されるペレット, および数百 nm~数 μm の粒子で覆われた BCP ペレットを得ている。 第 3 章では, HA ナノ結晶から構成される表面が骨芽細胞に与える影響について述べている。ナノ結晶上の骨芽細胞の活性は緻密で平滑な表面と比較して低下すること, HA 結晶の一次粒子サイズの減少にともなって細胞機能が抑制されること, さらに粒子サイズが 100 nm 以下の場合に細胞はアポトーシスに陥ることを示している。ここでは, 細胞の生存に必要な接着斑の形成と粒子サイズの関係が考察されている。 第 4 章では, HA ナノ結晶から構成される表面が線維芽細胞に与える影響について述べている。30 nm 以下の結晶上で線維芽細胞の活性は骨芽細胞と同様に低下したが, 50~100 nm の結晶上では緻密なペレットと比べ線維芽細胞の初期接着性や増殖性が向上することが示されている。この原因として, 骨芽細胞に比べて小さい線維芽細胞は接着斑のサイズが小さいこと, ナノ構造をもつペレット表面では細胞の接着や増殖に必要なタンパク質の吸着量が多いことを示唆している。 第 5 章では, BCP ペレットの微細構造が骨芽細胞に与える影響について述べている。HA の場合と同様にナノ結晶上では骨芽細胞の生存率は低下したが, 生存している細胞の接着は安定しており, また, 数 μm の粒子から構成された BCP ペレット上では細胞の接着や増殖は抑制されず, 細胞活性は大きく向上することが明らかにしている。これらの結果は, BCP ペレットの微細化によるカルシウムイオン放出量の増加と関連づけて考察されている。 第 6 章では, 結論として各章で得られた結果を総括するとともに, 細胞を制御するための生体材料の設計指針および今後の課題と展望について述べている。 以上要するに, 本論文では, 水酸アパタイト系材料における組成とナノ構造が細胞活性に与える影響を詳細に検討することで, 新たな人工骨や足場材料の開発につながる基礎的な知見を示し, 材料設計の指針を与えている。これらの知見は, 生体材料分野において, 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 3453 号	氏 名	松岳 大輔
主 論 文 題 目: Characterization of the Hydration Structures of Proteins through the Database Analysis and Its Application to the Prediction of Protein Hydration Structure (データベース解析による蛋白質水和構造の特徴抽出と、その蛋白質水和構造予測への応用)			
なぜ蛋白質は水溶液中でのみ機能を発揮するのかを原子レベルで理解するためには、水分子と蛋白質分子との間の相互作用形態を究明することが必要である。低温下 X 線結晶構造解析は原子分解能で蛋白質の水和構造を明らかにできる手法であり、これまでの研究から、蛋白質極性原子周辺では水分子は水素結合に由来する特徴的な分布を示すことが明らかとなった。現在、Protein Data Bank (PDB)には、多数の低温下 X 線結晶構造が登録されており、そこに含まれる莫大な水分子の座標データを用いて、統計学的に信頼できる水分子の空間分布情報を得ることが可能である。 本研究ではまず、PDB から分解能 2.2 Å 以上、回折強度収集時の温度が 150 K 以下の蛋白質構造モデル 17984 個を取得し、その中に含まれる約 480 万個の水分子位置情報から、主鎖ペプチド結合、および 11 種類の親水性アミノ酸側鎖周辺の経験的水分子分布関数を求めた。得られた分布関数の定量的な解析により、N-H_n 基 (n = 1-3)、O-H 基、C=O 基を水和する水分子はそれぞれ、理想的な水素結合位置からの広がりを示した。また、蛋白質極性原子の多くは水分子の理想的な正四面体型の水素結合形態を満たすように分布していた。この結果は、蛋白質表面上のアミノ酸残基は水和水分子の水素結合形態を満足するように配置されていることを示唆する。 続いて、この極性原子周辺の経験的水分子分布関数の単純な足し合わせにより、蛋白質表面の溶媒接触可能な極性原子団周辺の水和構造を予測するプログラムを開発した。本プログラムにより予測された水分子分布は、膜蛋白質内部に存在し、水分子やプロトンの輸送に重要な水和クラスターや、蛋白質-蛋白質複合体の境界面の水和構造、酵素蛋白質のドメイン運動に伴う水和構造変化をよく再現していた。これらの結果は、この水和構造予測プログラムが、蛋白質水和構造と蛋白質の機能、安定性、ダイナミクスとの関連を議論するために有用であることを十分に示すものである。 最後に、経験的水分子分布関数を用いた研究の展望、特に蛋白質結晶構造解析における水和構造の検定、膜蛋白質の膜貫通領域の予測、そして計算機研究で用いられる仮定や力場パラメータの検証について議論した。 以上			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3453 号	氏 名	松 岳 大 輔
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	理学博士 齋藤 幸夫
	副査	慶應義塾大学教授	理学博士 高野 宏
	副査	慶應義塾大学教授	博士(工学) 泰岡 顕治
	副査	横浜市立大学大学院准教授	博士(農学) 池口 満徳
「Characterization of the Hydration Structures of Proteins through the Database Analysis and Its Application to the Prediction of Protein Hydration Structure (データベース解析による蛋白質水和構造の特徴抽出と、その蛋白質水和構造予測への応用)」と題された本論文は、水-蛋白質界面の水和構造を取り上げ、蛋白質表面を形成する極性原子団周辺の水和水分子分布について、独自に考案した解析方法を統計学的に十分な構造データに系統的に適用することで、経験的水和分布関数を導入し、その特徴を明らかにしている。また、得られた分布関数を用いて、蛋白質水和構造を予測するアルゴリズムを提案し、その応用例を多数示しながら、蛋白質水和構造研究の新たな方法論を提示している。本論文は、このような成果を纏めた四つの章から構成されている。 第一章では、水の物理化学的性質や、これまでの水-蛋白質間相互作用に関する実験的・理論的研究の概要が纏められている。特に、本論文で利用した構造データを得るための低温X線結晶構造解析法と、それによって得られる蛋白質立体構造モデルの精度などについて詳しく紹介している。また、蛋白質構造モデルを利用した水和構造解析や、現在の理論的水和構造研究などの先行研究を概観しながら、本論文の目的が述べられている。 第二章では、まず、極性原子団周辺の経験的水和水分子分布関数を構築するため、独自に開発したアルゴリズムとその実装について紹介している。次に、高精度低温X線結晶構造解析で得られている17984個の立体構造モデルから、約480万の水和水分子を抽出し、開発したアルゴリズムを適用することで、主鎖ペプチド結合、および11種類の親水性アミノ酸残基側鎖周辺の経験的水和分布関数を得ている。得られた経験的水和分布関数に対する定量的解析を通して、カルボニル基が、水和水分子との水素結合距離調整に長けていること、アミド基は、水素結合角度調整に長けていること、ヒドロキシル基が両者の性質を有していることなどを明らかにしている。さらに、水和水分子に焦点を当てた解析からは、水和水分子が、蛋白質表面においても、標準的な正四面体型水素結合を保持し、蛋白質の局所的な折れ畳みに大きく寄与する可能性を示唆する結果を得ている。 第三章では、第二章で得られた経験的水和分布関数を用いて、蛋白質表面を構成する極性原子団周辺の水和水分子分布を予測するアルゴリズムの構築・実装とその適用例が述べられている。まず、開発したアルゴリズムにより予測される水和水分子分布関数を高分解能構造解析で得られた水と蛋白質構造モデルと比較・検討し、その妥当性を示している。次に、同アルゴリズムで得られる水和水分子分布関数が、膜蛋白質内部に存在する水分子クラスター、蛋白質-蛋白質複合体や蛋白質-核酸複合体における分子境界面の水和構造、酵素蛋白質の運動に伴う水和構造変化の何れをも良く再現することを明らかにしている。また、今後のアルゴリズムの改善点についても、注意深い検討がなされている。これらの結果は、今回開発されたアルゴリズムが、生物学的・生物物理学的に興味ある蛋白質等の水和構造研究に応用可能であり、蛋白質水和構造と蛋白質の機能、安定性、ダイナミクスとの関連を議論する上で、大変有用であることを示すものである。 第四章では、第二章、第三章の結果を踏まえ、経験的水和分布関数と水和構造予測アルゴリズムによる蛋白質水和構造研究の今後の展開について、蛋白質X線結晶構造解析における水和位置の検定、膜蛋白質の生体膜貫通領域予測、液体の統計力学理論に基づく水和構造予測法との比較などを例示し、関連した研究分野への波及が述べられている。 蛋白質水和構造を新たな視点で解析した本論文の成果は、蛋白質科学や生物物理学などの分野における基礎的問題に新たな展開をもたらしうるものであると考えられる。実際、本論文の骨子となる第二章、第三章については、それぞれ、Journal of Physical Chemistry B誌に学術論文として掲載されており、その内容の学会発表は、関連分野研究者から高く評価されている。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3454号	氏 名	伴野 太祐
主 論 文 題 目：			
カーボネート結合を有する新規グリーンサーファクタントの創成			
界面活性剤は、洗剤などの家庭用品をはじめとして、化粧品、医薬品、農薬、塗料などの様々な分野で大量に使用されている。グリーンケミストリーの構築が求められるなか、次世代型界面活性剤には、再生可能資源を原料に用いた環境低負荷なプロセスによる合成が強く望まれている。また、使用量の削減につながる高機能性、優れた生分解性、さらに使用形態によってはケミカルリサイクル性が求められる。本論文では、カチオン界面活性剤および非イオン界面活性剤に生分解性およびケミカルリサイクル性を付与することを目的に、一般的な加水分解酵素により開裂されるカーボネート結合を分子内に導入した新規界面活性剤を分子設計し、そのグリーンプロセスによる合成および特性について記述した。 第1章では、グリーンサーファクタントの要件、再生可能資源を原料に用いた界面活性剤、生分解性を有する界面活性剤、高性能界面活性剤およびカーボネート結合を有する界面活性剤の合成法と特徴について概説し、本研究の目的と位置付けを示した。 第2章では、カーボネート結合を有する一鎖一親水基型カチオン界面活性剤の合成と性質について記した。ドデシル基を有するものは抗菌性および生分解性に優れ、さらに、ケミカルリサイクル性を有することが認められた。これらのことから、カチオン界面活性剤のカーボネート結合は、生分解性およびケミカルリサイクル性セグメントとして有効であることが認められた。 第3章では、カーボネート結合を有するジェミニ型カチオン界面活性剤の合成および特性について記した。それらは、相当する一鎖一親水基型カチオン界面活性剤よりも優れた界面活性を発揮した。リンカー部にカーボネート結合を有するジェミニ型カチオン界面活性剤は、疎水基基部にカーボネート結合を有するものよりも抗菌性および生分解性に優れた。このことから、抗菌性および生分解性は、リンカー部へのカーボネート結合の導入により向上することが認められた。また、カーボネート結合を有するジェミニ型カチオン界面活性剤はリパーゼを用いたケミカルリサイクルが可能であることが認められた。このような、生分解性とケミカルリサイクル性を併せ持つ新規なジェミニ型カチオン界面活性剤の創成に成功した。 第4章では、カチオン界面活性剤の立体化学が界面活性、抗菌性および生分解性に与える影響を明らかにするため、疎水基部に不斉中心を有するカーボネート型カチオン界面活性剤の分子設計を行った。リパーゼを利用したエナンチオ選択的な反応により、光学活性カーボネート型カチオン界面活性剤を合成した。このリパーゼのエナンチオ選択性は、分子ドッキングシミュレーション(MOE)の結果からも支持された。光学活性カーボネート型カチオン界面活性剤の立体化学により、界面活性および抗菌性に顕著な差異は認められなかったが、一方、生分解性は強く影響を受けた。 第5章では、ポリオキシエチレン鎖を親水基とするカーボネート型非イオン界面活性剤のグリーンプロセスによる合成について記した。それらは、優れた生分解性およびケミカルリサイクル性を有することが認められた。 第6章では、本研究を総括し、今後の展望を記した。			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3454 号	氏 名	伴野 太祐
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	工学博士 松村 秀一
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 西山 繁
		慶應義塾大学教授	工学博士 戸嶋 一敦
		慶應義塾大学教授	農学博士 須貝 威
工学士、修士（工学）伴野太祐君提出の学位請求論文は「カーボネート結合を有する新規グリーンサーファクタントの創成」と題し、6 章から構成されている。 界面活性剤は、洗剤など様々な分野で大量に使用されている。次世代型界面活性剤には、再生可能資源を原料に用いた環境低負荷なプロセスによる合成が強く望まれている。また、使用量の削減につながる高機能性、優れた生分解性、さらに使用形態によってはケミカルリサイクル性が求められる。本論文では、カチオン界面活性剤および非イオン界面活性剤に生分解性およびケミカルリサイクル性を付与することを目的に、カーボネート結合を分子内に導入した新規界面活性剤を分子設計し、そのグリーンプロセスによる合成および特性について記述している。 第 1 章では、グリーンサーファクタントの要件、再生可能資源を原料に用いた界面活性剤、生分解性を有する界面活性剤、高性能界面活性剤およびカーボネート結合を有する界面活性剤の合成法と特徴について概説し、本研究の目的と位置付けを示している。 第 2 章では、カーボネート結合を有する一鎖一親水基型カチオン界面活性剤の合成と性質について記している。ドデシル基を有するものは抗菌性および生分解性に優れ、ケミカルリサイクル性を有することを認めている。これらのことから、カーボネート結合は、生分解性およびケミカルリサイクル性セグメントとして有効であることを見出している。 第 3 章では、カーボネート結合を有するジェミニ型カチオン界面活性剤の合成および特性について記している。それらは、相当する一鎖一親水基型カチオン界面活性剤よりも優れた界面活性を発揮している。リンカー部にカーボネート結合を有するジェミニ型カチオン界面活性剤は、疎水基の付け根にカーボネート結合を有するものよりも抗菌性および生分解性に優れることを認めている。このことから、抗菌性および生分解性は、リンカー部へのカーボネート結合の導入により向上することを見出している。また、カーボネート結合を有するジェミニ型カチオン界面活性剤はリパーゼを用いたケミカルリサイクルが可能であることを認めている。このように、生分解性とケミカルリサイクル性を併せ持つ新規なジェミニ型カチオン界面活性剤の創成に成功している。 第 4 章では、カチオン界面活性剤の立体化学が界面活性や生分解性に与える影響を明らかにするため、疎水基部に不斉中心を有するカーボネート型光学活性カチオン界面活性剤をリパーゼによるエナンチオ選択的な反応により合成している。リパーゼのエナンチオ選択性は、分子ドッキングシミュレーションの結果からも支持されている。光学活性カチオン界面活性剤の立体化学により、界面活性に顕著な差異は認められないが、生分解性は強く影響を受けることを見出している。 第 5 章では、ポリオキシエチレン鎖を親水基とするカーボネート型非イオン界面活性剤のグリーンプロセスによる合成について記している。それらは、優れた生分解性およびケミカルリサイクル性を有することを認めている。 第 6 章では、本研究を総括し、今後の展望を記している。 以上要するに、本研究はカチオン界面活性剤および非イオン界面活性剤に生分解性およびケミカルリサイクル性を付与することを目的に、カーボネート結合を分子内に導入した一連の新規界面活性剤を分子設計し、グリーンプロセスによる合成および特性を明らかにしている。また、優れた機能を発現するものを見出している。これらの成果は次世代型グリーンサーファクタント創成に道を拓くものであり、有機工業化学上重要である。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 3455 号	氏 名	黒澤 瑛介
主 論 文 題 目：			
FCC 超微細粒金属の力学特性に関するトリプルスケール転位-結晶塑性モデリング および大変形 FEM シミュレーション			
強ひずみ加工により創製される粒径が $1\mu\text{m}$ 以下の超微細粒金属は、卓越した強度を有する構造材料として近年注目を集めている。FCC 金属においては、粒径のサブミクロン化に伴って強度が飛躍的に向上する一方で、延性が急激に低下する。さらに、FCC 超微細粒金属に焼鈍処理を施すことで得られる FCC 超微細粒焼鈍材においては、通常 BCC 焼鈍材で観察される降伏点降下現象および Lüders 帯の伝播が起こることも報告されている。このように、FCC 超微細粒金属は特異な力学特性を示すことが知られているが、その微視的メカニズムについては十分に解明されていないのが現状である。そこで本研究では、FCC 超微細粒金属におけるミクロからマクロにわたる力学挙動を一つの計算力学的手法によって統一的に再現することを目的とし、転位組織、結晶粒構造および巨視構造という 3 階層を橋渡しするトリプルスケール転位-結晶塑性モデルを構築する。また、本モデルを用いた大変形 FEM 解析を行い、FCC 超微細粒金属に発現する特異な材料挙動の微視的メカニズムを解明することを試みる。 第 1 章は緒言であり、本研究の背景、従来の研究の問題点および本研究の目的について述べる。 第 2 章では、結晶塑性論における運動学について論じ、結晶塑性論の体系に適合するよう定義された幾何学的に必要な (Geometrically Necessary : GN) 転位密度テンソルおよび GN 不適合度テンソルを紹介する。また、GN 転位密度および GN 不適合度はそれぞれ結晶粒内における孤立転位および転位対の密度に対応することを示す。 第 3 章では、GN 転位密度および GN 不適合度を内部変数として全自由エネルギーの引数に導入し、各引数に共役な内力を定義する。次に、内部変数を陰に含んだ形で力学的釣合い方程式、エネルギー方程式およびエントロピー不等式を導出する。さらに、Clausius-Duhem の不等式を保存部分と散逸部分に分離し、保存部分から速度形弾性構成式を導出するとともに、散逸部分を用いて GN 転位密度および GN 不適合度を結晶の硬化則へ導入することの熱力学的整合性を示す。 第 4 章では、まず幾何学的に導出された転位の対消滅モデルを採用し、動的回復を考慮した全転位密度を定義する。次に、第 3 章で導出した速度形弾性構成式に基づいて結晶粒スケールにおける弾粘塑性構成式を導出するとともに、転位密度の情報を結晶の硬化則に反映させるための手法について言及する。さらに、超微細粒内に特有な転位の枯渇状態に起因する流れ応力の一時的な増加を表現するために、転位源としての粒界の役割を考慮した新たな臨界分解せん断応力モデルを提案する。その際、本モデルを用いれば臨界分解せん断応力の粒径依存性についても表現できることを示す。以上のモデルを用いて、転位スケールおよび結晶粒スケールの橋渡しを可能とする転位-結晶塑性モデルを構築する。 第 5 章では、結晶粒スケールと巨視的スケールの橋渡しを可能とする結晶塑性均質化理論に基づいて、巨視的スケールにおける均質化結晶塑性構成式および両スケールにおける支配方程式を導出する。 第 6 章では、上述のモデルに基づくトリプルスケール転位-結晶塑性 FEM 解析を行うための離散化処理を行い、本 FEM 解析のアルゴリズムを示す。 第 7 章では、転位組織-結晶粒構造-巨視的試験片に跨がるトリプルスケール転位-結晶塑性 FEM 解析を初期平均粒径および初期転位密度の異なる FCC 多結晶体に対して実施し、結晶粒微細化に伴う初期降伏応力の増加や延性の急激な低下といったマクロな試験片に発現する寸法効果を数値解析的に再現する。また、転位源としての粒界の役割を考慮した臨界分解せん断応力モデルを用いれば、FCC 超微細粒焼鈍材に発現する降伏点降下現象および Lüders 帯の伝播を再現できることを示す。さらに、超微細粒金属における試験片レベルでの巨視的降伏および結晶粒レベルでの微視的降伏状況について考察するとともに、粒径のサブミクロン化に伴う FCC 金属の急激な延性低下のメカニズムについて言及する。 第 8 章は結言であり、本研究によって得られた知見を要約する。			

以上

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3455 号	氏 名	黒澤 瑛介
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	工学博士 志澤 一之
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 小茂鳥 潤
		慶應義塾大学教授	博士(工学) 高野 直樹
		慶應義塾大学准教授	博士(工学) 大宮 正毅
学士(工学), 修士(工学) 黒澤瑛介君の学位請求論文は「FCC 超微細粒金属の力学特性に関するトリプルスケール転位-結晶塑性モデリングおよび大変形 FEM シミュレーション」と題し, 8 章から構成されている。 強ひずみ加工により創製される粒径が $1\mu\text{m}$ 以下の FCC 超微細粒金属は, 軽量にして卓越した強度を有する構造材料として近年注目を集めている。その中でも特に, 超微細粒焼鈍材においては, 粒径の減少に伴う初期降伏応力の増加, 延性の急激な低下, 降伏点降下現象および Lüders 帯の伝ばなど特異な力学特性を示すことが知られている。しかしながら, それらの微視的メカニズムについては十分に解明されていないのが現状である。本研究では, FCC 超微細粒金属におけるミクロからマクロにわたる力学挙動を一つの計算力学的手法によって統一的に再現することを目的とし, 転位組織, 結晶粒構造および巨視構造という 3 階層を橋渡しするトリプルスケール結晶塑性モデルを提案している。また, 本モデルを用いて大変形 FEM 解析を行い, FCC 超微細粒金属に発現する特異な力学挙動の微視的メカニズムを解明することを試みている。 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。 第 2 章では, 結晶塑性論における運動学について論じ, その体系に適する幾何学的に必要な (Geometrically Necessary : GN) 転位密度テンソルおよび GN 不適合度テンソルを導入している。 第 3 章では, 内部変数理論の立場から材料の構成式に対して熱力学的検討を行い, GN 転位密度および GN 不適合度を結晶の硬化則に引数として導入することの整合性について論じている。 第 4 章では, 超微細粒に特有な転位の枯渇に起因する流れ応力の一時的な増加を表現するため, 粒界転位源を考慮した新たな臨界分解せん断応力モデルを提案している。また, 本モデルを用いることで臨界分解せん断応力の粒径依存性が表現できることも示している。さらに, このモデルを用いて下部 2 階層(転位組織と結晶粒構造)を橋渡しする転位-結晶塑性モデルを構築している。 第 5 章では, 上部 2 階層(結晶粒構造と巨視構造)を橋渡しするために, 結晶塑性均質化法を導入して巨視的スケールにおける均質化結晶塑性構成式および両スケールにおける支配方程式を導出している。さらに, 第 4 章で得たモデルと本章のモデルを統合することで, トリプルスケール結晶塑性モデルを完成させている。 第 6 章では, 以上で構築したモデルを用いてマルチスケール結晶塑性 FEM 解析を実行するための離散化処理を行うとともに, 本 FEM 解析のアルゴリズムを示している。 第 7 章では, 3 階層に跨がる結晶塑性 FEM 解析を初期平均粒径および初期転位密度の異なる FCC 多結晶体に対して実施し, 上述のような結晶粒微細化に伴って発現する特異な力学現象を数値解析的に再現することに成功している。さらに, 巨視的降伏と微視的降伏の関係について考察するとともに, 粒径のサブミクロン化に伴う急激な延性低下が塑性不安定性に起因していることを明らかにしている。 第 8 章は結言であり, 得られた知見を総括している。 以上要するに, 本研究は新たに提案した粒径依存形臨界分解せん断応力モデルを基礎として, 転位組織, 結晶粒構造および巨視構造なる 3 階層を橋渡しするトリプルスケール結晶塑性モデルを構築するとともに, 本モデルに基づいた大変形 FEM 解析を実施し, FCC 超微細粒金属に発現する特異な諸力学挙動を計算力学的に解明したものであり, 工業上, 工学上寄与するところが少なくない。よって, 本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。			

