

【若手研究(S)】

総合・新領域系（総合領域）



研究課題名 人間を超える次世代高速・高機能ロボットハンドシステムの研究

千葉大学・大学院工学研究科・准教授 なみき あきお
並木 明夫

研究分野：総合領域・情報学・知能ロボティクス

キーワード：感覚行動システム，ロボットハンド

【研究の背景・目的】

近年，工業生産は多品種少量生産の方向に進んでおり，人間の手のように多目的かつ複雑な操りを可能とする多指ロボットハンドの必要性が増しているが，現状の多指ロボットハンドの能力は，人間の手と比較するとその能力は低い。

一般に，多指ロボットハンドと人間の手では，構成材料や作動原理が異なるので，形状を真似たとしても動的な特性が異なってしまい，人間の手と比較して把持能力・動作能力が低くなってしまふ。そこで，必ずしも人間の手を真似るのではなく，ロボットハンド固有の特性を活かした設計が有効となるが，現状では，そのような人間と異なる構造を持つ汎用多指ハンドの設計方法は確立されていない。

これに対して，研究代表者らは，「速度」に着目することでハードウェアの限界を突破し，人間を超える性能を持つ高速多指ハンドの開発を進めてきた。同時に，紐操りなどを例として，多指ハンドの動的操り能力を複数の機能モジュール（ダイナミックスキル）に分解することで，複雑な操りタスクを実現する手法と，それに適した多指ハンドの設計する手法について研究を行ってきた。

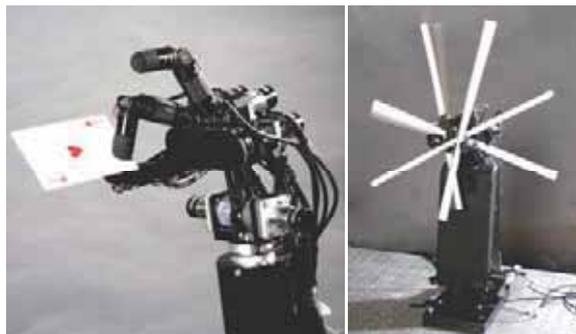
本研究では，これらの研究を発展させることで，人間を超える次世代高性能ロボットハンドの開発を目的とする。

【研究の方法】

本研究では，人間の手を真似ることには重点をおかず，扱う対象に最適なメカニズムとセンシングを構成論的に見つけ出し，機械の特性（メカニズム，センサなど）に適合した制御手法を構築する。具体的には，次の課題について研究を行う。

1. 複数の具体的な作業（紐操り，紙操り，精密作業など）における人間の動的な作業技能（ダイナミックスキル）を解析して体系化し，ロボットハンドにおいて実装する。
2. 操りの対象を限定させることで，その範囲内で汎用的かつ高性能での作業を実現する準汎用高性能ロボットハンドを開発する。
3. 多指ハンドの操りに特化した視覚センシングシステムを開発する。特に，視界内での指などによるオクルージョンを自動的に補正し，対象の3次元情報を取得する機能を実現する。
4. 把持・操りの動作を解析に基づき，アクチュエータのパラメータの最適化手法を確立する。その結果に基づき，ロボットハンドに適した小型

高出力アクチュエータを開発する



【期待される成果と意義】

- ・人間の把持・操りの動的な作業技能を解析し，把持・操りの本質的な構成要素を抽出することで，人間の手の形状にとらわれない，ロボットハンドの新しい設計方法を実現する。
- ・ロボットハンドの構成要素となる感覚系（センサ），運動系（アクチュエータ）のそれぞれの開発を進める。これらの開発モジュールはロボットハンド以外の用途にも応用されることが期待される。
- ・研究代表者らは，これまでに世界最高速のロボットハンドシステムを開発しているが，これらの成果を発展させ，速度と器用さを両立させた次世代高性能ロボットハンドを開発し，世界最高レベルのパフォーマンスの実現を目指す。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・妹尾 拓，並木 明夫，石川 正俊：高速打撃動作における多関節マニピュレータのハイブリッド軌道生成，日本ロボット学会誌，Vol.24，No.4，pp.515-522（2006）。
- ・Noriatsu Furukawa, Akio Namiki, Taku Senoo and Masatoshi Ishikawa, Dynamic Regrasping Using a High-speed Multifingered Hand and a High-speed Vision System, IEEE Int. Conf. Robotics and Automation, pp.181-187, 2006

