

座位行動の科学 —行動疫学の枠組みの応用—

岡 浩一朗^{*1}・杉山 岳巳^{*2}・井上 茂^{*3}
柴田 愛^{*1}・石井 香織^{*1}・Neville OWEN^{*2}

背景：現代社会では、移動や職場、自宅などの様々な生活場面において長時間の座位行動が蔓延している。日常生活における座位時間の多寡が、心血管代謝性疾患のバイオマーカーや2型糖尿病、ある種のがん、早世のような健康アウトカムと関連があるという証拠が急速に蓄積されつつある。重要なのは、これらの関連が身体活動に費やす時間の影響を調整した後でも認められることである。本稿では、成人を対象にした座位行動研究に関する今後の方向性を明らかにするため、近年の研究動向を行動疫学の枠組みを応用することによって概観した。

内容：このレビューには、座位行動（座り過ぎ）と健康リスク指標との関連についてのエビデンス、自己報告および機器を用いた座位行動の測度、鍵となる座位行動の分布およびトレンド、座位行動のエコロジカルモデルおよび環境的関連要因、座位時間を減らすための介入の有効性、座位時間を減らすことや中断することに関する公衆衛生勧告の概要を含めた。

結論：今後行うべき座位行動研究として、座位時間が健康アウトカムに及ぼす影響を明確に理解するための機器を活用した測度による地域住民を対象にした前向き研究、様々な行動場面における長時間にわたる座位行動の多水準の決定要因を解明するための前向き研究、自宅や職場、移動環境における座位行動を減少および中断させる更なる介入研究、日常生活において座位時間を減らすことに関するメッセージを広めるためのトランスレーショナルリサーチ（マスメディアキャンペーンなど）、発症機序および量反応関係を解明するための実験研究などが挙げられる。

〔日健教誌, 2013; 21(2): 142-153〕

キーワード：座位時間、身体活動、エコロジカルモデル、環境、公衆衛生

I はじめに

今日の技術革新に伴う生活環境や仕事環境の機械化・自動化は、世界中の人々の日常生活全般に座位行動を蔓延させている。近年、「座り過ぎ (too much sitting)」がもたらす健康障害への認識が高まり、ここ10年間で予防医学や公衆衛生学、健康教育学などの分野において急速に座位行動研

究は進展した。座位行動は、「座位および臥位におけるエネルギー消費量が1.5メッツ以下のすべての覚醒行動」と定義されており¹⁾、これまで身体活動促進研究で頻繁に用いられてきた「不活動 (inactivity)」, すなわち身体活動指針で推奨されているような中高強度の身体活動量の不足した状態とは別の概念として取り扱うべきであることが強調されている²⁾。

米国やオーストラリアの成人の一日覚醒時間における中高強度および低強度の身体活動、座位行動に費やす時間を示した研究^{3,4)}において、これまでの運動疫学研究で注目されてきた中高強度の身体活動の実施状況は、成人における一日覚醒時間のわずか5%程度であり、大半の時間を低強度の

^{*1} 早稲田大学スポーツ科学学術院

^{*2} Behavioural Epidemiology Laboratory, Baker IDI Heart & Diabetes Institute

^{*3} 東京医科大学公衆衛生学講座

連絡先：岡浩一朗

住所：〒359-1192 埼玉県所沢市三ヶ島2-579-15

早稲田大学スポーツ科学学術院

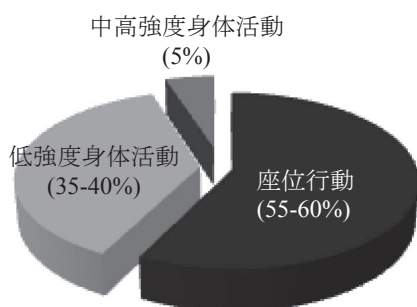


図1 成人の一日の覚醒時間における各強度の身体活動および座位行動の占める割合
Owen ら³⁾ および Dunstan ら⁴⁾ を基に改変

身体活動 (35~40%) および座位行動 (55~60%) が占めている (図1)。そのため、いかにして座位行動に費やす時間を減らし、低強度の身体活動時間を増加させることができるかが重要な視点となっている。

Owen⁵⁾ は、座位行動研究を推進するにあたり、行動疫学の枠組み (図2) を応用することの重要性を指摘している。この枠組みでは、座位行動と健康アウトカムの関連を確立することに加えて、座位行動の評価方法の確立や、国民の座位行動の分布や変動の把握、座位行動の決定要因の解明といった研究成果に基づいて、効果的な介入方法の開発と評価を行うことを重視し、それらの成果を公衆衛生指針や政策に応用することまでも含めている。行動疫学の枠組みを応用する目的は、座位行動に関する研究を合理的に順序化し、それらを記述することにより、座位行動の変容を促す介入

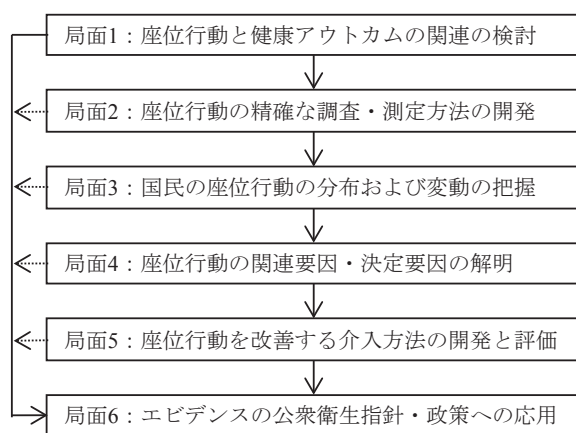


図2 座位行動に関する行動疫学研究の枠組み
Owen ら⁵⁾

方法の策定やその評価、普及戦略開発のための研究を推進し、真に実用性が高く、公衆衛生的インパクトの大きいポピュレーションアプローチ方法の構築に役立てることにある。

本稿では、諸外国を中心に行われてきた座位行動研究に関する最新の動向を行動疫学の枠組みに沿って整理し、今後の課題について明らかにすることを目的とした。なお、子どもや青少年を対象にした座位行動研究の動向や課題は、行動疫学の枠組みを応用してすでに体系的にまとめられているため⁶⁾、本稿は特に成人を対象にした研究のみに焦点を当てて概観した。

