

平成 30 年 5 月 15 日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K17449

研究課題名(和文) ナノ構造型電極アレイを用いたマイクロパターン神経回路の機能計測

研究課題名(英文) Functional analysis of micropatterned neuronal networks using nano-structured electrodes

研究代表者

山本 英明 (Yamamoto, Hideaki)

東北大学・学際科学フロンティア研究所・助教

研究者番号：10552036

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：生物の脳は、多数の神経細胞が精密に配線された回路網である。あまりの複雑さゆえ、この回路網が脳システムとしての機能を実現する原理はいまだ多くが理解されていないが、回路機能をシャーレ内で再構成することができれば、これを解析するための新しいモデル実験系を創成することができる。本研究課題では、半導体技術を応用して細胞外基質タンパク質をパターン転写した基板を用いて生きた神経細胞による自己組織的な回路形成を誘導することで、生体内での機能を模倣した神経回路を培養系に再構成することを目指した。並行して、多点電極デバイスを用いた神経活動計測を高感度化するための、新しい信号増強法の開発に取り組んだ。

研究成果の概要(英文)：Brain is a complex network of nerve cells. Neuronal culture has played important roles in the study of the nerve cells, but the innate difference in network architecture has hindered the wide-spread use of the culture system in the study of network functions. In the current project, we developed a series of surface engineering technologies to direct the spontaneous network formation by cultured neurons. This was realized at both the single-cellular and multi-cellular levels. We also developed a technology for amplifying weak signals of multi-electrode array recordings, that takes advantage of a cell sheet grown on a free-standing hydrogel membrane.

研究分野：ナノバイオサイエンス

キーワード：神経回路網 バイオインターフェース 細胞パターンニング 微小電極アレイ 細胞シート 数理モデル
ソフトリソグラフィ

1. 研究開始当初の背景

生物の脳は、多数の神経細胞が精密に配線された回路網である。あまりの複雑さゆえ、この回路網が脳システムとしての機能を実現する原理はいまだ多くが理解されていないが、回路機能をシャーレ内 (in vitro) で再構成することができれば、これを解析するための新しいモデル実験系を創成することができる。しかし脳の機能素子である神経細胞は、均質なシャーレの上で培養すると、突起をランダムな方向に伸長させ、生体内 (in vivo) とは異なる回路を形成してしまう。In vitro と in vivo の神経回路を隔てるこのギャップは、半導体微細加工技術を応用することによって縮めることができる。電子線リソグラフィや光リソグラフィなどの技術は、元来、半導体材料や金属、さらにはレジストなどの有機膜を加工するために開発されたものであるが、最近では生体分子や細胞のパターニングや人工再構成に活用され、生命科学の基礎研究や応用研究に新しいツールを生み出している (表面科学 37, 224-229 (2016); 電気学会 光・量子デバイス研究会 OQD-18-027 (2018))。半導体技術はまた、神経回路網の機能を長期間に渡って、非侵襲かつ非標識に計測するための多点電極アレイ (MEA) などのデバイス開発にも貢献している。

2. 研究の目的

本研究課題では、半導体技術を応用して細胞外基質タンパク質をパターン転写した基板を用いて生きた神経細胞による自己組織的な回路形成を誘導することで、in vivo での機能を模倣した神経回路を in vitro で再構成することを目指した。並行して、MEA デバイスを用いた神経活動計測を高感度化するための、新しい信号増強法の開発に取り組んだ。

3. 研究の方法

神経細胞をパターンニングするための基板は、マイクロコンタクトプリンティング法を用いて作製した (Applied Physics Letters 109, 043703 (2016))。これは、マイクロスケールの凹凸を持ったシリコン樹脂製のスタンプを用いて、細胞接着支持分子のパターンをカバーガラス上に転写する手法である。細胞接着支持分子には、細胞外マトリックスゲルとポリリジンの混合液を用いた。培養する神経細胞は胎生 18 日目ラット胎児の海馬および大脳皮質より採取した。