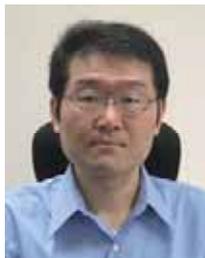
【研究期間と研究経費】

平成21年度－25年度

77,400千円

ホームページ等

<http://mec2.tm.chiba-u.jp/~namiki/>



研究課題名 神経回路網の多様性を生み出す発生分化プログラムの分子基盤

大阪大学・大学院生命機能研究科・准教授

しらすき りゅういち
白崎 竜一

研究分野：総合領域・神経科学

キーワード：神経発生・分化・異常、軸索ガイダンス、運命決定、転写調節因子

【研究の背景・目的】

神経回路網の多様性は神経系の発生分化プログラムのいくつかの局面にまたがって形成され、生物の行動様式から脳の高次機能発現までを規定する重要な基盤を与える。この神経回路網の基盤は発生期において、個々の神経細胞に特異的に発現される転写調節因子による運命決定とそれに連動して発現制御を受ける特異的な軸索ガイダンスプログラムによって構築される。一方で、中間標的における初期軸索ガイダンスプログラムの修飾改変がその後の軸索挙動にさらなる多様性を与える。

本研究課題においては、発生期での軸索ガイダンスの研究において先導的な役割を担っている交連ニューロンの発生分化プログラムに焦点をあて、以下の目的の達成を目指すことで神経回路網の多様性が生み出される分子機構の理解を推進させる。
①交連ニューロンのサブクラス固有の軸索ガイダンスプログラムの発現制御を担う転写調節因子を明らかにし、その下流で制御されている軸索ガイダンス分子レセプターなどの軸索ガイダンス関連分子を明らかにする。
②交連ニューロン軸索の正中交差前後で引き起こされる初期軸索ガイダンスプログラムの修飾改変の実体を、正中交差前後での軸索ガイダンス分子レセプターの選択的な局在発現制御と翻訳後修飾などによるタンパク質機能の制御の観点から解析することで、初期軸索ガイダンスプログラムの修飾改変機構の解明に迫る。

【研究の方法】

目的①においては、今までの我々の先行研究で既に得られている交連ニューロンのサブクラス特異的な発現を示す転写調節因子に対して、マウス胎仔への *in vivo* 電気穿孔法による機能獲得/機能阻害の実験システムを適用し、正中部交差後のサブクラス特異的な軸索伸長パターン形成のどのステップにこれらの転写調節因子が関与するのかを明らかにする。さらに、DNA マイクロアレイと *in vivo* 電気穿孔法の実験システムを組み合わせ、候補転写調節因子の制御下にある軸索ガイダンス関連遺伝子の発現解析を行い、交連ニューロンのサブクラス特異的な転写調節因子で制御されている軸索ガイダンス分子レセプターを探索する。目的②においては、交連ニューロン軸索の正中交差前と交差後の軸索膜上でのレセプタータンパク質の選択的な発現制御と機能修飾の解析を、交連

ニューロン軸索の正中交差前と交差後の状況を再現できる *in vitro* のアッセイ系と共焦点レーザー顕微鏡によるイメージング技術を駆使することで推進させる。

【期待される成果と意義】

神経回路網形成の分子機構に関する基礎的な知見は、神経軸索再生などに代表されるような再生医療への応用の分子基盤を与えると考えられる。また、再生医療での実際の適用には個々の神経細胞が、本来の固有の回路網を確実に構築できるように遺伝子発現レベルのみならず、タンパク質の機能発現のレベルにおいても十分な知見が必要不可欠である。本研究課題では神経回路網の多様性形成の分子機構を明らかにするにあたり、神経細胞の個性決定を担う転写調節因子を起点とする遺伝子発現制御と軸索ガイダンスの主要な担い手であるガイダンス分子レセプタータンパク質の機能発現制御の観点から迫ることで、従来からのアプローチでは見出せなかった知見を得ることを目指している。したがって、その成果は発生・再生神経科学領域はもとより生物学全般の関連研究分野の進展に対しても貢献することが期待される。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- Shirasaki R, Lewcock JW, Lettieri K, Pfaff SL. FGF as a Target-Derived Chemoattractant for Developing Motor Axons Genetically Programmed by the LIM Code. *Neuron* 50, 841-853, 2006.
- Shirasaki R, Pfaff SL. Transcriptional Codes and the Control of Neuronal Identity. *Annu. Rev. Neurosci.* 25, 251-281, 2002.
- Shirasaki R, Katsumata R, Murakami F. Change in Chemoattractant Responsiveness of Developing Axons at an Intermediate Target. *Science* 279, 105-107, 1998.

