

Title	内容の要旨；論文審査の要旨
Sub Title	
Author	
Publisher	慶應義塾大学工学部
Publication year	2019
Jtitle	慶應義塾大学工学部研究報告別冊 Vol.87, (2019.) ,p.1- 49
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	
Genre	Thesis or Dissertation
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO50002003-20190001-0001

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

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

内容の要旨

報告番号	甲 第5143号	氏名	金 泰亭
主論文題名： アリアルナフタレンラクトン類及びパクタラクタムの全合成			
<p>本論文は、アリアルナフタレンラクトン類及びパクタラクタムの全合成について述べたものである。</p> <p>緒論では、医薬品開発のためのリード化合物としての天然物の重要性と共にアリアルナフタレンラクトン類及びパクタラクタムについて紹介した。</p> <p>本論第一章では、アリアルナフタレンラクトン類の過去の合成例及び新しい合成戦略による全合成について述べた。アリアルナフタレンラクトン天然物は、古くから多彩な生物活性及び数多くの類縁体を持つことから多くの化学者及び生物学者に注目を浴びており、天然物の効率的な合成研究が多く報告されている。しかし、いずれもアリアル基を有する出発原料からナフタレンラクトン骨格を構築する合成ルートを採用しており、天然物をリード化合物とした医薬化学分野ではほとんど用いられていない。本研究では、誘導体合成に適した効率的な合成法として、先に Hauser-Kraus 環形成反応によりナフタレンラクトン骨格を構築した後、炭素-炭素結合形成反応による様々なアリアル基の導入を行うという方法を開発した。また、これを応用して9つの天然物の合成に成功した。</p> <p>第二章では、まずパクタマイシン及びその類縁体の過去の合成例及び新しい合成戦略によるパクタラクタムの全合成について述べた。パクタラクタムは、放線菌 <i>Streptomyces pactum</i> var. <i>pactum</i> の培養液の微量成分として単離されたシクロペンチオール天然物である。パクタマイシン生産菌から極微量でしか得られず、その分光学的なデータおよび生物活性に関する研究はほとんど行なわれていない。一方、パクタマイシンは、多様な興味深い生物活性を有しているものの、正常細胞に対する強い毒性により臨床的な研究には用いられていない。そこで、パクタマイシンのイミダゾリジノン型類縁体であり、未だ詳細な生理活性に関する研究が行われていないパクタラクタムに着目し、独自の合成戦略に基づき全合成研究を行った。光学活性なL-スレオニン由来のオキサゾリンを出発原料とし、数工程の増炭反応及び閉環メタセシスにより、中心骨格となるシクロペンタンを構築した後、基質制御の立体選択的アジリジン化に続く位置選択的アジリジンの開環反応、ジヒドロキシ化およびメチル基の付加を行うことで8置換シクロペンタンコアを合成した。最後は、イミダゾリジノンの構築に続く順次的な官能基変換を行うことでパクタラクタムの報告された構造の全合成を達成した。さらに、この合成産物を基にパクタマイシン生産菌の培養液にパクタラクタムが存在することを明らかにした。</p> <p>総括では、それぞれの結果を簡潔にまとめた。</p>			

審査の要旨

報告番号	甲 第 5143 号	氏 名	金 泰 亭
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学准教授	博士（理学） 犀川 陽子
	副査	慶應義塾大学教授	博士（工学） 垣内 史敏
		慶應義塾大学教授	博士（工学） 高尾 賢一
		慶應義塾大学准教授	博士（理学） 佐藤 隆章
		慶應義塾大学名誉教授	工学博士 中田 雅也

学士（理学）、修士（工学）金泰亭君提出の学位請求論文は「アリールナフタレンラクトン類及びパクタラクタムの全合成」と題し、緒論、本論、総括、実験項より構成されている。

本論文は、植物の二次代謝産物であるアリールナフタレンラクトン類及び微生物の二次代謝産物であるパクタラクタムに注目し、多種の類縁体合成を想定して合成経路を設定し、全合成を達成した成果をまとめたものである。

緒論では、医薬品開発のためのリード化合物としての天然物の重要性を挙げ、リード化合物として可能性のある天然物の例としてアリールナフタレンラクトン類及びパクタラクタムについて紹介している。

第一章では、アリールナフタレンラクトン類の合成例及び新しい合成戦略による全合成について述べている。アリールナフタレンラクトン類は多様な生物活性を有し、また多くの類縁体をもつことから合成研究が数多く報告されている。これらは、アリール基を有する出発原料からナフタレンラクトン骨格を構築する合成ルートであった。これに対して本研究では、類縁体合成に適した効率的な合成法として、先に Hauser-Kraus 環形成反応によりナフタレンラクトン骨格を構築した後、炭素-炭素結合形成反応による様々なアリール基の導入を行うという方法を開発している。また、これを応用して9つの天然物の合成に成功している。

第二章では、まずパクタマイシン及びその類縁体の過去の合成例及び新しい合成戦略によるパクタラクタムの全合成について述べている。アミノシクロペンチオール天然物の中でも有名なパクタマイシンは、多様な興味深い生物活性を有しているものの、正常細胞に対する強い毒性により臨床的な研究には用いられていない。一方、パクタマイシン生産菌の培養液の微量成分として報告されているパクタラクタムは、化学構造式が紹介されているだけであり、分光学的データ及び生物活性に関する研究はほとんど行われていないパクタマイシン類縁体である。そこで、パクタラクタムの提唱構造に当たる化合物を合成し、構造情報を集めることを目的とした。L-スレオニン由来のオキサゾリンを出発原料とし、数工程の増炭反応及び閉環メタセシスにより、中心骨格となるシクロペンテンを構築している。次いで、シクロペンテンオンへと誘導し、基質制御の立体選択的アジリジンを合成している。その後、増炭反応、ジヒドロキシ化、メチル基の付加、及び位置選択的アジリジンの開環反応を順次行い、八置換シクロペンタンコアを合成している。最後に、イミダゾリジンの構築に続く Chan-Lam カップリングによるアニリン部分の導入など段階的に官能基変換を行い、パクタラクタムの報告された構造の全合成を達成している。さらに、この合成産物を基にパクタマイシン生産菌の培養液からパクタラクタムを検出することに成功している。

以上、本研究において確立したアリールナフタレンラクトン類の化学合成経路は、多様な類縁体合成に適した効率的な手法であることを9つの天然物の全合成によって証明している。また、パクタラクタムの全合成においては、化学構造のみが報告されている化合物を化学合成の力で具現化し、実際に菌の代謝物として存在することを明らかにしている。この二章から成る化学合成の成功は、複雑な構造をもつ天然物の類縁体合成への道を拓き、構造-活性相関の理解と医薬品開発への応用へ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5144号	氏名	鹿志村 達彦
主論文題名： ICN 分子の光解離反応に見られる量子干渉効果に関する理論的研究			
<p>ICN 分子の気相中の光解離反応は、その解離生成物の分岐比や stereo dynamics が複雑な非断熱相互作用の存在を示唆することから、過去 30 年にわたって実験的にも、理論的にも盛んに研究されてきた。さらに生成物 CN の回転微細構造準位分布の非統計的な振る舞い、および CN の回転角運動量の orientation パラメータの振る舞いから、その解離過程における量子干渉効果の重要性も指摘されてきた。筆者は本学位論文で、最近の二原子分子の研究を基に、一光子で同時に複数のポテンシャルエネルギー曲面上に生じた解離波束間の量子干渉効果に焦点を当て、ICN 分子の光解離反応における量子干渉効果の重要性を解析した。</p> <p>第一章では、非断熱遷移に関する理論をまとめた。さらに、光解離反応における吸収断面積および、生成物の断面積、異方性パラメータ、orientation の理論表式をまとめた。</p> <p>第二章では、ICN 分子の分子軌道や、重要となる励起状態について説明した。さらに、ICN 分子の光解離反応に関する過去の理論/実験的研究をまとめ、本論文の目的を述べた。</p> <p>第三章では、ポテンシャルエネルギー、遷移モーメントをはじめとする電子状態計算と、半古典的動力学計算の方法をまとめた。</p> <p>第四章では、ポテンシャルエネルギーの解析を行った。特に、I 上のラジカル電子と CN 上のラジカル電子の間の交換相互作用および、I 上の電子の四重極子と CN の双極子間の間の双極子-四重極子相互作用について議論した。そして、漸近領域における非断熱遷移のモデルを立て、回転微細構造準位分布差関数 $f(N)$ の理論表式を半古典的に導出し、その具体的な計算によってモデルの妥当性を示した。</p> <p>第五章では、遷移モーメントと吸収断面積の計算から、non-Condon 効果の重要性を指摘した。今まで 30 年間にわたって一度も指摘されていなかった、${}^1\Pi_1$ 状態への遷移モーメントの平行成分の重要性を指摘した。そして、生成物 CN の回転角運動量の orientation パラメータの理論表式を半古典的に導出し、その振る舞いを解釈した。</p> <p>第六章では、本論文の統括を行い、量子干渉効果の重要性を議論した。</p>			

審査の要旨

報告番号	甲 第 5144 号	氏 名	鹿志村 達彦
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	理学博士 中嶋 敦
		慶應義塾大学教授	博士（理学） 近藤 寛
		慶應義塾大学准教授	博士（理学） 山内 淳
		上智大学教授	博士（理学） 南部 伸孝

学士（理学）、修士（理学）鹿志村達彦君提出の学位請求論文は、「ICN 分子の光解離反応に見られる量子干渉効果に関する理論的研究」と題し、全6章からなっている。

量子効果が顕著な系の化学反応を定量的に、かつ生成物の微細構造準位分布まで予測することは今日でも困難な問題である。特に、スピン軌道相互作用や非断熱相互作用の寄与によって、量子効果が顕著に現れる場合が多い。鹿志村君は、過去30年にわたる詳細な実験・理論研究にも拘わらず、多くの未解明問題を含む ICN 分子の光解離反応に焦点を当て、その励起過程と解離過程を理論的に解析することで、2種類の量子干渉効果が含まれることを明らかにした。

第一章では、各種角運動量と非断熱遷移理論をまとめ、さらに、光解離反応における光吸収断面積、生成物の異方性パラメータ、orientation の理論表式をまとめている。

第二章では、ICN 分子の分子軌道や、重要となる励起状態について説明している。さらに、ICN 分子の光解離反応に関する過去の実験研究と理論研究をまとめ、本論文の目的を述べている。

第三章では、ポテンシャルエネルギー、遷移モーメントなどの電子状態計算と、半古典的動力学計算の方法をまとめている。

第四章では、光分解生成物である CN ラジカルと I 原子の距離および角度を変化させ、その相互作用ポテンシャルの主要項が、重心間距離が 10 Bohr 程度までは、CN ラジカルと I 原子上に局在する二つの電子間の交換相互作用であるが、さらに遠距離では、CN ラジカルと I 原子との電気的相互作用が作る電場勾配と I 原子上電子が作る四重極モーメントの間の双極子-四重極子相互作用に変遷することを明らかにしている。そして生成物間の距離が 13 Bohr 程度において、CN ラジカルと I 原子のスピンの角運動量 S と回転角運動量 M および I 原子のスピンの角運動量 s の3つの角運動量の結合様式に組み換えが起こり、それに伴って Rosen-Zener-Demkov 型非断熱相互作用が生じることを見出している。この非断熱遷移過程を定式化することで、CN ラジカルと I 原子の2種類の回転微細構造準位 (F_1, F_2) の分布差関数 $f(M)$ の理論表式を半古典論を用いて導出し、電子状態計算と動力学計算により、 $f(M)$ の実験結果の N 依存性および励起波長依存性が、 $3A'$ と $4A'$ のポテンシャル面上に生じた解離波束の量子干渉効果によることを明らかにしている。

第五章では、まず電子基底状態から低励起状態への遷移モーメント、および光吸収断面積の理論計算から、遷移モーメントの核座標依存性の重要性を指摘している。特に $5A'$ 状態への遷移モーメントは、従来、解離軸に対する垂直成分だけを含まずと暗黙のうちに仮定されてきた。しかし、電子基底状態の ICN 分子の変角振動が低波数であることを考慮し、遷移モーメントの核座標依存性を含めて光吸収断面積を評価することで、解離軸に対する平行成分が無視できないこと、さらに過去の実験結果の詳細な分析により、その強度が第1吸収帯全断面積の15~20%程度にもなることを指摘している。これらの結果を踏まえて、CN ラジカルと I 原子の回転角運動量 N の空間的異方性を表現する orientation パラメータの理論表式を、半古典論を用いて導出し、その回転量子数依存性が、 $4A'$ と $5A'$ の2状態のポテンシャル面上に生じた解離波束の量子干渉の結果であることを明らかにするとともに、その N 依存性に解釈を与えている。

第六章では、本論文の総括を行い、量子干渉効果の重要性を議論している。

以上要するに、本論文の著者は、ICN 分子の光分解過程を第一原理にしたがって、これまで蓄積された実験結果を詳細に解析し、多くの未解明問題を解決した。特に複数のポテンシャル面上に生成した解離波束の間の量子干渉効果の重要性を明確にした。本論文の研究対象は ICN という特定の3原子分子であるが、その研究成果や解析手法は他の分子系にも広く適用可能な概念を含み、今後この分野の研究に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5145号	氏名	今城 哉裕
主論文題名： 超音波を用いた汎用培養容器における細胞マニピュレーション －細胞のパターニングおよび細胞シートの剥離－			
<p>近年、培養細胞を用いた医療が注目されており、細胞の適切な培養、回収手法が求められている。細胞はそれぞれに適した培養法があり、培養面上で目的に応じた形状にパターニングする必要や培養した細胞を一枚のシート状に回収する必要がある。現在、特殊な培養容器や培養環境を適用することでこれらの操作を行っている。しかし、医療への応用を鑑みると汎用培養器における理想的環境下での培養が理想である。そこで、超音波を用いて、汎用培養器内の細胞を様々な形状にパターニングする方法、および汎用培養器から細胞をシート状に回収する方法を確立することを本研究の目的とした。</p> <p>汎用培養器の直下に配置した振動子から内部に超音波を伝播することで、放射力により細胞を操作する。このため、本研究では減衰が少なく培地の温度上昇の抑制が容易なkHz帯の比較的low周波の超音波を用いる。振動の分布を生成することで、放射力の小さい位置に細胞をパターニングし、培養面に均一な振動を伝播することで上方向の放射力が発生し細胞シートが剥離できると考えた。</p> <p>はじめに、kHz帯の超音波によって細胞を操作できることを確認するため、kHz帯の固有振動を励振する薄板状の振動子を製作した。固有振動の節の形状は振動数に応じて変化する。振動子上に細胞を播種して、細胞パターニングを実行した。この結果、振動数に応じて節の形状が変化し、生細胞が節の形状にパターニングされること、振動数ごとにパターニングに適切な振幅が存在することが明らかになった。また、この結果から、kHz帯の超音波による細胞操作が可能であることを確認した。</p> <p>つぎに、汎用ディッシュの下方に振動子を配置し、振動子から照射される超音波をディッシュ内に伝播することで細胞のパターニングを行なった。この結果、汎用ディッシュ内において、細胞のパターニングを確認した。パターニング後の細胞の増殖性とタンパク質発現を評価し、本手法において用いた出力の超音波の非侵襲性を確認した。</p> <p>最後に、汎用培養容器に培養面下方から均一な超音波を照射することで細胞シートの剥離を実行し、剥離した細胞シートの活性を、医療応用されている従来手法で剥離した細胞シートと比較した。この結果、提案手法によって安定的に細胞シートを生成できることを確認した。また、生成した細胞シートは代謝が高く、タンパク質発現や形状に異常がないことが明らかになった。</p> <p>以上のように、超音波を用いた細胞のパターニングおよび細胞シートの生成手法を確立した。</p>			

審査の要旨

報告番号	甲 第 5145 号	氏 名	今城 哉裕
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	博士（工学） 竹村 研治郎
	副査	慶應義塾大学教授	博士（工学） 泰岡 顕治
		慶應義塾大学准教授	Ph. D. 安藤 景太
		慶應義塾大学准教授	博士（情報理工学） 尾上 弘晃

学士（工学）、修士（工学）、今城哉裕君提出の学位請求論文は「超音波を用いた汎用培養容器における細胞マニピュレーション - 細胞のパターニングおよび細胞シートの剥離 -」と題し、本論 5 章により構成されている。

近年、再生医療をはじめとして培養細胞を用いた医療への期待が高まっており、体外での細胞の適切な培養や回収の需要が増している。細胞は細胞種に応じてそれぞれ適した培養条件があり、培養面上で目的に応じた形状にパターニングする技術や培養した細胞シートを回収する技術が求められる。これまでは、特殊な培養容器や培養環境の下、これらの操作が行われてきた。しかし、再生医療の普及に鑑みるに、汎用培養器において細胞のパターニングや細胞シートの回収を行えることが理想である。本論文は、超音波の適切な照射によって汎用培養器内で細胞のパターニングやシートを回収する手法について論じたものである。各章の内容は以下の通りである。

第 1 章は序論であり、研究の背景および関連研究の動向をまとめ、本研究の目的を述べている。

第 2 章では、超音波を用いて培養面上で細胞をパターニングできることを確認している。すなわち、生体適合性を有する金属製薄板に圧電素子を接着した振動子を製作し、この振動子上に細胞を播種することによって、固有振動モードの節への細胞のパターニングを試みている。この結果、加振振動数に応じて固有振動モードの形状が変化し、生細胞が節の形状にパターニングされること、固有振動モード毎にパターニングに適した振幅が存在することを明らかにし、超音波によって細胞のマニピュレーションが可能であることを示している。

第 3 章では、ポリスチレン製の汎用培養器の下方から、kHz 帯の超音波を伝播させることによって細胞をパターニングできることを確認している。kHz 帯の超音波を用いることによって、培養器中に伝播した超音波の減衰が比較的少なく、培地の温度上昇を容易に抑制できる。超音波を発生する振動子は、金属製薄板と圧電素子によって構成され、圧電素子への入力信号の周波数等の変更によって、異なる複数の固有振動モードで共振するよう工夫されている。製作された振動子の上方に汎用培養ディッシュを配置し、ディッシュ内の細胞に超音波を照射することで、異なる複数の形状に細胞をパターニングできることを明らかにするとともに、パターニング後の細胞の健全性を確認している。

第 4 章では、ポリスチレン製の汎用培養容器の下方から、音圧分布が均一な超音波を照射することによって細胞シートを剥離できることを明らかにしている。剥離した細胞シートを、医療応用されている温度応答性培養皿を用いて剥離した細胞シートと比較した結果、細胞シートの形態およびタンパク質の発現に異常は見られなかったことを確認している。一方、提案手法によって剥離された細胞シートは、従来手法で剥離された細胞シートと比較して代謝が高いことが明らかとなった。なお、本論文では複数の細胞種および異なる形状の培養容器を用いて、超音波の照射による細胞シートの剥離を達成しており、提案手法の汎用性を確認している。

第 5 章は結論であり、本論文の結果の総括と今後の展望を述べている。

以上のように、本論文で論じられた超音波を用いた汎用培養器における細胞マニピュレーション手法は、再生医療をはじめとする培養細胞を用いた医療の発展に不可欠な細胞のパターニングおよび細胞シートの生成を可能とするものであり、細胞培養工学に寄与するところが少なくない。また、こうした成果は著者が研究者として自立して研究活動を行うために必要な高度な研究能力および豊かな学識を有することを証したものである。

