

IoT社会実現のための革新センシング技術開発／革新センシング技術開発／

血中成分の非侵襲連続超高感度計測デバイス及び 行動変容促進システムの研究開発

BaMBI: Non-invasive Blood analytic Monitor for Behavior Improvement System



2022. 6. 16

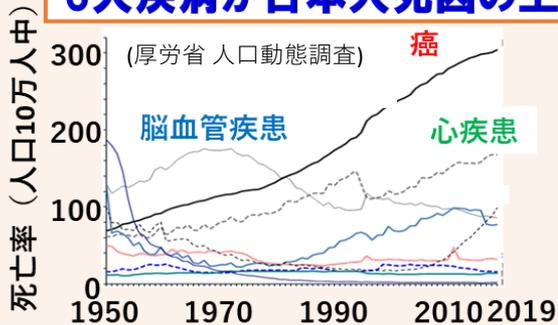
富山県立大学 学長

下山 勲

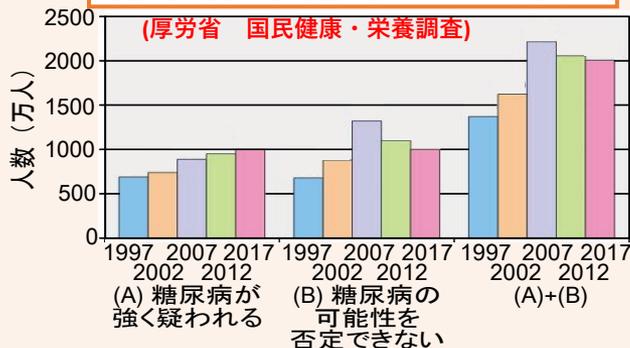
背景・目的

- **糖尿病・高脂血症・肥満**は、死に至る3大疾病のうち ②心疾患、③脳血管疾患 のリスク要因を内包、**健常者も食・運動など生活習慣改善が重要**
- 市販の運動不足モニタ機器に加え、栄養過多など食生活の目安に、**血糖値や脂質などの簡便なモニタ機器で、リスク要因の飛躍的解消が可能**
- 本研究開発の目的は、日常・非侵襲で、**血糖や血中脂質の超微小量を常時モニタする機器を開発し、これらの課題を解決する**

3大疾病が日本人死因の上位



糖尿病・予備群 2000万人



飲食後血中成分非侵襲モニタ機器を開発



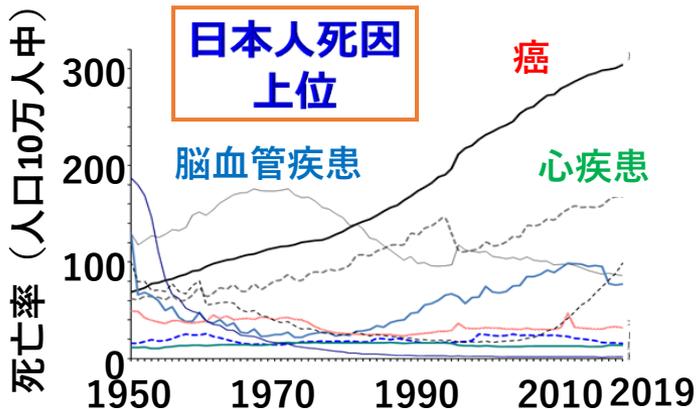
行動変容促進システム開発



3大疾病のうち心疾患、脳血管疾患に至るリスクは健常者も内包日常生活での血糖・脂質常時モニタリングを実現し健康サイクル循環

背景・目的

- 【背景】**
- 日本人の死に至る3大疾病は①ガン、②心疾患、③脳血管疾患
 - ②・③の原因である糖尿病・高脂血症・肥満、それらのリスク要因は自覚のない健常者も持つ
 - 一般人の食生活・運動のモニタによる生活習慣改善が必要である**
 - 運動不足モニタは市販製品あり、しかし、血糖値や脂質など、食生活の簡便モニタ機器は存在しない
⇒ モニタ機器を実現すれば、**リスク要因の飛躍的解消可能**



【目的】 日常・非侵襲で、血糖や血中脂質の超微量を常時モニタする機器を開発、上述の課題を解決

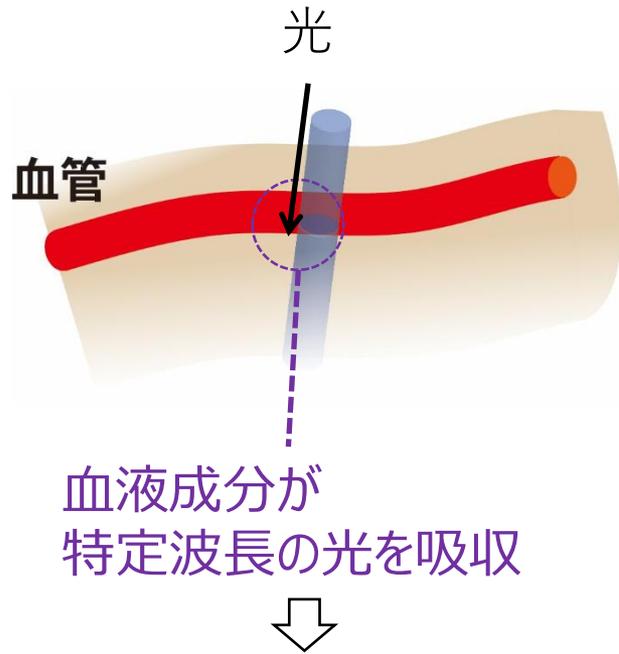
健康モニタ機器のベンチマーク

機器名	血糖	脂質	侵襲性	簡便性
A社	○	×	× 生化学式 (酵素)	△ ウェアラブル
B社	○	×	○ 光学式 (代謝熱)	△ 非ウェアラブル
C社	○	○	○ 光学式 (赤外分光)	× 大型・高価
本開発	○	○	○ 光学式	○ ウェアラブル

