



# 脳の構造と機能を模した人工ニューラルネットワークの開発とその学習能力の評価

先導的学際研究機構 附属共生知能システム研究センター

特任准教授 河合 祐司

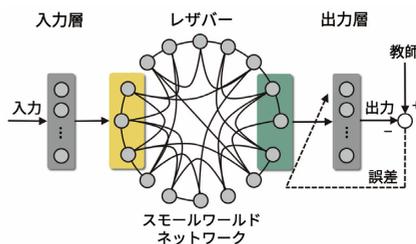
<https://researchmap.jp/yujikawai/>



## 研究の概要

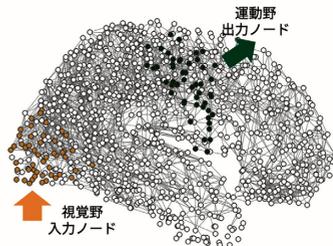
脳は膨大な数の神経細胞のつくる巨大なネットワークです。これは完全に規則的でもランダムでもない複雑なネットワークであり、このネットワーク上での神経活動が情報を処理し、生物の知的なふるまいを可能にすると考えられています。我々は脳ネットワークの構造的な性質を人工ニューラルネットワークに導入することでその学習性能を向上させ、また、そのダイナミクスを分析することで脳の構造と機能の関係についての理解を深める研究をしています。これまでに、その構造的性質の一つであるスモールワールド性を用いて、脳のようなネットワーク内の情報伝達性とネットワーク構造の変化に対する頑健性に優れた再帰性ニューラルネットワークを開発することに成功しています。

うな高度な情報処理と行動を実現する脳型人工知能やロボットシステムの開発につながると期待されます。また、自閉スペクトラム症などの非定型な脳ネットワークをシミュレートすることで、その障害の神経メカニズムを理解することも目指しています。



## 研究の意義と将来展望

脳の構造を模したニューラルネットワークを研究することで、その学習性能の向上だけでなく、脳の情報処理の理解や脳ネットワークの進化的・発達の起源に迫ろうとしています。生物は低消費電力の脳を用いて、変動する環境に頑健かつ即時的に適応し、経験を通して機能を獲得し、自律的に目的を達成していきます。そのメカニズムの解明は、そのよ



### 特許

### 論文

Kawai, Yuji; Park, Jihoon; Asada, Minoru. A small-world topology enhances the echo state property and signal propagation in reservoir computing. *Neural Networks*. 2019; 112: 15-23. doi: 10.1016/j.neunet.2019.01.002

河合祐司. 脳神経の複雑ネットワークの機能的意義. *システム/制御/情報*. 2021; 65(5): 188-193. doi: 10.11509/isciesci.65.5\_188

Park, Jihoon; Ichinose, Koki; Kawai, Yuji et al. Macroscopic cluster organizations change the complexity of neural activity. *Entropy*. 2019; 21(2): 214. doi: 10.3390/e21020214

### 参考 URL

<http://www.er.ams.eng.osaka-u.ac.jp/kawai/hp/>  
<http://www.er.ams.eng.osaka-u.ac.jp/asadalab/>

### キーワード

ニューラルネットワーク、複雑ネットワーク、スモールワールドネットワーク、レザバコンピュータング、脳型コンピュータング



# 熱駆動ナノ磁性体を用いたマイクロ波スピndeバイス

基礎工学研究科 物質創成専攻 物性物理学領域

助教 後藤 穰

[https://researchmap.jp/minori\\_goto](https://researchmap.jp/minori_goto)



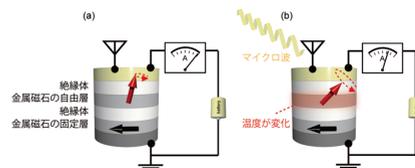
## 研究の概要

ナノ強磁性体中のスピンを熱で制御し、マイクロ波デバイスに応用する研究を進めています。強磁性体は通信で使われるマイクロ波周波数（ここでは主にギガヘルツ帯近傍）に共鳴周波数を持つため、その周波数の電気信号の高感度検出や高効率出力が可能と期待されています。この時に、強磁性体のスピン（磁極の向き）をどのような方法で共鳴させるかによって、検出感度や出力効率が変わります。本研究では、磁気トンネル接合と呼ばれるナノスケールの強磁性素子の熱に着目しました。この素子に電流を流すとジュール熱によって強磁性層の温度が上昇し、スピンの方向が変わります。我々は、熱によってスピンの方向が大きく、かつ高速に動くことを明らかにしました。この制御手法を利用することで、サブギガヘルツ周波数帯において、世界最高のマイクロ波検出感度（ダイオード感度）を達成することに成功しました [1]。他にも、熱でスピンを制御することで、磁性体にマイクロ波増幅効果があることを世界で初めて実験的に実証しました [2]。このマイクロ波増幅効果を2個の素子で実装することで、互いの素子がマイクロ波を増幅し合い、マイクロ波の発振素子となることも分かりました [3]。

