

令和 4 年 6 月 18 日現在

機関番号：11201

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：17H06330

研究課題名(和文)細胞間相互作用の数理科学的なモデル構築と理論化

研究課題名(英文)Model construction and theorization of intercell interactions

研究代表者

川崎 秀二(Kawasaki, Shuji)

岩手大学・理工学部・准教授

研究者番号：10282922

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 61,200,000円

研究成果の概要(和文): 卵巣がん遺伝子発現量データに対し,各遺伝子の発現量ベクトル(長さ約300)に対し,ある2種類の統計量を取り,それらを軸として各遺伝子を散布図的なパターン図に表す事を行った。これにより,上記の相互作用関係が複数の制御系統に沿ってのストリームラインとして明確に定量化および視覚化される事が分かった。

また,次世代シーケンサーによる解析で光受容チャネル遺伝子の機能発現に重要な役割を担う遺伝子の発現亢進が確認され免疫組織化学により網膜のミュラー細胞に存在することがあきらかとなった。また,細胞数計測により遺伝子導入された細胞が長期間障害されることなく残存することが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

がん形成の遺伝子的メカニズムの数理的側面からの解析において,従来主流であった細胞系譜過程の推定という問題に対し,遺伝子系譜過程の推定とも言えるべき新しい観点をもたらした。それはある統計量に基づく遺伝子発現量ベクトルのパターン図を作成する事であり,Ad Hoc でない解析法の基礎を与えた。それにより1つの基盤的手法となるフレームワークを提案する事が出来た。

また,失明に対する視覚再建治療として,オプトジェネティック遺伝子治療技術について,次世代シーケンサーを用いて網羅的に遺伝子発現を調べることによって,それらの一端を明らかにすることができ,遺伝子治療の実用化への重要な知見が得られた。

研究成果の概要(英文): To gene expression vectors in Ovarian carcinoma, we have defined two statistics. Then, it turned out that plotting the statistics along two axes like a scatter plot, we could be able to present a pattern of interactions of the vectors. By this, we have clarified that genetic interactions by streamlines as each of the controls quantitatively and visually, and thus constructed a fundamental framework to understand the movement or genetic mechanism of the cancer formation.

Also, by an analysis with the next generation sequencer, we have recognized that the promotion of expression of a gene that is important for the functional expression of a light receiving channel gene and that it resides in Müller cells in retina by an immune tissue chemistry. We have found that a gene introduced cells remain there a long period without being inhibited, by the measurement of cell numbers.

研究分野：数理科学

キーワード：遺伝子的メカニズムのパターン相図 1細胞解析 発現量ベクトルの相互作用 オプトジェネティクス
光感受性 チャネルロドプシン

1 . 研究開始当初の背景

当初は、一細胞解析による細胞 1 個毎の遺伝子発現量データを取得する事が可能になったばかりの時期であり、従来のバルクでの発現データに比べ遥かに詳細な発現情報が与えられる事に対し、それを活かしての遺伝子的メカニズム解析により、がん形成の新規かつ詳細な知見を得ようというモチベーションが高まっていた。海外では精力的に標準となるような解析法が生物学者と数理科学者の協働により探究されており、ツールやアルゴリズムとして多数報告されていた。しかし残念ながら、それらツール等の比較検討をした複数の解説記事では、解析結果の精度に関しては改善の余地がまだまだ残されているとの報告がなされている状況であった。いずれのツールも、所望の解析を実行するアルゴリズムを搭載するにおいて、その手法でなければならないという必然性の説明はなく、残念ながら Ad Hoc な部分の含まれる状況を目にして、我々はいま一つ同じ方向での探究には踏み込めず、解析の枠組み自体を模索していた。

また、視覚再生技術に関する解析では、これまでに我々は光受容に伴い細胞内に陽イオンを透過させる機能を持つ遺伝子を開発し、この遺伝子を失明に至った網膜の残存する神経細胞に導入することによって視覚を回復させることに成功している。しかしながら、その光受容に重要な役割を担うレチナルの供給経路や遺伝子治療の安全性については明確になっていない。

