

ロボット介護機器安全検証手法～ 腰部負担評価のための介護作業シミュレータ

Development of A Safety Verification Method for Robot Care Equipments
～ A Care Work Simulator for Estimation of A Lumbar Burden

山田陽滋(名古屋大学)

YAMADA, Yoji, Nagoya University

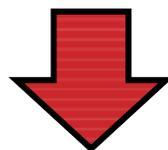
BACKGROUND

● 介護作業の現状



- ✓ 腰痛の発症
- ✓ 離職率の増加

Demands for



安全検証手法の開発 ⇨ 安全基準の確立

(Safety) Verification .. 安全性を保証できるかどうか
Validation 機器が安全基準に照らして妥当かどうか

Nursing Care Robots

ロボット介護機器の開発・普及



非装着型



装着型

TARGETS

- 移乗作業の際のリスク

介護士の立場でのハザード同定

- 腰部への負荷
- 共倒れ転倒



Fig.1 image of transferring

Simulator's targets;

- 人間工学的不整合に起因する腰痛発症リスク(重篤度)の見積り
- 介護シナリオの妥当性の確認

in use of a supporting equipment for care work.

LOW BACK PAIN

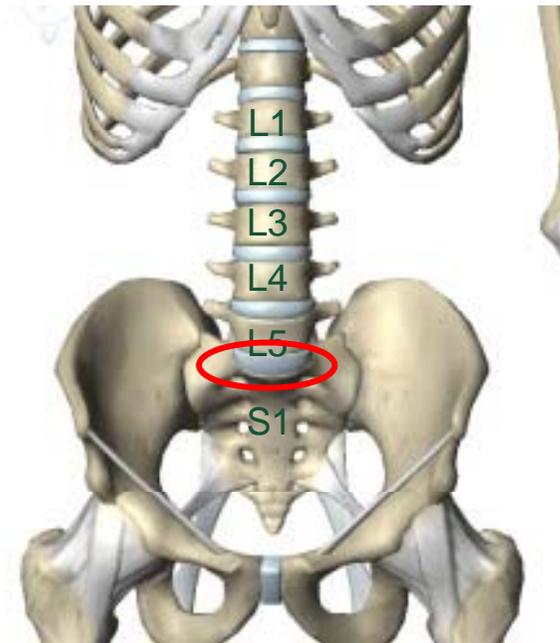
- The National Institute for Occupational Safety and Health

-米国において労働災害の予防を目的とした研究・勧告を行う研究機関

腰痛の発症基準

During lifting...

1. L5/S1間の椎間板に加わった負荷が支配的な要素.
2. 腰痛発症に関しては圧縮方向に加わる力が支配的.
3. 定量的には腰部への負荷が3.4[kN]を超える負荷が加わると腰痛発症リスクが増大する.



(Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks. 1991)

RELATED STUDIES ON THE LUMBAR BURDEN

先行研究

- **力学モデル**

A biomechanical model of the lumbosacral joint during lifting activities.

(ANDERSON, ;Charles K.1983)

Trunk muscle and lumbar ligament contributions to dynamic lifts with varying degrees of trunk flexion. (POTVIN, J. R.; MCGILL, S. M.; NORMAN, R. W. 1991)

- **実験**

Mechanical stability of the in vivo lumbar spine: implications for injury and chronic low back pain. (CHOLEWICKI, Jacek; MCGILL, S. M.1996)

- **統計的分析**

Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks.

(WATERS, Thomas R.1991)



