

博士論文

日本整形外科学会腰痛評価質問票(JOABPEQ)の質問項目と身体的
評価を関係づける回帰モデルの検討

石谷 勇人

2019年8月19日

奈良先端科学技術大学院大学
先端科学技術研究科 情報科学領域

本論文は奈良先端科学技術大学院大学先端科学技術研究科に
博士(工学)授与の要件として提出した博士論文である.

石谷 勇人

審査委員:

金谷 重彦 教授	(主指導教官)
安本 慶一 教授	(副指導教官)
MD. ALTAF-UL-AMIN 准教授	(副指導教官)
小野 直亮 准教授	(副指導教官)
黄 銘 助教	(副指導教官)

日本整形外科学会腰痛評価質問票 (JOABPEQ) の質問項目と身体的評価を関係づける回帰モデルの検討

石谷 勇人

内容梗概

日本整形外科学会腰痛評価質問票 (JOABPEQ) は、質問 25 項目で構成され、その回答から腰痛疾患患者の疼痛関連障害、腰椎機能障害、歩行機能障害、社会生活障害、心理的障害の各重症度スコアを多面的に評価できる。JOABPEQ の回答を腰痛疾患患者の身体的評価と関係づけられることができれば、リハビリの評価や治療に活用できると考える。本研究では、データサイエンスにおける多変量解析を活用し JOABPEQ の質問 25 項目の回答と身体的評価を関係づける数理モデルを研究開発する。対象は腰痛疾患患者とし、JOABPEQ の質問 25 項目の回答と、算出された①疼痛関連障害、②腰椎機能障害、③歩行機能障害、④社会生活障害、⑤心理的障害の各重症度スコアを活用する。身体的評価には、Visual Analogue Scale (VAS) を用いて、⑥腰痛の程度、⑦臀部・下肢痛の程度、⑧臀部・下肢の痺れの程度を測定した。また、関節可動域 (ROM) として、股関節の⑨屈曲、⑩外旋、⑪内旋角度および⑫下肢伸展挙上角度 (SLRA) を測定した。統計手法では、クラスター分析、部分的最小二乗法 (PLS) 回帰分析を用いた。PLS 回帰分析では、JOABPEQ の質問 25 項目の回答を説明変数とし、各重症度スコア①～⑤および各身体的評価⑥～⑫を目的変数として、回帰モデル構築を試みた。モデルの精度は、目的変数における実測値と推定値の相関係数、クロスバリデーションの一種であるリーブワンアウト法による予測精度、全データによる精度から検討した。結果は、①疼痛関連障害、②腰椎機能障害、③歩行機能障害、④社会生活障害、⑤心理的障害の各重症度スコア、⑥腰痛の程度、⑫ SLRA は、JOABPEQ の質問 25 項目の回答から回帰モデルが構築できた ($Q^2 > 0.1$, $R^2 > 0.1$)。しかし、その他の項目は、JOABPEQ の質問 25 項目の回答から回帰モデルを構築できなかった。本研究の結果から、JOABPEQ は、腰痛疾患を多面的に評価でき、その回答から腰痛の程度と SLRA が予測できることが示唆された。しかし、股関節 ROM などの身体的評価を全て網羅しているわけではないため、臨床現場において、股関節 ROM は、JOABPEQ に加えて実施する必要があると考える。

キーワード

日本整形外科学会腰痛評価質問票 (JOABPEQ)、リハビリテーション、関節可動域 (ROM)、下肢伸展挙上角度 (SLRA)、部分的最小二乗 (PLS) 回帰分析

*奈良先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科 情報科学領域 博士論文, 2019年7月30日

Relationship between the Japanese Orthopaedic Association Back Pain Evaluation Questionnaire (JOABPEQ) and Physical Findings Based on Multivariate Analysis

Hayato Ishitani

Abstract

The Japanese Orthopaedic Association Back Pain Evaluation Questionnaire (JOABPEQ) was created to evaluate the specific treatment outcomes of patients with low back pain in terms of physical functioning, social ability, and mental health. The JOABPEQ consists of 25 questions that can be classified into five categories (low back pain, lumbar function, walking ability, social ability, and mental health). If the physical parameters of patients with back pain can be related from the answers to JOABPEQ's 25 questions, the time taken for evaluation can be used for treatment, which will lead to a more efficient physical therapy. Therefore, the purpose of this study was to construct a regression model between the answers to the 25 questions in JOABPEQ and physical findings. We reviewed 301 patients with low back pain. The scores for the five categories (①low back pain, ②lumbar function, ③walking ability, ④social ability, and ⑤mental health) were calculated. We measured the degrees of ⑥low back pain, ⑦lower limb pain, and ⑧lower limb numbness using a visual analog scale (VAS) and also measured ⑨flexion, ⑩external rotation, ⑪internal rotation, and ⑫the straight leg-raising angle (range of motion; ROM) of the hip joint. All answers and physical function data were subjected to clustering and partial least squares (PLS) regression analyses. All five categories of JOABPEQ (①~⑤), the degrees of ⑥low back pain, and ⑫the straight leg-raising angle were correlated with the answers to the 25 questions in JOABPEQ and also used to construct the regression model from them. The degrees of ⑦lower limb pain and ⑧lower limb numbness, ⑨flexion, ⑩external rotation, and ⑪internal rotation of hip joint angle were correlated with the answers to the 25 questions in JOABPEQ. However, these items could not construct an interpretive regression model from them. In previous studies, ROM reduction in adjacent joints such as hip joint is said to increase the stress on lumbar and lead to low back pain. Therefore, we consider that it is necessary to evaluate the flexion, external rotation, and internal rotation angle of the hip joint in addition to JOABPEQ.

Keywords

JOABPEQ, low back pain, range of motion (ROM), straight leg-raising angle, partial least squares (PLS) regression analyses

*Doctor's Thesis, Department of Information Science, Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology, July 30, 2019.

目次

図目次.....	v
表目次.....	v
第1章 はじめに	1
1.1 はじめに.....	1
1.2 腰痛について.....	1
1.3 日本整形外科学会腰痛評価質問票 (Japanese Orthopaedic Association Back Pain Evaluation Questionnaire: JOABPEQ) について.....	3
1.4 視覚的アナログ尺度 (Visual analog scale: VAS) について.....	6
1.5 股関節の関節可動域, 下肢伸展挙上角度について.....	7
1.6 本研究の目的.....	13
1.7 本論文の構成.....	14
第2章 JOABPEQ の作成趣旨・経緯	15
2.1 第1次調査.....	15
2.2 第2次調査.....	16
2.3 第3次調査.....	16
2.4 第4次調査.....	17
第3章 データサイエンスの活用	19
3.1 多変量解析の活用.....	199
3.2 機械学習.....	20
3.3 教師あり学習と教師なし学習.....	20
3.4 回帰(Regression).....	211
3.4.1 部分的最小二乗法 (Partial Least Squares: PLS)回帰分析.....	21
3.5 分類(Classification).....	22
3.5.1 ロジスティック回帰分析.....	22
3.6 クラスタリング(Clustering).....	23
3.6.1 階層クラスター分析.....	24
3.6.2 非階層クラスター分析.....	25
第4章 腰痛疾患患者における JOABPEQ の回答と身体的評価を関係づける回帰モデル	26
4.1 目的.....	266
4.2 方法.....	26

4.3 統計学的解析	26
4.4 クラスタ分析	27
4.5 部分的最小二乗法 (PLS) 回帰分析	29
4.6 クラスタ分析の結果	31
4.7 PLS 回帰分析の結果	34
4.7.1 最適成分数, 相関関係について	35
4.7.2 各目的変数における JOABPEQ の質問 25 項目の回帰係数	35
4.8 考察	48
4.8.1 クラスタ分析の結果に対する考察	48
4.8.2 PLS 回帰分析の各重症度スコアに対する考察	48
4.8.3 PLS 回帰分析の痛みや痺れに対する考察	49
4.8.4 PLS 回帰分析の関節可動域に対する考察	49
4.9 第 4 章における課題	50
第 5 章 腰部脊柱管狭窄症患者における JOABPEQ の回答と身体的評価を関係づける回帰モデル	51
5.1 腰部脊柱管狭窄症について	51
5.2 目的	51
5.3 方法	51
5.4 クラスタ分析の結果	52
5.5 PLS 回帰分析の結果	55
5.5.1 最適成分数, 相関関係について	56
5.5.2 各目的変数における JOABPEQ の質問 25 項目の回帰係数	56
5.6 考察	69
5.6.1 クラスタ分析の結果に対する考察	69
5.6.2 PLS 回帰分析の各重症度スコアに対する考察	70
5.6.3 PLS 回帰分析の痛みや痺れに対する考察	70
5.6.4 PLS 回帰分析の関節可動域に対する考察	71
第 6 章 総括	72
6.1 第 4 章の腰痛疾患患者における回帰モデルのまとめ	72
6.2 第 5 章の腰部脊柱管狭窄症患者における回帰モデルのまとめ	73
6.3 今後の展望	74
謝辞	76
研究業績	77
参考文献	78

目次

第1章

図 1.1	日本整形外科学会腰痛評価質問票 (Japanese Orthopaedic Association Back Pain Evaluation Questionnaire: JOABPEQ)	4
図 1.2	視覚的アナログ尺度 (Visual analog scale: VAS)	6
図 1.3	腰痛患者の前屈動作	7
図 1.4	股関節屈曲角度	8
図 1.5	股関節外旋角度	9
図 1.6	股関節内旋角度	9
図 1.7	下肢伸展挙上角度 (Straight Leg-Raising Angel: SLRA)	10
図 1.8	踵殿距離 (Heel Buttock Distance: HBD)	10
図 1.9	Ober test	11
図 1.10	ハムストリングス (左下肢後面)	12
図 1.11	大腿四頭筋 (左下肢前面)	12
図 1.12	大腿筋膜張筋 (左下肢前側面)	13

第3章

図 3.1	教師あり学習と教師なし学習	20
-------	---------------------	----

第4章

図 4.1	クラスター樹形図 (腰痛疾患患者)	32
図 4.2	JOABPEQ の質問を含むすべての変数の類似性 (腰痛疾患患者)	33
図 4.3	①疼痛関連障害の PLS 回帰分析の結果 (腰痛疾患患者)	36
図 4.4	②腰椎機能障害の PLS 回帰分析の結果 (腰痛疾患患者)	37
図 4.5	③歩行機能障害)の PLS 回帰分析の結果 (腰痛疾患患者)	38
図 4.6	④社会生活障害の PLS 回帰分析の結果 (腰痛疾患患者)	39
図 4.7	⑤心理的障害の PLS 回帰分析の結果 (腰痛疾患患者)	40
図 4.8	⑥腰痛の程度の PLS 回帰分析の結果 (腰痛疾患患者)	41
図 4.9	⑦臀部・下肢痛の程度の PLS 回帰分析の結果 (腰痛疾患患者)	42
図 4.10	⑧臀部・下肢の痺れ程度の PLS 回帰分析の結果 (腰痛疾患患者)	43
図 4.11	⑨股関節屈曲角度の PLS 回帰分析の結果 (腰痛疾患患者)	44
図 4.12	⑩股関節外旋角度の PLS 回帰分析の結果 (腰痛疾患患者)	45
図 4.13	⑪股関節内旋角度の PLS 回帰分析の結果 (腰痛疾患患者)	46
図 4.14	⑫下肢伸展挙上角度の PLS 回帰分析の結果 (腰痛疾患患者)	47

第5章

図 5.1	クラスター樹形図(腰痛疾患患者)	53
図 5.2	JOABPEQ の質問を含むすべての変数の類似性(腰痛疾患患者)	54
図 5.3	①疼痛関連障害の PLS 回帰分析の結果(腰痛疾患患者)	57
図 5.4	②腰椎機能障害の PLS 回帰分析の結果(腰痛疾患患者)	58
図 5.5	③歩行機能障害)の PLS 回帰分析の結果(腰痛疾患患者)	59
図 5.6	④社会生活障害の PLS 回帰分析の結果(腰痛疾患患者)	60
図 5.7	⑤心理的障害の PLS 回帰分析の結果(腰痛疾患患者)	61
図 5.8	⑥腰痛の程度の PLS 回帰分析の結果(腰痛疾患患者)	62
図 5.9	⑦臀部・下肢痛の程度の PLS 回帰分析の結果(腰痛疾患患者)	63
図 5.10	⑧臀部・下肢の痺れ程度の PLS 回帰分析の結果(腰痛疾患患者)	64
図 5.11	⑨股関節屈曲角度の PLS 回帰分析の結果(腰痛疾患患者)	65
図 5.12	⑩股関節外旋角度の PLS 回帰分析の結果(腰痛疾患患者)	66
図 5.13	⑪股関節内旋角度の PLS 回帰分析の結果(腰痛疾患患者)	67
図 5.14	⑫下肢伸展拳上角度の PLS 回帰分析の結果(腰痛疾患患者)	68

第6章

図 6.1	リハビリテーションの治療指針の情報学的記述ツリー	75
-------	--------------------------------	----

表目次

第4章

表 4.1	クラスター樹形図(腰痛疾患患者)	34
-------	------------------------	----

第5章

表 5.1	クラスター樹形図(腰痛疾患患者)	55
-------	------------------------	----

第1章 はじめに

1.1 はじめに

厚生労働省の国民生活基礎調査(平成28年国民生活基礎調査の概要, 2017)によると, 腰痛は, 国民の自覚症状を有する部位で第1位を占めている。また, 平成22年度国勢調査(Yoshimura, et al. 2014)によると, 我が国の40歳以上で腰痛を抱えている人は2800万人と推定されている。腰痛の生涯発生率は50~80%であり, 近年, 腰痛の問題は病理学上の問題だけでなく, 身体機能の低下から日常生活動作(Activity of Daily living; ADL)能力の低下, そして社会生活や心理面への問題など, さまざまな影響を及ぼすと言われている。

また, 腰痛は社会的にも影響を与え, 厚生労働省による調査(平成28年国民生活基礎調査の概要, 2017)には, 労働による腰痛の頻度は高く, 長期に渡り職業性疾病の第1位となっている。腰痛は, 医療費のみならず休業による生産性低下や補償などによる社会的損失にまで影響を及ぼしている。2011年の我が国における職業性腰痛に要する年間総医療費は, 約820億円にのぼると報告されている(Itoh, et al. 2013)。このように, 腰痛は国民病であり, 腰痛に対する取り組みは, 単に医療費の削減だけでなく, 国民の生活の質(Quality of Life; QOL)の改善にもつながると考える。

1.2 腰痛について

腰痛とは, 文字通り腰部周辺の痛みという定義が成り立っており, 腰部とは触知可能な最下端の肋骨と臀溝の間の領域とするのが一般的である(Hagen, et al. 2005)。また, 腰痛は①神経障害, ②慢性疼痛, ③脊柱変形, ④病理疾患などのさまざまな要素が混在した疾患である。腰痛疾患における臨床症状は, 下肢痛を伴う腰痛と下肢痛を伴わない腰痛に大別される。下肢痛を伴う腰痛の多くは, 馬尾・神経根の障害を伴う器質的腰痛である。下肢痛を伴う腰痛の特徴として以下の項目をあげることができる。①Neurogenic Pain が主因となっている, ②整形外科的診断・治療大系が有効, ③画像診断が有効, ④手術療法が有効, ⑤下肢症状ばかりでなく, 腰痛そのものも馬尾・神経根症状の一部であることも少なくない(久野木, 2005)。また, 腰椎椎間板ヘルニアと腰部脊柱管狭窄症では, 同じ下肢痛を伴う腰痛ではあるが, その病態も異なり, 臨床徴候も異なる。このように腰痛疾患はさまざまな症状を示し, それらの総称として扱われている。

腰痛疾患の原因において、原因の明らかな腰痛と明らかなではない腰痛の大きく2つに分類される。原因の明らかな腰痛では、転移性脊椎腫瘍、化膿性脊椎炎、脊椎カリエスなどの重篤な疾患に伴う腰痛と、腰椎椎間板ヘルニア、腰部脊柱管狭窄症、椎体骨折、腰椎分離症などの特異的脊椎疾患があげられる。原因が明らかなではない腰痛では「非特異的腰痛」が代表的である。首都圏の9,307名の勤労者を対象としたアンケート調査では、腰痛遷延化の危険因子として、仕事への不満、低いソーシャルサポート、抑うつなどの心理社会的要因を報告している(松平, 他. 2015)。2001年の報告(Deyo and Weinstein. 2001)によって、種々の検査によっても原因が特定できない「非特異的腰痛」が腰痛症例の85%を占め、腰痛が多面的な要因で引き起こされるという認識が広まった。しかし、2016年には、腰痛を主訴とする外来患者320人を対象として、整形外科医が詳細な身体診察と診断的ブロックを行い腰痛の原因を診断した結果、78%は原因が特定できたと報告している(Suzuki, et al. 2016)。腰部脊柱管狭窄症、椎間板ヘルニア、椎体骨折などの病的な腰痛が21%であり、その他の早急な精査の必要のない、いわゆる深刻な原因のない腰痛は、椎間関節性腰痛が21%、筋・筋膜性腰痛が18%、椎間板性腰痛が13%、仙腸関節性腰痛が6%を占め、原因が特定できない腰痛は22%であったと報告している。このような整形外科・脊椎専門外科の絶え間ない努力により現在では、原因が特定できない「非特異的腰痛」と呼ばれる腰痛も徐々に解明されてきており、腰痛診療では、まず神経症状を伴う腰痛や悪性腫瘍など重大な疾患による腰痛を鑑別し、それら以外の腰痛疾患に関しては、患者一人ひとりに合ったプランでリハビリテーションなどを処方している。

腰痛疾患患者に対してまず保存療法が施行されるが、病態の悪化や長期間の保存療法で改善が見られず、患者本人や家族が手術を強く希望する場合には手術を施行する。手術は、Shared decision making に基づき、以下のような症例に計画している。

- ①麻痺症状(膀胱直腸障害、下垂足など)が認められる重症症例。
- ②下肢筋力低下などによりQOLの低下が進行している症例。
- ③著しいADL制限をきたすほどの強い間歇性跛行や疼痛・痺れが安静時にもみられる症例。

腰痛疾患患者に対して、医師、看護師、理学療法士などの医療従事者だけでなく、家族、職場関係者など、さまざまな方々からのアプローチやサポートが重要と考える。これらのように腰痛疾患患者の持つ問題は、多面的であることは間違いなく、治療成績の評価もその観点から評価する必要がある(Fukui, et al. 2009; 川上, 他. 2007)。

事項では、腰痛疾患患者に実施している評価項目を述べる。

1.3 日本整形外科学会腰痛評価質問票 (Japanese Orthopaedic Association Back Pain Evaluation Questionnaire: JOABPEQ) について

日本整形外科学会腰痛評価質問票 (Japanese Orthopaedic Association Back Pain Evaluation Questionnaire: JOABPEQ) は, 2007 年に日本整形外科学会によって作成された。

JOABPEQ は 25 項目の自己記入式質問票であり, 質問の回答から疼痛関連障害, 腰椎機能障害, 歩行機能障害, 社会生活障害, 心理的障害の 5 つの重症度スコアが算出される (図 1.1)。JOABPEQ の各重症度スコアは 0~100 点の値を取り, 値が大きいほど良好であることを示す。JOABPEQ は患者立脚型評価法で治療者側のバイアスが入りにくい評価法であり, 腰痛に特異的な QOL 評価法である (宮本, 他. 2009)。また, 医療従事者のみならず, 第三者も理解, 納得できる評価基準であり, リハビリテーションや手術などの治療効果をみる方法として有用である (川上守, 他. 2007; 宮本, 他. 2009)。

最近1週間ぐらいを思い出して、設問ごとに、あなたの状態にもっとも近いものの番号に○をつけてください。日や時間によって状態が変わる場合は、もっとも悪かったときのものをお答えください。

- 問1-1** 腰痛を和らげるために、何回も姿勢を変える
1) はい 2) いいえ
- 問1-2** 腰痛のため、いつもより横になって休むことが多い
1) はい 2) いいえ
- 問1-3** ほとんどいつも腰が痛い
1) はい 2) いいえ
- 問1-4** 腰痛のため、あまりよく眠れない
(痛みのために睡眠薬を飲んでいる場合は「はい」を選択してください)
1) はい 2) いいえ
- 問2-1** 腰痛のため、何かをするときに介助を頼むことがある
1) はい 2) いいえ
- 問2-2** 腰痛のため、腰を曲げたりひざまづいたりしないようにしている
1) はい 2) いいえ
- 問2-3** 腰痛のため、椅子からなかなか立ち上がれない
1) はい 2) いいえ
- 問2-4** 腰痛のため、寝返りがうちににくい
1) はい 2) いいえ
- 問2-5** 腰痛のため、靴下やストッキングをはく時苦労する
1) はい 2) いいえ
- 問2-6** あなたは、からだのぐあいが悪いことから、からだを前に曲げる・ひざますく・かがむ動作をむずかしいと感じますか。どれかひとつでもむずかしく感じる場合は「感じる」としてください
1) とてもむずかしいと感じる 2) 少しむずかしいと感じる
3) まったくむずかしいとは感じない
- 問3-1** 腰痛のため、短い距離しか歩かないようにしている
1) はい 2) いいえ
- 問3-2** 腰痛のため、1日の大半を、座って過ごす
1) はい 2) いいえ
- 問3-3** 腰痛のため、いつもよりゆっくり階段を上る
1) はい 2) いいえ
- 問3-4** あなたは、からだのぐあいが悪いことから、階段で上の階へ上ることをむずかしいと感じますか
1) とてもむずかしいと感じる 2) 少しむずかしいと感じる
3) まったくむずかしいとは感じない

図 1.1 日本整形外科学会腰痛評価質問票 (Japanese Orthopaedic Association Back Pain Evaluation Questionnaire: JOABPEQ).

- 問3-5** あなたは、からだのぐあいが悪いことから、15分以上つづけて歩くことをむずかしいと感じますか
 1) とてもむずかしいと感じる 2) 少しむずかしいと感じる
 3) まったくむずかしいとは感じない
- 問4-1** 腰痛のため、ふだんしている家の仕事を全くしていない
 1) はい 2) いいえ
- 問4-2** あなたは、からだのぐあいが悪いことから、仕事や普段の活動が思ったほどできなかったことがありましたか
 1) いつもできなかった 2) ほとんどいつもできなかった
 3) ときどきできないことがあった 4) ほとんどいつもできた
 5) いつもできた
- 問4-3** 痛みのために、いつもの仕事はどのくらい妨げられましたか
 1) 非常に妨げられた 2) かなり妨げられた 3) 少し妨げられた
 4) あまり妨げられなかった 5) まったく妨げられなかった
- 問5-1** 腰痛のため、いつもより人に対していらいらしたり腹が立ったりする
 1) はい 2) いいえ
- 問5-2** あなたの現在の健康状態をお答えください
 1) よくない 2) あまりよくない 3) よい 4) とてもよい 5) 最高によい
- 問5-3** あなたは落ち込んでゆううつな気分を感じましたか
 1) いつも感じた 2) ほとんどいつも感じた 3) ときどき感じた
 4) ほとんど感じなかった 5) まったく感じなかった
- 問5-4** あなたは疲れ果てた感じでしたか
 1) いつも疲れ果てた感じだった
 2) ほとんどいつも疲れ果てた感じだった
 3) ときどき疲れ果てた感じだった
 4) ほとんど疲れを感じなかった
 5) まったく疲れを感じなかった
- 問5-5** あなたは楽しい気分でしたか
 1) まったく楽しくなかった 2) ほとんど楽しくなかった
 3) ときどき楽しい気分だった 4) ほとんどいつも楽しい気分だった
 5) いつも楽しい気分だった
- 問5-6** あなたは、自分は人並みに健康であると思いますか
 1) 「人並みに健康である」とはまったく思わない
 2) 「人並みに健康である」とはあまり思わない
 3) かろうじて「人並みに健康である」と思う
 4) ほぼ「人並みに健康である」と思う
 5) 「人並みに健康である」と思う
- 問5-7** あなたは、自分の健康が悪くなるような気がしますか
 1) 悪くなるような気が大いにする
 2) 悪くなるような気が少しする
 3) 悪くなるような気がするときもしないときもある
 4) 悪くなるような気はあまりしない
 5) 悪くなるような気はまったくしない

複写は可だが、改変を禁ずる
 会員以外の無断使用を禁ずる。

© 2007 社団法人日本整形外科学会

図 1.1 (続き).

1.4 視覚的アナログ尺度(Visual analog scale:VAS)について

臨床現場において、痛みは多くの患者が訴える症状の一つであり、痛みは各個人の主観的なものである。同じ組織損傷があっても感じ方や強さなどは個々に異なり、決して同一の痛みではない。そのため、痛みの測定としては患者自身の報告によるものが最も望ましく、痛みの評価尺度の中で、痛みの強度を測定する尺度の代表的なものとして、視覚的アナログ尺度(Visual analog scale:VAS)がある(図 1.2)。

VAS(Dinah Gould and Daniel Kelly. 2001)は、10cmのスケールが用いられ、痛みや痺れの強さを評価する臨床的な評価方法のひとつである。スケールのメモリや最大値、最小値の表現言語には様々な言葉が用いられており、様々な説明があるが、一般的には、右端が最高の痛み(痺れ)、左端が痛み(痺れ)なしとして、現在の痛みや痺れがその線上のどこにあるかで痛みや痺れの程度を評価する方法である。

VASに関して、多くの文献でVASが使用されていると報告している(竹形みずき, 他. 2011)。また、VASは主観的評価の中で、感度がよく、簡単で再現性があり、世界共通なものであると言われている(熊澤. 2010)。VASは、もともと精神物理学分野での使用が古くからあり、VASの前身となるスケールとして1921年にHayesとPattersonによって「Graphic Rating Method」として発表されたものが最も古く、1969年のAitkenやZealleyの研究以降、気分や感覚を量的に評価するのに広く用いられるようになったと報告されている(長南. 1992)。日本では、1991年の原著論文が最も古かった(岡崎, 他. 1991)。これらの経緯から、精神物理学分野で使用されていたVASが痛みの評価にも使用されるようになり、日本においても医療、看護分野での使用が広がっていったことがわかる。

「痛み(痺れ)が全くない状態」を0、「想像できるもっとも激しい痛み(痺れ)」を100と考えて、最近1週間で最も症状のひどい時の痛み(痺れ)の程度が、0mmから100mmの間のいくつぐらいで表せるかを下の線の上に記して下さい。

痛みがなかったくない
気持ちのよい状態

想像できるもっとも
激しい痛み(痺れ)

0mm

100mm

図 1.2 視覚的アナログ尺度(Visual analog scale: VAS)。

腰痛の程度、臀部・下肢痛の程度、臀部・下肢の痺れの程度を評価する。

1.5 股関節の関節可動域, 下肢伸展挙上角度について

一般的に腰痛は、脊柱や股関節の可動性の減少により、局所のストレスが増加したことで発生すると言われている (Porter and Wilkinson. 1997). 特に腰痛患者は健常人と比較して股関節の内旋可動域 (range of motion; ROM) 制限を有していると報告されている (Vad, et al. 2004). また、前屈動作の腰椎骨盤リズムに着目した研究も数多く (Esola, et al. 1996), 腰痛患者は前屈動作において、股関節運動の貢献が少なく、腰椎運動の貢献が大きいことが腰部への負担になっている (図 1.3). また、前屈動作の改善には股関節 ROM の改善が必要であり、3 週間のハムストリングスのストレッチを実施した群は、下肢伸展挙上角度 (Straight Leg-Raising Angel; SLRA) が 59° から 68° に改善し、前屈動作が腰椎中心の動作から股関節中心の動作に改善したと報告している (Li, et al. 2002).

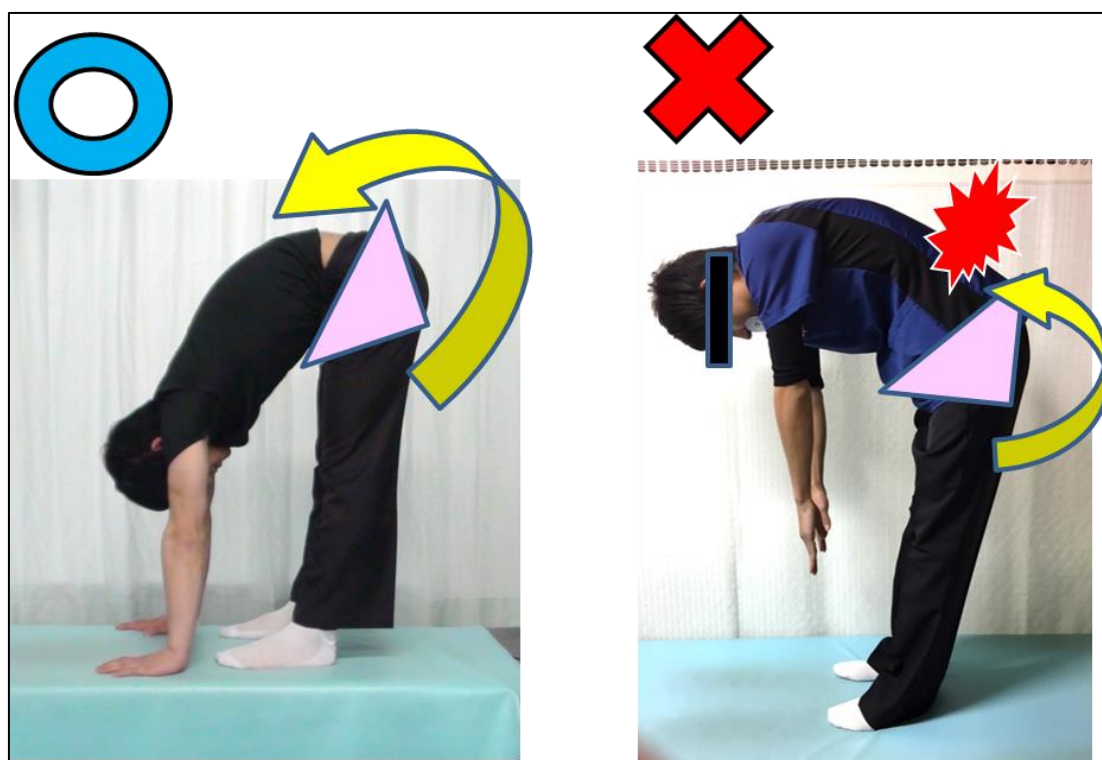


図 1.3 腰痛患者の前屈動作
左) 股関節運動の貢献が多い前屈動作
右) 股関節運動の貢献が少なく、腰部に負担のかかる前屈動作

したがって、腰痛のリハビリテーションでは、問診や疼痛評価だけでなく、脊柱や股関節 ROM の測定、下肢の筋肉の柔軟性を評価し、各腰痛疾患患者の病態を把握し

ている。関節ROM測定では、脊柱の屈曲、伸展、回旋、側屈ROM、股関節の屈曲(図1.4)、伸展、外転、内転、外旋(図1.5)、内旋(図1.6)ROM等を測定する。下肢の筋肉の柔軟性評価では、SLRAにてハムストリングスの柔軟性(図1.7)、踵殿距離(Heel Buttock Distance; HBD)にて大腿四頭筋の柔軟性(図1.8)、Ober testにて大腿筋膜張筋の柔軟性(図1.9)を評価している。これらの検査結果に基づいて、各腰痛の病態を把握し、機能低下を起こしている部分に対して治療プログラムを立案している。各筋の詳細は図1.10~1.12に示す(teamLabBody -3D Motion Human Anatomy-, <https://www.teamlabbody.com/>)。



図1.4 股関節屈曲角度.

