

地図迷路自動作成プログラム

中村 俊介, 橋本 剛
松江工業高等専門学校
情報工学科

目次

1. 動機
2. 迷路
3. 迷路の自動生成
4. 地図を用いたコンテンツ
5. 問題点
6. 提案手法
7. 実装「中村迷路」
8. 実験
9. まとめ

目次

1. 動機
2. 迷路
3. 迷路の自動生成
4. 地図を用いたコンテンツ
5. 問題点
6. 提案手法
7. 実装「中村迷路」
8. 実験
9. まとめ

1. 動機

- 迷路の自動生成についての研究
- なぜ迷路なのか？

→ 迷路が好きだから

1. 動機

小学生の頃

自由帳で迷路を
書いて遊んでいた



1. 動機

中学生の頃

『ポケモン不思議の
ダンジョン』

『世界樹の迷宮』

にはまっていた



世界樹の迷宮

複雑な迷路を自分で
マッピングしながら
進んでいく



ポケモン不思議のダンジョン

遊ぶたびに**毎回違う**

ステージで遊べる

どうやって違うものを生成しているのだろうか？



1. 動機

松江高専4年次

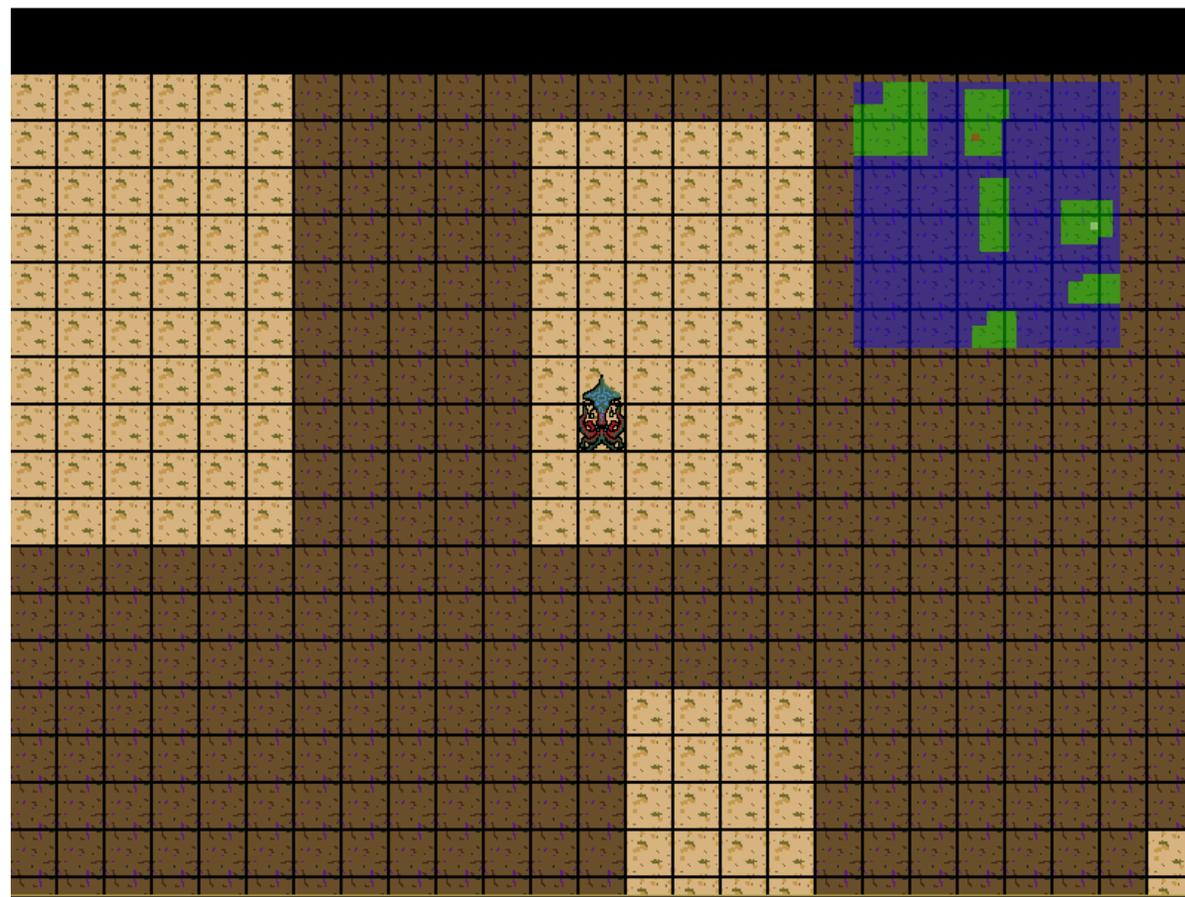
『ポケモン不思議のダンジョン』

みたいなゲームを友人たちと作ろ

うとした

しかし、データが飛んで

やる気が消滅



1. 動機

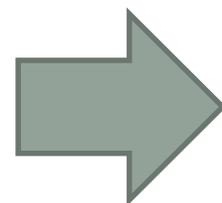
