

## 活動するためのリハビリポイント ～日常生活における立ち上がり動作を「見える化」する～

岩 間 孝 暢<sup>1)</sup>

### はじめに

新型コロナウイルス (COVID-19) の感染拡大は、私達の生活を一変させた。感染防止のためには、何よりも人と人との接触を避けることが求められるようになり、様々な社会活動が制限された。同様に、本学キャンパスにおいてもこの影響は大きい。いましばらくの間は予断を許さない状況が続くと予想されるが、ワクチン接種をはじめ、マスク、換気、消毒等の基本的感染予防対策を講じながら、新型コロナウイルスとの共存（いわゆるウイズコロナ）について模索する段階に入ったと認識している。

今回は、コロナ禍において様々な日常活動が制限されたことで出歩く機会が少なくなり、身体的衰えについてご心配な方々を対象に、表題の講座を、初めての試みとしてYouTubeにて公開した<sup>1)</sup>。著者としては、本講座の内容がこのような時代に生きていくための新たな一歩となることを願ってやまない。

### 行動体力と加齢に伴う体力の変化について

体力とは、人間の活動や生存の基礎となる身体能力のことである<sup>2)</sup>。体力の中で活動に関与するものは行動体力と呼ばれている<sup>3)</sup>。この行動体力は、「行動を起こす力」「行動を維持する力」「行動を正確に調整する力」「行動を円滑に行う力」に大別される。さらに、活動に関与する行動体力の機能的要素には、筋力、全身持久力、俊敏性、調整力、柔軟性、瞬発力がある<sup>4)</sup>。

行動体力の原資ともいべき運動習慣を有する者の割合について本邦では<sup>5)</sup>、男性全体で33.4%、女性全体で25.1%との報告がある。その中で運動習慣を有する者は、男女とも20～64歳群に比べ65歳以上群で2倍近く多いというデータが示されている。他方、一日あたりの歩数平均値は、男女とも20～64歳群に比べ65歳以上群で35%弱減少していた。つまり、男女とも65歳以上群

においては、運動習慣を有している割合が多いものの、一日あたりの歩数平均値が意外と少ないという調査結果であった。また、60歳をもとにその後の行動体力の加齢変化を検討した研究<sup>6)</sup>によれば、男女とも体力は加齢とともに筋力やバランス能力が低下することが示されている。その中で、立位体前屈などいわゆる柔軟性については比較的良好に保たれる一方で、開眼片足立ちなどバランス調整力は著明に低下することが示されている。さらに、米国老年医学会等が策定した高齢者の転倒予防ガイドライン<sup>7)</sup>によれば、高齢者における転倒リスクの要因には、バランス機能の低下や歩行機能の低下などが挙げられ、特に、筋力の低下が高齢者の転倒に大きく関連すると指摘されている。

以上のことをまとめると、健康で活発な日常生活を送る力は年齢とともに緩やかに低下してゆく。しかしながら、運動不足やフレイル（ストレスによる変化を回復させる能力が低下し、要介護の前段階にいたった状態）、ロコモティブシンドローム（運動器の障害のために移動機能の低下をきたした状態）の存在は、健康で活発な日常生活を送る、いわゆる生活機能のリスク因子であるといえる。

### 日常生活における立ち上がり動作の重要性

日常生活において私たちがとり得る姿勢には、立位、座位、臥位がある（図1）。その中で座位姿勢には、椅子に腰掛ける椅座位、床面でのあぐら座位や正座などたくさん種類がある。歩く・走るといった立位での姿勢は、ベッドに横になるなど臥位姿勢に比べ高い活動性を有している。他方、パソコンを操作する、食事をするなど座位での姿勢は、他の姿勢に比べ高い作業性を有する特性を持つ。私たちの生活は、歩行など活動性の高い移動手段を含んだ立位姿勢と机上動作など高い作業性を有する座位姿勢の連続から成り立っている。このような連

1) 弘前医療福祉大学保健学部医療技術学科作業療法専攻（〒036-8102 青森県弘前市小比内3丁目18-1）  
（令和3年10月1日～令和4年2月28日 本学HPに公開）

続性のある活動は、スムーズな姿勢変換によって可能となる。すなわち、姿勢変換の代表的動作である立ち上がり動作は、日常生活における活動性や作業性をかけ渡す重要な動作であるといえる（図2）。

