

令和 5 年 5 月 17 日現在

機関番号：12601

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2017～2021

課題番号：17H06300

研究課題名（和文）2型糖尿病の代謝アダプテーション

研究課題名（英文）Metabolic adaptation of type 2 diabetes

研究代表者

黒田 真也（Kuroda, Shinya）

東京大学・大学院理学系研究科（理学部）・教授

研究者番号：50273850

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 183,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、野生型と2型糖尿病のモデルマウスであるob/obマウスを用いた糖負荷に対する代謝における動的応答のオミクス計測とデータ統合解析により、代謝アダプテーションのトランスオミクスネットワークを同定して糖代謝疾患の肝臓と筋肉にけるメカニズムを明らかにした。またこれまで同位体標識実験を用いずにマルチオミクスデータから代謝変化とその制御を解析する数理モデルOMELETを開発して肥満モデルマウスであるob/obマウスにおける肝臓グルコース代謝変化とその変化を引き起こしている制御を定量的に明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、野生型と肥満モデルマウスにおいてインスリンの標的臓器である肝臓や筋肉がいかんして代謝制御を行うかを初めて大規模に明らかにした。これにより代謝物による制御の消失や遅い遺伝子発現を介した制御など肥満における代謝制御の新たな側面が明らかとなった。血糖値の恒常性は肝臓のみならず全身の臓器連関ネットワークを介して維持されているため、他の代謝臓器にも本解析手法を拡張していくことにより、2型糖尿病など血糖恒常性の破綻メカニズムの全容が明らかとなると期待される。

研究成果の概要（英文）：In this study, we identified a trans-omics network of metabolic adaptations and clarified the mechanisms of glucose metabolism in liver and muscle by omics measurement and data integration analysis of dynamic metabolic responses to glucose loading using ob/ob mice, a model of wild-type and type 2 diabetes mellitus. We have also developed OMELET, a mathematical model to analyze metabolic changes and their regulation based on multi-omics data without using isotope labeling experiments, and quantitatively clarified changes in liver glucose metabolism in ob/ob mice, a mouse model of obesity, and the regulation that causes these changes.

研究分野：システム生物学

キーワード：トランスオミクス 2型糖尿病

1. 研究開始当初の背景

生体は食事や環境がダイナミックに変化しても、代謝システムが適応的に応答して、全身の代謝ホメオスタシスを維持している。一方、2型糖尿病を含む多くの糖代謝疾患は、1つの因子ではなく密接に関連する複数因子が関与する多因子代謝疾患であり、代謝アダプテーションの破綻と捉えることができる。したがって、多因子代謝疾患は病態を単一の遺伝子や分子に帰着することが困難であり、病態の理解には代謝アダプテーション全体を捉えることが必須である。同様に、病態の診断・予後予測や治療においては、単独のマーカーや標的分子でなく、多因子バイオマーカーや、複数分子を標的とする多剤併用療法のほうがより精密で効果的であると考えられる。

代謝アダプテーションの実態は、各臓器における DNA (ゲノム)・RNA (トランスクリプトーム)・タンパク質 (プロテオーム)・代謝物 (メタボローム) などの多階層オミクスをまたいだトランスオミクスネットワークからなる多臓器連関システムである。代謝アダプテーションについての研究はこれまでも行われてきたが、その多くは数個の分子種、または単独階層によるシングルオミクス解析に限られており、トランスオミクス研究はほとんどない。代謝アダプテーションは、各オミクス階層が連動して適応するシステムであるため、これまでのような個別の解析をパッチワークのようにつなげる方法では、代謝アダプテーションの全貌を把握できない。同一個体から同時に多階層オミクス計測を行い、トランスオミクスネットワークを再構築することにより初めてその全貌が明らかとなる。

申請者は、すでに培養細胞を用いてプロテオーム、メタボロームなど多階層オミクスデータから、インスリンによる代謝アダプテーションのトランスオミクスネットワークを同定する手法を開発している (図 1、柚木ら、Cell Rep. 2014)。また、トランスオミクスの総説を世界にさきがけ発表しており (柚木ら、Trends Biotechnol., 2016)、当該分野の国際的なリーダーとして認知されている。本手法は、組織、個体レベルにも適用できる汎用性の高い手法であり、本研究では野生型と肥満モデルマウスを対象に、代謝アダプテーションのトランスオミクスネットワークを同定する。そのネットワークの差分から糖尿病特異的トランスオミクスネットワークを同定して、多因子代謝疾患の病態の全貌を明らかにする。さらに、糖代謝疾患の多因子バイオマーカーや多剤併用標的分子の候補も推定する。