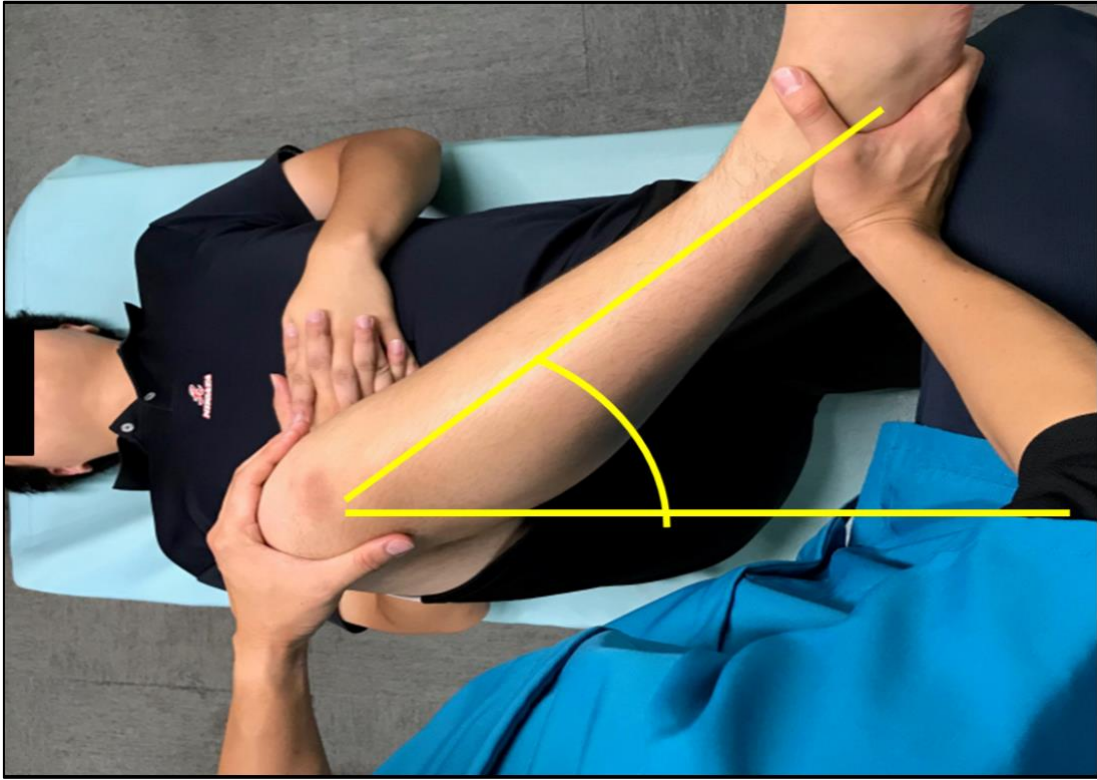


図 1.5 股関節外旋角度.

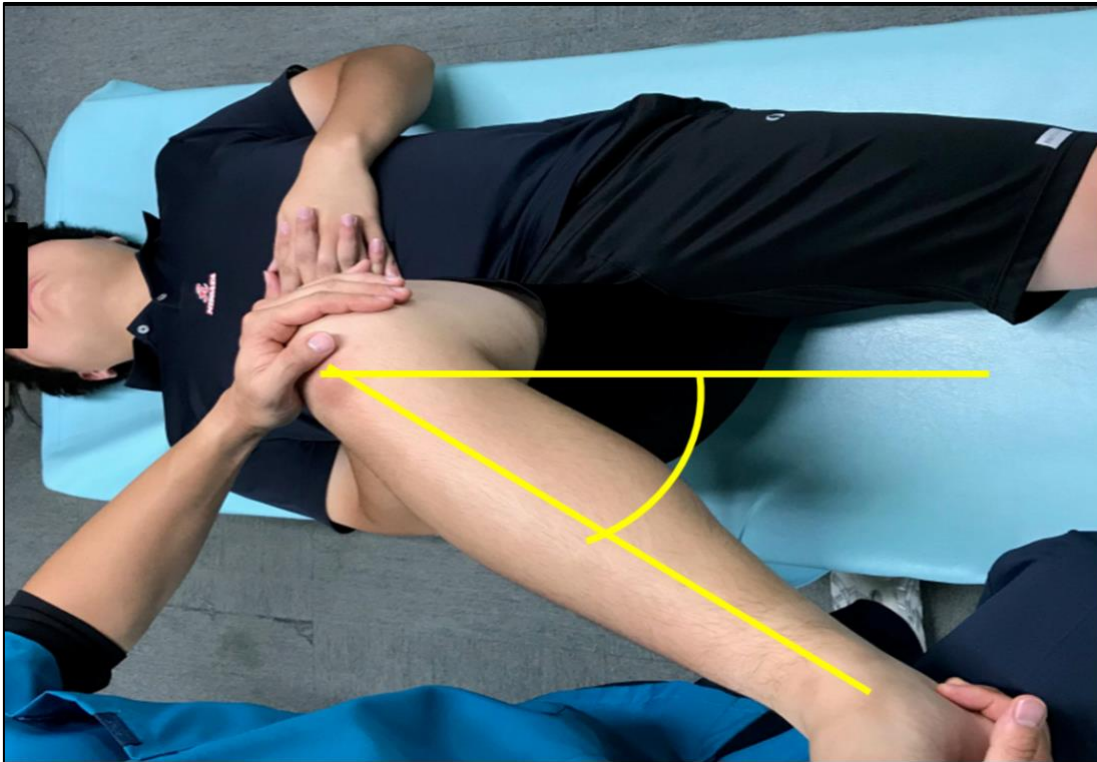


図 1.6 股関節内旋角度.

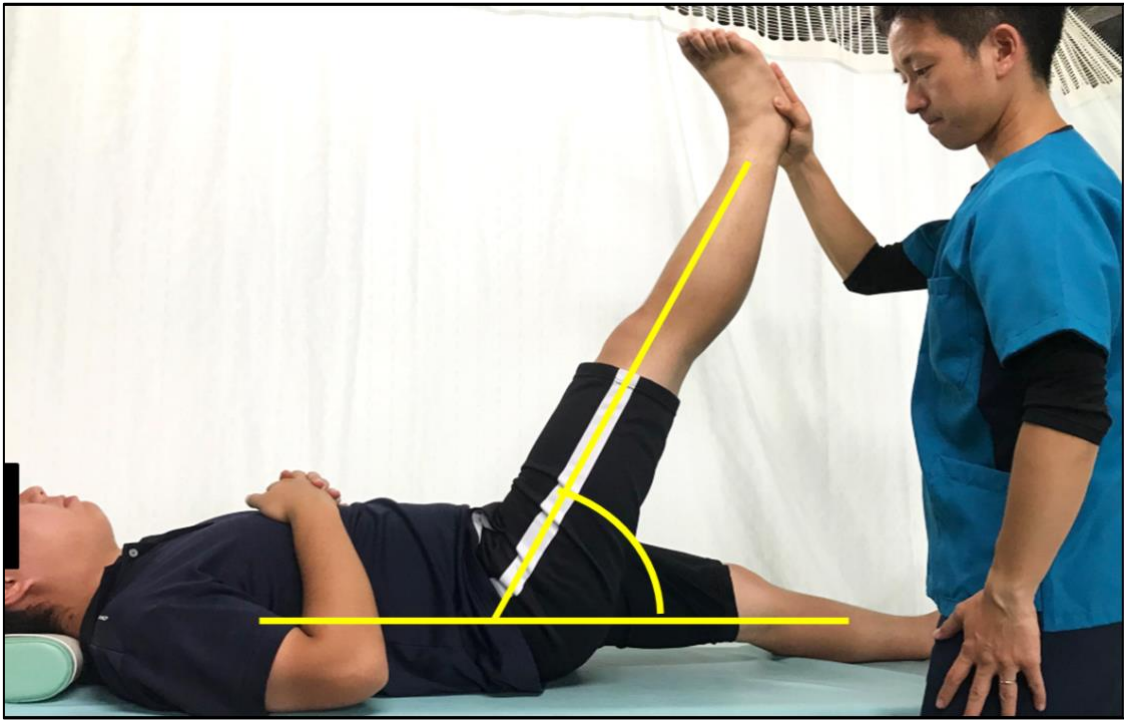


図 1.7 下肢伸展挙上角度 (Straight Leg-Raising Angel: SLRA).



図 1.8 踵殿距離 (Heel Buttock Distance: HBD).



☒ 1.9 Ober test.

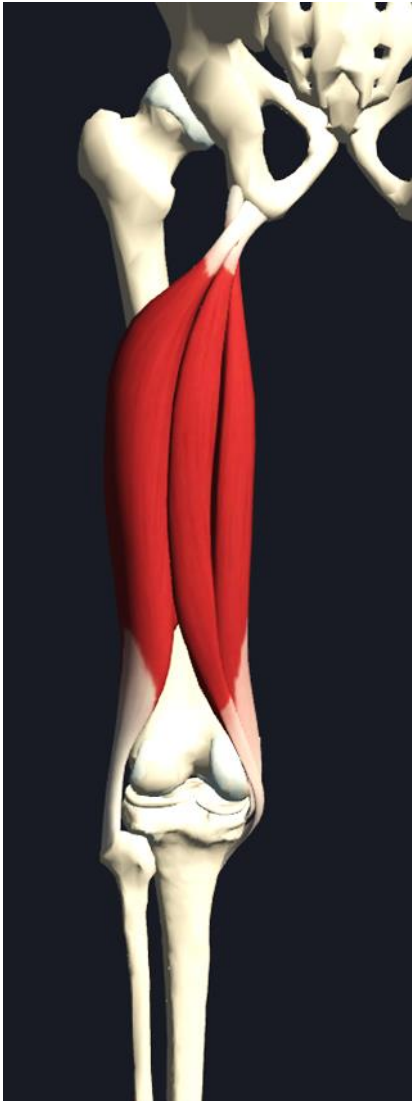


図 1.10

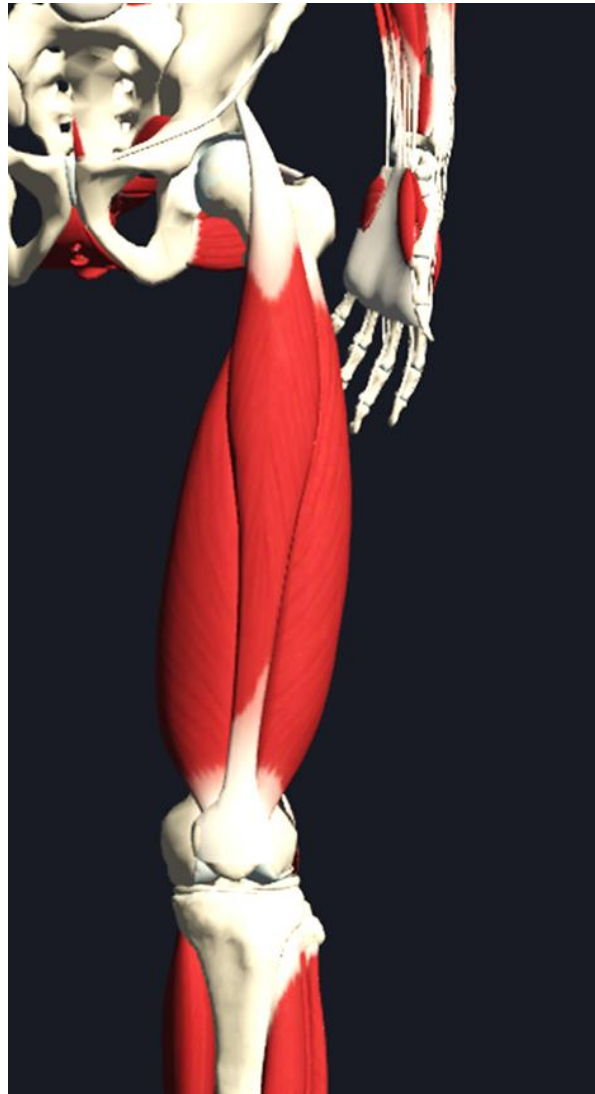


図 1.11

図 1.10 ハムストリングス(左下肢後面).

外側から大腿二頭筋, 半腱様筋, 半膜様筋の 3 つの大腿後面にある筋を合わせてハムストリングスという。

図 1.11 大腿四頭筋(左下肢前面).

外側から外側広筋, 大腿直筋, 内側広筋の 3 つと, 大腿直筋の下にある中間広筋の 4 つの筋を合わせて大腿四頭筋という。



図 1.12 大腿筋膜張筋(左下肢前側面).
骨盤の上前方（上前腸骨棘）から起こり，股関節の外側（大転子）で脛骨外側顆に付着する腸脛靭帯で終わる.

1.6 本研究の目的

臨床現場では，各患者の腰痛の状態をあらゆる尺度で評価しているが，日常的に測定している股関節 ROM などの定量的な身体的評価からの腰痛の状態と，患者自身が感じる主観的な腰痛の状態には差があることを感じる．また，腰痛の状態は，我々が日常的に行っている股関節 ROM などの定量的な評価よりも JOABPEQ などの患者自身が感じる主観的な評価に牽引される傾向がある．

JOABPEQ の過去の報告をみると，腰部手術やリハビリテーションなどの治療の効果判定のアウトカムとして使用している報告が数多くみられる（渡辺，他．2011；北村，他．

2017). また, 統計手法としては, JOABPEQ の各重症度スコアと痛みや痺れの程度などを, 相関分析で報告したものがあり, 結果は, 腰痛の程度と JOABPEQ の疼痛関連障害, 歩行機能障害, 社会生活障害との間に中程度の負の相関関係があると報告している(松井. 2009). 腰痛は, 脊柱や股関節 ROM が関与していると報告されている (Porter and Wilkinson. 1997). そのため, 腰痛の治療として, 股関節 ROM に影響を与えるハムストリングスのストレッチなどが実施されている. しかし, JOABPEQ と股関節 ROM やハムストリングスの柔軟性などの身体的評価との関連性をみた報告はない. また, 多変量解析を用いて, JOABPEQ の質問項目から身体的評価を関係づける回帰モデルの構築を検討した報告もない. もし, 腰痛疾患患者の JOABPEQ の回答から身体的評価を予測することができれば, リハビリテーションの評価や治療に活用でき, また, 評価の時間を一部省略することができると思う.

本研究の目的は, 手術を予定している腰痛疾患患者を対象に, JOABPEQ の質問 25 項目の回答と股関節 ROM やハムストリングスの柔軟性, 腰痛や臀部・下肢の痛みや痺れなどの身体的評価との関連性を評価し, また回帰モデルの構築が可能かどうか検討していくことである.

なお, 本研究は著者が所属している船橋整形外科病院(千葉県)に設置している倫理委員会の承認を得た上で行った.

1.7 本論文の構成

本論文は第 1~6 章で構成されており, 第 2 章では JOABPEQ の作成経緯を説明し, 第 3 章においては, データサイエンスの活用意義を説明している. そして, 第 4 章では, 腰痛疾患患者の JOABPEQ の回答から身体的評価を関係づける回帰モデル構築の結果を報告する. さらに, 第 5 章では, 第 4 章の課題を踏まえ, 各疾患の特徴的な回帰モデルを見出すために, 対象症例を腰部脊柱管狭窄症患者に特定して追加解析を行った. そして, 最後の第 6 章では, 本研究の総括と今後の展望を述べる.

第 2 章 JOABPEQ の趣旨・過程

JOABPEQ 作成前の日本では、QOL 評価が十分に根付いていないために、海外のものを重用していた (Fukui, et al. 2009). そのため、日本語として表現しづらいものがあるいくつかの質問項目にあった。これらの理由が、日本全体で患者立脚、多面的評価、科学性を満たすための日本オリジナル評価票作成の出発点となった。そして、日本整形学会は、2000 年 6 月に腰痛および腰痛疾患の評価基準における信頼性や妥当性を科学的に証明するために、JOABPEQ の作成作業を開始した。

2.1 第 1 次調査

2002 年の第 1 次調査 (Fukui, et al. 2009, 宮本雅史, 他. 2009, Fukui, et al. 2007a) では、評価項目の抽出として、日本でもその信頼性が検証されている腰痛特異的 QOL 尺度の RDQ (Roland-Morris disability questionnaire) の質問 24 項目 (<https://www.sf-36.jp/qol/files/rdq.pdf>) と包括的健康度の指標である SF36 (Short-Form 36 Health Survey) の質問 36 項目 (https://www.sf-36.jp/qol/files/SF36v2_self.pdf) を合わせた 60 項目を下敷きとした。そして、主に腰椎椎間板ヘルニアと腰部脊柱管狭窄症患者の腰痛疾患群 346 名と健常者群 216 名の回答から、以下の基準を満たす除外可能な設問を除外した。

除外基準として、(1)回答が 1 つの選択肢に集中しているもの、(2)設問間で相関が高いもの、(3)複数の設問で説明可能なもの、(4)健常者群と回答分布が同じもののいずれかを満たすものとした。統計学的解析は、Spearman の相関係数および判別分析を用いた。

設問の抽出経過において、まず 60 項目のうち健常者の 95%以上、腰痛疾患群の 80%が、同じ回答を選択している設問に集中している RDQ の設問 2 項目が除外され、次に、設問間で高い相関を示している設問のうち、RDQ の設問 6 項目および SF36 の設問 11 項目が除外された。そして、判別分析では、27 項目の設問に対して、各設問をそれぞれ目的変数とし、他の項目を説明変数として設定し、識別率の最低値が高い設問 4 項目 (最小識別率 70%以上) を除外候補とし、さらに、除外候補の設問 4 項目に対して再び判別分析を用いて、それぞれに目的変数と説明変数を設定し、除外可能な設問 2 項目を除外し、最終的に 25 項目に抽出され、できるだけ簡単な質問票が作成された (図 1.1)。

2.2 第2次調査

第2次調査(Fukui, et al. 2009, 宮本雅史, 他. 2009, Fukui, et al. 2007b)では, JOABPEQ の信頼性を検証するために, 2 週間の期間に自覚・他覚的に症状の変化がなかった腰痛疾患患者 161 名を対象とし, 2 回の調査間での回答の再現性を κ 値および重みつき κ 値とその 95%信頼区間で評価した.

κ 値とは, カップパ係数(kappa coefficient)ともいわれ, 同じ対象に対して 2 つの評価間の一致度を表す場合に用いられる統計量の 1 つである. 評価者間の一致度や繰り返し測定の一貫性を見るときに用いられ, 評価方法の信頼性や妥当性を調べることができる. カップパ係数 κ 値は, $-1 \leq \kappa \leq 1$ の範囲をとり, 値が 1 に近いほど一致度が高いことを意味する.

第2章の結果として, κ 値および重み付き κ 値が 0.5 以上, 95%信頼区間の下限が 0.4 以上をほぼ満たしており, 良好な再現性が確認された.

2.3 第3次調査

第3次調査(Fukui, et al. 2009; 宮本, 他. 2009; Fukui, et al. 2008)では, JOABPEQ の妥当性の検証, 重症度スコアの設定をすることを目的として, 手術歴のない腰痛疾患患者 355 名を対象とした. JOABPEQ の回答および担当医師が主観的に患者の重症度を 3 段階に分類したものを評価項目とした.

解析方法は JOABPEQ の回答の分布から表面的妥当性を検討し, 主観的評価と JOABPEQ の結果を対比して内容的妥当性を検討した. さらに, 因子分析を用いて, 重症度スコアの設定を行った.

結果において, 表面的妥当性では, 回答が 1 つの選択肢に集中する傾向はなく, 設問は妥当であると判断された. 内容的妥当性では, JOABPEQ の各因子の値と医師の主観的評価を対比すると, 医師の主観的評価が重症であるほど, JOABPEQ の値が低い傾向が認められ, 妥当な結果であると判断された. 重症度スコアの設定においては, 固有値が 1 より大きいものが 5 項目あり, 第 5 因子までの累積寄与率は 53.1%であった. 質問の内容から疼痛関連障害, 腰椎機能障害, 歩行機能障害, 社会生活障害, 心理的障害と名付けた. また, 各重症度を正確に評価するため, 計算式の作成では, 腰痛の重症度に強く関連する質問項目ほど重みを付け, 各因子得点が最小値は 0 で最大値が 100 となるように係数を加えて調整した.

5 種の重症度スコアは, 下記の式(1)～(5)により計算される.

疼痛関連障害スコア

$$= (\text{問 1-1} \times 20 + \text{問 1-2} \times 20 + \text{問 1-3} \times 20 + \text{問 1-4} \times 10 - 70) \times 100 \div 70 \quad (1)$$

腰椎機能障害

$$= (\text{問 2-1} \times 10 + \text{問 2-2} \times 10 + \text{問 2-3} \times 20 + \text{問 2-4} \times 10 + \text{問 2-5} \times 30 + \text{問 2-6} \times 20 - 100) \times 100 \div 120 \quad (2)$$

歩行機能障害

$$= (\text{問 3.1} \times 30 + \text{問 3.2} \times 20 + \text{問 3.3} \times 10 + \text{問 3.4} \times 10 + \text{問 3.5} \times 30 - 100) \times 100 \div 140 \quad (3)$$

社会生活障害

$$= (\text{問 3.5} \times 4 + \text{問 4.1} \times 2 + \text{問 4.2} \times 6 + \text{問 4.3} \times 10 - 22) \times 100 \div 74 \quad (4)$$

心理的障害

$$= (\text{問 5.1} \times 3 + \text{問 5.2} \times 4 + \text{問 5.3} \times 6 + \text{問 5.4} \times 6 + \text{問 5.5} \times 3 + \text{問 5.6} \times 3 + \text{問 5.7} \times 3 - 28) \times 100 \div 103 \quad (5)$$

5種の重症度スコアは0～100ポイントの値をとり、値が大きいほど良好な状態であることを示す。5種の重症度スコアは因子ごとに独立して用いられ、5種全部もしくはその一部を合計した値は使用しないと規定されている。また、5種の重症度スコアが正規分布に従うことは確認されていないため、統計手法はノンパラメトリック解析を用いる。

2.4 第4次調査

第4次調査(Fukui, et al. 2009; 宮本, 他. 2009)では、重症度スコアの反応性の確認として、腰痛疾患患者249名に対して治療前後に2回実施した。主観的評価として「良くなった」から「悪くなった」までの5段階評価とし、医師は全体としての治療効果を、患者は5つの重症度スコアに関する治療効果をそれぞれ5段階に回答した。

結果において、医師の評価と患者の評価を対比すると、両者の評価はほぼ一致し

ていた。患者の主観的評価が良くなるにしたがって、JOABPEQ の獲得点数の増加がみられ治療成績を感受性よく評価できるものであることを示した。また、獲得点数が 20 点を超えることで患者の主観的評価は一段階改善する傾向がみられ、獲得点数が 20 点を超えることが 1 つの目安になると考えられた。

第3章 データサイエンスの活用

3.1 多変量解析の活用

データサイエンスは、統計的推論、データの可視化、実験的デザイン、ドメイン知識、コミュニケーションなどで構成される。また、先行研究では、統計的、計算的、人間的視点などの有機的結合がデータサイエンスという学問であると述べている (Padhraic and David. 2017)。データサイエンスは多岐にわたり、数学、統計学、計算機科学、情報工学、機械学習、パターン認識、データマイニング、データベース、可視化などに関係し、生物学、医学、工学、経済学、社会学、人文科学などの分野で応用される。

臨床現場では、個々の患者に対し1単位20分、2単位40分という限られた時間の中で、各患者の痛みの症状に対して、問診、検査・測定、評価、治療、自宅での注意事項や次回の予約の確認、カルテ記載などを全て実施していく。JOABPEQは自己記入式質問票のため、各患者に対してリハビリテーション前に記入をお願いすることができる。もしJOABPEQの質問25項目の回答から痛みや痺れの程度、各個人の関節ROMなどの身体的評価の状態が一部でも把握できれば、リハビリテーションに携わる我々理学療法士にとって有益な情報になり、さらには身体的評価の結果として活用できると考える。また、各患者におけるリハビリテーション内の検査、測定、評価にかかる時間の短縮になり、治療およびその他の有用な時間を増やすことができる。

日常の臨床で得られる情報のみを利用するいわゆる観察データを解析する場合には、各患者への治療介入の割り当てが無作為に行われられないため、重症例が治療を受けやすいといった一定の傾向がある。すなわち、観察研究では症例が治療(手術を含む)を受けるかどうかは臨床的な判断によって決定される。日常の臨床では、より重篤な背景をもつ症例は積極的に治療が施される。一般には質問票から身体的評価は推測されると考えるが、その検討はされていない。

現在、治療を受けるかどうかの決断は、問診票や質問票などの主観的な評価とVASや関節可動域などの定量的な身体的評価から決断するが、JOABPEQなどの質問票からVASや身体的評価などの定量的な評価が関係づけられれば、質問票のみで患者の病態が把握でき、どのような治療を選択すべきかの決断が容易になる。この質問票と測定因子との関連性を評価、検討するために多変量解析を取り入れる。

3.2 機械学習

機械学習は、検索エンジン、医療診断、スパムメールの検出、金融市場の予測、DNA 配列の分類、音声認識や光学文字認識などのパターン認識、ゲーム戦略、ロボットなど幅広い分野で用いられている。機械学習には「教師あり学習」、「教師なし学習」という学習方法があり(図 3.1)、そして、「回帰」、「分類」、「クラスタリング」などに分類される。

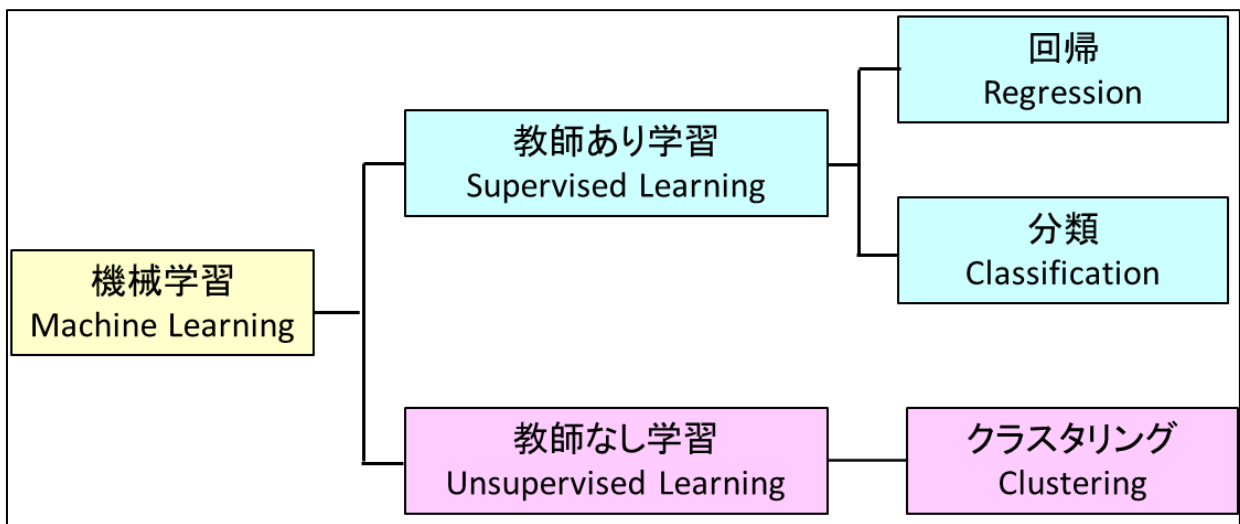


図 3.1 教師あり学習と教師なし学習

3.3 教師あり学習と教師なし学習

教師あり学習 (Supervised Learning) とは、入力ベクトル x と出力値 y が対となったデータ (x, y) が観測されており、入力ベクトル x から出力値 y を推定する学習を指す。いま、出力値がグループであるときには、入力ベクトル x からこのグループに分類する、いわゆる分類問題となる。一方、出力値が連続的特徴、離散値であっても大小関係に意味がある順位尺度であるとき、入力ベクトル x から出力値 y を関係づける回帰式を構築することになる。このような場合を回帰問題という。すなわち、教師あり学習とは、おおまかには分類問題と回帰問題に分類できる。

一方、教師なし学習では、入力ベクトル x により対象間の関係と変数間の関係、対象と変数の関係を把握する解析法を指す。

3.4 回帰(Regression)