### モーションキャプチャーについて

モーションキャプチャーとは、実在する人物などの動きをデジタルデータ化する技術の総称である。デジタルデータ化して記録できるということは、人間の動きをパソコンに取り込み、様々な解析を行うことが可能となることを意味する。その成果は、映画などのコンピュータグラフィックスやゲームキャラクターの人間らしい動きの再現<sup>8)</sup>、日本舞踊や能楽に代表される無形文化財のアーカイブ<sup>9)</sup>などに利用されている。さらに近年では、スポーツ選手の身体運動のデータ収集、リハビリテーションにおける治療・評価などその範囲が多岐にわたる<sup>10-12)</sup>。

### 立ち上がり動作を「見える化」して解析する

前述した立ち上がり動作には、体幹を大きく前傾させて身体重心を支持基底面に入れてから立ち上がる「ゆっくり（立ち上がり）動作」と、勢いをつけて身体重心をすばやく前上方へ移動させて立ち上がる「いきおい（立ち上がり）動作」がある<sup>13)</sup>。本講座では、3次元動作解析装置Cortex（nac社）と解析ソフトnMotion（nac社）を用いて、高齢者に特有の「ゆっくり（立ち上がり）動作」を「見える化」するプロセスを紹介する。

3次元動作解析装置Cortexは、身体の位置を示すマーカーをモデルに取り付け、計測空間内で複数の赤外線カメラから得られるデータを解析する、いわゆる光学式の解析システムである（図3）。図4上段には、モデルが実際に行った「ゆっくり（立ち上がり）動作」を示す。中段は、解析結果として身体の位置（マーカー）を結んだ線画を表している。さらに下段は、nMotionを用いてモデルの身長や体重などの身体データから逆動力学的に計算された筋骨格モデルを合成したコンピュータグラフィックスを表示している。このような解析プロセスをそれぞれ対比して示すことで「ゆっくり（立ち上がり）動作」は、「見える化」される。

図5は、「ゆっくり（立ち上がり）動作」に関与する代表筋の一つである大腿直筋（右脚）の活動を示している。合成したコンピュータグラフィックスでは、体幹や下肢の筋の走行が黄色い線で示される。動作時の筋（下肢）は、黄色から赤色へ変化し、活動していることが確認できる。図6上段は、「ゆっくり（立ち上がり）動作」における推定身体重心（COG）の位置を示している。

椅座位から立位へ姿勢が変化するとCOGの位置は、より高い位置に変化する。さらにCOGの軌道は、動作開始初期にまず前方へ移動し、続いて上方へ移動することが確認できる（図6下段）。また、COGが移動する面を表す支持基底面は、椅座位に比べ立位の方が狭くなっている。すなわち、支持基底面が狭いということは、その状態において身体を動かせる範囲が狭いことを意味する。したがって、支持基底面の広い椅座位に比べ狭い立位は、より安定性が低い姿勢であることがわかる（図7）。

これらのことから、「ゆっくり（立ち上がり）動作」開始初期には、股関節を曲げることで上半身が前傾し、COGが前方へ移動する。そして、この初期相の終わりには、次の荷重に備えて大腿筋群の緊張が高まる。動作の中期では、足関節の背屈角度が最大となり、下腿が立ち上がるために最適なアライメントに調整される。臀部は椅子から離れる。動作の後期では、COGが両足底で作られる支持基底面に入り、膝関節が伸びてさらに上方へ移動する。下肢荷重筋群は、COGが支持基底面から外れないよう協調的に働く（図8）。

### 活動するためのリハビリポイントとチャレンジ （予防リハ運動）

ここからは、これまでの「見える化」作業をもとにした活動するためのリハビリポイント（リハポ）を紹介する。支持基底面が広い座位から狭い立位へと姿勢を変換するため、立ち上がり動作には安定性を保つ力が必要となる。動作は、前方移動と上方移動の組み合わせから成っている。このため、動作開始初期には、体を前方へ傾けること、離殿（座面からの離床）の際に脚を踏ん張るという意識が大切となる。

図9は、これらのリハポをもとにした、自身の体の重さを足底で感じる前方移動チャレンジである。まず対象者は、椅子に深く腰掛け、椅子の横に手を置く。次に、対象者は体を前傾させたのち、椅子からお尻を浮かせる。この時のポイントは、足底で徐々に加重されることを感じとることである。対象者は、ここでいったん椅子に浅く腰掛けたのち、同様にお尻を浮かせてもとの姿勢に戻る。このチャレンジは、1日あたり4～5回を目安に開始する。

