

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	2012
Jtitle	慶應義塾大学工学部研究報告別冊 Vol.74, (2012. ) ,p.1- 115
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	
Genre	Thesis or Dissertation
URL	<a href="https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=K050002003-20120002-0001">https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=K050002003-20120002-0001</a>

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 3761 号	氏 名	野殿 英恵
主論文題目： プラナリアの生殖様式制御に関する研究			
<p>季節や生活環などに応じて無性生殖・有性生殖を転換する生物が広く生物界に存在する。生殖様式転換は両者の利点を状況に応じてともに活かす戦略と考えられている。生殖様式制御は生物の存続、多様性を支える根本原理だが、後生動物でその機構は不明である。本研究では生殖様式規定について調べることを目指した。</p> <p>第1章では、生殖様式制御に関する知見をまとめ、この背景に基づき本研究課題設定に至った概念について述べた。淡水棲プラナリアでは同種内に生殖戦略の異なる3集団（先天的無性 asexual; AS、先天的有性 innate sexual; InS、無性と有性の季節転換）が共存する。さらに AS 個体に有性個体を投餌することで人為的有性化 (acquired sexual; AqS) 個体が得られる。InS は生まれながらに自律的に有性化因子の産生を開始するが、AqS は外因性の刺激により有性化するため、AqS が InS 様の「有性状態を自発的に開始する能力」を獲得したか否かは不明であった。InS と AqS の比較により、これまでよくわかっていない生殖様式制御機構に新たな知見を与えることが期待された。</p> <p>そこで第2章では、まず自発的な有性状態開始能力を調べる方法として小片再生実験を考案し、両者を比較した結果、AqS は有性化刺激が無い状態では自発的に有性化を開始する能力は獲得していないと結論付けられ、有性状態の規定に2ステップモデルを提案した。また生殖様式規定の差異が neoblast 自体にあると予想されたため、第3章以降で neoblast 移植により検討した。第3章では X 線照射した recipient 個体に neoblast 画分を移植し、そのレスキュー効果を評価した。さらにマイクロサテライトマーカーやゲノム倍数性を用いて移植細胞の生着・増殖を確認し、個体内での donor 由来細胞の割合を定量する実験系を構築した。その結果、移植細胞が個体内で増殖し、最終的に致死線量 X 線照射個体への移植では全身が donor 由来細胞に置換すること、また非致死線量照射の場合は donor と recipient の両由来の細胞が安定して共存するキメラとなることを示した。第4章では致死線量を照射した AS recipient に対して、InS および AqS の neoblast 画分を移植し、neoblast の有性生殖開始能を評価した。InS 由来 neoblast の移植でのみ有性個体となり、neoblast レベルで生殖様式規定がなされていることが明らかになった。また AqS 由来 neoblast の移植では有性にならなかったことから、人為的有性化で細胞レベルの先天的生殖様式規定は変化していないとわかった。第5章では AS と InS のキメラ個体を作製した結果、キメラ個体もほぼ全てが有性個体となり、AS 由来細胞存在下でも InS 由来 neoblast は有性状態を開始できることが明らかとなった。さらにキメラ個体では卵巣が肥大し、過剰数形成された。これは InS では見られず、内因性の有性化因子に対する卵巣形態制御の応答性が InS と AS では異なることが示唆された。</p> <p>第6章では以上の研究を総括し、プラナリアの生殖様式制御について細胞レベルおよび個体レベルから論じた。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3761 号	氏 名	野 殿 英 恵
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学准教授	医学博士 松本 緑
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 岡 浩太郎
		慶應義塾大学准教授	博士(理学) 宮本 憲二
		慶應義塾大学准教授	博士(工学) 清水 史郎
		慶應義塾大学専任講師	博士(理学) 堀田 耕司
<p>学士（理学）、修士（理学）野殿英恵君提出の学位請求論文は、「プラナリアの生殖様式制御に関する研究」と題し、全6章からなっている。</p> <p>生物が次世代をつくり出す「生殖」の様式は、「性」つまり他個体とのゲノムの混合の有無により、無性生殖と有性生殖に大別でき、多くの動物門で生殖様式転換現象が知られている。生殖様式制御は生物の存続を支える根本原理だが、後生動物でその機構は不明である。本論文では小片再生実験と幹細胞移植を実験手法の考案・構築から行い、プラナリアの生殖様式制御について考察した。</p> <p>第1章では過去の知見をまとめ、本研究課題設定に至った概念を述べた。淡水棲プラナリアでは同種内に生殖戦略の異なる3集団（先天的無性 asexual; AS、先天的有性 innate sexual; InS、無性と有性の季節転換）が共存する。さらに AS に有性個体を投餌することで人為的有性化個体 (acquired sexual; AqS) が得られる。InS は生まれながらに自律的に有性化因子の産生を開始するが、AqS は外因性の刺激により有性化するため、AqS が InS 様の「有性状態を自発的に開始する能力」を獲得したか否かは不明であった。そこで本論文で InS と AqS を比較した。第2章では小片再生実験を考案し両者を比較した結果、AqS は自発的に有性化を開始する能力は獲得していないと結論付けられ、有性状態の規定に2段階モデルを提案した。この差異が多能性幹細胞 neoblast 自体にあると予想されたため、第3章以降で移植により検討した。第3章では移植実験系の構築と検定について述べた。X線照射 recipient に neoblast 画分を移植し、その救助効果を評価した。さらに新たに個体識別マーカーを導入し、個体内での donor 由来細胞の割合を定量する実験系を構築した。その結果、移植細胞の増殖の経時変化の追跡を達成した。最終的に致死線量照射個体への移植では全身が donor 由来細胞に置換し、非致死線量照射の場合は donor と recipient の細胞の安定なキメラとなることを見出した。前者は移植細胞の分化能を <i>in vivo</i> で評価する手法となる一方、後者は由来の異なる neoblast の <i>in vivo</i> での相互作用を調べられる。第4章では致死線量照射 AS recipient に対して、InS および AqS の neoblast 画分を移植し、neoblast の有性生殖開始能を評価した。InS 由来 neoblast の移植でのみ有性個体となり、neoblast レベルで生殖様式規定がなされていることが明らかになった。また AqS の移植では有性にならず、人為的有性化で細胞レベルの先天的生殖様式規定は変化していないとわかった。第5章では AS と InS のキメラを作製した結果、ほぼ全てが有性個体となり、AS 由来細胞存在下でも InS 由来 neoblast は有性状態を開始できることが明らかとなった。さらにキメラでは卵巣が肥大し、過剰数形成された。これは InS では見られず、内因性の有性化因子に対する卵巣形態制御の応答性が InS と AS では異なることが示唆された。第6章では以上の研究を総括し、生殖様式制御に関する知見や著者の野外調査の結果などとも照らし合わせて考察し、研究の今後の展望を述べた。</p> <p>以上、本論文では AqS 個体と InS 個体の細胞レベルでの生殖様式規定の差異を示した。細胞単位に解離した InS 個体の neoblast から機能的な有性個体全身が構築されたことは、細胞自体に備わる生殖様式規定を実証した点で重要である。またプラナリアの生殖様式制御について、新たに2段階モデルを提唱した。これらの成果は、生殖様式の決定/選択機構解明の第一歩であり、今後の生殖生物学研究に貢献するところが多い。よって、本論文の著者は博士(理学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			

## 内容の要旨

報告番号	甲 第 3762 号	氏 名	安藤 貴洋
主論文題目： レーザー誘起応力波による遺伝子導入法を用いた 脊髄損傷モデルラットの運動機能改善			
<p>脊髄損傷は、交通事故やスポーツ外傷などに伴って脊柱に強い外力が加わり、脊髄実質が損傷する病態である。現在、日本には約 10 万人の患者がいるとされているが、若年層の患者も多く、長年にわたる麻痺による日常生活の不自由と精神的負担を余儀なくされている。しかし、神経組織の再生能の低さから現在までに脊髄損傷によって失われた機能を回復するための有効な治療法は確立されていない。期待される治療法の一つとして、遺伝子治療が近年注目を集めている。ただし中枢神経系を対象とするため、根幹技術となる遺伝子導入技術には特に高い安全性、精密性、および時間的制御性が求められる。それに加えて、脊髄は管状の椎骨で囲まれた神経組織であるため、生体深部まで治療遺伝子を導入できる技術が必要である。</p> <p>レーザーを用いる遺伝子導入法は、エネルギーの空間的・時間的制御性が高いことに加えて、光ファイバを用いることにより、臨床現場において操作性に富む経カテーテル的遺伝子治療を実現できるといった特長を備えている。中でも、固体材料へのパルスレーザー照射によって発生するレーザー誘起応力波(laser-induced stress wave, LISW)を用いた遺伝子導入法は、一度の適用で導入できる細胞数が多く、応力波が光よりも散乱が少なく生体内を伝搬するため深部組織への適用が可能である。</p> <p>本研究は、LISW による遺伝子導入技術を用いた脊髄損傷の遺伝子治療を目的として行われたものである。本論文は次の 6 章で構成されている。</p> <p>第 1 章は序論である。最初に脊髄損傷に対する現行の治療法と期待されている遺伝子治療について概説する。次いで、遺伝子治療の根幹技術となる遺伝子導入法の研究動向と技術的課題を明確にした上で、本研究の目的と意義を述べている。</p> <p>第 2 章では、LISW の発生および伝搬理論について述べた後、脊髄の模擬組織を用いて行った LISW の伝搬特性計測の結果と考察を示している。脊髄への標的部位選択的な遺伝子導入を達成するために必要な圧力伝搬特性が得られていることを明らかにした。</p> <p>第 3 章では、健常ラットの脊髄組織を対象とした、LISW によるレポーター遺伝子の導入結果について述べる。その遺伝子発現の特性から、発現効率のレーザーパラメータ依存性、発現部位の標的性、発現細胞種、さらに本遺伝子導入技術の安全性を評価した。</p> <p>第 4 章では、第 3 章で得られた遺伝子発現特性に基づき、脊髄損傷モデルラットを対象にグリア瘢痕の形成を抑制する遺伝子を導入し、その運動機能に関する評価した。グリア瘢痕形成の一端を担う中間径フィラメントタンパクの抑制効果に加えて、組織学的な評価を行い、遺伝子治療後の機能改善を多角的に検証した。</p> <p>第 5 章は、LISW による脊髄損傷の遺伝子治療技術を臨床現場で応用するための、光ファイバを用いた経カテーテル的遺伝子導入デバイスの開発について述べている。</p> <p>第 6 章は本研究の結論である。本研究の成果を総括し、今後の展望を述べている。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3762 号	氏 名	安藤 貴洋
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	工学博士 小原 實
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 荒井 恒憲
	副査	慶應義塾大学教授	博士（工学） 齋木 敏治
	副査	慶應義塾大学准教授	博士（工学） 木下 岳司
	副査	防衛医科大学校准教授	工学博士 佐藤 俊一

  

学士（工学）、修士（工学）安藤貴洋君提出の学位請求論文は「レーザ誘起応力波による遺伝子導入法を用いた脊髄損傷モデルラットの運動機能改善」と題し、6章から構成されている。

脊髄損傷は、交通事故やスポーツ外傷などで脊髄実質が損傷する病態である。日本には約 10 万人の患者がいて、若年層の患者も多く、下肢麻痺による日常生活の不自由と精神的負担を長年余儀なくされている。しかし、神経組織の低い再生能から、運動機能を回復するための有効な治療法は確立されていない。治療法として遺伝子治療が最近注目を集めているが、中枢神経系を対象とするため、特に高い安全性、精密性、および時間的制御性が遺伝子導入技術には求められる。脊髄は管状の椎骨で囲まれた神経組織であるため、生体深部まで遺伝子を導入する技術が必要である。

レーザによる遺伝子導入法は、空間的・時間的制御性が高く、さらに、将来臨床現場で経光ファイバカテーテル的遺伝子治療を実現できるポテンシャルを備えている。パルスレーザを吸収体に照射すると発生するレーザ誘起応力波(laser-induced stress wave, LISW)を用いた遺伝子導入法は、遺伝子導入できる細胞数が多く、かつ LISW がレーザ光より散乱が少なく生体組織を伝搬できるため深部組織への適用が可能である特長を備えている。以上の背景に鑑みて、本論文の著者は、脊髄損傷モデルラットの下肢運動機能改善を目的とした LISW による遺伝子導入を提案した。

第 1 章は序論である。脊髄損傷に対する現行の治療法と将来の遺伝子治療について概説している。次に、遺伝子治療の基幹技術である遺伝子導入法の最近の研究動向と技術的課題を明確にし、本研究の目的と意義を述べている。

第 2 章では、LISW の発生と伝搬理論について述べている。脊髄の模擬組織中の LISW の伝搬特性の実験結果と考察を述べている。脊髄への標的部位選択的遺伝子導入に必要な LISW の圧力伝搬特性が得られることを明らかにした。

第 3 章では、健常ラットの脊髄組織を対象に、LISW によるレポーター遺伝子の導入結果について述べている。その遺伝子発現の特性から、発現効率のレーザパラメータ依存性、発現部位の標的性、発現細胞種、さらに本遺伝子導入技術の安全性を評価した。

第 4 章では、第 3 章で得られた遺伝子発現特性に基づいて、脊髄損傷モデルラットを対象にグリア瘢痕の形成を抑制する siRNA を LISW で導入し、ラットの運動機能改善に関する評価をした。すなわち、グリア瘢痕形成の一端を担う中間径フィラメントタンパク質の抑制効果と組織学的評価で、遺伝子治療後のラットの運動機能改善を多面的に検証した結果、有意な組織空洞の縮減と下肢運動機能スコアの向上が確認できた。

第 5 章は、脊髄損傷の LISW による遺伝子治療を臨床現場で適用するために、光ファイバを用いた経カテーテル的遺伝子導入デバイスの開発について述べている。

第 6 章は本研究の結論である。本研究で得られた成果を総括し、今後の展望を述べている。

以上要するに、本論文はレーザ誘起応力波による遺伝子導入を脊髄損傷モデルラットに適用し運動機能改善を達成したものである。すなわち、損傷脊髄深部の活性化アストロサイトにその細胞骨格タンパク質となる中間径フィラメントタンパク質の発現を抑制する siRNA を導入しグリア瘢痕形成を抑えて神経再生が確認できたもので、医用レーザ工学・レーザ遺伝子導入技術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 3763 号	氏 名	深川 宏樹
主論文題目： 流体力学における変分原理の改良			
<p>実現される運動は作用積分を最小にする。これは変分原理と呼ばれ、物理学全般における指導原理の一つとして考えられている。この原理を用いれば、複雑な拘束条件があっても系の動力学の定式化を行うことができる。様々な完全流体の変分原理が古くから提案されている。また、オンサーガーの変分原理が散逸系であるソフトマターの動力学の定式化に便利であることが知られている。しかしながら、これらの変分原理はいくつかの未解決問題がある。本論文では、これらの問題を解決する普遍的枠組みを与え、付随するハミルトン形式を整備する。本論文の主要な結果は以下の3つである。</p> <p>1. 完全流体の変分原理 流体の速度場を記述する方法にはラグランジュ描像とオイラー描像の2つがある。ラグランジュ描像では、流体粒子ごとの物理量の時間発展を見る。一方、オイラー描像では、空間に固定された点での物理量の変化を見る。完全流体の運動方程式は、質点の運動と同様にしてラグランジュ描像の変分原理から導くことができることが知られている。一方、オイラー描像の変分原理では、一様エントロピー下で渦度のある速度場を導くためにはクレプシュポテンシャルと呼ばれる補助場が必要である。しかしながら、その物理的な意味は不明瞭であった。第3章では、クレプシュポテンシャルが流跡線の初期位置と終端位置を固定するために必要であることを示す。なお、質量保存則と断熱条件はホロノミックな拘束条件である。したがって、未定乗数法で用いて、作用積分の中に組み込むことができる。</p> <p>2. 散逸系の変分原理 散逸系では、エントロピーは流跡線に沿って生成される。これはエントロピーに関して非ホロノミックな拘束条件を与え、上で用いた方法が使えない。しかしながら、この非ホロノミックな拘束条件の下で作用積分を最小にすることは、これが微分形式で書けることから可能である。我々の定式化は運動量のつりあいの式全体を導くことができる。一方、オンサーガーの変分原理で導出できるのはそのうちの線形項だけである。第4章で、この定式化を粘性流体、粘弾性流体および高分子溶液に適用する。付録Cでは、拡散による散逸がある二成分流体の変分原理について議論する。</p> <p>3. ハミルトン形式 制御理論では、最適化された入力のコスト汎関数を最小にし、共役な関数の組としてハミルトン方程式を導く。第5章で、これを流体に適用する。速度場は入力とみなせ、状態変数はラグランジュ描像であれば流体粒子の位置となり、オイラー描像であればクレプシュポテンシャルになる。完全流体に対しては、これは正準なハミルトン形式になり、散逸系においては、これに散逸力が加わったものになる。また、付随する対称性と保存則についても議論する。</p> <p>第1章では、研究背景、研究目的および本論文の構成を述べる。 第2章では、変分原理についての先行研究の紹介し、拘束条件の取り扱い方法を説明をする。 第3章から第5章では、上記の主要結果3つを記述する。 第6章では、まとめと展望を述べる。 付録AとBでは、テンソル計算と物質時間微分について説明する。 付録CとDでは、拡散による散逸がある二成分流体と相対論的完全流体の変分原理について述べる。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3763 号	氏 名	深川 宏樹
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学准教授	博士(理学)・医学博士 藤谷 洋平
	副査	慶應義塾大学教授	理学博士 高野 宏
		慶應義塾大学専任講師	博士(理学) 古池 達彦
	慶應義塾大学教授	工学博士 朝倉 浩一	
	東北大学教授	博士(理学) 服部 裕司	
<p>学士(工学)、修士(理学) 深川宏樹君提出の学位請求論文は、「流体力学における変分原理の改良」と題し、本文6章と付録4章から成る。第3章から第5章に主結果が述べられている。</p> <p>理論物理学において、変分原理は、特に拘束条件のある系を矛盾なく取り扱う際に重要である。ソフトマター物理学分野においても、動力学の定式化に変分原理が使われて、多大の成果があげられてきた。しかし、最小作用の原理と同等の変分原理は、完全流体に対してさえ、オイラー描像において問題点があり、付随する正準なハミルトン形式がなかった。さらに散逸系に対しては、そのような変分原理に対する普遍的な枠組みがなかった。本論文では、完全流体の変分原理の問題点を明快に解決し、付随する正準なハミルトン形式を整備し、完全流体の変分原理との連関を明らかにしつつ、散逸系の変分原理の普遍的枠組みを与え、そこで上述のハミルトン形式がどう変化するかを明らかにしている。</p> <p>第1章では、本研究の背景に触れ、その目的を述べている。</p> <p>第2章では、既存の変分原理と拘束条件の取り扱いを説明している。</p> <p>第3章では、完全流体のオイラー描像における変分原理において、一様エントロピー下でも渦度が存在するようにクレプシュポテンシャルという場が明快な説明なしに導入されてきた背景を、まず説明している。そのあとで、このような場はラグランジュ描像において課せられていた境界条件を表すためのもので、三種類必要であることを明らかにしている。なお、完全流体における局所断熱性、つまり局所のエントロピーが流れても保存される条件は、ホロノミックな拘束条件であり、未定乗数法で扱っている。</p> <p>第4章では、上述のエントロピーに関する条件が、散逸系では、散逸によって局所のエントロピーがどう変化するかを表す非ホロノミックな拘束条件に代わることを述べている。そして、粘性流体だけではなく、粘弾性流体や高分子溶液に対しても、同じ枠組みで定式化した変分原理を使って、散逸項と非線形項を含んだ運動量のつりあいの式を導けることを示している。さらに線形構成方程式を仮定すれば、たとえば粘性流体に対してはナビエ・ストークス方程式を導ける。この場合、従来のオンサーガの変分原理では、ストークス近似を超えず、非線形項を導けない。</p> <p>第5章では、完全流体に対して、速度場を制御理論における入力とみなし、正準な変数の関数として扱い、正準なハミルトン形式を導出している。さらに、散逸系で、このハミルトン形式がどう変化するかも示し、付随する対称性と保存則についても議論している。</p> <p>第6章では、本論文のまとめと今後の展望を述べている。</p> <p>付録AからDではそれぞれ、テンソル算法、物質時間微分、拡散による散逸がある場合の取り扱い、相対論的完全流体に対する定式化を説明している。</p> <p>以上、本研究では、完全流体から散逸流体にわたって統一的な視点で変分原理を構築し、付随するハミルトン形式を整備している。特に、散逸系に対する局所エントロピーの関わる拘束条件を非ホロノミックな条件として扱った点、および制御理論を応用して速度場を正準な変数としないでハミルトン形式を定式化した点は、従来の研究と一線を画していて、独創的かつ画期的である。液晶等のより複雑な流体や温度非一様な系への応用も考えられ、今後の発展が期待される。このように、これらの研究成果は、ソフトマター物理学および非平衡統計物理学において基礎的かつ重要な成果である。よって、本論文の著者は博士(理学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			

## 内容の要旨

報告番号	甲 第3787号	氏名	徳橋 和将
主論文題目： Energy Efficient and Large-scale Optical Access Network Using High-speed Optical Switch (超高速光スイッチを用いたエネルギー効率の高いラージスケール型光アクセスネットワーク)			
<p>現在、Fiber-To-The-Home (FTTH)サービスとして Passive Optical Network (PON) という光アクセスネットワークが世界中で広く普及し、ブロードバンドインターネットサービスを実現している。PONは局舎側装置 Optical Line Terminal (OLT)からの光ファイバを光カプラというパッシブデバイスにより分岐し、32または64ユーザで光ファイバを共有する低コストなアーキテクチャである。また、年々ネットワークトラヒックは増加傾向にあり、アクセスエリアにおいては通信デバイスが多いため消費電力が増大するという問題が発生している。その消費電力はネットワーク全体の約7割に達している。将来の光アクセス網ではこれらの問題に対する抜本的な改善が求められており、大規模ネットワークや省電力技術についての研究が行われている。また、光カプラを用いるPONは通信距離の延長や多ユーザ化に限界があり、人口密度の高い都市部とは対照的に、地方では普及が難しくデジタルデバイド問題を引き起こしている。また光カプラの特性で、下り通信については全ユーザに同じデータが到着し(ブロードキャスト-セレクト型)、上り通信については他の通信を妨害する可能性があるなど、信頼性に問題もある。本論文は以下のように構成される。</p> <p>第1章では、上記問題点を明確化し、本論文の概要を述べる。第2章ではPONのアーキテクチャおよびプロトコル、PONの標準化、次世代光アクセス網の関連研究、そして省電力技術の関連研究を紹介する。また問題解決に向けた既存研究での対応状況を明確化し、本研究の目的、位置づけを明らかにする。</p> <p>第3章では、PONにおける光カプラではなく、導波路型光スイッチを用いてポイント・ツー・ポイント接続を確立するアクティブ型光アクセスネットワークを提案する。光スイッチによる光強度の低損失性を活かしてPONの通信距離20kmおよびユーザ数32を超える40kmおよびユーザ数128を目指す。また基地局と加入者側でポイント・ツー・ポイント通信が実現されるため信頼性の向上が見込まれる。さらに本章では光スイッチ制御方法やPONの標準化を基にした回線制御プロトコル(ディスカバリプロセス)の提案を行う。そしてプロトタイプのOLT、加入者側装置 Optical Network Unit (ONU)および光スイッチエミュレータを用いた実験を通して、提案システムの有効性を実証検証する。</p> <p>第4章では、消費電力削減に着目したハイブリッドパッシブ/アクティブ型光アクセスネットワークを提案する。提案システムはMxN型の光スイッチシステムを局舎に設置し、複数のPONツリーを集約するアーキテクチャとなる。通信中のユーザ数などのトラヒック状況に対応して、余剰なOLTをスリープモードに移行することで省電力化を狙う。本章では提案アーキテクチャ構造、OLT起動数および管理するONUの割当て方式について述べる。そして割り当て通信速度についてONU間の公平性を保ちつつ消費電力を低減できることを示す。</p> <p>最後に第5章では、本論文の研究の結論を述べる。</p>			



## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3787 号	氏 名	徳橋 和将
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	工学博士 山中 直明
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 笹瀬 巖
		慶應義塾大学教授	工学博士 天野 英晴
		慶應義塾大学教授	博士(工学) 津田 裕之
<p>学士(工学) , 徳橋和将君の学位請求論文は, 「Energy Efficient and Large-scale Optical Access Network Using High-speed Optical Switch (超高速光スイッチを用いたエネルギー効率の高いラージスケール型光アクセスネットワーク)」と題し, 5章から構成される。</p> <p>現在, Fiber-To-The-Home (FTTH)サービスとして Passive Optical Network (PON) という光アクセスネットワークが世界中で広く普及し, ブロードバンドインターネットサービスを実現している。PON は局舎側装置 Optical Line Terminal (OLT)からの光ファイバを光カプラというパッシブデバイスにより分岐し, 32 または 64 ユーザで光ファイバを共有する低コストなアーキテクチャである。また, 年々ネットワークトラヒックは増加傾向にあり, アクセス領域においては通信デバイスが多いため消費電力が増大するという問題が発生している。その消費電力はネットワーク全体の約7割に達している。将来の光アクセス網ではこれらの問題に対する抜本的な改善が求められており, 大規模ネットワークや省電力技術についての研究が行われている。また光カプラを用いる PON は通信距離の延長や多ユーザ化に限界があり, 人口密度の高い都市部とは対照的に, 地方では普及が難しくデジタルデバイド問題を引き起こしている。さらに光カプラの特性で, 下り通信については全ユーザに同じデータが到着し(ブロードキャスト-セレクト型), 上り通信については他の通信を妨害する可能性があるなど, 信頼性にも問題がある。以上を踏まえて本論文では光スイッチを用いたアクセス網の大規模化および省電力化を狙う研究を行っている。本論文は以下のように構成される。</p> <p>まず第1章は序論であり, 上記問題点を明確化し, 本論文の概要を端的に説明している。</p> <p>第2章では PON のアーキテクチャおよびプロトコル, PON の標準化, 次世代光アクセス網の関連研究, そして省電力技術の関連研究を具体的に紹介している。また問題解決に向けた既存研究での対応状況を明確化し, 本研究の目的, 位置づけについて説明している。</p> <p>第3章および第4章では具体的な研究内容に関して述べており, 第3章では PON における光カプラではなく, 導波路型光スイッチを用いてポイント・ツー・ポイント接続を確立するアクティブ型光アクセスネットワークについて提案している。光スイッチの低損失性を活かして PON の通信距離 20km およびユーザ数 32 を超える 40km およびユーザ数 128 を目指している。また基地局と加入者側でポイント・ツー・ポイント通信が実現されるため信頼性の向上が見込まれる。さらに本章では光スイッチ制御方法や PON の標準化を基にした回線制御プロトコル (ディスカバリプロセス) を提案しており, プロトタイプの OLT, 加入者側装置 Optical Network Unit (ONU)および光スイッチエミュレータを用いた実験を通して, 提案システムの有効性を実証している。</p> <p>第4章では, 消費電力削減に着目したハイブリッドパッシブ/アクティブ型光アクセスネットワークについて提案している。提案システムは MxN 型の光スイッチシステムを局舎に設置し, 複数の PON ツリーを集約するアーキテクチャとなる。通信中のユーザ数などのトラヒック状況に対応して, 余剰な OLT をスリープモードに移行することで省電力化を狙っている。本章では提案アーキテクチャ構造, OLT 起動数および管理する ONU の割当て方式について論じており, 割り当てられる通信速度について ONU 間の公平性を保ちつつ消費電力を低減できることを示している。</p> <p>第5章は, 結論であり, 本研究で得られた結果を総括している。</p> <p>以上要するに本論文は, 将来の光アクセスネットワークへの要求条件を満たすために, 光スイッチを用いた大規模化光アクセスネットワークを提案しその実現の可能性を示し, またトラヒック変動に対応した動的なエネルギー最適ネットワークの省電力手法を示した点で工学上寄与するところが少なくない。また, これらの成果は著者が自立して研究活動を行うために必要な高度な研究能力, 並びにその基礎となる豊かな学識を有することを示したと言える。</p> <p>よって, 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 3788 号	氏 名	登坂 万結
主論文題目： <b>Amorphous Carbon and Silica-based Films Synthesized by Atmospheric Pressure Plasma CVD Method</b> (大気圧プラズマ化学蒸着法で作製した非晶質炭素膜とシリカ系薄膜)			
<p>薄膜コーティングは、材料表面に特殊機能を被覆する技術であり、資源の有効活用の観点からも国内外で盛んに研究されている。近年の低価格競争の中で、自動車産業や容器包装産業では、安価な部品やプラスチック製品が使用されており、表面処理にも更なる機能化が求められている。そこで、本論文では、短時間で大面積コーティングが可能な「大気圧プラズマ法」により、非晶質炭素薄膜およびシリカ系薄膜の高機能化に取り組んでいる。大気圧下で薄膜を作製するためには、対向電極を数mmの間隔で平行に配し、電極間でプラズマ放電を起こし、そこに基材を挿入する必要がある。しかし、大気圧中では真空環境に比べ、放電の安定化が難しく、また気相中で粒子を生成するため、表面が粗く軟質な膜となる。本論文では、装置の設計・改良および成膜条件を制御し、非晶質炭素薄膜とシリカ系薄膜の膜特性を測定した結果をまとめている。</p> <p>第1章では、大気圧プラズマ技術の発展経緯、本技術の現状と課題について述べている。第2章では、大気圧合成の際に必須な原料ガスの希釈が、非晶質炭素膜の硬さと表面の平滑性に及ぼす効果を明らかにしている。第3章では、非晶質炭素膜の硬質化・高ガスバリア化のために、基板温度や電源のパルス周波数を変化させ、膜を緻密化させている。また、従来の誘電体バリア放電型の方式では実現不可能な立体形状への膜合成に成功している。第4章では、真空プラズマ法で高分子基材表面にシリカ系薄膜を蒸着させ、膜中の化学結合状態と透明性および硬さの関係を明らかにしている。第5章では、硬質シリカ系薄膜を大気圧下で作製するために、原料ガスに大量の酸素ガスを混合させ、また基板の加熱により、真空下で作製した膜と同等の硬質膜の合成に成功している。第6章では、自動車窓の軽量化等への実用化を念頭に、高分子基材表面に大気圧下でシリカ薄膜を成膜し、材料全体としての耐摩耗性を測定している。一般に、軟質な高分子基材上に硬質なシリカ薄膜を蒸着させた場合、密着性が悪いため十分な耐摩耗性が得ることは不可能である。本研究では、シリカ膜と高分子基材の間にプライマー層を挿入させ、薄膜／プライマー／高分子基材複合体の十分な密着強度を得ることで、全体としての耐摩耗性を飛躍的に向上させている。さらに、透過型電子顕微鏡による微構造観察と深さ方向の化学組成および膜密度のプロファイルから、シリカ膜中の微結晶粒と積層構造を明らかにしている。</p> <p>第7章では、研究成果の総括を今後の展望と共にまとめる。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3788 号	氏 名	登坂 万結
論文審査担当者：	主査 慶應義塾大学教授 工学博士 鈴木 哲也		
	副査 慶應義塾大学教授 工学博士 今井 宏明		
	慶應義塾大学准教授 Ph.D. 堀田 篤		
	慶應義塾大学准教授 博士（工学） 大村 亮		
<p>修士（工学）登坂万結君提出の学位請求論文は「Amorphous Carbon and Silica-based Films Synthesized by Atmospheric Pressure Plasma CVD Method」と題し、全7章より構成されている。</p> <p>薄膜コーティングは、材料表面に特殊機能を被覆する技術であり、資源の有効活用の観点からも国内外で盛んに研究されている。近年の低価格競争の中で、自動車産業や容器包装産業では、安価な部品やプラスチック製品が使用されており、表面処理にも更なる機能化が求められている。そこで、本論文では、短時間で大面積コーティングが可能な「大気圧プラズマ法」により、非晶質炭素薄膜およびシリカ系薄膜の高機能化に取り組んでいる。大気圧下で薄膜を作製するためには、対向電極を数mmの間隔で平行に配し、電極間でプラズマ放電を起し、そこに基材を挿入する必要がある。しかし、大気圧中では真空環境に比べ、放電の安定化が難しく、また気相中で粒子を生成するため、表面が粗く軟質な膜となる。本論文では、装置の設計・改良および成膜条件を制御し、非晶質炭素薄膜とシリカ系薄膜の膜特性を測定した結果をまとめている。</p> <p>第1章では、大気圧プラズマ技術の発展経緯、本技術の現状と課題について述べている。第2章では、大気圧合成の際に必須な原料ガスの希釈が、非晶質炭素膜の硬さと表面の平滑性に及ぼす効果を明らかにしている。第3章では、非晶質炭素膜の硬質化・高ガスバリア化のために、基板温度や電源のパルス周波数を変化させ、膜を緻密化させている。また、従来の誘電体バリア放電型の方式では実現不可能な立体形状への膜合成に成功している。第4章では、真空プラズマ法で高分子基材表面にシリカ系薄膜を蒸着させ、膜中の化学結合状態と透明性および硬さの関係を明らかにしている。第5章では、硬質シリカ系薄膜を大気圧下で作製するために、原料ガスに大量の酸素ガスを混合させ、また基板の加熱により、真空下で作製した膜と同等の硬質膜の合成に成功している。第6章では、自動車窓の軽量化等への実用化を念頭に、高分子基材表面に大気圧下でシリカ薄膜を成膜し、材料全体としての耐摩耗性を測定している。一般に、軟質な高分子基材上に硬質なシリカ薄膜を蒸着させた場合、密着性が悪いために十分な耐摩耗性が得ることは不可能である。本研究では、シリカ膜と高分子基材の間にプライマー層を挿入させ、薄膜／プライマー／高分子基材複合体の十分な密着強度を得ることで、全体としての耐摩耗性を飛躍的に向上させている。さらに、透過型電子顕微鏡による微構造観察と深さ方向の化学組成および膜密度のプロファイルから、シリカ膜中の微結晶粒と積層構造を明らかにしている。第7章では、研究成果の総括を今後の展望と共にまとめる。</p> <p>以上、要するに、著者は高機能の非晶質炭素膜およびシリカ系膜を真空を引かずに大面積に被覆するための装置を設計・製作し、薄膜を合成し、その微構造を解析し、得られた結果をまとめている。これより、今日まで不可能であった、1) 大気圧プラズマ下での高機能非晶質炭素薄膜の安定的な合成、2) 高硬度のシリカ系薄膜の合成、3) 透過型電子顕微鏡を用いた未知薄膜微構造の解明に新たな知見を得た。本論文の結果は工学上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）の学位の資格があるものと認める。</p>			

## 内容の要旨

報告番号	甲 第 3789 号	氏 名	Popendorf, Kristoffer
主論文題目： Algorithms for comparing and visualizing genome-scale datasets (ゲノム規模データセットの比較解析および視覚化するためのアルゴリズム)			
<p>近年の超並列シーケンシング技術の発展によって、ゲノムに関するデータを新しく生成するコストと時間が急速に下がり、ゲノムを解読するプロジェクトの数が急激に増えている。現在 2,547 種の真核生物と 12,460 種の原核生物のゲノム解読プロジェクトが進行中である。また、ヒトやチンパンジー、マウスなどの 57 種の脊椎動物のゲノムがドラフト配列として完成されたので、ヒトに関連するゲノム解析を強力に推し進めることができる時代になった。しかし処理すべきデータの量と配列の数が指数的に増えているため、従来の解析手法をそのまま適用すると非現実的なコストがかかってしまう。</p> <p>本論文では、ゲノム規模データセットを解析するための 2 つのアルゴリズムを提案する。第 1 のアルゴリズムは、複数のゲノムから相同領域を並列計算機で検索するためのアルゴリズムの構築である。第 2 のアルゴリズムは、近年開発された次世代シーケンサーから生成される大量のリードデータを解析した結果を視覚的に分かりやすい形で高速に表示するアルゴリズムである。</p> <p>第 1 章では、ゲノム解読と比較ゲノム解析、次世代シーケンスデータとその解析および問題点について述べた。</p> <p>第 2 章では、相同領域を検索するために開発した <b>Murasaki</b> と呼ばれるアルゴリズムについて述べた。複数の大規模な全ゲノムでも効率的に比較できるようにするために、計算機クラスターを用いた並列計算によって高速にゲノム比較が計算できる手法を開発した。並列計算の効率を保証するために、ハッシュ関数の計算および計算ジョブの振り分け方に関する新しいアルゴリズムを実装した。脊椎動物のゲノムデータを用いた検証実験により、相同領域の検出精度、並列計算の効率のいずれにおいても既存手法よりも優れていることを確認した。</p> <p>第 3 章では、大量のシーケンスデータを解析した結果を高速に表示するアルゴリズムについて述べた。次世代シーケンサーから生成された何千万本の短いリード配列は、リードマッピングのプログラムを用いて参照ゲノムに配置される。配置されたリードマッピングの形状から生物学的な解析を行うためには、全ゲノム領域中の形状を高速に視覚化するためのソフトウェアが必要である。哺乳類規模の大きなゲノムに大量のリードデータをマッピングした場合、ゲノムレベルで俯瞰する表示から一塩基レベルでの詳細な表示までをスムーズに可視化するプログラムは存在しない。そこで、<b>Samscope</b> と呼ばれるコンピュータグラフィックスの手法を取り入れた新しい表示プログラムを開発した。チキンゲノムのセントロメア解析において、<b>Samscope</b> はタンパク質結合部位をゲノム配列から視覚的に発見することに威力を発揮することが示された。</p> <p>第 4 章では、本研究を総括するとともに、提案した 2 つのアルゴリズムについて他のゲノム解析問題への応用可能性を議論した。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3789 号	氏 名	Popendorf, Kristoffer
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	博士（理学） 榊原 康文
	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	農学博士 井本 正哉
		慶應義塾大学准教授	博士（工学） 舟橋 啓
<p>修士(理学) Popendorf Kristoffer 君提出の学位請求論文は「Algorithms for comparing and visualizing genome-scale datasets (ゲノム規模データセットの比較解析および視覚化するためのアルゴリズム)」と題し、4章から構成されている。</p> <p>近年の超並列シーケンシング技術の発展により、ゲノムに関するデータを新しく生成するコストと時間が急速に下がり、ゲノムを解読するプロジェクトの数が急激に増えている。現在2,547種の真核生物と12,460種の原核生物のゲノム解読プロジェクトが進行中である。また、ヒトやチンパンジー、マウスなどの57種の脊椎動物のゲノムがドラフト配列としてすでに完成されており、ヒトに関連するゲノム解析を強力に推し進めることができる時代になった。しかし処理すべきデータの量と配列の数が指数的に増えているため、従来の解析手法をそのまま適用すると非現実的なコストがかかってしまう。</p> <p>本論文では、ゲノム規模のデータセットを解析するための2つのアルゴリズムを提案する。第1のアルゴリズムは、複数のゲノムから相同領域を並列計算機で検索するためのアルゴリズムの構築である。第2のアルゴリズムは、近年開発された次世代シーケンサーから生成される大量のリードデータを解析した結果を視覚的に分かりやすい形で高速に表示するアルゴリズムである。</p> <p>第1章では、ゲノム解読と比較ゲノム解析、次世代シーケンスデータとその解析および問題点について述べた。</p> <p>第2章では、相同領域を検索するために開発したMurasakiと呼ばれるアルゴリズムについて述べた。複数の長大なゲノムでも効率的に比較できるようにするために、計算機クラスターを用いた並列計算によって高速にゲノム比較が計算できる手法を開発した。並列計算の効率を保証するために、ハッシュ関数の計算および計算ジョブの振り分け方に関する新しいアルゴリズムを実装した。脊椎動物のゲノムデータを用いた検証実験により、相同領域の検出精度、並列計算の効率のいずれにおいても既存手法よりも優れていることを確認した。</p> <p>第3章では、大量のシーケンスデータを解析した結果を高速に表示するアルゴリズムについて述べた。次世代シーケンサーから生成された何千万本の短いリード配列は、リードマッピングのプログラムを用いて参照ゲノムに配置される。配置されたリードマッピングの形状から生物学的な解析を行うためには、全ゲノム領域中の形状を高速に視覚化するためのソフトウェアが必要である。哺乳類規模の大きなゲノムに大量のリードデータをマッピングした場合、ゲノムレベルで俯瞰する表示から一塩基レベルでの詳細な表示までをスムーズに可視化するプログラムは存在しない。そこで、Samscopeと呼ばれるコンピュータグラフィックスの手法を取り入れた新しい表示プログラムを開発した。チキンゲノムのセントロメア解析において、Samscopeはタンパク質結合部位をゲノム配列から視覚的に発見することに威力を発揮することが示された。</p> <p>第4章では、本研究を総括するとともに、提案した2つのアルゴリズムについて他のゲノム解析問題への応用可能性を議論した。</p> <p>以上結論として、ゲノム規模のデータセットを解析するアルゴリズムを開発することで、生命科学のビッグデータから有意義な生物学的知見を発見できることが実証された。</p> <p>よって、本論文の著者は博士(理学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			

## 内容の要旨

報告番号	甲 第 3790 号	氏 名	鈴木 博之
主論文題目： 線形フィードバック系における熱力学量と情報量の関係			
<p>熱力学第二法則によれば、熱浴中の小さな系に対して操作を行うとき、系にされる仕事は系の Helmholtz 自由エネルギーの変化より小さくならない。小さな系が、さらに測定制御される系（プラント）と、測定制御する系に分かれるとき、プラントにされる仕事が、その Helmholtz 自由エネルギー変化とどのような関係があるか、という問題は古くから提起されてきた。Szilard (1929) は、非常に理想化したモデルに対して系の内部状態を測定制御することで、一見、熱力学第二法則に反した結果を得ている。当然ながら、測定制御する系を含めれば熱力学第二法則に反していない。</p> <p>帯電した Brown 粒子にされる仕事が最小になるよう、電場を制御しながら、一定距離を一定時間で一次的に移動させるモデルをまず考える。測定ノイズを伴いながら Brown 粒子の位置と速度を測定し、測定値を基に電場を決定する。制御の問題として定式化すると、電場の大きさが大きくならぬよう、そして最終時間で目的地にたどりつくよう、ふたつの制御パラメータを導入しなければならない。前者の条件を緩め、後者の条件を厳しくする極限で最適制御下の仕事は有限に留まる、ということを示すことができる。測定ノイズを大きくしたり、測定する変数を減らしたりすると、最適仕事の値は大きくなる。この際、Sagawa &amp; Ueda (2008) で得られた量子系での不等式と同様の式が成り立つように見える。</p> <p>この不等式と同様の不等式が、多数回観測される古典系一般に成り立つことを理論的に示すことができる。線形フィードバック系の場合、分離定理が成り立ち、推定のための Markov 過程を分離できる。得られる不等式には、この Markov 過程における測定量と状態量との相互情報量が関係する。相互情報量の値は、制御の詳細に依存しない。</p> <p>上記で導かれた不等式の等号成立条件は、系が完全に決定的な場合で、これは非現実的な場合である。はじめのモデルで数値的に得られた結果を使うと、不等式の両辺の値の差は非常に大きく、等式から遠いことがわかる。現実的な系で、どういう条件下で不等式が等式に近づくかに興味を持たれる。そこで、調和ポテンシャルを作るデバイスに外力を加えて、調和ポテンシャルを感じる Brown 粒子を、上述のモデルと同様に移動させる過程を数値的に研究する。測定ノイズを伴いながら Brown 粒子とデバイスの位置と速度を測定し、測定値を基に粒子がする仕事が最大になるように外力を決める。制御に有益な量の測定ノイズを小さくして、粒子により大きな仕事をさせても、同時に相互情報量が増えて、不等式が顕著には等式に近づかない。種々の因子を変化させて調べると、同様の理由で、粒子に仕事をより多くさせることと、不等式が等式に近づくことは両立しない。例外的な因子は、粒子の摩擦係数である。これを減少させると、制御がしやすくなって粒子により多くの仕事をさせられ、同時に熱ゆらぎが抑えられて、測定前の不確かさが減少し、結果として測定による不確かさの減少量が減る。これは相互情報量が減ることを意味し、不等式が等式に近づく。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3790 号	氏 名	鈴木 博之
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学准教授	博士(理学)・医学博士 藤谷 洋平
	副査	慶應義塾大学教授	理学博士 高野 宏
		慶應義塾大学教授	博士(工学) 内山 孝憲
		慶應義塾大学准教授	博士(情報理工学) 山本 直樹
		東京農工大学大学院准教授	博士(情報科学) 村山 能宏
<p>学士(工学)、修士(理学)鈴木博之君提出の学位請求論文は、「線形フィードバック系における熱力学量と情報量の関係」と題し、本文5章と付録2章からなる。</p> <p>熱力学第二法則によれば、等温過程で注目系にする仕事は、注目系のヘルムホルツ自由エネルギーの変化分より小さくはなれない。これを最小仕事の原理といい、準静的な過程で等号が成立する。注目系が制御される部分(プラント)と、する部分に分かれる場合は、プラントに関して、仕事がヘルムホルツ自由エネルギーの変化分より下がりうる。その程度は、測定により得られる情報量で決まるであろうことが、1929年に発表されたシラードのエンジンの考察などから示唆されてきた。本論文では、古典系で線形フィードバック制御を行った場合に、プラントの仕事と情報量の関係がどうなるかを、より現実に近いモデルで数値的に検討し、一般的な関係式を理論的に導出している。</p> <p>第1章では、本研究の背景に触れ、その目的を述べている。</p> <p>第2章では、一次的に一定距離を一定時間で、帯電したブラウン粒子を移動させる際に、仕事を最小にするように、かける電場を制御するモデルを考えている。評価関数には、仕事の項の他に、電場の大きさを制限するためと、終端条件のためとの、ふたつの項が含まれる。前者の制限を緩め、後者の条件を厳しくする極限で、測定に雑音のあるなしによらず、仕事有限にとどまることを数値的に示している。</p> <p>第3章では、前章で存在が示唆された、線形フィードバック系一般に拡張された最小仕事の原理を、理論的に導いている。詳細釣り合いとマルコフ性がある確率過程に対してジャルジンスキー等式を経て最小仕事の原理を導出する方法が知られている。線形フィードバック系では、分離定理で知られているように、マルコフ過程を分離できるが、この過程に上記導出法を適用している。その結果、どのように制御するかを決めた場合、このマルコフ過程に関わる相互情報量とボルツマン定数と絶対温度との積の分だけ、仕事の最小値がさらに減少してもよいことを示している。相互情報量の値は線形フィードバック制御で変えられない。過程が決定的な場合に等号が成立する。</p> <p>第4章では、調和ポテンシャルによってブラウン粒子を移動させる過程を考え、仕事が減少するよう制御して、前章で求めた不等式が等式に近づく実際の条件を数値的に検討している。測定雑音を小さくして仕事を減少させてもかえって等式に近づかない物理量がある一方で、粒子の摩擦係数を小さくして熱雑音を小さくすると仕事が減少すると同時に等式に近づくことを示している。また、過程に要する時間を長くすると、それにほぼ比例して仕事が減少するが、同時に相互情報量が線形に増大し、等式に近づくとはいえないことなども示している。</p> <p>第5章では、本論文のまとめと今後の展望を述べている。</p> <p>付録Aでは、第2章で考えた評価関数の停留点が最小値を与えることを確認している。</p> <p>付録Bでは、第2-4章で使っているカルマンフィルタを説明している。</p> <p>以上、本論文では、線形フィードバック系における最小仕事を、具体的なモデルで数値的に検討し、それを基にして最小仕事の原理を理論的に拡張し、さらに具体的なモデルでこの不等式が等式に近づく実際の条件を数値的に検討している。2008年以降、熱力学量と情報量の関わる研究結果が多く報告されているが、連続した複数回測定に基づく古典系の制御で一般化された理論的結果は、第3章の内容の報告によるのが最初であり、カルマンフィルタを利用した具体的なモデルの検討は、第2、4章の内容の報告以外にない。これらの研究成果は、情報熱力学と呼ばれ始めた分野の今後の研究の基礎となる重要な成果である。</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 3795 号	氏 名	原 彰宏
主論文題目： 海洋生物由来のマクロライド化合物 amphidinolide 類の合成研究			
<p>Amphidinolide B (1)、G (2)、H (3)は、渦鞭毛藻 <i>Amphidinium</i> sp.から単離・構造決定されたマクロライド化合物であり、エキソオレフィンを含むジエン構造あるいはアリルエポキシドなどの特徴的な構造を有している。生物活性に関しては、マウス白血病細胞 L1210 およびヒト上皮癌細胞 KB に対して、顕著な細胞毒性を示すことが見出されている。さらに、amphidinolide H (3)は細胞骨格タンパク質アクチンと共有結合を形成し、その重合を促進・安定化する効果が報告されており、アクチンを標的とする新規抗癌剤のリード化合物としての可能性が期待されている。このように、amphidinolide 類は有機合成化学的にも生物活性の観点からも非常に興味深い化合物であるため、筆者は amphidinolide 類の効率的な全合成を達成し、構造活性相関性の研究に資することを目標として、その合成研究を開始した。本合成研究の概要を以下に示す。</p> <p>Amphidinolide B (1)の 26 員環骨格は前駆体化合物 ABC と D からエステル化、閉環メタセシスを経て構築できると仮定した。また、化合物 ABC はアセチリドカップリング、アルドール反応を用いて、3 種類の化合物 A、B、C から合成することとした。</p> <p>まず、1 を構成する 4 つのフラグメントを合成した後、アセチリドカップリングを利用してフラグメント B および C を結合することで不飽和ケトン BC1 を合成した。続いて、1,4-付加反応によるメチル化、Wittig 反応を含む 6 工程を経て、特徴的なジエン構造を有するアルドール前駆体 BC2 へと誘導した。さらに、フラグメント BC2 と A をアルドール反応の条件に付すことでアルドール体を合成し、後の 5 工程でアリルエポキシドを構築することに成功した。最後に、フラグメント D とのエステル化、閉環メタセシスを経て 26 員環を構築することで amphidinolide B (1)の全合成を達成した。また同様の合成戦略を用いることで amphidinolide G (2)および H (3)の全合成も達成した。</p>			



## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3795 号	氏 名	原 彰宏
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	工学博士 西山 繁
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 只野 金一
		慶應義塾大学教授	工学博士 戸嶋 一敦
		慶應義塾大学准教授	博士(理学) 末永 聖武
<p>学士(理学)、修士(理学) 原 彰宏君提出の論文は、「海洋生物由来のマクロライド化合物 amphidinolide 類の合成研究」と題し、序論、本論、および実験編より構成されている。</p> <p>現在、自然界に広く医薬品、農薬の新しいリード化合物を求める研究が活発に行われている。それらの中で地表の 70% を占め、陸上とは異なる環境を提供する海洋に生息する多様性に富む生物が産生する天然有機化合物は、特異かつ新規な構造に由来する新しい生物活性を示すものが多く知られている。事実、多数の海洋生物由来の医薬品のリード化合物が見出されており活性評価が盛んに行われているものの、供すべき試料の量的確保が重要な課題となっている現状にある。このような背景から、合成手法の開発とともに、活性物質の安定供給を目指して、天然有機化合物の全合成研究が盛んに行われている。本研究もそのような流れの中で、海産扁形動物ヒラムシに生息する渦鞭毛藻 (<i>Amphidinium</i> sp.) より単離され、顕著な殺細胞活性を示すことが明らかとなった代表的海産マクロライドであるアンフィジノライド B、G、および H の全合成を行ったものである。</p> <p>第 1 章の序論では、海洋生物由来の生物活性物質を俯瞰した後、アンフィジノライド類の単離・構造決定に関する経緯と世界的規模で競合されてきた一連の合成研究について概説している。</p> <p>第 2 章では、26 員環マクロライド化合物であるアンフィジノライド B の収束的全合成について述べている。すなわち、不斉炭素を含む 3 個のフラグメントと不飽和脂肪酸部分をそれぞれ調製し、特徴的なジエン部分を構築しつつ、アルドール反応、エステル化、および閉環メタセシスを経て、効率良く目的を達成している。特に、ジエン部分の合成については独自に開発した立体選択的 1,4-付加反応に続くエキソメチレン部分の導入により求める構造を構築している。さらに、アルドール反応においては、反応温度を含む諸条件を詳細に検討し、目的の立体化学を優先的に生成させることに成功している。</p> <p>第 3 章では、27 員環構造を有するアンフィジノライド G を B の場合と同様に 4 個のフラグメントを順次結合せしめて、目的物の構造に到達している。本化合物は、B の場合と類似した構造であるが、3 級水酸基の存在など官能基の相違により反応性が大きく異なっているため、その反応を制御するために詳細な検討を行っている。なお、天然物を用いた G から 26 員環マクロライドであるアンフィジノライド H への変換反応がすでに報告されているため、アンフィジノライド G の合成により、アンフィジノライド H の形式合成を達成したことになる。</p> <p>第 4 章では、上記の研究を総括した後、実験編において本研究の目的達成に至る実験内容を詳細に述べている。</p> <p>以上、著者の研究は海産マクロライド化合物アンフィジノライド B、G、および H について収束的合成手法により、ジエン構造ならびに選択的アルドール反応などを駆使して、分子中の立体化学を効率的に制御しつつ全合成を達成したもので、高く評価できる結果と言える。よって、本論文の著者は博士(理学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			

## 内容の要旨

報告番号	甲 第 3796 号	氏 名	山崎 友彰
主論文題目： 変動注文に対応した生産計画の立案プロセスに関する研究			
<p>多くの製造企業では、生産計画は“計画担当者の生産計画問題”とされており、計画担当者はいろいろな側面や要素を考えながら計画しているのが、本来の生産計画はマネジメント階層に対応した負荷計画・生産計画・差立計画の3つの計画レベルがあり、それは組織全体の問題である。ところが、マネジメントが生産計画の目標や前提などを明確に示さない状況で、計画担当者は苦勞して生産計画表を立案するが、その生産計画表は参考程度の利用に止まっており、都度対応的な生産管理が現場で行われているのが実態である。マネジメント階層にそった計画展開が不明確で、日々の生産管理が行われるといった現在の計画立案プロセスは変える必要があると考える。</p> <p>本論文では、マネジメントの参画が少なく、負荷計画から差立計画までをひとくくりにした計画担当者の生産計画志向となっている生産計画の立案プロセスを検討・整理して、負荷計画志向と差立計画志向の2つの観点から以下の仮説をたてた。</p> <p>仮説1：評価基準を決め在庫対応を認めることで生産計画問題を縮小化できる 仮説2：顧客・工場都合のLT改善と生産量の抑制策で生産計画問題を解消できる</p> <p>これらの2つの仮説の検証を通して、マネジメント階層に応じた計画と意思決定が重要であることを明確にして、マネジメントと計画担当者が協業する生産計画の立案プロセスの改善例を提案することが本論文の目的である。</p> <p>第1章では、実態の生産計画業務の検討・分析を通して2つの仮説をたて、本論文の目的を述べている。</p> <p>第2章では、関連研究で用いられている数理的解法のいくつかについて、本論文で例示的に扱う問題状況に適用し、それらの解法を適用する上での課題と得られる最適解と知見の応用性を検討している。</p> <p>第3章では、上記の仮説1に関して、計画担当者の生産計画業務における問題状況をモデル化した上で、計画担当者の考察範囲を評価基準と生産方策の組み合わせで示して、計画段階でマネジメントが意思決定をしていない生産計画ではその考察範囲は大きいですが、評価基準と在庫対応の意思決定によって考察範囲が縮小化されることを実験的に検証している。</p> <p>第4章では、上記の仮説2に関して、対象企業の生産計画業務の実態分析より、生産計画業務における問題点を抽出し、それらの問題点に対する方策と改善案を提案している。対象企業の生産環境においてLT改善と生産変動抑制策によって、未確定情報で生産計画を立てることなく、確定情報による差立計画で日々の生産管理が可能であることを検証している。</p> <p>第5章では、本論文の結論と今後の課題について述べている。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3796 号	氏 名	山崎 友彰
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	工学博士 金沢 孝
	副査	慶應義塾大学教授	博士(工学) 松川 弘明
		慶應義塾大学教授	博士(工学) 岡田 有策
		青山学院大学教授	博士(工学) 松本 俊之
<p>山崎友彰君による博士号請求論文は、「変動注文に対応した生産計画の立案プロセスに関する研究」と題し、全5章から構成されている。</p> <p>多くの製造企業では、本来の生産計画はマネジメント階層に対応した負荷計画・生産計画・差立計画の3つの計画レベルからなる組織全体の問題であるのに、工場マネージャーが生産計画の目標や前提などを明確に示さない状況で、計画担当者はいろいろな側面や要素を考えながら生産計画表を立案しているが、その生産計画表は参考程度の利用に止まっており、都度対応的な生産管理が現場で行われているのが実態である。マネジメント階層にそった計画展開が不明確で、“計画担当者の生産計画問題”として立案される生産計画表が使われず、日々の生産管理が行われるといった現在の生産計画・管理プロセスは変えることが求められている。</p> <p>本論文の著者は、工場マネージャーの参画が少なく、負荷計画から差立計画までを含んだ計画担当者中心の生産計画の立案プロセスを検討・整理して、その計画プロセスを改善するために、負荷計画志向と差立計画志向の2つの視点による以下の仮説をたてている。</p> <p>仮説1：評価基準を決め在庫対応を認めることで生産計画問題を縮小化できる          仮説2：顧客・工場都合のLT改善と生産量の抑制策で生産計画問題を解消できる</p> <p>これらの2つの仮説の検証を通して、マネジメント階層に応じた計画と意思決定が重要であることを明確にして、計画担当者中心の問題としては難しかった生産計画が、工場マネージャーと計画担当者が協業する生産計画の立案プロセスという改善によって解決できることを提案している。</p> <p>第1章では、実態の生産計画業務の検討・分析を通して2つの仮説をたて、本研究の意義を示している。</p> <p>第2章では、関連研究で用いられている数理的解法のいくつかについて、本研究で例示的に扱う問題状況に適用し、それらの解法を適用する上での課題と得られる最適解と知見の応用性を検討している。</p> <p>第3章では、上記の仮説1に関して、計画担当者の生産計画業務における問題状況をモデル化した上で、計画担当者の考察範囲を評価基準と生産方策の組み合わせで示して、計画段階で工場マネージャーが意思決定をしていない生産計画ではその考察範囲は大きいと、評価基準と在庫対応の意思決定によって考察範囲が縮小化されることを実験的に検証している。</p> <p>第4章では、上記の仮説2に関して、対象企業の生産計画業務の実態分析より、生産計画業務における問題点を抽出し、それらの問題点に対する方策と改善案を提案している。対象企業の生産環境においてリードタイム改善と生産変動抑制策によって、未確定情報で生産計画を立てることなく、確定情報による差立計画で日々の生産管理が可能であることを検証している。</p> <p>第5章では、本研究の成果を総括している。</p> <p>以上要するに、本研究は計画担当者の難しい生産計画問題とされていた生産計画業務において、工場マネージャーが参画して計画担当者として協業する計画プロセスによって、生産計画問題を縮小・解消することによって負荷・生産・差立の3つの計画が立案・運用可能であることを示したもので、生産管理の分野において、工学上、工業上寄与するところが少なくない。また、これらの成果は、著者が研究者として自立して研究活動を行うために必要な高度な研究能力および豊かな学識を有することを証したものと認める。</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 3797 号	氏 名	羽鳥 洋子
主論文題目： 集合住宅における非居住利用混在の時空間特性			
<p>集合住宅は居住を目的とした建築であるが、その内部には住戸を事業所や店舗などに転用し、非居住の目的で利用しているものが混在している。その混在の状況は外観からは分からないが、中に入って表札を見ると、そのほとんどが事務所や店舗に入れ替わっている建築も多い。このような建築内での利用の混在については、誰もが認知している。しかし、これまでの建築学および建築行政では、軽視されていて、その統計的・かつ実態的な状況の把握は十分になされていない。それゆえに、その是非に関する議論も十分に行われてはいないが、様々な見方があり得る。好意的な見方をするならば、職住近接による活気あるコミュニティの創出や、ストックの有効活用に役立つといえる。否定的な見方をするならば、無計画な混在は良好な住環境を阻害し、違法な事業の隠れ蓑にもなり得るといえる。いずれにしても、集合住宅を非居住で利用するという需要が存在し、実際に非居住による利用の混在が多数見られるにも関わらず、それを支える仕組み、あるいは阻止する仕組みは確立されていない。それは、これまで建物の利用の在り方を、個々の利用者の自主性に任せ、成り行きに任せてきても、それによってスラムの発生や犯罪の多発といった顕著な問題が見られなかったためであると考えられる。しかし、日本の集合住宅は、すでに膨大な数のストックを抱えており、今後も中古の集合住宅のストックは増大し続けていくことが予想される。それに伴い、集合住宅内部での非居住利用の混在は、これからも増大していくと考えられる。集合住宅の内部で進行している非居住利用の混在を把握することは、膨大な数の中古の集合住宅の維持管理、あるいはその将来を予測して対応を検討するための重要な知見となりうる。そこで、本論文では、そのような集合住宅内部での非居住による利用の混在の特性を明らかにする。</p> <p>本論文の内容は以下の通りである。</p> <p>まず、都市における非居住利用の特性を概観するために、GISの建物データを用いた分析を行う。東京都23区全体の広い領域を対象として、東京都都市計画地理情報システムデータとゼンリン住宅地図のGISデータを用いて、建物用途と表札情報の両方を有するデータベースを作成する。さらに、集合住宅ごとの居住利用と非居住利用の件数を集計し、集合住宅ごとの非居住利用の割合（非居住率）を算出する。GIS上に非居住率の分布を可視化することを通じて、都市空間における平面的な非居住利用の特性を把握する。非居住率は副都心地域や山手線の内側の地域などの都心部で特に高いが、郊外にも駅周辺で非居住率の高い地域があることを明らかにした。</p> <p>次に、作成したデータベースを用いて、建築規模や階数などの建物の形態による非居住利用の混在の特性を区単位で把握する。階数の多い集合住宅や、建築面積の小さな集合住宅で非居住利用の混在が多いこと、建物の階ごとの特徴を見ると、非居住利用は1階部分に多数見られるが、その他の階では階を問わず不規則に混在していることなどの特性を明らかにした。</p> <p>さらに、特定地域を対象として、建物の外観、築年数、住戸の専有規模などの建築計画上の詳細な情報を収集する。そして、建物の外観や建築計画上の建物の特性と利用の混在の関係を分析している。建物の外観と利用の混在の関係は見られないこと、古い集合住宅ほど混在が多い傾向があること、ワンルームマンションなどの住戸の専有規模が小さな集合住宅では、表札がないために利用の全く分からない住戸が多いことなどを明らかにした。</p> <p>最後に、利用の混在の経年変化の特性を把握する。住宅地図を過去に遡って調査することにより時間の変化によって利用の混在がどのように変化してきたかを分析している。過去から現在までの住宅地図に記載されている表札情報を収集・分析することを通じて、利用の混在の時間変化には幾つかの類型が見られることを明らかにした。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3797 号	氏 名	羽鳥 洋子
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学准教授	博士（工学） 岸本 達也
	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	学術博士 栗田 治
		東京大学教授	工学博士 藤井 明

  

学士（工学）、修士（工学）羽鳥洋子君提出の学位請求論文は、「集合住宅における非居住利用混在の時空間特性」と題し、6章より構成されている。大都市の集合住宅には本来は住宅として作られた空間が事業所や店舗などの住宅以外の目的に利用されることがあり、住宅と住宅以外の様々な利用が混在していることがある。建物の外観からは分からないがほとんどが事務所や店舗に入れ替わってしまっている集合住宅もある。このような建物内での利用の混在は、一般に広く知られていることであるが、実態的な状況は十分に把握されていない。本論文の目的は、このような建物内部での非居住利用の混在の実態を時間と空間の双方の軸から明らかにし、集合住宅における非居住利用混在の建築計画・都市計画・行政上の課題を明確にすることである。

1章では、研究の目的、背景を述べている。

2章では、東京都23区全体の広領域を対象とした集合住宅内の利用の混在の地理的特性を把握分析している。東京都都市計画情報のGISデータとゼンリン住宅地図のGISデータを用いて居住利用と非居住利用の件数を集計し、集合住宅ごとの非居住利用の割合（非居住率）を算出している。さらにGISを用いて非居住率を求めた集合住宅の分布を可視化することを通じて、非居住率が高い地域とその特性を分析している。専用商業建築や事務所建築が多く集合住宅が少ない領域で非居住率が高く、駅から一定距離に混在率が著しく高く離れるにつれて減衰する地域や、駅からの距離によらない地域があること等を明らかにしている。

3章では、集合住宅の建築面積、建物階数、高さとの比等の建物の形状と利用の混在の関係を分析している。建築面積300㎡程度、高さ10階建前後の中高層、縦長のプロポーシヨンの建築で混在率が高く、さらに1階以外ではほとんど階による混在の程度に差が無い等の特性を明らかにしている。

4章では、現地の踏査により把握できる表札情報と建物の外観上の情報、登記簿情報、建築計画概要書、不動産情報などの一般に公開された情報等を用いて集合住宅の棟単位の詳細な混在特性を分析している。建物の外観と利用の混在には関係は見られないこと、古い集合住宅ほど混在が多い傾向があること、ワンルームマンションなどの住戸の専有規模が小さな集合住宅では、表札がないために利用の全く分からない住戸が多いことなどの特性を明らかにしている。

5章では、過去約30年の住宅地図の記録にある入居者情報の調査分析を通して、時間によって変化する利用の混在について調査分析をしている。混在の割合が大きく変化している集合住宅（事業所率が増加し住居率が減少するものと不明率が増加するもの）、平衡状態にある集合住宅（事業所率が高い状態を維持するものと住居率が高い状態を維持するものと同程度の割合で維持するもの）の5類型に分類して混在の変化を説明している。

6章は、本論の結論であり、研究成果を要約するとともに、本論文の成果にもとづき、集合住宅の非居住利用についての問題と将来的な検討課題について論じている。

以上、要するに、本論文は、大都市における集合住宅の内部で生じている非居住利用の混在について、空間的な分布特性、建築形態との関係、さらには時間変化の特性を明らかにし、その課題を明確化したものであり、建築計画学および都市計画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 3798 号	氏 名	吉田 太一
主論文題目： 方向性を考慮した 2 次元フィルタバンクの設計と画像処理への応用			
<p>近年、デジタルフィルタバンク (FB : Filter Bank) は離散信号処理の様々な応用に適用されている。例えば、標準画像圧縮規格である JPEG, JPEG2000, JPEG XR にはそれぞれ離散コサイン変換, 離散ウェーブレット変換 (DWT : Discrete Wavelet Transform), 重複双直交変換が用いられている。その他, 信号のノイズ除去, 認識, 解析等に幅広く用いられており, 工学における必須の基盤技術であると言える。</p> <p>現在に至るまで, 1 次元フィルタに基づく可分型 FB が主に用いられているが, 近年では多次元フィルタに基づく FB が注目を集めている。特に, ネットワークの発展とデジタルデバイスの普及により, デジタル画像, 動画像の利用が増え, それに伴い, 2 次元 FB の有用性が高まっている。2 次元 FB は構造の多様性, 良好な周波数特性, 多次元信号に対する方向分離能力の高さ等の, 可分型 FB では実現できない利点を持つ。しかし, それらの利点を導くためには, 2 次元 FB に対して, 実現困難な制約条件を課す必要があり, 有効な設計手法は未だ確立されていない。本研究では 2 次元 FB の利点を利用するために様々な設計法を提案し, 良好な周波数特性や方向分離能力, 画像圧縮符号化への応用を通して, その有効性を示した。</p> <p>第 1, 2 章では本研究の背景と基礎理論を述べ, 第 3 章では関連研究と本研究の位置づけを示した。</p> <p>第 4 章では, 1 次元 FB を縦横に適用する可分型 2 次元 FB と比較して, 優れた周波数特性を有している 2 次元重複直交 FB を提案した。本研究では, 従来手法の構造を部分的に統合できることを示し, 演算量を低減でき, 設計すべきパラメータ数が少ない 2 次元重複直交 FB を提案した。設計例による比較を通して, 提案法が従来法とほぼ同等の周波数特性でありながら高速に実現できる事を示した。</p> <p>第 5 章では, DWT を基にした適応方向リフティング構造 (ADL : Adaptive Directional Lifting) による 2 次元方向変換を提案した。1 次元 DWT による可分型 2 次元 FB のリフティング構造を基に, 各リフティング素子を移動, 統合することで簡易な構造を実現し, 加算, 乗算, 丸め込みの各演算処理を低減した。その構造を基に, 画像の局所的特性に応じてサンプリング行列を変化させることで適応的に変換方向を変える適応方向変換を実現した。提案する 2 次元 ADL を統合画像符号化に適用し, JPEG2000 に比べて高い符号化性能を持ち, 1 次元適応方向変換と比べても少ない演算量でほぼ同等の符号化性能を持つことを示した。</p> <p>第 6 章では, 2 次元コサイン変調 FB (CMFB : Cosine Modulated Filter Bank) を提案した。すでに提案されている 2 次元 CMFB は周波数選択性に制限があり, 方向分離能力が低かったが, 本研究では異なる周波数変調方式による 2 次元 CMFB の設計論を確立し, その問題を解決した。これにより, 周波数変調構造を基にした設計法の利点である, 変換に要する演算処理が少なく, 設計に要するパラメータ数も少ない簡易な構造を持ち, かつ従来法では実現不可能な周波数特性と高い方向分離能力を有した 2 次元 FB を実現した。</p> <p>最後に第 7 章で結論を述べ, 本論文を結んだ。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3798 号	氏 名	吉田 太一
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 浜田 望
		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

学士(工学), 修士(工学) 吉田太一君提出の学位請求論文は「方向性を考慮した 2 次元フィルタバンクの設計と画像処理への応用」と題し, 7 章から構成されている。

デジタルフィルタバンク (FB: Filter Bank) は離散信号処理の様々な分野で用いられている。例えば, 標準画像圧縮規格である JPEG, JPEG2000, JPEG XR にはそれぞれ離散コサイン変換, 離散ウェーブレット変換 (DWT: Discrete Wavelet Transform), 重複双直交変換が用いられている。その他, 信号のノイズ除去, 認識, 解析等に幅広く用いられており, 工学における必須の基盤技術であると言える。従来 1 次元フィルタに基づく可分形 FB が主に用いられているが, 近年では多次元フィルタに基づく FB が注目を集めている。特に, ネットワークの発展とデジタルデバイスの普及により, デジタル画像, 動画像を利用する機会が増え, それに伴い, 2 次元 FB の有用性が高まっている。2 次元 FB は構造の多様性, 良好な周波数特性, 多次元信号に対する方向分離能力の高さ等の, 可分型 FB では実現できない利点を有している。しかし, それらの利点を導くためには, 2 次元 FB に対して実現困難な制約条件を課す必要があり, 有効な設計手法は未だ確立されていない。本論文では 2 次元 FB の利点を利用するために様々な設計法を提案し, 良好な周波数特性や方向分離能力, 画像圧縮符号化への応用を通して, その有効性を示している。

第 1, 2 章では本論文の背景と基礎理論を述べ, 第 3 章では関連研究と本論文の位置づけについて述べている。

第 4 章では, 1 次元 FB を縦横に適用する可分型 2 次元 FB と比較して, 優れた周波数特性を有した 2 次元重複直交 FB を提案している。従来手法の構造を部分的に統合することで演算量を低減でき, 設計すべきパラメータ数が少ない 2 次元重複直交 FB を提案した。設計例による比較を通して, 提案法が従来法とほぼ同等の周波数特性でありながら高速に実現できる事を示している。

第 5 章では, DWT を基にした適応方向リフティング構造 (ADL: Adaptive Directional Lifting) による 2 次元方向変換を提案している。1 次元 DWT による可分型 2 次元 FB のリフティング構造を基に, 各リフティング素子を移動・統合することで簡易な構造を実現し, 加算, 乗算, 丸め込みの各演算処理を低減した。その構造を基に, 画像の局所的特性に応じてサンプリング行列を変化させることで, 適応的に変換方向を変える適応方向変換を実現した。2 次元 ADL を統合画像符号化に適用すると, 提案法が JPEG2000 に比べて高い符号化性能を持ち, 1 次元適応方向変換と比べても少ない演算量でほぼ同等の符号化性能を持つことを示している。

第 6 章では, 2 次元コサイン変調 FB (CMFB: Cosine Modulated Filter Bank) を提案している。従来の 2 次元 CMFB は周波数選択性に制限があり, 方向分離能力が低かったが, 本研究では異なる周波数変調方式による 2 次元 CMFB の設計論を確立し, その問題を解決した。これにより, 周波数変調構造を基にした設計法の利点である, 変換に要する演算処理が少なく, 設計に要するパラメータ数も少ない簡易な構造を持ち, かつ従来法では実現不可能な周波数特性と高い方向分離能力を有した 2 次元 FB を実現している。

最後に第 7 章で結論を述べ, 本論文の成果を要約している。

以上要するに, 本研究は方向性を考慮した 2 次元フィルタバンクを提案したものであり, 従来法に比べ少ない演算量で良好な周波数特性を実現でき, 2 次元デジタル信号処理として工業上, 工学上寄与するところが少なくない。

よって, 本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。

## 内容の要旨

報告番号	乙 第 4576 号	氏 名	竹内 知明
主論文題目：			
地上デジタル放送のための適応アレー信号処理に関する研究			
<p>地上放送のデジタル化において、地上デジタル放送の電波を日本全国あまねく受信できるようにすることが重要である。我が国の逼迫した周波数事情や山地の多い複雑な地形、さらには電波の異常伝搬などに起因する同一チャネル干渉は解決すべき大きな課題の一つである。この問題を解決するために、本論文では送信および受信技術へ適応アレー信号処理技術を適用する。従来地上デジタル放送信号に含まれるスキッタードパイロットを利用した OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) アダプティブアレーが提案されているが、この方式では希望波と干渉波で、スキッタードパイロットの受信タイミングが一致する場合に干渉波を抑圧できない、という問題がある。そこで本論文では地上デジタル放送に適用可能なアダプティブアレーを提案し、計算機シミュレーションおよび野外実験の結果からその有効性を示す。</p> <p>第一章では本研究の背景と目的、および本論文の構成を示す。第二章では本論文に用いられる基礎事項および関連研究について述べる。</p> <p>第三章においては、MFN (Multi Frequency Network) 放送波中継局用アダプティブアレーを提案する。提案手法は合成、比較、選択に基づく最尤シンボル判定およびチャネル推定値を用いた QAM (Quadrature Amplitude Modulation) 信号の位相識別を用いることにより判定指向型アルゴリズムを適用する際に問題となる軽減困難誤りを克服するものであり、スキッタードパイロットの受信タイミングが一致する場合でも干渉波を抑圧することができる。</p> <p>第四章では、同一チャネル干渉環境にある SFN (Single Frequency Network) 放送波中継局において送受アンテナ間回り込みと同一チャネル干渉の両方を同時にキャンセルする干渉キャンセラを提案する。</p> <p>第五章では、固定受信環境の受信機に応用することを想定し、簡易な構成で実現できるチャネル歪みを含む再変調時間領域信号を参照信号とするアダプティブアレーを提案する。時間領域のアダプティブアレーと周波数領域のチャネル等化器を併用することで低計算量で劣悪な受信環境に対する耐性を有することを示す。</p> <p>第六章では、Post-FFT アダプティブアレーに関して、重み係数の逆数を利用した係数最適化手法を提案する。一般に Post-FFT 型アダプティブアレーは、Pre-FFT 型と比較すると、特に干渉波の到来角度広がりが多い場合に干渉除去特性が良好であるが、SFN 環境など低 D/U のマルチパスに対する耐性に問題があった。提案手法による計算機シミュレーションや室内、野外実験を行い、提案法の有効性を確認した。</p> <p>最後に第七章で結論を述べ、本論文の成果を要約する。</p>			



## 論文審査の要旨

報告番号	乙 第 4576 号	氏 名	竹内 知明
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 浜田 望
		慶應義塾大学教授	博士（工学） 大槻 知明
		慶應義塾大学教授	博士（工学） 眞田 幸俊
<p>学士(工学), 修士(工学) 竹内知明君提出の学位請求論文は「地上デジタル放送のための適応アレー信号処理に関する研究」と題し, 7章から構成されている。</p> <p>地上放送のデジタル化において, 地上デジタル放送の電波を日本全国あまねく受信できるようにすることが重要である。我が国の逼迫した周波数事情や山地の多い複雑な地形, さらには電波の異常伝搬などに起因する同一チャネル干渉は解決すべき大きな課題の一つである。この問題を解決するために, 本論文では送信および受信技術へ適応アレー信号処理技術を適用する。従来地上デジタル放送信号に含まれるスキッタードパイロットを利用した OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) アダプティブアレーが提案されているが, この方式では希望波と干渉波で, スキッタードパイロットの受信タイミングが一致する場合に干渉波を抑圧できない, という問題がある。そこで本論文では地上デジタル放送に適用可能なアダプティブアレーを提案し, 計算機シミュレーションおよび野外実験の結果からその有効性を示している。</p> <p>第1章では本研究の背景と目的, および本論文の構成を示し, 第2章では本論文に用いられる基礎事項および関連研究について述べている。</p> <p>第3章においては, MFN (Multi Frequency Network) 放送波中継局用アダプティブアレーを提案している。提案法は合成, 比較, 選択に基づく最尤シンボル判定およびチャネル推定値を用いた QAM (Quadrature Amplitude Modulation) 信号の位相識別を用いることにより, 判定指向型アルゴリズムを適用する際に問題となる軽減困難誤りを克服するものであり, スキッタードパイロットの受信タイミングが一致する場合でも干渉波を抑圧できることを明らかにしている。</p> <p>第4章では, 同一チャネル干渉環境にある SFN (Single Frequency Network) 放送波中継局において送受アンテナ間回り込みと同一チャネル干渉の両方を同時にキャンセルする干渉キャンセラを提案し, その有効性を示している。</p> <p>第5章では, 固定受信環境の受信機に応用することを想定し, 簡易な構成で実現できるチャネル歪みを含む再変調時間領域信号を参照信号とするアダプティブアレーを提案している。時間領域のアダプティブアレーと周波数領域のチャネル等化器を併用することで, 提案法が低計算量で劣悪な受信環境に対する耐性を有することを述べている。</p> <p>第6章では, Post-FFT アダプティブアレーに関して, 重み係数の逆数を利用した係数最適化手法を提案している。一般に Post-FFT 型アダプティブアレーは, Pre-FFT 型と比較すると, 特に干渉波の到来角度広がりが多い場合に干渉除去特性が良好であるが, SFN 環境など低 D/U のマルチパスに対する耐性に問題があった。提案手法による計算機シミュレーションや室内, 野外実験を行い, 提案法の有効性を確認している。</p> <p>最後に第7章で結論を述べ, 本論文の成果を要約している。</p> <p>以上要するに, 本研究は地上デジタル放送のためのアダプティブアレーを提案したものであり, 従来法に比べ干渉波を抑圧することができ, 適応アレー信号処理として工業上, 工学上寄与するところが少なくない。</p> <p>よって, 本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			

## 内容の要旨

報告番号	甲 第 3799 号	氏 名	杉山 勇太
主論文題目： Numerical Study on Propagation Behaviors of Gaseous Detonation in Two- and Three-Dimensional Tubes (二次元および三次元管内を伝播する気相デトネーションの伝播機構に関する数値解析)			
<p>本論文では簡略化学反応モデルと圧縮性流体計算によって二次元および三次元管内を伝播する気相デトネーションの伝播機構について考察した。</p> <p>第一章では、研究の背景と目的を述べた。</p> <p>第二、第三章では三次元管内を伝播する振動デトネーションとスピンドトネーションの伝播機構の考察を行った。振動デトネーションでは再着火と中断を繰り返す伝播形態が観測された。円管内を伝播するスピンドトネーションにおいては初期圧力や直径に対して二つの伝播形態（定常モード、不安定モード）が観測された。定常モードでは周方向静止座標系において定常的な流れ場が確認された。不安定モードでは、衝撃波面に周期的に複雑マッハ軸干渉が観測され、周期性を持つ伝播形態となった。本数値解析によって、スピンドトネーションの伝播において重要となるトランスバースデトネーションが、管内を伝播する音波と同期して伝播する必要があることが明らかになった。</p> <p>第四章では二次元曲管内を伝播するデトネーションの数値解析を二つの観点から行った。一つ目は管幅をセル幅<math>\lambda</math>の半分相当に固定し、二次元曲管の内径<math>R_{in}</math>と外径<math>R_{out}</math>の比（内外比）<math>R_{out}/R_{in}</math>をパラメータとしてデトネーションの伝播に対する内外比の影響を調査した。この管幅の場合、マッハ反射構造を持つ定常デトネーションが得られた。化学反応を考慮した三衝撃波理論を用いて入射衝撃波角度などの衝撃波構造を理論的に検討した結果、数値解析結果と良い一致を示した。二つ目は内外比を 1.5 と 2 とし、内径 <math>R_{in}/\lambda</math> をパラメータとして計算を行い、二次元曲管内を伝播する湾曲デトネーションの安定伝播機構の考察を行った。内径 <math>R_{in}/\lambda</math> の増大に従って湾曲デトネーションの伝播が継続する傾向が得られた。波面の湾曲を考慮した定常理論を適用して安定伝播限界を検討した結果、デトネーション波面の湾曲が臨界値より大きい条件で安定伝播することが示された。</p> <p>第五章では逐次反応を考慮した二次元デトネーションの数値解析を行い、伝播機構の考察を行った。化学特性長さである半反応距離比と二重セルデトネーションのセル幅比が定性的に一致した。二重セルデトネーションを <math>P</math>-<math>V</math> 線図によって逐次反応を二つに分離した。二つの分離されたデトネーションと二重セルデトネーションの第一反応と第二反応によって得られたセル幅がそれぞれ概ね一致し、第一、第二反応によるデトネーションの相互作用はないことが明らかになった。不安定性を議論するためには分離されたデトネーションを用いる必要があることが示唆された。</p> <p>最後に第六章において本論文の結論を述べた。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3799 号	氏 名	杉山 勇太
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	博士(工学) 松尾 亜紀子
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 植田 利久
		慶應義塾大学准教授	博士(工学)、TeknD 深淵 康二
		筑波大学大学院准教授	博士(工学) 笠原 次郎

学士(工学)、修士(工学) 杉山勇太君提出の学位請求論文は、「Numerical Study on Propagation Behaviors of Gaseous Detonation in Two- and Three-Dimensional Tubes (二次元および三次元管内を伝播する気相デトネーションの伝播機構に関する数値解析)」と題し、本論6章により構成されている。

デトネーションは予混合気体中を超音速で伝播し衝撃波によって反応が誘起されるが、身の回りではほとんど観察されない。しかし、デトネーションが発生すると多大な人的・物的被害が発生する。その一方で、デトネーションの工学的応用を目指した研究も行われており、デトネーションエンジンの実用化が期待されている。デトネーションを伴う大事故を防ぎ、その一方で工学的に応用するためにもデトネーションの性質を理解することは重要な課題である。しかし、デトネーションは超音速で伝播するために可視化が難しく、実験だけではデトネーションの現象を理解することは困難である。そこでデトネーションの現象理解のために数値解析を用いてデトネーションの基礎研究を行っている。

本論文では簡略化学反応モデルと圧縮性流体計算によって二次元および三次元管内を伝播する気相デトネーションの伝播機構について考察している。各章の内容は以下のとおりである。

第一章では、研究の背景と目的を述べている。

第二、第三章では三次元管内を伝播する振動デトネーションとスピンドトネーションの伝播機構の考察を行っている。それぞれの伝播形態において振動デトネーションでは一次元的な衝撃波誘起燃焼、スピンドトネーションではデトネーションと音響結合が伝播において重要であることを述べている。

第四章では二次元曲管内を伝播するデトネーションの数値解析を二つの観点から行っている。一つ目は管幅をデトネーションの特性長さの半分相当に固定し、二次元曲管の内径と外径の比である内外比をパラメータとしてデトネーションの伝播に対する内外比の影響を調査している。その結果、マッハ反射構造を持つ定常デトネーションが得られた。また、衝撃波構造について化学反応を考慮した三衝撃波理論を用いて入射衝撃波角度などの衝撃波構造を検討した結果、数値解析結果と良い一致を得ている。二つ目は内外比を1.5と2として、内径をパラメータとして計算を行い、二次元曲管内を伝播する湾曲デトネーションの安定伝播機構の考察を行っている。過去の実験結果と同様に内径の増大に従って湾曲デトネーションの伝播が継続する傾向が得られている。この原因を考察し、波面の湾曲を考慮した定常理論を適用して安定伝播限界を検討した結果、デトネーション波面の湾曲が臨界値より大きい条件で安定伝播することが示されている。

第五章では逐次発熱反応を考慮した二次元デトネーションの数値解析を行い、伝播機構の考察を行った。化学特性長さである半反応距離比と二重セルデトネーションのセル幅比が定性的に一致した。逐次発熱反応による二重セルデトネーションを  $P$ - $V$  線図によって二つのデトネーションに分離し、伝播機構を考察する必要があることを示している。

第六章は結論であり、本研究の結果の総括を述べている。

以上をまとめると、本論文では簡略化学反応モデルと圧縮性流体計算によって二次元および三次元管内を伝播する気相デトネーション基礎研究を数値解析によって行い、得られた結果について理論的に議論し、物理現象の解明を行なっている。これらの成果は、デトネーションの現象理解に向けた基礎的知見となっている。また、これらの成果は、著者が研究者として自立して研究活動を行うために必要な高度な研究能力および豊かな学識を有することを証したものである。

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.3800	Name	Khusnun Widiyati
Thesis Title			
PET Bottle Shape Design Support System Using Taguchi Method for Aesthetic Kansei Robustness			
<p>There is currently a shift in manufacturing from mass-production of functional products to small-sized production of high aesthetic value-added products. This phenomenon indicates that nowadays customers consider products not only in terms of their functionality but also their aesthetics. Unfortunately, customers’ aesthetic values are often influenced by their emotions. In addition, emotion is something that cannot be quantified easily, because it is something that is vague and often fluctuates over time. This shows that due to the inconsistency in customers’ emotions, it is difficult for designers to extract product image. As a result, quantification of customers’ emotions into understandable design elements becomes inappropriate and incorrect.</p> <p>In this study, this dissertation presents a methodology for a robust design method for assisting designers in enhancing the feeling quality of aesthetic products by accommodating inconsistencies in customers’ emotions. This method utilizes the robustness principles of the Taguchi method. The robustness of the Taguchi method is applied for quantitatively analyzing the robustness of an aesthetic design solution which is applied in this study to the design of PET bottle shapes. Due to the different characteristics of the data, the Taguchi <i>S/N</i> ratio is inappropriate when applied to aesthetic design. This study also proposes a novel <i>S/N</i> ratio formula for aesthetic design. The study confirms the effectiveness and robustness of the novel <i>S/N</i> ratio formula in the robust design method for aesthetic design.</p> <p>In addition, due to the strong demand for high aesthetic products in the market, the proposed robust design must also have a relatively short production time. The current CAD technology focuses on the functional elements of a product, and therefore it is difficult for designers to externalize their feelings during the product development stage in CAD. To address this issue, the study also proposes a step-by-step method to integrate the proposed robust design method in a commercial CAD. Several evaluation methods are also proposed to evaluate the performance of the generated aesthetic PET bottle models. A new system is developed for commercial CAD to provide design automation for aesthetic PET bottle model generation. The system is equipped with evaluation features to analyze the performance of the generated aesthetic PET bottle models.</p> <p>The developed CAD system, automation of aesthetic PET bottle generation, and evaluation have all been tested to generate an aesthetic PET bottle model that satisfies the designer’s aesthetic intentions. The automation mode effectively reduces the lead-time, as well as human-related failures, which are common during manual design. Experiment validation with the generated aesthetic PET bottle model was carried out to confirm the effectiveness of the evaluation method, with positive results.</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3800 号	氏 名	Khusnun Widiyati
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） 村上 俊之
		慶應義塾大学准教授	博士（工学） 満倉 靖恵
		慶應義塾大学教授	博士（工学） 松岡 由幸
		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） Khusnun Widiyati 君提出の学位請求論文は「PET Bottle Shape Design Support System Using Taguchi Method for Aesthetic Kansei Robustness (美的感性ロバストネスのためのタグチメソッドを用いた PET ボトル形状デザイン支援システム)」と題し、6章より構成されている。</p> <p>顧客は、製品を機能性ととともに意匠性の観点で選択している。その選択において感性が基礎となるが、感性は曖昧であり定量化することが容易でない。このため、顧客の感性を正しく解釈し、デザインに取り込むことが困難となっている。本研究は、デザイナーへの支援を目的として、製品の意匠性を高め、感性に対してロバストなデザインを開発する方法を提案している。提案手法では、機能部品のロバスト設計において広く用いられているタグチメソッドを意匠デザインに適用し、感性に対するロバスト性の向上を試みている。機能設計と意匠デザインでは、データの特性が異なるため、従来のタグチメソッドの S/N 比を意匠デザインへ直接適用することは妥当ではない。本研究では、意匠デザインのための新しい S/N 比を提案し、その有効性を確認するとともに、提案手法を基にデザイン支援システムを構築し、実用 CAD システムに組み込んでいる。</p> <p>第 1 章では、製品開発における意匠デザインの重要性、研究の意義・目的を述べている。</p> <p>第 2 章では、意匠デザインと感性工学に関する先行研究を調査し、意匠デザインの問題点を論じて、問題点に対して本研究で提案する解決法について述べている。</p> <p>第 3 章では、本研究で用いる意匠形状に対するロバストデザインの方法論について論じ、提案する S/N 比により顧客の感性を統合する方法を述べている。提案する S/N 比は、出力平均と標準偏差に対して正と負の線形補間を適用している。さらに、提案手法の有用性を検証するとともに、提案手法を PET ボトル形状のデザインに対して適用している。</p> <p>第 4 章では、提案手法によりデザインされた PET ボトル形状を評価する方法について述べている。また、デザインされた PET ボトルが要求される項目を満足していることを確認するための評価手法を示している。</p> <p>第 5 章では、提案手法に基づく PET ボトル形状デザインシステムの実用 CAD システムへの組み込みについて述べている。同システムは、感性に基づき PET ボトル形状を自動生成でき、その機能性能を評価できる。また、機能性能の評価について、実験により検証している。</p> <p>第 6 章では、本研究の要約を述べ、成果についてまとめている。</p> <p>以上、要するに、本論文の著者は、機能製品のロバスト設計に用いられているタグチメソッドを意匠デザインに適用し、顧客の幅広い感性を意匠デザインに反映する手法を確立しており、意匠デザイン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 3801 号	氏名	菅谷 勇樹
主論文題目： <b>Fine-scale Disease Mapping by Exploratory Pedigree Data Analysis</b> (探索的家系データ解析による疾患原因遺伝子座位の高精度な推測)			
<p>本論文は、家系データの尤度を注意深く調べ組み換え確率の最尤推定値を精査することで、これまでより高精度に疾患原因遺伝子座位を推測できることを示すものである。またその推測の前提となる疾患発症確率 <math>\phi</math> を、疾患情報を観測値とする家系データから推定する方法を開発し、その結果を用いれば座位の推測精度が更に増すことも示している。</p> <p>第一章は、これまでの家系データ解析では、父親由来、母親由来の組み換え確率 <math>\theta_0</math>, <math>\theta_1</math> は同一であると仮定した上で、確率 <math>1/2</math> の場合と比較した尤度比にもとづいてマーカーと疾患遺伝子の近さを推測してきたが、これだけでは高精度の座位の推測は困難であることを過去の研究をふり振り返りながら解説する。</p> <p>第二章は、<math>\theta_0</math>, <math>\theta_1</math> を同一であるとせず解析するためには、尤度を <math>\theta_0</math>, <math>\theta_1</math> のさまざまな値の組に対して数値的に求めるのでは計算量が膨大になるため、尤度が <math>\theta_0</math>, <math>\theta_1</math> の多項式となることに着目し、家系のグラフ表現を利用することにより確率継承アルゴリズムと称する多項式の係数だけを再帰的に求めるアルゴリズムを考案した結果について述べている。</p> <p>第三章は、確率継承アルゴリズムを実装した実験的な R プログラムを開発し、2 種類の疾患家系データをとりあげその原因遺伝子座位を推測した結果について述べている。POAG データ解析の場合には、<math>\theta_0</math>, <math>\theta_1</math> の <math>[0,1] \times [0,1]</math> 上の等高線図から尤度の様子を視覚的に把握することによって、挙動のおかしな推定値を検出することができることを示している。また、Fisher 情報量を計算することで信頼性のある推定値を選別することができ、従来手法では導くことができなかった真の原因遺伝子座位の推測に成功したことも報告している。また FJHN データについても同様の精査法を適用することで、疾患原因遺伝子座位の精密な推測を行なうことができることが判明した。この精査法ではメッシュの幅を細かく区切った尤度と微分の数値計算が必要となるが、得られた尤度多項式からそれらの値を計算することで、すべての計算を一から繰り返し行なう必要がある既存のプログラムに比べて早く実行可能となり、計算時間の点で優位であることもシミュレーションにより示している。</p> <p>第四章では、疾患情報のみを観測値とする家系データが <math>\phi</math> の多項式になることを示すとともに、その尤度多項式を確率継承アルゴリズムにより評価し <math>\phi</math> の推測を容易にするために開発した R のパッケージ MLEP について述べている。尤度関数は 3 つのパラメータの関数となるため注意深く推定値を検討する必要があるが、パッケージにより尤度多項式が求まったためパラメータの意味を考慮した制約を取り入れるなど、探索的な <math>\phi</math> の推測が可能となった。また、鳥瞰図による尤度の理解も容易になった。MLEP パッケージにより得られた <math>\phi</math> の推定値を用いて疾患原因座位の推測を行なうことによって、座位の推測が正しく行われることをシミュレーションにより明らかにした。</p> <p>本論文は、探索的家系データ解析の手法についてまとめ、<math>\phi</math> 及び <math>\theta_0</math>, <math>\theta_1</math> の推定値を精査することによって疾患原因遺伝子座位が高精度に推測できることを明らかにしたものである。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3801 号	氏 名	菅谷 勇樹
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	理学博士 柴田 里程
	副査	慶應義塾大学教授	理学博士 清水 邦夫
		慶應義塾大学教授	Ph. D. 南 美穂子
		慶應義塾大学教授	博士(理学) 榊原 康文
<p>修士（理学）菅谷勇樹 君提出の学位請求論文は，“Fine-scale Disease Mapping by Exploratory Pedigree Data Analysis”（探索的家系データ解析による疾患原因遺伝子座位の高精度な推測）と題し、本文 5 章と付録 4 章よりなる。</p> <p>家系の各構成員の疾患情報とマーカー情報だけから、疾患原因遺伝子座位を推測する方法は、大規模なゲノム探索することなしに、座位を推測できるため、古くから用いられてきた方法である。その基本は、疾患原因遺伝子とマーカーの座位が近ければ、組み換えが起きにくく、遠ければ 1/2 に近い確率で起きるといふ、確率論にもとづく尤度原理にある。しかし、これまで開発された、いずれのアルゴリズムも、父親由来、母親由来の組み換え確率 <math>\theta_0</math>、<math>\theta_1</math> が等しいと仮定した上で、<math>[0,1/2]</math> の範囲のさまざまな値について、尤度を繰り返し数値計算で求めていく方法であるため、能率が悪いだけでなく、現実に即した、「<math>\theta_0</math>、<math>\theta_1</math> が必ずしも等しくない」という仮定のもとでは適用が困難な方法であった。本論文は、家系図を見直すことにより、新たな「確率継承アルゴリズム」と称するアルゴリズムで、このような困難を克服できることを示し、座位のより高精度な推測が可能となることを示したものである。</p> <p>第 1 章は序論であり、これまでの、家系データにもとづく疾患原因遺伝子座位の推測法を総括し、問題点を明らかにしている。</p> <p>第 2 章では、家系図をハプロタイプの継承を表現する形の有向グラフに書き直すことで、このグラフに沿って確率も継承されていることを明らかにした。その結果、世代間で尤度を継承していることに注目することによって、尤度の再帰的な計算アルゴリズム「確率継承アルゴリズム」が導かれている。</p> <p>第 3 章では、確率継承アルゴリズムを用いれば、父親由来、母親由来の組み換え確率 <math>\theta_0</math>、<math>\theta_1</math> が異なっても、尤度を多項式の形で能率よく一度に求めることができることを示している。さらに、このような多項式の形を利用すれば、尤度の形状を <math>(\theta_0, \theta_1) \in [0,1] \times [0,1]</math> 上で詳細に検討することが容易となることを示している。これが、より高精度な座位の推測に結び付くことは、実際の家系データ、POAG（緑内障）データ、FJHN（高尿酸血症性腎症）データを用いて示されている。</p> <p>第 4 章では、通常、適当な値を想定し、既知とみなす疾患発症確率（浸透率）も、確率継承アルゴリズムを応用すれば、データから推定可能であることを示し、この推定された疾患発症確率をもちいれば、原因遺伝子座位の推測がさらに高精度になることを示している。また、この推定法が R 上のパッケージとして公開されていることが報告されている。</p> <p>このように、本論文は、確率継承アルゴリズムという新たなアルゴリズムが、家系データからの、より高精度な疾患遺伝子座位の探索的を可能とすることを、実証結果を交え、示したもので、今後の家系データ解析に新たなページを開いただけでなく、データサイエンスのアプローチの有効性も示したものである。よって、本論文の著者は博士（理学）の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			