松江高専5年次

卒業研究のテーマ決め

迷路の研究がしたい！！

迷路の研究をしよう！！

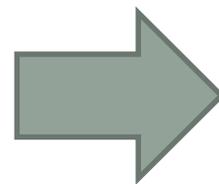
地図から迷路を作ろう！！



「中村迷路」を作った

中村迷路

地図から迷路を作るためのプログラム



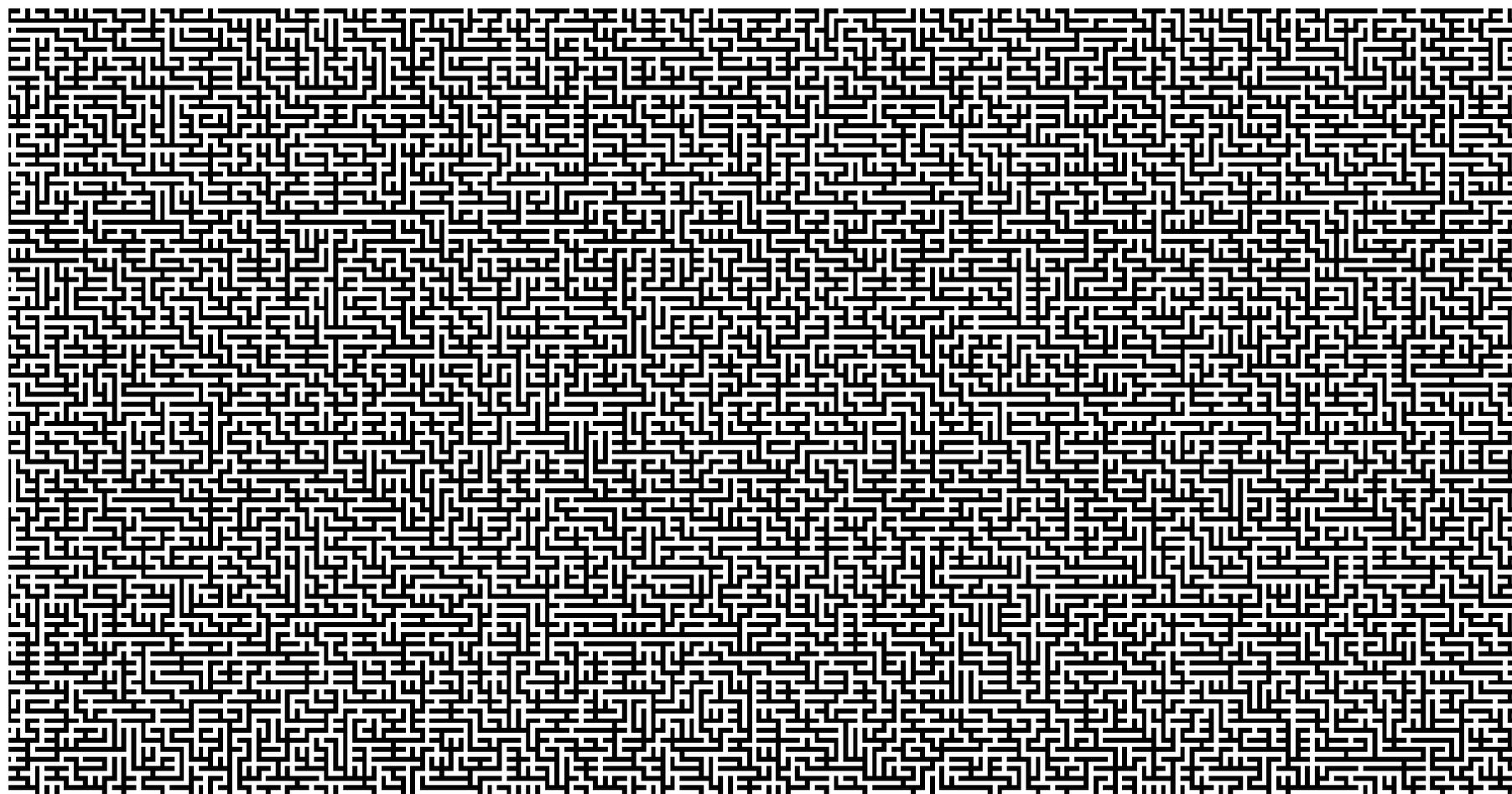
ちょっと動かしてみます

目次

1. 中村と迷路について
2. 迷路
3. 迷路の自動生成
4. 地図を用いたコンテンツ
5. 問題点
6. 提案手法
7. 実装「中村迷路」
8. 実験
9. まとめ

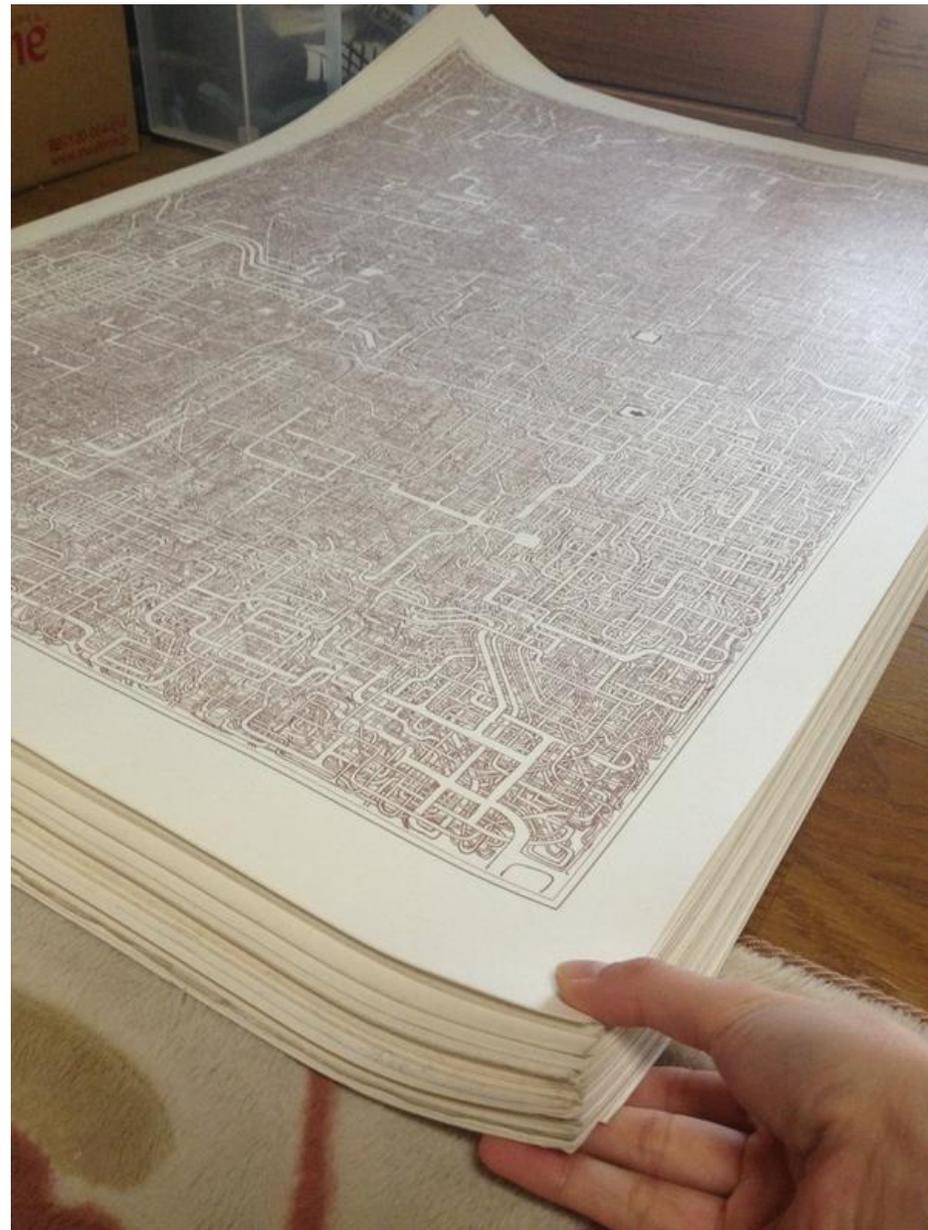
2. 迷路

- 複雑に入り組んだ道



2.迷路

- 人の手によって作成
- 複雑さと美しさ(面白さ)を兼ね備えている
- 画像はTwitterで話題となった手書き迷路
- 「 #例の迷路 」



#例の迷路



画像 : <https://twitter.com/Kya7y/status/296094491385937920>



画像 : <https://twitter.com/mindgameslab/status/299071598818893824>

迷路の自動生成

迷路を人の手で作ると...



