

〔二次出版〕

オフィスワーカーにおけるドメイン別の身体活動や座位行動と 心血管代謝系の健康の関連性

—Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports に
掲載された英語論文の日本語による二次出版—

北濃成樹¹⁾, 甲斐裕子¹⁾, 神藤隆志^{1,2)}, 藤井悠也¹⁾, 角田憲治^{1,3)}, 荒尾 孝¹⁾

SUMMARY

目的：先行研究から、身体活動(physical activity: PA)や座位行動(sedentary behavior: SB)と健康アウトカムの関連性はその行動が仕事中的のものかどうかによって逆転することが報告されている。しかし、これまでに1日の時間利用における相互依存性を考慮したうえで、オフィスワーカーのドメイン別身体行動と心血管代謝系の健康の関連性を検討した研究はない。そこで我々は、加速度計で測定したドメイン別(勤務時間、勤務日の非勤務時間、非勤務日)のPAおよびSBとオフィスワーカーの心血管代謝系の健康指標の関連について、組成データ解析を用いて検討した。

方法：この横断研究は1258人の日本人オフィスワーカーを対象とした。SB、低強度PA(light-intensity PA: LPA)、中高強度PA(moderate- to vigorous-intensity PA: MVPA)の時間を加速度計により評価した。心血管代謝系の健康指標には定期健康診断のデータを用いた。

結果：組成データ解析による重回帰分析の結果、勤務時間中や非勤務日の行動ではなく、平日の非勤務時間中のPAやSBが心血管代謝系の健康と有意に関連した。特に、非勤務時間中のSBを減らして、代わりにLPAやMVPAの時間を増やすことは、それぞれcardiometabolic risk scoreや脂質代謝指標の好ましい変化と関連した。一方、LPA時間と拡張期血圧の関連性において、非勤務時間中は良好に関連し($\beta = 1.61$; 95%信頼区間[CI] = 0.02, 3.19)、仕事中は有害的に関連する($\beta = -2.48$; 95% CI = -4.87, -0.09)という相反する結果が得られた。

結論：我々の結果は、オフィスワーカーの心血管代謝系の健康管理には、平日の非勤務時間におけるSBの軽減とPAの増加が有効である可能性を示唆するものであった。今後、組成データ分析を用いた縦断的研究により、我々の結果を確認することが必要である。

Key words: 加速度計, 肥満, 組成データ解析, 運動, 余暇身体活動, 勤務中の身体活動, 座位

背 景

心血管疾患や糖尿病を含む心血管代謝系疾患は、

世界的に死亡や身体障害の原因の大部分を占めている。心血管疾患を予防するためには関連するリスク因子を適切に管理する必要がある¹⁾。現在ま

1) 公益財団法人 明治安田厚生事業団体力医学研究所 Physical Fitness Research Institute, Meiji Yasuda Life Foundation of Health and Welfare, Tokyo, Japan.
2) 筑波大学体育系 Faculty of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba, Ibaraki, Japan.
3) 山口県立大学社会福祉学部 Faculty of Social Welfare, Yamaguchi Prefectural University, Yamaguchi, Japan.

本論文は以下の論文を忠実に日本語翻訳した二次出版です。引用を行う場合には原典を確認のうえ、下記を引用してください。

Kitano N, Kai Y, Jindo T, Fujii Y, Tsunoda K, Arao T. Association of domain-specific physical activity and sedentary behavior with cardiometabolic health among office workers. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2022; 32(8): 1224-35.

で多くの研究から、日常的な身体行動が、心血管代謝系の健康に対する実践的な修正可能リスク因子であることが報告されている。多くの研究が、身体活動 (physical activity: PA) が心血管系の健康に対して保護的な効果をもつ²⁾一方で、座位行動 (sedentary behavior: SB) が有害的な効果をもつことを報告している³⁾。こうしたエビデンスに基づき、PA に関する国際ガイドラインでは健康上の利益のために PA を増やすことを推奨している⁴⁾。

近年、多くの疫学研究が、健康アウトカムや死亡率に対する PA の効果は、余暇と仕事の PA とで異なることを報告している。最近のメタアナリシスによると、余暇の PA は成人の心血管代謝系の健康やその他の健康アウトカムに好影響をもたらす一方で、仕事の PA が多いことは男性の早期死亡リスクを高めるとされている⁵⁾。更に、大規模な縦断研究では、仕事以外の PA は死亡率の低下と関連するが、仕事の PA の大小によって心血管疾患による死亡率に違いはみられなかったことを示している⁶⁾。これらの結果は、それぞれの身体行動が健康アウトカムと独立して関連すると仮定した従来の回帰分析によって得られたものである。しかし、1日24時間は睡眠、SB、低強度 PA (light-intensity PA: LPA)、中高強度 PA (moderate-to vigorous-intensity PA: MVPA) という4つの主要な身体行動で構成されているため、ある行動時間 (例: 睡眠) が増えるということは、他の行動時間 (例: SB か PA、またはその両方) を減らさなければならないということである。近年、組成データ分析 (compositional data analysis: CoDA) を用いて、日々の身体行動時間の健康影響を適切に推定する必要性が示されている。

CoDA を用いたいくつかの研究で、24時間の身体行動と心血管代謝系の健康指標の関連性が報告されている⁷⁻¹¹⁾。しかし、勤労者を対象にドメイン別の PA とアウトカムの関連性を調べた研究は1件しかない。Gupta ら (2019) はデンマークのブルーカラー勤労者を対象にした研究で、仕事と余暇の両方のドメインにおいて、SB を PA や就床時間に置き換えることが、収縮期血圧と良好な関

連を示した一方で、LPA や MVPA の時間を同じドメイン内の別の行動に置き換えることでは有意な関連性はみられなかったと報告している¹¹⁾。拡張期血圧では、余暇の SB 時間をその他の行動時間に置き換えた場合のみ、統計的に有意な関連性が確認されたが、その効果量は小さかった。これらの知見は、ある行動から別の行動への時間の置き換えが心血管代謝系の健康やその他の健康アウトカムに与える影響が、ドメイン (例: 勤務時間/非勤務時間や勤務日/非勤務日) によって異なる可能性を示唆している。しかし、ブルーカラー勤労者の知見が、日々の行動パターンが異なる他職種の勤労者に適用できるかどうかは不明である。特に、座り仕事が多いオフィスワーカーを対象にした新たな研究が必要である¹²⁾。こうした点を踏まえて、世界の労働人口のかかなりの部分を占めるオフィスワーカーに対する健康増進策を開発する必要がある。

そこで我々は、CoDA を用いて、オフィスワーカーを対象に加速度計で測定したドメイン別 (平日の勤務時間、平日の非勤務時間、非勤務日) の PA や SB と心血管代謝系の健康指標の横断的関連性を検討することを目的とし研究を実施した。

方 法

A. 研究デザインと対象者

本研究は、東京の明治安田新宿健診センターのデータを用いた前向き研究である明治安田ライフスタイル研究 (Meiji Yasuda LifeStyle study) の一部である¹³⁾。このコホートデータの大部分は、首都圏およびその周辺地域に住む勤労者の定期健康診断から得られている。2017年から、明治安田新宿健診センターでは、一部の受診者に対して、日々の PA や SB を評価するための加速度計を用いたオプション検査を実施している。本研究では、2017年6月から2019年3月の間に収集されたこのオプション検査の横断的データを使用した。対象者の組入基準は、1) オフィスワーカーであること、2) 研究者が就業規則を把握できる特定の生命保険会社に所属していること、3) 本研究への参加

に同意していることであった。組入基準を満たしているかどうかは、対象者から受け取った調査票や健診センターに登録されている情報をもとに判断した。本研究では1696人の勤労者がこれらの基準を満たした。参加者の所属する企業における勤務時間は月曜日から金曜日の9時から17時であり、フレックスタイム制は導入されていなかった。本研究は、公益財団法人明治安田厚生事業団倫理審査委員会の承認を得て実施された(承認番号：28006)。

B. 測定項目

1. 身体行動

3軸加速度計(Active style Pro HJA750-C：オムロンヘルスケア、京都、日本)を使用し、日中の身体行動を評価した。加速度計と健康診断のための検査キットは、各自の受診日の少なくとも2週間前に対象者に郵送された。対象者は、デバイスを損傷する可能性のある状況(例：水中での活動や接触のあるスポーツなど)を除き、少なくとも10日間、起きている間は加速度計を腰部に装着するように指示された。

この加速度計の妥当性は確認済みであり、その測定精度は欧米で広く使用されている他の機器と同等である^{14,15)}。エポック長は60秒に設定し、開発元が提供しているソフトウェアを用いて、3軸の合成加速度に基づく metabolic equivalents (METs)を推定した¹⁶⁾。活動カウントが検出限界未満である時間が連続して60分間続いた場合に非装着時間と定義し、10時間以上機器を装着した日を有効日と定義した¹⁷⁾。装着時間は24時間から非装着時間を差し引いて求めた。2日以上の有効な勤務日データと1日以上の有効な非勤務日データをもつ対象者を分析に使用した¹⁸⁾。各60秒のエポックはSB(1.5 METs以下)、LPA(1.6～2.9 METs)、MVPA(3.0 METs以上)に分類された^{19,20)}。これらの行動に費やした時間は1日ごとに集計され、すべての有効日の平均値を算出した。

勤務日と非勤務日の平均的な睡眠時間を評価するために、次の質問を使用した：「典型的な勤務日/非勤務日において、昼寝を除いて通常何時間

眠りますか」。睡眠時間は24時間に対する割合で表した。加速度計の装着時間に対する各行動の割合に基づき、残りの時間をSB、LPA、MVPAに分配した^{21,22)}。

