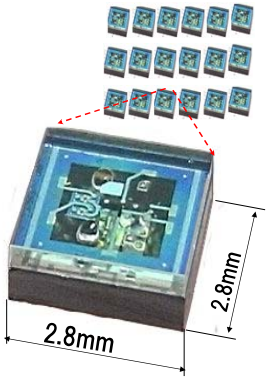
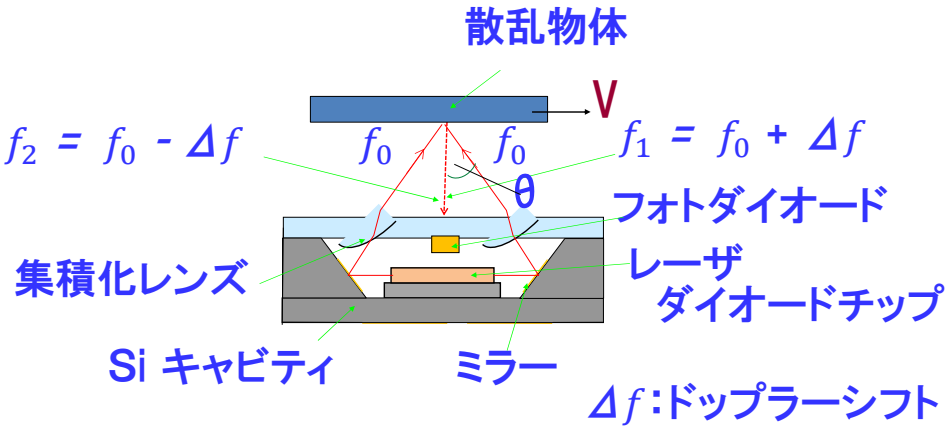
# マイクロマシニング技術を用いた
# 2つのタイプのMEMS レーザドップラーセンサ(速度センサ)

## マイクロドップラーセンサ
## Micro Doppler Sensor




### 2つのドップラーシフトした散乱光の干渉光(ビート信号)を検出

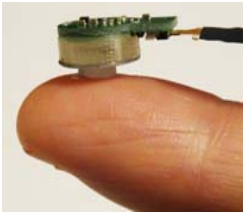
レーザダイオードの両端から発する2つの光線が移動散乱物体に照射後、2つのドップラーシフトした反射散乱光の干渉光(ビート信号)の周波数が移動物体の速度に比例




速度 V = 波長 $\lambda$ x ビート周波数 $F_{beat\ signal}$/2sin ($\theta$)

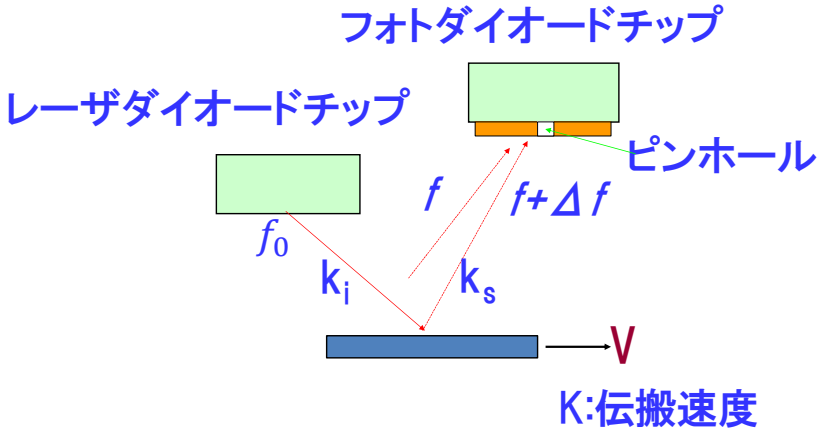
**絶対速度が測定可能**

## 接触圧センサー体型マイクロ血流量センサ
## Micro blood flow sensor with a built-in contact pressure sensor



### スペックルパターン挙動に数学的確率の適用

レーザダイオードから発する光線が移動物体に照射後、反射散乱光の干渉の結果生じるスペックルパターンのスペクトルパワー$P(f)$の積率母関数の一次モーメントが移動物体の速度(流量)に比例




$\int f \cdot P(\omega)\, d\omega \propto$ 速度V, 血流量$Q$

($\omega = 2\pi f$)

