

1. 論文選択理由
2. 論文紹介
3. 進捗報告
4. 今後の方針

1. 論文選択理由

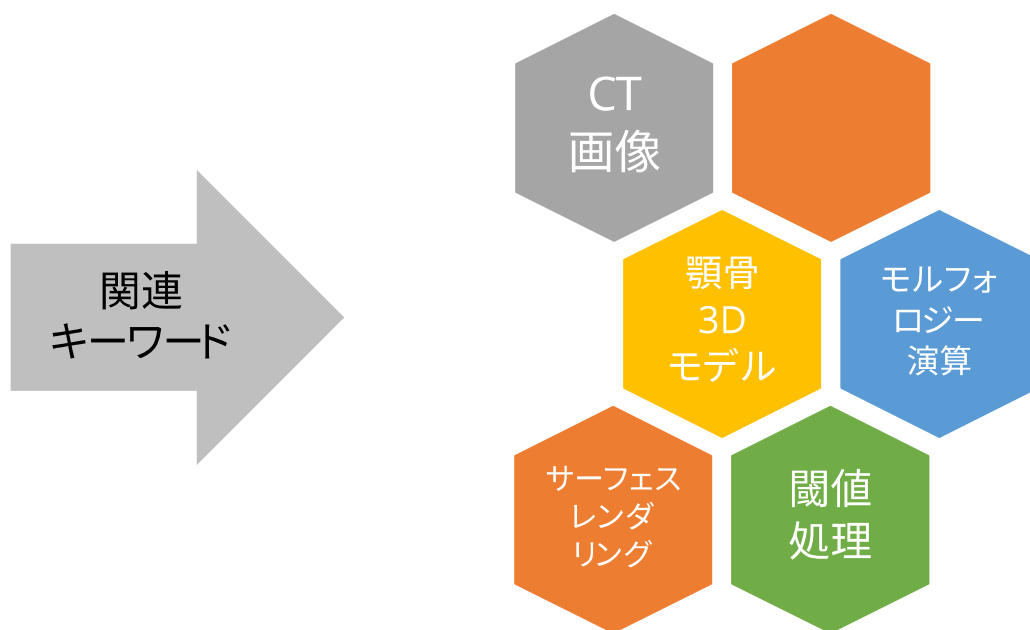
2. 論文紹介

3. 進捗報告

4. 今後の予定

研究テーマ

造影剤利用のCT画像を用いた粘膜付き顎骨3Dモデルの作成



目次

選択
理由

論文
紹介

進捗
報告

今後の
予定

1. 論文選択理由

2. 論文紹介

3. 進捗報告

4. 今後の予定

Jawbone Segmentation with Trabecular Bone Preservation from Cone Beam CT Images (コーンビームCT画像からの海綿骨保存による 顎骨セグメンテーション)

Songze Zhang, Benxiang Jiang and Hongjian Shi
Appl. Sci., vol.12, no.3, pp.1556, 2022.

顎顔面外科手術の計画には、**顎構造**の適切な患者モデルが必要

顎の構造

皮質骨

×

海綿骨構造

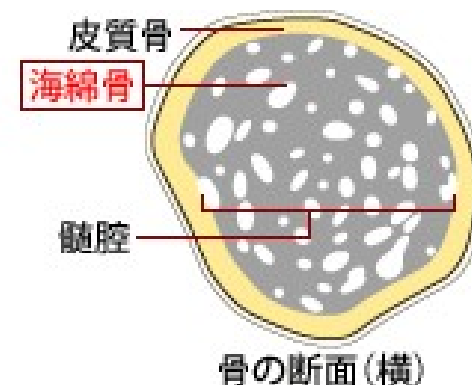
顎の形状を表す

手術の成功に影響

骨塩密度
頸椎の骨密度

>
>

骨塩密度
頸椎の骨密度



閾値処理や領域拡大法だけではCBCT画像から顎の構造をセグメンテーション(区分)することは困難

提案手法

上顎と下顎を分離し,それぞれの構造に基づいて異なるセグメンテーションアルゴリズムを設計する.

