

溜りの影響を考慮した 自動配管設計

九州大学工学府海洋システム工学専攻
安藤 悠人・木村 元准教授

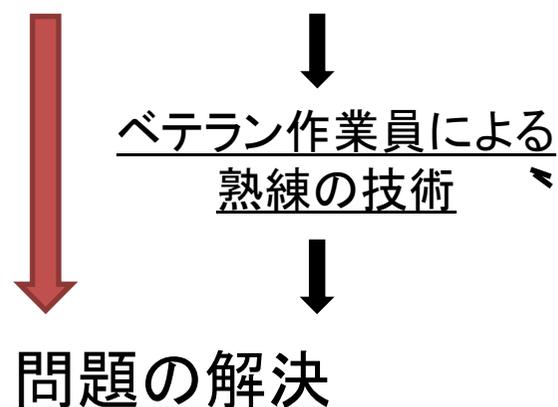
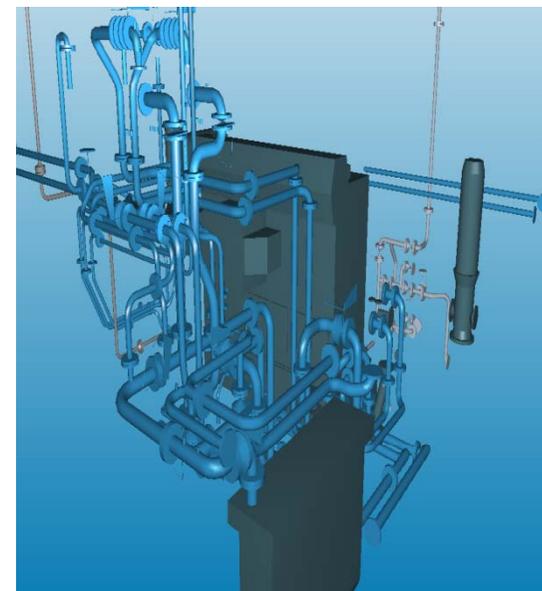
日本船舶海洋工学会春季講演会 2013年5月27～28日 広島国際会議場

研究背景



配管設計

- 最適な機器(バルブなど)配置の決定.
 - 最適な配管経路の決定.
 - 安全性の評価, 確認.
 - 施工性の評価.
- etc...



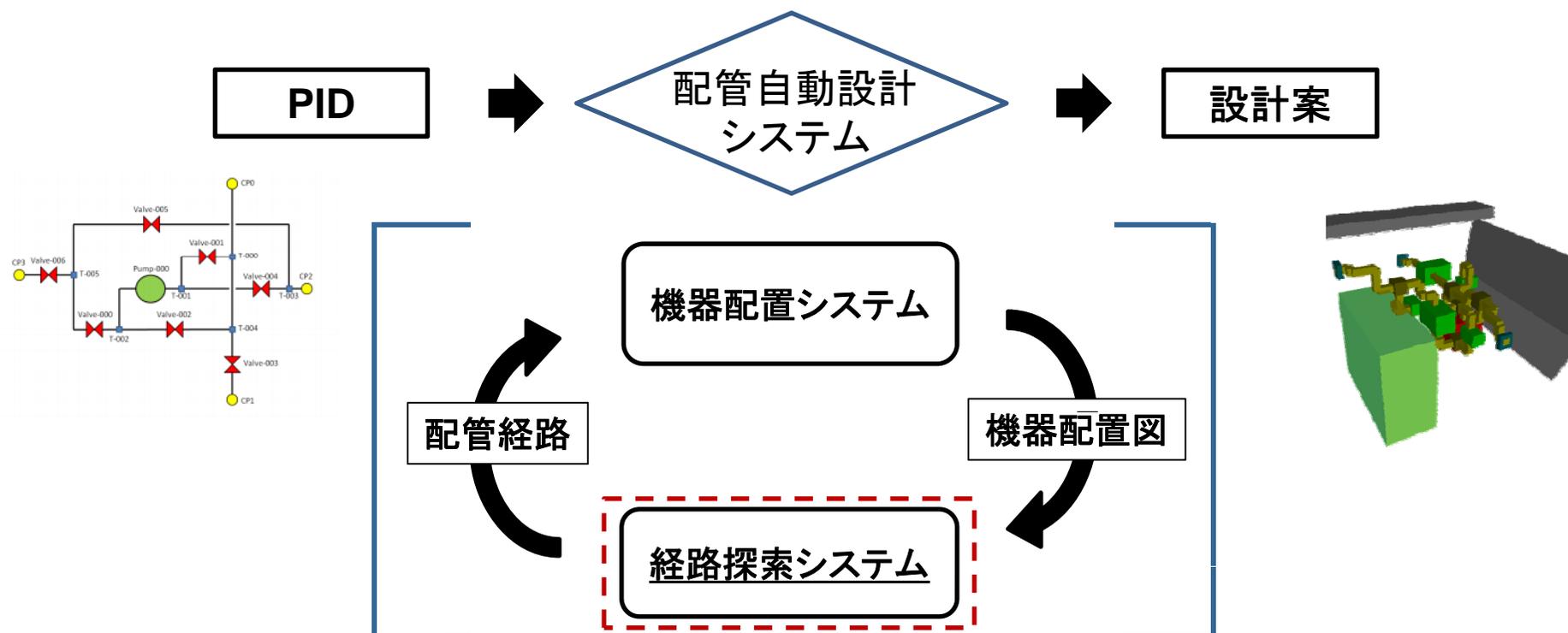
- 膨大な作業時間
- ベテラン作業員の減少
- 若手作業員への技術伝承問題

研究目的



配管設計作業の解決へ向けて...

ベテラン技術者と同等の設計作業を自動的に行うシステムを検討.

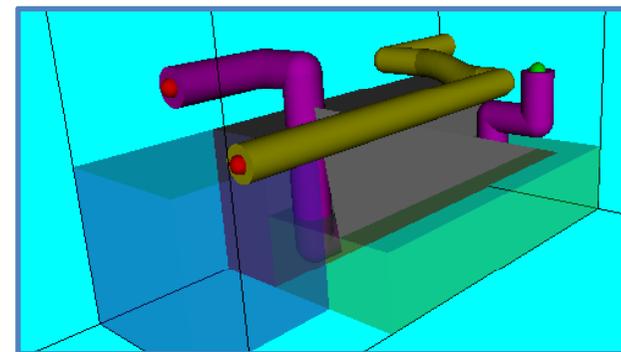


配管経路探索システム



システムの流れ

1. 機器配置(xmlファイル)を読み込む.
2. 配管の太いものから順に経路を探索する.
3. 始点・終点を最適な経路を探索する.
4. 獲得された経路案のX3Dファイルを作成する.