2 . 研究の目的

我々は、卵巣がん検体の遺伝子発現量の一細胞解析データを対象として、がん形成メカニズムの遺伝子的メカニズムを解析する事を目的として研究をスタートした。特に、上記のようなツール等の精力的な開発という趨勢に対して限界を感じていた事もあり、どのような解析の枠組みを提示できれば良いかとの自問に対し、完全なものは無理としても、「1つの解答」でも良いからある程度納得のいくような自然で客観的な (Ad Hoc でない) 解析の事例を得たいと考えた。

また、遺伝子治療による視覚回復後の網膜の機能変化、その副作用ならびに高度な視覚を再建するために新たな遺伝子の開発を試みた。

3 . 研究の方法

一細胞解析の結果として得られた遺伝子発現量マトリクス (遺伝子約 1 万 3 千種、細胞数約 3 百個) の大規模データについて、従来海外で主流となっていた細胞系譜過程の推定ではなく、独自の手法として遺伝子系譜過程ともいべき考え方で解析法を構築していった。それは、各遺伝子の発現量ベクトル (長さ約 300) の相互作用関係性を定量化あるいは視覚化する事である。

また、ヒト網膜色素変性症と同じ遺伝子変異を有する遺伝盲ラットにアデノ随伴ウイルスベクターを用いて光受容陽イオンチャネル遺伝子を導入した。導入後、視覚誘発電位測定により視覚の回復を確認した後、mRNA を抽出し逆転写により cDNA を合成し次世代シーケンサーを用いて発現変動遺伝子を網羅的に解析した。また、網膜伸展標本および組織標本を作成し、遺伝子導入細胞数の計測ならびに変動遺伝子の発現を免疫組織化学により調べた。

4 . 研究成果

上記の遺伝子系譜過程の推定ともいべき考え方を具現化した手法として、各遺伝子の発現量ベクトル (長さ約 300) に対し、ある 2 種類の統計量をとリ、それらを軸として各遺伝子を散布図的なパターン図に表す事を行った (図 1)。これにより、上記の相互作用関係が複数の制御系統に沿ってのストリームラインとして明確に定量化および視覚化される事が分かった。これらのストリームラインを形成する遺伝子群は、いずれも特定されており、パターン図上で各々の制御系統を成していると考えている (図 2)。予備的解析から、この系のがん悪性化の主要因子は TGF- β の二面性の作用によるものであるとの示唆を得ていたが、このパターン図での観察により実際に、前半段階の TGF- β の悪性化に至るまでの過程が各制御系統のストリームラインとして示されており、またそれらの相互作用結果として途中から TGF- β の悪性化を促すストリームラインが派生している事も捉えられている。その事は、ストリームラインが時間的進展を表している事に対応している事から調べる事ができる (図 3)。さらに、後半段階では TGF- β 悪性

化後の、細胞増殖を暴走的に引き起こすモードドライブされている系の遺伝子発現の様子が観察される。このパターン図のアイデアに基づき1つ1つの遺伝子の働きを具に調べる事は引き続き課題となるが、今回の取り組みの結果、今後の議論の基盤となるフレームワークを提案する事ができたと考えている。このフレームワークでは、ベクトルの幾何学に基づく理論的な統計量により相互作用関係が定量化されており、全て客観的に導出された量によりパターン図が構成されている事から、背景で述べたような Ad Hoc さはない。もちろん、従来の細胞系譜過程の推定での発現量マトリクスの用い方に対し、マトリクスの転置を用いての解析に換えた解析法である事から、手法としては同じ情報量を扱っている。メリットとして、各制御系統が各ストリームラインとして1対1に表されている事、そのストリームラインの由来・構成も完全に分かっている事、実装の容易な事などが挙げられる。このフレームワークにより、各遺伝子発現量ベクトルが情報化できたと考えており、つまりツール化する事への展望も開く事ができたと考えている。

