

厚生労働省科学研究費補助金（労働安全衛生総合研究事業）
陸上貨物運送業を対象とした Minds 参照型腰痛予防対策ガイドラインの策定と
予防対策の普及実装の推進
分担研究報告書

作業負担のトレーニング量換算に基づく On the Job Exercise 介入の
実環境実装と評価

研究分担者 田中 孝之 北海道大学 情報科学研究院 教授

研究分担者 榎原 毅 産業医科大学 産業生態科学研究所 人間工学研究室 教授

研究要旨

本研究では、作業負担をトレーニング量として再定義する On the Job Exercise (OJE) の概念に基づき、作業姿勢および作業環境内の重量情報から身体負担を定量化し、それを筋力トレーニングの運動量へ換算する手法を構築した。さらに、本手法を実環境に適用し、作業中の身体負担を運動量として可視化するとともに、体力測定結果と統合したコンディショニング介入を実施した。その結果、トレーニング量換算およびそれに基づく身体ケア介入を実運用環境において実施可能であることを確認した。

A. はじめに

陸上貨物運送業および荷役を伴う関連産業において、腰痛を含む作業関連性運動器障害の予防は、労働者の健康維持、労働寿命の延伸、ならびに事業継続性の観点から重要な課題である。特に、荷物の持ち上げ、運搬、積み込み、狭隘空間での反復作業では、腰部、下肢、上肢に対する身体負担が継続的に生じる。一方で、こうした身体負担を単に低減すべきリスクとして扱うだけでは、作業者の身体機能維持や主体的な健康行動の促進には十分につながらない可能性がある。

本研究分担では、2024 年度に、パッシブ型アシストスーツ (PAS) の適正導入に向け

て、作業姿勢計測、作業負荷の可視化、体力評価、ならびに作業負荷と身体能力の不均衡に基づく介入判断手順の検討を行った。その中で、PAS を一律に使用するのではなく、作業負荷が作業者の身体的耐性を超える場面において選択的に活用し、体力の範囲内の作業負荷は身体機能維持に活かすという考え方を整理した。この考え方は、作業中の身体負担を「身体を鍛える機会」として再定義する On the Job Exercise (OJE) の基盤となるものである。

2025 年度は、この OJE の考え方をさらに発展させ、作業負荷をトレーニング量として定量化し、それに基づいて作業者の身

体ケア介入を設計する実装研究を行った。具体的には、作業員の作業動作をカメラで計測し、姿勢推定 AI と隠れ補正技術により作業姿勢を推定するとともに、作業環境内の重量物を物体認識により検出し、重量マップとして表現する手法を開発した。さらに、作業姿勢と重量情報を統合して OWAS (Ovako Working Posture Analysis System) コードへ変換し、腰部、上肢、下肢、体幹に対応するトレーニング量へ換算する技術を構築した。

また、本年度は、開発した技術を食肉加工・卸売業を営む北一ミート株式会社(札幌市)の配送車への積み込み作業に適用した。対象作業員約 20 名に対してトレーナーによる体力測定を実施し、測定結果のフィードバックとストレッチを中心とするコンディショニングメニューの提示を行った。さらに、体力測定結果に加え、作業負担から換算したトレーニング量に基づき、身体ケアの必要性と具体的なコンディショニング方法を直接指導した。

本研究の目的は、作業負担をトレーニング量として再定義する OJE の実装可能性を検証するとともに、作業員の体力水準と作業負担に応じた個別的なコンディショニング介入の有効性を検討することである。特に、作業負担の可視化とトレーニング量換算が、腰痛症状の訴えやコンディショニングメニューの定着率に与える影響を、対照群と介入群の比較により検証する。これにより、PAS を含む身体ケア介入を、単独の補助具としてではなく、ストレッチ、筋力トレーニング、歩行、作業負担管理と統合した積極的腰痛対策の一要素として位置づけることを目指す。

