

赤外線センサアレイを用いた ポジショントラッキングシステム

愛光高等学校 2年 迫田 大翔

1. Introduction

Inside-Out方式

Outside-In方式

HoloLens/RealSense

代表例

LightHouse/OculusRift

- ・広範囲トラッキングが可能。
- ・独立している。

長所

- ・高精度
- ・絶対座標を取得出来る。

- ・誤差蓄積をする。
- ・レイテンシが大きい。

短所

- ・トラッキング範囲に限られる。
- ・機器の場所が固定される。

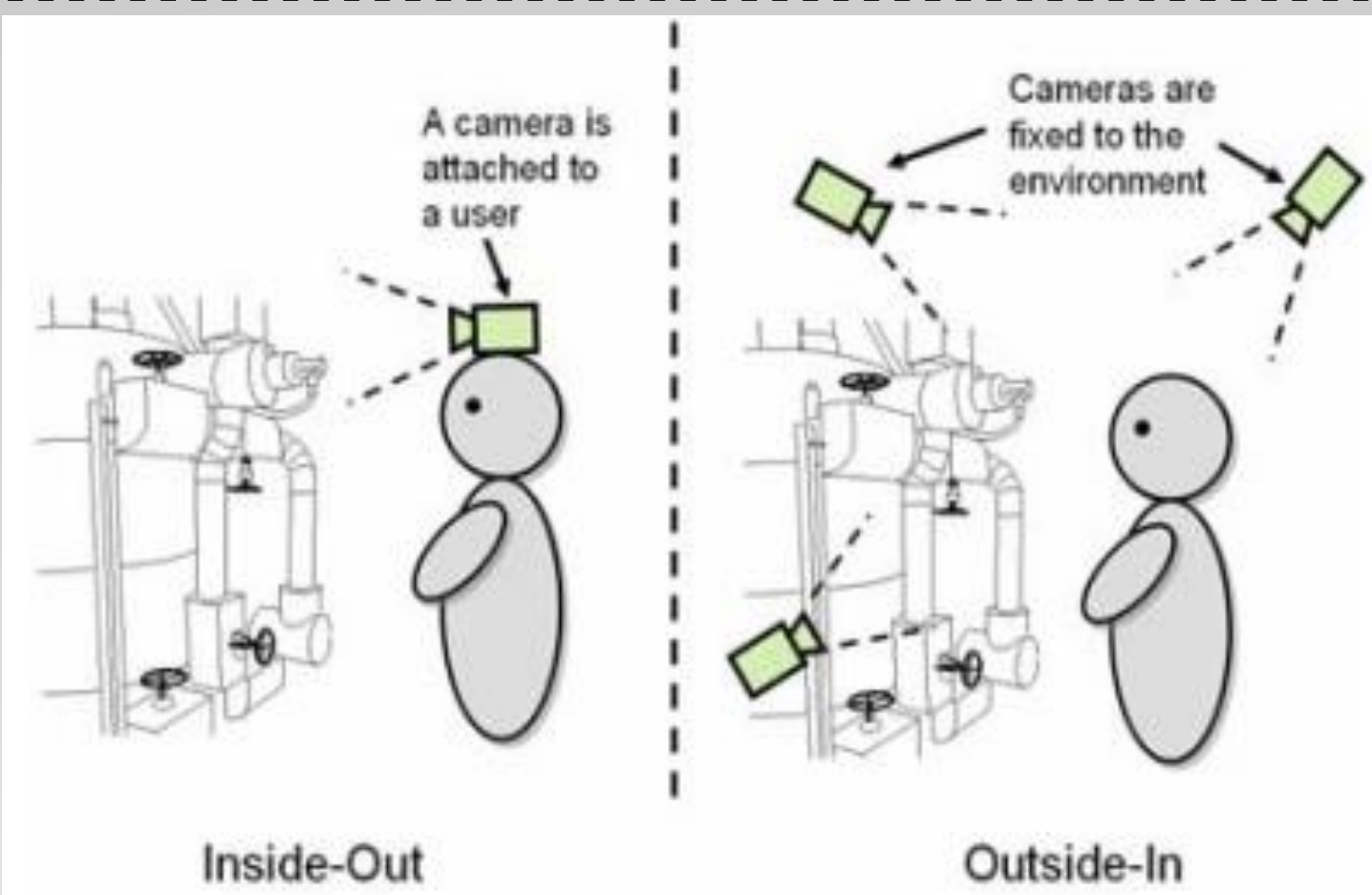
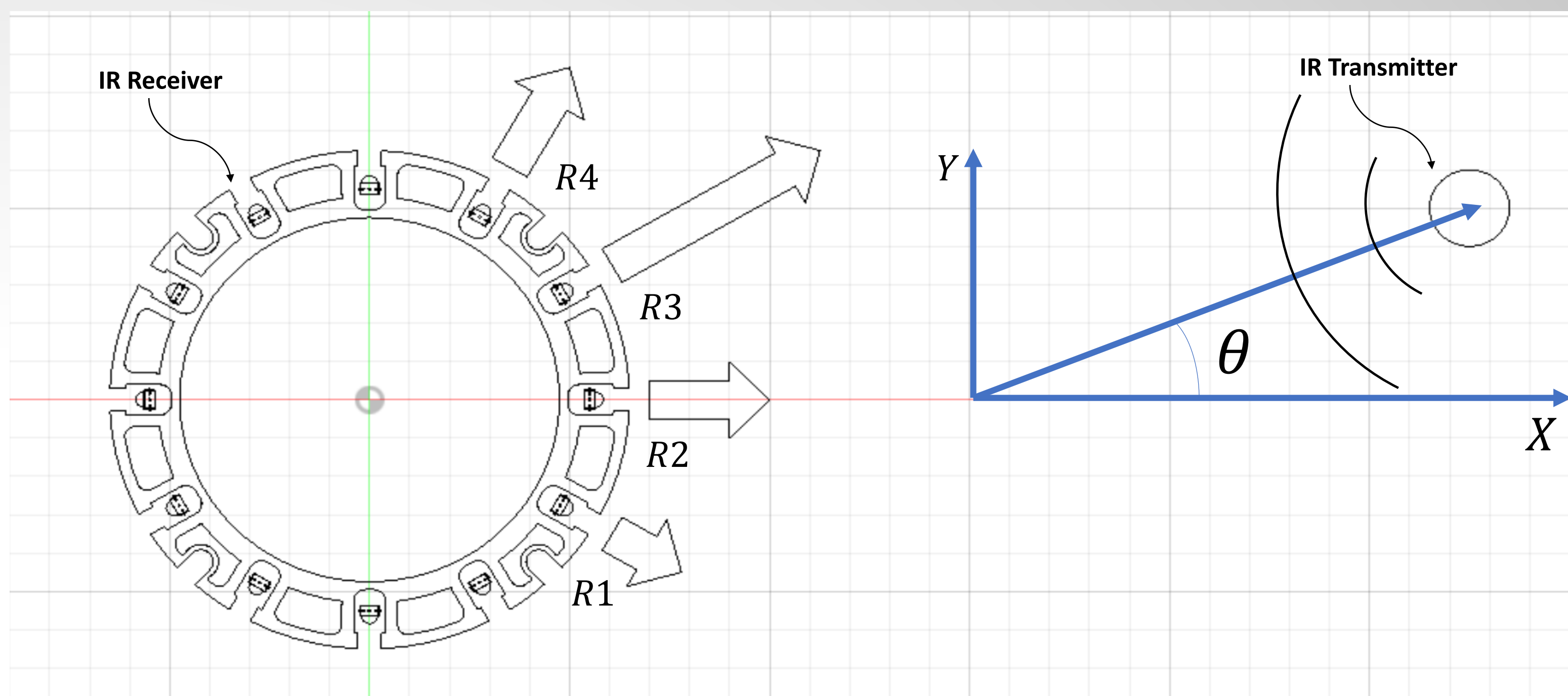
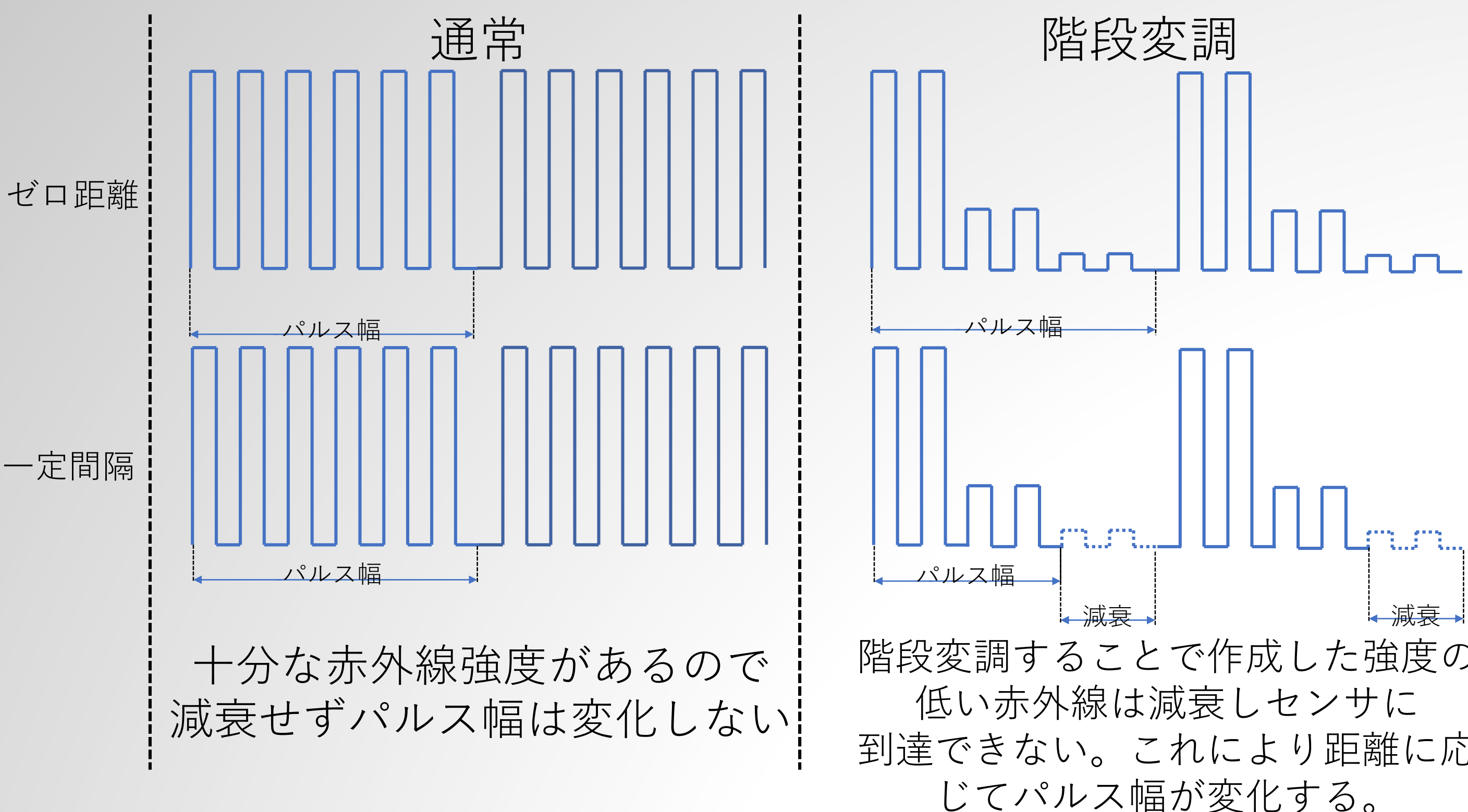


