

バイオインピーダンス法による内臓脂肪面積の推定に関する研究

課題番号 (12680013)

平成12年度～平成13年度 科学研究費補助金 基盤研究 (C) (2) 研究成果報告書

平成14年3月

研究代表者 小宮 秀明  
(宇都宮大学教育学部助教授)

研究の組織および経費

1. 研究組織

研究代表者 小宮秀明 宇都宮大学 教育学部助教授

2. 研究経費

平成12年度 2400千円

平成13年度 800千円

計 3200千円

3. 研究発表

【口頭発表】

1) 小宮秀明, 稲葉由子, 森 豊: インピーダンス法による局所運動後の筋細胞内・外抵抗の変化について 第7回ボディ・コンポジションと代謝研究会 2000年12月2日

2) 小宮秀明, 森 豊, 稲葉由子: 多周波インピーダンス測定及び身体計測による内臓脂肪面積の推定に関する基礎的研究 第22回日本肥満学会 2001年11月12日

【口頭発表】

○審査を要する学会雑誌に発表予定.

はじめに

近年、分子生物学の発達により脂肪細胞の役割が単にエネルギー源の貯蔵庫やホルモンの産生組織にとどまらず特殊な生理活性物質 (Adipocytokine) を生産・分泌する組織であることが明らかとなり、多くの疾患との関連性が報告されてきた。

取り分け、内臓脂肪細胞から分泌される Adipocytokine は種々の動脈硬化性疾患を惹起させることから腹腔内での脂肪細胞の過剰蓄積が生活習慣病の発症基盤となることが報告されている。この内臓脂肪の客観的で精度の高い評価法としては、これまで医療用の X 線 CT による画像解析が行なわれてきたが、この判定と測定には医療法の制約、特殊な測定装置の使用、高額な費用や X 線による被爆などの問題点もあり、多くの健康者を対象者とするスクリーニング法としては簡便性や安全性の面から憂慮されている。

しかし、肥満に関する人々の関心は高く、既に身長と体重の比率による体格指数法として BMI 法やローレル指数などが用いられ年齢に応じた多人数を対象とした肥満度の測定に一定の評価を得てきた。また、従来の体格指数法に変わり水中体重秤量法をはじめとして体内カリウム法、皮下脂肪厚を用いて体脂肪量を推定する簡便な方法が開発されてきた。さらに電気的手法として単周波 (50kHz) の交流電流を用いたインピーダンス法が開発され体脂肪率を推定する方法が知られている。しかしながら、いずれの方法も内臓脂肪量を測定することを目的としたものではなく、CT 法以外では内臓脂肪を客観的に評価する方法はないのが現状である。

一方、身体に多周波数の交流電流を通電させた際に得られるインピーダンスを基に目的とする細胞内外の抵抗値、水分量などの身体組成を推定する試みがこれまで報告されている。生体内の電気的特性は極めて複雑であり細胞の形、大きさ細胞内外液量の比率や細胞の構成によって異なるため非直線性や異方性が存在することが知られている。細胞膜は電気的な絶縁物としての役割があり、膜が非常に薄いため大きな電気容量を持つことになる。このため 50 kHz 以下の周波数の交流電流は細胞膜を通過することができず細胞外の水分が豊富な電気抵抗が低い部分を選択的通過し、極めて限られた組織の情報のみを得ることとなる。しかし、高い周波数の電流は細胞内を通過することが可能であり、周波数や電極配置を駆使することにより生体内部の特定部位での生体情報の採取も可能であることが予想される。

そこで、今回は内臓脂肪面積を非侵襲的かつ簡便に測定する方法として 5kHz から 1MHz までの多周波の交流電流による 4 部位での組織インピーダンスを計測し、皮下脂肪厚、周径囲などの身体計測値を用いて内臓脂肪面積を推定することを目的とするものである。

バイオインピーダンス法による内臓脂肪面積の推定に関する研究

小宮 秀明

(宇都宮大学教育学部助教授)

## I. 緒言

20世紀に入り身体組成を客観的に評価する間接的方法として、身長と体重の比率による体格指数法 (BMI 法など)<sup>16, 14)</sup> が用いられ、多人数を対象とした肥満度のスクリーニングに一定の評価を得てきた。また、従来の体格指数法に変わり水中体重秤量法<sup>16)</sup>をはじめとして体内カリウム法<sup>2)</sup>、皮下脂肪厚<sup>12)</sup>を用いて体脂肪量を推定する簡便な方法が開発されてきた。さらに、最近では電気的手法として単周波の交流電流を用いたインピーダンス法<sup>10)</sup>が開発され、体脂肪率を推定する方法が確立した<sup>9)</sup>。

しかしながら、肥満に伴う糖・脂質代謝異常をはじめとする各種の代謝異常は体脂肪の絶対量よりも脂肪が分布する場所により異常の発現が異なり、特に内臓脂肪蓄積の関与が大きいことが明らかとなってきた<sup>3)</sup>。既に、内臓脂肪の量的状態を知る方法として臍高部のCT画像による面積を指標とする方法が知られ<sup>17)</sup>、日本肥満学会では内臓脂肪面積が $100\text{ cm}^2$ 以上を内臓脂肪型肥満と定義している<sup>13)</sup>。このCT法は費用が高額であり、X線の被爆を受けることや医療行為であるため、誰でも簡便に測定することが可能ではない。そこで、本研究では簡便でしかも医学的な測定手法を用いずに各種の形態計測値を説明変数として内臓脂肪を推定する統計的手法を検討した。

## II. 対象と方法

今回の集計・解析の対象は、19歳から68歳までの男性51名 (平均年齢:  $27.5 \pm 13.8$  歳) と18歳から69歳までの女性31名 (平均年齢:  $24.7 \pm 14.7$  歳) の計82名である (表1)。なお、被験者は本大学の学生と職員及び県内の病院に肥満症で入院中の患者である。

すべての対象者には、本研究の目的と測定方法について十分な説明を行ない、インフォー

ムドコンセントをとった。さらに血液検査により糖・脂質代謝を事前調査すること、及び腹部のCT検査ではX線の被爆を受けることなどを付け加えた。これらの説明で了解が得られた者についてのみ測定を実施した。また、得られた測定結果は個人別に後日返却した。

### 1. 形態計測

身長はマルチン式身長計を用い、体重はバネ式の体重計を用いた。周径囲は直立姿勢の状態でメジャーを用い、全て右側の上腕囲、腹囲、腰囲、大腿囲の4箇所を測定した。

皮下脂肪厚はセキスイ社製のAモード超音波式皮下脂肪測定装置 (FAT THICKNESS METER:SH-302) を用いて、全て右側の上腕背部、肩甲骨下部、臍横部 (臍部)、腸骨稜上部の4箇所を測定した。

### 2. 血液検査

血液検査は早朝の8時30分から9時までの空腹時に行い、採決した血液の分析は全て三菱化学ピーシーエルで行なった。血液生化学検査の測定項目は総コレステロール (TC)、中性脂肪 (TG)、HDL コレステロール (HDL-C)、LDL コレステロール (LDL-C)、血糖値及びインスリンである。

### 3. 内臓脂肪面積と皮下脂肪面積の算出

内臓脂肪面積と皮下脂肪面積の算出は Tokunaga らの方法<sup>17)</sup> に従い臍高部CT像を用いて求め、その比率 (V/S 比) は内臓脂肪面積を皮下脂肪面積で除して算出した。CT検査はHITACHI 社製のCT-W550型CTスキャンを使用した。

#### 4. 細胞内・外抵抗の測定

細胞内抵抗 ( $R_i$ ) と細胞外抵抗 ( $R_e$ ) は 4 電極法による XITRON 社製の多周波インピーダンス装置 (xitron4000C) を用いて測定した。本装置は最大  $700 \mu\text{A}$  で  $5 \text{ kHz}$  から  $1 \text{ MHz}$  までの任意の 50 ポイントで微弱な交流電流を生体に通電させた際の抵抗を Cole - Cole の円弧則の理論を適用し細胞内と細胞外の抵抗値を求めるものである。

被験者には摂食あるいは摂水とも 2 時間以上経過した条件で測定を行うことを事前に通知した。被験者は測定室に入室し問診、形態計測を計測した後、約 20 分間の座位の姿勢で安静を保ち測定を開始した。電極は XITRON 社製のデスポーザブル式の添付型電極を用いて遠位に電流電極、中心部に電圧電極 (検出電極) を配置し電流電圧電極の間隔は全て  $8 \text{ cm}$  とした。

果 録 III

電極配置は①として右肩 - 左臍部、②として右肩 - 右腰部、③として右腰部 - 左臍部、④として右臍部 - 左臍部の 4 箇所を①から順に④まで測定した。得られた生体情報はインターフェースを介しパソコン内に取りこみ自動的に Cole - Cole の円弧則より順じ細胞内抵抗と細胞外抵抗を算出した。

測定中は呼吸運動に伴う横隔膜の挙上と垂下により Cole - Cole の円弧則が正確に採取できない可能性があるため、通電中は呼吸を一時的に止めて行なった。また、Cole - Cole の円弧則に入力する前の  $5 \text{ kHz}$  から  $1 \text{ MHz}$  までのインピーダンス、抵抗、リアクタンス、位相角のデータについても分析した。

#### 5. データの解析と統計処理

測定データの客観的な信頼性を得るため、超音波による皮下脂肪厚の計測値と腹部 CT 画像より得られた臍部と腸骨稜上部の相関関係を被験者全員を対象に確認した。4 箇所の

インピーダンスデータの再現性の検討は、被験者の中から了解が得られた18名を対象に測定終了後に電極を一度取り外し、数十分間の間隔をおき、同一の基準部位に電極を再度添付し本来の測定と同様な手順で2回の測定を行ない測定値を確認した。

統計学的処理として、同一被験者の1回目と2回目の平均値の比較には paired *t*-test を用い、内臓脂肪高値群と低値群の平均値の比較には unpaired *t*-test を用いた。相関係数は Pearson の積率相関係数 (*r*) とした。腹部CT画像より得られた内臓脂肪面積を目的変数として、形態計測値、細胞内外抵抗値を説明変数として、重回帰分析を行なった。これらの統計的な有意水準は  $p < 0.05$ ,  $p < 0.01$ ,  $p < 0.001$  を有意傾向ありとした。

### Ⅲ. 結果

#### 1. 基礎的検討

インピーダンス測定の再現性を確認するために18人の被験者を対象に4箇所の同一部位での2回の測定を行なった結果、全ての箇所で1回目と2回目の間で  $r = 0.9$  以上 ( $p < 0.001$ ) の高い相関が得られた (表2)。また、実際の皮下脂肪厚測定では測定者の経験などにより必ずしも正確な測定が得られないことが知られている。そこで、臍横部と腸骨稜上部の2箇所を対象に臍高部CT像で得られた皮下脂肪厚と超音波測定装置で得られた値との信頼性について検討した。その結果、臍部では男性で  $0.886$  ( $p < 0.01$ )、女性では  $0.845$  ( $p < 0.01$ )、また腸骨稜上部では男性で  $0.813$  ( $p < 0.01$ )、女性で  $0.695$  ( $p < 0.01$ ) であり、いずれも高い相関が見られたが、女性は男性に比しやや低い相関であった (表3)。

#### 2. 内臓脂肪面積の推定

対象例82名の年齢構成と男女別の各項目の平均値を表1と表4に示した。また、汎用



基準値を用いた場合の異常値の出現頻度と出現率を表5に示した。

写真1は女性被験者(E. O)のCT画像であり、内臓脂肪面積と皮下脂肪面積はTokunaga<sup>17)</sup>の方法に従い画像解析を行なった。

形態測定の内、BMIの平均値は男女でそれぞれ22.58と21.11、異常値出現頻度は7名と2名であった。腹囲/腰囲比は0.84と0.80であり、異常値出現頻度は2名と4名であった。他の上腕囲、腹囲、大腿囲などは僅かではあるが男性で高値傾向を示した。CT画像より得られた内臓脂肪面積(cm<sup>2</sup>)は46.20と34.16と男性が高値をしめ、異常値出現頻度も5名と4名で男性が多い傾向にあった。また、CT検査による腹部皮下脂肪面積(cm<sup>2</sup>)では106.24、120.16と女性の高値傾向が見られ、超音波皮下脂肪計で測定した6箇所全てで女性が顕著な高値を示した。多周波インピーダンス装置より得られた4箇所の細胞内外抵抗は全て女性が高値を示し、細胞内外とも①右肩-左臍部と②右肩-右腰部の2部位が高く、③右腰-左臍部と④右臍部-左臍部の2部位で低い傾向が見られた。次に男女別に抵抗値、リアクタンス、位相角を4箇所の電極配置ごとに比較した(図1, 2, 3)。抵抗値はいずれの電極配置においても角周波数ごとの値は女性で高い傾向にあった。リアクタンスにおいても女性の値が高く、男女とも50kHz付近にピーク値がみられた。位相角は男性が僅かに高値傾向を示し50kHz以上となっても低下することはなくほぼ水平を維持した。

