

2014年5月29日
融合研究推進委員
四方・中野

融合研究実施体制の確立に向けて

昨年度 HWIP で支援した融合研究プロジェクトを継続支援するための準備・手続きを進めた.

- 昨年度支援した融合研究プロジェクトは計 17 件あり, そのうち 16 件が継続支援を希望 (1 件は継続を断念)
- 上記 16 件に対し, 研究実施状況や今年度計画を含めた「継続申請書」の提出を依頼 (研究費は 1 件あたり年間上限 140 万円とした.)
- 融合研究推進の会 (難波先生, 平岡先生, 石黒先生, 西尾先生, 村田先生, 清水先生, 四方, 中野) による簡易審査を実施. 特に問題は見つからず, 全員が継続支援を支持.

今後の予定

- 上記内容でご承認頂ければ, 継続申請書 (計 16 件) を採択とし, 予算執行できるよう準備を進める.

参考資料

- 融合研究継続申請課題一覧
- 融合研究継続申請書

平成26年度 融合研究継続申請課題一覧

分類	課題番号	タイトル	教員						博士後期課程 学生数	予算申請額
			責任者							
特任	A001	持続発展可能な生命・情報システムの原理抽出	細田 一史	中村 泰	中野 賢	石井 浩二郎			0	0
学生	B001	突然変異の数理モデルとシミュレーション実験	中野 賢						3	140
	B002	Simple cell growth model	中野 賢						3	140
	B003	生命システムの高次機能の理解と制御	中野 賢	細田 一史	中村 泰	石井 浩二郎			3	140
教員	C001	高度好熱菌のシステム解析	清水 浩	松田 史生	吉川 勝徳	倉光 成紀	増井 良治		1	140
	C002	生物由来の素材で実現する新しいセンサネットワークに関する萌芽研究	西尾 章治郎	原 隆浩	平岡 泰	中野 賢			1	140
	C003	染色体分配異常時における中枢代謝のシステム解析	清水 浩	松田 史生	吉川 勝徳	石井 浩二郎			1	140
	C004	生命体のロバスト性の解明と情報ネットワークへの応用	村田 正幸	四方 哲也	小南 大智				1	0
	C005	情報通信マルチエージェントシステムの自己組織化	村田 正幸	加嶋 健司	橋本 智昭	小南 大智			1	0
	C006	情報通信ネットワークの制御系設計	村田 正幸	大下 裕一	加嶋 健司	橋本 智昭			1	0
	C007	生命感を感じさせるロボットシステムのミニマルデザイン	ファビオ・ダラ・リベラ	吉川 雄一郎	石黒 浩	清水 正宏	細田 耕		1	140
	C008	抱擁型コミュニケーションデバイスの工学的心理研究	石黒 浩	住岡 英信	中江 文	萩田 紀博	吉川 雄一郎		1	140
	C009	生体システムを模倣した多自由度ロボットシステムの調和的な制御	中村 泰	ファビオ・ダラ・リベラ	石黒 浩	四方 哲也			1	140
	C010	アンドロイドを用いた自閉症患者の社会的応答に関する研究	吉川 雄一郎	中野 珠実	小川 浩平	石黒 浩	北澤 茂		1	140
	C011	生体シミュレーションにおける大規模計算と大規模可視化の融合	下條 真司	伊達 進	野崎 一徳	萩原 兼一	和田 成生	田中 正夫	4	140
	C013	進化計算に基づく筋骨格構造発生課程の解明	仲田 佳弘	中村 泰	石黒 浩	細田 一史			1	140

予算申請額合計 1680

融合研究計画書（継続申請用）

<p>研究課題名 持続発展可能な生命・情報システムの原理抽出（若手教員による融合研究の実施モデル）</p>
<p>研究責任者（要押印） 下記参加者全員による全体責任</p>
<p>研究実施体制 細田 一史（未来・特任准教授；情報） 中村 泰（未来・特任准教授；基礎工） 中野 賢（未来・特任准教授；生命） 石井 浩二郎（未来・特任准教授；生命） * 学生の参加は無い（予算申請しない）。</p>
<p>研究内容 生物（微生物、動物細胞、昆虫、また生活空間内の人間など）が生息する実験システムの構築と、そのダイナミクスの理解。また、ロボットの導入や人工知能による制御の導入。さらに、アナロジーによる原理抽出とシミュレーションや、実用性検討などを行う。具体的には、システムを任意の状態にするような制御を試みるのではなく、部分的には生物などにより勾配法が解かれ動く系のダイナミクスが全体としてもつアトラクタ間の遷移の制御を試みる。つまり、情報システムを用いた管理下における自律型マイクロビオトープの構築により、持続発展可能な生命・情報システムの原理抽出を行う。また、これを「融合研究の実施モデル」として、問題点などを具体化する。 本研究の特徴は、生物学・情報科学・工学を融合する学際的研究となる点である。本研究は各分野の発展に貢献するだけでなく、新しい学術領域の創出につながる可能性がある。また、地球環境問題やエネルギー問題など、人間社会が直面している様々な問題の解決につながる可能性もある。</p>
<p>研究実施状況 下記研究計画のうち、H25 年度では、主に微生物に関するマイクロビオトープに参加するモデル生物の収集と保存を行った。また、継続的に観察できる閉鎖系のシステムを検討した。本年度は、マイクロビオトープの運転を始め、観察と解析を行う。また、この系の具体的な操作方法を検討する。 本研究は融合研究の推進のためにも行っているため、進行に関する状況も報告する。まず、融合研究を試みるうえで良い点は、やはり新しい視点を得られることである。また、ただ議論しているだけでなく、具体的に考えたり実行してみることで、何はできて何が難しいのかが、分野を超えてわかることにある。まだ各分野を理解しあっている域にはないが、広く科学の推進という意味において、非常に有意義であると感じている。一方で、問題点は各個人の時間などがある。現在のテーマと関係ない新しいテーマをやる者にとっては、新しい時間を見出すことが難しく、逆に現在のテーマと関連する者にとっては、共同研究者の進歩を待てない状況が不可避免的に派生する。また、研究以外のタスクが平等に分担されることはなく、ここでも進歩に差異を生じる。さらに、分野によってかかる時間が違うこともあり、その差異が生じるとともに、相互理解にもハードルがある。互いの仕事の重要性を尊重しあう人間力も必要になるだろう。ただし、これが実感できるということは、問題点というよりもむしろメリットだと思われる。互いを尊重して時間を共有すれば問題なく解決が可能と思われる。</p>

Text

研究計画

以下のように進める。

細田（専門：生物物理学）は生物を用いた実験システムを構築し、各種の相互作用を実験的に理解する。また、これを複雑適応システムと捉え、その単純数理モデルを構築する。

石井（分子生物学）は実験システムの持続発展可能性を支える様々な分子メカニズム（細胞分裂、進化適応、安定なゲノム継承）を実験的手法により理解する。

中村（人工知能）は実験システムの制御系を構築し、生物の挙動認識とロボットやその他環境操作を用いた制御を行うことで、システムのダイナミクスとその制御を理解する。

中野（情報通信工学）は、実験システムをもとに、持続発展可能なシステムを構築する方法を考える。マルチエージェントモデルを用いて、計算機上に仮想的な情報ネットワークを構築し、エネルギー利用効率等の点でその性能を評価する。