Fig1. Inside-OutとOutside-Inトラッキング (画像: Ishii, 2010)

XR分野において、ポジショントラッキング技術は重要な要素技術であり様々な手法が提案されているが、広範囲にマーカの絶対座標を所得出来る手法は少ない。また、それを実現していても現状、数百万円の設置コストがかかる。XR技術の普及においてこの課題を低コストで克服することは必要不可欠である。そこで本研究では低コストにポジショントラッキングを行う為に、赤外線センサアレイを用い、階段変調した赤外線のパルス幅を測定するという手法を考案し、実際にトラッキングすることに成功した。

※本研究中の広範囲の定義は10m*10m*3m(L*WH)以上の空間である。

2. Methods



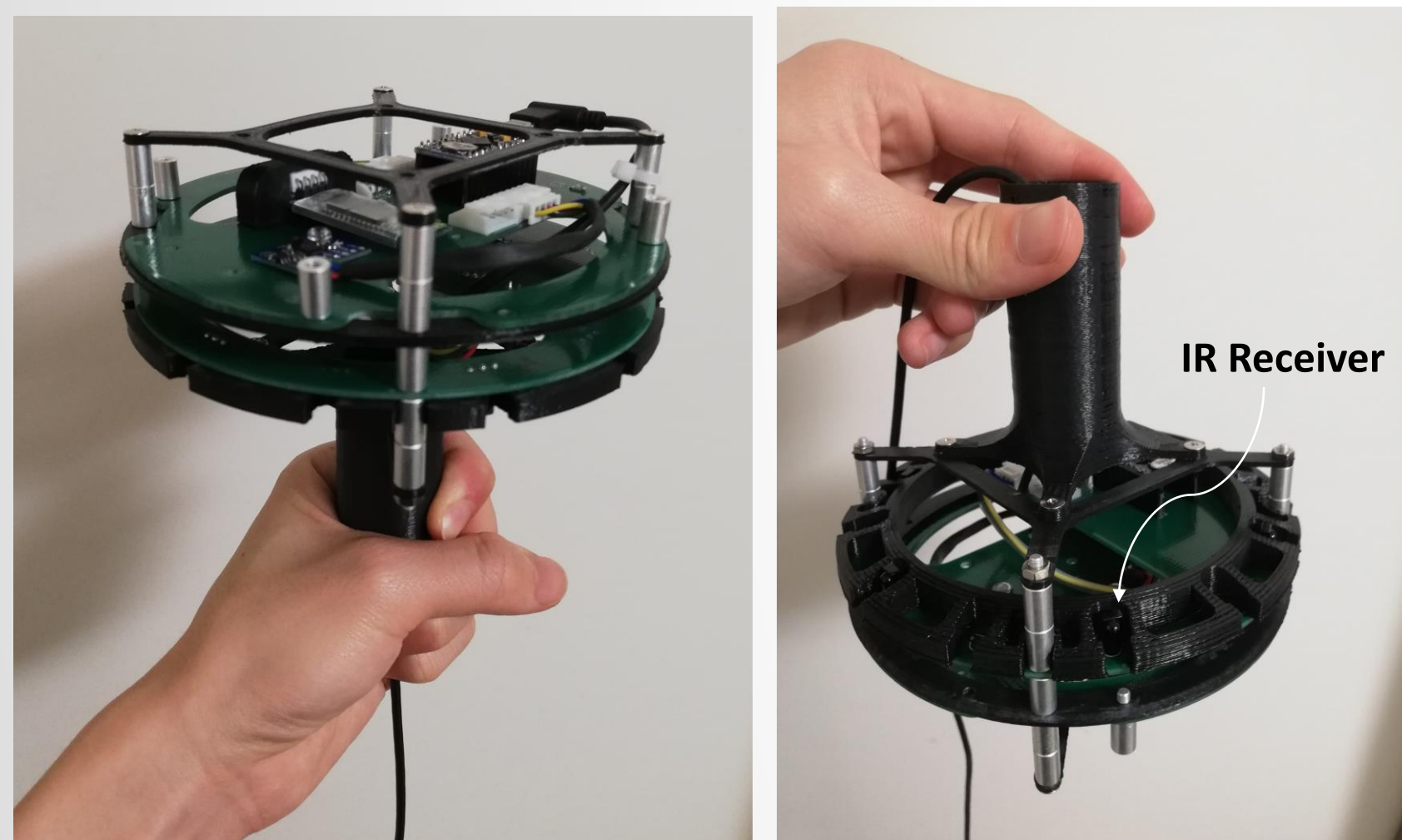
$$\begin{aligned} X &= R1\cos(-1/6\pi) + R2\cos(0) + R3\cos(1/6\pi) + R4\cos(2/6\pi) \\ Y &= R1\sin(-1/6\pi) + R2\sin(0) + R3\sin(1/6\pi) + R4\sin(2/6\pi) \\ \arctan2(X, Y) \cdot 180 \cdot \pi &= \theta \end{aligned}$$

