

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	2018
Jtitle	慶應義塾大学工学部研究報告別冊 Vol.85, (2018.) ,p.1- 50
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	
Genre	Thesis or Dissertation
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO50002003-20180001-0001

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4917号	氏名	川久保 龍一郎
主論文題名： 無限個のコヒーレント状態の識別について			
<p>古典力学では、状態は相空間の一点で代表される。そしてそのような古典状態は互いに識別可能であると前提されている。この意味で古典力学における状態識別問題は自明である。古典状態をコヒーレント状態で置き換え、また識別性を量子測定理論に基づいて適切に定義することにより、量子力学においても同様の問題を立てることができる。本論文の主題はこのようにして得られるコヒーレント状態の識別問題である。特に識別される候補状態が無限個ある場合を議論した。本論文は4つの章からなる。</p> <p>第1章では、量子測定理論の枠組みを既存研究に基づいて概説した。</p> <p>第2章と第3章は、状態識別法の一つである unambiguous discrimination についての一般論に充てた。以降、単に識別と言えば unambiguous discrimination を指すものとする。この識別に関する先行研究では、候補状態の個数は有限と仮定されてきた。本論文では候補状態が無限個ある場合にまで議論を一般化した。第2章では、まず、識別性を程度に応じて二つに分けて定義した。単なる識別性と一様識別性である。この二つは、無限個の候補状態を取り扱うにあたってはじめて区別されるようになる。次に可算個のベクトル状態について、識別性の基準を明らかにした。一方には識別可能であるという状態の測定論的性質があり、他方に一次独立性に類するベクトルの数学的性質がある。識別性の基準はこれらの同値性を示すものである。さらに物理系が可分ヒルベルト空間で記述される通常の下では、非可算無限個の状態が識別不能であることも示した。第3章では、最適な識別を考察した。まず、識別成功確率の最大値を与える公式とその最大値に達する測定を与えた。次に、最適な識別が被測定系にもたらす擾乱についても議論した。</p> <p>第4章では、前章までの議論を踏まえてコヒーレント状態の識別を論じた。有限個のコヒーレント状態は先行研究の結果により識別可能である。また非可算無限のコヒーレント状態は第3章の結果により直ちに識別不能と分かる。残った可算無限個の場合については、例として von Neumann 格子を取り上げた。von Neumann 格子は古典的相空間の格子点に対応するコヒーレント状態の組である。この格子の既知の数学的性質と第3章で示した識別性の基準により、Planck 定数の新たな測定論的特徴づけを得た。この格子は基本領域の面積が Planck 定数より大きい小さいかに応じて一様識別可能または識別不能となる。</p> <p>以上のように、本論文では無限個の状態の識別問題を新たに論じ、一般論と具体例の両者において厳密な結果を得た。特に無限個のコヒーレント状態からなる von Neumann 格子についての結果は、古典力学と量子力学の違いを識別性の観点から明らかにするものである。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4917 号	氏 名	川久保 龍一郎
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	理学博士 佐々田 博之
		慶應義塾大学教授	博士（理学）、医学博士 藤谷 洋平
		慶應義塾大学准教授	博士（情報理工学） 山本 直樹

学士（理学）、修士（理学）川久保龍一郎君の学位請求論文は、「無限個のコヒーレント状態の識別について」と題し、全6章よりなる。

量子情報処理は重要な技術であると同時に、量子力学の基礎を再考する契機を与えている。古典力学とは異なり、量子力学では系の未知状態を測定で完全に同定することはできない。そこで、状態族を制限して、その各状態を識別する問題を設定する。中でも、識別失敗を許すが取り違えを許さない識別問題が1980年代以降研究された。この問題をコヒーレント状態の間で考えるのが本論文の主題である。コヒーレント状態は位置と運動量の不確定性が最小の状態であり、古典論と比較しやすい。とくに、位置-運動量空間で格子状にパラメーターが分布したコヒーレント状態族は、フォンノイマンが1932年の著書で考察し、また、光情報通信における応用もあるため重要である。本論文は、まず、従来は有限個の状態族に対して知られていた識別可能条件を、可算無限個の場合に拡張する。その上で、フォンノイマン格子に適用し識別可能条件を求めている。さらに、結果の物理的意味を吟味している。

「序論」で研究背景を述べたのち、第1章では、量子測定理論の枠組みが既存研究に基づいて概説されている。第2章と第3章では、無限個の状態族の場合も含めて、状態識別問題の一般論が展開され、著者が得た結果が示されている。第2章では、無限個の状態の識別に関して、識別可能性が2種類に区別された上、各々の場合に対応する数学的条件が明らかされ、証明が与えられている。第3章では、最適な識別が考察されている。識別成功確率の最大値とそれを達成する測定が一般的に与えられ、最適な識別が被測定系にもたらす擾乱も議論されている。第4章では、前章までの議論を踏まえてコヒーレント状態の識別を広く論じている。状態が有限個の場合は先行研究により識別可能、非可算無限個の場合は第3章の結果により識別不能とわかる。そこで、可算無限個の例として、フォンノイマン格子が詳しく論じられている。その結果、格子の基本領域の面積がプランク定数より大きいか否かで識別可能性が決まることが示される。これは、プランク定数の1つの特徴づけを与える。「結論」で以上が総括されている。

本論文は無限個の状態の識別問題に新たに着目し、その一般論を構築したものである。さらに、物理的に興味ある具体例において厳密な結果を得ている。これは、近年の量子情報処理と量子基礎論にまたがる基礎研究の中で、独自の視点をもつ研究であり、今後の発展・応用も期待される。よって、本論文の著者は博士（理学）の学位を受ける資格があるものと認める。

内容の要旨

報告番号	乙 第 4953 号	氏 名	阿部 光
主論文題名： がん-間質相互作用に機能する天然物の全合成および構造活性相関研究			
<p>がん細胞の成長、増殖には自身の増殖シグナルに加え、がん組織形成を担う間質とのクロストークが大きく影響している（がん-間質相互作用）。特に間質の一つである線維芽細胞（間質細胞）は活性化されることにより筋線維芽細胞へと変化しがんの進行を促進させることが知られ、これを標的とした治療薬の研究が進められている。川田（微化研）らは微生物二次代謝産物より得られた天然物インターベノリン、NBRI16716 A、B、およびロイシノスタチン A が、がん-間質相互作用に干渉し間質細胞との共培養時において選択的にがん細胞の増殖を抑制することを見出した。本研究ではこれら天然物の効率的合成法を確立し、さらに生物活性に必須あるいは影響を与える官能基や構造部位を特定する構造活性相関研究を展開した。</p> <p>第 1 章では新規キノロン骨格を有するインターベノリンの全合成に関して述べる。放線菌より単離されたインターベノリンはキノロン骨格上 2 位にグラニル側鎖、1 位の窒素上側鎖のビスメチルチオメチリデン基を有している。それぞれの官能基導入に鈴木-宮浦クロスカップリングおよびチオシアネート-イソチオシアネート転位反応を利用することで全合成を達成し、グラムオーダーでの試料供給を可能にした。またマウスを用いた <i>in vivo</i> における胃がん細胞 MKN-74 に対する抗腫瘍活性試験でも効果が認められた。</p> <p>第 2 章では合成したインターベノリン類縁体の構造活性相関研究を行い、キノロン骨格上空素原子上置換基および 2 位、3 位に位置する官能基それぞれが生物活性に与える影響を調査した。その結果、キノロン骨格上の窒素原子上の置換基はマウス急性毒性を軽減させる傾向にあること、活性増強には 2 位に長鎖脂肪族側鎖の導入が有効であり、3 位にはメチル基が最適であるという知見を得た。</p> <p>第 3 章では NBRI16716B の全合成および類縁体合成について述べる。関連する 3 種の天然物および合成した類縁体に関する構造活性相関研究から、活性発現に必要な箇所、ならびに構造改変を許容する部位を同定した。</p> <p>第 4 章ではロイシノスタチン A の触媒的不斉全合成について述べる。2 つの異常アミノ酸（AHMOD 残基、HyLeu 残基）成分に関し著者が所属する研究室で開発された 4 つの触媒的不斉反応 (<i>syn</i>-選択的ニトロアルドール反応、不斉非対称化、ストレッカー型反応、チオアミドアルドール反応)の条件を適用し、既報の絶対配置をもつロイシノスタチン A の全合成に初めて成功した。また、AHMOD 残基 6 位の二級水酸基に関するエピマーについて、天然物と各種スペクトルデータ、HPLC の保持時間、および生物活性が完全に一致することを合成的に証明し、当該立体異性体が真の構造をもつことが強く示唆された。</p> <p>本研究で得られた知見は、今後のがん-間質相互作用に関する機構解明を目的としたケミカルバイオロジー研究に応用可能であるとともに、有望な医薬品リード化合物の創製に寄与するものと考えられる。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	乙 第 4953 号	氏 名	阿部 光
論文審査担当者：	主査 慶應義塾大学教授	農学博士	井本 正哉
	副査 慶應義塾大学教授	工学博士	佐藤 智典
	慶應義塾大学教授	博士 (理学)	藤本 ゆかり
	慶應義塾大学准教授	博士 (理学)	犀川 陽子
	慶應義塾大学准教授	博士 (工学)	高橋 大介
<p>学士 (理学) 阿部光君提出の学位請求論文は、「がん-間質相互作用に機能する天然物の全合成および構造活性相関研究」と題し、序論と全 5 章および実験項から構成されている。</p> <p>がん細胞の増殖や悪性化にはがん細胞自身の増殖シグナルに加え、周辺に混在する間質成分とのクロストーク (がん-間質相互作用) も大きく影響する。間質成分の一つ線維芽細胞 (間質細胞とも呼ぶ) は、がん細胞の増殖を抑制または促進させることから絶好の標的として認識されている。本論文はがん-間質相互作用に特化して行われたスクリーニングより見出された天然物の全合成を達成し、その合成経路に基づく類縁体合成および構造活性相関研究を展開している。</p> <p>序論では抗がん剤およびがん-間質相互作用に関する背景、創薬研究における有機化学、全合成の位置づけについて言及し、3 つの標的天然物全合成の必要性について述べている。</p> <p>第 1 章では、新規キノロン骨格を有するインターベノリンの全合成について記述している。インターベノリンの構造的特徴であるキノロン 2 位上のゲラニル側鎖は、これまで他のキノロン類縁体に対し適用可能な合成手法では導入が困難であった。そこで当該側鎖導入に鈴木-宮浦カップリングを適用した結果、初のゲラニル側鎖含有キノロン類縁体の合成を達成した。また窒素原子上に位置するもう 1 つの特徴的官能基 BMMA 基は、チオシアネート-イソシアネート転位反応を利用することで構築し、6 工程 11.1% の総収率でインターベノリンの全合成を達成している。そして胃がん細胞 MKN-74 およびヒト胃由来間質細胞 Hs738 を同時移植したマウスを用いた <i>in vivo</i> 抗腫瘍活性試験では、インターベノリンの投与により明確な抗腫瘍活性が得られている。</p> <p>第 2 章ではインターベノリンの合成研究過程で得られた類縁体および中間体の構造活性相関研究を展開した。40 種の類縁体に関して生物活性を比較検討することで、活性増強および急性毒性の軽減に影響を与える構造的知見が得られている。</p> <p>第 3 章では NBRI16716 B の全合成および類縁体合成とその構造活性相関研究について記述している。確立した合成ルートに基づく類縁体 2 種の生物活性の比較検討から、活性発現に重要な構造的情報を獲得している。</p> <p>第 4 章では触媒反応を基軸としたロイシノスタチン A の全合成および立体化学の訂正について述べている。非天然型アミノ酸 AHMOD 残基中の立体制御には不斉非対称化、ストレッカー型反応、チオアミドアルドール反応の条件が適用されている。その結果、AHMOD 残基合成例では初となる「AHMOD 残基の触媒的不斉合成」を達成した。またもう一つの非天然型アミノ酸 HyLeu 残基は、LLB*触媒を用いた <i>syn</i>-選択的ニトロアルドール反応を鍵反応とし、全 8 工程で合成した。そして得られたフラグメントを順次縮合することで初のロイシノスタチン A とその 6-エピ体 (AHMOD6 位水酸基に関する)、それぞれの全合成を達成している。さらに詳細な各種 NMR スペクトルデータ、HPLC の保持時間、生物活性が比較検討され、ロイシノスタチン A の AHMOD6 位水酸基の立体化学は当初報告されていた <i>S</i> 配置ではなく <i>R</i> 配置であることを見出し、ロイシノスタチン A の 6-エピ-ロイシノスタチン A が真の構造と結論付けている。</p> <p>第 5 章では総括として、各章の結果および本研究の今後の展望に関して記述されている。</p> <p>本論文の成果は、天然物をソースとした創薬研究における全合成および有機化学的手法の有用性を立証しただけでなく現在途上段階にある「がん-間質相互作用」を焦点においた研究分野に対し重要な知見をもたらし、機序解明だけでなく新たな抗がん剤の創製に貢献できるものと考えられる。</p> <p>よって、本論文の著者は博士 (工学) の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			

内容の要旨

報告番号	甲 第4922号	氏名	大塚 祐也
主論文題名： Analysis of Glycosaminoglycan Biosynthetic Intermediates and Development of Comparative Quantification Method Using Novel β -Xylosides (新規 β -キシロシドを利用したグリコサミノグリカン生合成中間体の解析と糖鎖伸長生成物の比較定量法の開発)			
<p>グリコサミノグリカン (GAG) は、主に細胞外マトリックスに存在する直鎖アニオン性多糖類であり、様々な細胞間相互作用に携っている生体分子である。GAG はその鎖長や修飾基により極めて複雑かつ不均一な構造を有しており、その構造多様性は種々の生理機能と密接に関連している。GAG の構造は生合成機構によって制御されていることから、その構造-機能相関研究の推進には生合成中間体を含む GAG 生合成能を適切に評価する必要がある。β-キシロシドを利用した糖鎖プライマー法は、対象細胞の糖鎖生合成機構に従ったオリゴ糖鎖を獲得出来る技術であるが、GAG 生合成中間体の獲得を指向したβ-キシロシドの探索はなされていない。本研究では GAG 生合成中間体の解析に適した新規β-キシロシドを創製し、それを糖鎖プライマー法に利用することで、被検細胞における GAG 生合成中間体の産生能を比較定量する手法を確立することを目的とした。</p> <p>第1章では、GAG とβ-キシロシドの一般的な情報を概説し、GAG の関連する生命科学を発展させるための課題を明らかにした。さらに、当研究の目的及び方針を説明した。</p> <p>第2章では、糖鎖プライマーとして <i>O</i>-キシロシルアミノ酸残基を有するβ-キシロシドを合成すべく、化学酵素的縮合法を利用した合成スキームを確立した。</p> <p>第3章では、正常ヒト皮膚線維芽細胞(NHDF)を利用して合成した4種のβ-キシロシドの糖鎖伸長能を比較した。試料調製および LC-MS / MS 条件の最適化により、GAG 生合成中間体であるリン酸化糖鎖を定量可能な分析方法を構築し、それによって GAG 中間体オリゴ糖を含む糖鎖伸長能の比較に適したβ-キシロシドを選定した。</p> <p>第4章では、選定したβ-キシロシドの安定同位体標識体を利用することで、伸長糖鎖の精確な比較定量法を開発した。GAG 生合成阻害剤を用いた細胞アッセイによって、当方法の適格性を検証し、糖鎖伸長生成物の比較定量結果から各阻害剤における作用機序の違いを明らかにした。</p> <p>第5章では、外因性硫酸化 GAG が内因性 GAG 産生能に与える影響を、確立した比較定量法によって検証した。その結果、特定の構造を有する硫酸化 GAG が NHDF における GAG 生合成を促進する事を見出した。</p> <p>第6章では、結論として本論文を総括し、確立した比較定量法の展望について述べた。</p> <p>本論文では、定量的・定性的に GAG 生合成能を評価するにあたり、創製したβ-キシロシドを利用した糖鎖プライマー法が有用であることを立証した。確立した比較定量法は、被検細胞の GAG 生合成能の微細な変動を定量的に把握することが可能であった。今後、当方法を利用することで GAG の生合成機構の解明及び構造-機能相関研究がさらに発展し、GAG の生理作用に基づく新たな創薬へと展開することが期待される。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4922 号	氏 名	大塚 祐也
論文審査担当者：	主査 慶應義塾大学教授	工学博士	佐藤 智典
	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	博士（理学）	藤本 ゆかり
	慶應義塾大学准教授	博士（工学）	高橋 大介

学士（理学）・修士（理学）大塚 祐也君提出の学位請求論文は「Analysis of Glycosaminoglycan Biosynthetic Intermediates and Development of Comparative Quantification Method Using Novel β -Xylosides（新規 β -キシロシドを利用したグリコサミノグリカン生合成中間体の解析と糖鎖伸長生成物の比較定量法の開発）」と題して、6章で構成されている。

グリコサミノグリカン（GAG）は、細胞外マトリックスとしてアニオン性多糖であり、様々な細胞間相互作用に寄与している生体高分子である。GAG はその鎖長や修飾基により極めて複雑かつ不均一な構造を有しており、その構造多様性は種々の生理機能と密接に関連している。GAG の構造はその生合成経路に依存しており、GAG の構造・機能相関研究を行うには、生合成中間体を含む GAG 生合成経路を評価する必要がある。細胞での GAG の生合成の研究では、その様な中間体を単離して解析することは困難である。そこで、著者は、 β -キシロシドを有した糖鎖プライマー法による評価を実施している。本論文では、GAG 生合成中間体の解析に適した新規 β -キシロシドが合成され、それを糖鎖プライマーとして利用することで、細胞における GAG 生合成中間体を比較定量する手法の開発が行われている。

第 1 章では、GAG と β -キシロシドに関するこれまでの研究が概説されており、本論文の目的が述べられている。

第 2 章では、GAG 鎖を伸長する糖鎖プライマーである *O*-キシロシルアミノ酸残基を有する β -キシロシドを合成しており、化学酵素的縮合法を利用した新たな合成方法を確立している。

第 3 章では、合成した 4 種類の β -キシロシドを正常ヒト皮膚線維芽細胞と相互作用させることで糖鎖伸長生成物を獲得して、 β -キシロシド間での比較解析が行われている。質量分析装置での構造解析における測定条件の最適化を行うことで、GAG 生合成中間体であるリン酸化糖鎖の検出に成功している。これにより GAG 中間体オリゴ糖を含む糖鎖伸長能の解析に適した β -キシロシドが得られている。

第 4 章では、糖鎖プライマーとして安定同位体で標識した β -キシロシドを用いて、糖鎖伸長生成物の比較定量解析法の確立を行なっている。さらに、この方法を用いて、細胞での GAG の生合成阻害剤の作用機序の解析に有用であることが示されている。

第 5 章では、外因性の硫酸化 GAG が細胞の GAG 生合成能に与える影響を、第 4 章で確立した比較定量法によって検証している。これにより、特定の硫酸化 GAG が GAG の生合成能を亢進している事を定量的に評価している。

