

令和 4 年 6 月 13 日現在

機関番号：32645

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K09582

研究課題名(和文) 骨折手術における次世代ナビゲーションシステムの開発と臨床応用

研究課題名(英文) Development of a novel navigation system for osteosynthesis

研究代表者

吉井 雄一 (Yoshii, Yuichi)

東京医科大学・医学部・准教授

研究者番号：80617530

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：これまでの骨折治療における術前計画は現実の手術と乖離があり、実用性に乏しいという課題があった。そこで本研究では、骨折治療においてコンピューター支援により術前計画と手術中のX線透視画像を融合し、実用性の高いナビゲーションシステムの開発を試みた。課題1では術前計画で作成した3D画像を術中X線透視画像と位置合わせする技術を開発した。課題2では術中のX線透視画像をもとにした3D形状復元技術を確立した。課題3では深層学習の手法を用いてX線透視復元画像の3D位置を推定する技術を確立した。課題4では、術前計画3D画像とX線透視画像を位置合わせすることによる手術ナビゲーションシステムの臨床的意義を検証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究はバーチャル空間での骨折整復、骨接合材設置のシミュレーションが、実際の手術と融合する点に特長がある。これまで術中のX線透視画像に対応する3D画像を描出する方法や術中のX線透視画像から3D形状を復元する方法は確立されておらず、この点に学術的意義がある。これらの技術により、術中に変化する対象物の3D形状を描出することが可能となり、術前計画で作成した3D画像と対比しながら手術を行える点に臨床的意義がある。またX線透視画像から3D形状復元する手法は、CTを撮像できない環境でも対象物の3D形態を描出することができるため、CT撮像の必要性、放射線被ばく、医療費の削減などにつながる社会的意義がある。

研究成果の概要(英文)：The problem with conventional preoperative planning for fracture treatment is not practical, because it is unlike actual surgery. In this study, we attempted to develop a novel navigation system by fusing preoperative planning image and intraoperative fluoroscopic image with computer assisted technology in fracture treatment. First, we developed a method to match the 3D image of the preoperative plan with the intraoperative fluoroscopic image. Second, we established a 3D shape reconstruction technique based on the fluoroscopic image. Third, we established a technique to estimate the 3D position of the fluoroscopy reconstruction image using the deep learning method. Lastly, we verified the clinical significance of the surgical navigation system by aligning the preoperative plan 3D image and the fluoroscopic image. As the result, a navigation system that combines preoperative plan image and intraoperative fluoroscopic image reduced post-operative reduction loss in the fracture surgery.

研究分野：整形外科

キーワード：骨接合術 ナビゲーション コンピューター支援 術前計画 3Dリコンストラクション X線透視

1. 研究開始当初の背景

近年、整形外科手術においてコンピューター支援の有用性が広く報告されている。コンピューター支援技術に基づく3次元骨形態の評価、術前計画、術中ナビゲーションは手術の精度を高め、合併症を低減する有効な手段と考えられる。一方で、術前計画立案が煩雑であること、装置の運用コスト、術中の位置合わせ（レジストレーション）操作、参照点獲得のための正常部位への侵襲などの課題により、一部の施設・手術でしか適用されていない現状がある。

骨折に対する骨接合術は、整形外科領域で最も頻度の高い手術の一つである。骨接合術において失われた運動機能を回復するためには、理想的な整復位の獲得と適正な内固定設置が重要である。不適切な整復・内固定設置により骨癒合不全、整復位の再転位などの合併症を生じ、患者の機能回復が遷延する。これら合併症の予防には、個々の骨折型・骨形態に応じた整復位と至適内固定材の選択・設置が必要であり、これにはコンピューター支援技術を用いた3次元骨形態・位置情報の導入が有用と考えられる。しかし、多様な骨折型と内固定選択、安定した術中画像描出の難しさなどの理由により、骨折治療へのコンピューター支援技術の導入は立ち遅れている。

