

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 16 日現在

機関番号：13401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2014

課題番号：25870273

研究課題名(和文) 極小領域における内視鏡下を用いた三次元形状再構成システムの構築

研究課題名(英文) A development of 3D shape reconstruction system using arthroscopy in the minimum space

研究代表者

長宗 高樹 (Nagamune, Kouki)

福井大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：80397827

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、近年適用が増加している内視鏡における三次元再構成システムの開発を目的とした。従来の内視鏡は極小領域にカメラを挿入することで、人体内部の情報を提供する装置であるが、奥行き情報は把握困難であった。そこで、本研究では臨床に使用可能なサイズで対象物体の三次元再構成を試みた。装置はラインレーザーとカメラから構成される。装置全体の直径は約10mmであった。対象物体までの距離を10mm、15mm、20mmとした時の平均誤差は約0.50mmで、標準偏差は0.503mm、0.899mm、1.480mmであった。上記より、当初の目的は達成できたと言える。今後の課題は臨床で想定される水中での精度検証が挙げられる。

研究成果の概要(英文)：This study aims to develop a 3D reconstruction system using arthroscopy which has been focused recently. The conventional arthroscopy can provide information of internal human body by inserting a camera to a minimum space. However, it hardly provides depth information. Therefore, this study tried to reduce the size of the system which can be used in clinical situation, and to reconstruct 3D shape of a target. The system consists of a camera and a line laser. The total diameter was about 10.0 mm. The depth length to a target was set to be 10 mm, 15 mm, and 20 mm, respectively. The average of the total was about 0.50 mm. The standard deviations of each groups were 0.503 mm, 0.899 mm, and 1.480 mm, respectively. This indicates that the purpose of this study was realized. A future work is to apply the proposed system to a target under water which can be assumed in clinical situation.

研究分野：医工学

キーワード：Surface reconstruction Marching cubes algorithm Endoscope

1. 研究開始当初の背景

(1) 関節軟骨移植術

関節軟骨損傷に対する治療としては、Pridie により 1957 年に軟骨下骨に対するドリリングなどが行われてきたが、線維性軟骨による修復は期待できるが、硝子軟骨で修復することは困難であった。しかし、1993 年より国内の松末ら[1]が、1994 年よりスウェーデンの Brittberg ら[2]が提唱した自家骨軟骨移植術においては、関節軟骨の硝子様軟骨での再生が可能になってきた。さらに、大腿骨顆部の軟骨欠損部にプレスフィット移植する方法 (Fig.1) を Dr Hangony が「モザイクプラスティ」と命名し、独自の手術器具 (MosaicPlasty™) が開発され、急速に広まった[3]。

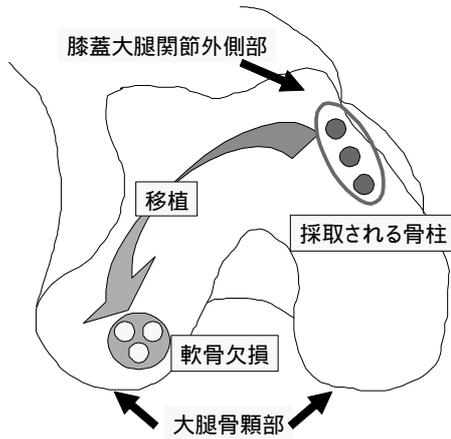


Fig.1 モザイクプラスティ

(2) 現状の問題点

現在のモザイクプラスティの骨柱移植 (Fig.2) における一つの問題点として、「骨柱をどのように採取し、また、どのように移植するか?」という事がある。移植後の関節面において、移植周辺部位と不連続な断面 (Fig.3) を形成していると、関節の動作に伴い関節軟骨が剥離しやすくなり、結果的に再度の軟骨欠損・剥離を発生してしまう[4]。そのため、手技上の手続きとしては、採取においても移植においても関節面に対して垂直を心がけ、適切にプレスフィットするように指示されている。しかし、視界の悪い内視鏡視下では意図しない斜めの移植が発生しやすい。

