

# ヘルスケア・エージェントシステムの開発

山形大学 大学院 理工学研究科  
 応用生命システム工学専攻  
 横山 道央

第1回 ICE Cube Center 研究会 第67回精密工学研究所シンポジウム  
 Green ICE Initiative 3rd Technical Workshop for Open Innovation

群知能シリコンの創生とソリューション研究推進  
 —センサとネットワーク、情報活用の現状と課題—

日 時:平成24年11月20日(火)13:00-17:30  
 場 所:東京工業大学 すすがけ台キャンパス 大学会館(すすがけホール) 2階 集会所1  
<http://www.sok.titech.ac.jp/gakuna/gakumiborule.htm>

## 光電容積脈波センサモジュール

W36 × D35 × H23mm



Wrist-band/Finger-stall Type

リストバンド/指サックタイプ

様々なタイプへ応用(ウェアラブルでなくタンジブル)

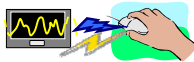
PCマウス, 携帯機器ガジェット, etc



## Contents

### ➔ Healthcare Agent System

- Photo-plethysmography & Vital signs  
LED光電容積脈波の原理と多種の生体信号
- Pulse sensor modules using LED/PD
- 'Symbiotic' Healthcare Agent System  
(ウェアラブルではないがタンジブル)
- Demonstrations; Questionnaire & Amusing game
- Conclusion



## 光電容積脈波センサ

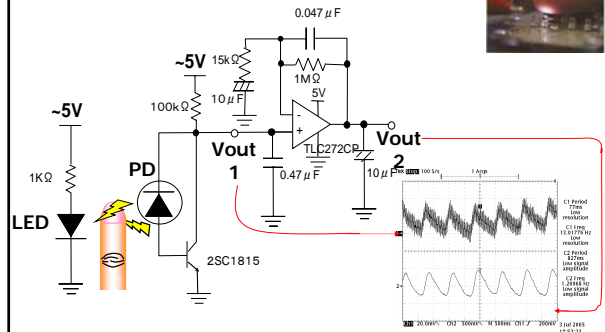
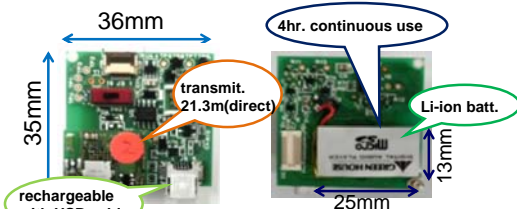


Photo-plethysmography measures 'pulse' waves.

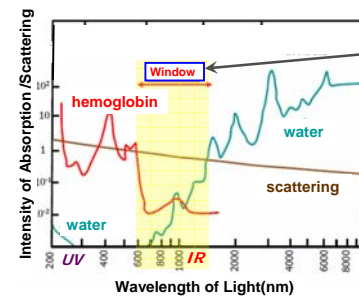
## 光電容積脈波センサモジュール



- Compact Multi-layer PCB assemble (size:W36xD35xH23mm)
- Rechargeable Li-ion battery/long life
- Long transmission distance

多層基板 (MPU+無線基板)、センサ基板 (LED/PD)、フレキ配線、Liイオンバッテリー

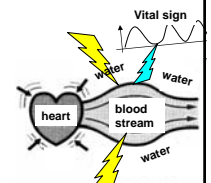
## 生体信号の光学的“窓”



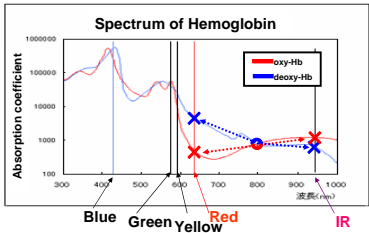
650 ~ 1100nm  
 What we call, 'Optical Window' of Vital signs.

When light enters body, moderate absorption occurs in both blood and water(=body), then light is reflected or transverse.

Therefore, various vital signs are acquired.