また、視覚再生技術の解析として、次世代シーケンサーによる解析で光受容チャネル遺伝子の機能発現に重要な役割を担う遺伝子の発現亢進が確認され免疫組織化学により網膜のミュラー細胞に存在することがあきらかとなった。また、細胞数計測により遺伝子導入された細胞が長期間障害されることなく残存することが明らかとなった。

失明者の視覚を再建する治療技術として、光受容陽イオンチャネル遺伝子(オプトジェネティック遺伝子)を用いた遺伝子治療が検討されている。すでに、遺伝子導入によって部分的な視覚を回復できることが明らかとなっているが、その詳細な分子機構、特に、導入遺伝子がどのように網膜のタンパク質群と相互作用を持ち、光受容能を得るかやそれによって生来の網膜機能が変化するかなどは依然として不明のままである。本研究では、次世代シーケンサーを用いて遺伝子導入後の遺伝子発現変化を調べるとともに、外来遺伝子の導入による安全性について評価した。また、バイオインフォマティクス技術を用いて、新規のオプトジェネティック遺伝子の創出を試みた。

オプトジェネティック遺伝子による視覚再建では、オプトジェネティック遺伝子の機能発現に必須の分子であるビタミン A 誘導体のレチナールの供給経路は明らかとなっていない。次世代シーケンサーを用いた遺伝子発現の網羅的解析により、レチナール産生に関わる複数の遺伝子の発現亢進が確認された。

生来の網膜では、網膜の光受容細胞である視細胞や視細胞と接する網膜色素上皮細胞がレチナールの合成の主役であることが知られているが、視細胞の消失による失明後はこれらの細胞での発現は低下し、遺伝子導入による視覚回復後は網膜のグリア細胞であるミュラー細胞に存在するレチナール合成に関わる遺伝子の発現亢進が確認され、生来の網膜とは異なる経路でオプトジェネティックタンパク質にレチナールが供給されていること、光受容能を付与された細胞は長期間安定に機能することを明らかにした(Int J Mol Sci 2021)。また、バイオインフォマティクス技術を用いて、新たに高感度型オプトジェネティック遺伝子の開発に成功し(WO2021/193731A1)、オプトジェネティック遺伝子治療による視覚再建治療で問題とされる低光感度を改善できる可能性が示された(図4: NPJ Regenerative Medicine 2021)。

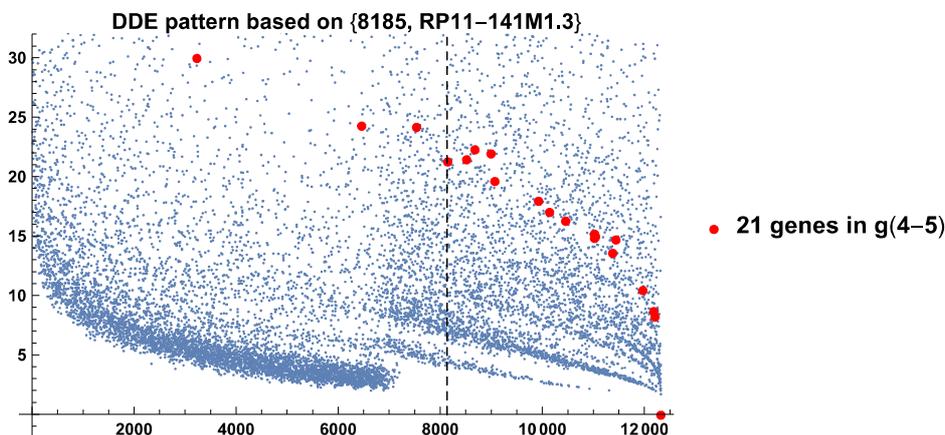


図1. 遺伝子{8185,RP11-141M1.3}に基づく2種統計量の散布図
(赤い点は統計量により分類された遺伝子群の1つ)