内容の要旨

報告番号	甲 第 3456 号	氏 名	山本 伸幸
主 論 文 題 目：			
コピー機消耗品需給における需要と在庫の変化対応策に関する研究			
近年の製造業を取り巻く環境変化に対応するために、多くの企業が、少品種大量生産から多品種小量生産への移行を行ない、調達から販売までのサプライチェーン全体における需給業務の改善も行なっている。しかし、顧客の需要を正しくとらえ、変化する生産環境に適応するための業務の設計・運用・改善ができておらず、IE 的視点からみれば多くのムリ・ムダ・ムラを抱えた需給業務において、過去のワークスタイルから脱却できていない。そこで需要や在庫の変化に着目し、それらの変化を分析して対応策を提案・開発することが、需給業務の改善につながると考える。 そこで本研究では、コピー機用消耗品を製造・販売している企業を研究対象として、需給業務を改善するために、実データで需要や在庫の変化を観察・考察して、それらの変化の傾向やパターンを分類した上で、需要と在庫それぞれにおいて、変化量・時期の解析や影響要因の抽出と、推定方法の提案を行ない、研究内容に適合したシステムの開発を実践する。 第 1 章では、需給業務に関連した従来研究を参照し、本研究との関連性について述べ、5 つの具体的事例の分析を通して需給業務における問題点とその改善のための着眼点を示し、最後に、本論文の目的を述べている。 第 2 章では、対象とした 1240 商品の実データを累積グラフを用いて分析し、過去に起こった需要と在庫の変化を整理・分類することによって、需要変化点と在庫変化点を定義し、需要と在庫の変化パターンを分析している。 第 3 章では、第 2 章における 1 つの変化のパターンである需要変化点が発生するメカニズムの解析とそれにもとづく推定方法を考察し、需要変化点が生じるタイミングと変化量を推定し、今後の需要変化に対応する方法の検討を行なっている。 第 4 章では、第 2 章におけるもう 1 つの変化のパターンである在庫変化点に影響する要因の抽出・分類をするための枠組とそれによる分析方法を考察して、在庫の変化が生じるタイミングと変化する量を需給業務と関連づけて、今後の在庫変化点に対応する方法の検討を行なっている。 第 5 章では、第 2 章から第 4 章で開発した方法やツールを、コピー機消耗品の海外販売における需給業務の実例に適用し、それらの有効性を検証している。 第 6 章では、本研究の結論と今後の課題について述べている。			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3456 号	氏 名	山本 伸幸
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	工学博士 金沢 孝
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 曹 徳弼
		慶應義塾大学教授	博士(工学) 櫻井 彰人
		慶應義塾大学院教授	博士(工学) 河野 宏和
学士(工学)、修士(工学) 山本伸幸君提出の学位請求論文は、「コピー機消耗品需給における需要と在庫の変化対応策に関する研究」と題し、全6章から構成されている。 近年の製造業を取り巻く環境変化に対応するために、多くの企業が、少品種大量生産から多品種小量生産への移行を行ない、調達から販売までのサプライチェーン全体における需給業務の改善も行なっている。しかし、顧客の需要を正しくとらえ、変化する需給環境に適応するための業務の設計・運用・改善ができておらず、IE 的視点からみれば多くのムリ・ムダ・ムラを抱えた需給実態であり、過去のワークスタイルから脱却できていない。この需給問題を新たな見方で分析・検討して、様々な変化への対応策を講じることで需給業務改善を図ることが求められている。 本研究では、コピー機用消耗品を製造・販売している企業を研究対象として、需給業務を改善するために、実データで需要や在庫の変化を分析して、それら変化の傾向やパターンを分類・整理した上で、需要と在庫の変化点のタイミングと量を推定する方法と、それら変化への対応策の提案を行ない、提案システムの実装を通じた検証を行うことを目的とする。 第1章では、需給業務に関連した従来研究を参照し、本研究との関連性について述べ、5つの具体的事例の分析を通して需給業務における問題点とその改善のための着眼点を示し、最後に、本論文の目的を述べている。 第2章では、対象とした836商品の実データを累積グラフを用いて分析し、過去の需要と在庫の変化を整理・分類することによって、需要と在庫の変化パターンを分析して、需要変化点と在庫変化点を定義・提案している。 第3章では、第2章で示した需要変化点が発生するメカニズムの解析とそれに基づく需要推定モデルを考察し、そのモデルによって需要変化点が生じるタイミングと量を推定し、需要変化に対応した需給を行う方法を検討している。 第4章では、第2章で示した在庫変化点に関連する要因に関して、それら要因を分類・整理する枠組に基づいて要因の抽出を行い、それら要因と在庫変化が生じるタイミングと量を関連づけて、在庫変化に対応した需給業務を行う方法を検討している。 第5章では、第2章から第4章で開発した方法やツールを、コピー機消耗品の海外販売における需給業務の実例に適用し、それらの有効性を検証している。 第6章では、本研究の結論と今後の課題について述べている。 以上要するに、本研究は、これまでIEの対象範囲であった製造を超えて、需給業務をIE的視点でとらえ、需要変化点ではメカニズム分析と推定モデル構築を、在庫変化点では要因抽出と対応策検討を行い、需給問題を解決する指針を示しており、生産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。また、これらの成果は、著者が研究者として自立して研究活動を行うために必要な高度な研究能力および豊かな学識を有することを証したものと言える。 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 3457 号	氏 名	成瀬 正啓
主 論 文 題 目：			
先体反応誘起の分子機構とその進化に関する研究			
先体反応は受精の際の精子-卵相互作用において必須のプロセスとなるエクソサイトーシス現象であり、それによって精子は卵外被の通過・卵との膜融合が可能となる。一般的に卵外被に存在する複合糖質が先体反応誘起に関わっており、その誘起活性は種特異性を有している。多様な構造を持ち得る糖鎖によって卵は卵外被に種間の差を作り出し、精子はそれを認識している。 第1章では、本研究で主に用いたマヒトデの受精における先行研究の知見を、他の実験動物と比較しながらまとめた。マヒトデにおいては卵ゼリー層中の3つの成分、ARIS (acrosome reaction-inducing substance), Co-ARIS, asterosap が協調的に働いて先体反応を誘起することが既に明らかにされており、主因子 ARIS は巨大な硫酸化プロテオグリカン様分子、補因子 asterosap は精子活性化ペプチド、もう一つの補因子は Co-ARIS は硫酸化ステロイドサポニンである。ARIS の活性はその硫酸化糖鎖が担っており、先体反応を誘起する最小活性単位は Fragment 1 (Fr. 1) と呼ばれる5糖の10回程度の繰り返しであることが明らかにされている。 第2章において、Fr. 1 糖鎖がクラスター化した状態においてより強い活性を持つことを示し、また AFM 観察と動的光散乱測定の結果、コアタンパク質が互いに結合することで複合体を形成することを明らかにした。従って、コアタンパク質が Fr. 1 糖鎖を高密度化することで ARIS の強い活性が発揮されることを示唆した。第3章では、このコアタンパク質の一次構造の性質について論じた。ARIS がいずれも Fr. 1 糖鎖による修飾を受けた3つのタンパク質から構成され、その配列決定により、ARIS タンパク質群は互いに保存された領域 (ARIS ドメイン) を有していることを発見した。第4章において、ARIS ドメインの分子系統進化について論じた。この ARIS ドメインが有櫛動物から頭索動物まで広く保存されていることを発見したことから、ARIS ドメインを持つ ARIS タンパク質はこれらの無脊椎動物の受精において普遍的な役割をもつと考えられ、卵外被構造タンパク質 ARIS と精子先体反応時の先体突起形成とが共進化している可能性を提案した。 一方、第5章では精子側の認識分子である ARIS 受容体について論じた。この分子を同定するため、ARIS を用いたアフィニティークロマトグラフィーを行い、38 kD の Fr. 1 糖鎖特異的な結合性を有する ARIS 受容体候補分子を発見し、この分子が精子膜マイクロドメインに局在することを明らかにした。また、第6章において、補因子 Co-ARIS が精子膜上のマイクロドメインに侵入することで作用することを示し、糖脂質クラスターの構造変化を引き起こすことを解明した。従って、マイクロドメイン上で ARIS と Co-ARIS のシグナルが合流するモデルについて考察した。 第7章では、以上の研究を総括し、受精現象の共通性と多様性について述べた。			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3457 号	氏 名	成瀬 正啓
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学准教授	医学博士 松本 緑
	副査	慶應義塾大学教授	Ph. D. 梅澤 一夫
		慶應義塾大学教授	理学博士 上村 大輔
		慶應義塾大学教授	工学博士 佐藤 智典
		放送大学 教授	理学博士 星 元紀
学士（理学）、修士（理学）成瀬正啓君提出の学位請求論文は、「先体反応誘起の分子機構とその進化に関する研究」と題し、全7章からなっている。 先体反応は受精の際の精子-卵相互作用において必須のプロセスとなるエクソサイトーシス現象であり、それによって精子は卵外被の通過・卵との膜融合が可能となる。一般的に卵外被に存在する複合糖質が先体反応誘起に関わっており、その誘起活性は種特異性を有している。多様な構造を持ち得る糖鎖によって卵は卵外被に種間の差を作り出し、精子はそれを認識している。 第1章では、本研究で主に用いたマヒトデの受精における先行研究の知見を、他の実験動物と比較しながらまとめた。マヒトデにおいては卵ゼリー層中の3つの成分、ARIS (acrosome reaction-inducing substance), Co-ARIS, asterosap が協調的に働いて先体反応を誘起することが既に明らかにされており、主因子 ARIS は巨大な硫酸化プロテオグリカン様分子、補因子 asterosap は精子活性化ペプチド、もう一つの補因子は Co-ARIS は硫酸化ステロイドサポニンである。ARIS の活性はその硫酸化糖鎖が担っており、先体反応を誘起する最小活性単位は Fragment 1 (Fr. 1) と呼ばれる5糖の10回程度の繰り返しであることが明らかにされている。 第2章では、Fr. 1 糖鎖がクラスター化した状態においてより強い活性を持つことを示し、また AFM 観察と動的光散乱測定の結果、コアタンパク質が互いに結合することで複合体を形成することを明らかにした。従って、コアタンパク質が Fr. 1 糖鎖を高密度化することで ARIS の強い活性が発揮されることを示唆した。第3章では、このコアタンパク質の一次構造の性質について論じた。ARIS がいずれも Fr. 1 糖鎖による修飾を受けた3つのタンパク質から構成され、その配列決定により、ARIS タンパク質群は互いに保存された領域 (ARIS ドメイン) を有していることを発見した。第4章では、ARIS ドメインの分子系統進化について論じた。この ARIS ドメインが有櫛動物から頭索動物まで広く保存されていることを発見したことから、ARIS ドメインを持つ ARIS タンパク質はこれらの無脊椎動物の受精において普遍的な役割をもつと考えられ、卵外被構造タンパク質 ARIS と精子先体反応時の先体突起形成とが共進化している可能性を提案した。 一方、第5章では、精子側の認識分子である ARIS 受容体について論じた。この分子を同定するため、ARIS を用いたアフィニティークロマトグラフィーを行い、38 kD の Fr. 1 糖鎖特異的な結合性を有する ARIS 受容体候補分子を発見し、この分子が精子膜マイクロドメインに局在することを明らかにした。また、第6章では、補因子 Co-ARIS が精子膜上のマイクロドメインに侵入することで作用することを示し、糖脂質クラスターの構造変化を引き起こすことを解明した。従って、マイクロドメイン上で ARIS と Co-ARIS のシグナルがクロストークするモデルについて考察した。 第7章では、以上の研究を総括し、受精現象の共通性と多様性について述べた。 以上、本論文では卵に存在する先体反応誘起物質の新規ドメインを発見し、その無脊椎動物における進化について論ずるとともに、卵シグナル分子に対する精子のシグナル受容体と膜構造の変化について解明し、これらの成果は今後の生殖生物学研究に貢献するところが多い。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 3458 号	氏 名	門脇 亜美
主 論 文 題 目：			
微小時間の香り提示に対する嗅覚の時間特性			
情報の伝達はこれまで視覚情報や聴覚情報に限定されてきた。しかし、嗅覚・触覚・味覚情報を情報処理技術の枠組みの中に取り込む五感情報が注目を集めている。五感情報の中でも嗅覚器官で認識される情報は他の感覚と異なり、情動や記憶を支配する大脳辺縁系へと直接伝送されるため、ストレートに人間に影響を与えることができる。視聴覚情報に嗅覚情報を加えることによって、高臨場感を得ることができるといわれている。したがって、マルチメディアの分野において、映像や音声に香りを付加する試みが行われている。 従来の香り提示方法では、誰もが容易に分かるように濃い香りを用い、長い時間射出し続けていた。そのため、空間に香りが停滞してしまう残香や、持続的な提示によって感覚神経の活動が減少していく順応の問題が生じ、映像や音声と香りを同期させることが困難であった。そこで本論文では、残香や順応の問題を解決できる香りの提示手法について研究する。 第1章では、本研究の背景と目的を述べる。第2章では、本研究の対象である嗅覚情報について述べたあと、嗅覚測定法や嗅覚ディスプレイの開発、嗅覚情報提示の応用を紹介する。 第3章では、映像や音声に合わせて香りを提示する際には、残香と順応の影響が問題になることを明確にする。これらの問題を解決するために、微小時間の香り提示を行う手法の提案を行う。微小時間の香り提示によって刺激の絶対量を減らし、空間に香りが残留することを防ぐというアプローチを採る。また、微小時間の香りを離散的に繰り返し提示することによって、人間の受容器を刺激し、順応効果を軽減できると考える。さらに、微小時間の香りは人間の嗅覚時間特性に合わせて提示すべきであると提案する。そこで、香りの提示を制御する場合に必要なと思われる4つの嗅覚特性について定義する。まず1回の微小時間の香り提示に対し、人間が香りを感じ始めるまでの時間、また感じ続けている時間を定義する。次に、連続的に香りを提示する場面を想定したとき、離散的な微小時間の香りをどのぐらいの間隔で出せばユーザが連続的に香りを感じるかを知る必要がある。そこで、嗅覚の分解能を定義する。さらに、微小時間の香り提示を用いれば、高速に香りを切り替えることも可能となる。したがって、どのぐらいの射出間隔を開ければ、異種類の香りを交わりあうことなくユーザが感じることができるのか調べる。香りの切り替えに対する嗅覚特性である。 第4章では、微小時間の香り提示を実現するために必要な装置である、嗅覚ディスプレイの概要および性能について述べる。香りの提示において残香や順応の影響を軽減するためには香料は必要な分だけ使用すべきである。そこで第5章では、人間が香りを感じできる最少の射出量を求める。第6章では、第3章で定義した4つの嗅覚時間特性を測定する。測定方法と結果を示し、その結果に対し分析および考察を行う。最後に第7章では、本論文の結論を述べる。 人間の嗅覚時間特性に基づいて微小時間の香りを提示することにより、視聴覚情報に合わせて嗅覚情報を提示する演出の実現に近づくことを期待できる。			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3458 号	氏 名	門脇 亜美	
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学 教授	工学博士	岡田 謙一
	副査	慶應義塾大学 教授	工学博士	山本 喜一
		慶應義塾大学 教授	工学博士	萩原 将文
		慶應義塾大学 准教授	博士(工学)	重野 寛
学士（工学）、修士（工学）門脇亜美君提出の博士学位請求論文は、「微小時間の香り提示に対する嗅覚の時間特性」と題し、7章より構成されている。 情報の伝達はこれまで視覚情報や聴覚情報に限定されてきた。しかし、嗅覚・触覚・味覚情報を情報処理技術の枠組みの中に取り込む五感情報が注目を集めている。五感情報の中でも嗅覚器官で認識される情報は他の感覚と異なり、情動や記憶を支配する大脳辺縁系へと直接伝送されるため、ストレートに人間に影響を与えることができる。視聴覚情報に嗅覚情報を加えることによって、高臨場感を得ることができるといわれている。したがって、マルチメディアの分野において、映像や音声に香りを付加する試みが行われている。 従来の香り提示方法では、誰もが容易に分かるように濃い香りを用い、長い時間射出し続けた。そのため、空間に香りが停滞してしまう残香や、持続的な提示によって感覚神経の活動が減少していく順応の問題が生じ、映像や音声と香りを同期させることが困難であった。そこで本論文では、残香や順応の問題を解決するための香りの提示手法について研究している。 本論文の構成を以下に示す。第1章では、本研究の背景と目的を述べている。第2章では、本研究の対象である嗅覚情報について述べたあと、嗅覚測定法や嗅覚ディスプレイの開発、嗅覚情報提示の応用を紹介している。 第3章では、映像や音声に合わせて香りを提示する際には、残香と順応の影響が問題になることを明確にしている。これらの問題を解決するために、微小時間の香り提示を行う手法を提案している。微小時間の香り提示によって刺激の絶対量を減らし、空間に香りが残留することを防ぐというアプローチを採る。また、微小時間の香り提示を離散的に繰り返し行うことによって、人間の受容器を刺激し、順応効果を軽減できると考える。さらに、微小時間の香り提示は人間の嗅覚時間特性に合わせて行うべきであると提案している。そこで、微小時間の香り提示に対する人間の香りの感じ方をモデル化し、嗅覚に関する4つの時間特性を定義している。まず1回の微小時間の香り提示に対し、人間が香りを感じ始めるまでの時間を“応答時間”，また感じ続けている時間を“感覚持続時間”と定義している。次に、連続的に香りを提示する場面を想定したとき、離散的な微小時間の香り提示をどのぐらいの間隔で行えばユーザが連続的に香りを感じるかという嗅覚時間分解能を知る必要がある。そこで、同一種類の2つの独立した香りを分離し感じることができる最短射出間隔を“分離検知閾値”と定義している。さらに、微小時間の香り提示を用いれば、高速に香りを切り替えることも可能となる。したがって、2種類の独立した香りを特定できる最短射出間隔を“分離認知閾値”と定義している。 第4章では、微小時間の香り提示を実現するために必要な装置である、嗅覚ディスプレイの概要および性能について述べている。香りの提示において残香や順応の影響を軽減するためには香料は必要な分だけ使用すべきである。そこで第5章では、人間が香りを感じできる最少の射出量を求めている。第6章では、第3章で定義した4つの嗅覚時間特性を測定した。測定方法と結果を示し、その結果に対し分析および考察を行っている。また、測定結果を基に嗅覚時間特性に合わせた香り提示モデルを導入している。最後に第7章では、本論文の結論を述べている。 本論文では、人間の嗅覚時間特性に合わせた微小時間の香り提示手法を確立した。また、嗅覚時間特性の測定結果より香り提示モデルを構築している。このモデルを用いることにより、視聴覚情報と嗅覚情報の同期を精密かつ容易に取ることが可能になると期待される。 以上の通り、本研究により人間の嗅覚時間特性に合わせてた微小時間の香り提示手法が示されたことになり、研究の成果は工学上、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 3459 号	氏 名	齋藤 広大
主 論 文 題 目：			
極低温走査プローブ顕微鏡の開発とナノスケール非接触摩擦の研究			
絶対温度数ケルビン(K)以下という極低温環境は、超伝導や超流動、また量子ホール効果に代表される量子現象が顕著に現れる環境であり、物性物理学を研究する恰好の舞台の1つと言える。一方で低温実験は通常、電磁波を遮断したクライオスタット内で行われるため、試料物性の空間分布を測定することは困難であった。近年、急速に発展を遂げた走査プローブ顕微鏡(SPM)は、低温環境においても動作し得る顕微鏡法であり、さらにナノスケールに及ぶ局所物性の測定・マッピングが可能である。極低温 SPM の開発に成功すれば、低温物理現象に対するナノスケールの新奇な研究を行うことが可能になる。本研究では、極低温環境における動作に特化した SPM を開発し、その応用の1つとして、ナノスケールで隔てられた2つの物体間に生じる摩擦(非接触摩擦)に関する研究を行った。 極低温 SPM として、本研究では熱の発生が少ない音叉形水晶振動子をカンチレバーとして採用した、周波数変調原子間力顕微鏡(FM-AFM)を製作した。FM-AFM は、カンチレバーを共振させ、カンチレバー先端の探針と試料の間に働く力を、カンチレバーの共振周波数変化として検出する動作方式である。本研究では、顕微鏡本体や回路システム等の大部分を自作し、低温環境下において動作実験を行った。その結果、まず 1.3 K までの低温下において、探針 - 試料間の弾性変形による斥力を利用して、サブミクロンスケールの形状測定に成功した。続いて、回路システム等に改良を加え、4.2 K までの低温下において、原子スケールで平坦な試料表面上で、探針 - 試料間のファンデルワールス力の検出に成功した。また室温・真空下($\sim 10^{-3}$ Pa)において、チタン酸ストロンチウム(SrTiO_3)基板の原子ステップ像を得ることに成功した。これらの結果に基づき、FM-AFM としての基本性能を満たすことができたと考えている。 次に、開発した極低温 FM-AFM を用いて、ナノスケールの摩擦研究を行った。ナノスケールの摩擦研究(ナノトライボロジー)は、基礎物理・工学双方において重要な分野であり、多くの研究が行われているが、本研究では2つの物体が接触していないときに生じる摩擦に注目した。この摩擦は非接触摩擦と呼ばれており、2物体間の電磁場を介した物体表面のオーミックロスが起源とされてきたが、未だ議論の余地があり、物体の電気伝導度に注目した実験が望まれていた。本研究ではカンチレバーである水晶振動子を試料表面と水平に振動させ、4.2 K までの低温下において、常伝導 - 超伝導体である二セレン化ニオブ(NbSe_2; $T_c \sim 7.2$ K)及び絶縁体である SrTiO_3 表面上の非接触摩擦を測定した。その結果、探針 - 試料間が非接触の領域において、先行研究の結果よりも8桁程度大きい $10^{-6} \sim 10^{-4}$ kg/s に達する巨大な摩擦係数が観測され、さらに探針 - 試料間距離が数 nm のとき、摩擦係数が極大を示した。この現象は常伝導 - 超伝導体及び絶縁体に関係なく観測されており、伝導性の寄与がなく、非接触摩擦における新奇な特徴であると考えられる。この摩擦係数の極大は、カンチレバーのバネ定数の上昇を伴っており、現象論的には探針 - 試料間距離に依存した時間スケールによって記述される緩和現象であることを見出した。本研究により、非接触摩擦に巨大な極大を生じさせる新奇な機構が存在することが明らかになった。			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3459 号	氏 名	齋藤 広大
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	理学博士 白濱 圭也
	副査	慶應義塾大学教授	理学博士 中迫 雅由
		慶應義塾大学准教授	博士(理学) 山内 淳
		慶應義塾大学教授	博士(工学) 斎木 敏治
		東京大学物性研究所准教授	工学博士 長谷川 幸雄
学士(理学)、修士(理学)齋藤広大君提出の学位請求論文は、「極低温走査プローブ顕微鏡の開発とナノスケール非接触摩擦の研究」と題し、本論7章より構成されている。 物質を数 K 以下の極低温に冷却すると熱揺らぎが抑えられ、超伝導や超流動、磁気秩序などの量子現象が現れる。その微視的機構の解明には、極低温下でナノスケール物性を局所的に測定できる手段の開発が渴望されてきた。しかし、極低温は光を遮断した環境で実現されるため、光学顕微鏡に類する測定技術の導入は困難であった。著者は、極低温環境でも動作するナノスケール顕微法として、走査プローブ顕微鏡(SPM)、中でも試料の導電性に関係なく測定が可能な原子間力顕微鏡(AFM)に着目することで、極低温イメージングの新たな展開を目指した。本研究では、極低温動作可能な SPM を開発し、ナノスケール物性の極低温環境下での新しい研究手段を創出すると共に、その応用として、ナノスケールで隔てられた二物体間に生じる非接触摩擦の研究を行っている。 第1章は序論であり、本研究の背景と目的、概要が述べられる。第2章では SPM の動作原理を論述しながら、極低温 SPM 実現に向け、発熱がない音叉形水晶振動子をカンチレバーとして用いる周波数変調原子間力顕微鏡(FM-AFM)を提案している。第3章では、この FM-AFM の動作原理を、続く第4章に、極低温 FM-AFM 開発の詳細を纏めている。更に第5章では、室温および低温環境下での動作実験の結果と考察を述べている。開発した AFM を用いて、1.3 K までの低温下で、探針-試料間の弾性変形による斥力を利用したサブミクロンスケールの表面形状の測定、さらに原子スケールで平坦な試料表面上での、探針-試料間のファンデアワールス力の検出に成功している。また、室温・高真空条件下で、チタン酸ストロンチウム(SrTiO_3)基板の原子ステップ像が取得されている。よって本研究は、極低温下ナノスケール物性測定で要求される基本性能を備えた極低温 FM-AFM の開発に成功したと評価できる。 次に著者は、開発した極低温 FM-AFM を用いて、ナノスケールでの摩擦現象の研究を行っている。ナノスケールの摩擦研究はナノトライボロジーと呼ばれ、未解決問題である摩擦の微視的機構の解明に役立つだけでなく、ナノ電気機械システム(NEMS)の開発においても重要である。著者は、2つの物体が接触していないときに生じる摩擦(「非接触摩擦」)に着目している。非接触摩擦は約 10 年前に発見された新しい現象であり、理論的には二物体間の電磁場を介した物体表面のオーミックロスが起源とされてきたが、過去の測定結果と理論計算には大きな差異があり、物質の電気伝導性に注目した実験が望まれていた。これら研究の背景と目的は、第6章にまとめられている。 第7章では、非接触摩擦についての実験結果と考察が述べられている。開発した極低温 AFM を摩擦力測定用に改造しながら、4.2 K で超伝導を示す二セレン化ニオブ及び絶縁体である SrTiO_3 表面での非接触摩擦を測定し、過去の実験結果よりも 8 桁程度大きい、巨大な摩擦力を観測している。さらに興味深いことに、探針-試料間距離が数 nm の場合に、摩擦係数の極大を検出した。この極大は、常伝導、超伝導及び絶縁体に関係なく観測されることから、電気伝導性に関係がなく、過去の理論では説明できない新奇現象である。さらに、摩擦係数極大が探針試料間の有効バネ定数の増加を伴うことを見出し、その振る舞いが、探針-試料間距離に依存した緩和現象と解釈可能であることを理論的解析によって示している。また、摩擦係数極大の発生機構として、非接触摩擦力による結晶格子変形が関与している可能性にも言及している。最後に本研究をまとめ、展望を述べている。 以上まとめると、著者は極低温走査プローブ顕微鏡の開発に成功し、さらにこれを用いて新奇な非接触摩擦現象を発見したものと評価できる。これら本研究の成果は、ナノスケール物性研究の新しい実験手段としてナノサイエンスや物性物理学の発展に寄与し、摩擦現象の理解に重要な貢献をなすものである。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 3460 号	氏 名	鈴木 卓馬
主 論 文 題 目： 人間の振動特性と車速による車両ダイナミクスの変化を考慮した 自動車用サスペンションの制御系設計			
自動車の乗心地向上、さらには操縦安定性のため、これまでに多くの制御デバイスと制御手法が提案され、実用化されてきた。近年では、更なる性能向上のために、人間の振動特性に関する研究や、路面外乱に対する車両挙動解析などの基礎研究も盛んに行われている。 本研究では、人間の振動特性と、車速による車両ダイナミクスの変化を考慮した自動車用サスペンションの制御系設計法を確立することを目的とする。人間の振動特性とは、乗員が着座姿勢において着座位置の振動に対する乗員挙動のダイナミクスを示す。また、車速による車両ダイナミクスの変化とは、車両が走行する際に路面の凹凸によって生じる車両挙動のダイナミクスの車速依存特性を示す。はじめに、着座姿勢の乗員挙動のダイナミクスを考慮した乗員挙動制御の制御系設計を提案し、性能検証をする。次に、路面の凹凸による車両ダイナミクスを考慮した制御系設計を提案し、性能を検証する。さらに、路面の凹凸による車両ダイナミクスが車速によって変わることを考慮した制御系設計を提案し、性能を検証する。 第 1 章では、本研究に関わる背景と目的を述べた。 第 2 章では、先行研究で明らかになっている乗員の着座姿勢における着座位置の振動に対する乗員頭部の挙動データに基づき乗員のダイナミクスをモデル化し、アクティブサスペンションを備えた車両モデルと組み合わせ、H_{∞}制御を適用して路面 PSD 特性を踏まえた外乱包含 H_{∞}制御系を設計する。数値シミュレーションにより、従来制御に対して乗員の振動を抑制する効果があることを示す。 第 3 章では、第 2 章で設計したアクティブサスペンションにおける制御系をセミアクティブサスペンションに適用するため、車両と乗員の共振周波数といった代表的な周波数において、サスペンション速度とセミアクティブダンパの減衰力のリサージュ波形に着目し、速度がゼロ付近において、減衰力の急激な変化を抑制し、ジャークを低減する制御系を設計する。数値シミュレーションにより、従来制御に対して乗員の振動を抑制する効果があることを示す。 第 4 章では、路面の凹凸によって発生するサスペンションのストロークおよびタイヤ横力がタイヤ横力変化を生じさせることによるサスペンション特性を踏まえ、車両平面運動も考慮した車両モデルに、車速を一定とした条件において、前後輪の路面入力的时间差をモデル化し、前輪 2 輪から外乱が加わる車両モデルを構築する。本モデルにおいて、乗心地のみならず、車両平面方向の挙動を制御量とする外乱包含 H_{∞}制御系を設計する。数値シミュレーションにより、提案手法は、従来手法に対して、路面凹凸に対する車両平面運動を抑制する効果があることを示す。 第 5 章では、第 4 章で構築した詳細なサスペンションおよび前後輪の路面入力時間差を踏まえた車両モデルを車速に対する LPV 系で再定義し、LMI により車速によるゲインスケジュール型 H_{∞}制御系を設計する。数値シミュレーションにより、提案手法を詳細なサスペンション特性を踏まえて、ある車速で最適と設計した制御系と比較し、車速による車両ダイナミクスの変化に対するロバスト性を検証する。 最後に、第 6 章において、本論文の結論を述べた。			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3460 号	氏 名	鈴木 卓馬
論文審査担当者： 主査 慶應義塾大学専任講師 博士(工学) 高橋 正樹			
副査 慶應義塾大学教授 Ph. D. 三田 彰			
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			
学士(工学)・修士(工学)鈴木 卓馬君提出の学位論文は「人間の振動特性と車速による車両ダイナミクスの変化を考慮した自動車用サスペンションの制御系設計」と題し、全 6 章から構成される。本論文は、人間の振動特性と、車速による車両ダイナミクスの変化を考慮した自動車用サスペンションの制御系設計法を確立することを目的としている。人間の振動特性とは、乗員が着座姿勢において着座位置の振動に対する乗員挙動のダイナミクスを示す。また、車速による車両ダイナミクスの変化とは、車両が走行する際に路面の凹凸によって生じる車両挙動のダイナミクスの車速依存特性を示す。 第 1 章では、本研究に関わる背景として、自動車用サスペンションの制御に関する過去の研究事例や最新の研究の動向、人間の振動特性に関する研究の事例などをまとめ、現状を踏まえた上で、研究課題と本論文の目的を述べている。 第 2 章では、先行研究で明らかになっている乗員の着座姿勢における着座位置の振動に対する乗員頭部の挙動データに基づき乗員のダイナミクスをモデル化し、アクティブサスペンションを備えた車両モデルと組み合わせ、H_{∞}制御を適用して路面 PSD (Power Spectrum Density)特性を踏まえた外乱包含 H_{∞}制御系を設計している。数値シミュレーションにより、従来制御に対して乗員の振動を抑制する効果があることを示している。 第 3 章では、第 2 章で設計したアクティブサスペンションにおける制御系をセミアクティブサスペンションに適用するため、車両と乗員の共振周波数といった代表的な周波数において、サスペンション速度とセミアクティブダンパの減衰力のリサージュ波形に着目し、速度がゼロ付近において、減衰力の急激な変化を抑制し、ジャークを低減する制御系を設計している。数値シミュレーションにより、従来制御に対して乗員の振動を抑制する効果があることを示している。 第 4 章では、路面の凹凸によって発生するサスペンションのストロークおよびタイヤ横力がタイヤ横力変化を生じさせることによるサスペンション特性を踏まえ、車両平面運動も考慮した車両モデルに、車速を一定とした条件において、前後輪の路面入力的时间差をモデル化し、前輪 2 輪から外乱が加わる車両モデルを構築している。構築したモデルにおいて、乗心地のみならず、車両平面方向の挙動を制御量とする外乱包含 H_{∞}制御系を設計している。数値シミュレーションにより、提案手法は従来手法に対して路面凹凸に対する車両平面運動を抑制する効果があることを示している。 第 5 章では、第 4 章で構築した詳細なサスペンションおよび前後輪の路面入力時間差を踏まえた車両モデルを車速に対する LPV(Linear Parameter Varying)系で再定義し、LMI (Linear Matrix Inequalities)により車速によるゲインスケジュール型 H_{∞}制御系を設計している。数値シミュレーションにより、提案手法を詳細なサスペンション特性を踏まえて、ある車速で最適と設計した制御系と比較し、車速による車両ダイナミクスの変化に対するロバスト性を検証している。 第 6 章では、以上の内容をまとめ、本論文の結論を述べ、最後に今後必要な検討課題について述べられている。 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 3461 号	氏 名	越智 庸介
主 論 文 題 目 :			
デンドリマーへの精密機能分子集積			
様々な機能分子を精密に配列することはナノテクノロジーの重要な手法である。本論文では、単一分子量で精密な構造設計が可能な樹状高分子デンドリマーを利用し、様々な機能分子を集積できる新規分子ナノカプセル創製に関する内容である。π 共役型樹状高分子フェニルアゾメチンデンドリマー(Dendritic Polyphenylazomethine, DPA)は、3nm の分子骨格内に金属原子の個数と位置を精密に制御して集積できる唯一の高分子である。本研究では、金属に加えて、ルイス酸性を示す有機カチオンや有機金属錯体などの機能分子へと集積対象を拡張し、デンドリマーへの精密機能分子集積を達成した。さらに、アルキル鎖をデンドリマー末端部へ選択的に修飾したソフトマテリアル型 DPA を合成し、自己組織化によるデンドリマーの分子配列を可能にした。 第 1 章では、樹状高分子デンドリマーの合成・物性・機能及び応用展開について紹介している。 第 2 章では、DPA の合成方法や構造、精密金属集積能を中心に特徴をまとめた。DPA の π 共役型骨格とイミン部位の電子供与に基づいて発現する、分子内電子密度勾配と精密金属集積挙動の基本的解析法の詳細を解説した。後半では、精密金属集積能を応用した異種金属精密集積挙動について述べた。 第 3 章では、DPA に対する有機金属錯体フェロセンの集積挙動について報告している。従来まで、DPA に対しては金属塩の集積挙動のみが報告されてきたが、フェロセニウムが DPA へ集積できることを見出した。2 価/3 価の酸化還元を利用したフェロセンの内包・放出を電気化学的に可逆制御することに成功、鉄分貯蔵タンパク質フェリチンの機能を再現できた。また、フェロセン多量体の集積も可能である。 第 4 章では、DPA に対する有機分子トリフェニルメチリウム(TPM)の精密集積挙動について報告している。有機金属錯体に加え、有機分子も金属同様に精密集積が可能であることを見出した。また、金属塩との混合集積も可能である。DPAG4 の内層に TPM を集積した後、外層に SnCl_2 を集積することで、DPA の外層のみに選択的に金属を集積することが初めて可能となった。 第 5 章では、アルキル鎖を修飾した DPA(C12DPA)を新規に設計合成し、その新しい分子カプセル機能について報告している。アルキル鎖を分子外層の末端に修飾することにより、自己組織化が可能な π 共役型ソフトマテリアルとしての機能を有する DPA を創製した。C12DPA は精密金属集積能を有し、非極性溶媒中での金属ナノカプセルとしての機能を有している。また、非対称構造を有する C12DPA は繊維構造の分子集合体を形成する。CuCl_2 との錯形成を通じて、ベシクル構造の中空球状の超構造体を形成することを発見した。			
(以上)			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3461 号	氏 名	越智 庸介
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学 教授	工学博士 吉岡 直樹
	副査	慶應義塾大学 教授	博士(工学) 垣内 史敏
		慶應義塾大学 准教授	博士(工学) 栄長 泰明
		慶應義塾大学 客員教授	工学博士 山元 公寿
学士(理学)、修士(理学) 越智 庸介 君 提出の学位請求論文は「デンドリマーへの精密機能分子集積」と題し、本論 5 章より構成されている。 本論文は、単一分子量で精密な構造設計が可能な樹状高分子のデンドリマーを利用し、メタロセン、有機カチオンなど機能分子を精密に集積する内容である。着目した π 共役型樹状高分子フェニルアゾメチンデンドリマー(DPA)は、3nm の分子骨格内に金属原子の個数と位置を精密に制御して集積できる唯一の高分子である。越智君は金属塩から、有機カチオンや有機金属錯体などの機能分子へと集積対象を拡張し、デンドリマーへの精密機能分子集積を達成している。さらに、自己組織化可能なデンドリマーを設計合成し、超構造体の創製に成功している。本論文の各章の構成を以下に示す。 第 1 章では、樹状高分子デンドリマーの合成・物性・機能及び応用展開についてまとめている。 第 2 章では、DPA の合成方法や構造、精密金属集積能を中心に特徴をまとめている。DPA の π 共役型骨格とイミン部位の電子供与に基づいて発現する分子内電子密度勾配と精密金属集積挙動の基本的解析法を解説している。あわせて精密金属集積能を応用した異種金属精密集積法を紹介している。 第 3 章では、DPA に対する有機金属錯体フェロセンの集積挙動について述べている。従来までは、DPA への金属塩の集積挙動のみであったが、レドックス電子機能を持つフェロセニウムが DPA へ集積できることを見出している。2 価/3 価の電気化学的酸化還元を利用したフェロセンの内包・放出を可逆制御することに成功し、鉄分貯蔵タンパク質フェリチンの機能を再現している。さらに単核フェロセンから多核へ拡張し、混合原子価多核フェロセンの集積した新材料を提案している。 第 4 章では、DPA に対する有機分子トリフェニルメチリウムの精密集積挙動について報告している。有機金属錯体に加え、有機カチオン分子も金属塩と同様な精密集積を可能にしている。さらに有機カチオンと金属塩との精密ヘテロ集積を可能とし、金属塩と有機カチオンの数と場所の DPA 中での精密制御を達成している。 第 5 章では、超構造体の構築を目指し、アルキル鎖を修飾した DPA(C12DPA)を設計し、新規にデンドリマーを合成した内容である。アルキル鎖を分子外層の末端に修飾することにより、自己組織化が可能となり、精密金属集積能をもつ新しい π 共役型ソフトマテリアルとしての機能することを確認している。この他、非対称構造を有する C12DPA による繊維構造の分子集合体、CuCl₂ との錯形成によるベシクルなどの超構造体の形成に成功している。 以上、本研究では機能デンドリマーを利用した全く新しい機能分子集積法を提案しただけでなく、超構造体を構築し新しいソフトマテリアルを創製に成功している。これらの成果は、機能材料やナノテクノロジーなどへ波及する事はもとより、高分子化学、有機金属化学や有機化学の進展に貢献し、学術上、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 3462 号	氏 名	森下 弘樹
主 論 文 題 目： Characterization of phosphorus donors in silicon by low magnetic field electrically detected magnetic resonance (低磁場電気検知磁気共鳴によるシリコン中のリン不純物評価)			
電子常磁性共鳴(EPR)は半導体中の様々な欠陥や不純物の磁気物性を解明する有効な手段である。欠陥によっては低磁場（例えば<200G）においてエネルギー準位が交差（反交差）し、電子スピンと核スピンが重ね合わせ状態を形成するため、低磁場での EPR 評価が必要となる。しかし、通常の EPR 測定では 3 kG 付近の高い磁場が用いられる。EPR 信号強度が磁場の 2 乗に比例するため、それよりはるかに低い磁場においては信号強度の確保が困難となる。 そこで本研究では、信号強度が共鳴周波数に依存せず、感度が EPR よりも$\sim 10^5$倍高い電気検知磁気共鳴(EDMR)法を開発した。そしてシリコン中のリン不純物の低磁場(200G 以下)電子常磁性共鳴を測定し、電子スピンと核スピンの重ね合わせ状態などの詳細を解明した。 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を示す。第 2 章では磁気共鳴の基礎と電気検知磁気共鳴の概要を記す。第 3 章では本研究が構築に成功した低磁場 EDMR 装置の構成を述べる。第 4 章では低磁場 EDMR を用いたシリコン中のリン不純物の測定結果と解析を示す。200 G 以下の低磁場では、スピンハミルトニアンにおいて超微細相互作用項が支配的になるため、リン不純物の電子スピンと核スピンのエネルギー状態が混ざり合う。そのため、高磁場 EPR で観測可能な許容遷移数 2 本に対し、低磁場 EDMR 測定で観測された遷移は 5 本に増えた。印加磁場を 0~200G、共鳴励起周波数を 0~1GHz の範囲で連続的に変化させた EDMR マッピングを行い、理論予測と定量的に比較することから観測されたすべての遷移がリン不純物由来であることを示した。さらに理論構築を進めることから、Si/SiO₂ 界面付近に存在する深い準位を介したリン電子のスピン依存再結合が低磁場 EDMR 信号の起源であることを示した。第 5 章ではリン不純物低磁場 EDMR の不均一広がり幅を安定同位体濃度を制御したシリコン結晶を用いて調べた。印加磁場が大幅に異なるにも関わらず、リン不純物の低磁場 EDMR 線幅と通常の EPR 線幅は同じであり、その広がり主要因が背景 ²⁹Si 核スピンとの超微細相互作用であることを明らかにした。これは、リン電子と界面準位の間の相互作用が、再結合を促すには十分であるが、線幅を広げる程には強くないことを示す。第 6 章では、本論文の結論を述べる。 本研究では、新たに開発された低磁場 EDMR 装置が、半導体中の不純物や欠陥の低磁場における磁気物性評価に有用であることを示した。また、リン不純物の測定において電子スピンと核スピンの重ね合わせ状態を明確に観測した。低磁場において形成されるこの状態は量子情報処理の量子ビットとして利用できると期待される。			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3462 号		氏 名	森下 弘樹	
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	Ph. D.	伊藤 公平	
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士	太田 英二	
	副査	慶應義塾大学教授	理学博士	江藤 幹雄	
	副査	慶應義塾大学教授	博士(工学)	斎木 敏治	
	副査	St.Petersburg State Polytechnical University, Professor, Ph.D.			Vlasenko, Leonid
学士(工学), 修士(工学) 森下弘樹君の学位請求論文は「Characterization of phosphorus donors in silicon by low magnetic field electrically detected magnetic resonance (低磁場電気検知磁気共鳴によるシリコン中のリン不純物評価)」と題し, 全六章より構成されている。 電子スピン共鳴(ESR)は半導体中の様々な欠陥や不純物の磁気物性を解明する有効な手段である。欠陥によっては低磁場(例えば 20mT 以下)においてエネルギー準位が交差(反交差)し, 電子スピンと核スピンの重ね合わせ状態を形成するため, 低磁場での ESR 測定が必要となる。しかし, ESR 信号強度が磁場の 2 乗に比例するため, 通常の ESR 測定では 300mT 付近の高い磁場が用いられる。それより低い磁場においては信号強度の確保が難しいためである。 そこで本論文において申請者は, 信号強度が共鳴周波数に依存せず, 感度が通常の ESR より約 10 万倍高い電気検知磁気共鳴(EDMR)法を開発し, その動作原理を報告している。そしてシリコン中のリン不純物の低磁場(20mT 以下)電子スピン共鳴を測定し, 電子スピンと核スピンの重ね合わせ状態などのエネルギー準位の詳細を解明している。 第一章では背景と目的, 第二章では磁気共鳴の基礎と EDMR 法の原理が示されている。第三章では申請者が構築した低磁場 EDMR 装置の構成が述べられている。第四章では低磁場 EDMR を用いたシリコン中のリン不純物の測定結果と解析が示されている。20mT 以下の低磁場では, リン不純物のスピンハミルトニアンにおいて超微細相互作用の項が支配的になるため, 電子スピンと核スピンのエネルギー状態が混ざり合う。そのため, 通常の ESR では許容遷移数が二本であるのに対し, 低磁場 EDMR では五本の磁気共鳴ピークが検知できることが示される。印加磁場を 0~20mT, 励起周波数を 0~1GHz の範囲で連続的に変化させて EDMR マッピングを行い, 理論予測と定量的に比較することから, 観測されたすべての遷移がリン不純物由来であることも確立している。さらに理論構築を進めることから, Si/SiO₂ 界面付近に存在する深い準位を介したリン電子と荷電子帯の正孔のスピン依存再結合が低磁場 EDMR 信号の起源であることを示している。第五章ではリン不純物の低磁場 EDMR の不均一拡がり幅を, 安定同位体濃度を制御したシリコン結晶を用いて調べている。印加磁場が異なるにも関わらず, リン不純物の低磁場 EDMR 線幅と通常の ESR 線幅は同じであり, その拡がり主要因が背景 ²⁹Si 核スピンとの超微細相互作用であることを明らかにしている。すなわち, リン電子と界面準位間の相互作用が, 信号検出に必要な再結合を促すには十分であるが, 線幅を拡げる程には強くないことを見出している。第六章では結論が述べられている。 以上要するに, 申請者は半導体中の不純物や欠陥の電子スピン共鳴評価を 20mT 以下の低磁場で実現する装置の開発に成功した。さらに, シリコン中のリン不純物の電子スピン・核スピン重ね合わせ状態の検出にも成功した。本研究で開発された装置が半導体中の様々な欠陥の低磁場における振る舞いを明らかにし, その成果が今後の素子設計に活用されることが多いに期待される。 よって, 本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。					