【研究期間と研究経費】

平成21年度－25年度

72,900千円

ホームページ

<http://www.fbs.osaka-u.ac.jp/~neurobiol/shirasaki/>

【若手研究(S)】

総合・新領域系 (総合領域)



研究課題名 成体脳におけるニューロン新生のメカニズムの解明

名古屋市立大学・大学院医学研究科・教授 さわもと かずのぶ
澤本 和延

研究分野：総合領域

キーワード：分子・細胞・神経生物学

【研究の背景・目的】

ヒトを含む多くの動物の脳室下帯 (SVZ) では、一生新しいニューロンがつけられている (図 1)。SVZ で生まれるニューロンは前方へ向かって長距離を移動し、嗅覚に関わるニューロンとして成熟する。本プロジェクトでは、成体脳における新生ニューロンの移動のメカニズムを明らかにする。さらに、ニューロン新生と嗅覚の関係を解明する。

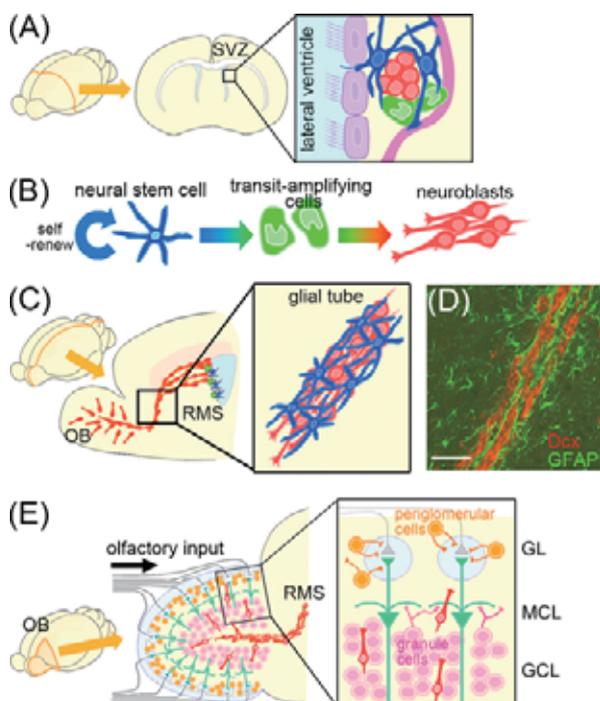


図 1 成体脳室下帯 (SVZ)におけるニューロン新生。

(A) SVZ の位置と構造。 (B) SVZ におけるニューロン新生。 (C) SVZ から嗅球(OB)へのニューロブラストの移動。 (D) 吻側細胞移動経路 (rostral migratory stream: RMS) を移動する doublecortin (DCX)陽性ニューロブラストとそれを取り囲む glial fibrillary acidic protein (GFAP)陽性アストロサイトの免疫組織化学。 (E) 嗅球におけるニューロン新生。 GCL, 顆粒細胞層; MCL, 僧帽細胞層, GL, 糸球層。

(Kaneko and Sawamoto, *Neurosci. Res.* 63: 155-164, 2009.より引用)

【研究の方法】

蛋白質化学・ケミカルバイオロジー・免疫組織化学・電子顕微鏡・組織培養・遺伝子トラップ法・二光子顕微鏡による in vivo イメージングなど、分子・細胞・個体レベルの様々な手法を組み合わせ、成体脳のニューロン新生を多角的に解析する。これまで解析してきたマウスに加えて、新しい遺伝子の同定のため新たなモデル動物としてゼブラフィッシュを用いる。さらに霊長類モデルとしてコモンマーモセットの脳室下帯の解析も進める。

