

歩隔とバランス戦略に関する研究 - フレアおよびキャスパーによる変化 -

高田 勇

- 医療法人鉄友会 宇野病院リハビリテーション部
- 国立大学法人 東京農工大学大学院 工学府
応用化学専攻 有機材料化学専修 材料健康科学寄附講座

2018 義肢装具学会 (富田先生)

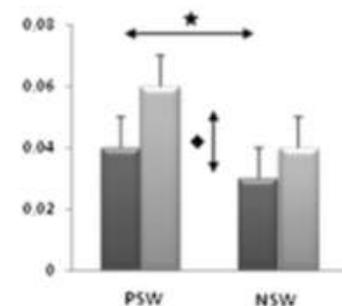
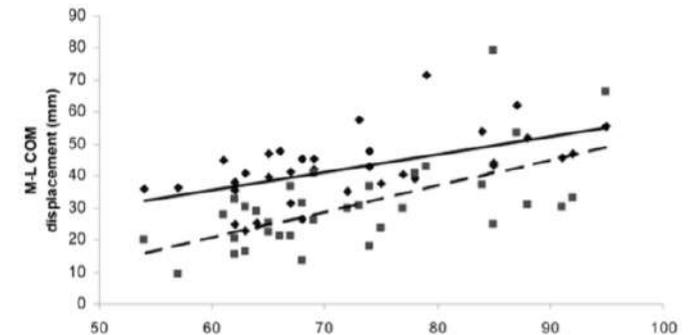
先行研究とこれまでの実験結果

WB歩行とNB歩行の比較

歩隔に関する先行研究

先行研究: 歩隔の違いによる運動学的検討

- 河原ら. 2014
 - 健常若年男性のWB歩行: 重心の側方変位が増大など
 - 完全な安定した歩行戦略であるとは言い切れない
- MA Schrage, et.al. 2008
 - 高齢者の通常およびNB歩行
 - 重心の側方変位および速度が減少
 - 歩隔に関係なく, 加齢に伴って増加
- M Arvin, et.al. 2016
 - 若年者と高齢者の通常およびNB歩行
 - 重心の側方変位が減少
 - 歩隔に関係なく, 若年者より高齢者において支持基底面の側方限界に対する重心の側方変位の割合および変動性が増加

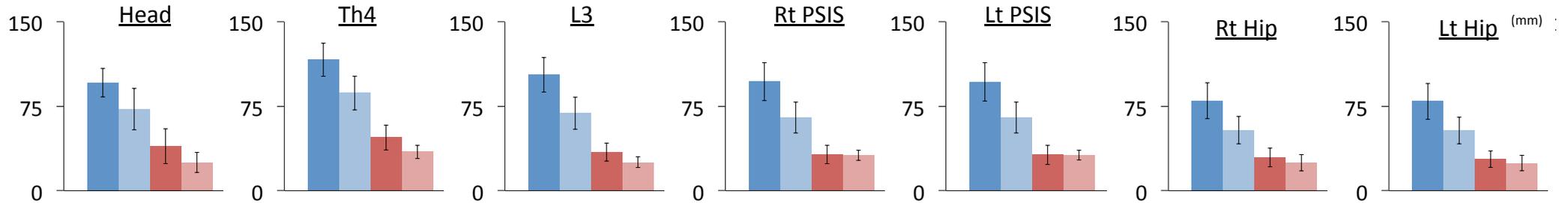


歩隔に関するこれまでの研究のまとめ

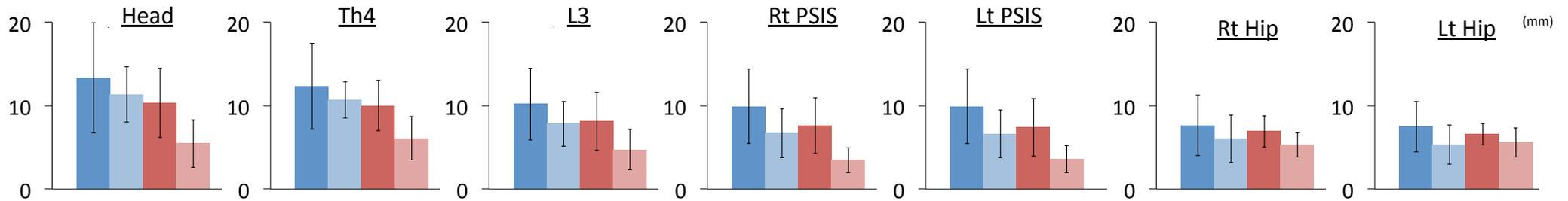
- 目的/方法
 - 歩隔の違い ▶ 足を開いた**Wide-Base (WB)**, 足を閉じた**Narrow-Base (NB)**
 - ▶ バランス戦略に及ぼす影響を検討
 - ▷ 安定および不安定と, バランス戦略の関係を整理
- 結果/考察
 - 歩隔が広い ▶ 身体動揺の動揺幅と動揺幅のばらつきが大きい
 - ▶ 一方, 変動係数は小さい
 - ▶ 身体全体が同位相で動く
 - ▷ ばらつきやすくて不安定 + 画一的なバランス戦略
 - 歩隔が狭い ▶ 身体が鉛直で動揺のばらつきが少ない
 - ▶ 一方, 変動係数は大きい
 - ▶ 体幹内部を中心に同位相や逆位相の入れ子状態で動く
 - ▷ ばらつきにくくて安定 + 立ち直りによるバランス戦略