予算計画

特記事項

予算性質の理解、およびこれと申請者の任務の関係の理解に至っていない。

融合研究計画書（継続申請用）

研究課題名 突然変異の数理モデルとシミュレーション実験
研究責任者（要押印） 中野 賢（生命機能研究科 招聘准教授）印
研究実施体制 <ul style="list-style-type: none">石澤 裕佳（情報科学研究科 博士後期課程3年）大野 聡（情報科学研究科 博士後期課程3年）松原 崇（基礎工学研究科 博士後期課程2年）
研究内容 <p>細胞が分裂する際、DNA も複製する必要がある。このとき、全く同じ DNA を複製できるわけではなく、エラー（変異）が入ることがある。変異が入る確率（変異率）は、P_0 法を使った変異率測定方法を使った先行研究から、環境が異なるとその値が異なることが示されている。しかし、P_0 法はある特定の遺伝子に変異が入るかどうかを見ており、ゲノム全体の変異率を示すとは限らない。そこで、私たちは whole genome sequence によって環境によって変異率が異なるのかどうかを明らかにしたい。方法は、変異率のことなる大腸菌株を使って mutation accumulation experiment を行う。これはプレート上で大腸菌を培養し、生じたコロニーを新しいプレートにうえつぐという方法で、選択がかかりにくく、生じた変異は致死で無い限り子孫に受け継がれていく。この方法により、変異率を測定する。この研究により、進化に重要な意味を持つとされる高変異率株 (mutator) についての理解が促されると期待している。</p>
研究実施状況 <p>mutS、mutS と dnaQ の 2 つを欠損させた株を作成し、wild type を含めた 3 つの株において、最少培地 (M63)、富栄養培地 (LB)、20 アミノ酸を加えた貧栄養培地 (M63+20AA) の 3 つの培地で mutation accumulation experiment を行った。植継ぎは 33 サイクル行った。植え継いだ株と植え継ぐ前の祖先株においてゲノムを抽出し、whole genome sequence を行っているところである。</p>

研究計画

Whole genome sequence によって得られたデータを用いて、解析を行い、結果を論文にまとめる。

石澤

- ・入っていた変異と植え継ぎ前後の世代数から変異率を計算し、 P_0 法によって得られた値と比較する。
- ・ 培地の差でどのような違いがあるのかについて解析する。

大野

参考論文 (1) を参考に、解空間を描いた時にどのように進化するのかについて解析する。

松原

変異が入りやすい配列があるのかについて解析する。

(1) Schuetz, R., *et. al.* (2012) *Science*

予算計画

whole genome sequence (30 株) : 100 万円
シミュレーションに必要なソフトウェアなど: 40 万円

特記事項

融合研究計画書（継続申請用）

<p>研究課題名</p> <p>Simple cell growth model</p>
<p>研究責任者（要押印）</p> <p>中野 賢（生命機能研究科 招聘准教授）印</p>
<p>研究実施体制</p> <ul style="list-style-type: none"> • 村上 由衣（情報科学研究科 博士後期課程 2 年） • 大野 聡（情報科学研究科 博士後期課程 3 年） • 松原 崇（基礎工学研究科 博士後期課程 2 年）
<p>研究内容</p> <p>現存する細菌のほとんどが細胞膜の外側にペプチドグリカンを主成分とする細胞壁を持っており、細胞分裂には細胞壁の成長が不可欠と考えられている。しかし、多くの細菌は細胞壁を失っても「L 型」と呼ばれる状態で分裂・増殖できることが知られている。L 型になる時には、細胞の形が大きく変わる（桿型→球状）ため、細胞の生理状態も大きく変化していることが予想される。近年、L 型細胞の安定な培養法が確立されつつあり、L 型では通常の細菌の細胞分裂において必須である FtsZ をはじめとする分裂機構を必要としないこと (Leaver et al, 2009) や、その分裂には膜過剰な状態が必要であること (Mercier et al, 2013) が明らかになってきた。本研究では、この L 型細胞の発現解析、および代謝シミュレーションを行って、L 型細胞における必須な発現量変化を見出すこと、また、分裂の簡単な数理モデルを構築することを目指す。L 型細胞は非常に簡単な構成要素から分裂を引き起こしていることが予想されており (Bendezu et al, 2008)、原始細胞の分裂様式を考える有用なモデルとなることが期待出来る。</p>
<p>研究実施状況</p> <p>（村上）L 型細胞の安定な培養を達成した。複数の抗生物質、遺伝型、培地で成功し、様々な細胞サイズの L 型ライブラリーを作成した。また、「膜過剰が分裂を引き起こす」ことを確かめるために、直接的な膜供給（電気融合）によって分裂が誘起されるかどうかを検証している。（副テーマ「人工分裂操作系の確立」へ派生させる）</p> <p>（大野）・大腸菌の代謝モデル iJ01366 を用いて、大腸菌の細胞構成成分（タンパク質・脂質・RNA）の割合が変化した場合の代謝状態を予測することに成功した。グルコースを単一炭素源とする最小培地において、好気的な培養条件では、RNA の割合が高く、脂質の割合が低いほど、細胞の増殖速度が高い傾向が予測された。この予測は、増殖速度が高くなるほど細胞内の RNA 量が増加するという実験結果 (Pramanik et al, 1997) と一致する。</p> <p>（松原）細胞の増殖曲線（濃度の時間変化・テストデータ）から、細胞の分裂の数理モデルを考案し、シミュレーションによって確かめた。また、解析環境の立ち上げを行った。</p>

研究計画

（村上）実験（データの取得）を主として担当する。L 型細胞の発現データおよび増殖のデータ（マイクロアレイ、顕微鏡写真や細胞濃度変化）の取得を行う。

（大野）代謝シミュレーションを担当する。細胞膜機能が低下した（細胞構成成分比に占める脂質の割合が低い）大腸菌に特徴的な代謝を解析することにより、そのような大腸菌が安定して高い増殖速度を達成するために必要な遺伝子操作の予測が可能になることを期待したい。

（松原）主に数理モデル・シミュレーションを担当する。増殖データから分裂の数理モデルの構築を行う。

予算計画

- ・ 細胞培養に必要な消耗品（菌体、容器、培地成分、抗生物質など）
- ・ 顕微鏡備品
- ・ 解析ソフトウェア など

特記事項

研究にかかる予算が現在未定であるが、上限を140万円とする。

融合研究計画書（継続申請用）

研究課題名 生命システムの高次機能の理解と制御
研究責任者（要押印） 中野 賢（生命機能研究科 招聘准教授）印
研究実施体制 <ul style="list-style-type: none">・ 細田 一史（情報科学研究科 招聘准教授）・ 中村 泰（基礎工学研究科 招聘准教授）・ 石井 浩二郎（生命機能研究科 招聘准教授）・ 岡橋 伸幸（情報科学研究科 博士後期課程1年）・ 長谷川 翔（生命機能研究科 博士課程4年）・ 松原 崇（基礎工学研究科 博士課程後期課程2年）
研究内容 <p>記憶とは、経験や学習によって得た情報を脳内に保存する機能であり、脳高次機能の最も重要なものの一つである。しかし、その細胞機構、とくに固定・維持の細胞機構は、十分に理解されているとは言えない。生命機能研究科でのこれまでの研究で、培養脳切片に刺激を繰り返し与えると、細胞構造の変化を伴う長期的な増強または減弱が起こることが発見されており、これが記憶固定過程の解析モデル系になると期待される。これまでの解析では、シナプス構造の変化や伝達効率の変化など、シナプス部位での変化が重点的に調べられてきた。しかし、記憶固定に伴う変化はシナプスだけに限られるものだろうか。シナプスの変化によって情報流路が変化すれば、細胞全体の代謝活動の変化や、神経回路全体での変化も考えられる。そこで本研究では、こうした代謝の変化や回路の変化を、実測やシュミレーションを含む様々な角度からアプローチを試み、記憶固定に伴う脳のシステムとしての変化を探る。また、記憶効率は、ストレスや報酬などの外的要因で変化する。こうした状況を本実験系で再現した場合に、細胞およびシステムの性質にどのような変化がおこるか解析する。</p>
研究実施状況 <p>昨年度は、海馬培養切片より代謝産物を測定する方法の検討を行った。本実験では、幼体ラットより摘出した海馬をスライスして切片を作成し、それを培養下で成熟させた脳切片培養系を用いて実験を行う。代謝の変化は、(1)細胞外の栄養物質の取り込み量や、(2)細胞内に蓄積した代謝物質によって推察することができる。これら2点を測定するための検討を行った。まず、(1)細胞外の栄養物質の取り込み量については、細胞が要求するグルコースやアミノ酸、副産物として排出される乳酸などの測定ができるようになった。さらに、(2)細胞内に蓄積した代謝物質の測定については、分析のために必要なサンプル量やサンプル回収方法についての検討を行い、最終的に中央代謝中間体や細胞内遊離アミノ酸、エネルギー運搬物質、一部の神経伝達物質などの測定に成功した。</p> <p>また、繰り返し刺激後の神経回路の変化をコンピュータでシュミレーションするために文献調査などを行い、使用するプログラムやモデルの検討を行った。</p>