Objective

- 人-人-機械の複雑な系の3次元解析
- 様々な姿勢の介護作業中の腰痛に関して評価する手法の開発

PROPOSED METHODS

Objective

- 人-人-機械の複雑な系の3次元解析
- 様々な姿勢の介護作業中の腰痛に関して評価する手法の開発

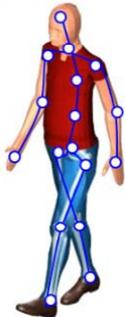
MADYMO

乗員拘束装置の設計, 最適化を行うためのソフトウェア
介護機器のモデリングも可能

- 基本構成

マルチボディダイナミクス

有限要素解析



筋骨格モデル

逆動力学計算により, 各関節に加わる筋力を推定

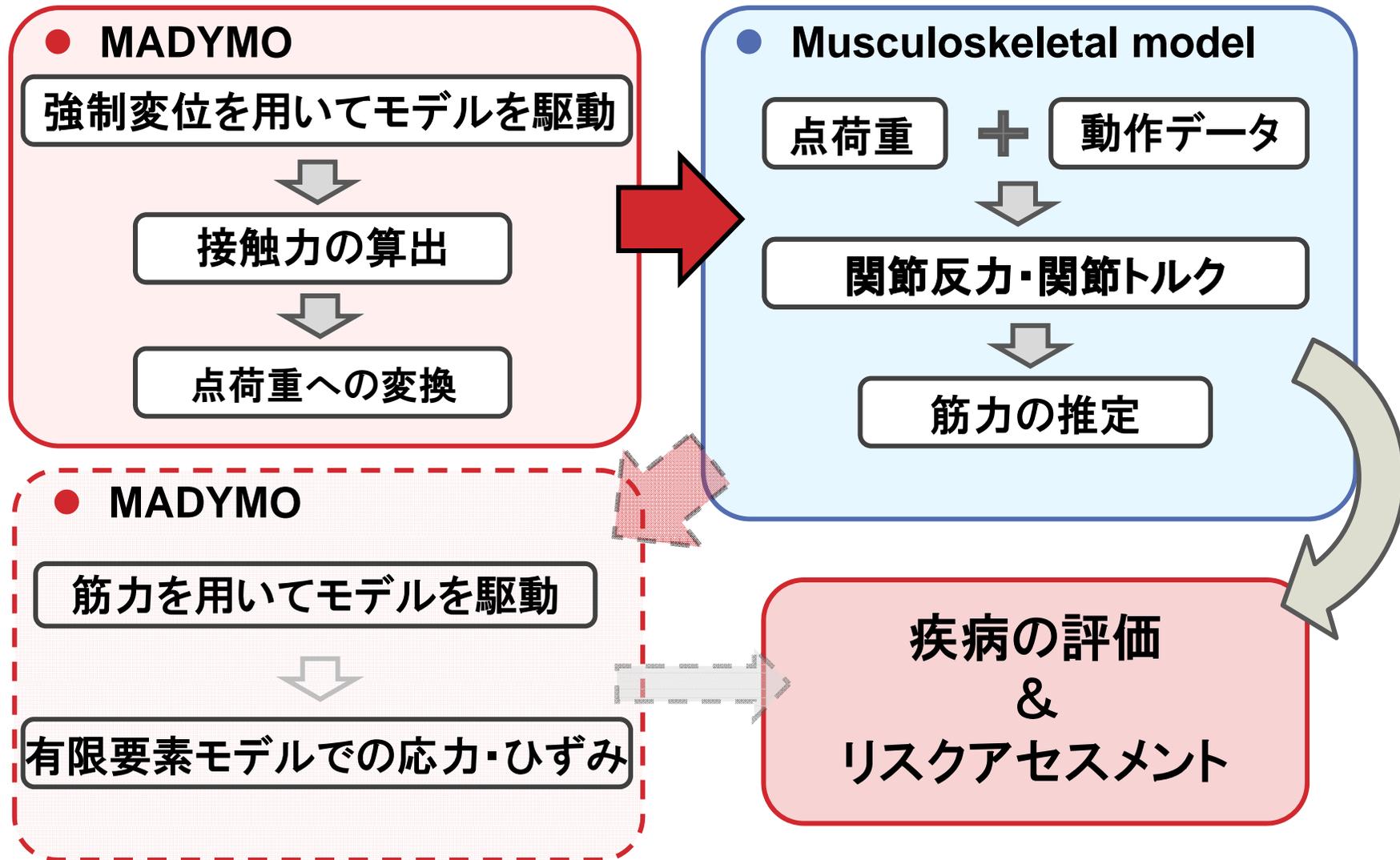


関節トルク, 反力
対象部の有限要素
モデルによる応力,
ひずみ

対象となる疾患の発
症リスクの評価

Ex. 現在はメインター
ゲットを腰痛としているた
め関節反力による評価

PROPOSED METHOD1



EXPERIMENTS

● 評価実験概要

● 実験目的

シンプルな作業に提案する方法を適応することで、シミュレーション方法の基本動作の確認

● 実験条件

作業: 重量物の持ち上げ

対象物: 重り (4.6kg重)

作業動作: 3パターン (右図)