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5147号	氏名	松島 直輝
主論文題名： 立方晶炭化珪素中の不純物格子欠陥における XPS 束縛エネルギーの第一原理的研究			
<p>低消費電力、高耐圧デバイス用基板として注目される炭化珪素(SiC)では性能劣化を引き起こすドーパント不純物格子欠陥が問題となっているが、その基本的な原子構造、特性については理解が進んでいないのが現状である。一方で、物質中の欠陥構造を調べる実験手法として、近年、シリコン結晶について高輝度放射光施設を利用した高解像度の X 線光電子分光(XPS)実験が行われている。本研究では立方晶 SiC 中の不純物格子欠陥の内殻 XPS 束縛エネルギーシフトと形成エネルギーを、一般化勾配近似 (GGA) PBE96 を用いた第一原理計算により求め、欠陥構造との関連について調べた。p 型不純物としてホウ素とアルミニウムを、n 型としては窒素とリンを取り扱い、電気的に安定に存在しうる荷電状態についても検討した。格子欠陥系の計算では、物理量がセルサイズに依存することが知られており、この研究では 1728 原子セルを用いた計算を行った。加えて、バンドギャップ再現性の良い HSE06 混成汎関数のプログラムコードを自ら実装し、バンドギャップを過小評価する PBE96 による XPS 計算の信頼性を評価した。</p> <p>XPS 束縛エネルギーを光電子放出原子近傍の局所ポテンシャルと緩和エネルギーからの寄与に分離し、個々に解析した。ポテンシャルは直感的な静電ポテンシャル描像を良く説明し、緩和エネルギーは欠陥周囲の局在電子軌道の影響を大きく受けることを明らかにした。この局在軌道は光電子放出前後いずれか、または両方において母結晶のエネルギーバンド領域外に存在することが重要である。特に、バンドギャップ以外にも、価電子帯内部に存在するエネルギーギャップ領域に生じる状態が緩和に大きく影響することが化合物半導体 SiC の特徴となっている。</p> <p>本論文の構成は以下のようにになっている。第一章では研究背景として SiC と XPS について概説し、研究目的について述べる。第二章では本研究の基礎となる理論、計算方法について紹介し、第三章では計算条件とモデルについて述べる。第四章では XPS 束縛エネルギーについて議論を行い、第五章は形成エネルギーの計算結果に基づき、観測されうる XPS スペクトルピークについて議論する。最後の第六章で本論文の結論についてまとめる。</p>			

審査の要旨

報告番号	甲 第 5147 号	氏 名	松島 直輝
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学准教授	博士（理学） 山内 淳
	副査	慶應義塾大学教授	理学博士 江藤 幹雄
		慶應義塾大学教授	理学博士 佐々田 博之
		慶應義塾大学教授	工学博士 藪下 聡
<p>学士(理学)、修士(理学) 松島直輝君提出の学位請求論文は、「立方晶炭化珪素中の不純物格子欠陥における XPS 束縛エネルギーの第一原理的研究」と題し、全6章から構成されている。</p> <p>炭化珪素(SiC)はパワーデバイスとしての応用が期待されるワイドギャップ半導体である。素子として動作させるためには不純物元素をドーピングして p 型、n 型領域を作成する必要がある。これらのドーパント原子の挙動を調べる上で最も基本的な情報は原子構造であるが、バルク内部の欠陥構造を調べることは一般に難しく、いくつかの観測手段の結果を比較する必要があり、理論的な解析が必須である。本論文では観測手段としてX線光電子分光(XPS)に着目し、立方晶 SiC 中におけるドーパント原子を含む格子欠陥について、一般化勾配近似汎関数 PBE96 を用いた第一原理計算法により、XPS 束縛エネルギーならびに形成エネルギーを導出している。p 型元素としてホウ素、アルミニウム、n 型として窒素、燐を取り扱っている。計算結果を用いて XPS 束縛エネルギーと格子欠陥構造の関係について解析している。更に、形成エネルギー計算から安定な欠陥種を同定し、将来観測されると期待される XPS ピークについて予測している。</p> <p>第1章では、序論として、人工化合物である SiC の歴史、合成方法、不純物ドーピングについて紹介した後、XPS の測定ならびに計算法について説明し、本論文の目的、構成について述べている。</p> <p>第2章では、電子状態計算について説明し、Hartree-Fock 法、密度汎関数法、混成汎関数法の基礎について述べた後、全エネルギーの表式、擬ポテンシャルについて触れ、本論文で議論される形成エネルギー、XPS 束縛エネルギーの定義と計算方法について述べている。</p> <p>第3章では、密度汎関数法の計算条件ならびに格子欠陥モデルについて説明した後、数値的精度を確認するためのテスト計算結果についてまとめている。その中では、著者自身により実装されたバンドギャップ再現性の高い混成汎関数 HSE06 を用いて、バンドギャップ上部に状態を持つことが多い n 型欠陥について、PBE96 が十分な精度を示すことも確認している。</p> <p>第4章では、n、p 型それぞれの欠陥について XPS 束縛エネルギーの計算結果について述べ、この束縛エネルギーを局所ポテンシャル項と緩和エネルギー項に分けて欠陥構造との関係を解析している。局所ポテンシャルについては、格子欠陥の原子構造から直感的に類推される静電ポテンシャルの寄与が大きい。緩和エネルギーではそのような解釈が難しい。その原因は、光電子放出前後に欠陥原子近傍に局在する軌道が緩和エネルギーに大きな影響を与えるためであることを明らかにしている。この局在軌道は、伝導帯と価電子帯の間のバンドギャップだけではなく、価電子帯内部、並びに価電子帯下部のエネルギーギャップ領域に存在する場合があることを指摘している。</p> <p>第5章では、前章で調べた欠陥について、熱平衡状態での安定性を決定する形成エネルギーの計算結果をまとめ、形成エネルギーが低い欠陥の形成確率が高くなることから、実験的に観測される可能性の高い XPS ピークについて予測している。</p> <p>第6章では、本論文の結果についてまとめている。</p> <p>以上、本論文の著者は、SiC 中の不純物原子による XPS 束縛エネルギーと格子欠陥構造の関係、観測スペクトル予測について新しい知見を提供している。緩和エネルギーと局在軌道の関係は SiC に限らず、広く半導体一般に成立する知見である。このため、この研究成果は、半導体分野の発展に貢献し、理学分野へ寄与するところが少なくない。</p> <p>よって、本論文の著者は博士(理学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			

内容の要旨

報告番号	甲 第5157号	氏名	田中 将道
主論文題名： 有機ホウ素化合物を用いた位置及び1,2- <i>cis</i> -立体選択的グリコシル化反応の開発と有用糖質合成への応用			
<p>天然には、恒常的な生命現象や様々な疾病に関与する生物活性糖質が数多く存在しており、それらの詳細な機能解明や構造活性相関の解明を目的とした研究が、生物学や医学を含む多くの分野で注目を集めている。このような背景の中、標的糖質を合成する上で重要な素反応の1つであるグリコシル化反応の開発が、国内外を問わず精力的に行われてきた。特に、近年、ジオールあるいはポリオールに対する位置及び立体選択的グリコシル化反応が開発され、最小限の保護操作で効率的に糖質を合成できるようになってきている。しかし、これまでの手法では、2位アシル系保護基による隣接基関与を利用した1,2-<i>trans</i>-グリコシドの合成を目的としており、構築困難な1,2-<i>cis</i>-グリコシドの位置及び立体選択的な合成手法は、ほとんど報告されていない。そこで本論文では、有機ホウ素化合物の化学的特性に着目した、位置及び1,2-<i>cis</i>-立体選択的グリコシル化反応の開発と有用糖質合成への応用について記述した。</p> <p>序論では、立体選択性と位置選択性に焦点を当て、これまでに開発されたグリコシル化反応とその問題点について概説した。さらに、本研究の目的及び位置付けについて記述した。</p> <p>本論第1章では、ボロン酸触媒を用いた糖ジオールに対する位置及び1,2-<i>cis</i>-α-立体選択的グリコシル化反応の開発について記述した。すなわち、ドナーとして1,2-アンヒドロ糖、アクセプターとして糖ジオールを選択し、ボロン酸触媒を用いたグリコシル化反応を検討した結果、対応する1,2-<i>cis</i>-α-グリコシドが高い位置及び立体選択性で得られることを見出した。さらに、本手法を利用したイソフラボン配糖体の全合成を達成した。</p> <p>本論第2章では、ボリン酸触媒を用いたモノオールに対する立体選択的1,2-<i>cis</i>-α-グリコシル化反応の開発について記述した。すなわち、基質一般性の向上を指向し、アクセプターとしてモノオールを用いて、ボリン酸触媒によるグリコシル化反応を検討した結果、対応する1,2-<i>cis</i>-α-グリコシドが高い立体選択性で得られることを見出した。さらに、本手法を低求核性であるセラミドアクセプターに応用し、糖脂質GSL-1及びGSL-1'の全合成を達成した。</p> <p>本論第3章では、ボリン酸触媒を用いたモノオールに対する立体選択的β-マンノシル化反応の開発について記述した。より構築困難なβ-マンノシド結合の構築を指向し、ドナーとして1,2-アンヒドロマンノースを用いて、ボリン酸触媒によるグリコシル化反応を検討した結果、対応するβ-マンノシドが高い立体選択性で得られることを見出した。さらに、本手法を応用し、糖脂質アクレモマンノリピンAの全合成を達成した。</p> <p>本論第4章では、ボロン酸触媒を用いた無保護糖に対する位置及び1,2-<i>cis</i>-立体選択的グリコシル化反応の開発について記述した。すなわち、事前の保護—脱保護工程が不要な無保護糖をアクセプターとして選択し、ボロン酸触媒を用いたグリコシル化反応を検討した結果、水共存下において反応が速やかに進行し、対応する1,2-<i>cis</i>-グリコシドが高い位置及び立体選択性で得られることを見出した。さらに、速度論的同位体効果及びDFT計算を利用した反応機構解析の結果、本反応が高分離性の協奏的S_Ni機構で進行することが示唆された。さらに、本手法は、無保護の天然配糖体に対する直接的かつ位置及び立体選択的なグリコシル化に応用可能であることを明らかにした。また、本研究で開発した手法を利用し、分枝型α-グルカンの効率的合成法を確立した。</p> <p>結論では、本研究を総括し、今後の展望について記述した。</p>			

審査の要旨

報告番号	甲 第 5157 号	氏 名	田中 将道
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学准教授	博士（工学） 高橋 大介
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 戸嶋 一敦
		慶應義塾大学教授	博士（理学） 藤本 ゆかり
		慶應義塾大学教授	博士（理学） 末永 聖武
		慶應義塾大学教授	理学博士 千田 憲孝

学士（工学）、修士（工学）田中将道君の学位請求論文は、「有機ホウ素化合物を用いた位置及び1,2-*cis*-立体選択的グリコシル化反応の開発と有用糖質合成への応用」と題し、序論、本論第1~第4章、及び結論で構成されている。天然には、恒常的な生命現象や様々な疾病に関与する生物活性糖質が数多く存在しており、それらの詳細な機能解明や構造活性相関の解明を目的とした研究が、生物学や医学を含む多くの分野で注目を集めている。このような背景の中、標的糖質を合成する上で重要な素反応の一つであるグリコシル化反応の開発が、国内外を問わず精力的に行われてきた。特に、近年、ジオールあるいはポリオールに対する位置及び立体選択的グリコシル化反応が開発され、最小限の保護操作で効率的に糖質を合成できるようになってきている。しかし、これまでの手法では、2位アシル系保護基による隣接基関与を利用した1,2-*trans*-グリコシドの合成を目的としており、構築困難な1,2-*cis*-グリコシドの位置及び立体選択的な合成手法は、ほとんど報告されていない。そこで本論文では、有機ホウ素化合物の化学的特性に着目した、位置及び1,2-*cis*-立体選択的グリコシル化反応の開発と有用糖質合成への応用について記述している。

序論では、立体選択性と位置選択性に焦点を当て、これまでに開発されたグリコシル化反応とその問題点について概説している。さらに、本研究の目的及び位置付けについて記述している。

本論第1章では、ボロン酸触媒を用いた糖ジオールに対する位置及び1,2-*cis*- α -立体選択的グリコシル化反応の開発について記述している。すなわち、ドナーとして1,2-アンヒドロ糖、アクセプターとして糖ジオールを選択し、ボロン酸触媒を用いたグリコシル化反応を検討した結果、対応する1,2-*cis*- α -グリコシドが高い位置及び立体選択性で得られることを見出した。さらに、本手法を利用したイソフラボン配糖体の全合成を達成した。

本論第2章では、ボリン酸触媒を用いたモノオールに対する立体選択的1,2-*cis*- α -グリコシル化反応の開発について記述している。すなわち、基質一般性の向上を指向し、アクセプターとしてモノオールを用いて、ボリン酸触媒によるグリコシル化反応を検討した結果、対応する1,2-*cis*- α -グリコシドが高い立体選択性で得られることを見出した。さらに、本手法を、低求核性のセラミドドアクセプターに応用し、天然糖脂質GSL-1及びGSL-1'の全合成を達成した。

本論第3章では、ボリン酸触媒を用いたモノオールに対する立体選択的 β -マンノシル化反応の開発について記述している。すなわち、より構築困難な β -マンノシド結合の構築を指向し、ドナーとして1,2-アンヒドロマンノースを用いて、ボリン酸触媒によるグリコシル化反応を検討した結果、対応する β -マンノシドが高い立体選択性で得られることを見出した。さらに、本手法を応用し、糖脂質アクレモマンノリピンAの全合成を達成した。

本論第4章では、ボロン酸触媒を用いた無保護糖に対する位置及び1,2-*cis*-立体選択的グリコシル化反応の開発について記述している。すなわち、保護一脱保護工程が不要な無保護糖をアクセプターとして選択し、ボロン酸触媒を用いたグリコシル化反応を検討した結果、水共存下において反応が速やかに進行し、対応する1,2-*cis*-グリコシドが高い位置及び立体選択性で得られることを見出した。さらに、速度論的同位体効果及びDFT計算を利用した反応機構解析の結果、本反応が高分離性の協奏的 S_{Ni} 機構で進行することが示唆された。さらに、本手法は、無保護の天然配糖体に対する直接的かつ位置及び立体選択的なグリコシル化に応用可能であることを明らかにした。また、本研究で開発した手法を利用し、分枝型 α -グルカンの効率的合成法を確立した。

結論では、総括として、各章により得られた成果をまとめて記述するとともに、今後の展開について簡潔に記述している。

以上、本論文の著者は、糖質合成の根幹をなす反応であるグリコシル化反応において、新しい効率的な1,2-*cis*-グリコシル化反応を開発し、また、その有用性を様々な有用糖質の合成において実証している。これらの成果は、今後の糖質科学及び有機化学の進展に貢献することが期待され、学術的及び工業的に意義深い。よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があると認める。

内容の要旨

報告番号	甲 第5158号	氏名	熱田 真大
主論文題名： Iwasawa theory for the 2-components of ideal class groups (イデアル類群の2成分に関する岩澤理論)			
<p>代数的に定義されるイデアル類群と解析的に定義されるゼータ関数との間の関係性は、整数論において大変重要な研究対象である。20世紀後半になると岩澤健吉により、岩澤理論という新しい方法が開発され、イデアル類群とゼータ関数の特殊値の間に、より深い関係性が見出されるようになった。岩澤理論では、素数 p を固定し、代数体の \mathbb{Z}_p-拡大を考えてイデアル類群の p-Sylow 部分群の射影極限で定義される岩澤加群を考え、中間体のイデアル類群を統一的に調べる。この時、$p=2$ の場合は大変難しく、例外視されることが多い。本論文では $p=2$ の岩澤理論を研究する。本論文の主結果は以下の三つである。</p> <p>本論文では、まず、岩澤加群の有限部分加群について研究する。p が奇素数の時は CM 体上の岩澤加群のマイナス成分は非自明な有限部分加群を持たないことが岩澤によって示されている。しかし $p=2$ の時、これは成立しない。虚二次体上の岩澤加群が非自明な有限部分加群を持つことがあることが Ferrero によって示されている。本論文では一般の CM 体上の岩澤加群のマイナス成分の最大有限部分加群の生成元を明らかにし、ある程度の仮定の下でその構造を決定した。この結果は上で述べた Ferrero の結果の一般化になっている。</p> <p>次に $p=2$ の岩澤主予想について述べる。岩澤主予想とは、岩澤加群の特性イデアルと p 進 L 関数が一致するという予想であり、岩澤理論において最も重要なもののひとつである。総実代数体上の岩澤主予想は Wiles らによって p が奇素数の場合は完全に証明されている。しかし $p=2$ の場合、Wiles は岩澤によって予想されている μ-不変量は 0 であろうという予想の下、p 進 L 関数が自明な零点を持たない場合のみ証明している。本論文では上記の $\mu=0$ の仮定のみで、$p=2$ の岩澤主予想を証明する。この結果により、$p=2$ で証明できなかった多くのことが、p が奇素数の時と同様に証明できるようになる。</p> <p>岩澤主予想と降下理論を用いることにより、有限次 CM 体のイデアル類群を調べた。具体的には、総実代数体上の巡回拡大である CM 体のイデアル類群の 2-Sylow 部分群のマイナス商の Fitting イデアルが部分ゼータ関数の特殊値によって定義される Stickelberger イデアルと一致することを証明した。この結果は、Greither が有理数体上の虚 Abel 拡大に対して得ていた結果の一般化になっている。</p>			

審査の要旨

報告番号	甲 第 5158 号	氏 名	熱田 真大
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	博士（理学） 栗原 将人
	副査	慶應義塾大学教授	博士（理学） 井関 裕靖
		慶應義塾大学教授	博士（数理科学） 坂内 健一
		慶應義塾大学准教授	博士（理学） 田中 孝明

学士(理学), 修士(理学) 熱田真大君提出の学位請求論文は, 「Iwasawa theory for the 2-components of ideal class groups (イデアル類群の2成分に関する岩澤理論)」と題し, 全5章からなる.

岩澤理論は20世紀後半に大きく発展して, 整数論のさまざまな問題に応用され, 整数論の重要な一分野となった. 岩澤理論では, 素数 p を固定して, 数論的対象物の p 成分を Z_p 拡大のような無限次拡大の中で考察する. 岩澤理論は世界中で盛んに研究されているが, ほとんどの論文では素数 p は2ではない, という仮定のもとに理論が構築されている. その理由は, $p=2$ の場合には対象が非常に特殊な振る舞いをすることによって, 例外として扱わざるを得ないためである. 簡単なところから述べると, 有理数体に1の p 冪乗根をすべて添加した体の Galois 群は $p=2$ のときのみ p 冪のねじれ元を持つ. また, Galois 群が作用する Z_p 加群を考えると, $p=2$ の場合のみ複素共役による固有空間分解ができない. もう少し岩澤理論的な性質を述べると, CM 体のイデアル類群のマイナス成分から作られる岩澤加群は $p=2$ のときのみ非自明な有限ねじれ加群を持つ場合がある. このように, $p=2$ に対する岩澤理論は, あまりにも例外的なことが頻発して, 今まで詳しい研究が行われて来なかった. 熱田真大君による本学位請求論文では, $p=2$ の場合のイデアル類群に関する岩澤理論が, 精密で注意深い考察によって構成されている.

