

平成 21 年 3 月 23 日現在

研究種目：若手研究 (B)
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19700383
 研究課題名 (和文) 生体肝移植の術前術後の画像評価に関する研究
 研究課題名 (英文) Research on image evaluation of pre and post operation
 for living donor liver transplantation
 研究代表者
 久保 満 (KUBO MITSURU)
 徳島大学・大学院ソシオテクノサイエンス研究部・助教
 研究者番号：30325254

研究成果の概要：

生体肝移植の手術計画を支援するために造影 CT 画像を用いた肝臓の画像解析技術に関して研究開発を行った。本研究では肝臓の提供側であるドナーの肝臓を対象として、肝臓の構造を示す肝区域や肝脈管 (肝動脈、肝静脈、門脈、胆管) の分岐パターンに関する画像データベースの構築、肝脈管の高精度な抽出法の研究開発、術前術後の医師の作業を支援するためのユーザインターフェイスの研究開発を行った。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,700,000		1,700,000
2008年度	1,600,000	480,000	2,080,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	480,000	3,780,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・医用生体工学 生体材料学

キーワード：生体肝移植、肝臓、CT 画像、手術計画、データベース、脈管、構造

1. 研究開始当初の背景

生体肝移植は肝疾患末期状態に対する中心的な治療法である。治療精度の向上と移植適用者の拡大に向けて高度な術前計画と術後管理に関する新しい手段の開発が喫緊の課題となっており、画像診断の役割が一層重要となっている。肝移植前後の画像診断として肝容積の計測や縫合する脈管 (肝動脈、肝静脈、門脈、胆管) の分岐パターンや位置関係、肝疾患の有無、血流動態解析、肝再生の確認などが重要である。肝容量や脈管の分岐パターンなどを計測するために、支援ソフト

ウェアが開発され市販されているが大きな誤差が生じる例があり、精度が十分でない。そこで、工学的な画像解析技術を積極的に導入した肝移植前後の定量的評価の開発が望まれる。

2. 研究の目的

研究の目的は、マルチモダリティ画像を用いて生体肝移植手術の術前計画や術後評価を高精度に定量的解析をする手法を研究開発することである。本研究で使用するモダリティ画像は、通常撮影 CT 画像、血管造影 CT

画像、胆管造影 CT 画像である。

3. 研究の方法

以下の4つの手順で実施した。

(1) 研究体制の構築

(2) 肝臓のマルチモダリティ融合画像データベースの構築

①マルチモダリティ画像データと所見データの収集と管理環境の構築

②マルチモダリティ融合画像データベース構築

(3) マルチモダリティ融合画像データベースによる術前術後の高精度な画像解析技術の研究開発

①マルチモダリティ画像間のレジストレーション法の研究開発

②肝臓・脈管（門脈、肝動静脈、胆管）の高精度セグメンテーション技術と画像解析技術の研究開発

③肝臓の区域の分類法の研究開発

④マルチモダリティ融合画像による肝臓構造解析に関する研究開発

(4) プロトタイプシステム構築

①術前術後の高機能画像評価用ユーザーインターフェイスの研究開発

4. 研究成果

(1) 研究体制の構築

研究推進のために医工学領域の連携する体制作りを行った。医学側は徳島大学大学院ヘルスバイオサイエンス研究部臓器病態外科学講座の島田光生教授に研究協力を依頼し、了承を得た。工学側は胸部3次元CT画像による微小肺がんCAD (Computer-Aided Diagnosis) システムの研究開発で世界的な先駆者である徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部情報ソリューション部門の仁木登教授に研究協力を依頼し、了承を得た。これによって、図1の役割分担により研究を実施した。

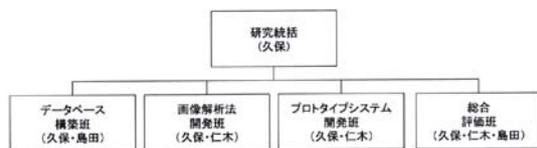


図1. 研究の役割分担

(2) 肝臓のマルチモダリティ融合画像データベースの構築

①マルチモダリティ画像データと所見データの収集と管理環境の構築

データ収集には個人情報保護法に関わるために徳島大学医学部の倫理審査委員会の承認を得た処理手順に従い、個人の特定が可能な情報を全て削除する匿名化処理を施したデータのみを対象とした。島田光生教授の