第 6 章では、結論として本論文を総括し、確立した比較定量法の展望について述べられている。

本論文では、新たに作製した β -キシロシドを用いた糖鎖プライマー法により、細胞における GAG 生合成能を定量的・定性的に評価することが可能であると述べられている。本論文で開発された手法は、GAG の生合成機構や構造・機能相関などに関する研究を推進するための技術基盤となり、糖鎖の関係する生物科学的研究に寄与するだけでなく、特定の構造を有する GAG の生理作用に基づく新たな創薬への展開が期待される。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	乙 第4961号	氏名	平野 章
主論文題名： Optical and Electro-optical Impairment Mitigations for Large Capacity Optical Fiber Transmission (大容量光ファイバ通信のための光学的並びに電気光学的劣化補償技術の研究)			
<p>光ファイバ通信は、社会インフラとして様々な IT サービスを支えており、近年のモバイルやデータ通信トラフィックの急増により、光ファイバ通信システムの大容量化が課題となっている。大容量化にはビットレートの高速度化と波長多重における多重チャンネル数の増大が必要であり、前者に対しては光ファイバ伝搬時に発生する群速度分散や偏波モード分散等の符号間干渉の抑圧と光増幅器雑音による SNR 劣化の抑圧が課題であり、後者に対しては広い波長範囲における群速度分散ズレの補償、波長多重する複数のチャンネルをまとめて扱う方式の考案、波長数増加に伴う構成部品数増加により増加する故障率を低減する効果的な高信頼化手法が課題となる。</p> <p>第 1 章序論では、大容量化に向けた課題の技術的詳細について述べた。</p> <p>第 2 章では光パルス多重化の際の相互の光位相関係を精密に制御することで、80 Gbit/s の高速光信号で 25 ps/nm の広い群速度分散耐力を達成した。</p> <p>第 3 章では光信号の直交性を応用した簡易な群速度分散測定方式を提案、必要十分な精度で測定できることを実証した。本方式は最新の 100 Gbit/s システムで採用している方式のベースとなっている。</p> <p>第 4 章では、高速化に向けて必須となる偏波モード分散による劣化特性の定量化を世界で初めて実証、40G システム実用化のためのシステム設計に生かされている。</p> <p>第 5 章では、光増幅器雑音抑圧のため、光ファイバの四光波混合過程に新たに非線形位相整合を適用、その非線形応答による同ノイズ削減を実証、リタイミング機能も持つ全光 3R 回路も考案、SNR 回復に成功、その回復性能を世界で初めて定量化した。</p> <p>第 6 章では、アレイ導波路格子を用いた時間周波数変換回路において、群速度分散のズレと逆特性を持つよう位相マスクを設計、同ズレを補償することに成功し、加えて波長多重する複数のチャンネルをまとめる方式を提案、複数チャンネル間のスキュー補償の実装と最先端大容量アプリとの連携動態デモに成功した。現在標準化ではこの方向で議論が進展している。さらに、複数チャンネルにおける故障率低減のため、プログラマブルに信頼性が設計可能となる新方式を考案・提案した。同方式は NICT 委託研究で実装評価され、設計通りの性能が実証されている。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	乙 第 4961 号	氏 名	平野 章
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	山中 直明
	慶應義塾大学教授	博士（工学）	津田 裕之
	慶應義塾大学教授	博士（工学）	大槻 知明
	慶應義塾大学特任教授	博士（工学）	岡本 聡
<p>学士(理学)、修士(理学)、平野章君提出の学位請求論文は、「Optical and Electro-optical Impairment Mitigations for Large Capacity Optical Fiber Transmission（大容量光ファイバ通信のための光学的並びに電気光学的劣化補償技術の研究）」と題し、全7章から構成される。</p> <p>光ファイバ通信は、社会インフラとして様々な IT(Information Technology)サービスを支えているが、近年のモバイルやデータ通信トラフィックの急増により、光ファイバ通信システムの大容量化が課題となっている。大容量化には、ビットレートの高速度化と波長多重における多重チャネル数の増大が必要である。前者に対しては、光ファイバ伝搬時に発生する群速度分散や偏波モード分散等による符号間干渉の抑圧、光増幅器雑音による SNR(Signal to Noise Ratio)劣化の抑圧が課題である。後者に対しては、広い波長範囲における群速度分散スロープの補償、波長多重する複数のチャネルをまとめて扱う方式の考案、構成部品数増加による故障率増大を防ぐ高信頼化手法の実現が課題となる。</p> <p>本論文では、光の位相に着目して、群速度分散耐力を高める新変調方式を考案・実証し、群速度分散の高精度かつ簡易な測定方法も考案している。また、偏波モード分散について、実環境での評価を実施し、その基本的特性を明らかにしている。さらに、SNR 確保に向けて、光パラメトリック過程や光非線形ゲート素子を応用した光中継回路を考案し、その光論理処理の基本的特性の定量化、並びに SNR 回復実験に成功している。</p> <p>第1章では、光ファイバ通信の大容量化に向けた技術的課題を示し、本論文の目的と位置付けを述べている。</p> <p>第2章では、群速度分散耐力を高める新変調方式として、光の位相に着目して光パルス多重化の際の相互の光位相関係を精密に制御することを考案し、80 Gbit/s の高速光信号で 25 ps/nm の広い群速度分散耐力を達成している。</p> <p>第3章では光信号の直交性を応用した簡易な群速度分散測定方式を提案し、必要十分な精度で群速度分散を測定できることを実証している。本方式は最新の 100 Gbit/s システムで採用している方式のベースとなっている。</p> <p>第4章では、高速化に向けて必須となる偏波モード分散について、実環境での評価を実施し、その基本的特性を明らかにし、偏波モード分散による特性劣化の定量化を世界で初めて行っている。この成果は 40 Gbit/s システム実用化のためのシステム設計に生かされている。</p> <p>第5章では、光増幅器雑音抑圧のため、光ファイバの四光波混合過程に新たに非線形位相整合を適用し、その非線形応答による同ノイズ削減を実証し、さらに、リタイミング機能も持つ全光識別再生回路も考案して、SNR 回復に成功しており、その回復性能を世界で初めて定量化している。</p> <p>第6章では、アレイ導波路格子を用いた時間周波数変換回路において、群速度分散のスロープと逆特性を持つよう位相マスクを設計して、同スロープを補償することに成功している。また、波長多重する複数のチャネルをまとめる方式を提案し、複数チャネル間のスキュー補償の実装と最先端大容量アプリとの連携動態デモに成功し、標準化でこれらの成果の方向で議論が進展していることを述べている。さらに、複数チャネルにおける故障率低減のため、プログラマブルに信頼性が設計可能となる方式を提案し、設計通りの性能を実証している。</p> <p>第7章は結論であり、本論文の内容および今後の課題を総括している。</p> <p>以上、本論文の著者は、大容量光ファイバ通信のための実用的な光学的並びに電気光学的劣化補償技術を提案し、それら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。</p>			

内容の要旨

報告番号	甲 第4924号	氏名	今西 智哉
主論文題名： 電力データ解析に基づく電力需要機器制御に関する研究			
<p>近年の国際的な環境意識向上に伴い、低炭素社会に向けたエネルギー効率向上に関する技術開発が進み、従来の電力網へ情報通信技術を融合した分散型電源インフラ(スマートグリッド)が注目されている。IEEEに代表される国際標準化団体によりスマートグリッドに関する技術標準が策定されつつあり、電力需要機器および分散電源の相互接続・相互運用に関する実証実験の重要性が増している。電気自動車(EV)の電力ストレージを利用した電力系統応用(V2G)や、マルチベンダからなる分散電源と電力需要機器を統合制御する管理システム(EMS)は、スマートグリッドを実現する上で重要な技術である。本研究では、これらの重要な技術に関連して以下の2種類のエネルギーサービスを提案した。一つ目は、駐車場の充電インフラ制御、二つ目は、教育施設の空調機器制御である。一つ目のエネルギーサービスである、駐車場の充電インフラ制御では、EVバッテリーにより電力負荷平準化の効果を評価するシミュレータを構築し、福江港ターミナルビルおよび敷地内の駐車場情報を活用して評価した。国際標準に関する議論に基づき、EVバッテリーのモジュール化に基づいた複数のバッテリー交換方式に着目した。また、当時現実的なパラメータを用いた評価が少なかったため、大容量リチウムイオン二次電池を搭載した実際のEVが持つ物理パラメータを活用した。需要側のパラメータについても現実的な値を得るため、実際にビルに導入したセンシング環境の情報を用いて決定した。バッテリーの制御手法として、ファジィを用いた制御手法、電力負荷平準化と充電量回復を考慮した逐次制御手法を使用した。シミュレーションの結果、面積2335[m²]、平均電力需要26.6[kWh]、駐車場202台分の福江港ターミナルビルの駐車場において、EVの導入量を決定するパラメータを、バッテリー交換が不可能な場合では40台、可能な場合では31台と設定すると、充電設備と制御コントローラを利用して充電と放電を制御することで、少なくとも1日の最大受電電力が5[kW]カットできる結果を示した。今後、充電設備の導入が加速する大規模な電力需要施設および公共施設にて本手法および結果が活用可能であり、スマートグリッドにおける有力なエネルギーサービスとしての提供が見込まれる。</p> <p>二つ目のエネルギーサービスである、教育施設の空調機器制御では、知的生産性の評価指標、換気管理環境下で利用可能な人数推定手法、そしてマルチベンダからなる空調制御機器を統合した、省エネ効果の実験環境を構築した。2011年に採択された国際標準規格に基づき、マルチベンダからなるビル設備の統合制御環境を構築した。従来、温熱指標および空気質環境それぞれから独立して構築されていた知的生産性指標を統合し、快適性とCO₂濃度から算出する知的生産性指標を提案した。さらに、知的生産性の算出に必要な在室人数情報を取得するため、プライバシーを考慮しつつ温湿度・CO₂濃度センサの情報から在室人数を推定する手法を採用した。知的生産性を考慮したピークカット制御の省エネ効果を評価するため、大学教育棟にて空調制御実験を行なった。実験の結果、快適性指標を用いて同様の空調制御を行う延べ床面積が1990[m²]の教育施設に対し、室内の知的生産性を維持しつつ、冬季のピーク電力を10%カット、さらに一日9.5[kWh]電力量削減できる結果を示した。既築の建物への構築が容易である本EMSは、知的生産性の維持と快適性を両立する教育施設・オフィスの有効な実現手法であり、スマートグリッドの省エネ効果を底上げする上で効果的な手段と言える。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4924 号	氏 名	今西 智哉
論文審査担当者：			
	主査	慶應義塾大学教授	博士（工学） 西 宏章
	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	博士（工学） 満倉 靖恵
		慶應義塾大学教授	工学博士 岡野 邦彦
<p>学士（工学）、修士（工学）今西智哉君提出の学位請求論文は「電力データ解析に基づく電力需要機器制御に関する研究」と題し、7章から構成されている。</p> <p>低炭素社会に向けたエネルギー効率向上に関する技術開発が進み、従来の電力網へ情報通信技術を融合した分散型電源インフラ（スマートグリッド）が注目されている。国際標準化団体によるスマートグリッドに関する技術標準の策定が行われ、電力需要機器および分散電源の相互接続・相互運用に関する実証実験の重要性が増している。特に、電気自動車（EV）のバッテリーを利用した電源システム、マルチベンダからなる分散電源と電力需要機器を統合制御する管理システムは、スマートグリッドを実現する上で重要な技術である。制御においては、環境センシングにて取得したデータに基づく人の行動・感覚を考慮することも重要である。国際標準化の議論に基づき、これらEVバッテリー応用および学習効率を利用した空調制御について実証実験を行った。これらの結果を通して、技術標準化における重要なユースケースを提供した。</p> <p>第1章では、低炭素社会実現に向けたスマートグリッド技術、そしてスマートグリッドに関わる国内外の国際技術標準化活動について説明し、スマートグリッド関連サービスの提案や、環境データに基づいた電力需要機器の制御実証の必要性を説いている。</p> <p>第2章では、デマンドレスポンスといった電力制御から、より高度なスマートグリッドサービスへ発展した過程を踏まえて、実環境や実データを用いた実証実験の必要性について述べている。</p> <p>第3章では、世界のEV導入の流れについて紹介し、スマートグリッドの周辺サービスとして注目されるEVストレージのシステム（V2G）に関する既存研究についてまとめている。</p> <p>第4章では、建物の電力需要機器と分散電源を総合的に管理するシステム（EMS）について説明し、オフィス・居住空間の空調機器制御を行う上で重要となる室内環境評価指標、および温熱指標、空気質環境、これらを総合した知的生産性に関する既存研究についてまとめている。</p> <p>第5章では、ターミナルビルの電力需要・駐車場利用情報を活用したV2Gによる電力負荷平準化手法の提案を行っている。EV無線給電に関する技術標準化案件として議論されたEVバッテリーのモジュール化に則り、バッテリー交換方式の違いがV2Gへ及ぼす影響について、実証環境で取得した実パラメータを用いることで、必要ストレージ量と最大受電電力削減量の観点から定量的に評価している。また、通常のEV充放電に対する可換型バッテリーモジュールを用いた場合の優位性および、据置バッテリーとの差異について定量的に評価している。</p> <p>第6章では、従来、温熱指標と空気質環境それぞれに存在した知的生産性指標を、PMVと二酸化炭素濃度から総合的に算出する手法を提案し、その指標を考慮したEMSによる省エネ化手法の提案と、大学教育棟を用いた実証実験についてまとめている。室内環境計測システム、二酸化炭素濃度測定に基づく室内人数推定値による一人当たりの換気量推定システム、マルチベンダからなる空調制御機器システムをそれぞれ構築し、冬季実証実験により、知的生産性指標を用いることで快適性指標を用いた制御手法が電力削減において有利であることを定量的に示している。</p> <p>第7章では、本論文全体をまとめ、電力データ解析に基づいた電力需要機器制御を通じて、V2Gによる施設の電力負荷平準化、EMSによる教育棟の省エネ化が可能であると結論付けている。</p> <p>以上要するに、本研究は国際技術標準の議論を踏まえたスマートグリッドのエネルギーサービスを提案しており、今後の省エネ社会の研究・開発において、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。</p>			

Thesis Abstract

Registration Number	“KOU” No.4930	Name	Seaim Lwin Aye
Thesis Title			
Compartmentalized Replication for Directed Evolution of DNA Polymerase and Transcriptional Regulator			
<p>Compartmentalized replication is a powerful method for directed evolution of proteins by using <i>in vitro</i> compartmentalization (water-in-oil emulsion) for genotype-phenotype linkage and PCR amplification for selection. This method was first developed for directed evolution of several DNA polymerases by compartmentalized self-replication (CSR), and then applied to two other proteins T7 RNA polymerase and tRNA-synthetase by compartmentalized partnered replication (CPR). However, the utility of CSR and CPR is somewhat limited by low efficiency of emulsion PCR with the wild-type <i>Taq</i> DNA polymerase so far used. To overcome this problem, in this study, I first performed engineering of <i>Tth</i> DNA polymerase with improved efficiency by using CSR. Next I applied this improved DNA polymerase for directed evolution of an arsenic-responsive transcriptional regulator by using CPR.</p> <p>(1) <i>In vitro</i> selection of modified DNA polymerase I from <i>Thermus thermophilus</i> (<i>Tth</i> pol) using CSR.</p> <p>Although PCR is an essential tool in the biological sciences, several limitations and problems remain, including long run times, low amounts of product, and false negative results due to inhibitors. In this study, I developed a <i>Tth</i> DNA polymerase mutant suited for CSR. First I modified the wild-type <i>Tth</i> pol by (i) deletion of the N-terminal 5' to 3' exonuclease domain, (ii) fusion with the DNA-binding protein Sso7d, (iii) introduction of four known effective point mutations from other DNA polymerase mutants, and (iv) codon optimization to reduce the GC content. Consequently, I obtained a mutant that provides higher product yields than the conventional <i>Taq</i> pol without decreased fidelity.</p> <p>(2) Development of a novel dual selection system based on CPR and <i>sacB</i> for directed evolution of arsenic-responsive transcriptional regulator.</p> <p>Arsenic is a well-known toxin that holds a constant threat to a large population worldwide. My ultimate goal is to develop an arsenite-inducible biosensor with the best possible sensitivity and specificity. In order to evolve the <i>ars</i> operon of <i>E. coli</i>, I intend to apply CPR, in which the <i>ars</i> operon is coupled with expression of <i>Tth</i> pol mutant described above. First I illustrated the use of genetic switch in designing the arsenic responsive whole cell biosensor in <i>E. coli</i>. Next, I developed a dual selection system based on CPR and negative selection using <i>sacB</i> for directed evolution of arsenic regulator (repressor) gene in this genetic switch.</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4930 号	氏 名	Seaim Lwin Aye
論文審査担当者：	主査 慶應義塾大学教授	博士（地球環境科学）	土居 信英
	副査 慶應義塾大学教授	工学博士	岡 浩太郎
	慶應義塾大学教授	博士（理学）	宮本 憲二
	慶應義塾大学准教授	博士（工学）	古川 良明
<p>学士（工学）、修士（工学）Seaim Lwin Aye 君提出の学位請求論文は、「Compartmentalized replication for directed evolution of DNA polymerase and transcriptional regulator (区画化複製法による DNA ポリメラーゼおよび転写制御因子の定向進化)」と題し、全4章から成っている。</p> <p>区画化複製法は、タンパク質の進化工学の手法の1つであり、転写翻訳に関連する特殊な酵素や制御因子などのタンパク質に適用される。これらのタンパク質の機能をモニターするためのレポーター遺伝子として耐熱性 DNA ポリメラーゼを用いることで、水/油型エマルションの区画中での PCR により高い機能をもつ変異体遺伝子を選択的に増幅し、実験室内（定向）進化させることができる。しかし、これまで区画化複製法で使用されていた <i>Taq</i> DNA ポリメラーゼはこのエマルション PCR に最適化されておらず、実際に区画化複製法を適用して定向進化することができたタンパク質の種類はごくわずかであった。そこで本論文では、区画化複製法に適した DNA ポリメラーゼ変異体を作製し、改良した区画化複製法をヒ素に対するセンサータンパク質の改良に応用した。</p> <p>第1章は序論であり、区画化複製法の従来の問題点およびその解決策について概説し、本研究の目的と意義を示している。</p> <p>第2章では、耐熱性 DNA ポリメラーゼを合理的デザインおよび進化工学により改良した結果について記述している。まず、<i>Tth</i> DNA ポリメラーゼを配列空間中の新たな出発点として、(i) N 末の 5'-3'エキソヌクレアーゼドメインの代わりに DNA 結合ドメイン Sso7d を融合し、(ii) 他の酵素で個別に報告されていた既知の変異を4つ導入し、(iii) 大腸菌のコドン使用頻度に最適化することで、複製の正確性を維持したままエマルション PCR の増幅性が向上した改変体を得ることができた。さらに作成した改変体遺伝子にさらにランダム変異を導入して区画化複製法による定向進化をおこなった結果、元の酵素よりも少ないサイクル数で、DNA 遺伝子断片をエマルション中で効率よく増幅できる変異体酵素を取得することに成功した。</p> <p>第3章では、改良した区画化複製法をヒ素に対するセンサータンパク質の定向進化に応用するために、ヒ素応答性転写制御因子 <i>ArsR</i> の2段階定向進化実験系を開発した結果について記述している。現在、アジア、南米、および、アフリカ地域の数千万人以上の人々の飲料水がヒ素に汚染されていると言われており、水が飲用可能かどうかを簡便かつ安価に検査できるヒ素に対するバイオセンサーの開発が求められている。そこで、まず、<i>ArsR</i> がヒ素存在下で GFP 発現を誘導する大腸菌センサーを構築し、その感度や安定性、特異性を解析した。次に、第2章で作製した <i>Tth</i> DNA ポリメラーゼ改変体をレポーターとした区画化複製法を用いて、より低濃度のヒ素に応答する高感度な <i>ArsR</i> を定向進化させるための「ON 選択系」を構築した。さらに、この ON 選択系だけでは、<i>ArsR</i> の機能を失った変異体も偽陽性として選択されてしまうため、ヒ素が存在しないときには、<i>ArsR</i> の抑制活性が維持されている遺伝子を選択するために、レポーターとして自殺遺伝子 <i>SacB</i> を組み込んだ「OFF 選択系」を構築し、2段階の ON/OFF 選択系の作動を確認した。</p> <p>第4章では、総括として全体のまとめと今後解決すべき課題、および本研究の将来的な応用について記述している。</p> <p>以上、本論文では、区画化複製法に適した耐熱性 DNA ポリメラーゼ変異体を創出し、この新しいレポーターを利用した区画化複製法を応用してヒ素応答性転写制御因子のスクリーニング系の開発を行なった。本論文で開発した手法は、様々な転写制御因子や遺伝子回路の定向進化に応用可能であり、タンパク質工学や合成生物学分野における発展性がきわめて高い。</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4931号	氏名	鈴木 綾美
主論文題目： イオン液体を用いたナノ無機材料合成へのアプローチ			
<p>イオン液体とは、一般的に融点が100°C以下の塩であり、その優れた特性から二次電池の電解質や潤滑剤として活用されている。熱安定性が高く、イオン性による特殊な反応場を提供できることから、最近では、新規な反応媒質としてのイオン液体の優位性が注目されているが、これまでの研究では有機化合物の合成が対象とされる場合が多かった。イオン液体の優れた性質を活用できれば、無機材料や無機-有機複合材料の製造プロセスにも大きなメリットが得られると考えられる。そこで本研究では、イオン液体の多様な特性に着目し、ナノ無機材料工学の分野における新たな手法の開発と新規な機能材料の創製を目的として、イオン液体を活用した以下の2つの材料工学的なアプローチを行った。</p> <p>第1章では、本研究の背景となるイオン液体や金属酸化物ナノ粒子、粘土鉱物をもちいた複合材料などに関する先行研究や課題を示し、本論文の目的と概要を述べた。</p> <p>第2章では、第1のアプローチとして、イミダゾリウム系イオン液体を加えた反応場を用いて二酸化チタンナノ粒子の高速合成に関する試みを示した。金属酸化物ナノ粒子は、バルク体やマイクロサイズ粒子では発現しない様々な機能を有するため、機能性材料として盛んに研究されている。特に二酸化チタンナノ粒子は、半導体として様々な用途があり、その結晶性や形態が機能に大きく影響することが知られている。光触媒などへの応用に際しては、粒子径5 nm以下の結晶性の高い二酸化チタンナノ粒子が求められるが、既存の方法では、高圧・高温の合成条件が必要であり、高い制御性を維持しながら迅速に合成することが難しかった。ここでは、イオン液体を加えた反応媒質とマイクロ波加熱を組み合わせることで、アルコキシドを原料として粒子径5 nm以下で結晶性の高いナノ粒子の高速合成が実現できることを示した。さらに、イオン液体の高いマイクロ波感受性を利用することで金属酸化物ナノ粒子が短時間で形成されるメカニズムを検討するとともに、二酸化チタンへのニオブのドーピングなどへの適用も可能であることなどから本手法の高い応用性を示唆した。</p> <p>第3章では、第2のアプローチとして、イオン液体を用いた粘土鉱物の単層剥離によるナノシートの合成とその樹脂との複合化について示した。粘土鉱物は、厚さ約1 nmのシリケートナノシートの積層体であり、このナノシートとの複合化によって樹脂の透明性や光学特性を維持しながら機械特性・水蒸気バリア性などの向上が期待される。イオン液体は、そのイオン性と有機分子としての特性から、粘土鉱物をシート状に剥離して樹脂との複合化に利用可能であるが、剥離現象の理解は不十分であり、剥離したシートの解析もおこなわれていなかった。さらに、最近では、樹脂と粘土との複合体に優れた機械的特性や高い耐熱性が求められるようになってきている。そこで、本研究では粘土鉱物として汎用的なモンモリロナイトと様々なイミダゾリウム系イオン液体との相互作用を調べることで、イオン液体による粘土鉱物の単層シート化の可能性を検討した。ここでは、モンモリロナイトの有機溶媒中での分散性を調査し、有機化処理にともなう剥離進行メカニズムと溶媒との親和性について考察した。また、モンモリロナイトの単層剥離には層間に挿入する有機カチオンと分散媒との親和性の検討が重要であることが示唆された。さらに、樹脂との複合化にはイオン液体・溶媒・樹脂の相互作用の考慮が必要であることを見出し、高い耐熱性と樹脂との高い親和性を持つクレイ単層シートの開発に成功した。</p> <p>第4章では、2つのアプローチを通じて本研究で見いだされたナノ無機材料工学分野における新合成法と新規機能材料についての知見を総括した。さらに、それらの知見に基づいて、イオン液体を用いた無機材料合成に関する今後の課題や展望について述べた。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4931 号	氏 名	鈴木 綾美
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	博士（工学）	藤原 忍
	慶應義塾大学准教授	博士（工学）	緒明 佑哉
	慶應義塾大学教授	工学博士	朝倉 浩一