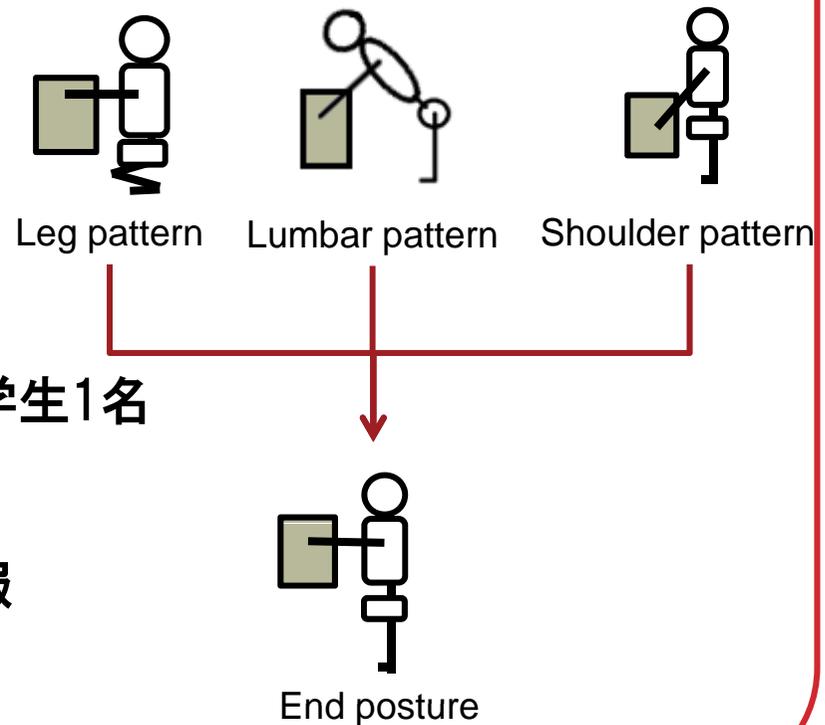
試行数: 5 trials / motions

実験参加者: 21歳の健常な男子学生1名

● 計測量

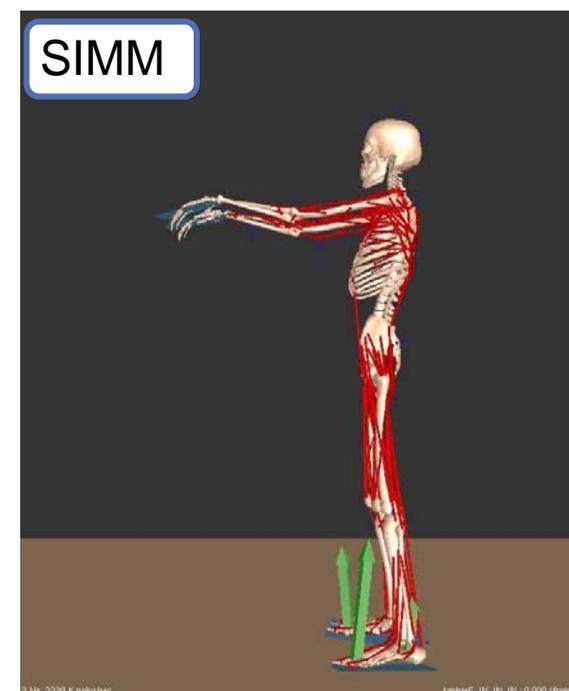
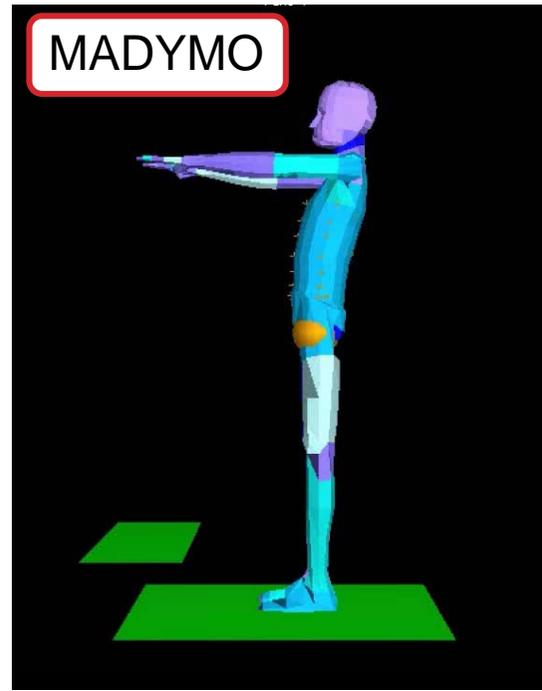
参加者の各関節の3次元位置情報