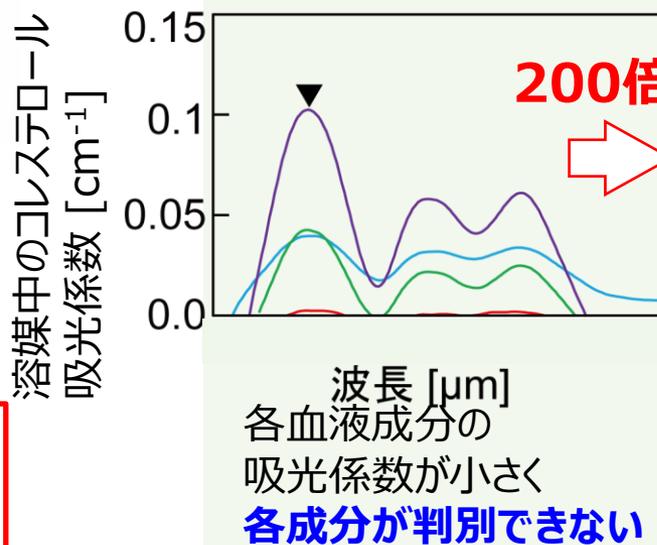
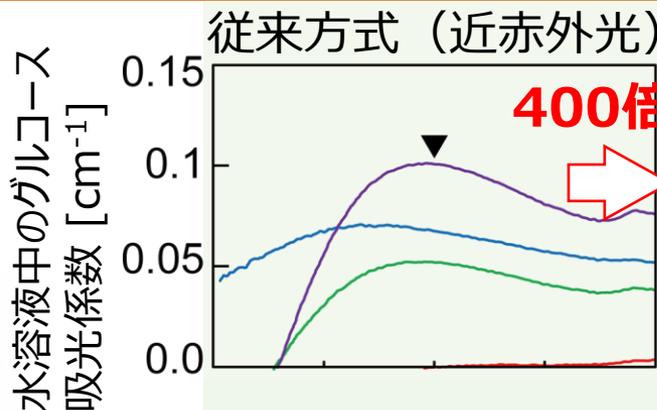
参考文献・資料 厚労省 人口動態調査
厚労省 国民健康・栄養調査

研究開発の概要

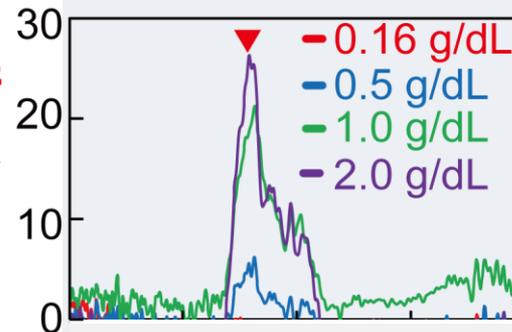
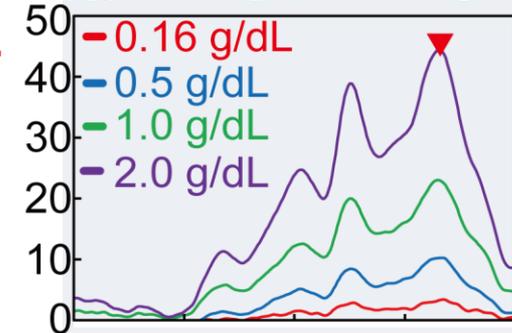
血液成分の
光学的非侵襲計測



**吸光係数から
血液成分の濃度が求まる**



提案方式 (遠・中赤外光)



波長 [μm]

吸光係数が**100倍以上**
各成分を容易に判別

血液成分の遠・中赤外領域の吸光係数は近赤外の **100 倍以上**

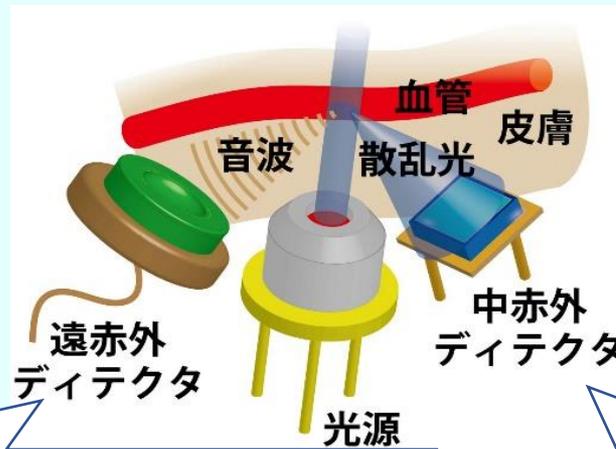
⇒血液成分のわずかな変化で吸光係数が大きく変わり検出できるようになる

⇒生体が光を遮る(減衰)ため、従来の1/1000倍の信号を計測する**超高精度ディテクタ**が必要

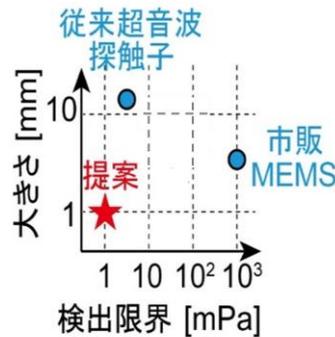
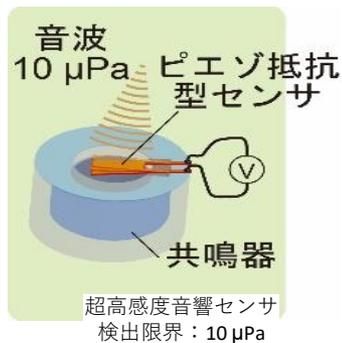
⇒精度向上のため、**複数波長での計測**が必須

研究開発の概要

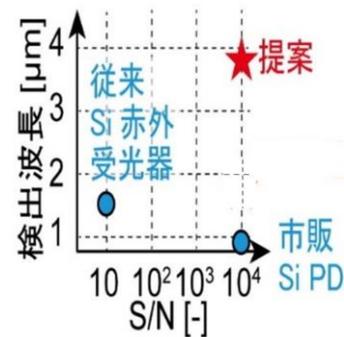
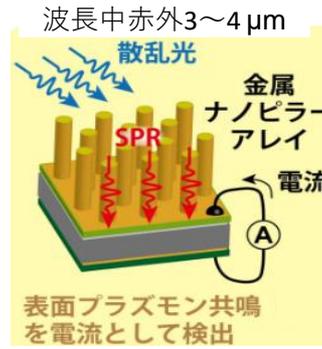
- ・非侵襲常時ウェアラブルモニタリング機能が必須、体外からの光学計測で機器開発
- ・ $1.6\mu\text{m}$ の近赤外領域に比べ、血糖・血中脂質の吸光係数が特異的に高い $10\mu\text{m}$ 、 $4\mu\text{m}$ の遠・中赤外波長を活用、高精度計測に対応した2方法を組合せ、モニタリング機器
- ・取得データの「見える化」を進めることで、食事・運動指導、食事レシピ提供、食べ過ぎ・飲み過ぎの「警告」、行動変容を促進