研究代表者はこれまで、骨折部のCT画像にもとづく3D術前計画ソフトウェアの開発・臨床応用などにより、骨折治療におけるコンピューター支援技術の導入を試みてきた。骨接合術に際し、3D術前計画を行うことで、従来法より高い整復精度と術後矯正損失の低減がえられることがわかった。一方で、3D術前計画画像と実際の手術におけるX線透視画像をつなぐ手段がないことも課題として浮かびあがった。現状において、骨折手術におけるコンピューター支援の課題は以下の二点ある。1. 術中X線透視画像の変化に対応した3次元骨形状の描出、2. 3D術前計画画像とのリアルタイムレジストレーション。本研究で、この二つの課題を克服し、実用性の高い骨折手術ナビゲーションシステムを実現することを着想した。

2. 研究の目的

本研究の目的は、1) X線透視画像をもとにした術中変化に対応する3次元形態・位置推定システムの開発、2) 3D術前計画画像とのリアルタイムレジストレーションの実現、3) 橈骨遠位端骨折の骨接合術への臨床応用である。

3. 研究の方法

(1) X線透視画像をもとにした3次元骨位置推定システムの開発

X線透視画像における参照点と術前計画で作成した3D画像の参照点を比較することで、被写体の3次元位置を推定するシステムを開発した。X線透視画像における骨の3次元位置推定のために手関節モデルにマーカーを設置しCTを撮像した。CTのDICOMデータから、手関節モデルの3次元骨モデルを作成した。次にX線透視画像で手関節モデルを描出し、手関節モデルのマーカーと作成した3次元骨モデルのマーカーを対比して手関節モデルの位置変化にあわせて3次元骨モデルの位置をトラッキングするシステムとした(図1, 2)。X線透視画像上のマーカー間距離と3次元骨モデルを投影したモニター上の距離を対比して、その誤差を調べた。また3Dスキャナーで描出した手関節モデルのマーカー間の距離を計測して、X線透視画像と3次元骨モデルにおける距離の比率との相関を調べた。



図1



図2

(2) QRコードを用いたX線透視画像の3次元骨位置推定

(1)のシステムにQRコードマーカーによる位置姿勢推定ができるようにアルゴリズムの改変を加えた。X線透視画像上のQRコードマーカーとCTデータから作成した3D画像上のマーカーを比較して、被写体の3D位置を推定するシステムとした。手関節モデルにQRコードまたは金属マーカーを設置しCTを撮像した。CTのDICOMデータから、手関節モデルの3D骨画像を作成した。X線透視で手関節モデルを描出し、透視画像と3D骨画像のマーカーを対比し、手関節モデルの位置変化に応じて3D骨画像を描出できるか検証した。透視画像上と3D骨画像を投影

したモニター上のマーカー間距離を対比して、その誤差を調べた。前後(AP)、後前(PA)、橈側側面、尺側側面の4つの撮像条件で測定した。実測値に対する測定誤差の比率(測定誤差比率)を求めてQRコードと金属マーカーで比較した。また透視画像と3D画像のマーカー間距離の級内相関係数(ICC)を評価した。

(3) X線透視画像をもとにした3次元骨形態推定アルゴリズムの開発

被写体に平面マーカーを取り付け、被写体を回転させながら撮影したX線透視画像群から断層復元を行うシステムを開発した。五つのマーカーを平面上に表裏判別を可能とするよう配置し、X線透視画像中で各マーカーをトラッキングする。画像上でのマーカーの観測位置(2次元座標)とマーカーの3次元位置(3次元座標)の対応関係から被写体の位置姿勢を推定する。推定した位置姿勢情報に基づき、代数的再構成法を用いて断層情報を再構成した。マーカーのトラッキング精度、および、推定位置姿勢に基づくマーカーの再投影誤差により処理精度を評価する。

(4) ボリューム推定深層ネットワークを用いた2D-3Dレジストレーション法の開発

マーカーレスなアプローチでX線透視画像で観測される被写体の位置姿勢を推定する手法を実現する。X線透視画像から深層学習を用いて被写体の3次元ボリュームを復元し、その復元結果を事前撮影CTモデルと位置合わせすることにより、位置姿勢を推定する。X線透視画像から3次元ボリュームを推定する深層ネットワークとしてNeRFに代表される内部表現を用いることにより、限られた枚数のX線透視画像から比較的精度の高い3次元ボリュームの復元を可能とする。骨盤を用いた検証実験を通じて、深層ネットワークの出力ボリュームを用いてCTモデルのレジストレーションが行えることを確認する。

