

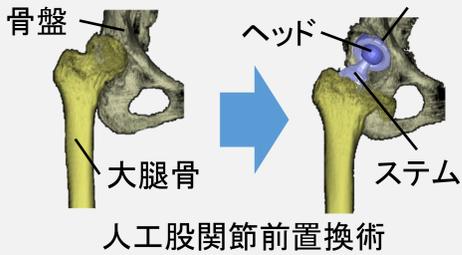
人工股関節術前計画システムにおける段階的力覚提示によるステム位置誘導支援

尾上 慶次, 鍵山 善之, 伊藤安海(山梨大学), 黒田 嘉宏, 吉元 俊輔, 大城 理(大阪大学)

E-mail: g15mm012@yamanashi.ac.jp

1. 背景・目的

骨盤 カップ・ライナー



人工股関節前置換術

整形外科分野

- ・術前及び術中コンピュータ支援システムの研究が進行。
- ・特に、人工股関節前置換術では、手術ナビゲーション等に不可欠な三次元術前計画の重要性が増加。

従来の術前支援システム



- ・患者の三次元CT画像と人工関節のCADモデルを使用。
 - ・二次元入力デバイス(マウス)による操作。
- 可視化されている断面以外での骨と人工関節との位置関係を把握できない⁽¹⁾⁽²⁾。

試作段階の術前支援システム



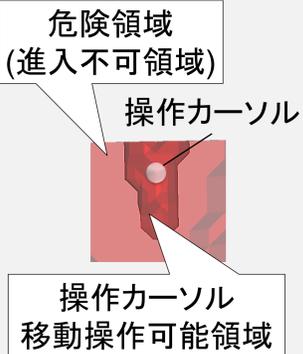
三次元位置姿勢を入力, 力覚出力が可能な操作デバイス(ハプティックデバイス)を使用する研究が報告されている⁽³⁾⁽⁴⁾。

- 手振れ等の影響が大きく、
- マウス操作と比較すると精度が落ちる
- 力覚出力を有効に活用されていないなどの問題が挙げられている⁽³⁾⁽⁵⁾。

我々の研究

骨と人工関節の位置関係から骨の三次元構造の状態を定量評価し、設置状態に応じて安全な設置位置へとハプティックデバイスを用いて誘導支援する術前計画立案システムを開発。

これまでの研究

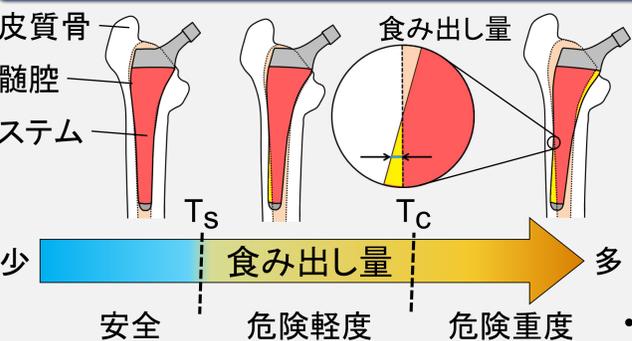


- 大腿骨皮質骨内側の空間(髄腔)に設置される人工関節ステム用の術前計画支援手法⁽⁶⁾
- ―ステムの皮質骨への食み出し量閾値を超えた領域割合(設置危険度)による危険度判定
 - ―設置危険領域への進入を防止するための力覚提示(Volume haptization法)
 - ―設置危険状態に応じた人工関節モデルの状態色提示
- 安全な移動操作可能領域が狭小で操作しづらい

本研究の目的

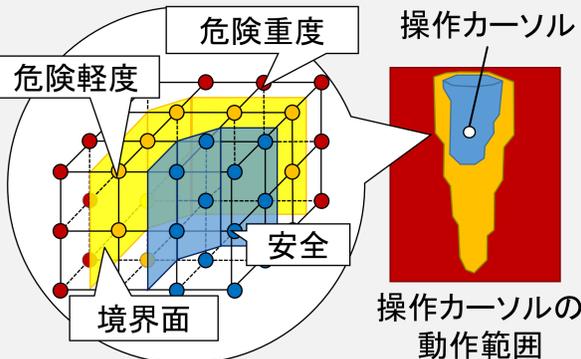
移動操作可能領域を拡大させ、不適切な設置領域への進入を回避するための振動提示及び反力提示を行う段階的力覚提示による誘導支援手法の開発