これまでの実験結果と考察

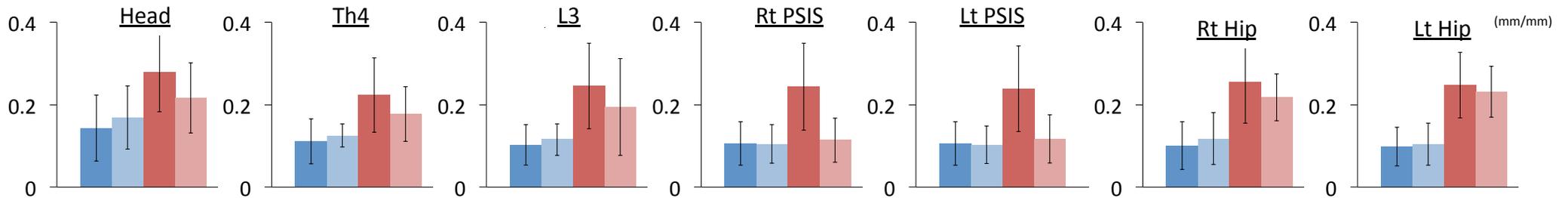
動揺幅の平均値



動揺幅のばらつき



動揺幅の変動係数

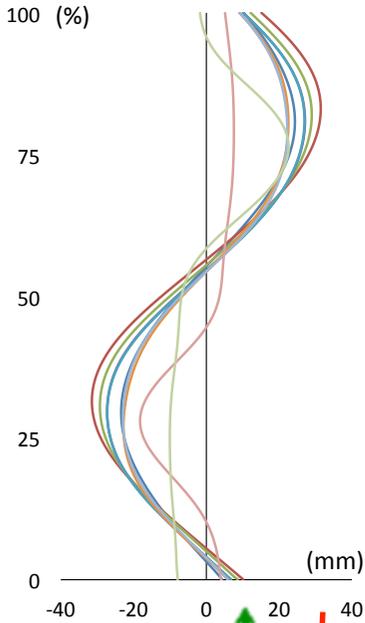


Wide Base

1. 質量分布が広く慣性大きい
2. 始動や制動に力を要しばらつきやすい
3. 一定のパターンで動く

Narrow Base

1. 質量分布が狭く慣性が小さい
2. わずかな力で調整できばらつきにくい
3. 融通性のあるパターンで動く

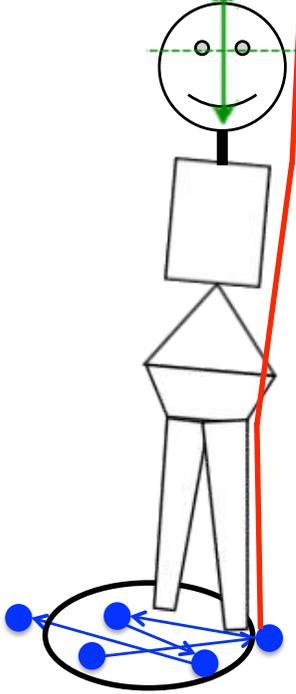
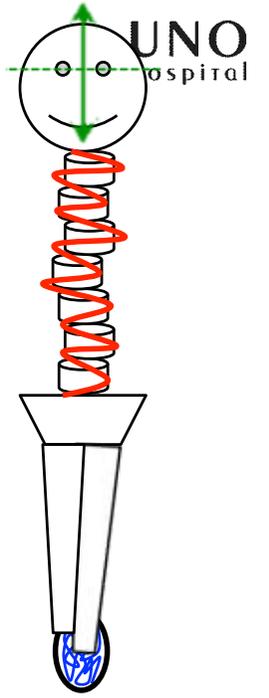


Wide Base

	Head	Th4	L3	Rt PSIS	Lt PSIS	Rt Hip	Lt Hip	Rt Heel	Lt Heel
Head	-	0.995	0.998	0.999	0.999	0.998	0.998	0.877	0.887
Th4		-	0.999	0.994	0.993	0.989	0.990	0.871	0.854
L3			-	0.998	0.998	0.995	0.996	0.883	0.868
Rt PSIS				-	1.000	0.999	0.999	0.887	0.882
Lt PSIS					-	0.999	0.999	0.888	0.881
Rt Hip						-	0.999	0.886	0.882
Lt Hip							-	0.887	0.882
Rt Heel								-	0.68
Lt Heel									-

全ての各部位間
有意かつ強い正の相関 ≡ 同位相

質量が鉛直に集束して分布が狭いため
多様に揺れやすい。
揺れのばらつきは小さく微調整できる。
融通性のあるパターンがとれる。

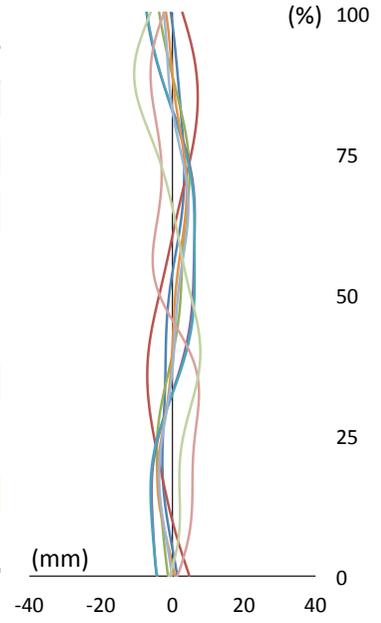


身体全体が一定のパターンで
一体的に動くが、
質量分布が拡がってばらつきやすい。

	Head	Th4	L3	Rt PSIS	Lt PSIS	Rt Hip	Lt Hip	Rt Heel	Lt Heel
Head	-	0.818	0.783	0.408	0.385	0.845	0.688	-0.802	-0.647
Th4		-	0.350	-0.151	-0.171	0.400	0.164	-0.701	-0.923
L3			-	0.869	0.857	0.956	0.935	-0.712	-0.150
Rt PSIS				-	0.999	0.812	0.915	-0.416	0.306
Lt PSIS					-	0.801	0.906	-0.412	0.320
Rt Hip						-	0.957	-0.708	-0.204
Lt Hip							-	-0.594	0.049
Rt Heel								-	0.65
Lt Heel									-

体幹内部であるTh4とL3, PSIS, Hipの間
正の相関が弱く負の相関へ ≡ 逆位相

Narrow Base



新たな実験の結果

フレアおよびキャスパーによる変化

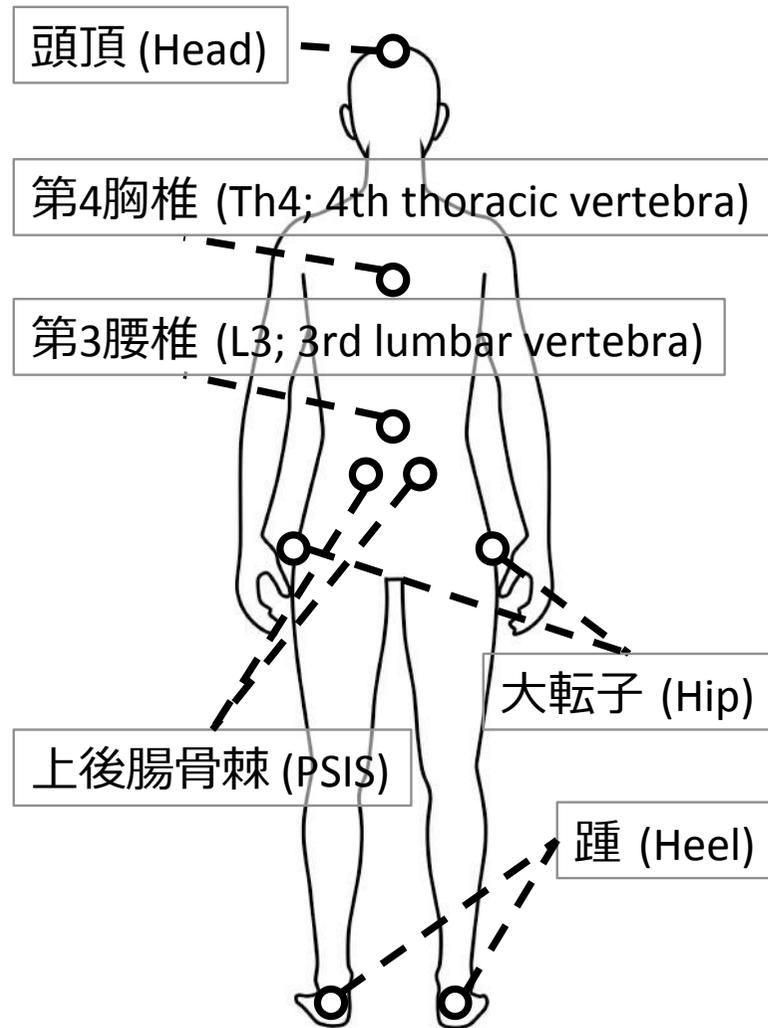
実験プロトコル

- 対象 : 健常若年者1名 (24歳, 男性, 身長171cm, 体重61kg, 足長27cm)
- 計測機器: 3次元動作解析装置 (OptiTrack: Trio, sampling 120fps)
赤外線反射マーカー, トレッドミル (AUTORUNNER)
- 実験器具: 標準型車椅子 (KAWAMURA), キャスパー-ZAFU (後に説明)
外側フレアおよびウェッジ (対象に合わせて作製)
- 計測内容: トレッドミル上で快適歩行速度の通常歩行を約40秒間計測
- 計測手順:
 1. 予備実験として健常若年者8名の計測を実施し歩隔が最も大きかった対象を抽出 (上記の対象)
 2. 計測1. の約1週間後に車椅子座位後^{※1}とキャスパー座位後^{※2}の計測を実施 (快適歩行速度4.5km/h)
 3. 計測2. の約1ヶ月後に外側フレア装着時とキャスパー座位後^{※2}の計測を実施 (快適歩行速度4.0km/h)