時間がかかる



自動生成

目次

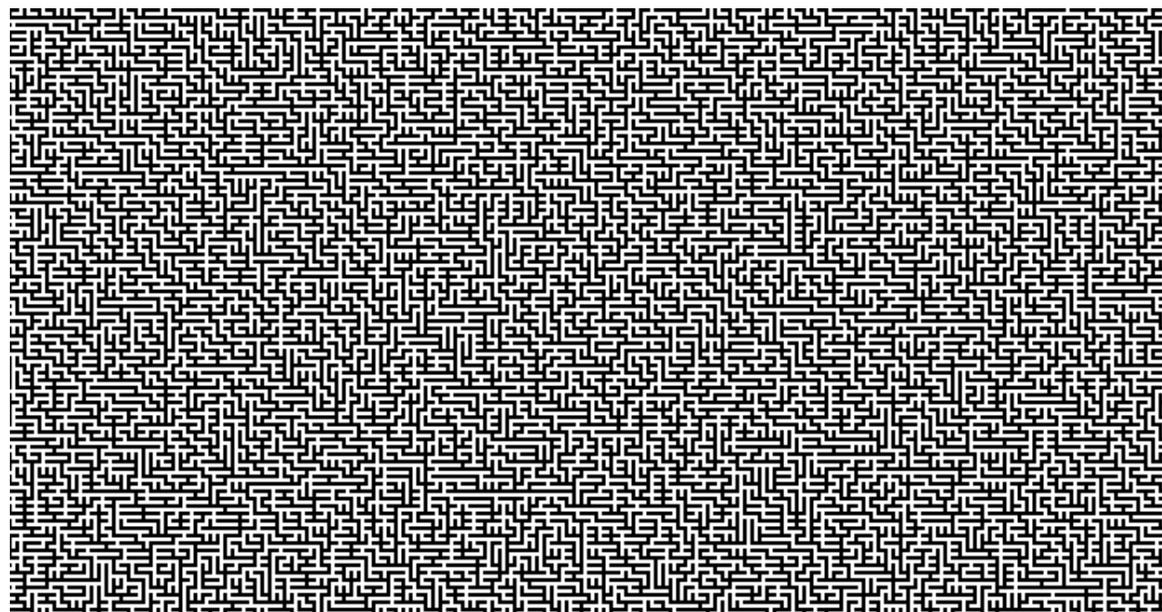
1. 動機
2. 迷路
3. 迷路の自動生成
4. 地図を用いたコンテンツ
5. 問題点
6. 提案手法
7. 実装「中村迷路」
8. 実験
9. まとめ

3. 迷路の自動生成



手書き迷路

自動生成迷路



- 正方形の壁と道が並ぶだけの自動生成迷路は面白いのか？
- 「複雑さ」以外の要素を取り入れれば面白くなるのでは？

3.迷路の自動生成

『ドルアーガの塔』

(1985/バンダイナムコエンターテインメント)



迷路の自動生成を利用し
メモリを大幅に削減

3.迷路の自動生成

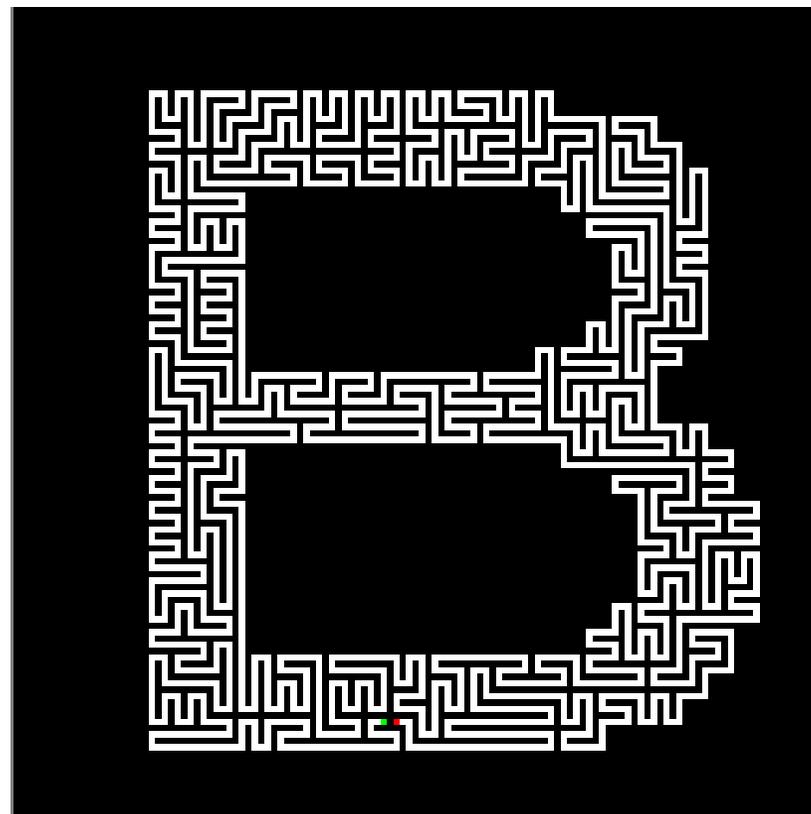
『ポケモン不思議のダンジョン』シリーズ



毎回違ったステージで
遊ぶことができる

3.迷路の自動生成 関連研究

- ハミルトン道による絵画的迷路
- Tomio Kurokawa(2014)
- 簡単なハミルトンパスの構成法により絵画的迷路を作成できる。



3. 迷路の自動生成 関連研究

- 流れ場に基づくハイブリッド迷路画像の自動生成

(Flow-based Automatic Generation of Hybrid Picture Mazes)

- Fernando J. Wong, Shigeo Takahashi (2009)

