

人間の歩行時における膝関節トルクに関する検討

— Study on knee joint torque during human gait locomotion —

Norihiko SAGA,

(Akita Prefectural Univ.)

○ Takashi SAIKAWA, (Akita Prefectural Univ.)

Hideharu OKANO,

(Akita Prefectural Univ.)

研究目的

ワイヤレスな計測システムによる床反力、膝関節トルクの推定方法についての検討

通常、人の歩行分析は床反力計と動作解析の計測結果より行う

比較

人に装着可能で、ワイヤレスであれば連続した運動でも計測可能

- 筋電位による膝関節トルクの推定
- タクトイルセンサによる床反力の推定
- 3D動作解析の結果を基にシミュレーションによる膝関節トルクの推定

欠点

床反力計は大掛かりな装置になってしまう

床反力・膝関節トルクの推定法

力学モデル

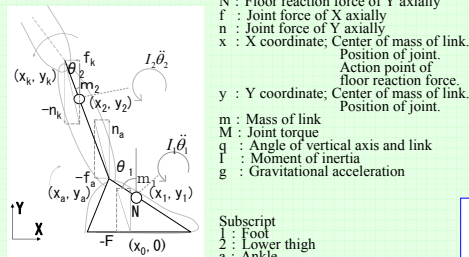


Fig. 1 Dynamic model of lower leg

タクトイルセンサによる床反力の推定方法

歩行において床反力がおおむね重心に向うことから、各節の質量と動作解析で計測した質点の座標から合成重心を求め床反力が作用点から重心方向に向くと仮定し前後方向成分の床反力を推定。

筋電図による膝関節トルクの推定

膝関節トルクを屈筋と伸筋の表面筋電位に重み係数をかけた、多項式で表す。

$$\tau = a_1 EMG_1 + a_2 EMG_2 + \dots + a_m EMG_m$$

τ : Torque

a_m : Weighting factor

EMG_m : Electromyogram of flexor and extensor

膝関節モーメント

$$M_k = I_2 \ddot{\theta}_2 - f_a(y_2 - y_a) + f_k(y_k - y_2) - n_a(x_a - x_2) + n_k(x_2 - x_k) - M_a$$

シミュレーションのモデル

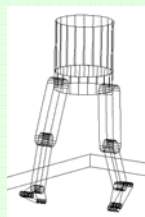


Fig. 2 Model of simulation

機構解析ソフト(ADAMS)を用いて、歩行モデルを作成

Table 1 Physical constant of human body

	Length of segment(m)	Position of center of mass(m)	Mass(kg)	moment of inertia(kg)		
				I_{xx}	I_{yy}	I_{zz}
Upper torso	0.41	0.1755	31.753	0.3864	0.4401	0.1784
Lower torso	0.15	0.0914	10.355	0.0622	0.0796	0.085
Thigh	0.395	0.1876	7.262	0.0245	0.084	0.0836
Thigh lower	0.44	0.1786	3.469	0.0075	0.0213	0.0213
Foot ankle	0.12	0.0714(From the torso)	0.715	0.0034	0.0004	0.0017

・各関節部と腰には動作解析から得た関節角度を入力

計測

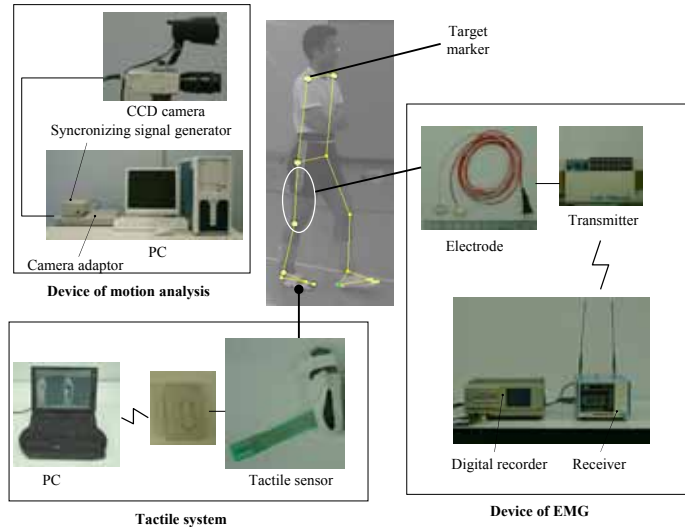


Fig. 3 Outline of experimental apparatus

条件

歩調 100step/min
60step/min

3D動作解析

マーカ位置 肩峰部、大転子、膝関節、足関節、踵、第2中足骨頭、爪先の14箇所

表面筋電位

電極位置 膝関節の屈筋と伸筋である大腿直筋、大腿二頭筋、外側広筋、内側広筋、半膜様筋

タクトイルセンサ

タクトイルセンサにより足底分布圧力、鉛直方向荷重、荷重中心位置を計測

比較

床反力計

床反力計による右脚の立脚期における床反力の計測

実験結果

タクトイルセンサによる床反力の推定

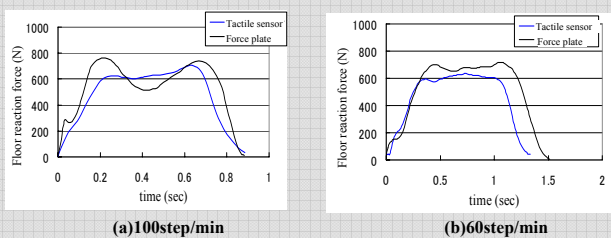


Fig. 4 Vertical floor reaction force

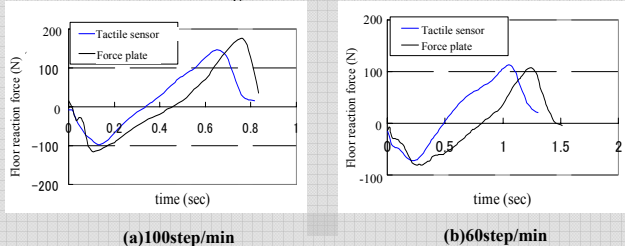


Fig. 5 Horizontal floor reaction force

平均誤差

床反力上下方向成分 100step/min → 99.3N
60step/min → 114.1N
床反力前後方向成分 100step/min → 45.7N
60step/min → 39.1N

膝関節トルクの推定

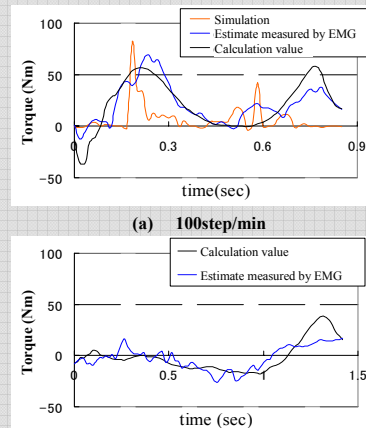


Fig. 6 Knee joint torque

平均誤差

筋電図による推定値
100step/min → 9.7Nm
60step/min → 7.1Nm
シミュレーションによる推定値
100step/min → 22.6N

まとめ

- ・タクトイルセンサによる床反力前後方向成分の推定は、床反力の値として関節トルクを推定できると考える。
- ・筋電図による膝関節トルクの推定では、良好な結果を得られた。
- ・ADAMSによるシミュレーションでは誤差が大きくなってしまった。