表6と表7は全体と男女別にみた血液生化学項目以外の単相関を示したものである。男性の内臓脂肪面積と高い相関が観察された項目は腹囲で0.825、腹囲/腰囲で0.723、肩甲骨下部の皮下脂肪厚で0.709、臍部で0.760であった。女性では腹囲で0.829であった。また、内臓脂肪面積と皮下脂肪面積の関係は男性で $r=0.815(p<0.01)$ 、女性では $r=0.659(p<0.01)$ といずれも高い相関関係が観察された(図4)。

内臓脂肪面積と4箇所の細胞内外抵抗との関連性を見ると、細胞外抵抗と高い相関がみ

られた項目は男性の③右腰部-左臍部の0.668であり、細胞内抵抗では①右肩部-左臍部で男性の0.639, ②右肩部-右腰部で男性の0.628と女性の0.741, ③右腰部-左臍部で男性の0.857と女性の0.776, ④右臍部-左臍部で男性の0.698と女性の0.770であった(表8)。また、内臓脂肪面積と4箇所電極配置別に相関関係を男性で図5, 女性では図6に示した。

CT画像より得られた内臓脂肪面積で最も高値を示した男性5名と女性5名の計10名を内臓脂肪面積高値群, 同じく低値を示した男女10名を内臓脂肪低値群の2群に分け内臓脂肪面積の多寡別に諸項目の平均値について検討を行った(表9)。HDL-Cを除く全ての項目で内臓脂肪面積高値群が低値群に比し顕著に高い傾向が観察された。また、細胞内外抵抗との関係では①右肩-左臍部や②右肩-右腰部よりも③右腰-左臍部や④右臍部-左臍部で内臓脂肪面積の多寡に伴う相違が顕著であった。また、内臓脂肪面積の多寡別に各周波数ごとのトレンドを観察すると、抵抗値は③右腰部-左臍部で最も相違がみられ、④右臍部-左臍部では群間に差はみられなかった(図7)。リアクタンスにおいては④右臍部-左臍部に顕著な相違が観察され、その部位での内臓脂肪高値群に50kHz付近にピーク値は観察されなかった(図8)。位相角は内臓脂肪面積の多寡による相違が4部位で確認され、並んで高値群では周波数が50kHz以上となっても著しい低下傾向は観察されなかった(図9)。

CT画像より得られた内臓脂肪面積を目的変数に置き、その他の項目を説明変数とした際にみられる重回帰分析をおこなった。F値は2.0以上とし重回帰式を求めると、

$$y = 1.334 * \text{腹囲} + 1.273 * \text{腰囲} + 0.948 * \text{年齢} + 0.652 * \text{③Ri} - 218.454,$$

(説明変数: 4) 決定係数: 0.802, 重相関係数: 0.894, F値: 77.876,  $p < 0.001$

$$y = 2.973 * \text{BMI} + 1.151 * \text{年齢} + 1.006 * \text{腰囲} + 0.727 * \text{腹囲} + 0.538 * \text{③Ri} - 216.075,$$

(説明変数：5) 決定係数：0.809, 重相関係数：0.899, F 値：64.255,  $p < 0.001$  であった。

図 10, 11 は CT 画像より得られた内臓脂肪面積と重回帰分析より得られた推定値との関連性を見たものである。図 10 の 4 項目を用いた場合は  $r = 0.895$  であり, 図 11 の 5 項目を用いた場合には  $r = 0.809$  であった。

#### IV. 考察

身体に交流の微弱電流を通電させた際に得られるインピーダンスを基に目的とする細胞内外の抵抗値, 水分量などの身体組成を推定する試みがこれまで報告されている<sup>18)</sup>。

一般に体重計と併せたインピーダンス装置では 50 kHz の単周波の交流電流を用いており, 体脂肪率を測定する際の簡便な測定器としての有用性が浸透している<sup>21)</sup>。

既にこれらの測定結果はこれまで妥当基準として汎用されてきた水中体重秤量法による体脂肪率との間で高い相関関係が得られている。しかしながら, 生体内の電気的特性は極めて複雑であり細胞の形, 大きさ細胞内外液量の比率や細胞の構成によって異なるため非直線性や異方性が存在することが知られている<sup>13,14)</sup>。また, 細胞膜は電気的な絶縁物としての役割があり, 膜が非常に薄いため大きな電気容量を持つことになる。このため 50 kHz 以下の周波数の交流電流は細胞膜を通過することができず細胞外の水分が豊富な電気抵抗が低い部分を選択的に通過し, 極めて限られた組織の情報のみを得ることとなる。

近年, 生活習慣病の発症基盤として注目されている内臓脂肪量に関しての測定法は CT 法があるが, 他の測定法は報告されていない。また, 分子生物学的研究から脂肪細胞の cellularity の違いが各疾患に及ぼす影響の研究から同一の脂肪細胞であっても大型の脂肪細胞ほど, また皮下脂肪に比し内臓脂肪細胞からは高血圧, 高脂血症, 血栓や耐糖能異常を惹起させる脂肪細胞由来の生理活性物質の存在が報告され<sup>8)</sup>, 腹腔内に蓄積する内臓

脂肪量と各生活習慣病との関連性が注目を集めてきた<sup>7,11,15)</sup>。そこで今回は、多周波のインピーダンス測定装置を活用し簡便で信頼の高い内臓脂肪面積の推定式を算出する方法を試みたわけである。本来、多周波のインピーダンス装置は電気的な特性上、生体に通電する電流の周波数により細胞の内と外、組織の深部と浅部、組織抵抗の高低の違いにより差が生じる。電極配置により目的の組織や場所を任意に設定できるなどの利点がある反面、測定条件を厳密に制限しない場合には測定の信頼性や再現性は得られないなどの欠点も知られている<sup>19,20)</sup>。被験者の条件としては測定中の体動、測定前の摂食・摂水、運動の可否などが報告されている。一方、測定側の条件としては室温、電極条件、アースなどの環境条件が知られている。これらの諸条件をふまえ一定の条件下で測定を実施した。実際にインピーダンスを用いての細胞内外抵抗の算出は、Y軸にリアクタンス、X軸に抵抗をとり周波数 5kHz から 1MHz に対応したプロットがX-Y平面状に半円の Cole - Cole 円弧として描写できる。さらに、この円弧がX軸と接する2点のうち周波数が小さい方をR0、大きい方をR $\infty$ とし、これらの値を用いて細胞内の抵抗値と細胞外の抵抗値を分けて算出できる利点を有する。

## 1. 基礎的検討

今回のインピーダンス測定においては2回の再現性の実験を行ない極めて高い相関を得ることができた。本来、インピーダンス測定では同一人物を対象とした場合でも測定時間、また同一の時間であっても異なった日に測定した場合には結果が異なることが知られている。このことは、その日の摂食料や摂水量により生体側の自然変動とみなすべきであるが、このような体外からの水分の出入り排除するために数十分という比較的短時間内に2度目の測定を同一条件で行なったものである。従って、今回の様に非常に高い再現性が得られたことから、測定に際し一定の条件下で行った場合には精度の高い測

定ができるものとする。また、超音波の皮下脂肪厚の測定においても観察者間の誤差が生じることが知られているが、今回はCT像との相関も高いこと、さらに熟練した験者が一人で測定していることから再現性及び信頼性がでは高い者とする。

## 2. 被験者の身体的特徴

現在使用されている汎用基準値を基に考察すると、BMI から被験者（男・女）の平均値は22.5と21.11であり、BMI25以上の肥満者は男性で7名（13.7%）、女性では2名（6.5%）であり、ほぼ標準的な体型を有する集団の測定であるとする。本来ならば瘦体型、標準型、肥満型がほぼ同人数で集団を構成し各体型ごとの重回帰分析、あるいは体型ごとに分けられない場合は極めて大きな集団での解析が望ましいとするが、今回は人数の関係からこれらの体型別に分類せずにして意識を算出した。

内臓脂肪面積は $100\text{cm}^2$ 以上が内臓脂肪型肥満と定義されており、この基準で見ると男性で5名（9.8%）、女性では4名（12.9%）であり、本来内臓脂肪型肥満は男性に特徴的な脂肪分布型であるが、今回の対象者では女性がやや多い割合であった。また、腹囲／腰囲では男性2名、女性4名が基準値を上回る傾向にあったが、これらの異常値の保有は同一被験者であった。

糖・脂質代謝異常を示す者はTCが最も多く男性8名、女性8名であり、他の項目はこれよりも少なく、極めて高い異常値を保有する者は見られず、内臓脂肪面積を推定するために障害となる者はないとした。

周径囲や皮下脂肪厚では各部位ごとの性・年齢別の基準値がないため、測定値をもって異常の有無は論じられないが、周計囲は男性で高値傾向を筋格肉や骨の違いとする。

一方、皮下脂肪厚は女性の値は男性のそれよりも顕著に高い傾向にあった。一般に女性

における脂肪の特徴的な蓄積場所が皮下であることから、このことを反映したものと考える。

細胞内外抵抗は電極間距離が長いほど高く、短いほど低い傾向にあった。このことは生体を単一の細長い導管と仮定した場合には電流を流した際の抵抗は断面積に反比例し、長さに比例することを反映したと考える。従って、①右肩-左臍部や②右肩-右腰部では身長が高いものほど検出電極の間隔が長いため抵抗値が高くなる可能性が考えられるが、今回は電極配置の場所を基準として測定を行った訳である。今後は身長を考慮した測定についても考慮する必要があると考える。

### 3. 内臓脂肪面積の推定

内臓脂肪面積と①右肩-左臍部、②右肩-右腰部、③右腰-左臍部や④右臍部-左臍部の細胞内外抵抗との関係では①右肩-左臍部では男女とも低く、③右腰-左臍部や④右臍部-左臍部では高い傾向にあったこと。また、細胞外抵抗と細胞内抵抗では男女とも細胞内抵抗との間に高い相関が得られ、男女を比較すると男性は女性よりも高い相関が得られた。これらのことは、電極配置の間隔が長い場合には脂肪のみならず筋肉、骨、内臓の諸器官の生体情報を反映しているためと考える。また、女性は皮下脂肪厚が厚いため、体表から電流を流した場合には皮下脂肪の影響が関与するものと考えられる。

細胞外抵抗は細胞間隙の生体情報、すなわち組織水の情報であるため脂肪細胞を取り巻く細胞間には骨格筋のような細胞間隙の水分層がないため内臓脂肪量を強く反映しないものと考えられる。従って、内臓脂肪を測定する際は、腹部に近接した部位に電極配置を行うこと、細胞外抵抗より細胞内抵抗の方で、さらに女性よりも男性の方が内臓脂肪を反映するものと考えられる。これらのことを踏まえ、内臓脂肪面積が多い者と少ない者で2

群に分け、細胞内外抵抗について比較すると、その違いが③右腰-左臍部と④右臍部-左臍部において顕著に現れたことから、内臓脂肪を測定する際には腹部周辺の電極位置が有効と考える。

各電極配置で得られたインピーダンス、抵抗やリアクタンスがどの程度内臓脂肪の情報を反映するものか詳細な検討が必要である。組織、器官ごとの位相角の特徴について検討すると、骨格筋はβ分散いわゆる構造分散である30 kHzから60 kHzの範囲でピーク値を有し周波数の増加と共に位相角は減少する性質がある。一方、脂肪層を通過した電流の位相角は周波数が増加した場合にも定常状態を示す特徴を有する。これらの性質から図3に示したトレンド曲線の内、①右肩-左臍部と③右腰-左臍部の男性のそれは僅かながら減少傾向にあり、腹部の脂肪層の薄さと腹直筋の厚さが影響したものと考えられる。

さらに、皮下脂肪面積と内臓脂肪面積との間には男性で  $r=0.815$  ( $p<0.01$ )、女性で  $r=0.659$  ( $p<0.01$ ) と高い相関関係が見られることなどから、得られた抵抗値が内臓脂肪のみの情報を反映したものであるか検討しなくてはならない。

