

直交する 2 つの最小全域木(MST)を用いた画像特徴抽出可能性の検討

狩野 哲久 渡辺 俊典 古賀 久志 菅原 研

電気通信大学 大学院情報システム学研究科 〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1

E-mail: { kano, watanabe, koga, sugawara } @sd.is.uec.ac.jp

あらまし 陰影画像の画素をノードとし、ノード間の輝度値の差を枝の重みとした最小全域木(Minimum Spanning Tree : MST)は画像の領域分割手法として使われている。この場合、MST は画像オブジェクトの陰影等高線に沿って走るが、ノード間の枝の重みを逆数にとった MST を作成すると、MST はオブジェクトの陰影勾配の方向に沿って走る傾向を持つ。本稿では、これら 2 つの MST を併用した場合の画像領域特徴抽出の可能性を検討する。

キーワード 最小全域木, 陰影画像, 陰影等高線, 陰影勾配, 領域分割

A Study on the Possibility of Extracting the Feature of Images using two types of Orthogonal Minimum Spanning Trees (MSTs)

Norihisa KANO, Toshinori WATANABE, Hisashi KOGA, and Ken SUGAWARA

Graduate school of Information System, University of Electro-Communications 1-5-1 Chofugaoka, Chofu-shi
Tokyo, 182-8585

E-mail: { kano, watanabe, koga, sugawara } @sd.is.uec.ac.jp

Abstract The minimum spanning tree of an undirected connected graph is known to be useful for image segmentation in the literatures, where pixels are regarded as nodes and the gaps between pixel values of two pixels are associated with the weights of edges. For gray-scale images, the MST traverses along the shade contour line of image objects. By contrast, if one constructs the MST in which the reciprocal of the gaps between pixel values is defined as the weight of an edge, it tends to traverse along the direction of the shade gradient of the image objects. This paper examines the possibility to extract the domain feature for images when these two types of MSTs are jointly used.

Key words Minimum Spanning Tree, Gray-scale Image, Shade Contour Line, Shade Gradient, Segmentation

1. はじめに

画像の領域分割とは、一枚の画像を明るさ、色、テクスチャなどの特徴が一様な領域に分割する手法である。

これまで研究されてきた様々な領域分割手法の 1 つに最小全域木(Minimum Spanning Tree : MST)を用いたものがある。M.Suk ら[1]は画像に最小全域木を走らせ 1 つの木構造とす

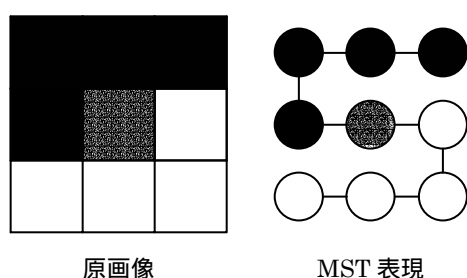


図 1 画像の等高線 MST 表現

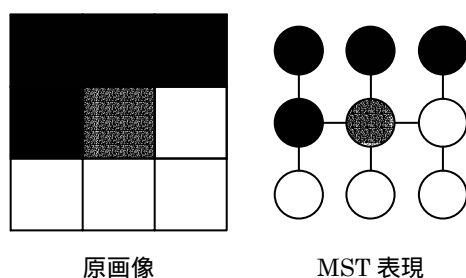


図 2 画像の勾配線 MST 表現

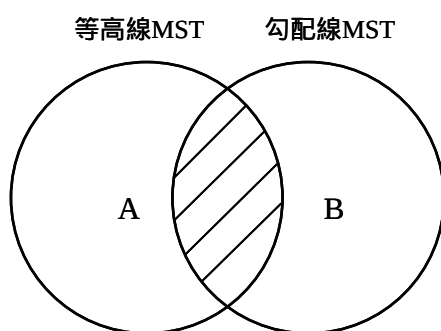


図 3 両 MST の組み合わせ

ることで領域分割を行った。また、J.R.Lersh ら[2]は MST による領域分割をマルチスペクトル画像に拡張した。C.Mathieu ら[3]は、確率論的ピラミッドによる領域分割に MST を用いた新しい手法を提案し、医療画像において領域分割結果が改良されたことを示した。角田ら[4]は MST を用いた深さ優先探索による領域分割手法を提案し、MST エッジの重み累積ヒストグラムの累積率から領域分割閾値を決定できることを示した。