論文の第1章は序論であり, 古典的岩澤理論の紹介と, 本論文で得られた主定理が述べられている. 第2章は準備であり, イデアル類群や Galois 群からできる岩澤加群, 岩澤主予想, 岩澤理論の精密化について概説されている.

第3章では, CM 体の岩澤加群のマイナス商に対して, その最大有限部分加群の Abel 群としての構造が決定されている. この方面でこれまで知られていたのは, Ferrero による虚2次体の場合だけだったので, 本論文の結果は Ferrero の結果を大きく一般化したことになる. 本論文では, 一般の Selmer 群の非自明有限部分加群の非存在に関する Greenberg の最近の定理を用いて, この結果を得ている.

第4章では, 岩澤理論で最も基本的で重要な岩澤主予想が $p=2$ の場合に, 岩澤 μ 不変量が消えるという仮定の下で証明されている. A. Wiles は奇素数に対して岩澤主予想を証明し, $p=2$ のときにも岩澤不変量に関する仮定の他に p 進 L 関数が自明零点を持たないという仮定のもとに岩澤主予想を証明していたので, ここではこの自明零点に関する仮定をはずすことが問題となる. 本論文では, 降下理論を注意深く適用することによって, このことを達成した. 著者によるこの定理によって, 今まで多くの研究者が研究してきた同変岩澤主予想も $p=2$ の場合に証明することができる. このようにこの定理は, 今後多くの場面で使われることが期待される.

第5章では, 第3章と第4章の結果を用いて, 総実代数体 k 上の CM 体 K で K/k が巡回拡大のときの K のイデアル類群の2成分のマイナス成分の Fitting イデアルを Stickelberger 元を用いて完全に記述している. $p=2$ の場合は第4章のように岩澤加群が非自明有限部分加群を持つので, p が奇素数のときに知られていた従来の方法は使えない. 本論文の著者は, 岩澤加群の有限部分加群の影響も考慮して Fitting イデアルを計算し, 類数公式の2冪成分や Hasse の単数指数なども考慮して, この定理の結論を得ている. この結果は Greither の結果の一般化になっている. 少なくとも巡回拡大の場合には, イデアル類群の Fitting イデアルに関して, 奇素数の場合と同じ結果が得られるというのは, 大変興味深い結果である.

以上のように本論文において著者は, 今までほとんどの研究者がその困難のために避けてきた $p=2$ に対する岩澤理論の基本的な問題を解決し, 整数論に大きな進歩をもたらした.

以上の理由により, 本論文の著者は博士(理学)の学位を受ける資格があるものと認める.

内容の要旨

報告番号	甲 第5159号	氏名	柴田 寛之
主論文題名： Integration of Ionophore-Based Ion-Selective Optodes into Paper-Based Sensing Platforms for Optical Cation Detection (カチオンの光学検出のためのイオノフォアに基づいたイオン選択性オプトードの 紙基板分析プラットフォームへの応用)			
<p>簡便かつ迅速なカチオンの定量は医療・環境分析など様々な分析化学の分野での応用で求められている。そのため、イオノフォアを用いたイオン選択性オプトード (ISO) は、分析対象としているイオンの選択的な光学分析が可能であることから、これまでに広く学術分野で研究されてきた。ISO の応答はイオン交換平衡反応に基づいており、疎水性 pH 指示薬 (クロモイオノフォア) の H⁺を利用することで分析対象イオンの濃度応答を得るため、液体試料の pH の影響を受けてしまう。そのため、ISO のセンサーとしての実用性を改善するためには、この pH 依存性を克服しなければならない。そこで本研究では、ISO の pH 依存性を克服するとともに、近年注目されている分析基板である「紙」と ISO をインクジェット印刷技術によって組み合わせることに成功した。本博士論文では、ISO による分析における課題である、(1) pH 依存性の解決 (第2章, 第3章), (2) 比色分析の定量における利便性の向上 (第4章) について言及した。</p> <p>第1章では、最新の研究動向と本研究の優位性について述べた。</p> <p>第2章では、従来の ISO 膜を紙にするとともに、pH を制御する機能を持たせることでこれまでの ISO を用いた分析における課題である「pH 依存性」を解決した。また、イオン交換平衡反応を確立するために、デバイス全体をラミネート加工することで分析試料の蒸発を抑制した。そして、ISO に基づいた反応系における分析対象のカチオンとセルロース紙基板材料の相互作用についても定量的に言及した。</p> <p>第3章では、pH の影響を受けない ISO による新規カチオン分析に関して述べた。従来の H⁺の脱離によって色変化を示すクロモイオノフォアの代わりに、正電荷を帯びたソルバトクロミック蛍光色素を導入することで、H⁺が反応に関わらない紙基板 ISO の反応系の開発に成功した。そして、ISO を構成する全ての分析試薬を直接ワックスのパターニングされた紙デバイスに印刷することにより、分析時間の短縮を達成した。</p> <p>第4章では、「色変化した線の長さ」を濃度応答として用いることで、ISO による定量分析における更なる利便性の向上について述べた。界面活性剤を用いたミセルに ISO の分析試薬を内包させることで、家庭用サーマルインクジェットプリンターを用いた印刷による高再現性かつ大量生産可能なデバイスの作製を可能とした。また、分析試料のイオン強度を増加させるために電解質塩を予めデバイス基板上に配置し、分析対象のカチオンとデバイス基板である紙との相互作用を抑制し、デバイスの分析感度の改善を達成した。そして、開発したデバイスを用いて飲料水または水道水中における Ca²⁺濃度の簡便な定量を達成した。</p> <p>第5章に、結論として本博士論文での各章で得られた内容をまとめ、本研究の成果と展望を要約した。</p>			

審査の要旨

報告番号	甲 第 5159 号	氏 名	柴田 寛之
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	Dr. sc. nat. チッテリオ ダニエル
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 小池 康博
		慶應義塾大学教授	博士（工学） 白鳥 世明
		慶應義塾大学准教授	博士（情報理工学） 尾上 弘晃

学士（工学）、修士（工学）柴田 寛之君提出の学位請求論文は、「Integration of Ionophore-Based Ion-Selective Optodes into Paper-Based Sensing Platforms for Optical Cation Detection」（カチオンの光学検出のためのイオノフォアに基づいたイオン選択性オプトードの紙基板分析プラットフォームへの応用）と題し、5章より構成されている。

簡便かつ迅速なカチオンの定量は、医療・環境分析など様々な分析化学の分野での応用で求められている。そのため、イオノフォアを用いたイオン選択性オプトード (ISO) は、分析対象としているイオンの選択的な光学分析が可能であることから、これまでに広く学術分野で研究されてきた。ISO の応答はイオン交換平衡反応に基づいており、疎水性 pH 指示薬（クロモイオノフォア）の H⁺を利用することで分析対象イオンの濃度応答を得るため、液体試料の pH の影響を受けてしまう。そのため、ISO のセンサーとしての実用性を改善するためには、この pH 依存性を克服しなければならない。そこで本研究では、ISO の pH 依存性を克服するとともに、近年注目されている分析基板である「紙」と ISO をインクジェット印刷技術によって組み合わせることに成功している。本論文では、ISO による分析における課題である、(1) pH 依存性の解決（第 2 章、第 3 章）、(2) 比色分析の定量における利便性の向上（第 4 章）について言及している。

第 1 章では、最新の研究動向と本研究の優位性について述べている。

第 2 章では、従来の ISO 膜を紙にするとともに、pH を制御する機能を持たせることでこれまでの ISO を用いた分析における課題である「pH 依存性」を解決している。また、イオン交換平衡反応を確立するために、デバイス全体をラミネート加工することで分析試料の蒸発を抑制している。そして、ISO に基づいた反応系における分析対象のカチオンとセルロース紙基板材料の相互作用についても定量的に言及している。

第 3 章では、pH の影響を受けない ISO による新規カチオン分析に関して述べている。従来の H⁺の脱離によって色変化を示すクロモイオノフォアの代わりに、正電荷を帯びたソルバトクロミック蛍光色素を導入することで、H⁺が反応に関わらない紙基板 ISO の反応系の開発に成功している。そして、ISO を構成する全ての分析試薬を直接ワックスでパターンニングされた紙デバイスに印刷することにより、分析時間の短縮を達成している。

第 4 章では、「色変化した線の長さ」を濃度応答として用いることで、ISO による定量分析における更なる利便性の向上について述べている。界面活性剤を用いたミセルに ISO の分析試薬を内包させることで、家庭用サーマルインクジェットプリンターを用いた印刷による高再現性かつ大量生産可能なデバイスの作製を可能としている。また、分析試料のイオン強度を増加させるために電解質塩を予めデバイス基板上に配置し、分析対象のカチオンとデバイス基板である紙との相互作用を抑制し、デバイスの分析感度の改善を達成している。そして、開発したデバイスを用いて飲料水または水道水中における Ca²⁺濃度の簡便な定量を達成している。

第 5 章に、結論として本論文での各章で得られた内容をまとめ、本研究の成果と展望を要約している。

以上要するに、本研究では、イオノフォアを用いた ISO の紙基板分析プラットフォームへの導入により pH 依存性を克服した簡便なカチオン分析のためのデバイスの開発に成功している。このような研究は、分析化学分野において、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.5160	Name	JIWANTI, Prastika Krisma
Thesis Title			
The Utilization of Boron-doped Diamond Electrode for CO ₂ Electrochemical Reduction: Exploring the Production of Value-added Chemicals			
<p>In many years, the conversion of CO₂ to value-added chemicals attracts researcher all over the world. Among all the methods that have been introduced, electrochemistry is one of method that is used for CO₂ reduction study. However, high potential is required to transfer one electron to the CO₂ molecule, leading to many obstacles as it may compete with hydrogen evolution, in addition to its high required-energy consumption. Meanwhile, boron-doped diamond (BDD) electrode has been known to have a wide potential window that might suppress the production of hydrogen as a CO₂ reduction competitor. Beside, its high durability of chemical and mechanical stability will give outstanding characters for real application. This work will focusing on the exploration of CO₂ reduction products on bare and metal-modified BDD electrode.</p> <p>In chapter 1, general background, purpose of the study, and also the overview of CO₂ reduction using BDD electrode are summarized.</p> <p>In chapter 2, CO₂ reduction on bare BDD in aqueous ammonia solution was summarized. Ammonia solution was used as it has high loading-capacity for CO₂ gas sequestration. Here, methanol was produced as the main product at potential -1.3 V, with maximum faradaic efficiency of 24.3%. The reduction of CO₂ to methanol was found to be the reduction of bicarbonate species.</p> <p>In chapter 3, the study is focused on metal modification on surface of BDD electrode, specifically by copper (Cu) particle deposition. In this study, C₂/C₃ species were successfully produced with high efficiency. At potential -1.0 V, ethanol, acetaldehyde, and acetone were produced with faradaic efficiency of 42.4%, 13.7%, and 7% respectively.</p> <p>In chapter 4, CO₂ reduction on palladium (Pd) modified BDD electrode was studied. CO was produced as the main product, with faradaic efficiency of 53.3% at potential -1.6 V. This modification could improve the production of CO up to 5 times higher than on bare BDD electrode under same reduction condition.</p> <p>In chapter 5, the study of CO₂ reduction on its oxide form of Ni and Ir particle modified on BDD electrode was summarized. CO₂ reduction using Ni modified on BDD electrode was hardly to be obtained. On the other hand, by modification of BDD surface with IrO₂, the improvement of HCOOH production could be achieved with lower potential than on bare BDD. ~50% faradaic efficiency of HCOOH could be produced at potential -1.7 V, in which, this production is usually produced at around potential -2.3 V on 1% BDD electrode.</p> <p>Finally, summary and future perspective of this work are described.</p>			

審査の要旨

報告番号	甲 第 5160 号	氏 名	JIWANTI, Prastika Krisma
論文審査担当者：			
主査	慶應義塾大学教授	博士（工学）	栄長 泰明
副査	慶應義塾大学教授	博士（理学）	近藤 寛
	慶應義塾大学准教授	博士（工学）	緒明 佑哉
	慶應義塾大学准教授	博士（工学）	羽曾部 卓
<p>学士（理学）、修士（理学）JIWANTI, Prastika Krisma（ジワンティ、プラスティカ クリスマ）君提出の博士学位請求論文は、「The Utilization of Boron-doped Diamond Electrode for CO₂ Electrochemical Reduction: Exploring the Production of Value-added Chemicals」（ダイヤモンド電極を用いたCO₂の電気化学還元：高付加価値化合物の創製）と題し、6章から構成されている。</p> <p>地球環境問題、エネルギー問題に鑑み、二酸化炭素（CO₂）を有用物質に変換する技術が求められている。触媒開発、人工光合成をはじめとした様々な方法で研究開発がなされている中、電気化学的にCO₂を還元する方法も重要なアプローチの一つとして広く研究されてきた。しかしながら、CO₂を電気化学的に還元するには高い還元電位を必要とし、水素発生との競合や、電極の耐久性、安定性に問題があった。そのような中、ホウ素をドーパした導電性のダイヤモンド電極は、耐久性に優れるのみならず、電位窓が広く、水素発生を抑えるため、CO₂還元用の電極として優位であるが、主な還元生成物はギ酸や一酸化炭素であり、高付加価値化合物の生成には不向きであった。そこで本論文では、ダイヤモンド電極に金属触媒を付与した複合電極の作製や、電解質溶液を制御することで、新たな高付加価値化合物を創製することを目指している。</p> <p>第1章では、序論として、CO₂の電気化学還元に関する研究について概観し、本論文の目的および概要について述べている。</p> <p>第2章では、ダイヤモンド電極を用いたアンモニア水中でのCO₂還元について述べている。-1.3 V (vs. Ag/AgCl)での定電位電解により、ファラデー効率24.3%でメタノールの生成を確認している。さらにpHについても検討を行い、このメタノール生成にはpHが重要な役割を果たしていることを明らかにしている。</p> <p>第3章では、銅微粒子をダイヤモンド電極に修飾した電極を用いてCO₂還元を行った例について述べている。-1.0 V (vs. Ag/AgCl)での定電位電解により、エタノール、アセトアルデヒド、アセトンの生成、すなわち、C₂/C₃化合物の生成を確認している。この結果より、金属電極を用いたものとは異なり、ダイヤモンド電極に金属触媒を作用させることで、効率的かつ安定的に高付加価値生成物を生成できることを見出している。</p> <p>第4章では、パラジウム微粒子をダイヤモンド電極に修飾した電極を用いてCO₂還元を行った例について述べている。パラジウムの触媒作用により、一酸化炭素が主な生成物であることを明らかにしている。</p> <p>第5章では、ニッケル微粒子、イリジウム微粒子をダイヤモンド電極に修飾した電極を用いてCO₂還元を行った例について述べている。ニッケルを用いた際には、主に水素発生が起りCO₂還元が全く観測されないのに対し、イリジウムを用いた際には-1.7 V (vs. Ag/AgCl)での定電位電解でギ酸が生成することを見出している。すなわち、修飾のないダイヤモンド電極では、ギ酸生成に-2.3 V (vs. Ag/AgCl)の電位が必要であったのに対して、より低エネルギーでCO₂還元を行うことに成功している。</p> <p>第6章では、本論文の総括ならびに今後の展望について述べている。</p> <p>以上要するに、本論文の著者は、CO₂の電気化学的還元による高付加価値化合物生成において、金属触媒付与によるダイヤモンド電極の高機能化や電解質溶液制御の有効性を実証したもので、電気化学分野のみならず、環境科学分野の発展に大きく貢献するものである。</p> <p>よって、本論文の著者は博士（理学）の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			

内容の要旨

報告番号	甲 第 5175 号	氏 名	唐澤 直之
主論文題名：			
分子シミュレーションによる蛋白質の遅い緩和モードの同定			
<p>蛋白質はアミノ酸の鎖からなる生体高分子である。生体内でアミノ酸配列に依存した特定の立体構造へ折り畳まることで、酵素触媒作用、信号伝達、物質輸送等の機能を発揮する。このような蛋白質の機能性は、その構造だけでなく、比較的長い時間スケールの構造の揺らぎに由来する。蛋白質の構造の揺らぎについて知ることは、生命現象の理解、ひいては病原特定や薬剤開発といった応用のためにも重要である。</p> <p>蛋白質の構造の揺らぎを探る手段の 1 つにモード同定がある。モード同定では蛋白質の原子の位置により張られる座標系を、何らかの共同変数により張られる座標系へと変換する。比較的長い時間スケールの構造の揺らぎは、蛋白質の機能と密接に関わるため、その相関が緩やかに減衰する遅い緩和モードは共同変数として適する。緩和モード解析 (RMA) では、分子シミュレーションにより得られる時系列から、系の遅い緩和モードを同定できる。この RMA の方法では、系の遅い緩和にとって重要な物理量の時間相関行列に対する一般化固有値問題を解くことで、緩和モードと緩和率を評価する。しかし、従来の RMA は時間相関行列に高い統計精度を要求するため、蛋白質のような多自由度系での実行は困難である。本論文では 2 つの改良した RMA の方法を、蛋白質の全原子分子動力学 (MD) シミュレーションの解析へ適用した結果について述べる。</p> <p>第 1 の研究では蛋白質の多発展時間を用いる二段階 RMA について論じる。先行研究では蛋白質の比較的多くの自由度を扱うために、二発展時間を用いる主成分 RMA (PCRMA) が提案された。しかし、従来の PCRMA を通じて得られる緩和モードと緩和率は、蛋白質のサブマイクロ秒程度の時間スケールの緩和挙動を記述できないことがある。近年、遅い緩和に基づいて次元を削減するために多発展時間を用いる二段階 RMA が提案された。比較的遅い緩和挙動を記述するために、この RMA の方法を 129 個のアミノ酸残基からなるニワトリ蛋白リゾチームの 2 マイクロ秒 MD シミュレーションの解析へ適用した。まず構造の揺らぎの主成分の一部を解析し、つぎに構造の揺らぎをじかに解析した。多発展時間を用いる二段階 RMA を通じて得られる緩和モードと緩和率は、蛋白質のサブマイクロ秒程度の時間スケールの緩和挙動を記述することを示した。</p> <p>第 2 の研究では蛋白質の正定値 RMA (PDRMA) について論じる。多発展時間を用いる二段階 RMA は、じかに蛋白質の構造の揺らぎに対して実行できないことがあり、たとえ可能であっても、その解析過程は比較的複雑である。著者と共同研究者は従来の RMA の簡単かつ有効な拡張である PDRMA を提案した。PDRMA では時間相関行列の正定値性に基づいて次元を削減する。この方法の有効性を確認するために、PDRMA を第 1 の研究と同じシミュレーションおよびヒトエリスロポエチンとその受容体 2 つからなる 596 残基の蛋白質複合体の 3 マイクロ秒 MD シミュレーションに対して実行した。PDRMA を通じて得られる緩和モードと緩和率は、蛋白質のサブマイクロ秒程度の時間スケールの緩和挙動を記述することを示した。</p>			