- ▶ 3Dボリュームでのエッジ,領域拡大およびモルフォロジー処理に基づく
- ▶ 顎の形状だけでなく,内部の海綿骨構造も表現



<https://www.akatsuki-kyousei.com/children/old7>

CBCT画像から海綿骨を保存した下顎と上顎を
セグメンテーションする自動アルゴリズムの提案



3D顎モデルの作成

提案手法(1/4)

選択理由

論文紹介

進捗報告

今後の予定

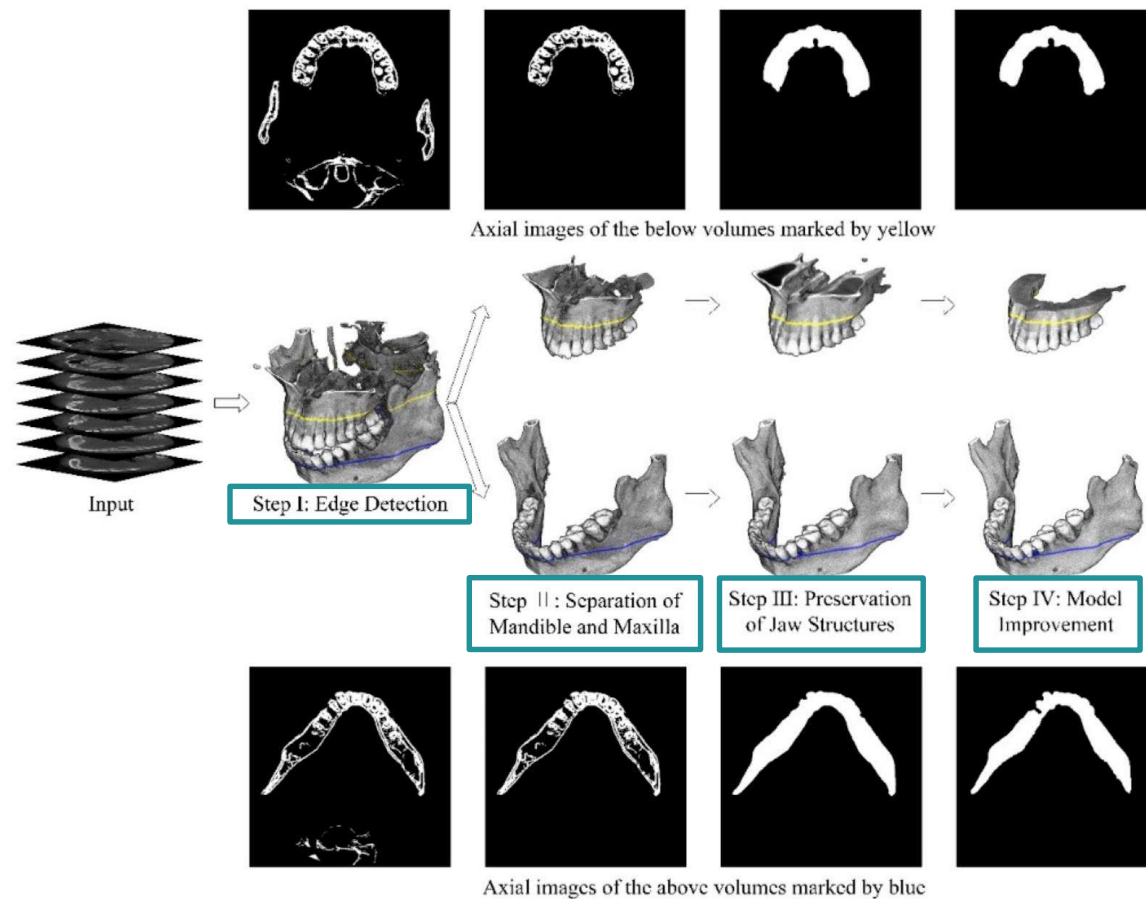
手順

STEP I: エッジ検出

STEP II: 下顎と上顎の分離

STEP III: 顎構造の保存

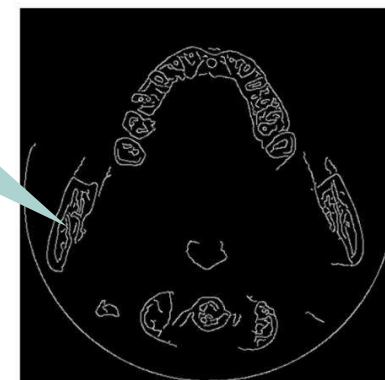
STEP IV: モデルの最適化



STEP 1 : エッジ検出

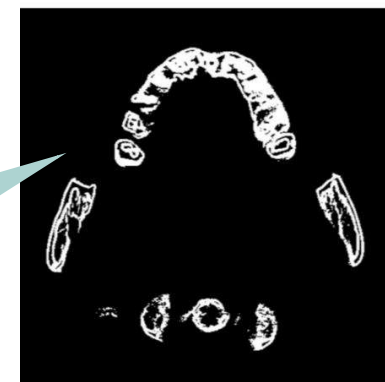
- ① Cannyエッジ検出器でエッジを検出し、**ボリュームを生成**.
- ② **ボリュームを3Dに拡張**.
エッジが3D的に接続されるようにする.
- ③ 元のCBCT画像の画素値に基づいて**閾値T**を計算.
(クラス間分散最大)
- ④ 元のCBCT画像の強度値が閾値Tより小さい拡張ボリュームの**ボクセルを除去**.

Cannyエッジ検出器



(a)

左の手順を利用し
エッジ検出