本研究では対象者の勤務実態に基づき、1)勤務時間(勤務日の午前9時から午後5時までの行動)、2)非勤務時間(勤務日の勤務時間外の行動)、3)非勤務日(土曜日・日曜日・祝日の行動)の3つのドメインを設定した。各行動に費やした時間を上記手順で算出し、これら3つのドメインに割り当てた。

2. 心血管代謝系の健康

本研究では、腹囲(cm)、収縮期・拡張期血圧(mmHg)、空腹時血糖値(mg/dl)、中性脂肪(mg/dl)、高比重リポタンパク(high density lipoprotein: HDL, mg/dl)を心血管代謝系の健康指標として用いた。血液サンプルは、一晚絶食した後、訓練を受けた看護師によって各対象者から採取された。分布が歪んでいるため、腹囲、血糖値、中性脂肪、HDLの測定値は対数変換した。標準化(zスコア化)したlog腹囲、収縮期血圧と拡張期血圧の平均値、log中性脂肪、log HDL(正負を反転)、log血糖値の平均値を用いて cardiometabolic risk score (CmRS)を算出した²³⁾。腹囲とHDLは性別に標準化した。CmRSが高いことは心血管代謝系の健康状態が不良であることを示す²⁴⁾。本研究では、CmRSと心血管代謝系の各指標をそれぞれ主要アウトカムと副次的アウトカムとした。

3. その他の変数

分析に先立ち臨床的な知見と先行研究^{7,10)}に基づいて潜在的な交絡因子を選択し、曝露(身体行動)またはアウトカム(心血管代謝系の健康)に影響を及ぼすと考えられる変数を共変量として使用した²⁵⁾。これらの共変量には、年齢、性別、教育年数、暮らし向き、配偶者の有無、アルコール摂取量、喫煙習慣、野菜の摂取頻度、1週間当たりの平均残業時間、降圧剤・糖尿病治療薬・脂質異常症治療薬などの服薬状況が含まれた。更に、参加者の特性を把握するために、職位と雇用形態についても調査した。データは自記式質問票を用い

て収集された。参加者の暮らし向きは次の質問で調査した：「あなたの世帯の暮らし向きは、次の4つのうち、どれに最も当てはまりますか？（選択肢：大変苦しい、やや苦しい、ややゆとりがある、大変ゆとりがある）」。対象者の1日のアルコール摂取量は、アルコール摂取頻度と飲料の種類ごとの摂取量を用いて算出した。野菜の摂取頻度については、「ほとんど食べない」「1週間に数回」「2日に1回」「1日に1回」「1日に2回」「1日に3回以上」の6段階での回答を求めた。また、対象者は1週間の平均残業時間（連続値）についても回答した。なお、フリーランスなどの働き方のために残業時間を計算できない場合は、該当なしと回答するよう指示した。対象者は雇用形態について、正社員、契約・派遣、パートタイム、自営業、その他から選択するように求められた。職位を評価するために、対象者は以下の職種のなかから1つを選んで回答し、管理職と非管理職（一般スタッフ）に分類された：管理職、事務職、専門職/技術職、販売/サービス職、その他。

C. 統計解析

すべての統計解析は、R ver.4.0.2 (R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria) を用いて行った。統計的有意水準は $P < 0.05$ とした。本研究では先行研究⁷⁾と同様に、“*Compositions*”, “*robCompositions*”, “*zCompositions*” という R パッケージを用いて CoDA を実施した。

6人の勤労者は非勤務日に MVPA を行っていないなかったため、log-ratio expectation-maximization アルゴリズムにより、これらにゼロを代入した²⁶⁾。3つのドメインにおける時間利用はそれぞれ以下の行動で構成された：勤務時間 (SB, LPA, MVPA), 非勤務時間 (SB, LPA, MVPA, 睡眠), 非勤務日 (SB, LPA, MVPA, 睡眠)。これらの時間利用構成を pivot coordinate representation という手法に基づいて isometric log-ratio (ilr) 変換した。具体的には、最初の coordinate (ilr1) が残りのすべての行動に対する組成の最初の部分 (SB, LPA, MVPA のいずれか) を表すように、ilr-coordinates を作成した。この変換を繰り返すことで、各ドメ

インの行動組成から3つの ilr-coordinate systems が得られた。それぞれの coordinate systems の ilr1 は、各ドメインにおける残りすべての行動に対するある行動 (SB, LPA または MVPA) の相対的な重要度を示している。

D. 主解析

CoDA を用いた先行研究^{7,10,11)}に従い、CoDA による重回帰分析を行い、身体行動と心血管代謝系の健康との関連性を検討した。非標準化回帰係数と95%信頼区間 (confidence interval: CI) を算出した。回帰モデルでは、心血管代謝系の健康アウトカムと各ドメインにおける身体行動 (ilr 変換後) をそれぞれ従属変数と独立変数とし、モデル1ではこれらの変数と年齢 (連続変数)、性別 (男性/女性) を含めた。モデル2では、教育年数 (連続変数)、log 腹囲 (連続変数; CmRS と腹囲以外のアウトカムに限る)、暮らし向き (大変苦しい・苦しい/ゆとりがある・大変ゆとりがある)、配偶者の有無 (あり/なし)、喫煙習慣 (全くない・やめた/喫煙中)、アルコール摂取量 (全くない/1日20 g 未満/1日20 g 以上)、野菜摂取頻度 (1日1回未満/1日1回/1日2回以上)、残業時間 (該当なし/週10時間未満/週10時間以上)、服薬 (あり/なし)、他のドメインの身体行動時間 (ilr 変換後) で更に調整した。つまり、モデル2ではすべてのドメインの身体行動を単一の回帰モデルに同時に含めた (勤務日と非勤務日の睡眠時間に関する情報も含まれている)。すべてのカテゴリー変数はダミー変数として扱った。すべてのモデルにおいて variance inflation factor が5以下であったため、多重共線性の可能性は低いと判断された²⁷⁾。本研究の主たる関心は、各ドメイン内のその他すべての行動に対するある行動時間の比であるため、SB, LPA, MVPA の最初の ilr-coordinate に関する結果を示した。CoDA では対数比変換された行動時間の回帰係数を直接/単独で解釈することが困難である²⁸⁾。従来の回帰分析のように、その回帰係数を「SB や PA が1分増えた場合のアウトカム1単位の変化」と解釈することはできない。

そこで、回帰分析の結果を公衆衛生上の実践に

つながる有意義な形で解釈するために、各身体行動の時間と心血管代謝系の健康指標の間に有意な関連性が確認された場合、モデル 2 に基づいて CoDA による isotemporal substitution を行った。この分析では、1 対 1 の行動時間の置き換えによる心血管代謝系の健康指標の変化量を推定した。具体的には、残りの行動時間(例：MVPA や睡眠)を一定に保ったまま、10分から60分までの時間を、ある行動(例：SB)から別の行動(例：LPA)に割り当てた。推定値は10分刻みで最大60分まで算出した(MVPA の時間を別の行動に置き換える場合は、組成平均までとした[勤務時間：21.5分、非勤務時間：59.7分、非勤務日：59.3分])。

E. 感度分析

就業規則に基づいて勤務時間を定義すると、残業時間を十分に考慮できないために、本研究では対象者の勤務時間を過小評価してしまっている可能性がある。そこで、勤務時間の定義を変更した場合の主解析の結果への影響を確認するために、感度分析を行った。本研究における 1 週間の残業時間の中央値は 5 時間であった(1 日 1 時間に相当)。そこで、感度分析では勤務時間を 9 時から 18 時(1 時間延長)と再定義し、身体行動と CmRS の関連性を検討した。

結 果

A. 対象者の選定と記述統計量

1696 人の適格者のうち、438 人が解析から除外された。除外の理由は、加速度計や睡眠に関する無効または欠測したデータ($n = 317$)、身体行動データの異常値(例：平均睡眠時間が 1 時間未満、SB や LPA が 1 日 0 分)($n = 10$)、共変量データの欠測($n = 111$)であった。よって、1258 人のオフィスワーカーが最終的な分析に含まれた。表 1 に研究対象者の特性を示した。平均年齢は 49.1 ± 8.3 歳、59.5% が女性勤労者、平均教育年数は 15.0 年(専門大学卒に相当)、ほとんどが正社員であった。

表 2 では研究対象者における身体行動の特性を示した。対象者は、勤務日で平均 11.0 ± 4.6 日、

非勤務日で平均 3.7 ± 2.3 日の有効データを有していた。加速度計の平均装着時間は、勤務時間が 467.7 ± 26.6 分、非勤務時間が 468.6 ± 117.2 分、非勤務日が 848.3 ± 135.3 分であった。勤務日および非勤務日ともに、覚醒時間に占める割合が最も大きいのは SB であり、勤務時間中で最も顕著であった(72.2%)。勤務時間中と比較して、MVPA と LPA は、それぞれ非勤務時間と非勤務日でより多くみられた。

B. 主解析の結果

モデル 1 では、すべてのドメインで各行動と心血管代謝系の健康指標の間に統計的に有意な関連が認められたが、モデル 2 ではこれらの関連性の多くが不鮮明になった(補足表 1~3)。図 1 では、モデル 2 における身体行動と心血管代謝系の健康指標の関連性に対する非標準化回帰係数と 95% CI を示した。非勤務時間中では、SB や PA と心血管代謝系の健康指標の有意な関連性が確認された。SB 時間は、CmRS($\beta = 0.18$, 95% CI = 0.03, 0.32)や log 中性脂肪($\beta = 0.14$, 95% CI = 0.02, 0.26)、LPA 時間は CmRS($\beta = -0.16$, 95% CI = -0.31, -0.02)や拡張期血圧($\beta = -2.48$, 95% CI = -4.87, -0.09)、MVPA 時間は log HDL($\beta = 0.05$, 95% CI = 0.02, 0.08)や log 中性脂肪($\beta = -0.11$, 95% CI = -0.18, -0.04)と関連した。勤務時間中では、身体行動と 2 つの心血管代謝系の健康指標の間に関連性が確認された。SB は log HDL($\beta = -0.04$, 95% CI = -0.06, -0.01)と、LPA は拡張期血圧($\beta = 1.61$, 95% CI = 0.02, 3.19)と有害的な関連性を示した。非勤務日では、SB や PA と心血管代謝系の健康指標の間に有意な関連性は認められなかった。

