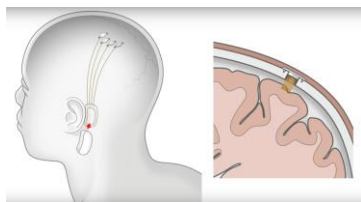


微弱な生体信号を 高感度に測る無線計測システム

早稲田大学
大学院情報生産システム研究科
教授 三宅 丈雄

2021年6月22日

研究の背景: Internet of Health Things(IoHT)



<https://www.businessinsider.jp/post-197821>

脳

眼

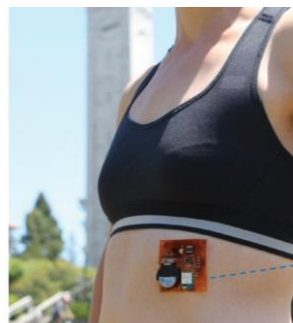


<https://www.sensimed.ch/sensimed-triggerfish/>



Peter Tseng et al., Adv. Mater., 30, e1703257 (2018)

口



Yasser Khan et al., Adv. Funct. Mater.2016.

体表



Bandodkar et al., Sci. Adv. 2019; 5:eaav3294

健康状態を測る生体センサ

Electrophysiological Signals

脳波/心電図/筋電図/皮質電図/網膜電図/眼電図

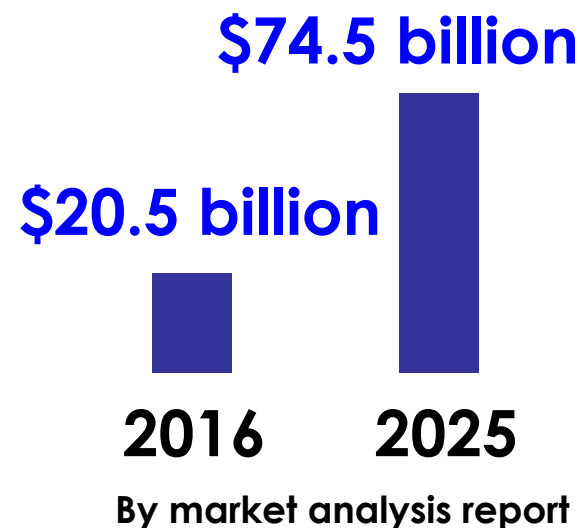
Physical Signals

温度/圧力/歪/動作/速度/振動

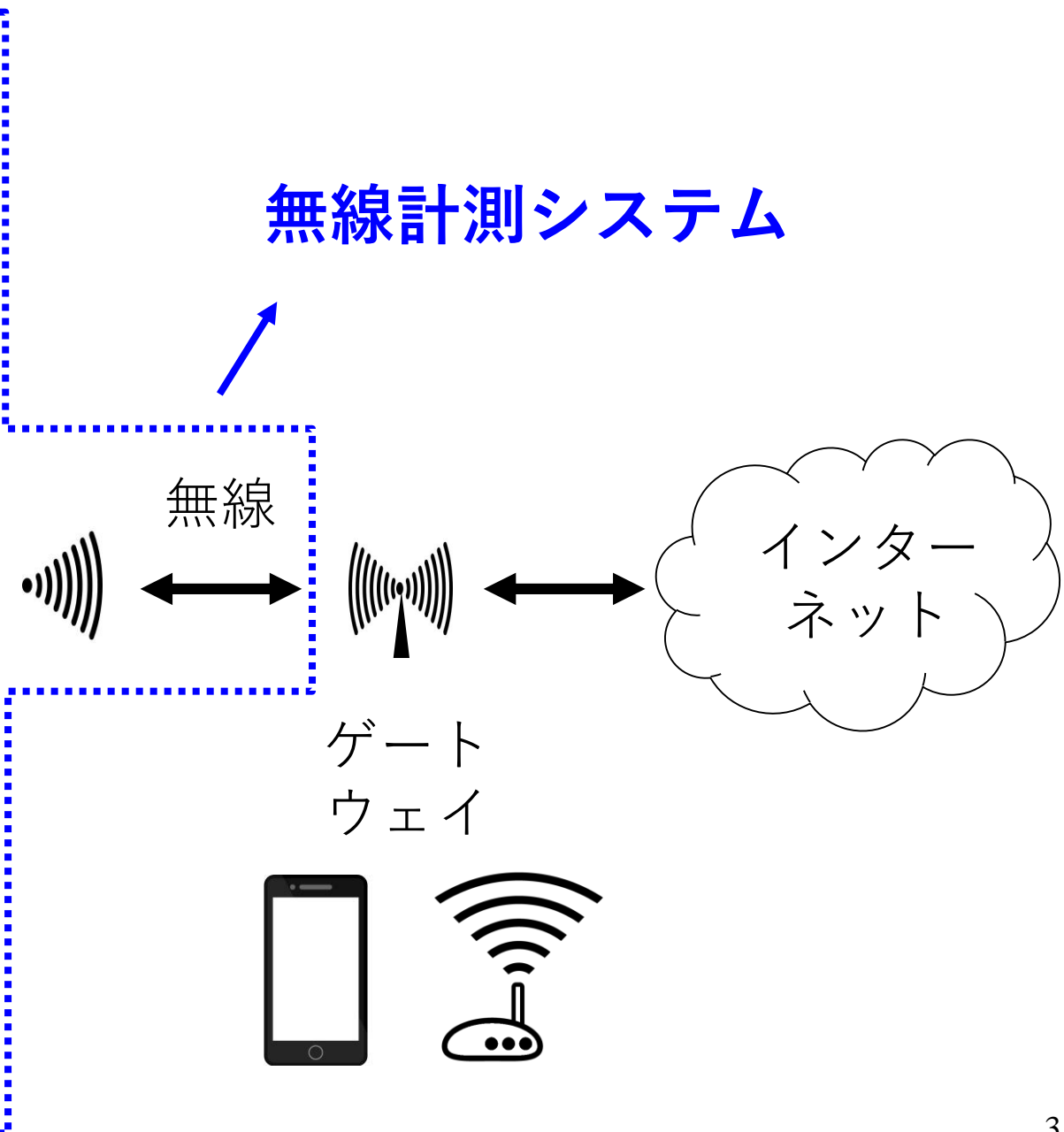
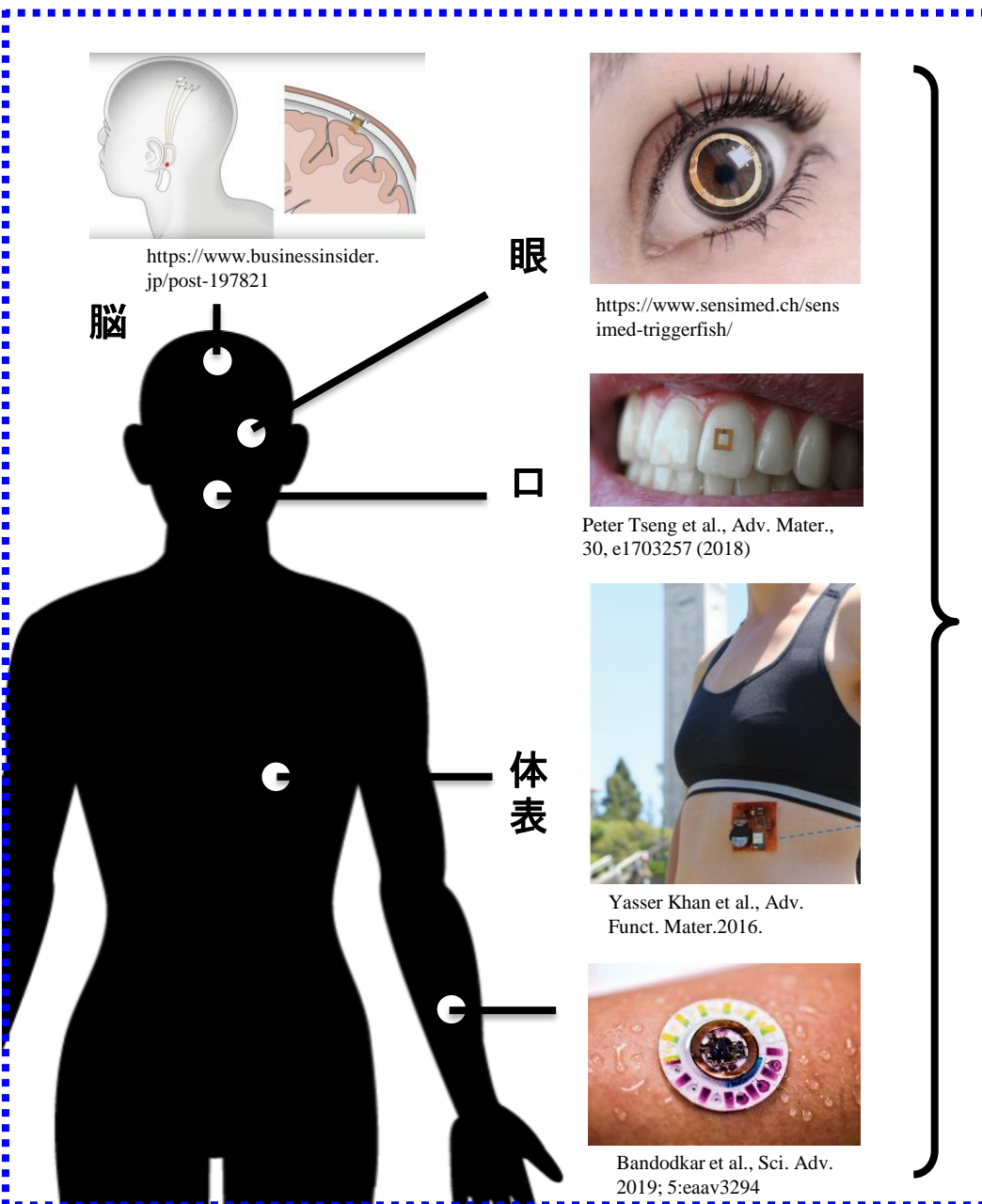
Biochemical Signals

