

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 8 日現在

機関番号：12401

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21590785

研究課題名（和文）モチリンによる空腹期収縮機構の解明

～新たなモデル動物を用いたアプローチ～

研究課題名（英文）A study of motilin-induced gastric migrating motor complex.

—A novel approach for using newly established animal model—

研究代表者 坂井 貴文（SAKAI TAKAFUMI）

埼玉大学・大学院理工学研究科・教授

研究者番号：40235114

研究成果の概要（和文）：スunksの空腹期消化管運動はヒトやイヌと同様に 80-150 分周期で強収縮が起こり、また、外因性モチリンの投与は phaseIII 様収縮を刺激した。また、モチリンアンタゴニストの投与は、phaseIII 収縮の出現を阻害した。迷走神経切除は MMC の出現に影響を与えなかったが、phase II の長さや運動性は有意に減少させた。迷走神経切除群では摂食後に食後期収縮が起こらず、モチリン投与によって自発性 phase III と同様の強収縮が惹起された。（214 字）

研究成果の概要（英文）：The suncus stomach and duodenum showed clear migrating phase III contractions (intervals of 80–150 min) as found in humans and dogs. Exogenous motilin administration induced gastric phase III contractions, and motilin injection also increased the gastric motility index in a dose-dependent manner. Treatment of motilin antagonist inhibited the occurrence of phase III. Also, During the fasted state, cyclic MMC, consisting of phase I, II, and III were observed in both sham-operated and vagotomized suncus, but the duration and motility index (MI) of the phase II was significantly decreased in vagotomized suncus. In vagotomized suncus, feeding did not interrupt phase I of the MMC, and exogenous motilin induced strong phase III-like contractions as well as the fasted state.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：内科系臨床医学・消化器内科学

キーワード：上部消化管学（食道、胃、十二指腸）

1. 研究開始当初の背景

モチリンは十二指腸から分泌され、消化管収縮運動の制御に重要な役割を担う 22 アミノ酸のペプチド・ホルモンである。げっ歯類

ではモチリンが偽遺伝子化しており、イヌなどの大きな動物を用いた研究が主であったために、モチリンの作用機序や分泌調節機構には未だ不明の点が多く残されている。また、

伝播性空腹期消化管運動 (MMC) は、モチリンによって制御されていることがこれまでの研究により示唆されているが、詳細な制御機構は明らかではなかった。これを解決するために、申請者はモチリンを産生する小型実験動物を探索し、胃の形態学的性質もヒトと類似した特徴を有する食虫目に属するスunksを見出した。外因性モチリン投与することによって phase III 様の収縮が惹起されることを *in vivo* と *in vitro* において明らかにし、スunksが消化管収縮運動のモデル動物として適していることを証明した。そこで、申請者はこのモデル動物を用いてこれまで不明であったモチリンの作用機序と分泌動態を詳細に検討し、モチリンによる空腹期収縮運動機構の解明を目指すことを目的とした。

## 2. 研究の目的

上部消化管運動は、空腹期と食後期で異なる収縮パターンを示す。食後の胃では、不規則で断続的な食後期収縮が起こり、この収縮は食物の混合、破碎そして排出に重要であると考えられている。一方、空腹期には、胃から始まり下部小腸へ伝播する伝播性収縮運動 (Migrating Motor Complex; MMC) がおよそ 100 分間隔で起こり、胃や小腸内の食物残渣や細菌を一掃すると考えられている。MMC は運動休止期の phase I、不規則な収縮の続く phase II、強収縮群が短時間連続的に続く phase III の 3 相で構成され、これらの収縮の制御にモチリンが関与している。モチリンの作用機序は、筋直接作用、壁内神経叢そして迷走神経を介した作用の 3 つが想定されている。しかしながら、モチリンを産生する小型実験動物が不在であったために、空腹期収縮機構の全貌は明らかにされていない。また、MMC が約 100 分間のリズムで収縮を引き起こす制御中枢は分かっておらず、これを明らかにすることは生物学的意義が大きい。そこで、本研究は、モチリンを産生する小型実験動物であるスunksを用いて、空腹期収縮機構の制御機構とモチリンの関連を詳細に検討した。