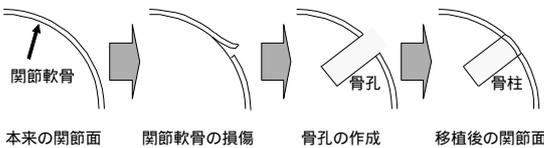


Fig.2 骨柱移植の流れ

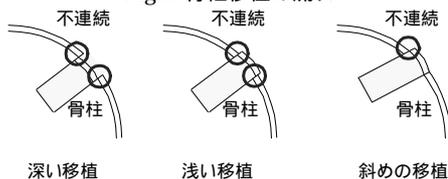


Fig.3 移植の悪い例

2. 研究の目的

古くから整形外科領域の1つのテーマとして、関節軟骨損傷に対する治療がある。関節軟骨損傷は、若年者においてはスポーツ外傷、高齢者においては老化による変性といった対象範囲の広い疾患である。この問題に対する解決策として、モザイクプラスティに代表される自家骨軟骨移植術が 1990 年代より急速に広まっているが、三次元的に精度の高い移植が要求される。精度向上を目的としたナビゲーションシステムの先行研究があるが、一般的な内視鏡視下では位置・姿勢の把握が困難なために適用できない。そこで本研究ではモザイクプラスティの精度向上のための「極小領域における内視鏡視下を用いた三次元形状再構成システムの開発」を目的とする。とりわけ、臨床応用を念頭においた関節内のような非常に狭い領域に適用可能なシステムの構築を目標とする。

3. 研究の方法

(1) システム構成

臨床応用を可能にするために、画像取得装置先端部を最小径で構成した。直径 7.00 mm のカメラとラインレーザーの投射光は直径 0.99 mm のファイバースコープを介して、照射された (Fig. 4)。合計約 8 mm 程度なので、幅 1 mm の外形の円筒内に収めると、約 10 mm 程度で画像取得部が構築可能である。

さらに、本研究では対象物体が移動しても

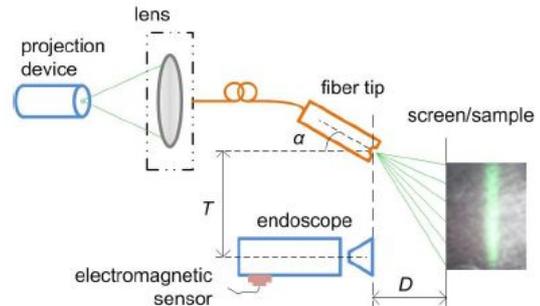


Fig.4 画像取得部のシステム構成

位置変換の計算を可能にするために、3D 位置センサをカメラ部と対象物体に設置することで対応した。これは臨床現場でもナビゲーション等では実際にピンを骨に打ち込むので、臨床応用可能である。ファイバースコープとカメラの位置を固定するために、3D プリンタを用いた樹脂によって固定治具を作成した。

(2) データ解析

ラインレーザーの照射された領域の三次元情報を解析する際には、ステレオマッチングの計算式を用いて行う。通常では計算を容易にするために、照射線とカメラ軸を平行に設定する。しかし、本研究の対象物体はカメラ先端から約 15 mm 前後の位置に存在することを考慮すると、通常の方法では照射線が取得画像範囲内に収まらない。そこで、照射線

の軸をカメラの軸に対して角度をつけた．この方法によって，近距離対象の三次元化を可能にする．

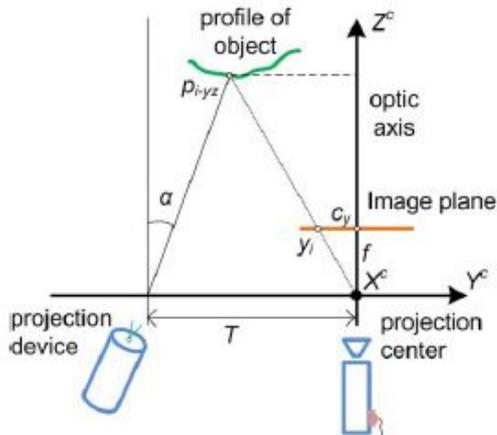


Fig.5 本研究のステレオマッチング

レーザーラインの各照射点の三次元情報に対してマーチンキューブ法を用いて，表面形状を再構成する．さらにカメラをスキャンさせることで，複数の表面形状を取得し，それらを連結することで，対象物体の表面を仮想的に再現することができる．

