

愛知工業大学大学院経営情報科学研究科

博士論文

ヘルスマネジメントに寄与する

簡便な健康度標準化システムの提唱

Proposal for a Simple Health Standardization System
that Contributes to Health Management

2023年3月

B20802 武山 祐樹

Yuki Takeyama

指導教員 藤井 勝紀 教授

目次

第1章 序論

第1節 研究の目的.....	2
第2節 研究の意義.....	5

第2章 文献研究の概要

第1節 健康経営の取り組みに関する文献.....	8
第2節 肥満の身体機能（運動能力）・企業経営に与えるリスクに関する文献.....	10
第3節 健康指標（BMI, Phase angle）の有効性に関する文献.....	12

第3章 研究方法

第1節 研究の手順.....	15
----------------	----

第1項 BMI変動に伴う身体機能情報への健康リスク分析

第2項 BMI変動に伴う健康度の標準化

第3項 BMI変動に基づく健康度カットオフ値の提唱

第4項 Phase angleによる身体活力レベルを探る

第5項 Phase angleによる身体活力レベル標準化の提唱

第2節 対象および調査・測定方法.....	19
-----------------------	----

第1項 BMI変動に伴う身体機能情報への健康リスク分析

第2項 BMI変動に伴う健康度の標準化

第3項 BMI変動に基づく健康度カットオフ値の提唱

第4項 Phase angleによる身体活力レベルを探る

第5項 Phase angleによる身体活力レベル標準化の提唱

第3節 解析手法.....	24
---------------	----

第1項 BMI変動に伴う身体機能情報への健康リスク分析

第2項 BMI変動に伴う健康度の標準化

第 3 項	BMI 変動に基づく健康度カットオフ値の提唱	
第 4 項	Phase angle による身体活力レベルを探る	
第 5 項	Phase angle による身体活力レベル標準化の提唱	
第 4 節	研究による限界.....	27
第 1 項	対象による限界	
第 2 項	方法による限界	
第 4 章	検討課題 I BMI 変動に伴う身体機能情報への健康リスク分析	
第 1 節	本章の目的.....	29
第 2 節	方法.....	31
第 1 項	対象	
第 2 項	測定項目	
第 3 項	解析手順	
第 3 節	結果.....	33
第 4 節	考察.....	34
第 5 節	まとめ.....	37
第 6 節	図表.....	38
第 5 章	検討課題 II BMI 変動に伴う健康度の標準化	
第 1 節	本章の目的.....	49
第 2 節	方法.....	51
第 1 項	対象	
第 2 項	測定項目	
第 3 項	解析手順	
第 3 節	結果.....	52
第 4 節	考察.....	53

第5節	まとめ.....	56
第6節	図表.....	57
第6章 検討課題Ⅲ BMI変動に基づく健康度カットオフ値の提唱		
第1節	本章の目的.....	63
第2節	方法.....	65
第1項	対象	
第2項	測定項目	
第3項	解析手順	
第3節	結果.....	66
第1項	基本統計量	
第2項	BMI変動における体格情報項目（体脂肪率）の変化傾向	
第3項	BMI変動における健康情報項目の変化傾向	
第4節	考察.....	67
第5節	まとめ.....	69
第6節	図表.....	70
第7章 検討課題Ⅳ Phase angleによる身体活力レベルを探る		
第1節	本章の目的.....	78
第2節	方法.....	80
第1項	対象	
第2項	測定項目	
第3項	解析手順	
第3節	結果.....	82
第1項	高校生における Phase angle の正規性の検定	
第2項	運動部と対照群における Phase angle の比較検討	

第3項	Phase angle の加齢評価チャートに基づく運動部の Phase angle 判定	
第4節	考察.....	84
第5節	まとめ.....	86
第6節	図表.....	87
第8章	検討課題V Phase angle による身体活力レベル標準化の提唱	
第1節	本章の目的.....	95
第2節	方法.....	98
第1項	対象	
第2項	測定項目	
第3項	解析手順	
第3節	結果.....	99
第1項	高齢期における Phase angle の加齢変化の検討	
第2項	Phase angle の加齢標準化チャートの構築	
第3項	Phase angle の加齢標準化チャートに基づく要介護者の Phase angle 判定	
第4節	考察.....	102
第5節	まとめ.....	105
第6節	図表.....	106
第9章	総括	
第1節	要約.....	131
第2節	本研究の結論.....	134
第3節	今後の課題.....	137
引用・参考文献		
論文投稿・Proceeding		
業績一覧		

第 1 章 序論

第1節 研究の目的

日本では、世界でも類を見ない深刻な少子高齢化が進展しており、日本経済を支える現役世代の減少が危機感を煽っている。この現状に対して、国はヘルスマネジメントといった健康管理を基盤とした健康の維持・増進を柱とした施策を講じるに至ったのである。特に、企業従事者や高齢者の対象が多岐にわたっており、主に労働生産性を維持し、健康寿命を延伸して国の活力を向上させているのが現状である。そして、このような施策に対して経済産業省では「健康経営®」が推奨されている。「健康経営®」とは、従業員の健康管理を経営的な視点として捉え、戦略的に実践するものと定義されている。実際には、企業で働く従業員への健康投資を行うことで、従業員の健康維持・増進に伴う労働生産性の向上、また企業の活力向上や一体感を促す。結果的に業績向上、株価向上に貢献し、再度従業員に新たな健康投資を行うといった持続可能な経営システムとして注目されている。また、経済産業省によれば、社会的評価の枠組みとして「健康経営銘柄」、「健康経営優良法人認定制度」の仕組みを構築することで、「健康経営®」に取り組むことが1つのトレンドとなっている。そのトレンドでは、大企業や中小企業も含めて、企業の活力向上を促進する活動を独自に企画することで、「健康経営®」に積極的に取り組んでいるのである。

しかし一方で、定期健康診断の実施結果（2021年、厚生労働省）によれば有所見率は、2017年では54.4%、2021年では58.7%と年々増加傾向を示している。なかでも肥満と関連性が高いとされている血圧や血中脂質、肝機能などの有所見率が他の検査項目に比べて明確に高い傾向が示されている。これは、近年の新型コロナウイルス感染症による身体活動量の低下の影響も考えられるが、労働環境における健康経営の取り組みが十分に浸透していない現状といえよう。確かに、「健康経営®」は中長期的な経営戦略とされており、企業従業員の健康状態が直ぐに改善するわけではない。企業側は従業員の健康施策に取り組んではいるが、企業従業員のヘルスリテラシーが低いことで健康改善を理解する以前の問題点が挙げられる。

つまり、「健康経営®」の推進には、如何にして企業従業員の健康意識を変えていくかが重要なのである。

ヘルスリテラシーの定義については、Sorensen et al (2012)によれば、「健康情報を入手し、理解し、評価し、活用するための知識、意欲、能力であり、それによって、日常生活におけるヘルスケア、疾病予防、ヘルスプロモーションについて判断や意思決定をし、生涯を通して生活の質を維持・向上させることができるもの」と述べている。この定義によれば、健康とは健康情報の「入手」「理解」「評価」「活用（意思決定・行動）」といった能力を有し、そのプロセスを得て獲得するものと考えられる。つまり「健康経営®」では、企業従業員のヘルスリテラシーにおける4つの能力のプロセスにどのように介入し、施策を講じていくのが重要となる。

特に、Nakayama et al (2015)は、日本人は欧州等の各国と比べてヘルスリテラシーが低いとされており、「評価」の次における「活用（意思決定・行動）」の能力が著しく低いとしている。そこで、栗林ら(2017)は、ヘルスリテラシーの改善として、従業員への健康意欲の動機付けを推奨しており、その中に健康行動を変容させるテクニックとして「フィードバック方式」を導入している。それは、企業においては日常的な健康行動のモニタリングや自身の健康情報といった「評価」をいかに迅速、且つ分かりやすく被験者に提供できるかを重要としている。実は、日本企業における健康管理は1年に1度の定期健康診断が多く、特に、働き盛りと言われる40歳以上の対象における内臓脂肪蓄積型肥満の解消を目的とした特定健康診査（メタボ検診）が主流となっている。しかし、この検診では、フィードバックに時間が掛かりヘルスリテラシーの改善には有用ではない。

したがって、ヘルスリテラシーの改善策は簡便な健康度指標が活用できれば、企業従業員に対して日常的に早期にフィードバックが可能となる。実は、BMI (Body Mass Index) は Quetelet (1835) が提唱した体格指数であるが、近年に至って、Key (1972) が体脂肪との密接な相関関係から、肥満の簡便な指標となり得た経緯がある。さらに、BMIは各種疾病との

強い相関関係が指摘され、死亡率とも密接な関係性が認められている。つまり、BMI の 22 付近が標準体重とされ、健康上最重要であることが確立されたのである。しかし、これらは疫学的知見によるもので、BMI と実際の健康にかかわる身体情報との関係性は不透明である。

BMI 以外にも、簡便な健康度指標としてインピーダンス法によって導かれる Phase angle という細胞レベルで判断される身体活力評価指標が有力視されている。上村ら (2019) によれば、死滅細胞は低値、活力のある細胞は高値を示す特性から、がん患者の生存率予測に有効であるとしている。また、Tanaka et al (2019) は、Phase angle の低い高齢者はサルコペニアやフレイルを有しやすいとしており、ロコモティブシンドローム (運動器症候群) との関係性を指摘している。要するに、Phase angle を活用することも、ヘルスリテラシーの改善策を推進することが可能ではないだろうか。しかしながら、Phase angle は人種差や性差に関する報告はされているが、日本人における知見がまだ少ないことが指摘される。故に、Phase angle の簡便な健康度指標としての有効性を追加する必要がある。

このような背景に基づいて、本研究は企業従業員のヘルスマネジメント (健康管理) に寄与できる健康度指標の確立を試みた。この場合、ヘルスリテラシーの改善を推進するためには簡便な健康度指標による速やかなフィードバックシステムが重要である。前項の背景で述べたように、BMI 変動と身体機能情報との関係性について、また、Phase angle と加齢変化の標準化に関する検証は、簡便な健康度指標の有用性を提唱でき、フィードバックシステムの改善が期待できるものである。したがって、BMI と Phase angle の簡便な健康度指標としての有効性を検証し、構築した健康度標準化システムを提唱することで、企業従業員に関わるヘルスマネジメントをサポートすることを目的とするものである。

第2節 研究の意義

日本では企業従業員のヘルスマネジメント（健康管理）として労働安全衛生法により定期健康診断や特定検診（メタボ検診）が義務付けられている。しかし、肥満に関する有所見率が年々増加しており、企業従業員の健康の改善に至っていないことが報告されている。その要因として、栗林ら（2017）は日本人のヘルスリテラシーの低さを挙げており、従業員の健康行動への動機付ける具体的な施策を図ることが重要であるとしている。確かに、定期健康診断では、測定に半日から1日程度の時間を有する。また診断結果は、測定日から約1か月後に企業従業員にフィードバックされる為、大きな遅延時間が生じるのである。そして、特に異常の見られない若年の従業員には数行の記述による所見が示されているだけであり、健康行動へのアプローチは充分ではない。したがって企業では、従業員の健康情報を、迅速に且つ簡便なフィードバックを可能とする新たな健康度の指標が求められているのである。

そこで、最も簡便な健康指標として BMI が挙げられる。BMI は肥瘦度の指標として広く活用されており、各種疾病との密接な関係性があることから非常に有用な健康指標として認知されている。そして、肥満は疾病だけでなく、敏捷性や持久性といった日常における身体機能においても、健康の維持・増進に関する身体機能が低下し、日常生活における事故やケガを誘発する健康リスクを有している（中尾ら、2009）（島田ら、2011）（新永ら、2021）。したがって、肥満者はこれらの健康リスクを抱えていることから、企業などの働く環境においてもアブセンティーズムやプレゼンティーズムを引き起こすことが指摘されているのである。しかし、このような健康リスクが BMI の詳細な変化に伴ってどのように変化するのかは明らかではない。つまり、肥満と身体機能において相関関係や傾向レベルでの関係性しか明らかにされていないため、BMI の変化における厳密な健康度の評価は行えていないのである。そこで、肥瘦度の厳密な区分に対して BMI 変動を活用することで、各身体情報における健康リスクの挙動が明らかとなり、BMI に基づく健康度の評価システムを構築する際の示

唆を得ることができると考える。

また、近年において栄養状態の指標として活用されている **Phase angle** が注目されている。**Phase angle** は、生体電気インピーダンス法（BIA 法）によって非侵襲且つ簡便に測定される身体組成値であり、正確な測定が困難な小児や高齢者、重症者にも有用な指標とされている（吉田ら，2019）。そして **Phase angle** は細胞膜の健全性や筋繊維の密度（筋質）を反映するとされており、がん患者の生存率予測や高齢者のロコモティブシンドロームの判定に有用であることが報告されている。さらに早川ら（2020）では、青年男女を対象に **Phase angle** と握力や上体起こしである運動能力との関係性を明らかにしている。つまり、**Phase angle** は疾病や運動機能の健康度を判断する健康指標としての有効性が確認されている。さらに Fujii et al.（2020）では、**Phase angle** は細胞レベルによる身体活力レベルを反映するとしており、生命力といった概念を具現化したものと考えられる。よって、**Phase angle** を用いることで、真の健康を把握する新たな健康指標として活用できるのではないだろうか。したがって、本研究では **Phase angle** がヒトの身体活力レベルの把握が可能か検証を行う。そして、高齢者を対象に **Phase angle** の加齢変化を詳細に明らかにし、その変化傾向を標準化することで、**Phase angle** を用いた健康度評価システムの構築する際の示唆を得ることができると考える。

以上より、BMI と **Phase angle** といった簡便に測定を可能とする健康度指標における健康度評価システムを提唱することで、企業における「健康経営®」の推進に一助する知見となるであろう。

第2章 文献研究の概要

第1節 健康経営の取り組みに関する文献

「健康経営®」とは、経済産業省により「従業員等の健康管理を経営的な視点で考え、戦略的に実施すること」と定義している（経済産業省、健康経営）。また、1980年代に米国の臨床心理学者 Robert Rosen が「健康な従業員こそが収益性の高い会社をつくる」という思想を提唱した（Robert Rosen, 1994）。これが「健康経営®」の基盤となっている。現在では、日本において大企業を中心に広がり、最近では中小企業へも「健康経営®」の取り組みが積極的に行われている。経済産業省の「健康経営の推進の概要」によれば、健康経営優良法人の認定数は2021年では2299件の大企業、12255件の中小企業が認定されており、年々増加傾向であることが報告されている。

実際の企業での取り組み事例として、SCSK株式会社では、心身ともに健康的な職場環境を実現するために働き方改革運動「スマートワーク・チャレンジ（スマチャレ）」を行っている。スマチャレは、「残業時間の継続的低減」と「有給休暇の取得奨励」を目的とした施策であり、具体的には月の平均残業時間20時間、年次有給休暇取得20日（100%）を目標に掲げた。その結果、平均残業時間は減少、有給休暇取得率は上昇し、業績も増収増益を続けていることが報告されている。さらに、メンタルヘルス不調による休職者数が減少し、働き方改革が心の健康にも良い影響を与えていることが示唆されたとしている。加えて、総合的健康増進施策「健康わくわくマイレージ（わくわくマイル）」を行い、健康増進に資する5つの行動習慣「食事・栄養」「運動」「歯」「アルコール」「タバコ」の実践と、健康診断結果に応じてマイルを付与し、年間を通して獲得したマイルが一定基準を達成した場合にインセンティブを支給することで、社員1人ひとりの行動改善と健康意識の向上を促す制度である。実施した結果、健康に対して高い意識を持つ社員が前年の19%から55%に増加した。ウォーキングや朝食摂取、休肝日の実施率や歯科検診受診率が向上し、喫煙率も20%を下回る結果を得たとしている。

また経済産業省は、健康経営オフィスを推奨している。健康経営オフィスとは、健康を保持・増進する行動を誘発することで、働く人の心身の調和と活力の向上を図り、ひとりひとりがパフォーマンスを最大限に発揮できる場のことを指している。つまり、企業側が健康オフィスといった環境整備に対して投資をし、従業員の心身における健康の改善を促すものである。オフィス環境において従業員の健康を保持・増進する行動は、「快適性を感じる」「コミュニケーションする」「休息・気分転換する」「体を動かす」「適切な食行動をとる」「清潔にする」「健康意識を高める」の7つの分類があり、従業員の心身の調和と活力の向上を図るためには、これらの行動をオフィス内で日常的に誘発させることが重要とされている。

このように、「健康経営®」で行われている施策は多岐にわたるが、ほとんどが職場の環境を整備し、従業員への健康行動への動機付けである。しかし、全ての従業員が健康行動への移行ができていくわけではなく、従業員1人ひとりのライフステージにあった健康施策が必要とされている。そこで近年では、厚生労働省（2013）より、「健康づくりのための身体活動基準 2013」と「健康づくりのための身体活動指針（アクティブガイド）」が発表された。これらは、ライフステージに応じた健康づくりのための身体活動（生活活動・運動）を推進することで健康日本 21（第二次）の推進に資するように定められたもので、多くのエビデンス（科学的根拠）が含まれている。江口ら（2018）によれば、これらのいくつかの基準や考え方は、一貫性が高く矛盾なく国民に伝えられ、活用されなければならない。そのために重要なのは、よりエビデンスレベルが高いことに加え、我が国の身体活動の現状を考慮して策定される必要があるとしている。したがって、今後の健康経営を行うには、より正確なエビデンスが重要になってくることが考えられる。

第2節 肥満の身体機能（運動能力）・企業経営に与えるリスクに関する文献

肥満に関する研究は多く、特に肥満の体格特性における体力に関する身体機能との関係を明らかにしてきた。金ら（1992, 1993）は、中学生の男女（12歳から14歳）において、体脂肪率が25%以上の肥満者を非肥満者との比較から体力・運動能力の特徴を検討した。その結果、肥満者が劣る項目は1000m持久走、50m走、5分間走、斜懸垂などの体重を負荷として身体を移動させる能力を必要とする項目であり、優れる項目は握力と背筋力であったとしている。また、体力要素からみた場合、肥満群では瞬発力、全身持久力が最も劣る傾向を示し、筋力は優れる傾向を示した。また、千葉（2010）は、神奈川県内の男子大学生（357名）の体格測定、体力テスト結果を基に体格、体組成と体力との関連について検討した。その結果、身長の高い者は体重が重たい傾向にあり、そのことが筋力発揮に好影響を与えたとしている。また、体重が重たい者の体脂肪率が高く、これが全身持久力や瞬発力発揮に好影響を与えたと報告した。以上より、肥満者は握力の筋力発揮といった能力において秀でているが、瞬発力、全身持久力である自身の身体を移動させる能力においては脂肪が負荷となることで劣るといった体格特性が明確となっている。

また、肥満は身体の発育や運動能力の発達にも影響がある事が明らかになっている。藤井（1984, 1987）は、小・中学生を対象に、身長、体重、胸囲のデータから肥瘦度の判定を行い、肥満、中等、痩身タイプを類別し、肥満と痩身タイプの体格、運動能力を中等タイプのそれと比較検討することによって、その身体的発育、発達の傾向を把握し、そのうえで体格変量からの回帰、重回帰評価の妥当性検討した。その結果、肥満と痩身の運動能力について、男女共に走・跳能力は小学期の高学年頃から中等タイプよりも劣るが、投能力の差がないことが示された。

このように、肥満は運動能力への影響を与えていることが多く報告されている。そして、これらの運動機能の低下が働く現場において事故やケガを誘因するとして考えられている。

厚生労働省が示している「事業所における労働者の健康保持増進のための指針（THP 指針）」では、健康測定運動機能検査の項目として、労働災害防止の観点から「全身持久力」「筋力」「柔軟性」「敏捷性」「平衡性」「筋持久性」を挙げている。そして、これらの運動機能の低下により、立ち仕事などの一定の強度の運動を長時間継続できなくなることが考えられ、その他にも自身の体重を支えたり保持したりする筋力低下やバランス感覚の欠如により墜落や転落といった重大災害につながるということが報告されているのである。

このように、健康状態による職場での事故やケガにより、企業への生産性を下げるリスクがあると多く報告されている。職場での生産性の低下には、欠勤や休業によるもの（アブセンティーズム）と体調不良の状態ですることによるもの（プレゼンティーズム）とがある。Finkelstein ら（2010）によれば、肥満によって失われる正規社員の生産性の損失は、2006年の医療費と2008年に行ったインターネットによる連邦健康・保険調査でアブセンティーズムとプレゼンティーズムを調べた結果、731億ドルに上ると試算している。

また、Finkelstein ら（2005）では、企業において、肥満の従業員には直接費用と間接費用があることを指摘している。直接費用では、病気休暇手当、欠勤、生産性の低下、離職率の上昇などから生じる金銭的・非金銭的な費用であり、間接費用では、肥満に対応するための職場整理の費用があるとしている。そして、直接費用としてアメリカでのフルタイムの肥満従業員にかかる欠勤のコストは1人当たり年400ドルから2000ドルになるとしている。

Wormald（2006）では、間接費用として極度の肥満従業員には大きいサイズのオフィス機器を用意したり、太った身体に合うように機器設備などの調節をしたりする必要があるとしており、このような間接費用は直接費用の2倍から20倍にもなると推定している。

このように、企業従業員の健康状態による企業側への生産性リスクが明確に示されているのである。したがって、企業従業員における肥満症等の生活習慣病を改善させることは、アブセンティーズムやプレゼンティーズムなどの生産性低下の改善になることが考えられ、健康経営の推進の意義がより明確に示された。

第3節 健康指標 (BMI, Phase angle) の有効性に関する文献

BMIは肥瘦度として簡便で汎用性が高く、世界で最も簡便な健康指標の1つとして挙げられる。元来 Quetelet (1835) が考案した体格指数であり、フランス人、スコットランド人兵士の身長と体重を測定した結果に基づいて、体重は身長²に比例する知見を得た。このことから BMI である体格指数を考案したのである。BMI が肥瘦度指数と成りえたのは近年であり、Key et al (1972), Garrow and Webster (1985) の論文によって支持された功績が大きい。つまり、Quetelet (1835) が考案した意図とは別の意味を持つことになる。その後の研究から男子と女子の間では、肥満に対する BMI の意味が異なり、Wang and Bachrach (1996) によれば、BMI と体脂肪率の相関は女子では $r=0.72$ であったが、男子では $r=0.15$ と低く、BMI が体脂肪量より除脂肪量の影響を強く受けることを報告した。Maynard et al (2001) も発育期の BMI の増大は除脂肪量の変化に大きく依存することを報告している。このような知見から BMI の肥瘦度の指標としての有効性が確立されたと考えられる。さらに、Tokunaga et al (1991) の研究で、30~59 歳の日本人男女およそ 5000 人の健康診断の結果を調査し、BMI=22 が最も異常値が少なかったことが報告されている。また、同じような疫学的研究の BMI と総死亡率との関係を調べた知見では、BMI 値 23~24.9 が最も死亡率が低かったと報告している (Tsugane, 2002)。つまり、標準体重として BMI 値 22~23 付近の体格が提唱されているのである。しかし、BMI と身体機能である運動機能や生理的機能との詳細な関係性は明らかではなく、そのメカニズムについては不透明な点が多いのである。

近年俄かに注目されてきた栄養状態の指標として、BIA 法で簡便に測定できる Phase angle という健康指標がある。この健康指標は、BIA 法による細胞内外液由来のレジスタンス (R) と、細胞膜由来のリアクタンス (Xc) および、R の二乗と Xc の二乗の平方根で表されるベクトル値のインピーダンス (Z) がある。リアクタンス (Xc) は、細胞膜をコンデンサに見立てることで、電圧より電流に時間的に遅れ位相のずれを生む。よって、Phase angle は、Xc

を R で除したアークタンジェント値である。よって **Phase angle** は細胞膜、細胞内液の状態を投射しており、死滅細胞の増加や、細胞透過性の低下状態では **Phase angle** は低値を示し、活力レベルの高い細胞の増大は高値を示す。特に、がん患者の生存率予測に有効であることが報告されている (Gupta et al. 2009)。Tsutsumi et al (2016) は重症患者における重症度と **Phase angle** の相関関係には有意性があるが、その予後指標として有効であるかどうかは一定の結論は示されていないと述べている。しかし、栄養指標としての活用度の高い可能性はヒトの身体活力レベルの高さを示していると推測できる。また、**Phase angle** は、レジスタンス (R) とリアクタンス (X_c) から導出される細胞内外液の関係を投射しているため、筋肉の質的パラメーターとして把握されており (Sardinha, 2018), Yamada et al (2019) によれば、筋肉量増加、筋肉の細胞内液増加で **Phase angle** は増加することを指摘している。特に、Uemura et al (2019) は、高齢者のフレイルやサルコペニアの評価、疾患の予後指標および身体的健康の変化を評価する総合的な指標の可能性を指摘している。実は、栄養指標と見なされる **Phase angle** の研究はそれほど多くはない。例えば加齢に関する研究はほとんどない。Barbosa-Silva et al. (2005) によるアメリカ人の加齢変化が示されている程度である。そのような状況で、Fujii and Hayakawa (2020) は唯一、日本人の学齢期 (小学1年から中学3年) による **Phase angle** の加齢変化を解析し、思春期ピーク (MPV 年齢) を検証した。この知見で、**Phase angle** の MPV 年齢は健康度の臨界点と提示した。つまり、健康度を推し量る規定要因として身体活力を定義すれば、**Phase angle** の加齢変化は身体活力の加齢変化と見なすことができる。そして、その MPV 年齢は身体活力の臨界点と捉えられることになる。

このように **Phase angle** における知見は行われているが、日本人における **Phase angle** の基礎的知見は少なく、**Phase angle** の健康度指標としての有効性を確認する必要がある。

第3章 研究方法

第1節 研究の手順

本研究は、次のような手順に従って進める。まずは、BMIと身体機能情報との関係性を明らかにするために、体力レベルが最も高い水準である若年成人を対象とし、BMIの変化に伴って身体機能情報がどのような挙動を示すのか検証を行う。次に、その肥瘦度における身体機能情報の標準域を明らかにするために、先の検証から明らかになった身体機能情報の挙動を、各BMIの平均値と標準偏差を用いて標準化を試みる。さらに、循環器系疾患の健康指標として用いられている血圧といった生理的機能を加えて同様の身体機能情報における挙動の分析を行い、生理機能・運動機能といった身体機能情報から身体機能低下リスクを最小限に留める体格指数の模索を行うものである。また、新たな健康指標としてのPhase angleの有効性の確認として、健康寿命の延伸にあたって健康管理を重要とする高齢者を対象に、Phase angleの加齢変化を標準化し、身体活力レベルを評価する健康度指標の提唱を行うものである。

第1項 BMI変動に伴う身体機能情報への健康リスク分析

BMIが14から34の者を抽出し、各BMI数値の1単位ごとに身体機能項目の平均値を算出する。



算出した身体機能項目の平均値に対するBMIとの多項式回帰分析を実施し、最小二乗近似多項式を構築する。



構築された最小二乗近似多項式で記述される数値に対して、一次導関数を求めて極値を算出する。



BMI 変動によって従属変化する各身体機能の傾向を解析し、肥瘦度に対する身体情報のリスク分析を試みた。

第2項 BMI 変動に伴う健康度の標準化

対象者から BMI が 14 から 34 の者を抽出し、BMI 数値の 1 単位ごとに身体情報項目の平均値と標準偏差を算出した。



算出した身体機能項目の平均値に対する BMI との多項式回帰分析を実施し、最小二乗近似多項式を構築する。



平均値 \pm 0.5SD 値と平均値 \pm 1.5SD 値にも同様に BMI との多項式回帰分析を行い、最小二乗近似多項式を構築し、5段階の標準化チャートを構築した。



BMI 変動における身体情報項目の変化傾向から健康リスクの程度や傾向を解析した。

第3項 BMI 変動に基づく健康度カットオフ値の提唱

対象から BMI が 14 から 34 の者を抽出し、各 BMI 数値の 1 単位ごとに健康情報項目の平均値を算出する。



算出した健康情報項目の平均値と BMI との多項式回帰分析を実施し、最小近似多項式を構築する。



その構築した最小近似多項式にウェーブレット補間法を適用し、各健康情報項目の BMI の変動における健康情報リスクの傾向を分析した。



分析した結果から、各健康情報項目におけるカットオフ値を模索した。

第4項 Phase angleによる身体活力レベルを探る

Phase angleの高校1年から高校2年までの平均加齢変化値に対して、各学年における正規性の検定を実施する。



一般高校生と強豪運動部をそれぞれ抽出し、各学年における両群の Phase angle を比較する。



一般高校生の Phase angle に対して、高校1年から2年までの期間における最小二乗近似多項式適用の加齢評価チャートを構築する。



構築された Phase angle の加齢評価チャートに、強豪運動部の Phase angle を適用し、Phase angle の分布状況を解析する。

第5項 Phase angleによる身体活力レベル標準化の提唱

一般高齢者の Phase angle における最小二乗近似多項式の構築し、全年齢（60歳～90歳）における加齢変化傾向を分析する。



5歳刻みの年齢軸に対してウェーブレット補間モデルの適用し、60歳から90歳における Phase angle の詳細な加齢変化傾向を分析する。



平均値と3段階標準偏差（ $\pm 1.0SD$ ）に対してウェーブレット補間モデルを適用し、加齢スパン標準化チャートを構築する。



構築された加齢スパン標準化チャートに要介護者を適用し、要介護基準の模索を行った。

第2節 対象および調査・測定方法

第1項 BMI 変動に伴う身体機能情報への健康リスク分析

対象は、2008年から2016年の期間の男子大学生16122名であった。被験者には事前に調査及び測定の内容を説明し、これに対するインフォームドコンセントを得た。被験者に急性及び慢性の疾患を患っているものはいなかった。

身長をタニタ社製のデジタル身長計で計測し、体重・体脂肪率を、BIA法（インピーダンス法）を採用したタニタ社製の身体組成計（DC-320）を用いて計測した。また、身長と体重からは肥満判定として用いられているBMI（体重[kg]÷身長[m]²）を算出した。BIA法における、体脂肪率導出の方法を下記に示す。

$$\text{インピーダンス } (Z) = \rho L / A$$

（ Z ：インピーダンス， ρ ：伝導係数， L ：高さ≒身長， A ：断面積）

上式より、既値の身長情報と合わせて筋肉量を算出し、身体組成計測で最も精度が高いとされているDXA法の測定値に対して、それらを説明変数とする重回帰分析から得られた重回帰式（算出式）をもとに体脂肪率を推定する。

次に、健康の維持・増進に関わる体力の項目として、握力、垂直飛び、反復横跳び、最大酸素摂取量、上体起こし、立位体前屈、閉眼片足立ちを測定した。各測定は以下のような手順で行われた。

- ・握力：直立の姿勢で両足を左右に自然に開き腕を自然に下げ、握力計を身体や衣服に触れないようにして力いっぱい握りしめる。握力計は人差し指の第2関節がほぼ直角になるように握りの幅を調節する。両腕2回ずつ実施し各腕の良い方の記録を採用する。
- ・垂直跳び：立位の姿勢から、自分のタイミングで、反動を使って全力で上方向にジャンプ

- する。地面から振り上げた手先の最高点までの最短の距離を計測する。2回実施して良い方の記録を採用する。
- ・反復横跳び：3本のライン（1m 間隔）を引き，中央のラインをまたいで立つ。「始め」の合図でサイドステップし（ラインを越すかまたは触れるまでステップ），次に中央ラインにもどり，さらに反対側にサイドステップする。上記の運動を 20 秒間繰り返し，ラインを通過するごとの回数を数える。2回実施して良い方の記録を採用する。
 - ・最大酸素摂取量（自転車エルゴメータによる持久力テスト）：計測にはコンビウエルネス社製エアロバイク 900U-ex にあらかじめプログラムされている「体力（全身持久力＝心肺・循環器系の能力）テスト」を利用する。年齢，性別，体重を入力して 1 分間安静のち 9 分間ペダリングを行う。同時に運動中の脈拍をイヤースエンサーで検出し，脈拍の上がり方とペダリング時の運動量との関係から最大酸素摂取量（ml/kg/min）を推定する。
 - ・上体起こし：仰臥の状態で両手を軽く握り，両腕の胸の前で組む。両膝の角度を 90° 程度に保つ。補助者は，被測定者の両膝をおさえ固定する。「始め」の合図で，仰臥姿勢から両肘と両大腿部がつくまで上体を起こす。そして素早く開始時の仰臥姿勢に戻す。これを 30 秒間繰り返し，その回数を記録する。
 - ・立位体前屈：昇降運動用踏み台などに利用するマルチボックスの上に乗る，立位で前屈を行い，-20cm～+35cm の測定範囲となっているフレクシオンデジタル前屈計を使用した。測定単位は，マルチボックスより下に行けば+表示，上であれば-表示で示している。2回実施して良い方の記録を採用する。
 - ・閉眼片足立ち：両目を閉じ，両手を腰に当てて，左右どちらでも立ちやすい側の足で片足立ちになる。上げた足は軸足には触れないようにしたままバランスをとる。その状態で最大 180 秒計測し，軸足がずれたり，上げた足が床に着いたりした場合，その時間を記録する。2回実施して良い方の記録を採用する。