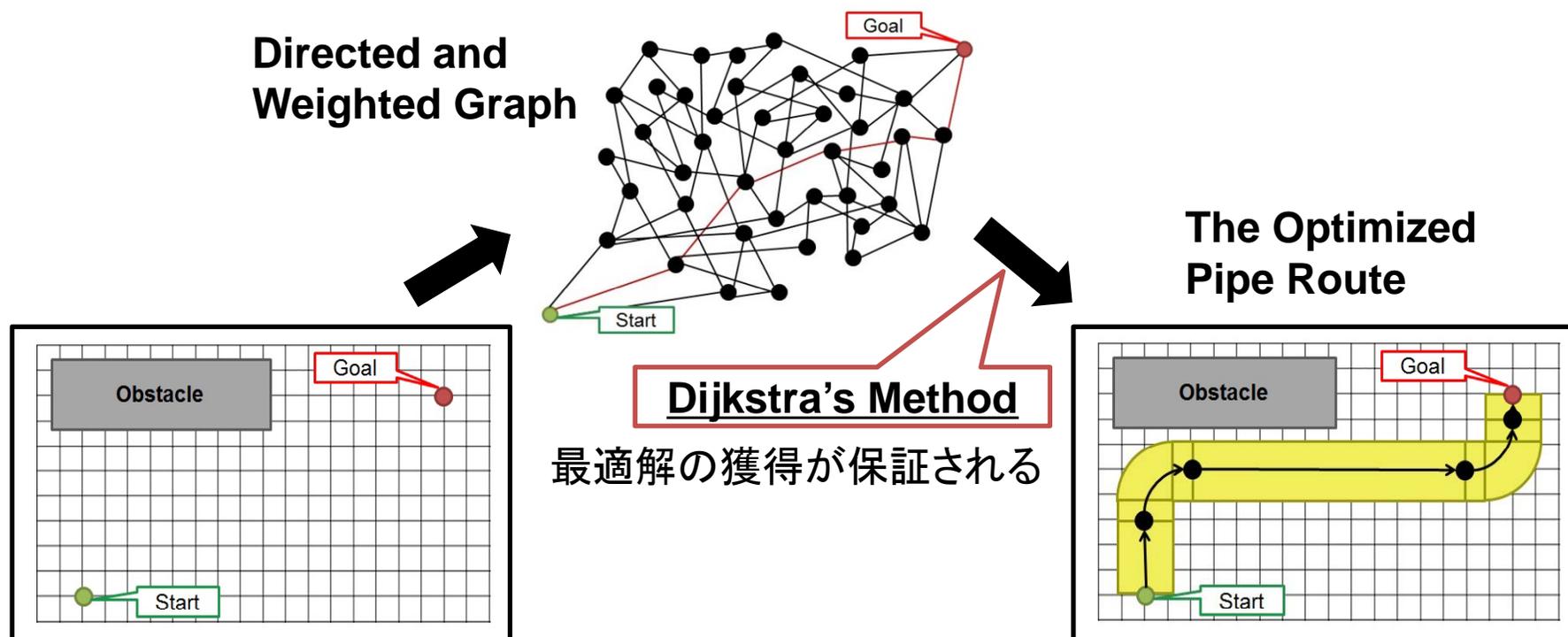


配管経路探索システム



システムの特徴1

配管経路探索問題をネットワーク上の経路探索問題へ帰着させることで、効率よく最適な経路探索を行う。

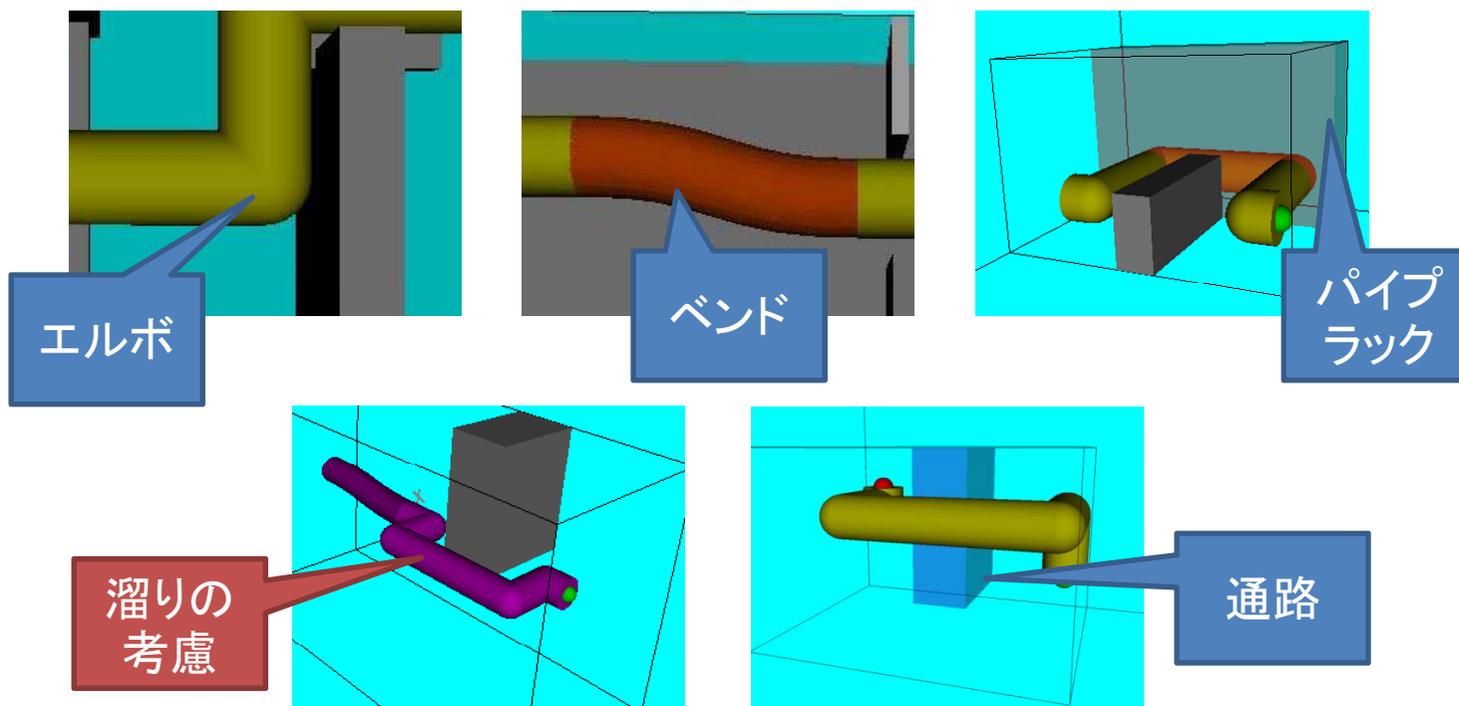


配管経路探索システム

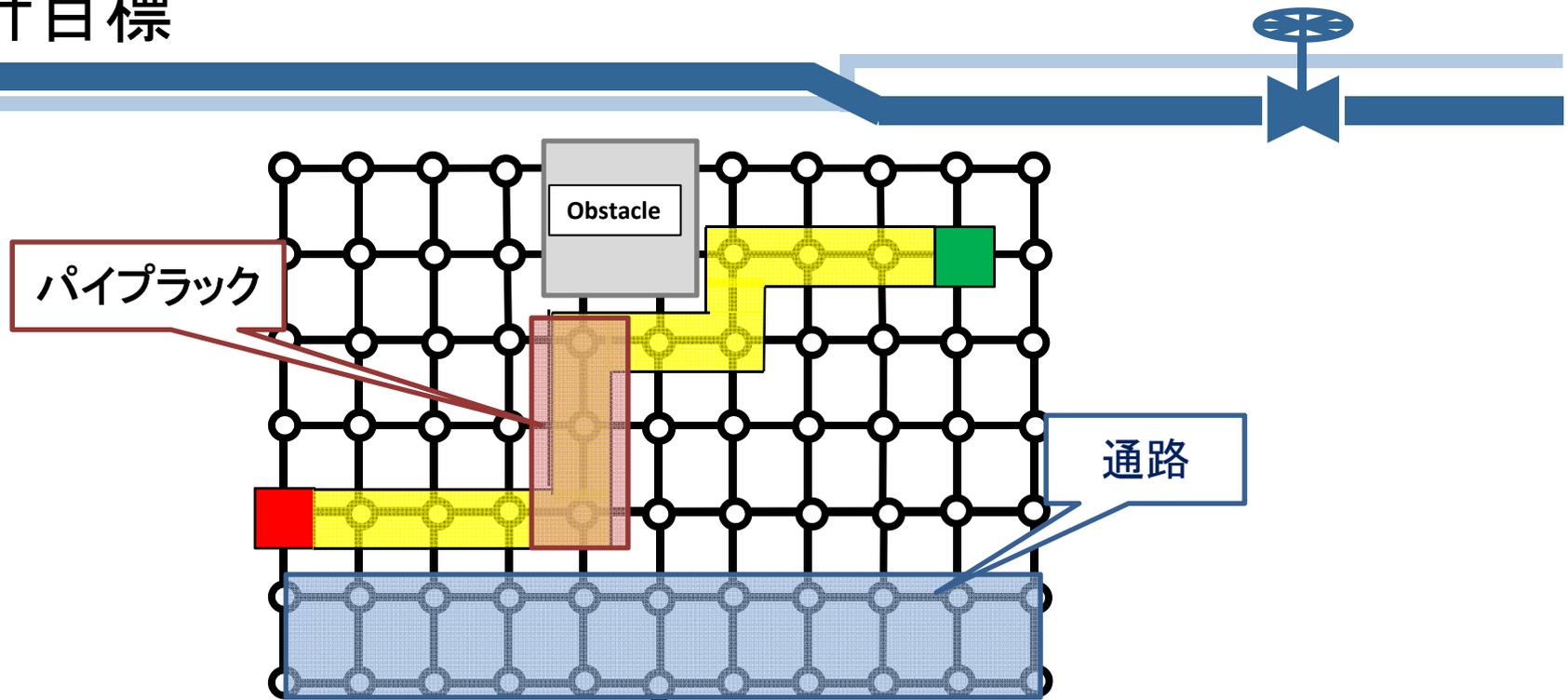


システムの特徴2

機器配置システムで決定された機器の間を実用的な経路で結ぶ。

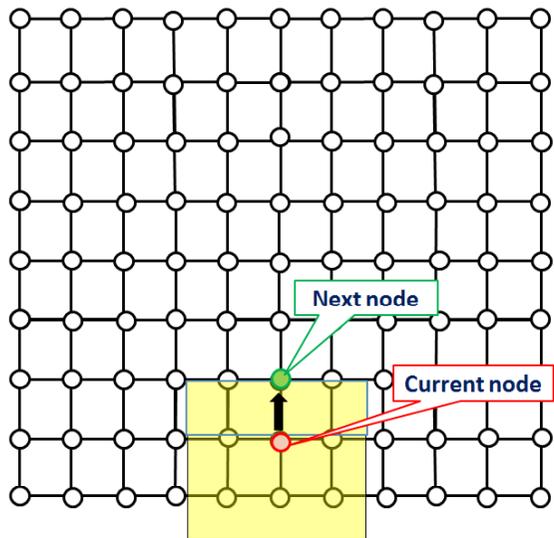


設計目標

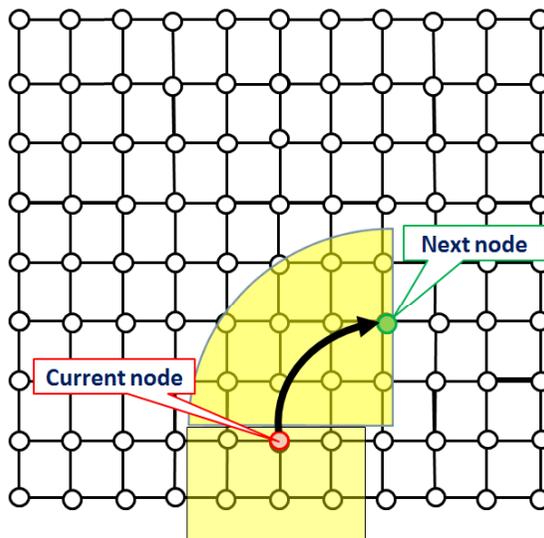


- ・パイプ長が短いこと.
- ・エルボおよびベンドの数が少ないこと.
- ・パイプラック空間は可能な限り通過.
- ・通路空間は極力避けること.
- ・“溜り”の発生は可能な限り抑えること.

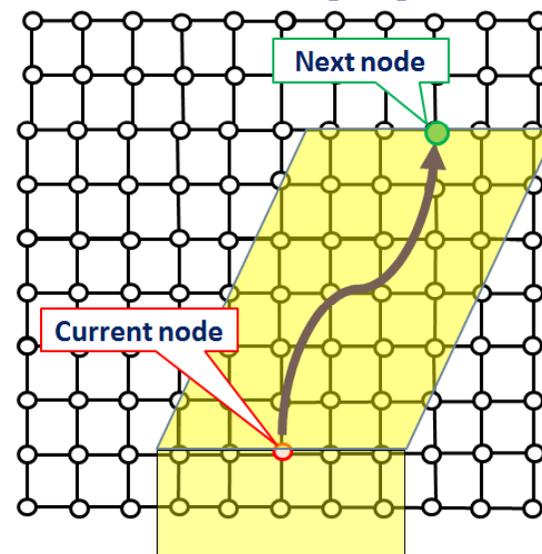
経路探索アルゴリズム(直管, エルボ, ベンド)



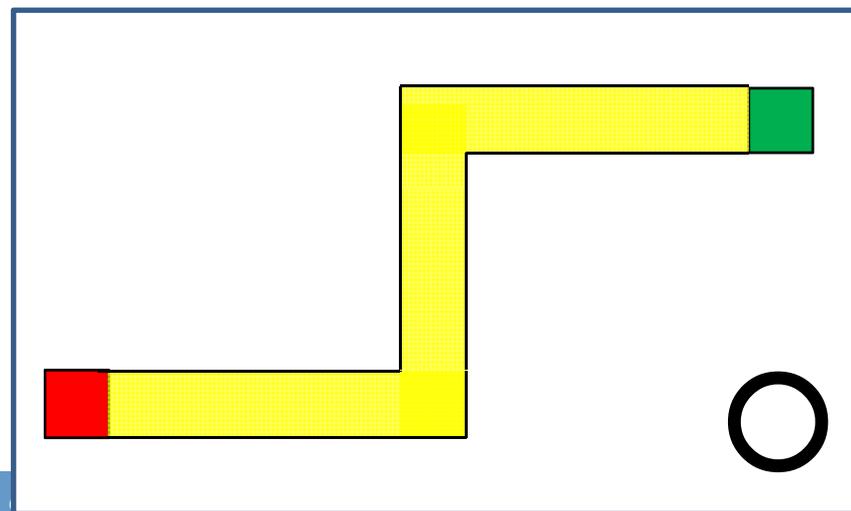
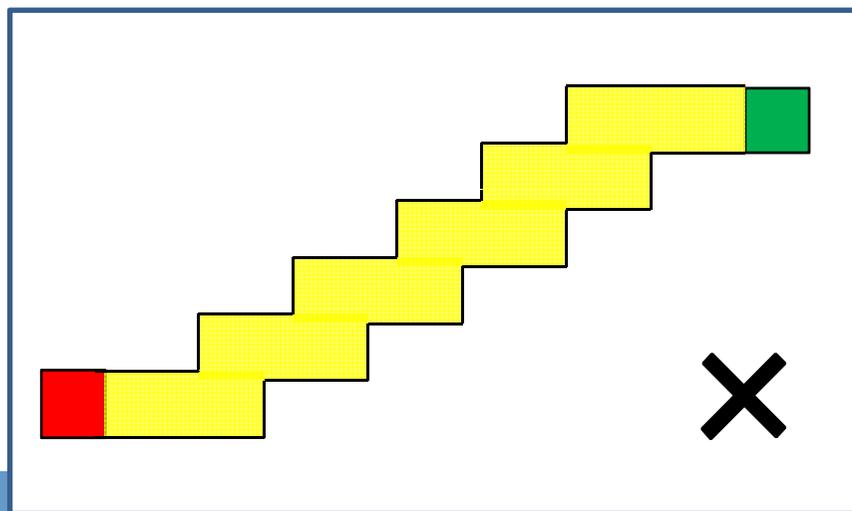
直管



