カラダをハカル：身体計測の活用法と将来の展望

香川雅春

(女子栄養大学栄養科学研究所)

Measuring human body: Application of anthropometry and its future prospects

Masaharu Kagawa

*Institute of Nutrition Sciences, Kagawa Nutrition University,
3-9-21, Chiyoda, Sakado-shi, Saitama, 350-0288*

〒350-0288 埼玉県坂戸市千代田 3-9-21

Anthropometry is a simple, easy, and cost-effective technique to measure size, shape, and proportion of human body. Because of its versatile nature, anthropometry has been utilized in diverse disciplines to assess growth and development, nutritional status, health risks and physical performance. On the other hand, there is a concern about a lack of understanding on ways to utilize the results obtained from anthropometry. In the present review, a brief history of anthropometry and common techniques to report results obtained from anthropometry were described. The review also suggested current considerations on application of anthropometry and its future prospects in Japan.

1. ヒトに対する関心と評価方法

人は古くからヒトに対して関心をもち、利用し、理解しようと努めてきた。「インチ (Inch)」や「フィート (Feet)」など現在も使用されているさまざまな長さの単位にはヒトの身体部位の長さを基準として定められたものが多く、なかでも中指から肘までの長さを元に定められている「キュービット (Cubit)」という単位は古くは紀元前 (BCE) 2700年頃からエジプトや近東で用いられていた形跡がある¹⁾。日本においても「寸」や「尺」など独自の単位が存在するが、これらは特定の身体部位が世界中で日常的な長さの目安として用いられていたことを意味する。また道具としてではなく、ヒトの健康や理想的な体格については古代ギリシャ時代の Hippocrates (460 BCE-370 BCE) や古代ローマ時代の Vitruvius (80 から 70 BCE-15 BCE 以降) をはじめとして多くの先人たちが思索し^{2, 3)}、それらは後世にヒトについて深く学ぶための医学、解剖学や生理学などの学問として発展した。これらはヒトの健康に影響を及ぼす疾患の原因を探求し、その予防や対策を講じる学問である細菌学、疫学、

公衆衛生学そして栄養学などの学問の確立や、生物としてのヒト種について深く理解するための人類学や遺伝学、人間工学などの学問の発展につながった。

21世紀の現代において、ヒトに対する理解は多岐にわたる学術領域を通じて深まり膨大な知見が蓄積されている。そして対象となる個人や集団の健康状態や身体能力、栄養状態を評価するため、検体検査や生体検査などの臨床検査、体力測定や食事調査など数多くの手法が確立され用いられている。しかしこれらの手法は侵襲性が高いもの、あるいは検査終了までに長時間の拘束を要するものや経済的な負担が対象者にかかるものも含まれている。また使用する機器の携帯性が低い、もしくは特殊な知識や技術をもつ専門家が必要などの理由で物理的なアクセスが限定される評価法も存在する。現在76億人を超える人類は地理的、政治情勢的、経済的に異なる環境の下で生活しているため、対象となる個人や集団に対してこれらの評価方法を常にすべて用いることができるとは限らない。そのような地域間格差は時として対象者に対する評価や診断精度や妥当性にも影響する。

2. 評価手法としての身体計測と Kinanthropometry

身体計測はヒトの身体サイズ、形状、プロポーションの評価手法であり、身長や体重、座高などの基本的な項目のほか、皮下脂肪厚（皮脂厚）、周径、長径、幅径などが含まれる。わが国では身体計測のほかにも人体計測や生体計測、形態測定など類似した呼称が存在するが、これらはすべて **Anthropometry** という単語を元にしていて、**Anthropometry** はギリシャ語で「ヒト」を意味する *ἄνθρωπος* (*ánthrōpos*) と「測る行為」を意味する *μέτρον* (*métron*) を併せた単語であり、直訳すると「ヒトの測定」となる。**Anthropometry** という言葉を初めて用いたのは **Johann Sigismund Elsholtz** (1623-1688) といわれており、その著書「**Anthropometria**」の中で客観的な計測のための器具や、プロポーションや対称性など身体計測に関して報告している⁴⁾。**Elsholtz** によって提唱されたヒトの身体部位に対する客観的な実測は、**Buffon** の「博物誌 (*Histoire Naturelle*)」で報告された **Philippe Guéneau de Montbeillard** (1720-1785) による息子の成長記録の報告⁵⁾や **Samuel George Morton** (1799-1851) によるさまざまな民族の頭蓋骨の計測を通じた人種単元論説と人種多元論説に対する検証⁶⁾、さらには **Alphonse Bertillon** (1853-1914) が発案し犯罪捜査の現場に導入した **Bertillonage** などによって実践され、後の成長学や自然人類学、法医学や科学捜査の発展につながったと考えられる。身体計測は実施に必要な計測機器の携帯性に優れ、比較的安価かつ簡便に実施することができるため、どのような場所であっても用いることができる長所をもつ。また技術を習得した計測技師による計測値は高い精度 (**Precision**) と正確度 (**Accuracy**) を示すことができる。そのため身体計測は今日では多岐にわたる専門領域で活用される、欠かすことのできないヒトの評価方法・技術となっている。

身体計測が個人や集団の身体サイズ、形状、プロポーションを把握する技術として幅広く活用されている現在、これら身体計測から把握可能な項目と、異なる評価方法から把握できる体組成や栄養状態、発育・発達、そして身体能力などの生理機能を関連付ける科学的なアプローチが取られるようになった。世界保健機関 (**World Health Organization: WHO**) も 1995 年にまとめられた **Expert Committee** による報告書の中で、身体計測は世界中で最も使いやすく、経済的かつ不快感を与えないヒトの身体サイズ、プロポーションそして体組成の計測方法であり、すべての個人や集団におけるパフォーマンスや健康状態の予測に用いることができる手法であると報告している⁷⁾。このような科学的アプローチは **Kinanthropometry** として知られ、これにより研究から蓄積される身体計測に関する多くの知見を臨床的評価基準の策定や予防のための健康教育、専門家から政府に対

する提言などさまざまな形で社会へ還元されている⁸⁾。例えば食生活は栄養不良や疾患の発症に強く関与しているが、これら进行评估する栄養アセスメントとして以外にも快適な住・食環境や各年代に応じた適切な食器や食具のデザインなどにも身体計測は活用できる。これらの情報を元に各年代における適切な食環境の提案や、栄養不良の評価基準の制定、改善に向けた食行動の提案などを行うことが可能である。

身体計測が幅広い学術領域や集団に対して用いられている一方で、身体計測をどのように活用することが可能なのか、また実際に計測から得られた情報を元に社会に発信し政策や対象としている個人や集団に還元するためにはどのようにデータを処理し解釈するべきかといった理解が十分されていない懸念が存在する。**WHO** はこのような状況を改善し、より多くの者が身体計測を適切に活用するための枠組みや解釈の手法を報告している⁷⁾。本稿では身体計測から得られた計測値の活用例として (1) 実測値、(2) 比例値、そして (3) 体組成の推定の観点について紹介する。

(1) 身体計測からの実測値の活用

身体計測の特徴かつ最大の利点は複雑な推定式や費用の掛かる分析装置を用いなくとも計測値そのものから個人または集団の特性进行评估できることである。頻繁に用いられている計測項目には身長や体重、周径、そして皮脂厚が挙げられる。