赤外線センサの出力値を角度毎にXY成分に分解。
逆三角関数を用いて、XY成分から角度を求めることができる。

特定周波数の赤外線を階段調に変調させることで距離に応じたパルス幅変化を起こす事で、一点からの観測で赤外線トランスミッタとの距離を計算する事が出来る。

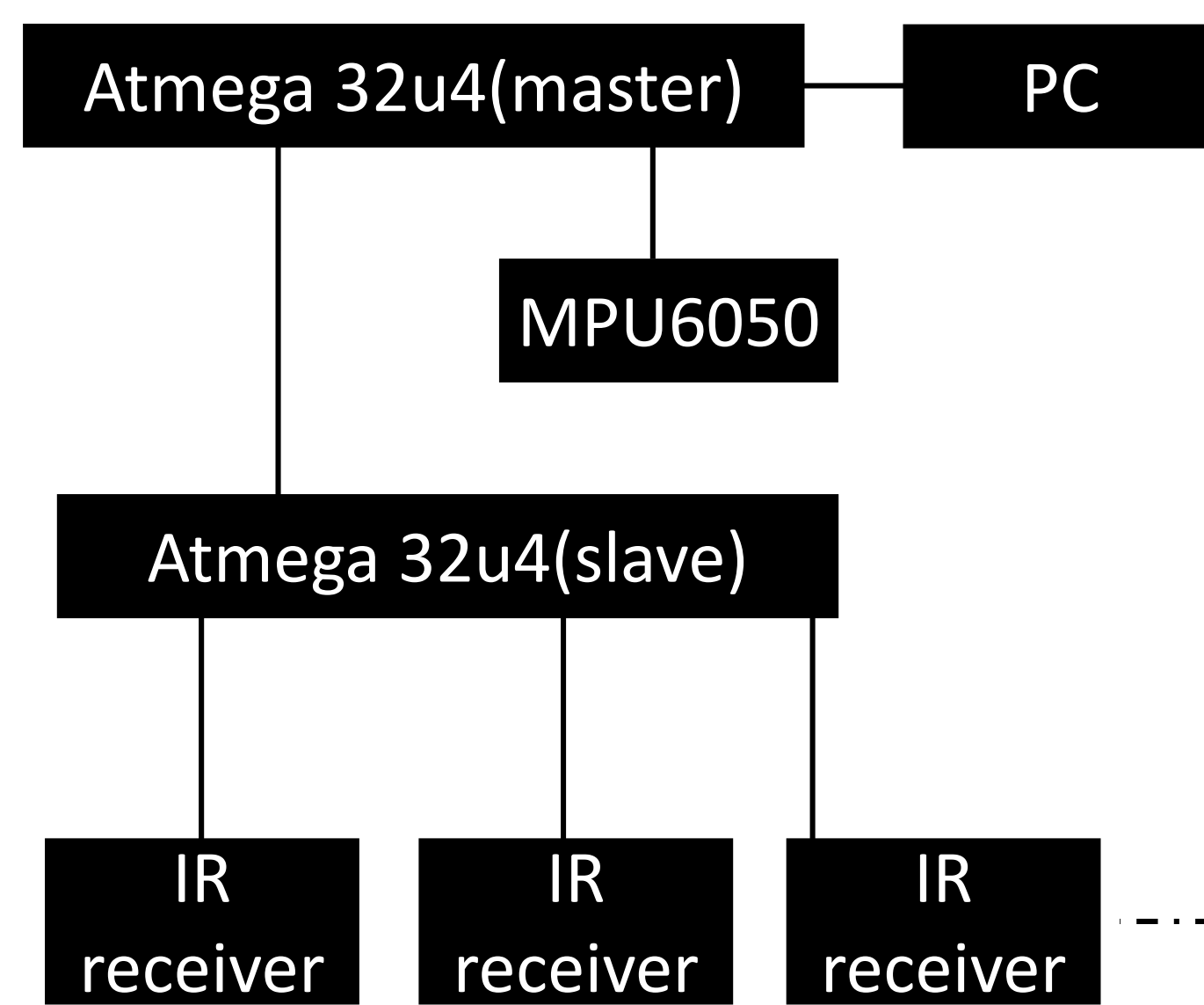
赤外線センサアレイで測定した赤外線のパルス幅をベクトルとして捉え、合成する事で赤外線光源とセンサアレイの角度を三角関数を用いて求める事が出来る。