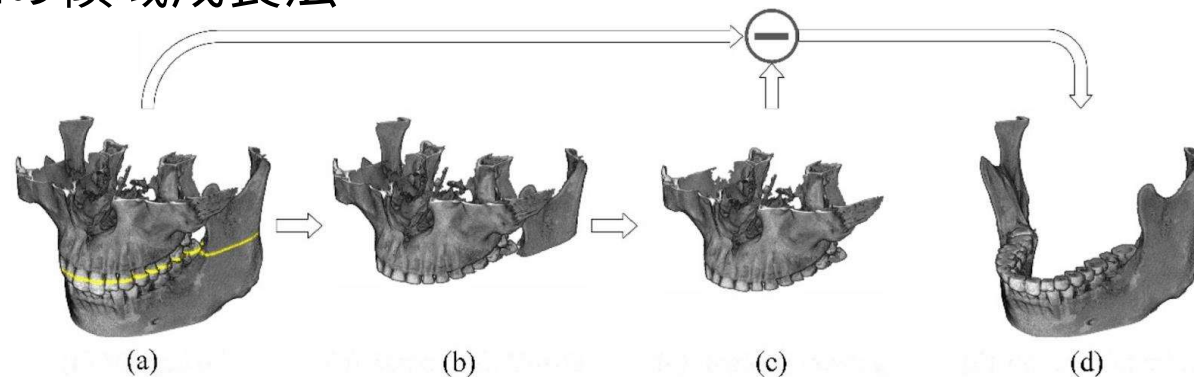


(b)

STEP II : 下顎と上顎の分離

体軸断面 (アキシャル) 画像検出プログラム (下図の黄色線を求める)

➤ スライスごとの領域成長法



口が開いていても閉じていてもSTEP I で得られたボリュームの
下顎と上顎を分離出来る

STEP III: 顎構造の保存

◆ 下顎骨

体軸断面 (アキシャル) 画像で穴埋めモルフォロジー処理

◆ 上顎骨

① エッジの強調

② 矢状断面 (サジタル) 画像で穴埋めモルフォロジー処理

STEP IV: モデルの最適化

◆ 下顎骨

表面ボクセルの校正 (閾値法)

◆ 上顎骨

輪郭の改善 (Geometric Active Contours (GAC) 法)

評価指標(セグメント化)

上顎は下顎に比べて構造が複雑であるため、精度を比較すると低くなっている

	下顎	上顎
適合率	0.9709 ± 0.0093	0.9249 ± 0.0124
再現率	0.9710 ± 0.0081	0.9599 ± 0.0125
ダイス係数	0.9709 ± 0.0026	0.9420 ± 0.0065
ハウズドルフ距離(HD) /mm	5.2174 ± 1.3466	7.3647 ± 4.3813
二乗平均対称面距離(RMSD) /mm	0.3887 ± 0.1011	0.6489 ± 0.1275

セグメントの精度は高く、安定していると言える

結果(2/2)