【期待される成果と意義】

本研究により、現在不明な点が多い成体脳におけるニューロン新生のメカニズムと意義の一端が明らかになると期待している。また、その成果は、将来の細胞移植を用いない神経再生医療技術のための科学的基盤となる可能性がある。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- Kaneko, N. and Sawamoto, K.
Adult neurogenesis and its alteration under pathological conditions.
Neurosci Res 63: 155-164, 2009.
- Yamashita, T., Ninomiya, Y. et al.
Subventricular zone-derived neuroblasts migrate and differentiate into mature neurons in the post-stroke adult striatum.
J. Neurosci. 26, 6627-6636, 2006.
- Sawamoto et al.
New neurons follow the flow of cerebrospinal fluid in the adult brain.
Science 311: 629-632, 2006.

【研究期間と研究経費】

平成 21 年度 - 25 年度
80, 200 千円

ホームページ等

<http://k-sawamoto.com/>
sawamoto@med.nagoya-cu.ac.jp

【若手研究(S)】

総合・新領域系（総合領域）



研究課題名 知覚-運動系におけるベイズ統合の神経機序

早稲田大学・高等研究所・助教

みやざき まこと
宮崎 真

研究分野：総合領域 - 健康・スポーツ科学 - 身体教育学

キーワード：脳高次機能学

【研究の背景・目的】

我々が実環境で遭遇する事象の多くは変動を含んでいます。例えばキャッチボールをするとき、相手が投げってくるボールのコースや球速は一定とはなり得ず、毎回バラつきます。さらに、我々自身の身体に目を向ければ、感覚-運動機能のための連絡信号となる神経活動は、機械の電子信号と異なり、多分にノイズ(=変動)を有しています。

我々の身体は、このような外的・内的環境の変動に曝されながら、精緻で安定した認識・運動行為を生成しています。それがどのように実現されているのかは、身体・スポーツ科学、および認知・脳科学における重要課題の一つに挙げられます。

理論上、ヒトの中枢神経系が「ベイズ統合」とよばれる方略を用いることにより、外的・内的変動の影響を最小化し、認識/制御対象に関する最適推定を得ることができます。近年、行動科学的観測から、我々の知覚-運動系の情報処理で、そのベイズ統合が作用していることが示されてきました。しかし、それが人間の中枢神経系においてどのように実現されているかは現在不明です。本研究は、そのベイズ統合の神経機序を解明していくことを目的とします。

【研究の方法】

本研究は、人間の知覚-運動系におけるベイズ統合の神経機序の解明を目標とし、心理物理学的方法論に以下のような神経生理学的手法を組み合わせることで研究を推進していくことを計画しています。

- ・機能的磁気共鳴画像 (fMRI)：ベイズ統合に関連する脳部位を特定します。
- ・経頭蓋磁気刺激 (TMS)：関連脳部位に一過性の機能阻害を起こすことにより、その部位の役割の確認を行います。
- ・脳波 (EEG)：関連脳部位の作動時間帯・作動順序を特定します。
- ・反射測定：脳活動と行動をつなぐ下位中枢神経系の関与の可能性を検討します。

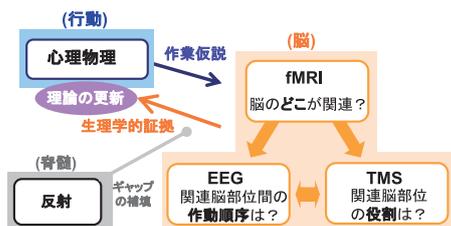


図1 研究方法の相関図

【期待される成果と意義】

本研究により、関連脳部位 (関連神経器官)、各関連部位の機能的役割、各関連脳部位の作動時間帯・作動順序の特定が進めば、ベイズ統合の神経機序の全容解明に向けて大きな進展が得られると同時に、神経生理学的妥当性をもって、理論モデルを現実の脳の振舞に近づけることが可能になります。

ベイズ統合は、変動に富む実環境での認識・運動行為の成功率を最大にする情報処理方略です。本研究の成果により、その機序の解明が進めば、知覚-運動制御の基礎理論、およびそれに基づく身体スキル教育法の発展に寄与することが期待されます。そして、そこで得た所見・原理を応用することにより、スポーツ選手や職人のように巧みに振舞うロボットの開発や効率的なりハビリテーションプログラムの考案に寄与できるものと考えられます。