## 3. 研究の方法

無麻酔無拘束スunksを用いた消化管運動の測定：スunksを麻酔後、正中線に沿って開腹し、輪状筋収縮を記録できるように胃体部裏側と十二指腸 (幽門から 5 cm 下流の位置) の漿膜表面にひずみゲージトランスデューサーを縫着した。トランスデューサーから出るコードは腹壁から皮下へ出し、背側にコードを通した後、頸部より体外へ出したまた、静脈内投与をするため、右頸静脈へカテーテルを留置した。トランスデューサーにより検出されたシグナルはアンプで増幅し、AD 変換機にてデジタル変換した。また、薬剤は

留置したカテーテルより投与した。

## 4. 研究成果

- (1) 絶食下スunksの胃と十二指腸では、ヒトやイヌと同様に、80 - 150 分間隔で胃に phase III 収縮が観察され、これらの収縮は胃から十二指腸へ伝播した。自発性 phase III が終了後に合成スunksモチリンおよびエリスロマイシンを 10 分間静脈内に持続投与すると、胃に自発性 phase III 収縮と同様の強収縮が刺激された。このモチリン誘導性胃収縮はアトロピン前処理により完全に阻害された。さらに、自由摂餌下のスunksにおける胃収縮と行動の 24 時間測定を行った結果、明期では比較的長い絶食状態が続き、空腹時に起こる MMC が観察され、一方暗期では頻りに摂餌行動がみられ、長時間持続する食後期収縮が観察された。
- (2) MMC とモチリンの関連を明らかにすることを目的に、モチリンアンタゴニストを Phase II 開始後 10 分~20 分より投与したところ、投与中は Phase II 収縮が継続していたが、その間 Phase III は起こらなかった。またその投与中にモチリンを投与しても phase III は起こらなかった。
- (3) MMC における迷走神経の関与を検討した結果、迷走神経切除スunksでは、無処置群と同様に phase I, II, III の 3 相から構成される周期的な MMC が観察されたが、phase II の長さや運動性は有意に減少していた。Phase III 終了 10 分後の phase I にモチリンを 10 分間投与したところ、無処置及び迷走神経切除両群において自発性の phase III と同様の強収縮が惹起された。この収縮の長さや運動性は、両群間で有意差が見られなかった。食後期において、無処置群では摂食直後から食後期収縮が観察され、モチリンの 10 分間投与は空腹期のような強収縮を惹起しなかったのに対して、迷走神経切除群では摂食後に食後期収縮が起こらず、モチリン投与によって自発性 phase III と同様の強収縮が惹起された。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 14 件)

- (1) Inoue M, Shiina T, Aizawa S, Sakata I, Takagi H, Sakai T: Detailed analysis of the  $\delta$ -crystallin mRNA-expressing region in early development of the chick pituitary gland. *Journal of Molecular Histology*, 2012  
DOI: 10.1007/s10735-012-9407-1