研究計画

本実験は繰り返し刺激を行った海馬培養切片の変化を、(1)代謝の変化により細胞全体の活動の変化を調べ、(2)コンピュータシミュレーションによって神経回路の変化を推定し、それを再び培養切片を用いた実験で検証を行う。

- (1) 細胞外の栄養物質の取り組みを調べる、刺激後に細胞内でどのように活動が変化しているのかを調べる。変化が大きく起こっている期間が判明すれば、その期間の細胞内代謝物質の変化をマススペクトルを用いて測定する。また、記憶に影響する外的要因とし、ストレスが与える影響を調べる。ストレスホルモンの一つであるグルココルチコイドを添加し、それによる変化を同様に測定する。
- (2) 繰り返し刺激によってシナプス構造が増加し、活動電位が上昇するところが分かっている。その際、神経回路全体での変化をシミュレーションによって予測し、検証を行う。

実験の役割分担は以下の通りである。

- ・長谷川：海馬培養切片の作成。代謝測定用の試料作製
- ・岡橋：細胞外栄養物質と細胞内代謝産物の測定
- ・松原：コンピュータシミュレーションによる神経回路変化の予測
- ・特任教員：融合研究の実施方式の検討、および、実行可能性の検討

予算計画

分析機器の運転に必要な試薬代：月5万×10ヶ月＝50万円

海馬切片培養に用いる実験動物代：月3万×10ヶ月＝30万円

切片培養・薬理刺激に用いる試薬・備品代：月6万×10ヶ月＝60万円

特記事項

融合研究計画書（継続申請用）

研究課題名 高度好熱菌のシステム解析
研究責任者（要押印） ○清水 浩（情・教授）印
研究実施体制 ○清水 浩（情・教授），松田史生（情・准教授），吉川勝徳（情・助教） 倉光成紀（生・教授），増井良治（生・准教授），学生 西田優也（生・D5）
研究内容 大腸菌など常温で生育する微生物と比較して <i>Thermus thermophilus</i> HB8 などの高度好熱菌は、非常に高温で生息できるバクテリアとして知られている。極限環境で生体システムが動作するためにはシステムの要素が極限環境でも機能する必要があり、システムの要素であるタンパク質が常温期のそれと比較して高温でも機能するといったタンパク質の構造と機能からの理解が深められてきた。 最近、外界から取り込んでエネルギーを得る中枢代謝ネットワークにおいても特徴的な機構や制御が存在するのではないかとということが示唆されている。そこで、本研究では、代謝ネットワークの活性化状態を非破壊的に調べることができる代謝フラックス解析を用いて、常温で生育する大腸菌と高度好熱菌の代謝状態を調べ、システムとして極限環境での振舞いを解析する。 これにより、高度好熱菌という工業的に重要な微生物の理解が深まるとともに、極限状態において良好に動作するシステムで見いだされた代謝システムとしての安定性・柔軟性などの原理に迫る。
研究実施状況 1) 大腸菌ですでに確立されている ^{13}C 同位体代謝フラックス解析を用いて <i>T. thermophilus</i> HB8 を解析する方法を開発することを目的とし実験方法について、議論し、検討した。 2) <i>T. thermophilus</i> の倉光研、清水研で培養を行い、細胞内代謝物質の抽出法について検討した。細胞の培養は順調に行えることを確認した。また細胞内代謝物質の抽出が十分でないため代謝物質を定量するにはいたらなかった。 3) <i>T. thermophilus</i> のプロテオーム解析を行うための分析方法について議論、検討した。 4) 今後、解糖経路の代謝フラックス解析を行うための方法を確立する。

研究計画

大腸菌ですでに確立されている ^{13}C 同位体代謝フラックス解析を用いて *T. thermophilus* HB8 を解析する方法を開発することを目的とする。

- 1) 昨年度に引き続き、*T. thermophilus* の解糖経路を中心とした中枢代謝経路において代謝物質を定量的に取り扱える分析法について検討し、確立する。
- 2) 代謝分子の変換と代謝分子間の原子の移動を記述するモデルを構築する。これを用いて高温で生育する細胞、常温で成育する細胞の ^{13}C 同位体代謝解析を行う。
- 2) *T. thermophilus* 細胞から蛋白質を抽出し、nanoLC と質量分析装置を用いて、中枢代謝経路で働く酵素およびその翻訳後修飾（アセチル化など）のプロテオーム解析を行う。
- 4) 代謝モデルを用いて ^{13}C 同位体濃縮度を最もよく説明する代謝フラックス量をコンピュータにより決定する。得られた結果を大腸菌と比較し、代謝制御機構を比較解析するとともに、階層の異なる遺伝子やタンパク質のネットワークとの関連を解析する。

予算計画

培養用試薬・器材	500
蛋白質精製用試薬・器材	200
質量分析用試薬・器材	700

特記事項

- 清水研には本研究において技術補佐員 S (D1、D2) 雇用の目途は立っていない。清水研でリーディングプログラム履修生を参加させて開始することは可能である。
- 実施はエフォート 30% という上限を考えると清水研、倉光研以外の学生による困難かと思われる。

融合研究計画書（継続申請用）

<p>研究課題名</p> <p>生物由来の素材で実現する新しいセンサネットワークに関する萌芽研究</p>
<p>研究責任者（要押印）</p> <p>西尾 章治郎（情報科学研究科，教授）（印）</p>
<p>研究実施体制</p> <ul style="list-style-type: none"> • 原 隆浩（情報科学研究科 准教授） • 平岡 泰（生命機能研究科 教授） • 中野 賢（生命機能研究科 招聘准教授） • 岡家 豊（情報科学研究科 博士後期課程2年）
<p>研究内容</p> <p>情報通信技術の発展により、あらゆる「モノ」（電子デバイス）がインターネットを通じて相互接続される時代になった。一方、生物や自然環境との相互接続性に関する研究は、未だ萌芽期に位置付けられている。本研究では、生物や自然環境とインターネットを相互接続する新しい情報ネットワークの実現を最終目標とし、生物デバイス間の通信方式や生物デバイスと電子デバイス間の通信方式を確立することを目指す。</p> <p>本研究では、情報通信工学者と分子生物学者が協力して、現行の情報通信技術とは全く異なる原理に基づく、革新的技術の創出を目指す。従来の電気や光に基づく通信技術とは異なり、化学信号に基づく通信技術（「分子通信」）について研究し、その応用を検討する。分子通信は、体内埋め込み型生物デバイス（遺伝子改変細胞等）を有機的に連携させることで知的な生体内センサネットワークを構築するなど、将来のバイオ ICT のキーテクノロジーを担う可能性をもつ。例えば、体内の所望の位置に薬剤を送達するドラッグデリバリーシステムの開発や体内に侵入した病原体を捉える人工免疫システムの開発に応用できる可能性がある。</p>
<p>研究実施状況</p> <p>昨年度（平成 25 年度）は自律移動型バイオセンサで構成する生体内モバイルバイオセンサネットワークの応用例として、生体内を移動するターゲットの追従システムを設計した。設計したシステムでは、自律移動型バイオセンサが2種類の分子信号を使って協調し、ターゲットを発見・追従する。このシステムを偏微分方程式によりモデル化し、数値計算によりその性能を評価した。また、エージェントベースのモデリングやシミュレーション評価も行った。これにより各種のモデルパラメータがターゲットを発見するのに要する時間やターゲットを継続的に追従できる時間に与える影響を明らかにした。本研究の成果は情報通信分野で世界最大規模の国際会議（ICC 2014）で発表する予定である。（Y. Okaie, T. Nakano, T. Hara, K. Hosoda, Y. Hiraoka, and S. Nishio ``Modeling and Performance Evaluation of Mobile Bionanosensor Networks for Target Tracking,`` in Proc. IEEE International Conference on Communications 2014, June 2014.）</p>