※1 車椅子座位後; 標準型車椅子に30分間座った後

※2 キャスパー座位後; キャスパー-ZAFUを設置した標準型車椅子に30分座った後

実際の計測場面



解析プロトコル

- データ処理※1:
 1. 4次のButterworth filterを用いて6Hzから高域遮断しノイズを除去
 2. 1歩行周期 (左踵接地※2～左踵接地) および左右方向のデータを30歩行周期分抽出
 3. 採用したパラメータ (後に説明) の平均値と標準偏差値を算出
 4. 3次スプライン補間を用いて各歩行周期のデータ点数を100点に統一して30歩行周期分を平均化
 5. 身体各部位間の相互相関係数 (CC; cross-correlation coefficient) を相関行列として算出

※1 解析には MATLAB R2017a を使用

※2 踵接地; 上下方向のデータからHeelのマーカが最も低く一定し始めた時点

パラメータ

- 歩隔 (mm) :
 - 左踵接地時と右踵接地時の前額面上におけるHeel間の距離
- 動揺幅(mm) :
 - 各マーカーの前額面上における振幅
- 頭部傾斜角度 (deg) :
 - HeadとTh4を結ぶ線とTh4を通る鉛直線がなす角度の最大値
- 体幹傾斜角度 (deg) :
 - Th4とL3を結ぶ線とL3を通る鉛直線がなす角度の最大値
- 体幹側屈角度 (deg) :
 - Head-Th4-L3のなす角度の最大値

キャスパー・アプローチ

- pop'n CLUB (positioning power network)
 - NPO法人 ポップンクラブ
 - 代表理事: 村上潤 (システムエンジニア)
 - 正式名称: 「生活を豊かにする」障害児・者支援福祉協会
 - NPO法人のHP: <http://popnclub.jp/>
 - 基金のHP: <https://www.casperkikin.com/index.html>
- キャスパー・アプローチ
 - 概要:
[http://ja.casper-ri.org/
%E8%B3%87%E6%96%99/%E3%82%AD%E3%83%A3%E3%82%B9%E3%83%91%E3%83%BC%E3%83%BB%E3%82%A2%E3%83%97%E3%83%AD%E3%83%BC%E3%83%81%E3%81%AE%E6%A6%82%E8%A6%81/](http://ja.casper-ri.org/%E8%B3%87%E6%96%99/%E3%82%AD%E3%83%A3%E3%82%B9%E3%83%91%E3%83%BC%E3%83%BB%E3%82%A2%E3%83%97%E3%83%AD%E3%83%BC%E3%83%81%E3%81%AE%E6%A6%82%E8%A6%81/)
 - 具体例: <http://popnclub.jp/casper-approach/>

キャスパー・アプローチ

- キャスパーZAFU (座布)
 - 商品HP: <https://assist-info.jp/goods/>
 - パンフレット:
https://www.atcare.jp/html/k7731_111cm_150623_01.pdf;jsessionid=758E76F2F9EE8F6439DE89678AD75675.AP1
- 書籍
 - 村上潤著 松原豊監修 『生活を豊かにするための姿勢づくり (障害の重い人たちへのキャスパー・アプローチによる挑戦)』 (2011)
 - HP:
https://www.amazon.co.jp/gp/product/4863711638/ref=as_li_qf_sp_asin_tl?ie=UTF8&camp=247&creative=1211&creativeASIN=4863711638&linkCode=as2&tag=pitari023-22

キヤスパー・アプローチの概要 1



(キヤスパー・アプローチ概要HPから添付)

キヤスパー・アプローチの概要 2

骨盤を垂直に起こすと
1gも、もたれられない

立位姿勢を座位にすると背もたれにもたれる事が出来ない。
壁の横にペットボトルを置いて
いるのと同じ事

①の姿勢を求めて来たが、
② 日常の姿勢を観察すると②や③になる

腸腰筋と腎筋群等の張力によって腰椎は
前弯し、骨盤は起きて安定している

股関節が屈曲することにより
張力の作用が変化して

骨盤は倒れようとする

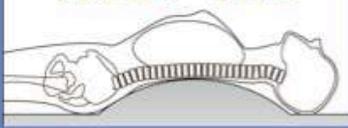
(キヤスパー・アプローチ概要HPから添付)

キヤスパー・アプローチの概要 3

CASPERの特徴的な発想 ①引き延ばされる

例えば、背中の丸い方がフラットな床に上を向いて寝ると、本人の体幹の丸さが重力によって無理矢理、真っすぐに引き延ばされて「辛い」現象を言う。
車いすのフラットな背もたれを倒した時、もたれてくれないのは、この引き延ばされが発生して辛くて起きている現象だと考えられる。(辛いという感情だが、不安定要素とする)

私たちがこのようになると**辛い**のと同じ



引きのぼされると

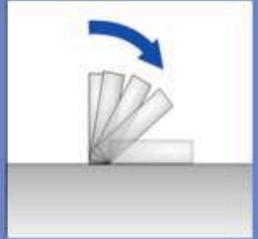


引きのぼされると**辛い**のでリクライニングを倒しても**リラックス**出来ない



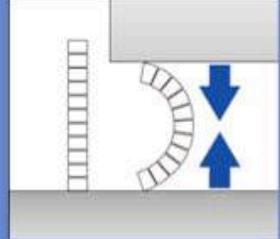
②倒れる

骨盤のように坐骨を支点にして円運動で倒れる不安定



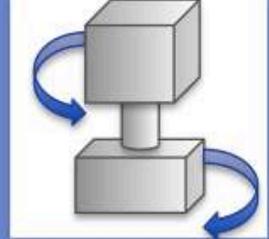
③つぶれる

頸椎や腰椎のように下方へ落ち込むようにつぶれる不安定



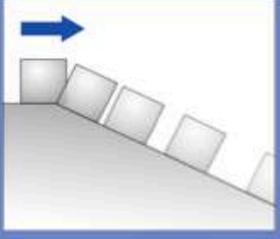
④ねじれる

骨盤と胸郭、胸郭と頭部の水平面から見て、ねじられた不安定



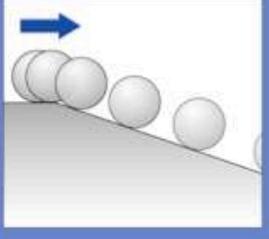
⑤滑り出す

お尻が前にずれる、背中が背もたれからずれる等の不安定



⑥転がる

頭や胸郭が左右に転がる不安定



(キヤスパー・アプローチ概要HPから添付)

16

キヤスパー・アプローチの概要 4

胸郭上部が前に倒れると、筋力を使って常に頭部を引き起こすことになる

頭部の重心位置

重力に対し前後に安定

頭部の重心位置
支点

胸郭上部が後ろに倒れると、筋力を使って常に頭部を引き起こすことになる

後ろ倒れ

胸郭上部が垂直になるからこそ、その上の頸部、頭部に骨格軸ができて継続的に安定し、リラックスできる。

- ⑥ 頭部
- ⑤ 首(頸部)
- ④ 肩胛骨(肩胛帯)
- ③ 胸郭下部
- ② 腰椎
- ① 骨盤

(キヤスパー・アプローチ概要HPから添付)