最後に、周径囲、皮下脂肪厚、細胞内外抵抗を説明変数に重回帰分析を行った。今回対象とした人数の関係で男女を区別せずに分析を行ったが、本来は男女別の重回帰式の作成が必要と考える。ただし、分析では説明変数に性別を入れたが偏相関係数は低い値でF値も2.0以下であり、重回帰式を構成する項目としては寄与するものでなかった。

今回は4項目の説明変数を用いた場合と5項目の説明変数を用いた場合の2つの回帰式を作成し、それぞれの重相関係数は高い傾向にあったが、内臓脂肪面積の実測値と推定値との関係をみると4項目を用いた場合で内臓脂肪面積が少ない者でも正確な値が得られることから推定式として  $y=1.334*腹囲 + 1.273*腰囲 + 0.948*年齢 + 0.652*③Ri - 218.454$  の推定式を用いた。ただし、いずれの推定式を用いた場合にも内臓脂肪面積が

極端に少ない、あるいは多い場合には必ずしも適応しない場合も見られることから、さら  
 に対象者の人数を増して男女別の重回帰式の作成について検討しなくてはならないと考  
 える。

幾つかの問題点は残してはいるが、決定係数が0.802と高いことや実測値と推定値の  
 間に $r=0.895$ の高い相関が得られたことから、腹部、腰部の周径囲と③右腰-左臍部の細  
 胞内抵抗を用いることにより簡便で精度の高い推定値が得られたものと考える。

式一  $y = 1.334x_1 + 0.478x_2 + 1.233x_3 + 1.433x_4 + 1.433x_5 + 1.433x_6 + 1.433x_7 + 1.433x_8 + 1.433x_9 + 1.433x_{10} + 1.433x_{11} + 1.433x_{12} + 1.433x_{13} + 1.433x_{14} + 1.433x_{15} + 1.433x_{16} + 1.433x_{17} + 1.433x_{18} + 1.433x_{19} + 1.433x_{20} + 1.433x_{21} + 1.433x_{22} + 1.433x_{23} + 1.433x_{24} + 1.433x_{25} + 1.433x_{26} + 1.433x_{27} + 1.433x_{28} + 1.433x_{29} + 1.433x_{30} + 1.433x_{31} + 1.433x_{32} + 1.433x_{33} + 1.433x_{34} + 1.433x_{35} + 1.433x_{36} + 1.433x_{37} + 1.433x_{38} + 1.433x_{39} + 1.433x_{40} + 1.433x_{41} + 1.433x_{42} + 1.433x_{43} + 1.433x_{44} + 1.433x_{45} + 1.433x_{46} + 1.433x_{47} + 1.433x_{48} + 1.433x_{49} + 1.433x_{50} + 1.433x_{51} + 1.433x_{52} + 1.433x_{53} + 1.433x_{54} + 1.433x_{55} + 1.433x_{56} + 1.433x_{57} + 1.433x_{58} + 1.433x_{59} + 1.433x_{60} + 1.433x_{61} + 1.433x_{62} + 1.433x_{63} + 1.433x_{64} + 1.433x_{65} + 1.433x_{66} + 1.433x_{67} + 1.433x_{68} + 1.433x_{69} + 1.433x_{70} + 1.433x_{71} + 1.433x_{72} + 1.433x_{73} + 1.433x_{74} + 1.433x_{75} + 1.433x_{76} + 1.433x_{77} + 1.433x_{78} + 1.433x_{79} + 1.433x_{80} + 1.433x_{81} + 1.433x_{82} + 1.433x_{83} + 1.433x_{84} + 1.433x_{85} + 1.433x_{86} + 1.433x_{87} + 1.433x_{88} + 1.433x_{89} + 1.433x_{90} + 1.433x_{91} + 1.433x_{92} + 1.433x_{93} + 1.433x_{94} + 1.433x_{95} + 1.433x_{96} + 1.433x_{97} + 1.433x_{98} + 1.433x_{99} + 1.433x_{100}$



## V. 文献

- 1) Akers R, Buskirk ER: An under water weighing system utilizing "force cube" transducers. *J Appl Physiol* 1969, 26: 649-652.
- 2) Cordain L, Johnson JE, Bainbridre CN et al.: Potassium content of the fat free body in children. *J Sports Med Phys Fitness* 1989, 29: 170-176.
- 3) DeFronzo, RA, Jacot E, Jequier E et al.: The effect of insulin on the disposal of intravenous glucose. Results from indirect calorimetry and hepatic and femoral venous catheterization. *Diabetes* 1981, 30: 1000-1007.
- 4) 金井 寛: 生体物性 (2) -電気特性- *医用電子と生体工学* 1975, 13: 307-315
- 5) 金井 寛: インピーダンス計測の基礎と臨床への応用 *臨床検査* 1982, 26: 421-429.
- 6) Keys A., Brozek J.: Body fat in adult men. *Physiol. Rev.* 1953, 33: 245-325.
- 7) 小宮秀明, 黒川修行, 森 豊, 村川祐一, 横瀬琢男, 横山淳一, 池田義雄  
脊柱直立筋内脂肪蓄積と糖負荷試験のインスリン反応との関連性  
*肥満研究* 1999, 5: 201-206.
- 8) 小宮秀明, 森 豊, 黒川修行: 加齢, 運動, 糖尿病治療薬と白色脂肪組織の cellularity  
*肥満研究* 2000, 6: 204-207.
- 9) Komiya S and Masuda T.: Estimation of human body composition by bioelectrical impedance measurements -Equation for estimating total body water in Japanese subjects-. *Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med.* 1990, 39: 53-59.
- 10) Lukaski HC, Bolonchuk WW, Hall CB. et al.: Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. *J Appl Physiol* 1986, 60: 1327-1332.
- 11) 松澤佑次, 久道 茂, 北 徹 その他: わが国の勤労者における脳・心事故の発症  
因とその出現時期および持続時期に関する症例・対照研究. 労働省作業関連疾患総合対策研  
究, 宿主要因と動脈硬化性疾患に関する研究班報告書. 1995. 1-41.

- 12) Nagamine S and Suzuki S.: Anthropometry and body composition of Japanese young men and women. *Human Biol.* 1964, 36, 8-15.
- 13) 日本肥満学会肥満症診断基準検討委員会: 新しい肥満判定と肥満症の診断基準  
肥満研究 2000, 6: 18-28.
- 14) 大野 誠, 池田義雄: 中高年日本人における体脂肪率, BMI と有病指数との関係.  
肥満研究 1998, 4: 60-64.
- 15) Reaven GM: Role of insulin resistance in human disease.  
*Diabetes* 1988, 37: 1595-1607.
- 16) Report of a WHO Consultation on Obesity: Obesity-preventing and managing  
the global epidemic. WHO/NUT/NCD, 1998.
- 17) Tokunaga K, Matsuzawa Y, Ishikawa K, et al.: A novel technique for the  
determination of body fat by computered tomography.  
*Int J Obe* 1983, 7: 437-445.
- 18) 酒本勝之, 東泉隆夫, 金井 寛  
体肢の電気インピーダンスの測定と解析  
*医用電子と生体工学* 1979, 17: 264-270
- 19) 酒本勝之: 組織のインピーダンス  
*臨床検査* 1982, 26: 413-420.
- 20) 酒本勝之, 金子和真, 江崎光裕, 藤井麻美子, 金井 寛, 浅野次義  
電気インピーダンス法による新しい体脂肪量測定法  
*医用電子と生体工学* 1995, 33: 184-191.
- 21) 田中喜代次, 中塘二三生, 大河原一憲, 増尾善久  
生体電気インピーダンス (BI) 法の有用性と利用限界  
*JJBSE5* 2001, 5: 91-101

表1 被験者の人数, 年齢の平均値と範囲

	人数	年齢平均	標準偏差	範囲
男性	51	27.5	13.7	19~68
女性	31	24.7	14.7	18~69
全体	82	26.5	14.0	18~69

表2 初回測定時と2回目測定時の細胞内外の抵抗値の比較

電極配置			相関係数
右肩-左臍部	細胞外抵抗	49.11±9.73 *	0.938 ***
	(Ω)	47.29±10.01	
右肩-左臍部	細胞内抵抗	62.16±23.32 *	0.987 ***
	(Ω)	60.12±23.18	
右肩-右腰部	細胞外抵抗	45.12±9.27	0.976 ***
	(Ω)	44.04±10.24	
右肩-右腰部	細胞内抵抗	59.38±20.82	0.966 ***
	(Ω)	57.99±20.63	
右腰-左臍部	細胞外抵抗	38.90±16.24 *	0.980 ***
	(Ω)	37.25±16.48	
右腰-左臍部	細胞内抵抗	62.55±48.51	0.997 ***
	(Ω)	61.23±47.94	
右臍-左臍部	細胞外抵抗	36.91±19.54	0.986 ***
	(Ω)	35.44±20.19	
右臍-左臍部	細胞内抵抗	67.61±68	0.998 ***
	(Ω)	67.07±69.38	

N=18, paired t-test \*:p<0.05

相関係数 \*\*\*:p<0.001

表3 臍部及び腸骨稜部の腹部CT画像と超音波による相関関係

	男性	女性	全体
臍部	0.886 **	0.845 **	0.875 **
腸骨稜部	0.813 **	0.695 **	0.806 **

N=82

\*\* : p<0.01

表4 被験者の形態, 脂肪面積, 血液生化学値及び細胞内外抵抗の平均値

形態			脂肪面積・皮下脂肪厚			細胞内外抵抗			血液生化学値		
身長	170.56	6.60	皮下脂肪面積	106.24	78.91	①右肩-左臍	45.98	7.45	TC	185.84	37.89
(cm)	156.47	7.56	(cm <sup>2</sup> )	120.16	46.78	Ω(細胞外)	52.30	11.61	(mg/dl)	186.77	33.53
体重	65.95	13.60	内臓脂肪面積	46.20	51.14	①右肩-左臍	41.84	16.23	TG	96.59	47.55
(kg)	51.63	6.44	(cm <sup>2</sup> )	34.16	36.62	Ω(細胞内)	57.72	24.05	(mg/dl)	83.39	38.61
BMI	22.58	3.87	V/S比	0.39	0.24	②右肩-右腰	34.82	6.87	HDL-C	52.96	14.48
	21.11	2.44		0.25	0.19	Ω(細胞外)	43.81	10.13	(mg/dl)	67.61	17.51
上腕囲	28.35	3.50	上腕	9.18	4.21	②右肩-右腰	33.08	14.41	LDL-C	98.39	33.78
(cm)	25.77	2.37	(mm)	12.93	2.78	Ω(細胞内)	45.42	19.41	(mg/dl)	91.57	19.96
腹囲	78.38	12.62	肩甲骨	9.98	4.23	③右腰-左臍	27.93	10.79	血糖値	86.31	12.77
(cm)	70.66	10.08	(mm)	13.86	6.42	Ω(細胞外)	31.88	13.22	(mg/dl)	87.74	10.74
大腿囲	52.76	5.89	腹部	12.33	6.21	③右腰-左臍	24.03	21.11	インスリン	8.71	3.59
(cm)	52.64	9.00	(mm)	16.67	5.76	Ω(細胞内)	32.12	26.05	(μU/ml)	9.24	3.01
腰囲	93.25	7.21	腸骨	10.24	5.08	④右臍-左臍	26.48	10.74			
(cm)	89.50	7.88	(mm)	14.20	4.83	Ω(細胞外)	29.50	12.02			
腹囲/腰囲	0.84	0.08	大腿前	9.20	4.58	④右臍-左臍	25.39	28.46			
	0.80	0.21	(mm)	13.43	3.02	Ω(細胞内)	30.58	25.99			
			大腿後	8.79	4.27						
			(mm)	12.83	3.36						

上段:男性(51人)  
下段:女性(31人)

平均値 標準偏差

表5 汎用基準値を用いた場合の異常値出現頻度

測定項目	基準値	男性	女性
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	25kg/m <sup>2</sup> 以上	7 (13.7)	2 (6.5)
内臓脂肪面積(cm <sup>2</sup> )	100cm <sup>2</sup> 以上	5 (9.8)	4 (12.9)
腹囲/腰囲比	男性 1.0, 女性 0.9 以上	2 (3.9)	4 (12.9)
総コレステロール(mg/dl)	220mg/dl 以上	8 (15.7)	8 (25.8)
中性脂肪(mg/dl)	150mg/dl 以上	8 (15.7)	3 (9.7)
HDL コレステロール(mg/dl)	40mg/dl 未満	8 (15.7)	4 (12.9)
LDL コレステロール(mg/dl)	140mg/dl 以上	2 (8.7)	0 (0.0)
血糖値(mg/dl)	110mg/dl 以上	3 (5.9)	3 (9.7)
インスリン(μU/ml)	19 μU/ml 以上	0 (0.0)	0 (0.0)

