高齢者・障害者のメタボリックシンドローム対策の研究

Proposal on method to avoid metabolic syndrome of elderly people and wheelchair user

橋詰　努　　李　虎奎　　服部託夢　　北川博巳
HASHIZUME Tsutomu, LEE Hokyoo, HATTORI Takumu, KITAGAWA Hiroshii

キーワード：
メタボリックシンドローム、腹部体脂肪率、腹囲、運動強度メッツ、高齢者、車いす使用者
Keyword:
metabolic syndrome, abdominal fat ratio, abdominal girth, METs, elderly people, wheelchair user

Abstract:
The purpose of this study is to prevent the metabolic syndrome of elderly people and handicapped persons with wheelchair, and to contribute the preservation of their health.
In response to an aging society, it is expected that wheelchair users increase due to the decrease physical function in general by aging.
Elderly people and wheelchair user have an increased risk for the metabolic syndrome associated with the reduction of motor function and physical activity.
To perform an appropriate exercise is fundamental for preventing the metabolic syndrome. In addition, it is important to measure objectively own weight, abdominal girth, and abdominal fat ratio, and to pay attention the trends of them. Moreover, the observation of one's whole body shape is effective against to resolve obesity.
In this study, we considered the estimation method of abdominal fat ratio while sitting on wheelchair. We proposed the measurement method of abdominal girth and body shape using Kinect (Micro soft), and the training program with Wii Balance Board (Nintendo) that were low cost and suitable for personal use.

1 はじめに

超高齢化社会を迎えた我が国では、疾病や障害による歩行機能障害に加えて、高齢による身体機能の低下により車いす使用者が増加することが予想される。高齢者や車いす使用者は運動機能や身体活動性が低下し、肥満や生活習慣病が進行しやすいという問題を抱えている。

肥満解消と適正体重の維持については、体重・腹囲・腹部脂肪率等を客観的に計測し、適切な運動を行い、継続的な計測データの変化を見て認識することが重要である。また、肥満を認識し、肥満の解消を図るためには腹囲の計測だけでは不十分であり、自分自身の体型を見ることも有効である。

本研究は、身体機能の低下した高齢者や車いすを使用している障害者のメタボリックシンドロームを予防し健康の維持管理に寄与することを目的とする。

本報告書では、健常者を対象として、市販製品を用いた腹部体脂肪率と腹囲の計測と評価の結果、安価で個人利用を目標とした、ゲーム機器用のKinectを利用した腹囲･体型計測装置と、Wii バランスボードを利用した体重計測と簡単な運動プログラムについて述べる。

2 体脂肪率測定

体脂肪率を測定することはメタボリックシンドローム予防対策として必須事項である。タニタ腹部脂肪計AB-140[1)]は仰臥位において腹部の脂肪率・内臓脂肪レベルと腹囲を同時に計測が可能であり、高齢者や障害者の健康管理に有効なツールであると思われる。しかし、車いす使用者は起床から就寝まで大半の時間を車いす上で過ごすことが多く、仰臥位における腹囲測定より、むしろ車いす上の座位姿勢で計測できることが望ましい。市販の体脂肪計を

用いて、座位の腹部脂肪率を推定する実験を行った。

本研究ではタニタ製とヤマト製の２つの体脂肪計を用いた。この２種類の体脂肪計は、体内に微弱な電流を流した際の抵抗値より身体組成を分析するインピーダンス法を採用している。

タニタ腹部脂肪計AB140（以後タニタと略）は、仰臥位で被験者の腹部を覆うように本体をセットし、インピーダンス計を腹部にあてて測定する（図１、図２）。

内臓脂肪算出機能付き歩数計型ヤマト体脂肪計DF515[2]（以後ヤマト）は安価で小型である（図３）。ヤマトは立った状態（立位）で、指を広げて両手の親指と人差し指で本体をつまみ測定する（図４）。

タニタの本来の測定体位は仰臥位であり、ヤマトは立位である。両方の体脂肪計について、指定された本来の体位と、車いす上の座位で計測した場合に有意差があるか否かを検証した。