内容の要旨

報告番号	甲 第 3463 号	氏 名	近藤 雅貴
主 論 文 題 目：			
キノリノラトロジウム錯体およびその集積体を用いた 新規触媒反応の開発に関する研究			
本研究は、キノリノラト配位子とロジウム錯体が持つ特徴を使った新規反応の開発、及び水素結合を利用した遷移金属触媒の自己集積化法の開発とその現象を利用した触媒反応への展開を目的とするものである。 均一系遷移金属触媒は、現在の汎用化学品の合成において、非常に重要な役割を果たしており、その反応性、選択性の制御のために様々な配位子が用いられている。数多くの配位子が報告されている中で、筆者はキノリノラト配位子に注目した。キノリノラト配位子は、ピリジン窒素とフェノキシド酸素を持つ 1 価のアニオン性 2 座配位子であり、電子供与能が高い配位子の一つであると考えられる。各種金属と錯体を形成することが知られており、医薬品や有機 EL 材料など様々な利用されている。キノリノラト配位子を持つ遷移金属錯体を触媒として用いた反応も報告されているが、後周期遷移金属錯体の持つ特徴を生かした触媒反応への利用はごく限られている。 筆者は、キノリノラト配位子の特徴である高い電子供与能に着目し、電子密度が高いロジウム錯体が末端アセチレンと反応するとロジウム - ビニリデン錯体を与えることを考慮して研究を行った。その結果、キノリノラトロジウム錯体を触媒として用いることにより、末端アセチレンの逆マルコフニコフ則選択的なヒドロアルコキシ化反応によるエノールエーテル類の新規合成法の開発を達成した。本反応は基質の適用範囲が広く、また生成物の立体選択性が高いなどの特長を持ち、有用性の高いエノールエーテル類の合成法であることを明らかとした。さらに本反応はヘテロ環の合成にも利用できると考え、分子内環化反応への展開を行った。 また筆者は、遷移金属錯体が集積化することにより、新たな反応性を発現できることに着目した。多点での水素結合の形成が可能であること、また水素結合の形成を妨げることなく、その置換基によって溶解性の制御が可能であることなどを考慮し、バルビツール酸 (BA) と 2,4,6 - トリアミノピリミジン (TAP) の組み合わせが適当であると考え、キノリノラト配位子に BA 部位を連結したロジウム錯体と TAP 誘導体をそれぞれ設計・合成し、それらの溶液状態における自己集積化挙動の観測を行った。その結果、1,2 - ジクロロエタン中、水素結合によってこれらの分子が少なくとも 2 : 2 の関係で自己集積化することを見出した。さらに、この現象を利用した新たな触媒反応への展開を検討した。			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3463 号	氏 名	近藤 雅貴
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	博士（工学） 垣内 史敏
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 只野 金一
		慶應義塾大学教授	理学博士 山田 徹
		慶應義塾大学教授	工学博士 西山 繁
学士（理学）、修士（理学）近藤雅貴君提出の学位請求論文は、「キノリノラトロジウム錯体およびその集積体を用いた新規触媒反応の開発に関する研究」と題し、序論、本論2章、結論、および実験項より成っている。 遷移金属錯体を用いた新規な触媒的合成反応の開発は、化合物をより効果的に合成する方法論を与えるため重要な研究課題であり、広く研究が行われている。金属に配位させる配位子の特徴を利用した反応や選択性の制御や、錯体を集積化することによる金属錯体の新たな反応性の発現を利用した新規反応開発は、有機金属化学分野や有機化学分野における新しい展開が可能になるため重要である。著者は本論文において、キノリノラト配位子とロジウム錯体をもつ特徴を使った新規反応の開発、および水素結合を利用した遷移金属触媒の自己集積化法の開発とその現象を利用した触媒反応への展開を述べている。 序論には、遷移金属錯体を触媒に用いた有機合成反応において、金属上の配位子が反応の選択性や触媒活性に大きな影響を与えることについて述べている。特に、ソフトな第二周期以降の後周期遷移金属錯体と、ハードな配位子であるキノリノラト配位子の組み合わせが、これまで触媒反応において検討されておらず、それらを単独または集積化することにより新たな反応性の発現が期待されることについて述べている。 本論第1章では、キノリノラト配位子の特徴である高い電子供与能および二座で金属に配位できる性質に着目し、ソフトで電子密度が高いロジウム錯体の配位子として利用し、ロジウム錯体にこれまでに見られなかった反応性を発現させることを検討している。著者は、キノリノラトロジウム錯体を触媒として用いることにより、様々な末端アセチレンへのアルコールの付加反応が逆Markovnikov則選択的に付加し、エノールエーテル類が高収率・高選択的に生成する新規触媒反応を開発している。利用可能なアセチレン類の一般性について検討し、電子求引性および電子供与性置換基をもつアリールアセチレンやヘテロアリールアセチレン、さらに sp^3 炭素を置換基にもつ末端アセチレンが反応に利用できることを明らかにしている。また本触媒反応に対して、第1級アルコールや第2級アルコール、フェノール類を用いることができ、適用範囲が広い反応であることを明らかとしている。また、反応が高いZ体選択性で進行する反応機構についても考察している。 本論第2章では、遷移金属錯体を集積化させることにより新たな反応性を発現させることを目的とし、リンカーとなる分子を用いてキノリノラト錯体を溶液中で自己集積化させる手法の開発と、それらを用いた触媒反応の検討を行った結果について述べている。多点水素結合の形成が可能であり、かつ導入した置換基による溶解性の制御を可能にすることを考慮し、バルビツール酸 (BA) と 2,4,6-トリアミノピリミジン(TAP)の組み合わせを用いて、溶液中で錯体が自己集積化できる系の開発を検討している。キノリノラト部位の側鎖上にBA部位を導入した配位子をもつロジウム錯体と、様々な TAP 誘導体をそれぞれ設計・合成し、それらの溶液状態における自己集積化挙動の観測を行っている。その結果、BA と TAP にアルキル鎖を導入し有機溶媒への溶解度を向上させることにより、それらが 1,2-ジクロロエタン中で、少なくとも 2:2 の関係で自己集積化することを、NMR スペクトル、VPO 測定により明らかにしている。 結論では、ロジウム上にキノリノラト配位子を導入することにより、これまで達成が困難であった温和な条件下での末端アセチレンへのアルコールの逆Markovnikov則選択的な付加を効率的に進行させることが可能であること、キノリノラトロジウム錯体を溶液中において自己集積化させる手法を開発したこと、また集積化体を触媒に用いた反応についての研究成果がまとめられている。 実験項には、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。 以上、本研究における研究成果は、遷移金属錯体に新たな反応性を発現させるための新しい方法を提供した。上記の研究成果は、有機金属化学分野のみならず有機化学分野の進展に貢献し、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。			

内容の要旨

報告番号	甲 第 3464 号	氏 名	三柴 数
主 論 文 題 目： 補間とシームカービングを用いた画像のリサイズに関する研究			
近年の映像の取得、保存、伝送に関する目覚ましい技術革新と共に、映像を表示するためのデバイスについても大きな変化がもたらされている。それは表示サイズの高解像度化およびアスペクト比の多様化である。そのため、デバイスの特徴に合うように適切に画像をリサイズする手法が重要性を増している。 リサイズのように画像の解像度を変換する処理には、信号処理でよく用いられているサンプリング周波数の変換処理が用いられてきた。サンプリング周波数変換の基本的な処理は、離散的に得られたデータから連続関数を構築しデータを推定する、信号の補間である。この補間処理は、画像リサイズに適用した場合には必ずしも視覚的に好ましい画像が得られるわけではなく、いくつかの問題に悩まされている。これらの問題を解決するために、画像に特化した解像度変換手法が近年数多く提案されるようになった。画像特有の性質を利用した新たな画素補間法は、ブラーやアーチファクトの発生を抑制することができる。また、コンテンツ適応型リサイズ手法を用いることで、画像中の重要なオブジェクトがひずむことを避けたリサイズが行える。その中でもシームカービングと呼ばれるリサイズ手法は、質の高いリサイズ画像を得ることができる技術として注目を集めている。しかし、これらの技術には解決すべき問題も多く存在する。 本論文では、新たな画素補間法を用いた画像拡大およびコンテンツ適応型リサイズ技術の中のシームカービングに焦点を当て、これらの問題点を明らかにするとともに、その解決策を提案した。 第 1 章では本研究の背景及び目的を述べた。 第 2 章では、まず画像拡大法およびシームカービングの関連研究について言及した。そして、画像拡大法ではアーチファクトの発生や計算コストの高さが、シームカービングでは計算コストの高さと画像中の構造がひずむことが問題であることを述べた。 第 3 章では Edge-Directed Smoothness Filter と呼ばれるエッジ方向の滑らかさを測るためのフィルタを導入し、これを用いた新たな画像拡大法を提案した。提案法を用いることで、アーチファクトの少ない拡大画像を高速に得ることができることを示した。 第 4 章と第 5 章では、シームカービングにおける計算コストの高さを解決するための二つのアプローチを述べた。第 4 章では、従来のシームカービングをブロックベースの処理に拡張することで、計算コストを削減する手法を述べた。第 5 章では、ウェーブレット変換領域上でシームカービングを行うことにより計算コストを削減する手法を述べた。 第 6 章では、新たに提案するシームマージングと呼ばれるリサイズ手法を提案し、シームカービングにおいて画像中の構造がひずむ問題を解決した。 最後に第 7 章で全体を総括し、本研究の成果を述べた。 以上			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3464 号	氏 名	三柴 数
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 萩原 将文
		慶應義塾大学教授	工学博士 岡田 英史
		慶應義塾大学准教授	博士(工学) 青木 義満
学士（工学）、修士（工学）三柴数君提出の学位請求論文は「補間とシームカービングを用いた画像のリサイズに関する研究」と題し、7章から構成されている。 最近の技術革新により、映像の表示サイズが高解像度化され、多様なアスペクト比を持つ多種多様な映像表示デバイスが開発されている。このデバイスの特徴に合うように適切に画像をリサイズする手法が重要になっている。 リサイズのような画像の解像度を変換する処理は信号処理の基本であり、サンプリング周波数の変換によって実現される。サンプリング周波数変換の基本的な処理は、離散的に得られたデータから連続関数を構築し、データを推定する信号の補間である。しかし補間処理を画像リサイズに適用しても必ずしも視覚的に好ましい画像が得られるわけではなく、画像に特化した解像度変換手法が近年数多く提案されている。画像特有の性質を利用した新たな画素補間法は、ブラーやアーチファクトの発生を抑制することができる。また、コンテンツ適応型リサイズ手法を用いることで、画像中の重要なオブジェクトがひずむことを避けたリサイズが行える。その中でもシームカービングと呼ばれるリサイズ手法は、質の高いリサイズ画像を得ることができる技術として注目を集めている。しかし、これらの技術には解決すべき問題も多く存在する。本研究では、新たな画素補間法を用いた画像拡大およびコンテンツ適応型リサイズ技術の中のシームカービングに焦点を当て、これらの問題点を明らかにするとともに、その解決策を提案している。 第1章は序論であり、本研究の背景と目的を述べている。 第2章では本論文に用いられる基礎事項を説明している。 第3章では Edge-Directed Smoothness Filter と呼ばれるエッジ方向の滑らかさを測るためのフィルタを導入し、これを用いた新たな画像拡大法を提案している。提案法を用いることで、エッジを保存しつつ、アーチファクトの少ない拡大画像を高速に得ることができることを示している。 第4章と第5章では、シームカービングにおける計算コストの高さを解決するための二つの方法を述べている。第4章では、従来のシームカービングをブロックベースで処理し、画素単位の処理からブロック単位の処理を行うことで、画質を保存しつつ、計算コストを大幅に削減する手法を述べている。 第5章では、ウェーブレット変換領域上でシームカービングを行うことにより、計算コストを削減し、より自然な画像が得られる手法を述べている。 第6章では、新たに提案するシームマージングと呼ばれるリサイズ手法を提案し、シームカービングにおいて画像中の構造がひずむ問題を解決している。 第7章は結論であり、本研究の成果をまとめ、今後の展望を述べている。 以上要するに、本論文の著者は画像拡大を含むリサイズに関する新しい手法を確立し、計算コストと画質に関する有効性を示しており、画像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。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 3465 号	氏 名	手島 知昭
主 論 文 題 目： 平面拘束を用いた道路映像からの車両の水平位置推定および路面上の鏡面反射領域検出			
さまざまな情報技術が自動車の性能・機能の向上に利用され、実用化されている。映像解析処理技術は、古くから研究が行われてきたが、近年のカメラの低価格化や映像処理に利用されるコンピュータの高性能化と低価格化により、広く自動車の機能拡張に利用されるようになってきた。 本論文では、車載カメラに撮影される動画像から、撮影対象である道路面が平面であるという拘束を利用して、自車両の位置や、路面環境状況を推定するための手法を提案し、実験によりその有効性を実証するための研究についてまとめたものである。 提案手法は2つの手法からなる。1つは、路面の平面拘束を利用して、自車両の走行軌跡を推定するための手法であり、もう1つは、路面や周囲環境の平面拘束を利用して路面の水たまり領域を検出するための手法である。これらは、GPS、ステレオカメラや偏光レンズ付きカメラといった特殊なセンサデバイスを用いることなく、汎用のカメラ1台により得られる動画像を利用したものであり、これを実現するために平面拘束を利用する新しい手法を提案するものである。 路面の平面拘束を利用した自車両位置推定手法では、路面の平面拘束を利用することにより、違う時刻に撮影された2枚の画像間で対応画素を安定に推定する手法を提案している。路面は静止物体のため、画像間の位置関係は車両の移動により発生した変化であり、これを解析することで車両の走行軌跡が求められる。従来、本手法と同様に自車両位置を推定手法の大半は、路面上に書かれた白線との相対位置を推定することで車両の軌跡を推定していたが、白線が描かれていない未舗装道路や、雪道で覆われた道路では推定できないという問題があった。本手法では平面拘束を導入することにより、未舗装道路や、雪道で覆われた道路でも軌跡が推定できることを示し、合成画像、及び実画像両方を用いて走行軌跡を推定可能であることを実証した。また、応用の一例として、WebカメラとノートPCで走行軌跡推定システムを構築し、実際に車載して、実時間での走行軌跡推定が可能であることを示した。 平面拘束を利用した路面の水たまり領域の検出では、車両の周辺に存在する建築物も平面として近似可能であることを利用する。建築物と路面、2つの平面の位置関係が既知であれば、建築物が路面に映りこんだ仮想的な画像を合成できる。反射は平面で起こる現象であり、建築物が平面で近似できるときだけ、平面拘束を用いて鏡面反射を仮想的に生成可能である。本論文では、このことを利用して路面の水たまり領域を鏡面反射領域として推定する手法を提案する。本手法は、同様の鏡面反射推定のために偏光レンズを使う手法とは異なり、通常のカメラに入力された動画像解析だけで路面上の鏡面反射領域を検出することができる。本手法の有効性を確認するために、意図的に作成した水たまり領域を検出する実験を行い、この領域が良好に検出できることを示した。さらに、雨天時に、実際の車両で撮影した映像から水たまり領域を検出する実験を行い、実際の画像からでも水たまりの検出が可能であることを示した。			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3465 号	氏 名	手島 知昭
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	博士（工学） 斎藤 英雄
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 萩原 将文
		慶應義塾大学准教授	博士（工学） 重野 寛
		慶應義塾大学准教授	博士（工学） 青木 義満
		慶應義塾大学名誉教授・愛知工科大学教授	工学博士 小沢 慎治
学士（工学）、修士（工学）手島 知昭君提出の学位請求論文は、「平面拘束を用いた道路映像からの車両の水平位置推定および路面上の鏡面反射領域検出」と題し、4章より構成されている。 近年の自動車技術の進歩により、さまざまな情報処理技術が運転者支援に利用され実用化されている。その中でも映像解析処理技術は、古くから研究開発が行われてきた技術の一つであり、近年の映像撮影用カメラや映像処理用コンピュータの高性能化・低価格化に伴い、映像解析処理を運転者支援へ利用するための研究開発が盛んになってきている。しかしながら、現在のところ、特定の環境や条件下で実用化されているに過ぎず、未だ多くの研究課題が残されている。 本論文では、車載カメラの撮影対象である道路表面が平面であることに着目した道路映像解析処理により、車両周辺環境を取得する2つの新しい手法を提案している。一つは、平面拘束を利用した視点変換技術を利用した画像マッチングによる自車両の水平位置検出手法であり、もうひとつは、平面拘束を利用した視点変換映像に基づく光反射解析による路面上の鏡面反射領域の検出手法である。さらに本論文では、これらの提案手法の有効性を実験により実証している。 第1章では、本研究の目的・背景と位置付けが述べられている。 第2章では、路面が平面であるという仮定に基づいて平面拘束を利用することにより、違う時刻に撮影された2枚の画像間で対応画素を安定に推定し、これにより自車両の水平位置を検出する手法を提案している。従来の自車両位置を推定手法の大半は、路面上に書かれた白線との相対位置を推定することで車両の軌跡を推定していたが、白線が描かれていない未舗装道路や、雪道で覆われた道路では推定できないという問題があった。本手法では平面拘束による視点変換を導入することにより、未舗装道路や、雪道で覆われた道路でも軌跡が推定できることを示し、合成画像、及び実画像両方を用いて走行軌跡を推定可能であることを実証した。また、応用の一例として、WebカメラとノートPCで走行軌跡推定システムを構築して実車に搭載した実証実験を行うことにより、実時間で走行軌跡推定が可能であることを示している。 第3章では、路面に加え、更に車両の周辺に存在する建築物などの周辺環境も平面として近似可能であると仮定し、路面上の鏡面反射領域を検出する手法を提案している。本手法では、路面と周辺環境を表す平面の位置関係から周辺環境が路面に映りこんだ仮想鏡面反射映像を合成し、その画素値の変動と実際の入力映像の画素値の変動を比較することにより、その画素における鏡面反射の有無を判定する。本手法は、従来から行われている、鏡面反射推定のために偏光レンズを使うような手法とは異なり、通常のカメラに入力された動画映像解析だけで路面上の鏡面反射領域を検出することができる。さらに、本手法の有効性を確認するために、意図的に作成した水たまり領域を検出する実験を行い、この領域が良好に検出できることを示している。さらに、雨天時に、実際の車両で撮影した映像から水たまり領域を検出する実験を行い、実際の画像からでも水たまりの検出が可能であることを示唆している。 第4章は結論であり、本論文で得られた成果と今後の研究課題についてまとめている。 以上要するに本研究では、路面や周辺環境を平面と仮定することによる平面拘束を利用した動画映像解析により、GPS、ステレオカメラや偏光レンズ付きカメラといった特殊なセンサデバイスを用いることなく、汎用のカメラ1台により、自車両の水平位置や、路面の鏡面反射領域といった、運転支援のための情報を推定可能な手法を示し、それらの有効性・有用性を確認したものである。これらの成果は、ITSを始めとする、コンピュータビジョンに立脚する映像解析手法の応用分野への貢献が期待でき、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 3466 号	氏 名	本多 泰理
主 論 文 題 目 :			
Small-time Existence of a Strong Solution of Primitive Equations for the Ocean and the Atmosphere (海洋と大気の Primitive Equations の時間局所解の存在)			
Primitive equations は大気や海洋の状態の時間発展を記述する偏微分方程式系であり、気象の数値予報やシミュレーションに現在広く用いられている。その方程式系は Navier-Stokes 方程式に類似しているが、静水圧近似の適用により運動方程式における速度の鉛直成分が圧力勾配と重力の平衡式に置き換えられている点、境界条件における風の応力や熱フラックスがバルク法により記述されている点、粘性項が非等方的である点が主な相違点である。 本論文は、primitive equations の大気、海洋各モデルに対して、Sobolev-Slobodetskii 空間に属する時間局所解の存在と一意性を証明するものである。 Primitive equations は 1920 年代の Richardson による初の数値予報の試みの中で提案されたモデル方程式である。その後この方程式に対して各種の数値計算に関する研究がなされたが、数学の研究としては、1990 年代における Lions, Temam, Wang 等による大気、海洋各モデルおよび結合モデルに対する weak solution の構成が最初である。その後 Guillen-Gonzalez and Rodriguez-Bellido (2001, 2005), Temam and Ziane (2004) による strong solution の時間局所解、および Cao and Titi (2005) による時間大域解の存在と一意性が報告されている。しかし、これらはいずれも海洋表面を固定平面とするモデル化 (rigid lid hypothesis) を採用している。大気モデルについては Lions et al. (1992), Ewald and Temam (2001) などがあるが、問題の定式化においていくつかの課題が残されている。 本論文では、大気、海洋それぞれの primitive equations に対し、3 次元帯状領域における自由境界問題としてのモデル化とその数学解析を行なう。その特徴は、次の通りである： 1. 海面を自由境界としてモデル化する。 2. 直交座標系を用いて記述された問題を、p-座標系で記述された問題へ変換する。 3. 将来の大気海洋結合モデルの解析を勘案し、両者とも p 座標系によりモデル化を行う。これは海洋のモデル化としては新規の取り組みである。 4. 境界条件において、応力テンソルおよび蒸発・凝縮の影響を考慮する。 p-座標系への変換後、領域を固定するための座標変換を更に行い、それらの変換後の座標系における既知関数、および陰関数として表される関数のノルムの評価を与える。次に線形化問題を解き、その解の評価を求める。最後に未知関数についての逐次近似列を構成し、その極限として非線形問題を解く。Sobolev-Slobodetskii 空間における Multiplicative inequality を用いて非線形項の評価を行い、更に Young の不等式により十分小さい時間区間上での逐次近似列の有界性と収束性を示す。以上により、座標変換後の問題に対する解の存在と一意性が示される。また温度・湿度・塩分濃度の各未知変数については、十分小さい時間区間上で正值性が保持されることも示される。			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3466 号	氏 名	本多 泰理
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	理学博士 谷 温之
	副査	慶應義塾大学教授	博士(理学) 井関 裕靖
	副査	慶應義塾大学准教授	博士(理学) 井口 達雄
	副査	慶應義塾大学准教授	博士(理学), 医学博士 藤谷 洋平
	副査	早稲田大学特任教授	工学博士 西田 孝明
学士(理学), 修士(理学), 本多泰理君提出の学位請求論文は「Small-time Existence of a Strong Solution of Primitive Equations for the Ocean and the Atmosphere (海洋と大気の Primitive Equations の時間局所解の存在)」と題し, 本文 3 章と付録から構成されている. Primitive equations は, 大気や海洋の状態の時間発展を記述する偏微分方程式系で, 現在, 気象の数値予報やシミュレーションに広く用いられている. その方程式系は, 密度, 速度, 温度に関する圧縮性 Navier-Stokes 方程式を, 大気の場合には, 主として 2 つの仮定 (1) hydrostatic 近似, (2) large-scale motion のみを陽に扱い, small-scale motion は乱流粘性の形で考慮に入れる, から得られた偏微分方程式系と湿度に関する方程式とを連立したもの, 海洋の場合には, 圧縮性 Navier-Stokes 方程式を上記の仮定 (1), (2) に加えて, さらに (3) Boussinesq 近似 することにより得られた偏微分方程式系と塩分濃度に関する方程式とを連立したものからなっている. Primitive equations は, 1920 年代 Richardson による初の数値予報の試みの中で提案され, 数値計算, 数値解析を中心に研究が遂行されてきた. 数学面での研究は, 1990 年代 Lions 達に始まり, 大気, 海洋各モデルとそれらの結合モデルの弱解の構成に成功した. その後強解の一意存在も報告されているが, それらはすべて, 海洋表面が固定平面であるとする仮定 (rigid lid hypothesis) の下での結果である. 本論文は, 大気, 海洋それぞれに対する primitive equations の自由境界問題の時間局所強解の一意存在を証明したものである. 第 1 章は, 序論であり, primitive equations に対するこれまでの研究の歴史を, 主として数学面から辿り, 本研究の動機付け, 問題設定の特徴付けが行なわれている. 第 2 章では, 海洋に対して, 滑らかな底面と自由界面で囲まれた 3 次元帯状領域において問題設定が行なわれ, 時間局所的ではあるが, Sobolev-Slobodetskii 空間に属する強解が一意存在する証明が与えられている. 証明におけるポイントは, 2 つの座標変換, p-座標と自由境界を持つ未知帯状領域の固定境界を持つ既知帯状領域への変換, である. それら変換で書き換えられた非線形問題に, 偏微分方程式論におけるスタンダードな方法が適用され, 結果が得られている. 海洋に対する primitive equations に対する問題を p-座標への変換を用いて解いたのは, 本論文の著者が最初である. 第 3 章では, 大気に対し, 第 2 章と同様な幾何学的状況の下で問題設定がなされ, 同様な結果が得られている. 非圧縮流体である海洋の場合に比べ, 大気は本質的に圧縮性であることにより, p-座標変換を始め, すべての証明プロセスがより複雑になっている. その分, 緻密で膨大な計算を必要とするが, 著者はそれを見事に克服して, 証明に成功している. 以上, 要するに, 本論文の著者は, 海洋, 大気の primitive equations に対する自由境界問題の, 時間局所的ではあるが, Sobolev-Slobodetskii 空間に属する強解の一意存在証明に初めて成功した. 特に, 海洋の primitive equations に対する自由境界問題に p-座標変換を用いて得た結果ならびにその証明方法は, 今後の大気・海洋問題研究の進展に貴重な示唆を与えたといえ, 理学上益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 3467 号	氏 名	北澤 謙太郎
主 論 文 題 目：			
ルテニウム錯体による炭素－水素結合の触媒的官能基化を経る 多環式芳香族化合物の合成に関する研究			
本研究は、遷移金属錯体触媒による炭素－水素結合の官能基化を利用し、種々の多環式芳香族化合物の簡便な新規合成法の開発を目的としている。 遷移金属錯体触媒を用いたクロスカップリング反応は、高効率、高選択的に目的物を合成するために、現代の有機合成化学において欠かすことのできない反応の一つである。これらの反応では、多くの場合、基質として高反応性の芳香族ハロゲン化物等を用いるため、あらかじめ出発物質にハロゲン等の官能基を位置選択的に導入しておく必要がある。 一方、遷移金属錯体触媒を用いる芳香族炭素－水素結合切断を経る官能基化反応は、通常不活性な炭素－水素結合を反応に用いることができる直截的な反応として注目を集めている。中でも、配向基を利用した炭素－水素結合切断を経る位置選択的な官能基導入反応は、新しい合成法として注目されている。 当研究室では、芳香族ケトンの位置選択的な炭素－水素結合の官能基化反応を報告している。筆者は、配向基のカルボニル基が容易に他の官能基に変換可能である事に着目し、炭素－水素結合の官能基化とカルボニル基の変換を組み合わせることで、効率的な合成法の開発が行えると考えた。本研究において合成を目指す化合物として、有機電子材料への利用が期待されている多環式芳香族化合物を取り上げ、それらを短工程で合成する手法の開発を検討した。配向基を利用した炭素－水素結合の官能基化反応に関する研究において、生成物中に残存する配向基を反応後にさらなる分子変換に用いた例は少なく、本研究は斬新な発想に基づく研究であると言える。 筆者は、芳香族ケトンとしてアントラキノンを扱い、ルテニウム触媒存在下アリアルボロン酸エステルと反応させることで、カルボニル基のオルト位の炭素－水素結合が全てアリアル化されたテトラアリアルアントラキノンを良好な収率で得られることを見出した。アントラキノンはアントラセン骨格へと変換が可能であり、様々なテトラアリアルアントラキノンを 4 置換アントラセンや 6 置換アントラセンへと短工程で変換する事に成功した。この手法は、従来法では合成が困難であった多置換アセン類を、簡便に合成できる画期的な方法と言える。 さらに筆者は、ジベンゾ[<i>a,h</i>]アントラセンやピセン類の簡便な合成法の開発も行った。これらの化合物は、高いホール移動度を示す事から注目を集めている化合物であるが、誘導体合成の報告例は少なく、新たな合成法の開発が望まれている。筆者は、ルテニウム触媒存在下、アセトフェノン誘導体とアリアルジボロン酸エステルとを 2:1 の比でカップリングさせ <i>p</i>-テルフェニル誘導体を合成した。続いてアセチル基をエチニル基へと変換し、次いで芳香環化させることで目的の化合物を合成することに成功した。この方法により、入手容易な化合物から 3 工程で様々なジベンゾ[<i>a,h</i>]アントラセンやピセン誘導体の合成を簡便に行うことが可能となった。			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3467 号	氏 名	北澤 謙太郎
論文審査担当者：			
主査	慶應義塾大学教授	博士（工学）	垣内 史敏
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	理学博士	千田 憲孝
	慶應義塾大学教授	工学博士	吉岡 直樹
	総合研究大学院大学	博士（理学）	櫻井 英博
学士（理学）、修士（理学）北澤謙太郎君提出の学位請求論文は、「ルテニウム錯体による炭素－水素結合の触媒的官能基化を経る多環式芳香族化合物の合成に関する研究」と題し、序論、本論 3 章、総括、および実験項より成っている。 遷移金属錯体触媒を用いる炭素－水素結合切断を経る官能基化反応は、通常不活性な炭素－水素結合を反応に用いることができる直截的な反応として注目を集めている。中でも、配向基を利用した炭素－水素結合切断を経る位置選択的な官能基導入反応は、新しい合成法として注目されている。 筆者は、炭素－水素結合を利用した芳香族化合物と芳香族ボロン酸誘導体とのクロスカップリング反応の展開として、芳香族エステルの位置選択的アリール化反応の開発、芳香族ケトンの炭素－水素結合のアリール化とカルボニル基の変換反応を利用した多環式芳香族化合物への変換反応、ならびに合成した多環式芳香族化合物の有機電子材料としての特性について述べている。 序論には、遷移金属触媒を用いた炭素－水素結合の炭素－炭素結合への変換反応が、原子効率の高い有用性が高い反応であること、ならびに多環式芳香族化合物が有機半導体などの有機電子材料への利用が期待されている化合物であることについて述べている。 本論 1 章では、芳香族エステルと芳香族ボロン酸誘導体とのクロスカップリングにより、エステル基のオルト位炭素－水素結合を選択的にアリール基に変換できる触媒的合成手法を開発している。この検討において、エステルのアルコキシ部位の構造が反応性に大きな影響を与えることを見出している。 本論 2 章では、ルテニウム触媒を用いたアントラキノンと芳香族ボロン酸誘導体とのクロスカップリングにより、オルト位の炭素－水素結合が全てアリール化されたテトラアリールアントラキノンが、良好な収率で得られることを述べている。また、合成したテトラアリールアントラキノンのテトラアリールアントラセンやヘキサアリールアントラセンへの短工程変換法の開発についても述べている。この手法は、従来法では合成が困難であった多置換アセン類を、簡便に合成できる画期的な方法である。 本論 3 章では、芳香族ケトンと芳香族ボロン酸誘導体とのクロスカップリングを、ジベンゾ[a,h]アントラセンやピセン類の簡便な合成法へと展開した結果について述べている。筆者は、ルテニウム触媒によるアセトフェノン誘導体とアリールジボロン酸エステルとのクロスカップリングにより、p-テルフェニル誘導体が効率的に合成できることを見出している。この反応の生成物を、短工程でジベンゾ[a,h]アントラセンやピセン誘導体へ変換することに成功している。また、合成した化合物がもつ電界効果トランジスタ特性についても検討している。 総括では、ルテニウム触媒を用いた芳香族カルボニル化合物と芳香族ボロン酸エステル類とのクロスカップリング反応により、位置選択的にアリール基を芳香環上に導入可能であること、また芳香族炭素－水素結合の直接アリール化とカルボニル基の変換反応を組み合わせることにより、短工程で多環式芳香族化合物へ変換する方法の開発に関する研究成果がまとめられている。 実験項には、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。 以上、本研究における研究成果は、遷移金属触媒による不活性結合官能基化の新手法の提供と、不活性結合の利用を機軸とした多環式芳香族化合物の新合成法を提供した。上記の研究成果は、有機金属化学分野のみならず有機化学分野の進展に貢献し、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3468号	氏 名	大野 憲一
主 論 文 題 目：			
磁性流体を用いた同調液体ダンパーの基礎特性及び性能改善に関する研究			
構造物の振動による疲労軽減や人的健康被害の抑制等を目的として制振装置の研究が数多く為されている。中でも液体を制振質量として用いる同調液体ダンパー（TLD）は、微小振動にも効果的で長寿命という利点を有するが、多くの TLD はパッシブ型であり制振効果範囲が限定されている。制御式 TLD はいくつか考案されており、セミアクティブ TLD である同調磁性流体ダンパー（TMFD）もその一つであるが、その特性については未解明な点が多い。本研究では、定常磁界によって制御を行う TMFD に関して、基礎特性を明らかにし、基礎特性に基づいた制御域の改善を行うことを目的としている。 第 1 章では、本研究の背景と従来の研究を概説した。 第 2 章では、まず円筒容器底部から軸対称磁界を印加する場合の磁性流体スロッシングの線形理論解析を行った。製作した TMFD 装置によって加振実験を行い、構造物周波数応答の最大制振点がスロッシング固有振動数に相当するという性質を利用して、理論解析によって得られたスロッシング固有振動数が実験結果と定量的に一致することを確認した。スロッシング固有振動数から最適液深条件を求め、最適液深設定時の TMFD の性能を実証した。更に、容器壁面上における流体圧力変化振幅と液面変位振幅の関係を調べ、その両者がほぼ線形関係にあること、横方向加振の 1 周期内に、円周方向 0 次モードである縦方向スロッシングが 2 周期生じていること、縦方向スロッシング固有振動数が圧力変化振幅と液面変位振幅の比例関係に関与することを実験的に明らかにした。 第 3 章では、最適液深設定時に液量が確保しにくい問題の解決策として、二重円筒容器を用いた TMFD の提案を行い、二重円筒容器内磁性流体スロッシングの線形理論解析を行った。二重円筒容器 TMFD は、円筒容器 TMFD に比べて最大制振点における構造物振幅が増大してしまうことや、磁界印加時のスロッシング固有振動数変化量が低減してしまうことが実験的に判明した。理論解析結果から明らかとなったスロッシング固有振動数への磁界の影響を考慮し、二重円筒容器の内円筒内部に鉄心を挿入することを提案した。鉄心挿入によってスロッシング固有振動数変化量が大幅に増大し、TMFD の制御域が大きく改善されたことを実験的に確認した。 一方、第 4 章では、同調質量ダンパー（TMD）アナロジーを用いて TMFD をモデル化し、その時の TMD パラメータ変化を定性的及び定量的に求めた。二重円筒容器では円筒容器に対し、臨界減衰係数が大きく増加し、有効質量が減少することが明らかとなった。また、磁界印加によって、構造物周波数応答の第一共振振動数が影響を受けることや、臨界減衰係数が増加傾向を示すことが判明した。 第 5 章に、各章で得られた知見をまとめ、本研究の成果を要約した。			
			以上