II 座位行動と健康アウトカムの関連の検討

1. 座位行動と死亡リスク

van der Ploeg ら⁷⁾ は、一日の総座位時間が4時間未満の成人に比べて、4~8時間、8~11時間、11時間以上と長くなるにつれて、World Health Organization⁸⁾ による推奨身体活動量を充足していたとしても総死亡リスクが11%ずつ高まることを示している。

Dunstan ら⁹⁾ は、余暇のテレビ視聴に伴う座位時間が1日2時間未満の成人と比較し、2~4時間、4時間以上と長くなるにつれて総死亡リスクが11%ずつ、冠動脈疾患死亡リスクが18%ずつ高くなり、Veerman ら¹⁰⁾ はテレビ視聴のために1時間座位行動を続けるごとに、平均余命が推定で22分間短くなることも指摘している。Matthews ら¹¹⁾ の研究では、余暇に週当たり7時間以上の中高強度の身体活動を実施していたとしても、テレビ視聴時間が1日7時間以上の成人 (いわゆる、アクティブカウチポテト) は、1時間未満の成人と比べて総死亡リスクが47%、冠動脈疾患死亡リスクは2倍も高かった。さらに、Patel ら¹²⁾ は、余暇におけるテレビ視聴や読書を含む座位時間が1日6時間以上の成人の場合、3時間未満の成人と比べて総死亡リスクが男性で17%、女性では34%も高いことを見出している。

Warren ら¹³⁾ は、自動車移動に伴う座位時間が

週平均10時間以上の成人男性は週4時間未満の男性と比べて、冠動脈疾患死亡リスクが82%も高いことを報告している。また、Katzmarzykら¹⁴⁾の研究では、週7.5 MET・時以上の余暇身体活動の実施に関わらず、仕事、学校、家事での座位時間と総死亡および冠動脈疾患死亡リスクとの間には量反応関係が認められた。

これら座位行動と死亡リスクに関する研究のシステマティックレビューやメタアナリシス¹⁵⁻¹⁸⁾の結果を総合すると、身体活動の実施とは独立して、長時間にわたる座位行動が総死亡および冠動脈疾患死亡のリスクを高める可能性がある。

2. 座位行動とその他の健康アウトカム

座位行動とBMI・体重増加、肥満・過体重、腹囲増加、2型糖尿病、冠動脈疾患の危険因子、がんのリスクとの関連が前向きコホート研究により盛んに検討され、近年ではシステマティックレビューやメタアナリシスにより知見が整理されている¹⁵⁻¹⁹⁾。図3に、1996~2011年の間に公刊された座位行動と種々の健康アウトカムとの関連について検討した前向き研究のみのシステマティックレビュー¹⁹⁾の概要を表した。現状では座位行動の評価方法などの研究手法に改善の余地がある研究が含まれており、BMIや性によって両者の関係性が異なる研究が存在するものの、定常化した座位行動は肥満、体重増加、糖尿病、一部のがん、冠

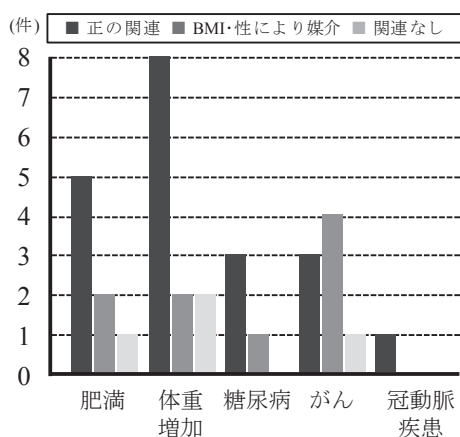


図3 座位行動と健康アウトカムの関連を検討した前向き研究（1996~2011年）のまとめ
Thorpら¹⁹⁾を基に作成

動脈疾患発症リスクと関連がある傾向が示されている。

Ⅲ 座位行動の精確な調査・測定方法の開発

1. 質問紙による座位行動の評価

地域住民を対象とした大規模コホート研究における座位行動は、対象者の負担や実施コストの観点から、主に質問紙（自記式あるいはインタビュー形式）を用いて、一日の総座位時間あるいは各領域（余暇、仕事、移動）の座位時間および領域内の特定の座位行動時間（テレビ視聴時間など）が評価されてきた。これらの質問紙には、単項目による尺度^{20,21)}もあれば、各領域や特定の座位行動を尋ねる複数項目の合成得点で評価する尺度^{22,23)}も含まれており、各尺度とも十分な信頼性および妥当性が確認されている²⁴⁾。一方、各領域の座位時間および領域内の特定の座位行動時間を評価する尺度も整備されつつある²⁵⁾。たとえば、National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) や Australian Diabetes, Obesity and Lifestyle Study (AusDiab) で使用されている余暇のテレビ視聴時間に関する評価項目^{26,27)}や、仕事での座位時間を評価するための尺度²⁸⁻³⁰⁾の開発も盛んに行われている。

2. 加速度計などによる座位行動の評価

近年は、大規模なコホート研究においても座位行動を加速度計により客観的に評価した研究がみられるようになった。代表的な加速度計の1つとしてActigraph (ActiGraph LLC, Pensacola, FL) が挙げられる。米国における2003~2006年にかけて行われたNHANESでは、1軸加速度計であるmodel 7164を使用した大規模調査が実施されており、連続測定された重心加速度変化に関するデータが1分間に100カウント未満の場合を座位時間と判断して分析に用いている³¹⁾。その後、より短いepoch length（何秒単位でデータを集計するかという条件）でも測定可能なActigraph GT1Mに改良され、さらに測定精度を高めるために3軸加速度計としてActigraph GT3XおよびGT3X+が開発