(5) 橈骨遠位端骨折骨接合術におけるImage fusion systemの臨床評価

骨接合術における3D術前計画をX線透視画像と対比して表示するimage fusion systemを開発し、臨床評価を行った。Image fusion法と従来法で骨接合術を行った橈骨遠位端骨折患者の臨床成績を比較した。橈骨遠位端骨折に対して掌側ロッキングプレートを用いて骨接合術を施行した78例(男性23例、女性55例、平均65.1歳、18-86歳)を対象とした。Image fusion群(39手)では、術前に骨折整復・内固定設置の3Dシミュレーションを行い、術前計画の輪郭線抽出処理画像を術中のX線透視画像と融合し、比較しながら骨接合術を施行した。対照群(C群、39手)では、術前の単純X線とCTからテンプレートをを用いて内固定材を選択し、X線透視画像を参考に骨接合術を行った。Propensity score matchingを用いて両群の年齢・骨折型を適合した。両群の手術時間、出血量、術中X線透視時間、術後3・6カ月のMayo wrist scoreを記録した。術後1週、3、6ヶ月の手関節単純X線においてradial inclination (RI), ulnar variance (UV), palmar tilt (PT)を計測した。術後3、6ヶ月と術後1週間のX線計測値の差を求めて矯正損失を評価した。各計測値を両群で統計的に比較した。

4. 研究成果

(1) 手関節の方向に対応した各マーカー間距離のX線透視画像と3次元モデルの計測値の差は手関節の後前面像において平均 1.1 ± 0.3 mm、側面尺側像において 3.3 ± 1.2 mm、前後面像において 1.6 ± 0.6 mm、側面橈側像において 2.8 ± 1.4 mmであった(図3)。前後面像、後前面像における誤差は1.9-3.0%で、側面像における誤差は9.3-10.7%であった。3Dスキャナーで計測した比率との相関は前後像でもっとも高かった(ICC:0.91-0.92)。

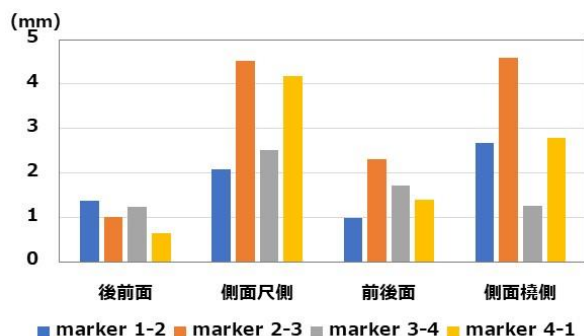


図3 手関節の方向による各マーカー間距離の誤差

考察: X線透視画像と3D骨モデルから推定したマーカー位置は前後像、後前面像では比較的良好な精度を示したが、側面像では誤差が大きい傾向があった。これはX線透視画像における画面の歪みやマーカーの検出誤差が影響していると考えられた。

(2) 各マーカー間距離のX線透視画像と3D骨画像の測定値の差は、AP、PA、橈側側面、尺側側面の順に 3.6 ± 4.3 mm/ 3.2 ± 2.3 mm、 3.3 ± 0.7 mm/ 4.6 ± 2.9 mm、 3.4 ± 2.3 mm/ 4.7 ± 2.2 、 3.2 ± 2.5 mm/ 4.8 ± 4.9 mm(QRコード/金属マーカー)であった。測定誤差比率は $2.5 \pm 0.1\%$ / 6.3

±0.1% (QRコード/金属マーカー) で、QRコードの測定誤差比率は金属マーカーと比較して有意に低かった ($P < 0.01$)。X線透視画像と3D画像のマーカー間距離のICCは、0.99/0.96 (QRコード/金属マーカー) であった。

考察：X線透視画像の3D骨位置推定は、金属マーカーと比較してQRコードで有意に改善した。QRコードの使用はX線透視画像の3D骨位置推定の精度を向上させる一つの手段になる。