B. On the Job Exercise の概念

作業関連性運動器障害、とりわけ腰痛に対する従来の対策は、作業負担の低減やリスク回避を中心とした受動的なアプローチが主流であった。しかし、作業負担を一律に低減することは、身体機能の低下や作業遂行能力の低下を招く可能性があり、長期的な健康維持や労働継続性の観点からは必ずしも十分とはいえない。このような背景から、作業負担を単なるリスクとして捉えるのではなく、身体機能の維持・向上に資する刺激として活用する視点が重要となる。

OJE は、作業中に生じる身体負担を「身体を鍛える機会」として再定義し、作業そのものをトレーニングとして位置づける新たな枠組みである。既報(田中, 2025)では、作業負担を筋骨格動力学モデルにより定量化し、それをスクワットやデッドリフトなどの筋力トレーニングの運動量に換算することで、作業を運動量として可視化する手法を提案した。このようなポジティブ・リフレーミングにより、作業員が自身の活動を健康維持・増進の観点から主体的に捉えることを促し、内発的な動機づけに基づく行動変容を支援することが期待される。

OJE は、①作業負担推定、②運動量換算、③動機づけフィードバックの 3 つの要素から構成される。まず、作業負担推定では、作業姿勢や作業内容を計測・認識し、筋骨格系への負担を定量化する。次に、運動量換算では、得られた負担情報を筋力トレーニングや歩行などの運動量へと変換する。さらに、動機づけフィードバックでは、換算された運動量を作業員に提示し、自身の作業が身体機能に与える影響を直感的に理解できるよう支援する。これにより、作業負担を「回

避すべき負担」から「活用すべき刺激」へと再解釈することが可能となる。

本研究では、この OJE の概念を基盤として、作業負担をトレーニング量として定量化し、その結果に基づいて個別最適なコンディショニング介入を設計する枠組みへと発展させる。特に、従来はアシストスーツによる補助を中心としていた介入設計を見直し、ストレッチ、筋力トレーニング、歩行、およびアシストスーツの使用を含む複合的な身体ケア手段の中から、作業負担と体力水準に応じて適切な介入を選択するアプローチへと拡張する（図 2-1）。このように、OJE は単なる作業負担の可視化手法にとどまらず、作業と健康管理を統合した積極的腰痛対策の中核概念として位置づけられる。



図 2-1. On the Job Exercise の概念図

C. 研究方法

C-1 作業負担推定およびトレーニング量換算手法

本研究では、作業中に生じる身体負担を定量的に評価し、それをトレーニング量として再解釈するための手法を構築した。本手法は、作業姿勢の推定、作業環境における重量情報の取得、およびこれらを統合した作業負担の評価とトレーニング量への換算から構成される。

まず、作業姿勢の推定には、単一カメラによる映像を入力とし、姿勢推定 AI を用いて

作業者の関節位置を推定した。実環境では、作業対象物や設備による遮蔽により関節情報が欠損するが多いため、既報（田中，2025）で提案した隠れ補正手法を用いて欠損関節の補間を行い、安定した姿勢推定を実現した。さらに、推定された関節情報に基づき、作業者の姿勢を三次元的に再構成し、筋骨格動力学モデルにより身体各部位への負担を推定した（図 3-1）。

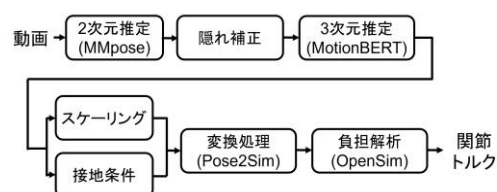


図 3-1. 3次元姿勢推定と負担解析のフロー

次に、作業負担の評価に必要な外力情報として、作業環境内に存在する重量物の影響を考慮した。具体的には、物体認識手法を用いて作業対象物を検出し、その位置および大きさに基づいて作業空間内に重量分布を表現した。この重量分布を用いることで、作業者の手先に作用する負担を推定し、作業姿勢と統合することで、より実態に即した作業負担の評価を可能とした（図 3-2）。