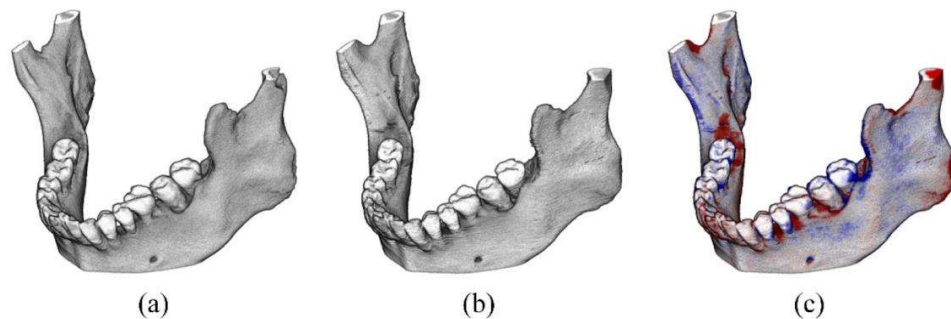
選択理由

論文紹介

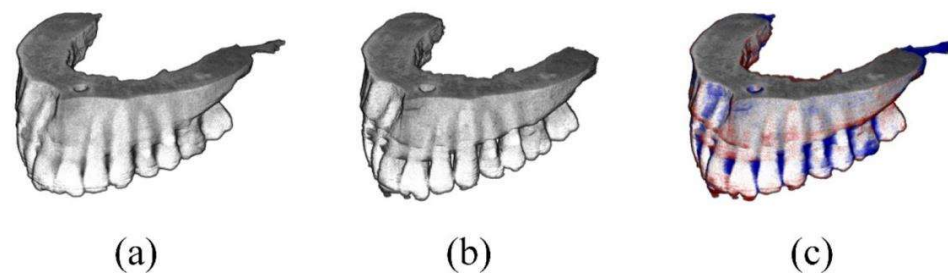
進捗報告

今後の予定

下顎モデル

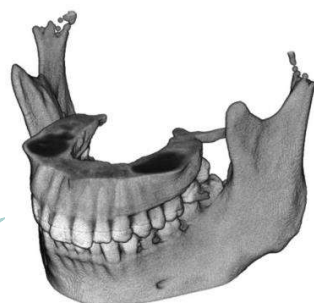


上顎モデル



口閉じた場合

この場合でも
適切に機能する



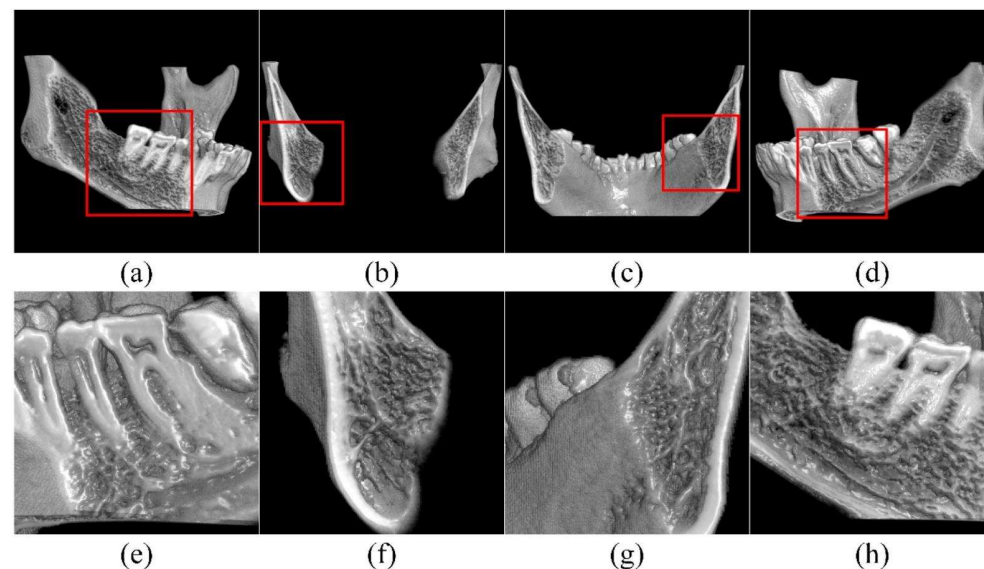
- (a) 提案されたアルゴリズムによるセグメント化
- (b) 正解データ
- (c) (a), (b)の重ね合わせ