審査の要旨

報告番号	甲 第 5175 号	氏 名	唐澤 直之
論文審査担当者：	主査	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	理学博士 白濱 圭也
		慶應義塾大学教授	博士（理学）・医学博士 藤谷 洋平
		慶應義塾大学教授	博士（工学） 泰岡 顕治
		明治大学大学院准教授	博士（理学） 光武 亜代理
<p>学士（理学）、修士（理学）唐澤直之君提出の学位請求論文は、「分子シミュレーションによる蛋白質の遅い緩和モードの同定」と題し、全7章から成る。</p> <p>通常の蛋白質は水中で安定した立体構造をとる。蛋白質は種類毎に生体内で特定の機能を発揮するが、その機能は蛋白質の安定した平均的立体構造のみならず、その周りの時間変化の遅い構造の揺らぎと関連している。分子シミュレーションから得られた蛋白質の構造ゆらぎの時系列データから、遅いゆらぎのモードを同定し、その挙動を調べることは、蛋白質の機能を理解する上でも重要である。このような遅いモードを同定する方法として、緩和モード解析（Relaxation Mode Analysis, RMA）がある。RMAでは、複数の物理量のある時間（発展時間と呼ぶ）だけ時間発展させた量を考え、それらの相関行列と時間遅れのある相関行列に対する一般化固有値問題を解いて、緩和モードとその緩和時間を評価するが、これらの相関行列には高い統計精度が必要となる。蛋白質は自由度が大きく、現状の分子シミュレーションではその統計精度が得られず、RMAの実行が困難になる。本論文では、蛋白質の分子シミュレーションに対しRMAを実行するために、2段階RMAを蛋白質に初めて適用し、その有効性を明らかにした研究と、正定値RMAと呼ばれる新しい方法を提案し、蛋白質に適用し、その有効性を明らかにした研究を行なっている。</p> <p>第1章では、本論文の背景、目的、方法と結果の概略を述べている。第2章では、蛋白質の構造とそのゆらぎについて説明している。第3章では、本研究で用いた分子シミュレーションの基礎的な事項について説明している。第4章では、モード同定に必要な構造ゆらぎの数学的表現とRMAの方法について説明している。第5章では、129残基からなるニワトリの卵白由来のリゾチーム（HEWL）の2マイクロ秒の分子動力学シミュレーションに対し、2段階RMAを適用しその有効性を明らかにしている。この方法は、1段階目で短い発展時間と時間遅れを用いてRMAを実行し、その結果得られた緩和モードの一部を2段階目の物理量としてRMAを実行する。章前半では、構造ゆらぎに対し主成分分析を行い、得られた主成分の一部に対してこの方法を適用している。得られた緩和モード、緩和時間によりサブマイクロ秒程度の時間スケールでのHEWLの緩和挙動を初めて再現した。最も遅い緩和モードは、離れた部位が同時に動く運動で、2マイクロ秒中に1回だけの稀な現象であった。章後半では、主成分分析を行わず、構造ゆらぎに対して直接この方法を適用している。前半と比べ、遅い緩和挙動の再現性が改善され、最も遅い緩和モードもより精緻になった。第6章では、正定値RMAの方法を提案し、5章で用いたシミュレーションと、ヒトのエリスロポエチン（EPO）とその受容体（EPOR）2つからなる596残基の複合体の3マイクロ秒の分子動力学シミュレーションに対してこの方法を適用し、その有効性を明らかにしている。RMAで用いる相関行列の正定値性が破れているとRMAの実行が難しくなる。正定値RMAは時間発展させた物理量の相関行列の正定値な部分空間を決め、その空間の中でRMAを実行する。章前半では、HEWLの構造ゆらぎに直接この方法を適用している。その結果、遅い緩和挙動の再現性は、構造ゆらぎに対する2段階RMAには劣るが、主成分に対する2段階RMAには優っていた。章後半では、構造ゆらぎに対する2段階RMAが適用できないEPO-EPOR複合体に正定値RMAを適用している。得られた緩和モード、緩和時間によりサブマイクロ秒程度の時間スケールでのこの複合体の緩和挙動を再現した。最も遅い緩和モードは、EPOのループの運動で、3マイクロ秒中に1回だけの稀な現象であった。第7章では本論文の結論を述べている。</p> <p>以上、本論文は、2段階RMAと正定値RMAによって、蛋白質の分子シミュレーションに対するRMAを確立した。特に、正定値RMAは2段階RMAに比べて、非常に簡便で適用範囲も広い方法で、今後の普及が期待される。これらの研究成果は生物物理学、統計物理学、計算物理学において基礎的かつ重要な成果である。</p> <p>よって、本論文の著者は博士（理学）の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			

内容の要旨

報告番号	甲 第5176号	氏名	芦田 慶太
主論文題名： 環境ノイズ下での細胞および細胞下レベルでのシグナル入出力関係の解明			
<p>生命現象の理解では、ノイズを考慮したシグナルの入出力関係を明らかにすることは重要である。これまで、入出力関係はその平均的な振舞いが着目されてきた。一方で、ノイズを含む入力に対する応答に関しては、未だ理解は不十分である。そこで本研究では入出力関係の新しい定量化手法を提案した。また、実際の生体におけるノイズ下での入出力関係を明らかにすることで、生体が持つ環境ノイズ下での入出力関係を解明した。</p> <p>第1章は緒言で、生命における入出力関係の今までの研究手法について述べ、次いでノイズが入出力関係に対して与える影響について、これまでに明らかになった研究について説明し、最後に本研究の目的について述べた。</p> <p>第2章においては、大腸菌走化性の数理モデルを用い、揺らぐ系の熱力学および情報幾何学を導入することで熱力学的な順応速度の効率を定量化した。従来の研究では、揺らぐ系の熱力学を用い、大腸菌走化性の順応での熱力学的コストについては研究されてきたが、その速度に対する議論はほとんどなかった。そこで、情報幾何学を導入することで、その順応効率の定式化に成功した。また、その結果、順応速度の効率は刺激強度には依存しないが、刺激に含まれるノイズの大きさに対し単調減少せず、複雑な振舞いをみせることが明らかになった。このように、ノイズが順応速度の効率に有利な影響を与えうることを初めて示した。</p> <p>第3章では、線虫の介在神経細胞 AIY に注目し、環境ノイズ下における入出力関係をイメージング手法によって実験的に明らかにした。先行研究では、AIY が外界からの明確な刺激によらず、散発的な Ca^{2+} 応答を示すことは知られていたが、その原因については未知であった。そこで、介在神経細胞 AIY について、その入力である神経伝達物質および、出力である Ca^{2+} 応答および膜電位変化を環境ノイズ下で測定する系を開発した。これにより、神経伝達物質入力の揺らぎが散発的な Ca^{2+} 応答を誘引することを明らかにした。AIY の Ca^{2+} 応答は行動を調節することが知られていることから、環境ノイズが無刺激下の線虫の多様な行動の一因になっていることを示唆する。</p> <p>第4章は結言で、第2・3章で明らかにした入力のノイズと出力の関係を例に取り、生命において、ノイズが与える影響が無視できないものであることを述べた。また、近年開発されている技術や研究の現状について述べ、ノイズに関する研究の可能性について議論した。</p>			

審査の要旨

報告番号	甲 第 5176 号	氏 名	芦田 慶太
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	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
		慶應義塾大学教授	博士（工学） 内山 孝憲

学士（理学）、修士（理学）芦田慶太君提出の学位請求論文は「環境ノイズ下での細胞および細胞下レベルでのシグナル入出力関係の解明」と題し、全四章で構成されている。

生命現象を系統的に理解するには、ノイズを考慮したシグナルの入出力関係を明らかにすることは重要である。しかしながらこれまでの研究では、入出力関係について特にその平均的な振舞いについて着目するものが多かった。一方で、より自然に近い、生理的な条件を反映しているノイズを含む入力に対する応答に関しては、未だ入出力関係の理解は不十分である。そこで本研究では入出力関係の新しい定量化手法について数理モデルと計算機実験により解析を行い、新規な評価法を提案している。また、実際の生体におけるノイズ下での入出力関係を明らかにするために、線虫神経系を対象に選び、神経細胞が持つ環境ノイズ下での入出力関係を介在神経細胞で調べている。

第 1 章は緒言であり、まずこれまでの生命研究に用いられてきた、入出力関係を明らかにするための研究手法について述べている。次いでノイズが入出力関係に対して与える影響について、これまでに明らかになった研究について説明し、最後に本研究の目的について述べている。

第 2 章では、大腸菌走化性の数理モデルを用い、このモデルに揺らぐ系の熱力学および情報幾何学を導入することで、熱力学的な順応速度の効率を定量化することに成功したことを報告している。従来研究では、揺らぐ系の熱力学を用い、大腸菌走化性の順応での熱力学的コストの見積りについては報告されてきたが、その順応速度に対する議論はほとんどなかった。そこで、情報幾何学を導入することで、その順応効率の定式化に成功している。また、その結果、順応速度の効率は刺激強度には依存しないが、刺激に含まれるノイズの大きさに対し単調減少せずに、複雑な振舞いを示すことを明らかにした。このことは、従来考えられていたこととは異なり、ノイズが順応速度の効率に有利な影響を与える可能性があることを初めて示した。

第 3 章では、線虫の介在神経細胞 AIY に注目し、環境ノイズ下における入出力関係をイメージング手法によって実験的に明らかにした。先行研究では、AIY 神経細胞が外界からの明確な刺激によらず、散発的な Ca^{2+} 応答を示すことは知られていたが、その原因は不明であった。そこで、匂い感覚神経細胞から直接入力を受けている AIY 神経細胞に着目し、その入力である神経伝達物質グルタミン酸および、出力である AIY 神経細胞での Ca^{2+} 応答および膜電位変化を環境ノイズ下で同時計測する蛍光イメージング系を開発した。この計測系を用いて、入力である神経伝達物質の揺らぎが、散発的な Ca^{2+} 応答を誘引することを明らかにした。AIY 神経細胞の Ca^{2+} 応答は線虫行動を調節することが知られていることから、この成果は環境ノイズが無刺激下の線虫の多様な行動の一因になっていることを示唆するものである。

第 4 章は結言であり、第 2 章、第 3 章で明らかにした入力のノイズと出力の関係を例に取り、生命において、ノイズが与える影響は従来考えられていたようにシグナル伝達を阻害する要因であるだけでなく、様々な生命現象を理解するために無視できないものであることを述べている。また、近年開発されている様々なイメージング技術などの研究の現状について述べ、ノイズに関する研究の今後の可能性について議論している。

以上本論文は数理モデルと新規な蛍光イメージング手法を用いることにより、細胞および細胞下のシグナルとその揺らぎとの関係を明らかにすることに成功しており、神経科学や生物物理学研究に大いに資するものである。よって、本論文の著者は博士（理学）の学位を受ける資格があると認める。

内容の要旨

報告番号	甲 第5177号	氏名	石井 信行
主論文題名： 仮想等分割平均法を用いた超高精度ロータリエンコーダの開発			
<p>工作機械をはじめとした様々な精密加工機・検査装置において、求められる精度はますます高くなっている。とりわけ、タービンプレードや歯車などのエネルギー分野でもちいる巨大な円形部品の加工や、ナノ加工機など超精密加工分野では直線方向の測定だけでなく、回転方向の自由度に対する精度が大きな影響を持っている。しかし、「長さ」の測定に対して「角度」の精密な測定や体系化についてはまだまだ途上段階である。本研究では、近年提案されて来ている自己校正ロータリエンコーダの校正アルゴリズムをさらに最適化し、ほとんど実用化されていなかった中で、実際に機上に取り付けることが可能な実用レベルでの開発を行い、その有用性を検証することを目的とした。</p> <p>第1章では、幾何学的物理量である長さや角度の歴史から始まり、角度測定の高精度化の必要性について述べた。角度測定の特異性から自己校正法の発展、先行技術とその課題について明らかにし、本研究の目的と目標を述べている。</p> <p>第2章では、本研究で提案する自己校正值算出のアルゴリズムである仮想等分割平均法と、その前身である等分割平均法の原理について、解析的手法を用いて説明を行う。</p> <p>第3章では、自己校正型ロータリエンコーダにおける主要な誤差要因とその影響について、解析的手法による推定と、数値シミュレーションによる既存の自己校正アルゴリズムとの比較を行い、考案した仮想等分割平均法の有効性について検証する。</p> <p>第4章では、第3章の検証によって最適であると提案したセンサヘッド配置に従い、反射型回折格子であるスケールと半導体レーザを光源とした検出ヘッドを持つレーザスケールのロータリエンコーダ（株式会社マグネスケール製 BH-20RE）を用いてロータリエンコーダシステムとして開発し、また、実際に自己校正值を算出し、リアルタイムに校正し、校正された値を出力する処理回路の開発について説明を行う。</p> <p>第5章では、開発したロータリエンコーダシステムの各性能、特に重要な性能である精度について重点的に評価を行い、実際に自己校正され十分な性能を持つことを示す。</p> <p>第6章では、開発したロータリエンコーダシステムを横型5軸加工機（DMG MORI 製 NTX2000）の主軸に取り付け、その割り出し角度の精度および再現性について評価を行い、またその精度を校正值として用いることで割り出し角度精度の改善効果について検証し、開発したロータリエンコーダシステムの有効性について示す。</p> <p>第7章では、本研究で得られた知見をまとめ、本論文の結論を述べる。</p>			

審査の要旨

報告番号	甲 第 5177 号	氏 名	石井 信行
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	博士（工学） 青山 英樹
	副査	慶應義塾大学教授	博士（工学） 柿沼 康弘
		慶應義塾大学教授	博士（工学） 満倉 靖恵
		慶應義塾大学教授	博士（工学） 竹村 研治郎
		カリフォルニア大学教授	工学博士 山崎 和雄

学士（理学），修士（理学）石井信行君の学位請求論文は，「仮想等分割平均法を用いた超高精度ロータリエンコーダの開発」と題し，7章から構成されている。

精密加工機・検査装置において，要求される様々な精度が高くなってきている．超精密加工分野では，直線方向の位置測定精度だけでなく，回転方向の角度測定精度が運動精度の保証において大きな影響をもっている．本研究では，高精度な角度測定を実現するため，自己校正アルゴリズムを最適化し，機上に取り付けることが可能な実用的ロータリエンコーダを開発し，その有用性を検証することを目的としている．

第1章では，幾何学的物理量である長さや角度の測定技術，および角度測定の高精度化の必要性について述べている．また，角度測定における自己校正法とその課題について明らかにし，本研究の目的と目標を述べている．

第2章では，本研究で提案する仮想等分割平均法と，その基礎となっている等分割平均法の原理について，数式に基づいて解析的手法を用いて説明している．

第3章では，自己校正型ロータリエンコーダにおける主要な誤差要因とその影響について，解析的手法による推定と数値シミュレーションにより，既存の自己校正アルゴリズムとの比較を行い，提案した仮想等分割平均法の有効性について検証している．

第4章では，第3章において提案されたセンサヘッド配置に関する最適設計に基づいて，反射型回折格子スケールと半導体レーザを用いたロータリエンコーダシステムの開発について述べている．また，同システム開発において用いられた，自己校正値をリアルタイムで処理する回路について説明している．

第5章では，開発したロータリエンコーダシステムの性能・特性について評価を行っている．特に重要な性能である精度に関して深く検証し，実用において十分な性能をもつことを示している．

第6章では，開発したロータリエンコーダシステムを横型5軸加工機の主軸に取り付け，その割り出し角度の精度および再現性について評価を行っている．検出角度を校正値として用いることにより，割り出し角度の改善効果について検証し，開発したロータリエンコーダシステムの有用性について示している．

第7章では，本研究で得られた知見をまとめ，本論文の結論を述べている．

以上，要するに，本論文は，自己校正ロータリエンコーダの校正アルゴリズムとして，独自の仮想等分割平均法を提案し，少ないセンサで超高精度な回転角度計測を可能とする実用的ロータリエンコーダシステムを開発することにより，高精度加工を実現する成果を得ており，機械加工学の分野において，工業上，工学上寄与するところが少なくない．

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5178号	氏名	小河 誉典
主論文題名： ナノ多結晶ダイヤモンド工具のフェムト秒パルスレーザ加工による高能率成形			
<p>ナノ多結晶ダイヤモンド (Nano-polycrystalline diamond: NPD) は高純度グラファイト粉末を高温・高圧下でダイヤモンドに直接変換した材料であり、単結晶ダイヤモンドよりも高硬度で異方性をもたないため、次世代の工具素材として期待されている。しかし、NPD はその高硬度・絶縁性の特性から、従来の研磨・放電加工等の方法では工具の製作時間が長くなり、工具単価が高くなっていることから、NPD 工具が普及しない要因となっている。本研究では、NPD 工具が優れた加工特性をもつことを実験的に明らかにし、NPD の加工においてフェムト秒パルスレーザが効果的であることを示している。さらに、フェムト秒パルスレーザを用いて、高能率かつ高精度に NPD 工具を成形する技術を開発している。</p> <p>第1章では、本研究の背景、関連基礎事項および目的について概説している。</p> <p>第2章では、NPD の加工性能を検証するため、多結晶ダイヤモンド工具、単結晶ダイヤモンド工具と NPD 工具を用いて、超硬合金を統一条件下で加工し、それぞれの工具の加工特性を検証している。その結果として、NPD 工具は、他のダイヤモンド工具と比較して、高い耐摩耗性、耐衝撃性をもち、長距離の切削加工においても加工性能を維持できるという特性をもつことを明らかにしている。</p> <p>第3章では、NPD の加工方法としてパルスレーザに着目し、ナノ秒、フェムト秒の2種類のパルス幅のレーザを用いて、NPD の基礎加工条件の検証を行っている。その結果として、ナノ秒パルスレーザでは、加工時の熱影響による NPD のグラファイト化や加工層の付着の問題があるが、フェムト秒パルスレーザでは、熱影響が極めて小さい加工を実現でき、NPD 工具成形において十分な加工品質、加工効率を得られることを確認している。</p> <p>第4章では、第3章で検証したレーザ加工条件を実現し、NPD 工具の成形を行うことができるフェムト秒パルスレーザを搭載した5軸加工機の開発について述べている。</p> <p>第5章では、第4章で開発したフェムト秒パルスレーザ搭載5軸加工機を用いて、NPD 工具を成形する方法について検討している。加工プロセス、加工条件を最適化し、段取り変えなく全自動で、1時間以内で NPD 工具の成形に成功し、従来の加工法より加工時間を大幅に短縮できる可能性を見出している。さらなる工具の高精度化や高品質化、加工時間の短縮のために、加工機の精度、構成改善等の検討が必要であることを示唆している。</p> <p>第6章では、各章の内容をまとめて研究成果を要約し、展望とともに結論を述べている。</p>			

審査の要旨

報告番号	甲 第 5178 号	氏 名	小河 誉典
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	博士（工学） 青山 英樹
	副査	慶應義塾大学教授	博士（工学） 柿沼 康弘
		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） 閻 紀旺
		カリフォルニア大学教授	工学博士 山崎 和雄

学士（理学），修士（理学）小河誉典君の学位請求論文は，「ナノ多結晶ダイヤモンド工具のフェムト秒パルスレーザ加工による高能率成形」と題し，6章から構成されている。

ナノ多結晶ダイヤモンド（Nano-polycrystalline diamond: NPD）は高純度グラファイト粉末を高温・高圧下でダイヤモンドに直接変換した材料であり，単結晶ダイヤモンドよりも高硬度で異方性をもたないため，次世代の工具素材として期待されている。しかし，NPD はその高硬度・絶縁性の特性から，従来の研磨・放電加工等の方法では工具の製作時間が長くなり，工具単価が高くなっていることから，NPD 工具が普及しない要因となっている。本研究では，NPD 工具が優れた加工特性をもつことを実験的に明らかにし，NPD の加工においてフェムト秒パルスレーザが効果的であることを示している。さらに，フェムト秒パルスレーザを用いて，高能率かつ高精度に NPD 工具を成形する技術を開発している。