(%)

和歌山県立中央病院の健康診断結果の分析

人88 社会

表6 全被験者における測定項目間の単相関関係

全体 82人

単相関	BMI	← 脂肪面積 →																					
BMI	1.000	皮下脂肪																					
皮下脂肪面積	0.852	1.000	内臓脂肪																				
内臓脂肪面積	0.728	0.758	1.000	V/S比																			
V/S比	0.290	0.228	0.751	1.000	上腕囲																		
上腕囲	0.865	0.649	0.508	0.162	1.000	腰囲																	
腰囲	0.867	0.776	0.818	-0.512	0.725	1.000	大腿囲																
大腿囲	0.593	0.506	0.211	-0.136	0.635	0.449	1.000	腰圍/腰圍															
腰圍/腰圍	0.624	0.517	0.415	0.099	0.614	0.500	0.072	1.000	皮下脂肪厚														
皮下脂肪厚	0.509	0.488	0.553	0.422	0.381	0.714	0.575	-0.227	1.000	上腕部													
上腕部	0.471	0.623	0.395	-0.055	0.303	0.348	0.299	0.311	0.174	1.000	肩甲骨下部												
肩甲骨下部	0.458	0.535	0.481	0.178	0.268	0.474	0.262	0.135	0.423	0.637	1.000	腰部											
腰部	0.593	0.810	0.636	0.249	0.397	0.572	0.289	0.243	0.468	0.627	0.617	1.000	腸骨後										
腸骨後	0.623	0.784	0.535	0.134	0.397	0.508	0.355	0.263	0.401	0.620	0.594	0.856	1.000	大腿前部									
大腿前部	0.451	0.629	0.323	-0.120	0.290	0.335	0.319	0.325	0.163	0.843	0.622	0.634	0.674	1.000	大腿後部								
大腿後部	0.389	0.509	0.290	-0.087	0.239	0.276	0.308	0.270	0.136	0.790	0.639	0.557	0.591	0.871	1.000	第1Re							
第1Re	0.236	0.366	0.240	0.000	0.164	0.151	0.178	-0.021	0.198	0.364	0.259	0.466	0.492	0.285	0.247	1.000	第2Re						
第2Re	0.412	0.540	0.487	0.215	0.220	0.389	0.265	-0.075	0.505	0.538	0.569	0.661	0.661	0.486	0.409	0.728	1.000	第3Re					
第3Re	0.045	0.269	0.338	0.258	-0.142	0.042	-0.131	-0.149	0.133	0.271	0.274	0.528	0.473	0.262	0.254	0.441	0.730	0.755	1.000	第4Re			
第4Re	0.240	0.388	0.552	0.506	0.023	0.327	0.034	-0.151	0.458	0.306	0.520	0.607	0.557	0.254	0.441	0.491	0.680	0.520	0.805	1.000	第1Ri		
第1Ri	0.478	0.610	0.519	0.237	0.298	0.441	0.152	0.228	0.293	0.323	0.375	0.639	0.604	0.299	0.253	0.567	0.491	0.680	0.727	0.805	1.000	第2Ri	
第2Ri	0.632	0.760	0.762	0.448	0.396	0.688	0.300	0.161	0.628	0.399	0.605	0.782	0.739	0.410	0.346	0.453	0.691	0.588	0.727	0.805	1.000	第3Ri	
第3Ri	0.499	0.628	0.506	0.213	0.353	0.496	0.217	0.287	0.330	0.303	0.374	0.626	0.590	0.304	0.212	0.530	0.478	0.475	0.384	0.840	0.736	1.000	第4Ri
第4Ri	0.616	0.772	0.693	0.329	0.414	0.695	0.344	0.266	0.572	0.311	0.474	0.704	0.659	0.339	0.246	0.322	0.527	0.368	0.497	0.722	0.891	0.811	1.000

有意水準 1%  
相関係数 0.285以上 0.218以上

皮下脂肪面積 (cm <sup>2</sup> )	0 (0.0)
内臓脂肪面積 (cm <sup>2</sup> )	3 (3.1)
V/S比	0 (0.0)
上腕囲 (cm)	4 (13.1)
腰囲 (cm)	3 (9.1)
大腿囲 (cm)	8 (32.8)
腰圍/腰圍	4 (9.1)
皮下脂肪厚 (mm)	4 (15.8)
上腕部 (mm)	3 (9.1)
肩甲骨下部 (mm)	1 (3.1)
腰部 (mm)	7 (28.1)
腸骨後 (mm)	3 (9.1)
大腿前部 (mm)	8 (32.8)
大腿後部 (mm)	4 (15.8)
第1Re (mm)	3 (9.1)
第2Re (mm)	3 (9.1)
第3Re (mm)	3 (9.1)
第4Re (mm)	3 (9.1)
第1Ri (mm)	3 (9.1)
第2Ri (mm)	3 (9.1)
第3Ri (mm)	3 (9.1)
第4Ri (mm)	3 (9.1)

皮下脂肪面積 (cm <sup>2</sup> )	0 (0.0)
内臓脂肪面積 (cm <sup>2</sup> )	3 (3.1)
V/S比	0 (0.0)
上腕囲 (cm)	4 (13.1)
腰囲 (cm)	3 (9.1)
大腿囲 (cm)	8 (32.8)
腰圍/腰圍	4 (9.1)
皮下脂肪厚 (mm)	4 (15.8)
上腕部 (mm)	3 (9.1)
肩甲骨下部 (mm)	1 (3.1)
腰部 (mm)	7 (28.1)
腸骨後 (mm)	3 (9.1)
大腿前部 (mm)	8 (32.8)
大腿後部 (mm)	4 (15.8)
第1Re (mm)	3 (9.1)
第2Re (mm)	3 (9.1)
第3Re (mm)	3 (9.1)
第4Re (mm)	3 (9.1)
第1Ri (mm)	3 (9.1)
第2Ri (mm)	3 (9.1)
第3Ri (mm)	3 (9.1)
第4Ri (mm)	3 (9.1)

表2 測定項目間の単相関関係

表7 男女別に見た測定項目間の単相関関係

男性 51人

単相関	BMI	← 脂肪面積 →															
BMI	1.0000																
皮下脂肪面積	0.9188	1.000															
内臓脂肪面積	0.7209	0.815	1.000														
V/S比	0.1457	0.235	0.688	1.000													
上腕圍	0.8927	0.764	0.517	-0.017	1.000												
腹圍	0.8875	0.908	0.825	0.359	0.728	1.000											
大腿圍	0.7815	0.641	0.313	-0.213	0.848	0.559	1.000										
腰圍	0.9282	0.869	0.673	0.103	0.871	0.844	0.771	1.000									
腹圍/腰圍	0.6181	0.691	0.723	0.487	0.422	0.876	0.487	1.000									
上腕部	0.7183	0.706	0.609	0.118	0.590	0.687	0.420	0.644	0.510	1.000							
肩甲骨下部	0.7494	0.777	0.709	0.233	0.609	0.771	0.405	0.696	0.603	0.884	1.000						
臍部	0.7274	0.857	0.760	0.347	0.594	0.807	0.369	0.661	0.722	0.644	0.711	1.000					
臍骨稜	0.7963	0.833	0.654	0.226	0.664	0.772	0.482	0.727	0.607	0.650	0.730	0.856	1.000				
大腿前部	0.7543	0.771	0.637	0.155	0.637	0.734	0.434	0.695	0.549	0.897	0.906	0.739	0.754	1.000			
大腿後部	0.6924	0.667	0.622	0.200	0.606	0.675	0.405	0.646	0.492	0.869	0.837	0.662	0.685	0.895	1.000		
第1Re	0.4706	0.483	0.334	0.035	0.490	0.439	0.367	0.385	0.367	0.382	0.295	0.445	0.448	0.359	1.000		
第1Ri	0.6106	0.632	0.639	0.337	0.458	0.661	0.193	0.510	0.592	0.648	0.719	0.615	0.685	0.745	0.641		
第2Re	0.1759	0.321	0.538	0.570	0.082	0.358	-0.123	0.115	0.490	0.146	0.229	0.537	0.333	0.206	0.216		
第2Ri	0.2300	0.365	0.628	0.693	0.059	0.465	-0.185	0.156	0.608	0.289	0.463	0.542	0.449	0.379	0.335		
第3Re	0.6411	0.771	0.668	0.299	0.526	0.727	0.459	0.599	0.656	0.386	0.515	0.748	0.598	0.404	0.370		
第3Ri	0.7264	0.872	0.857	0.450	0.572	0.853	0.390	0.709	0.743	0.552	0.725	0.865	0.767	0.636	0.572		
第4Re	0.6193	0.709	0.556	0.191	0.570	0.644	0.506	0.597	0.525	0.301	0.414	0.650	0.541	0.340	0.253		
第4Ri	0.6450	0.802	0.698	0.260	0.514	0.752	0.408	0.672	0.611	0.367	0.537	0.740	0.642	0.441	0.355		

有意水準 1% 5%  
相関係数 0.358以上 0.289以上

女性 31人

単相関	BMI	← 脂肪面積 →															
BMI	1.000																
皮下脂肪面積	0.796	1.000															
内臓脂肪面積	0.735	0.659	1.000														
V/S比	0.578	0.404	0.942	1.000													
上腕圍	0.774	0.671	0.447	0.290	1.000												
腹圍	0.799	0.682	0.829	0.737	0.585	1.000											
大腿圍	0.451	0.418	0.095	-0.069	0.555	0.405	1.000										
腰圍	-0.111	-0.161	-0.159	-0.102	-0.023	-0.253	-0.624	1.000									
腹圍/腰圍	0.624	0.584	0.592	0.467	0.473	0.802	0.743	-0.759	1.000								
上腕部	0.328	0.408	0.147	-0.011	0.469	0.191	0.277	0.136	0.106	1.000							
肩甲骨下部	0.422	0.248	0.441	0.454	0.306	0.563	0.194	-0.215	0.468	0.190	1.000						
臍部	0.727	0.804	0.653	0.468	0.627	0.631	0.260	-0.153	0.523	0.383	0.435	1.000					
臍骨稜	0.729	0.795	0.588	0.368	0.524	0.548	0.295	-0.156	0.483	0.308	0.342	0.801	1.000				
大腿前部	0.113	0.186	-0.295	-0.428	0.265	0.019	0.324	0.099	0.044	0.442	0.095	0.148	0.269	1.000			
大腿後部	0.084	0.022	-0.290	-0.342	0.139	-0.013	0.317	0.040	0.038	0.329	0.286	0.082	0.141	0.663			
第1Re	0.166	0.232	0.301	0.206	0.131	-0.092	0.067	-0.257	0.206	0.128	0.077	0.384	0.428	-0.110			
第1Ri	0.537	0.531	0.583	0.443	0.430	0.504	0.360	-0.494	0.620	0.203	0.347	0.649	0.551	-0.152			
第2Re	0.186	0.192	0.397	0.378	-0.015	0.056	-0.160	-0.205	0.098	-0.017	0.063	0.361	0.426	-0.340			
第2Ri	0.619	0.495	0.741	0.707	0.418	0.559	0.221	-0.337	0.531	0.012	0.450	0.597	0.552	-0.330			
第3Re	0.370	0.339	0.382	0.323	0.171	0.207	-0.114	-0.119	0.162	0.109	0.196	0.470	0.596	-0.013			
第3Ri	0.724	0.643	0.776	0.691	0.429	0.729	0.234	-0.404	0.675	0.037	0.477	0.676	0.710	-0.098			
第4Re	0.423	0.500	0.516	0.412	0.185	0.449	-0.052	-0.033	0.288	0.247	0.302	0.586	0.665	0.161			
第4Ri	0.705	0.724	0.770	0.635	0.424	0.794	0.297	-0.325	0.701	0.135	0.431	0.672	0.738	0.053			