身長や体重は身体サイズを評価するうえで基本的かつ重要な項目である。身体サイズの増減には加齢が大きく影響している。胎生期から成人期にかけての発育・発達における身長の増加は大腿骨など長骨の伸長を示し、また骨量とともに脳や骨格筋、脂肪組織など他の臓器や組織量の増加は体重の増加として示される。一方で老化に伴う骨量や骨格筋量の減少は体重の減少として表れる。また発育・発達過程における身体サイズの増加には第二性徴の発現時期の違いなどの生物学的性差のほか、個人がもつ遺伝子や取り巻いている環境要因、そして生活習慣が影響している。特に食行動や運動習慣を含む生活習慣は成人期における体重の増減に大きな影響を与えている。身長や体重が全身の身体サイズの増減を示すのに対し、特定の部位における周径はその部位における組織量や臓器のサイズの増減を示す。**Winick** と **Rosso**⁹⁾ は胎児における頭囲の増減が脳の重量や頭蓋骨の容積の増減と関連していることを報告しており、巨頭症や水頭症などを含む大頭症や、小頭症、無脳症などの発達異常の診断にも用いることができる。同様に上腕や下腿における周囲径はこれらの部位における骨格筋量の評価に古くから用いられており¹⁰⁾、6～59か月の子どもや高齢者における栄養状態、特にたんぱく質・エネルギー欠乏症 (**Protein-Energy Malnutrition: PEM**) を評価する指標とされている。また近年の肥満の増加とメタボリックシ

ドローム、循環器系疾患や2型糖尿病などの代謝異常や生活習慣病の発症増加に伴い、これらの健康リスクを示す指標としてウエスト囲やヒップ囲が挙げられている¹¹⁾。そして皮脂厚の計測は個人および人種による遺伝的要因や性別や加齢などの生物学的要因、そして生活習慣によって変動する皮下脂肪組織の蓄積量や分布パターンの評価に用いられている。皮下脂肪組織は総脂肪量の40～60%を占めるといわれており¹²⁾、適切な計測は個人の皮脂厚の推移や集団における平均値やばらつきを示すことができる。

ヒトの発育・発達に伴う身体サイズの変化とその要因は Count Philibert de Montbeillard による息子の成長記録の報告以降、Lambert Adolphe Jacques Quetelet (1796–1874) や Francis Galton (1822–1911), James Mourilyan Tanner (1920–2010), Barry Bogin (1950–) など多くの研究者によって報告されてきた。そして個人ではなく一定の規模の集団に対する身体計測の結果から、現在では臨床の現場で性別や年齢別の標準的な身体サイズを把握し、発育・発達状態、またこれらに影響をおよぼす栄養状態、そして疾病リスクの診断に用いることができる成長曲線やさまざまな基準が作成されている。

現在国際的に広く用いられている主な成長曲線は米国国立保健統計センター (National Center for Health Statistics: NCHS) や米国疾病予防管理センター (Centers for Disease Control and Prevention: CDC), そして WHO によるものである (図1)^{13–18)}。各成長曲線に含まれる項目や年齢層は異なり (表1), 成長曲線の作成に至る統計処理やデータ収集の手法にも違いがある。またこれらの成長曲線を踏まえて対象となる集団のために新たに作成された成長曲線¹⁹⁾ や、各国で実施された調査結果から独自に作成された成長曲線も存在する^{20, 21)}。2006年に発表された WHO Growth Reference はそれまでのものと異なり、生物学的にヒト種がもつ遺伝子発現の可能性が最大になると考えられる環境で育てられたと判断された子どもを対象に、世界6か国 (ブラジル、ガーナ、インド、ノルウェー、オマーンそしてアメリカ) で実施された誕生後24か月までの縦断研究と18か月から71か月の子どもを対象とした横断研究の結果から発表された¹⁶⁾。これにより成長曲線は「どのように発育・発達するか」を理解する目的から、「このように発育・発達すべき」という基準を示し、臨床的な診断に用いることを目的としたツールとなっている。

また妊娠・出産適齢期の女性および妊産婦が適切なエネルギーや栄養素を摂取していない場合、胎児発育遅延 (または胎児発育不全 [Fetal Growth Retardation または Fetal Growth Restriction: FGR]) が引き起こされることが知られている。胎内での不十分な発育・成達は新生児期における死亡リスクを高め²²⁾、さらに Barker ら^{23–25)} は胎内での発育が不十分な新生児は誕生後には肥満や循環器系疾患などのさまざまな疾病の発症リスクを高めるこ

とを報告している。Barker らによって報告された現象は今日 Developmental Origin for Health and Diseases (DOHaD) としてヒトの健康にかかわる重要な要因として認識されている。そのため現在では誕生前からの適切な発育・発達評価の重要性が高まっており、WHO は国際的に活用できる胎児の成長曲線作成の可能性の検証を始めている²⁶⁾。

現在はまだ国際的な胎児に対する成長曲線は作成されていないため、胎内における正常な発育を示す重要な項目として用いられている指標は出生時体重である。国際連合児童基金 (United Nations Children's Fund: UNICEF) と WHO は <2,500 g で生まれた新生児は ≥2,500 g で生まれた新生児と比べて死亡するリスクが20倍高いと報告しており²⁷⁾、<2,500 g の新生児を低出生体重児、<1,500 g を極低出生体重児、<1,000 g を超低出生体重児と基準を定めている²⁷⁾。また低出生体重児と共に出生体重が ≥4,000 g または同じ妊娠期間で生まれた新生児と比べて90パーセンタイル以上の体重で生まれた新生児は巨大児と定義され^{28, 29)}、特に ≥4,500 g で生まれてきた巨大児は新生児期の死亡リスクが高いと報告されている²⁸⁾。

新生児期以降の発育・発達、そして栄養状態の評価には周径によるさまざまな基準が示されている。頭囲を用いた基準には頭蓋骨や脳の発達異常である大頭症を平均値の2標準偏差よりも大きい状態、小頭症を平均値の2標準偏差に達していない状態と定義している³⁰⁾。また WHO は5歳未満の子どもの重度の急性栄養失調の診断と対処の条件に上腕周囲径を用いており、治療を行うべき条件の一つとして <115 mm, 退院の条件の一つとして ≥125 mm を定義している³¹⁾。これらに加えて Mohan ら³²⁾ は上腕周囲径の <8.6 cm と <7.5 cm がそれぞれ出生時体重の ≤2,500 g と ≤2,000 g を反映すると報告し、近年は12か国での共同研究から9～11歳の子どもに対する小児肥満のスクリーニング基準として25 cm が報告されるなど³³⁾、低栄養状態や肥満の指標としての上腕周囲径の有用性が示されている。また上腕や下腿での周径は高齢者における栄養状態の評価にも用いられており、国際的な評価手法である Mini Nutritional Assessment (MNA) では上腕周囲径で <21.0 cm, 下腿周囲径で <31.0 cm を低栄養の基準値としている³⁴⁾。そしてウエスト囲や腹囲など体幹部での周径に対しては内臓脂肪の蓄積やメタボリックシンドローム、循環器系疾患、そして2型糖尿病などさまざまな観点から、また人種や年齢を考慮した診断基準が複数提唱されている^{35–38)}。