糖度/乳酸/尿酸/タンパク質/アドレナリン/抗体/アルコール/イオン/代謝物

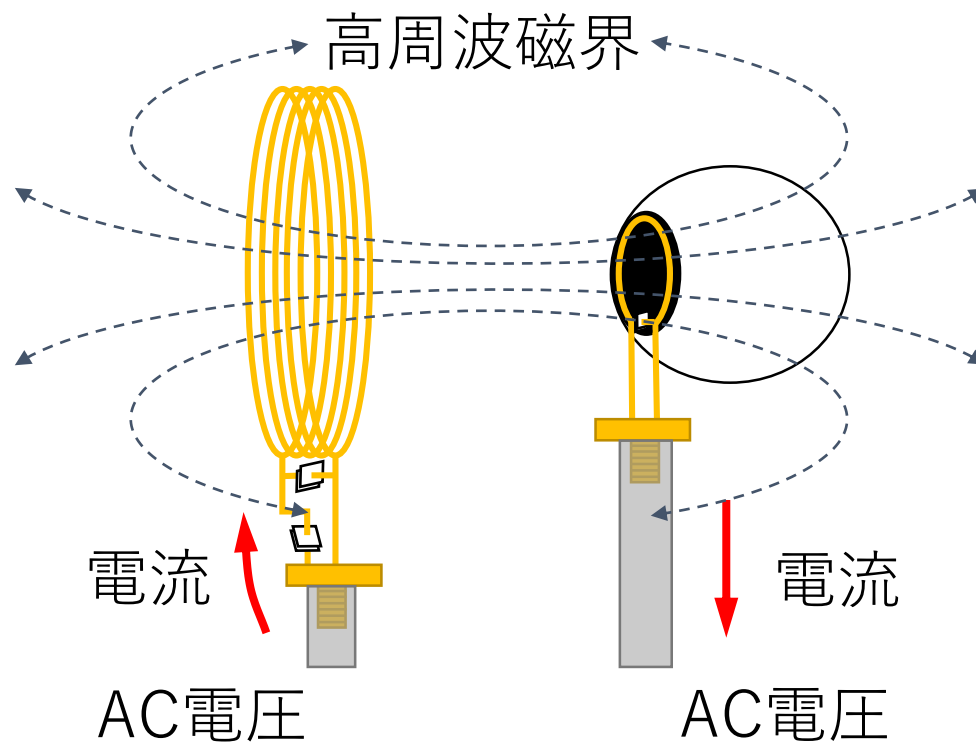
市場拡大



研究の背景: Internet of Health Things (IoHT)