学士（工学）鈴木綾美君提出の学位請求論文は、「イオン液体を用いたナノ無機材料合成へのアプローチ」と題し、4章より構成されている。

イオン液体とは融点が 100°C 以下の塩であり、その優れた特性を活用することによって無機化合物の合成や複合材料の創製に大きなメリットが得られると期待されている。本論文では、ナノ無機材料分野における新たな合成手法の開発と新規な機能材料の創製を目的として、イオン液体の特性に着目した 2 つの材料工学的なアプローチが示されている。

第 1 章では、研究の背景となるイオン液体、金属酸化物ナノ粒子、粘土鉱物を用いた複合材料などに関する先行研究や現状における課題が提示され、本論文の目的と概要が述べられている。

第 2 章では、イオン液体によって支援された二酸化チタンナノ粒子の高速合成の試みが述べられている。金属酸化物ナノ粒子は、バルク体では発現しない様々な機能を有するため、機能性材料として盛んに利用されているが、高圧・高温の合成条件が必要であるとともに、高い制御性を維持しながら迅速に作製することが難しかった。本章では、半導体として有用である二酸化チタンナノ粒子に着目し、イミダゾリウム系イオン液体を含む媒質とマイクロ波加熱を組み合わせることで、アルコキシド原料から粒子径 5 nm 以下で結晶性の高いナノ粒子が 5 分間という短時間で合成できることが示されている。さらに、イオン液体の高いマイクロ波感受性によって金属酸化物ナノ粒子が短時間で形成されるメカニズムが検討され、本手法の高い応用性も示唆されている。

第 3 章では、イオン液体を用いた粘土鉱物の単層剥離によるクレイ単層シートの合成、およびクレイ単層シートと樹脂との複合化の試みが示されている。粘土鉱物は、厚さ約 1 nm のシリケートナノシートの積層体であり、このナノシートを樹脂と組み合わせることで機械特性や水蒸気バリア性などを向上させた複合材料の開発が期待されている。イオン液体は、そのイオン性と有機分子としての特性から、粘土鉱物をシート状に剥離して樹脂との複合化を行う際に有用であるが、その剥離現象の理解は不十分であった。そこで本章では、粘土鉱物として汎用性の高いモンモリロナイトとイミダゾリウム系イオン液体との相互作用を調べることで、イオン液体による粘土鉱物の単層剥離現象が検討されている。ここでは、有機媒質における粘土鉱物の分散性や剥離現象におよぼすイオン液体の影響から、クレイ単層シートの作製には層間の有機カチオンと分散媒との親和性が重要であることが示され、さらに、イオン液体・分散媒・樹脂の相互作用を考慮することで高い耐熱性と樹脂との高い親和性をもつクレイ単層シートの開発が可能であることが述べられている。

第 4 章では、本論文で見いだされたナノ無機材料の新合成法と新規機能材料についての知見が総括され、イオン液体を活用した無機材料合成に関する今後の課題や展望について述べられている。

以上要するに、本論文では、イオン液体を用いたナノ無機材料の新合成法およびイオン液体と粘土鉱物による新規材料の創製についての優れた知見が示され、新たなナノ材料の開発に有益な指針が与えられている。これらの知見は、無機材料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.4932	Name	Choi, Ran
Thesis Title Study on CNN based Spine Estimator from Moire Image for Screening of Adolescent Idiopathic Scoliosis			
<p>Periodic spine screening in teenagers is important for the early detection or monitoring of adolescent idiopathic scoliosis (AIS), a 3D deformity characterized by an abnormal spinal curve and vertebral rotation. It is because AIS has potential to be a serious disease by the rapid progress of abnormal curve during the growth stage.</p> <p>A typical conventional method of diagnosis of AIS is a radiation method using a radiography. To diagnose AIS from it, a doctor measures a Cobb angle, which is an abnormal bent angle of spinal curvature, based on the shape of spine. However, this is an insufficient method that only measures a Cobb angle without vertebral rotation (VR), which AIS involves. By the development of imaging technology, 3D radiation methods using computed tomography (CT) have been researched. VR measurement based on CT is accurate whereas complicate by challenges inherent to manual identification of spinal features. In addition, the radiation methods are not feasible for use as periodic screening by involving exposure to radiation. As for non-radiation methods, most are optical methods, are used due to cost effective and appropriate for the screening purpose. However, these require manual identifications and describe the spine using the surface metrics which cannot provide pathological diagnosis of the spine. For these reasons, a patient who is classified as abnormal and expected to have AIS, is recommended to get the radiographic diagnosis for an accurate diagnosis.</p> <p>Therefore, I propose AIS screening system using a Moire image, that estimates the spinal shape and measures Cobb angle and VR. To estimate the spine from the Moire image, convolutional neural network (CNN) is used. The CNN estimates 34 spinal positions, 17 centers of vertebrae bodies and 17 tips of spinous processes including 12 dorsal and 5 lumbar vertebrae. In addition, I propose two measuring methods to measure the Cobb angle and the VR from the spinal positions. The system can reduce the use of radiation by proving radiographic diagnoses. In addition, the system is an automatic system which does not need any human interference like the identification of feature.</p> <p>Chapter 1 describes the proposal of this thesis, the basic concepts about the spine, and AIS such as spine structure, what is AIS and its diagnostic criterion and the screening step for the spine.</p> <p>In Chapter 2, related methods about measuring methods and conventional methods of screening are described such as radiography (x-ray) and CT method.</p> <p>In Chapter 3, a generation method for a dataset is explained. Data sets having different spinal features or different components among deformity levels are tested to find out the optimal dataset.</p> <p>Chapter 4 describes the detail of two proposed methods for measuring the Cobb angle and the VR angle, and the validations of the methods. The method for measuring Cobb angle measures bent angles of abnormal spinal curve from 17 points. The method formeasuring VR measures an axial rotation angle in x-z planes from 2 points in x-y planes. A general model of spinal size is generated and applied to obtain necessary z information for the VR. These methods optimized for this system, which can measure the Cobb and VR angles despite the limited point information.</p> <p>Chapter 5 describes the used structure of (CNN) and the evaluations of CNN results. The evaluations are implemented by the two proposed measuring methods.</p> <p>In Chapter 6, conclusions and future works of this thesis are described.</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4932 号	氏 名	Choi, Ran
論文審査担当者：			
	主査	慶應義塾大学教授	博士（工学） 青木 義満
	副査	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	博士（工学） 満倉 靖恵
<p>学士（工学）、修士（工学）CHOI, Ran 君提出の学位請求論文は、「Study on CNN based Spine Estimator from Moire Image for Screening of Adolescent Idiopathic Scoliosis」（側彎症スクリーニングのためのモアレ画像からの CNN を用いた脊柱配列推定器に関する研究）と題し、6章から構成されている。</p> <p>10代を対象とした定期的な側彎症スクリーニングは、側彎症の早期発見のために重要とされている。側彎症診断の従来手法は、レントゲン写真を用いて脊柱配列の湾曲度合い（Cobb 角）を専門医が計測し、その大小によって症状の進行度合いを評価している。しかし、レントゲン画像からは、側彎症評価に重要な脊柱の回旋の度合い（VR 角）を読み取ることが出来ないため、近年では3次元 CT 画像を用いた3次元診断が行われている。これらの診断は、専門医が手作業で必要な脊柱の特徴点を抽出したものから行われており、作業コストと診断の精度が問題となっている。また、レントゲン画像、3次元 CT とともに、被験者の X 線被曝の問題があることから、スクリーニングおよび診断の過程において、症状が深刻と疑われる場合にしか適用出来ない、という問題点がある。</p> <p>本論文では、X 線被曝のない被験者の背面モアレ画像を入力とし、全自動で側彎症スクリーニングに必要な Cobb 角、および VR 角を算出する手法を提案している。モアレ画像とレントゲン画像を用い、レントゲン画像から専門医が脊柱の特徴点座標を抽出したものを教師データとして Convolutional Neural Networks (CNN) の学習を行うことで、モアレ画像のみから高精度に脊柱配列座標を推定する手法、および脊柱配列情報から自動的に Cobb 角、VR 角を算出する方法を提案している。</p> <p>第1章では、日本および海外における側彎症スクリーニングの現状と、現在実施されているスクリーニング方法について述べている。</p> <p>第2章では、レントゲン画像や3次元 CT 画像を用いた側彎症スクリーニング手法の従来手法について概説している。</p> <p>第3章では、新たに構築した側彎症画像データセットについて述べると共に、本データセットを用いた脊柱配列推定のための CNN のモデル構造、学習方法、および入力モアレ画像からの脊柱配列推定の手法について述べている。</p> <p>第4章では、モアレ画像から得られた脊柱配列データから、診断に必要な Cobb 角、VR 角を曲率特徴などを用いて自動算出する手法について述べている。</p> <p>第5章では、提案手法の有効性を検証している。構築したデータセットから抽出したテストデータを用いた実験を行い、CNN による脊柱配列の推定精度、Cobb 角、VR 角の誤差精度を詳細に検討した結果、提案手法が既存手法を上回る推定精度を有していることを示している。</p> <p>第6章では、本論文の結論を今後の展望と共に述べている。</p> <p>以上要するに本論文は、背面モアレ画像を入力とした CNN モデルにより、全自動で側彎症スクリーニングに必要な脊柱配列およびその湾曲度合い、回旋の度合いを高精度に推定可能であることを示したものであり、医用画像工学分野において工学上、工業上、寄与するところが少なくない。</p> <p>よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			

内容の要旨

報告番号	甲 第4933号	氏名	山本 眞大
主論文題名： Web上のテキストデータを用いた道徳的常識の自動獲得に関する研究			
<p>対話システムやコミュニケーションロボットが登場し、人間と機械の間のインタラクションの機会が増えてきている。このようなロボットの急速な社会進出に伴い、人工知能に道徳的な知識を獲得させる必要性が指摘されている。しかしながら、先行研究の多くは人手により記述された知識やルールを用いた処理が主であり、コスト面等で大きな問題がある。さらに、対象となるドメインが限られており、日常生活などの一般的な状況における道徳性に関しては考慮されていない。</p> <p>これらの問題を解決するために本論文では、道徳的常識を低コストで獲得することを目的とする。そのためのアプローチとして、(1)Web上のテキストデータおよび評価表現、(2)単語の高次元ベクトルである分散表現、(3)自然言語処理分野で培われてきた知識獲得技術を利用した新しい手法を提案し、上記の課題の解決を目指す。</p> <p>第1章では、本研究の目的、意義を明らかにすると共に、ロボット倫理学の変遷、自然言語処理分野の概要及びその周辺に関して関連する研究について述べる。</p> <p>第2章ではまず、道徳的な常識の獲得度合いを評価するための道徳判断タスクについて説明する。次に、Web上のテキストデータおよび評価表現を用いて道徳判断を行う手法を提案する。これは基本的には共起頻度を基にした手法であり、評価実験により、結果の考察や得られた課題の検討を行う。</p> <p>第3章では、第2章で提案した手法の対応言語を英語に拡張した手法の提案を行う。具体的には、単語を高次元ベクトルで表現する分散表現を導入し、さらに述語項構造データベースによる連想情報を用いて道徳判断を行う手法を提案する。評価実験により、特に第2章で課題であった長い入力文に対する道徳判断の精度が向上することを示す。</p> <p>第4章ではまず、評価表現、接続表現、構文情報などの言語的パターンを用い道徳に関する擬似ラベル付きデータを作成する手法を提案する。次に、注意機構付きLSTM(Long short-term memory)を導入した深層学習による新しいシステムを提案する。評価実験により、高い精度で道徳判断が可能になることを示す。</p> <p>第5章では、本研究において取り組んだ道徳判断タスクについてまとめ、その成果を要約する。また、今後の展望や残された課題についても述べる。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4933 号	氏 名	山本 眞大
論文審査担当者：			
	主査	慶應義塾大学教授	工学博士 萩原 将文
	副査	慶應義塾大学教授	博士(工学) 今井 倫太
		慶應義塾大学准教授	工学博士 斎藤 博昭
		慶應義塾大学准教授	博士(工学) 篠沢 佳久
<p>学士(工学)、修士(工学) 山本眞大君提出の学位請求論文は、「Web 上のテキストデータを用いた道徳的常識の自動獲得に関する研究」と題し、全5章から構成されている。</p> <p>対話システムやコミュニケーションロボットが登場し、人間と機械の間のインタラクションの機会が増えてきている。このようなシステムやロボットの急速な社会進出に伴い、機械に道徳的な知識を付与させる必要性が増えてきている。しかしながら、先行研究の多くは人手により記述された知識やルールを用いた処理が主であり、コスト面等で大きな問題点がある。さらに対象となるドメインも限られており、日常生活などの一般的な状況における道徳性に関しては考慮されていない。</p> <p>これらの問題を解決するために本論文では、道徳的な常識を低コストで獲得することを目的としている。そのためのアプローチとして、(1) Web 上のテキストデータおよび評価表現、(2) 単語の高次元ベクトル表現である分散表現、(3) 自然言語処理分野で培われてきた知識獲得技術を利用した新しい手法を提案している。</p> <p>第1章では、本研究の目的、意義を明らかにしている。まず、人工知能の歴史を概観し、近年顕在化している人工知能の道徳性を扱うロボット倫理学、自然言語処理分野およびその周辺分野に関して説明している。</p> <p>第2章ではまず、道徳的な常識の獲得度合いを評価するための道徳判断タスクについて説明している。次に Web 上のテキストデータおよび評価表現辞書を用いて道徳判断を行う手法を提案している。これは基本的には共起頻度を基にした手法であり、評価実験により、結果の考察や得られた課題の検討を行っている。</p> <p>第3章では、第2章で提案した手法の対応言語を英語に拡張した手法の提案を行っている。具体的には、単語を高次元ベクトルで表現する分散表現という概念を導入し、さらに述語項構造データベースによる連想情報を利用して道徳判断を行う手法を提案している。評価実験により、特に第2章での課題であった長い入力文に対する道徳判断の精度が向上することが示されている。</p> <p>第4章ではまず、評価表現、接続表現、構文情報などの言語的パターンを用い道徳に関する擬似ラベル付きデータを作成している。次に、N グラム特徴量を基にしたロジスティック回帰モデルと注意機構付き LSTM(Long short-term memory)を導入した深層学習による新しいシステムの提案を行っている。評価実験により、高い精度で道徳判断が可能になることが示されている。</p> <p>第5章では、本論文において取り組んだ道徳判断タスクについてまとめ、その成果を要約すると共に、今後の展望や残された課題についても言及している。</p> <p>以上要するに本研究は、人間と機械の間のインタラクションに不可欠となる道徳的な常識を自動的に獲得する新しい手法を提案し、その有効性を確認したものである。したがって本研究の成果は、工学上寄与するところが少なくない。また、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見える。</p> <p>よって、本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			

