隠蔽と障害物の大きさを考慮した障害物存在確率地図の作成

原口一馬（大阪大学）島田伸敬（立命館大学）白井良明（大阪大学）

概要

障害物地図の作成

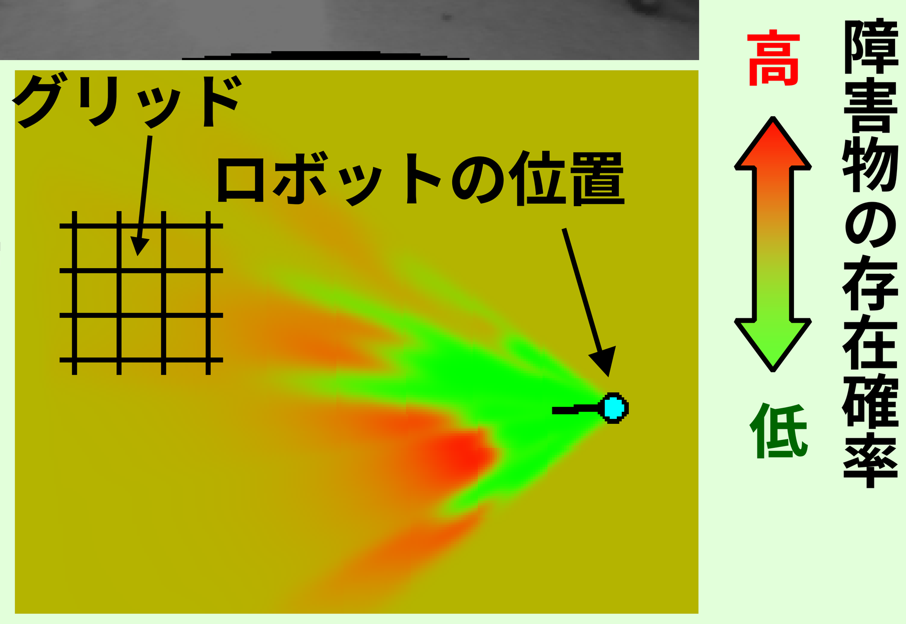
■障害物の観測

ステレオ視（誤対応あり）

■障害物地図

●一つ一つのグリッドが障害物の存在確率を保持

●観測が得られるたびに地図を更新

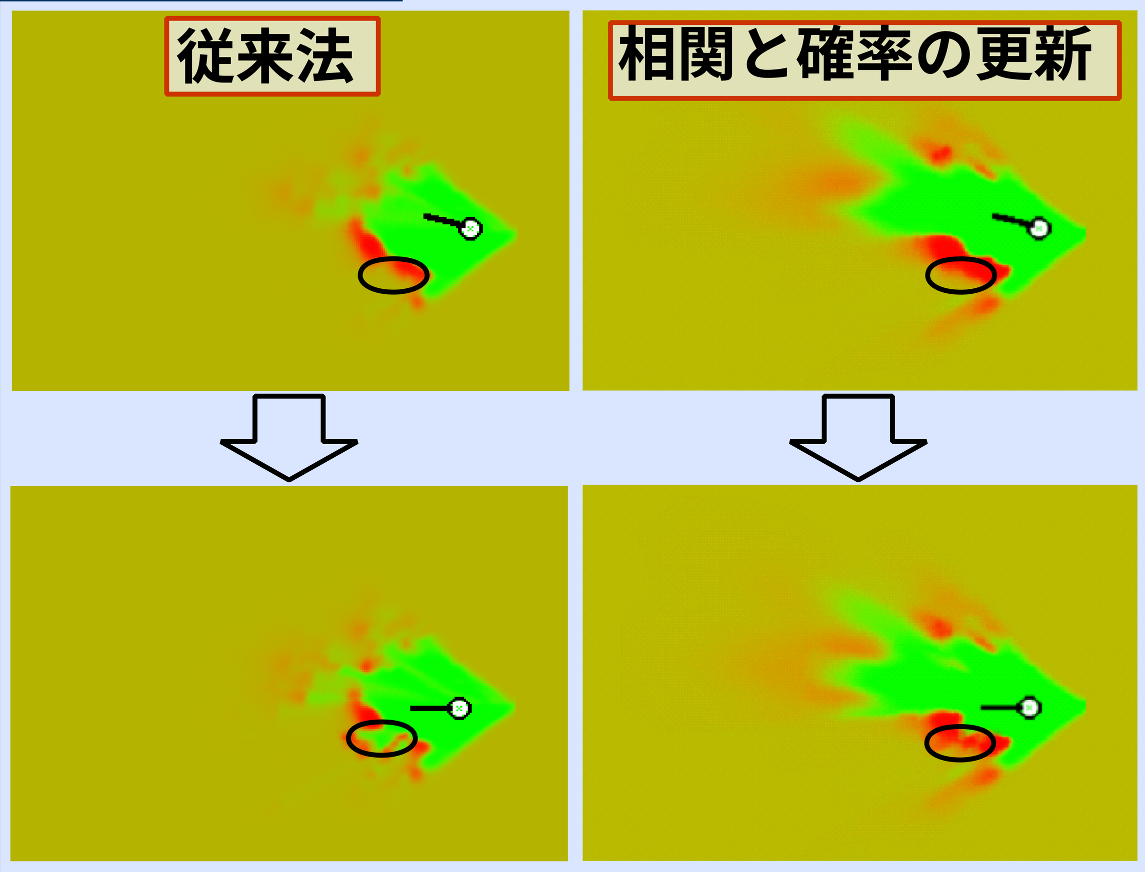


相関と確率の更新

$$\begin{cases} P(E_i), P(E_{i+1}) \\ P(\bar{E}_i), P(\bar{E}_{i+1}) \\ \text{相関}\quad r_{i,i+1} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} P(E_i, E_{i+1}) & P(E_i, \bar{E}_{i+1}) \\ P(\bar{E}_i, E_{i+1}) & P(\bar{E}_i, \bar{E}_{i+1}) \end{cases}$$

相関と確率の更新＝同時確率の更新

比較実験



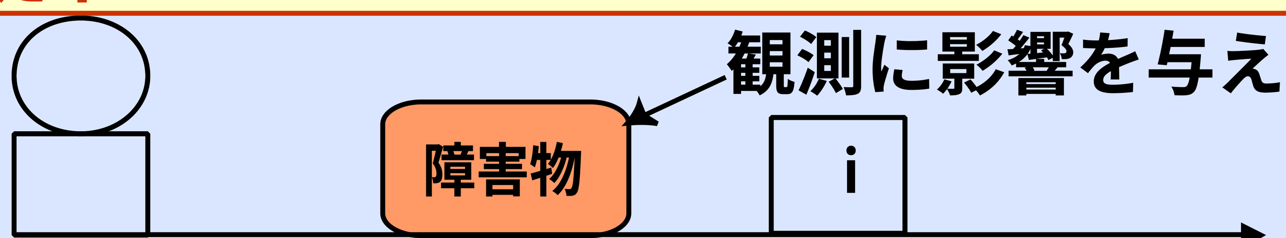
事前確率 0.5
事前相関 0.966

低 ⟷ 高

隠蔽を考慮した確率の更新

■従来法との比較

従来 周囲のグリッドの影響を無視した尤度モデル



$P(E_i|O) = \alpha \underbrace{P(O|E_i)}_{\text{尤度}} \underbrace{P(E_i)}_{\text{事前確率}}$ （観測 O, 存在 E, 正規化定数 α）

本手法 隠蔽を考慮した尤度モデル

一番手前の障害物 ⇒ 観測出来る

隠蔽されてる障害物 ⇒ 観測されない

$$P(E_i|O) = \alpha \underbrace{\left\{ P(O|E_0)P(E_0|E_i) + \sum_{k=1}^{i} P(O|\bar{E}_{0,k-1}, E_k)P(\bar{E}_{0,k-1}, E_k|E_i) \right\}}_{\text{尤度}} \underbrace{P(E_i)}_{\text{事前確率}}$$

$\left(\text{ただし } \bar{E}_{0,k-1} = (\bar{E}_0, \bar{E}_1, \cdots, \bar{E}_{k-2}, \bar{E}_{k-1})\right)$

