# 山田・松田研究室

# 家電機器をスマートに使用するための統一電源プラグ・システム

## 家庭での電力利用の現状

現在、身の回りには直流(DC)回路で動作している家電機器の方が多くなった

## 直流機器を使用するための電源アダプタ

家庭の電源コンセントには 交流(AC100V)が供給
機器ごとに所要電圧・電流が異なるので、個別にAC電源アダプタが必要

## 外出先での電力利用の現状

機器と共に電源アダプタを持ち歩く煩わしさ

## 家庭での電力利用の問題点

家電機器の所要電力(DC)と配電電力(AC100V)とのミスマッチが顕在化

そのため、小電力機器には機器固有のAC電源アダプターが必要

出張や旅行時には、機器と共に電源アダプターを持ち歩かなければならない煩わしさ

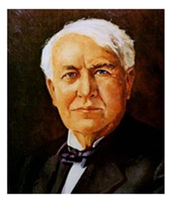
電源アダプターは機器固有のものであり、機器の廃棄と共に使い捨て

太陽光などの再エネ発電の場合は DC→AC100V→DCの2段階の変換を伴うため、電力利用効率が特に低い

近年の家電機器はブラックボックス化され、異常や故障の発見が困難に

故障した場合は、基本的にメーカーでの修理か買い替えに

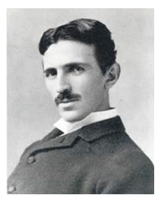
## 交流送電になった経緯



Thomas Edison

電球の発明(1882年)、
直流発電、直流送電を
提唱(GE創設者)

交流電動機、交流発電、
交流送電の効用を提唱



Nikola Tesla

直流 VS 交流

交流システムの最大のメリット: 電圧変換が容易(変圧器)
高電圧にして送電することにより、送電ロスを低減可能

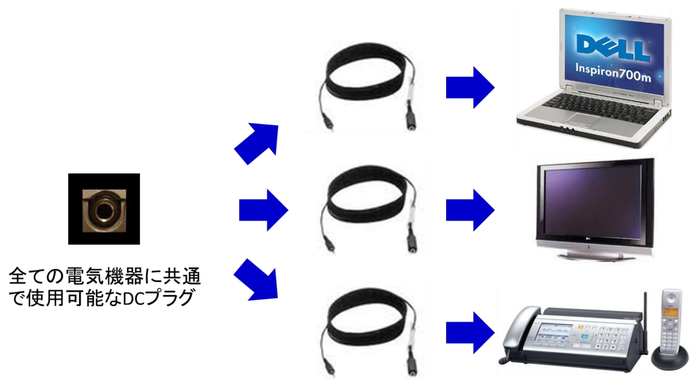
交流発電、交流送電が主流に
ウェスティング・ハウスも交流に着目

しかし、同じ電圧なら直流の方が送電ロスは少ない !!
しかも、現在では半導体回路により、直流の電圧変換は比較的容易に

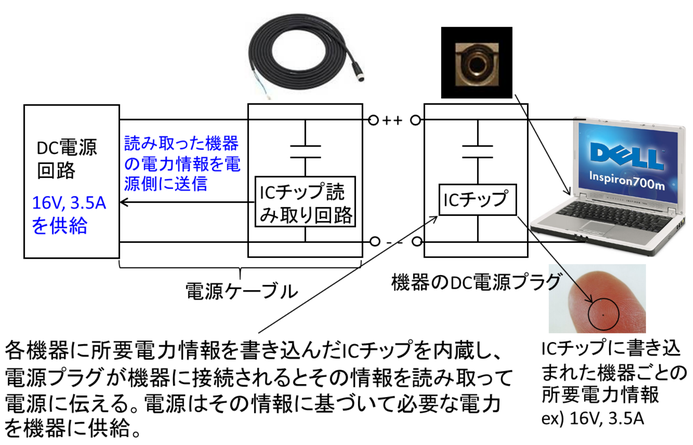
## 直流機器用統一電源プラグのアイデア

現状では、機器によって電圧・極性はおろかプラグの形状もまちまち

全ての電気機器で使用可能な統一直流電源プラグができないものか?



