介護予防の現場で利用可能な評価指標の作成とその応用

吉田　司

京都工芸繊維大学

目次

論文要旨

日本の高齢化の特徴は、後期高齢者人口が急増することが予測される点である。それに伴い、介護を必要とする人口も増加することは確実で、効果的な介護予防施策が求められている。このような背景を基に、本論文は、介護予防の現場で利用可能な評価指標を作成することを主目的とした。その主目的を達成するため、本論文は 2 つの基礎論文を基に、4 章で構成された。第 1 章では序論、第 2 章では欠損値の扱い方法によるフレイル評価への影響、第 3 章ではフレイルの度合いを示す評価基準の作成、第 4 章では総括を述べた。

第 2 章では、個人のフレイルを評価することを想定し、異なる 2 種のフレイル評価において、欠損値の扱い方によってどの程度フレイル該当率に影響するかを明らかにし、併せてそれぞれのフレイルの特性を示した。65 歳以上の自立高齢者を対象に、異なる 2 種のフレイル評価(A：Yamada の定義、B：Fried の定義)と、3 方法の欠損値の扱い方(a 欠損は該当とする、b 欠損は非該当とする、c 欠損は分析から除外する)を組み合わせた 6 条件で判定をした結果、項目ごとの欠損率は 2.2%－27.8%で、フレイル該当率は Yamada の定義では 10.4%－24.1%、Fried の定義では 5.8%－13.9%と大きく変動した。フレイルの該当率は年齢とともに高くなり、特に 75 歳以上の後期高齢者は最大で 34.4%がフレイルであった。Yamada の定義は、フレイルと判定されやすい評価で、Fried の定義は性差が明らかになるという特性を有していることが明らかになった。

第 3 章では、ヒトの加齢のバイオマーカーを確認する手順で開発された総合的な体力年齢指標である、Fitness Age Score(FAS)を用いて、2 年以内の要介護認定(要支援含む)の発生を予測できるかを明らかにした。65 歳以上の自立高齢者を対象とし、体力データから FAS 点を算出した。体力測定実施後 24 か月間の要介護認定の発生を追跡し、FAS 点を用いて検討した結果、FAS によって中等度の精度で要介護認定の発生予測が可能であった。また、3 種の方法で FAS の要介護認定発生スクリーニングカットオフ値を検討し、FAS 点を－1.23、－0.81、－0.29 をそれぞれカットオフ値として算出した。加えて FAS 点無し（実施できない体力測定項目があった）を 3 種類のカットオフ値と併用した FAS の 5 段階評価基準を作成した。

以上の分析結果によって得られた成果は、下記の通りである。

加齢に伴う予備能力の低下から死に至るプロセスである葛谷のモデル図を用いると、Yamada のフレイルの定義は、予備能力が低下し始めた段階をフレイルと判断する広義のフレイルと考えることができる。Fried の定義は、予備能力が大きく低下した段階からフレイルと判断する狭義のフレイルと考えることができる。いずれの評価も、欠損値の扱いによってフレイルの該当率は約 2.5 倍異なり、欠損値の影響は大きい。加えて、いずれの評価も、フレイルか否かの評価のみが可能である。一方で、連続変数としてスコアを用いる FAS は、フレイルの度合いを評価でき、介護予防事業の個人評価と事業評価において、わずかな変化であっても捉えることが可能である。加えて、FAS の 5 段階評価基準を用い

れば、欠損値の影響を受けない評価をすることが可能である。従って、FAS を用いたフレイル評価がより実用的であると考えられる。しかし、質問紙を用いる評価は、安価で同時に多くの対象者を評価できるというメリットがあるため、質問紙と FAS を併用してフレイルを評価することが最も現実的であると考えられる。

本研究で得られた知見は、様々な介護予防事業の企画・運営、および事業の効果検証に利用可能で、介護予防事業の一端を担う研究成果であると考えられる。

第 1 章　序論

１．日本の高齢化の現状

日本の高齢者(65 歳以上)の増加は，世界的に注目されるトピックである．政府の発表では，高齢者人口は 2012 年に 3,000 万人を超え(総務省統計局，online1)，人口に対する高齢者の割合は 2013 年に 25%を超えた(内閣府，online1)．今後さらなる高齢者人口の増加が予測され，国の推計では，高齢者人口のピークは 2042 年で，3,787 万人に達するとしている(厚生労働省，online1)．加えて，少子化が深刻化しており，将来的に高齢者人口が減少に転じても高齢化率は上昇し続けることが予想されている(内閣府，online2)．日本の高齢化の特徴は，高齢化の速度によっても明らかとなっている．内閣府(online3)は，先進国の高齢化を比較する際に，高齢化率が 7%から 14%に達するまでの所要年数を用いている．先進主要国中，2010 年時点での高齢化率の高い国は，日本(23.0%)，ドイツ(20.8%)，イタリア(20.3%)である(内閣府，online3)．一方で，高齢化率が 7%から 14%まで倍化する所要年数では，ドイツが 40 年間(1932 年－1972 年)，イタリアが 61 年(1927 年－1988 年)であるにも関わらず，日本の所要年数は 24 年間(1970 年－1994 年)であり，加えて高齢化が 10%から 20%に至る速度は，さらに早い 20 年間(1985 年－2005 年)であった(国立社会保障・人口問題研究所，online)．日本の高齢化は，世界で前例のない速さで進行していることは明らかである．

２．介護保険制度

急激な速さによる高齢化は，社会機能に過度な圧迫もたらす．その最たる例が，社会保障である．高齢者に対する社会保障の一つである介護保険制度は，2000 年に施行された．介護保険制度は，介護保険料を徴収することで財源を確保し，徴収した介護保険料に加えて税金を投入することで，介護に必要な費用の個人負担を軽減する，すなわち「高齢者の介護を社会全体で支え合う仕組み」(厚生労働省老健局，online)である．平成 28 年版厚生労働白書によると，2015 年 4 月時点の介護認定者数は 607.7 万人，2015 年度の予算では介護にかかる総費用は 10 兆 1,110 億円が計上されている(厚生労働省，online2)．介護認定者数と介護にかかる総費用は共に，介護保険制度が施行開始された 2000 年から現在にかけて，約 3 倍増加している(図 1－図 2)．介護認定者数と介護にかかる総費用の増加は，高齢者数の増加を上回る速度であり，早急な対策が必要である．従って，要介護に陥ることを防ぐ，いわゆる介護予防が肝要で，介護保険制度の 2015 年の改定では，介護予防の重要性が一層強調されるようになった(厚生労働省，online3)．

３．介護保険制度の利用と問題点

介護給付によるサービスを利用したい者は，自治体に要介護認定を申請し，介護度の認定(要支援が 2 段階，要介護が 5 段階で構成される)を受けなければならない．要介護認定の

申請後は，1)訪問調査員が申請者の状態を確認し，2)申請者の主治医による意見書が作成され，3)保健，医療，福祉に関する学識経験者等によって構成される介護認定審査会において，訪問調査の結果と主治医意見書の内容から介護度が決定される，という手続きを踏む．要支援または要介護の認定をされた後は，4)ケアマネージャーによってケアプランが作成され，5)ケアプランに基づいて介護保険サービスが提供される(図 3)．

要介護認定の申請から介護サービスの利用に至る流れで，社会的な問題が 2 箇所存在する．以下，３－１，３－２に述べる．

３－１．介護認定者の増大に伴う自治体の疲弊

要介護認定を申請する者が増えると，訪問調査員の人員増強，認定審査会の合議体の増加等，介護認定を受けるまでのプロセスでの人材確保が必要となる．加えて，介護認定者が増加すると，自治体では事務残業等の介護費用に計上されない「見えない費用」が発生している(図 3)．介護認定者の増加によって，自治体は財政的・人的に疲弊をもたらすことは容易に想像できよう．

３－２．介護サービス未利用者

介護認定者には，介護サービスを受けていない『介護サービス未利用者』が存在する．厚生労働省(online2)の発表によると，介護認定者 607.7 万人に対し，介護サービス受給者は 511.9 万人で，介護認定者の約 6 人に 1 人にあたる 15.3%は，介護サービス未利用者である(図 4)．このような介護サービス未利用者においても，介護認定を受けるまでに，訪問調査，主治医意見書，認定審査会において人件費等が発生し，介護認定後にはケアプランの作成においても人件費等が発生していることに留意が必要である．中井(2014)は，介護サービス未利用者が発生する状況について，1)現在は介護サービスを必要としていないが将来に備えて認定を受けている，2)経済的理由や，3)制度の理解不足によって必要とする介護サービスを受けることができない，4)介護サービスの供給不足により希望する介護サービスを利用できない，という仮説を立てている．筆者が高齢福祉行政関係者にインタビューしたところ，現在は介護サービスを必要としていないが，将来に備えて『御守のように』認定を受けている介護サービス未利用者が多い印象を受けた．介護保険制度上，介護サービスが早急に必要となった対象者は，介護認定を申請した日から介護サービスを受けることができる．これは，介護認定期間は，介護度が決定した後でも申請日に遡って認定期間が開始されることからも明らかである．しかし，国民に対する制度の周知不足が『御守認定』を増加させる要因であると考えられる．

４．介護発生の原因

要介護認定者で、介護が必要となった主な原因は，脳血管疾患(17.2%)，認知症(16.4%)，高齢による衰弱(13.9%)と続く．男性は，脳血管疾患が 26.3%で全体の 4 分の 1 以上を占め

ることが特徴的である．一方で，女性の傾向は異なり，認知症(17.6%)，骨折・転倒(15.4%)，高齢による衰弱(15.3%)と続き，骨折・転倒が上位に位置することが特徴的である(内閣府，online4，厚生労働省，online4)．転倒は，男性よりも女性に多いという研究報告が多数あり(江藤ら，2000；新野ら，2003；加藤ら，2012；桝本ら，2015)，その一因には，女性は男性に比べて筋力等の体力が低い(木村ら，1991；Buchman et al.，2005)ことが理由として考えられる．加えて，骨折も転倒と同様女性に多く発生し(尹ら，2006；加藤ら，2012)，その背景には女性特有の現象である閉経によってエストロゲンの分泌低下が起こり，骨量が著しく減少する(石見，2008)ことが影響し，高齢女性は骨折しやすい状態あると推察される．

５．フレイル研究

健康に関する研究は，死亡や疾病の発生をエンドポイントとした研究が多い（Funada et al., 2008；Shimazu et al., 2009；Ling et al., 2010；Ortega et al., 2012； Kakizaki et al., 2013；Nofuji et al., 2015）．しかし，介護予防を考える上では，要介護認定の発生をエンドポイントとした研究結果を健康づくり施策に反映させることが合理的である．近年では，ヒトが加齢に伴い，自立状態から要介護状態へ陥る生理機能の低下状態を指す，『フレイル(frailty)』という考えが注目されている．2014 年に一般社団法人日本老年医学会が発表したステートメントでは，フレイルを「高齢期に生理的予備能が低下することでストレスに対する脆弱性が亢進し，生活機能障害，要介護状態，死亡などの転帰に陥りやすい状態で，筋力の低下により動作の俊敏性が失われて転倒しやすくなるような身体的問題のみならず，認知機能障害やうつなどの精神・心理的問題，独居や経済的困窮などの社会的問題を含む概念」（一般社団法人日本老年医学会，2014，online)としている．

フレイルの発生要因は Frailty Cycle によって示される(Fried et al.，2001；Xue et al.，2008；葛谷，2009；山田ら，2012)．Frailty Cycle では，サルコペニア(加齢による骨格筋量および筋力低下：Rosenberg，1989)を中核とした身体的虚弱のみならず，社会的・精神的な虚弱によってフレイルが連鎖的に発生するモデルが示されている(図 6)．また，葛谷(2011)はフレイルを，自立から要介護状態へと陥る中間過程で，予備能力が低下した状態，としたモデルを作成している(図 7)．自立状態から，フレイル状態を経て要介護状態へと陥る過程は一方向性ではなく，適切に介入することによる可逆性が示されている(Clegg et al., 2013)．フレイルに対して適切に介入する，すなわち Frailty Cycle の負の循環を断ち切る，または低下した予備能力を改善させるようなアプローチは，介護予防と同等の意味を持つ．先行研究では，運動や栄養指導等の介入によってフレイルの予防およびフレイルからの改善が認められたことが報告されている(Bonnefoy et al.，2003；Fiatarone et al.，1994)．

６．フレイル評価と現場の問題

では，フレイルか否かをどのように診断すれば良いか．日本の施策では，高齢者の要介護リスクをスクリーニングする質問紙として，基本チェックリストが用いられている．基本

チェックリストは，IADL，運動器の機能向上，栄養改善，口腔機能の向上，閉じこもり予防・支援，認知症予防・支援，うつ予防・支援の 7 リスク，25 項目の設問によって構成され，1 年間の要介護認定に対する予測妥当性が確認されている(遠又ら，2011)．世界的には，Fried et al.(2001)の frailty phenotype がフレイルの代表的な評価として知られている．Fried et al.の指標では，フレイルを shrinking，exhaustion，weakness，slowness，low activity で定義し，各々，体重減少((去年の体重－現在の体重)／去年の体重≧0．05)，疲労(何事にも努力が必要で前に進めない状態が週 3 日以上ある)，身体活動の低下(男性<383kcal，女性<270kcal)，歩行速度の低下(15 フィートを 6 または 7 秒以上，身長補正を行う)，筋力低下(握力：男性≦29－32kg，女性≦17－21kg)のカットオフ値を設定して判定している(鈴木，2015)．Yamada et al.(2015)は，Fried et al.の定義を参考に，身体機能測定を必要としない質問紙のみの評価を開発し，体重減少，歩行速度低下，ウォーキング等の運動習慣，短期記憶，易疲労感，の 5 項目のフレイル評価を提案している．

このようなフレイル評価を現場で利用するにあたり，いずれの評価も 2 点の問題を抱える．

第一の問題点は，欠損値の扱い方である．日本の代表的な社会調査で，日本版総合的社会調査である Japan General Social Surveys(JGSS)のコードブックでは，質問紙回収後のコードの割り付け (質問紙を電子データに変換する際のルール) を，質問紙の選択肢に加えて，分類不能，不明，無回答，非該当に対してコードを割り付けている(大阪商業大学 JGSS 研究センター，online)．すなわち，質問紙を用いた調査では，分類不能，不明，無回答，非該当が欠損として発生することが考えられる．フレイルを評価するにあたり，このような欠損が発生した場合，取り扱い方によって判定にどの程度影響するのかは不明である．

第二の問題点は，フレイルの度合いである．質問紙を用いた調査では，フレイルか否かを判定するか，もしくは該当する質問項目の個数によってフレイル，プレフレイル，自立の 3 段階を評価するのみである．葛谷(2009)の概念図(図 7)では，フレイルは自立と介護状態の中間的な状態である．よって，自立状態に近いフレイルや，介護状態に近いフレイルなどが状態像として存在することが考えられる．介護予防は，対象者に対して軽度過ぎる課題であれば改善効果は頭打ちになり，対象者に対して重度過ぎる課題では消化することができず，改善効果は期待できない．よって，具体的にどの程度のフレイル度合いであるか判定しなければ，適切な介護予防事業の立案，介護予防教室の展開など，効果的に事業を実施するにあたって影響を与える可能性がある．

7．解決手法

7－1．欠損値の扱い

調査研究においての欠損値の扱いは，分析から除外する，もしくは特定の方法で代入する，という方法が採用される．

欠損値を分析から除外する場合，1 つでも欠損値が含まれるサンプルを完全に分析から

除外するリストワイズ法，もしくは特定の分析でのみ欠損が含まれるサンプルを除外するペアワイズ法が用いられる．いずれの方法も，欠損値がランダムであればランダムサンプリングを用いた方法と同等であると考えることができるため，調査結果に影響はしない(結果の精度は低下する)．しかし，欠損値を分析から除外する方法は，欠損値がランダムではない場合は調査結果に偏りを及ぼす可能性がある．加えて，集団の評価をすることは可能であるが，健康行政や健康教育などの現場で想定される対象者の個々の評価は不可能である．

欠損値を特定の方法で代入する場合，全体の平均値を代入する方法，欠損値を様々な値で推定したデータセットを複数作成して後に集約することで欠損値を推定する多重代入法，欠損のパターンから欠損値を推定する完全情報最尤法，などの統計手法を用いて欠損値を補完して分析を行う．しかし，このような手法は，専門的な統計知識を持つ者が必要であり，場合によっては高額な統計ソフトがなければ実施が不可能である．

7−2．フレイルの度合い

葛谷(2009)のフレイルの概念図(図 7)では，自立からフレイルを経て介護状態に陥る過程に連続的な特性があると考えることができる．つまり，フレイルか否かではなく，連続変数によって「予備能力」を定義する必要がある．

これまで，多くの研究で体力のスコア化の方法が報告されてきた．日本で最も大規模に体力に関する調査を実施している文部科学省(online)は，各種の体力テストをスコア化し，スコアの総合計点によって体力を評価している．文部科学省の「体力・運動能力調査」は，1964 年から半世紀以上にわたって実施されており，日本国民にとって体力測定は非常に身近な調査方法となっている．

体力測定を用いた評価の一つとして，Fitness Age Score(FAS)が挙げられる．Kimura et al. (2012) は FAS の開発にあたり，Ingram et al.(2001)によって確立されたヒトの加齢のバイオマーカーを確認するための開発手順に準じて，総合的な体力年齢指標として FAS を開発した．この指標は，連続変数であり，加えて加齢のバイオマーカーとしての機能を持つため，加齢に伴う機能低下を指すフレイルとの親和性が高いと考えらえる．また FAS は 5 項目の体力測定(握力，歩行テスト，開眼片足立ち，ファンクショナルリーチテスト，垂直跳)によって構成され，そのうち 2 項目(握力，歩行テスト)は Fried et al.(2001)のフレイルの定義と共通しているという特徴がある．

8．研究課題

本論文では，介護予防事業の現場で利用可能な評価指標を作成することを目指した．そのために，フレイル評価における問題を下記の 2 点に大別し，それぞれに課題を設定した．

第一の問題点である欠損値の扱い方は，フレイルを評価する上で非常に重要なテーマである．そこで本研究では，健康行政や健康教育などの現場で対象者の個々のフレイルを評価することを想定し，異なる 2 種のフレイル評価を用いて，欠損値の扱い方によってどの程

度フレイル該当率に影響するかを明らかにすることを目的とした．併せて，それぞれのフレイル評価の特性を示した(第 2 章)．

第二の問題点であるフレイルの度合いは，既存の他の連続指標によって評価が可能であれば，非常に有用であると考えられる．そこで本研究では，総合的な体力年齢指標である Fitness Age Score を用いて要介護認定の予測可能性を検証することで，フレイルの度合いを評価できる基準を作成することを目的とした(第 3 章)．

以上の課題を解決することによって，効率的な介護予防事業の運営につながることが期待される．

9. 図表

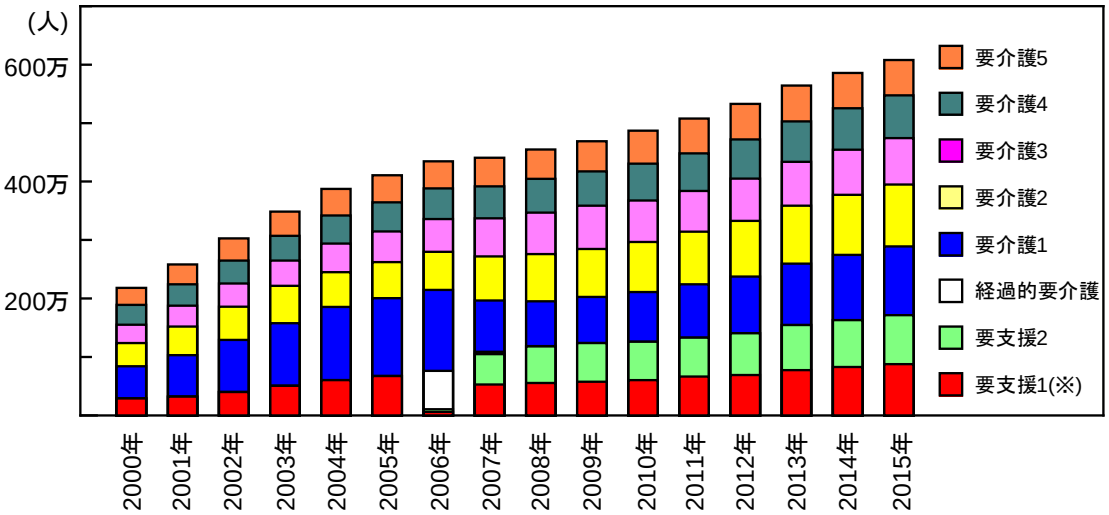

図 1. 介護認定者数の推移：厚生労働省(online2)より作図．

※要支援 1 は，2005 年まで旧・要支援を指す(制度改正で、要支援を要支援 1・2 に分割)．2006 年 4 月 1 日時点で要支援認定者は，認定期間満了までは経過的要介護に区分．

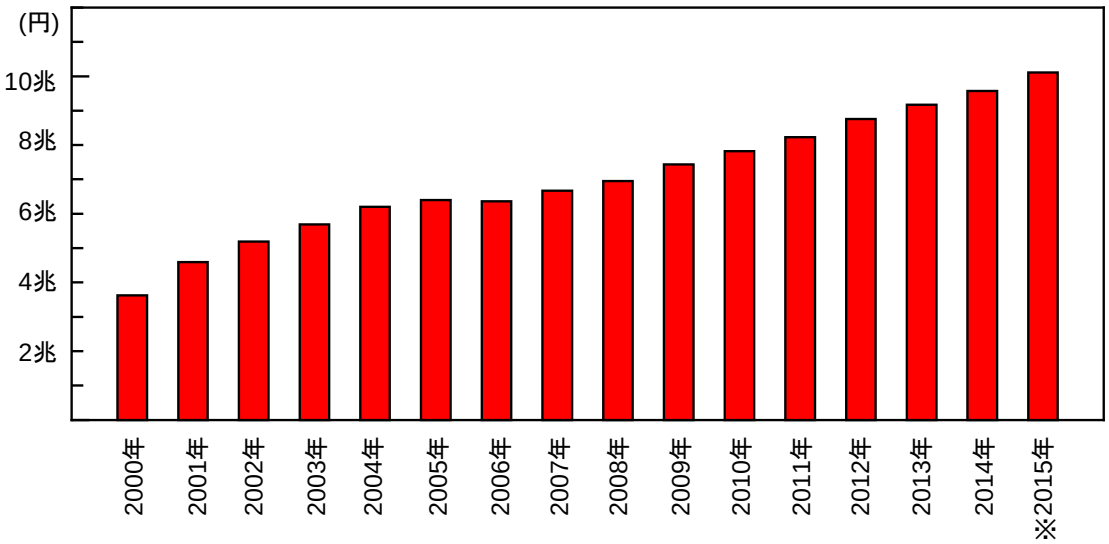

図 2. 介護にかかる費用の推移：厚生労働省(online2)より作図.

※2015 年は予算額.