神経活動の計測には、蛍光カルシウムイメージングと MEA 計測を併用した。特に後者の計測法について、本研究では信号感度を向上するために、電極上の神経細胞を抵抗性フィルムで被覆し、細胞-電極間のシール抵抗と接地点との間に直列にインピーダンスを挿入することを検討し、これを実現するために、電氣的抵抗性と物質透過性とを合わせ持つフィルム材料として、生細胞の形質膜を利用した。具体的には、I 型コラーゲンのゲル膜上に神

経系の支持細胞であるアストロサイトを播種し、単層に培養することでグリア細胞シートを作製した。これを MEA 基板上に培養した神経細胞の上に被せ、被覆前後での細胞外電位の大きさを比較した。また、信号増強効果の原理を考察するために、電気化学インピーダンス分光法を用いてグリア細胞シートと電極のインピーダンスを測定し、そこで得られたパラメータを用いて等価回路シミュレーションを行った。

4. 研究成果

初めに、グリア細胞シートを MEA 基板に配置し、電気化学インピーダンス法によりグリア細胞シートと電極のインピーダンスを求めた。グリア細胞シートと電極はそれぞれ RC 並列回路で等価回路表現でき、それらのインピーダンスは $41 \text{ k}\Omega$ と 114 pF (細胞シート)、 $6.7 \text{ k}\Omega$ と 49 pF (電極) であった。続いて、等価回路シミュレーションにより、神経細胞の計測系にグリア細胞シートを挿入することに寄る信号増幅効果を見積もった。神経細胞の活動電位を模した信号 (100 mV , 1 ms) を細胞内に印加したときに電極で計測される信号の振幅を見積もった。その結果、細胞シートのインピーダンスを挿入することで信号が約 5 倍に増強されると予測された。最後に、実際にグリア細胞シートで神経細胞を被覆して、被覆前後で計測される信号の振幅を比較したところ、信号の振幅が約 6 倍増加した。ここで観測された信号は、細胞培養液に電位依存性 Na チャネル阻害薬であるテトロドトキシンを添加し、神経細胞の活動電位発生を阻害すると消失したことから、神経活動に由来する信号を計測していることがわかる。また計測ではバックグラウンドノイズも増強されることが分かったが、SN 比で比較しても、グリア細胞での被覆によって約 4 倍の増強が確認できた (Applied Physics Letters 108, 023701 (2016))。

続いて、微細加工基板を用いた細胞パターンニングが神経回路機能に及ぼす効果を評価した。培養神経回路は回路全体が強く同期して連続的に発火 (バースト) するという特徴を持つ。ここでは、外部入力がない状態での神経回路の活動パターン (自発活動) に着目して、①いくつかの細胞が集まると同期した自発活動が発生するのか、②回路を構成する細胞数が変化すると自発活動パターンはどのように変化するのかを調べた。この実験では、蛍光カルシウムイメージング法を用いて神経活動を計測した。まず①の問いについては、たった 12 個からなる神経回路でも同期した自発発火が起こることが分かった。ただ、自発発火の発生や伝播には細胞数だけでなく、シナプス結合の密度も重要な役割を果たすため、細胞間がより密に結合した回路をつくることできれば、さらに少ない数の細胞で神経回路を同期させられる可能性もあると考えている。続いて②の問いについては、実験を始め

て間もなく、回路の構成細胞数が減少すると同期発火の頻度が下がることが分かった。また更に実験を重ねていくうちに、細胞数が数十個程度の回路では、非同期的な発火を示す回路も頻繁に現われることを見出した (Physical Review E 94, 012407 (2016))。