**装着(測定)方向に依存しない**

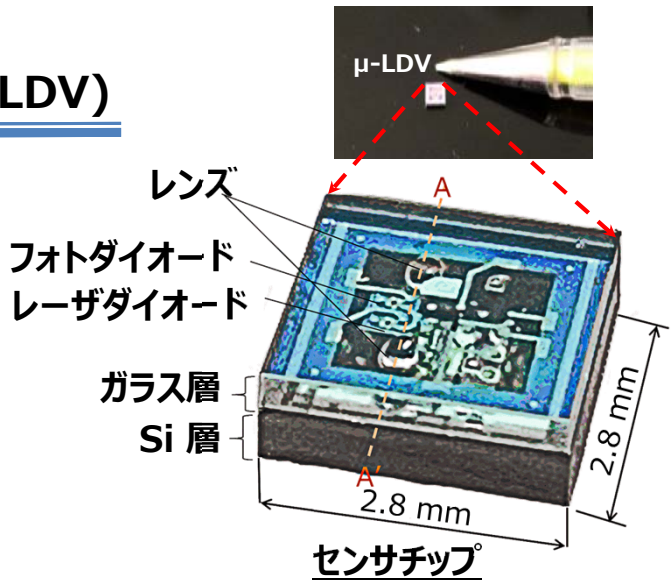
Palmens
九州大学のスタートアップ企業

EXTCOM

# 超小型滑り速度センサ

## Micro Laser Doppler Velocimeter (μ-LDV)

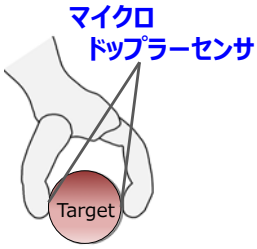
- ■レーザドップラ速度計を微細チップ上で実現: 2.8mm角×1mmの超小型
- ■レーザドップラ法による非接触速度測定
- ■センサ面方向の速度を検出
- ■測定速度範囲：10～20,000μm/s
- ■測定可能材料：プラスチック･紙･金属、流体など ミラーおよび無色透明以外の材料

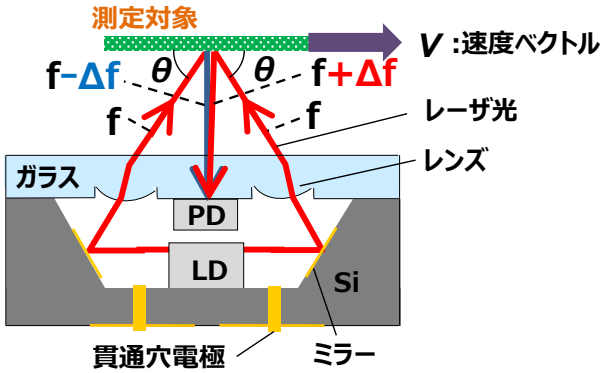



センサチップ

## アプリケーション

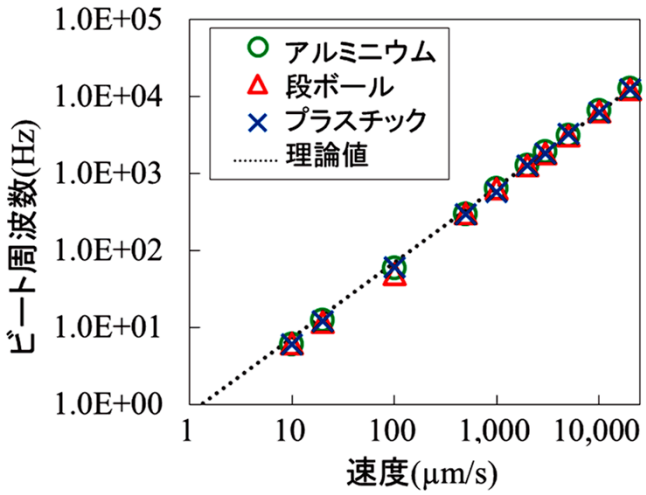
- ●狭いスペースでの速度計測 (固体速度、流速)
- ●ロボットハンドの滑り検知



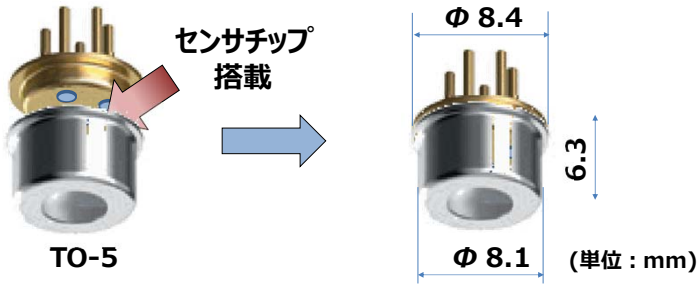




ビート周波数: Fbeat= (f+Δf )-(f−Δf )= 2Δf = 2V･cosθ/λ [Hz]