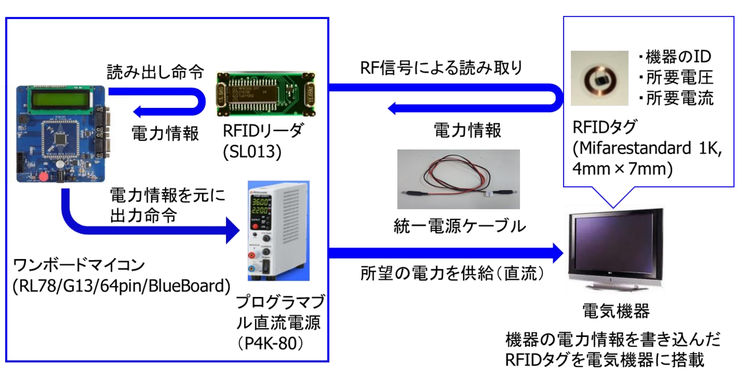

## ICチップによる機器の所要電力情報認識の仕組み



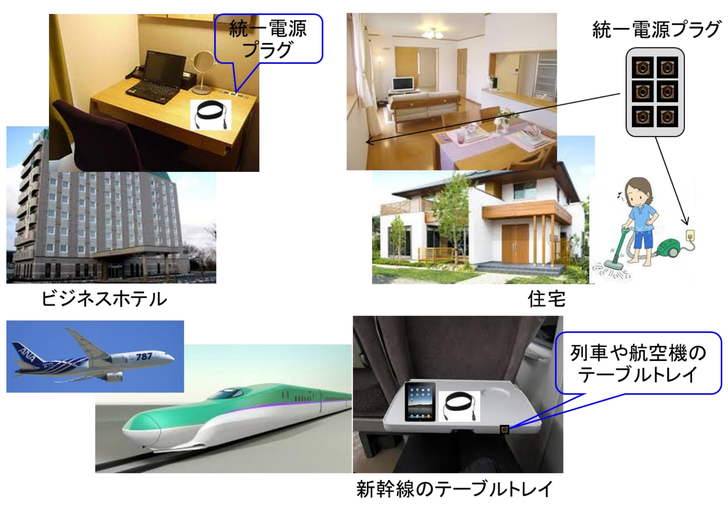

## システム構成

一般的な平行2線式の電源コードによる電力線通信により実現

電力線通信に市販のRFIDシステムを流用




## 統一電源プラグ・システムの適用先



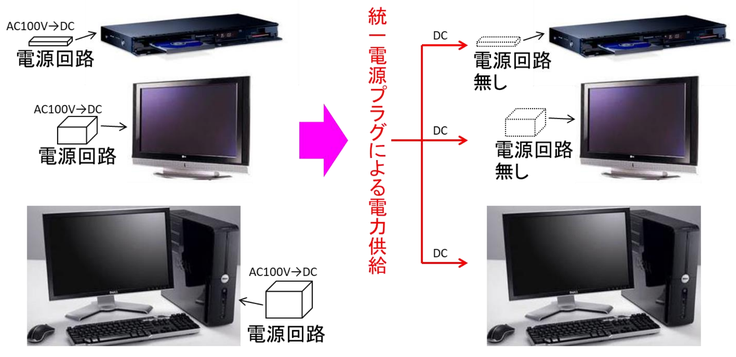

## 小型電気機器利用の将来ビジョン

現在の直流動作の小型電気機器は、
機器ごとに固有の電源回路を有する

その分コストや重量が嵩み、また
複数機器を用いる場合は非効率

全ての小型電気機器から電源回路を除
き、統一電源プラグによって電力を供給

機器のコスト削減、軽量化、複数機器
を用いる場合は高効率



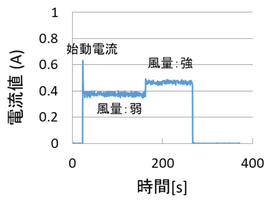

## 家電機器のヘルスモニタリング

電気機器の異常や劣化があると、その動作電流に兆候が現れる

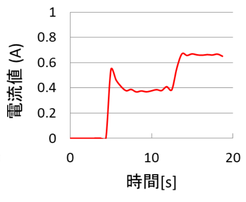
機器の動作電流波形を監視することで、事故や突然の故障を未然に防止

家電機器の健康状態を常に監視しながら、機器を安全に使用

個々の家電機器の使用積算時間を電源側で把握することで、
機器の寿命や買い替え時期を正確に把握し、突然の故障を防止




正常動作時の電流波形




異常時の電流波形

扇風機の異常
(ひもが絡まった状態)