（1）本体　　（2）インピーダンス計

図1　タニタ腹部脂肪計AB140
（タニタホームページより転載）
Fig.1 Abdominal fat ratio & abdominal girth meter AB140（TANITA Home page）

図2　腹部脂肪計AB140の測定イメージ
（タニタホームページより転載）
Fig.2 Measurement image of AB140
（TANITA Home page）

図3　ヤマト体脂肪計DF515
（ヤマトホームページより転載）
Fig.3 Body fat meter DF515（YAMATO Home page）

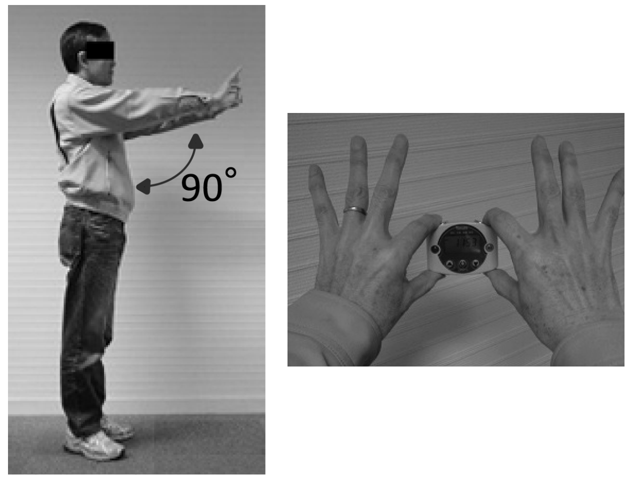

図4　ヤマト体脂肪計DF515の測定イメージ
Fig.4 Measurement image of DF515

被験者は表１に示す健常成人男性４名であり、各測定器の使用手順に従って、立位、座位（車いす上）、仰臥位（タニタのみ）における体脂肪率を各10回ずつ計測した。

表1　被験者の特性
Table 1 Summary data on subjects

被験者	性別	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)
A	男性	22	168	63
B	男性	21	175	77
C	男性	23	175	67
D	男性	59	175	68
平均		31.3	173.3	68.8
標準偏差		18.5	3.5	5.9

2.1　測定結果

タニタの体脂肪率測定結果を図５に、ヤマトの体脂肪率測定結果を図６に示す。

タニタは立位、仰臥位と座位のいずれの平均値にも統計的有意差はない。ヤマトも同様に、立位と座位の平均値に統計的有意差が認められなかった。

従って、それぞれの体脂肪計は本来の測定体位（タ

ニタは仰臥位、ヤマトは立位）とは異なる、座位で計測しても問題がないと考えられる。

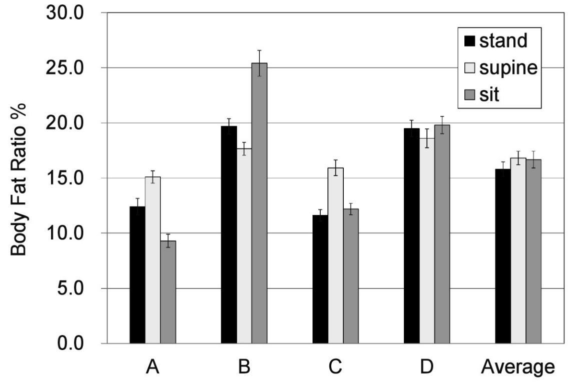

図5　タニタAB140による体脂肪率
Fig.5 Body fat ratio by TANITA AB140

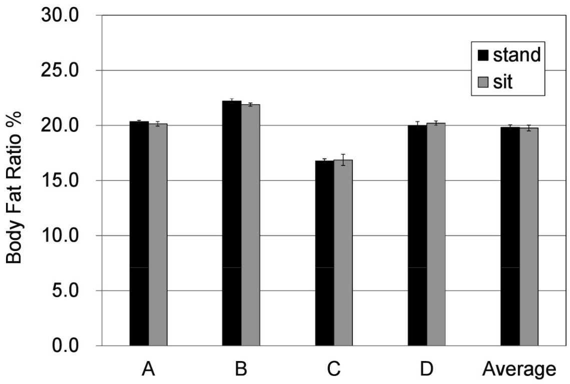

図6　ヤマトDF515による体脂肪率
Fig.6 Body fat ratio by YAMATO DF515

2.2　タニタとヤマトの比較

タニタは図２に示すように、腹部を出して測定する必要がある。スポーツ交流館において複数の車いす使用者で測定したところ、最初は興味を持ってもらえたが、腹部を出すことに抵抗のある人や、面倒であるとの意見がみられた。