回帰とは、数値の予測であり、直線で回帰することを線形回帰、直線以外の線で回帰することを非線形回帰という。また、一つの変数から回帰することを単回帰、複数の変数から回帰することを重回帰という。重回帰は、最も基本的な線形回帰であり、説明変数 x と目的変数 y がセンタリングされているとして、 $y=xb+f$ のベクトル b を、誤差 f をサンプルごとに二乗した値の総和が最も小さくなるように決める方法である。この方法では、 b を決めるために用いたデータセットにおける目的変数の誤差は小さくなるが、新しいサンプルに対する誤差が大きくなってしまふことが問題である。つまり、モデル構築用のデータセットにはよく当てはまる一方で、それとは別のデータセットに対するモデルの性能が不安定になるオーバーフィッティング(多重共線性)と呼ばれる問題が生じる。

3.4.1 部分的最小二乗法(Partial Least Squares: PLS)回帰分析

PLS 回帰分析は重回帰分析と異なり、サンプル数 N が説明変数 (x_1, x_2, \dots, x_M) の数 M に比べて大きい場合にもモデル式を構築することができる。また、2 つの説明変数間に高い相関がある場合での重回帰分析には、モデルが不安定になるオーバーフィッティングが起こるが、PLS 回帰分析によって、互いに無相関で説明変数より数の小さい主成分のみを使うことができるため、回帰係数が安定する。そのため、モデルのオーバーフィッティングが小さくなり、新しいサンプルに対する推定誤差が小さくなる。PLS 回帰分析は、目的変数の情報をなるべく含むように説明変数から計算された主成分と目的変数との間で、最小二乗法による重回帰分析が行われる。説明変数の中に含まれる部分的な情報のみを使用して回帰モデルが構築されることで、シンプルな回帰モデルを構築できる。

PLS 回帰分析は、マーケティングなどの分野で確立されており、モデルの信頼性と妥当性を評価するための包括的な一連の評価基準が利用可能である。医療情報領域、ヘルスケア領域では、最適な治療法や保険を含む医療コストの意思決定に主成分分析ではなく、PLS 回帰分析が用いられている (Aris, et al. 2018; Ashok, et al. 2019)。主にマネージメントや政策に関係するモデルの構築が報告されており (Necmi. 2018)、治療効果の向上や利用する機器の最適化などのモデルの構築が試みられている (Dehora, et al. 2019)。ヘルスケアの分野におけるデータ解析では、PLS 回帰分析の活用の有効性が示されており、ヨーロッパにおける新生児スクリーニングの決定に影響する構造モデルの支持が得られている (Fischer. 2012)。また、ケモメトリクス (Chemometrics) の分野での応用が期待されている。ケモメトリクスとは、化学

(Chemistry)と計量学(Metrics)を組み合わせた造語で、統計的手法を利用して化学システム・プロセスの測定データと状態を結び付ける科学である。例えば、NMR (Nuclear Magnetic Resonance) スペクトロスコープによる神経性細胞の分類に用いられている(Genevera, et al. 2013)。

目的が明確であるので、医療経営の立場からモデリングの構築の研究が散見されるが、リハビリテーションの領域では具体的な例はみられない。先行研究では、主成分分析やSVM (Support Vector Machine) による疾病分類は普及しはじめているが、PLS 回帰分析によるモデリングは見られない。

3.5 分類(Classification)

分類も幅広く人工知能で使われており、花の認識のように物体(Object)を見分ける画像分類(Image classification)の他にも、正常と不良を見分ける故障診断(Diagnostics)や離れていきそうな顧客を検知する顧客維持(Customer Retention)など、さまざまな分野で使われている。分類は古くから行われてきた人工知能の代表的な作業であるため、分類を行う機械学習アルゴリズムも数多くあり、ルールベースで分類する決定木(Decision Tree)や確率で表現するK近傍法などさまざまなものが使い分けられている。そして、特徴点を見つけて分類してゆく作業はディープラーニングも得意なジャンルであるため、ルールベースで決まらない曖昧なものの分類にはディープラーニングが使われるようになりつつある。

3.5.1 ロジスティック回帰分析

ロジスティック回帰分析は、分類で良く利用される代表的な分類法である。事象の有無を予測する場合に重回帰分析を用いると、期待する結果は得られないため、ロジスティック回帰分析を用い、「特定の現象の有無」、 y が1になる確率を判別する。ロジスティック回帰分析では、以下の式で計算される。

$$y = \frac{1}{1 + \exp(-(a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n + b))} \quad (6)$$

この式では、 x_i がどんな値をとっても目的変数 y が0から1までの範囲に収まる。この a_i は、 x_i に対する偏回帰係数であり、この偏回帰係数を求める手法は、2種類ある。一つ目は、最小二乗法、二つ目は、最尤法を用いる方法である。

式(6)を式(7)～(9)と変形させ、最小二乗法である式(10)とする。

$$y = \frac{1}{1 + \exp(-(a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n^2 + b))}$$

(7)

$$1 - y = \frac{\exp(-(a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n + b))}{1 + \exp(-(a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n + b))} \quad (8)$$

$$\frac{p}{1-p} = \exp(a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n + b) \quad (9)$$

ここで対数を取り,

$$\ln \frac{p}{1-p} = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n + b = l \quad (10)$$

式(10)であれば, 重回帰分析と同様に最小二乗法を用いて偏回帰係数 a_i を求めることができる.

$$\ln \frac{p}{1-p} = y' \quad (11)$$

式(11)とすれば, 最小二乗法が使える形になっていると確認できる.

式(10)の l のことをロジットと呼び, このロジットに対して指数を取るとオッズが出てくる.

$$\exp(l) = \ln \frac{p}{1-p} \quad (12)$$

式(12)のオッズは, ある事象が発生する確率と発生しない確率の比になる.

3.6 クラスタリング(Clustering)

クラスター分析は, あらかじめ分類の基準が決まっておらず, さらに, 分類のために外的基準や評価が与えられていない場合の分類法である. 一般的には, ①なにを分類するかなど, 対象を決定する, ②階層方式か非階層方式かの形式を決定する, ③分類に用いる対象間の距離(類似度)を決定する, ④ウォード法に代表されるクラスターの合併方法(クラスター間の距離の測定法)を決定する場合に用いる.

本研究でのクラスター分析の分類項目は, JOABPEQ の各質問項目の回答, 各重症度スコア, VAS による疼痛評価, 股関節 ROM などの身体的評価があげられる. 形式は階層, 非階層がある.

3.6.1 階層クラスター分析

階層クラスター分析は、最も似ている組み合わせから順番にまとまり(クラスター)にしていく方法で、途中過程が階層のように表せ、最終的に樹形図(デンドログラム)ができる。

クラスター間の距離は、1)ウォード法、2)群平均法、3)最短距離法、4)最長距離法がある。

以下に、各手法の特徴を述べる。

1) ウォード法

2つのクラスターP, Qを結合したと仮定したとき、それにより移動したクラスターの重心とクラスター内の各サンプルとの距離の2乗和、 $L(P \cup Q)$ と、元々の2つのクラスター内での重心とそれぞれのサンプルとの距離の2乗和、 $L(P)$, $L(Q)$ の差が最小となるようなクラスター同士を結合する手法である。

$$\Delta = L(P \cup Q) - L(P) - L(Q) \quad (13)$$

Δ の値を情報ロス量という。この方法の計算量は、多いが分類感度がかなり良い。

本研究ではウォード法を活用した。ウォード法においては、クラスター形成時に構築されたクラスターに含まれる対象間の分散が最小となるように融合される。そこで、対象の凝集性に注目したデンドログラムが構築される。

2) 群平均法

各クラスター同士で、全ての組み合わせのサンプル間距離の平均をクラスター間距離とする手法である。鎖効果や拡散現象を起こさないため、用いられることが多い。

3) 最短距離法

2つのクラスターのサンプル同士で最も小さいサンプル間距離をクラスター間の距離とする手法である。鎖効果により、クラスターが帯状になってしまい、分類感度は低いが、計算量が少ない。

4) 最長距離法

最短距離法の逆で各クラスター中、最大のサンプル間距離をクラスター間距離とする。分類感度は高いが、クラスター同士が離れてしまう拡散現象が生じるが、計算量が少ない。

階層クラスター分析は、近いものから順番にくくるという方法をとるため、あらかじめクラスター数を決める必要がないことが最大の長所である。ただ分類だけでなく、結果として出力される樹形図から、分類の過程でできるクラスターがどのように結合されていくかを一つひとつ確認できるため、クラスター数を後から決めることができる。例えば、3つに分けようと思えば、縦の線を3本横切るような線を引き、その線から下に繋がっている要素を1つのクラスターと考えれば、任意のクラスター数に分けることができる。最小は全体である1クラスター、最大は要素数に等しくなる。

3.6.2 非階層クラスター分析

非階層クラスター分析とは、異なる性質のものが混ざり合った集団から、互いに似た性質を持つものを集め、クラスターを作る方法の1つであるが、階層クラスター分析と異なり、階層的な構造を持たず、あらかじめいくつのクラスターに分けるかを決め、決めた数の塊にサンプルを分割する方法である。階層クラスター分析と違い、サンプル数が大きいビッグデータを分析するときに適している。ただし、あらかじめいくつのクラスターに分けるかは、分析者が決める必要があり、最適クラスター数を自動的に計算する方法は確立されていない。代表的手法は「k-means 法」がある。先行研究にて提案された非階層型クラスタリング手法では、クラスターの平均(means)を用い、あらかじめ決められたクラスター数「 k 」個に分類することに由来している(MacQueen. 1967; Forgy. 1965; Anderberg. 1973)。

第 4 章 腰痛疾患患者における JOABPEQ の回答と身体的評価を関係づける回帰モデル

4.1 目的

本章では、腰痛疾患患者の JOABPEQ の質問 25 項目の回答と股関節 ROM やハムストリングスの柔軟性、腰痛の程度、臀部・下肢の痛みや痺れの程度などの身体的評価との関連性を評価し、また、JOABPEQ の回答から身体的評価を関係づける回帰モデルの構築が可能かどうかを検討した。

4.2 方法

対象は、2015 年 8 月から 2017 年 8 月までの間に、腰痛および臀部・下肢痛にて著者の所属している船橋整形外科病院(千葉県)を受診し、椎間板摘出術、除圧術、固定術等の手術を予定した腰痛疾患患者 291 名とした。平均年齢は 62.0 ± 16.7 歳であり、男性 187 名、女性 104 名であった。主な疾患名は、腰部脊柱管狭窄症 115 名、腰椎椎間板ヘルニア 114 名、腰椎すべり症 55 名、その他が 7 名であった。データの収集方法は、各患者のカルテ情報から手術直前の ADL 能力や身体的評価の結果を収集した。

検討項目は、JOABPEQ における質問 25 項目の回答とその回答から算出された①疼痛関連障害、②腰椎機能障害、③歩行機能障害、④社会生活障害、⑤心理的障害の 5 つの重症度スコアと、身体的評価である疼痛評価と関節 ROM の測定を実施した。疼痛評価では、VAS を使用して⑥腰痛の程度、⑦臀部・下肢痛の程度、⑧臀部・下肢の痺れの程度を測定し(図 1.2)、また、ROM では、⑨股関節屈曲角度、⑩股関節外旋角度、⑪股関節内旋角度、⑫SLRA を測定した(図 1.3~1.6)。データの収集および測定は、各対象者の手術日までに第 3 者が実施し、JOABPEQ の回答に空欄がある場合、また、測定が実施できなかった場合は除外した。

4.3 統計学的解析

JOABPEQ は、質問 25 項目に対する回答をもとに、腰痛の状況、身体機能、ADL および QOL の状況など 5 種類の重症度スコアが算出できるシステムである。i 番目の

患者の j 番目の質問の回答を x_{ij} とすると、質問 25 項目における i 番目の患者の回答は 25 次元のベクトルにより表現することができる。

$$\mathbf{x}_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iM}) \quad (14)$$

いま、 N 人の回答が得られると、式(15)で示す行列で、これらのデータを表記することができる。ここで、それぞれの個体の回答の類似性を検討する時には、 M を 25 とした行列、また、25 問の回答から算出される 5 つの各重症度スコアの得点を扱う時には M を 5 とした行列により表現することができる。

$$\begin{pmatrix} x_{11} & \dots & x_{1j} & \dots & x_{1M} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{i1} & \dots & x_{ij} & \dots & x_{iM} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{N1} & \dots & x_{N1} & \dots & x_{NM} \end{pmatrix} \quad (15)$$

式(15)の行列をもとに、それぞれの回答の関連性を検討するために基本統計を行い、質的データの JOABPEQ と量的データの身体的評価の類似性を検討するためにクラスター分析を行った。さらに、主観的な JAQBPEQ の質問 25 項目の回答から定量的な身体的評価を予測する回帰モデルが構築できるかどうかを検討するために部分的最小二乗法 (Partial Least Squares: PLS) 回帰分析を行った。

4.4 クラスタ分析

クラスター分析は、JOABPEQ の質問 25 項目の回答の独立性と、算出された 5 つの重症度スコアに加えて、身体的評価の全ての変数間の関連性を把握する目的で行われている。本解析で活用するデータは連続値と離散値が含まれており、それぞれの変数のダイナミックレンジも異なるため、相関係数によるクラスタリングを行った。すなわち、 j 番目と j' 番目の回答 ($x_j, x_{j'}$) における距離を $d(x_j, x_{j'}) = 1 - r(x_j, x_{j'})$ と定義 (Liu, et al. 2012) して、階層的クラスタ分析法の 1 つであるウォード法 (Ward. 1963) を用いた。階層的クラスタ分析法において、まず、それぞれの質問間の相関係数にもとづいて式(16)により距離を定義する。

$$d_{st} = 1 - r_{st} \quad (16)$$

ウォード法においては、二つのクラスターを結合する際に、「群内平方和の増加量」が最小になる二つのクラスターを結合するため、チェーニング効果がおこらず、分類効

果が高いという特徴があり、最も多くの研究で利用されている。ウォード法におけるクラスター間の距離の評価法を以下に示す。

いま、 $x_{ij(A)}^A$ をクラスターA に属する第 i 番目対象者の $j(A)$ 番目の 5 段階評価値であるとする。いまここで、クラスターA に含まれる質問の数を n_A とするとクラスターA 内の平方和を、

$$S_A = \sum_{i=1}^N \sum_{j(A)=1}^{n_A} (x_{ij(A)}^A - \bar{x}_i^A)^2 \quad (17)$$

とする。ただし、

$$\bar{x}_i^A = \frac{1}{n_A} \sum_{j(A)=1}^{n_A} x_{ij(A)}^A \text{ である。} \quad (18)$$

同様に、クラスターB の平方和を

$$S_B = \sum_{i=1}^N \sum_{j(B)=1}^{n_B} (x_{ij(B)}^B - \bar{x}_i^B)^2 \quad (19)$$

とする。ただし、

$$\bar{x}_i^B = \frac{1}{n_B} \sum_{j(B)=1}^{n_B} x_{ij(B)}^B \text{ である。} \quad (20)$$

二つのクラスターA と B を結合し、新しいクラスターC をつくる時、新しいクラスターC の平方和は、

$$S_C = \sum_{i=1}^N \sum_{j(C)=1}^{n_C} (x_{ij(C)}^C - \bar{x}_i^C)^2 = \sum_{i=1}^N \left(\sum_{j(A)=1}^{n_A} (x_{ij(A)}^A - \bar{x}_i^C)^2 + \sum_{j(B)=1}^{n_B} (x_{ij(B)}^B - \bar{x}_i^C)^2 \right) \quad (21)$$

となる。ここで、

$$\bar{x}_i^C = \frac{1}{n_C} \sum_{j(C)=1}^{n_C} x_{ij(C)}^C = \frac{1}{n_A + n_B} \left(\sum_{j(A)=1}^{n_A} x_{ij(A)}^A + \sum_{j(B)=1}^{n_B} x_{ij(B)}^B \right) = \frac{n_A \bar{x}_i^A + n_B \bar{x}_i^B}{n_A + n_B} \quad (22)$$

となる。式(20)を式(21)に代入すると、

$$S_C = S_A + S_B + \frac{n_A n_B}{n_A + n_B} \sum_{i=1}^N (\bar{x}_i^A - \bar{x}_i^B)^2 \quad (23)$$

となり、クラスターA と B を結合することにより、それぞれのクラスターの平方和の総和に、さらに、

$$\Delta S_{AB} = \frac{n_A n_B}{n_A + n_B} \sum_{i=1}^N (\bar{x}_i^A - \bar{x}_i^B)^2 \quad (24)$$

増加することになる。

二つのクラスターA, B を結合して作られたクラスターC と, さらに新たなクラスターU を結合するときの平方和の増分

$$\begin{aligned} \Delta S_{CU} &= \frac{n_C n_U}{n_C + n_U} \sum_{i=1}^N (\bar{x}_i^C - \bar{x}_i^U)^2 \\ &= \frac{n_A + n_U}{n_C + n_U} \Delta S_{AU} + \frac{n_B + n_U}{n_C + n_U} \Delta S_{BU} - \frac{n_U}{n_C + n_U} \Delta S_{AB} \end{aligned} \quad (25)$$

となるので,

$$d_{CU} = \frac{n_A + n_U}{n_C + n_U} d_{AU} + \frac{n_B + n_U}{n_C + n_U} d_{BU} - \frac{n_U}{n_C + n_U} d_{AB} \quad (26)$$

と表すことができる。ウォード法では, 式(26)により, お互いのクラスター間の距離を計算し, 最小距離にある二つのクラスターを結合する。この過程を繰り返すことにより, 樹形図(デンドログラム)を構築する。ウォード法では群内平方和の増加量を最小としながら, クラスターを形成するため, 比較的安定した対象の分類が可能である。そのため, 様々な分野のデータ解析に活用されている (Abdullah, et al. 2015)。

4.5 部分的最小二乗法 (PLS) 回帰分析

本研究では, JOABPEQ の質問 25 項目における段階評価 (X_1, X_2, \dots, X_M) をもとに, 各重症度スコアならび身体的評価といった目的変数 Y を式(27)による線形モデル式により, 有意な成分抽出とシンプルで予測精度の高い回帰モデルを構築するために PLS 法を用いた (Wold, et al. 1984)。

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + \dots + b_j X_j + \dots + b_M X_M \quad (27)$$

PLS モデル式は式(28)と式(29)により表現される。

$$\mathbf{y} = \bar{\mathbf{y}} + \sum_{k=1}^A \mathbf{t}_k q_k + \mathbf{e} = \bar{\mathbf{y}} + \mathbf{T} \cdot \mathbf{q} + \mathbf{e} \quad (28)$$

$$\mathbf{X} = \bar{\mathbf{X}} + \sum_{k=1}^A \mathbf{t}_k \mathbf{p}_k^T + \mathbf{E} = \bar{\mathbf{X}} + \mathbf{T} \cdot \mathbf{P}^T + \mathbf{E} \quad (29)$$

式(28)および式(29)において、潜在変数 \mathbf{t}_k により、説明変数 \mathbf{X} と目的変数 \mathbf{y} が関係付けられている。また式(28)においては q_k が、式(29)においては \mathbf{p}_k によりモデル式が定義される。PLS 回帰分析のモデル式において説明変数 \mathbf{X} により直接 \mathbf{y} を表現すると式(30)となる。

$$\mathbf{Y} = \bar{\mathbf{y}} - \bar{\mathbf{X}}^T \mathbf{W} (\mathbf{P}^T \mathbf{W})^{-1} \mathbf{q} + \mathbf{X}^T \mathbf{W} (\mathbf{P}^T \mathbf{W})^{-1} \mathbf{q} \quad (30)$$

この式により、式(27)の線形式が得られる。

最適成分数 A はクロスバリデーション法にて RMSEP 値(式(31))が最小となる成分数により決定した。

$$RMSEP = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_{i(obs)} - y_{i(pred)})^2} \quad (31)$$

$y_{i(obs)}$ は i 番目の実測値、 $y_{i(pred)}$ はクロスバリデーションによる i 番目の予測値とする。

本研究では、JOABPEQ の 25 項目の質問の回答を説明変数、また、①疼痛関連障害、②腰椎機能障害、③歩行機能障害、④社会生活障害、⑤心理的障害の 5 つの重症度スコアに加えて、身体機能評価⑥腰痛の程度、⑦臀部・下肢痛の程度、⑧臀部・下肢の痺れの程度(図 1.2)および ROM としての⑨股関節屈曲角度、⑩股関節外旋角度、⑪股関節内旋角度、⑫SLRA(図 1.4~1.7)の⑥~⑫をそれぞれ目的変数として、leave-one-out による予測精度が最大となるようにモデルの構築を検討した。そして、本来の目的変数の実測値と PLS 回帰モデルにおける予測値における決定係数を算出した。

PLS 回帰分析のモデリングでは、成分数を決めるために、指標として精度を R^2 値、予測度を Q^2 値として用い、回帰モデルの構築として、 R^2 値、 Q^2 値の決定係数は 0.1 以上を閾値とした。 R^2 値、 Q^2 値は以下の式(32)、(33)のように定義される。

$$R^2 = 1 - \frac{\Sigma(y_{obs} - y_{calc})^2}{\Sigma(y_{obs} - \bar{y})^2} \quad (32)$$

(33)

$$Q^2 = 1 - \frac{\Sigma(y_{obs} - y_{calc})^2}{\Sigma(y_{obs} - \bar{y})^2}$$

4.6 クラスタ分析の結果

クラスタ分析法の一つであるワード法により、腰痛疾患患者に対して JOABPEQ の質問 25 項目の回答、重症度スコア①～⑤および身体的評価⑥～⑫の全ての変数の関連性を樹形図として表現した(図 4.1)。また、この樹形図をもとに暫定的に全ての変数の類似性を、相関-1 が赤色、0 が白、1 が青色となるように色のグラジエントをつけた(図 4.2)。樹形図において、ユークリッド距離 1.0 で区切ると 7 つのクラスタに分類することができた(図 4.1)。

クラスタ番号は C1 のように略記する。C1 は⑥腰痛の程度、⑦臀部・下肢痛の程度、⑧下肢の痺れの程度など疼痛評価に関連した項目で構成されるクラスタであり、C2 は⑨股関節屈曲角度、⑩股関節外旋角度、⑪股関節内旋角度、⑫SLRA などの股関節 ROM に関連した項目で構成されるクラスタに分類された。C3 以降は JOABPEQ 関連であり、②腰椎機能障害と②を算出するための質問項目の間 2-1, 問 2-2, 問 2-3, 問 2-5, 問 2-6 で構成されるクラスタ、C4 は①疼痛関連障害と①を算出するための質問項目の間 1-1, 問 1-2, 問 1-3, 問 1-4 に加えて問 2-4(寝返りがうちににくい)で構成されるクラスタ、C5 は⑤心理的障害と⑤を算出するための質問項目の間 5-1, 問 5-2, 問 5-3, 問 5-4, 問 5-5, 問 5-6, 問 5-7 に加えて問 3-4(階段を上ることが難しい)で構成されるクラスタ、C6 は④社会生活障害と④を算出するための質問項目の間 4-1, 問 4-2, 問 4-3 で構成されるクラスタ、C7 は③歩行機能障害と③を算出するための質問項目の間 3-1, 問 3-2, 問 3-3, 問 3-5 で構成されるクラスタに分類された。

クラスタ分析の結果から、質的データの JOABPEQ の質問項目の回答と量的データの身体的評価の項目は、それぞれ別のクラスタを構成し、お互いと一緒になるクラスタを構成することはなかった。また、JOABPEQ 関連の樹形図(C3~C7)をみると、腰痛に関連する項目は腰椎機能に関連する項目と隣り合うクラスタを形成し、心理面に関連する項目は歩行機能や社会生活に関連する項目と隣り合うクラスタを形成した。

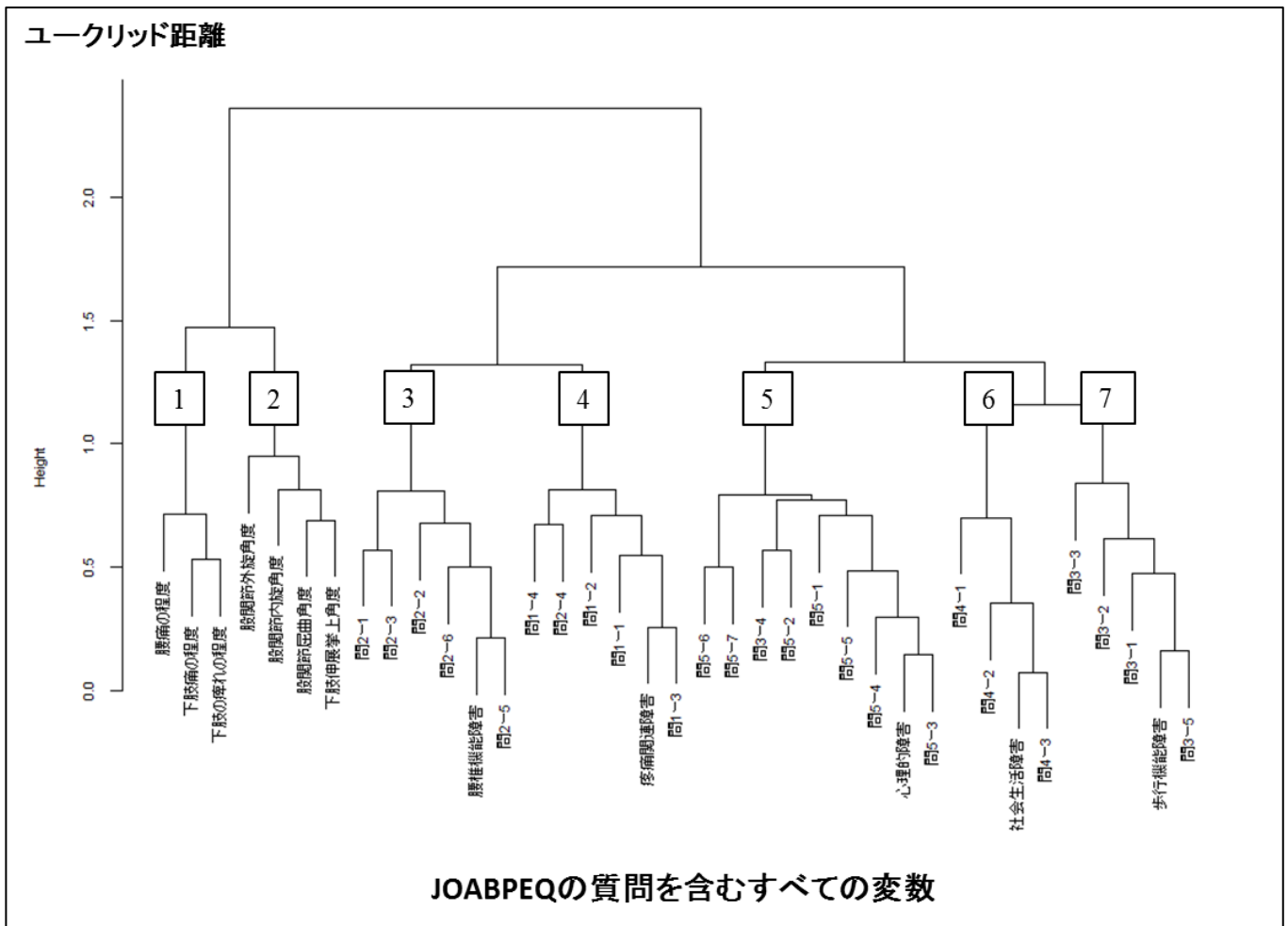


図 4.1 クラスター樹形図(腰痛疾患患者).

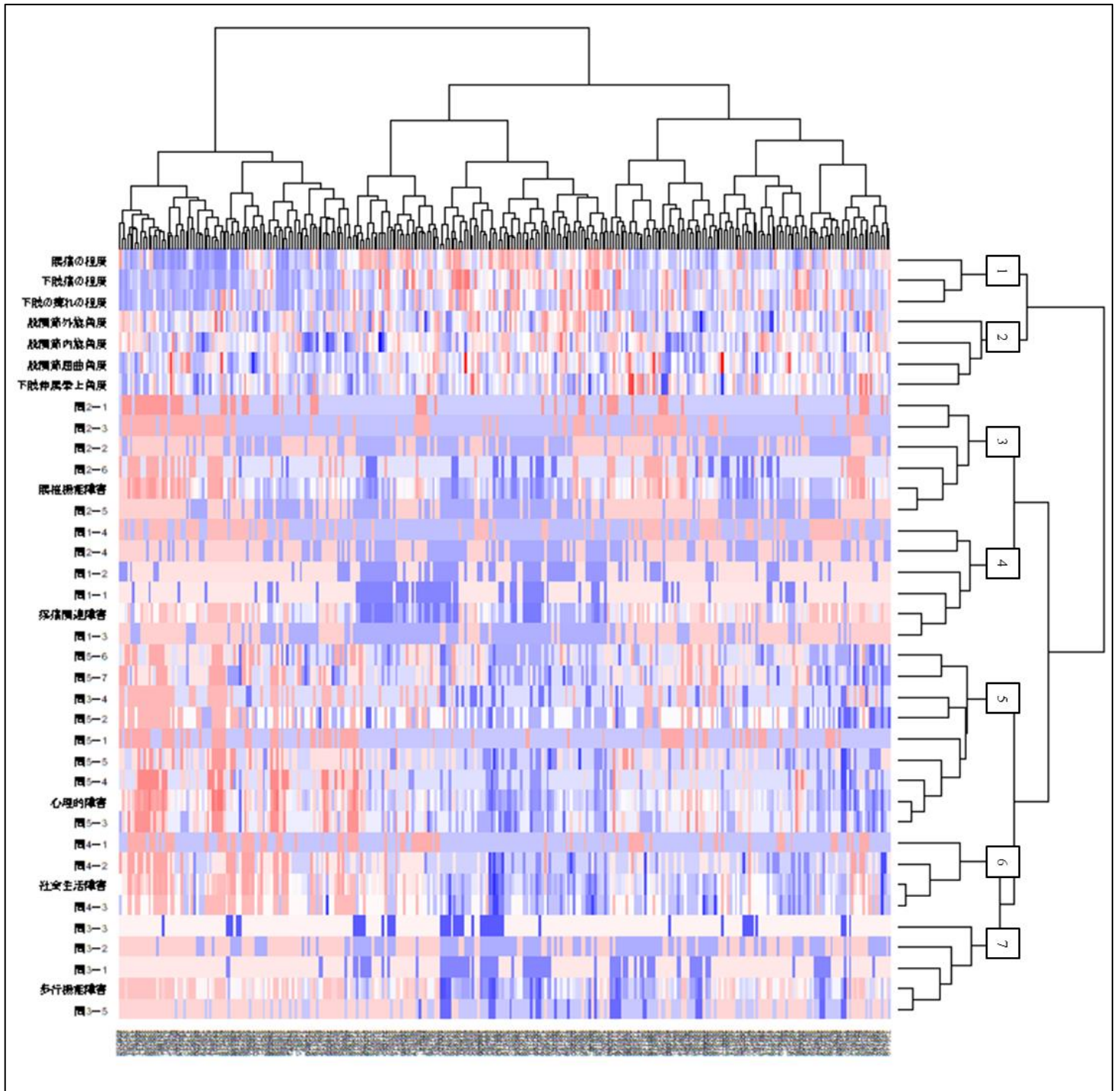


図 4.2 JOABPEQ の質問を含むすべての変数の類似性(腰痛疾患患者).