有意水準 1% 5%  
相関係数 0.467以上 0.360以上

相関関係の動向別の内臓脂肪面積と皮下脂肪面積

表 8 内臓脂肪面積、皮下脂肪面積と細胞内外の抵抗値の相関関係

電極配置	性別	内臓脂肪面積		皮下脂肪面積	
		細胞外抵抗	細胞内抵抗	細胞外抵抗	細胞内抵抗
右肩部-左臍部	男性	0.334 *	0.639 **	0.483 **	0.632 **
	女性	0.301	0.583 **	0.232	0.531 **
右肩部-右腰部	男性	0.538 **	0.628 **	0.321 *	0.365 **
	女性	0.397 *	0.741 **	0.192	0.495 **
右腰部-左臍部	男性	0.668 **	0.857 **	0.771 **	0.872 **
	女性	0.382 *	0.776 **	0.339	0.643 **
右臍部-左臍部	男性	0.556 **	0.698 **	0.709 **	0.802 **
	女性	0.516 **	0.770 **	0.500 **	0.724 **

\*: p<0.05, \*\*: p<0.01

表 9 内臓脂肪面積、皮下脂肪面積と細胞内外の抵抗値の相関関係

電極配置	性別	内臓脂肪面積		皮下脂肪面積	
		細胞外抵抗	細胞内抵抗	細胞外抵抗	細胞内抵抗
右肩部-左臍部	男性	0.334 *	0.639 **	0.483 **	0.632 **
右肩部-左臍部	女性	0.301	0.583 **	0.232	0.531 **
右肩部-右腰部	男性	0.538 **	0.628 **	0.321 *	0.365 **
右肩部-右腰部	女性	0.397 *	0.741 **	0.192	0.495 **
右腰部-左臍部	男性	0.668 **	0.857 **	0.771 **	0.872 **
右腰部-左臍部	女性	0.382 *	0.776 **	0.339	0.643 **
右臍部-左臍部	男性	0.556 **	0.698 **	0.709 **	0.802 **
右臍部-左臍部	女性	0.516 **	0.770 **	0.500 **	0.724 **



表9 内臓脂肪面積の多寡別に見た各測定項目の平均値

形態		皮下脂肪厚		細胞内外抵抗	
年齢	20.2±1.93 *	上腕	9.05±1.77 *	右肩-左臍	48.09±8.10
(year)	47.7±20.96	(mm)	14.98±7.40	Ω(細胞外)	55.6±14.03
体重	55.32±7.88	肩甲骨	9.14±1.83 **	右肩-左臍	43.74±20.01 **
(kg)	72.9±25.54	(mm)	19.61±7.53	Ω(細胞内)	82.12±26.07
BMI	20.23±1.73 *	腹部	10.61±4.21 ***	右肩-右腰	37.91±10.46
	27.61±5.28	(mm)	24.18±6.26	Ω(細胞外)	46.38±10.91
上腕囲	25.73±2.77 *	腸骨	10.33±4.55 **	右肩-右腰	31.15±14.89 ***
(cm)	30.81±5.02	(mm)	19.50±5.93	Ω(細胞内)	66.33±18.12
腹囲	65.68±5.75 **	大腿前	9.57±3.85	右腰-左臍	24.27±8.66 **
(cm)	97.05±16.25	(mm)	14.3±7.52	Ω(細胞外)	42.46±13.05
大腿囲	50.76±3.68	大腿後	9.80±3.02	右腰-左臍	15.31±10.20 ***
(cm)	57.66±16.32	(mm)	13.07±7.26	Ω(細胞内)	74.25±20.77
胴囲	89.55±3.20	TC	180.50±35.96	右臍-左臍	19.66±5.44 **
(cm)	98.5±18.75	(mg/dl)	219.30±49.52	Ω(細胞外)	40.6±16.03
腹囲/胴囲	0.733±0.05 **	TG	60.00±20.01 ***	右臍-左臍	12.02±5.28 **
	1.051±0.29	(mg/dl)	163.40±43.82	Ω(細胞内)	78.03±44.01
皮下脂肪面積	73.67±37.34 ***	HDL-C	65.10±7.06 ***		
(cm <sup>2</sup> )	231.19±99.16	(mg/dl)	37.80±9.71		
V/S比	0.124±0.03 ***	Glu	87.40±6.77 **		
	0.68±0.29	(mg/dl)	105.90±14.08		

上段:内臓脂肪面積低値群 8.49± 2.72 (10人)

下段:内臓脂肪面積高値群 142.55±53.47 (10人)