## 内容の要旨

報告番号	甲 第 3802 号	氏 名	中元 一雄
主論文題目： 3次元サブマイクロ・ナノ機械加工システムとそれを用いた 硬脆性材料の高精度加工に関する研究			
<p>最先端の分野では微細3次元形状をもったデバイスの開発がすすめられており、デバイス本体やそれを製造する金型の材料は、微細化や耐久性の要求により硬脆性材料に変わってきている。硬脆性材料を高精度、高効率に機械加工するためには、最適な機械加工システム（高精度加工機械、工具を製作する加工機械とCAM（Computer Aided Manufacturing）ソフトウェア）の開発と基礎的な加工プロセスの研究が必要である。</p> <p>そこで本研究は、自由曲面を含む微細3次元形状を硬脆性材料素材上に、サブミクロンの精度と数十ナノメートルの表面粗さで、高速切削加工する技術の確立を目的とした。研究は、1）高速超精密切削加工機械の開発、2）硬脆性材料加工のためのマイクロ回転工具製作用加工機械の開発、3）マイクロ工具設計製作用CAMの開発、4）以上で開発された加工システムを用いて加工が困難といわれている3種類（結晶材料、焼結材料、非晶質材料）の硬脆性材料の微細加工を実施し、加工プロセスの解析、評価を行った。</p> <p>本論文の構成は以下のとおりである。</p> <p>第1章では、本研究の背景と目的について概説した。</p> <p>第2章では、微細3次元形状を高精度・高効率に加工する切削加工機械の開発について述べた。主な要素技術として、機構と材料の最適化、ガイドウェイの選択と改良、リニアモータによる高加減速送り機構、移動に伴い発生する振動の抑制システム、超高速回転主軸および焼きばめ工具保持方式の開発を行った。</p> <p>第3章では、微細回転工具を製作する手法と、これを実現するためのワイヤ放電加工機の開発と工具の製作方法について述べた。これにより多結晶ダイヤモンド製マイクロ回転工具を効率的に製作することが可能になった。</p> <p>第4章では、第3章で述べた放電加工機により微細回転工具を製作するための、CAMソフトウェアの開発について述べた。</p> <p>第5章では、第2章から第4章までに述べた結果に基づき、結晶性の硬脆性材料である単結晶シリコンを多結晶ダイヤモンド製マイクロ回転工具を用いて半球形状に切削加工するための基礎技術について述べた。</p> <p>第6章では、焼結材の硬脆性材料である微粒子超硬を多結晶ダイヤモンド製微小回転工具を用いて微細切削加工する基礎技術について述べ、超硬をダイヤモンド工具で微細機械加工する条件と加工特性を明らかにした。</p> <p>第7章では、非晶質の硬脆性材料である石英ガラスを多結晶ダイヤモンド製微小回転工具を用いて微細切削加工するための基礎技術について述べ、石英ガラスをダイヤモンド工具で微細機械加工する条件と加工特性を明らかにした。</p> <p>第8章は結論であり、各章の内容をまとめ、本研究によって得られた成果を要約した。</p>			



## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3802 号	氏 名	中元 一雄
論文審査担当者：	主査 慶應義塾大学教授	工学博士	青山藤詞郎
	副査 慶應義塾大学教授	博士（工学）	青山 英樹
	副査 慶應義塾大学教授	博士（工学）	閻 紀旺
	副査 慶應義塾大学教授	工学博士	鈴木 哲也
<p>学士（工学）中元一雄君提出の学位請求論文は「3次元サブマイクロ・ナノ機械加工システムとそれを用いた硬脆性材料の高精度加工に関する研究」と題し、8章から構成されている。</p> <p>最先端の分野では微細3次元形状を有するデバイスの開発がすすめられており、デバイス本体やそれを製造する金型の材料は、微細化や耐久性の要求により硬脆性材料に代わってきている。硬脆性材料を高精度、高効率に機械加工するためには、最適な機械加工システムの開発と基礎的な加工プロセスの研究が必要である。</p> <p>本論文の著者は、自由曲面を含む微細3次元形状を硬脆性材料素材上に、サブミクロンの精度と数十ナノメートルの表面粗さで、高速で切削加工を行う技術の確立を目的として、1) 高速超精密切削加工機械の開発、2) 硬脆性材料加工のためのマイクロ回転工具製作用加工機械の開発、3) マイクロ工具設計製作用CAM (Computer Aided Manufacturing) システムの開発、4) 以上で開発された加工システムを用いて、加工が困難といわれている3種類（結晶材料、焼結材料、非晶質材料）の硬脆性材料の微細加工を実施し、加工プロセスの解析と評価を行った。</p> <p>第1章は序論であり、本研究の背景と目的について概説している。</p> <p>第2章では、微細3次元形状を高精度・高効率に加工する切削加工機械の開発について述べている。</p> <p>第3章では、微細回転工具を製作する手法と、これを実現するためのワイヤ放電加工機の開発と工具の製作方法について述べている。</p> <p>第4章では、第3章で述べた放電加工機により微細回転工具を製作するための、CAMソフトウェアの開発について述べている。</p> <p>第5章では、第2章から第4章までに述べた結果に基づき、結晶性の硬脆性材料である単結晶シリコンを多結晶ダイヤモンド製マイクロ回転工具を用いて半球形状に切削加工するための基礎技術について述べている。</p> <p>第6章では、焼結材の硬脆性材料である微粒子超硬を多結晶ダイヤモンド製微小回転工具を用いて微細切削加工する基礎技術について述べ、超硬材料をダイヤモンド工具で微細機械加工する条件と加工特性を明らかにしている。</p> <p>第7章では、非晶質の硬脆性材料である石英ガラスを多結晶ダイヤモンド製微小回転工具を用いて微細切削加工するための基礎技術について述べ、石英ガラスをダイヤモンド工具で微細機械加工する条件と加工特性を明らかにしている。</p> <p>第8章は結論であり、各章の内容をまとめ、本研究によって得られた成果を要約している。</p> <p>以上要するに、本研究は、高精度、高能率な機械加工が困難とされている硬脆性材料を対象として、3次元微細加工を高速切削加工によって実現するための、加工機械と切削工具ならびにそれらの利用技術に関する有用な知見を与えるものであり、難削材料の微細機械加工技術の発展に工業上、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 3803 号	氏 名	松原 正樹
主論文題目： 音楽認知における対話的な学び支援の構成論的研究			
<p>本研究は、音楽認知におけるスコアリーディングとオーケストラ鑑賞を対象に、多面的な解釈の学びを対話的に支援することを目的としたシステムの実装および実践的実証を行うものである。</p> <p>音楽にまつわる暗黙知には作曲・演奏・聴取といった事象が挙げられるが、それらは全て音楽を如何に思考・行為・知覚するかという認知プロセスと捉えることができる。認知プロセスは状況依存性や個人固有性を孕むためその解明は不良設定問題である。そこで近年神経科学やロボット工学の分野で不良設定問題に対して有効とされている構成論的アプローチを用いる。構成論的アプローチとは「生成による分析」と「分析による生成」を繰り返し行うことによって現象の理解を深める方法論である。すなわち音楽認知プロセスが情報処理モデルに基づくと仮定し、表情付けされた音楽や音楽の聴こえ方を表した色付け楽譜などを生成し、実際の人間の認知プロセスと比較することで分析を行っていく。</p> <p>本研究では、第一に暗黙知を獲得していくための方法論としてシンボル化を用いた身体的メタ認知の促進手法を提案した。この手法は従来手法である身体的メタ認知における体感の言語化の困難性を解消している。第二に第一の手法を用いて暗黙的な認知プロセスを磨くためのシステムを構築した。認知プロセスを磨くとは暗黙的な行為を意識の俎上に載せることでその人自身が持つ着眼点を増やし現象に対して構造を把握していくことである。自らの音楽の聴き方を磨いていくためのシステム <b>ScoreIlluminator</b> や、自らの音楽の嗜好を磨いていくメタ認知支援ツールを構築した。実践による実験の結果、提案したツールによって被験者が自らの音楽に対する認知プロセスを認識し、音楽に対する新たな着眼点を獲得した。すなわちシンボル化を用いたメタ認知支援システムが認知プロセスを解明するのに有用であることが確認された。第三に実践中に得られた新たな着眼点に基づいたモデルを用いることで新たなピアノリダクション手法や声部分離手法、演奏表情付け手法を考案することができた。これは構成論的アプローチが有効であることによるものである。</p> <p>本研究は、今後も構成論的アプローチを継続することで、科学的には音楽の認知プロセスの解明、工学的には得られた着眼点を用いたシステムによる音楽の生成、音楽的には新たな音楽の捉え方の発見、といった応用が考えられる。また本研究で実践した研究の方法論は、スポーツや伝統芸能など音楽と同様に暗黙知に支えられた現象に対する研究への応用などが期待できる。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3803 号	氏 名	松原 正樹
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学准教授	工学博士 斎藤 博昭
	副査	慶應義塾大学教授	理学博士 藤代 一成
		慶應義塾大学教授	工学博士 諏訪 正樹
		慶應義塾大学准教授	博士(工学) 今井 倫太
<p>学士(工学)、修士(工学)松原正樹君提出の学位請求論文は「音楽認知における対話的な学び支援の構成論的研究」と題し、全5章からなる。本論文は、音楽認知におけるスコアリーディングとオーケストラ楽曲鑑賞を対象に、多面的な解釈の学びを対話的に支援することを目的としたシステムの実装および実践的実証について述べたものである。</p> <p>第1章は序論であり、本論文の背景と目的を述べている。</p> <p>第2章では、本研究で採用する研究手法である構成論的方法論について述べている。また問題発見による学び支援の従来手法である身体的メタ認知について述べ、これまでの研究における課題を指摘した上で、本研究の位置づけを明確にしている。また、身体的メタ認知を促進させる学び支援システムの仕様として「シンボル化」を提案している。シンボル化における俯瞰、モデルに基づくパラメトリックな生成、パラメタの変更可能生の重要性についても合わせて述べている。</p> <p>第3章では、中級演奏者を対象とした楽譜色付けによるスコアリーディング支援システム ScoreIlluminator の実装について述べている。色付け楽譜の生成アルゴリズムや生成のための特徴量、およびユーザインタフェースについて述べている。このシステムの大きな特徴として、ユーザによるパラメタ変更の効果が瞬時に画面上で確認できる即応性が挙げられ、本研究におけるさまざまな実験を可能にしている。</p> <p>第4章では、三種の被験者実験による音楽認知の対話的な学び支援に関して述べている。ScoreIlluminator を用いた実験では、システムとのインタラクションを通じて学習者のスコアリーディングにおける多面的な解釈の深化を分析し、システムの有効性検証を行っている。被験者四名のインタラクションにおける共通点を分析し、学び支援の類型を四つに分類した。さらに四つの類型と身体的メタ認知との関連性について見出ししている。色付け楽譜がシンボルとして記号的作用を引き起こし、ユーザインタフェースを介した色付けのパラメタ操作と合わせて学習者の身体的メタ認知を促進したことを示唆している。色付けのための特徴量を変更することで、学習対象者のレベルや対象楽曲を変えて適用可能である。さらに、スコアリーディングやオーケストラ楽曲鑑賞を対象に対話的な身体的メタ認知を用いた学び支援の実践的実験について述べている。数ヶ月にわたる身体的メタ認知実践の分析を通じて視点、詳細度、情報量の観点から評価し、多面的な解釈の深化プロセスについて考察を行っている。</p> <p>第5章では、本研究で得られた内容を総括し結論するとともに、今後の展望を述べている。本研究では音楽認知におけるメタ認知の有効性を確認するとともにシステムによる学び支援に必要な特徴量を示した。提案したシンボル化の枠組みは音楽認知だけでなく多面的解釈を要するような他の分野における学びにも応用可能であろう。</p> <p>以上、本論文における多面的解釈の対話的な学び支援手法は教育工学の分野に、実践における学びのプロセスの分析は学習科学や人工知能の分野に工学上寄与するところが少なくない。また、これらの成果は著者が自立して研究活動を行うために必要な高度な研究能力、並びにその基礎となる豊かな学識を有することを示したといえる。</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>			

## Thesis Abstract

Registration Number	“KOU” No.3804	Name	Lin, I-te (林 宜德)
---------------------	---------------	------	------------------

### Thesis Title

A Study on Relay Selection and Routing for Cooperative and Cognitive Radio Ad Hoc Networks

With the development of wireless technologies, autonomously distributed wireless ad hoc networks have attracted much research interest. In such networks, infrastructures such as base stations and wired connections are not necessary, and mobile terminals can directly exchange information to each other by relaying data packets. However, data are transmitted by the multihop relaying, and the wireless channel condition and topology changing significantly affect the performance. Therefore, it is important to appropriately select the relay and route. Another characteristic of wireless ad hoc networks is the abundant spatial diversity provided by the dynamic topology and broadcast nature of wireless channels. Cooperative transmission has attracted much research interest due to its ability to efficiently exploit the spatial diversity to improve the performance degradation caused by the node mobility and multipath fading. The basic operation of cooperative transmission is that the relay retransmits the overheard data to the destination in the second time slot when the destination cannot decode the received data in the first time slot. On the other hand, cognitive radio (CR) has been recognized as a promising technology to solve the scarcity problem of the limited radio spectrum resource. In CR, cognitive users (CUs) can use the spectrum belonging to primary users (PUs) when PUs do not use it. Additionally, PUs and CUs can use the spectrum belonging to PUs concurrently if the transmission power of the cognitive source is lower than a certain threshold such that the quality-of-service requirement of the primary transmission is satisfied. However, although the relay selection and routing in cooperative and cognitive radio ad hoc networks are important research issue, they are not thoroughly studied.

In this thesis, when cooperative transmission is combined with CR in wireless ad hoc networks, the relay selection and routing issues are studied, and schemes that improve the end-to-end reliability and transmission power are proposed.

In Chapter 1, principles, research issues, and conventional schemes of wireless ad hoc networks, cooperative transmission, and CR are generally introduced. In addition, the background, purpose, and position of this dissertation are described.

In Chapter 2, we propose a cooperative transmission scheme that semi-distributedly selects the relay with the lowest theoretical bit error rate (BER) in IEEE 802.11 based wireless ad hoc networks. In the proposed scheme, each relay candidate can adaptively switch its relaying protocol between amplify-and-forward (AF), decode-and-forward (DF), and no relaying (direct transmission) according to channel conditions of the source-to-relay, relay-to-destination, and source-to-destination links. It is shown that the proposed scheme improves BER compared to AF, DF, and no relaying.

In Chapter 3, for cooperative wireless ad hoc networks, we propose a medium access control protocol with distributed relay selection using group-based probabilistic contention and re-participation. Low outage probability, short contention period, and less number of acknowledgement packets can be achieved by defining the contention and re-participation probabilities of each relay candidate based on its outage probability. Simulation results validate the effectiveness of the proposed scheme.

In Chapter 4, distributed ad hoc cooperative routing (DAHCR) schemes are proposed when cooperative transmission is performed in cluster-based multihop networks. In each hop, the relay and receiver are probabilistically selected based on the required sender transmission power. Simulation results show that DAHCR schemes reduce the required transmission power compared to the conventional distributed ad hoc routing (DAHR). However, compared to DAHR, the complexity is increased by DAHCR schemes.

In Chapter 5, we propose a primary traffic based routing algorithm with cooperative transmission (PTBR-CT) in cognitive radio ad hoc networks where the underlay access strategy is used. When the primary source transmits data in two successive time slots, CUs perform preliminary farthest relay selection based cooperative transmissions to enlarge hop transmission distances to reduce the number of cognitive relays on the route. Simulation results show that PTBMR-CT improves the average end-to-end reliability, throughput, required transmission power, and transmission latency compared to the conventional primary traffic based farthest neighbor routing.

Chapter 6 concludes this dissertation.

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3804 号	氏 名	Lin, I-te (林 宜徳)
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) 大槻 知明
		慶應義塾大学教授	博士(工学) 眞田 幸俊
<p>工学士、修士(工学)、LIM, ITE 君提出の学位請求論文は、「A Study on Relay Selection and Routing for Cooperative and Cognitive Radio Ad Hoc Networks (協調コグニティブ無線アドホックネットワークにおけるリレー選択とルーティングに関する研究)」と題し、全6章から構成される。</p> <p>近年 無線技術の発展に伴い、基地局や有線網などのインフラを必要とせず、端末同士がパケットを中継することにより直接情報を交換できる、自律分散型のアドホックネットワークが注目されている。アドホックネットワークでは、中継ノード(リレー)を用いたマルチホップ通信を行う必要があり、伝搬状況やトポロジの変化によって特性が大きく変化するため、リレーや経路を適切に選択することが求められる。そこで、ノードの移動やマルチパスフェージングによる誤り率やスループットなどの特性劣化を低減するために、受信ノードがデータを受信できない場合に、そのデータを正しく受信したリレーがデータを転送することにより、お互いに助けあって通信品質を高めあう協調通信が注目を集めている。一方、高速大容量通信の要求が高まる中、周波数が逼迫している現状を打破するために、優先権の高い一次利用者が通信を行っていない場合には優先権の低い2次利用者が、通信することを一時的に許可する、あるいは1次利用者が通信を行なっている場合でも、同じ周波数帯を利用しても1次利用者への干渉の影響が十分低く設定できる場合には、2次利用者の通信も許可するコグニティブ無線が近年注目を集めている。しかしながら、協調通信とコグニティブ無線を組み合わせた場合の無線アドホックネットワークにおけるリレー選択とルーティングに関する研究は重要であるにもかかわらず、あまりなされていない。</p> <p>本論文では、無線アドホックネットワークにおいて、協調通信とコグニティブ無線を組み合わせた場合の、リレー選択およびルーティングについて検討を行い、パケット到達率や電力特性の改善ができるリレー選択方式およびルーティング方法を提案している。</p> <p>第1章では、これまでの無線アドホックネットワークに関する研究の流れと、協調通信およびコグニティブ無線を用いた場合の特性改善および研究課題について概説し、本研究の背景、目的、位置づけについて述べている。</p> <p>第2章では、IEEE802.11の無線LANをベースにしたアドホックネットワークにおいて、送受信ノードとリレーノード間の伝搬状況に応じて、誤り率を最も低減できるリレーとそのリレーの増幅転送、復号転送、リレーなしの3つの協調通信モードの選択法を提案し、その有効性を示している。</p> <p>第3章では、協調通信を用いたアドホックネットワークにおいて、リレー候補ノードをグループ化して時間的に分散し、リレー選択に参加できる確率と再参加率を変化させることにより、高いパケット到達率と短競合時間が達成できるリレー選択およびメディアアクセス制御方式を提案し、その有効性を明らかにしている。</p> <p>第4章では、ノードがクラスタ化されたアドホックネットワークで協調通信を行う場合の、各クラスタ内のノードの受信電力と衝突確率に基づくリレー選択基準と、分散アドホック協調ルーティング方式を提案し、協調通信を用いるため多少複雑にはなるものの、低電力化に有効であることを示している。</p> <p>第5章では、ノードがクラスタ化されたアドホックネットワークにおいて、1次利用者と2次利用者が同じ周波数を利用するコグニティブ無線環境下で、優先権の低い2次利用者に協調通信を適用する協調コグニティブ無線通信方式を提案したルーティング方式を提案し、マルチホップ数を少なく保つことにより、パケット到達率が改善できることを明らかにしている。</p> <p>第6章は結論であり、本論文で得られた結果を総括している。</p> <p>以上、本論文の著者は、協調コグニティブ無線アドホックネットワークにおけるリレー選択とルーティング方法を提案し、その有効性を明らかにしており、工学上、工業上寄与するところが少なくない。よって、本論文の著者は、博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			

## 内容の要旨

報告番号	甲 第 3805 号	氏 名	志方 明
主論文題目			
CMOS 逐次比較型アナログデジタル変換器の極低電圧化および高電力効率化			
<p>本研究は、高い電力効率を保ちつつ極低電圧で動作する最先端のアナログデジタル変換器 (Analog-to-Digital Converter, ADC) の実現を目指している。</p> <p>環境発電素子をバッテリーの代わりとして採用することで、充電や電池交換を行うことなく、半永久的に動作する端末に注目が集まっており、センサネットワークアプリケーションへの応用が期待されている。一方で、小型の環境発電素子単体で生成可能な電力、電圧は共に低く、従来のバッテリーから環境発電素子に置き換えるためには厳しい電源状況での動作が要求される。</p> <p>そこで本研究では、上記アプリケーションを構成する回路ブロックの中でも、最も重要な回路ブロックの一つである ADC の低電圧化、低電力化、小型化に関する研究が行われている。まずは、粗い音声、画像処理を極低電圧で実現することを目指し、0.5 V 動作、1 MS/sec 動作、消費電力 1 <math>\mu</math>W、分解能 8 bit、面積 100 <math>\mu</math>m 角の非常に小さな回路で動作する ADC の実現が目標とされている。さらに、周囲の環境や用途に応じて柔軟に対応できるように、近距離無線通信用途の高速、低分解能な信号から、当初の目標とした粗い画像、音声信号処理用途の中速、中分解能な信号まで、広範囲に渡って高電力効率で処理する多機能な ADC の実現が最終的な目標とされている。</p> <p>第 1 章は序論であり、本研究の背景と各 ADC アーキテクチャによる性能比較を行い、本研究で逐次比較型 (Successive Approximation Register, SAR) ADC を採用した理由が説明されている。</p> <p>第 2 章では、SAR-ADC の分解能に応じた電力効率について、モデルとした回路構成等の前提条件とその時の理論限界値の検討がなされている。これにより、SAR-ADC の各構成ブロックの最適な設計パラメータと現状の SAR-ADC 設計における問題点が明確にされている。</p> <p>第 3 章では、極低電圧動作を実現するために、トランジスタの特性を最も直接的に受けるスイッチ回路の性能を改善する手法について提案がされている。提案した電荷注入手法により、直列接続ブートストラップ回路の問題である立ち上がり動作が極低電圧においても安定かつ高速に行われ、シミュレーションにより極低電圧スイッチ回路の線形性ならびに動作速度の改善が確認されている。</p> <p>第 4 章では、0.5 V の電源電圧で動作する SAR-ADC の設計、試作、評価が行われている。第 2 章で考察された理論的な性能限界に近づけるために、再構成可能な微小容量ユニットを用いたデジタルアナログ変換器 (Digital-to-Analog Converter, DAC) が提案されている。新規に考案した DAC のデジタル補正手法により、0.5 fF の微小容量素子を実現され、最適な設計パラメータに近づくことが可能となっている。さらに、通常 2 値の極性判定に用いられる比較器を、1 度に 3 値の判定結果を得られるよう改良することにより、動作速度が大幅に改善され、0.5 V であっても 1.1 MS/sec での動作が実現されている。試作したチップにより、電力効率の性能指標である Figure of Merit (FoM) が 0.5 V 動作の ADC としては世界最高レベルの 6.3 fJ/conversion step で動作したことが実証されている。</p> <p>第 5 章では、電源電圧、分解能が広範囲に渡って動作する ADC の設計、試作、評価が行われている。SAR-ADC の各動作モードを検出することによって、マージン設計を不要とした高効率な SAR ロジック回路と、クロック周期を幅広く変えられる非同期クロック生成回路が提案されている。これら提案手法を用いることにより、電源電圧や分解能を変動させても最適な動作条件が実現されており、試作したチップにより、電源電圧 0.4 V から 1.0 V、分解能 4 bit から 10 bit と広範囲で動作し、0.4 V 動作時において前章の 1.8 倍以上の効率である最高効率の 3.4 fJ/conversion step で動作したことが実証されている。</p> <p>第 6 章は結論であり、本研究の総括がなされている。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3805 号	氏 名	志方 明
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学准教授	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
		慶應義塾大学教授	博士（工学） 松本 佳宣
		慶應義塾大学准教授	博士（工学） 中野 誠彦
<p>学士（工学）、修士（工学）志方明君提出の学位請求論文は「CMOS 逐次比較型アナログデジタル変換器の極低電圧化および高電力効率化」と題し、6章から構成されている。</p> <p>将来のアプリケーションとして無線センサネットワークや医療向け体内埋め込み用の超小型センサ端末の研究が注目を集めている。バッテリー交換の手間を省くために、太陽電池等の小型の環境発電素子による動作が期待されるが、生成できる電圧、電力はともに低く、これらの発電素子で駆動される集積回路には、従来よりもはるかに低い電圧、電力での動作が求められる。アナログデジタル変換器(Analog-to-Digital Converter, ADC)はその中心となる回路ブロックであり、極低電圧・低電力動作への要求が特に厳しい。</p> <p>本研究は、ADC の低電圧化、低電力化、小型化を目的としている。電源電圧 0.5 V、消費電力 1 <math>\mu</math>W、分解能 8 ビット、変換速度 1 MS/秒、面積 100 <math>\mu</math>m 角の ADC を基本目標性能としている。さらに、近距離無線通信用途の高速、低分解能な信号から、音声、画像信号用途の中速、中分解能な信号まで、周囲の環境や用途に応じて柔軟に対応できるように、広範囲にわたって高い電力効率で変換できる ADC の実現を目指している。</p> <p>第 1 章は序論であり、本研究の背景と各 ADC アーキテクチャによる性能比較を行い、本研究で逐次比較型(Successive Approximation Register, SAR)ADC を採用した理由を説明している。</p> <p>第 2 章は、SAR-ADC の分解能に応じた電力効率について、モデルとした回路構成等の前提条件とその時の理論限界値を検討している。これにより、SAR-ADC の各構成ブロックの最適な設計パラメータと現状の SAR-ADC 設計における課題が明確になった。</p> <p>第 3 章は、極低電圧動作を実現するために、トランジスタ特性が最も直接的に現れるスイッチ回路の性能を改善する手法を提案している。提案した電荷注入手法により、直列接続ブートストラップ回路の問題である立ち上がり動作が、極低電圧においても安定かつ高速に行われ、シミュレーションにより回路の線形性ならびに動作速度の改善が確認されている。</p> <p>第 4 章では、0.5 V の電源電圧で動作する SAR-ADC の設計、試作、評価結果が述べられている。第 2 章で得られた理論性能限界に近づけるため、再構成可能な微小容量素子を用いたデジタルアナログ変換器(Digital-to-Analog Converter, DAC)を提案している。新規に考案された DAC のデジタル補正手法により、0.5 fF の微小容量素子が使用可能となった。さらに、1 度に 3 値の判定が可能な比較器が提案され動作速度が大幅に改善された。試作したチップにより、電力効率の性能指標である Figure of Merit(FoM)が、0.5 V 動作の ADC としては世界最高レベルの 6.3 fJ/conversion-step で動作することが実証されている。</p> <p>第 5 章では、広範囲にわたって電源電圧、分解能、変換速度を変えることができる ADC の設計、試作、評価結果が述べられている。SAR-ADC の各動作モードを回路内部で検出、調整することで、マージン設計を不要とした高効率な SAR ロジック回路と、クロック周期を幅広く変えられる非同同期クロック生成回路が提案されている。試作チップの測定により、電源電圧 0.4 V から 1.0 V、分解能 4 ビットから 10 ビットと広範囲での動作が実証されており、0.4 V 動作時において第 4 章の 1.8 倍以上の効率である 3.4 fJ/conversion-step という性能が達成されている。</p> <p>第 6 章は結論であり、本研究の成果を要約している。</p> <p>以上要するに、本研究は極低電圧、低電力で動作する小型の逐次比較型 ADC の実現方法を提案、実証したものであり、工業上、工学上寄与するところが少なくない。よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			



## 内容の要旨

報告番号	甲 第 3806 号	氏 名	遠藤 伶
主論文題目： Peer-to-Peer Video-on-Demand System Based on Video-Data Popularity (動画データの普及度に基づいたピアツーピア動画配信システムに関する研究)			
<p>本研究は、動画データの検索や送信を視聴者端末（ピア）間で分散的に行うことで動画配信ノードの配信負荷を低減する、ピアツーピア動画配信システム（P2P VoD システム）の性能向上を目的としたものである。P2P VoD システムは、動画データの検索や送信をピア間で分散的に行うため、動画データ普及度の偏りによりシステムの性能低下や動画配信ノードの負荷増加がおこる。本研究では、P2P VoD システムの主要な機能である、ピア検索、動画データ送信スケジューリング、それぞれについて検討し、動画データが Peer-to-Peer (P2P) ネットワーク中でどれだけ普及しているかを表す、動画データ普及度に着目した新しい方式を提案した。</p> <p>ピア検索については、P2P ネットワーク上の局所的な普及度をもとに推定したデータ普及度を用いるローカル普及度ベース複合型検索手法 HyDiff を提案した。複数の検索モデルの使い分けに、データの要求度をもとに推定した普及度を利用する既存方式では、適切な普及度推定間隔を決めることが難しく、また、適切な推定間隔を設定できない場合、推定普及度と実際の普及度の差が大きくなり、検索効率が低下することがある。一方、本研究の提案方式では、P2P ネットワーク上のデータの局所的な普及度から求めた推定普及度を用いる。局所的な普及度をもとにした本方式では、推定普及度の精度が普及度推定間隔に対し線形に変化するため、普及度推定間隔の設定が容易になる。さらに、実際の普及度と推定普及度の誤差が小さくなるため、検索モデルをより適切に使い分けられることができる。シミュレーション評価により、提案方式の有用性を応答率、応答時間、維持コストなどの点から確認した。</p> <p>動画データ送信スケジューリングについての検討では、新規参加ピアに普及度の低いデータ・ピースの受信権を貸し付ける仕組みを導入したピース・レンディング方式を提案した。一般の P2P VoD システムでは、ピアに積極的なデータ送信を促すため、ピアごとのデータ送信量に応じた量だけデータ受信を許可する、報酬付けアルゴリズムを用いる。しかし P2P VoD システムでは、動画の先頭部分を構成する断片データの普及度が高くなるため、既存の報酬付けアルゴリズムを用いると、サービス参加直後のピアは動画配信ノードの補助が無ければピース交換に参加できない。一方、本研究の提案方式では、新規参加ピアはシステムに貸し付けられた普及度の低い断片ピースの受信権を使い、一定の期間ピース送信なしに普及度の低いピースを受信できる。これにより、新規参加ピアもピース交換に容易に参加でき、ピアの送信帯域利用率が向上する。シミュレーション評価により、提案方式の有用性をピア送信帯域利用率、再生開始遅延などの点から確認した。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3806 号	氏 名	遠藤 伶
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 岡田 謙一
		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） 寺岡 文男
<p>学士（工学）、修士（工学）遠藤伶君提出の博士学位請求論文は、「Peer-to-Peer Video-on-Demand System Based on Video-Data Popularity（動画データの普及度に基づいたピアツーピア動画配信システムに関する研究）」と題し、5章より構成されている。</p> <p>Video-on-Demand（VoD）ストリーミングは、視聴者が各々の好きなタイミングで動画を視聴可能なインターネット動画配信形式である。中でも、Peer-to-Peer（P2P）ネットワーク技術を利用して視聴者端末が動画配信を補助することで、配信サーバによるデータ送信量の低減が可能なピアツーピア動画配信システム（P2P VoD システム）が広く研究されている。しかし、動画データの検索や送信を視聴者端末間で分散的に行う P2P VoD システムでは、P2P ネットワークにおける動画データの普及度の偏りによって、システムの性能低下やサーバの負荷増加が発生する。</p> <p>本論文では、ネットワーク中で対象とする動画データを保持するピアの割合、すなわち、動画データ普及度に着目し、P2P VoD システムに必要な機能のうち、その性能に大きな影響を与えるピア検索機能と動画データ送信スケジューリング機能について、性能を向上させる新しい手法を提案している。また、シミュレーション評価により、既存方式との比較から、ふたつの提案方式が有用なことを示している。</p> <p>第1章では、本研究の背景と目的、位置づけについて述べている。</p> <p>第2章では、P2P VoD システムに必要な機能のうち、ピア検索機能と動画データ送信スケジューリング機能、それぞれを実現するための従来手法とその問題点について述べている。</p> <p>第3章では、ピア検索機能を実現する新しい手法 HyDiff（Hybrid search based on Diffusion ratio）を提案している。HyDiff は、ネットワーク中の局所的な普及度からネットワーク全体での普及度を推定し、推定した普及度をもとに検索モデルを使い分ける複合型検索手法である。シミュレーション評価では、検索要求度をもとに普及度を推定する従来手法と比べて、提案方式は計算周期の設定が容易であること、また、従来手法が計算周期を適切に設定できた場合でも、提案手法の方が高い検索効率を実現できることを示している。</p> <p>第4章では、動画データ送信スケジューリングを実現する新しい手法 Piece Lending を提案している。従来手法では、動画の先頭部分を構成する断片データの普及度が高くなる VoD システムの特性が原因で、新規参加ピアは、配信ノードによる補助なしにはピア間のデータ交換に参加できない。提案された Piece Lending は、新規参加ピアに普及度の低い断片データの受信権を貸し付け、後からその分の貢献を取り立てる仕組みを導入することで、その問題を解決し、ピアの送信帯域使用率を向上させている。また、シミュレーション評価では、従来方式と比べて提案方式の方が高いピア帯域使用率、短い再生開始遅延を実現できることを示している。</p> <p>最後に第5章では、各章の内容をまとめ、本論文の結論を述べている。</p> <p>以上の通り、本研究により、P2P VoD システムの性能に大きな影響を与えるピア検索機能と動画データ送信スケジューリング機能それぞれについて、動画データ普及度に着目して性能を向上させるふたつの手法が示されたことになり、研究の成果は工学上、工業上寄与するところが少なくない。よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			

## 内容の要旨

報告番号	甲 第 3852 号	氏 名	高山 裕貴
主論文題目： 湿度制御技術開発を軸とした細胞内空間階層構造の X 線回折イメージング			
<p>生命の基本単位である細胞は、10 <math>\mu\text{m}</math> 程度のサイズながら、その内部には、細胞小器官等、数 <math>\mu\text{m}</math> から数 100 nm サイズの高度な機能空間を持つ。また、その空間の内外では、蛋白質をはじめとする数 10 から数 nm の生体分子が、膨大な数の水分子に浴しながら生命現象の素過程を担っている。生命現象の物理化学的理解には、各空間階層での生命現象を担う分子・粒子の構造と機能の関わりについての知見が必要であり、特に、水和を含めた蛋白質の構造変化や、細胞小器官等の生体粒子内部構造の可視化が不可欠である。X 線結晶構造解析は分子構造を <math>\text{\AA}</math> 分解能で眺めることを可能とするので、結晶内での分子構造変化を人為的に制御できれば、より多くの情報が取得できると考えられる。また、ナノ材料等の構造解析に用いられ始めたコヒーレント X 線回折顕微鏡法(CXDM)を生理学的条件で作成した試料に適用できれば、インタクトな細胞小器官等の構造解析への道が開ける。本研究では、これら X 線回折イメージング技術の飛躍に立ちはだかる問題の一つとして、生体試料の水和状態制御と周辺溶媒量調整を掲げ、その解決に向けた生体試料湿度制御技術の開発を軸とした X 線回折イメージングを開拓した。</p> <p>蛋白質の構造変化を結晶内で人為的に制御するため、蛋白質結晶体積の 35-90%を占有する流動性を保持した水の量に応じて分子間接触が変化することに着目した。室温下、相対湿度 20-98%rh の範囲での X 線回折実験を可能とする、蛋白質結晶に特化した湿度環境制御装置を開発し、リゾチーム正方晶結晶に適用しながら、蛋白質の人為的構造変化の可能性を探った。94-61%rh の範囲で格子パラメーター及び結晶性、結晶外形の変化を観察し、結晶含水量の準静的調整が可能なることを確認した。さらに、84.2% rh 及び 71.9%rh で取得した 2.1 <math>\text{\AA}</math> 分解能の結晶構造で見出された分子充填変化に起因する構造変化が、少数の低振動数基準振動モードで良く近似された。湿度制御下での X 線結晶構造解析は、蛋白質に内在する運動の一端を人為的に制御しながら可視化する有効な実験手法になると考えられた。</p> <p>次に、蛋白質結晶湿度制御技術を持続的に発展させ、低温 CXDM に特化した湿度制御下水和凍結試料作製装置を開発した。この装置を光学顕微鏡に搭載し、マイクロマニピュレーター、マイクロインジェクターと併用することで、<math>\mu\text{m}</math> からサブ <math>\mu\text{m}</math> サイズの粒子を採取し、20-94%rh 範囲で水和状態を保持しながら試料マウント用炭素薄膜上の望みの位置に置くことができる。粒子周囲の溶媒量は周辺湿度を変化させて調整後、急速凍結試料とすることで、放射光実験における放射線損傷を低減可能である。本装置で作製した 7 <math>\mu\text{m}</math> の葉緑体凍結水和試料については、SPring-8 において低温 CXDM 実験を実施して、その内部構造を 182 nm 分解能で可視化することに成功した。これにより、本装置が低温 CXDM 実験用凍結水和試料作製に有効であり、光学顕微鏡や電子顕微鏡では困難な機能空間の内部構造の可視化のための重要なツールとなることが示された。</p> <p>更に、以上の技術を発展的に応用した生体分子・粒子の X 線回折イメージングの助走的研究の現状を示しながら、今後の X 線自由電子レーザー利用も含めた X 線回折イメージングの将来と可能性を議論した。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3852 号	氏 名	高山 裕貴
論文審査担当者：	主査 慶應義塾大学教授	理学博士	中迫 雅由
	副査 慶應義塾大学教授	理学博士	齋藤 幸夫
	副査 慶應義塾大学教授	博士(工学)	的場 正憲
	副査 慶應義塾大学准教授	博士(理学)	渡邊 紳一
	副査 横浜市立大学大学院准教授	博士(農学)	池口 満徳

  

学士(理学)、修士(理学)高山裕貴君提出の学位請求論文は、「湿度制御技術開発を軸とした細胞内空間階層構造のX線回折イメージング」と題し、本論9章とそれを補足する付録より構成されている。

近年、X線による生体分子の構造研究は、長足の進歩を遂げてきた。今後、さらなる発展を見込むには、生体分子の動力学的側面に重きを置いた構造解析や生体内の  $\mu\text{m}$  サイズ粒子の数 nm 分解能構造観察等、各空間階層における新たなX線構造解析法の開発が望まれている。著者は、試料環境の湿度制御が新たなX線構造解析の展開に重要な役割を担うものと考え、新規試料環境湿度制御技術を開発し、結晶中の蛋白質分子構造の人為的制御や、先端的なコヒーレントX線回折顕微鏡実験における生体非結晶単粒子構造解析に応用し、次世代のX線構造解析の一端を開こうとしている。

第一章では、X線を用いた生体分子・生体粒子のイメージング実験の現状を概観しながら、将来の発展に湿度制御環境下での試料作製技術が重要であることが述べられている。第二章には、X線回折の基礎理論、X線結晶構造解析とコヒーレントX線回折顕微鏡法における構造解析の原理が、また、第三章で、湿度制御装置開発に不可欠な湿潤空気や蒸発に関する熱力学などの概要が纏められている。

第四章では、蛋白質結晶用湿度制御装置開発の経緯、装置構成や開発過程での独自の工夫が述べられている。評価実験を通じ、開発装置が、水を大量に含む蛋白質結晶の膨張・収縮制御に十分な、相対湿度 20-98%rh 範囲で安定性  $\pm 0.8\%$ rh を達成できることを明らかにし、同装置を用いた蛋白質結晶の湿度制御実験の詳細な手順を確立している。第五章では、蛋白質リゾチーム結晶の湿度制御下X線結晶構造解析が纏められている。湿度制御により、蛋白質結晶体積を可逆的に変化させて得たX線回折パターンから、結晶格子の湿度環境応答を詳細に調べ、1結晶から高湿度(84.2%rh)と低湿度(71.9%rh)下でX線回折強度データを収集し、2.1 Å 分解能での構造解析を行っている。異なる湿度下での含水量変化による結晶内分子充填様式変化は、蛋白質分子の立体構造変化を誘起していた。蛋白質分子の基準振動解析から、立体構造変化が最低振動モードに由来することが示された。それ故、結晶の湿度環境制御を通じた構造変化の誘起と観察は、蛋白質の動力学を理解する実験手法として重要であると評価できる。

第六章では、蛋白質結晶湿度制御技術を発展させ、低温コヒーレントX線回折顕微鏡実験のための生体単粒子試料作製装置が提案されている。新たに開発した試料槽の構成や操作、周辺装置との連携操作などが説明され、同装置が、20-94%rh 範囲で安定性  $\pm 0.5\%$ rh を達成できたことが報告されている。これに加え、同装置を用いたホウレン草葉緑体の水和凍結試料作製手順を通じて、同装置の操作性の高さが示されている。第七章では、大きさ  $7\mu\text{m}$  のホウレン草葉緑体水和凍結試料の構造を明らかにするべく、大型放射光施設 SPring-8 で実施した 66 K での低温下コヒーレントX線回折顕微鏡実験と、取得した回折パターンからの像回復結果が詳しく述べられている。分解能 182 nm で得られた葉緑体粒子の電子密度図にはグラナに相当する 500 nm サイズの電子密度塊を見出した。この観察結果は、光学顕微鏡や電子顕微鏡などでは透過性の問題で観察が難しい、生の生体粒子の内部構造可視化に向けた重要な成果と評価できる。また、実験結果を踏まえて、装置の将来的な改良も含めた発展性が議論されている。

第八章では、今回開発した湿度制御試料作製装置の展開として、X線結晶構造解析による蛋白質天然変性領域の準安定構造の可視化や、X線自由電子レーザーによる細胞などの単粒子構造解析といった助走的研究を例示しながら、本研究の関連研究分野への波及と将来展望が述べられている。最後に、第九章において本研究を総括している。

以上、本論文の内容を纏めると、著者は、新規生体試料湿度環境制御技術の開発に成功し、生命科学分野の諸問題解明に貢献できるX線回折イメージング実験を展開したと評価できる。本論文の骨子である第四～五章、第六～七章は、それぞれ学術論文として掲載されており、また、研究内容の学会発表は、関連分野研究者から高く評価されている。よって、本論文の著者は博士(理学)の学位を受ける資格があるものと認める。