2.1 Materials

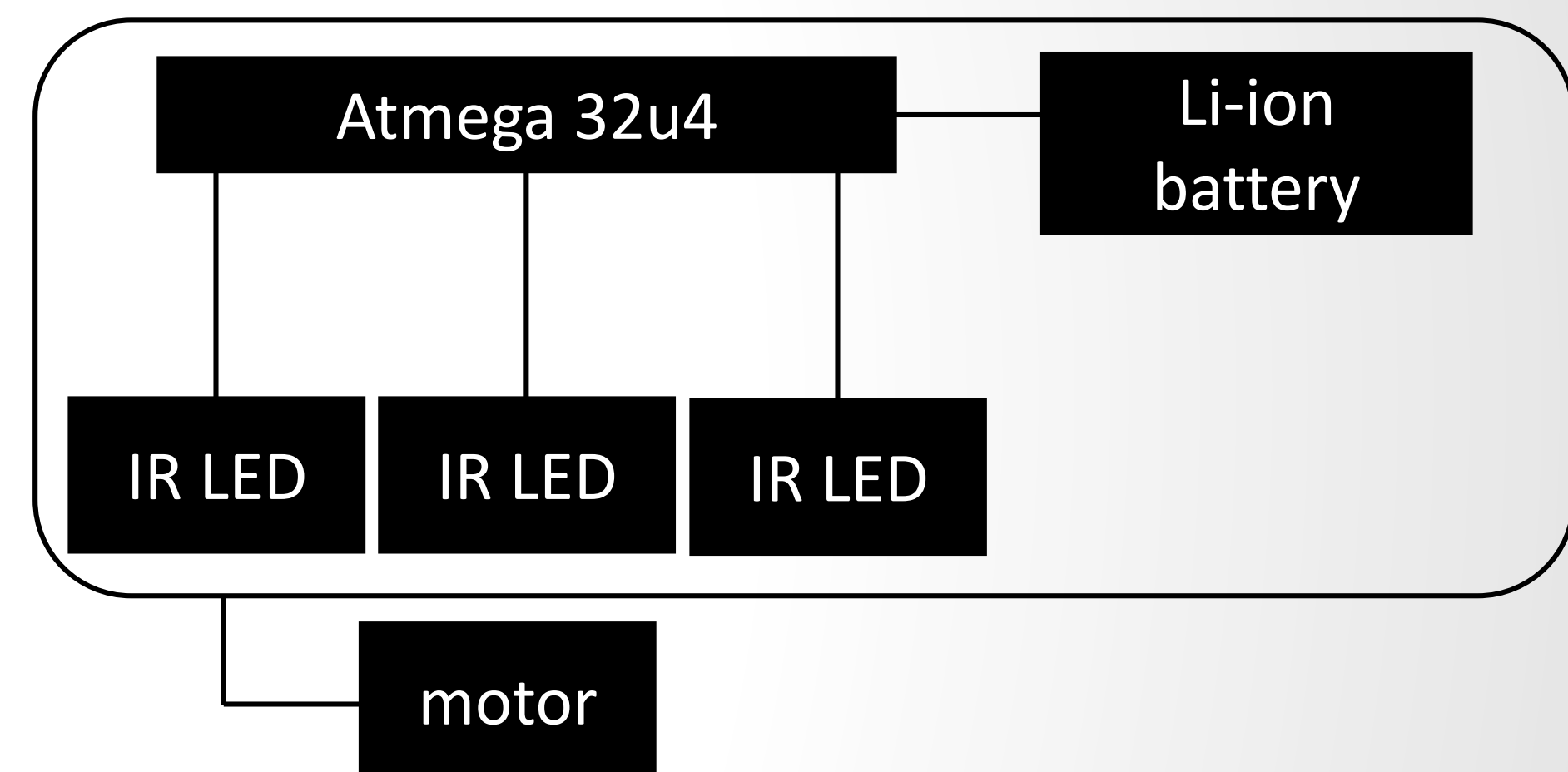


IR receiver Array

赤外線受光素子を円状に配置することで、すべてのレシーバに対して同じ計算を適用できるようにした。遮蔽を設けることで、素子の角度分担を明確にし、正確に角度・位置を計算できるようにした。



