

1 VERTEX_PROX

ロボットポーズ (設計変数) と 観測した近接点のロボット座標 (定数) を格納するノード.

VERTEX_PROX <ID> < p_x > < p_y > < p_θ > <n> { < $r_{x,i}$ > < $r_{y,i}$ > }

- <ID> ノード ID (0 から順につける)
- < p_x > ノードのワールド座標位置 x [m]
- < p_y > ノードのワールド座標位置 y [m]
- < p_θ > ノードの姿勢 θ [rad]
- <n> 観測した近接点の数
- < $r_{x,i}$ > i 個目の近接点のロボット座標位置 x [m]
- < $r_{y,i}$ > i 個目の近接点のロボット座標位置 y [m]

2 EDGE_SE2

g2o 既存のポーズ差で 2 つのノードを拘束するエッジ.

$$F_{ab}(\mathbf{p}_a, \mathbf{p}_b) = \|\mathbf{e}_{ab}(\mathbf{p}_a, \mathbf{p}_b)\|_{\Omega}^2 \quad (1)$$

$$\mathbf{e}_{ab}(\mathbf{p}_a, \mathbf{p}_b) = \text{toVec}(\mathbf{P}_a^{-1} \mathbf{P}_b) - \mathbf{z} \quad (2)$$

EDGE_SE2 <ID_a> <ID_b> < z_x > < z_y > < z_θ > < Ω_{xx} > < Ω_{xy} > < $\Omega_{x\theta}$ > < Ω_{yy} > < $\Omega_{y\theta}$ > < $\Omega_{\theta\theta}$ >

- <ID_a> \mathbf{p}_a の ID
- <ID_b> \mathbf{p}_b の ID
- < z_x > ノード間の位置差 x [m]
- < z_y > ノード間の位置差 y [m]
- < z_θ > ノード間の姿勢差 θ [rad]
- < Ω_{xx} > Ω_{xx} [m⁻²]
- < Ω_{xy} > Ω_{xy}, Ω_{yx} [m⁻²]
- < $\Omega_{x\theta}$ > $\Omega_{x\theta}, \Omega_{\theta x}$ [m⁻¹rad⁻¹]
- < Ω_{yy} > Ω_{yy} [m⁻²]
- < $\Omega_{y\theta}$ > $\Omega_{y\theta}, \Omega_{\theta y}$ [m⁻¹rad⁻¹]
- < $\Omega_{\theta\theta}$ > $\Omega_{\theta\theta}$, [rad⁻²]

3 EDGE_PROX

2つのノードを近接点の幾何学的特性を用いて拘束するエッジ.

$$F_{ab}(\mathbf{p}_a, \mathbf{p}_b) = \|\mathbf{e}_{ab}(\mathbf{p}_a, \mathbf{p}_b)\|_{\Omega}^2 \quad (3)$$

$$\mathbf{e}_{ab}(\mathbf{p}_a, \mathbf{p}_b) = \begin{bmatrix} l_{a,1} & l_{b,1} & l_{a,2} & \cdots & l_{b,N} \end{bmatrix}^T \quad (4)$$

$$l_{a,k} = \boldsymbol{\eta}_{a,i}^T (\mathbf{q}_{b,j} - \mathbf{q}_{a,i})$$

$$l_{b,k} = \boldsymbol{\eta}_{b,j}^T (\mathbf{q}_{a,i} - \mathbf{q}_{b,j})$$

$$\boldsymbol{\eta}_{a,i} = \frac{\mathbf{q}_{a,i} - \text{Pos}(\mathbf{p}_a)}{\|\mathbf{q}_{a,i} - \text{Pos}(\mathbf{p}_a)\|}$$

$$\mathbf{q}_{a,i} = \mathbf{P}_a \mathbf{r}_{a,i}$$

$$\Omega = \begin{bmatrix} \Omega_{a,1} & & & & \\ & \Omega_{b,1} & & & \\ & & \Omega_{a,2} & & \\ & & & \ddots & \\ & & & & \Omega_{b,n} \end{bmatrix}$$

EDGE_PROX <ID_a> <ID_b> <n> { <i> <j> <Ω> }

<ID_a> \mathbf{p}_a の ID

<ID_b> \mathbf{p}_b の ID

<n> 近接点ペアの数

<i> <j> $\mathbf{r}_{a,i}$ と $\mathbf{r}_{b,j}$ に近接点ペアを定義する

<Ω> $\Omega_{a,k}, \Omega_{b,k}$ [m⁻²]

4 VERTEX_SWITCH_PROX_PAIR

近接点ポーズグラフ最適化を近接点ペアの誤検出にロバスト化させるために導入したノード.

近接点ペアそれぞれにかけることで, 対応した近接点ペアの重みを調節するスイッチ変数ノード ($0 \leq s \leq 1$).

VERTEX_PROX_PAIR_WEIGHT <ID> <n>

VERTEX_PROX_PAIR_WEIGHT <ID> <n> { <s> }

<ID> ノード ID

<n> 対応させるエッジの近接点ペアの数

<s> 各近接点ペアのスイッチ変数 ($0 \leq s \leq 1$)

前者の指定方法の場合, 各 s の値は 1 に初期化される.

5 EDGE_SWITCH_PROX

近接点ポーズグラフ最適化を近接点ペアの誤検出にロバスト化させるために導入したエッジ.

2つのノードを近接点の幾何学的特性を用いて拘束するが, スイッチ変数を用いることでポーズグラフ最適化に障害となる近接点ペアの拘束力は低減させる.

$$F_{ab}(\mathbf{p}_a, \mathbf{p}_b, \mathbf{s}_{ab}) = \|\mathbf{e}_{ab}(\mathbf{p}_a, \mathbf{p}_b, \mathbf{s}_{ab})\|_{\Omega}^2 + \|\mathbf{1} - \mathbf{s}_{ab}\|_{\xi E}^2 \quad (5)$$

$$\mathbf{e}_{ab}(\mathbf{p}_a, \mathbf{p}_b, \mathbf{s}_{ab}) = \begin{bmatrix} s_{ab,1}l_{a,1} & s_{ab,1}l_{b,1} & s_{ab,2}l_{a,2} & \cdots & s_{ab,N}l_{b,N} \end{bmatrix}^T \quad (6)$$

EDGE_PROX <ID_a> <ID_b> <ID_s> <n> { <i> <j> <Ω> }

<ID_a> \mathbf{p}_a の ID

<ID_b> \mathbf{p}_b の ID

<ID_s> スイッチ変数ノードの ID

<n> 近接点ペアの数

<i> <j> $\mathbf{r}_{a,i}$ と $\mathbf{r}_{b,j}$ に近接点ペアを定義する

<Ω> $\Omega_{a,k}, \Omega_{b,k}$ [m^{-2}]

6 PARAMS_SPP_WEIGHT

全ての EDGE_SWITCH_PROX のスイッチ変数 s のペナルティ項の重さである ξ を決めるパラメータ.

EDGE_SWITCH_PROX を宣言するより前に 1 つのみ宣言すること.

PARAMS_SPP_WEIGHT <ID> <ξ>

<ID> パラメータ ID (今回の場合 0)

<ξ> スイッチ変数 s のペナルティ項の重さ