2. 研究の目的

本研究では、野生型および 2 型糖尿病のモデルマウスである肥満モデルマウスを用いて糖負荷に対する代謝アダプテーションとその破綻メカニズムのトランスオミクス解析を行う。糖負荷により血中に取り込まれたグルコースは、主にインスリンの働きにより肝臓に取り込まれる。インスリンの標的臓器である肝臓を中心にトランスオミクス解析を行う。

野生型および肥満モデルマウスに対して、糖負荷前後の肝臓、筋肉、脂肪細胞のメタボローム、発現プロテオーム、リン酸化プロテオーム、トランスクリプトームをトランスオミクスデータとして同一個体から取得する。血液については、メタボロームおよび、インスリンやグルカゴンを含む糖代謝に関与するホルモンも同一個体から取得する。野生型および肥満モデルマウスの各臓器におけるトランスオミクスデータから、糖負荷による代謝制御システムのトランスオミクスネットワークを同定する。糖負荷に対する代謝適応ネットワークは速い時間変動を示すメタボロームとリン酸化プロテオームを中心に、遅い時間変動を示す代謝適応ネットワークは発現プロテオームとトランスクリプトームを中心に再構築する。血中ホルモンとメタボロームデータから血液を介した各臓器のクロストークについても解析する。野生型および肥満モデルマウスのトランスオミクスネットワークの差分から、疾患特異的に変化しているネットワークを同定する。このネットワークは多因子疾患の病態を表していると考えられるので、ネットワークを構成する因子群から糖代謝疾患の多因子バイオマーカーを選択する (角田)。さらに、酵素反応をベースとした代謝アダプテーションの数理モデルを作成して、感受性解析から代謝異常に関与する分子の組み合わせを同定する。この方法により多剤併用療法の多因子標的の候補を推定する。