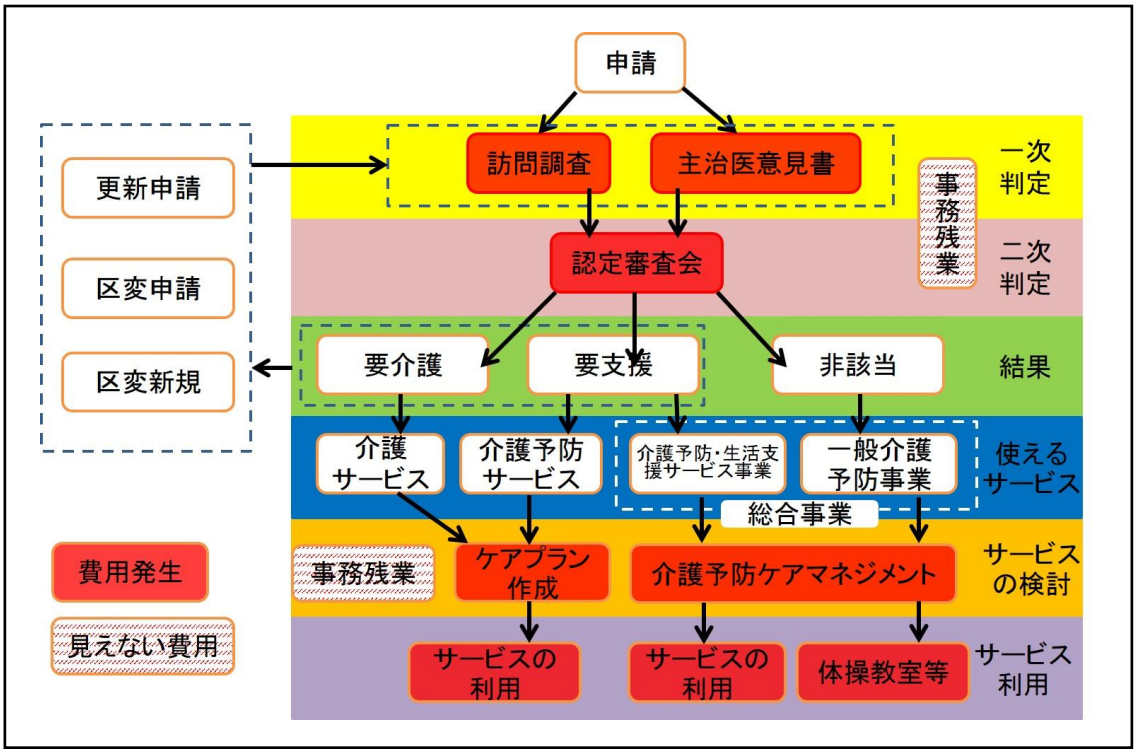

図 3. 介護保険申請から介護サービス利用までのモデル図. 亀岡市高齢福祉課(2017)を基に作成.

区変：区分変更。要支援から要介護，もしくは要介護から要支援への介護度の変更.

区変新規：介護認定を更新する際，要支援から要介護，もしくは要介護から要支援へ介護度を変更する場合は，更新ではなく新規扱いとなる.

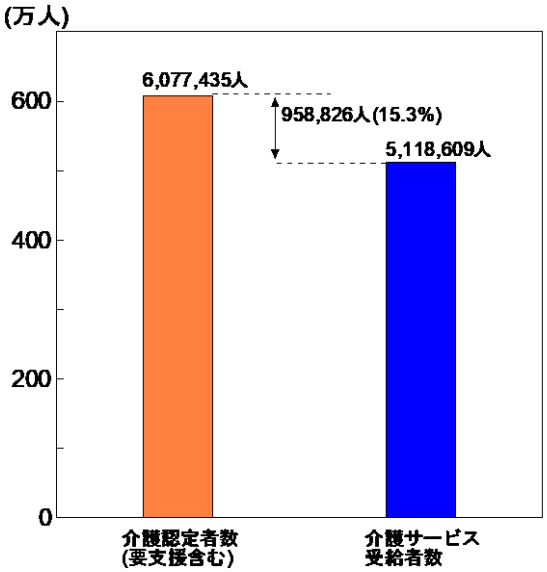

図 4. 介護認定者数と介護サービス受給者数(2015 年 4 月末時点)：厚生労働省(online2)より作図.

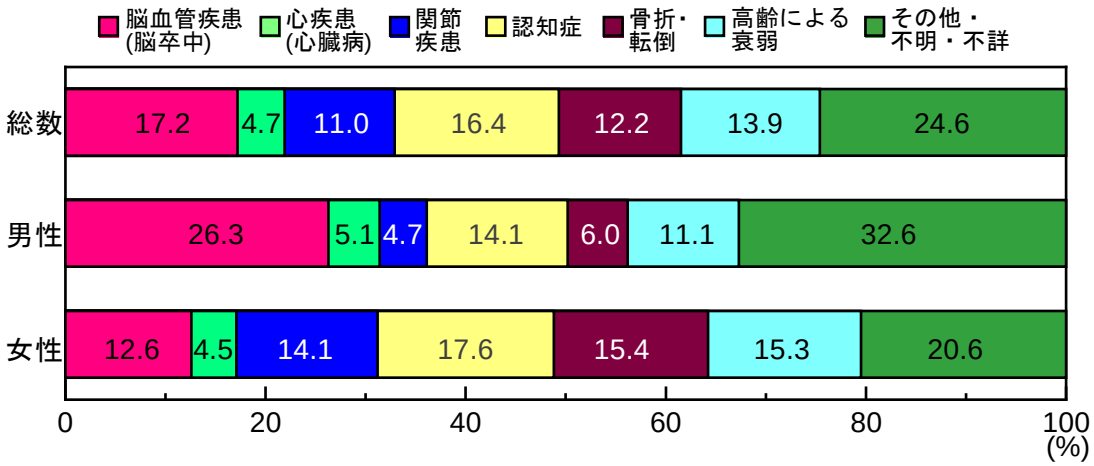

図 5. 介護が必要となった主な原因：内閣府(online4)より一部改変.

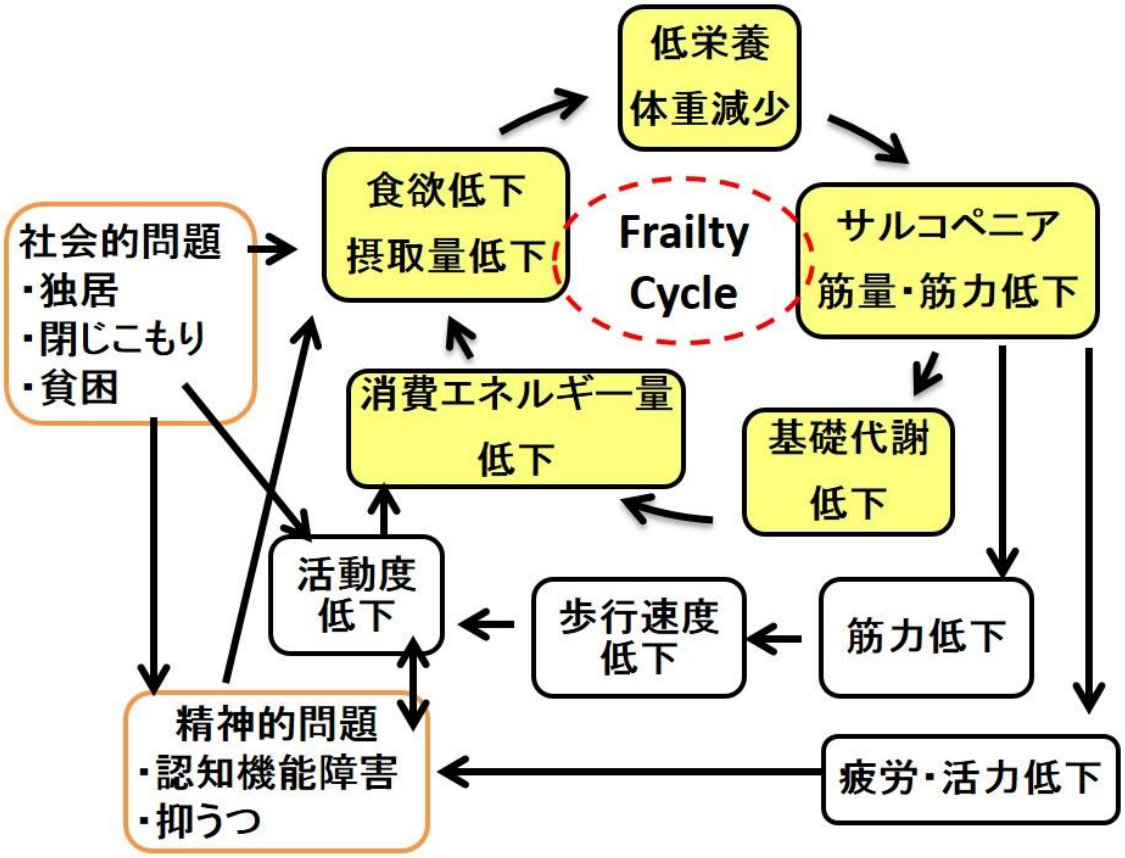

図 6. Frailty Cycle のモデル図：山田(2012)より一部改変.

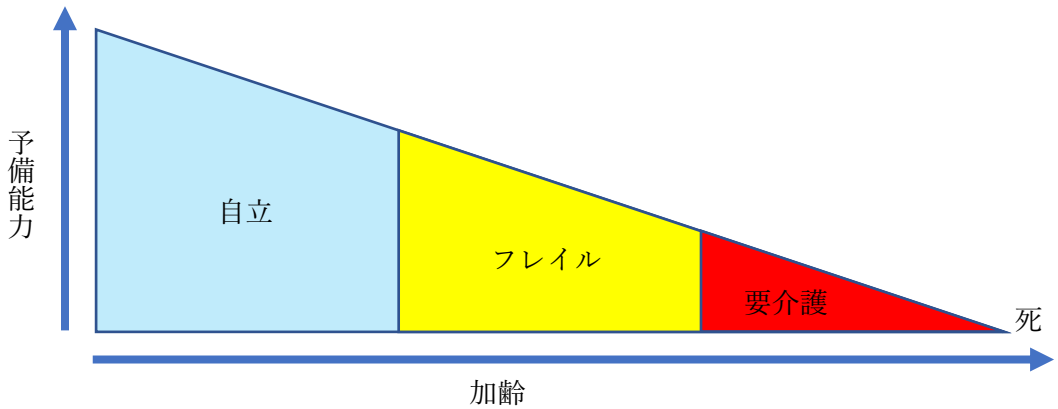

図 7. 加齢に伴う予備能力の低下から死に至るプロセス：葛谷(2009)より一部改変.

第 2 章　地域自立高齢者 1,379 人におけるフレイル判定の方法による該当率の差異

１．緒言

日本の高齢者人口は 2015 年 9 月 15 日推計で 3,384 万人，総人口に占める割合は 26.7% と過去最高を記録した(総務省統計局，online2)．今後，高齢者人口の増加が見込まれているが，とりわけ 75 歳以上の後期高齢者人口の急増が日本の高齢化の特徴である．それに伴い，介護を必要とする人口も急増することは確実で，効果的な高齢福祉施策の立案が進められている．高齢化に対応するために 2000 年に介護保険制度がスタートし，2006 年には介護予防重視型システムによって要介護者の急増を防ぐ仕組みが導入された．そして，2015 年の改定(厚生労働省，online3)でさらに介護予防の重要性が強調されるようになったものの，介護認定者の増加を抑えることは容易でない．そのため，介護予防については，各市町村が従来の介護事業の枠組みとは別に実施していくことが求められるようになった．この 2 年間はその移行期として，特に市町村レベルでの高齢福祉施策の立案や遂行に資する科学的データの蓄積や解析，情報発信が求められている．

ヘルスプロモーションにおいては，有症者や高リスク者を対象に手厚い介入を行うハイリスクアプローチと，地域在住者に広く啓発等を行うポピュレーションアプローチがあり，それぞれ一長一短が存在する．市町村が実施する介護予防においては，既に意識が高く自己管理ができる者や，逆に既に介護認定を受けて要介護になっている者ではなく，その中間状態にある「自立度が低下しつつある者」に対して実施することが重要であると考えられている．ヒトが介護を必要とする状態に陥る過程の背景には，加齢に伴う生理機能の低下が存在する．これは，一般的に虚弱と表現される現象であるが，一般社団法人日本老年医学会(online)は 2014 年に，虚弱を「フレイル(frailty)」と改め，「自立度が低下しつつある者」をフレイルと呼ぶというステートメントを発表した．フレイルは身体的な要因のみならず，社会的・精神的な機能低下を含めた概念であるとしている(Xue et al.，2008)．フレイルの発生要因は Frailty Cycle によって示されており(山田ら，2012)，サルコペニアを中核とした身体的虚弱とともに，独居・閉じこもり，認知機能障害・抑うつなどの社会的・精神的な虚弱によってもフレイルが連鎖的に発生するモデルが示されている．フレイルから介護状態へは不可逆的に進行するのではなく，適切な介入によってフレイル状態から改善する可逆性が示されており(Clegg et al., 2013), Frailty Cycle の負の循環を断ち切ることが求められる．実際に，運動や栄養指導等によってフレイルが予防あるいは改善されることが報告されている(Bonnefoy et al.，2003；Fiatarone et al.，1994)．まさにフレイル状態に陥った人は，介護予防の主要なターゲットとである．

フレイルの定義として代表的なのは，Fried の定義である(Fried et al.，2001)．Fried et al.の定義には，健康状態などの項目とともに客観的な体力指標が付加されている．Fried et al.と同様に体力に関する情報を含めてフレイルの判定をしているものに，Shimada et al.(2013)の報告が挙げられる．一方で，Yamada　et al.(2015)や新開ら(2010，2013)は，質問

紙のみの主観的な評価よってフレイルを判定している．わが国の介護予防スクリーニングである基本チェックリストは，質問紙によって要介護認定発生のリスク保持者を判別しており(遠又ら，2011)，フレイルが介護状態に陥る前段階であることを考えれば，基本チェックリストはまさにフレイルを判別しているのと等しく，質問紙によるフレイルの判定法の一種として使われている．地域におけるフレイルの実態を把握し，介入のターゲットを明確にすることは，公衆衛生上非常に重要である．しかしながら，フレイル判定については，質問紙のみで実施する，もしくは質問紙と体力によって判断する，など方法が統一されていないのが現状である．フレイルの判定方法のさらなるエビデンスの蓄積が待たれる．

一方，調査に基づく研究では，欠損値の扱い方が難しい問題となる．多くの場合，欠損のあるデータを分析から除外する傾向がある(斎藤ら，2015；桜井ら，2015)．しかし，健康行政や健康教育などの現場においては，欠損や未回答のある者の方がなんらかの問題を抱えている可能性が高く，このような対象への保健福祉施策も重要な視点となる．欠損値に関しては，欠損値の入ったデータセットを複数作成して欠損値を推定する多重代入法(Tsuboya et al.，2014)や，欠損値のパターンから欠損値を推定する完全情報最尤法(Bielderman et al.，2015)などの代替方法が考えらえるが，統計の専門知識をもつ分析者がいなければ，この方法は難しい．

フレイルの定義や指標が完全に確立されておらず，加えて欠損値の取り扱いについて議論が必要な現状は，介護予防を実施する現場を混乱させる可能性がある．そこで本研究は，フレイルの判定を，質問紙のみの判定法と質問紙および体力データを用いた判定法の 2 種で，欠損値の取り扱い，性差，年齢等の観点から地域在住自立高齢者のフレイル該当率とそれぞれの判定法の特性を明らかし，大規模コホート調査で使用可能なフレイル判定方法を検討することとした．

２．方法

亀岡スタディは，京都府亀岡市をフィールドとする，「外傷予防と介護予防を推進・検証するための前向きコホート研究」である(Yamada et al.，2017)．本研究は，亀岡スタディのベースラインデータとなる2011年7月から8月に実施した日常生活圏域ニーズ調査(以下，ニーズ調査)，および 2012 年 3 月から 4 月に市内の自治会館や公民館などで実施した身体機能測定会における体力データを用いた．本研究計画は，京都府立医科大学医学倫理審査委員会(番号 E－371)の承認を受け実施した．

ニーズ調査は，亀岡市が郵送法で実施し，市内の要介護 3 以上の介護認定者を除く 65 歳以上の全高齢者 18,231 人に対して，13,159 人(72.2%)の有効回答を得た．亀岡スタディは，亀岡市全 23 町地区のうち地域性を考慮した 10 町で，3 ヶ月間，運動を中心に口腔ケアと栄養を組み合わせた総合型介護予防プログラムの効果検証を行った(渡邊ら，2014；京都府立医科大学応用健康科学教室，2014)．本研究では，ニーズ調査回答者のうち，要支援・要介護認定を受けていない上記 10 町在住の自立高齢者で，介入研究に先だって実施した身体機

能測定会に参加した 1,379 人を分析対象とした．対象者の年齢は 73.1±5.6 歳で，前期高齢者 864 人，後期高齢者 515 人，および，男性 676 人，女性 703 人であった．身体機能測定会を開催するにあたり，対象者には研究に関する意義・目的，実施方法，参加は任意であること，個人情報の保護方法などを説明し，書面による同意を得た．

解析項目は，ニーズ調査より性，年齢，および 5 項目の質問「6 か月間で 2~3 kg以上の体重減少がありましたか(はい・いいえ)：以下，体重減少」,「以前に比べて歩く速度が遅くなってきたと思いますか(はい・いいえ)：以下，歩行速度低下」,「5 分前のことが思い出せますか(はい・いいえ)：以下，短期記憶」,「(ここ 2 週間)わけもなく疲れたような感じがする(はい・いいえ)：以下，易疲労感」,「散歩で外出する頻度(ほぼ毎日・週 4，5 日・週 2，3 日・週 1 日・週 1 日未満)：以下，散歩頻度」，体力データより握力(左右最大値の平均)，10m 通常歩行速度(以下, 歩行速度)を用いた. 握力と歩行速度の測定は, Kimura et al. (2012)の方法に従って実施した．

フレイルの判定は，Yamada et al. (2015)の方法を一部改変した 5 項目の質問紙による判定(以下，A 基準)と，Fried et al. (2001)の方法を一部改変した 3 項目の質問紙と 2 項目の体力データの組み合わせによる判定(以下，B 基準)の 2 基準によって実施した．

A 基準における原法(Yamada et al., 2015)は, 1)体重減少(あり), 2)歩行速度低下(はい), 3)ウォーキング等の運動を週 1 回以上していますか(いいえ)，4)短期記憶(いいえ)，5)易疲労感(はい)，の 5 項目である．ニーズ調査では，「3)ウォーキング等の運動を週 1 回以上しテーマすか」を質問項目に取り入れていないため，最も近い質問であると考えられる「散歩頻度(週 1 日未満)」で代用した(いずれも括弧内を該当とした)．

Fried et al.(2001)はフレイルを，shrinking，exhaustion，weakness，slowness，low activity で定義し，各々，体重減少((去年の体重－現在の体重)/去年の体重≧0．05)，疲労(何事にも努力が必要で前に進めない状態が週 3 日以上ある)，身体活動の低下(男性<383kcal，女性<270kcal)，歩行速度の低下(15 フィートを 6 または 7 秒以上，身長補正を行う)，筋力低下(握力：男性≦29~32kg，女性≦17~21kg)のカットオフ値を設定して判定している(鈴木，2015)．本研究の B 基準は，Fried et al.のフレイル判定を参考に，質問紙から A 基準と共通して体重減少(あり)，散歩頻度(週 1 日未満)，易疲労感(はい)の 3 項目と，握力(男性 26kg 未満，女性 18kg 未満)と歩行速度(1.0m/s 未満)の体力データを使用した(いずれも括弧内を該当とした)．握力は，サルコペニアのアジアワーキンググループ(AWGS)によるサルコペニアの診断基準(Chen et al.，2014)，歩行速度は，Makizako et al. (2015)の日本人のカットオフ値を採用した．

フレイル判定における欠損値の扱いは，a)該当とする，b)非該当とする，として処理し，Aa 法(質問紙のみ，欠損値は該当とする)，Ab 法(質問紙のみ，欠損値は非該当とする)，Ba 法(質問紙と体力の組み合わせ，欠損値は該当とする)，Bb 法(質問紙と体力の組み合わせ，欠損値は非該当とする)の 4 条件でフレイルを判定した．また，調査に基づく研究で多く用いられる欠損値の処理方法である c)リストワイズ法で除外する，として欠損値を処理した，

Ac 法(質問紙のみ，欠損のないデータのみ)，Bc 法(質問紙と体力の組み合わせ，欠損のないデータのみ)，を設定し併記した．いずれの条件においても，3 項目以上該当した場合をフレイル(F：Frailty)，1〜2 項目該当をプレフレイル(P：Prefrailty)，0 項目該当を非該当(R：Robust)とした．

代表値は平均値±標準偏差で記述した．比率の差は，カイ二乗検定を用いた．フレイルの該当率の差は，Friedman test および Wilcoxon signed－rank test を用いて分析した．Friedman test により有意な差が認められた場合は Bonferroni 法によって有意確率を調整した．全ての有意水準は 5%とした．

3．結果

表 1 に，項目別に該当，非該当，欠損の人数と割合を示した．質問紙 5 項目の欠損発生は，体重減少が 135 人(9.8%)，歩行速度低下が 34 人(2.5%)，短期記憶が 31 人(2.2%)，易疲労感が 73 人(5.3%)，散歩頻度が 384 人(27.8%)であった．体力データ 2 項目では，握力が 14 人(1.0%)，歩行速度が 26 人(1.9%)であった．欠損個数が 1 つ以上の割合は，A 基準は 36.2%，B 基準は 36.8%であった(表 2)．

フレイルの該当率は，Aa 法で 332 人(24.1%：男性 146 人，女性 186 人：前期高齢者 155 人，後期高齢者 177 人)，Ab 法で 144 人(10.4%：男性 75 人，女性 69 人：前期高齢者 73 人，後期高齢者 71 人)，Ba 法で 191 人(13.9%：男性 78 人，女性 113 人：前期高齢者 58 人，後期高齢者 133 人)，Bb 法で 80 人(5.8%：男性 36 人，女性 44 人：前期高齢者 23 人，後期高齢者 57 人)であった．4 条件間のフレイルの該当率は，$\chi 2=905.9$($p<0.001$)で有意な差が認められ，Ab－Ba 条件間を除くすべての条件間でフレイルの該当率に差が認められた($p<0.001$)(表 3)．欠損値のない 865 人のフレイルの該当率は，Ac 法で 100 人(8.7%：男性 50 人，女性 50 人：前期高齢者 59 人，後期高齢者 41 人)，Bc 法で 51 人(5.9%：男性 29 人，女性 22 人：前期高齢者 19 人，後期高齢者 32 人)であった．2 条件間のフレイルの該当率は $z=-13.1$($p<0.001$)で有意な差が認められた(表 3)．

性差による該当率の検討では Ba 法と Bb 法で統計的に有意な差が認められ，Ba 法で男性は R が高く F が低く($p=0.003$)，Bb 法で男性は R が高く P が低かった($p=0.048$)．年齢層別では，Aa・Ba 法で前期高齢者の R が高く P が低く，Ab・Bb 法で前期高齢者の R が高く F・P が低かった(いずれも $p<0.001$)(表 4・5)．欠損のない対象者の性差による該当率は，有意な差が認められなかったが，年齢層別では Ac 法で前期高齢者の R が高く F・P が低く，Bc 法で前期高齢者の R が高く P が低かった(いずれも $p<0.001$)(表 4・5)．

