



微小信号計測のための素材開発と 新産業創生

大阪大学 総長補佐・荣誉教授
大阪大学産業科学研究所 教授

関谷 毅

日本工学アカデミー 若手委員会委員長
PGV 株式会社 創業者 取締役
PE 研究会 代表幹事



大阪大学 産業科学研究所紹介

大阪大学産業科学研究所概要

関谷研究室の研究活動概要

基本理念

Real Innovation

産業に資する科学研究の推進

新産業創成の源泉となる基礎科学を極め、その成果に立脚し、
環境・エネルギー、医療、安全安心の課題解決と新産業の創成を目指す

最先端研究を推進し、成果を社会に還元

第 1 研究部門
情報・
量子科学系

第 2 研究部門
材料・
ビーム科学系

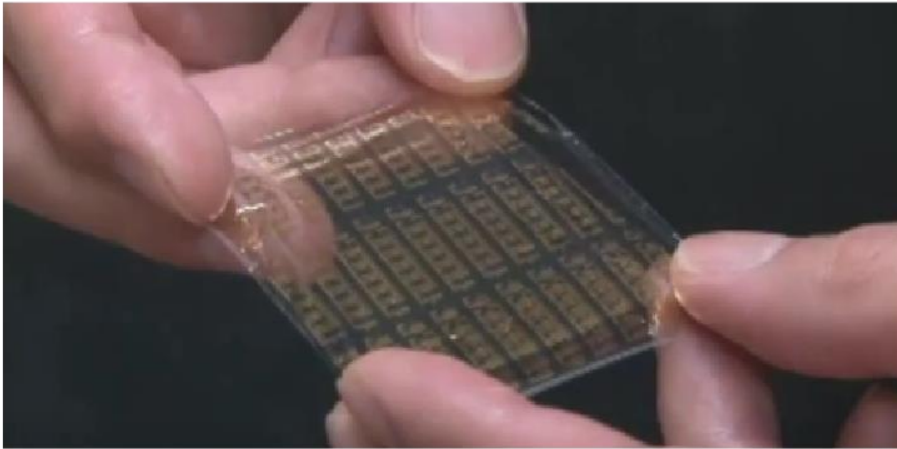
第 3 研究部門
生体・
分子科学系

産業科学
ナノテクノロジー
センター

先進電子デバイス研究分野

関谷研究室

真に社会の役に立つモノづくりを
誰もが手にできる大きさとコストで実現する



フレキシブル(柔らかい)エレクトロニクス



世界最薄膜・最軽量のエレクトロニクス群

トランジスタ回路



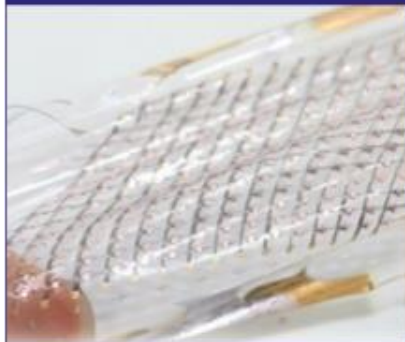
Nature Materials
6, 413 (2007)

伸縮電極



Science
321, 1468 (2008)

伸縮センサ



Nature Materials
9, 1015(2010)

不揮発性メモリ



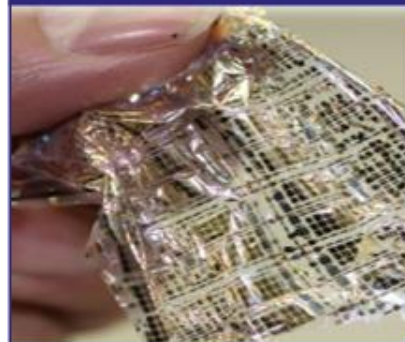
Science 326,
1516 (2009)

伸縮ディスプレイ



Nature Materials
8,494 (2009)

信号増幅回路



Nature Comm.
7,11425 (2016)

1ミクロン厚の
回路



Nature
499, 458(2013)

1ミクロン厚の
光センサ



Nature Comm.
3, 770(2012)

1ミクロン厚の
発光素子



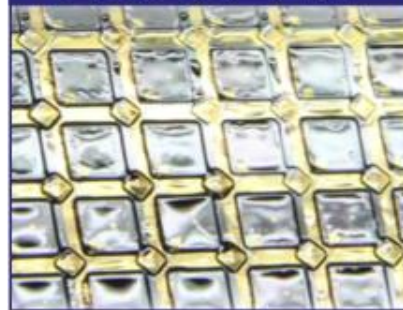
Nature Photonics
7, 811 (2013)

1ミクロン厚の
磁気センサ



Nature Comm.
6, 6080 (2015)

生体適合性
埋め込み型回路



Nature Comm.
5, 6898 (2014).

私の専門分野

固体物理学、電気電子工学

『超薄・柔軟な有機エレクトロニクス技術』

2014年 トムソン・ロイター

2018年 クラリベート・アナリティクス

Highly Cited Researchers “The Most Influential Scientific Minds”
高被引用研究者“世界で影響力を持つ科学者”に選出

柔らかい エレクトロニクス

Material & Process 技術

高度な融合



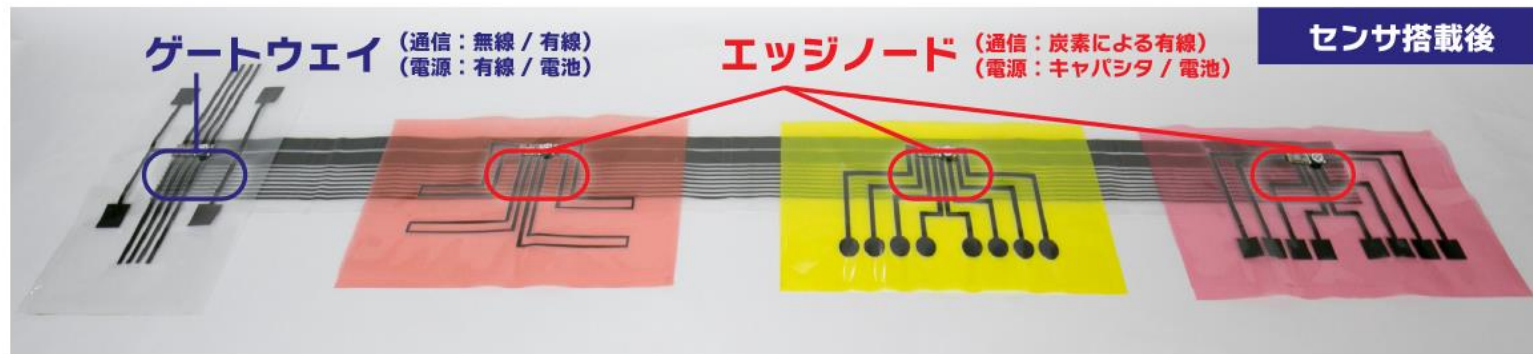
AI

BIG
DATA

IoT

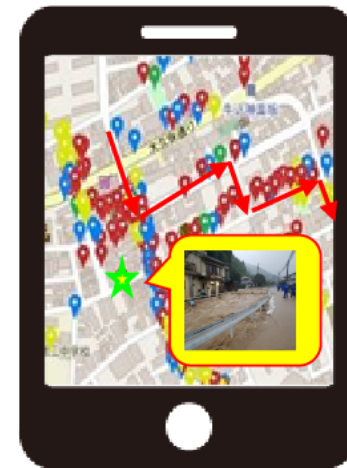
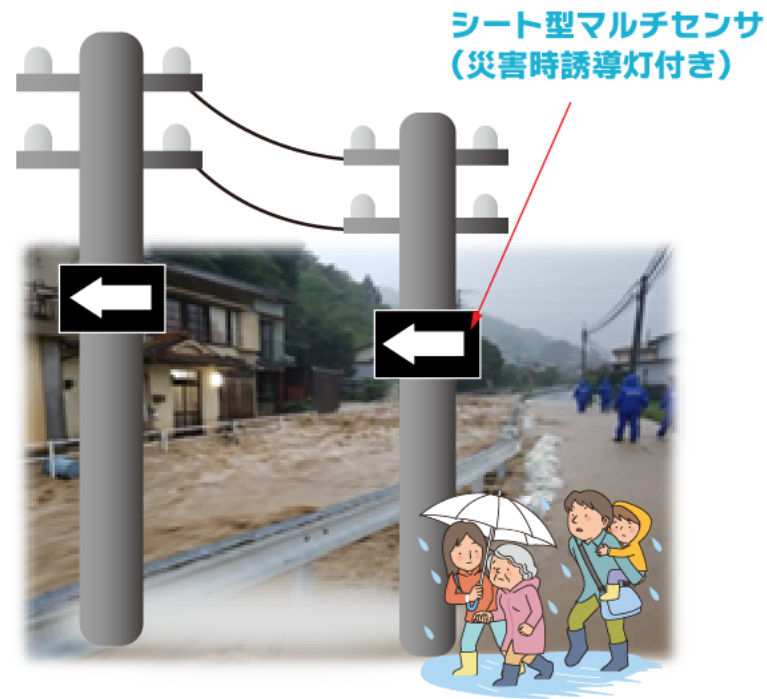


構造物ヘルスケア



次世代公共インフラ

災害時対応支援システム



救助・
復旧要請

避難ルート、
避難所情報

自治体・避難者

工場・オフィス



ロボット

心電計測

BIC

サイバー空間 完全埋め込み式医療機器

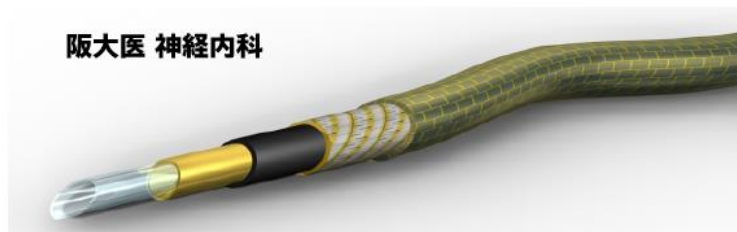
心筋計測システム

阪大医 MEI センター

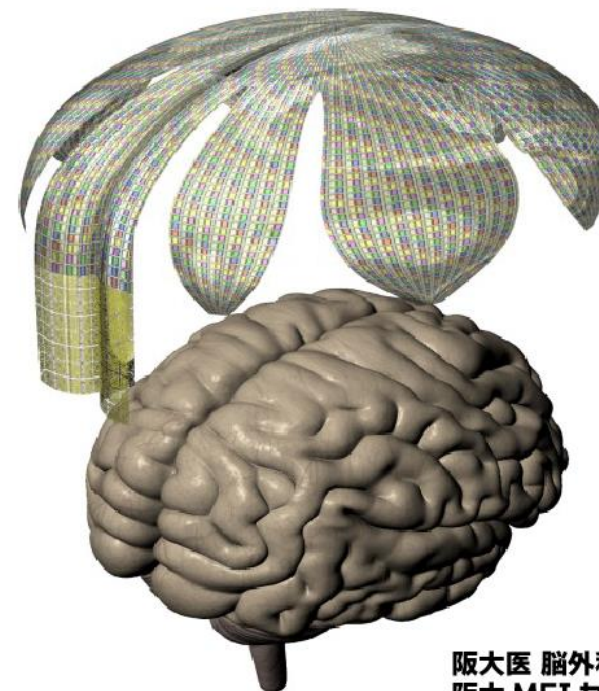


センサ搭載型アクティブ 細径カテーテル

阪大医 神経内科



ブレインマシン インターフェース



阪大医 脳外科、
阪大 MEI センター

母子見守り

埋め込み医療機器



脳波計



心電計測

サイバー空間 母子ヘルスケアシステム

遠隔見守り・医療

母子見守り



脳波計



大阪大学医学部附属病院産婦人科
病院長 木村正 教授との共同研究



例)