- (2) Mondal A, Xie Z, Miyano Y, Tsutsui C, Sakata I, Kawamoto Y, Aizawa S, Tanaka T, Oda SI, Sakai T: Coordination of motilin and ghrelin regulates the migrating motor complex of gastrointestinal motility in *Suncus murinus*. American Journal of Physiology Gastrointestinal and Liver Physiology, 2012  
DOI: 10.1152/ajpgi.00379.2011
- (3) Ikemoto K, Sakata I, Sakai T: Collision of millimetre droplets induces DNA and protein transfection into cells. Scientific Reports, 2.289(2012)  
DOI: 10.1038/srep00289
- (4) Aizawa S, Sakai T, Sakata I: Glutamine and glutamic acid enhance thyroid-stimulating hormone  $\beta$  subunit mRNA expression in the rat pars tuberalis. Journal of Endocrinology, 383-94(2012)  
DOI: 10.1530/JOE-11-0388
- (5) Suzuki M, Tanaka S, Ito Y, Inoue M, Sakai T, Nishigaki K: Simple and tunable Förster resonance energy transfer-based bioprobes for high-throughput monitoring of caspase-3 activation in living cells by using flow cytometry. Biochim Biophys Acta, 215-26(2011)  
DOI: 10.1016/j.bbamcr.2011.07.006
- (6) Naimuddin M, Kobayashi S, Tsutsui C, Machida M, Nemoto N, Sakai T, Kubo T: Directed evolution of a three-finger neurotoxin by using cDNA display yields antagonists as well as agonists of interleukin-6 receptor signaling. Mol Brain 4: 2 (2011)  
DOI: 10.1186/1756-6606-4-2
- (7) Fujituka N, Asakawa A, Uezono Y, Minami K, Yamaguchi T, Nijima A, Yada T, Maejima Y, Sedbazar U, Sakai T, Hattori T, Kase Y, Inui A: Potentiation of ghrelin signaling attenuates cancer anorexia-cachexia and prolongs survival. Translational Psychiatry (2011)  
DOI: 10.1038/tp.2011.25
- (8) Xu Z, Kaga S, Tsubomizu J, Fujisaki J, Mochiduki A, Sakai T, Tsukamura H, Maeda K, Inoue K, Adachi AA: Circadian transcriptional factor DBP regulates expression of Kiss1 in the anteroventral periventricular nucleus. Mol Cell Endocrinol 339(1-2): 90-97 (2011)  
DOI: 10.1016/j.mce.2011.03.020
- (9) Mondal A, Kawamoto Y, Yanaka T, Tsutsui C, Sakata I, Oda SI, Tanaka T, Sakai T: Myenteric neural network activated by motilin in the stomach of *Suncus murinus* (house musk shrew). Neurogastroenterology and Motility, 1123-31(2011)  
DOI: 10.1111/j.1365-2982.2011.01801.x
- (10) Kawashima A, Tanigawa K, Akama T, Wu H, Sue M, Yoshihara A, Ishido Y, Kobiyama K, Takeshita F, Ishii K, Hirano H, Kimura H, Sakai T, Ishii N, and Suzuki K: Fragments of Genomic DNA Released by Injured Cells Activate Innate Immunity and Suppress Endocrine Function in the Thyroid. Endocrinology 152(4), 1702–1712, 2011.  
DOI: 10.1210/en.2010-1132
- (11) Hirata T, Takeda N, Tsutsui C, Koike K, Shimatani Y, Sakai T, Akiya M, and Taguchi A: Measurement of Contractile Activity in Small Animal's Digestive Organ by Carbon Nanotube-Based Force Transducer. Jpn. J. Appl. Phys 50, 030210 (3 pages 2011).  
DOI: 10.1143/JJAP.50.030210
- (12) Sakahara S, Xie Z, Koike K, Hoshino S, Sakata I, Oda S, Takahashi T, Sakai T: Physiological characteristics of gastric contractions and circadian gastric motility in the free-moving conscious house musk shrew (*Suncus murinus*). American journal of physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology 299(4), Epub ahead of print, 2010.  
DOI: 10.1152/ajpregu.00278.2010
- (13) Sakata I, and Sakai T: Ghrelin cells in the gastrointestinal tract. International Journal of Peptides, 2010, p.1-8, Jan 2010  
DOI: 10.1155/2010/945056
- (14) Yuko Ishida, Satoshi Sakahara, Chihiro Tsutsui, Hiroyuki Kaiya, Ichiro Sakata, Sen-ichi Oda and Takafumi Sakai: Identification of ghrelin in the house musk shrew (*Suncus murinus*) cDNA cloning, peptide purification and tissue distribution. Peptides 2009;30 (5):982-90  
DOI: 10.1016/j.peptides.2009.01.006
- [学会発表] (計 39 件)
- (1) Mondal A, Xie Z, Miyano Y, Tsutsui C, Kawamoto Y, Aizawa S, Tanaka T, Oda S,

