身体情報力学研究を支える
ヒト運動シミュレーション技術

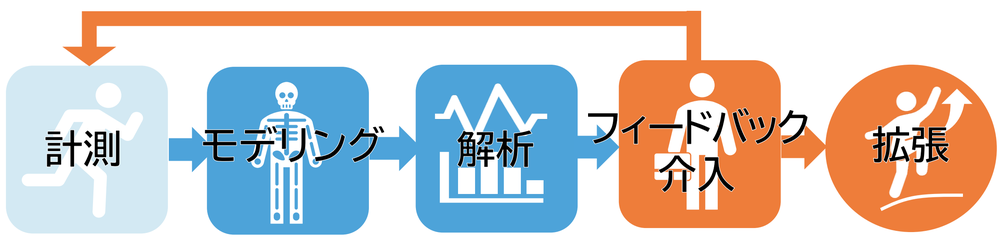
- 身体情報を計測・モデル化・解析し、ヒトの運動とインタラクションを理解
- 運動最適化を共通基盤として、計測・モデル化・解析・介入を統合的に扱う
- デジタルヒューマンとヒューマノイドにより、運動の理解・再現・評価へ展開

ヒト運動の理解・変容に向けた研究基盤

研究対象

身体情報力学研究

身体情報の力学を捉え、そのフィードバック・介入を通じて運動・感覚能力の変容へ



シミュレーション技術

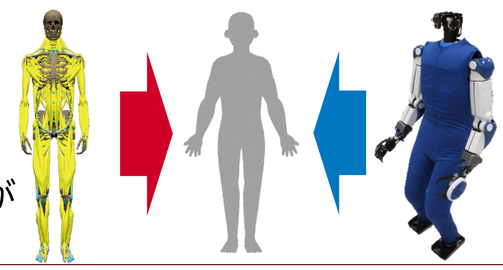
サイバーフィジカルヒューマン

サイバー・フィジカル双方でヒトの運動をシミュレーション

デジタルヒューマン

○状況や個人差などの条件変更が容易

△環境・道具等のモデルが力情報推定に必要



ヒューマノイドロボット

○内部センサにより力情報を定量計測

△身体パラメータなどの個人差の表現が困難

共通基盤理論

運動最適化理論

運動の計測・モデル化・解析・介入を共通の数理的枠組みで扱う

運動に関する最適化問題

$$\min_{\boldsymbol{Q}} \; c(\boldsymbol{y}) \quad \text{s.t.} \;\; \forall k \;\; g_k(\boldsymbol{y}) \leq \boldsymbol{0}$$

$\boldsymbol{Q}$: 運動軌道 (一般化座標、速度、加速度の時系列)

$\boldsymbol{y}(\boldsymbol{Q})$:位置、速度、加速度、力、エネルギーなど

問題を解くためには運動の「微分」が必要

包括的運動理論 [Ayusawa et al. 2018]

物体の運動に関する「微分」を扱う数学理論

(cf.) 包括運動変換行列

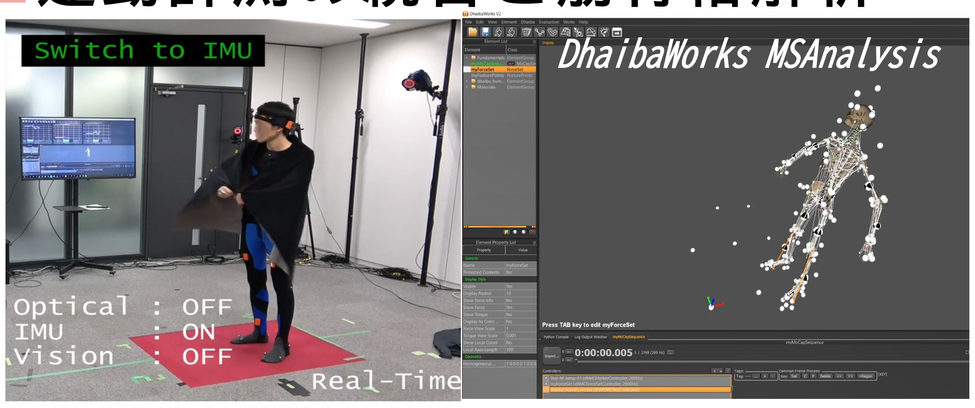
$$\boldsymbol{X} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{A} & \boldsymbol{O} & \boldsymbol{O} \\ \boldsymbol{A}[\boldsymbol{\nu}\times_6] & \boldsymbol{A} & \boldsymbol{O} \\ \frac{\boldsymbol{1}}{\boldsymbol{2}}\boldsymbol{A}([\dot{\boldsymbol{\nu}}\times_6] + [\boldsymbol{\nu}\times_6]^2) & \boldsymbol{A}[\boldsymbol{\nu}\times_6] & \boldsymbol{A} \end{bmatrix}$$

