

ニューラルネットを用いた ROSアプリケーション開発

錦野 敬三郎

強化学習によるロボット開発

現実空間では未知の環境に対応することが求められる

複雑な現象はモデル化が難しい

➤ 強化学習は未知の環境に対応可能

➤ 複雑な問題にも対応することが可能

今回のテーマ：強化学習で壁を回避する



QRコードを利用したアプリケーション

QRコードの画像認識による倉庫管理

画像認識のため，軽処理

- 複雑なデバイスが必要ないため，アプリケーションの幅が広い
 - 自動化による人件費の削減
- 今回のテーマ：QRコードの正面に移動する



実装した成果物

強化学習を用いた，壁回避を伴うRandom Walkの実装

- 学習すれば，どの環境にも対応可能

QRコードの検出と追従システムの実装

- QRコードの正面へ移動するシステム

目次

1. 強化学習とは
2. 強化学習によるRandom Walkの実装
3. QRコード検出
4. QRコード追従システム
5. 考察と展望

目次

1. 強化学習とは
2. 強化学習によるRandom Walkの実装
3. QRコード検出
4. QRコード追従システム
5. 考察と展望

1. 強化学習と機械学習

機械学習：収集されたデータを学習

- データセットが必要
- 既知の現象を解析

強化学習：自動的にデータを収集しながら学習

- データセットが必要ない
- 未知の現象を解析可能

1. 強化学習とは

エージェントが状態 s において行動 a を選択, 環境から報酬 r を受け取る

- ある状態 s において, ある行動 a を取った際の価値を評価

この価値を状態行動価値 $Q(s,a)$ と定義

- 短期的な価値である報酬 r ではなく

γ :割引率(将来の価値の割引度)

長期的な価値である $Q(s,a)$ を最大化する

α :割引率(Q の更新の急峻度)

$Q(s,a)$ の定義: $Q(s_t, a_t) = E_{t+1}(r_{t+1} + \gamma E_{a_{t+1}}(Q(S_{t+1}, a_{t+1}))$

$Q(s,a)$ の更新式: $Q(s_t, a_t) \leftarrow (1 - \alpha)Q(s_t, a_t) + \alpha (r_{t+1} + \gamma \max_{a_{t+1}} Q(S_{t+1}, a_{t+1}))$

1. 強化学習のアルゴリズム

強化学習のアルゴリズム：

- **Q-Learning** : Q_{t+1} を最大化する行動を選択
 - Sarsa : 行動してから $Q(s, a)$ を評価
 - モンテカルロ法 : 報酬を得た際にQ値を更新
- etc ...