興味深いことに、他の行動時間と比較して、勤務時間中の LPA 時間が長いことは拡張期血圧と有害的に関連したが、非勤務時間中の LPA 時間は有益的に関連していた。統計的有意性は確認されなかったが、このような LPA の相反する関連は収縮期血圧に対しても観察された(勤務時間： $\beta = 1.59$, 95% CI = -0.60, 3.78, 非勤務時間： $\beta = -2.15$, 95% CI = -5.45, 1.15)。

表 1. 研究対象者の基本属性

変数	n = 1258
人口統計学的データ	
平均値(SD)年齢, 歳	49.1 (8.3)
性別	
女性	748 (59.5%)
男性	510 (40.5%)
暮らし向き	
ゆとりがある/大変ゆとりがある	895 (71.1%)
苦しい/大変苦しい	363 (28.9%)
平均値(SD)教育年数, 年	15.0 (1.7)
配偶者の有無	
あり	857 (68.1%)
なし	401 (31.9%)
アルコール摂取量	
全くない	215 (17.1%)
1 日 20 g 未満	760 (60.4%)
1 日 20 g 以上	283 (22.5%)
喫煙習慣	
喫煙中	162 (12.9%)
全くない/やめた	1096 (87.1%)
野菜摂取頻度	
1 日 1 回未満	341 (27.1%)
1 日 1 回	499 (39.7%)
1 日 2 回以上	418 (33.2%)
雇用形態 *	
正社員	934 (74.7%)
その他	316 (25.3%)
職位	
管理職	293 (23.3%)
一般スタッフ	965 (76.7%)
1 週間の平均残業時間	
該当なし(例: フリーランス)	39 (3.1%)
10 時間未満	866 (68.8%)
10 時間以上	353 (28.1%)
降圧剤の服用	
あり	154 (12.2%)
なし	1104 (87.8%)
脂質異常症治療薬の服用	
あり	104 (8.3%)
なし	1154 (91.7%)
糖尿病治療薬の服用	
あり	25 (2.0%)
なし	1233 (98.0%)
心血管代謝系の健康指標	
中央値(最小値 - 最大値)腹囲, cm	81.8 (57.3 - 128.0)
中央値(最小値 - 最大値)拡張期血圧, mmHg	73.0 (41.0 - 109.0)
中央値(最小値 - 最大値)収縮期血圧, mmHg	114.0 (77.0 - 173.0)
中央値(最小値 - 最大値)中性脂肪, mg/dl	75.0 (16.0 - 1164.0)
中央値(最小値 - 最大値)高比重リポタンパク, mg/dl	65.0 (29.0 - 168.0)
中央値(最小値 - 最大値)空腹時血糖値, mg/dl	93.0 (64.0 - 235.0)

SD: standard deviation (標準偏差)。*n = 1250

表 2. 対象者の身体行動の特徴

変数	平均値(SD)	
加速度計で評価した情報		
装着日数, 日		
勤務日	11.0	(4.6)
非勤務日	3.7	(2.3)
装着時間, 分 / 日 ^a		
勤務日		
勤務時間(9:00-17:00)	467.7	(26.6)
非勤務時間	468.6	(117.2)
非勤務日	848.3	(135.3)
平均値(%) ^b 時間利用構成, 分/日		
勤務日		
勤務時間(9:00-17:00)		覚醒時間に占める割合 ^a
SB	346.4	(72.2) 72.2%
LPA	112.0	(23.3) 23.3%
MVPA	21.5	(4.5) 4.5%
非勤務時間		
SB	389.1	(40.5) 62.5%
LPA	173.5	(18.1) 27.9%
MVPA	59.7	(6.2) 9.6%
睡眠	337.7	(35.2)
非勤務日		
SB	632.8	(43.9) 62.4%
LPA	321.9	(22.4) 31.7%
MVPA	59.3	(4.1) 5.8%
睡眠	426	(29.6)

SD : standard deviation(標準偏差), SB : sedentary behavior(座位行動), LPA : light-intensity physical activity(低強度身体活動), MVPA : moderate- to vigorous-intensity physical activity(中高強度身体活動)

a : これらの変数は SB, LPA, MVPA の時間のみを含む。

b : 時間利用構成は24時間に標準化した幾何平均として示した。括弧内にそれぞれの幾何平均をパーセント単位で示した。

CoDA による isothermal substitution モデルの結果, 非勤務時間中に SB から LPA に時間を割り当てることは, CmRS の好ましい変化と有意に関連していた(図 2)。例えば, 1 日 30 分の SB を LPA に置き換えることは CmRS が 0.03 減少することと関連していた(95 % CI = -0.06, -0.01 ; 13.2 % の減少に相当)。各副次的アウトカムの結果は補足図 1~3 に示した。中性脂肪において(補足図 1), 非勤務時間に 30 分の SB を MVPA に再配分することは 3.16 mg/dl (95 % CI = -4.84, -1.43) の減少と関連し, 反対方向の時間の置換は

5.26 mg/dl (95 % CI = 2.17, 8.48) の増加と関連した。また, 同様の結果は非勤務時間中の行動と HDL の関連性においても確認された(補足図 2)。拡張期血圧において(補足図 3), 勤務時間中に 30 分の SB を LPA に置き換えることは 0.39 mmHg の増加 (95 % CI = 0.00, 0.77) と関連したが, 非勤務時間中のこうした行動時間の置換は 0.47 mmHg の減少 (95 % CI = -0.90, -0.05) と関連していた。

労働時間を午前 9 時から午後 6 時までと再定義した感度分析でも, これらの関連性の大きさと方向性が同様であることを確認した(補足表 4)。

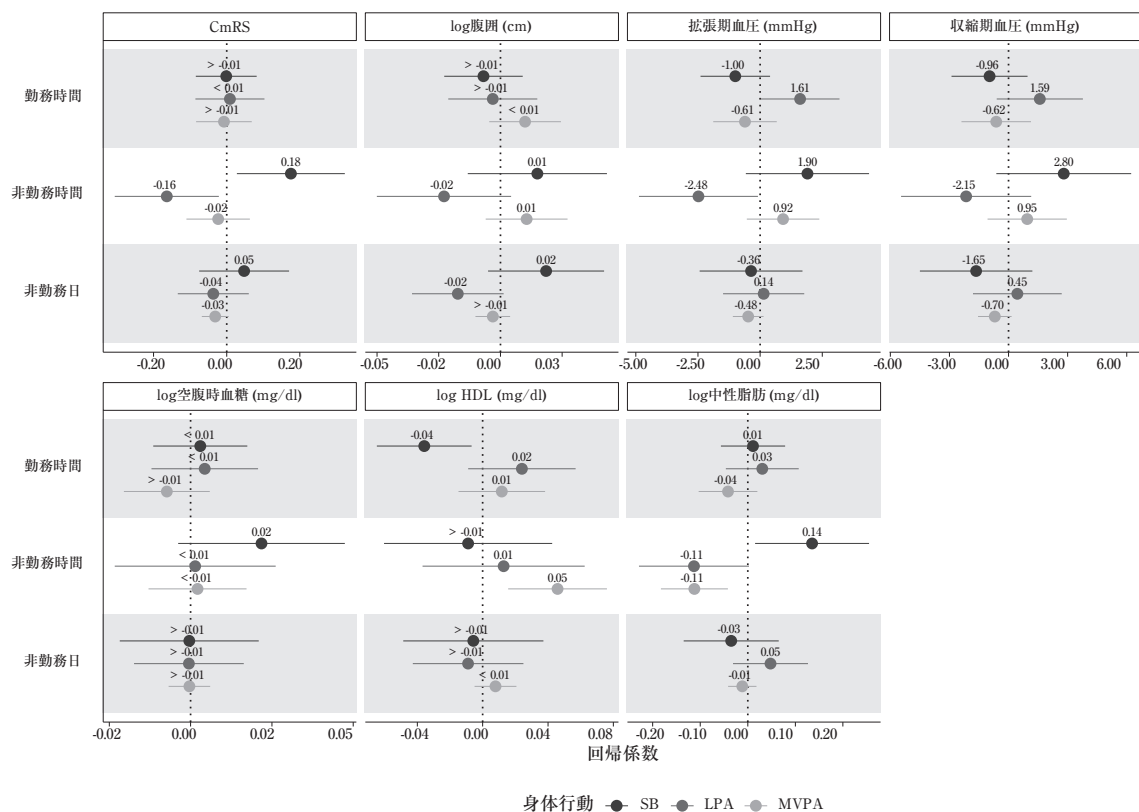


図 1. 身体行動と心血管代謝系の健康の関連性

モデルは、年齢、性別、教育年数、log 腹囲(CmRS と腹囲を除くアウトカムのみ)、暮らし向き、配偶者の有無、喫煙習慣、アルコール摂取量、野菜摂取頻度、1 週間の残業時間、服薬(降圧剤・糖尿病治療薬・脂質異常症治療薬)、他のドメインで身体行動に費やした時間で調整した。