第2項 BMI変動に伴う健康度の標準化

対象は、2008年から2016年の期間の男子大学生16122名であった。被験者には事前に調査及び測定の内容を説明し、これに対するインフォームドコンセントを得た。被験者に急性及び慢性の疾患を患っているものはいなかった。

身長をタニタ社製のデジタル身長計で計測し、体重・体脂肪率を、BIA法（インピーダンス法）を採用したタニタ社製の身体組成計（DC-320）を用いて計測した。また、身長と体重からは肥満判定として用いられているBMI（体重[kg]÷身長[m]²）を算出した。健康の維持・増進に関わる体力の項目として、握力、垂直跳び、反復横跳び、上体起こし、最大酸素摂取量（コンビ社製 900U-ex）を測定した。

第3項 BMI変動に基づく健康度カットオフ値の提唱

対象は、2008年から2016年の期間の男子大学生16122名であった。被験者には事前に調査及び測定の内容を説明し、これに対するインフォームドコンセントを得た。被験者に急性及び慢性の疾患を患っているものはいなかった。

体格項目として、身長をタニタ社製のデジタル身長計で計測し、体重・体脂肪率を、BIA法（インピーダンス法）を採用したタニタ社製の身体組成計（DC-320）を用いて計測した。また、身長と体重からは肥満判定として用いられているBMI（体重[kg]÷身長[m]²）を算出した。

ヒトの生理的機能に関する測定では、血圧（収縮期、拡張期）を、オムロン社製HEM-104を用いて計測した。また、各項目ですべてのデータが揃っている者を使用した。

第4項 Phase angleによる身体活力レベルを探る

対象は、2018年から2019年の期間のK県の某高校1年、2年生（男子高校生159名、女子高校生193名）であった。被験者に対して生年月日の調査も行い測定日での厳密な年齢を算出した。被験者とその保護者には事前に調査及び測定の内容を説明し、これに対するインフォームドコンセントを得た。被験者に急性及び慢性の疾患を患っているものはいなかった。

体格項目として、身長をタニタ社製のデジタル身長計で計測し、体重・体脂肪率を、BIA法（インピーダンス法）を採用したタニタ社製の身体組成計（MC-780）を用いて計測した。また、身長と体重からは肥満判定として用いられているBMI（体重[kg]÷身長[m]²）を算出した。さらに、タニタ社製の身体組成計（MC-780）によって測定された抵抗値（レジスタンス；R、リアクタンス；Xc、インピーダンス；Z）を用いてPhase Angle（PhA）を算出した。下記にPhA導出の方法を示す。

Phase angleは、リアクタンスをレジスタンスで割ったアークタンジェントの値である。したがって、Phase angleは以下の式を用いて算出した。

$$\text{Phase angle} = -\text{Arctangent} \times Xc/R \times (180^\circ)/\pi$$

Phase angleの測定原理は、細胞膜といったコンデンサにおける交流電流を流した時の電流と電圧の位相差を表している。この交流電流は周波数によって電流の流れる経路に違いが生じ、周波数の低い交流は細胞外液を通過し、周波数が増加するに従って電流は細胞膜を通過するようになり、リアクタンスが高くなる。周波数を変更しながらリアクタンスとレジスタンスをプロットすると円弧を描く。したがって位相差は角度として測定ができ、その角度がPhase angleである。また、Phase angleは最小で0° から最大で90° の値を持ち、リアクタンスが増加すればPhase angleは増加し、リアクタンスが減少すればPhase angleも比例的に減少する。

第5項 Phase angleによる身体活力レベル標準化の提唱

対象は、某自治体で行っている介護予防教室に参加している健康な一般高齢者男性57名、女性144名と某デイサービス施設を利用している要介護高齢者男性5名、女性13名であった。被験者には事前に調査及び測定の内容を説明し、これに対するインフォームドコンセントを得た。

身長は、デジタル身長計（タニタ社製）を用いて測定した。体重とレジスタンス（R）、リアクタンス（Xc）、インピーダンス（Z）は、BIA法を採用したTANITA社製MC-780を用いて測定を実施した。

第3節 解析手法

第1項 BMI 変動に伴う身体機能情報への健康リスク分析

対象者からBMIが14.0から34.9の者を抽出し、BMIの14.0から14.9の者を14.5、15.0から15.9の者を15.5・・・34.0から34.9の者を34.5とするBMIの1単位ごとにおける変動軸を設定し、身体情報項目の平均値と標準偏差を算出した。BMIと各身体情報項目の平均値との多項式回帰分析を実施し、2次から6次までの最小二乗近似多項式を構築した。そして、赤池情報量基準（AIC：Akaike Information Criterion）により妥当な次数の最小二乗近似多項式を導き出した。妥当と判断された次数における最小二乗近似多項式の1次導関数を算出することで速度の挙動を明らかにし、BMI変動に対する各身体情報の健康リスク傾向を解析した。

なお本研究におけるBMIに対する各身体情報の多項式回帰分析による妥当な次数の最小二乗近似多項式の導出方法を下記に示す。

多項式回帰は一般的には2変量における回帰分析による回帰直線が適用される。しかし、2変量における回帰分析でも1次の関係より2次以上の関係がより妥当と判断される場合もある。そのような場合には、2次、3次、4次等の近似多項式が適用されることがある。本研究において、BMIに対する身体情報項目の多項式回帰の決定について、2次から6次までの次数の妥当性は、赤池情報量基準（AIC）を適用して確認した。AICの算出式を以下に示した。最適な次数についてはAIC値が最も小さい値を採用した。

$$AIC = n \log(2\pi \times RSS/n) + n + 2k$$

(logは自然対数、nはサンプル数、kは説明変数の数、RSSは残差平方和)

第2項 BMI変動に伴う健康度の標準化

先の検証にて明らかになった各身体機能情報に加え、BMIと各身体情報項目の平均値±0.5SD、±1.5SD値にも多項式回帰分析を行い、最小二乗近似多項式を構築することで、5段階平均値評価法を用いた標準化チャート（+1.5SD以上を“高い”，+1.5SD未満から+0.5SD以上を“やや高い”，+0.5SD未満から-0.5SD以上を“標準”，-0.5SD未満から-1.5SD以上を“やや低い”，-1.5SD未満を“低い”）を構築した。そして、構築した標準化チャートを用いることによるBMIに対する身体情報を評する健康指標を提唱した。

第3項 BMI変動に基づく健康度カットオフ値の提唱

対象からBMIが14から34の者を抽出し、各BMI数値の1単位ごとに健康情報項目の平均値を算出する。そして、算出した健康情報項目の平均値とBMIとの多項式回帰分析を実施し、最小近似多項式を構築する。その構築した最小近似多項式にウェーブレット補間モデルを適用し、各健康情報項目のBMIの変動における健康情報リスクの傾向を分析した。さらに、分析した結果から、各健康情報項目におけるカットオフ値を模索した。

ウェーブレット補間モデルとは、身長や体重などの発育のピーク年齢（MPV : Maximum Peak Velocity）など局所的事象を詳細に記述するために、与えられた時系列データにウェーブレット関数を適用することで補間データを再構築する手法である。ウェーブレット補間モデルは、このような局所的事象を敏感に読み取るために、元データを極めて高い精度で近似できることが報告されている。

第4項 Phase angleによる身体活力レベルを探る

Phase angleの高校1年から高校2年までの平均加齢変化値に対して、各学年における正規性の検定を実施する。正規性の検定にはデータの分布から尖度と歪度を検討する方法があるが、本研究では実際のPhase angleの頻度分布から正規分布関数を適用して解析を行った。Phase angleの正規分布関数から導かれた理論値と実測値との間で χ^2 検定を行い、有意差を把握することで正規性を確認するものである。そして、一般高校生と運動部において各学年における両群のPhase angleを平均値の差の検定としてt検定による比較検討を行った。また、一般高校生の対照群におけるPhase angleに対して、高校1年から2年までの期間における最小二乗近似多項式適用の加齢評価チャートを構築した。構築されたPhase angleの加齢評価チャートに運動部の個々のPhase angleを適用し、個々でのPhase angleの分布状況を解析した。

第5項 Phase angleによる身体活力レベル標準化の提唱

BIA法に基づいてPhase angle値を算出し、一般の高齢者におけるPhase angle（全身・下肢）に対して最小二乗近似多項式を構築し、高齢期の60歳から90歳までの加齢変化を検討した。そして、Phase angleの各年齢区分を明確にした年齢軸に対してウェーブレット補間モデルを適用することにより、加齢を考慮したPhase angleの評価を可能とする、加齢スパン標準化チャートを5歳刻みで構築した。最後に、構築されたPhase angleの加齢スパン標準化チャートに要介護高齢者女性を適用し、Phase angleの分布状況の解析を行った。

第4節 研究による限界

第1項 対象による限界

本研究では、若年成人として愛知県内の某大学の学生、高校生については神奈川県某高等学校の生徒、高齢者では福島県内の某健康教室、某介護施設の者を対象とした。つまり、各対象は、基本的には一般者として取り扱ったものの、所属の地域性や専攻学部の特徴などは考慮に入れずに検証したことになる。また、コロナ禍の事もあり企業従業員を対象とした測定が困難であったため、本研究にて壮年期の者は充分には扱えていない。

本研究による結論は、これらの対象による限界に基づいて述べている。

第2項 方法による限界

ヘルスマネジメントでは、身体的な側面と精神的な側面から健康管理を行うものである。しかし、本研究では、健康リスクとして、主に、身体的・生理的な特徴、および体力・運動能力の特徴から検討しているため、ヘルスマネジメントの在り方を全般的な観点から捉えて提供できているわけではない。

本研究の結果は、これらの方法による限界に基づいて述べている。

第4章
検討課題 I
BMI 変動に伴う身体機能情報への
健康リスク分析

第1節 本章の目的

企業内では肥満対策が急務となってくる。三浦（2015）は成人肥満の血圧や循環器疾患に対する健康リスクの高さへの警鐘を鳴らしている。また、古郡（2010）によれば肥満者は企業内での事故やケガが多く、その要因は、標準体重の者と比べ身体能力低下へのリスクを指摘している。つまり、健康意識を優先するのであれば、肥満の解消とともに、身体機能低下へのリスクを最小限に抑えることが必要である。しかし、肥満は疾病ではないので肥満のカットオフ値はないのである。要するに肥満の程度による各種身体機能情報の変化と疾病へのリスクについてはよくわからない点が多い。

近年、肥満の程度を簡便に評価する方法としては BMI や BIA (Bioelectrical Impedance Analysis) 法が有用である。特に、BMI は肥満の指標として簡便で汎用性が高いが、実は BMI の意味は不明な点が多い。BMI は元来 Quetelet (1835) が考案した体格指数である。彼はフランス人、スコットランド人兵士の身長と体重を測定した結果に基づいて、体重は身長²に比例する知見を得た。このことから BMI である体格指数を考案した。しかし、実は、BMI の本質的な意味は不明瞭な点が多いのである。近年、BMI が肥瘦度指数と成りえたのは、Key et al (1972)、Garrow and Webster (1985) の論文によって支持された功績が大きい。つまり、Quetelet (1835) が考案した意図とは別の意味を持つことになる。その後の研究から男子と女子の間では、肥満に対する BMI の意味が異なり、Wang and Bachrach (1996) によれば、BMI と体脂肪率の相関は女子では $r=0.72$ であったが、男子では $r=0.15$ と低く、BMI が体脂肪量より除脂肪量の影響を強く受けることを報告した。Maynard et al (2001) も発育期の BMI の増大は除脂肪量の変化に大きく依存することを報告している。このような知見から BMI の肥瘦度の指標としての意味が確立されたと考えられるが、BMI は身体の周囲径との相関も高いことを Gallagher (1996) は指摘している。

そこで、BMI の導出過程から再度その本質的な意味を考えることにする。BMI の算出式は

以下のとおりである。

$$BMI = \text{体重}(kg) / \text{身長}(m)^2$$

以下の式は黒木（2007）による発案であるが、この式の展開は BMI が身長に対する体の太さに比例する事を意味する。

$$\frac{\text{体重}(kg)}{\text{身長}(m)^2} \propto \frac{\text{高さ} \times \text{断面積}}{\text{高さ} \times \text{高さ}} \propto \frac{\text{高さ} \times \text{腹囲} \times \text{腹囲}}{\text{高さ} \times \text{高さ}} = \frac{\text{腹囲}^2}{\text{高さ}}$$

（ \propto は比例を意味している）

このように、腹囲の2乗に密接な関係が導かれた点は、BMI がメタボリックシンドロームの基準として採用された本質的な意味を反映していると考えられる。また、藤井（2017）においても、性差に関係なく、腹囲と BMI は高い相関関係（ $r=0.83$ ）にあるとしている。この意味は BMI が身体各部の周囲径との密接な関係を示すものであるが、実は体脂肪率よりも健康リスクを明確に示すのである。BIA 法で測定された体脂肪率は内臓脂肪と皮下脂肪の総和として算出されており、様々な健康要素に直接作用する内臓脂肪だけを取り扱っていないのである。その為、体脂肪率は、健康要素との相関傾向は示されるが、BMI ほどの明確な健康リスクは示されていない。したがって、体脂肪率よりも BMI の方が健康要素との高い相関関係にあることが推測されるのである。

そこで本研究では、BMI の変動によって身体機能情報がどのように変化するものか、その事象を解明し、肥瘦度による身体機能情報を詳細に把握する。そして、身体機能情報の肥瘦度に対する健康リスクを明確化し、新たな BMI の本質的な意味を見出すものである。

第2節 方法

第1項 対象

本研究では、某大学の男子学生 16122 人の身体機能情報項目として、身長、体重、BMI を含め、握力、垂直飛び、反復横跳び、最大酸素摂取量、上体起こし、立位体前屈、閉眼片足立ちの測定を実施した。測定結果のデータから、平均値±3SD 値以上の外れ値を除いたもの 16029 人が抽出された。被験者には事前に調査及び測定の内容を説明し、これに対するインフォームドコンセントを得た。被験者に急性及び慢性の疾患を患っているものはいなかった。

第2項 測定項目

体格項目として、身長をタニタ社製のデジタル身長計で計測し、体重・体脂肪率を、BIA 法（インピーダンス法）を採用したタニタ社製の身体組成計（DC-320）を用いて計測した。また、身長と体重からは肥満判定として用いられている BMI（ $\text{体重}[\text{kg}] \div \text{身長}[\text{m}]^2$ ）を算出した。健康の維持・増進に関わる体力として、身体機能情報項目である、握力、垂直飛び、反復横跳び、最大酸素摂取量（コンビ社製 900U-ex）、上体起こし、立位体前屈、閉眼片足立ちを測定した。

第3項 解析手順

対象者から BMI が 14.0 から 34.9 の者を抽出し、BMI の 14.0 から 14.9 の者を 14.5、15.0 から 15.9 の者を 15.5・・・34.0 から 34.9 の者を 34.5 とする BMI の 1 単位ごとにおける変動軸を設定し、身体機能情報項目の平均値と標準偏差を算出した。BMI と各身体機能情報項目の

平均値との多項式回帰分析を実施し、2次から6次までの最小二乗近似多項式を構築した。そして、赤池情報量基準（AIC : Akaike Information Criterion）により妥当な次数の最小二乗近似多項式を導き出した。妥当と判断された次数における最小二乗近似多項式の1次導関数を算出することで速度の挙動を明らかにし、BMI変動に対する各身体機能情報項目の健康リスク傾向を解析した。

第3節 結果

身体機能情報項目における各 BMI 値の算出した平均値に対して最小二乗近似多項式を構築し、最小二乗近似多項式の 1 次導関数を算出することで速度の挙動を明らかにすることで各身体機能情報の臨界点や変曲点を明らかにした。そして BMI 変動における各身体機能情報の変化傾向を解析した。その結果、体脂肪率の変化傾向は、痩身から肥満に移行するにつれて一定に上昇する傾向を示した (図 1)。次に握力の変化傾向は、BMI 値 24.6 までは上昇傾向を示した。そして、BMI 値 24.6 以降はほとんど変化がなく、微量な増減を示した (図 2)。垂直跳びでは、BMI 値 20.0 までは上昇傾向を示した。そして、BMI 値 20.0 を臨界点とし、臨界点以降は BMI 値の上昇と共に減少する傾向を示した (図 3)。反復横跳びでは、BMI 値 20.1 までは上昇傾向を示した。そして、BMI 値 20.1 を臨界点とし、臨界点以降は BMI 値の上昇と共に減少する傾向が示された (図 4)。上体起こしでは、BMI 値 21.6 までは上昇傾向を示した。そして、BMI 値 21.6 を臨界点とし、臨界点以降は BMI 値の上昇と共に減少する傾向が示された (図 5)。立位体前屈では、BMI 値 22.7 までは上昇傾向を示した。そして、BMI 値 22.7 を臨界点とし、BMI 値 22.7 以降は BMI 値の上昇と共に滑らかな減少傾向を示した (図 6)。最大酸素摂取量では、BMI 17.3 まで上昇していく傾向を示した。そして、BMI 17.3 を臨界点とし、臨界点以降は最大酸素摂取量が下降していく傾向を示した (図 7)。閉眼片足立ちでは、BMI 値 19.5 までは上昇傾向が示した。そして、BMI 値 19.5 を臨界点とし、臨界点以降は BMI 値の上昇と共に減少傾向を示した (図 8)。

第4節 考察

本研究では、筋力、敏捷性、筋持久力、柔軟性、平衡性、全身持久力といった健康の維持・増進に関する体力における身体機能情報項目を用いて、BMI変動に伴う身体機能情報項目の健康リスク分析を行った。まず、筋力の項目である握力では、BMI値25.8までは上昇傾向が見られたが、それ以降は変化がほとんど示されなかった。確かに、千葉（2010）は、握力と体脂肪、体重との間に正の相関関係があることを報告しており、体脂肪が多い者や体重が重い者は筋力が高くなる傾向にあるとしている。しかし、本研究において詳細に握力の変化傾向を分析した結果、BMI値25.8の時に臨界点を示し、その点以降における握力の上昇は示されなかった。これは、千葉（2010）の研究での被験者数（ $n=333$ ）が本研究より少なく、相関レベルでの検証しか行えていない為、変化傾向を正確に把握することが出来ていないことが考えられる。実際に、日本人の体格はBMI値20付近の時に正規分布を示すとされており、BMI値30以上の者の割合は5%程度であるため、本研究のようにBMIを詳細に分析するためには約1万人以上のデータが必要なのである。よって、本研究により示された握力の臨界点は、新たな知見であると考えられる。次に、筋力以外の身体機能情報項目に関する測定項目について、各項目の臨界点前後において、BMIの変動に伴い減少する傾向が示された。その中でも全身持久力である最大酸素摂取量の臨界点が他の種目に比べ早くなる傾向が示された。その要因として出村ら（2011）は、全身持久力に関する項目は、体脂肪率が高いほど記録が低くなる傾向であることを明らかにしている。今回の研究において、BMIの上昇に伴い体脂肪率も上昇傾向（図1）を示しており、最大酸素摂取量の項目における記録の減少は体脂肪率の上昇と関連性があると考えられる。また、垂直跳び、反復横跳び、上体起こしについて、三島ら（2012）は脂肪の増大がスピード、敏捷性、瞬発力といった運動能力発達を抑制する可能性があることを報告している。それに加え、横谷ら（2013）は反復横跳びや上体起こしといった項目は体幹部の筋肉量と相関がある結果を導いている。つまり、垂直跳び、

反復横跳び, 上体起こしの項目は, 最大酸素摂取量と同様に体脂肪率の影響を受けることが考えられ, 体脂肪だけでなく身体の筋肉量との関係性があることが判断できる。したがって, 垂直跳び, 反復横跳び, 上体起こしの項目よりも最大酸素摂取量の臨界点が最も早く出現したのだと考えられる。そして, 平衡性である閉眼片足立ちは, 片脚という不安定な状況で身体を支持しなければならないため, 体重や体型に見合った身体支持能力つまり下肢や体幹の筋力が十分に確保されていることも重要であるとされている(山崎ら, 2016)。よって, 肥満者や痩身者の体重当たりの筋力の低さや体型による不安定さが影響したため, 標準的な BMI 値付近で臨界点が示されたのだと考える。最後に柔軟性である立位体前屈では, 河野(1993)や千葉(2010)は, 柔軟性は個人の関節の資質であり, 体型や体格の影響は受けにくいと報告している。確かに, 本研究でも BMI が 20~29 付近までは臨界点である 8cm 付近に分布しており柔軟性が変わらない傾向である。しかし BMI が 30 以上の重度肥満者や 18 以下の痩身者において明らかな低下傾向を示しているのである。この傾向は筋力と同様に, 体系のタイプ(痩身, 標準, 肥満)ごとの平均値における比較検証ではなく, 本研究の BMI 数値の 1 区切りごとの詳細な検証により明らかになったものであると考える。

本研究での対象者は男子大学生であり, 若年の成人を扱っている。そして, BMI 値 25 以上の肥満者, 特に BMI 値 30 以上の重度肥満者は, 身体についての過剰な脂肪が負荷となり, 瞬発力, 筋持久力, 全身持久力, 敏捷能力, 平衡能力などの機能を低下させ, 事故やケガを増加させる事が示唆された。痩身者においても, 肥満者ほどではないが健康リスクの増加傾向が示されている。しかし, 企業に従事するには, 20 歳から 70 歳まで病気やケガがなく健康的に働くことが望まれる。つまり, 肥満や痩身を解消し, 標準的な体格を獲得することで, 加齢によりさらに上昇する身体的健康リスクを抑えることが重要である。実際に BMI 変動に基づく身体機能情報の変化傾向から判断すると, BMI 値 18~23 付近において, 垂直跳び, 反復横跳び, 上体起こし, 立位体前屈, 最大酸素摂取量, 閉眼片足立ちの臨界点が示された。つまり, BMI 値 18~23 程度の値であると高水準であり理想的な数値であることを示唆して

いる。そして、肥満群との比較を行うことで、身体的健康リスクの大きな差が明確となる。つまり、その差がケガの確率を上げるだけでなく、職場における生産能力の差を出現させるのである。したがって、標準的な体格における、BMI 値 18～23 程度の範囲が企業従業員における妥当な体格になるのではないだろうか。

本研究により導かれた知見は、BMI の 1 単位ごとにおける身体機能情報項目の変化率を基に、健康リスクの分析を行うことで明らかにしたものである。つまり、BMI と身体機能情報項目の関係構図において、これまでは相関や傾向レベルでしか理解されていない。しかし、本研究の解析により、さらに詳細な関係構図を明らかにしたのである。よって、BMI とは単に肥満の程度を把握するための指標ではなく、BMI の数値の変化から健康リスクの傾向を可視化し、簡易に健康リスクの把握を可能とするものである。そして、BMI の指標によって肥満の程度を捉え、将来的な疾病やケガのリスクを把握することで、個人の健康管理をより簡易化し、肥満のヘルスマネジメントの確立に貢献できるのではないだろうか。

第5節 まとめ

本研究は、BMI変動による身体機能情報項目の変化傾向を分析することで、BMIの本質的な意味を明らかにするものである。そして、肥満へのヘルスマネジメントの確立を試みた。その結果、肥満者や痩身者は、各身体機能を低下させ、事故やケガを増加させる事が示唆された。そこで、企業従業員における妥当な体格を算出したところ、BMIが18~23程度の範囲が妥当な体格であることが導かれた。この基準は、これまでの肥満に関する多くの知見よりも非常に厳密な解析を行っているため、本研究によって導かれた知見は貴重であると考えられる。また本研究により、BMIとは肥瘦の度を把握するための指標ではなく、BMIの数値の変化から健康リスクの傾向を可視化し、簡易に健康リスクの度を把握することを可能とするものであることが明らかとなった。したがって、BMIの指標によって肥満の度を捉え、さらに将来的な疾病やケガの健康リスクを把握することで、個人の健康管理をより簡易化し、肥満のヘルスマネジメントの確立に貢献できるのではないだろうか。

第6節 図表

表1 体脂肪率と身体機能情報における統計値（体脂肪率，握力，垂直跳び，反復横跳び）

BMI	体脂肪率		握力		垂直跳び		反復横跳び	
	Mean±SD	N	Mean±SD	N	Mean±SD	N	Mean±SD	N
14.5	8.1±1.4	26	31.1±4.9	25	54.3±7.8	26	50.6±6.6	25
15.5	9.4±1.9	146	33.1±5.1	143	53.2±10.2	144	51.9±6.4	136
16.5	10.5±2.0	543	34.7±5.2	538	55.0±8.8	537	53.3±7.0	512
17.5	11.9±2.3	1241	36.1±5.6	1233	56.4±9.1	1216	53.2±6.9	1185
18.5	13.2±2.5	2046	37.9±5.6	2035	57.5±9.1	2023	54.3±7.1	1965
19.5	14.7±2.7	2434	39.3±5.9	2418	58.4±9.1	2402	55.1±6.9	2312
20.5	16.0±2.9	2397	40.4±6.3	2371	58.7±9.2	2375	55.5±7.0	2284
21.5	17.4±3.2	1982	41.5±6.4	1949	58.7±9.4	1961	55.3±7.2	1896
22.5	18.8±3.3	1494	42.1±6.7	1472	58.0±9.2	1471	55.2±7.1	1408
23.5	20.2±3.7	1132	42.5±6.8	1109	57.1±9.6	1111	54.8±7.1	1078
24.5	21.8±3.6	787	42.2±6.9	765	55.8±9.7	772	54.2±6.8	748
25.5	23.6±3.9	487	42.2±7.1	476	53.6±9.6	479	52.9±7.4	453
26.5	24.9±4.2	349	42.6±6.9	335	54.3±9.5	340	52.7±6.7	332
27.5	27.0±4.0	243	42.2±7.1	238	51.2±9.8	239	51.2±7.1	225
28.5	27.9±4.0	178	42.3±7.5	175	52.0±9.8	172	51.8±6.8	169
29.5	29.2±4.4	160	42.7±7.2	157	50.3±8.4	155	51.8±7.3	148
30.5	30.7±5.3	113	42.7±7.1	111	49.9±9.5	112	50.6±6.5	107
31.5	31.5±6.0	94	43.4±7.9	91	48.4±9.0	92	50.1±6.9	90
32.5	33.5±5.5	76	43.1±7.5	75	49.0±7.8	71	49.5±5.8	72
33.5	33.1±6.6	54	43.6±7.3	52	47.2±8.3	52	47.6±7.0	50
34.5	35.8±3.9	47	43.4±6.5	45	48.1±7.8	46	48.9±6.0	44

表 2 身体機能情報における統計値（上体起こし，立位体前屈，最大酸素摂取量，閉眼片足立ち）

BMI	上体起こし		立位体前屈		最大酸素摂取量		閉眼片足立ち	
	Mean±SD	N	Mean±SD	N	Mean±SD	N	Mean±SD	N
14.5	23.4±5.8	25	0.9±7.3	26	44.4±9.3	25	77.8±67.6	26
15.5	25.4±5.8	135	3.2±10.3	145	47.3±9.4	137	78.2±64.3	142
16.5	26.8±6.1	520	5.1±9.5	540	48.4±9.7	520	94.2±69.9	529
17.5	27.8±6.0	1187	5.6±9.8	1234	47.8±9.1	1199	94.4±70.6	1215
18.5	28.7±5.6	1984	6.5±9.6	2036	48.7±8.8	1972	102.8±72.6	2010
19.5	29.9±5.8	2377	7.3±9.8	2425	48.6±9.2	2355	103.0±72.5	2392
20.5	30.6±6.0	2318	7.9±9.8	2388	48.4±9.2	2311	102.4±71.3	2359
21.5	30.7±6.1	1919	8.0±9.6	1974	47.7±9.0	1917	101.2±70.7	1948
22.5	31.2±6.0	1438	8.8±9.6	1486	45.6±9.6	1444	98.7±68.8	1461
23.5	30.7±6.4	1094	8.3±9.5	1129	45.1±9.5	1095	91.4±68.3	1116
24.5	30.5±6.2	763	8.1±9.9	782	44.1±9.1	760	87.0±65.1	773
25.5	29.5±6.4	470	7.8±9.6	485	42.8±8.7	470	83.0±63.9	474
26.5	30.5±6.2	340	7.8±9.5	347	41.9±9.8	337	79.0±63.4	343
27.5	28.2±6.0	230	7.8±8.9	242	40.9±9.0	236	67.3±51.9	238
28.5	27.4±6.1	173	7.3±9.2	178	39.3±7.9	173	67.1±54.4	175
29.5	27.2±6.2	156	7.0±8.8	158	38.2±8.6	156	58.8±38.1	156
30.5	26.6±5.4	112	7.0±8.3	112	35.8±7.7	112	64.1±47.3	113
31.5	27.3±5.6	91	7.8±10.2	93	36.3±7.0	91	62.1±50.8	93
32.5	24.9±5.8	73	6.9±9.2	75	35.4±9.2	75	54.0±48.3	73
33.5	24.7±4.7	52	5.8±9.1	54	35.6±7.7	51	48.3±35.1	53
34.5	24.6±5.5	46	4.4±8.2	47	31.9±7.1	45	52.6±36.9	46