- Sakata I, Sakai T: Motilin and ghrelin synergistically regulates migrating motor complex (MMC) of the gastrointestinal (GI) motility in the *Suncus murinus* (house musk shrew). The 5th meeting of the Society of Gastrointestinal Intervention, Seoul, Korea, October 14-15, 2011.
- (2) Miyano Y, Xie Z, Mondal A, Nishina K, Oda S, Tanaka T, Sakata I, Sakai T: Role of the vagus nerve in gastric motor patterns of the house musk shrew (*Suncus murinus*). The 5th meeting of the Society of Gastrointestinal Intervention, Seoul, Korea, October 14-15, 2011.
- (3) Miyano Y, Xie Z, Mondal A, Nishina K, Oda S, Tanaka T, Sakata I, Sakai T: Role of the vagus nerve in fasted and postprandial gastric motor patterns in the house musk shrew (*Suncus murinus*), a small laboratory animal. Digestive Disease Week, Chicago, USA, May 5-10, 2011.
- (4) Nishina K, Xie Z, Mondal A, Miyano Y, Kodaira Y, Sakata I, Sakai T: Effects of endogenous ghrelin and motilin on the phase II and phase III of migrating motor complex in the free-moving house musk shrew (*Suncus murinus*). Digestive Disease Week, Chicago, USA, May 5-10, 2011.
- (5) 坂田一郎, 相澤清香, 坂井貴文: 下垂体隆起部の機能解明を目指した網羅的遺伝子解析—隆起部特徴的な TSH 遺伝子発現及び産生調節—. 第 89 回日本生理学会大会、松本、2012 年 3 月 29-31 日
- (6) 相澤清香, 坂田一郎, 坂井貴文: ラット下垂体隆起部ニューロメジン U 発現に及ぼすメラトニンの影響. 第 2 回ペプチド・ホルモン若手研究会、広島、2012 年 3 月 16 日.
- (7) 宮野佑樹, 黒田香百合, 坂田一郎, 坂井貴文: 迷走神経を介したスunks 胃収縮運動制御機構の研究. 第 20 回 群馬消化管運動研究会、前橋、2012 年 3 月 17 日
- (8) 仁科和也, 吉成貴史, 坂田一郎, 坂井貴文: スunks (*Suncus murinus*) 糖尿病病態モデル作製およびモチリン誘発性胃収縮運動の研究. 第 20 回 群馬消化管運動研究会、前橋、2012 年 3 月 17 日
- (9) 檜垣佑理子, 相澤清香, 井上麻紀子, 坂田一郎, 坂井貴文: マイクロアレイを用いたニワトリ胚下垂体における遺伝子発現解析. 第 36 回鳥類内分泌研究会、箱根、2011 年 11 月 21 日-22 日
- (10) 仁科和也, 吉成貴史, 榎本衣里, 田中亨, 坂田一郎, 坂井貴文: 糖尿病スunks (*Suncus murinus*) におけるモチリン誘発性胃収縮運動の検討. 第 36 回日本比較内分泌学会大会、東京、2011 年 11 月 23-25 日
- (11) Mondal A, Shimada Y, Kobayashi R, Sakata I, Sakai T: Myenteric neural pathway of motilin action in the *Suncus murinus* (House Musk Shrew) stomach. 第 36 回日本比較内分泌学会大会、東京、2011 年 11 月 23-25 日
- (12) 相澤清香, 長坂麻衣, 小平祐太, 檜垣佑理子, 坂井貴文, 坂田一郎: 下垂体隆起部におけるニューロメジン U のメラトニンによる発現調節. 第 36 回日本比較内分泌学会大会、東京、2011 年 11 月 23-25 日
- (13) 宮野佑樹, 黒田香百合, 坂田一郎, 坂井貴文: 意識下スunks の胃収縮運動に対する迷走神経切除の影響. 第 36 回日本比較内分泌学会大会、東京、2011 年 11 月 23-25 日
- (14) Mondal A, Kurosawa A, Koike K, Sakata I, Sakai T: Motilin and ghrelin stimulate gastric contraction in a specific physiological condition in vivo in the *Suncus murinus* (house musk shrew), a motilin- and ghrelin-producing laboratory animal. 第 19 回日本消化器関連学会週間 (Japan Digestive Disease Week 2011)、福岡、2011 年 10 月 20-23 日
- (15) 宮野佑樹, 仁科和也, 相澤清香, 坂田一郎, 坂井貴文: モチリン・グレリンファミリー研究のためのモデル動物スunks (*Suncus murinus*) の有用性. 第 19 回日本消化器関連学会週間 (Japan Digestive Disease Week 2011)、福岡、2011 年 10 月 20-23 日
- (16) 井上麻紀子, 檜垣佑理子, 坂田一郎, 坂井貴文: ニワトリ胚における下垂体初期発生関連因子の発現解析および胚頭部の細胞移動について. 日本動物学会第 82 回大会、旭川、2011 年 9 月 21-23 日
- (17) 相澤清香, 岸本萌美, 長坂麻衣, 坂井貴文, 坂田一郎: ラット下垂体隆起部甲状