そこでこの現象を理論的に考察するために、培養神経回路の理論モデルを構築した。神経細胞のモデルには単純な積分発火モデルを用いた。それぞれ k 本の結合を持つ N 個の興奮性ニューロンが、規則的な結合を持つネットワークを初期構造とし、全ての結合を無作為に組み替えて、ランダム接合ネットワークを構成した。各細胞に対して独立に入力されるノイズ電流によって駆動される、ネットワークの自発活動を解析した。細胞数 N が 1000 個のネットワークモデルでは、培養細胞で観測されるような、一定周期でほぼ全ての細胞が同期的に発火する自発活動パターンが現われた。続いて、細胞数 N を 400, 100 個と小さくすると、同期発火の頻度が減少し、さらに $N = 40$ の場合には同期発火は起きず全ての細胞がランダムに発火した。これらの結果は、マイクロパターン培養神経回路において観察されるダイナミクス変化をよく表現しており、①細胞ごとの膜電位のランダムな揺らぎによる活動電位の生成と、②ネットワーク中の興奮性シナプス結合による活動の正帰還的増幅、というメカニズムによって培養神経回路における同期バーストの生成と回路サイズ依存的なダイナミクスの変調が説明できることが分かった。さらに神経細胞モデルに長周期の活動不応期や活動依存性の細胞内カルシウム濃度変化を考慮すると、発火の時間スケールも含めて実験結果を説明できることが分かった (Physical Review E 94, 012407 (2016))。

上記の計算結果は細胞間をランダムに接続したモデルから得られた結果であり、今回作製したマイクロパターン神経回路のモデルとしては適切であったが、生体神経回路では神経細胞はランダムに結合しておらず、密に結合した細胞集団同士が疎に結合して全体として統合されている。生体回路の構造を模倣したモデルでの解析を進めた結果、細胞数や結合密度は一定に保っても、その結合方式によっても発火パターンが変調されることも計算機シミュレーションを通じて明らかにすることができた (Frontiers in Computational Neuroscience 12, 17 (2018); Proceedings of IJCNN 1163-1168, 2017)。例えば、スモールワールド性と呼ばれる構造的特徴の効果を調べたところ、ランダム接合の回路に比べて発火の同期性が抑えられた。同期発火は神経回路の正常機能において必要不可欠であるが、一方で過剰な同期はてんかん発作などのように病態生理に直結する。生体脳におけるスモールワールド的な接続は、過剰な神経同期を抑えるという機能的役割を担っているのかもしれない。この理論予測を受けて、生体神経回路の構造的特徴を模倣した培養神経回路の

作製と機能評価実験も立ち上げた (arXiv 1702.07426 (2017))。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 10 件)

1. *[Hideaki Yamamoto](#), Shigeru Kubota, Fabio A Shimizu, Ayumi Hirano-Iwata, Michio Niwano: Effective subnetwork topology for synchronizing interconnected networks of coupled phase oscillators. *Frontiers in Computational Neuroscience* 12 (2018) 17. (査読有)
2. *Sho Kono, Kohei Furusawa, Atsushi Kurotobi, Kohei Hattori, [Hideaki Yamamoto](#), Ayumi Hirano-Iwata, Takashi Tanii: In situ modification of cell-culture scaffolds by photocatalysis of visible-light-responsive TiO_2 film. *Japanese Journal of Applied Physics* 57 (2018) 027001. (査読有)
3. Ramin M Hasani, Giorgio Ferrari, [Hideaki Yamamoto](#), Sho Kono, Koji Ishihara, Soya Fujimori, Takashi Tanii, *[Enrico Prati](#): Control of the Correlation of Spontaneous Neuron Activity in Biological and Noise-activated CMOS Artificial Neural Microcircuits. arXiv 1702.07426 (2017). (査読無)
4. *[Hideaki Yamamoto](#), Ryosuke Matsumura, Hidesato Takaoki, Shutaro Katsurabayashi, Ayumi Hirano-Iwata, Michio Niwano: Unidirectional signal propagation in primary neurons micropatterned at a single-cell resolution. *Applied Physics Letters* 109 (2016) 043703. (査読有)
5. *[Hideaki Yamamoto](#), Shigeru Kubota, Yudai Chida, Mayu Morita, Satoshi Moriya, Hisanao Akima, Shigeo Sato, Ayumi Hirano-Iwata, Takashi Tanii, Michio Niwano: Size-dependent regulation of synchronized activity in living neuronal networks. *Physical Review E* 94 (2016) 012407. (査読有)
6. Sho Kono, *[Hideaki Yamamoto](#), Takatoshi Kushida, Ayumi Hirano-Iwata, Michio Niwano, *[Takashi Tanii](#): Live-cell, label-free identification of GABAergic and non-GABAergic neurons in primary cortical cultures using micropatterned surface. *PLoS ONE* 11 (2016) e0160987. (査読有)
7. Ryosuke Matsumura, *[Hideaki Yamamoto](#), Michio Niwano, Ayumi Hirano-Iwata: An electrically resistive sheet of glial cells for amplifying signals of neuronal extracellular recordings.