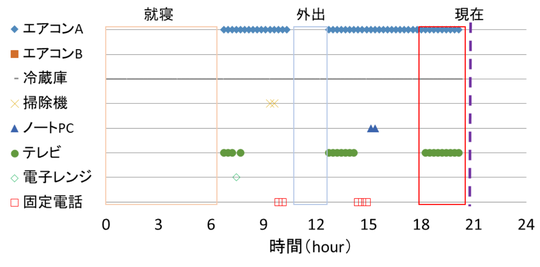
## 高齢者の見守り(安否確認)

統一電源プラグ・システムでは電気機器と電源とが一対一に繋がるため、
個々の機器の使用状況を電源側で正確に把握することが可能

個々の家電電気の使い方を監視することで、一人暮らしの高齢者の見守り

家電機器の使い方がいつもと異なる場合、居住者に異常の可能性有り

電源システムが個々の家電機器の稼働状況を監視



異常の可能性？


東北大学 工学部 電気情報物理工学科
オープンキャンパス

資料請求: yamada@ecei.tohoku.ac.jp
コンタクト: 022-795-7101　山田 博仁

# 山田・松田研究室

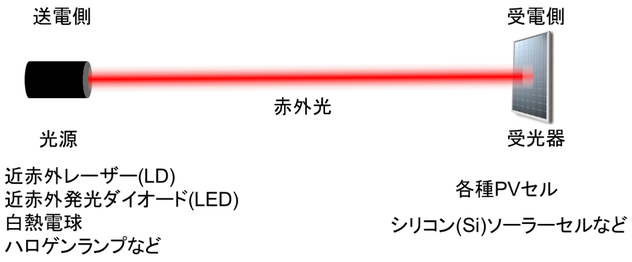
# 赤外光を用いる光無線電力伝送でスマホをスマートに充電

## 赤外光無線電力伝送とは?

赤外光無線電力伝送とは?

赤外光(特に波長1μm前後の近赤外光)を用いて電力伝送を行う方式で、光源として近赤外レーザーやLED、白熱電球、ハロゲンランプなどを用い、受光器としては各種Photovoltaic(PV)セル(ex. Siソーラーセル)を用いる

赤外光無線電力伝送の構成




## 赤外光無線電力伝送

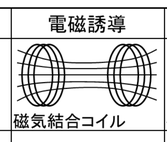
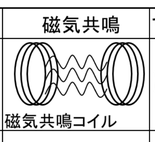
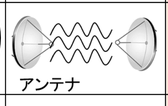
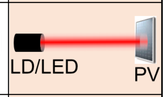
赤外光無線電力伝送の特徴

- 市販の安価なデバイスを使い、比較的長距離に電力伝送が可能
- 光源としてレーザーを用いれば、数百km先への大電力伝送も可能(上空、あるいは宇宙から地上への電力伝送も可能)
- 目に見えない赤外光(特に波長1μm前後の近赤外光)を用いれば、夜間でも周りを明るくすることなく電力伝送を行える(ダーク伝送)
- 赤外光は、目にも優しい(アイセーフ伝送)
- 発電に効果的に寄与する波長の光のみ送れば、受光器(PVセル)や周辺の温度上昇も少ない(クールに発電)
- 電波による電力伝送とは異なり、EMI(電磁妨害)の影響は無い
- 接近不可能な(危険な)場所への電力伝送が可能(無線伝送に共通)

赤外光電力伝送の応用可能性

- 飛行中のドローンへの無線給電(充電)
- スマホ等への無線充電
- 走行中のEVへの無線給電(充電)
- 限定地域への上空からのピンポイント無線給電
- 太陽光の届かない深い谷や洞窟、極地への電力供給
- 危険地域への電力供給や、救難・災害対応など
- 夜間に宇宙からソーラーパネルへの送電