研究計画

昨年度設計した生体内モバイルバイオセンサネットワークを拡張する。例えば、複数ターゲットを効率的に追従するための分散アルゴリズム、センサの故障やノイズの影響、3次元空間への拡張などを考える。また、実証実験に向けた予備実験を実施する。生細胞の観察実験を行い、運動性細胞をモバイルセンサとして利用できるかどうかを検証する。以上を通して、生体内センサネットワークの実現可能性を検証する。

参加者の役割分担（と専門）は次の通りである。

- 西尾と原(専門:情報通信工学)は、生体内モバイルセンサネットワークの全体設計を行う。モバイルネットワークにおけるモビリティモデルを調査し、生体内モバイルセンサネットワークへの適用を検討する。
- 中野と岡家(バイオ ICT)は、生体内モバイルセンサネットワークの応用例として、ターゲット追従システムを取り上げ、その数理モデル化、数値実験、シミュレーション実験を行う。
- 平岡(分子生物学)は、生細胞の観察実験を実施する。

以上の研究成果を取りまとめ、情報通信技術分野の主要国際会議で発表する。また、国際ジャーナルで論文を発表する。

予算計画

細胞観察実験のための費用として以下を計上する。（上限 140 万円）

- 分子生物学試薬（6 万/月×10 ヶ月） 60 万
- 細胞培養試薬（4 万/月×10 ヶ月） 40 万
- プラスチック器具（2 万/月×10 ヶ月） 20 万
- 顕微鏡用ガラス器具（2 万/月×10 ヶ月） 20 万

特記事項

融合研究計画書（継続申請用）

研究課題名 染色体分配異常時における中枢代謝のシステム解析
研究責任者（要押印） 清水浩（情報科学研究科・教授） 印
研究実施体制 ○ 清水浩（情・教授）・松田史生（情・准教授）・吉川勝徳（情・助教） 石井浩二郎（生・特任准教授）・大野悠子（生・D5）
研究内容 染色体のセントロメアは真核生物の細胞の分裂と複製された染色体の正確な娘細胞への分配においてきわめて重要な役割を果たすことが知られている。また、ヘテロクロマチン領域は高度に凝縮したクロマチン構造をとり、セントロメアなどの染色体の高次な構造と機能に重要な役割を果たしている。 近年の研究から、染色体分配の異常が要因でがん化する例が報告されているのに加え、がん細胞の中枢代謝の変化も報告されている。この中枢代謝変化は、細胞がん化の結果である可能性に加え、染色体分配異常が細胞の中枢代謝の変化を直接的に誘導し、それががん化につながった可能性も考えられる。そもそも生命情報を担う染色体の伝達状態と中枢代謝の関係性に正面から取り組んだ解析はこれまで全く成されていない。しかし、生命の情報の受け渡し、システムの持続的維持にとっての異常と代謝という側面から見た生命活動の関係を明らかにすることは生命システムを理解するために重要であるのみならず、冗長な情報伝達経路を持つシステムの持続的維持や情報の安定的な受け継ぎに重要な示唆をもたらす可能性を秘めている。そこで本研究では、分裂酵母において人為的に染色体分配に異常を起こした際に起こる、細胞分裂時における染色体の変化と、中枢代謝の活性についての関係を明らかにすることを目的とする。
研究実施状況 1) 分裂酵母 <i>Schizosaccharomyces pombe</i> を対象として染色体分配時の現象を系統的に解析する方法について、遺伝子発現のレイヤーと代謝フラックスのレイヤーにおいて解析することを議論した。 2) <i>S. pombe</i> の遺伝子発現の網羅的解析を実施する計画を議論し、遺伝子発現を網羅的に解析する DNA マイクロアレイ解析について検討し実施した。 3) <i>S. pombe</i> の解糖経路を中心とした中枢代謝経路において中枢代謝における代謝を解析するモデルを構築するために、代謝分子の変換と代謝分子間の原子の移動を記述するマッピング情報を収集した。

研究計画

S. pombe の染色体分配のダイナミクスを明らかにするために、遺伝子発現のレイヤーと代謝フラックスのレイヤーにおいて現象解明のための方法を確立する。

1) 昨年度までに開発された、網羅的遺伝子発現解析法を染色体分配時の遺伝子発現解析のために適用する。

2) 昨年度までに収集した情報を元に、 ^{13}C 同位体代謝フラックス解析を用いて分裂酵母 *S. pombe* を解析するための方法を開発する。*S. pombe* の解糖経路を中心とした中枢代謝経路において代謝分子の変換と代謝分子間の原子の移動を記述するマッピング情報を収集し、中枢代謝における代謝を解析するモデルを構築する。

3) 遺伝子変異に因らない染色体分配異常を *S. pombe* 細胞を人為的に誘導した後、 ^{13}C 同位体化合物を栄養源として培養を行い、 ^{13}C 同位体の各代謝物の取り込みをメタボロミクス解析する。

4) 代謝モデルを用いて ^{13}C 同位体濃縮度を最もよく説明する代謝フラックス量をコンピュータにより決定する。

得られた結果から *S. pombe* の染色体異常が与える代謝への影響を解析する。

予算計画

ガラス器具（20 万円）、プラスチック器具（20 万円）、試薬・酵素類（100 万円）

特記事項

- 技術補佐員 S の雇用に関し、清水研本年度は該当者が見当たらなかった。
- リーディングプログラム履修生が清水研にいるので、彼らと徐々に研究をスタートするのは可能である。
- 研究の専門性を考慮すると、清水研、石井研以外の学生がエフォート 30%以下で実施するのは難しいと考える。

融合研究計画書（継続申請用）

<p>研究課題名</p> <ul style="list-style-type: none"> 生命体のロバスト性の解明と情報ネットワークへの応用
<p>研究責任者（要押印）</p> <ul style="list-style-type: none"> 村田正幸（大阪大学 大学院情報科学研究科，教授）<u>(印)</u>
<p>研究実施体制</p> <ul style="list-style-type: none"> 四方哲也（大阪大学 大学院情報科学研究科，教授） 小南大智（大阪大学 大学院経済学研究科，助教） 岩井卓也（大阪大学 大学院情報科学研究科，D3）
<p>研究内容</p> <ul style="list-style-type: none"> インターネットに代表されるネットワークシステムの発展進歩とともに様々なアプリケーションが現れてきている。その中で、ネットワークシステムは、頻繁に変化する通信要求や外部環境に対してより適応的に動作することが望まれる。そのためには、ネットワークシステムが環境の変化に対する柔軟性、ロバスト性、レジリエント性を持つことが重要である。システムを構成する複数のエンティティ同士の局所的な相互作用に基づく自己組織化により機能を創発する自己組織型の制御が、このようなシステムを設計する一つの方法であると広く考えられている。特に、生物のもつ自己組織的な振る舞いにおいては、エンティティの動作が持つランダム性が、ロバストさをもたらしていることが主張されている。しかしながら、自己組織型制御を工学的に応用することを考えると、ランダム性は性能の低下を引き起こす可能性を持ち、システムにどの程度のランダム性を持たせるかを定めることは難しい。本研究では、生物システムも熱力学システムの一つであることに着目し、熱力学的な平衡状態におけるエネルギーの安定化を、ネットワークでの最適性とランダム性の平衡状態と対応付けることで解決を図る。
<p>研究実施状況</p> <ul style="list-style-type: none"> 岩井卓也，小南大智，村田正幸，“熱力学に基づく自己組織型ネットワーク制御の協調に関する検討，”電子情報通信学会総合大会，(2014-3). Takuya Iwai, Daichi Kominami, Masayuki Murata, and Tetsuya Yomo, “Thermodynamics-based Entropy Adjustment for Robust Self-organized Network Controls,” to be presented at IEEE COMPSAC, July 2014.