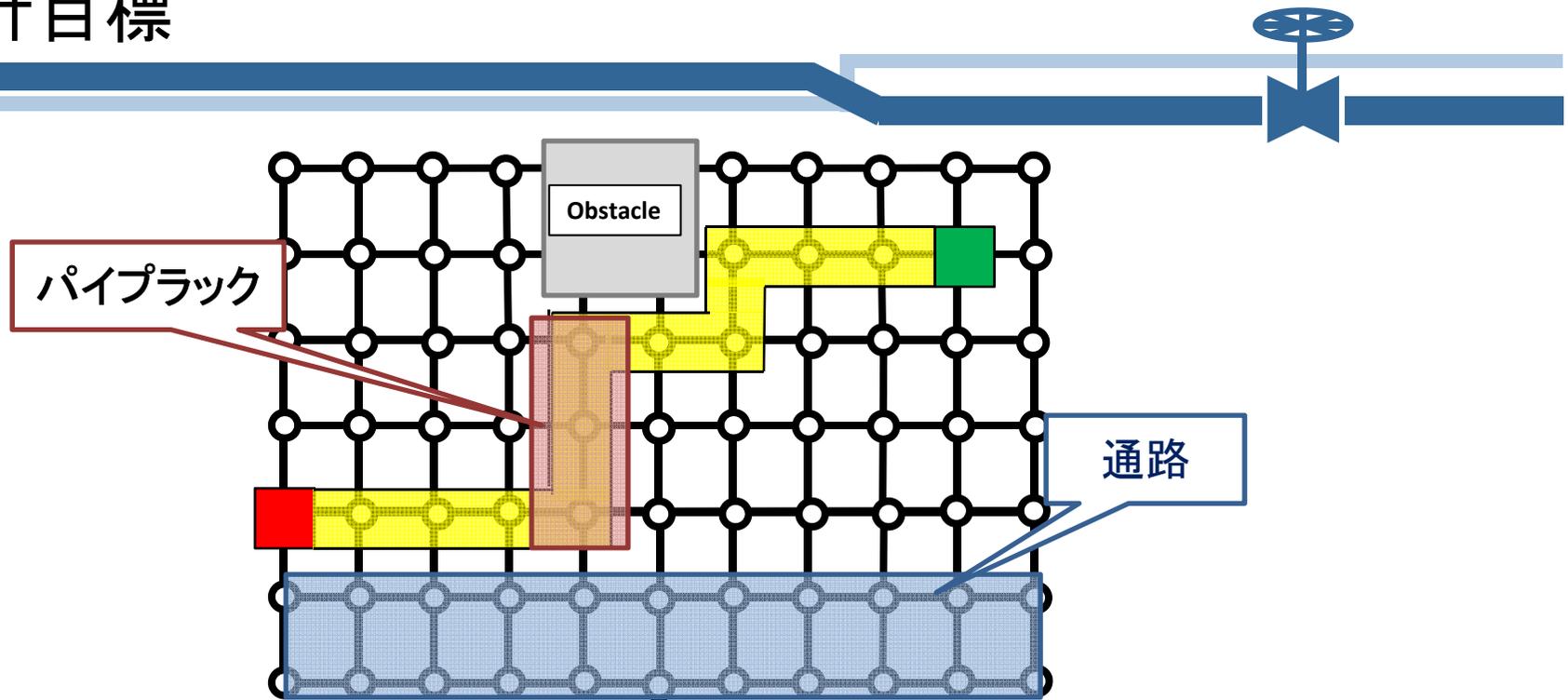
エルボ



ベンド



設計目標



- ・パイプ長が短いこと.
- ・エルボおよびベンドの数が少ないこと.
- ・パイプラック空間は可能な限り通過.
- ・通路空間は極力避けること.
- ・“溜り”の発生は可能な限り抑えること.

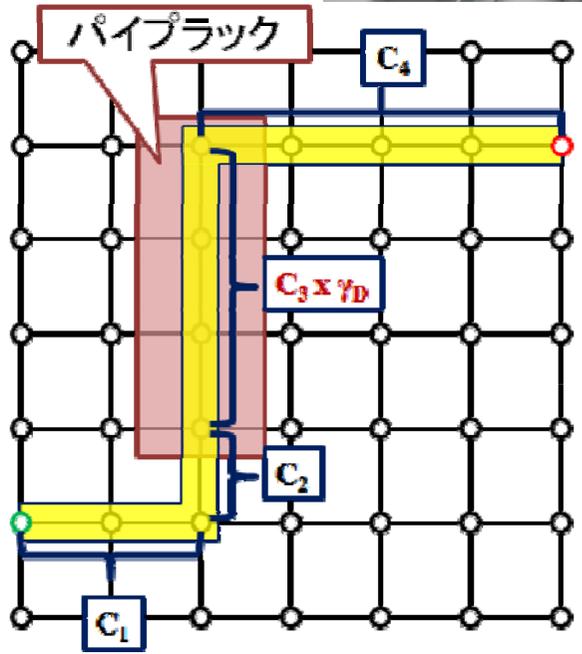


経路探索アルゴリズム (パイプラック, 通路)

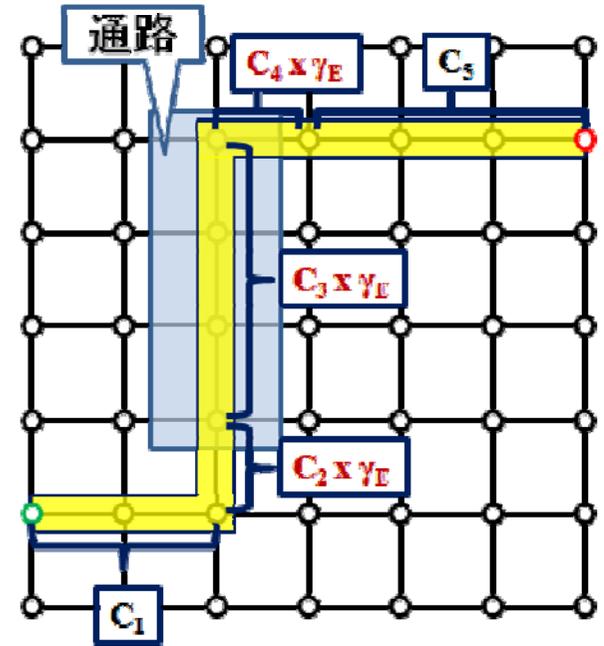


パイプラック

通路

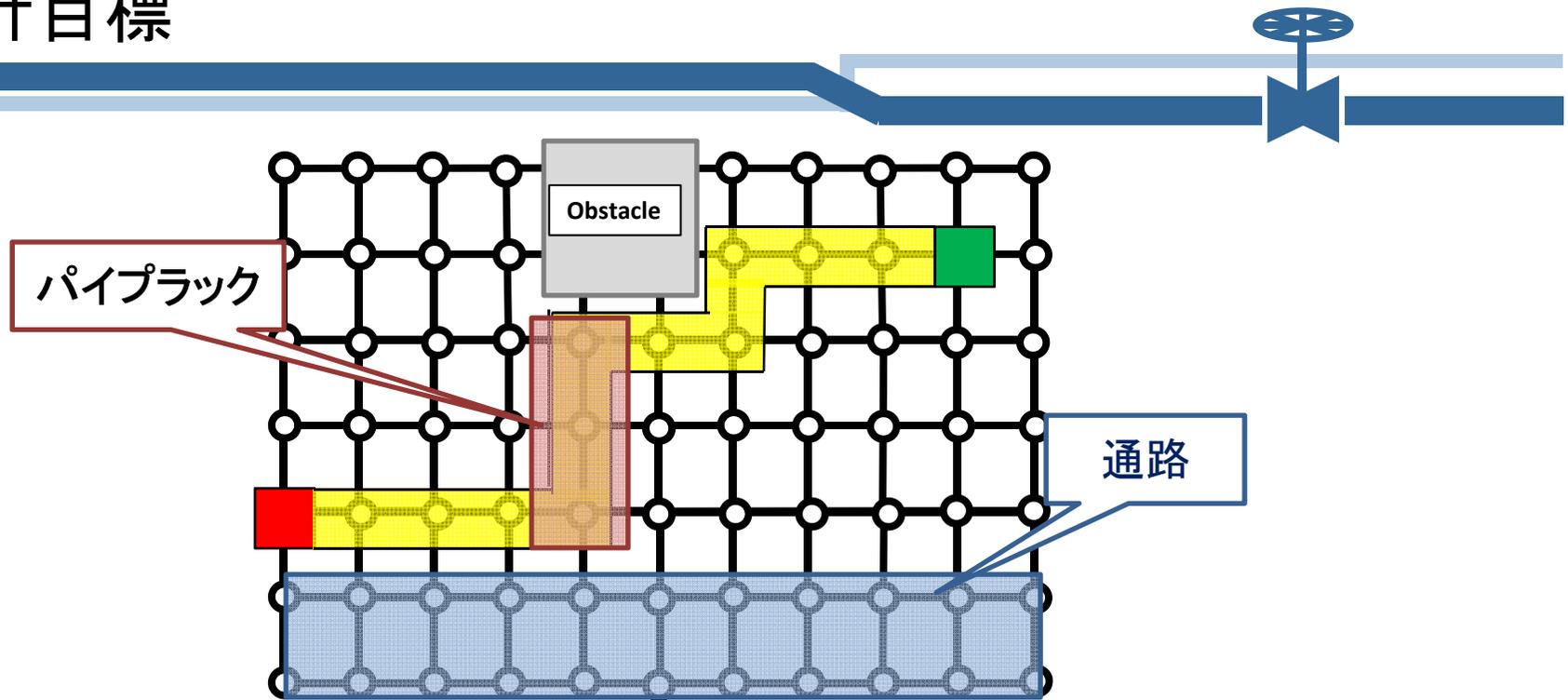


割引率
 $\gamma_D < 1$



割増率
 $\gamma_E > 1$

設計目標



- ・パイプ長が短いこと.
- ・エルボおよびベンドの数が少ないこと.
- ・パイプラック空間は可能な限り通過.
- ・通路空間は極力避けること.
- ・“溜り”の発生は可能な限り抑えること.



経路探索アルゴリズム (“溜り”の考慮)



“溜り”を含まない経路の探索法

始点・終点ベクトル設定



手法1 (探索方向限定法)

Found!

経路案 (“溜り”が無い解)



Not Found... (経路中に溜りが必ず発生する場合)

手法2 (垂直遷移ペナルティ法)

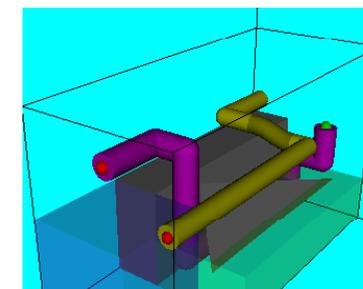
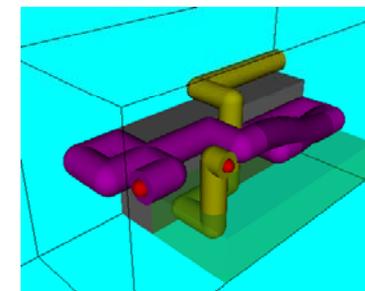
Found!