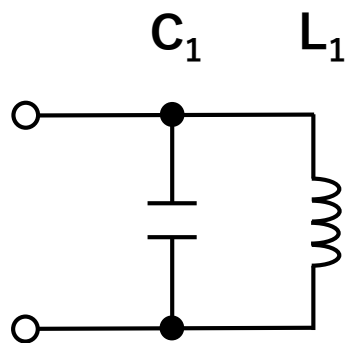


無線計測システム

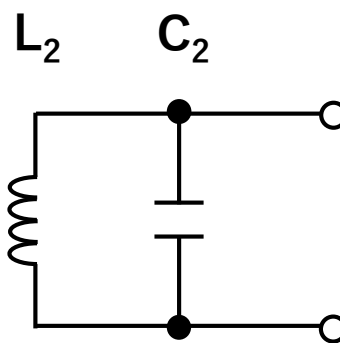


共振周波数

$$f_A = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{L_1 C_1}}$$



共振器A

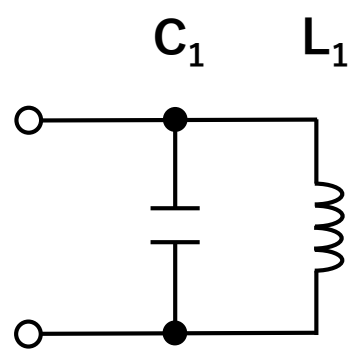
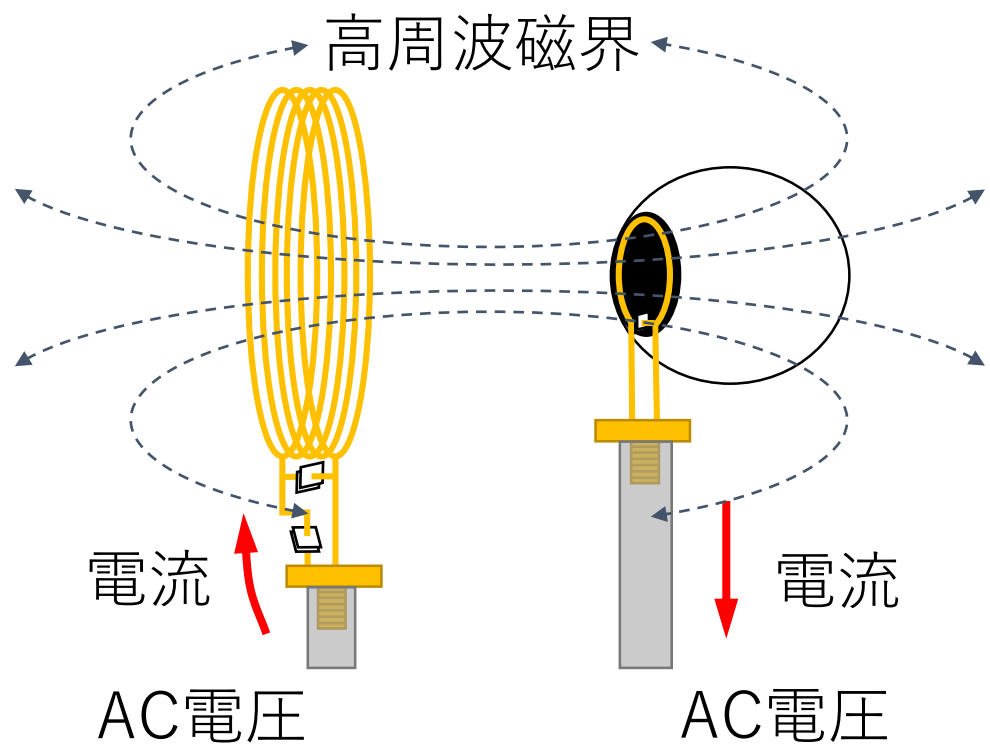
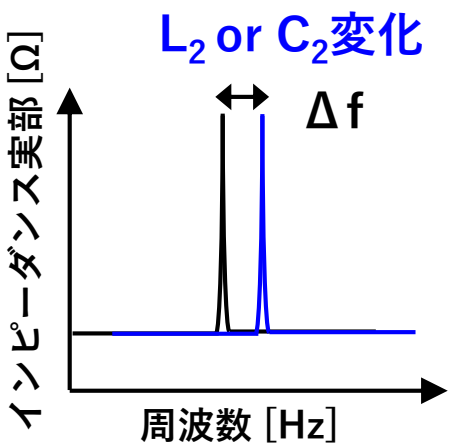
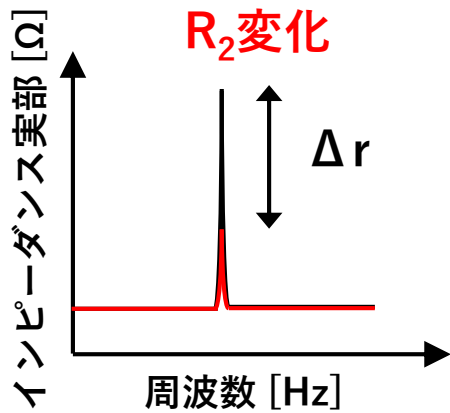


共振器B

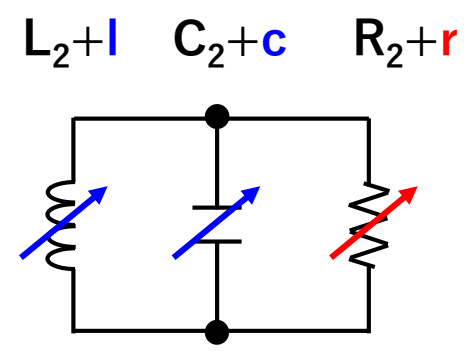
共振周波数

$$f_B = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{L_2 C_2}}$$

無線計測システム

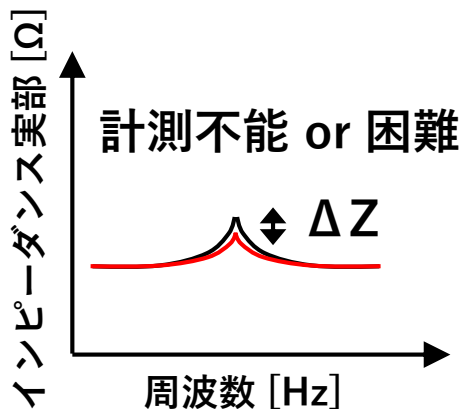


検出器=共振器A



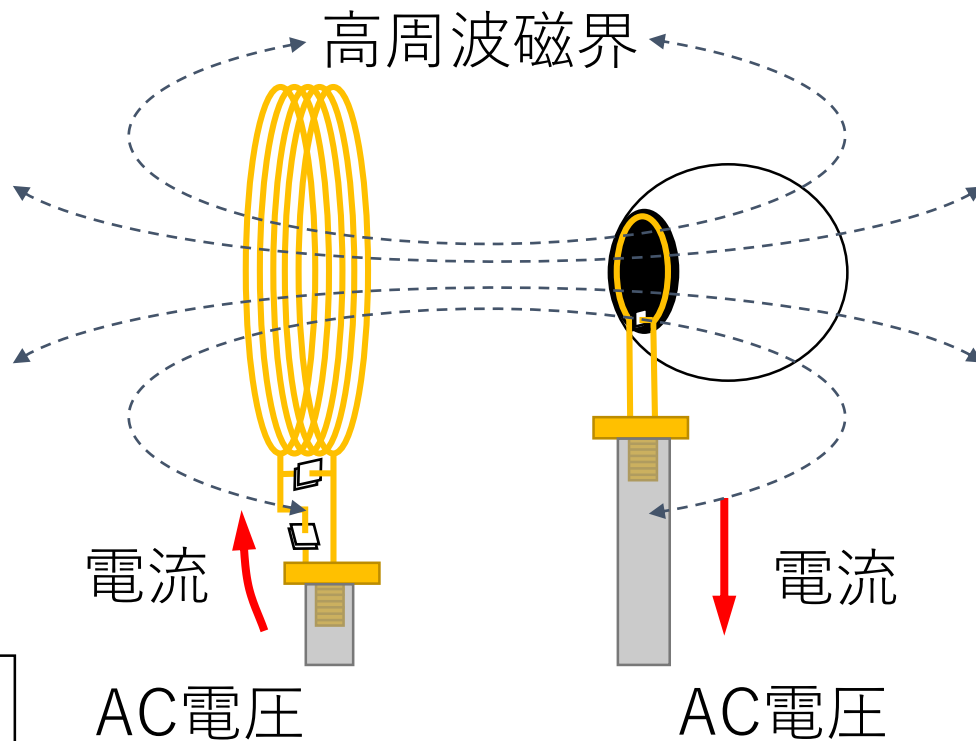
共振器B=センサ素子

従来技術の課題



無線計測が困難

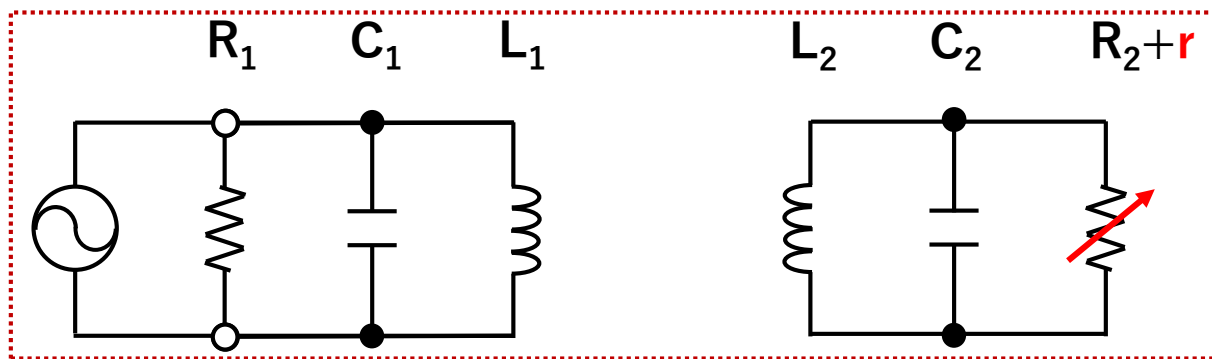
ロス-ロス結合(従来)