\*: p<0.05, \*\*: p<0.01, \*\*\*: p<0.001

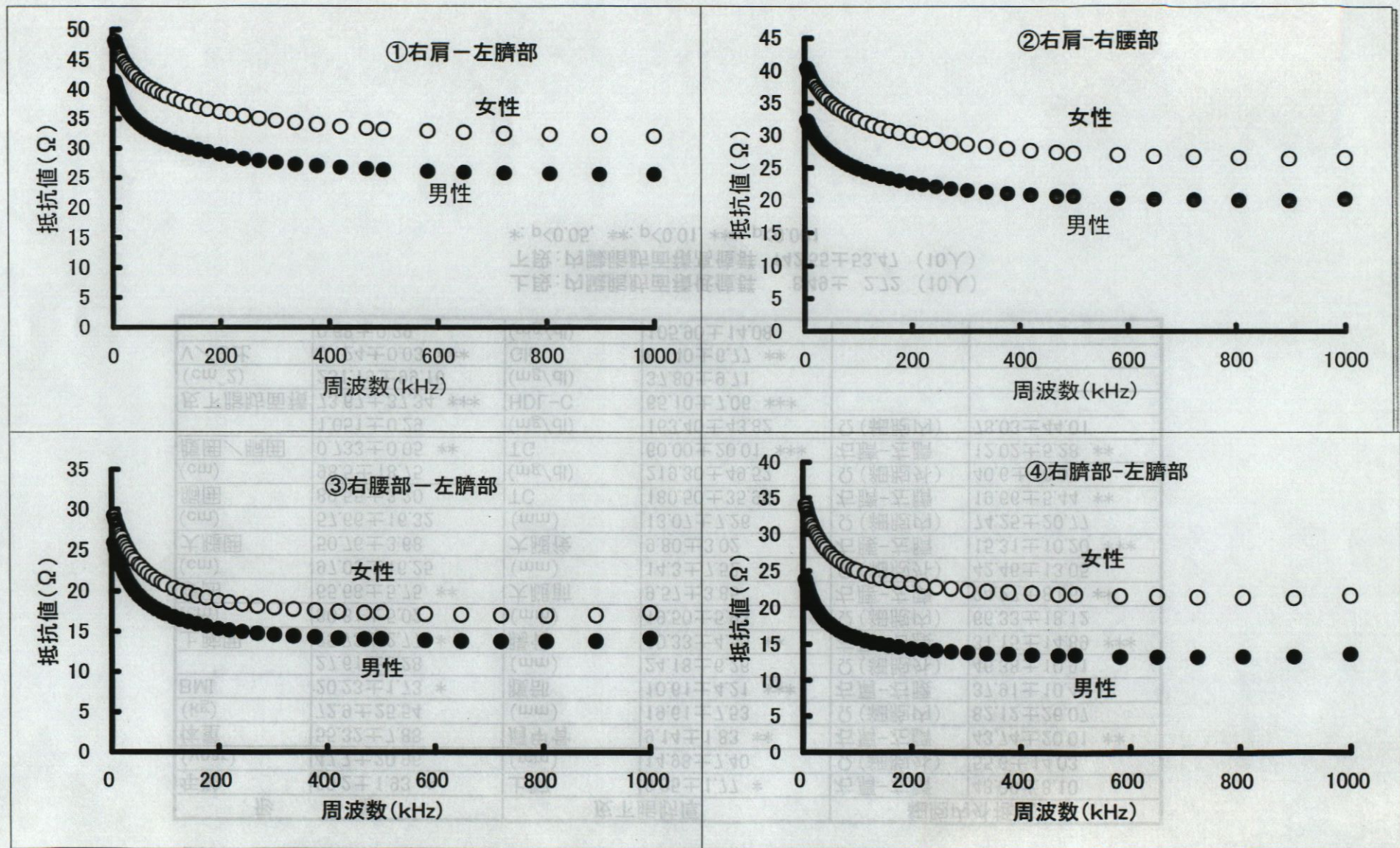


図1 電極配置ごとの抵抗値における男女の比較

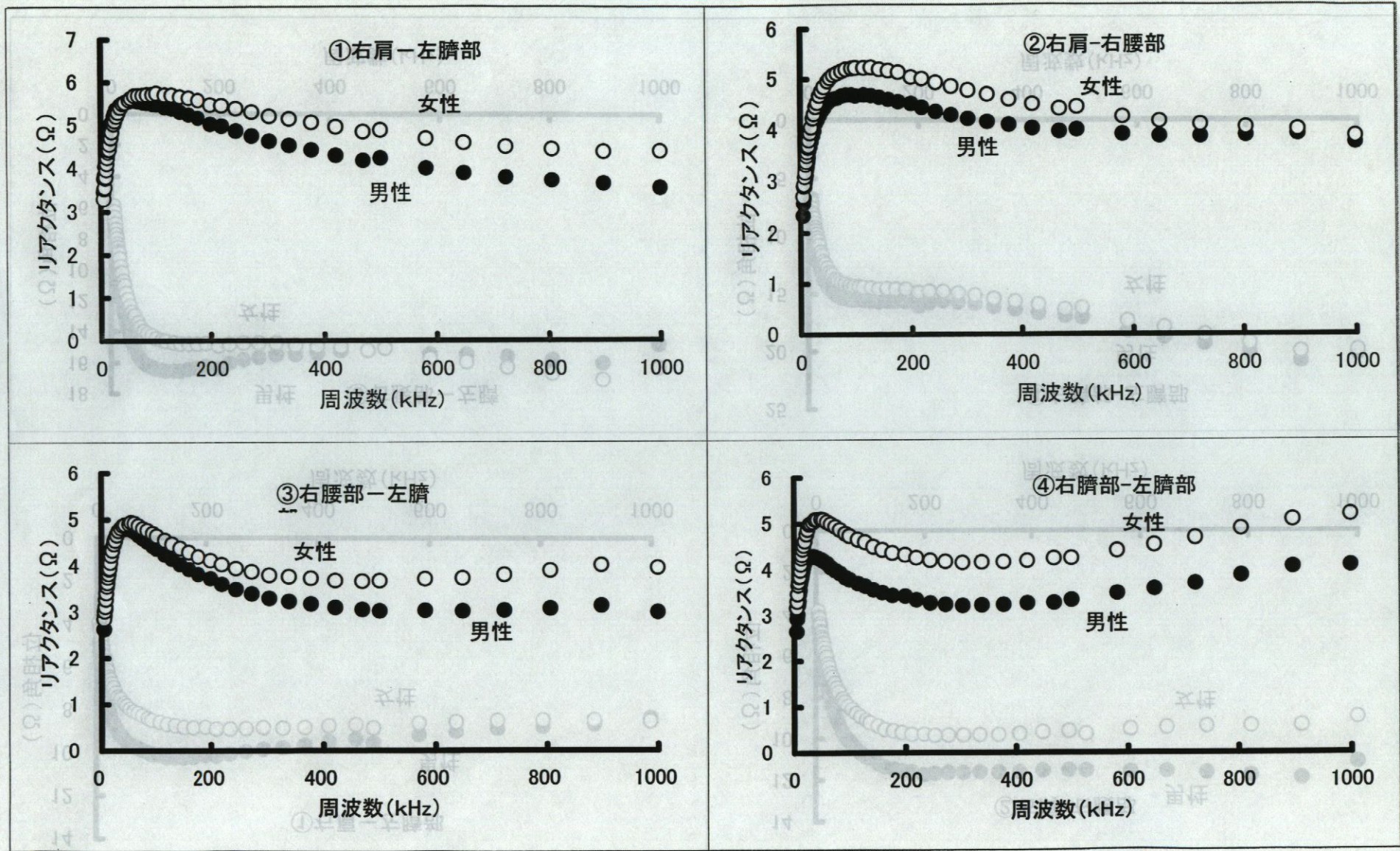


図2 電極配置ごとのリアクタンスにおける男女の比較

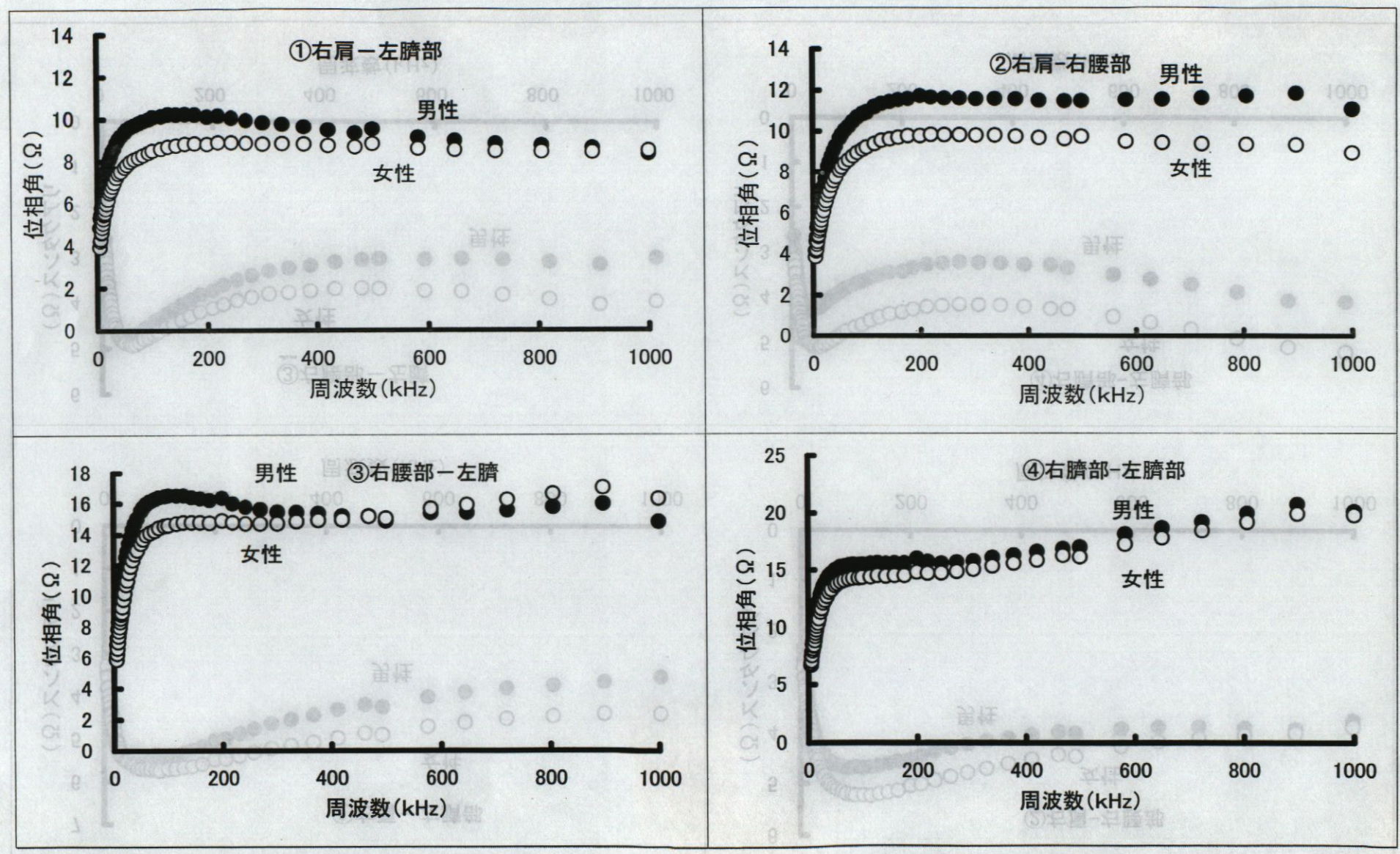


図3 電極配置ごとの位相角における男女の比較

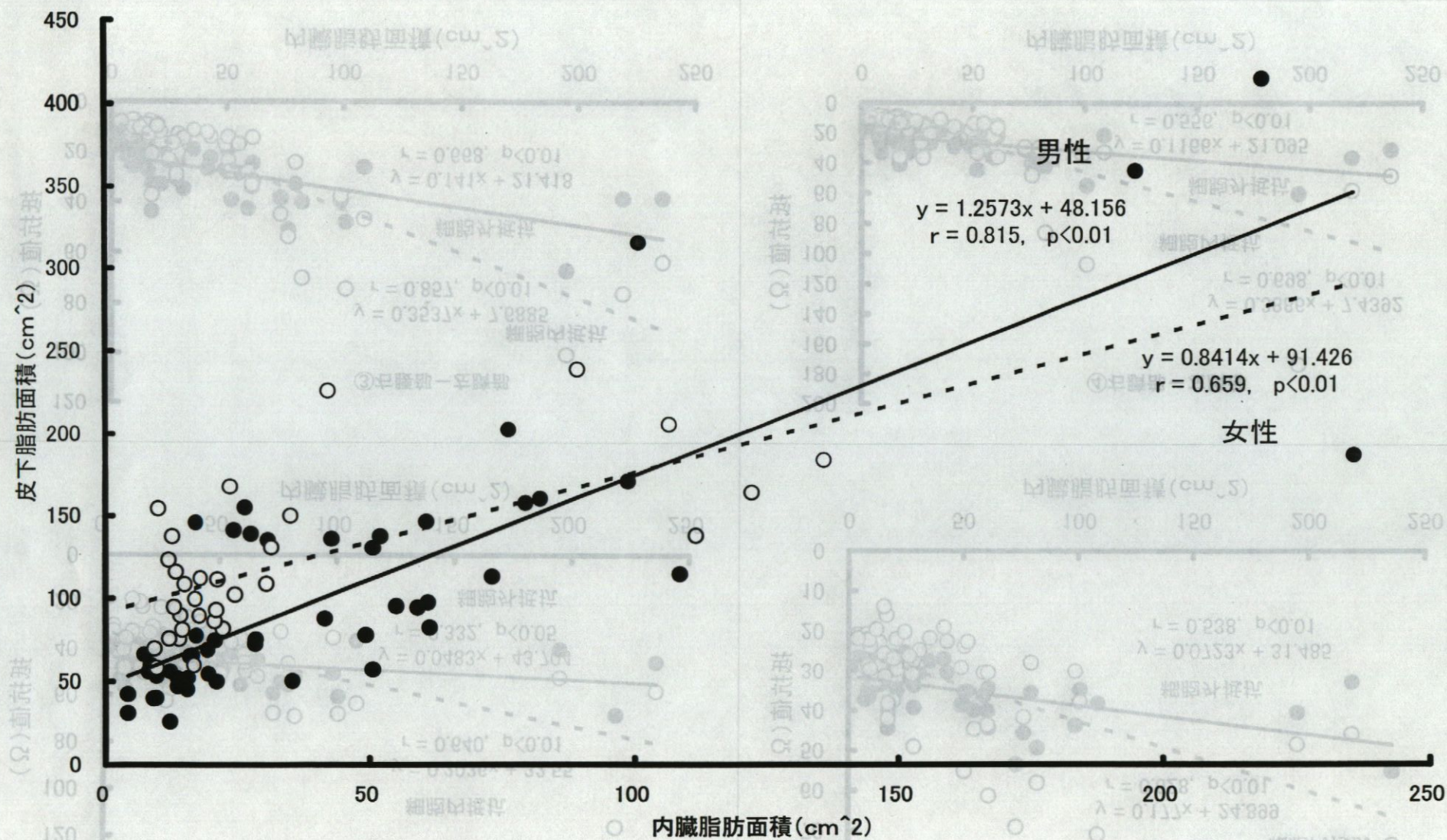


図4 男女別に見た内臓脂肪面積と皮下脂肪面積の関係

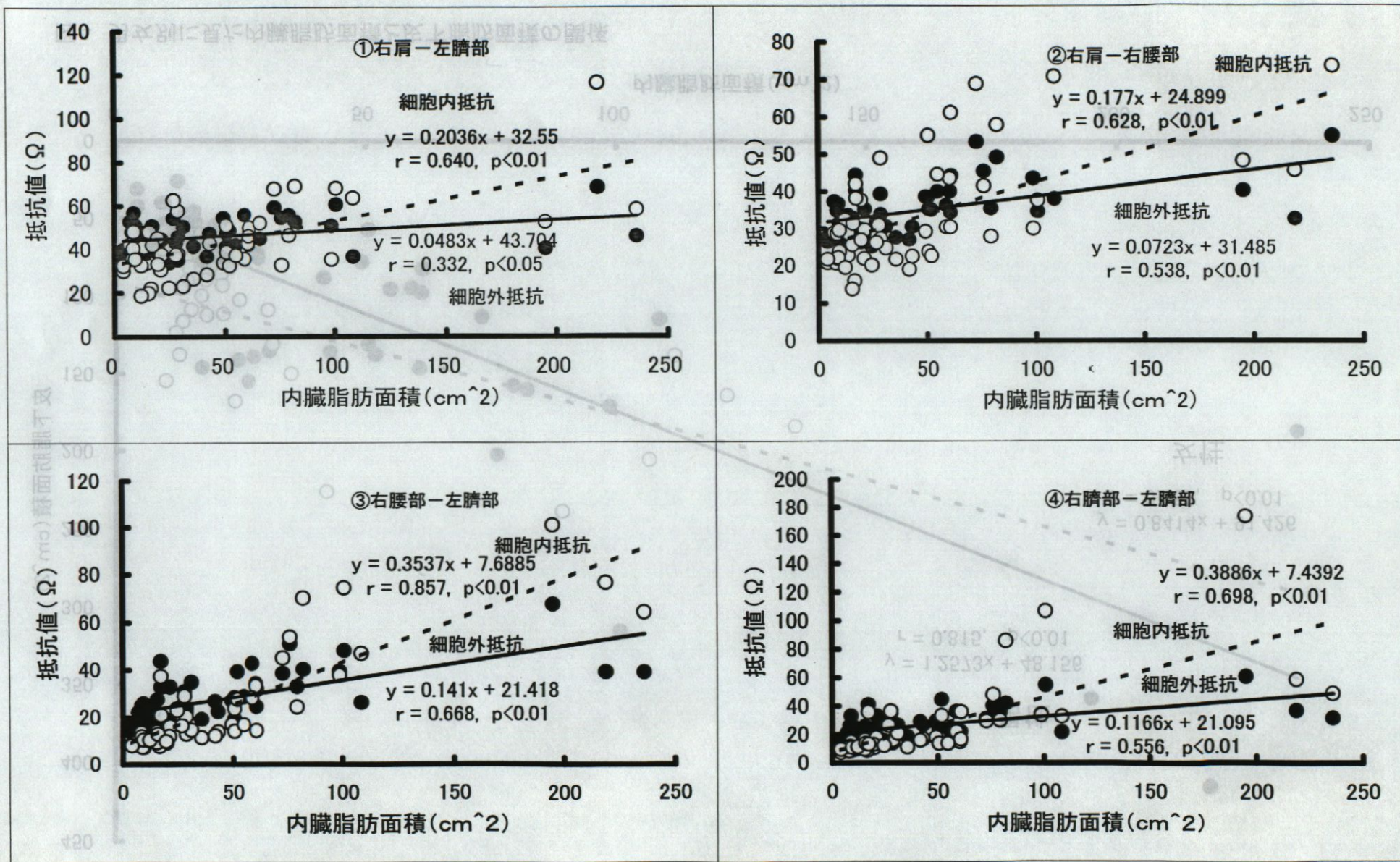