経路案 (“溜り”の発生を抑えた解)



Not Found...

獲得可能な解なし

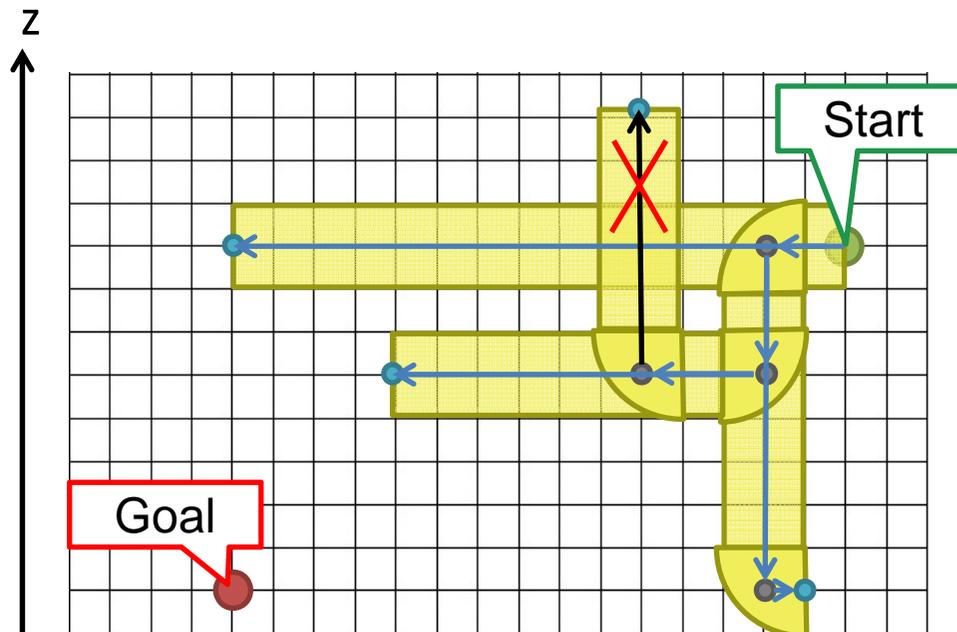


経路探索アルゴリズム (“溜り”の考慮)

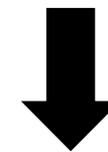


手法1(探索方向限定法)

- 高さ方向(z軸方向)の探索を一定方向に制限する.
- $z_{\text{start}} > z_{\text{goal}} \rightarrow z$ 軸マイナス方向, $z_{\text{start}} < z_{\text{goal}} \rightarrow z$ 軸プラス方向のみ探索
- 複雑な経路(溜りを作らないと始点・終点を結べない経路)に対応できない.



黒い矢印方向の解候補は、
U字になるので探索しない。



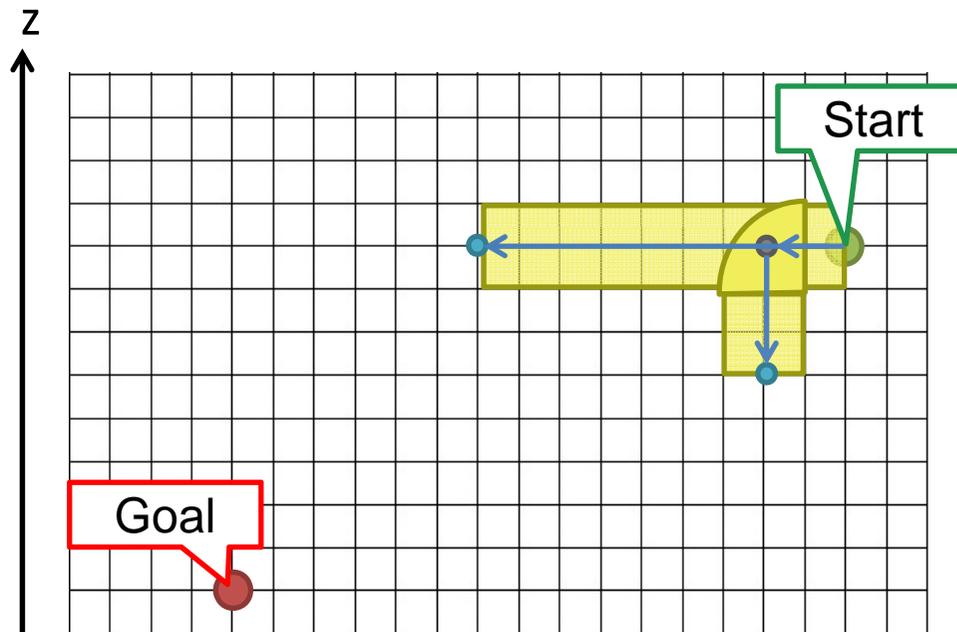
- 溜りのない経路のみを考える.
- 探索方向を限定するので, 探索
スピードが向上する.

経路探索アルゴリズム (“溜り”の考慮)

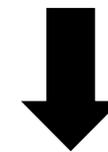


手法1(探索方向限定法)

- 高さ方向(z軸方向)の探索を一定方向に制限する.
- $z_{\text{start}} > z_{\text{goal}} \rightarrow z$ 軸マイナス方向, $z_{\text{start}} < z_{\text{goal}} \rightarrow z$ 軸プラス方向のみ探索
- 複雑な経路(溜りを作らないと始点・終点を結べない経路)に対応できない.



黒い矢印方向の解候補は、
U字になるので探索しない。



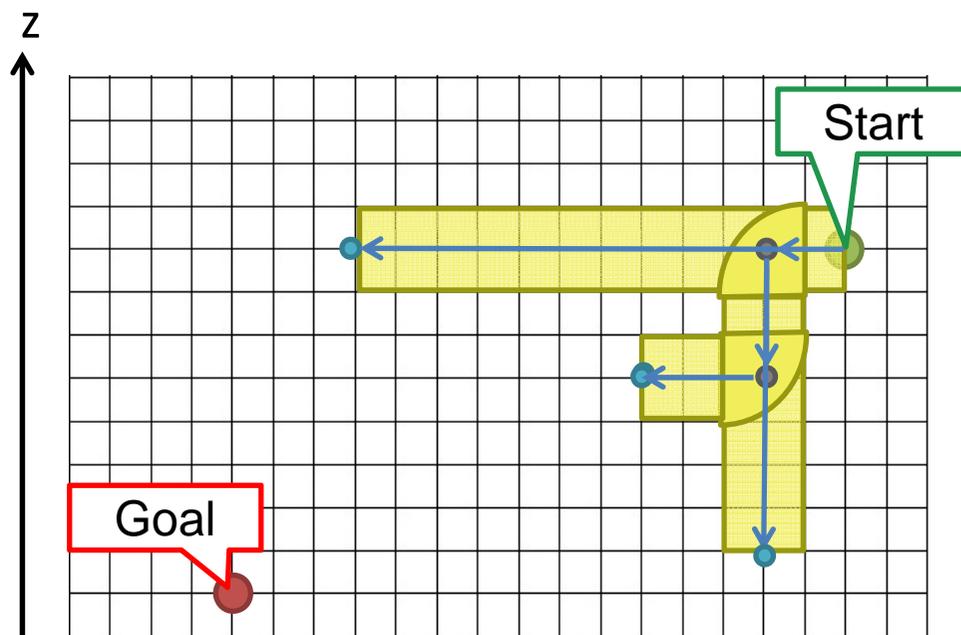
- 溜りのない経路のみを考える.
- 探索方向を限定するので, 探索
スピードが向上する.

経路探索アルゴリズム (“溜り”の考慮)



手法1(探索方向限定法)

- 高さ方向(z軸方向)の探索を一定方向に制限する.
- $z_{\text{start}} > z_{\text{goal}} \rightarrow z$ 軸マイナス方向, $z_{\text{start}} < z_{\text{goal}} \rightarrow z$ 軸プラス方向のみ探索
- 複雑な経路(溜りを作らないと始点・終点を結べない経路)に対応できない.



黒い矢印方向の解候補は、
U字になるので探索しない。



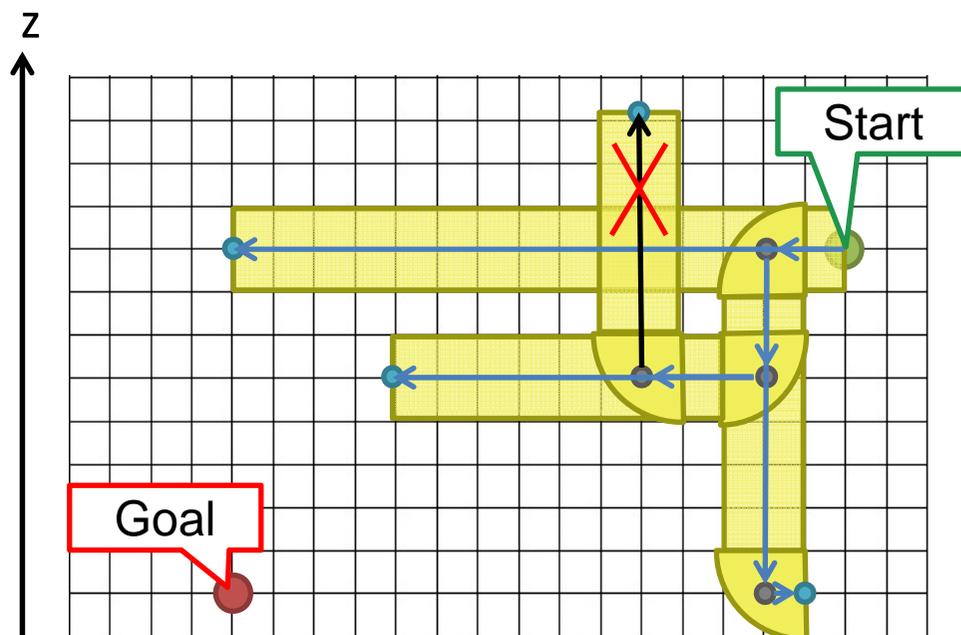
- 溜りのない経路のみを考える。
- 探索方向を限定するので、探索
スピードが向上する。

経路探索アルゴリズム (“溜り”の考慮)



手法1(探索方向限定法)

- 高さ方向(z軸方向)の探索を一定方向に制限する.
- $z_{\text{start}} > z_{\text{goal}} \rightarrow z$ 軸マイナス方向, $z_{\text{start}} < z_{\text{goal}} \rightarrow z$ 軸プラス方向のみ探索
- 複雑な経路(溜りを作らないと始点・終点を結べない経路)に対応できない.