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3468 号	氏 名	大野 憲一
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	工学博士 澤田達男
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 藪野浩司
		慶應義塾大学准教授	博士(工学) 佐藤洋平
		慶應義塾大学専任講師	博士(工学) 竹村研治郎
		東海大学教授	工学博士 押野谷康雄
学士(工学), 修士(工学) 大野憲一君提出の学位請求論文は「磁性流体を用いた同調液体ダンパーの基礎特性及び性能改善に関する研究」と題し, 5章から構成されている。 本論文では, 液体を制振質量として用いる同調液体ダンパー(TLD: Tuned Liquid Damper)を取り上げている。TLDは微小振動にも効果的で長寿命という利点を有するが, 多くのTLDはパッシブ型であり, 制振効果範囲が限定されている。制御式TLDは幾つか考案されており, セミアクティブTLDである同調磁性流体ダンパー(TMFD: Tuned Magnetic Fluid Damper)もその一つである。しかし, その制振特性については未解明な点が多い。そこで, 本論文の著者は, 定常磁界によって制御を行うTMFDの基礎特性を明らかにし, 基礎特性に基づいた制振制御域の改善を試みている。 第1章は序論であり, 磁性流体を含めた磁気機能性流体や様々な振動制御機構を紹介すると共に, TMFDにおける課題を取り上げ, 本研究の位置付けと目的を記述している。 第2章では, まず円筒容器底部から軸対称磁界を印加する場合の磁性流体スロッシングの線形理論解析を行っている。加振実験を行い, 理論解析によって得られたスロッシング固有振動数が実験結果と定量的に一致することを確認し, スロッシング固有振動数から最適液深条件を求め, 最適液深設定時のTMFDの性能を実証している。更に, 容器壁面上における流体圧力変動振幅と液面変位振幅の関係を調べ, その両者がほぼ線形関係にあること, 横方向加振の1周期内に, 円周方向0次モードである縦方向スロッシングが2周期生じていること, 縦方向スロッシング固有振動数が圧力変動振幅と液面変位振幅の比例関係に関与することを実験的に明らかにしている。 第3章では, 最適液深設定時に液量が多くなることの解決策として, 二重円筒容器を用いたTMFDの提案を行い, 二重円筒容器内磁性流体スロッシングの線形理論解析を行っている。また, 加振実験も行い, 二重円筒容器TMFDは, 円筒容器TMFDに比べて最大制振点における構造物振幅が増大することや, 磁界印加時のスロッシング固有振動数変化量が低減するといった問題点を明らかにしている。これらの問題点を解決するために, 理論解析結果から得られたスロッシング固有振動数への磁界の影響を考慮し, 二重円筒容器の内円筒内部に鉄心を挿入することを新たに提案している。鉄心挿入によってスロッシング固有振動数変化量が大幅に増大し, TMFDの制御域が大きく改善されたことを実験的に確認している。 第4章では, 同調質量ダンパー(TMD: Tuned Mass Damper)との類似性に着目してTMFDをモデル化し, その時のTMDパラメータ変化を定性的および定量的に求めている。二重円筒容器TMFDでは円筒容器TMFDに対し, 臨界減衰係数が大きく増加し, 有効質量が減少することを明らかにしている。また, 構造物周波数応答の第一共振振動数が, 磁界印加によって影響を受けることや, 臨界減衰係数が増加傾向を示すことを明示している。 第5章では, 各章で得られた知見をまとめ, 本研究の成果を総括している。 以上要するに, 本論文では, 理論解析に基づいた実験を行うことで, 磁性流体を用いた同調液体ダンパーの基礎特性を明らかにし, その制振性能の改善を図ったものであり, 磁気機能性流体の応用に関連して, 工業上・工学上寄与するところが少なくない。よって, 本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。			

内容の要旨

報告番号	甲 第 3469 号	氏 名	濱 直人
主 論 文 題 目 :			
Overman 転位を鍵反応とした Agelastatin A および Broussonetine 類の全合成			
本論文は、Overman 転位を鍵反応とし、海洋性天然物で抗腫瘍活性を示す agelastatin A と、植物から単離されたグリコシダーゼ阻害活性を示す broussonetine 類の合成について述べたものである。 緒論第 1 章では、Overman 転位の反応機構と一般的な特徴について説明した。第 2 章では agelastatin A の構造、生物活性、生合成仮説およびこれまで報告された合成例を紹介した。第 3 章では broussonetine 類の構造、生物活性、生合成仮説およびこれまで報告された合成例を紹介した。 本論第 1 章では、炭素-窒素結合を不斉転写により形成する Overman 転位（カスケード型、オルトアミド型）の開発について述べた。酒石酸から容易に調製できるアリルジオールを共通中間体として用い、ビスイミデートおよび環状オルトアミドを合成した。ビスイミデートをキシレン溶媒中加熱したところ、カスケード型 Overman 転位が進行し、2 度の転位がおきた成績体であるビスアミドを単一のジアステレオマーとして得た。一方、環状オルトアミドからの Overman 転位では、1 度のみの転位成績体であるアリルアミドアルコールを立体選択的に得た。これらの結果から、反応条件によりアリルジオールの Overman 転位の形式（1 回転位または 2 回転位）を制御できることを見出した。 第 2 章では、agelastatin A の全合成の詳細を記した。ビスイミデートからのカスケード型 Overman 転位によって得られたビスアミドに、Mislow-Evans 転位、閉環メタセシス反応を用いてシクロペンテンとした。続くメシル化の条件で処理をすると単一のオキサゾリンへと収束し、2 つの窒素官能基を区別することができた。エノンの分子内 aza-Michael 付加および保護基を除去することで agelastatin A の全合成を達成した。 第 3 章では broussonetine 類の全合成についての詳細を述べた。環状オルトアミドからの Overman 転位により得られたアリルアミドアルコールに、立体選択的なジヒドロキシ化、細見-桜井アリル化を経てピロリジンへと導いた。別途調製した側鎖との鈴木-宮浦クロスカップリング、ひきつづく脱保護により broussonetine F および broussonetine L の全合成を達成した。 総括では本研究の成果を簡潔にまとめた。			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3469 号	氏 名	濱 直人
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
		慶應義塾大学准教授	博士（理学） 末永 聖武
		慶應義塾大学教授	工学博士 戸嶋 一敦
学士（工学）、修士（理学）濱直人君提出の学位請求論文は、「Overman 転位を鍵反応とした Agelastatin A および Broussonetine 類の全合成」と題し、緒論、本論 3 章、総括、および実験編より成っている。 疾病に対する治療・予防効果など有用な生物活性を示す天然有機化合物およびそれらの関連化合物を効率よく化学合成する手法の開発は、有機化学分野のみならず、現代科学の重要な課題である。著者は本論文において、Overman 転位反応を効果的に利用した、顕著な生物活性を有する含窒素天然有機化合物である agelastatin A ならびに broussonetine 類の全合成研究について述べている。 緒論には、本合成研究の鍵反応である Overman 転位反応についての概説、ならびに本研究の標的化合物とした agelastatin A ならびに broussonetine 類の生物活性、過去の合成研究例などが記されている。 本論第 1 章では、著者により展開された、アリルジオールにおける Overman 転位反応の新規手法の開発についての詳細が述べられている。入手容易な酒石酸または糖類より誘導したキラルなアリルジオール類に対し、トリクロロアセトニトリルを反応させると、反応条件の選択により、ビストリクロロアセトイミデート、またはオルトアミドに選択的に変換することができた。ビストリクロロアセトイミデートの Overman 転位は、カスケード型の二重転位が不斉転写を伴って一挙に進行したジアミド誘導体を高収率で与え、一方オルトアミドの反応では、不斉転写を伴った転位が一回のみ起きたアリルアミドが生成することを見いだした。この反応の開発により、アリルジオールをジアミドまたはアリルアミドへ高立体選択的に、かつ任意に作りわけることが可能となった。 本論第 2 章には強い抗腫瘍性活性を示す海産アルカロイドである agelastatin A の全合成が記載されている。酒石酸由来のアリルジオールのカスケード型 Overman 転位により得られたジアミドに対し、Mislow-Evans 転位により酸素官能基を導入、これをシクロペンテン誘導体へ変換し、ブromoピロール部位の導入、分子内 aza-Michael 反応などにより agelastatin A の全合成を達成した。この合成によりカスケード型 Overman 転位が隣接ジアミン構造を立体選択的に構築する有用な手法であることを示した。 本論第 3 章では、強力なグルコシダーゼ阻害活性を有するアルカロイド、broussonetine 類の全合成研究の詳細が述べられている。酒石酸より合成したアリルジオールのオルトアミド型 Overman 転位は高立体選択的にアリルアミドを与えた。二重結合部位をジオールへ変換後、細見-櫻井反応によりアリル基を導入、ピロリジン骨格を構築した後に、側鎖部位との鈴木-宮浦クロスカップリング、保護基の除去により broussonetine F の全合成を達成した。また、同様の手法により、より複雑な構造を有する broussonetine L の全合成にも成功している。 総括では、本合成研究の成果がまとめられている。 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。 以上、著者は本研究において入手容易な酒石酸および糖類を出発原料として、カスケード型、またオルトアミド型 Overman 転位を利用することにより、複雑な構造を有し顕著な生物活性を示す含窒素化合物の合成における新規方法論の開発に成功し、agelastatin A ならびに broussonetine 類の全合成を達成した。この研究で示された不斉転写を伴う立体選択的な窒素官能基の導入法は、含窒素化合物の合成において広く応用されることが期待される。本研究は今後の含窒素化合物合成における有用な新手法と重要な知見をもたらしたものであり、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。			

内容の要旨

報告番号	甲 第3470号	氏 名	加藤 健郎
主論文題目： 多様場に対応するロバストデザイン			
人工物の機能は、人工物の特性とそれが使用される場（使用者、使用環境など）の関係で決定される。そのため、人工物デザインにおいては場を考慮する必要がある。特に近年においては、場が多様化していることから、その対応手段としてロバストデザインが注目されている。ロバストデザインとは、寸法や材料など人工物の特性のばらつきや人工物を取り巻く場の多様性を考慮することで、解のロバスト性を確保することを狙いとする手法である。すでに多くのロバストデザイン法が提案されているが、それらのほとんどは前者の人工物の特性のばらつきに主眼を置いたものであり、後者の場の多様性に対応する手法はいまだ少ないことが指摘されている。 そこで、本研究では、既存の手法の体系的分類を行うことで、各手法の特徴および関係性と、多様場に対応するためのロバストデザイン法の要件を明示するとともに、それに基づいて新たなロバストデザイン法を構築することを目的とした。 第1章では、本研究の背景および目的を示すために、ロバストデザインの現状および多様場に対応するロバストデザインの必要性を述べた。 第2章では、既存のロバストデザイン法における分類体系と、既存の手法の適用条件について述べた。目的関数や因子などの特徴を分類基準とした分類体系を示し、多様な使用者を想定した公共用シートのデザイン事例に適用した。その結果、本分類体系により適切なロバストデザイン法が選択されることが確認され、同分類体系の有用性が示された。また、新たに提案を要するロバストデザイン法の要件として、既存の手法による対応が難しい複数の目的関数や因子間の従属性などの特徴が抽出され、それらの影響により多峰性分布となる目標特性を考慮する必要性が示された。 第3章では、第2章で述べた多峰性分布の目標特性に対応するロバストデザイン法について述べた。目標特性分布の積分値を指標とするロバスト性評価方法と、モンテカルロ法による同指標の算出方法を提案し、多様な使用者を想定したシートのデザイン事例に適用した。その結果、本手法によるデザイン解が、既存の手法によるデザイン解より優れたロバスト性を有することが確認され、同手法の有効性が示された。 第4章では、調整可能な制御因子（以下、可変制御因子）を第3章で述べた手法に導入することで、ロバスト性のさらなる向上を実現したロバストデザイン法について述べた。複数の調整値における目標特性分布の和集合を用いたロバスト性評価方法と、遺伝的アルゴリズムや局所探索法を用いた可変域の最適化方法を提案し、多様な使用環境や使用者を想定したディスクブレーキおよびシートのデザイン事例に適用した。その結果、本手法によるデザイン解が、第3章で述べた手法によるデザイン解のロバスト性をさらに向上させたものであることが確認され、同手法の有効性が確認された。 第5章では、第3章および第4章で述べた手法を包含する各種ロバストデザイン法の選択方法について述べた。第2章で述べた既存の手法の分類基準と、第3章および第4章で述べた手法の分類基準を統合することで、各種ロバストデザイン法の選択基準を提示した。本選択方法により、提案手法および既存の手法の適切な使い分けを可能とした。 第6章では、各章で得られた内容を総括し、本研究の成果および将来の展望について述べた。			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3470 号	氏 名	加藤 健郎
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	博士(工学) 松岡 由幸
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 志澤 一之
		慶應義塾大学教授	博士(工学) 青山 英樹
		慶應義塾大学准教授	工学博士 中澤 和夫
学士(工学)、修士(工学) 加藤健郎君の学位請求論文は「多様場に対応するロバストデザイン」と題し、6章から構成されている。 人工物の機能は、人工物の特性とそれが使用される場(使用者、使用環境など)の関係で決定される。そのため、人工物デザインにおいては場を考慮する必要がある。特に近年においては、場が多様化していることから、その対応手段としてロバストデザインが注目されている。ロバストデザインとは、寸法や材料など人工物の特性のばらつきや人工物を取り巻く場の多様性を考慮することで、解のロバスト性を確保することを狙いとする手法である。すでに多くのロバストデザイン法が提案されているが、それらのほとんどは前者の人工物の特性のばらつきに主眼を置いたものであり、後者の場の多様性に対応する手法はいまだ少ないことが指摘されている。以上の背景から、本研究では、既存の手法の体系的分類を行うことで、各手法の特徴および関係性と、多様場に対応するためのロバストデザイン法の要件を明示するとともに、それに基づいて新たなロバストデザイン法を構築している。 第1章では、本研究の背景および目的を示すために、ロバストデザインの現状および多様場に対応するロバストデザインの必要性を述べている。 第2章では、目的関数や因子などの特徴を分類基準とする既存のロバストデザイン法の分類体系について述べている。同分類体系を、多様な使用者を想定した公共用シートのデザイン事例に適用することで、適切なロバストデザイン法が選択されることを確認し、同分類体系の有用性を示している。また、新たに提案を要するロバストデザイン法の要件として、既存の手法による対応が難しい複数の目的関数や因子間の従属性などの特徴を明確化し、同特徴の影響により生じる多峰性分布の目標特性を考慮する必要性を示している。 第3章では、多峰性分布の目標特性に対応するロバストデザイン法について述べている。同方法は、目標特性分布の積分値を指標とするロバスト性評価方法と、モンテカルロ法による同指標の算出方法により構成されている。同法を、多様な使用者を想定したシートのデザイン事例に適用することで、同手法によるデザイン解のロバスト性が、既存の手法による同ロバスト性より優れることを確認し、同手法の有効性を示している。 第4章では、調整可能な制御因子(以下、可変制御因子)を第3章で述べた手法に導入することで、ロバスト性のさらなる向上を実現したロバストデザイン法について述べている。同手法は、複数の調整値における目標特性分布の和集合を用いたロバスト性評価方法と、遺伝的アルゴリズムや局所探索法を用いた可変域の最適化方法により構成されている。同手法を、多様な使用環境や使用者を想定したディスクブレーキおよびシートのデザイン事例に適用することで、同手法によるデザイン解のロバスト性が、第3章で述べた手法によるロバスト性より優れることを確認し、同手法の有効性を示している。 第5章では、提案手法を包含する各種ロバストデザイン法の選択方法について述べている。同選択方法は、第2章で述べた既存の手法の分類基準と、第3章および第4章で述べた手法の分類基準を統合することにより構築されている。同選択方法により、提案手法および既存の手法の適切な使い分けを可能としている。 第6章では、本研究の成果と将来の展望について述べ、本研究を総括している。 以上要するに、本論文は、人工物における多様な使用者や使用環境(多様場)に対して機能の安定性を確保するための新たなロバストデザイン法と、それを包含した各種ロバストデザイン法の選択方法を構築したものであり、デザイン方法論の分野において工学上、工業上寄与するところが少なくない。よって、本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。			

内容の要旨

報告番号	甲 第 3471 号	氏 名	海津 一成
主 論 文 題 目 :			
Robustness Analysis of the Budding Yeast Cell Cycle Using an Integrative Model and in vivo Measurements (統合モデルと <i>in vivo</i> 定量化実験による出芽酵母細胞周期のロバストネス解析)			
内外からのノイズに対して細胞がその機能を維持し続ける能力ーロバストネスーは、生命システムの基本的な設計原理であり、またシステムバイオロジーにおける重要な論点の一つである。しかしながら、制御ネットワークの複雑性と生体内でのロバストネス定量化手法の欠如により、ロバストネスを生じるメカニズムについてはほとんど分かっていない。本研究では、数理モデルによる予測とロバストネス定量化手法である遺伝子綱引き (gTOW) 法を用いて、出芽酵母細胞周期のロバストネスに関する普遍的な理論を提示した。 第一に、出芽酵母細胞周期の制御構造を俯瞰するため、600 以上の論文に示された生化学的な根拠に基づき、細胞周期に関連する分子間相互作用の包括的なマップを構築した。本論文では、まずこの大規模なマップの作成・保守・解析に関して考慮すべき事項について議論し、次に基本的な特徴と基盤となる構造について論述する。さらに、制御モチーフの比較解析によって、フィードフォワード制御がロバストネスに深く関与している可能性について示唆した。 第二に、本論文は化学量論的阻害における量的不均衡が遺伝子の過剰発現に対する極度の脆弱性を生じることを実証する。出芽酵母の細胞周期では <i>CDC14</i>、<i>ESP1</i> 両遺伝子の産物は共にその阻害因子との 1 対 1 の結合によって制御されるが、ロバストネスの観点からみると、<i>CDC14</i> の過剰発現に対する上限は <i>ESP1</i> のものよりも極めて低い。我々は <i>CDC14</i> の過剰発現に対する脆弱性が量的不均衡によって生じていることを示し、さらに <i>ESP1</i> の過剰発現では、この量的不均衡による脆弱性がフィードフォワード制御によって回避されていることを明らかにした。こうした特性は数理モデルによって部分的に予測され、更なる理論上の予測についても実験的に確認された。最後に、本論文で提案したロバストネスに関する理論の計算生物学及び医学への実証的な応用の可能性について論述する。			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3471 号	氏 名	海津 一成
論文審査担当者： 主査 慶應義塾大学教授 工学博士 岡 浩太郎			
副査 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） 舟橋 啓			
慶應義塾大学客員教授 工学博士 北野 宏明			
学士（環境情報学）、修士（政策・メディア）海津一成君提出の学位請求論文は「Robustness Analysis of the Budding Yeast Cell Cycle Using an Integrative Model and in vivo Measurements（統合モデルと in vivo 定量化実験による出芽酵母細胞周期のロバストネス解析）」と題し四章より構成されている。 内外からのノイズに対して細胞がその機能を維持し続ける能力ーロバストネスーは、生命システムの基本的な設計原理であり、またシステムバイオロジーにおける重要な論点の一つである。しかしながら、制御ネットワークの複雑性と生体内での定量化実験手法の欠如により、ロバストネスを生じるメカニズムについてはほとんどわかっていない。本研究では、数理モデルによる予測と新規な in vivo 定量化実験手法である遺伝子綱引き（gTOW）法を用いて、出芽酵母細胞周期のロバストネスに関する普遍的な理論を提示している。 第一章は序論であり、まず本研究の基礎となるシステムバイオロジー及び計算生物学の歴史と課題点について述べている。続いて、本研究で用いられる出芽酵母細胞周期の数理モデルと gTOW 法の背景について詳述している。さらに本研究の成果とその意義が簡単にまとめられ、最後に本論文の構成について述べている。 第二章では、出芽酵母細胞周期の制御構造を俯瞰するため、600 以上の論文に示された生化学的な根拠に基づいた、細胞周期に関連する分子間相互作用の包括的なマップの構築について述べている。まずこの大規模なマップの作成・保守・解析に関して考慮すべき事項について議論し、次に基本的な特徴と基盤となる構造について論述している。さらに、制御モチーフの比較解析によって、フィードフォワード制御がロバストネスに深く関与している可能性について示唆している。 第三章では、化学量論的阻害における量的不均衡が遺伝子の過剰発現に対する極度の脆弱性を生じることを実証している。出芽酵母の細胞周期を調べてみると、CDC14、ESP1 両遺伝子の産物は、共にその阻害因子と 1 対 1 に結合することにより制御されている。しかしながら CDC14 の過剰発現に対するロバストネスの上限は ESP1 のものよりも極めて低い。この不一致は、どちらのシステムにおいても内在的な量的不均衡による脆弱性が存在するが、ESP1 についてのみ、その脆弱性がフィードフォワード制御を構成する付加的な制御によって補われていることから生じることを示した。こうした特性は数理モデルによって部分的に予測されたものであり、さらに理論から予測される現象についても実験的に確認することに成功している。最後に、本論文で提案したロバストネスに関する理論の計算生物学及び医学への実証的な応用の可能性について言及している。 第四章はまとめであり、本論文の総括と結論、本研究の展望について述べられている。本研究は、計算機科学や分子生物学的手法など様々な方法論を併用することでロバストネスという新規な問題について明らかにしようとしたものであることを強調している。また本研究の将来展望として、システムバイオロジー、進化生物学、分子生物学、計算生物学といった各領域と本研究との関係についても論じている。 以上要するに本論文の著者は出芽酵母の細胞周期に着目して、先行研究で述べられているロバストなネットワークの本質はフィードフォワード制御であることを見出し、さらに巧妙な in vivo 定量化実験手法を用いて、このロバストネスの分子機構を明らかにしたものであり、システム生物学分野の研究に資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。			