CmRS: cardiometabolic risk score, HDL: high-density lipoprotein cholesterol(高比重リポタンパク), LPA: light-intensity physical activity(低強度身体活動), MVPA: moderate- to vigorous-intensity physical activity(中高強度身体活動), SB: sedentary behavior(座位行動)

考 察

本研究は、1 日の時間使用の組成的な性質を適切に考慮するために CoDA を用いて、オフィスワーカーにおけるドメイン別の PA や SB と心血管代謝系の健康指標の関連性を検証した初めての研究である。本研究で得られた主な知見は次のとおりである：1) 行動と心血管代謝系の健康の有意な関連性は主に勤務日の非勤務時間に認められた。2) SB は心血管代謝系の健康と有害に関連した一方、LPA や MVPA は有益に関連した。3) LPA は非勤務時間には血圧と有益に関連し、勤務時間では有害に関連した。

CoDA または非 CoDA による isotemporal substitution モデルを用いた先行研究では、不特定領域

における LPA や MVPA がさまざまな心血管代謝系の健康指標と良好な関連を示すことがわかっている^{7,10,29)}。しかし、本研究から、身体行動と心血管代謝系の健康指標の関連性がドメインによって異なることが明らかになった。本研究は先行研究を発展させ、オフィスワーカーにおいて心血管代謝系の健康は、勤務時間中や非勤務日より非勤務時間中の行動との関連性がより明確であることを示した。本研究における非勤務時間の PA と心血管代謝系の健康の強い関連性は、このドメインに含まれる活動によって説明できる可能性がある。非労働時間の典型的な LPA と MVPA として、それぞれ家事の PA や運動があり、これらは心血管代謝系の健康の向上と関連すると考えられている³⁰⁻³²⁾。

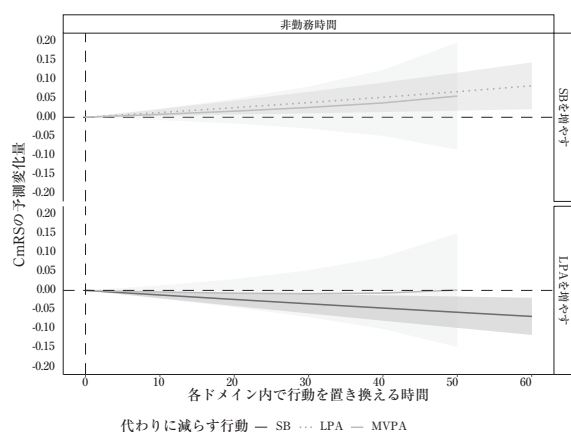


図2. 2つの身体行動を一定時間置換した場合のCmRSの予測変化量(残りの行動時間は組成平均で固定)

解析はモデル2に基づいて実施した。最初のilr-coordinateとアウトカムの有意な関連性が確認された再分配のパターンのみを示す。

CmRS: cardiometabolic risk score, ilr: isometric log-ratio, LPA: light-intensity physical activity(低強度身体活動), MVPA: moderate- to vigorous-intensity physical activity(中高強度身体活動), SB: sedentary behavior(座位行動)

本研究における非勤務時間の活動とそれに対応するPA強度³³⁾を考慮すると、このドメインのMVPAには駅までの歩行や階段の昇降などの活動が含まれ、LPAには駅でのゆっくりした歩行や電車で立つことなどの活動が含まれていると考えられる。日本の首都圏に住む勤労者は1日平均約80分を通勤に費やしており³⁴⁾、一定量の活動を行っていることになる。このようなアクティブな通勤は、心血管代謝系の健康の改善や心血管疾患の予防に有効であることが報告されている³⁵⁾。

仕事時の身体行動と心血管代謝系の健康の関連性が弱いことは、対象者の職場環境の視点から部分的に説明できる可能性がある。オフィスワーカーの場合、営業・サービス職と比較すると、時間や空間が制限されていることや座り仕事を中心であることから、仕事のPAの量(時間×強度)が限られている。したがって、研究対象者間のPAのばらつきが小さいと想定される。一方、非勤務日の身体行動と心血管代謝系の健康の良好な関連性は弱く、共変量を増やしたモデル2では統計的な有意性はなくなった。先行研究では、週末戦士

と呼ばれる、数日間で1週間のPAのほとんどを蓄積する活動パターンであっても、健康アウトカムに好効果をもたらすことが報告されている³⁶⁾。したがって、週2日しか蓄積されない非勤務日の身体行動であっても、心血管代謝系の健康と正の関連性があると想定される。このように関連性が弱い理由として、非勤務日の身体行動の特徴と計測期間が考えられる。非勤務日の身体行動は勤務日のものよりも多様であり、対象者はこの時間を通常の生活習慣とは異なる様相で過ごしていた可能性がある(例: 心血管代謝系の健康状態が不良な勤労者がたまたま活動的な週末を過ごした)。観察期間中(平均3.7日の非勤務日)に対象者の一般的な時間の使い方を反映していないデータが混ざることによって、関連性が弱まった可能性がある。

非勤務時間において、SBはCmRSと中性脂肪に対して有害的に関連し、LPAとMVPAはそれぞれCmRSと拡張期血圧、脂質代謝指標と有益的に関連した。これらの結果は、不特定領域におけるLPAやMVPAと腹囲、中性脂肪、HDL、血漿グルコース値などの心血管代謝系アウトカムの良好な関連性を示した、CoDAを用いた先行研究の結果と同様である⁷⁻¹⁰⁾。系統的レビューとメタ分析では、LPAへ時間を割り当てたときよりも、SBからMVPAへ時間を割り当てたときのほうが心血管代謝系の健康との関連性が強いことが示唆されている。本研究では、非勤務時間中のMVPAと脂質代謝の関連性においてのみ、これらの知見が再現された。一方、非勤務時間中のMVPAと心血管代謝系の総合的な健康状態を示すCmRSとの関連は、統計的に有意なものではなく、LPAのそれよりも弱かった。この相違は、研究対象者(オフィスワーカーと一般成人)によって説明できると考えられる。本研究対象者における勤務日のSB時間(平均約12時間)は、一般成人を対象とした先行研究^{7,10)}よりも長く、日々のSBに対する行動指針の目安(8時間)よりもはるかに高い³⁷⁾。こうした座りがちな勤労者において、互いに強く関係し合っているSBとLPAの時間⁷⁾は、ともにCmRSと有意に関連していた。しかし、SBとの

共依存性が弱い MVPA 時間⁷⁾と CmRS の関連性は弱かった。したがって、座りがちな勤労者の心血管代謝系の健康状態を改善するためには、1日のうち数%しかない MVPA を増やすよりも、健康に悪影響を及ぼすレベルに達している SB を減らすことが重要であると考えられる。今後の研究では、SB のレベルによって PA と心血管代謝系の健康の関連性が異なるかどうかを検討する必要がある。

CoDA を用いて一般成人における行動と心血管代謝系の健康の関連性を検討した先行研究と同様に、本研究では脂質代謝マーカーの予測変化量は MVPA を増加させるよりも、同量減少させたときのほうが大きかった(例えば、30分/非勤務時間の置き換えによる中性脂肪の予測変化量: SB から MVPA = -3.16 mg/dl, MVPA から SB = 5.26 mg/dl)。したがって、オフィスワーカーの脂質代謝を管理するためには、平日の非勤務時間における MVPA を増やすことだけでなく、MVPA を SB に置き換えないことにも焦点を当てる必要がある。収縮期血圧については統計的な有意性が認められなかったが、非勤務時間中の LPA が血圧と有益な関連性を示した一方で、勤務時間中の LPA では有害な関連性を示した。このような関連性は PA health paradox を示唆している³⁸⁾。本研究と研究方法が類似した先行研究では、ブルーカラー勤労者における身体行動と血圧のドメイン特異的な関連性を報告している¹¹⁾。この研究では、関連性が弱い工作中的の LPA とは対照的に、非勤務時間中の LPA を他の行動時間に再配分することは、臨床的に重要な収縮期血圧の低下と関連することを発見した。先行研究とは異なり本研究では、工作中的の LPA と仕事以外の LPA の血圧に対する逆の関連性がより顕著であった。本研究における工作中的の LPA と血圧の不良な関連性は、PA health paradox の潜在的なメカニズムに対するいくつかの仮説によって説明できる可能性がある³⁸⁾。例えば、余暇の PA と比較して、仕事の PA は低強度、長時間、低裁量の活動であり、休息が不十分であるという特徴がある。これらの特徴は、心肺機能、

心拍数、血圧、炎症に影響を与え、心血管の健康を悪化させると考えられている。なお、これらの仮説は主にブルーカラー勤労者を対象に開発されたものであり、オフィスワーカーに適用できるかどうかは不明であることに注意が必要である。別の視点からは、工作中的の LPA は活動的な取り組みと職業性のストレスを反映しており、心理的ストレスとその後の自律神経系の機能障害を通じて血圧に悪影響を及ぼす可能性も考えられる³⁹⁻⁴¹⁾。本研究は、PA と血圧の関連性について、オフィスワーカーにおける勤務時間中の LPA は、勤務時間外の LPA ほど好ましいものではない可能性があるという知見を追加した。この単一の横断研究では、職場での LPA の推奨を疑問視するには不十分であるため、このようなドメイン別の関連性の妥当性や臨床的重要性を確認するために、今後、CoDA を用いた縦断研究が望まれる。