皮脂厚ではこれまでに複数の測定部位が定義されているが、表1で示した2007 WHO Growth Reference data for 5–19 years¹⁸⁾ では上腕三頭筋部位 (Triceps skinfold) と肩甲骨下部位 (Subscapular skinfold) が採用され、5～19歳における平均値やパーセンタイルが示されている。現在、皮脂厚をもとにした栄養状態や肥満などの健康リ

ア)

Birth to 36 months: Boys
Length-for-age and Weight-for-age percentiles

NAME _____

RECORD # _____

Published May 30, 2000 (modified 4/20/01).
 SOURCE: Developed by the National Center for Health Statistics in collaboration with
 the National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion (2000).
<http://www.cdc.gov/growthcharts>

イ)

図1 36か月男児の体重パーセンタイル成長曲線と24か月男児の身長パーセンタイル曲線
 ア) CDC Growth Chart で発表された誕生から36か月の男児を対象とした年齢に対する身長および年齢
 に対する体重のパーセンタイル成長曲線とイ) 2006 WHO Growth Reference で発表された誕生から24
 か月の男児を対象とした年齢に対する身長のパーセンタイル成長曲線 (文献^{14,16)} より)。

表1 主要な成長曲線で提供されている項目とその詳細

項 目	1977 NCHS Growth Curves for Children ¹³⁾	2000 CDC Growth Charts for the US ¹⁵⁾	2006 WHO Growth Reference ^{16, 17)}	2007 WHO Growth Reference data for 5-19 years ¹⁸⁾
Weight-for-age	誕生から36か月 2～18歳	誕生から36か月 2～20歳	誕生から24か月 2～5歳	5～10歳
Length-for-age	誕生から36か月	誕生から36か月	誕生から24か月	—
Weight-for-length	誕生から36か月 男児 (49～103 cm) 女児 (49～101 cm)	誕生から36か月 男児 (45～103 cm) 女児 (45～103 cm)	誕生から24か月 男児 (45～110 cm) 女児 (45～110 cm)	—
Stature-for-age	2～18歳	2～20歳	2～5歳	5～19歳
Weight-for-stature *	(思春期前) 男児 (90～145 cm) 女児 (90～137 cm)	男児 (77～121 cm) 女児 (77～121 cm)	2～5歳 男児 (65～120 cm) 女児 (65～120 cm)	—
BMI-for-age	—	2～20歳	誕生から5歳	5～19歳
Head circumference-for-age	誕生から36か月	誕生から36か月	誕生から60か月	—
Arm circumference-for-age	—	—	3～60か月	—
Triceps skinfold-for-age	—	—	3～60か月	—
Subscapular skinfold-for-age	—	—	3～60か月	—

*1977年成長曲線では Weight-for-stature は90～145 cm で年齢が<11.5歳の男児と90～137 cm で年齢が<10.0歳の女児に対して使用可能だが、思春期の早い兆候を見せている子どもに対しては用いることはできない。2000年の成長曲線では年齢や思春期前であることなどの制約は存在しない。この成長曲線は2～5歳の子どもから作成されたが、≥5歳の小さい子供に対しても用いることは可能である。

スクを示す国際的な診断基準は存在しない。しかし小児肥満や小児高血圧、メタボリックシンドロームなどの代謝異常のスクリーニングに活用できる皮脂厚のパーセントイル曲線や基準値は複数の国で発表されている^{39, 40)}。わが国においても上腕三頭筋部位と肩甲骨下部位からの皮脂厚二部位和を用いた性別および年齢別の肥満の診断基準が発表されており⁴¹⁾、若年成人に対して基準値の現在の有用性について検証がされている⁴²⁾。またスポーツパフォーマンスとの関連においても皮脂厚は指標となっており、これまでにさまざまな競技のトップアスリートからの皮脂厚値が報告されている⁴³⁾。

成長曲線やさまざまな身体計測の実測値から発育・発達や栄養状態、健康リスクに関する基準値を設けることで、臨床現場における適切な評価や診断、そして指導や治療を行うことが可能となる。しかし身長や体重などの身体サイズは遺伝子や性別などの生物学的な要因に加えてエネルギーや栄養素の摂取状態、衛生環境、医療技術の発展などの環境要因に大きく影響を受ける。国際的には過去100年間で日本を含めて子どもや成人の身体サイズの増加が報告されている⁴⁴⁻⁴⁶⁾。そのため既存の基準値を用いる際には現代の子どもの発育状況を反映しているかについて考慮する必要がある。また実測値で示された参照値や基準値を用いて診断や評価を行う際には、これ

らの値が今後変更される可能性を認識したうえで活用することが求められる。さらに身体サイズが時代と共に変化している際は、年代間でデータを比較する場合にも注意が必要である。Kagawa ら⁴⁷⁾ はわが国における子どもの成長パターンが1970年代までと1980年代以降で異なることを報告した。またスポーツ競技においても競技に有利となる体格についての知見やそれに基づく選手の選抜、新しいトレーニング法の導入などさまざまな理由でトップアスリートの身体サイズや体格が年代によって変化している競技が存在する⁴⁸⁾。このような際には成長パターンに影響している要因や異なる身体サイズを補正したうえで比較することが求められる。

(2) 身体計測値から算出できる比例値の活用

実測値は多くの場合身体サイズに影響を受け、体格の大きな個人ではそうでない者と比べて周囲や長径、幅径が大きくなると考えられる。そのため身体サイズが極端に異なる個人や集団の間で身体部位の大小、そして身体状況と健康リスクやパフォーマンスとの関連を検証する際には身体サイズを考慮する必要がある。このような際には当該身体部位や身体サイズを補正した指数などの比例値を用いることが必要となる。

鈴木⁴⁹⁾ はすべての実測値は身長または軀幹長に対する

比から指数を算出できるとしているが、現在においても身体サイズの補正に広く用いられている項目は身長である。代表的な指数にはケトレー指数 (Quetelet Index [kg/m^2]) やカウプ指数 (Kaup Index [$\text{kg}/\text{cm}^2 \times 10^4$]) としても知られる Body Mass Index (BMI) や、ローレス指数 (Rohrer Index) と呼ばれているポンデラル指数 (Ponderal Index [$\text{kg}/\text{cm}^3 \times 10^7$]) などが挙げられる。体格指数と総称されているこれらの指数は主に発育状態の評価や過体重、肥満の評価に用いられており、WHO は1997年に BMI を肥満の評価基準に定め⁵⁰⁾、その後体重と体脂肪率や疾病の罹患との関係性が異なることが知られている人種別に柔軟に活用できるように Public Health Action Points を発表している⁵¹⁾。また International Obesity Task Force (IOTF) も子どもの健康状態の評価指標として BMI を提唱し、性別および年齢別の過体重ややせの基準値を発表している⁵²⁻⁵⁴⁾。わが国では日本人の食事摂取基準 (2015年版) で BMI をエネルギーの充足度を示す指標としており、18~49歳 ($18.5 \text{ kg}/\text{m}^2 - 24.9 \text{ kg}/\text{m}^2$)、50~69歳 ($20.0 \text{ kg}/\text{m}^2 - 24.9 \text{ kg}/\text{m}^2$)、そして70歳以上 ($21.5 \text{ kg}/\text{m}^2 - 24.9 \text{ kg}/\text{m}^2$) と年齢を考慮した基準幅を設けている⁵⁵⁾。さらに肥満の指標には BMI のように身長を補正するのではなく同じ性別や年齢における平均的な体重と比較する比例体重という手法が存在し、日本では学童の発育・健康状況を把握することを目的とした学校保健統計調査で性別、年齢別そして身長別標準体重から肥満度 (過体重度) を算出している⁵⁶⁾。

