

CQ出版株式会社 **トランジスタ技術** 2007年12月号

# 「3軸加速度センサを活用した ジョギングモニターの製作」

上田 智章 (*Tomoaki Ueda*)

## 【要素技術】

- 3軸加速度センサ
- GPSレシーバー
- 赤外線脈波計
- ZigBee無線通信
- Google Maps API

## 【Keyword】

- ウェアラブル・コンピュータ
- センサ・ネットワーク
- ユビキタス



GPSレシーバー

3軸加速度センサ

Google Maps

無線

ZigBee

ZigBee

赤外線脈波計

USB

# 【写真1】 ジョギング・モニター

【3軸加速度センサを活用したジョギングモニターの製作】

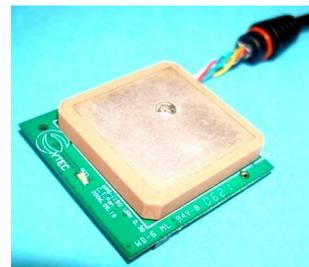
Neo-Tech-Lab.com

最終更新日 2007/09/07

## 1) 本体基板



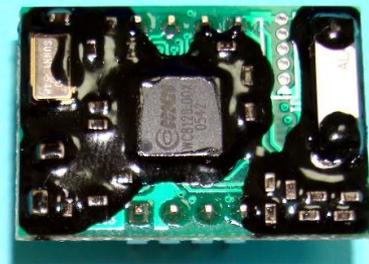
## 2) GPSレシーバー



## 3) 3軸加速度センサ



## 4) ZigBee



GPS  
レシーバー

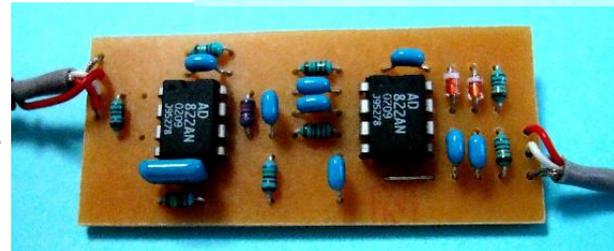
3軸加速度  
センサ

ZigBee  
モジュール

赤外線脈波  
アンプ

赤外線脈波  
センサ

## 5) 赤外線 脈波アンプ



## 6) 赤外線 脈波センサ

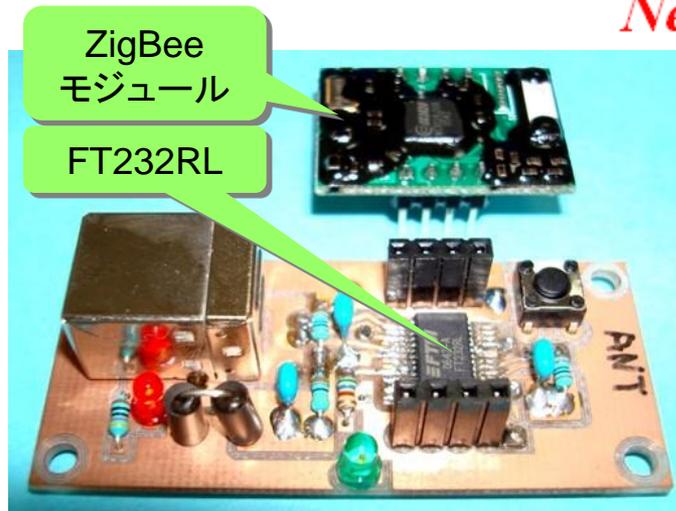
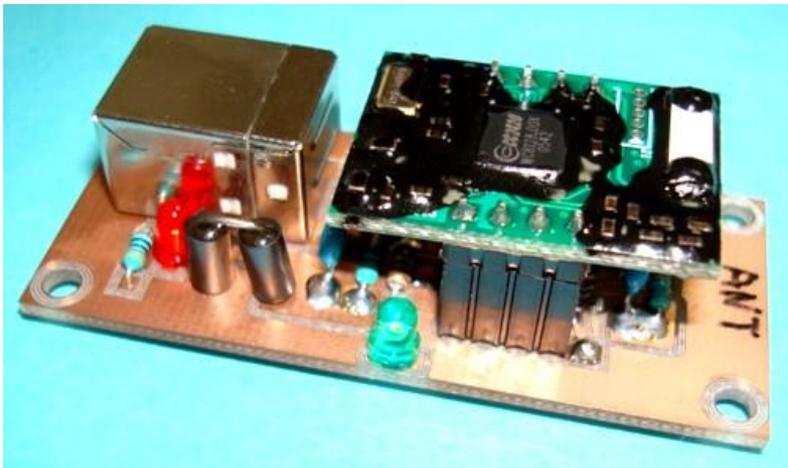


## 【主な用途】

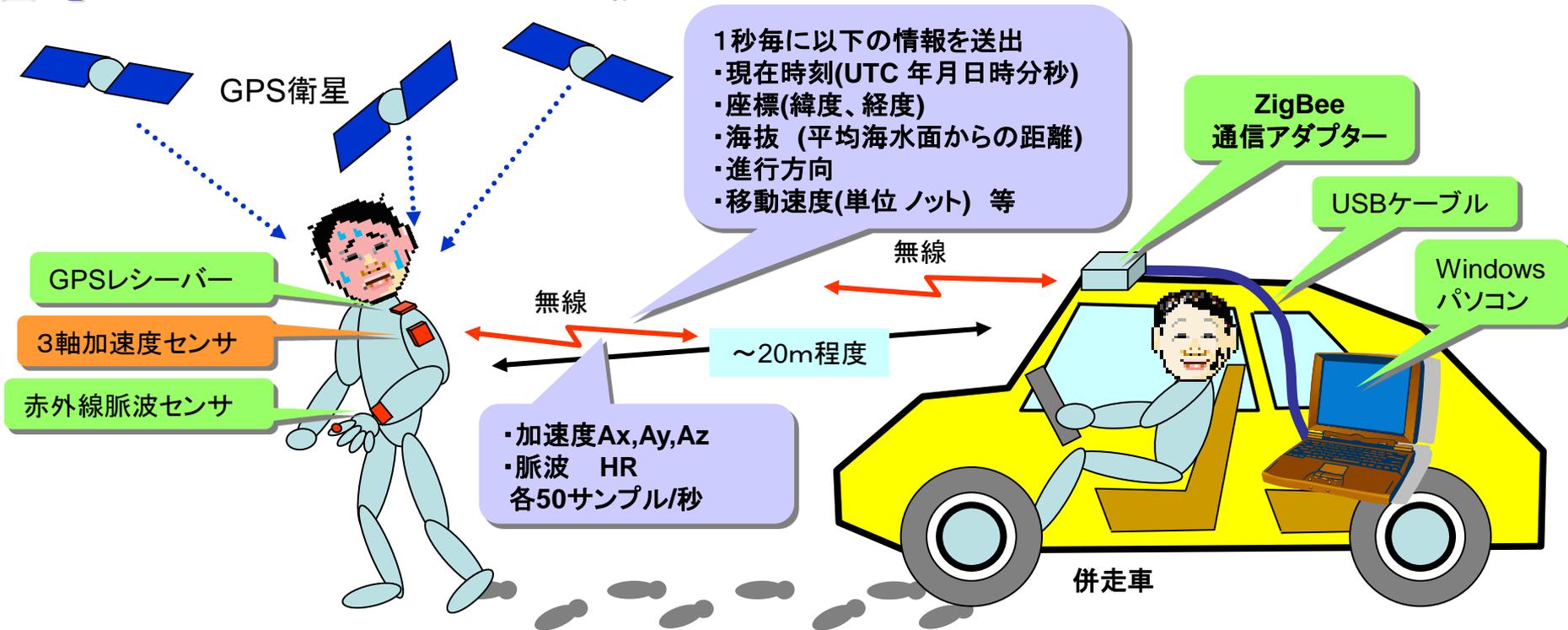
- ・ジョギング・モニター
- ・ドライブ・レコーダー
- ・マラソン・トレーニング・システム
- ・キッズ・セキュリティー・システム
- ・老人ホーム/病院内看護システム
- ・徘徊老人介護システム
- ・建設作業/農林水産作業管理  
等