タニタとヤマトの体脂肪計は、いずれもより精密な体脂肪計測データを用いて、体脂肪率を算出している。しかし、ヤマトの体脂肪率の測定値はタニタより高めの値を示している。

タニタのデータが腹部脂肪率の真の値に近いと仮定して、ヤマトの立位の値からタニタの値を推定する回帰係数を求めると0.85であった。

回帰係数を用いることにより、腹部を出さずにより簡単な体脂肪計で腹部脂肪率の推定が可能である。

3　腹囲・体型測定

腹囲・体型測定には、マイクロソフト社の家庭用ゲーム機器に使用されているKinectセンサー（以下Kinectと略）を用いた（図７）。

Kinectは近赤外線光パターンを照射するプロジェクタと、その反射を受信する近赤外線カメラが搭載されており、センサーと測定対象との距離や撮影範囲を調整することにより、+/-10mmの精度でリアルタイムに人体や物体の形状を測定することができる。

図7　Kinectセンサー（マイクロソフト）
Fig.7 Kinect for Xbox 360（Microsoft）

3.1　測定手法

Kinectによる腹囲測定の概念を図８に示す。点p１から、点p２までの３次元座標値から腹部表面の距離を求める。同様に背部表面の距離を求め、両者を加算することにより腹囲を算出することができる。

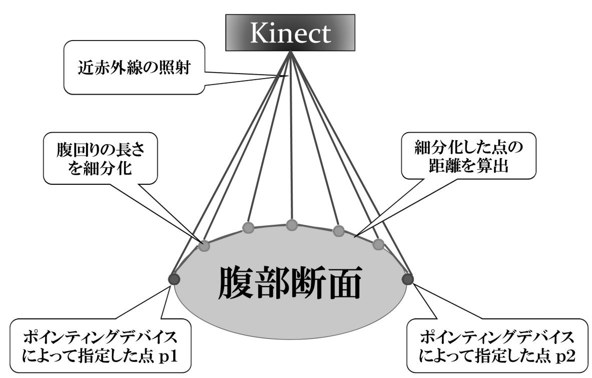

図8　腹囲測定の概念図
Fig.8 Concept of abdominal girth measurement

実際の腹囲計測は以下の手順で行った。

①Kinect映像センサーにより得られた画像をPC上に表示（図９）
②画像の平滑化処理（シェーディング）（図10）
③腹部の両端p１、p２の位置座標（x、y、z）計測
④２点間の３次元距離を算出（図11）
⑤①～④までの流れを正面画像と背面画像について測定し、両者を加算することにより腹囲を求める。