当研究室ではこれまで、MST による領域分割を用いた次のような研究を行ってきた梶原ら[5]は航空衛星画像の自動認識に適用し、J.R.Lersh らの手法を航空画像などの大規模な画像に適用できるよう改良した。朝日ら[6]はアピランススペースの物体認識において陰影画像を MST 構造化することにより得られた特徴量を用いてオブジェクトの認識を行う手法を提案した。

MST を用いた領域分割手法では、輝度値の差

を枝の重みとしたグラフの MST を作成し、木の枝の重みが閾値以上の枝を取り除くことにより画像を小領域に分割する。本稿では、陰影画像の等高線に沿って走る MST とノード間の枝の重みを逆数にとることにより勾配方向に沿って走る MST を作成し、それら 2 つの MST を併用した場合の画像領域特徴抽出の可能性を検討する。

2. 画像の最小全域木 (MST) 表現

2.1 画像の MST 表現

デジタル画像は離散的な点である画素が格子状に整列した形式で表現されている。従って各画素をノード、隣接する画素間をエッジとすることで、グラフとして表現することができる。ノードの集合 V と枝の集合 E からなる無向グラフを $G(V, E)$ とする。 G の枝の重みの総和が最小になるような G の部分木を G の最小全域木 (MST) という。

MST は、大局的に見ると画像の構造を捉え、局所的に見ると類似している画素が連結されているという特性をもつ。つまり MST によって画像は画素情報とその空間的近接度に着目しつつ最適にクラスタリングされ、木構造化される。

2.2 等高線 MST と勾配線 MST

2.2.1 等高線 MST

画素値の差分を枝の重みとした場合の MST は、類似した画素を連結するため画像オブジェ

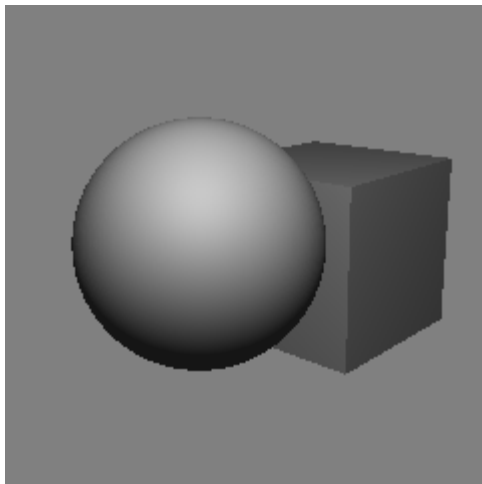


図 4 使用した CG 陰影画像

クトの陰影等高線に沿って走る。以下、これを等高線 MST と呼ぶ(図 1)。

2.2.2 勾配線 MST

ノード間の枝の重みを逆数にとることにより、輝度値の差が大きい画素が連結されていくため MST は画像オブジェクトの陰影勾配の方向に走る傾向を持つ。以下、これを勾配線 MST と呼ぶ(図 2)。

2.3 MST 併用による領域特徴抽出

2 つの MST 枝の相関関係を図 3 に示す。等高線 MST の枝の集合を A、勾配線 MST の枝の集合を B としたとき $A \cap B$ は等高線と勾配線の MST の枝の方向が同じであることを意味する。本来直交すべき両者が同一であるというのは通常ではありえない。この領域は意味のある情報を含んでいない部分であると考えられる。次に $A - A \cap B$ の部分を考えると、等高線に沿ってのみ走る枝が得られる。同様に $B - A \cap B$ を考えると、勾配線に沿ってのみ走る枝が得られる。これらの組み合わせから、次のような領域特徴抽出の可能性が期待できる。