Thesis Abstract

Registration Number	"KOU" No.3472	Name	Rahman Mohammad Rizwanur
Thesis Title Dynamic nuclear polarization of ^{29}Si nuclei using lithium related centers in isotopically controlled silicon			
Quantum computers (QC), if realized, can overwhelm the performance of conventional computers in a number of calculational tasks. A hydrogenic donor in silicon is one of the most promising candidates as a fundamental building block of QC referred to as a quantum bit (qubit) towards realization of future solid-state QC. Application of donors as qubits requires in-depth understanding of their structural, electronic, and magnetic properties. Moreover, control of their interactions with nuclear spins in silicon matrix is needed. The present thesis reports investigations of magnetic properties of lithium (Li) hydrogenic donor related centers in silicon by electron paramagnetic resonance (EPR) spectroscopy and dynamic nuclear polarization (DNP) of host ^{29}Si using lithium related centers in isotopically controlled silicon. Lithium is the only non-substitutional hydrogenic donor in silicon that forms a complex pair with an oxygen atom very easily. Thanks to its low ionization energy and inverted ground state energy levels, long electronic spin decoherence time (T_2) and short electron relaxation time (T_1) that are favorable for construction of QC are expected. The present thesis is composed of six chapters. Chapter 1 is an introduction and 2 provides a literature survey on lithium related centers in silicon. Chapter 3 provides basic principles of magnetic resonance. Chapter 4 discusses EPR of lithium related center in silicon. Significant narrowing of the isolated Li EPR and additional hyperfine structures of lithium-oxygen (Li-O) centers were observed in isotopically enriched ^{28}Si single crystals. Unexpected splitting was found reflecting the principal axis of the formally assigned trigonal g-tensor being 3° tilted from $\langle 111 \rangle$ crystal axis, i.e., the g-tensor of the Li-O center actually has a monoclinic symmetry. Furthermore splitting of ^7Li hyperfine lines into four components was observed at temperatures 3.5 K. These findings provided accurate knowledge of EPR frequencies of Li related centers that are needed for high fidelity			

operation of Li quantum bits in silicon. Chapter 5 reports dynamic nuclear polarization (DNP) of ^{29}Si nuclear spins induced by saturation of EPR transitions of lithium-related centers. Both isolated Li and Li-O complex centers showed strong EPR absorption lines in the temperature range 3.4-10 K and led to very efficient orientation of ^{29}Si nuclear spins. The temperature dependence and time constant of ^{29}Si DNP are investigated in detail. The ^{29}Si DNP of 0.72 % was achieved at 3.4 K by excitation of the Li-O forbidden EPR transition under illumination, corresponding to a ~ 352 fold increase with respect to the thermal equilibrium polarization. Possible strategies are discussed to obtain $>5\%$ ^{29}Si DNP that is needed for realization of quantum computing. Chapter 6 provides conclusions and outlook.

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3472 号		氏 名	Rahman Mohammad Rizwanur	
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	Ph. D.	伊藤 公平	
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士	太田 英二	
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士	佐藤 徹哉	
	副査	慶應義塾大学教授	博士（工学）	的場 正憲	
	副査	St.Petersburg State Polytechnical University, Professor, Ph.D.			Vlasenko, Leonid

Bachelor of Engineering, Master of Engineering, Rahman 君の学位請求論文は「Dynamic nuclear polarization of ²⁹Si nuclei using lithium related centers in isotopically controlled silicon (同位体制御されたシリコン中のリチウム関連欠陥を用いた ²⁹Si の動的核分極)」と題し、全6章より構成されている。

半導体中の浅いドナー不純物は、その電子準位が水素原子モデルで近似できるために水素的な不純物と呼ばれる。この水素的な不純物に束縛された電子スピンを量子ビットとして利用する量子計算機の開発に注目が集まっている。そこで本論文において申請者はシリコン中の水素原子的なリチウム関連欠陥に着目し、それらに束縛された電子スピンの磁気共鳴現象と、その電子スピン共鳴に伴う周辺 ²⁹Si 核スピンの動的核分極の詳細を明らかにしている。特にシリコン格子間に単原子で存在する中性リチウム Li⁰ 欠陥と、それが酸素と結合した Li-O 欠陥という2種類の水素原子的な不純物の磁気共鳴に着目している。

具体的には、第一章では量子計算を中心に据えた背景と目的が紹介され、第二章においてシリコン中のリチウム関連欠陥に関する過去の報告が概観されている。第三章では磁気共鳴の基礎が紹介され、第四章において Li⁰ と Li-O 欠陥の電子スピン共鳴の詳細が報告されている。特にシリコン結晶中の ²⁸Si 安定同位体純度を高めることによりリチウム関連欠陥の磁気共鳴線幅が狭まることが見出され、Li 関連欠陥の対称性が正確に決定されている。これにより量子計算に必要な磁気共鳴周波数とその結晶方位依存性が確定されている。第五章ではリチウム関連欠陥の電子スピン共鳴により欠陥の周辺に存在する ²⁹Si 核スピンの方向が揃う動的核分極実験の詳細が紹介されている。リチウム関連欠陥の電子スピンを量子ビットとして利用する場合には、周辺でランダムにフリップフロップする ²⁹Si 核スピンの方向が揃う動的核分極実験の誘発によるデコヒーレンス（すなわち量子情報の消失）を誘発する。このデコヒーレンスは ²⁹Si 核スピン分極を高めることで抑制できる。また ²⁹Si 核スピンを量子ビットとして利用する場合には、計算機の初期化として 5%以上の分極を得ることが必要となる。そこで申請者は 3.4～10 K の低温においてリチウム関連欠陥の電子スピン共鳴を飽和させ、その飽和時間の関数として ²⁹Si 核スピンの動的核分極を核磁気共鳴法を用いて測定している。その結果、Li-O の非許容遷移を 3.4 K において飽和した場合に、熱平衡状態の約 350 倍に相当する分極率 0.72%を得ることに成功している。最終的な目標である 5%以上の分極には届かないが、それを将来的に得るための指針も示されている。第六章ではまとめと展望が述べられている。

以上要するに、固体量子計算機の実現にむけて、申請者はシリコン中の水素的な不純物であるリチウム関連結果の磁気物性を解明した。また、リチウム関連欠陥と周辺 ²⁹Si 核スピンの相互作用も明らかにした。半導体として産業界で最も重要な位置を占めるシリコンを用いた量子計算への注目は益々高まることが予想されるため、本研究で解明された磁気物性が将来の量子計算素子設計に活用されることが多いに期待される。

よって、本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。

Thesis Abstract

Registration Number	"KOU" No.3473	Name	Wang, Enyang
Thesis Title			
Load Transfer in Motor Vehicle Compartment Structures during Frontal Collision			
To satisfy the requirements for high stiffness and lightweight vehicle bodies, it is necessary to imagine the figure of the entire structure from the viewpoint of load transfer and load paths. The parameters U^* and U^{**} have been introduced based on the internal stiffness and the internal compliance to express the load transfer. In the present study, the load transfer and load paths in motor vehicle compartments are studied using indexes U^* and U^{**} at the initial stage of a collision. After obtaining the deformed body by a dynamic crash simulation, indexes U^* and U^{**} for the extracted deformed body are calculated statically. Since the main part of the compartment retains its linear elasticity to ensure the safety of the occupants, the author points out that linear U^* and U^{**} analyses can be applied during the initial crash stage, and develops a dynamic-static method. For the study of a truck compartment, the author originally introduces a substitution modulus method to reproduce the material and geometrical nonlinearities. The index "$m2-4msU^{**}$" is proposed as a standard condition for the truck cab. The distribution of U^* is compared with that of U^{**} and the characteristic difference between these indexes is revealed. It is shown that the main member of this cab transfers the loading effectively, and the corners of a member play an important role in the load transfer. In the study of a passenger car compartment, a separation structure method is newly developed. The front end and suspension parts are not altered from the actual body, but the material of the compartment is assumed to have simple elastic property. The calculated U^{**} distribution shows that the floor member plays a paramount role in the transfer of the impact loading and the shearing force in the floor panel distributes the loading to body sides. These results show the effectiveness of the new methods that use U^* and U^{**} in vehicle crash analysis. In Chapter 1, the research background and the objective of the present study are introduced. Chapter 2 of this thesis contains a review of conventional load path theories covering internal stiffness, indexes U^* and U^{**}, load paths, and histograms of U^*sum and U^{**}sum. In Chapter 3, a dynamic-static method and substitution method are introduced and interpreted for the analysis of truck cabs. Nonlinear properties can be expressed by introducing the substitution modulus method. A separation structure method for a passenger compartment body is demonstrated. Using these methods, U^* and U^{**} analyses can be applied smoothly to crash problems. In Chapter 4, the calculation models for a truck and a passenger car are described. Boundary conditions are also shown. Chapter 5 focuses on the verification of the above approximate method in actual truck and passenger car models. In Chapter 6, the results of U^{**} analyses for truck cab structures are shown. It is shown numerically that the floor member and the floor panel play important roles. In Chapter 7, from the comparison of U^* and U^{**}, the author shows that U^*analysis is adequate for flat barrier impacts, and U^{**} analysis is effective for deformable barrier tests. In Chapter 8, the histograms of U^*sum are discussed to examine the entire truck cab together with each path. The histogram of the main member has a sharp peak that shows a highly efficient load transfer. In Chapter 9, the histogram of U^{**}sum are discussed to examine the passenger car compartment. Chapter 10 summarizes the research findings and concludes the present study.			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3473 号	氏 名	Wang, Enyang
論文審査担当者： 主査 慶應義塾大学准教授 博士(工学) 大宮 正毅			
副査 慶應義塾大学教授 工学博士 志澤 一之			
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(情報学) 小檜山 雅之			
慶應義塾大学名誉教授 工学博士 高橋 邦弘			
学士(工学), 修士(工学) WANG, Enyang 君提出の学位請求論文は, 「Load Transfer in Motor Vehicle Compartment Structures during Frontal Collision (自動車前面衝突時の客室構造における荷重伝達)」と題し, 10 章から構成されている。 構造物の設計を行う際には, 構造内部における力の流れを把握することが重要である。自動車車体の開発においても, 軽量化, 高剛性化を図るためには車体内部の荷重伝達の様子を知る必要がある。本論文は, 荷重伝達を表す指標 U^* およびその相補的指標である U^{**} を用いて, 前面衝突時の自動車客室における荷重伝達を検討する手法を開発し, それを計算機シミュレーションにより実車に適用し, これらの手法の有効性を確認することを目的としている。 衝突時の荷重伝達を明らかにする手法として, 新たに動的-静的法を考案し, それを用いた U^* および U^{**} の計算手法を提案している。また, 衝突中の材料および幾何学的非線形性を表すために, 非線形パラメータ m を導入し, 弾性係数を変化させて非線形挙動を模擬する代理係数法を考案している。さらに, それをトラックの客室構造に適用して $m2-4msU^{**}$ なる指標が標準的に推奨されるべきことを提唱し, トラック床構造の縦通材が荷重伝達に主要な役割を果たすことを示している。一方, 乗用車車体に関しては, 衝突時に圧壊する前部構造には正確な材料特性を与え, 客室構造のみを完全な弾性体とし, 後部構造を剛体と見なす分離構造近似手法を提案している。この近似により, 客室構造の U^* あるいは U^{**} が計算でき, 乗用車車体においても床縦通材の荷重伝達機能の高いこと, その荷重が床板のせん断により側面構造に強く力を伝えていることを明らかにしている。 第 1 章は序論であり, 本研究の背景, 問題点および本研究の目的について述べている。 第 2 章では, 従来の U^* の概念と荷重経路の考え方を説明している。 第 3 章においてはトラック客室構造の解析に対して, 動的-静的法および代理係数法を適用する手順を示すとともに, 乗用車車体構造に関しては分離構造近似が適用され得ることを述べている。 第 4 章では, 実際のトラック客室および乗用車客室に関するシミュレーションモデルおよび境界条件を示している。 第 5 章においては, 大型トラックおよび乗用車モデルに関して, 新たな手法を適用するためのいくつかの仮定が正しく成立していることを確認している。 第 6 章では, トラックキャブ構造の荷重経路 U^{**} 解析の結果を図示し, 床の縦通材の重要性和床板構造のせん断による伝達効果の特徴を示している。 第 7 章においては, U^* と U^{**} の分布を比較し, U^* は平面剛体バリア衝突に適しており, U^{**} はデフォーマブルバリア衝突に適切に使用し得ることを見出している。 第 8 章では, U^*_{sum} なる概念とそのヒストグラムについて論じ, トラックの床縦通材が荷重伝達に主要な役割を果たしていることを示している。 第 9 章では, 乗用車に関して U^*_{sum} とヒストグラムを用いて荷重伝達の有効性を論じている。 第 10 章は本論文の結論であり, 各章で論じた内容をまとめ, 本研究の成果を総括している。 以上要するに, 本論文は自動車前面衝突時の客室構造における荷重伝達を明らかにするための手法を提案し, 実際のトラックおよび乗用車車体に適用して, その有効性を示したものであり, その成果は, 機械工学および自動車工学分野において, 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 3474 号	氏 名	浅原 理人
主 論 文 題 目： Flash Crowd による影響を軽減する複製サーバの配置先決定手法に関する研究			
インターネットの利用者数は年々増加傾向にあり、コンテンツの配信にかかる負荷が増加し続けている。それに伴って、安定したサービスの提供を阻害する Flash Crowd と呼ばれる現象がインターネット上で発生するようになった。Flash Crowd が発生すると、インターネットサーバのアクセス数が数分のうちに通常時の数倍から数十倍に達し、サーバは過負荷状態になる。Flash Crowd の発生要因は多岐に渡るため、Flash Crowd の発生を予測することは困難である。 大量のクライアントアクセスを処理する一般的な方法として、複製サーバの配置による負荷分散が知られている。しかし、Flash Crowd 対策用に複製サーバを常時稼働させておくためには、Flash Crowd の規模をあらかじめ予測しておかなければならない。また、Flash Crowd の生じていない平常時には余剰サーバが多くなり、サーバの運用コストが増大するという問題がある。 本論文では、Flash Crowd による影響を軽減する複製サーバの配置先決定手法 ExaPeer Server Reposition (EPSR) を提案する。EPSR はあらかじめ世界中に設置された共有ホスティングマシン群で動作する。EPSR はこのホスティングマシン群に対して、サービスの需要に応じて複製サーバの配置先を動的に決定する機能を提供する。これにより、Flash Crowd の規模の予測を必要とせずに Flash Crowd への対策が行える。また、需要変動に応じた動的な複製サーバの配置ができるため、余剰サーバの運用コストが生じない。 Flash Crowd の影響を軽減するように複製サーバの配置先を決定するには、次の 3 つの課題がある。第一に、Flash Crowd によるアクセス増加がピークに達するまでの数分以内に配置先を決定する必要がある。第二に、通信負荷の分散とサービス遅延の低減のために、配置先とクライアントとの通信遅延が小さくなるように配置先を決定する必要がある。第三に、複製サーバによってホスティングマシンが過負荷にならないように、複製サーバの配置先を決定する必要がある。既存手法の多くは、Globule のような、全サーバのアクセスログといった収集に時間のかかる大域情報に依存するものや、FCAN や CoralCDN のような、通信遅延やマシンの負荷および性能を考慮せずに配置先を決定するものである。そのため、Flash Crowd 対策に適用するには限界がある。 EPSR は複製サーバの配置に関する 3 つの課題の全てを解決する。EPSR は大域情報を必要としない Peer-to-Peer 技術を用いることで急激な需要の増加に対応する。個々のマシンは自律的に需要の変動を検出し、必要に応じて複製サーバの配置先候補となる。個々のマシンでの需要変動の検出と需要の発生地域の特定を実現するために、EPSR は物理ネットワークのトポロジを考慮したオーバレイネットワークを、ネットワーク座標系と分散ハッシュテーブルを組み合わせて構築する。個々のマシンは、オーバレイ上で隣接するマシンとのみメッセージを交換することでクライアントのアクセス経路を分析し、サービスへの需要が増加もしくは減少している地域を特定する。マシンはアクセス経路の分析から複製サーバの実行による効果を見積もり、配置先の候補となるべきかを判定する。この際、個々のマシンは複製サーバの負荷とマシンの許容負荷を元に、マシンが過負荷にならないように隣接するマシンから追加の配置先候補を独立して選択する。 シミュレーションを行い、EPSR が Flash Crowd に対して有効であることを確認した。シミュレーションでは、約 3000 台のホスティングマシンに対して EPSR が 25 秒で Flash Crowd の検出と発生地域の特定を行い、配置先の選択を開始することを確認した。また複製サーバの配置先数が 300 秒で安定することを確認した。その際、EPSR は他方式と比較してよりクライアントとの通信遅延が小さくなるようなホスティングマシンを配置先として選出した。またシミュレーション結果は、EPSR が他方式よりも少ない複製サーバ数で、どのホスティングマシンも過負荷にならないように配置先が決定できることを示した。			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3474 号	氏 名	浅原 理人
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学准教授	博士(理学) 河野 健二
	副査	慶應義塾大学教授	博士(工学) 寺岡 文男
		慶應義塾大学准教授	博士(工学) 西 宏章
		慶應義塾大学准教授	博士(工学) 重野 寛
学士（工学）、修士（工学）浅原理人君提出の学位請求論文は、「Flash Crowd による影響を軽減する複製サーバの配置先決定手法に関する研究」と題し、全 6 章から構成されている。 インターネットの利用者数は年々増加傾向にあり、コンテンツの配信にかかる負荷が増加し続けている。それに伴い Flash Crowd と呼ばれる現象がインターネット上で発生するようになった。Flash Crowd が発生すると、インターネットサーバのアクセス数が数分のうちに通常時の数倍から数十倍に達し、サーバは過負荷状態になる。大量のクライアントアクセスを処理する一般的な方法として、複製サーバの動的配置による負荷分散が知られている。Flash Crowd 対策用に複製サーバを常時稼働させておくためには Flash Crowd の規模をあらかじめ予測し必要なサーバ数と配置先を見積もる必要がある。しかし、Flash Crowd は発生要因が多様であるため予測は困難である。また Flash Crowd の生じていない平常時には余剰サーバが多くなり、サーバの運用コストが増大するという問題がある。ゆえに、Flash Crowd に対して適切な複製サーバの配置先を決定する手法が求められている。現在提案されている手法は、全サーバのアクセスログといった収集に時間のかかる大域情報に依存するものや、通信遅延やマシンの性能を考慮せずに配置先を決定するものである。そのため、Flash Crowd 対策に適用するには限界がある。そこで、本論文では Flash Crowd による影響を軽減する複製サーバの配置先決定手法 ExaPeer Server Reposition (EPSR) を提案している。 第 1 章は本論文の序論であり、本研究の背景、目的、および論文の構成について述べている。 第 2 章では、本研究の関連研究についてまとめている。本論文では既存手法を、固定配信網方式、オフライン計算方式、オンデマンド負荷軽減網方式、通信遅延考慮型配信網方式の 4 つに大別し、それぞれについて本研究との違いを示している。 第 3 章では、Flash Crowd による影響を軽減する複製サーバの配置先決定手法 ExaPeer Server Reposition (EPSR) を提案している。EPSR はあらかじめ世界中に設置された複製サーバ用マシン群に対して、サービスの需要に応じて複製サーバの配置先を動的に決定する機能を提供する。EPSR は大域情報を必要としない Peer-to-Peer 技術を用いることで急激な需要の増加に対応する。EPSR は物理ネットワークのトポロジを考慮したオーバレイネットワークを、ネットワーク座標系と分散ハッシュテーブルを組み合わせて構築する。各マシンは、このオーバレイ上で隣接するマシンとのみメッセージを交換することでクライアントのアクセス経路を分析し、サービスへの需要が増加している地域を特定する。マシンはアクセス経路の分析から複製サーバの実行による効果を見積もり、配置先の候補となるべきか判定する。この際、個々のマシンは複製サーバの負荷とマシンの性能情報を元に、マシンが過負荷にならないように隣接するマシンから追加の配置先候補を選択する。 第 4 章では、提案手法の有効性を確認する評価実験について述べている。シミュレーションを行い、決定に要した時間、通信遅延、マシンの負荷という指標を用いて提案手法の Flash Crowd に対する有効性を確認している。また、提案手法が備える各種要素技術の効果も確認している。 第 5 章では、提案手法の定性的評価について議論している。具体的には、提案手法の適用範囲、提案手法が必要とするパラメータの決定方針、スケーラビリティ、サービス間での公平性、セキュリティの 5 点について議論を行っている。 第 6 章は本論文の結論であり、論文を総括すると共に今後の展望について述べている。 以上、本論文は Flash Crowd による影響を軽減するため、複製サーバの動的配置のための複製サーバ配置先決定手法の提案を行っており、その貢献は工学上寄与するところが少なくない。 よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。			

内容の要旨

報告番号	甲 第 3475 号	氏 名	濱中 玄
主 論 文 題 目：			
イトマキヒトデ胚ならびに幼生における間充織細胞の 時空間的配置と形態形成能に関する研究			
多細胞動物の胚、ならびに幼生の身体は、上皮細胞と間充織細胞の 2 つの細胞性成分から構成されている。上皮細胞は互いに接着し、体壁のシート構造を形成する。一方、間充織細胞は体壁で覆われた体の内側に散在している。発生過程において、最も重要な形態形成の側面は、間充織細胞が身体の内側を活発に移動し、上皮細胞と相互作用することである。 第 1 章では、現在までに報告されているヒトデ胚、ならびに幼生における間充織細胞の形態形成機能に関する知見をまとめた。具体的には、棘皮動物ヒトデの系統進化的位置、ならびに胚や幼生の身体の構造を説明しながら、口形成、体腔嚢形成、幼生のフォルム形成などで見出されている間充織細胞の形態形成能について焦点を当てている。 第 2 章では、イトマキヒトデ胚ならびに幼生の間充織細胞に反応するモノクローナル抗体を用い、原腸胚期から幼生期までを網羅した発生過程において、間充織細胞の時空間的な分布ダイナミクスを記述した。その結果、間充織細胞は、胚体中で均一な分布パターンを取らず、上皮シートがおりなす様々な器官形成が生じる領域に集合し、不均一な分布パターンを取ることが示された。さらに、定量的解析の結果から、間充織細胞は発生過程を通じて数を増加させるが、その数は胚ならびに幼生の構成細胞数との間で一定になるように厳密に制御されていることを見出した。 第 3 章では、間充織細胞が有する上皮細胞への増殖誘起能を検証した。最初に、一個体の胚ならびに幼生の構成細胞を計数する系を確立した。この計数系と間充織細胞の顕微注射実験を組み合わせた実験で、間充織細胞を胞胚に顕微注射した胚は、中期原腸胚、ならびにビピンナリア幼生期に到達した段階で、胚や幼生の構成細胞数が約 1.3 倍に増加することを明らかにした。また、顕微注射する間充織細胞数を約 3 倍に増加させると、ビピンナリア幼生期において構成細胞数が増加しなだけでなく、胞胚腔中に存在する繊維状の細胞外マトリックス (ECM) が異常分布パターンを呈することを見出した。これらの結果から、間充織細胞は、発生過程において、ECM 成分と密接に関与しながら上皮細胞の増殖を誘起している可能性を示唆した。 第 4 章では、以上の研究を総括し、ヒトデ発生過程における間充織細胞の分布ダイナミクスと上皮細胞に対する増殖誘起能との関連を述べた。さらに、現在行っている分子レベルにおける予備的実験から、間充織細胞に発現している分子が上皮細胞の増殖誘起に関与している可能性を指摘した。以上を含め、ヒトデ発生過程における間充織細胞の形態形成能に関する新たな展望を述べた。			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3475 号	氏 名	濱中 玄
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学准教授	医学博士 松本 緑
	副査	慶應義塾大学教授	Ph. D. 梅澤 一夫
		慶應義塾大学教授	農学博士 井本 正哉
		慶應義塾大学教授	工学博士 岡 浩太郎
学士（理学）、修士（理学）濱中 玄君提出の学位請求論文は、「イトマキヒトデ胚ならびに幼生における間充細胞の時空間的配置と形態形成能に関する研究」と題し、全4章からなっている。 多細胞動物の胚、ならびに幼生の身体は、上皮細胞と間充細胞の2つの細胞性成分から構成されている。上皮細胞は互いに接着し、体壁のシート構造を形成する。一方、間充細胞は体壁で覆われた体の内側に散在している。発生過程において、最も重要な形態形成の側面は、間充細胞が身体の内側を活発に移動し、上皮細胞と相互作用することである。 第1章では、現在までに報告されているヒトデ胚、ならびに幼生における間充細胞の形態形成機能に関する知見をまとめた。具体的には、棘皮動物ヒトデの系統進化的位置、ならびに胚や幼生の身体の構造を説明しながら、口形成、体腔嚢形成、幼生のフォルム形成などで見出されている間充細胞の形態形成能について焦点を当てている。 第2章では、イトマキヒトデ胚ならびに幼生の間充細胞に反応するモノクローナル抗体を用い、原腸胚期からビピンナリア幼生期、ブラキオラリア幼生期までを網羅した発生過程において、間充細胞の時空間的配置と数の変化について記述した。その結果、間充細胞は、胚体中で均一な分布パターンを取らず、上皮シートがおりなす様々な器官形成が生じる領域に集合し、不均一な分布パターンを取ることが示された。さらに、定量的解析の結果から、間充細胞は発生過程を通じて数を増加させるが、その数は胚ならびに幼生の構成細胞数との間で一定になるように保たれていることを見出した。 第3章では、間充細胞が有する上皮細胞への増殖誘起能を検証した。最初に、一個体の胚ならびに幼生の構成細胞を計数する系を確立した。この計数系と間充細胞の顕微注射実験を組み合わせた実験で、間充細胞を胞胚に顕微注射した胚は、中期原腸胚、ならびにビピンナリア幼生期に到達した段階で、胚や幼生の構成細胞数が約1.3倍に増加することを明らかにした。また、顕微注射する間充細胞数を約3倍に増加させると、ビピンナリア幼生期において構成細胞数が増加しただけでなく、胞胚腔中に存在する繊維状の細胞外マトリックス (ECM) が異常分布パターンを呈することを見出した。これらの結果から、間充細胞は、発生過程において、ECM 成分と密接に関与しながら上皮細胞の増殖を誘起している可能性を示唆した。 第4章では、以上の研究を総括し、ヒトデ発生過程における間充細胞の時空間的配置と数の変化、ならびに間充細胞の上皮細胞に対する増殖誘起能との関連を述べた。さらに、現在行っている分子レベルにおける予備的実験から、間充細胞に発現している分子が上皮細胞の増殖誘起に関与している可能性を指摘した。以上を含め、ヒトデ発生過程における間充細胞の形態形成能に関する新たな展望を述べた。 以上、本論文ではヒトデ胚、幼生の発生過程における上皮-間充転換による間充細胞局在の時空間的調節について論ずるとともに、間充細胞が持つ新たな形態形成能として、上皮細胞に対する増殖誘起を見出した。これらの成果は形態形成に重要な上皮-間充相互作用の解明に貢献するところが多い。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. 3476	Name	Zhu, Yan-Li
Thesis Title			
Electrochemical Deposition of Nickel and Iron in Hydrophobic Ionic Liquids			
Ionic liquids are expected as the alternative electrolytes for electrodeposition of various metals. However, the mechanism of electrodeposition in ionic liquids has not been studied in depth. In this thesis, electrochemical deposition of nickel and iron was investigated in a hydrophobic ionic liquid, 1-butyl-1-methylpyrrolidinium bis(trifluoromethylsulfonyl)amide (BMPTFSA) containing Ni(TFSA)₂ or Fe(TFSA)₂. Chapter 1 gave some backgrounds about electrodeposition, ionic liquid and the electrochemical deposition of metals from ionic liquid. In Chapter 2, electrochemical reaction of Ni(II)/Ni was investigated in BMPTFSA. The Ni(II) complexes, presumably existing as [Ni(TFSA)₃]⁻ can be reduced to metallic Ni. The diffusion coefficient of Ni(II) became larger with elevating temperature. The average activation energy for diffusion was close to that for viscosity, indicating the diffusion of Ni(II) is mainly determined by the viscosity of the ionic liquid. Chronoamperometric measurements showed that the electrodeposition of Ni on Pt involved three-dimensional instantaneous nucleation under diffusion control. It was found that the morphology of the deposits were related to the temperature, the applied potential, the concentration of Ni(II) in the electrolyte and the type of cations. Chapter 3 presented the effects of additives on electrodeposition of Ni in BMPTFSA. Addition of acetonitrile or acetone led to the changes in the coordination environment, the shift of the reduction potential to more positive side and an increase in the diffusion coefficient of Ni(II). The nucleation/growth process of Ni was not affected by addition of acetonitrile or acetone. Addition of thiourea, coumarin or saccharin did not change the coordination environment of Ni(II) but change the nucleation/growth process of Ni. The overpotentials for Ni deposition with these three additives were slightly larger than that without the additives. The morphology of the Ni deposits was affected by the presence of any additive. These results suggested both coordination environment of Ni(II) and adsorption of the additives are important for controlling the morphology of electrodepositions in the ionic liquids. In Chapter 4, the Fe(II) in BMPTFSA, considered to be existed as [Fe(TFSA)₃]⁻, can be reduced to crystalline Fe. Addition of acetonitrile changed the coordination environment and the cathodic current density but did not change the nucleation/growth process, which was three-dimensional progressive nucleation under diffusion control. The crystalline Ni-Fe alloy can be obtained. The composition of the Ni-Fe alloy was dependent on the deposition potential and the molar ratio of Ni(II) to Fe(II) in the electrolyte. In Chapter 5, the metal nanoparticles (about 3 nm) were obtained by electrochemical reduction of Ni(II) or Fe(II) in BMPTFSA. The size of Ni nanoparticles was reduced after addition of acetonitrile into electrolyte. The results revealed that the BMPTFSA ionic liquid can be a promising electrolyte for the electrodeposition of not only Ni and Fe alloys but other metals. The quality of the deposits can also be improved by addition of some additive in the ionic liquids, as known in the aqueous solutions.			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3476 号	氏 名	Zhu, Yan-Li
論文審査担当者： 主査 慶應義塾大学准教授 博士（工学） 片山 靖			
副査 慶應義塾大学教授 理学博士 鹿園 直建			
慶應義塾大学教授 工学博士 吉岡 直樹			
慶應義塾大学准教授 博士（工学） 栄長 泰明			
学士（冶金学）・修士（非鉄冶金学）Zhu Yanli 君の学位請求論文は「Electrochemical Deposition of Nickel and Iron in Hydrophobic Ionic Liquids（疎水性イオン液体におけるニッケルおよび鉄の電気化学的析出）」と題し、6章から構成される。 難燃性、難揮発性など様々な特徴をもつイオン液体は、電気化学的エネルギー変換・貯蔵デバイスや金属電析の新しい電解質として期待されている。本論文では、イオン液体からの金属の析出挙動を明らかにすることを目的として、加水分解せず、疎水性を示す bis(trifluoromethylsulfonyl)amide (TFSA⁻) をアニオンとするイオン液体を用い、工業的に有用なニッケルおよび鉄に着目し、これらの金属イオン種のイオン液体中における溶存状態と電極反応および析出物の析出形態などとの関連について詳細に検討している。 第1章は序論であり、本研究の背景と目的をまとめ、本論文の構成について述べている。 第2章では、BMPTFSA (BMP⁺ = 1-butyl-1-methylpyrrolidinium) イオン液体中においてニッケルイオン種の電極反応について検討している。分光学的手法を用いて二価のニッケルイオン種の溶存状態を明らかにし、電極反応速度が温度に大きく依存すること、析出物の形態が温度および析出電位に依存することなどを見だし、イオン液体・電極界面の電気二重層構造との関連について考察している。 第3章では、第2章で検討したイオン液体に各種有機化合物を添加し、ニッケルイオン種の電極反応ならびに析出形態に及ぼす影響について検討している。アセトニトリルまたはアセトンを添加した場合、ニッケルイオン種の溶存状態が変化し、電極反応速度が向上することを見いだしている。また、サッカリンやクマリンなどを添加した場合、ニッケルイオン種の溶存状態は変化しないが、これらの有機化合物が電極表面に吸着するため電極反応速度や析出物の形態が変化することを見いだしている。これらの結果から、ニッケルイオンの配位環境とそれに伴う電気二重層構造の変化、有機化合物の吸着によって電極反応速度ならびに析出形態が大きく変化することを明らかにしている。 第4章では、ニッケル-鉄合金の析出を目的として、鉄イオン種の電極反応およびニッケルと鉄の共析反応について検討している。鉄イオン種の電極反応はニッケルのそれとよく似ており、析出温度を高くすることで良好な析出物が得られることを見いだしている。イオン液体からのニッケルと鉄の析出に関しては、水溶液中とは異なり正常共析であることを見だし、析出電位やイオン濃度と析出物の組成との関係について検討している。以上の結果から、イオン液体からニッケル-鉄合金の析出が可能であることを明らかにしている。 第5章では、電気化学的析出現象を利用したニッケルのナノ粒子の生成について検討を行っている。イオン液体中のニッケルイオン種を比較的大きな過電圧を印加して還元することによって、直径が2～3ナノメートルのニッケルナノ粒子を生成できることを見いだしている。また、アセトニトリルを添加してニッケルイオン種の溶存状態を変化させることで、ナノ粒子の平均粒子径が小さくなることを見いだしている。これらの結果に基づき、イオン液体と電極界面の電気二重層の構造とナノ粒子の生成機構について考察している。 第6章では、以上の結果を総括して、本論文の成果をまとめている。 以上、要するに本論文は、イオン液体中におけるニッケルおよび鉄の電極反応について数多くの新たな知見を見いだしており、イオン液体の工学的応用に対して寄与するところが大きい。 よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。			