床反力



EXPERIMENT AND SIMULATIONS

□ In lumbar pattern

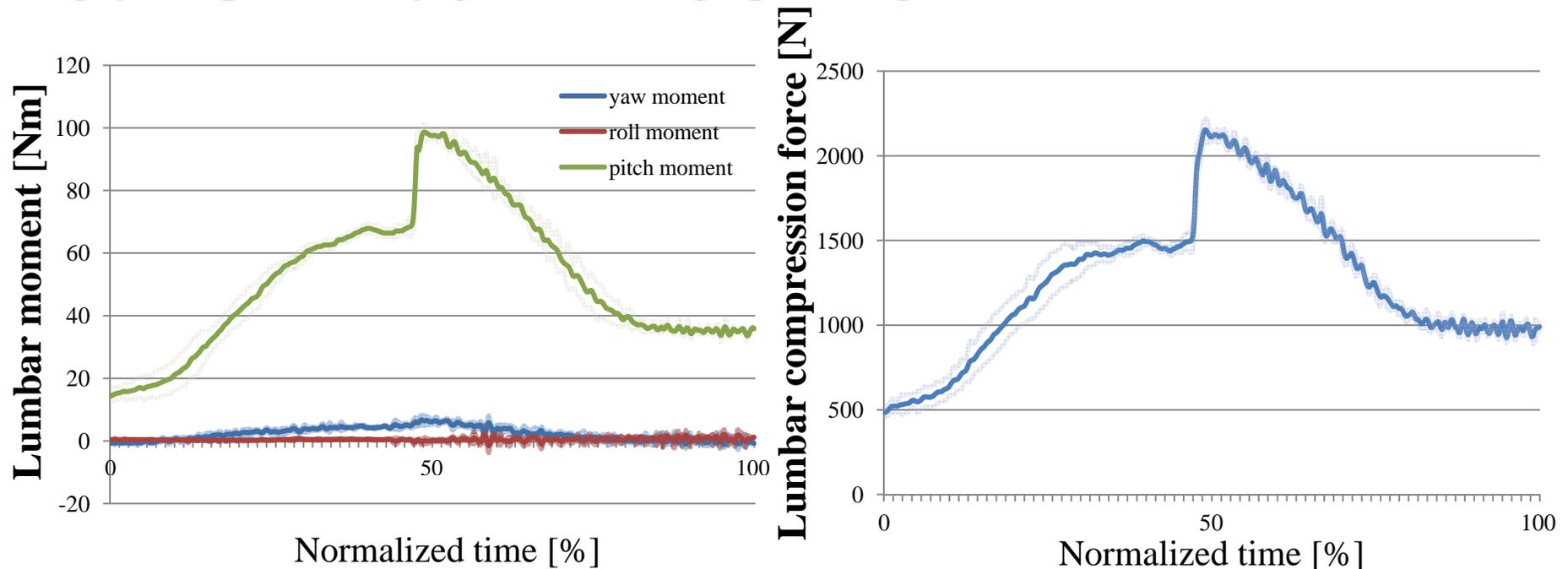


Real situation: 参加者の位置変位情報 force plate による床反力
重量物との接続は取手の保持

MADYMO: 各関節にmotion captureによる3次元位置から算出した関節角
重量物との接続はばねダンパでの接続

SIMM: motion captureによる位置情報と外力
重量物との接続は外力ベクトルにより入力

SIMULATION RESULTS



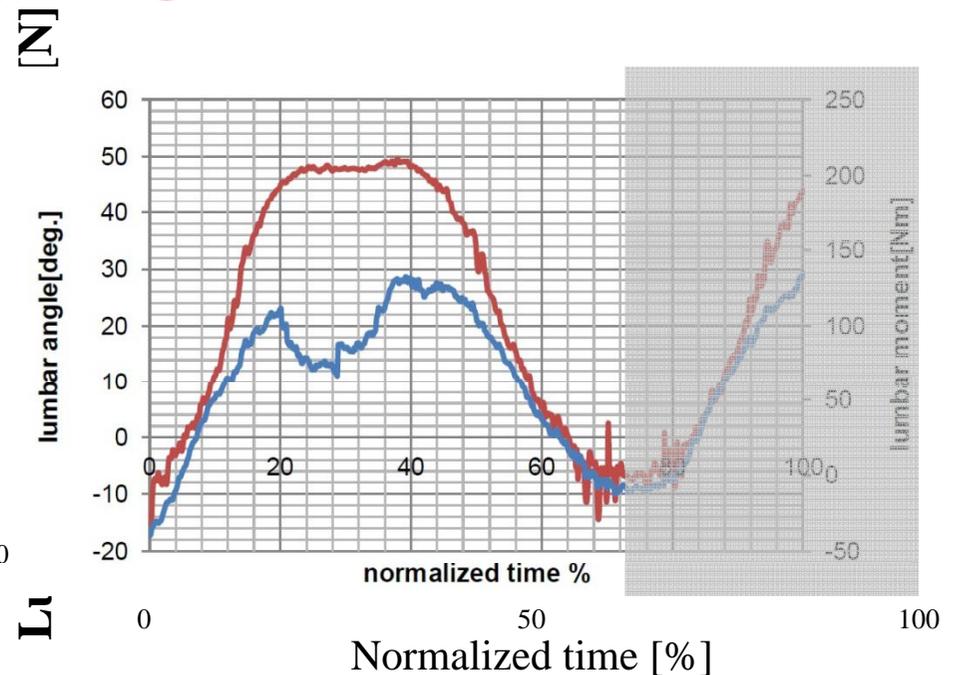