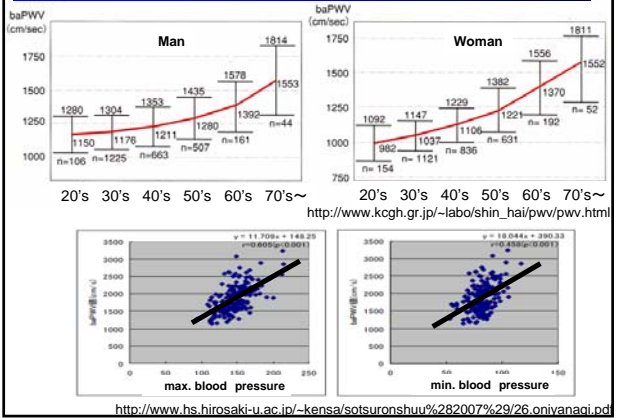
# パルスオキシメータ



**Pulse Oximeter**, which measures oxygen saturation in blood by using both IR and red light, has been invented by Aoyagi, Nihon-Koden, JAPAN, in 1974.

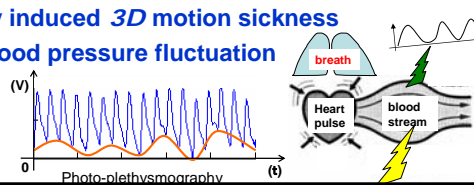
古くからある簡単な原理だが、LEDを使って簡単に脈が計測可。  
 →携帯電話や音楽プレーヤなどへ搭載例 →脈からより**多くの生体信号**・指標を **小型・低コスト**で

# Correlation between PWV and age/blood pressure

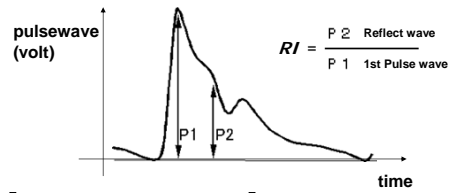


# Vital signs from pulse wave

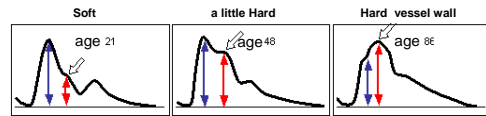
- + pulse/heart beat rate
- + oxygen saturation(SpO<sub>2</sub>)
- + PWV ; Pulse Wave Velocity
  - ~blood vessel hardness, blood pressure
- + RI :Reflection Index ~hardening of arteries
- + respiratory/breathing rate ~ SAS
- + visually induced 3D motion sickness
- + daily blood pressure fluctuation
- ...
- etc.



# RI (Reflection Index) number

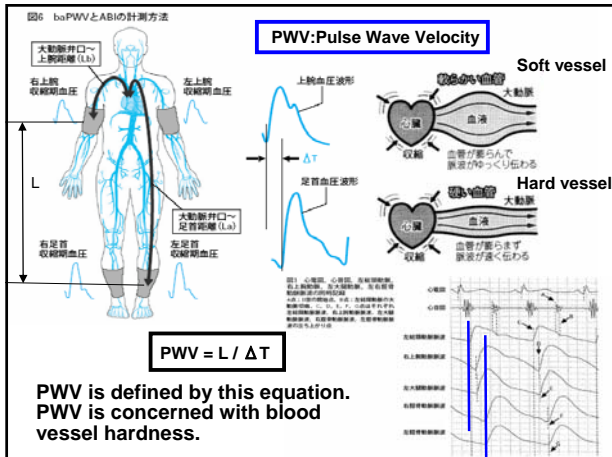


## [Changes of RI for aging]

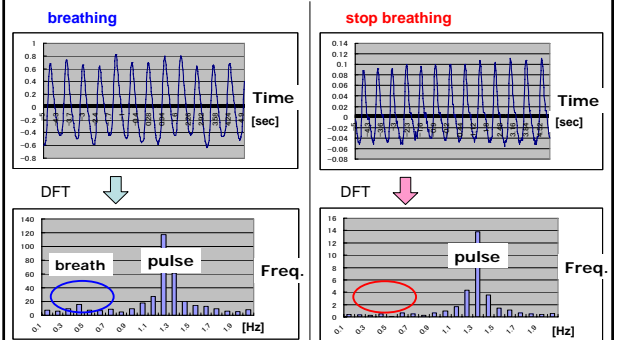


RI is defined by above equation. RI is concerned with hardening of arteries.