母体心電[~mV]

母体心電は胎児心電の 1000 倍

胎児心電[~μV]



工場・オフィス



ロボット

サイバー空間

パッチ式心電計

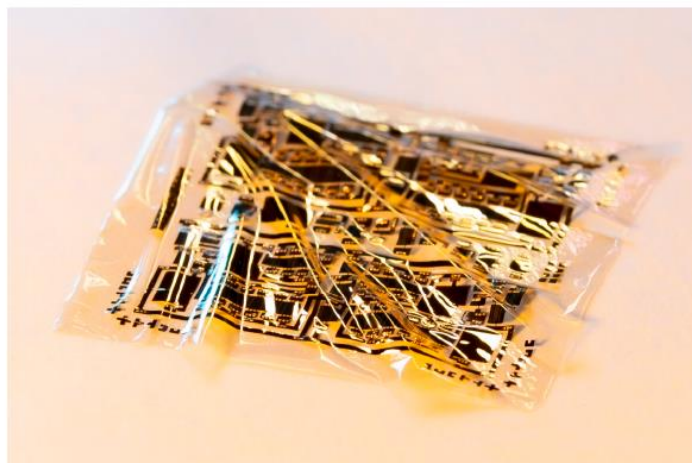
ノイズの少ない
心電計測が可能

世界最薄
厚さ $2\mu\text{m}$

食品用ラップフィルムの
5分の1

世界最軽量
重さ 3mg

蚊と同じ重さ



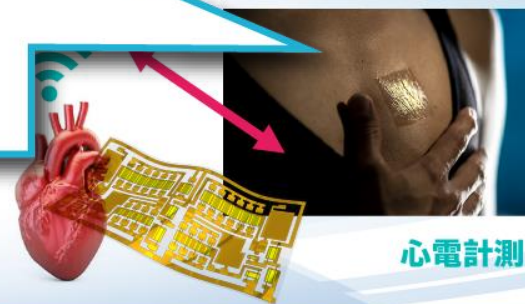
構造物ヘルスケア



工場・オフィス



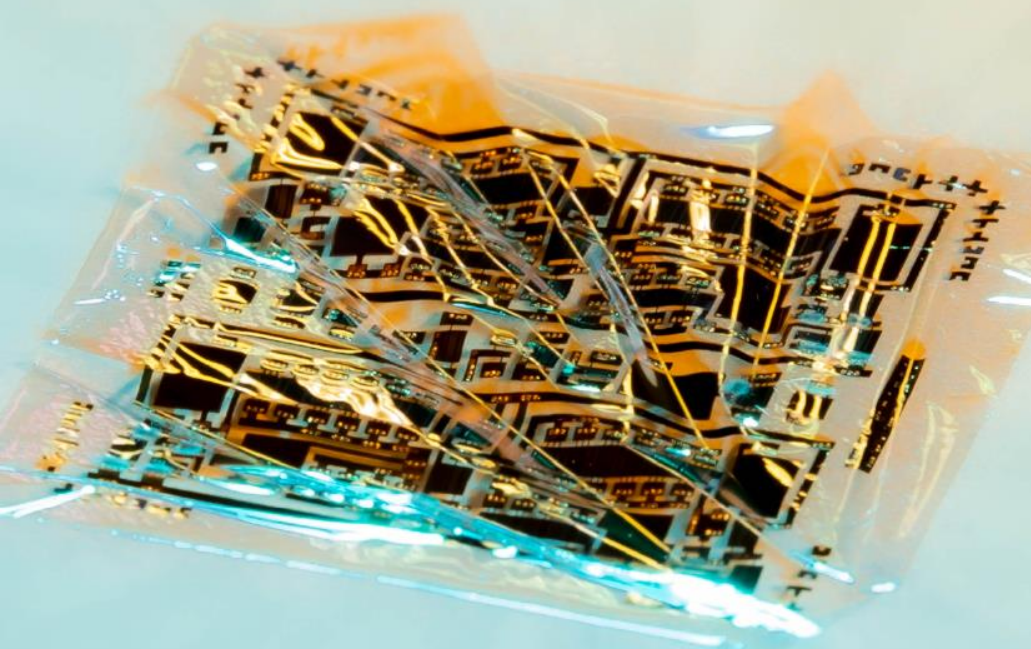
心電計測



ロボット

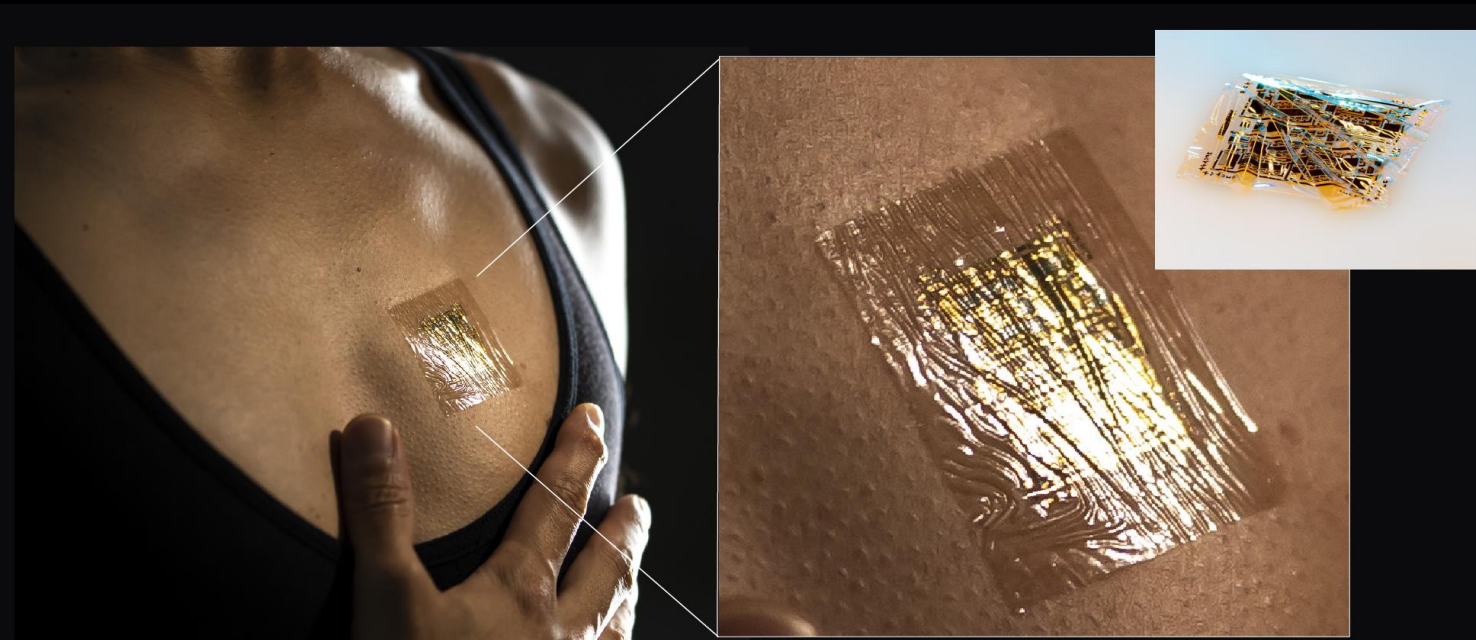


nature electronics



Flexible amplifiers make
heartfelt monitors

世界最薄・最軽量の有機差動増幅回路



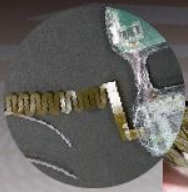
M. Sugiyama, T. Sekitani, et al.,
Nature Electronics, Vol. 2, 351-360 (2019).
[最新号 : 2019年8月16日出版]