- Applied Physics Letters 108 (2016) 023701. (査読有)
8. *山本英明, 平野愛弓, 谷井孝至, 庭野道夫: 光触媒作用を用いた液中表面改質による培養神経細胞の操作. 表面科学 37 (2016) 224-229. (査読有)
 9. Kohei Sekine, *Hideaki Yamamoto, Sho Kono, Takeshi Ikeda, Akio Kuroda, Takashi Tanii: Surface modification of cell scaffold in aqueous solution using TiO₂ photocatalysis and linker protein L2 for patterning primary neurons. E-Journal of Surface Science and Nanotechnology 13 (2015) 213-218. (査読有)
 10. *Hideaki Yamamoto, Takanori Demura, Kohei Sekine, Sho Kono, Michio Niwano, Ayumi Hirano-Iwata, Takashi Tanii: Photopatterning proteins and cells in aqueous environment using TiO₂ photocatalysis. Journal of Visualized Experiments 104 (2015) e53045. (査読有)
- [学会発表] (計 41 件)
1. 山本英明, 平野愛弓: 微細加工表面を用いた神経回路機能の in vitro 再構成. 電気学会 光・量子デバイス研究会, イーグレ姫路, 兵庫, 2018 年 3 月 28 日. (招待講演)
 2. 山本英明, 松村亮佑, 早川岳志, 桂林秀太郎, 庭野道夫, 平野愛弓: マイクロパターン表面を用いた単一神経細胞の形態-機能制御. 第 65 回応用物理学会春季学術講演会, 早稲田大学, 東京, 2018 年 3 月 17-20 日.
 3. 早川岳志, 山本英明, 松村亮佑, 平野愛弓: 接続構造を制御した神経細胞回路ユニットの入出力特性(II). 第 65 回応用物理学会春季学術講演会, 早稲田大学, 東京, 2018 年 3 月 17-20 日.
 4. 脇村 桂, 山本英明, 井手克哉, 平野愛弓: 高速 Ca イメージング法によるマイクロパターン培養神経回路の自発発火計測. 第 65 回応用物理学会春季学術講演会, 早稲田大学, 東京, 2018 年 3 月 17-20 日.
 5. H. Yamamoto, R. Matsumura, M. Niwano, A. Hirano-Iwata: Single-cell manipulation of neuronal morphology and function using microfabricated substrates. 6th RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer (BFBC2018), Sendai, Japan, 2018 年 2 月 1-2 日.
 6. H. Yamamoto, K. Ide, R. Matsumura, K. Wakimura, M. Niwano, A. Hirano-Iwata: Microcontact printing for patterning neurons and neuronal networks. 11th International Symposium on Nanomedicine (ISNM2017), Sendai, Japan, 2017 年 12 月 13-15 日. (招待講演)
 7. 守谷 哲, 山本英明, 井手克哉, 秋間学尚, 平野愛弓, 庭野道夫, 久保田 繁, 佐藤茂雄: モジュール構造型神経回路モデルにおける同期活動のメカニズム. 電子情報通信学会 ニューロコンピューティング(NC)研究会, 東北大学, 仙台, 2017 年 11 月 24-25 日. ※プロシーディング: 信学技報 117 (325), 19-23 (2017).
 8. H. Yamamoto, K. Ide, K. Wakimura, T. Tanii, M. Niwano, A. Hirano-Iwata: Engineering modular organization of living neuronal networks by microcontact printed proteins. The 8th International Symposium on Surface Science (ISSS-8), Tsukuba, Japan, 2017 年 10 月 22-26 日.
 9. R. Matsumura, H. Yamamoto, S. Katsurabayashi, M. Niwano, A. Hirano-Iwata: Frequency-response curves of micropatterned hippocampal neurons: Effect of cell morphology on membrane impedance. 2017 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM2017), Sendai, Japan, 2017 年 9 月 19-22 日. (査読有)
 10. 山本英明, 松村亮佑, 井手克哉, 早川岳志, 脇村 桂, 庭野道夫, 平野愛弓: マイクロコンタクトプリンティング法による生体分子パターンニングと培養神経回路の構造制御. 第 78 回応用物理学会秋季学術講演会, 福岡国際会議場, 福岡, 2017 年 9 月 5-8 日.
 11. 井手克哉, 山本英明, 守谷 哲, 脇村 桂, 谷井孝至, 秋間学尚, 久保田 繁, 佐藤茂雄, 庭野道夫, 平野愛弓: 生体分子パターンの形状による神経細胞回路のモジュール間相互作用の制御. 第 78 回応用物理学会秋季学術講演会, 福岡国際会議場, 福岡, 2017 年 9 月 5-8 日.
 12. 早川岳志, 山本英明, 松村亮佑, 平野愛弓: 接続構造を制御した神経細胞回路ユニットの入出力特性. 第 78 回応用物理学会秋季学術講演会, 福岡国際会議場, 福岡, 2017 年 9 月 5-8 日.
 13. R. Matsumura, H. Yamamoto, S. Katsurabayashi, M. Niwano, A. Hirano-Iwata: Frequency characteristics of morphology controlled neurons on microcontact printed protein patterns. 9th International Conference on Molecular Electronics and Bioelectronics (M&BE9), Kanazawa, Japan, 2017 年 6 月 26-28 日. (Best Poster Award 受賞)
 14. H. Yamamoto, S. Kono, S. Fujishiro, K. Furusawa, T. Tanii, M. Niwano, A. Hirano-Iwata: TiO₂-assisted

