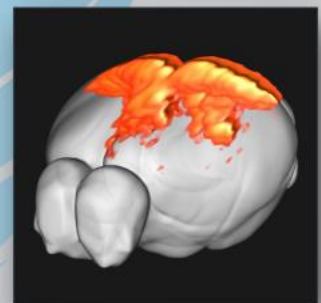
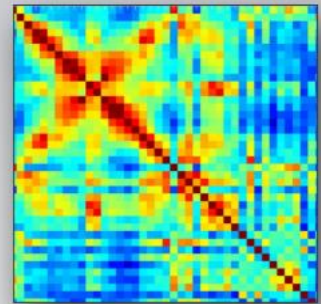


超音波脳機能イメージングシステム

Iconeus One

*Functional ultrasound platform for high-resolution
Imaging for brain function and vasculature*





脳機能研究のために開発された超音波イメージング装置

Iconeus One (アイコネウス ワン) は革新的な超音波イメージング技術を採用した動物の脳血流、微小血管ならびに脳機能イメージングのための装置です。

Iconeus Oneは、以下のような特徴を備えた、動物の脳機能イメージングに最適な装置です。

• 高解像度イメージング

最小100 μ mの解像度でイメージングが可能。また Ultrasound Localization Microscopy (ULM) オプションによりさらに高解像度でのイメージングが可能。

• 高感度イメージング

微小な神経活動の変化の計測が可能。

• 高速イメージング

数秒で小動物の全脳のイメージングが可能。

• 多様な実験環境を提供

豊富なタイプの超音波プローブにより覚醒下、自由行動下、麻酔下のどの状態でも脳活動の計測が可能。

• 様々な動物での実験が可能

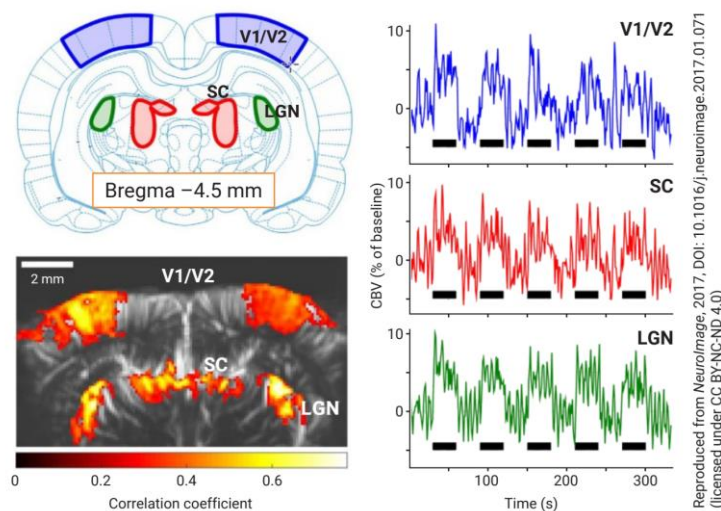
げっ歯類から霊長類まで様々な動物の脳機能イメージングが可能。

Iconeus Oneで可能な研究分野

Iconeus Oneは脳の基礎研究、創薬開発、脳神経疾患や脳卒中モデルなど様々な研究分野でご利用いただくことができます。

脳機能イメージング

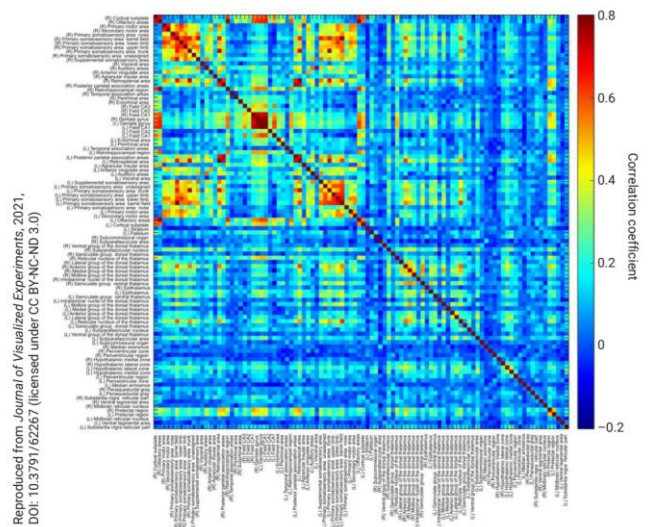
fMRIのような視覚刺激、感覚刺激等のタスクベースの脳機能イメージングを高解像度で行うことができます。



フリッカー視覚刺激によるラットの脳機能イメージング。1次視覚野 (V1, V2) と上丘 (superior colliculi, SC) に賦活が見られている。