BIC

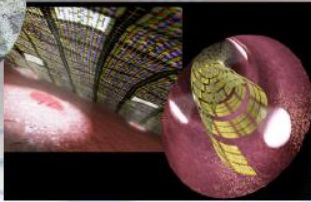
サイバー空間 パッチ式脳波計

脳のセルフケアをご家庭で

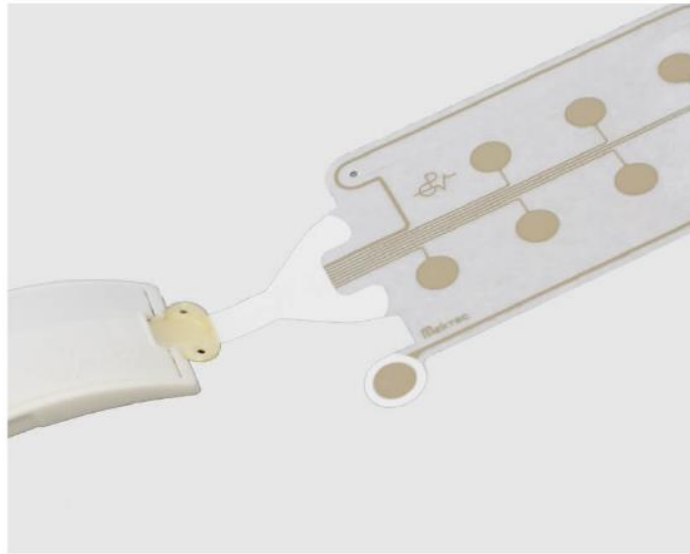
母子見守り



埋め込み医療機器



脳波計



大阪大学発ベンチャー



PGV

Perpetual Gratitude & Voyage

心電計測

ロボット

大阪大学発ベンチャー PGV株式会社



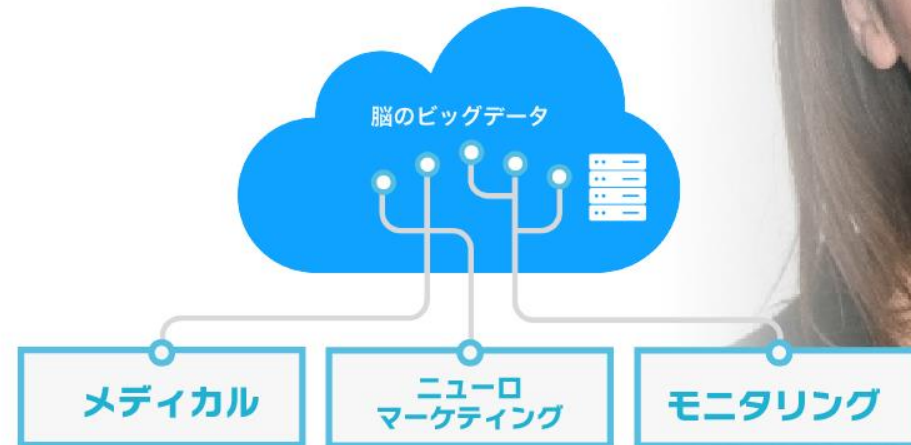
設立：2016年9月

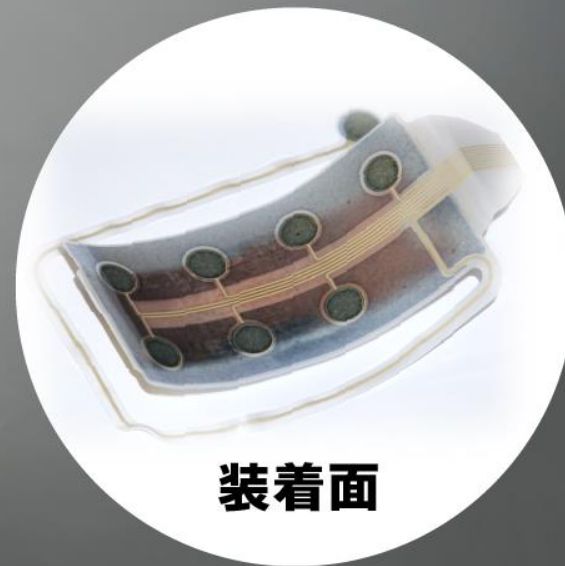
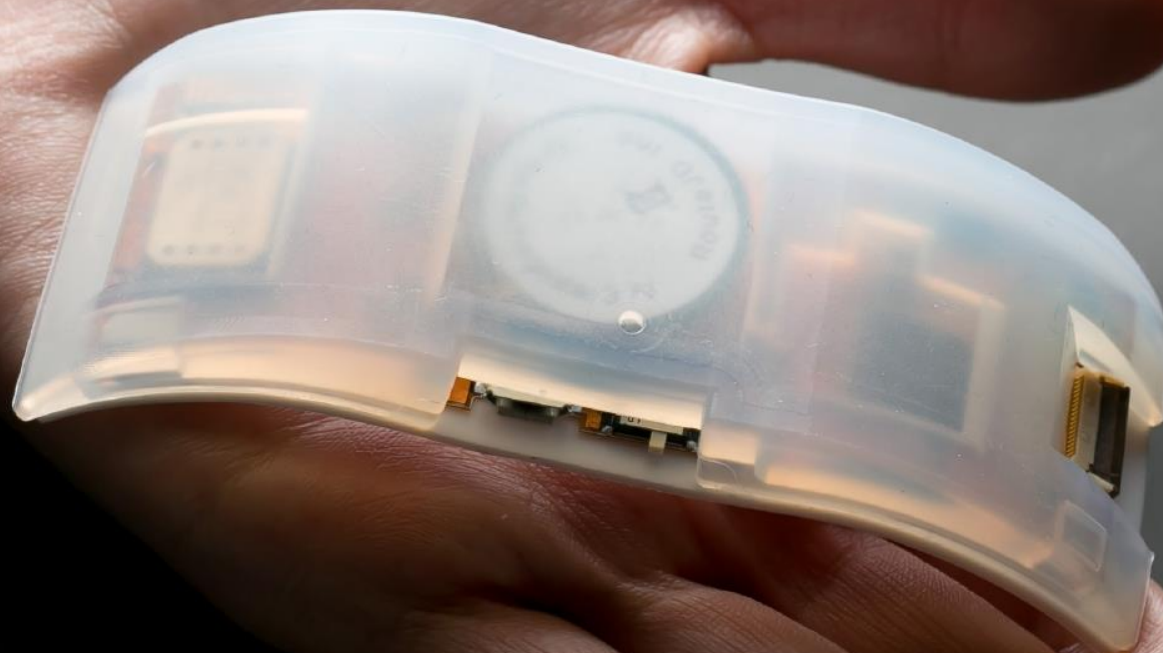
本店：東京都中央区日本橋2丁目15番地5号

資本金：2億1470万円

代表者：柳澤 修

明るい未来を創る 脳波計 x AI





装着面

普及価格

無装着感

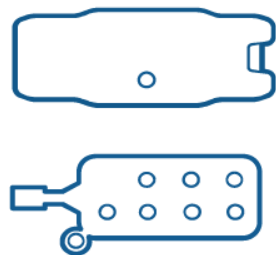
小型・ワイヤレス

医療機器精度

自宅で手軽に使える

測る

手軽に日常生活で
脳波を測る



誰でも手軽に測れる高精度脳波センサ

読み解く

計測した脳波を
機械学習で解析



脳波計測



構造化データ



解析アルゴリズム

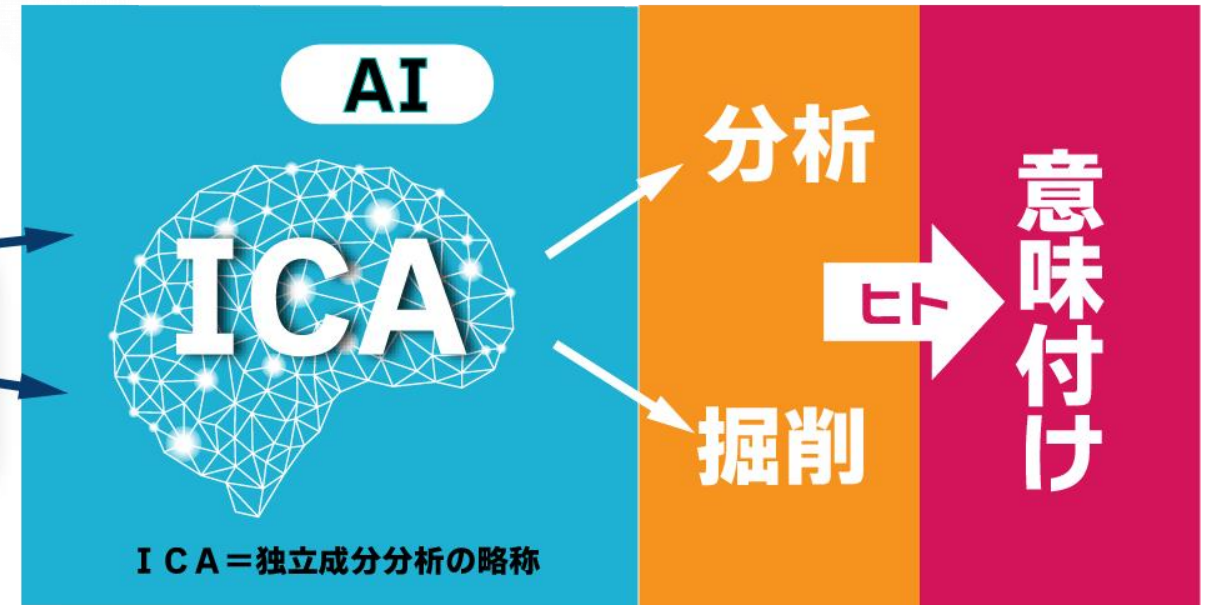
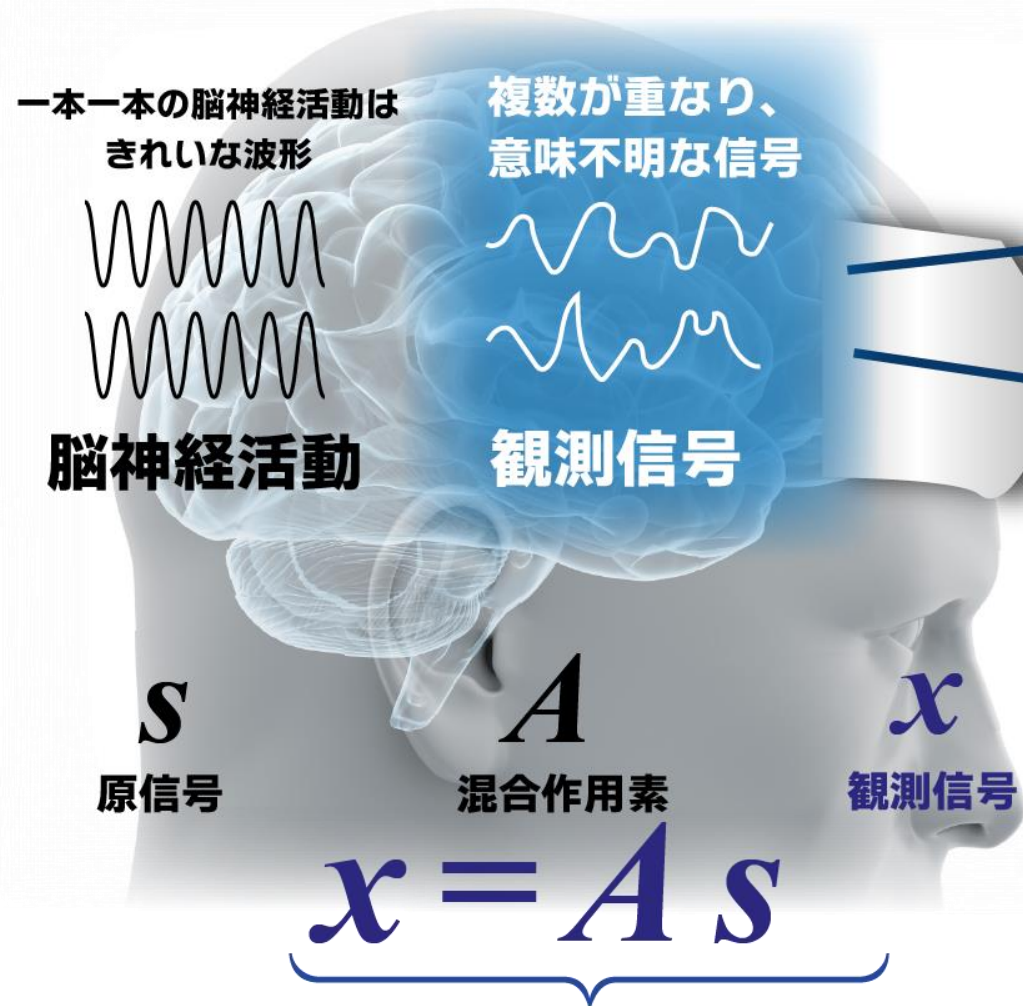
機械学習