車椅子座位



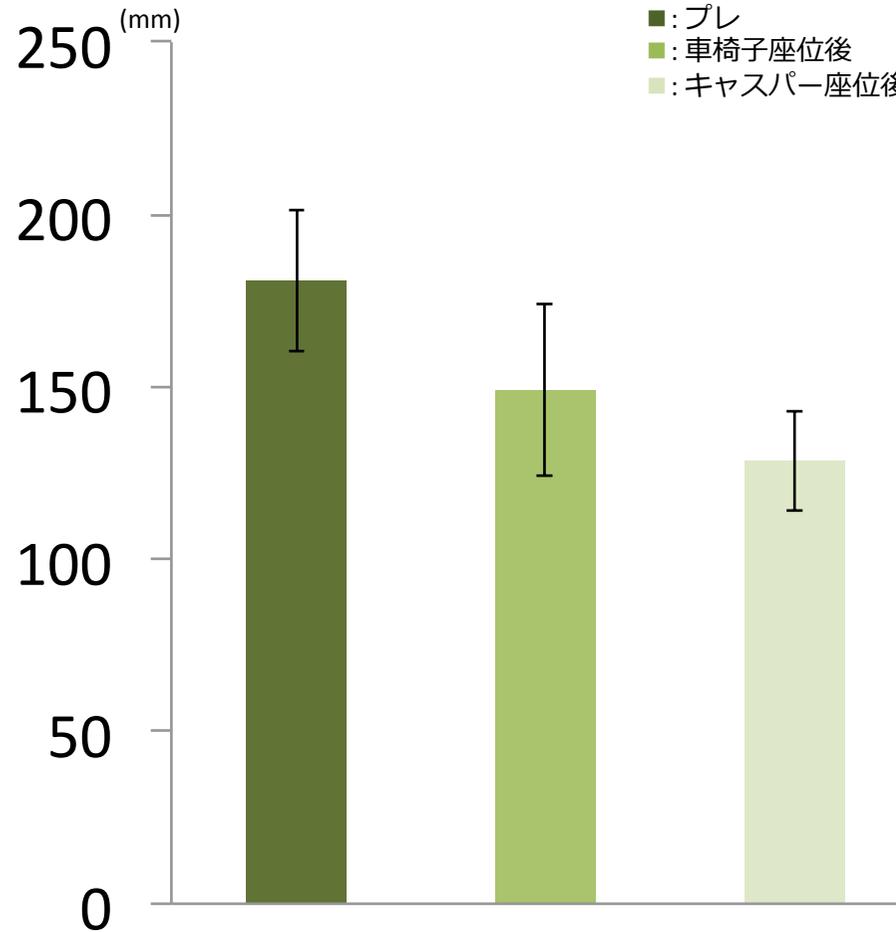
キャスパーZAFU



キャスパー座位

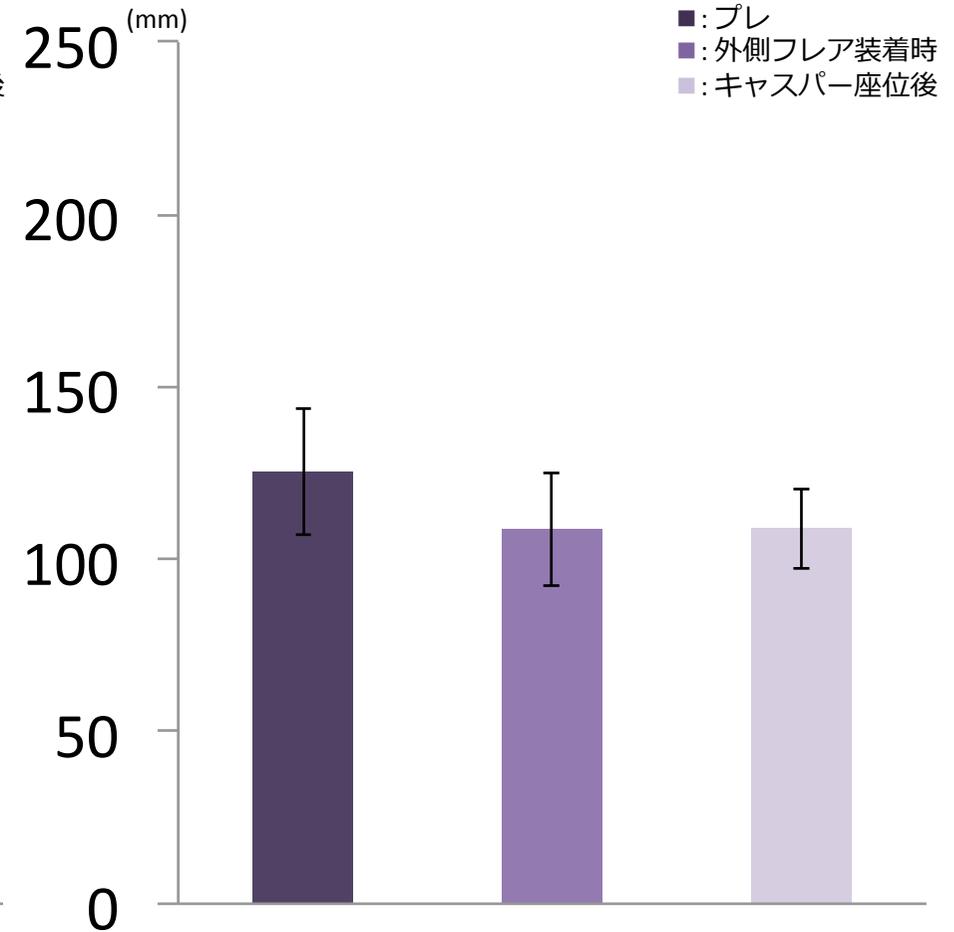


結果: 歩隔の平均値



計測2

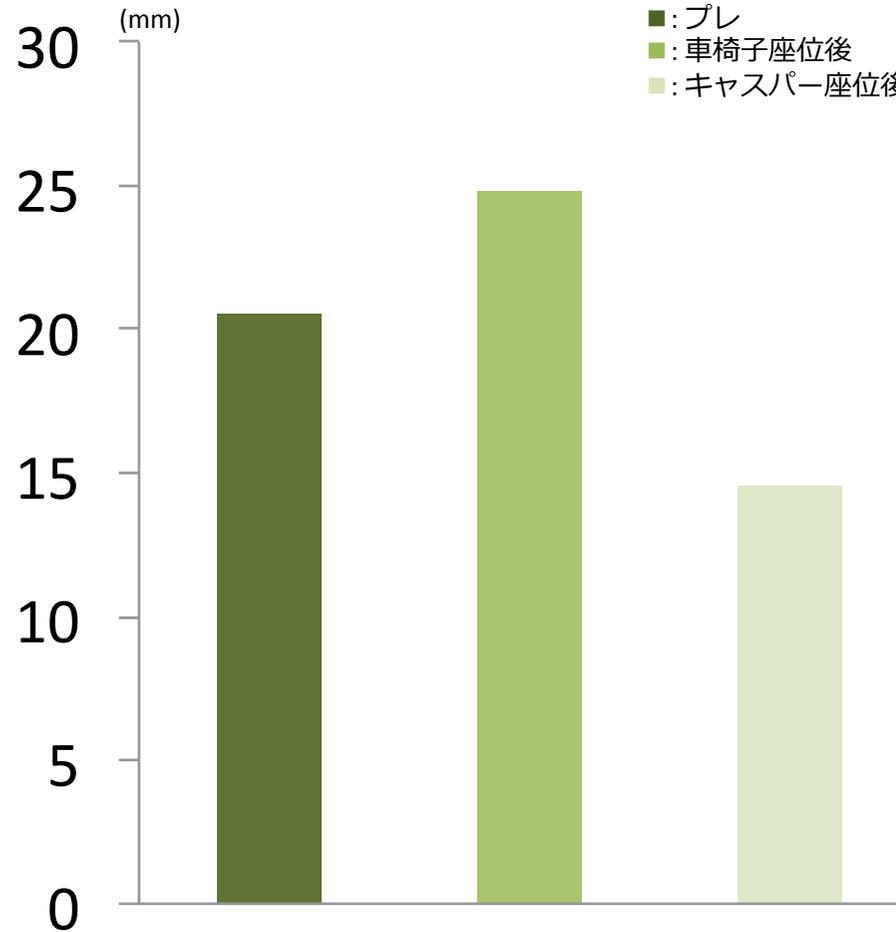
- 車椅子座位後、キャスパー座位後ともプレよりも小さかった
- キャスパー座位後が最も小さかった