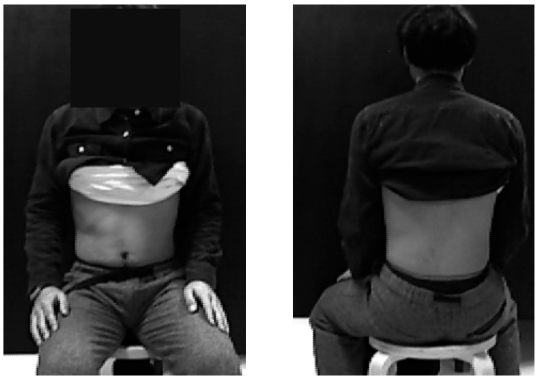

図9　映像センサー画像
Fig.9 Image by visual sensor

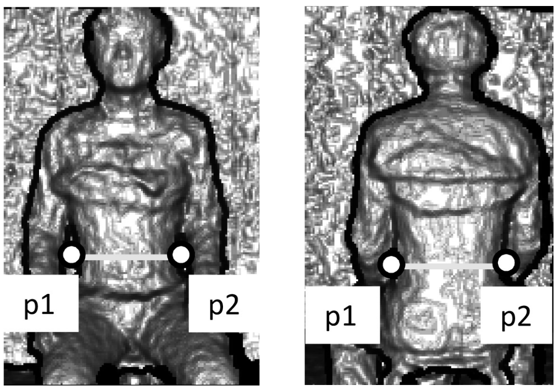

図10　シェーディング表示
Fig.10 Shading image

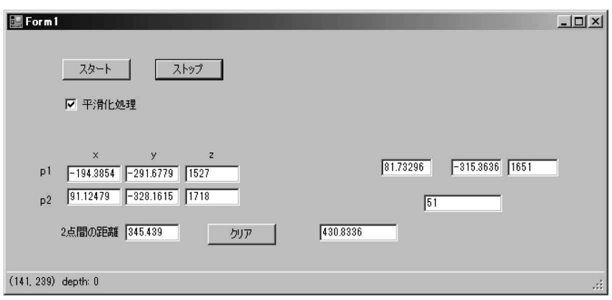

図11　３次元座標値から腹囲を計算
Fig.11 Calculate abdominal girth
by 3D coordinate data

3.2　測定結果

健常成人男性４名を被験者として、Kinectによる腹囲測定値について、メジャーで腹囲を測定した値と比較検証した。測定結果を表２に示す。

メジャーとKinectの測定値の最大誤差は+3.0cm、-4.0cmであった。誤差の平均値は０であったが、個人差も大きく、さらに精度を高めるための検討が必要である。

Kinectの誤差原因は、図10の２点p1、p2をPCディスプレイ上で指定する時の誤差と、正面と背面の画像を別々に測定することに起因すると思われる。

一方、メジャー測定は一回で腹囲計測ができるが、被験者に触れることにより、被験者が緊張する影響もあり、できれば非接触計測が望ましい。

また、自分自身の３次元体型を客観的に見ることと、腹囲の推移を記録することにより運動効果を確認でき、メタボリックシンドローム対策に有効と考えられる。

表2　腹囲測定結果の検証
Table 2 Verifying of abdominal girth

被験者	メジャー(cm)	Kinect(cm)	誤差(cm)
A	76.0	72.0	-4.0
B	85.0	86.0	1.0
C	86.0	89.0	3.0
D	103.0	103.0	0.0
誤差平均			0.0

４　体重測定

車いす使用者は、立って体重を計測することができないため、体重測定は健常者のように簡単ではない。病院や施設等においては車いすのまま計測可能な、車いす用体重計が利用されている。しかし、車いす用体重計は大型で高価なため、在宅において個人で利用するには適していない。

本研究では、個人用途を目的として、安価なニンテンドーのゲーム機器Wiiバランスボード（以下、Wiiボードと略）を用いた（図12）。Wiiボードは力センサーが内蔵されており、重さや重心を計測することができる。

Wiiボードの上で体重移動することでゲームのキャラクタの動きを制御することができる。また、体重計としても使用でき、世界で一番売れている家庭用体重計としてギネス世界記録に認定されている。

図12　Wiiバランスボード（ニンテンドー）
Fig.12 Wii Balance Board（Nintendo）

しかし、車いすで使用するにはWiiボード本体のみでは困難であり、車いすに乗ってWiiボードを利用できる市販の専用台（製品名「ノッテコン」）を使用した（図13）。

WB Health MeterはWiiボードを利用して体重を測定するフリーソフトであり、アナログメーターと数値で体重を表示できる。また、体重と計測日時の情報をテキストファイルとして記録し保存することが可能である。ノッテコンとWB Health Meterを利用することで体重測定が可能である（図14、図15）。