内容の要旨

報告番号	甲 第 4934 号	氏 名	奥原 颯
主論文題名： Power-efficient Body Bias Control for Ultra Low-power VLSI Systems (超低電力大規模集積回路のための電力効率の高い基板バイアス制御)			
<p>効率的な IoT の実現において、CMOS 集積回路の電力は未だ必須な懸案事項の一つである。例えば、多数のノードを持つセンサーシステムやヘルスマニタリングシステムなどの大抵はバッテリー駆動であり、電力リソースは限られているためである。一方で、トランジスタではリーク電流やばらつき効果などによって生じる電力の増加が課題であり、これらを効率的に抑える方法が求められている。</p> <p>基板バイアス制御はリーク電流とゲート遅延のトレードオフをチップ製造後にかかわらず調節することができるため、前述の課題の解決に適した方法の一つである。加えて、基板バイアス効果が最新の完全空乏型の Silicon on Insulator (FD-SOI) では高められることが知られている。この FD-SOI ではさらに低製造コスト、高パフォーマンス、低電力といった優れた特徴を持つ。従って、FD-SOI と基板バイアス制御の活用は低電力集積回路にとって有効である。</p> <p>基板バイアス制御は優れた利点をもつ一方で、その電圧制御は慎重に行う必要がある。前述のトレードオフを考えれば、誤った電圧制御では過剰な電力を生じさせるか、あるいは所望のシステム性能を達成できない可能性がある。したがって、本論文では電力の最適点を求める手法を提案する。従来の手法と比較して、提案手法は基板バイアスの制御粒度が高く、より柔軟な電力制御を可能とする。また、提案手法は一般的な電圧制御回路を仮定しているため、すでに設計されたシステムに対しても親和性が高い。</p> <p>さらに、低電力用途では基板バイアス制御を行う際のオーバーヘッドそのものを考慮する必要がある。従来では、その制御粒度からデジタル-アナログ変換回路 (DAC) が基板バイアス制御に用いられてきたが、DAC の駆動にはデジタル回路と比較して高い電圧が要求される。当然、そのような電圧を出力するための追加の回路も必要である。結果として、低電力用途においては無視できないオーバーヘッドやシステムコストの増大を招いてしまう。この問題を解決するため、本論文では Digitally assisted automatic body bias tuning scheme (DABT) を提案する。DABT は 0.35V の超低電源電圧で動作が可能であり、たとえデジタル部がニアスレッシュホールドで動作していても、アナログ回路向けの追加の電源を必要としない。</p> <p>これらの提案手法は SOTB-65nm で実装した実機によって検証されている。結果によると、提案の電力最適化手法は従来のそれと比較して平均して 9.62%、最大で 22.77% の電力削減を V850 マイクロコントローラにおいて達成した。さらに、DABT では電力オーバーヘッドが数 μW 以下であることが実証された。他の手法と比較しても、著者の知る限りではこのオーバーヘッドは世界でも最小である。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4934 号	氏 名	奥原 颯
論文審査担当者：	主査 慶應義塾大学教授	工学博士	天野 英晴
	副査 慶應義塾大学教授	博士（工学）	黒田 忠広
	慶應義塾大学教授	博士（工学）	山崎 信行
	芝浦工業大学教授	博士（工学）	宇佐美 公良
<p>学士(工学)、修士(工学)、奥原颯君の学位請求論文は、「Power-efficient Body Bias Control for Ultra Low-power VLSI Systems（超低電力大規模集積回路のための電力効率の高い基板バイアス制御）」と題し、6章から成る。</p> <p>IoT(Internet of Things)などに用いられるバッテリー駆動のデジタル製品において低電力化は重要な課題である。特に先進プロセスでその割合を増しているリーク電流は、回路が動作しない間でも電力を消費するため、その削減のために様々な手法が提案されている。基板バイアス制御は、トランジスタの基板に電圧を掛けることにより、そのスレッシュホールドレベルを制御することで、性能とリーク電流のバランスを取る手法である。リバース方向に掛けると性能は下がるがリーク電流が減り、フォワード方向にかけるとリーク電流は増えるが性能を上げることができる。この手法は、最近の FD-SOI(Fully Depleted Silicon On Insulator)デバイスで特にその効果が大きくなるため、研究が盛んになっている。本論文では、動作中のチップに対して、基板バイアス手法をより効果的に適用するための手法を2つ提案し、実チップによりその効果を確認している。</p> <p>1章で背景と研究の動機をまとめた後、2章で、最近の SoC(System-on-a-Chip)における基本的電力モデルと電力削減手法を紹介し、基板バイアス制御と、本論文で対象とする FD-SOI について紹介している。次に3章で、現在の基板バイアス制御の問題点を二つ指摘している。一つは、現在は、nMOS、pMOS それぞれのトランジスタに対して対称な電圧を与えるため、電圧が段階的にしか与えられない場合に、制御の効率が悪くなる点であり、もう一つは、基板バイアスを自動的に最適化するシステムの電力面のオーバーヘッドが大きくなる点である。</p> <p>4章では、最初の問題点を解決するため、nMOS、pMOS に対するバイアスを非対称にすることにより、組み合わせ数を増やして制御効率を高める方法を提案している。与えられた周波数に応じて、消費電力を最適にする組み合わせを求め、実チップにより測定したパラメータを用いた電力モデルと、最適化手法を提案している。</p> <p>65nm プロセスを用いた組み込み用 CPU チップに対してこの手法を適用し、非対称化により最大 22.77%の電力を削減できることを示している。次に5章では二つ目の問題を解決するため、基板バイアス制御システム自体の改善に取り組み、チップに目標周波数を与えてやると自動的に最適な基板バイアスを生成する制御システム DABT(Digitally Assisted automatic Body bias Tuning scheme)を提案している。</p> <p>DABT は従来の自動制御方式に比べ、ほとんどの部分がデジタル回路で構成されており、このためデジタル・アナログ変換器を用いる従来方式よりも低い電圧で動作可能である。実チップでの実装結果により、DABT は 0.35V で動作可能であり、電力制御のオーバーヘッドは数 μW で、今まで提案されたどの方式よりも優れていることを確認している。6章では研究のまとめと今後の課題を示している。</p> <p>以上、本論文は、基板バイアス制御に新しい制御手法と自動制御システムを提案し、実チップ上で効果を明らかにした点で、その貢献は工学上少なくない。</p> <p>よって、本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			

内容の要旨

報告番号	甲 第4935号	氏名	土井 千章
主論文題名： Estimation of Personal Factors Affecting Purchasing Behavior and Its Application (購買行動に影響を与える個人要因の推定とその応用)			
<p>近年、消費者個人々に合わせてマーケティングを行う高度な One to one マーケティングの実現が期待されている。これを実現するためには、購入意思決定に影響するデモグラフィック要因やサイコグラフィック要因等の個人要因の影響や、文化や社会階層等の環境要因の影響を把握した上で消費者へ商品やサービスを提供する必要がある。これらの要因は、アンケートやインタビューを通じて取得するのが一般的であるが、全ての消費者から取得することは多大なコストがかかり困難である。そのため、消費者に対して個人情報を開示することへの物理的かつ心理的な負担をかけることなく、消費者を理解することを目的とする。</p> <p>本論文では、購買履歴に加えてアンケート情報、位置情報の多面的かつ長期・高密度の観測可能な行動データを用い、購買行動と購買行動に影響する個人要因の関係性について分析を行う。ライフスタイル、商品に対する嗜好、特定の店舗での購買意思、家族構成の4つの要因を購買行動に影響を与える個人要因とし、これらの個人要因を行動データから推定する手法を提案し、評価実験や実証実験よりその有効性を明らかにする。</p> <p>一つ目は、消費者のセグメンテーションの基準とされているライフスタイルに着目する。購買履歴からライフスタイルが強く現れる商品に関する購買行動のみを抽出することでライフスタイルを推定する手法を提案する。7,023人の購買履歴を用いた評価実験により、44.0%の精度でライフスタイルを推定できることを示した。</p> <p>二つ目は、商品に対する嗜好に着目し、位置情報から商品に対する嗜好を推定する手法を提案する。406名の購買履歴を用いた評価実験により、44.9%の精度で推定できることを示した。また、8,863人を対象とした推定した嗜好に合わせた情報を配信する実店舗での実証実験により、商品に対する嗜好の違いが閲覧率や来店率に影響を与えることを示した。</p> <p>三つ目は、家族の人数や年代などの家族構成に着目し、購買履歴から家族構成を推定する手法を提案する。6,358人の購買履歴を用いた評価実験により、家族構成を45.8%、乳幼児の有無は85.0%の精度で推定できることを示した。さらに推定に有効な商品種類を明らかにし、取得するデータを削減できる可能性についても言及した。</p> <p>四つ目は、購買意思の強さに着目し、位置情報から対象店舗における購買意思の強い顧客を推定する手法を提案する。評価実験により、購買意思の強い顧客をF値60.8%で推定できることを示した。また、18,302人を対象とした実証実験により、購買意思の強さの違いが閲覧率や来店率に影響を与えることを示した。</p> <p>以上4つの購買行動に影響を与える個人要因を推定する手法を提案し、実世界のデータを用いて検証を行うことでその応用可能性を明らかにした。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4935 号	氏 名	土井 千章
論文審査担当者：	主査 慶應義塾大学教授	博士（工学）	重野 寛
	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	工学博士	斎藤 博昭
	慶應義塾大学准教授	博士（工学）	篠沢 佳久
<p>学士(ソフトウェア情報学)、修士(工学)、土井千章君提出の学位請求論文は「Estimation of Personal Factors Affecting Purchasing Behavior and Its Application（購買行動に影響を与える個人要因の推定とその応用）」と題し、全7章で構成されている。</p> <p>消費者個人々に合わせてマーケティングを行う高度な One to one マーケティングの実現が期待されている。そのためには、購入意思決定に影響するデモグラフィック要因やサイコグラフィック要因等の個人要因の影響や、文化や社会階層等の環境要因の影響を把握した上で消費者へ商品やサービスを提供する必要がある。これらの要因はアンケートやインタビューを通じて取得することが一般的であるが、全ての消費者から取得することは多大なコストがかかり困難である。</p> <p>本論文は個人情報を開示することへの物理的かつ心理的な負担をかけることなく消費者の購買行動に影響を与える要因を理解することを目的とし、購買履歴、アンケート情報、位置情報（複数の店舗に関するチェックイン履歴）の多面的かつ長期・高密度の観測可能な行動データを用い、購買行動とそれに影響する個人要因の関係性について分析を行っている。ライフスタイル、商品に対する嗜好、特定の店舗での購買意思、家族構成の4つの要因を購買行動に影響を与える個人要因とし、これらの個人要因を行動データから推定する手法を提案し、評価実験や実証実験からその有効性を明らかにしている。</p> <p>第1章は本論文の序論であり、消費者の意思決定プロセスや購買行動に影響を与える要因について述べ、本研究の位置づけや研究目的を明らかにしている。</p> <p>第2章では関連研究として個人要因の推定に関連する手法や研究について述べている。</p> <p>第3章では、消費者のセグメンテーションのための基準とされているライフスタイルに着目し、購買履歴の分析によりライフスタイルが強く現れる商品を抽出し、それらの商品の購買履歴からライフスタイルを推定する手法を提案している。7,023人の購買履歴を用いた評価実験により、44.0%の精度で推定できることを示した。</p> <p>第4章では、商品に対する嗜好に着目し、位置情報から商品に対する嗜好を推定する手法を提案している。406名の購買履歴を用いた評価実験により、44.9%の精度で推定できることを示した。また、8,863人を対象とした実証実験により、商品に対する嗜好の違いが情報閲覧率や来店率に影響を与えることを示した。</p> <p>第5章では、家族の人数や年代などの家族構成に着目し、日用品の購買履歴から家族構成を推定する手法を提案している。6,358人の購買履歴を用いた評価実験から、家族構成を45.8%、乳幼児の有無を85.0%の精度で推定できることを示した。</p> <p>第6章では、位置情報から対象店舗における購買意思の強い顧客を推定する手法を提案している。評価実験により、F値60.8%で推定できることを示した。また、18,302人を対象とした実証実験により、購買意思の強さの違いが情報閲覧率や来店率に影響を与えることを示した。</p> <p>第7章は本論文の結論であり、論文を総括すると共に今後の展望について述べている。</p> <p>以上要するに、本論文は購買行動とそれに影響を与える個人要因の関係性について分析を行い、行動データから購買に影響する個人要因を推定する手法を提案し、実際の行動データを用いた評価実験や実証実験により提案の有用性を明らかにしており、その貢献は工学上、工業上寄与するところが少なくない。よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			

内容の要旨

報告番号	甲 第 4946 号	氏 名	名取 慧
<p>主論文題名： 粗視化分子シミュレーションと緩和モード解析による$[n]$カテナン高分子と濃厚高分子 ブラシの研究</p>			
<p>本論文では、複雑な高分子系のシミュレーションに緩和モード解析を適用した研究について述べる。各シミュレーションでは、熱平衡、良溶媒条件、そして流体力学的相互作用がないことを想定している。</p> <p>第一のケースは、n 個のループ状の分子が鎖のようにつながった$[n]$カテナン高分子である。分子をこのように結び付ける作用は力学的架橋と呼ばれ、分子機械の構成要素の一つとして注目されている。本研究では、環を小さくして(10 個のセグメント)環の数を増やし(32 個の環)、多くの力学的架橋を持てるようにする。高分子の運動の解析は緩和モード解析(RMA)により行なった。緩和モード解析は、物理量の任意の組の時間相関が指数関数的に減衰する項に分解できると仮定し、物理量を緩和モードで展開する。RMAの結果と、直鎖高分子で有効な線形化近似を適用した結果を比較した。RMAでの緩和時間は線形化近似でのそれより大きく、力学的架橋が従来の架橋より高分子の運動を遅くすることを示唆した。</p> <p>第二のケースは、線状、または環状の高分子が高密度で基板表面に植え付けられた高分子ブラシである。ブラシ中で高分子は極端に伸長した形態をとり、基礎、応用両面で活発に研究されている。シミュレーションでは、基盤とモノマーの間に反発的なポテンシャルを設定した。高分子の植え込み密度は一定とし、高分子の長さを 50 から 200 とした(環状ブラシでは長さを 2 倍にして植え込み密度を 1/2 にした)。緩和モード解析の物理量として、円筒座標上の各鎖のモノマーの動径と高さの変位をとった。解析で得た線状鎖の最も遅い緩和モードの緩和時間は、鎖長の 5.9 乗に比例していた。この指数は、理論による値 3 やシミュレーションによる先行研究の値 3.7 よりずっと大きい。一方で、環状高分子ブラシでの結果はシミュレーションによる先行研究と一致した。不一致の原因は、先行研究では言及されていない根元の遅い運動にあると考えられる。</p> <p>本研究では、緩和モード解析を多段階へと拡張した。この方法では、物理量の時間相関の短時間での挙動を用いて評価した前段階の緩和モードを後段階の物理量として再定義することで、緩和モードの近似の正確さを高める。$[n]$カテナン高分子へ前駆的な二段階 RMA を適用し、濃厚高分子ブラシへ本格的な多段階 RMA を適用した。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4946 号	氏 名	名取 慧
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
<p>学士（理学）、修士（理学）名取慧君提出の学位請求論文は、「粗視化分子シミュレーションと緩和モード解析による$[n]$カテナン高分子と濃厚高分子ブラシの研究」と題し、全7章から成る。</p> <p>高分子系において、高分子の運動に対する様々な拘束が、系の動的性質にどのような影響を与えるかは、高分子物理学における基本的かつ重要な問題である。本論文では、拘束を受けた高分子系として、$[n]$カテナン高分子と濃厚高分子ブラシを扱っている。$[n]$カテナン高分子とは、n個の環状高分子が鎖状に連なった高分子である。隣接する環状高分子が絡まり合い、幾何学的拘束を与えている。高分子ブラシは基板上に高分子の一部を固定した系である。高分子の植え込み密度が高いと、高分子層が濃厚系となり、各高分子は固定による拘束の他、周囲の高分子からの拘束も受ける。本論文は、これらの系に対し粗視化高分子モデルによるシミュレーションを行い、緩和モード解析により高分子の運動を緩和モードに分解し、それぞれの緩和率を調べ、その特徴を明らかにしている。</p> <p>第1章では、本論文の背景、目的と結果の概略を述べている。第2章では、高分子物理学の理論の概略を説明している。第3章では、本論文で用いる粗視化高分子モデルと、シミュレーション方法について説明している。第4章では、緩和モード解析の方法について説明し、その拡張である多段階緩和モード解析の方法を提案している。従来の緩和モード解析は、重要と考えられる複数の物理量の時間相関行列を、2つの時間間隔に対しシミュレーションで計算し、それらの一般化固有値問題を解くことで、系の緩和モードと緩和率を求める方法であった。多段階緩和モード解析は、前段階の緩和モード解析で求めた緩和モードを、後段階の緩和モード解析で用いる物理量とする。著者はこの方法を開発することにより、拘束系特有の遅い緩和を扱えるようにした。第5章では、孤立$[n]$カテナン高分子に対してブラウン動力学シミュレーションを行い、2段階緩和モード解析により緩和率分布と緩和モードを評価している。10セグメントから成る環状高分子32個が鎖状に連なった$[n]$カテナン高分子を扱い、1段階目の物理量として各環状高分子の重心の位置を用いた。緩和モード解析で得られた緩和率は、通常の線状高分子で有効な線形化近似の結果より小さく、幾何学的拘束による結合が緩和を遅くすることが示唆された。第6章では、線状高分子の一端のセグメントを基板に固定した線状ブラシと、環状高分子の1セグメントを基板に固定した環状ブラシに対して、分子動力学シミュレーションを行い、多段階緩和モード解析により緩和率分布、緩和モードを評価している。1段階目の物理量として、高分子の各セグメントの動径と高さの2乗変位を用いた。線状ブラシの場合、高い植え込み密度を用い、高分子の鎖長（セグメント数）を50から200とした。環状ブラシの場合、植え込み密度を半分とし、鎖長を倍とした。線状ブラシの場合、最長緩和時間が鎖長の5.9乗に比例する結果が得られた。この指数は先行研究の結果3.7や理論値3よりはるかに大きい。最長緩和時間に対応する緩和モードが最大値、最小値を取るときの高分子の配座を調べ、高分子の根元部分が周りの高分子と絡まり合っていることを見出している。これは、この緩和が、高分子濃厚系で知られている「腕の引き込み」的な運動で絡まり合いを解く過程に対応することを示唆している。その場合、最長緩和時間は鎖長に指数関数的に依存し、大きな指数5.9はその依存性に向かう過渡的な値である可能性がある。環状ブラシの場合、最長緩和時間が鎖長の3.7乗に比例する結果が得られ、先行研究の結果3.5と整合していた。調べた鎖長の範囲では、環状ブラシに絡まり合いは見出せなかった。第7章では、本論文の結論をまとめている。</p> <p>以上、本論文は緩和モード解析の方法を拡張した多段階緩和モード解析の方法を提案し、$[n]$カテナン高分子と濃厚高分子ブラシのシミュレーションに適用することで、拘束された高分子系の動的特徴を明らかにしている。また、提案された多段階緩和モード解析の方法は、今後、遅い緩和を示す様々な系に適用することが可能な、汎用性の高い時系列の解析方法である。これらの研究成果は、高分子物理学および統計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4947号	氏名	溝谷 優治
主論文題目： Chemical Biological Studies on the Development of Ascidian <i>Ciona robusta</i> (ケミカルバイオロジーによるカタユレイボヤの発生生物学研究)			
<p>カタユレイボヤ（以下ホヤ）はヒトに近縁な脊索動物である。ホヤは初期発生が早い，飼育しやすい，身体が透明である，飼育コストが安い，一度に大量の個体を得ることができるといったメリットを有す発生のモデル生物である。本論文では培養細胞レベルこそ広く用いられてきたものの，個体レベルでは報告が少ないケミカルバイオロジー研究をホヤで行うことにした。</p> <p>(1) ホヤを用いた化合物毒性評価試験 個体を用いた毒性評価は新薬開発の重要なステップである。本研究ではホヤが化合物の毒性評価に有用であることを示す。著者は受精後 2 日以降に進行するホヤ変態のプロセスにおいて，ダイナミックに変化する 6 つの指標（退縮尾部の大きさ，柄の長さ，体軸の角度，胃の大きさ，心臓の拍動数，そして体幹の大きさ）に着目し，これらの形成阻害を指標として既存の細胞傷害性制がん物質（ミトコンドリア呼吸鎖阻害剤・チューブリン重合・脱重合阻害剤）の毒性評価が可能であるか検討した。その結果，これら指標は濃度依存的に阻害され，作用機序が異なる物質は互いに異なる阻害パターンを，類似しているものは互いに類似している阻害パターンを示すことを見出した。このことから，ホヤは毒性を評価するモデル生物として有用であり，また表現型プロファイルから標的未知の化合物の作用機構を類推するのにも貢献できる可能性を示した。</p> <p>(2) ケミカルジェネティクスによるホヤ脊索管形成機構の解析 ホヤの脊索は生体の管形成のシンプルな <i>in vivo</i> モデルとして注目されている。本研究では筆者はケミカルジェネティクス手法を用いて 14-3-3□a の管形成に果たす役割を示す。ホヤの初期発生に影響を及ぼす化合物を探索したところ，ホヤ脊索管形成を選択的に阻害する化合物 UTK01 を見出した。UTK01 の結合タンパク質を 14-3-3□a と同定し，そのノックダウンを行ったところホヤ脊索の表現型が UTK01 と同様であったことから，UTK01 は 14-3-3□a の機能を阻害することでホヤ脊索管形成を阻害することを見出した。UTK01 は 14-3-3εa と管形成に関与することで知られる Ezrin/Radixin/Moesin (ERM) との直接相互作用を阻害したことから，著者は両者の相互作用が果たす役割についてさらに検証した。両者は管腔が形成される直前には basal 面の収縮環に共局在したが，管腔の形成が始まると収縮環における周期的な蓄積と消失を起こしはじめ，消失時には管腔が存在する apical 面に向かって myosin II や細胞質とともに移動していくのを見出した。しかし UTK01 処理個体や 14-3-3εa-ERM 相互作用を阻害する遺伝子変異体では収縮環での周期的な蓄積，そして basal から apical 面へと向かう流動がキャンセルされた。以上より 14-3-3εa-ERM の収縮環での相互作用が basal から apical 面へと向かう流動を引き起こし，管腔の形成に重要な因子を輸送していることが示唆された。著者はケミカルジェネティクス手法をもちいて管形成に関わる新たな分子として 14-3-3□a を同定し，14-3-3εa と ERM の相互作用が生体管形成においてこれまで知られていなかった，収縮環から管腔に向かう流動を引き起こしていることを明らかにした。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4947 号	氏 名	溝谷 優治
論文審査担当者：	主査 慶應義塾大学教授	農学博士	井本 正哉
	副査 慶應義塾大学教授	工学博士	岡 浩太郎
	慶應義塾大学准教授	医学博士	松本 緑
	慶應義塾大学准教授	博士 (工学)	舟橋 啓
<p>学士 (理学)、修士 (理学) 溝谷優治君提出の学位請求論文は、「Chemical biological studies on the development of ascidian <i>Ciona robusta</i> (ケミカルバイオロジーによるカタユレイボヤの発生生物学研究)」と題し、全4章から成っている。</p> <p>ケミカルバイオロジーとは小分子化合物を用いて生命現象の分子機構を解明する研究領域である。ケミカルバイオロジー研究はこれまでは主に培養細胞レベルで展開されてきたが、実際の生体を反映する個体レベルでの研究は少ない。そこで溝谷君はヒトに近縁なカタユレイボヤを用いて、ケミカルバイオロジーに基づく発生生物学研究を行った。</p> <p>第1章 (序論)ではまず従来のケミカルバイオロジー研究について概説し、次に発生生物学におけるモデル生物が生命科学にもたらしてきた恩恵を述べている。そして最後に本学位論文でおこなった2つの研究 (毒性評価・生体管形成) についてまとめている。</p> <p>第2章ではホヤを用いた薬剤毒性評価試験について述べている。ホヤは受精後2-4日にかけて、変態過程を通して形態がダイナミックに変化する。そこで体幹・退縮尾部・胃・心臓・体軸回転・柄の6つの形態指標に着目し、これらの形成阻害を指標とした細胞傷害性制がん物質の毒性評価が可能か検討した。その結果、ミトコンドリア呼吸鎖阻害剤、チューブリン重合・脱重合阻害剤そしてDNA/RNA合成阻害剤は各々異なった毒性プロファイルを示したが、同じ標的の化合物間では類似した毒性プロファイルを示した。このことから、ホヤは毒性を評価するモデル生物として有用であり、またその表現型から標的未知の化合物の作用機構を類推するのにも貢献できる可能性を示した。</p> <p>第3章では小分子化合物を用いたホヤ脊索管形成制御機構解析について述べている。ホヤの初期発生に影響を及ぼす化合物を探索したところ、がん細胞の遊走阻害物質UTKO1がホヤ脊索管形成を選択的に阻害することを見出した。さらにUTKO1の標的タンパク質として14-3-3εaを同定し、14-3-3εaをノックダウンしても同様に脊索管形成が阻害されたことから、UTKO1は14-3-3εaの機能を阻害することで脊索管形成を阻害していることを明らかにした。次に溝谷君はこの14-3-3εaがホヤの脊索管形成に関与し、脊索特異的に発現しているEzrin/Radixin/Moesin (ERM) と直接相互作用していることを見出した。両者は管腔が形成される直前にはbasal面の収縮環に共局在していた。UTKO1は14-3-3εa-ERMの直接相互作用を阻害し、ホヤ脊索細胞内ではbasalにおける収縮環の共局在をキャンセルしていた。そこで収縮環における14-3-3εaとERMの挙動をライブイメージングで観察したところ、管腔形成時には周期的に収縮管に蓄積し、その後myosin IIや細胞質とともに管腔に向かってdirected flowを伴いながら移動することを見出した。一方UTKO1処理個体や14-3-3εa-ERM結合を阻害した遺伝子変異体ではそのようなflowは見られなかった。以上より、UTKO1を用いた解析から溝谷君は14-3-3εa-ERMの収縮環における相互作用がdirected flowを生み出し、管腔形成に重要な因子を輸送するのに貢献していることが示唆されると結論づけた。</p> <p>第4章ではこれら2つの研究結果を総括し、ケミカルバイオロジーを用いることで可能になった発生生物学上における貢献について述べている。今後発生生物学においてもケミカルバイオロジーを用いることで、基礎研究や応用研究で貢献しうると締めくくっている。</p> <p>本論文はホヤを用いた化学発生生物学ともいえるユニークな研究を行っており、今後の発生生物学の研究の幅を広げるものである。また本研究で明らかになった、ホヤを用いた毒性試験評価試験法の有用性、また管腔形成の分子機構は基礎研究や応用研究で有用な知見であると考えられる。よって、本論文の著者は博士 (理学) の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			