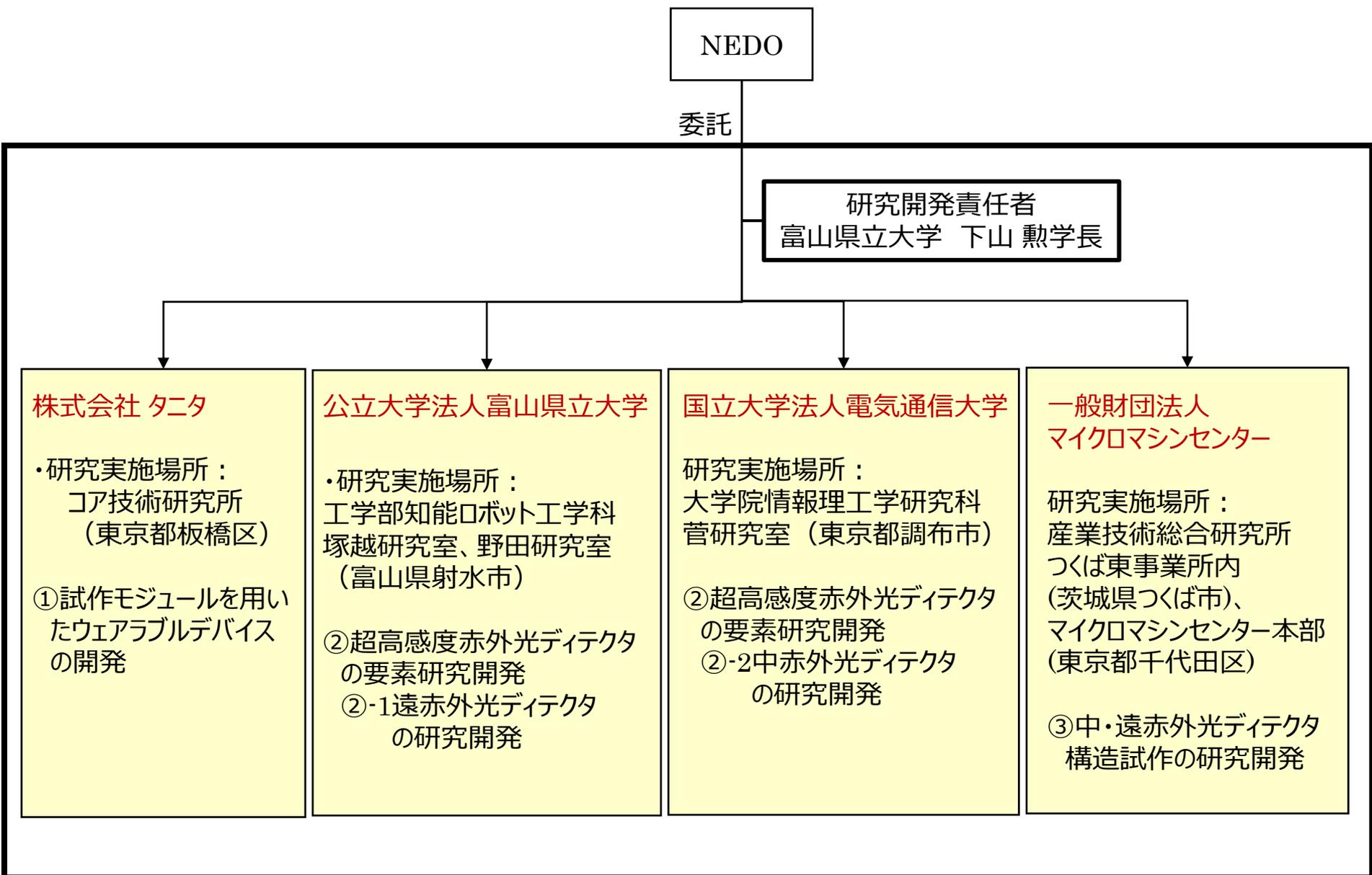
遠赤外ディテクタ(血糖)



中赤外ディテクタ(脂質)



研究開発の実施体制



株式会社 タニタ

・研究実施場所：
コア技術研究所
(東京都板橋区)

①試作モジュールを用いたウェアラブルデバイスの開発

公立大学法人富山県立大学

・研究実施場所：
工学部知能ロボット工学科
塚越研究室、野田研究室
(富山県射水市)

②超高感度赤外光ディテクタの要素研究開発
②-1遠赤外光ディテクタの研究開発

国立大学法人電気通信大学

研究実施場所：
大学院情報理工学研究科
菅研究室 (東京都調布市)

②超高感度赤外光ディテクタの要素研究開発
②-2中赤外光ディテクタの研究開発

**一般財団法人
マイクロマシンセンター**

研究実施場所：
産業技術総合研究所
つくば東事業所内
(茨城県つくば市)、
マイクロマシンセンター本部
(東京都千代田区)

③中・遠赤外光ディテクタ
構造試作の研究開発

研究開発の3年間概要スケジュール

研究項目	2019年度	2020年度	2021年度
		ステージゲート(SG)★	
1. 試作モジュールを用いたウェアラブルデバイスの開発	ファントム試作評価 →	ファントム最適化・センサ評価・課題抽出 →	センサ仕様・デバイス設計 →
2. 超高感度赤外光ディテクタの要素研究開発			
②-(1) 遠赤外光ディテクタの研究開発	遠赤外ディテクタ要素 →	遠赤外ディテクタ特性向上 →	遠赤外ディテクタ 統合評価・機構設計 →
②-(2) 中赤外光ディテクタの研究開発	中赤外ディテクタ要素 →	中赤外ディテクタ特性向上 →	中赤外ディテクタ 統合評価・機構設計 →
3. 中・遠赤外光ディテクタ構造試作の研究開発			
③-(1) 遠赤外光ディテクタ構造試作	カンチレバー等試作評価 →	共鳴器等試作評価 →	統合試作評価 →
③-(2) 中赤外光ディテクタ構造試作	ショットキー等試作評価 →	光吸収構造等試作評価 →	統合試作評価 →

試作モジュールを用いたウェアラブルデバイス開発 その1

1. 狙い

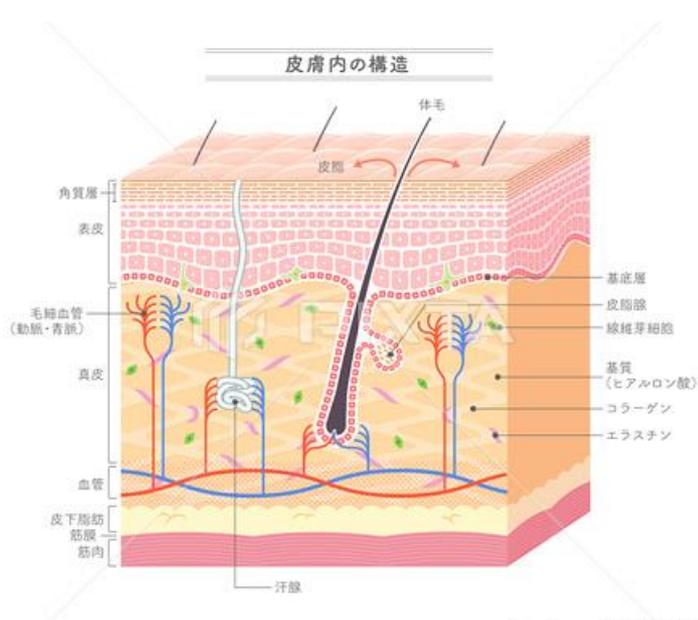
血中成分を非侵襲に計測するためのセンサやデバイスの評価は、生体に近い特性を有し、測定対象濃度に依存した応答が得られ、且つ安定であることが条件となる。この評価用標準器を開発する。