内容の要旨

報告番号	甲 第 3477 号	氏 名	吉田 哲也
主論文題目： CPU の仮想化に着目した仮想マシン技術の応用に関する研究			
仮想マシン技術とは、一つの物理計算機を抽象化し、複数の仮想マシン (VM) としてオペレーティングシステム (OS) に提供する技術である。仮想マシン技術では、仮想マシンモニタ (VMM) というソフトウェア階層が物理計算機の抽象化を行う。VMM による仮想化の利点は次の二つである。第一に、一台の物理計算機上で複数の VM を動作させることで、物理計算機を持つ計算資源を共有し、より柔軟かつ効率的に計算資源を活用できる。第二に、実在のハードウェアとは異なった仮想化を行うことにより、OS を含めた全ソフトウェア階層の監視・制御を行うことができる。これらの利点を活用し、仮想化技術がさまざまな分野に応用されている。例えば、異なる VM 間で同一内容のメモリページを共有し、メモリ使用量を削減する手法が知られている。また、割り込み処理を含めた OS の動作を再現するデバッグ環境を実現するため、実デバイスの割り込みとそのタイミングを記録しておき、仮想デバイスを用いてデバッグ時に割り込みを再現する方法が知られている。 本論文では CPU の仮想化手法に着目し、上記の二点それぞれについて VMM の応用範囲を拡大できることを示す。まず、資源を有効活用できるという点を利用し、マルチコア CPU の電力資源を有効活用する手法を示す。マルチコア CPU では、スケジュールするタスクに応じてコアの周波数を変更することで消費電力を削減できる。さらに、全コアを同じ周波数にすることで電力効率が高くなるという特性がある。そこで提案手法は、同周波数の仮想 CPU を組み合わせてスケジュールすることで、VM 間で共有するマルチコア CPU の電力効率を高くする。仮想化環境では、異なる VM 上で動作するタスクも同時にスケジュールできるため、タスクの組み合わせを柔軟に選択することができる。提案手法を Xen 3.4.1 上に実装して SPEC CPU2006 を用いて実験を行い、既存の仮想 CPU スケジューラと電力効率の指標である Energy Delay Product (EDP) を比較した。EDP が小さいほど電力効率が高い。その結果、既存の手法と比較して EDP が最大 23.6% 小さくなった。 次に、OS を含めたソフトウェア全体の制御が可能であるという点を利用し、実 CPU と異なる速度に CPU を仮想化することで、実時間組込みソフトウェアの動作速度の検証支援を行う手法を示す。開発用 PC など、実運用環境と異なる環境でテストを行う場合、CPU 速度が実運用環境と異なる。そのため、実時間性の高い組込みソフトウェアの動作速度を検証することが難しい。そこで提案手法は、仮想 CPU の速度を実運用環境と同等にすることで、実運用環境におけるソフトウェアの動作速度を再現する。CPU の仮想化を利用することで、OS を含めたソフトウェアスタック全体の動作速度を制御できるため、プロセススケジューラや割り込み処理の影響も含めてソフトウェアの動作を正確に再現できる。提案手法を Xen 3.0.4 上に実装し、MPEG ビデオのデコーディング時間を測定する実験を行った。その結果、本手法を利用した場合と遅い実 CPU を利用した場合のデコーディング時間の差は最小で 0.142% となった。			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3477 号	氏 名	吉田 哲也
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学准教授	博士(理学) 河野 健二
	副査	慶應義塾大学准教授	博士(工学) 高田 眞吾
		慶應義塾大学准教授	博士(工学) 山崎 信行
		慶應義塾大学教授	工学博士 天野 英晴
学士(工学), 修士(工学) 吉田哲也君提出の学位請求論文は, 「CPU の仮想化に着目した仮想マシン技術の応用に関する研究」と題し, 4 章から構成されている。 仮想マシン技術とは, 1 台の物理計算機を抽象化し, 複数の仮想マシン (VM) としてオペレーティングシステム (OS) に提供する技術である。仮想マシン技術を利用するためには, 仮想マシンモニタ (VMM) と呼ばれるソフトウェア階層を導入する。VMM は物理計算機資源の抽象化を行う。VMM による仮想化は次の二つの利点を持っている。1 つ目の利点は, 1 台の物理計算機上で VM を複数動作させて計算資源を共有することで, 柔軟かつ効率的に計算資源を活用できるということである。2 つ目の利点は, 実在のハードウェアとは異なる特徴を持つハードウェアとして仮想化することで, OS を含めたソフトウェア全体の監視・制御を行えるということである。近年, これらの利点を活用し, 仮想化技術がさまざまな分野に応用されている。その例として, 異なる VM 間で同一内容のメモリページを共有してメモリ使用量を削減する手法や, 割込み処理を含めた OS の動作を再現するデバッグ環境への応用が知られている。本論文では, CPU の仮想化手法に着目し, 前述した仮想化の利点それぞれについて仮想マシン技術の応用を提案している。 第 1 章は本論文の序論であり, 本研究の背景, 目的, および論文の構成について述べている。 第 2 章では, 複数の VM で計算資源を効率的に共有できるという利点に着目し, マルチコア CPU の電力資源を有効活用する手法を提案している。CPU の消費電力は, スケジュールするタスクに応じて CPU の周波数を変更することで削減できる。さらに, マルチコア CPU には, 全コアを同じ周波数にすることで電力効率が高くなるという特性がある。そこで第 2 章において, 同周波数の仮想 CPU を組み合わせてスケジュールすることで, マルチコア CPU の電力効率を高くする仮想 CPU スケジューリング手法を提案している。まず, この手法の必要性を述べた後, 設計, 実装について述べている。そして, 既存の VMM が持つ仮想 CPU スケジューラとの比較実験を行い, 提案手法の有用性を述べている。さらに関連研究として, 仮想化を利用することで資源を有効活用する既存研究と, 消費電力の削減手法に関する既存研究との比較を行っている。 第 3 章では, OS を含めたソフトウェア全体を制御できるという仮想化の利点に着目し, 実時間組込みソフトウェアの動作速度の検証支援を行う手法を提案している。多くの組込みソフトウェアは, 開発用のコンピュータ上で開発されている。このような開発環境上では, 実時間性の高い組込みソフトウェアの動作速度を検証することが難しい。これは, 実運用に用いる組込みシステムと開発用コンピュータが持つ CPU の速度が異なるためである。そこで第 3 章では, CPU を実運用環境の組込み CPU と同等の速度に仮想化することで, 実運用環境におけるソフトウェアの動作速度を開発用のコンピュータ上で再現する手法を提案している。まず, この手法の必要性について述べた後, 設計, 実装方法について述べている。そして, MPEG ビデオプレイヤーを用いた実験を通じ, 提案手法の有用性を検証している。さらに関連研究として, OS を含めたソフトウェア全体を制御できるという仮想化の利点に着目した既存研究, 組込みソフトウェアのテスト手法に関する既存研究との比較を行っている。 第 4 章は本論文の結論であり, 論文を総括すると共に今後の展望について述べている。 以上, 本論文は, CPU の仮想化に着目し, 仮想化の 2 つの利点を利用した新しい仮想マシン技術の応用を提案しており, その貢献は工学上寄与するところが少なくない。 よって, 本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。			

内容の要旨

報告番号	甲 第 3478 号	氏 名	畑中 美穂
主 論 文 題 目 : Theoretical study on the f - f transition intensities of lanthanide trihalide systems (ランタニド三ハロゲン化物の f-f 遷移強度に関する理論的研究)			
ランタニド (Ln) 系の $4f^N$ 準位間の光学遷移 (f - f 遷移) による発光・吸収の振動子強度は、従来、半経験的な Judd-Ofelt 理論に基づいて広く研究されてきた。$4f$ 電子は外側にある閉殻の $5s$、$5p$ 電子に遮蔽されるため、ほとんどの f - f 遷移の振動子強度は、周囲の環境の変化にあまり依存しない。しかし、f - f 遷移の中には、例外的に、振動子強度のみが環境の変化に対して敏感に変化する遷移「hypersensitive 遷移」がいくつか存在し、特にランタニド三ハロゲン化物 LnX_3 の hypersensitive 遷移が格段に大きな振動子強度をもつことが知られている。しかし、このように特定の遷移の振動子強度だけが敏感に変化する原因について、これまで明らかにされていなかった。そこで、本研究では、LnX_3 の振動子強度を多参照スピン軌道配置間相互作用 (MRSOCI) 法によって計算し、f - f 遷移が振動子強度を持つ機構や、敏感さの原因について調べることを目的とした。 第一章では、ランタニドの f - f 遷移、hypersensitive 遷移に関する基礎事項や背景について説明した。 第二章では、従来、f - f 遷移の振動子強度の計算に用いられてきた半経験的理論やモデルについて述べた。また、MRSOCI 計算を高速かつ高効率に行うためのユニタリー群を用いたアルゴリズムの概要を述べ、さらに、振動子強度の計算への応用について議論した。 第三章では、上記のプログラムを用いて、PrX_3、TmX_3 ($X = Br, I$) の振動子強度を求めた。また、hypersensitivity の原因について調べるために、分子振動や $4f^N-15d$ などの配置の混入が振動子強度に及ぼす効果に着目し、その結果、振動子強度に支配的に寄与するのは、$4f^N$ 配置と配位子内の分極型励起配置の間の行列要素である、つまり、従来、動的結合 (dynamic-coupling DC) モデルで説明されていた機構が主機構であることを明らかにした。 第四章では、$LnBr_3$ ($Ln = Pr - Tm$, Gd は除く) について、2 種類の Judd-Ofelt 強度パラメタ η_2、つまり、DC モデルから得られる η_2 と MRSOCI 計算から得られる η_2 を比較することによって、f - f 振動子強度の機構を議論した。その結果、両者の値は同じオーダーの大きさであり、f - f 遷移の振動子強度の機構は、主に DC 機構で説明できることを確認した。また、2 種のパラメタが、定量的に異なる原因について、分極遮蔽効果と配位子から Ln への電荷移動 (LMCT) の効果に着目して議論した。 第五章では、$LnCl_3$、LnI_3 についても同様に計算し、f - f 遷移の振動子強度の機構について包括的な説明を与えた。f - f 遷移の振動子強度を別の視点から見るために、遷移双極子モーメントの空間分布や、パラメタ η_2 と配位子から Ln への平均電荷移動量の関係について議論した。その結果、LMCT 配置や Ln 内の分極型励起配置も f - f 遷移の振動子強度に寄与しており、DC モデルの寄与と共に、これらの効果も同時に考慮して強度を見積もる必要があることを明らかにした。			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3478 号	氏 名	畑中 美穂
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 吉岡 直樹
		慶應義塾大学教授	理学博士 中嶋 敦
		慶應義塾大学教授	博士（工学） 磯部 徹彦
		首都大学東京大学院教授	工学博士 波田 雅彦
学士（理学）、修士（理学）畑中美穂君提出の学位請求論文は、「Theoretical study on the f-f transition intensities of lanthanide trihalide systems（ランタニド三ハロゲン化物の f-f 遷移強度に関する理論的研究）」と題し、全 6 章からなっている。 ランタニド（Ln）化合物は光学材料や磁性材料として広く利用されているが、その機能は主に 4f 電子に起因する。4f^N 準位間の光学遷移（f - f 遷移）は可視領域に現れるが、4f 電子は閉殻 5s、5p 電子によって外部から遮蔽されているため、その遷移エネルギーも振動子強度も、周囲の環境にほとんど影響されず、その強度は従来、半経験的 Judd-Ofelt（JO）理論に基づいて議論されてきた。しかし、例外的に、振動子強度のみが環境の変化に敏感に依存する「hypersensitive 遷移」がいくつか存在し、特にランタニド三ハロゲン化物 LnX₃ の強度は格段に大きいことが知られていた。そしてこの例外的な振動子強度の原因については、定量的な計算が困難なこともあり未解決のままであった。そこで、本論文の著者は、LnX₃ の振動子強度を多参照スピン軌道配置間相互作用（SOC）法による理論計算を行うことで、その本質を明らかにした。 第 1 章では、f - f 遷移、hypersensitive 遷移に関する基礎事項や背景について説明している。 第 2 章では、JO 理論および hypersensitive 遷移強度の説明のために考案された幾つかのモデルを説明している。また、SOC 計算を高速かつ高効率に実行するために使用したユニタリー群の計算理論および著者がコード化した振動子強度の計算プログラムについて説明している。 第 3 章では、PrX₃、TmX₃（X = Br, I）について解析している。その結果、分子振動や 4f^{N-1}5d 配置の混入効果に比べて、配位子の分極型励起が特段に重要で、従来のモデルの中で、動的結合（dynamic-coupling；DC）モデルが hypersensitivity の主機構であることを明らかにしている。 第 4 章では、LnBr₃ の全ての hypersensitive 遷移について、2 種類の Judd-Ofelt 強度パラメータ Ω_2、つまり、純粋に DC モデルから得た Ω_2 と SOC 計算から得た Ω_2 を比較することで、hypersensitive 遷移の主機構は、普遍的に DC モデルであること、さらに 2 種類のパラメータの値の差は、分極遮蔽効果、および特に Eu の場合に重要になる Br から Ln への電荷移動に起因することを明らかにしている。 第 5 章では、LnCl₃、LnI₃ についても同様に解析し、hypersensitive 遷移強度の発現機構について包括的な説明を与えている。さらに遷移密度関数、遷移双極子モーメント、強度パラメータ Ω_2、および配位子から Ln への電荷移動量を詳細に解析し、主機構である DC モデルの他に、小さいながらも電荷移動や Ln 内の励起配置も振動子強度に寄与していることを明らかにしている。 第 6 章では、本論文を総括するとともに、さらに複雑で大規模な分子系への展望を述べている。 以上要するに、本論文の著者は、f - f 遷移の振動子強度の発現機構や敏感さの原因を、理論化学的手法を駆使して解明し、これまで不明確であった様々な問題を解決した。本論文の対象分子はランタニド三ハロゲン化物に限定されているが、その研究成果や著者が開発した解析手法は、ランタニド化合物を含む一般の分子系にも広く適用可能な概念を含み、今後それらの光学特性を議論する上で、重要な指針を与えるものとして、分子科学の発展に寄与するところが少なくない。よって本論文の著者は博士(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 3479 号	氏 名	橋本 泰成
主 論 文 題 目：			
Development of Brain-Computer Interface Based on Sensorimotor Function in Humans (ヒト感覚運動機能に基づくブレイン・コンピュータ・インタフェースの開発)			
脳卒中や脊髄損傷などの神経系疾患により引き起こされる重篤な運動障害は、脳と骨格筋との連絡路を遮断し、外界への意思の表出を困難にさせる。このような身体障害を抱える人々の脳の神経活動から直接意思を抽出して、四肢の運動を介さずにコミュニケーションや移動を可能にする機能代替的なシステムの研究開発が進められており、その技術はブレイン・コンピュータ・インタフェース (BCI) 技術と呼ばれている。 しかしながら、脳波の発生機序やその個人差、BCI を繰り返し利用することによる脳活動の可塑的変化などについては不明な点が多く、実用化には至っていない。本研究では (1) BCI 技術で利用されている脳波のひとつであるベータ波の発生機序を運動生理学的な観点から明らかにするとともに、(2) その知見を利用して BCI システムを構築し、運動関連脳波が発生しにくい肢体不自由者においてトレーニング効果を調べることの二点を目的とした。 本論文第一章において、脳波変化の概要および BCI における脳波の利用例について解説した。BCI では、運動の遂行あるいは想起にともなって発生する脳波の振幅増減を利用する。例えば、把離握動作のような手の運動イメージでは、体性感覚運動野手部近傍から導出された脳波の 8-13 Hz 成分が減少する (ミュー波 ERD)。また足関節の底背屈動作のような足の運動イメージでは、体性感覚運動野下肢支配領域近傍から導出された脳波の 18-30 Hz 成分が増大する (ベータ波 ERS) ことが知られている。 第二章では、ベータ波 ERS の生理学的メカニズムを検証した。運動の遂行時に観察されるベータ波は、収縮している骨格筋活動に対して同期的であることが知られており、運動生成に関わる皮質基底核ループにおける抑制性介在神経細胞の活動量が影響していることが示唆されている。そこで随意運動時の脳波-筋電図コヒーレンスを算出し、その律動的神経活動の程度を定量した。その結果、足関節の背屈運動中において統計学的に有意なベータ波コヒーレンスを示す被験者群はそうでない群と比較して、同様の運動想像時にも有意なベータ波 ERS を認めた。これはひとつの運動生成に関わる神経ネットワークが運動遂行と運動想起の両面において共通に関与していることを強く示唆しており、BCI で利用されるベータ ERS の発生過程において、実際の運動機能に関連した中枢神経系の活動が関与していることを意味している。 第二章の結果を神経生理学領域における運動学習研究に則って考察すると、ベータ波 ERS の小さい被験者であっても BCI トレーニングを施すことによりその可塑的変化をうながすことができるはずである。そこで第三章では、ベータ波 ERS およびミュー波 ERD から、手および足の運動イメージを自動で検知する BCI システムを構築し、ほとんど体を動かすことができない重度の筋ジストロフィ患者における BCI トレーニング効果を論じた。半年におよぶ長期間の BCI トレーニングの結果、日数を経るにつれて脳活動が可塑的変化を起こし、微弱なベータ波 ERS が 1.5 倍程度増強することがわかった。これにともなって BCI の制御精度も向上し、被験者はインターネット上の仮想空間内でキャラクタを随意的に移動させることができるようになった。 以上のように本研究では、独自に開発した BCI が重度肢体不自由者の運動代替に有効であることを示したほか、BCI の長期使用によって運動関連神経活動を可塑的に変化させることができることを明らかにした。このことは、BCI が機能代替としてのみならず神経リハビリテーションへ応用できることを提示しており、新しい BCI 研究のパラダイムを拓く上で重要な知見であると考えられる。			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3479 号	氏 名	橋本 泰成
論文審査担当者： 主査 慶應義塾大学教授 工学博士 岡 浩太郎			
副査 慶應義塾大学教授 工学博士 本多 敏			
慶應義塾大学准教授 博士（工学） 内山 孝憲			
慶應義塾大学名誉教授 工学博士/博士(医学) 富田 豊			
学士（工学）、修士（工学）橋本泰成君提出の学位請求論文は「Development of Brain-Computer Interface Based on Sensorimotor Function in Humans（ヒト感覚運動機能に基づくブレイン・コンピュータ・インタフェースの開発）」と題し四章より構成されている。 脳卒中や脊髄損傷などの神経系疾患により引き起こされる重篤な運動障害は、脳と骨格筋との連絡路を遮断し、外界への意思の表出を困難にさせる。このような身体障害を抱える人々の脳の神経活動から直接意思を抽出して、四肢の運動を介さずにコミュニケーションや移動を可能にする機能代替的なシステムの研究開発が進められており、その技術はブレイン・コンピュータ・インタフェース（BCI）技術と呼ばれている。しかしながら、脳波発生機序やその個人差、BCI を繰り返し利用することによる脳活動の可塑的变化などについては不明な点が多く、実用化には至っていない。本研究では（１）BCI 技術で利用されている脳波のひとつであるベータ波の発生機序を運動生理学的な観点から明らかにするとともに、（２）その知見を利用して BCI システムを構築し、運動関連脳波が発生しにくい肢体不自由者においてトレーニング効果を調べることの二点を目的とした。 第一章は序論で、脳波変化の概要および BCI における脳波の利用例について解説した。BCI では、運動の遂行あるいは想起にともなって発生する脳波の振幅増減を利用することについて述べ、特に実際の運動や運動想起時における体性感覚運動から導出された脳波の 8-13 Hz 成分の減少（ミュー波 ERD）と 18-30 Hz 成分の増大（ベータ波 ERS）について詳述している。 第二章では、ベータ波 ERS の生理学的メカニズムを検証している。運動の遂行時に観察されるベータ波は、収縮している骨格筋活動に対して同期的であることが知られており、運動生成に関わる皮質基底核ループにおける抑制性介在神経細胞の活動量が影響していることが示唆されている。そこで随意運動時の脳波-筋電図コヒーレンスを算出し、その律動的神経活動の程度を定量した。その結果、足関節の背屈運動中において統計学的に有意なベータ波コヒーレンスを示す被験者群はそうでない群と比較して、同様の運動想起時にも有意なベータ波 ERS を認めた。これはひとつの運動生成に関わる神経ネットワークが運動遂行と運動想起の両面において共通に関与していることを強く示唆しており、BCI で利用されるベータ波 ERS の発生過程において、実際の運動機能に関連した中枢神経系の活動が関与していることを意味している。 第二章の結果を神経生理学領域における運動学習研究に則って考察すると、ベータ波 ERS の小さい被験者であっても BCI トレーニングを施すことによりその可塑的变化をうながすことができるものと予想される。そこで第三章では、ベータ波 ERS およびミュー波 ERD から、手および足の運動想起を自動で検知する BCI システムを構築し、ほとんど体を動かすことができない重度の筋ジストロフィ患者における BCI トレーニング効果を論じた。半年におよぶ長期間の BCI トレーニングの結果、日数を経るにつれて脳活動が可塑的变化を起こし、微弱なベータ波 ERS が 1.5 倍程度増強することがわかった。これにともなって BCI の制御精度も向上し、被験者はインターネット上の仮想空間内でキャラクタを随意移動させることができるようになった。 第四章は結論で、以上の研究内容を総括している。 以上要するに本研究では、独自に開発した BCI が重度肢体不自由者の運動代替に有効であることを示したほか、その長期使用は運動関連神経活動を可塑的に変化させることを明らかにした。このことは、BCI が機能代替としてのみならず神経リハビリテーションへ応用できることを提示しており、生体医工学・リハビリテーション工学に資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 3480 号	氏 名	工月 良太
主 論 文 題 目：			
エネルギーの面的利用がもたらす間接的便益に関する研究			
民生部門における CO₂排出量は依然増加傾向にあるが、我が国においては建築物単体の対策には限界があり、それを越えた地区・地域レベルで低炭素化を図る対策として、エネルギーの面的利用が期待されている。しかしながら現時点では地区を構成するステークホルダー間の合意形成が難しく、対策は進んでいない。この理由としては、多くの民生部門の低炭素化対策と同様に、対策を通じて得られる光熱費削減による直接的便益 (EB: Energy Benefit) では動機づけとしては弱いことが考えられ、対策を通じてもたらされる多様な間接的便益 (NEB : Non-Energy Benefit) の明確化や理解の共有化が不足していることが考えられる。このような背景から本論文は、エネルギーの面的利用がもたらす多様な NEB を抽出・分類し、その貨幣価値換算法を提案する。これを踏まえた地域スケールで検討される様々な低炭素化対策の優先順位づけや、ステークホルダー間のコスト、便益の配分に関する具体的なケースに適用し、提案する手法の有効性を検証する。 第 1 章では、序論として、本研究の背景、既往研究、本研究の目的を示した。 第 2 章では、我が国におけるエネルギーの面的利用の導入推進の必要性和期待されるポテンシャルの大きさについてレビューした。 第 3 章では、都市におけるエネルギーの面的利用の成立に関し 3 つの形態と、それぞれについてシステム構成例をあげ、期待される省エネルギー効果、CO₂削減効果の推計方法を示した。エネルギーの面的利用とオンサイト発電機の組合せシステムがもたらす効果として 10～20%程度の省エネルギー効果、また 15～25%程度の CO₂削減効果が期待でき、さらに、再生可能・未利用エネルギーの利用により最大で更に 8 ポイント程度の効果が期待できるとの試算結果を得た。 第 4 章では、地域スケールで取り組まれる多様な対策との比較においてエネルギーの面的利用を検討するうえで、経済性の面からの評価手法として、「限界削減費用 (Marginal Abatement Cost : MAC)」に着目し、中長期的な低炭素化対策技術の耐用年数に基づいた適切な投資回収年数の設定と、それを反映した限界削減費用曲線の表現を提案した。ケーススタディを通じ、エネルギーの面的利用は順位が高く、中長期的に大きな CO₂削減ポテンシャルを持つ対策として評価されることを示した。 第 5 章では、ステークホルダーへの動機づけのため、低炭素化対策によって触発される間接的な経済効果や環境保全上の便益等の多様な間接的便益 (NEB : Non-energy Benefit) に着目し、これを 5 種類に分類し、それぞれの貨幣価値換算を通じた費用対便益 (B/C) の評価手段を提案した。ケーススタディを通じ、NEB を考慮しない従来の B/C (=EB/C) では 1 を下回っていた状況から、NEB の算入により、B/C (= (EB+NEB)/C) が 1 を超え、ステークホルダーの動機づけに資するとの示唆を得た。 第 6 章では、第 5 章で提案した NEB を対策ごとに按分し、第 4 章で構築した地域レベルの限界削減費用曲線に反映する手法を構築し、地区特性の異なる 3 つの地区を対象としたケーススタディを実施した結果、NEB 反映後の MAC が 0 以下となる対策が増加し、良好な経済性をもって実現可能な CO₂削減ポテンシャルが 10%程度のレベルから 25～60%のレベルへと大きく向上した。特にエネルギーの面的利用に係る対策では、順位も向上することを示した。 第 7 章では、エネルギーの面的利用に関わるステークホルダー間での、対策のコスト (C)、EB、NEB の配分について、具体的なプロジェクトを例に、ステークホルダーごとの NEB の帰属の違いに配慮しつつ、B/C が概ね均等となる配分が可能なことを示した。次に、計画段階における各種の想定値の不確実性に伴う B/C の変動リスクを評価し、ステークホルダーごとにリスクの許容範囲が異なることに配慮することが必要な場合に、コスト (C) および EB、NEB の配分を見直し、ステークホルダー間でリスクの調整が可能なことを示した。 第 8 章は、本論文の結論と、今後の展望である。			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3480 号	氏 名	工月 良太
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	博士(工学) 伊香賀俊治
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 佐藤 春樹
		慶應義塾大学教授	工学博士 植田 利久
		慶應義塾大学教授	工学博士 大森 浩充
		東京大学大学院教授	Ph. D. 浅見 泰司