図 3-2. 作業環境内の重量物マッピング

さらに、推定された作業姿勢と負担情報を統合し、作業姿勢評価指標の一つである

OWAS コードへと変換した。これにより、腰部、上肢、下肢、体幹に対する負担の程度を体系的に分類するとともに、各部位に対応する運動種別へと対応付けることが可能となる。

最後に、各部位の負担をトレーニング量へ換算するために、一定時間あたりの動作回数および負荷レベルを基に、筋力トレーニングの反復回数として表現した。具体的には、腰部負担をデッドリフト、下肢負担をスクワット、上肢負担をアームカール、体幹負担をシットアップなどに対応付け、作業中の負担を直感的に理解可能な運動量として可視化した（図 3-3）。

(1) 資料	(2) 区画	(3) 区画名	第6 (1)		第7 (2)		第8 (3)		第9 (4)		第10 (5)		第11 (6)		第12 (7)		第13 (8)		第14 (9)		第15 (10)		第16 (11)		第17 (12)		第18 (13)		第19 (14)		第20 (15)		第21 (16)		第22 (17)		第23 (18)		第24 (19)		第25 (20)		第26 (21)		第27 (22)		第28 (23)		第29 (24)		第30 (25)		第31 (26)		第32 (27)		第33 (28)		第34 (29)		第35 (30)		第36 (31)		第37 (32)		第38 (33)		第39 (34)		第40 (35)		第41 (36)		第42 (37)		第43 (38)		第44 (39)		第45 (40)		第46 (41)		第47 (42)		第48 (43)		第49 (44)		第50 (45)		第51 (46)		第52 (47)		第53 (48)		第54 (49)		第55 (50)		第56 (51)		第57 (52)		第58 (53)		第59 (54)		第60 (55)		第61 (56)		第62 (57)		第63 (58)		第64 (59)		第65 (60)		第66 (61)		第67 (62)		第68 (63)		第69 (64)		第70 (65)		第71 (66)		第72 (67)		第73 (68)		第74 (69)		第75 (70)		第76 (71)		第77 (72)		第78 (73)		第79 (74)		第80 (75)		第81 (76)		第82 (77)		第83 (78)		第84 (79)		第85 (80)		第86 (81)		第87 (82)		第88 (83)		第89 (84)		第90 (85)		第91 (86)		第92 (87)		第93 (88)		第94 (89)		第95 (90)		第96 (91)		第97 (92)		第98 (93)		第99 (94)		第100 (95)		第101 (96)		第102 (97)		第103 (98)		第104 (99)		第105 (100)		第106 (101)		第107 (102)		第108 (103)		第109 (104)		第110 (105)		第111 (106)		第112 (107)		第113 (108)		第114 (109)		第115 (110)		第116 (111)		第117 (112)		第118 (113)		第119 (114)		第120 (115)		第121 (116)		第122 (117)		第123 (118)		第124 (119)		第125 (120)		第126 (121)		第127 (122)		第128 (123)		第129 (124)		第130 (125)		第131 (126)		第132 (127)		第133 (128)		第134 (129)		第135 (130)		第136 (131)		第137 (132)		第138 (133)		第139 (134)		第140 (135)		第141 (136)		第142 (137)		第143 (138)		第144 (139)		第145 (140)		第146 (141)		第147 (142)		第148 (143)		第149 (144)		第150 (145)		第151 (146)		第152 (147)		第153 (148)		第154 (149)		第155 (150)		第156 (151)		第157 (152)		第158 (153)		第159 (154)		第160 (155)		第161 (156)		第162 (157)		第163 (158)		第164 (159)		第165 (160)		第166 (161)		第167 (162)		第168 (163)		第169 (164)		第170 (165)		第171 (166)		第172 (167)		第173 (168)		第174 (169)		第175 (170)		第176 (171)		第177 (172)		第178 (173)		第179 (174)		第180 (175)		第181 (176)		第182 (177)		第183 (178)		第184 (179)		第185 (180)		第186 (181)		第187 (182)		第188 (183)		第189 (184)		第190 (185)		第191 (186)		第192 (187)		第193 (188)		第194 (189)		第195 (190)		第196 (191)		第197 (192)		第198 (193)		