目次

1. 強化学習とは
2. 強化学習によるRandom Walkの実装
3. QRコード検出
4. QRコード追従システム
5. 考察と展望

2. Q-Learning実装上の問題点

入力に用いる深度画像の状態数： $640 \times 480 \times 256 = 7846万3200$

※kinectの深度画像(640×480)を使用

- 入力が多いため、学習に時間がかかりすぎる
 - ✓ サイズを小さくすると、情報量が低下
 - ✓ 状態数に対して、差異が少ない

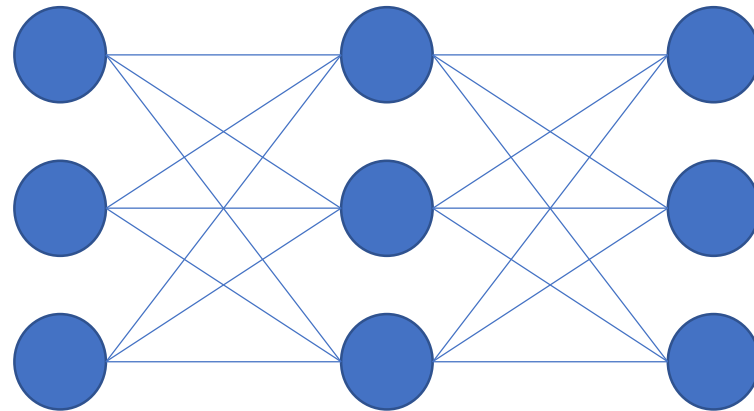
2. Deep Q Networkの実装

Q-Learningの関数近似に畳み込みニューラルネットを適用

関数近似の際にNeural Netに深度値を入力する

画像サイズ $640 \times 480 = 30万7200$

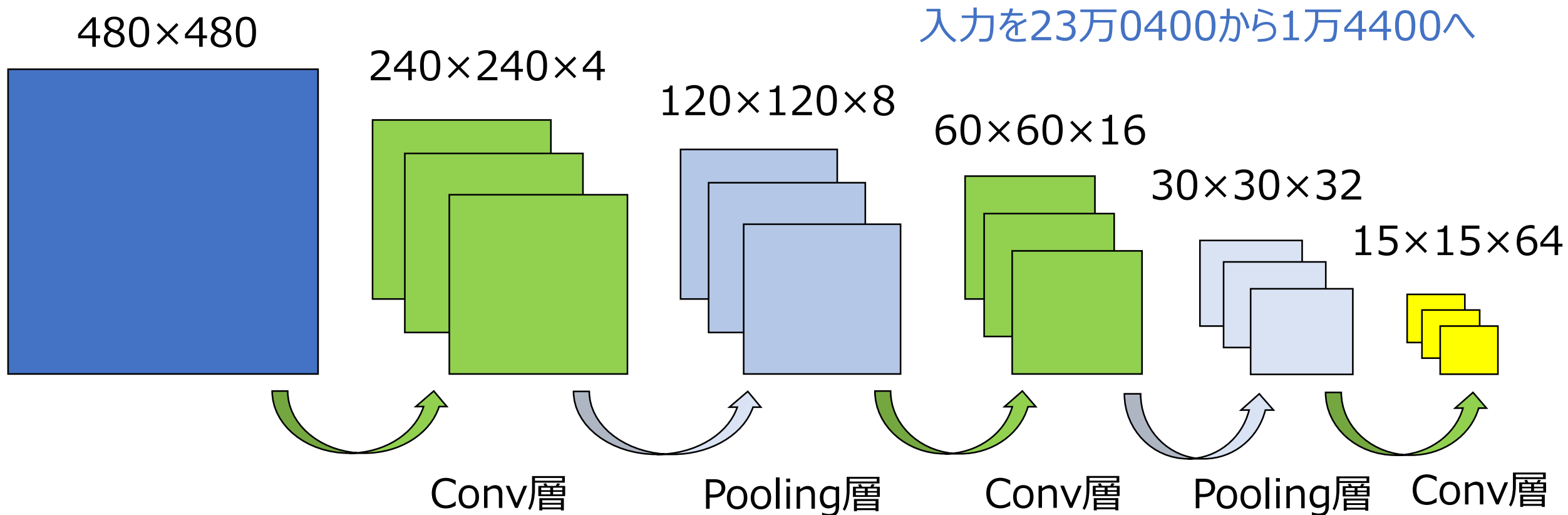
➤ 入力を7846万3200から30万7200へ



2. 畳み込みニューラルネットワーク

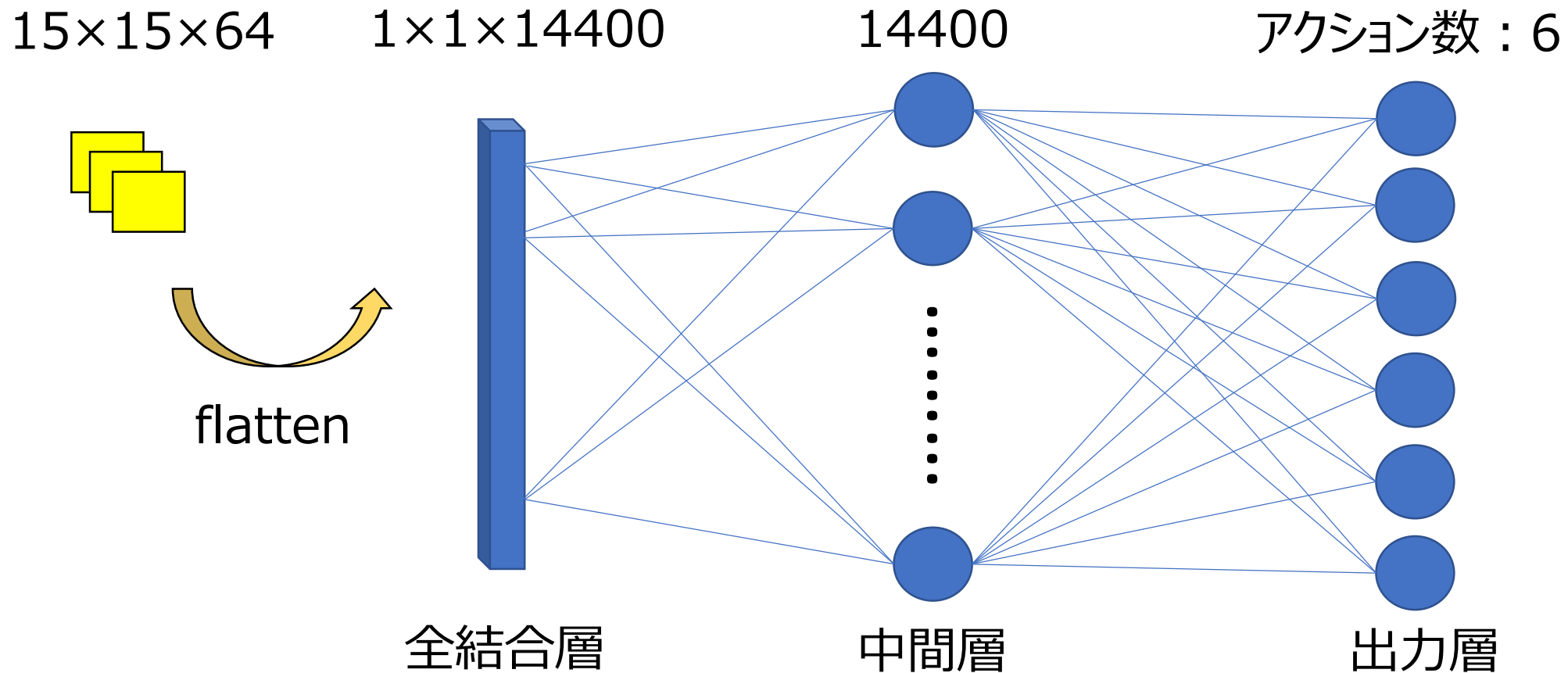
画像のリサイズ： $480 \times 480 = 23\text{万}0400$