されている。

現状では大規模コホート研究には用いられていないが、介入研究の効果判定などの場面でより精確に座位行動を評価する際に有用な機器も存在する。たとえば、加速度計では座位と立位に代表される静的行動を明確に判別することが難しい。そのため、activPAL (PAL Technologies Ltd, Glasgow, UK) のような自由生活下での姿勢情報を客観的に評価することが可能な傾斜計 (インクリノメータ) を応用することが推奨されている³²⁾。また、Microsoft SenseCam 技術を応用したウェアラブルカメラを用いて自由生活下における座位行動の評価が試みられている。首から胸のあたりに装着したカメラにより10~15秒ごとに自動的に写真が撮影されるとともに、内蔵されている多様なセンサにより、外界の変化が検出されたときにも写真が撮影される仕組みになっている。SenseCam を用いることで、テレビ視聴時間やスクリーンタイム、事務業務がかなり精確に分類できる一方、加速度計 (GT3X) 評価による一日総座位時間とは30分程度の差異が認められている³³⁾。

IV 国民の座位行動の分布および変動の把握

1. 座位行動の分布

Bauman ら³⁴⁾ は、世界20カ国における平日の総座位時間の分布を報告している。20カ国全体の一日総座位時間の中央値は300分であり、日本はサウジアラビアと並んで420分と20カ国中最長であった (図4)。また、米国の NHANES 2003~2006 データによると、加速度計評価による総座位時間が平均8時間/日近い30歳代に比べて、60歳代では約1時間、70歳以上では約2時間長いことが示されている²⁴⁾。また同様の調査において、テレビ視聴時間が2時間以上の成人はすべての世代で6割以上存在し、高齢期には8割に達することが確認された。一方で、若い世代 (20歳代、30歳代) の約4割にパソコン利用時間が長い傾向がみられた。

2. 座位行動の変動

Chau ら³⁵⁾ は、1992年、1997年、2006年に実施された Australian Time Use Survey における生活時間記録データを用いて、領域ごと (睡眠、仕事、移動、余暇、家事、教育) の座位時間の変動傾向を示している。仕事以外の座位時間は、1997年は2日間の平均が894分であったのに対し、2006年には906分とわずかではあるが増加し、特に移動や教

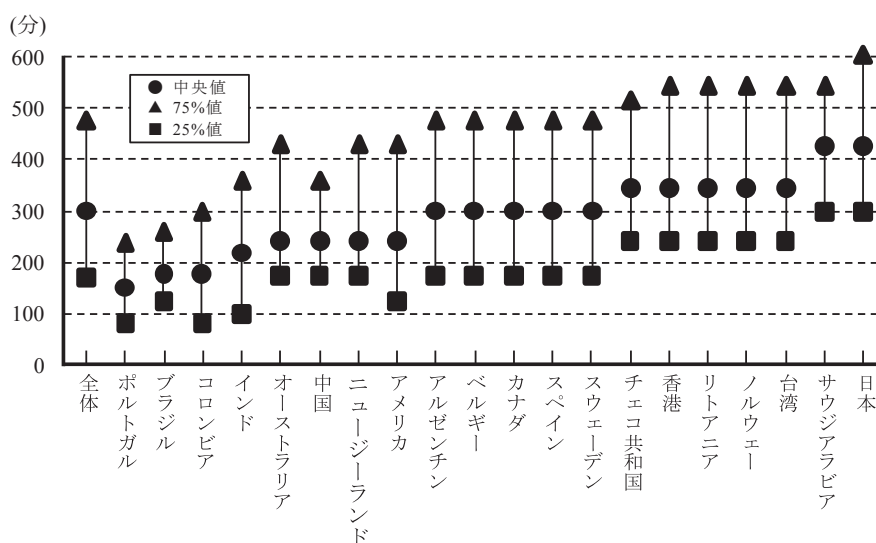


図4 世界20カ国における平日の座位行動時間
Bauman ら³⁴⁾ を基に作成

育に関連した座位時間が増える傾向が認められた。Sugiyama ら³⁶⁾ は、1997～2008年に実施された Sydney Greater Metropolitan Area Household Travel Survey のデータを3年ごと4期間に分類し、自動車運転に伴う長時間にわたる座位行動(2時間以上/日)の分布の変動について検討している。その結果、男性の場合は18.1%→16.9%→16.6%→17.8%と推移しているのに対し、女性の方は、10.3%→10.9%→11.4%→11.4%と漸増傾向にあった。

V 座位行動の関連要因・決定要因の解明

1. 座位行動のエコロジカルモデル

Owen ら³⁷⁾ は、座位行動の関連要因をより良く理解するために、「座位行動のエコロジカルモデル」を提案している(図5)。このモデルでは、余

暇、家事、移動、仕事といった4つの領域における座位行動を取り上げ、各領域に特有の座位行動場面に関する可能性のある要因が想定されており、特に環境的要因や政策的要因の影響を重視している。ここでは、座位行動と環境的要因の関連に焦点を当てた先行研究を概観する(座位行動の関連要因全般の概要については、Rhodes ら³⁸⁾を参照)。

2. 座位行動と環境的要因との関連

Sugiyama ら³⁹⁾ は、地理情報システム(Geographic Information System: GIS)により評価した近隣環境の善し悪しとテレビ視聴時間との関連について検討を行っている。自宅近隣のウォークアビリティ(道路の連結性、世帯密度、土地利用の多様性、目的地へのアクセス)が低い地域に住む女性は、中程度あるいは高い地域に住む女性よりも