黒い矢印方向の解候補は、
U字になるので探索しない。



- 溜りのない経路のみを考える。
- 探索方向を限定するので、探索
スピードが向上する。

シミュレーション実験(探索方向限定法)

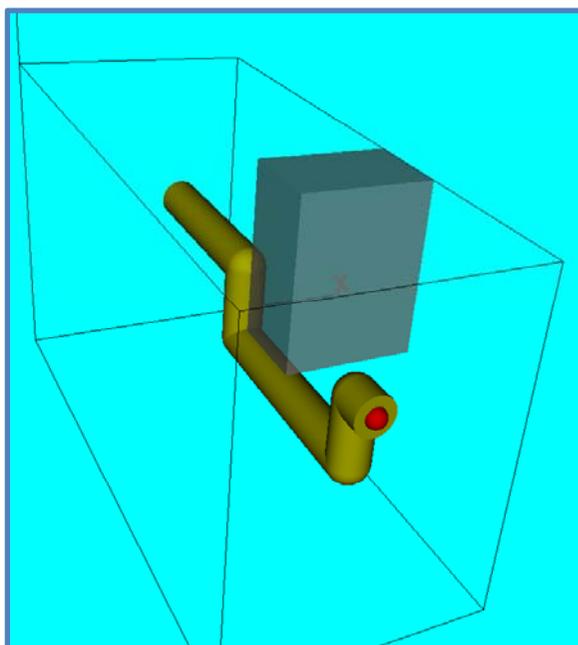


目的

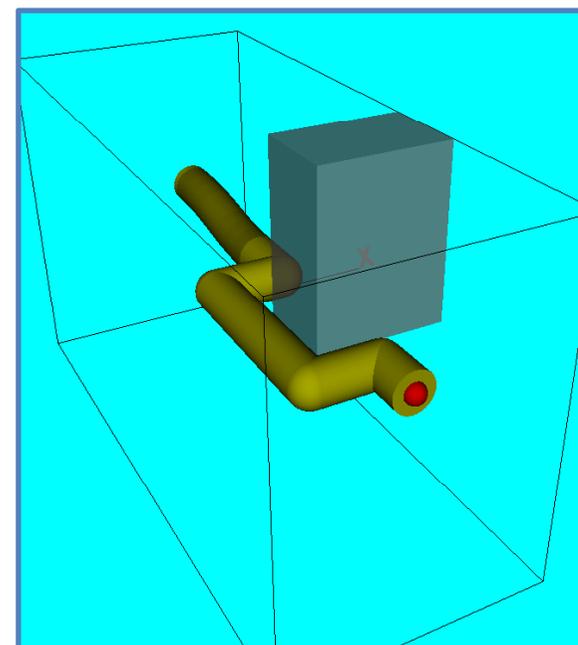
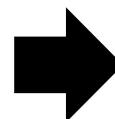
最短経路では溜りが発生してしまう条件下で、経路を探索し確認する。

結果

ベンドを使用する迂回経路を選択し、経路中では溜りを使用しない。



溜り考慮しない場合



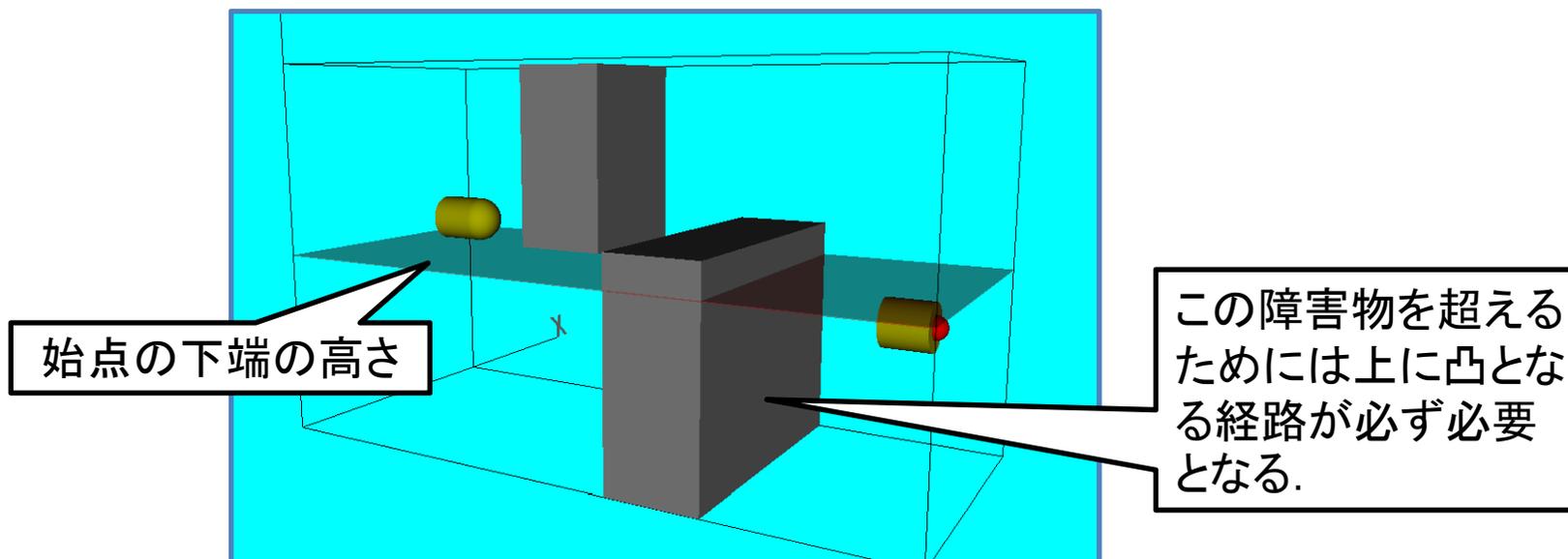
溜り考慮した場合(探索方向限定法使用)

経路探索アルゴリズム (“溜り”の考慮)



手法1(探索方向限定法)

- 高さ方向(z軸方向)の探索を一定方向に制限する.
- $z_{\text{start}} > z_{\text{goal}} \rightarrow z$ 軸マイナス方向, $z_{\text{start}} < z_{\text{goal}} \rightarrow z$ 軸プラス方向のみ探索
- 複雑な経路(溜りを作らないと始点・終点を結べない経路)に対応できない.

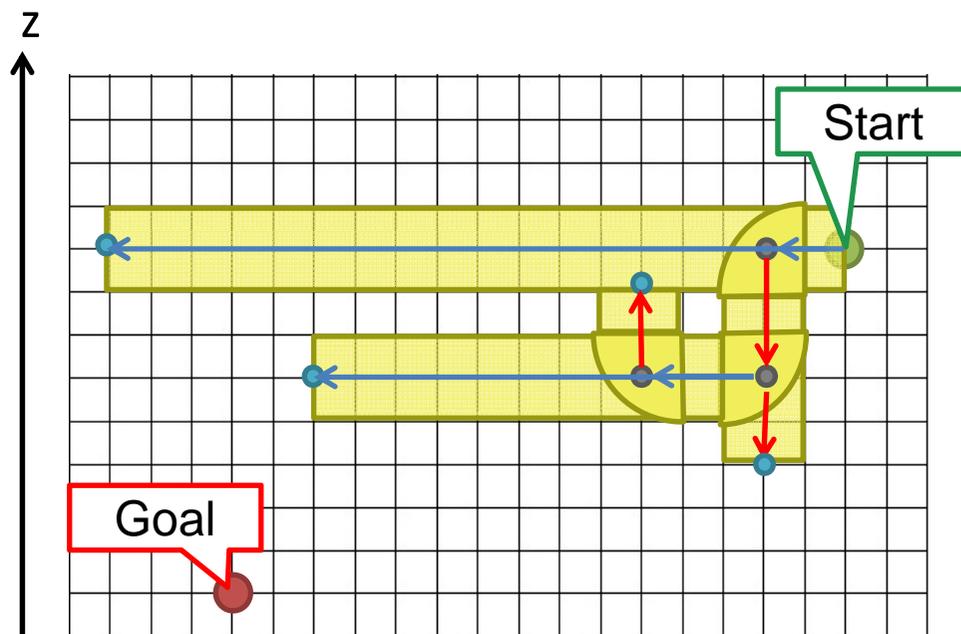


経路探索アルゴリズム (“溜り”の考慮)

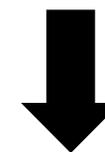


手法2 (垂直遷移ペナルティ法)

- ・ 手法1 (探索方向限定法) が失敗したとき使用, 複雑な経路へも対応
- ・ 経路探索中, z軸方向への遷移に対してコストを割増する.
- ・ 探索時間が増大してしまう, コスト値の妥当性への影響あり.



赤い矢印方向の遷移は,
z軸方向の遷移なのでコストが割増される.



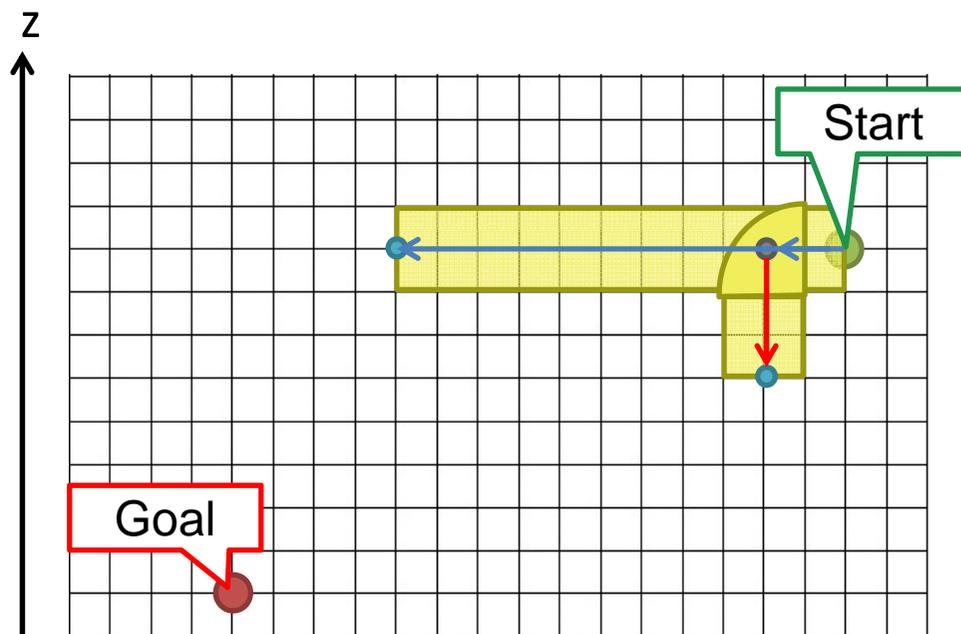
経路中より溜りの発生を可能な限り抑えることができる.

経路探索アルゴリズム(“溜り”の考慮)

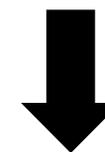


手法2(垂直遷移ペナルティ法)

- ・ 手法1(探索方向限定法)が失敗したとき使用, 複雑な経路へも対応
- ・ 経路探索中, z軸方向への遷移に対してコストを割増する.
- ・ 探索時間が増大してしまう, コスト値の妥当性への影響あり.



赤い矢印方向の遷移は, z軸方向の遷移なのでコストが割増される.