IR Transmitter Station



IR LED*6個 半値角120°

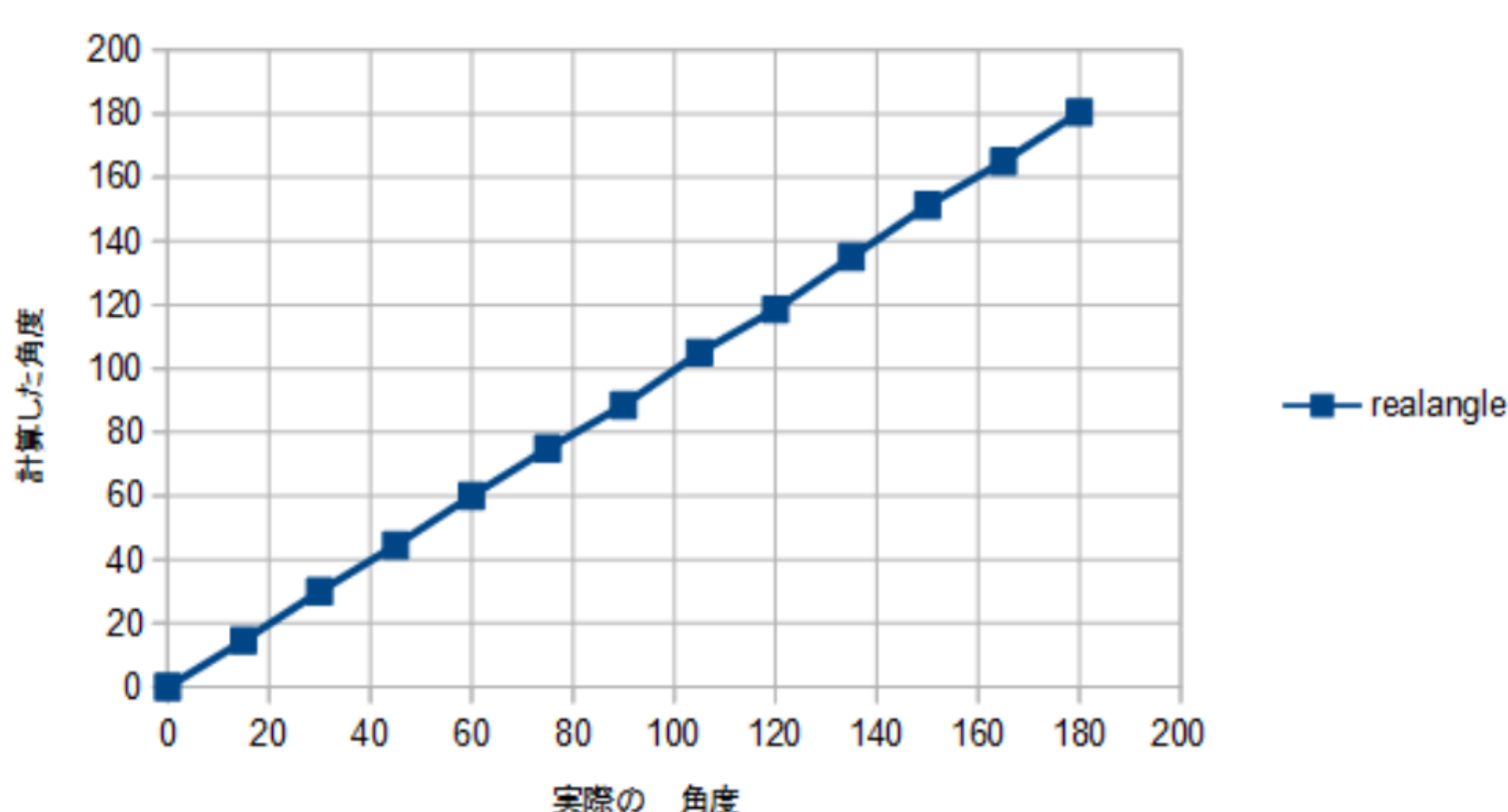
正確にStationとReceiverの距離を測定する為には全方向に均一に赤外線を照射する必要がある。IR LEDを静止させた状態で均一に照射する事は難しい為ユニットを独立させ、高速回転させることで全方向に均一に赤外線を照射するように設計した。

3. Results and Discussion

この手法を評価する為に、Unityを用いて専用のアプリケーションを作成した。距離推定に関する精度、角度推定に関する精度、その両方を用いたトラッキングのそれぞれを評価し、手法の有用性を確かめるため実験を行った。実験は太陽光の影響を受けない屋内、また鏡などの強力な反射材のない部屋で行った。

評価方法

arrayとstationを2m離れた位置に置き、arrayを15°づつ回転させた時の計算によって得られたstationの方向と実際の方向を比較することで角度計算の精度を評価した。