モデル Amyさん

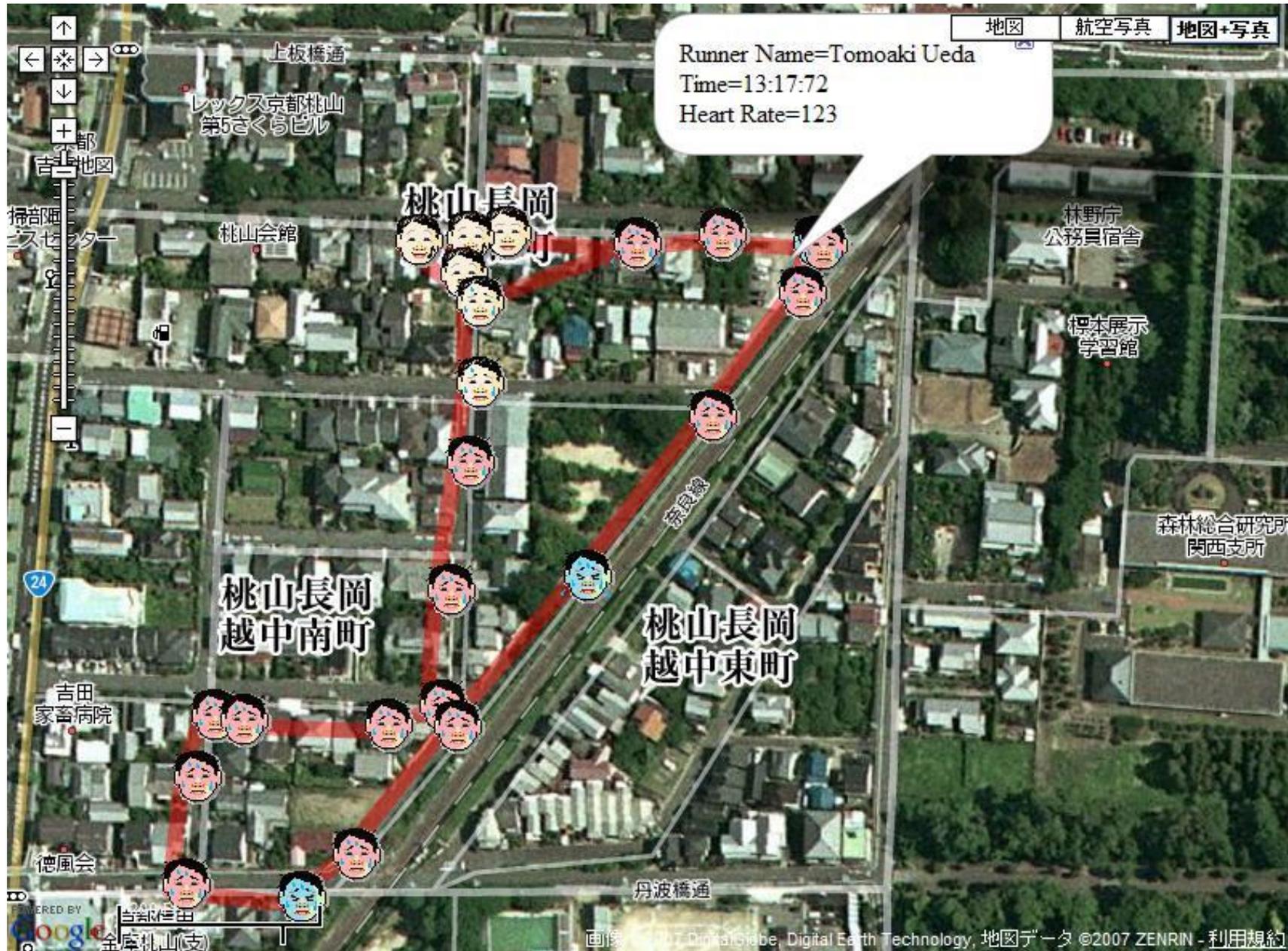
# 【写真2】 ZigBee通信アダプター



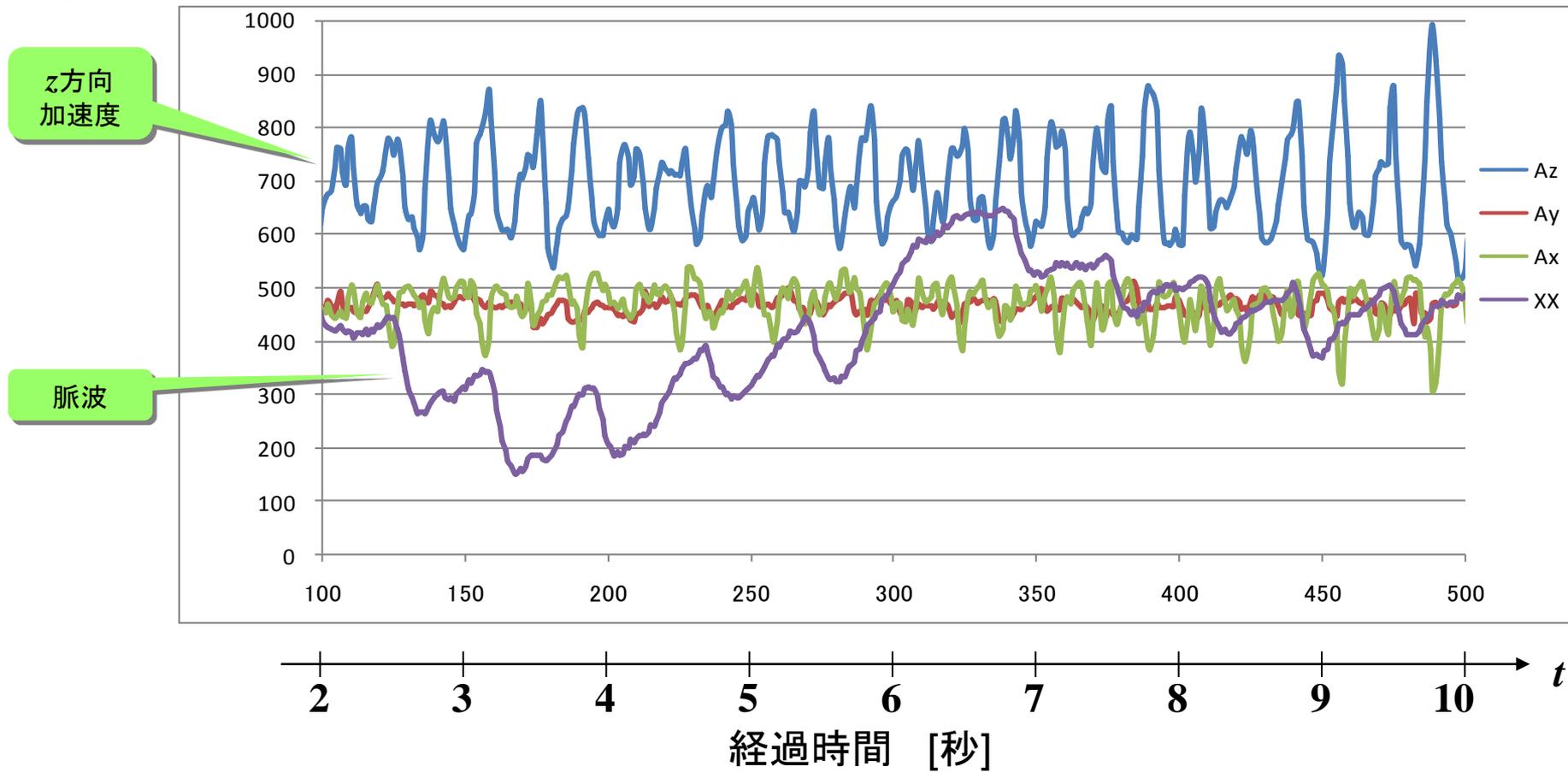
# 【図1】 ジョギングモニターのシステム構成図



### 【写真3】 ジョギング・モニターの解析結果表示例



【図2】測定データの例