共振結合時

$$(R_1 = R, R_2 = R)$$

$$\Delta Z = \left| \frac{-rR^2}{4R^2 + 2Rr} \right|$$



ロス-ロス結合

検出器=共振器A

共振器B=センサ素子

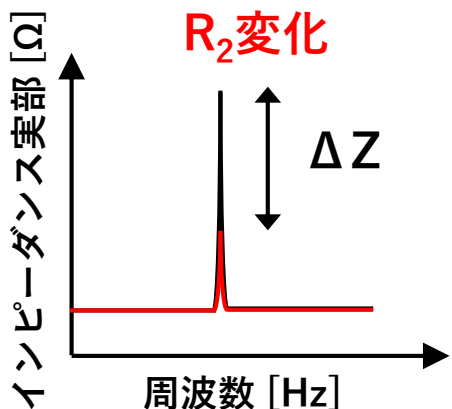
微弱な生体信号

$$L_2 \gg l$$

$$C_2 \gg c$$

$$R_2 \gg r$$

新技術：パリティ-時間(PT)対称性共振回路



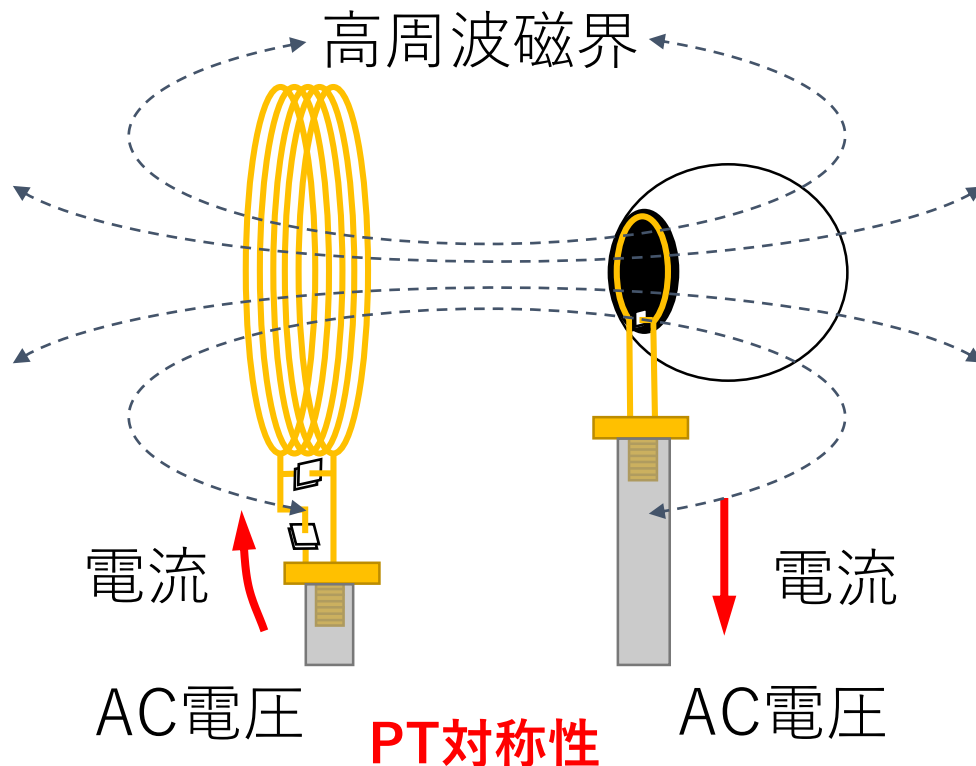
高感度な計測を実現

ゲイン-ロス結合

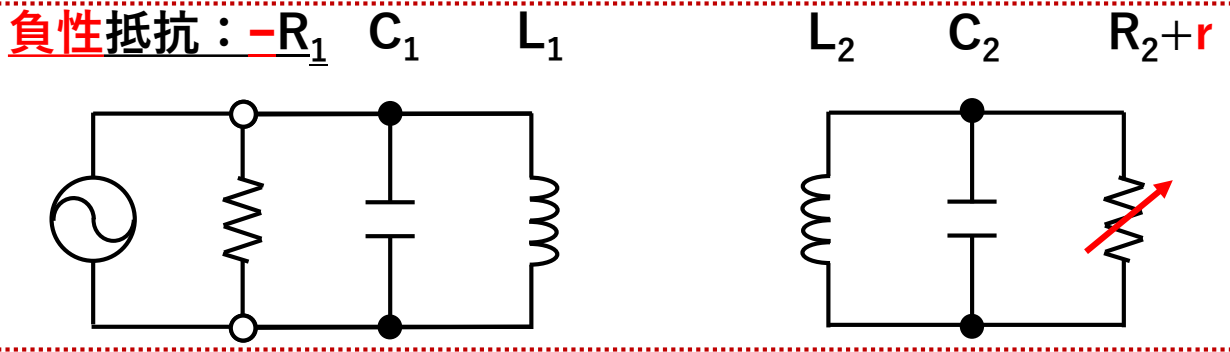
共振結合時

$$(R_1 = -R, R_2 = R)$$

$$\Delta Z = \left| \frac{-rR^2}{0} \right| \equiv \infty$$



微弱な生体信号



$$L_2 \gg l$$

$$C_2 \gg c$$

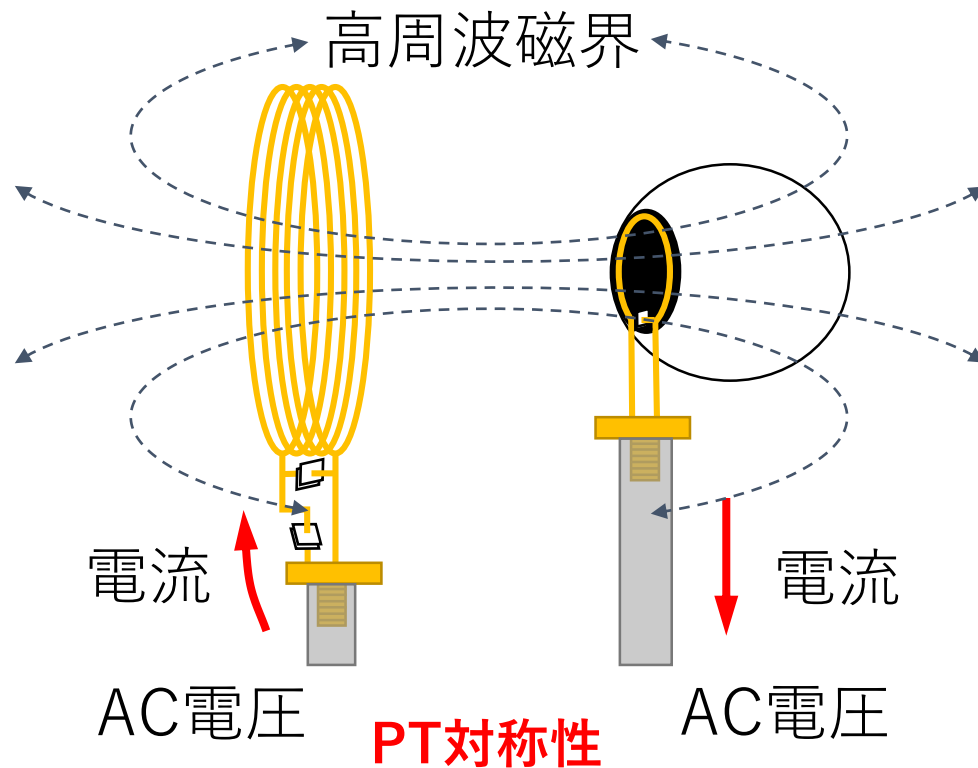
$$R_2 \gg r$$

ゲイン-ロス結合