Thesis Abstract

Registration Number	“KOU” No.4948	Name	Mondal, Soumita
Thesis Title			
Strong Coupling Effects in the BCS-BEC Crossover Regime of a Rare-earth Fermi Gas with an Orbital Feshbach Resonance			
<p>In this thesis, I theoretically investigate normal-state properties of an ultracold rare-earth Fermi gas with an orbital Feshbach resonance (OFR). Recently, OFR has been observed in a ^{173}Yb Fermi gas. Including the two-band character of this system, as well as pairing fluctuations caused by a tunable pairing interaction associated with OFR within the framework of a T-matrix approximation, I clarify strong-coupling corrections to single-particle excitations in the BCS (Bardeen-Cooper-Schrieffer)-BEC (Bose-Einstein condensation) crossover region.</p> <p>After an introduction of cold Fermi gas physics, I present our formulation. For a model two-band Fermi gas, I first include pairing fluctuations within a standard T-matrix approximation. Effects of an experimentally inaccessible deep bound state are then removed from the theory, in order to correctly describe a ^{173}Yb Fermi gas with OFR.</p> <p>Using this <i>amended</i> strong-coupling T-matrix approximation, I evaluate the single-particle density of states, as well as the single-particle spectral weight, in the normal state near the superfluid phase transition temperature T_c. In the open channel, these quantities are shown to exhibit the pseudogap phenomenon in the crossover region. On the other hand, such a many-body phenomenon does not occur in the closed channel, due to the presence of a band gap between this channel and the open channel. In the closed channel, instead, strong pairing fluctuations induce non-vanishing intensity in the negative energy region of these single-particle quantities.</p> <p>I also examine the photoemission spectrum, which is observable in cold Fermi gas physics. When the system is spatially uniform, I show that the above-mentioned strong-coupling phenomena can be observed by the photoemission-type experiment. In the presence of a harmonic potential, on the other hand, treating this trapped geometry in the local density approximation, I clarify that the detailed pseudogap structure in the open channel is smeared out by the spatial inhomogeneity. However, strong-coupling corrections to single-particle excitations can still be seen in both the open and closed channels as the appearance of the photoemission-spectral intensity in the negative energy region.</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4948 号	氏 名	Mondal, Soumita
論文審査担当者：	主査 慶應義塾大学教授	博士 (理学)	大橋 洋士
	副査 慶應義塾大学教授	工学博士	佐藤 徹哉
	慶應義塾大学准教授	博士 (理学)	山本 直希
	慶應義塾大学准教授	博士 (理学)	渡邊 紳一

Bachelor of Science in Physics、Master of Science in Physics、Mondal, Soumita 君の学位請求論文は、「Strong Coupling Effects in the BCS-BEC Crossover Regime of a Rare-earth Fermi Gas with an Orbital Feshbach Resonance」と題し、全5章より構成されている。

冷却フェルミ原子ガスの研究分野では、2004年に ^{40}K や ^6Li のフェルミ原子ガスで超流動化が達成されて以降、アルカリ金属原子以外のガスでの超流動実現が次なる大きな目標となっている。しかし、 ^{40}K や ^6Li のフェルミ原子ガス超流動の発現機構である磁気フェッシュバッハ共鳴がアルカリ金属原子の特徴を巧みに利用しているため、希土類原子などには使えないという困難があり、未だ実現には至っていない。これに対し、近年、軌道フェッシュバッハ共鳴と呼ばれる新しいタイプのフェッシュバッハ共鳴が希土類原子 ^{173}Yb フェルミ原子ガスにおいて観測された。磁気フェッシュバッハ共鳴と同様に、軌道フェッシュバッハ共鳴も超流動化に必須である原子間引力相互作用の強度を自在に制御することができ、弱結合から強結合に至る幅広い相互作用領域での物性研究が可能である。更に、フェッシュバッハ共鳴に共通して現れる open channel と closed channel と呼ばれるエネルギー準位のうち、磁気フェッシュバッハ共鳴では前者しか観測することができないが、軌道フェッシュバッハ共鳴では、両者とも観測できるという長所もある。本研究は、当該研究分野におけるこうした最近の進展を受け、軌道フェッシュバッハ共鳴を有する ^{173}Yb フェルミ原子ガスに対する強結合理論を構築し、それを用い、open channel と closed channel 両準位に対する強結合効果をBCS (Bardeen-Cooper-Schrieffer)-BEC(Bose-Einstein condensation)クロスオーバー領域で明らかにしている。更に、それが観測可能量である光原子分光スペクトルにどのように現れるかを理論的に予言する、という成果も挙げている。

第1章は序論である。冷却フェルミ原子ガスにおける従来の磁気フェッシュバッハ共鳴と本研究が対象とする軌道フェッシュバッハ共鳴が説明された後、研究の目的が述べられている。

第2章では、 ^{173}Yb フェルミ原子ガスに対する強結合理論が説明されている。軌道フェッシュバッハ共鳴機構による引力相互作用に起因する対形成揺らぎの効果を強結合 T 行列理論の枠組みで取り入れた後、実験でアクセスできない強束縛状態の影響をこの理論から除去する新しい方法が詳説されている。従来の理論では、この影響を除くために数値計算の段階でエネルギー積分の範囲を調整する必要があったが、本研究で考案された新手法により、理論の枠組みの時点でその影響を完全に除去できるようになった。これは、非常に重要な成果である。

第3章では、前章で説明された強結合理論を用い、正常相における1粒子励起を研究している。磁気フェッシュバッハ共鳴を有する ^{40}K や ^6Li のフェルミ原子ガスのBCS-BECクロスオーバー領域で議論されてきた擬ギャップ現象が、軌道フェッシュバッハ共鳴を有する ^{173}Yb フェルミ原子ガスのopen channelにも現れることや、closed channelの1粒子状態密度やスペクトル強度の相互作用依存性がopen channelのものとは大きく異なることを明らかにしている。

第4章では、第3章で明らかにされた強結合現象が、観測可能量である光原子分光スペクトルにどう現れるかを研究している。一様系の場合、および、実験に即して ^{173}Yb フェルミ原子ガスがポテンシャルに捕獲されている場合を考え、いずれの場合も、closed channelに対する強結合効果が負のエネルギー領域に現れるスペクトル強度として観測できるという重要な結果を得ている。

第5章では、結論として本研究の成果がまとめられている。

本研究は、軌道フェッシュバッハ共鳴を有する ^{173}Yb フェルミ原子ガスに対する強結合理論を実験状況をも加味して構築することに成功しており、その成果は高く評価できる。本研究により、open channel、closed channelそれぞれに対する強結合効果が明らかになったことは、当該研究分野の今後の発展に大いに貢献するものである。また、この系は多バンド超伝導体との類似性が指摘されており、本研究で得られた成果は、広く超伝導・超流動現象の理解にも資するものである。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ものと認める。

内容の要旨

報告番号	甲 第4949号	氏名	山縣 広和
主論文題名： 量質混合アプローチに基づく工学教育モデル			
<p>我が国においてはSTEM(Science, Technology, Engineering, Mathematics)教育が教育政策に挙げられ、工学教育の増進が図られている。しかし、教育法の方向性が一貫しないことに起因した、学習者の学力や自己効力感の低下が指摘されている。ゆえに教育法に対して影響を与える、提案者の立場による量性と質性の視点の差異や学習者の人数などの条件によらない、教育モデルを導入した教育法が必要と考えられる。</p> <p>そこで、本研究では量質混合アプローチに基づく工学教育モデルの構築を目的とし、モデルを規範に複数条件に対応させた教育法と評価法について、実現可能性を論じた。</p> <p>第1章では、本研究の背景となる工学教育に関する従来の研究について概説した。</p> <p>第2章では、教育法を量と質の混合問題と定義し、量質混合アプローチを教育法に適用可能とする条件を整理してモデルベース混合研究法の必要性を論じた。そして、学習者の自己効力感向上に寄与する教育法である形成的フィードバックの概念をブロック線図で記述した。この独自の形成的フィードバック教育モデルに、工学教育上の学習と評価に必要な条件を組み込むことで工学教育モデルを提案した。このモデルは、入力を達成目標、出力を教育効果の量的評価とした。内部の外乱オブザーバには学習者の質的評価と教育を担わせた。これにより、教育法をモデルベースに論ずることを可能とした。</p> <p>第3章では、量性と質性の視点や学習者の人数による違いによらない単一のモデルで教育効果を評価するため、マルチフェーズ混合研究法の導入について論じた。すなわち単一のモデルを用いたモデルベース混合研究法により構成された研究群を、複数のフェーズとして並列に扱えるモデルベース・マルチフェーズ混合研究法を考案した。これにより量質混合アプローチに基づく工学教育モデルによる教育効果の評価を可能とした。</p> <p>第4章では、第2章で示した工学教育モデルによる教育活動を実施するための教材に関する選定と設計のプロセスを述べた。本研究においては力のつりあいの理解を達成目標とし、関連する学力の質的評価を可能とする水中ロボット教材を開発した。</p> <p>第5章では、第3章で示したモデルベース・マルチフェーズ混合研究法に則って多人数と少人数の2フェーズを計画し、第4章の教材を活用した少人数向けの教育法を実施したことを述べた。事前と事後での学習状況の混合評価と、途中で得た質的観察評価に対して混合研究法における収斂を行い、工学教育モデルを規範とする教育法の教育効果の存在について検証した。その結果、水中ロボット教材を用いた工学教育モデルの妥当性と、それに基づく教育活動による学力と自己効力感の向上が認められた。</p> <p>第6章では、多人数向けへの検証を目的として、2年間実施したロボコンによる教育法の教育効果について論じた。実施中での観察によって得られた質的評価とアンケート結果で得られた混合評価に対して混合研究法における収斂を行った。その結果、工学教育モデルの妥当性と、学力と自己効力感の向上が認められた。以上より、量質混合アプローチに基づく工学教育モデルを用いた教育法と評価法が成立することを示した。</p> <p>第7章では、結論として各章で得られた内容をまとめ、本研究の成果を要約した。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4949 号	氏 名	山縣 広和
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学准教授	博士（工学） 森田 寿郎
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 杉浦 壽彦
		慶應義塾大学教授	工学博士 松岡 由幸
		慶應義塾大学専任講師	博士（工学） 加藤 健郎
		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) 山縣広和君提出の学位請求論文は「量質混合アプローチに基づく工学教育モデル」と題し, 7 章で構成されている。

我が国においては STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) 教育が教育政策に挙げられて工学教育の増進が図られている。しかし, 教育法の方向性が一貫しないことに起因した, 学習者の学力や自己効力感の低下が指摘されている。ゆえに教育法に対して影響を与える, 提案者の立場による量性と質性の視点の差異や学習者の人数などの条件によらない, 教育モデルを導入した教育法が必要と考えられる。そこで, 本研究では量質混合アプローチに基づく工学教育モデルの構築を目的とし, モデルを規範に複数条件に対応させた教育法と評価法の実現可能性を検討している。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, 教育法を量と質の混合問題と定義し, 量質混合アプローチを教育法に適用可能とする条件を整理してモデルベース混合研究法の必要性を論じている。そして, 学習者の自己効力感向上に寄与する教育法である形成的フィードバックの概念に, 工学教育上の学習と評価に必要な条件を組み込んだ独自の工学教育モデルを提案し, 教育法をモデルベースに論ずることを可能としている。

第 3 章では, 量性と質性の視点や学習者の人数による違いによらない単一のモデルで教育効果を評価するために, 単一のモデルを用いたモデルベース混合研究法によって構成された研究群を, 複数のフェーズとして並列に扱えるモデルベース・マルチフェーズ混合研究法を考案している。この研究法により量質混合アプローチに基づく工学教育モデルによる教育効果の評価を可能としている。

第 4 章では, 第 2 章で示した工学教育モデルによる教育活動を実施するための教材に関する選定と設計のプロセスを示し, 力のつりあいの理解を質的に評価可能とする水中ロボット教材を開発している。

第 5 章では, モデルベース・マルチフェーズ混合研究法に則って多人数と少人数の 2 フェーズを計画し, 第 4 章の教材を活用した少人数向けの教育法について論じている。事前と事後での学習状況の混合評価と, 途中で得た質的観察評価との混合研究法における収斂の結果によって, 工学教育モデルを規範とする教育法において学力と自己効力感の向上が認められることを明らかにしている。

第 6 章では, 多人数向けへの検証を目的として 2 年間実施したロボコンによる教育法の教育効果について論じている。実施中に得られた質的評価とアンケートで得られた混合評価に対して混合研究法における収斂を行った結果によって, 学習者の学力と自己効力感の向上を確認している。以上より, 量質混合アプローチに基づく工学教育モデルを用いた教育法と学習効果の評価法が成立することを示している。第 7 章は結言であり, 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, 本研究は量質混合アプローチに基づく工学教育モデルを構築することによって, 教育法の提案者による視点の差異や学習者の人数によらずに学習者の学力と自己効力感を向上できる教育法が実現可能であることを明らかにしており, これらの成果は, 機械工学分野において, 工学上, 工業上寄与するところが少なくない。よって, 本論文の著者は博士 (工学) の学位を受ける資格があるものと認める。