図10は、下肢荷重筋群の協調運動を意識したスクワットチャレンジである。まず対象者は、椅子に浅く腰掛け、少し脚を手前に引いた開始肢位をとる。次に、対象者は体を前傾させたのち、椅子からお尻を浮かせ、ゆっくりと立ち上がる。一呼吸おいて対象者は、同様にゆっくりと着座する。スクワットチャレンジは、立ち上がり動作（着座を含む）時にCOGが支持基底面から外れな

いよう協調的に働く下肢荷重筋群を刺激する。したがって、ゆっくりと動作を行う際には、お尻（大臀筋）、大腿部の前側（大腿四頭筋）と大腿部の裏（ハムストリングス）、ふくらはぎ（腓腹筋・ヒラメ筋）を意識することが重要となる。このチャレンジは、先ほどと同様、1日あたり4～5回を目安に開始する。

ご紹介したチャレンジを実施するにあたって持病（膝痛や腰痛がある、普段から血圧の変動や息切れなどがある等）のある方は、運動を始める前にかかりつけ医へご相談を願いたい。また、チャレンジの際には、安定感のある椅子などを使用するとともに、準備運動を行うなど安全にご留意いただきたい。

### まとめ

1. 加齢に伴う体力の変化について筋力やバランス機能は、特に低下しやすい。このため、私たちは、健康で活発な日常生活を送る力を維持する必要がある。
2. 立ち上がり動作は、日常生活における活動性や作業性をかけ渡す重要な動作である。
3. モーションキャプチャーは、ゲームやスポーツ、無形文化財のアーカイブ、リハビリテーションなど幅広く使われている技術である。立ち上がり動作を「見える化」して解析した結果、本講座においては活動するためのリハポが見えてきた。
4. 活動するためのリハポ
  - 支持基底面が広い座位から狭い立位となるので、立ち上がり動作には安定性を保つ力が必要となる。
  - 動作におけるCOGの移動は、前方移動と上方移動の組み合わせからなっている。このため、動作開始時には、体を前方へ傾けることが重要となる。さらに、離殿の際には、脚での踏ん張りが大切である。

### 謝辞

3次元動作解析に関する技術支援をいただきましたnacイメージテクノロジー社、山下薫央氏、高尾知矢氏に深謝申し上げます。計測に際してご協力をいただきました弘前医療福祉大学医療技術学科作業療法学専攻教員、柏崎勉先生、中川育映先生、また、撮影モデル協力を快諾してくれた同専攻学生諸君にもこの場を借りてお礼申し上げます。

### 文献

- 1) 学校法人弘前城東学園 弘前医療福祉大学/弘前医療福祉大学短期大学部 公式チャンネル：<https://youtu.be/F3yrDanpQ4w> (最終閲覧日：2021/11/28)
- 2) 池上春夫：運動処方：朝倉書店. 1990.
- 3) 猪狩道夫：運動生理学入門：杏林書院. 1979.
- 4) 日本体育学会測定評価専門分科会：体力の診断と評価. 大修館. 1985.
- 5) 厚生労働省：令和元年「国民健康・栄養調査」の結果. <https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000687163.pdf> (最終閲覧日：2021/12/5)
- 6) Shinichi Demura, Masaki Minami, Yoshinori Nagasawa et al: Physical-Fitness Declines in Older Japanese Adults. Journal of Aging And Physical Activity 11. 119, 2003.
- 7) American Geriatrics Society, British Geriatrics Society, and American Academy of Orthopaedic Surgeons Panel on Falls Prevention: Guideline for the prevention of falls in older persons. J Am Geriatr Soc.49 (5): 664-72, 2001.
- 8) Motion Analysis Corporation: <https://motionanalysis.com/videos/>
- 9) nac Image Technology Inc.: <https://www.nacinc.jp/analysis/motion-capture/case07/>
- 10) nac Image Technology Inc.: <https://www.nacinc.jp/analysis/motion-capture/case01/>
- 11) nac Image Technology Inc.: <https://www.nacinc.jp/analysis/motion-capture/case04/>
- 12) nac Image Technology Inc.: <https://www.nacinc.jp/analysis/motion-capture/case05/>
- 13) 石井慎一郎：動作分析臨床活用講座バイオメカニクスに基づく臨床推論の実践. 122-125. 東京：MEDICAL VIEW. 2014.