脳波モデル

脳波データ収集して意味付けできる会社

AI による観測脳波データの解析



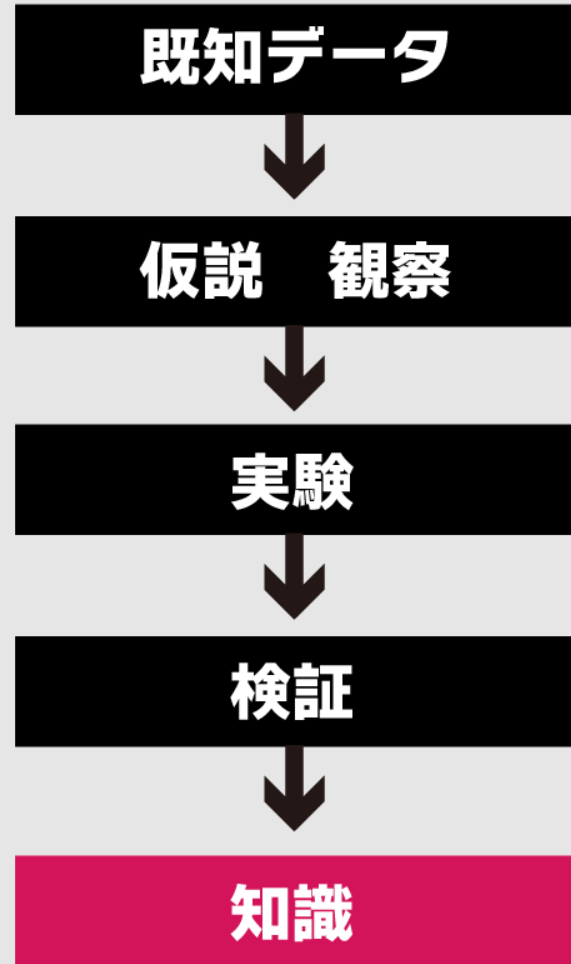
W
復元作用素

y
復元信号

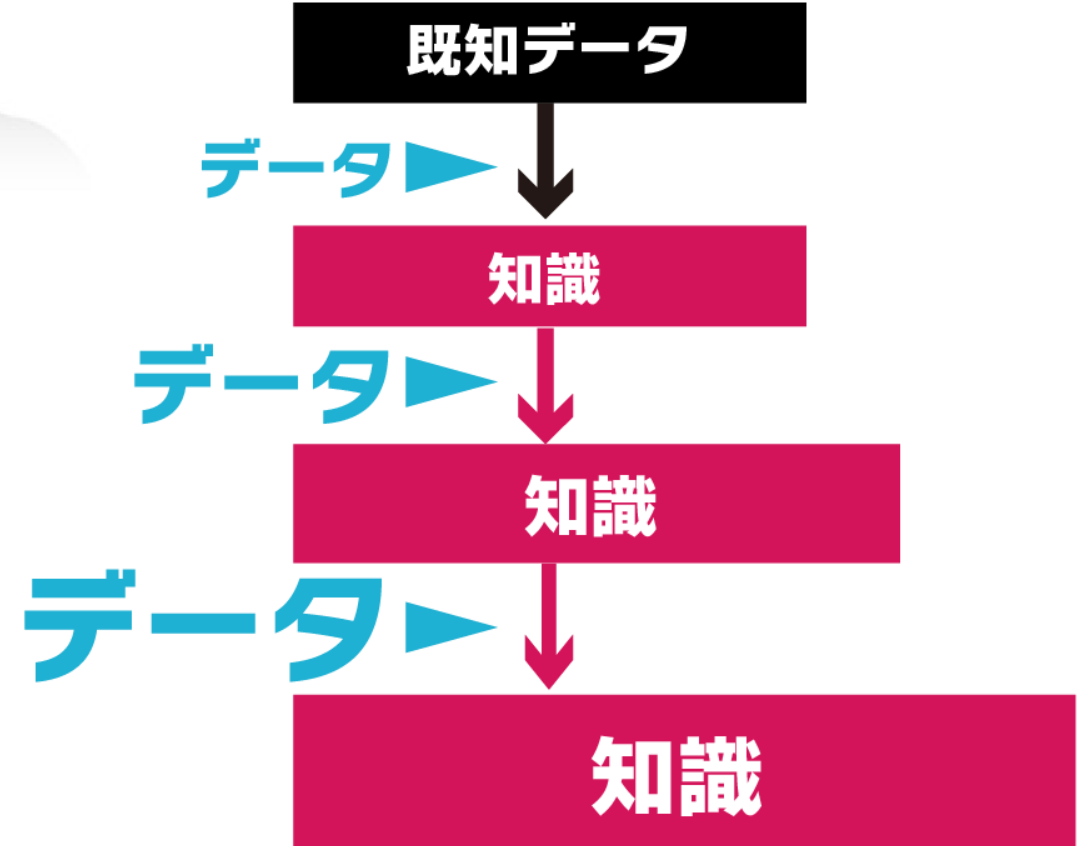
$$y = Wx$$

AI により、原信号を復元することができる！

従来の開発



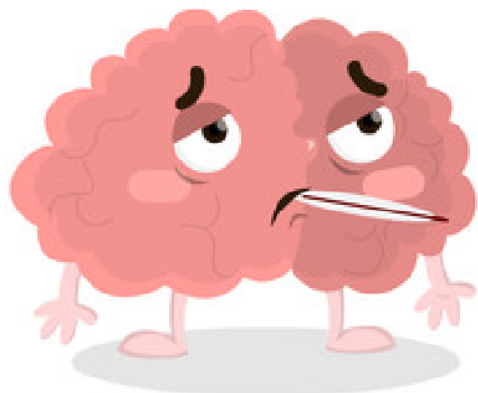
データ駆動型の開発



データ量こそが精度を高め、本質にたどり着く

PGVの事業領域

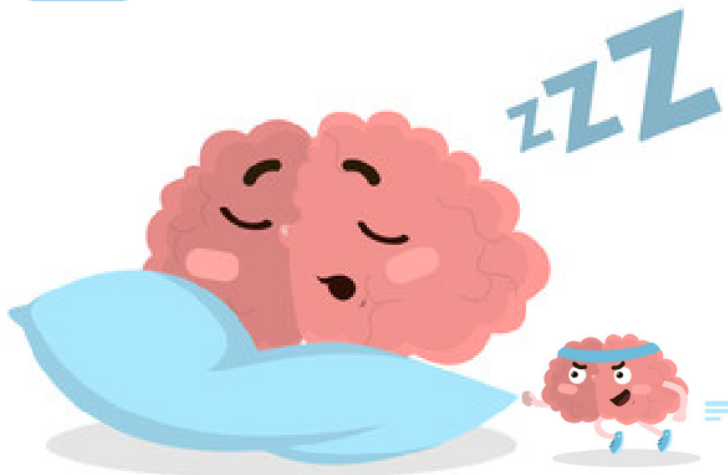
1 健康管理



- 脳疾患等の簡易判定 & バイオマーカー
- 医薬品の効用検証
- 遠隔医療への取り組み

脳の回復

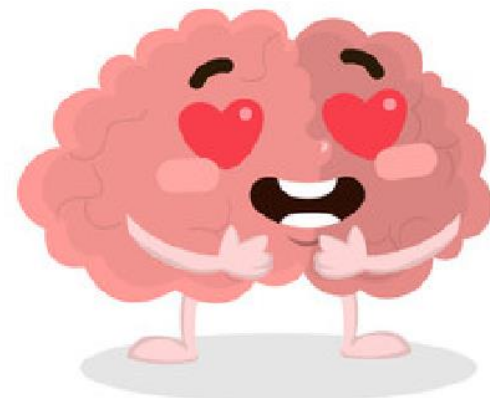
2 セルフケア



- 睡眠改善による生産性向上
- ストレス管理、集中等を通じて作業効率化 UP

脳の状態

3 セルフチェック



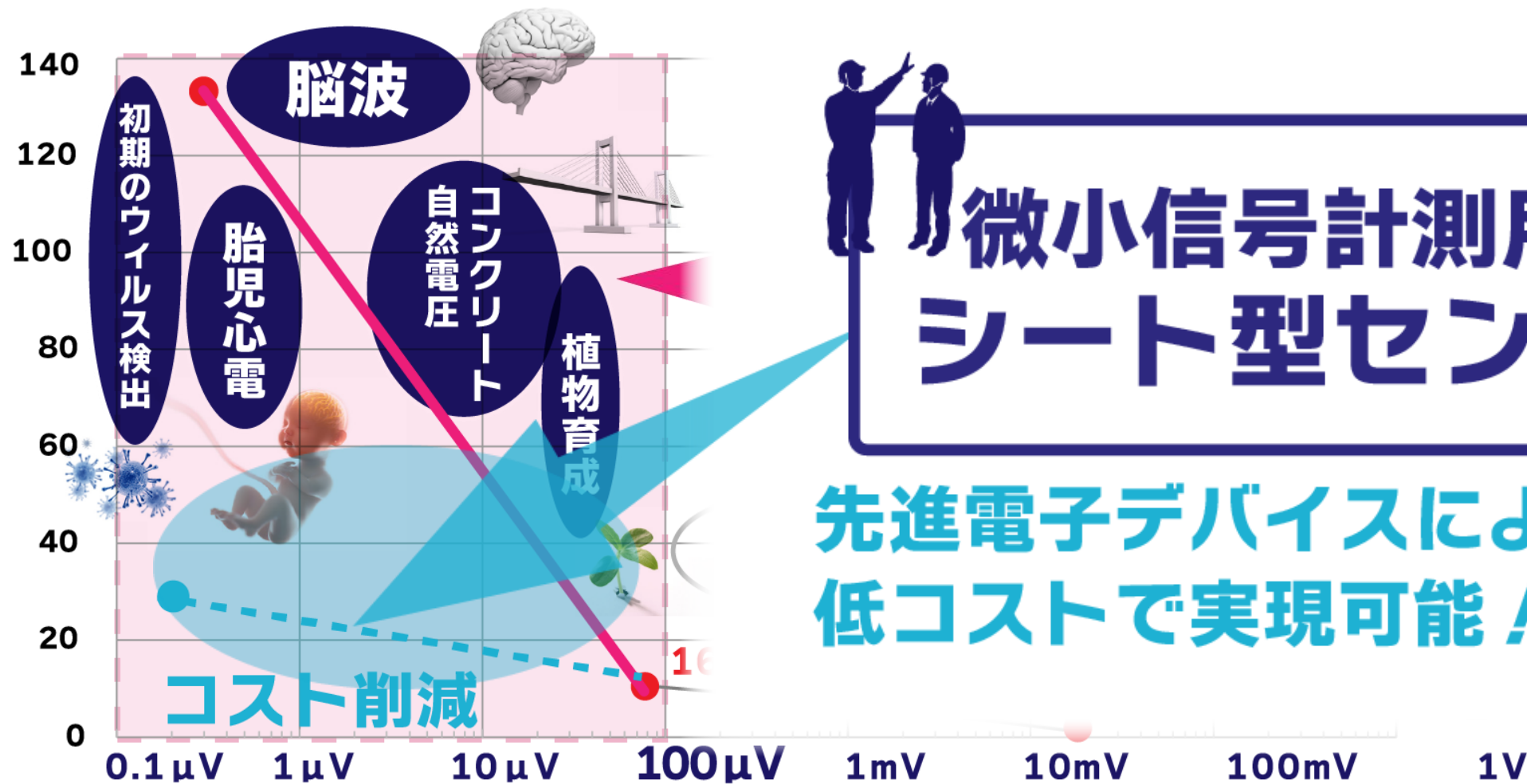
- 情動や五感から自分の嗜好性を理解
- ニューロマーケティング
- 商品開発

脳の反応

微小信号計測のニーズとコスト

価格指標

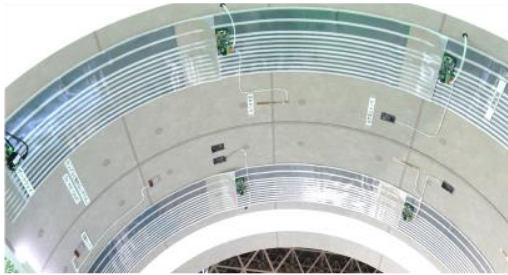
※



※8bit の AD コンバーターの価格 (75 円 / 個) を 1 としたときのおおよその価格指標

大阪大学・関谷研究室における研究開発

長期耐久性・耐環境性・省エネ化



構造物ヘルスケア

インフラの長寿命化

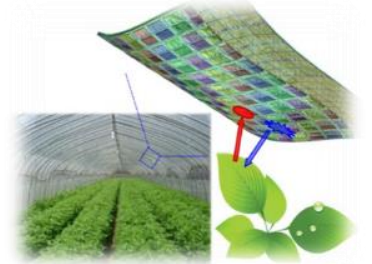


高選択性

微小信号計測用
シート型センサ



小型多機能化
省エネ化・高速化

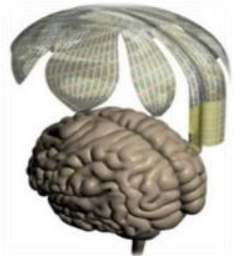


農業 IoT

高生産性の実現

スマートアグリカルチャー

体内埋め込み型センサ



高増幅率

高安定化・高感度化



低ノイズ化



パッチ式脳波計



パッチ式心電計



母子ヘルスケア

人間の感性の見える化

常時健康モニタリング

新しいコミュニケーション創造