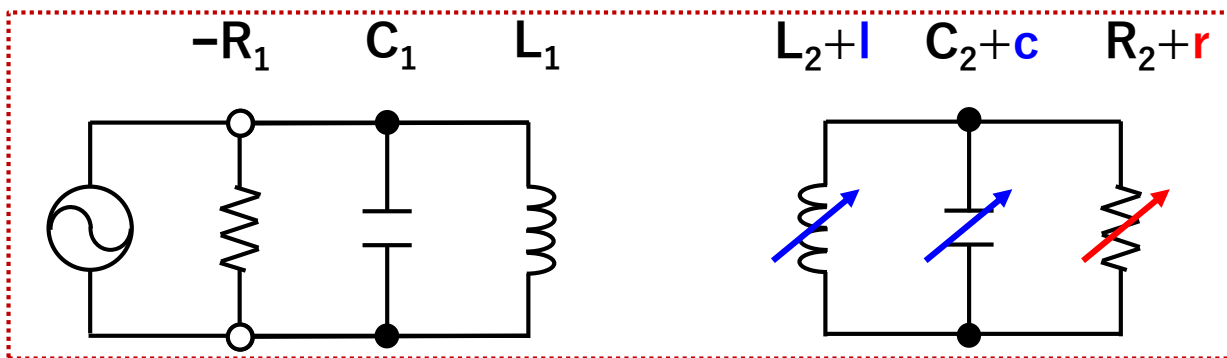
検出器=共振器A

共振器B=センサ素子

新技術：パリティ-時間(PT)対称性共振回路



微弱な生体信号



$$L_2 \gg l$$

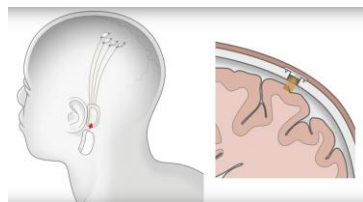
$$C_2 \gg c$$

$$R_2 \gg r$$

検出器=共振器A

共振器B=センサ素子

想定される用途



<https://www.businessinsider.jp/post-197821>

眼



<https://www.sensimed.ch/sensimed-triggerfish/>



Peter Tseng et al., Adv. Mater., 30, e1703257 (2018)

口



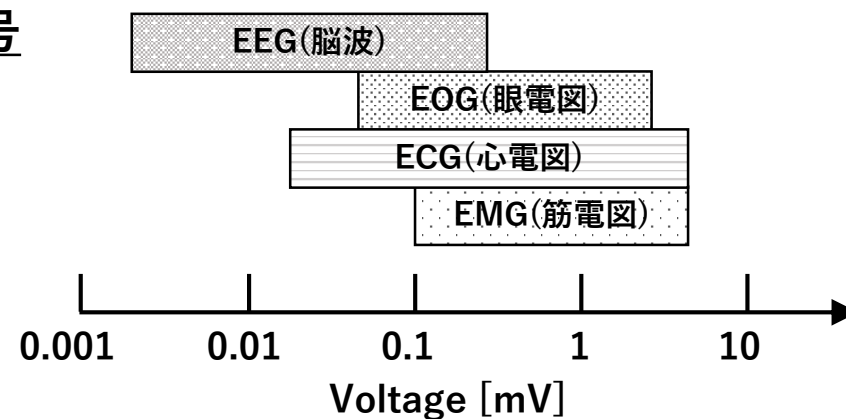
Yasser Khan et al., Adv. Funct. Mater. 2016.

体表



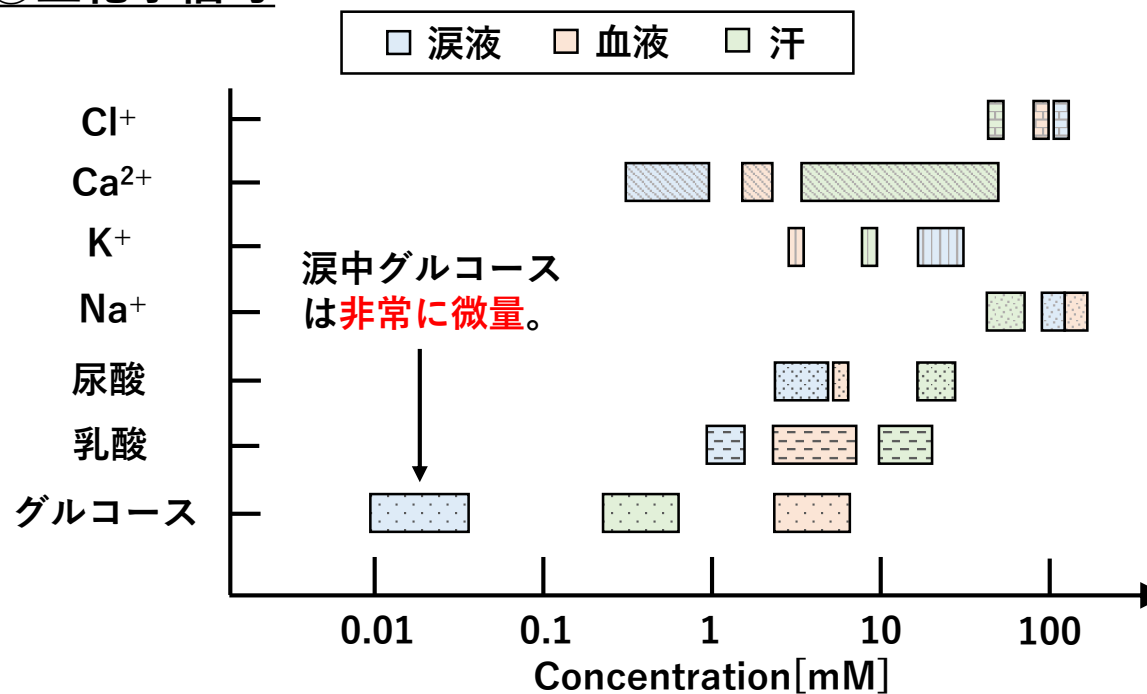
Bandodkar et al., Sci. Adv. 2019; 5:eaav3294