また、ベイズ統合は中枢神経系に正解率の向上という効用をもたらす一方で、低頻度の事象に対する感度を低下させるという損失をもたらします。このベイズ統合の負の特性にも着目し、そのメカニズムを解明していくことにより、ヒューマンエラー防止システムの発展にも貢献できるものと期待されます。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・宮崎真. 運動制御・学習理論への力学系アプローチ：力学系理論における変動の問題. 体育の科学 57(4): 307-312, 2007.
- ・Miyazaki M, Yamamoto S, Uchida S, Kitazawa S. Bayesian calibration of simultaneity in tactile temporal order judgment. *Nature Neurosci* 9: 875-877, 2006.
- ・Miyazaki M, Nozaki D, Nakajima Y. Testing Bayesian models of human coincidence timing. *J Neurophysiol* 94: 395-399, 2005.

【研究期間と研究経費】

平成21年度-25年度
79,900千円

ホームページ等

http://www.waseda.jp/wias/researches/p/profile/plof_m_miyazaki.html

【若手研究(S)】

総合・新領域系 (複合新領域)



研究課題名 南極氷床コア分析と気候モデリングに基づく氷期・間氷期の気候変動メカニズムの解明

国立極地研究所・研究教育系・助教 かわむら けんじ
川村 賢二

研究分野：複合新領域

キーワード：環境変動、南極氷床コア

【研究の背景・目的】

過去 100 万年ほどの間、地球の気候は約 10 万年周期の氷期-間氷期という大きな変動サイクルを繰り返してきた。氷期の最寒期にはカナダ全土とアメリカ北部、ヨーロッパ北部や西シベリア北部を厚さ 3km にもおよぶ氷が埋め尽くしていた。海面は現在より 130m 低く、南極の気温は約 9°C 低かった。このような大変動のメカニズムの解明は、気候システムを理解し、将来を見通すうえで非常に重要である。なぜなら、そこには温室効果気体や氷床・氷河、海洋循環、エアロゾルといった、人為起源の気候変化の原因となる要素が含まれるうえ、気候変動の振幅が直接観測期間と比べてはるかに大きいためである。本研究では、現在および過去の間氷期とその前後の遷移期における、大気中の温室効果気体濃度と南極の気温、全球平均の海水温を復元する。それらのデータから、気候遷移期における気温と海水温、海面変動、温室効果気体、地球軌道要素の間の時間関係を正確に把握するとともに、数値モデリングへの入力データや検証データとして活用することで、気候変動と氷床変動、炭素循環変動のメカニズムに迫る。

【研究の方法】

南極ドームふじ氷床コアを用い、間氷期とその前後の遷移期について、200 年程度の時間分解能で 3 種の温室効果気体濃度 (CO₂, CH₄, N₂O) の復元を行う。なお、最終氷期以前に相当する深度では、氷床流動により年層が著しく薄くなっているため、高時間分解能解析に対応するべく、新たに空気抽出・分析装置を開発する。また、平均海水温復元のために、Kr と Xe を分析するとともに、氷床コアの年代決定のために O₂/N₂ を分析する。氷と空気の年代差の推定精度を高めるために、ドームふじにおいてフィルン (表層 100m 程度の通気のある層) 中の空気を採集し分析するとともに、過去 5 万年間程度の CH₄ 濃度を 100 年程度の時間分解能で復元する。

データの解析をモデリング研究者や古海洋研究者との議論の上で行っていくとともに、大気海洋結合モデル (MIROC GCM) 等を用いた古気候・氷床・炭素循環シミュレーションへの入力・検証データとして順次提供する。また逆に、モデルに

よる数値実験結果を古気候データとともに解析する。

【期待される成果と意義】

以下に挙げるような、気候学的に重要な問題に答えることができると期待される。

・氷期-間氷期変動において、北半球の夏期日射量が、海水温や気温、温室効果気体濃度の変化より常に先に変化したのか？氷期から間氷期への遷移のトリガーは、3つの地球軌道要素 (離心率、黄道傾斜、地軸歳差) のうちどれか？

・間氷期における気温と CO₂ 濃度、海水温、軌道要素間の関係の事例から推察して、人類が存在しなかったら、過去数千年間に地球は氷期に向かっているはずだったのか？

・深海を含む全海洋の温度は何によって決まり、CO₂ 変動にどう影響したのか？

・軌道要素と温室効果気体の強制力を正確な時間軸で入力した場合、モデルは過去の氷床変動を再現できるのか？

ドームふじコアの年代決定と分析精度は極めて高いので、氷期-間氷期変動への温室効果気体と地球軌道要素の寄与を分離するために不可欠なデータを初めて提供できる。データを即時に幅広く活用することで、先端レベルの氷床コア解析と古気候モデリングとの融合研究が可能になる。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

・Kawamura, K. et al., Northern Hemisphere forcing of climatic cycles in Antarctica over the past 360,000 years. *Nature*, 448, 912-916 (2007).