図5 男性における周波数ごとの細胞内外抵抗

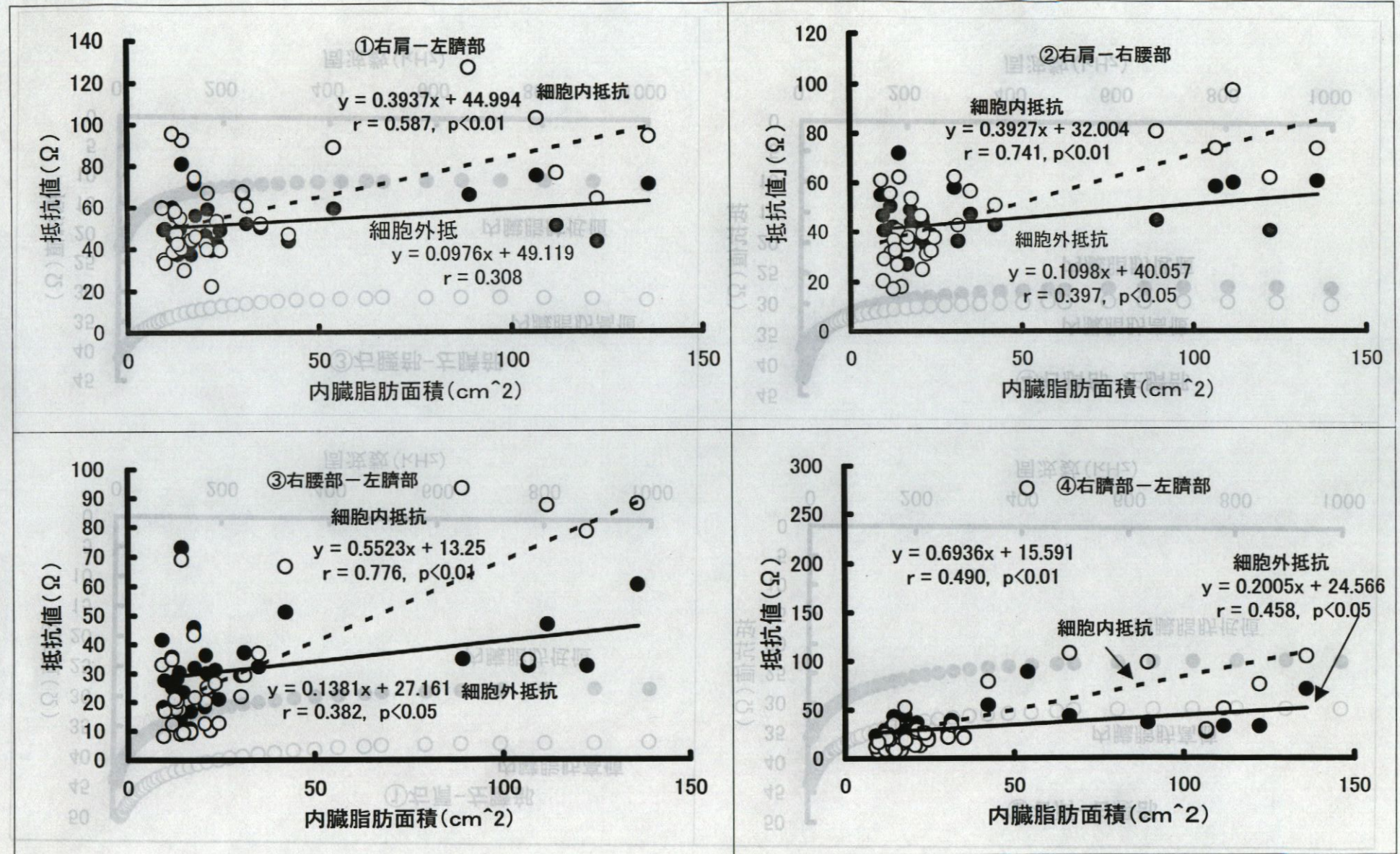


図6 女性における周波数ごとの細胞内外抵抗

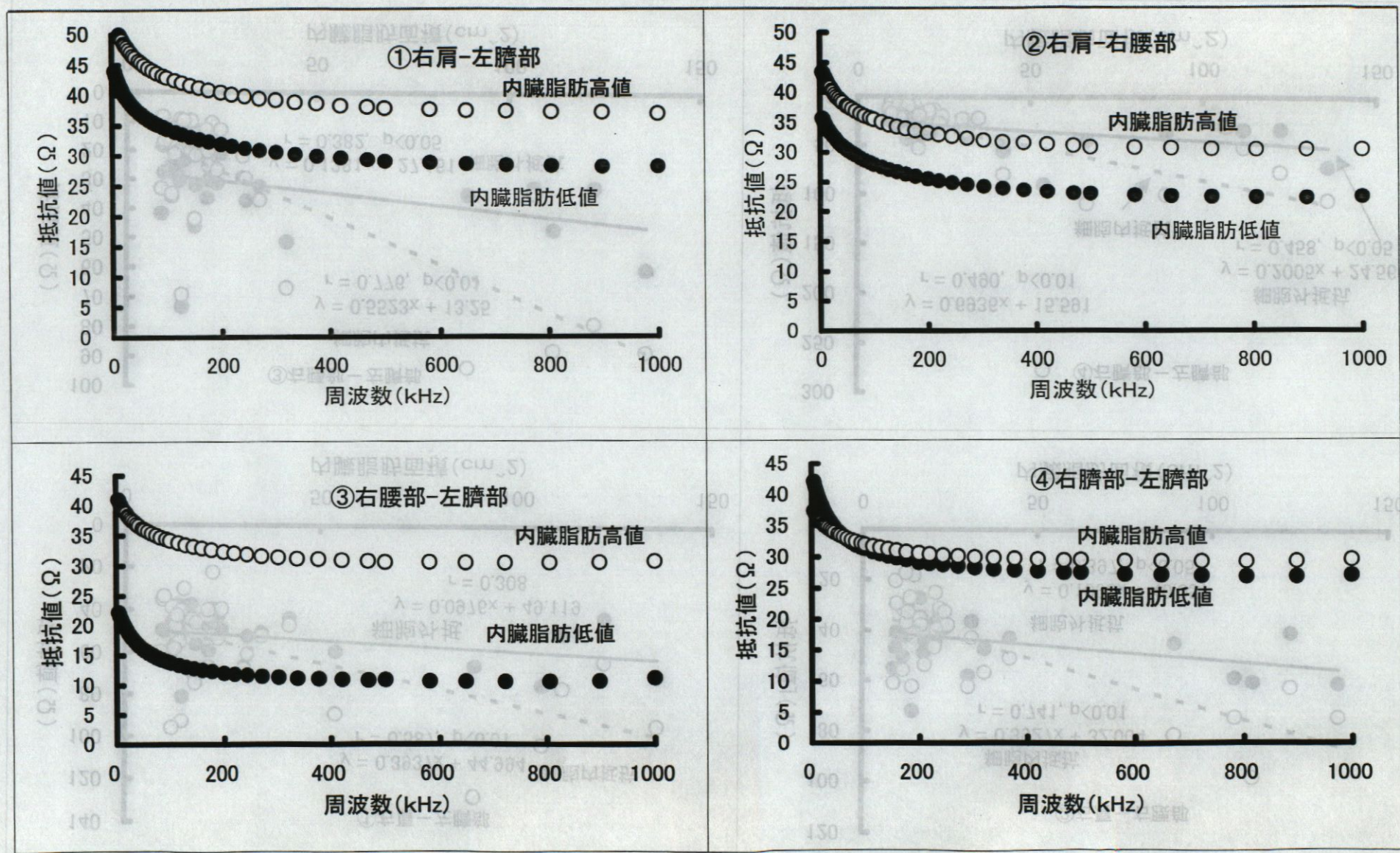


図7 電極配置ごとの内臓脂肪面積の多寡別にみた抵抗値の比較



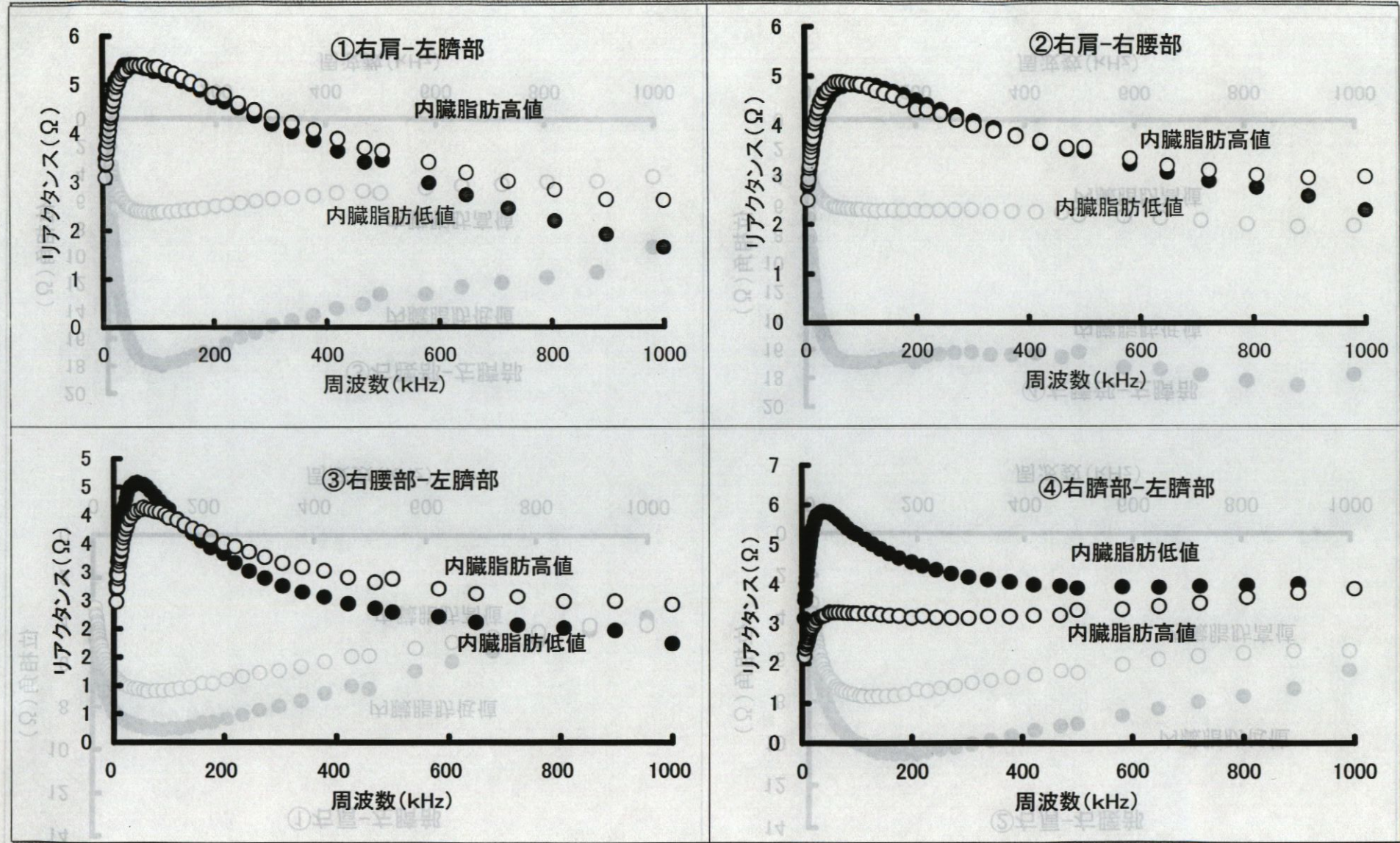


図8 電極配置ごとの内臓脂肪面積の多寡別にみたリアクタンスの比較

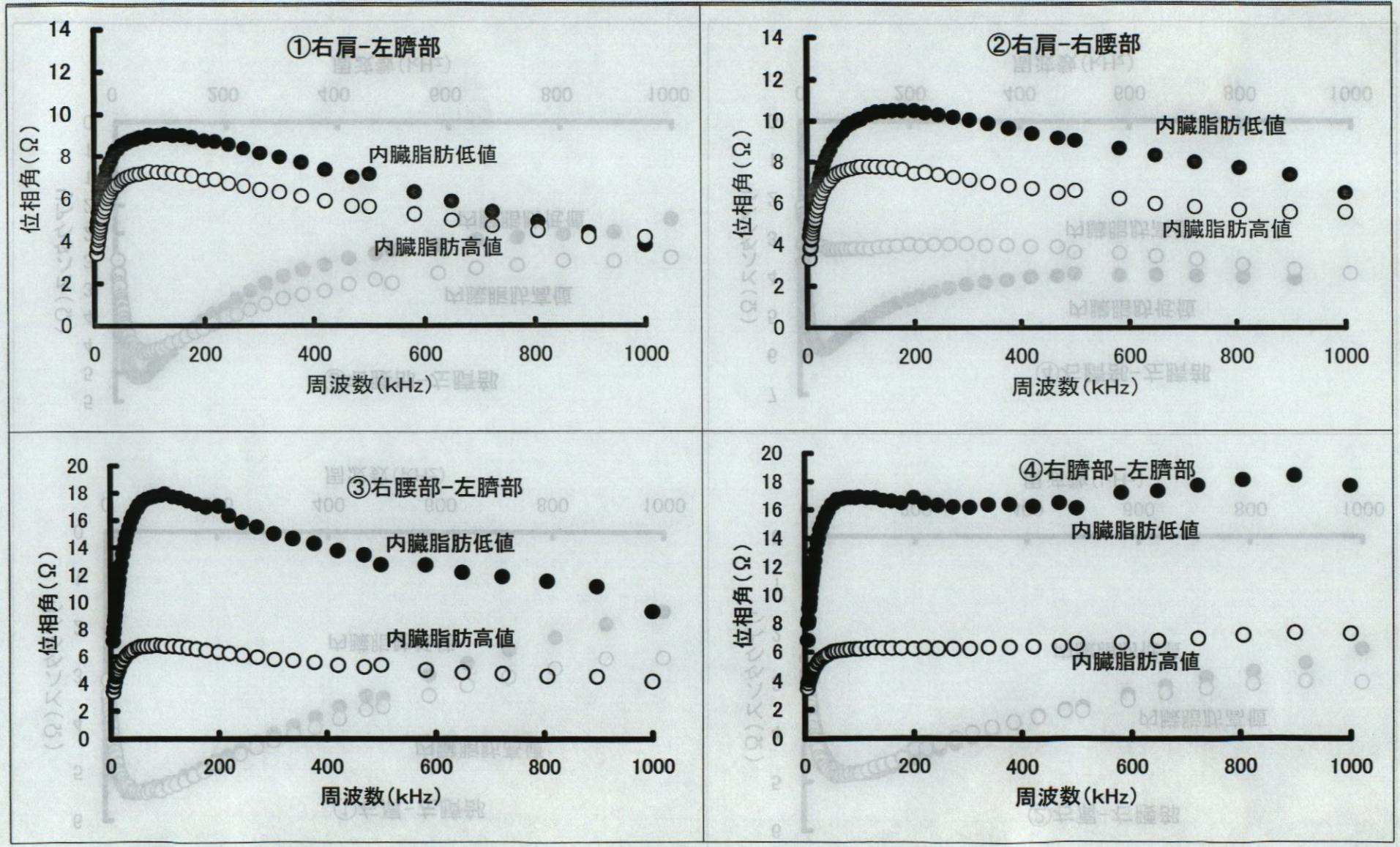


図9 電極配置ごとの内臓脂肪面積の多寡別にみた位相角の比較