2

微小信号計測の 研究開発と波及効果

微小信号計測における日本の強み

微小信号計測の研究開発と波及効果

誰でも、安心安全に暮らせる社会に！

インフラの長寿命化

構造物の管理



高効率物流



高効率農業



人の感性の見える化

脳疾患の予兆検出



超微小信号計測
×
柔らかい
エレクトロニクス

高生産性の実現

スマートアグリカルチャー

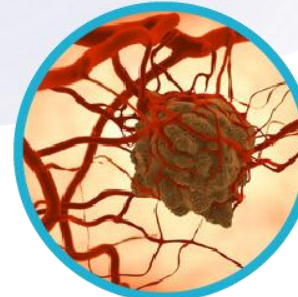


心疾患の予兆検出

常時健康モニタリング

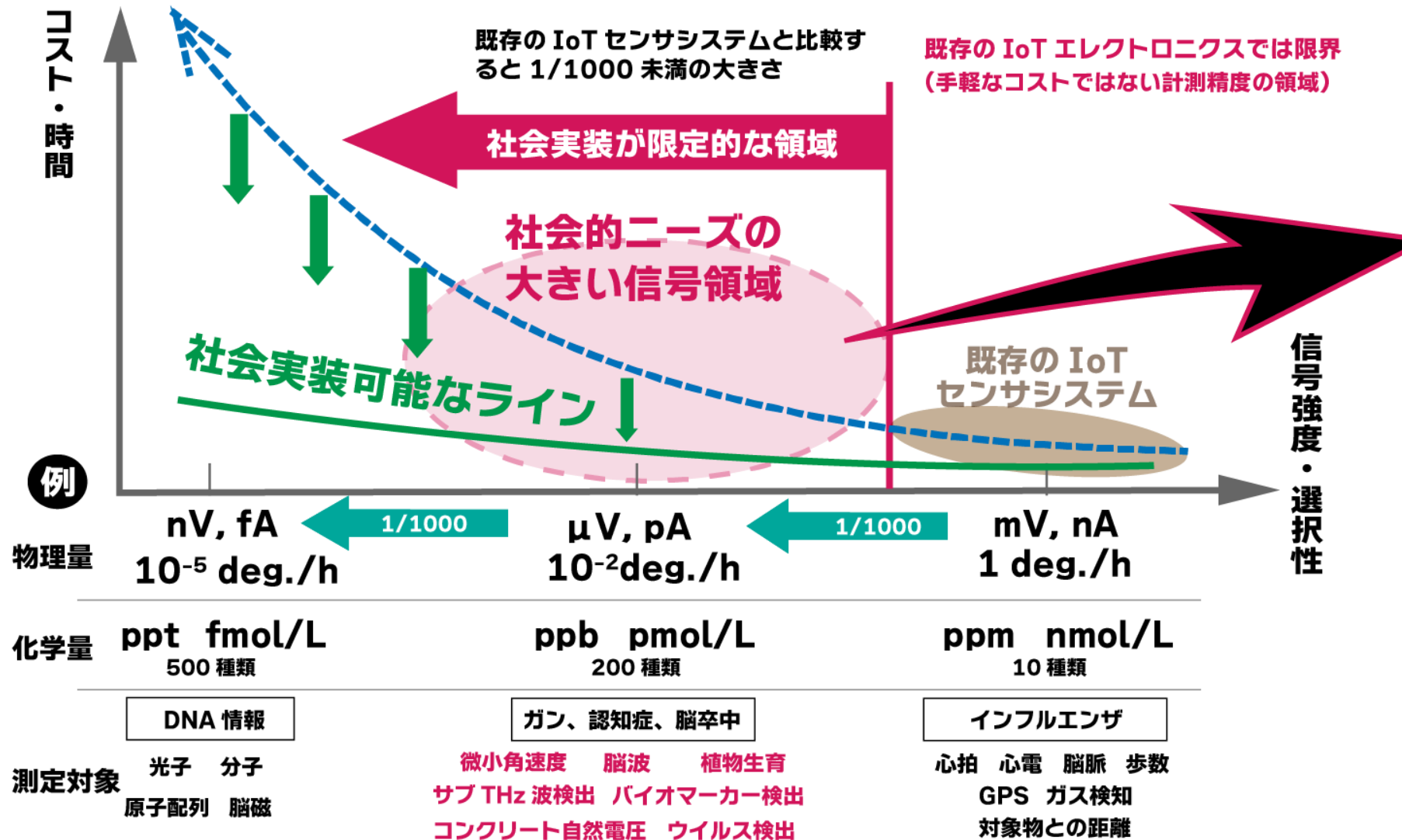
母子の見守り

母子見守り



癌の予兆検出

微小信号検出を基盤とする新市場創出



現在の技術

コスト
大

脳波計
(数百万～1千万円)



飛行機用ジャイロセンサ
(数千万円)



PET 診断 (10 億円～)



バイオマーカー検出装置
(数万円～)



LIDER (数万円～)



微量ガス分析装置
(数百万円～)



IoT 社会の全体像

IoT 社会においてはデータの有効活用が鍵

現在の IoT 社会においては、【I Tビッグ5】といった
データプラットフォーマーが IoT サービスをリード



次の IoT 社会においては、フィジカル空間が取得する
実データが価値を有すると予想される

日本が強みを有する『材料・デバイス技術』で
IoT 市場獲得の可能性はある

サイバー空間

実空間

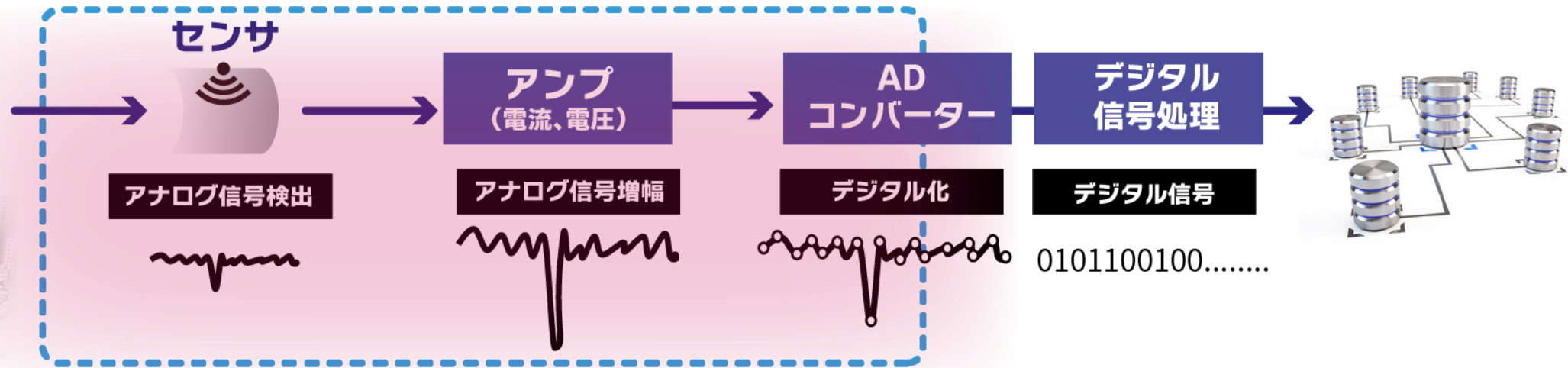


実空間とサイバー空間の途切れない連携

実空間

サイバー空間

実空間の情報



エンド

末端での認知機能

信号の選択・区別、ノイズ除去、信号増幅

エッジインテリジェンス（材料の世界）

ミドル

先進的なデータ処理・解析
組み込み型AIチップ技術

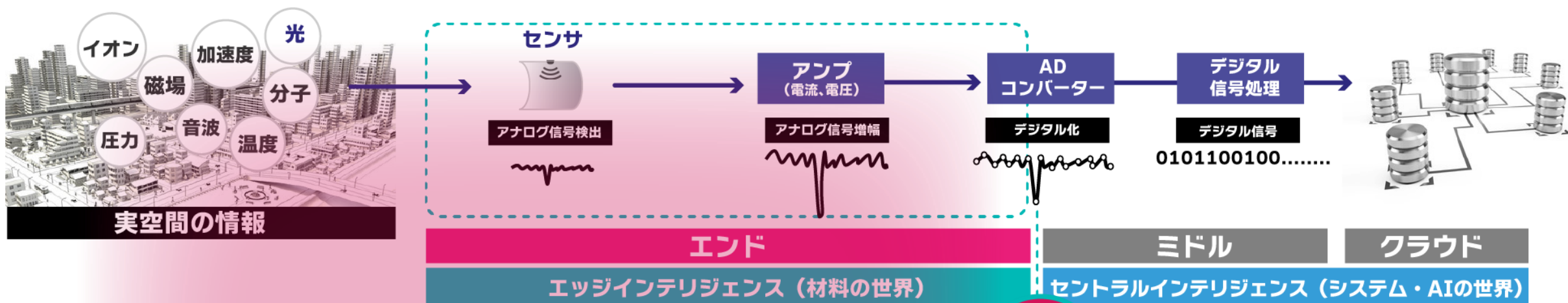


クラウド



セントラルインテリジェンス（システム・AIの世界）

全体像 & 協調領域



本質的なノイズレベルの低減技術

材料
が主役

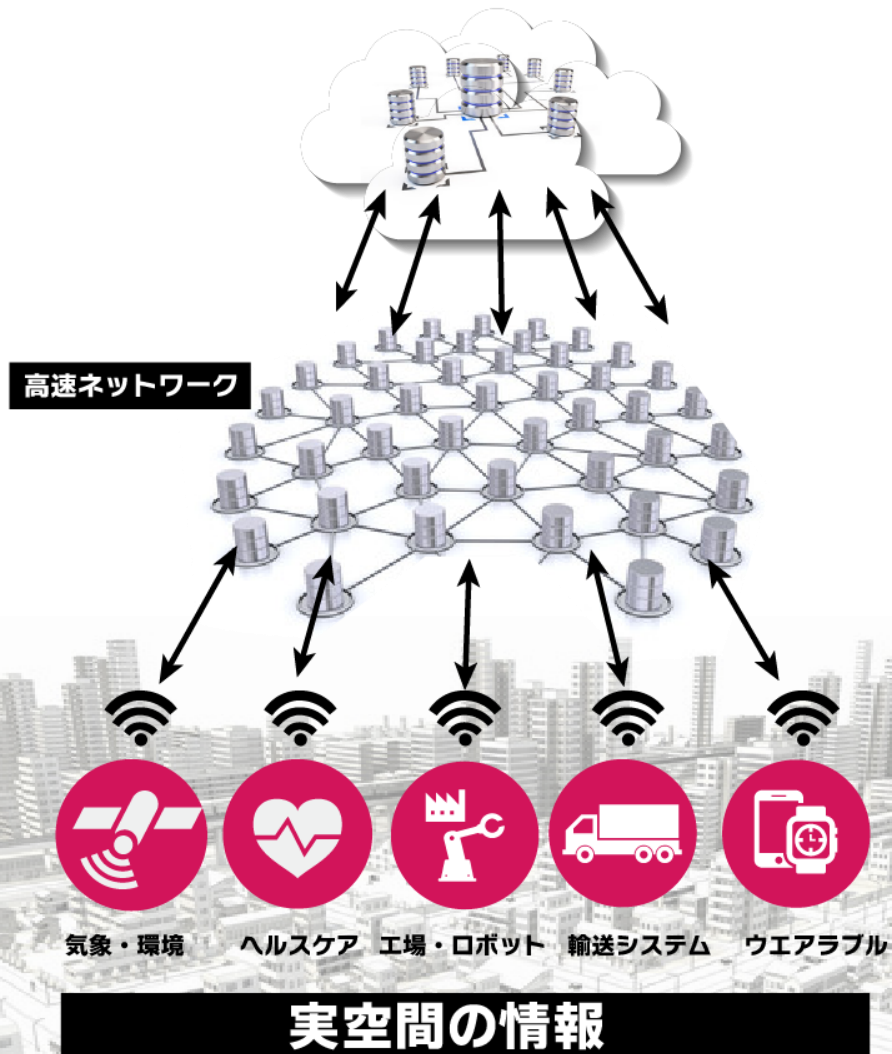
デバイス・回路素子+アナログフロントエンド
(信号増幅)