本研究にはいくつかの強みがある。本研究は、オフィスワーカーにおけるドメイン別の身体行動と心血管代謝系の健康の関連性について、1日の時間使用の共依存性を考慮しながら検討した初めての研究である。更に、本研究の方法論的な強みは、日中の活動を加速度計で測定し、さまざまな潜在的交絡因子で調整し、比較的大きなサンプルサイズを使って分析したことである。しかし、本研究にはいくつかの限界がある。第一に、多くの前向き研究から心血管代謝系の健康状態に対する PA や SB の有益または有害な効果が報告されているが、本研究は横断的なデザインであるため、因果関係を推論することができない。第二に、我々は腰に装着する加速度計を使用したため、装着者の姿勢の変化を正確に把握することができず¹⁵⁾、これにより SB と LPA の誤分類が起こっている可能性がある。第三に、対象者の勤務スケジュールは就業規則に基づき評価されており、実際の勤務日数や1日の勤務時間を調査することはできなかった。欠勤は頻繁に起きるものではないと仮定され、また勤務時間を1時間延長した場合の感度分析でも結果の一貫性が確認されたことから、本研究におけるドメインの誤分類の影響は深

刻ではないと考えられる。今後は日記や公的な記録を用いて対象者の勤務状況を正確に把握する研究が望まれる。最後に、本研究におけるサンプリングバイアスを否定することはできない。適格基準を満たした対象者の25.8%が無効または欠測データにより解析から除外された。解析に含まれた対象者と比較して除外された者は、男性、喫煙者、より座りがち、野菜の摂取頻度が低いといった傾向があった(補足表5)。更に、本研究は、首都圏に住む生命保険会社勤務のオフィスワーカーを対象とした。彼ら/彼女らは、より包括的な検査を受けるために毎年の定期健診をアップグレードし、そのための費用を自費で支払っていた。対象者は、高学歴(専門学校・短大卒に相当する平均教育年数)でフルタイム勤労者(74.7%)である傾向があった。したがって、仕事時の身体行動と心血管代謝系の健康の関連性は弱い、または余暇とは相反するといった我々の知見が、職業、通勤手段、健康状態、社会経済状態が異なる勤労者集団においても再現されるかについては、更なる研究が必要である。

見 解

オフィスワーカーの心血管代謝系の健康には、勤務時間中や非勤務日より非勤務時間中のPAが重要であることが明らかになった。非勤務時間中のSBからLPAへの時間の置き換えは、心血管代謝系全般の好ましい変化と関連していた。また、MVPAは脂質代謝の管理に重要な役割を果たすことが示された。したがって、平日の勤務時間外のSBを減らしPAを増やすことは、オフィスワーカーの心血管代謝系の健康状態を管理するために有効かつ効率的であると考えられる。一方、勤務時間中のLPAは不良な血圧と関連し、PA paradoxの可能性が示唆された。こうした相反する関連性を含む本研究の結果を確認するために、CoDAを用いた今後の縦断研究が必要である。

謝 辞

MYLS スタディ®の研究グループである明治安田新宿

健診センターのスタッフには、本プロジェクトの運営面や実務面で多大なご協力をいただいたことに感謝いたします。本研究は、JSPS 科研費若手研究(17K13238; 18K17930)および基盤研究(19K11569)からの支援を一部受けています。なお、いずれの資金提供機関も、研究デザイン、データ収集、データの分析・解釈、原稿の執筆に関与していません。

利 益 相 反

著者らは利益相反がないことを宣言する。

オーサーシップ

北濃成樹は研究の設計、データ分析、および原稿の作成を行った。北濃成樹、甲斐裕子、神藤隆志、藤井悠也、角田憲治、荒尾孝は、データ収集と原稿の批判的修正を行った。北濃成樹、甲斐裕子、角田憲治は研究資金を獲得した。甲斐裕子と荒尾孝は研究プロジェクト管理を担当した。すべての著者は結果を解釈し、論文の最終版について承認した。

データの利用可能性に関する説明

データ公開について研究対象者の同意を得ていないため、生データを共有することはできません。

参 考 文 献

- 1) World Health Organization. World Health Statistics. World Health Organization. (アクセス日: 2021年6月1日).
- 2) Piercy KL, Troiano RP. Physical activity guidelines for Americans from the US Department of Health and Human Services. *Circulation. Cardiovascular Quality and Outcomes*. 2018; 11(11): e005263.
- 3) Brocklebank LA, Falconer CL, Page AS, Perry R, Cooper AR. Accelerometer-measured sedentary time and cardiometabolic biomarkers: a systematic review. *Preventive Medicine*. 2015; 76: 92-102.
- 4) Bull FC, Al-Ansari SS, Biddle S, Borodulin K, Buman MP, Cardon G, Carty C, Chaput JP, Chastin S, Chou R, Dempsey PC, DiPietro L, Ekelund U, Firth J, Friedenreich CM, Garcia L, Gichu M, Jago R, Katzmarzyk PT, Lambert E, Leitzmann M, Milton K, Ortega FB, Ranasinghe C, Stamatakis E, Tiedemann A, Troiano RP, van der Ploeg HP, Wari V, Willumsen JF. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *British Journal of Sports Medicine*. 2020; 54(24): 1451-62.
- 5) Coenen P, Huysmans MA, Holtermann A, Krause N, van Mechelen W, Straker LM, van der Beek AJ. Do highly physically active workers die early? A systematic review

- with meta-analysis of data from 193 696 participants. *British Journal of Sports Medicine*. 2018; 52(20): 1320-6.
- 6) Pearce M, Strain T, Wijndaele K, Sharp SJ, Mok A, Brage S. Is occupational physical activity associated with mortality in UK Biobank? *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2021; 18(1): 102.
- 7) Chastin SFM, Palarea-Albaladejo J, Dontje ML, Skelton DA. Combined effects of time spent in physical activity, sedentary behaviors and sleep on obesity and cardio-metabolic health markers: a novel compositional data analysis approach. *PLoS One*. 2015;10(10): e0139984.
- 8) McGregor DE, Carson V, Palarea-Albaladejo J, Dall PM, Tremblay MS, Chastin SFM. Compositional analysis of the associations between 24-h movement behaviours and health indicators among adults and older adults from the Canadian Health Measure Survey. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2018; 15(8): 1779.
- 9) McGregor DE, Palarea-Albaladejo J, Dall PM, Stamatakis E, Chastin SFM. Differences in physical activity time-use composition associated with cardiometabolic risks. *Preventive Medicine Reports*. 2019; 13: 23-9.
- 10) Farrahi V, Kangas M, Walmsley R, Niemelä M, Kiviniemi A, Puukka K, Collings PJ, Korpelainen R, Jämsä T. Compositional associations of sleep and activities within the 24-h cycle with cardiometabolic health markers in adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2021; 53(2): 324-32.
- 11) Gupta N, Korshøj M, Dumuid D, Coenen P, Allesøe K, Holtermann A. Daily domain-specific time-use composition of physical behaviors and blood pressure. *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2019; 16(1): 4.
- 12) Prince SA, Elliott CG, Scott K, Visintini S, Reed JL. Device-measured physical activity, sedentary behaviour and cardiometabolic health and fitness across occupational groups: a systematic review and meta-analysis. *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2019; 16(1): 30.
- 13) Tsunoda K, Kai Y, Uchida K, Kuchiki T, Nagamatsu T. Physical activity and risk of fatty liver in people with different levels of alcohol consumption: a prospective cohort study. *BMJ Open*. 2014; 4(8): e005824.
- 14) Murakami H, Kawakami R, Nakae S, Nakata Y, Ishikawa-Takata K, Tanaka S, Miyachi M. Accuracy of wearable devices for estimating total energy expenditure: comparison with metabolic chamber and doubly labeled water method. *JAMA Internal Medicine*. 2016; 176(5): 702-3.
- 15) Kurita S, Yano S, Ishii K, Shibata A, Sasai H, Nakata Y, Fukushima N, Inoue S, Tanaka S, Sugiyama T, Owen N, Oka K. Comparability of activity monitors used in Asian and Western-country studies for assessing free-living sedentary behaviour. *PLoS One*. 2017; 12(10): e0186523.
- 16) Ohkawara K, Oshima Y, Hikihara Y, Ishikawa-Takata K, Tabata I, Tanaka S. Real-time estimation of daily physical activity intensity by a triaxial accelerometer and a gravity-removal classification algorithm. *The British Journal of Nutrition*. 2011; 105(11): 1681-91.
- 17) Tudor-Locke C, Camhi SM, Troiano RP. A catalog of rules, variables, and definitions applied to accelerometer data in the National Health and Nutrition Examination Survey, 2003-2006. *Preventing Chronic Disease*. 2012; 9: E113.
- 18) Mâsse LC, Fuemmeler BF, Anderson CB, Matthews CE, Trost SG, Catellier DJ, Treuth M. Accelerometer data reduction: a comparison of four reduction algorithms on select outcome variables. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2005; 37(11 Suppl): S544-54.
- 19) Haskell WL, Lee I-M, Pate RR, Powell KE, Blair SN, Franklin BA, Macera CA, Heath GW, Thompson PD, Bauman A. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation*. 2007; 116: 1081-93.
- 20) Pate RR, O'Neill JR, Lobelo F. The evolving definition of "sedentary". *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 2008; 36(4): 173-8.
- 21) Del Pozo Cruz B, Alfonso-Rosa RM, McGregor D, Chastin SF, Palarea-Albaladejo J, Del Pozo Cruz J. Sedentary behaviour is associated with depression symptoms: compositional data analysis from a representative sample of 3233 US adults and older adults assessed with accelerometers. *Journal of Affective Disorders*. 2020; 265: 59-62.
- 22) McGregor DE, Palarea-Albaladejo J, Dall PM, Hron K, Chastin S. Cox regression survival analysis with compositional covariates: application to modelling mortality risk from 24-h physical activity patterns. *Statistical Methods in Medical Research*. 2020; 29(5): 1447-65.
- 23) Wijndaele K, Duvigneaud N, Matton L, Duquet W, Delecluse C, Thomis M, Beunen G, Lefevre J, Philippaerts RM. Sedentary behaviour, physical activity and a continuous metabolic syndrome risk score in adults. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2009; 63(3): 421-9.
- 24) Dempsey PC, Strain T, Khaw KT, Wareham NJ, Brage S, Wijndaele K. Prospective associations of accelerometer-