4. 研究成果

(1) 平面における精度

立方体の木材を対象として，実験を行った．対象物体までの距離は10mm，15mm，20mmとした．それぞれの平均誤差は約0.5mm程度であった．また，標準偏差は，0.503mm，0.899mm，1.480mmであった．

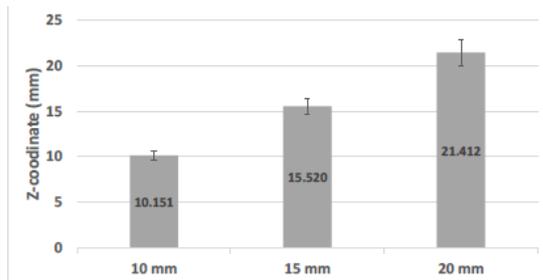


Fig.6 平面に対する解析結果

立方体の表面を再構成する流れを Fig. 7 に示す．Fig. 7(a)は，最初に得られたカメラ

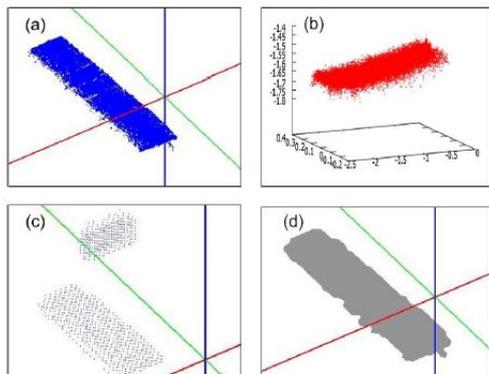


Fig.7 平面に対する再構成の流れ

ラ座標系上の点群である．次の(b)は，それらをワールド座標系に変換した後のデータである．(c)は，(b)の点群のデータに対して，近傍立方格子に縮約した状態を示す．最後にマーチンキューブ法を用いて，表面形状を再構成したものが(d)となる．

(2) 曲面における精度

直径49mmの木材の円柱に対して解析を行った．解析した点群から直径を解析したところ，46.637mm（標準偏差：0.759mm）であった．解析の流れを Fig. 8 に示す．

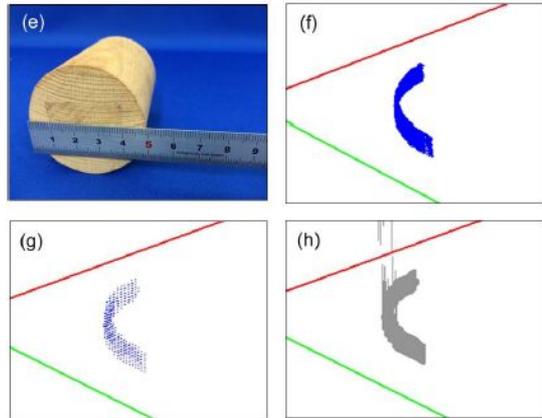


Fig.8 曲面に対する再構成の流れ

(3) 模擬骨における三次元再構成

大腿骨の模擬骨を用いて三次元再構成の実験を行った．実際に必要な領域の遠位端の真中部分であるが，より大きめの領域を再構成した．再構成した結果を Fig. 9 に示す．模擬骨においては三次元再構成が可能であることが分かった．

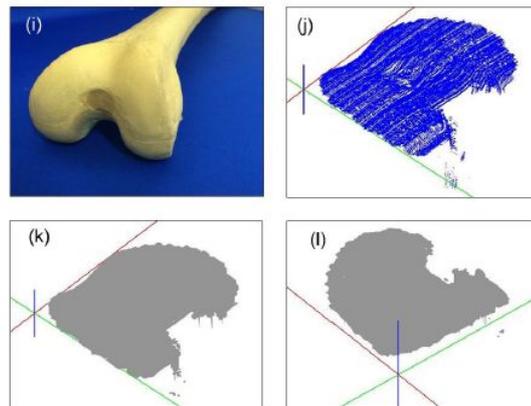


Fig.9 模擬骨に対する再構成の流れ

< 引用文献 >

- [1] Matusue Y, et al., "Arthroscopic multiple osteochondral transplantation to the chondral defect in the knee associated with anterior cruciate ligament disruption," Arthroscopy, vol. 9, pp.318-321, 1993.
- [2] Brittberg M, et al., "Treatment of deep cartilage defect in the knee with

autologous chondrocyte transplantation," N. Eng. J. Med, vol. 331, pp.889-895, 1994.
[3] Hangony L, et al., "Osteochondral plugs: Autogenous osteochondral mosaicplasty for the treatment of focal chondral and osteochondral articular defects," Op. Tech. In Orthopaedics, vol. 7, pp.312-322, 1997.
[4] 松末ら, "鏡視下骨軟骨移植術," 関節外科, vol. 20, no. 10, 2001.