青・赤色部分: 誤差

海綿骨構造

- ◆ 平均精度
 - ◆ 下顎: 0.9941 ± 0.0053
 - ◆ 上顎: 0.9982 ± 0.0044
- ◆ 応用例
 - ◆ セグメント化
(現在はまだ専門家が手動で行う必要あり(12時間))
 - ◆ 3D構造の観察
(筋肉、頸椎、気道を除く)
 - ◆ 3Dプリント
(STLファイルに転送可)

下顎の一部セクション



背景	顎顔面外科手術の計画には、顎構造の適切な患者モデルが必要
課題	閾値処理や領域拡大法だけではCBCT画像から顎の構造をセグメンテーション(区分)することは困難
目的	3D顎モデルを作成するためにCBCT画像から海綿骨を保存した下顎と上顎をセグメンテーションする自動アルゴリズムを提案すること
研究方法	①エッジ検出, ②下顎と上顎の分離, ③顎構造の保存, ④モデルの最適化
結果・考察	顎のセグメンテーション及び海綿骨構造まで含んだ3Dモデルを精度良く作成することが出来た

今後の課題

このアルゴリズムでは筋肉, 頸椎, 気道を除いた3Dモデルのみの実現であること

感想

- 顎構造の3Dモデル化という点で卒業研究に活かせる方法であると感じた
- 下顎と上顎で構造の複雑性に違いがあり,それらを考慮した上で異なるアルゴリズムを用いる必要性があるかもしれないという知見を得ることが出来た

意見

本論文では全ての歯が揃っている患者の顎データを用いているため歯の欠損などがあっても同じアルゴリズムが適用出来るか調べる必要がある

参考文献(1/4)

選択
理由

論文
紹介

進捗
報告

今後の
予定

- [1] Ikumi, N.; Tsutsumi, S. Assessment of correlation between computerized tomography values of the bone and cutting torque values at implant placement: A clinical study. *Int. J. Oral Max Implants* vol.20, pp.253–260, 2005.
- [2] Merheb, J.; Van Assche, N.; Coucke, W.; Jacobs, R.; Naert, I.; Quirynen, M. Relationship between cortical bone thickness or computerized tomography-derived bone density values and implant stability. *Clin. Oral. Implants Res.*, vol.21, pp.612–617, 2010.
- [3] Nackaerts, O.; Depypere, M.; Zhang, G.Z.; Vandenberghe, B.; Maes, F.; Jacobs, R.; Consortium, S. Segmentation of Trabecular Jaw Bone on Cone Beam CT Datasets. *Clin. Implant. Dent. R.*, vol.17, pp.1082–1091, 2015.
- [4] Vandenberghe, B.; Jacobs, R.; Bosmans, H. Modern dental imaging: A review of the current technology and clinical applications in dental practice. *Eur. Radiol.*, vol.20, pp.2637–2655, 2010.
- [5] Hassan, B.; van der Stelt, P.; Sanderink, G. Accuracy of three-dimensional measurements obtained from cone beam computed tomography surface-rendered images for cephalometric analysis: Influence of patient scanning position. *Eur. J. Orthod.*, vol.31, pp.129–134, 2009.
- [6] Periago, D.R.; Scarfe, W.C.; Moshiri, M.; Scheetz, J.P.; Silveira, A.M.; Farman, A.G. Linear accuracy and reliability of cone beam CT derived 3-dimensional images constructed using an orthodontic volumetric rendering program. *Angle Orthod.*, vol.78, pp.387–395, 2008.
- [7] Brown, A.A.; Scarfe, W.C.; Scheetz, J.P.; Silveira, A.M.; Farman, A.G. Linear Accuracy of Cone Beam CT Derived 3D Images. *Angle Orthod.*, vol.79, pp.150–157, 2009.
- [8] De Oliveira, A.E.F.; Cevidanes, L.H.S.; Phillips, C.; Motta, A.; Burke, B.; Tyndall, D. Observer reliability of three-dimensional cephalometric landmark identification on cone-beam computerized tomography. *Oral Surg Oral Med. Radiol.*, vol.107, pp.256–265, 2009.