2. 研究開発の概要

皮膚を通して生体成分を測定するためには、角質層や細胞による影響を排除する必要あり
 センサ評価を安定に行うためには、上記状況を再現できる標準器が必要

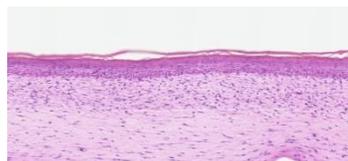
そこで、培養皮膚細胞→人工膜+模擬血液の順に光、及び光音響特性に不要な点を削ぎ、簡略且つ安定した状態で生体と同じ光、及び光音響特性を再現

➡ 仕様を決定し、各濃度における光学標準器を開発

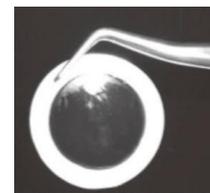


皮膚の模式図

pixta.jp - 43948252



培養皮膚細胞



人工膜



ヒト血清



開発した標準器

試作モジュールを用いたウェアラブルデバイス開発 その2

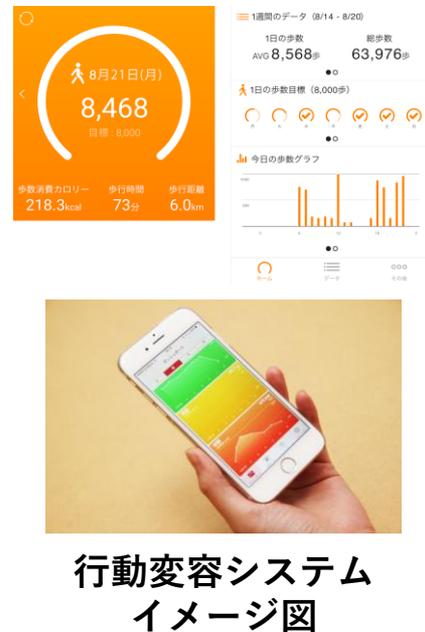
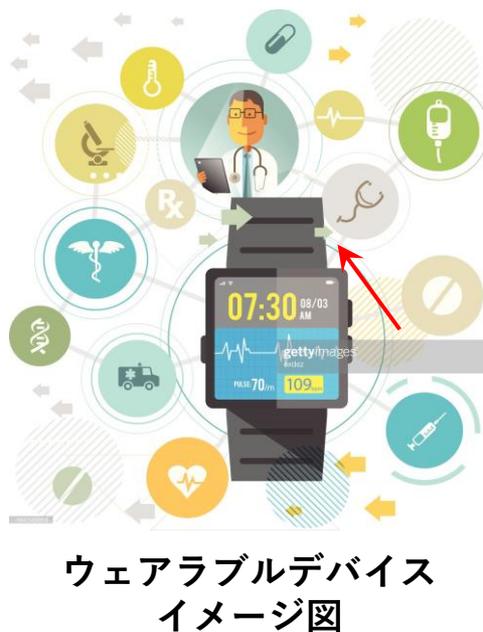
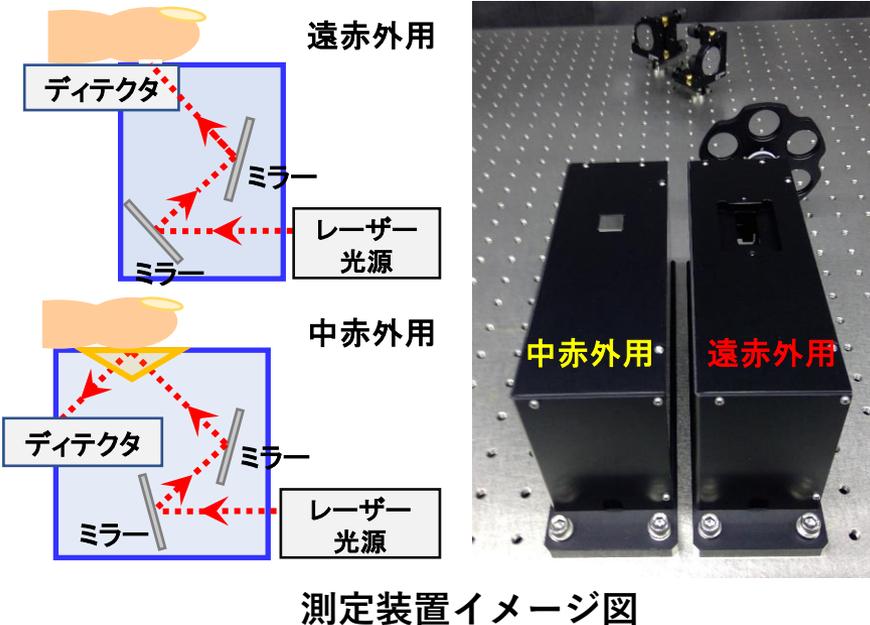
1. 狙い

開発したセンサと光源を組合わせたデバイスの設計を行い、非侵襲に血中成分が計測できる装置の開発を行う。

2. 研究開発の概要

血中成分を非侵襲に計測することが可能なデモ試作器を開発

- ➡ 開発した測定装置を用いてヒトによる少人数での実証試験を行い、エビデンスを取得
- ➡ ウェアラブルデバイス化を目指し、連続的に血中成分の変動をリアルタイムモニタリング
- ➡ 収集したデータから生活習慣の改善を促す行動変容プログラム(食事、運動、睡眠など)を策定、未病の段階で健康な状態に戻すことのできる促進システムを開発予定