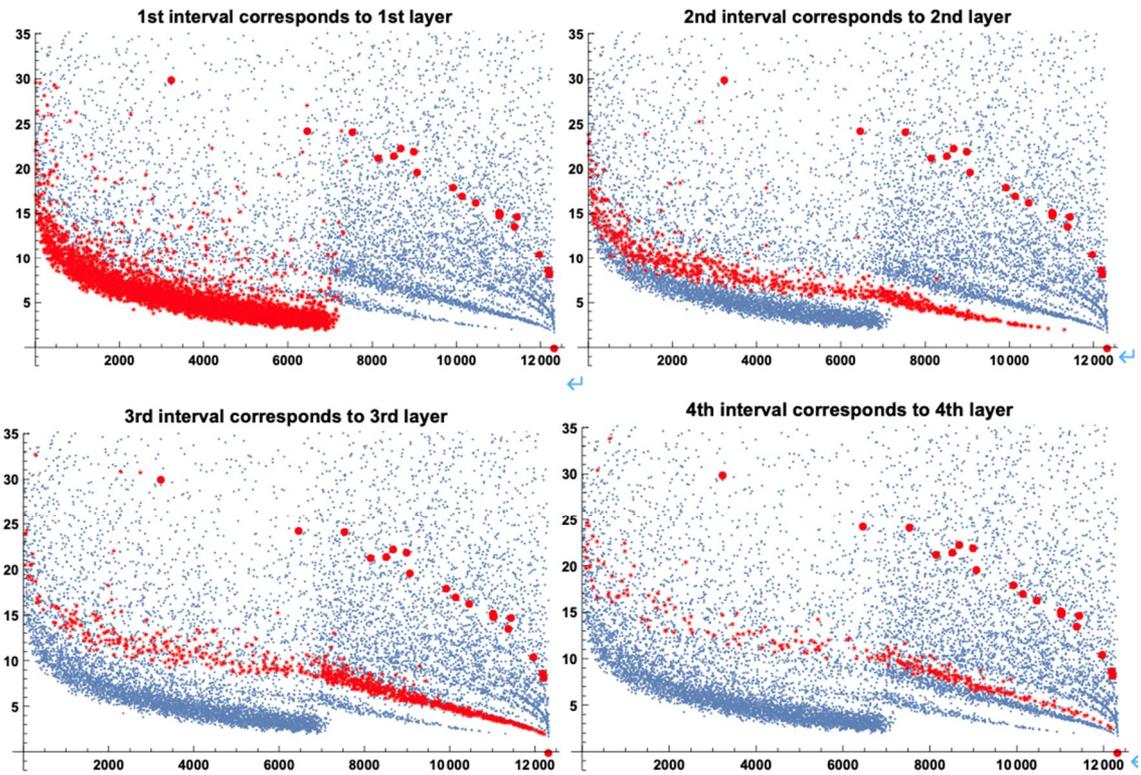


図 2 . 各ストリームラインを形成する遺伝子群

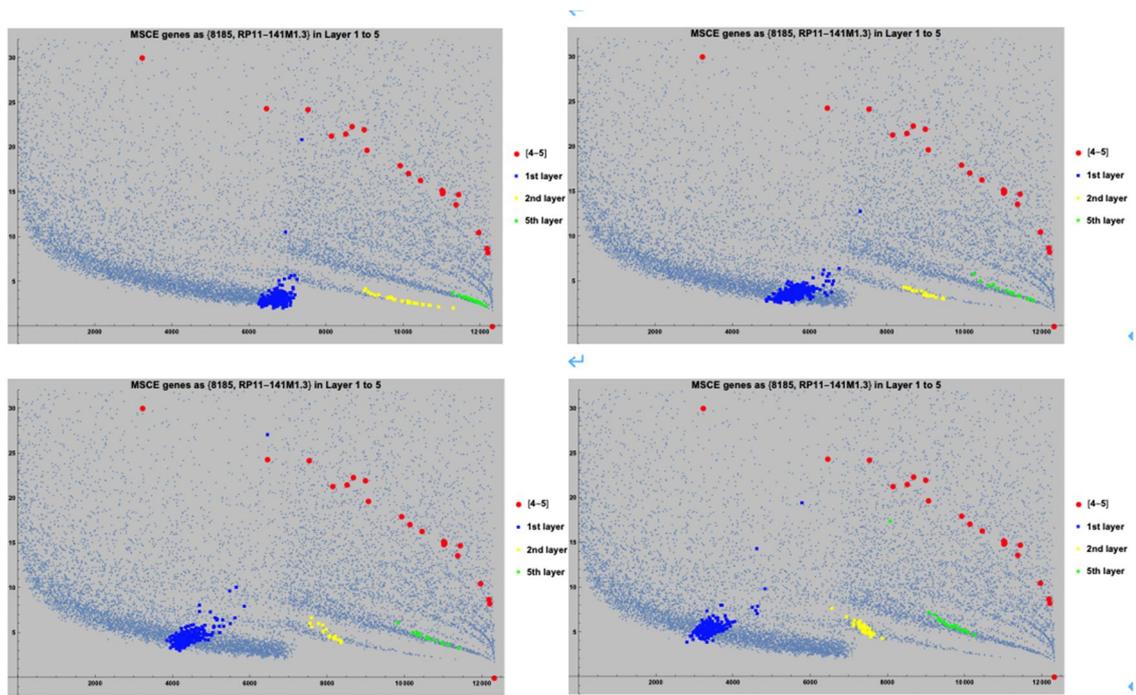


図 3 . 各ストリームラインが制御系統の時間的進展に対応する
 (左上から右下の順に、時間的推移に対応する統計量の値が大きい方から
 上位 300 種ずつの遺伝子をカラーマーキングしたもの)

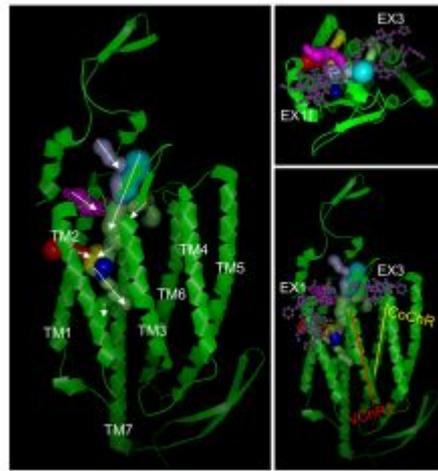


図4 . 視覚再建治療で問題とされる低光感度を改善できる可能性を示唆

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計17件（うち査読付論文 17件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 13件）