・Lüthi, D.,, Kawamura, K. and Stocker, T., High-resolution carbon dioxide concentration record 650,000-800,000 years before present, *Nature*, 453, 379-382 (2008).

【研究期間と研究経費】

平成 21 年度 - 25 年度

83,000 千円

ホームページ等

<http://polaris.nipr.ac.jp/~kawamura/wakateS>
kawamura@nipr.ac.jp

【若手研究(S)】

総合・新領域系（複合新領域）



研究課題名 定量的行動試験をもとにした顕微鏡解析による 発達神経毒性の分子標的の同定

東京大学・大学院医学系研究科・助教

かけやま まさき
掛山 正心

研究分野：複合新領域

キーワード：トキシコロジー

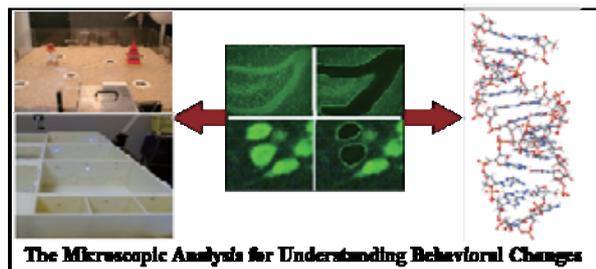
【研究の背景・目的】

母体が影響を受けない低用量曝露によって次世代の脳の発達に影響が顕れることが懸念されている。子どもの「こころ」の健全な発達は万人の願いであり、化学物質曝露との因果関係の解明、影響の程度の科学的評価が要求されている。

本研究では、定量性・再現性の極めて高い独自の行動試験を出発点として、新たな顕微鏡解析により行動—組織—分子レベルのイベントのリンクさせ、発達時系列をおいて化学物質曝露と「こころ」の問題の因果関係解析する。「ネズミの行動変化がヒトの場合、どのような意味を持つのか」を科学的に説明し、個体レベルの影響に直結した分子マーカーを同定することを目的とする。

【研究の方法】

独自の行動試験バッテリーを用いて行動試験を行った動物の脳サンプルが本研究の出発点である。すでに行動レベルで影響が確認されているダイオキシン、メチル水銀等を対象として発達期の低用量曝露を受けた動物の行動試験直後の脳サンプルを用い、行動試験に伴い活性化する神経細胞（集団）と曝露影響を受ける神経細胞（集団）を同定、Immuno-LMD法を用いた遺伝子発現解析により行動試験に関わる神経細胞と曝露影響を受ける神経細胞に特異的な分子イベントを特定する。個体レベルの曝露影響に直結する神経細胞（集団）に焦点を絞ることで、微細形態学解析と大脳発生時期の解析も含めた顕微鏡解析を行う。行動試験の時期から



曝露時期（大脳発生時期）まで発達時系列を遡って解析することで、行動試験での分子イベントと曝露時点の分子イベントにリンクさせる。

【期待される成果と意義】

行動変化に伴う分子イベントの解析により、行動試験の成績を解釈するための科学的情報を提供するとともに、個体レベルの影響に直結した「影響の質と程度を示す」分子マーカーを見出す。影響が顕れる時期と場所（細胞）を特定することで、従来よりも鋭敏に毒性影響を検出する。発達時系列をおいた顕微鏡解析により、曝露時期と影響の発現時期との間を埋め、曝露と影響の因果関係を明らかにする。個体レベルの影響から分子に至るユニークなアプローチにより、さまざまな化学物質にあてはまる発達神経毒性メカニズムの新たな知見と研究手法が提供できるだろう。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- Kakeyama M, Sone H and Tohyama C. Perinatal Exposure of Female Rats to 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-*p*-dioxin induces central precocious puberty in the offspring. *J Endocrinol.* 197; 351-358, 2008.
- Tse D, Langston RF, Kakeyama M, Bethus I, Spooner PA, Wood E, Morris RGM. Schemas and memory consolidation. *Science*, 316:76-82, 2007.