計測3

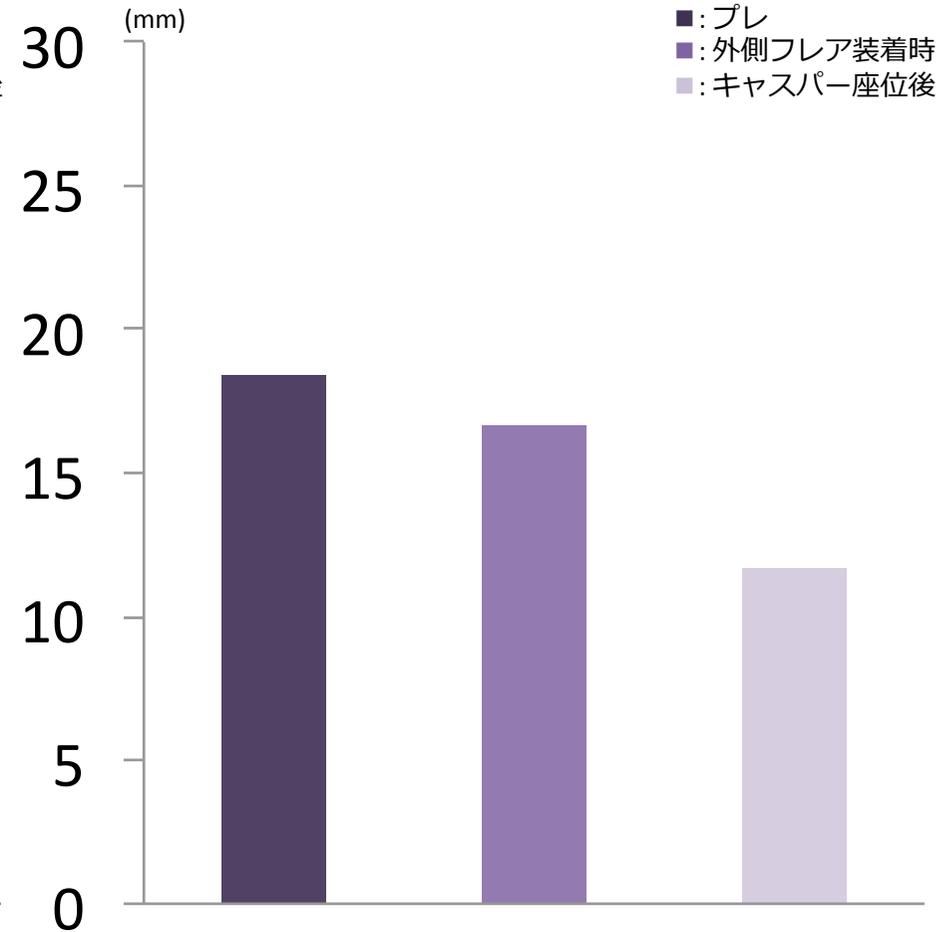
- 全て計測2のキャスパー座位後より小さかった
- 外側フレア装着時、キャスパー座位後ともプレより小さかった

結果: 歩隔の標準偏差値



計測2

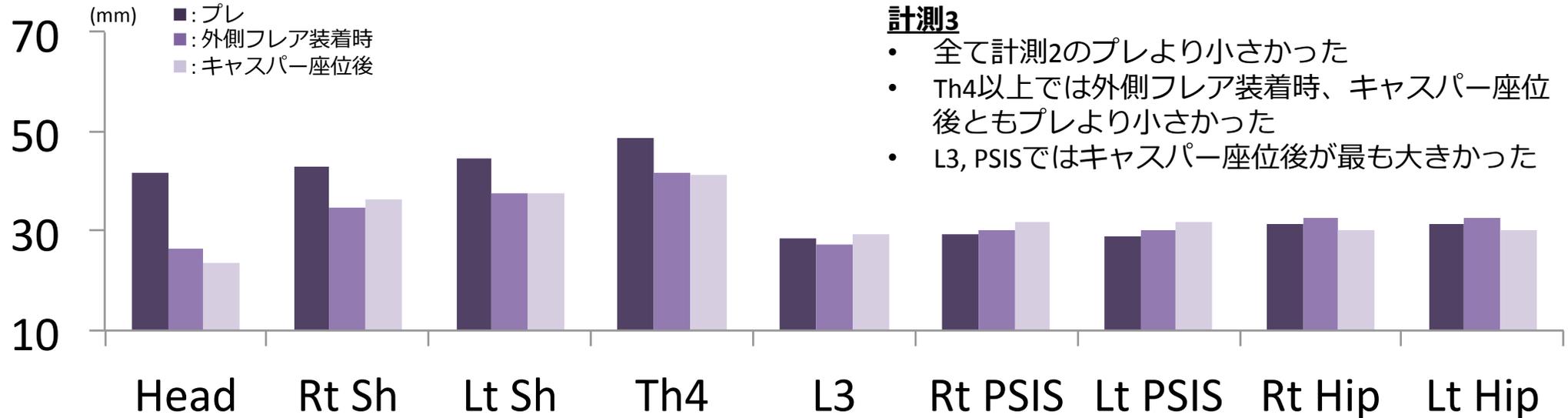
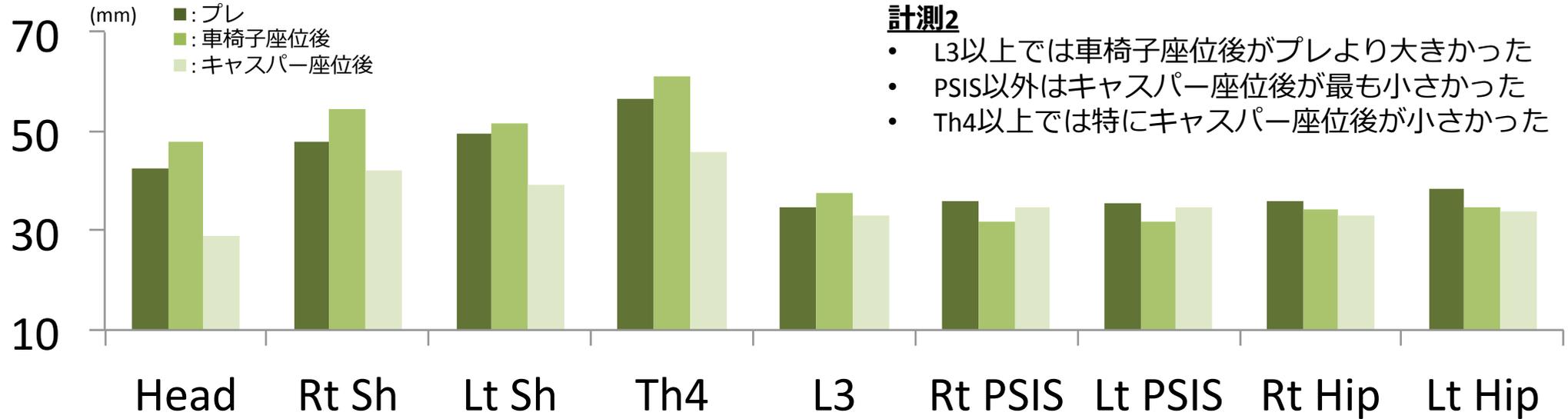
- 車椅子座位後がプレより大きかった
- キャスパー座位後が最も小さかった