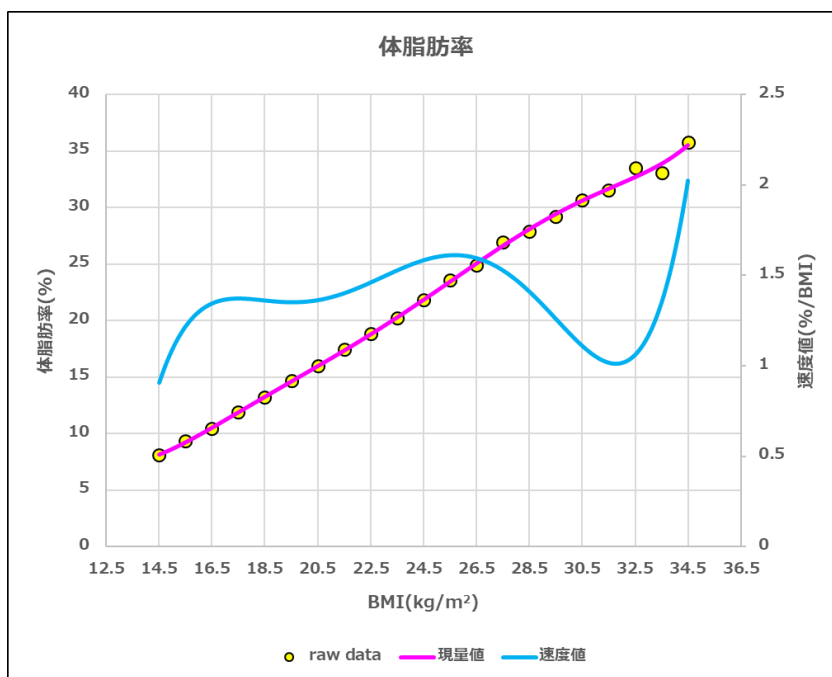


図1 BMI変動における体脂肪率の変化傾向

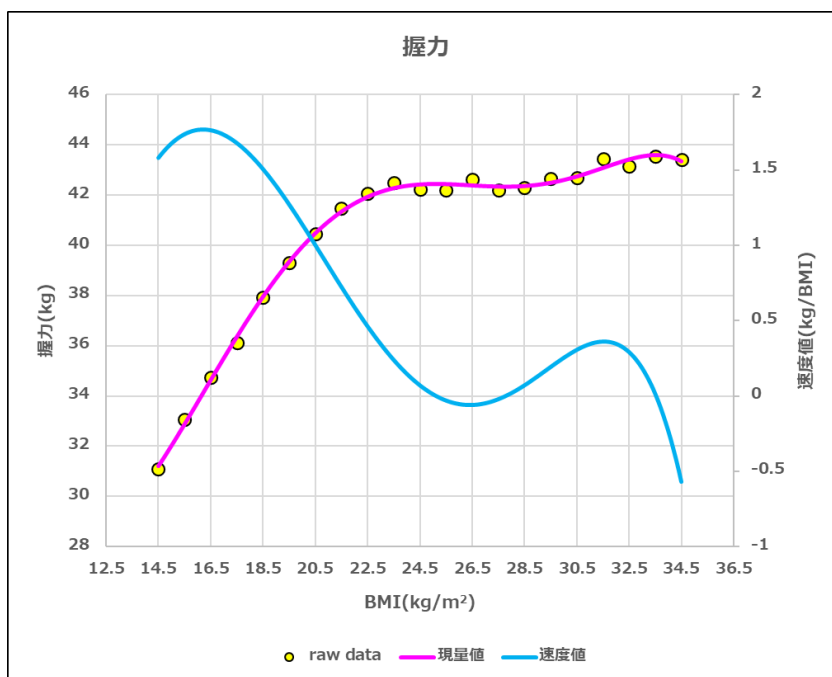


図2 BMI変動における握力の変化傾向

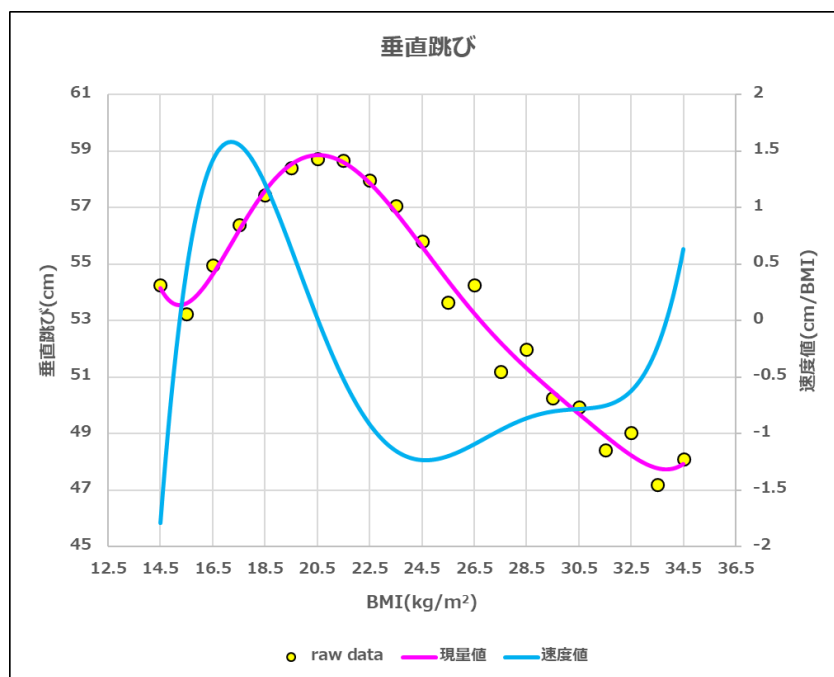


図3 BMI変動における垂直跳びの変化傾向

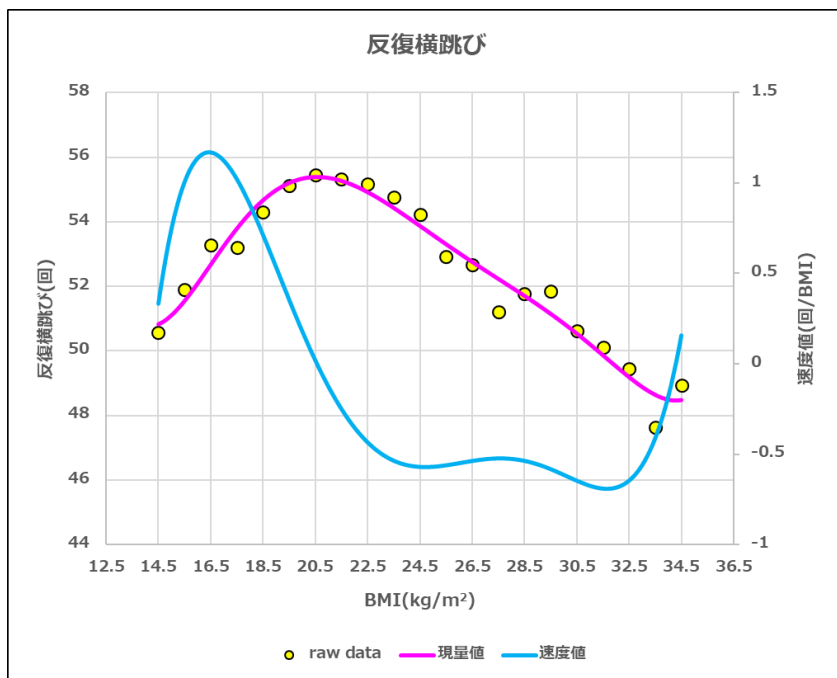


図4 BMI変動における反復横跳びの変化傾向

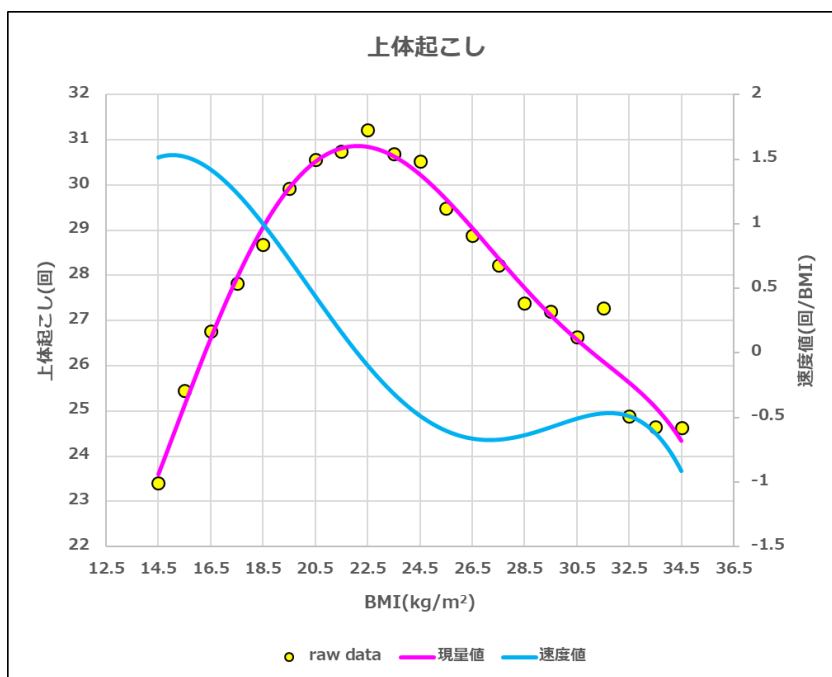


図5 BMI変動における上体起こしの変化傾向

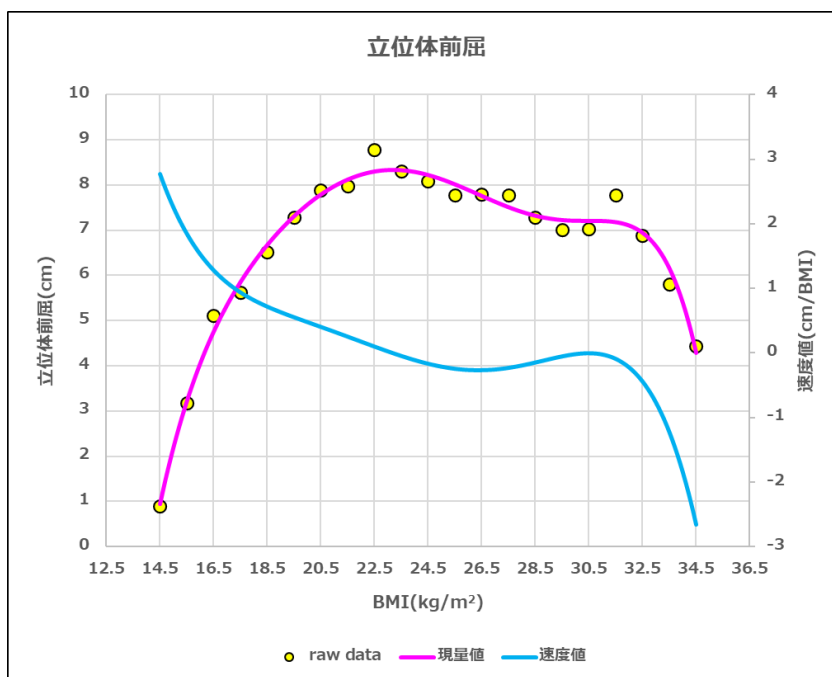


図6 BMI変動における立位体前屈の変化傾向

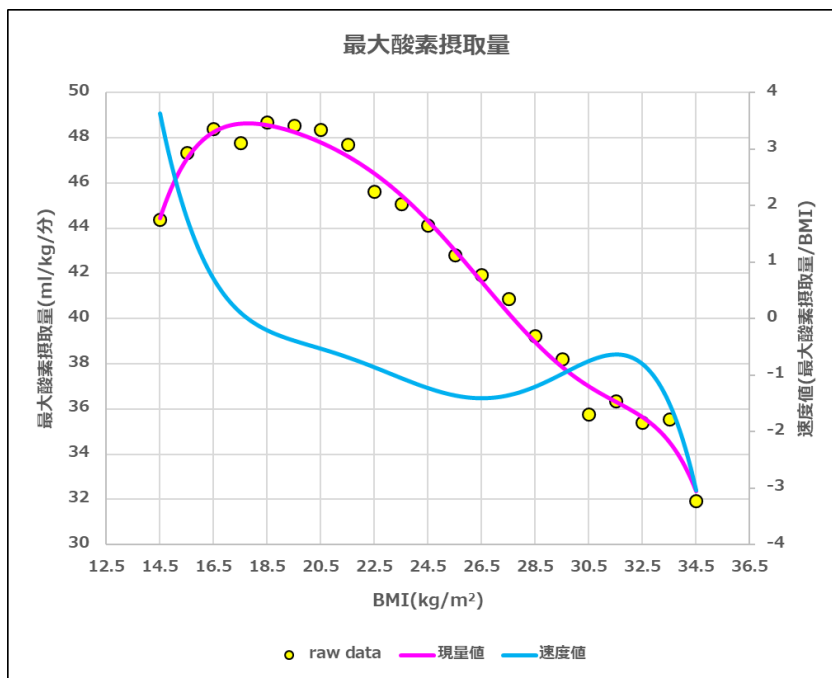


図7 BMI変動における最大酸素摂取量の変化傾向

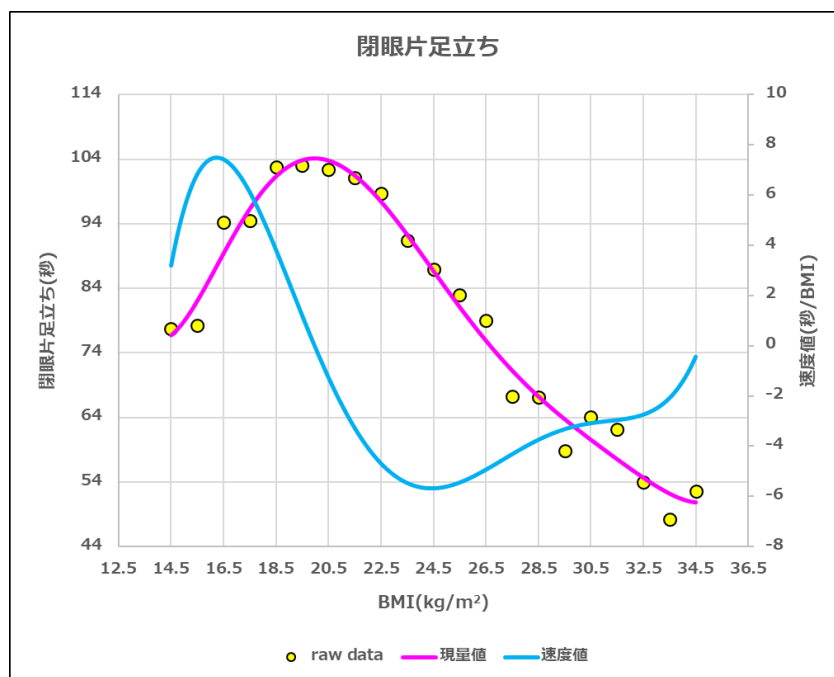


図8 BMI変動における閉眼片足立ちの変化傾向

第5章
検討課題Ⅱ
BMI 変動に伴う健康度の
標準化

第1節 本章の目的

近年、新型コロナウイルス感染症の蔓延により、健康管理の重要性が多く叫ばれている。2020年1月に日本での感染者が確認されてから、数回の変異を経て約2年後の現在でも日本だけでなく世界でも猖獗を極めている。人類はウイルス感染症に打ち勝つのではなく、ウイルス感染症との共存が余儀なくされている。我が国では、手洗いや手指消毒といった衛生管理やマスクを着用することで基本的な感染対策を実施し、現在ではワクチン接種でウイルスへの抗体を獲得することにより発症および重症化リスクの低減を目指している。しかし、ウイルス感染症との共存では、男性や高齢者（65歳以上）、さらに高齢者で持病を有している者（糖尿病、高血圧、脂質異常症等を患っている者）は重症度のリスクが高くなることが報告されている（Matsunaga et al. 2021）。同時に、成人男性において肥満や喫煙者も感染症を重症化する報告がある（Popkin et al. 2020）（Zheng et al. 2020）。つまり、感染症との共存の為には、常に健康を維持または増進させる為の健康管理が必須であり、持病は作らない、喫煙はしない、肥満を予防することが重要である。特に肥満は、学齢期の小・中学生においてコロナ禍の身体活動不足による肥満者増加が確認されており（スポーツ庁、2021）、成人においても「コロナ太り」が懸念され、迅速な対策が求められている。

肥満とは、体内に過剰に脂肪が蓄積された状態のことを指しており、Ikeda et.al（2009）によれば、肥満者ほど高血圧になる確率が高く、あわせて脳卒中などの循環器系疾患を引き起こす可能性が高くなると指摘されている。また、肥満者は疾病だけでなく、敏捷性や持久性といった健康の維持・増進に関する身体機能が低下し、日常生活における事故やケガを誘発するリスクを有している（中尾ら、2009）（島田ら、2011）（新永ら、2021）。そして、これらの健康リスクを抱えていることから、肥満者は企業などの働く環境においてもアブセンティーズムやプレゼンティーズムである従業員の欠勤・行動力の低下による生産性の低下を引き起こすことが指摘されている（古郡、2010）。しかし、このような身体機能の低下リスク

が肥瘦度の詳細な変化に伴ってどのように変化するのは明らかではない。確かに、肥満や痩身といった体格のタイプ別における健康リスクの比較検討は多く行われている。男子大学生を対象とした、標準 ($18.5 \leq \text{BMI} < 25$)、肥満 ($25 \leq \text{BMI} < 30$)、重度肥満 ($30 \leq \text{BMI}$) の体格タイプ別における身体機能情報項目の比較検証を行った研究では、肥満よりも重度肥満は身体機能情報項目が明らかに劣る証左が導き出されている(武山・藤井ら, 2018)。しかし、これらの検証では肥満と身体機能情報項目において相関や傾向レベルでの関係性しか明らかにされておらず、厳密な肥瘦度別にデータを確保して解析したわけではない。仮に、肥瘦度を厳密に区分でき、その区分における身体情報のデータが確保できれば、肥瘦度と健康の関係が明確に導かれる。そして、肥瘦度の厳密な区分に対して BMI の変動を活用することで、各身体機能情報項目における位相変化の挙動が明らかとなり、BMI に基づく肥瘦度に対応してどの程度の健康リスクを抱えるのかを明確にできるのではないだろうか。

そこで本研究では、肥瘦度の程度を BMI に基づいて把握し、健康の維持・増進に関わる体力である身体機能情報項目を扱い、先の検証にて明らかになった BMI 値の 1 単位ずつの変動における身体機能情報項目の位相変化の挙動を標準化することによって、BMI に対する身体機能情報項目を評価する健康度標準化システムが提唱できよう。

第2節 方法

第1項 対象

対象は、2008年から2016年の期間の男子大学生16122名であった。被験者には事前に調査及び測定の内容を説明し、これに対するインフォームドコンセントを得た。被験者に急性及び慢性の疾患を患っているものはいなかった。

第2項 測定項目

体格項目として、身長をタニタ社製のデジタル身長計で計測し、体重・体脂肪率を、BIA法（インピーダンス法）を採用したタニタ社製の身体組成計（DC-320）を用いて計測した。また、身長と体重からは肥満判定として用いられているBMI（体重[kg]÷身長[m]²）を算出した。健康の維持・増進に関わる体力の身体機能情報項目として、握力、垂直跳び、反復横跳び、上体起こし、最大酸素摂取量（コンビ社製900U-ex）を測定した。

第3項 解析手順

先の検証にて明らかになった各身体機能情報項目に加え、BMIと各身体機能情報項目の平均値±0.5SD、±1.5SD値にも多項式回帰分析を行い、最小二乗近似多項式を構築することで、5段階平均値評価法を用いた標準化チャートを構築し、+1.5SD以上を“高い”、+1.5SD未満から+0.5SD以上を“やや高い”、+0.5SD未満から-0.5SD以上を“標準”、-0.5SD未満から-1.5SD以上を“やや低い”、-1.5SD未満を“低い”の評価指標を構築した。そして、構築した標準化チャートを用いることによるBMIに対する身体情報を評する健康度指標を提唱した。

第3節 結果

BMIにおける各身体機能情報項目の位相変化の挙動の解析から明らかになった速度曲線に基づき、5段階平均値評価法を用いた身体機能情報を評価する標準化チャートの構築を行った。BMI変動による各身体機能情報項目の位相変化の挙動やBMI変動と各健康リスク基準値との関係性を詳細に明らかにするには構築された標準化チャートを確認する必要がある。

身体機能情報項目において、握力はBMIが低いほど位相変化が縮小し、BMI値22以上では、平均評価帯（ $\pm 0.5SD$ 基準範囲）でほぼ定常状態、最も高い評価基準（ $1.5SD$ 基準線）でも微増を示すにとどまった。垂直跳び、反復横跳び、上体起こしの3項目については、BMI値30以上、最大酸素摂取量ではBMI値27以上になると若干の位相変化の縮小が確認された。いずれの身体機能情報項目においても、BMIを基準とするとかなりのバラツキ（個人差）が確認された。次に、先の検討課題ⅠのBMI変動解析で示された、各身体機能情報項目の臨界時における測定値（身体機能臨界値）を基準とし、標準化チャートから肥満や痩身の移行における体力低下の健康リスクを分析した。BMI変動と各身体機能情報項目の挙動解析において握力は他の機能と異なり、BMI増加による低下傾向を示さないことが確認されている。そして、BMI値16付近で $1.5SD$ 基準線と身体機能臨界値が重なることが示された（図1）。垂直跳びでは、BMI値26付近で $0.5SD$ 基準線、BMI値34付近において $1.5SD$ 基準線と身体機能臨界値が重なることが示された（図2）。反復横跳びと上体起こしではBMI値28付近で $0.5SD$ 基準線と身体機能臨界値が重なることが示された（図3・4）。最大酸素摂取量は、BMI値24付近で $0.5SD$ 基準線、BMI値30付近において $1.5SD$ 基準線と身体機能臨界値が重なることが示された（図5）。

第4節 考察

日本人の体格はBMI値20付近を平均とした正規分布を示すとされており、BMI値30以上の者の割合は5%程度となる。その為、本研究のような約1万人以上のデータを用いることにより、BMIをより詳細に分析することが可能となる。つまり、これまでBMIと健康指標および体力指標（身体機能情報項目）との関連については多くの場合、相関や平均値の比較といった検討が行われてきた。しかし本研究ではBMI値14.5～34.5まで、1単位変化することの身体機能情報項目の変化における位相変化の標準化が可能になった。

握力については、標準化チャートから判断するとBMI値22付近から痩身方向に低下する傾向であった。低BMIであることは体脂肪率も低い筋肉量も低いことが考えられ、筋力不足のリスクが高まる傾向が明示された。なお、握力測定は高齢者の歩行能力や嚥下機能（舌圧）などと相関があることから（中東ら、2015）（新開ら、2020）、定期的な測定が必要であるとされており、若年成人においても握力は舌圧や心肺機能との緩やかな相関があると報告されている（小山、2019）（Mgbemena et al, 2019）。つまり、若年者では握力低下が深刻に病気等に影響することはないが、加齢とともに筋力が低下することを考慮すると若年時期において一定水準の筋力を維持することは重要である。また、本研究の対象者の年代における握力の平均値は18歳で40.kg、19歳で42.kg、20～24歳で45.kgとされており（スポーツ庁、2021）、身体機能臨界値（42.4kg）と同程度であり、標準化チャートにおけるBMI値22以降の標準域（ $\pm 0.5SD$ ）に収まる数値であった。さらに、標準化チャートからBMI値16付近で1.5SD基準線と身体機能臨界値が重なることが示された。これらのことから、BMI値22から痩身方向に移行することで健康リスクが高まり、BMI値16においてより明確な握力の低下リスクを持つことが明らかとなった。よって、握力においては痩身判定されないBMI値18.5以上から22付近の体格を維持することが健康管理に重要であろう。

次に、握力以外の身体機能情報項目では、標準化チャートから判断すると、垂直跳びと反

復横跳び、上体起こしでは標準帯の変動が似た傾向を示しており、特に反復横跳びと上体起こしでは BMI 値 28 付近で 0.5SD 基準線と身体機能臨界値が重なることが示され、BMI の増加に対して類似した体力低下の健康リスクを抱えていることが分かった。さらに、垂直跳びや反復横跳び、上体起こしの項目では臨界点前後においてすぐに下降傾向を示したが、最大酸素摂取量では臨界点を示した BMI 値 17.3 付近（16 から 20）ではほとんど変動がなく、一旦安定する傾向を示した。そして BMI 値 20 付近以降に急激な低下傾向を示したことから、身体機能情報項目の中で BMI 増加による体力低下の健康リスクが最も大きいことが明らかになった。それは最大酸素摂取量において、BMI 値 24 付近で 0.5SD 基準線、BMI30 付近において 1.5SD 基準線と身体機能臨界値が重なることが示された事からも明確である。また、本研究の対象者の年代における各身体機能情報項目の平均値は、垂直跳びは 18～19 歳で 55.7cm、反復横跳びは 18 歳で 56.3 回、19 歳で 58.1 回、20～24 歳で 55.6 回、上体起こしは 18 歳で 29.6 回、19 歳で 30.3 回、20～24 歳で 28.3 回、最大酸素摂取量は 18～19 歳で 46.7ml/kg/min であった（石井ら，2017）（スポーツ庁，2021）。どの項目の値も握力と同様に身体機能臨界値と同程度であり、やはり、明らかになった各身体機能情報項目の臨界点時の体格から肥満や痩身に移行することによる体力低下の健康リスクが明確である。したがって、以上の項目における臨界点時の体格（BMI 値 18.5～22）が健康管理に重要であると考え。しかし、いずれの項目においても BMI の高低に関わらず体力低下のリスクはあることが示されていることから、BMI に関わらず個人の体力評価を行い、標準化チャートのいずれの方向に向けて改善すべきかを提示する必要がある。

以上より、身体機能情報項目において健康管理に重要と考えられる体格基準が明らかとなった。そしてすべての項目における体格基準を統合すると、日本人若年男性において BMI 値 18.5～22 が体力が最もよく発揮される体格であることが本研究において明らかになった。

これらの知見は、BMI の 1 単位ごとにおける身体機能情報項目の位相変化、体力低下の健康リスクの分析を行うことで明らかにされた。つまり、BMI と身体機能情報項目の関係構図

において、相関や傾向レベルでしか理解されていなかった現状に対し、本研究で BMI 変動と身体機能情報項目の位相変化および変化速度を導き、詳細な関係構図を明らかにするとともに、BMI変動に基づく各身体機能情報項目の健康リスクにおける標準化チャートの構築により導かれたものである。これらは、日本人若年男性（18歳から22歳）を対象としたものであるが、加齢に伴う身体的変化の各リスクを考慮すると、若年期において肥満や痩身といった極端な体格になることを予防し、より良い健康状態と体力を保持することが重要である点については、異論はないように思われる。本研究において構築した BMI と各身体機能情報項目の標準化チャートは、個々人での位相変化の評価を可能にした。同時に、BMIの適正化だけでなく血圧や体力といった健康関連指標の適正化による健康づくりへのアプローチを可能にしている。

第5節 まとめ

本研究は肥瘦度の厳密な区分に対して BMI の変動を活用し、BMI 変動を肥瘦度と見なし、厳密な肥瘦度と身体機能情報項目の関係を検証した。本研究で利用したデータは、16,122 名の一般男子大学生を対象とし、健康の維持・増進に関わる体力といった身体機能情報項目を扱い、BMI の 1 単位ずつの変動における身体機能情報項目の位相変化を標準化することで BMI に対する身体機能情報項目の健康リスクを評価する健康度指標を提唱できよう。その結果、BMI 変動に基づく各身体機能情報項目の健康リスクにおける標準化チャートの構築が可能となった。そして、個々人での位相変化の評価を可能となり、BMI の適正化だけでなく体力といった健康関連指標の適正化による健康づくりへのアプローチを可能にしている。これにより、肥瘦度の新たな健康度指標を明確にできたことは、幅広い年代における今後の健康維持および健康づくりに貢献できるであろう。

第6節 図表

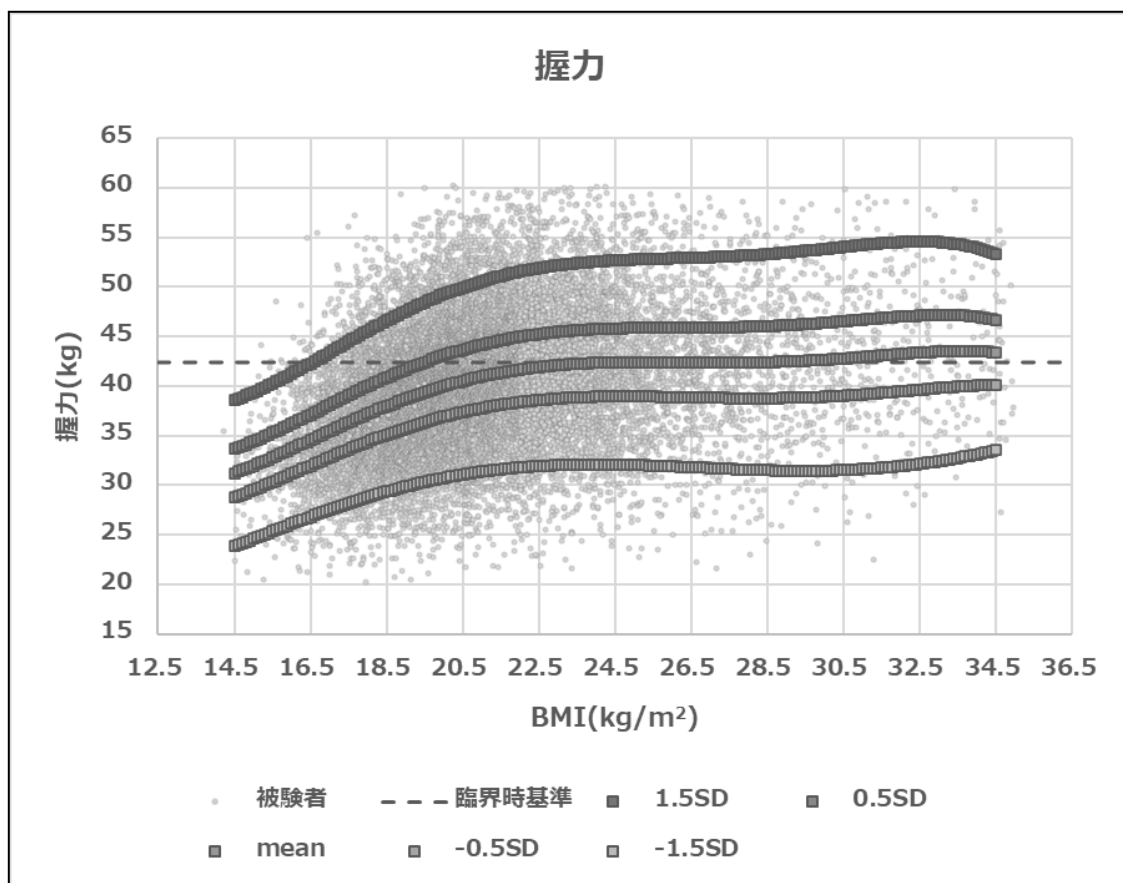


図1 BMI変動に基づく握力の標準化チャート(被験者適用)

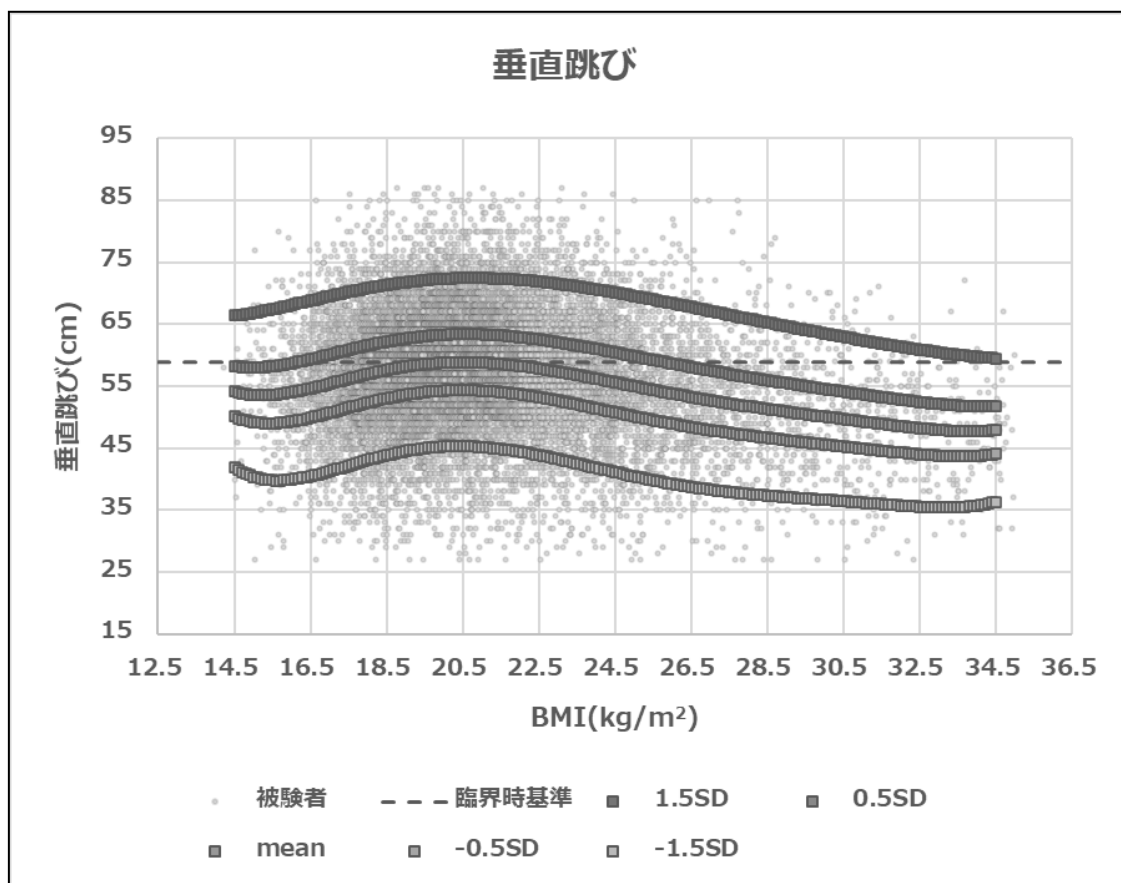


図2 BMI変動に基づく垂直跳びの標準化チャート（被験者適用）

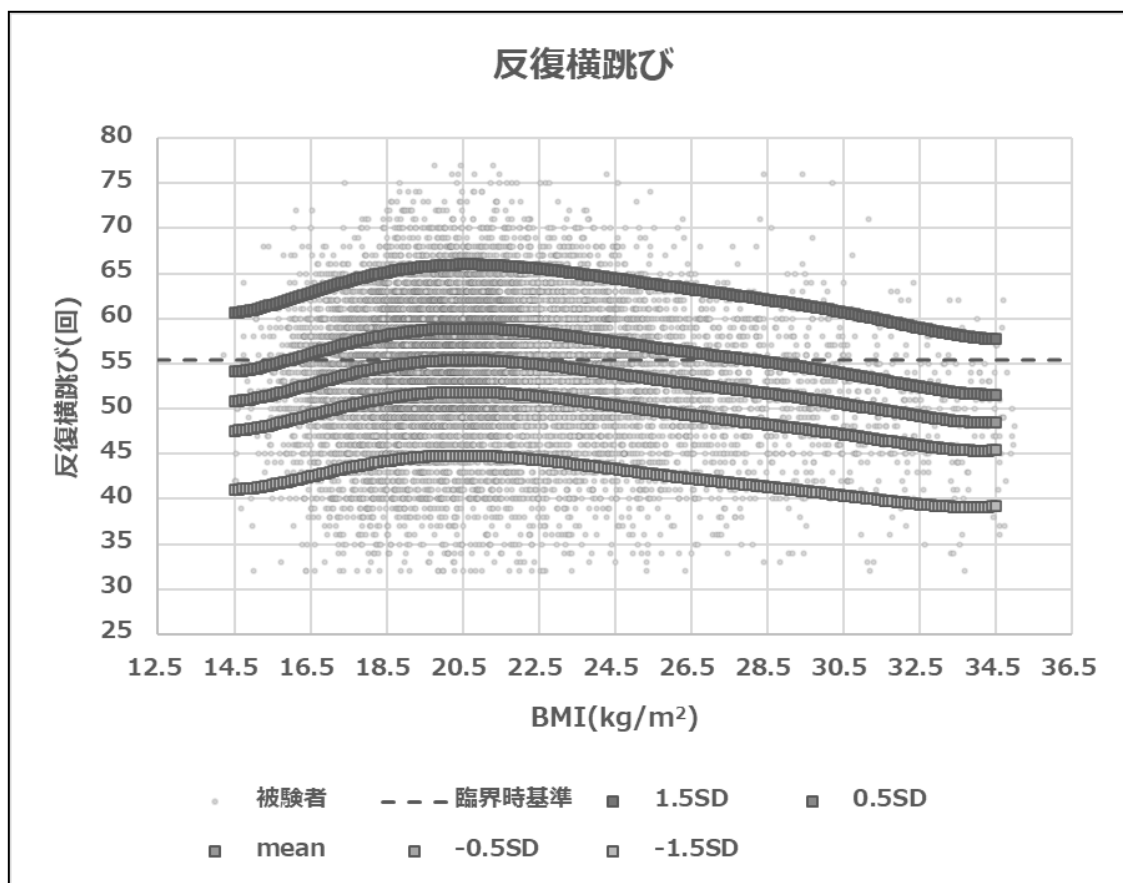


図3 BMI変動に基づく反復横跳びの標準化チャート(被験者適用)