第199 (194)		第200 (195)		第201 (196)		第202 (197)		第203 (198)		第204 (199)		第205 (200)		第206 (201)		第207 (202)		第208 (203)		第209 (204)		第210 (205)		第211 (206)		第212 (207)		第213 (208)		第214 (209)		第215 (210)		第216 (211)		第217 (212)		第218 (213)		第219 (214)		第220 (215)		第221 (216)		第222 (217)		第223 (218)		第224 (219)		第225 (220)		第226 (221)		第227 (222)		第228 (223)		第229 (224)		第230 (225)		第231 (226)		第232 (227)		第233 (228)		第234 (229)		第235 (230)		第236 (231)		第237 (232)		第238 (233)		第239 (234)		第240 (235)		第241 (236)		第242 (237)		第243 (238)		第244 (239)		第245 (240)		第246 (241)		第247 (242)		第248 (243)		第249 (244)		第250 (245)		第251 (246)		第252 (247)		第253 (248)		第254 (249)		第255 (250)		第256 (251)		第257 (252)		第258 (253)		第259 (254)		第260 (255)		第261 (256)		第262 (257)		第263 (258)		第264 (259)		第265 (260)		第266 (261)		第267 (262)		第268 (263)		第269 (264)		第270 (265)		第271 (266)		第272 (267)		第273 (268)		第274 (269)		第275 (270)		第276 (271)		第277 (272)		第278 (273)		第279 (274)		第280 (275)		第281 (276)		第282 (277)		第283 (278)		第284 (279)		第285 (280)		第286 (281)		第287 (282)		第288 (283)		第289 (284)		第290 (285)		第291 (286)		第292 (287)		第293 (288)		第294 (289)		第295 (290)		第296 (291)		第297 (292)		第298 (293)		第299 (294)		第300 (295)		第301 (296)		第302 (297)		第303 (298)		第304 (299)		第305 (300)		第306 (301)		第307 (302)		第308 (303)		第309 (304)		第310 (305)		第311 (306)		第312 (307)		第313 (308)		第314 (309)		第315 (310)		第316 (311)		第317 (312)		第318 (313)		第319 (314)		第320 (315)		第321 (316)		第322 (317)		第323 (318)		第324 (319)		第325 (320)		第326 (321)		第327 (322)		第328 (323)		第329 (324)		第330 (325)		第331 (326)		第332 (327)		第333 (328)		第334 (329)		第335 (330)		第336 (331)		第337 (332)		第338 (333)		第339 (334)		第340 (335)		第341 (336)		第342 (337)		第343 (338)		第344 (339)		第345 (340)		第346 (341)		第347 (342)		第348 (343)		第349 (344)		第350 (345)		第351 (346)		第352 (347)		第353 (348)		第354 (349)		第355 (350)		第356 (351)		第357 (352)		第358 (353)		第359 (354)		第360 (355)		第361 (356)		第362 (357)		第363 (358)		第364 (359)		第365 (360)		第366 (361)		第367 (362)		第368 (363)		第369 (364)		第370 (365)		第371 (366)		第372 (367)		第373 (368)		第374 (369)		第375 (370)		第376 (371)		第377 (372)		第378 (373)		第379 (374)		第380 (375)		第381 (376)		第382 (377)		第383 (378)		第384 (379)		第385 (380)		第386 (381)		第387 (382)		第388 (383)		第389 (384)		第390 (385)		第391 (386)		第392 (387)		第393 (388)		第394 (389)		第395 (390)		第396 (391)		第397 (392)		第398 (393)		第399 (394)		第400 (395)		第401 (396)		第402 (397)		