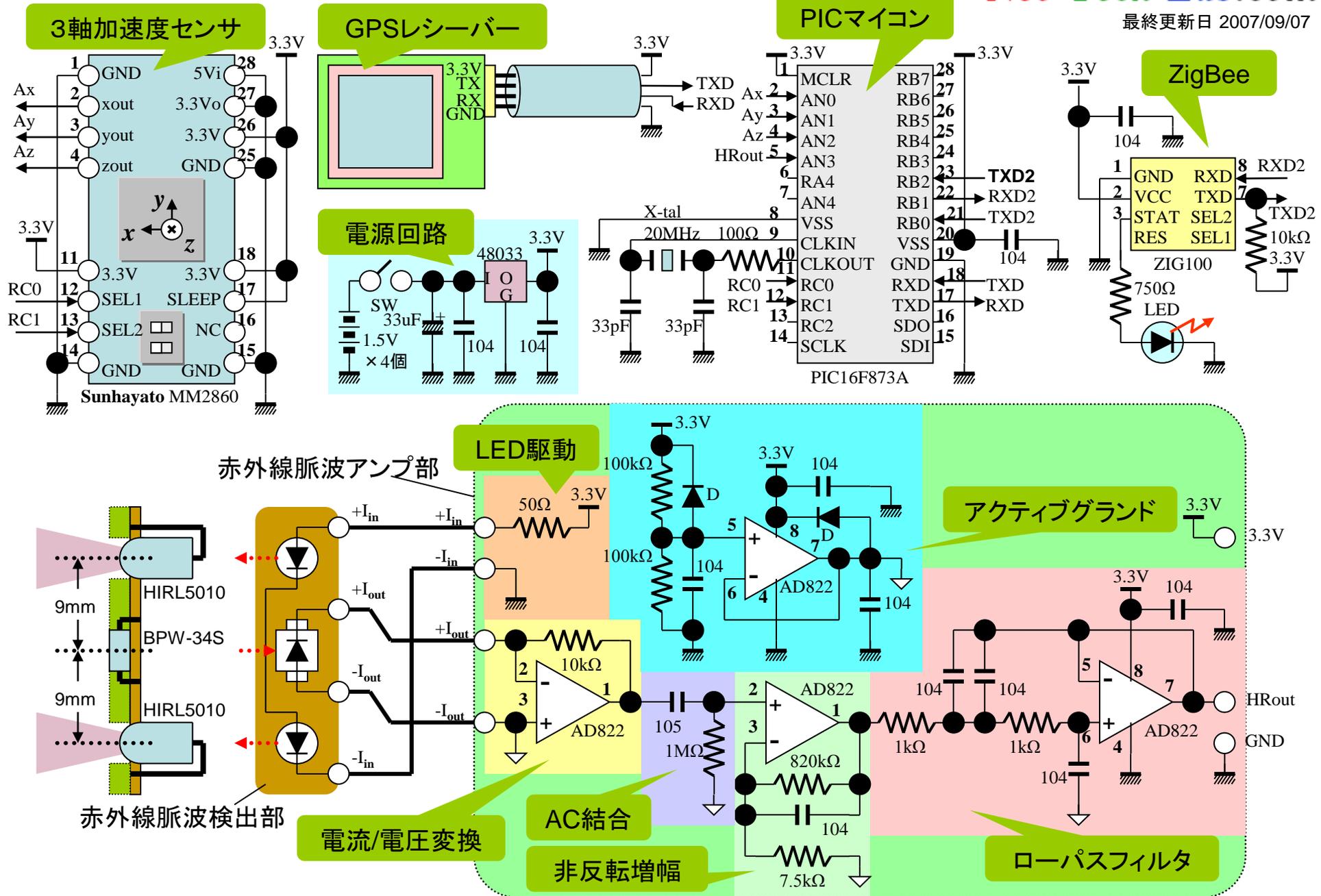


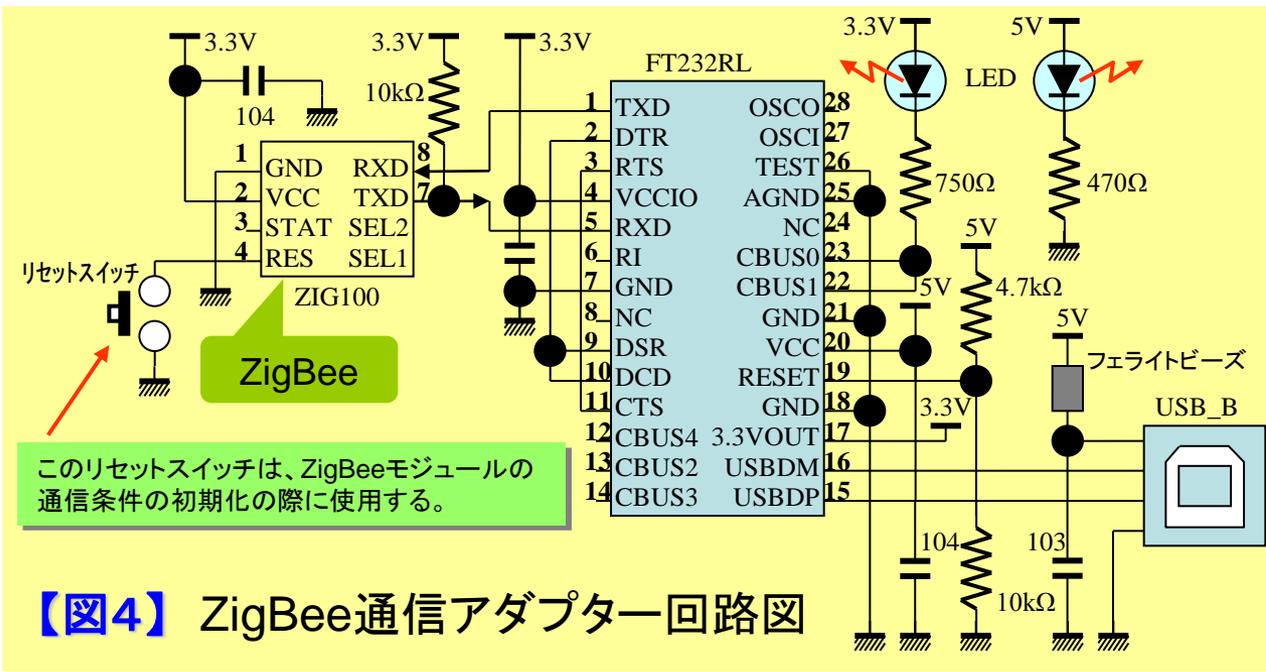
# 【図3】 ジョギング・モニター回路図

【3軸加速度センサを活用したジョギングモニターの製作】

Neo-Tech-Lab.com

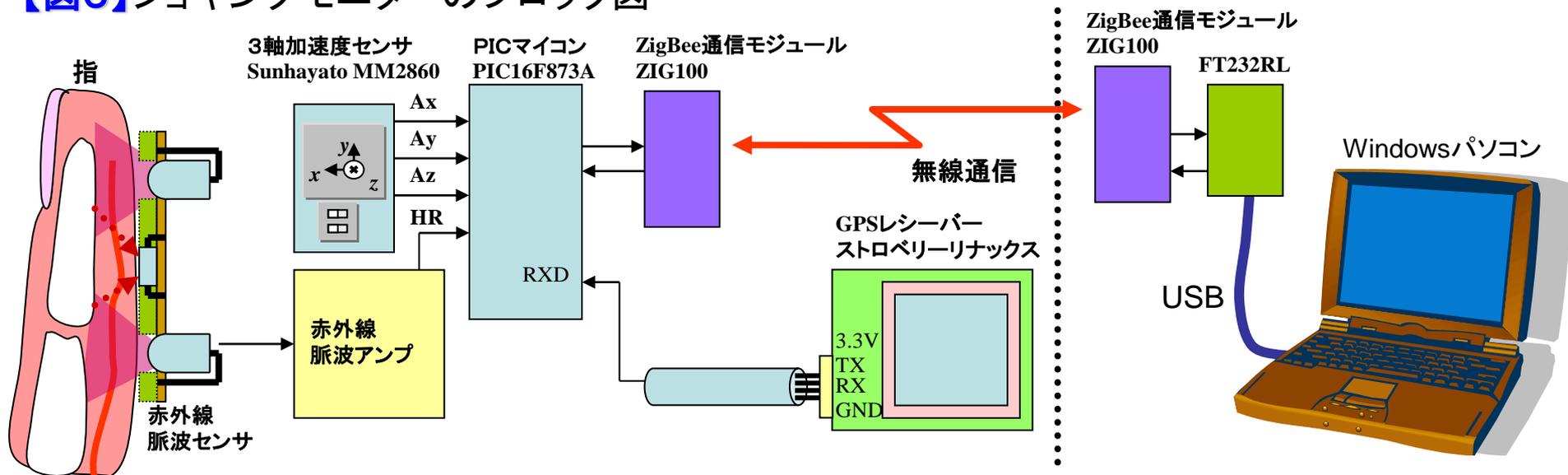