安静時脳ネットワーク

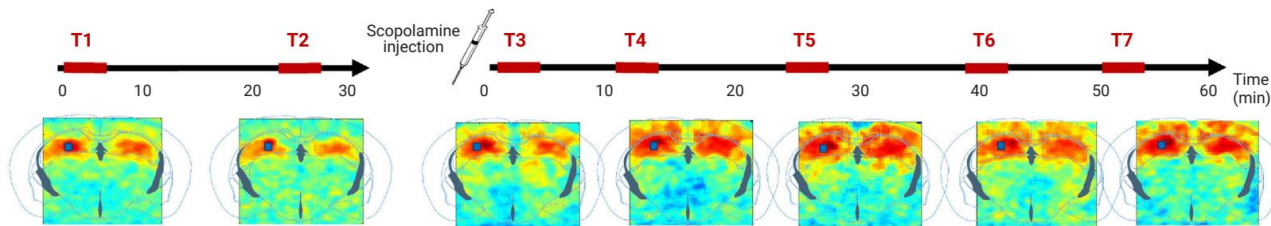
安静時fMRIと同様の脳ネットワークのデータ収集ならびに解析が可能です。



マウス脳の3D脳ネットワークマトリクス。大脳半球間の強いコネクティビティを示している。

神経薬理学

Iconeus One は薬の投与量、ならびにその時間的効果に関する神経薬理学的研究に利用されています。神経薬理分野での超音波脳機能イメージングでは、fMRIと比較し、より高感度で再現性の高い結果を得ることができます。また覚醒状態での実験が可能です。



Reproduced from *NeuroImage*, 2020.
DOI: 10.1016/j.neuroimage.2020.117231
(licensed under CC BY 4.0)

覚醒下、自由行動下で行われたマウスの実験の一例。スコポラミン投与後に海馬と大脳皮質間のコネクティビティが増強している。画像は冠状断1スライスで撮像。

血管イメージング

高感度イメージング技術により大脳動脈、細動脈を含む全脳の血管のイメージングが可能です。



自由行動下脳機能イメージング

小型かつ軽量のプローブ（オプション）により、マウスまたはラットの自由行動下での脳機能イメージングが可能です。



脳機能イメージングに必要な機能をパッケージ化

Iconeus One はニューロサイエンティストのために設計・開発された超音波システムです。脳機能研究に必要な機能が1つのシステムにパッケージ化されています。

Iconeus One のシステム構成

- システム本体 (キャスター付きで移動可能)
- システム制御ソフトウェア “IcoScan”
- キーボード・モニター (高さ調節機能付き)
- データ解析ソフトウェア “IcoStudio”
- 超音波プローブ “IcoPrime”
- 設置調整費用及び初期操作トレーニング費用
- 4軸モーターシステム



Physio-Tech

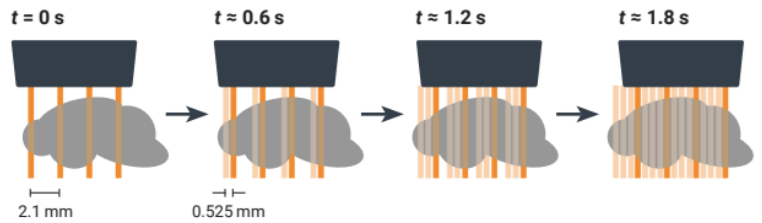
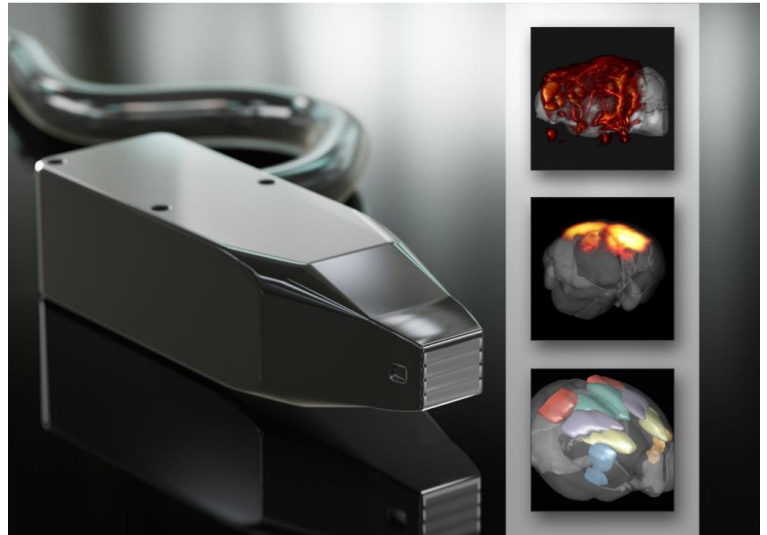


IcoPrime-4Dマルチアレイプローブは、高感度、高解像度でマウス脳の4Dイメージングが可能な新開発の超音波プローブです。

IcoPrime-4Dの主な特徴

- **高感度**
皮膚と頭骨がある状態でマウスの高感度イメージングが可能。
- **高解像度**
ボクセルサイズ $100 \times 100 \times 525 \mu\text{m}$ の高解像度で、プローブ間のクロストークやアーチファクトのない画像の撮像が可能。
- **高速データ収集**
2.4秒の時間解像度でマウスの全脳イメージングが可能。