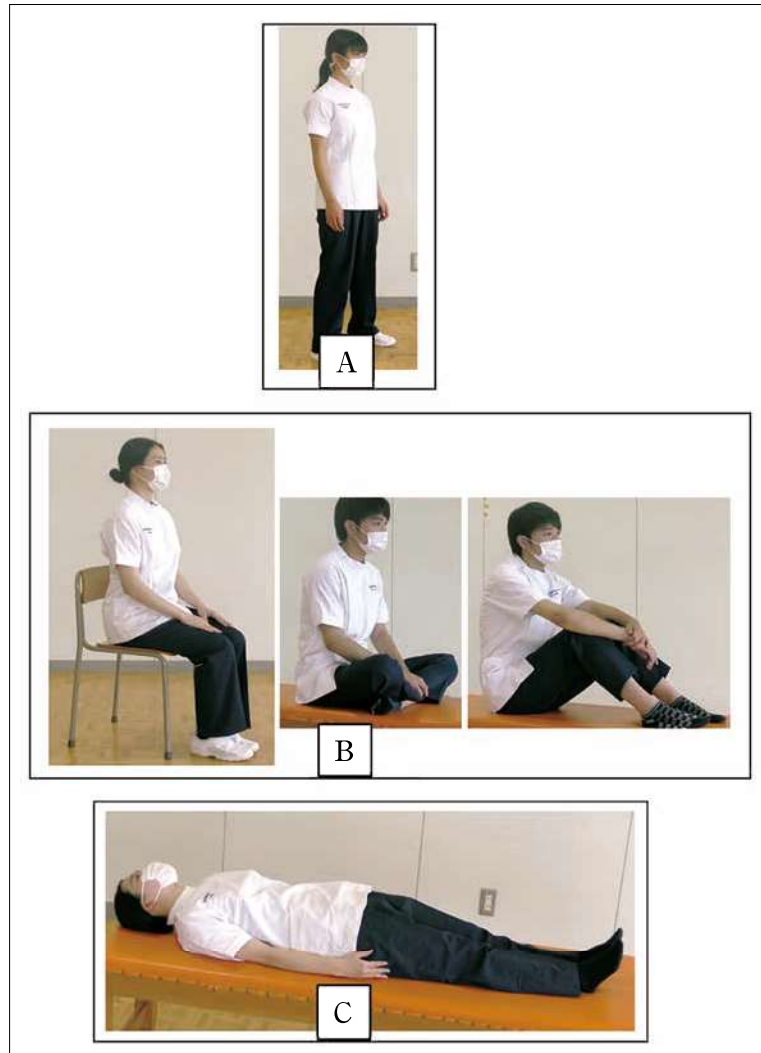


図1. 日常生活において私たちがとり得る姿勢  
 A：立位、B：座位の一例（左から椅座位、あぐら座位、両立て膝位）、C：臥位



図2. 日常生活における立ち上がり動作の重要性  
 立ち上がり動作は、日常生活において活動性や作業性をかけ渡す重要な動作である。

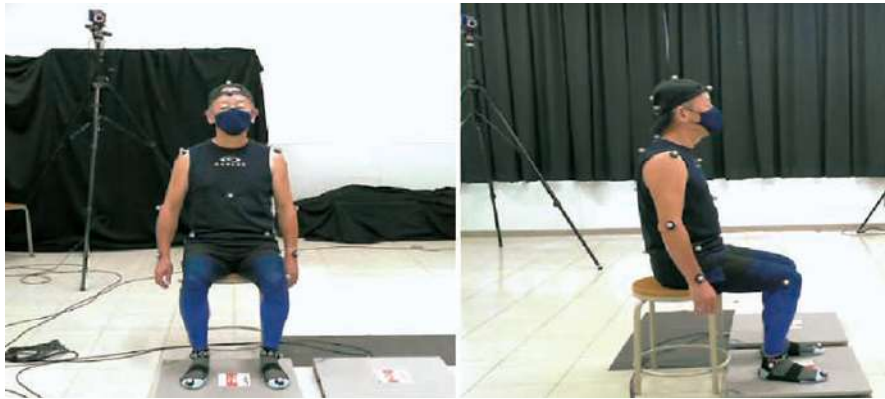


図3. 3次元動作解析装置Cortexを用いた計測環境

赤外線カメラ6台を用いてCortexで設定した計測空間内にて、身体的位置を示す赤外線反射マーカー25個をモデルに取り付け、「ゆっくり（立ち上がり）動作」を解析した。合わせてWebカメラ2台を同期させ、矢状面ならびに前額面での動作を記録した。