最終更新日 2007/09/07





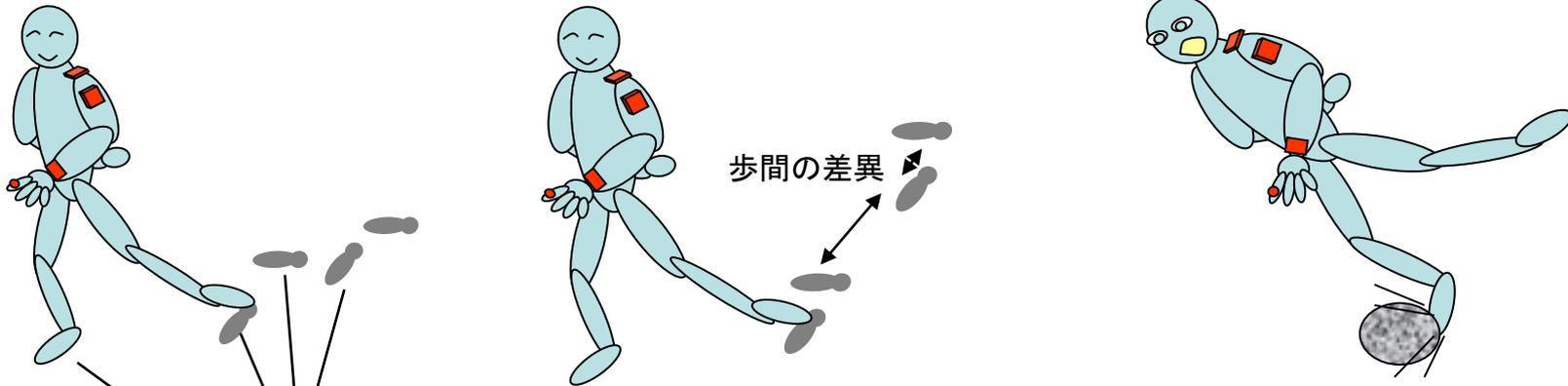
【図4】 ZigBee通信アダプター回路図

【図5】ジョギングモニターのブロック図

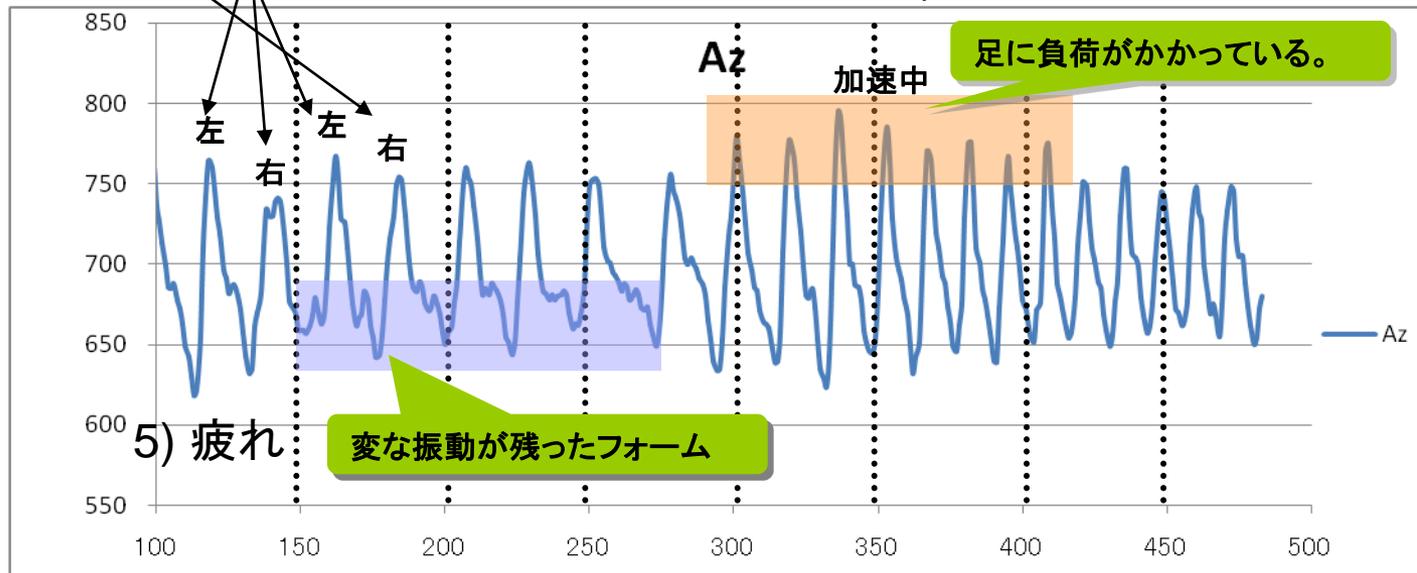


【図6】 加速度センサの役割(一体何がわかるのか?)