図6 baPWVとABIの計測方法

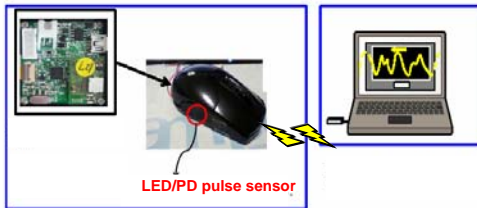


# Time/frequency domain signals of pulse



Around-0.5Hz-frequency signals correspond to 'breath rate.'

## 脈波測定PCマウスの開発



## Pulse Sensor Mouse

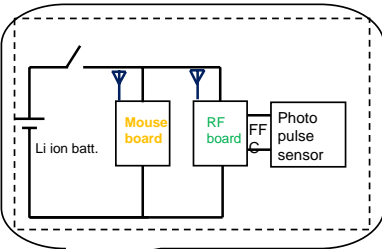
## Software Application of PC Pulse Mouse

**2 Applications:**

- Questionnaire on health
- Amusing game

Microsoft Visualstudio 2008 professional Edition

## Hardware Implement



### 市販の無線マウス

光学式ワイヤレスマウス  
 インターフェイス: USB  
 電波周波数: 27MHz帯  
 サイズ: 58.2(幅) × 98.4(奥) × 35.4(高)mm  
 通信距離: 1m

### 開発した脈波センサ+無線

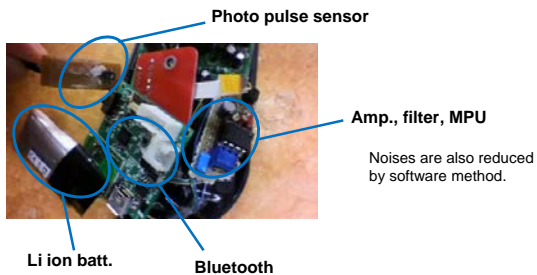
通信方式: Bluetooth(2.4GHz)  
 通信距離: 21.3m  
 サイズ: 36(幅) × 35(奥) × 23(高)  
 ポーレート: 9600baud  
 サンプリング周波数: 50Hz

## Application Demo. #1



Questionnaire on health: Simply answering using mouse under measurement of pulse

## Hardware Implement of Pulse Mouse



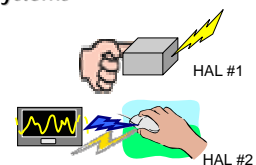
## Healthcare agent system;

健康管理エージェント; 複数のセンサデバイスを個人がその時々で使用し、脈波を代わりに測定、データをクラウド化・管理

### Ubiquitous Healthcare System

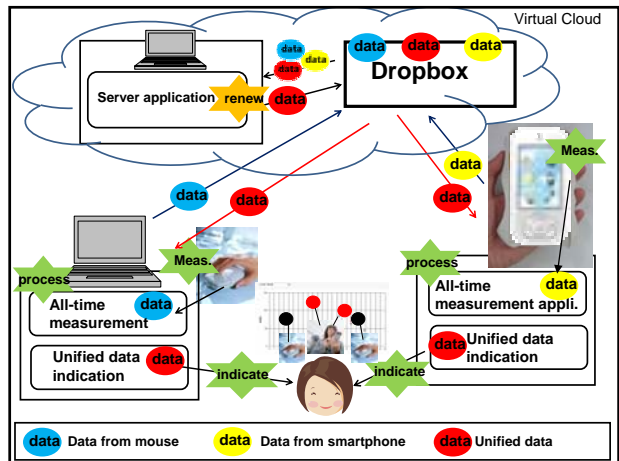
- Photo-plethysmography sensor using LED/PD
- 'Symbiotic' Sensor Agent Systems

Healthcare Agent



'HAL' (Healthcare Agent Lavalier)

### HAL #3: Smartphone Gadget (resin)



### HAL #4: Portable Game (Nintendo 3DS)

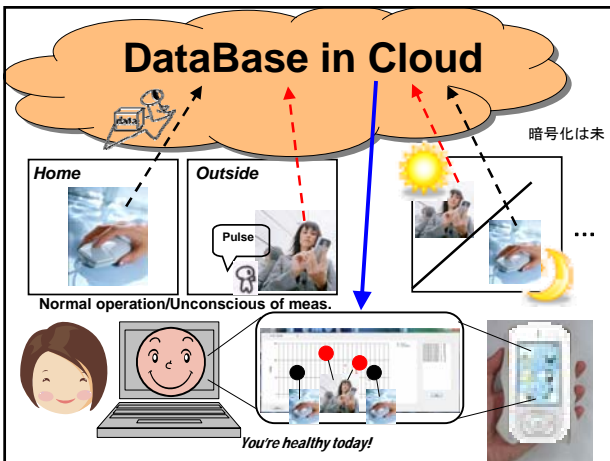


### Beyond 'Ubiquitous' Healthcare.....

A lot of "Ubiquitous healthcare systems" have been developed nowadays. However, "daily healthcare" doesn't tend to last for a long time.