【研究期間と研究経費】

平成21年度—25年度

79,200千円

ホームページ等

<http://env-health.m.u-tokyo.ac.jp/member/kake.html/research>



研究課題名 高精度地盤構造推定のための微動・重力・磁気
の統合観測システムと同時逆解析法の開発

東京工業大学・大学院総合理工学研究科・准教授

もりかわ ひとし
盛川 仁

研究分野：複合新領域

キーワード：被害予想・分析・対策

【研究の背景・目的】

地盤構造、特に深い基盤の3次元形状を詳細に知ることは、地震動予測を行う上で非常に重要である。地盤構造に関連する物理量には、互いに高い相関を有するものがある。その関係をうまく活用することで地盤構造推定時の制約条件を厳しくすることができるため、ひとつひとつの物理探査手法における精度がそれほど高くなくても、結果的に得られる地盤構造のモデルの精度は高いものとなることが期待される。このような観点から、ひとつひとつの観測コストがそれほど大きくない微動、重力、磁気探査の3つの記録を同時に解析することで高精度に地盤の3次元構造を推定する手法を開発することが本研究の目的である。また、効率よく都市程度の広さの領域での観測を実現するために、重力と磁気については、自動車や無人ヘリコプターを用いて移動しながら同時観測することで、観測の手間を大幅に軽減するための手法を確立する。

【研究の方法】

第1年度には、基本的なアルゴリズムの枠組みを構築する。まず、微動探査では、Rayleigh波とLove波の位相速度、Rayleigh波のellipticity(楕円率)使った速度構造の推定精度の向上を図る。そのうえで、微動と重力探査との併合処理のためのアルゴリズムを検討する。第2年度以降は重力と磁気の併合処理手法に続いて、微動、重力、磁気の3つの物理量の併合処理のためのアルゴリズムを構築する。効率よく観測を実施できるよう、自動車や産業用無人ヘリコプター(以下、キャリアと呼ぶ)を用いた重力、磁気同時観測システムの開発を実施する。その際、キャリアの姿勢と運動を高

精度で同定することが重要となるため、GPSと高感度ジャイロ記録に基づく運行履歴の高精度把握のためのアルゴリズムを開発する。最終年にはすべての成果をテストフィールドに適用し、開発された手法の有用性を検証する。図1に本研究課題の流れと年度別の研究計画の概要を示す。

【期待される成果と意義】

本研究では解析法、観測法の両面から3次元地盤構造モデルの推定という問題にアプローチするが、その過程では種々の新しい要素技術の開発が行われる。例えば、解析法にあっては逆問題の解法、観測法にあっては移動体の姿勢情報の高精度な取得法などがある。これらの要素技術は、たとえば、航空機や船舶の安全運行のための情報基盤としての利用や構造物等のヘルスマニタリングのための利用など、本研究課題の枠組みのなかでの応用範囲をはるかに超えて汎用的に利用可能な技術である。

本研究によって得られた成果は、そのまま地盤構造探査の新しい枠組みを与え、これまでに比べて低いコストで比較的良好な精度の地盤構造モデルを容易に作成することを可能とする。このことは、日本だけでなく、世界各地の地震による被害を受ける可能性の高い地域でも本研究成果が有効に活用される可能性が高いことを意味している。本研究の成果は日本から世界へ向けて、地震防災のための予測や対策を進める際に非常に大きな貢献が可能である。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・高橋千佳・盛川仁・駒澤正夫・関口春子・澤田純男：新潟県中越地震被害地域における重力探査を用いた深部地盤構造のモデル化，地震，第2輯，第61巻，第2号，pp.33-48，2008.
- ・坂井公俊・盛川仁・野口竜也：重力及び微動データの併合処理による地盤構造推定手法の適用性の検討，第12回日本地震工学シンポジウム論文集，pp.274-277，2006.