- 1) 1歩1歩のタイミング
- 2) 無意識の癖、体の変調
- 3) 事故(衝撃)

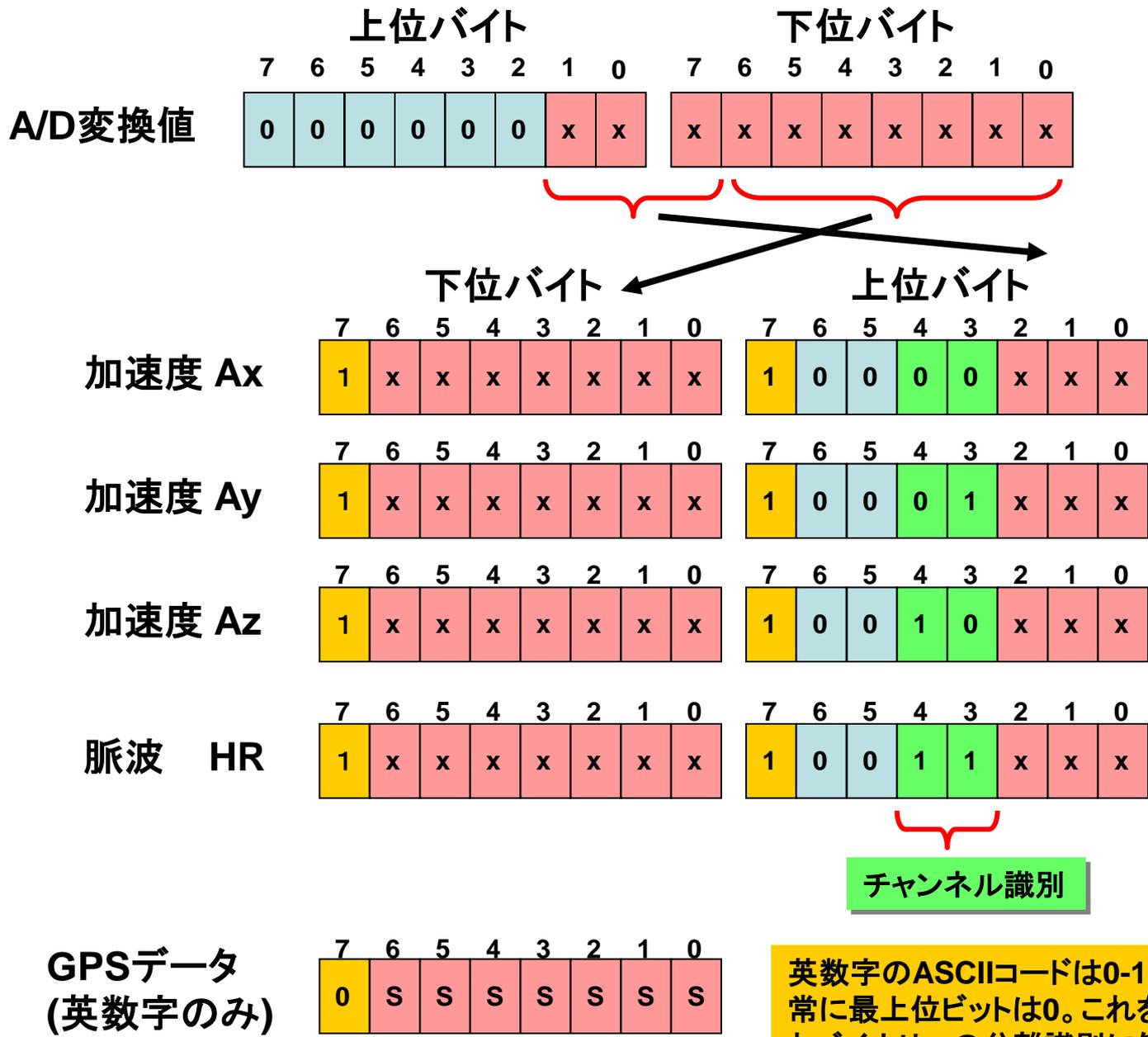


4) 身体への負荷



【表1】その他ジョギングモニターで一体何がわかるのか？

項目	使用センサ	内容
平均傾斜角度	3軸加速度	各軸の単位時間平均値を使って、傾斜角を求める。前傾姿勢の傾きがわかる。疲れの指標にもなる。また、角度から体調不良や事故で横たわっていることもわかる。
1歩当たりの距離	3軸加速度 GPS座標	GPS座標の1秒毎の変位量から距離が、z軸加速度の変動回数からその間の歩数が求まる。距離を歩数で割って、1歩当たりの距離が求まる。
心拍数	脈波	60秒を脈波ピーク間の時間(秒)で割ると心拍数[回/分]。
心臓負荷	脈波 GPS座標	標高差と心拍数の関係から心臓負荷がわかる。
時刻	GPS情報	世界標準時間(UTC) 年月日時分秒
座標	GPS情報	緯度、経度(数m程度の誤差)
移動速度	GPS情報	単位がノットだが移動速度がわかる。 1ノット=0.514444[m/秒]
移動方向	GPS情報	移動方位がわかる。
標高	GPS情報	平均海水面からの距離(10cm分解能)
地図情報	Google Maps	住所、地理目標
地図情報	Google Maps	事前に設定された領域外に出たか否か
到着予定時刻	3軸加速度 GPS移動速度 脈波	現状の移動速度、疲れの程度等から予め定められた目的地への到着予定時刻がわかる。
目的地	総合的	全ての情報を総合すれば目的地を予想することができる。



英数字のASCIIコードは0-127で常に最上位ビットは0。これをテキストとバイナリーの分離識別に使う。

## 【リスト】PICマイコンのソースリスト(CCS社PIC\_C)

```
#include <16F873A.h>
#device *=16, ADC=10
#fuses HS, NOWDT, NOPROTECT, NOPUT, NOBROWNOUT, NOLVP, NOWRT
#use delay(clock=20000000)
#use rs232(baud=4800, XMIT=PIN_C6,RCV=PIN_C7, BITS=8, PARITY=N,STREAM=COM_A)
#use rs232(baud=57600, XMIT=PIN_B1,RCV=PIN_B0, BITS=8, PARITY=N,STREAM=COM_B)
#use fast_io(A)
#use fast_io(B)
#use fast_io(C)
#define C2ms 0xD8F0
#define C5ms 0x9E57
```

```
int8 rbuf; // UART gps
int8 sbuf; // UART analog
int8 tbuf; // UART analog
int16 d; // A/D data
int8 istr;
// 0: No Operation, 1: Send Only GPS data, 2: Send GPS and Sensor data
int8 flag;
int8 a;
```

```
#int_rda
void receive_byte(void)
{ rbuf=fgetc(COM_A);
  if (istr!=0)
  { fputc(rbuf,COM_B);
  }
}
```