(3) 図4はマーカーのトラッキングと推定姿勢の再投影誤差(推定精度)を示している。周期的に誤差のピークがあることから誤差が生じやすい投影方向が存在することが確認できる。図5は元の断面画像と再構成後の断面画像を示している。図6正解3次元画像と再構成後の3次元画像をボリュームレンダリングした結果である。再投影誤差は平均 $0.76 \pm 0.36\text{mm}$ であった。再構成画像では上部と下部(図5右)に画像のスケールに相違が生じている。考察：図4の再投影誤差が高いのは平面マーカーがX線検出パネルに平行である画像またはその近辺の画像である。したがってこれらの画像から推定される姿勢に誤差が生じ、結果として再構成画像にも影響を与える。また、本実験では画像の歪みを考慮しなかったが、実験に用いたX線投影装置の検出器はX-ray Image Intensifierであるため姿勢推定の精度を向上させるためには投影画像に歪み補正が必要であることが考えられる。

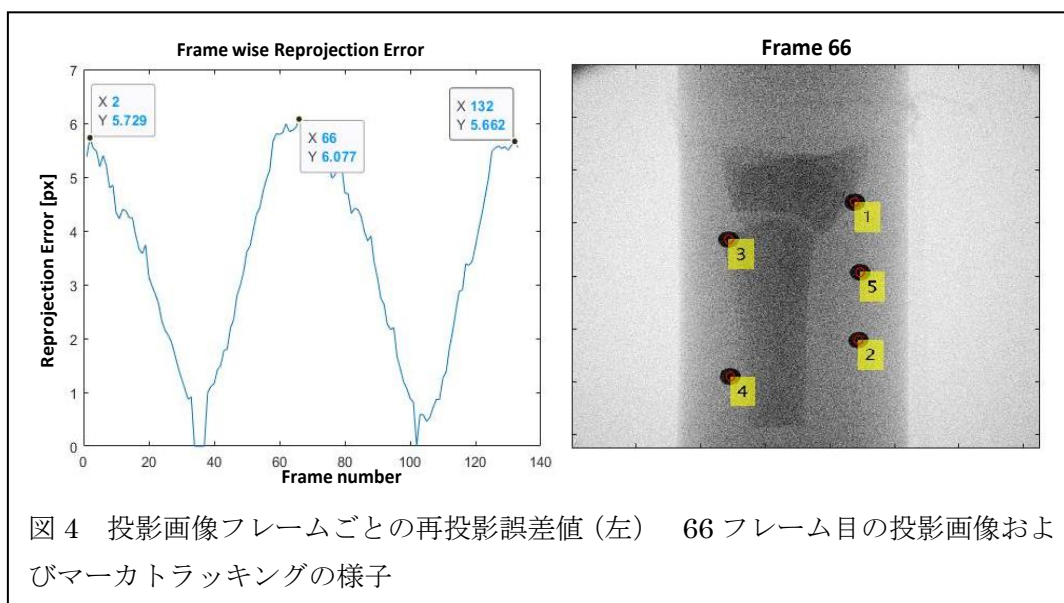


図4 投影画像フレームごとの再投影誤差値(左) 66フレーム目の投影画像およびマーカートラッキングの様子

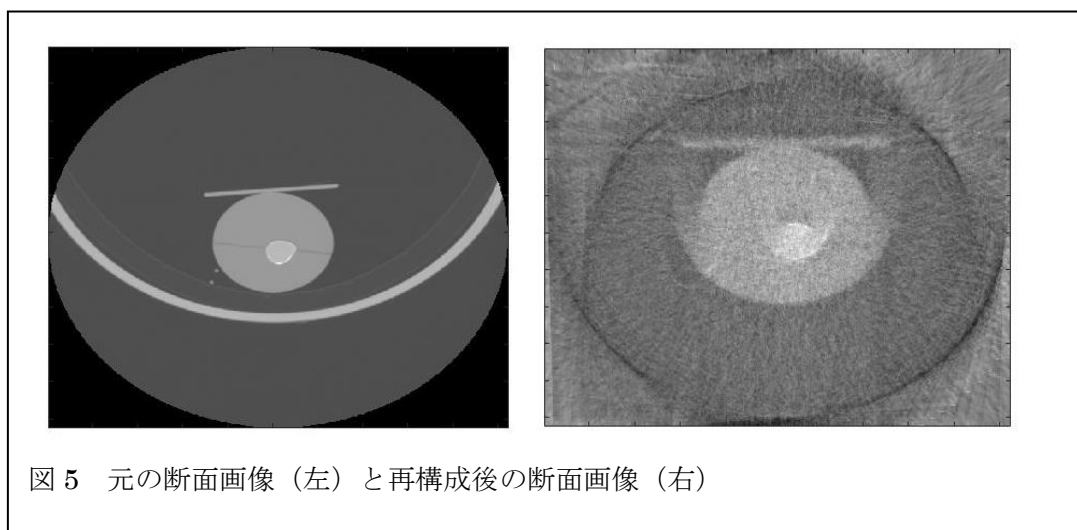


図5 元の断面画像(左)と再構成後の断面画像(右)

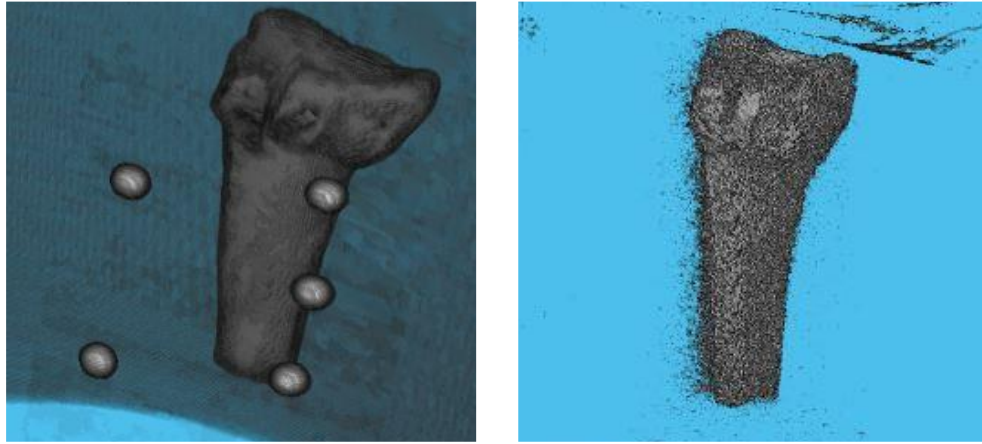


図6 元の3次元画像（左）と再構成後の3次元画像（右）のボリュームレンダリング

(4) 6000枚のX線透視画像と対応するCTボリュームデータを用意し、4800枚を訓練データ、1200枚をテストデータとして深層学習を行った。その際、CTボリュームと復元ボリュームの密度の二乗誤差を損失関数とした。深層学習に要した時間は、並列演算ユニット（GPU：NVIDIA社 RTX3090）を搭載した計算機を用いて48時間であった。図7にボリューム復元結果の一例を示す。1枚のX線透視画像（図7中央）から学習器を用いてCTモデル（図7右）と同等のボリューム（図7左）が復元されていることがわかる。図8にCTモデルと復元モデルのレジストレーション結果を示す。良好な位置合わせが実化されていることが確認できる。