## 内容の要旨

報告番号	甲 第 3853 号	氏 名	中村 智栄
主論文題目： Online Structural Analysis in the Processing of L1 Japanese and L2 English (文理解の実時間構造分析： 母語としての日本語と第二言語としての英語理解における認知科学的検証)			
<p>日本人英語学習者が英語文を理解する際の文処理方略を明らかにする上では、英語母語話者の英語文理解に影響を与えるとされる言語情報と同じ種類の情報が、日本語母語話者が日本語を理解する際にも実時間上での文理解に用いられているのかを検討する必要がある。例として、英語のような主要部前置型の言語では、動詞を受け取った時点で動詞の使用頻度情報などを用い、後に続く文構造を予測する漸次的処理が行われることが報告されている。それに対し、動詞が文末に現れる日本語のような主要部後置型言語では、その構造的特徴ゆえに文理解における言語情報の使われ方が英語とは異なる可能性が考えられる。</p> <p>本論文では、(1) 音声の韻律情報、(2) 統語プライミング、(3) 語彙の意味情報と節の長さ、が日本語統語処理に与える影響について検討するため、「医師が白衣を持っている高校生をあわてて追いかけた」のような一時的曖昧性を伴うガーデンパス文の理解過程を、眼球運動計測手法を用いた実験により計測した。関係節構造の予測を反映した視線の動きから、日本語ガーデンパス文を処理する際に、(1) 聞き手は音声の韻律情報を用いて文の構造的曖昧性が解消される前に正しい文型を予測すること、(2) 聞き手が直前に経験した文型が次の文を処理する際の統語構造予測に影響を与えること、を明らかにした。また、(3) 文構造の予測の強さは語彙の意味情報に影響され、さらに関係節の長さにより構造的曖昧性を解消する情報が遅く現れる文では、読み手が初分析理解を保持する時間が長く、そのため再分析にかかる負荷が増大することを示した。これらの結果から、主要部後置型言語である日本語の理解において、実時間上で得られる上記の三つの言語情報が遅延することなく統語処理に用いられることが確かめられた。</p> <p>続いて、日本人英語学習者の英語文理解における文処理方略の特性において、学習者が英語文を理解する際に動詞情報をどのように用いるかについて、動詞の下位範疇化情報の使用に焦点を当てた読み実験を行った。その結果、日本人英語学習者は英語母語話者とは対照的に自動詞直後の語を直接目的語として誤って解釈する傾向が確認された。さらに、文完成課題の結果から、他動詞の使用については母語話者と日本人英語学習者の間に違いが見られない一方、自動詞の使用についてはグループ間で有意差が見られ、日本人英語学習者は文の産出において自動詞を他動詞構造で誤って用いる傾向が高いことが示された。これらの結果により、日本人英語学習者と英語母語話者の間には動詞の下位範疇化情報に関する知識とその使用に違いがあることを確認した。</p> <p>以上、本論文は、日本語文処理に影響を与える言語情報を検証し、日本語話者が文を理解する際にこれらの言語情報を即時に用いて統語構造予測及び意味解釈を行うという言語間の構造的差異を越えた共通点を示した。さらに、第二言語としての英語においては言語情報知識が不完全であり、このことが日本人英語学習者の英語文理解プロセスにおいて母語話者と同じように構造的曖昧性を解消できない原因となっ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 3853 号	氏 名	中村 智栄
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学准教授	工学博士 斎藤 博昭
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 石崎 俊
		慶應義塾大学教授	Ph. D. 小原 京子
		慶應義塾大学准教授	博士(工学) 高田 眞吾
<p>学士(環境情報学)、修士(政策・メディア)中村智栄君提出の学位請求論文は「Online Structural Analysis in the Processing of L1 Japanese and L2 English (文理解の実時間構造分析：母語としての日本語と第二言語としての英語理解における認知科学的検証)」と題し、全6章からなる。本研究は、主要部後置型という英語とは異なる構造を持つ言語を母語とする日本語話者が、日本語文および英語文理解において実時間上でどのような統語分析を行っているかを認知科学的に検証したものである。</p> <p>第1章は序論であり、本研究の背景と目的を述べている。</p> <p>第2章では、音声の韻律情報が日本語統語処理に与える影響について、視覚世界パラダイムを用いた眼球運動計測実験の結果を報告している。実験では「医師が白衣を持っている高校生をあわてて追いかけた」のような一時的曖昧性を伴うガーデンパス文の理解過程を検証し、聞き手は音声の韻律情報を用いて文の構造的曖昧性が解消される前に正しい文型を予測することを示している。</p> <p>第3章では、第2章で用いたガーデンパス文処理において、聞き手が直前に経験した文型が次の文を処理する際の統語構造予測に影響を与えることを明らかにしている。</p> <p>第4章では、文構造の予測の強さは語彙の意味情報に影響され、さらに関係節の長さにより構造的曖昧性を解消する情報が遅く現れる文では、読み手が誤った初分析を保持する時間が長く、そのため再分析にかかる負荷が増大することを示している。</p> <p>第2、3、4章の結果からは、主要部後置型言語である日本語の理解において、実時間上で得られる上記の三つの言語情報が遅延することなく統語処理に用いられることが確かめられている。また、これらの研究結果は人間の文理解における言語間の構造的差異を越えた共通性を示すに留まらず、統語分析における言語情報の影響は、文の構造的曖昧性が解消された後の再分析の段階ではなく初分析の段階にあるという、これまで英語を対象に行われてきた先行研究でも明らかになっていなかった初めての結果を報告している。</p> <p>第5章では、学習者が英語文を理解する際に動詞情報をどのように用いるかについて、動詞の下位範疇化情報の使用に焦点を当てて行った読み実験の結果を報告している。実験結果から、日本人英語学習者は英語母語話者とは対照的に自動詞直後の語を直接目的語として誤って解釈する傾向が確認されている。また、文完成課題の結果から、他動詞の使用については母語話者と日本人英語学習者の間に違いが見られなかったのに対し、自動詞の使用についてはグループ間で有意な差が見られ、日本人英語学習者は自動詞を他動詞構造で誤って使う傾向が示されている。これらの結果から、日本人英語学習者と英語母語話者の文理解の差は、日本人学習者の自動詞に対する知識が母語話者に比べ不完全であることに起因することが明らかとなっている。</p> <p>第6章では、各章における結果の要約と、研究結果の総括を述べている。</p> <p>以上、本論文は、さまざまな実験を通して日本語文処理に影響を与える言語情報を検証し、日本語話者が文を理解する際にこれらの言語情報を即時に使い、統語的曖昧性が解消する前に文構造予測及び意味解釈を行うという初分析への影響を明らかにしている。さらに、第二言語としての英語においては言語情報知識が不完全であり、このことが日本人英語学習者の英語文理解プロセスにおいて母語話者と同じように構造的曖昧性を解消できない原因となっていることを明らかにしている。本研究の成果は工学的手法を用いた認知科学研究として寄与するところが少なくない。また、これらの成果は著者が自立して研究活動を行うために必要な高度な研究能力、並びにその基礎となる豊かな学識を有することを示したといえる。</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 3854 号	氏 名	高橋 淳
主論文題目： 光グラフト重合法によるポリマー材料の接着性， 力学物性およびガスバリア性向上に関する研究			
<p>ポリエチレン (PE) やポリプロピレン (PP) は機械的強度，成形性，耐薬品性，耐熱性に優れ，さらに軽量かつ低コストであることから包装材料や容器などに利用されている．しかし，食品容器としての利用を考えた場合，低ガスバリア性であるために酸素ガスなどを容易に透過させ，内容物の劣化を引き起こすという問題がある．本問題を解決するために PE や PP の表面に高ガスバリア性を有する非晶質炭素であるダイヤモンドライクカーボン (DLC) の蒸着を考えた．しかし，PE や PP に対する DLC の接着性は極めて悪く，容易に DLC が剥離してしまうという問題が生じた．本研究では，DLC との接着性を向上させるために，紫外線照射による光グラフト重合法によって中間層としてアクリル酸 (AA) を PE および PP 表面に導入し表面を改質した．その上に DLC を蒸着することで DLC との接着性を改善し，PE および PP のガスバリア性の向上を目指した．</p> <p>第 1 章では，本研究の背景と従来の研究を概説した．</p> <p>第 2 章では，グラフト重合，接着，ガスバリア性向上それぞれの原理について記載した．</p> <p>第 3 章では，ポリマー材料と DLC との接着性を改善するために，グラフト重合によってポリマー材料と DLC の間に中間層として AA グラフト層を導入した．中間層として AA グラフト層を導入した低密度 PE (LDPE)，イソタクチック PP (iPP) およびシンジオタクチック PP (sPP) に対して接着強度測定を行うと，LDPE では 20 倍，iPP では 270 倍，sPP では 101 倍の接着強度の向上が見られた．さらに上記のポリオレフィン材料以外の汎用ポリマー材料である，ポリウレタン (PU)，ポリジメチルシロキサン (PDMS)，ポリメタクリル酸メチル (PMMA)，ポリスチレン (PS)，そしてポリエチレンテレフタレート (PET) に対しても同様の測定をした結果，PU では 3.8 倍，PDMS では 5 倍，PMMA では 2.4 倍，PS では 4.3 倍，PET では 4 倍の接着強度の向上が見られた．これらの結果より，グラフト重合によって AA グラフト層をポリマー材料と DLC との間に中間層として導入すると，ポリマー材料と DLC の両方の層との接着性を向上できることが明らかとなった．上記に示した研究により，AA のグラフト重合によって DLC との接着性を向上させることができるとわかった．</p> <p>第 4 章では，表面改質方法である光グラフト重合法の重合パラメータである，重合時間，モノマー濃度，重合温度が力学物性におよぼす影響について検討した．その結果，光グラフト重合法によって導入された AA グラフト層は引張強度および破断ひずみには影響を与えずに，弾性率のみを向上させることがわかった．</p> <p>第 5 章では，iPP および HDPE に AA を光グラフト重合し，形成した AA グラフト層上に DLC を蒸着した後に酸素透過試験を行い，ガスバリア性を評価した．その結果，中間層として AA グラフト層を導入した場合，未処理のものに比べて PP のガスバリア性は約 15 倍，PE のガスバリア性は 5 倍向上した．本研究により，AA のグラフト重合および DLC の蒸着の両方の処理をすることで高いガスバリア性が得られることがわかった．</p> <p>第 6 章に，各章で得られた知見をまとめ，本研究の成果を要約した．</p>			

# 論文審査の要旨

報告番号	甲 3854 第号	氏名	高橋 淳
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学准教授 Ph. D.	堀田 篤
	副査	慶應義塾大学教授 工学博士	鈴木 哲也
		慶應義塾大学准教授 博士(工学)	大村 亮
		慶應義塾大学准教授 博士(工学)	三木 則尚
<p>修士（工学）高橋淳君提出の学位請求論文は「光グラフト重合法によるポリマー材料の接着性、力学物性およびガスバリア性向上に関する研究」と題し、全6章より構成されている。</p> <p>ポリエチレン（PE）やポリプロピレン（PP）は機械的強度、成形性、耐薬品性、耐熱性に優れ、軽量かつ低コストであることから包装材料や容器などに幅広く利用されている。しかし、PEやPPのさらなる応用には低接着性と低ガスバリア性という大きな課題を克服しなければならない。食品容器を例にとれば、内容物劣化を防ぐために酸素ガスを透過させないことが求められるが、PEやPP単体では十分なガスバリア性は実現できていない。よって本論文では、PEやPPの表面に高ガスバリア性を有する非晶質炭素のダイヤモンドライクカーボン（DLC）の蒸着が試みられた。しかし、PEやPPとDLCの接着性は極めて低く、容易にDLCが剥離してしまうという問題が生じた。そこで、接着性向上とガスバリア性向上にむけて、PEとPP表面にアクリル酸（AA）中間層が導入された。AA中間層は、紫外線照射による光グラフト重合法によって導入された。さらにDLCを蒸着すると、接着性とガスバリア性が改善することがわかった。本手法の有用性を異種のポリマー全般に亘っても検討している。</p> <p>第1章では、本研究の背景と従来の研究を概説している。第2章では、グラフト重合、接着、材料のガスバリア性能などの基本原理について詳述している。第3章では、ポリマー材料とDLCとの接着性を改善するために、グラフト重合によりポリマー材料とDLCの間にAA中間層を導入している。このAA中間層導入によりDLCとの接着強度に、低密度PE（LDPE）で20倍、イソタクチックPP（iPP）で170倍、シンジオタクチックPP（sPP）で101倍の上昇が見られた。さらに他の汎用ポリマー材料においても同様な接着性試験がなされ、ポリウレタン（PU）で3.8倍、ポリジメチルシロキサン（PDMS）で5.0倍、ポリメタクリル酸メチル（PMMA）で2.4倍、ポリスチレン（PS）で4.3倍、ポリエチレンテレフタレート（PET）で4.0倍の接着強度の向上がみられた。これらより、AA中間層をポリマー材料とDLCとの間に導入する本手法は、ポリマー材料全般においてDLCとの接着性を大きく向上させることができる新しい手法であることを確認している。第4章では、表面改質方法である光グラフト重合法の重合パラメータである、重合時間・モノマー濃度・重合温度がPEやPPの力学物性におよぼす影響について検討している。その結果、光グラフト重合法によって導入されたAAグラフト層はPEやPPの引張強度および破断ひずみにはほとんど影響を与えずに、弾性率のみを向上させることを報告している。第5章では、PPおよびPEにAAグラフト中間層を導入し、DLCを蒸着した後に酸素ガスバリア性を評価している。その結果、未処理のものに比べてPPのガスバリア性は約15倍、PEのガスバリア性は約5.0倍向上した。本研究により、AAのグラフト中間層およびDLC蒸着の両者によって、極めて高いガスバリア性を実現できることが明らかとなったことを報告している。第6章に、各章で得られた知見をまとめ、本研究の成果を総括している。</p> <p>以上要するに、著者は幅広い分野で利用されているPPやPEを、飲料容器としての実用化の観点から整理し、また実際に使用する際に必要な性質であるDLCとの接着性および酸素ガスバリア性を向上させる目的で、紫外線照射による光グラフト法による中間層の導入を行い、自ら考察したメカニズムから付与される接着性向上および酸素ガスバリア性の向上を力学強度測定および酸素透過試験により評価し、得られた結果をまとめている。これらより、今日まで未解決であった、1) DLC膜とポリマー材料との接着性の向上、2) ポリマー材料の力学物性の向上、3) DLC蒸着によるポリマー材料の酸素ガスバリア性の向上について、光グラフト重合法によって中間層としてAAグラフト層を種々のポリマーに導入することにより実現できるという1つの大きな知見を得た。本論文の成果は工学上寄与するところが大きい。よって、このことより、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.3855	Name	Li, Rongshuai
Thesis Title Identification of Structural Parameters Using Symbolic Time Series Analysis and Intelligent Algorithms			
<p>This dissertation presents a new approach for damage identification of structures using symbolization-based intelligent algorithms.</p> <p>To implement the concept, a two-phase approach is proposed.</p> <p>In the first phase, a symbolization-based negative selection (SNS) algorithm that combines the advantages of symbolic time series analysis (STSA) and negative selection (NS) is proposed for detecting the abnormal states of a building structure. In SNS, no prior knowledge of the structure's abnormal state is needed. Only the response of the structure in a current normal state is used as input data. In addition, this approach works fine even with one sensor, so it is highly practical and flexible.</p> <p>In the second phase, after knowing the damage occurrence, we need to determine the damage location and quantity. The method for this stage was named as “Symbolization-based Differential Evolution Strategy” (SDES). Differential evolution strategy employed here is intended to minimize the distance between SSHs that are transformed from raw acceleration data of a real structure and candidate models. Accuracy of the method is theoretically studied and explained including the effects of parameters. SDES was numerically compared with Particle Swarm Optimization (PSO) and DE with raw acceleration data. These simulations revealed that SDES provided better estimates of structural parameters when the data was contaminated by noise.</p> <p>Moreover, in order to prove that the method is indeed applicable to realistic problems, the computing strategy for SHM is experimentally verified. Two different structural models, small model and large steel model, are utilized to verify the proposed approach. Experiments using the small model were conducted at our Laboratory, damage cases were considered for different locations and degrees of damage. Data of the experiments using the steel model (carried out under the US–Japan cooperative structural research project on Smart Structure Systems) was used to further verify the proposed methodology. Finally, the conclusion is given. The damage identification using symbolic time series analysis and intelligent algorithms is proposed, and it can detect, localize and quantify the damage accurately. The symbolization of data alleviates the effects of harmful noise, employment of the intelligent algorithms make the whole procedure adaptively and efficiently. Comparisons with existing methods show that our proposed methodology is indeed a powerful tool for damage identification of building structures.</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3855 号	氏 名	Li, Rongshuai
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	Ph. D. 三田 彰
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 浜田 望
		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(情報学) 小檜山 雅之
<p>修士（工学）Li, Rongshuai 君の博士学位請求論文は、「Identification of Structural Parameters Using Symbolic Time Series Analysis and Intelligent Algorithms（時刻歴記号解析と知的アルゴリズムを用いた構造パラメタの同定）」と題し、6章より構成されている。</p> <p>本論文は、構造物の安全性能の診断にかかわる「構造ヘルスマモニタリング」分野の研究で、損傷状態を想定したシミュレーションをせずに損傷検知の可能な手法と、損傷の存在が判明した場合に損傷の位置およびその程度を精度よく検出する手法を提案している。地震応答の時刻歴をそのまま使うのではなく、符号化することでノイズの影響を軽減し、結果的に推定誤差を小さくして推定精度を向上させる手法である。本論文の構成は以下の通りである。</p> <p>第1章では、本論文の背景と目的について述べている。</p> <p>第2章では、符号化に用いた時刻歴記号解析手法について詳細に述べている。対象とする構造物の動特性をモデル化するのに最適な符号化パラメタについて評価を行って、窓長、ワード長等と解像度との関係について解析的に検討を加えた。また、符号化によってノイズの影響を軽減できることも示した。</p> <p>第3章では、符号化した信号と免疫アルゴリズムの一種であるネガティブセレクションを組み合わせることにより、建物の健全時の応答波形のみを事前学習に用いた損傷検知手法の提案を行った。損傷状態を想定する従来の手法では、あらゆるシナリオを想定した損傷について事前に検討する必要があるが、本手法では、学習段階では健全時に得られる波形のみを必要とするため、実用的な手法である。適切なパラメタの設定によって、十分な検知精度が確保できることがシミュレーションによって示された。</p> <p>第4章では、損傷の存在が検知されたあと、符号化した信号を対象として差分進化アルゴリズムを使った最適化アルゴリズムを組み合わせることでその損傷の位置と程度を精度よく推定することを可能にした。この手法は、時刻歴応答波形を直接用いた場合に較べた格段に誤差を小さくすることができる。</p> <p>第5章では、提案された手法を小型モデルおよび大型モデルを用いた実験に適用して、提案手法の有効性が示された。</p> <p>第6章は、本論文全体をまとめて結論を述べた。</p> <p>以上、要するに、本論文で提案された手法は、構造物の安全確保のため、損傷状態のシナリオを想定することなしに損傷検知を可能とし、損傷位置とその程度をこれまでの手法に比べてより高い精度で検出することを可能にするものであり、本研究の成果は工学上寄与するところが少なくない。また、結果的に大型構造物などの耐用年数を延ばす効果があるため、社会的にも大きな貢献が期待される。よって、本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			

## 内容の要旨

報告番号	甲 第 3856 号	氏 名	渡邊 亮太
主論文題目： 超流動 Fermi 原子気体の BCS-BEC クロスオーバーにおける強結合効果と擬ギャップ現象			
<p>本論文では、冷却 Fermi 原子気体の BCS-BEC クロスオーバー領域における強結合効果を理論的に研究、強い超流動揺らぎによって引き起こされる擬ギャップ現象の性質について議論した。</p> <p>まず、一様系の BCS-BEC クロスオーバーにおける 1 粒子状態を、この系で顕著となる揺らぎの効果をとり込んだ <math>T</math>-行列近似を用いて解析し、Fermi 原子の状態密度とスペクトル強度に擬ギャップが生じることを示した。さらに、BCS-BEC クロスオーバーの広い領域において状態密度の解析を行うことによって、擬ギャップ現象は、BCS-BEC クロスオーバーの超流動転移温度近傍で顕著になることを示した。また、この結果を用いて、擬ギャップ現象を考慮した Fermi 原子気体の相図を完成させた。</p> <p>次に、冷却原子気体が真空中にトラップされているという状況を考慮し、<math>T</math>-行列近似を、局所密度近似(Thomas-Fermi 近似)を用いてトラップ系へと拡張した理論を用い、Fermi 原子気体の 1 粒子状態を解析した。その結果、トラップされた気体においては、擬ギャップ現象は空間的に非一様に生じることを明らかにした。特に、超流動相のある温度域においては、気体中心を超流動ギャップが顕著な領域、気体の端付近に自由 Fermi 気体的な領域、そして、これら 2 領域に挟まれるように擬ギャップが顕著な領域が存在するという、殻構造を持つことを示した。この事実を考慮し、一様系と同様の解析によって、トラップされた Fermi 原子気体の相互作用、温度、位置に関する相図を理論的に提案した。</p> <p>この相図を用い、photoemission スペクトルを解析、高温では自由 Fermi 気体的なシャープな構造がみられる一方、超流動転移温度付近では、これと擬ギャップ的なブロードな寄与が生じること、また、十分低温では超流動領域に由来するシャープな構造が現れることを示した。さらに、測定された photoemission スペクトルや局所的な圧力を解析し、これらを定量的に説明することに成功した。さらに、この理論を 2 次元 Fermi 原子気体に拡張し、3 次元系と比較して擬ギャップ現象が顕著であることを示した。この結果を擬 2 次元冷却 Fermi 原子気体において測定された photoemission スペクトルと比較し、実験結果を定量的なレベルで理論的に説明することに成功した。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3856 号	氏 名	渡邊 亮太
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	理学博士 齋藤 幸夫
		慶應義塾大学教授	博士(工学) 的場 正憲
		慶應義塾大学准教授	博士(理学) 能崎 幸雄
		首都大学東京准教授	理学博士 森 弘之
<p>学士(理学)、修士(理学) 渡邊亮太君の学位請求論文は「超流動 Fermi 原子気体の BCS-BEC クロスオーバーにおける強結合効果と擬ギャップ現象」と題し、全 5 章より構成される。</p> <p>フェルミ原子気体で実現する超流動では、Feshbach 共鳴と呼ばれる機構により、対形成に必要な引力相互作用の強さを自在に制御することができる。これにより、引力相互作用が弱い金属超伝導に近い BCS 状態から、強い引力相互作用により形成された分子ボソンの Bose-Einstein 凝縮 (BEC) への移り変わり (BCS-BEC クロスオーバー) を研究することが可能となった。現在、BCS-BEC クロスオーバーにおける物性解明は当該研究領域における中心課題の 1 つとなっている。このクロスオーバーの中間領域は強結合効果に因る超流動揺らぎが顕著であり、やはり強結合効果が重要である銅酸化物超伝導の低ドープ領域に見られる擬ギャップ (超伝導転移温度以上の状態密度に窪みが現れる現象) と同様の現象が期待されている。しかし、フェルミ原子気体における擬ギャップの存在については、光電子分光型実験ではその存在が報告されているのに対し、局所圧力の実験では否定されている。フェルミ原子気体の実験は磁氣的、光学的に作られたポテンシャル中に気体を捕獲して行われるため、空間的に非一様な状況となっており、この系の超流動物性や、擬ギャップ問題を解明するには、強結合効果に加え、空間的非一様性も考慮しなくてはならない。本研究は、この 2 つの効果を強結合 T 行列理論と局所密度近似により取り入れ、フェルミ原子気体の超流動状態における物性の解明と、擬ギャップの存在の有無に関し、非常に重要な成果を挙げている。</p> <p>第 1 章は序論である。フェルミ原子気体と擬ギャップについての説明の後、研究の目的が述べられている。</p> <p>第 2 章では、一様なフェルミ原子気体における強結合効果が研究されている。1 粒子励起スペクトルを BCS-BEC クロスオーバー全域で計算、中間結合領域では、1 粒子励起スペクトルに擬ギャップが現れることを明らかにしている。さらに、超流動転移温度以下で、擬ギャップが超流動ギャップに移行していく様子を理論的に明らかにし、その結果から擬ギャップが現れる領域 (擬ギャップ領域) を相互作用と温度に関する相図中で特定している。</p> <p>第 3 章では、前章の理論をトラップポテンシャルが存在する場合に拡張している。トラップポテンシャルが存在する場合、超流動ギャップが支配的な気体中心領域を擬ギャップが支配的な領域が取り囲み、さらにその外側には自由フェルミ気体に近い領域が存在するという、殻構造が実現することを見出し、トラップが存在する場合のフェルミ原子気体の相図を提案している。この殻構造を考慮して計算された光電子分光スペクトル、局所圧力は、いずれもフィッティングパラメータなしで実験結果と定量的に一致しており、計算結果の分析から、前者の実験結果は確かに擬ギャップを観測している一方、局所圧力には状態密度に現れる擬ギャップの影響がほとんど現れないことを明らかにしている。この成果は、フェルミ原子気体における擬ギャップの有無に関する論争に決着をつけるものであり、非常に重要である。</p> <p>第 4 章では、前章の理論を擬 2 次元フェルミ原子気体に適用、観測された擬ギャップを定量的に再現することにより、本研究で用いている強結合理論の妥当性を確認している。</p> <p>第 5 章はまとめであり、本論文の内容が総括されている。</p> <p>本研究の成果は、フェルミ原子気体の BCS-BEC クロスオーバー領域における強結合超流動物性を明らかにするとともに、この系での擬ギャップに関する論争に決着をつけるものであり、非常に重要である。よって、本論文の著者は博士(理学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			

## 内容の要旨

報告番号	甲 第 3857 号	氏 名	Wang, Yinan (王 毅楠)
主論文題目： 糖鎖プライマー法によるマウス FBJ 骨肉腫細胞に発現する糖鎖の探索および細胞遊走能に關与する糖鎖の機能解析			
<p>マウス FBJ 骨肉腫細胞の転移性の制御因子として糖鎖が注目されているが、転移に關わる糖鎖の解析および糖鎖が關与する転移のメカニズムは十分には解明されていない。そこで、糖鎖プライマー法を用いて、転移性の異なる FBJ 細胞における発現糖鎖の比較解析を実施した。得られた結果を基にして、ガングリオシド GD1a やグリコサミノグリカン鎖が細胞の遊走性に与える影響を解析することで、骨肉腫細胞が転移性を獲得する分子機構の解明を目指した。</p> <p>第 1 章では、糖鎖の構造および機能、特にがん転移との關係について概説した。また糖鎖プライマー法の原理と応用について述べ、本研究の目的と方針をまとめた。</p> <p>第 2 章では、糖鎖プライマー法を用いて、低転移性の FBJ-S1 細胞と高転移性の FBJ-LL 細胞に発現する糖鎖を比較解析し、転移に關与する糖鎖の同定を行った。糖鎖プライマーとして Lac-C12, Xyl-Ser-C12 などを用いて、FBJ-S1 細胞と FBJ-LL 細胞における生成物の比較解析を行った。Lac-C12 の投与により、低転移性の FBJ-S1 細胞において、GD1a などのガングリオ系列の発現が顕著に高いことが見出された。また、Xyl-Ser-C12 由来の糖鎖伸長生成物の解析により、高転移性の FBJ-LL 細胞においてグリコサミノグリカン (GAG) のひとつであるへパラン硫酸型の糖鎖の発現量が低下している事が見出された。</p> <p>第 3 章では、ガングリオシド GD1a が FBJ 細胞の遊走能を制御する作用機序の解析を行なった。GD1a の発現と Caveolin1 および肝細胞増殖因子 HGF などの転移に關与する分子の発現の關連性について検討した。これにより、FBJ 細胞において、GD1a が Caveolin1 を介して HGF の発現を制御していることが示された。また Caveolin1 の発現抑制により、FBJ-S1 細胞の遊走能が向上することが明らかとなった。</p> <p>第 4 章では、FBJ 細胞における Xyl-Ser-C12 由来の糖鎖伸長生成物の比較解析の結果に基づき、GAG の合成酵素と分解酵素の発現と細胞遊走能との關連について検討した。へパラン硫酸の合成遺伝子 <i>Ext1</i> が分解酵素であるへパラナーゼの遺伝子の発現を制御して、さらに細胞遊走能を制御していることが見出された。</p> <p>第 5 章では、結論として本論文を総括した。</p> <p>本論文では腫瘍の転移性に關与する糖鎖生合成経路のモニタリングにおける糖鎖プライマー法の有用性を示した。さらに骨肉腫細胞の遊走性に關与する新たな標的分子を見出したことで、がん細胞の転移機構の解明のみならず、診断や創薬への展開が期待できる。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3857 号	氏 名	Wang, Yinan (王 毅楠)
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
		慶應義塾大学准教授	博士(工学) 宮本 憲二
		慶應義塾大学准教授	医学博士 松本 緑
<p>理学士・修士(理学) 王 毅楠君提出の学位請求論文は「糖鎖プライマー法によるマウス FBJ 骨肉腫細胞に発現する糖鎖の探索および細胞遊走能に関与する糖鎖の機能解析」と題して、5章で構成されている。がん細胞の転移性の制御因子として糖鎖が注目されているが、細胞の由来により転移のメカニズムは異なっている。マウス骨肉腫細胞の転移性に関わる糖鎖の解析および糖鎖が関与する転移のメカニズムは解明されていないことから、糖鎖プライマー法を用いて発現糖鎖の比較解析が実施されている。転移性の異なる細胞間で、ガングリオシドやグリコサミノグリカンの発現が異なっていることが示されたことから、各々の糖鎖が細胞の遊走性に与える影響を検討して、骨肉腫細胞が転移性を獲得する分子機構についての解析が行なわれている。</p> <p>第1章では、糖鎖とがん転移との関係、および本論文での基盤技術である糖鎖プライマー法の原理と手法について述べている。また、本研究に至った動機と目的について述べている。</p> <p>第2章では、糖鎖プライマー法を用いて、低転移性の FBJ-S1 細胞と高転移性の FBJ-LL 細胞に発現する糖鎖を比較解析している。4種類の糖鎖プライマーを両細胞に投与して、得られた生成物の構造と発現量の解析を行なっている。高転移性の細胞において、ガングリオシド系列の糖鎖伸長生成物の発現が減少し、さらに、グリコサミノグリカン型であるヘパラン硫酸型の糖鎖伸長生成物の発現量も低下している事を見いだしている。特に、グリコサミノグリカン型の糖鎖プライマーである Xyl-Ser-C12 が転移性の解析に有効であることを示している。</p> <p>第3章では、低転移性の FBJ 細胞において、ガングリオシド GD1a 高発現していることと細胞の遊走能が低下していることの作用機序を解析している。解析の結果より、低転移性の細胞では、GD1a が高発現していることで、Caveolin1 の発現が向上し、さらに肝細胞増殖因子 HGF の産生が抑制され、最終的に細胞遊走能が抑制されるという作用機序を明らかにしている。</p> <p>第4章では、第2章での結果に基づいて、FBJ 細胞におけるヘパラン硫酸の発現と細胞の遊走性との関与について検討している。低転移性の細胞において、細胞表層でのヘパラン硫酸の発現が確認され、その合成酵素の遺伝子 Ext1 の発現をノックダウンすることで細胞の遊走性が向上することを示している。また、高転移性の細胞では、ヘパラン硫酸の分解酵素であるヘパラーゼの発現が高いことも見いだしており、その遺伝子の発現抑制により遊走能が低下することを明らかにしている。さらに、Ext1 の発現抑制により、ヘパラーゼの遺伝子の発現が向上することを見いだしている。これらの結果より、骨肉腫細胞の転移性には、ヘパラン硫酸の生合成の抑制と分解酵素の産生の上昇が関与していると述べている。</p> <p>第5章では、結論として本論文を総括した。</p> <p>本研究では、転移性の骨肉腫細胞に発現する糖鎖生合成経路を糖鎖プライマー法により比較解析し、細胞の遊走性に関与する新たな分子機構を見いだした。この成果は、がん細胞の転移機構の解明のみならず、診断や創薬への展開が期待できる。よって、本論文の著者は博士(理学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			

## 内容の要旨

報告番号	甲 第 3858 号	氏 名	相木 雅次
主論文題目： Solvability of Initial-Boundary Value Problems for the Motion of a Vortex Filament (渦糸の運動に対する初期値－境界値問題の可解性)			
<p>本論文は、3次元半空間における非圧縮非粘性流体中の渦糸の運動を記述する非線形偏微分方程式に対する初期値－境界値問題の可解性について論じたものである。本論文で扱う渦糸の運動のモデル方程式は局所誘導方程式(LIE)と軸方向の流れを考慮したLIEを一般化した方程式(一般化LIE)である。LIEは流体の渦度から速度を計算するBiot-Savartの法則に局所誘導近似を適用して得られる最も単純、かつ基本的な方程式である。一方、一般化LIEは接合漸近展開法を用いて渦糸の軸方向流の影響を取り込んだ方程式である。</p> <p>第1章は序論で、本論文において扱うモデル方程式の導出、初期値問題に対する既存の結果、および本研究の目的を述べる。さらに関連論文の紹介をする。その後、今回新しく扱う初期値－境界値問題を設定し、本論文内で使用する関数空間や記号の説明をする。</p> <p>第2章では、LIEに対する初期値－境界値問題の時間大域解の存在と一意性を証明する。初期値－境界値問題を扱う際には、解が存在するための必要条件として、初期値に両立条件を課す。この条件は構成する解の滑らかさに応じて複雑になり、一般的には両立条件は帰納的に定義される。LIEに対しては方程式の特殊な構造を利用することにより両立条件を明示的に表示することができた。この表示により、初期値－境界値問題を初期値問題へ帰着させ、初期値問題の解を用いて望みの初期値－境界値問題の解を構成することができた。</p> <p>第3章では、一般化LIEに対する初期値－境界値問題に関連する線形問題を考察する。一般化LIEは非線形3階分散型偏微分方程式であり、その研究には線形化方程式の解析が重要である。この線形化方程式には、既存の線形偏微分方程式の理論が適用できず、初期値－境界値問題の解の存在や一意性は知られていなかった。そこで本章では、この線形化問題の解析の準備として、3階分散項を持つ2階放物型方程式系に対する初期値－境界値問題の解の存在と一意性を証明する。解を構成するために新しい放物型正則化を考案した。特に、問題の適切性を保存したままの正則化、すなわち境界条件の数を変えない形での正則化をすることにより、非線形問題へ応用できる形で解を構成することに成功した。</p> <p>第4章では、第3章の結果を応用して、一般化LIEに対する初期値－境界値問題の時間局所解の存在と一意性を証明する。線形問題の解の存在定理と一般化LIEの持つ構造を利用することによって非線形問題の解をソボレフ空間において構成することができた。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3858 号	氏 名	相木 雅次
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	博士(理学) 井口 達雄
	副査	慶應義塾大学教授	理学博士 下村 俊
		慶應義塾大学名誉教授	理学博士 谷 温之
		慶應義塾大学准教授	博士(理学), 医学博士 藤谷 洋平
		九州大学教授	理学博士 福本 康秀
<p>学士(理学), 修士(理学), 相木雅次君提出の学位申請論文は「Solvability of Initial-Boundary Value Problems for the Motion of a Vortex Filament (渦糸の運動に対する初期値-境界値問題の可解性)」と題し, 本文4章と付録から構成されている。</p> <p>飛行機の翼端渦や竜巻にみられるように, 細長いひも状の領域に渦度が強く集中することがある。渦糸はこのような現象を理想化したもので, その上にのみ渦度が分布している空間曲線のことをさす。直線状の渦糸はその形状を変化させず不動であるが, 曲線状の渦糸は自分自身の周りに非一様な速度場を発生させ, その流れに伴って変形する。その変形過程を記述する最も単純なモデル方程式が局所誘導方程式であり, Da Rios (1906) によって初めて導出された。また, 渦管の中の軸方向流を組み込んだ渦糸のモデル方程式が Moore - Saffman (1972) および福本 - 宮寄(1991) によって導出されている。これら渦糸の運動方程式は非線形分散型偏微分方程式系に分類され, 本論文での主要な研究対象である。</p> <p>渦輪のように渦糸が閉じている場合, あるいは渦糸が無限遠方まで伸びている場合, 渦糸の運動方程式に対する初期値問題の時間大域的な可解性は既に確立されている。それに対して, 渦糸が端点をもつ場合, その端点は流体が占めている領域の境界上になければならず, 初期値 - 境界値問題として数学的に定式化される。その問題の可解性については, 局所誘導方程式に対する西山 - 谷 (1996) の結果しかなく, 未解決な部分が多い。本論文は, 3次元半空間における非圧縮性非粘性流体中の渦糸の運動方程式, およびそれに付随する3階分散項を伴う2階強放物型方程式系に対して, その初期値-境界値問題の可解性を証明したものである。</p> <p>第1章は, 序論であり, 渦糸の運動方程式に対するこれまでの研究の歴史を, 主として数学面から遡り, 本研究の背景と位置付け, 問題設定が行われている。</p> <p>第2章では, 局所誘導方程式に対する初期値-境界値問題が考察されている。既存の結果では, 境界条件として曲率零条件が課せられており, その条件下では渦糸の端点は固定されてしまう。本論文の著者は, 端点が境界上を滑ることを許容する境界条件を提案し, その条件下での初期値-境界値問題の時間大域的な可解性を証明している。</p> <p>第3章では, 3階分散項を伴う2階強放物型方程式系に対する初期値-境界値問題の可解性が証明されている。3階分散項の係数が正の場合, 4階の人工粘性項を付加する標準的な放物型正則化により近似解が構成できるが, 負の場合には本質的にその正則化を採用することができない。著者は, その困難を克服するために, 時空間の混合微分を付加した新しい放物型正則化を提案し, それを用いて近似解, さらににはその極限として真の解を構成している。一般に, 初期値-境界値問題に対しては, その可解性の必要条件として, 初期値に両立条件を仮定しなければならない。方程式を放物型正則化により近似すると, 両立条件も変わり, 初期値を補正する必要がある。それには精密で膨大な計算を必要とするが, 著者はそれを見事に克服して, 証明に成功している。</p> <p>第4章では, 第3章において得られた存在定理を用いることにより, 軸方向流を組み込んだ渦糸の運動方程式に対して, 時間局所的ではあるが, その初期値-境界値問題の可解性を証明している。</p> <p>以上, 要するに, 本論文の著者は, 渦糸の運動方程式に対する初期値-境界値問題の可解性の証明に成功した。特に, その証明において分散型方程式に対する新たな放物型正則化を提案し, その有効性を示したことは理学上益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 3859 号	氏 名	柏村 孝
主論文題目： スピン偏極したフェルミ原子気体における磁気的効果の理論研究			
<p>本論文では、超流動フェルミ原子気体における磁気的効果の研究方法を理論的に提案し、その有用性を確認した。さらに、磁気的効果に対する対形成ゆらぎの影響を取り扱うため、スピン偏極したフェルミ原子気体の強結合理論を構築した。</p> <p>本論文の前半では、フェルミ原子気体に磁気的効果を導入するために提案した手法について、その妥当性を検証した。これまで、フェルミ原子気体には“磁性体”に対応するものが存在せず、磁性と超流動の研究には適さないと考えられてきたが、スピン偏極したフェルミ原子気体で観測される相分離現象を利用することで、この困難が克服できることを示した。スピン偏極したフェルミ原子気体は、十分低温で、超流動相と余剰原子（クーパー対を形成できず、余った原子）から構成されるノーマル相に相分離する。余剰原子はスピン偏極しているため、これを“磁性体”と見なすことができる。さらに、余剰原子がポテンシャルの高い領域を占有する性質を利用、これによりスピン偏極したフェルミ原子気体を二重井戸型ポテンシャル中にトラップした際、余剰原子の一部がポテンシャルバリア付近に局在し、“強磁性壁”が形成されることを理論的に提案した。以上をより具体的に検証するために、引力 Hubbard モデルを用いて絶対零度での平均場近似による解析を行い、超伝導/強磁性/超伝導 (SFS) 接合に特徴的な現象である <math>\pi</math> 接合（強磁性壁の両端で超伝導オーダーパラメータの位相が <math>\pi</math> 異なる状態）がこの系においても実現し得ることを明らかにした。さらに、この手法の応用が二重井戸型ポテンシャル中の SFS 接合に限定されるものではないことを示すため、リング状ポテンシャル中に形成された <math>\pi</math> 接合による自発カレント誘起の実現可能性を探り、自発カレントの流れた状態が安定に存在することを示した。</p> <p>本論文の後半では、スピン偏極したフェルミ原子気体に対する対形成ゆらぎの効果について解析した。代表的な強結合理論である Nozières と Schmitt-Rink による理論（対形成ゆらぎに対するガウス理論）や <math>T</math> 行列近似は、スピン偏極のない系では対形成ゆらぎの効果をよく記述することが知られているが、スピン偏極した系に適用した際には中間結合領域でスピン帯磁率が負となり破綻する。そこで、スピン帯磁率に対する強結合効果について研究、この破綻が擬ギャップ効果（対形成ゆらぎによってもたらされる状態密度のへこみ構造）や多体補正を適切に取り込めていないことに由来することを指摘、ゆらぎの高次の項を取り込むことで解決した。この「拡張した <math>T</math> 行列近似」に基づいて解析したゼロ磁場帯磁率は、すべての相互作用領域で正值性を満たすだけでなく、フェルミ原子気体 <math>^6\text{Li}</math> で測定された実験結果ともよく一致することを示した。この理論をフェルミ偏極した系に拡張し、超流動転移温度のスピン偏極率に対する依存性を決定、計算されたノーマル相におけるスピン偏極率の“磁場”依存性が実験結果をよく再現することを示した。さらに、一粒子状態密度の解析より、ユニタリー極限・低温における強くスピン偏極したノーマル相では、一粒子的な準粒子描像が成立することを明らかにした。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3859 号	氏 名	柏村 孝
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	理学博士 佐々田 博之
		慶應義塾大学准教授	博士(理学) 齊藤 圭司
		慶應義塾大学准教授	博士(工学) 神原 陽一
		東京理科大学准教授	博士(理学) 二国 徹郎
<p>学士（理学）、修士（理学）柏村孝君の学位請求論文は「スピン偏極したフェルミ原子気体における磁氣的効果の理論研究」と題し、全4章より構成されている。</p> <p>フェルミ原子ガス超流動は、フェッシュバハ共鳴機構により対形成相互作用の強さを自在に制御できる、という特長がある。このため、この系を用いることで、物理的状況が非常に近い金属超伝導で研究されてきた様々な現象を、超伝導では調べることができない幅広い相互作用領域にわたり解明できるとして期待されている。しかし、唯一、超伝導に対する磁氣的効果だけは例外であり、フェルミ原子気体を用いてこの問題を研究するには2つの困難が存在することが知られている。1つは、フェルミ原子ガスには磁性体に相当するものが存在せず、磁性と超伝導の競合現象が調べられないという問題であり、もう1つは、磁場中の金属状態に対応する、スピン偏極したフェルミ原子ガスに対し、それを扱える強結合理論が存在しない、という問題である。本研究は、この2つの重要問題に理論的に取り組み、解決に成功している。</p> <p>第1章は序論である。研究対象であるフェルミ原子気体の特徴や実験の現状、従来の理論の問題点が説明され、それらを踏まえたうえで研究の目的が述べられている。</p> <p>第2章では、金属超伝導における超伝導/強磁性/超伝導接合（SFS接合）と同じ性質を有する接合を、フェルミ原子ガス超流動体中で実現させる方法が理論的に提案されている。スピン偏極したフェルミ原子ガス超流動体中に非磁性ポテンシャル障壁を導入すると、その近傍にクーパー対を形成できなかった原子が局在、SFS接合における典型的な現象の1つである<math>\pi</math>接合状態（接合を挟んで左右の超伝導秩序パラメータの位相が<math>\pi</math>ずれる状態）が実現することを、Hubbardモデルを用い、平均場近似の範囲で示している。これは、局在した原子が強磁性壁のように振る舞うことをはじめて明らかにした重要な成果である。更に、リングトラップ内のフェルミ原子ガス超流動で<math>\pi</math>接合状態を実現させると、リングを循環する自発超流動流が流れることを理論的に明らかにしている。</p> <p>第3章では、有限温度のスピン偏極したフェルミ原子ガスを、弱結合から強結合まで扱える新しい強結合理論を提案している。スピン偏極がない場合に有効なガウス揺らぎの理論やT行列理論がスピン偏極したフェルミ原子ガスの中間結合領域で破綻する原因が、状態密度に対する擬ギャップ効果とスピン揺らぎに対する相互作用効果の扱いの不備に因ることを指摘、その問題点を克服するために必要な強結合補正の方法が説明されている。新しく構築された強結合理論を帯磁率の計算に適用、<math>^6\text{Li}</math>フェルミ原子ガスにおける実験結果をフィッティングパラメータなしで定量的に説明することに成功している。更に、スピン偏極率の磁場依存性に対する実験結果の定量的説明にも成功している。これまで、この実験はフェルミ原子ガスにおける擬ギャップの存在を否定するものと考えられてきたが、計算結果の詳細な分析から、その解釈は誤りであり、この実験結果はスピン偏極がない場合のフェルミ原子ガスにおける擬ギャップの存在と矛盾しないことを明らかにしている。</p> <p>第4章では、本研究の成果が総括されている。</p> <p>本研究で理論的に提案された超流動/強磁性/超流動接合は、これまで困難と考えられてきた、フェルミ原子ガス超流動における磁性と超流動の競合現象の研究に道を開くものであり、高く評価できる。また、本研究で構築された新しい強結合理論は、これまで理論的に調べることができなかった、有限温度におけるスピン偏極したフェルミ原子ガスを、弱結合領域から強結合領域まで詳細に研究することを可能にし、当該研究領域の進歩に大きく貢献している。よって、本論文の著者は博士(理学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			

## 内容の要旨

報告番号	甲 第 3860 号	氏 名	横山 知大
主論文題目： 半導体ナノ構造中の量子輸送現象におけるスピン軌道相互作用の効果			
<p>スピン軌道相互作用は電子の運動とスピンの結合する効果で、多彩な物理現象を誘起する。例えば、不純物によってスピンの依存した散乱が生じるが、これを外因性スピンホール効果と呼ぶ。スピン軌道相互作用は InAs や InSb などの狭ギャップ半導体中で強くはたらく。これを利用することで電気的なスピン制御やスピン偏極電流の生成が強磁性体を用いずに可能となるため、狭ギャップ半導体は基礎研究だけでなくスピントロニクスにおけるデバイスへの応用が期待されている。</p> <p>本論文では、半導体ナノ構造中の量子輸送現象におけるスピン軌道相互作用の効果について報告する。まずアンチドット構造、および量子ドットにおけるスピン依存伝導を調べる。これらの人工構造を電氣的に制御することで、1つの「不純物」によるスピンホール効果が、共鳴現象によって著しく増大することを指摘する。次に半導体ナノワイヤに2つの超伝導体を接続した系を考え、DCジョセフソン効果へのスピン軌道相互作用の効果を一明らかにする。</p> <p>第1章では、研究の背景として先行研究などを説明し、本研究の目的について述べる。</p> <p>第2章では、半導体ヘテロ構造中の2次元電子系において、アンチドット構造によって形成される人工ポテンシャルによる外因性スピンホール効果を議論する。ポテンシャルが引力の場合、仮想的束縛状態を介した共鳴散乱が生じる。このとき、散乱のスピン依存が増大し、スピンホール効果が顕著に現れることを示す。次に、アンチドットのある3端子デバイスにおけるスピン依存伝導を調べ、共鳴散乱によって大きなスピン偏極電流が生成されることを示す。</p> <p>第3章では、3端子を接続した半導体量子ドットを考え、離散準位を介した共鳴トンネルによる外因性スピンホール効果の増大を議論する。まず最小モデルとして2準位モデルを考える。準位間隔がトンネル結合による線幅より小さいときに、電流ピークの近傍で共鳴トンネルによって大きなスピン偏極電流が得られることを示す。また、残りの端子へのトンネル結合を変えることで、スピン偏極電流を電氣的に制御できることを明らかにする。一般的な量子ドット系を数値的に調べ、2準位モデルの結果の正当性を示す。クーロンブロッケイド領域では、近藤効果による多体の共鳴現象が観測される。量子ドット中の準位間隔が近藤温度より小さいとき、多体共鳴によってスピン偏極電流が増大することを指摘する。</p> <p>第4章では、磁場中の量子ドットを調べる。軌道磁性の効果があるとき、2端子系においてもスピン偏極電流が生成することを示す。この場合、磁場によってスピンホール効果の制御が可能となる。</p> <p>第5章では、半導体ナノワイヤを用いたジョセフソン接合におけるスピン軌道相互作用の効果を一明らかにする。この系では、超伝導電流が半導体ナノワイヤ中に作られるアンドレーエフ束縛状態を介して流れる。その束縛状態の準位を超伝導体間の位相差の関数として計算する。磁場によるゼーマン効果とスピン軌道相互作用が共存する場合、位相差がないときに超伝導電流が流れる異常ジョセフソン効果、および臨界電流の方向依存性が現れることを示す。</p> <p>第6章では、本論文の結論を述べる。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3860 号	氏 名	横山 知大
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	理学博士 江藤 幹雄
	副査	慶應義塾大学准教授	博士(理学) 山内 淳
		慶應義塾大学准教授	博士(理学) 渡邊 紳一
		慶應義塾大学准教授	博士(工学) 牧 英之
		東京大学生産技術研究所准教授	博士(理学) 羽田野 直道
<p>学士（理学）、修士（理学）横山知大君の学位請求論文は「半導体ナノ構造中の量子輸送現象におけるスピン軌道相互作用の効果」と題し、全6章より構成されている。</p> <p>バンドギャップの狭い化合物半導体（InAs, InSb 等）では、伝導帯の電子にスピン軌道相互作用が強く作用する。スピン軌道相互作用を電氣的に制御することで、スピン偏極電流の生成や電子スピンの操作が磁場や強磁性体を用いず可能となる。基礎研究の対象としてだけでなく、電子の電荷とスピンの両者を利用する新しいエレクトロニクスであるスピントロニクス、電子スピンを量子ビットに用いる量子コンピューターへの応用の可能性から、現在たいへん注目されている。</p> <p>本論文では、半導体の微細加工によって作製されるナノメートルスケールの人工構造に着目し、量子輸送現象へのスピン軌道相互作用の影響を理論的に調べたものである。ナノ構造として、半導体ヘテロ構造表面に微小な金属電極を蒸着して作るアンチドット、電子の閉じ込め構造である量子ドット、および半導体ナノワイヤに2つの超伝導電極を接続したジョセフソン接合を取り上げ、それぞれの系に特有なスピン依存現象を明らかにしている。</p> <p>第1章は序論である。半導体ナノ構造の先行研究、および半導体中のスピン軌道相互作用について説明した後、本研究の目的を述べている。</p> <p>第2章では、半導体ヘテロ構造中の2次元電子系において、アンチドットやSTMチップで作られる人工ポテンシャルによるスピンホール効果を考察している。スピンホール効果とは、電子の不純物散乱がスピンの向きに依存する結果、電流の垂直方向にスピン流が生成される現象である。まず人工的に作られた1つの「不純物」によるスピンホール効果を定式化している。次に、引力ポテンシャルの制御によって共鳴散乱が生じること、このときスピンホール効果が著しく増大することを指摘している。さらにアンチドットを含む3端子デバイスを数値シミュレーションによって調べ、50%以上の大きなスピン偏極電流が生成されることを示している。</p> <p>第3章では、量子ドットに3端子以上を接続した系を考え、スピン偏極電流の生成について議論している。量子ドットでは離散エネルギー準位の位置をゲート電極を用いて制御することができる。2つの準位の間隔が小さいとき、共鳴トンネルによってスピンホール効果が増大する機構を明らかにしている。出力電流のスピン分極は残りの端子へのトンネル結合によって制御可能であることから、量子ドットを用いたスピン注入デバイスを提案している。またクーロンブロッケイド領域では、近藤効果による多体共鳴のためにスピンホール効果が増大することも指摘している。</p> <p>第4章では、量子ドットに磁場を印加するとき、通常の2端子系においてもスピン偏極電流が生成されることを指摘している。この場合、外部磁場によって電流の分極率を制御できる。</p> <p>第5章では、半導体ナノワイヤのDCジョセフソン効果へのスピン軌道相互作用の効果を調べている。この系では、ナノワイヤ中に形成されるアンドレーエフ束縛状態を介して超伝導電流が流れる。磁場によるゼーマン効果とスピン軌道相互作用が共存する場合、超伝導体間の位相差がない場合でも超伝導電流が流れること（異常ジョセフソン効果）、超伝導電流の最大値である臨界電流が電流の方向によって変わることを示し、最近の実験結果の説明に成功している。</p> <p>第6章では結論を述べている。</p> <p>本研究は、半導体におけるスピン軌道相互作用の効果を、ナノ構造の量子輸送現象という独自の視点から調べたもので、基礎、応用両面から高く評価される。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。</p>			