- 2つの異なる画像モチーフを表現できる,
新しい迷路表現

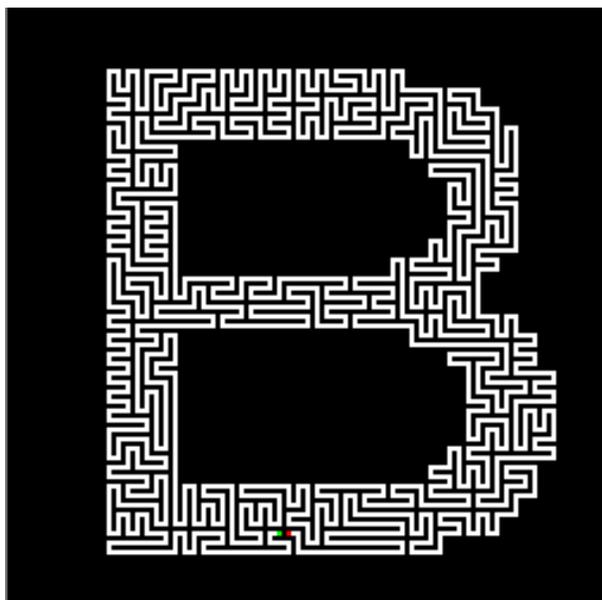
- 画像1 …… 迷路の作成に使用

- 画像2 …… 解答パスの作成に使用



3. 迷路の自動生成

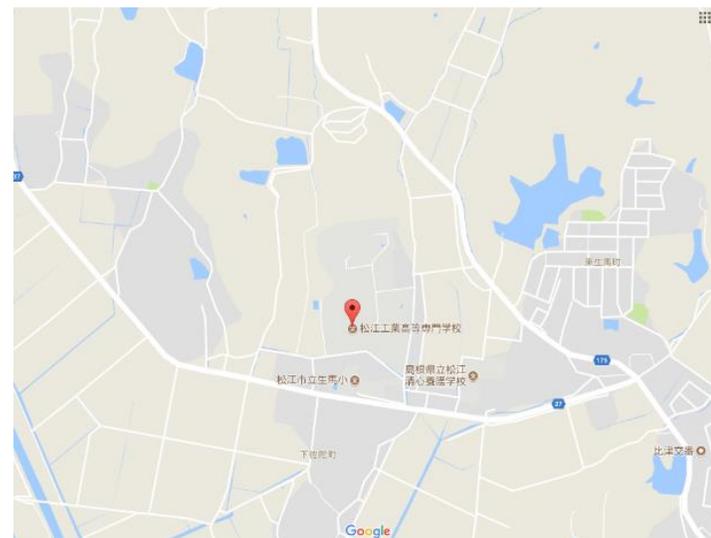
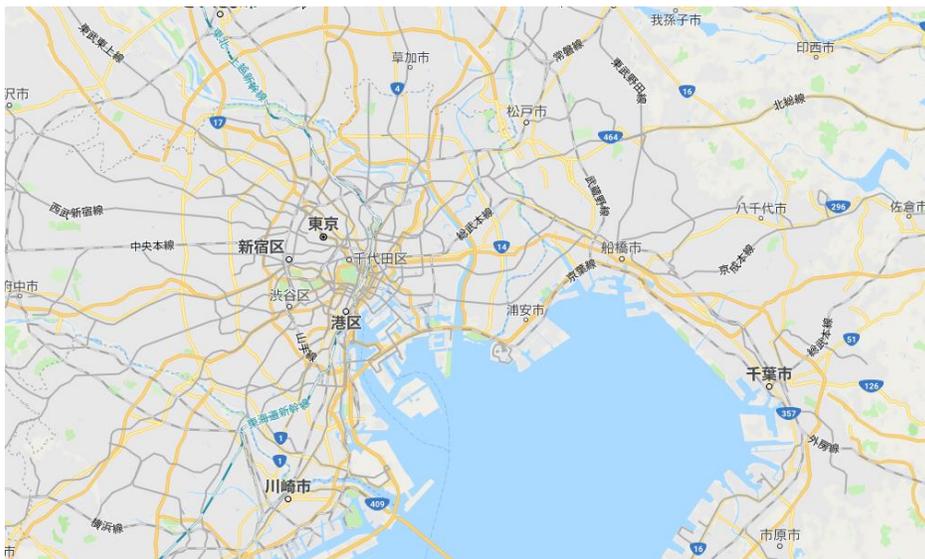
絵や文字を題材とした迷路作成の研究は
すでに存在している



迷路の題材

迷路に何を取り入れたら面白くなるのか？

地図に着目



目次

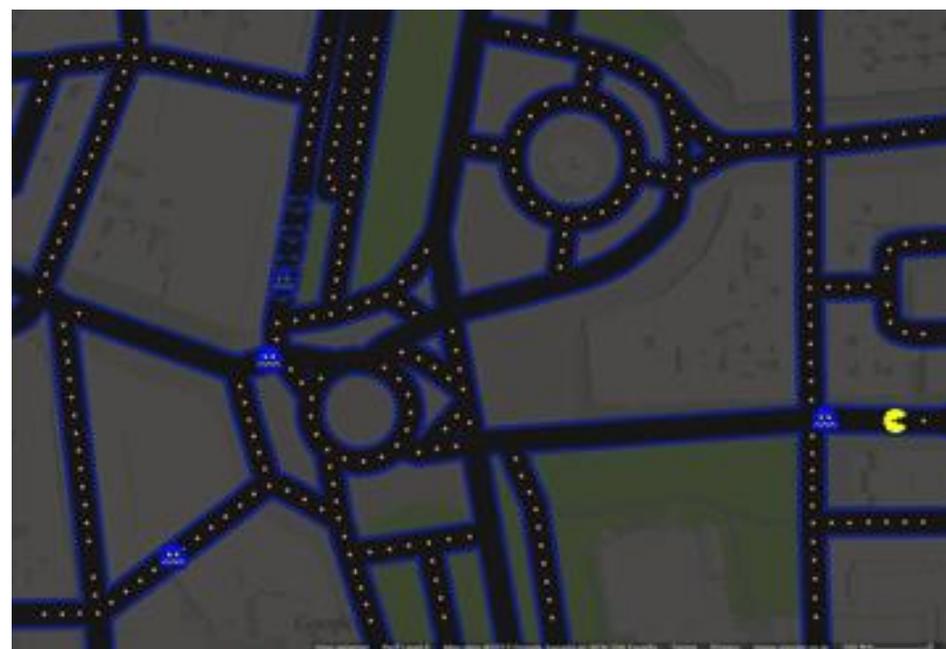
1. 動機
2. 迷路
3. 迷路の自動生成
4. 地図を用いたコンテンツ
5. 目的と提案手法
6. 実装「中村迷路」
7. 実験
8. まとめ

4.地図を用いたコンテンツ

Googleのエイプリルフール企画

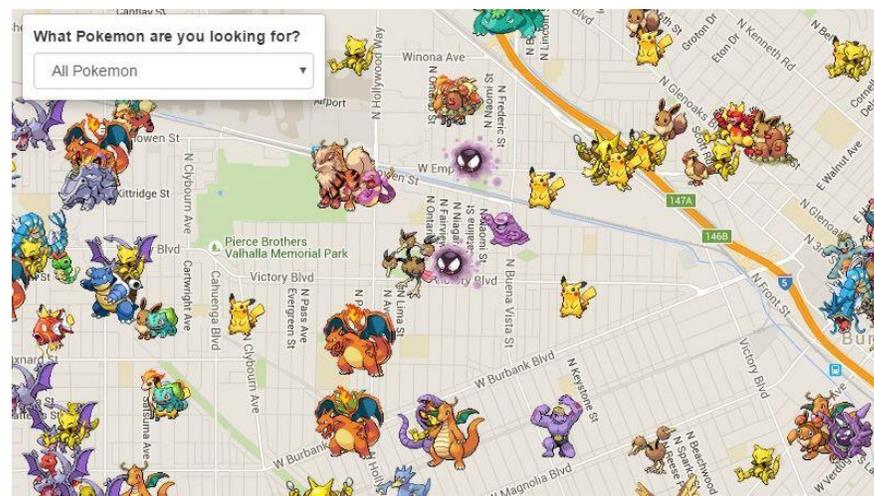
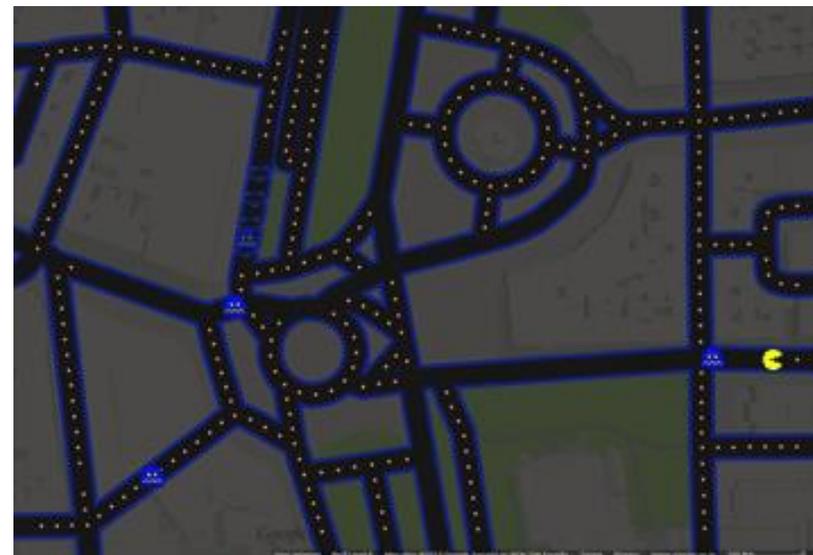