- ・面の性質の抽出

A - $A \cap B$ と B - $A \cap B$ の枝の方向の組み合わ

せから面の性質の抽出

- ・オブジェクト上のエッジの抽出

異なる面の接合部としてオブジェクト上のエッジの抽出

- ・オブジェクト境界の抽出

背景と面との接合としてオブジェクト境界の抽出

- ・無情報領域の抽出

$A \cap B$ の部分は等高線と勾配線が共通して走る領域のためこれを利用して無情報領域(背景、影など)の抽出

- ・光源方向の推定

MST の併用により枝の走る方向から光源方向が推定できる。

上記の可能性を以下の方法で検討する。光源は一定方向の平行光源とする。球面・平面を持った陰影画像でそれぞれの MST の特徴を分析する。

3. 実験と考察

陰影画像は 3DCG ソフト true Space を使用して作成した単眼 3D 陰影画像とする(図 4)。この画像は、球と立方体を組み合わせたもので作成されている。カメラの真上 45 度方向に平行光源が配置され、物体表面は完全反射特性である。

3.1 等高線 MST

等高線 MST を図 5 に示す。図 5 においては、直方体の上面では MST は横方向に走っていて、側面では斜め上方向にパターンを持って走っている。球面では輝点が見られ、輝点の上下で横方向、左右で縦方向に MST が走り、それらをつなぐ部分で縦・横方向を繰り返す領域に分けられる。また、オブジェクトと背景、直方体と球のオブジェクト間の境界や直方体のエッジが