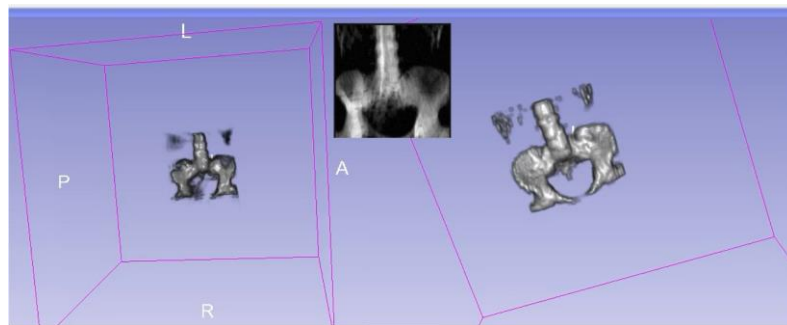


図7 深層ネットワークで復元したボリューム（左）、入力画像（中心）、CTモデル（右）

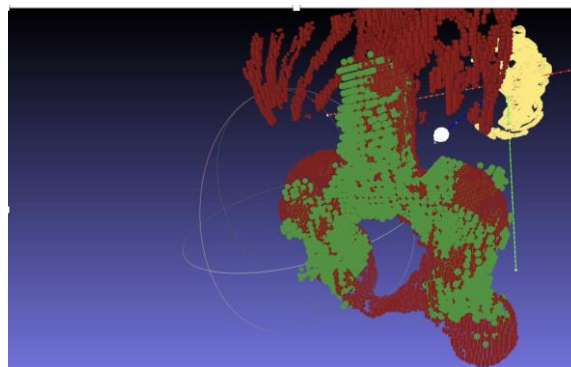


図8 復元ボリューム（緑）とCTモデル（赤）のレジストレーション結果

(5) 臨床成績について手術時間、出血量、術中X線透視時間、術後3・6カ月のMayo wrist Scoreにはimage fusion群とC群には有意な差を認めなかった。X線計測では術後3・6カ月において、ulnar varianceの矯正損失量がimage fusion群で対照群に対して有意に少なかった（RI: $0.8 \pm 0.9^\circ / 1.5 \pm 1.3^\circ$, UV: $0.4 \pm 0.4\text{mm} / 0.8 \pm 0.8\text{mm}$, PT: $1.0 \pm 0.9^\circ / 1.7 \pm 1.5^\circ$, image fusion群/対照群, $P < 0.01$ ）。

考察：橈骨遠位端骨折の骨接合術において、image fusion systemは術後の矯正損失量を低減することがわかった。これは術中の内固定設置位置の精度が改善したことによるものと考えられた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Yuichi Yoshii, Takeshi Ogawa, Atsuo Shigi, Kunihiro Oka, Tsuyoshi Murase, Tomoo Ishii	4. 巻 16
2. 論文標題 Three-dimensional evaluations of preoperative planning reproducibility for the osteosynthesis of distal radius fractures	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 J Orthop Surg Res	6. 最初と最後の頁 131
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1186/s13018-021-02278-9	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Yuichi Yoshii, Shin Teramura, Kazuki Oyama, Takeshi Ogawa, Yuki Hara, Tomoo Ishii	4. 巻 19
2. 論文標題 Development of three-dimensional preoperative planning system for the osteosynthesis of distal humerus fractures	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Biomed Eng Online	6. 最初と最後の頁 56
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1186/s12938-020-00801-3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Yoshii Y, Totoki Y, Sashida S, Sakai S, Ishii T.	4. 巻 14
2. 論文標題 Utility of an image fusion system for the 3D preoperative planning and fluoroscopy in the osteosynthesis of distal radius fracutres.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J Orthop Surg Res	6. 最初と最後の頁 342
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1186/s13018-019-1370-z.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Yoshii Y, Totoki Y, Shigi A, Oka K, Ogawa T, Murase T, Ishii T.	4. 巻 11
2. 論文標題 Computer-aided assessment of displacement and reduction of distal radius fractures	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Diagnostics	6. 最初と最後の頁 719
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/diagnostics11040719	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 3.Yoshii Y, Ogawa T, Hara Y, Totoki Y, Ishii T.	4. 巻 20
2. 論文標題 An image fusion system for corrective osteotomy of distal radius malunion	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Biomed Eng Online	6. 最初と最後の頁 66
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s12938-021-00901-8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計29件(うち招待講演 4件/うち国際学会 9件)

