

新型QuaPro-B(0.9~2.5t)の乗車性向上

New QuaPro-B(0.9-2.5t) Improved Rideability

●長坂 勇希*
Yuki NAGASAKA



新型 QuaPro-B コックピット部詳細
New QuaPro-B Cockpit details

1 はじめに

昨今の物流現場では、ベテランオペレータが不足気味で、初心者オペレータが増える傾向にある。このことから「疲労軽減につながる最良のコックピットパッケージ」「より安全性を高める装備」といった基本機能の進化に加え「初心者とベテランおのおののオペレータにふさわしい最適仕様」を用意することが重要となる。今回、これらの機能を盛り込んだ新型バッテリー式カウンタバランス型フォークリフトを2023年12月より新型QuaPro-Bとして販売した。本報では、QuaPro-Bの乗車性の向上について「疲労軽減につながる最良のコックピットパッケージ」をテーマに検証し報告する。

2 疲労軽減につながる最良のコックピットパッケージ

2.1 3つの改善で乗車性を向上(図1)

新型QuaPro-Bは次に示す3つの改善により、従来機種(1.5t車)比で20%もの乗車性向上(筋活動量の低減)を達成している。

(1) 乗車時に妨げとなるカバー類の突出部位の排除

ホイールベースの延長およびモータ、バッテリーなど構成部品のレイアウトを見直すことで、バッテリーの位置を従来機種に比べて下げることが可能となった。また、露出していたバッテリーケースをほかのカバーで覆うかたちを採用し、バッテリーの容量に合わせてケースのサイズを変えることが可能となった。従来機種では実現できなかったカバー類の形状最適化により、乗車時に妨げとなる突出部位の排除が実現し、乗車性が向上した。

(2) コックピットまわりの配管レイアウトの見直し

コックピットまわりのチルト配管、ステアリング配管の取り回しを見直し、配管のフロア下配置などを行うことで、前方のヒザ前スペースを確保した。

(3) ヘッドガード形状の見直し・乗車グリップの改善

ヘッドガード形状の見直しにより、乗車時にヒトが移動する範囲の障害物を極力排除し、オペレータそれぞれが自分に適した位置でグリップを握れるようにすることで乗車性を向上させた。

2.2 乗車性向上の検証(図2)

今回、向上した乗車性を数値化し検証すべく、株式会社テラバイトの協力のもと、3次元動作解析装置で取得したデータを用いてAnyBody Modeling System(AnyBody Technology社)による筋骨格モデル解析を行い、得られた各種データの検証を行った。

(1) 計測方法

被験者は、3次元動作計測用スーツ(MoCapスーツ)を着用し、身体に44個の赤外線反射マーカーを貼付する。これを3次元動作解析装置で追跡することで「ヒトの姿勢」を計測した。

(2) 計測対象

次の2機種を対象として計測を行った。

- ・新型QuaPro-B 1.5t車
- ・従来機種 1.5t車

(3) AnyBody Modeling Systemによるデータ解析

① 逆運動学解析(姿勢の推定)