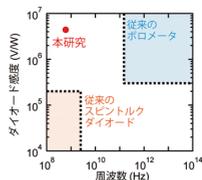
## 研究の意義と将来展望

これらの結果はまだ基礎研究段階ですが、新規マイクロ波デバイスとしての実現を期待しています。また、熱設計を改善することで熱スピン制御効率を増大できること [4]、また高速なジュール熱パルスを用いることでス

ピンの方向の反転が可能であることもわかってきました。これらの方法は、マイクロ波デバイスだけでなく、スピンを利用したメモリデバイスやAIハードウェアの制御手法としても利用できるのではないかと期待しています。



磁石を使ったボロメータの原理を示す概略図。(a) マイクロ波を印加しない時と、(b) 印加した時の素子の様子。マイクロ波による熱で磁極の向きが変わり、直流電圧変化が検出されます。



ダイオード感度と周波数に対する本研究の位置づけ。従来のボロメータとスピントルクダイオードの領域をそれぞれ青とオレンジの領域で示します。

特 許

論 文

- [1] Goto, M.; Yamada, Y.; Shimura, A. et al. Uncooled sub-GHz spin bolometer driven by auto-oscillation. Nat Commun. 2021; 12(1): 536. doi: 10.1038/s41467-020-20631-0  
 [2] Goto, M.; Wakatake, Y.; Oji, U. K. et al. Microwave amplification in a magnetic tunnel junction induced by heat-to-spin conversion at the nanoscale. Nat. Nanotechnol. 2018; 14: 40-43. doi: 10.1038/s41565-018-0306-9  
 [3] Yamada, Y.; Goto, M.; Yamane, T. et al. Quasi-maser operation using magnetic tunnel junctions. Appl. Phys. Lett. 2021; 118: 192402. doi: 10.1063/5.0050151  
 [4] Okuno, R.; Yamada, Y.; Goto, M. et al. Enhanced electric control of magnetic anisotropy via high thermal resistance capping layers in magnetic tunnel junctions. J Phys Condens Matter. 2020; 32(38): 384001. doi: 10.1088/1361-648X/ab94f3

参考 URL

[https://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2021/20210126\\_1](https://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2021/20210126_1)  
[https://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2018/20181205\\_1](https://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2018/20181205_1)

キーワード

熱スピン制御、マイクロ波、ダイオード、磁気トンネル接合



# MR w/ AI: 深層学習を使用したセグメンテーションを伴うMR景観ビジュアライゼーション法

工学研究科 環境エネルギー工学専攻

准教授 福田 知弘

 <https://researchmap.jp/tomohirofukuda>



## 研究の概要

深層学習を用いたセグメンテーションモデルと複合現実 (MR) を統合することで、現実世界の物体を検出しながら動的なオクルージョン処理と景観指標の推定を行える機能を具備し、整備後の将来景観を現場より正確に可視化できるMRシステムを開発しました。MRモバイル端末と、リアルタイム型セグメンテーションを処理するPCはネットワーク経由で通信します。大阪大学吹田キャンパス内の屋外空間にて、動的オクルージョンと緑視率推定を伴う景観シミュレーションを実施しました。

MRの課題の一つに、3Dモデルと現実世界の実物体との前後関係が不正確となるオクルージョン問題があります。建造物の将来シミュレーションは大規模な屋外空間を対象としており、MR端末と3Dモデルの前景となる実物体とが大きく離れたり、実物体が移動する場合があります。既存のオクルージョン処理法では対応できませんでした。

また、検討過程では、証拠 (エビデンス) に基づく説明が重要になっています。そこで本研究では、セグメンテーションモデルとMRシステムを統合し、現状景観と設計内容を含む将来景観の緑視率推定を実現しました。