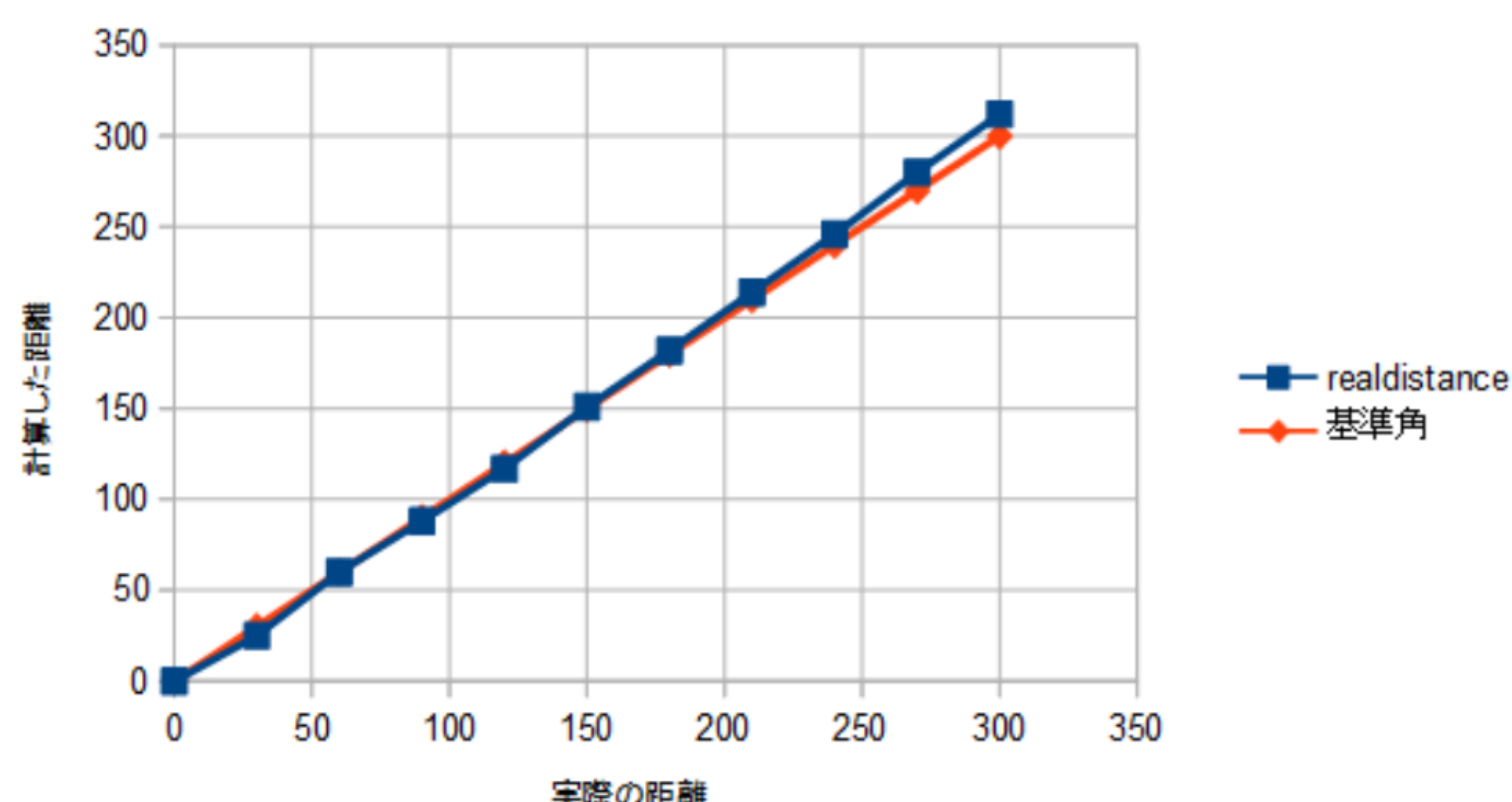


結果

その結果、すべての計測角度において±0.5°の範囲で計算によって得られた角度と実際に測定した角度が一致した。このことから円型赤外線センサアレイにベクトル計算を適用することで高精度に角度計算を行えることが分かった。

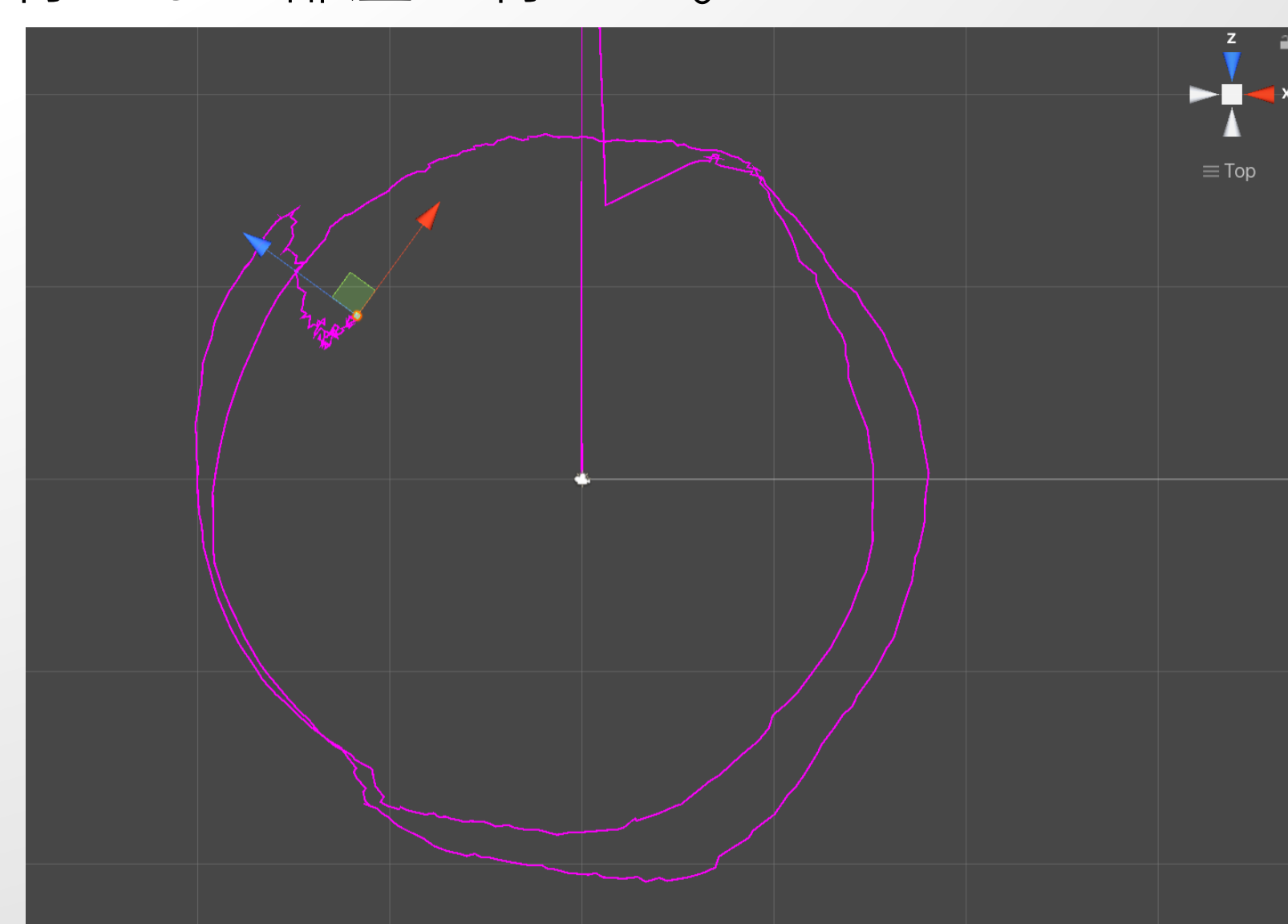
評価方法

arrayとstationを回転しないように固定し、30cmづつ距離を離し、パルス幅測定によって計算された距離と実際の距離を比較することで距離計算の精度を評価した。