表１に示す４名の被験者について、本手法による計測値と、電子体重計による計測値を比較した結果は+/-1kg以内であった。

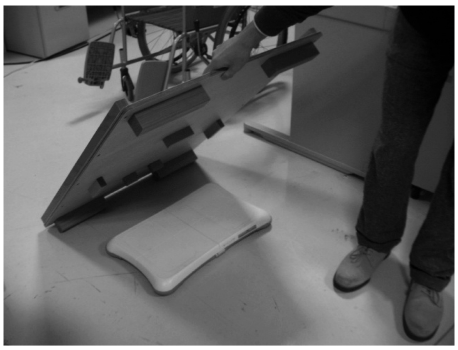

図13　Wiiボードとノッテコン
Fig.13 Wii Balance Board & attachment board

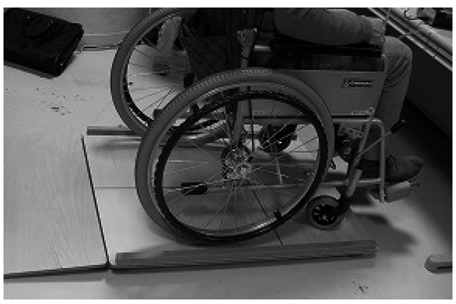

図14　ノッテコンとWiiボードを用いた体重計測
Fig.14 Weight measurement with Wii Balance Board

図15　WB Health Meterによる体重計測画面
Fig.15 Weight measurement using free software

５　Wiiボードを用いた運動

車いす使用者が興味をもてる運動として、W balance GEを用いた。W balance GEはWiiボード上で足踏みすることにより、Google Earth内を移動するフリーソフトであり、実際の道路を散歩しているような感覚で運動ができる（図16）。

WiiボードとW balance GEを用いた運動を実際に行い、運動強度メッツについて計測を行った。

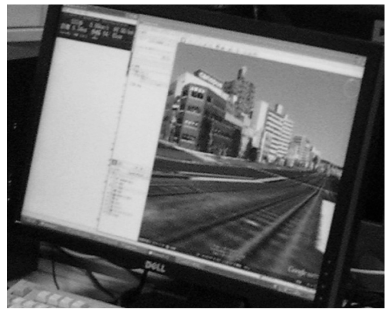

図16　Google Earthの移動イメージ
Fig.16 Virtual moving image on Google Earth

5.1　実験手法

実験は表１のA，Ｂ２名を被験者として、以下の３種類の運動を行った。

(1)ノッテコンを用いて、車いす上で左右に重心を移動する運動（図17）
(2)車いすに座り、Wiiボード上に足だけをのせ足踏みを行う運動（図18）
(3)Wiiボード上に立ち、足踏みを行う運動（図19）