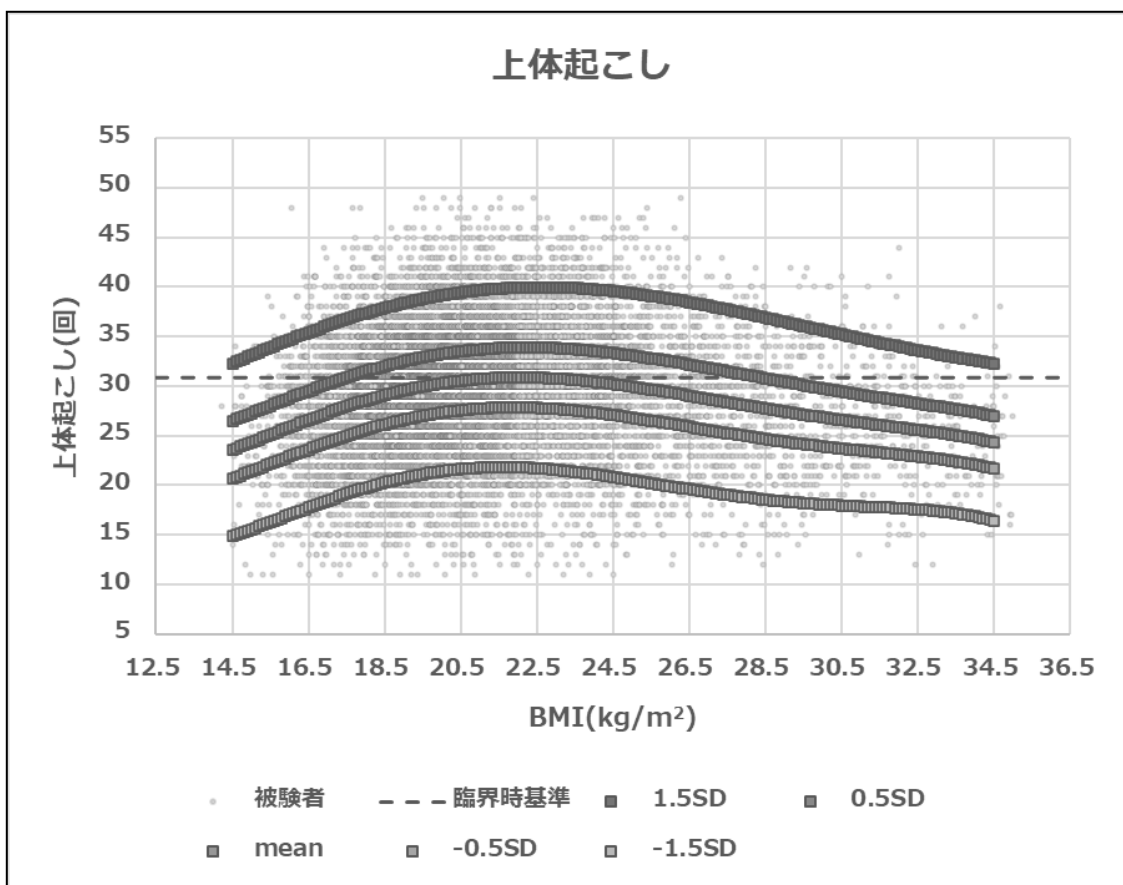


図4 BMI変動に基づく上体起こしの標準化チャート (被験者適用)

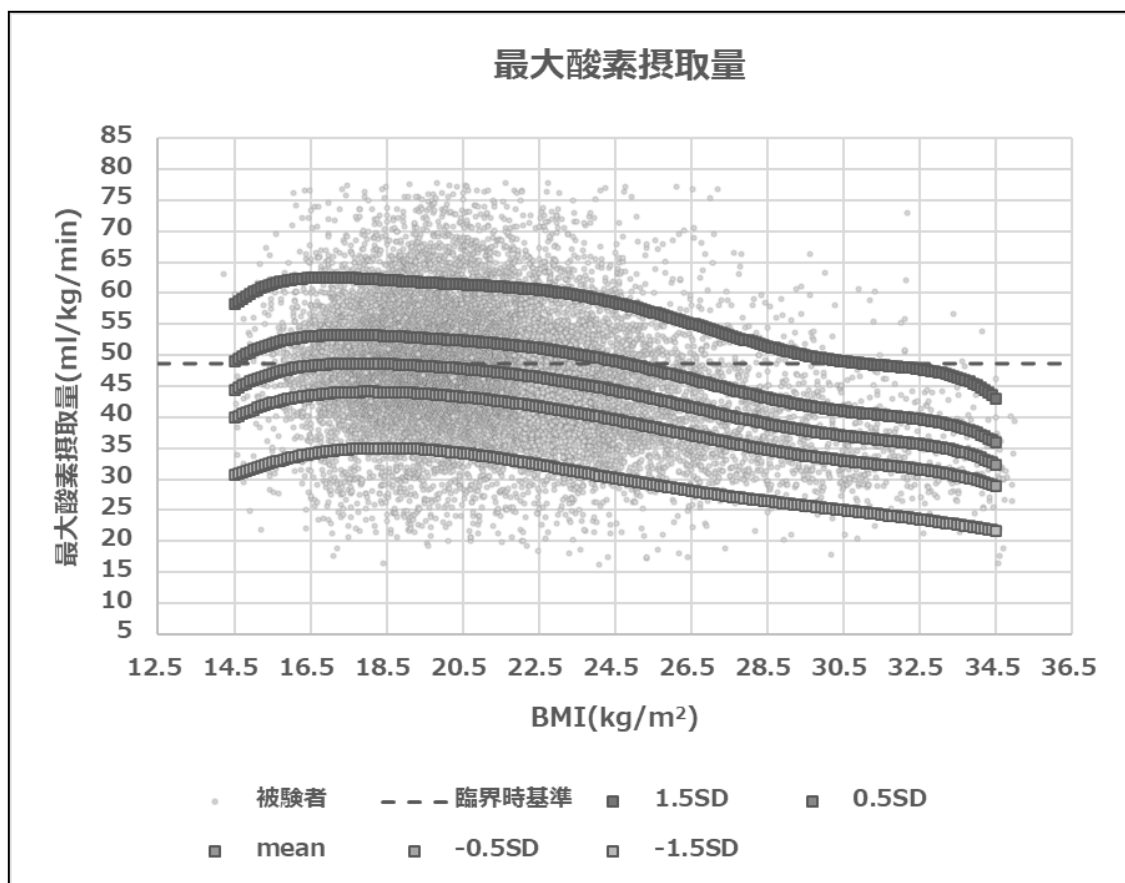


図5 BMI変動に基づく最大酸素摂取量の標準化チャート（被験者適用）

第6章
検討課題Ⅲ
BMI 変動に基づく
健康度カットオフ値の提唱

第1節 本章の目的

肥満は病気ではないが、健康に対して多くのリスクを負うことは周知のことである。特に、企業内では肥満の生産性低下や賃金格差を生じる原因ともなっている。古郡（2010）はアメリカのデータでこのような知見を報告している。しかし、日本の厚生労働省（2019）およびアメリカの全米保険医療統計センター：NCHS（2019）の報告から判断すれば、日本の肥満者率（26.3%）は全米の肥満者率（39.6%）より低いことは明白である。さらに、アメリカのBMI判定は30以上であるが、日本は25以上であることを考慮すれば、日本の肥満率はかなり低いといえる。このように、欧米に比べれば日本の肥満率は低いですが、肥満のリスクを考えれば、決して低いことが良いわけではない。そこには人種間による健康度の差が存在する。松本（2016）はALDH2（Aldehyde Dehydrogenase 2）の遺伝子多型の重要性について説明しているが、コーカソイドがアルコール分解に強いのはこの遺伝子の活性があるからであり、モンゴロイドは活性が低いのである。この知見から推測されるのは、コーカソイドは毒性に対する抵抗性がモンゴロイドよりも強いことである。つまり、欧米人はモンゴロイドよりも肥満の健康に対するリスクが軽減されているのではないか。

いずれにせよ、モンゴロイド間においても肥満のリスクは存在する。浅川（2012）によれば、40歳代以上の者は20歳当時より10kg以上体重が増加している割合が4割と報告している。つまり、生活習慣の変化との関係性が強いと指摘している。このことは、企業従業員における肥満者の増加を意味しており、肥満対策の重要性が叫ばれることになる。

しかしながら、肥満は病気でもなく、不健康というわけでもない。そこで、早川と藤井（2016, 2017）は、妥当性健康体力を提案し、それぞれの生活行動様式に見合った体力を有していることが現代人にとっての重要性を示唆した。つまり、企業従業員において人的資材とされる肥満の概念やそのリスクの程度は明確ではない。また、肥満のカットオフ値が確立されていないことが健康経営の確立に至っていない1つの要因であると考えられる。従来か

らの肥満のリスク分析では、BMIが25から30以上に分類された肥満タイプと標準タイプにおける身体機能情報項目を比較することで、肥満における健康リスクを解析してきた経緯がある。そこで、肥満の程度による健康リスクが分かれば企業における健康経営に貢献できるのではないだろうか。そこで本研究は、検討課題Ⅰ・Ⅱで用いた健康の維持・増進の体力に関する身体機能情報項目だけでなく、循環系疾患の健康指標として用いられる、生理的な身体機能情報項目の血圧を扱い、BMI変動解析を行うものである。そして、新たな肥満のリスクに対するカットオフ値の確立を試みた。

第2節 方法

第1項 対象

対象は、2008年から2016年の期間の男子大学生16122名であった。被験者には事前に調査及び測定の内容を説明し、これに対するインフォームドコンセントを得た。被験者に急性及び慢性の疾患を患っているものはいなかった。

第2項 測定項目

体格項目として、身長をタニタ社製のデジタル身長計で計測し、体重・体脂肪率を、BIA法（インピーダンス法）を採用したタニタ社製の新体組成計（DC-320）を用いて計測した。また、身長と体重からは肥満判定として用いられているBMI（体重[kg]÷身長[m]²）を算出した。

生理的な身体機能情報項目として血圧（収縮期、拡張期）を、オムロン社製HEM-104を用いて計測した。また、各項目ですべてのデータが揃っている者を使用した。

第3項 解析手順

対象からBMIが14から34の者を抽出し、各BMI数値の1単位ごとに健康情報項目の平均値を算出する。そして、算出した健康情報項目の平均値とBMIとの多項式回帰分析を実施し、最小近似多項式を構築する。その構築した最小近似多項式にウェーブレット補間モデルを適用し、各健康情報項目のBMIの変動における健康情報リスクの傾向を分析した。さらに、分析した結果から、各健康情報項目におけるカットオフ値を模索した。

第3節 結果

第1項 基本統計量

どの項目も BMI 変動に対し細かな健康リスクの変化を示した。被験者の人数は、どの項目も BMI 値 19 を境として正規分布をする結果を示した。

第2項 BMI 変動における体格情報項目（体脂肪率）の変化傾向

BMI 変動に伴う体脂肪率の変化傾向は常に上昇していく傾向であった（図 1）。BMI による肥満判定には欠点があり、筋肉量が多く、体脂肪量が少ないものまで肥満判定となっていた。しかし、本研究での結果では BMI が増加するにあたり体脂肪率も上昇増加していく傾向であった。したがって、本研究での被験者は体脂肪の増加によって肥満と判定されたものを扱っていることが考えられる。

第3項 BMI 変動における健康情報項目の変化傾向

BMI 変動に伴う収縮期血圧の変化傾向は常に上昇していく傾向であった。また、収縮期血圧は常に上昇傾向であったため、臨界点が見られなかった。しかし、BMI 値 29.6 の時に変曲点が見られた（図 2・5）。

BMI 変動に伴う拡張期血圧の変化傾向は BMI 値 19.1 まで下降していく傾向が示され、BMI 値 19.1 を臨界点とし、臨界点以降は拡張期血圧が上昇していく傾向が示された。（図 3, 6）

第4節 考察

従来から肥満のリスク分析は、WHOの肥満の判定基準によってBMI値25~30以上を肥満、22前後を標準体格として設定し、それら両者の健康情報を比較検討することで肥満のリスクを明確にした。武山ら(2019)は新たな試みとして、男子大学生における健康情報の経年的推移に対してウェーブレット補間モデルを適用し、スパン評価チャートを構築した。そして、大学生のBMI値30以上の者を重度肥満と設定したグループを適用した結果、健康情報はやや低いという知見が得られた。つまり、重度肥満に分類された者の健康情報はそれほど大きなリスクは示されなかった。この知見からも、肥満の程度をグループとして設定した場合での比較検討では肥満のリスクの程度が曖昧であった。したがって、肥満の健康リスクの程度を明確にするには、肥満の程度と健康情報の詳細な構図を解析する必要がある。そこで本研究は肥満の簡便な指標であるBMIの変動による健康情報の推移の構図を模索した。BMI変動の意味は肥瘦度の詳細な推移スライドを示すものである。つまり、BMIを1単位ずつスライドすることで、その1単位の中に含まれる健康情報を算出することができる。例えば、BMI値の1単位中の体脂肪率の推移を見ると(図4)、一定の割合で上昇傾向を示している。つまり、肥瘦度の判定を保証できる体脂肪率と同じ精度をBMI変動が示していることになる。そして、BMIの変動スライドに従って健康情報の推移を解析することで、健康リスクの程度を明確にすることが可能となった。

そこでまず、収縮期血圧を見ると、BMI変動に伴って血圧は明確に上昇傾向を示した。血圧の上昇における臨界点は確認されず、肥満への一定の移行が血圧上昇のリスクを高めている。廣原(2002)は血圧とBMIでは強い相関があると示しており、本研究の結果はそれを示したものであると考える。しかし、BMIの29.6に変曲点が見られ、この変曲点から急激な収縮期血圧リスクの上昇が示唆された。岩田ら(2019)によれば、高血圧になると脳梗塞や脳出血、くも膜下出血、心筋梗塞、狭心症などのリスクが高まることを報告している。本

研究の BMI 変動に伴う血圧上昇の変曲点 29.6 の知見に基づけば、BMI が 30 を超えると顕著な血圧上昇を示すことで、健康リスクが高まることを示す知見と言えよう。つまり、敢えて疾病に対するカットオフ値を示せば、BMI 値 29.6 (約 30) と推測できよう。

次に、拡張期血圧では、BMI 値 19.1 の時に変曲点が見られた。拡張期血圧で見られた変曲点は下限値であり、その下限値以降は拡張期血圧が再度上昇し、健康リスクは漸次高くなることが示された。この傾向は、収縮期血圧のように BMI 値 29.6 の変曲点以降、急激な健康リスクを示しているわけではない。しかし、下限の変曲点である BMI 値 19.1 の前後において、拡張期血圧の上昇が示されており、特に痩身に対して大きく血圧上昇が示されている。辻ら (2004) によれば、「痩せ」の者は血管を収縮させる交感神経の活動が亢進しており、拡張期血圧が高くなる傾向であるとしている。つまり、本研究の痩身における結果はそれを示したものであり、本研究により肥満よりも痩身傾向の方が拡張期血圧の上昇率が高いことが明確となった。したがって、拡張期血圧における健康に対するカットオフ値は、変曲点である BMI が 19.1 の時だと推測できる。

現代では、血圧 (収縮期血圧および拡張期血圧) は自宅で簡単に測定できる。したがって、企業従業員にとっては簡便な健康の指標と言える。そして、その指標における BMI 変動から疾病への移行に対するカットオフ値が示されたことは貴重な知見と考えられる。以上より、生理系・体力系の身体機能情報項目において健康管理に重要と考えられる体格基準が明らかとなった。そしてすべての項目における体格基準を統合すると、日本人若年男性において BMI 値 18.5~22 が、血圧が正常で体力が最もよく発揮される体格であることが本研究において明らかになった。BMI 値 22 は、日本人男性の若年層から高齢者まで幅広い世代における健康を維持する為の BMI の基準内に入るものである (厚生労働省, 2020)。したがって、この基準を日本人男性の若年層から高齢者における健康度指標のカットオフ値的な意味として活用できるのではないだろうか。

第5節 まとめ

本研究は若年成人男性を対象に、簡便な肥満の指標である BMI 変動による健康情報の推移の構図を解析した。その結果、BMI 値 1 単位ごとの詳細な健康情報の数値のスライド状況を明確にした。そして、BMI 変動による健康情報のスライド状況から、BMI 変動の変曲点を特定することで、健康度に対するカットオフ値の確立を可能にした。本研究のように各 BMI 変動を詳細に読み取ることで身体健康情報項目の健康リスクを分析する研究は少なく、非常に貴重な知見を与えている。そして、その身体健康情報項目の健康リスク分析から導き出されたカットオフ値は、まさに疾病や健康のリスクを簡便に示した指標であり、企業従業員における端的な健康度指標となりえるだろう。そして、日本人若年男性において BMI 値 18.5~22 が、血圧が正常で体力が最もよく発揮される体格であることが本研究において明らかになった。このように、本研究において確立した健康度指標は非常に簡便なものであり、ヘルスマネジメントのより充実を推進出来るものである。

第6節 図表

表1 体脂肪率と身体機能情報における統計値（体脂肪率，収縮期血圧，拡張期血圧）

BMI	体脂肪率		収縮期血圧		拡張期血圧	
	Mean±SD	N	Mean±SD	N	Mean±SD	N
14.5	8.1±1.4	26	115.5±14.8	26	73.7±9.3	26
15.5	9.4±1.9	142	115.7±13.8	144	70.4±10.0	142
16.5	10.5±2.0	530	114.9±12.3	529	69.9±9.4	530
17.5	12.0±2.3	1196	115.9±12.9	1209	69.6±9.5	1196
18.5	13.2±2.5	1983	115.6±12.3	1992	68.8±9.2	1983
19.5	14.7±2.6	2355	117.0±12.8	2369	68.2±9.5	2355
20.5	16.0±2.8	2325	118.4±12.6	2332	68.3±9.1	2325
21.5	17.4±3.1	1918	119.2±12.4	1932	68.4±9.2	1918
22.5	18.8±3.2	1449	120.7±12.7	1458	69.0±9.3	1449
23.5	20.3±3.6	1095	121.0±13.5	1094	69.5±9.4	1095
24.5	21.9±3.6	767	123.7±13.3	768	70.4±9.5	767
25.5	23.6±3.9	472	125.5±12.9	471	71.6±9.9	472
26.5	24.8±4.0	341	125.6±13.9	337	72.7±10.1	341
27.5	26.7±3.8	229	129.0±14.2	223	74.5±10.1	229
28.5	27.5±3.5	166	127.9±12.7	162	74.0±9.4	166
29.5	28.4±3.8	141	131.0±14.1	142	74.0±11.9	141
30.5	29.1±4.7	88	131.4±13.8	86	74.7±10.7	88
31.5	29.3±5.0	66	130.7±15.1	66	77.2±10.4	66
32.5	30.3±3.5	47	132.8±15.8	46	77.7±10.2	47
33.5	30.1±6.2	34	136.2±15.0	34	79.1±11.7	34
34.5	32.0±2.6	18	139.4±11.0	18	77.4±8.2	18

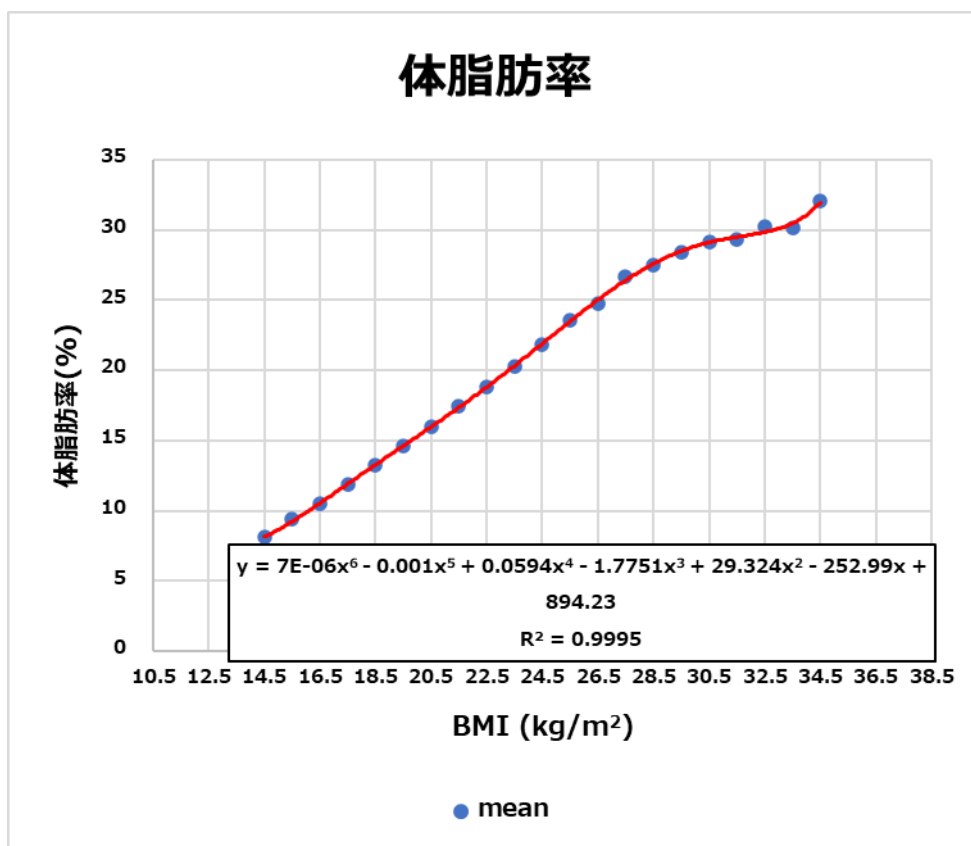


図1 体脂肪率に関する多項式回帰分析および最小二乗近似多項式の構築

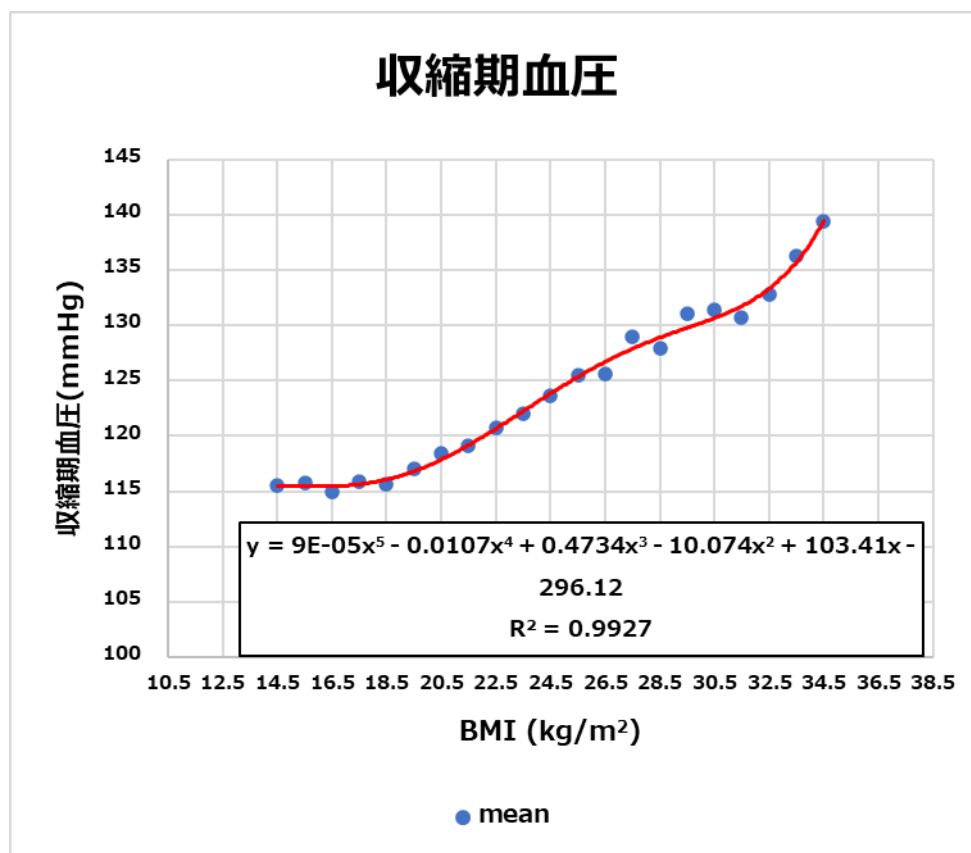


図2 収縮期血圧に関する多項式回帰分析および最小二乗近似多項式の構築

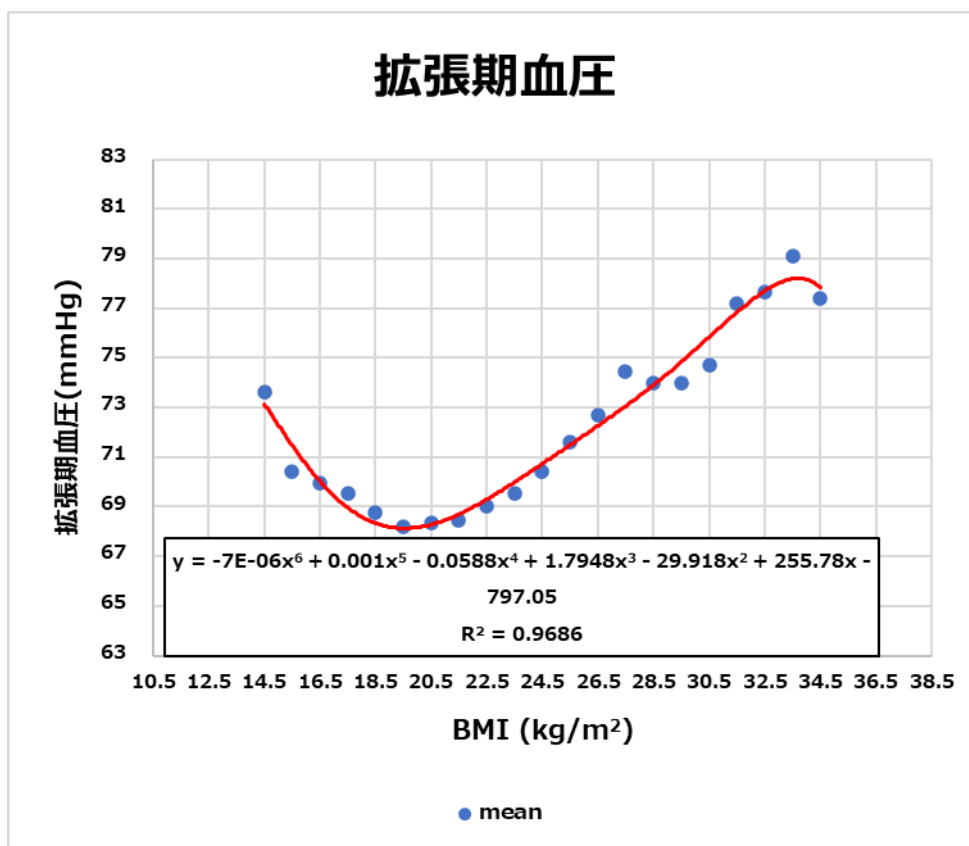


図3 拡張期血圧に関する多項式回帰分析および最小二乗近似多項式の構築

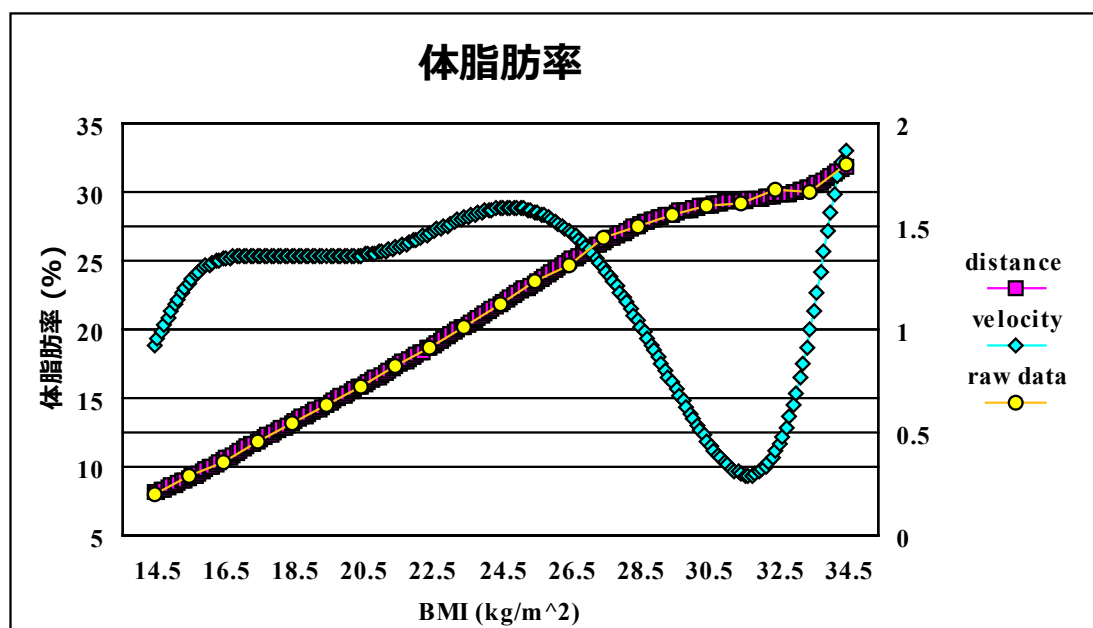


図4 BMIの変動による体脂肪率の変化傾向 (ウェーブレット補間モデル適用)

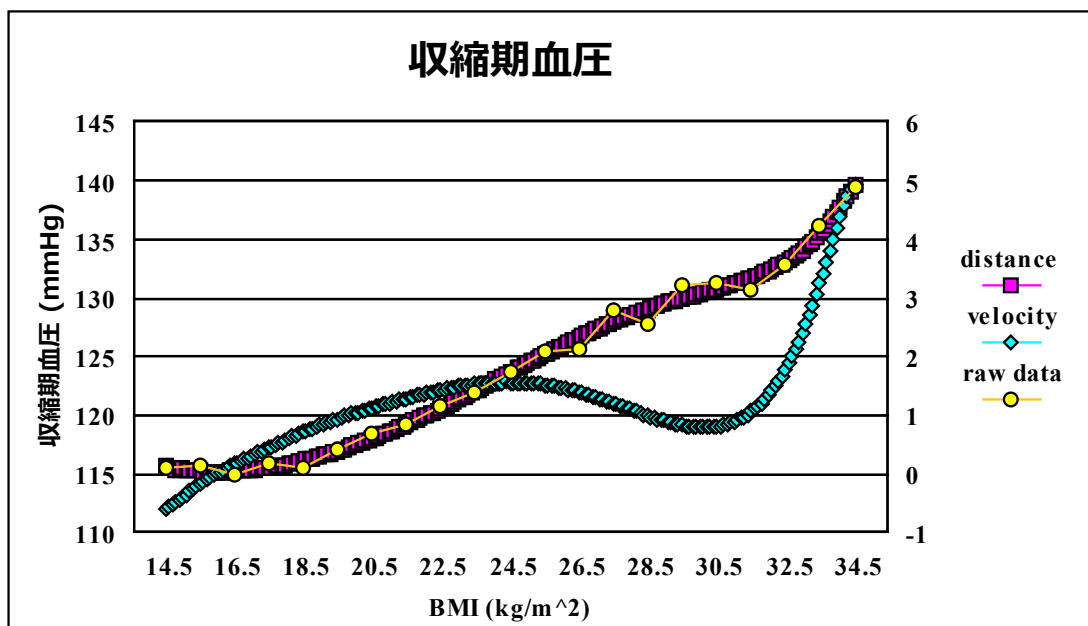


図5 BMIの変動による収縮期血圧の変化傾向（ウェーブレット補間モデル適用）

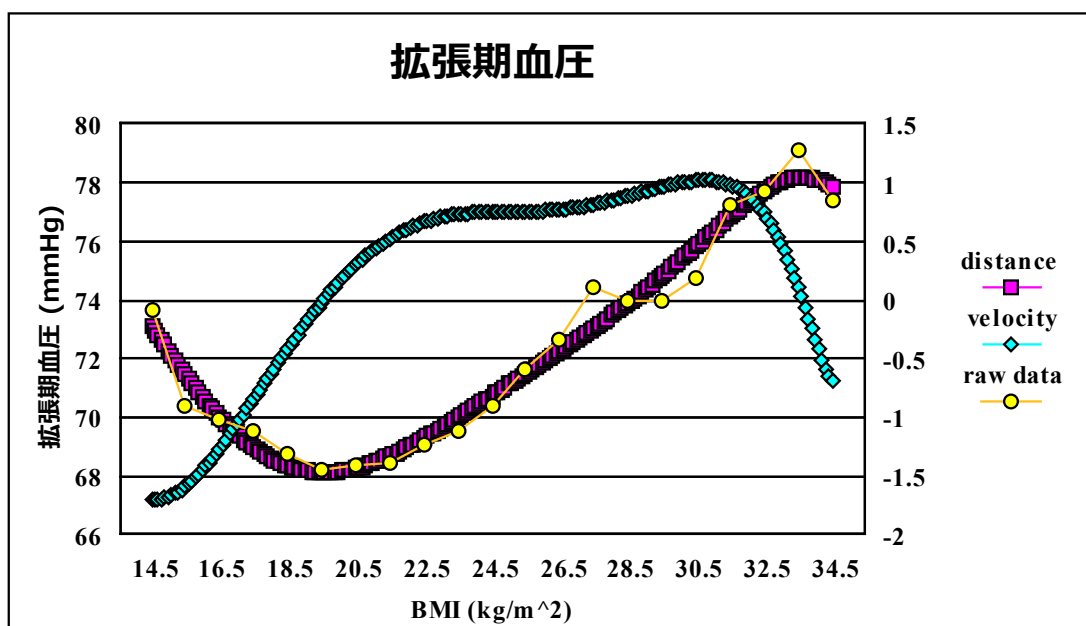


図6 BMIの変動による拡張期血圧の変化傾向（ウェーブレット補間モデル適用）

第7章
検討課題IV
Phase angle による
身体活力レベルを探る

第1節 本章の目的

新型コロナウイルス感染症により従業員の働く環境が大きく変化し、それに伴い健康管理の重要性が叫ばれている。特に基礎疾患や喫煙は重症化リスクの要因とされており、企業従業員として健康度を獲得することは現代社会における Human Resource の要因にも成りうる。企業内での健康管理は定期健康診断により把握されることが多いが、この検査では健康度を簡便かつ端的に把握するのは難しい。さらに、多数の検査項目から判断された健康度は煩雑で簡便な方法とは言い難い。つまり、測定や評価に時間が掛かると同時にヘルスケア対応が遅れ、アブセンティーズムやプレゼンティーズムといった、心身の健康に関する労働生産性低下リスクを引き起こすことも推察される。したがって、企業従業員の個々人における健康度をより簡便に測定・評価のできる新たな健康指標が求められているのである。