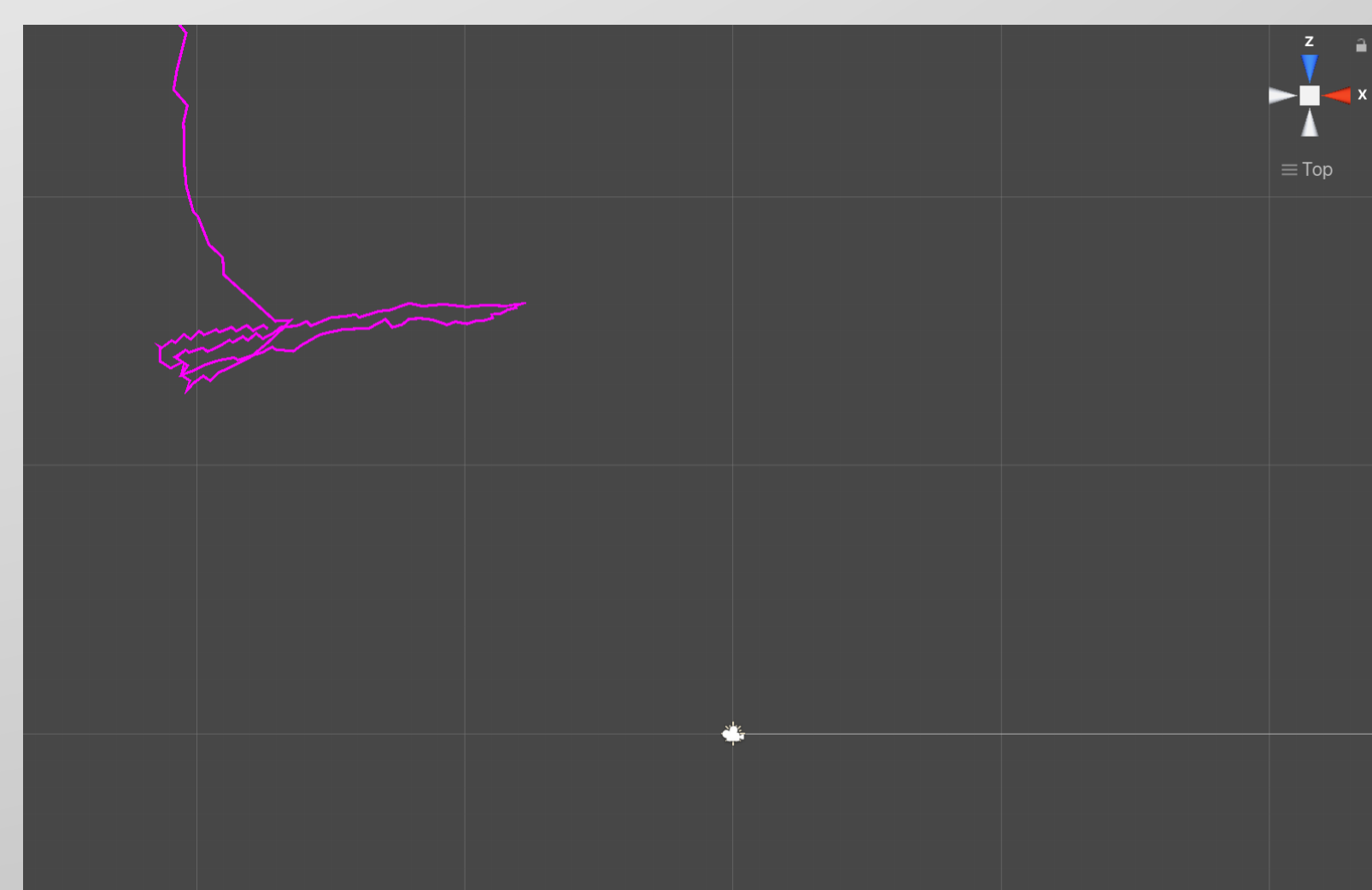


結果と考察

その結果、150cmまでは±5cmの範囲で計算によって得られた距離と実際の距離が一致した。しかし、グラフから距離が離れるにつれ誤差が大きくなっていくことが読み取れる。これは距離が離れるにつれ反射しarrayの裏側に回り込む赤外線量が増えることで誤ってパルス幅を長く計測していることが問題であると考えられる。



回転動作を行った時



横に振る動作を行った時

上記の実験より、パルス幅測定によってポジショントラッキングを行うことの有効性を示すことが出来た。また、本方式ではarrayを増やすことによって理論上無限にトラッキングポイントを増やすことが出来る為、大人数でのアプリケーションや体の各部位をトラッキングするなど様々な応用が期待できる。ハードウェア・ソフトウェアの改良を行うことでより高精度なトラッキングが行えることも実験から分かった。