(1)は脊髄損傷等による車いす使用者であり、下肢を動かすことができない人を想定した運動である。

(2)は車いすを使用しているが、短距離の歩行や座位のままで足踏みができる人を、(3)は杖や歩行器を使用して歩行できる人を想定している。

図17　重心移動
Fig.17 Weight shifting on wheelchair

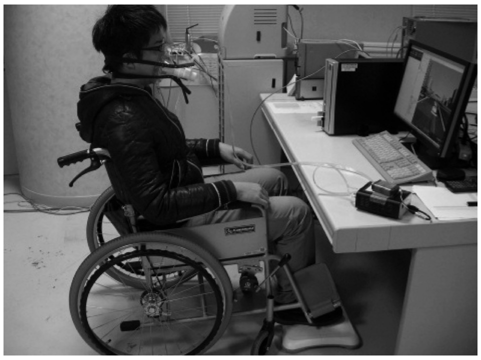

図18　車いす上で足踏み
Fig.18 Stepping on wheelchair

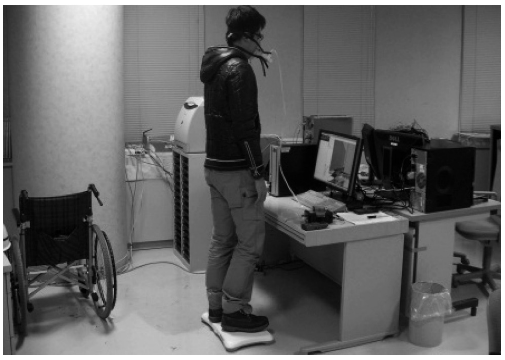

図19　立位足踏み
Fig.19 Stepping with standing

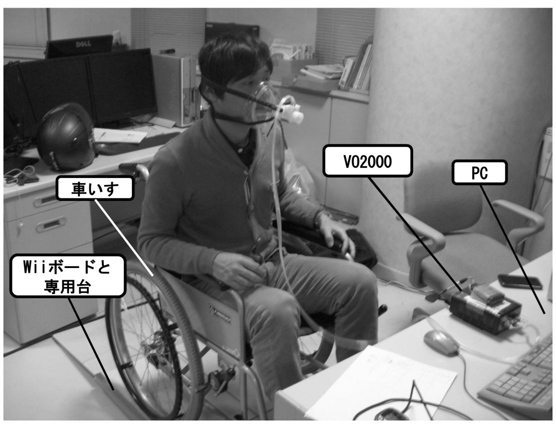

図20　車いす上の酸素摂取量計測
Fig.20 Oxygen uptake measurement on wheelchair

文献[3]によると、杖を使用する下肢麻痺障害者の平均歩行速度は時速２km程度である。仮にステップ長を40cmとすると、毎分104ステップに相当することから、重心移動と足踏みのテンポをメトロノームで104/分に設定した。また、同文献によると手動車いすの平均速度は時速約４km程度である。

各運動の運動強度を求めるため、携帯型呼吸代謝測定装置VO2000を用いて、酸素摂取量を計測した(図20)。各運動開始前に５分間の安静時の酸素摂取量を計測後、10分間運動を継続し、運動後５分間の安静時データを計測する。計測した酸素摂取量から運動強度METs（メッツ）を求める。

5.2　実験結果

酸素摂取量の計測データ例を図21に示す。運動中の平均酸素摂取量を、安静時の平均酸素摂取量で除して各運動のMETsを求めた。

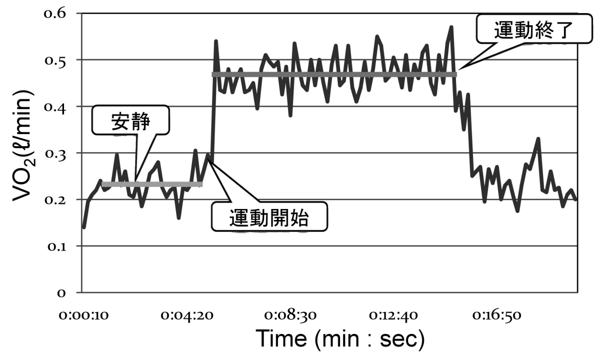

図21　運動による酸素摂取量の変化
Fig.21 Change of oxygen uptake while rest, exercise, and rest

5.2.1　左右重心移動

左右重心移動の酸素摂取量とMETsを、図22と表３に示す。重心移動のMETsの平均値は2.3である。

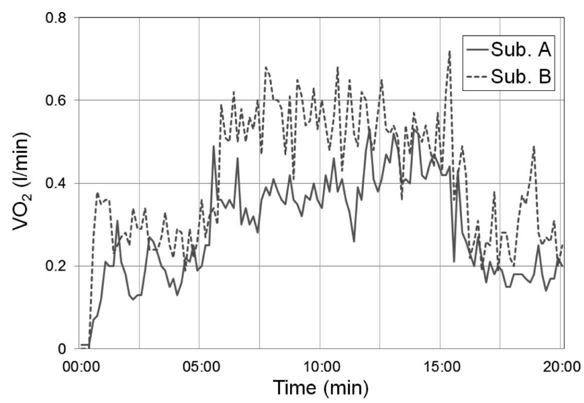

図22　重心移動の酸素摂取量
Fig.22 Oxygen uptake while weight shifting

表3　重心移動のMETs
Table 3 METs while weight shifting

被験者	安静時 VO_2(ℓ/min)	運動時 VO_2(ℓ/min)	METs
A	0.15	0.38	2.50
B	0.25	0.52	2.10
平均	0.20	0.45	2.30
標準偏差	0.07	0.10	0.28