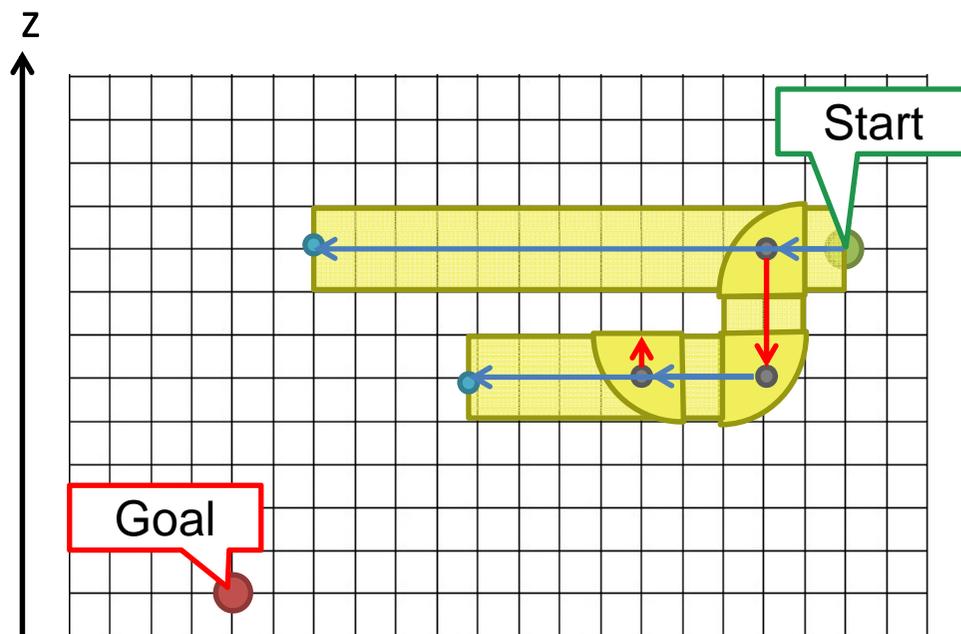
経路中より溜りの発生を可能な限り抑えることができる.

経路探索アルゴリズム(“溜り”の考慮)

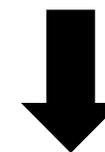


手法2(垂直遷移ペナルティ法)

- ・ 手法1(探索方向限定法)が失敗したとき使用, 複雑な経路へも対応
- ・ 経路探索中, z軸方向への遷移に対してコストを割増する.
- ・ 探索時間が増大してしまう, コスト値の妥当性への影響あり.



赤い矢印方向の遷移は,
z軸方向の遷移なのでコストが割増される.



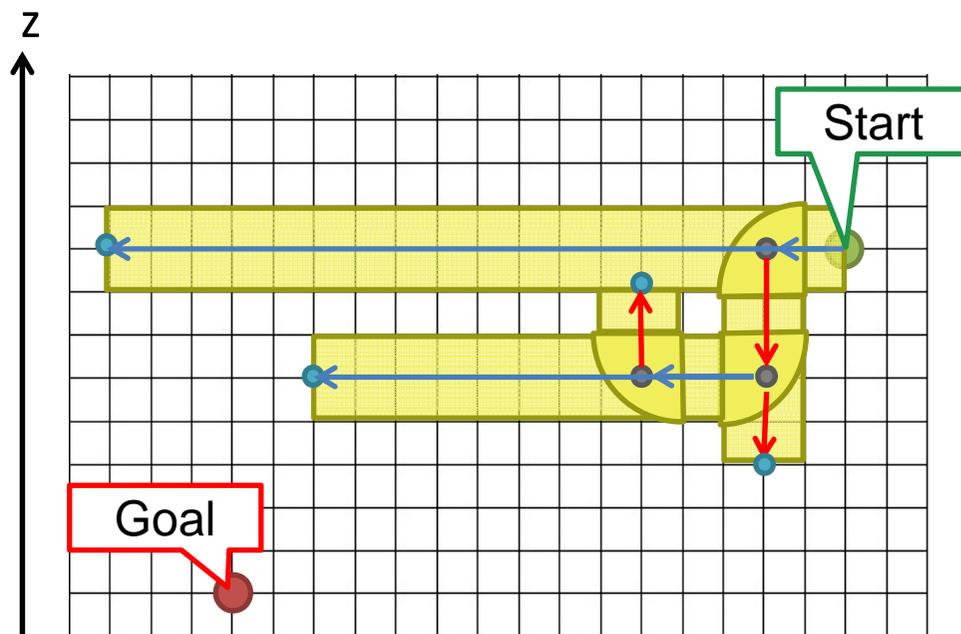
経路中より溜りの発生を可能な限り抑えることができる.

経路探索アルゴリズム(“溜り”の考慮)

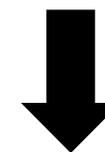


手法2(垂直遷移ペナルティ法)

- ・ 手法1(探索方向限定法)が失敗したとき使用, 複雑な経路へも対応
- ・ 経路探索中, z軸方向への遷移に対してコストを割増する.
- ・ 探索時間が増大してしまう, コスト値の妥当性への影響あり.



赤い矢印方向の遷移は,
z軸方向の遷移なのでコストが割増される.



経路中より溜りの発生を可能な限り抑えることができる.

シミュレーション実験(垂直遷移ペナルティ法)

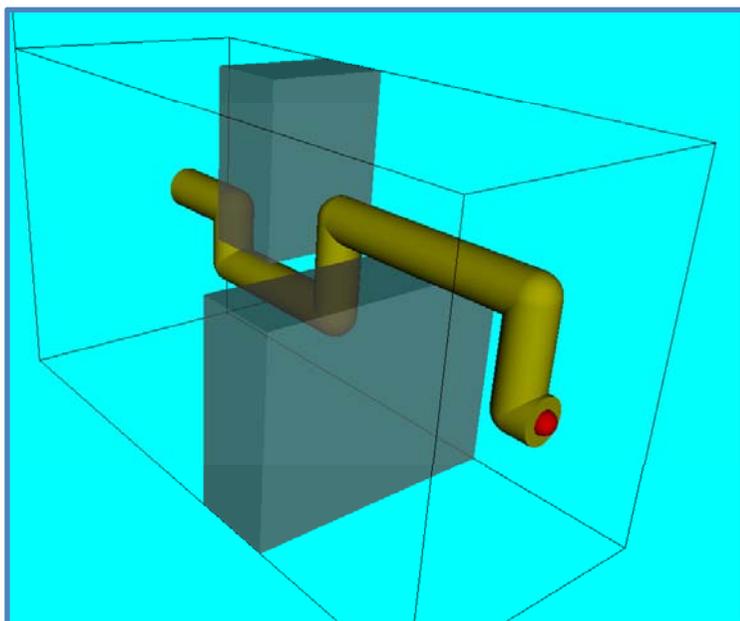


目的

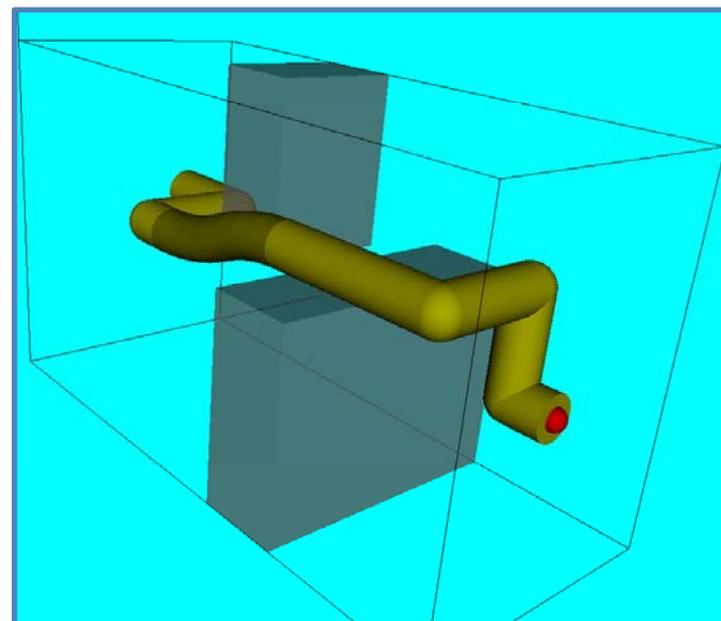
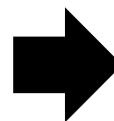
探索方向限定法では探索不可能な経路の探索を行う。

結果

溜りの発生を可能な限り抑えた設計案を獲得。



溜り考慮しない場合



垂直遷移ペナルティ法での解

シミュレーション実験



目的

実際の図面より始点・終点を読み取り, 自動経路探索を行う.

実験条件

設計対象空間: 6 x 6 x 6 [m]