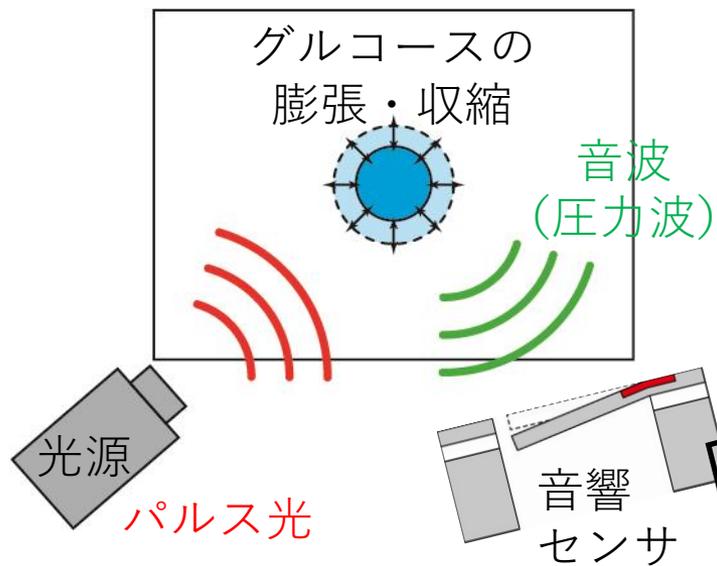
遠赤外光ディテクタの研究開発

1. 狙い

- 光音響法を用いて体内の血糖を非侵襲に計測可能なシステムの開発
- 光音響によって生じる微小な音波を計測する超高感度音響センサの実現

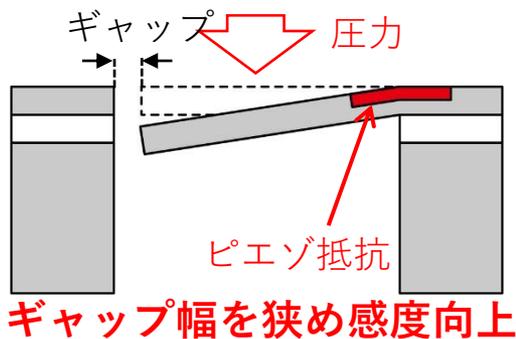
2. 概要と開発状況

光音響効果

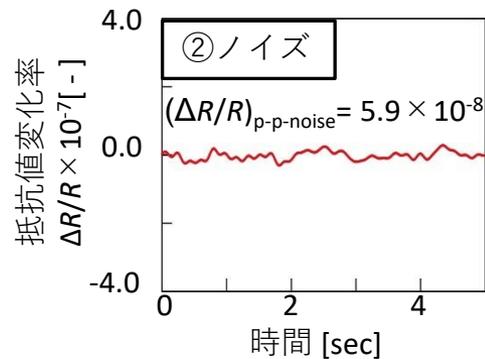
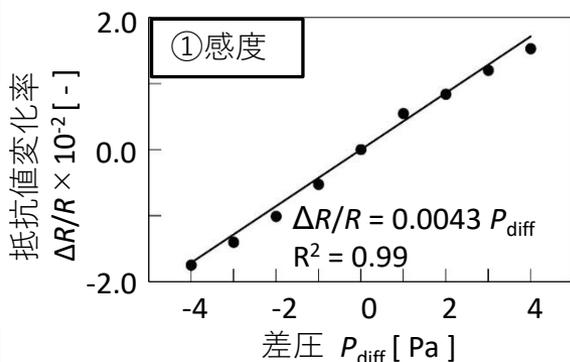


血糖（グルコース）の吸収波長帯の光パルスを照射することで、光パルスを受けたグルコースが膨張・収縮。
 ⇒体積変化で発生する音波（圧力波）をもとにグルコースを非侵襲計測。

シリコンピエゾ抵抗を用いた音響センサ



試作カンチレバー



同期検波法により10 μPa まで計測可

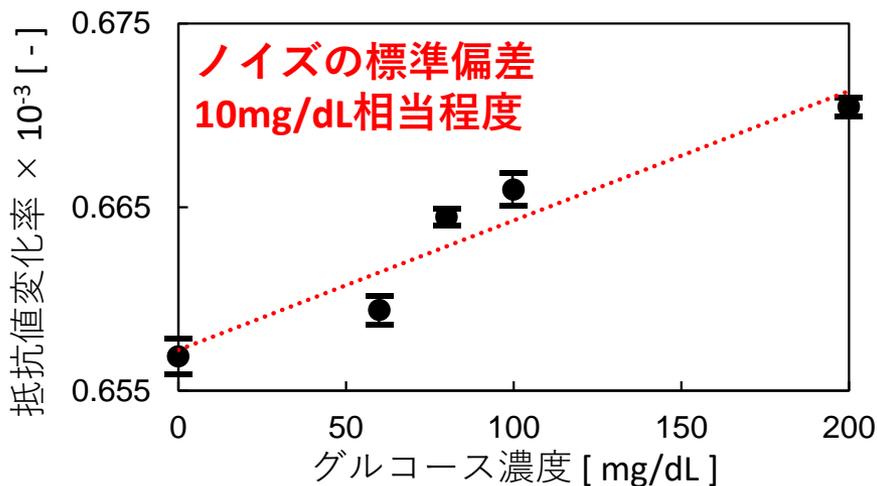
遠赤外光ディテクタの研究開発

1. 狙い

- 光音響法を用いて体内の血糖を非侵襲に計測可能なシステムの開発
- 光音響によって生じる微小な音波を計測する超高感度音響センサの実現

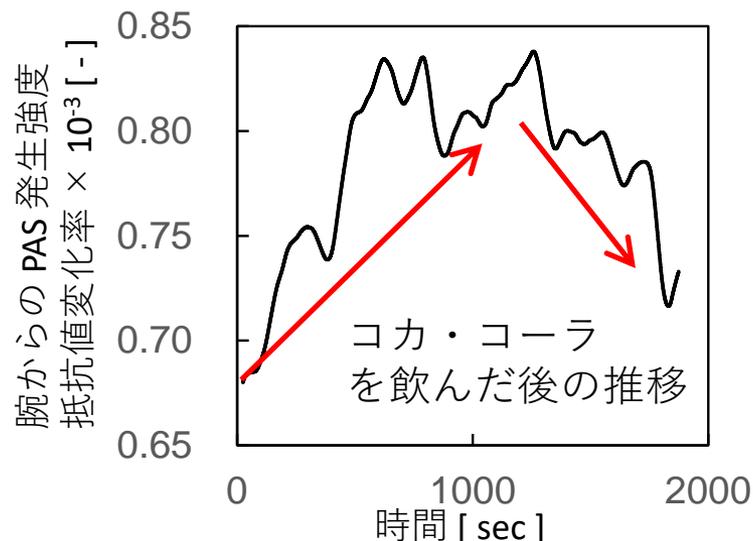
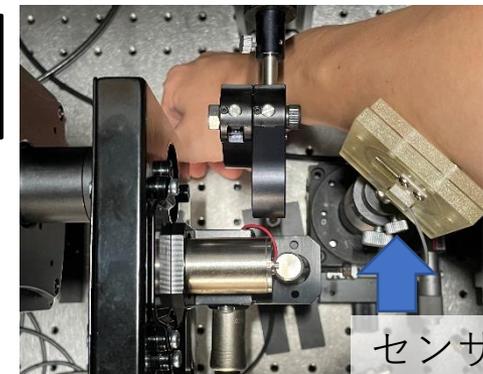
2. 概要と開発状況