- photocatalytic lithography: Applications in patterning neuronal cells and networks. European Materials Research Society (E-MRS) 2017 Spring Meeting, Strasbourg, France, 2017年5月22-26日。(招待講演)
15. S. Moriya, H. Yamamoto, H. Akima, A. Hirano-Iwata, M. Niwano, S. Kubota, S. Sato: Modularity-dependent modulation of synchronized bursting activity in cultured neuronal network models. International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN) 2017, Alaska, USA, 2017年5月14-19日. プロシーディング: IEEE Proceedings of the IJCNN 2017, pp. 1163-1168. (査読有)
 16. 山本英明, 守谷 哲, 井手克哉, 松村亮佑, 秋間学尚, 久保田 繁, 谷井孝至, 佐藤茂雄, 庭野道夫, 平野愛弓: モジュール構造型培養神経回路の計算論的モデリング. 第64回応用物理学会春季学術講演会, パシフィコ横浜, 神奈川, 2017年3月14-17日.
 17. 松村亮佑, 山本英明, 桂林秀太郎, 庭野道夫, 平野愛弓: マイクロ加工表面を用いた単一神経細胞の周波数特性制御. 第64回応用物理学会春季学術講演会, パシフィコ横浜, 神奈川, 2017年3月14-17日.
 18. 井手克哉, 山本英明, 松村亮佑, 谷井孝至, 吉信達夫, 庭野道夫, 平野愛弓: マイクロ加工表面を用いた培養神経回路のモジュール性制御. 第64回応用物理学会春季学術講演会, パシフィコ横浜, 神奈川, 2017年3月14-17日.
 19. 守谷 哲, 山本英明, 井手克哉, 秋間学尚, 平野愛弓, 庭野道夫, 久保田繁, 佐藤茂雄: モジュール構造型神経回路モデルにおける自発活動パターンのばらつきに関する考察. 電子情報通信学会ニューロコンピューティング(NC)研究会, 機械振興会館, 東京, 2017年3月13-14日. ※プロシーディング: 信学技報 116 (521) 133-136 (2017).
 20. H. Yamamoto, T. Tanii, S. Kubota, S. Sato, M. Niwano, A. Hirano-Iwata: Synchronization in neuronal networks with modular geometry. 5th RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer, Sendai, Japan, 2017年2月27-28日.
 21. H. Yamamoto, A. Hirano-Iwata, T. Tanii, M. Niwano: Structure-function relationships in living neuronal networks: a surface engineering approach. 10th Anniversary International Symposium on Nanomedicine (ISNM2016), Tsukuba, Japan, 2016年11月24-26日.(招待講演)
 22. 守谷 哲, 山本英明, 秋間学尚, 平野愛弓, 庭野道夫, 久保田繁, 佐藤茂雄: モジュール型神経回路モデルにおける構造と同期活動の解析. 電子情報通信学会ニューロコンピューティング(NC)研究会, 東北大学, 仙台, 2016年11月18-19日. ※プロシーディング: 信学技報 116 (313) 33-38 (2016).
 23. R. Matsumura, H. Yamamoto, A. Hirano-Iwata, M. Niwano: Equivalent circuit simulation of a neuron-electrode interface: mechanism of signal amplification by resistive covering. International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM) 2016, Tsukuba, Japan, 2016年9月27-29日.
 24. 松村亮佑, 山本英明, 桂林秀太郎, 平野愛弓, 庭野道夫: マイクロ加工表面を用いた神経信号伝達の整流性制御. 第77回応用物理学会秋季学術講演会, 朱鷺メッセ, 新潟, 2016年9月13-16日.
 25. R. Matsumura, H. Yamamoto, A. Hirano-Iwata, M. Niwano: Directed polarization and signal propagation in neuronal networks on microcontact printed protein patterns. 20th International Vacuum Congress (IVC-20), Busan, Korea, 2016/8/21-26.
 26. 守谷 哲, 山本英明, 秋間学尚, 平野愛弓, 庭野道夫, 久保田繁, 佐藤茂雄: 神経回路の同期的活動に対するモジュール構造の影響に関する計算論的研究. 電子情報通信学会ニューロコンピューティング(NC)研究会, 沖縄科学技術大学院大学, 沖縄, 2016/7/4-6. ※プロシーディング: 信学技報 116 (120) 217-222 (2016).
 27. H. Yamamoto, Y. Chida, A. Hirano-Iwata, T. Tanii, S. Kubota, M. Niwano: Spontaneous activity of cultured neuronal networks with defined numbers of neurons: a computational study. 10th FENS Forum for Neuroscience, Copenhagen, Denmark, 2016/7/2-6.
 28. R. Matsumura, H. Yamamoto, A. Hirano-Iwata, M. Niwano: Amplifying neuronal signals in extracellular recordings using electrical resistance of a glial cell sheet. 10th FENS Forum for Neuroscience, Copenhagen, Denmark, 2016/7/2-6.
 29. 山本英明, 石原広識, 河野翔, 千田雄大, 松村亮佑, 平野愛弓, 久保田繁, 谷井孝至, 庭野道夫: マイクロパターン表面を用いた培養神経回路の構造-機能制御. 第63回応用物理学会春季学術講演会,