1. 著者名 Utsumi Shinto, Sakamoto Kimitoshi, Yamashita Tetsuro, Tomita Hiroshi, Sugano Eriko, Ishida Kinji, Ishiyama Eri, Ozaki Taku	4. 巻 524
2. 論文標題 Presence of ES1 homolog in the mitochondrial intermembrane space of porcine retinal cells	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Biochemical and Biophysical Research Communications	6. 最初と最後の頁 542 ~ 548
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bbrc.2020.01.127	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 Sugano Eriko, Endo Yuka, Sugai Akihisa, Kikuchi Yuki, Tabata Kitako, Ozaki Taku, Kurose Takahiro, Takai Yoshihiro, Mitsuguchi Yoko, Honma Yoichi, Tomita Hiroshi	4. 巻 883
2. 論文標題 Geranylgeranyl acetone prevents glutamate-induced cell death in HT-22?cells by increasing mitochondrial membrane potential	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 European Journal of Pharmacology	6. 最初と最後の頁 173193 ~ 173193
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ejphar.2020.173193	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 Ozaki Taku, Utsumi Shinto, Iwamoto Takeshi, Tanaka Makoto, Tomita Hiroshi, Sugano Eriko, Ishiyama Eri, Ishida Kinji	4. 巻 30
2. 論文標題 Data on mitochondrial ultrastructure of photoreceptors in pig, rabbit, and mouse retinas	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Data in Brief	6. 最初と最後の頁 105544 ~ 105544
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.dib.2020.105544	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 Fukuda Tomokazu, Furuya Kai, Takahashi Kouhei, Orimoto Ai, Sugano Eriko, Tomita Hiroshi, Kashiwagi Sayo, Kiyono Tohru, Ishii Tsuyoshi	4. 巻 24
2. 論文標題 Combinatorial expression of cell cycle regulators is more suitable for immortalization than oncogenic methods in dermal papilla cells	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 iScience	6. 最初と最後の頁 101929 ~ 101929
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.isci.2020.101929	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 Chukai Yusaku, Iwamoto Takeshi, Itoh Ken, Tomita Hiroshi, Ozaki Taku	4. 巻 1868
2. 論文標題 Characterization of mitochondrial calpain-5	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular Cell Research	6. 最初と最後の頁 118989 ~ 118989
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bbamcr.2021.118989	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 Tomita Hiroshi, Sugano Eriko	4. 巻 1293
2. 論文標題 Optogenetics-Mediated Gene Therapy for Retinal Diseases	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Adv Exp Med Biol.	6. 最初と最後の頁 535 ~ 543
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-981-15-8763-4_37	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 T. Ito, Y. Kumagai, K. Itano, T. Maruyama, K. Tamura, S. Kawasaki, T. Suzuki and Y. Murakami	4. 巻 9:511(3)
2. 論文標題 Mathematical Analysis of Gefitinib Resistance Caused by MET Amplification	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Biochem. Biophys. Res. Comm.	6. 最初と最後の頁 544-550
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bbrc.2019.02.08	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 Fukuda T, Gouko R, Eitsuka T, Suzuki R, Takahashi K, Nakagawa K, Sugano E1 Tomita H, Kiyono	4. 巻 10
2. 論文標題 Human-Derived Corneal Epithelial Cells Expressing Cell Cycle Regulators as a New Resource for in vitro Ocular Toxicity Testing	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Front. Genet.	6. 最初と最後の頁 587
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fgene.2019.00587	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 Kurose T Sugano E, Sugai A, Shiraiwa R, Kato M, Mitsuguchi Y, Takai Y, Tabata K, Honma Y, Tomita H	4. 巻 12(8)