宝探し



パックマン

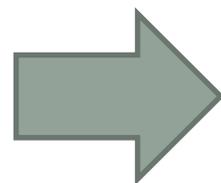
4.地図を用いたコンテンツ



目的

- 地図という新しい題材での迷路の作成

地図



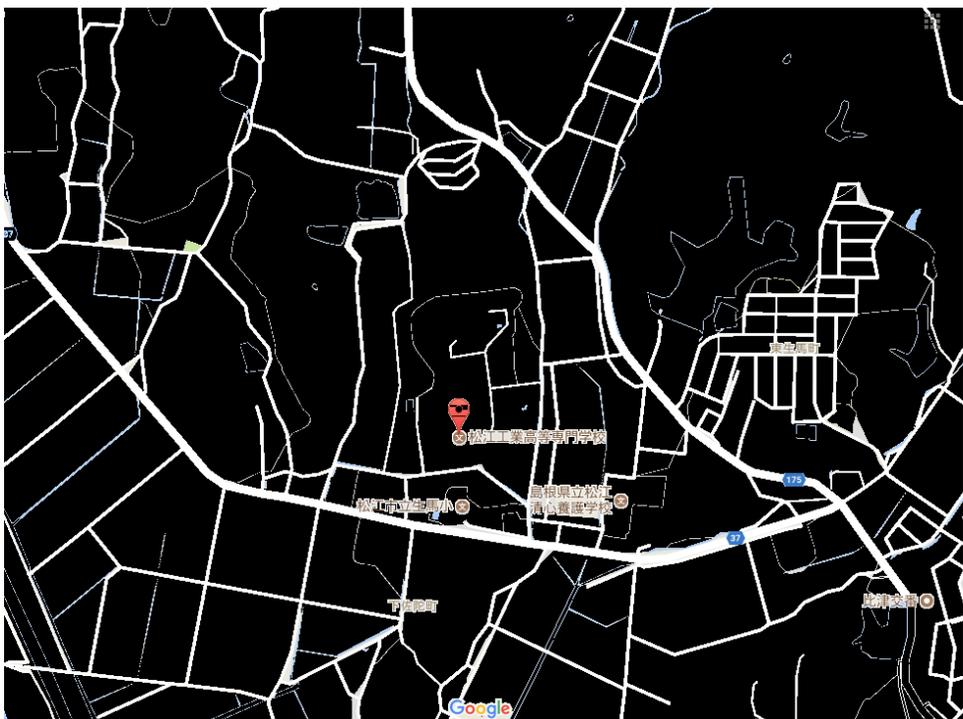
迷路

目次

1. 動機
2. 迷路
3. 迷路の自動生成
4. 地図を用いたコンテンツ
5. **問題点**
6. 提案手法
7. 実装「中村迷路」
8. 実験
9. まとめ