## 内容の要旨

報告番号	甲 第3861号	氏名	蛭田 勇樹
主論文題目：  有機・無機ハイブリッド材料を用いた蛍光検出型オプティカル pH センサー			
<p>オプティカルセンサー（以下、オプトード）は電磁場の影響がなく、光源・光学応答部・検出器のみというシンプルな装置構成のため、小型化が可能で操作が簡便であるといった長所を持つ。そのうち、特に蛍光検出型センサーについては、高感度な測定が可能であることが知られている。有機・無機ハイブリッド材料は化学、物理、生物学、材料科学などの様々な分野での注目を集めている。これらの材料の応用はセンサー応用においても革新をもたらす期待がある。そこで本研究では、有機・無機ハイブリッド材料を用いた新規の蛍光検出型 pH オプトードの開発を行った。</p> <p>第1章では、化学センサーおよびオプトードの概要について述べた。</p> <p>第2章では、本研究に用いられている有機・無機材料についての基礎およびオプトードとして応用されている最新の研究について述べた。</p> <p>第3章では、波長シフト型 pH 応答性蛍光色素（KBH-01）にシランカップリング剤を結合した KBH-01-Si をグラフティング法でメソポーラスシリカ薄膜に固定化した新規 pH オプトードについて述べた。作製した pH オプトードでは、再現性の良い pH 測定が可能であった。サンプルの拡散性に優れるメソポーラスシリカをオプトードのセンサー基板として用いることでサンプルに迅速に応答し、リアルタイムモニタリングが可能であった。</p> <p>第4章では、蛍光ナノ粒子である量子ドットと pH 指示薬を用いた2層型蛍光 pH センサーについて述べた。このセンサーでは、1層目のシリカ層に異なった波長の蛍光ピーク波長を持つ2種類の量子ドットを、2層目のシリカ層に吸光型の pH 指示薬をそれぞれ内包した構造とした。得られた2層型 pH オプトードは pH に対して再現性良くレシオメトリック型の蛍光応答を示した。このオプトードは、光安定性、保存安定性も優れたものであった。pH 応答範囲に関しては、1層目に用いる量子ドットの種類、pH 指示薬の種類の組み合わせを変えることで、pH 0 から pH 10 までの応答範囲を得ることができることを実証した。</p> <p>第5章では、この研究の結論および将来の展望、応用について述べた。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3861 号	氏 名	蛭田 勇樹
論文審査担当者：	主査 慶應義塾大学教授	工学博士	鈴木 孝治
	副査 慶應義塾大学教授	博士（工学）	栄長 泰明
	慶應義塾大学教授	博士（工学）	齋木 敏治
	慶應義塾大学准教授	Dr. sc. nat.	チッテリオ ダニエル
<p>学士（工学）、修士（工学）蛭田勇樹君提出の学位請求論文は「有機・無機ハイブリッド材料を用いた蛍光検出型オプティカル pH センサー」と題し、5 章から構成されている。</p> <p>オプティカルケミカルセンサー（以下、オプトード）は電磁場の影響がなく、光源・光応答部・光検出器から成るシンプルな構成のため、操作が簡便で小型化が容易である特徴をもっている。特に蛍光法に基づくオプトードは、高感度な測定に適することが知られている。一方、オプトードの光応答部に使用する材料としては、有機、無機のさまざまな色素が利用されてきたが、近年は有機・無機ハイブリッド物質が新たな高機能材料として注目されている。ハイブリッド材料の中には、有機あるいは無機だけから成る材料の特性とは異なり、高感度・高機能をもたらすものがあり、化学だけではなく、エレクトロニクスや機械などのさまざまな分野で革新的な性能が発揮されている例がある。このような背景のもと、本研究では、有機・無機ハイブリッド材料を用いた新たなケミカルセンサーの開発研究を試み、蛍光検出に基づく性能の優れた pH オプトードの設計および作製を行っている。</p> <p>第 1 章は、序論であり、センサーによる pH 測定およびオプトードについて解説している。</p> <p>第 2 章は、本研究に用いられている有機・無機ハイブリッド材料についての基礎からオプトードに応用されている最新の研究について述べている。</p> <p>第 3 章では、設計、合成した波長シフト型 pH 応答性有機蛍光色素（KBH-01）に、シランカップリング剤を結合した KBH-01-Si 材料を、グラフティング法で無機物であるメソポーラスシリカ薄膜に固定化した新規 pH オプトードについて述べている。作製した pH オプトードは応答速度が速く、再現性にも優れており、高精度で pH の測定が可能である。水系試料の拡散性に優れるメソポーラスシリカをオプトード基板として用いることで、リアルタイム応答に近い pH モニタリングを実現している。</p> <p>第 4 章では、高輝度の無機量子ドット（Quantum Dots: QDs）と有機色素である pH 指示薬を用いた 2 層型蛍光 pH センサーの開発について述べている。開発した pH センサーにおいては、1 層目のシリカ層には異なった波長に蛍光ピーク波長を持つ 2 種類の QDs を内包し、2 層目のシリカ層には吸光変化型の pH 指示薬を内包したセンサー膜構造である。この 2 層型 pH オプトードは、pH に対してレシオメトリック型の蛍光応答を示し、定量性、再現性が良好で、さらに光安定性や保存安定性も優れている。作製したオプトードの pH 応答は、1 層目の QDs の種類および 2 層目の pH 指示薬の種類と組み合わせを変えることで、pH 0 から pH 10 までの広い範囲の測定域を実現している。</p> <p>第 5 章では、本研究の結論と展望を述べている。</p> <p>以上要するに、本論文では、有機・無機ハイブリッド材料の特性を生かした新たな pH オプトードを提案し、優れた性能のケミカルセンサーを開発したものであり、分析化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。</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 3862 号	氏 名	住田 壮
主論文題目： エマルジョンを利用した抗体 Fab 断片の試験管内選択技術の開発			
<p>多様な物質に対して高い親和性と特異性を有する抗体は、基礎研究から臨床応用に至る生命科学の幅広い分野で活用されており、さらに簡便に抗体を作製できる技術が求められている。近年、無細胞ディスプレイ技術を用いた組み換え型抗体の試験管内選択による新しい抗体の作製や試験管内進化による改良が行われているが、従来の無細胞ディスプレイ技術は一本鎖の組み換え型抗体しか扱うことができなかった。二本鎖の抗体 Fab 断片は、完全抗体に近い性質を持つ組み換え型抗体であり、Fab を試験管内選択できる新しい手法が求められていた。そこで本研究では、水/油型エマルジョンを利用することで、Fab を試験管内選択できる2つの新しい技術を開発した。</p> <p>第1章は背景であり、抗体や無細胞ディスプレイ技術による抗体作製について概説しており、第2章では、本研究で開発する新しい手法の中心となるエマルジョンについて述べている。</p> <p>第3章では、1つ目の新しい技術として、DNA ディスプレイ法による Fab のセレクションを行なった結果について述べている。エマルジョンを利用した DNA ディスプレイ法のプロトコルを改良することによって Fab への適用を可能にし、Fab の定常領域にランダム変異を導入して熱安定性に対するセレクションを行なった。</p> <p>第4章では、2つ目の新しい技術として、mRNA ディスプレイ法とエマルジョン PCR を用いて Fab のセレクションを行なった結果について述べている。これまで一本鎖の抗体のセレクションにしか適用できなかった mRNA ディスプレイ法をエマルジョン PCR と組み合わせることで二本鎖の Fab への適用を可能にし、Fab 全体にランダム変異を導入したライブラリーから親和性に対するセレクションを行なった。</p> <p>第5章では、本研究を総括し、今後の展望を記した。</p> <p>以上、本研究では、Fab を試験管内選択するための新しいツールの開発を行なった。技術的な選択肢が増えることによって新しい抗体の作製や改良が容易になり、生命科学分野のさらなる発展に繋がることが期待できる。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3862 号	氏 名	住田 壮
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学准教授	博士（地球環境科学） 土居 信英
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 佐藤 智典
		慶應義塾大学准教授	博士（理学） 宮本 憲二
		慶應義塾大学教授	博士（工学） 藤本 啓二

学士（理学）、修士（理学）住田壮君提出の学位請求論文は、「エマルジョンを利用した抗体 Fab 断片の試験管内選択技術の開発」と題し、全5章から成っている。

多様な物質に対して高い親和性と特異性を有する抗体は、基礎研究から臨床応用に至る生命科学の幅広い分野で活用されており、さらに簡便に抗体を作製できる技術が求められている。近年、無細胞ディスプレイ技術を用いた組み換え型抗体の試験管内選択による新しい抗体の作製や試験管内進化による改良が行われているが、従来の無細胞ディスプレイ技術は一本鎖の組み換え型抗体しか扱うことができなかった。二本鎖の抗体 Fab 断片は、完全抗体に近い性質を持つ組み換え型抗体であり、Fab を試験管内選択できる新しい手法が求められていた。本論文では、水／油型エマルジョンを利用することで、Fab を試験管内選択できる2つの新しい技術を開発した。

第1章は序論であり、抗体や無細胞ディスプレイ技術による抗体作製について概説しており、第2章では、本研究で開発する新しい手法の中心となるエマルジョンについて述べている。

第3章では、1つ目の新しい技術として、DNA ディスプレイ法による Fab のセレクションを行なった結果について述べている。エマルジョンを利用した DNA ディスプレイ法のプロトコルを改良することによって Fab への適用を可能にし、Fab の定常領域にランダム変異を導入して熱安定性に対するセレクションを行なった。

第4章では、2つ目の新しい技術として、mRNA ディスプレイ法とエマルジョン PCR を用いて Fab のセレクションを行なった結果について述べている。これまで一本鎖の抗体のセレクションにしか適用できなかった mRNA ディスプレイ法をエマルジョン PCR と組み合わせることで二本鎖の Fab への適用を可能にし、Fab 全体にランダム変異を導入したライブラリーから親和性に対するセレクションを行なった。

第5章では、本研究を総括し、今後の展望を記している。

以上、本論文では、Fab を試験管内選択するための新しいツールの開発を行なった。技術的な選択肢が増えることによって新しい抗体の作製や改良が容易になり、生命科学分野のさらなる発展に繋がることが期待できる。

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 3863 号	氏 名	光山 和彦
主論文題目： A Study on Space-Time Signal Processing for Highly Reliable Mobile Relay Broadcast (高信頼な移動中継を実現する時空間信号処理に関する研究)			
<p>マラソンや駅伝などの番組中継では、伝搬損失が小さく、見通し外環境であっても反射波や回折波により受信電力を確保できる UHF 帯の電波が主に利用される。ただし、無線通信技術の発達とシステムの多様化により、近年周波数資源が逼迫しており、より高い周波数帯を積極的に利用するための技術開発が求められている。本論文は、直交周波数分割多重 (OFDM) 方式を用いる無線伝送システムに関し、大規模な移動中継においても高画質なハイビジョン映像を広い範囲にわたって高信頼に無線伝送できるシステムの実現を目的として、筆者がこれまでに進めてきた研究成果をまとめたものであり、全 6 章で構成される。</p> <p>1 章は緒論であり、研究の背景、本研究で引用される OFDM 方式デジタル無線伝送システムに関する標準規格 (ARIB STD-B33) や、本論文に関連する従来技術について概説している。</p> <p>2 章では、ロードレース中継において、広い範囲で高い回線信頼性を維持できるマクロダイバーシチ受信システムを提案している。本システムは、地理的に離れた複数の基地局で受信した信号を光ファイバ無線で集めて 1 台の受信装置に入力するものであり、無線伝搬距離や光ファイバ長の違いで生じる到達遅延時間差を補正する手法を提案している。提案法に基づくハードウェア試作、野外実験等による評価のほか、実際のロードレース中継で使用した結果などを示している。</p> <p>3 章では、電波を効率的に受信する方法として、推定した主波の到来方向にアンテナの指向性を向ける追尾受信システムについて述べている。OFDM 信号に挿入されているパイロットキャリアを利用することで、マルチパス環境でも主波の到来方向を正確に推定する方法を提案し、計算機シミュレーション、室内実験や試作装置を用いた野外実験で評価した結果を示している。</p> <p>4 章では、移動中継映像の高画質化を目的として、空間多重型の MIMO-OFDM 方式について検討し、深いフェードや高い空間相関をもつ伝搬路で高い回線信頼性を維持する方法を検討している。本章では、ターボ等化方式の 1 つである LDPC-MMSE-SIC に時間インタリーブを処理遅延の増大なく適用できる構成を提案している。実環境で取得した通信路情報 (CSI) をもとに実施した計算機シミュレーションにより、時間インタリーブを適用しない場合と比較して、ターボ等化回数の増大により、伝送特性を大幅に向上できることを明らかにしている。また、ハードウェア試作や、試作装置の室内評価実験の結果についても述べている。</p> <p>5 章では、2 章で述べたマクロダイバーシチ受信システムに、MIMO 方式を導入した分散 MIMO (D-MIMO) システムを実現するため、多数のアンテナから準最適なアンテナサブセットを低演算量で選択する方式を提案している。提案手法では、アンテナサブセットをチャネル行列の条件数と搬送波電力対雑音電力比 (CNR) の閾値設定を用いて選択するものであり、計算機シミュレーションによる従来方式との比較により、優れた受信特性が実現できることを示している。また、16 入力から最大 4 入力を選択して最小平均二乗誤差 (MMSE) アルゴリズムにより 2 つのサブストリームを分離・検出する受信装置を試作し、野外実験で取得した受信信号を用いた評価結果についても示している。</p> <p>最後に 6 章で、本論文の総括を行い、結論を述べる。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3863 号	氏 名	光山 和彦
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	博士(工学) 重野 寛
		慶應義塾大学教授	博士(工学) 眞田 幸俊
<p>学士（工学）、修士（工学）、光山和彦君提出の学位請求論文は、「A Study on Space-Time Signal Processing for Highly Reliable Mobile Relay Broadcast（高信頼な移動中継を実現する時空間信号処理に関する研究）」と題し、全6章から構成されている。</p> <p>マラソンや駅伝などロードレースの番組中継では、伝搬損失が小さく、見通し外環境であっても反射波や回折波により受信電力を確保できる UHF 帯の電波が主に利用される。しかし、無線通信システムの多様化により、近年周波数資源が逼迫しており、より高い周波数帯を積極的に利用するための技術開発が求められている。本論文は、直交周波数分割多重（OFDM）方式を用いる無線伝送システムに関し、大規模な移動中継において、より高い周波数帯を用いても高画質なハイビジョン映像を広い範囲にわたって高信頼に無線伝送できるシステムの実現を目的として、申請者の研究成果をまとめたものである。</p> <p>第1章は序論であり、研究の背景、本研究で引用される放送番組素材伝送用の OFDM 方式デジタル無線伝送システムに関する標準規格や従来技術について概説し、また本研究の目的と意義を述べている。</p> <p>第2章では、ロードレース中継において、広い範囲で高い回線信頼性を維持できるマクロダイバーシチ受信システムについて述べた後、システムで問題となる無線伝搬距離や光ファイバ長の違いによる到達遅延時間差を補正する遅延補正方式を提案している。提案方式の野外実験評価結果を示し、その有効性を示している。</p> <p>第3章では、マクロダイバーシチ受信システムにおいて移動体からの電波を効率的に受信する方法として、OFDM 信号に挿入されているパイロットキャリアを利用することで、マルチパス環境でも主波の到来方向を正確に推定する方式を提案している。また、提案方式に基づく到来方向推定装置とフェーズドアレーアンテナを組み合わせた自動追尾受信システムを試作し、屋外実験により、その有効性を明らかにしている。</p> <p>第4章では、移動中継映像の高画質化を目的として、MIMO-OFDM 方式について検討している。MIMO-OFDM 方式をフェージング環境で使用するには、時間インターリーブがフェージング対策として有効な手法であるが、処理遅延が増大しないような構成を検討する必要がある。本章では、LDPC 符号を用いた最小平均自乗誤差(MMSE)逐次干渉除去検出に時間インターリーブを処理遅延の増大なく適用できる構成を提案し、計算機シミュレーション及びハードウェア実装により、その有効性を示している。</p> <p>第5章では、マクロダイバーシチ受信システムに MIMO 方式を導入した分散 MIMO (D-MIMO) システムを実現するため、多数のアンテナから準最適なアンテナサブセットを低演算量で選択する方式を提案している。提案法では、信号分離・検出に適したアンテナサブセットをチャンネル行列の条件数と受信 CNR の閾値設定を用いて選択するものであり、計算機シミュレーション及び受信装置の試作及びその評価実験により、優れた受信特性を実現できることを示している。</p> <p>第6章は結論であり、本論文で得られた結果を総括している。</p> <p>以上、本論文の著者は、ロードレースなどの番組中継の際の種々の問題点を克服し、高信頼な移動中継を実現する複数の方式を提案し、その有効性を明らかにしており、工学上、工業上寄与するところが少なくない。よって、本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			

## 内容の要旨

報告番号	甲 第 3864 号	氏 名	亀谷 幸憲
主論文題目： Direct Numerical Simulation of Friction Drag Reduction in Spatially Developing Turbulent Boundary Layers (空間発達乱流境界層における摩擦抵抗低減の直接数値シミュレーション)			
<p>環境負荷軽減が地球規模で議論される現代社会において、我々の生活と密接に関わる輸送機関のエネルギー消費の抑制は課題の一つとなっており、流体の粘性に起因する摩擦抵抗の低減に注目が集まっている。航空機や鉄道車輛の表面の流れは乱流条件下にあり、摩擦抵抗は層流に比べて著しく増加している。コンピュータが著しく発達した1980年代から、壁乱流の数値シミュレーションの研究が進められ、摩擦抵抗低減制御に関する数値シミュレーションが数多く行われて来た。しかし、乱流構造の制御に必要なデバイスのスケールやメンテナンスの困難さから実用化には至っていない。これまで、主に管内流や平行平板間流等の内部流で摩擦抵抗の低減制御手法が検証されてきた。しかし空間発達性を有し、航空機や鉄道車輛の周囲に生じる空間発達境界層における検証はまだ乏しいと言える。Fukagata et al. (2002) が摩擦抵抗を異なる力学的成分に分解する恒等式を導いたことにより、内部流では壁面付近のレイノルズ剪断応力の減少が摩擦抵抗低減につながる事が数学的に証明された。しかし、空間的な発達を伴う流れでは分解がより複雑になり、これまで検証されてきた摩擦抵抗低減制御の効果に関しては未知な部分が多い。</p> <p>本論文では航空機や鉄道車輛の周囲壁面での摩擦抵抗低減を想定し、空間発達平板乱流境界層での摩擦抵抗低減に関する調査を行った。センサを必要としないプレデターミンド制御として、壁面からの一様吹出し/吸込みおよび一様加熱/冷却による摩擦抵抗低減制御効果を検証した。</p> <p>はじめに、壁面からの一様吹出しおよび吸込みを用いた摩擦抵抗低減の直接数値シミュレーション(DNS)を行い、吹出しによる摩擦抵抗低減および吸込みによる摩擦抵抗増加のメカニズムを摩擦の成分分解を行うことで定量的に明らかにした。摩擦抵抗を減らす大きな要因となるのは壁面垂直方向の平均移流であり、非制御の空間発達境界層においても、摩擦を抑える働きをしている。壁面からの吹出しにより、その働きが強くなり、運動量投入によって壁面から離れた位置での乱れが強くなるものの、壁面近傍から渦を引き離すことで摩擦抵抗低減を達成していることが分かった。一方で、一様吸込みの場合では平均移流が摩擦増加に働くことがわかった。</p> <p>一様吹出し制御にて摩擦抵抗低減の可能性が示されたが、現実に一様な吹出しを実現するのは非常に困難である。そこで次に、壁面の加熱及び冷却による浮力を利用した摩擦抵抗低減のDNSを行った。結果、冷却の場合には境界層内に安定成層が形成され、レイノルズ剪断応力が減少し、摩擦抵抗低減が達成された。反対に、加熱の場合には不安定成層が形成され、レイノルズ剪断応力が増加し、摩擦抵抗が増加することがわかった。</p> <p>一様吹出しの場合では壁面からの流束、一様冷却の場合では壁面付近の乱れの抑制という異なるメカニズムで摩擦抵抗低減が達成された。従来の内部流の場合では、主に乱れを抑制し、レイノルズ剪断応力を減らすことで摩擦抵抗低減を狙うことが主流であった。しかし本研究の結果から、外部流での摩擦抵抗低減に対しては、平均移流の増加と壁面近傍の乱れの抑制の2つの可能性が示された。制御の利得および正味エネルギー削減率を考慮した制御効率について検討を行った結果、一様冷却の場合ではエネルギー削減は得られなかったが、一様吹出しの場合では、従来内部流で検証された制御(進行波状吹出し・吸込み)と比較して、利得、エネルギー削減率ともに高い効率が得られた。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3864 号	氏 名	亀谷 幸憲
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学准教授	博士(工学)・TeknD 深淵 康二
	副査	慶應義塾大学教授	Dr.-Ing. 小尾 晋之介
		慶應義塾大学教授	博士(工学) 松尾 亜紀子
		慶應義塾大学専任講師	博士(工学) 横森 剛

学士(工学), 修士(工学), 亀谷幸憲君提出の学位請求論文は「Direct Numerical Simulation of Friction Drag Reduction in Spatially Developing Turbulent Boundary Layers (空間発達乱流境界層における摩擦抵抗低減の直接数値シミュレーション)」と題し, 本論 5 章, 付録 2 章により構成されている。

将来の持続可能な社会の実現のために, より一層のエネルギーの効率利用が求められている。航空機や鉄道車輛の表面近傍の流れは一般的に乱流条件下にあり, 摩擦抵抗が層流に比べて著しく増加する。この摩擦抵抗は空力抵抗によるエネルギー散逸のうち比較的大きな部分を占めているため, 1980 年代より乱流摩擦抵抗低減制御に関する実験的研究や数値シミュレーションが数多く行われて来た。しかし, 従来提案されてきた制御手法は乱流構造の制御に必要なデバイスのスケールやメンテナンスの困難さから実用化には至っていない。また, 従来提案された摩擦抵抗低減制御手法は管内流や平行平板間流等の内部流で主に検証されてきたが, 空間発達乱流境界層に代表される外部流で詳細を調査した研究は少なく, 実用化に向けては外部流に対する摩擦抵抗低減制御手法の提案とその効果の検証が必要となっている。

本論文は, 外部流のうち最も基本的な流れである空間発達乱流境界層における一様吹出し/吸込み制御, あるいは一様加熱/冷却制御による壁面摩擦抵抗低減の制御効果について論じたものである。この制御下での詳細な摩擦抵抗低減/増加メカニズムの解明と, 制御に必要な投入エネルギーを加味した正味のエネルギー削減率の評価を目的とした一連の数値シミュレーションを行っている。各章の内容は以下のとおりである。

第 1 章は序論であり, 研究の背景, 動機, 関連研究, 研究目的を述べている。

第 2 章では, 空間発達乱流境界層の数値シミュレーション手法のうち, 乱流モデルを用いない手法であり本研究で採用した, 直接数値シミュレーション手法について述べている。特に時空間的に変動する乱流流入条件の作成法について述べ, また得られた乱流統計量を既往研究と詳細に比較することにより, 数値シミュレーション手法の健全性を示している。

第 3 章では, 壁面からの一様な吹出し, あるいは吸込みを施した場合の数値シミュレーション結果について述べている。その結果, 一様吹出しの場合には主流速度の僅か 1% の速度の吹出しでも約 70% の抵抗低減効果および正味のエネルギー削減効果が得られることを示している。また, 摩擦抵抗の数学的な分解により, この場合の抵抗低減メカニズムが乱れを抑制することではなく平均速度分布を壁面から遠ざけることによるものであることを定量的に示している。

第 4 章では, 壁面に一様な加熱, あるいは冷却を施した場合の数値シミュレーション結果について述べている。その結果, 一様冷却の場合には乱れが抑制されることで摩擦抵抗が減少するが, 正味のエネルギー削減の観点では得をしないことが示されている。

第 5 章は結論であり, 本研究の結果の総括と今後の展望を述べている。

また, 付録では今後の研究に関する予備的調査として行った風洞実験結果と高マッハ数流れでの数値シミュレーション結果が示されている。

以上をまとめると, 本論文で扱っている一様吹出しは極めて簡単な制御手法であるにもかかわらず, 非常に大きな抵抗低減効果および正味のエネルギー削減効果を有しており, その機構も定量的に説明されている。この成果は, 今後航空機や鉄道車輛に対する乱流摩擦抵抗低減デバイスの実用化に向けて重要な基礎的知見となっている。また, これらの成果は著者が研究者として自立して研究活動を行うために必要な高度な研究能力および豊かな学識を有することを証したものである。

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3865号	氏名	竹谷 勉
主論文題目： 伝送線路結合器を用いた非接触1対1通信インタフェース			
<p>通信インタフェースの高速化の要求が高まっている。技術の向上により記憶装置の容量や演算処理装置の性能が増し、扱われる情報量は増加を続けている。近年、特に利便性の観点から、非接触通信に注目が集まっており、幅広い応用が期待されている。これらを背景として、高速な非接触通信インタフェースが求められている。高速な通信を実現するためには、広帯域な伝送路を実現する必要があるだけでなく、高速通信を実現するための回路技術が必要となる。そこで本研究は、高速非接触インタフェースを実現するための広帯域伝送路技術及び通信を実現するための回路技術を開発することを目的とした。</p> <p>第1章に、本研究の背景と従来研究を概説した。</p> <p>第2章では、本論文の中核となる伝送線路結合器の理想特性について論じている。理論解析のために、伝送線路結合器の構造と伝送モードについて述べた。各伝送モードにおける特性インピーダンスを用いて、伝送線路結合器の理論解析を行い、インピーダンス整合可能であることを理論的に明らかにした。また、そのための条件について論じた。</p> <p>第3章では、第2章で論じた伝送線路結合器を用いた非接触通信インタフェースを実現するための送信機とデータ再生回路を用いた受信機について論じている。伝送線路結合器により受信波形は歪むため、データ再生回路が必要となることを述べた。また、目標通信距離を1 mmとして、伝送線路結合器の設計を行い、解析により合わせ誤差の影響が少ないことを確認した。設計した伝送線路結合器と90 nm CMOSプロセスで試作した送受信機を用いて実測評価を行い、12 Gb/s, 7.4 pJ/bを実現した。</p> <p>第4章では、一層の高信頼性化を目指し、誤り伝播を防ぐ符号化として相関符号化方式について着目した。相関符号化方式を用いることで、伝送線路結合器においても誤り伝播を防げることを述べ、そのための最適な伝送線路結合器の設計手法について論じた。相関符号化方式用の受信回路を提案し、90 nm CMOSプロセスにて設計を行った。設計した伝送線路結合器及び受信機をシミュレーションにより評価し、12 Gb/s, 4.4 pJ/bを実現した。</p> <p>第5章では、今後の低電力化を目指し、低電力なシンボルレートのクロック再生の構成を提案した。振幅を基準にすることで、クロック位相の検出が可能であることを理論的に明らかにした。提案手法を、伝送線路結合器に対して適用し、システムレベルシミュレーションにより評価を行った。</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 3865 号	氏 名	竹谷 勉
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	博士(工学) 黒田 忠広
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 天野 英晴
		慶應義塾大学准教授	博士(工学) 中野 誠彦
		慶應義塾大学准教授	博士(工学) 石黒 仁揮

  

学士（工学）、修士（工学）竹谷勉君提出の学位請求論文は「伝送線路結合器を用いた非接触 1 対 1 通信インタフェース」と題し、6 章から構成されている。

複数のモジュールを接続してシステムを構築する際にコネクタが広く用いられる。コネクタは、金属端子を圧着して配線を接続するために、着脱回数が増えたり大きな加速度が加わると接触不良を起こすことがある。また、接続点で特性インピーダンスが不連続になるために、信号が反射や減衰をして通信品質が劣化する。近年では通信速度が速くなり、コネクタがシステムの性能を律速する要因の一つとなっている。そこで本論文の筆者は、耐久性や信頼性の向上と通信の高速化を目的として、近接場通信を利用した非接触コネクタを提案している。近接場通信に関しては、コイルによる磁界結合を用いたチップ間通信が近年研究されているが、これは信号波長よりも短い距離のチップ間の通信であり、集中定数系として扱える。しかし、モジュール間の通信では通信距離が信号波長よりも長く、分布定数系の扱いが必要になり、高速な通信にはインピーダンスの整合が重要になる。本研究は、伝送線路による磁界および電界の分布定数的な結合を用いてインピーダンスの整合を取っている点において、従来の研究とは一線を画する。

第 1 章は序論である。高速インタフェースに関する研究動向とコネクタの問題点を概説し、本研究の意義と解決すべき課題をまとめている。

第 2 章は、伝送線路結合器を提案している。周波数特性を理論解析し、信号を高品質に伝送するためのインピーダンス整合の条件を明らかにしている。

第 3 章では、伝送線路結合器を介して信号を送受信する CMOS 集積回路の設計とチップの評価結果が述べられている。伝送線路結合器は、直流および低周波の信号を伝播しない。そのことにより生じる波形歪みを補償するために、増幅器とヒステリシス比較器を用いたデータ再生方式を提案している。チップを設計し送受信機を試作して、転送速度 12 Gb/s でエネルギー消費 7.4 pJ/b の性能を実現している。さらに、磁界結合を用いた無線給電との干渉が無いことを実験で確認している。

第 4 章では、ヒステリシス特性を実現するための帰還回路による寄生容量の増加を避けることを目的に、相関符号化方式を検討している。帰還経路を無くすことで周波数特性を改善し、インダクタを用いた増幅器を無くすことでレイアウト面積を削減している。第 2 章の理論を用いて相関符号化方式に最適な伝送線路結合器を設計し、シンボル間干渉を低減する設計手法を提案している。また、相関符号化方式で必要となるしきい値電圧調整回路を考案している。その結果、インダクタを必要とする増幅器を用いなくても、転送速度 12 Gb/s でエネルギー消費 4.4 pJ/b の性能を実現できることをシミュレーションで示している。

第 5 章では、受信データからクロックを再生するアルゴリズムを提案している。伝送線路結合器は低周波の信号を伝播しないので、同一データが続くときもデータが遷移するときも同じ受信信号となる場合があり区別出来ない。そこで、受信機に積分器を使い積分前後の波形を用いてクロックの位相を検出するクロック再生方式を提案し、その実現性をシミュレーションで検証している。

第 6 章は結論である。各章で得られた知見を総括し、今後の展望を述べている。

以上要するに、本論文の著者は、分布定数系の近接場通信の学術基盤を創り、高速な非接触コネクタを実現しており、集積回路工学分野において工学上、工業上寄与するところが少なくない。よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

## 内容の要旨

報告番号	甲 第 3866 号	氏 名	猪谷 太輔
主論文題目： 異方的超伝導、超流動における対称性の検出と強結合効果の理論研究			
<p>本論文では異方的超伝導、超流動に注目し、鉄系超伝導体における超伝導秩序パラメータの対称性の検出法の提案と、p 波相互作用するフェルミ原子気体における擬ギャップ現象の研究を行った。</p> <p>1. 鉄系超伝導体における超伝導秩序パラメータの対称性と交流ジョセフソン電流</p> <p>近年、盛んに研究が行われている鉄系超伝導体において、超伝導秩序パラメータの対称性の最も有力な候補として<math>\pm s</math> 波対称性が提唱されている。本論文では、単一バンド s 波超伝導体/絶縁体/<math>\pm s</math> 波超伝導体 (S/I/<math>\pm s</math>) 接合を流れる交流ジョセフソン電流を用いて、<math>\pm s</math> 波対称性の特徴である超伝導秩序パラメータの符号反転をあいまいさなく検出する方法を提案した。<math>\pm s</math> 波超伝導体のモデルとして 2 バンド超伝導体を用いると、交流ジョセフソン電流は各バンドから生じる 2 成分の電流の和で与えられる。このとき、2 つのバンドで超伝導秩序パラメータの符号が異なることに起因し、2 成分の電流が逆向きに流れることを示した。さらに、各電流要素の振幅は電圧依存性にリーデルピークと呼ばれる特異性を持つため、2 つの電流が完全に打ち消しあい交流ジョセフソン電流が消失する電圧が必ず存在することを明らかにした。この現象は秩序パラメータの符号反転がない場合には生じないため、実験的に観測されれば<math>\pm s</math> 波対称性の根拠となると考えられる。また実際の鉄系超伝導体では無視できない不純物の効果を取り入れ、この方法の適用条件について明らかにした。</p> <p>2. p 波相互作用するフェルミ原子気体における擬ギャップ現象</p> <p>近年、冷却原子気体の高い操作性を利用した p 波超流動の研究に注目が集まっているが、実験的な困難さから p 波超流動実現には至っていない。このような実験背景のもと、本論文では p 波相互作用するフェルミ原子気体における強結合効果に着目し研究を行った。まず、s 波相互作用するフェルミ原子気体において強結合効果をよく記述することで知られる T 行列近似を p 波相互作用するフェルミ原子気体に拡張し、超流動転移温度と常流動状態における化学ポテンシャルを決定した。この結果を用いて状態密度、スペクトル強度の解析を行ない、超流動転移温度付近において対形成揺らぎにより状態密度に窪み（擬ギャップ）が生じることを明らかにした。さらに、状態密度の温度依存性を求めることにより、擬ギャップが実験的に検出されうる範囲を決定した。また、p 波相互作用が波数に依存することに起因し、擬ギャップ構造の相互作用依存性に非単調な振る舞いが生じることを示した。この非単調性は s 波相互作用の場合には生じないため、同じ擬ギャップ現象であっても、対形成相互作用の対称性によって生じる現象が質的に異なることを示す結果である。本研究によって明らかになった擬ギャップ現象は超流動の前駆現象であり、超流動転移温度付近において顕著になる。この特性を利用することで、状態密度の測定によって系がどの程度、超流動転移に近づいているかの情報を得られることを明らかにした。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3866 号	氏 名	猪谷 太輔
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	理学博士 齋藤 幸夫
		慶應義塾大学教授	博士(工学) 的場 正憲
		慶應義塾大学准教授	博士(理学) 能崎 幸雄
		首都大学東京准教授	理学博士 森 弘之

  

学士（理学）、修士（理学）猪谷太輔君の学位請求論文は「異方的超伝導、超流動における対称性の検出と強結合効果の理論研究」と題し、全4章より構成されている。

異方的超伝導、超流動とは、秩序パラメータの運動量空間における対称性が非  $s$  波であるフェルミ超流動を指す。実現する秩序パラメータの異方性は、その系固有の複雑な運動量依存性を有する対形成相互作用の構造と密接に関係している。このため、秩序パラメータの対称性の特定はその系の対形成機構を解明するうえで非常に重要である。また、これまでになく対形成相互作用を用いての新しい異方的超伝導・超流動状態の実現は、常に当該研究領域における挑戦的課題となっている。本論文は、この2つの重要問題を理論的に研究している。前者については、鉄系超伝導で候補となっている  $\pm s$  波対称性を検出する方法を提案しており、後者については、 $p$  波フェッシュバツハ共鳴機構によるフェルミ原子ガス超流動を実験的に探索する方法として、擬ギャップ現象の利用が有効であることを明らかにしている。

第1章は序論である。鉄系超伝導と、 $p$  波相互作用するフェルミ原子気体についての説明の後、本研究の目的が述べられている。

第2章では、鉄系超伝導の秩序パラメータの対称性が  $\pm s$  波であるか否かを判定する方法が、理論的に提案されている。鉄系超伝導体をモデル化した2バンド超伝導と通常の  $s$  波超伝導体からなる超伝導接合に電圧をかけると、2バンド側が  $\pm s$  波超伝導の場合には、交流ジョセフソン電流が、ある電圧で完全に消失することを理論的に示している。2バンド側が通常の  $s$  波超伝導である場合はこのような消失現象は起こらないため、この現象を鉄系超伝導で観測することにより、この系の超伝導が  $\pm s$  波対称性を有するか否かを明確に判定することができる。この現象では、2つのバンドからの2種類のジョセフソン電流の寄与と、超伝導状態密度のコヒーレンスピークに起因するリーデル異常現象が鍵となっている。論文では、交流ジョセフソン電流の消失に対する不純物散乱効果についても研究しており、本論文で提案された方法の適用範囲についても明らかにしている。

第3章では、 $p$  波相互作用する1成分フェルミ原子気体における強結合効果を研究しており、中間結合領域では、強い超流動揺らぎにより、1粒子状態密度に擬ギャップが現れることを理論的につきとめている。また、 $s$  波相互作用の場合、擬ギャップが消失する温度（擬ギャップ温度）は、引力相互作用が強くなるにしたがって単調に増大するのに対し、 $p$  波相互作用の場合、擬ギャップ温度が相互作用に対し、非単調な振舞いをするを明らかにしている。さらに、擬ギャップ温度の相互作用依存性を弱結合領域から強結合領域まで決定することに成功しており、その結果を用いて、 $p$  波フェルミ原子気体の相図における擬ギャップ領域を特定している。本研究ではじめて得られた相図を用いると、擬ギャップの観測から、系がどの程度超流動転移に近いかを評価することが可能となるため、この成果は、フェルミ原子ガスにおける  $p$  波超流動実現に向けた研究を大きく前進させるものである。

第4章では、結論として、本研究の成果がまとめられている。

本研究は、鉄系超伝導の秩序パラメータの対称性の特定と、フェルミ原子ガスでの  $p$  波超流動状態の実現という、異方的超伝導、超流動研究の分野における重要課題に理論的に取り組んだものである。本研究で提案された、鉄系超伝導における  $\pm s$  波対称性の検出方法と、擬ギャップ現象を利用した  $p$  波フェルミ原子ガス超流動の転移温度の探索は、いずれも、これまでになく新しい手法であり、これら重要課題の解決に向けた研究に大きく貢献するものである。よって、本論文の著者は博士(理学)の学位を受ける資格があるものと認める。



## 内容の要旨

報告番号	甲 第 3867 号	氏 名	奥山 倫
主論文題目： 半導体ナノデバイスにおける量子光学の物理			
<p>原子の発光スペクトルの解析に端を発した量子光学は、フェルミオンとボソン場との相互作用によって生じる物理の系統的な理解を目指して発展し続けている。半導体基板上に作製される量子ドットはナノメートルスケールの電子の閉じ込め構造であり、その幾何学的形状やエネルギー準位間隔などを人工的に制御可能であるため、自然現象を理解するのに適した「人工原子」として利用することができる。量子ドットとボソン場との相互作用は、そのスケーラビリティの高さゆえに、量子光学の新たな研究対象として注目されている。</p> <p>本学位論文では量子ドットにおける量子光学の物理を理論的に考察する。本論文は第1章で提示したように、量子ドットにおける電子相関の光学スペクトルへの影響を解析した第I部と、量子ドットの輸送現象によるボソン場の制御を議論した第II部から構成される。</p> <p>第I部ではタイプII半導体量子ドットにおける電子相関を光学的に観測する方法を提案する。タイプII半導体量子ドットでは、ホールは量子ドットの内部に強く束縛され、電子は量子ドットの外周に形成されるリング構造に拘束される。我々はリング上の少数電子系を理論的に解析し、量子ドットの発光スペクトルに及ぼす影響を考察する。第2章ではタイプII半導体量子ドットにおけるエキシトン発光に関する研究を概説し、研究の目的を提示する。第3章では量子ドットに束縛された電子とホールからなる系を記述するハミルトニアンを導出し、発光スペクトルの計算手法を提示する。第4章では少数電子系の低エネルギー状態を解析する。リング上の <math>n_e</math> 個の電子系はクーロン相互作用によって強い相関をもち、電子の <math>n_e</math> 倍の電荷と質量を有する複合粒子であるウィグナー分子を形成することを示す。第5章では2つの電子を含む電子・ホール結合系であるトリオンおよびバイエキシトンの発光スペクトルを解析し、電子のウィグナー分子秩序をフォトルミネッセンスによって観測する方法を提示する。第6章では第I部の結論を述べる。</p> <p>第II部では二重量子ドットの輸送現象によって駆動される光学フォノンレーザーを提案する。量子ドット中の電子は半導体基板の光学フォノンと強く相互作用する。二重量子ドットは2つのフォノンモードのみと結合するが、光学分岐の平坦な分散関係のためにこれらのモードは拡散せず、「天然のキャビティ」として機能する。我々は二重量子ドットの輸送現象を理論的に解析し、電流によるフォノンのレーザー発振を提案する。第7章では人工原子を用いたレーザーの研究を概説し、研究の目的を提示する。第8章ではドットの電子状態と結合する2つのフォノンモードを導入し、二重量子ドットと光学フォノンを記述する運動方程式を導く。第9章では一つのフォノンモード (A フォノン) と結合した系を解析し、量子ドットを介した電流によってフォノンのレーザー発振が実現することを示す。第10章ではもう一方のフォノンモード (S フォノン) との結合を解析し、それがレーザー発振には寄与しないことを示す。第11章では2つのフォノンモードが共存する場合を解析し、S フォノンがA フォノンのレーザー発振に影響を及ぼさないことを確かめる。第12章で実験によるフォノンレーザーの実現方法を議論し、第13章では第II部の結論を述べる。</p> <p>第14章では本論文の結論を述べる。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3867 号	氏 名	奥山 倫
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	理学博士 江藤 幹雄
	副査	慶應義塾大学教授	理学博士 白濱 圭也
		慶應義塾大学准教授	博士(理学) 齊藤 圭司
		慶應義塾大学准教授	博士(理学) 早瀬 潤子
		茨城大学准教授	博士(理学) 青野 友祐
<p>学士（理学）、修士（理学）奥山倫君の学位請求論文は「半導体ナノデバイスにおける量子光学の物理」と題し、全14章より構成されている。</p> <p>半導体基板上に作製される量子ドットは、ナノメートルスケールの電子の閉じ込め構造である。幾何学的形状やエネルギー準位間隔などを人工的に制御できるため、デバイスへの応用だけでなく、基礎研究に適した「人工原子」として利用することができる。量子ドットとボソン場（光、格子振動の量子である光子、フォノン等）との相互作用は、量子光学の新たな研究対象として注目されている。本論文では、量子ドットにおける量子光学現象を2つの側面から理論的に研究している。量子ドットにおける電子相関の光子放出への影響を解析した第Ⅰ部、および量子ドットの電気伝導によるフォノン場の制御を提案した第Ⅱ部から構成される。</p> <p>第1章は序論であり、本論文の構成を説明している。</p> <p>第2章から第6章に当たる第Ⅰ部では、タイプⅡ半導体量子ドットにおける多体電子状態の光学測定について研究している。この系では、ホールは量子ドットの内部に強く束縛され、電子は量子ドットの外周に形成されるリング構造に拘束される。リング構造中の少数電子系に強い相関効果ははたらくことに着目し、その新しい観測方法を考案している。</p> <p>第2章では、タイプⅡ半導体量子ドットのエキシトン発光に関する先行研究を概観し、第Ⅰ部の目的を述べている。第3章では、この特殊な量子ドットにおける電子とホールの複合系を定式化し、発光スペクトルを計算する理論手法を説明している。第4章ではリング構造中の少数（<math>N</math>個）の電子の性質を詳細に調べ、クーロン相互作用によって電子間に強い相関が現れること、その結果1個の電子の<math>N</math>倍の電荷と質量を持つウィグナー分子が形成されることを見出している。第5章では、2つの電子と1つのホールからなるトリオン、2つの電子と2つのホールからなるバイエキシトンについて調べ、その発光スペクトル（フォトルミネッセンス）を解析している。トリオンやバイエキシトンにおいても電子のウィグナー分子秩序が保たれることを示し、その性質が発光スペクトルの測定によって観測可能であることを指摘している。第6章では第Ⅰ部の結論を述べている。</p> <p>第7章から第13章に当たる第Ⅱ部では、二重量子ドットにおける電子と光学フォノンの相互作用に着目し、輸送現象によるフォノンレーザーを提案している。</p> <p>第7章では、人工原子を用いた従来のレーザーの研究を概観した後、量子ドットにおける電子と光学フォノンの相互作用について解説している。第8章では、二重量子ドットにおいて光学フォノンの2つのモードのみが電子と結合することを導出し、その相互作用の計算方法を述べている。第9章では1つのフォノンモード（Aフォノン）について調べ、電気伝導によってフォノンレーザーが駆動される条件を示している。別の状況では、フォノンが一つずつ分離して放出されるアンチバンチングという興味深い現象が起きることも指摘している。第10章ではもう一方のフォノンモード（Sフォノン）を、第11章では両者のモードが共存する場合を解析し、Sフォノンがレーザー発振しないこと、それがAフォノンのレーザーに影響を及ぼさないことを確かめている。第12章でフォノンレーザーの実現方法について議論し、第13章で第Ⅱ部の結論を述べている。</p> <p>本研究は、強相関電子系の光学測定、電子の輸送現象によるフォノンレーザーの提案という2つの新しい視点から、半導体ナノデバイスにおける量子光学の物理を開拓したものであり、学術的意義は極めて高い。よって、本論文の著者は博士（理学）の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			