畳み込みニューラルネット： $15 \times 15 \times 64 = 1\text{万}4400$

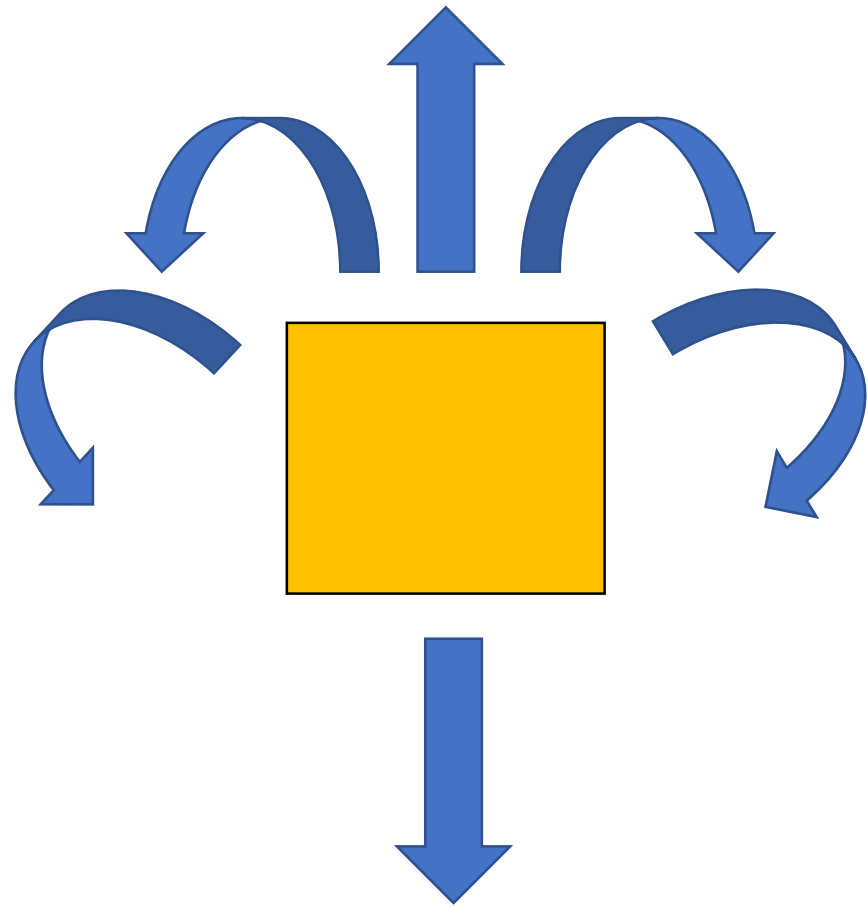


2. Deep Q-Learning Network

畳み込みニューラルネットで $15 \times 15 \times 64 = 14400$



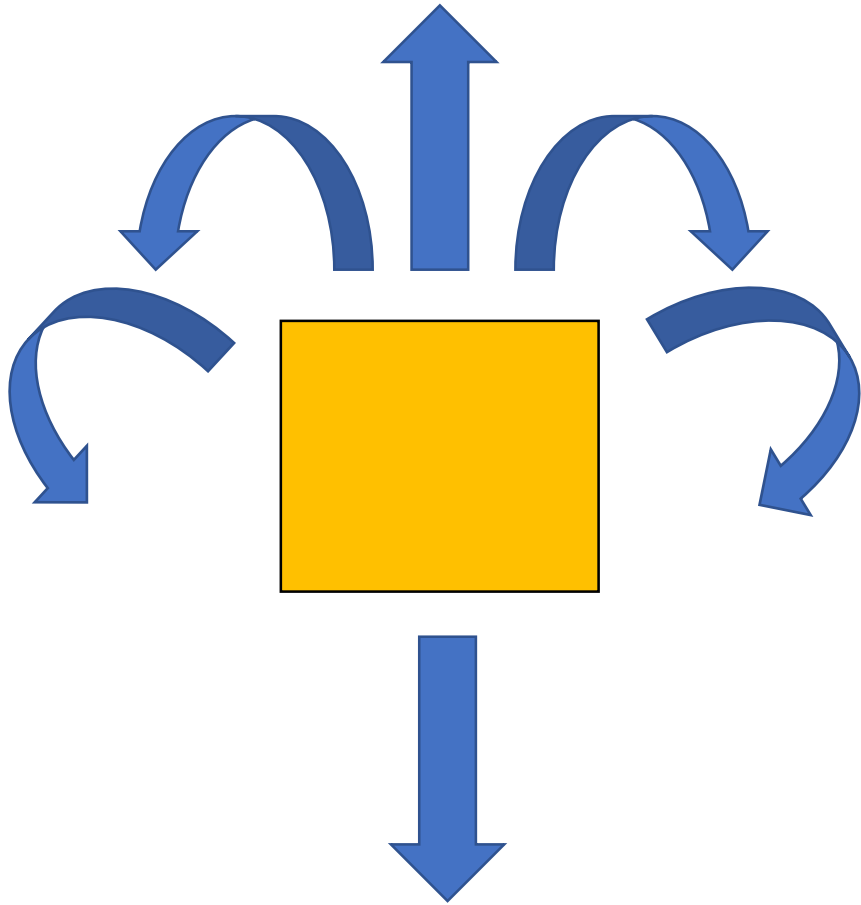
2. アクションについて



cubeが実行するアクションは計6種類

- ・前進
- ・右折(45度)
- ・右折(120度)
- ・左折(45度)
- ・左折(120度)
- ・後退

2. 報酬について



アクション毎に報酬を設定

- ・前進 : +200
- ・右折(45度) : + 50
- ・右折(120度) : + 50
- ・左折(45度) : + 50
- ・左折(120度) : + 50
- ・後退 : + 0

2. ペナルティについて

ペナルティは $sum_{penalty}$ を利用

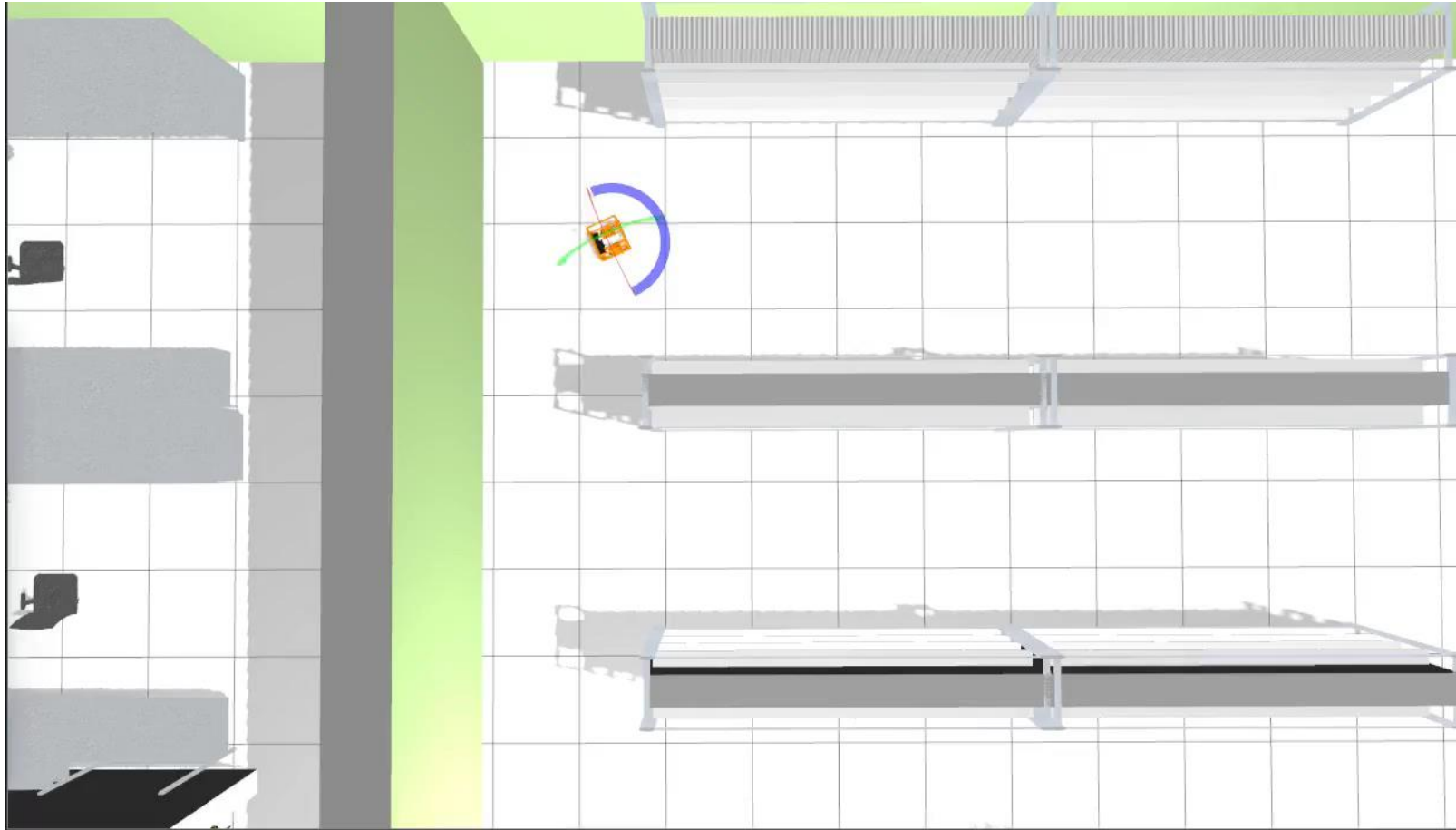
$$penalty_{i,j} = 8.0 * 10^{-4} * \exp((1.0 - depth_{i,j})^2) \quad (0 \leq depth_{i,j} < 1)$$