5.2.2 座位足踏み運動

座位足踏み運動の酸素摂取量とMETsを、図23と表４に示す。

２名の平均値は2.8METsであるが､被験者Aの1.30 METsに比較して、被験者Bは4.30 METsと３倍以上の運動強度を示しバラツキが大きい。

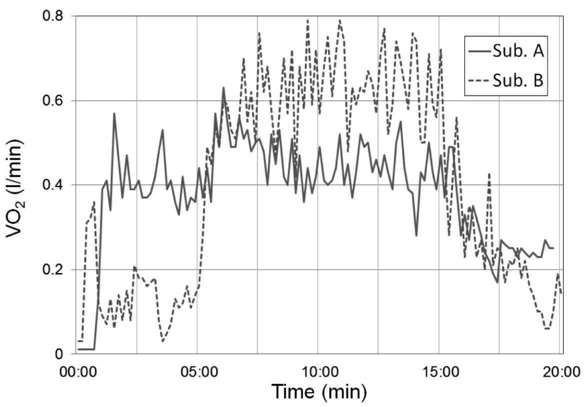

図23　座位足踏みの酸素摂取量
Fig.23 Oxygen uptake while stepping on wheelchair

表4　座位足踏みのMETs
Table 4 METs while stepping on wheelchair

被験者	安静時 VO_2(ℓ/min)	運動時 VO_2(ℓ/min)	METs
A	0.35	0.45	1.30
B	0.14	0.62	4.30
平均	0.24	0.54	2.80
標準偏差	0.15	0.12	2.12

5.2.3 立位足踏み運動

立位足踏み運動の酸素摂取量とMETsを、図24と表５に示す。METsの平均値は1.80であり、座位足踏み運動よりも１METs小さい。

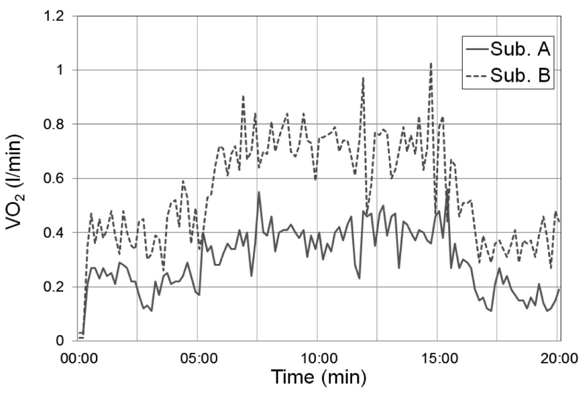

図24　立位足踏みの酸素摂取量
Fig.24 Oxygen uptake while stepping with standing

表5　立位足踏みのMETs
Table 5 METs while stepping with standing

被験者	安静時 VO_2(ℓ/min)	運動時 VO_2(ℓ/min)	METs
A	0.22	0.39	1.80
B	0.40	0.72	1.80
平均	0.31	0.55	1.80
標準偏差	0.13	0.23	0.00

３種類の運動の平均METsは表６に示すように、1.8～2.8であった。いずれの運動も、健常成人男性が平坦路を車いすで10分間走行した時（時速3.6km）の3.2METs[4] と比べると、運動強度が低い。

しかし、文献[5] の身体活動のメッツ（METs）表によると､家の中の歩行は2.0 METs､犬の散歩が3.0 METsであり、高齢者や車いす使用者にとって身体的負担の少ない適度な運動と考えることができる。