2. 提案するステム位置誘導支援手法



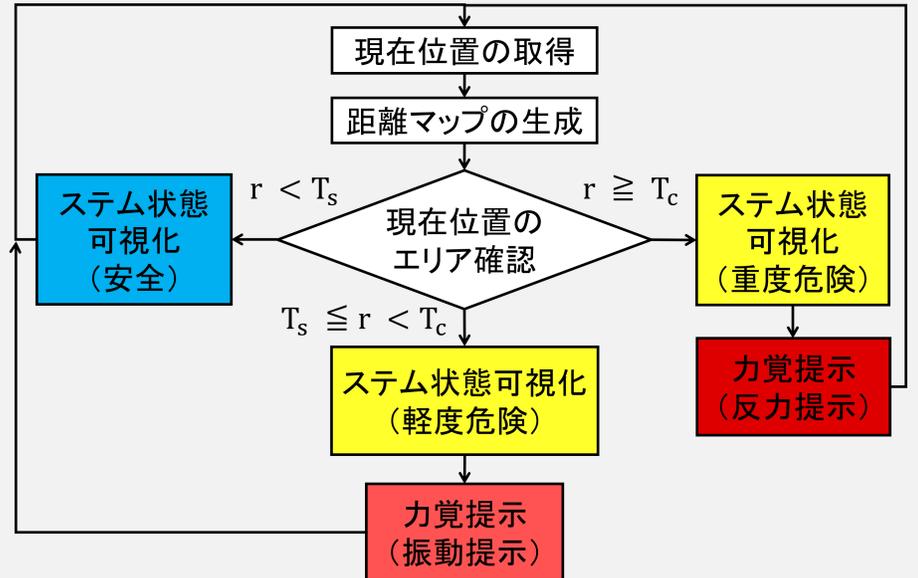
ステムの皮質骨との接触が多い部分について、皮質骨への食み出し量を最小限にする必要がある。

- ・設置位置におけるステム表面の皮質骨への食み出し量を設置危険度とし、その閾値を設定
- ・設置危険度に軽度閾値 T_s と重度閾値 T_c を設定
- ・ステム操作カーソル位置周囲格子点に各判定点を設定し、操作カーソルの動作範囲を安全領域、危険軽度領域、危険重度領域に区分



ステム位置誘導支援の状態可視化支援と力覚提示支援

ステム設置状態	食み出し量閾値を超える領域の割合(r [%])	状態可視化提示	力覚提示
安全	$r < T_s$	水色	-
危険軽度	$T_s \leq r < T_c$	黄色	振動提示
危険重度	$r \geq T_c$	黄色	反力提示



ステム位置誘導支援の処理フロー

3. 大腿骨へのステム設置術前計画立案実験

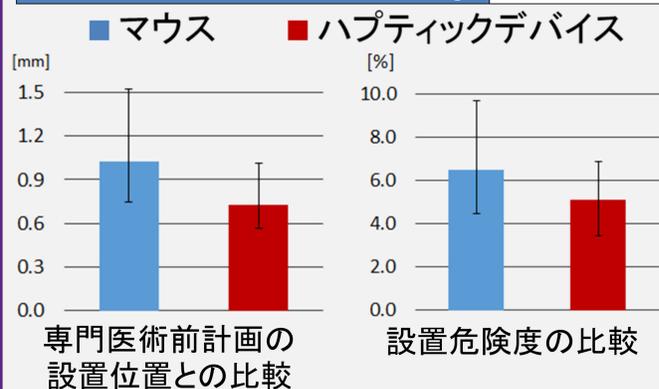
- ・従来の支援システムで操作デバイスとして使用するマウスによる操作, 提案手法であるハプティックデバイスによる操作で各々ステムの術前計画の立案を実施。
- ・被験者は工学部学生7名であり, 操作方法は事前にレクチャー済み。

使用機器

ハプティックデバイス	SensAble PHANTOM Omni
操作ステム	Stryker セントピラーTMZF HAステム
可視化ハプティックライブラリ	CHAI3D
三次元画像処理ライブラリ	Visualization Toolkit(VTK)
使用した計算機の使用	CPU(Intel(R) Xeon(R)), 3.07GHz, メモリ(12.0GB), グラフィックボード(NVIDIA NVS295)

実験条件

被験者	工学部学生7名 (人工股関節手術コンピュータ支援研究に関わっていない)
ステム表面の皮質骨への食み出し量閾値	0.5mm
設置危険度の危険軽度閾値 T_s	10%
設置危険度の危険重度閾値 T_c	20%



実験風景

マウスに比べ, 提案手法の方が安全位置にステムを設置することができた。

4. 考察・まとめ

- ・ステム操作カーソルの移動操作可能領域を拡大し, 振動提示や反力提示が設定通りに機能した。
- ・手振れ等による不適切な設置領域への進入を回避でき, 以前に開発したシステムよりも設置状態の安全危険判定をより明確に判断できた。
- ・今後は, 更なるシステムの改善, 専門医による三次元術前計画立案での試行を実施し, 提案手法の実用性を検証する。



(1)R.Lattanzi 他4名, Inform Interned Med, 27-2(2002), 71. (2) M. DiGioia 他11名, CORR, 355(1998), 8.
 (3)G.T.Nikolaos 他2名, IEEE, 13-3(2006), 40. (4) P.Luca 他3名, Comput Methods Programs Biomed, 97-1(2009), 86.
 (5) Viceconti.M 他8名, Comput Methods Programs Biomed, 85-2(2007), 138. (6)尾上慶次 他6名, IEICE, 114-482(2015), 17.