## 内容の要旨

報告番号	甲 第 3868 号	氏 名	是枝 徹郎
主論文題目： ルテニウムホスフィン錯体による芳香族炭素 一窒素結合切断反応とそれを経る新規触媒反応開発に関する研究			
<p>本研究は、ルテニウムホスフィン錯体による芳香族炭素一窒素結合切断機構の解明、および芳香族炭素一窒素結合切断過程を含む新規触媒反応の開発を目的とするものである。</p> <p>遷移金属錯体を用いて炭素一水素結合に代表される通常不活性な結合を位置選択的・触媒的分子変換に利用する手法は、合成段階数の削減や原子効率の向上を行えるため有機合成反応領域において近年盛んに研究されている研究分野の一つである。アニリン中の芳香族炭素一窒素結合もそのような不活性な結合のひとつであるが、この結合を遷移金属錯体による分子変換反応に用いるためには予めアミノ基をアンモニウム塩やジアゾニウム塩などの官能基へ変換し、炭素一窒素結合を活性化しておく必要があった。</p> <p>我々の研究グループでは、ルテニウム触媒による <i>o</i>-アシルアニリン類の炭素一窒素結合切断を経る有機ホウ素化合物とのカップリング反応を報告している。筆者は、この反応ではアミノ基を他の官能基へ変換することなく芳香族炭素一窒素結合を官能基化できる点に着目し、ルテニウムによる芳香族炭素一窒素結合切断機構の解明を目指し研究を行った。その結果、ルテニウムホスフィン錯体と <i>o</i>-アシルアニリンを反応させることで炭素一窒素結合切断を経て生成するアリールアミド錯体を単離することに成功した。これは後周期遷移金属錯体を用いて芳香族炭素一窒素結合切断を観測した初めての例である。また、電子豊富なオレフィンを添加することでこのルテニウムによる炭素一窒素結合切断反応が促進されることも見出した。</p> <p>次に筆者は、<i>o</i>-アシルアニリン上の置換基がルテニウム錯体による炭素一窒素結合切断に与える影響について検討を行った。その結果、ルテニウム錯体存在下で異なる置換基をもつ2種類のアニリン類を用いて競争反応を行った場合、電子供与基を有するアニリン誘導体の方が電子求引性基を有する誘導体よりも炭素一窒素結合がルテニウムへ酸化的付加した錯体が多く生成することを明らかにした。これは電子求引基により酸化的付加過程が促進される通常の置換基効果とは異なる傾向であり、大変興味深い。また、この特殊な置換基効果はルテニウム錯体を用いた炭素一窒素結合切断を経る触媒的炭素一炭素結合生成反応においても同様に観測されることを見出した。</p> <p>筆者はこれらの知見の展開として、炭素一窒素結合のルテニウムへの酸化的付加を鍵過程にもつ触媒反応の開発を目指し検討を行った。具体的にはアミノ基窒素上にアルキル基をもつ <i>o</i>-アシルアニリンを基質に用い、酸化的付加後に生成するルテニウムアミド種の <math>\beta</math>-水素脱離を利用する炭素一炭素結合生成反応の開発を行った。検討の結果、炭素一窒素結合切断を経る <i>o</i>-アシルアニリン類とオレフィンのカップリング反応を見出した。この反応は、ルテニウムアミド錯体からの <math>\beta</math>-水素脱離により生成するルテニウムヒドリド種を中間体を含む新規分子変換反応である。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3868 号	氏 名	是枝 徹郎
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	博士（工学） 垣内 史敏
	副査	慶應義塾大学教授	理学博士 千田 憲孝
		慶應義塾大学教授	理学博士 山田 徹
		慶應義塾大学教授	工学博士 吉岡 直樹
		東京農工大学准教授	博士（学術） 平野 雅文
<p>学士（理学）、修士（理学）是枝徹郎君提出の学位請求論文は、「ルテニウムホスフィン錯体による芳香族炭素－窒素結合切断反応とそれを経る新規触媒反応開発に関する研究」と題し、序論、本論3章、結論、および実験項より成っている。</p> <p>遷移金属錯体を用いて化学的に不活性な炭素－水素結合や炭素－ヘテロ原子結合を切断し、そこに新たな炭素－炭素結合を生成する反応は、これまでない形式の触媒的分子変換を行えるため、近年活発に研究が行われている。化学的に不活性な結合切断を利用する触媒的合成反応に関する研究分野において、芳香族アミンの炭素－窒素結合を利用する触媒的分子変換反応は新しい型の方法論であり、この反応に関する研究はほとんど行われていない。著者は、芳香族アミンの炭素－窒素結合切断を利用した有機ホウ素化合物との触媒的カップリング反応における重要中間体の単離と構造解析、炭素－窒素結合切断段階における置換基効果、炭素－窒素結合切断を経る新しい型の触媒的分子変換反応の開発について述べている。</p> <p>序論では、不活性炭素－水素結合や炭素－ヘテロ原子結合切断を利用した触媒反応の例を示し、関連する一連の触媒反応が有機合成反応において有用性が高いことについて述べている。特に、炭素－窒素結合切断を経る既存の手法では、通常窒素上に電子求引性の置換基を導入し、炭素－窒素結合を活性化しておく必要があり、反応の工程が煩雑となる。このため、より直截的な方法論の開発が必要であることを述べている。</p> <p>本論第1章では、ルテニウム錯体と無置換のアミノ基をもつオルトアシルアニリンの化学量論反応を行い、窒素－水素結合切断と炭素－窒素結合切断が関与して反応が進行することを明らかにしている。また、それら過程における重要中間体の単離と構造解析を行っている。加えて、合成した錯体上の配位子の反応性について詳細に検討し、芳香族ボロン酸エステルとのカップリング反応で重要となる因子について述べている。さらに、触媒反応における中間体を合成し、それらを触媒に用いた炭素－炭素結合生成反応についても検討している。</p> <p>本論第2章では、オルトアシルアニリンのベンゼン環上に置換基をもつ様々な基質を用いて、炭素－窒素結合切断反応におよぼす置換基効果を系統立てて検討している。異なる置換基をもつオルトアシルアニリンを用いた競争反応において、電子供与性の置換基をもつ基質が高い反応性を示すことを明らかにしている。この実験結果をもとにして、炭素－窒素結合切断の前段階で窒素原子がルテニウムへ配位しているという重要な知見を得ている。</p> <p>本論第3章では、先の2つの章での知見をもとに、窒素上にメチル基などのアルキル基をもつオルトアシルアニリンを基質に用いた炭素－窒素結合切断反応を経る脱窒素反応や、脱窒素過程を経るアルケンとのカップリング反応について述べている。</p> <p>結論では、無置換のアミノ基をもつオルトアシルアニリンのルテニウム錯体による炭素－窒素結合切断過程では、窒素－水素結合が切断される過程と炭素－窒素結合が切断される過程が存在すること、芳香環上の置換基の電子的効果は窒素原子のルテニウムへの配位力に影響をおよぼすこと、また異なるアニリン類を用いた競争的炭素－窒素結合切断過程では、電子供与性の置換基が炭素－窒素結合切断過程を有利に進行させることを明らかにしたことについて述べている。これら素過程に関する結果に加えて、炭素－窒素結合切断を利用した脱窒素反応や脱窒素反応を経る炭素－炭素結合生成反応を開発したことについて述べている。</p> <p>実験項には、本論文における実験操作および反応生成物のスペクトルデータの解析等が詳細に記述されている。</p> <p>以上、本研究における研究成果は、遷移金属錯体による不活性炭素－窒素結合切断反応を進行させるために重要となる新しい知見を提供した。上記の研究成果は、有機金属化学分野のみならず有機化学分野の進展に貢献し、理学上寄与するところが少なくない。</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 3869 号	氏 名	阿部 順紀
主論文題目： 血行力学因子の制御による生体外3次元血管様ネットワークの再構築			
<p>血管新生は、血管内腔を一層に覆う内皮細胞が、新たな血管を形成する現象である。再生医療・組織工学の発展において、再生組織内へ酸素や栄養分を供給する血管新生を制御することが重要課題である。特に、生体外において3次元再生組織中に深く侵入するような3次元血管様ネットワークを形成させる必要がある。しかし、血管新生過程は非常に複雑であるため、血管新生の制御因子は未だ不明な点が多い。近年、血流に起因する血行力学因子（せん断応力と間質流）が血管新生に重要な役割を果たしていることが知られてきた。そこで本研究では、血管新生の制御因子として血行力学因子に着目し、血行力学因子の制御による3次元血管様ネットワークの形成メカニズムを検討することを目的とした。</p> <p>第1章に、本研究の背景と従来の研究を概説し、目的を述べた。</p> <p>第2章では、せん断応力の大きさを変化させ、血管形成の促進を試みた。3次元血管新生モデルを作製し、0.09, 0.47, 1.38 Paのせん断応力が3次元ネットワーク形成に及ぼす影響を調べた。3次元ネットワーク形成はせん断応力の大きさに依存し、1.38 Paにおけるネットワークの深さは最大130 <math>\mu\text{m}</math>に達した。またタイムラプス顕微鏡観察法により、せん断応力による3次元ネットワーク形成を促進するためには、ネットワーク先端の内皮細胞が形成する突起（仮足）の深さ方向の分布が重要であることを示した。</p> <p>第3章では、拍動せん断応力に着目した。拍動せん断応力は、血管新生過程を活性化させることが知られているため、ネットワーク形成のさらなる促進が期待できる。そこで、せん断応力の大きさ（0.28, 1.0 Pa）に加え、せん断応力の周波数（0, 1, 2 Hz）が3次元ネットワーク形成に及ぼす影響を検討した。特に、1.0 Paの拍動せん断応力はネットワークの伸長・退縮速度やネットワークの分離を促進し、不安定なネットワーク形成を引き起こした。一方、1.0 Paの定常せん断応力はネットワークの構成細胞数や突起形成を増加させ、安定且つ最も発達したネットワーク形成を引き起こした。以上より、3次元ネットワーク形成がせん断応力の大きさと周波数に依存することを明らかにした。</p> <p>第4章では、間質流に着目した。間質流は血管新生を促進させる因子として認識され始めているが、間質流の大きさがネットワーク形成に及ぼす影響は不明である。そこで、間質流の大きさ（平均0.07, 0.71, 4.29 <math>\mu\text{m/s}</math>）を厳密且つ容易に調節可能なマイクロ流体デバイスを作製し、間質流の大きさが3次元ネットワーク形成に及ぼす影響を調べた。マイクロ流体デバイスを用いて間質流の大きさを調節することにより、長さや密度、太さ等の異なる3次元ネットワークの再構築が可能となることを示した。特に、平均0.71 <math>\mu\text{m/s}</math>の流速では、ネットワークの長さが最大900 <math>\mu\text{m}</math>に達した。</p> <p>最後に、第5章では結論として各章で得られた内容をまとめ、今後の展望を述べた。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3869 号	氏 名	阿部 順紀
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学准教授	博士（工学） 須藤 亮
	副査	慶應義塾大学教授	博士（工学） 藤本 啓二
		慶應義塾大学准教授	博士（工学） 田口 良広
		慶應義塾大学専任講師	博士（工学） 宮田 昌悟
		慶應義塾大学名誉教授	工学博士 谷下 一夫

学士（工学）、修士（工学）阿部順紀君提出の学位請求論文は、「血行力学因子の制御による生体外 3 次元血管様ネットワークの再構築」と題し、5 章から構成されている。

血管新生は、血管内腔を一層に覆う内皮細胞が新たな血管を形成する現象である。再生医療・組織工学の発展において、再生組織内へ酸素や栄養分を供給する血管新生を制御することは重要な課題である。特に、生体外において再生組織に深く侵入するような 3 次元血管ネットワークを形成させる必要がある。しかし、血管新生過程は非常に複雑であるため、その制御因子は未だ不明な点が多い。近年、血流に起因する血行力学因子（せん断応力と間質流）が血管新生に重要な役割を果たすことが知られてきた。そこで本研究では、血行力学因子の制御により 3 次元血管様ネットワークを再構築し、ネットワーク形成を促進する血行力学因子を明らかにすることを目的としている。

第 1 章では、本研究の背景と目的を記載し、基礎事項と従来研究を概説している。

第 2 章では、血行力学因子としてせん断応力に着目し、その大きさを変えることで 3 次元血管ネットワーク形成の促進を試みている。生体内の環境を模擬した 3 次元血管新生モデルを作成し、0.09, 0.47, 1.38 Pa のせん断応力がネットワーク形成に及ぼす影響を調べた結果、3 次元ネットワーク形成はせん断応力の大きさに依存し、1.38 Pa における深さは最大 130  $\mu\text{m}$  に達していた。またタイムラプス顕微鏡観察法により、せん断応力による 3 次元ネットワーク形成の促進のためには、ネットワーク先端の内皮細胞が形成する突起の深さ方向の分布が重要であることを示している。

第 3 章では、血行力学因子として拍動せん断応力に着目している。拍動せん断応力は、血管新生に関連する遺伝子発現、細胞遊走等を活性化させることが知られているため、さらなるネットワーク形成の促進が期待される。そこで、せん断応力の大きさに加え、せん断応力の周波数 (0, 1, 2 Hz) が 3 次元ネットワーク形成に及ぼす影響を検討している。特に、1.0 Pa の拍動せん断応力がネットワークの伸長・退縮速度やネットワークの分離を促進し、不安定なネットワーク形成を引き起こすことを示している。一方、1.0 Pa の定常せん断応力はネットワークの構成細胞数や突起形成を増加させ、安定且つ最も発達したネットワーク形成を引き起こすことを示している。つまり、3 次元ネットワーク形成がせん断応力の大きさと周波数に依存することを実証している。

第 4 章では、新たな血行力学因子として間質流に着目している。間質流は血管新生を促進させる因子として認識され始めているが、間質流の大きさがネットワーク形成に及ぼす影響は不明である。そこで、間質流の大きさを厳密且つ容易に制御可能なマイクロ流体デバイスを作製し、間質流の大きさ（平均 0.07, 0.71, 4.29  $\mu\text{m/s}$ ）が 3 次元ネットワーク形成に及ぼす影響を調査している。その結果、間質流の大きさを制御することにより、長さや密度、太さ等の異なる 3 次元ネットワークの再構築が可能となることを示している。特に、平均 0.71  $\mu\text{m/s}$  の流速では、ネットワークの長さが最大 900  $\mu\text{m}$  まで達した。

第 5 章では、各章で得られた内容をまとめ、結論および今後の展望を述べている。

以上、要するに、本研究は生体外で 3 次元血管ネットワークを再生するうえで血行力学因子の制御が重要であり、せん断応力の大きさや周波数、間質流の大きさが血管ネットワーク形成に与える影響を実験により明らかにしたもので、再生医工学分野において、工業上・工学上寄与するところは少なくない。

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 3870 号	氏 名	吉安 祐介
主論文題目： Example-based Deformation Techniques for 3D Character Animation (3Dキャラクターアニメーションのための事例ベース変形技術)			
<p>3Dキャラクターアニメーションは、現代の映画産業において、新たな映像表現の創出のために不可欠な技術となっている。しかし、現在のアニメーション制作では、キャラクターモデルの姿勢の変化から表面の変形に至るまで、ほぼすべての挙動生成を3DCG専用のソフトウェアを用いて手作業で行うため、膨大な手間と時間がかかっていた。</p> <p>本論文では、キャラクターアニメーション制作過程を簡素化し、手間を軽減する方法を研究した。これを実現するためには、キャラクターアニメーション制作過程に、(1)「変形のための準備の簡素化」、(2)「姿勢編集過程の簡素化」、(3)「作成したアニメーションの再利用」の3点を反映させる必要があると考えた。このため、複数の基本姿勢モデル群(事例モデル)を用意することで、リアルなアニメーションを効率的に作成できる事例ベース変形技術を核とし、(1)については、異なる姿勢や表情のスキャンデータから事例モデルを生成するテンプレートフィッティング手法を、(2)は、インタラクティブ編集と局所変形が可能な事例ベース変形手法を、(3)については、複数の身体パーツで構成されたキャラクターモデルに適用可能な変形転用手法を提案することで問題の解決を試みた。</p> <p>第1章では、研究の背景と目的を述べ、従来技術の問題分析を行った。</p> <p>第2章では、アニメーション分野の関連研究と本研究の位置づけを示した。</p> <p>第3章では、(1)「変形のための準備の簡素化」を実現するために、異なる姿勢や表情のスキャンデータから事例モデルを生成する方法を提案した。この方法は、テンプレートと呼ばれるあらかじめ用意したメッシュモデルをスキャンデータにフィッティングする際に、等角写像に基づくスティフネス項を導入することで、変形時の三角メッシュの角度変化を最小化する。これにより、姿勢や表情が大きく異なるスキャンデータへのフィッティングのように、テンプレートが大きく変形する際にも、三角メッシュの形を維持でき、メッシュの折り重なりや極端なせん断変形を防ぐことができる。また、この特性から、出力モデルに対して、テクスチャマッピングも容易に実現できる。さらに、メッシュをスキャンデータに対して引き付けるための最近傍点の探索を、スキャンデータからテンプレートおよびテンプレートからスキャンデータの両方から行うことで、スキャンデータの凹みを捕らえ、スキャンデータの特徴をより忠実に再現できるようにした。</p> <p>第4章では、(2)「姿勢編集過程の簡素化」を実現するために、インタラクティブ編集と局所変形が可能な事例ベース変形手法を提案した。表面のディテール再現性と計算効率を両立する多重解像度メッシュ表現を用いることで、頂点数の多いモデルでも、ユーザーのドラッグのみでキャラクターモデルをインタラクティブに変形できるようにした。また、ドラッグする頂点から離れるほど、滑らかに減衰するような重み付けを算出できるバイハーモニックウェイト法を用いて事例モデルの影響を局所的にとどめることで、ユーザーが望む部分のみ滑らかに変形できるようにした。さらに、隣接する三角形の相対回転行列を用いて事例モデルの曲率を表現することで、1回転以上のねじれにも対応できる大変形を可能にした。</p> <p>第5章では、(3)「作成したアニメーションの再利用」を実現するためのハイブリッド変形転用手法を提案した。具体的には、ケージと呼ばれる疎なメッシュの内部空間を滑らかに変形できる空間変形法により、衣服など、身体に付随して動く複数パーツモデルを同時に疎変形し、その後、表面のディテール操作が可能な曲面変形法により各部を微調整する段階的変形手法を提案した。この方法を用いれば、既存のメッシュアニメーションの変形データを様々なパーツから成るキャラクターモデルに転用して、新たなアニメーションを簡便に作成できる。</p> <p>第6章では、本論文の結論を述べ、今後の研究の展開について言及した。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3870 号	氏 名	吉安 祐介
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	工学博士 山崎信寿
	副査	慶應義塾大学教授	博士(工学) 櫻井彰人
		慶應義塾大学教授	工学博士 山口高平
	慶應義塾大学教授	理学博士 藤代一成	
	慶應義塾大学教授	工学博士 岡田英史	
<p>学士（工学）、修士（工学）吉安祐介君提出の学位請求論文は「Example-based Deformation Techniques for 3D Character Animation（3Dキャラクターアニメーションのための事例ベース変形技術）」と題し、6章から構成されている。</p> <p>現代の映画産業で多用される3Dキャラクターアニメーションは、ほぼ手作業に近い状態で行われており、専用ソフトウェアを使うための準備やそれを用いた単純繰り返しなど、膨大な手間が必要であった。本論文の著者は、事例モデルと呼ばれる複数の基本姿勢を基に、実際の表情や姿勢のスキャンデータを事例モデルにフィッティングする段階から、自由な編集と制作モデルの再利用に至る、一連の制作過程に必要な様々な画像変換手法を提案している。</p> <p>第1章は序論であり、研究の背景と目的および従来の画像変形技術の問題分析を行っている。</p> <p>第2章では、アニメーション分野の関連研究と本研究の位置づけを示している。</p> <p>第3章では、事例データのメッシュモデルを実際の表情や動作のスキャンデータにフィッティングする際の歪み補正の手間を、等角写像によって解決する方法を示し、また、スキャンデータの特徴をより忠実に再現するために、メッシュとスキャンデータ間の最近傍点探索を双方向に行う方法を提案している。</p> <p>第4章では、アニメーション表現に重要な表情や動作の強調と、その逆の「らしさ」を両立するための、インタラクティブ編集と局所変形手法を提案している。具体的には、表面ディテールの再現性と計算効率を両立する多重解像度メッシュ表現を用いることで、頂点数の多いモデルでも、一部をドラッグするだけでリアルタイムに変形できる計算手法を提案している。また、ドラッグする頂点から離れるほど、滑らかに減衰するような重み付けを算出できるバイハーモニックウェイト法を用い、事例モデルの影響を局所的にとどめることで、ユーザーが望む部分のみ滑らかに変形できるようにしている。さらに、隣接する三角形の相対回転行列を用いて事例モデルの曲率を表現することで、1回転以上のねじれにも対応できる大変形も可能にしている。</p> <p>第5章では、ケージと呼ばれる疎なメッシュの内部の空間を滑らかに変形できる空間変形手法により、衣服など、身体動作に付随して動く複数パーツモデルを同時に疎変形し、その後、表面のディテール操作が可能な曲面変形手法により各部を微調整する段階的変形手法を提案している。また、本手法によれば、既存のメッシュアニメーションの変形データを、様々なパーツから成る新たなモデルに転用して一体変形できるため、アニメーションの再利用範囲を広げられることを示している。</p> <p>第6章は結論であり、上記の結果を総括し、今後の課題をまとめている。</p> <p>以上要するに、本研究は3Dアニメーション作成に必要な基礎的画像処理技術を提案し、モデルの準備から変形と再利用までの一貫したソフトウェア支援の可能性を示したものであり、映像制作等の分野に工業上、工学上寄与するところが少なくない。</p> <p>よって、本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			



## 内容の要旨

報告番号	甲 第 3871 号	氏 名	川本 貴志
主論文題目： 心拍由来体表面振動を用いた低筋力作業時筋疲労解析			
<p>心拍由来体表面振動(以後 HSV)とは、心臓からの拍動が直接または血管を介して体表面に波及した振動である。長時間の PC 作業などで生じる肩こりや上肢のだるさのような疲労状態は、発揮筋力が小さいために従来の筋活動電位解析では必ずしも適切に評価できない。一方、外部加振機器を用いた体表面振動からの筋の力学特性計測は作業を中断する必要がある。実作業中の変化や回復過程を知るには適していない。このため、本研究では低筋力作業中の筋の力学特性変化とそれに関連した筋疲労の解析を目的として、対象とする比較的安静な作業条件ではほぼ一定レベルを保つ心拍を外部加振源とした体表面振動解析を行った。</p> <p>第 1 章では、筋疲労に関わる先行研究を示し、提案する HSV の意義と位置づけを示した。</p> <p>第 2 章では、従来から筋音として知られる筋収縮由来の体表面振動(MSV)と HSV の比較を行い、低筋力条件では、筋および周囲組織の力学特性を反映した心拍由来の粗大振動である HSV が、筋線維活動由来の局所的振動である MSV よりも支配的であることを示した。これにより、(1) MSV や体動などの外乱をキャンセルして HSV のみを取り出す信号解析と、(2) 加振強度変化の影響排除が、HSV 解析の課題になることを示した。</p> <p>第 3 章では、HSV から筋の力学特性変化を解析する方法を検討するために、筋電位計測との併用による疲労解析が容易な上腕二頭筋と、一般的にこりを生じやすい僧帽筋、および HSV の加振強度を反映する心臓直上の HSV を比較した。その結果、上腕二頭筋では動脈を介して伝わる心音(心臓弁活動に伴って生じる高周波振動)が、僧帽筋では心臓から直接伝わる心尖拍動(心収縮に伴う心臓全体の振動)が、筋に自由減衰振動を生じさせており、その減衰傾向に筋疲労に伴う筋の力学特性変化が表れる可能性があることがわかった。</p> <p>第 4 章では、3 章で得た HSV からの筋疲労評価方針を検証するために、上腕二頭筋に最大収縮力の 10%の張力を 5 分間維持させた際を解析した。2 章に示した課題(1)は、身体運動の拘束および HSV を動脈拍動に同期させて加算平均することで解決した。課題(2)については、加振強度を表わす拍動波形のピーク振幅値が実験中を通じて有意に変化しないことを確認した。HSV 波形の持続度を表わす平均振幅は筋収縮後に大きくなり、この間の周波数変化は小さかったことから、筋の粘性特性の減少が示唆された。この変化は筋収縮後の休息中に一般的な電氣的疲労の回復時間を過ぎても持続したことから、HSV が休息状態を含む低筋力条件からでも筋の力学特性変化に由来した筋疲労を検出できることを示した。</p> <p>第 5 章では、HSV の実用性を検討するために、3 時間の PC 作業中の僧帽筋上を計測した。4 章で開発した加算平均解析を体動などの除去にも適用するために、心拍ピーク時刻はより明確な心電から検出した。課題(2)は、加振強度を表わす心尖部 HSV で体表面上の HSV を正規化することで行った。これにより、連続 PC 作業時間が 2 時間以上になると、僧帽筋 HSV の持続度が有意に増加し、筋疲労が蓄積していることを確認した。</p> <p>第 6 章では、以上の結果を総合して結論を述べた。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3871 号	氏 名	川本 貴志
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	工学博士 山崎信寿
	副査	慶應義塾大学教授	博士(工学) 岡田有策
		慶應義塾大学教授	博士(工学) 大門 樹
		慶應義塾大学教授	博士(工学) 内山孝憲
		慶應義塾大学教授	博士(工学) 村上俊之
<p>学士（工学），修士（工学）川本貴志君提出の学位請求論文は「心拍由来体表面振動を用いた低筋力作業時筋疲労解析」と題し，6章から構成されている。</p> <p>心拍由来体表面振動（以後，HSV）とは，心臓からの拍動が直接または血管を介して体表面に波及した振動である．従来，長時間のPC作業などで生じるだるさのような疲労状態は，発揮筋力が小さいために，筋負担評価の一般的な方法である筋活動電位では検出困難であった．本論文の著者は，安静な作業条件では比較的安定な心拍に注目し，従来の筋収縮由来の体表面振動解析ではノイズ扱いされていた心拍由来振動の変化から筋の力学特性変化を抽出し，長時間の低筋力作業時に生じる筋疲労の計測手法を提案している．</p> <p>第1章は序論であり，筋疲労に関わる先行研究を示し，本研究の位置づけと目的を示している．</p> <p>第2章では，実作業への干渉が少ない超小型加速度計で体表面振動を検出し，加速度波形に含まれる筋収縮由来の振動（以後，MSV）とHSVの比較を行っている．その結果，低筋力条件では，HSVに筋および周囲組織の力学特性変化を説明できる特徴的な波形が表れることを示している．</p> <p>第3章では，心臓に近い僧帽筋と，遠位の上腕二頭筋を例として体表面振動を計測し，僧帽筋では心収縮に伴う心臓全体の心尖拍動が，上腕二頭筋では動脈を介して伝わる心臓弁活動に伴う高周波振動が筋に自由減衰振動を生じさせ，その減衰パターンに筋疲労に伴う筋の力学特性変化が表れる可能性を示している．</p> <p>第4章では，HSVによる筋疲労の評価方針を定量化するために，上腕二頭筋に最大収縮力の10%の張力を5分間維持させた際のHSVを計測し，動脈拍動に同期させた加算平均と，1拍動当たりの減衰波形の平均振幅（以後，持続度）によって波形の減衰傾向を評価する方法と，MSVや体動などの外乱を除去する方法を提案している．持続度は筋収縮後に大きくなり，この間の最大振幅や周波数の変化は小さいことから，筋疲労に伴って主に筋の粘性特性が減少していることがわかる．この特性変化は，筋収縮後の休息中にも，一般的な電氣的筋疲労の回復時間を越えて数分間持続しており，力学的疲労の蓄積を反映していると考察している．</p> <p>第5章では，HSVの実用性を検討するために，3時間の実PC作業中の僧帽筋上を計測し，連続PC作業時間が2時間以上になると，僧帽筋HSVの持続度が有意に増加することを確認している．</p> <p>第6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，本研究は安静な低筋力作業時には心拍変動が少ないことを利用し，それを加振源として，作業に干渉すること無く，疲労による筋の力学特性変化を時系列的に計測できる方法を示したものであり，人間工学的製品開発・評価等の分野に工業上，工学上寄与するところが少なくない．</p> <p>よって，本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める．</p>			

## 内容の要旨

報告番号	甲 第 3872 号	氏 名	酒井 一憲
主論文題目：			
キノリノラトロジウム触媒による末端アルキン類を用いた新規付加反応の開発に関する研究			
<p>本研究は、キノリノラトロジウム錯体とホスフィンを組み合わせた触媒系の特徴を活かして、末端アルキンを用いる新規付加反応を開発することを目的としている。</p> <p>現代有機化学において、環境への負荷を低減することができる合成手法の開発が重要になっている。特に高付加価値をもつ化合物をより入手容易な化合物から短工程で合成することができる方法論の開発は重要な研究課題となっている。このような斬新なプロセスの開発は、多様な結合生成を可能にする遷移金属錯体を触媒に用いることにより達成できると期待される。新方法論の創成に重要な遷移金属錯体の反応性は、金属や配位子の種類によって大きく異なるため、それらを適切に組み合わせることにより斬新な形式の反応を進行させることができると考えられる。</p> <p>筆者は遷移金属錯体を触媒に用いる反応において、ほとんど検討されていなかったハードでキレート形成能が高いキノリノラトを配位子にもつソフトな後周期遷移金属錯体を触媒に用いることにより、新しい型の分子変換反応を行うことを計画した。特に一価の酸化状態が安定なソフトな金属としてロジウムに着目して検討を行った。金属と様々な様式で反応することが知られている末端アルキンを原料に用いて、新規付加反応の開発を行った。アルキン類は多くの金属錯体上ではその<math>\pi</math>電子の供与により活性化されるが、キノリノラト配位子をもつロジウム錯体では金属の電子密度が高くなるため、アルキンの末端炭素-水素結合の酸化的付加やそれに続くビニリデンへの異性化が進行し易くなると期待できる。このような触媒の特徴を活かした新規触媒反応の開発は、研究例はなく、斬新なものである。具体的には、末端アルキンへの第二級アミンの付加反応ならびに末端アルキンと電子不足アルケンの[2+2]環化付加反応の開発を行った。</p> <p>まず、キノリノラトロジウム触媒を用いた末端アルキンと求核剤の反応を試みた。金属触媒を用いたアルキンに対する求核剤の付加反応は、多くの場合、単純な<math>\pi</math>結合の活性化によりマルコフニコフ配向の付加体を与える。これに対し筆者は、電子豊富な金属錯体を用いて末端アルキンのビニリデン配位子への異性化反応を促進することで、逆マルコフニコフ配向の付加体の選択的な生成が可能であると考えた。その結果、キノリノラトロジウム錯体とホスフィン配位子を組み合わせた触媒系を用いることで、第二級アミンの末端アルキンに対する逆マルコフニコフ配向の付加反応の開発に成功した。本反応は基質適用範囲が広く、有用性の高いエナミン類の合成法であることを明らかとした。また、フェニルアセチレン誘導体を基質に用いた場合には、既存の方法では困難であった室温条件での反応を進行させることに成功した。</p> <p>また筆者は、キノリノラトロジウム錯体とホスフィン配位子を組み合わせた触媒系による末端アルキン類と求電子剤の反応についても検討を行った。その結果、塩基存在下求電子剤として電子不足アルケンを用いることで、これまで報告例のない末端アルキンと電子不足アルケンの[2+2]環化付加反応によるシクロブテン誘導体の選択的な合成に成功した。光照射下におけるこれらの化合物の[2+2]環化付加反応では複数の位置異性体を低収率で与えるのに対し、本反応では末端アルキンの内部の炭素と電子不足アルケンの<math>\beta</math>位の炭素で結合生成が進行した単一のシクロブテンを高収率で与えた。本反応は高い官能基許容性を示し、様々なシクロブテン誘導体の合成に適用可能であった。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3872 号	氏 名	酒井 一憲
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	博士（工学） 垣内 史敏
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 只野 金一
		慶應義塾大学教授	工学博士 中田 雅也
		慶應義塾大学教授	工学博士 西山 繁

学士（理学）、修士（理学）酒井一憲君提出の学位請求論文は、「キノリノラトロジウム触媒による末端アルキン類を用いた新規付加反応の開発に関する研究」と題し、序論、本論2章、結論、および実験項より成っている。

有機合成化学において遷移金属触媒を用いた新規反応の開発は、より効率的かつ選択的に有用化合物を合成する方法論の創出のために重要な研究課題であり、広く研究が行われている。特に、配位子の特長を利用した反応の選択性を制御することは、新規反応を有用性の高い合成手法として利用するために重要である。著者は本論文において、ハードな二座配位子である8-キノリノラトをソフトな金属であるロジウム錯体へ配位させることにより、ロジウム中心が電子豊富になることを利用した末端アルキンを用いる新しい形式の付加反応の開発について述べている。

序論には、遷移金属錯体の配位子により触媒の活性や反応の選択性を制御し、有用化合物を効率的に合成する方法論の開発に関する研究の重要性について述べている。特に、ソフトなロジウム上にハードな配位子であるキノリノラトを導入することにより、ロジウム錯体に新しい触媒活性を発現させることが期待できることについて述べている。

本論第1章では、比較的電子豊富なロジウムに対してキノリノラト配位子を導入することにより、さらにロジウム上の電子密度を増大させ、末端アルキンのロジウムへの酸化的付加を進行させ易くする反応系の構築を行っている。著者は、キノリノラトロジウム錯体を触媒として用いることにより、様々な末端アルキンへの第二級アミンの触媒的付加反応を逆 Markovnikov 則選択的かつ E 体選択的に進行させることに成功している。この反応では、有機合成化学における合成中間体として有用性が高いエナミンを副生成物を生成することなく、室温という温和な条件下で高収率・高選択的に得ることができる斬新なものである。利用可能なアルキンの一般性について検討し、電子求引性および電子供与性置換基をもつ様々な芳香族アルキンやヘテロ芳香族アルキンが適用できることや、適用範囲は限定的であるが脂肪族アルキンも利用できることを明らかにしている、また本触媒反応に対して、環構造をもつ第二級アミンや鎖状の第二級アミンを用いることができ、適用範囲が広い反応であることを明らかにしている。

本論第2章では、キノリノラトロジウム触媒による末端アルキンの活性化を利用した電子不足アルケンとの[2+2]型付加反応によるシクロブテンの生成を、位置選択的に進行させる新規触媒反応の開発について述べている。シクロブテン類は高い反応性を有することから、様々な反応に利用できる有用な合成中間体である。これら化合物の合成法は様々知られているが、高効率・高選択的かつ高原子効率で合成できる手法は限定的である。特に、末端アルキンの電子不足アルケンへの触媒的付加によるシクロブテン類の合成は、これまでに報告例が無い新規性の高い手法である。著者は、キノリノラトロジウム/ホスフィン/CsF 触媒系を用いることにより、脂肪族末端アルキンとアクリル酸エステルの環化二量化反応が進行し、1,3-二置換シクロブテン類が得られることを明らかにしている。著者は、この反応においてロジウム上にフッ化物イオンが結合した錯体の関与が示唆されるという重要な知見を得ている。

結論では、キノリノラトロジウム錯体が末端アルキンの活性化に高い能力を有することを述べている。この錯体が室温条件下での末端アルキンへの第二級アミンの逆 Markovnikov 則選択的な付加を効率的に進行させる有効な触媒として機能すること、また末端アルキンと電子不足アルケンの位置選択的[2+2]型付加反応によるシクロブテン類の触媒的合成に対しても高い触媒活性をもつことを明らかにした結果がまとめられている。

実験項には、本論文における実験操作および反応生成物のスペクトルデータの解析等が詳細に記述されている。

以上、本研究における研究成果は、遷移金属錯体に新たな反応性を発現させるための新しい方法を提供した。上記の研究成果は、有機金属化学分野のみならず有機化学分野の進展に貢献し、理学上寄与するところが少なくない。

よって、本論文の著者は博士（理学）の学位を受ける資格があるものと認める。

# Thesis Abstract

Registration Number	“KOU” NO.3873	Name	Sandy Eggi Martedi
Thesis Title			
Augmented Reality on Geometrically Changeable Paper			
<p>This research explores a technique for enhancing the integration between physical paper and digital information using augmented reality. Conventional augmented reality systems overlay virtual information onto planar objects such as paper. A piece of paper can be rotated and translated in front of a camera in order to view virtual contents in 6 degrees of freedom. However, people usually handle a piece of paper by folding or bending. For instance, people fold a piece of paper for holding it easily or bend it to follow the shape of their hands. Conventional augmented reality systems do not consider the change in the geometric property of paper such as folding and bending as natural interaction. Therefore, it is necessary to implement such interactions in order to enhance augmented reality.</p> <p>Firstly, this work includes the modeling and recognition of folding, bending and cutting-based interactions on physical paper by applying a matching method. This work proposes an automatic recognition of the folding applied to physical papers and the transition between folded and planar condition. Secondly, the folding is extended into a bending interaction. Thirdly, regions recognition on paper is extended to allow the user to cut a piece of paper and track the pieces independently.</p> <p>The system setup is then extended using projector-camera setup to allow the user to view the visualization directly on physical papers. In this case, the system can be implemented in larger area. By using the random dot marker technique, automatic content alignment is proposed. It allows the arbitrary movement of projector, camera and physical paper. As a result, it is not necessary to fix the projector, the camera and the paper beforehand and the time-consuming pre-calibration procedure can be avoided.</p> <p>The proposed method is applied in order to realize the visualization of geographical information on physical paper maps. User can fold, bend, and cut a piece of paper map for interacting with virtual contents. A system architecture for building augmented maps applications that retrieves the geographical information from the Internet is presented. Using the proposed system architecture, the paper map and the virtual contents can be retrieved on demand so that the augmented maps application of any location can be made. Moreover, in order to support the user mobility and recent devices, the implementation of augmented maps on mobile phones is explored. Furthermore, the interaction of augmented maps is also explored by realizing pointing and tapping gestures.</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3873 号	氏 名	Sandy Eggi Martedi
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	博士（工学） 斎藤 英雄
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 岡田 謙一
		慶應義塾大学専任講師	博士（工学） 杉本 麻樹
		慶應義塾大学准教授	博士（工学） 満倉 靖恵
		南オーストラリア大学教授	Ph.D. Thomas, Bruce

学士（工学）、修士（工学）Sandy Eggi Martedi 君提出の学位請求論文は、「Augmented Reality on Geometrically Changeable Paper（幾何学形状が変化可能な紙を用いた拡張現実感）」と題し、6章より構成されている。

本論文は、人類の歴史上、古くから情報の記録や伝達のために用いられてきた「紙」を使って、デジタル情報の提示を行うために拡張現実感技術を利用するという枠組みを提唱し、この枠組みの実現のための基盤技術として、紙を撮影した画像から、紙の形状や位置姿勢を推定するための画像解析手法を提案し、プロジェクタを利用した拡張現実感システムや地理情報を紙の上で拡張現実感表示するシステムの構築を行っている。そして、紙を使ったデジタル情報の拡張現実表示の有効性を検証したものである。

第1章では、紙の歴史が紹介され、その紙を利用したデジタル情報の伝達や提示のための拡張現実感技術の枠組みが提唱され、その意義について述べられている。そして、この枠組みを実現するための本論文で解決しようとしている問題点が示され、結果的に期待できる本研究の貢献が述べられている。

第2章では、関連研究についてのサーベイが示されている。紙を利用した拡張現実感技術や、紙などの表面の幾何学形状を画像から推定する技術などが紹介され、本論文の関連研究に対する位置づけが明確に述べられている。

第3章では、紙の幾何学的形状や位置姿勢を画像から推定し、その変化を追跡するための手法が提案され、その有効性が示されている。まず、紙が折られ、複数の平面でモデル化できる状況を想定し、ランダムドットマーカが印刷されている紙を撮影した画像から紙の幾何学的形状をリアルタイムで推定・追跡する手法が提案され、その性能が実験により評価されている。また、ドットの変位から紙の曲げ形状を推定する手法、さらに、切り取られた紙の輪郭を特徴量として紙片の識別を行う手法が示され、実験により有効性が評価されている。そして、これらの形状推定・追跡法の実利用の一例として、折り曲げられた紙の地図上への建物の3次元モデルデータを拡張現実提示したり、紙の曲げにより紙上に提示されるデジタル情報を変化させていくことのできるシステム、さらに、切り取られた型紙を組み立てる手順を紙上に表示するシステムが示されている。

第4章では、環境に設置されたプロジェクタを利用して紙上へデジタル情報を投影表示する際に、紙の位置姿勢をリアルタイム推定・追跡する手法が提案されている。そして、本手法を用いて、手に持った紙の地図上に、手の動きに従ってプロジェクタにより付加情報が適切な位置に表示可能となることが実験的に示され、本手法の有効性が検証されている。

第5章では、本論文で提唱している紙を使ったデジタル情報の拡張現実提示を具体化するためのシステム構成例と応用例として、紙地図上にデジタル地理情報を拡張現実提示するシステム構成が示され、このシステムをスマートフォンに実装した例や、紙上への指差し動作によるデジタル情報のインタラクションの例が示されている。

第6章は結論であり、本論文で得られた成果と今後の展望についてまとめられている。

以上要するに本研究では、幾何学的形状が可変という紙の性質を利用した新しいデジタル情報提示に拡張現実感技術を利用するという枠組みを提唱し、このために必要される紙の形状の推定・追跡の新たな手法を提案し、スマートフォンやプロジェクタ等を利用した応用システムを構築することにより、提案手法の有効性を検証したものである。これらの成果は、情報メディア提示技術やインタラクション技術分野への貢献が期待でき、工学上、工業上寄与するところが少なくない。

よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

## 内容の要旨

報告番号	甲 第3874号	氏名	横山 和人
主論文題目： エネルギー整形によるシステムの動力的特性を利用した 倒立振り子型移動体の非線形制御			
<p>次世代移動支援技術などに応用されている倒立振り子型移動体 (MIP: Mobile Inverted Pendulum) の安定化・走行制御系設計を行う。特にシステムのエネルギー状態の整形および2つの動力的に特性に着目する。1つは物理システムが本来有する運動に伴うエネルギー減衰特性である受動性、もう1つはMIPの不安定性である。制御理論は <i>Interconnection and Damping Assignment Passivity-Based Control (IDA-PBC)</i> を用い、安全性を考慮した非線形な制御特性を付与した。提案するいずれの制御系もエネルギー整形の自由度を利用した状態量依存のゲイン特性を有し、MIPの状態を指定範囲内に制限するとともに、転倒に近づくとき積極的に目標状態へ復帰させる。本論文の構成は以下の通りである。</p> <p>第1章では、本論文の背景を述べた。</p> <p>第2章では、MIPと類似するシステムである台車型倒立振り子にIDA-PBCを適用し、制御性能を検証した。エネルギー整形に基づく制御は広範囲な状態に対する安定性保証などの利点がある反面、過渡応答が遅くなる傾向があるといわれる。本章では従来用いられなかったエネルギー整形の自由度を利用することにより、過渡応答の速さと引き込み領域の大きさを両立可能であることを示し、MIPにIDA-PBCを応用することの妥当性を確認した。</p> <p>第3章では、MIPを指定した位置に倒立状態で停止させる安定化制御について述べた。劣駆動システムのMIPにIDA-PBCを適用する場合、非線形偏微分方程式を解く必要があり、一般的に困難を伴う。MIPに対してはこれが解けることを示して制御系を導出し、併せて安定性を保証する制御系パラメータの視覚的選択法を示した。第2章の知見に基づき制御系を調整し、シミュレーションと実機実験により提案制御系の有効性を示した。</p> <p>第4章では、運転者からの指令に対して力学的な不安定性を利用しつつMIPを加減速させる走行制御について述べた。MIPが前方または後方に倒れ込み、定常状態となるように制御されるとき、動力的釣り合いから間接的に並進方向加速度も一定となる。本章では車輪の状態量を消去したMIPのダイナミクスを解析することで、これが全駆動システムの枠組みで非線形偏微分方程式を解かずにIDA-PBCを適用可能な構造を有することを示した。導出した制御系は車体角度のみに着目するものであるが、加減速指令に応じて故意にMIPを倒れ込ませることで並進方向加速度を制御した。シミュレーションと実機実験により提案制御系が有効に機能することを示した。</p> <p>第5章では車体重心移動機構を追加したMIPに対する走行制御について述べた。本システムは民間で実車開発が進む一方、静力学的な平衡点近傍での安定性を保証する線形制御を用いた従来研究が少数存在するのみである。本章では新しい自由度が追加されたMIPに対しても第4章で提案した制御系導出方法が拡張可能であることを示した。倒れ込みと車体重心移動を併用する不安定化によりMIPを加減速させる走行制御系を提案し、シミュレーションと実機実験により有効性を示した。</p> <p>最後に第6章では、本論文の結論を述べた。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3874 号	氏 名	横山 和人
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学准教授	博士（工学） 高橋 正樹
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 大森 浩充
		慶應義塾大学教授	博士（工学） 村上 俊之
		慶應義塾大学准教授	博士(工学) 森田 寿郎
<p>学士（工学）・修士（工学）横山 和人君提出の学位論文は「エネルギー整形によるシステムの動力的特性を利用した倒立振り子型移動体の非線形制御」と題し、全 6 章から構成される。本論文は、次世代移動支援技術などに応用されている倒立振り子型移動体（MIP: Mobile Inverted Pendulum）の安定化・走行制御系設計を行っている。特にシステムのエネルギー状態の整形、および物理システムが本来有する運動に伴うエネルギー減衰特性である受動性と MIP の不安定性という、システムの動力的特性に着目している。制御理論は <b>Interconnection and Damping Assignment Passivity-Based Control (IDA-PBC)</b> を用い、安全性を考慮した非線形な制御特性を付与している。提案するいずれの制御系もエネルギー整形の自由度を活用し、MIP の状態を指定範囲内に制限するとともに、状態量依存のゲイン特性により積極的に転倒を回避可能な制御系を実現している。</p> <p>第 1 章では、本研究に関わる背景を述べ、研究課題と本論文の目的を述べている。</p> <p>第 2 章では、MIP と類似するシステムである台車型倒立振り子に IDA-PBC を適用し、制御性能を検証した。エネルギー整形に基づく制御は広範囲な状態に対する安定性保証などの利点がある反面、過渡応答が遅くなる傾向があるといわれる。本章では従来用いられなかったエネルギー整形の自由度を利用することにより、過渡応答の速さと引き込み領域の大きさを両立可能であることを示し、MIP に IDA-PBC を応用することの妥当性を確認している。</p> <p>第 3 章では、MIP を指定した位置に倒立状態で停止させる安定化制御について述べている。劣駆動システムの MIP に IDA-PBC を適用する場合、非線形偏微分方程式を解く必要があり、一般的に困難を伴う。MIP に対してはこれが解けることを示して制御系を導出し、併せて安定性を保証する制御系パラメータの視覚的選択法を示している。第 2 章の知見に基づき制御系を調整し、シミュレーションと実機実験により提案制御系の有効性を示している。</p> <p>第 4 章では、運転者からの指令に対して MIP を加減速させる走行制御について述べている。IDA-PBC により非線形な制御特性を付加しつつ、MIP の力学的特徴である不安定性を利用する。ここで不安定性の利用とは、MIP が前方または後方に倒れ込み、定常状態となるように制御される時、動力的釣合いから間接的に並進方向加速度も一定になる関係の利用を指す。本章では車輪の状態量を消去した MIP のダイナミクスを解析することで、これが全駆動システムの枠組みで非線形偏微分方程式を解かずに IDA-PBC を適用可能な構造を有することを示している。導出した制御系は車体角度のみに着目するものであるが、加減速指令に応じて故意に MIP を倒れ込ませることで並進方向加速度を制御した。シミュレーションと実機実験により、提案手法の非線形な制御特性が有効に機能することを示している。</p> <p>第 5 章では、車体重心移動機構を追加した MIP に対する走行制御について述べている。本システムは民間で実車開発が進む一方、静力学的な平衡点近傍での安定性を保証する線形制御を用いた従来研究が少数存在するのみである。本システムに対しても第 4 章で提案した制御系導出方法が拡張可能であることを示し、倒れ込みと車体重心移動の併用による不安定化を利用する加減速制御系を提案している。新しい自由度の利用により、加減速時の MIP の挙動の改善や制御入力 of 最大値の低減が可能であることをシミュレーションにより示している。</p> <p>第 6 章では、以上の内容をまとめ、本論文の結論を述べ、最後に今後必要な検討課題について述べられている。</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3875号	氏名	平野 梨伊
主論文題目： 4H-SiC 中の転位のフォトルミネッセンス解析			
<p>4H-シリコンカーバイド(4H-SiC)半導体により、現在のシリコンよりも高耐圧かつ高効率を有するパワーデバイスが実現できると期待されている。しかし、4H-SiC バイポーラ型パワーデバイスに順方向バイアスを印加すると積層欠陥が拡大し、電流特性が劣化することが実用化を阻んでいる。ここでの拡大は、積層欠陥の端を定義する <math>30^\circ\text{-Si(g)}</math> 部分転位のすべり運動に起因する事が知られている。この転位すべり運動は光照射や電子線照射等の励起によっても観測される現象で radiation-enhanced dislocation glide(REDG)と呼ばれている。REDG は4H-SiC 以外にもシリコン、ガリウム砒素等の様々な物質で観測されているが、その機構の詳細は未解明である。そこで、本研究ではフォトルミネッセンス法を用いて、光照射によって促進される4H-SiC 中の転位すべり運動機構を解明し、電流注入によるすべり運動との関係を議論し、さらに転位からの発光の偏光特性を明らかにした。</p> <p>本論文の第1章は導入で、4H-SiC を用いたパワーデバイスの有用性と実用化への課題について述べる。第2章では4H-SiC 半導体の特徴と其中での欠陥の挙動を概観し、第3章では主たる実験方法であるフォトルミネッセンスの原理と実験系の概要を記述する。第4章では <math>30^\circ\text{-Si(g)}</math> 部分転位の REDG に関する実験を紹介し、部分転位すべり運動速度の測定とその解析結果を示す。一般的に転位すべり運動は、せん断応力と、電子-正孔対の再結合により生じる余剰エネルギーが要因となり誘起されると考えられてきた。ここで、光ではせん断応力を印加できないため、光照射強度と共に増加する電子-正孔対の再結合が REDG の主要因であり、転位すべり運動速度は光照射強度に対して線形に増加することが4H-SiC 以外の系で報告されてきた。しかし、本章の実験では、4H-SiC の <math>30^\circ\text{-Si(g)}</math> 部分転位すべり運動速度が光照射強度の2乗に比例することを見出し、積層欠陥が電子-正孔対を捕獲することによる積層欠陥形成エネルギーの低下が実効的にせん断応力として働くモデルによって今回の結果は説明される。第5章では、<math>30^\circ\text{-Si(g)}</math> 部分転位の REDG に対して、光励起されたキャリア密度と光照射強度の影響を定量的に比較し、<math>30^\circ\text{-Si(g)}</math> 部分転位すべり運動の促進は光照射強度によって支配されていることを明らかにした。この事実は従来から広く考えられてきた電子-正孔対の非放射再結合による転位すべり運動の促進が4H-SiC 中のすべり運動の促進を説明できないことを意味する。さらに転位の光イオン化によってすべり運動の障壁が下がることがすべり運動促進につながったことを示唆する。よって光照射を伴わない実際のパワーデバイス動作、すなわち電流注入におけるすべり運動促進においても同様の要因を考慮する必要があることを提案する。第6章では4H-SiC 中の転移上の発光が特定の偏光を有することを見出した実験を紹介する。光照射によりすべり運動する <math>30^\circ\text{-Si(g)}</math> 部分転位とバーガスベクトルから <math>6^\circ</math> 傾いた部分転位上の発光は転位線に対して垂直に偏光していることに対し、すべり運動を起こさない <math>30^\circ\text{-C(g)}</math> 部分転位は偏光していないことを明らかにした。ここから <math>30^\circ\text{-Si(g)}</math> と <math>6^\circ</math> 部分転位に束縛されたキャリアの波動関数は異方性を有し、<math>30^\circ\text{-C(g)}</math> 部分転位に束縛された波動関数は等方的であることが分かる。第7章では結論と展望を述べる。</p> <p>4H-SiC を用いたバイポーラパワーデバイスの実用化のためには転位すべり運動を抑制し積層欠陥の拡大を防ぐことが必要である。よって、光をプローブとして転位すべり運動の本質を明らかにした本研究が、転位すべり運動を抑制するための技術開発に寄与することが期待される。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3875 号	氏 名	平野 梨伊
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	Ph. D. 伊藤 公平
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 太田 英二
	副査	慶應義塾大学准教授	博士（理学） 早瀬 潤子
	副査	慶應義塾大学准教授	博士(工学) 牧 英之
	副査	JAXA 宇宙科学研究所名誉教授	工学博士 田島 道夫
<p>学士（工学）、修士（工学）平野梨伊君の学位請求論文は「4H-SiC 中の転位のフォトルミネッセンス解析」と題し、全7章より構成される。</p> <p>4H-SiC 半導体を利用すれば、現在のシリコンよりも高耐圧かつ高効率を有するパワーデバイスが実現できる。しかし、4H-SiC バイポーラ型パワーデバイスに順バイアスを印加すると積層欠陥が拡大し、電流特性が劣化することが問題となっている。ここでの拡大は、積層欠陥の端を定義する部分転位のすべり運動に起因する事が知られている。さらに、光照射で励起される転位のすべり運動が radiation-enhanced dislocation glide (REDG)として知られている。REDG は4H-SiC 以外の様々な物質でも観測されているが、その機構の詳細は未解明である。そこで、申請者は本論文において、光照射によって促進される4H-SiC 中の転位すべり運動のメカニズムを解明し、電流注入によるすべり運動との関係を議論した。さらに転位からの発光の偏光特性を明らかにした。</p> <p>第1章は導入で、4H-SiC を用いたパワーデバイスの有用性と実用化に向けた課題が提示される。第2章では4H-SiC 半導体の特徴と其中での欠陥の挙動が概観され、第3章では主たる実験方法であるフォトルミネッセンスの原理と実際に用いた装置系の詳細が示される。第4章では部分転位の REDG に関する実験が紹介され、部分転位すべり速度の測定とその解析結果が示される。特に、すべり速度が光照射強度の2乗に比例することが見出される。この結果は、励起子の捕獲により積層欠陥の形成エネルギーが低下し、これによってすべりが促進されるモデルの予測とよく一致する。第5章では、部分転位の REDG に対して、光励起されたキャリア密度と光照射強度の影響が定量的に比較される。そして光照射強度に依存する光イオン化がすべり運動の促進の主要因であることを示す。第6章では4H-SiC 中の転移上の発光が特定の偏光を有することを見出した実験結果が紹介される。光照射によりすべる部分転位からの発光は偏光していることに対し、すべり運動を起こさない部分転位からの発光は偏光していないことが示される。第7章では結論と展望が述べられる。</p> <p>4H-SiC を用いたバイポーラパワーデバイスの実用化のためには転位すべり運動を抑制し積層欠陥の拡大を防ぐことが必要である。よって、光をプローブとして転位すべり運動の本質を明らかにした本研究が、実際の素子において転位すべり運動を抑制する技術開発に大きく寄与することが期待される。</p> <p>よって、本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			