学士(工学)、修士(工学)、工月 良太 君提出の学位請求論文は「エネルギーの面的利用がもたらす間接的便益に関する研究」と題し、8 章からなっている。

民生部門の CO₂ 排出量は依然増加傾向にあるが、建築物単体での低炭素対策には限界があり、地区・地域レベルで低炭素化を図る対策としてエネルギーの面的利用の推進が期待されている。しかしながら現時点では地区を構成するステークホルダー間の合意形成が難しくエネルギーの面的利用が進んでいない。この理由として、多くの低炭素化対策と同様に、対策を通じて得られる光熱費の削減による直接的便益 (EB: Energy Benefit) だけでは動機づけとしては弱いことが考えられ、対策を通じてもたらされる多様な間接的便益 (NEB : Non-Energy Benefit) の明確化と理解の共有化が不足していることが考えられる。このような背景から本論文では、エネルギーの面的利用がもたらす多様な NEB を抽出・分類し、その貨幣価値換算法を提案し、地域スケールの様々な低炭素化対策の優先順位づけ、ステークホルダー間のコスト、便益の配分に関する具体的なケースに適用し、提案手法の有効性を検証するものである。

第 1 章では、序論として、本研究の背景、既往研究、本研究の目的を示した。

第 2 章では、エネルギーの面的利用推進の必要性と期待されるポテンシャルをレビューした。

第 3 章では、都市におけるエネルギーの面的利用の成立に関し 3 つの形態と、それぞれについてシステム構成例をあげ、期待される省エネルギー効果、CO₂ 削減効果の推計方法を示した。

第 4 章では、エネルギーの面的利用を検討するために「限界削減費用 (Marginal Abatement Cost : MAC)」分析に着目し、適切な投資回収年数を反映した MAC 分析を提案した。

第 5 章では、低炭素化対策による NEB を 5 種類に分類し、それぞれの貨幣価値換算を通じた費用対便益 (B/C) の評価手法を提案した。

第 6 章では、地区特性の異なる 3 つの地区を対象として、NEB を考慮することによって CO₂ 削減ポテンシャルが増え、エネルギーの面的利用の優先順位が向上することを示した。

第 7 章では、具体的なプロジェクトを例に、B/C の不確実性分析によって、ステークホルダー間でリスクの調整が可能なことを示した。

最後に第 8 章では、本論文の結論と今後の展望を示した。

以上要するに、本論文は、エネルギーの面的利用において重要と考えられる間接的便益 (NEB) の貨幣価値換算法を構築し、限界削減費用 (MAC)、費用対便益 (B/C)、リスク評価に反映させる手法を提案し、低炭素化対策の推進に向けたステークホルダーの動機づけや合意形成に資することを明らかにしたものであり、工学的に寄与するところが大きい。

よって、本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。

Thesis Abstract

Registration Number	"KOU" No.3481	Name	Xing, Zhenhua
Thesis Title Damage Assessment of Shear Structures Based on Autoregressive Models and Substructure Approach This thesis is devoted to improve the damage assessment measures that have been studied by many researchers and to propose an effective damage detection scheme with as fewer sensors as possible, especially for the large scale structures. Firstly, the improvements on the damage assessment method based on autoregressive models are proposed. To improve the noise immunity of this method, the distance measure of low-order AR models is used as a damage indicator since its advantages in computational efficiency, emphasis of high-energy frequency range, and less sensitivity to spectral peaks caused by noise. In addition, adaptive component weighting is introduced to relieve the noise effect further. Moreover, a method to choose the optimum AR order for distance measures is proposed to solve the problem that the order of the AR models and the order determined by Akaike information criterion or Bayesian Information Criteria is not the optimum AR order for the distance measure. The effect of varying the data length, number of parameters, and other factors are also carefully studied. Secondly, a substructure approach to local damage detection is proposed. Every substructure is confined to one DOF, which can satisfy the identifiability of substructure easily. By cutting substructure with overlaps, ARMAX models can be directly used to determine the modal information and detect the damage. Substructure approach is to divide a complete structure into several substructures in order to significantly reduce the number of unknown parameters for each substructure so that damage detection processes can be independently conducted on each substructure. This method doesn't need the vibration measurements at all degrees of freedom. Moreover, the identifiability of substructures for civil engineering structures is investigated, and a structure division method is proposed to make the substructure identifiable when it is not strongly system identifiable (SSI). To clarify the identifiability of the substructures, the substructures are classified into three types. The structure is divided using the proposed structure division method, and then the support vector machine (SVM) is applied for each substructure to detect the local damages. Finally, the conclusion is given. The damage assessment based on autoregressive models and substructure approach is proposed, and it can detect and localize the damage accurately. The use of the substructure approach makes this method work efficiently in identification of large scale structures, and moreover the damage detection processes can be independently conducted on each substructure. Thus, it is also suitable for use in a parallel and distributed damage detection system.			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3481 号	氏 名	Xing, Zhenhua
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	Ph. D. 三田 彰
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 大森 浩充
		慶應義塾大学准教授	Ph. D. 小國 健二
		慶應義塾大学専任講師	博士(工学) 高橋 正樹
修士(工学) Xing Zhenhua 君の博士学位請求論文は、「Damage Assessment of Shear Structures Based on Autoregressive Models and Substructure Approach (AR モデルおよびサブストラクチャ法によるせん断構造物の損傷評価)」と題し、6 章より構成されている。 本論文は、構造物の安全性能の診断にかかわる「構造ヘルスマニタリング」分野の研究で、可能な限り少ないセンサを使って、損傷の位置およびその程度を検出する手法を提案している。特にせん断構造物に着目して層レベルまでの損傷検知をきわめて容易に、かつ迅速に行う手法を提案したものである。本論文の構成は以下の通りである。 第 1 章では、本論文の背景と目的について述べている。 第 2 章では、自己回帰モデルのケプストラム距離尺度に基づく損傷評価手法のモデル次数の決定方法を提案している。計算効率を高め、高エネルギーの周波数範囲を強調し、ノイズに起因するスペクトルピークの影響を減少させるために適切な AR 次数を選択するための方法である。AR 次数決定には、通常、赤池情報量規準、ベイズ情報量規準などが用いられるが、それでは正確な損傷評価ができないことを示し、適切な次数の新たな決定方法を提案している。 第 3 章では、局所的損傷を検出するためのサブストラクチャ法に基づく損傷検知手法が提案されている。サブストラクチャ法による損傷検知はこれまでも多数提案されているが、本手法はサブストラクチャの境界とその内部の点の加速度情報のみで検知できる点において、画期的な手法である。頂部では 2 つのセンサのみ、中間部で 3 つのセンサのみで損傷検知を可能とする。サブストラクチャ構造の外側の構造物の情報は必要としないため、並列処理が可能であり、リアルタイム処理に適した手法である。 第 4 章では、これまで提案されたサブストラクチャ法による損傷検知ではほとんど言及されてこなかった同定可能性についての議論を行っている。サブストラクチャ構造についての同定には、残りの構造との相互作用を考慮する必要があると、閉ループシステムとなることを示した上で、同定可能性についての条件を明快に示した。 第 5 章では、サブストラクチャ法を適用する構造部分の自由度が高い場合に、サポートベクトルマシン (SVM) を適用することで、サブストラクチャ内部での損傷位置を特定する手法を提案し、提案手法の適用範囲を大幅に広げている。 第 6 章は、本論文全体を総括し、将来の課題を示した。 以上、要するに、本論文で提案された手法によって、構造物の安全確保のため、損傷位置とその程度をきわめて少ないセンサによって正確に検知することを可能にするもので、本研究の成果は工学上寄与するところが少なくない。また、結果的に大型構造物などの耐用年数を延ばす効果があるため、社会的にも大きな貢献が期待される。よって、本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。			

内容の要旨

報告番号	甲 第3482号	氏 名	針井 一哉
主論文題目：			
強磁性/常磁性複合膜における スピンプンピング・スピンプンピング誘起スピン流に関する研究			
電子の持つスピン角運動量の自由度を積極的に利用することで従来のエレクトロニクスを越える新機能の発現を目指すスピントロニクスでは、スピン角運動量の流れである「スピン流」の生成・検出がその鍵となる。特に、電流を伴わない純スピン流を自在に操ることが可能になれば、エネルギー散逸の極めて少ない量子情報輸送や磁場を用いない磁化状態の制御などが実現できる。この純スピン流を磁化ダイナミクスから生成させる現象であるスピンプンピングは、純スピン流生成の汎用的手法として、応用面・物理基礎面双方から多くの注目を集めている。スピンプンピングの本質は磁化と伝導電子の間でのトルクとしての角運動量の受け渡しであり、それを実現する系として、強磁性/常磁性複合膜におけるマイクロ波励起磁気共鳴がよく知られている。 本論文では、物質横断的な複合膜構造を作成し、それらのスピンプンピング特性をスピン流－電流変換現象である逆スピンホール効果を通じて測定することで、スピンプンピングならびにスピンプンピング誘起純スピン流の物性解明を目指した。 本論文は以下の5章により構成される。 第1章では、本論文の背景及び目的を述べ、さらにスピン流に関する予備知識を与えた。 第2章では、試料作成法及び電子スピン共鳴装置を用いたスピンプンピングの測定法、ならびに本研究における最も重要な測定原理であるスピンホール効果の物理的起源を述べた。 第3章では、強磁性金属/常磁性金属/常磁性金属多層膜におけるスピンプンピング誘起スピン流の振る舞いについて述べた。中間層の常磁性金属にスピン緩和の小さいAuを用い、逆スピンホール起電力のマイクロ波強度依存性を測定することにより、Auを通過する際のスピンプンピング誘起純スピン流の振る舞いを観測した。 第4章では、強磁性絶縁体 $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$(YIG)/常磁性Pt 複合膜におけるスピンプンピングに対する磁化ダイナミクスの影響を述べた。マイクロ波回路としてブロードバンド導波系とネットワークアナライザーを組み合わせることで、磁気共鳴周波数の変化に対するスピンプンピングの強度変化を測定した。この手法を用いてスピンプンピング強度の共鳴周波数依存性を測定し、その理論的解析を行った。 第5章では、本論文の結論を述べた。 以上により、金属複合膜における磁化ダイナミクスとスピン伝導に関する知見を得ることができた。本論文により得られた知見がスピントロニクスデバイスの設計指針を与えるだけにとどまらず、スピン流の基礎物理の理解に大きな役割を果たすことが期待される。			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3482 号	氏 名	針井 一哉
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	Ph. D. 伊藤 公平
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 佐藤 徹哉
	副査	慶應義塾大学教授	博士（工学） 的場 正憲
	副査	東北大学金属材料研究所教授	博士（工学） 齊藤 英治
学士（理学）、修士（理学）針井一哉君の学位請求論文は「強磁性/常磁性複合膜におけるスピンプンピング誘起スピン流に関する研究」と題し、全5章より構成されている。 電子の持つスピン角運動量の自由度を積極的に利用することで従来のエレクトロニクスを越える新機能の発現を目指すスピントロニクスでは、スピン角運動量の流れである「スピン流」を効率的に生成し検出する手法の確立が急務となっている。特に、電流を伴わない純スピン流を自在に操ることが可能になれば、エネルギー散逸が極めて少ない情報輸送や磁場を用いない磁化状態の制御などが実現できる。この純スピン流を磁化ダイナミクスを通じて生成するスピンプンピングは、物理学と工学的応用の両面から注目を集めている。スピンプンピングの本質は磁化と伝導電子の間でのトルクとしての角運動量の受け渡しであり、それを実現する手法の一つとして、強磁性/常磁性複合膜におけるマイクロ波励起磁気共鳴が近年提案された。 そこで本論文において申請者は、物質横断的な複合膜構造を作製し、マイクロ波磁気共鳴によるスピンプンピングをスピン流－電流変換現象である逆スピンホール効果を通じて測定し、スピンプンピングならびにスピンプンピング誘起スピン流の機構解明に取り組んでいる。 第1章では本論文の背景及び目的が述べられている。第2章では、逆スピンホール効果の物理的起源を概説した上で、試料作製法及び逆スピンホール効果を用いたスピンプンピングの測定法が示されている。また、試料に対するマイクロ波電磁場の配置を考察することから、逆スピンホール起電力を他の信号から分離して抽出する実験手法を確立している。第3章では、$\text{Ni}_{81}\text{Fe}_{19}$/非磁性金属/非磁性金属3層膜構造におけるスピンプンピング誘起スピン流の振る舞いを調べている。非磁性金属中間層にはスピンを緩和させにくいAuを用い、Au層の膜厚を変化させて逆スピンホール起電力のマイクロ波強度依存性を測定している。Au層の厚さに依存するスピンプンピング誘起スピン流の減衰特性を観測し、その結果を物理的に考察している。第4章では周波数可変のスピンプンピング測定系と強磁性絶縁体$\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$(YIG)/常磁性Pt複合膜を用い、スピンプンピング強度の磁気共鳴周波数依存性を測定している。ここでは共鳴周波数の増大とともにスピンプンピング効率が低下することも見出している。この現象をスピンプンピング理論と磁化の運動方程式を組み合わせることでモデル化することから理論的な解釈を得ている。第5章では、結論が述べられている。 以上要するに、申請者は金属複合膜における磁化ダイナミクスとスピン伝導を調べ、スピン流ポンピング現象の詳細を解明した。本研究により得られた知見が、スピン流の生成機構の理解を深化し、将来のスピントロニクス素子設計に指針を与えることが大いに期待される。 よって、本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。			

内容の要旨

報告番号	甲 第3483号	氏 名	太田 裕貴
主論文題目：			
マイクロ旋回流を利用した3次元スフェロイド形成・実験プラットフォームの開発			
細胞は培養状態によって単層、セミスフェロイド、スフェロイドと凝集状態を変化させる。特に、3次元的に細胞が凝集し細胞密度が大きいスフェロイドは高い生体機能を有する。このような高機能スフェロイドを実験で使用するにより、<i>in vivo</i> のように生体に近くかつ <i>in vitro</i> のように簡易で再現性の高い実験プラットフォームを構築できる。このようなプラットフォームは正確で効率的な創薬試験や再生医療、組織形成に関する基礎的知見の獲得に大きく資することが期待される。 スフェロイド形成・実験プラットフォームは、スフェロイドサイズ制御、スフェロイド成長に対する培養空間の柔軟性、アレイ化、<i>in situ</i> 計測の4つの条件を満たさなければならない。これらの条件を満たすものとして、本論文は、マイクロチャンバ内で旋回流を生起し、その流体力でチャンバ中心に細胞を集積させ、3次元スフェロイドを形成するデバイスと、灌流システムを組み合わせた3次元スフェロイド形成・実験プラットフォームの開発を目的としたものである。形成するスフェロイドのサイズは、灌流培養液内の細胞濃度とチャンバ径により制御できる。また、チャンバをアレイ化することでスフェロイドの複数一括形成も可能である。チャンバ材料として生体適合性、酸素透過性、透明性の高いとされるポリジメチルシロキサンを用い、かつ灌流システムと組み合わせることで、本プラットフォームは高い酸素、栄養素交換性を有し、長期のスフェロイド培養及び <i>in situ</i> での計測が可能である。流体によりスフェロイドを保持するため、時間経過によるスフェロイドのサイズ拡大にも対応可能である。本論文は、以上のような、3次元スフェロイド形成・実験プラットフォームを、設計、構築し、スフェロイド機能計測実験を通じて、その有効性を検証したものである。 第1章は序論である。スフェロイド形成・実験プラットフォームに関して概説し、本研究の意義と解決すべき課題をまとめた。 第2章は背景であり、マイクロ領域での流体、肝細胞ならびに肝臓特性、現在までに提案されているスフェロイド形成デバイスに関してまとめた。 第3章において、チャンバ内流体のシミュレーションとそれに基づいたチャンバ、アレイ設計を行った。チャンバ内で旋回流を起こす条件を2次元、3次元モデルで検討し、さらに高スループット化を視野に入れたアレイの設計を行った。 第4章では、チャンバ、アレイの製作と灌流システムの構築を行った。チャンバ、アレイの製作はフォトリソグラフィ技術を用いて行った。本論文で提案する灌流システムは、動力源としてペリスタポンプ、ポンプから発生する拍動流れを抑えるダンパチャンバ外で凝集した細胞を分離または除去するシュレツダチャネル、フィルタデバイス、フィルトレーションサイクルから構成される。従来の灌流システムとは異なり、培地と細胞の2相の流体を恒常的に長期間灌流させることのできる初めてのシステムであり、1週間以上の恒常的な灌流を可能にした。 第5章では製作したチャンバ、アレイと灌流システムを用いた肝癌細胞のスフェロイド形成実験の結果を述べた。開発したプラットフォームを用いて3次元スフェロイドを形成することに成功するとともに、灌流培地内の細胞濃度とチャンバ直径によりスフェロイドサイズを制御することに成功した。さらに、形成したスフェロイドを3日間培養したところ、解毒酵素であるシトクロームP450量が上昇していることを <i>in situ</i> で計測し、スフェロイドの肝機能が活性化していることを明らかにした。以上から、本論文で提案したシステムがスフェロイド形成・実験プラットフォームとして有効であることを示した。 第6章は本論文の結論である。各章で得られた知見を総括し、今後の展望を述べた。			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3483 号	氏 名	太田 裕貴
論文審査担当者： 主査 慶應義塾大学専任講師 博士（工学） 三木 則尚			
副査 慶應義塾大学教授 Ph. D. 谷下 一夫			
慶應義塾大学教授 工学博士 岡 浩太郎			
慶應義塾大学准教授 博士（工学） 佐藤 洋平			
千歳科学技術大学教授 工学博士 南谷 晴之			
学士（工学）、修士（工学）太田裕貴君提出の学位請求論文は「マイクロ旋回流を利用した3次元スフェロイド形成・実験プラットフォームの開発」と題し、6章から構成されている。 細胞は培養状態によって単層、セミスフェロイド、スフェロイドと凝集状態を変化させる。特に、3次元的に細胞が凝集し細胞密度が高いスフェロイドは高い生体機能を有する。このような高機能スフェロイドを使用することで、in vivo 系に近く簡易的で再現性の高い in vitro 系を構築でき、正確で効率的な創薬試験や再生医療、組織形成に関する基礎的知見の獲得に大きく資することが期待されている。そのため、複数のスフェロイドをサイズ制御しながら形成でき、かつ形成されたスフェロイドを in situ で計測可能なスフェロイド形成・実験プラットフォームの確立が求められている。 本論文は、マイクロチャンバ内に細胞と培養液を導入しマイクロ旋回流を発生し細胞を集積させるスフェロイド形成デバイスと、長期培養および in situ 計測を可能とする灌流システムを組み合わせたスフェロイド形成・実験プラットフォームを設計、構築し、肝細胞スフェロイドの形成および評価実験を通じてその有効性を示したものである。 第1章は序論であり、研究の背景ならびにスフェロイド形成・実験プラットフォームの要求機能を示し、本論文の目的を述べるとともに、新規性ならびに意義を明らかにしている。 第2章では、肝細胞スフェロイドならびにマイクロ流体デバイスに関する基礎的知見、およびスフェロイド形成に関する従来研究を詳述している。 第3章では、旋回流を用いて細胞を集積するスフェロイド形成デバイスのコンセプトについて詳述し、マイクロチャンバ内で生成される旋回流のシミュレーション、ならびにチャンバへの細胞および培養液の導入流路の圧力損失の評価を行い、スフェロイド形成マイクロチャンバの設計およびチャンバのアレイ化のための流路設計を行っている。 第4章では、ソフトリソグラフィーを用いたスフェロイド形成デバイスの製作方法ならびに、灌流システムの要素部品について詳述している。本論文が提案する灌流システムは、細胞と培養液からなる二相の流体を恒常的に灌流する新規なシステムである。 第5章では、製作したスフェロイド形成デバイスと、構築した灌流デバイスを組み合わせたスフェロイド形成・実験プラットフォームを、肝細胞スフェロイドの形成、観察を通じ実験的に評価している。まず、マイクロ旋回流により肝細胞が集積し、3次元肝細胞スフェロイドを形成できることを示している。次に、マイクロ粒子画像流速計を用いマイクロ旋回流を評価するとともに、導入する培養液内の細胞濃度および、マイクロチャンバサイズを変化させることで、肝細胞スフェロイドのサイズを直径 130～430 μm の範囲において精度 17.2%で制御できることを明らかにしている。さらに、マイクロチャンバアレイ化による 11 個の肝細胞スフェロイドの同時形成、三日間の培養を通じて肝細胞スフェロイドの生死判別、サイズ変化、解毒酵素活性を評価することで、提案したスフェロイド形成・実験プラットフォームの有効性を示している。 第6章は本論文の結論であり、各章で得られた知見を総括し、今後の展望を述べている。 以上要するに、本論文はマイクロ旋回流を利用した3次元スフェロイド形成・実験プラットフォームを新規に開発し、肝細胞スフェロイドの形成および評価実験を通じてその有効性を示したものであり、その成果は、生物、医学、マイクロ・ナノ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。			

Thesis Abstract

Registration Number	"KOU" No.3484	Name	ZHANG, Yuhua
Thesis Title Development of a Biomimetic Tactile Sensor with Epidermal Ridges for Sensitivity Enhancement			
This dissertation presents the fundamental knowledge in developing a tactile sensor by mimicking the epidermal ridges structure of human, capable of precise force detection and sensitivity enhancement. This study discussed the tactile perception of human and, in particular, it focused on the features of epidermal ridges and Meissner corpuscles of human fingertip skin. The study developed a micro-scale tactile sensor mainly comprising of elastic materials with a ridge-structure surface and an array of strain gauges below the edges of ridges. With the proposed tactile sensor, the sensitivity enhancement was investigated in force detection and deduced the optimal structure of the artificial epidermal ridges theoretically and experimentally. By conducting series of finite element method (FEM) simulations and experiments, this study confirmed that the ridge structure has an effect on either static or kinesthetic tactile sensing of the proposed sensor. Mimicking the features of epidermal ridge by the elastic material – polydimethyl siloxane, the width of which is 400 μm, the ridge with height of 160 μm is optimal for shear force detection but to experience less pressure for a stable output, while the ridge with height of 110 μm is optimal for normal force detection. Chapter 1 describes the motivation, original contributions and outlines of this study. Chapter 2 describes the background knowledge including functions of human tactile perception, mechanoreceptors, and the state of the art in tactile sensors. Also our previous work on a macro-scale texture sensor, which was inspired by human finger, for texture and lump detection is discussed to show the benefits of the biomimetic texture sensor with epidermal ridges. Chapter 3 describes the design concept. Materials are investigated to benefit tactile sensing applications. Microfabrication processes are discussed to manufacture the elastic material and the strain gauges. The practicable design of the tactile sensor is determined. Chapter 4 confirms the design of the tactile sensor in detail based on theoretical calculation and FEM analysis to obtain an optimal ridge structure by conducting the simulation on normal force and shear force detection. When the ridge width is 400 μm, which is a typical width of the ridges of human fingers, the ridge height of 160 μm is optimal for shear force detection but to experience less pressure for a stable output, while the ridge height of 110 μm is optimal for normal force detection. Chapter 5 describes the evaluating experiments and analyses of the results. The experimental setup and results including normal force and shear force detection are discussed. Chapter 6 summarizes this study and discusses future research prospects.			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3484 号	氏 名	ZHANG, Yuhua
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学専任講師	博士（工学） 三木 則尚
	副査	慶應義塾大学教授	博士（工学） 松本 佳宣
		慶應義塾大学教授	博士（工学） 村上 俊之
		慶應義塾大学准教授	博士（工学） 大宮 正毅
		慶應義塾大学専任講師	博士（工学） 竹村 研治郎
学士（工学）、修士（工学） Zhang, Yuhua 君提出の学位請求論文は「Development of a Biomimetic Tactile Sensor with Epidermal Ridges for Sensitivity Enhancement（感度増強のための指紋構造を有する生体模倣型触覚センサの開発）」と題し、6章から構成されている。 ヒトは皮膚の機械的な変形を触覚受容器が検出することにより、触覚情報を取得している。特に指腹部は、指紋構造ならびに触覚受容器の効果的な配置により、最も高感度に触覚を検知できる。そこで、ヒトの指腹部皮膚構造を模した高感度触覚センサの開発が求められている。本論文は、ヒトの指腹部皮膚構造の中でも特に、指紋と触覚受容器であるマイスナー小体の位置関係に注目し、ひずみゲージアレイからなる触覚センサの上に、大変形可能な弾性材料からなる指紋構造を設置した高感度触覚センサを開発したものである。有限要素法シミュレーションと実験を通じて、垂直力ならびにせん断力検出のために指紋構造を最適化するとともに、開発した触覚センサを用い、物体の柔らかさや粗さなどの質感を検出している。 第1章は序論であり、本論文の目的を述べるとともに、触覚センサに関する従来研究を概説し、本論文の新規性および意義を明らかにしている。 第2章はヒト触覚、触覚受容器、生体模倣型触覚センサに関する従来研究、特に著者が行った指紋構造を有するマクロスケール質感センサに関して詳述し、生体模倣型センサの有効性を示している。 第3章では、本論文で開発する触覚センサのコンセプトを示し、その材料および製作技術に関して議論している。弾性材料としてポリジメチルシロキサンを用いること、ひずみゲージアレイをポリイミド薄膜の上に銅薄膜を用いて形成することを提案している。 第4章では、有限要素法シミュレーションにより、垂直力ならびにせん断力検出のために指紋形状を最適化している。ポリジメチルシロキサンを材料として用い、指紋構造の幅を 400 μm に固定したとき、垂直力の検出には高さ 110 μm の指紋構造が、またせん断力の検出には高さ 160 μm の指紋構造が最適であることを明らかにしている。 第5章では、有限要素法シミュレーションにより最適化された指紋形状を、実験により検証している。その結果、垂直力およびせん断力の検出において、最適な形状の指紋構造を有することにより、指紋構造がない場合と比較し、それぞれ 1.7 倍および 2.9 倍の高感度化を実現している。また、開発した触覚センサを用い、物体の柔らかさおよび粗さなどの質感の検出に成功している。 第6章は本論文の結論であり、各章で得られた知見を総括し、今後の展望を述べている。 以上要するに、本論文は、ヒト指紋構造ならびに触覚受容器の配置を模倣した高感度触覚センサを新規に開発し、有限要素法シミュレーションならびに実験を通じその有効性を示したものであり、その成果は、バイオミメティクス、センサ工学ならびにマイクロ・ナノ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	乙 第 4455 号	氏 名	岩月 正人
主 論 文 題 目：			
微生物代謝産物からの薬剤耐性病原体を標的とした抗感染症剤の探索			
近年、医療技術の進歩や衛生環境の整備に伴い、感染症の予防法と治療法が急速に発達してきた。しかし現在でも世界中で年間推定死亡者数約 5,870 万人のうち、約 1,380 万人は感染症により命を失っている。この感染症の問題を克服するためには「抗生物質の乱用による病原体の薬剤耐性化」の問題を克服しなければならない。そこで筆者は医薬品開発の資源として多くの可能性を秘める微生物の二次代謝産物をソースとして、以下の 3 つのアプローチで薬剤耐性病原体を標的とした抗感染症剤の探索を行った。 (1) 多剤耐性原虫を用いた抗マラリア活性物質の探索 既存の薬剤に耐性化してしまった病原体に対抗するための新たな作用機序を持つ薬剤の開発は特に重要である。このコンセプトのもと探索を行った結果、糸状菌 <i>Penicillium</i> sp. FKI-4410 株培養液より多剤耐性原虫に対して抗マラリア活性を示す物質として既知トロポロン系化合物 <i>puberulic acid</i> および <i>stipitatic acid</i> を同定するとともに <i>viticolin</i> A、B および C と命名した <i>puberulic acid</i> 新規類縁体 3 種を発見した。このうち <i>puberulic acid</i> は既存の治療薬に匹敵する強く選択的な抗マラリア活性を示した (<i>puberulic acid</i>; IC₅₀ 0.01 µg/mL)。 (2) 結核菌に選択的に作用する抗菌物質の探索 狭い抗菌スペクトルの抗結核物質は耐性菌の治療およびその出現の抑制に有効であると期待される。このコンセプトのもと探索を行った結果、放線菌 <i>Rhodococcus</i> sp. K01-B0171 株の培養液より <i>lariat</i>in A および B と名付けた新規抗結核物質を見いだした。両物質は強力かつ選択的な抗結核活性を示した (<i>lariat</i>in A; <i>Mycobacterium tuberculosis</i> : MIC 0.39 µg/mL)。分光学的手法ならびに化学的および酵素的な切断実験を組み合わせることで <i>lariat</i>in 類を ¹Gly のアミノ基と ⁸Glu のγ-カルボキシル基がペプチド結合した特異な環構造部分および尾部からなるユニークなペプチド化合物であると決定し、環構造部分を尾部が通過した「投げ縄」構造と呼ばれる三次元構造を有していることを明らかにした。また、酵素切断実験により尾部の ¹⁷Lys が活性発現および酵素耐性に重要であることも明らかにした。 (3) 宿主への感染過程に必須なグラム陰性病原細菌特有の Type III 分泌機構阻害物質の探索 菌の生存ではなく感染過程のみを阻害する薬剤は耐性菌の出現頻度が低いと期待される。このコンセプトのもと探索を行った結果、グラム陰性病原細菌の宿主への感染過程に必須な Type III 分泌機構阻害物質として放線菌 <i>Streptomyces</i> sp. K01-0509 株の培養液より <i>guadinomine</i> A、B および D と名付けた新規物質を見いだした。これらの物質は強力かつ選択的に Type III 分泌機構に依存した溶血阻害活性を示した (<i>guadinomine</i> B; IC₅₀ 0.007 µg/mL)。さらに活性を示さない類縁物質として <i>guadinomine</i> C₁ および C₂ ならびに <i>guadinomic acid</i> も見出した。 これらの物質が薬剤耐性病原体により引き起こされる感染症治療薬のリード化合物として発展することに期待したい。			