研究グループより、腹部CT、腹部造影CT、胆管造影CTのマルチモダリティ画像及び、ドナーとレシピエントの情報の提供を受けた。

時系列処理も含めた高精度3次元画像処理が可能になるよう研究協力者の医学者と十分協議して一定の画像撮影プロトコルを定めてデータを収集し、セキュリティ機能付きポータブルハードディスクを用いて施設間のデータ移動を行った。

マルチモダリティ融合画像の解析結果も高信頼性画像蓄積装置に蓄積してマルチモダリティ融合画像と同一のデータサーバで管理した。データバックアップとしてDVDに保存し、施錠可能な研究室内の保管庫に管理した。

構築するマルチモダリティ融合画像データベースの運用に関し、物理的なセキュリティ管理のため、外部ネットワークから完全に遮断した研究室LAN内に研究用装置を設置して運用した。

システムの運用上のセキュリティ管理は秘密保持契約を結んだ研究者のみにデータベースとバックアップ保管庫へのアクセスを限定し、データ移動に用いるポータブルハードディスクやDVDの取り扱いも同様とした。

データベースの運用構築に関する計画、連絡体制を明確にし、対応手順をマニュアル化して利用者教育を定期的実施し、緊急時に迅速対応できる連絡体制を構築した。

②マルチモダリティ融合画像データベース構築

汎用コンピュータ上で操作可能にするためにマルチモダリティ画像の融合技術及び、腹部CT、腹部造影CT(動脈優位相、門脈相、遅延相)、胆管造影CTのマルチモダリティ融合画像から肝臓セグメンテーション、脈管(門脈、肝動静脈、胆管)などの周辺臓器セグメンテーション、脈管の分岐形態、脈管間の位置関係、肝右葉、肝左葉、8つの肝区域情報に関するデータベース構築を行い、これらの情報とマルチモダリティ融合画像を検索する高性能画像ハンドリングビューアの実装技術を開発した。

(3) マルチモダリティ融合画像データベースによる術前術後の高精度な画像解析技術の研究開発

①マルチモダリティ画像間のレジストレーション法の研究開発

マルチモダリティ融合画像に対してノイズ除去を行った後にITK (Insight segmentation and registration ToolKit)を利用して門脈相造影CT画像を基準とした非剛体レジストレーションを行う位置合わせ処理を開発した。

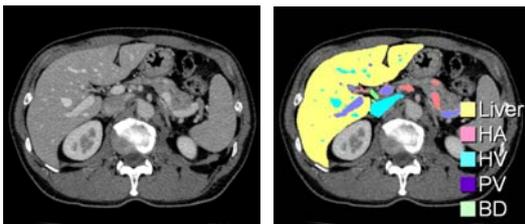
②肝臓・脈管(門脈、肝動静脈、胆管)の高精度セグメンテーション技術と画像解析技

術の研究開発

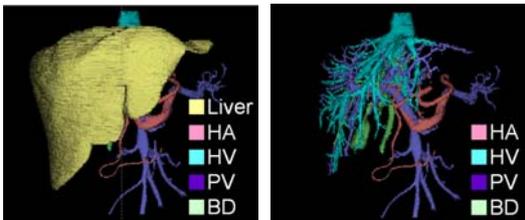
肝臓のセグメンテーションは肝臓の実質の CT 値はほぼ均一であることに注目した。対話操作によって肝臓内に任意の四角領域を設定して CT 値ヒストグラムの分布から肝臓の実質の CT 値の範囲を抽出し肝臓の実質と同じ値をもつ領域を抽出した。さらに多時相 CT 画像のこの結果を重ね合わせ、穴埋め処理と境界の修正処理により肝臓領域を決定した。