センサ A-A'断面




速度-出力 特性



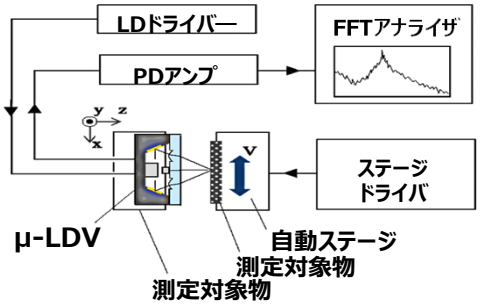

当初の製品はTO-5入りでTSV構造ではない（計画）

## 測定実験

測定対象

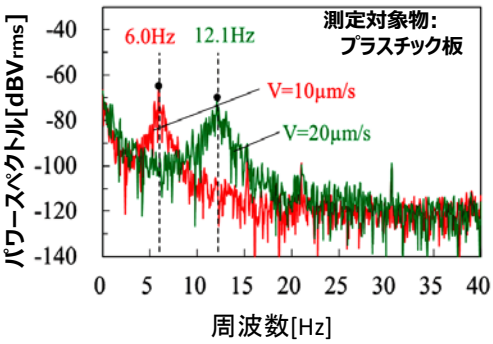
アルミ板　段ボール　プラスチック板

装置



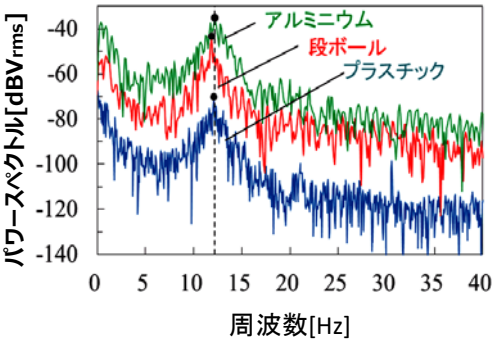

検出信号例

速度を変えた時




- ■速度に応じた出力変化
- ■理論に近いビート周波数

材料を変えた時

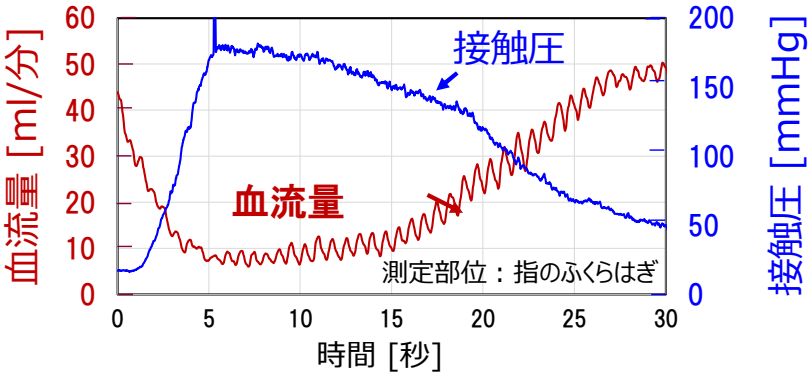


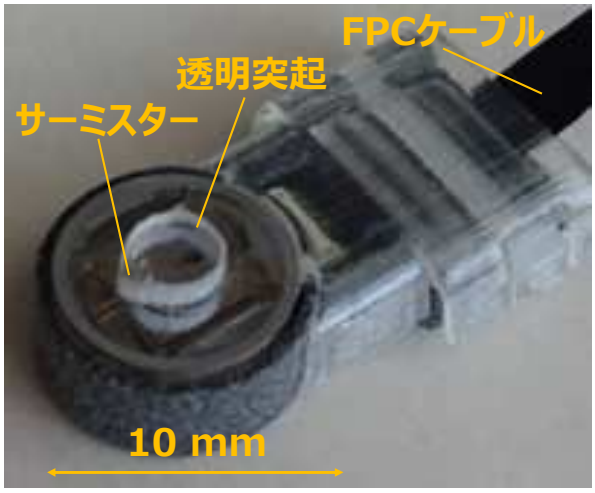

- ■材料に依存しない速度

# 接触圧センサ・温度センサー体型マイクロ血流量センサ
# Blood flow sensor with a built-in contact pressure sensor

■血流は全身に酸素、栄養、熱、身体の生理的な状態や自律神経とも関係し、非常に重要

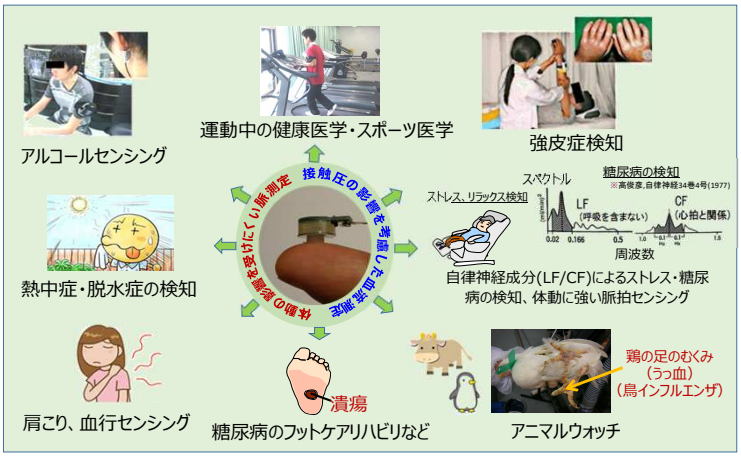
■血流量は接触圧の影響を大きく受けるので、血流量測定には接触圧の測定が不可欠



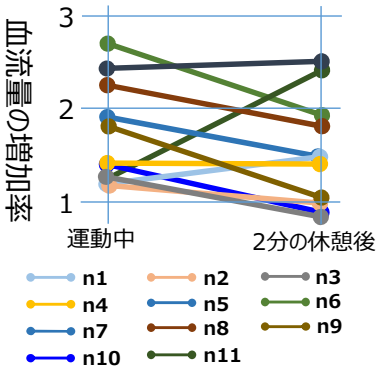




接触圧センサ・温度センサを内蔵した血流量センサプローブ

## 応用例




## 血流量変化による運動効果の計測



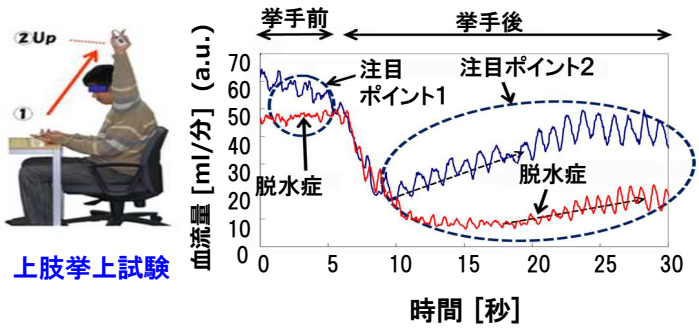