■一番手前の障害物が k 番目となる確率

障害物と空き領域は塊で存在：隣りのグリッドとは同じ事象になる可能性 大

$$P(\bar{E}_{0,k-1}, E_k|E_i)$$

$$= P(\bar{E}_0|\bar{E}_1)P(\bar{E}_1|\bar{E}_2)P(\bar{E}_2|\bar{E}_3) \cdots P(\bar{E}_{k-2}|\bar{E}_{k-1})P(\bar{E}_{k-1}|E_k)P(E_k|E_i)$$

（マルコフ性を仮定）

⇓

独立を仮定：$P(\bar{E}_{0,k-1}, E_k|E_i)$ が小さくなりすぎ，k 番目が隠蔽されてる障害物となる

■相関を用いた条件付き確率の計算

相関 $r=0$：独立，$r=1$：$P(E_1, \bar{E}_2) = 0$

$$r_{1,2} = \frac{P(E_1, E_2) - P(E_1)P(E_2)}{\sqrt{P(E_1)P(E_2)P(\bar{E}_1)P(\bar{E}_2)}} = \frac{P(E_1, E_2) - P(E_1)P(E_2)}{\beta_{1,2}}$$

$$P(\bar{E}_1|E_2) = P(\bar{E}_1) - \frac{\beta_{1,2} r_{1,2}}{P(E_2)} \qquad P(\bar{E}_1|\bar{E}_2) = P(\bar{E}_1) + \frac{\beta_{1,2} r_{1,2}}{P(\bar{E}_2)}$$

$$P(E_k|E_i) = \sum_{e_{k+1,i-1}} P(E_k, e_{k+1,i-1}|E_i) \quad \boxed{2^{i-k-1}\text{通りの和}}$$

$$= P(E_k) + \frac{\beta_{k,i} r_{k,k-1} r_{k-1,k-2} \cdots r_{i-2,i-1} r_{i-1,i}}{P(E_i)} \quad \boxed{(i-k-1)\text{回の積}}$$

$\left(\text{ただし } e_k = \{E_k, \bar{E}_k\},\ e_{k+1,i-1} = (e_{k+1}, e_{k+2}, \cdots, e_{i-2}, e_{i-1})\right)$

