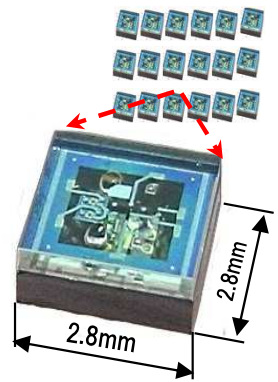


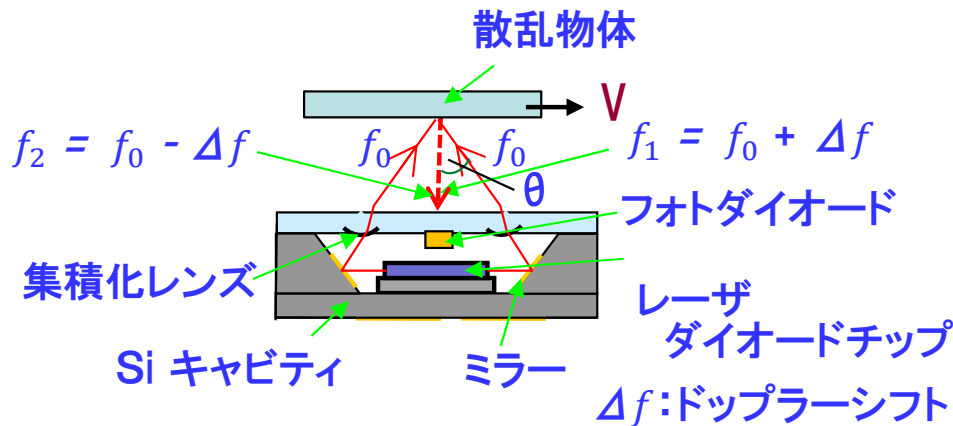
# マイクロマシニング技術を用いた 2つのタイプのMEMS ドップラーセンサ(速度センサ)

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



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

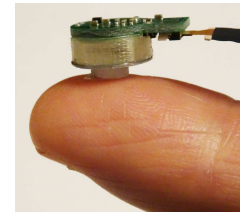


$$\text{速度 } V = \text{波長 } \lambda \times \text{ビート周波数 } F_{\text{beat signal}} / 2\sin(\theta)$$

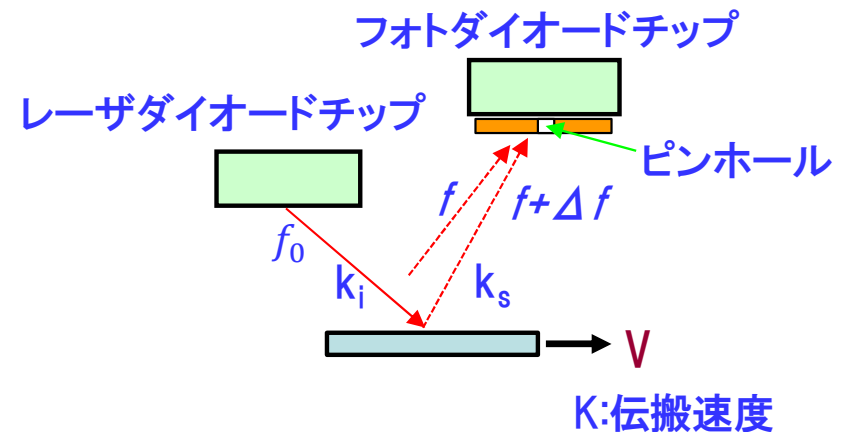
絶対速度が測定可能

## 接触圧センサー一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



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

$$\omega : 2\pi f$$

装着(測定)方向に依存しない

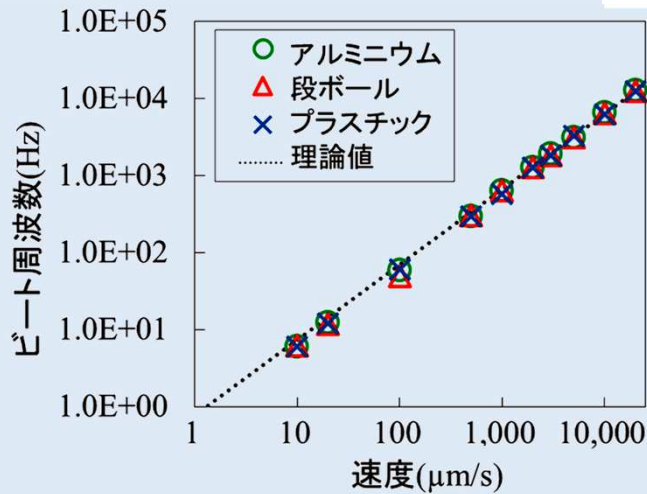
# 超小型滑り速度センサ

Micro Laser Doppler Velocimeter ( $\mu$ -LDV)

- 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：10～20,000 $\mu$ m/s
- 測定可能材料：プラスチック・紙・金属  
流体など あらゆる材料