そこで、身体の栄養状態の指標として活用される Phase angle が注目されている。Phase angle は、生体電気インピーダンス法（BIA 法）によって非侵襲且つ簡便に測定される身体組成値であり、正確な測定が困難な小児や高齢者、重症者にも有用な指標とされている（吉田ら、2019）。また、死滅細胞は低値、活力のある細胞は高値を示す特性から、がん患者の生存率予測に有効であると報告している（上村ら、2019）。その他にも、Phase angle の低い高齢者はサルコペニアやフレイルを有しやすいとされており、ロコモティブシンドローム（運動器症候群）との関係があるともされている（Tanaka et al, 2019）。つまり、Phase angle とした新たな健康指標を用いることで、疾病や運動機能を含めた健康度の把握を簡便に行えるのではないだろうか。

実は、田中ら（1990）によって「活力年齢（Vital age）」といった健康度の指標が提唱されている。活力年齢とは、老化度を評価するために主成分モデルを適用し、構築された指標として定義したものである。つまり、ヒトの健康度・老化度を判定する様々な健康関連因子（肩甲骨下部皮脂厚、腹囲、血圧、血液生化学検査、全身持久性体力、反復横跳び、閉眼片

足立ち, 1 秒率) を総合的に評価する指標なのである。濱崎ら (2017) は, 高齢者でも理解が容易な尺度であるため, 活力年齢を利用して生活習慣の改善を図ることは, 高齢者が健康度を維持していくうえで有益な評価指標になりうると述べている。このように, 活力年齢と **Phase angle** は, 多数の健康関連因子との関係がある指標であり, 同様な構図を持っていると考えられる。しかしながら, 活力というヒトの生きる力 (生命力) を多変量で評価するならば医学的な精密検査に頼るほうがより正確に健康度を判定できる。要するに, 活力という健康度を評価するのであれば簡便な方法が望まれるのである。

そこで, **Phase angle** による身体活力 (生命力) レベルとしての有効性を示すことができれば, 「活力年齢」に次ぐ健康度を把握するための新たな健康指標となり得るのである。そして **Phase angle** を企業従業員の健康管理に用いることで, **Human Resource** としての身体活力レベルの簡便な把握を可能とし, 企業内でのヘルスケアマネジメントが推進できるのではないだろうか。したがって本研究は, **Phase angle** を身体活力レベルとして検証した。その検証には, 身体活力レベルの差に関して運動部員と一般高校生の **Phase angle** を比較し, **Phase angle** による身体活力レベルの有意性を検討した。そして, 身体活力レベルを **Phase angle** によって把握できるのかを検証するものである。

第2節 方法

第1項 対象

対象は、2018年から2019年の期間のK県の某高校1年、2年生（男子高校生159名、女子高校生193名）であった。被験者に対して生年月日の調査も行い測定日での厳密な年齢を算出した。被験者とその保護者には事前に調査及び測定の内容を説明し、これに対するインフォームドコンセントを得た。被験者に急性及び慢性の疾患を患っているものはいなかった。

第2項 測定項目

体格項目として、身長をタニタ社製のデジタル身長計で計測し、体重・体脂肪率を、BIA法（インピーダンス法）を採用したタニタ社製の身体組成計（MC-780）を用いて計測した。また、身長と体重からは肥満判定として用いられているBMI（体重[kg]÷身長[m]²）を算出した。さらに、タニタ社製の身体組成計（MC-780）によって測定された抵抗値（レジスタンス；R、リアクタンス；Xc、インピーダンス；Z）を用いてPhase Angle（PhA）を算出した。

第3項 解析手順

Phase angleの高校1年から高校2年までの平均加齢変化値に対して、各学年における正規性の検定を実施する。正規性の検定にはデータの分布から尖度と歪度を検討する方法があるが、本研究では実際のPhase angleの頻度分布から正規分布関数を適用して解析を行った。そして、一般高校生と運動部において各学年における両群のPhase angleを平均値の差の検定としてt検定による比較検討を行った。また、一般高校生の対照群におけるPhase angleに対し

て，高校1年から2年までの期間における最小二乗近似多項式適用の加齢評価チャートを構築した．構築された Phase angle の加齢評価チャートに運動部の個々の Phase angle を適用し，個々での Phase angle の分布状況を解析した．

第3節 結果

第1節 高校生における Phase angle の正規性の検定

男女高校生の1年生と2年生の各学年における Phase angle の統計値(表1)から正規性を検定する。正規性の検定にはデータの分布から尖度と歪度を検討する方法があるが、本研究では実際の Phase angle の頻度分布から正規分布関数を適用して解析した。その結果、表2・3に示した通りである。つまり、男女高校生1年、2年生において Phase angle の正規分布関数から導かれた理論値と実測値との間で χ^2 検定の結果、有意差は認められず正規性が認められた。図1・2は高校2年生男女での Phase angle の頻度分布を示したものであるが、正規分布関数に良く当てはまっていることが分かる。

第2節 運動部と対照群における Phase angle の比較検討

表4は運動部と対照群における Phase angle の統計値を示している。これによると、男女とも1年、2年生において、Phase angle は対照群と運動部の間で有意差($P<0.01$)が認められた。つまり、運動部の方が Phase angle が高いことが明確となった。

第3節 Phase angle の加齢評価チャートに基づく運動部の Phase angle 判定

Phase angle の加齢変化については、高校1年と2年生の2年間のスパンにおいて、Phase angle の平均値と標準偏差に対して最小二乗近似多項式を適用した。図3・4は最小二乗近似多項式によって記述された男女の Phase angle の加齢評価チャートである。そして、その加齢評価チャートに運動部の男女を適用した結果を見ると、明らかに Phase angle が高く分布して

いることが分かる。この図から明確なように、運動部の男女個々人の **Phase angle** の評価が示されており、強豪の運動部に所属している者のほとんどは **Phase angle** が高いことが認められた。

第4節 考察

本研究により、運動部の方が Phase angle 値が高いことが確認された。しかし、これは身体が大きいとされるコーカソイドの方がモンゴロイドよりも Phase angle が大きいといった報告 (Barbosa et al, 2005) と似ている。つまり、身体が大きければ Phase angle も高くなる単純な構図が考えられるのである。しかし、運動部員の健康度を判断するには、体格や運動能力といった身体能力と健康規定要因を独立した事象として捉える必要がある。

松本 (2016) は ALDH2 (Aldehyde Dehydrogenase 2) の遺伝子多型の重要性について説明しているが、コーカソイドがアルコール分解に強いのは、この遺伝子の活性があるからであり、モンゴロイドは活性が低いとしている。身体活力とは異なる事象であるが、アルコールに強い遺伝的な特性であれば、コーカソイドが本来有している遺伝的な身体活力レベルと捉えることができる。また、Schmidt ら (2018) の研究において、ドイツ人を対象とした研究では、成人男性の BMI が $21.9 \text{ kg/m}^2 \pm 1.58$ 、Phase angle は $7.02^\circ \pm 0.61$ であると報告し、BMI の影響が排除できるので、本研究における日本人高校生男子の Phase angle はやや低いと考えられる。これは人種としての相違と考えられ、身体能力とは異なった遺伝的な身体活力レベルの差を捉えたことになる。つまり、運動部員の Phase angle が高いことは、身体能力に依存している事象ではなく、身体活力レベルとして独立した事象と捉えられるのである。よって、運動部員が体力・運動能力に優れていることは遺伝的な要因であるが、Phase angle が高いことは身体能力に依存している事象ではなく、身体活力レベルとして独立した事象と捉えられよう。

田中ら (1990) が提示した活力年齢は老化の指標として主成分分析モデルを適用して構築した概念であるが、多くの身体能力を推定する要素から導かれた指標といえる。多くの健康を規定する要因から活力年齢という概念を導いたのであれば、活力年齢はすでに独立した事象といえる。したがって、本研究における Phase angle の加齢評価チャートに基づき、運動部

員個々の Phase angle が評価され、個々人の身体活力レベルが把握できたことは、正に運動部員の健康を規定する要因が検証できたわけで、Phase angle の有効性が示唆されたと考えられる。

第5節 まとめ

本研究は、高校生における運動部員と一般対照群の Phase angle とを比較検討することで、運動部員の Phase angle の高さが身体活力を反映している事実を明確にした。そして、Phase angle を身体活力の指標として位置づけようとした。特に、本研究は一般高校生を対照群として、Phase angle の加齢評価チャートを構築し、その評価チャートに個々の運動部員を適用することで、運動部員個々人の Phase angle を評価した。そして、個々人の Phase angle の評価が可能になったことで、運動部員のすべてが Phase angle が高いわけではなく、個々人が有している健康要因の身体活力レベルを把握することができる。それによって Phase angle の有効性が提示できたといえよう。

第6節 図表

表1 身長, 体重, BMI, Phase angleの統計値(学年別)

		男子 (n=159)		女子 (n=193)	
		1年生 n=67	2年生 n=92	1年生 n=77	2年生 n=116
身長 (cm)	Mean	171.2	171.6	158.4	158.4
	SD	6.04	6.71	5.47	5.03
体重 (kg)	Mean	60.69	64.23	51.82	51.41
	SD	9.16	9.97	5.90	6.55
BMI (kg/m ²)	Mean	20.67	21.78	20.67	20.47
	SD	2.58	2.96	2.28	2.33
PhA (°)	Mean	6.65	6.81	5.61	5.61
	SD	0.67	0.61	0.52	0.53

表2 Phase angle 値の正規性検定

男子	1年	$f(x) = \frac{0.2 \times 67}{\sqrt{2\pi} \times 0.67} e^{-\frac{(x_i - 6.65)^2}{2(0.67)}}$
	2年	$f(x) = \frac{0.2 \times 92}{\sqrt{2\pi} \times 0.62} e^{-\frac{(x_i - 6.81)^2}{2(0.62)}}$
女子	1年	$f(x) = \frac{0.2 \times 77}{\sqrt{2\pi} \times 0.52} e^{-\frac{(x_i - 5.60)^2}{2(0.52)}}$
	2年	$f(x) = \frac{0.2 \times 116}{\sqrt{2\pi} \times 0.53} e^{-\frac{(x_i - 5.61)^2}{2(0.53)}}$

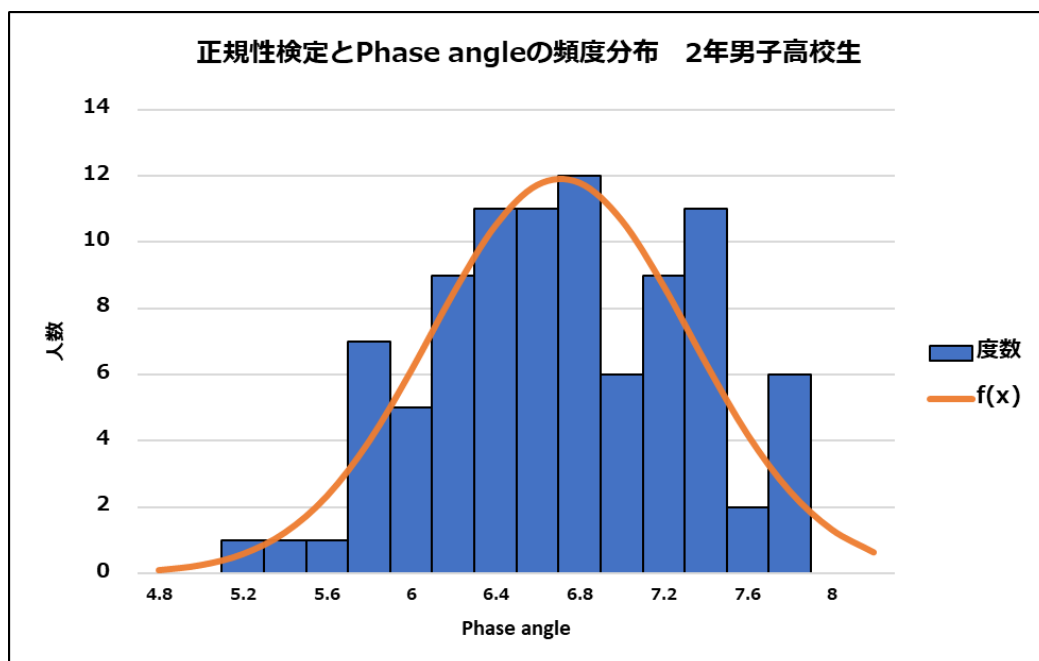


図1 Phase angleの正規性検定と頻度分布 (2年生男子)

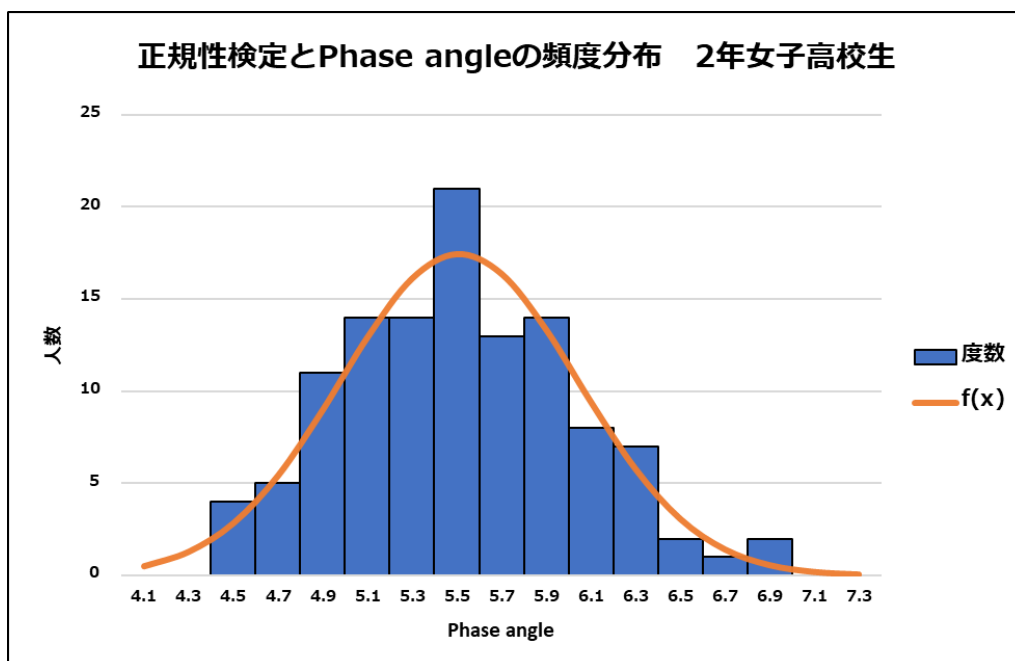


図2 Phase angleの正規性検定と頻度分布 (2年生女子)

表3 正規分布関数による理論値と実測値における χ^2 検定

	男子	女子
1年生	33.91	11.50
2年生	17.53	9.40

表4 身長, 体重, BMI, Phase angle の統計値 (学年・対象別)

	1年生			2年生		
	一般高校生 (n=25)	運動部高校生 (n=42)	<i>P</i>	一般高校生 (n=53)	運動部高校生 (n=39)	<i>P</i>
身長	169.95±4.31	171.89±6.80	n.s.	171.35±6.56	171.97±6.99	n.s.
体重	54.78±7.04	64.21±8.49	**	62.34±10.49	66.81±8.70	*
BMI	18.96±2.31	21.69±2.19	**	21.20±3.23	22.56±2.36	*
PhA	6.18±0.69	6.94±0.47	**	6.49±0.53	7.24±0.43	**
女子	一般高校生 (n=48)	運動部高校生 (n=29)	<i>P</i>	一般高校生 (n=96)	運動部高校生 (n=20)	<i>P</i>
身長	158.33±5.08	158.60±5.15	n.s.	158.51±5.31	158.08±3.44	n.s.
体重	52.56±5.83	50.60±5.90	n.s.	51.14±6.63	52.67±6.15	n.s.
BMI	20.99±2.31	20.13±2.17	n.s.	20.35±2.37	21.05±2.11	n.s.
PhA	5.44±0.46	5.90±0.48	**	5.50±0.47	6.14±0.49	**

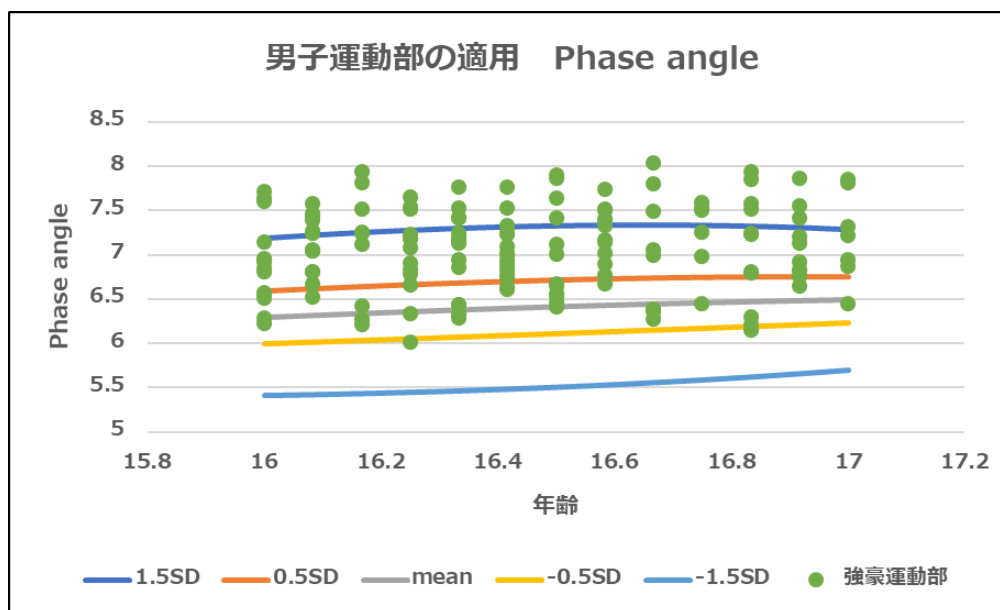


図3 加齢評価チャートへの適用 (男子運動部)

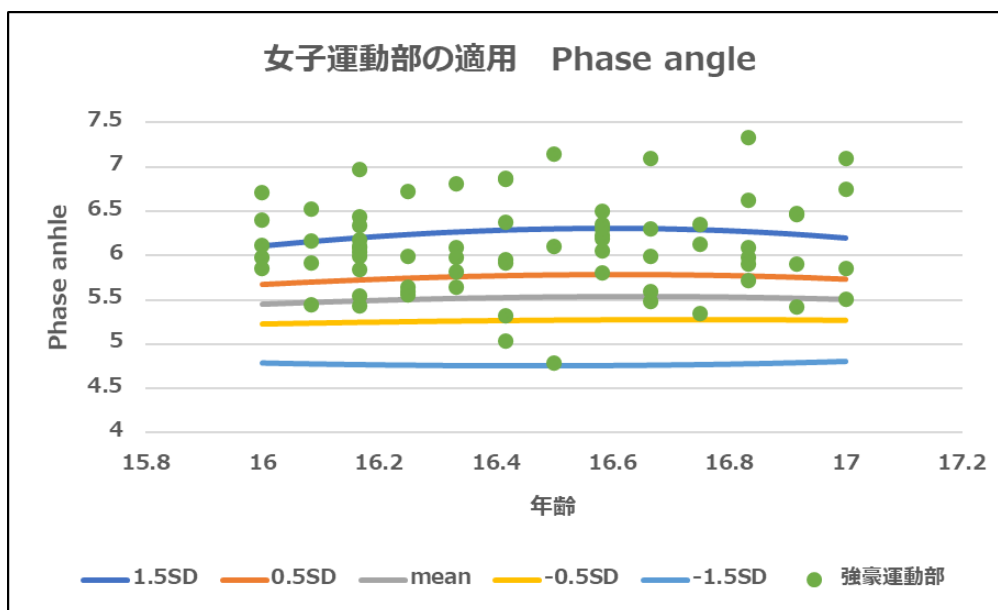


図4 加齢評価チャートへの適用 (女子運動部)

第8章
検討課題V
Phase angleによる
身体活力レベル標準化の提唱

第1節 本章の目的

近年、高齢期におけるヘルスマネジメントにおいて介護予防を中心としたケアマネジメントが行われている。厚生労働省（2012）によれば、介護予防とは「要介護状態の発生をできる限り防ぐ（遅らせる）こと、そして要介護状態であってもその悪化をできる限り防ぐこと、さらには軽減を目指すこと」とされている。また、堤ら（2016）によれば、その要介護化の因子には身体的要因、心理学的要因、社会学的要因など様々に存在していると報告している。そこで、介護予防ケアマネジメントとして、高齢者の運動機能や栄養状態といった身体機能の改善や、環境調整などのサービスを行い、様々な要因に対応することで、高齢者の生活機能（活動レベル）や参加（役割レベル）の向上をもたらし、要介護状態の予防、つまり健康寿命を延伸させることが求められている（厚生労働省、2012）。特に、身体的要因における、筋力の低下や歩行障害といった身体機能の低下は要介護化と密接な関係にあるとされており（堤ら、2016）、身体的要因におけるアプローチが重要であることが考えられる。しかし、どの程度の身体機能の低下が要介護状態となるのかは明確となっていない。

厚生労働省における取り組みでは、高齢者の握力や閉眼片足立ちといった様々な運動機能を測定し、各運動機能項目において身体機能レベルを把握する手法を採用している。つまり、どの運動機能が、どの程度低下をすると要介護状態になるのかは不明確であり、身体機能において非常に曖昧な基準が用いられているのが現状である。さらに、これらの運動機能項目を測定するにあたり、要介護状態に近い高齢者ほど、測定が困難になる可能性が高く（厚生労働省、2012）、一部の高齢者で身体機能の把握ができないことが考えられる。また、同じ身体的要因である身体組成において、武山と藤井（2019）により、要介護者において筋肉量や筋肉率の身体組成が一般高齢者よりも劣る傾向を示したが、これらの身体組成項目では、要介護レベルの基準値を明確にするまでには至らなかった。

そこで、新たに要介護者におけるヘルスケアの基準が必要とされる。先の検討課題におい

て、高校生における運動部員と一般対象群において、Phase angle という栄養指標を活用することで運動部員の Phase angle の高さが身体活力レベルを反映していることを明確にした。つまり、Phase angle は身体の活力レベルを評価することの有効性を示唆していると考えられる。この知見は高齢者の活力レベルも評価が可能である。元々Phase angle は、BIA (Bioelectrical Impedance Analysis : 生体電気インピーダンス) 法で非侵襲的かつ簡便に測定時間も短く測定されるのである。そして、人体に微弱電流を流し細胞膜の抵抗値を直接測定して算出する実測値であり、身長や体重だけでなく、体液過剰の影響を受けない。そのため、Phase angle は、正確な身体測定が困難な小児や高齢者、重症者にも有用とされている (吉田ら, 2019)。また、上村ら (2019) によれば、Phase angle は細胞の健全度や全体的な栄養状態を反映するため、健康な細胞が多い場合は高値を示すとされており、Phase angle の低下した高齢者では、サルコペニアやフレイルを有しやすく、将来的な死亡リスクが高いとされている。したがって、Phase angle は疾患の予後指標としてではなく、加齢に伴う身体活力レベルの評価が可能であり、要介護ヘルスケアの指標として期待できる。しかし、これまでの研究において日本人の高齢期における Phase angle の加齢変化を解析した研究はなく、また加齢変化を考慮した加齢スパン評価チャートを構築した知見はないのである。

Barbosa-Silva et al. (2005) は、18歳から90歳までの1967名のアメリカ人を対象者として扱い、年齢区分間における Phase angle 値の差の比較を行うことで加齢変化を示している。さらに、Mattiello R. et al. (2020) も様々な人種のデータを扱い、メタ分析を行うことで0歳から100歳までの高齢期を含めた各年齢区間 (2 >, 3-5, 6-12, 13-15, 16-18, 19-28, 29-38, 39-48, 49-58, 59-69, 70-80, > 80) の平均値を直線で繋ぎ加齢変化を示している。しかし、これらの知見はいずれも加齢現量値しか扱っておらず、微分としての速度 (変化率) を検討したわけではなく、さらに評価チャートの構築の発想には至っていない。

早川ら (2020) は、日本人成人における Phase angle は、男性は $6.54 \pm 0.4^\circ$ 、女性は $5.59 \pm 0.39^\circ$ とし、欧米人と比べてやや低い値であることを報告した。Barbosa-Silva et al. (2005)

も Phase angle の人種差や性差を報告している。つまり、男性と女性の性別間だけでなく人種間においても Phase angle は異なることが示唆されるため、それぞれの人種や性別における Phase angle の加齢変化を明らかにする必要がある。そこで、Fujii & Hayakawa (2020) では、日本人の 6 歳から 15 歳の男児と女児を扱い、また解析手法としてウェーブレット補間モデルを用いることで、児童期における Phase angle の加齢変化を明らかにした。しかし、上村 (2019) により、日本人の高齢期における Phase angle の低下傾向は示されているが、加齢変化の検証は行っていない。況してや評価チャートを構築し、Phase angle の加齢変化を標準化することは困難である。

そこで本研究では、60 歳以上の一般高齢者を対象とし、BIA 法に基づいて Phase angle 値を算出し、高齢期の 60 歳から 90 歳までの加齢変化を検討した。次に、解析手法としてウェーブレット補間モデルを用いることで Phase angle の加齢標準化チャートを構築し、高齢期における Phase angle の加齢変化の標準化を試みた。そして、要介護高齢者の Phase angle 値に構築された加齢標準化チャートを適用し、Phase angle の加齢変化と要介護レベルとの関係を明らかにするものである。

第2節 方法

第1項 対象

対象は、某自治体で行っている介護予防教室に参加している健康な一般高齢者男性 57 名、女性 144 名と某デイサービス施設を利用している要介護高齢者男性 5 名、女性 13 名であった。被験者には事前に調査及び測定の内容を説明し、これに対するインフォームドコンセントを得た。

第2節 測定項目

身長は、デジタル身長計（タニタ社製）を用いて測定した。体重とレジスタンス（R）、リアクタンス（Xc）、インピーダンス（Z）は、BIA法を採用したTANITA社製MC-780を用いて測定を実施した。

第3節 解析手順

BIA法に基づいてPhase angle値を算出し、一般の高齢者におけるPhase angle（全身・下肢）に対して最小二乗近似多項式を構築し、高齢期の60歳から90歳までの加齢変化を検討した。そして、Phase angleの各年齢区分を明確にした年齢軸に対してウェーブレット補間モデルを適用することにより、加齢を考慮したPhase angleの評価を可能とする、加齢標準化チャートを5歳刻みで構築した。最後に、構築されたPhase angleの加齢標準化チャートに要介護高齢者女性を適用し、Phase angleの分布状況の解析を行った。

第3節 結果

第1項 高齢期における Phase angle の加齢変化の検討

表3・4は一般高齢者の5歳ごとにおける Phase angle の平均値と標準偏差を示している。Phase angle (全身・下肢) は加齢とともに低下していく傾向であることが示された。また、全身よりも下肢の方が Phase angle の減少量が大きいことが示された。

表5・6は、年齢に対する Phase angle において構築した、1次から6次までの残差平方和、決定係数 (R^2)、AIC 値を示した表である。AIC 値から次数の妥当性を検討したところ、回帰多項式の次数としては、男性は全身の Phase angle では2次 (AIC=121.92)、下肢の Phase angle では2次 (AIC=140.71)、女性は全身の Phase angle が1次 (AIC=184.10)、下肢の Phase angle では2次 (AIC=249.96) が妥当であることが示された。

図1~4は、妥当と判断された次数で構築した最小二乗近似多項式である。つまり、全年齢における Phase angle 値に対して適用した最小二乗近似多項式において、Phase angle の加齢に伴う減少傾向が、男性は全身と下肢ともに2次、女性は全身が1次、下肢が2次の傾向であった。

そこで、Phase angle の加齢傾向から加齢標準化チャートを構築するには、最小二乗近似多項式では年齢区分が曖昧であり、さらに、評価帯も曖昧になる欠点がある。したがって、各年齢区分および評価帯を明確にするために、ウェーブレット補間モデルを適用することでその欠点を克服する加齢標準化チャートを構築することにした。

図5~8は、Phase angle の各年齢区分を明確にした年齢軸に対してウェーブレット補間モデルを適用した加齢変化である。男性の全身と下肢の Phase angle は、75歳付近に速度曲線のピークが示されており、そこから急激に下降していく傾向であった。女性では、現量値曲線において、全体的には一定に下降していく傾向であった。しかし、速度曲線においては、

68歳と82.5歳付近にピークが示された。下肢では、現量値曲線において60歳からなだらかに下降していく傾向であった。速度曲線においては、64歳80歳付近においてピークが示されたが、全体的に、常に減少する傾向が示された。

全身では、現量値曲線において、全体的には一定に下降していく傾向であった。しかし、速度曲線においては、68歳と82.5歳付近にピークが示された。下肢では、現量値曲線において60歳からなだらかに下降していく傾向であった。速度曲線においては、64歳80歳付近においてピークが示されたが、全体的に、常に減少する傾向が示された。

第2項 Phase angle の加齢標準化チャートの構築

Phase angle の加齢変化については、60歳から90歳までのスパンにおいて、5歳刻みで平均値と標準偏差を算出した。そして、横断的データであるから、年齢軸を5歳刻みの中点に設定し、62.5歳、67.5歳、72.5歳、77.5歳、82.5歳、87.5歳時点でのPhase angle の平均および標準偏差（ $\pm 1.0SD$ 、表3・4）に対してウェーブレット補間モデルを適用した。図9～12はウェーブレット補間モデルによって記述されたPhase angle（全身・下肢）の加齢標準化チャートである。

第3項 Phase angle の加齢標準化チャートに基づく要介護者のPhase angle 判定

図13～16は要介護高齢者に構築したPhase angle の加齢標準化チャートを適用したものである。その結果、明らかにPhase angle が低く分布していることが認められた。したがって、要介護者のほとんどはPhase angle が低いことが認められた。さらに、詳細に傾向を見ると、一般高齢者における $-1.0 \pm 1.0SD$ 範囲に分布していることが分かる。特に、要介護者は加齢評価チャートの $-1.0SD$ 帯の低値付近に分布していることが明白である。表7・8には各年齢

における平均値と標準偏差から要介護者の個々において評価値を算出したものを示した。その結果、Phase angleの全身・下肢において評価値の $-1.0 \pm 1.0SD$ 内に含まれていることが確認された。

第4節 考察

本研究での対象者である一般高齢者の平均年齢は、男性が 72.44 ± 6.47 、女性が 71.88 ± 6.25 歳に対し、Phase angle 値は、男性が $5.67 \pm 0.72^\circ$ 、女性が $4.97 \pm 0.47^\circ$ であった。さらに、年代ごとにおける Phase angle の加齢変化を見ると、男性では、全身と下肢の Phase angle では、65 歳から 70 歳付近にかけて減少し、若干の停滞を経て、70 歳以降に急激に減少する傾向が示された。女性では、全身の Phase angle では、67.5 歳から 72.5 歳にかけてわずかに増加したが、他の年齢では常に減少する傾向が示された。下肢の Phase angle は、どの年齢においても常に減少する傾向が明確に示された。上村 (2019) は、平均年齢が男性： 73.6 ± 5.3 歳 ($n=98$) での Phase angle は $5.5 \pm 0.5^\circ$ 、女性： 71.9 ± 4.6 歳 ($n=197$) での Phase angle は $4.8 \pm 0.4^\circ$ と報告しており、本研究の被験者と同程度であることが示された。また、60 歳以上の高齢期においては、加齢における Phase angle の低下傾向が報告されており、本研究における対象者の妥当性が確認できた。