4.7 PLS 回帰分析の結果

PLS 回帰分析による各目的変数の平均値, 成分数, 相関係数, 予測度, 精度を表 4.1 および図 4.7~4.18 に示す. mean は平均値であり, N.C (Number of Components) は最適成分数であり, 説明変数から計算された主成分のうち, 目的変数との間で回帰分析に使用された主成分数である. r 値は相関係数であり. Q^2 値は予測的説明分散を示し, 1 に近いほどモデルの予測性が高くなる. R^2 値は目的変数の説明分散を示し, 1 に近いほどモデルの精度が高い.

表 4.1 PLS 回帰分析の結果(腰痛疾患患者).

	mean	N.C	r	Q^2	R^2
① 疼痛関連障害	40.02	15	0.999	0.999	0.999
② 腰椎機能障害	52.06	9	0.996	0.996	0.993
③ 歩行機能障害	31.76	13	0.995	0.994	0.990
④ 社会生活障害	35.49	15	0.999	0.999	0.999
⑤ 心理的障害	43.46	15	0.999	0.999	0.999
⑥ 腰痛の程度	52.31	3	0.521	0.417	0.272
⑦ 臀部・下肢痛の程度	66.84	1	0.248	0.174	0.061
⑧ 臀部・下肢の痺れの程度	59.34	1	0.195	0.126	0.038
⑨ 股関節屈曲角度	108.48	2	0.212	-0.048	0.045
⑩ 股関節外旋角度	42.68	1	0.142	0.035	0.020
⑪ 股関節内旋角度	20.23	1	0.165	-0.163	0.027
⑫ 下肢伸展拳上角度	60.58	2	0.368	0.234	0.135

平均値において, JOABPEQ の各重症度スコアでは, ①疼痛関連障害 40.02 点, ②腰椎機能障害 52.06 点, ③歩行機能障害 31.76 点, ④社会生活障害 35.49 点, ⑤心理的障害 43.46 点であり, 腰痛および臀部・下肢痛により歩行機能や社会生活が著しく低下し, 椎間板摘出術, 除圧術, 固定術等の手術を必要としている腰痛疾患患者であることが伺える. また, 疼痛評価から⑥腰痛の程度 52.31mm, ⑦臀部・下肢痛の程

度 66.84mm, ⑧臀部・下肢の痺れの程度 59.34mm であり, 中等度の痛みや痺れがあった. また, 股関節 ROM では, ⑨股関節屈曲角度 108.48°、⑩股関節外旋角度 42.68°、⑪股関節内旋角度 20.23°、⑫SLRA60.58°であり, ROM 制限や下肢の柔軟性低下も認められる. 腰痛や臀部・下肢の痛みや痺れにより, ROM 制限や歩行機能障害をきたし, そして, 社会生活や心理面まで影響を受けていることが認められる.

4.7.1 最適成分数, 相関関係について

最適成分数(N.C)において, JOABPEQ の重症度スコアのうち②腰椎機能障害が9個であり, その他の①疼痛関連障害, ③歩行機能障害, ④社会生活障害, ⑤心理的障害におけるN.Cは10個以上であった. また, ⑥腰痛の程度3個, ⑨股関節屈曲角度2個, ⑫SLRA2個であり, それ以外の説明変数はどれもN.Cが1個であった(表4.1). 主成分数を少なくすることで, 回帰係数の自由度を小さくする. しかし, 自由度が小さくなるということは, それだけデータセットを説明できる能力がなくなるため, モデルの精度が下がる.

相関関係において(表4.1), JOABPEQ の全ての重症度スコア;①疼痛関連障害, ②腰椎機能障害, ③歩行機能障害, ④社会生活障害, ⑤心理的障害は, JOABPEQ の質問25項目の回答と高い相関関係を認めた($r > 0.99$).

VAS を使用した疼痛評価;⑥腰痛の程度, ⑦臀部・下肢痛の程度, ⑧臀部・下肢の痺れの程度は, JOABPEQ の質問25項目の回答と低～中等度の相関関係を認めた($0.195 \leq r \leq 0.521$).

関節 ROM の⑨股関節屈曲角度、⑩股関節外旋角度、⑪股関節内旋角度, ⑫SLRA は, JOABPEQ の質問25項目の回答と低い相関関係を認めた($0.142 \leq r \leq 0.368$).

4.7.2 各目的変数における JOABPEQ の質問 25 項目の回帰係数

回帰モデルの構築において(図4.3～4.14), 各目的変数の結果は, 4つの図で構成し, 左上図は, JOABPEQ の質問25項目の回答から計算された各成分の Q^2 値, 右上図は, 全成分数における目的変数のleave-one-outによる推定値(prediction)と実測値(original)との関係, 左下図は, 最適成分数における目的変数のクロスバリエーション推定値(Y pred)と実測値(data used)との関係, 右下図は, 最適成分数におけるJOABPEQ の質問25項目の回帰係数である.

各目的変数の詳細は以下に説明する.

JOABPEQ の重症度スコア①疼痛関連障害は, JOABPEQ の質問25項目の回答と高い相関関係を認め($r = 0.999$), 精度の高い回帰モデルを構築した($Q^2 = 0.999$),

$R^2=0.999$). ①疼痛関連障害における係数の絶対値が高かった質問項目は、問 1-1 から 1-4 の 4 項目であり(図 4.3), 作成趣旨, 経緯に沿って, JOABPEQ の疼痛関連障害のスコアを算出するために必要な質問 4 項目が強く影響を及ぼしていた. ②腰椎機能障害, ③歩行機能障害, ④社会生活障害, ⑤心理的障害においても同様に, JOABPEQ の質問 25 項目の回答と高い相関関係を認め ($r > 0.995$), 精度の高い回帰モデルを構築した ($Q^2 > 0.994$, $R^2 > 0.990$). また, 他の重症度スコアも作成趣旨, 経緯に沿っており, JOABPEQ の各重症度スコアを算出するために必要な質問項目が強く影響を及ぼしていた(図 4.4~4.7).

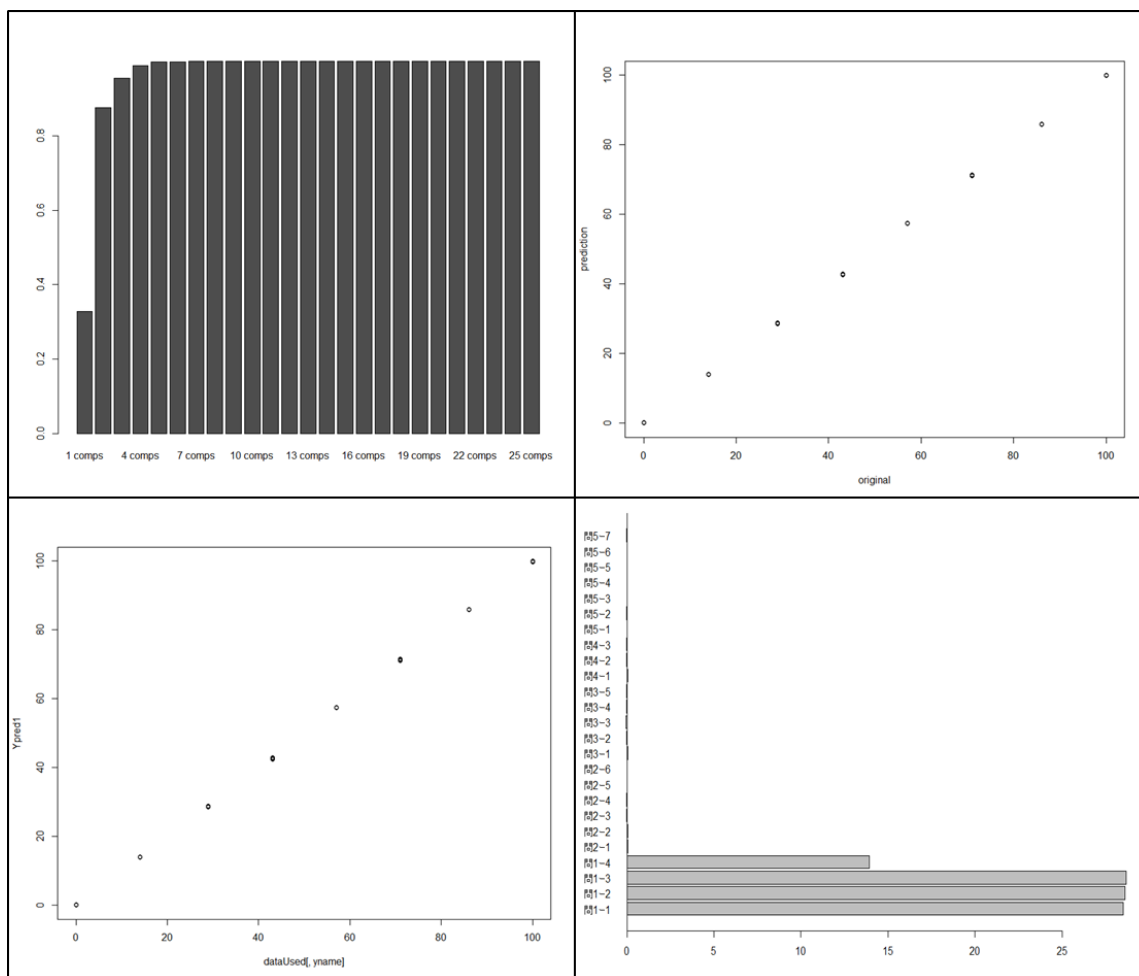


図 4.3 ①疼痛関連障害の PLS 回帰分析の結果(腰痛疾患患者).

- 左上) JOABPEQ の質問 25 項目の回答から計算された各成分の Q^2 値,
- 右上) 全成分数における目的変数の leave-one-out による推定値(prediction)と実測値(original)との関係,
- 左下) 最適成分数における目的変数の推定値(Y pred)と実測値(data used)との関係,
- 右下) 最適成分数における JOABPEQ の質問 25 項目の回帰係数.

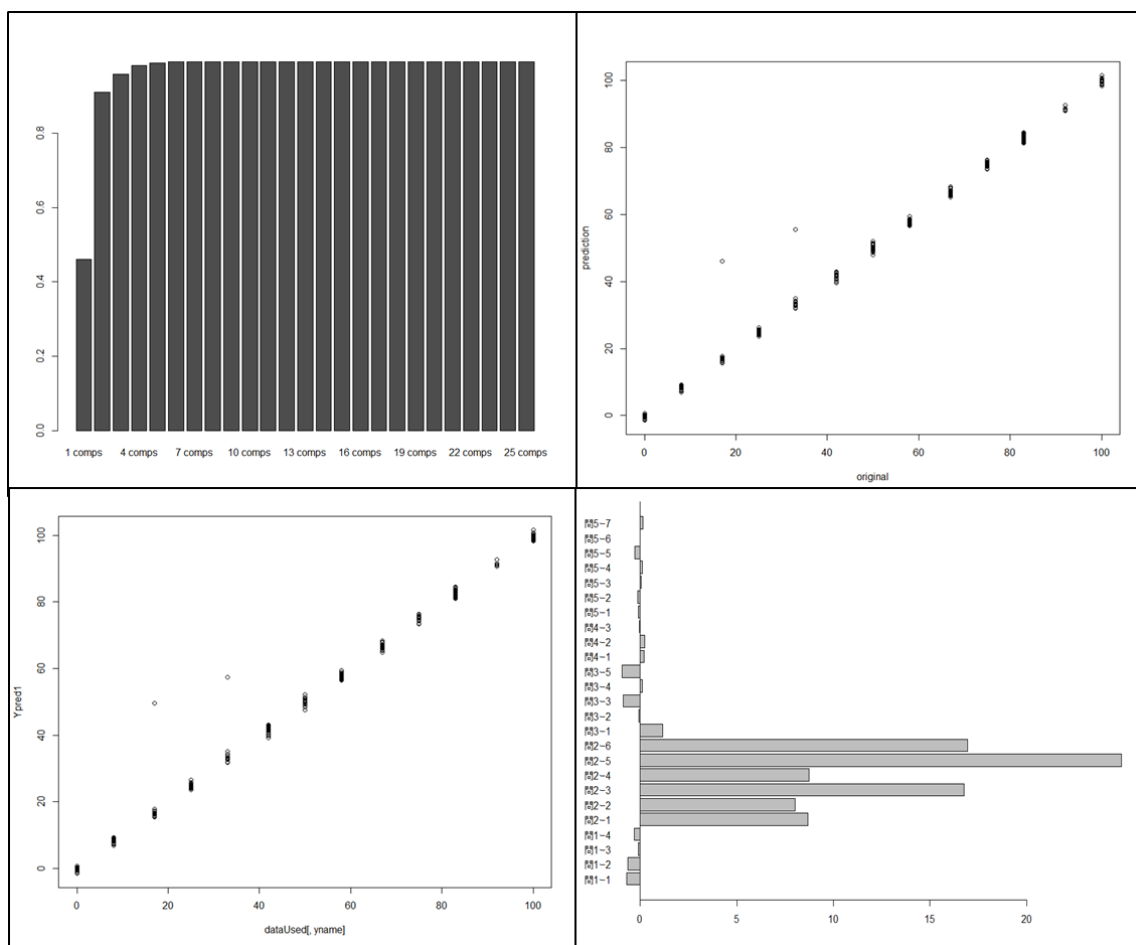


図 4.4 ②腰椎機能障害の PLS 回帰分析の結果(腰痛疾患患者).

左上) JOABPEQ の質問 25 項目の回答から計算された各成分の Q^2 値,

右上) 全成分数における目的変数の leave-one-out による推定値(prediction)と実測値(original)との関係,

左下) 最適成分数における目的変数の推定値(Y pred)と実測値(data used)との関係,

右下) 最適成分数における JOABPEQ の質問 25 項目の回帰係数.

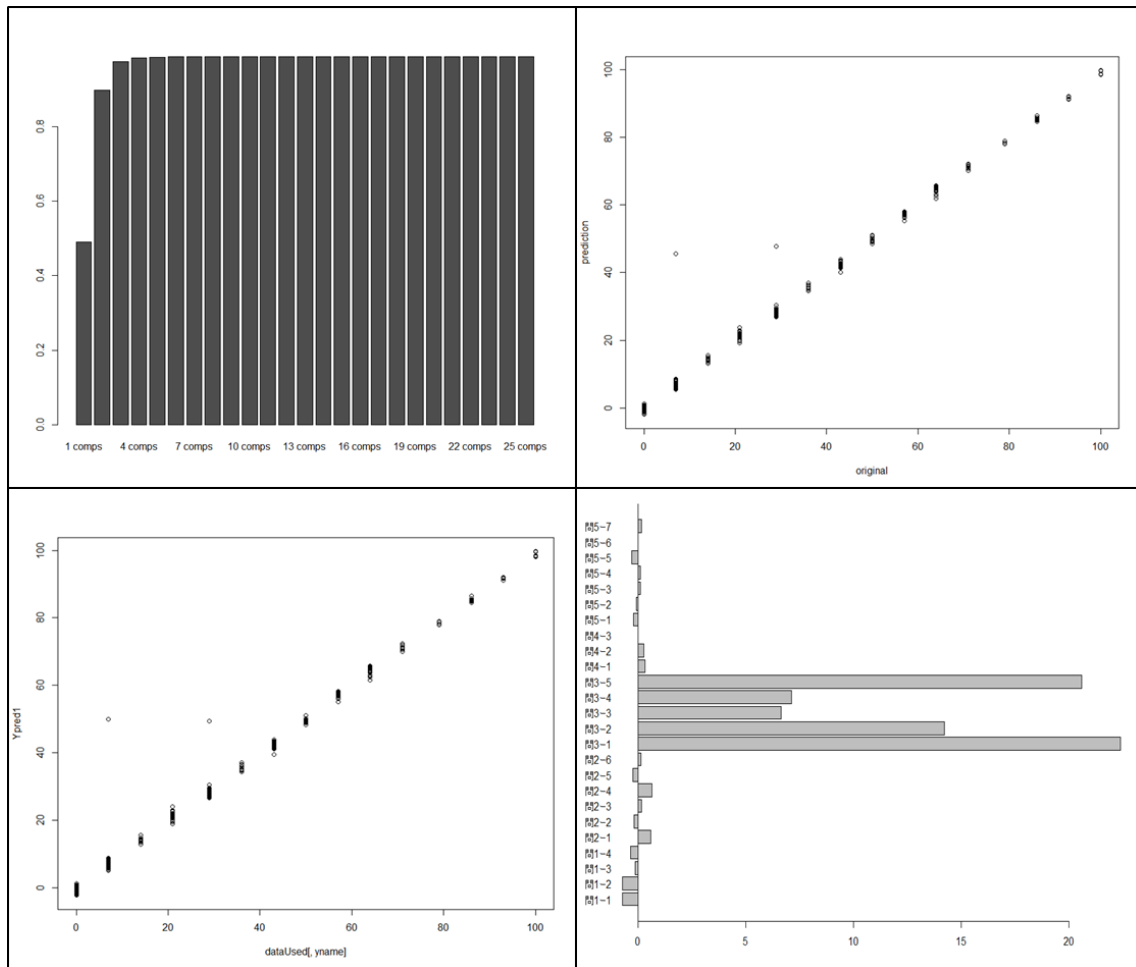


図 4.5 ③歩行機能障害の PLS 回帰分析の結果(腰痛疾患患者).
 左上) JOABPEQ の質問 25 項目の回答から計算された各成分の Q^2 値,
 右上) 全成分数における目的変数の leave-one-out による推定値(prediction)と
 実測値(original)との関係,
 左下) 最適成分数における目的変数の推定値(Y pred)と実測値(data used)と
 の関係,
 右下) 最適成分数における JOABPEQ の質問 25 項目の回帰係数.

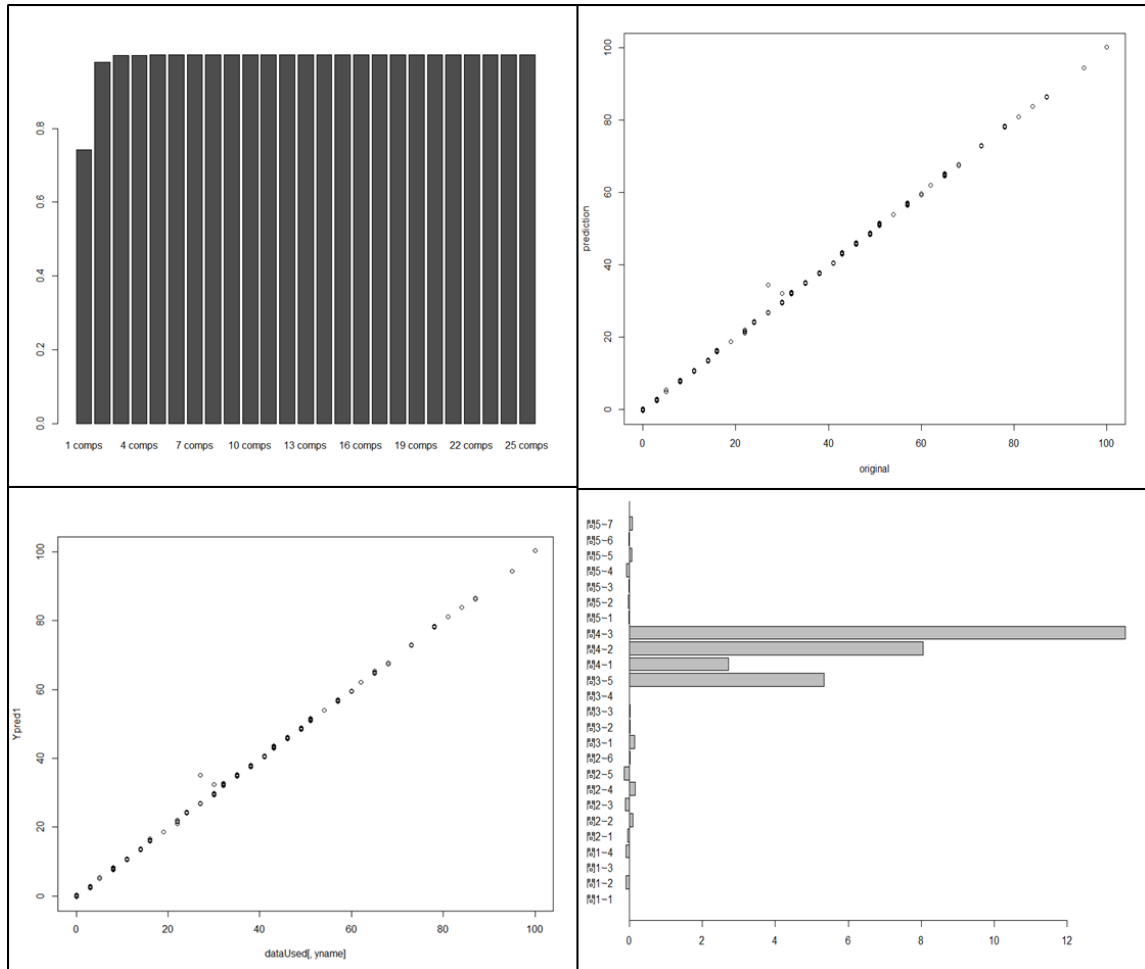


図 4.6 ④社会生活障害の PLS 回帰分析の結果(腰痛疾患患者).
 左上) JOABPEQ の質問 25 項目の回答から計算された各成分の Q^2 値,
 右上) 全成分数における目的変数の leave-one-out による推定値(prediction)と
 実測値(original)との関係,
 左下) 最適成分数における目的変数の推定値(Y pred)と実測値(data used)と
 の関係,
 右下) 最適成分数における JOABPEQ の質問 25 項目の回帰係数.

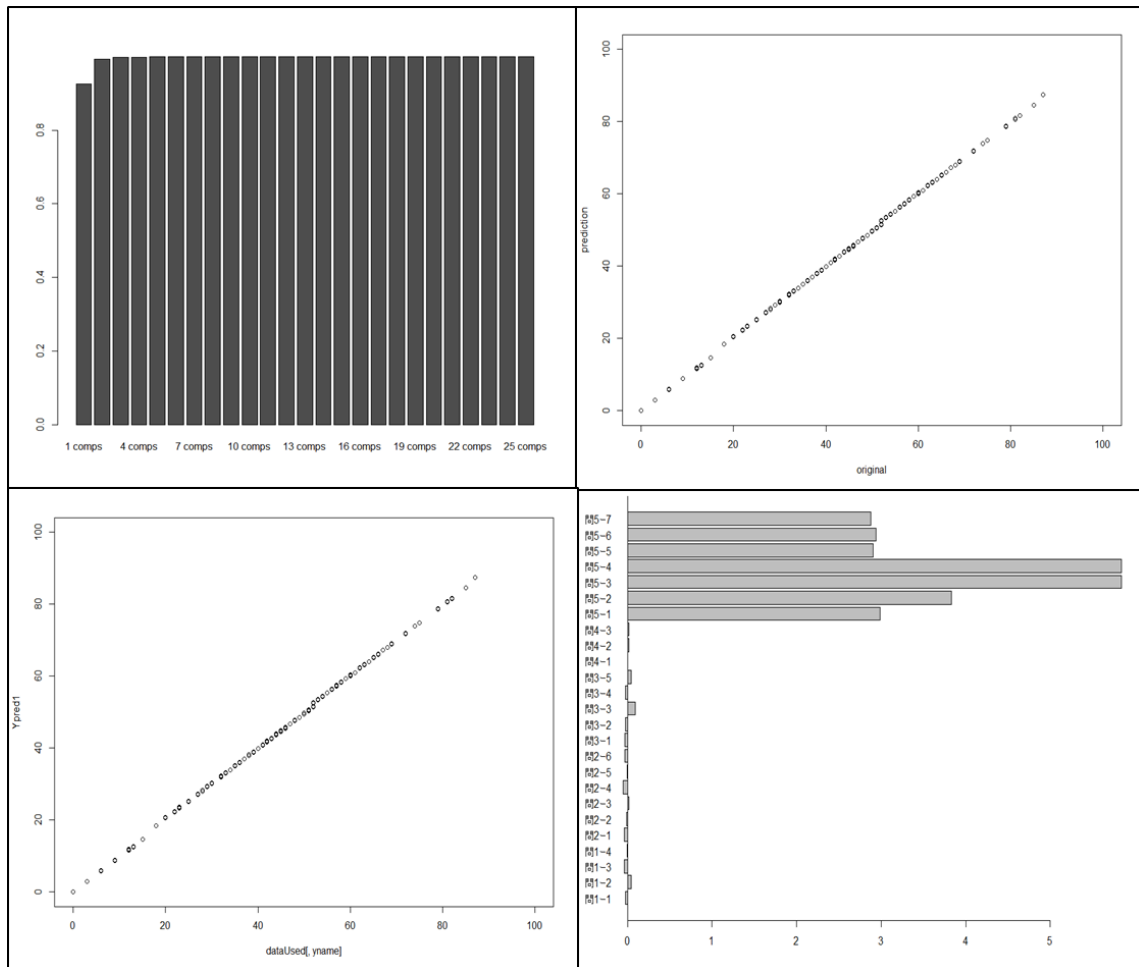


図 4.7 ⑤心理的障害の PLS 回帰分析の結果(腰痛疾患患者).
 左上) JOABPEQ の質問 25 項目の回答から計算された各成分の Q^2 値,
 右上) 全成分数における目的変数の leave-one-out による推定値(prediction)と
 実測値(original)との関係,
 左下) 最適成分数における目的変数の推定値(Y pred)と実測値(data used)と
 の関係,
 右下) 最適成分数における JOABPEQ の質問 25 項目の回帰係数.

VASを使用した⑥腰痛の程度は、JOABPEQの質問25項目の回答と相関関係を認め($r=0.521$)、回帰モデルを構築した($Q^2=0.417$, $R^2=0.272$)。係数の絶対値が高い上位5つの質問項目は、問1-1(何回も姿勢を変えるか)、問1-2(横になって休んでいるか)、問1-3(いつも痛いか)、問2-3(椅子から立ち上がれないか)、問5-2(健康状態はどうか)であった(図4.8)。腰痛に関連する項目だけでなく、立ち上がり動作などの日常生活動作、心理面に関連する項目など、多面的に影響を受けていた。

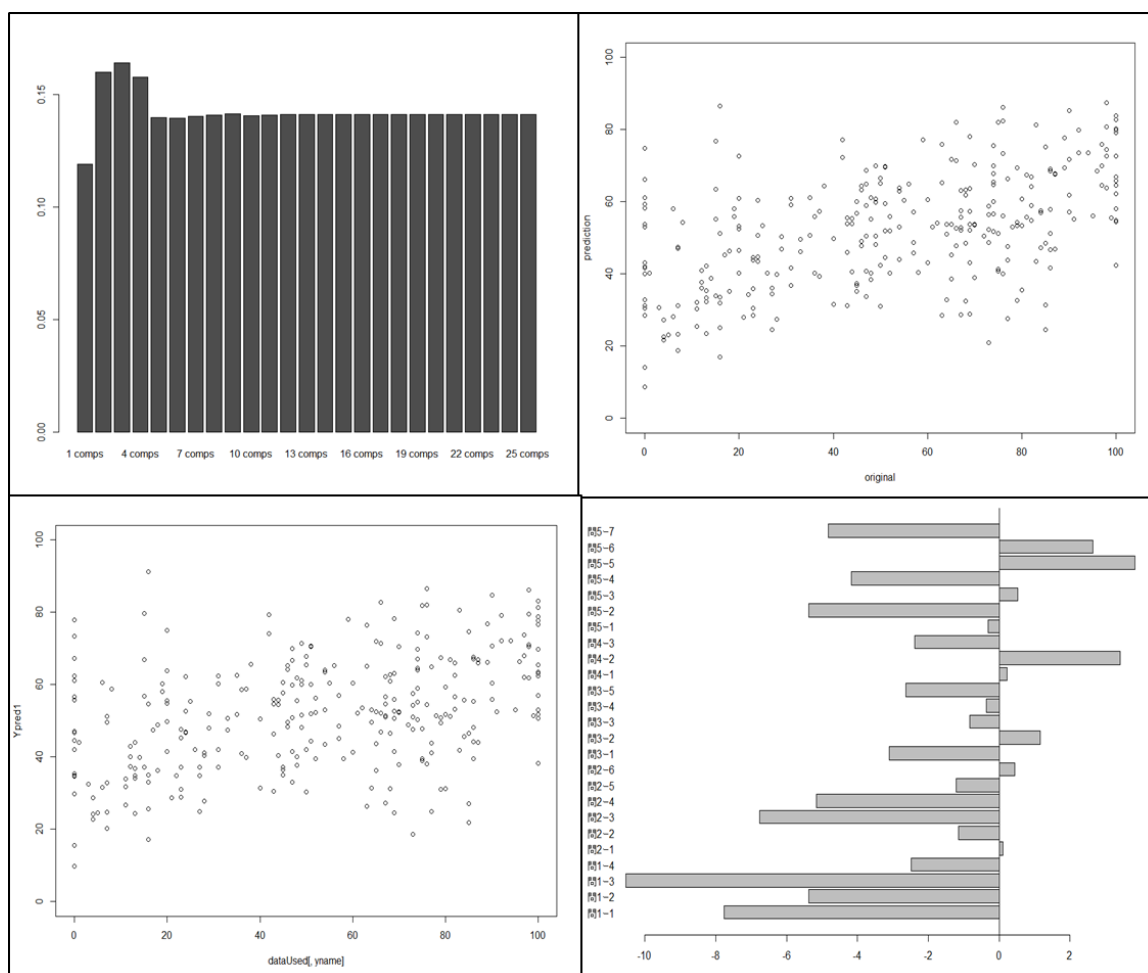


図4.8 ⑥腰痛の程度のPLS回帰分析の結果(腰痛疾患患者)。

- 左上) JOABPEQの質問25項目の回答から計算された各成分の Q^2 値,
- 右上) 全成分数における目的変数のleave-one-outによる推定値(prediction)と実測値(original)との関係,
- 左下) 最適成分数における目的変数の推定値(Y pred)と実測値(data used)との関係,
- 右下) 最適成分数におけるJOABPEQの質問25項目の回帰係数。

⑦臀部・下肢痛の程度は、JOABPEQの質問25項目の回答と相関関係を認め($r=$

0.248), 回帰モデルを構築したが精度の低い決定係数を示した ($Q^2=0.174$, $R^2=0.061$). 係数の絶対値が高い上位5つの質問項目は, 問4-2(仕事や普段の活動はできないか), 問4-3(仕事はどうか), 問5-2(健康状態はどうか), 問5-3(落ち込んで憂鬱か), 問5-5(楽しい気分か)であった(図4.9). 疼痛に関連する項目ではなく, 社会生活や心理面に関連する項目から影響を受けていた.