5.問題点

本研究の迷路生成の条件



道の追加をせずに
元々ある道を断つことで
迷路を作りたい

5.問題点

もともとある道を断つことで迷路を作りたい

しかし、

既存の迷路作成アルゴリズムは
道を延ばす・壁を延ばすことにより迷路を生成

そのままの地図の形では既存の迷路
作成アルゴリズムは適用できない

5.問題点

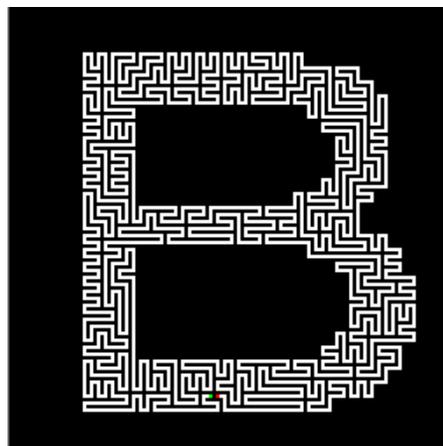
既存の迷路作成アルゴリズム

棒倒し法

穴掘り法

壁のぼし法

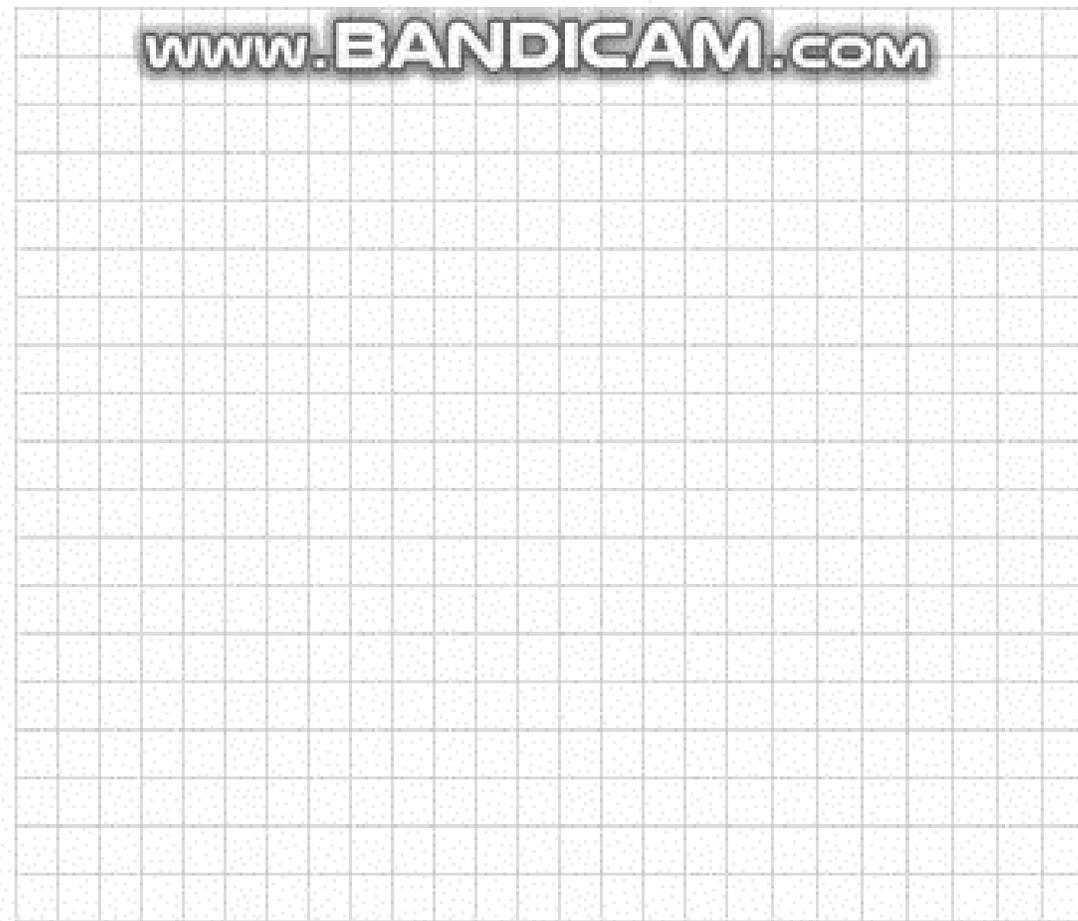
クラスタリングによる方法



これらのアルゴリズムは
何もない所から道を延ばす・壁を延ばす
ことで迷路を生成

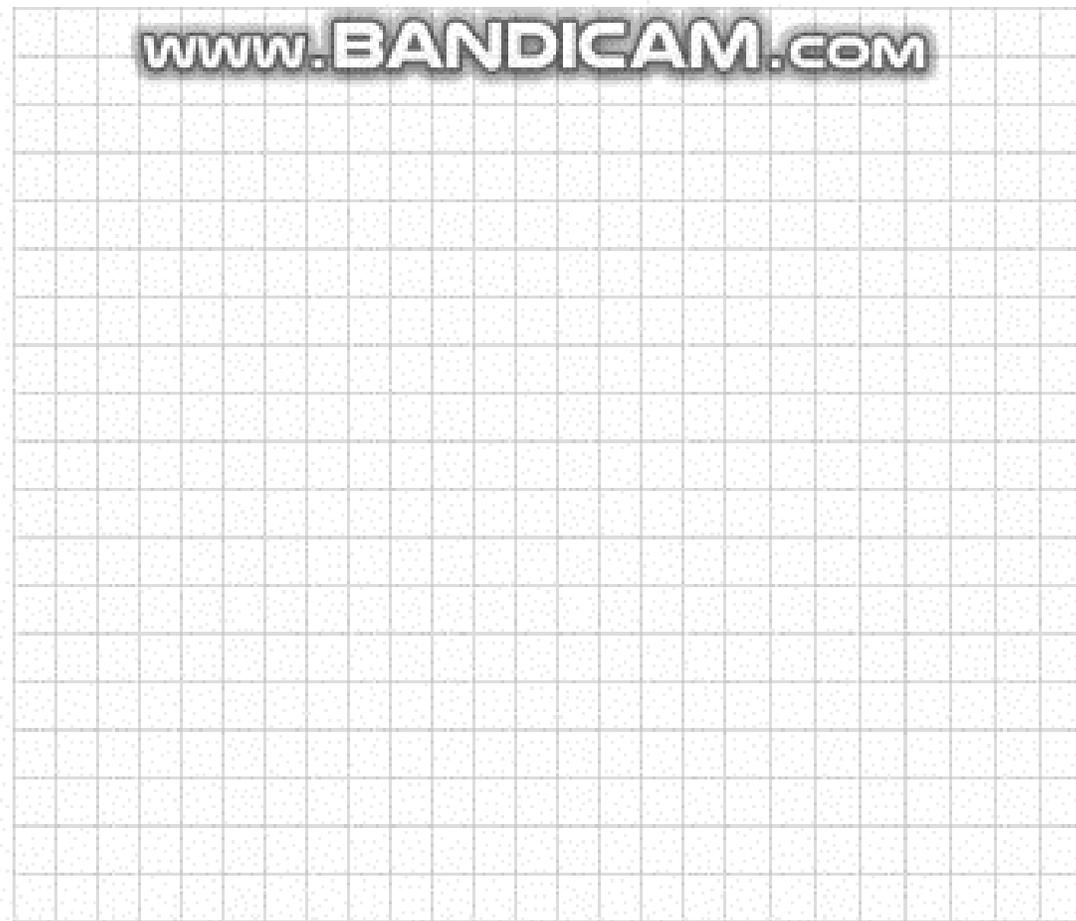
棒倒し法

壁を棒に見立て、
棒を倒すようにして
迷路を作っていく
アルゴリズム



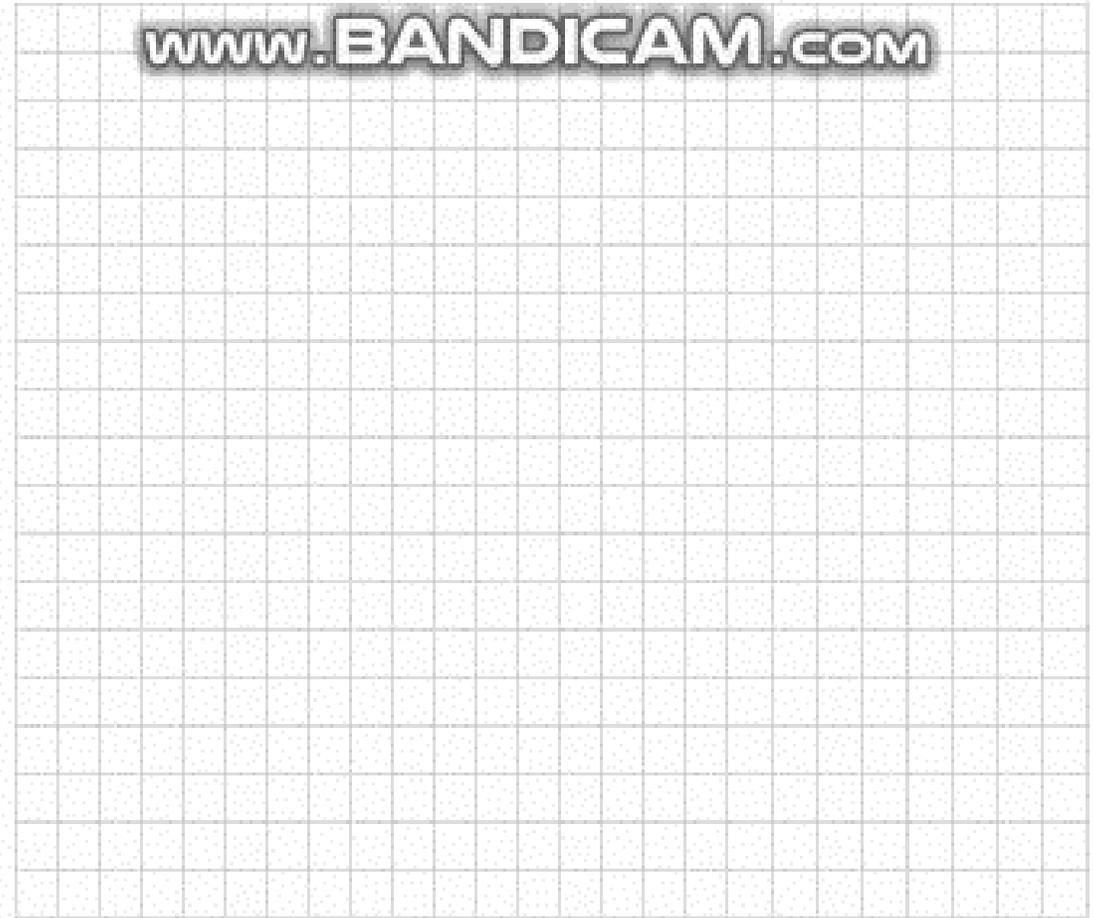
穴掘り法

穴を掘るようにして
迷路を作成する
アルゴリズム



壁のぼし法

壁をのぼして
迷路を作成する
アルゴリズム



5.問題点

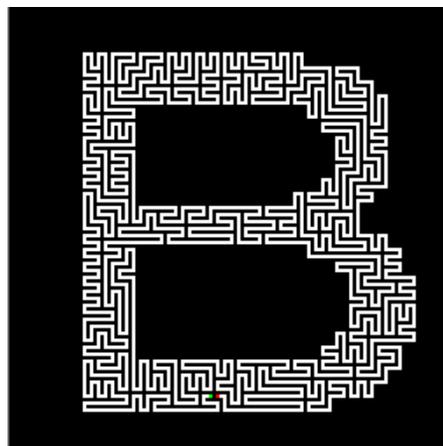
既存の迷路作成アルゴリズム

棒倒し法

穴掘り法

壁のぼし法

クラスタリングによる方法



これらのアルゴリズムは
何もない所から道を延ばす・壁を延ばす
ことで迷路を生成

5. 問題点

失敗した方法

① 全ての道がつながるようにする(壁の閉ループを作らない保証)

② スタート, ゴールの設置

③ 道のどこかを黒画素(壁)に変える

④ ラベリング

→ラベル数1: 次へ

→ラベル数2以上: 道が分断された→壁に変えた場所を道に戻す

⑤ ③④を繰り返す

ラベル数が1なら道が
全てつながったまま

時間がめちゃくちゃかかる

5.問題点

解決策



目次

1. 動機
2. 迷路
3. 迷路の自動生成
4. 地図を用いたコンテンツ
5. 問題点
6. **提案手法**
7. 実装「中村迷路」
8. 実験
9. まとめ

6.提案手法

- ① 全ての道がつながるようにする(壁の閉ループを作らない保証)
- ② スタート, ゴールの設置
- ③ **グラフの構築**
- ④ **③で構築したグラフから全域木を作成**
- ⑤ ④の結果を地図に反映

6.提案手法

- ① 全ての道がつながるようにする
- ② スタート, ゴールの設置(選択)
- ③ グラフの構築
- ④ ③で構築したグラフから全域木を作成
- ⑤ ④の結果を地図に反映

提案手法をもとに地図から迷路を生成するプログラム

「中村迷路」

を作成した

目次

1. 動機
2. 迷路
3. 迷路の自動生成