内容の要旨

報告番号	甲 第4950号	氏名	阿部 純一郎
主論文題名： エレクトロスピニングナノファイバーの多孔質防汚表面及びリチウムイオン電池負極への応用			
<p>本研究の目的は、環境問題の解決に向けての重要技術である二次電池と太陽電池へエレクトロスピニング法で成膜したナノファイバーを応用し、特性を改善することである。</p> <p>ナノファイバーは、「超表面積効果」、「ナノサイズ効果」、「超分子配列効果」などの特徴的な機能を有している。これらの機能を生かし、太陽電池の防汚膜と LIB (Lithium Ion Battery)の負極への応用を検討し、従来とは異なる新規の機能を付与させることによって特性を改善した。</p> <p>第1章では、本研究の背景と目的について記述した。第2章では本研究でコア技術であるエレクトロスピニング法の基礎を中心に、太陽電池への防汚技術と LIB へのエレクトロスピニング法への応用研究に関して記述した。</p> <p>第3章では、エレクトロスピニング法で成膜した Poly(vinylidene fluoride-co-hexafluoropropylene)下地層を用いた高透過性と高散乱特性を有する SLIPS (Slippery liquid infused porous surfaces)膜の太陽電池への応用研究を報告する。高い全透過率及び散乱特性を有するこの防汚コーティングは、従来の散乱特性を有さない SLIPS 膜と比較し、太陽電池の発電特性を大きく下げることなく、防汚特性を改善出来ることを示した。</p> <p>第4章では、PAN (Polyacrylonitrile)由来の CNF (Carbon Nanofiber)の LIB 負極応用を報告する。特に、先行研究で報告されている最も特性に影響があると言われていたプロセスパラメータである焼成温度の影響に関して調査した。結果として、焼成温度を上げることによって、高いレート特性を示した。これは、焼成温度を上げることによって CNF の炭化を促進され、電極の導電性が向上されたことが要因である事を見出した。</p> <p>第5章では、第4章で評価した CNF をベースとした炭素/酸化鉄複合ナノファイバーの LIB 負極応用を報告する。酸化鉄/炭素複合体ナノファイバー電極は、導電剤、バインダーなどの非活性材料を用いずに約 600 mAh/g の容量を示す。また、高容量ながら優れたサイクル特性も示した。また、本章では炭化温度とプレス処理のプロセスパラメータの影響も調査した。レート特性は、第4章の結果と同様に炭化温度を上昇すると改善されることを見出した。一方、プレス処理は、単位体積当たりの容量密度を改善するが、レート特性は低下することを見出した。これは、酸化鉄による CNF の酸化分解によるファイバーのダメージの影響度が増加するためであると見出した。</p> <p>第6章では、第5章で問題となった高温炭化時の遷移金属酸化物による CNF の酸化分解の課題に対応するために、高温焼成で高性能 CNF を作製した後に、高容量材料を水熱合成で担持し、酸化スズ/炭素複合体ナノファイバー電極を作製した。この手法で作製した酸化錫/炭素複合体ナノファイバー電極は、酸化鉄/炭素複合体ナノファイバー電極と同様に非活性材料を用いず、高容量を示し、優れたサイクル特性を示した。</p> <p>第7章では、本研究を総括し、これからの研究の展望について述べた。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4950 号	氏 名	阿部 純一郎
論文審査担当者：	主査 慶應義塾大学教授	博士（工学）	白鳥 世明
	副査 慶應義塾大学教授	博士（工学）	片山 靖
	慶應義塾大学教授	Ph. D.	堀田 篤
	慶應義塾大学准教授	博士（工学）	緒明 佑哉
<p>学士（工学）、修士（工学）阿部純一郎君提出の学位請求論文は「エレクトロスピンニングナノファイバーの多孔質防汚表面及びリチウムイオン電池負極への応用」と題し、7章から構成されている。</p> <p>現在、ナノファイバーは、超表面積効果、ナノサイズ効果、超分子配列効果と呼ばれている三つの特徴的な機能を有しており、これらの機能を様々な分野へ応用する研究が行われている。ナノファイバーを作製する手法の中でも、エレクトロスピンニング法は、材料選択性の高さなどの利点から、様々な分野で応用されている技術である。そこで、本研究はエレクトロスピンニング法を用いて作製したナノファイバー不織布の特性を明らかにし、その膜の特徴を生かして太陽電池向けの防汚コーティングと Lithium ion Battery (LIB)負極を高機能化することを目的としている。</p> <p>第1章では、本研究の背景と目的について記述している。</p> <p>第2章では、本研究のコア技術であるエレクトロスピンニング法の基礎を中心に、太陽電池への防汚技術と同法の LIB への応用研究に関して記述している。</p> <p>第3章では、エレクトロスピンニング法で成膜した Poly(vinylidene fluoride-co-hexafluoropropylene) 下地層を用いた高透過性と高散乱特性を有する Slippery liquid infused porous surfaces (SLIPS)膜の太陽電池への応用研究を報告している。この防汚コーティングは、従来の SLIPS 膜と異なり、太陽電池の発電特性を低下させずに防汚特性を維持することを示している。</p> <p>第4章では、Polyacrylonitrile 由来の Carbon nanofiber (CNF)の LIB 負極への応用を報告している。先行研究で報告されている最も特性に影響があるといわれているプロセスパラメータである炭化温度の影響に関して調査している。結果として、炭化温度上昇によって、高いレート特性を示している。これは、CNF の炭化が促進され、電極反応が向上したことが要因である。</p> <p>第5章では、第4章で評価した CNF をベースとした炭素/酸化鉄複合ナノファイバーの LIB 負極応用を報告している。酸化鉄/炭素複合ナノファイバー電極は、導電剤、バインダーなどを用いずに約 600 mAh/g の容量と優れたサイクル特性も示している。また、本章では炭化温度とプレス処理のプロセスパラメータの影響も調査した。レート特性は、第4章の結果と同様に炭化温度を上昇すると改善されることを見出した。一方、プレス処理は、単位体積当たりの容量密度を改善するが、レート特性を低下させた。これは、酸化鉄による CNF の酸化分解によるファイバーへのダメージの影響であると要因づけている。</p> <p>第6章では、第5章で問題となった高温炭化時の遷移金属酸化物による CNF の酸化分解の課題に対応するために、高温焼成で高性能 CNF を作製した後に、高容量材料を水熱合成で担持し、酸化スズ/炭素複合ナノファイバー電極を作製している。この手法で作製した酸化スズ/炭素複合ナノファイバー電極は、酸化鉄/炭素複合ナノファイバー電極と同様に導電剤、バインダーなどを用いず、高容量を示し、優れたサイクル特性を示している。</p> <p>第7章では、本研究を総括し、これからの研究の展望について述べている。</p> <p>以上、要するに、本論文ではエレクトロスピンニング法を用いた材料を、太陽電池向けの防汚コーティングとリチウムイオン電池の負極へ適用し、高機能化を検討している。これらの知見は、ナノファイバーの技術革新につながり、実用的に利用可能な製膜技術として位置づけることができる。したがって、材料科学およびエレクトロニクス関連学術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。</p>			

内容の要旨

報告番号	甲 第4951号	氏名	田中 裕樹
主論文題名： Trivalent Praseodymium-doped Yttrium Lithium Fluoride Visible Lasers Pumped by Gallium Nitride Series Laser Diodes (窒化ガリウム系半導体レーザ励起 3 価プラセオジム添加 イットリウムリチウムフッ化物可視レーザ)			
<p>近年の窒化ガリウム系青色半導体レーザの発明によって、可視域で直接発振できる固体レーザが実現可能となった。希土類の中で、三価プラセオジムイオン (Pr^{3+}) はそのレーザ動作に適切な 4 準位の発光遷移を数多く有し、その誘導放出断面積も大きく、そして何より急速に高出力化が進んでいる波長 450 nm 付近の青色半導体レーザによって直接励起が可能であることから、可視レーザ材料として注目されている。</p> <p>本研究では、青色半導体レーザ直接励起による Pr^{3+} 添加 LiYF_4 (YLF) レーザの高出力動作を実現し、出力拡張を制限する要因及び更なる高出力化可能性を明確化する。また、新たな可視域における可飽和吸収体として遷移金属添加酸化物結晶の特性を実験的に評価し、それらを用いて Pr^{3+}:YLF レーザの受動 Q スイッチ動作の動作実証及び解析を行った。第二高調波及び和周波発生によって Pr^{3+}:YLF レーザを紫外域へ拡張した。</p> <p>第 1 章では、本研究の背景及び目的を概説した。</p> <p>第 2 章では、本研究に用いた分光及びレーザ物理に関する基礎理論を記述した。</p> <p>第 3 章では、青色半導体レーザ直接励起による連続波 Pr^{3+}:YLF レーザの発振実験を行い、更なる高出力化に向けた知見をまとめた。本研究で用いた青色半導体レーザ及び Pr^{3+} 添加 YLF 結晶の特性についても本章に記述した。</p> <p>第 4 章では、様々な遷移金属添加酸化物結晶の可飽和吸収特性の評価について記述した。特に 4 価クロム (Cr^{4+}) 及び 2 価コバルト (Co^{2+}) 添加酸化物に着目し、可飽和吸収特性を決定付けるパラメータを決定した。</p> <p>第 5 章では、Cr^{4+} 及び Co^{2+} 添加可飽和吸収体を用いた Pr^{3+}:YLF レーザの受動 Q スイッチ実験について述べた。</p> <p>第 6 章では、共振器内第二高調波による連続波、受動 Q スイッチ紫外レーザの発振実験及び能動 Q スイッチ Pr^{3+}:YLF レーザを用いた波長 213 nm の第三次高調波発生実験について記述した。第三次高調波発生において、光学活性石英の旋光性を利用し、2 段階の Type-I 位相整合を達成した。</p> <p>第 7 章では、各章で得た実験結果及び知見をまとめ、本博士論文の総括を行った。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4951 号	氏 名	田中 裕樹
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	工学博士 神成 文彦
	副査	慶應義塾大学教授	博士（工学） 津田 裕之
		慶應義塾大学教授	博士（工学） 田邊 孝純
		慶應義塾大学教授	理学博士 佐々田博之
<p>修士（工学）田中裕樹君提出の学位請求論文は、「Trivalent Praseodymium-doped Yttrium Lithium Fluoride Visible Lasers Pumped by Gallium Nitride Series Laser Diodes」（窒化ガリウム系半導体レーザ励起 3 価プラセオジウム添加イットリウムリチウムフッ化物可視レーザ）と題し、7 章から構成されている。</p> <p>近年の窒化ガリウム系青色半導体レーザ（InGaN-LD）の高出力化により、この半導体レーザを励起に用いた、3 価プラセオジウムイオン（Pr³⁺）添加固体レーザの高効率・高出力可視域レーザとしての発展性が注目されている。このレーザが、既に広く実用化されている近赤外域のネオジウム、あるいはイッテルビウム添加固体レーザと同様に汎用化されるには、レーザ出力のスケールビリティに加え、短パルス動作および高効率な 2 倍波発生による紫外域への拡張といった機能性の付加も必要となる。本論文の著者は、InGaN-LD 励起 Pr³⁺ 添加 YLiF₄ (Pr:YLF) レーザの高出力化の上限を決める熱負荷条件を実験的に明らかにし、さらにパルス Q スイッチ動作に必要な可視域における可飽和吸収体として新規な遷移金属添加酸化物結晶の特性を実験的に評価し、Q スイッチレーザ動作とその 2 倍波発生を実現した。</p> <p>第 1 章では、本研究の背景及び動向について述べ、本研究の目的と意義をまとめている。</p> <p>第 2 章では、本研究に用いたレーザ基礎理論と Pr:YLF 結晶の光学特性を概説している。</p> <p>第 3 章では、計 20 W の InGaN-LD を端面励起に用いた Pr:YLF レーザの単一モード発振実験を行い、波長 640 nm において世界最高連続波出力 6.8 W をスロープ効率 45.5% で得ることに成功した。この強励起条件では、熱誘起屈折率分布が結晶に生じ発振光の波面歪により出力特性が悪化し始め、波長 523 nm においてはレーザ発振そのものが阻害されることを見出した。</p> <p>第 4 章では、様々な遷移金属添加酸化物結晶の可飽和吸収特性を光学計測によって定量的に評価した結果について述べている。とくに 4 価クロム（Cr⁴⁺）及び 2 価コバルト（Co²⁺）添加酸化物は、可視域において有望な可飽和吸収材料であることを見出している。</p> <p>第 5 章では、Cr⁴⁺ 及び Co²⁺ 添加可飽和吸収体を用いた Pr:YLF レーザの受動 Q スイッチ動作について述べている。波長 640 nm において、パルス幅 60 ns、繰り返し周波数 160 kHz の Q スイッチパルスを実現し、平均出力 2.3W の世界最高出力を得ている。</p> <p>第 6 章では、共振器内第二高調波による連続波及び受動 Q スイッチ紫外レーザの発振実験について述べている。波長 320 nm において、パルス幅 50 ns、繰り返し周波数 25 kHz の Q スイッチパルスを実現し、平均出力 100 mW を得ている。</p> <p>第 7 章は結論であり上記の結果を総括している。</p> <p>以上要するに本論文の著者は、近年の高出力青色半導体レーザ開発の成果を利用したとき、半導体レーザ端面励起単一モード Pr:YLF レーザはおおよそ 10 W 程度までは出力の線形スケールアップが可能であること、また、本研究で明らかにした新規な可飽和吸収体を用いることで、高出力でコンパクトなパルスレーザ動作及び 2 倍波発生による深紫外コヒーレント光の発生が可能であること、の 2 点を明らかにした。この成果はレーザ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。</p>			

Thesis Abstract

Registration Number	“KOU” No.4952	Name	Hamedpour, Vahid
Thesis Title			
Fabrication of paper-based analytical devices by chemometrical approach			
<p>Since the rediscovery of paper-based analytical devices (PADs), various studies on applicable sensing mechanisms, patterning techniques, assay reagent deposition methods, and signal readout approaches have been performed, but the importance of chemometrical approaches on device efficiency is often disregarded. Therefore, in spite of their high potential for practical application, PADs have not been commercialized. Chemometrics as a chemical discipline has the ability to overcome the remaining weak points such as device optimization, data analysis, and image processing.</p> <p>In this regard, this thesis is aiming to address the potential of chemometrics in fabrication of reliable and sensitive PADs for point-of-care diagnosis. The main focus of this research is on the development of PADs assisted by design of experiments, along with an investigation on image processing and data analysis.</p> <p>Chapter 1 consists of two parts. The first part describes a brief review of paper-based analytical devices, and the second part introduces chemometrical techniques.</p> <p>Chapter 2 describes a comparative study of different experimental designs including Box-Behnken design, central composite design, and D-optimal design in optimization of paper-based analytical devices. For this purpose, a simple colorimetric method using methyl orange as an indicator and isoniazid as an analytical target has been utilized. The mentioned designs were employed to optimize a single device, and the advantages and disadvantages of each design have been practically investigated. In this work, in order to minimize the errors caused by manual detection zone selection and to accelerate the color values analysis, a MATLAB-based algorithm was developed and employed.</p> <p>Chapter 3 describes a chemometrics-assisted colorimetric uric acid assay on inkjet-printed microfluidic paper-based analytical devices (μPADs). For this purpose, design of experiments, data analysis, and image processing methods were employed in the μPAD development. In the optimization step, due to experimental constraints, a Box–Behnken design was utilized. In the data analysis step, a partial least squares discriminant analysis (PLS-DA) based on image profiles was successfully implemented as an automatic procedure for outlier classification.</p> <p>Chapter 4 describes fabrication of a paper-based isoniazid assaying analytical device optimized by central composite design. The design of experiments approach contributed to reduce the total amount of required experiments and therefore, to time and cost savings. For this purpose, a seven-factor experimental design consisting of a total of 46 experiments was used for investigation of the impact of all probable factors on the device efficiency, simultaneously.</p> <p>Chapter 5 summarizes the results of this thesis and gives an outlook on future developments.</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4952 号	氏 名	Hamedpour, Vahid	
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）	鈴木 秀男
		慶應義塾大学准教授	博士（工学）	石樽 崇明
<p>学士（理学）、修士（理学）Hamedpour Vahid 君提出の学位請求論文は、「Fabrication of paper-based analytical devices by chemometrical approach」（ケモメトリックスに基づいた紙基板分析デバイスの作製）と題し、5章より構成されている。</p> <p>近年、紙基板分析デバイス（PADs: paper-based analytical devices）に関する研究開発が世界中で着目されており、これまでに多種多様な PADs の作製方法、検出原理、分析対象物の濃度定量法に関する報告がされてきた。しかしながら、これらの PADs を効果的に開発するための実験計画法に関する言及はこれまでにされていない。以上の理由から、PADs はその場（POC: point of care）診断などの分野でも活躍し得る潜在的な能力を持っていながらも、市場に流通しておらず、実用化されていないのが現状である。そこで本論文では、依然として知見の乏しい PADs の開発における実験計画の設計をするために、計量化学（ケモメトリックス）でよく用いられる異なる3種の実験計画法を応用し、PADs の最適化を指向している。また、自動的に実験結果の解析や画像解析を行うためにソフトウェアを導入し、そのためのアルゴリズムを開発している。</p> <p>第1章では、本研究における背景について概説している。前半では、これまでに研究開発されてきた PADs に関して、後半では、ケモメトリックスに関して概説している。</p> <p>第2章では、本研究において PADs の開発の際に使用した、ボックス-ベンケン計画法（BBD: Box-Behnken design）、中心複合計画法（CCD: central composite design）、D最適計画法（D-optimal design）の比較研究に関して概説し、イソニアジドを分析対象とした PADs の研究開発について述べている。PADs 上でのイソニアジド検出は、比色指示薬であるメチルオレンジの色変化に基づいており、異なるケモメトリックスによって同一の PADs の最適化を指向している。ここで、前述した3種類のケモメトリックスのそれぞれの実験計画法の長所や欠点を考察し、実際に考える反応条件を加味しながら最適化を行っている。また、従来まで色変化したメチルオレンジ（検出ゾーン）の選択を手動で行っていたため、観測者による誤差が発生していたが、本研究では、ソフトウェアにより作成したアルゴリズムを得られた色値の分析に導入したことによって、定量分析の迅速化と人為的誤差を減らすことに成功している。</p> <p>第3章では、ケモメトリックスにより最適化された尿酸の比色分析に向けたマイクロ流体 PADs（μPADs）のインクジェット印刷技術による開発について述べている。画像分析やデータ分析は、ソフトウェアを利用して解析を行ったが、尿酸分析の条件において制約があるため、BBD を適用している。また、データ分析の過程では、イメージプロファイルを利用した部分的最小二乗判別分析（PLS-DA: Partial Least Squares Discriminant Analysis）に基づいて行うことにより、自動的な外れ値の分類に成功している。</p> <p>第4章では、CCD に基づき最適化されたイソニアジド検出のための PADs の開発について述べている。反応系などの7つの因子を考慮した実験計画を PADs の最適化に導入し、これらの因子が反応系や得られる色変化に及ぼす影響を、46回のみの実験で同時に検証している。また、ケモメトリックスの適用によって、最適化にかかる時間と実験にかかる費用の削減に成功している。</p> <p>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。</p> <p>以上要するに、本研究では、ケモメトリックスの導入により感度や信頼性の向上した POC 診断のための PADs の開発に成功している。このような研究は、分析化学や医学分野へ貢献するものであり、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.4953	Name	PARK, Jun-Yong
Thesis Title			
Functional Nanofiber and Nanocoating for Biological Application			
<p>Biological field has been developed for improving our daily life aiming at the application for industrial or medical field. This thesis proposes two cases of application suitable for medical application. First, how to do the fastest hemostasis when we injured, and surgical procedure. Rapid hemostasis after injury may promise not only fast curing our body but making activities easier than bleeding situation. Second, medical instruments, such as used in operation and medical treatment, have a difficulty in tissue adhering on the surface and high surface temperature.</p> <p>Chapter 1 describes introduction and overview of this dissertation and thesis outline.</p> <p>In daily life and medical field, rapid hemostasis is most significant factor for preventing death and fast wound healing. For that purpose, calcium carbonate composite and nanofiber with human-friendly materials to achieve advance in rapid hemostasis are investigated.</p> <p>Chapter 2 describes the calcium carbonate composite with rapid blood coagulability by coating the surface of particle using LbL self-assembly method. By controlling the surface structure and coating multilayers, artificial calcium carbonate composite was developed. The calcium carbonate composite possesses faster blood coagulability than that of the pure calcium carbonate and cuttlefish bone.</p> <p>Chapter 3 describes the nanofiber with calcium carbonate and natural material for improving blood coagulability. The use of natural material, the changed surface wettability of nanofiber from hydrophobicity to hydrophilicity in blood contact angle. Especially, in this chapter, more specific blood coagulation test by performing animal experiment using nanofiber mat was demonstrated. In medical field, there is significant problem in using metallic medical devices for hemostasis because of the tissue adhesion. Hereafter, Chapter 4 and 5 describes anti-adhesion coating for medical devices to solve obstacles of hemostasis caused by adhesion of tissue on the medical devices.</p> <p>Chapter 4 describes application of anti-adhesion for metallic surface against biological surface through surface wettability. At first, the problems of adhesion with the metallic surface and biological surface was confirmed. To solve these problem, superhydrophobic material was coated on the metallic surface. The superhydrophobic surface showed good anti-adhesion property against water containing biological surface. Next, the mechanism on the change of adhesion force was discussed based on the mechanical model using surface free energy.</p> <p>Chapter 5 describes advancement in coating film on the metallic surface against oil and water for anti-adhesion. As reported in Chapter 4, superhydrophobic surface is weak against oil media. From this reason, the omniphobic surface was developed. This surface is strong not only against water solution but also oil.</p> <p>Chapter 6 summarizes of this study and describes future work.</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4953 号	氏 名	Park, Jun-Yong
論文審査担当者：	主査 慶應義塾大学教授	博士 (工学)	白鳥 世明
	副査 慶應義塾大学教授	Dr. sc. nat.	チッテリオ ダニエル
	慶應義塾大学准教授	博士 (工学)、博士 (医学)	塚田 孝祐
	慶應義塾大学准教授	博士 (工学)	須藤 亮
<p>学士 (工学)、修士 (工学) Park, Jun-Yong 君提出の学位請求論文は「Functional Nanofiber and Nanocoating for Biological Application」 (生体応用に向けた機能性ナノファイバー及びナノコーティング)と題し、6章から構成されている。機能性薄膜やファイバーは人々の生活水準の向上や産業、医学への応用を目的に発展してきた。本論文では機能性ナノファイバーおよびナノコーティングを用いた2種類の医療応用を提案している。第一に、負傷した際に必要となる止血を最速で行う方法とその処置方法を提案している。第二は、医療機器への生体組織付着防止コーティングの提案である。</p> <p>第1章では、研究背景と論文概要を示している。人々の普段の生活においても医療においても、迅速な止血は致命傷への危険を回避し、傷の早期回復のために極めて重要である。そのため、本論文では炭酸カルシウム混合物とそのナノファイバーを生体親和性の高い物質と組み合わせて利用することで、より効果的な止血機能を検証している。</p> <p>第2章では、優秀な血液凝固能力を有する炭酸カルシウム混合物を粒子表面上に自己組織化によるLayer-by-layer (交互積層)法にて製膜する方法を説明している。表面構造と層数を制御することにより、本研究で人工的に作製した炭酸カルシウム混合物は、純粋な炭酸カルシウムや漢方薬の止血剤として知られている甲イカの骨よりも速い血液凝固性能であることを示している。</p> <p>第3章では、炭酸カルシウムとβキトサンを用いて作製したナノファイバーによる血液凝固性能の向上について報告している。自然物質を用いることでナノファイバー表面の血液に対する濡れ性が撥水性から親水性に変化した。特にナノファイバーによって作製したマットを用いて動物実験を行い、より詳細な血液凝固性能試験を報告している。医療分野では金属の医療機器を止血に使用すると生体組織が表面に付着してしまうという深刻な問題に直面している。以下、第4章と第5章では金属の医療機器に対して防付着コーティングを行うことで生体組織が医療機器へ接着することによって生じる過剰出血への対策を検証している。</p> <p>第4章では、金属表面に対する防付着性能の応用、特に生体組織に対する防付着特性を表面での濡れ現象をもとに考察を行った。まず、金属表面に生体表面が熱融着してしまう現象を確認し、その問題を解決するために超撥水性物質を金属表面にコーティングし金属表面の濡れ性を変化させた。親水性から超撥水性となった金属表面は水を含む生体表面に対して良好な防付着性能を示した。次に、接着力の変化に関して、界面自由エネルギーを用いた力学モデルにより飛躍的な非付着特性向上の原因を考察している。</p> <p>第5章では、水や油に対しての防付着特性を金属表面に与え、防付着コーティングの性能を向上させたことを報告している。第4章で示したように超撥水表面は油に対して弱い。その原因は、油が超撥水構造の内部に浸透することによって構造の維持ができなくなるためであることを確認している。このような問題を解決するために水、油の双方の付着を抑制する表面を新規提案している。</p> <p>第6章では、本研究を要約し今後の展望についてまとめている。</p> <p>以上要するに、本論文はナノファイバー技術、およびナノ薄膜技術を医療応用に展開し、生体からの止血効果の向上を示している。したがって、材料工学分野、医療工学関連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4954号	氏名	竹内 一生
主論文題名： System Abstraction and Interactive Control Design Based on Element Description Method (要素記述法に基づくシステムの抽象化と対話型制御設計)			
<p>近年、労働人口の減少により、生産現場では一層の省人化が求められている。特に、工場の自動化を実現する自働機械は、これまで熟練技術者の技能やノウハウに基づいた調整がなされてきた。したがって、更なる省人化のためには、機械を智能化し、調整を機械自身に行わせる必要がある。機械の智能化を実現する手法の1つとしてビッグデータを活用した機械学習の技術が注目され、Industry 4.0をはじめとする様々なビジョンが提唱されている。現在、機械学習の技術として主流となっているニューラルネットワークに基づいた手法は、入出力データから最適モデルをフィッティングできるため、人間のノウハウを代替できる可能性がある。しかしながら、計算過程がブラックボックス化されてしまうという問題点があり、機械の思考に人間がついていけなくなるリスクがある。一方、モデルに基づく制御設計手法は計算過程が明瞭であるが、モデルを決定した段階でそのモデルに制約を受けてしまい、モデルの選択によっては精度が悪化してしまう。そこで本論文では、事前にモデルの選択が不要かつ、得られた結果の計算過程の理解が可能な新たな機械学習手法として、「要素記述法」を提案した。</p> <p>第1章では、本研究の背景および目的について関連研究を交えて説明した。</p> <p>第2章では、要素記述法の基本原理を説明した。要素記述法は、ニューラルネットワークのような豊富な表現力と、モデルベース手法のような結果の可読性を両立できる。また階層的に学習を行うことで、そのシステムにおける支配的なモデルを順々に抽象化することができる。十分なモデルを得られた時点で学習を終了することで、実装上の複雑さも低減可能である。例として、摩擦システムの抽象化と補償器設計を行った。</p> <p>第3章では、要素記述法を用いた対話型制御設計法を提案した。要素記述法によって抽象化された結果をもとに、設計者が新たな条件を与え、次段階の学習を行う手法を示した。その結果、人間のノウハウに基づいて機械が新たな提案を行い、その結果から人間が機械に新たな提案を行う対話型の機械学習が可能になる。この例として、多慣性共振系・むだ時間系を対象とした制御設計を行い、効果があることを確認した。</p> <p>第4章では、要素記述法を制御の指令値生成に応用した。システムの目的と制約条件を与えることで、それに基づいて指令値が生成されることを確認した。また自働機械の滑らかな指令値生成の手法として、クロソイド曲線を用いた時空間スプラインの生成手法を説明した。</p> <p>第5章では、人間の動作を抽出するために有効な手法であるモーションコピーシステムの拡張手法について述べた。モーションコピーシステムは保存時と再現時の環境位置に変動がある場合に完全な動作の再現が困難になる。そこで、時間適応制御を提案し、再現環境に適応した再現動作が可能になることを示した。</p> <p>第6章では、実際の自働機械を用いて、人間の調整ノウハウを機械で代替する実験を行い、提案手法の効果を検証した。本研究では、特にモデル化が難しいとされてきた粉体を対象として、粉体充填制御の精度等を確認し、評価を行った。</p> <p>第7章では、本研究の成果を要約し、展望とともに結論を述べた。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4954 号	氏 名	竹内 一生
論文審査担当者：	主査 慶應義塾大学 准教授	博士（工学）	桂 誠一郎
	副査 慶應義塾大学 教授	工学博士	大森 浩充
	慶應義塾大学 准教授	博士（工学）	矢向 高弘
	慶應義塾大学 教授	博士（情報学）	小檜山 雅之