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 3件)

[1] Yosuke Uozumi, Kouki Nagamune, Naoki Nakano, Kanto Nagai, Yuichiro Nishizawa, Shinya Oka, Daisuke Araki, Yuichi Hoshino, Takehiko Matsushita, Ryosuke Kuroda, Masahiro Kurosaka, "Cross-Section Analysis of Bone Tunnel from MDCT Image After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction", Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, 査読有, 2015.(印刷中)

[2] Zhongjie Long, Kouki Nagamune, "A Marching Cubes Algorithm: Application for Three-dimensional Surface Reconstruction on Endoscope and Optical Fiber", Information, 査読有, 18 巻 4 号, 2015. 1425-1438

[3] Muhamad Khairul Ali Hassan, Kouki Nagamune, Kenichiro Kakutani, Koichiro Maeno, Kotaro Nishida, Masahiro Kurosaka, "Analysis of Multiple Ultrasound Echoes for Cortical Bone Thickness Measurement Using Wavelet Decomposition Processing Method", Information, 査読有, 18 巻 2 号, 2015, 779-794

[学会発表](計 6件)

[1] Kouki Nagamune, Yosuke Uozumi, Yoshitada Sakai, "A Virtual Reality System for Occupational Therapy with Hand Motion Capture and Force Feedback – a Pilot Study of System Configuration –", HCI international conference, 2-7 Aug. 2015, ロサンゼルス(アメリカ)

[2] Yosuke Uozumi, Kouki Nagamune, "3D Interactive Trace Teaching System with Anatomical Model – a Pilot Study of System Configuration –", ICIEV, 15-18 Jun. 2015, 福岡県北九州市

[3] Yosuke Uozumi, Kouki Nagamune, Naoki Nakano, Kanto Nagai, Yuichiro Nishizawa, Shinya Oka, Daisuke Araki, Yuichi Hoshino, Takehiko Matsushita,

Ryosuke Kuroda, Masahiro Kurosaka, "An Analysis of EndoButton Displacement and Attitude in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction using Bone Tunnel Axis", SCIS & ISIS, 3-6 Dec. 2014, 福岡県北九州市

[4] Long Zhongjie, Kouki Nagamune, Xu Xiaoli, Daisuke Araki, Yuichi Hoshino, Takehiko Matsushita, Ryosuke Kuroda, Masahiro Kurosaka, "Real-time 3D reconstruction of endoscopy and microfiber line laser", International Symposium on Test Automation and Instrumentation, pp. 262-267, 23-25 Sept. 2014, 北京(中国)

[5] Kouki Nagamune, "Importance of quantitative criteria in computer assisted diagnosis", International Symposium on Test Automation and Instrumentation, pp. 626-630, 23-25 Sept. 2014, 北京(中国)

[6] Yosuke Uozumi, Kouki Nagamune, Naoki Nakano, Kanto Nagai, Yuichiro Nishizawa, Yuichi Hoshino, Takehiko Matsushita, Ryosuke Kuroda, Masahiro Kurosaka, "An Automated Determination of Blumensaat Line Using Fuzzy System Based on Physician Experience from Femur CT Image", IEEE international conference on Fuzzy System, 6-11 Jul. 2014, 北京(中国)

[図書](計 0件)

[産業財産権]

出願状況(計 0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計 0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
取得年月日:
国内外の別:

[その他]
ホームページ等 なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

長宗 高樹(NAGAMUNE, Kouki)

福井大学・大学院工学研究科・准教授
研究者番号：80397827

(2)研究分担者
なし()

研究者番号：

(3)連携研究者
なし()

研究者番号：

(4)研究協力者
龍 忠傑 (LONG, Zhongjie)