直径: 0.8[m] x 1, 0.6[m] x 2, 0.4[m] x 4,
0.3[m] x 6

探索の順番: 太いパイプから

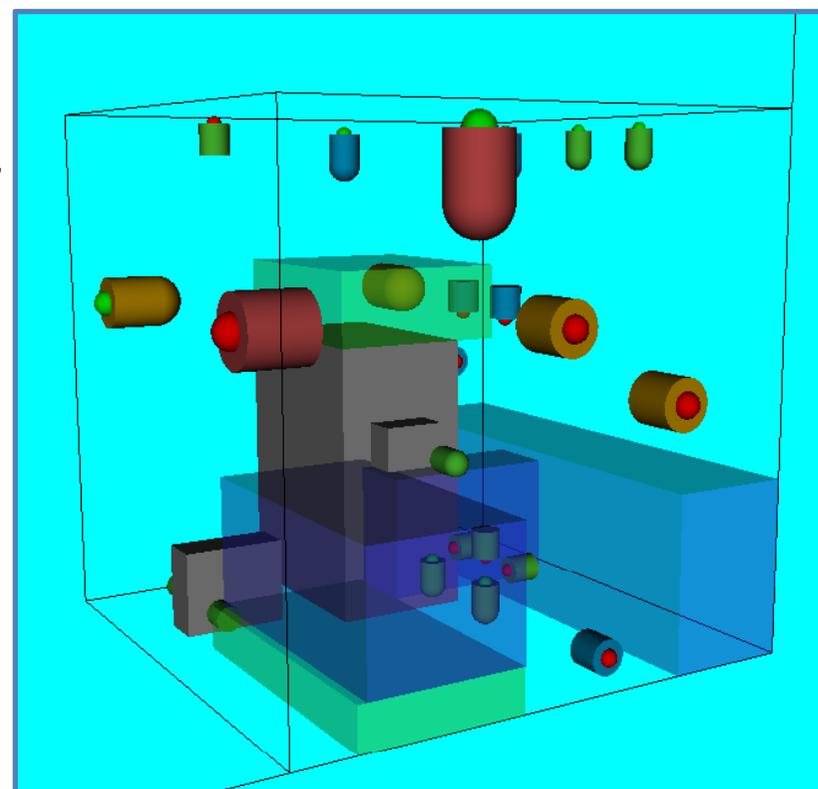
エルボのコスト: 0.1

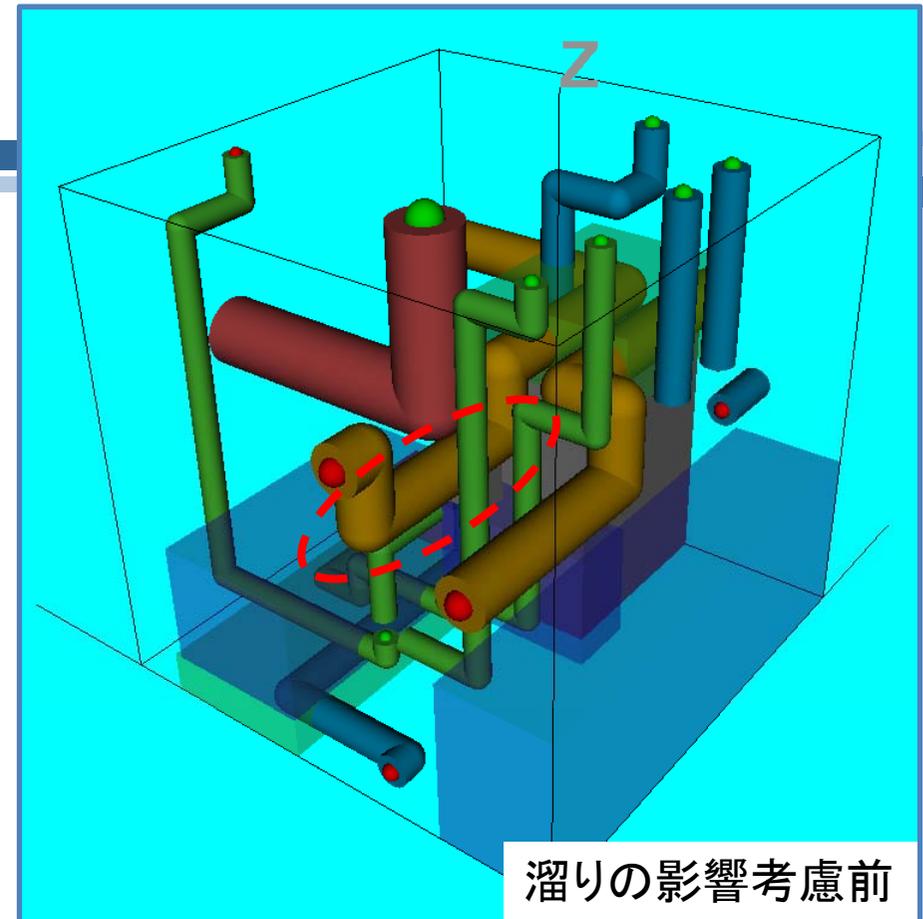
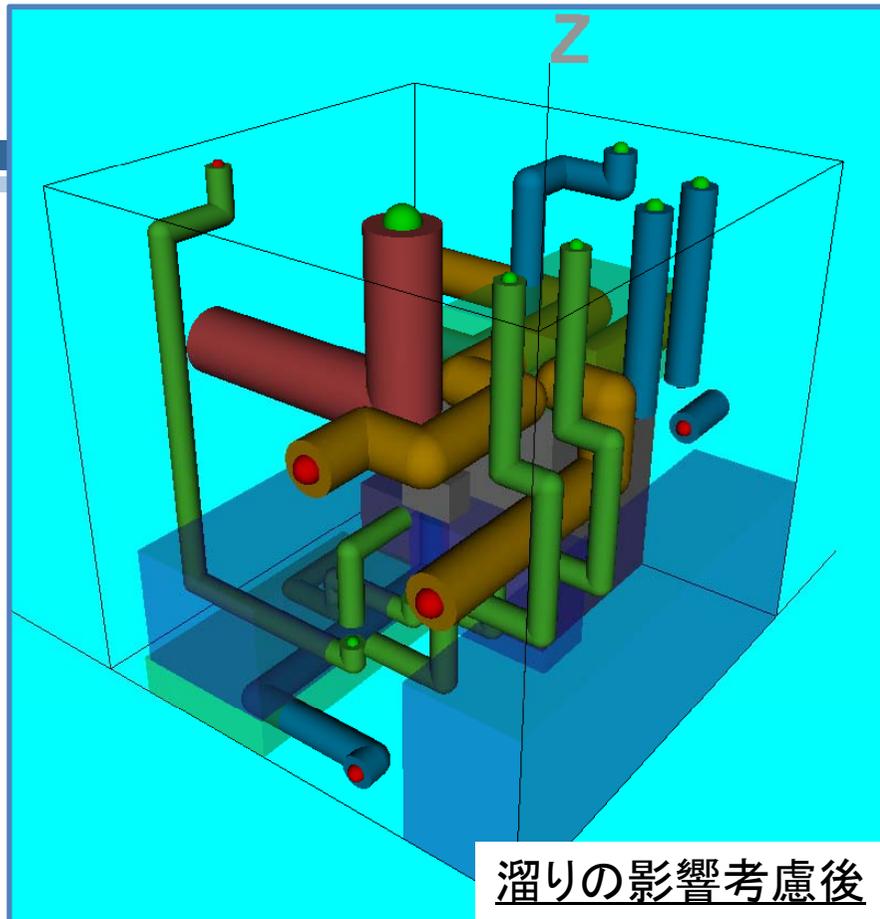
ベンドのコスト: 0.3

z軸方向の割増率: 2

通路空間3個, パイプラック2個

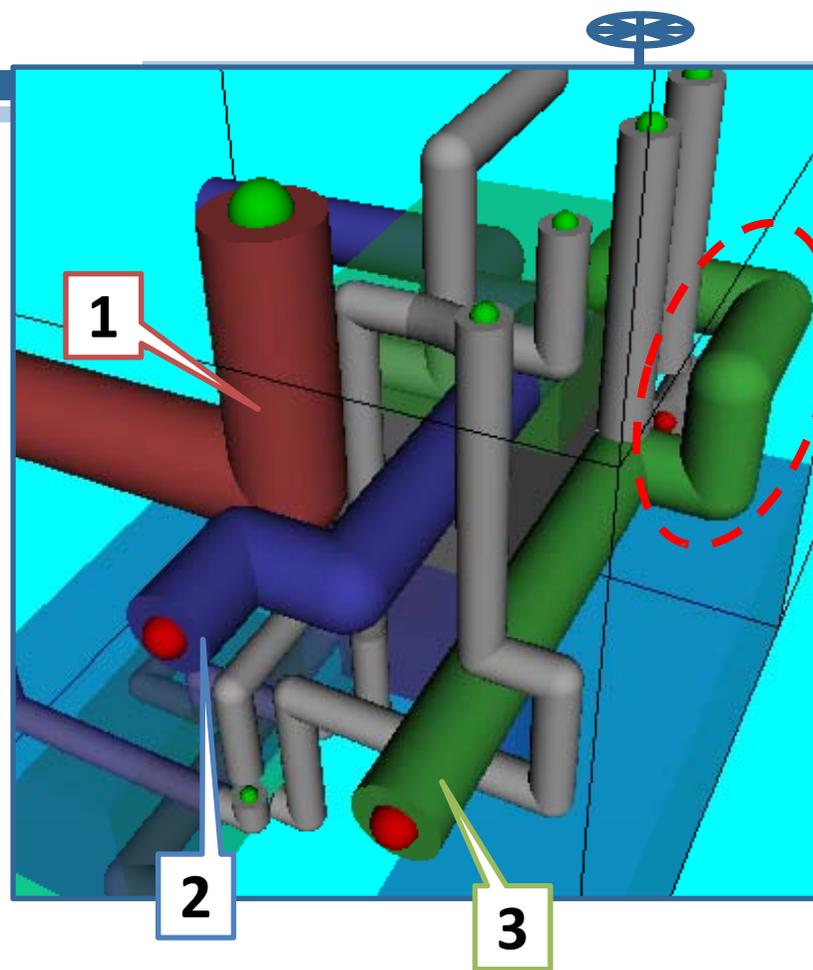
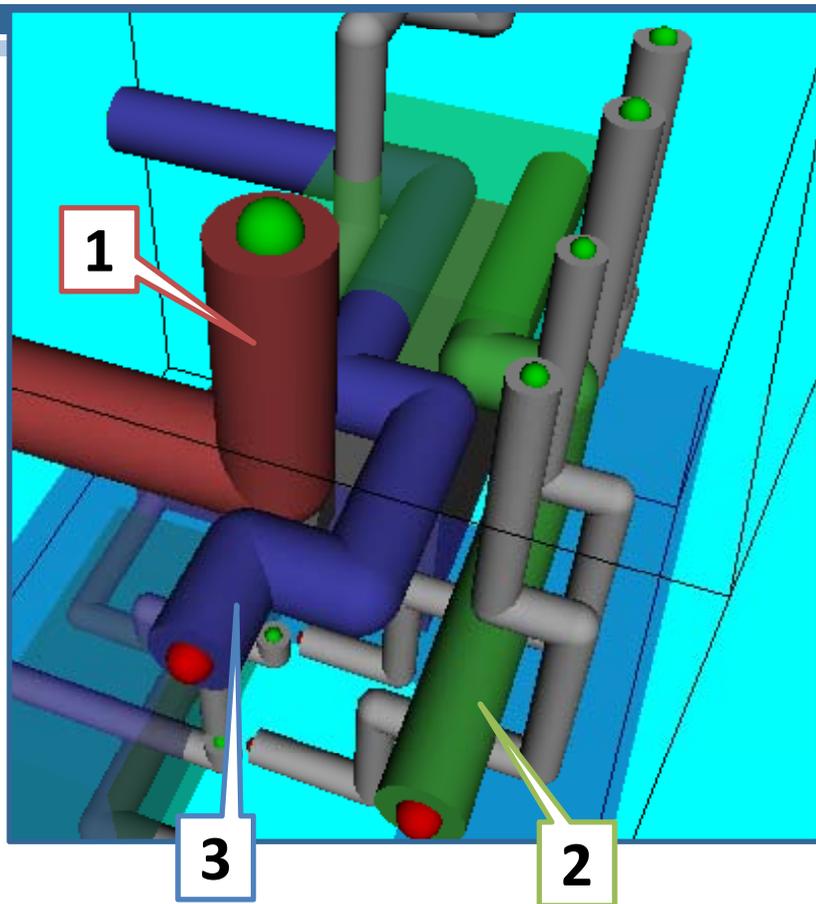
障害物3個





- ・ 13本の配管の自動経路設定に成功.
- ・ 設計目標に従った経路が獲得された(溜り除去確認).
- ・ 以前のシステムより計算時間が短縮された(探索方向限定法の影響).