- measured physical activity and sedentary time with incident cardiovascular disease, cancer, and all-cause mortality. *Circulation*. 2020; 141(13): 1113-5.
- 25) VanderWeele TJ. Principles of confounder selection. *European Journal of Epidemiology*. 2019; 34(3): 211-9.
 - 26) Palarea-Albaladejo J, Martín-Fernández JA. zCompositions - R package for multivariate imputation of left-censored data under a compositional approach. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*. 2015; 143: 85-96.
 - 27) Rogerson PA. Statistical methods for geography. SAGE, New York, 2001.
 - 28) Dumuid D, Stanford TE, Martín-Fernández JA, Pedišić Ž, Maher CA, Lewis LK, Hron K, Katzmarzyk PT, Chaput JP, Fogelholm M, Hu G, Lambert EV, Maia J, Sarmiento OL, Standage M, Barreira TV, Broyles ST, Tudor-Locke C, Tremblay MS, Olds T. Compositional data analysis for physical activity, sedentary time and sleep research. *Statistical Methods in Medical Research*. 2018; 27(12): 3726-38.
 - 29) Grgic J, Dumuid D, Bengoechea EG, Shrestha N, Bauman A, Olds T, Pedisic Z. Health outcomes associated with reallocations of time between sleep, sedentary behaviour, and physical activity: a systematic scoping review of isothermal substitution studies. *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2018; 15(1): 69.
 - 30) Chu AH, Moy FM. Associations of occupational, transportation, household and leisure-time physical activity patterns with metabolic risk factors among middle-aged adults in a middle-income country. *Preventive Medicine*. 2013; 57 (Suppl): S14-7.
 - 31) Serrano-Sánchez JA, Fernández-Rodríguez MJ, Sanchis-Moysi J, Rodríguez-Pérez MDC, Marcelino-Rodríguez I, Cabrera de León A. Domain and intensity of physical activity are associated with metabolic syndrome: a population-based study. *PLoS One*. 2019; 14(7): e0219798.
 - 32) Zhang D, Liu X, Liu Y, Sun X, Wang B, Ren Y, Zhao Y, Zhou J, Han C, Yin L, Zhao J, Shi Y, Zhang M, Hu D. Leisure-time physical activity and incident metabolic syndrome: a systematic review and dose-response meta-analysis of cohort studies. *Metabolism*. 2017; 75: 36-44.
 - 33) Ainsworth BE, Haskell WL, Herrmann SD, Meckes N, Bassett DR Jr, Tudor-Locke C, Greer JL, Vezina J, Whitt-Glover MC, Leon AS. 2011 compendium of physical activities: a second update of codes and MET values. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2011; 43(8): 1575-81.
 - 34) Communications. MoIA. Survey on time use and leisure activities. URL: <https://www.stat.go.jp/english/data/shakai/index.html> (アクセス日: 2022年4月21日).
 - 35) Celis-Morales CA, Lyall DM, Welsh P, Anderson J, Steell L, Guo Y, Maldonado R, Mackay DF, Pell JP, Sattar N, Gill JMR. Association between active commuting and incident cardiovascular disease, cancer, and mortality: prospective cohort study. *BMJ*. 2017; 357: j1456.
 - 36) Hamer M, O'Donovan G, Lee IM, Stamatakis E. The 'weekend warrior' physical activity pattern: how little is enough? *British Journal of Sports Medicine*. 2017; 51(19): 1384-5.
 - 37) Ross R, Chaput JP, Giangregorio LM, Janssen I, Saunders TJ, Kho ME, Poitras VJ, Tomasone JR, El-Kotob R, McLaughlin EC, Duggan M, Carrier J, Carson V, Chastin SF, Latimer-Cheung AE, Chulak-Bozzer T, Faulkner G, Flood SM, Gazendam MK, Healy GN, Katzmarzyk PT, Kennedy W, Lane KN, Lorbergs A, Maclaren K, Marr S, Powell KE, Rhodes RE, Ross-White A, Welsh F, Willumsen J, Tremblay MS. Canadian 24-Hour Movement Guidelines for Adults aged 18-64 years and Adults aged 65 years or older: an integration of physical activity, sedentary behaviour, and sleep. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2020; 45(10 (Suppl. 2)): S57-102.
 - 38) Holtermann A, Krause N, van der Beek AJ, Straker L. The physical activity paradox: six reasons why occupational physical activity (OPA) does not confer the cardiovascular health benefits that leisure time physical activity does. *British Journal of Sports Medicine*. 2018; 52(3): 149-50.
 - 39) Landsbergis PA, Dobson M, Koutsouras G, Schnall P. Job strain and ambulatory blood pressure: a meta-analysis and systematic review. *American Journal of Public Health*. 2013; 103(3): e61-71.
 - 40) White RL, Babic MJ, Parker PD, Lubans DR, Astell-Burt T, Lonsdale C. Domain-specific physical activity and mental health: a meta-analysis. *American Journal of Preventive Medicine*. 2017; 52(5): 653-66.
 - 41) Munakata M. Clinical significance of stress-related increase in blood pressure: current evidence in office and out-of-office settings. *Hypertension Research*. 2018; 41(8): 553-69.

補足資料

補足表 1. 身体行動と CmRS および腹囲の関連性

身体行動	モデル	CmRS					log 腹囲				
		β	95% CI			P 値	β	95% CI			P 値
			下限	-	上限			下限	-	上限	
勤務日											
勤務時間											
SB	モデル1	0.03	-0.04	-	0.11	0.38	0.00	-0.01	-	0.02	0.97
	モデル2	0.00	-0.08	-	0.08	0.98	-0.01	-0.02	-	0.01	0.40
LPA	モデル1	-0.03	-0.11	-	0.06	0.52	-0.01	-0.03	-	0.01	0.23
	モデル2	0.01	-0.09	-	0.10	0.86	0.00	-0.02	-	0.01	0.74
MVPA	モデル1	-0.01	-0.08	-	0.07	0.85	0.01	-0.01	-	0.02	0.20
	モデル2	-0.01	-0.08	-	0.07	0.85	0.01	0.00	-	0.02	0.18
非勤務時間											
SB	モデル1	0.32	0.19	-	0.45	< 0.01	0.05	0.03	-	0.07	< 0.01
	モデル2	0.18	0.03	-	0.32	0.02	0.01	-0.01	-	0.04	0.30
LPA	モデル1	-0.32	-0.42	-	-0.21	< 0.01	-0.06	-0.08	-	-0.04	< 0.01
	モデル2	-0.16	-0.31	-	-0.02	0.02	-0.02	-0.05	-	0.00	0.10
MVPA	モデル1	-0.05	-0.14	-	0.04	0.26	0.01	-0.01	-	0.03	0.25
	モデル2	-0.02	-0.11	-	0.06	0.60	0.01	-0.01	-	0.03	0.21
非勤務日											
SB	モデル1	0.16	0.04	-	0.28	0.01	0.03	0.01	-	0.06	< 0.01
	モデル2	0.05	-0.08	-	0.17	0.45	0.02	-0.01	-	0.04	0.12
LPA	モデル1	-0.11	-0.20	-	-0.01	0.03	-0.03	-0.05	-	-0.01	< 0.01
	モデル2	-0.04	-0.13	-	0.06	0.46	-0.02	-0.04	-	0.00	0.07
MVPA	モデル1	0.00	-0.04	-	0.04	0.90	0.00	0.00	-	0.01	0.45
	モデル2	-0.03	-0.07	-	0.01	0.09	0.00	-0.01	-	0.00	0.39

最初の ilr-coordinate には、各ドメインにおける残りすべての身体行動に対するある行動のすべての情報が含まれているため、最初の ilr-coordinate に対応する回帰係数のみを示した。

モデル 1 には 1 つのドメインの身体行動の情報、年齢、性別を投入した。

モデル 2 には更に、教育年数、暮らし向き、配偶者の有無、喫煙習慣、アルコール摂取量、野菜摂取頻度、残業時間、服薬状況(降圧剤、脂質異常症治療薬、糖尿病治療薬)、他のドメインの身体行動の情報を投入した。

β : その他すべての行動に対するある行動の比を示した非標準化回帰係数, CmRS: cardiometabolic risk score, SB: sedentary behavior(座位行動), LPA: light-intensity physical activity(低強度身体活動), MVPA: moderate- to vigorous-intensity physical activity(中高強度身体活動), CI: confidence interval(信頼区間)