センサ評価：
試作センサによるグルコース溶液濃度計測



計測中に生じた環境変化によるノイズの影響・標準偏差が 10 mg/dL 分以下
→ 10 mg/dL 以下の分解能で血糖を検出可能

人体の光音響計測試験



※計測 10 分前にコカ・コーラを 350 ml 摂取

中赤外光ディテクタの研究開発

1. 狙い

システム化に向けたシリコンを材料として、血中成分の吸収を赤外線で計測可能とする赤外線ディテクタの高感度化を目標として取り組み中。

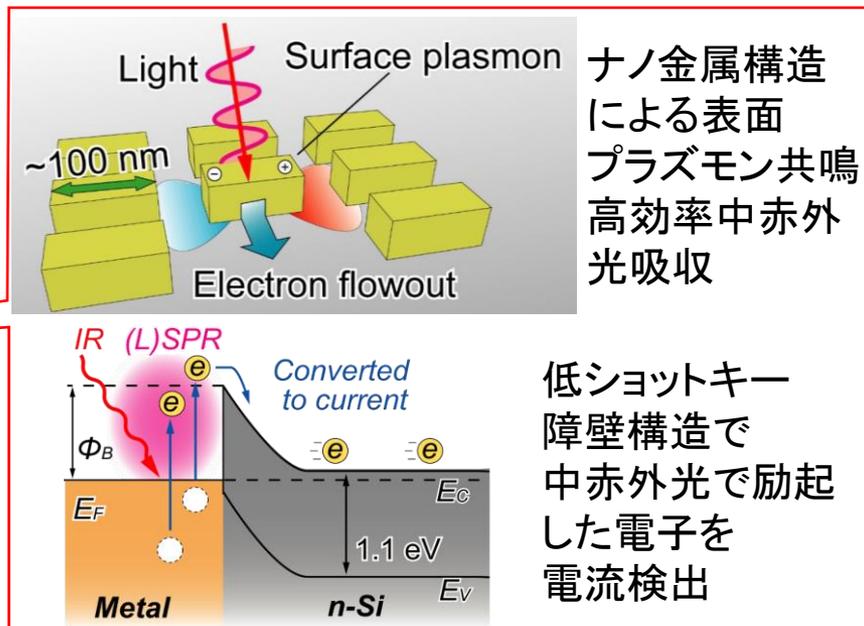
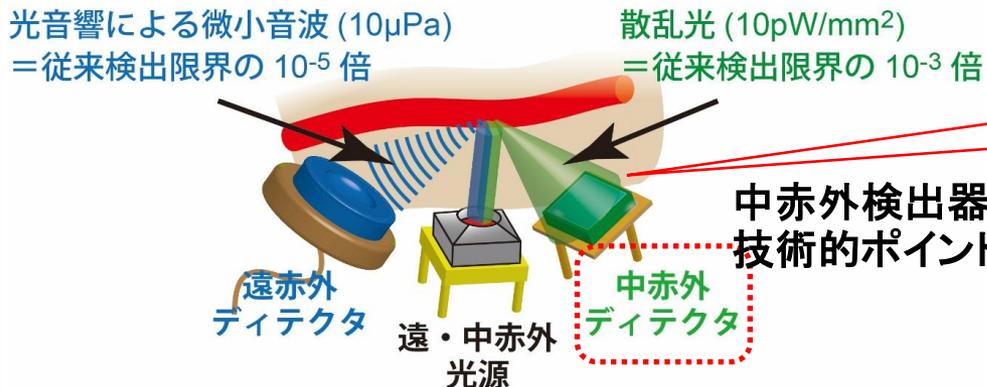
2. 概要と開発状況

血中脂質成分は中赤外領域(波長3~4 μm)で強い吸収を示す。この特性を利用して、光吸収量により血中脂質成分の非侵襲計測を目指す。

電気通信大学では、マイクロマシンセンターとともにシステム統合性が高いシリコンを赤外検出材料として用いた、中赤外フォトディテクタの研究開発を進めている。このデバイスをシステム化し、タニタとともに標準器・人体に適用して計測・評価を進め、非侵襲血中脂質成分の計測法の確立を目指す。

現在の開発状況: ①高感度な中赤外(波長~3.5 μm)ディテクタ実現、②脂質濃度の検出を実施中

(取り組み概要説明)