## 研究の意義と将来展望

深層学習を用いて、モバイル複合現実感の性能を向上させており、Society 5.0に向けて建設DXを中心として、産業分野、まちづくり分野での応用が期待されます。今後は、より多くの利害関係者が自らのモバイル端末やドローンのカメラで自由な視点からアクセス可能なMR w/ AIシステムとして参ります。

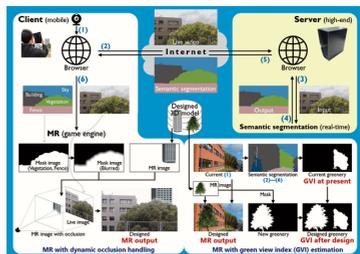


図1 MR景観可視化システムの全体像。(1)Webカメラで現実世界をキャプチャ。(2)インターネット経由でサーバに送信。(3-4)深層学習のセマンティックセグメンテーション技術でカテゴリに分類。(5)インターネット経由でクライアントに送信。(6)ゲームエンジン上でMR処理。動的オクルージョンでは、セマンティックセグメンテーションされた画像で前景となるカテゴリはマスク処理により現実世界が上書きされ、3D設計モデルとの正確な動的オクルージョン処理が実現。景観指標の推定 (図は緑視率) では、セマンティックセグメンテーションにより現状景観の緑視率を推定し、これと3Dモデルの緑視率を合算して将来景観の緑視率を推定する。

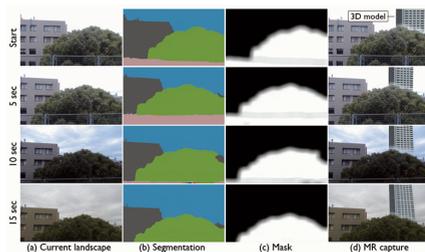


図2 MR動的オクルージョン。(a)Webカメラで現実世界をキャプチャする。(b)セマンティックセグメンテーションによりフェンス、植栽、建物、空などのカテゴリに分類する。(c)前景となるカテゴリはマスク処理される。(d)マスク処理されたピクセルは現実世界が上書きされ、3D設計モデルとの正確なオクルージョン処理が実現。

### 特許

### 論文

### 参考URL

Kido, Daiki; Fukuda, Tomohiro; Yabuki, Nobuyoshi. Assessing future landscapes using enhanced mixed reality with semantic segmentation by deep learning. Advanced Engineering Informatics. 2021; 48: 101281. doi: 10.1016/j.aei.2021.101281

Nakabayashi, Mizuki; Fukuda, Tomohiro; Yabuki, Nobuyoshi. Mixed Reality Landscape Visualization Method with Automatic Discrimination Process for Dynamic Occlusion Handling Using Instance Segmentation. Proceedings of the 39th eCAADe Conference. Volume 2: 539-546. [http://papers.cumincad.org/data/works/att/ecaade2021\\_038.pdf](http://papers.cumincad.org/data/works/att/ecaade2021_038.pdf)

[https://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2021/20210324\\_1](https://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2021/20210324_1)  
<http://www.archifuture-web.jp/magazine/622.html>

### キーワード

複合現実、深層学習、景観指標、環境デザイン、システム化

# 量子コンピュータを用いた未来社会共創

基礎工学研究科 システム創成専攻

教授 藤井 啓祐



<https://researchmap.jp/700000940/>



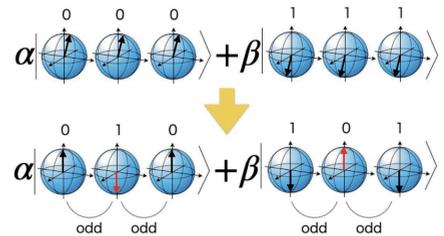
## 研究の概要

量子コンピュータは、量子力学を原理とする次世代のコンピュータです。80年代の原理提案に始まり長らく研究が進められてきましたが、2014年の Google のデバイス開発への参入以降、コンピュータを根本的に作り直すまたとない機会として研究開発が世界的に進められています。長期的には、エラー訂正機能がある大規模な誤り耐性量子コンピュータの実現に関する研究、近未来的には現段階で実現している規模の量子コンピュータの AI・金融分野、そして材料・化学分野へのアプリケーション探索を進めています。