- 東京工業大学, 東京, 2016年3月19-22日.
30. 松村亮佑, 山本英明, 平野愛弓, 庭野道夫: 細胞シートの電気抵抗を活用した神経細胞外計測の信号増強. 第63回応用物理学会春季学術講演会, 東京工業大学, 東京, 2016年3月19-22日.
 31. H. Yamamoto, A. Hirano-Iwata, T. Tanii, S. Kubota, M. Niwano: Spontaneous activity patterns of small neuronal ensembles. 4th RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer, Sendai, Japan, February 23-24, 2016.
 32. H. Yamamoto, A. Hirano-Iwata, T. Tanii, M. Niwano: Manipulating neuronal cells in situ by TiO₂-assisted photocatalytic lithography. 9th International Symposium on Nanomedicine (ISNM2015), Mie, Japan, December 10-12, 2015. (招待講演)
 33. 山本英明, 平野愛弓, 谷井孝至, 庭野道夫: 表面マイクロ改質技術を活用した培養神経細胞/回路の構造制御. 第35回表面科学学術講演会, つくば国際会議場, 茨城, 2015年12月1-3日. (招待講演)
 34. 清水 ファビオ アキラ, 山本英明, 千田雄大, 平野愛弓, 久保田 繁, 庭野道夫: 位相振動子がつくる複雑ネットワークにおける同期状態の解析. 電子情報通信学会ニューロコンピューティング(NC)研究会, 東北大学, 宮城, 2015年11月20-21日. ※プロシーディング: 信学技報 115 (318) 1-5.
 35. 千田雄大, 山本英明, 平野愛弓, 久保田繁, 庭野道夫: 積分発火型ニューロン回路におけるスモールワールド構造と同期の関係. 電子情報通信学会ニューロコンピューティング(NC)研究会, 東北大学, 宮城, 2015年11月20-21日. ※プロシーディング: 信学技報 115 (318) 7-12.
 36. K. Sekine, H. Yamamoto, S. Kono, S. Fujishiro, T. Ikeda, A. Kuroda, T. Tanii: Laser-Scanning Photocatalytic Lithography of Organosilane Monolayers for Fabrication of Artificial Neuronal Circuits. 28th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC 2015), Toyama, Japan, Nov. 10-13, 2015. (査読付)
 37. 松村亮佑, 山本英明, 平野愛弓, 庭野道夫: ハイドロゲル膜を用いた神経細胞-グリア細胞の接触共培養系の確立. 第76回応用物理学会秋季学術講演会, 名古屋国際会議場, 愛知, 2015年9月13-16日.
 38. 清水 ファビオ アキラ, 山本英明, 千田雄大, 平野愛弓, 久保田 繁, 庭野道夫: 位相振動子を用いた複数の複雑ネットワ