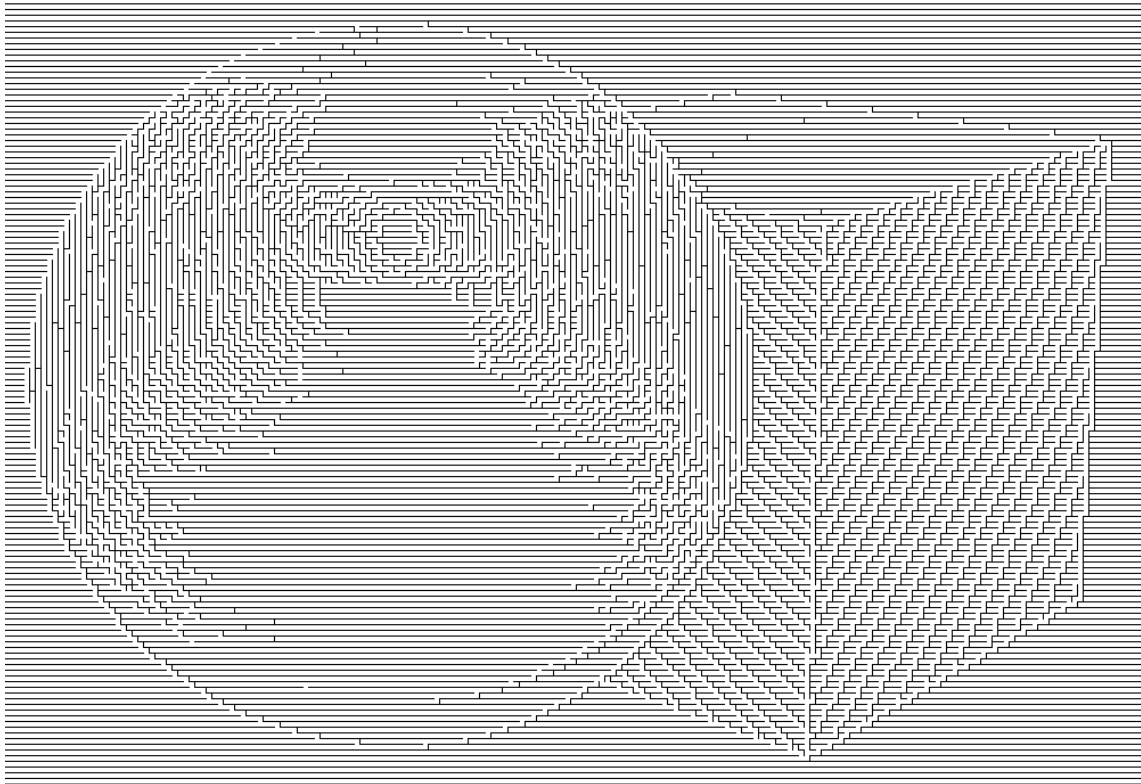


図 5 等高線 MST

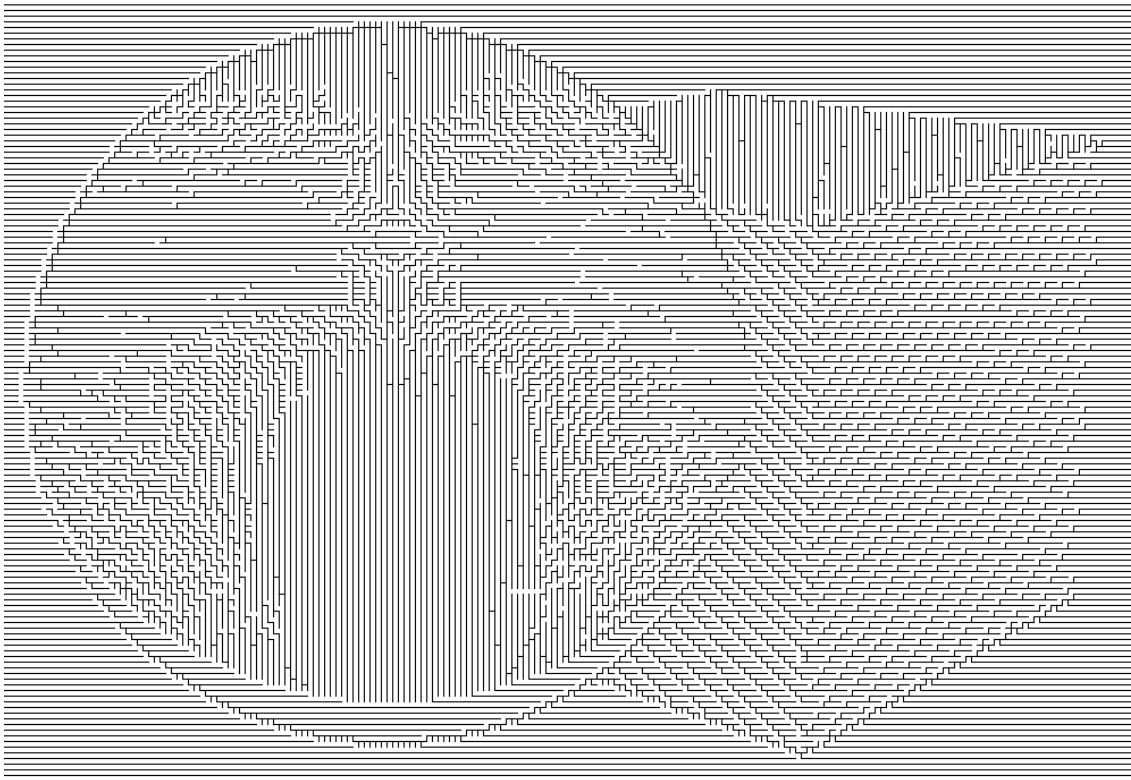


図 6 勾配線 MST

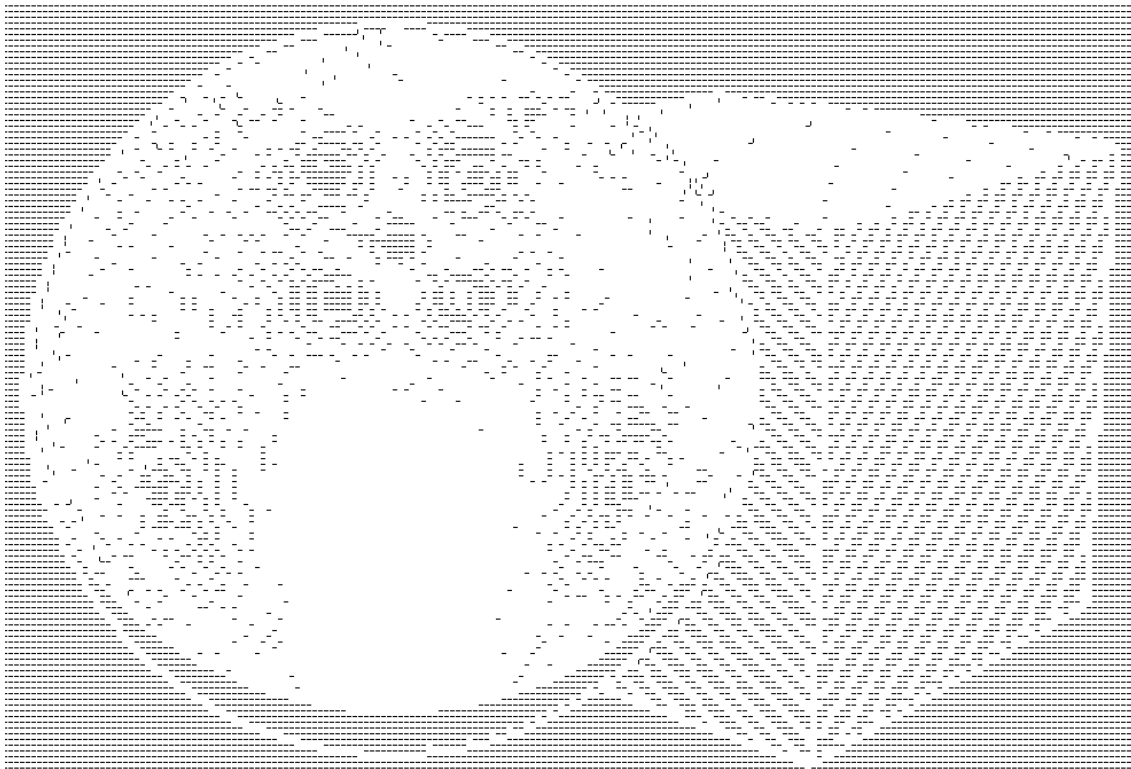


図 7 MST の併用(AND)

観測される。

3.2 勾配線 MST

勾配線 MST を図 6 に示す。図 6 において、直方体の上面で MST は縦方向に走っていて、側面は固有なパターンを持って走っている。球面では先程と同様に輝点が見られるが、等高線 MST とは直行して輝点の上下で縦方向に、左右で横方向に走っている。また、MST は直方体と球の境界、オブジェクトと背景との境界を走っていることが分かる。

3.3 2つの MST の併用

以上を踏まえて得られた 2 つの MST に対して AND 演算を行い、さらに $A - A \cap B$ 、 $B - A \cap B$ の結果を図 7, 8, 9 に示す。

AND 演算では、2 つの MST が共通して走った部分のみが残る。実際、抽出した箇所は背景や球面における影の部分であり、これにより情

報の得られない領域が抽出された。

次に $A - A \cap B$ 演算を行うと、直方体の上面は横方向の枝が残り、側面はそれぞれ固有なパターンを持っている。球面においては等高線 MST に似た傾向を持つ。また、直方体を構成する面の性質が異なるためそれらのエッジを抽出できる。さらにこの演算を行うことにより情報が得られない領域(背景、影)の除去がなされた。

次に $B - A \cap B$ 演算を行うと、直方体の上面は縦方向の枝が残り、側面は斜め上方向へパターンを持っている。球面においても勾配線 MST に似た傾向を持つ。勾配線 MST ではオブジェクトの境界部分に MST が走るためオブジェクト上のエッジやオブジェクト間の境界線が抽出できる可能性がある。また、 $A - A \cap B$ の演算同様に無情報領域(背景、影)の除去もなされた。