①電気生理信号



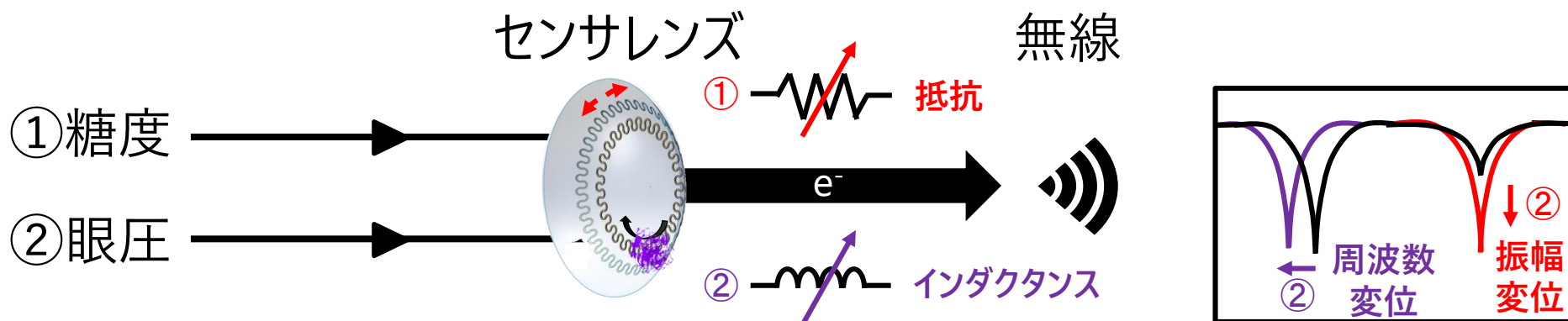
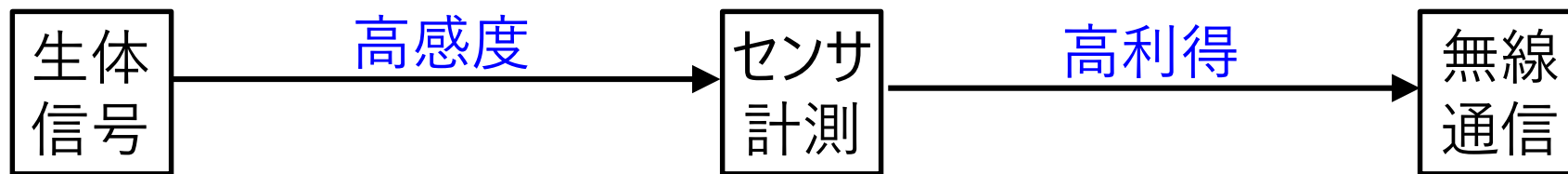
参考: Sung et. al., Vol.5 (Iss.12):December, 2017

②生化学信号



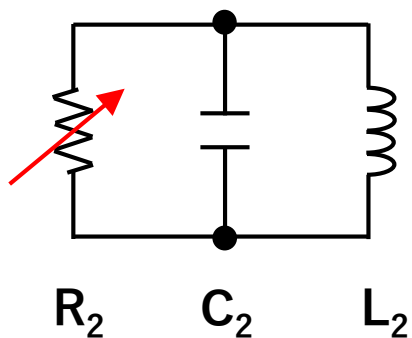
参考: <https://www.machinedesign.com/mechanical-motion-systems/article/21836716/new-wearable-sensor-may-soon-replace-blood-tests>

実施例：無線式眼計測レンズ



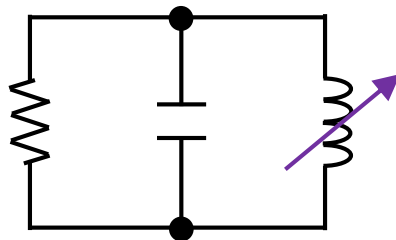
①糖度センサ

0.05以上0.5以下
(mM)

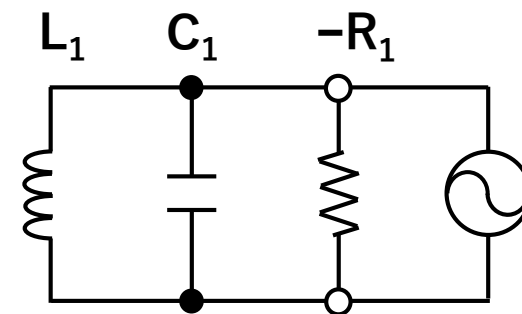


②眼圧センサ

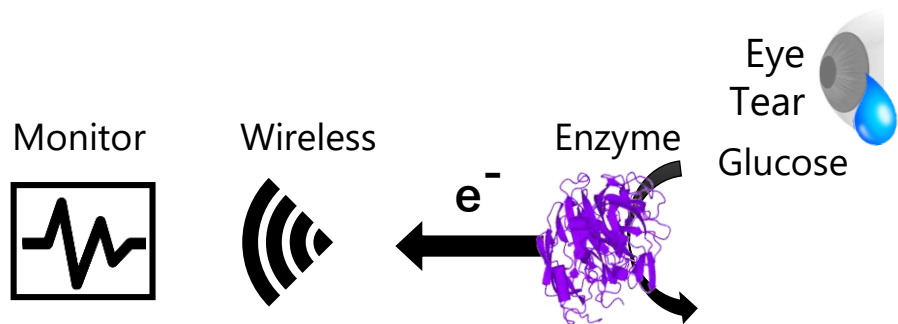
5以上40以下
(mmHg)



検出器

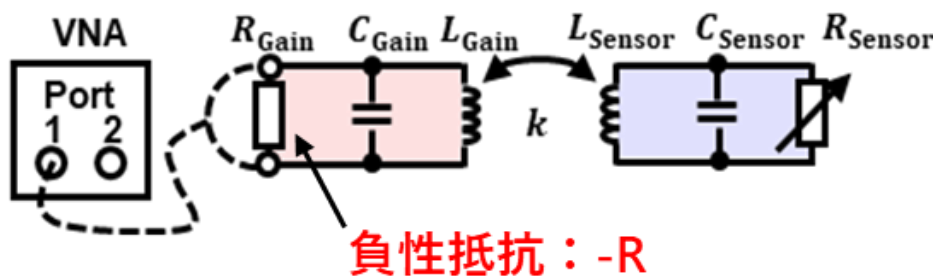


実施例①: 無線式糖度センサ

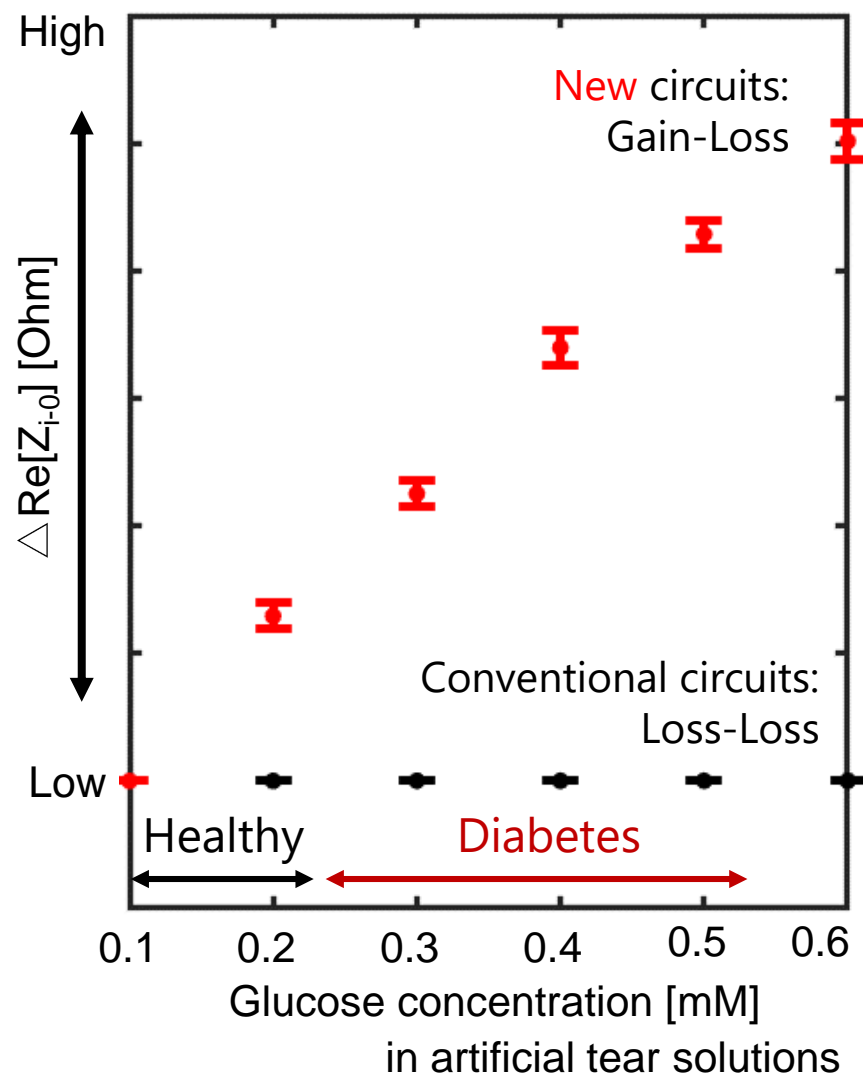
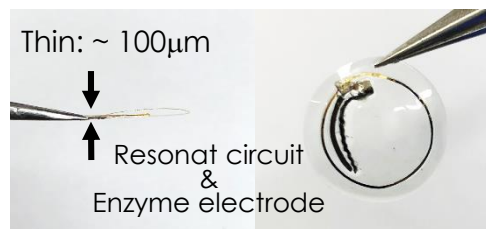