研究計画

- 今年度の目標として、ネットワーク制御を平衡系の熱力学的に解釈することで、ある環境下における平衡状態が、ネットワーク性能を保持しつつ高ロバストかつ高レジリエントな状態となることを明らかにする。そのために、熱力学的な状態量である内部エネルギー、エントロピー、温度のそれぞれが自己組織型のネットワークにおいて何に対応するのかを示し、熱力学的な安定状態と、ネットワークの適応性との対応関係を検証する。得られた結果をもとに、適応性の高い自己組織型ネットワークを設計する方法、適応性の高い自己組織型制御に応用する方法の提案を行う。上述の目標の達成以降は、本来の生物システムが非平衡系の熱力学系であることから、そのエネルギー授受の構造をネットワークに応用し、階層型ネットワーク間制御やネットワーク間協調への応用を目指す。

研究の役割分担としては、上記の目標に対して、四方教授が生物システムおよび熱力学的観点から、ネットワークへの応用が可能なモデルを調査し、荒川准教授、小南助教、岩井がネットワークへの適用とその検証を行う。以上の研究の統括について村田教授が行う。

予算計画

- なし

特記事項

- なし

融合研究計画書（継続申請用）

<p>研究課題名</p> <ul style="list-style-type: none"> 情報通信マルチエージェントシステムの自己組織化
<p>研究責任者（要押印）</p> <ul style="list-style-type: none"> 村田正幸（大阪大学 大学院情報科学研究科，教授）<u>（印）</u>
<p>研究実施体制</p> <ul style="list-style-type: none"> 加嶋健司（京都大学 情報学研究科，准教授） 橋本智昭（大阪大学 大学院基礎工学研究科，助教） 小南大智（大阪大学 大学院経済学研究科，助教） 久世尚美（大阪大学 大学院情報科学研究科，D2）
<p>研究内容</p> <ul style="list-style-type: none"> 大規模なネットワークにおいて、局所情報による局所決定がシステム全体の機能を創発する、自己組織化制御の有効性がこれまでに示されている。しかしながら、自己組織化制御の実現のためには、特にネットワークの規模が大きくなったときに、ネットワークの機能創発を制御できない、大域的な最適性が保証できない、変動後のシステム状態の収束に長時間を要する、など工学的応用上の重大な問題を解決する必要がある。管理型自己組織化制御は、前述の問題を解決するための一つの方法であるが、解決のための具体的な管理方法については個々のケースに留まっている。本研究では自己組織化制御に対して予測を用いた制御を加えた新たな管理制御フレームワークを考案する。自己組織化制御を用いたシステムの一例として、ポテンシャル型経路制御を行うセンサーネットワークを対象とし、予測をベースとした管理の有効性を示す。特に、環境変動後にポテンシャル場が再構築されるまでの収束時間を、予測なしの場合と比較して一桁程度短くすることを目標とする。
<p>研究実施状況</p> <ul style="list-style-type: none"> 小南大智，加嶋健司，橋本智昭，村田正幸，"管理型自己組織化制御に基づくネットワークを目指したモデル予測制御を用いたポテンシャルルーティングの提案," 信学技報, IN2013-173, pp. 205-210 (2014-3). 久世尚美，小南大智，加嶋健司，橋本智昭，村田正幸，"モデル予測制御を用いたポテンシャルルーティングのロバスト性に関する検討," 信学技報, IN2013-195, pp. 305-310 (2014-3).

研究計画

- 今年度の研究の目標として、以下の二点を考えている。まず、大域的な状態の収束速度を向上するために、時空間的にどの程度システムからの状態を収集すれば、最適性を得た上で十分な収束速度が実現できるかを明らかにする。システム制御の分野からはシステムモデルの推定、ネットワークの分野からはグラフ理論といったものが利用できると考えている。また、現在の管理制御は集中的に行われているが、この構造を階層化、あるいは分散化することでさらなる規模拡張性をシステムに備える手法を提案することも今年度の目標としている。

研究の役割分担としては、上記の目標に対して、小南助教、久世がネットワークの観点からの要求を列挙し、加嶋准教授、橋本助教がシステム制御の分野からネットワークに応用が可能な知見についての情報収集を行う。それらの知見について、ネットワークへの適用とその検証を小南助教、久世が行う。ネットワークへの応用により得られた結果について、問題点をまとめ、再び解決方法を検討する。以上の研究の統括について村田教授が行う。

予算計画

- なし

特記事項

融合研究計画書（継続申請用）

研究課題名 情報通信ネットワークの制御系設計
研究責任者（要押印） 村田正幸（情報科学研究科 教授）
研究実施体制 村田正幸（情報科学研究科 教授） 大下裕一（情報科学研究科 助教） 加嶋 健司（元基礎工学研究科 准教授、現所属：京都大学情報学研究科 准教授） 橋本智昭（基礎工学研究科 助教） 大歳達也（情報科学研究科 博士後期課程 1 年）
研究内容 著しいトラヒック変動が発生した際にも輻輳を生じることなくトラヒックを収用するために、径路を動的に制御する手法の検討が進められている。しかしながら、このような動的に径路を制御する手法は、トラヒック変動への対応とネットワークの安定化の両立が大きな課題となり、現実への適用は進んでいない。この両立を達成するためのアプローチの一つとして、ネットワークの状況を予測しながら、予測に基づいて径路を制御することが考えられる。系の出力を予測しながら行う制御は、制御理論においても、モデル予測制御として研究が進められている。モデル予測制御では、制御対象の系をモデル化し、入力に対する将来の出力を予測し、その予測を踏まえた上で一定制御周期以内に制御目標が達成できるような入力を決める。また、定めた入力のうち、次の制御周期のもののみを系に投入し、得られた出力をフィードバックとして用いることにより、予測が不正確な場合にも対応可能となる。本研究ではモデル予測制御を適用することにより、 <u>トラヒック変動とネットワークの安定化の両立を達成可能なネットワークの経路制御を確立</u> することを目的とする。
研究実施状況 モデル予測制御を適用したトラヒックエンジニアリングの制御を集中制御型の経路制御として、集中制御サーバの動作を最適化問題としてモデル化した。そして、小規模なネットワークで人工的なトラヒックを生成した場合、実際のネットワークにおける制御の効果を示すため、Internet2 のトラヒックデータを用いた場合の 2 種類の評価を行い、提案手法の有効性の確認を行った。評価結果より、適切な予測ホライズンを設定したモデル予測制御を適用することにより、トラヒック変動が発生した場合も、前もって経路変更を行うことが可能となり、設備量を超過してトラヒックが流れることを防止することが可能となることが明らかとなった。

研究計画

平成 25 年度においては、モデル予測制御を用いたトラヒックエンジニアリングがうまく動作することをケーススタディにより示した。平成 26 年度は、この結果を一般化するために、予測誤差の大きさをモデル化し、適切に制御が動作する条件を示す。また、必要に応じて誤差を考慮に入れた制御を導入することにより、モデル予測制御を用いたトラヒックエンジニアリングを予測誤差が存在する場合でも、適切に動作するように拡張する。