オブジェクト内エッジの両側の面上での 2 つの MST の枝方向は明らかに異なることが観測される。背景と面との間も同様である。このこ

とから、小窓を用いて異なる面が対面した部分を抽出するとエッジや境界線が抽出できる可能性がうかがえる。さらに、 $A - A \cap B$ 、 $B - A \cap B$ の面上の枝の走行方向は光源位置(カメラの真上 45 度)を反映していることが読み取れる。

4. まとめと今後の課題

・まとめ

陰影画像に対して等高線 MST(A)、勾配線 MST(B)を併用して物体抽出を検討し、以下の可能性を示した。

- ・無情報領域(背景)の抽出および除去
- ・面の性質の抽出
- ・境界線の抽出
- ・光源方向の推定

特に AND 演算では無情報領域(背景など)の抽出ができ、さらにそれを用いて $A - A \cap B$ 、 $B - A \cap B$ などの演算を行うことにより面の抽出やオブジェクトの境界線、オブジェクト上のエッジの抽出などができる可能性がある。

・今後の課題

今後は、引き続き本研究で得られた知見をもとにオブジェクト認識方式を検討する予定である。

参考文献

- [1] M. Suk, and T.H. Cho, "Segmentation of Images using Minimum Spanning Tree", Applications of Digital Images Processing , Proc. SPIE 397, pp.180-185, 1983.
- [2] J.R. Lersch, A.E. Iverson, B.N. Webb, K.F. West, "Segmentation of Multiband Imagery using Minimum Spanning Trees", in Algorithms for Multispectral and Hyperspectral Imagery , Proc. SPIE 2758, pp.10-18, 1996.
- [3] C. Mathieu, I.E. Magnin, and C.B. Porcher,

"Optimal stochastic pyramid: segmentation of MRI data", Proc. Med. Imaging : Image Processing, SPIE Vol.1625, pp.14-22, Feb.1992.

[4] 角田夏貴, 渡辺俊典, 菅原研, "最小全域木 (MST) の深さ優先探索による画像分割方式", 信学技報, PRMU 2002-238, pp.91-96, Mar, 2003.

[5] 梶原寛, 渡辺俊典, 助川勝彦, 菅原研, "データ圧縮を用いた航空写真からの地図作成方式", 日本写真測量学会 平成 12 年度年次学術講演会発表論文集, pp.259-262, 2000.

[6] 朝日和哉, 渡辺俊典, 菅原研, 横山貴紀, "多次元特徴量直方体を用いたアピアランススペースオブジェクト認識手法", 信学技報, PRMU 2002-259, pp.99-104, Mar, 2003.