* 本プローブはオプションです。



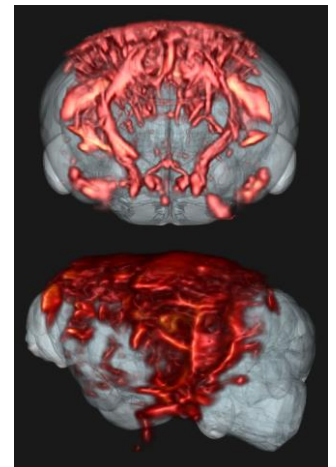
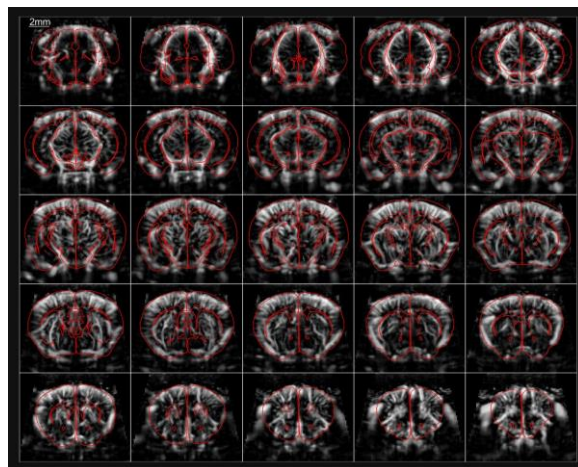
IcoPrime-4Dマルチアレイプローブには、 $11 \text{ mm} \times 9.5 \text{ mm}$ の大きさの先端のチップに4列の超音波素子が搭載されています。このプローブでは、一度に4スライスの画像を取得することができます。1回のスキャンに要する時間は0.4秒で、スライス間の移動時間は0.2秒です。全脳をカバーするためには4回の撮像を要するため、全脳のスキャンに必要な時間は2.4秒です。また全体の撮像範囲は $7 \text{ mm} \times 8 \text{ mm}$ です。

脳神経科学の新たなフロンティアを開拓するプローブ

新開発の高感度イメージング技術とシンプルな操作性により、IcoPrime-4Dマルチアレイプローブは神経科学の研究に貢献します。

全脳血管イメージング

IcoPrime-4Dによりマウスの高解像度全脳血管イメージングが可能です。またマウス脳の血管の相互作用や血流ダイナミクスの研究が可能です。

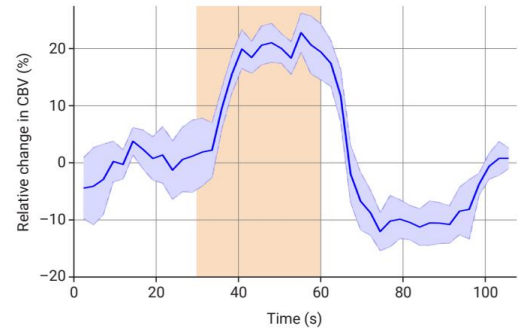
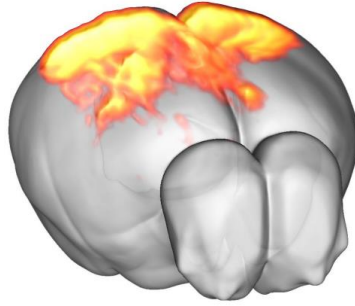