- ーク間の結合による同期状態の制御. 第25回日本神経回路学会全国大会, 電気通信大学, 東京, 2015年9月2-4日.
39. 千田雄大, 山本英明, 平野愛弓, 谷井孝至, 久保田 繁, 庭野道夫: 積分発火モデルニューロンにおける同期的活動のネットワーク規模依存性. 第25回日本神経回路学会全国大会, 電気通信大学, 東京, 2015年9月2-4日.
 40. 山本英明, 千田雄大, 平野愛弓, 谷井孝至, 久保田 繁, 庭野道夫: 培養神経回路の自発発火パターンの素子数依存性に関する理論的考察. 第38回日本神経科学大会神戸国際会議場, 兵庫, 2015年7月28-31日.
 41. S. Kono, T. Kushida, H. Yamamoto, T. Tanii: Live-cell, label free identification of excitatory-inhibitory neurons on micropatterned surfaces. 8th International Conference on Molecular Electronics and Bioelectronics (M&BE8), Tower Hall Funabori, Tokyo, June 22-24, 2015. (Student Poster Award 受賞)

[その他]

ホームページ:

<http://www.fris.tohoku.ac.jp/> (東北大学学際科学フロンティア研究所)

<http://www.riec.tohoku.ac.jp/~hir-lab/> (東北大学 平野研究室)

受賞:

① 一般財団法人青葉工学振興会「第23回青葉工学研究奨励賞」(平成29年12月1日)
受賞理由: バイオ界面設計に基づく実細胞操作による機能的神経回路の人工再構成に関する研究

② 公益財団法人トーキン科学技術振興財団「トーキン財団奨励賞」(平成29年3月8日)
受賞理由: 単一細胞パターンニングに基づく人工神経回路構築のための表面マイクロ加工技術の開発

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山本 英明 (YAMAMOTO, Hideaki)

東北大学・学際科学フロンティア研究所・助教

研究者番号: 10552036