## 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

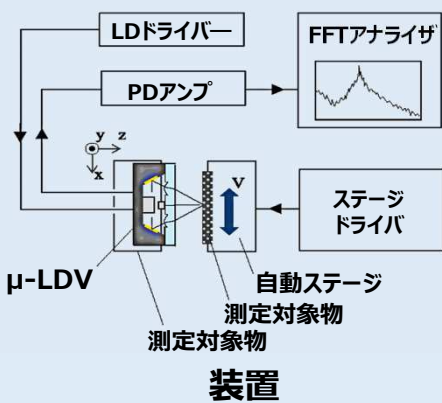


速度-出力 特性

## 測定実験



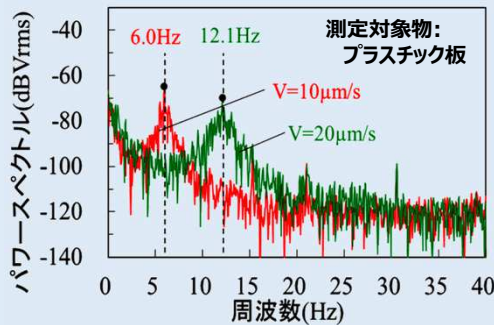
測定対象



装置

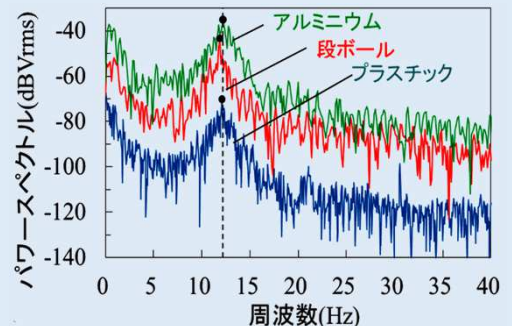
## 検出信号例

速度を変えた時

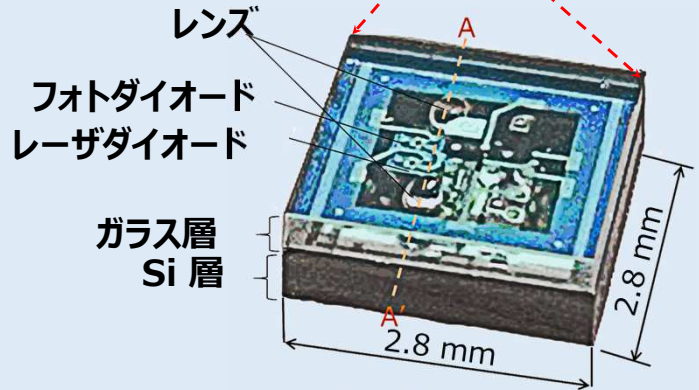
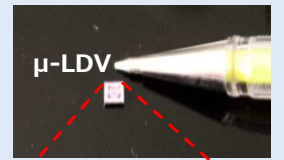


- 速度に応じた出力変化
- 理論に近いビート周波数

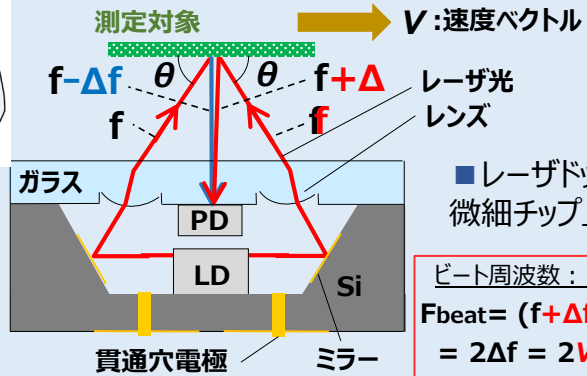
材料を変えた時



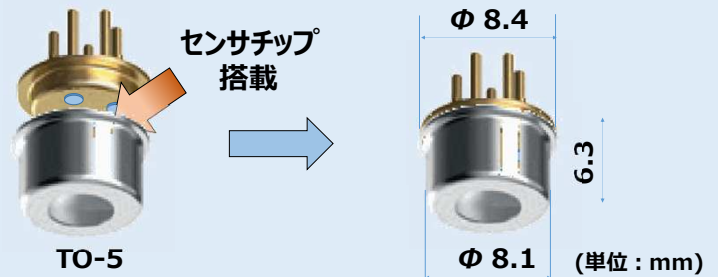
- 材料に依存しない速度



センサチップ



センサ A-A'断面



当初の製品はTO-5入りでTSV構造ではない(計画)