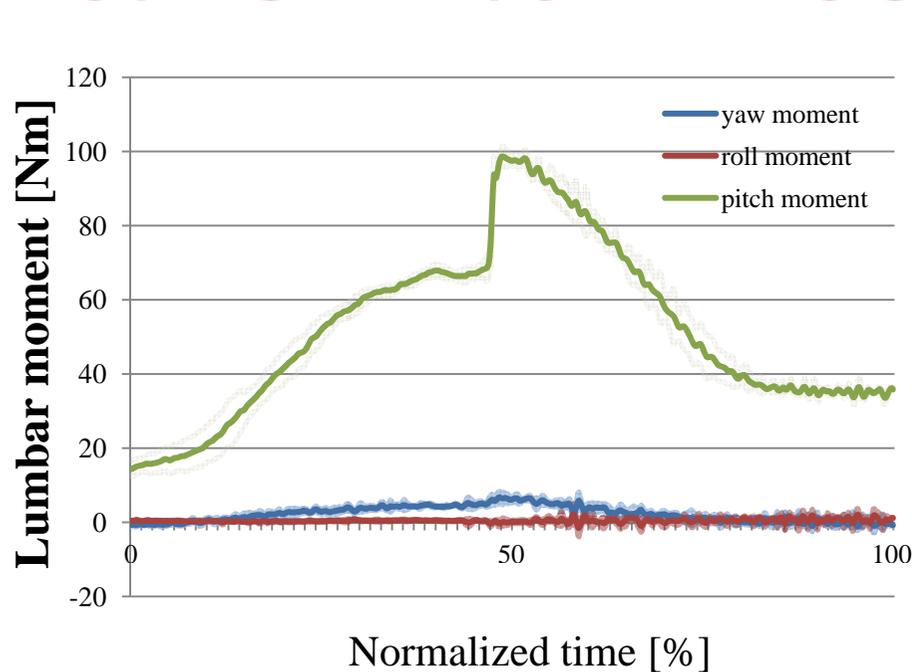
ヒューマンモデル中の lumbar joint に加わったモーメントを椎間板に加わったモーメントとして出力し，圧縮力に関してはモーメントと自重等の影響を考慮した換算を行った値を出力。

ピッチ方向のモーメントに関しては姿勢の変化による立ち上がりと物体の保持による立ち上がりを確認。

腰部圧縮力は今回の作業では姿勢によるモーメントに依存

以上から，本解析手法の動作を確認した。
次に定量的な評価実験を実施する。

SIMULATION RESULTS



ヒューマンモデル中の lumbar joint に加わったモーメントを椎間板に加わったモーメントとして出力し，圧縮力に関してはモーメントと自重等の影響を考慮した換算を行った値を出力。