一方で体格指数や比例体重は主に身長と体重から算出されるため、実際の筋肉量や脂肪量などの体組成は反映しない。そのためこれらの指標はあくまでも「重さ」の指標であり、すべての集団に対して疾患の発症につながりかねない過剰な脂肪組織の蓄積を意味する「肥満」を反映する指標として用いることは不適切であることがこれまでに多くの研究者によって指摘されてきた⁵⁷⁻⁶¹⁾。健

康リスクは全身の脂肪量や体脂肪率に加え、内臓脂肪や皮下脂肪、異所性脂肪として知られる脂肪の分布パターンによって異なることが判明している。そのため、現在では全身の肥満状況のみではなく脂肪分布の指標を活用して多角的に評価することが望ましい。脂肪分布の指標としては腹部の脂肪が蓄積する、いわゆる「リング型肥満」と、腰や太もも部に脂肪が蓄積する「洋ナシ型肥満」を判断することが可能なウエスト・ヒップ比や、身体サイズを補正して体幹部の周囲を評価することで体幹部の脂肪の蓄積度を評価できる腹囲・身長比などが広く用いられている。

発育・発達の評価や栄養状態の診断にはほかにも頭囲・腹囲比や下肢・身長比などさまざまな存在する。またプロポーションは特定の競技スポーツのパフォーマンスに影響を及ぼすことが知られており、競技スポーツ選手がもつ身体特性の把握から将来有望な選手の早期育成を目的としたタレント発掘やタレント育成にも活用されている。Ross と Wilson⁶²⁾ が発表したファントム法もプロポーションを評価する際に用いられている手法の一つである。これは身長や体重、体脂肪率、そして各部位の皮脂肪厚や周径、長径、幅径が定義された「ファントム (Phantom)」と呼ばれるユニセックス疑似人体モデル (表2) と比較する手法であり、スポーツ医科学領域において異なる競技種目の選手や同じ競技だが異なる体重別カテゴリーの選手、また異なる競技レベルの選手間の身体特性の違いを検証する際に用いられている。通常はファントムがもつ値と比較をする z -スコアを以下の式によって算出するが、ファントムに与えられている身長 (170.18 cm) を使用した補正值でも比較が可能と考えられる。

ファントム z -スコアの算出式：

$$Z = \frac{V_{\text{adj}} - p}{s}$$

Z ：ファントム z -スコア

V_{adj} ：実測値をファントムの身長 (cm) で補正した値 (i.e. $V = [170.18 / \text{身長}]$)

p ：ファントム平均値

s ：ファントム標準偏差

比例値は多くがシンプルな数式のため簡単に計算でき、また算出に必要な項目が少ないため計測にかかる時間も少なくよい。さらに身体サイズを補正するため異なる年齢や人種など身体サイズが大きく異なる集団で比較を容易にする。一方で指数はそれぞれ示している内容が異なるため、利用する際には解釈を誤らないよう指数について正しい理解をもつことが求められる。

表2 ファントムに与えられている身体特性 (基本項目)

項 目	ファントム平均値 (p)	ファントム標準偏差 (s)
身長 (cm)	170.18	6.29
体重 (kg)	64.58	8.60
除脂肪量 (kg)	52.45	6.14
脂肪量 (kg)	12.13	3.25
体脂肪率 (%)	18.78	5.20
身体密度 (g/cm^3)	1.056	0.011
骨量 (kg)	10.49	1.57
筋量 (kg)	25.55	2.99
残余体重 (kg)	16.41	1.90

Ross と Marfell-Jones⁸⁾ より抜粋

（３）体組成の推定への活用

ヒトを構成している成分を測定する手法を体組成測定と呼ぶ。体組成の測定方法には献体を解剖学および化学的に解析を行う屍体解析をはじめ、身体密度を測定する水中体重秤量法（Under Water Weighing: UWW）などの密度法、体水分量を測定する水分法、骨量とともに脂肪量や骨格筋量を測定できる二重エネルギー X 線吸収法（Dual Energy X-ray Absorptiometry: DXA）などさまざまな手法が存在する。これら直接的または仮説に基づいて間接的に体組成を測定する手法と異なり、身体計測は本来ヒトの組成を評価するための手法ではない。身体計測から体組成を推定する手法はチェコの人類学者であった Jindřich Matiegka (1862-1941) が皮膚と脂肪組織量の推定に体表面積とともに皮脂厚を導入したのが最初と考えられている⁶³⁾。その後脂肪量の評価手法として皮脂厚の計測が広く行われており、計測手法も皮脂厚計（キャリパー）によるキャリパー法に加えて超音波法や近赤外線法が開発されている。

皮脂厚の計測から体組成を推定するには UWW や DXA 法、水分法などから得られた身体密度や体組成の結果から関係性を表した推定式が必要となる。このような推定式は世界中で発表されているが、日本においても1964年に若年成人を対象に皮脂厚からの身体密度の推定式が初めて発表され⁶⁴⁾、その後も多くの研究者がキャリパー法や超音波法から計測した皮脂厚値をもとに数多くの推定式を発表している⁶⁵⁻⁷⁰⁾。これらのうちキャリパー法から発表された主な推定式を表3に示す。身体計測は UWW や DXA 法などと比べて携帯性に優れ、屋外や設備が整っていない環境でも実施することができるため、身体計測値から体組成を推定できることは高い利便性につながる。しかし身体計測で用いる推定式は式が作成された集団と同じ特性をもつ集団に対してのみ適切（Population-specific）であるという欠点があり、特性の異なる集団に対して推定式を用いると過小評価または過大評価につながる。また、推定式が作成された際に計測した皮脂厚部位や使用した計測機器と異なることが推定式を用いた際の誤差を大きくする可能性があるため、特定の推定式を使用する際には同じ部位を計測し、可能な限り同じ計測機器を用いることが推奨される。このような注意事項があるため、適切と思われる推定式が存在しない場合には無理に推定式を用いるのではなく、2部位和や8部位和などの皮脂厚の総和による皮下脂肪組織の量や各部位からの脂肪分布の評価を行うことが望ましい。

また体脂肪率を推定するのではなく、個人がもつ体格から脂肪量や骨格筋の発達具合を評価するアプローチも存在する。この手法はソマトタイプとして知られ、特定の体型に分類することで発育状況や栄養状態、身体能力、疾患の発症リスクや性格と関連付ける研究が行われている。古くは Hippocrates が *Habitus apoplecticus* と *Habitus phthisicus* の2種類の類型と疾患の関係を報告し

たといわれており、その後 Ernest Kretschmer (1888-1964)⁷¹⁾ や William Herbert Sheldon (1898-1977)⁷²⁾ らが精神医学や心理学の領域で用いたが、今日最も広く用いられているのは10項目の身体計測または身長と体重から算出される指数と全身の写真撮影からソマトタイプを算出できる Heath-Carter 法である⁷³⁾。Heath-Carter 法では体格の類型を脂肪組織の蓄積によるふくよかさ具合を示す内胚葉型（Endomorphy）、骨格筋や骨の発達具合を示す中胚葉型（Mesomorphy）、そして体表面積の大きさを示す外胚葉型（Ectomorphy）の3要素に分類し数値化する。ソマトタイプから体組成を推定することはできないが、各要素の変化から最も影響を与える組成の増減を予想することができる。さらに算出されたソマトタイプはソマトチャートと呼ばれる専用の図にプロットすることで個人の体格を視覚的に表すことができる。ソマトタイプを活用することで個人や集団の発育・発達状況や栄養状態の変化、トレーニング効果などを確認でき、また性別や人種、異なる競技種目の選手など異なる集団がもつ体格の違いを比較することができる。