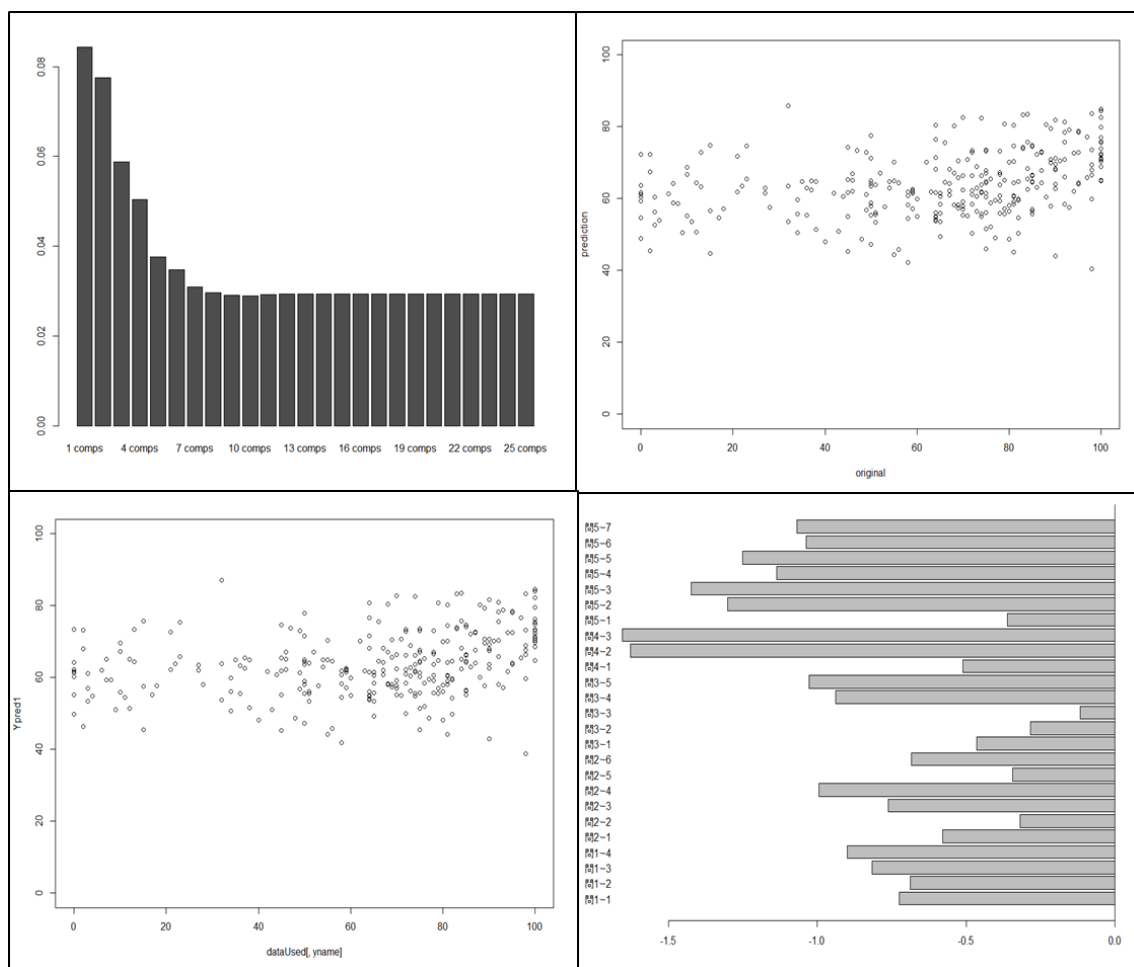


図 4.9 ⑦臀部・下肢痛の PLS 回帰分析の結果(腰痛疾患患者).

- 左上) JOABPEQ の質問 25 項目の回答から計算された各成分の Q^2 値,
- 右上) 全成分数における目的変数の leave-one-out による推定値 (prediction) と実測値 (original) との関係,
- 左下) 最適成分数における目的変数の推定値 (Y pred) と実測値 (data used) との関係,
- 右下) 最適成分数における JOABPEQ の質問 25 項目の回帰係数.

⑧臀部・下肢の痺れの程度は、JOABPEQ の質問 25 項目の回答と相関関係を認め ($r=0.195$)、回帰モデルを構築したが精度の低い決定係数を示した ($Q^2=0.126$, $R^2=0.038$)。係数の絶対値が高い上位 5 つの質問項目は、問 4-2(仕事や普段の活動はできないか)、問 4-3(仕事はどうか)、問 5-2(健康状態はどうか)、問 5-3(落ち込んで憂鬱か)、問 5-5(楽しい気分か)であった(図 4.10)。⑦臀部・下肢痛の程度と同様に、社会生活や心理面に関連する項目から影響を受けていた。

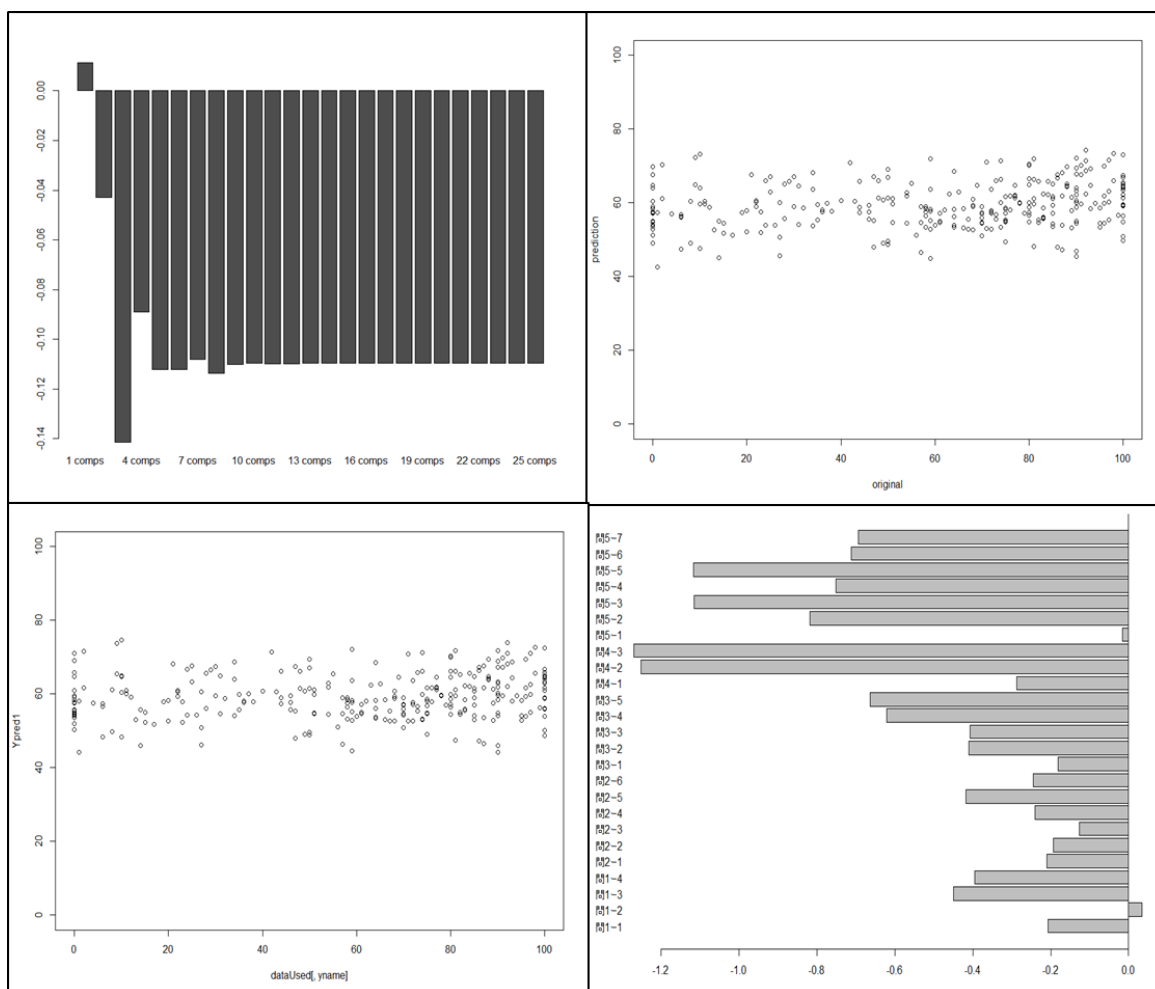


図 4.10 ⑧臀部・下肢の痺れ程度の PLS 回帰分析の結果(腰痛疾患患者)。

左上) JOABPEQ の質問 25 項目の回答から計算された各成分の Q^2 値,
 右上) 全成分数における目的変数の leave-one-out による推定値 (prediction) と実測値 (original) との関係,
 左下) 最適成分数における目的変数の推定値 (Y pred) と実測値 (data used) との関係,
 右下) 最適成分数における JOABPEQ の質問 25 項目の回帰係数。

ROM において、⑨股関節屈曲角度は、JOABPEQ の質問 25 項目の回答と相関関

係を認めたが($r=0.212$), 回帰モデルを構築できなかった($Q^2=-0.048$, $R^2=0.045$). 係数の絶対値が高い上位5つの質問項目は, 問3-2(座って過ごしているか), 問3-3(ゆっくり階段を上るか), 問4-1(家の仕事ができないか), 問5-3(落ち込んで憂鬱か)や問5-4(疲れ果ててるか)であった(図4.11).

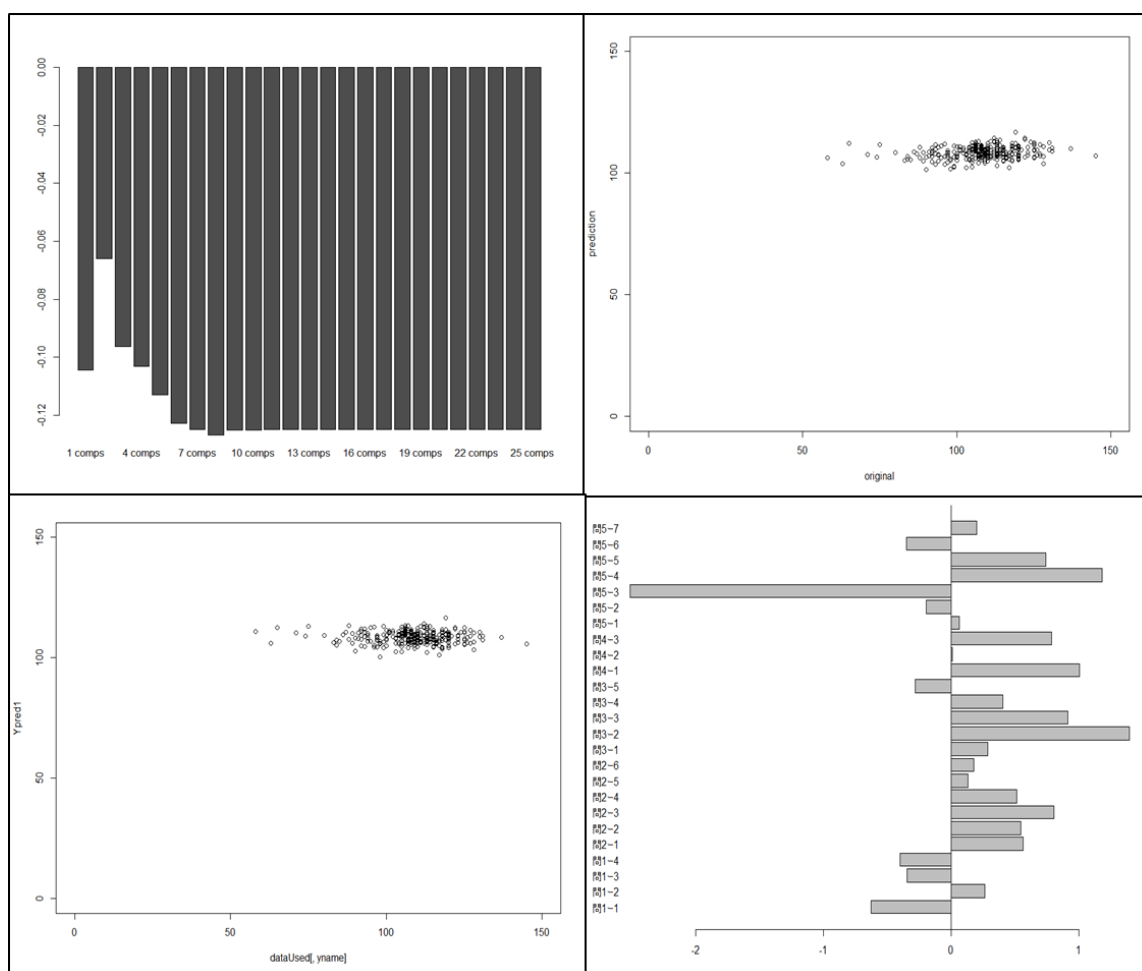


図 4.11 ⑨股関節屈曲角度の PLS 回帰分析の結果(腰痛疾患患者).

左上) JOABPEQ の質問 25 項目の回答から計算された各成分の Q^2 値,
 右上) 全成分数における目的変数の leave-one-out による推定値 (prediction) と実測値 (original) との関係,
 左下) 最適成分数における目的変数の推定値 (Y pred) と実測値 (data used) との関係,
 右下) 最適成分数における JOABPEQ の質問 25 項目の回帰係数.

⑩股関節外旋角度は, JOABPEQ の質問 25 項目の回答と相関関係を認めたが ($r=0.142$), 回帰モデルを構築できなかった ($Q^2=0.035$, $R^2=0.020$). 係数の絶対値が高い上位 5 つの質問項目は, 問 2 - 2(腰を曲げたり, 膝まづけないか), 問 2 - 3(椅子から立ち上がれないか), 問 3 - 1(歩けないか), 問 4-2(仕事や普段の活動はできないか), 問 4-3(仕事はどうか)であった(図 4.12).

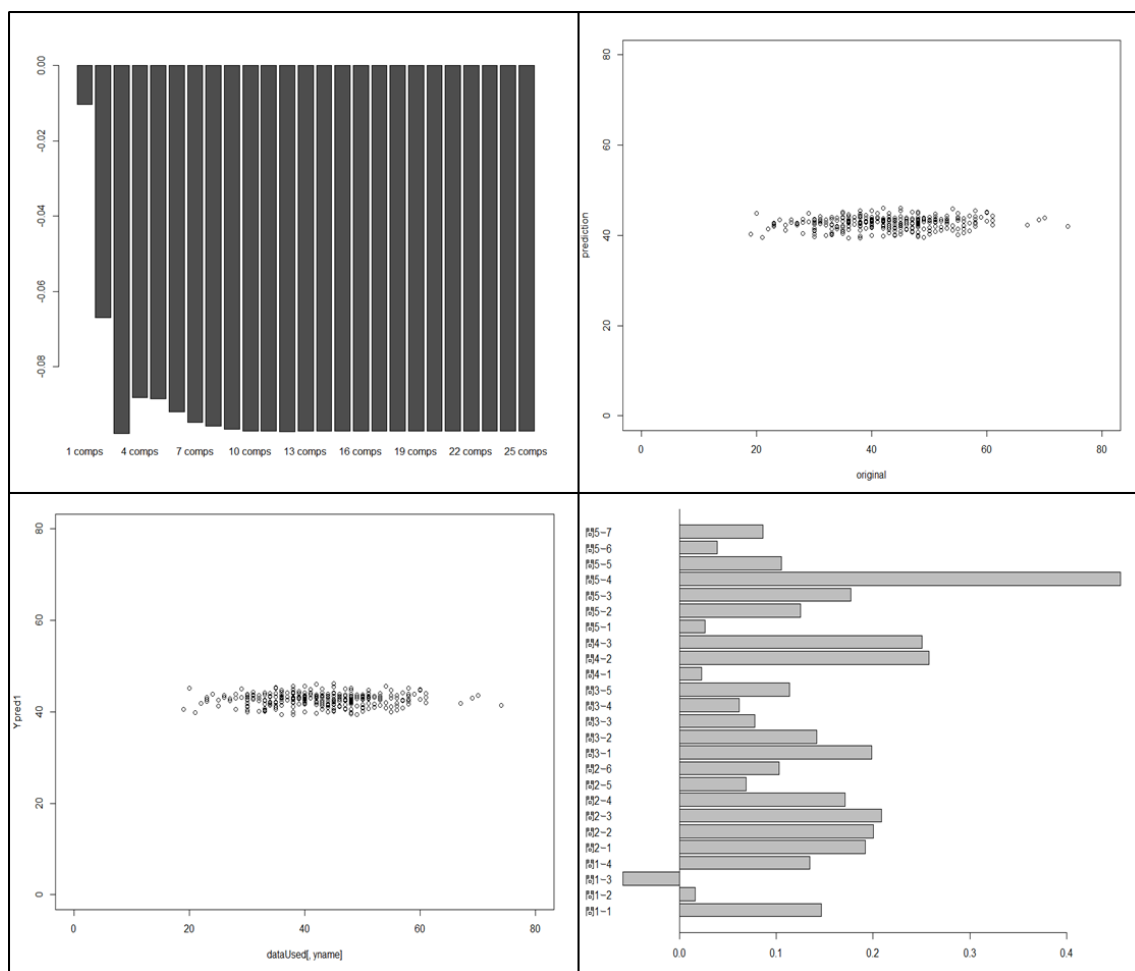


図 4.12 ⑩股関節外旋角度の PLS 回帰分析の結果(腰痛疾患患者).

左上) JOABPEQ の質問 25 項目の回答から計算された各成分の Q^2 値,
 右上) 全成分数における目的変数の leave-one-out による推定値 (prediction)
 と実測値 (original) との関係,
 左下) 最適成分数における目的変数の推定値 (Y pred) と実測値 (data used)
 との関係,
 右下) 最適成分数における JOABPEQ の質問 25 項目の回帰係数.

⑪股関節内旋角度は, JOABPEQ の質問 25 項目の回答と相関関係を認めたが ($r=0.165$), 回帰モデルを構築できなかった ($Q^2=-0.163$, $R^2=0.027$). 係数の絶対値が高い上位 5 つの質問項目は, 問 4 - 1(家の仕事ができないか), 問 5-2(健康状態はどうか), 問 5-3(落ち込んで憂鬱か), 問 5-4(疲れ果ててるか), 問 5-5(楽しい気分か), 問 5 - 6(健康であるか)であった(図 4.13).

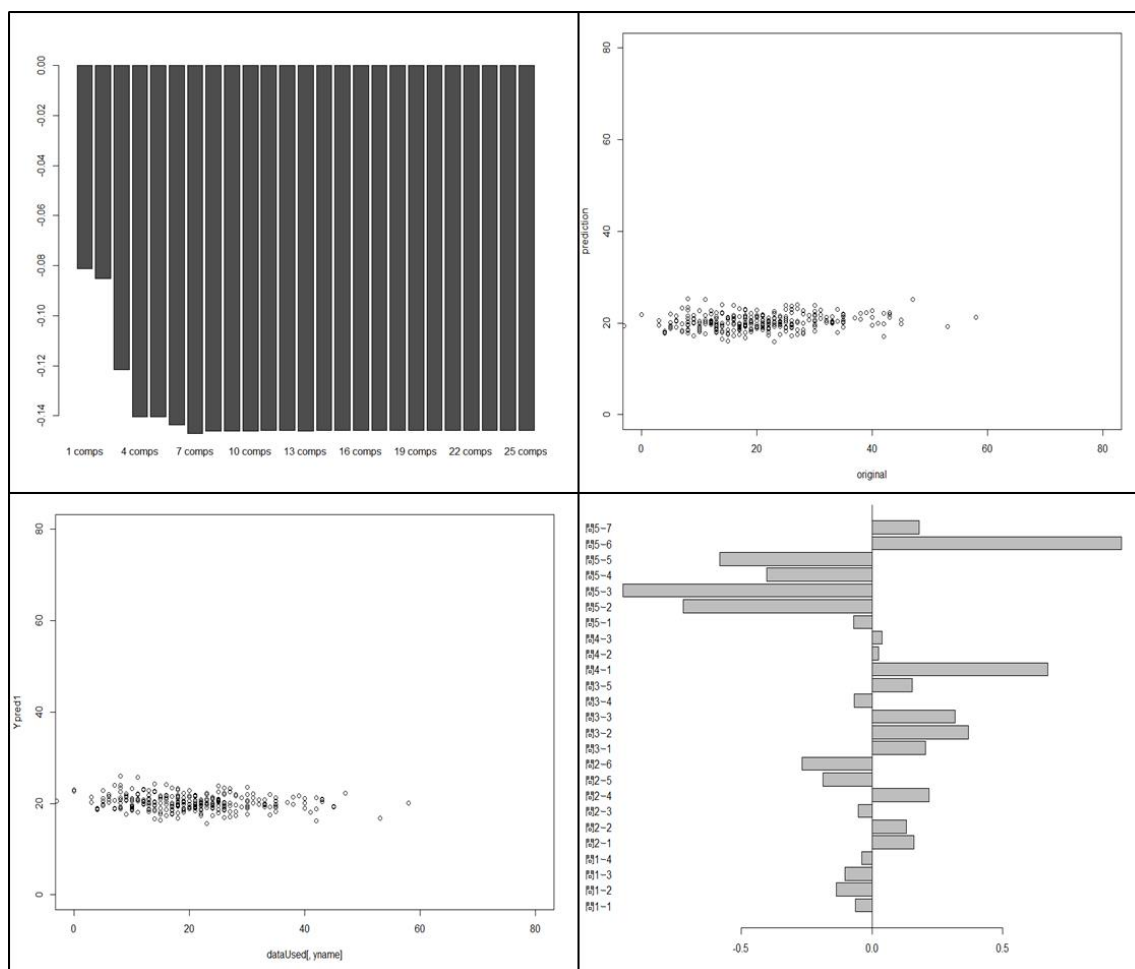


図 4.13 ⑪股関節内旋角度の PLS 回帰分析の結果(腰痛疾患患者).

左上) JOABPEQ の質問 25 項目の回答から計算された各成分の Q^2 値,
 右上) 全成分数における目的変数の leave-one-out による推定値 (prediction)
 と実測値 (original) との関係,
 左下) 最適成分数における目的変数の推定値 (Y pred) と実測値 (data used)
 との関係,
 右下) 最適成分数における JOABPEQ の質問 25 項目の回帰係数.

⑫SLRA は, JOABPEQ の質問 25 項目の回答と相関関係を認め($r=0.368$), 回帰モデルを構築した($Q^2=0.234$, $R^2=0.135$). 係数の絶対値が高い上位 5 つの質問項目は, 問 2-2(腰を曲げたり, 膝まづけないか), 問 2-5(靴下を履けないか, 問 4-1(家の仕事ができないか), 問 4-2(仕事や普段の活動はできないか), 問 5-3(落ち込んで憂鬱か)であった(図 4.14). 腰痛疾患患者の SLRA は, 腰部前屈動作, 家事や仕事の動作などの質問項目から影響を受けていた.

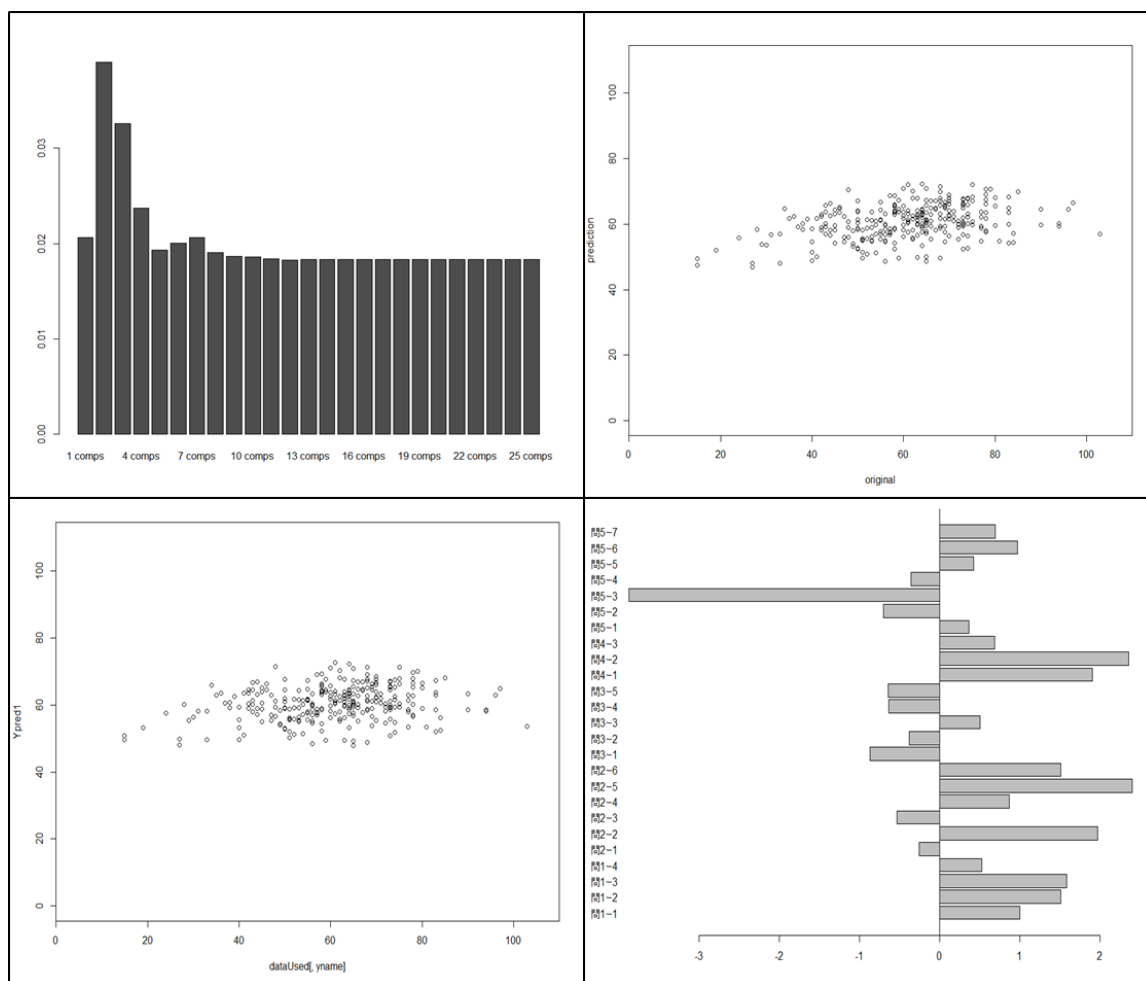


図 4.14 ⑫下肢伸展拳上角度の PLS 回帰分析の結果(腰痛疾患患者).
 左上) JOABPEQ の質問 25 項目の回答から計算された各成分の Q^2 値,
 右上) 全成分数における目的変数の leave-one-out による推定値 (prediction)
 と実測値 (original) との関係,
 左下) 最適成分数における目的変数の推定値 (Y pred) と実測値 (data used)
 との関係,
 右下) 最適成分数における JOABPEQ の質問 25 項目の回帰係数.

4.8 考察

4.8.1 クラスタ分析の結果に対する考察

JOABPEQ の質問 25 項目および各重症度スコア, VAS を使用した疼痛評価, 関節 ROM などの身体的評価の全変数をクラスタ分析で解析した結果(図 4.5, 4.6), C1 で構成された疼痛評価と C2 で構成された股関節 ROM の量的データが隣り合い, C3 ~C7 で構成された JOABPEQ の質問項目およびその回答から算出される各重症度スコアの質的データがまとまった樹形図を形成した. 質的データの JOABPEQ の質問 25 項目と量的データの各疼痛評価および ROM などの身体的評価の項目が一緒になるクラスタの存在は認めなかった.