ピッチ方向のモーメントに関しては姿勢の変化による立ち上がりと物体の保持による立ち上がりを確認。

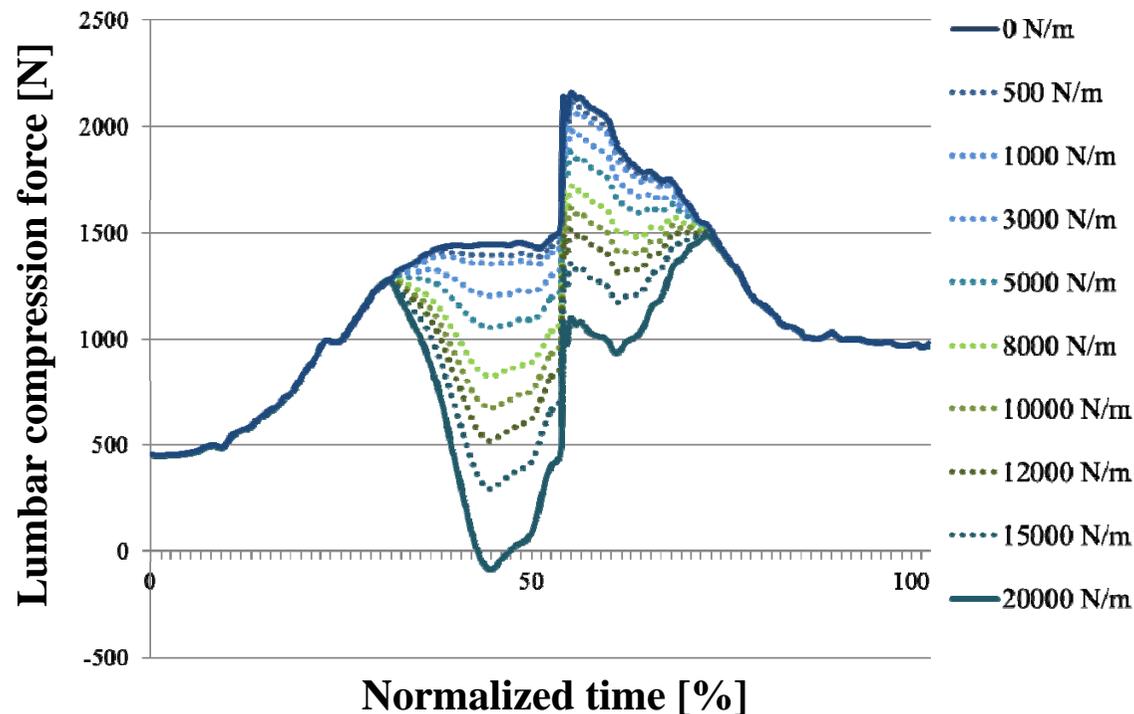
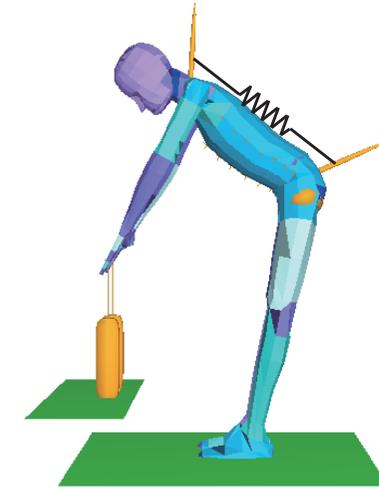
腰部圧縮力は今回の作業では主にピッチ方向のモーメントに依存

以上から，本解析手法の動作を確認した。
次に定量的な評価実験を実施する。

CARE ROBOT MODELING EXPERIMENTS

□ 介護機器の模擬

- ・ゴムを用いた介護機器を単純な形状にモデル化
 - ギムの伸縮を用いて、姿勢変化に応じて動作を支援する力が変化
 - 実際の機器を参考に自然長と取り付け位置を決定



□ 剛性の変化により、腰部圧縮力が減少.

□ 取り付け位置の調整により、腰部負担軽減効果の改善

PROPOSED METHODS

Objective

- 人-人-機械の複雑な系の3次元解析
- 様々な姿勢の介護作業中の腰痛に関して評価する手法の開発

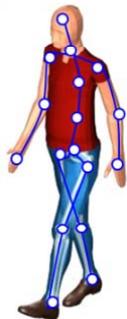
MADYMO

乗員拘束装置の設計, 最適化を行うためのソフトウェア
介護機器のモデリングも可能

- 基本構成

マルチボディダイナミクス

有限要素解析



MATLAB

逆動力学計算により, 各関節に加わるトルク, 力を算出



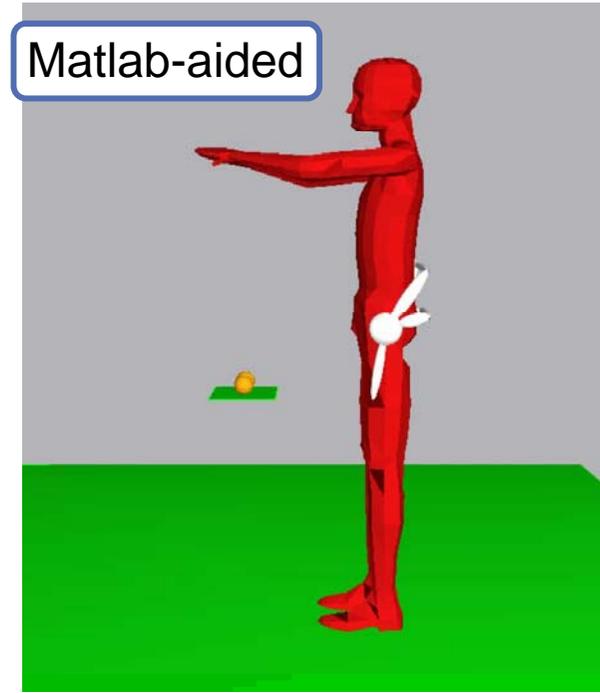
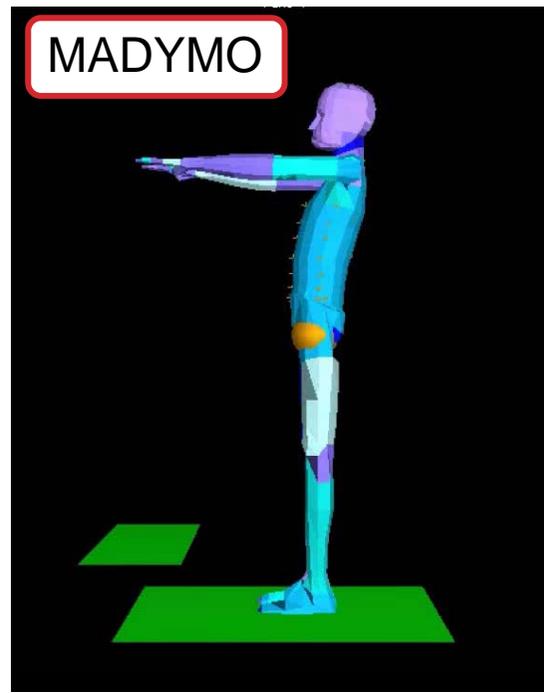
関節トルク, 反力
対象部の有限要素
モデルによる応力,
ひずみ