（４）身体計測の活用の際に際しての考慮点

身体計測は長い歴史に加えて携帯性と安価な計測機器、そして簡便性による高い利便性があり、さらに計測値だけでなく指数を算出するなどさまざまな応用できるなど高い汎用性をもつ。そのため幅広い専門領域で身体計測が利用されているが、その過程において Rudolf Martin (1864-1925) が人類学の領域で取りまとめたマルチン式⁴⁹⁾をはじめ、生物学や人間工学、健康医科学の各領域で定められた計測基準が数多く存在する^{7,74-78)}。これらの中には名称が同じであっても定義が異なっているものやその逆の計測項目が存在しており、計測値を比較するに当たり混乱が生じる可能性がある。また計測に用いることができる機器も数多く開発されている。皮脂厚計測に用いるキャリパーでは Harpenden や Lange, Lafayette, Slimguide, 栄研式のほか、アディポメーター（簡易型皮脂厚計）なども存在する。これらの機器は形状や材質が異なるため、消耗しやすさや計測時の正確度に影響をおよぼす可能性がある。そのため計測を行う際には事前にどの計測基準に基づいて実施するか、またどの機器を用いて計測を行うべきかの判断が求められる。そして比較を行う際には比較データがどの定義に基づいて計測がされているのかといった知識が必要となる。これらは指数などの比例値を算出する際にも重要となる。

また身体計測の精度と正確度は計測を行う個人の技術力に大きく影響を受ける。そのため計測者が適切かつ信頼できる水準で計測を行うことができれば、身体計測の長所を活かすことはできない。計測の精度や正確度は個人内（Intra-tester）および個人間（Inter-tester）の測定誤差（Technical error of measurement: TEM）を算出することで把握できる。国際的に認められる個人内

表3 日本人から発表されている皮脂厚からの体組成推定式

発表者および 使用した計測機器	対象者および特性	推 定 式	R*	SEE**
Nagamine & Suzuki (1964) ⁽⁶⁴⁾ ・ミネソタ式キャリ バー ・マルチン式アンソ ロポメーター ・スチール製テープ メジャー ・水置換法	男 性 ・18～27歳 ・96名 ・健康な大学生	BD = 1.0889 - 0.00244 × 上腕三頭筋部皮脂厚	—	0.00999
		BD = 1.0895 - 0.00184 × 肩甲骨下部皮脂厚	—	0.1054
		BD = 1.0904 - 0.00264 × 胸部皮脂厚	—	0.00977
		BD = 1.0863 - 0.00176 × 腹部皮脂厚	—	0.0096
		BD = 1.0872 - 0.00205 × 腋窩腹部皮脂厚	—	0.00883
		BD = 1.0913 - 0.00116 × (皮脂厚2部位和)	—	0.00978
	女 性 ・18～23歳 ・112名 ・健康な大学生	BD = 1.0777 - 0.00174 × 上腕三頭筋部皮脂厚	—	0.01374
		BD = 1.0869 - 0.00268 × 肩甲骨下部皮脂厚	—	0.01179
		BD = 1.0718 - 0.00181 × 胸部皮脂厚	—	0.02273
		BD = 1.0709 - 0.00105 × 腹部皮脂厚	—	0.01409
		BD = 1.0711 - 0.00164 × 腋窩腹部皮脂厚	—	0.01343
		BD = 1.0897 - 0.00133 × (皮脂厚2部位和)	—	0.01175
宮城ら (1994) ⁽⁶⁵⁾ ・栄研式キャリバー ・布製テープメジャー ・比較手法: 水中体 重秤量法	男 性 ・18～22歳 ・推定式の作成に用いた人 数: 160名 ・Cross-validation に用いた 人数: 51名 ・陸上競技, 水泳, バスケッ トボール, ハンドボール, バレーボール, サッカー, ラグビーの競技歴5年以上の 者	BD = 1.11104 - 0.00053 × (胸部 + 腹部 + 大腿前部) - 0.00027 × 腹囲	0.851	0.0051
		BD = 1.11215 - 0.00043 × (胸部 + 腹部 + 肩甲骨下部) - 0.00032 × 腹囲	0.842	0.0054
		BD = 1.12224 - 0.00055 × (腹部 + 上腕三頭筋部 + 大腿前部) - 0.00041 × 腹囲	0.831	0.0056
	女 性 ・18～22歳 ・推定式の作成に用いた人 数: 150名 ・Cross-validation に用いた 人数: 48名 ・陸上競技, 水泳, バスケッ トボール, ハンドボール, バレーボール, ボートの 競技歴5年以上の者	BD = 1.11861 - 0.00054 × (皮脂厚3部位和) - 0.00054 × 腹囲	0.826	0.0062
		BD = 1.11441 - 0.00063 × (腹部 + 上腕三頭筋部 + 大腿前部) - 0.00037 × 腹囲	0.815	0.0065
		BD = 1.11397 - 0.00066 × (腹部 + 肩甲骨下部 + 大腿前部) - 0.00036 × 腹囲	0.809	0.0068
田原ら (1995) ⁽⁶⁷⁾ ・栄研式キャリバー ・スチール製テープ メジャー ・身長計 ・体重計 ・比較手法: 水中体 重秤量法	女 性 ・18～66歳 ・推定式の作成に用いた人 数: 512名 ・Cross-validation に用いた 人数: 46名 (18～44歳) ・約55%が大学生	BD = 1.07406 - 0.00093 × (皮脂厚2部位和)	0.728	0.0096
		BD = 1.07689 - 0.00063 × (皮脂厚3部位和)	0.762	0.009
		BD = 1.07834 - 0.00060 × (皮脂厚3部位和) - 0.00011 × 大腿部皮脂厚	0.763	0.009
		BD = 1.07814 - 0.00086 × (皮脂厚2部位和) - 0.00022 × 年齢	0.747	0.0093
		BD = 1.07931 - 0.00059 × (皮脂厚3部位和) - 0.00015 × 年齢	0.771	0.0089
		BD = 1.08357 - 0.00053 × (皮脂厚3部位和) - 0.00026 × 大腿部皮脂厚 - 0.00019 × 年齢	0.7759	0.0088
		BD = 1.07598 - 0.00092 × (皮脂厚2部位和) - 0.00145 × 体表面積	0.728	0.0096
		BD = 1.07484 - 0.00063 × (皮脂厚3部位和) + 0.00156 × 体表面積	0.762	0.009
		BD = 1.08646 - 0.00083 × (皮脂厚2部位和) - 0.00616 × 体表面積 - 0.00022 × 年齢	0.748	0.0093
		BD = 1.08242 - 0.00058 × (皮脂厚3部位和) - 0.00231 × 体表面積 - 0.00015 × 年齢	0.771	0.0089
田原ら (1995) ⁽⁶⁸⁾ ・栄研式キャリバー ・スチール製テープ メジャー ・身長計 ・体重計 ・比較手法: 水中体 重秤量法	男 性 ・18.6～59.8歳 ・推定式の作成に用いた人 数: 257名 ・Cross-validation に用いた 人数: 45名 (19～60歳) ・約28%が大学生	BD = 1.08584 - 0.00110 × (皮脂厚2部位和)	0.721	0.0104
		BD = 1.08858 - 0.00068 × (皮脂厚3部位和)	0.79	0.0092
		BD = 1.08894 - 0.00064 × (皮脂厚3部位和) - 0.00016 × 大腿部皮脂厚	0.791	0.0092
		BD = 1.09831 - 0.00102 × (皮脂厚2部位和) - 0.00043 × 年齢	0.788	0.0093
		BD = 1.09556 - 0.00062 × (皮脂厚3部位和) - 0.00028 × 年齢	0.815	0.0087
		BD = 1.09890 - 0.00044 × (皮脂厚3部位和) - 0.00059 × 大腿部皮脂厚 - 0.00036 × 年齢	0.825	0.0085
		BD = 1.09102 - 0.00107 × (皮脂厚2部位和) - 0.00343 × 体表面積	0.722	0.0104
		BD = 1.08319 - 0.00069 × (皮脂厚3部位和) + 0.00357 × 体表面積	0.791	0.0092
		BD = 1.10633 - 0.00098 × (皮脂厚2部位和) - 0.00527 × 体表面積 - 0.00044 × 年齢	0.789	0.0093
		BD = 1.09639 - 0.00062 × (皮脂厚3部位和) - 0.00054 × 体表面積 - 0.00028 × 年齢	0.815	0.0087
Kagawa <i>et al.</i> (2006) ⁽⁶⁹⁾ ・ハーベンデン式 キャリバー ・スチール製テープ メジャー ・滑動計 ・身長計 ・体重計 ・比較手法: DXA 法	男 性 ・18～40歳 ・45名 ・海外在住の健康な成人	% BF = 0.376 + 0.402 × 腹部皮脂厚 + 0.772 × 下腿内側部皮脂厚 + 0.217 × 年齢	0.927	2.37
		% BF = -1.268 + 0.142 × (皮脂厚8部位和) + 0.270 × 年齢	0.843	3.07
		% BF = -3.915 + 0.676 × (皮脂厚2部位和) + 0.257 × 年齢	0.86	2.94
		% BF = -26.762 + 0.481 × ウエスト囲 + 0.293 × 年齢	0.648	4.37
Kagawa <i>et al.</i> (2007) ⁽⁷⁰⁾ ・ハーベンデン式 キャリバー ・スチール製テープ メジャー ・滑動計 ・身長計 ・体重計 ・比較手法: DXA 法	女 性 ・18～27歳 ・139名 ・女子大学生	% BF = -4.054 + 0.16 × 上腕三頭筋部皮脂厚 + 0.154 × 腸骨稜部皮脂厚 + 0.281 × 上腕二頭筋部皮脂厚 + 0.263 × 腰囲 + 0.229 × 下腿内側部皮脂厚 - 3.249 × 上腕骨幅 + 0.517 × 上腕周囲 + 0.125 × 腹部皮脂厚	0.935	2.07
		% BF = 9.452 + 0.286 × 上腕三頭筋部皮脂厚 + 0.255 × 腸骨稜部皮脂厚 + 0.569 × 上腕二頭筋部皮脂厚 + 0.190 × 下腿内側部皮脂厚 + 0.123 × 腹部皮脂厚	0.919	2.311
		% BF = 9.981 + 0.673 × 上腕三頭筋部皮脂厚 + 0.228 × 腹部皮脂厚 + 0.165 × 肩甲骨下部皮脂厚	0.887	2.712
		% BF = 11.55 + 0.518 × (皮脂厚2部位和)	0.86	2.99
		% BF = 11.294 + 0.328 × (皮脂厚3部位和)	0.871	2.879
		% BF = 8.848 + 0.151 × (皮脂厚8部位和)	0.914	2.378
		% BF = 9.043 + 0.139 × (身長補正皮脂厚8部位和)	0.911	2.415