参考文献(2/4)

選択
理由

論文
紹介

進捗
報告

今後の
予定

- [9] Barandiaran, I.; Macía, I.; Berckmann, E.; Wald, D.; Dupillier, M.P.; Paloc, C.; Graña, M. An automatic segmentation and reconstruction of mandibular structures from CT-data. In Proceedings of the International Conference on Intelligent Data Engineering and Automated Learning, Burgos, Spain, 23–26 September 2009; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, pp. 649–655, 2009.
- [10] Gollmer, S.T.; Buzug, T.M. Fully automatic shape constrained mandible segmentation from cone-beam CT data. In Proceedings of the 2012 9th IEEE International Symposium on Biomedical Imaging: pp. 1272–1275, From Nano to Macro, ISBI 2012, Barcelona, Spain, 2–5 May 2012.
- [11] Rueda, S.; Gil, J.A.; Pichery, R.; Alcaniz, M. Automatic segmentation of jaw tissues in CT using active appearance models and semiautomatic landmarking. In Proceedings of the 9th International Conference on Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention, MICCAI 2006, Copenhagen, Denmark, 1–6 October 2006; Springer: Copenhagen, Denmark, vol.4190, pp.167–174, 2006.
- [12] Grunder, U. Immediate functional loading of immediate implants in edentulous arches: Two-year results. *Int. J. Periodont. Rest.*, vol.21, pp.545–551, 2001.
- [13] Xia, Z.Y.; Gan, Y.Z.; Chang, L.C.; Xiong, J.; Zhao, Q.F. Individual tooth segmentation from CT images scanned with contacts of maxillary and mandible teeth. *Comput. Meth. Prog Biol.*, vol.138, pp.1–12, 2017.
- [14] Zhang, S.; Xie, J.; Shi, H. Jaw Segmentation from CBCT Images. , vol.2018, In Proceedings of the 23rd IEEE International Conference on Digital Signal Processing, Shanghai, China, 19–21 November 2018; IEEE: Shanghai, China, 2018.
- [15] Enciso, R.; Memon, A.; Mah, J. Three-dimensional visualization of the craniofacial patient: Volume segmentation, data integration and animation. *Orthod. Craniofac. Res.*, vol.6, pp.66–71, discussion pp.179–182, 2003.

参考文献 (3/4)

選択
理由

論文
紹介

進捗
報告

今後の
予定

- [16] Tognola, G.; Parazzini, M.; Pedretti, G.; Ravazzani, P. Novel 3D Reconstruction Method for Mandibular Distraction Planning. pp.82-85, In Proceedings of the 2006 IEEE International Workshop on Imaging Systems and Techniques, Ninori, Italy, 29 April 2006.
- [17] Tognola, G.; Parazzini, M.; Pedretti, G.; Ravazzani, P.; Svelto, C.; Norgia, M.; Grandori, F. Three-Dimensional Reconstruction and Image Processing in Mandibular Distraction Planning. IEEE Trans. Instrum. Meas., vol.55, pp.1959–1964, 2006.
- [18] Kainmueller, D.; Lamecker, H.; Seim, H.; Zinser, M.; Zachow, S. Automatic extraction of mandibular nerve and bone from cone-beam CT data. vol.12, pp. 76–83, In Proceedings of the 12th International Conference on Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention, London, UK, 20–24 September 2009; Springer: London, UK, 2009.
- [19] Canny, J. A computational approach to edge detection. IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. vol.8, pp.679–698, 1986.
- [20] Gonzalez, R.C.; Woods, R.E. Digital image processing. In Image Segmentation, 3rd ed.; Horton, M.J., Ed.; Pearson Prentice Hall: Upper Saddle River, NJ, USA, pp. 719–725, 2008.
- [21] Otsu, N. A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms. IEEE Trans. Syst. Man Cybern. vol.9, pp.62–66, 1979.
- [22] Mari, J.L.; Real, P. Simplicialization of digital volumes in 26-adjacency: Application to topological analysis. Pattern Recognit. Image Anal.vol.19, pp.231–238, 2009.