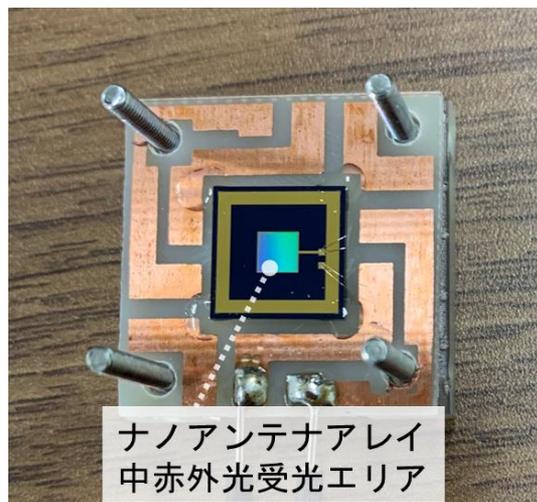
低ショットキー障壁構造で中赤外光で励起した電子を電流検出

中赤外光ディテクタの研究開発

1. 狙い

システム化に向けたシリコンを材料として、血中成分の吸収を赤外線で計測可能とする赤外線ディテクタの高感度化を目標として取り組み中。

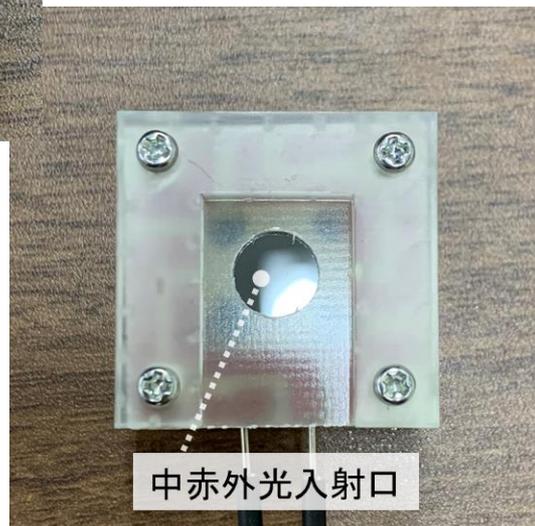
2. 概要と開発状況



ナノアンテナアレイ
中赤外光受光エリア

←1cm²シリコンチップ上
にMEMSプロセスで
中赤外光受光エリア形成

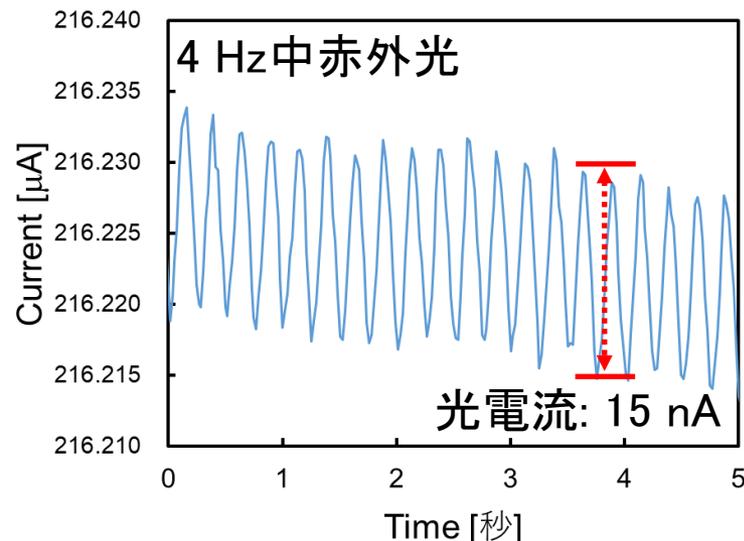
完成した中赤外光ディテクタはシリコン基板裏面から入射する仕組み→



中赤外光入射口

MEMSプロセスで中赤外光検出器試作

- サブ μm 金属凹凸構造により入射した中赤外光を効率的に光吸収
- 低障壁を実現するPtSi/p-Si障壁を用いて、中赤外光による励起電子を電流に変換可能に
- 基板背面からの照射により、効率よく光検出を実施



レーザー波長: 3200-3550 nm, 出力: 65 mW

遠赤外光ディテクタ構造試作

1. 狙い

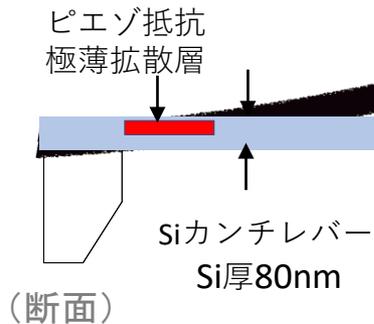
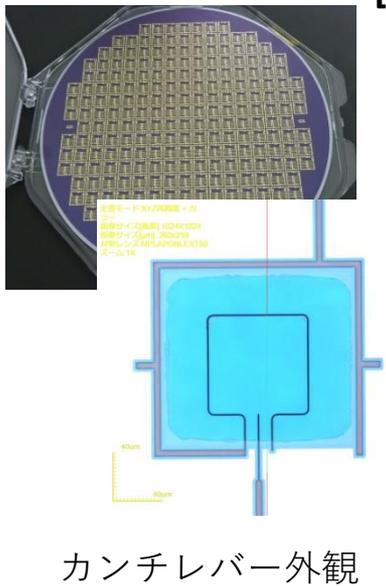
波長帯～10 μ m遠赤外光ディテクタ向け、気中共鳴Si構造一体型ピエゾ抵抗型カンチレバセンサーの実用化に向けたプロセス開発

2. 研究開発の概要

8インチSiウエハを用いて、光音響効果検出可能な5mm \square サイズの超高度遠赤外光ディテクタ(波長帯: 10 μ m)用のカンチレバーセンサ加工プロセス開発を実施し、富山県立大学 野田先生に提供
 高感度化: 極薄Siカンチレバー加工技術開発、音響共鳴構造体一体化加工技術開発を実施

80nm厚Siカンチレバー加工8インチウエハ

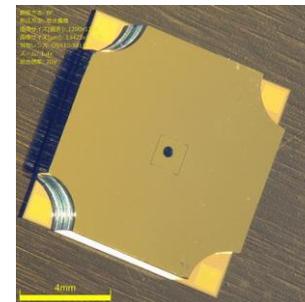
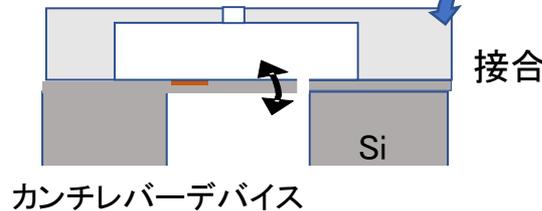
[カンチレバー高感度化]



現在、50nm厚カンチレバー開発を実施中

[Siカンチレバー共鳴構造一体化]

気柱共鳴構造



中赤外光ディテクタ構造試作 1

1. 狙い

波長帯3~4 μm :シリサイドショットキー電極プラズモニックシリコンフォトディテクタの実用化に向けたプロセス開発。

2. 研究開発の概要

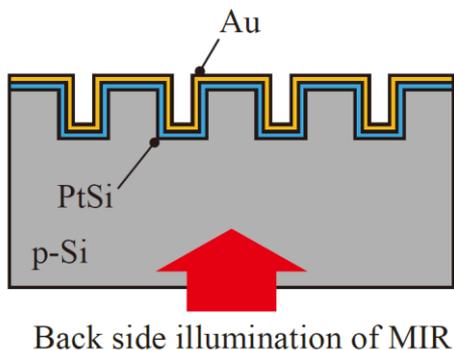
8インチSi基板を用いて高感度、低ノイズ中赤外光ディテクタ用の、ショットキーバリアダイオード構造光センサを試作して電通大 菅先生に提供。

- ・高感度化:光アンテナとして機能する、ナノサイズSiホールアレーを形成。
- ・低ノイズ化:シリサイド電極形成等の構造開発を実施

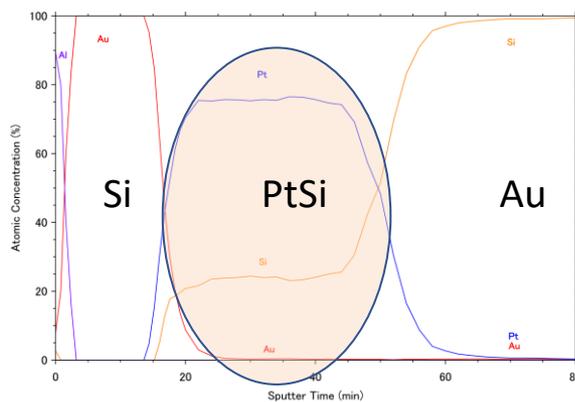
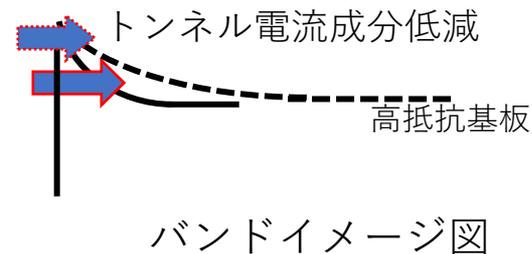
[高感度化開発]