第 1 章では，本研究の背景，関連基礎事項および目的について概説している。

第 2 章では，NPD の加工性能を検証するため，多結晶ダイヤモンド工具，単結晶ダイヤモンド工具と NPD 工具を用いて，超硬合金を統一条件下で加工し，それぞれの工具の加工特性を検証している。その結果として，NPD 工具は，他のダイヤモンド工具と比較して，高い耐摩耗性，耐衝撃性を持ち，長距離の切削加工においても加工性能を維持できるという特性をもつことを明らかにしている。

第 3 章では，NPD の加工方法としてパルスレーザに着目し，ナノ秒，フェムト秒の 2 種類のパルス幅のレーザを用いて，NPD の基礎加工条件の検証を行っている。その結果として，ナノ秒パルスレーザでは，加工時の熱影響による NPD のグラファイト化や加工屑の付着の問題があるが，フェムト秒パルスレーザでは，熱影響が極めて小さい加工を実現でき，NPD 工具成形において十分な加工品質，加工効率が得られることを確認している。

第 4 章では，第 3 章で検証したレーザ加工条件を実現し，NPD 工具の成形を行うことができるフェムト秒パルスレーザを搭載した 5 軸加工機の開発について述べている。

第 5 章では，第 4 章で開発したフェムト秒パルスレーザ搭載 5 軸加工機を用いて，NPD 工具を成形する方法について検討している。加工プロセス，加工条件を最適化し，段取り変えなく全自動で，1 時間以内で NPD 工具の成形に成功し，従来の加工法より加工時間を大幅に短縮できる可能性を見出している。さらなる工具の高精度化や高品質化，加工時間の短縮のために，加工機の精度，構成改善等の検討が必要であることを示唆している。

第 6 章では，各章の内容をまとめて研究成果を要約し，展望とともに結論を述べている。

以上，要するに，本論文は，NPD 工具が優れた加工特性をもつことを実験的に明らかにし，NPD の加工においてフェムト秒パルスレーザが効果的であることを示すとともに，フェムト秒パルスレーザを用いて高能率かつ高精度に NPD 工具を成形する技術を開発し，フェムト秒パルスレーザ加工技術の発展と NPD 工具の普及を推進する成果を得ており，機械加工学の分野において，工学上，工業上寄与するところが少なくない。

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.5179	Name	HUA, Quoc Trung
Thesis Title: Development of Portable Analytical Devices for Organophosphate Pesticide Detection			
<p>Substantial efforts have been made to develop enzymatic biosensors based on screen-printed electrodes and paper-based devices, which both are prominent approaches to qualitative and quantitative on-site analysis of pesticide residues. However, none of the hitherto developed biosensors has become available for practical applications due to limitations in enzyme stability, the requirement to perform multiple assay steps and the use of complicated and expensive methods for enzyme activity stabilization. To overcome these issues, the current work focuses on enzyme activity stabilization, the simplicity of sensor fabrication procedures and the reduction of the assay steps to be performed by the user.</p> <p>Chapter 1 introduces the background and summarizes previous researches.</p> <p>Chapter 2 describes the development of an amperometric enzymatic biosensor for organophosphate pesticide detection based on disposable screen-printed carbon electrodes (SPCE), surface-modified with gold nanoparticles (AuNPs), functionalized multi-walled carbon nanotubes (f-MWCNTs), chitosan and the acetylcholinesterase (AChE) enzyme. For electrochemical measurements, ferricyanide was used as a freely diffusible redox mediator in solution to eliminate interferences. AuNPs and f-MWCNTs contributed to biosensor sensitivity enhancement, while chitosan was applied for the stabilization of the AChE enzyme.</p> <p>Chapter 3 describes the development of long-term stable flow control-based 3D microfluidic paper-based analytical devices (μPADs) for the single step analysis of organophosphate pesticides. Flow rate control was achieved by integrating a wax-patterned microfluidic channel into 3D paper-based devices. The slow movement of sample solution enables two simultaneous processes without requiring any user interaction: the inhibition reaction between the pesticide and the AChE enzyme, as well as the hydrolysis of indoxyl acetate (IDA) by the remaining active enzyme fraction, resulting in the colorimetric signal. AChE was physically adsorbed on skim milk-coated paper substrates to prevent non-specific reaction and to stabilize the enzyme. Finally, fully reagentless paper-based 3D devices with integrated pH buffering function were developed.</p> <p>Chapter 4 describes the integration of electrospun membranes into the flow control-based 3D devices to further enhance the enzyme storage stability. The AChE enzyme was entrapped into an electrospun polyvinyl alcohol (PVA) fiber mat, which was then integrated into the 3D μPADs.</p> <p>Chapter 5 summarizes the achieved results of this study.</p>			

審査の要旨

報告番号	甲 第 5179 号	氏 名	HUA, Quoc Trung
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	Dr. sc. nat. チッテリオ ダニエル
	副査	慶應義塾大学教授	博士（工学） 白鳥 世明
		慶應義塾大学教授	博士（工学） 栄長 泰明
		慶應義塾大学准教授	博士（農学） 奥田 知明

学士（理学）、修士（理学）HUA, Quoc Trung 君提出の学位請求論文は、「Development of Portable Analytical Devices for Organophosphate Pesticide Detection」（有機リン系農薬検出のための携帯型分析デバイスの開発）と題し、5章より構成されている。

食用作物を生産する農業において農薬の使用は増加しており、地球上の生態系や人類の健康への影響が懸念されている。そのため、これらの人体に有害な化学物質の微量な残留物を簡便に測定できる分析ツールの開発が求められている。これまでに開発されてきた分析ツールの中でも、その場で残留農薬を定性、定量するためのスクリーンプリント電極や紙を基板とする酵素を用いるバイオセンサーが着目されており、発展途上国などでの利用を目的とした多様なセンサー開発がされてきた。しかしながら、酵素の保存安定性、多段階の分析操作、複雑かつ高価な酵素活性安定化の必要性といった問題により、実用化に至っていない。これらの問題点を解決するために、本研究では酵素活性安定化、センサー製造手順および分析操作の簡便化に焦点を当て、有機リン系農薬分析のための使い捨てアンペロメトリック酵素センサーおよびワンステップ 3D マイクロ流体紙基板分析デバイスの開発について検討している。

第1章では、本研究における背景および先行研究について概説している。

第2章では、有機リン系農薬分析のための使い捨てが可能なアンペロメトリック酵素センサーの開発について述べている。このセンサーは、スクリーンプリントカーボン電極を基板として、金ナノ粒子（AuNP）、官能基化多層カーボンナノチューブ（f-MWCNT）、キトサン、アセチルコリンエステラーゼ（AChE）が表面修飾されている。電気化学測定のために、フェリシアン化物を自由拡散性の酸化還元メディエーターとして用い、電気化学的な干渉を抑制している。キトサンがAChEの安定性を高め、AuNPとf-MWCNTによって、センサーの感度が向上することを見出している。

第3章では、有機リン系農薬のワンステップ分析のための、流量制御型 3D 紙基板流体分析デバイスの開発について述べている。ワックスパターニングされた 3D 紙基板デバイスによって流量制御を達成している。サンプル溶液の流速を遅くすることで、農薬とAChEの阻害反応、阻害を受けていない活性AChEによる酢酸インドキシルの加水分解という2つの反応を同時に制御し、複雑な分析者の操作を必要とせず、比色分析を可能としている。AChEは、スキムミルクコーティングされた紙基板上に物理的に吸着することで安定化され、また、非特異的な反応の抑制にも成功している。最終的に、pH緩衝能をもたせることで、サンプルのpH調製せずに分析が可能な3D紙基板デバイスの開発に成功している。

第4章では、電界紡糸（ES）膜と3D紙基板流体分析デバイスとの統合について述べている。AChEを含有するポリビニルアルコール（PVA）溶液を電界紡糸することによって、多孔質構造をもつES膜を作製している。このES膜を構成するPVAは、AChEを保存する上で化学的に安定な環境を提供することができる。そのため、有機リン系農薬の比色分析のための3D紙基板流体分析デバイスにES膜を組み込むことでAChEの保存安定性の向上を達成している。

第5章では、結論と今後の展望を交えて述べることで、本研究の成果を要約している。

以上要するに、本研究では、有機リン系農薬分析のための使い捨てアンペロメトリック酵素センサーおよびワンステップ 3D 紙基板流体分析デバイスの開発に成功している。このような研究は、分析化学分野において、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.5180	Name	Achmad Pratama Rifai
Thesis Title			
Cutting Tool Parameter Identification and Machined Surface Quality Inspection Based on Deep Learning for Advanced Machine Tool Development			
<p>In order to develop advanced machine tool system, this study aims to develop a cutting tool parameter identification and a machined surface quality inspection system using deep learning. The cutting tool parameter identification concerns object classification, while the machined surface inspection falls to the texture analysis task. To cope with both problems, deep learning using a convolutional neural network (CNN) is developed for vision-based identification and inspection. Unlike typical machine vision methods, CNN automates the feature extraction by embedding the convolution process into the network.</p> <p>Chapter 1 presents the background of this study and the importance of developing intelligent machine tool systems in the manufacturing field. Subsequently, literature review is presented to give an insight about the current development of machine vision and AI implementation on industrial application, especially on both tool parameter identification and surface quality inspection that will be the focus on this study. At last, this chapter explains the gap of previous research and introduces the objectives of the study.</p> <p>Chapter 2 discusses cutting tool parameter identification problems and the proposed system to solve the problems. This chapter elaborates the detail flow of the proposed system that begins with tool type identification based on image until the accurate tool length measurement. The aim is to develop a fast, precise, and reliable automatic on-machine tool parameter identification system. The approach comprises three main steps: identifying the class of a tool, estimating its dimension, and measuring the tool length based on information from prior steps. In the first step, deep CNN models are developed for image-based tool recognition problems. Subsequently, an automatic dimension estimation algorithm based on the edge-detection method is proposed. The outcome of both steps are then used to automatically generate a numerical control code for the measurement process using a contact-based displacement sensor. Also, various architectures and configurations of CNN that are the core of prediction models are described.</p> <p>Chapter 3 covers the second problem which is machined surface quality inspection. It discusses the two aims on this problem: estimation of surface roughness and identification of chatter. Accordingly, the proposed image processing and deep learning models for this problem are explained. The proposed method avoids excessive feature extraction since this step is integrated inside the network during the convolution process. Several loss functions for the prediction model are presented and analyzed based on its suitability and accuracy by comparing to the actual roughness obtained by a stylus-based profilometer. Further, this chapter describes the proposed combined models that can simultaneously solve both aims to increase the inspection efficiency. The performance of the proposed model is assessed on surface finish of conventional machining operations such as outside diameter turning, slot milling, and side milling with various cutting conditions.</p> <p>Chapter 4 presents the experiments on both cutting tool parameter identification and machined surface quality inspection problems. The chapter discusses various aspects of the experiments, i.e. the data used, the performance evaluation, the experiments setting, and the results. Furthermore, analysis of the results is presented, both on effectiveness (accuracy) and efficiency (processing time) aspects of the proposed models.</p> <p>Chapter 5 presents the conclusion of this study and summarizes the advantages and limitations of the proposed systems. Finally, this chapter explores the room for future works by considering the improvements in data acquisition, method development, implementation, and objectives expansion.</p>			

審査の要旨

報告番号	甲 第 5180 号	氏 名	Achmad Pratama Rifai
論文審査担当者：			
主査	慶應義塾大学教授	博士（工学）	青山 英樹
副査	慶應義塾大学教授	博士（工学）	柿沼 康弘
	慶應義塾大学教授	博士（工学）	閻 紀旺
	慶應義塾大学教授	博士（工学）	青木 義満
<p>学士（工学）、修士（工学）Achmad Pratama Rifai 君の学位請求論文は、「Cutting Tool Parameter Identification and Machined Surface Quality Inspection Based on Deep Learning for Advanced Machine Tool Development（高度工作機械開発のためのディープラーニングに基づく切削工具パラメータ同定と加工面評価）」と題し、5章から構成されている。</p> <p>本研究は、高度な工作機械を開発するため、ディープラーニングにより切削工具形状パラメータと加工面性状を同定するシステムを開発することを目的としている。切削工具形状パラメータは、画像情報を基にした物体の分類より同定されており、加工面性状は、画像情報を基にしたテクスチャの解析より同定されている。これらの実現のため、画像情報に基づく畳み込みニューラルネットワーク（CNN: Convolutional Neural Network）が適用されている。</p> <p>第1章では、本研究の背景と製造分野における知的工作機械システム開発の重要性について述べている。また、知的工作機械システムにおいて、画像とAI（Artificial Intelligence）を適用している開発の現状、特に本研究で対象としている切削工具形状パラメータと加工面性状の同定に関する研究について紹介している。さらに、従来研究の課題を明らかにし、本研究の目的を述べている。</p> <p>第2章では、切削工具形状パラメータ同定問題と提案システムについて議論している。提案システムでは、画像に基づき切削工具型式を識別するとともに、その概略寸法を推定し、切削工具突き出し長さを正確に測定するプロセスを実行することにより、短時間・正確にオンマシンで切削工具形状パラメータを同定することを実現している。切削工具の型式の識別において、画像認識問題に適用されるCNNが採用されている。切削工具型式を識別した後、画像におけるエッジ検出に基づく自動寸法推定アルゴリズムが稼働する。その結果、オンマシンで接触式変位センサにより切削工具突き出し長さを正確に測定するためのNC（Numerical Control）プログラムが自動生成され、同プログラムの実行により、切削工具突き出し長さが正確に測定されている。また、切削工具の型式を識別するCNNのさまざまなアーキテクチャと構成についても説明している。</p> <p>第3章では、機械加工された加工面性状の同定について述べている。加工面の画像情報より加工面粗さと不安定加工の同定を試みており、この同定における画像処理とCNNのモデル構築について説明している。加工面粗さ同定システムの適合性・正確性は、同システムにより同定された粗さとスタイラス式粗さ計によって得られた粗さとの比較により確認されている。不安定加工同定システムの適合性・正確性は、同システムにより同定された不安定加工発生と加工面状態から判定された不安定加工発生の比較により確認されている。提案されたシステムの性能は、外径旋削、スロットミーリング、およびサイドミーリングの加工面評価に関して検証されている。</p> <p>第4章では、切削工具パラメータ同定と機械加工面性状同定に関する実験を説明している。使用されたデータ、性能評価、実験条件、および結果について述べている。さらに、提案されたモデルの有効性（精度）と効率性（処理時間）について分析している。</p> <p>第5章では、本研究の結論を示し、提案システムの利点と課題について要約している。データ取得、開発手法、実装、および適用範囲の拡張における改善点を考察し、今後の展開を示している。</p> <p>以上、要するに、本論文は、ディープラーニングに基づき、切削工具の形状パラメータと加工面性状をオンマシンで同定評価するシステムを開発し、工作機械の高度化を推進する成果を得ており、機械加工学の分野において、工学上、工業上寄与するところが少なくない。</p> <p>よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			

内容の要旨

報告番号	甲 第5181号	氏名	早川 守
主論文題名： EBSD法を用いた結晶方位解析に基づく疲労損傷度評価および疲労強度予測			
<p>機械・構造物の疲労破壊を防止し、安全性を確保することは今なお重要な課題である。その中でも疲労き裂発生に関する疲労損傷度評価技術、疲労強度予測技術として、電子線後方散乱回折 (EBSD: Electron Backscatter Diffraction) 法を援用した評価技術・数値解析技術が多数検討されている。一方で、損傷度評価技術としては、材料組織により異なる挙動を示し、定量性・統一性に欠ける点および疲労強度予測技術に関しては疲労き裂の発生個所や活動すべり面が試験結果と異なる点などが課題として残っている。そこで、本研究では、結晶方位差に基づく疲労損傷度評価法、微視的硬さに及ぼす材料組織の影響評価、金属単結晶を対象とした疲労特性評価に関する課題を解決し、EBSD法に基づく各評価法を改善すること、および各評価法を疲労損傷度評価および疲労強度予測に適用することを目的とした。</p> <p>第1章は序論であり、本研究の背景および研究目的について述べた。</p> <p>第2章では、粒径の異なるフェライト鋼、炭素量の異なるフェライト・パーライト鋼を対象に、EBSD法を用いて、疲労き裂発生過程における3種類の結晶方位差パラメータ (KAM: Kernel Average Misorientation, GROD: Grain Reference Orientation Deviation および同一個所の方位変化($\Delta\theta$)) を評価するとともに、疲労損傷評価指標としての適用性について検討した。その結果、KAM および GROD は損傷部と必ずしも対応しなかった。一方、$\Delta\theta$ は損傷部と比較的よく対応し、さらに最大値(上位2.3%境界値)は粒径・成分によらず、疲労き裂まで増加した後に飽和する挙動を示した。このため、材料組織によらない疲労損傷度評価指標として、$\Delta\theta$ の有用性が明らかとなった。</p> <p>第3章では、粒径の異なるフェライト鋼を対象に、EBSD法による硬さ予測法を提案した。EBSD法による結晶学的特徴とナノインデンテーションによる硬さ測定との相関から、硬さ予測式を構築した。本予測式は定性的に硬さの大きさをよく模擬することができ、この式による硬さ推定値と疲労損傷部の関係性を評価した。疲労損傷部は推定硬さの低い領域もしくはこれに隣接した領域であった。このため、本硬さ予測式は最弱部となる疲労き裂発生部の予測に活用できることが明らかになった。</p> <p>第4章では、軸方向が[110]方向と[123]方向のように異なる結晶方位を有した微細試験片を純鉄単結晶より採取し、単純せん断試験および疲労試験を実施した。単純せん断試験より得られた荷重-変位応答では、[110]方位の応力の方が[123]方位のものより大きくなり、せん断疲労限度ではその傾向が逆転する結果となった。後者において[123]方位のせん断疲労限度は、[110]方位のものと比べ、約1.1倍と高かった。さらに[110]方位を対象に、軸力の有無による疲労限度の変化を評価した結果、軸方向に引張応力が加わるほど、せん断疲労限度は低下した。</p> <p>第5章では、第4章で得られた単結晶の応力-ひずみ特性ならびに軸方向負荷によるせん断疲労限度の変化を模擬するため、分解垂直応力による臨界分解せん断応力の変化率を定義し、これを用いた結晶塑性モデルの定式化を試みた。さらに、本モデルを組み込んだFEMモデルで単結晶単純せん断試験の数値解析を行った。その結果、従来の結晶塑性モデルでは模擬できなかった、単純せん断試験の[110]方位の方が[123]方位より応力値が大きくなる傾向を再現できた。さらに、[110]方位の軸力ありの条件および[123]方位の軸力なしの条件で、せん断疲労限度の数値解析を行った結果、主すべり系のすべり範囲の飽和値が、方位、負荷条件によらず一定値となった。また、主すべり面投影線は疲労き裂進展経路と一致した。このため、提案の臨界分解せん断応力の変化率を用いたモデルにより単結晶の降伏挙動の高精度な予測、すべり範囲飽和値による疲労限度予測が可能になることを示した。</p> <p>第6章は結論であり、本研究の成果を総括した。</p>			

審査の要旨

報告番号	甲 第 5181 号	氏 名	早川 守
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） 大宮 正毅
		慶應義塾大学教授	工学博士 鈴木 哲也