$$penalty_{i,j} = 0 \quad (depth_{i,j} \geq 1)$$

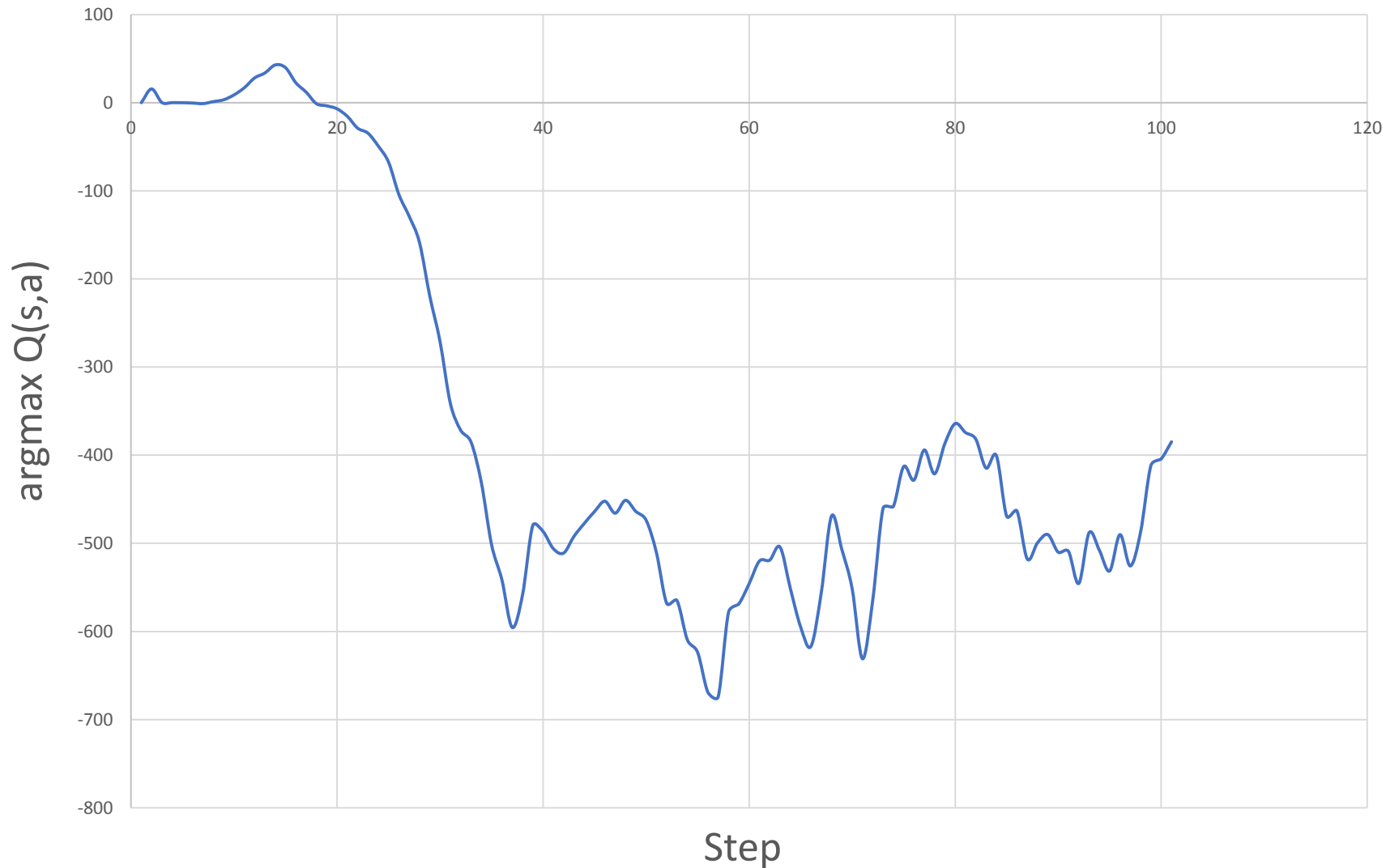
$depth_{i,j}$: 深度画像(i,j)*pixel*の深度値

$$sum_{penalty} = \sum_{j=1}^{480} \sum_{i=1}^{640} penalty_{i,j}$$

2. Random Walkのデモ映像



2. 学習による $\operatorname{argmax} Q(s, a)$ の遷移



目次

1. 強化学習とは
2. 強化学習によるRandom Walkの実装
3. QRコード検出
4. QRコード追従システム
5. 考察と展望

3. QRコード検出



3. QRコード検出(OpenCVによる画像処理)

- ・グレースケール変換
- ・二値化
- ・輪郭抽出
- ・ラベリング
- ・ラベリングされた矩形から
QRコード切り出しシンボルを検出



3. QRコード検出

画像処理により、カメラ映像から
QRコードの二次元座標を取得可能



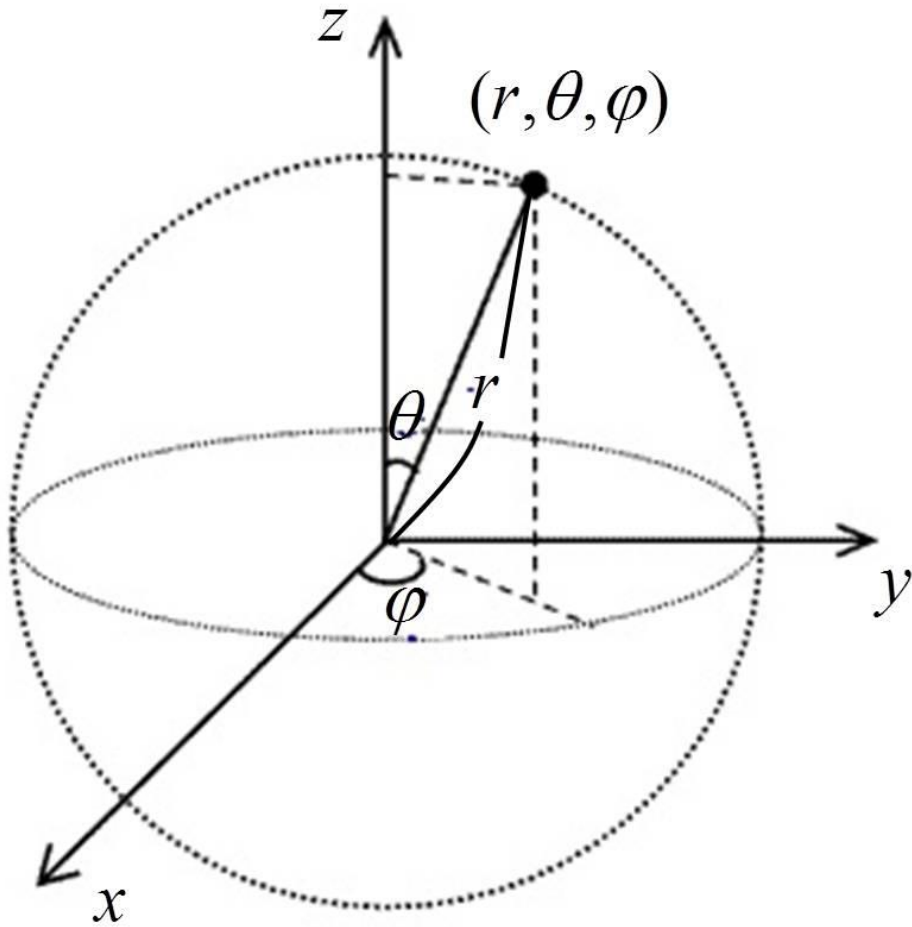
三次元空間をロボットが移動するため
カメラに対する三次元相対座標が必要



カメラ映像の二次元座標を
三次元相対座標へと変換



3. QRコードの三次元相対座標



θ : 縦視野角[degrees] $\times \frac{\text{光軸と偏差}_{x[\text{pixel}]}}{\text{光軸との最大偏差}_{[\text{pixel}]}}$

φ : 横視野角[degrees] $\times \frac{\text{光軸と偏差}_{x[\text{pixel}]}}{\text{光軸との最大偏差}_{[\text{pixel}]}}$