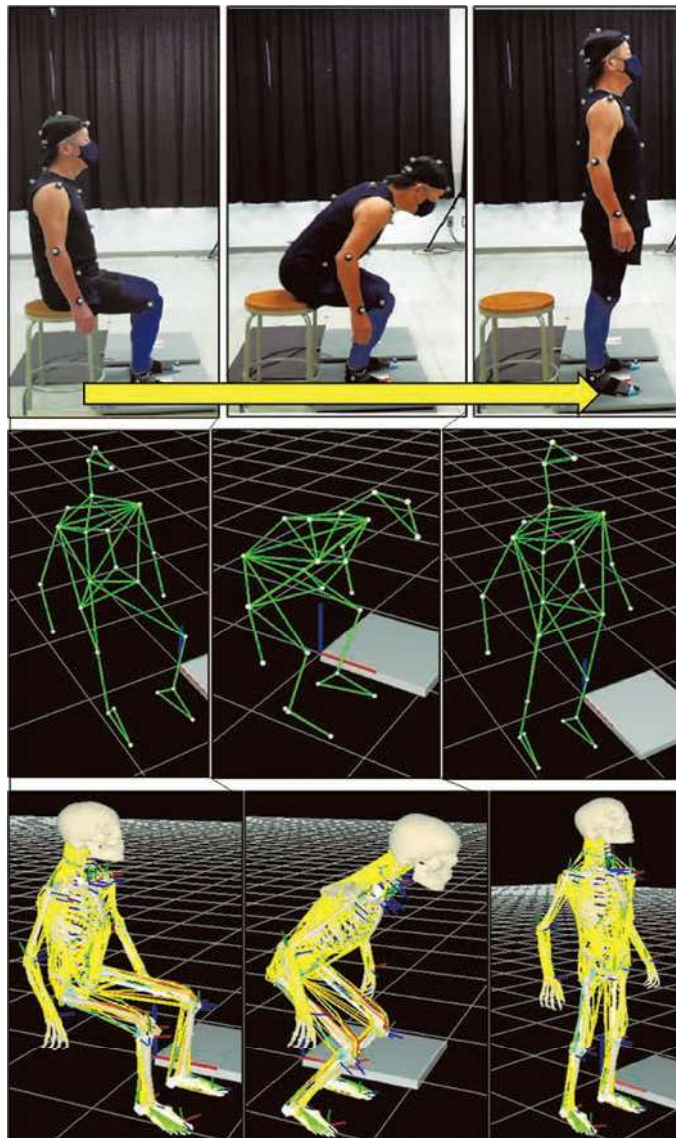


図4. 「ゆっくり（立ち上がり）動作」の「見える化」

モデルが実際に行った「ゆっくり（立ち上がり）動作」を（上段）、3次元動作解析装置（Cortex）を用いて計測・解析（中段）し、さらに動作解析ソフト（nMotion）を用いて筋骨格モデルをコンピュータグラフィックスとして合成した（下段）。

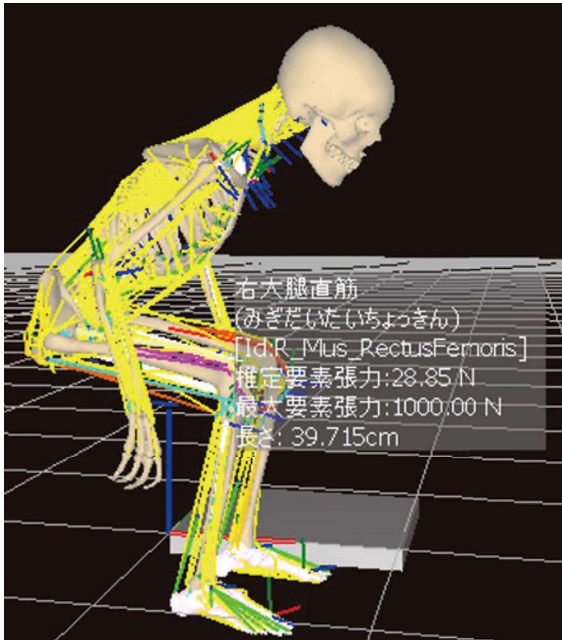


図5. 「ゆっくり (立ち上がり) 動作」時の推定筋活動

合成したコンピュータグラフィックスでは、体幹や下肢の筋の走行が黄色い線で示される。活動している筋は、赤色で示される。この図では「ゆっくり (立ち上がり) 動作」時の大腿直筋 (右脚) が、黄色から赤色へ変化し、筋の活動が確認できる。