PT対称性

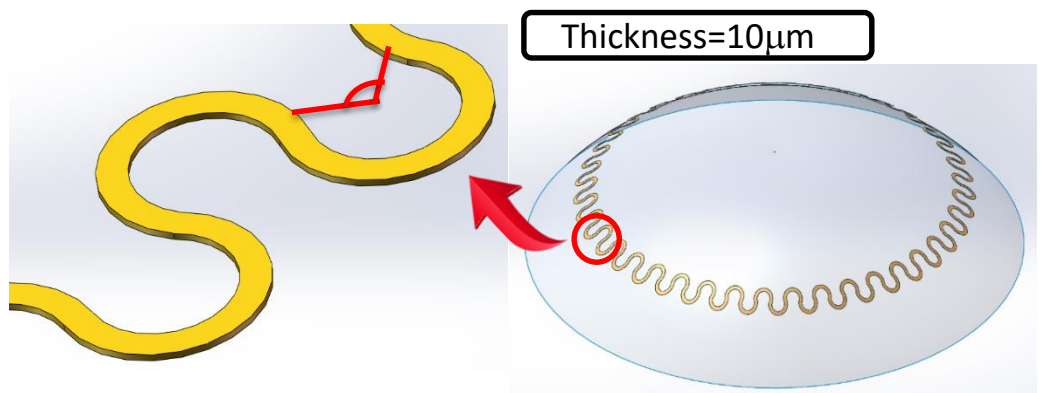
ゲイン・ロス結合



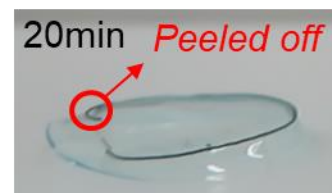
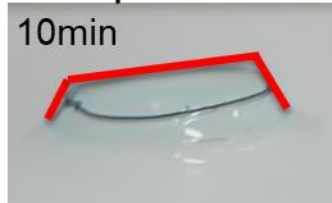
高感度な
糖度計測を実現



実施例②: 無線式眼圧センサ



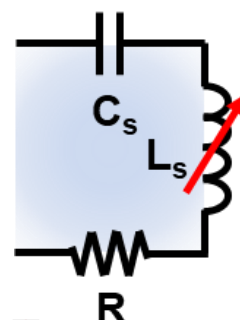
Loop antenna



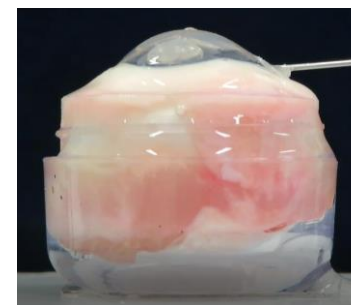
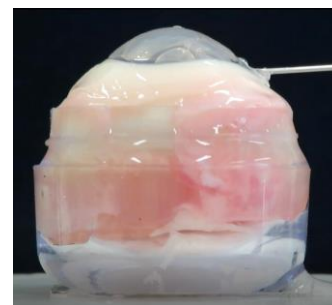
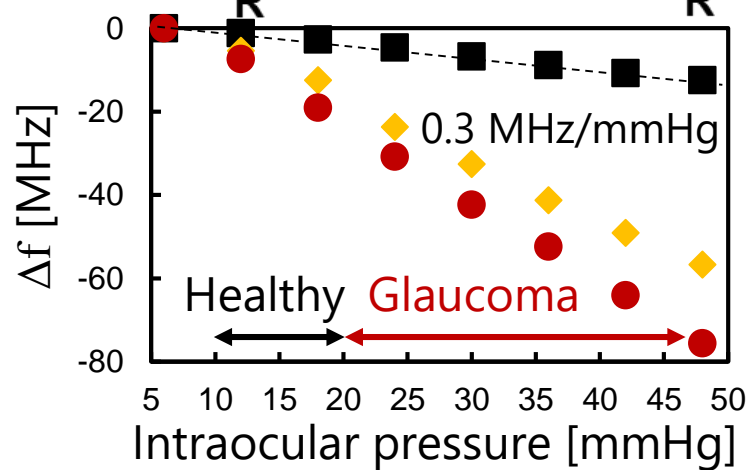
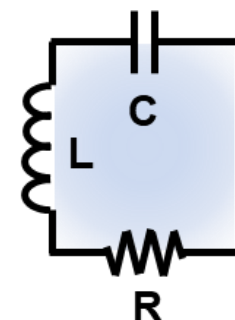
Wave antenna



Lens



Detector



従来技術との比較：ベンチマーク

開発機関		企業			大学					
		シード (日本)	ユニバーサルビュー (日本)	Google (米国)	Jang-U Park (韓国)	Wen Li (韓国)	David Lam (中国)	三林研 (日本)	新津研 (日本)	本提案 三宅研 (日本)
レンズ 素材		ドライ	ドライ	ドライ	ドライ	ドライ	ドライ	ドライ	ドライ	ウェット
		ハード	ハード	ソフト	ソフト	ソフト	ハード	ハード	ソフト	ソフト
センサ	眼圧	R			C	L	C			L
	糖度		未発表 (不明)	第1世代	第1世代			第2世代	金属 (低感度)	第2世代
	電源	不要	必要	不要	不要	不要	不要	不要	必要	不要
検出器	無線	○	○	○	○	○	○		○	○
	方式	Passive (損失)	Active	Passive (損失)	Passive (損失)	Passive (損失)	Passive (損失)		Active	Passive (無損失)