1. 発表者名 吉井雄一, 大山和生, 井伊聡樹, 木村美緒, 西根潤, 酒井伸介, 石井朝夫.
2. 発表標題 Image fusion systemを用いた橈骨遠位端骨折骨接合術の3次元再現性評価
3. 学会等名 第63回日本手外科学会学術集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉井雄一, 大山和生, 井伊聡樹, 木村美緒, 西根潤, 酒井伸介, 石井朝夫.
2. 発表標題 3次元参照点を基にした橈骨遠位端骨折の転位方向と整復位の評価
3. 学会等名 第63回日本手外科学会学術集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuichi Yoshii, Yasukazu Totoki, Satoshi Sashida, Tomoo Ishii.
2. 発表標題 Three Dimensional Analysis of Displacement and Reduction of Distal Radius Fractures
3. 学会等名 XXV Federation of European Societies for the Surgery of the Hand Congress (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuichi Yoshii, Kazuki Oyama, Yasukazu Totoki, Kunihiro Oka, Takeshi Ogawa, Tsuyoshi Murase, Tomoo Ishii.
2. 発表標題 Three-Dimensional Evaluations of Reproducibility of Preoperative Planning for the Osteosynthesis of distal radius fractures
3. 学会等名 75th Annual Meeting of the American Society for Surgery of the Hand (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉井雄一, 岡久仁洋, 村瀬剛, 石井朝夫, 山崎正志.
2. 発表標題 X線透視画像をもとにした3次元骨位置推定システムの開発
3. 学会等名 第35回日本整形外科学会基礎学術集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuichi Yoshii, Takamasa Kudo, Jun Nishine, Kazuki Oyama, Satoki Ii, Tomoo Ishii
2. 発表標題 Development of 3D Bone Position Estimation System Based on Fluoroscopic Image
3. 学会等名 Orthopaedic Research Society 2021 Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuichi Yoshii, Shin Teramura, Kazuki Oyama, Satoki Ii, Tomoo Ishii.
2. 発表標題 Reproducibility of Osteosynthesis of Distal Radius Fracture Using Image Fusion System
3. 学会等名 Orthopaedic Research Society 2021 Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉井雄一
2. 発表標題 骨折手術における次世代ナビゲーションシステムの開発
3. 学会等名 第6回橋渡し研究戦略的推進プログラムシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉井雄一
2. 発表標題 上肢外傷治療におけるコンピュータ支援の可能性
3. 学会等名 第15回日本CAOS研究会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉井雄一， 十時靖和， 佐次田哲， 酒井晋介， 石井朝夫.
2. 発表標題 橈骨遠位端骨折の3D術前計画とX線透視画像の融合による手術支援システム
3. 学会等名 第62回日本手外科学会学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉井雄一， 十時靖和， 酒井晋介， 石井朝夫， 山崎正志.
2. 発表標題 橈骨遠位端骨折に対する3D術前計画の再現性
3. 学会等名 第92回日本整形外科学会学術総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuichi Yoshii, Yasukazu Totoki, Satoshi Sashida, Tomoo Ishii.
2. 発表標題 Utility of Image Fusion System for 3D Preoperative Planning in the Osteosynthesis of Distal Radius Fractures
3. 学会等名 14th IFSSH (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉井雄一, 大山和生, 十時靖和, 酒井晋介, 石井朝夫.
2. 発表標題 3D術前計画とX線透視画像の融合による橈骨遠位端骨折手術支援の有用性
3. 学会等名 第45回日本骨折治療学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉井雄一, 渡邊優, 西根潤, 大山和生, 井伊聡樹, 酒井晋介, 石井朝夫.
2. 発表標題 橈骨遠位端骨折変形治癒の矯正骨切り術における3D術前計画とX線透視画像の融合による手術支援
3. 学会等名 第12回日本手関節外科ワークショップ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉井雄一, 十時靖和, 岡久仁洋, 村瀬剛, 石井朝夫, 山崎正志.
2. 発表標題 橈骨遠位端骨折骨接合術における3D術前計画の3次元再現性評価