材料と
デバイス
が主役

AI、機械学習技術を有するサイバー空間との連携
情報処理技術との融合

システム
とAI
が主役

微小信号検出を基盤とする新市場創出



新市場の創出

微小信号検出を基盤とする新たなサービスシステム

1/1000 倍以上程度の超微小信号検出の低コスト化とリアルタイム可視化

回路・情報処理系のプラットフォーム

フィードバック

接続

S/N 比を飛躍的に向上させる材料・設計技術の開発

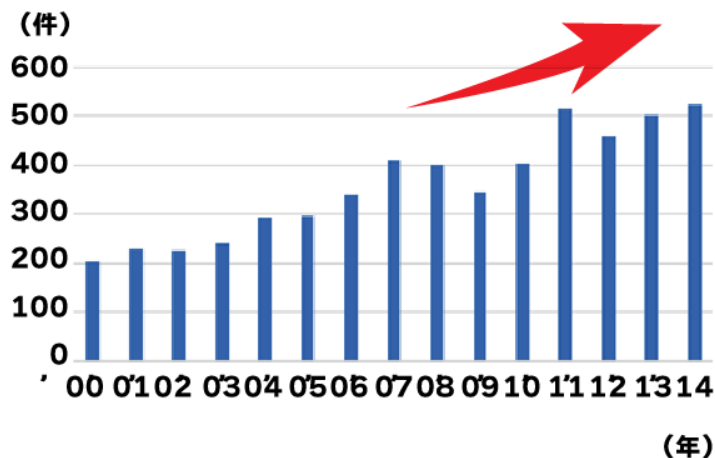
ナノメートルスケールでの界面の制御や構造誤差の制御等の高度化によって、ノイズの原因となる様々なエネルギー損失やゆらぎを低減する技術

次世代マテリアルシステム技術

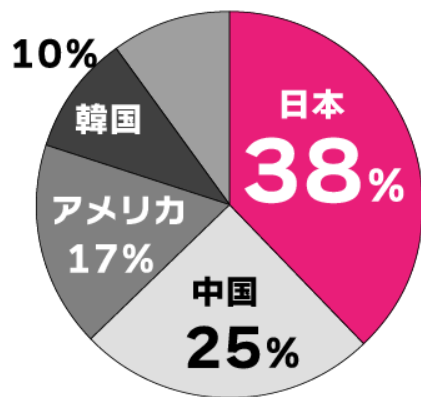
微小信号検出に関する世界動向【特許分析】

- ・ 特許出願件数は直近 14 年で増加傾向にあり、国別シェアで見ると日本がトップ。
- ・ 企業別出願数においても、出願数が上位の企業のほとんどが日本企業であり、我が国において優位性が
- ・ 顕著である。ノイズの低減は幅広い分野で課題となっており、各企業で盛んに技術開発が行われている

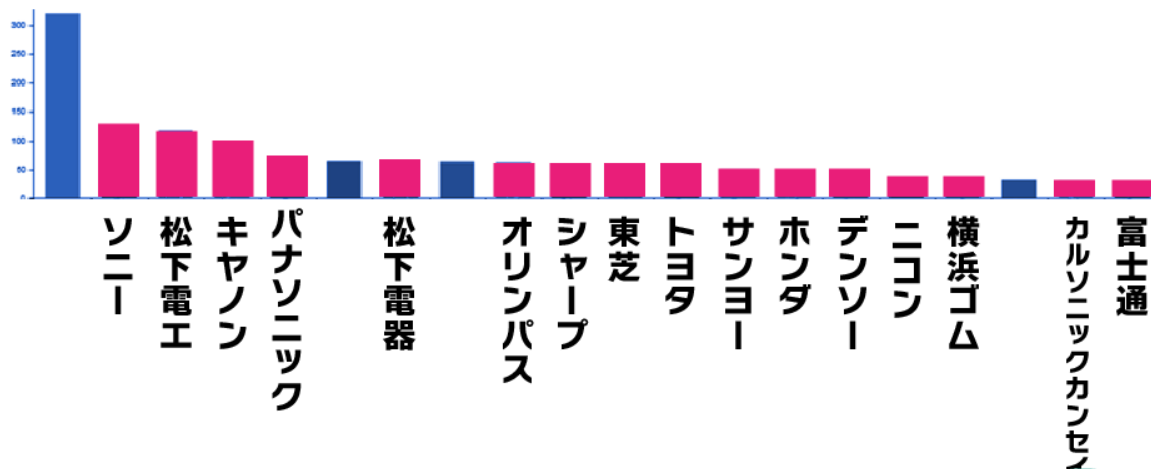
特許出願件数推移



特許国別シェア



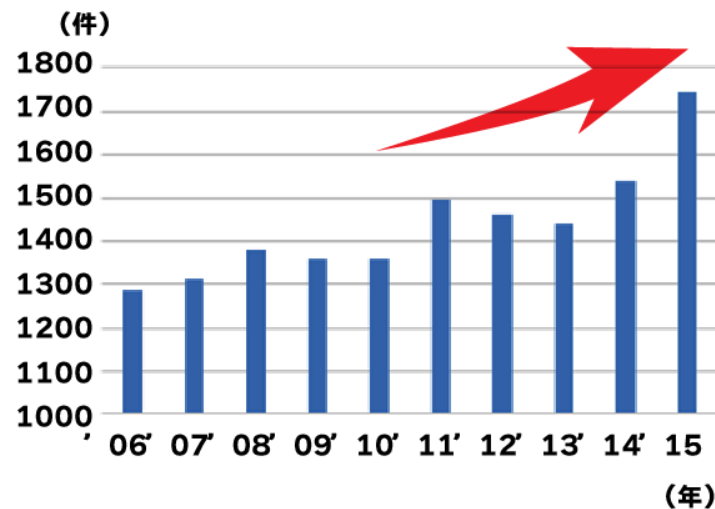
特許出願数上位企業(トップ 20)



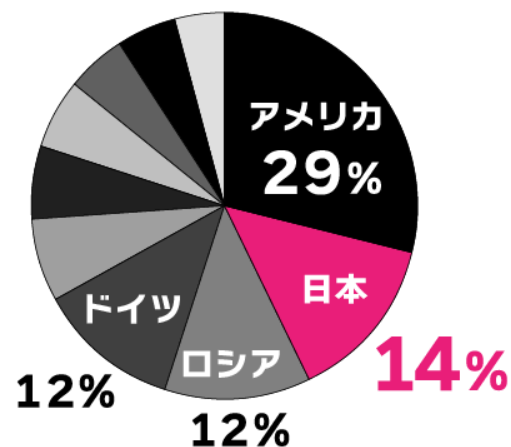
微小信号検出に関する世界動向【論文分析】

- ・直近10年で論文発表件数は増加傾向にある。
- ・機関別論文発表数では日本の大学がTOP10に複数ランクインしており、国別シェアも高い。
- ・わが国は、学術領域においても世界で強みを有している。

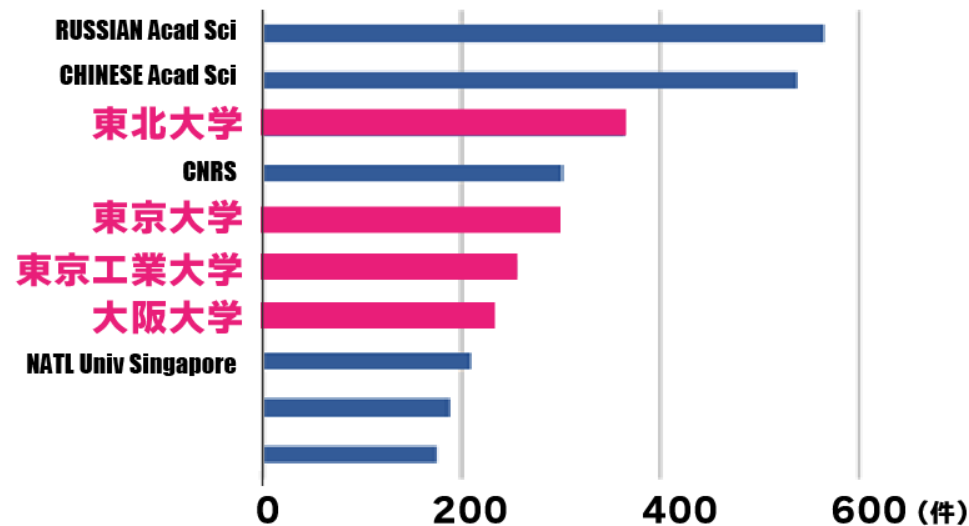
論文発表件数の全体推移



発表論文数シェア



機関別論文発表数(トップ10)