計測されたマーカー位置に一致するようにAnyBody Modeling Systemによる逆運動学解析を行い、筋骨格モデルの姿勢を推定した。

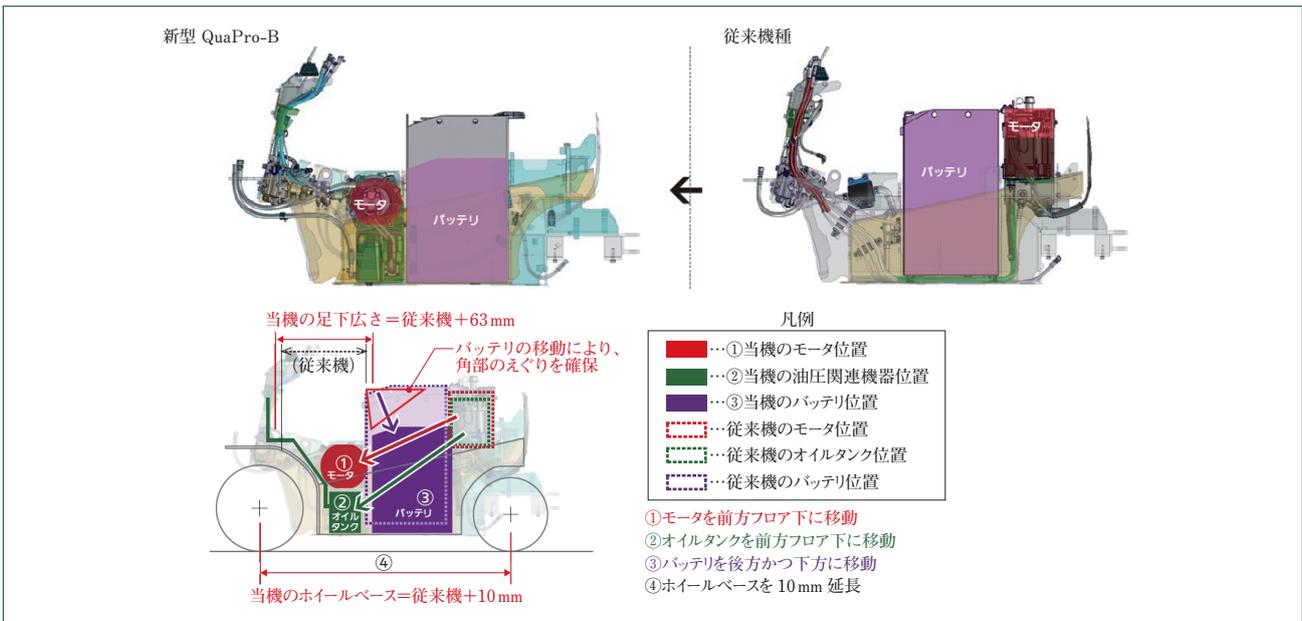


図1 乗車性の改善
Improved riding comfort

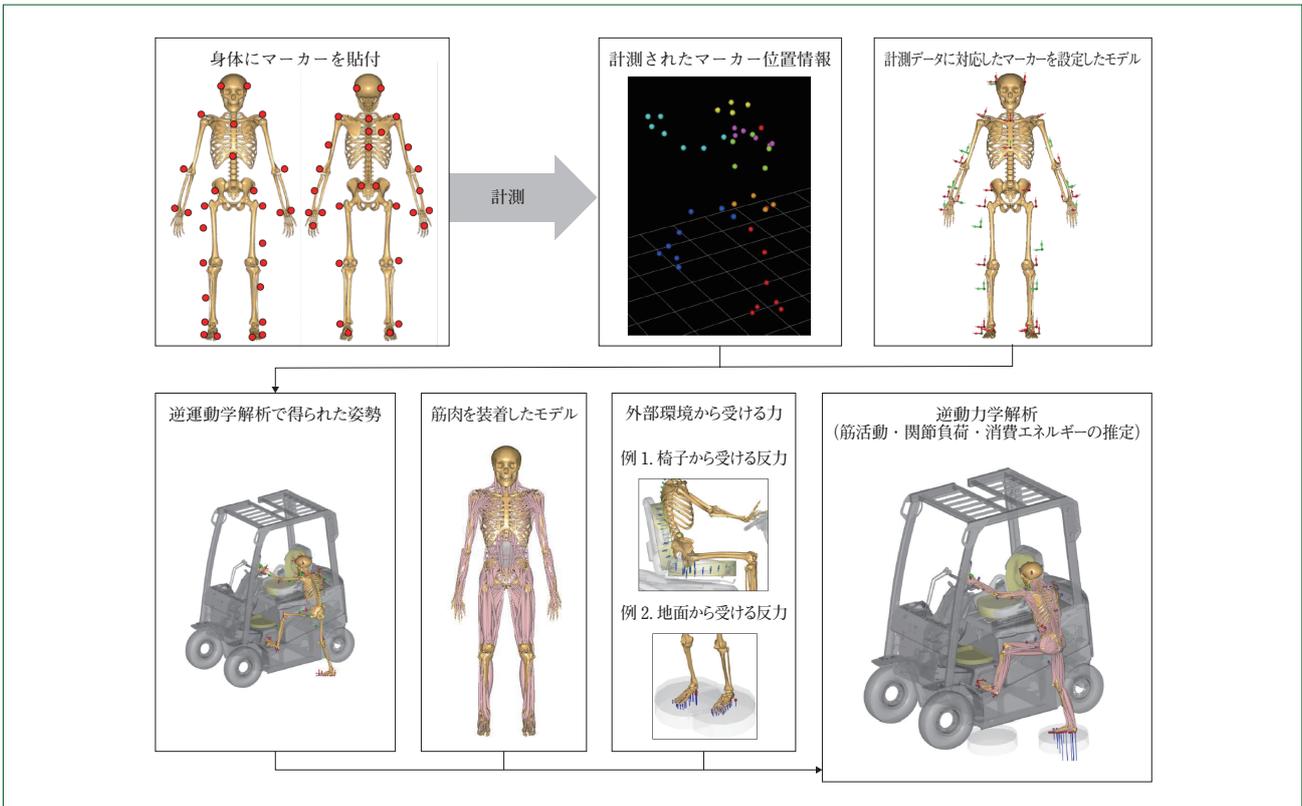


図2 測定 - 解析の流れ
Measurement-analysis flow

② ヒトのモデル化

AnyBody Model Repositoryで用意されている上肢モデル、下肢モデルおよび腰部モデルを組み合わせるとヒトの筋骨格系をモデル化した。

③ 外部環境のモデル化

ヒトと外部環境(地面、フォークリフト)間の力の相互作用は次に示す要素でモデル化した。

- ・足と地面、ステップ、フロア間に作用する力の推定

要素

- ・腕と乗車グリップ、ひじ掛け間に作用する力の推定

要素

- ・体とシート座面、背面間に作用する力の推定要素
- これら逆運動学解析で得られた姿勢とヒトの筋骨格のモデル化情報、外部環境から身体が受ける力を加味したうえで、逆運動学解析により筋肉と関節にかかる力を推定した。