3. 学会等名 第34回日本整形外科学会基礎学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉井雄一, 小川健, 原友紀, 石井朝夫.
2. 発表標題 Image fusion systemを用いた橈骨遠位端骨折変形治癒の矯正骨切り術
3. 学会等名 第64回日本手外科学会学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉井雄一, 工藤孝将, 松浦智史, 信貴厚生, 岡久仁洋, 村瀬剛, 石井朝夫.
2. 発表標題 健常手関節における橈骨遠位部参照点の3次元の基準位置に関する検討
3. 学会等名 第64回日本手外科学会学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉井雄一, 工藤考将, 松浦智史, 大山和生, 西根潤, 井伊聡樹, 石井朝夫.
2. 発表標題 橈骨遠位部の3次元の標準骨形態
3. 学会等名 第47回日本骨折治療学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuichi Yoshii, Shin Teramura, Kazuki Oyama, Tomoo Ishii.
2. 発表標題 Reproducibility of Three-dimensional Digital Preoperative Planning for the Osteosynthesis of Distal Humerus Fractures
3. 学会等名 Orthopaedic Research Society 2020 Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉井雄一, 工藤孝将, 大山和生, 井伊聡樹, 西根潤, 石井朝夫.
2. 発表標題 3D術前計画とX線透視画像の融合による上腕骨遠位部骨折骨接合術
3. 学会等名 第33回日本肘関節学会学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉井雄一, 十時靖和, 池田和大, 小川健, 原友紀, 田中利和.
2. 発表標題 コンピュータ支援に基づく橈骨遠位端骨折の転位と整復位の評価
3. 学会等名 第13回日本手関節外科ワークショップ
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuichi Yoshii, Takamasa Kudo, Satoshi Matsuura, Tomoo Ishii.
2. 発表標題 Evaluations of three-dimensional standard bone morphology of the distal radius
3. 学会等名 76th annual meeting American Society for Surgery of the Hand (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuichi Yoshii, Yuta Iwashashi, Satoshi Sashida, Tomoo Ishii.
2. 発表標題 Improved Accuracy of Three-dimensional Tracking of Distal Radius with QR Code Markers
3. 学会等名 Orthopaedic Research Society 2022 Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉井雄一
2. 発表標題 骨接合術におけるコンピュータ支援のための要素技術開発
3. 学会等名 第16回日本CAOS研究会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉井雄一, 岩橋優太, 佐次田哲, 石井朝夫.
2. 発表標題 手関節X線透視画像に基づく3次元骨位置推定
3. 学会等名 第65回日本手外科学会学術集会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉井雄一, 俣木健太郎, 塚西敏則, 石井朝夫, 山崎正志.
2. 発表標題 橈骨遠位端骨折骨接合術における3D術前計画の臨床的意義 3D術前計画法と従来法の比較
3. 学会等名 第95回日本整形外科学術総会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉井雄一, 岩橋優太, 佐次田哲, 石井朝夫.
2. 発表標題 手関節X線透視画像に基づく3次元骨位置推定
3. 学会等名 第65回日本手外科学会学術集会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉井雄一
2. 発表標題 橈骨遠位端骨折骨接合術におけるコンピュータ支援の可能性.
3. 学会等名 第47回日本骨折治療学会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuichi Yoshii
2. 発表標題 Recent Topics on Osteosynthesis of Distal Radius Fractures in Japan
3. 学会等名 APAC Trauma E-Series Part 3 2021: Updates and logistics（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 骨部手術の支援装置、支援方法、プログラム、および記録媒体	発明者 吉井雄一	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2021/006425	出願年 2021年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 骨部手術の支援装置、支援方法、プログラム、および記録媒体	発明者 吉井 雄一	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2020-40212	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