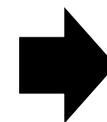
考察(設計順序の影響)



- ・ 設計の順序により最終的な獲得経路が大きく変わる場合がある。

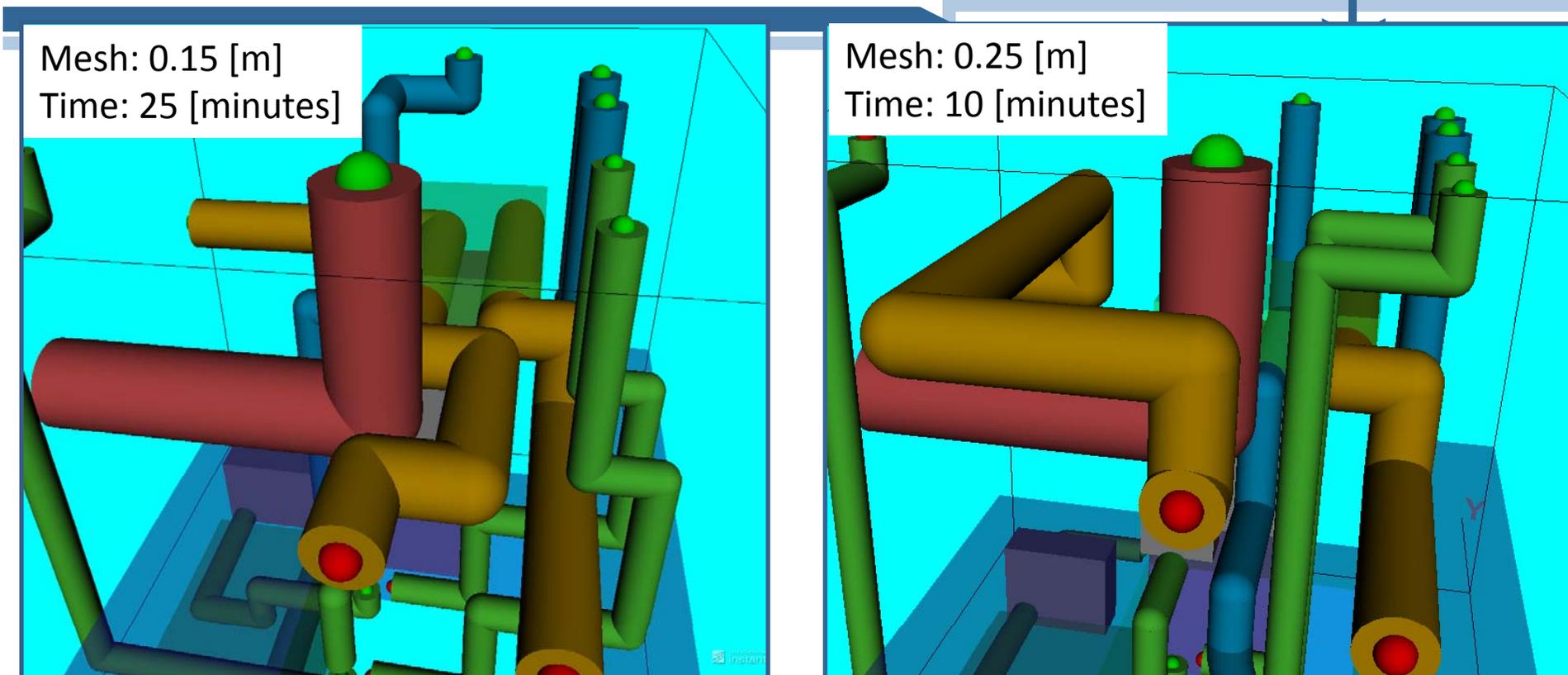
現在の探索順序

太いもの順(直径が同じ場合はランダム)



?

考察(メッシュ幅の影響)



- ・メッシュ幅の値により獲得経路が大きく変更される.

メッシュ幅が小さい

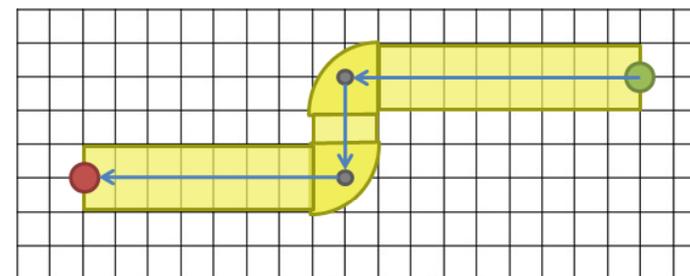
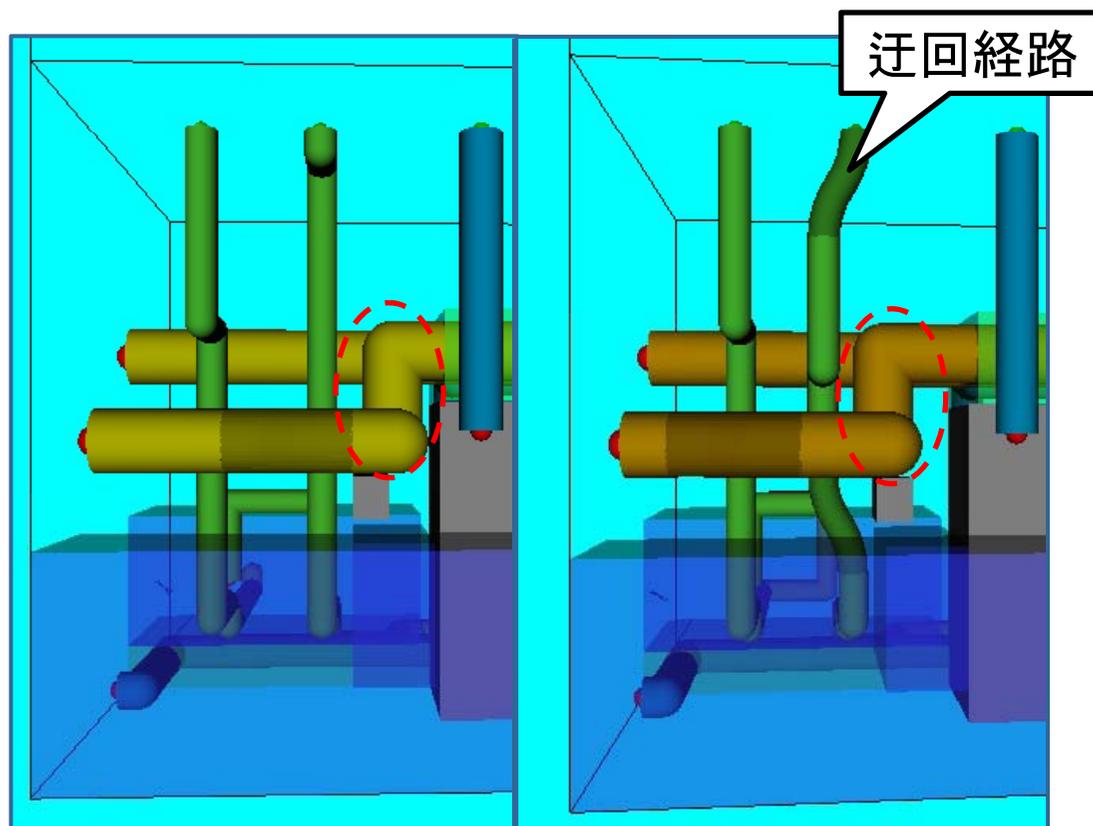
- ・ 正確なルーティング
- ・ 探索時間の増加



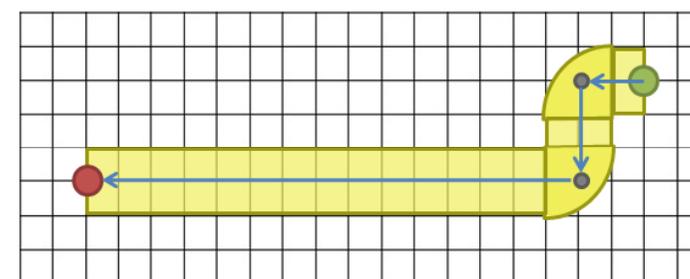
メッシュ幅が大きい

- ・ 粗いルーティング
- ・ 探索時間の短縮

考察(最適解の選択)



ルーターの時点では同コスト



以前に生成された直径の太い経路によって、後に獲得される経路が大きく変化する。



最適解が複数ある場合、後々の経路も考慮して選択する必要がある。

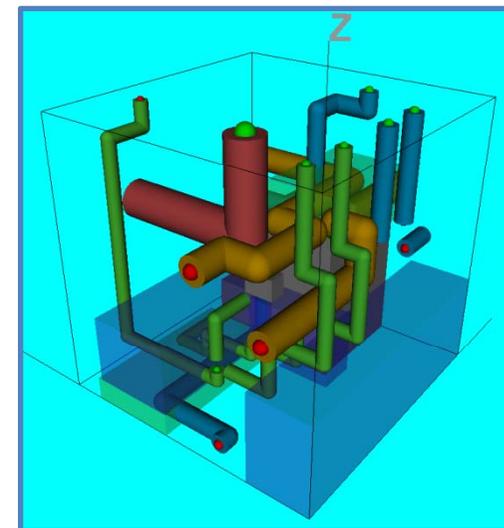
結論および今後の方針



結論

- ・ 配管設計の自動化を目標に，自動経路探索の手法を提案.
- ・ 獲得された経路は，以下の設計目標に従った最適経路である.

- パイプ長が短いこと.
- エルボおよびベンドの数が少ないこと.
- パイプラック空間は可能な限り通過.
- 通路空間は極力避けること.
- “溜り”の発生は可能な限り抑えること.



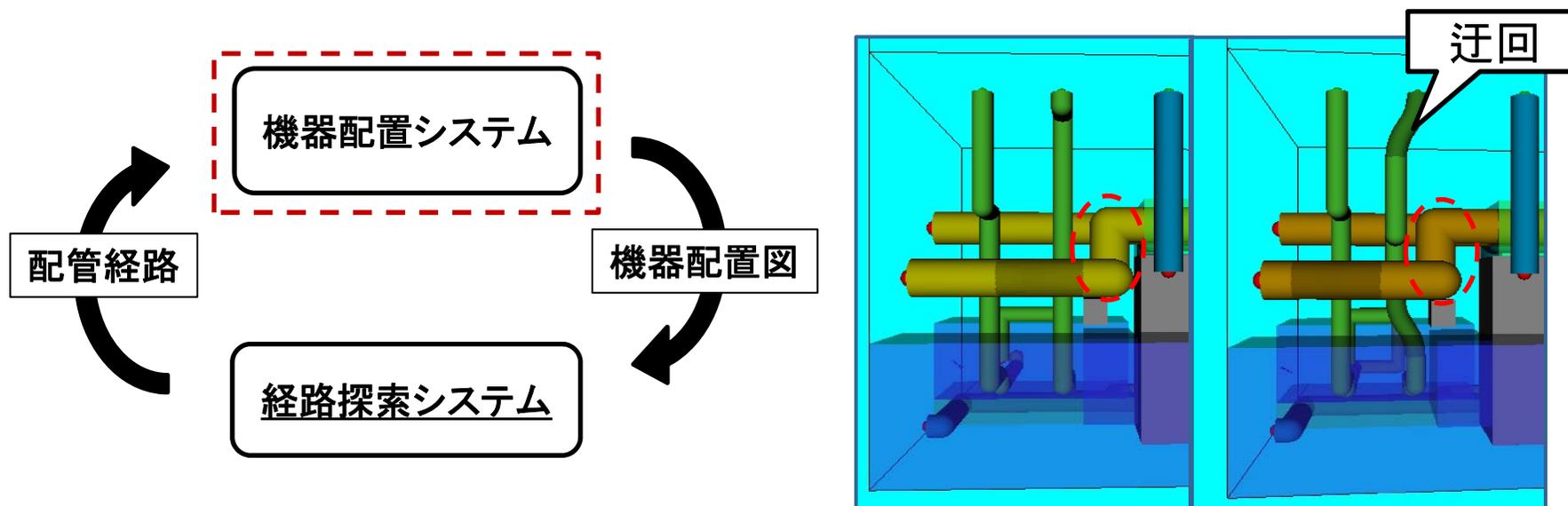
- ・ 探索方向限定法: U字経路の無い経路を獲得，複雑な経路へ対応不可
- ・ 垂直遷移ペナルティ法: 垂直遷移へコストを割増設定，探索時間大

結論および今後の方針



今後の方針

- ・ 機器配置システムの検討.
- ・ 迂回経路を修正する新たな経路探索システムの検討.



このシステムは以下のアドレスで公開されています。ご意見などを頂けると幸いです。

<http://sysplan.nams.kyushu-u.ac.jp/gen/edu/Pipe/index.html>