第403 (398)		第404 (399)		第405 (400)		第406 (401)		第407 (402)		第408 (403)		第409 (404)		第410 (405)		第411 (406)		第412 (407)		第413 (408)		第414 (409)		第415 (410)		第416 (411)		第417 (412)		第418 (413)		第419 (414)		第420 (415)		第421 (416)		第422 (417)		第423 (418)		第424 (419)		第425 (420)		第426 (421)		第427 (422)		第428 (423)		第429 (424)		第430 (425)		第431 (426)		第432 (427)		第433 (428)		第434 (429)		第435 (430)		第436 (431)		第437 (432)		第438 (433)		第439 (434)		第440 (435)		第441 (436)		第442 (437)		第443 (438)		第444 (439)		第445 (440)		第446 (441)		第447 (442)		第448 (443)		第449 (444)		第450 (445)		第451 (446)		第452 (447)		第453 (448)		第454 (449)		第455 (450)		第456 (451)		第457 (452)		第458 (453)		第459 (454)		第460 (455)		第461 (456)		第462 (457)		第463 (458)		第464 (459)		第465 (460)		第466 (461)		第467 (462)		第468 (463)		第469 (464)		第470 (465)		第471 (466)		第472 (467)		第473 (468)		第474 (469)		第475 (470)		第476 (471)		第477 (472)		第478 (473)		第479 (474)		第480 (475)		第481 (476)		第482 (477)		第483 (478)		第484 (479)		第485 (480)		第486 (481)		第487 (482)		第488 (483)		第489 (484)		第490 (485)		第491 (486)		第492 (487)		第493 (488)		第494 (489)		第495 (490)		第496 (491)		第497 (492)		第498 (493)		第499 (494)		第500 (495)		第501 (496)		第502 (497)		第503 (498)		第504 (499)		第505 (500)		第506 (501)		第507 (502)		第508 (503)		第509 (504)		第510 (505)		第511 (506)		第512 (507)		第513 (508)		第514 (509)		第515 (510)		第516 (511)		第517 (512)		第518 (513)		第519 (514)		第520 (515)		第521 (516)		第522 (517)		第523 (518)		第524 (519)		第525 (520)		第526 (521)		第527 (522)		第528 (523)		第529 (524)		第530 (525)		第531 (526)		第532 (527)		第533 (528)		第534 (529)		第535 (530)		第536 (531)		第537 (532)		第538 (533)		第539 (534)		第540 (535)		第541 (536)		第542 (537)		第543 (538)		第544 (539)		第545 (540)		第546 (541)		第547 (542)		第548 (543)		第549 (544)		第550 (545)		第551 (546)		第552 (547)		第553 (548)		第554 (549)		第555 (550)		第556 (551)		第557 (552)		第558 (553)		第559 (554)		第560 (555)		第561 (556)		第562 (557)		第563 (558)		第564 (559)		第565 (560)		第566 (561)		第567 (562)		第568 (563)		第569 (564)		第570 (565)		第571 (566)		第572 (567)		第573 (568)		第574 (569)		第575 (570)		第576 (571)		第577 (572)		第578 (573)		第579 (574)		第580 (575)		第581 (576)		第582 (577)		第583 (578)		第584 (579)		第585 (580)		第586 (581)		第587 (582)		第588 (583)		第589 (584)		第590 (585)		第591 (586)		第592 (587)		第593 (588)		第594 (589)		第595 (590)		第596 (591)		第597 (592)		第598 (593)		第599 (594)		第600 (595)		第601 (596)		第602 (597)		第603 (598)		第604 (599)		第605 (600)		第606 (601)		