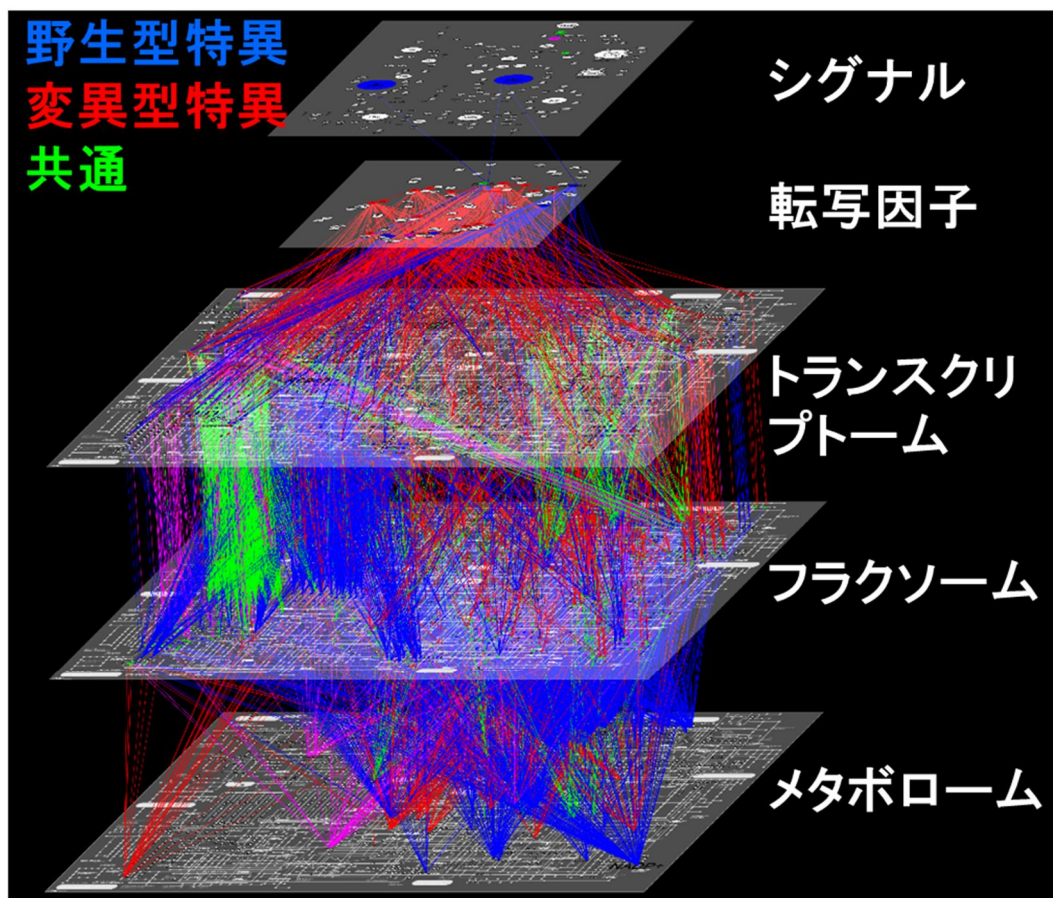
3. 研究の方法

本研究では、健常マウスと肥満モデルマウスである ob/ob マウスに対してグルコースを投与し、プロテオーム解析、トランスクリプトーム解析とメタボローム解析により肝臓内でのタンパク質量、RNA 量と代謝物量の時系列測定を行った。これらの大規模データからグルコース投与に対して増加もしくは減少する代謝酵素遺伝子、代謝物を同定した。同定した代謝酵素遺伝子に対して塩基配列を用いた手法により、グルコース応答関連転写因子を推定した。またインスリンシグナル経路を個別解析し、転写因子を制御するインスリンシグナル分子を同定した。最後に、制御経路データベースを用いてグルコース応答性の代謝酵素遺伝子及び代謝物により制御される代謝酵素を同定し、グルコース投与時の代謝制御ネットワークを構築した。この制御ネットワークを健常マウスと肥満マウス間で比較することにより、健常マウスに特異的な制御経路や肥満マ

ウスに特異的な制御経路を大規模に明らかにすることを試みた。

4. 研究成果

2型糖尿病の代謝アダプテーションの解析として、健常マウスと肥満のモデルマウスである ob/ob マウスに対して経口グルコース投与を行い、肝臓における糖代謝制御のトランスオミクスネットワークを構築した(小鍛冶ら, Sci. Signal. 2020)。このネットワークを健常マウスと ob/ob マウス間で比較したところ、正常マウスと ob/ob マウスの肝臓での糖代謝は両マウス間で共通の制御が少なく、大きく異なることが明らかとなった。健常マウスの糖代謝は Akt と Erk 経路、およびアロステリック制御を中心とした代謝物自身により速く制御されていた。一方、ob/ob マウスでは野生型マウスで見られた速い糖代謝制御の多くが失われ、代償的に遅い遺伝子発現により制御されていることが明らかとなった(図)。また全身の糖代謝制御は肝臓や骨格筋などの臓器連関によって制御されている。そこで、肝臓に加えて筋肉における糖代謝制御のトランスオミクスネットワークを構築し、血液の代謝物データと統合することで、ob/ob マウスにおける臓器連関代謝サイクルの破綻のメカニズムも明らかにした(江上ら, iScience, 2021)。さらに、同位体標識実験を用いずにマルチオミクスデータから代謝変化とその制御を解析する数理モデル OMELET を開発して ob/ob マウスにおける肝臓グルコース代謝変化とその変化を引き起こしている制御を定量的に解析した(植松ら, iScience, 2021)。その結果、ob/ob マウスにおいて糖新生とその律速反応であるホスホエノールピルビン酸カルボキシキナーゼ (PEPCK) 反応のいずれの代謝フラックスも増加していたが、糖新生では主に転写物で代謝フラックスの増加が引き起こされているのに対し、PEPCK では基質代謝物により代謝フラックスの増加が引き起こされていた。