補足表 2. 身体行動と血圧の関連性

身体行動	モデル	拡張期血圧					収縮期血圧				
		β	95% CI			P 値	β	95% CI			P 値
			下限	-	上限			下限	-	上限	
勤務日											
勤務時間											
SB	モデル1	-0.35	-1.67	-	0.97	0.60	-0.28	-2.13	-	1.57	0.77
	モデル2	-1.00	-2.40	-	0.40	0.16	-0.96	-2.89	-	0.97	0.33
LPA	モデル1	0.30	-1.11	-	1.72	0.67	0.16	-1.82	-	2.15	0.87
	モデル2	1.61	0.02	-	3.19	0.05	1.59	-0.60	-	3.78	0.15
MVPA	モデル1	0.05	-1.24	-	1.34	0.94	0.12	-1.69	-	1.93	0.90
	モデル2	-0.61	-1.89	-	0.67	0.35	-0.62	-2.39	-	1.14	0.49
非勤務時間											
SB	モデル1	3.62	1.38	-	5.87	< 0.01	4.70	1.61	-	7.79	< 0.01
	モデル2	1.90	-0.58	-	4.38	0.13	2.80	-0.62	-	6.23	0.11
LPA	モデル1	-6.04	-7.92	-	-4.17	< 0.01	-6.16	-8.73	-	-3.58	< 0.01
	モデル2	-2.48	-4.87	-	-0.09	0.04	-2.15	-5.45	-	1.15	0.20
MVPA	モデル1	0.89	-0.67	-	2.46	0.26	0.95	-1.21	-	3.10	0.39
	モデル2	0.92	-0.53	-	2.38	0.21	0.95	-1.06	-	2.96	0.36
非勤務日											
SB	モデル1	1.38	-0.71	-	3.46	0.20	1.33	-1.52	-	4.19	0.36
	モデル2	-0.36	-2.43	-	1.70	0.73	-1.65	-4.50	-	1.21	0.26
LPA	モデル1	-1.62	-3.32	-	0.07	0.06	-1.52	-3.84	-	0.80	0.20
	モデル2	0.14	-1.49	-	1.77	0.86	0.45	-1.81	-	2.70	0.70
MVPA	モデル1	0.28	-0.41	-	0.97	0.43	0.07	-0.88	-	1.01	0.89
	モデル2	-0.48	-1.10	-	0.14	0.13	-0.70	-1.55	-	0.16	0.11

最初の ilr-coordinate には、各ドメインにおける残りすべての身体行動に対するある行動のすべての情報が含まれているため、最初の ilr-coordinate に対応する回帰係数のみを示した。

モデル 1 には 1 つのドメインの身体行動の情報、年齢、性別を投入した。

モデル 2 には更に、教育年数、log 腹囲、暮らし向き、配偶者の有無、喫煙習慣、アルコール摂取量、野菜摂取頻度、残業時間、服薬状況(降圧剤、脂質異常症治療薬、糖尿病治療薬)、他のドメインの身体行動の情報を投入した。

β : その他すべての行動に対するある行動の比を示した非標準化回帰係数, SB: sedentary behavior(座位行動), LPA: light-intensity physical activity(低強度身体活動), MVPA: moderate- to vigorous-intensity physical activity(中高強度身体活動), CI: confidence interval(信頼区間)

補足表 3. 身体行動と糖・脂質代謝マーカーの関連性

身体行動	モデル	log 空腹時血糖			log HDL			log 中性脂肪								
		β	95% CI		P 値	β	95% CI		P 値	β	95% CI		P 値			
			下限	上限			下限	上限			下限	上限				
勤務日																
勤務時間																
SB	モデル1	0.00	-0.01	-	0.01	0.98	-0.04	-0.07	-	-0.01	0.01	0.03	-0.04	-	0.09	0.43
	モデル2	0.00	-0.01	-	0.02	0.69	-0.04	-0.06	-	-0.01	0.02	0.01	-0.06	-	0.08	0.75
LPA	モデル1	0.00	-0.01	-	0.02	0.76	0.03	0.00	-	0.06	0.07	0.01	-0.06	-	0.08	0.74
	モデル2	0.00	-0.01	-	0.02	0.60	0.02	-0.01	-	0.06	0.15	0.03	-0.05	-	0.11	0.43
MVPA	モデル1	0.00	-0.02	-	0.01	0.76	0.01	-0.02	-	0.04	0.56	-0.04	-0.10	-	0.03	0.24
	モデル2	-0.01	-0.02	-	0.01	0.28	0.01	-0.01	-	0.04	0.39	-0.04	-0.10	-	0.02	0.19
非勤務時間																
SB	モデル1	0.05	0.02	-	0.07	<0.01	-0.13	-0.17	-	-0.08	<0.01	0.27	0.16	-	0.38	<0.01
	モデル2	0.02	0.00	-	0.05	0.10	-0.01	-0.06	-	0.04	0.73	0.14	0.02	-	0.26	0.03
LPA	モデル1	-0.04	-0.06	-	-0.02	<0.01	0.18	0.14	-	0.22	<0.01	-0.29	-0.38	-	-0.20	<0.01
	モデル2	0.00	-0.02	-	0.03	0.91	0.01	-0.04	-	0.06	0.61	-0.11	-0.23	-	0.00	0.06
MVPA	モデル1	0.00	-0.01	-	0.02	0.79	0.03	0.00	-	0.06	0.06	-0.12	-0.19	-	-0.04	<0.01
	モデル2	0.00	-0.01	-	0.02	0.78	0.05	0.02	-	0.08	<0.01	-0.11	-0.18	-	-0.04	<0.01
非勤務日																
SB	モデル1	0.02	0.00	-	0.04	0.08	-0.04	-0.09	-	0.00	0.06	0.09	-0.02	-	0.19	0.10
	モデル2	0.00	-0.02	-	0.02	0.97	-0.01	-0.05	-	0.04	0.79	-0.03	-0.13	-	0.07	0.49
LPA	モデル1	-0.01	-0.03	-	0.01	0.37	0.06	0.02	-	0.10	<0.01	-0.05	-0.14	-	0.03	0.20
	モデル2	0.00	-0.02	-	0.02	0.95	-0.01	-0.04	-	0.02	0.60	0.05	-0.03	-	0.13	0.23
MVPA	モデル1	0.01	0.00	-	0.01	0.17	0.00	-0.01	-	0.02	0.90	0.01	-0.03	-	0.04	0.67
	モデル2	0.00	-0.01	-	0.01	0.91	0.01	0.00	-	0.02	0.23	-0.01	-0.04	-	0.02	0.45

最初の ilr-coordinate には、各ドメインにおける残りすべての身体行動に対するある行動のすべての情報が含まれているため、最初の ilr-coordinate に対応する回帰係数のみを示した。

モデル1には1つのドメインの身体行動の情報、年齢、性別を投入した。

モデル2には更に、教育年数、log 腹囲、暮らし向き、配偶者の有無、喫煙習慣、アルコール摂取量、野菜摂取頻度、残業時間、服薬状況(降圧剤、脂質異常症治療薬、糖尿病治療薬)、他のドメインの身体行動の情報を投入した。

β: その他すべての行動に対するある行動の比を示した非標準化回帰係数, SB: sedentary behavior (座位行動), LPA: light-intensity physical activity (低強度身体活動), MVPA: moderate- to vigorous-intensity physical activity (中高強度身体活動), CI: confidence interval (信頼区間)

補足表 4. 主解析と勤務時間の定義を 1 時間延長した感度分析における身体行動と CmRS の関連性の比較

身体行動	モデル	9:00-17:00(主解析)					9:00-18:00(感度分析)				
		β	95% CI			P 値	β	95% CI			P 値
			下限	-	上限			下限	-	上限	
勤務日											
勤務時間											
SB	モデル1	0.03	-0.04	-	0.11	0.38	0.04	-0.05	-	0.12	0.38
	モデル2	0.00	-0.08	-	0.08	0.98	0.01	-0.08	-	0.10	0.82
LPA	モデル1	-0.03	-0.11	-	0.06	0.52	-0.03	-0.12	-	0.06	0.49
	モデル2	0.01	-0.09	-	0.10	0.86	0.00	-0.09	-	0.10	0.94
MVPA	モデル1	-0.01	-0.08	-	0.07	0.85	-0.01	-0.09	-	0.08	0.86
	モデル2	-0.01	-0.08	-	0.07	0.85	-0.01	-0.10	-	0.07	0.75
非勤務時間											
SB	モデル1	0.32	0.19	-	0.45	< 0.01	0.32	0.19	-	0.45	< 0.01
	モデル2	0.18	0.03	-	0.32	0.02	0.16	0.02	-	0.31	0.02
LPA	モデル1	-0.32	-0.42	-	-0.21	< 0.01	-0.32	-0.42	-	-0.21	< 0.01
	モデル2	-0.16	-0.31	-	-0.02	0.02	-0.16	-0.30	-	-0.03	0.02
MVPA	モデル1	-0.05	-0.14	-	0.04	0.26	-0.05	-0.14	-	0.04	0.26
	モデル2	-0.02	-0.11	-	0.06	0.60	-0.02	-0.10	-	0.06	0.66
非勤務日											
SB	モデル1	0.16	0.04	-	0.28	0.01	0.16	0.04	-	0.28	0.01
	モデル2	0.05	-0.08	-	0.17	0.45	0.05	-0.08	-	0.17	0.46
LPA	モデル1	-0.11	-0.20	-	-0.01	0.03	-0.11	-0.20	-	-0.01	0.03
	モデル2	-0.04	-0.13	-	0.06	0.46	-0.03	-0.13	-	0.06	0.51
MVPA	モデル1	0.00	-0.04	-	0.04	0.90	0.00	-0.04	-	0.04	0.90
	モデル2	-0.03	-0.07	-	0.01	0.09	-0.03	-0.07	-	0.00	0.09

最初の ilr-coordinate には、各ドメインにおける残りすべての身体行動に対するある行動のすべての情報が含まれているため、最初の ilr-coordinate に対応する回帰係数のみを示した。

モデル 1 には 1 つのドメインの身体行動の情報、年齢、性別を投入した。

モデル 2 には更に、教育年数、暮らし向き、配偶者の有無、喫煙習慣、アルコール摂取量、野菜摂取頻度、残業時間、服薬状況(降圧剤、脂質異常症治療薬、糖尿病治療薬)、他のドメインの身体行動の情報を投入した。

β : その他すべての行動に対するある行動の比を示した非標準化回帰係数, CmRS: cardiometabolic risk score, SB: sedentary behavior(座位行動), LPA: light-intensity physical activity(低強度身体活動), MVPA: moderate- to vigorous-intensity physical activity(中高強度身体活動), CI: confidence interval(信頼区間)