4. 地図を用いたコンテンツ
5. 問題点
6. 提案手法
7. 実装「中村迷路」
8. 実験
9. まとめ

7.実装「中村迷路」

「中村迷路」では Google Maps で提供されている地図を入力として実装を行った

道の抽出処理の簡単化のため Google Maps API を使い、文字などの必要のない情報を消したものを利用した



松江高専周辺地図

7.実装「中村迷路」

- ① 細線化
- ② 不要な道の削除
- ③ スタート, ゴールの設置(選択)
- ④ グラフの構築
- ⑤ ④で構築したグラフから全域木を作成
- ⑥ ⑤の結果を地図に反映

7.実装「中村迷路」

- ① 細線化
- ② 不要な道の削除
- ③ スタート, ゴールの設置
- ④ グラフの構築
- ⑤ ④で構築したグラフから全域木を作成
- ⑥ ⑤の結果を地図に反映

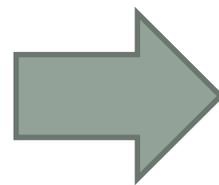
交差点を識別しやすく
するために細線化を行う

7.実装「中村迷路」

細線化



二値化した地図



道の細線化

7.実装「中村迷路」

- ① 細線化
- ② **不要な道の削除**
- ③ スタート, ゴールの設置
- ④ グラフの構築
- ⑤ ④で構築したグラフから全域木を作成
- ⑥ ⑤の結果を地図に反映

袋小路を作らないために
小さな領域(道)を削除

7.実装「中村迷路」

↓ ことか



↑ ここには到達することが出来ない

7.実装「中村迷路」

- ① 細線化
- ② 不要な道の削除
- ③ **スタート, ゴールの設置**
- ④ グラフの構築
- ⑤ ④で構築したグラフから全域木を作成
- ⑥ ⑤の結果を地図に反映

道の中から任意の2点を選び、
スタートとゴールとして設定

7.実装「中村迷路」

スタート, ゴールの設置

スタート



今回の例では
左のように設置した

ゴール

7.実装「中村迷路」

- ① 細線化
- ② 不要な道の削除
- ③ スタート, ゴールの設置
- ④ **グラフの構築**
- ⑤ ④で構築したグラフから全域木を生成
- ⑥ ⑤の結果を地図に反映

交差点・スタート・ゴールを「頂点」

頂点同士を結ぶ道を「辺」

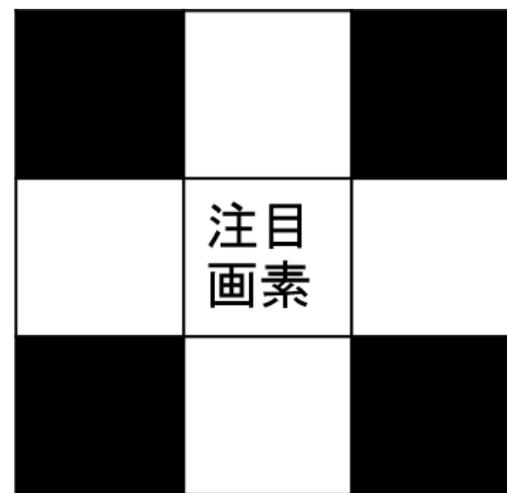
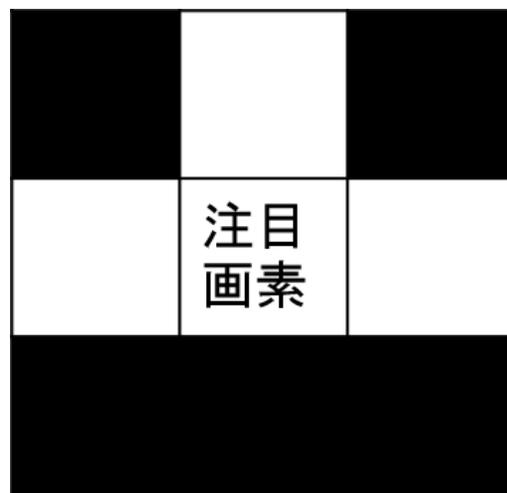
としてグラフを構築

7.実装「中村迷路」

グラフの構築

交差点の定義

「二値化、細線化した地図において、注目画素が道(白画素)のとき、四近傍画素が3つ以上道であるもの」とする



7.実装「中村迷路」

- ① 細線化
- ② 不要な道の削除
- ③ スタート, ゴールの設置
- ④ グラフの構築
- ⑤ ④で構築したグラフから全域木を作成
- ⑥ ⑤の結果を地図に反映