対象となる疾患の発
症リスクの評価

Ex. 現在はメインター
ゲットを腰痛としているた
め関節反力による評価

EXPERIMENT AND SIMULATIONS

□ In lumbar pattern

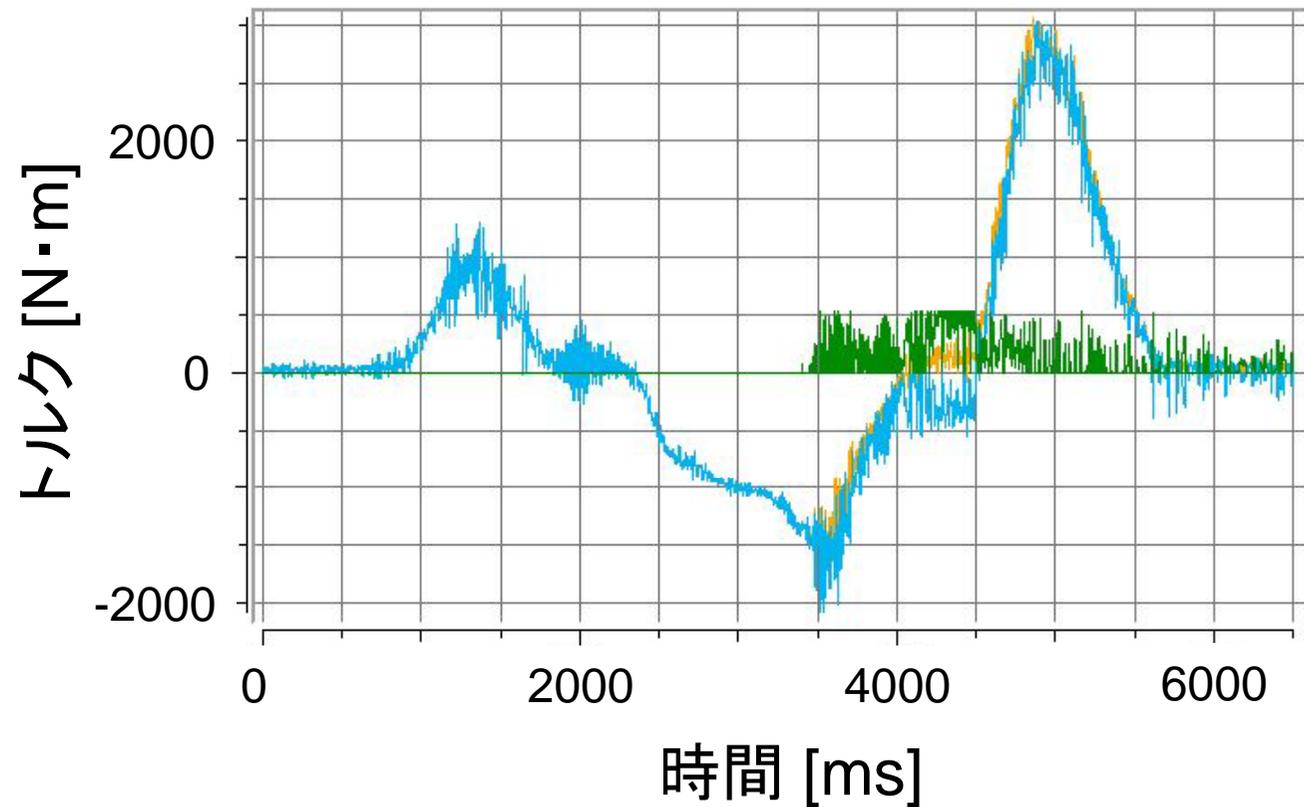


Real situation: 参加者の位置変位情報 force plate による床反力
重量物との接続は取手の保持

MADYMO: 各関節にmotion captureによる3次元位置から算出した関節角
重量物との接続はばねダンパでの接続

Matlab-aided: motion captureによる位置情報と外力
重量物との接続は外力ベクトルにより入力

MATLAB-AIDED



- HALなしモデルのL5ジョイントトルク
- HALありモデルのL5ジョイントトルク
- HALトルク

SUMMARY

□ 目的

人-人-機械の複雑な系の3次元解析