# 接触圧センサ・温度センサー一体型マイクロ血流量センサ

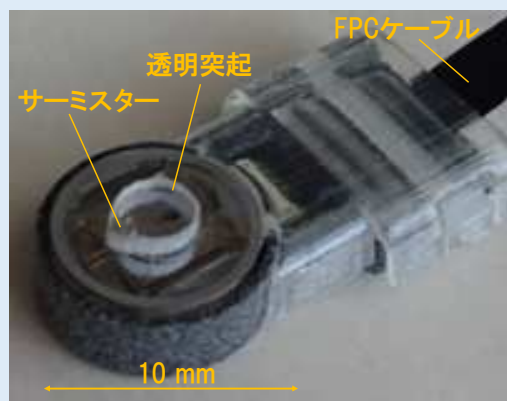
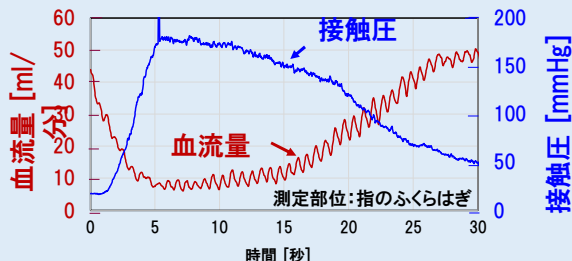
## Blood flow sensor with a built-in contact pressure sensor

### 血流量測定の意味

血流量が全身に酸素、栄養、熱、身体の生理的な状態や自律神経とも関係した情報を運ぶことから、血流量の測定は非常に重要です(血行の測定の重要性)

### 接触圧を考慮した血流量測定の意味

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

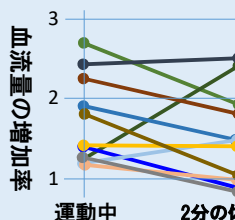


接触圧センサ・温度センサを内蔵した血流量センサプローブ

## 応用例



### 血流量変化により運動効果の個人差を検出



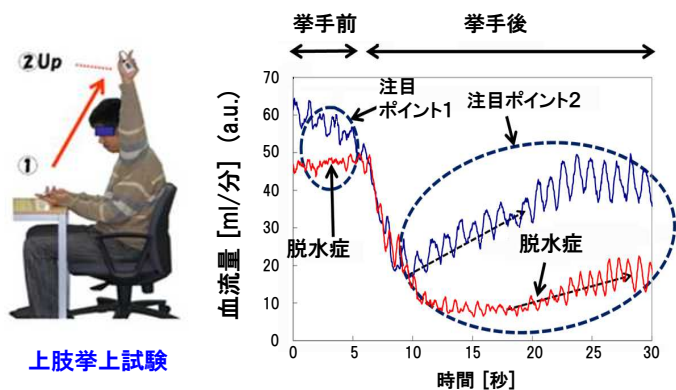
運動中、運動後に起こる血液循環の変化が運動効果の個人差を理解するためには、重要

ほとんどの人に対して、運動中と運動後10分における平均血圧、平均心拍数は増加。しかし、血流量センサによって算出した一回拍出量は個人差が認められる

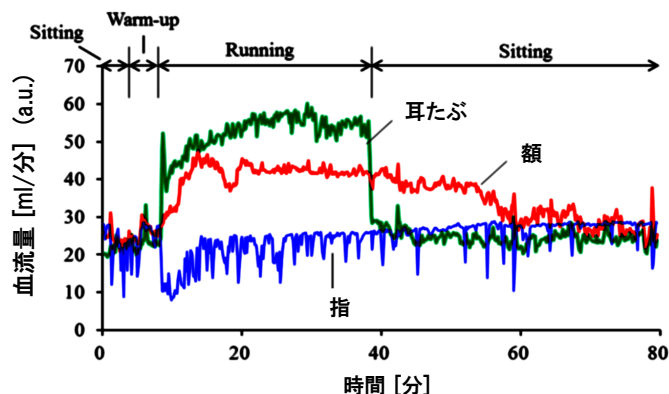
※心臓左室の拡張時と収縮時の容積を超音波エコーで測定して求めた1回拍出量でも個人差が認められている  
一回拍出量(Stroke volume) = 1心拍当たり心臓から排出される血液の量  
= 心臓左室の拡張時容積 - 収縮時容積  
= 血流量センサで測定した血流量Q(ml/min) / 心拍数HR(/min)

参考文献: 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.

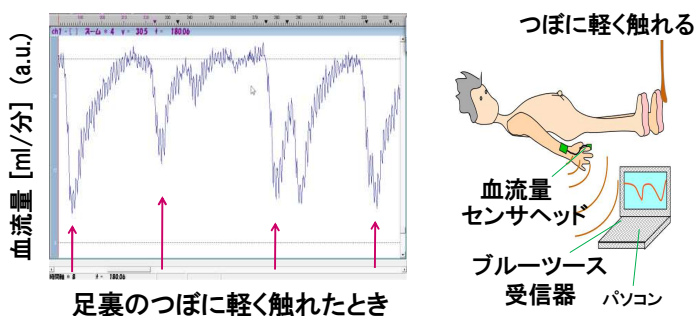
### 脱水症・熱中症検知



### ジョギング中の血流量測定



### 東洋医学への応用



### 血流量と接触圧の同時測定例