7.実装「中村迷路」

全域木の作成

Union-Findアルゴリズム を用いた

- ・全ての「辺」についてそれを木に取り入れるかどうかを判定
- ・「辺」を判定する順番をランダムにすることで毎回違う結果となる

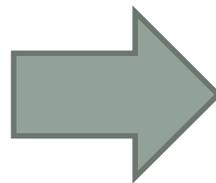
7.実装「中村迷路」

- ① 細線化
- ② 不要な道の削除
- ③ スタート, ゴールの設置
- ④ グラフの構築
- ⑤ ④で構築したグラフから全域木を作成
- ⑥ ⑤の結果を地図に反映

全域木を作ることで
取り入れられなかった辺に
対応する道を削除

7.実装「中村迷路」

入力と出力



目次

1. 動機
2. 迷路
3. 迷路の自動生成
4. 地図を用いたコンテンツ
5. 問題点
6. 提案手法
7. 実装「中村迷路」
8. **実験**
9. まとめ

8.実験

①世界中からランダムで選んだ場所を迷路化する

- ・場所の選択は「The Secret Door」というサービスを利用
- ・世界のどこかの風景をランダムで選んでくれる
- ・11か所について迷路化を行った

②中村も手作業で迷路化を行い、かかった時間を比較する

- ・①の11か所中、地図が複雑でない6か所について手作業で迷路化を行った

8.実験

マシンスペック

OS	Windows 7
CPU	AMD Phenom(tm) II X6 1090T Processor 3.20 GHz
メモリ	4.00 GB
言語	C++
ライブラリ	DXライブラリ

時間計測はC++のtime ライブラリより, clock 関数を利用

8.実験

アメリカ ワシントン D.C. ホワイトハウス



(a) 地図(入力)

(b) 中村迷路作成迷路(出力)

6 秒 356

8.実験

オランダ アムステルダム Melkweg



(a) 地図(入力)



(b) 中村迷路作成迷路(出力)

4 秒 648

8.実験

スイス グラウビュンデン州 Park Ela



(a) 地図
(入力)



(b) 中村迷路作成
迷路(出力)

1 秒 153

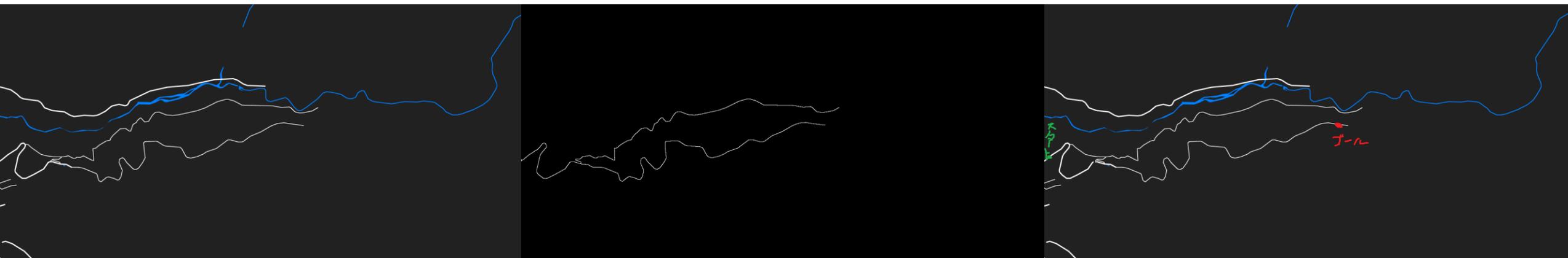


(c) 中村作
成迷路

4 分 32 秒 86

8.実験

日本 長野県 地獄谷溪谷



(a) 地図
(入力)

(b) 中村迷路作成迷
路(出力)

(c) 中村作成
迷路

1 秒 100

1 秒 06

8.実験

アメリカ テキサス州 オースティン



(a) 地図
(入力)

(b) 中村迷路作成迷
路(出力)

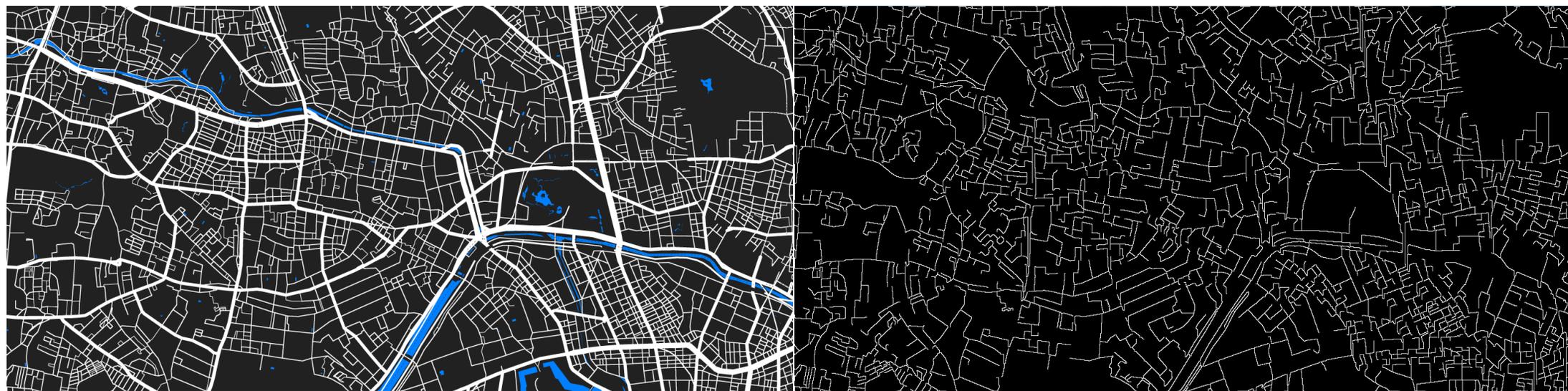
(c) 中村作成
迷路

1 秒 724

21 分 22 秒 80

8.実験

日本 東京都 東京ドーム



(a) 地図(入力)

(b) 中村迷路作成迷路(出力)

3 秒 361

8.実験

アメリカ ノースカロライナ州 レノア Google データセンター



(a) 地図
(入力)



(b) 中村迷路作成迷
路(出力)

1 秒 168



(c) 中村作成
迷路

5 分 12 秒 14

8.実験

イギリス プレストン



(a) 地図
(入力)

(b) 中村迷路作成迷
路(出力)

(c) 中村作成
迷路

1 秒 840

14 分 22 秒 93

8.実験

日本 沖縄県那覇市 玉泉洞



(a) 地図(入力)

(b) 中村迷路作成迷路(出力)

2 秒 023

8.実験

南極 ロス島



(a) 地図(入力)

迷路化できず...

8.実験

日本 東京都 皇居



(a) 地図(入力)

(b) 中村迷路作成迷路(出力)

15 秒 660





結果より

- 道が多く、入り組んでいる東京都内でかつ広範囲の地図を用いた迷路化が10秒という実用的な時間で行えた
- 町単位なら簡単に迷路化でき、地図という身近な題材で気軽に迷路が遊べるようになった
- もっと大きな地図での迷路化も行えると考える

まとめ

- 地図から迷路を作る手法を提案した
- 提案手法をもとに「中村迷路」を作成した
- 広範囲かつ多くの道がある地図の迷路化に成功した



今後の展望

- 自治体のイベント等、実際の世界での利用方法について検討を行う
- より面白い迷路にする方法について考える