また、Phase angle の年代別における加齢変化を詳細に分析すると、全身よりも下肢の方が加齢による Phase angle の減少量が大きいことが示された。谷本ら (2010) は、日本人における筋肉量について、すべての部位の筋肉量は男女とも加齢によって有意に減少することを示している。さらに、筋肉量の減少率が最も大きいのは下肢で、次に全身、上肢、体幹部の順であることを報告している。つまり、サルコペニアやフレイルのように、筋肉量の減少が高齢者における身体機能の低下を誘発しており、その身体機能の低下が、身体活力レベルを表す Phase angle の低下に反映したことが考えられる。したがって、全身よりも下肢において加齢による Phase angle の減少量が大きい傾向が示されたのである。また、武山と藤井 (2019) では、一般高齢者とデイサービスを利用している高齢者の筋肉量を比較したところ、全身よりも下肢において大きく低下傾向であることを示している。つまり、要介護基準を構築するには、要介護者の特徴である下肢の健康状況を厳密に把握する必要がある。そこで本研究

は、Phase angle の全身だけでなく、下肢においても標準化を試みた。

そこで、Phase angle の各年齢区分を明確にした年齢軸に対してウェーブレット補間モデルを適用し、加齢変化傾向を分析した。男性では、全身の Phase angle において、速度値曲線が70歳付近で局所的ピークを示し、ピーク後は急激な減少傾向を示した。下肢の Phase angle も同様に、70歳付近で局所的ピークを示し、その後は急激な減少傾向を示す傾向であった。したがって、全身・下肢共に70歳付近において Phase angle が大きく変化する傾向があり、70歳以降における身体健康状況の急激な変化を示唆している。また、女性では80歳付近において Phase angle の顕著な低下傾向を示しており、男性とは約10歳程度の低下遅延の間隔を明確にしている。この低下遅延の間隔は、男性の平均寿命が短いことを考慮すれば、正に、Fujii & Takeyama (2020) が提唱した高齢者の身体活力レベルを示唆していると言えよう。よって、男性では70歳以降、女性では80歳以降が身体活力レベルの急低下する臨界点と考えられないであろうか。

以上のことから、高齢者における Phase angle の加齢スパン評価チャートを構築することで60歳から90歳までの高齢期における Phase angle の加齢変化を明確にした。そして、加齢標準化チャートを作成したことにより、高齢期のどの年齢軸においても評価することが可能となった。したがって、構築した評価チャートにより Phase angle における加齢変化の標準化ができたわけである。また、要介護高齢者に本研究で構築した加齢標準化チャートを適用することにより、標準との Phase angle の差が明確となる。そこで、要介護高齢者に標準化チャートを適用したところ、両項目ともに一般高齢者の $-1.0 \pm 1.0SD$ 範囲に分布する傾向が示された。つまり、Phase angle 値から分布の傾向を判断すると、男性では、全身は $5.22 \pm 0.57^\circ$ ，下肢は $3.99 \pm 0.96^\circ$ となり、全身では 5.5° 以下、下肢では 4.0° 以下にほとんどの要介護者が分布することが示された。女性では、全身は $4.12 \pm 0.53^\circ$ ，下肢は $3.12 \pm 0.57^\circ$ となり、全身では 4.5° 以下、下肢では 3.5° 以下にほとんどの要介護者が分布していることが示された。

このように、Phase angle の加齢標準化チャートの構築により、Phase angle の加齢変化と要介護レベルとの関係が明らかにされ、男性は、Phase angle 値の全身で 5.5° 以下、下肢で 4.0° 以下、女性は、Phase angle 値の全身で 4.5° 以下、下肢で 3.5° 以下になると要介護レベルの健康リスクが高くなることが指摘された。したがって、ヘルスケアとして健康寿命の延伸を図るためには加齢標準化チャートのより高い評価帯を維持し続けることが重要ではないだろうか。今後、さらに要介護者の被験者数を増やすことで、健康リスクのカットオフ値となる指標が明らかとなれば、より明確な要介護におけるヘルスケアの指標の構築を可能にするであろう。

以上より、本研究によって構築された加齢標準化チャートを用いることで、高齢者における身体機能低下の予防や改善に貢献できる知見となったのではないだろうか。これらの知見は Phase angle が高齢者の新たな身体活力レベルとして把握でき、要介護にけるヘルスケアの指標としての有効性が示されたといえよう。そして、高齢者のヘルスケアマネジメントへの重要なアプローチが成されたのではないだろうか。

第5節 まとめ

本研究は、60歳以上の日本人一般高齢者を対象に、BIA法に基づいてPhase angle値を算出し、ウェーブレット補間モデルを扱うことで、60歳から90歳までの高齢期におけるPhase angleの加齢変化傾向を明らかにした。そして、加齢標準化チャートを構築し、高齢期におけるPhase angleの加齢変化の標準化を行うことで、60歳から90歳のどの年齢軸においても評価することを可能とした。また、要介護高齢者に加齢標準化チャートを適用することで、標準との差の程度が明らかとなり、要介護レベルにおけるPhase angleの傾向を明確にした。そして、Phase angleの加齢変化と要介護レベルの関係を検証したものである。その結果、要介護高齢者のPhase angleは、一般高齢者における $-1.0 \pm 1.0SD$ 範囲、男性はPhase angle値の全身で 5.5° 以下、下肢で 4.0° 以下、女性はPhase angle値では 4.5° （全身）、 3.5° （下肢）以下に分布する傾向であることが明確となった。これにより、加齢標準化チャートのより高い評価帯を維持することによって健康寿命の延伸が図れることを示唆した。

本研究によって構築された加齢標準化チャートを用いることで、高齢者におけるヘルスケアマネジメントの身体機能低下の予防や改善に貢献するものとなるであろう。

第6節 図表

表1 一般高齢者男性及び要介護高齢者男性の年齢, 体格, Phase angle

男性	一般高齢者 (n=61)	要介護高齢者 (n=5)
年齢 (歳)	72.44±6.47	74.80±4.21
身長 (cm)	163.57±6.54	161.20±3.70
体重 (kg)	62.27±10.46	65.54±16.46
体脂肪率 (%)	19.92±5.94	23.74±15.55
BMI	23.20±3.13	25.40±7.44
Phase angle (全身)	5.67±0.72	5.22±0.57
Phase angle (下肢)	4.94±0.89	3.99±0.96

表2 一般高齢者女性及び要介護高齢者女性の年齢, 体格, Phase angle

女性	一般高齢者 (n=144)	要介護高齢者 (n=13)
年齢 (歳)	71.88±6.25	85.31±4.37
身長 (cm)	151.39±5.08	142.23±5.60
体重 (kg)	52.30±7.57	48.94±8.68
体脂肪率 (%)	30.38±7.09	36.46±7.58
BMI	22.81±3.05	24.09±3.38
Phase angle (全身)	4.97±0.47	4.12±0.53
Phase angle (下肢)	4.55±0.65	3.12±0.57

表3 一般高齢者男性の年齢軸別における体格, Phase angle の統計値

平均値	67.5 歳	72.5 歳	77.5 歳	82.5 歳
標準偏差				
身長 (cm)	167.06	162.92	160.70	160.14
	6.32	4.98	5.68	3.84
体重 (kg)	66.90	66.13	53.59	56.81
	9.72	11.28	5.67	7.28
体脂肪率 (%)	21.80	21.87	16.70	20.21
	5.77	6.19	3.12	5.36
BMI	23.92	24.81	20.74	22.16
	2.88	3.23	1.76	2.67
全身 Phase angle	5.69	5.64	5.69	4.83
	0.39	0.53	0.48	0.41
下肢 Phase angle	5.07	5.00	5.11	3.85
	0.64	0.61	0.68	0.35

表4 一般高齢者女性の年齢軸別における体格, Phase angle の統計値

平均値	62.5 歳	67.5 歳	72.5 歳	77.5 歳	82.5 歳	87.5 歳
標準偏差						
身長 (cm)	152.57	153.17	151.52	151.05	147.53	145.32
	4.50	4.53	5.08	4.90	4.49	4.38
体重 (kg)	53.31	53.75	51.20	52.38	51.63	47.32
	8.44	6.94	8.30	8.02	5.52	7.59
体脂肪率 (%)	30.26	30.82	29.03	30.64	32.48	29.56
	9.40	6.80	7.58	6.47	5.79	5.70
BMI	23.01	22.93	22.30	22.88	23.68	22.30
	4.36	2.92	3.26	2.83	1.93	2.73
全身 Phase angle	5.18	5.04	5.05	4.83	4.73	4.63
	0.35	0.49	0.42	0.45	0.46	0.69
下肢 Phase angle	4.90	4.82	4.60	4.31	4.06	3.71
	0.36	0.61	0.48	0.65	0.67	0.77

表5 年齢に対する Phase angle の各次数における残差平方和, R², AIC (高齢男性)

男性	Phase angle (全身)			Phase angle (下肢)		
	残差平方和	R ²	AIC	残差平方和	R ²	AIC
1次	24.10	0.22	122.46	34.67	0.26	144.64
2次	23.12	0.33	121.92	31.45	0.45	140.71
3次	22.99	0.35	123.58	31.16	0.51	142.13
4次	22.70	0.36	124.82	31.16	0.51	144.13
5次	22.65	0.37	126.68	29.67	0.56	143.15
6次	22.65	0.37	128.68	29.46	0.59	144.71

表6 年齢に対する Phase angle の各次数における残差平方和, R², AIC (高齢女性)

女性 次数	Phase angle (全身)			Phase angle (下肢)		
	残差 平方和	R ²	AIC	残差 平方和	R ²	AIC
1次	29.04	0.09	184.10	45.90	0.23	250.03
2次	28.95	0.11	185.64	45.25	0.31	249.96
3次	28.70	0.11	186.37	45.12	0.32	251.55
4次	28.68	0.12	188.31	44.76	0.33	252.39
5次	28.49	0.12	189.33	44.64	0.34	253.99
6次	27.53	0.16	186.40	44.46	0.34	255.43

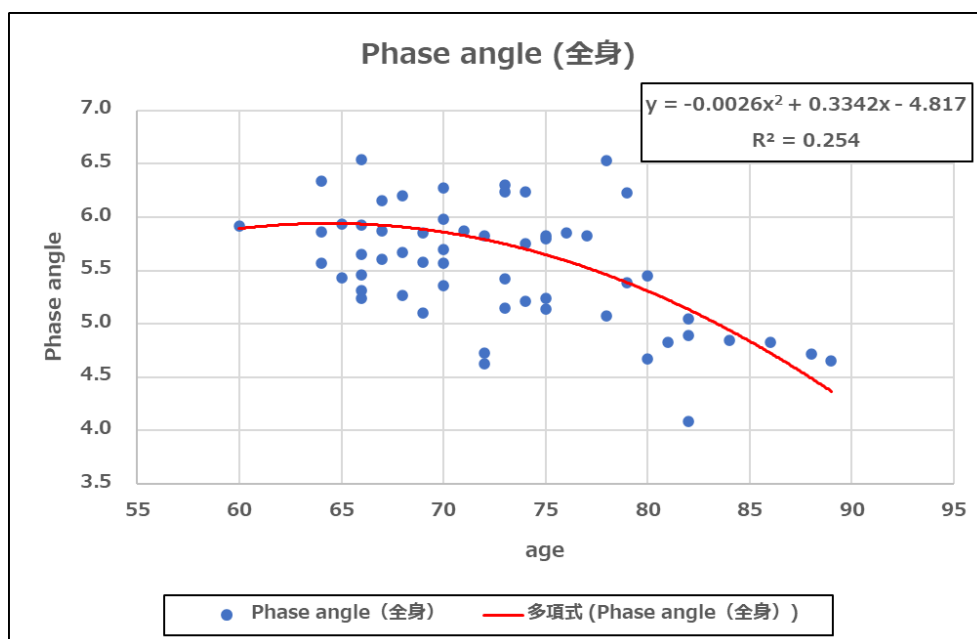


図1 一般高齢者男性の Phase angle (全身) における 2 次の最小二乗近似多項式の構築

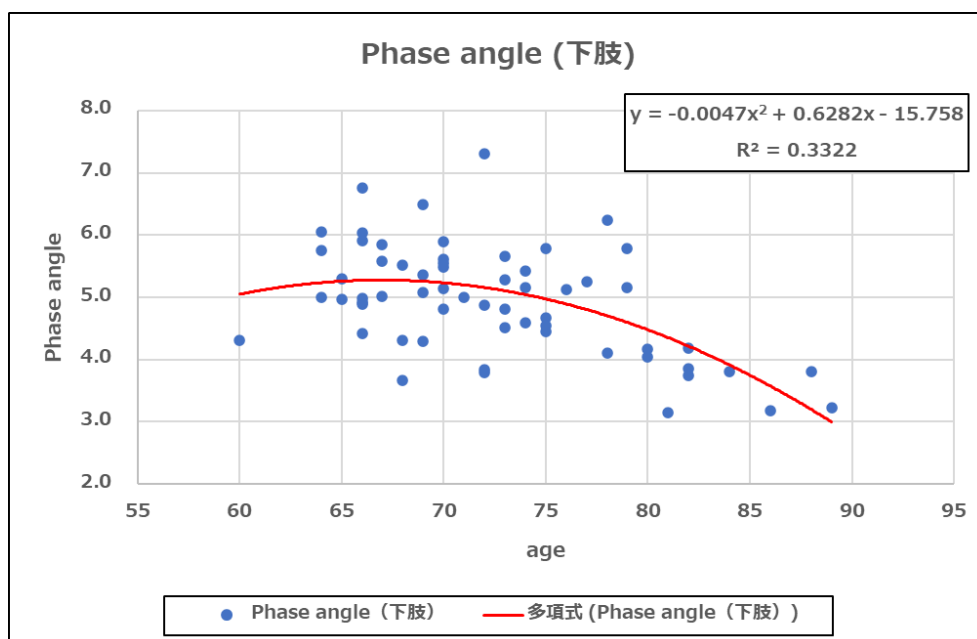


図2 一般高齢者男性の Phase angle (下肢) における 2 次の最小二乗近似多項式の構築

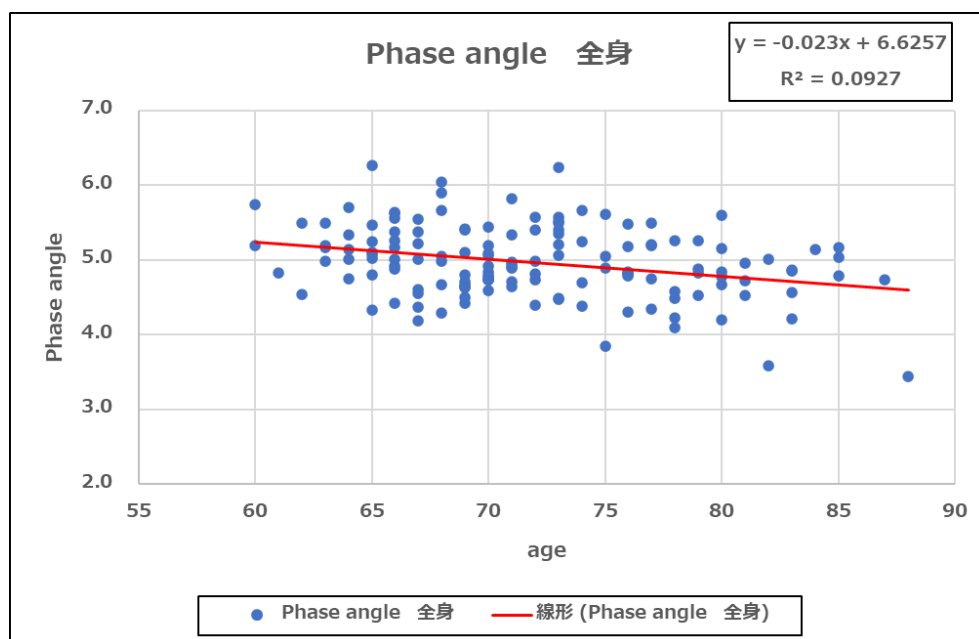


図3 一般高齢者女性の Phase angle（全身）における1次の最小二乗近似多項式の構築

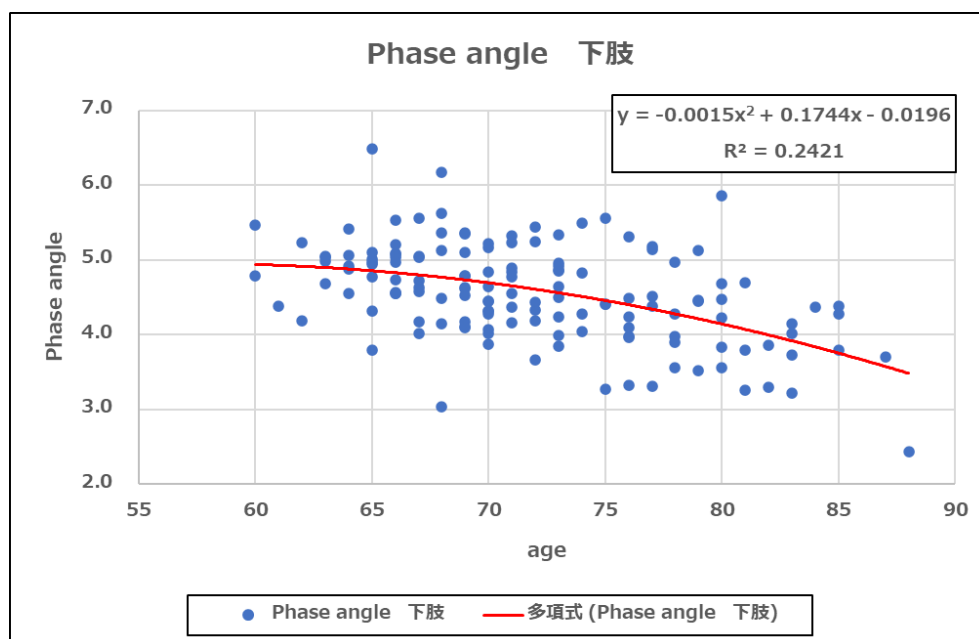


図4 一般高齢者女性の Phase angle（下肢）における2次の最小二乗近似多項式の構築

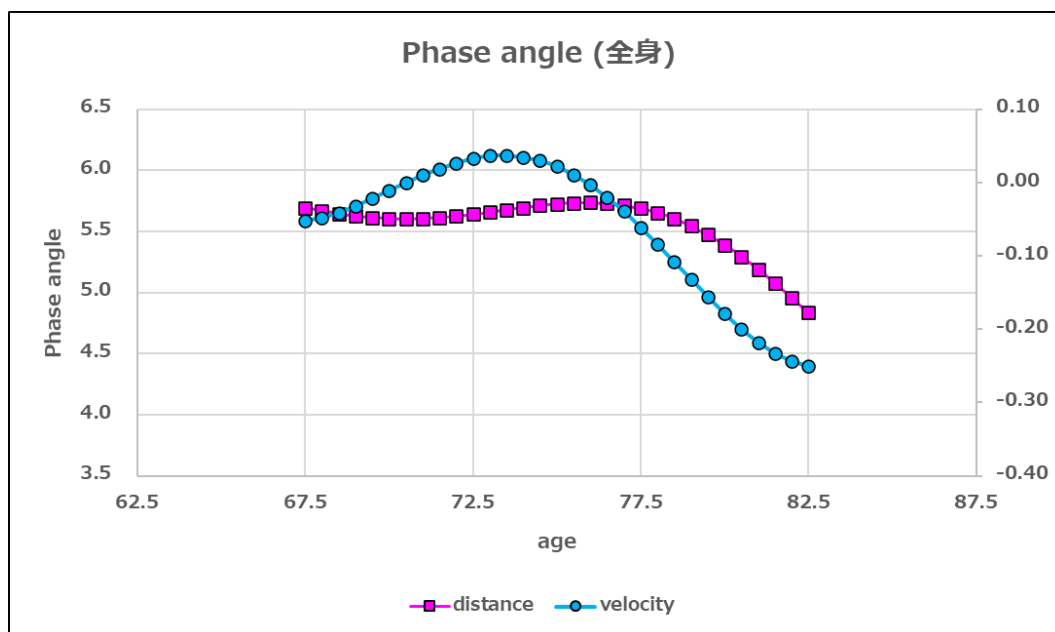


図5 一般高齢者男性における Phase angle (全身) の加齢変化 (ウェーブレット補間モデルの適用)

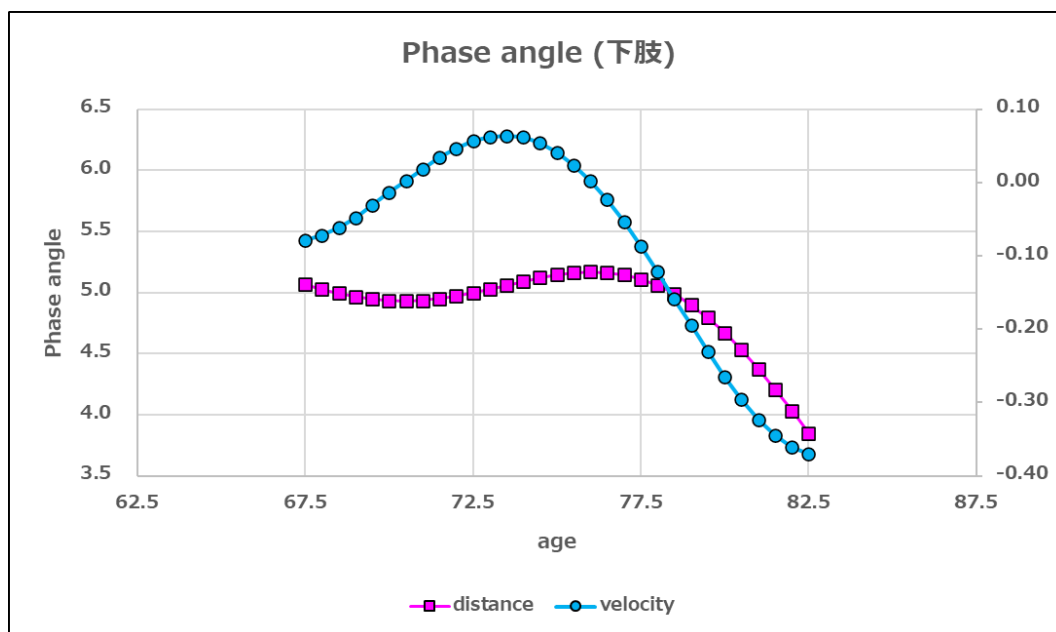


図6 一般高齢者男性における Phase angle (下肢) の加齢変化 (ウェーブレット補間モデルの適用)

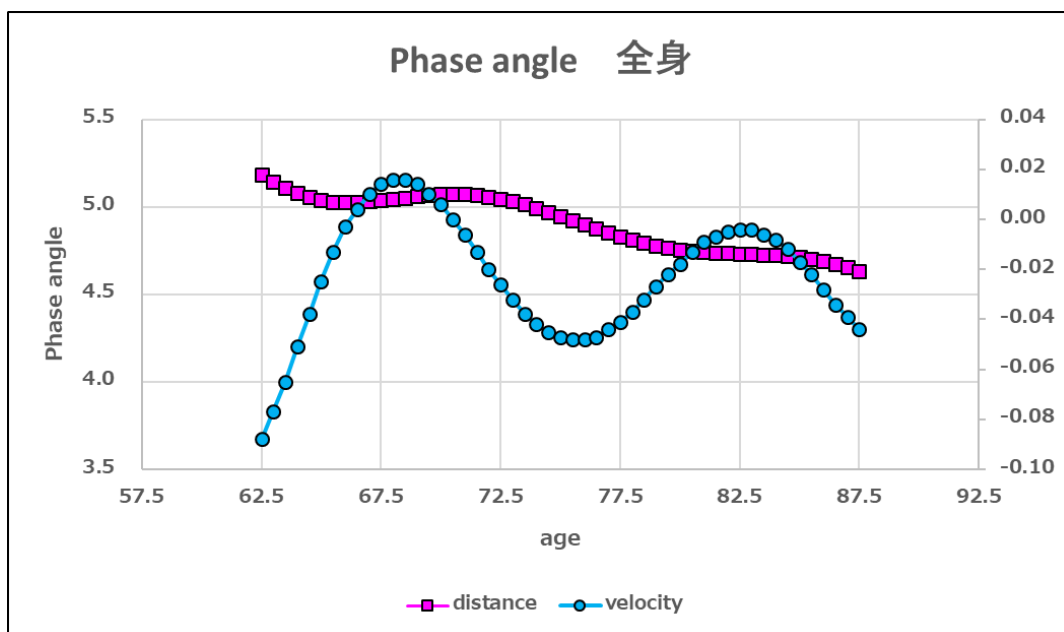


図7 一般高齢者女性における Phase angle (全身) の加齢変化 (ウェーブレット補間モデルの適用)