しかし, 本解析から得られたものがある. JOABPEQ の樹形図(C3~C7)に着目すると, C4 は疼痛関連障害とそれを算出するための質問項目に加えて, 問 2-4(寝返りがしにくい)の腰椎機能障害のスコアを算出するための質問項目が入っている. このことから, 寝返り動作の可否が疼痛関連障害のスコアに影響することが考えられる. また, C5 では心理的障害とそれを算出するための質問項目に加えて, 問 3-4(階段を上ることが難しい)の歩行機能障害のスコアを算出する質問項目が入っている. このことから, 階段昇降動作の可否が心理的障害のスコアに影響すると考えられる. 近年, ⑤心理的障害においては, 他の重症度スコアと分離しており, 手術やリハビリテーションなどの治療介入を実施しても, 改善の効果が得られにくいと報告されている(北村拓也, 他. 2017). そのため, 臨床心理士やカウンセラーなど多職種との連携の必要性が求められているが, 本研究のクラスタ分析の結果から, 階段昇降動作の獲得が⑤心理的障害の改善につながると考えられる.

4.8.2 PLS 回帰分析の各重症度スコアに対する考察

腰痛疾患患者の PLS 回帰分析の結果から, 回帰モデルの構築において, JOABPEQ の重症度スコア①疼痛関連障害, ②腰椎機能障害, ③歩行機能障害, ④社会生活障害, ⑤心理的障害は, JOABPEQ の質問 25 項目の回答から精度が高い回帰モデルの構築を認めた($Q^2 > 0.99$, $R^2 > 0.99$). また, 我々が用いた PLS 回帰分析によって得られた JOABPEQ の各重症度スコアの回帰係数値と(図 10~14), JOABPEQ の各重症度スコアを算出するために必要な質問項目と同じ質問項目が同様な係数値を示していた. すなわち, JOABPEQ の各重症度スコアの計算式には, 各質問項目に対してそれぞれの重みづけがされているが, 我々の PLS 回帰分析の結果においても, 各質問項目における係数値は, それぞれの質問項目に対する重みづけと対応した値を示していた. これらの結果から, JOABPEQ は各重症度スコアが独立し

ており、腰痛疾患患者を多面的に評価できる質問票であることが確認できた。

4.8.3 PLS 回帰分析の痛みや痺れに対する考察

⑥腰痛の程度は、JOABPEQ の質問 25 項目の回答と相関関係、回帰モデルを構築した。係数の絶対値が高い上位 5 つの質問項目から、腰痛に関連する項目に加えて、寝返りや立ち上がりなどの日常生活動作、また疲れや健康状態などの質問項目が腰痛の程度に影響を及ぼしていた。これらの結果から、JOABPEQ は腰痛疾患に特異的な質問票であり、腰痛の程度は多面的に影響を受けていることが示された。さらに、JOABPEQ の質問項目の回答から、腰痛の程度を予測できることが示された。

⑦臀部・下肢痛の程度、⑧臀部・下肢の痺れの程度は、JOABPEQ の質問 25 項目の回答と相関関係、回帰モデルを構築したが、精度の低い決定係数を示した。係数の絶対値が高い上位 5 つの質問項目から、家事や仕事などの社会生活、健康状態や心理面などの質問項目が臀部・下肢の痛みや痺れに影響を及ぼしていた。JOABPEQ には腰痛疾患患者の疼痛を評価するカテゴリがあり、問 1 - 1 から 1 - 4 の 4 項目に設定されているが、本研究結果から、腰痛疾患患者の臀部・下肢の痛みや痺れの程度は、疼痛関連の質問項目よりも社会生活、健康状態、心理面の状況などが影響を及ぼしていたことが示された。腰痛疾患患者の痛みや痺れに対して、多面的なアプローチが必要であることが報告されており (Fukui, et al. 2009; 川上, 他. 2007), これらの結果から、患部の治療とともに臀部・下肢の痛みや痺れに起因する社会生活、健康状態、心理面の状態を考慮し、ADL や QOL をサポートすることが重要であると考ええる。しかし、精度の低い決定係数を示したため、JOABPEQ の質問項目から臀部・下肢の痛みや痺れの程度を予測することは難しいと考える。精度が低値を示した理由においては、本研究は腰部脊柱管狭窄症、腰椎椎間板ヘルニア、腰椎すべり症など全ての腰痛疾患を対象としていたため、臀部・下肢痛だけの症例や、痺れだけの症例など、各疾患の症状が混合し平均化してしまい、特徴的な結果が見出せなかったと考える。

4.8.4 PLS 回帰分析の関節可動域に対する考察

股関節 ROM において、⑨股関節屈曲角度、⑩股関節外旋角度、⑪股関節内旋角度は、JOABPEQ の質問 25 項目の回答と相関関係を認めしたが、回帰モデルの構築を認めなかった。

先行研究において、股関節術後患者の股関節 ROM から ADL 能力を A~E の 5 段階に分別し、ADL に支障ない上位 2 段に必要な股関節 ROM は、屈曲 100°以上、内旋 20° 以上と報告されている (司馬, 他. 1986)。本研究の対象者は、腰椎疾患患

者であり、股関節屈曲 ROM の平均は、屈曲 108°、内旋 20° を獲得しており、支障のない上位 2 段に入る。また、JOABPEQ の質問項目を見てみると、日常生活に関する項目では、階段昇降動作や床の物を拾う動作など、ある程度の ROM で遂行可能な質問項目であるように考えられる。このことから、股関節の屈曲、外旋、内旋角度は、JOABPEQ の質問項目と相関関係を認めるが、回答から股関節屈曲、外旋、内旋角度を予測することはできない。したがって、腰痛疾患のリハビリテーションにおいて、JOABPEQ に加えて、股関節 ROM を測定する必要があると考える。

一方、⑫SLRA においては、JOABPEQ の質問 25 項目の回答と相関関係、回帰モデルを構築した。係数の絶対値が高い上位 5 つの質問項目から、腰部前屈動作や家事や仕事の状況などの質問項目が、SLRA に影響を及ぼしていた。これらの結果から、腰部前屈動作や家事や仕事の状況などの質問項目から SLRA を予測できると考える。

ハムストリングスの柔軟性において、先行研究では、SLRA と腰痛との関連性を認めている (Porter and Wilkinson. 1997)。ハムストリングスは体幹を前屈する際に、骨盤前傾、股関節屈曲動作のサポートに働く。ハムストリングスの柔軟性低下がみられると、体幹を前屈する際に骨盤が後傾位のままになり、股関節屈曲の可動範囲位が少なくなり、腰部へのストレスが増大して腰痛へつながる。しかし SLRA には、ハムストリングスの柔軟性の評価法のほか、坐骨神経痛を誘発させる整形外科の評価法でもある。本研究は手術を要する全ての腰痛疾患患者が対象であり、重度の坐骨神経痛を有する症例が含まれていた。そのため、ハムストリングスの柔軟性ではなく、坐骨神経痛の程度が、SLRA の値に影響を与え、また、腰部前屈動作、家事や仕事状況などの質問項目の回答に影響を与えていた可能性が考えられる。

4.9 第 4 章における課題

本章では、手術を予定している全ての腰痛関連疾患患者を調査対象として解析を行った。そのため、各疾患の症状が混合し平均化してしまい、各疾患の特徴的な結果を見出すことができなかつたと考える。特に腰椎椎間板ヘルニア患者において、身体的評価の股関節 ROM 測定は、坐骨神経痛を誘発させる動作であったため、坐骨神経痛の出現のために股関節屈曲角度や SLRA が低値に引っ張られた可能性が考えられる。

第 5 章では、第 4 章での課題を踏まえ、坐骨神経痛の影響が少なく、本研究の対象者が最も多かった腰部脊柱管狭窄症患者のデータに絞り、クラスター分析、PLS 回帰分析を行い、JOABPEQ の各質問項目と身体的評価との関連性および回帰モデルの構築を試みる。

第 5 章 腰部脊柱管狭窄症患者における JOABPEQ の回答と身体的評価を関係づける回帰モデル

5.1 腰部脊柱管狭窄症について

腰部脊柱管狭窄症は、脊椎にある脊柱管という神経を囲んでいる管が狭窄する整形外科疾患であり、加齢に伴って発生する脊髄変性症で広く見られる症状であるが、ときには脊椎椎間板ヘルニア、骨粗しょう症や腫瘍によって引き起こされる場合もある。腰痛疾患のうち、必ずしも腰痛を主訴としない疾患群の代表的疾患のひとつが腰部脊柱管狭窄症である。

現在、腰部脊柱管狭窄症は、「馬尾型」、「神経根型」、「混合型」の 3 つに分けた分類が汎用されている。「馬尾型」は、下肢・臀部・会陰部の異常感覚、膀胱直腸障害、下肢脱力感、性機能不全、疼痛なし、多根性障害などが主な症状であり、「神経型」は、下肢の疼痛、単根性障害が主な症状である。「混合型」は、「馬尾型」と「神経型」の症状が合併している。「馬尾型」、「混合型」は保存療法に反応が著しく、手術療法を必要とする場合があるが、「神経根型」は、保存療法への良好な反応が期待され、リハビリテーションや薬物療法などによって著大な改善を示す患者も多い。

5.2 目的

第 5 章では、対象を腰部脊柱管狭窄症と診断されている患者に絞り、JOABPEQ の質問 25 項目の回答と股関節 ROM やハムストリングスの柔軟性、腰痛の程度、臀部・下肢の痛みや痺れの程度などの身体的評価との関連性を評価し、また、その回答から身体的評価を関係づける回帰モデルの構築が可能かどうか検討した。

5.3 方法

対象は、2015 年 8 月から 2017 年 8 月までの間に、船橋整形外科病院(千葉県)にて腰部脊柱管狭窄症と診断され、除圧術等の手術を予定した患者 115 名とした。平均年齢は 70.7 ± 7.4 歳であり、男性 73 名、女性 42 名であった。

検討項目は、JOABPEQ における質問 25 項目の回答とその回答から算出された①疼痛関連障害、②腰椎機能障害、③歩行機能障害、④社会生活障害、⑤心理的障

害の5つの重症度スコアと、身体的評価では疼痛評価とROMの測定を実施した。疼痛評価では、VASによる⑥腰痛の程度、⑦臀部・下肢痛の程度、⑧臀部・下肢の痺れの程度とし(図1.2)、ROMでは、⑨股関節屈曲角度、⑩股関節外旋角度、⑪股関節内旋角度、⑫SLRAとした(図1.4~1.7)。データの収集および測定は、各対象者の手術日までに第3者が実施し、JOABPEQの回答に空欄がある場合、また、測定が実施できなかった場合は除外した。

統計学的解析は、クラスター分析を用いて、質的データである腰部脊柱狭窄症患者のJOABPEQの質問25項目の回答と算出された①疼痛関連障害、②腰椎機能障害、③歩行機能障害、④社会生活障害、⑤心理的障害の5つの重症度スコアに加えて、量的データである身体的評価の⑥腰痛の程度、⑦臀部・下肢痛の程度、⑧臀部・下肢の痺れの程度、⑨股関節屈曲角度、⑩股関節外旋角度、⑪股関節内旋角度、⑫SLRAの全ての変数間の関連性を検討した。また、PLS回帰分析では、説明変数をJOABPEQの25項目の質問の回答とし、目的変数を①~⑤の重症度スコアおよび身体的評価⑥~⑫として解析を行った。leave-one-outによる予測精度が最大となるようにモデルを構築した。本章でもまた、本来の目的変数の値とPLS回帰モデルにおける予測値における決定係数を算出した。回帰モデルの構築として、予測度、精度の決定係数は0.1以上を閾値とした。

5.4 クラスター分析の結果

ウォード法により、腰部脊柱管狭窄症患者のJOABPEQの質問25項目の回答、重症度スコア①~⑤および身体的評価⑥~⑫の変数の関連性を樹形図として表現した(図5.1)。また、この樹形図をもとに暫定的に全ての変数の類似性を、相関-1が赤色、0が白、1が青色となるように色のグラジエントをつけた(図5.2)。樹形図において、ユークリッド距離1.0で区切ると7つのクラスターに分類することができた(図5.1)。

クラスター番号はC1のように略記する。C1は、⑥腰痛の程度、⑦臀部・下肢痛の程度、⑧下肢の痺れの程度など疼痛評価に関連した項目で構成されるクラスターであり、C2は、⑨股関節屈曲角度、⑩股関節外旋角度、⑪股関節内旋角度、⑫SLRAなどの股関節ROMに関連した項目で構成されるクラスターに分類された。C3以降はJOABPEQ関連であり、⑤心理的障害と⑤を算出するための質問項目の問5-1、問5-2、問5-3、問5-4、問5-5、問5-6、問5-7で構成されるクラスター、C4は①疼痛関連障害と①を算出するための質問項目の問1-1、問1-2、問1-3、問1-4に加えて問2-4(寝返りがうちにくい)で構成されるクラスター、C5は、②腰椎機能障害と②を算出するための質問項目の問2-1、問2-3、問2-5、問2-6で構成されるクラスター、C6は、③歩行機能障害と③を算出するための質問項目の問3-1、問3-2、問3-3、問3-4、問3-5に加

えて問 2-2(腰を曲げたり, 膝まづけないか)で構成されるクラスター, C7は④社会生活障害と④を算出するための質問項目の問 4-1, 問 4-2, 問 4-3 で構成されるクラスターに分類された。

クラスター分析の結果から, 質的データの JOABPEQ の質問項目と量的データの身体的評価の項目は, それぞれ別のクラスターを構成し, 一緒になるクラスターを構成しなかった。また, JOABPEQ 関連の樹形図(C3~C7)をみると, C3 の心理的障害の単独の樹形図と C4 疼痛関連障害, C5 腰椎機能障害, C6 歩行機能障害, C7 社会生活障害が合わさった樹形図とに分かれていた。

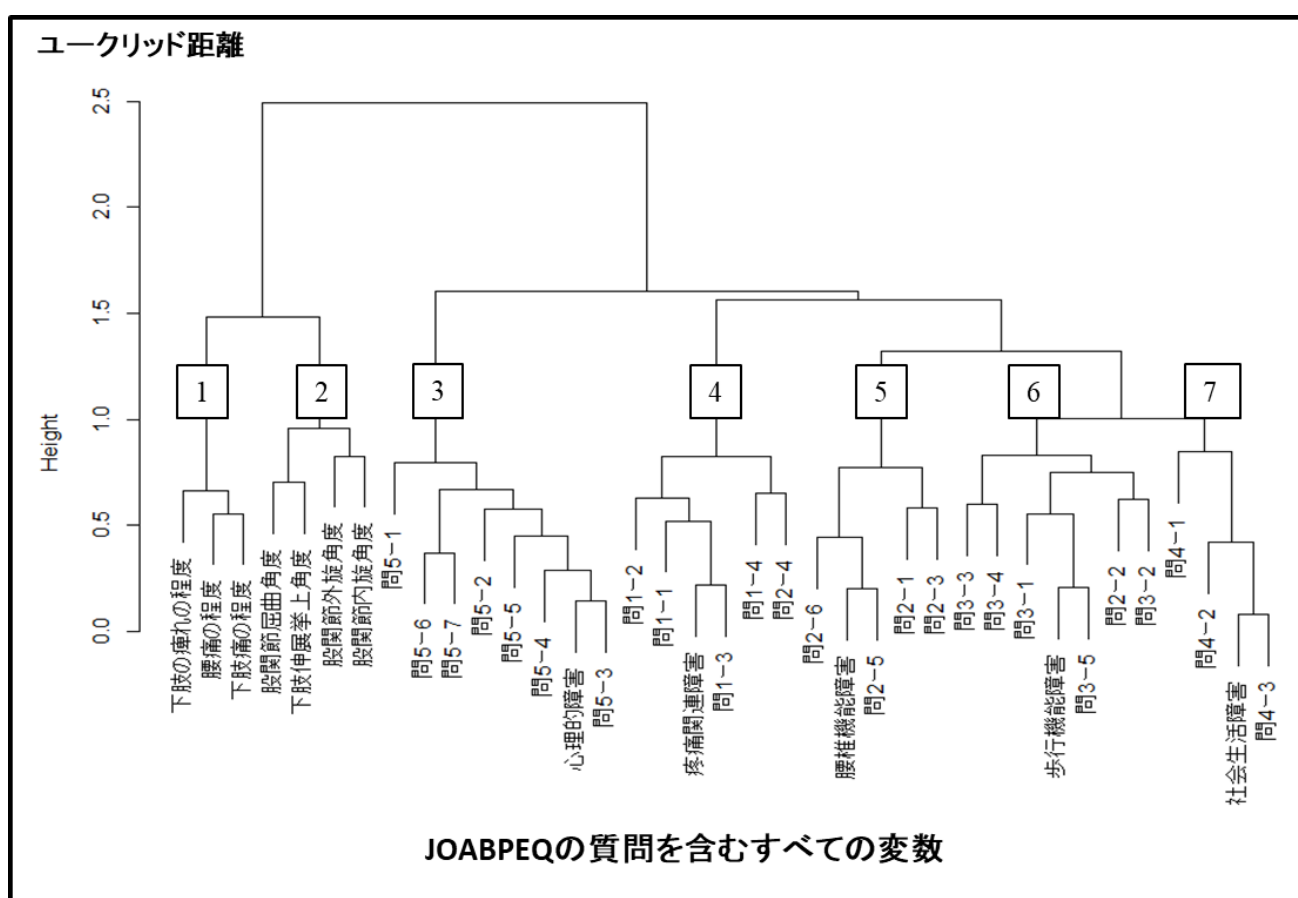


図 5.1 クラスター樹形図(腰部脊柱管狭窄症)。

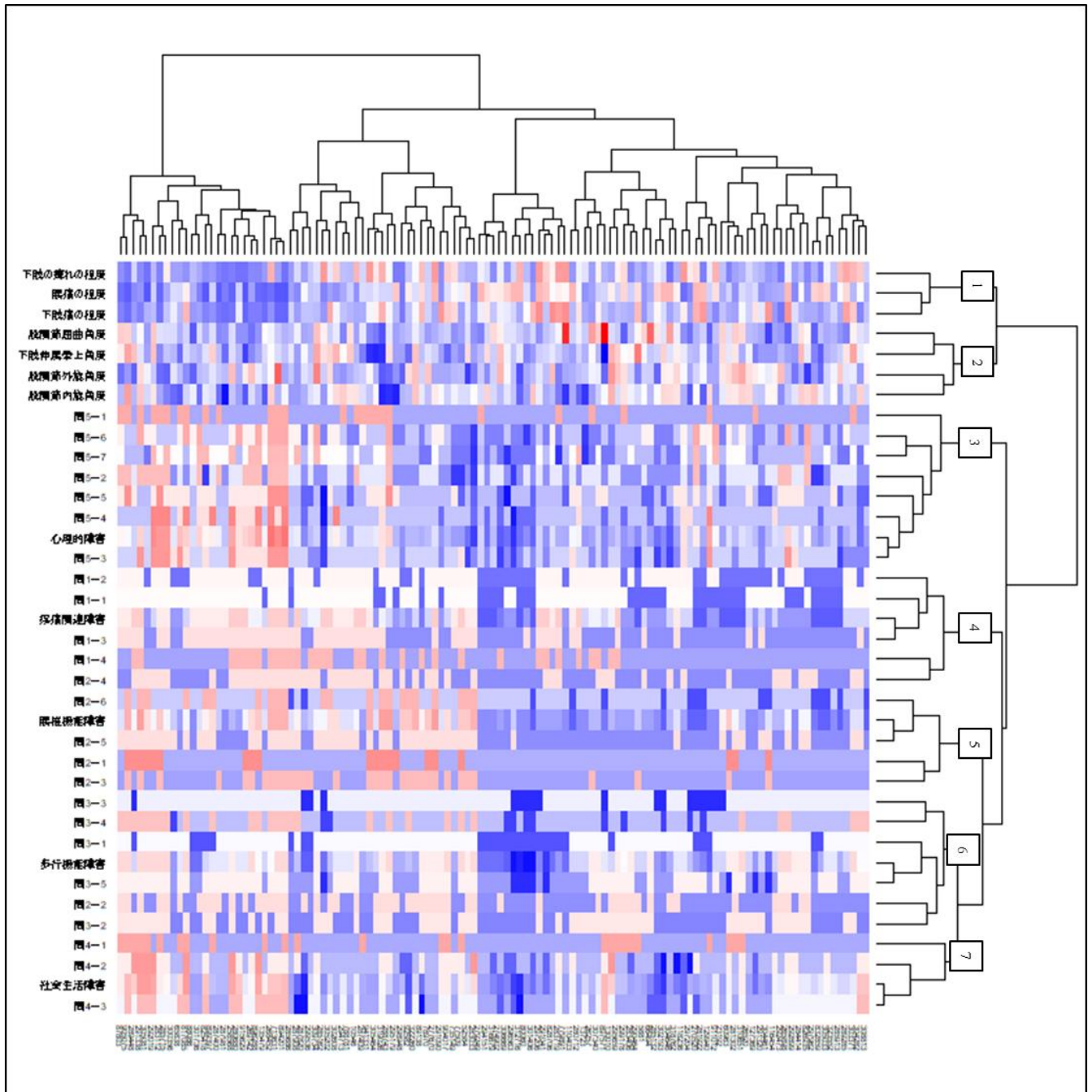


図 5.2 JOABPEQ の質問を含むすべての変数の類似性(腰部脊柱管狭窄症患者).

5.5 PLS 回帰分析の結果

PLS 回帰分析による腰部脊柱管狭窄症患者の各目的変数の平均値(mean), 成分数(N.C), 相関係数(r), 予測度(Q²), 精度(R²)を表 5.1 および図 5.3~5.14 に示す.

表 5.1 PLS 回帰分析の結果(腰部脊柱管狭窄症患者).

	mean	N.C	r	Q ²	R ²
① 疼痛関連障害	40.09	14	0.999	0.999	0.999
② 腰椎機能障害	56.30	7	0.992	0.987	0.985
③ 歩行機能障害	29.87	8	0.989	0.979	0.978
④ 社会生活障害	38.89	11	0.999	0.999	0.999
⑤ 心理的障害	45.27	15	0.999	0.999	0.999
⑥ 腰痛の程度	49.03	1	0.520	0.471	0.270
⑦ 臀部・下肢痛の程度	59.69	1	0.317	0.219	0.100
⑧ 臀部・下肢の痺れの程度	60.72	1	0.254	0.103	0.064
⑨ 股関節屈曲角度	107.10	1	0.240	0.046	0.057
⑩ 股関節外旋角度	42.51	1	0.294	-0.160	0.086
⑪ 股関節内旋角度	18.87	1	0.288	-0.047	0.083
⑫ 下肢伸展拳上角度	64.38	2	0.480	0.199	0.231

平均値において, JOABPEQ の各重症度スコアでは, ①疼痛関連障害 40.09 点, ②腰椎機能障害 56.30 点, ③歩行機能障害 29.87 点, ④社会生活障害 38.89 点, ⑤心理的障害 45.27 点であり, 腰部脊柱管狭窄症の特徴の一つである間欠性跛行がみられている患者が多いため, 前章の腰椎疾患と比較すると歩行機能障害が低下していた. また, 疼痛評価から⑥腰痛の程度 49.03mm, ⑦臀部・下肢痛の程度 59.60mm, ⑧臀部・下肢の痺れの程度 60.72mm であり, 中等度の痛みや痺れがみられていた. 股関節 ROM では, ⑨股関節屈曲角度 107.10°, ⑩股関節外旋角度 42.51°, ⑪股関節内旋角度 18.87°, ⑫SLRA64.38°であり, 腰痛疾患患者と同様に股関節 ROM 制限や

ハムストリングスの柔軟性低下が認められているが、腰部脊柱管狭窄症は、腰椎椎間板ヘルニアによる重度な坐骨神経痛による ROM 制限が少ないため、腰痛疾患患者と比較すると SLRA は高値を示している。

5.5.1 最適成分数, 相関関係について

最適成分数(N.C)において, JOABPEQ の重症度スコアでは, ①疼痛関連障害 14 個, ②腰椎機能障害 7 個, ③歩行機能障害 8 個, ④社会生活障害 11 個, ⑤心理的障害 15 個であり, ①疼痛関連障害, ④社会生活障害, ⑤心理的障害の N.C は 10 個以上であった。また, ⑥腰痛の程度 1 個, ⑦臀部・下肢痛の程度 1 個, ⑧臀部・下肢の痺れの程度 1 個, ⑨股関節屈曲角度 1 個, ⑩股関節外旋角度 1 個, ⑪股関節内旋角度 1 個, ⑫SLRA 2 個であり, 身体的評価では, SLRA 以外の説明変数はどれも N.C が 1 個であり, 自由度および精度が低かった(表 5.1)。

相関関係において, JOABPEQ の全重症度スコア;①疼痛関連障害, ②腰椎機能障害, ③歩行機能障害, ④社会生活障害, ⑤心理的障害は, JOABPEQ の質問 25 項目の回答と高い相関関係を認めた($r > 0.98$)。

VAS を使用した⑥腰痛の程度, ⑦臀部・下肢痛の程度, ⑧臀部・下肢の痺れの程度は, JOABPEQ の質問 25 項目の回答と低～中等度の相関関係を認めた($0.254 \leq r \leq 0.521$)。

ROM の⑨股関節屈曲角度、⑩股関節外旋角度、⑪股関節内旋角度, ⑫SLRA は, JOABPEQ の質問 25 項目の回答と低い相関関係を認めた($0.240 \leq r \leq 0.481$)。

5.5.2 各目的変数における JOABPEQ の質問 25 項目の回帰係数

回帰モデルの構築において, 腰部脊柱管狭窄症における各目的変数の結果, 詳細を以下に報告する(図 5.3～5.14)。

JOABPEQ の重症度スコア①疼痛関連障害は, JOABPEQ の質問 25 項目の回答と高い相関関係を認め($r = 0.999$), 精度の高い回帰モデルを構築した($Q^2 = 0.999$, $R^2 = 0.999$)。①疼痛関連障害における係数の絶対値が高かった質問項目は, 問 1-1 から 1-4 の 4 項目であり(図 5.3), 作成趣旨, 経緯に沿って JOABPEQ の疼痛関連障害のスコアを算出するために必要な質問 4 項目が強く影響を及ぼしていた。②腰椎機能障害, ③歩行機能障害, ④社会生活障害, ⑤心理的障害においても同様に, JOABPEQ の質問 25 項目の回答と高い相関関係を認め($r > 0.989$), 精度の高い回帰モデルを構築した($Q^2 > 0.979$, $R^2 > 0.978$)。また, 他の重症度スコアも作成趣旨, 経緯に沿っており, JOABPEQ の各重症度スコアを算出するために必要な質問項目が強く影響を及ぼしていた(図 5.4～5.7)。

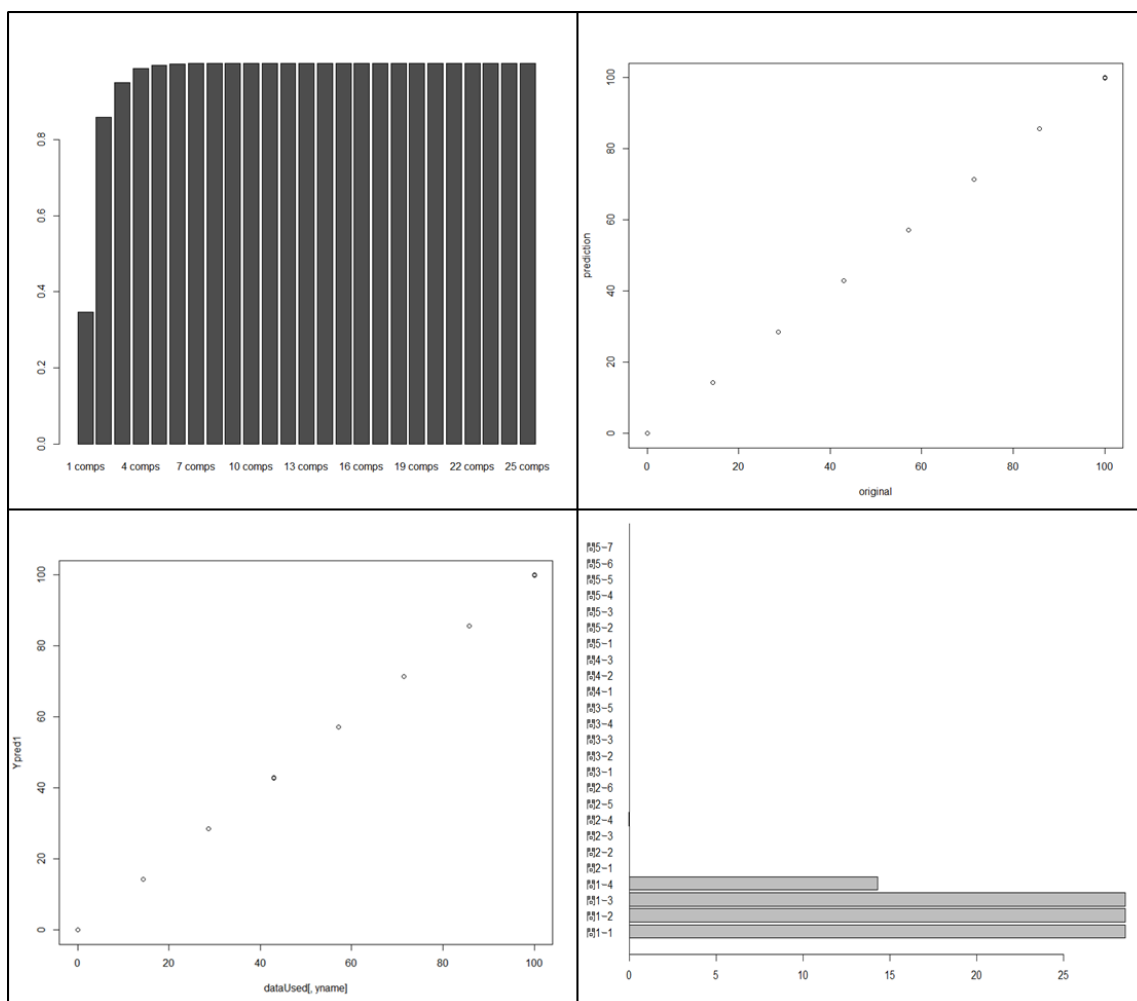


図 5.3 ①疼痛関連障害の PLS 回帰分析の結果(腰部脊柱管狭窄症患者).
 左上) JOABPEQ の質問 25 項目の回答から計算された各成分の Q^2 値,
 右上) 全成分数における目的変数の leave-one-out による推定値(prediction)と
 実測値(original)との関係,
 左下) 最適成分数における目的変数の推定値(Y pred)と実測値(data used)と
 の関係,
 右下) 最適成分数における JOABPEQ の質問 25 項目の回帰係数.