r : 深度値

$$x = r * \sin\theta * \cos\varphi$$

$$y = r * \sin\theta * \sin\varphi$$

$$z = r * \cos\theta$$

3. QRコードの角度算出

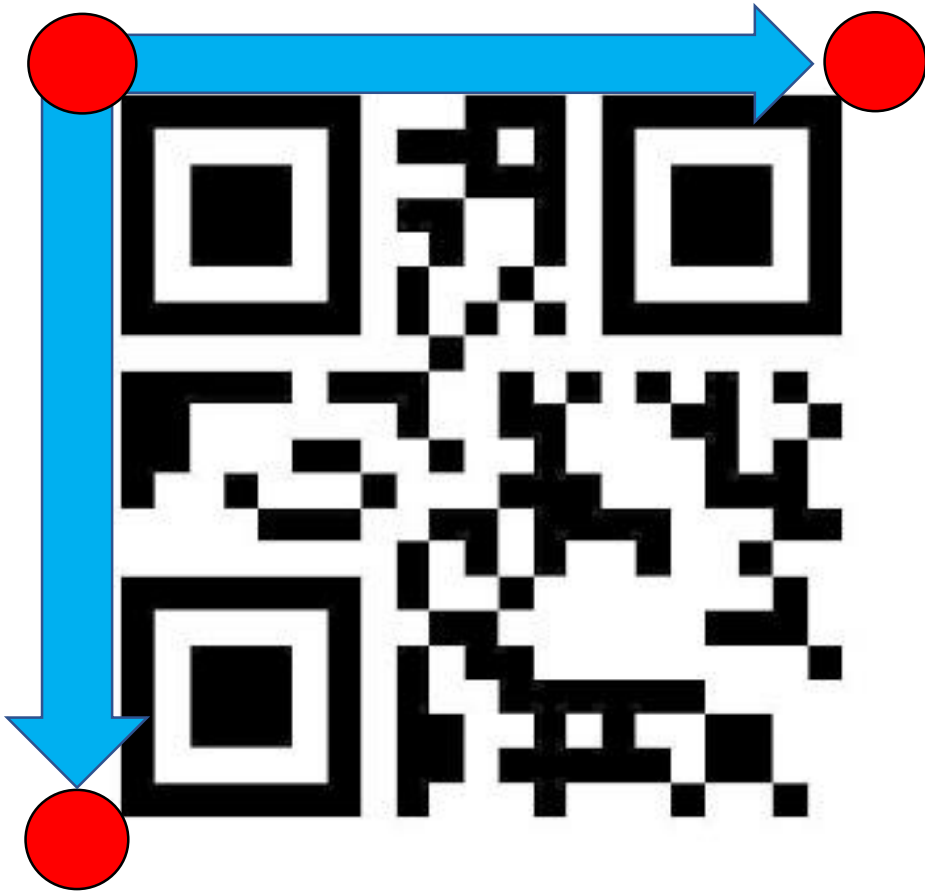


カメラに対する三次元相対座標を用いて

QRコード上の縦・横の三次元ベクトルを計算

外積によりQRコードの向きベクトルを計算

3. QRコードの角度算出

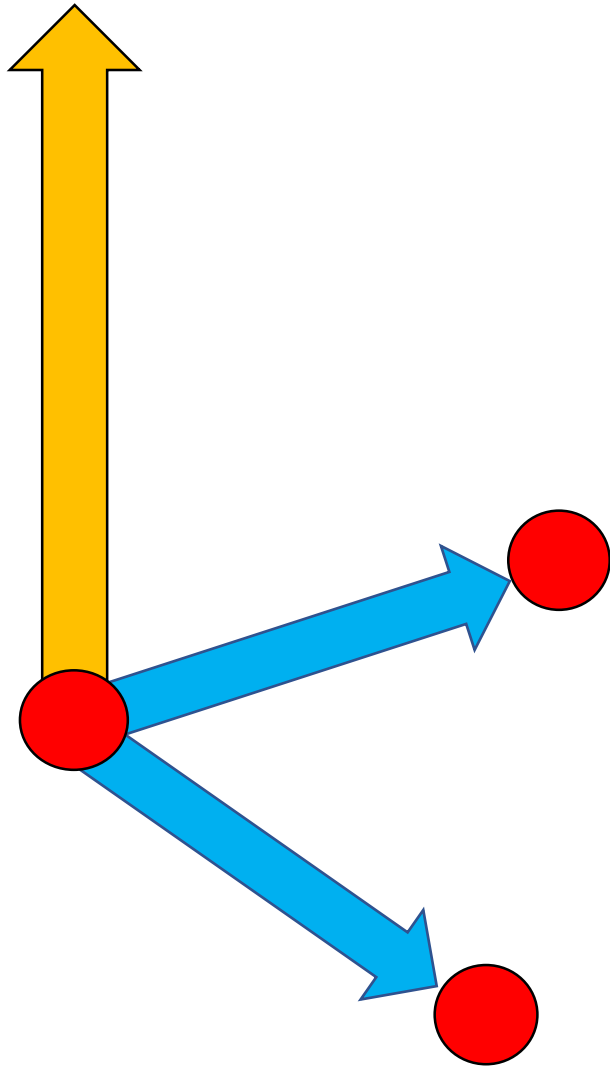


カメラに対する三次元相対座標を用いて

QRコード上の縦・横の三次元ベクトルを計算

外積によりQRコードの向きベクトルを計算

3. QRコードの角度算出