（位置・速度・加速度を包括して表現できる18次元多様体）

運動シミュレーション技術の展開

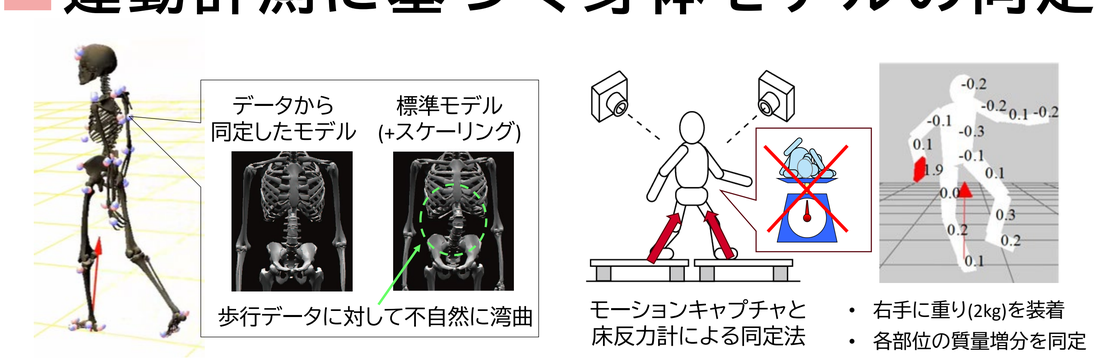
身体・運動情報の計測・モデル化・解析から、実世界での動作再現・評価へ

■運動計測の統合と筋骨格解析



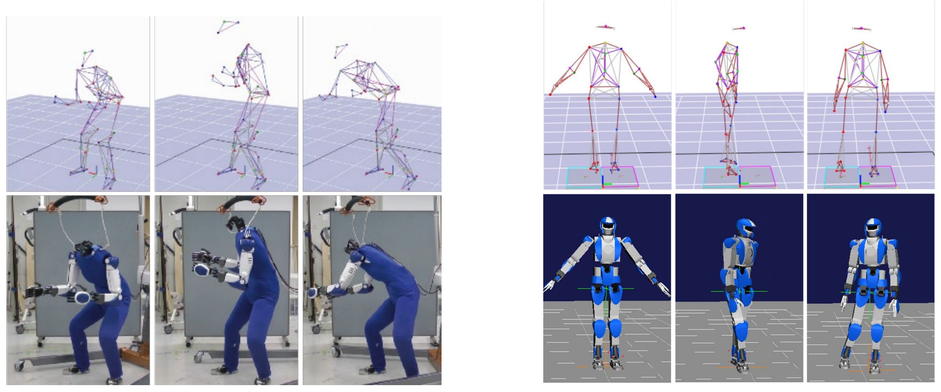
- 複数のモーションキャプチャを最適化により統合
- 人の関節負担力や筋活動をリアルタイムに可視化

■運動計測に基づく身体モデルの同定



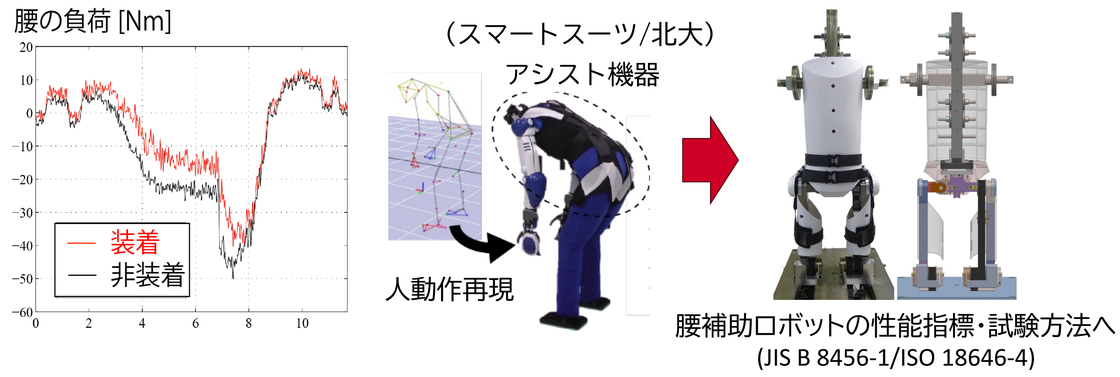
- 運動データに整合する骨格幾何モデルの推定
- 非侵襲計測による身体セグメント質量特性の同定

■人動作模擬（リターゲティング）



- 人の運動データからロボットの動作へ自動変換
- 運動制約を考慮したロボット動作を最適化により生成

■アシスト機器による介入効果の定量評価



- 人装着デバイスの使用状況を物理的に再現・評価
- 機器の介入効果に関する定量的な試験法

RiHSA 人間社会拡張研究部門

鮎澤　光
情報・人間工学領域 人間社会拡張研究部門
身体情報力学研究グループ
連絡先:M-rihsa-liaison-ml@aist.go.jp

ANNIVERSARY
産総研 ともに挑む。つぎを創る。