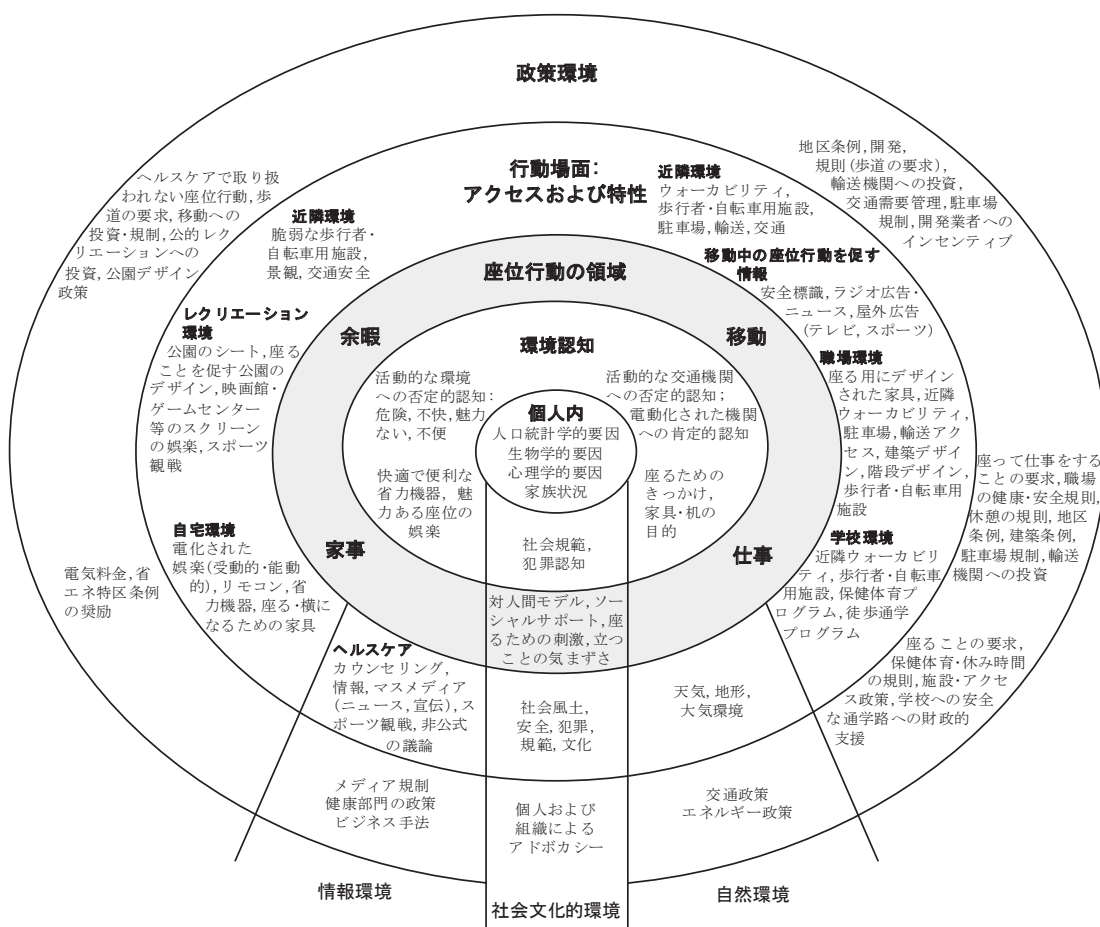


図5 座位行動のエコロジカルモデル
Owen ら³⁷⁾

一日平均テレビ視聴時間が約15%長かった。また Ding ら⁴⁰⁾ は、仕事をしていない人の場合、ウォーカビリティの高さがテレビ視聴時間の4年後の増加を23%も抑制することを報告した。

Frank ら⁴¹⁾ は、GISによって評価したウォーカビリティの構成要素と自動車運転に伴う座位時間との関連を検討した結果、土地利用が多様でないこと、世帯密度が低いこと、道路の連結性が悪いことが、移動（自動車運転）に伴う長時間の座位行動と有意に関連することを示唆している。また、Kozo ら⁴²⁾ の研究ではGIS評価による自宅近隣のウォーカビリティが低い人は高い人に比べて、自動車運転・乗車時間が18.2分間/日長くなることが確認されている。さらに、自宅近隣のウォーカビリティを質問紙（Neighborhood Environment Walkability Scale）によって評価した研究⁴³⁾ でも、土地利用が多様であること、歩道・自転車道が充実していること、交通が安全であること、クルドサック（袋小路状の道路）が少ないことは、自動車などを利用した座位による移動時間が短いことに関連していた。一方、交通分野においても自動車の使用と環境的要因の研究が行われている。この分野では自動車による移動距離が研究対象となることが多いが⁴⁴⁾、利用時間を扱った研究⁴⁵⁾ もあり、明確な中心市街地を持たない地域ほど自動車による通勤時間が長いことが報告されている。

一方、ベルギーのアントワープ在住の成人を対象にした Van Dyck らの研究⁴⁶⁾ は、ウォーカビリティが高い人の方が低い人よりも、自己報告（439.8分/日 vs 403.4分/日）および客観的評価による総座位時間（装着時間における割合：59.1% vs 56.2%）が有意に長く、これまで主にオーストラリアや米国で得られた研究の知見とは逆の結果を示した。そのため、先行研究と大きく環境が異なる国々では、座位行動と環境的要因との関連を今後更に検討していく必要性を示唆している。