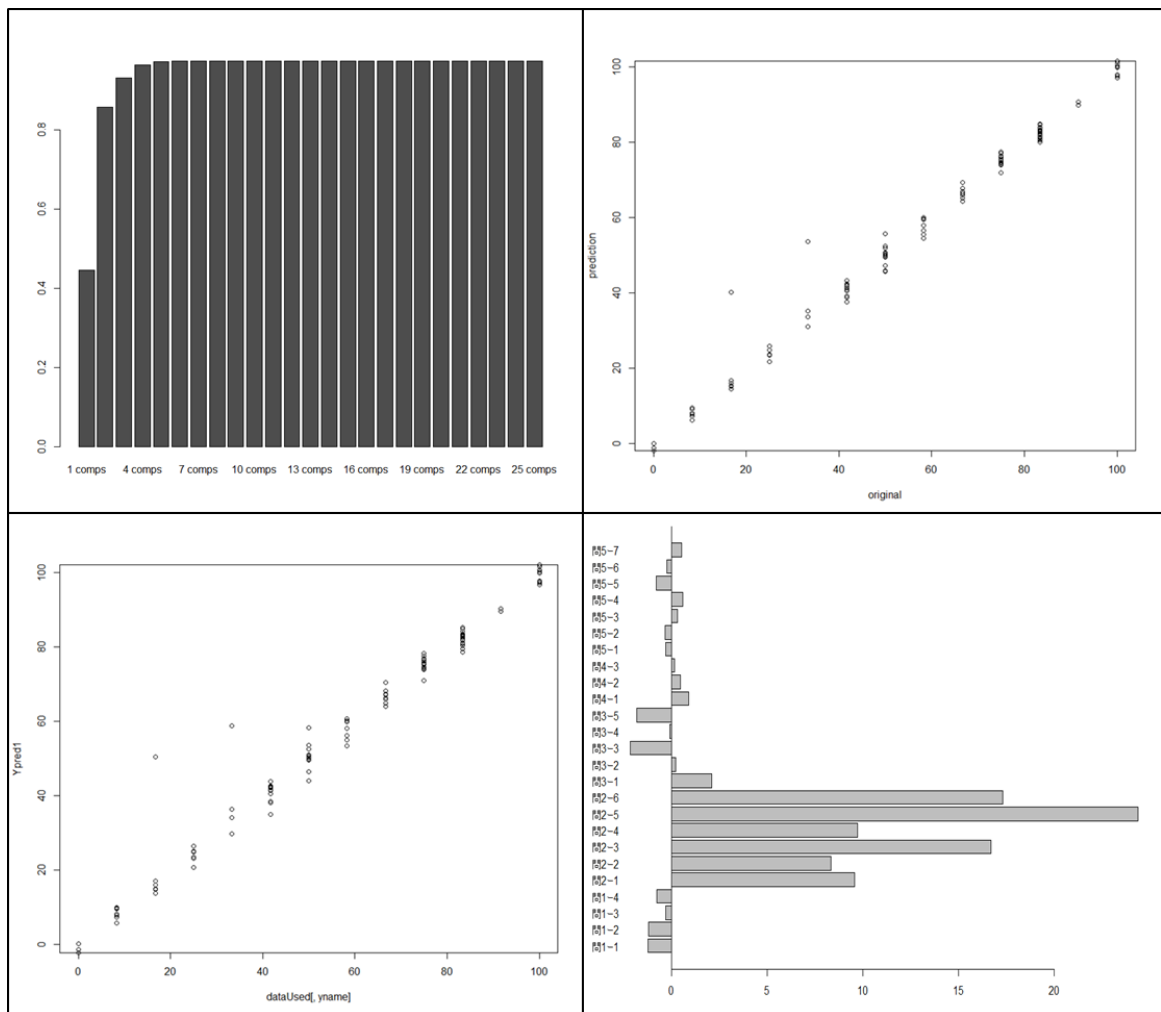


図 5.4 ②腰椎機能障害の PLS 回帰分析の結果(腰部脊柱管狭窄症患者).
 左上) JOABPEQ の質問 25 項目の回答から計算された各成分の Q^2 値,
 右上) 全成分数における目的変数の leave-one-out による推定値(prediction)と
 実測値(original)との関係,
 左下) 最適成分数における目的変数の推定値(Y pred)と実測値(data used)と
 の関係,
 右下) 最適成分数における JOABPEQ の質問 25 項目の回帰係数.

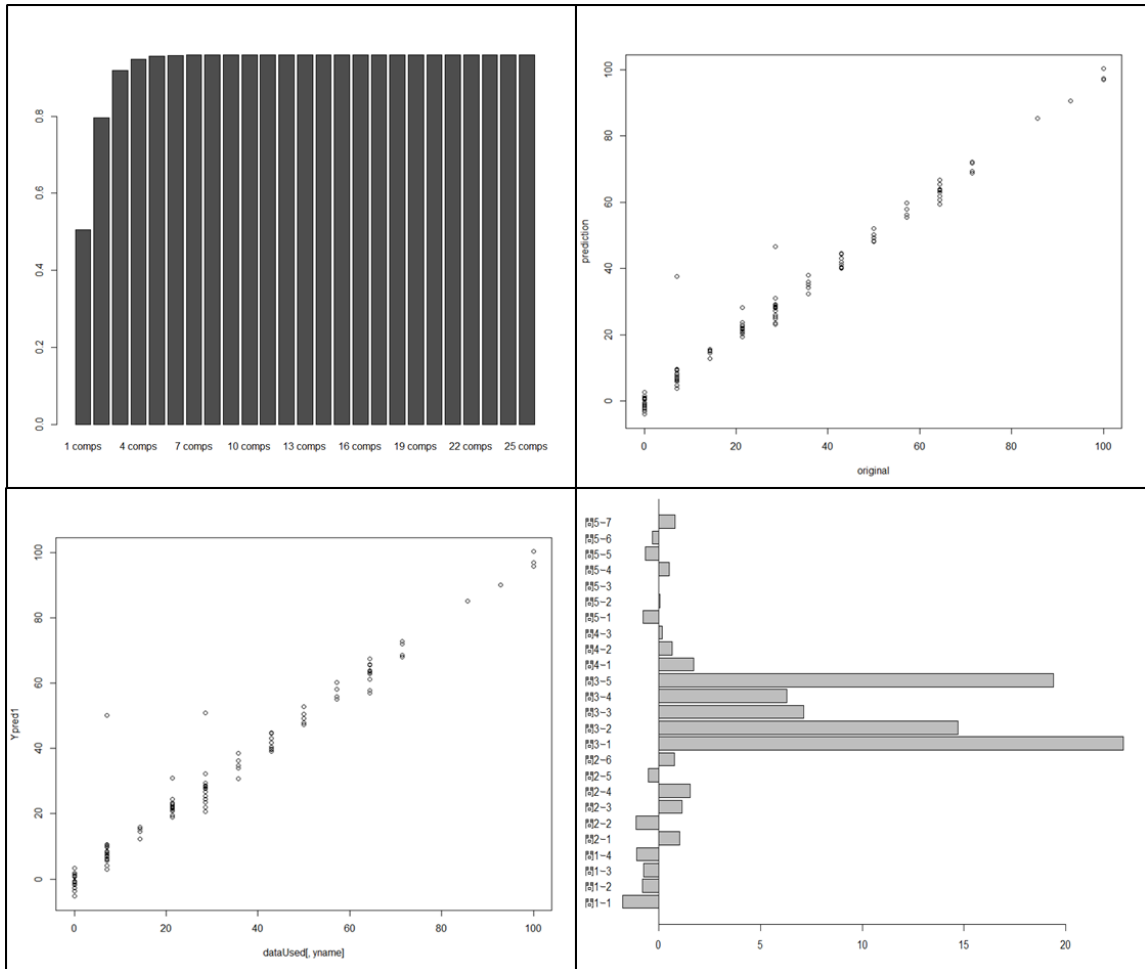


図 5.5 ③歩行機能障害の PLS 回帰分析の結果(腰部脊柱管狭窄症患者).
 左上) JOABPEQ の質問 25 項目の回答から計算された各成分の Q^2 値,
 右上) 全成分数における目的変数の leave-one-out による推定値(prediction)と
 実測値(original)との関係,
 左下) 最適成分数における目的変数の推定値(Y pred)と実測値(data used)と
 の関係,
 右下) 最適成分数における JOABPEQ の質問 25 項目の回帰係数.

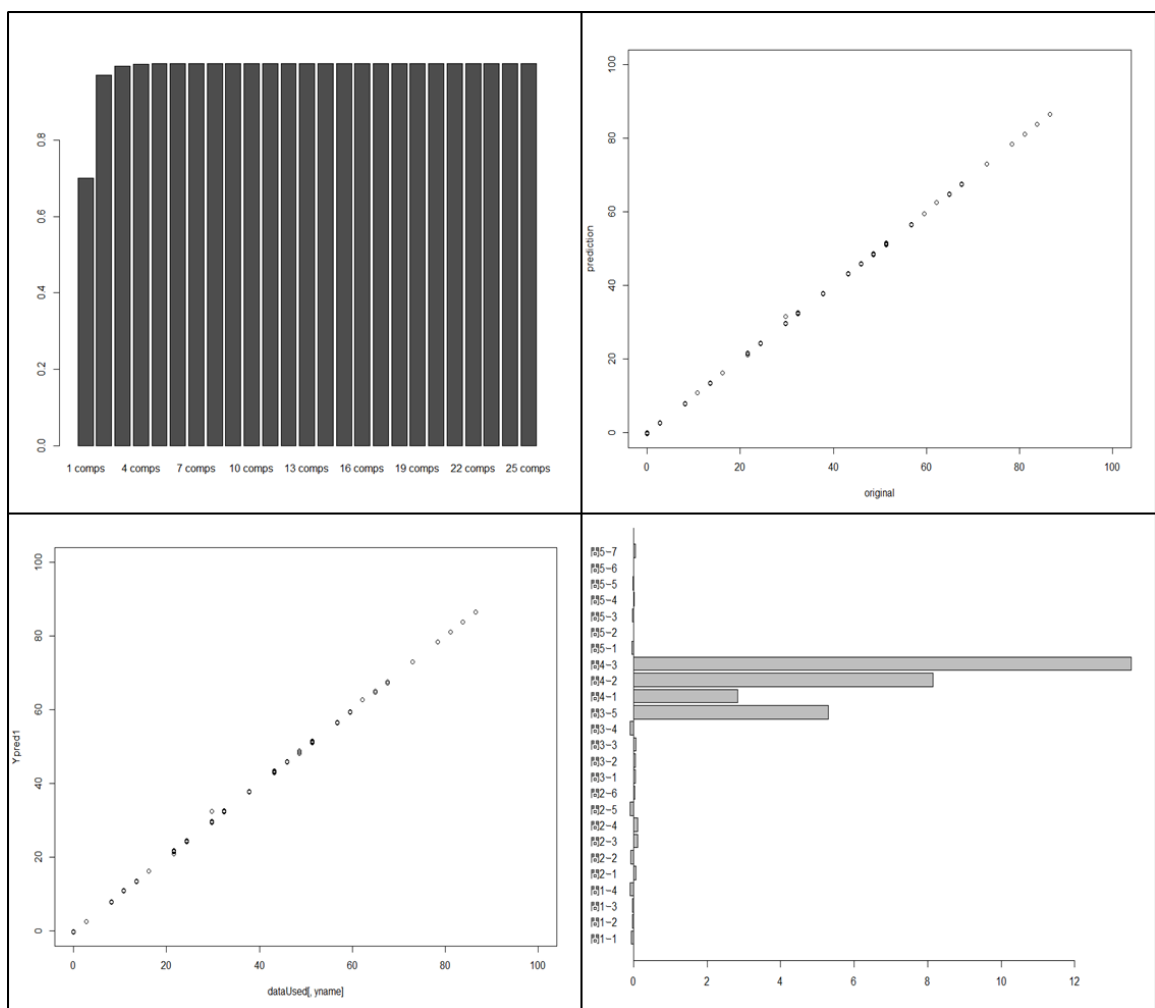


図 5.6 ④社会生活障害の PLS 回帰分析の結果(腰部脊柱管狭窄症患者).
 左上) JOABPEQ の質問 25 項目の回答から計算された各成分の Q^2 値,
 右上) 全成分数における目的変数の leave-one-out による推定値(prediction)と
 実測値(original)との関係,
 左下) 最適成分数における目的変数の推定値(Y pred)と実測値(data used)と
 の関係,
 右下) 最適成分数における JOABPEQ の質問 25 項目の回帰係数.

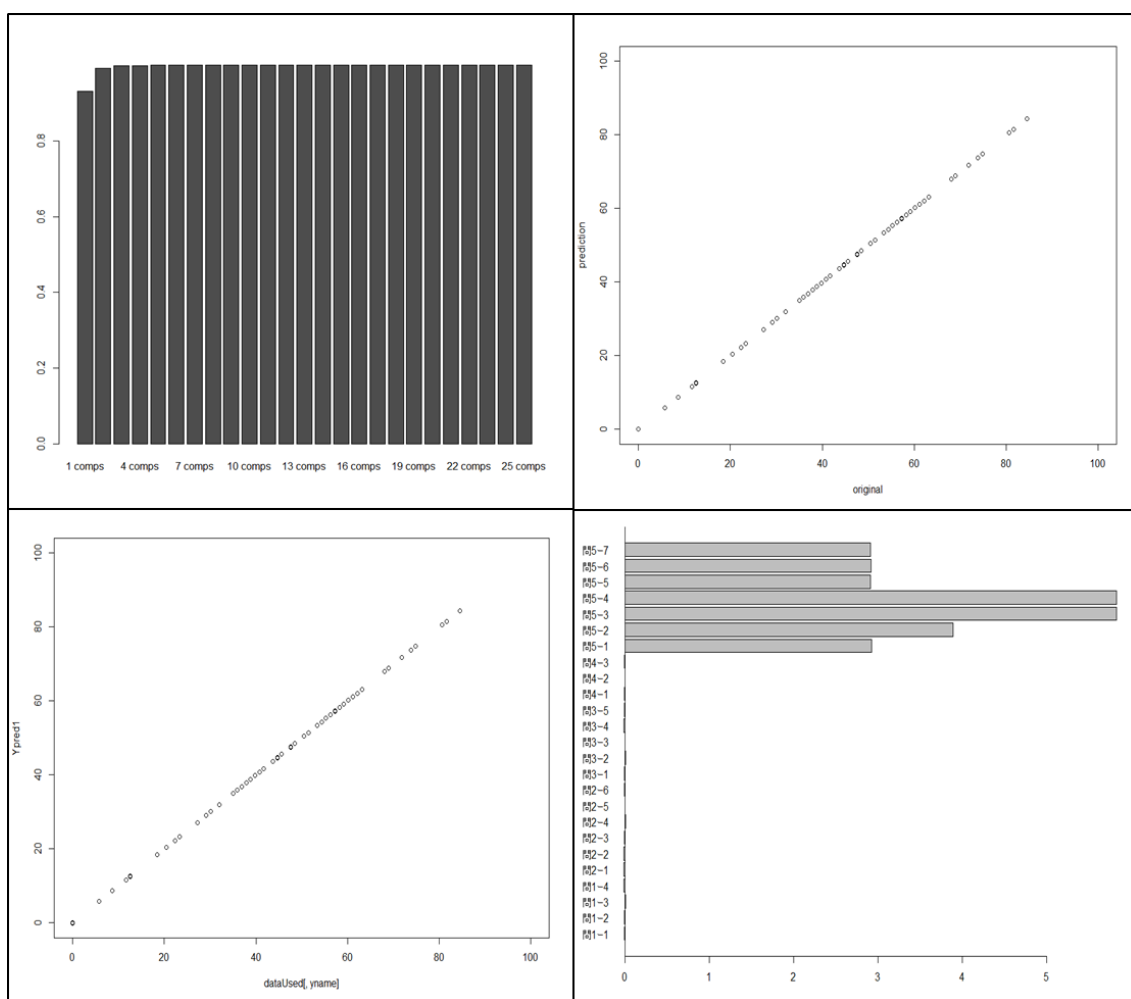


図 5.7 ⑤心理的障害の PLS 回帰分析の結果(腰部脊柱管狭窄症患者).
 左上) JOABPEQ の質問 25 項目の回答から計算された各成分の Q^2 値,
 右上) 全成分数における目的変数の leave-one-out による推定値(prediction)と
 実測値(original)との関係,
 左下) 最適成分数における目的変数の推定値(Y pred)と実測値(data used)と
 の関係,
 右下) 最適成分数における JOABPEQ の質問 25 項目の回帰係数.

VASを使用した⑥腰痛の程度は, JOABPEQの質問25項目の回答と相関関係を認め($r=0.520$), 回帰モデルを構築した($Q^2=0.471$, $R^2=0.270$). 係数の絶対値が高い上位5つの質問項目は, 問4-3(仕事は妨げられてるか), 問5-2(健康状態はどうか), 問5-3(落ち込んで憂鬱か), 問5-4(疲れ果ててるか), 問5-7(健康が悪くなるか)であった(図 5.8). 腰部脊柱管狭窄症患者の腰痛の程度は, 社会生活や心理面の項目が影響を受けていた.

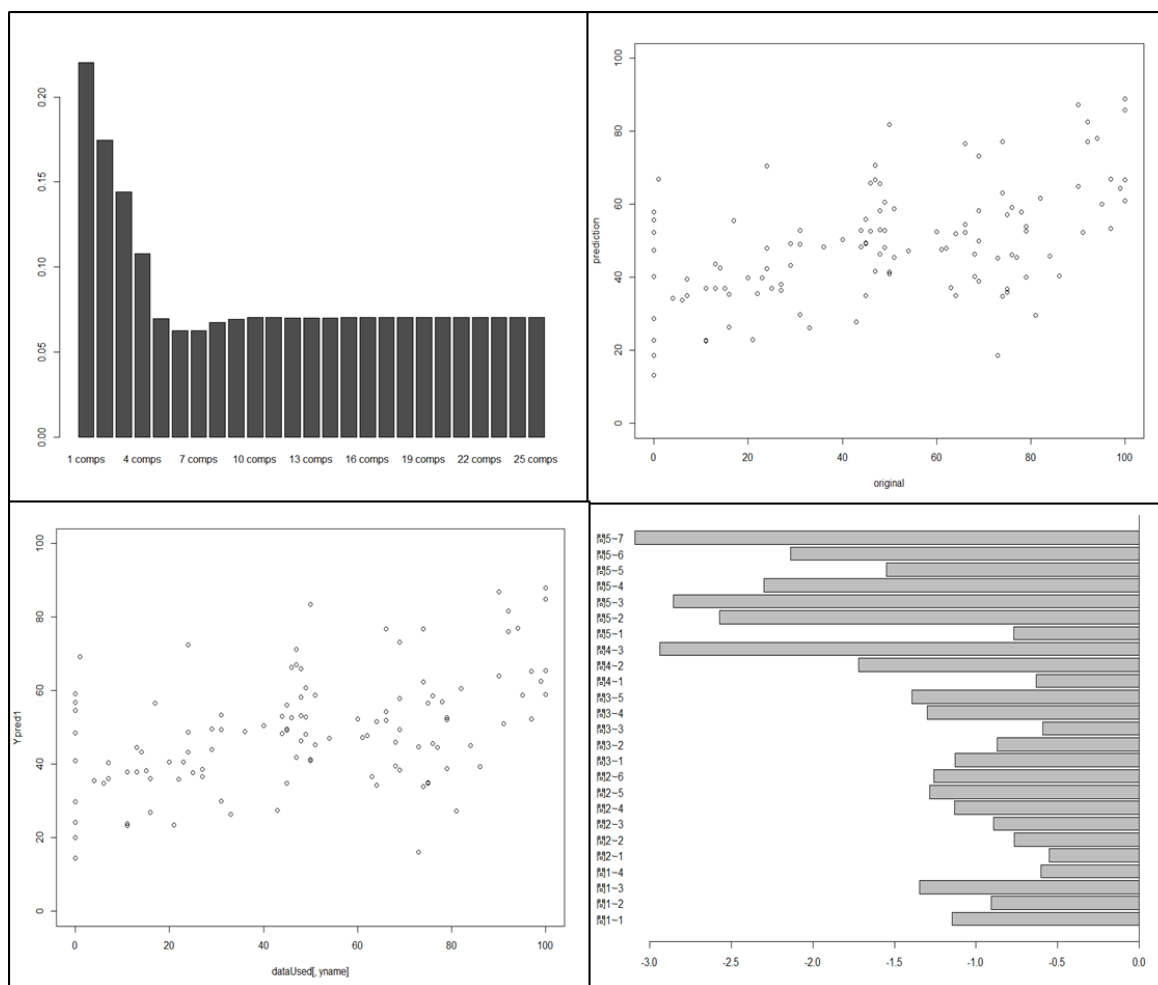


図 5.8 ⑥腰痛の程度の PLS 回帰分析の結果(腰部脊柱管狭窄症患者).

- 左上) JOABPEQの質問25項目の回答から計算された各成分の Q^2 値,
- 右上) 全成分数における目的変数の leave-one-out による推定値(prediction)と実測値(original)との関係,
- 左下) 最適成分数における目的変数の推定値(Y pred)と実測値(data used)との関係,
- 右下) 最適成分数における JOABPEQ の質問 25 項目の回帰係数.

⑦臀部・下肢痛の程度は、JOABPEQ の質問 25 項目の回答と相関関係を認め ($r=0.317$), 回帰モデルを構築した ($Q^2=0.219$, $R^2=0.100$). 係数の絶対値が高い上位 5 つの質問項目は、問 3-4(階段を上るのは難しいか), 問 3-5(15 分以上歩けるか), 問 4-3(仕事は妨げられているか), 問 5-3(落ち込んで憂鬱か), 問 5-7(健康が悪くなるか)であった(図 5.9). 腰部脊柱管狭窄症患者の臀部・下肢痛の程度は、歩行や階段動作, 仕事の状況, 心理面から影響を受けていた.

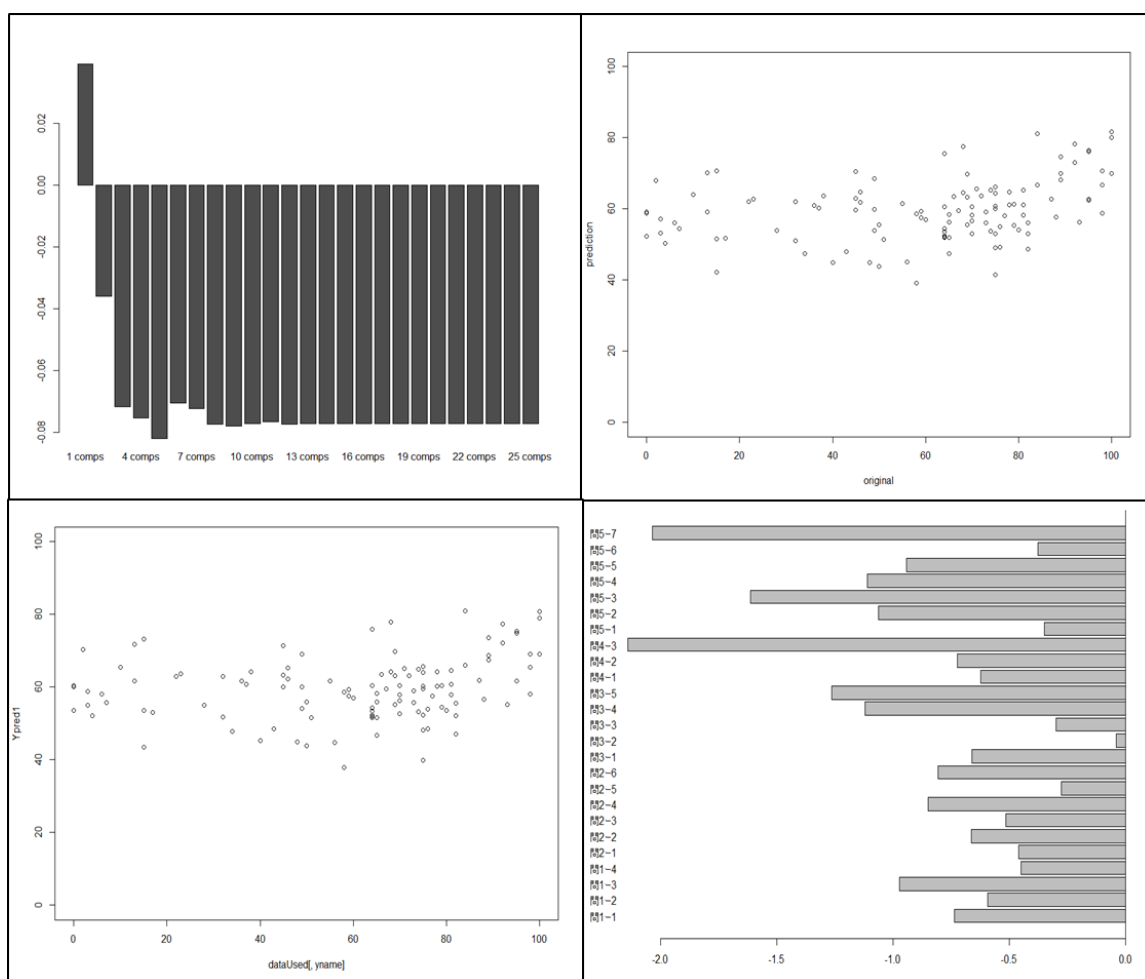


図 5.9 ⑦臀部・下肢痛の程度の PLS 回帰分析の結果(腰部脊柱管狭窄症患者).
 左上)JOABPEQ の質問 25 項目の回答から計算された各成分の Q^2 値,
 右上)全成分数における目的変数の leave-one-out による推定値(prediction)と
 実測値(original)との関係,
 左下)最適成分数における目的変数の推定値(Y pred)と実測値(data used)と
 の関係,
 右下)最適成分数における JOABPEQ の質問 25 項目の回帰係数.

⑧臀部・下肢の痺れの程度は, JOABPEQ の質問 25 項目の回答と相関関係を認め($r=0.254$), 回帰モデルを構築したが精度の低い決定係数を示した($Q^2=0.103$, $R^2=0.064$). 係数の絶対値が高い上位 5 つの質問項目は, 問 4-1(家事はどうか), 問 4-2(仕事や普段の活動はできないか), 問 4-3(仕事は妨げられてるか), 問 5-3(落ち込んで憂鬱か), 問 5-5(楽しい気分か)であった(図 5.10). 臀部・下肢の痺れの程度は, 社会生活や心理面から影響を受けていた.

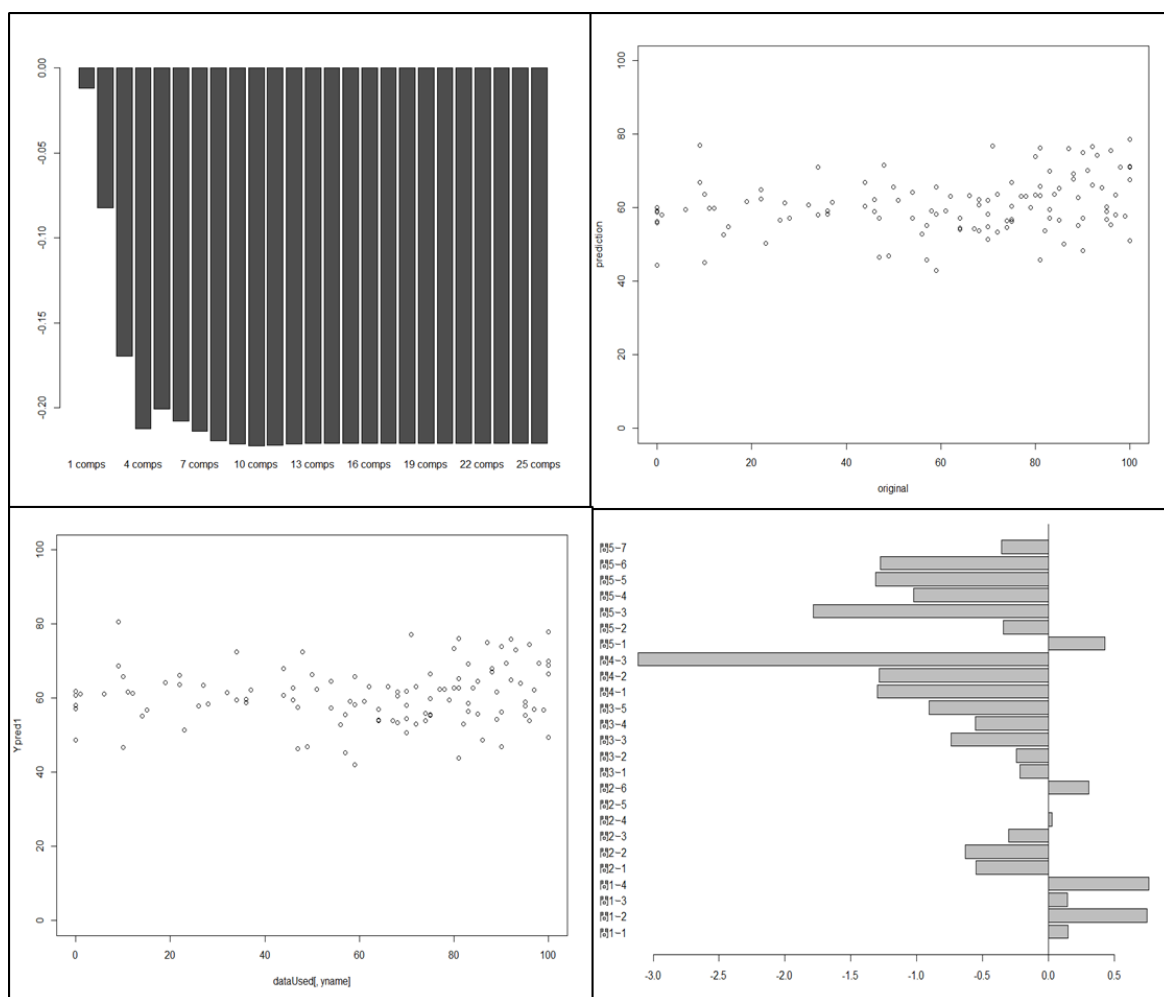


図 5.10 ⑧臀部・下肢の痺れ程度の PLS 回帰分析の結果(腰部脊柱管狭窄症患者). 左上) JOABPEQ の質問 25 項目の回答から計算された各成分の Q^2 値, 右上) 全成分数における目的変数の leave-one-out による推定値 (prediction) と実測値 (original) との関係, 左下) 最適成分数における目的変数の推定値 (Y pred) と実測値 (data used) との関係, 右下) 最適成分数における JOABPEQ の質問 25 項目の回帰係数.