■運動後2分経過後では平均血圧、平均心拍数は運動前に戻っても、血流量(1回拍出量)は必ずしも運動前には戻らず、個人差がある※

■運動後心臓左心室の拡張時と収縮時の容積を超音波エコーで測定して求めた1回拍出量でも血流量と同様に個人差が認められる※※

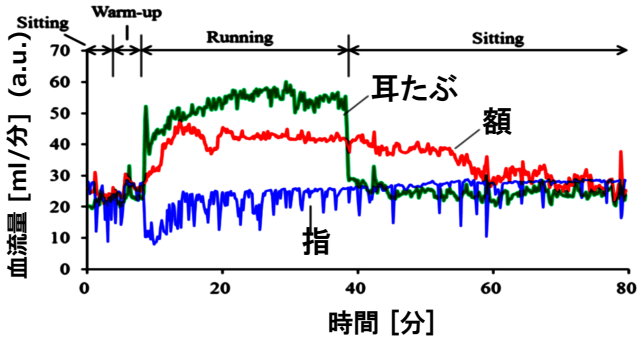
※一回拍出量（Stroke volume）
=1心拍当たり心臓から拍出される血液の量
=心臓左心室の拡張時容積 － 収縮時容積
∝血流量センサで測定した血流量Q(m l /min)/心拍数HR(/min)

※※参考論文：Watanabe K et al., Individual differences in the heart rate response to activation of the muscle metaboreflex in humans, Am J Physiol Heart Circ Physiol, 299, 2010, H1708-H1714.

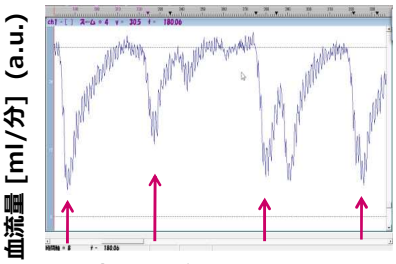
## 脱水症・熱中症検知



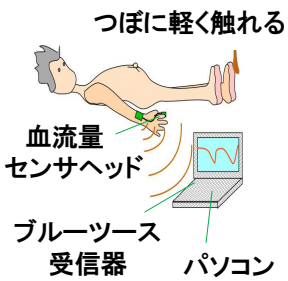

## ジョッギング中の血流量測定



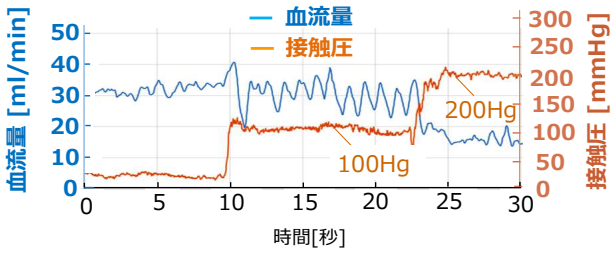

## 東洋医学への応用




足裏のつぼに軽く触れたとき




## 血流量と接触圧の同時測定例




EXTCOM　ADTEC　Palmens 九州大学のスタートアップ企業