第607 (602)		第608 (603)		第609 (604)		第610 (605)		第611 (606)		第612 (607)		第613 (608)		第614 (609)		第615 (610)		第616 (611)		第617 (612)		第618 (613)		第619 (614)		第620 (615)		第621 (616)		第622 (617)		第623 (618)		第624 (619)		第625 (620)		第626 (621)		第627 (622)		第628 (623)		第629 (624)		第630 (625)		第631 (626)		第632 (627)		第633 (628)		第634 (629)		第635 (630)		第636 (631)		第637 (632)		第638 (633)		第639 (634)		第640 (635)		第641 (636)		第642 (637)		第643 (638)		第644 (639)		第645 (640)		第646 (641)		第647 (642)		第648 (643)		第649 (644)		第650 (645)		第651 (646)		第652 (647)		第653 (648)		第654 (649)		第655 (650)		第656 (651)		第657 (652)		第658 (653)		第659 (654)		第660 (655)		第661 (656)		第662 (657)		第663 (658)		第664 (659)		第665 (660)		第666 (661)		第667 (662)		第668 (663)		第669 (664)		第670 (665)		第671 (666)		第672 (667)		第673 (668)		第674 (669)		第675 (670)		第676 (671)		第677 (672)		第678 (673)		第679 (674)		第680 (675)		第681 (676)		第682 (677)		第683 (678)		第684 (679)		第685 (680)		第686 (681)		第687 (682)		第688 (683)		第689 (684)		第690 (685)		第691 (686)		第692 (687)		第693 (688)		第694 (689)		第695 (690)		第696 (691)		第697 (692)		第698 (693)		第699 (694)		第700 (695)		第701 (696)		第702 (697)		第703 (698)		第704 (699)		第705 (700)		第706 (701)		第707 (702)		第708 (703)		第709 (704)		第710 (705)		第711 (706)		第712 (707)		第713 (708)		第714 (709)		第715 (710)		第716 (711)		第717 (712)		第718 (713)		第719 (714)		第720 (715)		第721 (716)		第722 (717)		第723 (718)		第724 (719)		第725 (720)		第726 (721)		第727 (722)		第728 (723)		第729 (724)		第730 (725)		第731 (726)		第732 (727)		第733 (728)		第734 (729)		第735 (730)		第736 (731)		第737 (732)		第738 (733)		第739 (734)		第740 (735)		第741 (736)		第742 (737)		第743 (738)		第744 (739)		第745 (740)		第746 (741)		第747 (742)		第748 (743)		第749 (744)		第750 (745)		第751 (746)		第752 (747)		第753 (748)		第754 (749)		第755 (750)		第756 (751)		第757 (752)		第758 (753)		第759 (754)		第760 (755)		第761 (756)		第762 (757)		第763 (758)		第764 (759)		第765 (760)		第766 (761)		第767 (762)		第768 (763)		第769 (764)		第770 (765)		第771 (766)		第772 (767)		第773 (768)		第774 (769)		第775 (770)		第776 (771)		第777 (772)		第778 (773)		第779 (774)		第780 (775)		第781 (776)		第782 (777)		第783 (778)		第784 (779)		第785 (780)		第786 (781)		第787 (782)		第788 (783)		第789 (784)		第790 (78	
--------	--------	---------	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	-----------	--	-----------	--	-----------	--	-----------	--	-----------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	------------	--	----------	--