## 受信割り込み処理

GPSレシーバーが送出した1バイトを読み込み、ZigBeeに送信

```
#int_timer1
void timer1_event(void)
{ set_timer1(C5ms);
  if(istr == 2)
  { set_adc_channel(flag);
    delay_us(50);
    d=read_adc();
    sbuf = 0x80 | (make8(d,0) & 0x7f);
    d = d << 1;
    tbuf = 0x80 | (flag << 3) | make8(d,1);
    fputc(sbuf,COM_B); fputc(tbuf,COM_B);
    flag++;
    if ( flag==4 ) flag=0;
  }
}
```

## タイマー割り込み処理

flagに基づいてチャンネルを切替、10ビットのA/D値を2バイトに分割して目印を付けて送信

- 3軸加速度と脈波のデータは50サンプル/秒で記録する必要がある。データ容量が多いのでバイナリで送信。後で識別できるように最上位ビットを1とし、上位バイトにはチャンネル番号も記載。
- GPSデータはテキスト(英数字=7ビット)なのでそのまま送出。

## 初期化処理

```
void main()
{ port_b_pullups(FALSE); // No Pullup
  output_c(0x90); set_tris_C(0b10010000); // Port_C RC5=RC7=RxD
  output_b(0x02); set_tris_B(0b00000101); // Port_B RxD,TxD
  output_a(0x00); set_tris_A(0b11111111); // Port_A All input
  setup_timer_1(T1_INTERNAL | T1_DIV_BY_1);
  set_timer1(C5ms);

  setup_adc( ADC_CLOCK_DIV_32 ); /* 1.6usec @ 20MHz */
  setup_adc_ports( ALL_ANALOG ); /* use AN0-AN4 as ADC */
  set_adc_channel(0); /* Select AN0 */
  delay_us(50);

  istr = 0; flag = 0;

  enable_interrupts(INT_TIMER1); // timer1
  enable_interrupts(INT_RDA); // rx
  enable_interrupts(GLOBAL); // int

Lp1:
  istr = 0; flag = 0;
  istr=fgetc(COM_B);
  if ( ( istr==1) || (istr==2) )
  { while(TRUE)
    { a=input_b(); if (bit_test(a,2) != 1) break;
    }
    while(TRUE)
    { a=input_b(); if (bit_test(a,2) == 1) break;
    }
  }
  goto Lp1;
}
```

コマンド待ち  
0: 停止 2: データ送信開始

Break検出

Clear検出

【表2】ジョギングモニター部品表

## 加速度センサ本体基板

部品名称	メーカー型番	個数	備考欄
加速度センサ	MM2860	1	サンハヤト
GPSレシーバー		1	ストロベリー リナックス
ZigBee無線モジュール	ZIG 100	1	Best Technology
ZIG100ソケット		2	Best Technology
PICマイコン	PIC16F873A	1	Microchip
水晶発振子20MHz		1	
三端子レギュレータ	48033	1	
抵抗 (1/6w)	100Ω	1	
抵抗 (1/6w)	750Ω	1	
抵抗 (1/6w)	10kΩ	1	
積層セラミックコンデン	33pF	2	
積層セラミックコンデン	0.1uF	4	
電解コンデンサ	33uF	1	
SIPソケット	4P	4	
LED	緑	1	
端子台	2P	1	
電池BOX SW付き		1	
電池BOX用コネクタ	2P	1	
単3電池	1.5v	4	

## 赤外線脈波センサ部

部品名称	メーカー型番	個数	備考欄
赤外線LED	H1RL5010	2	波長850nm
赤外線フォト・ダイオー	BPW34S	1	波長850nm

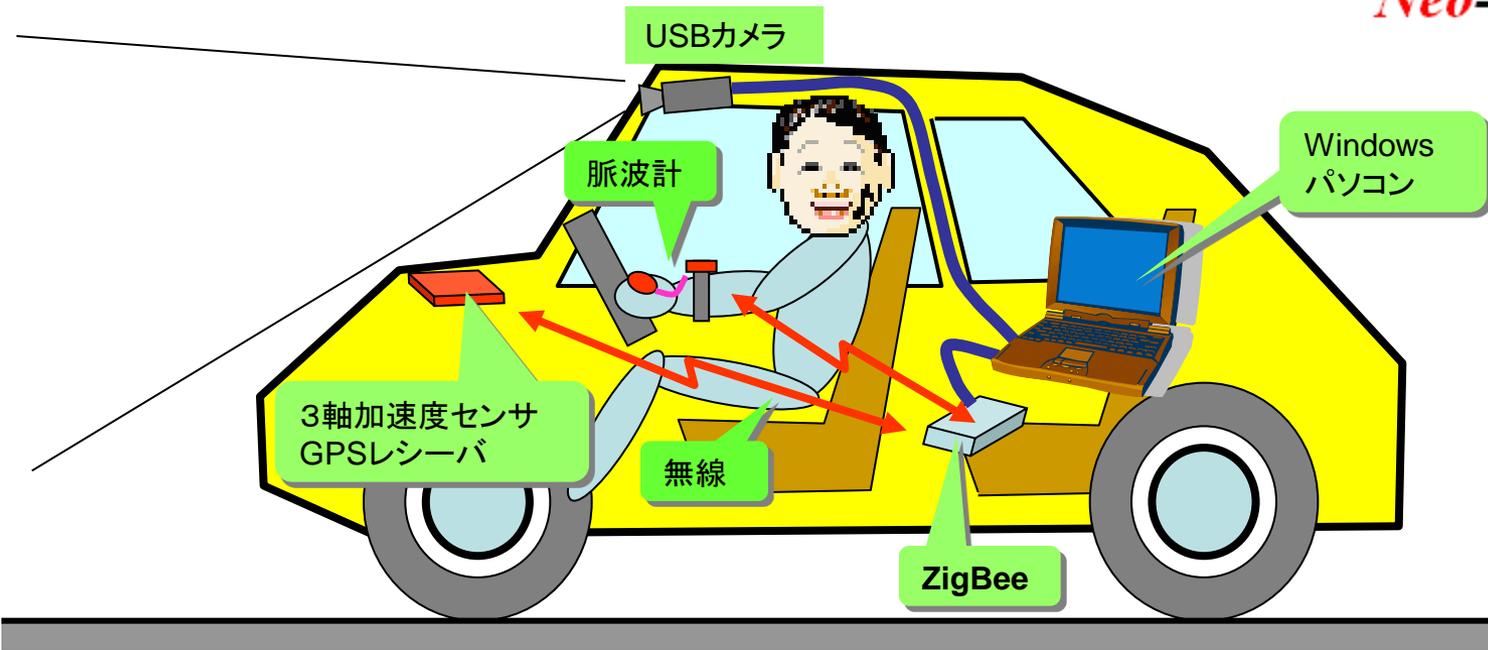
■ ストロベリー リナックスのGPSレシーバーには5V電源と3.3V電源の2品種があるが、5V電源のGPSレシーバーでもロジック出力は3.3V出力なので注意が必要。