さらに、大規模ネットワークへの適用をめざし、モデル予測制御を用いたトラヒックエンジニアリングの階層化を目指した検討についても開始する。

本年度においても、ネットワークにおけるモデル予測制御の適用については、村田・大下・大歳の担当で行い、用いるモデル予測制御手法の理論検討を加嶋・橋本で行う。

予算計画

なし

特記事項

なし

融合研究計画書（継続申請用）

<p>研究課題名 生命感を感じさせるロボットシステムのミニマルデザイン</p>
<p>研究責任者（要押印） ダーラリベラ・ファビオ（基礎工学研究科石黒研・特任助教）（印）</p>
<p>研究実施体制 吉川雄一郎(基礎工学研究科石黒研・准教授) 清水正宏(情報科学研究科ビッグデータ工学講座・准教授) 石黒 浩(基礎工学研究科石黒研・教授) 細田耕（基礎工学研究科細田研・教授） バスキ・フランシスカ(基礎工学研究科石黒研・博士後期課程3年)</p>
<p>研究内容</p> <p>近い将来、ロボットは社会の中で人々とコミュニケーションを取り、日常の一部として活躍すると考えられる。このとき、ロボットはサービスを提供するだけでなく、ヒトのパートナーとして現在のペットが担っているような役割を果たすことが求められる。その際、ヒトがロボットに対し「生命が宿っている」と感じることは必要になる。この目的を達成するため、多くの従来研究のロボットに存在する生き物の外観をもたせた。しかし、外観が存在する動物に近くなるほど、ロボットに対する期待が高まる。その結果、ロボットの動きなどはロボットのモデルになった生き物と差異が生じると、ロボットを異常に不気味に感じるこゝろがみられる。この問題を解決する方法として、本研究は、生命観を感じさせる十分条件を探索する。その条件を満たすミニマルなデザインでロボットを作るのであれば、動物との類似性が期待を損なうという問題が起こらず、生命観を感じさせることが出来ると考えられる。加えて、生命観を感じさせるミニマルデザインの探索の結果は、認知科学に主な意義をもつと考えられる。</p>
<p>研究実施状況</p> <p>右図にあるようなロボットを作成し、生命を感じさせる程度を予備実験で見当をつけた。すなわち、ロール・ピッチ・ヨー回転できる頭のような部分をもつロボットが生き物としてとらえられるかという仮説を検討した。ロボットAでの予備実験の結果、十分条件ではないと考えられる。</p> <p>生命を感じさせるためには回転より平行移動の方が重要性を持つ、または頭のような部分は不必要という仮説を確かめるため、ロボットBを作成した。その結果、ロボットAに比べると遥かに生命を感じさせると言える。加えて、生命を感じさせるだけでなく、単純な神経振動子で動かすと感情を表現できることを確かめた。その結果は「神経振動子に基づいた感情の表現」という題名で日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会において発表を行う。ロボットの部分の相対運動より、ロボットの移動で生命観を感じさせることができるかという仮説を確かめるために、ロボットCを作成した。現在、生命観を感じさせる移動経路などは検討中である。</p> <div data-bbox="916 1469 1343 1644" style="text-align: right;">  </div>

研究計画

25年度の探索的調査から複数の仮説を得て、26年度は一つずつを評価実験で確かめる。その仮説は以下のようになる。

- 1) ロボットの外装よりロボットの運動は生命を感じさせることに影響を与える。
- 2) 回転運動より、平行移動や移動が生命を感じさせる。
- 3) 周期的な運動は、非周期的な運動より生命を感じさせる。
- 4) 複数台のロボットは同じ空間で移動すると、生命を感じさせる力が極端にあがる。

すなわち、仮説1と2はロボットAとロボットBの比較から得た。仮説3は、ロボットBを神経振動子で制御した場合と非周期的な施行の比較から得た。仮説4は、ロボットCの複数台の同じ空間での同時移動の監視から得た仮説である。


ダーラリベラはロボットの開発を行う。吉川が評価実験のデザインに注目する。周期的な運動の生成のため、改めて神経振動子を利用する。神経振動子に関して深い知識をもつ清水は神経細胞モデルやネットワーク・トポロジーを設計する。石黒と細田が研究の方向性を決める。

予算計画

- 加工材料（3Dプリンタ材料2本 サポート材1本） 35万
- FPGAなどの電子部品 50万
- 機械部品 40万
- 電子回路施策 15万

特記事項

融合研究計画書（継続申請用）

<p>研究課題名 抱擁型コミュニケーションデバイスの工学的心理研究</p>		
<p>研究責任者（要押印） 石黒 浩（基礎工学研究科・教授）（印）</p>		
<p>研究実施体制</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 住岡 英信（国際電気通信基礎技術研究所（ATR）・研究員）， ・ 中江 文（医学系研究科・特任准教授）， ・ 萩田紀博（情報学研究科（連携講座）・教授） ・ 吉川雄一郎（基礎工学研究科・准教授） ・ 桑村海光（基礎工学研究科・D1） 		
<p>研究内容</p> <p>抱擁に代表される対人接触は癒しや利他的行動を促進する効果があると言われており、触覚情報の利用は次世代コミュニケーションメディアにおける課題の1つである。我々のグループでもこれまでの実証実験からメディアとの抱擁は人に好まれることが分かったため、抱擁に特化した遠隔コミュニケーションメディア「ハグビー」を開発してきた。</p> <p>対人接触と同様の効果を実現するためには対人接触の効果を基底メカニズムの理解が必要であるがそのメカニズムは人でもまだ未解明である。本研究ではメディアとの接触の効果を生理的変化、特にホルモンや脳活動の変化、まで調査することで、その効果の科学的検証と、メカニズムの解明を目指す。</p> <p>本研究は、我々の健康と社会的関係を促進するメディアの開発に役立つだけでなく、対人接触の科学的理解にもつながると考えられる。また、本研究により、ホルモンと脳活動に基づいてプロダクトを評価する新たな方法論の確立が期待される。</p>		<p>ハグビーとの抱擁</p>
<p>研究実施状況</p> <p>ハグビーによる癒し効果を Nature 出版社の科学雑誌 Scientific Reports にて発表した。被験者にハグビーか携帯電話のいずれかを介して実験協力者と 15 分程度の会話を行ってもらったところ、ハグビー群では会話後にコルチゾールが有意に減少することを報告した。</p> <p>次に、メディアによるコルチゾール以外のホルモンへの影響を確認するために、40 名の被験者に我々が開発した人のミニマルデザインをした「テレノイド」と 1 分間の抱擁を含んだ会話をしてもらい、会話前後でのコルチゾールやオキシトシン、ドーパミン、セロトニンなど 8 種類のホルモンの変化を調査した。その結果いくつかのホルモンにおいては抱擁の長さや触覚刺激の場所によって効果が見られる可能性が明らかになった。</p> <p>この結果を元に、触覚刺激の場所を変更することで癒しの効果が増加するかを調べるため、ハグビーを改良し、抱擁の際に布で上腕を包み込むようにしたものを作成した。20 名の被験者に改良したハグビーと通常ハグビーの印象を比較してもらった所、両ハグビー共にストレスを抱えている人には好印象であるが、改良したハグビーは特にその効果が増加する可能性が明らかになった。</p>		

研究計画

これまでの結果より、ストレスを抱えている人に対して抱擁型コミュニケーションメディアは効果的である可能性が示された。そこで、今年度は**入院患者**といった、**ストレスを常に抱えている人に対して実際にハグビーやテレノイドが効果があるかどうかをホルモン検査を通じた生理的評価を含め行い、その結果を基に、抱擁型コミュニケーションメディアの更なる改良を行う。**

実験場所の1つとして豊中病院を想定しており、既に実験計画を病院内の倫理審査委員会へ申請中である。実験では患者被験者が抱擁型コミュニケーションメディアを介して実験協力者と会話し、メディアの癒し効果と信頼感促進をそれぞれ唾液中のコルチゾール、血中オキシトシンなどのホルモンで評価する。昨年同様、血液・唾液採取は医学系教員の中江が行い、実験の遂行はホルモン検査を伴う情報メディアの評価に実績のある住岡と研究室外での情報メディアを用いた実験の経験が豊富な桑村が行う。ヒューマンロボットインタラクション研究の専門家である吉川には実験についてのアドバイスを求め、メディア研究開発の専門家である萩田がメディアの開発に関するアドバイスをを行う。研究責任者の石黒が研究全体の指揮を執る。

研究のため、新たなホルモン検査に必要な器具を購入する。豊中病院の業務時間内に実験を行うため、院内の設備の使用が困難である。さらに微量なホルモン変化を正確に検査するためにはより精度の高い装置が必要であるため、微量高速遠心機を購入する予定である。

予算計画

- ・ 微量高速遠心機本体（CF16RN, 日立工機）：900,000円
- ・ ローター（T15A41, 日立工機）：260,000円
- ・ オキシトシン分析キット（24名分）：235,000円