図 3-3. OWAS コードに基づく
トレーニング量換算

本手法により、従来は定性的に捉えられていた作業負担を、具体的な運動量として定量的に提示することが可能となる。これにより、作業者は自身の作業を身体活動として理解しやすくなり、作業負担の再認識およびコンディショニングへの動機づけにつながることを期待される。また、本手法は、後述する介入設計において、作業負担と体力水準の関係に基づく個別最適な身体ケア手法の選択に活用される。

C-2 作業負担推定およびトレーニング量換算

本研究では、作業負担のトレーニング量換算結果を活用し、作業者の身体特性に応

じた個別最適なコンディショニング介入を設計するために、体力測定を実施した。体力測定は、作業者の身体機能を把握し、作業負荷との関係性を評価するための基礎情報として位置づけられる。

体力測定は、トレーナーの指導のもとで実施し、筋力、柔軟性、バランス能力など、腰痛リスクと関連の深い身体機能を評価対象とした。これにより、作業者ごとの身体的特性を把握するとともに、作業負担に対する耐性の違いを定量的に評価した。

得られた体力測定結果は、各作業者に対してフィードバックされ、自己の身体状態に対する理解を促すとともに、適切な身体ケアの必要性を認識させるために活用した。フィードバックにおいては、単なる測定値の提示にとどまらず、作業負担との関係を踏まえた説明を行い、作業と身体機能の関係性を直感的に理解できるよう配慮した。

さらに、本研究では、作業負担のトレーニング量換算結果と体力測定結果を統合し、コンディショニングメニューの設計に活用した。具体的には、腰部、下肢、上肢、体幹といった身体部位ごとの負担特性に応じて、ストレッチおよび筋力トレーニングを中心としたメニューを構成した。これにより、作業によって生じる身体負荷を補完し、身体機能の維持・向上を図ることを目的とした。

また、コンディショニング設計においては、アシストスーツの活用についても検討した。ただし、本研究ではアシストスーツを主要な介入手段としてではなく、ストレッチや筋力トレーニングと並列する身体ケア手段の一つとして位置づけた。すなわち、作業負担が作業者の体力水準を超過する場合に限り、身体負担を軽減する補助手段とし

て選択的に活用する方針とした。

このように、本研究におけるコンディショニング設計は、作業負担をトレーニング量として再定義する OJE の概念に基づき、体力測定結果と統合することで、個々の作業者に適した身体ケア介入を提供することを目的としている。

C-3 介入方法と評価指標

本研究では、体力測定結果のフィードバックに加え、構築したトレーニング量換算手法により得られた作業負担情報を提示し、これを基にコンディショニングの必要性および具体的な実施方法について指導を行った。すなわち、作業負担を筋力トレーニングの運動量として可視化し、各作業者に対して「どの部位にどの程度の負荷がかかっているか」を明示することで、身体ケアの必要性を具体的に理解させることを意図した。

さらに、体力測定結果と作業負担のトレーニング量換算結果を統合し、個々の作業者に応じたコンディショニングメニューの選択および実施方法について直接的な指導を行った。これにより、単なる一律の運動指導ではなく、作業特性と身体特性の双方を考慮した個別最適な介入を実現した。

以上のように、本研究では、作業負担のトレーニング量換算という新たな情報提示を介入要素として組み込み、その有無による効果の差異を検証することにより、OJE に基づくコンディショニング介入の有効性を評価する設計とした。

D. 考察

本研究では、作業負担のトレーニング量

換算手法およびそれに基づくコンディショニング介入の実装可能性を検証するため、実環境における適用を行った。その結果、作業負担の定量化およびトレーニング量への換算、ならびに体力測定およびコンディショニング指導を含む一連の介入プロセスを、実運用環境において実施可能であることを確認した。

まず、作業環境にカメラを設置し、作業員の動作を連続的に計測することで、実作業中の姿勢推定および作業負担の推定を実現した。これにより、狭隘な作業空間や遮蔽物を含む実環境においても、安定した作業姿勢の推定および身体負担の評価が可能であることを確認した。

次に、取得した作業データに基づき、作業負担をトレーニング量として換算する処理を適用した。その結果、2 日間にわたる作業データに対して、腰部、上肢、下肢、体幹に対応するトレーニング量(スクワット、デッドリフト、アームカール、シットアップ等の回数)を算出することが可能であった。これにより、実作業中の身体負担を具体的な運動量として可視化できることが確認された(図 4-1)。