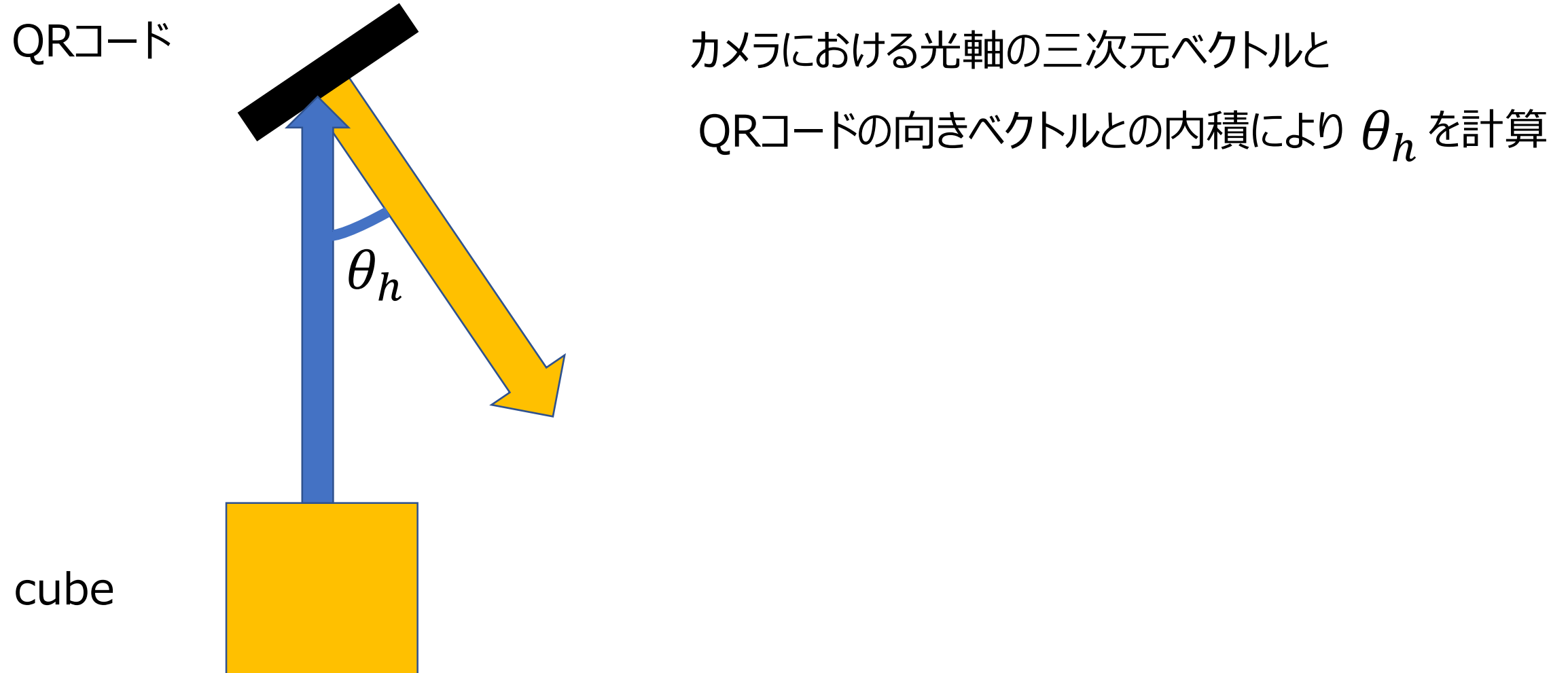


カメラに対する三次元相対座標を用いて

QRコード上の縦・横の三次元ベクトルを計算

外積によりQRコードの向きベクトルを計算

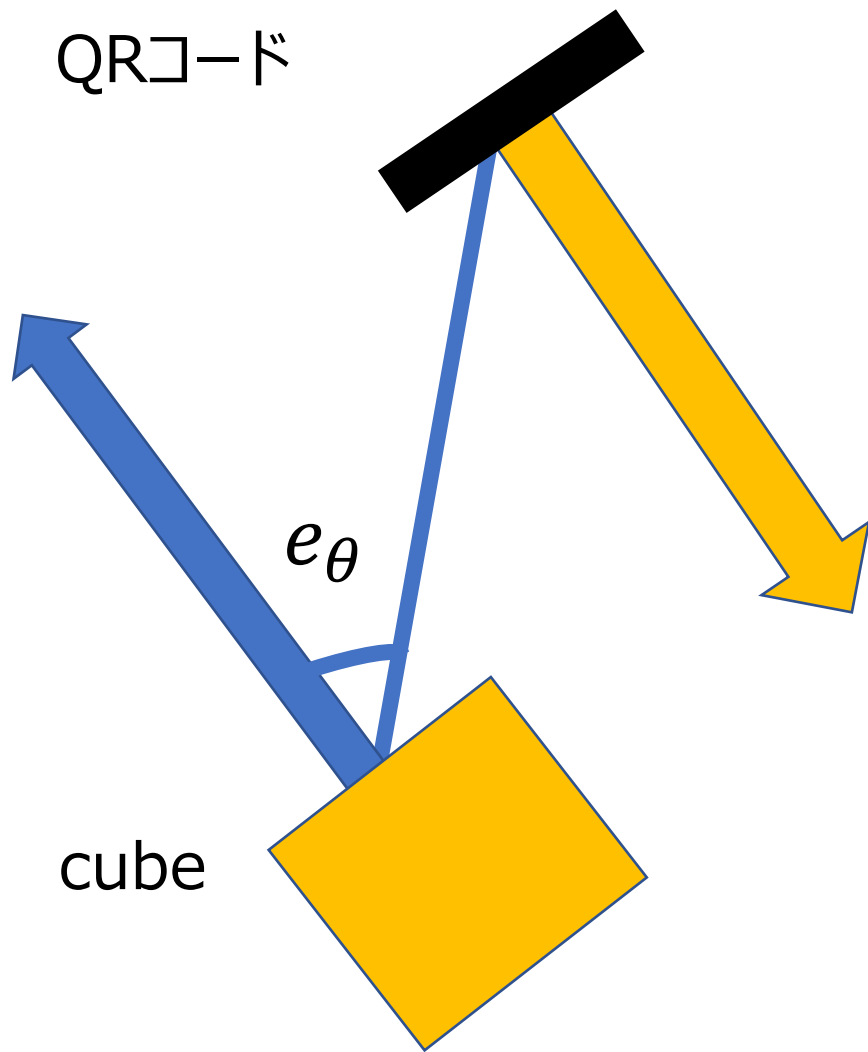
3. QRコードの角度算出



目次

1. 強化学習とは
2. 強化学習によるRandom Walkの実装
3. QRコード検出
4. QRコード追従システム
5. 考察と展望

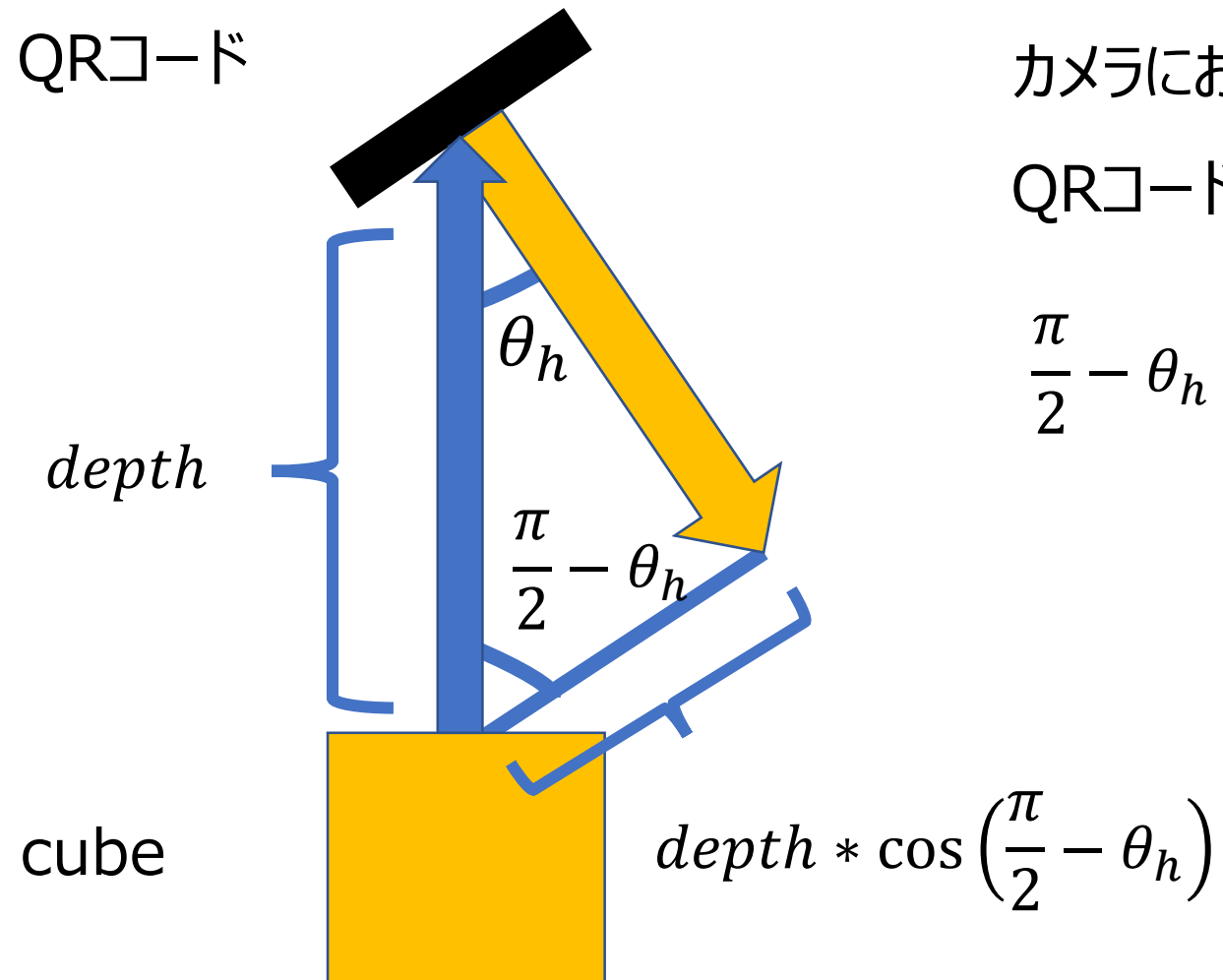
4. QRコード追従システム



e_θ : 横視野角[degrees] $\times \frac{\text{光軸と偏差}_{x[\text{pixel}]}}{\text{光軸との最大偏差}_{[\text{pixel}]}}$