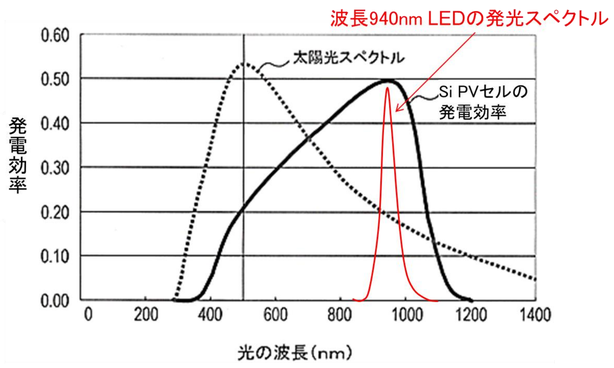
## 各種無線電力伝送方式の特徴比較

| 方式 | 電磁誘導 | 磁気共鳴 | マイクロ/ミリ波伝送 | 赤外光無線伝送 |
|---|---|---|---|---|
| 構成 |  磁気結合コイル |  磁気共鳴コイル |  アンテナ |  LD/LED PV |
| 送電効率 | 90%以上も可能 | 90%以上も可能 | 最大20%程度 | 最大20%程度 |
| 送電電力 | 数十kW | 数kW | 数GW | 数KW |
| 送電可能距離 | 数十cm | 数m | 数十km | 数百km |
| 送受信アンテナサイズ | コイル直径数十cm | コイル直径数十cm | 長距離伝送では直径数m必要 | 長距離伝送でも直径数十cm程度 |
| 備考 | 磁気共鳴方式の簡易版 | iPhone8,Xなどに搭載 | 電波法による規制有り | レーザの場合、安全管理基準有り |

## 近赤外光を使う理由

Si PVセルが最も効率よく発電できる光の波長域は 900nm～1,000nmの近赤外光であり、太陽光のスペクトルピーク波長とは大きく異なる

従って、950nm付近の近赤外波長域のLEDを使えば効率よく発電が可能

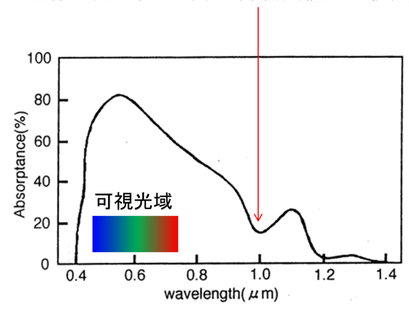



Si PVセルの発電効率と太陽光スペクトル

## 赤外光は目に優しい

赤外光は目に優しいアイセーフ光

波長1μm付近の近赤外光は目に対する障害閾値が可視光に比べて高い




ヒトの網膜の光吸収特性

## 光源にLEDを用いた場合の電力伝送効率

LEDの発光効率

| 波長 | 消費電力 | 光出力 | 発光効率 |
|---|---|---|---|
| 730 nm | 15.7 W | 3.22 W | 20.5 % |
| 850 nm | 24.7 W | 4.32 W | 17.5 % |
| 940 nm | 19.45 W | 3.67 W | 12.5 % |

Si PVセルの発電効率

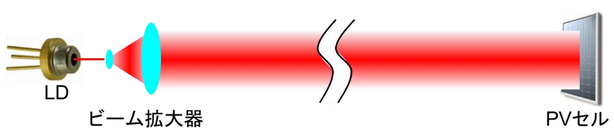
| 波長 | 入射光電力 | 発電電力 | 発電効率 |
|---|---|---|---|
| 730 nm | 0.395 W | 0.083 W | 21.1 % |
| 850 nm | 0.144 W | 0.038 W | 26.5 % |
| 940 nm | 0.516 W | 0.170 W | 34.6 % |

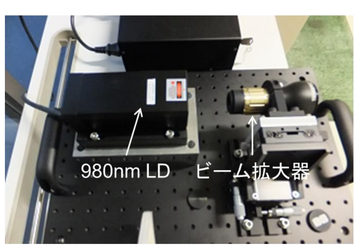
電力伝送効率

| 波長 | 電力伝送効率 |
|---|---|
| 730 nm | 4.3 % |
| 850 nm | 4.6 % |
| 940 nm | 4.3 % |