VI 座位行動を改善する介入方法の開発と評価

Otten ら⁴⁷⁾ は、余暇における座位行動を減らす

目的で、一日3時間以上テレビを視聴している過体重・肥満者を対象に、テレビロックアウトシステム（週当たりのテレビ視聴時間の許容上限を超えると、自動的にテレビ視聴が制限される仕組み）を利用した3週間の介入がテレビ視聴時間に及ぼす影響をRCTにより検討している。その結果、介入群ではテレビ視聴時間が61%も減少することを明らかにした。また、Gardiner ら⁴⁸⁾ の高齢者を対象にした介入研究では、対面でのコンサルティング（目標設定の活用）および個人仕様の手紙による各1回ずつの支援を組み合わせたプログラム（Stand Up For Your Health）により、総座位時間が有意に減少する（3.2%/日）とともに座位行動中断回数の有意な増加（4.0回/日）が認められた。

工作中的の座位行動を改善する試みとして、Evans ら⁴⁹⁾ はパソコンから30分ごとに座位行動の中断を促す選択刺激（Point-of-Choice Prompt）の配信と脱座位行動の重要性に関する教育とを組み合わせた介入効果をRCTにより検討し、選択刺激がある方が勤務日における30分以上の長時間座位行動の頻度や時間（1日に占める割合）の改善に有効であることを明らかにしている。また、Alkhajah ら⁵⁰⁾ は身長や用途に合わせて、座位と立位での作業姿勢を容易に切り替えることが可能なワークステーション（Ergotron, Inc, Eagan, Minnesota）を用いた環境介入を行い、職場での座位時間が143分/日、起きている間の座位時間が97分/日減少し、その効果が3ヶ月後まで持続することに加え、HDLコレステロール値も有意に増加することを示した。また、同様のワークステーションを用いた4週間の介入研究（Take-a-Stand project）では、工作中的の座位時間が66分間/日減少するとともに、腰部痛・頸部痛および気分状態などの主観的健康状態にも改善が認められている⁵¹⁾。現在、このワークステーションを用いた環境介入に加え、組織介入（リーダーシップ、上級管理職の従事など）および個人介入（対面および電話支援）を組み合わせた包括的プログラムによるクラスター RCT

(Stand Up Victoria Study) がオーストラリアのビクトリア州にある行政機関の従業員を対象に行われており⁵²⁾、今後の研究成果が待たれるところである。

VII エビデンスの公衆衛生指針・政策への応用

諸外国では身体活動関連の指針や学会声明などにより、座位行動の改善を通じた健康づくりに関する内容についてわずかではあるが言及されるようになってきた。2011年に公表された英国における身体活動指針である「Start Active, Stay Active」⁵³⁾では、英国民の生涯にわたる健康づくりに寄与する身体活動の量や時間、頻度、種類などに関する記述に加えて、子どもから高齢者までのあらゆる国民において座位時間を減らすことを奨励しており、成人の場合、「All adults should minimise the amount of time spent being sedentary (sitting) for extended periods (すべての成人は長時間にわたる座りがちな(座位)時間をできるだけ少なくするべきである)」といった内容が盛り込まれている。

また、米国スポーツ医学会の声明である「Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory, Musculoskeletal, and Neuromotor Fitness in Apparently Healthy Adults」⁵⁴⁾においても、「in addition to exercising regularly, there are health benefits in concurrently reducing total time spent in sedentary pursuits and also by interspersing frequent, short bouts of standing and physical activity between periods of sedentary activity, even in physically active adults (活動的な成人でさえ、定期的に運動することに加えて、同時に総座位時間を減らしたり、座位行動の合間に頻繁に立ったり、短時間の身体活動を行うことによっても健康効果がある)」といった記載があり、健常成人の心肺機能や筋機能、神経機能の維持・向上に果たす運動の量や質に関する詳細な記述に加えて、活動的な成人においても座位時間を減らすことや座位行動を中断することを奨励している。

現状では、これらの指針や声明は座位時間を減らすことや座位行動を中断することの重要性に触れるにとどまっているが、座位行動研究が特に進んでいるオーストラリアでは、政府から「Taking Preventative Action」という National Preventative Health Taskforce による報告「Australia: the healthiest country by 2020」に対応する形の文書が公開され、増え続ける過体重・肥満、2型糖尿病、冠動脈疾患を予防するために、職場での座り過ぎを改善するよう勧告している⁵⁵⁾。また、心臓病財団からは、長時間の座位行動が健康にもたらす悪影響や座位行動が生じやすい場面への気づきを促し、座位時間を減らすための具体的なヒントを例示した文書「Sitting less for adults」も刊行されており⁵⁶⁾、脱座位行動に向けての取り組みに関する普及活動が進みつつある。

VIII 座位行動研究における今後の課題

座位行動研究を推進していく際には、従来、成人の健康づくりにおいて推奨されてきた中高強度の身体活動の促進に加えた形で、座位行動の改善が強調されるべき点を理解しておくことが重要である。そのため、これまでの座位行動研究の成果から现阶段で提示できる最適なメッセージとしては、「Stand Up, Sit Less, Move More, More Often (できるだけ立ち、座り過ぎないようにし、少しでも多く、より頻繁に動こう)」といった内容が相応しいと言える^{3,4)}。

本稿において諸外国を中心に行われてきた座位行動研究の最新動向を行動疫学の枠組みに基づいて整理した結果、今後この分野の研究を推進していくために重要だと考えられる局面ごとの課題が明らかになった(表1)。局面1については、局面2で挙げた課題の解決を前提としつつ、加速度計評価による座位行動指標を活用した前向きコホート研究の成果の蓄積や、両者の関係を媒介する身体活動の量や質の検討が必要である。局面3や局面4の課題としては、客観的評価による座位行動指標を用いた縦断研究による検討に加え、座位行