学士（工学）竹内一生君提出の学位請求論文は「System Abstraction and Interactive Control Design Based on Element Description Method」（要素記述法に基づくシステムの抽象化と対話型制御設計）と題し、7章から構成されている。

産業機械の知能化は世界中で進められており、特にデータの高度利活用がその鍵を握っている。近年、ビッグデータの取り扱いにあたっては、ニューラルネットワークに基づく機械学習や最適化手法といった人工知能の導入が注目を集めている。人工知能は閉環境においてはこれまでに多くの成果が上がっているが、産業システムは開環境下で動作されるため、実応用を想定すると、そのままの形で利用することが困難になっている。また、算出過程もブラックボックス化されることも問題視されている。一方で、従来のモデルベースの制御設計は物理的な解釈が明解であるものの、きめ細やかに現象を記述することは困難であるため、環境変動等へ適応できる範囲に限られる場合がある。本論文では上記に鑑み、解釈が容易なシステムの抽象化ならびに対話型の制御設計を行うための手法として、新たに要素記述法を提案している。

第1章では、研究の背景と目的を述べ、従来の研究を概説している。

第2章では、要素記述法概念およびシステムの抽象化について記述している。要素記述法の特長は、ニューラルネットワークのような豊富な表現力と、モデルベース手法のような結果の可読性を両立できる点にある。設計法として、構造や次数を指定した一括学習と階層的学習の2つの手法を示している。階層的学習は、システムの抽象化にあたり一括学習に比べて時間を要するが、支配的なモデルを順々に抽象化できるため、可読性が向上する。十分な精度を有するモデルを得られた時点で学習を終了することで、実装上の複雑さも低減可能である。要素記述法の適用例として、摩擦システムの抽象化と補償器設計を行い、効果の検証を行っている。

第3章では、要素記述法を用いた対話型制御設計法を提案している。要素記述法によって抽象化された結果をもとに、設計者が新たな条件を与え、次段階の学習を繰り返し行うことで、人間の有するノウハウを含む制御設計が可能になることを示している。具体的には、多慣性共振系を対象として、対話型制御設計の具体的手順を示している。

第4章では、要素記述法を指令値生成に応用し、目標値追従特性の向上に効果があることを示している。特に、クロソイド曲線を用いた時空間スプラインの生成につなげることで、フィードフォワード制御の設計手順を明確化している。

第5章では、人間の動作データに基づき、ロボットが適応的に動作再現を行うための手法について述べている。具体的には、動作保存時と再現時における環境変動を考慮した再現動作の生成が可能になることを示している。

第6章では、本論文で提案した手法を自動機械に適用し、人間の調整ノウハウを機械で代替する実験を行い、効果があることを示している。実験では、特にモデル化が難しいとされている粉体を対象として抽象化ならびに粉体充填制御の精度等を評価し、提案手法の効果を明らかにしている。

第7章では、各章で得られた成果をまとめ、本論文全体の結論を述べている。

以上要するに、本論文では要素記述法をベースとしたシステムの抽象化ならびに対話型の制御系設計方法論を明らかにするとともに、理論と実験の双方からその有効性を実証しており、制御工学分野において、工学上、工業上寄与するところが少なくない。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4955号	氏名	山口 拓郎
主論文題名： ノイズを含む画像の任意倍率拡大に関する研究			
<p>ディスプレイ上に画像を表示する際、デジタル画像の画素数を表示する画素数へと拡大させる画像拡大技術は現代社会に欠かせない技術である。近年のディスプレイ技術の発展により、4K や5K といった高解像度拡大技術が求められている。しかし従来の画像拡大法は輝度が大きく変化する領域で推定誤差を生むことが知られており、高倍率になるにつれその問題が顕著になる。さらに画像拡大で問題となるのが、低解像度画像内に含まれるノイズである。センサ技術の発展により、細かな色情報まで捉えたデジタル画像を入手することが可能になった反面、撮影時に細かなノイズの影響を受けやすくなり、伝送時においても欠損等によるノイズが生じることが知られている。そこで本研究はデジタル画像撮影時からディスプレイ上での表示を行う過程において、撮影・伝送時のノイズを除去し、任意の倍率で高品質な拡大画像を表示するアルゴリズムを提案する。</p> <p>第1章では研究背景と問題設定を述べ、第2章では各問題の基礎理論と従来手法を概説した。</p> <p>第3章では画像に混入するノイズの発生原因として、撮影時の暗電流ノイズとセンサ故障、伝送時のドット落ちやメモリ欠損を見据え、ガウス-インパルス混合ノイズ除去を考案する。従来のノイズ除去手法では高周波数領域の欠損が生じ、ノイズ除去画像の品質を大きく低下させることが問題であった。提案法では2種類の除去法を組み合わせ仮画像を推定し、これを用いてノイズ画素の再検出を利用する2段階の処理を行うことで、高周波成分を保持したままノイズ除去を行うことが可能になった。</p> <p>第4章ではリアルタイムに画像を拡大可能な画像補間技術に注目した。画像補間は高速な処理が可能であるものの、エッジ際での推定誤差によるジャギーが問題となっている。そこで提案法は低次近似可能な輝度変化の小さい方向を判別し追従する方向性関数を定義した。さらに複数の関数の推定結果を加重平均することで全体としての誤差を抑えた。これにより高速かつ任意倍率拡大が可能でありながらも、ジャギーを抑えた高品質な補間が行えるようになった。</p> <p>第5章では3章、4章で提案した2手法をまとめた。これによりノイズ付加された低解像度画像から任意倍拡大された高品質な高解像度を生成するという一連の流れを実行し、本研究の目的が達成されたことを確認した。</p> <p>第6章では、結論として各章で得られた内容をまとめ、本研究の成果を要約した。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4955 号	氏 名	山口 拓郎
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	博士（工学）	青木 義満
	慶應義塾大学准教授	博士（工学）	久保 亮吾
<p>学士(工学), 修士(工学) 山口拓郎君提出の学位請求論文は「ノイズを含む画像の任意倍率拡大に関する研究」と題し、6章から構成されている。</p> <p>ディスプレイ上に画像を表示する際、デジタル画像の画素数を表示する画素数へと拡大させる画像拡大技術は現代社会に不可欠な技術である。近年のディスプレイ技術の発展により、4Kや8Kという高解像度拡大技術が求められている。しかし従来の画像拡大法は輝度が大きく変化する領域で推定誤差を生むことが知られており、高倍率になるにつれその問題が顕著になる。さらに画像拡大で問題となるのが、低解像度画像内に含まれるノイズである。センサ技術の発展により、細かな色情報まで捉えたデジタル画像を入手することが可能になった反面、撮影時に細かなノイズの影響を受けやすくなり、伝送時においても欠損等によるノイズが生じることが知られている。本論文ではデジタル画像撮影時からディスプレイ上に表示を行うまでの過程において、撮影・伝送時のノイズを除去し、任意の倍率で高品質な拡大画像を表示するアルゴリズムを提案する。</p> <p>第1章では、研究背景と問題設定を述べ、第2章では各問題の基礎理論と従来手法を概説している。</p> <p>第3章では、画像に混入するノイズの発生原因として、撮影時の暗電流ノイズとセンサ故障、伝送時のドット落ちやメモリ欠損を考慮して、ガウスインパルス混合ノイズ除去法を考案している。従来のノイズ除去手法では高周波数成分の劣化が生じ、ノイズ除去画像の品質を大きく低下させるという問題があった。本論文では2種類の除去法を組み合わせることで仮画像を推定し、これを用いてノイズ画素の再検出を行うことで、高周波成分を劣化させることなく高精度なノイズ除去を行うことを可能にしている。</p> <p>第4章では、リアルタイムで画像を拡大可能な画像補間技術に注目している。画像補間は高速な処理が可能であるものの、エッジ際での推定誤差によるジャギーが問題となっている。本論文では低次近似可能な輝度変化の小さい方向を判別し、追従する方向性関数を定義している。さらに複数の近似関数の推定結果を加重平均することで全体としての誤差を抑制している。これにより高速かつ任意倍率拡大が可能でありながらも、ジャギーを抑えた高品質な画像補間法を提案している。</p> <p>第5章では第3章、第4章で提案した2手法をまとめている。単純な縦続接続ではなく、2つの方法を組み合わせることでノイズを含む低解像度画像から任意倍率拡大された高品質な高解像度画像を生成することができることを示している。</p> <p>第6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。</p> <p>以上要するに、本研究はノイズを含む画像の任意倍率拡大法を提案したものであり、従来法に比べ高速かつ高品質な画像のノイズ除去及び任意倍率拡大を実現しており、画像工学分野において工学上、工業上寄与するところが少なくない。</p> <p>よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			

内容の要旨

報告番号	甲 第4956号	氏名	島田 達朗
主論文題名： 機械学習を用いたコミュニティ QA サイトにおける品質向上に関わる研究			
<p>コミュニティ QA サイトとはユーザーの投稿した質問に対して、他のユーザーが回答を寄せるサイトのことを言う。近年のインターネットやスマートデバイスの普及によりコミュニティ QA サイトは人々の生活の中で身近に利用されている。</p> <p>コミュニティ QA サイトの主な目的は、投稿された質問に最短時間で最も適切な回答を提供することである。この目的を達成するために、最短時間で最も適切な回答を提供する手法としてコミュニティ QA の研究分野において「質問ルーティング」という考え方が研究されてきた。多くの既存研究では、ユーザーの行動履歴を十分に蓄積した状況を前提としている。しかし、近年利用が一般的となったスマートデバイスにより、ユーザーがコミュニティ QA サイトを利用した際に、行動履歴が十分に蓄積されない場合がある。これは、ユーザーがスマートデバイスで行動履歴を容易に削除可能なためである。このようなユーザーに対しても質問ルーティングを実現するためには、質問テキストのみで質問を分類し、ユーザー情報を抽出する必要がある。</p> <p>本論文ではそうした背景の中で、以下の3つの課題に対して解決手法を提案することで、質問テキストのみによる、より良い質問ルーティングを実現する手法を提案する。</p> <ol style="list-style-type: none">1. 「不適切な質問」の抽出2. 「回答率が低いと推察される質問」の抽出3. 「ユーザー情報」の抽出 <p>以下に本論文の構成を示す。第1章では、本研究の背景と目的を述べる。第2章では、質問ルーティングとコミュニティ QA サイトにおける品質向上に関わる関連研究について述べる。第3章では、課題1の解決のために、機械学習によって、投稿が不適切な質問かどうかを判別するために、最適な学習器、システム辞書の組み合わせについて述べる。また、実際のシステムに導入し利用することを可能とするため、目視を組み合わせた不適切な質問の検閲システムを提案・構築し、導入した結果についても触れる。第4章では、課題2の解決のために、コミュニティ QA サイトに投稿される質問の中で、共感を求める質問と共感以外を求める質問を定義し、前者への回答率は低く、後者への回答率は非常に高いことを示す。また、機械学習を用いて、共感を求める質問と共感以外を求める質問を分類する手法を提案し、その評価を行う。第5章では、課題3の解決のために、質問文中の、ユーザー情報を含むと考えられる特徴的表現が正しくユーザーを表しているか否かを機械学習によって判別した上で、ユーザー情報を抽出する手法を提案し、その評価を行う。最後に第6章では、本論文のまとめと今後の課題および展望について述べる。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4956 号	氏 名	島田 達朗
論文審査担当者：	主査 慶應義塾大学教授	博士（工学）	鈴木 秀男
	副査 慶應義塾大学名誉教授	博士（工学）	櫻井 彰人
	慶應義塾大学准教授	博士（工学）	篠沢 佳久
	慶應義塾大学准教授	博士（工学）	中西 美和
	慶應義塾大学教授	工学博士	萩原 将文
<p>学士（工学）、修士（工学）島田達朗君の学位請求論文は「機械学習を用いたコミュニティ QA サイトにおける品質向上に関わる研究」と題し、全6章からなる。</p> <p>コミュニティ QA サイトとは、ユーザーの投稿した質問に対して、他のユーザーが回答を寄せるサイトであり、近年のインターネットやスマートデバイスの普及により身近に利用されるようになってきている。コミュニティ QA サイトの運営側の主な目的は投稿された質問に最短時間で最も適切な回答を提供することである。しかしながら、ユーザー数の増加と日々投稿される多様で膨大な数の質問と回答により、コミュニティ QA サイトの目的達成は容易ではない。一方、コミュニティ QA サイトの研究分野において、満足される回答を行う可能性が高い回答者に質問を表示または回答を促す「質問ルーティング」という考え方が研究されており、実務においてもその活用が期待されている。本論文では、「質問ルーティング」に関連する3つの課題「課題1：不適切な質問の抽出」、「課題2：回答率が低いと推察される質問の抽出」、「課題3：ユーザー属性の抽出」を示し、それらの3つの課題を解決するための手法を提案することで、質問テキストのみに基づくより良い質問ルーティングを実現することを目的としている。また、月間投稿数が数百万である大規模コミュニティ QA サイトのデータを用いて提案方法の評価を行っている。本論文は以下のように構成されている。</p> <p>第1章は序論であり、本研究の背景および課題を明らかにし、論文の概要を説明している。</p> <p>第2章は質問ルーティングとコミュニティ QA サイトにおける品質向上に関わる関連研究について述べている。</p> <p>第3章では、課題1の解決に関しては、ユーザーが投稿した質問文に基づき機械学習によって不適切なコンテンツかどうかの判別を行うための最適な学習器、システム辞書の組み合わせについて述べている。また、実際に導入し利用することを可能にするため、目視を組み合わせた不適切なコンテンツの検閲システムを構築・提案し、業務フローに組み込む過程とその導入結果についても触れている。また、当該コミュニティ QA サイトに実装し所期の効果が得られたことを述べている。</p> <p>第4章では、課題2の解決のために、コミュニティ QA サイトに投稿される質問の中で、共感を求める質問とそれ以外を求める質問を定義し、前者への回答率は低く、後者への回答率は非常に高いことを示している。機械学習を用いて共感を求める質問を抽出し、これらに回答する率の高い属性をもつユーザーに当該質問を回覧する手法を提案している。提案手法により未回答率が低下することを示している。</p> <p>第5章では、課題3の解決のために、コミュニティ QA サイトにおける質問テキストのみから機械学習を用いてユーザー属性を抽出する手法の提案を行っている。検証の結果、高い精度でユーザー属性の予測を行うことができることを示している。</p> <p>最後に第6章では、本論文のまとめと今後の課題および展望について述べている。</p> <p>以上要するに、本論文では、コミュニティ QA サイトにおける「質問ルーティング」を効果的に実践するための課題を示し、機械学習やテキスト処理技術等を用いた解決方法の提案を行い、当該コミュニティ QA サイトのデータによりその有効性を検証した。QA サイトに関する課題の体系化、その解決手法の研究はまだ少なく、本論文の成果はQAサイトのあり方、普及と発展に寄与するものと考えられる。</p> <p>よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			