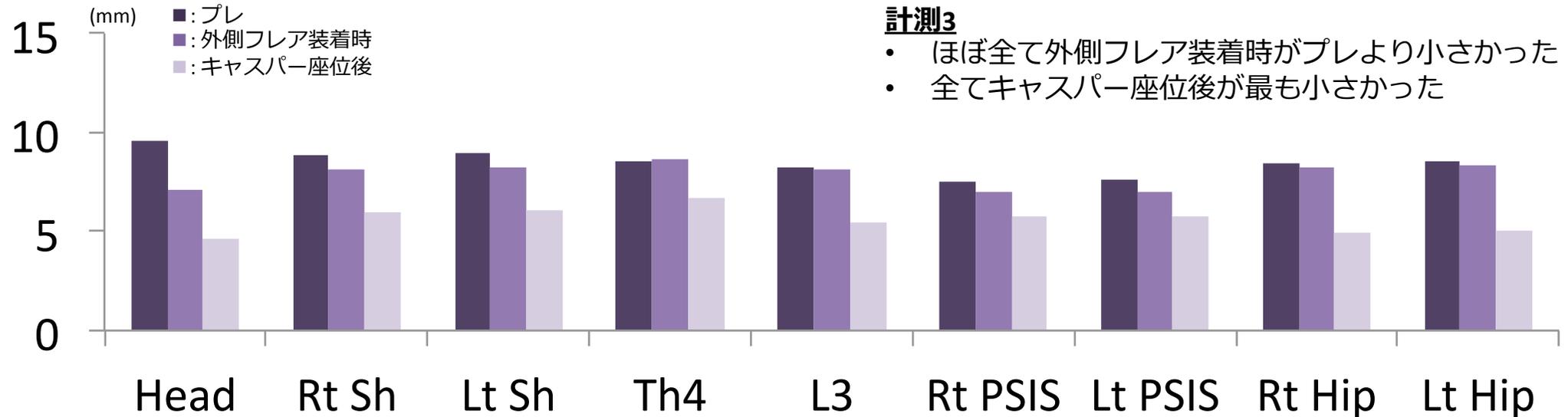
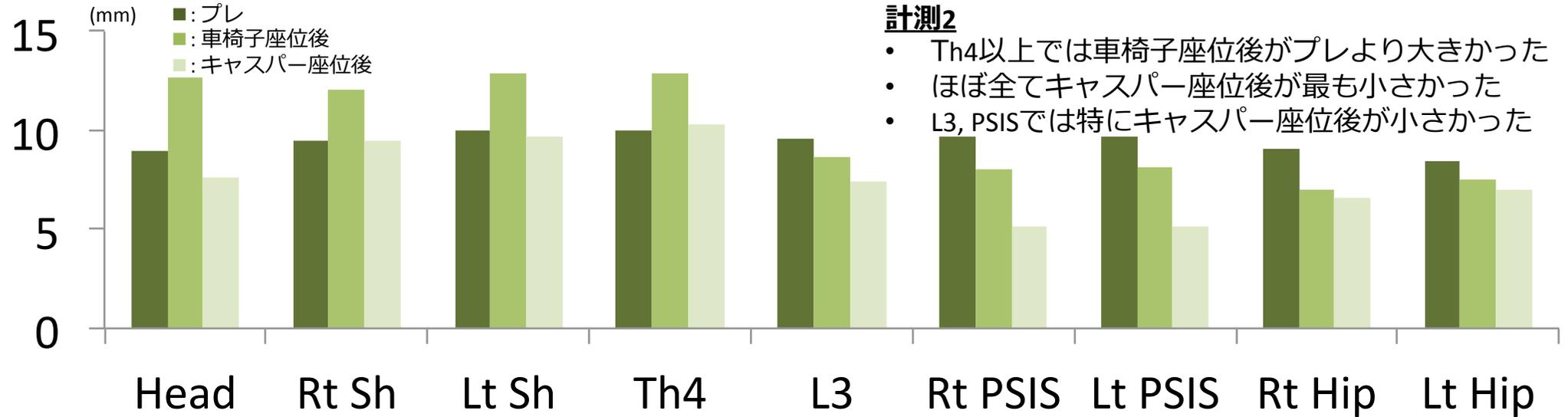
計測3