**Because of:** troublesome, complicated, boring, invisible results, expensive (for no sickness), ...

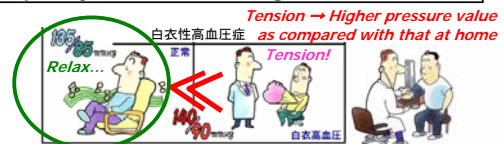
※ユビキタス健康管理は長続きしない、ビジネスとして立ち上がらない  
 単なる「見える」化、ただの自己管理、では伸びない  
 健康な人は健康維持にお金を使わない、面倒くさい、飽きる、...  
 血糖値など目的絞ったモニタリングはものになる(QualcommLIFE)  
 高齢者は医者に行きたがる(友達と会える)  
 孫の顔をSkypeで見たがるIT老人はいるが...  
 等々



### 'Beyond Ubiquitous'; 'Symbiotic' healthcare System

•Our **Symbiotic Healthcare System** here, features...

- +Positive healthcare support from system side.
- +Unconscious measurement for daily healthcare. = No tension/stress, Raw vital signs
- +Something like amusement game to promote & keep up daily health-monitoring.



Symbiotic健康管理エージェントシステム;  
 =システム側からの積極的健康支援  
 「測定を意識しなくとも、うら側で測定し管理してくれる」  
 (無意識計測/日常の他の操作をしながら)


日常の素のデータを、意識せず(飽きないで)収集・管理・判断してくれる




### 無意識計測;

測定を意識	○	×	×
健康管理を意識	○	○	×

指サック



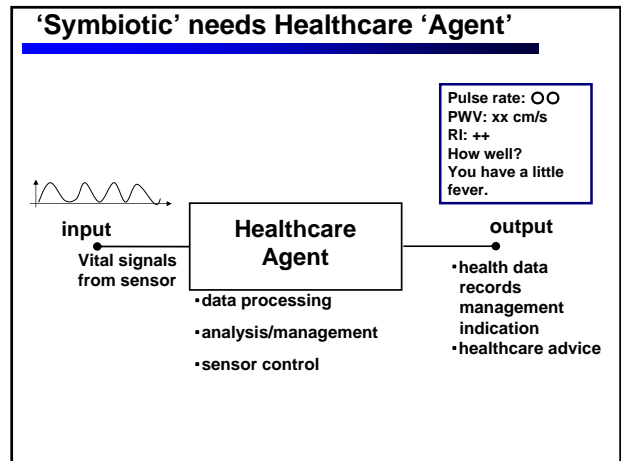
マウス  
アンケート  
ゲーム



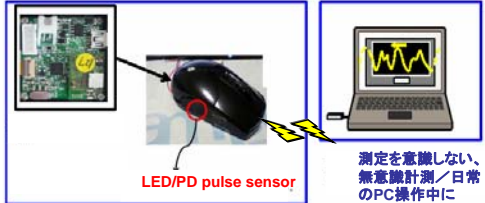
マウス・スマホ  
(トイレ・眼鏡)  
日常操作



+α (持続性、インセンティブ)