学士(工学), 修士(工学) 早川守君提出の学位請求論文は「EBSD 法を用いた結晶方位解析に基づく疲労損傷度評価および疲労強度予測」と題し, 6 章から構成されている。

機械・構造物の疲労破壊を防止し, 安全性を確保することは今なお重要な課題である。その中でも疲労き裂発生に関する疲労損傷度評価技術および疲労強度予測技術として, 電子線後方散乱回折 (EBSD: Electron Backscatter Diffraction) 法を援用した評価技術・数値解析技術が多数検討されている。しかしながら, 損傷度評価技術としては材料組織に依存した定量性・統一性の欠如, また, 疲労強度予測技術に関しては, 疲労き裂の発生箇所や活動すべり面に対する試験結果との相違などが問題視されている。そこで, 本研究では, 結晶方位差に基づく疲労損傷度評価, 微視的硬さに及ぼす材料組織の影響評価, 金属単結晶を対象とした疲労特性評価など, EBSD 法に基づく各評価法を改善するとともに, 改善後の各評価法を疲労損傷度評価および疲労強度予測に適用することを試みている。

第 1 章は序論であり, 本研究の背景および研究目的について述べている。

第 2 章では, フェライト鋼およびフェライト・パーライト鋼を対象に, EBSD 法を用いて, 疲労き裂発生過程における 3 種類の結晶方位差パラメータ (KAM: Kernel Average Misorientation, GROD: Grain Reference Orientation Deviation および同一箇所の方位変化($\Delta\theta$)) について比較・検討している。その中で, $\Delta\theta$ 値が最もよく疲労損傷部と対応するとともに, その値は粒径・成分によらず, 疲労き裂発生時まで増加し, その後飽和することを示している。

第 3 章では, フェライト鋼を対象とし, EBSD 法による結晶学的特徴とナノインデンテーションによる硬さ測定の間接的相関から, 硬さ予測式を構築している。本予測式は定性的に硬さの大きさをよく模擬することができるとともに, 推定硬さの低い領域あるいはそれに隣接した領域が疲労損傷部位であることを明らかにしている。

第 4 章では, 異なる結晶方位を有する微細試験片を純鉄単結晶より採取して単純せん断試験および疲労試験を実施し, 前者による応力と後者による疲労限度は結晶方位の違いによってその大きさが逆転する場合のあることを述べている。さらに, 軸力の有無による疲労限度の変化を調査し, 軸方向に引張応力が加わるほど, せん断疲労限度が低下することを見出している。

第 5 章では, 第 4 章で得られた結果を計算力学的に模擬するため, 分解垂直応力に依存する臨界分解せん断応力を導入した結晶塑性モデルを提案し, それを用いた有限要素法 (FEM: Finite Element Method) 解析を行っている。その結果, 結晶方位の違いによる単純せん断試験と疲労試験の応力値の逆転現象を再現している。また, 方位の異なる結晶に軸力ありと軸力なしの条件で, せん断疲労限度に関する FEM 解析を行い, 主すべり系のすべり範囲飽和値が, 方位, 負荷条件によらず一定値になることを示し, すべり範囲飽和値による疲労強度予測が可能であることを述べている。

第 6 章は結論であり, 本研究の成果を総括している。

以上要するに本研究は, EBSD 法に基づく局所的方位変化量および硬さ予測式による疲労損傷部位の予測手法ならびに分解垂直応力の臨界分解せん断応力への影響を考慮した疲労強度予測手法を提案するものであり, 材料強度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。

Thesis Abstract

Registration Number	"KOU" No.5182	Name	DIWADALAGE, Kasun Prasanga
Thesis Title			
Advanced Approaches in Biped Robot Control for Haptics Applications (ハプティクス応用のための二足歩行ロボット制御における先進的アプローチ)			
<p>Technology advancement has made a dramatic change in human lives in the modern world which leads the people to find things that can ease their tasks. Also, it becomes necessary to perform the daily tasks more safely, accurately and efficiently. For this purpose, robots are developed. It is possible to reach the places where human cannot reach such as hazardous places, with the use of robots. Therefore the safety and the efficiency is guaranteed with the use of robots. The ultimate goal of this research was to achieve remote human support. This require master slave systems. Since a remote operation is done with the involvement of human, it is required to have haptic feedback in addition to the visual information. If the robots are operated in the human built environment, robots with the human like structure would be ideal. Therefore study about biped locomotion for the remote side, exoskeleton operation for the master side, and accurate motion transmission for both sides are quite necessary where motion control is the starting point that discusses all the fundamental theories lying underneath. This thesis was focused on advanced approaches in biped robot control for haptics applications mainly used for human support.</p> <p>In chapter 1, the motivation of this research and the thesis structure were explained under the introduction.</p> <p>In chapter 2, background and the related works related to various biped locomotion methods and mechanical backlash cancellation methods were explained together with their pros and cons.</p> <p>In chapter 3, robust motion control was described. Motor model, acceleration based control, force control, and position control were described in this chapter. Furthermore, disturbance observer based robust control, sensorless force estimation via reaction force observer, and bilateral control were also explained in this chapter.</p> <p>In chapter 4, biped locomotion based on haptics was described. Conventional researches related to biped locomotion require high computation power and accurate models of the robots to realize required goals. However, with the proposed haptic based method, it was possible to achieve dynamic walking without such necessities due to direct motion transmission. Human walking information obtained by an exoskeleton robot were used to generate the trajectory of the biped robot in real time. Also it can be used to teach the biped robot for the later use.</p> <p>In chapter 5, performance and accuracy enhancement were explained. In general, motors in an actuator are placed away from the end effector to make the systems lighter in weight. The motion from the motor to the end effector are transmitted using a medium such as gears or thrust wires. However, introduction of such media create mechanical backlash. When the accurate motion transmission is required, it is necessary to have a backlash free operation. The proposed method can be used to cancel the backlash effectively and efficiently with the use of two motors and maintaining a constant force/torque between each other.</p> <p>In chapter 6, conclusions of this research were presented. With an accurate motion transmission and control for the haptic based robots, it was expected to realize a humanoid robot that can support human life.</p>			

審査の要旨

報告番号	甲 第 5182 号	氏 名	DIWADALAGE, Kasun Prasanga
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	博士（工学） 村上 俊之
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 大森 浩充
		慶應義塾大学准教授	博士（工学） 矢向 高弘
		慶應義塾大学教授	博士（工学） 高橋 正樹
		慶應義塾大学名誉教授	工学博士 大西 公平
<p>学士（工学）、修士（工学）DIWADALAGE, Kasun Prasanga 君提出の学位請求論文は「Advanced Approaches in Biped Robot Control for Haptics Applications（ハプティクス応用のための二足歩行ロボット制御における先進的アプローチ）」と題し、6章から構成されている。</p> <p>遠隔操作を可能とするマスタ・スレーブロボットシステムは、人の立ち入りが困難な極限作業用ロボットや宇宙での効率的な作業用ロボット、また介護等の人の動作支援を目的とした支援ロボットへの応用等、その拡張応用に関心が高まっている。本研究では、こうした実作業に適するロボットシステムとして二足歩行ロボットによるバイラテラル制御システムに着目し、スレーブロボットとしての二足歩行ロボットの安定化制御とともに、遠隔操作での人の動作支援のためのハプティクス情報に基づく高度モーションコントロール手法を提案し実験的な検証を行ったものである。</p> <p>第1章では、本研究の目的を述べ、研究の位置付けおよび論文構成を概説している。</p> <p>第2章では、二足歩行ロボットの過去の研究背景を述べ、二足歩行ロボットを用いたマスタ・スレーブロボットシステムにおけるバイラテラル制御への応用展開について概説している。また、多自由度システムにおける機構的バックラッシュ補償の必要性について述べている。</p> <p>第3章では、バイラテラル制御の高性能化のために重要となるロバストモーションコントロール手法について示している。特に外乱オブザーバによる加速度制御、力センサレスでの力制御および位置制御の基本構成について示し、これらに基づいたバイラテラル制御について述べている。</p> <p>第4章では、ハプティクス情報に基づいた二足歩行ロボットのマスタ・スレーブロボットシステムについて示している。提案手法では、マスタおよびスレーブ側による歩行動作をハプティクス情報とともに双方向に伝達することで、ロボットの詳細なモデルを考慮せずともスレーブ側の二足歩行ロボットによる動的歩行を安定に達成している。ここで、マスタ側のオペレータは路面との接地状態等をハプティクス情報により認識することが可能となっている。また、スレーブ側ロボットの足首関節に、可変コンプライアンス制御による出力トルク制限制御を導入し、自律的な安定性を向上させることで、動作安定化に関するマスタ側オペレータの操作負荷の低減もはかっている。提案手法の有効性については、シミュレーションおよび実機実験により確認されている。</p> <p>第5章では、本研究のロボットシステムで用いているギアドモータの動作精度の向上手法を提案している。一般に、バックラッシュ等の機構に依存する非線形要素が存在すると、ハプティクス情報の伝達が阻害されてしまう。そこで、本研究ではツインドライブ機構を導入することで、簡単な制御アルゴリズムによってバックラッシュを効果的に抑圧する手法を提案している。提案手法の有効性については、シミュレーションおよび実機実験により確認されている。</p> <p>第6章では結論を述べ、得られた成果の重要な貢献を要約し今後の展望について総括している。</p> <p>以上要するに、本研究はスレーブ側に二足歩行ロボットを用いたマスタ・スレーブロボットシステムにおいて、バイラテラル制御に基づいたハプティクス情報の伝達により、スレーブ側二足歩行ロボットの効率的かつ安定した動作の実現手法を示し、実機実験によりその有効性を実証したものである。これらの研究は人の動作支援とともに、バイラテラル制御技術応用分野において、工学上、工業上寄与するところが少なくない。</p> <p>よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			

内容の要旨

報告番号	甲 第5183号	氏名	吉岡 健太郎
主論文題名： Successive-Approximation Based CMOS Process-Scalable Hybrid ADCs (CMOS プロセススケーラブルな逐次比較型ハイブリッド ADC)			
<p>CMOS 微細化に伴い無線や有線通信の規格は大幅に進歩した。このような製品の System on Chip (SoC)を実現するにはアナログ回路が必須である。例えば無線通信において Analog-to-Digital Converter(ADC)は受信信号をデジタルに変換するために必要となる。先端 SoC はできるだけデジタル部を低コスト化するために先端 CMOS プロセスで製造されるが、アナログ回路の性能は CMOS 微細化により大きく劣化する。例えばオペアンプの重要性能であるゲインは CMOS 微細化や電源電圧の低減に伴い低下する。一方で通信規格の進歩によりアナログ回路に対する性能要求は増しており、結果として微細プロセスにおける ADC の設計は最もチャレンジングな分野のひとつとなっている。本研究では微細化の恩恵を大きく受けられる逐次比較機構を応用したハイブリッド ADC を探求し、微細化に適した ADC アーキテクチャの提案と設計技術を確立することを目標とした。</p> <p>第 1 章で近年のプロセス微細化の動向とアナログ回路が受ける影響を述べた。また逐次比較機構は従来のアーキテクチャよりも微細化に対する親和性が高く、優れた電力効率が得られることを示した。</p> <p>第 2 章では逐次比較機構をスイッチトキャパシタ増幅器に応用したデジタルアンプ (DA) 技術を提案した。DA は逐次比較機構を利用するため、微細化に適した特性を持ち消費電力も少ない。従来のオペアンプはトランジスタ性能によって増幅精度が決定されていたが、DA では逐次比較の回数 (ビット数) によって増幅精度が保証される。提案した DA は微細化に向けており、精度からトランジスタのアナログ的性能を切り離す設計を可能にした。DA を用いた Pipelined-SAR ADC を 28nm-CMOS プロセスで設計、試作し、キャリブレーションを用いずに 61.1dB の SNDR および 12.8fJ/conv. の電力効率を実測で確認した。従来の同等の ADC に対し 3 倍の電力効率の改善を達成した。</p> <p>第 3 章では逐次比較とフラッシュ機構を動的に切り替えるダイナミックアーキテクチャ再構成手法を提案した。逐次比較は高効率ながら動作が遅く、フラッシュは高速だが消費電力が大きいという相補的な関係を利用し、動作周波数に応じて逐次比較とフラッシュの使用割合を動的かつ自動的に最適化することで、消費電力の超線形なスケーリングを実現した。同提案を導入したサブレンジ ADC を 65nm-CMOS にて設計、試作し、1.2 ギガサンプル毎秒の高速 ADC においてトップクラスの電力効率を達成した。</p> <p>第 4 章では、第 2 章、第 3 章で提案した AD 変換器のアーキテクチャをさらに高速化させるための手法として、比較器にしきい値可変機能を持たせ、単純な逐次比較よりも高速な多ビット比較を行う ADC について探求した。</p> <p>第 5 章に各章で得られた内容をまとめ、本研究を総括するとともに今後の展望を述べた。</p>			

審査の要旨

報告番号	甲 第 5183 号	氏 名	吉岡 健太郎
論文審査担当者：	主査 慶應義塾大学教授	博士（工学）	石黒 仁揮
	副査 慶應義塾大学教授	博士（工学）	黒田 忠広
	慶應義塾大学准教授	博士（工学）	中野 誠彦
	東京大学准教授	博士（工学）	飯塚 哲也
<p>学士（工学）、修士（工学）吉岡健太郎君提出の学位請求論文は「Successive-Approximation Based CMOS Process-Scalable Hybrid ADCs (CMOS プロセススケラブルな逐次比較型ハイブリッドADC)」と題し、5章から構成されている。</p> <p>CMOS 微細化に伴い、無線や有線通信の規格は大幅に進歩している。このような製品の System-on-Chip (SoC) を実現するにはアナログ回路が必須である。例えば無線通信において Analog-to-Digital Converter (ADC) は受信信号をデジタルに変換するために必要となる。先端 SoC はできるだけデジタル部を低コスト化するために先端 CMOS プロセスで製造されるが、アナログ回路におけるゲインなどの性能は CMOS 微細化により大きく劣化する。一方で通信規格の進歩によりアナログ回路に対する性能要求は増しており、結果として微細プロセスにおける ADC の設計は最もチャレンジングな分野のひとつとなっている。本研究は微細化の恩恵を大きく受けられる逐次比較機構を応用したハイブリッドADCを探究し、微細化に適したADCアーキテクチャの提案と設計技術を確立することを目的としている。</p> <p>第1章では、近年のプロセス微細化の動向とアナログ回路が受ける影響について述べている。また、逐次比較機構が従来のアーキテクチャよりも微細化に対する親和性が高く、優れた電力効率が得られることを概説している。</p> <p>第2章では、逐次比較機構をスイッチトキャパシタ増幅器に応用した Digital Amplifier (DA) 技術を提案している。DA は逐次比較機構を利用するため、微細化に適した特性を持ち、消費電力も小さい。従来のオペアンプはトランジスタの真性利得によって増幅精度が決定されていたが、DA では逐次比較の回数（ビット数）によって増幅精度が保証される。提案した DA は微細化に向いており、回路精度からトランジスタのアナログ的性能を切り離す設計が可能となる。DA を用いたパイプライン・逐次比較ハイブリッド方式ADCを28-nm CMOS プロセスで設計、試作し、キャリブレーションを用いずに61.1 dBのSignal-to-Noise and Distortion Ratio (SNDR)、および12.8 fJ/conv.-stepの電力効率を実測で確認している。既存のADCに対し3倍の電力効率を達成している。</p> <p>第3章では、逐次比較機構とフラッシュ機構を動的に切り替える動的アーキテクチャ再構成手法を提案している。逐次比較は高効率ながら動作が遅く、フラッシュは高速であるが消費電力が大きいという相補的な関係を利用し、動作周波数に応じて逐次比較とフラッシュの使用割合を動的かつ自動的に最適化することで、通常の線形な動作周波数対消費電力の関係を上回る消費電力削減効果を実現している。同提案を導入したサブレンジADCを65-nm CMOS にて設計、試作し、1.2GSample/secの高速ADCにおいて最高性能の電力効率を達成している。</p> <p>第4章では、第2章、第3章で提案したADCのアーキテクチャをさらに高速化させるための手法として、比較器にしきい値可変機能を持たせ、単純な逐次比較よりも高速な多ビット比較を行うADCを提案し、その有効性をテストチップにより実証している。</p> <p>第5章では、各章で得られた内容をまとめ、本研究を総括するとともに今後の展望を述べている。</p> <p>以上要するに、本研究はCMOSプロセスの微細化に適した高速高分解能ADCの新たな設計手法を提案し、その有効性を実証したものであり、集積回路分野において工学上、工業上寄与するところが少なくない。よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			

内容の要旨

報告番号	甲 第5184号	氏名	井上 岳
主論文題名： 地域コミュニティのための改修によるコモンスペースに関する研究 - アクションリサーチとケーススタディを通して -			
<p>公共サービスは行政によって市民に提供されてきたが、バブル崩壊後の資金不足から行政による公共サービスの縮小を背景に、市民が集会場の運営など独自の公共サービスを展開する、公共性の変化が起きている。この中で、広がりを見せているのが、住民団体が作る地域コミュニティのための多目的な共有空間としてのコモンスペース(以下CS)である。近年、住民団体のみならず多くの建築家もCSの設計と運営に関わっている。そして、持続性に対しての意識の高まりから使われていない建築ストックの改修によってCSがつくられる事例が増加している。そこで、本研究では建築設計の視点から改修によるCSに関する実態把握と建築家がCSに関わる意義と課題を明らかにすることを目的とする。方法として、研究者自らが実践型研究方法であるアクションリサーチ(以下AR)を用い一事例のCSを実践し、異なる地域状況の複数事例を対象としたケーススタディを行う。最後に、ARとケーススタディによって得られた知見を総合することで建築家がCSに関わる意義と課題をまとめる。</p> <p>第一章においては本研究の目的とその社会的背景、研究構成について述べた。</p> <p>第二章においては、地方小都市でCSへの改修を実施した。本論の研究者が建築家として住民へのインタビューを行い、地域への共有空間の要望を確認し、CSへの改修を行った。そして、ARの4フェーズである現状確認、計画、実施、評価と省察のサイクルを用い、インタビューから改修までのプロセスを分析し、本事例についての効果と課題を明らかにした。</p> <p>第三章においては、ARで得られた知見をもとに8事例の改修によるCSに文献調査、実地調査、建築家と運営者への半構造化インタビューを行い、共通する設計の特徴をまとめ、設計以外にも運営や広報など建築家の役割を確認した。その結果、共通する設計の特徴として、開放性と柔軟性、地域状況への対応、利用者のCSに対しての愛着形成が認められた。また、建築家による運営の特徴として、設計以外の役割の拡張を明らかにした。</p> <p>第四章では、第二章と第三章によって得られた知見を総合し建築家がCSに関わることの意義と課題をまとめた。意義として、設計によって意匠性を高めるだけではなく、通常建築家が関われない資金の獲得、用途、敷地などの条件設定や竣工後の運営にも建築設計の技術を用いて関与し、住民との視覚的なコミュニケーションや利用者とのCSの関係をつくるための部分的なセルフビルドを計画するなど、創造的な運営方法を生んでいることを明らかにした。課題として、設計の際にCSの利便性への考慮不足や、竣工後の運営への継続的な関わりの困難を確認し、課題解決のための示唆を考察した。本研究はCSに建築家に関わるニーズが高まる中で、建築家の役割の広がりの方角性を明らかにした一方、それに伴う課題も示した。</p>			