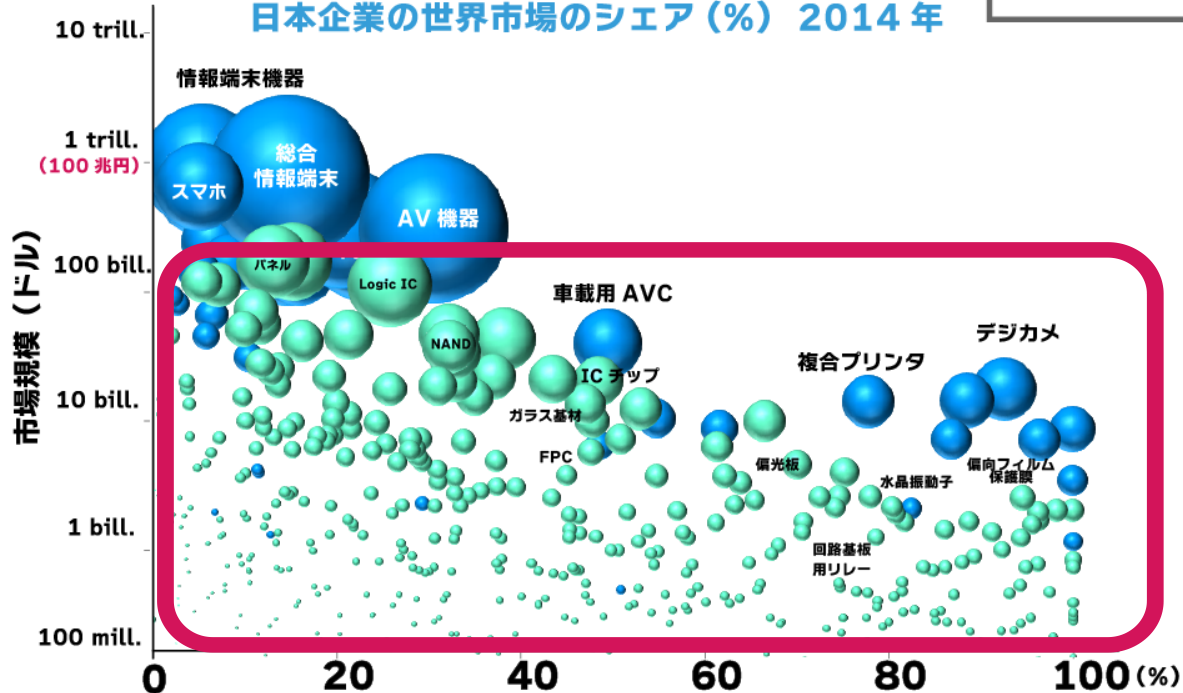


電子情報産業における日本の強み

日本

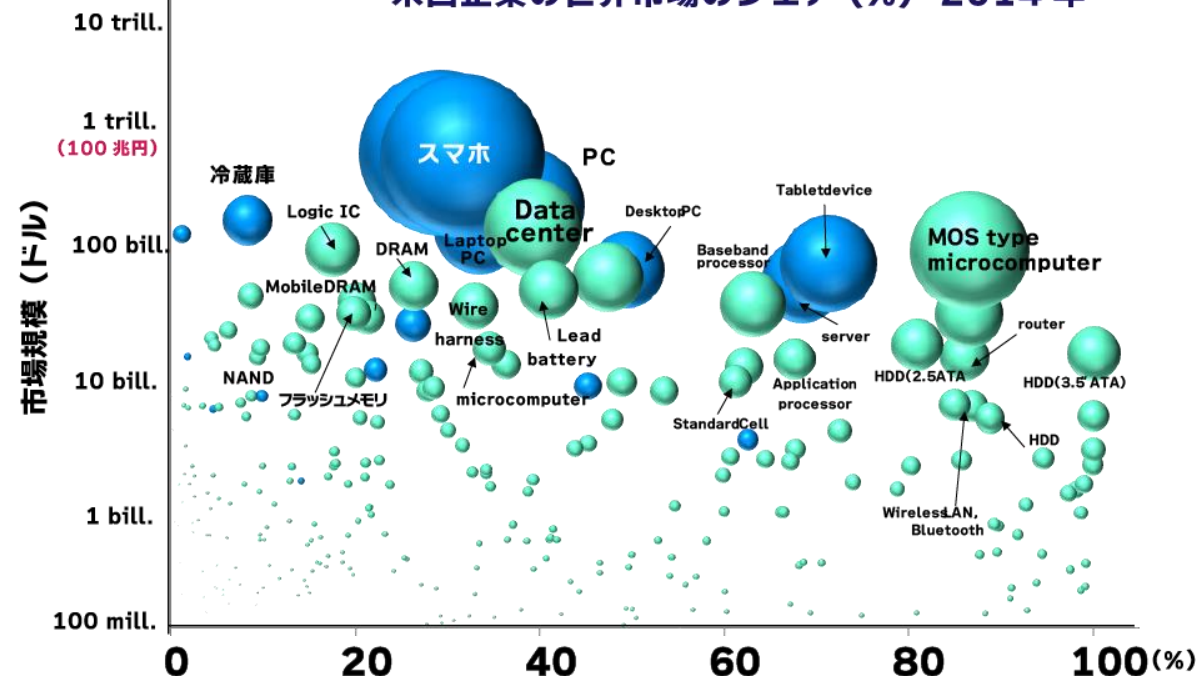
日本企業の世界市場のシェア (%) 2014 年

- 最終製品 (エレクトロニクス)
- 部素材 (エレクトロニクス)



米国

米国企業の世界市場のシェア (%) 2014 年

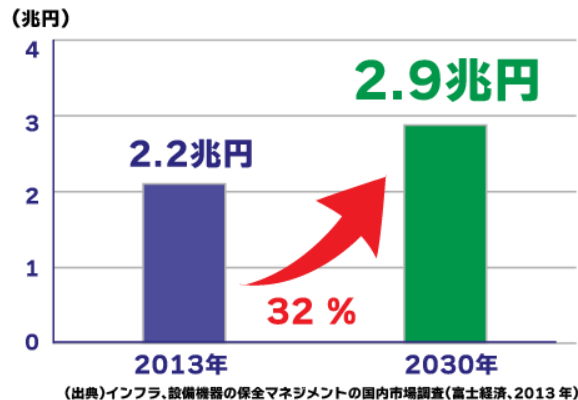


電子材料・部品は日系で 38% を占める！

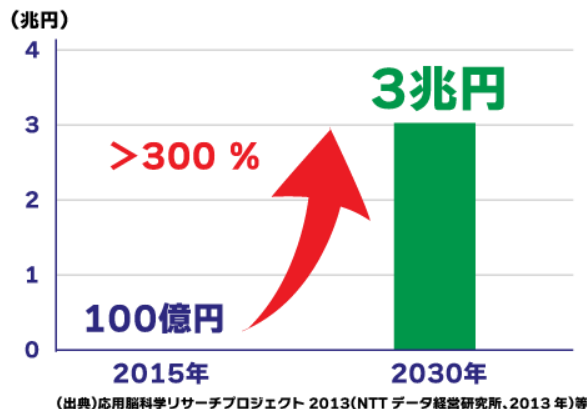
出典：METI/NEDO Fuji chimera 2014/JEITA

超微小信号検出関連の市場規模予測

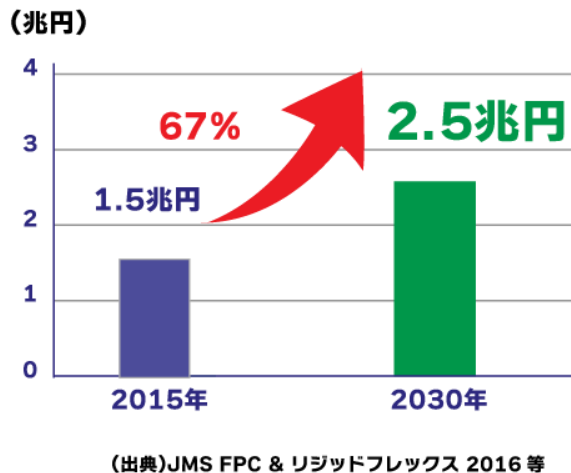
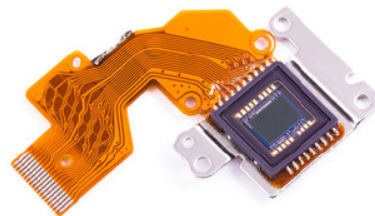
インフラ点検



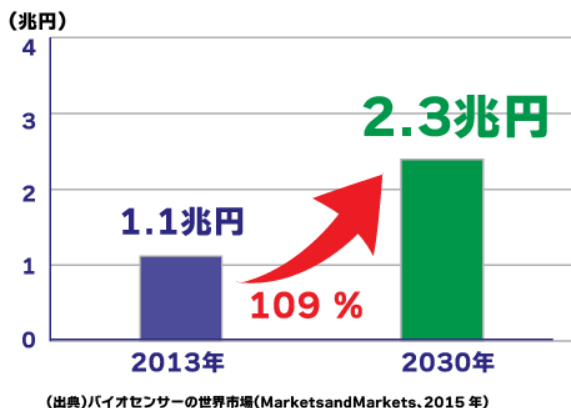
脳波関連



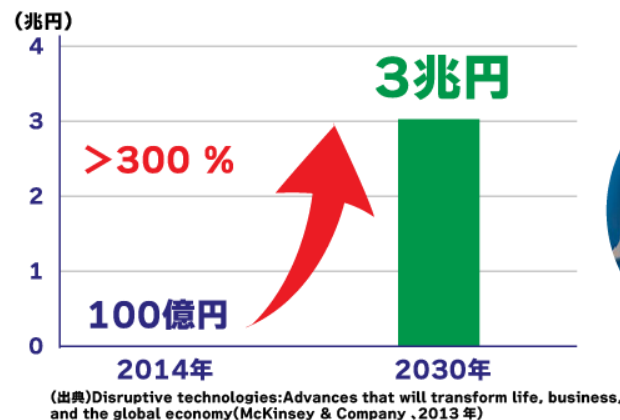
FPC 市場



バイオセンサー



DNAチップ・装置



超微小信号計測の研究開発と波及効果①

想定される成果

実現される微小信号計測

脳波 (μV 程度) を検出

微量バイオマーカーの安定かつ選択的検出
(pmol/L 、 ppb 程度)

微小な導電率変化 (pA 程度) を検出

微小電流を用いたウイルスや微生物の検出
(pA 程度)

呼気や生体ガス中の微量揮発性物質の検出
(ppb 程度)

期待される微小信号計測

脳磁 (fT 程度) の高精度検出

微小な角速度の変化を検出
($<0.1 \text{ deg./h}$ 程度)

電流センサーの高精度化 (fA 程度)

微量の揮発性物質 (ppt 程度) を検出

超微小信号計測の研究開発と波及効果②

創出されるサービス

ヒトの感性や状態の見える化システム

➡ (SDGs: 目標3、4、5、8、10)

様々な病気予防を可能とするヘルスケアモニタリングシステム

➡ (SDGs: 目標3、4、8、10)

家庭での初期脳関連疾患、がん計測と早期治療

➡ (SDGs: 目標3、4、8、10)

気象、土壌等の外部環境モニタリングシステム

➡ (SDGs: 目標6、7、11、13、14、15)

公共インフラ(水、建物等)のモニタリングシステム

➡ (SDGs: 目標3、4、10、11、16)

職場、工場等における作業員のサポートシステム

➡ (SDGs: 目標1、4、7、8)

ドローン等新たな輸送手段の安全かつ高効率運用

➡ (SDGs: 目標1、2、3、4、10、16)

項目すべてにおいて
SDGs: 目標9、12

超微小信号計測の研究開発と波及効果③

研究開発

低温・低エネルギープロセスによる高結晶材料 → 材料自己組織化能の活用、材料群開発

設計・構造誤差の低減 → 自己組織化・整合現象の制御と高度化

キャリア密度ゆらぎに起因するフリッカーノイズの低減 → ナノ界面配向制御

分子認識性・選択性の向上 → ナノ表面修飾の均一性の向上

微小電流・微小電圧の低ノイズ増幅 → デバイス・回路・集積化技術

S/N 比を向上させデバイスの性能を最大限に引き出すアナログフロントエンド回路技術

微小信号検出をサイバー空間へ接続するための情報処理プラットフォーム

超微小信号計測の研究開発と波及効果

研究開発の基軸

ナノ界面制御材料・プロセス

- 化学結合力の制御
- 分子間&原子間振動の抑制
- 滑らかなポテンシャル勾配をもつ異種界面の創出
- 金属配線の低抵抗化と寄生容量の削減

ナノ界面制御を活用したシステムの研究開発と最適化

- 入力インピーダンスの高いアンプ設計
- 出力インピーダンスの低いアンプ設計
- 汎用性フィルムへの高精度アナログフィルタ作製と実装
- 汎用微小ノイズ評価システムのプロトタイプ試作

汎用性超微小ノイズ評価システム

超低ノイズ材料群

超低ノイズプロセス群

超低ノイズデバイス群

超低ノイズ回路群

実現される微小信号計測

脳波 (μV 程度) を検出

微量バイオマーカーの安定かつ選択的検出
($pmol/L$ 、 ppb 程度)

微小な導電率変化 (pA 程度) を検出

微小電流を用いたウイルスや微生物の検出
(pA 程度)

呼気や生体ガス中の微量揮発性物質の検出
(ppb 程度)

期待される微小信号計測

脳磁 (fT 程度) の高精度検出

微小な角速度の変化を検出
($<0.1 \text{ deg./h}$ 程度)

電流センサーの高精度化 (fA 程度)

微量の揮発性物質 (ppt 程度) を検出

次世代 IoT 事業

ヒトの感性や状態の見える化システム
→ (SDGs: 目標3、4、5、8、10)

様々な病気予防を可能とするヘルスケアモニタリングシステム
→ (SDGs: 目標3、4、8、10)

気象、土壌等の外部環境モニタリングシステム
→ (SDGs: 目標6、7、11、13、14、15)

公共インフラ(水、建物等)のモニタリングシステム
→ (SDGs: 目標3、4、10、11、16)

職場、工場等における作業員のサポートシステム
→ (SDGs: 目標1、4、7、8)