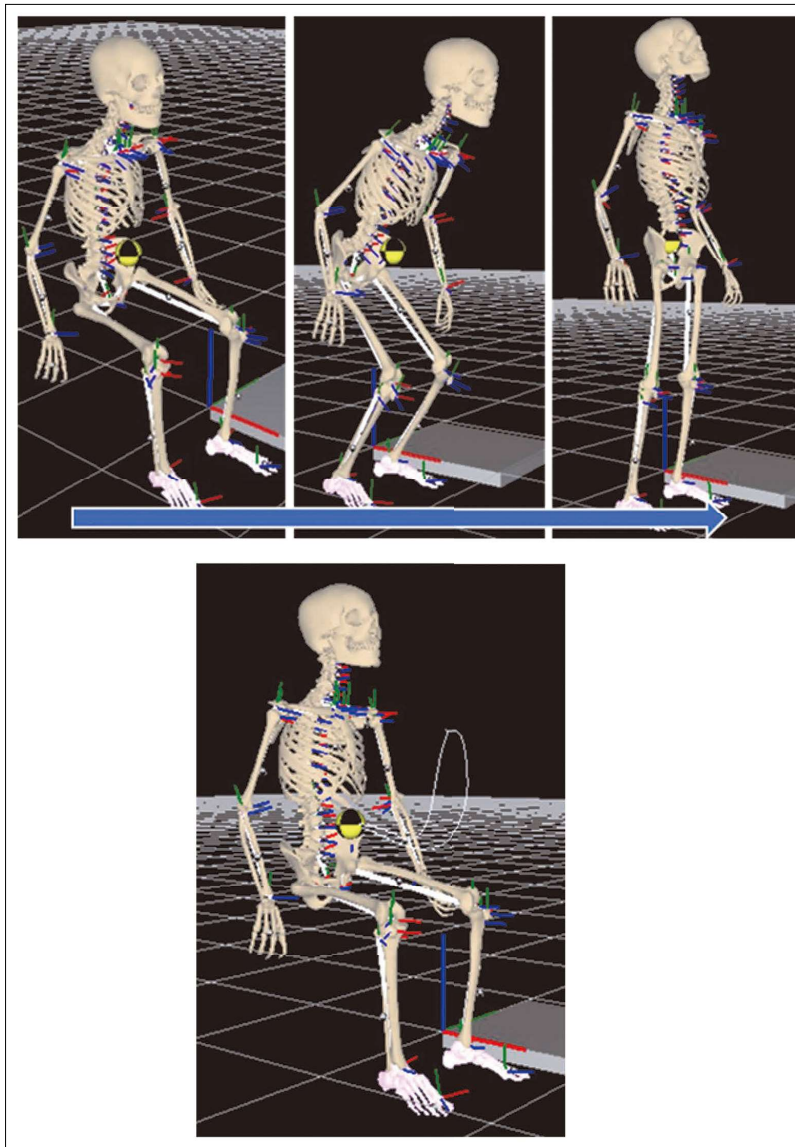


図6. 「ゆっくり (立ち上がり) 動作」におけるCOGの位置 (上) と軌道 (下)

COGの位置: ターゲットマーク (黄色と黒の球体) の位置は、椅座位から立位への姿勢変換に伴い、より高い位置に変化する。  
COGの軌道: ターゲットマークの軌道 (白線) は、動作開始初期にまず前方へ移動し、続いて上方へ移動することを示している。