cubeを e_θ 回転させてQRコードを画像中央に捉える

4. QRコード追従システム

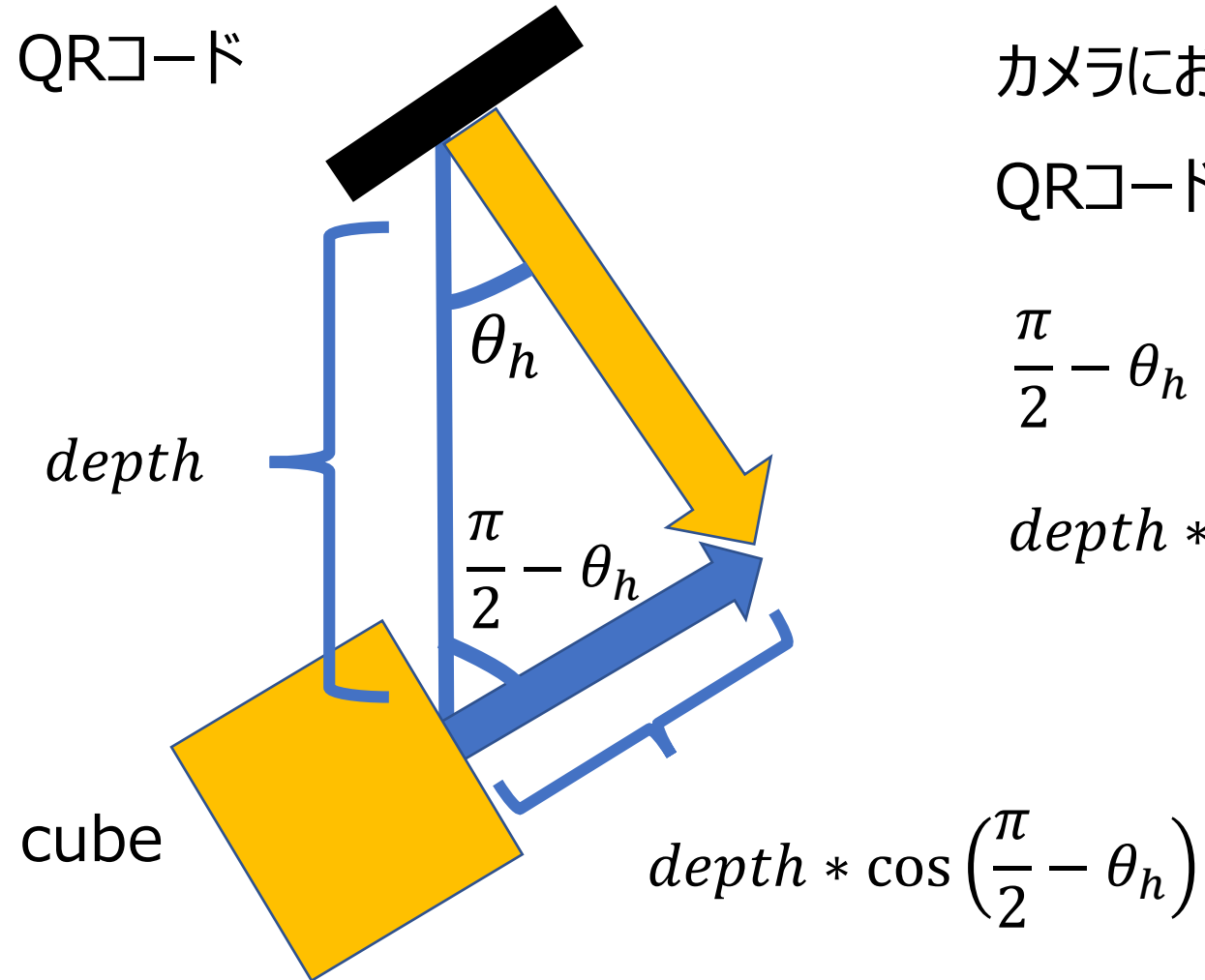


カメラにおける光軸の三次元ベクトルと

QRコードの向きベクトルとの内積により θ_h を計算

$\frac{\pi}{2} - \theta_h$ 回転する

4. QRコード追従システム



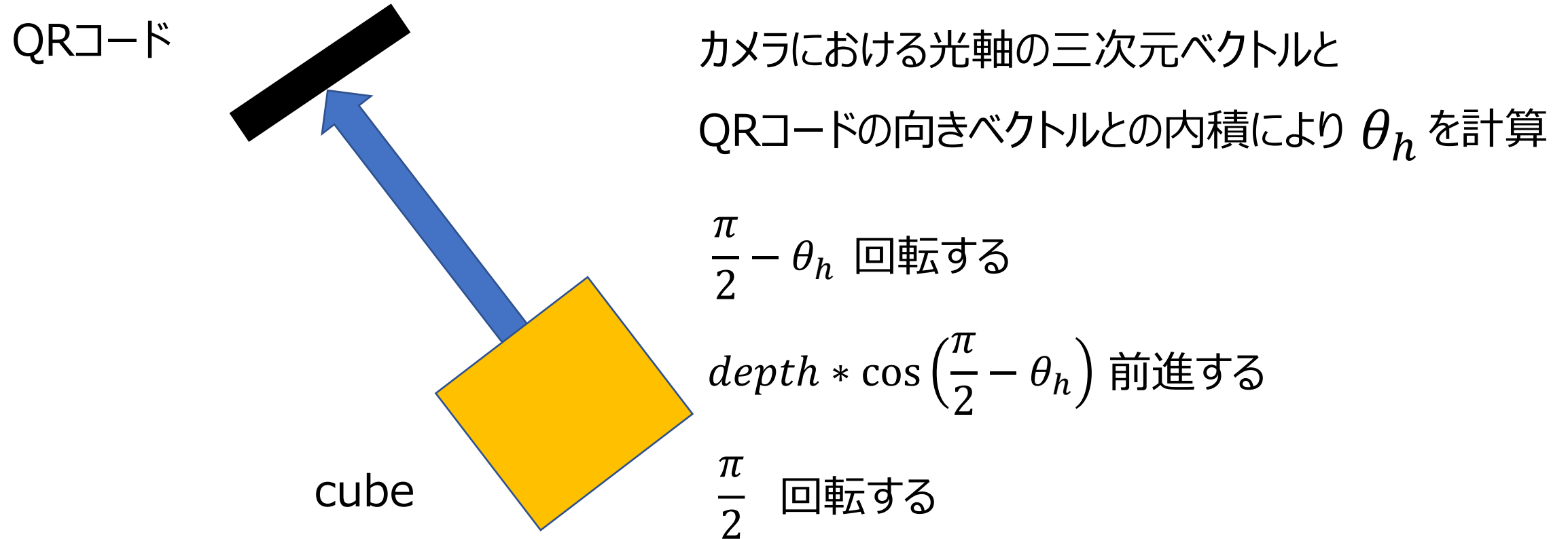
カメラにおける光軸の三次元ベクトルと

QRコードの向きベクトルとの内積により θ_h を計算

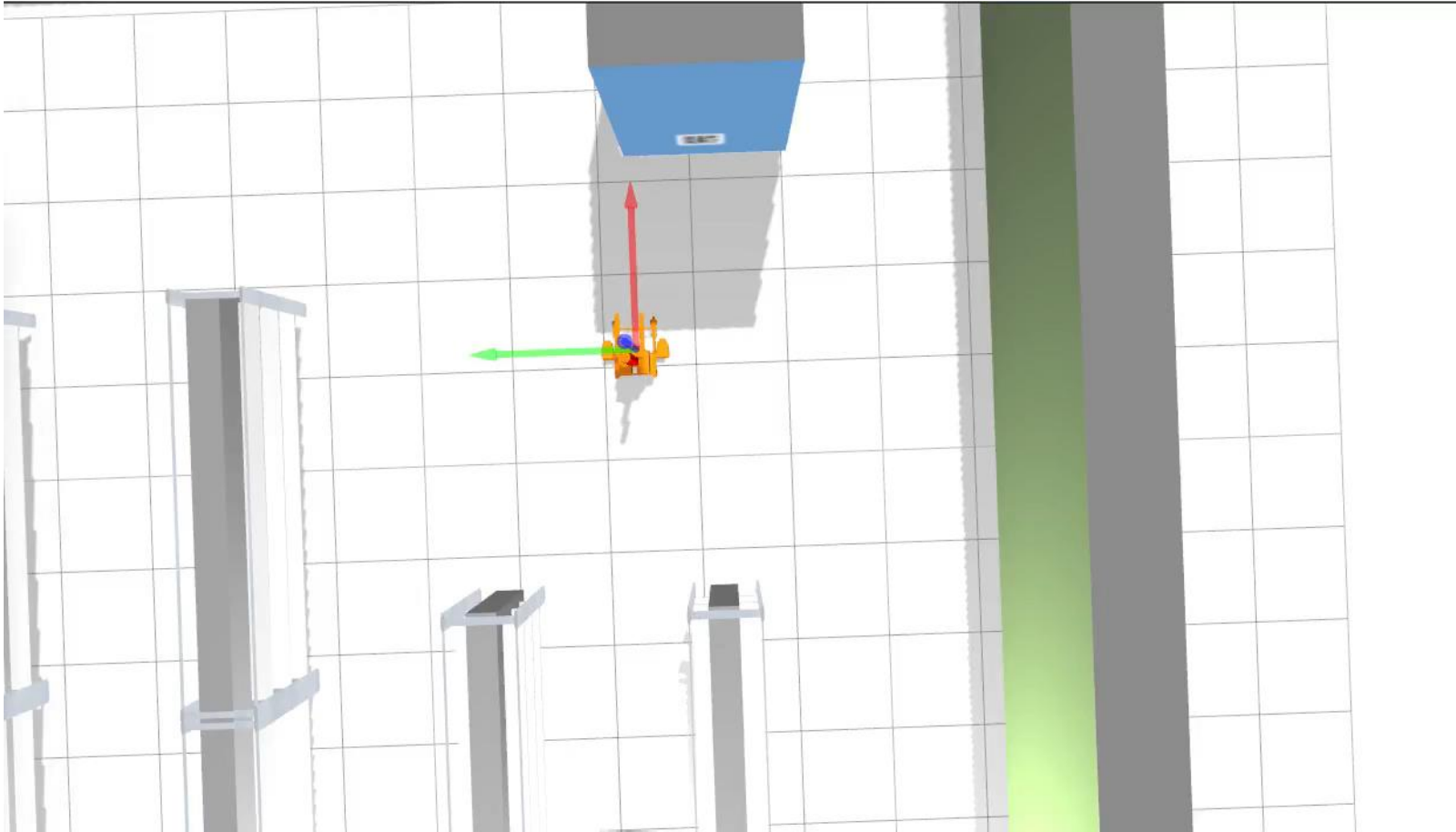
$\frac{\pi}{2} - \theta_h$ 回転する