左：IcoPrime-4Dで撮像したマウス脳のパワードアップ画像（撮像方向：Anterior-Posterior）。

右：左のマルチスライス画像をAllen Atlas テンプレートに重ね合わせたもの。

全脳の機能マッピング

IcoPrime-4D により、あらゆる感覚刺激や行動タスクならびに脳ネットワークの研究が可能です。

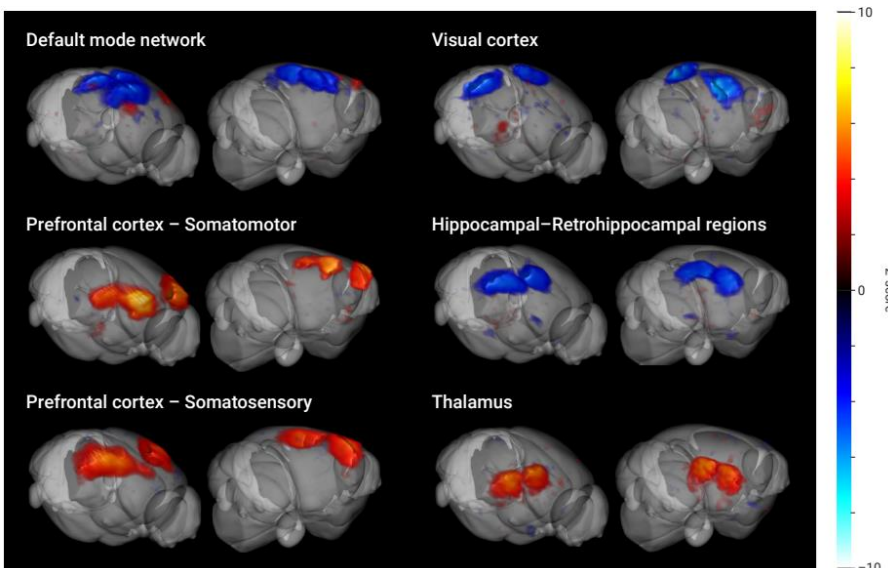
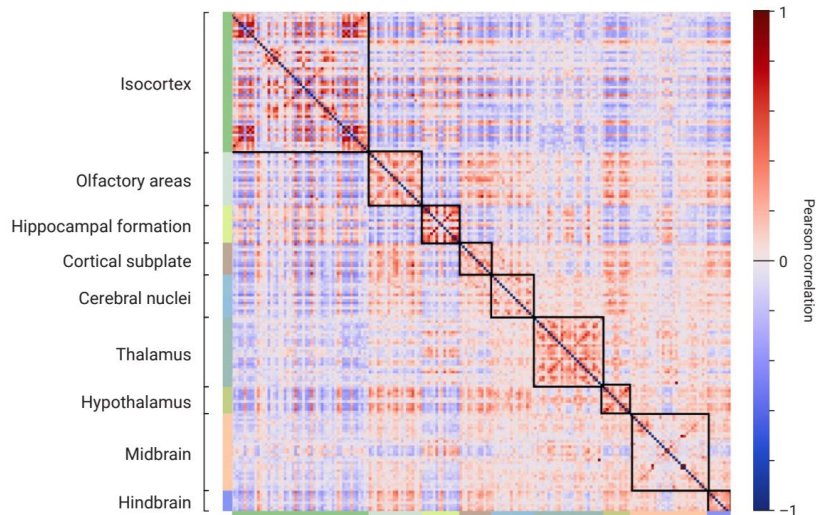


また高解像度で神経反応の記録が可能となり、脳機能と行動の関係をより深く研究するための強力なツールとなります。

左：マウスの30秒間のストロボ発光刺激によるマッピング画像。1次視覚野、脳梁膨大部後皮質、上丘、外側膝状体に反応が見られている。
右：反応ボクセルにおけるCerebral blood volume の平均的变化率 (n = 8)。

安静時脳ネットワーク

IcoPrime-4D によるマルチスライススキャンにより数分で安静時脳ネットワークのデータ収集が可能です。マウスの脳の各領域間のネットワークを短時間で調べることができます。



左上：IcoPrime-4Dとモバイルホームページを利用した覚醒下マウスの実験の様子。

右上：マウスの安静時ネットワークのマトリクス (n = 5)。Allen Atlasに準拠した200以上の脳領域間のネットワークの強さをマトリクスで示している。四角で囲まれた箇所は領域間のネットワークが強いことを示している。

下：各脳領域の安静時脳ネットワークのカラーマップ。



IcoPrime-4D RCAプローブ

IcoPrime-4D RCAは小型・軽量で、高解像度3D画像の撮像が可能なプローブです。

この次世代プローブは、脳血流イメージングにおける行列アドレス型 (row-column addressed, RCA) トランスデューサーの欠点を克服しています。Iconeus Oneと組み合わせて使用することにより、ポリウム超音波スキャンのパフォーマンスをさらに進化させました。



* 本プローブはオプションです。

- **高解像度**

等方的小サイズボクセル (最小 $100 \times 100 \times 100 \mu\text{m}$) での撮像により、アーチファクトが少なく、かつてないほど詳細な脳血管のイメージングが可能です。

- **短時間撮像**

3D撮像により1ポリウム $400 \mu\text{s}$ での撮像が可能です。

- **広い撮像範囲**

Iconeus One 256chモデルとの組み合わせにより $8 \times 8 \times 15 \text{mm}$ の撮像範囲のポリウム撮像が可能です。

- **コンパクトなデザイン**

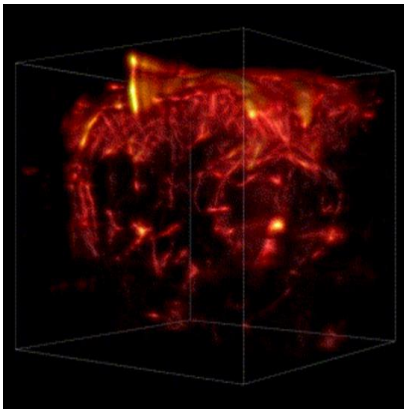
縦横サイズ $13 \text{mm} \times 13 \text{mm}$ のコンパクトな形状で、開頭による撮像の場合、より小さい開頭範囲で実験が可能です。