[低ノイズ化開発]

○ショットキーバリアダイオード形成
ナノホールアレー



○高抵抗基板使用による
ダイオード逆方向電流の低減

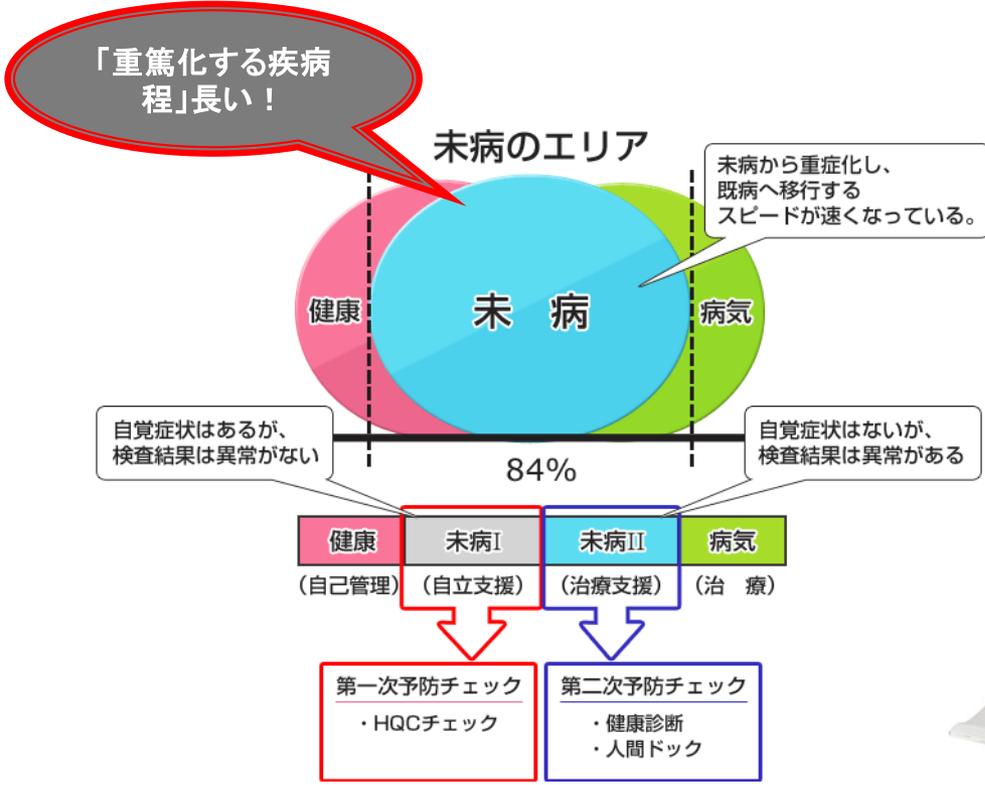
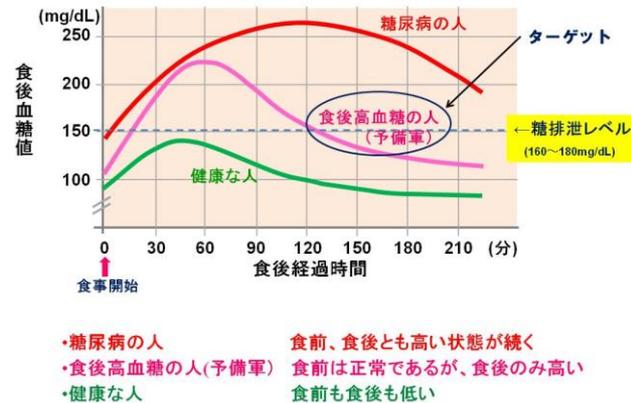


深さ方向分析

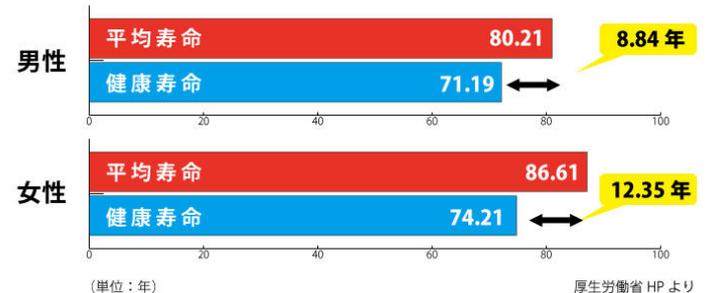
事業化に向けて その1

事業化イメージ(事業概要・効果)

- 事業の目的:健康寿命の延伸/疾病の重篤化回避による医療費の削減
- 事業形態: B to B
- 事業対象:健康保険組合/(健康意識の高い)企業/地方自治体 等
- 付帯効果:企業・自治体のイメージUP⇒ 人材確保・過疎対策
- 必須環境:食事・運動・休養を促す総合的サービスを提供出来る環境



平均寿命と健康寿命の差 (平成 28 年)



事業化に向けて その2

ビジネス全体のイメージ

タニタのビジネス領域

中性脂肪を上げる食品・下げる食品

上げる食品
脂身の多い肉、豚骨みそ、餅類、パスタ、チーズなどの乳製品、チョコレート

コレステロールを多く含む食品
イカ、タコ、卵、エビ、魚卵、レバー

下げる食品
果物、大豆食品、野菜、海藻類、青魚の魚

睡眠計

活動量計

TANITA FITS ME



デバイス開発
(製品イメージ)

からだのデータ

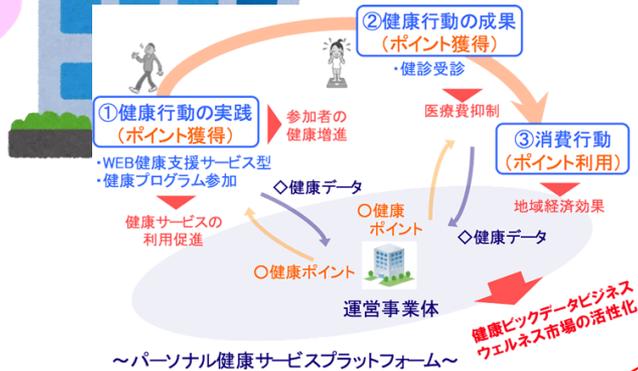
THLのビジネス領域

健康プラットフォーム
からだのデータ蓄積・分析・予測



地方自治体

健康データの
ビジネス利用





ご清聴ありがとうございました