論文審査の要旨

報告番号	乙 第 4455 号	氏 名	岩月 正人
論文審査担当者：			
主査	慶應義塾大学教授	理学博士	上村 大輔
副査	慶應義塾大学教授	農学博士	井本 正哉
	慶應義塾大学教授	工学博士	佐藤 智典
	慶應義塾大学准教授	博士（理学）	宮本 憲二
学士（理学）、修士（理学）岩月正人君提出の学位請求論文は「微生物代謝産物からの薬剤耐性病原体を標的とした抗感染症剤の探索」と題し、5章および実験の部より構成されている。全体的な内容は、近年特に問題となっている薬剤耐性病原菌の出現に、いかに創薬研究を対応させるかについての試みに関する研究である。医療技術の進歩や衛生環境の整備によって、感染症の予防法や治療法が格段に良くなってきている。その反面、世界中で抗生物質の乱用などによる薬剤耐性菌の出現によって依然として感染症によって命を落とす人々は増加の一途をたどっている。 第1章序論では、世界的な感染症の現状と治療方法の問題点を考察し、創薬について解決すべき事項を議論して、研究の方向性を見定めている。多剤耐性菌の中で、特に重要と考えた研究課題を3つ挙げて抗感染症剤の探索研究を進める意義を提示している。 第2章では、地球温暖化によって今後感染の高緯度化が危惧されている抗マラリア原虫活性物質の探索について記している。本研究では多剤耐性のマラリア原虫を用いて物質探索を進め、ヒト繊維芽細胞に対して細胞毒性を示さない糸状菌培養液より、新規トロポロン系化合物 viticolin A, B, C と既知の puberulic acid, stipitatic acid を得ている。得られた化合物の構造と抗マラリア活性を議論し、特に活性の強い puberulic acid の新規マラリア治療薬としての期待が大きいと結論している。[関連論文(1)] 第3章では、結核菌に選択的に作用する抗菌物質の探索について述べている。結核は良好な治療剤があるにも関わらず、世界的に蔓延し死亡者も多い。既存の治療薬に対する耐性菌の出現が問題となっているために、抗菌スペクトルの狭い治療薬の開発が待望される。そこで、10種類の検定菌を選択し、結核菌と同族ながら病原性のない迅速発育性菌のみに抗菌性のある物質探索を実施した。その結果、微生物由来の13,789培養液試料の評価から、<i>Rhodococcus</i> 属菌培養液の株より新規抗結核菌性抗生物質 lariat A, B を単離し、化学構造の決定に成功した。この物質は環状部分を含むペプチド系の化合物であり、興味あることには環状部分にC末端が通過した「投げ縄構造」を持っていることが判明した。詳細な構造活性相関研究および分子動力的な配座解析を展開し、C末端の¹⁷Lysの存在が活性発現、酵素耐性に重要であると結論した。[関連論文(2), (3), (6)] 第4章では、グラム陰性病原菌特有のType III 分泌機構阻害物質の探索研究の結果を述べている。宿主への感染は病原菌にとって重要な過程であり、抗感染症剤に特化した物質探索においてはこのような標的を絞った物質探索は耐性菌の出現を押さえる観点からも注目される。Type III 分泌機構に依存した溶血阻害活性を指標にして物質を探索し、<i>Streptomyces</i> 属の放線菌培養液より新規物質 guadinomine A, B および D と名付けた物質を発見、構造解析を展開した。特に guadinomine B は IC₅₀ 7 ng/mL と強力かつ選択的に作用し、Type III の分泌機構阻害を示した。今後生体内実験の結果が期待できる。[関連論文(4), (5)] 第5章では微生物代謝産物を化合物探索の材料とし、最近最もこの分野で注目されている、薬剤耐性菌といかに対峙するかの問題に挑戦した結果について総括している。 これらの研究は薬剤耐性病原菌に対する研究方向を示すのみならず、天然有機化合物の持つ特異な化学的性質を議論した点からも、申請者が独立した研究者として研究を遂行できることを示すものである。 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 3485 号	氏 名	シャフィイ, フラン
主 論 文 題 目 :			
フォトニクスポリマーの複屈折性制御と液晶ディスプレイへの応用			
ポリメチルメタクリレートに代表される透明なポリマーは、液晶ディスプレイ用光学フィルム、レンズ、光ディスクなどの様々な光学デバイスの材料として用いられている。複屈折性はこれらの用途において非常に重要な特性となるため、複屈折の相殺および制御が試みられている。透明なポリマーにおいて発現する複屈折としては、主に塑性変形時にポリマー主鎖が配向することによって生じる配向複屈折と、ガラス転移温度以下の微小な弾性変形時に発現する光弾性複屈折がある。近年普及が始まっている大型液晶ディスプレイにおいては、配向複屈折と光弾性複屈折のいずれも相殺することが求められる偏光板保護フィルム、配向複屈折を適当な値とし波長分散性を制御することが求められる位相差フィルムなどの用途があり、透明ポリマーフィルムにおけるより高度な複屈折制御が必要とされる。そこで本研究では、ポリマーの光弾性複屈折および配向複屈折の発現機構の究明を行った。得られた知見から、ガラス転移温度が 125℃ 以上の高耐熱性ゼロ光弾性複屈折メタクリレートを設計・合成した。さらにナノサイズの炭酸ストロンチウム結晶による複屈折制御方法を提案・実証し、複屈折が長波長になるほど減少する逆分散性のナノ結晶添加位相差フィルムを初めて作製した。 第 1 章では、本研究の背景及び目的を概説した。 第 2 章では、ポリマーと結晶の複屈折現象を概説した。本研究で用いた複屈折測定装置の測定原理を解説した。また、複屈折の波長分散性についての背景と定義を説明した。 第 3 章では、ポリマー鎖の配向度の解析に用いた赤外吸収二色法を概説した。 第 4 章では、ポリメチルメタクリレートとその他 6 種類のメタクリレートポリマーの配向複屈折と光弾性複屈折の発現機構を、赤外吸収二色法により解析した。メタクリレートポリマーにおいて、配向複屈折はポリマーの主鎖の挙動によって生じること、光弾性複屈折は主に分極率の高い側鎖中のエステル基の挙動に起因して発現することを明らかにした。さらにポリマーの化学構造と両複屈折の関係を実験的に示し、ポリマーの複屈折制御のための分子設計の指針とした。 第 5 章では、異方性低分子ドーブ法とランダム共重合法における分極率異方性が高いユニットの効果を解析した。得られた知見からガラス転移温度が 125℃ 以上の高耐熱性ゼロ光弾性複屈折メタクリレートを設計・合成した。分極率異方性が高い trans-Stilbene ユニートをメタクリレートの側鎖部分に導入することで、trans-Stilbene を分子として添加する場合に比べ、2.2 倍も高い光弾性複屈折消去効果が得られることを実証した。 第 6 章では、ナノサイズの結晶を用いた複屈折波長分散性制御方法を提案・実証した。キャストニングによるナノサイズの結晶の配向制御を初めて実現し、得られた試料から炭酸ストロンチウム結晶の複屈折波長分散性を明らかにした。炭酸ストロンチウム結晶とシクロオレフィンポリマーの複屈折波長分散性から、所望の複屈折波長分散性（逆分散性）を得るための設計および作製方法の検討を行い、初めて複屈折が正の領域で逆分散性を有するナノ結晶添加位相差フィルムを作製することに成功した。 第 7 章に、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。			
以上			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3485 号	氏 名	シャフイイ, フラン
論文審査担当者：			
主査	慶應義塾大学教授	工学博士	小池 康博
副査	慶應義塾大学教授	工学博士	朝倉 浩一
副査	慶應義塾大学教授	博士（工学）	松本 佳宣
副査	慶應義塾大学准教授	自然科学博士	チッテリオ ダニエル
学士（工学）、修士（工学） シャフイイ フラン君提出の学位請求論文は「フォトニクスポリマーの複屈折性制御と液晶ディスプレイへの応用」と題し、7 章より構成されている。 透明なポリマーは、液晶ディスプレイ用光学フィルムなどの種々の光学デバイスの材料として用いられ、その複屈折消去・制御が重要となっている。透明なポリマーにおいて発現する複屈折としては、主に配向複屈折と光弾性複屈折がある。本研究では、ポリマーの光弾性複屈折および配向複屈折の発現機構の究明を行っている。得られた知見から、ガラス転移温度が 125° C 以上の高耐熱性ゼロ光弾性複屈折メタクリレートを開発・合成している。さらにナノサイズの炭酸ストロンチウム結晶による複屈折制御方法を提案・実証し、複屈折が長波長になるほど減少する逆分散性のナノ結晶添加位相差フィルムを初めて作製している。 第 1 章では、本研究の背景及び目的を概説している。 第 2 章では、ポリマーと結晶の複屈折現象、本研究で用いた複屈折測定装置の測定原理を解説している。また複屈折の波長分散性についての研究の背景と定義を説明している。 第 3 章では、ポリマー鎖の配向度の解析に用いた赤外吸収二色法を概説している。 第 4 章では、ポリメチルメタクリレートとその他 6 種類のメタクリレートポリマーの配向複屈折と光弾性複屈折の発現機構を、赤外吸収二色法により解析し、配向複屈折はポリマーの主鎖の挙動によって生じること、光弾性複屈折は主に分極率の高い側鎖中のエステル基の挙動に起因して発現することを明らかにしている。さらにポリマーの化学構造と両複屈折の関係を実験的に示し、ポリマーの複屈折制御のための分子設計の指針としている。 第 5 章では、異方性低分子ドーピング法とランダム共重合法における分極率異方性が高いユニットの効果を解析している。得られた知見からガラス転移温度が 125° C 以上の高耐熱性ゼロ光弾性複屈折メタクリレートを開発・合成している。分極率異方性が高い <i>trans</i>-stilbene ユニートをメタクリレートの側鎖部分に導入することで、<i>trans</i>-stilbene を分子として添加する場合に比べ、2.1 倍も高い光弾性複屈折消去効果が得られることを実証している。 第 6 章では、ナノサイズの結晶を用いた複屈折波長分散性制御方法を提案・実証している。キャストによるナノサイズの結晶の配向制御を初めて実現し、炭酸ストロンチウム結晶の複屈折波長分散性を明らかにしている。炭酸ストロンチウム結晶とシクロオレフィンポリマーの複屈折波長分散性に基いて設計・作製方法の検討を行い、初めて複屈折が正の領域で逆分散性を有するナノ結晶添加位相差フィルムを作製することに成功している。 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ている。 以上要するに、本論文はポリマーの複屈折発現機構の究明を行い、得られた知見に基づいて液晶ディスプレイ用光学フィルムのための複屈折制御方法を提案および実証をしたものであり、当該分野において、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。			

Thesis Abstract

Registration Number	"KOU" No.3486	Name	Nandar Lynn
Thesis Title			
Data Rate Adaptation and Cooperative Diversity for Future Wireless Communications			
The future wireless communication systems are anticipated to be able to fulfill requirements of higher data rate, larger coverage, low power consumption, generic architecture, high scalability and re-configurability. This dissertation mainly focuses on three issues related to the mentioned requirements: rate adaptation, coverage extension and low power consumption. As wireless communication has been integral part in our daily lives, a multitude of mobile applications, multimedia, data access and sharing, streaming video and many other services have been emerging day by day. As a result, demands for higher data rate, larger capacity and broader radio coverage to deliver mobile services to as large area as possible have been constantly increasing. To meet those demands, inevitable challenging task is to cope with wireless mobile channel. In particular, propagation channels in most metropolitan areas such as city centers where there are densely scattering large obstacles are dynamic in nature and do not have line of sight paths between local base stations and end users. Thus, means to adapt with dynamic behavior of channels, mitigate propagation loss and shadowed fading effect, and reduce dynamic range of received signal power at end users are essential. Key solutions to cope with wireless mobile channels are: controlling transmission rate with channel; compensating pathloss by using power control and signal repeaters (relays); diversity techniques to mitigate fast fluctuation of channel; avoiding shadowed channel path by providing diverse paths. Transmission rate can be controlled by means of adaptive modulation and coding (AMC) to adapt with instantaneous channel condition. Multihop cooperative relays can mitigate pathloss as well as shadowing while reducing dynamic range of channel fluctuation given the relays are able to cooperate with each other to exploit spatial diversity. Automatic repeat request (ARQ) can add reliability to the rate adapted relay cooperated links. With regard to data rate adaptation and link reliability, this study investigated control delays in AMC and HARQ in asymmetric time division duplex (TDD). Owing to variation in wireless mobile channels, AMC may select inappropriate modulation and coding scheme (MCS) at some instants. Such erroneous selection results in packet errors. The analysis in this study formulates a theoretical expression to calculate erroneous MCS selection probability for different TDD time slot allocations. Next, throughput degradation and corresponding delay in HARQ are evaluated in relation with the calculated probability. Regarding the issues related to coverage extension and diversity gain, this study focuses on a relay selection based cooperation strategy called selective cooperative ARQ. A novel cooperative ARQ protocol is proposed for multihop relay system to			

enhance selection diversity in retransmission process of ARQ.

Specifically, the topics in this dissertation are contributed by the following two main research studies.

- o Evaluation of asymmetric TDD systems with AMC and HARQ
- o Cooperative relay communication: cooperative ARQ protocols for multihop relay systems

Chapter 1 gives a general introduction of the thesis. Firstly, recent remarkable evolution of wireless communications and major requirements for future systems are discussed. A comprehensive description of wireless mobile channel is also described. Moreover, highlighting the key technologies for future systems, motivation of the study is laid out. Finally, overviews and scopes of each chapter are summarized, followed by position and contributions of the studies.

Chapter 2 introduces fundamentals of the key technologies used in the topics in this dissertation. Firstly, it describes data rate adaptation using multilevel modulations and variable coding. Secondly, it gives the principle of multicarrier transmission for future wireless systems in downlink. Thirdly, a brief description on asymmetric TDD system is introduced. Finally, relay cooperation strategies and topologies are discussed highlighting achievable diversity order and bandwidth efficiencies.

Chapter 3 evaluates asymmetric TDD systems by taking control delays in AMC and HARQ into account. Flexibility in assigning different bandwidth in TDD systems enables flexible traffic control in uplink and downlink according to the demands. AMC further enhances instantaneous rate adaption for each user on the assigned traffic volume or bandwidth. However, in asymmetric TDD systems with a significant larger traffic in downlink than that in uplink, performance of AMC may degrade owing to erroneous selection of modulation and channel coding rate as a result of channel fluctuation during downlink slots. To investigate this, MCS selection error probability in asymmetric TDD systems is evaluated by both theoretical calculation and computer simulations. Based on computed selection error probability, the corresponding performance degradation in terms of throughput and average delay to successfully receive packet is evaluated.

In Chapter 4, a novel selective cooperative ARQ scheme is proposed for a multihop relay system. The proposed relay system employs a distributed relay selection scheme that enables cooperating relays to independently decide whether to transmit or not based on their channel conditions and self-error checking results. The proposed system can overcome influence of source-relay channel and achieve higher diversity gain in subsequent transmissions. Theoretical expressions for packet error rate performance of the proposed system are also derived. Performance evaluations are carried out extensively by means of theoretical approach and simulations.

Finally, Chapter 5 draws overall conclusions for the main topics presented in this dissertation.

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3486 号	氏 名	Nandar Lynn
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
		慶應義塾大学准教授	博士(工学) 重野 寛
		慶應義塾大学准教授	博士(工学) 眞田 幸俊
Bachelor of Engineering, 修士 (工学), Nandar Lynn 君提出の学位請求論文は, 「Data Rate Adaptation and Cooperative Diversity for Future Wireless Communications (将来の無線通信のための適応データレート及び協調ダイバーシチ)」と題し, 全 5 章から構成されている。 無線通信は, 通信路状態が時間的に変化する環境で高速かつ高信頼な通信を実現することが要求されている。そのような環境で高速通信を実現する方法の一つに, 通信路状態に応じて変調方式の多値数及び誤り訂正符号の符号化率を適応的に変化させ, 所要品質を満たしつつ高い伝送レートを達成する適応データレート法である適応変調符号化(AMC)がある。しかし, 制御遅延などの影響で適切な AMC レベルを選択できないと, 伝送レートが低下してしまう。一方, フェージングの影響を低減し, 高信頼な通信を実現する方法に, 複数中継局を利用する協調ダイバーシチと自動再送要求(ARQ)を用いる協調 ARQ がある。しかし, 従来の協調 ARQ では, 再送中継局が固定されるため, 再送中継局と受信局間の通信路状態が悪い場合, 再送してもパケットが正しく受信されないという問題点があった。 本論文では, まず非対称時分割複信(TDD)に対し, 制御遅延による AMC レベルの選択誤り率を理論的に解析している。また, 協調 ARQ における再送時の誤りを低減するプロトコルを提案している。 第 1 章は序論であり, 本研究の背景及び将来の無線通信システムの主な要求条件, 並びに本研究の目的と意義を述べている。 第 2 章では, AMC と非対称 TDD, 協調ダイバーシチ, 協調 ARQ について述べ, 非対称 TDD で AMC を用いる際の課題と, 協調 ARQ の課題について示している。 第 3 章では, 非対称 TDD に対し, 制御遅延による AMC レベルの選択誤り率を理論解析により求め, その選択誤りのスループット特性及び平均パケット遅延特性に対する影響を評価している。その結果, 非対称 TDD において, 下りリンクと上りリンクのトラフィック比が大きくなるほど, AMC レベルの選択誤りが大きくなることを明らかにしている。 第 4 章では, 協調 ARQ における再送時の誤りを低減するプロトコルを提案している。従来協調 ARQ では, 復号に成功した中継局の中で, 送信局と中継局間の通信路状態がもっとも良い中継局が情報を転送し, 再送時にも同じ中継局が再送する。しかし, その中継局と受信局間の通信路状態が悪い場合, 何度再送してもパケットが正しく受信されない。これに対し, 提案協調 ARQ は, 中継局から信号転送時に, 他の中継局もその信号を受信できることを利用し, 再送時の誤りを低減している。他の中継局からの受信信号を用いることで, それまで復号に失敗していた中継局も復号に成功し, 再送時の中継局になれる可能性がある。これにより, ダイバーシチ効果が大きくなり, 再送時の誤りが低減される。理論解析及び計算機シミュレーションにより, 提案協調 ARQ が従来協調 ARQ に比べ, 優れた誤り率特性及びスループット特性を達成できることを示している。 第 5 章は結論であり, 本論文で得られた結果を総括している。 以上, 本論文の著者は, 非対称 TDD に対し, 制御遅延による AMC レベルの選択誤り率を理論的に解析し, また, 協調 ARQ における再送時の誤りを低減するプロトコルを提案し, その有効性を明らかにしており, 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3487号	氏 名	西川 由理
主 論 文 題 目： A Study of Interconnection Network for Many-Core Processors Based on Traffic Analysis (トラフィック解析に基づいたメニーコア型プロセッサの接続方式に関する研究)			
半導体プロセス技術の進歩により、単一チップ上にプロセッサやメモリ、I/O など複数の設計モジュールを搭載できるようになり、数十から数百個の演算コアを持つメニーコア型のプロセッサが登場している。この中でも、計算コアやキャッシュなどを格子状に配置したタイルプロセッサが次世代のプロセッサアーキテクチャとして有望視される傍ら、データ並列性の高いマルチメディア処理の効率化を図るための GPU をはじめとする SIMD アクセラレータの開発も盛んである。これらの背景を受け、今後のプロセッサアーキテクチャは NUCA 型タイルプロセッサと SIMD アクセラレータを単一チップ上に搭載する複合型となる可能性が高まっている。 タイル間、SIMD アクセラレータにおけるコア間、およびそれらのコンポーネント間の接続方式として、バスやチップ内ネットワーク (Network-on-Chip: NoC) を用いる手法が多数研究されている。一方、複合型プロセッサにおいては、タイルプロセッサやアクセラレータ間、メモリ間等におけるバーストトラフィックのみならず、キャッシュコヒーレンシプロトコルのためのシグナルのような短いメッセージ長のトラフィックも増大することが予想される。このような異なる性質を持つトラフィックに対応するため、ヘテロジニアス型プロセッサは複数の NoC およびグローバル配線を併せ持つハイブリッドネットワークが有望である。本研究では、まず、このようなトラフィックの性質を明らかにした上で、NUCA 型タイルプロセッサと SIMD アクセラレータから成るヘテロジニアス型プロセッサにおける NoC と共有バス接続方式に関して、トラフィック解析に基づいた (1) ルーティング方式、および (2) ネットワークの性能モデルの提案を行う。 前者について、タイルプロセッサの結合網に適用可能な、短いトラフィック向けのルーティングである Semi-deflection routing を提案する。本手法は、単フリット型のパケットを想定した、仮想チャネルを用いない非最短完全適応型ルーティングである。提案手法により、従来の固定型および適応型ルーティングに比べ、トラフィックに偏りのある場合に 3.17 倍のスループット向上を達成し、wormhole ルーティング向けのルータに比べてハードウェア量も小さい。 後者について、SIMD 型メニーコアアクセラレータにおける共有バスと一次元接続網におけるレイテンシおよびスループットのモデル化を行う。具体的には、軽量の SIMD 型プロセッサである ClearSpeed 社の CSX600 を用いてトラフィック解析を行い、搭載 PE 数、転送データサイズ、データアライメントの有無から通信時間を見積もることのできるモデルを導出する。また、並列アプリケーションを用いた実際のデータ転送時間が、アプリケーショントレースと提案モデルを用いた予測通信時間に収まることを確認し、モデルを検証する。また、このモデルを用いて、共有バスのスループットを得るために必要な PE 数や、バス接続方式の有効性等について検討を行う。 上記のルーティングの性能評価および性能モデルから導かれることを踏まえ、最後に、複合型プロセッサにおけるハイブリッド型接続網について考察し、結論と将来の指針について述べる。			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3487 号	氏 名	西川 由理
論文審査担当者： 主査 慶應義塾大学教授 工学博士 天野 英晴			
副査 慶應義塾大学准教授 博士(工学) 重野 寛			
慶應義塾大学教授 博士(工学) 寺岡 文男			
慶應義塾大学准教授 博士(工学) 西 宏章			
学士(工学)、 修士(工学)、西川由理 君の学位請求論文は、「A Study of Interconnection Network for Many-Core Processors Based on Traffic Analysis (トラフィック解析に基づいたメニーコア型プロセッサの接続方式に関する研究)」と題し、6 章から成る。 近年の半導体技術の急速な進歩により、単一チップ上にプロセッサやキャッシュなどから成る多数のコアを搭載したマルチコアアーキテクチャが普及し、数百のコアを接続したメニーコアプロセッサが登場するに至っている。メニーコアプロセッサの中でも最近注目されているのは、計算コア、キャッシュ、I/Oなどをタイル状に配置したタイルアーキテクチャを汎用プロセッサとして用い、これにSIMD(Single Instruction stream Multiple Data streams)方式のアクセラレータを組み合わせた複合型アーキテクチャである。本論文は、この複合型アーキテクチャの相互結合網に関して、それぞれのトラフィックの性質に適したルーティングルーティング手法および性能モデルを提案することを目的としている。 まず第1章で、複合型メニーコアアーキテクチャを紹介すると共に、研究の位置付けと論文の構成を示している。第2章ではネットワークオンチップに関連する技術について広く調査し、第3章ではメニーコアアーキテクチャを調査し、そのトラフィックについて性質を明らかにしている。第4章以降が本論文の主題である。 第4章では、タイルアーキテクチャの相互結合網について新しい手法を提案している。タイルアーキテクチャは、分散されたキャッシュの一貫性を維持するための短いメッセージが頻発し、場合によってはそれが集中して混雑を引き起こす。これを防ぐために、単一フリットからなるパケットの適応型ルーティングであるSemi-deflection routingを提案する。この手法は仮想チャネルを用いず、どの方向にも進めなくなった際には、パケットを元に送り返すことで、デッドロックを防止する。パケットは混雑を迂回することができ、仮想チャネルを用いないためハードウェア量も少ない。評価の結果、トラフィックに偏りがある場合、最大3.17倍のスループットの向上を達成した。 第5章では、SIMDアクセラレータの相互結合網についての性能モデルを提案している。SIMDアクセラレータの相互結合網は、すべてのプロセッサが同一の命令を実行するアーキテクチャの特殊性からバスやリング等の単純なものが多い。この相互結合網の通信遅延とスループットをモデル化し、実マシンであるCleerSpeed CSX600を対象として、実アプリケーションを用いて提案モデルの検証を行った。この結果、現在のCSX600が相互結合網のスループットを利用しきれておらず、より多くのプロセッサが結合可能であることが明らかになり、また、アプリケーションプログラマへいくつかの指針を与えることができた。 第6章には結論と今後の課題をまとめている。 以上、本論文は、将来の高性能アーキテクチャの主流として期待される複合型メニーコアアーキテクチャの相互結合網について新しいルーティング法の提案と相互結合網のモデル化を行い、将来の指針を示した点で、その貢献は工学上少なくない。 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3488号	氏 名	慶 奎弘
主論文題目： Control of Nano-Structure of Thin Film by Spray Layer-by-Layer Method and the Optical Applications (スプレー交互吸着法による薄膜ナノ構造の制御と光学応用)			
薄膜作製法の中でも、交互吸着法は、プラスに帯電したカチオン性の溶液とマイナスに帯電したアニオン性の溶液を交互に基板に吸着させることで、常温、常圧、水系でありながらナノメートル単位で均一な薄膜を作製出来る技術として考案され、近年研究が急速に進んでいる。この技術は大面積の製膜に適し、また大きな省エネルギーが期待されること、有機溶媒を用いず安全であること等が大きな利点である。しかしながら、従来の基板を浸漬させるディッピングによる交互吸着法では製膜速度が遅いという欠点があった。それに対して、製膜速度が速く使用溶液の少ない方法としてスプレー交互吸着法が考案され、研究が進められている。基板を溶液に浸漬する方法では吸着の動力が静電吸着のみであったのに対し、この方法は基板に直接溶液をスプレーすることで物理的な吸着も促進するため、格段に製膜速度が向上している。ところが、このスプレー交互吸着法では、パラメータが多くその実験条件を再現しにくいという欠点がある為、光学薄膜の製膜には適応が困難とされてきた。 そこで本研究ではスプレー交互吸着法を用いた薄膜の作製方法を確立し、膜のナノ構造の制御と光学デバイスへ応用することを目的とした。 第1章では、本研究の背景と従来の研究、特に既存の薄膜作製方法及び交互吸着法の製膜原理に関して概説した。 第2章では、交互吸着法による、TiO_2 超薄膜の成長と光学応用に関する研究を明らかにした。pH、溶液の濃度、NaCl の添加等の作製条件による薄膜の特性を明らかにした。 第3章では、スプレー交互吸着法の原理と最適化の条件を明らかにした。具体的には、溶液の流量、スプレー時間、溶液 pH、スプレー圧力などの作製条件が薄膜の膜厚に与える影響を調査した。 第4章では、カチオン性物質に poly(allylamine hydrochloride) (以下 PAH)、アニオン性溶液に poly(acrylic acid) (以下 PAA) を用いたスプレー交互吸着法により PAH/PAA の薄膜を作製した。そして、スプレー溶液の濃度、スプレー量、流量を変えて (PAH/PAA) 膜のナノ構造を制御できることを明らかにした。またスプレー交互吸着法によりナノスケールのテクスチャー構造を初めて実現した。 第5章では、スプレー交互吸着法を用いて薄膜のナノ構造と膜厚を制御し、2層型反射防止膜にはじめて応用した。その結果、ガラス基板上で最大 94.5% の透過率と最低 0.5% の反射率をもつ反射防止膜の作製に成功した。 第6章は、結論として各章で得られた結果を総括し、スプレー交互吸着法による薄膜のナノスケール制御に関して今後の課題と展望を述べた。			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3488 号	氏 名	慶 奎弘
論文審査担当者： 主査 慶應義塾大学准教授 博士（工学） 白鳥世明			
副査 慶應義塾大学教授 工学博士 朝倉浩一			
慶應義塾大学准教授 博士（工学） 藤原忍			
慶應義塾大学准教授 博士（工学） 栄長泰明			
学士（工学）、修士（工学）KYUNG, KyuHong 君提出の学位請求論文は、「Control of Nano-Structure of Thin Film by Spray Layer-by-Layer Method and the Optical Applications（スプレー交互吸着法による薄膜ナノ構造の制御と光学応用）」と題し、6 章から構成されている。 薄膜作製法の中でも、交互吸着法は、プラスに帯電したカチオン性の溶液とマイナスに帯電したアニオン性の溶液を交互に基板に吸着させることで、常温、常圧、水系でありながらナノメートル単位で均一な薄膜を作製出来る技術として考案され、近年研究が急速に進んでいる。この技術は大面積の製膜に適し、また大きな省エネルギーが期待されること、有機溶媒を用いず安全であること等が大きな利点である。しかしながら、従来の基板を浸漬させるディッピングによる交互吸着法では製膜速度が遅いという欠点があった。それに対して、製膜速度が速く使用溶液の少ない方法としてスプレー交互吸着法が考案され、研究が進められている。基板を溶液に浸漬する方法では吸着の動力が静電吸着のみであったのに対し、この方法は基板に直接溶液をスプレーすることで物理的な吸着も促進するため、格段に製膜速度が向上している。ところが、このスプレー交互吸着法では、パラメータが多くその実験条件を再現しにくいという欠点がある為、光学薄膜の製膜には適応が困難とされてきた。 そこで本研究ではスプレー交互吸着法を用いた薄膜の作製方法を確立し、膜のナノ構造の制御と光学デバイスへ応用することを目的としている。 第 1 章では、本研究の背景と従来の研究、特に既存の薄膜作製方法及び交互吸着法の製膜原理に関して概説している。 第 2 章では、交互吸着法による、TiO₂ 超薄膜の成長と光学応用に関する研究を明らかにした。pH、溶液の濃度、NaCl の添加等の作製条件による薄膜の特性を明らかにしている。 第 3 章では、スプレー交互吸着法の原理と最適化の条件を明らかにしている。具体的には、溶液の流量、スプレー時間、溶液 pH、スプレー圧力などの作製条件が薄膜の膜厚に与える影響を調査している。 第 4 章では、カチオン性物質に poly(allylamine hydrochloride) (以下 PAH)、アニオン性溶液に poly(acrylic acid) (以下 PAA) を用いたスプレー交互吸着法により PAH/PAA の薄膜を作製している。そして、スプレー溶液の濃度、スプレー量、流量を変えて (PAH/PAA) 膜のナノ構造を制御できることを明らかにしている。またスプレー交互吸着法によりナノスケールのテクスチャー構造を初めて実現している。 第 5 章では、スプレー交互吸着法を用いて薄膜のナノ構造と膜厚を制御し、2 層型反射防止膜にはじめて応用している。その結果、ガラス基板上で最大 94.5%の透過率と最低 0.5%の反射率をもつ反射防止膜の作製に成功している。 第 6 章は、結論として各章で得られた結果を総括し、スプレー交互吸着法による薄膜のナノスケール制御に関して今後の課題と展望を述べている。 以上要するに、本研究はカチオン性及びアニオン性のスプレー噴霧を交互に繰り返すスプレー交互吸着法による薄膜のナノ構造制御をはじめて詳細に検討し、従来真空蒸着法によってのみ可能とされていた光学薄膜作製に関して、常温、常圧、高速といった次世代薄膜技術展開の可能性を示すものであり、工業上、工学上寄与するところが少なくない。よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。			

2011（平成23）年3月までの新制博士学位授与者数は次のとおり。

学位の種類	課程修了によるもの (課程博士・・・・・・甲)	論文提出によるもの (論文博士・・・・・・乙)	計
工学博士	451	389	840
博士（工学）	987	306	1,293
理学博士	26	8	34
博士（理学）	245	47	292
学術博士	1	1	2
博士（学術）		1	1
計	1,710	752	2,462

本書に記載した論文審査担当者の所属および職位は2010（平成22）年度秋学期のものである。

2011（平成23）年6月1日 発行

発行者 青山 藤詞郎

編集 慶應義塾大学理工学部学生課学事担当

〒223-8522
神奈川県横浜市港北区日吉3-14-1