審査の要旨

報告番号	甲 第 5184 号	氏 名	井上 岳
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学准教授	博士（工学） ホルヘ・アルマザン
	副査	慶應義塾大学教授	博士（工学） 伊香賀俊治
		慶應義塾大学教授	博士（工学） 小林博人
		東京大学教授	博士（工学） 岡部明子
<p>修士(工学)、井上岳君提出の学位請求論文は「地域コミュニティのための改修によるコモンスペースに関する研究 -アクションリサーチとケーススタディを通して-」と題し、四章からなっている。</p> <p>公共サービスは行政によって市民に提供されてきたが、バブル崩壊後の資金不足から行政による公共サービスの縮小を背景に、市民が集会場の運営など独自の公共サービスを展開する、公共性の変化が起きている。この中で、広がりを見せているのが、住民団体が作る地域コミュニティのための多目的な共有空間としてのコモンスペース(以下 CS)である。近年、住民団体のみならず多くの建築家も CS の設計と運営に関わっている。そして、持続性に対する意識の高まりから使われていない建築ストックの改修によって CS がつくられる事例が増加している。そこで、本研究では建築設計の視点から改修による CS に関する実態把握と建築家が CS に関わる意義と課題を明らかにすることを目的とする。方法として、研究者自らが実践型研究手法であるアクションリサーチ(以下 AR)を用い一事例の CS を実践し、異なる地域状況の複数事例を対象としたケーススタディを行う。最後に、AR とケーススタディによって得られた知見を総合することで建築家が CS に関わる意義と課題をまとめる。</p> <p>第一章においては本研究の目的とその社会的背景、研究構成について述べた。</p> <p>第二章においては、地方小都市で CS への改修を実施した。本論の研究者が建築家として住民へのインタビューを行い、地域への共有空間の要望を確認し、CS への改修を行った。そして、AR の 4 フェーズである現状確認、計画、実施、評価と省察のサイクルを用い、インタビューから改修までのプロセスを分析し、本事例についての効果と課題を明らかにした。</p> <p>第三章においては、AR で得られた知見をもとに 8 事例の改修による CS に文献調査、実地調査、建築家と運営者への半構造化インタビューを行い、共通する設計の特徴をまとめ、設計以外にも運営や広報など建築家の役割を確認した。その結果、共通する設計の特徴として、開放性と柔軟性、地域状況への対応、利用者の CS に対する愛着形成が認められた。また、建築家による運営の特徴として、設計以外の役割の拡張を明らかにした。</p> <p>第四章では、第二章と第三章によって得られた知見を総合し建築家が CS に関わることの意義と課題をまとめた。意義として、設計によって意匠性を高めるだけではなく、通常建築家が関われない資金の獲得、用途、敷地などの条件設定や竣工後の運営にも建築設計の技術を用いて関与し、住民との視覚的なコミュニケーションや利用者と CS の関係をつくるための部分的なセルフビルドを計画するなど、創造的な運営方法を生んでいることを明らかにした。課題として、設計の際に CS の利便性への考慮不足や、竣工後の運営への継続的な関わりの困難を確認し、課題解決のための示唆を考察した。本研究は CS に建築家が関わるニーズが高まる中で、建築家の役割の広がりの方角性を明らかにした一方、それに伴う課題も示した。</p> <p>以上より、本研究で得られた知見は今後の地域コミュニティのための改修による CS に建築家が関わる意義と課題をまとめ、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。</p>			

内容の要旨

報告番号	甲 第5185号	氏名	Ye Chen
主論文題名： 心拍信号の時間および周波数領域のスパース性に基づく新たな非接触型心拍数推定法			
<p>近年、情報通信技術に基づくスマートヘルスケアの実現が期待されている。特に、心拍数 (HR: Heart Rate) の変動は、健康状態および精神状態を評価するための指標として用いられている。HR モニタリングは、心血管疾患や高血圧の初期検出をはじめとする様々な分野で需要が高まっている。その際、装着型センサによる心拍検出はユーザへの負担が大きいため、HR 変動をセンサを装着せずに検出することが望ましい。そのため、ドップラーレーダを用いた非接触心拍検出法が注目されている。ドップラーレーダを用いた非接触型 HR モニタリングにおいて、呼吸および体動に起因する雑音は HR 推定精度を劣化させる要因である。</p> <p>本稿では、ドップラーレーダの受信信号における雑音の影響を低減するため、心拍信号の時間領域および周波数領域のスパース性を考慮したブラインド信号源分離 (BSS: Blind Source Separation) およびスパーススペクトル再構成 (SSR: Sparse Spectrum Reconstruction) の 2 つの手法を提案する。</p> <p>第 1 章は序論であり、本研究の背景と目的について述べている。</p> <p>第 2 章では、心拍検出の関連研究、および従来法の欠点をまとめ、本研究のモチベーションを述べている。</p> <p>第 3 章では、提案法では、適応アルゴリズム ZA-SLMS (Zero-attracting Sign Least-mean-square) を導入することで、SSR を用いて高解像度の心拍スペクトルを再構成する。適応アルゴリズムの目的関数の勾配の量子化および更新スペクトルにスパース制約を課すことで、より高精度に心拍スペクトルは再構成される。さらに、体動の大きさによらず高精度に HR を推定するために、適応正規化パラメータを ZA-SLMS アルゴリズムに導入し、勾配降下とスパース制約の割合を適応的に調整する。また、時間窓幅がある程度に変わっても HR は相対的に安定的であることをふまえて、時間窓幅変化技術を改良型 ZA-SLMS アルゴリズムに導入する。従来法と比較し、SSR による提案法がより正確な心拍推定結果を得ることを確認した。</p>			

第 4 章では、また、階層的クラスタリングによる基底スペクトルの学習を通し、提案 BSS 法では非負値因子分解 (NMF: Non-negative Matrix Factorization) アルゴリズムを用いて、混合レーダ信号のスペクトログラムから心拍を含む源信号を分離する。特に、心拍成分の時間領域のスパース性を利用するため、2 つのスパース制約を持つ NMF アルゴリズムのバリエント、つまりスパース NMF (SParse NMF) および加重 SPNMF (Weighted SPNMF) を適用する。第 3 章の SSR による提案法と比べ、NMF による提案法はさらに正確な心拍推定結果を得ることを達成した。

第 5 章は結論であり、本研究の総括を述べている。

審査の要旨

報告番号	甲 第 5185 号	氏 名	Ye Chen
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
		慶應義塾大学教授	工学博士 池原 雅章
		シンガポール工科大学 Ph.D.	Tony Q. S. Quek
<p>Bachelor Degree in Information Science and Technology, Master Degree of Systems Science and Technology, Chen Ye 君提出の学位請求論文は、「A Novel Non-contact Heart Rate Estimation Method Based on Temporal and Spectral Sparseness of Heartbeat Signal (心拍信号の時間および周波数領域のスパース性に基づく新たな非接触型心拍数推定法)」と題し、全 5 章から構成されている。</p> <p>近年、情報通信技術に基づくスマートヘルスケアの実現が期待されている。特に、心拍数 (HR: Heart Rate) の変動は、健康状態および精神状態を評価するための指標として用いられている。HR モニタリングは、心血管疾患や高血圧の初期検出をはじめとする様々な分野で需要が高まっている。その際、装着型センサによる心拍検出はユーザへの負担が大きいため、HR 変動をセンサを装着せずに検出することが望ましい。そのため、ドップラーレーダを用いた非接触心拍検出法が注目されている。ドップラーレーダを用いた非接触型 HR モニタリングにおいて、呼吸および体動に起因する雑音は HR 推定精度を劣化させる要因である。</p> <p>本稿では、ドップラーレーダの受信信号における雑音の影響を低減するため、心拍信号の時間領域および周波数領域のスパース性を考慮したブラインド信号源分離 (BSS: Blind Source Separation) およびスパーススペクトル再構成 (SSR: Sparse Spectrum Reconstruction) の 2 つの手法を提案する。</p> <p>第 1 章は序論であり、本研究の背景と目的について述べている。</p> <p>第 2 章では、心拍検出の関連研究、および従来法の欠点をまとめ、本研究のモチベーションを述べている。</p> <p>第 3 章では、提案法では、適応アルゴリズム ZA-SLMS (Zero-attracting Sign Least-mean-square) を導入することで、SSR を用いて高解像度の心拍スペクトルを再構成する。適応アルゴリズムの目的関数の勾配の量子化および更新スペクトルにスパース制約を課すことで、より高精度に心拍スペクトルは再構成される。さらに、体動の大きさによらず高精度に HR を推定するために、適応正規化パラメータを ZA-SLMS アルゴリズムに導入し、勾配降下とスパース制約の割合を適応的に調整する。また、時間窓幅がある程度に変わっても HR は相対的に安定的であることをふまえて、時間窓幅変化技術を改良型 ZA-SLMS アルゴリズムに導入する。従来法と比較し、SSR による提案法がより正確な心拍推定結果を得ることを確認した。</p> <p>第 4 章では、また、階層的クラスタリングによる基底スペクトルの学習を通し、提案 BSS 法では非負値因子分解 (NMF: Non-negative Matrix Factorization) アルゴリズムを用いて、混合レーダ信号のスペクトログラムから心拍を含む源信号を分離する。特に、心拍成分の時間領域のスパース性を利用するため、2つのスパース制約を持つ NMF アルゴリズムのバリエーション、つまりスパース NMF (SParse NMF) および加重 SPNMF (Weighted SPNMF) を適用する。第 3 章の SSR による提案法と比べ、NMF による提案法はさらに正確な心拍推定結果を得ることを達成した。</p> <p>第 5 章は結論であり、本研究の総括を述べている。</p> <p>以上、本論文の著者は、心拍信号のスパース性に基づく新たな非接触型心拍数推定法を提案し、その有効性を確認しており、工学上、工業上寄与するところが少なくない。よって、本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			

Thesis Abstract

Registration Number	"KOU" No.5186	Name	Bouazizi, Mondher
Thesis Title			
A Study on Text Mining on Twitter: Identifying Opinion and Detecting Different Forms of Speech Using Writing Patterns			
<p>Over the last two decades, online user-generated content has been exponentially increasing. With its increase, a proportionally increasing interest has been attributed to this data from the research community. While several works have been targeting different types of user-generated media such as photos, videos and audio content, text has always attracted most of the attention for several reasons. To begin with, due to the unique properties of natural languages, the analysis of such data presents several challenges. Nevertheless, hitherto, average internet users still use text more than any other type of media to interact with one another.</p> <p>The studies performed on online generated text cover a wide range of types of analysis. These include but are not restricted to the analysis of motivations of users to share information, the evaluation of interests in events, the identification of prominent users, etc. Sentiment analysis, in particular, presents nowadays a hot topic of research. Sentiment analysis, also known as opinion mining, refers to the automatic identification and aggregation of opinions of people towards specific topics by analyzing their online written texts and publications. Sentiment analysis has several applications, ranging from product analytics to market analysis and public opinion orientation towards events such as elections, etc. Nevertheless, it is a field that is yet to be explored, with several of its challenges are yet to be dealt with. Instances of these include fine-grained sentiment analysis, evolution of sentiments over time, aspect-based sentiment analysis, etc.</p> <p>On a related context, over the last decade or so, the focus of sentiment analysis has shifted from review websites, such as movie reviews websites, or online shops such as amazon etc., towards social media and microblogging websites. This is because these (i.e., social media and microblogging websites) have become the top attraction of online users, and the most visited and consulted platforms on the internet today. Twitter, in particular, has attracted a lot of attention, due to the ease of access to its data and the nature of the relationships between its users. That being the case, in our work, our experiments will be mostly conducted on data collected from Twitter.</p> <p>This dissertation explores several of the challenges of sentiment analysis on social media, notably fine-grained sentiment analysis and sarcasm detection.</p> <p>Chapter 1 introduces the concept of sentiment analysis on social media, its applications and challenges. We present several of the existing work which dealt with this task. We focus mainly on works on Twitter. However, relevant works which were performed on other social media or online websites will be presented as well. This chapter also summarized the scope and contribution of this dissertation.</p> <p>Chapter 2 tackles a common challenge that has always been difficult to perform, yet very important to enhance the</p>			

performance of sentiment analysis systems, i.e. the identification of sarcasm on social media. We use machine learning and the concept of patterns to identify sarcastic statements on Twitter. We run our experiments on a data set of texts posted on Twitter (i.e., tweets) and compare the performance of our proposed method to that of some conventional works. We also show how the identification of such statements can enhance the performance of sentiment analysis.

Chapter 3 focuses on a different task: multi-class sentiment analysis. As yet, most of the core of research on this field has been interested in the binary and ternary classification of texts. These refer to the classification of texts into positive and negative, and into positive, negative and neutral, respectively. Instead of limiting ourselves to such a coarse-grained classification, we go into a further level of granularity and classify texts into multiple sentiments. We re-use the concept introduced in the previous chapter, i.e., patterns, to perform this task. Alongside, we introduce SENTA (SENTiment Analyzer); a tool we have built that allows to extract, out of a wide variety of features, ones that can be used for applications such as sentiment analysis or sarcasm detection, through an easy-to-use graphical user interface.

Chapter 4 discusses in more details the results obtained in the previous one, explains the limitations of the task of multi-class classification which make it inherently difficult, and in some extreme cases impossible and describes the relation between sentiments and how correlated ones can be with some others. This chapter also offers possible solutions to overcome the limitations of multi-class sentiment analysis.

Chapter 5 presents a substitution to multi-class classification, which we refer to as Sentiment Quantification. Sentiment quantification refers to the identification of multiple sentiments expressed in a text, and attributing different scores to them to reflect their importance and weight within that text. In our proposed approach we use patterns and special type of unigrams to attribute scores to different sentiments to rank them and identify which ones are present in a given text, and which are not.

Finally, Chapter 6 concludes this dissertation highlighting its key points and the contribution made within, and proposes possible venues for future research of the topic of sentiment analysis.

審査の要旨

報告番号	甲 第 5186 号	氏 名	Bouazizi, Mondher	
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
		慶應義塾大学教授	工学博士	池原 雅章
		シンガポール工科大学		Ph.D. Tony Q. S. Quek
<p>Engineer's Degree in Telecommunications, 修士（工学）、Mondher Bouazizi 君提出の学位請求論文は、「A Study on Text Mining on Twitter: Identifying Opinion and Detecting Different Forms of Speech Using Writing Patterns (Twitter 上のテキストマイニングに関する研究：文章パターンを用いた意見の識別と表現形式の違いの検出)」と題し、全6章から構成されている。</p> <p>過去20年間で、オンラインユーザ作成コンテンツは急激に増加しており、それに比例してそれらコンテンツに関する研究も増加している。様々な種類のユーザ作成コンテンツの中で、特にテキストは多数のインターネットユーザが使用しているため、多くの研究対象となっている。その中で感情分析は、オピニオンマイニングとも呼ばれ、オンラインで書かれたテキストや出版物を分析することで、特定のトピックに対する人々の意見を自動的に識別して集計することを指す。近年、感情分析の対象は、ソーシャルメディアやマイクロブログのウェブサイトなどになっている。特にTwitterは、データへのアクセスの容易さやユーザの感情が多く含まれることなどから注目されている。</p> <p>本論文では、ソーシャルメディア上での感情分析と皮肉検出のいくつかの解析法を提案している。</p> <p>第1章は序論であり、ソーシャルメディアに関する感情分析の概念、その用途、および課題について説明している。また、この課題に関する既存研究のいくつかを紹介している。</p> <p>第2章では、感情分析の特性を向上させるために重要な課題である皮肉の識別法を提案している。提案法は、機械学習とパターンの概念を用いて皮肉を識別する。Twitterに投稿されたテキスト（すなわちツイート）のデータセットに対して実験を行い、提案法が従来法に比べ、皮肉の高い識別精度を達成することを確認している。また、皮肉の識別が感情分析の特性を改善することを確認している。</p> <p>第3章では、マルチクラスの感情分析について検討している。従来の感情解析は、感情をポジティブかネガティブの2クラス、あるいはポジティブかネガティブ、ニュートラルの3クラスに分類する手法が主であった。本章では、感情をより多くのクラスに分類する手法を提案している。提案多クラス分類法では、皮肉の検出と同様に、パターンを利用する。また、開発した感情解析アプリケーションであるSENTA (SENTiment Analyzer) を紹介している。SENTAは、様々な特徴量の抽出を可能にし、使いやすいグラフィカルユーザーインターフェイスを通じて感情分析や皮肉検出などのアプリケーションを実現できる。</p> <p>第4章では、第3章で得られた結果についてさらに詳しく議論し、本質的に困難で、極端な場合には不可能である多クラス分類の限界を、感情間の相関について議論しながら説明している。</p> <p>第5章では、多クラス分類の代わりに、感情の定量化について検討している。感情の定量化とは、テキスト中の複数の感情を検出し、そのテキスト内での重要性と重みを反映するようにそれらに異なるスコアを付けることを指す。提案した感情定量化法では、パターンと特別なタイプのユニグラムを用いて、テキスト中で検出される感情にスコアを与えランク付けし、テキストに存在する感情とそうでないものを識別する。</p> <p>第6章は結論であり、本研究の総括を述べている。</p> <p>以上、本論文の著者は、ソーシャルメディア上での感情分析と皮肉検出のいくつかの解析法を提案し、その有効性を確認しており、工学上、工業上寄与するところが少なくない。よって、本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p>				

Thesis Abstract

Registration Number	"KOU" No.5187	Name	WANG LU
Thesis Title A Study on Multi-Subspace Representation of Nonlinear Mixture with Application in Blind Source Separation: Modeling and Performance Analysis			
<p>Recognizing multiple signals from the multiple observations or mixtures received by a set of sensors is the task of source separation. The problem is referred to as "blind" source separation when the procedure has access only to the observations without any prior knowledge information for the mixing system. The basic idea of nonlinear blind source separation (BSS) is to generalize the highly successful linear independent component analysis (ICA) framework to arbitrary, but usually smooth and invertible, nonlinear mixing functions. Thus, the observed data is assumed to be a nonlinear invertible transformation of statistically independent latent quantities, and the goal is to find the mixing function, or its inverse, solely based on the assumption of the statistical independence of the latent quantities.</p> <p>However, nonlinear BSS is one of the biggest unsolved problems in unsupervised learning. Since the statistical independence of estimated sources is no longer a sufficient constraint for demixing functions. In fact, there is an infinite number of possible nonlinear decompositions of a random vector into independent components, and those decompositions are not similar to each other in any trivial way. The aim of this thesis is to develop the practical methods of modeling and performance analysis for nonlinear BSS. Some of the work consists of incremental extensions to existing linear methods. The improvements are formulated in general terms in order to be useful in other kinds of learning problem as well.</p> <p>Chapter 2 provides an overview of existing algorithms for BSS. Some mathematical preliminaries are introduced for BSS of nonlinear mixing models. Special emphasis is to a multi-subspace mapping approach that applies ensemble learning to a flexible multilayer perceptron model for finding the sources and nonlinear mixing mapping that have most probably given rise to the observed mixed data.</p> <p>The approach in Chapter 3, is inspired by the idea of an efficient multi-subspace representation to approximate the nonlinearity or distortion caused by mixing function. Relying on the multi-subspaces architecture, the algorithm transforms a time-invariant nonlinear BSS to the local linear problem with a tolerable computational cost. Then the projected data can break the nonlinear problem down into the version of a generalized joint diagonalization problem in the feature space. Importantly, the parameters and forms of polynomials depend solely on the input data, which guarantee the robustness of the structure. We thus address the general problem without being restricted to any specific mixture or parametric model.</p> <p>In practice, the approximation function is derived from some estimation algorithm with a finite sample size that even larger estimation error appears with improper model construction. In Chapter 4, we work</p>			

on the convergence and asymptotic analysis of the proposed separation approach in Chapter 3, where the nonlinearity of the mixture function is extracted by the flexible approximation and the nonlinear problem is solved linearly in the parameter space. The analysis stems from the performance of a mismatched estimator that accesses the finite sample size. By providing a closed-form expression of the mean squared error (MSE), we can present a novel algebraic formalization as well as derive an upper bound on the estimation error. The simulation results show that if the nonlinearity of mixing functions can be extracted by the flexible approximation, the consistency of numerical MSE and analytical MSE can be achieved as the sample size tends to be infinity. This implies that the algorithm is feasible to separate the distortion of the nonlinear mixture.