## 赤外線脈波アンプ部

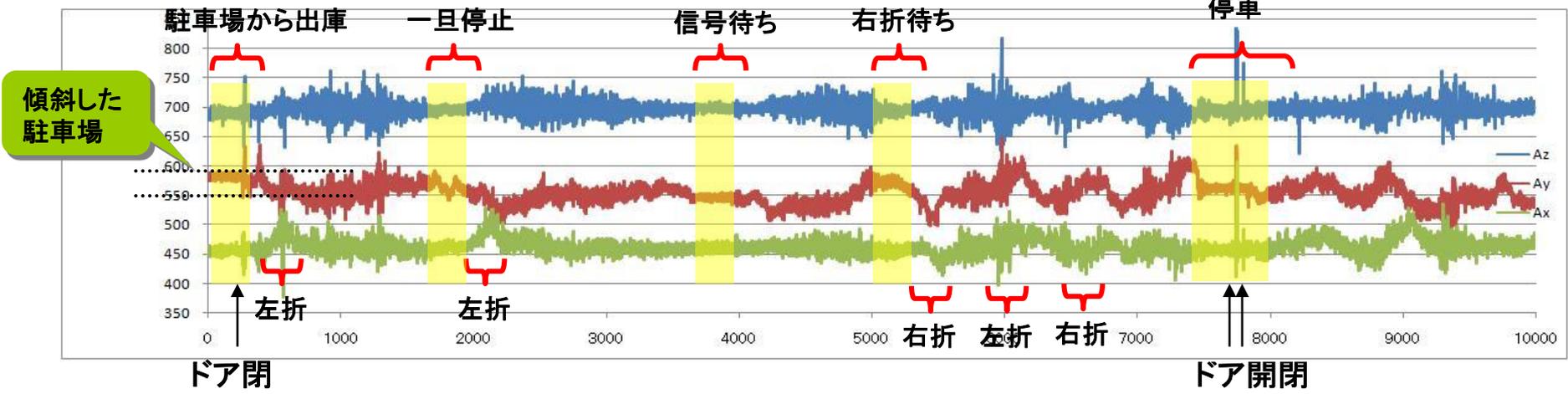
部品名称	メーカー型番	個数	備考欄
オペアンプ	AD822	2	
抵抗 (1/6w)	50Ω	1	
抵抗 (1/6w)	1kΩ	2	
抵抗 (1/6w)	7.5kΩ	1	
抵抗 (1/6w)	10kΩ	1	
抵抗 (1/6w)	100kΩ	2	
抵抗 (1/6w)	820kΩ	1	
抵抗 (1/6w)	1MΩ	1	
積層セラミックコンデン	0.1uF	8	
積層セラミックコンデン	1uF	1	
ショットキーダイオード		2	1S1588クラス

## ZigBee通信アダプタ

部品名称	メーカー型番	個数	備考欄
ZigBee無線モジュール	ZIG 100	1	Best Technology
USB IC	FT232RL	1	FTDI
USB Bコネクタ		1	
フェライト・ビーズ		1	
タクト・SW		1	
抵抗 (1/6w)	10k	2	
抵抗 (1/6w)	4.7k	1	
抵抗 (1/6w)	750	1	
抵抗 (1/6w)	470	1	
積層セラミックコンデン	0.1uF	3	
積層セラミックコンデン	0.01uF	1	
LED	赤、緑	2	
ZIG100ソケット		2	Best Technology



3軸加速度センサ

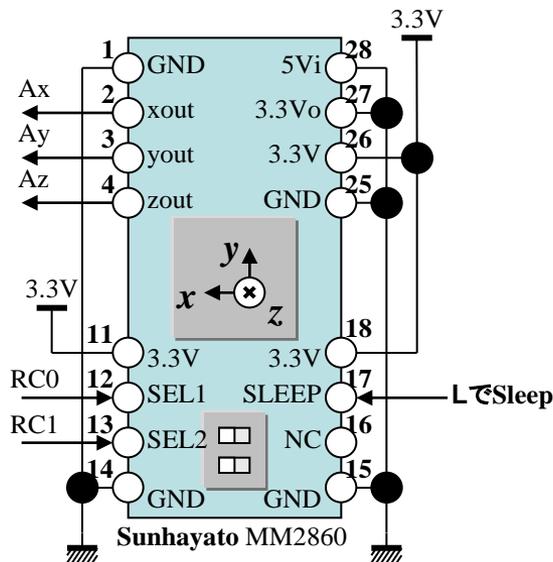


■ダッシュボードの上に加速度センサを固定せずに置いたため、エンジン振動の影響をかなり受けている。

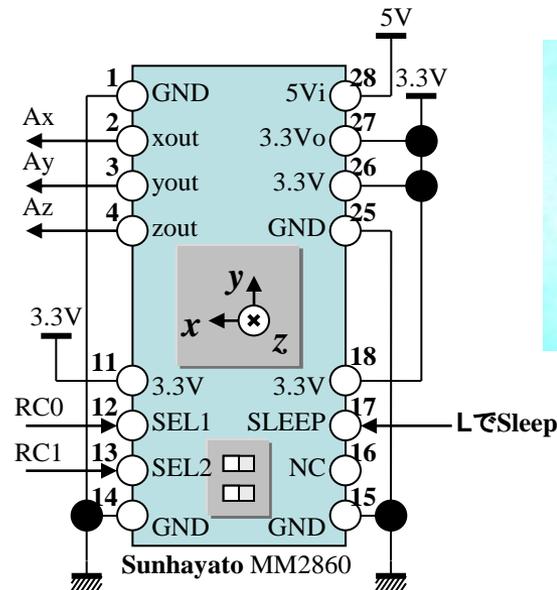
## 【Appendix 2】 Sunhayato3軸加速度センサモジュール MM2860の特徴

- フリースケール・セミコンダクタ社製の3軸加速度センサMMA7260Qを評価するための600mil幅DIP28ピン同等サイズのモジュール
- 検出範囲をデジタル入力またはスイッチで $\pm 1.5g$ 、 $\pm 2.0g$ 、 $\pm 4.0g$ 、 $\pm 6.0g$ の4通りに切り替え可能。
- 5V電源から3.3Vを作ることができる3端子レギュレータ回路も実装。
- 消費電流を通常500 $\mu$ ATyp.を3 $\mu$ ATyp.に抑制するスリープモードを搭載。
- 加速度センサとしての評価に必要なセンサ固定用取付穴4個が基板上に設けてある。