ウェット：水分30%以上含む
R: 抵抗変化, C: 容量変化, L: インダクタンス変化

無線式センサ素子

■ パッシブ型

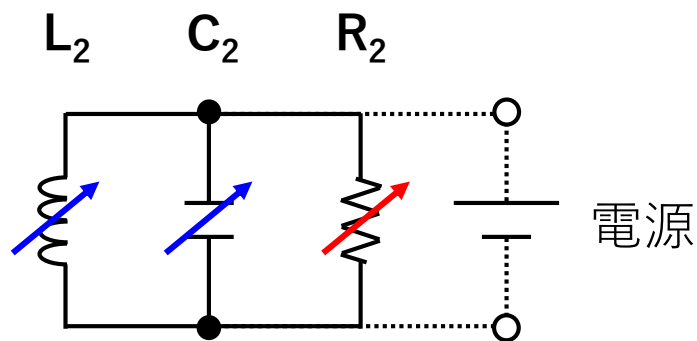
電源：**なし**

コスト：**低**

サイズ：**小**

計測距離：**短**

信号取得：**検出器接近**



共振器B = センサ素子

■ アクティブ型

電源：**あり**

コスト：**高**

サイズ：**大**

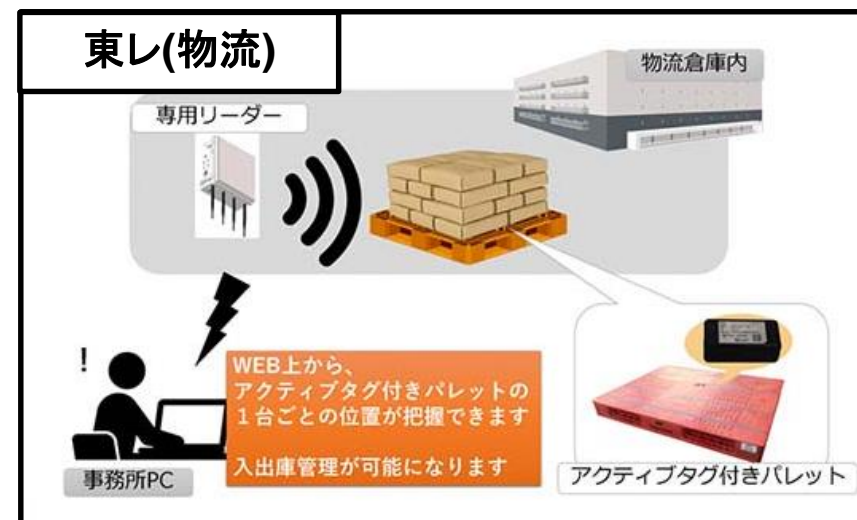
計測距離：**長**

信号取得：**常時**



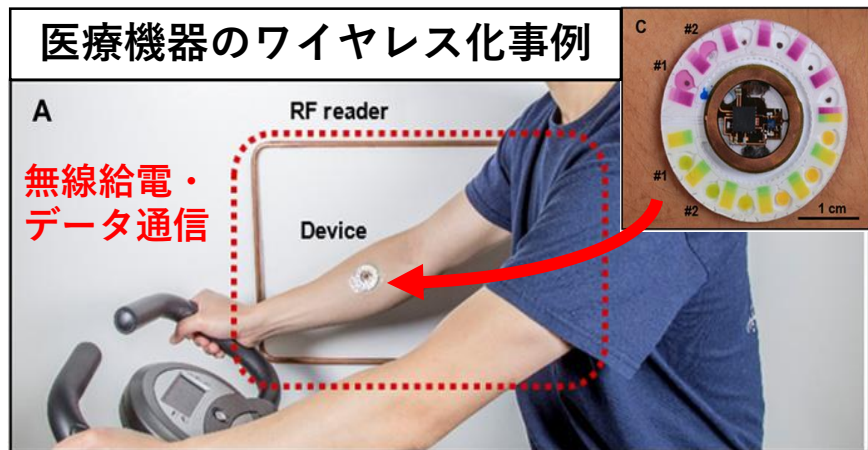
<https://mynavi-agent.jp/dainishinsotsu/canvas/2020/01/post-278.html>

<https://agenda-note.com/retail/detail/id=1294>



<https://cs2.toray.co.jp/news/toray/newsrrs01.nsf/0/71E2139EB466FC8F4925851A0007AB90?open>

未来社会: Beyond Home and Office



Bandodkar et al., Sci. Adv. 2019; 5:eaav3294

パッシブ型
通信機器
+
生体センサ



Electrophysiological Signals

脳波/心電図/筋電図/皮質電図/網膜電図/眼電図

Physical Signals

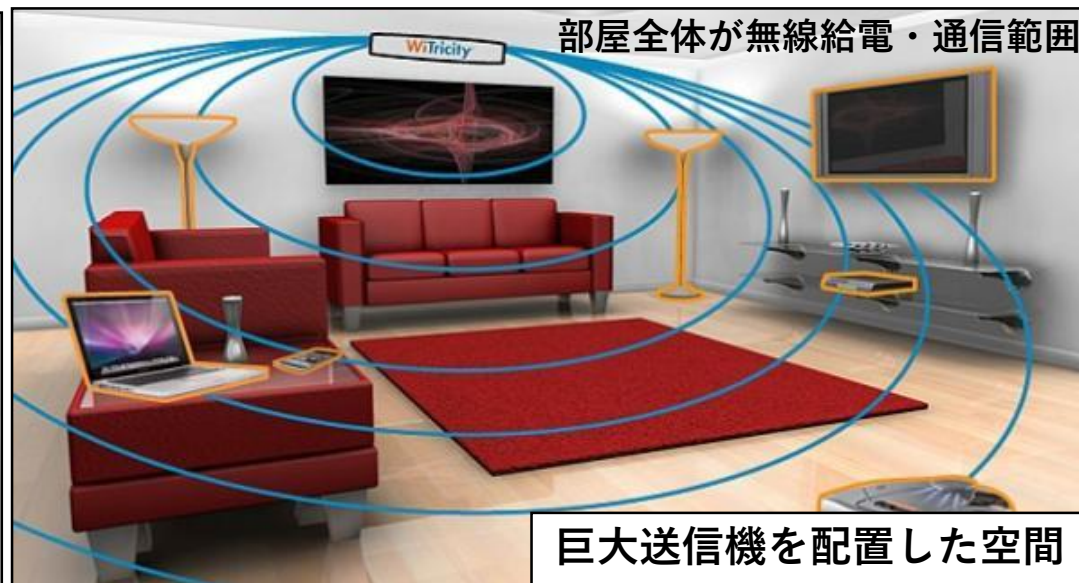
温度/圧力/歪/動作/速度/振動

Biochemical Signals

糖度/乳酸/尿酸/タンパク質/アドレナリン/抗体/
アルコール/イオン/代謝物



<https://sensor.cs.washington.edu/FREED.html>



<https://www.eenewseurope.com/news/witricity-stmicroelectronics-team-wireless-power>

実用化に向けた課題

- 本技術提案に関しては、新しい概念(PT対称性共振結合回路)の提案であるため、実験データの取得や製造などの課題はない。
- 一方、本提案技術の実施例として紹介した無線式眼計測レンズに関しては、安全性試験、臨床試験、製造工程などに課題が残る。

企業への期待

- 新製品の開発: 企業側が持つセンサ素子(可変抵抗, インダクタンスおよびキャパシタンス変化)と本技術(PT対称性共振結合回路)を融合させることで, 無線式センサ素子を共同で開発したいと考えている.
- 無線式眼計測レンズの事業化など
- 体表および体内埋め込み製品に本技術を利用することが有効と思われる.

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : センサシステム
- 出願番号 : 特願2021-047975
- 出願人 : 学校法人早稲田大学
- 発明者 : 三宅丈雄、高松泰輝

お問い合わせ先

早稲田大学

リサーチイノベーションセンター

知財・研究連携支援セクション（承認TLO）

TEL 03-5286-9867

FAX 03-5286-8374

e-mail contact-tlo@list.waseda.jp