小鍛冶ら、Sci. Signal., 2020

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計18件（うち査読付論文 18件／うち国際共著 3件／うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 Kawamura, G., Kokaji, T., Kawata, K., Sekine, Y., Suzuki, Y., Soga, T., Ueda, Y., Endo, M., Kuroda, S., Ozawa, T	4. 巻 16
2. 論文標題 Optogenetic decoding of Akt2-regulated metabolic signaling pathways in skeletal muscle cells using transomics analysis	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Sci. Signal.	6. 最初と最後の頁 773
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/scisignal.abn0782	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Fujita, S., Karasawa, Y., Hironaka, K., Taguchi, Y-h., Kuroda, S.	4. 巻 18
2. 論文標題 Features extracted using tensor decomposition reflect the biological features of the temporal patterns of human blood multimodal metabolome.	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 PLoS ONE.	6. 最初と最後の頁 e0281594
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0281594	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kokaji, T., Eto, M., Hatano, A., Yugi, K., Morita, K., Ohno, S., Fujii, M., Hironaka, K., Ito, Y., Egami, R., Uematsu, S., Terakawa, A., Pan, Y., Maehara, H., Li, D., Bai, Y., Tsuchiya, T., Ozaki, H., Inoue, H., Kubota, H., Suzuki, Y., Hirayama, A., Soga, T., Kuroda, S.	4. 巻 12
2. 論文標題 In vivo transomic analyses of glucose-responsive metabolism in skeletal muscle reveal core differences between the healthy and obese states.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 13719
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-022-17964-9	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Terakawa, A., Hu, Y., Kokaji, T., Yugi, K., Morita, K., Ohno, S., Pan, Y., Bai, Y., Parkhitko, A.A., Ni, X., Asara, J.M., Bulyk, M.L., Perrimon, N., Kuroda, S.	4. 巻 25
2. 論文標題 Trans-omics analysis of insulin action reveals a cell growth sub-network which co-regulates anabolic processes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 iScience	6. 最初と最後の頁 104231
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.isci.2022.104231	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ohno, S., Uematsu, S., Kuroda, S.	4. 巻 479
2. 論文標題 Quantitative metabolic fluxes regulated by trans-omic networks.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Biochemical Journal	6. 最初と最後の頁 787-804
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1042/BCJ20210596	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Uematsu, S., Ohno, S., Tanaka, K. Y., Hatano, A., Kokaji, T., Ito, Y., Kubota, H., Hironaka, K., Suzuki, Y., Matsumoto, M., Nakayama, K. I., Hirayama, A., Soga, T., and Kurod	4. 巻 25
2. 論文標題 Multi-omics-based label-free metabolic flux inference reveals obesity-associated dysregulatory mechanisms in liver glucose metabolism.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 iScience	6. 最初と最後の頁 103787
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.isci.2022.103787	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Fujita, S., Karasawa, Y., Fujii, M., Hironaka, K., Uda, S., Kubota, H., Inoue, H., Sumitomo, Y., Hirayama, A., Soga, T., Kuroda, S.	4. 巻 8
2. 論文標題 Four features of temporal patterns characterize similarity among individuals and molecules by glucose ingestion in humans.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Npj Systems Biology and Applications	6. 最初と最後の頁 6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41540-022-00213-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Matsuzaki, F., Uda, S., Yamauchi, Y., Matsumoto, M., Soga, T., Maehara, K., Ohkawa, Y., Nakayama, K.I., Kuroda, S., and Kubota, H.(2021)	4. 巻 36
2. 論文標題 An extensive and dynamic trans-omic network illustrating prominent regulatory mechanisms in response to insulin in the liver	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Cell Rep.	6. 最初と最後の頁 8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.celrep.2021.109569	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Broadfield, L. A., Goncalves Duarte, J. A., Schmieler, R., Broekaert, D., Veys, K., Planque, M., Vriens, K., Karasawa, Y., Napolitano, F., Fujita, S., Fujii, M., Eto, M., at al.	4. 巻 81