脈管のセグメンテーションは各 CT 画像において肝臓実質の CT 値のバイアスの減弱と末梢脈管の強調処理を行い、閾値処理で脈管を抽出した。動脈優位相から肝動脈と門脈を抽出し、門脈相から門脈と肝静脈を抽出した。遅延相から肝静脈と門脈を抽出した。胆管造影 CT 画像から胆管と肝静脈と門脈を抽出した。肝静脈と門脈を用いて画像間の細かな位置合わせを半自動により行った。門脈と肝静脈の接触部分がある場合は接触枝領域を自動的に抽出し対話処理により分類した。

肝臓と脈管のセグメンテーション結果を図 2 と図 3 に示す。図 2(a)は門脈優位相 CT 画像である。図 2(b)は肝臓(Liver)と肝動脈(HA)、肝静脈(HV)、門脈(PV)、胆管(BD)の脈管のセグメンテーション結果を門脈優位相 CT 画像に合成した画像である。図 2(c)は肝臓と脈管の正面からの 3 次元表示である。図 2(d)は脈管の正面からの 3 次元表示である。図 3 は肝門部の脈管のセグメンテーション結果である。図 3(a)は右肝静脈(RHV)、右中肝静脈(RMHV)、右下肝静脈(RIHV)、図 3(b)は中肝静脈(MHV)と左肝静脈(LHV)、図 3(c)は門脈と肝動脈と胆管を示す。ただし、図 3 は注目する枝以外は表示していない。