それぞれの基準間の該当個数のクロス集計表を表 6 に示した．理論値が 4 以下になる項目があったため，欠損は該当とするクロス集計表(表 6－A)では該当個数を 0 個，1 個，2 個，3 個，4 個以上の 5 段階にし，欠損は非該当とするクロス集計表(表 6－B)では，該当個数を 0 個，1 個，2 個，3 個以上の 4 段階に再集計をしてカイ二乗検定を実施した．該当個数は B 基準よりも A 基準寄りに広く分布していることが確認された．

４．考察

本研究は，地域在住高齢者に質問紙を郵送し，得られた回答からフレイルを判定する A 基準と，質問紙およびその後の身体機能測定会の体力データからフレイルを判定する B 基準の 2 基準を用いてフレイルの判定をした．また，フレイルの判定には欠損データの有無を考慮して 4 条件で検討した．加えて，欠損値をリストワイズ法で除外した条件も併記した．

質問紙の項目ごとの欠損率は，2.2%~27.8%だった．質問項目別では，「はい」「いいえ」の 2 件法である「体重減少」，「歩行速度低下」，「短期記憶」，「易疲労感」の 4 項目は欠損率が 2.2%~9.8%である一方，「散歩頻度」の欠損が 27.8%と高率であった．「散歩頻度」は，回答が 5 件法であり，他の質問は 2 件法であるため、比較的回答難度が高かったのがその理由と考えられる．欠損値の処理法でフレイルの該当率が大きく変わるため，妥当性を保ちながら「散歩頻度」に関する質問を簡略化することが，現場でのフレイル評価の活用を広げる方法のひとつかもしれない．

欠損データは，その扱い方によって結果を大きく歪める．Linden(2015)は，13 項目からなる Patient Activation Measure(PAM：精神の健康管理への積極性評価尺度)の，のべ 1,138 人分の欠損のない完全なデータセットを用いて，ランダムに欠損を入れた場合に PAM の評価がどのように変化するかをシミュレーションした．結果，欠損の個数が増えるほど評価が異なる可能性が高くなり，完全なデータセットの評価を基準として少なくとも 2.5%，最大で 44.4%の乖離が生じたと報告している．本研究では，全対象者のうち約 3 分の 1 は少なくとも 1 つ以上の欠損データがあり，欠損データを「該当とする」「非該当とする」もしくは「分析から除外する」のいずれを選択しても大きなバイアスが生じる可能性を否定できない．

フレイルの該当率は，Aa 法で 24.1%，Ab 法で 10.4%，Ba 法で 13.9%，Bb 法で 5.8%だった．また，欠損値を除外した Ac 法で 11.6%，Bc 法で 5.8%だった．Ac 法は Ab 法と近い該当率で，Bc 法は Bb 法と同等の該当率だった．研究をベースとした調査では，欠損のあるデータを分析から除外する場合が多いが(斎藤ら，2015；桜井ら，2015），本研究のように 5 項目中 3 項目該当するとフレイル評価できる場面であっても，リストワイズ法では評価なしという結果となり，評価対象者から脱落させることにつながる．介護予防や保健指導などの現場では，欠損や未回答のある者はなんらかの問題を抱えている可能性が高いと考えられるため，欠損値を含めて評価し適切な指導につなげることが重要であると考えられる．

A 基準によるフレイル判定法を開発した Yamada et al. (2015)は，日本人の自立高齢者においてフレイルは 12.5%だったと報告しており，本研究では欠損値を非該当とする Ab 法と欠損値を除外した Ac 法でのフレイル該当率と大きな差はなかった．ただし，本研究の Aa 法で解釈すると，フレイルを潜在的に有している対象者は最大で 4 人に一人程度まで達する可能性を示している．

B 基準のように体力データを加味してフレイルを判定している Shimada et al. (2013)の報告では，日本人自立高齢者の 11.3%がフレイルと判定されている．この結果は，本研究の Ba 法(欠損値は該当とする)のフレイル該当率と概ね一致している．握力測定や歩行テストは，日常生活において必須の動作による測定方法であるが，それにもかかわらず欠損となる場合がある．このような生活における基本動作の欠損の多くは，①痛み(障害)がある，②測定を実施すると転倒や痛みの発生などのインシデントが予測される，のいずれかが原因であると推察される．小西ら(2009)は，地域在住高齢者 239 人に対して日常生活に関する質問から体力を推計し，下半身の痛みと体力の関係を分析した結果，痛みのある人は痛みのない人に比べて体力が有意に低値であったと報告している．痛みによって測定を中止した参加者は，パフォーマンスを最大限に発揮することができずに測定値が基準値を下回ることが多い．加えて，痛みが原因で測定できない者はそもそも低体力であることが多く，仮に測定を実施しても基準値を上回る可能性は低い．次に，転倒や痛みへの不安は体力測定値の欠損につながる．桝本ら(2015)の報告では，65 歳以上の 20.8%が過去 1 年間に転倒経験があると回答している．体力測定値の欠損には，高齢者が自身の転倒経験をふまえてテストを回避した背景があるのかもしれない．また，水野ら(2014)は，年 1 回の体力測定を 5〜8 年継続して参加している 60 歳以上 139 人の，追跡期間の転倒状況とベースラインの体力の関係を検討し，転倒を経験した群は経験しなかった群に比べて様々な体力値が低値であったことを示した．転倒や痛みなど何らかのリスクを考慮して測定を回避したため欠損となった者は，測定を実施していたとしても基準値を上回る可能性は低かったと言えよう．以上のことから，体力データを加味したフレイル判定では，少なくとも体力データの欠損は該当として扱うことが妥当と判断できる．

フレイルの該当率に対する性差は，質問紙と体力データ使った B 基準でのみ有意な差が認められ，Ba 法では男性は女性に比べて非該当が多くフレイルが少ない，Bb 法では男性は女性に比べて非該当が多くプレフレイルが少ないという結果であった．Shimada et al. (2013)の報告では，男性(10.3%)よりも女性(12.3%)の方がフレイル判定者は多く，本研究において Ba 法では同様の傾向が見られた．一般的に男性は女性よりも体力が高く，高齢期においてもその関係性は継続するため(木村ら，1991；Buchman et al.，2005)，高齢期における体力特性の性差がフレイルの判定に影響したと考えられる．性差を踏まえてフレイルを判定するには，体力データを用いた判定方法が有効である可能性が示唆された．

フレイルの該当率に対する年齢の影響では，すべての条件で前期高齢者は非該当の比率が高かった．いずれの先行研究においても，年齢とともにフレイルの該当率は高くなっており(Fried et al.，2001；Shimada et al.，2013；Yamada et al.，2015)，年齢とフレイル発生の関係性に疑う余地はない．本研究では，後期高齢者におけるフレイル該当率が 11.1%〜34.4%となっており，75 歳以上の高齢者は最大で 3 人に一人がフレイル状態である可能性が導き出された．

A 基準と B 基準の該当個数の関係で該当個数は，B 基準よりも A 基準方向に広がる分布

が観察された．この結果は，Yamada et al. (2015)の定義にしたがったフレイル判定の方法が，体力データを含めた方法よりも陽性となりやすい判定方法であることを示唆する．介護予防を，要介護状態の発生をできる限り防ぐという観点でとらえれば，フレイルの判定は，その後の介護予防施策につながるスクリーニングとしての意義が高く，その趣旨を鑑みると，陽性となりやすい質問紙によるフレイル判定はより目的に合致した方法であろう．一方で，既に機能が低下しそれ以上悪化させないよう維持する，もしくは改善を図るようなサービスを提供する対象者を選定する場合では，B 基準のように客観的な体力指標を踏まえた判定方法が，介護予防の現場で役立つだろう．

Friedman test の結果，Aa，Ab，Ba，Bb のうち Ab－Ba 条件を除く条件間で有意な差が認められた．すなわち，条件によってフレイルの該当率に差があり，Ab 法と Ba 法は似ており，他の条件は異なるフレイル判定方法であることが明らかになった．本研究の結果，A 基準は陽性と判定されやすく，B 基準は性差が認められやすい方法である，という特性が確認された．また，A 基準では欠損値を非該当とし，B 基準では欠損値を該当として扱う方法が，先行研究(Shimada et al.，2013；Yamada et al.，2015)とのデータに近いフレイルの該当率であることが示された．

介護状態の前段階とされるフレイルは，未曽有の超高齢社会を迎えている日本，とりわけ住民にサービスを提供する各自治体にとって深刻な課題である．フレイルには可逆性が示されており，適切な働きかけによってフレイル状態からの脱却が可能である．つまり，この層への的確なアプローチがまさに介護予防である．このような背景から，大規模コホート研究や現場の保健指導では，できるだけ簡便で判別力の高いフレイル判定方法が求められる．介護保険の改正で，これまでの要支援という枠組みがなくなり，要支援認定者は地域支援事業の介護予防サービスに移行され，自立高齢者と同一のサービスを受けるように変革される(厚生労働省，online3)．しかし，自立高齢者と同一のサービスとは言いつつも，実際には対象者の体力レベルや様々な機能の状態によって，提供されるサービスは細分化されなければ，適切なサービスとは言えない．介護予防事業を実施する最も身近な事業者である自治体は，広く該当者をスクリーニングして早期介入が必要な者を割り出すことと，機能が低下した者を維持・改善させるためのサービスを適切に提供することがますます重要になってくる．

本調査結果では，2 種類の判定基準と欠損値の扱いによる 4 条件で，フレイルの判定を行った．得られた結果を比較したところ，調査方法によって該当率は大きく変動した(5.8%～24.1%)．質問紙のみによる評価方法は陽性と判定されやすく，体力データを加味した方法は性差が明らかになるなど，それぞれの特性を有していることが明らかとなった．各市町村で在住する高齢者の特性や提供できるサービスが異なるため，各々の自治体に必要な介護予防施策も多様である．担当者が地域の特性に応じたフレイル判定法を選択する際，本研究が一助となれば幸いである．

本研究の限界は，第一に，欠損値が生じた理由を明らかにしていない点である．今後は，

長期的な観察や戸別訪問などを実施することで，欠損値をもつ回答者の傾向を捉えることが可能であると考える．第二に，欠損値の扱い方の妥当性が評価されていない点である．介護の予防の現場でも実施できる簡便で妥当性のある評価方法を確立するための，更なるエビデンスの蓄積が必要と考える．

5. 図表

表 1. 項目別該当・非該当・欠損の人数(N=1379)．

A基準	B基準			該当	非該当	欠損
○	○	6か月間で2-3kgの体重減少がありましたか	人	185	1059	135
		体重減少(該当:はい)	%	13.4	76.8	9.8
○		以前に比べて歩く速度が遅くなってきたと思いますか	人	793	552	34
			%	57.5	40.0	2.5
○		5分前のことが思い出せますか	人	100	1248	31
		短期記憶(該当:いいえ)	%	7.3	90.5	2.2
○	○	(ここ2週間)わけもなく疲れたような感じがする	人	383	923	73
		易疲労感(該当:はい)	%	27.8	66.9	5.3
○	○	散歩の頻度	人	195	800	384
		散歩頻度(該当:週1日未満)	%	14.1	58.0	27.8
	○	等尺性握力	人	206	1159	14
		握力(該当:男性 <26kg、女性<18kg)	%	14.9	84.0	1.0
	○	10m通常歩行速度	人	151	1202	26
		歩行速度(該当:<1.0m/s)	%	10.9	87.2	1.9

表 2. 基準毎の欠損個数.

N=1379	A基準(質問紙のみ)		B基準(質問紙＋体力)	
欠損の個数	人数	割合(%)	人数	割合(%)
0	880	63.8	872	63.2
1	392	28.4	397	28.8
2	79	5.7	100	7.3
3	8	0.6	9	0.7
4	17	1.2	1	0.1
5	3	0.2	0	0.0

表 3. フレイルの人数と割合.

	N= 1379 （%）				N= 865 （%）	
	Aa法	Ab法	Ba法	Bb法	Ac法	Bc法
非該当	226 （ 16.4 ）	368 （ 26.7 ）	400 （ 29.0 ）	643 （ 46.6 ）	225 （ 26.0 ）	396 （ 45.8 ）
プレフレイル	821 （ 59.5 ）	867 （ 62.9 ）	788 （ 57.1 ）	656 （ 47.6 ）	540 （ 62.4 ）	418 （ 48.3 ）
フレイル	332 （ 24.1 ）	144 （ 10.4 ）	191 （ 13.9 ）	80 （ 5.8 ）	100 （ 11.6 ）	51 （ 5.9 ）

Friedman test: $\chi 2=905.9$, $p<0.001$.

Ab－Ba 条件間を除くすべての条件間: $p<0.001$.

有意確率は Bonfferoni 法で修正.

Wilcoxon signed－rank test.

$z=-13.1$, $p<0.001$.

表 4. 評価法による性別のフレイル該当者数.

	非該当(R)		プレフレイル(P)		フレイル(F)		該当者率の群間比較	
性別	男性	女性	男性	女性	男性	女性	χ^2値	有意水準
Aa法	122	104	408	413	146	186	5.76	p>0.05
Ab法	184	184	417	450	75	69	0.98	p>0.05
Ba法	221 ++	179 −−	377	411	78 −	113 +	11.77	p=0.003
Bb法	338 +	305 −	302 −	354 +	36	44	6.09	p=0.048
Ac法	121	104	283	257	50	50	0.40	p>0.05
Bc法	221	175	204	214	29	22	4.42	p>0.05

Aa 法，Ab 法，Ba 法，Bb 法：男性 676 人，女性 703 人.

Ac 法，Bc 法：男性 454 人，女性 411 人.

＋は理論値よりも実測値が多く，－は理論値よりも実測値が少ない.

＋，－は $p<0.05$.

＋＋，——は $p<0.01$.

表 5. 評価法による年齢区分別のフレイル該当者数.

	非該当(R)		プレフレイル(P)		フレイル(F)		該当者率の群間比較	
年齢区分	前期	後期	前期	後期	前期	後期	χ^2値	有意水準
Aa法	182 +++	44 −−−	527	294	155 −−−	177 +++	67.87	p<0.001
Ab法	280 +++	88 −−−	511 −−−	356 +++	73 −−	71 ++	42.30	p<0.001
Ba法	304 +++	96 −−−	502	286	58 −−−	133 +++	115.92	p<0.001
Bb法	452 +++	191 −−−	389 −	267 +	23 −−−	57 +++	58.50	p<0.001
Ac法	181 +++	44 −−−	361 −	179 +	59 −	41 +	19.70	p<0.001
Bc法	302 +++	94 −−−	280	138	19 −−−	32 +++	34.80	p<0.001

Aa 法，Ab 法，Ba 法，Bb 法：前期高齢者 864 人，後期高齢者 515 人.

Ac 法，Bc 法：前期高齢者 601 人，後期高齢者 264 人.

＋は理論値よりも実測値が多く，－は理論値よりも実測値が少ない.

＋，－は $p<0.05$.

＋＋，－－は $p<0.01$.

＋＋＋，－－－は $p<0.001$.

表 6－A(上段)．基準間の該当個数のクロス集計表(欠損は該当とする）．

表 6－B(下段)．基準間の該当個数のクロス集計表(欠損は非該当とする）．

N= 1379

	Aa法						
Ba法	該当個数	0	1	2	3	4	5
	0	209 +++	180 +++	11 −−−	0 −−−	0 −−−	0
	1	14 −−−	232 +++	212 +++	16 −−−	0 −−−	0
	2	3 −−−	31 −−−	120 +++	140 +++	20	0
	3	0 −−−	4 −−−	28	52 +++	35 +++	7
	4	0 −−−	0 −−−	3 −−−	18 +	26 +++	6
	5	0	0	0	0	9	3

理論値が不足したため，0 個，1 個，2 個，3 個，4 個以上(破線部)に再集計して統計処理を実施($\chi 2$=1619.9)．

N= 1379

	Ab法						
Bb法	該当個数	0	1	2	3	4	5
	0	336 +++	288 +++	19 −−−	0 −−−	0	0
	1	27 −−−	208 +++	191 +++	16 −−−	0	0
	2	5 −−−	37 −−−	95 +++	72 +++	5	0
	3	0 −−−	3 −−−	26	25 +++	16	0
	4	0	0	0	5	5	0
	5	0	0	0	0	0	0

理論値が不足したため，0 個，1 個，2 個，3 個以上(破線部)に再集計して統計処理を実施（$\chi 2$=1204.4）．

＋は理論値よりも実測値が多く，－は理論値よりも実測値が少ない．

＋は $p<0.05$.

＋＋＋，－－－は $p<0.001$.

第 3 章　Fitness Age Score を用いた高齢者の介護認定の予測

１．緒言

日本は，全人口に対する 65 歳以上高齢者の割合が 25%を超えた超高齢社会で，今後さらに高齢者数の増加が見込まれる. 2000 年から開始した介護保険制度は, 要支援が 2 段階, 要介護が 5 段階で構成されている．高齢者が増加するにつれて介護を必要とする人口も増え, 現在の要介護認定者(要支援を含む)は 600 万人を超えている(総務省統計局, online3). 従って, 要介護状態になり得るリスク者を早期発見し, 適切に介入して健康寿命を高めることは重要である.

身体機能の改善は, 健康寿命の延伸の一要因である. これまでにいくつかの先行研究で, 高齢者の体力とその後の疾病や死亡との関係性を報告している．Sun et al. (2010)は 70 歳以上まで生存した女性 13,535 人を追跡し，歩行速度が速い群(3.0mph 以上)は，遅い群(2.0mph 未満)よりも”successful survivor”と定義された状態(10 種の慢性病や心臓バイパス手術などの病歴なし，認知機能低下なし，身体障害なし，精神疾患なし)を維持しやすいことが報告されている(オッズ比 2.68)．Leong et al. (2015)は 139,691 人の男女を 4 年間追跡し，握力が 5 kg低下する毎にハザード比は，心血管疾患による死亡が 1.16，心血管疾患以外の死亡が 1.17，心筋梗塞が 1.07，脳卒中が 1.09 になると報告している．身体機能と死亡に関するシステーマティックレビューとメタ解析によると，握力と歩行速度を 4 分位に分けて最低位群と最高位群を比較したところ，ハザード比は握力で 1.67，歩行速度で 2.87 であった(Cooper et al.，2010)．加えて日本人を対象とした研究では，握力で 3 分位に分けた 2,527 人の男女を 19 年間追跡し，全ての死因についてのハザード比は，握力高位群が低位群の 0.49 であったと報告されている(Kishimoto et al.，2010)．以上の報告から，体力と疾患や死亡との関係性は明確である.

Kimura et al. (2012) は，総合的な体力年齢指標として，Fitness Age Score(FAS)を開発した．FAS は，10m 歩行時間，ファンクショナルリーチテスト，開眼片足立ち，垂直跳，握力の 5 種目からなるバッテリーテストである．FAS の開発には，以下の手順が踏まれた：1) 横断分析によって，各変数と年齢の関係の大きさを確認する，2)縦断分析によって，年齢による変化の大きさを確認する，3)年度間の同一変数の相関によって安定度を検討する(Kimura et al.，2012)．この手順は Ingram et al. (2001)によって，ヒトの加齢のバイオマーカーを確認するために開発された．FAS には握力と歩行時間(歩行速度)が身体機能のバイオマーカーとして含まれ，これらは Fried et al. (2001)のフレイル評価項目や，サルコペニアの評価項目と共通している(Chen et al.，2013).

介護認定のリスクを持つ高齢者をスクリーニングするにあたり，FAS が利用可能ではないかと仮説を立てた．FAS が将来的な介護認定の発生を予測できれば，介護予防事業のプラン作成に向けて非常に有用であると考える．本研究は，FAS を用いて高齢者の要介護認定発生を予測できるかを明らかにし，予測するための評価法を考案することを目的とした.

２．方法

本研究は，外傷予防と介護予防の推進と検証を行う前向きコホート研究「亀岡 Study」のデータを用いた(Yamada et al.，2017)．

対象者は，2012 年 3 月－4 月に京都府亀岡市内で実施した身体機能測定会に来場した 65 歳以上の自立高齢者 1,379 人のうち，その後の研究目的の運動介入(渡邊ら，2014)に参加した 440 人を除く 939 人である(ベースライン時の平均年齢 74．4 歳)．2012 年 4 月から 2014 年 3 月までを観察期間とし，対象者の 24 か月間の要介護認定(要支援含む：CLTC)の発生を追跡した．

Fitness Age Score(FAS)は，10m 歩行テスト(秒：Xa)，ファンクショナルリーチテスト(㎝：Xb)，開眼片足立ち(秒：Xc)，垂直跳び(㎝：Xd)，握力(kg：Xe)の 5 種目で構成され，FAS(Y)は下記の算出式によって計算した(Kimura et al.，2012)．

男性：Y=－0.203Xa＋0.034Xb＋0.0064Xc＋0.044Xd＋0.046Xe－3.05

女性：Y=－0.263Xa＋0.033Xb＋0.0074Xc＋0.048Xd＋0.079Xe－2.52

FAS の有無(5 種目全て実施できたかどうか)で，CLTC のオッズ比を算出した．

FAS による CLTC のスクリーニングの妥当性を評価するため，受信者操作特性曲線(ROC 曲線)を作図して ROC 曲線下面積(AUC)を算出し，スクリーニングの精度を評価した(Hajian－Tilaki，2013)．

FAS 点のカットオフ値(CV)は，3 種の方法によって作成した；

1)感度－(1－特異度)が最大となる値で評価する Youden Index(YI)(Youden，1950；Schisterman et al.，2005)．

2)座標(偽陽性率，感度)=(0，1)から ROC 曲線への最短距離となる値で評価する方法(本研究では Minimum Distance 法と呼ぶ:MD)(Kumar et al.，2011)．

3)FAS 点－感度曲線と FAS 点－特異度曲線の交点となる値で評価する Two－Graph ROC 法(TG)(Greiner et al.，1995)．

以上 3 種の方法によって求めた CV を基準に，対象者を高値(高体力群)と低値(低体力群)に分類し，Kaplan－Meier 法(Smeets et al.，2016)によって累積 CLTC 曲線を作図した．高体力群と低体力群の累積 CLTC 曲線の差は Log rank 検定を用いて分析した．全ての有意水準は 5%とした．

３．結果

追跡不能者は，24 か月間で 16 人だった．FAS は 798 人が完遂し，24 か月間の CLTC は 28 人だった．5 種目中 1 種目以上実施できずに FAS を得点化できなかった人数は 125 人で，CLTC は 21 人だった．FAS 無しの FAS 有りに対する CLTC のオッズ比は，5.553(95%CI：3.04－10.14)だった(表 1)．

ROC 曲線の AUC は 0.72 であった(95%CI：0.64－0.81：p<0.001)(図 1)．FAS の CV は，YI は－0.29(感度 92.9%，特異度 40.6%)(図 1)，MD は－1.23(感度 57.1%，特異度

73.6%)(図１)，TG は－0.81(感度 60.7%，特異度 60.9%)であった(図 2)．CV によって分類した低体力群と高体力群の累積 CLCT は，YI は低体力群が 5.14%，高体力群が 0.95%であった．MD は低体力群が 7.17%，高体力群が 2.07%であった．TG は低体力群が 5.32%，高体力群が 2.28%であった．累積 CLCT 曲線は，全ての CV で 2 群に有意な差が認められた(p=0.000－0.020)(図 3－5)．

４．考察

高齢者に機能測定を実施する際は，安全性，経済性，実施環境に考慮して測定種目を選定した方が良い(Demura et al.，2008)．加えて，フィールドテストは大規模に実施する場合が多いため，簡便であることが望ましい．よって，安全で，安価で，どこでも，簡単に，実施できる種目が，高齢者を対象としたフィールドテストの条件であると考えられる．FAS を構成する種目は，全てフィールドテストである．全ての種目は，測定方法が単純で，検者は短時間の講習で実施方法を理解することができ，受検者は検者の指示とサポートに従って安全に実施をすることができる．測定に必要な道具は，ストップウォッチとメジャーの他に，握力計と垂直跳び測定器である．近年，これらは安価で耐久性が高まっており，大きな初期投資や修繕費を必要としない．実施環境は，地域の公民館など，10m 歩行路を設置できるスペースさえ確保できれば，どこでも実施可能である．FAS は，概ねどこでも実施可能で，安全性，経済性，簡便性の条件を満たし，多人数に適用可能な実用的な指標であると考えられる．

我が国の要介護になる原因は，脳血管障害などの生活習慣病が 30%，関節疾患などの運動器の問題が 35%であり，体力や身体機能と直接関連がある項目が過半数を占める(厚生労働省，online4)．体力データを得点化する FAS を用いた本研究結果は，CLTC スクリーニングとしての精度は中等度であった(AUC=0.72)．この理由として，介護が必要かどうかの判断は，体力や身体機能が低下しても適切なサポートが受けられる状況であるかどうかなど，家族構成や地域のつながりなどの要因が関連しているためではないかと推察する．しかし，FAS のみであっても統計的に有意な結果が得られていることから，FAS は CLTC の妥当なスクリーニング法である．

CLTC を予測するための CV を，Youden Index，Minimum Distance 法，Two－Graph ROC 法の 3 方法によって求めた．CV によって分けた低体力群と高体力群の累積 CLTC 曲線は，全ての CV で有意な差が認められ，24 か月間の CLTC を充分に予測できることが明らかとなった．3 方法の CV はそれぞれ特性が異なり，Youden Index は感度が高く，Minimum Distance 法は特異度が高く，Two－Graph ROC 法は他の 2 方法の中間的な CV である．

この結果は，地域の実情に応じた介護予防施策の選定に用いることが期待できる．近年は，ポピュレーションアプローチの一つとして，人々が居住する地域環境への働きかけによって身体活動の推進を図る手法が注目されている(Sallis et al.，2009)．例えば，介護リスク者を広く発見し早期に介入できるポピュレーションアプローチのための資源が整っている

地域では，Youden Index による CV を利用して広くスクリーニングする方法が効果的であると考えられる．

一方で，専門知識を持つ指導者やトレーニング施設が充実している地域では，Minimum Distance 法によるカットオフ値を利用して限定的にスクリーニングすることで，機能が大きく低下した対象者を抽出することができる．高齢者であっても，適切なプログラムを提供することで筋力が増強されることが明らかとなっており(Borst，2004；Watanabe et al.，2015)，集中的な介入を実施すことによる介護予防効果の向上が期待できる．

FAS で実施不可能な種目があった群は，全て実施できた群に対する CLTC のオッズ比が 5.553 倍であった．この結果と 3 方法による FAS の CV を用いて，FAS の 5 段階評価基準を提案する．すなわち，実施不可能な種目があり FAS の得点化ができなかった(レベル 1)，FAS－1.23 以下(レベル 2)，－0.81 以下(レベル 3)，－0.29 以下(レベル 4)，－0.29 超過(レベル 5)，とする評価基準である(表 2)．

この評価基準は，統計結果を拡大解釈している可能性がある．FAS を現場で実践的に運用するために，評価基準は必須である．より良い評価基準の作成のために，詳細な検討を加える必要がある．

本研究は，2 点の研究限界がある．第一に，FAS で実施不可能な種目があった人の詳細な分析を行っていないことである．例えば，FAS5 種目のうち 4 種目は実施できた人と，1 種目のみ実施可能であった人では，身体機能に大きく差があることが容易に予測できる．そのため，FAS で実施不可能な種目があっても得点化できる，修正版 FAS の開発が必要である．

第二に，CLTC の詳細な分析をしていないことが挙げられる．本研究は，全 7 段階ある CLTC を一意として取り扱い，加えて死亡者を分析から除外している．また，CLTC の原因の分類を行っていない．24 か月間で何らかのイベントが発生した対象者は，全体の 1 割未満であり，CLTC の詳細な分析を行うためのデータ量が確保されていない．対象者を増やす，もしくはさらに長期的に追跡することで，科学的に判断でき得るデータ量を確保できると考える．

5．結語

本研究は，介護予防が必要な高齢者をスクリーニングするために，Fitness Age Score(FAS)を用いて，高齢者の 2 年以内の要介護認定(要支援含む)の発生を予測することが可能であるかを明らかにすることを目的とした．その結果，中程度の精度であるが FAS によって要介護認定の発生予測が可能で，特徴の異なる 3 種類のスクリーニングカットオフ値を算出できた．算出したカットオフ値は，それぞれが単独で使用できるだけでなく，FAS 得点無し(FAS5 項目で実施できない項目があった)とともに用いることで，FAS の 5 段階評価基準として利用できる可能性を示した．

６．図表

表 1．24 か月間の対象者の状態.

	自立	要介護(要支援)	追跡不能	合計
FAS有り	770	28	13	811
FAS無し	104	21	3	128
合計	874	49	16	939

オッズ比 5.553(95%CI : 3.04－10.14)，FAS 有りをリファレンス.

状態変化があった時点で追跡終了.

追跡不能者はオッズ比の計算から除外.

FAS: Fitness Age Score.

追跡不能：死亡，転出等.

表 2．FAS を用いた要介護リスクの評価基準.

評価	リスク	FAS点
レベル5	低	－0.29超過
レベル4		－0.81超過－0.29以下
レベル3		－1.23超過－0.81以下
レベル2		－1.23以下
レベル1	高	FAS点無し(1項目以上未実施)

FAS: Fitness Age Score.

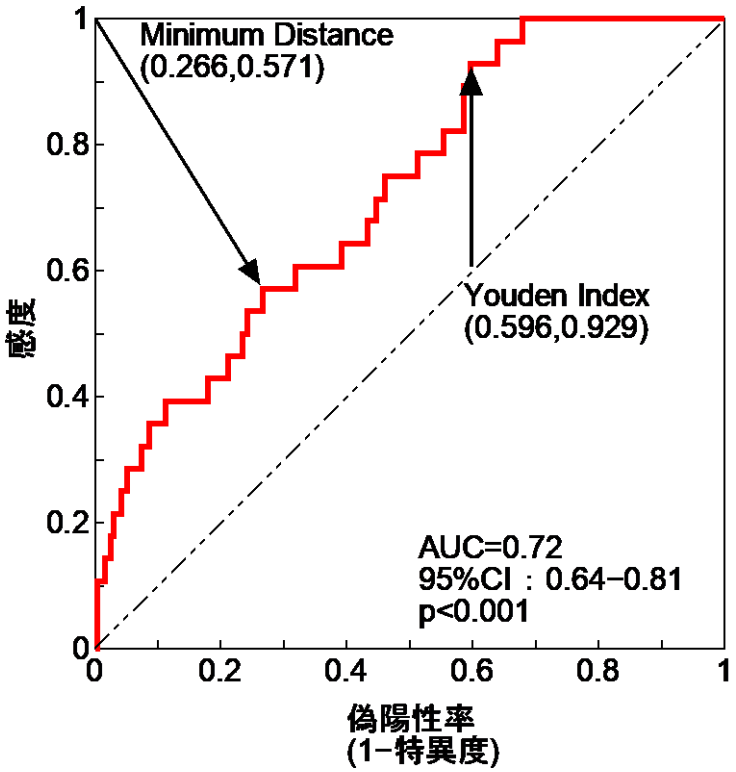

図 1. ROC 曲線を用いた 24 か月間の要介護(要支援)認定発生に対する FAS のカットオフ値の検討.

ROC 曲線：受信者操作特性曲線.

FAS：Fitness Age Score.

AUC：Area Under the ROC Curve.

95%CI：95%信頼区間.

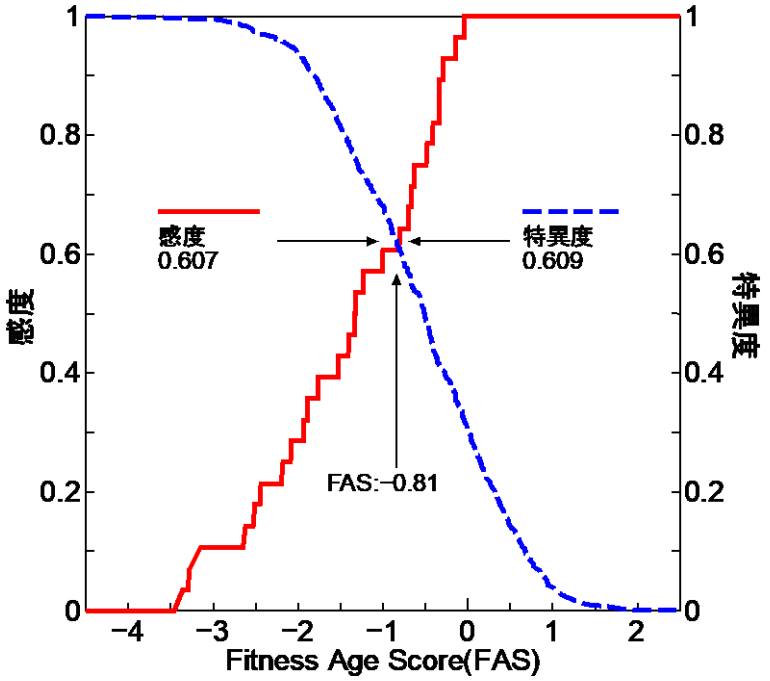

図 2. Two－Graph ROC 曲線を用いた 24 か月間の要介護(要支援)認定発生に対する FAS のカットオフ値の検討.

FAS：Fitness Age Score.

Two－Graph：FAS－感度曲線と，FAS－特異度曲線.

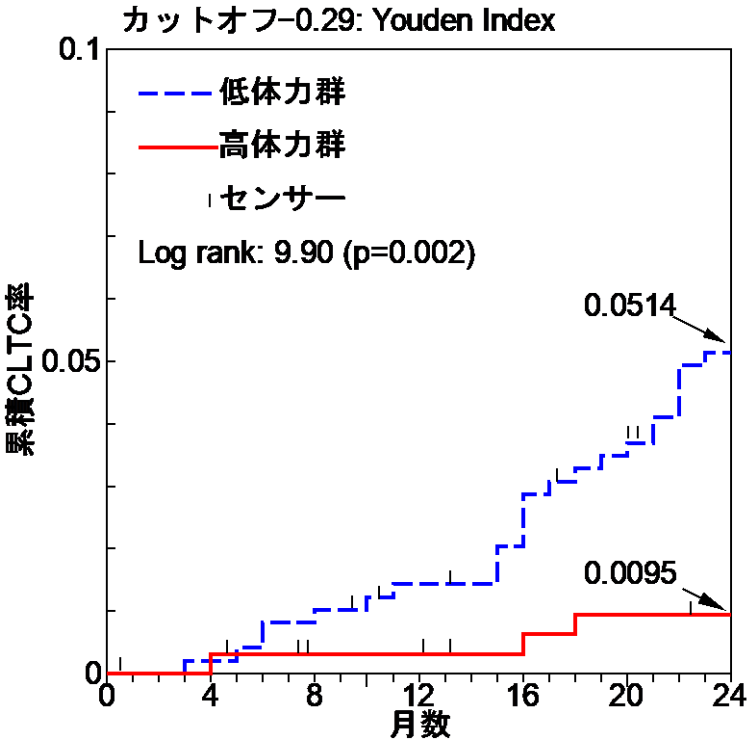

図 3. Youden Index によるカットオフ値によって群分けした高体力群と低体力群の 24 か月間の累積要介護認定率の比較.

CLTC：要介護(要支援含む)認定の発生.

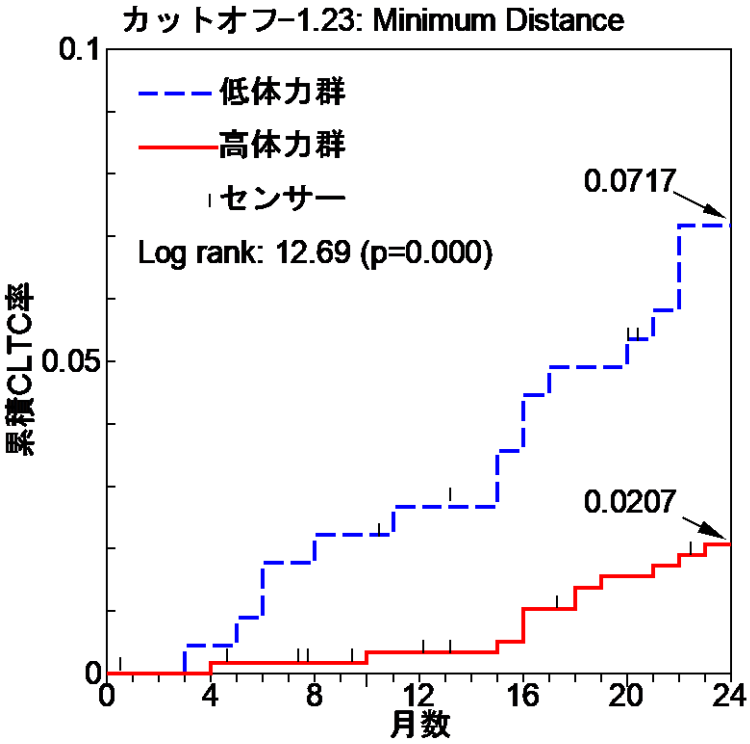

図 4. Minimum Distance によるカットオフ値によって群分けした高体力群と低体力群の 24 か月間の累積要介護認定率の比較.

CLTC：要介護(要支援含む)認定の発生.

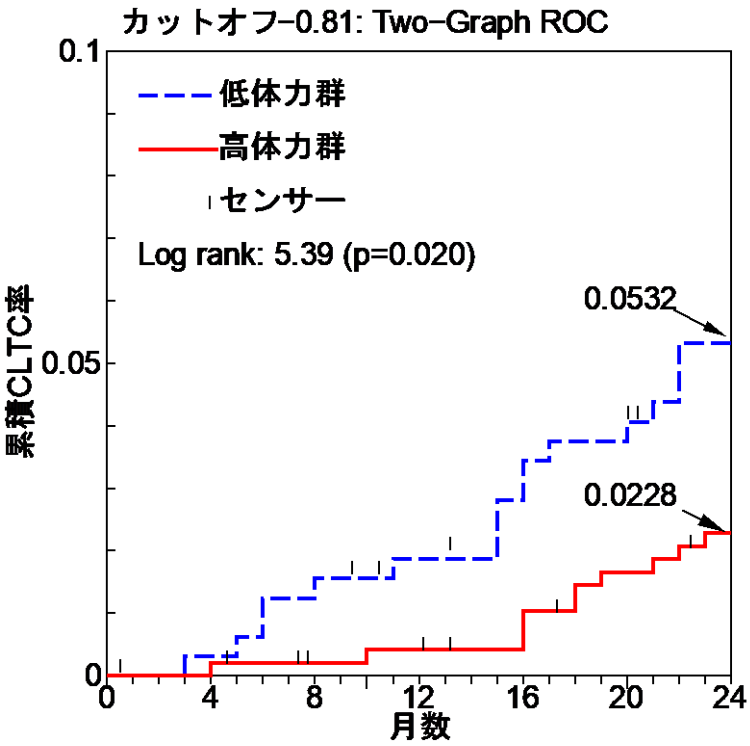

図 5. Two－Graph ROC によるカットオフ値によって群分けした高体力群と低体力群の 24 か月間の累積要介護認定率の比較.

CLTC：要介護(要支援含む)認定の発生.

第 4 章　総括

１．総合考察

本論文では，ヒトが加齢に伴う生理機能の低下状態で，自立状態と要介護状態の中間的病態であるフレイルの評価方法について，介護予防事業の現場で利用可能な評価指標を開発することを主目的とした．主目的を達成するために，フレイル評価における問題を以下の 2 点に大別し，それぞれに課題を設定した．

第一の問題点である欠損値の扱い方は，フレイルを評価する上で非常に重要なテーマである．そこで本研究では，健康行政や健康教育などの現場で対象者の個々のフレイルを評価することを想定し，異なる 2 種のフレイル評価を用いて，欠損値の扱い方によってどの程度フレイル該当率に影響するかを明らかにすることを目的とした．併せて，それぞれのフレイル評価の特性を示した(第 2 章)．

第二の問題点であるフレイルの度合いは，既存の他の連続指標によって評価が可能であれば，非常に有用であると考えられる．そこで本研究では，総合的な体力年齢指標である Fitness Age Score(FAS)を用いて要介護認定の予測可能性を検証することで，フレイルの度合いを評価できる基準を作成することを目的とした(第 3 章)．

それぞれの課題に対する結果を，下記に要約する．

第 2 章では横断データを用いて，地域在住高齢者のフレイル該当率を，Fried et al. (2001)の定義と，Yamada et al. (2015)の定義に従って算出した．Fried et al. (2001)の定義はフレイルの代表的な定義で，健康状態などの質問項目と共に体力指標が付加されていることが特徴的である．Yamada et al. (2015)の定義は，質問紙のみの主観的な評価によってフレイルを判定しているが，身体機能のみでなく認知機能に関する質問が含まれていることが特徴的である．いずれの定義も，1)欠損値を該当とする，2)欠損値を非該当とする，3)欠損値はリストワイズ法で分析から除外する，の 3 方法によって欠損値を処理して分析を行った．その結果，Fried et al. (2001)の定義ではフレイルの該当率が 13.9%(欠損値は該当とする)，5．8%(欠損値は非該当とする)，5.8%(欠損値は分析から除外する)，Yamada et al. (2015)の定義では 24.1%(欠損は該当とする)，10.4%(欠損は非該当とする)，11.6%(欠損は分析から除外する)であった．

第 3 章では縦断データを用いて，要介護認定(要支援を含む)をエンドポイントとした，体力測定データを用いた高齢者の予後の予測可能性の検証および評価基準の作成を行った．体力測定データは，体力年齢指標として開発された Fitness Age Score(FAS；Kimura et al., 2012)によってスコア化した．その結果，FAS による要介護認定の発生予測が可能で，FAS の得点化不能(FAS を構成する 5 種の体力データに，1 種以上の欠損がある)と 3 種類のカットオフ値(−0.29，−0.81，−1.23)による FAS の 5 段階評価基準を提案した．

以上の分析結果によって，フレイルの定義とその評価方法に対する以下の成果が得られた．

加齢に伴う予備能力の低下から死に至るプロセスのモデル図(葛谷，2009)を用いると，Yamada et al. (2015)のフレイルの定義は『予備能力が低下し始めた段階』からフレイルと判断する『広義のフレイル』と考えることができ(図 1a)，Fried et al. (2001)の定義では『予備能力が大きく低下した段階』からフレイルと判断する『狭義のフレイル』と考えることができる(図 1b)．しかし，いずれのフレイルの定義も，『フレイルであるか否か』としてしか判断ができない．従って，介護予防事業による介入効果は，フレイルから自立へと改善したか，フレイル状態から変化しなかったか，要介護状態へと陥ったか，という 3 方向の評価しかできない．

一方で FAS は，連続変数としてのスコアを用いる，もしくは FAS 評価基準を参照することで，『フレイルの度合い』を評価することが可能である(図 1c)．評価基準を用いる場合は，カットオフ値に応じて，フレイルを広義・狭義のいずれの判断も可能である．FAS を連続変数のスコアのまま利用すれば，介護予防事業の個人評価・事業評価のいずれにおいても，僅かな変化であっても捉えることが可能である．また，質問紙を用いた評価特有の課題である『欠損値を該当とするか非該当とするか』に対しても，提案した評価基準を用いれば，FAS の『欠損値を欠損値のまま扱う』ことが可能であり，質問紙特有の課題も解決できる．

従って，介護予防事業の評価を念頭に置いた場合，質問紙を用いるよりも体力データを用いたフレイル評価がより実用的であると考えらえる．しかし実際には，質問紙と体力データを併用することが最も現実的である．質問紙を用いる評価は，安価で同時に多くの対象者を評価できるというメリットがある。よって，Yamada et al.(2015)の定義による質問紙を用いて一次評価を実施し，介護予防が必要と判断された対象者に FAS を用いた二次評価で介護予防教室のレベル振り分けを行う，などの事例が想定される．機能に応じたプログラムは，その受益効果が高まることが先行研究から明らかとなっているため，レベル別介護予防教室の展開は今後考えなければならない．特に，介護保険制度の改正で今後要支援者は介護保険の枠組みではなく地域で介護予防を実践していくため，レベル別介護予防教室の設置は必須である．

研究の限界点として，研究デザインが横断的・縦断的であり，介入研究を実施していないため，フレイル評価が介入による可逆性に対応しているかどうかを明らかにしていない点が挙げられる．フレイル評価は，フレイルからの改善を最終目的として評価するものである．様々な介護予防事業を実施し，その効果を評価するというサイクルを繰り返すことによって，介護予防事業の改善を図るとともに，現場運営上のフレイル評価の問題点の修正につなげることが可能であると考えられる．

２．結語

現在，高齢者に対する代表的な社会保障である介護保険制度では，多くの介護認定者や介護にかかる費用が発生している．2015 年の介護保険制度の見直し(厚生労働省，online3)では介護予防の重要性がこれまで以上に強調されており，介護予防事業の現場では効率的

な事業運用が求められる．本論文で示した結果は，介護予防事業の一端を担う研究成果である．今後，さらに研究を進めることで，より効率的で効果的な介護予防施策の実現が，経済的・人的に疲弊している自治体への支援につながることを期待する．

３．謝辞

本論文は，京都工芸繊維大学の野村照夫先生，来田宣幸先生のご指導のもと作成することができました．両先生方には，非常に有益なご教授をいただき，また前向きな気持ちにモチベーションを高めていただきましたおかげで，論文を完成することができました．社会人院生であることを考慮して，御心遣いとご支援をいただいたことも追記いたします．また，京都工芸繊維大学の学生・卒業生の皆様には，ゼミ等を通して貴重な助言や情報をいただきました．両先生方，学生・卒業生の皆様に，厚く御礼申し上げます．

本論文の基礎論文は，京都府亀岡市をフィールドとする「外傷予防と介護予防を推進・検証するための前向きコホート研究」である亀岡スタディのデータを用いました．亀岡スタディ研究グループの代表者である京都学園大学の木村みさか先生，事務局長である国立研究開発法人医薬基盤・健康・栄養研究所の山田陽介先生，同志社大学の渡邊裕也先生，現場管理を担当された京都学園大学の吉中康子先生，NPO 法人元気アップ AGE プロジェクトの理事長で京都学園大学の横山慶一先生，他，ここには記載しきれない多くの先生方や，京都府ならびに亀岡市の職員の皆様，NPO 法人元気アップ AGE プロジェクトのサポーターの皆様には，基礎論文の作成のみならず公私にわたってご指導いただきました．亀岡スタディ研究グループの末席に加えていただき，光栄です．ここに記し，皆様に深謝いたします．

亀岡市の松本久様をはじめとする高齢福祉課の皆様，国立研究開発法人医薬基盤・健康・栄養研究所の田中茂穂先生，山田陽介先生をはじめとする栄養代謝研究部の皆様には，進学および勉学に対し寛大なご配慮をいただきました．心より感謝申し上げます．

最後に，進学を後押ししてくれた家族には，頭が下がる思いです．深く感謝いたします．

4．図表

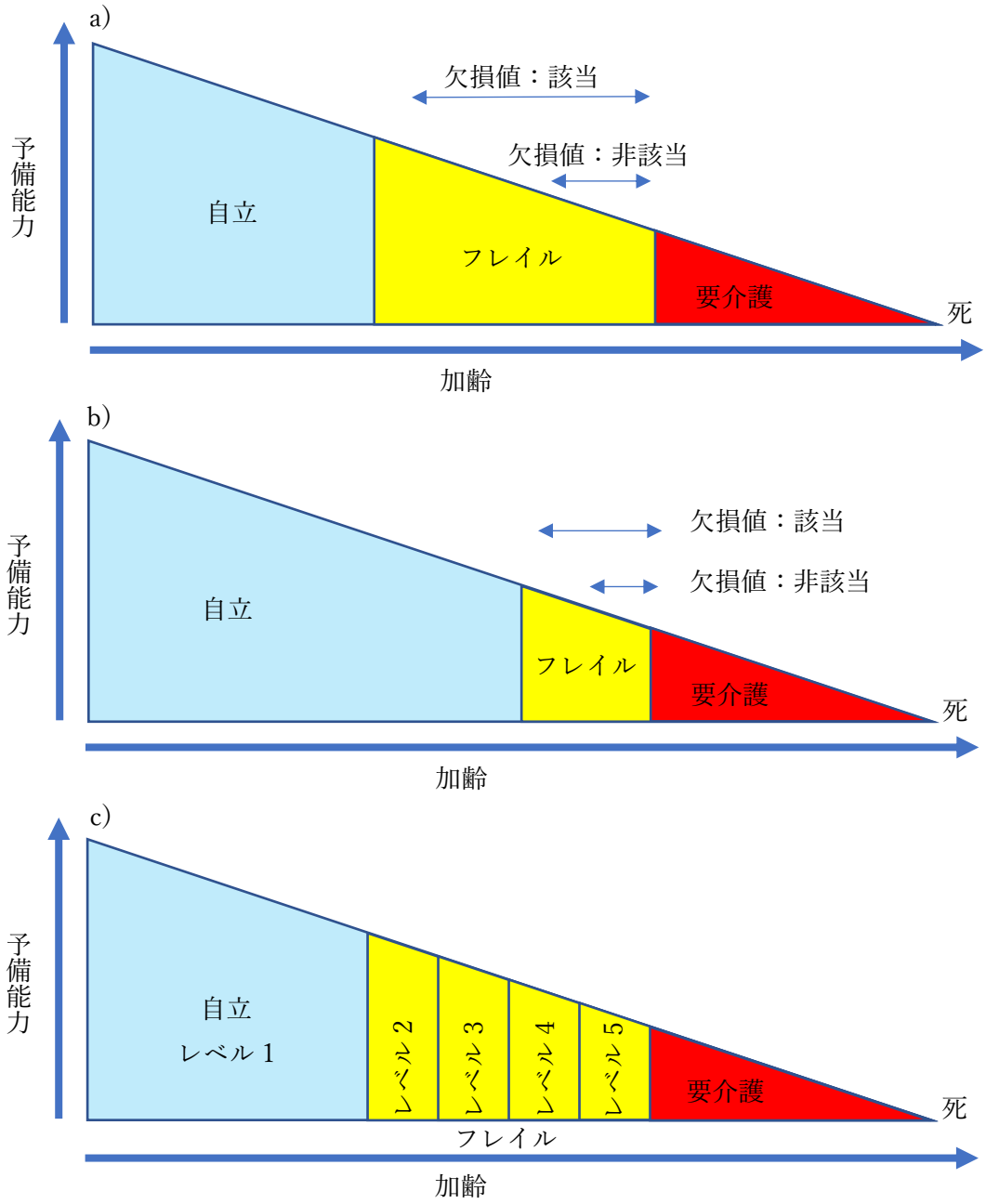

図 1．加齢に伴う予備能力の低下から死に至るプロセス：葛谷(2009) より一部改変) ．

a) Yamada(2015)の定義によるモデル.

b) Fried(2001)の定義によるモデル.

c) Fitness Age Score(Kimura, 2012)を用いたモデル.

文献

Bielderman A, de Greef MHG, Krijnen WP, and van der Schans CP. (2015) Relationship between socioeconomic status and quality of life in older adults: a path analysis. Quality of Life Research, 24: 1697-1705.

Bonnefoy M, Cornu C, Normand S, Boutitie F, Bugnard F, Rahmani A, Lacour JR, and Laville M. (2003) The effects of exercise and protein-energy supplements on body composition and muscle function in frail elderly individuals: a long-term controlled randomised study. British Journal of Nutrition, 89: 731-739.

Borst SE. (2004) Interventions for Sarcopenia and Muscle Weakness in Older People. Age and Ageing, 33: 548-555.

Buchman AS, Wilson RS, Bienias JL, and Bennett DA. (2005) Gender differences in upper extremity motor performance of older persons. Geriatrics & Gerontology International, 5: 59-65.

Chen LK, Liu LK, Woo J, Assantachai P, Auyeung TW, Bahyah KS, Chou MY, Chen LY, Hsu PS, Krairit O, Lee JS, Lee WJ, Lee Y, Liang, CK, Limpawattana P, Lin CS, Peng LN, Satake S, Suzuki T, Won CW, Wu CH, Wu SN, Zhang T, Zeng P, Akishita M, and Arai H. (2013) Sarcopenia in Asia: Consensus Report of the Asian Working Group for Sarcopenia. Journal of the American Medical Directors Association, 15: 95-101.

Clegg A, Young J, Iliffe S, Rikkert MO, and Rockwood K. (2013) Frailty in elderly people. Lancet, 381:752-762.

Cooper R, Kuh D, Hardy R, and Mortality Review Group; FALCon and HALCyon Study Teams. (2010) Objectively Measured Physical Capability Levels and Mortality: Systematic Review and Meta-Analysis. BMJ, 341: c4467.

Demura S, Sohee S, and Yamaji S. (2008) Sex and Age Differences of Relationships among Stepping Parameters for Evaluating Dynamic Balance in the Elderly. Journal of Physiological Anthropology, 27: 207-215.

Fiatarone MA, O'Neill EF, Ryan ND, Clements KM, Solares GR, Nelson ME, boberts SB, Kehayias JJ, Lipsitz LA, and Evans WJ. (1994) Exercise training and nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people. The New England Journal of Medicine, 330: 1769-1775.

Fried LP, Tangen CM, Walston J, Newman AB, Hirsch C, Gottdiener J, Seeman T, Tracy R, Kop WJ, Burke G, and McBurnie MA for the Cardiovascular Health Study Collaborative Research Group (2001) Frailty in Older Adults: Evidence for a Phenotype. Journal of Gerontology: Medical Sciences, 56A: M146-M156.

Funada S, Shimazu T, Kakizaki M, Kuriyama S, Sato Y, Matsuda-Ohmori K, Nishino Y, Tsuji I. (2008) Body mass index and cardiovascular disease mortality in Japan: the Ohsaki Study.

Preventive Medicine, 47(1):66-70.

Greiner M, Sohr D, and Göbel P. (1995) A Modified ROC Analysis for the Selection of Cut-Off Values and the Definition of Intermediate Results of Serodiagnostic Tests. Journal of Immunological Methods, 11: 123-132.

Hajian-Tilaki K. (2013) Receiver Operating Characteristic (ROC) Curve Analysis for Medical Diagnostic Test Evaluation. Caspian Journal of Internal Medicine, 4: 627-635.

Ingram DK, Nakamura E, Smucny D, Roth GS, and Lane MA. (2001) Strategy for Identifying Biomarkers of Aging in Long-Lived Species. Experimental Gerontology, 36: 1025-1034.

Kakizaki M, Kuriyama S, Nakaya N, Sone T, Nagai M, Sugawara Y, Hozawa A, Fukudo S, Tsuji I. (2013) Long sleep duration and cause-specific mortality according to physical function and self-rated health: the Ohsaki Cohort Study. Journal of Sleep Research, 22(2):209-216.

Kimura M, Mizuta C, Yamada Y, Okayama Y, and Nakamura E. (2012) Constructing an Index of Physical Fitness Age for Japanese Elderly Based on 7-Year Longitudinal Data: Sex Differences in Estimated Physical Fitness Age. Age, 34: 203- 214.

Kishimoto H, Hata J, Ninomiya T, Nemeth H, Hirakawa Y, Yoshida D, Kumagai S, Kitazono T, and Kiyohara Y. (2014) Midlife and Late-Life Handgrip Strength and Risk of Cause-Specific Death in a General Japanese Population: The Hisayama Study. Journal of Epidemiology and Community Health, 68: 663-668.

Kumar R, and Indrayan A. (2011) Receiver Operating Characteristic (ROC) Curve for Medical Researchers. Indian Pediatrics, 48: 277-287.

Leong DP, Teo KK, Rangarajan S, Lopez-Jaramillo P, Avezum Jr. A, Orlandini A, Seron P, Ahmed SH, Rosengren A, Kelishadi R, Rahman O, Swaminathan S, Iqbal R, Gupta R, Lear SA, Oguz A, Yusoff K, Zatonska K, Chifamba J, Igumbor E, Mohan V, Anjana RM, Gu H, Li W, Yusuf S, and Prospective Urban Rural Epidemiology (PURE) Study Investigators. (2015) Prognostic Value of Grip Strength: Findings from the Prospective Urban Rural Epidemiology (PURE) Study. The Lancet, 386: 266-273.

Linden A. (2015) Estimating Measurement Error of the Patient Activation Measure for Respondents with Partially Missing Data. BioMed Research International, 2015: 270168-7pages.

Ling CH, Taekema D, de Craen AJ, Gussekloo J, Westendorp RG, Maier AB. (2010) Handgrip strength and mortality in the oldest old population: the Leiden 85-plus study.Canadian Medical Association Journal, 23: 182(5): 429-435.

Makizako H, Shimada H, Doi T, Tsutsumimoto K, and Suzuki T. (2015) Impact of physical frailty on disability in community-dwelling older adults: a prospective cohort study. BMJ Open, 5: e008462.

Nofuji Y, Shinkai S, Taniguchi Y, Amano H, Nishi M, Murayama H, Fujiwara Y, Suzuki T. (2015) Associations of Walking Speed, Grip Strength, and Standing Balance With Total and Cause-Specific Mortality in a General Population of Japanese Elders. Journal of American Medical Directors Association, 17(2):184.e1-7.

Ortega FB, Silventoinen K, Tynelius P, Rasmussen F. (2012) Muscular strength in male adolescents and premature death: cohort study of one million participants.BMJ, 345: e7279.

Rosenberg IH. (1989) Summary comments. The American Journal of Clinical Nutrition, 50: 1231-1233.

Sallis JF, Bowles HR, Bauman A, Ainsworth BE, Bull FC, Craig CL, Sjöström M, De Bourdeaudhuij I, Lefevre J, Matsudo V, Matsudo S, Macfarlane DJ, Gomez LF, Inoue S, Murase N, Volbekiene V, McLean G, Carr H, Heggebo LK, Tomten H, and Bergman P (2009) Neighborhood Environments and Physical Activity among Adults in 11 Countries. American Journal of Preventive Medicine, 36: 484-490.

Schisterman EF, Perkins NJ, Liu A, and Bondell H. (2005) Optimal Cut-Point and Its Corresponding Youden Index to Discriminate Individuals Using Pooled Blood Samples. Epidemiology, 16: 73-81.

Shimada H, Makizako H, Doi T, Yoshida D, Tsutsumimoto K, Anan Y, Uemura K, Ito T, Lee S, Park H, and Suzuki T. (2013) Combined prevalence of frailty and mild cognitive impairment in a population of elderly Japanese people. Journal of the American Medical Directors Association, 14: 518-524.

Shimazu T, Kuriyama S, Ohmori-Matsuda K, Kikuchi N, Nakaya N, Tsuji I. (2009) Increase in body mass index category since age 20 years and all-cause mortality: a prospective cohort study (the Ohsaki Study). International Journal of Obesity, 33(4) 490-496.

Smeets M, Degryse J, Janssens S, Matheï C, Wallemacq P, Vanoverschelde JL, Aertgeerts B, and Vae, B. (2016) Diagnostic Rules and Algorithms for the Diagnosis of Non-Acute Heart Failure in Patients 80 Years of Age and Older: A Diagnostic Accuracy and Validation Study. BMJ Open, 6: e012888.

Sun Q, Townsend MK, Okereke OI, Franco OH, Hu FB, and Grodstein F. (2010) Physical Activity at Mid-Life in Relation to Successful Survival in Women at Age 70 Years and Older. Archives of Internal Medicine, 170: 194-201.

Tsuboya T, Aida J, Kawachi I, Katase K, and Osaka K. (2014) Early life-course socioeconomic position, adult work-related factors and oral health disparities: cross-sectional analysis of the J-SHINE study. BMJ Open, 4: e005701.

Watanabe Y, Tanimoto M, Oba N, Sanada K, Miyachi M and Ishii N. (2015) Effect of Resistance Training Using Bodyweight in the Elderly: Comparison of Resistance Exercise Movement between Slow and Normal Speed Movement. Geriatrics & Gerontology

International, 15: 1270-1277.
Xue QL, Bandeen-Roche K, Varadhan R, Zhou J, and Fried LP. (2008) Initial Manifestations of Frailty Criteria and the Development of Frailty Phenotype in the Women's Health and Aging Study II. The journals of gerontology: Series A, Biological sciences and medical sciences, 63(9): 984-90.
Yamada M, and Arai H. (2015) Predictive Value of Frailty Scores for Healthy Life Expectancy in Community-Dwelling Older Japanese Adults. Journal of the American Medical Directors Association, 16: 1002.e7-1002.e11.
Yamada Y, Nanri H, Watanabe Y, Yoshida T, Yokoyama K, Itoi A, Date H, Yamaguchi M, Miyake M, Yamagata E, Tamiya H, Nishimura M, Fujibayashi M, Ebine N, Yoshida M, Kikutani T, Yoshimura E, Ishikawa-Takata K, Yamada M, Nakaya T, Yoshinaka Y, Fujiwara Y, Arai H, and Kimura M. (2017) Prevalence of Frailty Assessed by Fried and Kihon Checklist Indexes in a Prospective Cohort Study: Design and Demographics of the Kyoto-Kameoka Longitudinal Study. Journal of the American Medical Directors Association, S1525-8610(17); 30131-7. [Epub ahead of print].
Youden WJ. (1950) Index for Rating Diagnostic Tests. Cancer, 3: 32-35.
一般社団法人日本老年医学会. (2014, online) フレイルに関する日本老年医学会からのステートメント. https://www.jpn-geriat-soc.or.jp/info/topics/pdf/20140513_01_01.pdf, (2017.6.10).
石見佳子. (2008) 食事と運動による骨粗しょう症の予防:大豆イソフラボンを中心に. 化学と生物. 46(12): 872-878.
江藤真紀, 久保田新. (2000) 在宅献上高齢者の転倒に影響する身体的要因と心理的要因. 日本看護研究学会雑誌, 23(4): 43-58.
大阪商業大学 JGSS 研究センター. (online) JGSS-2016(JGSS-2015「第 10 回 生活と意識についての国際比較調査」の拡張版)の調査概要:Ⅱ. 1 基礎集計・コード表:面接調査票. http://jgss.daishodai.ac.jp/surveys/2-1J16CB.pdf, (2017.6.10).
加藤龍一, 高橋智圭, 桜井尚子, 星旦二. (2012) 地域在住高齢者の転倒の関連要因と 3 年後の生存. 日本公衆衛生雑誌, 59(5): 305-314.
亀岡市高齢福祉課. (2017) みんなのあんしん介護保険　わかりやすい利用の手引き(パンフレット).
木村みさか, 森本好子, 寺田光世. (1991) 都市在住高齢者の運動習慣と体力診断バッテリーテストによる体力. 体力科学, 40: 455－464.
京都府立医科大学応用健康科学教室編. (2014) 京都式介護予防プログラム構築事業:地域資源を活用した総合型介護予防プログラム実施マニュアル. 京都地域包括ケア推進機構.
葛谷雅文. (2009) 老年医学における Sarcopenia & Frailty の重要性. 日本老年医学雑誌, 46: 279-285.

葛谷雅文. (2011) フレイルティとは. 臨床栄養, 119: 755-759.
厚生労働省. (online1) 地域包括ケアシステムの実現へ向けて:今後の高齢者人口の見通し. http://www.mhlw.go.jp/seisakunitsuite/bunya/hukushi_kaigo/kaigo_koureisha/chiiki-houkatsu/dl/link1-1.pdf, (2017.6.10).
厚生労働省. (online2) 平成 28 年版厚生労働白書資料編:10 高齢者保健福祉. http://www.mhlw.go.jp/wp/hakusyo/kousei/16-2/dl/11.pdf, (2017.6.10).
厚生労働省. (online3) 地域支援事業の充実に併せた予防給付の見直し. http://www.mhlw.go.jp/topics/2014/01/dl/tp0120-09-03d.pdf, (2017.6.10).
厚生労働省. (online4) 平成 25 年国民生活基礎調査の概況:IV介護の状況. http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa13/dl/05.pdf, (2017.6.10).
厚生労働省. (online5) 平成 22 年国民生活基礎調査の概況:2 要介護者等の状況. http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa10/4-2.html, (2017.6.10).
厚生労働省老健局. (online) 公的介護保険制度の現状と今後の役割. http://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-12300000-Roukenkyoku/201602kaigohokenntoha_2.pdf, (2017.6.10).
国立社会保障・人口問題研究所. (online) 人口統計資料集 2017 年版:II 年齢別人口:表 2 － 18 主要国の 65 歳以上人口割合別到達年次とその倍加年数. http://www.ipss.go.jp/syoushika/tohkei/Popular/Popular2017.asp?chap=0, (2017.6.10).
小西史子, 孫琳琳, 木村靖夫. (2009) 高齢者の身体状況,体力,生活習慣,食生活状況および主観的健康感と生活満足度の関連. 日本健康教育学会誌, 17: 14－23.
斎藤民, 近藤克則, 村田千代栄, 鄭丞媛, 鈴木佳代, 近藤尚己, JAGES グループ. (2015) 高齢者の外出行動と社会的・余暇的活動における性差と地域差: JAGES プロジェクトから. 日本公衆衛生雑誌, 62: 596-608.
桜井良太, 河合恒, 深谷太郎, 吉田英世, 金憲経, 平野浩彦, 鈴木宏幸, 大渕修一, 藤原佳典. (2010) 地域在住高齢者における自転車関連事故発生率とその傷害率:潜在的傷害事故の把握に向けた検討. 日本公衆衛生雑誌, 62: 251-258.
新開省二, 渡辺直紀, 吉田裕人, 藤原佳典, 天野秀紀, 李相侖, 西真理子, 土屋由美子. (2010) 要介護状態化リスクのスクリーニングに関する研究:介護予防チェックリストの開発. 日本公衆衛生雑誌, 57: 345-354.
新開省二, 渡辺直紀, 吉田裕人, 藤原佳典, 西真理子, 深谷太郎, 李相侖, 金美芝, 小川貴志子, 村山洋史, 谷口優, 清水由美子. (2013) 『介護予防チェックリスト』の虚弱指標としての妥当性の検証. 日本公衆衛生雑誌, 60: 262-274.
鈴木隆雄. (2006) エビデンスに基づく高齢期の転倒予防戦略. 日本整形外科學會雑誌, 80(2): 209-216.
鈴木隆雄. (2015) フレイルの臨床的・社会的意義を考える. 日本老年医学会雑誌, 52: 329-335.

総務省統計局. (online1) 人口推計(平成 24 年 10 月 1 日現在) - 全国:年齢(各歳),男女別人口・都道府県:年齢(5 歳階級),男女別人口 - . http://www.stat.go.jp/data/jinsui/2012np/, (2017.6.10).

総務省統計局. (online2) 統計トピックス No.90 統計からみた我が国の高齢者(65 歳以上) －「敬老の日」にちなんで－:1.高齢者の人口. http://www.stat.go.jp /data/topics/topi901.htm, (2017.6.10).

総務省統計局. (online3) 平成 26 年度介護保険事業状況報告(年報). http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001153596, (2017.6.10)

遠又靖丈, 寶澤篤, 大森(松田)芳, 永井雅人, 菅原由美, 新田明美, 栗山進一, 辻一郎. (2011) 1 年間の要介護認定発生に対する基本チェックリストの予測妥当性の検証:大崎コホート 2006 研究. 日本公衆衛生雑誌, 58(1): 3-13.

内閣府. (online1) 平成 26 年版高齢社会白書(概要版):第 1 章高齢化の状況. http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2014/gaiyou/s1_1.html, (2017.6.10).

内閣府. (online2) 平成 28 年版高齢社会白書(全体版)(PDF 形式):第 1 章-第 1 節-1 高齢化の現状と将来像. http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2016/zenbun/pdf/1s1s_1.pdf, (2017.6.10).

内閣府. (online3) 平成 28 年版高齢社会白書(全体版)(PDF 形式):第 1 章-第 1 節-5 高齢化の国際動向. http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2016/zenbun/pdf/1s1s_5.pdf, (2017.6.10).

内閣府. (online4) 平成 28 年版高齢社会白書(全体版)(PDF 形式):第 1 章-第 2 節-3-(2)高齢者の介護. http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2016/zenbun/pdf/1s2s_3_2.pdf, (2017.6.10).

中井良育. (2014) 介護保険制度における介護サービス未利用者についての考察. 同志社政策科学院生論集, 3: 39-56.

新野直明, 小坂井留美, 江藤真紀. (2003) 在宅高齢者における転倒の疫学. 日本老年医学会雑誌, 40(5): 484-486.

桝本妙子, 山田陽介, 山田実, 中谷友樹, 三宅基子, 渡邊裕也, 吉田司, 横山慶一, 山縣恵美, 伊達平和, 南里妃名子, 小松光代, 吉中康子, 藤原佳典, 岡山寧子, 木村みさか. (2015) 地域在住自立高齢者における転倒リスクの関連要因とその性差:亀岡スタディ. 日本公衆衛生雑誌, 62: 390-401.

水野順子, 水田千夏, 岡山寧子, 山田陽介, 木村みさか. (2014) 高齢者における将来の転倒を予測する体力要素の検討－毎年継続実施している体力測定会への参加者の場合－. 日本セーフティプロモーション学会誌, 7: 39－46.

文部科学省. (online) 新体力テスト実施要項. http://www.mext.go.jp/a_menu/sports/stamina/03040901.htm, (2017.6.10).

山田陽介, 山縣恵美, 木村みさか. (2012) フレイルティ＆サルコペニアと介護予防. 京都府

立医科大学雑誌, 121(10): 535-547.
尹智暎, 大藏倫博, 角田憲治, 辻大士, 鴻田良枝, 三ッ石泰大, 長谷川千紗, 金勳. (2010) 高齢者における認知機能と身体機能の関連性の検討. 体力科学, 59(3): 313-322.
渡邊裕也, 山田陽介, 三宅基子, 横山慶一, 吉田司. (2014) 幅広い高齢者に適応可能なサルコペニア予防法(地域の介護予防現場で使える実践的方法の確立). デサントスポーツ科学, 35: 78-86.

健康支援
第19巻1号　9-18，2017

地域自立高齢者1,379人におけるフレイル判定の方法による該当率の差異 ―亀岡スタディー

吉田　司[1)2)]，木村みさか[3)]，渡邊　裕也[4)]，三宅　基子[3)]，横山　慶一[5)6)]，
吉中　康子[5)]，海老根直之[4)]，菊谷　武[7)]，吉田　光由[8)]，高田　和子[9)]，
山田　実[10)]，山田　陽介[9)]，来田　宣幸[2)]，野村　照夫[2)]

Differences in frailty prevalence between evaluating methods in 1,379 community-dwelling older adults －Kyoto-KAMEOKA study－

Tsukasa YOSHIDA[1)2)], Misaka KIMURA[3)], Yuya WATANABE[4)], Motoko MIYAKE[3)], Keiichi YOKOYAMA[5)6)], Yasuko YOSHINAKA[5)], Naoyuki EBINE[4)], Takeshi KIKUTANI[7)], Mitsuyoshi YOSHIDA[8)], Kazuko ISHIKAWA-TAKATA[9)], Minoru YAMADA[10)], Yosuke YAMADA[9)], Noriyuki KIDA[2)], Teruo NOMURA[2)]

Abstract

Frailty is a stage before disability requiring long-term care. Intervention with exercise, nutritional support, oral care, and psychosocial programs is expected to reverse frailty and reduce a risk of disability. The aim of this study was to examine the prevalence of frailty in community-dwelling elderly people using different frailty screening methods and different processing methods for missing values. A total of 1,379 community-dwelling elderly people aged 65 years and older who were not certified to need long-term care or support participated in physical function measurements (PFM) from March to April 2012 in Kameoka, Kyoto, Japan. Prior to PFM, they had answered a questionnaire called the Living Area Needs Assessment (LANA) between July to August 2011. Five variables from the LANA questionnaire (weight loss, slowness, forgetfulness, exhaustion, and walking frequency) and two variables from PFM (grip strength and gait speed) were used as frail indexes. Frailty was rated using criteria A consisting of the LANA indexes alone or criteria B consisting of 3 LANA indexes and 2 indexes from PFM. Missing values were handled in 3 different ways: treated as in criteria (condition a), treated as not (condition b), or excluding the subjects with missing values by the list-wise method (condition c, 856 subjects without missing values). Frailty was assessed by combinations of the 2 sets of criteria (A, B) and 3 ways of handling missing values (a, b, c). A person was judged to be frail when 3 or more variables were met in the criteria. The prevalence of frailty was 24.1% by method Aa, 10.4% by Ab, 11.6% by Ac, 13.9% by Ba, 5.8% by Bb, and 5.9% by Bc. The prevalence of frailty by methods Ab, Ac, and Ba were nearly in agreement with those in previous literature. The prevalence of frailty was high when criteria A consisting of LANA indexes alone were applied and when missing values were treated as in the criteria than treated as not. Sex differences were observed when criteria B including PFM indexes were applied. This information is useful for local governments to formulate disability prevention policies and to evaluate the appropriate use of criteria for frailty screening.

Key words：Community-dwelling elderly, Frailty, Screening, Physical function, Care prevention

健康支援
第19巻1号　9–18，2017

1）亀岡市役所高齢福祉課
Senior citizen's welfare section, Kameoka city government, Kyoto, Japan
〒621-8501　京都府亀岡市安町野々神8番地
8, Yasu-machi Nonogami, Kameoka city, Kyoto, Japan
0771-25-5127
E-mail　tsukasa2nd@gmail.com
2）京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科
Graduate School of Science and Technology, Kyoto Institute of Technology, Kyoto, Japan
3）京都学園大学健康医療学部
Faculty of Health and Medical Sciences, Kyoto Gakuen University, Kyoto, Japan
4）同志社大学スポーツ健康科学部
Faculty of Health and Sports Science, Doshisha University, Kyoto, Japan
5）京都学園大学経済経営学部
Faculty of Economics and Business Administration, Kyoto Gakuen University, Kyoto, Japan
6）NPO法人元気アップAGEプロジェクト
Non-Profit Organization Genki-up AGE Project Inc., Kyoto, Japan
7）日本歯科大学大学院生命歯学研究科
Graduate School of Life Dentistry, the Nippon Dental University, Tokyo, Japan
8）広島大学大学院医歯薬保健学研究院
Graduate School of Biomedical and Health Sciences, Hiroshima University, Hiroshima, Japan
9）国立研究開発法人医薬基盤・健康・栄養研究所
National Institutes of Biomedical Innovation, Health and Nutrition, Tokyo, Japan
10）筑波大学大学院人間総合科学研究科
Graduate School of Comprehensive Human Science, University of Tsukuba, Tokyo, Japan

緒言

日本の高齢者人口は2015年９月15日推計で3,384万人，総人口に占める割合は26.7%と過去最高を記録した[1]．今後，高齢者人口の増加が見込まれているが，とりわけ75歳以上の後期高齢者人口の急増が日本の高齢化の特徴である．それに伴い，介護を必要とする人口も急増することは確実で，効果的な高齢福祉施策の立案が進められている．高齢化に対応するために2000年に介護保険制度がスタートし，2006年には介護予防重視型システムによって要介護者の急増を防ぐ仕組みが導入された．そして，2015年の改定[2]でさらに介護予防の重要性が強調されるようになったものの，介護認定者の増加を抑えることは容易でない．そのため，介護予防については，各市町村が従来の介護事業の枠組みとは別に実施していくことが求められるようになった．この２年間はその移行期として，特に市町村レベルでの高齢福祉施策の立案や遂行に資する科学的データの蓄積や解析，情報発信が求められている．

ヘルスプロモーションにおいては，有症者や高リスク者を対象に手厚い介入を行うハイリスクアプローチと，地域在住者に広く啓発等を行うポピュレーションアプローチがあり，それぞれ一長一短が存在する．市町村が実施する介護予防においては，既に意識が高く自己管理ができる者や，逆に既に介護認定を受けて要介護になっている者ではなく，その中間状態にある「自立度が低下しつつある者」に対して実施することが重要であると考えられている．ヒトが介護を必要とする状態に陥る過程の背景には，加齢に伴う生理機能の低下が存在する．これは，一般的に虚弱と表現される現象であるが，日本老年医学会は2014年に，虚弱を「フレイル（frailty）」と改め,「自立度が低下しつつある者」をフレイルと呼ぶというステートメントを発表した[3]．フレイルは身体的な要因のみならず，社会的・精神的な機能低下を含めた概念であるとしている[4]．フレイルの発生要因はfrailty cycleによって示されており[5]，サルコペニアを中核とした身体的虚弱とともに，独居・閉じこもり，認知機能障害・抑うつなどの社会的・精神的な虚弱によってもフレイルが連鎖的に発生するモデルが示されている．フレイルから介護状態へは不可逆的に進行するのではなく，適切な介入によってフレイル状態から改善する可逆性が示されており[6]，frailty cycleの負の循環を断ち切ることが求められる．実際に，運動や栄養指導等によってフレイルが予防あるいは改善されることが報告されている[7][8]．

フレイルの定義として代表的なのは，Fried et al.の定義である[9]．Fried et al.の定義には，健康状態などの項目とともに客観的な体力指標が付加されている．Friedらと同様に体力に関する情報を含めてフレイルの判定をしているものに，Shimada et al.の報告が挙げられる[10]．一方で，Yamada&Arai [11]や新開ら[12][13]は，質問紙のみの主観的な評価よってフレイルを判定している．わが国の介護予防スクリーニングである基本チェックリストは，質問紙によって要介護認定発生のリスク保持者を判別しており[14]，フレイルが介護状態に陥る前段階であることを考えれば，基本チェックリストはまさにフレイルを判別しているのと等しく，質問紙によるフレイルの判定法の一種として使われている．地域におけるフレイルの実態を把握し，介入のターゲットを明確にすることは，公衆衛生上非常に重要である．しかしながら，フレイル判定については，質問紙のみで実施する，もしくは質問紙と体力によって判断する，など方法が統一されていないのが現状である．フレイルの判定方法については，さらなるエビデンスの蓄積が待たれる．

一方，調査に基づく研究では，欠損値の扱い方が難しい問題となる．多くの場合，欠損のあるデータを分析から除外する傾向がある[15][16]．しかし，健康行政や健康教育などの現場においては，欠損や未回答のある者の方がなんらかの問題を抱えている可能性が高く，このような対象への保健福祉施策も重要な視点となる．欠損値に関しては，欠損値の入ったデータセットを複数作成して欠損値を推定する多重代入法[17]や，欠損値のパターンから欠損値を推定する完全情報最尤法[18]などの代替方法が考えらえるが，統計の専門知識をもつ分析者がいなければ，この方法は難しい．

フレイルの定義や指標が完全に確立されておらず，加えて欠損値の取り扱いについて議論が必要な現状は，介護予防を実施する現場を混乱させる可能性がある．そこで本研究は，フレイルの判定を，質問紙のみの判定法と質問紙および体力データを用いた判定法の２種で，欠損値の取り扱い，性差，年齢等の観点から地域在住自立高齢者のフレイル該当率とそれぞれの判定法の特性を明らかし，大規模コホート調査で使用可能なフレイル判定方法を検討することとした．

方法

亀岡スタディは，京都府亀岡市をフィールドとする，「外傷予防と介護予防を推進・検証するための前向きコホート研究」である．本研究は，亀岡スタディのベースラインデータとなる2011年７月から８月に実施した日常生活圏域ニーズ調査（以下，ニーズ調査），および2012年３月から４月に市内の自治会館や公民館などで実施した身体機能測定会における体力データを用いた．本研究

計画は、京都府立医科大学医学倫理審査委員会（番号E－371）の承認を受け実施した．

ニーズ調査は，亀岡市が郵送法で実施し，市内の要介護３以上の介護認定者を除く65歳以上の全高齢者18,231人に対して，13,159人（72.2%）の有効回答を得た．亀岡スタディは，亀岡市全23町地区のうち地域性を考慮した10町で，３ヶ月間，運動をメインに口腔ケアと栄養を組み合わせた総合型介護予防プログラムの効果検証を行った[19) 20)]．本研究では，ニーズ調査回答者のうち，要支援・要介護認定を受けていない上記10町在住の自立高齢者で，介入研究に先だって実施した身体機能測定会に参加した1,379人を分析対象とした．対象者の年齢は73.1±5.6歳で，前期高齢者864人，後期高齢者515人，および，男性676人，女性703人であった．身体機能測定会を開催するにあたり、対象者には研究に関する意義・目的，実施方法，参加は任意であること，個人情報の保護方法などを説明し，書面による同意を得た．

解析項目は，ニーズ調査より性，年齢，および５項目の質問「６か月間で２～３kg以上の体重減少がありましたか（はい・いいえ）：以下，体重減少」,「以前に比べて歩く速度が遅くなってきたと思いますか（はい・いいえ）：以下，歩行速度低下」,「５分前のことが思い出せますか（はい・いいえ）：以下，短期記憶」,「（ここ２週間）わけもなく疲れたような感じがする（はい・いいえ）：以下，易疲労感」,「散歩で外出する頻度（ほぼ毎日・週４，５日・週２，３日・週１日・週１日未満）：以下，散歩頻度」，体力データより握力（左右最大値の平均），10m通常歩行速度（以下，歩行速度）を用いた．握力と歩行速度の測定は，Kimura et al.の方法[21)]に従って実施した．

フレイルの判定は，Yamada&Araiの方法[11)]を一部改変した５項目の質問紙による判定（以下，A基準）と，Fried et al.の方法[9)]を一部改変した３項目の質問紙と２項目の体力データの組み合わせによる判定（以下，Ｂ基準）の２基準によって実施した．

Ａ基準におけるYamada&Araiの原法[11)]は，１）体重減少（あり），２）歩行速度低下（はい），３）ウォーキング等の運動を週１回以上していますか（いいえ），４）短期記憶（いいえ），５）易疲労感（はい），の５項目である．ニーズ調査では,「３）ウォーキング等の運動を週１回以上していますか」を質問項目に取り入れていないため，最も近い質問であると考えられる「散歩頻度（週１日未満）」で代用した(いずれも括弧内を該当とした)．

Fried et al.[9)]はフレイルを，shrinking，exhaustion，weakness，slowness，low activityで定義し，各々，体重減少（去年の体重－現在の体重）／去年の体重≧0.05，疲労（何事にも努力が必要で前に進めない状態が週３日以上ある），身体活動の低下（男性<383kcal，女性<270kcal），歩行速度の低下（15フィートを６または７秒以上，身長補正を行う），筋力低下（握力：男性≦29~32kg，女性≦17~21kg）のカットオフ値を設定して判定している[22)]．本研究のＢ基準は，Friedのフレイル判定を参考に，質問紙からＡ基準と共通して体重減少（あり），散歩頻度（週１日未満），易疲労感（はい）の３項目と，握力（男性26kg未満，女性18kg未満）と歩行速度（1.0m/s未満）の体力データを使用した（いずれも括弧内を該当とした）．握力は，サルコペニアのアジアワーキンググループ（AWGS）によるサルコペニアの診断基準[23)]，歩行速度は，Makizako et al.の日本人のカットオフ値[24)]を採用した．

フレイル判定における欠損値の扱いは，ａ）該当とする，ｂ）非該当とする，として処理し，Aa法（質問紙のみ，欠損値は該当とする），Ab法（質問紙のみ，欠損値は非該当とする），Ba法（質問紙と体力の組み合わせ，欠損値は該当とする），Bb法（質問紙と体力の組み合わせ，欠損値は非該当とする）の４条件でフレイルを判定した．また，調査に基づく研究で多く用いられる欠損値の処理方法であるｃ）リストワイズ法で除外する，として欠損値を処理した，Ac法（質問紙のみ，欠損のないデータのみ），Bc法（質問紙と体力の組み合わせ，欠損のないデータのみ），を設定し併記した．いずれの条件においても，３項目以上該当した場合をフレイル（F：Frailty），１～２項目該当をプレフレイル（P：Prefrailty），０項目該当を非該当（R：Robust）とした．

代表値は平均値±標準偏差で記述した．比率の差は，カイ二乗検定を用いた．フレイルの該当率の差は，Friedman testおよびWilcoxon signed－rank testを用いて分析した．Friedman testにより有意な差が認められた場合はBonferroni法によって有意確率を調整した．全ての有意水準は５%とした．

結果

表１に，項目別に該当，非該当，欠損の人数と割合を示した．質問紙５項目の欠損発生は，体重減少が135人（9.8%），歩行速度低下が34人（2.5%），短期記憶が31人（2.2%），易疲労感が73人（5.3%），散歩頻度が384人（27.8%）であった．体力データ２項目では，握力が14人（1.0%），歩行速度が26人（1.9%）であった．欠損個数が１つ以上の割合は，Ａ基準は36.2%，Ｂ基準は36.8%であった（表２）．

フレイルの該当率は，Aa法で332人（24.1%：男性146人，女性186人：前期高齢者155人，後期高齢者177人），

Ab法で144人（10.4%：男性75人，女性69人：前期高齢者73人，後期高齢者71人），Ba法で191人（13.9%：男性78人，女性113人：前期高齢者58人，後期高齢者133人），Bb法で80人（5.8%：男性36人，女性44人：前期高齢者23人，後期高齢者57人）であった．４条件間のフレイルの該当率は，χ^2=905.9（p<0.001）で有意な差が認められ，Ab－Ba条件間を除くすべての条件間でフレイルの該当率に差が認められた（p<0.001）（表３）．欠損値のない865人のフレイルの該当率は，Ac法で100人（8.7%：男性50人，女性50人：前期高齢者59人，後期高齢者41人），Bc法で51人（5.9%：男性29人，女性22人：前期高齢者19人，後期高齢者32人）であった．２条件間のフレイルの該当率はz=-13.1（p<0.001）で有意な差が認められた（表３）．

性差による該当率の検討ではBa法とBb法で統計的に有意な差が認められ，Ba法で男性はＲが高くＦが低く（p=0.003），Bb法で男性はＲが高くＰが低かった（p=0.048）．年齢層別では，Aa・Ba法で前期高齢者のＲが高くＰが低く，Ab・Bb法で前期高齢者のＲが高くＦ・Ｐが低かった（いずれもp<0.001）（表４・５）．欠損のない対象者の性差による該当率は，有意な差が認められなかったが，年齢層別ではAc法で前期高齢者のＲ

表１　項目別該当・非該当・欠損の人数　　N= 1379

A基準	B基準			該当	非該当	欠損
○	○	6か月間で2-3kgの体重減少がありましたか	人	185	1059	135
		体重減少（該当：はい）	%	13.4	76.8	9.8
○		以前に比べて歩く速度が遅くなってきたと思いますか	人	793	552	34
		歩行速度低下（該当：はい）	%	57.5	40.0	2.5
○		5分前のことが思い出せますか	人	100	1248	31
		短期記憶（該当：いいえ）	%	7.3	90.5	2.2
○	○	(ここ2週間)わけもなく疲れたような感じがする	人	383	923	73
		易疲労感（該当：はい）	%	27.8	66.9	5.3
○	○	散歩の頻度	人	195	800	384
		散歩頻度(該当：週1日未満)	%	14.1	58.0	27.8
	○	等尺性握力	人	206	1159	14
		握力（該当：男性 <26kg、女性<18kg）	%	14.9	84.0	1.0
	○	10m通常歩行速度	人	151	1202	26
		歩行速度（該当：<1.0m/s）	%	10.9	87.2	1.9

表２　基準ごとの欠損個数　　N= 1379

N=1379	A基準（質問紙のみ）		B基準(質問紙＋体力)	
欠損の個数	人数	割合（%）	人数	割合（%）
0	880	63.8	872	63.2
1	392	28.4	397	28.8
2	79	5.7	100	7.3
3	8	0.6	9	0.7
4	17	1.2	1	0.1
5	3	0.2	0	0.0

表３　フレイルの人数と割合

	N= 1379 （%）				N= 865 （%）	
	Aa法	Ab法	Ba法	Bb法	Ac法	Bc法
非該当	226 （ 16.4 ）	368 （ 26.7 ）	400 （ 29.0 ）	643 （ 46.6 ）	225 （ 26.0 ）	396 （ 45.8 ）
プレフレイル	821 （ 59.5 ）	867 （ 62.9 ）	788 （ 57.1 ）	656 （ 47.6 ）	540 （ 62.4 ）	418 （ 48.3 ）
フレイル	332 （ 24.1 ）	144 （ 10.4 ）	191 （ 13.9 ）	80 （ 5.8 ）	100 （ 11.6 ）	51 （ 5.9 ）

Friedman test: χ^2=905.9, p<0.001.
Ab-Ba条件間を除くすべての条件間：p<0.001
有意確率はBonfferoni法で修正．

Wilcoxon signed-rank test:
z=-13.1, p<0.001.

が高くＦ・Ｐが低く，Bc法で前期高齢者のＲが高くＰが低かった（いずれもp<0.001）（表４・５）．

それぞれの基準間の該当個数のクロス集計表を表６に示した．理論値が４以下になる項目があったため，欠損は該当とするクロス集計表（表６－Ａ）では該当個数を０個，１個，２個，３個，４個以上の５段階にし，欠損は非該当とするクロス集計表（表６－Ｂ）では，該当個数を０個，１個，２個，３個以上の４段階に再集計をしてカイ二乗検定を実施した．該当個数はＢ基準よりもＡ基準寄りに広く分布していることが確認された．

考察

本研究は，地域在住高齢者に質問紙を郵送し，得られた回答からフレイルを判定するＡ基準と，質問紙およびその後の身体機能測定会の体力データからフレイルを判定するＢ基準の２基準を用いてフレイルの判定をした．また，フレイルの判定には欠損データの有無を考慮して４条件で検討した．加えて，欠損値をリストワイズ法で除外した条件も併記した．

質問紙の項目ごとの欠損率は，2.2~27.8%だった．質問項目別では,「はい」「いいえ」の２件法である「体重減少」,「歩行速度低下」,「短期記憶」,「易疲労感」の４項目は欠損率が2.2~9.8%である一方,「散歩頻度」の欠損が27.8%と高率であった.「散歩頻度」は，回答が５件法であり，他の質問と比較して回答難度がやや高かったのがその理由と考えられる．欠損値の処理法でフレイルの該当率が大きく変わるため，妥当性を保ちながら「散歩頻度」に関する質問を簡略化することが，現場でのフレイル評価の活用を広げる方法のひとつかもしれない．

欠損データは，その扱い方によって結果を大きく歪める．Linden[25] は，13項目からなるPatient Activation Measure （PAM：精神の健康管理への積極性評価尺度）の，のべ1,138人分の欠損のない完全なデータセットを用いて，ランダムに欠損を入れた場合にPAMの評価がどのように変化するかをシミュレーションした．結果，欠損の個数が増えるほど評価が異なる可能性が高くなり，完全なデータセットの評価を基準として少なくとも2.5%，最大で44.4%の乖離が生じたと報告している．本研究では，全対象者のうち約３分の１は少なくとも１つ以上の欠損データがあり，欠損データを「該当とする」「非該当とする」もしくは「分析から除外する」のいずれを選択しても大きなバイアスが生じる可能性を否定で

表４　評価法による性別のフレイル該当者数

	非該当（R）		プレフレイル（P）		フレイル（F）		該当者率の群間比較	
性別	男性	女性	男性	女性	男性	女性	χ^2値	有意水準
Aa法	122	104	408	413	146	186	5.76	p>0.05
Ab法	184	184	417	450	75	69	0.98	p>0.05
Ba法	221 ++	179 --	377	411	78 -	113 +	11.77	p=0.003
Bb法	338 +	305 -	302 -	354 +	36	44	6.09	p=0.048
Ac法	121	104	283	257	50	50	0.40	p>0.05
Bc法	221	175	204	214	29	22	4.42	p>0.05

Aa法、Ab法、Ba法、Bb法：男性676人　女性703人
Ac法、Bc法：男性454人　女性411人
+は理論値よりも実測値が多く，-は理論値よりも実測値が少ない．
+，-はp<0.05．
++，--はp<0.01．

表５　評価法による年齢区分別のフレイル該当者数

	非該当（R）		プレフレイル（P）		フレイル（F）		該当者率の群間比較	
年齢区分	前期	後期	前期	後期	前期	後期	χ^2値	有意水準
Aa法	182 +++	44 ---	527	294	155 ---	177 +++	67.87	p<0.001
Ab法	280 +++	88 ---	511 ---	356 +++	73 --	71 ++	42.30	p<0.001
Ba法	304 +++	96 ---	502	286	58 ---	133 +++	115.92	p<0.001
Bb法	452 +++	191 ---	389 -	267 +	23 ---	57 +++	58.50	p<0.001
Ac法	181 +++	44 ---	361 -	179 +	59 -	41 +	19.70	p<0.001
Bc法	302 +++	94 ---	280	138	19 ---	32 +++	34.80	p<0.001

Aa法、Ab法、Ba法、Bb法：前期高齢者864人　後期高齢者515人
Ac法、Bc法：前期高齢者601人　後期高齢者264人
+は理論値よりも実測値が多く，-は理論値よりも実測値が少ない．
+，-はp<0.05．
++，--はp<0.01．
+++，---はp<0.001．

表6-A　基準間の該当個数のクロス集計表（欠損は該当とする）
表6-B　基準間の該当個数のクロス集計表（欠損は非該当とする）

N= 1379

	Aa法						
Ba法	該当個数	0	1	2	3	4	5
	0	209 +++	180 +++	11 −−−	0 −−−	0 −−−	0
	1	14 −−−	232 +++	212 +++	16 −−−	0 −−−	0
	2	3 −−−	31 −−−	120 +++	140 +++	20	0
	3	0 −−−	4 −−−	28	52 +++	35 +++	7
	4	0 −−−	0 −−−	3 −−−	18 +	26 +++	6
	5	0	0	0	0	9	3

理論値が不足したため，0個，1個，2個，3個，4個以上(破線部)
に再集計して統計処理を実施(χ^2=1619.9).

N= 1379

	Ab法						
Bb法	該当個数	0	1	2	3	4	5
	0	336 +++	288 +++	19 −−−	0 −−−	0	0
	1	27 −−−	208 +++	191 +++	16 −−−	0	0
	2	5 −−−	37 −−−	95 +++	72 +++	5	0
	3	0 −−−	3 −−−	26	25 +++	16	0
	4	0	0	0	5	5	0
	5	0	0	0	0	0	0

理論値が不足したため，0個，1個，2個，3個以上(破線部)
に再集計して統計処理を実施(χ^2=1204.4).
+は理論値よりも実測値が多く，−は理論値よりも実測値が少ない.
+はp<0.05.
+++，−−−はp<0.001.

きない.

フレイルの該当率は，Aa法で24.1%，Ab法で10.4%，Ba法で13.9%，Bb法で5.8%だった．また，欠損値を除外したAc法で11.6%，Bc法で5.9%だった．Ac法はAb法と近い該当率で，Bc法はBb法と同等の該当率だった．研究をベースとした調査では，欠損のあるデータを分析から除外する場合が多いが[15) 16)]，本研究のように５項目中３項目該当するとフレイル評価できる場面であっても，リストワイズ法では評価なしという結果となり，評価対象者から脱落させることにつながる．介護予防や保健指導などの現場では，欠損や未回答のある者はなんらかの問題を抱えている可能性が高いと考えられるため，欠損値を含めて評価し適切な指導につなげることが重要であると考えられる.

A基準によるフレイル判定法を開発したYamada＆Arai[11)]は，日本人の自立高齢者においてフレイルは12.5%だったと報告しており，本研究では欠損値を非該当とするAb法と欠損値を除外したAc法でのフレイル該当率と大きな差はなかった．ただし，本研究のAa法で解釈すると，フレイルを潜在的に有している対象者は最大で４人に一人程度まで達する可能性を示している.

B基準のように体力データを加味してフレイルを判定しているShimada et al.[10)]の報告では，日本人自立高齢者の11.3%がフレイルと判定されている．この結果は，本研究のBa法（欠損値は該当とする）のフレイル該当率と概ね一致している．握力測定や歩行テストは，日常生活において必須の動作による測定方法であるが，それにもかかわらず欠損となる場合がある．このような生活における基本動作の欠損の多くは，①痛み（障害）がある，②測定を実施すると転倒や痛みの発生などのインシデントが予測される，のいずれかが原因であると推察される．小西ら[26)]は，地域在住高齢者239人に対して日常生活に関する質問から体力を推計し，下半身の痛みと体力の関係を分析した結果，痛みのある人は痛みのない人に比べて体力が有意に低値であったと報告している．痛みによって測定を中止した参加者は，パフォーマンスを最大限に発揮することができずに測定値が基準値を下回ることが多い．加えて，痛みが原因で測定できない者はそもそも低体力であることが多く，仮に測定を実施しても基準値を上回る可能性は低い．次に，転倒や痛みへの

不安は体力測定値の欠損につながる．桝本ら[27]の報告では，65歳以上の20.8%が過去１年間に転倒経験があると回答している．体力測定値の欠損には，高齢者が自身の転倒経験をふまえてテストを回避した背景があるのかもしれない．また，水野ら[28]は，年１回の体力測定を５～８年継続して参加している60歳以上139人の，追跡期間の転倒状況とベースラインの体力の関係を検討し，転倒を経験した群は経験しなかった群に比べて様々な体力値が低値であったことを示した．転倒や痛みなど何らかのリスクを考慮して測定を回避したため欠損となった者は，測定を実施していたとしても基準値を上回る可能性は低かったと言えよう．以上のことから，体力データを加味したフレイル判定では，少なくとも体力データの欠損は該当として扱うことが妥当と判断できる．

フレイルの該当率に対する性差は，質問紙と体力データ使った Ｂ基準でのみ有意な差が認められ，Ba法では男性は女性に比べて非該当が多くフレイルが少ない，Bb法では男性は女性に比べて非該当が多くプレフレイルが少ないという結果であった．Shimada et al.[10]の報告では，男性（10.3%）よりも女性（12.3%）の方がフレイル判定者は多く，本研究においてBa法では同様の傾向が見られた．一般的に男性は女性よりも体力が高く，高齢期においてもその関係性は継続するため[29) 30)]，高齢期における体力特性の性差がフレイルの判定に影響したと考えられる．性差を踏まえてフレイルを判定するには，体力データを用いた判定方法が有効である可能性が示唆された．

フレイルの該当率に対する年齢の影響では，すべての条件で前期高齢者は非該当の比率が高かった．いずれの先行研究[9) –11)]においても，年齢とともにフレイルの該当率は高くなっており，年齢とフレイル発生の関係性に疑う余地はない．本研究では，後期高齢者におけるフレイル該当率が11.1 ～ 34.4%となっており，75歳以上の高齢者は最大で３人に一人がフレイル状態である可能性が導き出された．

Ａ基準とＢ基準の該当個数の関係で該当個数は，Ｂ基準よりもＡ基準方向に広がる分布が観察された．この結果は，Yamada et al.[11]の定義にしたがったフレイル判定の方法が，体力データを含めた方法よりも陽性となりやすい判定方法であることを示唆する．介護予防を，要介護状態の発生をできる限り防ぐという観点でとらえれば，フレイルの判定は，その後の介護予防施策につながるスクリーニングとしての意義が高く，その趣旨を鑑みると，陽性となりやすい質問紙によるフレイル判定はより目的に合致した方法であろう．一方で，既に機能が低下しそれ以上悪化させないよう維持する，もしくは改善を図るようなサービスを提供する対象者を選定する場合では，Ｂ基準のように客観的な体力指標を踏まえた判定方法が，介護予防の現場で役立つだろう．

Friedman testの結果，Aa，Ab，Ba，BbのうちAb－Ba条件を除く条件間で有意な差が認められた．すなわち，条件によってフレイルの該当率に差があり，Ab法とBa法は似ており，他の条件は異なるフレイル判定方法であることが明らかになった．本研究の結果，Ａ基準は陽性と判定されやすく，Ｂ基準は性差が認められやすい方法である，という特性が確認された．また，Ａ基準では欠損値を非該当とし，Ｂ基準では欠損値を該当として扱う方法が，先行研究[10) 11)]とのデータに近いフレイルの該当率であることが示された．

介護状態の前段階とされるフレイルは，未曽有の超高齢社会を迎えている日本，とりわけ住民にサービスを提供する各自治体にとって深刻な課題である．フレイルには可逆性が示されており[6)]，適切な働きかけによってフレイル状態からの脱却が可能である．つまり，この層への的確なアプローチがまさに介護予防である．このような背景から，大規模コホート研究や現場の保健指導では，できるだけ簡便で判別力の高いフレイル判定方法が求められる．介護保険の改正[2)]で，これまでの要支援という枠組みがなくなり，要支援認定者は地域支援事業の介護予防サービスに移行され，自立高齢者と同一のサービスを受けるように変革される．しかし，自立高齢者と同一のサービスとは言いつつも，実際には対象者の体力レベルや様々な機能の状態によって，提供されるサービスは細分化されなければ，適切なサービスとは言えない．介護予防事業を実施する最も身近な事業者である自治体は，広く該当者をスクリーニングして早期介入が必要な者を割り出すことと，機能が低下した者を維持・改善させるためのサービスを適切に提供することがますます重要になってくる．

本調査結果では，２種類の判定基準と欠損値の扱いによる４条件で，フレイルの判定を行った． 得られた結果を比較したところ，調査方法によって該当率は大きく変動した（5.8% ～ 24.1%）．質問紙のみによる評価方法は陽性と判定されやすく，体力データを加味した方法は性差が明らかになるなど，それぞれの特性を有していることが明らかとなった．各市町村で在住する高齢者の特性や提供できるサービスが異なるため，各々の自治体に必要な介護予防施策も多様である．担当者が地域の特性に応じたフレイル判定法を選択する際，本研究が一助となれば幸いである．

本研究の限界は，第一に，欠損値が生じた理由を明らかにしていない点である．今後は，長期的な観察や戸別

訪問などを実施することで，欠損値をもつ回答者の傾向を捉えることが可能であると考える．第二に，欠損値の扱い方の妥当性が評価されていない点である．介護の予防の現場でも実施できる簡便で妥当性のある評価方法を確立するための，更なるエビデンスの蓄積が必要と考える．

謝辞

本研究を実施するにあたり協力いただいた亀岡市職員，亀岡スタディ関係者，元気アップAGEプロジェクト地域サポーター，ならびに亀岡市の住民の皆様に深謝します．なお，本研究は，文科省科研費基盤研究（A）24240091（代表者木村みさか），京都府地域包括ケア推進機構および亀岡市からの助成を受けて実施しました．

文献

1）総務省統計局：統計トピックスNo.90 統計からみた我が国の高齢者（65歳以上）－「敬老の日」にちなんで－：1．高齢者の人口，2016.5.11閲覧可能，（http：//www.stat.go.jp /data/topics/topi901.htm）
2）厚生労働省：地域支援事業の充実に併せた予防給付の見直し，2016.5.11閲覧可能，（http：//www.mhlw.go.jp/topics/2014/01/dl/tp0120-09-03d.pdf）
3）一般社団法人日本老年医学会ウェブサイト：フレイルに関する日本老年医学会からのステートメント，2016.5.11閲覧可能，(http：//www.jpn-geriat-soc.or.jp/info/topics/pdf/20140513_01_01.pdf）
4）Xue QL, Bandeen-Roche K, Varadhan R, Zhou J, Fried LP：Initial Manifestations of Frailty Criteria and the Development of Frailty Phenotype in the Women's Health and Aging Study Ⅱ. *J Gerontol A Biol Sci Med Scis*, 2008；63A：984-990.
5）山田陽介，山縣恵美，木村みさか：フレイルティ＆サルコペニアと介護予防，京都府立医科大学雑誌，2012；121：535-547.
6）Clegg A, Young J, Iliffe S , Rikkert MO, Rockwood K：Frailty in elderly people. *Lancet*, 2013；381：752-762.
7）Bonnefoy M, Cornu C, Normand S, et al.：The effects of exercise and protein-energy supplements on body composition and muscle function in frail elderly individuals：a long-term controlled randomised study. *Br J Nutr*, 2003；89：731-739.
8）Fiatarone MA, O'Neill EF, Ryan ND, et al.：Exercise training and nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people. *N Engl J Med*, 1994；330：1769-1775.
9）Fried LP, Tangen CM, Walston J, et al.：Frailty in older adults：evidence for a phenotype. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 2001；56：M146-156.
10）Shimada H, Makizako H, Doi T, et al.：Combined prevalence of frailty and mild cognitive impairment in a population of elderly Japanese people. *J Am Med Dir Assoc*, 2013；14：518-524.
11）Yamada M, Arai H.：Predictive Value of Frailty Scores for Healthy Life Expectancy in Community-Dwelling Older Japanese Adults. *J Am Med Dir Assoc*, 2015；16：1002.e7-1002.e11.
12）新開省二，渡辺直紀，吉田裕人，他：要介護状態化リスクのスクリーニングに関する研究：介護予防チェックリストの開発，日本公衆衛生雑誌，2010；57：345-354.
13）新開省二，渡辺直紀，吉田裕人，他：『介護予防チェックリスト』の虚弱指標としての妥当性の検証，日本公衆衛生雑誌，2013；60：262-274.
14）遠又靖丈，寶澤篤，大森（松田）芳，他：1年間の要介護認定発生に対する基本チェックリストの予測妥当性の検証：大崎コホート2006研究，日本公衆衛生雑誌，2011；58：3-13.
15）斎藤民，近藤克則，村田千代栄，他：高齢者の外出行動と社会的・余暇的活動における性差と地域差　JAGESプロジェクトから，日本公衆衛生雑誌，2015；62：596-608.
16）桜井良太，河合恒，深谷太郎，他：地域在住高齢者における自転車関連事故発生率とその傷害率：潜在的傷害事故の把握に向けた検討，日本公衆衛生雑誌，2015；62：251-258.
17）Tsuboya T, Aida J, Kawachi I, Katase K, Osaka K：Early life-course socioeconomic position, adult work-related factors and oral health disparities：cross-sectional analysis of the J-SHINE study. *BMJ Open*, 2014；4：e005701.
18）Bielderman A, de Greef MHG, Krijnen WP, van der Schans CP：Relationship between socioeconomic status and quality of life in older adults：a path analysis. *Qual Life Res*, 2015；24：1697-1705.
19）渡邊裕也，山田陽介，三宅基子，横山慶一，吉田司：幅広い高齢者に適応可能なサルコペニア予防法（地域の介護予防現場で使える実践的方法の確立），デサントスポーツ科学，2014；35：78-86.
20）京都府立医科大学応用健康科学教室編：京都式介護

予防プログラム構築事業：地域資源を活用した総合型介護予防プログラム実施マニュアル．京都地域包括ケア推進機構，京都，2014.

21）Kimura M, Mizuta C, Yamada Y, Okayama Y, Nakamura E：Constructing an index of physical fitness age for Japanese elderly based on 7-year longitudinal data： sex differences in estimated physical fitness age. *AGE*, 2012；34：203-214.

22）鈴木隆雄：フレイルの臨床的・社会的意義を考える，日本老年医学会雑誌，2015；52：329-335.

23）Chen LK, Liu LK, Woo J, et al.：Sarcopenia in Asia： consensus report of the Asian Working Group for Sarcopenia. *Am Med Dir Assoc*, 2014；15：95-101.

24）Makizako H, Shimada H, Doi T, Tsutsumimoto K, Suzuki T：Impact of physical frailty on disability in community-dwelling older adults：a prospective cohort study. *BMJ Open*, 2015；5：e008462.

25）Linden A：Estimating Measurement Error of the Patient Activation Measure for Respondents with Partially Missing Data. *Biomed Res Int*, 2015；2015；270168-7pages.

26）小西史子，孫琳琳，木村靖夫：高齢者の身体状況，体力，生活習慣，食生活状況および主観的健康感と生活満足度の関連．日本健康教育学会誌，2009；17：14-23.

27）桝本妙子，山田陽介，山田実，他：地域在住自立高齢者における転倒リスクの関連要因とその性差：亀岡スタディ，日本公衆衛生雑誌，2015；62：390-401.

28）水野順子，水田千夏，岡山寧子，山田陽介，木村みさか：高齢者における将来の転倒を予測する体力要素の検討－毎年継続実施している体力測定会への参加者の場合－，日本セーフティプロモーション学会誌，2014；7：39-46.

29）木村みさか，森本好子，寺田光世：都市在住高齢者の運動習慣と体力診断バッテリーテストによる体力，体力科学，1991；40：455-464.

30）Buchman AS, Wilson RS, Bienias JL, Bennett DA：Gender differences in upper extremity motor performance of older persons. *Geriatr Gerontol Int*, 2005；5：59-65.

Scientific Research Publishing

Open Journal of Epidemiology, 2017, 7, 190-200
http://www.scirp.org/journal/ojepi
ISSN Online: 2165-7467
ISSN Print: 2165-7459

Fitness Age Score and the Risk of Long-Term Care Insurance Certification—The Kyoto-Kameoka Longitudinal Study

Tsukasa Yoshida[1,2,3*], Misaka Kimura[4], Yosuke Yamada[2], Keiichi Yokoyama[5,6], Tatsuro Ishihara[7], Yasuko Yoshinaka[6], Aya Itoi[8], Yuya Watanabe[9], Noriyuki Kida[1], Teruo Nomura[1]

[1]Graduate School of Science and Technology, Kyoto Institute of Technology, Kyoto, Japan
[2]Department of Nutrition and Metabolism, National Institutes of Biomedical Innovation, Health and Nutrition, Tokyo, Japan
[3]Senior Citizen's Welfare Section, Kameoka City Government, Kyoto, Japan
[4]Faculty of Health and Medical Sciences, Kyoto Gakuen University, Kyoto, Japan
[5]Non-Profit Organization Genki-Up AGE Project Inc., Kyoto, Japan
[6]Faculty of Economics and Business Administration, Kyoto Gakuen University, Kyoto, Japan
[7]Graduate School of Health and Sports Science, Doshisha University, Kyoto, Japan
[8]Department of Health, Sports and Nutrition, Faculty of Health and Welfare, Kobe Women's University, Hyogo, Japan
[9]Faculty of Health and Sports Science, Doshisha University, Kyoto, Japan
Email: *d5812003@edu.kit.ac.jp

How to cite this paper: Yoshida, T., Kimura, M., Yamada, Y., Yokoyama, K., Ishihara, T., Yoshinaka, Y., Itoi, A., Watanabe, Y., Kida, N. and Nomura, T. (2017) Fitness Age Score and the Risk of Long-Term Care Insurance Certification—The Kyoto-Kameoka Longitudinal Study. *Open Journal of Epidemiology*, **7**, 190-200.
https://doi.org/10.4236/ojepi.2017.72016

Received: April 14, 2017
Accepted: May 28, 2017
Published: May 31, 2017

Abstract

Long-Term Care Insurance System has been introduced to provide appropriate care for the elderly who needs nursing care in Japan. Physical function is one of most important function for the elderly to live independently. A previous study had established a Fitness Age Score (FAS) based on a theory for biomarker of aging. This study clarified whether the FAS could be used to predict the need for certification of long-term care (CLTC) in independent elderly people. We included 939 independent, community-dwelling-elderly (average age, 74.4 years) whose physical function was measured and for whom the CLTC was tracked for 24 months. The FAS comprised five physical fitness items: Walking time, grip strength, one-leg standing, vertical jump, and functional reach test. Based on the FAS, we calculated the odds ratio (OR) for the CLTC. Receiver operating characteristic (ROC) curves and the area under the curve (AUC) was used for further analysis. We also used the Youden Index (YI), minimum distance method (MD), and two-graph ROC method (TG) to calculate cutoff values (CVs) for screening. We divided subjects into the low and high physical fitness group with CVs. We developed cumulative CLTC curves using the Kaplan-Meier method. Sixteen people could not be tracked for the full 24 months. The measurement of FAS was completed for 798 people, of whom 28 became CLTC. The measurement of FAS was not completed for 125 people, of whom 21 became CLTC. The CLTC OR for people

with incomplete FAS was 5.553. The AUC was 0.72 ($p < 0.001$). The CVs for the FAS were −0.29 for YI (sensitivity, 92.9% and specificity, 40.4%), −1.23 for MD (57.1% and 73.4%), and −0.81 for TG (60.7% and 60.9%). The cumulative CLTC curves according to CVs all showed significant differences ($p = 0.000$ - 0.020). In conclusion, the FAS can be used to predict CLTC.

Keywords

Elderly, Physical Function, Long-Term Care, Screening, Fitness Age Score (FAS)

1. Introduction

Japan is an aging society in which the proportion of elderly people who are at least 65 years old has exceeded 25%, and this proportion is expected to increase in the future. The Long-Term Care Insurance System, which began in 2000, divides certifications of needing support into two levels and certifications of needing long-term care into five levels. As the number of elderly people increases, the number of people who require long-term care is also increasing. Presently, the number of people who qualify for certification of long-term care (CLTC: including those needing support) has exceeded 6 million [1]. Therefore, early identification of those at risk of needing long-term care and appropriate intervention to improve health expectancy are important.

Improving physical fitness is a factor of improving healthy expectancy. Previous researches indicated the relationship between physical fitness and disease or mortality. Sun Q *et al.* traced 13,535 women who survived to at least 70 years, and "successful survivor" was defined no history of 10 major chronic diseases or coronary artery bypass graft surgery and no cognitive impairment, physical impairment, or mental health limitations. The women whose walking pace was brisk or very brisk (≥3.0 mph) had 2.68 fold increased odds of successful survivor compared with the women who walked easy pace (<2.0 mph) as reference [2]. Leong DP *et al.* conducted longitudinal study with 139,691 men and women in 4 years, and found that hazard ratio per 5 kg of reduction in grip strength was 1.16 of cardiovascular mortality, 1.17 of non-cardiovascular mortality, 1.07 of myocardial infarction and 1.09 of stroke [3]. A systematic review and meta-analysis by Cooper *et al.* suggested that the hazard ratio of mortality comparing the lowest quarter with the highest quarter was 1.67 in grip strength, and 2.87 in walking speed [4]. In addition, Kishimoto *et al.* reported that highest tertile of grip strength had 0.49 of hazard ratio for all-cause mortality compared with lowest tertile in a 19-year longitudinal study with 2,527 Japanese men and women [5]. As above, there will be no more doubting that the relationship between physical fitness and disease or mortality.

Kimura *et al.* [6] established a Fitness Age Score (FAS) as a comprehensive, objective evaluation of fitness in elderly individuals. The FAS is a battery test

comprising five items: the 10-m walking test, functional reach test, one-leg standing with eyes open, vertical jumping, and grip strength. The FAS was developed using the following stepwise method: 1) a cross-sectional analysis to identify the magnitude of the association between each variable and chronical age; 2) a longitudinal analysis to identify the magnitude of true age-related changes in each variable; and 3) a stability analysis to evaluate the inter-year reliability of the annual values for each variable [6]. This stepwise method was developed by Ingram *et al.* and has been used to identify biomarkers of aging in humans [7]. The theoretical based methods can assess the discrepancy between chronological aging and physical fitness aging within individuals. Interestingly, grip strength and gait speed were selected as a biomarker of physical fitness aging, which are included in a definition of Fried frailty phenotype index [8] and current sarcopenia index [9].

We hypothesized that the FAS would be useful for screening elderly individuals who have a higher risk of CLTC. If the FAS was related to the future risk of CLTC, it is helpful to develop treatment plans to prevent CLTC. The purpose of this study was to clarify whether the FAS could be used to predict the need for CLTC and to design an evaluation method for that prediction.

2. Methods

We analyzed data from the Kyoto-KAMEOKA Study longitudinally, which is a prospective cohort study aimed at promoting and verifying the prevention of injuries and of the need for long-term care [10]. We initially evaluated 1,379 independent elderly people aged at least 65 years who attended physical function measurement clinics in Kameoka City, Kyoto Prefecture, Japan during March and April 2012. We excluded 440 people who thereafter participated in an exercise intervention for another research study [11]. The observation period was between April 2012 and March 2014, and the number of individuals who needed CLTC (including support needs) was tracked for 939 subjects for 24 months (average age 74.4 years at baseline).

The FAS [6] comprises 5 items: the10-m walking test (sec:Xa), functional reach test (cm:Xb), one-leg standing with eyes open (sec:Xc), vertical jumping (cm:Xd), and grip strength (kg:Xe); the FAS (Y) was calculated with the following formula:

$$\text{Men}: Y = -0.203Xa + 0.034Xb + 0.0064Xc + 0.044Xd + 0.046Xe - 3.05 \quad (1)$$

$$\text{Women}: Y = -0.263Xa + 0.033Xb + 0.0074Xc + 0.048Xd + 0.079Xe - 2.52 \quad (2)$$

If all 5 items of the FAS were completed, then the CLTC odds ratio was calculated.

In order to evaluate the appropriateness of CLTC screening with the FAS, we developed a receiver operating characteristic curve (ROC curve), calculated the area under the ROC curve (AUC), and evaluated the precision of the screening [12].

The cutoff value (CV) for the FAS score was created with 3 methods: 1) the

Youden Index (YI) [13] [14], which evaluates the value for which "sensitivity - (1 - specificity)" is the highest; 2) a method that evaluates the shortest distance from the coordinates (false-positive ratio, sensitivity) = (0, 1) to the ROC curve (the Minimum Distance method [MD]) [15]; and 3) the Two-Graph ROC method (TG) [16], which determines the value that is at the intersection of the FAS score-sensitivity curve and the FAS score-specificity curve.

For each CV that was obtained by the 3 methods, we classified subjects as having high values (high physical fitness group: High Group) or low values (low physical fitness group: Low Group), and we developed a cumulative CLTC curve using the Kaplan-Meier method [17]. We analyzed the differences between the cumulative CLTC curves for the High and Low Groups with the log rank test. Significance was set at 5% in all cases.

3. Results

Sixteen subjects could not be tracked for 24 months. A total of 798 subjects completed the FAS, and in 24 months, 28 of them needed CLTC. One hundred twenty-five subjects could not perform at least one of the five items; thus, they received no FAS score. Twenty-one subjects needed CLTC. The CLTC odds ratio for FAS-incomplete versus FAS-complete individuals was 5.553 (95% confidence interval [CI], 3.04 - 10.14) (**Table 1**).

The AUC of the ROC curve was 0.72 (95% CI, 0.64 - 0.81; $p < 0.001$) (**Figure 1**). The CVs for the FAS were -0.29 (sensitivity, 92.9%; specificity, 40.4%) for the YI (**Figure 1**), −1.23 (sensitivity, 57.1%; specificity, 73.4%) for MD (**Figure 1**), and −0.81 (sensitivity, 60.7%; specificity, 60.9%) for the TG (**Figure 2**).

With regard to the cumulative CLTC curves for the Low and High Groups, the YI in the Low Group was 5.14% and that in the High Group was 0.95%. For the MD method, the Low Group was 7.17% and the High Group was 2.07%, and for the TG method, the Low Group was 5.32% and the High Group was 2.28%. For the cumulative CLTC curves, a significant difference was found between the two groups for all CVs ($p = 0.000$ - 0.020) (**Figures 3-5**).

4. Discussion

The measurement of FAS can be conducted anywhere, such as in a local community center, as long as there is enough space for a 10-m walking path. We believe it is a useful method that can be applied to many people, satisfying the re-

Table 1. Subjects' classifications at the 24-month period.

	Independence	CLTC	Untraceable	Total
FAS completed	770	28	13	811
FAS incompleted	104	21	3	128
Total	874	49	16	939

Odds ratio, 5.553 (95% confidence interval: 3.04 - 10.14). FAS completed is the reference group, untraceable individuals were excluded. FAS: Fitness Age Score. CLTC: Certification of Long-Term Care (including support needs).

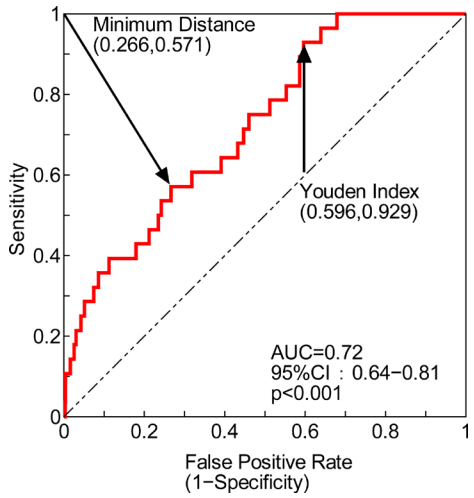

Figure 1. Receiver operating characteristic curve for the certification of long-term care (including support needed) with the fitness age score.

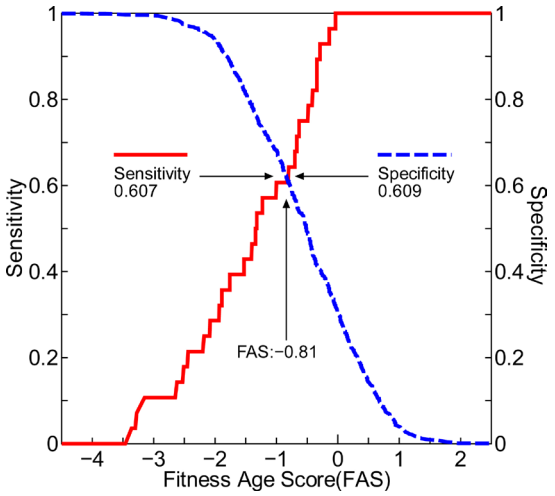

Figure 2. The relationships among sensitivity, specificity, and fitness age score with the certification of long-term care (including support needs) (two-graph receiver operating characteristic curves).

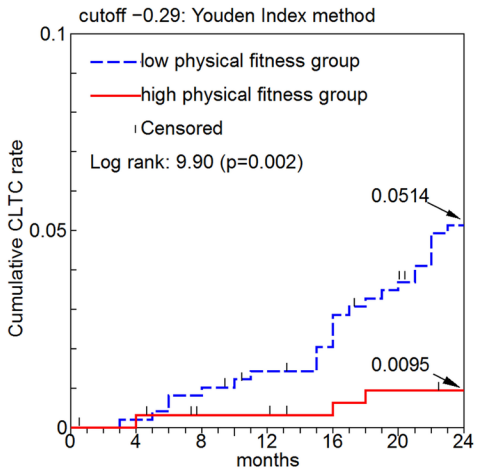

Figure 3. Cumulative certification of long-term care (CLTC) (including support needs) rate (with a fitness age score cutoff value of −0.29).

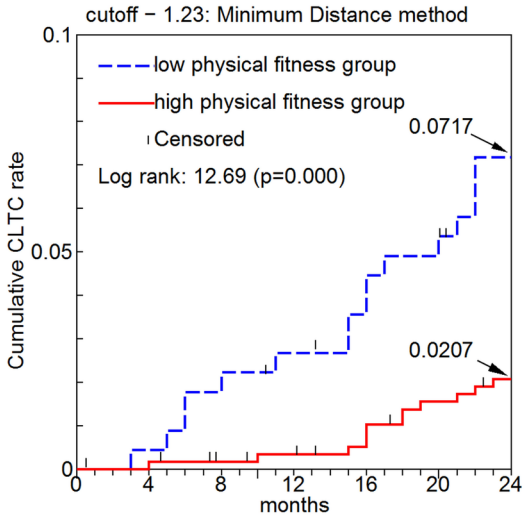

Figure 4. Cumulative certification of long-term care (CLTC) (including support needs) rate (with a fitness age score cutoff value of −1.20).

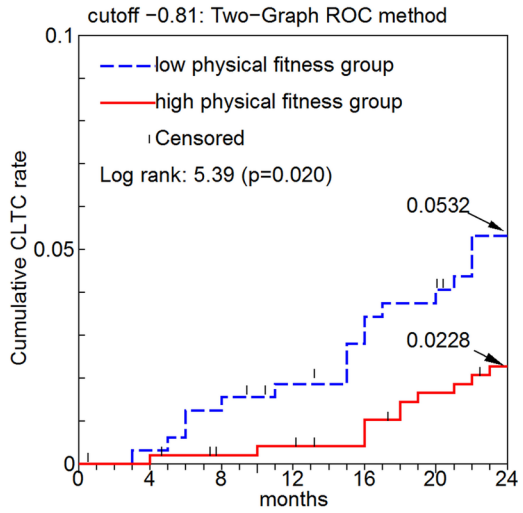

Figure 5. Cumulative certification of long-term care (CLTC) (including support needs) rate (with a fitness age score cutoff value of −0.81).

quirements of safety, economy, and simplicity. Safety, economy, and the performance environment should be considered when selecting functional measurement items for evaluating elderly people [18]. In addition, since field tests are often performed on a large number of people, simplicity is preferable. Therefore, using criteria that are safe and inexpensive and that can be applied in a simple way anywhere should be a condition for a field test of elderly people.

The FAS meets of all these conditions. Each item has a simple measurement method, the tester can understand the measurement method after training for a short time, and the subject being tested can safely perform it according to the instructions and support of the tester. The tools required for the measurements are a stopwatch, a tape measure, and measurement tools for grip strength and vertical jumping. These tools have recently become inexpensive and durable, and there is no need for a large initial investment or repair expense.

People in Japan need long-term care for a variety of reasons, including diseases related to lifestyle, such as cerebrovascular disease (30%), and problems of the locomotor system, such as joint diseases (35%) [19]. Therefore, more than half of the causes of the need for long-term care are directly related to physical fitness or physical function.

By using the FAS to score physical fitness data, we found that the precision for CLTC screening was medium (the AUC for the ROC curve was 0.72). This result may be because the decision about whether long-term care is necessary is related to factors such as family structure and the subject's ties to the local area; that is, whether the subject's circumstances were such that appropriate support for reduced physical fitness and physical function could be obtained. Since statistically significant results were obtained with just the FAS alone, the FAS is an appropriate screening method for CLTC.

CVs for predicting CLTC were obtained by 3 methods, namely, the Youden Index (YI), the Minimum Distance method (MD), and Two-Graph ROC method (TG). The cumulative CLTC curves for the low physical fitness group and high physical fitness group, divided according to the CVs, were found to differ significantly for every CV. Therefore, the FAS could sufficiently predict CLTC within 24 months. The CVs for the three methods have different characteristics: the YI has high sensitivity, the MD has high specificity, and the CV for the TG falls between those of the other two methods.

Based on these results, we expect that these methods will be used to select measures to prevent the need for long-term care according to a person's actual situation. Recently, one method has been used to encourage physical activity by taking advantage of the local environments in which people live [20]. For example, in a local area where resources can identify many people at risk of needing long-term care and in which early intervention can be administered, we believe that wide screening using a CV based on the YI would be effective.

On the other hand, in an area that has a substantial presence of clinicians with special knowledge and training facilities but with limited screening experience, a CV obtained with the MD method would allow clinicians to identify people whose functions are greatly reduced. Even for the elderly, it is clear that muscle strength can be reinforced by administering an appropriate program [21] [22], and it is expected that the effects of preventing the need for long-term care can be improved by specific interventions.

The CLTC odds ratio was 5.553 for the FAS-incomplete group compared to the FAS-complete group. Using this result and the CVs for the FAS according to the three methods, we were able to identify a five-stage evaluation standard for the FAS. The evaluation standard was as follows: level 1: no FAS score could be measured because there were items that could not be performed; level 2: FAS is at most −1.23; level 3: FAS is at most −0.80; level 4: FAS is at most −0.29; and level 5: the FAS is over −0.29 (**Table 2**).

This evaluation standard can be broadly interpreted with regard to the screening results. In order to use the FAS in a practical way clinically, an evaluation standard is necessary. However, in order to create a better evaluation stan-

Table 2. Evaluation criteria for CLTC risk by FAS.

Evaluation	Risk	FAS
Level 5	Very mild	Above −0.29
Level 4	Mild	−0.81 to −0.29
Level 3	Moderate	−1.23 to −0.81
Level 2	Severe	−1.23 or less
Level 1	Very severe	At least 1 item is impossible

FAS: Fitness Age Score. CLTC: Certification of Long-Term Care (including support needs).

dard, it is necessary to perform more detailed investigations.

Limitations

This study has two limitations. First, a detailed analysis was not performed on people for whom there were FAS items that could not be evaluated. For example, it is easy to predict that a large difference exists in physical functions between people who could perform four of the five items in the FAS and people who could only perform one item. For this reason, it is necessary to develop a revised FAS that can produce a score even if there are items in the FAS that cannot be performed and evaluated.

Second, we did not analyze the levels of CLTC in detail. In this study, all 7 levels of CLTC (including needing support) were handled as one item. Furthermore, subjects who died were excluded from the analysis. There was also no classification of the causes of CLTC. The events occurred only 10% within 24 months. Therefore, insufficient data were obtained to perform a detailed analysis of the need for CLTC. By increasing the number of subjects or following them for a longer period of time, it might be possible to acquire the amount of data needed for making scientific judgments.

5. Conclusion

The purpose of this research was to clarify whether the FAS could be used to predict the need for CLTC (including support needs) for elderly people over a period of 24 months. The FAS can be used to predict the need for a CLTC with medium precision, and it was possible to calculate three types of screening CVs with different characteristics. The calculated CVs not only can be used individually, but also can be used to provide a five-stage evaluation standard for the FAS.

Acknowledgements

This research used and analyzed data from the Kyoto-KAMEOKA Study, which is a prospective cohort study for the purpose of promoting the prevention of injuries and the need for long-term care. We express our gratitude to all people related to the Kyoto-KAMEOKA Study, especially, to Mr. Matsumoto and his colleagues of Kameoka city office for their warm encouragements. We are also

deeply grateful to all the people of Kameoka City who cooperated with our study.

This research was performed with the assistance of the Ministry of Education, Culture, Sports, Science, and Technology Grant-in-Aid for Scientific Research (A) 24240091 (Principal Investigator Misaka Kimura), the Kyoto Prefectural Regional Comprehensive Care Promotion Organization, and Kameoka City.

We would like to thank Editage (www.editage.jp) for English language editing.

References

[1] Statistic Bureau, Ministry of Internal Affairs and Communications, Japan (2016) Heisei 26 nendo Kaigo hoken jigyou joukyou houkoku nenpou [Long-Term Care Insurance Business Status Report, the Fiscal Year 2014.] (In Japanese) http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001153596

[2] Sun, Q., Townsend, M.K., Okereke, O.I., Franco, O.H., Hu, F.B. and Grodstein, F. (2010) Physical Activity at Mid-Life in Relation to Successful Survival in Women at Age 70 Years and Older. *Archives of Internal Medicine*, **170**, 194-201. https://doi.org/10.1001/archinternmed.2009.503

[3] Leong, D.P., Teo, K.K., Rangarajan, S., Lopez-Jaramillo, P., Avezum Jr., A., Orlandini, A., Seron, P., Ahmed, S.H., Rosengren, A., Kelishadi, R., Rahman, O., Swaminathan, S., Iqbal, R., Gupta, R., Lear, S.A., Oguz, A., Yusoff, K., Zatonska, K., Chifamba, J., Igumbor, E., Mohan, V., Anjana, R.M., Gu, H., Li, W., Yusuf, S. and Prospective Urban Rural Epidemiology (PURE) Study Investigators (2015) Prognostic Value of Grip Strength: Findings from the Prospective Urban Rural Epidemiology (PURE) Study. *The Lancet*, **386**, 266-273. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)62000-6

[4] Cooper, R., Kuh, D., Hardy, R.,and Mortality Review Group; FALCon and HALCyon Study Teams (2010) Objectively Measured Physical Capability Levels and Mortality: Systematic Review and Meta-Analysis. *BMJ*, **341**, c4467. https://doi.org/10.1136/bmj.c4467

[5] Kishimoto, H., Hata, J., Ninomiya, T., Nemeth, H., Hirakawa, Y., Yoshida, D., Kumagai, S., Kitazono, T. and Kiyohara, Y. (2014) Midlife and Late-Life Handgrip Strength and Risk of Cause-Specific Death in a General Japanese Population: The Hisayama Study. *Journal of Epidemiology and Community Health*, **68**, 663-668. https://doi.org/10.1136/jech-2013-203611

[6] Kimura, M., Mizuta, C., Yamada, Y., Okayama, Y. and Nakamura, E. (2012) Constructing an Index of Physical Fitness Age for Japanese Elderly Based on 7-Year Longitudinal Data: Sex Differences in Estimated Physical Fitness Age. *Age*, **34**, 203-214. https://doi.org/10.1007/s11357-011-9225-5

[7] Ingram, D.K., Nakamura, E., Smucny, D., Roth, G.S. and Lane, M.A. (2001) Strategy for Identifying Biomarkers of Aging in Long-Lived Species. *Experimental Gerontology*, **36**, 1025-1034. https://doi.org/10.1016/S0531-5565(01)00110-3

[8] Fried, L.P., Tangen, C.M., Walston, J., Newman, A.B., Hirsch, C., Gottdiener, J., Seeman, T., Tracy, R., Kop, W.J., Burke, G. and McBurnie, M.A. for the Cardiovascular Health Study Collaborative Research Group (2001) Frailty in Older Adults: Evidence for a Phenotype. *Journal of Gerontology*: *Medical Sciences*, **56A**, M146-M156. https://doi.org/10.1093/gerona/56.3.m146

[9] Chen, L.K., Liu, L.K., Woo, J., Assantachai, P., Auyeung, T.W., Bahyah, K.S., Chou, M.Y., Chen, L.Y., Hsu, P.S., Krairit, O., Lee, J.S., Lee, W.J., Lee, Y., Liang, C.K., Limpawattana, P., Lin, C.S., Peng, L.N., Satake, S., Suzuki, T., Won, C.W., Wu,

C.H., Wu, S.N., Zhang, T., Zeng, P., Akishita, M. and Arai, H. (2013) Sarcopenia in Asia: Consensus Report of the Asian Working Group for Sarcopenia. *Journal of the American Medical Directors Association*, **15**, 95-101. https://doi.org/10.1016/j.jamda.2013.11.025

[10] Yamada, Y., Nanri, H., Watanabe, Y., Yoshida, T., Yokoyama, K., Itoi, A., Date, H., Yamaguchi, M., Miyake, M., Yamagata, E., Tamiya, H., Nishimura, M., Fujibayashi, M., Ebine, N., Yoshida, M., Kikutani, T., Yoshimura, E., Ishikawa-Takata, K., Yamada, M., Nakaya, T., Yoshinaka, Y., Fujiwara, Y., Arai, H. and Kimura, M. (2017) Prevalence of Frailty Assessed by Fried and Kihon Checklist Indexes in a Prospective Cohort Study: Design and Demographics of the Kyoto-Kameoka Longitudinal Study. *Journal of the American Medical Directors Association* (Accepted, In Press). https://doi.org/10.1016/j.jamda.2017.02.022

[11] Watanabe, Y., Yamada, Y., Miyake, M., Yokoyama, K. and Yoshida, T. (2014) The Establishment of Effective Intervention to Prevent Sarcopenia for Elderly. *Descente Sports Science*, **35**, 78-86. (In Japanese)

[12] Hajian-Tilaki, K. (2013) Receiver Operating Characteristic (ROC) Curve Analysis for Medical Diagnostic Test Evaluation. *Caspian Journal of Internal Medicine*, **4**, 627-635.

[13] Youden, W.J. (1950) Index for Rating Diagnostic Tests. *Cancer*, **3**, 32-35. https://doi.org/10.1002/1097-0142(1950)3:1<32::AID-CNCR2820030106>3.0.CO;2-3

[14] Schisterman, E.F., Perkins, N.J., Liu, A. and Bondell, H. (2005) Optimal Cut-Point and Its Corresponding Youden Index to Discriminate Individuals Using Pooled Blood Samples. *Epidemiology*, **16**, 73-81. https://doi.org/10.1097/01.ede.0000147512.81966.ba

[15] Kumar, R. and Indrayan, A. (2011) Receiver Operating Characteristic (ROC) Curve for Medical Researchers. *Indian Pediatrics*, **48**, 277-287. https://doi.org/10.1007/s13312-011-0055-4

[16] Greiner, M., Sohr, D. and Göbel, P. (1995) A Modified ROC Analysis for the Selection of Cut-Off Values and the Definition of Intermediate Results of Serodiagnostic Tests. *Journal of Immunological Methods*, **11**, 123-132. https://doi.org/10.1016/0022-1759(95)00121-P

[17] Smeets, M., Degryse, J., Janssens, S., Matheï, C., Wallemacq, P., Vanoverschelde, J.L., Aertgeerts, B. and Vaes, B. (2016) Diagnostic Rules and Algorithms for the Diagnosis of Non-Acute Heart Failure in Patients 80 Years of Age and Older: A Diagnostic Accuracy and Validation Study. *BMJ Open*, **6**, e012888. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2016-012888

[18] Demura, S., Sohee, S. and Yamaji, S. (2008) Sex and Age Differences of Relationships among Stepping Parameters for Evaluating Dynamic Balance in the Elderly. *Journal of Physiological Anthropology*, **27**, 207-215. https://doi.org/10.2114/jpa2.27.207

[19] Ministry of Health, Labour and Welfare, Japan (2013) Comprehensive Survey of Living Conditions, the Fiscal Year 2012. (In Japanese) http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa10/4-2.html

[20] Sallis, J.F., Bowles, H.R., Bauman, A., Ainsworth, B.E., Bull, F.C., Craig, C.L., Sjöström, M., De Bourdeaudhuij, I., Lefevre, J., Matsudo, V., Matsudo, S., Macfarlane, D.J., Gomez, L.F., Inoue, S., Murase, N., Volbekiene, V., McLean, G., Carr, H., Heggebo, L.K., Tomten, H. and Bergman, P. (2009) Neighborhood Environments and Physical Activity among Adults in 11 Countries. *American Journal of Preventive Medicine*, **36**, 484-490. https://doi.org/10.1016/j.amepre.2009.01.031

[21] Borst, S.E. (2004) Interventions for Sarcopenia and Muscle Weakness in Older People. *Age and Ageing*, **33**, 548-555. https://doi.org/10.1093/ageing/afh201

[22] Watanabe, Y., Tanimoto, M., Oba, N., Sanada, K., Miyachi, M. and Ishii, N. (2015) Effect of Resistance Training Using Bodyweight in the Elderly: Comparison of Resistance Exercise Movement between Slow and Normal Speed Movement. *Geriatrics & Gerontology International*, **15**, 1270-1277. https://doi.org/10.1111/ggi.12427