*Kagawa *et al.* (2006) および Kagawa *et al.* (2007) では寄与率 (R^2) として記載されていた値から算出。

**Nagamine & Suzuki (1964) ではSEEではなくSDが, 田原ら (1995) ではSEが記載されている。

BD: Body Density, 皮脂厚2部位和: 上腕三頭筋部 + 肩甲骨下部, 皮脂厚3部位和: 上腕三頭筋部 + 肩甲骨下部 + 腹部, 皮脂厚8部位和: 上腕三頭筋部 + 肩甲骨下部 + 上腕二頭筋部 + 腸骨稜部 + 腸骨棘上部 + 腹部 + 大腿前部 + 下腿内側部, 身長補正皮脂厚8部位和: 皮脂厚8部位和 × (170.18/身長), SEE: Standard Error of Estimate, SE: Standard Error.

各項目の単位: 身体密度: g/mL, 体脂肪率: %, 皮脂厚: mm, 周径: cm, 年齢: 才, 体表面積: m², 身長: cm。

TEM は皮脂厚で $\leq 10\%$ ，その他の計測項目で $\leq 2\%$ ，または >0.95 の信頼性係数とされている^{12, 79)}。

適切な身体計測を実施するためには，計測を担当する者は事前に計測技術および関連する知識の習得を目的とした適切なトレーニングを受けることが望ましい。わが国では学校保健統計調査や国民健康・栄養調査など身体計測が含まれている調査が定期的に行われているが，実習形式で必要とする技術と知識を習得できる機会がほとんど存在しない。現在国内では2002年から健康・スポーツ医科学領域の国際基準とされている The International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) による国際身体計測技師認定プログラムが定期的に行われており，2017年10月末の時点で栄養士，管理栄養士，アスレティック・トレーナー，養護教諭，理学療法士や柔道整復師など多岐にわたる職種で ISAK 認定国際身体計測技師として認定を受けている者が24都道府県で活躍している。今後さらに日本国内でも正確かつ信頼できる身体計測値が国内で収集され，ヒトの生活や健康に貢献できる知見の蓄積と実践につながるよう，身体計測を実施する可能性のある者全員に対してこのような技術や知識が習得できる機会の提供が望まれている。

3. おわりに～今後の展望～

Hippocrates がヒトの身体に対して思案してから今日に至るまで数多くのヒトに対する計測手法が考案され，現場に導入されてきた。またこれからも科学技術の進歩に伴い新たにヒトに対する計測手法が考案され，現場に導入される可能性が十分ある。身体計測に関連した技術では20世紀後半にコンピュータ断層撮影 (Computer Tomography: CT) や核磁気共鳴画像法 (Magnetic Resonance Imaging: MRI) などの画像診断技術が確立し，医療現場での内臓脂肪や異所性脂肪の診断や評価が広く行われるようになった。また三次元スキャナーによる体表面積や身体密度の推定への活用の可能性が検証されるようになった。これら革新的な技術からの結果は既存の身体計測項目との関連性が検証され，新しいスクリーニングや診断基準値の作成など身体計測の汎用性がさらに高まっている。また臨床の現場のみならず，構築されたデータベースの分析から顔認証やセキュリティシステムの開発など人間工学への活用や，予防医学や健康教育，ヘルスプロモーション教材の作成なども行われている。このような歴史のある身体計測と革新的な技術の双方を活用することが Kinanthropometry をさらに促進することにつながると考えられる。