内容の要旨

報告番号	甲 第4957号	氏名	鈴木 勇介
主論文題名： Making GPUs First-Class Citizen Computing Resources in Multi-Tenant Cloud Environments (マルチテナントなクラウド環境下での GPU の第一級計算資源としての抽象化)			
<p>Graphic processing unit (GPU) は高い並列性を持ち、GPU の汎目的計算での利用 (GPGPU) を促進している。GPGPU は様々な領域のアプリケーションにとって有用な手法となっており、その中にはサーバサイドワークロードも含まれる。GPGPU のサーバサイドワークロードでの適用や GPU の計算性能の向上は GPGPU アプリケーションのコンソリデーションにとって強いモチベーションとなっている。GPU を第一級の計算資源としてクラウドで抽象化することは、マルチテナントなクラウド環境において GPGPU アプリケーションのコンソリデーションを達成するために重要となっている。しかしながら、GPU の資源の仮想化に関する先行研究では、それぞれのアプローチのトレードオフは明らかではない。様々なインターフェースのレベルにおける仮想化手法のトレードオフや技術的な困難さについて光を当てることで、より適切な GPU の資源仮想化手法の開発を促進することができる。</p> <p>本研究では GPUvm と GLoop の 2 つの GPU 資源仮想化手法を提案する。GPUvm は Hypervisor レベルの GPU 仮想化手法で、完全仮想化、準仮想化そして高性能準仮想化の 3 種類の仮想化のモードを持つ。GPUvm は memory-mapped I/O や DRM APIs といった低、高レベルなインターフェースをゲスト仮想マシン (VM) に対して提供する。評価の結果 GPUvm はインターフェースのレベルによって異なったオーバーヘッドを示すということが明らかになった。GPUvm は GPU スケジューリングを用いて VM 間での粗粒度な GPU 利用の公平性を達成することができた。</p> <p>本研究ではまた GLoop を提案する。これは先進的な GPGPU アプリケーションのコンソリデーションを可能とするソフトウェアランタイムである。粗粒度の公平性はアプリケーション透過な手法によって達成することができたが、GPU eater とする近年の先進的な GPGPU アプリケーションは共有 GPU を占有してしまう。GLoop は GPU eater が存在する場合においてもコンソリデーションを可能とすべく、アプリケーションの変更を含む application-assisted な手法を取る。GLoop はイベント駆動型のプログラミングモデルを導入し GLoop アプリケーションの GPU eater の機能を維持したまま、プロポーショナルシェアポリシーを適用したスケジューリングを共有 GPU 上で可能とする。本研究では GLoop のプロトタイプを実装し、8 つの GPU eater を GLoop アプリケーションに移植した。実験の結果、GLoop はコンソリデーションされた GPGPU アプリケーションをポリシーにそってスケジュールし、リソースアイソレーションを維持することが可能であることを示した。</p> <p>本研究の貢献は次の 2 つにまとめられる。第一に、GPU の完全仮想化のデザインと実装を示し、そのボトルネックを明らかにし、仮想 GPU に対するより高いレベルのインターフェースがこのオーバーヘッドを削減することができることを示した。これはクラウドソフトウェア開発者が利用用途に沿った仮想化手法を選択するのに役立つことができる。また、GPU ハードウェアベンダが将来の GPU における仮想化向けの拡張機能のデザインを行うことに役立つことができる。第二に、アプリケーション透過な手法の限界を示し、application-assisted なアプローチである GLoop が GPU eater を含む GPGPU アプリケーションのコンソリデーションを達成できることを示した。この手法はマルチテナントなクラウド環境がより幅広い GPGPU アプリケーション間で GPU を共有することを可能にする。また、GLoop はプリエンプションの機能を持たない GPU 以外のアクセラレータのクラウドでの共有に適用できる可能性を示している。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4957 号	氏 名	鈴木 勇介
論文審査担当者：	主査 慶應義塾大学教授	博士（理学）	河野 健二
	副査 慶應義塾大学教授	博士（工学）	山崎 信行
	慶應義塾大学准教授	博士（工学）	松谷 宏紀
	九州工業大学教授	博士（理学）	光来 健一
<p>学士(工学), 修士(工学)鈴木勇介君の学位請求論文は、「Making GPUs First-Class Citizen Computing Resources in Multi-Tenant Cloud Environments (マルチテナントなクラウド環境下での GPU の第一級計算資源としての抽象化)」と題し、全 6 章で構成されている。</p> <p>Graphic Processing Unit (GPU) は、グラフィックスに限らず汎目的計算 (GPGPU) にも用いられる並列性の高い計算資源となっており、サーバサイドワークロードにおいても利用されるようになってきている。GPU の計算性能は向上し続けており、GPGPU アプリケーションをクラウド環境で集約し、より効率的に GPU を利用することが望まれている。GPU を第一級の計算資源として抽象化することで、集約などを含め、計算資源として柔軟に利用することができるようになる。しかし、GPU の仮想化に関する先行研究では、GPU の仮想化手法それぞれのトレードオフは明らかにされていない。本論文では、これまで実現されていなかった完全仮想化の設計及び実装を示し、他の手法とのトレードオフを明らかにしている。また完全仮想化手法の限界として、細粒度のスケジューリングができないことを指摘し、アプリケーションから支援を受けることで細粒度のスケジューリングを可能にする手法を提案している。本論文で明らかにしたトレードオフおよびボトルネックは、クラウド提供者が仮想化手法を選択する際や、将来の GPU の設計において有用である。</p> <p>第 1 章では、クラウド環境における計算資源としての GPU の抽象化の必要性及び現状について論じ、本論文の目的と論文の構成について述べている。</p> <p>第 2 章では、GPU の機能、用語、及びオペレーティングシステムから見た GPU のインターフェースを示している。</p> <p>第 3 章では、これまでの GPU の仮想化手法を、抽象化を行うレイヤごとに分類して述べている。それぞれのレイヤに応じて利点、欠点がある一方、完全仮想化手法のトレードオフが明らかにはなっていないことを示している。また、近年用いられるようになってきた、GPU eater と分類されるアプリケーションに対して、既存の手法では細粒度のスケジューリングを行うことができないことを示している。</p> <p>第 4 章では、GPU の完全仮想化手法について述べている。GPU が提供する機構を用いて GPU 資源を仮想化し、仮想 GPU 間でアイソレーションを実現する設計を示し、その実装手法も示している。その上で、完全仮想化手法のボトルネックを分析し、その最適化手法、およびボトルネックを取り除く準仮想化手法を提案している。これらの手法の比較評価を行い、完全仮想化が非常に大きなオーバーヘッドを示すこと、本論文で示した最適化手法が効果的であり、オーバーヘッドを低減させる一方、最大 5113% のオーバーヘッドを示すこと、より抽象度の高いインターフェースを用いた準仮想化手法を用いると、そうしたボトルネックを取り除くことができ、非仮想化時に対してそのオーバーヘッドを -3% ~ 9%に抑えることができることを示している。</p> <p>第 5 章では、完全仮想化を含め、既存の手法では細粒度のスケジューリングを行うことができない GPU eater に対し、アプリケーションからの支援を用いてスケジューリングを行う手法を提案している。GPU カーネルに軽量のスケジューリングポイントを挿入できるフレームワークを提案・実装し、8 つの GPU eater をそのフレームワーク向けに移植している。これらを用いて評価を行い、ツールスタック上の制約から最適化ができないものを除き、-0.2%~7.3% のオーバーヘッドに収まること、GPU eater をスケジューリングポリシーに沿ってスケジュールできることを示している。</p> <p>第 6 章では、本論文で得られた成果をまとめており、第 4 章と第 5 章で得られた結果から明らかとなったトレードオフ、および今後の可能性について述べている。</p> <p>以上、本論文はマルチテナントなクラウド環境での GPU の資源仮想化手法の今後の進展にとって重要な成果であり、その貢献は工学上寄与するところが少なくない。よって、本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			

Thesis Abstract

Registration Number	“KOU” No.4958	Name	Meerits, Siim
Thesis Title			
Real-time 3D Reconstruction of Dynamic Scenes Using Moving Least Squares			
<p>Three-dimensional (3D) reconstruction is an actively researched area of computer vision. The general objective in this field is to construct digital models of real objects and scenes. With the advent of RGB-D cameras and increase in graphics card processing power, the focus of reconstruction has recently shifted from static to dynamic content and from offline to online systems. In the current state-of-the-art works many difficulties remain: multi-camera scene capture requires use of bespoke hardware, fast motions and big topology changes cannot be correctly handled and large scenes cannot be reconstructed due to memory constraints or too computationally expensive reconstruction methods. This thesis addresses all of these issues and proposes novel methods as solutions.</p> <p>To avoid capturing scenes using custom and expensive hardware this thesis proposes capturing scenes for reconstruction using low-cost consumer-grade RGB-D cameras. As a drawback, the consumer devices lack capability of synchronizing camera shutters. This issue is mitigated algorithmically by developing a novel depth frame interpolation method that allows generating new temporally consistent depth data. As a byproduct, this method can be used to generate synthetic slow-motion 3D reconstruction videos.</p> <p>Two novel real-time 3D reconstruction methods, ZipperMLS and FusionMLS, that allow reconstructing both highly dynamic and very large scenes are proposed. Both are based on moving least squares (MLS) surface estimation technique and produce triangle meshes as output. The methods differ considerably in the way geometry is handled. ZipperMLS reconstruction method belongs to the explicit surface reconstruction methods family. Triangle meshes are directly generated from depth maps and then merged. To smooth surfaces a new projection operator is contributed for MLS that is suitable for direct meshing of depth maps. To merge meshes, the concept of mesh zippering from previous work is re-engineered to work as highly parallelizable algorithm suitable for execution on GPUs. FusionMLS reconstruction method belongs to the volumetric reconstruction methods family. It uses MLS to estimate signed distance function (SDF) at each voxel location and marching cubes method to generate triangle mesh of the scene. The main novelty of the method is packing surface estimation and mesh generation into a single process. That allows very low memory usage and fast reconstruction.</p> <p>The developed 3D reconstruction methods can be used in various applications. A diminished reality system is demonstrated as a practical example. Diminished reality is part of mixed reality research field and its purpose is to hide, i.e. diminish, user selected objects from captured scenes. Diminishing complex objects can be demonstrated as the proposed reconstruction methods are very general.</p> <p>Presented 3D reconstruction and application implementations are completely GPU-based and work in real time. The results shown in this thesis, obtained with real data, demonstrate the effectiveness of the proposed methods and its advantages compared to state-of-the-art works.</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4958 号	氏 名	Meerits, Siim
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	理学博士	藤代 一成
	慶應義塾大学専任講師	博士（メディアデザイン学）	杉浦 裕太
	Paris-Est Marne-la-Vallée University	准教授	
	慶應義塾大学特別招聘准教授	Ph.D.	Nozick, Vincent
<p>学士(工学)、修士(工学)Meerits, Siim 君提出の学位請求論文は、「Real-time 3D Reconstruction of Dynamic Scenes Using Moving Least Squares (移動最小二乗近似法を用いた動的シーンの実時間 3次元再構築)」と題し、7章で構成されている。</p> <p>通常の可視光に加えて距離も計測可能な RGB-D カメラ等の新しい画像センサの実用化やコンピュータ処理能力の進歩により、動きのある物体や環境の 3次元形状を実時間でデジタルデータとして再構築することが可能になっている。しかし、撮影可能範囲や視野を拡大するために複数台のカメラに撮影された画像群を融合したり、物体形状の複雑に動的変化に対応できる実時間 3次元再構築を実現したりするには、まだ多くの課題が残されている。本論文は、複数の RGB-D カメラから得られる距離画像群から動的シーンの実時間再構築を実現するための最小二乗近似アルゴリズムに基づく新しい方法を提案し、複数台のカメラからの RGB-D 映像シーケンスを融合した実時間 3次元再構築が可能であることを実験により実証した成果についてまとめたものである。</p> <p>第1章では、コンピュータビジョンによる 3次元再構築技術の発展の歴史と現状について紹介し、本研究の目的とその意義について述べている。</p> <p>第2章では、これまでに提案されてきた様々な 3次元再構築技術について、その原理や方法論の違いに基づき分類を示しながら関連研究を紹介し、本研究の位置づけを明確にしている。</p> <p>第3章では、本論文で提案する新しい実時間 3次元再構築技術の検証のために構築した 3次元シーン取得システムについて述べている。本システムは、複数の RGB-D カメラからの RGB-D 映像シーケンスを非同期で取り込みながらも、それを撮影したタイムスタンプを利用することによりソフトウェアによる時刻合わせを可能にするものである。</p> <p>第4章では、動的シーンに対するシーンフローベクトルの推定方法と、それに基づく距離画像の幾何学的変換手法についての基礎アルゴリズムについてまとめている。これらに対して、本論文では新しい方法論を示しているものである。</p> <p>第5章では、3次元再構築する形状と RGB-D カメラから得られる距離画像との誤差を最小化する原理に基づく新しい 3次元再構築法を提案している。一つは、距離画像毎に 3次元再構築したメッシュデータを連結しながら最小二乗法を適用する ZipperMLS 法であり、もう一つは、体積データ上で複数の距離画像データを融合しながら最小二乗法を適用する FusionMLS 法である。さらに本章では、これらの提案手法による実時間 3次元再構築結果を、他の関連研究により提案された最新の手法と比較することにより、提案手法の優位性・有効性を示している。</p> <p>第6章では、提案した実時間 3次元形状再構築手法の応用事例について述べている。特に、物体や人物の裏側の映像を利用することにより、物体や人物を擬似的に隠蔽した映像を提示する「隠消現実感」映像提示の実例を示し、本手法の応用可能性を示している。</p> <p>最後に第7章では本論文で得られた成果と結論をまとめ、本論文で提案した手法により実現可能な新しい応用の可能性について議論している。</p> <p>以上要するに本研究は、複数の距離画像群から実時間で高精度に 3次元形状復元を実現するアルゴリズムを新たに提案し、関連手法に対する優位性とその応用可能性を示唆したものであり、工学上寄与するところが少なくない。</p> <p>よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			

内容の要旨

報告番号	甲 第4959号	氏名	正井 克俊
主論文題名： Facial Expression Classification Using Photo-reflective Sensors on Smart Eyewear (反射型光センサ群を埋め込んだスマートアイウェアによる表情識別)			
<p>本論文では、光センサ群が埋め込まれたスマートアイウェアを用いて装着者の多様な表情を分類する手法について述べる。日常的に生じる表情を計測するために、装着型装置に取り付けた小型の反射型光センサ群を用いた点が特色である。このセンサは、表情筋の動きに伴う皮膚変形を反射強度情報として計測する。本装置は一般的な眼鏡のような形状に設計することで、使いやすさと社会的受容性を考慮し、日常での着用が可能である。</p> <p>従来からの表情識別技術においても、カメラを用いたコンピュータビジョンなどの手法を用いることで表情識別を行なえる。しかし、環境内に設置されたカメラによる識別には、光学的遮蔽や空間の追従性などの限界がある。これらは、日常シーンで使用するにあたっては重要な問題である。</p> <p>本論文の第1の貢献は、反射型光センサ群を用いて眼鏡型装置を実装し、教師あり学習によりユーザが意図的に基本表情を表出した条件において表情の識別を試みた点である。実験環境においては反射型光センサ群と機械学習手法を用いることで、顔の向きの変化や装置の取り外し/再装着に関係なく、基本表情として訓練データを取得した8表情を90%以上の精度で識別することができた。</p> <p>第2の貢献は、自発的に生じる表情の分類を試みた点である。まず、フィールドスタディとして、日常シーンの各行動にどのように表情が現れるかを確認した。次に、日常会話における自発的な表情を教師なし学習によりマッピングした。この実験では、5人のユーザの表情の分布を学習したマップを生成し、ユーザ毎の表情の類似性を比較した。次に、ユーザが英文ジョークを読んでいる際のデータ分析をした。独立成分分析を使用することで、センサデータからユーザの瞬き、視線の行間遷移、および表情反応のそれぞれと紐付いたデータを示すことができた。</p> <p>第3の貢献は、表情識別以外のさらなる眼鏡装置の応用可能性を検証した点である。顔表情と目の動きによる入力技術、そして顔をこすることによる入力技術を開発した。7つの異なる目の動作を行い、ユーザごとの学習によって識別率を求めた。9人のユーザの平均は92.9%であった。こする動作に関しては、10箇所へ動作を識別したところ、5人のユーザの識別率の平均は88.7%であった。以上のように、本論文は装着型装置へ取り付けた反射型光センサと機械学習を用いることにより、光センサを用いた非接触の表情識別を行なう際の空間的制約を軽減するものである。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4959 号	氏 名	正井 克俊
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 慶應義塾大学准教授	博士（工学）	杉本 麻樹
	慶應義塾大学専任講師	博士（メディアデザイン学）	杉浦 裕太
	慶應義塾大学准教授 (大学院メディアデザイン研究科)	Ph.D.	Kai Kunze
	慶應義塾大学特別招聘教授 (University of South Australia, Professor)	Ph.D.	Bruce Thomas
<p>学士(経済学)、修士(メディアデザイン学)正井 克俊君提出の学位請求論文は、「Facial Expression Classification Using Photo-reflective Sensors on Smart Eyewear (反射型光センサ群を埋め込んだスマートアイウェアによる表情識別)」と題し、7章で構成されている。</p> <p>顔面には、表情筋の動きに伴って、笑い・悲しみ・怒り・驚きなどの基本的な表情を含む多様な表情が表出する。顔表情を日常生活において常時計測可能とするためには、人間を環境側から計測するカメラではなく、身体に装着したウェアラブルデバイスが適している。本論文では、表情変化に伴う皮膚と眼鏡フレームの距離変化を、組み込んだ光センサで反射強度として捉えることができることに着目し、多数の光センサから取得できる反射強度分布に対して、機械学習と数値解析を適用することによる装着者の表情識別手法についてまとめたものである。</p> <p>第1章では、人間の非言語コミュニケーションにおける表情の位置づけと、表情を識別する従来の方法について概観した後、本研究の目的とその意義について述べている。</p> <p>第2章では、表情を識別する従来の方法について参考文献を挙げながら関連研究を紹介し、関連研究を踏まえた上で本研究の位置づけと優位性を明確にしている。</p> <p>第3章では、表情識別を行なうウェアラブルデバイスを設計するための基礎的な知見として、表情変化に伴う眼鏡型装置と皮膚の距離変化の様子について述べると共に、皮膚との距離に応じたセンサ出力特性・環境光の影響を除去するサンプリング手法について述べることで、表情識別を行なうための基礎的な理論と実装について述べている。</p> <p>第4章では、機械学習手法として教師あり学習を用いて、基本表情を識別することが可能かについて検証を行なっている。訓練データとして随意の基本表情毎の反射強度分布を記録することで表情を識別する実験系を構築し、識別精度を検証することによって提案手法の有効性を明らかにしている。</p> <p>第5章では、機械学習手法として教師なし学習を用いて、基本表情に限定されない表情の識別が可能かについて検証を行なっている。自己組織化に基づくクラスタリングによって、会話中の自然な表情がどのように分類されるかを検証すると共に、数値解析手法として独立成分分析を用いることで、眼球運動に対応した成分が検出できることを示し、提案手法の有効性を明らかにしている。</p> <p>第6章では、提案手法によって表情筋の動き以外を検出できるかを検証している。手などの接触に応じて発生した皮膚変形によって与えられる反射強度の変化を識別できるかを検証し、外力による表情変化についても識別できることを示している。</p> <p>第7章では、本論文で提案した表情識別手法を総括すると共に、論文を通じて明らかにした優位性・有効性を踏まえながら、今後の提案手法を通じた表情認識の可能性について述べている。</p> <p>以上要するに本研究は、ウェアラブルデバイスに組み込んだ多数の反射型光センサを用いることによって、皮膚とセンサの距離に応じて変化する反射強度分布を取得し、機械学習・数値解析手法を適用することによって装着者の表情の識別を行なう手法を提案したものである。また、提案手法に基づいて随意・不随意の表情の識別のみではなく、眼球運動、外力による表情変化を識別できることを示しており、工学上寄与するところが少なくない。</p> <p>よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			