日本工学アカデミーとSDGsへの貢献

日本工学アカデミー若手委員会による

超微小計測技術の実現による新たな社会変革に向けた調査研究プロジェクト

新計測技術への挑戦

我が国が強い材料技術を基盤に、新しい科学や豊かな個人生活、安全安心な社会の実現につながる**革新的な計測技術の創生**に向けた提言を目標とする。



関谷毅 若手委員会委員長
(大阪大学教授)

次世代マテリアルシステム



“実空間”と“情報空間”をつなぐIoT×人工知能(AI)技術

要点1

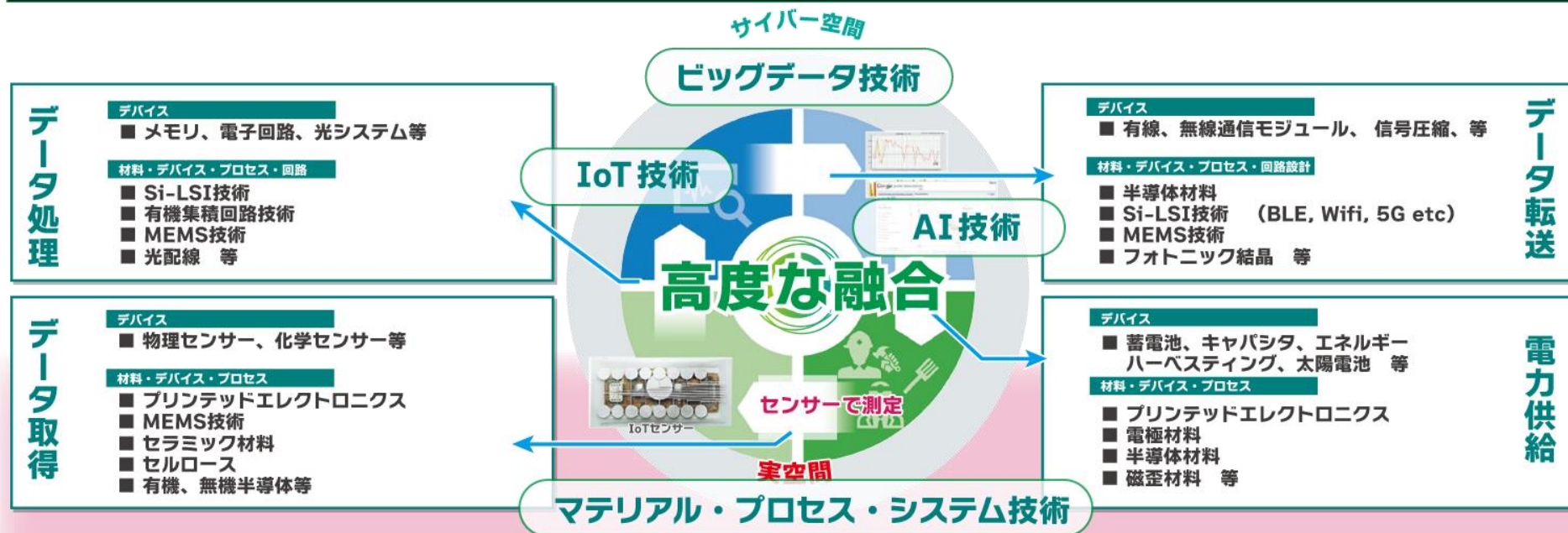


次世代マテリアルシステム



サイバー空間と実空間が融合し、様々なサービスが高度化した社会

要点2



微小信号計測に資するナノテクノロジー・材料

次世代情報産業の創出

サイバー空間と実空間の高度かつシームレスな融合は、新しい社会基盤を形成し、ビジネスとサービスを創り出す

次世代マテリアルシステム



次世代 IoT・AI・PE の融合 → 次世代モノづくり、価値づくり

全ての技術が整った今だからこそできる社会変革、経済システムを構築

要点3

萌芽的・革新的技術シーズ

産学官連携を起点とした基盤構築
(産学プラットフォーム)

PE 技術 インキ等材料、ナノ界面制御、簡易生産手法、高歩留まり、高性能、低ノイズ、長寿命

IoT 技術 アナログ/デジタル回路設計、ワイヤレス通信、超低消費電力、薄膜・小型・大容量電池、センサ

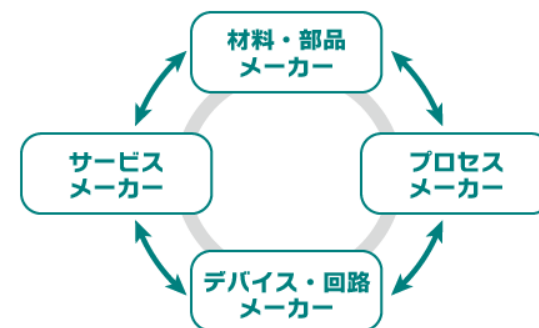
AI 技術 プロトタイプ情報処理可視化、機械学習、リアルタイム情報分析&可視化、Big Data

標準化・商品化



超微小信号計測を
基盤とする新サービス
システムの実現

実用化・事業化 サービス



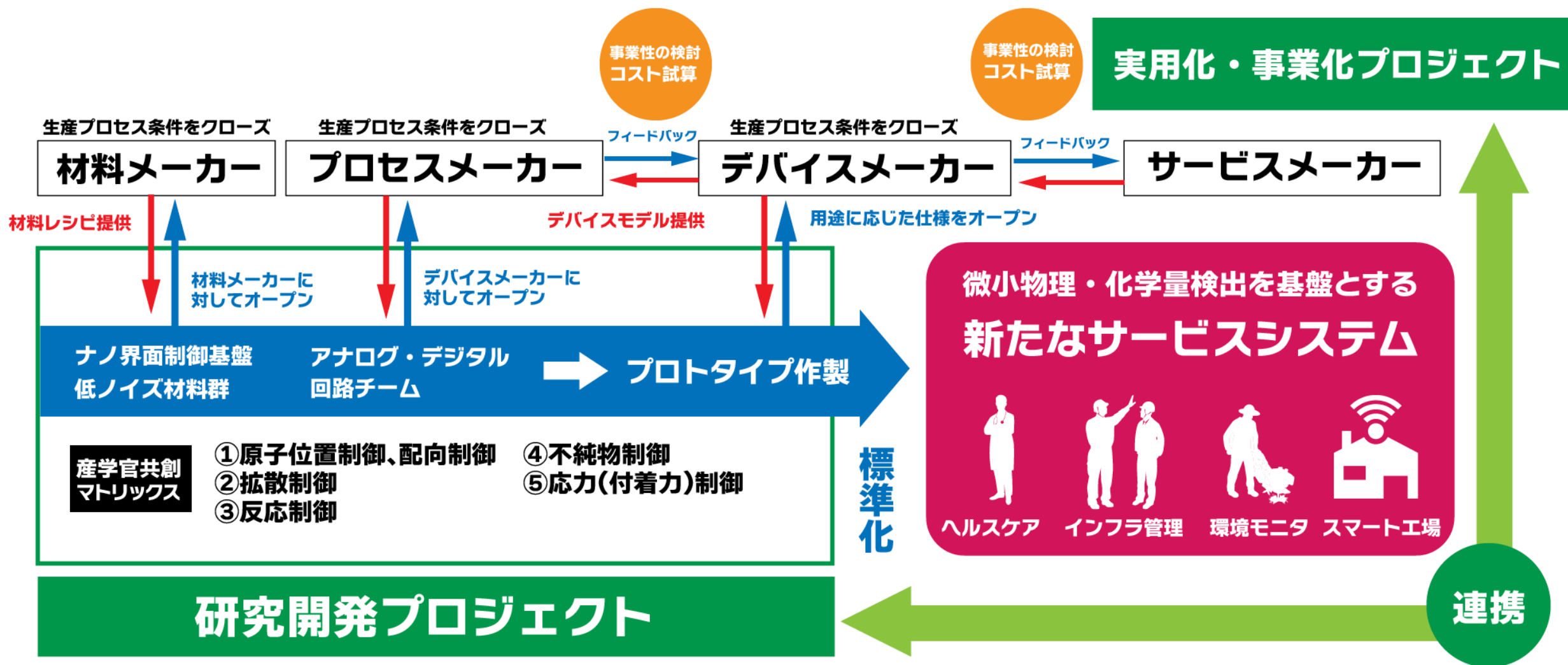
Well-Being 2050の実現へ

持続的な経済成長産業の創出

労働力減少に対応する産業システム構築

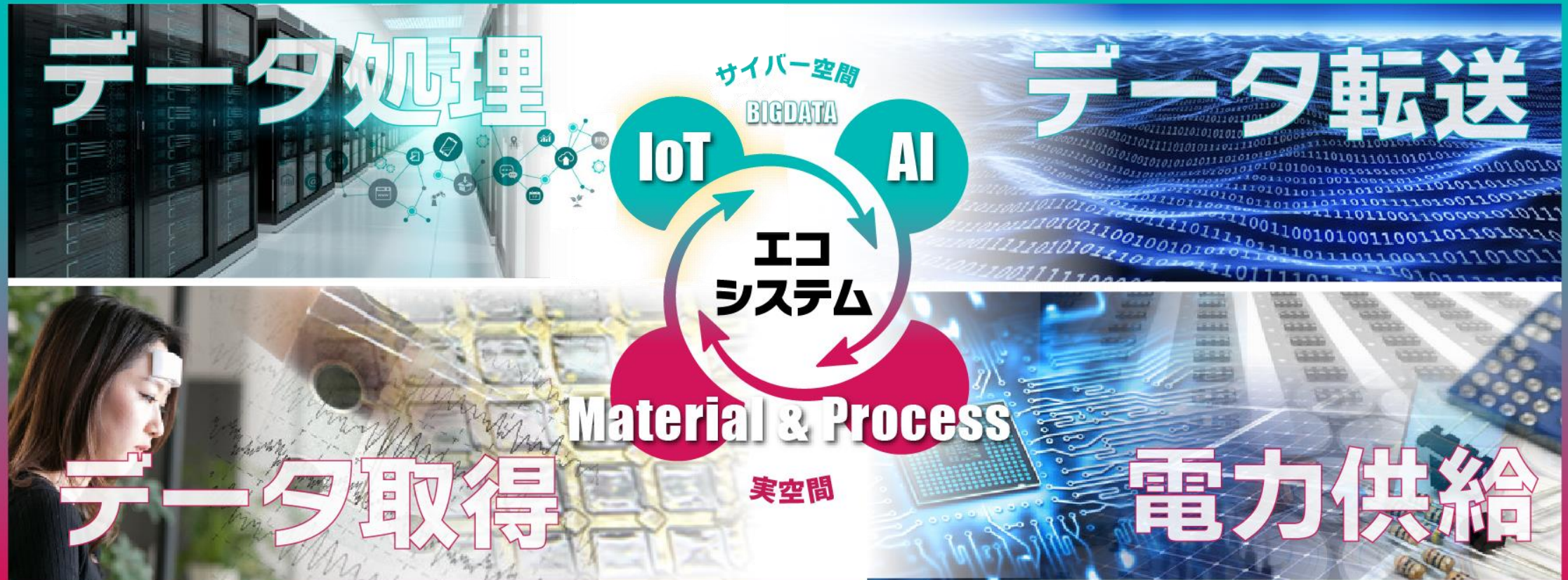
全年齢層が健康に活躍できる環境整備

事業横断性・連携体制の構想



世界エコシステムの中で“躍進する日本”

世界中のITテクノロジーと連携する



次世代マテリアルシステムとして日本の強みが活かされる



次世代マテリアルシステムにより

Well-being2050 を導く



www.sekitani-Lab.com