今後さらに身体計測が活用され，Kinanthropometry が促進されるためには現在に至るまでの身体計測の歴史的背景を学ぶとともに身体計測の技術が継承されることが重要である。そのうえで，現存するさまざまな測定技術と共に革新的な技術について理解し，これらを組み合

わせてさまざまな可能性を試みる柔軟な発想力が求められている。そのためには現在身体計測を活用しているさまざまな専門領域間での活発な交流や連携も大切になると思われる。専門領域間の垣根をなくし，身体計測という技術を中心とした幅広い専門職の間で連携がされることで，より効率よくまた効果的にヒトの生活や健康に寄与できる有意義な知見を得ることができるようになるものと考えられる。今後のわが国におけるさらなる身体計測の活用が期待される。

文 献

- 1) Stone MH: The cubit: A history and measurement commentary. *J Anthropol*, 2014, 1-11 (2014)
- 2) Jones WHS: Hippocrates, William Heinemann Ltd, London (1931)
- 3) ウィトルーウィウス: ウィトルーウィウス建築書 (東海選書)，東海大学出版社，秦野 (1979)
- 4) Elsholtii IS: Anthropometria, acce/sit doctrina naevorum [in Latin], typis Matthaei Cadorini (1654)
- 5) Buffon G: Histoire Naturelle, generale et particuliere avec la description du cabinet de Roi, *Fourth Supplement*. Imprimerie Royale, Paris (1777)
- 6) Morton SG: Crania americana; or, A comparative view of the skulls of various aboriginal nations of North and South America. To which is prefixed an essay on the varieties of the human species, J. Dobson, Philadelphia (1839)
- 7) WHO Expert committee. Physical status: The use and interpretation of anthropometry. Geneva (1995)
- 8) Ross WD, Marfell-Jones MJ: Kinanthropometry, In: MacDougall JD, Werger HA, Green HJ, eds. *Physiological testing of the high-performance athlete*. Human Kinetics Books, Champaign, 223-268 (1991)
- 9) Winick M, Rosso P: Head circumference and cellular growth of the brain in normal and marasmic children. *J Pediatr*. 74, 774-778 (1969)
- 10) Jelliffe DB: The assessment of the nutritional status of the community (with special reference to field surveys in developing regions of the world). *Monograph Series World Health Organization*. 53, 3-271 (1966)
- 11) World Health Organization. Waist circumference and waist-hip ratio: Report of a WHO Expert Consultation Geneva (2011)
- 12) Wang J, Thornton JC, Kolesnik S, Pierson Jr RN: Anthropometry in body composition. An overview. *Ann NY Acad Sci*. 904, 317-326 (2000)
- 13) National Center for Health Statistics. NCHS Growth Curves for Children: Birth-18 years United States. Hyattsville: National Center for Health Statistics. Report No.: DHEW Publication No. (PHS) 78-1650 (1977)
- 14) Kuczmarski RJ, et al.: CDC growth charts: United States. *Adv Data*. 8, 1-27 (2000)
- 15) Kuczmarski RJ, et al.: 2000 CDC Growth Charts for the United States: Methods and development. *Vital Health Stat*. 11, 1-190 (2002)
- 16) WHO Multicentre Growth Reference Study Group. WHO Child Growth Standards: Length/height-for-age, weight-for-

- age, weight-for-length, weight-for-height and body mass index-for-age: methods and development. Geneva (2006)
- 17) WHO Multicentre Growth Reference Study Group. WHO Child Growth Standards: Head circumference-for-age, arm circumference-for-age, triceps skinfold-for-age and subscapular skinfold-for-age: methods and development. Geneva (2006)
 - 18) de Onis M, Onyango AW, Borghi E, Siyam A, Nishida C, Siekmann J: Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bull World Health Organ.* 85, 660-667 (2007)
 - 19) Wright CM, et al.: Using the new UK-WHO growth charts. *Br Med J.* 340, c1140 (2010)
 - 20) Leung SS, Lau JT, Tse LY, Oppenheimer SJ: Weight-for-age and weight-for-height references for Hong Kong children from birth to 18 years. *Journal of Paediatrics and Child Health.* 32, 103-109 (1996)
 - 21) 田中敏章ほか：日本人小児の体格の評価に関する基本的な考え方, 日本小児科学会雑誌, 115, 1705-1709 (2011)
 - 22) Lawn JE, Cousens S, Zupan J, Lancet Neonatal Survival Steering Team: 4 million neonatal deaths: When? Where? Why? *Lancet.* 365, 891-900 (2005)
 - 23) Barker DJ, Osmond C: Infant mortality, childhood nutrition, and ischaemic heart disease in England and Wales. *Lancet.* 327, 1077-1081 (1986)
 - 24) Barker DJ, Winter PD, Osmond C, Margetts B, Simmonds SJ: Weight in infancy and death from ischaemic heart disease. *Lancet.* 334, 577-580 (1989)
 - 25) Barker DJ, Osmond C, Law CM: The intrauterine and early postnatal origins of cardiovascular disease and chronic bronchitis. *J Epidemiol Community Health.* 43, 237-240 (1989)
 - 26) Meriäldi M, et al.: WHO multicentre study for the development of growth standards from fetal life to childhood: the fetal component. *BMC Pregnancy Childbirth.* 14, 157 (2014)
 - 27) United Nations Children's Fund, World Health Organization. Low Birthweight: Country, regional and global estimates. New York (2004)
 - 28) Chauhan SP, et al.: Suspicion and treatment of the macrosomic fetus: a review. *Am J Obstet Gynecol.* 193, 332-346 (2005)
 - 29) Poon LC, Karagiannis G, Stratieva V, Syngelaki A, Nicolaides KH: First-trimester prediction of macrosomia. *Fetal Diagn Ther.* 29, 139-147 (2010)
 - 30) Menounou A: Head size: is it important? *Adv Clin Neurosci Rehab.* 11, 16-20 (2011)
 - 31) World Health Organization. Guideline: Updates on management of severe acute malnutrition in infants and children. Geneva (2013)
 - 32) Mohan M, Chellani HK, Prasad SR, Kapani V: Intrauterine growth predictors. *Indian Pediatr.* 28, 1299-1304 (1991)
 - 33) Chaput JP, et al.: Mid-upper arm circumference as a screening tool for identifying children with obesity: a 12-country study. *Pediatric Obesity* (2016)
 - 34) Vellas B, et al.: The Mini Nutritional Assessment (MNA) and its use in grading the nutritional state of elderly patients. *Nutrition.* 15, 116-122 (1999)
 - 35) NHLBI Obesity Education Initiative. The practical guide: Identification, evaluation and treatment of overweight and obesity in adults (2000)
 - 36) 松澤祐次ほか：新しい肥満の判定と肥満症の診断基準, 肥満研究, 6, 18-28 (2000)
 - 37) International Diabetes Federation. The IDF consensus worldwide definition of the metabolic syndrome. Brussels (2006)
 - 38) International Diabetes Federation. The IDF consensus definition of the metabolic syndrome in children and adolescents. Brussels (2007)
 - 39) Ramírez-Vélez R, et al.: Triceps and Subscapular Skinfold Thickness Percentiles and Cut-Offs for Overweight and Obesity in a Population-Based Sample of Schoolchildren and Adolescents in Bogota, Colombia. *Nutrients.* 8, E595 (2016)
 - 40) Khadilkar A, Mandlik R, Chiplonkar S, Khadilkar V, Ekbote V, Patwardhan V: Reference centile curves for triceps skinfold thickness for Indian children aged 5 to 17 years and cut offs for predicting risk of childhood hypertension: a multi-centric study. *Indian Pediatr.* 52, 675-680 (2015)
 - 41) 長嶺晋吉：皮下脂肪からの肥満の判定, 日本医師会雑誌, 68, 919-924 (1972)
 - 42) Kagawa M, et al.: Obesity screening for young Japanese males and females using skin fold measurements: the classification revisited. *Asia Pac J Clin Nutr.* 19, 289-293 (2010)
 - 43) Garrido-Chamorro R, Sirvent-Belando JE, Gonzalez-Lorenzo M, Blasco-Lafarga C, Roche E: Skinfold sum: reference values for top athletes. *Int J Morphol.* 30, 803-809 (2012)
 - 44) Padez C: Secular trend in stature in the Portuguese population (1904-2000). *Ann Hum Biol.* 30, 262-278 (2003)
 - 45) Kagawa M, Tahara Y, Moji K, Nakao R, Aoyagi K, Hills AP: Secular changes in growth among Japanese children over 100 years (1900-2000). *Asia Pac J Clin Nutr.* 20, 180-189 (2011)
 - 46) NCD Risk Factor Collaboration (NCD-RisC): A century of trends in adult human height. *eLIFE.* 5, e13410 (2016)
 - 47) Kagawa M, Hills AP: Secular changes in BMI and obesity risk in Japanese children: Considerations from a morphologic perspective. *The Open Obesity Journal.* 3, 9-16 (2011)
 - 48) Norton K, Olds T: Morphological evolution of athletes over the 20th Century. *Sports Med.* 31, 763-783 (2001)
 - 49) 鈴木尚：人体計測—マルチンによる計測法—, 人間と技術者, 東京 (1973)
 - 50) World Health Organization. Obesity: Preventing and managing the global epidemic. Geneva, WHO/NUT/NCD/98.1 (1997)
 - 51) WHO expert consultation: Appropriate body-mass index for Asian populations and its implications for policy and intervention strategies. *Lancet.* 363, 157-163 (2004)
 - 52) Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH: Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *Br Med J.* 320, 1240-1243 (2000)
 - 53) Cole TJ, Flegal KM, Nicholls D, Jackson AA: Body mass index cut offs to define thinness in children and adolescents: international survey. *Br Med J.* 335, 194-201 (2007)
 - 54) Cole TJ, Lobstein T: Extended international (IOTF) body mass index cut-offs for thinness, overweight and obesity. *Pediatric Obesity.* 7, 284-294 (2012)
 - 55) 佐々木敏, 菱田明ほか：日本人の食事摂取基準(2015年版),