2. 論文標題 Fat Induces Glucose Metabolism in Nontransformed Liver Cells and Promotes Liver Tumorigenesis	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Cancer Res.	6. 最初と最後の頁 1988 ~ 2001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1158/0008-5472.CAN-20-1954	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 1.Egami, R., Kokaji, T., Hatano, A., Yugi, K., Eto, M., Morita, K., Ohno, S., Fujii, M., Hironaka, K., Uematsu, S., Terakawa, A., Bai, Y., Pan, Y., Tsuchiya, T., Ozaki, H., Inoue, H., Uda, S., Kubota, H., Suzuki, Y., Matsumoto, M., Nakayama, K., Hirayama, A., Soga, T., Kuroda, S.	4. 巻 24
2. 論文標題 Trans-omic analysis reveals obesity-associated dysregulation of inter-organ metabolic cycles between the liver and skeletal muscle	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 iScience	6. 最初と最後の頁 102217
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.isci.2021.102217	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 2.Kokaji, T., Hatano, A., Ito, Y., Yugi, K., Eto, M., Morita, K., Ohno, S., Fujii, M., Hironaka, K., Egami, R., Terakawa, A., Tsuchiya, T., Ozaki, H., Inoue, H., Uda, S., Kubota, H., Suzuki, Y., Ikeda, K., Arita, M., Matsumoto, M., Nakayama, I. K., Hiroyama, A., Soga, T., & Kuroda, S	4. 巻 13
2. 論文標題 Transomics analysis reveals allosteric and gene regulation axes for altered hepatic glucose-responsive metabolism in obesity	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Science Signaling	6. 最初と最後の頁 eaaz1236
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/scisignal.aaz1236	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hoshino Daisuke, Kawata Kentaro, Kunida Katsuyuki, Hatano Atsushi, Yugi Katsuyuki, Wada Takumi, Fujii Masashi, Sano Takanori, Ito Yuki, Furuichi Yasuro, Manabe Yasuko, Suzuki Yutaka, Fujii Nobuharu L., Soga Tomoyoshi, Kuroda Shinya	4. 巻 23
2. 論文標題 Trans-omic Analysis Reveals ROS-Dependent Pentose Phosphate Pathway Activation after High-Frequency Electrical Stimulation in C2C12 Myotubes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 iScience	6. 最初と最後の頁 101558 ~ 101558
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.isci.2020.101558	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ohno Satoshi, Quek Lake-Ee, Krycer James R., Yugi Katsuyuki, Hirayama Akiyoshi, Ikeda Satsuki, Shoji Futaba, Suzuki Kumi, Soga Tomoyoshi, James David E., Kuroda Shinya	4. 巻 23
2. 論文標題 Kinetic Trans-omic Analysis Reveals Key Regulatory Mechanisms for Insulin-Regulated Glucose Metabolism in Adipocytes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 iScience	6. 最初と最後の頁 101479 ~ 101479
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.isci.2020.101479	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Fujii Masashi, Murakami Yohei, Karasawa Yasuaki, Sumitomo Yohei, Fujita Suguru, Koyama Masanori, Uda Shinsuke, Kubota Hiroyuki, Inoue Hiroshi, Konishi Katsumi, Oba Shigeyuki, Ishii Shin, Kuroda Shinya	4. 巻 5
2. 論文標題 Logical design of oral glucose ingestion pattern minimizing blood glucose in humans	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 npj Systems Biology and Applications	6. 最初と最後の頁 31
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41540-019-0108-1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kawata Kentaro, Yugi Katsuyuki, Hatano Atsushi, Kokaji Toshiya, Tomizawa Yoko, Fujii Masashi, Uda Shinsuke, Kubota Hiroyuki, Matsumoto Masaki, Nakayama Keiichi I., Kuroda Shinya	4. 巻 24(1)
2. 論文標題 Reconstruction of global regulatory network from signaling to cellular functions using phosphoproteomic data	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Genes to Cells	6. 最初と最後の頁 82-93
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/gtc.12655	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kawata K, Hatano A, Yugi K, Kubota H, Sano T, Fujii M, Tomizawa Y, Kokaji T, Tanaka KY, Uda S, Suzuki Y, Matsumoto M, Nakayama KI, Saitoh K, Kato K, Ueno A, Ohishi M, Hirayama A, Soga T, Kuroda S.	4. 巻 28
2. 論文標題 Trans-omic Analysis Reveals Selective Responses to Induced and Basal Insulin across Signaling, Transcriptional, and Metabolic Networks	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 iScience	6. 最初と最後の頁 212-229