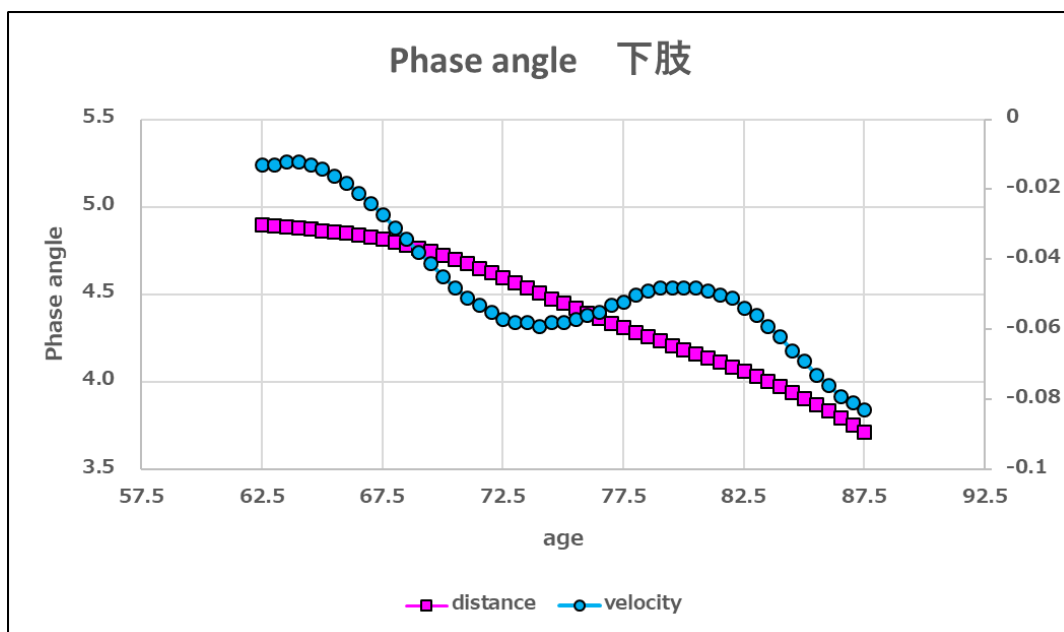


図 8 一般高齢者女性における Phase angle（下肢）の加齢変化（ウェーブレット補間モデルの適用）

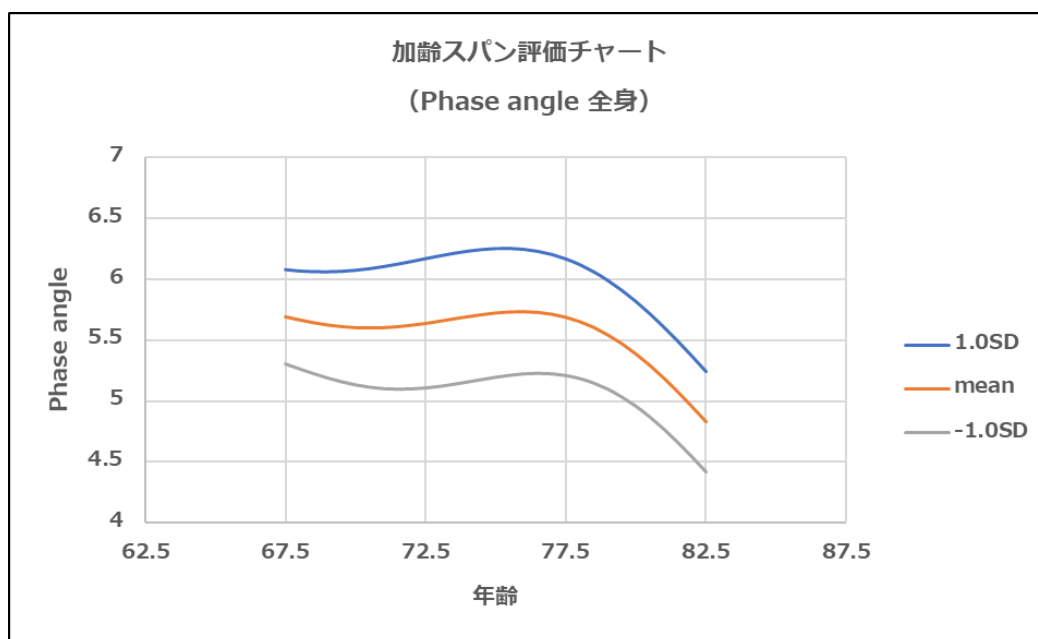


図9 一般高齢者男性の Phase angle (全身) における加齢標準化チャート

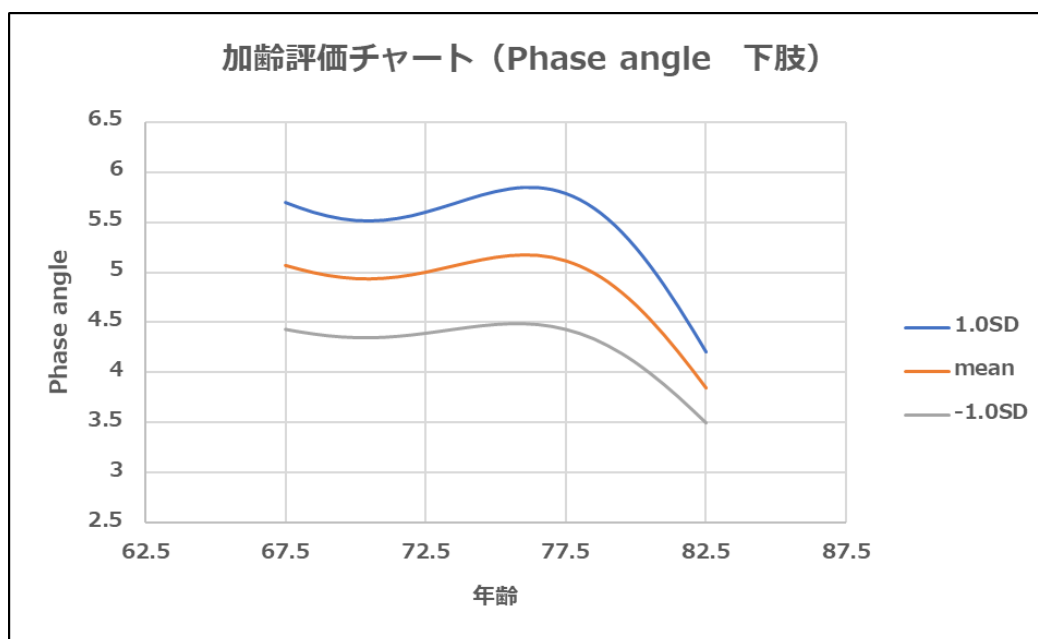


図 10 一般高齢者男性の Phase angle (下肢) における加齢標準化チャート

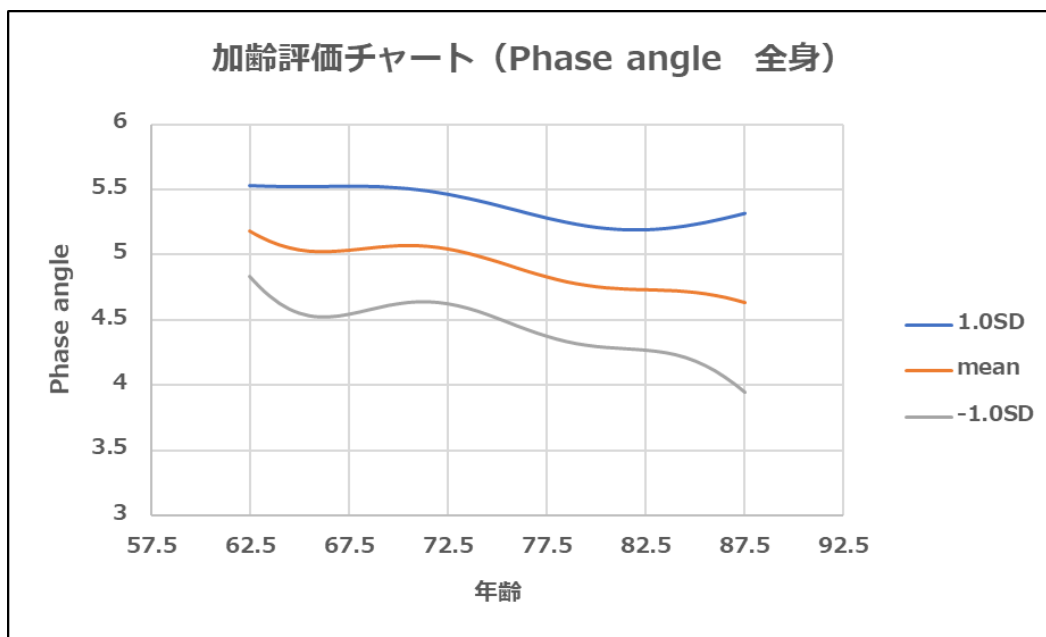


図 11 一般高齢者女性の Phase angle (全身) における加齢標準化チャート

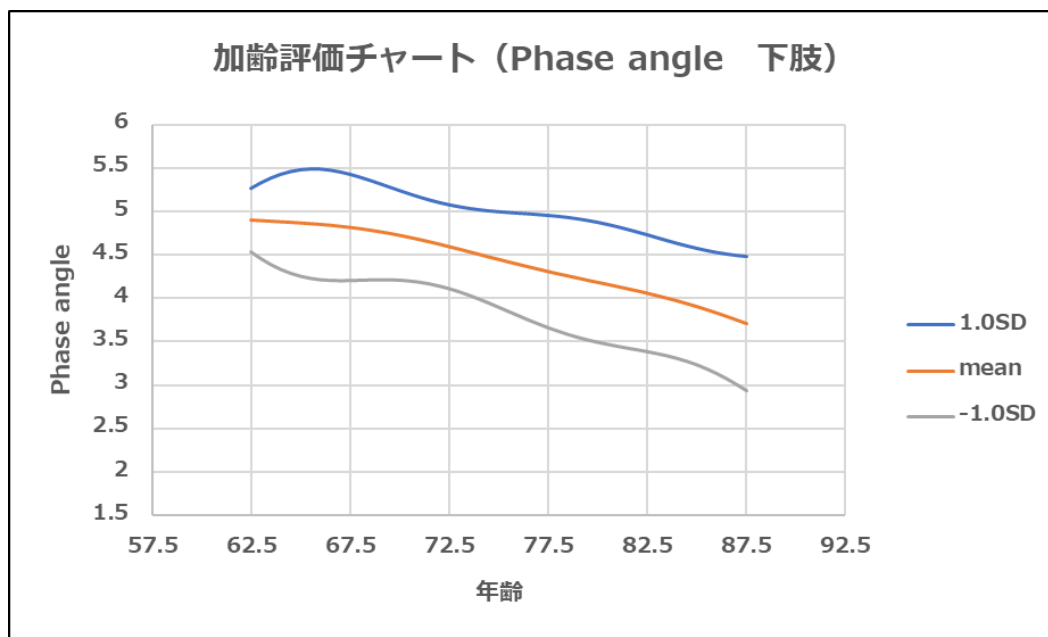


図 12 一般高齢者女性の Phase angle (下肢) における加齢標準化チャート

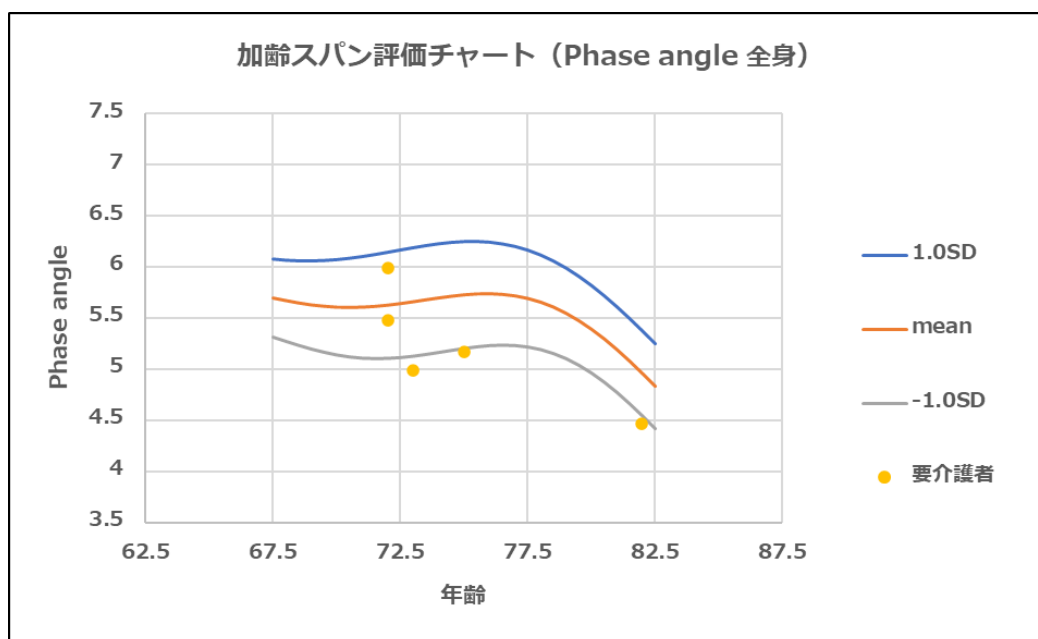


図13 要介護高齢者男性への加齢標準化チャート (Phase angle 全身) の適用

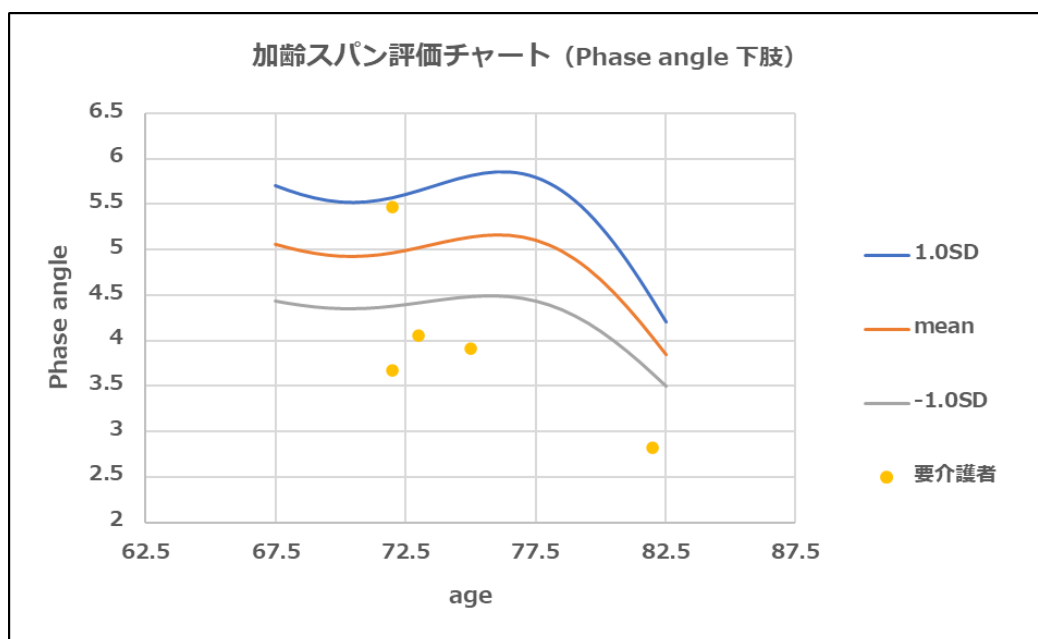


図 14 要介護高齢者男性への加齢標準化チャート (Phase angle 下肢) の適用

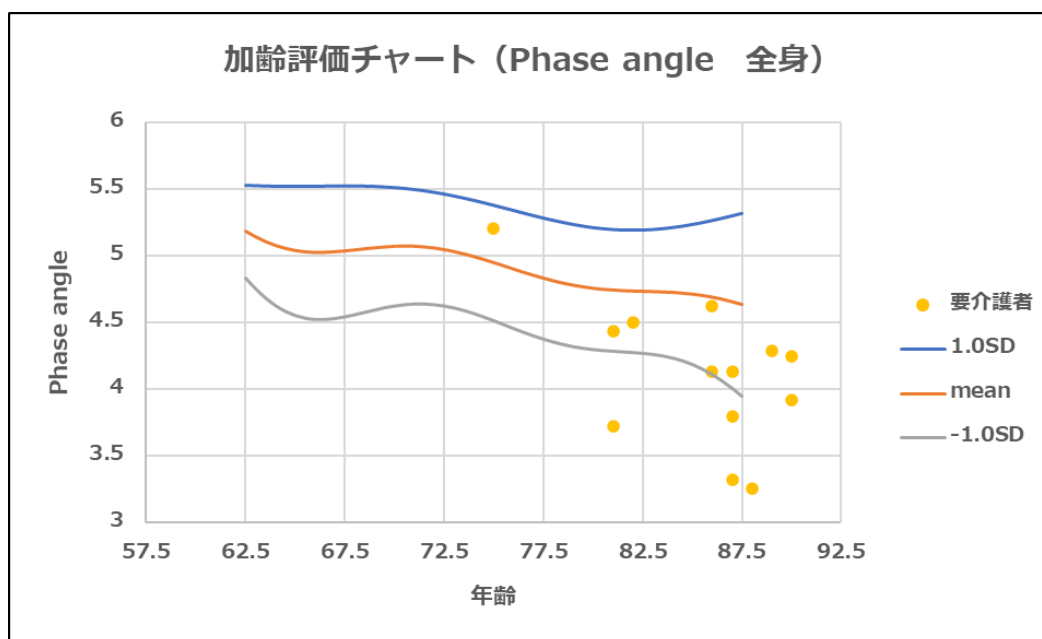


図 15 要介護高齢者女性への加齢標準化チャート (Phase angle 全身) の適用

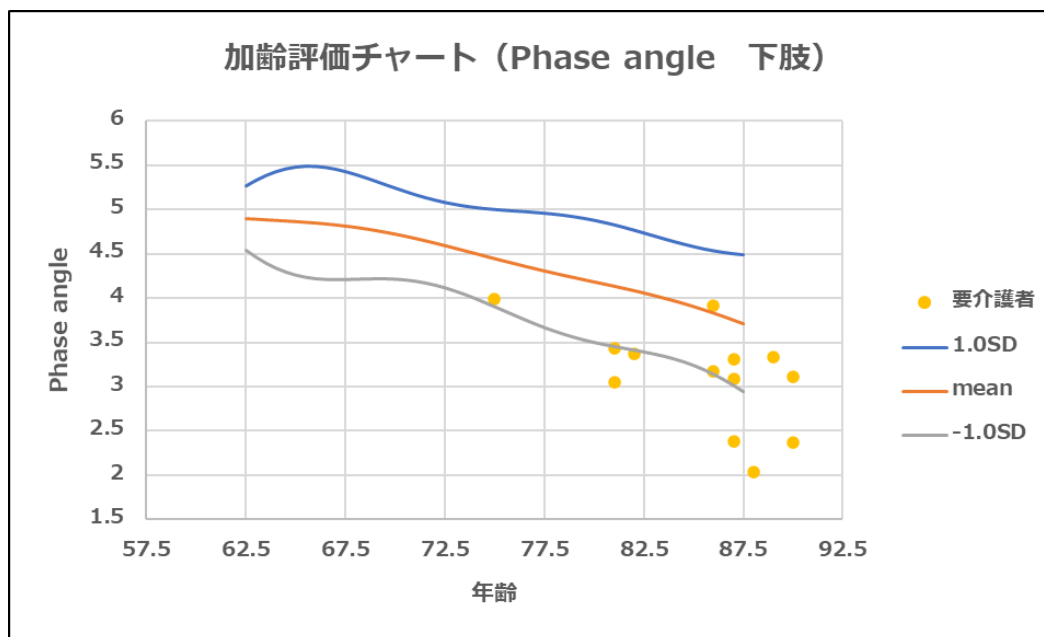


図 16 要介護高齢者女性への加齢標準化チャート (Phase angle 下肢) の適用

表7 要介護高齢者男性における Phase angle の実測値と評価値

男性	年齢	Phase angle (実測値)		Phase angle (評価値)	
		全身	下肢	全身	下肢
要介護者 1	72	5.992	5.471	0.29	0.41
要介護者 2	72	5.481	3.674	-0.47	-1.99
要介護者 3	73	4.982	4.054	-1.22	-1.48
要介護者 4	75	5.168	3.908	-0.93	-1.66
要介護者 5	82	4.467	2.825	-1.65	-2.81
平均	74.8	5.218	3.987	-0.80	-1.50
標準偏差	4.21	0.568	0.957	0.75	1.19

表8 要介護高齢者女性における Phase angle の実測値と評価値

女性	年齢	Phase angle (実測値)		Phase angle (評価値)	
		全身	下肢	全身	下肢
要介護者 1	89	4.286	3.330	—	—
要介護者 2	81	4.438	3.432	-0.69	-0.97
要介護者 3	86	4.624	3.919	-0.05	0.42
要介護者 4	90	3.914	2.370	—	—
要介護者 5	75	5.205	3.991	0.65	-0.73
要介護者 6	87	4.127	3.305	-1.06	-0.39
要介護者 7	82	4.504	3.376	-0.50	-0.94
要介護者 8	87	3.321	2.387	-2.77	-1.80
要介護者 9	81	3.722	3.052	-2.21	-1.56
要介護者 10	88	3.251	2.032	—	—
要介護者 11	90	4.247	3.106	—	—
要介護者 12	86	4.133	3.169	-1.09	-0.74
要介護者 13	87	3.795	3.088	-1.76	-0.72
平均	71.88	4.12	3.12	-0.90	-0.95
標準偏差	6.25	0.53	0.57	0.89	0.56

第9章 総括

第1節 要約

本研究では、ヘルスマネジメントに寄与する健康度指標の確立に向けて、BMI と Phase angle の簡便な健康度指標の有効性における検討を行った。BMI における検証では、成人男性の BMI 変動と身体機能情報との関係を、BMI 値 1 単位ずつの変化から解析し、身体機能の最適値である BMI を特定することで、健康に対する BMI のカットオフ値的意義を探る。そして、BMI 変動を標準化することで、そのカットオフ値を基準とした身体機能を評価するシステムを提唱し、健康管理のための身体機能目標値を提唱した。Phase angle における検証では、高齢者ではあるが、Phase angle の加齢変化を明らかにすることで、加齢による Phase angle の標準化を確立した。そして、Phase angle の加齢変化と要介護基準との関連性を検証することで、Phase angle の簡便な健康度の指標としての意義を提唱し、企業従業員の健康管理へのサポートを探った。これらの BMI と Phase angle の健康度指標の有効性による検証によって提唱された健康度標準化システムを用いることで、企業従業員に関わるヘルスマネジメントをサポートすることを目的とするものである。

始めに、BMI 変動における健康リスクを把握するために、BMI 変動といった詳細な変化に伴って身体機能情報がどのように変化するものか検討した。そして、最も体力レベルが高いと考えられる若年成人を対象に、BMI の 14 から 34 における各身体機能情報の詳細な変化傾向を明らかにした。結果、各身体機能情報において臨界点が出現し、その臨界時がその各身体機能を最も発揮しやすい体格であることが示唆された。

次に、先の検証で明らかになった健康リスクの標準化を試みる。そして、BMI に対する身体機能情報を評価する健康度標準化システムを提唱するものである。BMI と各身体機能情報の平均値だけでなく、平均値 $\pm 0.5SD$ 、 $\pm 1.5SD$ 値にも多項式回帰分析を行い、最小二乗近似多項式を構築することで、5 段階平均値評価法を用いた標準化チャート（ $+1.5SD$ 以上を“高い”， $+1.5SD$ 未満から $+0.5SD$ 以上を“やや高い”， $+0.5SD$ 未満から $-0.5SD$ 以上を“標準”，-

0.5SD 未満から-1.5SD 以上を“やや低い”，-1.5SD 未満を“低い”）を構築した。そして，構築した標準化チャートに被験者を適用することでその分布状況を確認し，健康リスクの程度を分析した。結果，日本人若年男性において BMI 値 18.5~22 が最も身体機能が発揮される体格であることが明らかになり，その体格から痩身や肥満傾向に移行することで健康リスクが増大することが明確となった。そして構築した身体機能情報の標準化チャートを用いることで，個々人での評価が可能となり，BMI の適正化だけでなく健康の維持増進に関する体力項目の適正化による健康づくりへのアプローチを可能にした。

さらに，身体機能情報において循環器系疾患と密接に関係のある生理系測定項目の血圧（収縮期血圧，拡張期血圧）を用いて，肥瘦度における健康リスク（疾病のリスク）を明らかにし，疾病へのカットオフ値の提唱を検討した。その結果，BMI 値の 1 単位ごとの詳細な健康情報の数値のスライド状況を明確にした。そして，BMI 変動による健康情報のスライド状況から，BMI 変動の変曲点を特定することで，疾病と健康の維持増進に対するカットオフ値の確立を可能にした。そして，日本人若年男性において BMI 値 18.5~22 が，血圧が正常で体力が最もよく発揮される体格であることが本研究において明らかになった。

続いて，Phase angle といった健康指標を用いて，身体活力レベルといった概念を測定し把握する検証を行った。身体活力レベルの差に関して運動部員と一般高校生の Phase angle を比較し，Phase angle による身体活力レベルの有意性を検討した。その結果，運動部員の Phase angle の高さが身体活力を反映している事実を明確にした。特に，本研究は一般高校生を対照群として，Phase angle の加齢スパン評価チャートを構築し，その評価チャートに個々の運動部員を適用することで，運動部員個々人の Phase angle を評価した。そして，個々人の Phase angle の評価が可能になったことで，運動部員のすべてが Phase angle が高いわけではなく，個々人が有している健康要因の身体活力レベルを把握することができる。それによって Phase angle の有効性が提示できた。

最後に，Phase angle を用いて身体活力レベルの加齢変化を標準化することで，身体活力レ

ベルを評価する健康度標準化システムの構築を行った。身体活力レベルが最も低下すると考えられる高齢者を扱い、ウェーブレット補間モデルを扱うことで、60歳から90歳までの女性高齢期における Phase angle の加齢変化傾向を明らかにする。そして、加齢スパン標準化チャートを構築し、女性高齢期における Phase angle の加齢変化の標準化を行うことで、60歳から90歳のどの年齢軸においても評価することを可能とした。また、要介護高齢者女性に標準化チャートを適用することで、標準との差の程度が明らかとなり、要介護レベルにおける Phase angle の傾向を明確にした。そして、Phase angle の加齢変化と要介護レベルの関係を検証したものである。その結果、要介護高齢者女性の Phase angle は、一般高齢者女性における $-1.0 \pm 1.0SD$ 範囲、Phase angle 値では 4.5° （全身）、 3.5° （下肢）以下に分布する傾向であることが明確となった。これにより、標準化チャートのより高い評価帯を維持することによって健康寿命の延伸が図れることを示唆した。

第2節 本研究の結論

以上の結果により、検討課題Ⅰでは、肥瘦度に変化における身体機能情報の健康リスクとして、肥満や痩身に移行していくことで、各身体機能を低下させ、事故やケガを増加させる事が示唆された。これにより、健康の維持・増進に関わる体力項目といった企業従業員のパフォーマンスに関する身体機能情報と肥瘦度による健康リスクの特徴を捉えることができた。検討課題Ⅱでは、検討課題Ⅰによって明らかになった、肥瘦度の変化による身体機能情報の健康リスクの挙動を標準化し、その健康リスクの程度を明らかにした。そして、実際の健康管理に活用可能となる、身体機能情報における健康リスクの標準化チャートといった健康度標準化システムを提唱した。検討課題Ⅲでは、循環器系疾患と密接な関係性のある血圧の、肥瘦度における健康度カットオフ値の模索として、BMI変動の変曲点を特定し、BMIの29.1が疾病へのカットオフ値として示唆された。また、BMI値18.5~22の血圧が正常であり、体力が最もよく発揮される体格であることが明らかになった。これにより健康度のカットオフ値として活用できる健康度指標を明らかにした。検討課題Ⅳでは、身体活力レベルの把握において、高校生における運動部員と一般対照群のPhase angleとを比較検討することで、運動部員のPhase angleの高さが身体活力を反映している事実を明確にした。よって身体活力レベルの把握におけるPhase angleの有効性が提示できた。検討課題Ⅴでは、Phase angleを用いて身体活力レベルにおける加齢変化の標準化を提唱し、身体活力レベルを評価する健康度標準化システムの構築を行った。そして、Phase angleの加齢変化と要介護レベルの関係性を明らかにした。これにより、Phase angleによる健康度標準化システムを用いることで、身体活力レベルによる健康管理を可能とし、健康寿命の延伸が図れることを示唆した。

よって本研究では、BMIを用いた健康度におけるカットオフ値の提唱を行うことで、健康の維持・増進のための目標となる健康度指標を明らかにした。そして、BMIやPhase angleの簡便な健康度指標としての有効性を確認し、健康度標準化システムを構築することで日常的

な健康管理を可能とする健康度評価指標を提唱したのである。よってこれらを個々人の健康管理に活用していくことで、企業従業員の速やかなフィードバックを可能とし、ヘルスリテラシーの改善に貢献するものであると考える。さらに、これらの知見を年に1度の定期健康診断と組み合わせることで、日常的な健康管理に加え、血液検査や心電図等のより精密な検査による健康情報を獲得し、日常的な健康管理の成果を確認するといった、年間を通したヘルスマネジメントシステムとして活用ができるのではないだろうか。

以上の検証から、本研究では以下のような結論を得ることができた。

1. 最も簡便な測定項目である BMI と健康の維持・増進に関わる身体機能情報との関係性が、BMI変動の解析によって詳細に明らかにし、肥瘦度の変化による健康度標準化システムを提唱した。これにより、身体機能情報を簡便且つ詳細に評価することが可能となる。
2. BMI変動における解析から健康度（疾病，健康維持・増進）のカットオフ値を提唱したことにより、健康の維持・増進のための妥当な体格が明らかとなった。これにより、より厳密なエビデンスに基づいた目標となる健康度指標が明確となった。
3. BMIと同時に測定を可能とする Phase angle を用いることで、身体活力の概念を把握できることを明らかにし、60歳以降の高齢者において、身体活力レベルを評価する健康度標準化システムを構築した。これにより、身体活力レベルによる健康管理を可能とし、生涯現役生活の理念の下、健康寿命の延伸を図ることが可能となる。
4. BMIによる健康の維持・増進のための目標となる健康度指標の構築、BMI や Phase angle といった簡便な健康指標を用いた健康度評価システムを提唱できたことで、健

康情報の速やかなフィードバックシステムを可能とし、企業従業員のヘルスリテラシーの改善に貢献されることが期待される。

第3節 今後の課題

「健康経営®」の推進には、日本人のヘルスリテラシー向上が必須であるとされている。日本人におけるヘルスリテラシーは、欧州やアジア圏の各国と比較して最も低いことが示されており、その改善には健康意欲への動機づけが求められている。特にヘルスリテラシーにおける健康獲得のためのプロセスである、健康情報の「入手」「理解」「評価」「活用（意思決定・行動）」をスムーズに行うことが必要であり、「評価」から「活用（意思決定・行動）」への移行が滞っているのが日本人の問題点として挙げられている。つまり、企業においては定期健康診断での健康評価から改善、もしくは将来に向けての健康習慣の獲得といった健康行動への移行が充分に行えていないのが現状である。そのため本研究では、「簡便な健康度標準化システム」を構築し、「評価」された健康情報を、被験者により質の良いフィードバックを可能とするものとして提唱した。そして、健康行動への意欲を増加させ、スムーズな「活用（意思決定・行動）」への移行を推進するものとなっている。

しかしながら、本研究における健康度標準化システムの提唱は、1つの提案であり、厳密には働く世代における若年成人や高齢者に準ずる者を対象として取り組んだ知見にすぎない。今後は、実際に壮年期の被験者を扱うとともに、その身体機能情報の状態を検証し、企業で働く20代から70代までのすべての年代に対応した「健康度標準化システム」を提唱していく必要があると考える。

引用・参考文献

- 浅川美智子 (2012) 健診の間診項目からみた肥満者の生活習慣の特徴, 肥満研究, 18, 171.
- Barbosa-Silva MC, Barros AJ, Wang J, Heymsfield SB, Pierson RN Jr (2005) Bioelectrical impedance analysis: population reference values for phase angle by age and sex, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 82(1), 49-52.
- 千葉義信 (2010) 大学生の身体組成と体力との関係について: 第2報, 神奈川大学国際経営論集, 40, 109-115.
- 出村慎一 (2011) 健康・スポーツ科学講義, 第2版, 杏林書院, 東京, 38-59.
- 江口泰正, 中田由夫 (2018) 職場における身体活動・運動指導の進め方, 大修館書店, 14-24.
- Finkelstein EA, Ruhm CJ, Kosa KM (2005) Economic Causes and Consequences of Obesity, *Annual Review of Public Health*, 26, 239-257.
- Finkelstein EA, DiBonaventura MD, Burgess SM, Hale BC (2010) The Costs of Obesity in the Workplace, *Journal of Occupational & Environmental Medicine*, 52(10), 971-976.
- 藤井勝紀 (1984) 肥満タイプの運動能力発達に関する重回帰評価試案, 愛知工業大学研究, 19A, 77-89.
- 藤井勝紀 (1987) 痩身タイプの身体的発育・発達に関する分析的検討: 体格と運動の住相関分析について, 愛知工業大学研究報告, 22A, 43-53.
- 藤井勝紀 (2017) 身体周囲径情報が内包する BMI と脂肪の本質的因果関係: 女子身体情報からの解析, 愛知工業大学経営情報科学, 12(1), 19-38.
- Fujii K, Hayakawa K (2020) Composition of Change in Phase Angle with Age in Japanese Children, *American Journal of Sports Science*, 8(1), 10-16.
- Fujii K, Takeyama Y (2020) Advantages of Phase Angle in Evaluating Physical Vitality Level, *American Journal of Sports Science*, 8(3), 56-61.
- 古郡鞆子 (2010) 肥満の経済学, 角川学芸出版, 東京.

- 古郡頼子 (2012) 肥満が雇用・賃金・生産性に与える影響と体重差別, 大原社会問題研究所 雑誌, 647・648, 48-58.
- Gallagher D, Visser M, Sepulveda D, Pierson RN, Harris T, and Heymsfield SB (1996) How useful is body mass index for comparison of body fatness across age, sex, and ethnic groups?, *Am. J. Epidemiol.*, 143, 228-239.
- Garrow JS, Webster J (1985) Quetelet's index (W/H^2) as a measure of fatness, *International Journal of Obesity*, 9(2), 147-153.
- Goetzel RZ, Long SR, Osminkowski RJ, Hawkins K, Wang S, Lynch W (2004) Health, Absence, Disability, and Presenteeism Cost Estimates of Certain Physical and Mental Health Conditions Affecting U.S. Employers, *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 46(4), 398-412.
- Gupta D, Lammersfeld CA, Vashi PG, King J, Dahlk SL, Grutsch JF, Lis CG (2009) Bioelectrical impedance phase angle in clinical practice: implications for prognosis in stage IIIB and IV non-small cell lung cancer, *BMC Cancer*, 9(37), 1-6.
- 濱崎愛, 大須賀洋祐, 窪田大, 川手雄二, 小林裕幸, 田中喜代次 (2017) 栄養補助食品と運動実践の組合せが中高齢者の活力年齢に及ぼす効果, *健康支援*, 19(2), 127-136.
- 早川健太郎, 藤井勝紀, 糟谷浩輔, 近藤高司, 田中望 (2016) 身体組成バランスから導かれる企業従業員の適正体力予測の模索, *生産管理*, 23(2), 97-102.
- 早川健太郎, 藤井勝紀, 糟谷浩輔, 田中望 (2017) 国防従事者における身体の最適妥当性体力から判断される国防教育の生産性, *生産管理*, 24(1), 69-74.
- 早川健太郎, 藤井勝紀, 酒井俊郎, 浦野忍, 石垣享 (2020) 日本人青年期男女における Phase Angle の確率と運動能力との関係, *教育医学*, 66(1), 22-30.
- 平田欽逸 (1979) 子どものための体力づくり 110 番, 青山書房, 東京.
- 廣原紀恵, 服部恒明 (2002) 高校生男子の血圧とその関連要因について, *茨城大学教育実践研究* 21, 225-233.

Ikeda A, Hiroyasu I, Yamagishi K, Inoue M, Tsugane S (2009) Blood Pressure and the Risk of Stroke, Cardiovascular Disease, and All-Cause Mortality Among Japanese: The JPHC Study. Am. J. Hypertension, 22(3), 273-280.

石井哲次 (2017) 大学生の体力と健康に関する研究, 人文学研究所報, 58, 55-66.

岩田実, 高倉一恵, 野口寿美, 松井祥子, 山本善裕 (2019) 本学学生における BMI 分類ごとの血圧・生活習慣の特徴, 学園の臨床研究, 18, 23-26.

河野昌晴 (1993) 保体学概論, 小林出版, 東京.

Keys A, Fidanza F, Karvonen MJ, Kimura N, Taylor HL (1972) Indices of relative weight and obesity, J Chronic Dis, 25, 329-343.

黒木登志夫 (2007) 健康・老化・寿命：人といのちの文化誌, 中央公論新社, 東京.

栗林勝, 月間紗也 (2017) 企業における健康経営の現状, 心身医学, 58(3), 255-260.

厚生労働省 (2012) 介護予防マニュアル：改訂版,

<https://www.mhlw.go.jp/topics/2009/05/tp0501-1.html> (2020.8.10 閲覧)

厚生労働省 (2013) 健康づくりのための身体活動基準 2013・健康づくりのための身体活動指針 (アクティブガイド),

<https://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002xple.html> (2022.11.10 閲覧)

厚生労働省. (2019) 平成 29 年国民健康・栄養調査報告,

https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/kenkou/eiyuu/h29-houkoku.html (2022.10.5 閲覧).

厚生労働省 (2020) 日本人の食事摂取基準,

https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/kenkou/eiyuu/syokuji_kijyun.htm 1 (2022.5.7 閲覧).

厚生労働省 (2021) 定期健康診断報告書,

<https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/127-1.html> (2022.10.5 閲覧)

金憲経, 松浦義行, 田中喜代次, 稲垣敦 (1992) 肥瘦度が体力・運動能力に及ぼす影響 : 12歳から14歳の男子生徒について, 体力科学, 41, 548-558.

金憲経, 松浦義行, 田中喜代次, 稲垣敦 (1993) 肥満女子中学生の体力・運動能力の特徴, 体力科学, 42, 380-388.

小山未来恵, 池田利恵 (2019) 女子学生における最大舌圧と運動機能との関連, 日本口腔保健学雑誌, 9(1), 2-9.

松本明子 (2016) アルデヒド脱水素酵素 2 (ALDH2) の構造・機能の基礎と ALDH2 遺伝子多型の重要性, 日衛誌, 71, 55-68.

Matsunaga N, Hayakawa K, Terada M, Ohtsu H, Asai Y, Tsuzuki S, Suzuki S, Toyoda A, Suzuki K, Endo M, Fujii N, Suzuki M, Saito S, Uemura Y, Shibata T, Kondo M, Izumi K, Terada J, Mikami A, Sugiura W, Ohmagari N (2021) Clinical Epidemiology of Hospitalized Patients With COVID-19 in Japan: Report of the COVID-19 REGISTRY JAPAN, Clin Infect Dis, 73, e3677-e3689.

Mattiello R, Amaral MA, Mundstock E, Ziegelmann PK (2020) Reference values for the phase angle of the electrical bioimpedance: Systematic review and meta-analysis involving more than 250,000 subjects, Clin Nutr, 39(5), 1411-1417.

Maynard LM, Wisemandle W, Roche AF, Chumlea WC, Guo SS, Siervogel RM (2001) Childhood body composition in relation to body mass index, Pediatrics, 107, 344-350.

Mgbemena NC, Aweto HA, Tella BA, Emoto TI, Malau-Aduli BS (2019) Prediction of lung function using handgrip strength in healthy young adults, Physiological Reports, 7(1), e13960, <https://doi.org/10.14814/phy2.13960>.

三浦克之 (2015) 血圧基準値の科学的根拠, 総合検診, 42(2), 280-286.

三島隆章, 藤井勝紀, 渡辺英次, 関一誠 (2012) 相互相関関数から導かれる体脂肪の加齢変化と体力・運動能力発達の類似性について : 学齢期男子の解析, 体力科学, 61(2), 201-210.

- 中尾聡志, 野村卓生, 明崎禎輝, 山崎裕司, 細川公子, 宮野伊知郎, 石田健司, 谷俊一
(2009) 肥満児の身体能力特性 - 等尺性膝伸展筋力・片脚立位時間における検討 -, 理学療法科学, 24(4), 543-547.
- 中東教江, 山縣誉志江, 栢下淳 (2015) 高齢者の舌圧が握力および食形態に及ぼす影響, 日本栄養士会雑誌, 58(4), 289-293.
- Nakayama K, Osaka W, Togari T, Ishikawa H, Yonekura Y, Sekido A, Matsumoto M (2015)
Comprehensive health literacy in Japan is lower than in Europe: a validated Japanese-language assessment of health literacy, BMC public Health, 15, 505.
- Nutbeam D (1998) Health promotion glossary, Health Promot Int, 13(4), 349-364.
- Popkin BM., Du S, Green WD, Beck MA, Algaith T, Herbst CH, Alsukait RF, Alluhidan M, Alazemi N, Shekar M (2020) Individuals with obesity and COVID-19: A global perspective on the epidemiology and biological relationships, Obes Rev, 1-17.
- Quetelet A (1835) Sur l'homme et le développement de ses facultés, Essai de physique sociale, Bachelier, Paris, Vol. 2.
- ロバート・H・ローゼン (1994) ヘルシーカンパニー：人的資源の活用とストレス管理, 産能大学出版部.
- 齋藤正樹 (2016) 目標設定とパフォーマンス・フィードバックによる健康行動の自己予防的介入実施の促進, コミュニティ心理学研究, 20(1), 81-94.
- Sardinha LB (2018) Physiology of exercise and phase angle: another look at BIA, European Journal of Clinical Nutrition, 72(9), 1323-1327.
- Schmidt SC, Bosy-Westphal A, (2018) Representative body composition percentiles from bioelectrical impedance analyses among children and adolescents, The MoMo study, Clin. Nutr, 38(6), 2712-2720.