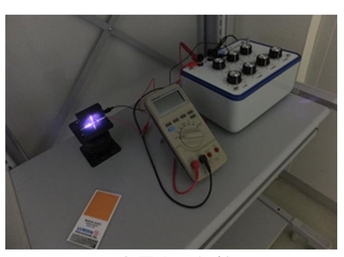
## 近赤外レーザーによる光無線電力伝送

波長 980nmのLDを用いて 100 mの距離での電力伝送(0.5W)に成功



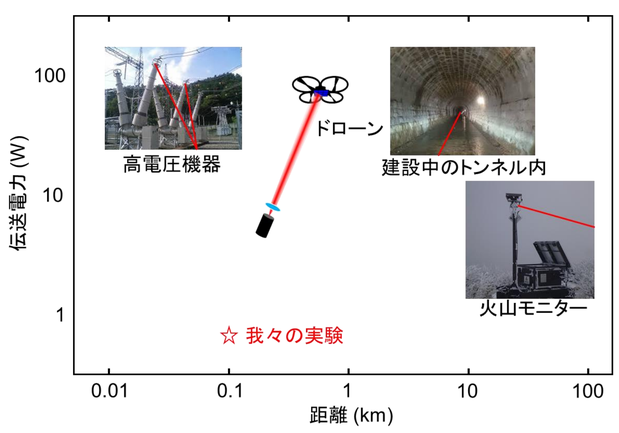




光電力送信機
980nm LD



光電力受信機
(Si PVセル)

## レーザーによる光無線電力伝送の可能性




## スマホやタブレットPC等への無線充電

iPhoneなどのワイヤレス充電よりも、より自然な使用形態での充電が可能

充電トレイの上に置かなくても、テーブルの上でもポケットやカバンの中にあっても常時充電状態に

iPhoneのワイヤレス充電

赤外光による無線充電

## 走行中のEVへの無線給電

EVの屋根にはソーラーパネル

このサイズでも近赤外光なら数kWの電力が得られ、EVのモーターを十分駆動可能

走行車線に沿って赤外光ビームを照射

車の走行に追随してトラッキングも可能

## 上空からのピンポイント赤外光電力伝送

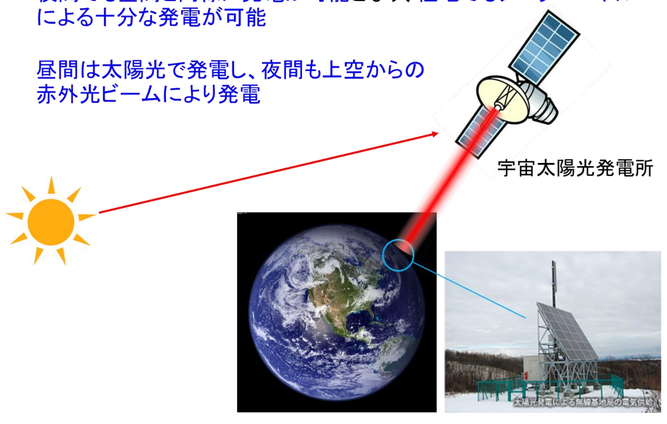
雨天や夜間など、太陽が照っていない時にも、上空から赤外光によって電力伝送

ビームを絞れば、ピンポイントで局所的な電力伝送も可能

## 宇宙からの赤外光電力伝送

地球周回軌道上に設営した宇宙太陽光発電所が、発電した電力を赤外光に変換して地球の夜の地域や高緯度地域に伝送すれば、夜間でも昼間と同様に発電が可能となり、極地でもソーラーパネルによる十分な発電が可能

昼間は太陽光で発電し、夜間も上空からの赤外光ビームにより発電





東北大学 工学部 電気情報物理工学科
オープンキャンパス

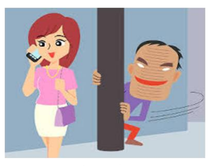
資料請求: yamada@ecei.tohoku.ac.jp
コンタクト: 022-795-7101　山田 博仁

# 山田・松田研究室

# パーソナルLiDARで暗い夜道も安心

## 身の周りに潜む危険

後方からの自転車


ストーカー
暗い夜道での一人歩き

ひったくり

後方からの車接近

ながらスマホ

イヤホン走行

## パーソナルLiDARとは?

LiDAR(Light Detection and Ranging or Laser Imaging Detection and Ranging)

接近してくる物体(車や自転車)や人物(不審者)を検知し、
警告を発するシステム

スカーフ内に
さりげなく潜ま
せ後方を監視

赤外光のため夜間でも動作

帽子やスカーフに装着し、背後を監視する小型赤外カメラやLiDARとスマホを連携させ、
夜間でも背後からの危険をいち早く察知

適用例)
- ストーカーや不審者対策
- 犯人の画像を記録し、裁判の証拠物件に(パーソナルレコーダー)
- 背後から接近する車や自転車からの危険防止
- 視覚障害者や夜間の歩行支援