### 1) 3.3V電源で使う場合

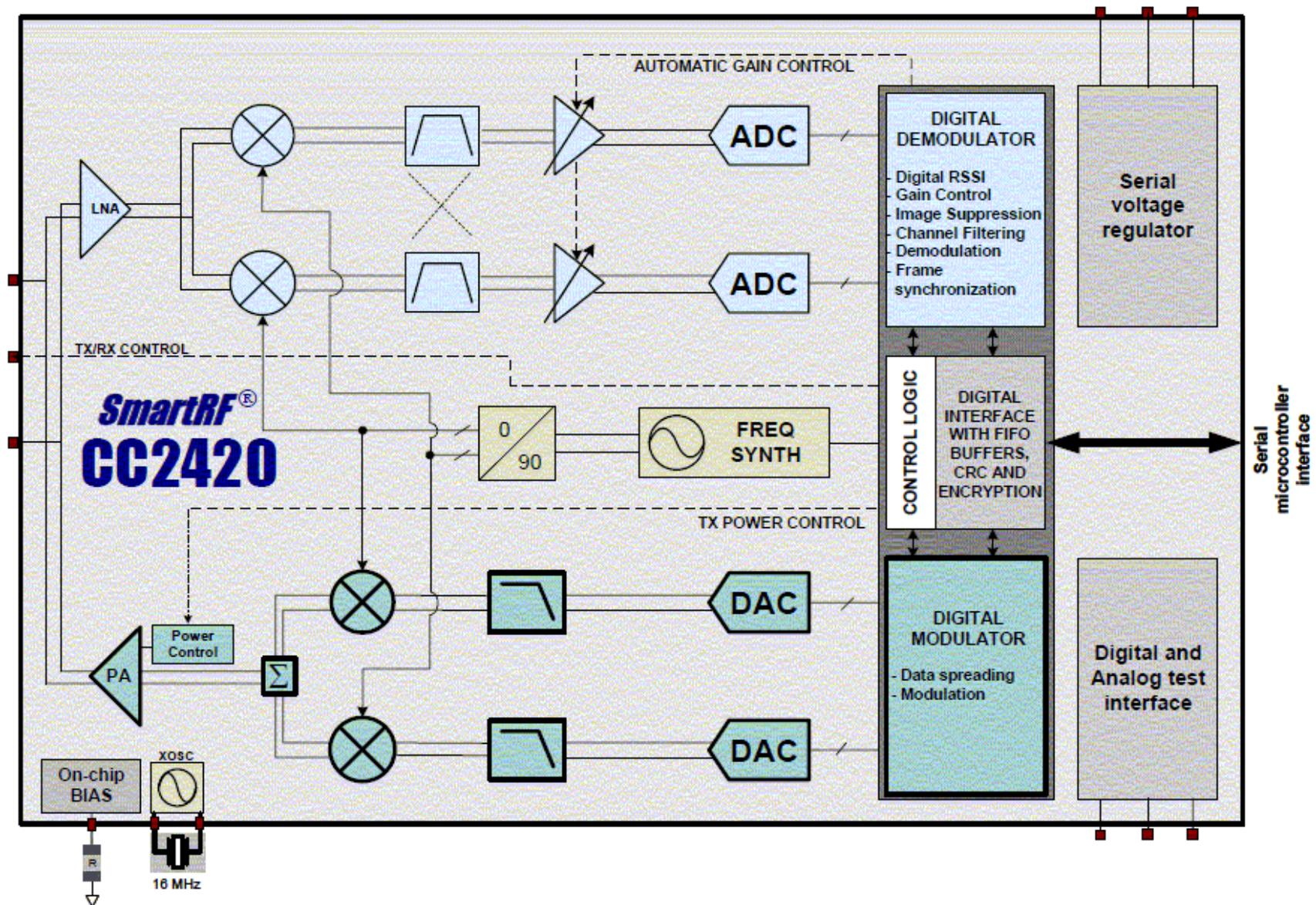


### 2) 5V電源で使う場合



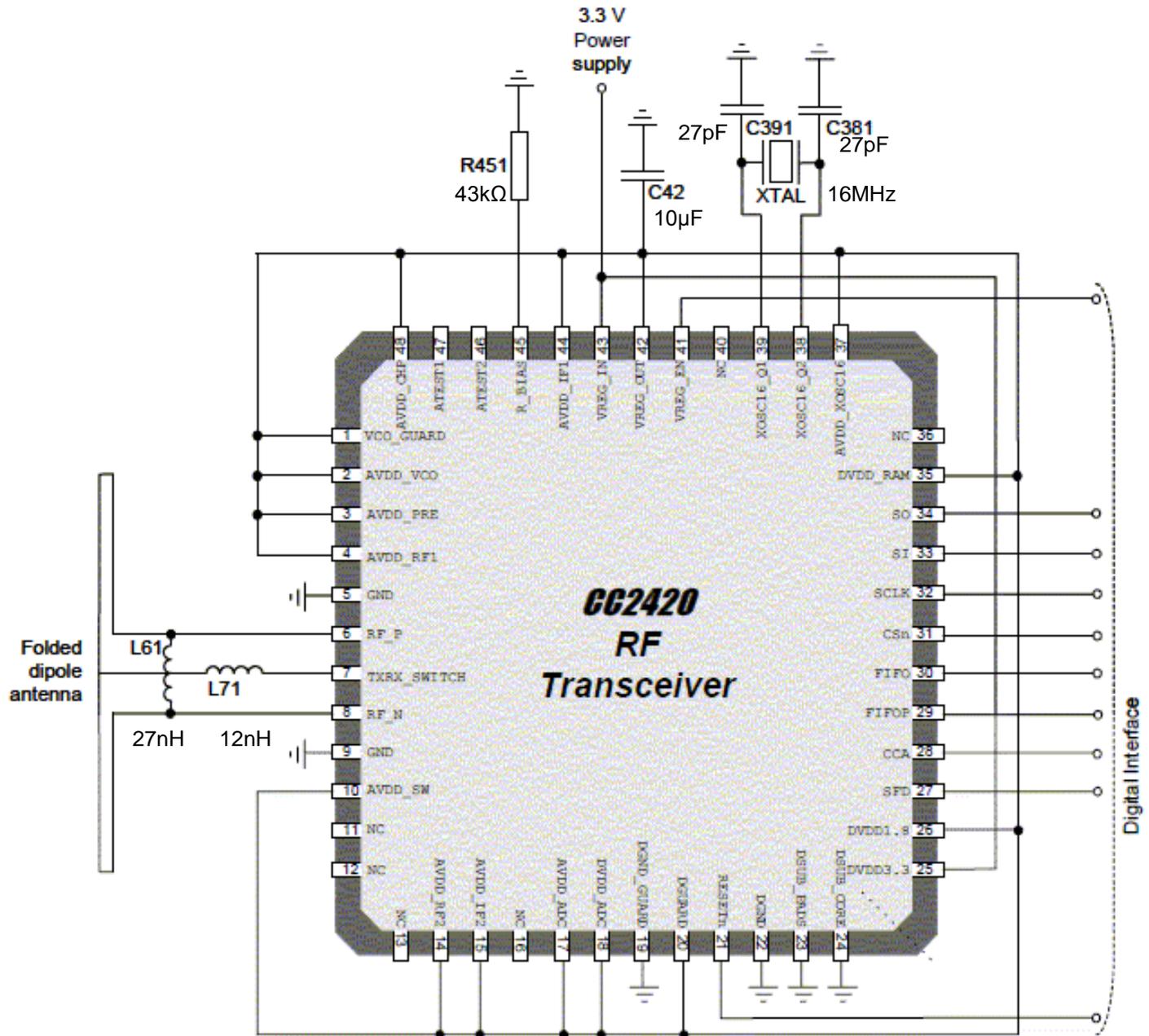
g-Select1	g-Select2	加速度値の範囲	感度
OFF	OFF	$\pm 1.5g$	800mV/g
ON	OFF	$\pm 2g$	600mV/g
OFF	ON	$\pm 4g$	300mV/g
ON	ON	$\pm 6g$	200mV/g

# 【Appendix 3】 TI Chipcon CC2420 2.4 GHz IEEE 802.15.4 / ZigBee RF-Transceiver



2.4 GHz IEEE 802.15.4 / ZigBee RF-Transceiver回路例

最終更新日 2007/09/07



# 【Appendix 4】 SONY CXD2951 CMOS 1chip GPS receiver