特記事項

融合研究計画書（継続申請用）

<p>研究課題名 生体システムを模倣した多自由度ロボットシステムの調和的な制御</p>
<p>研究責任者（要押印） 中村 泰（未来戦略機構，特任准教授）印</p>
<p>研究実施体制 Fabio Dalla Libera（基礎工学研究科石黒研・特任助教） 石黒 浩（基礎工学研究科・教授） 四方 哲也（情報科学研究科・教授） 岡留 有哉（基礎工学研究科石黒研・博士後期課程2年、技術補佐員 S 候補）</p>
<p>研究内容 従来、ロボットは工場内などの単純化された環境で活躍してきたが、構造化された環境では排除される様々な障害物や外乱などに満ちた実環境で人間と共に活動することが期待されている。実環境にはモデル化の困難な要素が多数存在し、その中でロボットが柔軟に活動することは容易ではない。一方で、人間を含めた生物はその身体構造を巧みに利用して、柔軟に活動している。本研究では、生物のような複雑な身体を動かし、柔軟に多様な実環境で活動する制御メカニズムを参考にすることで、実環境でも巧みに活動できるロボットの開発を目指す。特に、明示的なモデル化を行うことなく複雑なシステムを制御する生体システムの枠組みである生体ゆらぎを用いて、生体を模倣した外力に対して柔軟な構造を持つロボットの制御を試みる。すなわち、モデル化が困難な状況でも柔軟に制御を行うソフトウェアと、柔軟さをを用いて巧みに動作するハードウェア（生体模倣型ロボット）を用いて、様々な環境においても適応的に振る舞うロボットシステムが実現を目指す。</p>
<p>研究実施状況 平成 25 年度は、ギアを用いずに電磁リニアアクチュエータで駆動するアームロボットを用いた実験を行った。本ロボットは、ダイレクトドライブ型のロボットであり、各アクチュエータの出力を調整することにより手先の粘弾性を拘束に調整することが可能である。そこで、手先に加わる外力に応じたロボットの動作生成を目標として、ロボットの姿勢や動作速度、さらにアクチュエータに対する入力から、次時刻での手先での出力を推定する実験を行った。手先は柔軟物と接触しており、手先の出力を推定するためには非線形回帰モデルが必要となる。本研究では、我々が開発したハッシュキーを用いたデータセットの分割により高速な近似が可能なガウス過程回帰モデルを拡張し、計算の精度や速度に大きな影響を与えるハッシュキーを、生体を模倣したアルゴリズムである粒子群最適化法とアトラクタ選択モデルを組み合わせて決定する手法を提案した。提案手法により、精度と速度を兼ね備えたハッシュ関数を獲得できることを示した。本研究の成果は、国際会議 AROB（International Symposium on Artificial Life and Robotics）で発表した。また、プログラム委員からの推薦を受け論文誌への投稿中である。</p>

研究計画

本研究では、生物の身体のような複雑な構造を持つためにモデル化の困難なロボットを、多様であるためにモデル化が困難な実環境で活動させるための制御手法を開発する。平成 25 年度の成果として、特に明示的なモデル化を行うことなく、ロボット自身が環境とのインタラクションで得たデータを用いた柔軟物とのインタラクションのモデル化を行った。本年度は人間の上肢型ロボットを改良し、より柔軟で可動性の高いハードウェアに開発するとともに、生体ゆらぎに基づいた制御法を拡張し、モデル化が困難な実環境で活動するロボットに対する制御法の実現を目指す。

研究は技術補佐員 S を中心に中村と F. Libera が主体となってい、制御法に関しては中村が、ハードウェアの開発においては F. Libera が主導する。また、生体システムの柔軟な振る舞いをモデル化したアトラクタ選択モデルを利用することで、複雑な環境で活動するロボットシステムを開発するという研究課題であり、生体システムに関する知識を持つ四方やロボット工学の第一人者である石黒との密接な連携を行うことで研究を進める。



予算計画

- 空圧アクチュエータおよび制御バルブ (10 本程度): 20 万円
- 圧力センサ、接触センサなどの電子部品: 20 万円
- 機械部品その他: 40 万円
- 制御基盤ボードおよび制御用ソフト: 60 万円

特記事項

- ヒューマンウェアイノベーション博士課程プログラムの博士前期課程2年の学生である浦井 健次君にも協力を行って貰う予定である。

融合研究計画書（継続申請用）

<p>研究課題名 アンドロイドを用いた自閉症患者の社会的応答に関する研究</p>	
<p>研究責任者（要押印） 吉川雄一郎（基礎工学研究科，准教授）（印）</p>	
<p>研究実施体制</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 中野珠実（生命機能研究科，准教授） ・ 小川浩平（基礎工学研究科／コミュニケーションデザイン・センター，助教） ・ 石黒浩（基礎工学研究科，教授） ・ 北澤茂（生命機能研究科，教授） ・ 境くりま（基礎工学研究科，D1） 	
<p>研究内容</p> <p>自閉症に代表される広範性発達障害の患者の社会適応に大きな注目が集まっている。健常者との対話を怖がったり、避けようとする自閉症患者の多くも、ロボットのような人間でない存在に対してはある程度の向社会的態度を示すことから、自閉症児の社会性の療育にロボットを用いることが注目されている。一方、近年、参画教員である中野らの研究により、話し手と聞き手の間に起こる瞬きの同期現象が、自閉症患者の場合起こらないことが示されており、自閉症の社会性の問題の要因として、タイミングを計る能力の障害があると議論されている。</p> <p>先行研究では、人物が話している様子の動画を用いて自閉症患者の反応が調べられていた。これに対し本研究では、人間そっくりなアンドロイドを対話相手として呈示する実験によって、瞬きに加え、視線配布や頷きなどの様々な非言語的な表出の応答タイミングの双方向的な適応過程を調査することを考える。</p> <p>本研究により、自閉症患者が相手に対して同期しやすいモダリティ、そして、彼らを同期へと導くための相手側の振る舞いを明らかにすることで、自閉症患者の社会適応のためのロボット／療育のデザイン指針が確立されると期待される。</p>	
<p>研究実施状況</p> <p>平成 25 年度においては、まず一般健常者を対象として、動画呈示を用いた先行研究で見出された瞬き同期現象が、アンドロイドや人間などの実在の話し手と対面した際に、どのように再現されるかを調査した。具体的には、被験者を対面者として短い話を呈示するアンドロイドに対峙させ、視線・瞬きを計測する実験を実施し、瞬きの同期性を解析した。アンドロイドの振る舞いは、女性パーソナリティが視聴者に対して話しかける音声に合わせて、口唇の動きを生成して作成した。</p> <p>発話が途切れるタイミングでアンドロイドに瞬きを提示させたとき、および、発話の途中で瞬きを提示させたときに、アンドロイドの瞬きから異なる一定の潜時の後の区間で、被験者の瞬き頻度の上昇が観察された。これらの一定の遅れを伴う瞬きの同期現象は、前者は被験者による同調、後者は模倣によるものと考察された。また、予備実験として、アンドロイドに目をそむけさせながら発話および瞬きをさせる条件、アンドロイドの発話中、被験者がアンドロイドと手を重ねる条件で瞬きの同期性を評価する実験を実施し、視線接触や身体接触などの別のモダリティの同調の有無が、瞬きの同調に及ぼす影響を調査した。</p> <p>瞬きなどの非言語的な仕草を応答的に表出するアンドロイドのシステム開発に関して、視線計測装置を用いて、被験者の瞬きを検出するアルゴリズムを開発した。</p>	

研究計画

平成 26 年度では、昨年度から予備的に検討を進めてきた、人の同調に関するクロスモーダル性に関する調査を継続するとともに、同調を誘導するアンドロイドのメカニズムの開発を進める。またこれらと並行して、自閉症スペクトラム障害 (ASD) 児を対象とした実験に着手する。

同調のクロスモーダル性に関する検討として、昨年度の予備実験において取り組んだ、視線接触や身体接触などの別のモダリティの同調の有無が、瞬きの同調に及ぼす影響に引き続き取り組む。具体的には、対話中にアンドロイドが目をそらさせたり（上図）、被験者にアンドロイドの手に触れさせたりする（下図）などの、異なるモダリティによる関わりの相互作用を調査する。