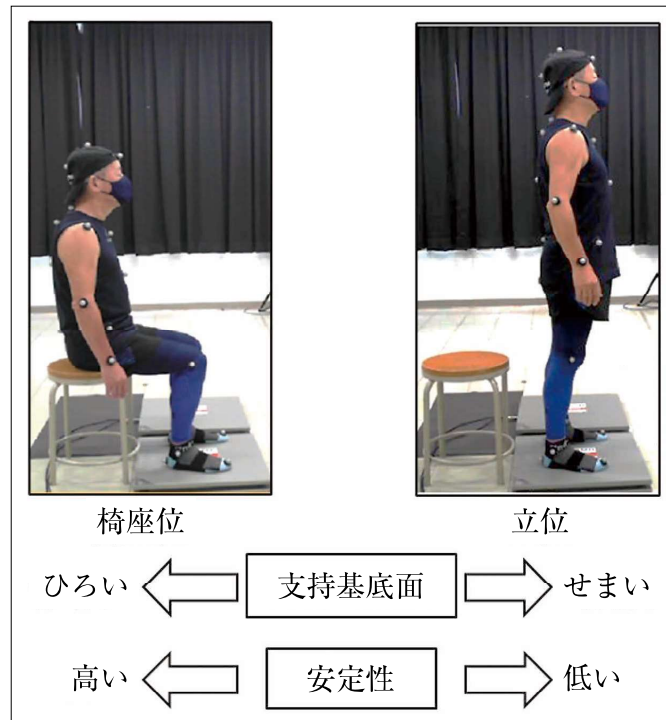


図7. 「ゆっくり (立ち上がり) 動作」における支持基底面の変化

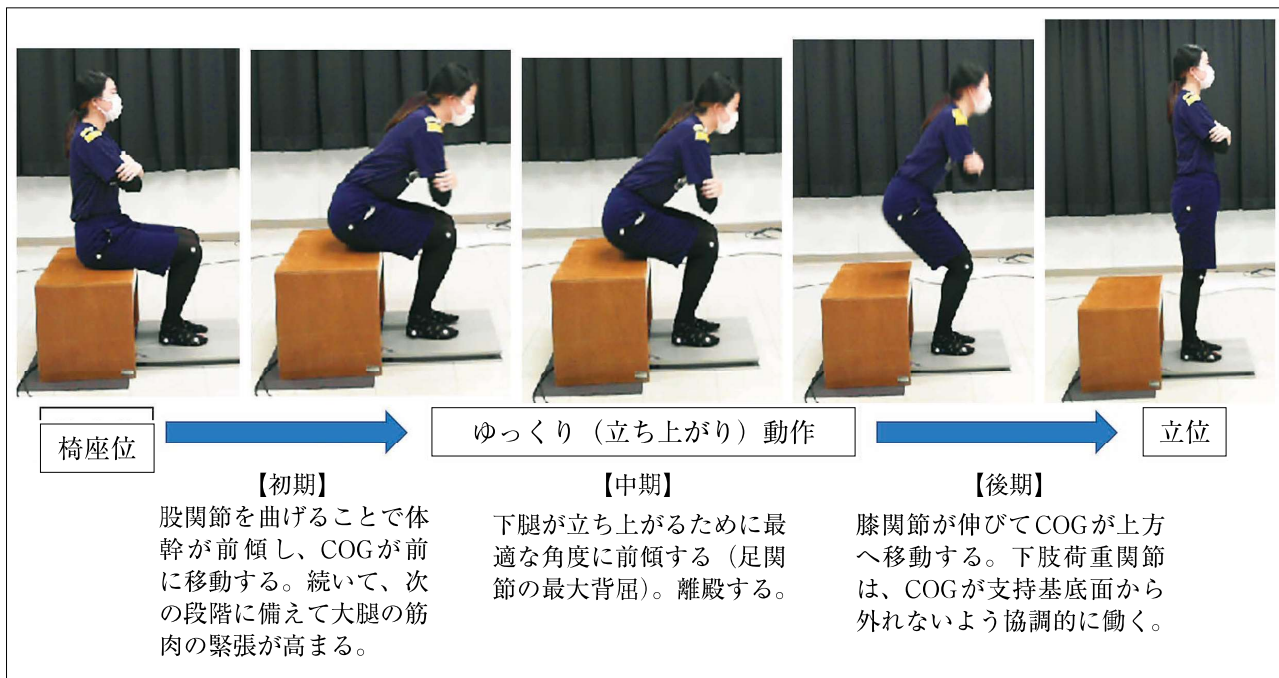


図8. ゆっくり (立ち上がり) 動作の解析まとめ

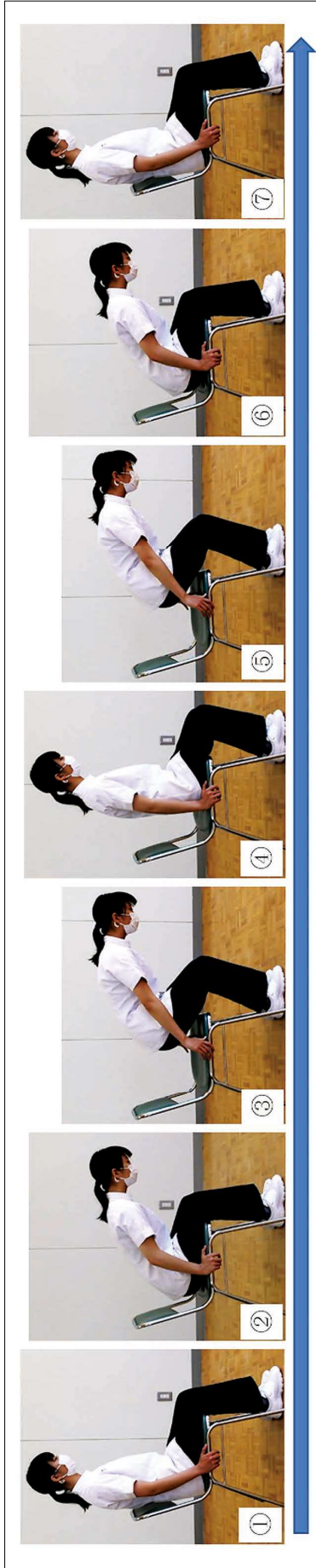


図9. 自身の体の重さを足底で感じる前方移動チャレンジ

- ①椅子に深く腰掛ける。  
椅子の横に手をつく。
- ②体を前傾させる。