## 内容の要旨

報告番号	甲 第 3876 号	氏 名	山田 泰之
主論文題目： 安定な平衡状態を考慮したリンク機構のための弾性要素方式自重補償			
<p>本研究では、様々な大きさのシリアルリンク機構を高い精度で自重補償可能な弾性要素方式の自重補償機構を開発し、利用目的に合わせて安定な平衡状態を考慮してパラメータ設計する方法を示すことで、省エネや省力化への効果を明らかにする。</p> <p>持続可能な社会の実現には多分野でのエネルギーの効率的利用が求められている。エネルギー消費のなかでも、産業活動の占める割合は多く、省エネや省力化が期待されている。とくに、建設機械のアーム、工場ラインなどで利用されている産業用ロボットアームや重量物運搬の作業員補助に用いる荷役機械などでは作動リンクの姿勢保持のためにアクチュエータや操作者が常に自重トルクを負担する必要があるため、アームや荷物の上下動にともなう位置エネルギー消費が大きい。</p> <p>このような場合、自重トルクを軽減する方法として、カウンタ・ウエイトやばねを用いた自重補償が有効である。カウンタ・ウエイト方式は機構が簡単でかつ高い補償精度が得られる。しかし、リンク機構の自重と慣性が増大するため装置全体の移動性とリンク先端の操作性が低下すること、ウエイトがリンクとは反対側に突出するため、取り付けスペースを要するなどの設計の制約の理由から、シリアルリンク機構の根本の関節のみか単リンク機構の補償に利用される程度であった。</p> <p>一方で、ばねを用いた自重補償はカウンタ・ウエイト方式の諸問題を改善できる。しかし、補助力が不十分な機構や特定の小型機器への機構設計は提案されているが、産業用マニピュレータなどの中大型のリンク機構を補償可能な機構は存在しない。さらに、装置全体が傾斜した場合やばね取り付け基部が弾性変形した場合などに、補償効果と位置決め性能が低下する。また、自重補償時のリンク機構先端を手動で操作すると、わずかな入力によっても予測が困難な自由運動を起こすため、操作性の低下が懸念される。</p> <p>このように、ばねを用いた自重補償はカウンタ・ウエイト方式特有のデメリットは解消できるが、大型リンクへの対応、傾斜による問題と、自重補償による操作性の低下などの実用上の諸問題のために十分な活用にはいたっていない。</p> <p>そこで、大型リンク機構にも対応可能なばねを用いた自重補償原理と機構設計、およびこれを応用して、リンク機構に任意の安定な平衡状態を構築するパラメータチューニング法の提案を行った。さらに、自重補償機構における上記の諸問題を改善するため、傾斜時の位置決め性能の維持やリンク機構先端の操作性の向上などの作業目的に応じた安定な平衡状態を構築するパラメータチューニング法を示した。また、それらの設計法を用いて実用を想定した機構設計を行った。</p> <p>本研究で開発した自重補償機構は、小型から大型リンク機構を高い精度で自重補償できる初の実用的な弾性要素方式の自重補償機構である。また、安定な平衡状態の構築により、産業機械のエネルギー消費削減や高出力化だけでなく、介護機器や医療機器の省力化、装着型インターフェースなど様々な分野での応用が可能である。</p> <p>最後に、1本のばねの調整だけでリンク機構の高機能化をはかる本機構は、単純な機械要素のみでシステムの高機能化を実現する効率的な設計解であり、磁力や浮力などとの釣合いを考える機構設計のアナロジーとしての活用や、センサやサーボを惜しみなく使用する高エネルギー消費な機械設計に対する新たな解の提案が期待できる。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3876 号	氏 名	山田 泰之
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	Ph. D. 三田 彰
		慶應義塾大学准教授	博士(工学) 高橋 正樹
		慶應義塾大学准教授	博士(工学) 竹村 研治郎
<p>学士（工学）、修士（工学）山田泰之君提出の学士請求論文は、「安定な平衡状態を考慮したリンク機構のための弾性要素方式自重補償」と題し、5章により構成されている。</p> <p>自重補償とは、垂直多関節型リンク機構の回転対偶に加わる自重トルクを打ち消す機械設計の一方法であり、産業機械等に用いたときの消費エネルギーの削減効果が期待されている。自重補償はカウンタ・ウェイト方式と弾性要素方式に大別され、弾性要素方式は特に総重量と慣性項の増加が制限される用途において有利であることが知られている。弾性要素方式の原理は、リンクの角度によって変化する自重トルクと弾性力によるトルクを運動学的につり合わせるものであるが、装置全体の傾斜や移動などのパラメータ変動には対応できず補償性能の低下や挙動の不安定化を生じることが知られていた。しかし、既往研究では弾性要素の幾何学的制約は探索的な方法で発見されているため、上記のパラメータ変動を考慮した設計解は得られていなかった。これに対して本論文は、重力と弾性力の合成によって補償力を記述し、その補償力を用いて静力学的に安定な平衡状態を生成する基礎理論を導出することによって、パラメータ変動に関わる諸問題を解決したものである。各章の内容は以下のとおりである。</p> <p>第一章は序論であり、本研究の背景と目的を述べている。</p> <p>第二章では、リンク機構の自重補償状態をニュートン・オイラー運動方程式で記述している。弾性要素に要求される変位と出力の特性を零長ばねという概念で説明し、リンク機構の大型化にともなって既往研究の補償性能が低下する原因が、実設計時の幾何学的関係のずれ、および弾性要素自体のリンク自重に対する割合の増加によることを明らかにしている。この解決策として幾何学的関係のずれが発生しない新たな弾性要素式自重補償を提示し、大型リンクにおいても高精度に機能することを示している。</p> <p>第三章では、自重補償状態にあるリンク機構に対して弾性要素を更に追加することで安定な平衡状態を構築する方法を示している。追加する弾性要素を零長ばねとすることによって自重補償と平衡状態の構築に用いる2本のばねを1本の零長ばねに合成できることを明らかにしている。さらに弾性要素式自重補償におけるばね定数の大きさと基部傾斜角度によって、リンク機構の安定な平衡状態を表わすパラメータである平衡付勢力の大きさと平衡角度をチューニングできることを示している。</p> <p>第四章では、前章までの議論を踏まえた実験装置について説明し、そのパラメータを基礎理論に則って設定することで、弾性要素式自重補償に関わる諸問題の解決に加えて2自由度のシリアルリンク機構を操作する際の位置決め精度を向上できることを実証している。</p> <p>第五章は結論であり、本研究の結果の総括を述べている。</p> <p>以上、要するに本論文は、弾性要素を用いた自重補償におけるリンク機構の設計パラメータを重力と弾性力の合成による安定な平衡状態を考慮して決定する方法を明らかにしたものである。著者は、弾性要素式自重補償を基礎理論化するとともに大型リンクを高い精度で自重補償できる初の実用的な方法を提案し、産業機械を一例とした実際的な問題設定を取り上げてエネルギー損失削減や高出力化への有効性を示している。その成果は、介護機器や医療機器の省力化、装着型インターフェースの開発などの分野に対して工学上・工業上寄与することが期待される。よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			

## 内容の要旨

報告番号	甲 第 3877 号	氏 名	平田 直之
主論文題目：			
アルカンチオールならびにフェロセン修飾した自己組織化単分子膜の電子物性の解明			
<p>自己組織化単分子膜とは、有機分子が固体基板表面へ吸着し、自発的にある特定の構造に組み立てられた単分子膜のことであり、次世代の有機薄膜デバイスへの応用・実用化に対しても大きく期待されている。その中で、金表面に構築されたアルカンチオール自己組織化単分子膜は、配向性・秩序性の高い分子膜として簡易に形成できる上に、アルキル鎖末端に種々の官能基を導入することにより、表面に化学的活性や光応答性などの機能性を付与することができる最も基本的なモデルシステムである。これまで、単分子膜の幾何構造や形成過程、官能基個々の機能性に関しては、様々な測定手法により幅広く研究されてきている。しかしながら、膜表面および固体基板との界面における、電子状態や電子の励起・緩和などの電子ダイナミクスに関しては、単分子膜の様々な機能性の発現単位として極めて重要な知見であるにもかかわらず、これまで測定手法の確立が十分でなかったことなどから、未解明な部分も多い。特に電子の励起や緩和過程の解明にはピコ秒からフェムト秒のオーダーで起きるため、緩和時間と同等以上の時間分解能を有する分光法が必要である。</p> <p>そこで本論文では、フェムト秒の超短パルス光を用いた2光子光電子分光法により、金表面上のアルカンチオール自己組織化単分子膜、ならびに末端にフェロセンを修飾した自己組織化単分子膜の占有・非占有電子状態および電子ダイナミクスの解明を目指した。</p> <p>第1章では、本研究の背景と各章の内容を概説し、第2章では、紫外光電子分光法、2光子光電子分光法の測定原理および測定装置について詳述した。</p> <p>第3章では、2光子光電子分光法による、アルカンチオール自己組織化単分子膜の電子状態の解明を詳述した。観測された占有・非占有準位のうち、金-チオール界面に局在化した非占有準位が、基板の温度変化に対してエネルギーシフトする様子を見出し、その原因はアルキル鎖の傾きの変化に伴う、硫黄原子間の相互作用の大きさの変化であることを明らかにした。</p> <p>第4章では、時間分解2光子光電子分光法によるアルカンチオール自己組織化単分子膜の電子ダイナミクスの解明を詳述した。1つ目のパルス光により膜上の鏡像準位に励起された電子が、数十ピコ秒にわたって準位内に留まることを見出し、さらにその電子の寿命がアルキル鎖の長さを変えることにより制御できることを明らかにした。</p> <p>第5章では、機能性分子として末端にフェロセンを導入した自己組織化単分子膜に対して、電子状態の形成とその電子ダイナミクスを詳述した。電子状態としてはフェロセンの特徴を見出し、その信号強度もフェロセンの吸着量に依存していることがわかった。また、フェロセン単分子膜では、膜の秩序性・配向性の程度によって鏡像準位に励起された電子の寿命を大きく左右され、膜の秩序性の向上によって励起電子の寿命が長くなることを見出した。</p> <p>第6章では、各章の結論を述べ、本研究の成果をまとめた。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3877 号	氏 名	平田 直之
論文審査担当者：	主査 慶應義塾大学教授	理学博士	中嶋 敦
	副査 慶應義塾大学教授	工学博士	佐藤 徹哉
	慶應義塾大学教授	工学博士	藪下 聡
	慶應義塾大学教授	博士(理学)	近藤 寛

学士(理学), 修士(理学)平田直之君提出の学位請求論文は「アルカンチオールならびにフェロセン修飾した自己組織化単分子膜の電子物性の解明」と題し, 6章から構成されている。

自己組織化単分子膜(SAM)は, 有機分子が固体基板表面へ吸着し, 自発的にある特定の構造に組み立てられた単分子膜であり, 次世代の有機薄膜デバイスへの応用・実用化が期待されている。とりわけ, 金表面に構築されたアルカンチオール SAM は, 配向性・秩序性の高い分子膜として簡易に形成できる上, アルキル鎖末端に種々の官能基を導入することにより, 表面に化学的活性や光応答性などの機能性を付与することができる最も基本的なモデルシステムである。これまで, 単分子膜の構造や形成過程, 官能基の機能性に関しては, 様々な測定手法により幅広く研究されてきている。しかし, 膜表面および固体基板との界面における電子準位や電子の励起・緩和などのダイナミクスに関しては, 単分子膜の機能性の発現の上で極めて重要な知見であるにもかかわらず, これまで測定手法の確立が十分でなかったことなどから未解明な部分も多かった。特に電子の励起・緩和過程の追跡には, 緩和時間と同等以上のフェムト秒オーダーの時間分解能を有する分光法が必要であるため, 研究が十分には進んでいなかった。

そこで本研究では, フェムト秒の超短パルス光を用いた 2 光子光電子分光法により, 金表面上のアルカンチオール SAM, ならびに末端にフェロセンを修飾した SAM に形成される占有ならびに非占有電子準位やこれらの電子準位における励起・緩和などの電子ダイナミクスを解明した。

第 1 章では, 本研究の背景と各章の内容を概説するとともに, 本論文の目的と意義を述べている。

第 2 章では, 紫外光電子分光法, 2 光子光電子分光法の原理および装置について詳述している。

第 3 章では, 2 光子光電子分光法による, アルカンチオール SAM の電子状態の解明について詳述している。観測された占有・非占有準位のうち, 金-チオール界面に局在化した非占有準位が, 基板の温度変化に対してエネルギーシフトする現象を見出し, その原因はアルキル鎖の傾きの変化に伴う硫黄原子間の相互作用の大きさの変化であることを明らかにしている。

第 4 章では, 時間分解 2 光子光電子分光法によるアルカンチオール SAM の電子ダイナミクスの解明について詳述している。1 つ目のパルス光により膜上の鏡像準位に励起された電子が, 数十ピコ秒にわたって準位内に留まることを見出し, さらにその励起電子状態の寿命がアルキル鎖の長さを変えることにより制御できることを明らかにしている。

第 5 章では, 機能性分子として末端にフェロセンを導入した SAM に形成される電子状態とその電子ダイナミクスを詳述している。フェロセンの特徴を反映して新たに形成される電子状態を見出し, その信号強度がフェロセンの吸着量に依存していることを見出している。また, フェロセン単分子膜では, 膜の秩序性・配向性の程度によって鏡像準位に励起された電子状態の寿命が大きく左右され, 膜の秩序性の向上によって励起電子状態の寿命が長くなることを明らかにしている。

第 6 章では, 各章の結論を述べ本研究の成果をまとめている。

以上要するに, 本論文は 2 光子光電子分光法の特徴と意義を踏まえて, 同手法をアルカンチオール SAM, ならびに末端にフェロセンを修飾した SAM に適用することにより, 金-チオール界面に局在化した非占有準位や鏡像準位に励起された電子のダイナミクスを, SAM のアルキル鎖の動きに関連づけて明らかにしている。機能性分子の導入によってもたらされる電子の振る舞いの観測は, 膜の秩序性と電子ダイナミクスの相関を明らかにしたもので, これらの知見は界面の電子物性の解明と機能設計の重要な基礎をなすものであり, 物理化学, そして機能表面化学の発展への寄与が少なくない。よって, 本論文の著者は博士(理学)の学位を受ける資格があるものと認める。

## 内容の要旨

報告番号	甲 第 3878 号	氏 名	石田 慎一
主論文題目			
サービス指向ルータにおける情報抽出と転送に関する研究			
<p>アプリケーション層(レイヤ 7)情報をネットワーク中継地点にあるルータで取得し、End to End では取得不可能であったデータに基づくサービスの提供を可能とする、SoR (Service Oriented Router)が提案されている。ルータ上でレイヤ7情報を扱うためには、パケットからTCPストリームを再構築し、レイヤ7のデコードを行った後、情報を抽出する必要がある。また、抽出情報に基づいて低遅延で情報の転送先や転送経路を柔軟に変更できれば、新しいサービスが提供できる。本研究では、前述の情報抽出に関して(1)SoRにおける情報抽出ソフトウェア NEGI(Negi Enables Great Intelligence)を、転送に関して(2)パトリシアツリーで構成された経路情報を低遅延で更新する技術を提案、評価した。</p> <p>第1章にSoRを用いて実現する新世代インターネット像と、その実現に必要な機能を挙げたのち、本研究で解決すべき課題として、ルータにおいて情報を抽出する機構と、情報の転送に必要な経路情報の更新を行う機構を取り上げ、本論文の構成を述べた。</p> <p>第2章に従来ネットワークにおけるサービス提供の取組みと関連研究について述べた。</p> <p>第3章にSoRで実現する具体的なサービスの例を挙げ、プライバシーに関する考察とSoRの実現可能性に関する予備評価を行った。</p> <p>第4章では、情報抽出部としてルータにおける情報抽出を行うNEGIを提案し、その実装について述べた。NEGIは、パケットからTCPストリームの再構築を行い、レイヤ7で施されているエンコード文字列のデコード、トラヒックからサービスの提供に有用な情報の検索と抽出、さらにその情報をデータベースへ保存する機能を有する。特に、ストリーム再構築やデコードはメモリを消費するため従来ルータでの実装が困難であったが、新たにコンテキストスイッチを利用した機構による解決手法を提案した。</p> <p>第5章では、NEGIの評価を行った。上記機構により、通信全体を保存する場合と比較して使用メモリ量を87.5%削減した。また、実際にルータとして利用した場合21.3Mbpsの処理が可能であり、あらかじめ準備したデータを利用した場合、1.5TB・最大73万コネクションを含むコアネットワークの仮想トラヒックが処理可能であることを示した。</p> <p>第6章では、情報の転送先を低遅延で変更可能とする、ルーティングテーブルの動的インクリメンタル・デクリメンタル更新手法を提案した。ツリー構造で構築された経路情報の検索コストを、冗長ノードを集約することで削減したEnhanced Patricia Tree (EPT)とEnhanced Patricia Tree with Reordering (EPT-R)を実装した。</p> <p>第7章では、差分アップデートアルゴリズムの評価を行った。EPTとEPT-Rの動的インクリメンタル・デクリメンタルアップデートは、ツリー全体の再構築と比較してそれぞれ10万分の1程度の遅延でツリーの更新が可能であることを示した。</p> <p>第8章に、結論として各章の内容をまとめ、本研究の成果を要約するとともに、今後の発展性について述べた。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3878 号	氏 名	石田 慎一
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学准教授	博士（工学） 西 宏章
	副査	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） 寺岡 文男
		慶應義塾大学教授	工学博士 笹瀬 巖
		国立情報学研究所准教授	博士（工学） 鯉淵 道紘

  

学士（工学）、修士（工学）石田慎一君提出の学位請求論文は「サービス指向ルータにおける情報抽出と転送に関する研究」と題し、8章から構成されている。

アプリケーション層(レイヤ7)情報をネットワーク中継地点にあるルータで取得し、End to Endでは取得不可能であったデータに基づくサービスの提供を可能とする、Service Oriented Router (SoR)が提案されている。ルータ上でレイヤ7情報を扱うためには、パケットからTCPストリームを再構築し、レイヤ7のデコードを行った後情報を抽出する必要がある。また、抽出情報に基づいて低遅延で情報の転送先や転送経路を柔軟に変更できれば、新しいサービスが提供できる。本研究では、前述の情報抽出に関してSoRにおける情報抽出ソフトウェア Negi Enables Great Intelligence (NEGI)を、転送に関してツリーで構成された経路情報を低遅延で更新する技術を提案、評価した。

第1章にSoRを用いて実現する新世代インターネット像と、その実現に必要な機能を挙げたのち、本研究で解決すべき課題として、ルータにおいて情報を抽出する機構と、情報の転送に必要な経路情報の更新を行う機構を取り上げ、本論文の構成を述べた。

第2章に従来ネットワークにおけるサービス提供の取組みと関連研究について述べた。

第3章にSoRで実現する具体的なサービスの例を挙げ、プライバシーに関する考察とSoRの実現可能性に関する予備評価を行った。

第4章では、情報抽出部としてルータにおける情報抽出を行うNEGIを提案し、その実装について述べた。このソフトウェアは、TCPストリームの再構築を行い、エンコード文字列のデコードやサービスの提供に有用な情報の検索と抽出、さらにその情報をデータベースへ保存する機能を有する。特に、ストリーム再構築やデコードはメモリを消費するため従来ルータでの実装が困難であったが、新たにコンテキストスイッチを利用した機構による解決手法を提案した。

第5章では、NEGIの評価を行った。上記機構により、通信全体を保存する場合と比較して使用メモリ量を87.5%削減した。また、実際にルータとして利用した場合21.3Mbpsの処理が可能であり、あらかじめ準備したデータを利用した場合、1.5TB・最大73万コネクションを含むコアネットワークの仮想トラフィックが処理可能であることを示した。

第6章では、情報の転送先を低遅延で変更可能とする、ルーティングテーブルの動的インクリメンタル・デクリメンタル更新手法を提案した。ツリー構造で構築された経路情報の検索コストを、冗長ノードを集約することで削減したEnhanced Patricia Tree (EPT)とEnhanced Patricia Tree with Reordering (EPT-R)を実装した。

第7章では、差分アップデートアルゴリズムの評価を行った。EPTとEPT-Rの動的インクリメンタル・デクリメンタルアップデートは、ツリー全体の再構築と比較してそれぞれ10万分の1程度の遅延でツリーの更新が可能であることを示した。また、第8章に、結論として各章の内容をまとめ、本研究の成果を要約するとともに、今後の発展性について述べた。

以上要するに、本研究はこれまでパケットの配信に専念してきたインターネットバックボーンルータを高機能化するとともに、それに伴うスループット低下を抑える技術を提案したものであり、次世代インターネットの開発に工業上、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 3879 号	氏 名	室町 実大
主論文題目： オゾンゲスト物質とするクラスレートハイドレートのオゾン保存特性および熱物性			
<p>オゾンはフッ素に次ぐ強い酸化力を持っており、また即座に酸素へと変化するため低環境負荷でもあることから、塩素やフロン系の洗浄剤の代替物質などとして期待されている。現在は、生鮮食品の殺菌や半導体の洗浄、水の浄化などの産業に利用されている。オゾンは、常温常圧付近の条件では酸素への分解反応を起こすため貯蔵・輸送が困難であり、利用のためにはオゾン発生器や供給ラインなどへの支出や電力の利用を余儀なくされている。安価な夜間電力を利用してオゾンを大量生産し、貯蔵・輸送を行うことができれば、より簡便にオゾンを利用することが可能となる。ハイドレートは、水分子が水素結合によりかご状の構造を成した結晶状の固体であり、生成する際には1つの分子をかごに取り込む。取り込まれた分子は外界から隔離されるため、オゾンをハイドレートのケージに取り込むことができれば、オゾン分子同士による反応を抑制しつつ、長期間の保存が可能になると期待される。また、分子レベルでの貯蔵手段であるため、高密度での貯蔵が可能になる。そこで、クラスレートハイドレート（以下ハイドレート）を用いてオゾンの分解を抑制する保存技術について、理論と実験の両面から研究を行った。</p> <p>本研究ではまず、ハイドレート中に含まれるオゾンの量と保存可能な期間を明らかにするために実験を行った。その際、ハイドレート中のオゾンの検出が従来法では困難であったため、化学分析手法の一つであるヨウ素滴定法を用いた方法を開発した。開発した測定手法を用いて数週間に渡る保存実験を実施し、氷点下あるいは氷点付近の温度条件において3週間にわたる保存実験を行い、不安定な熱力学条件で保存したときのオゾン含有量の変化を調べた。その結果、従来提唱されてきたオゾンの保存手法に比べて、質量基準にして数百倍のオゾン含有量を有し、保存期間も圧倒的に長いことを明らかにした。</p> <p>オゾンハイドレートの生成条件については、信頼性の高いデータはこれまで報告されていなかった。これはオゾンの分解性により精密な測定が困難であることによる。そこで本研究では、オゾンの酸素への分解を応用した相平衡測定法を開発し、測定を行った。相平衡測定はまず<math>O_3 + O_2 + CCl_4</math>ハイドレートについて実施された。測定したデータから、オゾンが酸素よりもハイドレートに適合することを示した。これらの実験においては、生成条件の高温低圧化のために四塩化炭素が用いられていたが、その後、無害で安価である二酸化炭素がオゾンハイドレートの生成条件を高温低圧化し得ることが明らかとなった。これを受けて本研究では、<math>O_3 + O_2 + CO_2</math>ハイドレートについて相平衡測定を実施し、その条件を明らかにした。</p> <p>一方、ハイドレートの生産プロセスの設計の際には、相平衡条件を簡便に推算することが求められる。これは、オゾンの分解により複雑に状態が変化する系において、ハイドレートの生成条件とオゾン含有量の推算を行うことで、プロセスや品質の管理が可能となるためである。本研究では実験的に取得した相平衡データを用いてオゾンハイドレートについての熱力学モデルを構築した。また、構築したモデルにより、実験では確認が困難であるオゾン分子のハイドレートのかご構造への適合性について定量的なデータを得ることに成功した。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3879 号	氏 名	室町 実大
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学准教授 博士(工学) 大村 亮	
	副査	慶應義塾大学教授 工学博士 鈴木 哲也	
		慶應義塾大学教授 工学博士 佐藤 春樹	
		慶應義塾大学専任講師 博士(農学) 奥田 知明	
<p>修士(工学)室町実大君提出の学位請求論文は「オゾンゲスト物質とするクラスレートハイドレートのオゾン保存特性および熱物性」と題し、全5章より構成されている。</p> <p>オゾンはフッ素に次ぐ強い酸化力を持ち、また即座に酸素へと変化するため低環境負荷でもあることから、塩素やフロン系の殺菌剤、洗浄剤の代替物質などとして期待されている。オゾンは、常温常圧付近の条件では酸素へと分解するため貯蔵が事実上不可能であり、利用にはオゾン発生器や供給ラインなどの利用が不可欠である。オゾンを大量生産し、貯蔵・輸送を行うことができれば、より簡便なオゾンの利用が可能となると期待されるが、効率的な貯蔵手段は存在しない。そこで、本研究ではクラスレートハイドレートをを用いたオゾンの貯蔵が試みられた。ハイドレートは、水分子が水素結合によりかご状の構造を成した結晶状の固体であり、生成する際には1つの分子を一つのかごに取り込む。取り込まれた分子は外界から隔離されるため、オゾンをハイドレートのケージに取り込むことができれば、オゾン分子同士による反応を抑制し、長期間の保存が可能になると期待される。また、その結晶構造から高密度での貯蔵が可能になると期待される。</p> <p>第1章ではまず、本研究の背景と従来の研究を概説している。第2章では、ハイドレート中に含まれるオゾンの量と保存可能な期間を明らかにするために実験研究の成果について論じている。この実験研究においては、ハイドレート中のオゾンの検出が従来法では困難であったため、化学分析手法の一つであるヨウ素滴定法を用いた方法を開発した。開発した測定手法を用いて数週間に渡る保存実験を実施し、氷点下あるいは氷点付近の温度条件において3週間にわたる保存実験を行い、不安定な熱力学条件で保存したときのオゾン含有量の変化を調べた。その結果、従来提唱されてきたオゾンの保存手法に比べて、質量基準にして数百倍のオゾン含有量を有し、保存期間も圧倒的に長いことを明らかにした。第3章では、オゾンハイドレートの平衡条件測定結果について論じている。この平衡条件については、信頼性の高いデータはこれまで報告されていなかった。これはオゾンの分解性により精密な測定が困難であることによる。そこで本研究では、オゾンの酸素への分解を応用した相平衡測定法を開発し、測定を行った。相平衡測定はまず<math>O_3 + O_2 + CCl_4</math>ハイドレートについて実施された。測定したデータから、オゾンが酸素よりもハイドレートに適合することを示した。これらの実験においては、生成条件の高温低圧化のために四塩化炭素が用いられていたが、その後、無害で安価である二酸化炭素がオゾンハイドレートの生成条件を高温低圧化し得ることが明らかとなった。これを受けて本研究では、<math>O_3 + O_2 + CO_2</math>ハイドレートについて相平衡測定を実施し、その条件を明らかにした。第4章ではオゾンハイドレートの相平衡条件を再現する理論モデルの構築について論じている。ハイドレートの生産プロセスの設計の際には、相平衡条件を簡便に推算することが求められる。これは、オゾンの分解により複雑に状態が変化する系において、ハイドレートの生成条件とオゾン含有量の推算を行うことで、プロセスや品質の管理が可能となるためである。本研究では実験的に取得した相平衡データを用いてオゾンハイドレートについての熱力学モデルを構築した。また、構築したモデルによりかご状構造とオゾン分子との適合性を理論的に表す指標であるLangmuir定数が定量的に決定された。第5章に、各章にて述べられた知見をまとめ、本研究の成果を総括している。</p> <p>以上要するに、著者はオゾンの利用拡大につながる貯蔵技術を確認すべく、オゾンのハイドレート化に関する実験研究と理論研究とを実施して、オゾンハイドレートの保存特性と熱物性に関する知見をまとめている。これより、1) これまで事実上不可能と考えられてきたオゾンの長期間高密度貯蔵が可能であることを実験的に示すと共に、2) そのハイドレートの平衡条件を実測と3) 平衡条件を再現・予測するための理論モデルの構築にも成功した。これらの成果はこれまでにない効率的なオゾン利用技術開発の基盤をなすものであり、工学上寄与するところ大である。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。</p>			

## 内容の要旨

報告番号	甲 第 3880 号	氏 名	玉木 秀和
主論文題目： 遠隔コミュニケーションにおける発話衝突低減手法			
<p>環境負荷低減、出張費削減などが求められるなか、遠隔会議システムの需要が増加してきている。遠隔会議システムのなかでも Web 会議システムは、複数の離れた拠点にいる会議の参加者が自席のデスクトップパソコンやノートパソコンから容易に参加できるシステムである。</p> <p>しかし、複数の拠点を結んで行う Web 会議において、参加者が互いの様子を正確に読み取るとは困難である。個々の参加者の映像はディスプレイを分割した領域に表示されるため、小さくなってしまいがちである。また、帯域の保証されていないネットワーク上で Web 会議を実施する場合、映像や音声は遅延して伝達される。</p> <p>そのため、Web 会議において話者交替が頻繁に起こる会議を実施した場合、参加者同士の発話が衝突することが多く見受けられる。新しいアイデアを考えだすための会議は創造会議といわれ、そのような会議では話者交替が頻繁に起こる。したがって、Web 会議において創造会議を行う場合、発話衝突は大きな弊害になると考えられる。</p> <p>本研究は、Web 会議での発話衝突を低減することにより、自席のデスクトップパソコンやノートパソコンからでも、創造会議を快適に行える遠隔会議環境を実現することを目的とする。</p> <p>発話衝突を低減させる手法を模索するために、まず発話衝突の原因とその影響について調査した。Web 会議において、音声遅延が発話衝突に大きな影響を与えるという仮説をたて、実験を行った。音声遅延量を変化させられる音声会議環境を用意し、音声遅延量と発話衝突、またそれらに応じて参加者の受ける精神的ストレスの関係を調べた。本実験環境では、音声遅延量が 400msec を超える場合には発話衝突確率が増大し、精神的ストレスが高まる結果となった。本研究が対象とする Web 会議の環境では音声遅延量が 400msec を超えることが多いため、発話衝突確率を低減させることが望まれる。</p> <p>本論文で提案する発話衝突低減手法は、次話者候補提示手法と発話欲求伝達手法から構成される。次話者候補提示手法は、システムが会議参加者各々の予備動作を検知し、その種類と頻度から、次に最も発話しそうな参加者を次話者候補として選定し、すべての参加者へ伝達する手法である。発話欲求伝達手法は、システムによって推定された発話欲求の度合いを随時参加者に提示することにより、参加者自身に予備動作の調整を促し、発話欲求の推定精度を高める手法である。これらの手法の有効性を確認するため、両方の機能を組み込んだプロトタイプシステムを実装し、通常の Web 会議システムとの比較実験を行った。実験結果より、本提案手法が発話衝突確率を半分以下に低減できることを確認した。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3880 号	氏 名	玉木 秀和
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学 教授	工学博士 岡田 謙一
	副査	慶應義塾大学 教授	工学博士 萩原 将文
		慶應義塾大学 教授	博士(工学) 重野 寛
		慶應義塾大学 准教授	工学博士 斎藤 博昭

  

学士（工学）、修士（工学）玉木秀和君提出の博士学位請求論文は、「遠隔コミュニケーションにおける発話衝突低減手法」と題し、7章より構成されている。

本研究は、司会者のいないフリーディスカッションやアイデア出しの会議を、場所の制約を受けず円滑に行うことができる遠隔会議支援システムの構築を目的としている。Web 会議システムはノートパソコンをインターネット接続すればどこでも実施可能であり、導入の容易さや使用の手軽さなどから市場も成長傾向にある。しかし、Web 会議システムは専用 TV 会議システムに比べ、ディスプレイサイズ、マシンパワー、ネットワーク帯域などの制約から、映像や音声の品質は低くまた遅延も大きい。このため他の参加者の様子が認識しづらく、誰がいつ発話し始めるのかを判断しにくい。二人以上の参加者が同時に発話を開始する発話衝突が頻繁に生じてしまう。

本研究では、対面環境でのコミュニケーションにおける話者交替時に活用される非言語情報に着目し、発話前に現れる特有の非言語情報が、Web 会議システムでは相手に認知されていないことを実験から明らかにしている。そして実験で得られた知見から、Web 会議システムにおける話者交替時の発話衝突を避けるため、非言語情報の伝達を支援する手法を提案する。具体的には、会議参加者の非言語情報を画像認識により検知し、そこから参加者の発話欲求を推定する。さらに発話欲求の推定精度を高めるために、推定結果を随時参加者へフィードバックすることにより、参加者自身が非言語情報を調節できるようにする。そして、これらの機能を実装したプロトタイプシステムを用いた実験より、提案手法が発話衝突低減に有効であることを示している。

本論文の構成を以下に示す。

第1章では、本論文の序論であり、本研究の背景と目的、位置づけについて述べている。

第2章では、本研究の対象である話者交替、および遠隔コミュニケーション支援システムに関して、先行研究や既に明らかにされている事柄を整理している。

第3章では、遠隔コミュニケーションにおいて発話衝突の最も大きな原因だと考えられる音声遅延に関し、音声遅延量と発話衝突確率の関係、会議参加者へ与える精神的ストレスについて明らかにしている。

第4章では、会議参加者の非言語情報から発話欲求を推定し他の参加者へ伝達するという、提案手法のコンセプトについて述べている。

第5章では、会議参加者の非言語情報を検知し、次に発話しそうな参加者を1人選択して全参加者へ提示する仕組みについて述べている。

第6章では、会議参加者の発話欲求をさらに正確に伝達するため、システムが推定する発話欲求を随時参加者へフィードバックし、参加者自身が非言語情報を調整できる仕組みについて述べている。そしてプロトタイプシステムを用いた評価実験とその結果を提示し、提案手法により発話衝突確率が大きく低減できることを示している。

最後に第7章では、本論文の結論を述べている。

本論文で提案している手法は、情報処理学会グループウェアとネットワークサービス研究会で2度のベストプレゼンテーション賞を受賞し、さらに情報処理学会山下記念研究賞を受賞している。

以上の通り、本研究により遠隔コミュニケーションにおける発話衝突低減手法が示されたことになり、研究の成果は工学上、工業上寄与するところが少なくない。よって、本論文の著者は、博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

## 内容の要旨

報告番号	甲 第3881号	氏名	津守 伸宏
主論文題目： 相変化材料を用いた光学マスクによる InAs 量子ドットの空間分解発光分光			
<p>半導体量子ドットは電子を0次元的に閉じ込めるナノ構造体であり、鋭い光学スペクトルや強い電子間相互作用など、デバイス応用上望ましい物性を有する。近年、近赤外域にバンドギャップを持つ InAs 系量子ドットの成長技術が著しい進歩を遂げ、光通信用デバイス、とりわけ量子暗号通信に必要な単一光子源への応用に大きな期待が寄せられている。その実現に向けた現在の課題は、発光の安定性と制御性の向上にあり、良質な単一量子ドットを選別した上で、その発光波長を高精度にチューニングする技術が求められている。</p> <p>単一量子ドット分光のための測定手法として近接場光学顕微鏡 (Near-field Scanning Optical Microscope; NSOM) が広く利用されている。NSOM プローブは量子ドットへの応力源としても機能し、発光波長の制御が可能である。しかしながら、近赤外域においてはプローブ遮光膜としての金属の光学特性が理想金属のそれに近づき、集光効率が波長とともに急激に減衰するという問題点を抱えている。また、応力源としての利用も機械的安定性・制御性の観点から実デバイスにおいては現実的でない。</p> <p>このような背景のもと、本論文では、NSOM の抱える問題点を解決する新しい手法として、相変化材料を光学マスクとする空間分解分光法、ならびに本手法に付随する発光波長制御法を提案し、その有用性を実証することを目的とした。相変化材料は、低光透過率の結晶相と高光透過率のアモルファス相をレーザー照射によって可逆的に変化させることが可能な材料である。本手法では、相変化材料の薄膜を量子ドット試料上に成膜し、相変化における閾値性を利用して、サブ波長サイズのアモルファス領域(微小開口)を形成することにより、回折限界を超えた空間分解能を実現した。更にアモルファス化時の体積膨張によって量子ドットに対して局所的に応力を印加し、発光波長を可逆的にシフトできることを実証した。</p> <p>第1章は序論であり、研究背景として InAs 系量子ドットのデバイス応用上の重要性と単一光子源に向けた研究の動向、単一量子ドット分光測定法の現状を説明し、最後に本研究の目的と意義を述べている。</p> <p>第2章では、量子ドットの光物性、開口型 NSOM の原理と測定技術、Ge-Sb-Te 系相変化材料の物性、ならびに電磁界の数値解析手法について詳述している。</p> <p>第3章では、近赤外域における NSOM 分光の問題点を指摘している。開口型 NSOM プローブの集光効率が波長とともに急激に減衰することを、光ファイバ端面集光との比較実験によって定量的に評価した。更にプローブ形状を再現したモデル及び単純な金属微小開口モデルに対する電磁界解析を行い、集光効率減衰の原因について考察した。</p> <p>第4章では、相変化光学マスクによる空間分解分光法について述べている。まず電磁界解析によりアモルファス化領域が光学的に微小開口として機能することを確認した。続いて、InAs 量子ドット上に <math>\text{Ge}_{10}\text{Sb}_2\text{Te}_{13}</math> を成膜した試料に対して実験をおこない、アモルファス開口によって観測領域が 200~300 nm 程度に制限され、単一ドット分光が実現することを示した。さらにアモルファス開口の形成、消去にともない、発光波長が可逆的にシフトすることを確認し、最大シフト量として 2 meV という値を得た。</p> <p>第5章は本研究の結論である。本研究により得られた結果を総括し、今後の展望を述べている。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3881 号	氏 名	津守 伸宏
論文審査担当者：	主査 慶應義塾大学教授	博士（工学）	斎木 敏治
	副査 慶應義塾大学教授	工学博士	松本 智
	慶應義塾大学教授	博士（工学）	津田 裕之
	慶應義塾大学准教授	博士（理学）	早瀬 潤子

  

学士（工学）、修士（工学）津守伸宏君提出の学位請求論文は「相変化材料を用いた光学マスクによる InAs 量子ドットの空間分解発光分光」と題し、5章から構成されている。

半導体量子ドットは電子を0次元的に閉じ込めるナノ構造体であり、デバイス応用上望ましい物性を多数有する。近年、近赤外域にバンドギャップを持つ InAs 系量子ドットの成長技術が著しい進歩を遂げ、光通信デバイス、とりわけ量子暗号通信に必要な単一光子源への応用に大きな期待が寄せられている。その実現に向けて、良質な単一量子ドットを空間分解分光によって選別し、その発光波長を高精度にチューニングする技術が求められている。

単一量子ドット分光のための測定手法として近接場光学顕微鏡（Near-field Scanning Optical Microscope; NSOM）が広く利用されている。しかし、近赤外域において NSOM プローブは、遮光膜としての金属の光学特性に起因して、その集光効率が波長とともに急激に減衰するという問題点を抱えている。また、NSOM プローブは量子ドットへの応力源として発光波長の制御にも利用可能であるが、機械的安定性・制御性の観点から実デバイスにおける適用は現実的でない。

このような背景のもと、本論文では、NSOM の上記問題点を解決する手法として、相変化材料を光学マスクとする空間分解分光法、ならびに発光波長制御法を提案し、その有用性を実証することを目的としている。相変化材料の薄膜を量子ドット試料上に成膜し、相変化における閾値性を利用して、サブ波長サイズのアモルファス領域（微小開口）を形成することにより、回折限界を超えた空間分解能を実現している。さらにアモルファス化時の体積膨張によって量子ドットに対して局所的に応力を印加し、発光波長を可逆的にシフトできることを実証している。

第1章は序論であり、研究背景として InAs 系量子ドットのデバイス応用上の重要性と単一光子源に向けた研究の動向、単一量子ドット分光測定法の現状を説明し、最後に本研究の目的を述べている。

第2章では、量子ドットの光物性、開口型 NSOM の原理と測定技術、Ge-Sb-Te 系相変化材料の物性、ならびに電磁界の数値解析手法について詳述している。

第3章では、近赤外域における NSOM 分光の問題点を指摘している。開口型 NSOM プローブの集光効率が波長に対して $-5\sim-6$ 乗の依存性をもって急激に減衰することを実験的に明らかにしている。さらに、プローブ形状を再現したモデル及び金属微小開口モデルに対する電磁界解析を行い、集光効率減衰のメカニズムについて考察している。

第4章では、相変化光学マスクによる空間分解分光法について述べている。まず電磁界解析によりアモルファス化領域が光学的に微小開口として機能することを確認している。続いて、InAs 量子ドット上に GeSbTe を成膜した試料に対して実験を行い、アモルファス開口によって観測領域が 200~300 nm に制限され、単一ドット分光が実現することを示している。さらにアモルファス開口の形成、消去にともない、発光波長が可逆的にシフトすることを確認し、最大シフト量として 2 meV という値を得ている。

第5章は結論であり、本研究の成果を総括し、今後の展望について述べている。

以上要するに、本論文は近赤外域における近接場光学分光の問題点を明確にし、その解決策として相変化光学マスクを用いる新しい手法の提案とその有用性の実証を行ったものであり、半導体工学、光情報通信工学分野において工業上、工学上寄与するところが少なくない。よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

## 内容の要旨

報告番号	甲 第 3882 号	氏 名	藤間 光徳
主論文題目：			
トカマクプラズマにおけるタングステン不純物輸送に関する統合シミュレーション			
<p>制御熱核融合実現のためには、超高温・高密度プラズマを磁場によって閉じ込める必要がある。このような超高温・高密度プラズマの生成・維持を目指し、現在、トカマク磁場配位を用いた国際熱核融合実験炉 (ITER : International Thermonuclear Experimental Reactor) の建設が始められている。ITER では、真空容器壁やプラズマ粒子・熱制御用のダイバータ板保護タイル材料として、タングステンが有力な候補材になっている。タングステンは、従来用いられてきたカーボン材と比較して、化学スパッタリングによる材料損耗が著しく低減できるなどの長所を有する。反面、高い価数を有するタングステンが不純物として燃料水素コアプラズマ中に混入すると、プラズマ温度は著しく低下し、核融合反応維持が困難となる。従って、タングステン不純物のコアへの輸送過程の理解と混入量の予測が急務となっている。以上を踏まえ、本研究では、タングステン不純物の固体表面での発生から、プラズマ境界層 (SOL) を経て、コアプラズマに浸透するまでの輸送過程を統合的に扱うことが可能なシミュレーションコードの開発を目的とする。</p> <p>第 1 章は序論であり、トカマク型核融合炉における不純物輸送解析の必要性とその背景を述べている。</p> <p>第 2 章では、本研究で開発した統合シミュレーションコード (IMPGYRO) を構成する物理モデルおよび計算の流れについて詳細に述べている。IMPGYRO では、トカマク磁場配位における粒子運動、背景となるプラズマイオンとのクーロン衝突、最大 74 価にも及ぶタングステン原子の多価電離および再結合、タングステン不純物粒子と装置壁との相互作用などの過程をモデル化し、これらの異なる過程の時空間スケールを考慮した上で、相互に矛盾なく統合化することに成功している。軌道追跡では、タングステン不純物粒子のラーマ運動を考慮し、トカマク実磁場配位中の 3 次元粒子軌道を追跡する。さらに装置実形状を考慮に入れ、装置壁近傍のシーズ電場をモデル化している。これにより、従来の旋回中心近似を用いたコードでは不可能であった壁への入射角の正確な評価を可能とした。また、クーロン衝突に関与する背景プラズマ粒子とタングステン不純物粒子間の運動量、エネルギー保存を厳密に満たすことが可能な 2 体衝突モンテカルロモデルを適用している。これは 4 章で述べる背景プラズマ流体輸送コードとの統合化のための基盤となっている。</p> <p>第 3 章ではコアプラズマへの不純物蓄積過程 (ピンチ過程) について論じている。日本原子力研究開発機構のトカマク型臨界プラズマ試験装置 (JT-60U) の実験では、プラズマ電流と逆方向にプラズマを回転させた場合 (逆回転プラズマと呼ばれる)、タングステン不純物蓄積量が増加する現象が観測された。この現象を説明するため、不純物の電離・再結合過程および径方向電場中のクーロン衝突に起因する新しいピンチ過程の理論モデルが提案されている。本章では、この理論モデルの妥当性を IMPGYRO 統合シミュレーションによって検証した。その結果、理論モデルと IMPGYRO による計算結果はよく一致し、逆回転プラズマの場合にタングステン不純物蓄積量が増加する現象は、電離・再結合過程および径方向電場中のクーロン衝突に起因するピンチ過程によって説明できることを示した。</p> <p>第 4 章では SOL プラズマ輸送解析コード SOLPS と IMPGYRO との統合化について述べている。従来、タングステン不純物の粒子輸送コードと背景燃料プラズマの流体輸送コードとの統合化は行われていなかった。本研究では、コード間の独立性を保持できる MPMD (Multiple Program Multiple Data) スキームによって SOLPS と IMPGYRO を統合し、大規模な並列計算環境下で実行可能とした。その有効性を確かめるため、マックス・プランク・プラズマ物理研究所のトカマク型装置 (ASDEX-Upgrade) のプラズマを対象とし、統合コードによるシミュレーションを実施した。その結果、タングステン不純物による放射冷却が背景プラズマ温度を低下させ、プラズマの温度低下がさらなるタングステン不純物の発生を抑制することを明らかにした。SOLPS-IMPGYRO 統合化により、プラズマと不純物の自己無撞着な解析が可能となり、ITER の予測シミュレーションの基盤が確立した。</p> <p>第 5 章は結論であり、本研究で得られた成果をまとめている。</p>			