参考文献(4/4)

選択
理由

論文
紹介

進捗
報告

今後の
予定

- [23] Soille, P. Morphological Image Analysis: Principles and Applications. In Geodesic Transformations, 2nd ed.; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany; New York, NY, USA, pp.173–175, 1999.
- [24] Caselles, V.; Kimmel, R.; Sapiro, G. Geodesic active contours. Int. J. Comput. Vis. vol.22, pp.61–79, 1997.

目次

選択
理由

論文
紹介

進捗
報告

今後の
予定

1. 論文選択理由

2. 論文紹介

3. 進捗報告

4. 今後の予定

1. Javaの学習(メイン)
 1. モルフォロジー演算について詳しく学習中
2. 知見を得る
 1. 先行研究(主に英語論文誌)
 2. 文献(CT撮影学, X線CT)
3. Molcerを触り始めた

目次

選択
理由

論文
紹介

進捗
報告

今後の
予定

1. 論文選択理由
2. 論文紹介
3. 進捗報告
- 4. 今後の予定**

今後の予定

選択理由

論文紹介

進捗報告

今後の予定

	7月		8月		9月		10月		11月		12月		1月	
	上旬	下旬	上旬	下旬	上旬	下旬	上旬	下旬	上旬	下旬	上旬	下旬	上旬	下旬
Java, Molcerの勉強	→													
CTデータの取得 (歯科医院)			→											
Javaアルゴリズムの 考案(前処理)			→											
3D化(Molcer)							→							
テスト								→						
評価実験									→					
論文執筆											→			
発表														→

ご清聴ありがとうございました

付録(1/2)

下顎と上顎のセグメンテーション

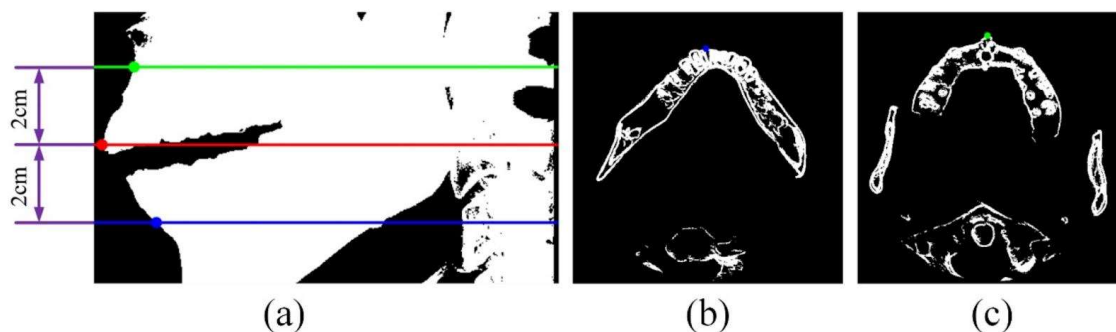
STEP Iで得られたボリュームを矢状面画像に投影する。

赤い点はサジタル画像の左境界に最も近い画素。

アキシャル画像は、下顎と上顎の初期シードを見つけるために選択された赤い点の下2cmと上2cmを、それぞれ(a)に記された青と緑の線とし、対応するアキシャル画像は(b),(c)のようになる。

これらの2つのアキシャル画像の上端境界に最も近い画素を下顎と上顎の初期シードとして選択し、(b),(c)に青と緑の点としてマークし、それらの矢状投影を(a)に青と緑の点としてマークする。

初期シードが選択されると、下顎と上顎は、26隣接性(3×3立方体内) [22]に基づく3D領域拡大法によってセグメンテーションされる。



付録(2/2)

3D領域成長法

アキシャル画像検出アルゴリズムは、スライスごとの領域成長法に基づいている。各スライスにおいて、アキシャル画像は8隣接性に基づく領域成長法によってセグメンテーションされる。ボリュームの i 番目のアキシャル画像が分割されると、分割されたすべての画素と、 $(i + 1)$ 番目のアキシャル画像中の領域成長ルールを満たす8隣接画素が、 $(i + 1)$ 番目のアキシャル画像の初期シードとして設定される。

3D領域で成長する下顎骨と上顎骨の初期シードのアキシャル画像を最初と最後のスライスとして設定する。(b)に示すように、最初のスライスより上と最後のスライスより下のボクセルは除去される。(c),(d)に示すようなボリュームが、スライス毎の領域成長法によって生成される。