- 全て計測2のプレより小さかった
- 外側フレア装着時、キャスパー座位後ともプレより小さかった
- キャスパー座位後が最も小さかった

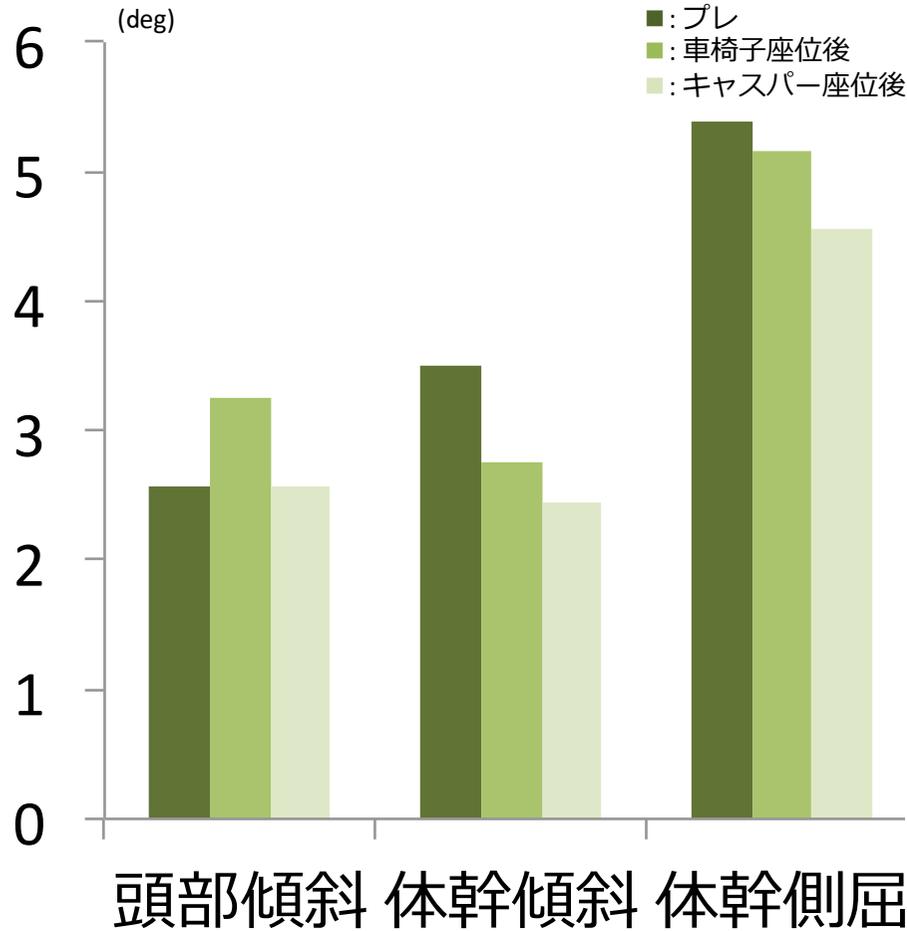
結果: 動揺幅の平均値



結果: 動揺幅の標準偏差値

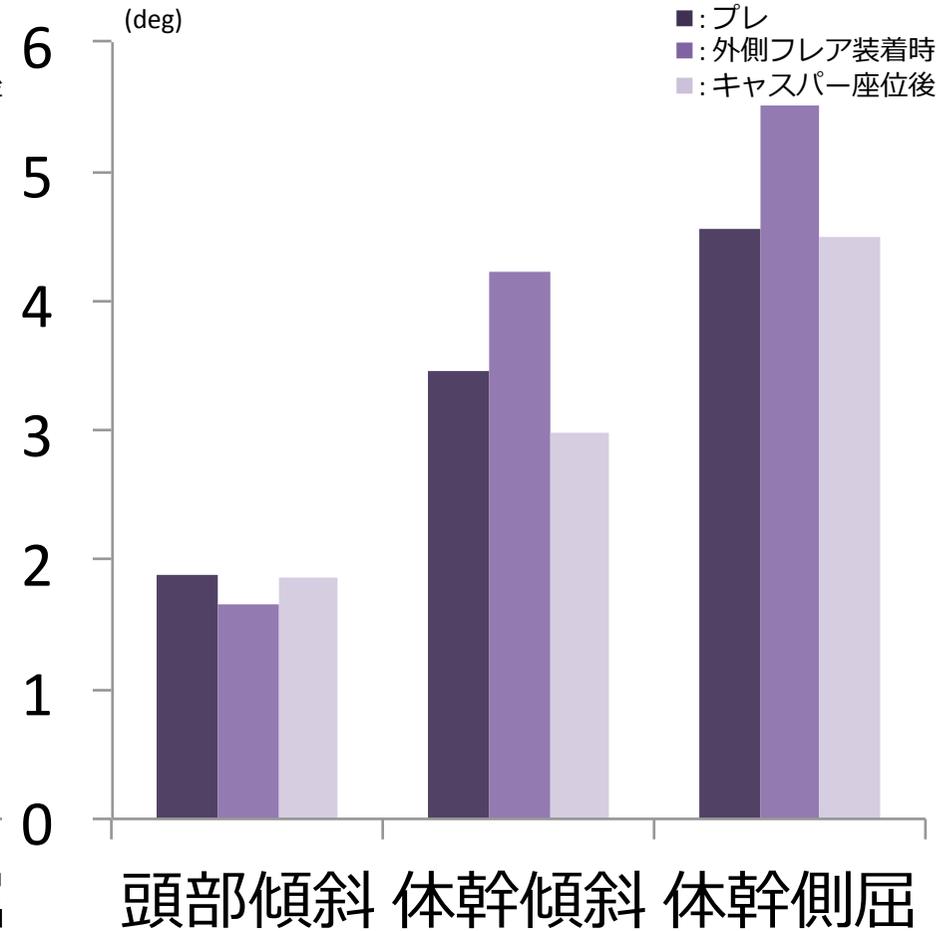


結果: 各角度の最大値



計測2

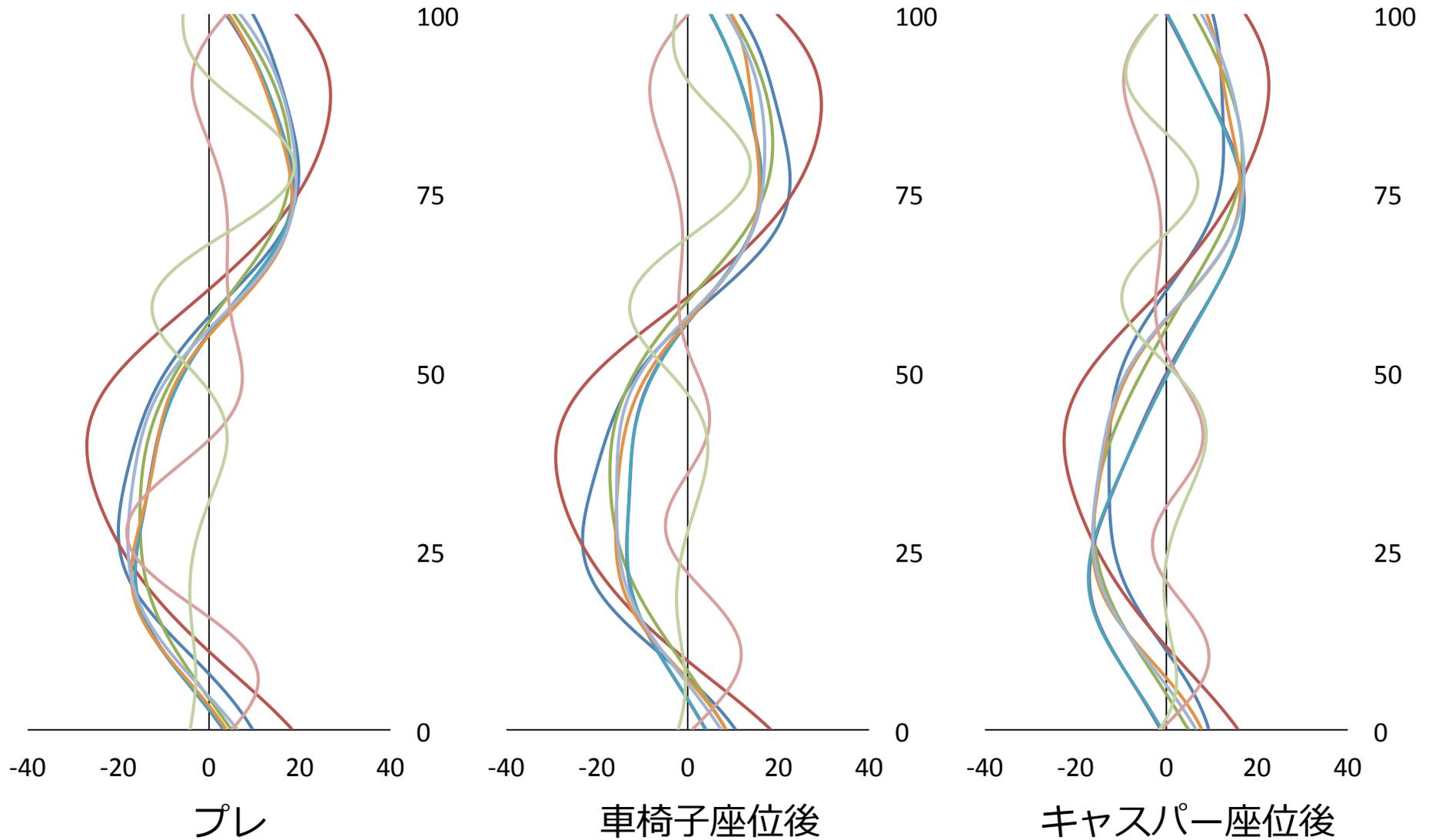
- プレより大きいのは車椅子座位後の頭部傾斜のみ
→ 体幹に対する頭部の鉛直性が崩れる
- キャスパー座位後の体幹傾斜・側屈が最も小さい
→ 体幹の鉛直性を保って身体の配列も真っ直ぐ