- 第一出版 (2014)
- 56) 文部科学省：平成28年度学校保健統計調査 (2017)
- 57) Garn SM, Leonard WR, Hawthorne VM: Three limitations of the body mass index. *Am J Clin Nutr.* 44, 996-997 (1986)
- 58) Ross WD, Crawford SM, Kerr DA, Ward R: Relationship of the Body Mass Index with skinfolds, girths, and bone breadths in Canadian men and women aged 20-70 years. *Am J Phys Anthropol.* 77, 169-173 (1988)
- 59) Deurenberg P, Yap M, van Staveren WA: Body mass index and percent body fat: a meta analysis among different ethnic groups. *Int J Obes.* 22, 1164-1171 (1998)
- 60) Kagawa M, Kerr D, Uchida H, Binns CW: Differences in the relationship between BMI and percentage body fat between Japanese and Australian-Caucasian young men. *Br J Nutr.* 95, 1002-1007 (2006)
- 61) Liu A, *et al.*: Ethnic differences in the relationship between body mass index and percentage body fat among Asian children from different backgrounds. *Br J Nutr.* 106, 1390-1397 (2011)
- 62) Ross WD, Wilson NC: A stratagem for proportional growth assessment. *Acta Paediatr Belgica.* Suppl 28, 169-182 (1974)
- 63) Matiegka J: The testing of physical efficiency. *Am J Phys Anthropol.* 4, 223-230 (1921)
- 64) Nagamine S, Suzuki S: Anthropometry and body composition of Japanese among men and women. *Hum Biol.* 36, 8-15 (1964)
- 65) 佐伯圭一郎, 豊川裕之：皮下脂肪厚計測による体脂肪量推定式作成に関する研究, 日本公衆衛生雑誌, 34, 349-356 (1987)
- 66) 宮城修, 塚中敦子, 松尾浩世, 小川勝之, 桜井佳世, 北川薫：男女スポーツ競技者の身体密度推定式, 体力科学, 43, 415-425 (1994)
- 67) 田原靖昭ほか：日本人成人女子の皮下脂肪厚 3 部位和 (上腕部, 肩甲骨下部及び腹部) と年齢からの身体密度の推定式の検討, 日本公衆衛生雑誌, 42, 84-94 (1995)
- 68) 田原靖昭ほか：日本人成人男子の皮下脂肪厚 3 部位和 (上腕部, 肩甲骨下部および腹部) と年齢からの身体密度の推定式の検討, 日本公衆衛生雑誌, 42, 950-961 (1995)
- 69) Kagawa M, Kerr D, Binns C: New percentage body fat prediction equations for Japanese males. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci.* 25, 275-279 (2006)
- 70) Kagawa M, Kuroiwa C, Uenishi K, Mori M, Hills AP, Binns CW: New percentage body fat prediction equations for Japanese females. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci.* 26, 23-29 (2007)
- 71) Kretschmer E: *Physique and character*, Kegan Paul, Trench, Trubner & Co., Ltd., London (1925)
- 72) Sheldon WH: *Atlas of men. A guide for somatotyping the adult male at all ages*, Gramercy publishing company, New York (1954)
- 73) Carter JEL, Heath BH: *Somatotyping-Development and application*, Cambridge University Press, Cambridge (1990)
- 74) The Committee on Nutritional Anthropometry of the Food and Nutrition Board of the National Research Council: Recommendations concerning body measurements for the characterization of nutritional status. *Hum Biol.* 28, 111-123 (1956)
- 75) Behnke AR, Wilmore JH: Field methods, In: Behnke AR, Wilmore JH, eds. *Evaluation and regulation of body build and composition*. Prentice-Hall Inc., Englewood cliffs, 38-52 (1974)
- 76) 保志宏：生体の線計測法, てらべいあ, 東京 (1989)
- 77) 細谷憲政ほか：日本人の新身体計測基準値 JARD 2001, 栄養評価と治療, 19, 8-81 (2002)
- 78) Stewart A, Marfell-Jones M, Olds T, de Ridder H: International standards for anthropometric assessment (2011), ISAK: Lower Hutt, New Zealand (2012)
- 79) Ulijaszek SJ, Kerr DA: Anthropometric measurement error and the assessment of nutritional status. *Br J Nutr.* 82, 165-177 (1999)

本稿は、第55回大会における主題講演をまとめたものである。