2. 論文標題 Neuroprotective effect of a dietary supplement against glutamate-induced excitotoxicity in retina	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Int. J. Ophthalmol.	6. 最初と最後の頁 1231-1237
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18240/ijo.2019.08.01	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 E.Sugano, G. Edwards, S. Saha, L. A. Wilmott, R C. Grambergs, K Mondal, H Qi, M Stiles, H Tomita,* and N Mandal	4. 巻 60
2. 論文標題 Overexpression of acid ceramidase (ASAH1) protects retinal cells (ARPE19) from oxidative stress	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J. Lipid Res.	6. 最初と最後の頁 30-43
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1194/jlr.M082198	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 Sugano E, Tabata K, Takezawa T, Shiraiwa R, Muraoka H, Metoki T, Kudo A, Iwama Y, Nakazawa M, Tomita H	4. 巻 2019
2. 論文標題 N-Methyl-N-Nitrosourea-Induced Photoreceptor Degeneration Is Inhibited by Nicotinamide via the Blockade of Upstream Events before the Phosphorylation of Signalling Proteins	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Biomed. Res. Int.	6. 最初と最後の頁 3238719
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1155/2019/3238719	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 S. Utsumi, K. Sakamoto, T. Yamashita, H. Tomita, E. Sugano, K. Ishida, E. Ishiyama and T. Ozaki	4. 巻 524
2. 論文標題 Presence of ES1 homolog in the mitochondrial intermembrane space of porcine retinal cells	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Biochem. Biophys. Res. Comm.	6. 最初と最後の頁 542-548
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bbrc.2020.01.127	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 Kawasaki S, Ito K.	4. 巻 15
2. 論文標題 Data Analytic Study of the Homothermal Maintenance Mechanism of Skunk Cabbage: Capturing Pre-Equilibrium Characteristics Using Extended Poisson Model.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Biophys. Physicobiol.	6. 最初と最後の頁 235-250
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2142/biophysico.15.0_235	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 Itano K, Ito T, Kawasaki S, Murakami Y, Suzuki T.	4. 巻 10
2. 論文標題 Mathematical Modeling and Analysis of ErbB3 and EGFR Dimerization Process for the Gefitinib Resistance	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 JSIAM Letters	6. 最初と最後の頁 33-36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14495/jsiaml.10.33	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 Fukuda T, Ishizawa Y, Donai K, Sugano E, *Tomita H.	4. 巻 42(5)
2. 論文標題 The poly-cistronic expression of four transcriptional factors (CRX, RAX, NEURO-D, OTX2) in fibroblasts via retro- or lentivirus causes partial reprogramming into photoreceptor cells	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Cell Biol. Int.	6. 最初と最後の頁 608-614
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cbin.10942	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 Watanabe Y, Sugano E, Tabata K, Ozaki T, Saito T, Tamai M, *Tomita H	4. 巻 496(3)
2. 論文標題 Kinetic profiles of photocurrents in cells expressing two types of channelrhodopsin genes.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Biochem. Biophys. Res. Commun.	6. 最初と最後の頁 814-819
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bbrc.2018.01.149	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 Sakajiri Y, Sugano E, Watanabe Y Sakajiri T, Tabata K, Kikuchi T, *Tomita H.	4. 巻 503(4)
2. 論文標題 Natronomonas pharaonis halorhodopsin Ser81 plays a role in maintaining chloride ions near the Schiff base.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Biochem. Biophys. Res. Commun.	6. 最初と最後の頁 2326-2332
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bbrc.2018.06.156	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 -