表1 行動疫学の枠組みに基づく成人を対象にした座位行動研究の今後の課題

行動疫学の枠組みの各局面		具体的な課題
局面1	座位行動と健康アウトカムの関連の検討	<ul style="list-style-type: none"> ・量反応関係を証明するための更なる前向き研究の実施 ・加速度計評価による座位行動指標の活用 ・両者の関連における身体活動が果たす役割の解明
局面2	座位行動の精確な調査・測定方法の開発	<ul style="list-style-type: none"> ・特定の座位行動を高い精度で評価する質問紙の開発 ・座位行動を評価する新しい機器の妥当性の検討 ・座位行動の関連要因を評価する新しい指標の開発
局面3	国民の座位行動の分布および変動の把握	<ul style="list-style-type: none"> ・社会人口統計学的要因を考慮した特定の座位行動の分布の解明 ・座位行動の変動傾向を把握する縦断研究の実施 ・加速度計評価による座位行動指標の活用
局面4	座位行動の関連要因・決定要因の解明	<ul style="list-style-type: none"> ・座位行動に影響を及ぼす要因を解明する縦断研究の実施 ・加速度計評価による座位行動指標の活用 ・座位行動に関連する環境的要因と他の要因の相互作用の検討
局面5	座位行動を改善する介入方法の開発と評価	<ul style="list-style-type: none"> ・特定の座位行動の改善を促す介入プログラムの開発と評価 ・介入プログラムの長期的効果の検討 ・座位行動の改善に関わる媒介変数・調整変数の解明
局面6	エビデンスの公衆衛生指針・政策への応用	<ul style="list-style-type: none"> ・指針・声明などの周知度の把握 ・指針・声明などの普及戦略の開発と評価 ・効果の確認された介入プログラムの普及戦略の開発と評価

動の関連要因を包括的に検討していくことが望ましいと思われる。以上の成果を活かしつつ、局面5の課題として、介入プログラムの長期的効果や座位行動の改善に関わる媒介変数について検討することが挙げられる。局面6に関しては、指針や声明に込められたメッセージの普及度の把握や普及戦略の開発と評価が重要な課題になる。また、座位行動の改善効果が確認されたプログラムを実社会に還元するためのトランスレーショナルリサーチも積極的に行っていくべきである。

近年、わが国でもテレビ視聴やスクリーンタイムを中心に座位行動研究の成果が報告されつつあるが⁵⁷⁻⁶¹⁾、まだその緒に就いたばかりである。今後は、表1に挙げたような課題を解決するための研究に加えて、座位行動が健康障害を引き起こすメカニズムを解明するための実験研究⁶²⁾をさらに積極的に推進していく必要がある。一日どのくらいの座位時間が健康障害を引き起こすのか、どのような種類の座位行動をどのくらいの頻度で中断すれば健康障害を予防できるのかといった点が解明されれば、世界各国における健康づくりに関連した指針や学会声明などに具体的な内容が反映さ

れ、公衆衛生の現場や臨床場面で有効活用されることにつながるであろう。

付 記

本稿は、2011～2013（平成23～25）年度独立行政法人国立がん研究センターがん研究開発費「ソーシャルマーケティングを活用したがん予防行動の普及に関する研究（23-A-5）」および早稲田大学スポーツ科学研究科グローバルCOEプログラム「アクティブ・ライフを創出するスポーツ科学」に基づく研究成果の一部である。

文 献

- 1) Sedentary Behaviour Research Network. Standardized use of the terms “sedentary” and “sedentary behaviours”. *Appl Physiol Nutr Metab* 2012; 37: 540–542.
- 2) Owen N, Healy GN, Matthews C, et al. Too much sitting: the population health science of sedentary behavior. *Exer Sport Sci Rev* 2010; 38: 105–113.
- 3) Owen N, Healy GN, Howard B, et al. Too much sitting: Health risks of sedentary behaviour and opportunities for change. *Research Digest published quarterly by President’s Council on Fitness, Sports & Nutrition* 2012; 13: 1–11.
- 4) Dunstan DW, Howard B, Healy GN, et al. Too much