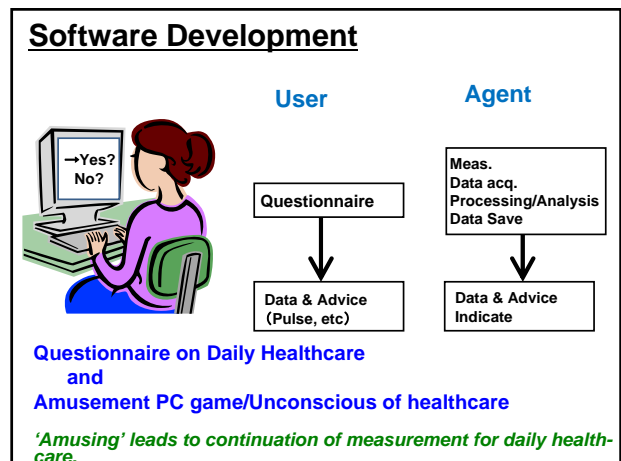
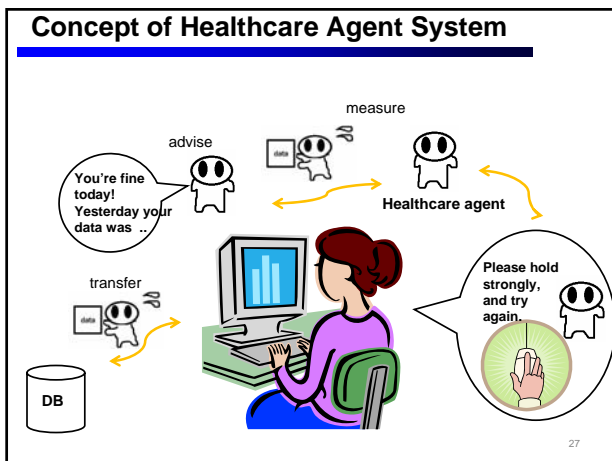
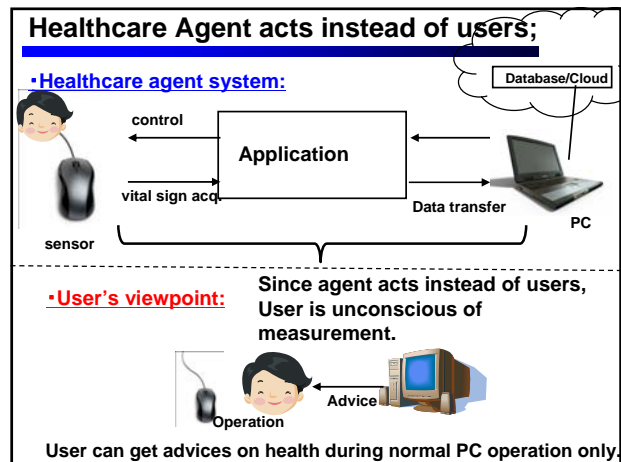
### Pulse Sensor Mouse



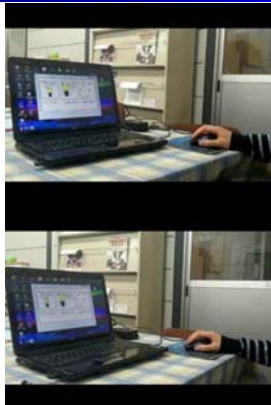
LED/PD pulse sensor

測定を意識しない、無意識計測/日常のPC操作中に

**Measurement of pulse with LED sensor mouse during normal PC operation / = Unconscious measurement !**  
 Only using PC mouse normally, pulse signal can be sensed unconsciously. --> Healthcare



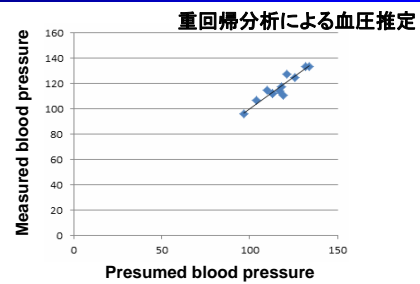
## Application Demo.



簡単なPCゲーム  
(旗挙げ反応ゲーム)

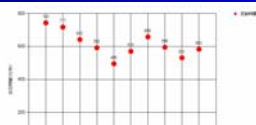
Pulse and difficulty of  
the game are related.

## More vital signs: #1 Presumption of blood pressure

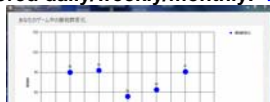


Blood pressure is presumed by several vital signs (such as pulse, RI, ... etc.) obtained from photo-plethysmograph pulse wave, because they are closely related each other.

## Application Demo.



Response time of mouse-click during the game are indicated and saved every trial, and resulting data are stored daily/weekly/monthly. トレーニング、リハビリ、ボケ防止などに



Pulse counts during the game are indicated. 'Amusement' is considered to be useful for 'motive force' of continuation of daily healthcare.