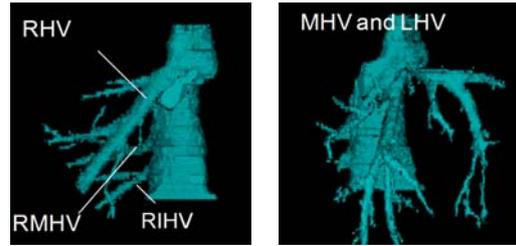


(a) 門脈優位相 CT 画像 (b) セグメンテーション結果

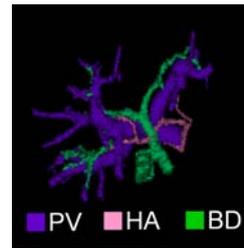


(c) 肝臓と脈管の 3 次元表示 (d) 脈管の 3 次元表示

図 2. 肝臓と脈管のセグメンテーション結果



(a) 右肝静脈と右中肝静脈と右下肝静脈 (b) 中肝静脈と左肝静脈

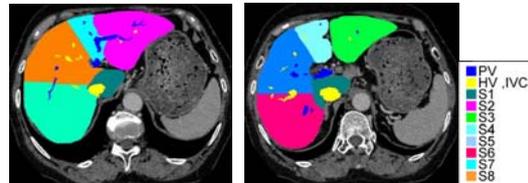


(c) 門脈と肝動脈と胆管

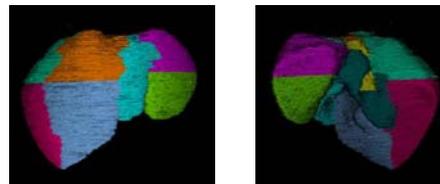
図 3. 肝門部のセグメンテーション結果

③肝臓の区域の分類法の研究開発

肝静脈と門脈の枝の分類を行い、Couinaud の肝区域に従って 8 領域に分類した。肝区域のデータベースの教師データの一部を図 4 に示す。



(a) 上部 (b) 下部



(c) 正面の 3 次元表示 (d) 背面の 3 次元表示

図 4. 肝臓の区域分類結果

④マルチモダリティ融合画像による肝臓構造解析に関する研究開発

脈管の分岐形態や脈管間の位置関係を分類した脈管データベースに対して画像解析した脈管と照合した。図 5 は図 3 の脈管と脈管データベースとの照合結果である。照合

は目視判断により行った。

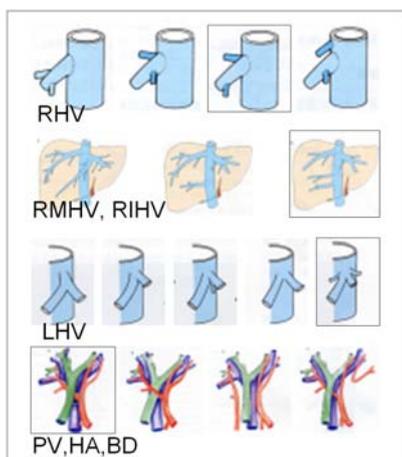


図 5. 肝臓画像データベースとの照合

(4) プロトタイプシステム構築

①術前術後の高機能画像評価用ユーザインターフェイスの研究開発

開発した計測エンジンを統合して個々のアルゴリズムの評価から統合処理の評価まで可能とする機能を実装した。ユーザフレンドリーなユーザインターフェイスはマルチモダリティ画像の高速画像解析機能と肝門部などの目的部位の切り出しを容易にして脈管構造のデータベースとの照合を容易にした。医学側によるユーザインターフェイスの評価はまだ行われておらず、今後の検討課題である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

- ① 鈴木秀宣, 天野雅史, 財田伸介, 久保満, 河田佳樹, 仁木登, 上野淳二, 西谷弘, DICOM 画像の個人情報保護のための匿名化システム, 電子情報通信学会論文誌, 査読有, Vol. J91-D, No. 6, pp. 1656-1662, 2008.

[学会発表] (計 12 件)

- ① 鈴木秀宣, 久保満, 他, 肺がん CT 検診のための DICOM 画像選別法, 第 16 回日本 CT 検診学会学術集会, 2009. 2. 13, 神奈川.
- ② Mitsuru Kubo, et al., Computer aided treatment system for living donor liver transplantation using multi-slice CT images, International Forum on Medical Imaging in Asia 2009, 2009. 1. 20, Taiwan. (IFMIA2009 Poster

Award 受賞)

- ③ 鈴木秀宣, 久保満, 他, 肺がん CAD における DICOM 画像の選別法, 電子情報通信学会技術研究報告 医用画像, 2008. 10. 30, 東京.
- ④ Maklad Ahmed Shawky, Mitsuru Kubo, et al., Liver segmentation based on extraction of portal and hepatic veins from CT images, 電子情報通信学会技術研究報告 医用画像, 2008. 10. 30, Tokyo.
- ⑤ 岸佳史, 久保満, 他, 多時相マルチスライス CT 画像の肝臓の画像解析, 日本医用画像工学会大会, 2008. 8. 5, 東京.
- ⑥ Maklad Ahmed Shawky, Mitsuru Kubo, et al., Hepatic blood vessels detection from multi slice CT images, 日本医用画像工学会大会, P37, 2008. 8. 5, Tokyo.
- ⑦ 政清史晃, 久保満, 他, 腹部 CT 画像を用いた肥大リンパ節の抽出アルゴリズム, 電子情報通信学会技術研究報告, 2008. 5. 22, 愛知.
- ⑧ 鈴木秀宣, 久保満, 他, 肺がん CAD における DICOM 画像の選別法, 電子情報通信学会技術研究報告, 2008. 5. 22, 愛知.
- ⑨ Fumiaki Masakiyo, Mitsuru Kubo, et al., Detection algorithm of abdominal lymph nodes based on multi-modality image, Proc. International Symposium on Biomedical and Physiological Engineering, 2008. 1. 13, Harbin.
- ⑩ 岸本和樹, 久保満, 他, デジタル医用画像を用いた研究環境におけるセキュリティの構築に関する研究, 電子情報通信学会技術研究報告 医用画像, 2008. 1. 25, 沖縄.
- ⑪ 鈴木秀宣, 久保満, 他, マルチスライス CT 画像を用いた部位判別アルゴリズム, 日本医用画像工学大会, 2007. 7. 21, 茨城.
- ⑫ 政清史晃, 久保満, 他, マルチモダリティ画像を用いた腹部リンパ腫特定に関する基礎的検討, 日本医用画像工学大会, 2007. 7. 20, 茨城.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

久保 満 (KUBO MITSURU)

徳島大学・

大学院バイオテクノサイエンス研究部・助教

研究者番号: 30325254

(2)連携研究者

仁木 登 (NIKI NOBORU)

徳島大学・

大学院ソフトウェア科学部・教授

研究者番号：80116847

島田 光生 (SHIMADA MITSUO)

徳島大学・

大学院ヘルスケア科学部・教授

研究者番号：10216070