【研究期間と研究経費】

平成21年度-25年度
67,700千円

ホームページ等

<http://www.enveng.titech.ac.jp/morikawa/>



図1 年度ごとの研究計画の概要



研究課題名 ゲノムワイドな遺伝子ネットワーク解析による
脊索動物の発生と進化のシステムの理解

京都大学・大学院理学研究科・准教授 ^{さとう}佐藤 ゆたか

研究分野：複合新領域（基礎ゲノム科学）

キーワード：ゲノム調節

【研究の背景・目的】

動物の卵には多くの遺伝情報が蓄えられており、受精後、この情報をもとに遺伝子発現が起こります。発現する遺伝子の中にはさらに別の遺伝子を発現させる働きを持つ転写調節因子と呼ばれるタンパク質をコードするものや、細胞外に分泌されて近傍の細胞の転写調節因子の働きを(多くは間接的に)調節するシグナル分子をコードするものが含まれています。この新たに発現あるいは調節された転写調節因子は、さらに別の遺伝子の発現を引き起こします。遺伝子の発現調節は通常は複数の転写調節因子によって行われるので、動物の発生における転写調節の関係は複雑なネットワークを構成します。この遺伝子ネットワークは、発生の進行とともに細胞を分化させ、最終的に分化した細胞においては、特異的な機能を果たすための遺伝子を発現させます。

ネットワークを理解するためには、その全体像を把握する必要があります。動物の遺伝子はゲノムにコードされていますので、この遺伝子ネットワークを考えるためにはゲノムワイドな広がりをもった考察が必要です。また、この遺伝子ネットワークは、通常、不可逆であり、細胞を単位として進みます。細胞は時間とともに分裂を繰り返します。また、その細胞の集合である胚はそれぞれの種で特徴的な形を持ちます。この四次元の空間は、直接あるいは間接に遺伝子ネットワークによって調節されているはずで

本研究では、動物の発生における遺伝子ネットワークを細胞単位で、また、ゲノムワイドな広がりを持って解析していきます。また、その理解を通じて、進化の過程でこのネットワークがどのように変化してきたのか、あるいはどのような変化が可能であるのかといった問題にもアプローチしていきます。

【研究の方法】

本研究では実験材料としてホヤを用います。ホヤは我々ヒトとおなじ脊索動物門に属する動物です。ホヤは脊索動物に共通する多くの形質を持っていますが、一方で他の脊索動物にない実験動物としての優れた特長を持っています。ひとつは、ゲノムサイズが小さいことです。ゲノムの大きさは約160Mb、遺伝子の数は16000程度であり、脊椎動物と比べはるかにコンパクトなゲノムを持っています。つまり、ゲノムワイドな解析を

行うことが、脊椎動物に比べ容易です。

このホヤの胚を用いて、細胞単位で発現する遺伝子を網羅的に記載するとともに、発現する調節遺伝子の機能を網羅的に調べます。その結果を情報学的に統合・整理し、定性的なモデルを構築し、遺伝子ネットワークの基本的性質を胚という四次元空間の中で理解していきます。

【期待される成果と意義】

ゲノムを出発点においた網羅的なネットワークの解析を行っている点でユニークな実験系です。また、発生の基本単位である「細胞」のレベルで発生の遺伝子ネットワークをあつかっている点にも特徴があります。さらに、初期胚はその形が精密にコンピューター上で再現されていることなど、ホヤは遺伝子ネットワークを四次元のレベルでモデリングするための精緻で多様なデータが現時点でもっともそろっている実験系です。ホヤの発生をシステムのレベルで完全に理解することは、ホヤの発生の理解にとどまらず、動物の発生の普遍的メカニズムと多様性の理解の基礎となると考えています。

脊索動物の祖先は、脊索動物の誕生の際にオタマジャクシ型の体制を獲得しました。そこには当然大きなゲノムの変化、そしてそこにコードされている発生の遺伝子ネットワークの変化があったはずで

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- Imai, K. S., Stolfi, A., Levine, M. and Satou, Y. Gene regulatory networks underlying the compartmentalization of the *Ciona* central nervous system. *Development* 136, 285-293. (2009).
- Imai, K. S., Levine, M., Satoh, N. and Satou, Y. Regulatory blueprint for a chordate embryo. *Science* 312, 1183-1187. (2006).

【研究期間と研究経費】

平成21年度－25年度

80,200千円

ホームページ等

<http://ghost.zool.kyoto-u.ac.jp>