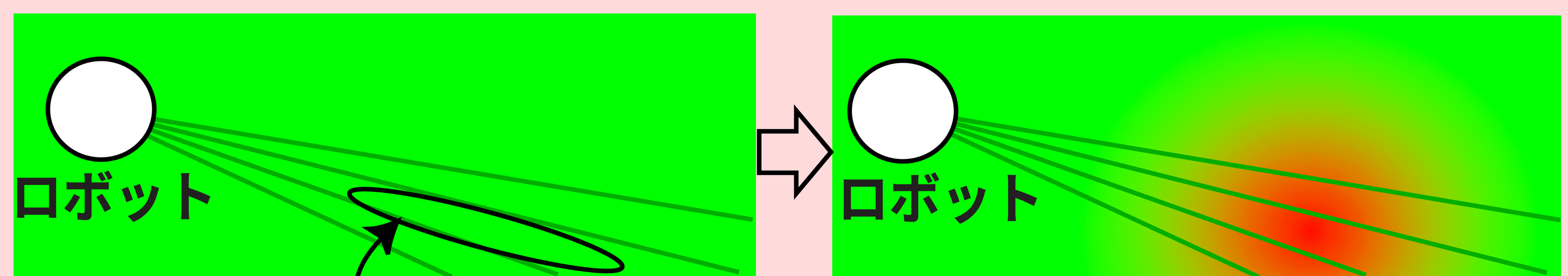
異なる視線間のグリッドの相関を考慮した更新

■グリッドが異なる視線に得られた観測から受ける影響

あるグリッドへ観測が入り確率が高くなる

⇓

近辺の観測の入らなかった視線の確率も高くなる

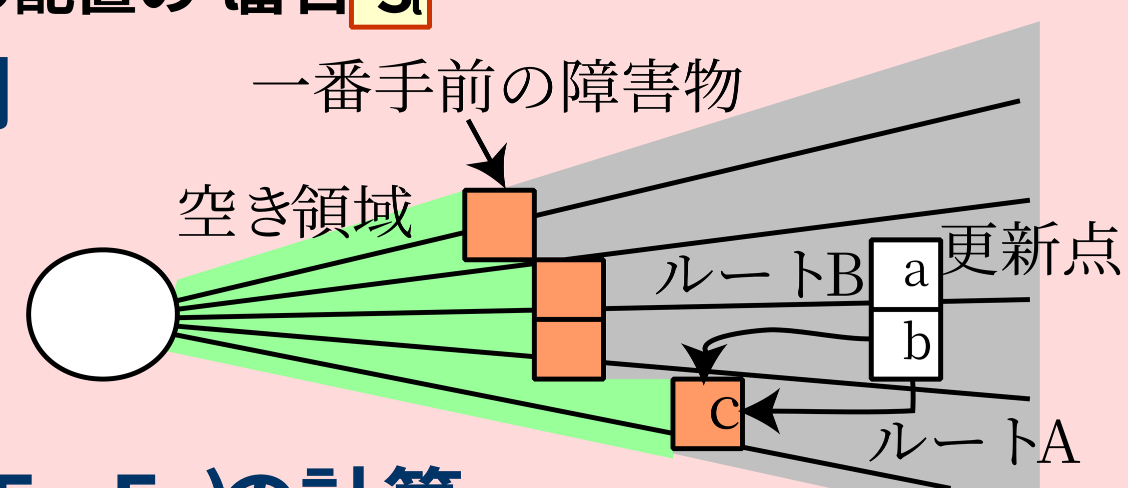


■一番手前の障害物による場合分け

視野内の各視線の一番手前の障害物がどこかにより場合分け

障害物の配置の l 番目 S_l

● S_l の例



● $P(S_l|E_a, E_b)$ の計算

条件付き確率の計算困難　例 複数のルートに対する $P(E_c|E_b)$

⇓

影響を及ぼすルートの限定

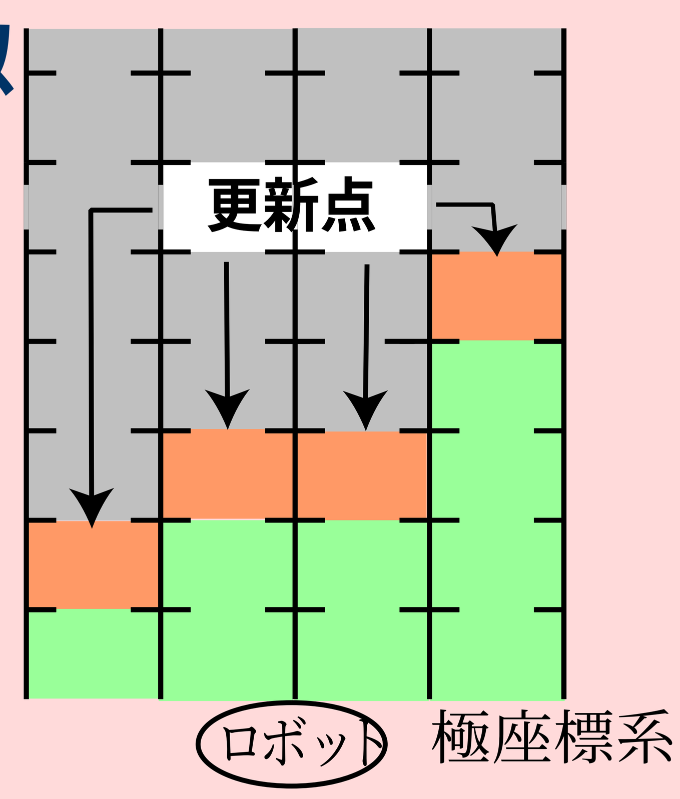
影響を及ぼすルートにループが存在すると計算困難

● $P(S_l|E_a, E_b)$ の計算の近似

異なる視線間のグリッドに関して更新点と等距離のグリッドのみ相関を持つと仮定

⇓

ループの存在がなく計算可能



今後の課題

・異なる視線の相関を考慮した更新の実装

・比較実験の追加