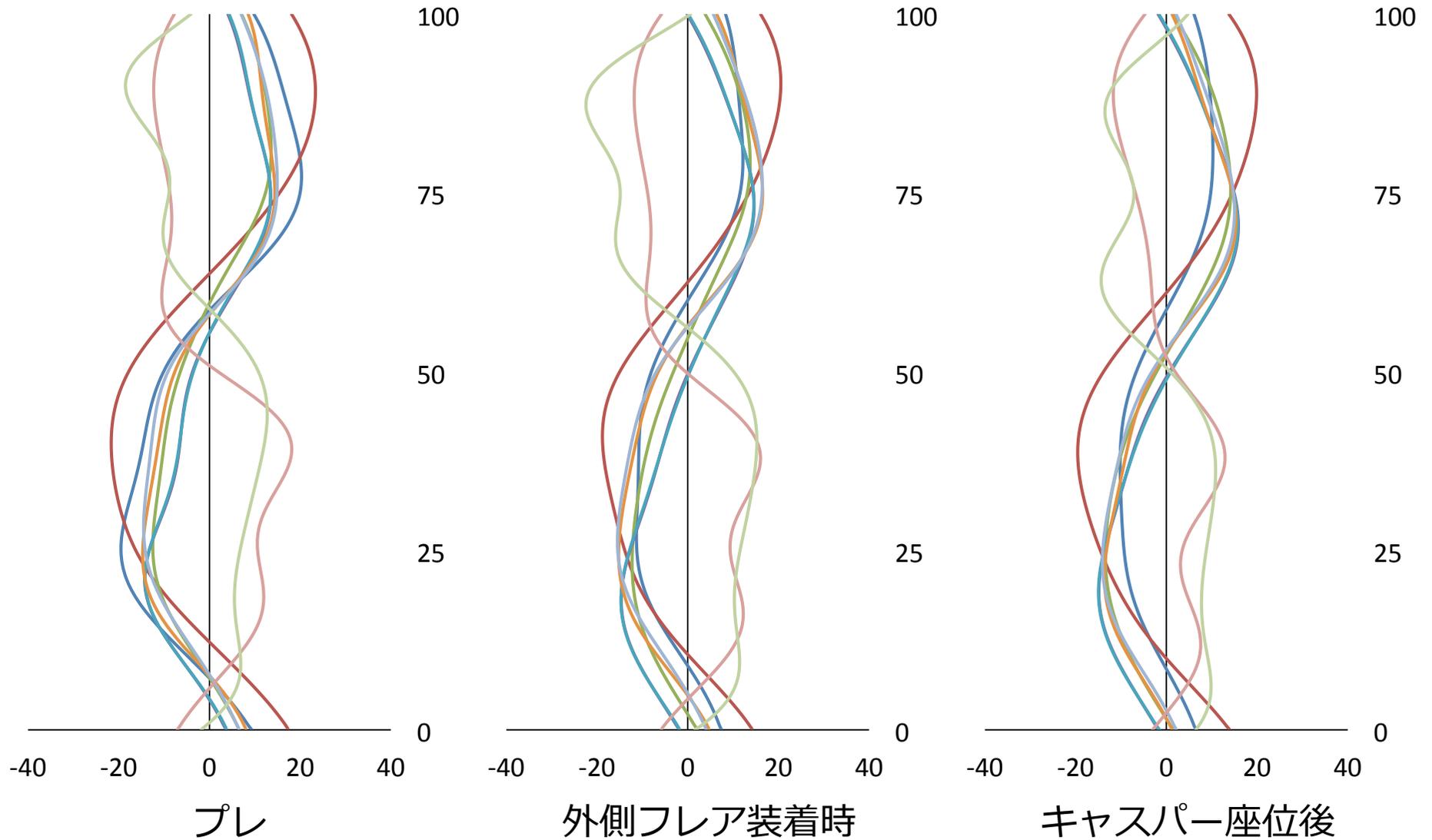
計測3

- 頭部傾斜は全て計測2より小さい
- 頭部傾斜の変化が他の変化より小さい
- 外側フレア装着時の体幹傾斜・側屈が最も大きい
- キャスパー座位後の体幹傾斜・側屈が最も小さい

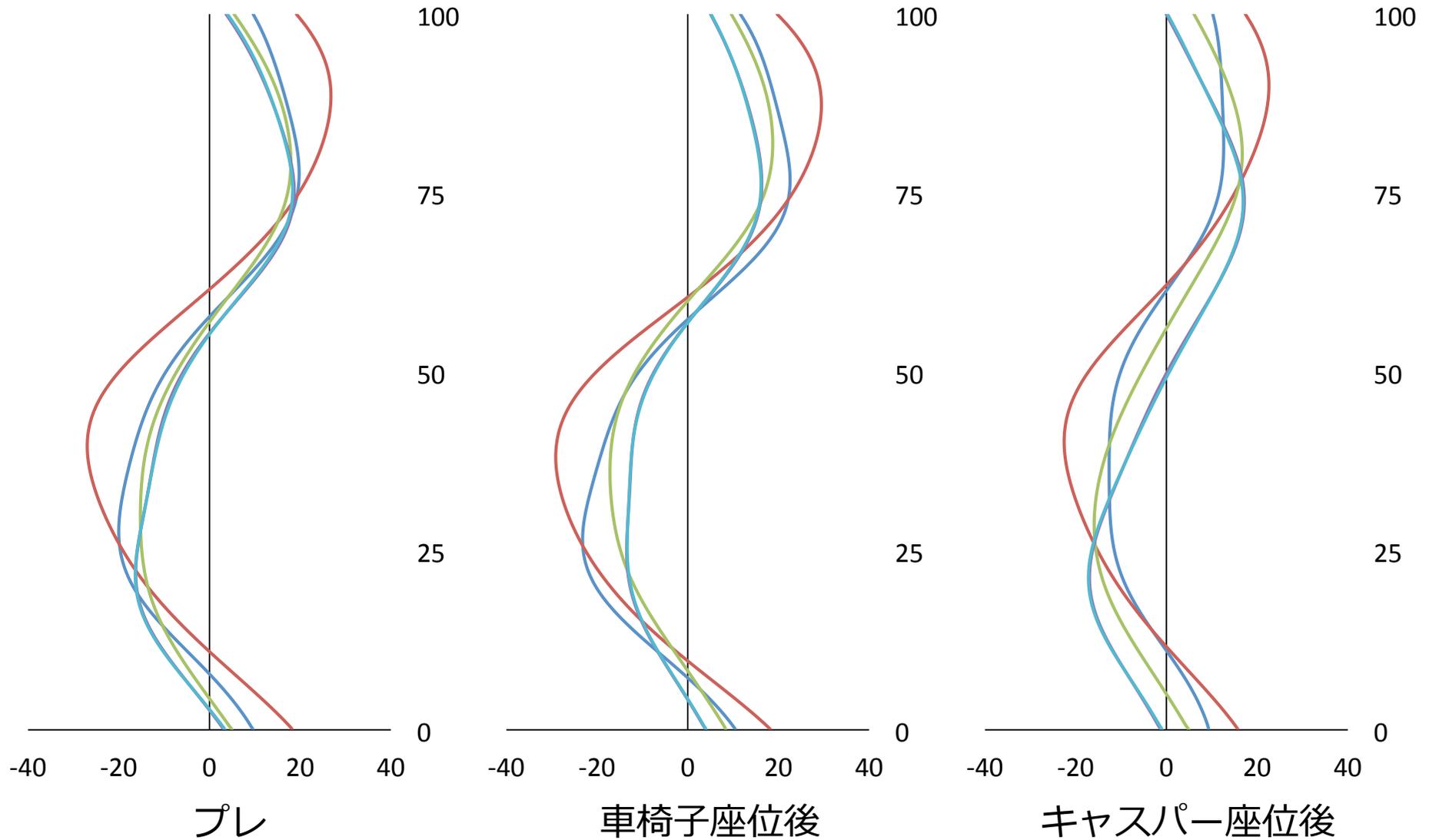
補足: 時系列データ (計測2, 全て)



補足: 時系列データ (計測3, 全て)



補足: 時系列データ (計測2, PSISより上部)



補足: 時系列データ (計測3, PSISより上部)