- sitting—A health hazard. *Diabetes Res Clin Pract* 2012; 97: 368–76.
- 5) Owen N. Sedentary behavior: Understanding and influencing adults' prolonged sitting time. *Prev Med* 2012; 55: 535–539.
 - 6) Salmon J, Tremblay MS, Marshall SJ, et al. Health risks, correlates, and interventions to reduce sedentary behavior in young people. *Am J Prev Med* 2011; 41: 197–206.
 - 7) van der Ploeg HP, Chey T, Korda RJ, et al. Sitting time and all-cause mortality risk in 222,497 Australian adults. *Arch Intern Med* 2012; 172: 494–500.
 - 8) World Health Organization. Global recommendations on physical activity for health. Geneva, Switzerland: WHO Press, 2010.
 - 9) Dunstan DW, Barr E, Healy GN, et al. Television viewing time and mortality: the AusDiab study. *Circulation* 2010; 121: 384–391.
 - 10) Veerman J, Healy G, Cobiac L, et al. Television viewing time and reduced life expectancy: a life-table analysis. *Br J Sports Med* 2012; 46: 927–930.
 - 11) Matthews C, George S, Moore S, et al. Amount of time spent in sedentary behaviors and cause-specific mortality in US adults. *Am J Clin Nutr* 2012; 95: 437–445.
 - 12) Patel AV, Bernstein L, Deka A, et al. Leisure time spent sitting in relation to total mortality in a prospective cohort of US adults. *Am J Epidemiol* 2010; 172: 419–429.
 - 13) Warren TY, Barry V, Hooker SP, et al. Sedentary behaviors increase risk of cardiovascular disease mortality in men. *Med Sci Sports Exerc* 2010; 42: 879–885.
 - 14) Katzmarzyk PT, Church TS, Craig CL, et al. Sitting time and mortality from all causes, cardiovascular disease, and cancer. *Med Sci Sports Exerc* 2009; 41: 998–1005.
 - 15) Grøntved A, Hu FB. Television viewing and risk of type 2 diabetes, cardiovascular disease, and all-cause mortality: a meta-analysis. *JAMA* 2011; 305: 2448–2455.
 - 16) Proper KI, Singh AS, van Mechelen W, et al. Sedentary behaviors and health outcomes among adults: A systematic review of prospective studies. *Am J Prev Med* 2011; 40: 174–182.
 - 17) Van Uffelen J, Wong J, Chau JY, et al. Occupational sitting and health risks: a systematic review. *Am J Prev Med* 2010; 39: 379–388.
 - 18) Wilmot EG, Edwardson CL, Achana FA, et al. Sedentary time in adults and the association with diabetes, cardiovascular disease and death: systematic review and meta-analysis. *Diabetologia* 2012; 55: 2895–2905.
 - 19) Thorp A, Owen N, Neuhaus M, et al. Sedentary behaviors and subsequent health outcomes: a systematic review of longitudinal studies. 1996–2011. *Am J Prev Med* 2011; 41: 207–215.
 - 20) Craig CL, Marshall AL, Sjöström M, et al. International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. *Med Sci Sports Exerc* 2003; 35: 1381–1395.
 - 21) Bull FC, Maslin TS, Armstrong T. Global physical activity questionnaire (GPAQ): nine country reliability and validity study. *J Phys Act Health* 2009; 6: 790–804.
 - 22) Rosenberg DE, Bull FC, Marshall AL, et al. Assessment of sedentary behavior with the International Physical Activity Questionnaire. *J Phys Act Health* 2008; 5 Suppl 1: S30–44.
 - 23) Rosenberg DE, Norman GJ, Wagner N, et al. Reliability and validity of the Sedentary Behavior Questionnaire (SBQ) for adults. *J Phys Act Health* 2010; 7: 697–705.
 - 24) Healy G, Clark B, Winkler E, et al. Measurement of adults' sedentary time in population-based studies. *Am J Prev Med* 2011; 41: 216–227.
 - 25) Clark B, Sugiyama T, Healy GN, et al. Validity and reliability of measures of television viewing time and other non-occupational sedentary behavior of adults: a review. *Obes Rev* 2009; 10: 7–16.
 - 26) Evenson KR, McGinn AP. Test-retest reliability of adult surveillance measures for physical activity and inactivity. *Am J Prev Med* 2005; 28: 470–478.
 - 27) Salmon J, Owen N, Crawford D, et al. Physical activity and sedentary behavior: a population-based study of barriers, enjoyment, and preference. *Health Psychol* 2003; 22: 178–188.
 - 28) Chau J, van der Ploeg H, Dunn S, et al. A tool for measuring workers' sitting time by domain: the Workforce Sitting Questionnaire. *Br J Sports Med* 2011; 45: 1216–1222.
 - 29) Chau J, van der Ploeg H, Dunn S, et al. Validity of the occupational sitting and physical activity questionnaire. *Med Sci Sports Exerc* 2012a; 44: 118–125.

- 30) Clark B, Thorp A, Winkler E, et al. Validity of self-report measures of workplace sitting time and breaks in sitting time. *Med Sci Sports Exerc* 2011b; 43: 1907–1912.
- 31) Matthews CE, Chen KY, Freedson PS, et al. Amount of time spent in sedentary behaviors in the United States, 2003–2004. *Am J Epidemiol* 2008; 167: 875–881.
- 32) Chastin SF, Granat MH. Methods for objective measure, quantification and analysis of sedentary behaviour and inactivity. *Gait Posture* 2010; 31: 82–86.
- 33) Kerr J, Marshall SJ, Godbole S, et al. Using the SenseCam to improve classifications of sedentary behavior in free-living settings. *Am J Prev Med* 2013; 44: 290–296.
- 34) Bauman AE, Ainsworth B., Sallis J, et al. The descriptive epidemiology of sitting: A 20-country comparison using the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ). *Am J Prev Med* 2011; 41: 228–235.
- 35) Chau JY, Merom D, Grunseit A, et al. Temporal trends in non-occupational sedentary behaviours from Australian Time Use Surveys 1992, 1997 and 2006. *Int J Behav Nutr Phys Act* 2012, 19; 9: 76.
- 36) Sugiyama T, Merom D, van der Ploeg HP, et al. Prolonged sitting in cars: prevalence, socio-demographic variations, and trends. *Prev Med* 2012; 55: 315–318.
- 37) Owen N, Sugiyama T, Eakin EE, et al. Adults' sedentary behavior: Determinants and interventions. *Am J Prev Med* 2011; 41: 189–196.
- 38) Rhodes RE, Mark RS, Temmel CP. Adult sedentary behavior: a systematic review. *Am J Prev Med* 2012; 42: e3–28.
- 39) Sugiyama T, Salmon J, Dunstan D, et al. Associations of neighborhood walkability with TV viewing time among Australian adults. *Am J Prev Med* 2007; 33: 444–449.
- 40) Ding D, Sugiyama T, Winkler E, et al.: Correlates of change in adults' television viewing time: a four-year follow-up study. *Med Sci Sports Exerc* 2012; 44: 1287–1292.
- 41) Frank LD, Andresen MA, Schmid TL. Obesity relationships with community design, physical activity, and time spent in cars. *Am J Prev Med* 2004; 27: 87–96.
- 42) Kozo J, Sallis JF, Conway T, et al. Sedentary behaviors of adults in relation to neighborhood walkability and income. *Health Psychol* 2012; 31: 704–713.
- 43) Van Dyck D, Cerin E, Conway TL, et al. Associations between perceived neighborhood environmental attributes and adults' sedentary behavior: findings from the U.S.A., Australia and Belgium. *Soc Sci Med* 2012; 74: 1375–1384.
- 44) Cervero R, Murakami J. Effects of built environments on vehicle miles traveled: Evidence from 370 US urbanized areas. *Environ Plan A* 2010; 42: 400–418.
- 45) Zolnik EJ. The effects of sprawl on private-vehicle commuting distances and times. *Environ Plan B* 2011; 38: 1071–1084.
- 46) van Dyck D, Cardon G, Deforche B, et al. Neighborhood walkability and sedentary time in Belgian adults. *Am J Prev Med* 2010; 39: 25–32.
- 47) Otten JJ, Jones KE, Littenberg B, et al. Effects of television viewing reduction on energy intake and expenditure in overweight and obese adults: a randomized controlled trial. *Arch Intern Med* 2009; 169: 2109–2115.
- 48) Gardiner PA, Eakin EG, Healy GN, et al. Feasibility of reducing older adults' sedentary time. *Am J Prev Med* 2011; 41: 174–177.
- 49) Evans RE, Fawole HO, Sheriff SA, et al. Point-of-choice prompts to reduce sitting time at work: a randomized trial. *Am J Prev Med* 2012; 43: 293–297.
- 50) Alkhajah TA, Reeves MM, Eakin EG, et al. Sit-stand workstations: a pilot intervention to reduce office sitting time. *Am J Prev Med* 2012; 43: 298–303.
- 51) Pronk NP, Katz AS, Lowry M, et al. Reducing occupational sitting time and improving worker health: the Take-a-Stand Project, 2011. *Prev Chronic Dis* 2012; 9: E154.
- 52) Baker IDI Heart & Diabetes Institute. Physical Activity and Behavioural Epidemiology, 2013. http://www.bakeridi.edu.au/research/physical_activity_behavioural_epidemiology/ (Accessed 31 March 2013).
- 53) Devies S, Burns H, Jewell T, et al. Start active, stay active: A report on physical activity from the four home countries. Chief Medical Officers, 2011.
- 54) Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and

- maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2011; 43: 1334–1359.
- 55) Australian Government, Taking Preventative Action: A Response to Australia: the Healthiest Country by 2020 the Report of the National Preventative Health Taskforce. [http://www.preventativehealth.org.au/internet/preventativehealth/publishing.nsf/Content/6B7B17659424FBE5CA25772000095458/\\$File/tpa.pdf](http://www.preventativehealth.org.au/internet/preventativehealth/publishing.nsf/Content/6B7B17659424FBE5CA25772000095458/$File/tpa.pdf), 2010 (Accessed 31 March 2013).
- 56) National Heart Foundation of Australia: Sitting less for adults. Retrieved from <http://www.heartfoundation.org.au/SiteCollectionDocuments/HWPA-Sitting-Less-Adults.pdf>, 2011 (Accessed 31 March 2013).
- 57) Inoue S, Sugiyama T, Takamiya T, et al. Television viewing time is associated with overweight/obesity among older adults, independent of meeting physical activity and health guidelines. *J Epidemiol* 2012; 22: 50–56.
- 58) Ishii K, Shibata A, Oka K. Sociodemographic and anthropometric factors associated with screen-based sedentary behavior in Japanese adults: a population-based cross-sectional study. *J Epidemiol* 2013 (in press).
- 59) Kikuchi H, Inoue S, Sugiyama T, et al. Correlates of prolonged television viewing time in older Japanese men and women. *BMC Public Health* 2013; 13: 213.
- 60) Kim J, Tanabe K, Yokoyama N, et al. Objectively measured light-intensity lifestyle activity and sedentary time are independently associated with metabolic syndrome: a cross-sectional study of Japanese adults. *Int J Behav Nutr Phys Act* 2013; 10: 30.
- 61) Liao Y, Harada K, Shibata A, et al. Joint associations of physical activity and screen time with overweight among Japanese adults. *Int J Behav Nutr Phys Act* 2011; 8: 131.
- 62) Hamilton MT, Healy GN, Dunstan DW, et al. Too little exercise and too much sitting: Inactivity physiology and the need for new recommendations on sedentary behavior. *Curr Cardiovasc Risk Rep* 2008; 2: 292–298.

(受付 2013.3.26. ; 受理 2013.4.18.)

Science of sedentary behavior: application of the behavioral epidemiology framework

Koichiro OKA^{*1}, Takemi SUGIYAMA^{*2}, Shigeru INOUE^{*3},
Ai SHIBATA^{*1}, Kaori ISHII^{*1}, Neville OWEN^{*2}

Abstract

Background: In contemporary society, prolonged sitting has become pervasive in our lives across many settings, including transportation, the workplace, and the home. There is a rapidly accumulating evidence that large volumes of daily sedentary time (typically in the contexts of television viewing, computer use, workplace sitting, and time spent in automobiles) are adversely associated with cardio-metabolic risk biomarkers, type 2 diabetes, some types of cancer, and premature mortality. Importantly, these detrimental associations remain even after accounting for time spent in physical activity. To inform future directions on sedentary behavior research among adults, the present paper reviews the evidence from recently-published studies, applying the behavioral epidemiology framework.

Contents: This review includes evidence on the relationships with sedentary behavior (too much sitting) with health risk indicators; self-report and device-based measurement of sedentary behaviors; the prevalence and trends for key sedentary behaviors; an ecological model and the environmental correlates of sedentary behavior; the effectiveness of interventions to reduce sedentary time; and, an overview of public health recommendations on reducing and breaking up sedentary time.

Conclusions: Future directions for sedentary behavior research are as follows: population-based prospective studies using device-based measures to better understand the impact of sedentary time on health outcomes, prospective studies to clarify the multiple levels of determinants of prolonged sitting time in different life settings, further intervention trials to reduce and break up sedentary behaviors in domestic, workplace, and transportation environments, translational research (such as mass media campaigns) to spread messages about reducing sitting time in daily life, and experimental studies to determine underlying mechanisms and dose-response relationships.

[JJHEP, 2013 ; 21 (2) : 142-153]

Key words: sitting time, physical activity, ecological model, environment, population health

^{*1} Faculty of Sport Sciences, Waseda University

^{*2} Behavioural Epidemiology Laboratory, Baker IDI Heart & Diabetes Institute

^{*3} Department of Preventive Medicine and Public Health, Tokyo Medical University