$depth * \cos\left(\frac{\pi}{2} - \theta_h\right)$ 前進する

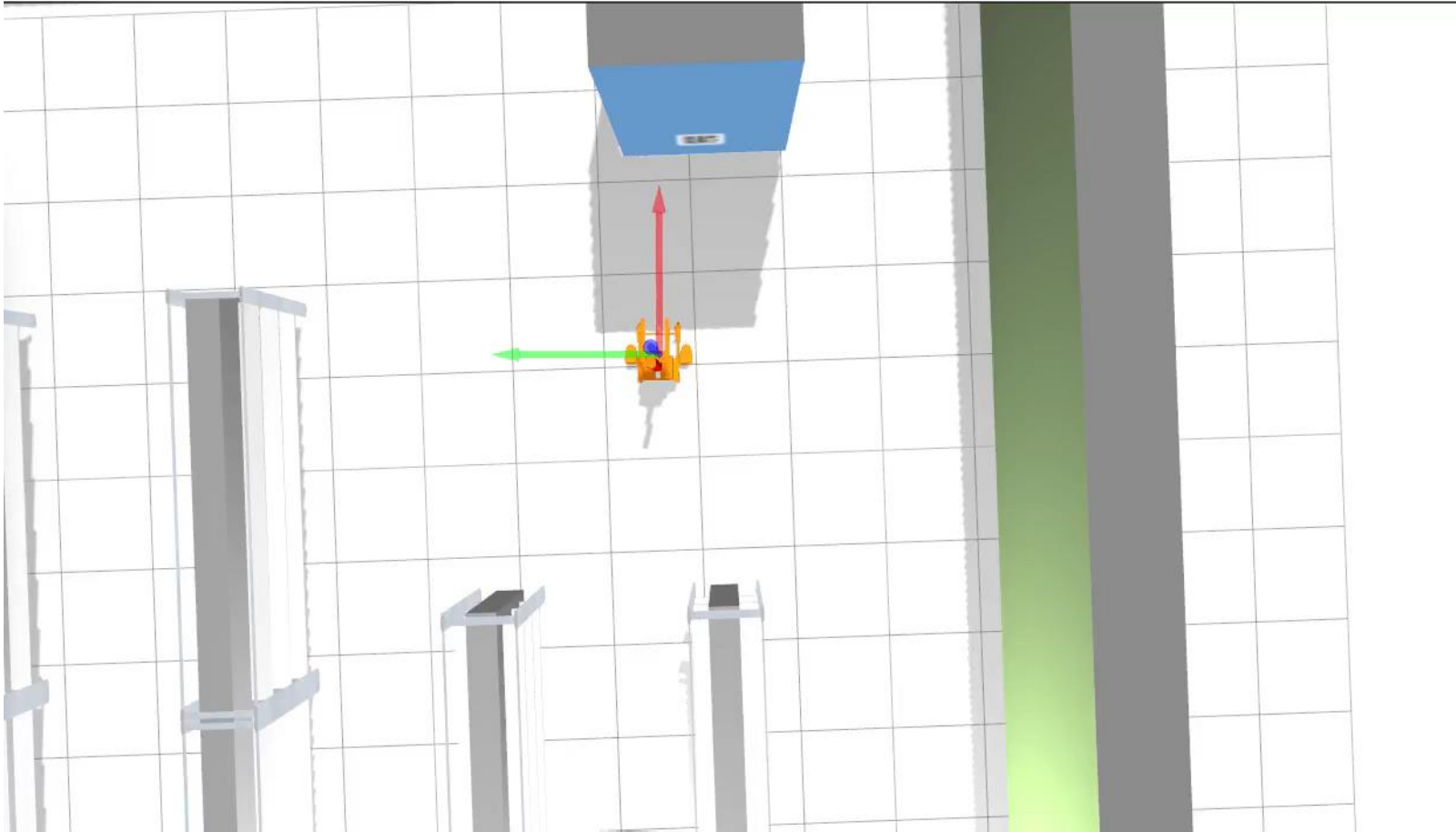
4. QRコード追従システム



4. QRコード追従システムのデモ映像



4. QRコード追従システムのデモ映像



目次

1. 強化学習とは
2. 強化学習によるRandom Walkの実装
3. QRコード検出
4. QRコード追従システム
5. 考察と展望

5. 考察と展望

考察： 強化学習で設定した報酬とペナルティのパラメータ調整による性能の向上

QRコードの検出精度の向上

展望： Q-Learning以外の手法(Sarsa etc...)の比較検討

Kinectの深度値が計測不能の場合に, LiDERの深度値を検討