<p>〔社会貢献活動〕</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 吉井雄一，第36回東日本手外科研究会ハンズオンセミナー，橈骨遠位端骨折骨接合術ワークショップ - 術前計画の実践 - . 2022年3月5日，つくば. 2. Youtube動画，3D Surgical Vision. https://www.youtube.com/watch?v=MFeQzg0Hmb4. 2022年4月1日. 3. 吉井雄一，AMI肘関節周辺骨折ワークショップ，肘関節周辺骨折の3D術前計画の実際. 2021年12月4日，阿見. 4. 吉井雄一，AMI橈骨遠位端骨折ワークショップ，橈骨遠位端骨折における3D術前計画の実際. 2020年9月3日，阿見. 5. 吉井雄一，茨城県南コンピュータ支援診療研究会（第2回TMUコンピュータ支援診療研究会），上肢疾患に対するコンピュータ支援診療 診断，術前計画から手術まで，演者：岡久仁洋，2020年2月20日，阿見.
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	村瀬 剛 (Murase Tsuyoshi) (50335361)	大阪大学・医学系研究科・准教授 (14401)	
研究分担者	岡 久仁洋 (Oka Kunihiro) (50724085)	大阪大学・医学系研究科・助教 (14401)	
研究分担者	大竹 義人 (Otake Yoshito) (80349563)	奈良先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・准教授 (14603)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	北原 格 (Kitahara Itaru) (70323277)	筑波大学・計算科学研究センター・教授 (12102)	
研究協力者	宍戸 英彦 (Shishido Hidehiko) (50782067)	筑波大学・計算科学研究センター・助教 (12102)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関