- 腺刺激ホルモン  $\beta$  サブユニット発現に及ぼすグルタミン酸の影響. 日本動物学会第 82 回大会、旭川、2011 年 9 月 21-23 日
- (18) 坂田一郎、坂井貴文：消化管運動研究モデル動物としてのスンクス (*Suncus murinus*) の有用性. 第 152 回日本獣医学会学術集会、大阪、2011 年 9 月 19-21 日
- (19) 黒澤明日香、坂井貴文：モチリン・グレリンファミリー研究におけるスンクス (*Suncus murinus*) の有用性に関する検討. 第 152 回日本獣医学会学術集会、大阪、2011 年 9 月 19-21 日
- (20) 坂田一郎、Tong-Jin Zhao、Guosheng Liang、Michael S. Brown、Joseph L. Goldstein、Jeffrey Zigman、坂井貴文：グレリン分泌は  $\beta 1$  アドレナリン受容体を介して刺激される. 第 32 回日本肥満学会、淡路、2011 年 9 月 23-24 日
- (21) 相澤清香、坂田一郎、坂井貴文：脳下垂体隆起部における甲状腺刺激ホルモン発現・分泌の概日リズム制御. 第 32 回日本肥満学会、淡路、2011 年 9 月 23-24 日
- (22) 仁科和也、吉成貴史、田中亨、坂田一郎、坂井貴文：消化管運動研究のための糖尿病性胃麻痺スンクス (*Suncus murinus*) 病態モデルの作製. 第 32 回日本肥満学会、淡路、2011 年 9 月 23-24 日
- (23) 小平祐太、謝祚云、坂原聖士、坂田一郎、坂井貴文：スンクス (*suncus murinus*) を用いた消化管運動測定系の確立とモチリン及びグレリンの関与. 第 32 回日本肥満学会、淡路、2011 年 9 月 23-24 日
- (24) 坂田一郎、相澤清香、長坂麻衣、坂井貴文：マイクロアレイを用いたラット下垂体隆起部における遺伝子発現解析. 日本下垂体研究会第 26 回学術集会、倉敷、2011 年 8 月 25-27 日
- (25) 相澤清香、長坂麻衣、坂井貴文、坂田一郎：ラット下垂体隆起部におけるグルタミン酸による甲状腺刺激ホルモン  $\beta$  サブユニット発現調節. 日本下垂体研究会第 26 回学術集会、倉敷、2011 年 8 月 25-27 日
- (26) Xie Z、Sakahara S、Hoshino S、Ishida Y、Suzuki A、Koike K、Miyano Y、Kodaira Y、Takahashi T、Oda S、Sakai T：Ghrelin stimulates gastric contraction in a specific physiological condition in vivo and in vitro in the house musk shrew (*Suncus murinus*), a ghrelin- and motilin-producing laboratory animal. 2010 Digestive Disease Week (New Orleans) 2010 年 5 月 1 日-5 日
- (27) 井上麻紀子、檜垣佑理子、高木宏泰、坂井貴文：ニワトリ胚下垂体隆起部の性質とその起源について. 第 35 回日本比較内分泌学会大会 (静岡) 2010 年 11 月 18 日-20 日
- (28) 宮野佑樹、謝祚云、坂原聖士、星野賢哉、小池加奈子、岸本萌美、坂井貴文：スンクス (*Suncus murinus*) を用いた消化管運動制御におけるモチリンとグレリンの作用. 第 35 回日本比較内分泌学会大会 (静岡) 2010 年 11 月 18 日-20 日
- (29) 鈴木愛理、石田祐子、筒井千尋、坂井貴文：食虫目スンクスにおけるグレリン・モチリン受容体の遺伝子クローニング及び発現解析. 日本動物学会 第 81 回大会 (東京) 2010 年 9 月 23 日-25 日
- (30) 井上麻紀子、檜垣佑理子、高木宏泰、坂井貴文：下垂体隆起部の起源を考える - 下垂体隆起部が下垂体主部とは異なる起源を持つ可能性について - . 第 25 回下垂体研究会学術集会 (名古屋) 2010 年 8 月 19 日-21 日
- (31) 坂井貴文：「分かってきた脳-腸相関」 - 消化管運動調節の仕組みについて - . 日本生物教育学会・全国大会 (埼玉) 2011 年 1 月 8 日-9 日
- (32) 坂井貴文、謝祚云、宮野佑樹、仁科和也、坂田一郎、相澤清香：スンクス (*Suncus murinus*) におけるグレリンの胃収縮刺激効果の検討. 第 18 回群馬消化管運動研究会 (前橋) 2010 年 2 月 27 日
- (33) M Inoue、W Rui、H Takagi、T Sakai：Chicken adenohypophysis originates from two different regions of the embryonic head ectoderm. 14th International Congress of Endocrinology (ICE2010) (京都) 2010 年 3 月 26 日-30 日
- (34) K Koike、S Sakahara、Z Xie、Y Ishida、S Hoshino、C Tsutsui、H Kaiya、T Takahashi、S Oda、T Sakai：Proposal of a new model animal, house musk shrew (*Suncus murinus*), for study of the ghrelin/motilin family-stimulatory effect of ghrelin on gastric contraction in IMC. 2009