高コントラストと低アーチファクトを両立したプローブ

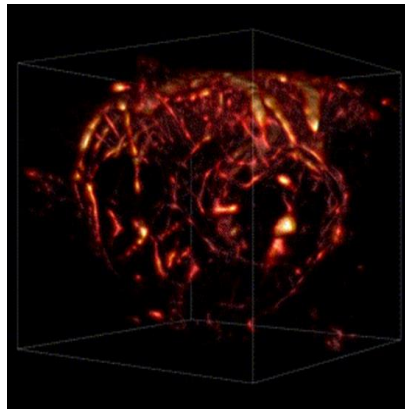
XDoppler: 超音波脳血管イメージングのブレークスルー

従来のドップラー技術 (OPW等) では、画像のサイドローブのアーチファクトと低コントラストの問題を克服できませんでした。このため、脳の3D画像において詳細な構造を識別するのは困難でした。Iconeusが開発し、IcoPrime-4D RCAに採用した特許技術「XDoppler」は、直交的に収集されるポリウムを相関させることにより、サイドローブのアーチファクトを低減します。画質はOPWを凌駕し、より高コントラスト、高解像度の画像を取得可能です。

OPW



XDopplar



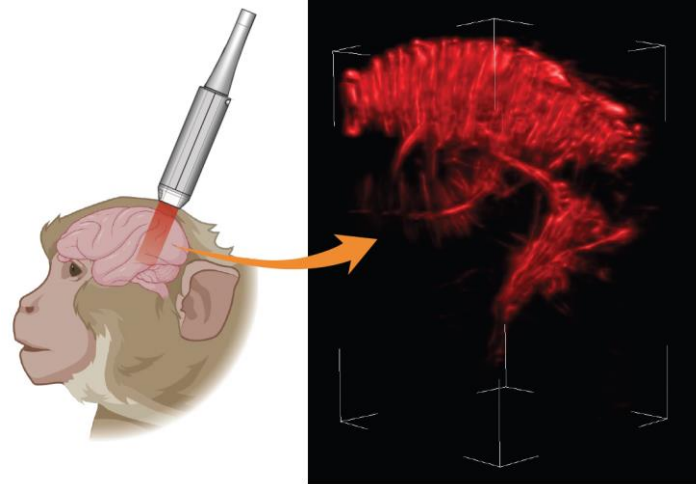
麻酔下のラットの血管イメージング (開頭術後)。OPWと比較しXDopplarの方が高画質の画像が得られている。またOPWと比較して高感度のため、深い位置の血管がより鮮明に描出可能である。

IcoPrime-4D RCA：新しい脳研究のためのパイオニア

ボリュームfUS：より正確なイメージングのためのブレイクスルー技術

XDopplar技術により、IcoPrime-4D RCAとIcoPrime Oneの組み合わせで3D超音波イメージングの可能性が広がります。

高速撮像と100 μm の高解像度スキャンを可能にしたボリュームfUS (Volumetric fUS, vfUS) により、これまでに不可能であったイメージング研究が可能になりました。



Courtesy of Adrien Bertolo and Mickael Tanter, Physics for Medicine Paris

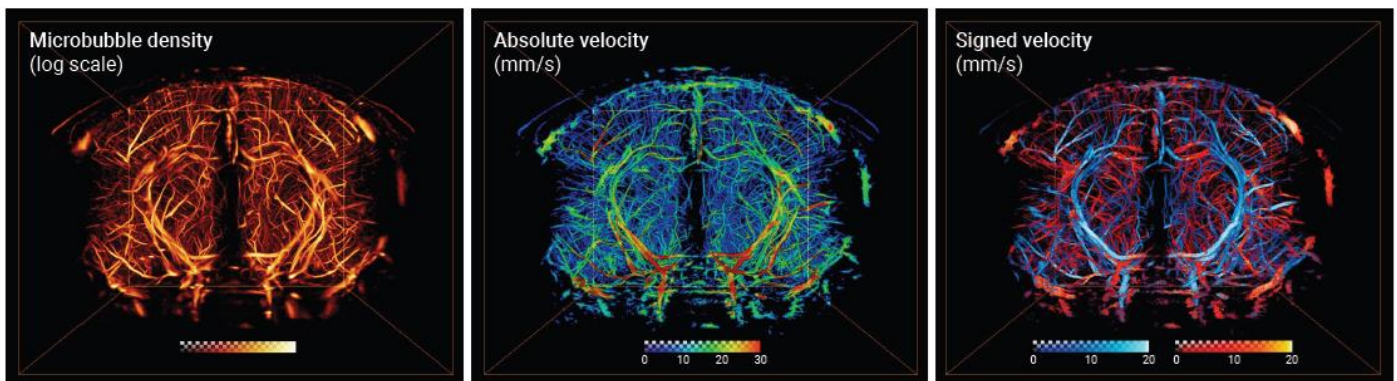
Volumetric fUSで撮像した麻酔下の霊長類の1次視覚野 (V1)。IcoPrime 4D RCAプローブにより細部のイメージングが可能である。