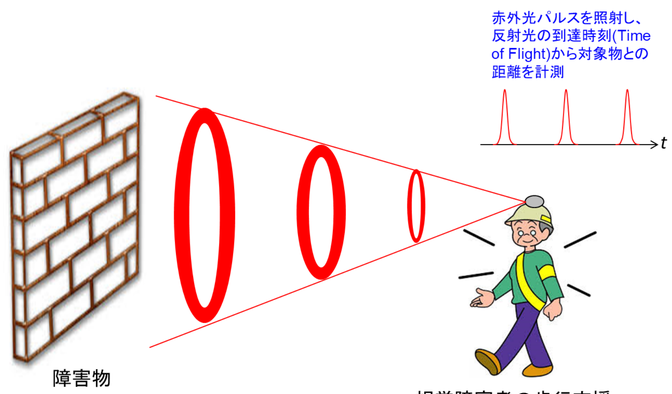
## 車載用LiDARとの比較

個人が普段身につけて持ち歩けるようなパーソナルLiDARの実現を

| | 車載用LiDAR | パーソナルLiDAR |
|---|---|---|
| 検知対象物体 | 車、自転車、人 | 自転車、人、障害物 |
| 検知可能範囲 | 10～200m | 10m以内 |
| 距離確度 | 1m | 数cm |
| 検知可能物体速度 | 時速300km以下 | 時速30km以下 |
| サイズ | 数十cm角 | 数cm角 |
| 重量 | 数～数十kg | 百～数百g |
| 消費電力 | 100W程度(車載バッテリでの駆動) | 1W以下(携帯バッテリ駆動で8時間程度) |
| 価格 | 数十～数百万円 | 数千円 |

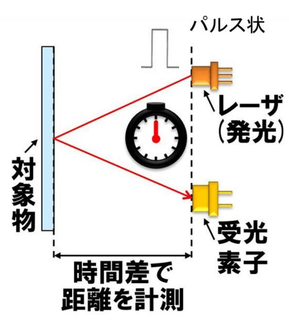
## パーソナルLiDARによる歩行支援

LiDARによる障害物や接近する物体の検知と事前の警告

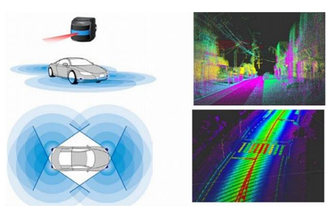


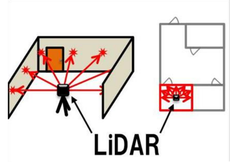

## LiDARのしくみ

LiDAR(Light Detection and Ranging) 光による検知と測距




レーザー光パルスの往復時間を計測し、
光速度を掛けることで距離が分かる


車載LiDAR



空間マッピング

## 製作したパーソナルLiDARの主要構成部品

VL53L1X
センサモジュール

- TOF* 方式によるセンシング
- 測定範囲: 0.1～4m
- センサの視野角: 27°
- 光源: 940nm 赤外VCSEL†
- 動作電圧範囲: 2.9～5.0V
- サイズ: 約25×10 mm
  (厚み約3 mm)

Raspberry Pi Zero

- ワンボード マイコン
- OS: Raspbian (Linux)
- サイズ: 65×30 mm
  (厚み約5 mm)

駆動バッテリ

- リチウムイオン電池
- 出力電圧: 5V
- 出力電流: 1A
- 容量: 4000mAh
- サイズ: 53×85×8.5 mm

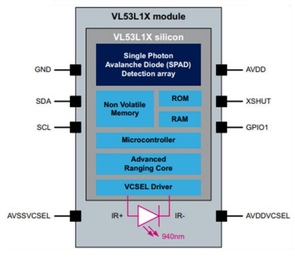
振動モーター

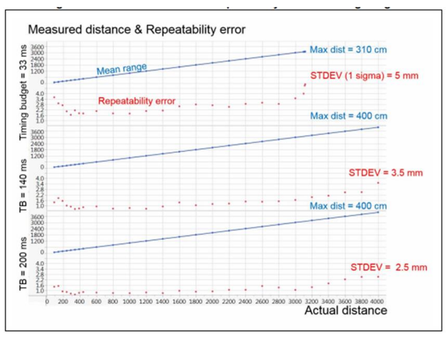
- 動作電圧範囲: 2.5～3.5V
- 回転数: 13000 rpm*
- サイズ: φ12 mm