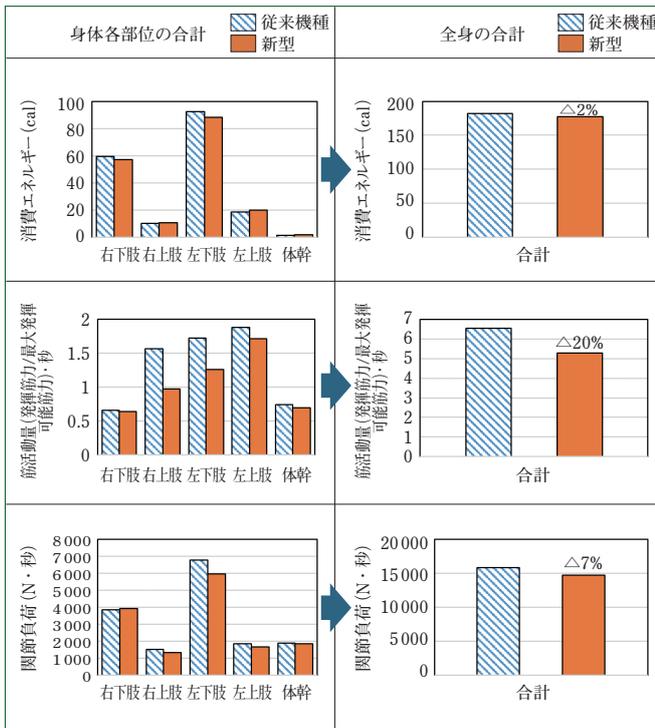


図3 解析結果比較
Comparison of analysis results

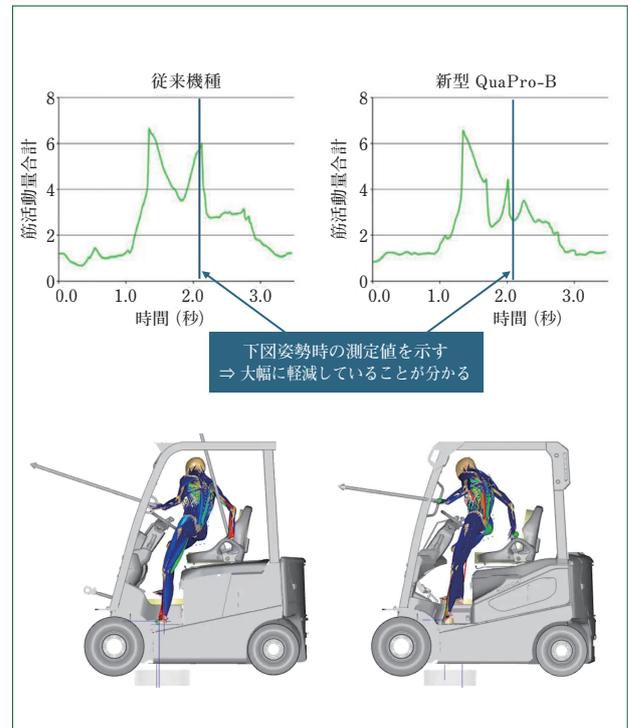


図4 乗車時の筋活動量比較
Comparison of muscle activity during riding

(4) 定量的評価指標

① 動作の所要時間および重心の総移動距離

左足がステップについた瞬間を動作開始、シートに着座した瞬間を動作終了とした。また、その際に移動した重心の距離を算出した。

② エネルギー消費量

体幹、右上肢、左上肢、右下肢、左下肢の5つの部位の筋肉が動作中に消費したエネルギーを算出した。

③ 筋肉の筋活動量

筋骨格モデルに含まれる全88カ所の筋肉の活動量を算出した。算出した各筋活動量のなかで、理学療法士の知見と身体運動学分野で公開されている学術情報をもとに乗車性に大きく関係する筋肉をピックアップした。

④ 関節負荷

身体の各関節に加わる関節負荷(圧迫力)を算出した。

これらエネルギー消費量、筋活動量、関節負荷は動作開始から終了までの区間の積分値で評価した。

(5) 解析の結果

データ解析により、従来機種比で次の結果が得られた。

① 乗車時に妨げとなるカバー類の突出部位を極力排除することで、乗車時の時間および移動距離を削減した。

② 消費エネルギー：2%減少(図3上)

動作所要時間および重心移動距離が減少したことで、動作遂行に必要な消費エネルギーが減少した。

③ 筋肉の筋活動量：20%減少(図3中)

乗車時に妨げとなるカバー類の突出部位を極力排除したことや機器の最適配置、形状の見直しにより、乗

車性に大きく関係する筋肉の筋活動量を低減させた(図4)。

④ 関節負荷：7%減少(図3下)

筋活動量が高くなるほど、関節負荷は増大するため、動作遂行に要求される筋活動量を低下させることで関節負荷が減少した。関節負荷が軽減された身体部位における関節症などの労働災害リスクが低減されれば、労働災害に起因する生産性の低下を抑制できる可能性がある。

3 おわりに

本報では、新型QuaPro-Bの乗車性の向上およびその検証について述べた。

(1) AnyBody Modeling Systemによる筋骨格モデル解析により乗車性向上を数値化し検証した。

(2) 乗車時に妨げとなるカバー類の改善や機器、配管レイアウトおよびヘッドガード形状などの見直しにより乗車性に大きく関係する筋肉の筋活動量を20%低減した。

(3) 今回の検証を今後の開発において活用すべく、条件や試行回数などのさらなる検証を実施し、将来的には自社で測定から評価まで行えるようシステムを整える必要があると考える。

※「QUAPRO」は、住友ナコフォークリフト株式会社の登録商標です。