超高解像度で血流のマッピングが可能

ボリュームULM：マイクロバブルによる5 μm の解像度での血流イメージング

Ultrasound Localization Microscopy (ULM) *1 技術とIcoPrime-4D RCAの組み合わせにより、より高解像度、高コントラストのイメージングが可能です。IcoPrime-4D RCAを使用することにより、5 μm の解像度で3D ULMイメージングを行うことができます。また、全ての方向における血流速度 (mm/s) の計測が可能です。この技術により、より詳細な血流のダイナミクスの研究を行うことができます。

*1 ULMの詳細は、次のページの「超高解像度血流イメージング」をご覧ください。



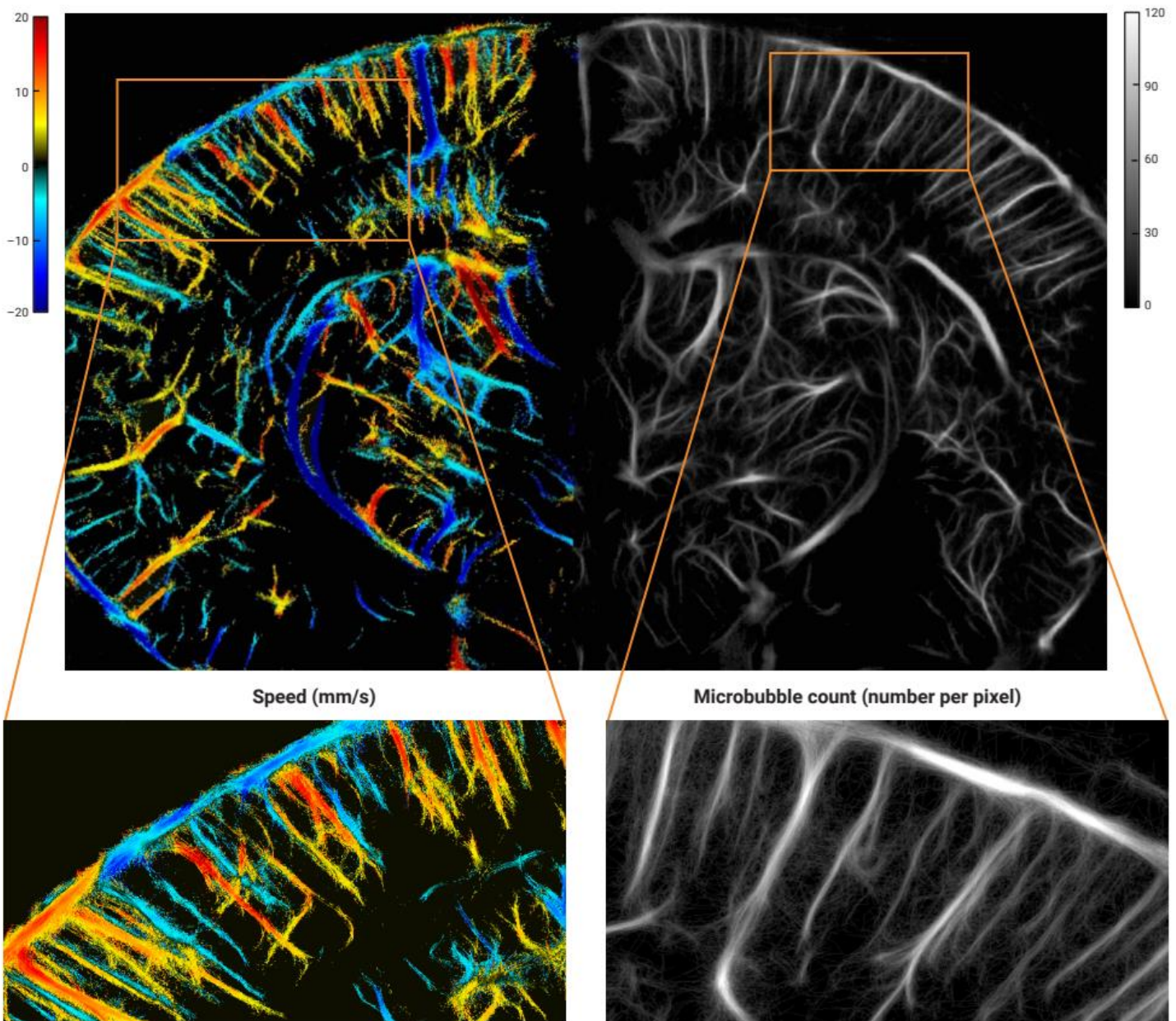
Allen Mouse Brain Atlasに重ね合わせた麻酔下のマウスのvULMマップ画像。血管の密度、血流の絶対速度、血流の方向 (青 = 上、赤 = 下) を示している。



超高解像度血流イメージング

Ultrasound Localization Microscopy (ULM) は、詳細な血管のイメージングに最適なオプションです。造影剤としてマイクロバブルを使用することで、マウス・ラットをはじめとした動物の超高解像度の血管画像を撮像可能です。