* rpm…rotation per minute

* TOF: Time of Flight
† VCSEL: Vertical Cavity Surface Emitting Laser

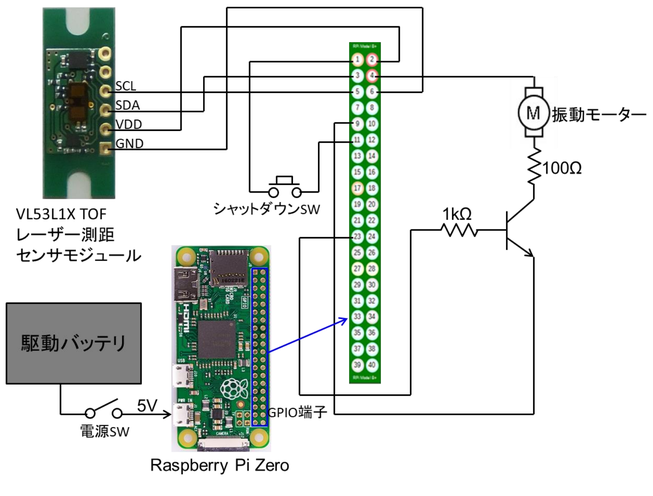
## VL53L1Xセンサモジュール



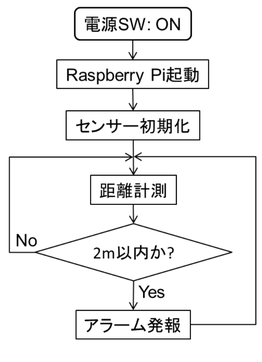




ST Microelectronics 社 VL53L1X ToFセンサー Datasheetより

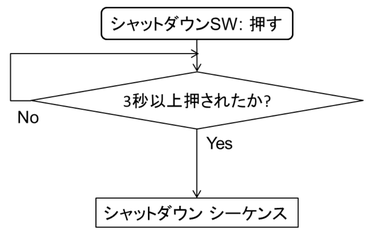
## 製作したパーソナルLiDARの回路




## 動作アルゴリズム



メイン シーケンス



シャットダウン シーケンス

## 製作したパーソナルLiDAR

パーソナルLiDAR試作機

仕様
- 検知可能範囲: 3m以内
- 検知角度範囲: ±15°
- 測距確度: 数cm
- アラーム: 検知距離に応じて
  3段階に振動
- 最大駆動時間: 8.5時間
- サイズ: 90×60×26 mm
- 重量: 102g
- 製作コスト: 約5千円

## 検知可能範囲と距離確度

測定可能範囲

| 距離 | 1m | 2m | 3m | 4m |
|---|---|---|---|---|
| 昼間 | ○ | ○ | ○ | X |
| 夜間 | ○ | ○ | ○ | X |

○: 測定可能、×: 測定不可

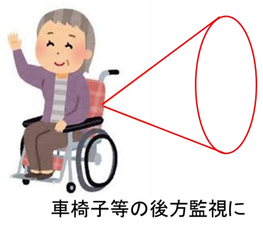
周囲の明るさの影響は無し

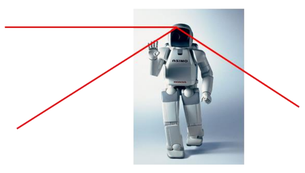
実際の距離との誤差

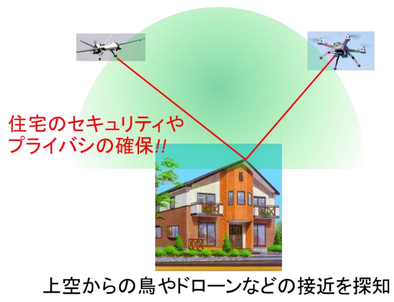
| 距離 | 1m | 2m | 3m | 4m |
|---|---|---|---|---|
| 測距確度(m) | < 0.1 | 0.3～0.9 | 1.0～1.5 | >1.5 |

## パーソナルLiDARの適用先

帽子や眼鏡等に装着し、視覚
障碍者や夜間歩行の支援に


車椅子等の後方監視に


ロボットなどの自動歩行支援に



上空からの鳥やドローンなどの接近を探知


東北大学 工学部 電気情報物理工学科
オープンキャンパス

資料請求: yamada@ecei.tohoku.ac.jp
コンタクト: 022-795-7101　山田 博仁