In general, most BSS algorithms assume that the number of sources is less than that of sensors, denoted as overdetermined BSS. However, in practice, this assumption is difficult to be satisfied since the number of sources is unknown. In Chapter 5, we propose a model that relies on a Kernelized multi-subspace and sparse representation in the time-frequency (TF) domain to solve the underdetermined BSS problem. By parameterizing multi-subspaces, we can map the observed signals in the feature space with the coefficient matrix from the parameter space. We then exploit the linear mixture in the feature space that corresponds to the nonlinear mixture in the input space. Once such subspaces are built, the coefficient matrix can be constructed by solving an optimization problem on the coding coefficient vector. Relying on TF representation, the target matrix can be constructed in a sparse mixture of TF vectors with the fewer computational cost. The experiments are designed on the observations that are generated from an underdetermined mixture, and that is collected with some direction angles in a virtual room environment. The proposed approach exhibits a higher separation accuracy.

Another model working on underdetermined BSS problem is introduced in Chapter 6, which is inspired by the idea from a deep architecture. By constructing an ε -vanishing polynomial networks (ε -VPNs), we can extend the linear BSS method to the nonlinear case. The approach use a set of approximated base to obtain the values attained by mapping functions. Then, we construct the architecture with increasing expressiveness, where the layer of our network begins with the polynomial of degree 1, up to build an output layer that can represent data with a small bias by a good approximate basis. Relying on several transformations of the input data, with higher-level representation from lower-level ones, the networks are to fulfill a mapping implicitly to the high-dimensional space. Once the ε -VPNs are built, we can fulfill a simple linear separation algorithm on top of this output as back propagation.

Finally, Chapter 7 summarizes the conclusions and possible perspectives for future research of this work.

審査の要旨

報告番号	甲 第 5187 号	氏 名	Wang Lu
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
		慶應義塾大学教授	工学博士 池原 雅章
		University of Athens	Ph.D. Panagiotis Mathipoulos
<p>Bachelor Degree in Engineering, Master Degree in Engineering, Lu Wang 君提出の学位請求論文は、「A Study on Multi-Subspace Representation of Nonlinear Mixture with Application in Blind Source Separation: Modeling and Performance Analysis (ブラインド信号源分離に適用する非線形混合のマルチ部分空間表現に関する研究：モデリングと性能解析)」と題し、全7章から構成されている。</p> <p>複数センサによる観測信号から、事前知識なしに複数の源信号を分離する技術は、ブラインド信号源分離 (BSS) と呼ばれている。特に、生成混合過程が非線形である場合の BSS は、非線形 BSS と呼ばれている。生成混合過程が非線形の場合、線形の場合に比べ、分離が複雑になるという問題がある。</p> <p>本論文では、非線形 BSS のためのいくつかのアルゴリズムと特性解析法を提案している。</p> <p>第1章は序論であり、BSS の概要と、非線形 BSS 及びその応用について説明している。また、この課題に関する既存研究のいくつかを紹介している。</p> <p>第2章では、BSS の既存アルゴリズムの概要を説明している。また、非線形生成混合過程及び非線形 BSS の数学的モデルを紹介している。さらに、信号源と観測混合信号を生じさせる可能性が最も高い非線形混合マッピングを見つけるために、アンサンブル学習を柔軟な多層パーセプトロンモデルに適用するマルチ部分空間写像アプローチを紹介している。</p> <p>第3章では、混合関数によって生じる非線形性または歪みを近似するための効率的なマルチ部分空間表現のアイデアに基づく BSS アルゴリズムを提案している。提案アルゴリズムは、時不変の非線形 BSS を許容可能な計算コストでローカル線形問題に変換する。写像されたデータにより、非線形問題の特徴空間の一般化結合対角化問題に変換する。提案アルゴリズムは、特定の混合生成過程やパラメトリックモデルに制限されることなく、一般的な問題に対応可能である。非線形混合過程に対し、提案アルゴリズムが、従来アルゴリズムに比べ所要計算量やメモリは増える可能性があるものの、高い分離特性を達成することを確認している。</p> <p>第4章では、第3章で提案した非線形 BSS アルゴリズムの収束特性及び漸近特性の解析法を示している。そして、平均自乗誤差(MSE)の閉形式及びその上界を導出している。計算機シミュレーションにより、混合関数の非線形性を近似によって抽出できる場合、観測数が無限に近づくにつれて、数値 MSE と解析 MSE が漸近することを確認している。</p> <p>第5章では、センサの数が信号源の数より少ない劣決定の場合の BSS 問題について検討している。まず、カーネル化されたマルチ部分空間と時間-周波数 (TF) 領域のスパース表現によるモデル化を提案している。そして、そのモデル化に基づく BSS アルゴリズムを提案している。このモデル化により、提案アルゴリズムは低演算量で信号を分離できる。計算機シミュレーションにより、提案アルゴリズムが、低演算量で高い分離精度を達成することを確認している。</p> <p>第6章では、第5章と同様に劣決定の場合の BSS 問題について検討している。そして、BSS アルゴリズムとして、非線形性を抽出する ϵ-消失多項式ネットワークを構築することで、線形 BSS 法を非線形の場合に拡張するアルゴリズムを提案している。計算機シミュレーションにより、提案アルゴリズム従来アルゴリズムに比べ高い分離特性を達成することを確認している。</p> <p>第7章は結論であり、本研究の総括を述べている。</p> <p>以上、本論文の著者は、非線形BSSのためのいくつかのアルゴリズムと特性解析法を提案し、その有効性を確認しており、工学上、工業上寄与するところが少なくない。よって、本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			

Thesis Abstract

Registration Number	“KOU” No.5188	Name	Boussejra, Malik Olivier
Thesis Title			
aflak: Advanced Framework for Learning Astrophysical Knowledge —A visual programming approach to analyze multi-spectral astronomical data—			
<p>This thesis describes an extendable graphical framework, aflak (Advanced Framework for Learning Astronomical Knowledge), which provides a collaborative visualization environment for the exploratory analysis of multi-spectral astronomical datasets. aflak allows the astronomer to share and define analytics pipelines through a node editing interface, in which the user can compose together a set of built-in transforms (e.g. dataset import, integration, Gaussian fit) over astronomical datasets. aflak supports the loading and exporting of Flexible Image Transport System (FITS) files, the de facto data interchange format used in astronomy, allowing interoperability with existing astronomy software.</p> <p>The contribution of this thesis lies in that we leverage visual programming techniques to conduct fine-grained astronomical transformations, filtering and visual analyses on multi-spectral datasets, with the possibility for astronomers to interactively fine-tune all the interacting parameters. As the visual program is gradually designed, the computed results can be visualized in real time, thus aflak puts the astronomer in the loop.</p> <p>Moreover, aflak can query and load datasets from public astronomical data repositories, by implementing standard query protocols used in astronomy, such as Simple Image Access (SIA). aflak extends the FITS standard in a manner such that the full provenance of the output data created by aflak be preserved and reviewable, and that the exported file be usable by other common astronomical analysis software. By embedding aflak's provenance data into FITS files, we both achieve interoperability with existing software and full end-to-end reproducibility of the process by which astronomers make discoveries.</p> <p>Not only is aflak fast and responsive, but the macro it supports can be conveniently exported, imported and shared among researchers using a purposefully built data interchange format and protocol. A user can implement some common analytical procedure either by combining several nodes and creating a macro with aflak's user interface, or by programmatically implementing new nodes in the Rust programming language.</p> <p>During the development of aflak, we worked together with astronomers to provide a universal tool that suits their analytic needs as close as possible. aflak joins ease of use, responsiveness, shareability and reproducibility of the analytical process by which astronomers make discoveries.</p>			

審査の要旨

報告番号	甲 第 5188 号	氏 名	Boussejra, Malik Olivier
論文審査担当者:	主査	慶應義塾大学教授	理学博士 藤代 一成
	副査	慶應義塾大学教授	博士 (工学) 斎藤 英雄
		慶應義塾大学教授	博士 (理学) 岡 朋治
		広島大学准教授	博士 (理学) 植村 誠
<p>Dipl. Ing., 修士 (工学) の Boussejra, Malik Olivier 君が提出した学位請求論文は, 「aflak: Advanced Framework for Learning Astrophysical Knowledge -A visual programming approach to analyze multi-spectral astronomical data- (aflak: Advanced Framework for Learning Astrophysical Knowledge-ビジュアルプログラミング・アプローチを用いた天文学における分光データ解析-) 」と題し, 全7章から構成されている.</p> <p>本論文では, 協働的な汎用可視化環境を提供することにより, 天文学分光データの探究的分析を可能とする拡張可能なグラフィカルフレームワーク aflak (Advanced Framework for Learning Astronomical Knowledge) を提案している. 実際, そのノードエディタ・インタフェースを通じて, 天文学者は, 同分野における事実上の標準データ交換フォーマットである Flexible Image Transport System (FITS) データの取込みに加え, 積分やガウス関数フィッティング等の標準組込み変換関数から独自の分析パイプラインを組み上げられる, 高いユーザビリティを実現している.</p> <p>第1章では, 実観測が叶わない天体のデータ分析が主要な手法にならざるを得ない天文学特有の可視化技術への依存度の高さと期待を示す一方, 現行専用ソフトウェアの諸課題を指摘し, 新たなシステム提案の必要性を明確にしている.</p> <p>第2章では, 天文学におけるデータ視覚解析環境の現況と, aflak が採用したビジュアルプログラミングパラダイムに関する歴史的変遷に言及し, 本研究開発の立ち位置を与えている.</p> <p>第3章では, aflakシステムを特徴づける三点の技術的要素について説明している. まず, ビジュアルプログラミングを活用して, 設計途中でさら中間的な算出結果をリアルタイムに可視化できるようにすることで, 天文学で多用されている, 細粒度の変換やフィルタリングの制御パラメタ群の微調整を容易化する「利用者・イン・ザ・ループ」を構築している. また, Simple Image Access (SIA) 等の天文学の標準的な照会プロトコルへの対応により, 公開されている天文学データレポジトリ中のデータセットの照会/読出し/書込みに対応できるため, 既存の天文学ソフトウェアとの相互運用を可能にしている. さらに, FITS 標準を拡張して書き出したデータの完全な出自を保持し, 外部での検閲を許すとともに, 発見に資する分析プロセスの再現をも可能にしている. 特に, 出自管理に関しては, 本年に初版のドラフトが発表されたばかりの国際仮想観測同盟 (ISOA) のデータモデルである ProvenanceDMの機能をサポートする世界初の可視化システムと位置づけられる.</p> <p>第4章では, 高い応答性を維持するために選択した開発言語やライブラリの紹介, データ構造設計上の様々な工夫, プログラム設計の詳細を隠蔽できるマクロ機能の高効率な実現法, SIA プロトコルを通じた出自管理の実現法に焦点を当てて, aflak のシステム実装について詳述している.</p> <p>第5章では, 等価幅マップや速度場マップの生成という, 具体的な応用問題二例への適用実験を通じて, 計算時間・精度の点で既存環境と同等の性能を有することを確認したうえで, 上記の三点において既存環境を凌駕することを実証している.</p> <p>第6章では, 本研究の今後のさらなるシステム拡張性を俯瞰したうえで, 第7章で本研究の結論を述べている.</p> <p>なお, 審査委員会からの示唆に応じて, 全章を通じて, 同君が並行して研究開発に従事してきた法医学データ可視化との技術的な共通点にも随所で言及する工夫が見られる.</p> <p>以上要するに, aflak システムにおいて実現された「利用者・イン・ザ・ループ」の構築, 相互運用性, ならびに再現可能性が, 天文学のみならず分野横断的にデータ視覚解析を高度化できるという点において, 工学的に寄与するところは少なくない.</p> <p>よって, 本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める.</p>			

内容の要旨

報告番号	乙 第 5036 号	氏 名	津村 俊一
主 論 文 題 名 :			
ボイラ燃焼器における着火・保炎性能改善とその実証に関する研究			
<p>ボイラとは、水を加熱し蒸気を製造する装置である。蒸気は工場ユーティリティとして用いられるだけでなく、蒸気タービンに用いることにより、発電にも利用される。ボイラ燃焼においては、燃焼方式、バーナ型式および燃料種に関わらず、広い負荷範囲で安定燃焼を可能とするとともに、高効率かつ低NO_x燃焼を達成することが共通した課題である。安定燃焼を達成するためには、ガスまたはガス化した気体をバーナ火炎基部付近で安定して燃焼させる必要がある。そのため、バーナ火炎基部近傍での保炎技術が重要な役割を果たすと考えられる。本研究では、多くのボイラ燃焼で経験してきた燃焼不安定、燃焼振動を、バーナ基部の保炎を強化することにより著しい改善を実現することができた。バーナ火炎基部の保炎強化には、気体燃料、液体燃料および固体燃料の場合でそれぞれ工夫は必要であるが、バーナ構造を最適化し保炎強化すれば、ボイラ燃焼をより低負荷でも安定させ、高効率・低NO_x条件で運用可能である。本研究では、ボイラ燃焼の安定性について、事例を述べるとともに、そのバーナ火炎基部の火炎特性に着目し、その安定機構を解明することを目的とする。本論文の構成は以下のとおりである。</p> <p>第 1 章は序論であり、本研究を行うに至った背景とその目的について記述する。</p> <p>第 2 章は研究の前段階として、ガス燃焼の火炎の安定機構および燃焼振動に関する既往の研究、ならびに微粉炭燃焼のバーナ火炎基部の保炎に着目した既往研究を記述する。</p> <p>第 3 章では、バーナ火炎基部の保炎性改善による燃焼振動抑制法に関する、低振動型ガスノズルの研究成果およびその安定機構を記述する。</p> <p>第 4 章では、低振動型のガスバーナノズルを適用することにより、ガス噴射圧力を 5 00kPa(G) の高圧条件下においても、バーナ火炎基部での保炎性を確保することができたとともに、広い負荷範囲で安定燃焼、および低NO_xを達成した開発事例を記述する。</p> <p>第 5 章では、第 6 章の開発事例の前段階として、旋回燃焼方式を適用した、褐炭焚きボイラの負荷低減に必要な、微粉炭の着火・保炎特性に関する要素研究の成果を記述する。</p> <p>第 6 章では、第 5 章の研究成果を反映し、バーナ火炎基部の保炎に着目した新規開発バーナによる、燃焼実験炉での実験結果、および実機実証試験の成果を記述する。</p> <p>第 7 章では、全体を総括し、本論文の結論を記述する。</p>			

審査の要旨

報告番号	乙 第 5036 号	氏 名	津村 俊一
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学准教授	博士（工学） 横森 剛
	副査	慶應義塾大学専任講師	博士（工学） 藤岡 沙都子
		慶應義塾大学名誉教授	工学博士 植田 利久
		慶應義塾大学名誉教授	工学博士 川口 修
		名古屋大学教授	工学博士 成瀬 一郎
<p>学士（工学）を有する津村俊一君の学位請求論文は「ボイラ燃焼器における着火・保炎性能改善とその実証に関する研究」と題し、全7章からなる。本論文をもって、2018年11月より主査及び副査による専修予備審査が開始され、審査担当者による2回の予備審査会、および複数回の個別ディスカッションを経て予備審査を通過し、専攻にて受理申請が承認されるに至った。その後、2019年6月25日に公聴会が開催され、最終審査会において論文審査と学識確認を経て、本報告に至った。本論文の概要について以下に述べる。</p> <p>ボイラ燃焼においては、燃焼方式やバーナ型式および燃料種に関わらず広い負荷範囲で安定に燃焼を持続させ、高効率かつ低NO_x燃焼を実現することが求められている。ボイラ燃焼において安定な燃焼を実現するためには、ガスまたはガス化した気体に対するバーナ火炎基部近傍での保炎技術が重要な役割を果たすが、現在の実機においてはその保炎機構の詳細や保炎性能向上のための技術が十分に検討、認識されているとは言い難い。そこで本論文では、実際のボイラ燃焼を対象とした各種運転試験や計測、数値シミュレーションを介して、ボイラ燃焼における燃焼安定機構の解明、およびその保炎性能の改善技術の提案と実証を目的として研究を実施している。</p> <p>第1章では、現在一般的に利用されているボイラ燃焼方式とその問題点を挙げ、本研究を行うに至った背景と本研究の目的について述べられている。</p> <p>第2章では、ボイラ燃焼で広く用いられている、ガス燃焼および微粉炭燃焼の火炎の安定機構と保炎技術、ボイラ燃焼で発生する燃焼振動等の火炎不安定性に関する既往研究について包括的に整理がなされ、本研究で検討対象とする保炎機構及び保炎技術の詳細が述べられている。</p> <p>第3章では、実機ボイラのガス燃焼において、バーナ火炎基部の保炎機構について詳細に検討を加え、その保炎性能向上によって燃焼振動を抑制できることを明らかにした。さらに、バーナ火炎基部の保炎性能向上が実機においても燃焼振動の抑制に有効であることを実証している。</p> <p>第4章では、第3章で提案されたバーナ火炎基部の保炎機構をガス噴射圧力 500kPa(G) の高圧条件下まで適用したところ、燃焼振動の抑制を実現し、広いガス噴射圧力範囲において、安定かつ低NO_xな燃焼を達成できることを実証している。</p> <p>第5章では、褐炭炊きボイラの燃焼安定性を検討するうえで必要な微粉炭の着火・保炎特性に関する要素研究、安定限界時の搬送空気中の酸素濃度と微粉炭濃度の関係、搬送空気温度、酸素濃度が着火遅れに及ぼす影響などを系統的に明らかにしている。</p> <p>第6章では、第5章の要素研究の成果を踏まえ、バーナ火炎基部の保炎性能向上に着目した微粉炭燃焼用新規バーナを提案し、実験炉での実験、および実機実証試験において、より低負荷の燃焼を実現し、微粉炭燃焼ボイラの使用範囲を広げることが可能であることを実証している。</p> <p>第7章では、全体を総括し、本論文の結論について述べている。</p> <p>以上要するに、本論文の成果やその実証事例は、ボイラバーナの火炎基部の安定性能向上が、ガス燃焼、微粉炭燃焼に関わらず燃焼特性を向上させることを示し、実際のボイラ燃焼における燃焼安定化技術の今後の発展に重要な多くの知見を与えており、工業上および工学上寄与するところが少なくない。よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			