補足表 5. 欠測値のある対象者と欠測値がない対象者における特性の比較

変数	完全ケース		欠測を含むケース		P 値
	n	n (%)	n	n (%)	
人口統計学的データ					
年齢, 歳 ^a	1258	49.1 (8.3)	438	48.1 (8.6)	0.04
性別	1258		438		< 0.01
女性		748 (59.5%)		221 (50.5%)	
男性		510 (40.5%)		217 (49.5%)	
暮らし向き	1258		422		0.69
ゆとりがある/大変ゆとりがある		895 (71.1%)		296 (70.1%)	
苦しい/大変苦しい		363 (28.9%)		126 (29.9%)	
教育年数, 年 ^a	1258	15.0 (1.7)	406	15.2 (1.7)	0.06
配偶者の有無	1258		434		0.06
あり		857 (68.1%)		274 (63.1%)	
なし		401 (31.9%)		160 (36.9%)	
アルコール摂取量	1258		436		0.30
全くない		215 (17.1%)		81 (18.6%)	
1 日 20 g 未満		760 (60.4%)		245 (56.2%)	
1 日 20 g 以上		283 (22.5%)		110 (25.2%)	
喫煙習慣	1258		438		< 0.01
喫煙中		162 (12.9%)		88 (20.1%)	
全くない/やめた		1096 (87.1%)		350 (79.9%)	
野菜摂取頻度	1258		435		0.02
1 日 1 回未満		341 (27.1%)		148 (34.0%)	
1 日 1 回		499 (39.7%)		160 (36.8%)	
1 日 2 回以上		418 (33.2%)		127 (29.2%)	
雇用形態	1258		435		0.01
正社員		934 (74.7%)		352 (80.9%)	
その他		316 (25.3%)		83 (19.1%)	
職位	1258		438		0.06
管理職		293 (23.3%)		122 (27.9%)	
一般スタッフ		965 (76.7%)		316 (72.1%)	
1 週間の平均残業時間	1258		340		0.78
該当なし(例: フリーランス)		39 (3.1%)		9 (2.6%)	
10時間未満		866 (68.8%)		230 (67.6%)	
10時間以上		353 (28.1%)		101 (29.7%)	
降圧剤の服用	1258		438		0.17
あり		154 (12.2%)		43 (9.8%)	
なし		1104 (87.8%)		395 (90.2%)	
脂質異常症治療薬の服用	1258		438		0.04
あり		104 (8.3%)		23 (5.3%)	
なし		1154 (91.7%)		415 (94.7%)	
糖尿病治療薬の服用	1258		438		0.15
あり		25 (2.0%)		14 (3.2%)	
なし		1233 (98.0%)		424 (96.8%)	
加速度計で評価した情報 ^a					
装着日数, 日					
勤務日	1258	11.0 (4.6)	372	9.2 (4.7)	< 0.01
非勤務日	1258	3.7 (2.3)	166	3.4 (2.2)	0.06
装着時間, 分/日					
勤務日	1258	936.2 (119.2)	403	864.4 (128.9)	< 0.01
非勤務日	1258	848.3 (135.3)	166	867.3 (176.5)	0.18

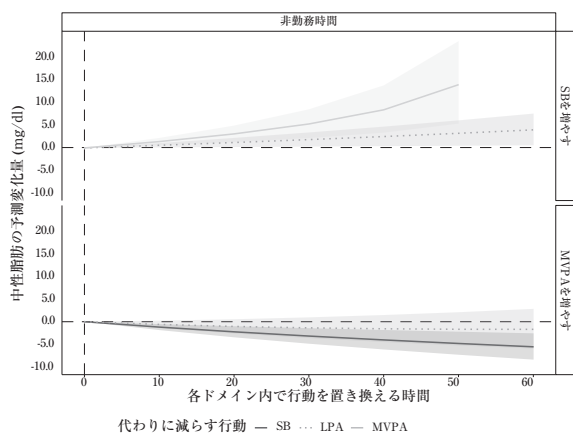
補足表 5. 欠測値のある対象者と欠測値がない対象者における特性の比較(続き)

変数	完全ケース		欠測を含むケース		P 値
	n	n(%)	n	n(%)	
身体行動, 分/日					
勤務日の SB	1258	730.8(112.5)	366	756.7(118.1)	< 0.01
勤務日の LPA	1258	294.0(100.3)	366	270.3(103.6)	< 0.01
勤務日の MVPA	1258	81.5(26.8)	366	82.6(34.2)	0.57
勤務日の睡眠	1258	333.7(55.7)	360	335.6(57.7)	0.56
非勤務日の SB	1258	621.3(135.7)	146	654.8(175.9)	0.03
非勤務日の LPA	1258	328.7(108.4)	145	321.0(115.2)	0.44
非勤務日の MVPA	1258	75.4(51.2)	146	74.7(54.1)	0.88
非勤務日の睡眠	1258	414.7(71.3)	137	416.7(84.5)	0.79
心血管代謝系の健康指標 ^b					
腹囲, cm	1258	81.8(57.3-128.0)	438	82.0(61.0-120.0)	0.26
拡張期血圧, mmHg	1258	114.0(77.0-173.0)	438	114.0(81.0-189.0)	0.57
収縮期血圧, mmHg	1258	73.0(41.0-109.0)	438	73.0(44.0-118.0)	0.87
中性脂肪, mg/dl	1258	75.0(16.0-1164.0)	438	78.0(20.0-762.0)	0.08
高比重リポタンパク, mg/dl	1258	65.0(29.0-168.0)	438	64.0(35.0-161.0)	0.38
空腹時血糖値, mg/dl	1258	93.0(64.0-235.0)	438	93.0(70.0-231.0)	0.12

a: 数値は平均値と標準偏差を示す, b: 数値は中央値, 最小値, 最大値を示す。

心血管代謝系の健康指標, その他の連続変数, カテゴリー変数に対してそれぞれ, ウィルコクソンの順位和検定, ウェルチの t 検定, カイ二乗検定を実施した。

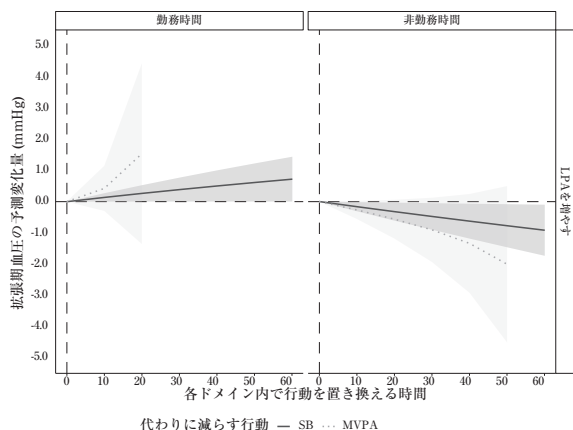
SB: sedentary behavior(座位行動), LPA: light-intensity physical activity(低強度身体活動), MVPA: moderate- to vigorous-intensity physical activity(中高強度身体活動)



補足図 1. 2つの身体行動を一定時間置換した場合の
中性脂肪の予測変化量(残りの行動時間は組成平均で
固定)

解析はモデル 2 に基づいて実施した。最初の ilr-coordinate とアウトカムの有意な関連性が確認された再分配の
パターンのみを示す。

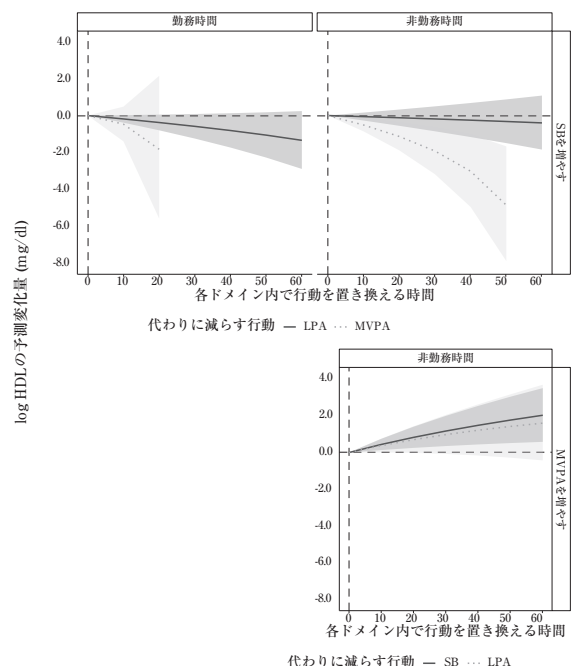
SB : sedentary behavior(座位行動), LPA : light-intensity
physical activity(低強度身体活動), MVPA : moderate- to
vigorous-intensity physical activity(中高強度身体活動)



補足図 3. 2つの身体行動を一定時間置換した場合の
拡張期血圧の予測変化量(残りの行動時間は組成平均
で固定)

解析はモデル 2 に基づいて実施した。最初の ilr-coordinate とアウトカムの有意な関連性が確認された再分配の
パターンのみを示す。

SB : sedentary behavior(座位行動), LPA : light-intensity
physical activity(低強度身体活動), MVPA : moderate- to
vigorous-intensity physical activity(中高強度身体活動)



補足図 2. 2つの身体行動を一定時間置換した場合の
HDL の予測変化量(残りの行動時間は組成平均で固
定)

解析はモデル 2 に基づいて実施した。最初の ilr-coordinate とアウトカムの有意な関連性が確認された再分配
のパターンのみを示す。

HDL : high-density lipoprotein cholesterol(高比重リポタン
パク), SB : sedentary behavior(座位行動), LPA : light-
intensity physical activity(低強度身体活動), MVPA :
moderate- to vigorous-intensity physical activity(中高強度
身体活動)