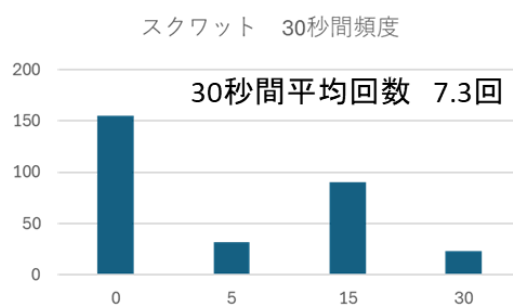


図 4-1. トレーニング量換算結果の例

さらに、対象作業員に対して、トレーナーによる体力測定を複数回実施し、測定結果

のフィードバックとストレッチを中心としたコンディショニングメニューの提示を行った。これにより、作業者が自身の身体状態を把握し、身体ケアの必要性を認識する機会を提供した。さらに、作業負担のトレーニング量換算結果を提示し、これに基づいたコンディショニングの必要性について直接的な指導を実施した。これにより、作業負担と身体ケアとの関係を具体的に理解させる介入が実施可能であることを確認した。

以上の結果より、本研究で提案した OJE に基づく作業負担のトレーニング量換算手法およびそれを活用したコンディショニング介入は、実環境において一連のプロセスとして実装可能であることが示された。また、作業負担を運動量として提示することにより、作業者に対する身体ケアの動機づけに寄与する可能性が示唆された。

なお、腰痛症状の変化やコンディショニングメニューの定着率については、現在データを収集・解析中であり、詳細な効果検証については今後の課題とする。

E. 結論

本研究では、作業負担をトレーニング量として再定義する On the Job Exercise (OJE) の概念に基づき、作業姿勢および作業環境情報から身体負担を定量化し、それを筋力トレーニングの運動量として換算する手法を構築した。さらに、本手法を実環境に適用し、作業中の身体負担を具体的な運動量として可視化するとともに、体力測定結果と組み合わせたコンディショニング介入の実装を行った。

その結果、作業負担のトレーニング量換算およびそれに基づくコンディショニング

指導を、実運用環境において一連のプロセスとして実施可能であることを確認した。また、作業負担を運動量として提示することにより、作業者が自身の作業を身体活動として認識し、身体ケアの必要性を理解するための基盤が構築された。これにより、従来の負担低減中心の対策に加え、作業を身体機能の維持・向上に活かす積極的腰痛対策の実現可能性が示された。

今後の課題として、体力測定結果およびトレーニング量換算結果を統合し、個々の作業者に対して適切なコンディショニングメニューを自動的に提示するアプリケーションの開発を予定している。これにより、作業負担と身体特性に応じた個別最適な身体ケアを日常的に支援し、作業者の自律的な健康管理を促進することが期待される。さらに、継続的なデータ収集と解析を通じて、腰痛症状の変化およびコンディショニングの定着率に対する介入効果を検証し、OJE に基づく介入手法の有効性を明らかにしていく必要がある。

以上より、本研究は、作業負担の定量化とトレーニング量換算を基盤とした新たな産業保健アプローチを提示するとともに、実環境における実装可能性を示したものであり、今後の積極的腰痛対策の展開に向けた基盤的知見を提供するものである。

F. 研究発表

1. 発表論文

該当なし

2. 学会発表

- 1) 田中孝之, 野田紫音, 日下聖, 草場信之. 姿勢推定 AI と隠れ補正技術によ

る狭小空間での作業姿勢分析. 日本人
間工学会第 66 回大会. 2025 年 5 月 22
日

- 2) 田中孝之, 日下聖, 野田紫音, 榎原毅,
谷直道. 職場の積極的腰痛対策 On
the Job Exercise の提案. 産業保健人
間工学会第 30 回大会. 2025 年 11 月 22
日

G. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

該当なし

2. 実用新案登録

該当なし

3. その他

該当なし

参考文献

なし