〔学会発表〕 計19件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 川崎秀二
2. 発表標題 私の研究紹介
3. 学会等名 細胞社会ダイバーシティの統合的解明と制御 領域シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 菅野江里子、富田浩史、田端希多子
2. 発表標題 視覚再生後の網膜、視覚野の機能変化
3. 学会等名 細胞社会ダイバーシティの統合的解明と制御 領域シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 富田 浩史
2. 発表標題 遺伝子治療による視覚再生技術とその視覚持続性
3. 学会等名 第64回数理解医学研究会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 E. Turtgtoch and S. Kawasaki
2. 発表標題 Testing the Limit Cycle Behavior in Homothermal Maintenance of Skunk Cabbage
3. 学会等名 Int. Conf. Appl. Phys. Math. (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 E. Turtgtoch and S. Kawasaki
2. 発表標題 On the Limit Cycle Behavior in Homothermal Maintenance of Skunk Cabbage
3. 学会等名 日本応用数理学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Kawasaki
2. 発表標題 卵巣がん遺伝子発現量データの主成分に基づく遺伝子ネットワーク解析
3. 学会等名 細胞ダイバース第5回公開シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 S. Kawasaki
2. 発表標題 卵巣がん遺伝子発現量ベクトルにおけるEMT関連主成分と近接する他遺伝子群の抽出について
3. 学会等名 細胞ダイバース第4回公開シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 E. Sugano
2. 発表標題 Gene Therapy using our developed mVChR1 gene for Retinitis Pigmentosa
3. 学会等名 第123回日本眼科学会総会 International Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 富田浩史、田端希多子、菅野江里子
2. 発表標題 視覚再生のための遺伝子治療
3. 学会等名 第123回日本眼科学会総会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 富田浩史、田端希多子、菅野江里子
2. 発表標題 遺伝子治療による視覚再建
3. 学会等名 第354回岩手県眼科医会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 富田浩史、田端希多子、菅野江里子
2. 発表標題 視覚再建のための遺伝子治療—臨床試験に向けて
3. 学会等名 群馬県網膜色素変性症協会 (JRPS群馬) 記念医療講演会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 富田浩史、田端希多子、菅野江里子
2. 発表標題 視覚経路の再建により誘導される神経栄養因子の網羅的解析
3. 学会等名 細胞ダイバース第5回公開シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡邊義人、リアルアシーらるび、菅野江里子、富田浩史
2. 発表標題 新規ステップ機能型チャンネルロドプシンの特性解析
3. 学会等名 日本動物学会東北支部会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 熊谷俊哉、田端希多子、菅野江里子、富田浩史
2. 発表標題 認知症モデルラットに対する保護薬の効果検討
3. 学会等名 日本動物学会東北支部会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野口 潤、渡辺 恵、三嶋 晶、中垣 慶子、磯田 李紗、境 和久、菅野 江里子、富田 浩史、渡我部 昭哉、山森 哲雄、水上 浩、一戸 紀孝
2. 発表標題 マーモセット自閉症モデル大脳皮質樹状突起スパインのin vivo 2光子顕微鏡観察
3. 学会等名 第42回日本分子生物学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 富田浩史、田端希多子、菅野江里子
2. 発表標題 遺伝子治療による視機能再建
3. 学会等名 日本眼薬理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 菅野江里子, 田端希多子, 熊谷俊哉, 富田浩史
2. 発表標題 神経細胞の再活性化によるRNAパターンの網羅的解析
3. 学会等名 細胞ダイバース第5回公開シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 E. Turtogtokh and S. Kawasaki
2. 発表標題 On the Chaotic Dynamics in Homothermal Maintenance of Skunk Cabbage
3. 学会等名 日本応用数理学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川崎秀二、梅川結、伊藤菊一
2. 発表標題 ザゼンソウ温度制御メカニズムのデータ解析的考察
3. 学会等名 RIMS共同研究「数理農学の基盤作りに向けて」
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 川崎秀二、林寛敦、富永陽子	4. 発行年 2020年
2. 出版社 NTS出版	5. 総ページ数 270 (うち229-237)
3. 書名 ダイレクトリプログラミング--再生医療の新展開 (分担執筆)	

〔出願〕 計4件

産業財産権の名称 改変チャンネルロドプシン	発明者 富田浩史、菅野江里子	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2020-053473	出願年 2020年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 改変光受容クロライドチャンネル	発明者 富田浩史、菅野江里子	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2020-053474	出願年 2020年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 改変チャンネルロドプシン	発明者 富田浩史、菅野江里子	権利者 岩手大学
産業財産権の種類、番号 特許、2020-053473	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 改変光受容クロライドチャンネル	発明者 富田浩史、菅野江里子	権利者 岩手大学
産業財産権の種類、番号 特許、2020-053474	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

<p>岩手大学 視覚神経科学研究室 http://web.cc.iwate-u.ac.jp/~htomita/vis-neurosci/ 失明者の視覚再建 https://www.crieto.hosp.tohoku.ac.jp/seedlist/seed23.html 「生物・細胞」をソフトウェア制御する「再生医療」に着手 https://www.jig-saw.com/news/20161226/</p>

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	富田 浩史 (Tomita Hiroshi) (40302088)	岩手大学・理工学部・教授 (11201)	
研究分担者	菅野 江里子 (Eriko Sugano) (70375210)	岩手大学・理工学部・准教授 (11201)	

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0件

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