- ③お尻を浮かせ、大腿に力を入れふんばる。
- ④椅子に浅く腰掛ける
- ⑤～⑦行った動作を逆して、椅子に深く腰掛ける。

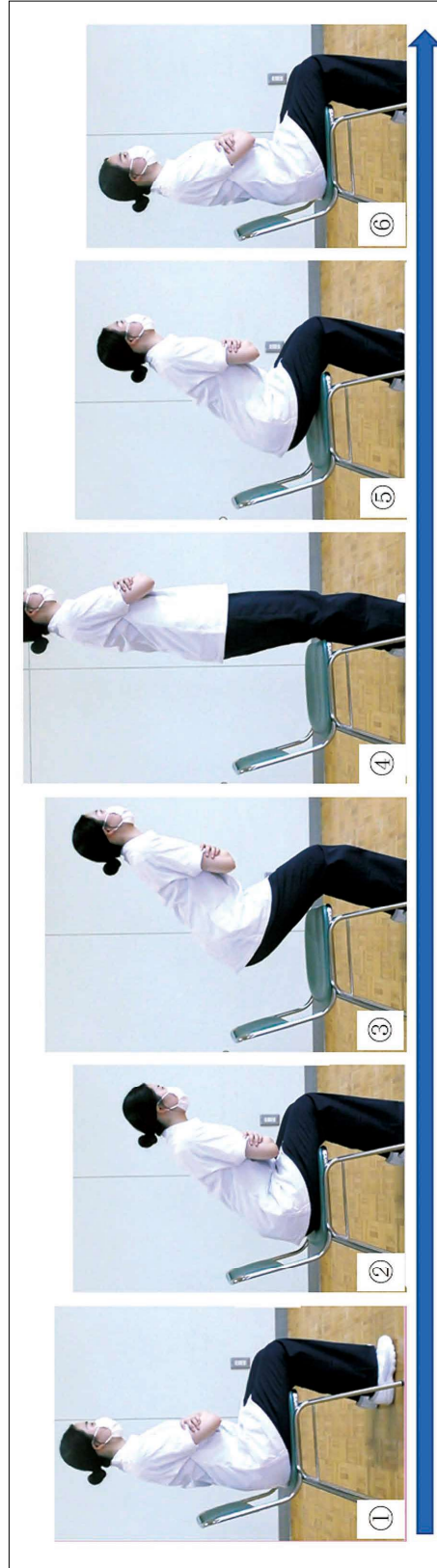


図10. 下肢荷重筋群の協調運動を意識したスクワッドチャレンジ

- ①椅子に浅く腰掛ける。少し脚を引く。
- ②体を前傾させる。
- ③ゆっくりと立ち上がる。  
このとき、太もも（前側）で体重を意識する。
- ④立位でいったん静止する。
- ⑤身体を前に傾け、ゆっくり、ゆっくり膝を曲げる。
- ⑥着座する。