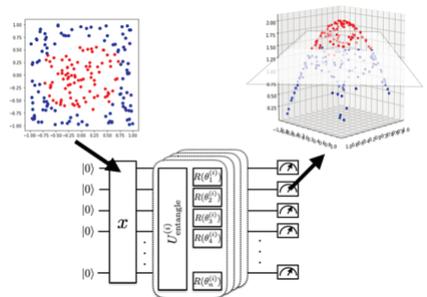
## 研究の意義と将来展望

我々の自然界はマイクロスケールではすべて量子力学によって記述されています。このような量子力学を原理とする量子コンピュータの実現は、科学技術のフロンティアを切り開く強力なツールになると期待されています。得に注目される応用先の一つとしては、エネルギー問題や温暖化問題など地球規模の問題の解決につながる化学分野において、あらたな触媒の開発や光合成など自然界が長い年月をかけて構築してきた仕組みを理解するうえで活躍すると期待しています。

量子誤り訂正符号



量子誤り訂正



量子コンピュータの機械学習への応用

特許

論文

Mitarai, Kosuke; Negoro, Makoto; Fujii, Keisuke et al. Quantum Circuit Learning. Phys. Rev. A. 2018; 98: 032309 doi: 10.1103/PhysRevA.98.032309

Cerezo, Marco; ...; Fujii, Keisuke et al. Variational Quantum Algorithms. Nature Reviews Physics. 2021; 3: 625-644 doi: 10.1038/s42254-021-00348-9

参考 URL

<https://qiqb.osaka-u.ac.jp/coi-next/>  
<https://ascii.jp/elem/000/004/030/4030381/>

キーワード

量子コンピュータ、量子アルゴリズム、NISQ、量子ソフトウェア



# シリコンチップ技術に基づく 小型テラヘルツ合分波器の開発

基礎工学研究科 システム創成専攻 電子光科学領域

准教授 富士田 誠之

 <https://researchmap.jp/fujitamasayuki>



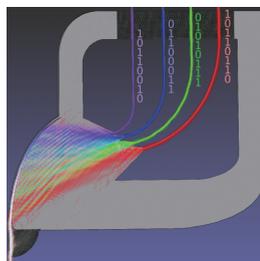
## 研究の概要

電波と光の中間領域の周波数を有する電磁波であるテラヘルツ波は、次世代の移動体通信6Gなどの超高速無線通信への応用が期待されていますが、そのデバイス技術が未熟という課題があります。特に、超大容量通信の実現に向けて、複数のチャネルを用いた情報伝送を可能とする信号多重化技術が必要であり、テラヘルツ信号を合成・分離する合分波器の開発が求められています。本研究では、誘電体としてのシリコンに着目し、4チャネルテラヘルツ合分波器の開発に成功しました。本デバイスの大きさは、約4cm<sup>2</sup>と極めて小型であり、テラヘルツ波を用いた超大容量通信の各種応用展開を切り拓く成果です。

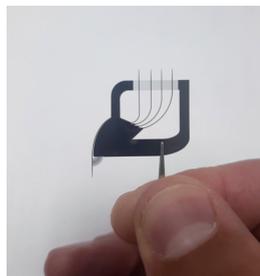
## 研究の意義と将来展望

今後、送受信デバイスを集積化した小型テラヘルツトランシーバの開発を進めるとともに、動作周波数の向上、チャネル数の増加および、多値変調方式の利用などを進めることで、6Gのさらに次世代の目標になると予想される1テラビット毎秒級の超大容量通信の実現にもつながります。このようなシリコン配線を用いた小型テラヘルツ機能デバイスの実現は、経済発展と社会課題の解決の両立を目指す仮想空間と現実空間を高度に融合させ

たサイバーフィジカルシステムの実現において鍵となる超大容量通信技術が、携帯端末やドローン、自動運転、ロボット、航空宇宙応用など、様々なシーンにおいて実装されることにつながると期待されます。



開発した合分波器の動作のイメージ。様々な周波数成分を含む広帯域なテラヘルツ波が開発した合分波器で4つの伝送チャネルから合成、もしくは、4チャネルに分離される。



開発したテラヘルツ合分波器の写真。

特 許	特願2020-128220
論 文	Headland, Daniel; Withayachumnankul, Withawat; Fujita, Masayuki et al. Gratingless integrated tunneling multiplexer for terahertz waves. Optica. 2021; 8 (5): 621-629. doi: 10.1364/OPTICA.420715
参考 URL	<a href="https://www.jst.go.jp/pr/announce/20210429/index.html">https://www.jst.go.jp/pr/announce/20210429/index.html</a>
キーワード	6G、シリコン、テラヘルツ、合分波器、通信