□ 実施事項

腰部負担見積手法の提案した.

評価実験を実施した.

介護機器の模擬を行った.

□ 結果

筋骨格モデルとの連携

関連研究との比較により, 解析手法の妥当性を確認した.

介護機器の模擬により, 機器の性能評価を行った.

□ MATLABとの連携

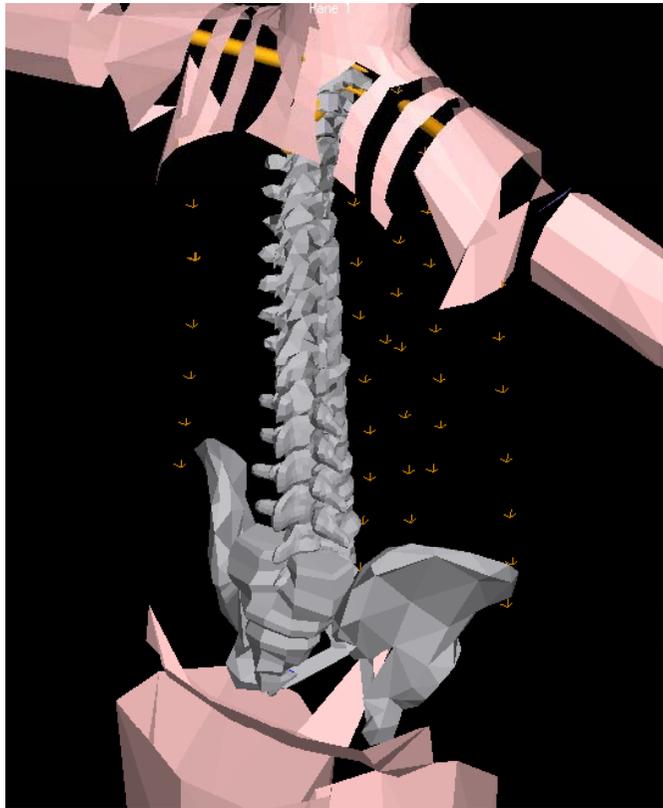
提示手法を用いた解析ツールのアウトラインができた.

動作生成は一通り成功した.

FUTURE PLAN

MATLABとの連携については今後動作生成精度の向上を目指す。
-モデルスケージングの改善, 動作データ取得の改善

□ 腰部構造の有限要素化

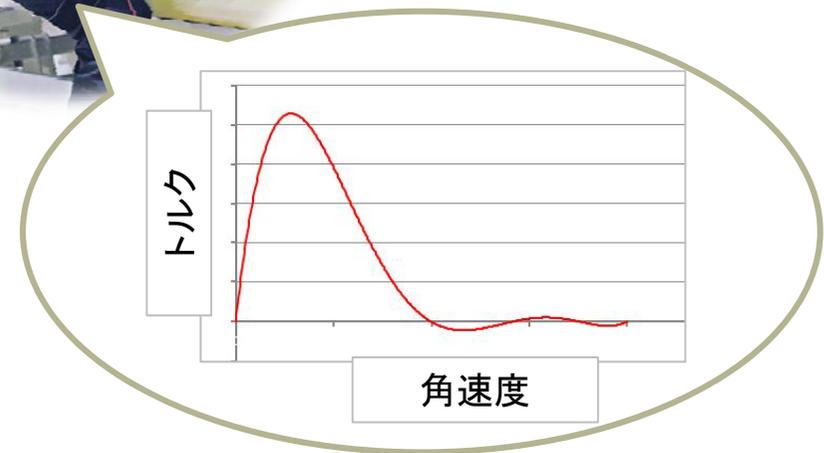


□ 複雑機能の介護機器のモデル化



腰部支援用HAL

CYBERDYNE社 Webページより引用



□ コンソーシアム内のcross-reference