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.isci.2018.07.022	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kubota, H., Uda, S., Matsuzaki, F., Yamauchi, Y., and Kuroda, S.	4. 巻 7
2. 論文標題 In Vivo Decoding Mechanisms of the Temporal Patterns of Blood Insulin by the Insulin-AKT Pathway in the Liver	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Cell Sys.	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cels.2018.05.013	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Krycer, J.R., Yugi, K., Hirayama, A., Fazakerley, D.J., Scalzo, L. Q. R., Ohno, S., Hodson, M. P., Ikeda, S., Shoji, F., Suzuki, K., Domanova, W., Parker, B. L., Nelson, M. E., Humphrey, S. J., Turner, N., Hoehn, K. L., Cooney, G. J., Soga, T., Kuroda, S., and James, D.E.	4. 巻 21
2. 論文標題 Dynamic Metabolomics Reveals that Insulin Primes the Adipocyte for Glucose Metabolism	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Cell Rep.	6. 最初と最後の頁 3536-3547
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.celrep.2017.11.085	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計13件 (うち招待講演 11件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 Shinya Kuroda
2. 発表標題 Transomic network analysis of glucose metabolism and its dysfunction associated with obesity
3. 学会等名 The 21th International Conference on Systems Biology (ICSB) 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shinya Kuroda
2. 発表標題 The roles of inter- and intra-cellular variations in cellular information transfer
3. 学会等名 Workshop on Non-equilibrium Phenomena in Physics and Biology (NE-PB2022) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shinya Kuroda
2. 発表標題 Systems Biology of Insulin Action
3. 学会等名 Biomedical Mathematics Online Colloquium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 黒田 真也
2. 発表標題 ストラクチャオーム/ structurome オミクスワイドのタンパク質立体構造(ストラクチャオーム)に向けて Toward an omics-wide protein structure (structurome)
3. 学会等名 第45回 日本分子生物学会年会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 黒田 真也
2. 発表標題 骨格筋のシステムバイオロジー：代謝トランスオミクスと情報誌論解析
3. 学会等名 第9回骨格筋生物学研究会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 黒田 真也
2. 発表標題 トランスオミクスによる肝臓での糖応答システムの解析
3. 学会等名 第94回日本内分泌学会学術集会The 94th Annual Congress of the Japan Endocrine Society (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 黒田 真也
2. 発表標題 インスリン作用のトランスオミクスネットワーク
3. 学会等名 第64回日本糖尿病学会年次学術集会The 64th Annual Meeting of the Japan Diabetes Society (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 黒田 真也
2. 発表標題 Trans-omic analysis of the liver of lean and obese mice during an oral glucose challenge
3. 学会等名 第92回日本生化学会大会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 黒田 真也
2. 発表標題 トランスオミクスによる肝臓での糖応答システムの解析
3. 学会等名 第62回日本糖尿病学会年次学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shinya Kuroda
2. 発表標題 Trans-omic Analysis of Insulin Action
3. 学会等名 The 20th International Conference on Systems Biology (ICSB) 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shinya Kuroda
2. 発表標題 Systems biology of insulin action
3. 学会等名 Hunter meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shinya Kuroda
2. 発表標題 Trans-Omics analysis of the liver of lean and obese mice during an oral glucose administration
3. 学会等名 The 1st International Symposium for Trans-Omics (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 黒田 真也
2. 発表標題 血中ホルモンによる血糖ホメオスタシスの数理モデルを用いた血糖摂取のロジカルデザイン
3. 学会等名 ConBio2017 (招待講演)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	稲葉 有香 (Inaba Yuka) (20571970)	金沢大学・新学術創成研究機構・准教授 (13301)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	土屋 貴穂 (Tsuchiya Takaho) (70853167)	筑波大学・医学医療系・助教 (12102)	
研究分担者	小林 大樹 (Kobayashi Daiki) (20448517)	新潟大学・医歯学系・助教 (13101)	
研究分担者	幡野 敦 (Hatano Atsushi) (30755533)	新潟大学・医歯学系・助教 (13101)	削除：2021年1月5日
研究分担者	尾崎 遼 (Ozaki Haruka) (10743346)	筑波大学・医学医療系・准教授 (12102)	追加：2019年7月31日 削除：2020年1月17日

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計2件

国際研究集会 2nd international symposium for trans-omics	開催年 2018年～2018年
国際研究集会 The 1st International Symposium for Trans-Omics	開催年 2017年～2017年

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------