同調の誘導メカニズムに関する開発に関して、昨年度に開発した視線計測装置を用いた瞬き検出アルゴリズムをもとに、アンドロイドの非言語的応答システムを構築し、これを評価する。

先行研究を実施した生命機能の教員の助言に基づき、基礎工の教員が参画学生とともに被験者実験をデザインし、参画学生をアンドロイドのシステム開発・被験者実験の実施・分析にあたらせる。

**予算計画**

- 生体情報収録装置用ソフトウェア (SDK) 70 万円
- ディスポーザブル電極等、計測機器用消耗品 20 万円
- ロボット・実験環境メンテナンス用消耗品 20 万円
- 被験者派遣費 (40 名) 30 万円

特記事項

融合研究計画書（継続申請用）

<p>研究課題名</p> <p>生体シミュレーションにおける大規模計算と大規模可視化の融合</p>
<p>研究責任者（要押印）</p> <p>○下條真司（サイバーメディアセンター・教授）（印）</p>
<p>研究実施体制</p> <p>萩原 兼一（情報科学研究科・教授） 和田 成生（基礎工学研究科・教授） 田中 正夫（基礎工学研究科・教授） 伊達 進（サイバーメディアセンター・准教授） 野崎 一徳（歯学部附属病院・助教） 吉永 司（基礎工学研究科機能創成専攻 D2） 大谷 智仁（基礎工学研究科機能創成専攻 D2） 重松 大輝（基礎工学研究科機能創成専攻 D2） 池田 圭（情報科学研究科コンピュータサイエンス専攻 D3）</p>
<p>研究内容</p> <p>医療分野では機能画像等の人体の機能を画像として取得する事が望まれており、医療画像等のマルチメディアデータを活用した患者モデリング手法の開発への期待は高まっている。現在、臨床上有益なテキスト、画像、音声、テンソルデータ等のマルチメディアデータについて、診断支援に繋がる有益な情報処理技術の実現にまでは至っていない。本研究では、アデミッククラウドのような情報共有プラットフォーム上で、ヘテロな電子情報を蓄積し有益な情報を抽出する手法に関する研究を行う。具体的には、1) なぜ临床上、そのような物理現象が生じるのか？ 2) 未確認の物理現象に取り組むための計算手法は何か？ 3) 明らかにした物理現象のメカニズムをドクターにどう理解させるか？ 4) 医療情報システムとどう融合させるか？の4点に焦点を絞り、研究開発に取り組む。</p>
<p>研究実施状況</p> <p>多様で複雑な生体構造を考慮した生体物理現象のシミュレーションに関しては、発音に関する音の伝播現象の基礎的数値計算手法に関する研究を行った。また、顎顔面領域の力学的な特性に関する数値計算について取り組んだ。マルチメディアデータを統合するシミュレーションの高速化と並列化方法の研究を行った。大規模電子情報の利活用を促進する可視化情報基盤を構築し、生体にまつわるシミュレーション結果を大規模に可視化を行った。</p>

研究計画

- 1) 顎顔面領域での力学的特性の評価、及び、発音等の流体や音響を対象とした生体物理現象のシミュレーション方法の実現（和田、田中）
- 2) 大規模数値シミュレーションの高速化（萩原）
- 3) 大規模電子情報の利活用を促進する数値計算・可視化情報基盤技術（下條、伊達）
- 4) 発音・言語のメカニズムに関して、マルチメディアデータと医療情報を融合させる研究（野崎）

予算計画

計算機使用料 50万
論文出版関係費用 20万円
三次元プリンタ・消耗品費 20万
可視化コンテンツ作成費用 50万

特記事項

なし

融合研究計画書（継続申請用）

研究課題名 進化計算に基づく筋骨格構造発生過程の解明
研究責任者（要押印） 仲田 佳弘（基礎工学研究科，助教）（印）
研究実施体制 中村 泰（基礎工学研究科，招聘准教授） 石黒 浩（基礎工学研究科，教授） 細田 一史（情報科学研究科，招聘准教授） 岡留 有哉（基礎工学研究科，D2）
研究内容 最初の生物が誕生してからおよそ 40 億年に渡り，生物は様々な環境やタスクの中で多種多様の進化を遂げてきた。環境とは重力，光源，フェロモン等の化学物質の有無などで表され，タスクとは環境への適応や生存行動を指す。これらの制約の下で生物は生体構造や感覚器官を繰り返し発達させ，新たな機能を獲得し，時には退化を伴って今日まで生存し続けてきた。本研究では，重力下で大きな変化を遂げたと言われる脊椎動物の筋骨格構造，特に複数の関節を同時に駆動する多関節筋に着目する。多関節筋は，四肢先端の剛性の調整に大きく寄与しており，陸上生活において欠かせない筋となっていたことが指摘されている。従来の多関節筋の研究は，現存する生物の構造を模擬したロボットを用いた多関節筋の機能の解明が中心であった。本研究は，複数のエアシリンダを空気に連結することで単・多関節筋を自由に作り出す手法を用い，多関節筋の発生をシミュレーションする。これにより，環境の制約が，生物の駆動機構に与える影響を調べることが可能となる。実験では，比較的均質な人工物の例としてロボットを用い，制約下における実効的な自由度の削減が，均質な人工物の実効的な構造化を促すことを確認する。
研究実施状況 昨年度は，実験のため，4つの関節を有するリンクロボット（PHENO:robot for Physically Engaged pNematic actuator array Optimization）を開発した。このロボットは各関節が 8つのエアシリンダで駆動される冗長な自由度を有する。初期状態では，1つのエアシリンダが駆動するときに駆動される関節は1つだけである。しかし，異なる関節を駆動する2つのエアシリンダをチューブで連結することにより，片方の関節が外力によって動かされた時，空気を介して他方の関節が動かされる連動が発生し，これが二関節筋と同等の振る舞いとなる。 開発したロボットを用いた実験により，エアシリンダの空気的な接続を行った場合には，外力に対するエンドエフェクタの安定性が向上するなど，二関節筋による効果が観察された。二関節筋となるべきエアシリンダの組を抽出する制御器の動作を確認するために，シミュレータも開発した。

研究計画

本研究では、進化計算を利用して生物の進化を模倣し、生物の筋骨格構造が実行タスクや環境の制約の下にどのように変化してきたか、その発生の過程を解明するための解析・手法を開発し、実際にロボットを用いて実験および検証を行う。

今年度は、昨年度開発した冗長な筋配置を有する直列リンクロボットおよびこのロボットのシミュレータを用い、それらに搭載された筋のうちの同期する組を抽出することで環境およびタスクに必要な最小限の実効的な自由度を推定する。

シミュレータは拡張性を考慮して、汎用のシミュレーションソフトへ移植する。ロボットの要素の衝突なども考慮することができ、より現実的なシミュレーションが可能となる。このシミュレータによって、実際に重力・無重力状態でのシミュレーションを行い、エアシリンダの組を抽出する制御器の動作を確認する。その後、この制御プログラムを電子回路モジュールに書き込み、実験による検証を実施する。昨年度は、少数のエアシリンダを用いた二関節筋機構の動作検証のみであったが、本年度は、32本全てのエアシリンダを駆動するバルブとその制御システムを構築し、実験を行う。

研究は仲田、中村が主体となって行い、解析・手法の開発に関しては中村が、ハードウェアの開発と制御に関しては仲田が主導する。また、本研究課題は生体の進化計算メカニズムを人工物の構造最適化に応用するものであり、システム生物学の研究者である細田の協力のもと行う。

予算計画

- ・ 空気圧シリンダ駆動用 On-Off バルブ：30 万円
- ・ 小型エアコンプレッサ：30 万円
- ・ バルブ制御用電子回路モジュール：65 万円
- ・ 電子回路モジュール用電源：5 万円
- ・ 電子部品・配線材：10 万円

特記事項

岡留有哉君（基礎工学研究科石黒研究室・博士後期課程1年）は既に別テーマの技術補佐員Sとして雇用されている。研究目的は異なるが、使用機器が類似しているため、特に開発したロボットを用いた実験に協力してもらう。