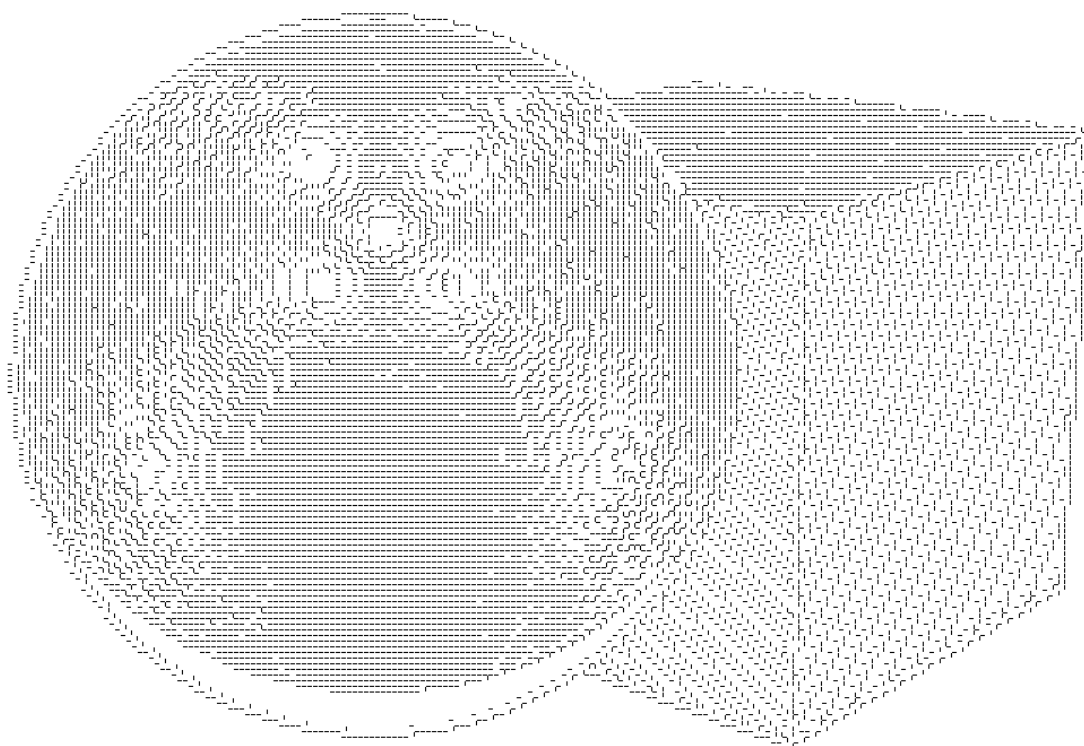


図 8 MST の併用(等高線 MST - (等高線 MST $\cap$ 勾配線 MST))

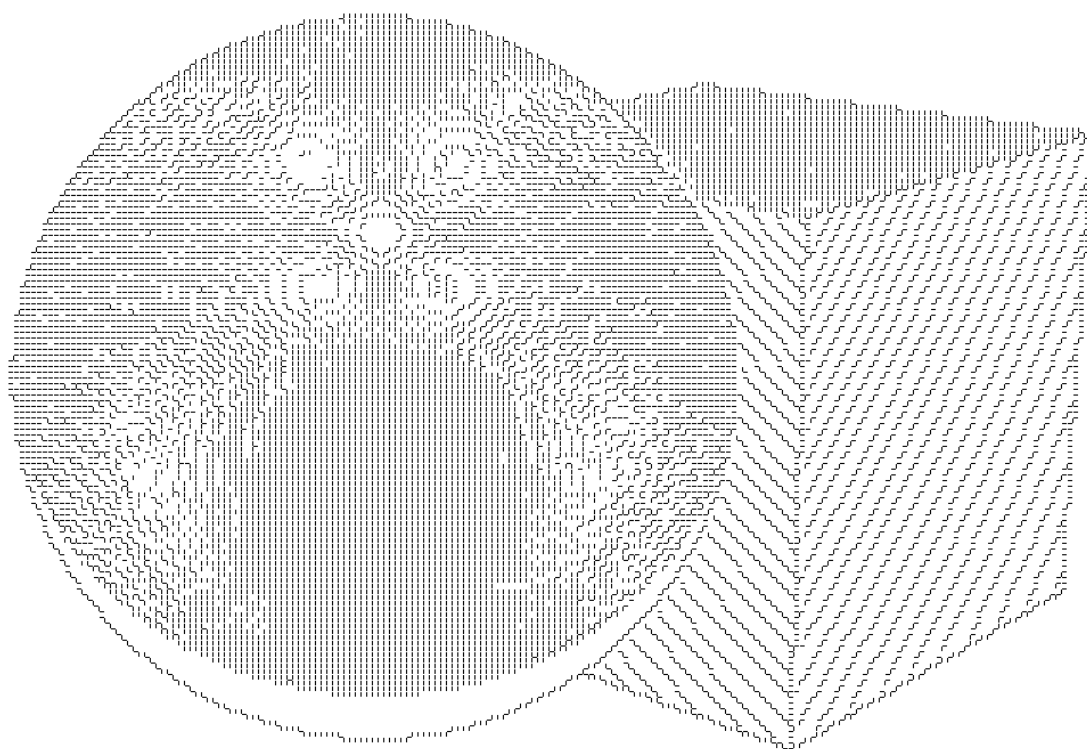


図 9 MST の併用(勾配線 MST - (等高線 MST $\cap$ 勾配線 MST))