図11 CT画像より得られた内臓脂肪面積実測値と重回帰分析により得られた推定値との相関関係

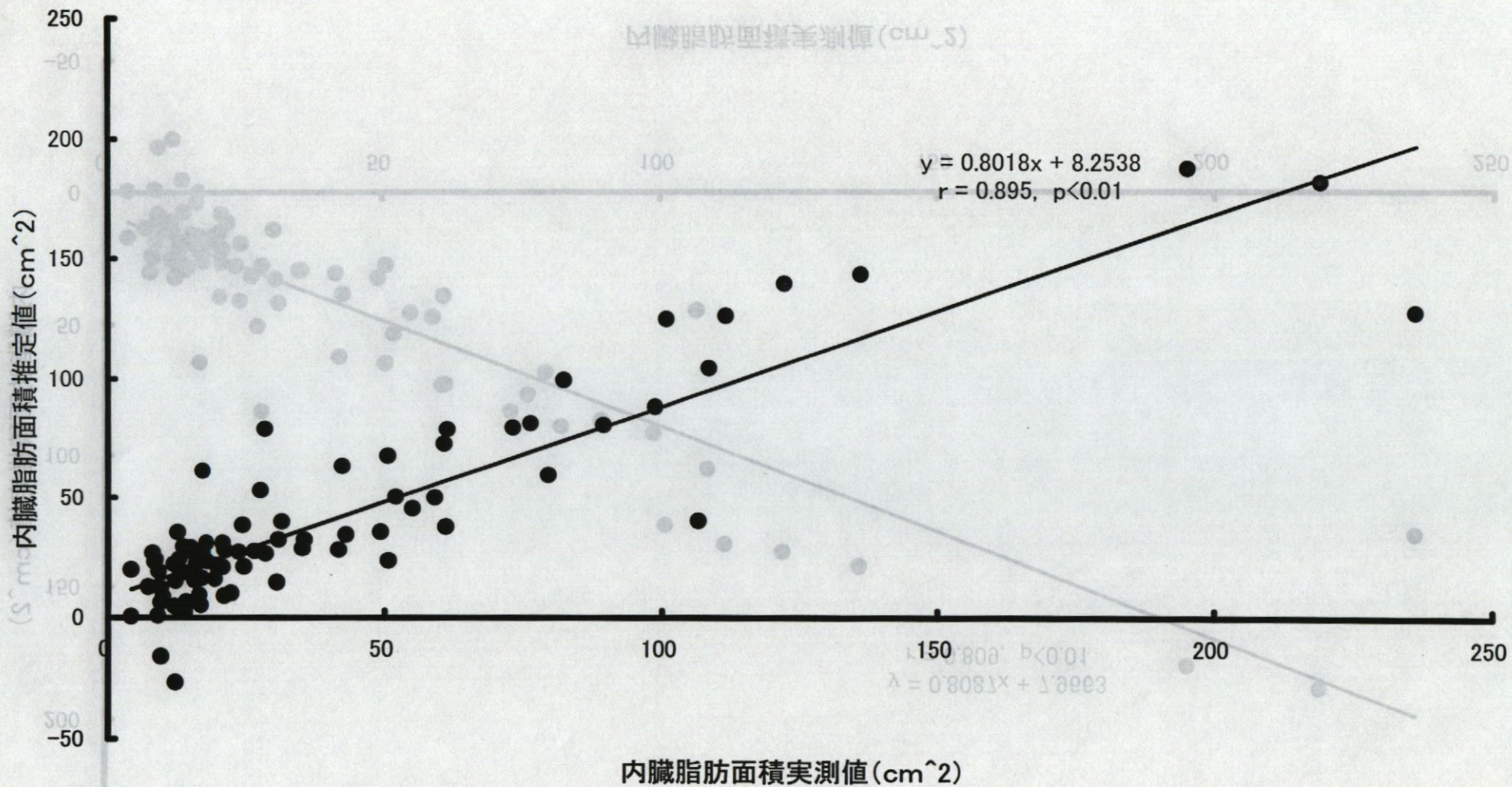


図10 CT画像より得られた内臓脂肪面積実測値と重回帰分析により得られた推定値との相関関係

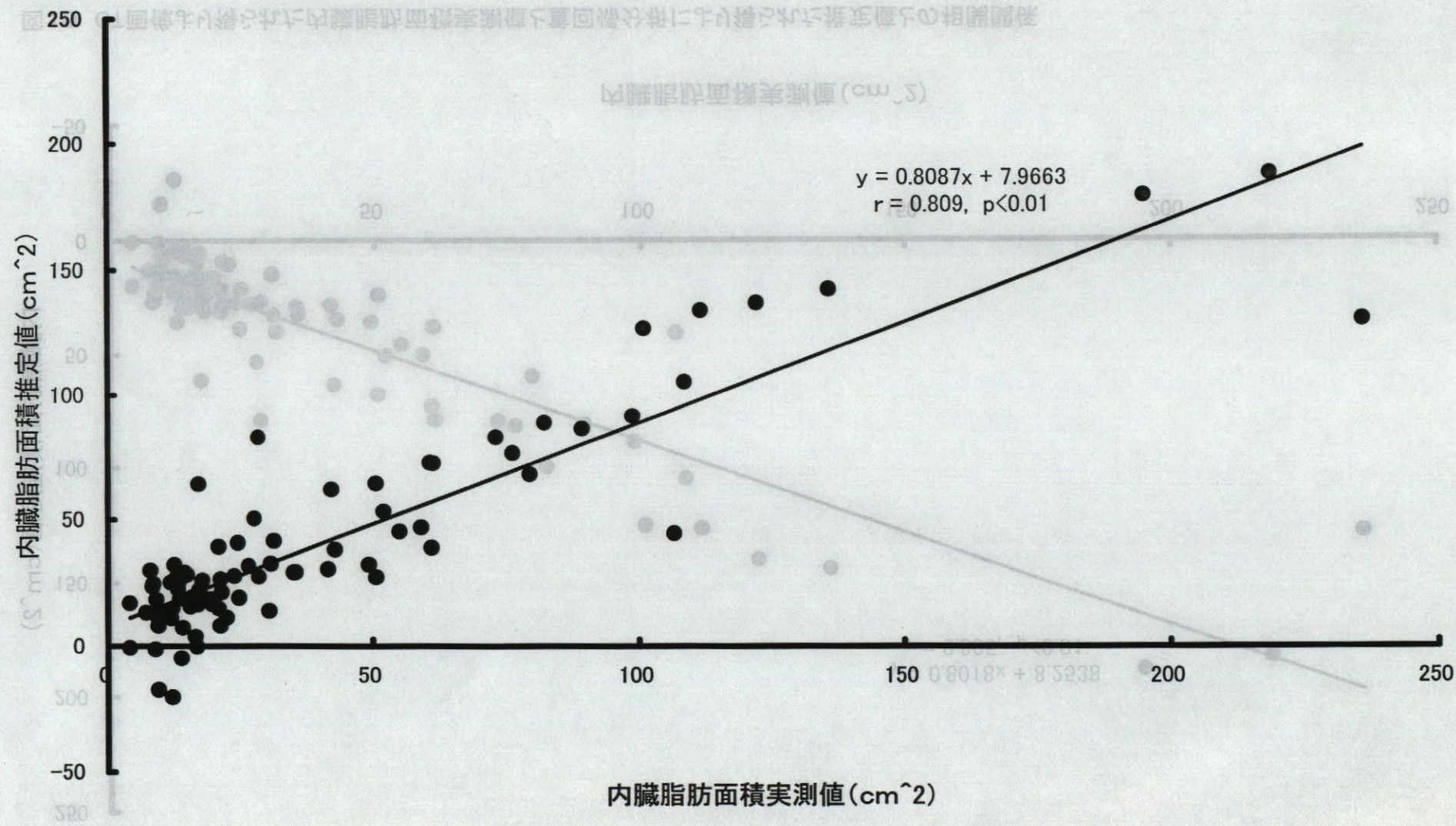


図11 CT画像より得られた内臓脂肪面積実測値と重回帰分析により得られた推定値との相関関係

被験者：E.O(19歳女性)

皮下脂肪面積  
123.02cm<sup>2</sup>

内臓脂肪面積  
11.88cm<sup>2</sup>

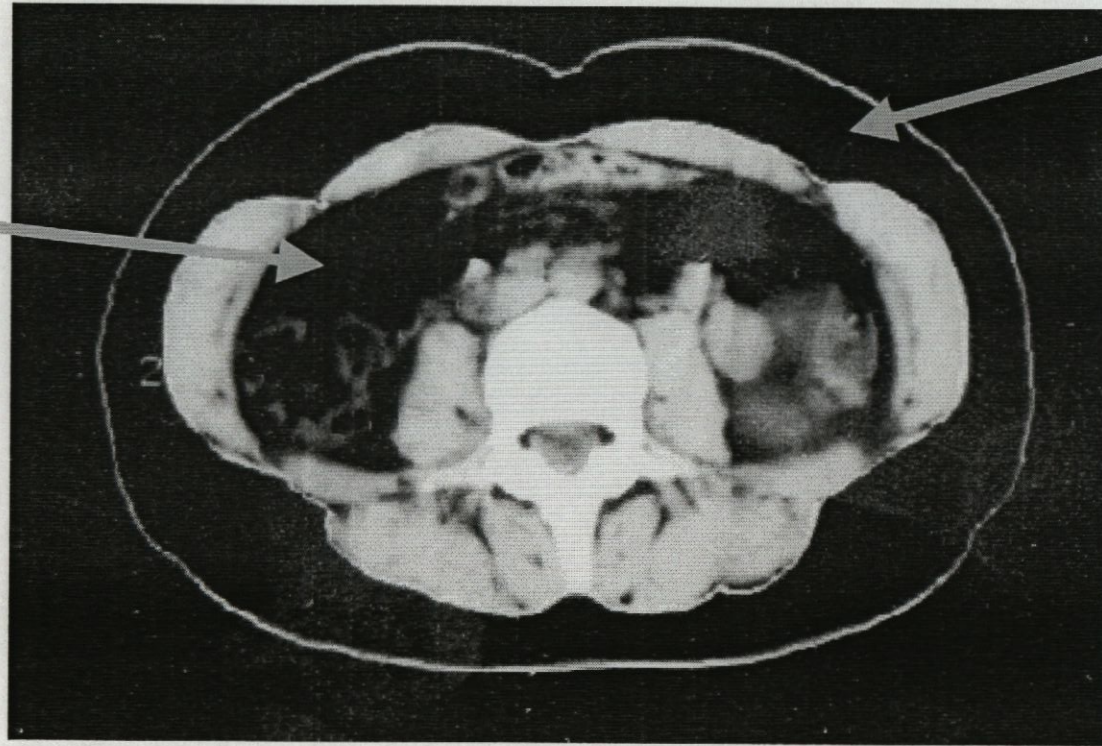


写真1 女性被験者のCT画像