# 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3882 号	氏 名	藤間 光徳	
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	工学博士	畑山 明聖
	副査	慶應義塾大学准教授	工学博士	横井 康平
		慶應義塾大学教授	工学博士	鈴木 哲也
	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	博士（工学）	中野 誠彦	
<p>学士（工学）、修士（工学）藤間光徳君提出の博士学位請求論文は「トカマクプラズマにおけるタングステン不純物輸送の統合シミュレーション」と題し、全5章から構成されている。</p> <p>超高温・高密度プラズマを用いた制御熱核融合の実現を目指し、現在、世界各国で研究開発が進められている。その中でも、トカマク磁場閉じ込め方式によるプラズマの高温・高密度化は着実に進展し、日・欧・米・ロを中心とする世界7極の国際協力により、現在、国際熱核融合実験炉（ITER: International Thermonuclear Experimental Reactor）の建設が進められている。しかしながら、プラズマの高温・高密度化に伴い、プラズマに接する、いわゆるプラズマ対向壁材料の損耗の問題が顕在化している。そこで、従来用いられてきたカーボン材料と比較して化学スパッタリングによる損耗が著しく低減できるなどの長所を有するタングステンが近年注目を集め、ITERの有効候補材となっている。反面、高い価数を有するタングステン原子が不純物として燃料水素コアプラズマに混入すると、プラズマ温度は著しく低下し、核融合反応維持が困難となる。このためタングステン不純物のコアへの輸送過程の理解とコア蓄積量の予測・評価が急務となっている。以上のような背景を踏まえ、本研究では、タングステン不純物のプラズマ対向壁での発生から、比較的低温のプラズマ境界層（以下、SOLと呼ぶ）を経て、コアプラズマに浸透・蓄積するまでの輸送過程を統合的に扱うことが可能なシミュレーションコードの開発を目的としている。</p> <p>第1章は序論であり、本論文の目的・意義を述べている。</p> <p>第2章では、本研究で開発した不純物輸送統合シミュレーションコード（以下、IMPGYROと呼ぶ）を構成する物理モデルと統合計算の流れについて、その詳細を述べている。IMPGYROは、トカマク磁場配位における粒子軌道を直接追跡するいわゆる運動論的粒子モデルに基づいている。さらに、背景となるプラズマイオンとのクーロン衝突過程、最大74個にも及ぶタングステン原子の多価電離・再結合過程、タングステン不純物粒子とプラズマ対向壁との相互作用などをモデル化し、各過程の時空間スケールを考慮した上で、これらの過程を統合化することに成功している。粒子軌道追跡では、タングステン不純物粒子のラーマ運動を考慮し、トカマク実磁場配位中の3次元粒子軌道を追跡する。さらに装置実形状を考慮に入れ、プラズマ対向壁近傍のシース電場をモデル化している。これにより、従来の旋回中心近似を用いたモデルでは不可能であった壁への入射角の正確な評価を可能としたことなど、従来のコードにない様々な特徴を有している。</p> <p>第3章ではコアプラズマへの不純物蓄積過程（以下、ピンチ過程と呼ぶ）について論じている。日本原子力研究開発機構のトカマク型臨界プラズマ試験装置（JT-60U）の実験では、コアプラズマ中のタングステン不純物蓄積量がプラズマのトロイダル方向への回転速度に依存することが見出されている。この現象を理解するため、本論文では第2章で開発したIMPGYROを用い、不純物輸送シミュレーションを行なっている。その結果、上述の不純物蓄積量のプラズマ回転速度依存性は、1）タングステンの電離・再結合過程に起因するピンチ過程、および、2）径方向電場中のクーロン衝突に起因するピンチ過程、これら二つの従来にない新しいピンチ過程によって説明されることを明らかにしている。この結果は、今後のトカマクプラズマ中の不純物蓄積量予測とその抑制に対して重要な知見を与えている。</p> <p>第4章では、SOL燃料プラズマを対象とした流体輸送解析コード（以下、SOLPSと呼ぶ）と本研究で開発されたIMPGYROとの統合化について述べている。従来の運動論的タングステン不純物輸送シミュレーションの多くは、不純物密度が背景SOLプラズマ密度に比較して十分小さいという仮定のもとで、プラズマ流体の密度、流速、温度分布を固定した上で行われてきた。本論文の著者は、SOLPSとIMPGYRO、両コード間の独立性を保持できるMPMD (Multiple Program Multiple Data) スキームによって両コードの統合化に成功し、大規模な並列計算環境下で統合コードの実行を可能とした。このような運動論的タングステン不純物粒子輸送コードとSOLプラズマ流体輸送コードとの統合化は、他に例を見ない。さらに、その有効性を確かめるため、マックス・プランク・プラズマ物理研究所のトカマク型装置（ASDEX-Upgrade）のプラズマを対象とし、SOLPS-IMPGYROコードによる統合シミュレーションを実施し、タングステン不純物による放射冷却が背景プラズマ温度を低下させ、そのプラズマ温度低下がさらなるタングステン不純物の発生を抑制することを明らかにした。このSOLPS-IMPGYRO統合化により、背景SOLプラズマ輸送と不純物粒子輸送との自己無撞着な解析が初めて可能となった。ITERなどを対象とした信頼性の高いタングステン不純物輸送予測シミュレーションの基盤を確立したという意味で、その意義は大きい。</p> <p>第5章は結論であり、本研究で得られた成果をまとめている。</p> <p>以上、要するに本論文は、高温・高密度トカマクプラズマの生成・維持、ひいては将来の制御熱核融合の達成に重要となるタングステン不純物輸送過程に関して、その統合シミュレーションの基盤を確立したものであり、工学上寄与することが少なくない。よって、本論文の著者は博士(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3883号	氏名	田中 大輝
主論文題目： 相変化材料を用いた自己保持型光スイッチに関する研究			
<p>光通信ネットワークにおいて、波長多重と多値変復調による大容量伝送が進展している。このため、光ノードで処理される信号の波長数とビットレートが増大し、光ノードの大規模化、高速化、低消費電力化が求められている。特に光電気変換を要せずに光信号のルーティングが可能な、光スイッチ技術を光ノードに適用することが強く期待されている。この要請に応えるために、小型で高速に動作し、低損失な光スイッチが求められている。本研究では相変化材料を用いた自己保持型光スイッチ（相変化光スイッチ）を提案し、その有用性を明らかにすることを目的とした。</p> <p>第1章では、本研究の背景、先行研究、光通信技術などについてその概要を述べた。また、相変化材料および相変化スイッチの特徴について述べた。超小型、高速応答性、自己保持機能、といった相変化光スイッチの利点について説明した。</p> <p>第2章では、光マトリクススイッチなどの集積光回路に必要な Si 交差導波路について述べた。オフセット交差構造を提案し、損失およびクロストークの低減に有効であることを明らかにした。有限差分時間領域 (FDTD: Finite-Difference Time-Domain) 法を用いたシミュレーション結果、試作チップの測定結果について報告した。Ey モードにおけるクロストークは-45 dB まで低減された。</p> <p>第3章では、三種類の相変化光ゲートスイッチについて述べた。薄膜型、リブ型、多モード干渉 (MMI: Multi-mode Interference) 型のそれぞれについてチップの試作を行い、そのスイッチング動作に成功した。これらの実験結果により、相変化材料を用いた安定な光スイッチングが可能であることを明らかにした。薄膜型ではおよそ 10 dB の消光比が得られ、1000 回のスイッチング動作に成功した。</p> <p>光マトリクススイッチを構成するためには、2×2 スwitchの実現が強く求められる。第4章では、方向性結合器 (DC: Directional Coupler) をベースとした 2×2 相変化光スイッチの設計法について述べた。平行導波路におけるスーパーモードを有限要素法 (FEM: Finite Element Method) により解析し、その等価屈折率から結合長を算出した。デバイス長が 10 μm の極めて微小な 2×2 スwitchを設計することができた。</p> <p>第5章では、マッハ・ツェンダ干渉器 (MZI: Mach-Zehnder Interferometer) をベースとした 2×2 相変化光スイッチの設計法について述べた。アーム導波路の長さを対称にすると空間スイッチを、非対称にすると波長スイッチを実現することができる。必要な相変化材料が短くて済むこと、作製トレランスがよいことが利点である。</p> <p>第6章では、本論文の成果をまとめ、今後の課題や将来の展望を述べた。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3883 号	氏 名	田中 大輝
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	博士（工学） 津田 裕之
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 山中 直明
	副査	慶應義塾大学教授	博士（工学） 齋木 敏治
	副査	慶應義塾大学准教授	博士（工学） 木下 岳司
<p>学士（工学）、修士（工学）田中大輝君提出の学位請求論文は「相変化材料を用いた自己保持型光スイッチに関する研究」と題し、6章から構成されている。</p> <p>光通信ネットワークにおいて、波長多重と多値変復調による大容量伝送が進展している。このため、光ノードで処理される信号の波長数とビットレートが増大し、光ノードの大規模化、高速化、低消費電力化が求められている。特に光電気変換を要せずに光信号のルーティングが可能な光スイッチを光ノードに適用することが強く期待されている。この要請に応えるために、小型で高速に動作し、低損失な光スイッチが求められている。また、光ノードの低消費電力化のために光スイッチが自己保持性を持つことが有用である。本研究では相変化材料を用いた自己保持型光スイッチ（相変化光スイッチ）を提案し、設計法を確立し、その構造を最適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、先行研究、光通信に関する基礎的な知識などについてその概要を述べ、相変化材料の物性と開発の歴史について述べている。また、超小型、高速応答性、自己保持機能等の相変化光スイッチの利点とその実用化に必要な課題について述べ、本論文の目的と構成を説明している。</p> <p>第2章では、光マトリクススイッチなどの集積光回路に必要な Si 交差導波路について述べている。オフセット交差構造を提案し、損失およびクロストークの低減に有効であることを明らかにしている。有限差分時間領域法を用いたシミュレーションにより構造を最適化し、交差導波路を試作している。その結果、交差導波路におけるクロストークを-45 dB まで低減している。</p> <p>第3章では、三種類の相変化光ゲートスイッチについて述べている。薄膜型、リブ型、多モード干渉型のそれぞれについて光スイッチの試作を行い、そのスイッチング動作に成功している。これらの実験結果により、相変化材料を用いた安定なスイッチングが可能であることを明らかにしている。薄膜型ではおよそ 10 dB の消光比を得て、1000 回のスイッチング動作に成功している。また、スイッチが ON になる場合（相変化材料がアモルファス化する場合）のスイッチング時間が約 100 ns、スイッチが OFF になる場合（相変化材料が結晶化する場合）のスイッチング時間が約 400 ns であることを確認している。</p> <p>第4章では、方向性結合器をベースとした 2×2 相変化光スイッチの設計法について述べている。平行導波路におけるスーパーモードを有限要素法により解析し、その等価屈折率から結合長を算出している。デバイス長が 10 μm の極めて小型なスイッチの設計に成功している。</p> <p>第5章では、マッハ・ツェンダ干渉器をベースとした 2×2 相変化光スイッチの設計法について述べている。アーム導波路の長さを等しくした空間スイッチと、長さを不等長とした波長スイッチを設計している。相変化部を小型化し、作製トレランスがよい構造を明らかにしている。</p> <p>第6章では、本論文の成果をまとめ、今後の課題や将来の展望を述べている。</p> <p>以上要するに、本論文の著者は、相変化光スイッチの設計法を確立し、実証実験により、高速動作と自己保持性を確認し、その有用性を明らかにしている。相変化材料を用いた自己保持型光スイッチは、次世代の超大容量光ネットワークの構築に、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 3884 号	氏 名	間木 重行
主論文題目： Chemical Biological Studies on the Regulatory Mechanism of Tumor Cell Migration (ケミカルバイオロジー研究によるがん細胞遊走制御機構の解析)			
<p>ある表現型を特異的に生み出す低分子化合物や、ある特定の分子を阻害する化合物を利用することで生物学的な新たな知見が得られるケミカルバイオロジー研究は、様々な生命現象を理解するにあたり非常に有用な手法である。一方、細胞遊走とは細胞が能動的に移動する現象であり、がん治療の大きな障害となっているがん転移に必須の生命現象である。本学位論文研究では、ケミカルバイオロジーの手法にもとづいてがん細胞の遊走制御機構を解析することで、その制御機構の一端を明らかにした。</p>			
1. <u>新規アクラシノマイシン(ACM)誘導体が誘導するH-Rasのファルネシル化阻害を介した細胞遊走の阻害効果</u>			
<p>抗がん剤として知られる ACM の新規誘導体 N-benzyl-ACM および N-allyl-ACM は、<i>in vitro</i> のスクリーニング系においてファルネシルトランスフェラーゼ(FTase)の阻害活性を持つことが見出された。これら 2 化合物は、FTase の類似酵素であるゲラニルゲラニルトランスフェラーゼや、ゲラニルゲラニルニリン酸合成酵素に殆ど影響を与えなかった。また、両化合物はヒト扁平上皮がん A431 細胞において H-Ras の細胞膜への移行、H-Ras 依存的な PI3K/Akt シグナルの活性化、EGF 依存的細胞遊走の全てを阻害することを見出した。</p>			
2. <u>ケミカルシステムバイオロジーによるがん細胞遊走制御機構の普遍性および多様性の解析</u>			
<p>細胞遊走制御機構の普遍性および多様性を担う分子群を明らかにするため、34 種類の低分子化合物の影響を、10 種類の遊走細胞において創傷治癒アッセイにより定量的に評価した。続いて、各細胞における化合物の遊走阻害プロファイルに対して階層的クラスタリングを行った。その結果、化合物は階層的クラスタリングによってそれらの標的分子にもとづいて的確に分類された。さらに、本研究で用いたがん細胞は 3 つのクラスターに分類され、化合物は 4 つのクラスターにグループ分けされた。JNK 阻害剤はすべてのタイプの細胞遊走を抑制したが、ROCK、GSK-3、p38MAPK の阻害剤は、一部の細胞株の遊走のみを抑制した。このように、本解析システムによって、細胞遊走に対する共通なシグナル応答と細胞型特異的なシグナル応答を容易に区別することに成功した。続いて、前述のケミカルゲノミクス研究で明らかになった細胞遊走制御機構の普遍性および多様性を担う分子群のパスウェイ関係を明らかにするため、EGF 刺激依存的に遊走する 3 種類のがん細胞株において、EGF が誘導する 9 種類の情報伝達分子のリン酸化および発現上昇に対して、15 種類の細胞遊走阻害剤が与える影響を網羅的かつ定量的に評価した。続いて得られたデータをもとに、各がん細胞株における EGF 依存的細胞遊走を制御するシグナル伝達図を描画した。その結果、MAPK 経路や JNK/cJun 経路などは 3 細胞において普遍的であるが、他の多くのパスウェイが各細胞に特徴的に存在することが示唆された。特に、CysLT1 経路が TT 細胞では MAPK 経路を制御するが、EC109 細胞では PI3K/Akt 経路のみを制御するという結果は、これまでの研究からは予期出来ない興味深い結果であった。即ち、CysLT1 経路は EGF が引き起こすがん細胞遊走制御機構において細胞依存的なシグナル伝達を制御する分子であることが見出された。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3884 号	氏 名	間木 重行
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	理学博士 榊原 康文
		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)間木重行君提出の学位請求論文は、「<b>Chemical Biological Studies on the Regulatory Mechanism of Tumor Cell Migration</b>(ケミカルバイオロジー研究によるがん細胞遊走制御機構の解析)」と題し、全5章から成っている。</p> <p>特定の分子を阻害する化合物を利用することで新たな生物学的知見が得られる化学生物学研究や生体内反応をシステムとして理解するシステム生物学研究は、様々な生命現象を理解するにあたり非常に有用な手法である。一方、細胞遊走とは細胞が能動的に移動する現象であり、がん治療の大きな障害となっているがん転移に必須の生命現象である。本論文では、化学生物学およびシステム生物学の手法にもとづいてがん細胞の遊走制御機構を解析し、その制御機構の一端を解明した。</p> <p>第1章は序論であり、本研究の礎となる細胞遊走に関する従来研究、化学生物学およびシステム生物学に関する研究手法を概説し、本論文の目的について記載している。</p> <p>第2章では、リバースケミカルジェネティクス的手法により、細胞遊走に関連する分子であるファルネシルトランスフェラーゼ(FTase)を阻害する化合物を探索し、がん細胞の遊走制御機構を解析している。初めに、<i>in vitro</i>でFTaseを阻害する化合物としてアクラシノマイシン(ACM)の新規誘導体N-benzyl-ACMおよびN-allyl-ACMを見出した。次に、両化合物がFTaseの基質であるH-Rasの細胞膜への移行を阻害することから、細胞内においてもFTase阻害活性を有することを示した。さらなる作用機構解析の結果、両化合物はH-Rasの下流で働くAktの活性化を間接的に阻害することで細胞遊走を抑制することを明らかにした。以上の結果より、両化合物がFTase阻害及び遊走阻害活性を持つことにより、抗転移剤への展開の可能性を見出した。</p> <p>第3章では、がん細胞の遊走制御機構の普遍性及び多様性について解析を試みた。がん細胞の遊走制御機構は、由来組織や変異遺伝子の違いによって、全てのがんに存在する普遍的な機構と特定のがんにのみ存在する多様性を担う機構が存在する可能性が考えられる。上記のような普遍性および多様性を担う分子群を明らかにするため、34種類の低分子化合物の影響を10種類の遊走細胞において定量的に評価し、化合物の遊走阻害プロファイルに対して階層的クラスタリングを行った。化合物はそれらの標的分子にもとづいて的確に分類され、その結果を元に新しい遊走制御パスウェイが存在する可能性を示唆した。また、クラスタリングの結果、JNK阻害剤は全ての細胞株の遊走を抑制したが、ROCK、GSK-3、p38の阻害剤等は、一部の細胞株の遊走のみを抑制することを示した。以上より、化学生物学とシステム生物学を組み合わせたケミカルシステムバイオロジーの解析により、細胞遊走に対する共通な機構に関わる分子群(JNK等)と細胞型特異的な分子群(ROCK、GSK-3、p38等)の一端を明らかにし、分類することに成功した。</p> <p>第4章では、前章で明らかにした分子群の各がん細胞におけるパスウェイ関係を調べた。EGF刺激依存的に遊走する3細胞において、MAPK経路やJNK経路などが共通な遊走制御パスウェイであること、CysLT1やGSK-3下流のパスウェイが各細胞において異なることを、情報伝達分子の変動データを用いたケミカルシステムバイオロジーによる簡便な解析を行うことで明らかにした。</p> <p>第5章では総括として、細胞遊走研究における化学生物学とシステム生物学の展望を記した。本論文の成果は、新たな抗がん剤のリード化合物となりうる物質を見出したことだけでなく、ケミカルシステムバイオロジーの研究手法によって生命現象の制御ネットワークの新たな解析法を築き、その将来的な可能性を示したことにまで及ぶ。これらは今後の細胞遊走研究、化学生物学研究、およびシステム生物学研究に貢献し、寄与するところが少なくない。よって、本論文の著者は博士(理学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			

## 内容の要旨

報告番号	甲 第3885号	氏名	伊野 裕司
主論文題目： Si(100)基板上リン化ホウ素の結晶構造と電気的特性			
<p>リン化ホウ素 (Boron Phosphide, BP) は、閃亜鉛鉱構造をもつ III-V 族化合物半導体の一種である。BP は、約 2.0 eV のバンドギャップをもつ間接遷移型半導体であり、熱的・機械的・化学的に安定な物質である。さらに、ホウ素族半導体であるので、高い中性子捕獲断面積をもつ。しかし、他の III-V 族化合物半導体と比べて、高い融点とリン蒸気圧のため、大きなサイズの BP バルク成長は困難であり、その特性についての研究が十分に行われているとはいえない。一方で、気相エピタキシャル成長により、Si 基板上に単結晶の BP 層を成長することができる。これらの BP 層は、GaN の準安定構造である立方晶 GaN と格子定数が近く、立方晶 GaN の成長用基板として期待される。さらに、BP は、熱的・機械的・化学的に安定なワイドギャップ半導体であることから、過酷な環境で動作する半導体デバイスとしても期待される。本論文では、これらの立方晶 GaN 成長用基板または半導体デバイスとしての利用を実現する上で問題となる、BP 中の転位と Si 不純物の問題、そして BP への金属コンタクトの問題の調査・解明を目的とした。</p> <p>第1章では、本研究の背景と従来の研究を概説し、本研究の目的を述べた。</p> <p>第2章から第4章では、本論文に関連する基本的な理論について述べた。第2章では BP と関連する材料の物性、第3章では結晶成長と結晶欠陥、第4章では金属と半導体のコンタクトの電流輸送特性について、それぞれ述べた。</p> <p>第5章では、成長条件が BP の結晶構造・結晶欠陥・電気的特性に及ぼす影響を、主に透過型電子顕微鏡と Hall 効果測定により調べ、特に Si ドーピングの影響を述べた。BP への Si 高濃度ドーピングにより、BP 表面にピットが出現し、貫通転位の方向が、(111)面に平行なものから(100)成長面に垂直な方向に変わることを明らかにした。一方で、GaAs の場合に見られるような Si ドーピングによる貫通転位密度の低減効果は、BP では確認できず、この理由をパイエルス力の点から検討した。</p> <p>第6章では、BP への金属コンタクトの電気的特性を調べ、オーミックコンタクトとショットキーコンタクトの特性を評価した。オーミックコンタクトでは、異なる金属コンタクトに対するアニーリングの効果进行调查し、電流輸送メカニズム、アニーリングの影響、固有コンタクト抵抗の検討を行った。その結果、500°C で 50 分間のアニールを行った In コンタクトに対して、<math>2 \times 10^{-5} \Omega \text{cm}^2</math> という最小値を得た。この値は、先端デバイスで必要とされる <math>10^{-5} \Omega \text{cm}^2</math> 以下の値には及ばないが、電気的特性の評価のためには十分な値だと考えられる。そして、得られたオーミックコンタクトの結果に基づいて、ショットキーコンタクトの評価を行ったが、十分なショットキー特性が得られたとはいえず、さらなる調査と BP のキャリア濃度の制御が必要である。</p> <p>第7章では、意図しないキャリアの由来について検討し、BP 中の不純物 Si の及ぼす影響とアニールがキャリア濃度に及ぼす影響について調べた。BP 中への Si の混入を防ぐために、被覆した Si 基板上において BP 成長を行い、その結晶性と電気的特性の評価を行った。SiO<sub>2</sub> 被覆 Si 基板上で成長した BP では、BP の結晶性の悪化が見られた一方で、キャリア濃度の顕著な変化は見られなかった。これは、SiO<sub>2</sub> 被覆による最適な成長温度条件などからのずれや基板表面の汚染による可能性があり、さらなるプロセスの改善が必要である。また、BP 中の点欠陥を低減させるために、被覆 BP の高温アニールを行い、その結晶性と電気的特性の評価を行った。アニールしたほぼ全ての条件でキャリア濃度の低減は確認できなかったが、Ar 雰囲気中で 1100°C でアニールした BP では伝導型の n 型から p 型への変化が見られた。これらのアニール条件をさらに調整することで、BP の伝導型とキャリア濃度の制御が可能となると期待される。</p> <p>最後の第8章では、デバイス応用に求められる BP の性質について述べ、最後に本研究の結論と今後の展望について述べた。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3855 号	氏 名	伊野 裕司
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	工学博士 松本 智
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 栗野 祐二
		慶應義塾大学教授	博士(工学) 内田 建
		慶應義塾大学教授	工学博士 太田 英二

学士（工学）、修士（工学）伊野裕司君提出の学位論文は、「Si(100)基板上リン化ホウ素の結晶構造と電気的特性」と題し、8章からなる。

リン化ホウ素（Boron Phosphide, BP）は、閃亜鉛鉱構造をもつ III-V 族化合物半導体の一種である。BP は、高い熱起電力と中性子捕獲断面積をもつことから、熱電デバイスや 固体中性子検出器用材料として研究されている。また熱的・機械的・化学的に安定なワイドギャップ半導体であることから、過酷な環境で動作する半導体デバイス用材料としても期待されている。しかし、他の III-V 族化合物半導体と比べて、高融点および高リン蒸気圧のため、大きなサイズの BP バルク結晶成長は困難であり、その特性についての研究が十分に行われているとはいえない。一方、気相エピタキシャル成長技術により、Si 基板上に単結晶の BP 層を成長することが可能である。また BP は GaN の準安定構造である立方晶 GaN と格子定数が近いため、BP/Si 基板は立方晶 GaN の成長基板として期待されている。本論文は、立方晶 GaN 用成長基板あるいは半導体デバイス基板として利用する際に重要な要因となる、BP 中の転位密度の低減に関する問題、およびデバイス作製上において基本となるオーミック接触の実現に関する問題の調査・解明を目的としている。

第 1 章では、本研究の背景と従来の研究を概説し、本研究の目的を述べている。

第 2 章では BP と関連する材料の物性、第 3 章では結晶成長と結晶欠陥、第 4 章では金属と半導体接触の電流輸送特性に関する理論について述べている。

第 5 章では、ハイドライド気相エピタキシャル成長法により、Si 基板上に成長させた BP の結晶構造、結晶欠陥、電気的特性を透過型電子顕微鏡解析、ホール効果測定などにより調べている。特にエピタキシャル成長中に意図的に Si を様々な条件で添加させ、結晶内の転位密度に及ぼす影響を調べている。無添加 BP では、その成長表面は平坦であるのに対して、Si 添加により、BP 表面にピットが出現し、かつ貫通転位の方向が、(111)面に平行なものから(100)成長面に垂直な方向に変わることを明らかにしている。一方、III-V 族化合物半導体 GaAs で観察される Si 添加による貫通転位密度の低減効果は、BP では見られず、この原因をパイエルス力から検討している。

第 6 章では、BP への金属接触の電気的特性を調べている。各種の金属接触に対するアニーリングの効果を調査し、電流輸送メカニズムおよび比接触抵抗の検討を行っている。その結果、In 接触に対して、500°C、50 分間のアニールにより、 $2 \times 10^{-5} \Omega \text{cm}^2$  という最小値が得られ、良好なオーミック接触を実現している。

第 7 章では、無添加 BP 自体の高いキャリア密度の由来を検討している。Si は BP 中で両性不純物となるため、Si 基板の裏面および側面を酸化膜で被覆し、BP 成長時における被膜効果を調べている。しかし、このプロセスは、逆に BP の結晶性劣化を引き起こすこと、およびキャリア密度に対する顕著な変化は見られないことを述べている。さらに高温アニール実験を行い、BP の組成比のずれがキャリア密度に及ぼす影響を検討し、1100 °C、Ar 雰囲気アニールにおいて、BP の伝導タイプが n 形から p 形へ変換することを示し、アニール条件の最適化により、伝導タイプとキャリア密度の制御可能性を示している。最後に第 8 章では、得られた成果を総括し、結論としている。

以上要するに、本研究は、Si 基板上化合物半導体 BP に関して、転位密度と電気的特性の詳細な解析・評価を行うことにより、BP 結晶の転位制御およびオーミック接触作製に重要な指針を与えるものであり、半導体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 3886 号	氏 名	水頭 一壽
主論文題目： 分散リアルタイムシステム用ディペンダブルシステムオンチップに関する研究			
<p>今日われわれの生活の大部分は情報システムに支えられており、その信頼性・安全性はきわめて重要な社会的関心事となっている。対象とするものが良質で信頼でき、安心してそれに依拠できる状態であることをディペンダビリティと言い、安心・安全な生活を送るために、情報システムのディペンダビリティの向上が望まれている。情報システムの実現には <b>Very Large Scale Integration (VLSI)</b> が必要不可欠であり、<b>VLSI</b> はあらゆる機器の中核として使用されている。そのため、<b>VLSI</b> の信頼性・安全性は、安心・安全な情報システム、延いてはわれわれの安心・安全な生活の実現に不可欠である。情報システムの中でも、ヒューマノイドロボットに代表される分散リアルタイムシステムは、産業的にも技術的にも、今後の日本にとって非常に重要な位置を占め続けると考えられる。このような背景から、本論文では、ディペンダブルな分散リアルタイムシステムを実現するために、ディペンダブルなシステムオンチップを研究・開発する。システム全体のディペンダビリティを実現するためには、多角的なアプローチを用いたソフトウェアとハードウェアの協調設計が必要になる。そこで、ディペンダブルなシステムオンチップを実現するために、分散リアルタイムシステム向けシステムオンチップ <b>Responsive Multithreaded Processor</b> をベースに、演算のディペンダビリティ、通信のディペンダビリティ、電源のディペンダビリティという3つの観点から、システムオンチップに必要な技術を研究開発する。</p> <p>演算のディペンダビリティを実現するために、リアルタイム処理用プロセッサ <b>Responsive Multithreaded Processing Unit (RMT PU)</b> のタスクの実行速度を細粒度に制御する <b>Instructions Per Cycle</b> 制御機構、障害時の追跡可能性を向上するトレース機構を開発する。ノード内通信のディペンダビリティを実現するために、優先度付きオンチップルータ <b>Virtual channel allocation integrated with crossbar allocation</b> を開発する。ノード間通信のディペンダビリティを実現するために、分散リアルタイム通信機構 <b>Responsive Link</b> の符号化方式を拡張して、伝送路特性に最適な符号で通信可能な機構を開発する。電源のディペンダビリティを実現するために、モジュールレベルの細粒度な <b>Dynamic Voltage and Frequency Scaling</b> とクロックゲーティングを可能にする省電力機構、電圧センサと温度センサを用いた自己モニタリング機構、重要なハードウェアモジュールを障害から保護するためのバッテリーバックアップ機構を開発する。</p> <p>これらの多角的なアプローチを用いて、分散リアルタイムシステム用ディペンダブルシステムオンチップ <b>Dependable Responsive Multithreaded Processor (D-RMTP)</b> を設計実装する。D-RMTP システムオンチップは、リアルタイム処理用プロセッサ <b>RMT PU</b>、リアルタイム通信機構 <b>Responsive Link</b>、<b>DDRSDRAM I/F</b>、<b>DMA</b> コントローラ、<b>PCI64I/F</b>、<b>IEEE 1394 I/F</b>、シリアルI/F、外部I/F といったコンピュータ用I/O、<b>PWM</b> ジェネレータ、パルスカウンタといった制御用I/O を1 チップに集積している。D-RMTPシステムインパッケージは、D-RMTP システムオンチップと、メモリーモジュール、自己モニタリングのための電圧センサ、および温度センサが集積されている。</p> <p>評価の結果より、D-RMTP は多角的なアプローチによってヒューマノイドロボットに代表される実用的な分散リアルタイムシステムを実現可能であることを示す。本研究で研究開発したD-RMTP は、ハードウェアレベルから多角的なアプローチを行うことでシステム全体のディペンダビリティを向上し、ディペンダブルな分散リアルタイムシステムの実現に貢献する。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3886 号	氏 名	水頭 一壽
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学准教授	博士(工学) 山崎 信行
	副査	慶應義塾大学准教授	博士(工学) 矢向 高弘
		慶應義塾大学准教授	博士(工学) 西 宏章
		慶應義塾大学専任講師	博士(工学) 松谷 宏紀
<p>水頭一壽君提出の学位請求論文「分散リアルタイムシステム用ディペンダブルシステムオンチップに関する研究」は、分散リアルタイムシステムをディペンダブルに実現するためのシステムオンチップに関して行われた研究を全 11 章にまとめている。</p> <p>1 章では、情報システムおよびその中枢である VLSI (Very Large Scale Integration) の重要性を指摘し、社会的にどのような要求があるのかを明らかにした。その上で、本研究のモチベーションおよび目的を明らかにし、本学位請求論文の全体構成について言及している。</p> <p>2 章では、本学位請求論文の貢献を専門外の研究者にも理解できるように、ディペンダビリティと、対象分野であるリアルタイムシステムを様々な視点から俯瞰している。これにより、本学位請求論文により得られる知見の適用可能な範囲を明示している。そして、分散リアルタイムシステムにおけるディペンダビリティについて定義し、本研究で対象とする分散リアルタイムシステムと、その要求について述べている。</p> <p>3 章では、ディペンダビリティを実現するための関連研究について述べている。演算、通信、電源の 3 つの視点から、それぞれディペンダビリティを実現するための関連研究について述べ、システム全体のディペンダビリティを実現するためには、それら 3 つの視点からの多角的アプローチを用いる必要があることを示している。</p> <p>4 章では、本研究を開始する際の基準となる RMTP (Responsive Multithreaded Processor) について述べている。既存の RMTP の概要を説明し、ディペンダブルな分散リアルタイムシステムを構築するために、RMTP をベースにしたシステムオンチップを検討している。</p> <p>5 章では、演算のディペンダビリティを実現するための技術として、IPC (Instructions Per Cycle) 制御機構と、トレース機構を提案している。</p> <p>6 章では、チップ内通信のディペンダビリティを実現する技術として優先度付きオンチップルータ VIX (Virtual channel allocation integrated with crossbar allocation)、ノード内のコア間通信のディペンダビリティを実現する技術として Responsive Link をベースにした高信頼な通信機構を提案している。</p> <p>7 章では、電源のディペンダビリティを実現するための技術として、省電力機構、自己モニタリング機構、電源のバックアップ機構を提案している。</p> <p>8 章では、ディペンダブルな分散リアルタイムシステムを実現するために、5 章～7 章で提案した多角的なアプローチを用いて、分散リアルタイムシステム用ディペンダブルシステムオンチップ D-RMTP (Dependable Responsive Multithreaded Processor) を設計・実装している。</p> <p>9 章では、D-RMTP を用いて、5 章～7 章で提案した各技術の評価を行い、有効性を示している。</p> <p>10 章では、設計した D-RMTP を要求仕様と比較し、ディペンダブルな分散リアルタイムシステムを実現可能であるかどうかを考察し、提案手法の実用性を示している。</p> <p>11 章では、研究全体をまとめ、本研究の貢献および今後の展望を明らかにしている。</p> <p>以上、本論文は、今後さらに重要性を増してくると考えられる分散リアルタイムシステムの分野において、ディペンダブルな分散リアルタイムシステムを実現するためのシステムオンチップを実現して有効性を示しており、その貢献は工学上寄与するところが少なくない。</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3887号	氏名	井口 亮
主論文題目： 強磁性絶縁体を用いた効率的なスピン流の生成と 生成されたスピン流に基づく磁化ダイナミクスの評価			
<p>スピン流は、電子の量子力学的自由度の一つであるスピン角運動量の流れであり、低消費電力および高付加価値を有する素子の実現に向けて応用が期待されている。スピン流の生成手法の一つであるスピンプンピングは、磁化ダイナミクスを通して隣接する伝導体にスピン流が生成される現象である。これまで強磁性金属からのスピンプンピングが主に観測されてきた。近年、強磁性絶縁体からのスピンプンピングが観測されるようになり、緩和が小さい強磁性絶縁体中で励起される、非一様な磁化ダイナミクスであるスピン波からのスピンプンピングへの寄与に注目が集まっている。しかしながら、強磁性絶縁体からのスピンプンピングで基本となる一様な磁化ダイナミクスの寄与の評価も十分に確立されていない。そこで本研究では、強磁性絶縁体からのスピンプンピングを空間分布、周波数依存性、励起電力依存性の観点から調べ、一様および非一様な磁化ダイナミクスによるスピン流の効率的な生成と生成されたスピン流による磁化ダイナミクスを評価する手法の確立を目的とした。</p> <p>第1章は序論で、本研究の目的および背景について概説した。</p> <p>第2章では実験方法について記しており、マイクロ波を用いてスピンプンピングを任意の周波数で駆動するための測定系構築の指針を概説した。</p> <p>第3章では、強磁性絶縁体において磁化ダイナミクスを局所励起した際のスピンポンピングの空間分布を調べ、特異的に伝播する表面スピン波によるスピンプンピングへの寄与を明らかにした。このことは、空間的に分布した強磁性絶縁体の磁化ダイナミクスを電気的手法で評価できることを示している。</p> <p>第4章では、強磁性絶縁体において励起される磁化ダイナミクスから生じるスピンプンピングの周波数依存性を調べ、多結晶体と単結晶体における磁化ダイナミクスを比較した。これより、非線形過程によって間接的に励起されたスピン波のスピンポンピングへの寄与を明らかにし、強磁性絶縁体を用いて効率的にスピン流を生成するための指針を確立した。</p> <p>第5章では、磁化ダイナミクスに起因するマイクロ波損失特性と生成されたスピン流量を比較することで、非線形過程によって間接的に励起されたスピン波がスピンプンピングに与える寄与を評価できることを示した。</p> <p>第6章に、結論として各章で得られた内容をまとめ、本研究の成果を要約した。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3887 号	氏 名	井口 亮
論文審査担当者：	主査 慶應義塾大学教授	工学博士	佐藤 徹哉
	副査 慶應義塾大学教授	博士（工学）	栄長 泰明
	慶應義塾大学准教授	博士（工学）	牧 英之
	慶應義塾大学准教授	博士（理学）	能崎 幸雄
	東北大学金属材料研究所教授	博士（工学）	齊藤 英治

学士（工学）、修士（工学）井口亮君提出の学位請求論文は「強磁性絶縁体を用いた効率的なスピンの生成と生成されたスピン流に基づく磁化ダイナミクスの評価」と題し、6章から構成されている。

電子の量子力学的自由度の一つであるスピン角運動量の流れはスピン流とよばれ、電子が持つ電荷とスピンの両者を工学的に応用するスピントロニクスにおいて中心的な役割を担い、低消費電力および高付加価値を有する素子の実現に向けて応用が期待されている。スピン流の生成手法の一つであるスピンポンピングは、磁化ダイナミクスを通して隣接する伝導体にスピン流が生成される現象であり、これまで強磁性金属からのスピンポンピングが主に観測されてきた。近年、強磁性絶縁体からのスピンポンピングが観測されるようになり、強磁性絶縁体を利用したスピン流の伝送および素子生成の実現が期待されている。緩和が小さい強磁性絶縁体中では、非一様な磁化ダイナミクスであるスピン波が励起され、そのスピンポンピングへ及ぼす寄与が注目されている。しかしながら、強磁性絶縁体からのスピンポンピングで基本となる一様な磁化ダイナミクスの寄与の評価も十分には確立されていない。

本研究では、強磁性絶縁体からのスピンポンピングを空間分布、周波数依存性、励起電力依存性の観点から調べ、強磁性絶縁体における磁化ダイナミクスがスピンポンピングに及ぼす寄与を明らかにし、一様および非一様な磁化ダイナミクスによるスピン流の効率的な生成方法と生成されたスピン流を用いて磁化ダイナミクスを評価する手法の確立を目的としている。

第1章は序論で、本研究の目的および背景を概説している。

第2章では実験方法について記しており、マイクロ波を用いてスピンポンピングを任意の周波数で駆動するための測定系構築の指針を概説している。

第3章では、強磁性絶縁体において磁化ダイナミクスを局所励起した際のスピンポンピングの空間分布を調べ、特異的に伝播する表面スピン波によるスピンポンピングへの寄与を明らかにしている。ここで得られた結果は、空間的に分布した強磁性絶縁体の磁化ダイナミクスを電気的手法で評価できることを示すものである。

第4章では、多結晶と単結晶の強磁性絶縁体において励起される磁化ダイナミクスから生じるスピンポンピングの周波数依存性を比較している。これより、非線形過程によって間接的に励起されたスピン波のスピンポンピングへの寄与を明らかにし、強磁性絶縁体を用いて効率的にスピン流を生成するための指針を得ている。

第5章では、磁化ダイナミクスに起因するマイクロ波損失特性と生成されたスピン流量を比較することにより、非線形過程によって間接的に励起されたスピン波がスピンポンピングに与える寄与を評価できることを示している。

第6章に、結論として各章で得られた内容をまとめ、本研究の成果を要約している。

以上要するに、本研究は強磁性絶縁体を用いたスピンポンピングにおけるスピン流の効率的な生成法、およびスピン流を用いてスピンポンピングの基本となる磁化のダイナミクスを評価する方法を明らかにしたもので、スピントロニクス分野において工学上、工業上寄与するところが少なくない。よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

## 内容の要旨

報告番号	甲 第 3888 号	氏 名	川久保 俊
主論文題目： 公開統計情報に基づく全国自治体の持続可能性評価に関する研究			
<p>我々人間にとっての健康診断の意義は、自身の健康状態を客観的に把握して早期に身体の異常や病気を発見し、健康維持増進のために日常生活を見直すことである。これによって健康的に長生きできる可能性が高まる。これと同様に、自治体が抱える問題点や解決すべき課題を早期に発見し、都市／地域環境を良好に保ちながら持続可能な発展を遂げるためには、人間にとっての健康診断にあたる自治体の持続可能性評価を実施することが有効であると考えられる。そこで、本研究では、自治体の持続可能性評価手法を開発して、公開統計情報に基づいて全国の自治体を評価することによって我が国における国土整備の実態を把握する。本論文は、以下に示す全 8 章から構成される。</p> <p>第 1 章では、序論として、本研究の背景と目的を示した。</p> <p>第 2 章では、自治体の持続可能な発展をめぐる国内外の最新の動向についてまとめた。</p> <p>第 3 章では、自治体の持続可能性評価に係る国内外の既往研究を精査してその結果をまとめた。国内外の主要な大都市を評価する事例は多く存在するものの、評価の実施に必要なデータの収集が困難なことなどの理由から国の全ての自治体を一律公平に評価する手法は未だ確立されていないことを問題点として挙げた。</p> <p>第 4 章では、自治体の持続可能性評価に係る基本方針、評価する自治体の定義、評価手法の開発方法を示した。第 3 章に示した既往研究の調査に加え、専門家へのヒアリング、有識者との協議等のプロセスを経て、自治体の実態を的確に把握するための指標を厳選する方法論を示した。また、収集したデータの分布をもとに閾値や関数を設定し、自治体のスコアを算出する方法を提案した。</p> <p>第 5 章では、第 4 章で開発した自治体の評価手法に改良を加えて、日本全国の自治体を評価する方法論を示した。まず、収集可能な公開統計データが存在することを条件に指標の更なる絞り込みを行い、厳選した評価指標ごとに全国自治体の公開統計情報を収集してデータベース化を行った。さらに、簡易的な地理情報システム—GISアプリケーションを開発し、これとデータベースおよび自治体の評価プログラムを接続することによって全国の自治体を評価した。その結果、環境と社会面の評価結果は人口密度と負の相関関係を示し、経済面の評価結果は逆に正の相関関係を示した。一人当たりのCO<sub>2</sub>排出量などは人口密度が高いほど低く抑えられている実態が明らかとなった。</p> <p>第 6 章では、第 5 章で行った空間的な分析に時間軸の評価を加えた時空間分析の方法を示した。過去の市町村合併に伴う各自治体のデータの統合処理を行い、過去と現在の実態の比較を行った。その結果、過去 20 年の間に、少子高齢化の進展に伴って社会活力に係る項目の実態が大幅に悪化していることが明らかとなった。また、自治体間の経済格差が拡大しつつあること確認された。</p> <p>第 7 章では、本研究で開発した自治体の持続可能性評価手法の実用性を検証するために実施した様々なフィージビリティスタディの結果をまとめた。本研究で開発した評価手法で高い評価結果を得た自治体ほど、住民の日常生活に対する平均的満足度が高いことをアンケート調査で確認した。また、自治体関係者と協議しながら、複数の自治体の過去・現在・将来の評価を行い、持続可能性評価の結果を都市計画や施策立案にフィードバックすることの重要性を示した。</p> <p>最後の第 8 章では、各章の結論を総括するとともに今後の課題をまとめた。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3888 号	氏 名	川久保 俊
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	博士(工学) 伊香賀俊治
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 佐藤 春樹
		慶應義塾大学教授	学術博士 栗田 治
		慶應義塾大学准教授	博士(工学) 岸本 達也
<p>学士(工学)、修士(工学)、川久保 俊 君提出の学位請求論文は「公開統計情報に基づく全国自治体の持続可能性評価に関する研究」と題し、8章からなっている。</p> <p>自治体が抱える問題点や解決すべき課題を早期に発見し、都市／地域環境を良好に保ちながら持続可能な発展を遂げるためには、人間にとっての健康診断にあたる自治体の持続可能性評価を実施することが有効であると考えられる。そこで、本論文では、自治体の持続可能性評価手法を開発して、公開統計情報に基づいて全国の自治体を評価することによって我が国における国土整備の実態を把握することを目的としたものである。</p> <p>第1章では、序論として、本研究の背景と目的を示した。</p> <p>第2章では、自治体の持続可能な発展をめぐる国内外の最新の動向についてまとめた。</p> <p>第3章では、自治体の持続可能性評価に係る国内外の既往研究を精査してその結果をまとめた。国内外の主要な大都市を評価する事例は多く存在するものの、評価の実施に必要なデータの収集が困難なことなどの理由から国の全ての自治体を一律公平に評価する手法は未だ確立されていないことを問題点として挙げた。</p> <p>第4章では、自治体の持続可能性評価に係る基本方針、評価する自治体の定義、評価手法の開発方法を示した。第3章に示した既往研究の調査に加え、専門家へのヒアリング、有識者との協議等のプロセスを経て、自治体の実態を的確に把握するための指標を厳選する方法論を示した。また、収集したデータの分布をもとに閾値や関数を設定し、自治体のスコアを算出する方法を提案した。</p> <p>第5章では、第4章で開発した自治体の評価手法に改良を加えて、日本全国の自治体を評価する方法論を示した。まず、収集可能な公開統計データが存在することを条件に指標の更なる絞り込みを行い、厳選した評価指標ごとに全国自治体の公開統計情報を収集してデータベース化を行った。さらに、簡易的な地理情報システム-GISアプリケーションを開発し、これとデータベースおよび自治体の評価プログラムを接続することによって全国の自治体を評価した。その結果、環境と社会面の評価結果は人口密度と負の相関関係を示し、経済面の評価結果は逆に正の相関関係を示した。一人当たりのCO<sub>2</sub>排出量などは人口密度が高いほど低く抑えられている実態が明らかとなった。</p> <p>第6章では、第5章で行った空間的な分析に時間軸の評価を加えた時空間分析の方法を示した。過去の市町村合併に伴う各自治体のデータの統合処理を行い、過去と現在の実態の比較を行った。その結果、過去20年の間に、少子高齢化の進展に伴って社会活力に係る項目の評価結果が大幅に悪化している実態が明らかとなった。また、自治体間の経済格差が拡大する傾向が観察された。</p> <p>第7章では、本研究で開発した自治体の持続可能性評価手法の有用性を検証するために実施した様々なフィージビリティスタディの結果をまとめた。本研究で開発した評価手法で高い評価結果を得た自治体ほど、住民の日常生活に対する平均的満足度が高いことをアンケート調査で確認した。また、自治体関係者と協議しながら、複数の自治体の過去・現在・将来の評価を行い、持続可能性評価の結果を都市計画や施策立案にフィードバックすることの重要性を示した。</p> <p>最後の第8章では、各章の結論を総括するとともに今後の課題をまとめた。</p> <p>以上要するに、本論文は、自治体の持続可能性評価手法を開発して、公開統計情報に基づいて全国の自治体を評価することによって我が国における国土整備の実態を把握したものであり、工学的に寄与するところが大きい。</p> <p>よって、本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			