## 推定式作成 (重回帰分析)

【 $\Delta$  脈拍数と $\Delta$  RIでの重回帰分析】

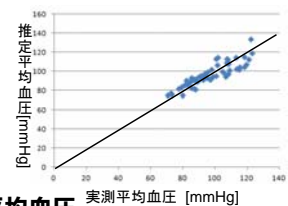
重回帰分析の結果

$$\Delta \text{平均血圧} = 4.14 + 0.31 \times \Delta \text{脈拍数} - 0.25 \times \Delta \text{RI}$$

【分析条件】

観測数  $N = 18 \text{人} \times 4 \text{回} = 72$

決定係数  
 $R^2 = 0.73$



検算用のデータを代入

推定平均血圧 = 基準 +  $\Delta$  平均血圧

誤差  $-9.7 \sim 8.3 \text{mmHg}$

## さらなる多種の生体信号取得へ

アンケート、旗挙げゲームを毎日するのか？  
脈拍だけ測って有用か？

→ No. 必ず飽きる筈。

→ 光電脈波からより多くの生体信号を掘り

起こす(データマイニング)

[ or 多機能センサとの組合せ ]

## 計測回路の高精度化

脈拍数(~1Hz)以外の指標を算出するためには  
もっと広帯域の情報を含んだ光電容積脈波を得たい

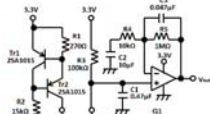


広い周波帯域の計測を可能とする  
光電容積脈波の計測回路を設計・検証

- ・回路シミュレーション
- ・周波数特性の検証
- ・Power Labとの精度評価

## 回路シミュレーション

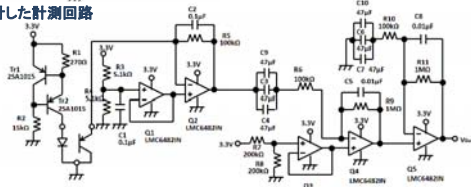
従来の計測回路



シミュレーション環境  
Pspice RELEASE 8

周波数特性の解析を行った

設計した計測回路



## 持続する健康管理システムとは

事例:

・「ゲーム機を”ゲーム以外で”活用」、に期待する分野  
①医療とリハビリ、②教育・学習、③健康・フィットネス  
(コンピュータエンターテインメント協会アンケート)

・九州大学病院リハビリテーション部  
ゲーム機器を使った運動機能効果向上

→辛いリハビリの**継続効果**、**惚け防止**の可能性

3ヶ月以内 → 専用トレーニングマシンが最も有効  
長期的リハビリ → " +α (幸福主義を満たすような)  
のバランス良い組合せが重要

## フィルタの広帯域化改善



従来の計測回路の脈波

設計した計測回路の脈波

回路シミュレーション、周波数特性の検証、  
Power Labとの精度評価より、  
従来の計測回路よりも低周波域の情報を含む  
高精度な光電容積脈波の計測が可能となった

## 無意識計測;



測定を意識	○	×	×
健康管理を 意識	○	○	×
	指サック	マウス・ゲーム機 アンケート ゲーム 持続? 飽きる?	マウス・スマホ (トイレ・眼鏡) 日常操作 +α (持続性、 インセンティブ) 日常的に 持続して使用
	まずは試しに or目的明確な測定	各種情報入力 して1週間程度 3DSで3D酔い 検出・助言	

## 持続する健康管理システムとは

事例:

・遠隔医療システム(岩手・遠野)  
医者が遠い+近隣の人々のコミュニケーションで好評  
→都会では?

・子供が風邪に! 親は仕事 → しばらく家で子供に  
ゲームをさせつつ生体データを取得し、親・医者へ通知

・アジア諸国の中には...

{ 医者がいない・不足  
自らの症状をうまく言えない  
言っても方言がひどくて分からない...

→患者自身が言えなくともデータを取得し、システム側  
で判断できるシステム → コストの低減要

## まとめ

日常動作で自然に触れるもの(マウス・ガジェット)に  
光電脈波センサを組込んだ、健康管理エージェント  
システムを開発。

→無意識計測と仮想クラウドによる統合データ管理

今後の課題:

・さらなる生体信号の取得(データマイニング)  
・データのセキュリティ強化  
・用途を絞った「**持続できる**」実用的な健康管理システム  
へ