- 5 μm の空間解像度で血管のイメージングが可能。
- mm/sの時間解像度で血流速度の計測が可能。
- 血管を移動するマイクロバブルの追跡が可能。

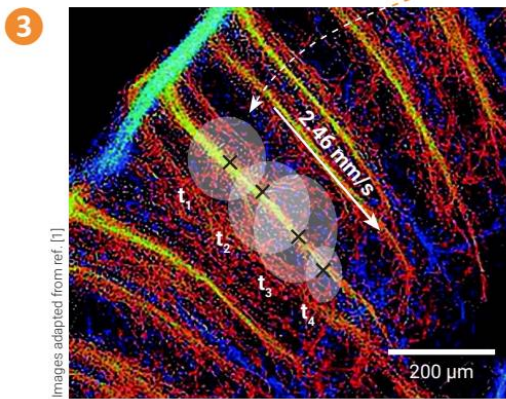
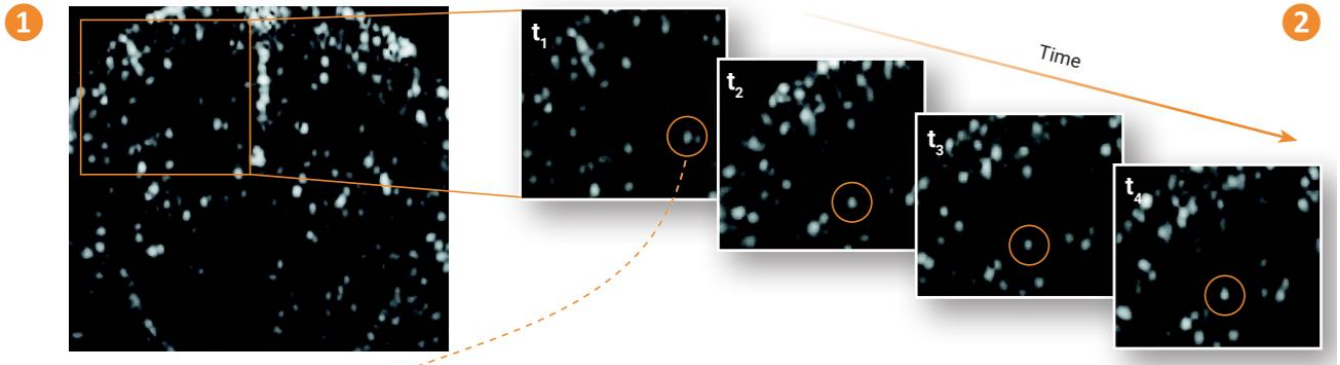


ULMによるマウスの脳血流速度マップとマイクロバブルの画像。
解像度は6.5 μm 。脳皮質の血流マップでは動脈と静脈の識別が可能。

ULMの卓越した技術と応用性

ULMの原理

ULMでは、血管内に投与されたマイクロバブルからの強い超音波の反射を計測します。この技術により、超高解像度での血流イメージングが可能になると共に、厚い頭骨がある場合でも計測が可能になります。個々のマイクロバブルの追跡も可能です。



- 1 マイクロバブルからの信号は、Bモードで撮影した数百枚の画像を平均化して計測します。
- 2 それぞれのタイムポイント (t1~t4) における代表的なフレームを抽出し、組織からの遅い流れの信号を除去することで個々のマイクロバブルの信号を強調します (円内の信号)。
- 3 マイクロバブルからのエコーは正確な重心を得るためにデコンボリューションされます。1秒間に数千回の信号を重ね合わせることで、超音波の分解能の限界よりもはるかに高い空間解像度で、高時間解像度の時間平均の局在マップを得ることができます。





Iconeus One 専用超音波プローブ

Iconeus One専用超音波プローブは、動物の研究用に特別に開発されたプローブです。固定下での全脳のイメージングから小動物の覚醒下、自由行動下での実験用まで、各種研究に最適な様々な種類を取り揃えております。

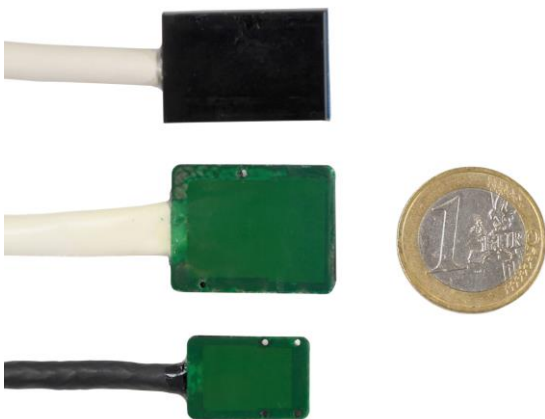
各種研究用に最適化された超音波プローブ

Iconeus Oneには各研究用に最適化された様々なタイプのプローブが用意されています。全ての研究において良好な結果が得られるよう開発された高性能・低ノイズのプローブです。