International Symposium on Ghrelin (東京) 2009年11月18日-20日

- (35) 井上麻紀子、王睿、高木宏泰、坂井貴文 : ニワトリ胚における腺性下垂体の起源. 第34回鳥類内分泌研究会(札幌)2009年11月13日-14日
- (36) 石田祐子、鈴木愛理、筒井千尋、小池加奈子、星野賢哉、坂井貴文 : スンクスグレリン受容体とモチリン受容体の同定および発現組織の検討. 第34回日本比較内分泌学会大会・日本比較生理学会第31回大会合同大会(大阪)2009年10月22日-24日
- (37) 小池加奈子、谷中 崇嗣、筒井 千尋、織田銃一、坂井貴文 : スンクス全胃を用いたモチリンによる胃収縮機構の薬理学的検討. 第11回神経消化器病学会(仙台)2009年9月25日
- (38) 坂原聖士、謝祚云、筒井千尋、織田銃一、伊藤漸、坂井貴文 : スンクス (*Suncus murinus*) を用いた空腹期胃運動の研究. 日本動物学会 第80回大会 (静岡) 2009年9月17日-20日
- (39) S Sakahara, C Tsutsui, T Yanaka, Y Ishida, K Koike, Z Xie, A Suzuki, H Kaiya, T Takahashi, T Hirata, T Sakai: Establishment of a new model animal, the house musk shrew (*Suncus murinus*), for study of precise mechanisms of motilin-induced gastrointestinal contractions *in vivo and in vitro*. Neurogastroenterology and Motility (Chicago) 2009年8月27日-30日

[図書] (計2件)

- (1) 著者名: 織田銃一 他、編 筒井千尋、石田祐子、坂原聖士、坂井貴文  
出版社: 学会出版センター  
書名: スンクスの生物学「スンクスにおけるモチリンおよびグレリン遺伝子の同定と発現分布」P335-341  
発行年 2011 総ページ数 499
- (2) 著者名: Edited by Gianluca Aimaretti, Paolo Marzullo, Flavia Prodam. Sakata I, and Sakai T.  
出版社: INTECH  
書名: MECHANISMS OF HORMONE ACTION-FOCUS ON METABOLISM, GROWTH AND REPRODUCTIONS. The Gut Peptide Hormone Family, Motilin and Ghrelin 発行年 2011年、総ページ数: 470

[産業財産権]  
○出願状況 (計1件)

名称: 新規な成長ホルモン分泌促進因子受容体阻害ペプチド  
発明者: 坂井貴文、上野真吾、西垣功一  
権利者: 埼玉大学  
種類: 特願  
番号: 2010-052626  
出願年月日: 2010年3月10日  
国内外の別: 国内

○取得状況 (計0件)

[その他]  
ホームページ等  
SUCRA :  
<http://sucra-rd.saitama-u.ac.jp/search/profile.do?lng=ja&id=uaLmupym>  
埼玉大学生体制御学コース :  
<http://seitai.saitama-u.ac.jp/>  
埼玉大学細胞制御学研究室 :  
<http://cell.seitai.saitama-u.ac.jp/>  
埼玉大学脳科学融合研究センター :  
<http://subs1.saitama-u.ac.jp/index.html>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

坂井 貴文 (SAKAI TAKAFUMI)  
埼玉大学・大学院理工学研究科・教授  
研究者番号: 40235114

### (2) 研究分担者

足立 明人 (ADACHI AKIHITO)  
埼玉大学・大学院理工学研究科・准教授  
研究者番号: 20351588

坂田 一郎 (SAKATA ICHIRO)  
埼玉大学・大学院理工学研究科・助教  
研究者番号: 80610831

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号: