

合成床反力データを被験者の体重で正規化するとともに、歩行時間を歩行周期で正規化した。その後、それぞれの合成床反力データを正規化歩行周期の1%ごとのデータに離散化された101個の値とし、主成分分析を行った。その結果、鉛直方向床反力の主成分得点の累積寄与率は第9成分までで97.5%、前後方向床反力の主成分得点の累積寄与率は第9成分までで97.3%となり、それぞれ101×9の床反力主成分得点変換行列が作成できた。

よって、トレッドミルにより計測された合成床反力データを正規化処理し、本研究により作成された床反力主成分得点変換行列をかけあわせることにより、計測したユーザの合成床反力データの主成分得点を取得することができる。この主成分得点をトレッドミルから取得できる床反力特徴量として扱うものとする。

この歩行主成分得点をトレッドミルから取得できる歩行情報から推定するために、各歩行主成分得点を歩行情報と身体情報の重回帰式で表す。第1～第8主成分のそれぞれについて重回帰式の説明変数となる項目を表2.3.7-1に示す。なお、説明変数の抽出にはステップワイズ法を用いた。

表 2.3.7-1 歩行主成分の重回帰分析

歩行の主成分得点	説明変数	修正決定係数 R ²	歩行の主成分得点	説明変数	修正決定係数 R ²
第1主成分	鉛直床反力第1主成分 前後床反力第2主成分 前後床反力第7主成分 前後床反力第8主成分	0.77	第5主成分	体重 歩幅/身長 鉛直床反力第2主成分 前後床反力第8主成分	0.69
第2主成分	歩幅/身長 鉛直床反力第8主成分	0.56	第6主成分	周期 鉛直床反力第2主成分 前後床反力第3主成分	0.68
第3主成分	歩幅/身長 下腿長 鉛直床反力第4主成分 前後床反力第5主成分	0.78	第7主成分	大腿長/身長 前後床反力第4主成分 前後床反力第8主成分	0.81
第4主成分	体重 鉛直床反力第2主成分 鉛直床反力第4主成分 鉛直床反力第8主成分 前後床反力第3主成分 前後床反力第8主成分	0.93	第8主成分	鉛直床反力第6主成分 鉛直床反力第9主成分	0.49

(4) 歩行の推定結果の評価

被験者1名(31歳、1.76 m、57.0 kg)について、合成床反力データおよび身体情報から歩行推定を行い、実歩行計測データと比較した。図2.3.7-2に関節角度と関節モーメントの比較を示す。その結果、関節角度については、足関節で最大10.8度、平均2.85度の誤差を生じ、正規化された関節モーメントについては、膝関節で最大1.30 Nm/(身長・体重)、平均0.33 Nm/(身長・体重)の誤差を生じた。

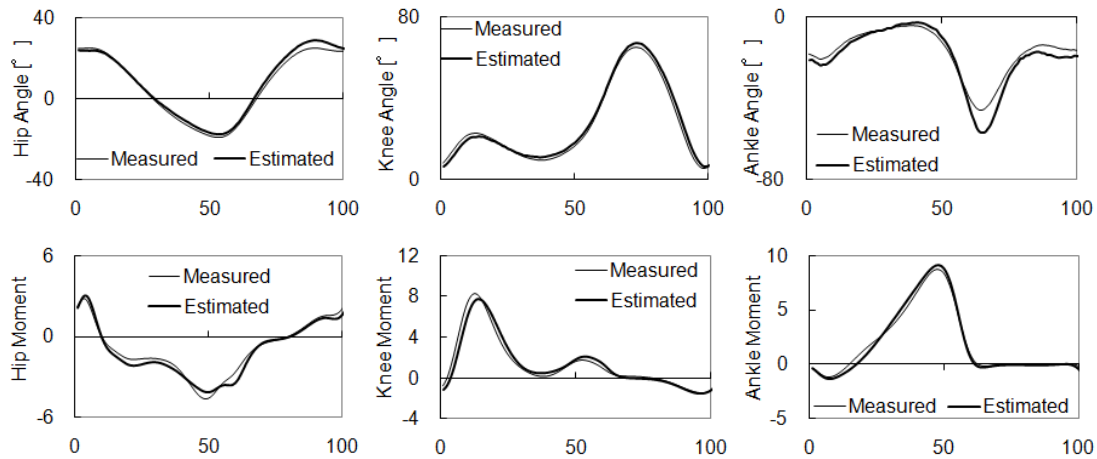


図 2.3.7-2 歩行の推定結果

表 2.3.7-1 より、寄与率の大きい第 2 歩行主成分得点を重回帰式で定める際、決定係数が他に比べて低く、全体的な誤差の原因となると考えられる。第 2 歩行主成分得点は股関節の屈伸に影響する得点であり、図 2.3.7-2 に示すように、股関節モーメントは他の関節に比べて波形の違いが大きくなった。さらに足関節については、第 5・6 歩行主成分得点を定める重回帰式の決定係数が低くなった。この影響は蹴り出し時の足関節角度の推定誤差となっていると考えられる。ただし、足関節モーメントの推定誤差は大きくないため、精度向上のためには、重回帰分析で説明変数として与えていない足部の幾何学的な情報を考慮する必要があるだろう。しかしこれらを除けば定性的に運動パターン・モーメントパターンとも一致しており、歩行評価のみならず、ユーザへの提示に対して有効であると考えられる。

(5) 歩行主成分得点の意味

1) 第 1 主成分得点

第 1 主成分得点において、 $+2\sigma$ と -2σ の運動パターンで大きく異なるのは、膝の立脚期における二重膝作用の大きさと、それに起因する関節モーメントの大きさであることが分かる。これにより、第 1 主成分は、膝をあまり使わず歩いているか ($+2\sigma$)、膝回りの筋力を大きく使って衝撃吸収をしているか (-2σ) の違いであると考えられる。

2) 第 2・3 主成分得点

第 2 主成分得点および第 3 主成分得点は、両者とも股関節の使い方に起因した得点であると考えられる。その中でも、第 2 主成分は立脚後期から遊脚期における股関節の使い方の違いを評価する得点であり、第 3 主成分は立脚前半における股関節の使い方の違いを評価する得点であると考えられる。

3) 第 4・5・6 主成分得点

第 4・5・6 主成分得点は、主に足関節の使い方の違いを表している。第 4 主成分得点が主に蹴り出し時の背屈の大きさに依るものであり、第 5 主成分得点は足関節角度の全体的な振幅のオフセット具合を表している。さらに第 6 主成分得点は足関節角度全体の振幅の大きさを表していることが分かる。

これらの主成分得点は関節モーメントも考慮しており、それぞれ下肢の生体力学的な使い方の違いを得点化している。よってこの主成分得点を用いることにより、歩行の定量的な評価が可能になる。

(6) 歩行評価システムの実装

これまでの結果をもとに、図 2.3.7-3 に示す歩行評価システムの実装を行った。トレッドミル

は家庭用製品として市販されているコンビウエルネス社製エアロウォーカー2200を用いた。トレッドミルの歩行路部と手すり部を分離して歩行路部を地面に水平に配置し、その4隅に3分力計（共和電業製 LSM-B-SA97）をそれぞれ取り付けた。このトレッドミル上をユーザが歩くと、その時の床反力を力センサで計測することができる。この力情報をノートPCに取り込み、自作したソフトウェアによってまず床反力の歩行1周期分を切り出し、主成分得点を計算する。その主成分得点およびトレッドミルを駆動させる時の速度情報やユーザの身体情報をシステムに与え、歩行主成分得点の重回帰式に代入することで、歩行パターンの各主成分得点を推定することが可能となる。その結果、本評価システムでは、ユーザの歩行パターンおよび生体力学的特徴を、下肢関節の位置情報を取得せずとも推定することができるようになった。



図 2.3.7-3 歩行評価システムの実装

(7) 結論

本研究では健康サービス産業において活用可能な歩行評価システムを開発した。このシステムによれば、トレッドミルに取り付けた力センサを用いて、モーションキャプチャシステムを用いることなく歩行評価を行うことができ、ユーザの歩行パターンも再現することができる。今後は、歩行パターンの再現精度を向上させるとともに、実装した歩行評価システムの使用評価を実際のスポーツジムなどを利用して行う予定である。

なお、健康サービス産業において、このように定量的に歩行を評価することだけでなく、そのサービスをユーザに継続して受け続けさせることも重大な課題となっている。よって、生体力学的な研究ばかりでなく、将来的には心理学的な分野も網羅し、健康サービスの場における様々なニーズに即した歩行評価の提示手法についても併せて研究を進める予定である。

参考文献

- 1) 総務省統計局編，社会生活基本調査報告．平成 18 年 第 2 卷，全国生活行動編(調査票 A)，総務省統計局，東京 (2008)
- 2) 総務省統計局編，事業所・企業統計調査報告．平成 18 年 第 1 卷 その 1，事業所に関する集計全国結果—全事業所に関する結果，総務省統計局，東京 (2008)
- 3) Raptopoulos, L.S., S. Dutra, M., Castro Pinto, F.A. and Carlos de Pina Filho, A.: Alternative approach to modal gait analysis through the Karhunen-Loève decomposition: An application in the sagittal plane, J. Biomech., 39, 15, pp.2898-2906 (2006)
- 4) Wu, J., Wang, J. and Liu, L.: Feature extraction via KPCA for classification of gait patterns, Hum. Mov. Sci., 26, 3, pp.393-411 (2007)
- 5) 青木，木村，持丸，牛場，富田：歩行時の両脚支持期中の合成床反力データから左右脚床反力データへの分離：生体力学解析を可能にするトレッドミルの開発，ジョイント・シンポジウム

2007 講演論文集 : スポーツ工学シンポジウム : シンポジウム:ヒューマン・ダイナミックス,
pp.311-316 (2007)

2. 3. 8. 医療連携のための地理的条件とアクセス性の分析

(1) 調査の目的と概要

近年、日本の人口分布では高齢者が急増しており、2005年の国勢調査では65歳以上の高齢世代は2,547万人で総人口の20%を占め、高齢者世帯数も急速な増加傾向が続いている。このような人口動態の変化に伴い、病院や介護施設を利用する人の数は今後さらに増加すると予想される。他方で、病院や介護施設の経営の観点から見ると、社会保障費の増加に歯止めをかける制度の改正を受け、効率・収入を主眼とした病院・介護施設運営の考え方が重視されてきている。

本調査では、上記のような高齢者の医療・介護を取り巻く環境変化の中で、病院や介護施設の立地やそのアクセス（交通インフラ）面に着目し、高齢者の医療・介護サービスの利便性について診療エリア（病院・介護施設から見たエリア）と受診エリア（医療・介護サービスの利用者側から見たエリア）の分布状況の分析を行い、医療圏モデルとして定量的な検討を行った。

サービスを設計するにあたっては、サービスの提供者側から見たときにどの程度の地理的範囲の利用者に対してサービスを提供することができるか、サービスを連携させることでそこにどういった変化が現れる可能性があるか、また潜在的なサービス利用者がどういった地理的分布で存在し、利用者がどういった要因でサービス提供者を選択するか、を把握することは重要な要件である。本調査は高齢者のヘルスケアサービスを対象にしてこれらを試みたものである。

調査は3つのフェーズに分けて進めた。第1フェーズでは、既存研究のレビューならびに高齢者・医療・介護施設の定量把握作業を行った。ここで明らかになった地域特性をもとに、地域の医療・介護施設の医療圏を分析するサンプル地区を、都市2地区、地方2地区の計4地区を選定した。第2フェーズでは、選定した4地区に居住する高齢者（または高齢者の親族がいる方）を対象に、医療施設・介護施設へのアクセスに関するニーズ調査を実施した。調査はWeb方式で行い、被験者の居住地区（郵便番号）と医療・介護施設のアクセス状況（分布）を明らかにした。第3フェーズでは、調査対象地区の定量情報（町丁目別に見た高齢者人口¹、医療・介護施設の立地²、ニーズ調査の被験者居住地（郵便番号別）など）を地図上にプロット（可視化）しながら、「高齢者の人口分布とヘルスケア施設の集積度合い」、「個別の病院と介護施設の相互利用（施設選択）状況」、「診療圏と受診圏からみた医療圏」などについて検証を行った。

(2) 既存研究レビューおよび医療・介護施設の概況

全国でみた医療施設は2.1万施設であり、介護保健施設は1.2万施設と医療施設の半分程度であるであることがわかる。介護保健施設の中でも介護老人福祉施設は0.6万施設あり、全体の50%を占める³。

全国を8ブロック（北海道、東北、関東、中部、近畿、中国、四国、九州）に分けると、病院1施設あたりの65歳以上人口は、関東・近畿が多く（それぞれ1,554、1582）、四国・九州は少ない（774、678）⁴。また、医療・介護施設分布は総じて西高東低の傾向にあり、中でも四国・九州は充実している。高齢者比でみると、大都市地区は医療施設数が少ないものの、医師数は多い。

施設分布の多少と、都市・地方の観点から以下の4地区を調査対象とした。

1. 茨城県つくば市周辺（桜川市、石岡市、つくば市、下妻市、常総市、つくばみらい市、土浦市、龍ヶ崎市、八千代町）

¹ 町丁目別にみた高齢者人口データは、「平成17年国勢調査」（総務省）を利用

² 医療施設情報は「病院情報データ（近畿・九州地区は診療所も含む）」（株式会社医事日報）を利用、介護施設情報は「WAMNET（<http://www.wam.go.jp/kaigo/>）」（独立行政法人福祉医療機構）を利用

³ 病院数：「医療施設（動態）調査・病院報告の概況 平成19年」（厚生労働省）、介護保険施設：「介護サービス施設・事業所調査」（厚生労働省統計情報部）

⁴ 病院データ：「医療施設（動態）調査・病院報告の概況 H19年」（厚生労働省）、年齢別人口：「国勢調査 H17年」（総務省）

2. 石川県能登半島周辺（珠洲市、輪島市、七尾市、かほく市、穴水町、能登町、志賀町、中能登町、羽咋市、宝達志水町）
3. 大阪府大阪市近郊（大阪市住之江区、大阪市住吉区、大阪市東住吉区、大阪市阿倍野区、大阪市平野区、堺市北区、堺市堺区、堺市西区、高石市、松原市、八尾市）
4. 福岡県北九州市（北九州市）

(3) 医療・介護施設の利用者（サービス利用者）のアクセスとニーズの調査

選定した4地域を対象に、高齢者施設へのアクセス調査及び施設選定の軸について把握するニーズ調査を実施した。

インターネットによる調査とし、対象者は「ご自身が65歳以上」、「65歳以上と同居（近隣に住んでいるを含む）」「過去5年以内に介護経験のある高齢者がいた」方とした。

調査内容は主に3つあり「医療施設」「介護施設」「日常生活の行動範囲」に関する同じ設問を、地域ごとに収集した。

回答の回収数は、石川県能登半島周辺のみ209サンプルと想定より少なくなり、他の3地区については500サンプルを回収した。

医療施設に関する設問については、下記の傾向が見られた。

- ✓ 「重い病気の際に行く病院」と「風邪などの軽い病気の際に行く病院」について、選ぶ際に重要視する項目では、共に「自宅から近い」があげられた。他方で、「病院の規模・大きさ」（質の規定要因）については、重い病気の際には重視するが、軽い病気の際には重視する人が少ない傾向が見られた。「かかりつけ医がいる」という項目では、逆の傾向が見られた。
- ✓ 高齢者が病院へ行く際の付き添いに関する設問では、風邪などの軽い病気の際には付き添い人と行く人が40%であったのに対し、重い病気の際では60%と高くなる傾向がみられた。

介護施設に関する設問については、下記の傾向が見られた。

- ✓ 入所型、通所型の介護施設を選ぶ際に重要視されるのは、共に「負担金額」と「介護スタッフの対応」であった。また、自由記入の回答においては、「自宅からの距離」を重視しているとの回答が目立った。

日常生活の行動範囲については、下記の傾向が見られた。

- ✓ 日常生活の全般的な移動手段としては、半数以上の人自動車を使って移動していた。次に多い移動手段としては、徒歩・自転車があげられた。
- ✓ 4地区全体の傾向として、女性は公共交通を使った移動手段をさまざまな場面で利用していた。特に高価な衣類を購入する際、通勤、娯楽においてはその傾向が顕著にあらわれていた。
- ✓ 地区別の特徴としては、大阪府大阪市近郊では他の地域と比べ、自動車を使う割合が減り、代替として「徒歩・自転車」および「公共交通」を使う傾向が見られた。

以上がアクセスに関わる傾向であり、医療圏や商圏の範囲に影響を及ぼす要因である。

(4) 受診者（サービス利用者）と医療・介護施設（サービス提供者）の分布から見た医療・介護圏

本調査で検証する医療・介護圏モデルにおいては、「①病院・介護施設を利用する高齢者からみた医療・介護施設の立地と利便性（受診圏）」、「②病院・介護施設の立地からみた擬ネットワーク距離に基づく範囲（診療圏）とそこに居住する高齢者の密度（集積度合い）」の2つの視点から、調査対象地区における医療・介護の連携状況の把握を試みた。

医療・介護施設の利便性の判定については、調査対象地区に「2Km×2Km」のメッシュをかけ、

当該施設から各メッシュの中心までの経路検索（交通手段は自動車とした）を行い、その距離（擬ネットワーク距離）から3区分の利便性範囲を設定することで導出した。擬ネットワーク距離の3区分については、交通流調査等の結果に基づき、自動車での移動時間が10分圏内（「5Km圏内」）、10～25分圏内（「10Km圏内」）、25～40分圏内（「15Km圏内」）の指標から設定したものである。

対象4地区について、「高齢者の人口分布とヘルスケア施設の集積度合い」を見ると、高齢者人口密度の高い地区に病床数の多い病院が立地していることがわかる。特に病院へのアクセス手段として自動車を利用する割合の多い3地区（茨城県つくば市周辺・能登半島・北九州市）については、病床数が多くなるにつれ幹線道路に近接する立地が多く見られ、擬ネットワーク距離で見た診療圏では、各病院の診療圏内に居住する高齢者の数が多くなる立地である。（図2.3.8-1）

「診療圏と受診圏からみた医療圏」については、ニーズ調査を行った被験者が居住地区で選んだ病院の分布から検証した。一定規模の病床数を有する病院から離れた地区に居住する高齢者は、等距離にある病院を不規則に選ぶ傾向が見られた。この傾向をニーズ調査の回答傾向から見ると、「病院の規模・設備」や「かかりつけ医の存在」ならびに「医師に対する評判」の3項目が選定基準としてあげられている。したがって、これらの指標により、当該地区における高齢者の病院への吸引力を図ることが可能となる。

「個別の病院と介護施設の相互利用（利用者選択）状況」については、「①ニーズ調査を行った被験者の一定数が選んだ医療施設を中心にみた場合の介護施設の分布度合い」と「②同者の一定数が選んだ介護施設を中心にみた場合の医療施設の分布度合い」の2視点から相互検証した。（図2.3.8-2）

特徴的な傾向としては、公立病院（大学病院を除く）を中心に見た場合の介護施設の分散度合いでは、他の民間病院のそれと比べて狭い。このことから、公立病院は地域の介護施設と利用者が重なり、介護施設は近接の公立病院を利用している状況にあるといえる。ケアマネージャーや介護従事者が勧める傾向も見られた。

他方で、民間病院は当該調査地区において広い範囲の介護施設と利用者が重なっている状況が見られ、地域医療とは別の観点（高齢者向けのヘルスケアに特化する、専門的な診療科目に重点を置くなど）から医療・介護施設連携が図られていることが見られた。

(5) まとめ

本調査では、高齢者人口と医療・介護施設の分布データをベースとして、医療・介護施設を利用する高齢者のニーズ調査を重ね合わせることで当該地区における医療・介護施設の連携状況と高齢者向けヘルスケアサービスの分布状況を把握することを試みた。

本調査のアプローチ（医療圏モデル）を用いることで、高齢者向けのヘルスケアサービスの提供濃度や、医療・介護施設間の連携状況、受診圏・診療圏から見た個別の医療・介護施設の医療圏を把握することができる。

他方で、医療・介護施設の谷間となる地区（大きな病院の診療圏に含まれない高齢者の居住地区など）においては、「病院の規模・設備」や「かかりつけ医の存在」ならびに「医師に対する評判」に代表される質的な側面が大きく影響していることも明らかになった。

参考文献

財団法人医療経済研究・社会保険福祉協会、「地域介護医療体制の構築に関する調査研究 報告書」, 2003.

増山 篤, “商業・医療施設へのアクセシビリティと高齢者の居住パターンとの関係千葉県浦安市を対象とした実証分析”,

「(社)日本都市計画学会 都市計画報告集, No. 4-3 pp.45-50」, 2005.

内山久雄, 日比野直彦, “(研究) アクセス交通を考慮した首都圏鉄道計画へのGISの適用”, 「運輸政策研究 Vol.2 No.007」, 2000

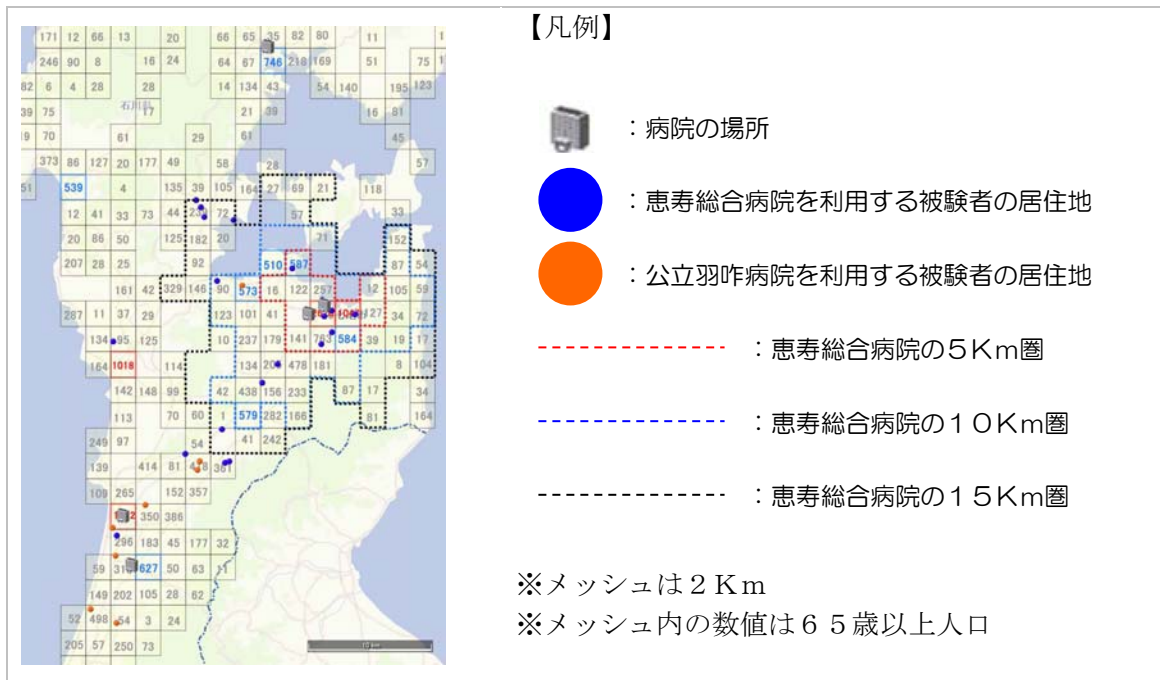


図 2.3.8-1：医療機関・高齢人口分布の定量把握における可視化（例：能登半島）



図 2.3.8-2：医療・介護連携に関する定量把握の可視化（例：能登半島）