- Iconeus Oneのプローブにはmulti-plane-wave technologyが採用されています。高感度で脳の深部まで高信号での記録が可能です。
- 感度と撮像範囲の異なる様々なタイプのプローブを取り揃えており、対象動物および研究内容によって選択いただけます。
- 頭部固定、または自由行動下の実験に適したプローブをお選びいただけます。
- システム内蔵のソフトウェアから簡単に操作することができます。
- 他の実験機器からの電気的な影響を可能な限り受けない設計となっています。



Iconeus Oneとプローブ。頭部固定状態はもちろん覚醒下・自由行動下での実験も可能です。



プローブの一例

上から
IcoPrime (マウス・ラット頭部固定下実験用)
IcoPrime-Lite (ラット自由行動下実験用)
IcoPrime-Mini (マウス自由行動下実験用)



プローブの一例・IcoPrime-4D プローブ

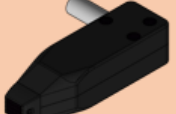
Iconeus One 専用プローブ 一覧

プローブ	概要	適用例	中心周波数 (MHz)	サイズ L x W x H (mm)	空間解像度 (μm)	最大撮像深度 (cm)	撮像範囲 (mm)	エレメント数 (ch)
------	----	-----	-------------	--------------------	------------	-------------	-----------	-------------


3Dプローブ (2D平面+時間軸方向の撮像が可能です)

IcoPrime		標準的なプローブです。高解像度・高感度かつ1.5cmまでの深部方向の撮像が可能です。	頭部固定状態のマウス・ラットなど	15	25 x 17.5 x 6	100	~1.5	14.1	128
IcoPrime-Lite		IcoPrimeを軽量化したプローブです。ソフトな素材のケーブルを採用し、ラットの自由行動下の実験に適しています。	自由行動下のラット	15	25 x 20 x 3.2	100	~1.5	14.1	128
IcoPrime-Mini		最も軽量のプローブです。マウスの自由行動下の実験に最適です。エレメント数は64です。	自由行動下のマウス	15	19 x 13 x 3.2	100	~1.5	7.0	64
IcoPrime-XL		192チャンネルのプローブです。マーマセットの実験に適しています。	マーマセット	15	32 x 25.6 x 6	100	~1.5	21.1	192
IcoRange		より深さ方向の撮像を要する大型動物の実験に適したプローブです。	霊長類	8.5	25 x 33 x 9	170	~3	25.6	128
IcoDeep		最大の撮像範囲と深さ方向の撮像が可能なプローブです。豚などの大型動物の実験に適しています。	豚などの大型動物	6	16.5 x 35 x 11	250	~4	25.6	128

4D マルチスライスプローブ (マルチスライス撮像+時間軸方向の撮像が可能です)

IcoPrime-4D MultiArray		マウスの全脳のマルチスライスキャンが可能なプローブです。一度に4スライスの撮像が可能です。	頭部固定下のマウス	15	84 x 11 x 9.5	100	~1.5	7(W)x 8(L)	64 x 4スライス (256ch)
------------------------	---	---	-----------	----	---------------	-----	------	------------	--------------------

4D RCAプローブ (3Dボリューム撮像+時間軸方向の撮像が可能です)

IcoPrime-4D RCA		高時間解像度のボリュームfUSまたはボリュームULM用のプローブです。	頭部固定下のマウス、霊長類	15	75 x 13 x 13	100	~1.5	8(W)x 8(L)	160
-----------------	---	-------------------------------------	---------------	----	--------------	-----	------	------------	-----

- 中心周波数はプローブによって値が決まっています。中心周波数が低い場合、画像の空間解像度は低くなりますが、より深部の信号を記録することができます。
- 空間解像度は画像のそれぞれのピクセルの大きさを示します。
- 最大撮像深度はデータ収集が可能な最大の深度を示します。
- 撮像範囲は1回のスキャンで撮像可能な画像の幅を示します。
- エレメント数はプローブに搭載されている超音波素子の数を示します。数が多いほど広い範囲を撮像することができます。

ごあいさつ

未来の脳機能イメージングの世界へようこそ。

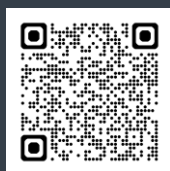
Iconeusはパリを本拠とする、超音波脳機能イメージング装置の開発メーカーです。

私たちのチームは30人以上の脳科学者ならびに超音波エンジニアを擁し、超音波イメージングが脳機能研究に貢献できるよう日々精進しています。

皆様と一緒に研究ができることを楽しみにしています。



Iconeus社 ホームページ



<https://iconeus.com/>

日本総販売代理店

株式会社 フィジオテック

103-0007

東京都中央区日本橋浜町1-12-9 日本橋浜町ビル8F

TEL: 03-3864-2781 FAX: 03-3864-2787

Email: sales@physio-tech.co.jp

Website: <http://www.physio-tech.co.jp>