また、Google Earth内を移動できるソフトを用いることで、運動をする人が興味を持ってゲーム感覚で継続的に運動できることが期待できる。

表6　3種類の運動の平均METs
Table 6 Average METs with exercises

運動種類	METs
左右重心移動運動	2.30
座位足踏み運動	2.80
立位足踏み運動	1.80

6　まとめ

本研究は、車いす使用者が利用できる安価で簡単な体脂肪率、腹囲・３次元体型、体重の測定方法の検討と、車いす使用者ができる運動の提案を目的とした。

以下に本研究により得られた知見をまとめる。

⑴　体脂肪測定

本来の測定体位が仰臥位であるタニタAB140と立位であるヤマトDF515は、座位で測定を行っても統計的有意差がない。従って、この２つの体脂肪計は車いす上の座位姿勢において、体脂肪率を測定しても問題がないと考えられる。

また、計測が簡単なヤマトの値に0.85を掛けると、タニタの腹部脂肪率の値を求めることができ、より正確な腹部脂肪率の推定が可能である。

⑵　腹囲・体型測定

KinectとPCを利用して、メジャーを使わずに自然な座位姿勢において、腹囲・体型の測定が可能と

なった。

Kinectはゲーム用センサーであり、ゲーム用ソフトや、スマートホン用アプリケーションソフトを開発すれば、自宅で簡便に腹囲と体型の計測が可能となる。

自分自身の体型を客観的に見ることにより、運動効果を確認でき、メタボリックシンドローム対策に有効である。

⑶ 体重測定と運動

Wiiボードと車いす専用台ノッテコンを使用し、PCとフリーソフトWB Health Meterを利用することで車いすに乗ったまま体重測定ができる。

また、WiiボードとフリーソフトW balance GEを用いて、Google Earth上を移動する３種類の運動を行った。

左右重心移動は2.3 METs、座位足踏みは2.8METs、立位足踏みは1.8METsであり、車いすの平坦路走行の運動強度3.2METsと比較して運動強度は低い。

しかし、室内歩行や散歩程度の運動強度があり、高齢者や車いす使用者も室内で安全に一定時間運動することによりカロリーを消費できる。

⑷ 今後の課題

本研究の成果より、低コストで在宅での使用に適した腹部脂肪率測定、腹囲・体型測定、体重測定と運動が可能となり、肥満のリスク解消や適正体重の維持管理が可能となり、メタボリックシンドロームの予防が期待できる。

今後は、今回検討した計測機や計測方法を高齢者、車いす使用者で評価、検証する必要がある。

謝辞

本研究における実験並びにデータ処理等は、近畿大学理工学部奥野武志氏、土橋幹也氏の卒業論文の一環として行われたものである。

研究の遂行にあたり熱心な議論と被験者としてご協力を頂いた皆様に末尾ながら謝意を表します。

本研究の一部は科研費基盤研究（C）（課題番号21560566）の助成を受けて実施された。

参考文献

１）株式会社タニタホームページ
http://www.tanita.co.jp/

２）大和製衡株式会社ホームページ
http://www.yamato-scale.co.jp/

３）財団法人国土技術研究センター：道路の移動等円滑化整備ガイドライン、大成出版社、2008

４）橋詰努、北川博巳：車いす使用者の身体的負担の定量化と走行環境に関する研究、平成22年度兵庫県立福祉のまちづくり研究所報告集、pp.87-94、2010

５）田畑泉、田中茂穂、引原有輝：新しい運動基準・運動指針「身体活動のメッツ（METｓ）表」、独･国立健康･栄養研究所健康増進プログラムエネルギー代謝プロジェクト作成、2007

６）橋詰努、北川博巳、毛利太一、上田喜敏、宮本忠吉、米田郁夫、高見正利、藤澤正一郎：Evaluation of Physical Load while Propelling Manual Wheelchair on a Slope, ASSISTIVE TECHNOLOGY RESEARCH SERIES, Vol. 29, pp. 796-803,IOS Press, 2011

７）水口正人、笠原靖弘他：腹部インピーダンス法による脊損者の体脂肪計測に関する研究、日本脊髄障害医学会雑誌21(1)、pp. 130-131、2008

８）内閣府：平成23年度版高齢社会白書、2010

９）厚生労働省：平成22年度国民健康・栄養調査結果の概要、2009

10）谷尻豊寿：KINECTセンサー画像処理プログラミング、カットシステム、2011