SCSK 株式会社 (2018) 健康経営,

<https://www.scsk.jp/corp/csr/professionals/health/index.html> (2022.6.6)

島田茂, 出村慎一, 長澤吉則, 山田孝禎, 小林秀紹 (2011) 体格と身体組成からみた高専男子学生における肥満者の体力の特徴, 教育医学, 56(3), 267-274.

新開由香理, 加藤龍一, 堺正仁, 柳原弘志, 藤田浩二 (2020) ロコチェック陽性に関連する要因の検討, 日農医誌, 68(5), 588-594.

新永拓也, 廣瀬昇, 渡邊修司, 望月優人, 潮見泰蔵 (2021) 若年肥満者における身体組成と呼吸機能の関係, 理学療法科学, 36(2), 169-174.

Sorensen K, Broucke SVD, Fullam J, Doyle G, Pelikan J, Slonka Z, Brand H, HLS-EU (2012) Health literacy and public health: a systematic review and integration of definitions and models, BMC Public Health, 12, 80.

スポーツ庁 (2022), 令和3年度全国体力・運動能力, 運動習慣等調査,

https://www.mext.go.jp/sports/b_menu/toukei/kodomo/zencyo/1411922_00003.html (2022.6.6 閲覧)

スポーツ庁 (2021), 令和2年度体力・運動能力調査,

<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00402102&tstat=000001088875&cycle=0&tclass1=000001158371&tclass2val=0> (2022.6.6 閲覧).

杉浦静子 (2001) 健康指標に関する研究, 三重県立看護大学紀要, 5, 1-30.

武山祐樹, 藤井勝紀, 内藤譲, 酒井俊郎, 早川健太郎 (2018) 若年重度肥満者の身体能力要素に関わるリスク分析, 生産管理, 25(1), 113-118.

武山祐樹, 藤井勝紀 (2019) 高齢者のヘルスケアマネジメント: 身体のヘルスケア評価システムの構築, 経営情報科学, 14(1), 51-62.

田中喜代次, 松浦義行, 中塘二三生, 中村栄太郎 (1990) 主成分分析による成人女性の活力年齢の推定, 体育学研究, 35, 121-131.

田中喜代次, 吉村隆喜, 前田如矢, 中塘二三生, 竹島伸生, 浅野勝己, 竹田正樹, 熊崎泰仁, 渡邊寛, 檜山輝男 (1991) CHD 危険因子に基づく健康評価尺度としての成人女性用の活力年齢の妥当性, 動脈硬化, 19(4), 303-310.

田中喜代次, 笹井浩行, 辻本健彦, 鄭松伊, 蘇リナ, 江藤幹 (2011) ボウリング習慣者の体力年齢: 経験に着目した検討, 筑波大学体育科系紀要, 34, 61-68.

Tanaka S, Ando K, Kobayashi K, Seki T, Hamada T, Machino M, Ota K, Morozumi M, Kanbara S, Ito S, Ishiguro N, Hasegawa Y, Imagama S (2019) The decreasing phase angles of the entire body and trunk during bioelectrical impedance analysis are related to locomotive syndrome, *Journal of Orthopaedic Science*, 24(4), 720-724.

谷本芳美, 辺美鈴, 河野令, 広田千賀, 高崎恭輔, 河野公一 (2010) 日本人筋肉量の加齢による特徴, 日本老年医学会雑誌, 47, 52-57.

Tokunaga K, Matsuzawa Y, Kotani K, Keno Y, Kobatake T, Fujioka S, Tarui S (1991) Ideal body weight estimated from the body mass index with the lowest morbidity, *Int J Obes*, 15(1), 1-5.

Tsugane S, Sasaki S, Tsubono Y (2002) Under- and overweight impact on mortality among middle-aged Japanese men and women: a 10-y follow-up of JPHC study cohort I, *Int J Obes Relat Metab Disord*, 26(4), 529-537.

辻玲子, 小平洋子, 太田徹, 八幡剛浩 (2004) やせの女子学生におけるエネルギー代謝と自立調節機能, 日本健康医学会雑誌, 13(1), 11-17.

堤理恵, 大藤純, 福永佳容子, 筑後桃子, 瀬部真由, 井内茉莉奈, 堤保夫, 西村匡司, 阪上浩 (2016) 重症患者における体組成評価の有用性とその限界, 日本静脈経腸栄養学会誌, 31(3), 803-806.

上村一貴, 山田実, 佐保賢志, 岡本啓 (2019) 生体電気インピーダンス法による Phase angle と高齢者の身体活動レベルの関連, 理学療法学, 46(3), 143-151.

Wormald K (2006) Waistlines vs. the bottom line: Dealing with Workplace Obesity, Office Solutions, 23(5), 36-38.

Wang MC, Bachrach LK (1996) Validity of the body mass index as indicator of adiposity in an ethnically diverse population of youths. Am. J. Hum. Biol., 8, 641-651.

Yamada M, Kimura Y, Ishiyama D, Nishio N, Otobe Y, Tanaka T, Ohji S, Koyama S, Sato A, Suzuki M, Ogawa H, Ichikawa T, Ito D, Arai H (2019) Phase Angle is a Useful indicator for Muscle Function in Older Adults, The Journal of nutrition, health & aging, 23(3), 251-255.

山崎先也, 村田伸, 大田尾浩, 堀江淳, 村田潤, 宮崎純弥, 久保温子, 八谷瑞紀, 岩瀬弘明, 岡本啓, 溝田勝彦 (2016) 地域在住高齢女性の体格指数別にみた静的バランス能力と下肢筋力の関係性: 転倒予防トレーニングの観点から, ヘルスプロモーション理学療法研究, 6(3), 105-109.

横谷智久, 野口雄慶 (2013) 生体インピーダンス法による体脂肪率および体幹部筋肉量推定値と体力・運動能力との関係, 福井工業大学研究紀要, 43, 266-271.

吉田索, 浅桐公男, 朝川貴博, 田中弘明, 倉八朋宏 (2019) Phase angle の意義と有用性, 外科と代謝・栄養, 53(4), 169-175.

全米保険医療統計センター ; NCHS (2019) overweight and obesity, <https://www.cdc.gov/obesity/> (2022.10.5 閲覧)

Zheng Z, Peng F, Xu B, Zhao J, Liu H, Peng J, Li Q, Jiang C, Zhou Y, Liu S, Ye C, Zhang P, Xing Y, Guo H, Tang W (2020) Risk factors of critical & mortal COVID-19 cases: A systematic literature review and analysis, Journal of Infection, 81, e16-e25.

掲載論文・Proceeding

第4章 検討課題I

掲載論文

1. 武山祐樹, 藤井勝紀 (2021) BMI 変動から生起する身体機能情報のリスク分析, 経営情報科学, 16(1), pp.13-24

Proceeding

1. 武山祐樹, 藤井勝紀, 田中望, 小椋優作 (2021) BMI 変動に基づく身体機能情報のリスク分析, 日本生産管理学会第54回全国大会予稿集, pp.106-107

第5章 検討課題II

掲載論文

1. 武山祐樹, 藤井勝紀, 石垣享, 田中望, 小椋優作 (2022) BMI 変動に伴う身体情報の位相変化の標準化—若年男性の解析—, スポーツ健康科学研究, Vol.44(1), pp33-47 (査読付き)

学会発表

1. 武山祐樹, 藤井勝紀, 石垣享, 田中望, 小椋優作 (2021) BMI 変動に伴う身体情報変化の標準化, 東海体育学会第68回大会抄録集, p21

第6章 検討課題III

掲載論文

1. Yuki Takeyama, Katsunori Fujii (2020) Health Information Risk Analysis Based on BMI Fluctuation, American Journal of Sports Science, Volume.8, Issue.4, pp. 105-110 (査読付き)

第7章 検討課題IV

掲載論文

1. 武山祐樹, 藤井勝紀, 小椋優作, 糟谷浩輔 (2021) Human Resourceとしての身体活力レベルの提言, 生産管理, Vol.28, No.1, pp.173-178

Proceeding

1. 武山祐樹, 藤井勝紀, 小椋優作, 糟谷浩輔 (2021) Human Resourceとしての身体活力レベルの提言, 日本生産管理学会第53回全国大会予稿集, pp.114-115

第8章 検討課題V

掲載論文

1. 武山祐樹, 藤井勝紀, 渡部琢也, 早川健太郎 (2022) Phase Angle を用いた高齢女性のヘルスケアマネジメントー要介護レベルとの関係を探るー, 標準化研究, 20(1), pp.1-20. (査読付き)

Proceeding

1. 武山祐樹, 藤井勝紀, 渡部琢也, 早川健太郎, 酒井俊郎 (2020) Phase angle に基づく高齢男性のヘルスケアマネジメントー要介護レベルの基準を探るー, 日本生産管理学会第52回全国大会予稿集, pp.134-135
2. 武山祐樹, 藤井勝紀, 渡部琢也, 早川健太郎, 酒井俊郎 (2020) Phase angle を用いた高齢女性のヘルスケアマネジメントー要介護レベルの基準を探るー, 標準化研究学会第17回全国大会, pp.77-78

業績一覽

業績一覧

論文題名	公表の方法および時期	著者
	(査読付き論文)	
1. Health Information Risk Analysis Based on BMI Fluctuation	American Journal of Sports Science, Volume.8, Issue.4, pp. 105-110 (2020.12)	<u>Yuki Takeyama</u> , Katsunori Fujii
2. Proposal of Need Care Indicators for the Male Elderly People-An Approach Based on Phase Angle	Health Education and Public Health, 5(1), pp.467-471 (2022.3)	Katsunori Fujii, <u>Yuki Takeyama</u> , Shinobu Urano
3. Phase Angle を用いた高齢女性のヘルスケアマネジメントー要介護レベルとの関係を探るー	標準化研究, 20 (1), pp.1-20 (2022.3)	武山祐樹, 藤井勝紀, 渡部琢也, 早川健太郎
4. BMI 変動に伴う身体情報の位相変化の標準化ー若年男性の解析ー	スポーツ健康科学研究, Vol. 44 (1), pp33-47 (2022.9)	武山祐樹, 藤井勝紀, 石垣享, 田中望, 小椋優作
	(その他論文)	
5. Human Resource としての身体活力レベルの提言	生産管理, Vol.28, No.1, pp.173-178 (2021.4)	武山祐樹, 藤井勝紀, 小椋優作, 糟谷浩輔
6. BMI 変動から生起する身体機能情報のリスク分析	愛知工業大学『経営情報科学』, 16(1), pp.13-24 (2021.10)	<u>武山祐樹</u> , 藤井勝紀

論文題名	公表の方法および時期	著者
(Proceeding)		
1. Phase angle を用いた高齢女性のヘルスケアマネジメントー要介護レベルの基準を探るー	第 17 回標準化研究学会 「第 17 回全国大会予稿集」 pp.77-78 (2020.7)	<u>武山祐樹</u> , 藤井勝紀, 渡部琢也, 早川健太郎, 酒井俊郎
2. 日本人学齢期における Phase angle の標準化の検討	第 17 回標準化研究学会 「第 17 回全国大会予稿集」 pp.35-36 (2020.7)	早川健太郎, 藤井勝紀, 渡部琢也, 田中望, <u>武山祐樹</u>
3. エリートスポーツ選手の身長に対する体重の回帰による標準化の特徴	第 17 回標準化研究学会「第 17 回全国大会予稿集」 pp.39-40 (2020.7)	小椋優作, 藤井勝紀, <u>武山祐樹</u> , 糟谷浩輔, 内藤謙
4. 震災環境下における BMI 肥瘦度の標準化	第 17 回標準化研究学会 「第 17 回全国大会予稿集」 pp.83-84 (2020.7)	渡部琢也, 藤井勝紀, 小野覚久, 内藤謙, <u>武山祐樹</u>
5. Phase angle に基づく高齢男性のヘルスケアマネジメントー要介護レベルの基準を探るー	第 52 回日本生産管理学会 「第 52 回全国大会予稿集」 pp.134-135 (2020.9)	<u>武山祐樹</u> , 藤井勝紀, 渡部琢也, 早川健太郎, 酒井俊郎
6. スポーツタレントの発掘システムマネジメント	第 52 回日本生産管理学会 「第 52 回全国大会予稿集」 pp.136-137 (2020.9)	小椋優作, 藤井勝紀, <u>武山祐樹</u> , 糟谷浩輔, 内藤謙
7. 階層性肥瘦度バランス標準化システムによるヘルスケアマネジメントの模索ー Phase Angle からの検討ー	第 52 回日本生産管理学会 「第 52 回全国大会予稿集」 pp.146-147 (2020.9)	早川健太郎, 藤井勝紀, 田中望, <u>武山祐樹</u> , 渡部琢也
8. 鳥取県西部地震における体格発育のリスク分析	第 52 回日本生産管理学会 「第 52 回全国大会予稿集」 pp.150-151 (2020.9)	渡部琢也, 藤井勝紀, 小野覚久, <u>武山祐樹</u>
9. 日本の COVID-19 感染者推移のピークから判断されるリスクマネジメント	第 53 回日本生産管理学会 「第 53 回全国大会予稿集」 pp.16-17 (2021.3)	糟谷浩輔, 藤井勝紀, <u>武山祐樹</u> , 沖村多賀典
10. Human Resource としての身体活力レベルの提言	第 53 回日本生産管理学会 「第 53 回全国大会予稿集」 pp.114-115 (2021.3)	<u>武山祐樹</u> , 藤井勝紀, 小椋優作, 糟谷浩輔

論文題名	公表の方法および時期	著者
11. 幼児の BIA 法活用による身体組成計測側の生産的妥当性 - 日韓幼児の標準身長・体重曲線との比較から -	第 53 回日本生産管理学会「第 53 回全国大会予稿集」pp.120-121 (2021.3)	藤井勝紀, <u>武山祐樹</u>
12. 幼児期における身体発育と経済成長との関係	第 53 回日本生産管理学会「第 53 回全国大会予稿集」pp.122-123 (2021.3)	可兒勇樹, 藤井勝紀, 浦野忍, <u>武山祐樹</u> , 内藤謙
13. 幼児期から学童期への身体のトラッキングシステムマネジメント - ジュニア期のスポーツタレント発掘の視点から -	第 53 回日本生産管理学会「第 53 回全国大会予稿集」pp.124-125 (2021.3)	小椋優作, 藤井勝紀, <u>武山祐樹</u> , 早川健太郎
14. 学齢期における Phase Angle の加齢スパン評価の標準化	第 18 回標準化研究学会「第 18 回全国大会予稿集」pp.23-24 (2021.7)	<u>武山祐樹</u> , 藤井勝紀, 石垣享, 田中望, 小椋優作
15. 体重の MPV 年齢のズレから判断される東日本大震災のリスク分析	第 18 回標準化研究学会「第 18 回全国大会予稿集」pp.25-26 (2021.7)	藤井勝紀, 渡部琢也, <u>武山祐樹</u>
16. 幼児の運動能力に関する時代的標準化スパン評価チャートの構築	第 18 回標準化研究学会「第 18 回全国大会予稿集」pp.29-30 (2021.7)	浦野忍, 藤井勝紀, 可兒勇樹, <u>武山祐樹</u> , 内藤謙
17. エリートサッカー選手における体格の規格化 - ポジション別体格チャート -	第 18 回標準化研究学会「第 18 回全国大会予稿集」pp.45-46 (2021.7)	小椋優作, 藤井勝紀, <u>武山祐樹</u> , 内藤謙, 早川健太郎
18. モンゴル国青少年身長における標準化チャートの構築	第 68 回日本教育医学会大会抄録集「教育医学」第 67 巻, 第 1 号, p49 (2021.8)	糟谷浩輔, 藤井勝紀, 可兒勇樹, 小椋優作, <u>武山祐樹</u>
19. 親の養育態度が幼児の運動能力に及ぼす影響 - 親の運動に対する意識を含めて -	第 68 回日本教育医学会大会抄録集「教育医学」第 67 巻, 第 1 号, p63 (2021.8)	小椋優作, 藤井勝紀, <u>武山祐樹</u> , 内藤謙, 糟谷浩輔
20. 半世紀に亘る幼児の体格・運動能力の時代的スパン評価チャートの構築	第 68 回日本教育医学会大会抄録集「教育医学」第 67 巻, 第 1 号, p86 (2021.8)	浦野忍, 藤井勝紀, 可兒勇樹, <u>武山祐樹</u> , 内藤謙

論文題名	公表の方法および時期	著者
21. 近年の幼児における体格・運動能力の発育発達動向の解析	第 68 回日本教育医学会大会抄録集「教育医学」第 67 巻, 第 1 号, p87 (2021.8)	武山祐樹, 藤井勝紀, 石垣享, 田中望, 小椋優作, 糟谷浩輔
22. BMI 変動に基づく身体機能情報のリスク分析	第 54 回日本生産管理学会「第 54 回全国大会予稿集」 pp.106-107 (2021.9)	武山祐樹, 藤井勝紀, 田中望, 小椋優作
23. 近年における幼児の体格・運動能力の動向—2009 年と 2019 年との比較から—	第 54 回日本生産管理学会「第 54 回全国大会予稿集」 pp.108-109 (2021.9)	浦野忍, 藤井勝紀, 武山祐樹, 内藤譲
24. エリートバスケットボール選手におけるポジション別の人的資源を探る—身体面からのアプローチ—	第 54 回日本生産管理学会「第 54 回全国大会予稿集」 pp.130-131 (2021.9)	小椋優作, 藤井勝紀, 武山祐樹, 内藤譲
25. スポーツタレント発掘における種目転向の生産性を探る—球技ゴール型スポーツの体格に着目して—	第 55 回日本生産管理学会「第 55 回全国大会予稿集」 pp.98-99 (2022.3)	小椋優作, 藤井勝紀, 田中光, 武山祐樹, 内藤譲
26. 体操競技タレント発掘の生産性を探る—低身長トラックキングによる検討—	第 55 回日本生産管理学会「第 55 回全国大会予稿集」 pp.100-101 (2022.3)	田中光, 藤井勝紀, 武山祐樹, 小椋優作
27. Phase angle から判断される健康指標の生産的視点—BMI 変動に基づく Phase angle 予測—	第 55 回日本生産管理学会「第 55 回全国大会予稿集」 pp.108-109 (2022.3)	武山祐樹, 藤井勝紀, 田中望, 早川健太郎, 可兒勇樹
28. 児童期における体組成の標準化	第 55 回日本生産管理学会「第 55 回全国大会予稿集」 pp.110-111 (2022.3)	渡部琢也, 藤井勝紀, 武山祐樹, 小野覚久, 沖和砂
29. BMI に対する Phase angle 回帰から導かれる身体活力レベルを探る—小学校低学年に関する解析—	第 19 回標準化研究学会「第 19 回全国大会予稿集」 pp.43-44 (2022.7)	武山祐樹, 藤井勝紀, 田中望, 石垣享, 酒井俊郎
30. モンゴル国における身体発育と経済成長との関係性	第 19 回標準化研究学会「第 19 回全国大会予稿集」 pp.41-42 (2022.7)	可兒勇樹, 藤井勝紀, 浦野忍, 武山祐樹, 小椋優作
31. 男児投能力からタレント発掘可能性を探る—幼児期からのトラックキングによるアプローチ—	第 19 回標準化研究学会「第 19 回全国大会予稿集」 pp.33-34 (2022.7)	小椋優作, 藤井勝紀, 武山祐樹, 内藤譲, 田中望

論文題名	公表の方法および時期	著者
32. 男子投力における能力発達の差異別トラッキングの検証	第 69 回日本教育医学会大会抄録集「教育医学」 第 68 巻, 第 1 号, p105 (2022.8)	小椋優作, 藤井勝紀, 田中光, <u>武山祐樹</u> , 内藤譲, 春日晃章
33. 体操競技のタレント発掘システムにおけるタレント要件の検証	第 69 回日本教育医学会大会抄録集「教育医学」 第 68 巻, 第 1 号, p83 (2022.8)	田中光, 藤井勝紀, <u>武山祐樹</u> , 小椋優作, 可兒勇樹
34. 幼児における運動能力の半世紀に亘る経年的推移—男児における解析—	第 69 回日本教育医学会大会抄録集「教育医学」 第 68 巻, 第 1 号, p68 (2022.8)	浦野忍, 藤井勝紀, 可兒勇樹, <u>武山祐樹</u> , 内藤譲
35. 幼児における運動能力発達速度の挙動解析	第 69 回日本教育医学会大会抄録集「教育医学」 第 68 巻, 第 1 号, p64 (2022.8)	<u>武山祐樹</u> , 藤井勝紀, 石垣享, 田中望, 小椋優作
36. 都道府県別体重の経年的推移から判断される社会的背景	第 56 回日本生産管理学会 「第 56 回全国大会予稿集」 (2022.9)	可兒勇樹, 藤井勝紀, 浦野忍, <u>武山祐樹</u> , 小椋優作
37. 男子エリートスポーツ選手における年齢構成の規格化—種目別年齢構成チャートの構築—	第 56 回日本生産管理学会 「第 56 回全国大会予稿集」 (2022.9)	小椋優作, 藤井勝紀, 田中光, <u>武山祐樹</u> , 内藤譲
38. ヘルスケアマネジメントのための BMI による簡便な身体活力指標の模索	第 56 回日本生産管理学会 「第 56 回全国大会予稿集」 (2022.9)	<u>武山祐樹</u> , 藤井勝紀, 田中望, 早川健太郎, 可兒勇樹

論文題名	公表の方法および時期	著者
学会発表		
1. Phase angle を用いた高齢女性のヘルスケアマネジメントー要介護レベルの基準を探るー	第 17 回標準化研究学会 オンライン開催 (2020.7)	武山祐樹, 藤井勝紀, 渡部琢也, 早川健太郎, 酒井俊郎
2. 日本人学齢期における Phase angle の標準化の検討	第 17 回標準化研究学会 オンライン開催 (2020.7)	早川健太郎, 藤井勝紀, 渡部琢也, 田中望, 武山祐樹
3. エリートスポーツ選手の身長に対する体重の回帰による標準化の特徴	第 17 回標準化研究学会 オンライン開催 (2020.7)	小椋優作, 藤井勝紀, 武山祐樹, 糟谷浩輔, 内藤譲
4. 震災環境下における BMI 肥瘦度の標準化	第 17 回標準化研究学会 オンライン開催 (2020.7)	渡部琢也, 藤井勝紀, 小野寛久, 内藤譲, 武山祐樹
5. Phase angle に基づく高齢男性のヘルスケアマネジメントー要介護レベルの基準を探るー	第 52 回日本生産管理学会 オンライン開催 (2020.9)	武山祐樹, 藤井勝紀, 渡部琢也, 早川健太郎, 酒井俊郎
6. スポーツタレントの発掘システムマネジメント	第 52 回日本生産管理学会 オンライン開催 (2020.9)	小椋優作, 藤井勝紀, 武山祐樹, 糟谷浩輔, 内藤譲
7. 階層性肥瘦度バランス標準化システムによるヘルスケアマネジメントの模索ー Phase Angle からの検討ー	第 52 回日本生産管理学会 オンライン開催 (2020.9)	早川健太郎, 藤井勝紀, 田中望, 武山祐樹, 渡部琢也
8. 鳥取県西部地震における体格発育のリスク分析	第 52 回日本生産管理学会 オンライン開催 (2020.9)	渡部琢也, 藤井勝紀, 小野寛久, 武山祐樹
9. 日本の COVID-19 感染者推移のピークから判断されるリスクマネジメント	第 53 回日本生産管理学会 オンライン開催 (2021.3)	糟谷浩輔, 藤井勝紀, 武山祐樹, 沖村多賀典
10. Human Resource としての身体活力レベルの提言	第 53 回日本生産管理学会 オンライン開催 (2021.3)	武山祐樹, 藤井勝紀, 小椋優作, 糟谷浩輔
11. 幼児の BIA 法活用による身体組成計測側の生産的妥当性 - 日韓幼児の標準身長・体重曲線との比較から -	第 53 回日本生産管理学会 オンライン開催 (2021.3)	藤井勝紀, 武山祐樹
12. 幼児期における身体発育と経済成長との関係	第 53 回日本生産管理学会 オンライン開催 (2021.3)	可兒勇樹, 藤井勝紀, 浦野忍, 武山祐樹, 内藤譲

論文題名	公表の方法および時期	著者
13. 幼児期から学童期への身体 のトラッキングシステムマ ネジメント - ジュニア期の スポーツタレント発掘の視 点から -	第 53 回日本生産管理学会 オンライン開催 (2021.3)	小椋優作, 藤井勝紀, <u>武山祐樹</u> , 早川健太郎
14. 学齢期における Phase Angle の加齢スパン評価の標準化	第 18 回標準化研究学会 愛知工業大学・オンライン開 催 (2021.7)	<u>武山祐樹</u> , 藤井勝紀, 石垣享, 田中望, 小椋優作
15. 体重の MPV 年齢のズレか ら判断される東日本大震災 のリスク分析	第 18 回標準化研究学会 愛知工業大学・オンライン開 催 (2021.7)	藤井勝紀, 渡部琢也, <u>武山祐樹</u>
16. 幼児の運動能力に関する時 代的標準化スパン評価チャ ートの構築	第 18 回標準化研究学会 愛知工業大学・オンライン開 催 (2021.7)	浦野忍, 藤井勝紀, 可兒勇樹, <u>武山祐樹</u> , 内藤譲
17. エリートサッカー選手にお ける体格の規格化-ポジ ション別体格チャート-	第 18 回標準化研究学会 愛知工業大学・オンライン開 催 (2021.7)	小椋優作, 藤井勝紀, <u>武山祐樹</u> , 内藤譲, 早川健太郎
18. モンゴル国青少年身長にお ける標準化チャートの構築	第 68 回日本教育医学会 オンライン開催 (2021.8)	糟谷浩輔, 藤井勝紀, 可兒勇樹, 小椋優作, <u>武山祐樹</u>
19. 親の養育態度が幼児の運動 能力に及ぼす影響-親の運 動に対する意識を含めて-	第 68 回日本教育医学会 オンライン開催 (2021.8)	小椋優作, 藤井勝紀, <u>武山祐樹</u> , 内藤譲, 糟谷浩輔
20. 半世紀に亘る幼児の体格・ 運動能力の時代的スパン評 価チャートの構築	第 68 回日本教育医学会 オンライン開催 (2021.8)	浦野忍, 藤井勝紀, 可兒勇樹, <u>武山祐樹</u> , 内藤譲
21. 近年の幼児における体格・ 運動能力の発育発達動向の 解析	第 68 回日本教育医学会 オンライン開催 (2021.8)	<u>武山祐樹</u> , 藤井勝紀, 石垣享, 田中望, 小椋優作, 糟谷浩輔
22. BMI 変動に基づく身体機能 情報のリスク分析	第 54 回日本生産管理学会 オンライン開催 (2021.9)	<u>武山祐樹</u> , 藤井勝紀, 田中望, 小椋優作
23. 近年における幼児の体格・ 運動能力の動向-2009 年と 2019 年との比較から-	第 54 回日本生産管理学会 オンライン開催 (2021.9)	浦野忍, 藤井勝紀, <u>武山祐樹</u> , 内藤譲
24. エリートバスケットボール 選手におけるポジション別 の人的資源を探る-身体面 からのアプローチ-	第 54 回日本生産管理学会 オンライン開催 (2021.9)	小椋優作, 藤井勝紀, <u>武山祐樹</u> , 内藤譲

論文題名	公表の方法および時期	著者
25. 幼児期における基礎的運動能力と定性的運動能力との関連－5歳児を対象として－	第68回東海体育学会 オンライン開催 (2021.11)	小椋優作, 藤井勝紀, 田中光, <u>武山祐樹</u>
26. 幼児の体格・運動能力における50年間の動向－1969年と2019年との比較－	第68回東海体育学会 オンライン開催 (2021.11)	浦野忍, 藤井勝紀, <u>武山祐樹</u> , 可兒勇樹, 内藤謙
27. 東日本大震災における成長ピークに与える影響－女子における検討－	第68回東海体育学会 オンライン開催 (2021.11)	渡部琢也, 藤井勝紀, <u>武山祐樹</u> , 酒井俊郎
28. BMI変動に伴う身体情報変化の標準化	第68回東海体育学会 オンライン開催 (2021.11)	<u>武山祐樹</u> , 藤井勝紀, 石垣享, 田中望, 小椋優作
29. 体操競技のタレント発掘視点－「逆上がり」成就率の可能性を探る－	第20回日本発育発達学会 オンライン開催 (2022.3)	田中光, 藤井勝紀, <u>武山祐樹</u> , 小椋優作
30. 近年の幼児における体格・運動能力の発育発達動向	第20回日本発育発達学会 オンライン開催 (2022.3)	<u>武山祐樹</u> , 藤井勝紀, 石垣享, 田中望, 早川健太郎, 糟谷浩輔
31. 高身長の特ラッキングとスポーツタレント発掘の視点	第20回日本発育発達学会 オンライン開催 (2022.3)	小椋優作, 藤井勝紀, 春日晃章, 内藤謙, 田中光, <u>武山祐樹</u>
32. 東日本大震災による被災沿岸地域での子どもの発育に与える影響	第20回日本発育発達学会 オンライン開催 (2022.3)	渡部琢也, 藤井勝紀, <u>武山祐樹</u> , 小野覚久
33. スポーツタレント発掘における種目転向の生産性を探る－球技ゴール型スポーツの体格に着目して－	第55回日本生産管理学会 オンライン開催 (2022.3)	小椋優作, 藤井勝紀, 田中光, <u>武山祐樹</u> , 内藤謙
34. 体操競技タレント発掘の生産性を探る－低身長特ラッキングによる検討－	第55回日本生産管理学会 オンライン開催 (2022.3)	田中光, 藤井勝紀, <u>武山祐樹</u> , 小椋優作
35. Phase angle から判断される健康指標の生産的視点－BMI変動に基づくPhase angle 予測－	第55回日本生産管理学会 オンライン開催 (2022.3)	<u>武山祐樹</u> , 藤井勝紀, 田中望, 早川健太郎, 可兒勇樹
36. 児童期における体組成の標準化	第55回日本生産管理学会 オンライン開催 (2022.3)	渡部琢也, 藤井勝紀, <u>武山祐樹</u> , 小野覚久, 沖和砂

論文題名	公表の方法および時期	著者
39. BMI に対する Phase angle 回帰から導かれる身体活力レベルを探る－小学校低学年に関する解析－	第 19 回標準化研究学会 愛知工業大学・オンライン開催 (2022.7)	武山祐樹, 藤井勝紀, 田中望, 石垣享, 酒井俊郎
37. モンゴル国における身体発育と経済成長との関係性	第 19 回標準化研究学会 愛知工業大学・オンライン開催 (2022.7)	可兒勇樹, 藤井勝紀, 浦野忍, 武山祐樹, 小椋優作
40. 男児投能力からタレント発掘可能性を探る－幼児期からのトラッキングによるアプローチ－	第 19 回標準化研究学会 愛知工業大学・オンライン開催 (2022.7)	小椋優作, 藤井勝紀, 武山祐樹, 内藤譲, 田中望
38. 男子投力における能力発達の差異別トラッキングの検証	第 69 回日本教育医学会 オンライン開催 (2022.8)	小椋優作, 藤井勝紀, 田中光, 武山祐樹, 内藤譲, 春日晃章
39. 体操競技のタレント発掘システムにおけるタレント要件の検証	第 69 回日本教育医学会 オンライン開催 (2022.8)	田中光, 藤井勝紀, 武山祐樹, 小椋優作, 可兒勇樹
40. 幼児における運動能力の半世紀に亘る経年的推移－男児における解析－	第 69 回日本教育医学会 オンライン開催 (2022.8)	浦野忍, 藤井勝紀, 可兒勇樹, 武山祐樹, 内藤譲
41. 幼児における運動能力発達速度の挙動解析	第 69 回日本教育医学会 オンライン開催 (2022.8)	武山祐樹, 藤井勝紀, 石垣享, 田中望, 小椋優作
42. 都道府県別体重の経年的推移から判断される社会的背景	第 56 回日本生産管理学会 愛知工業大学・オンライン開催 (2022.9)	可兒勇樹, 藤井勝紀, 浦野忍, 武山祐樹, 小椋優作
41. 男子エリートスポーツ選手における年齢構成の規格化－種目別年齢構成チャートの構築－	第 56 回日本生産管理学会 愛知工業大学・オンライン開催 (2022.9)	小椋優作, 藤井勝紀, 田中光, 武山祐樹, 内藤譲
42. ヘルスケアマネジメントのための BMI による簡便な身体活力指標の模索	第 56 回日本生産管理学会 愛知工業大学・オンライン開催 (2022.9)	武山祐樹, 藤井勝紀, 田中望, 早川健太郎, 可兒勇樹