ROM において、⑨股関節屈曲角度は、JOABPEQ の質問 25 項目の回答と相関関係を認めたが ($r=0.240$)、回帰モデルを構築できなかった ($Q^2=0.046$, $R^2=0.057$)。係数の絶対値が高い上位 5 つの質問項目は、問 3-2 (1 日座っているか)、問 5-2 (健康状態はどうか)、問 5-3 (落ち込んで憂鬱か)、問 5-4 (疲れ果ててるか)、問 5-5 (楽しい気分か) であった (図 5.11)。

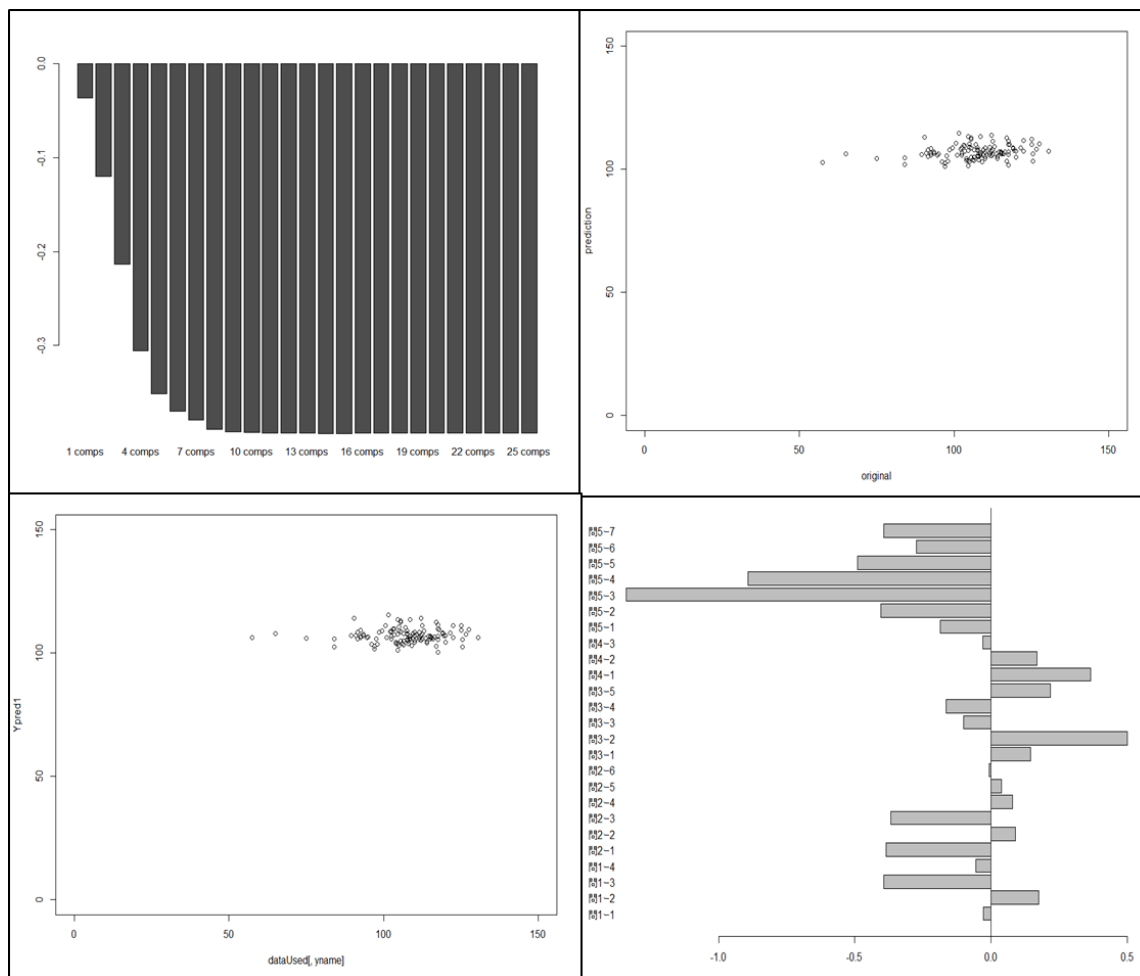


図 5.11 ⑨股関節屈曲角度の PLS 回帰分析の結果 (腰部脊柱管狭窄症患者).
 左上) JOABPEQ の質問 25 項目の回答から計算された各成分の Q^2 値,
 右上) 全成分数における目的変数の leave-one-out による推定値 (prediction)
 と実測値 (original) との関係,
 左下) 最適成分数における目的変数の推定値 (Y pred) と実測値 (data used)
 との関係,
 右下) 最適成分数における JOABPEQ の質問 25 項目の回帰係数.

⑩股関節外旋角度は、JOABPEQ の質問 25 項目の回答と相関関係を認めたが($r = 0.294$)、回帰モデルを構築できなかった($Q^2 = -0.160$, $R^2 = 0.086$)。係数の絶対値が高い上位 5 つの質問項目は、問 1-2(横になって休んでいるか)、問 1-4(よく眠れないか)、問 5-2(健康状態はどうか)、問 5-5(楽しい気分か)、問 5-6(人並みに健康か)であった(図 5.12)。

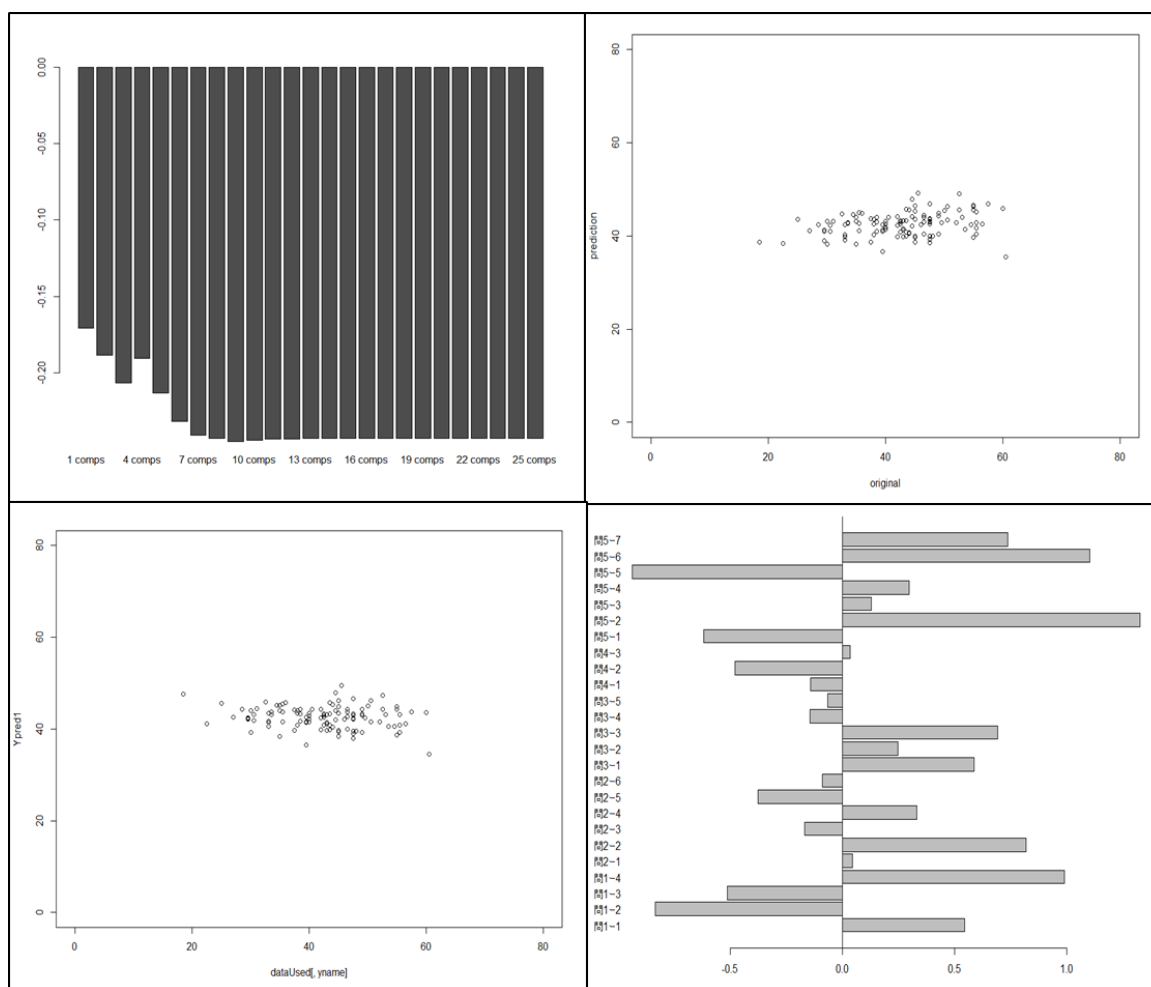


図 5.12 ⑩股関節外旋角度の PLS 回帰分析の結果(腰部脊柱管狭窄症患者).
 左上) JOABPEQ の質問 25 項目の回答から計算された各成分の Q^2 値,
 右上) 全成分数における目的変数の leave-one-out による推定値 (prediction)
 と実測値 (original) との関係,
 左下) 最適成分数における目的変数の推定値 (Y pred) と実測値 (data used)
 との関係,
 右下) 最適成分数における JOABPEQ の質問 25 項目の回帰係数。

⑪股関節内旋角度は、JOABPEQ の質問 25 項目の回答と相関関係を認めたが($r = 0.288$)、回帰モデルを構築できなかった($Q^2 = -0.047$, $R^2 = 0.083$)。係数の絶対値が高い上位 5 つの質問項目は、問 2-5(靴下を履けないか)、問 4-3(仕事は妨げられているか)、問 5-3(落ち込んで憂鬱か)、問 5-5(楽しい気分か)、問 5-7(健康が悪くなるか)であった(図 5.13)。

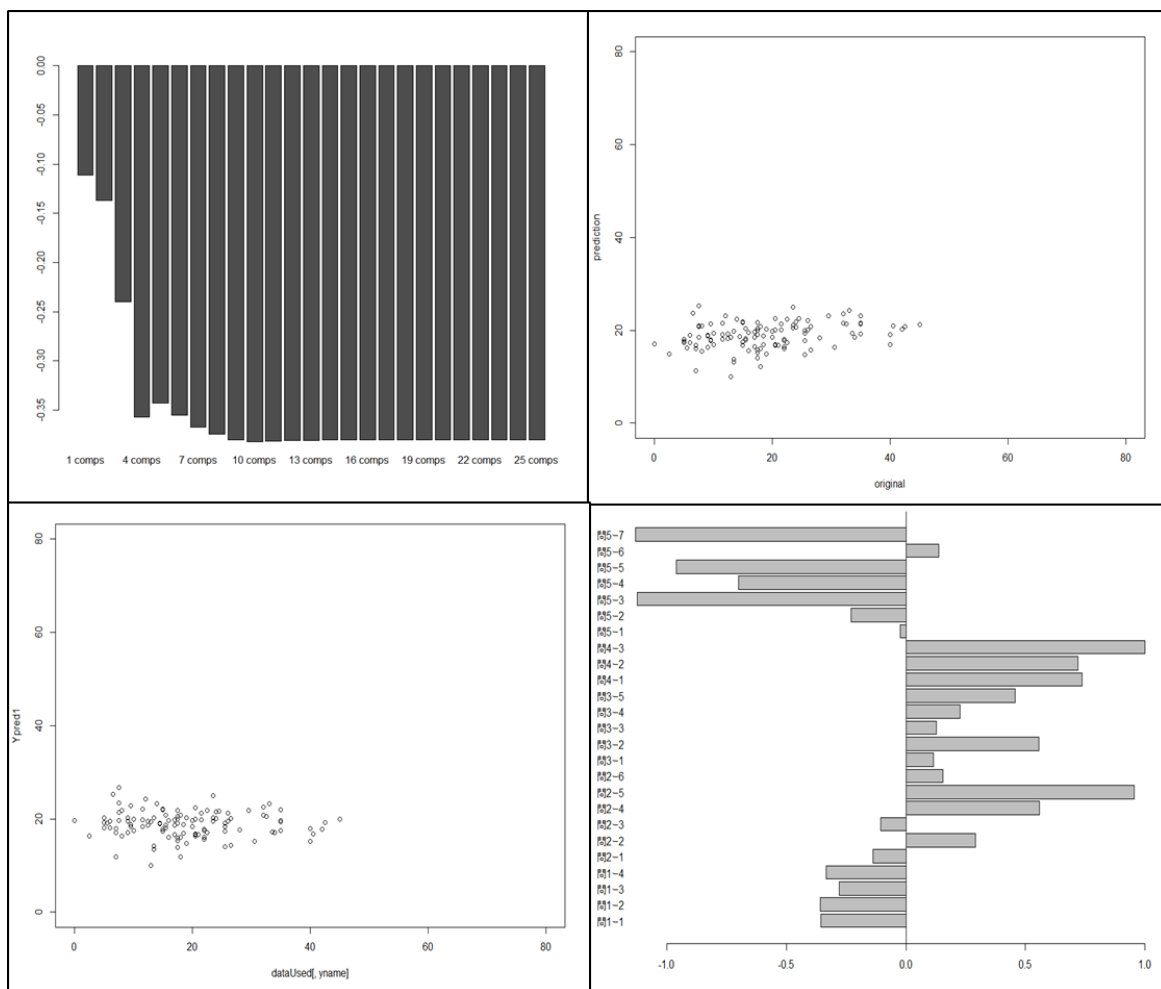


図 5.13 ⑪股関節内旋角度(腰部脊柱管狭窄症患者)；
 左上) JOABPEQ の質問 25 項目の回答から計算された各成分の Q^2 値，
 右上) 全成分数における目的変数の leave-one-out による推定値 (prediction)
 と実測値 (original) との関係，
 左下) 最適成分数における目的変数の推定値 (Y pred) と実測値 (data used)
 との関係，
 右下) 最適成分数における JOABPEQ の質問 25 項目の回帰係数。

⑫SLRA は、JOABPEQ の質問 25 項目の回答と相関関係を認め ($r=0.480$)、回帰モデルを構築した ($Q^2=0.199$, $R^2=0.231$)。係数の絶対値が高い上位 5 つの質問項目は、問 2-2(腰を曲げたり、膝まづけないか)、問 2-5(靴下を履けないか)、問 3-2(1 日座って過ごしているか)、問 3-5(15 分以上歩けるか)、問 5-3(落ち込んで憂鬱か)であった(図 5.14)。腰部脊柱管狭窄症患者の SLRA は、腰部屈曲動作、歩行機能、心理面から影響を受けていた。

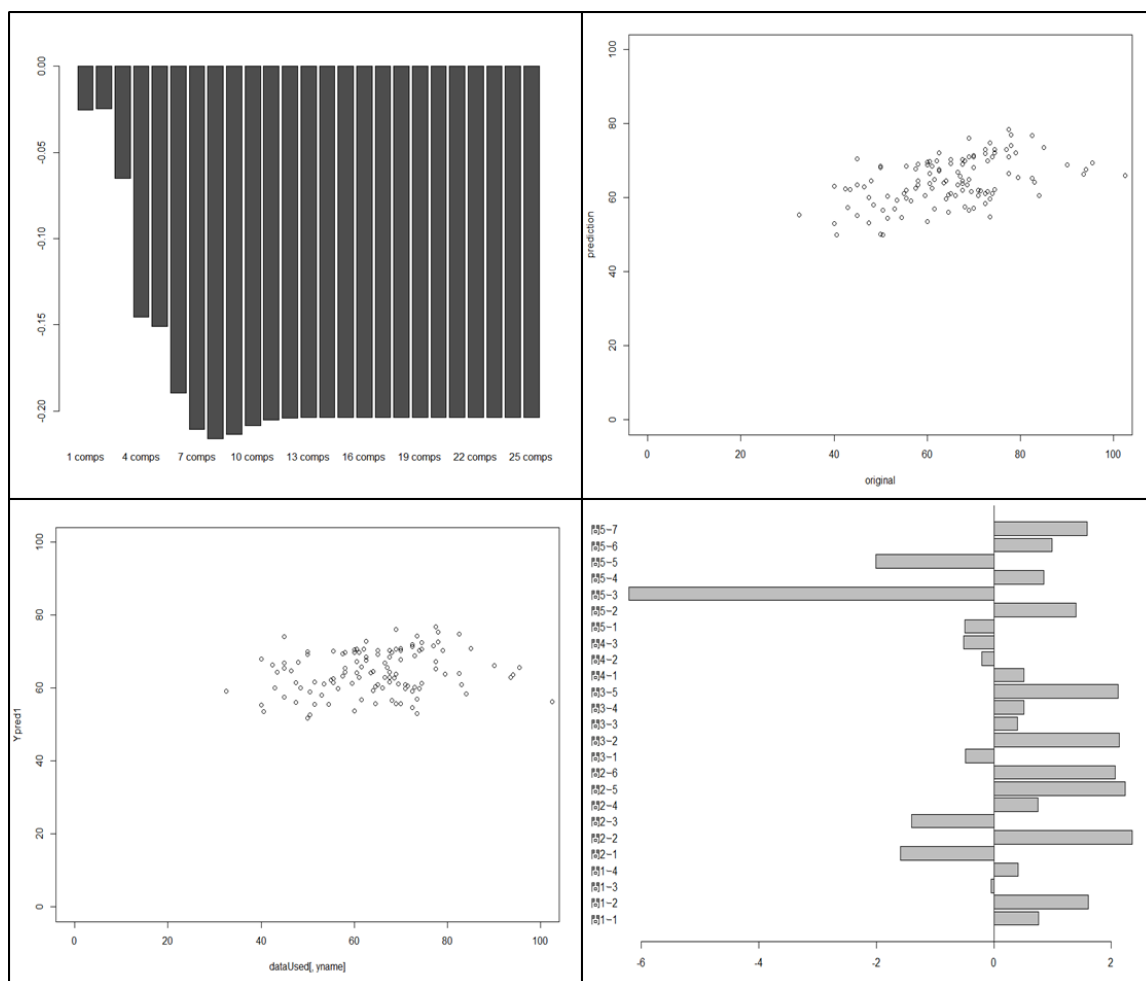


図 5.14 ⑫SLRA の PLS 回帰分析の結果(腰部脊柱管狭窄症患者)。

左上) JOABPEQ の質問 25 項目の回答から計算された各成分の Q^2 値,
 右上) 全成分数における目的変数の leave-one-out による推定値 (prediction) と実測値 (original) との関係,
 左下) 最適成分数における目的変数の推定値 (Y pred) と実測値 (data used) との関係,
 右下) 最適成分数における JOABPEQ の質問 25 項目の回帰係数。

5.6 考察

5.6.1 クラスタ分析の結果に対する考察

JOABPEQ の質問 25 項目および各重症度スコア, VAS を使用した疼痛評価, 関節可動域 (ROM) などの身体機能評価の全変数をクラスタ分析で解析した結果 (図 5.1, 5.2), 第 4 章と同じく C1 で構成された疼痛評価と C2 で構成された股関節 ROM の量的データが隣り合い, C3~C7 で構成された JOABPEQ の質問項目およびその回答から算出される各重症度スコアの質的データがまとめられ, 質的データの JOABPEQ の質問 25 項目と量的データの各疼痛評価および ROM などの身体的評価の項目が一緒になるクラスタの存在は認めなかった。

前章の腰痛疾患患者の樹形図と比較すると, 腰部脊柱管狭窄症患者の JOABPEQ 関連の樹形図 (C3~C7) では, C3 の⑤心理的障害とそれを算出するための質問項目で形成された単独の樹形図と, C4 疼痛関連障害, C5 腰椎機能障害, C6 歩行機能障害, C7 社会生活障害が合わさった樹形図とに分かれていた。腰部脊柱管狭窄症の特徴として, 間欠性跛行という歩行機能障害がみられるが, クラスタ分析の結果から, C6 の間欠性跛行などの歩行機能障害は C7 の社会生活と近い関連性を示し, C6 と C7 を合わせた要因は C5 の腰椎機能に関連している。また, C5~C7 を含めた要因は, C4 の疼痛関連障害と関連性を示し, これらの C4~C7 を含めた要因は C3 の心理的障害と関連していることが示された。これら結果から, 腰部脊柱管狭窄症患者にとって, 心理的障害は大きな要因であることが示された。

さらに腰部脊柱管狭窄症の JOABPEQ の樹形図 (C3~C7) を見ていくと, C4 は疼痛関連障害とそれを算出するための質問項目に加えて, 問 2-4 (寝返りがしにくい) の腰椎機能障害のスコアを算出するための質問項目が入っている。このことから, 寝返り動作の状況が, 脊柱管狭窄症患者の疼痛関連障害のスコアに影響を与えることが考えられた。また, C6 の歩行機能障害とそれを算出するための質問項目に加えて, 問 2-2 (腰を曲げたり, 膝まづける) の腰椎機能障害を算出するための質問項目が入っている。腰部脊柱管狭窄症の歩行機能障害は, 膝まづく動作などの腰部前屈機能が歩行機能障害のスコアに影響を与えることが考えられた。これらの結果から, 腰部脊柱管狭窄症のリハビリテーションでは, 寝返り動作の可否で疼痛の状態を把握し, 歩行機能改善のために, 歩行練習や立ち上がり練習などの筋力トレーニングに加えて, 腰部の前屈 ROM の拡大を目指したリハビリテーションを行うことも重要と考える。

5.6.2 PLS 回帰分析の各重症度スコアに対する考察

腰部脊柱管狭窄症の PLS 回帰分析の結果から、回帰モデルの構築において、JOABPEQ の重症度スコア①疼痛関連障害, ②腰椎機能障害, ③歩行機能障害, ④社会生活障害, ⑤心理的障害は, 第 4 章と同じく JOABPEQ の質問 25 項目の回答から精度が高い回帰モデルの構築を認めた ($Q^2 > 0.97$, $R^2 > 0.97$). また, 前章の腰痛疾患患者と同様に, 各重症度スコアに対する各質問項目の係数値は, 作成趣旨・経緯に沿った各重症度スコアを算出するための各質問項目の係数値と同様であった. すなわち, JOABPEQ の各重症度スコアの計算式には, 各質問項目に対してそれぞれの重みづけがされているが, 我々の PLS 回帰分析の結果においても, 各質問項目における係数値は, それぞれの質問項目に対する重みづけと対応した値を示していた. これらの結果から, 腰部脊柱管狭窄症においても, JOABPEQ は各重症度スコアが独立しており, 多面的に評価できる質問票であることが確認できた.

5.6.3 PLS 回帰分析の痛みや痺れに対する考察

⑥腰痛の程度は, JOABPEQ の質問 25 項目の回答と相関関係, 回帰モデルの構築を認めた. 係数の高い関連質問から腰痛の程度は, 仕事などの社会生活活動, 疲れや健康状態などの心理面の質問項目から影響を受けていた. また, これらの質問項目から腰痛の程度を予測できることが示された. 前章の腰痛疾患患者のデータと比較すると, 腰痛疾患患者では, 疼痛に関連する質問項目に加えて, 主に腰椎機能に関連する質問項目から影響を受けていたが, 腰部脊柱管狭窄症患者の腰痛の程度においては, 社会生活活動や心理面などの質問項目から影響を受けていた. これらの結果から, 腰部脊柱管狭窄症は, 社会生活や心理面からの影響が大きいと考えられた.

⑦臀部・下肢痛の程度は, JOABPEQ の質問 25 項目の回答と相関関係, 回帰モデルの構築を認めた. 係数の高い関連質問から臀部・下肢痛の程度は, 歩行能力, 仕事などの社会生活活動, 健康状態や心理面などの質問項目から影響を受けていた. また, これらの質問項目から臀部・下肢痛の程度を予測できると考える. 前章の腰痛疾患患者のデータと比較すると, 腰痛疾患患者では, 家事や仕事などの社会生活, 健康状態や心理面などの質問項目から影響を受けていたが, 腰部脊柱管狭窄症患者の臀部・下肢痛の程度においては, 心理面の項目だけでなく, 歩行能力に関連する質問項目から影響を受けていた. このことから, 腰部脊柱管狭窄症患者の臀部・下肢痛の程度は, 歩行機能と関連性があると考えられる.

⑧臀部・下肢の痺れの程度は, JOABPEQ の質問 25 項目の回答と相関関係, 回帰モデルを認めたが低い決定係数を示した ($Q^2 = 0.103$, $R^2 = 0.064$). 係数の高い関連

質問では、前章の腰痛疾患患者のデータと同じように家事や仕事などの社会生活活動、健康状態や心理面などの質問項目から影響を受けていた。精度の低い決定係数を示したことから、JOABPEQ の質問項目から臀部・下肢痛の痺れの程度は予測できないと考える。

前章との結果の違いでは、臀部・下肢痛の程度において、前章では坐骨神経痛の症状が強い症例、そうでない症例などが混合していたため、臀部・下肢痛の程度が平均化されてしまい、精度が低い結果となっていた。本章の腰部脊柱管狭窄症患者の結果では、坐骨神経痛からくる臀部・下肢痛は、発症からしばらく経過しており、主観的な痛みや痺れは残っているものの、急性期のように激しい運動時痛はなく、間欠性跛行からくる大腿部や足部への痛みや痺れが主な症状であったと考える。そのため、腰部脊柱管狭窄症の臀部・下肢痛の程度は、間欠性跛行からくる痛みに統一され、精度の値が前章より高値を示したと考える。しかし、臀部・下肢の痺れの程度は、精度が低値のままであることから、JOABPEQ は、疾患を特定しても臀部・下肢の痺れの程度は予測できないことが示された。

5.6.4 PLS 回帰分析の関節可動域に対する考察

股関節 ROM において、⑨股関節屈曲角度、⑩股関節外旋角度、⑪股関節内旋角度は、前章の腰痛疾患患者と同じく JOABPEQ の質問 25 項目の回答と相関関係を認めたが、回帰モデルの構築を認めなかった。このことから、腰部脊柱管狭窄症患者においても股関節屈曲、外旋、内旋角度は JOABPEQ の質問 25 項目と相関関係を認めるが、JOABPEQ の回答から予測することは難しいと考える。

一方、⑫SLRA においては、JOABPEQ の質問 25 項目の回答と相関関係があり、回帰モデルの構築を認めた。係数の高い関連質問から SLRA は、腰椎の屈曲動作、歩行能力、心理面から影響を受けていることが示された。前章の腰痛疾患患者のデータと比較すると、腰部前屈動作に加えて歩行機能に関連する質問項目から影響を受けていた。前章でも述べたが、SLRA は、ハムストリングスの柔軟性の評価法でもあり、係数の高かった問 2-2(腰を曲げたり、膝まづけないか)、問 2-5(靴下を履けないか)は、腰部前屈、股関節屈曲動作であり、ハムストリングスの柔軟性が関与していることがわかる。また、問 3-5(15 分以上歩けるか)の歩行機能に関連する質問項目も高い係数値を示していた、腰部脊柱管狭窄症の特徴としての間欠性跛行による歩行障害が関与していることから、歩行機能の程度、すなわち間欠性跛行の程度は、SLRA を予測に貢献できると考える。

第6章 総括

6.1 第4章の腰痛疾患患者における回帰モデルのまとめ

本研究の第4章では、船橋整形外科病院で手術を予定している全ての腰痛疾患患者を対象に、JOABPEQの質問25項目の回答と身体的評価との関連性および回帰モデルの構築を検討した。その結論を以下に述べる。

- 1) JOABPEQは、各重症度スコアが独立しており、腰痛疾患患者を多面的に評価できる質問票である。
- 2) 腰痛の程度は、JOABPEQの質問の回答から回帰モデルを構築でき、腰痛回避動作、立ち上がり動作、健康状態などの質問項目から予測が可能である。
- 3) 臀部・下肢の痛みや痺れの程度は、JOABPEQの質問の回答と相関関係を示し回帰モデルを構築したが、低い決定係数を示した。したがって、腰痛疾患患者の臀部・下肢の痛みや痺れの程度は、JOABPEQの質問の回答から予測できない。
- 4) 股関節ROMの屈曲、外旋、内旋角度は、JOABPEQの質問25項目の回答と相関関係を示したが、回帰モデルを構築できなかった。これらの結果から、腰痛疾患患者の股関節ROMは、JOABPEQの質問の回答から予測できない。また、JOABPEQは、股関節ROMなどの身体的評価を全て網羅しているわけではないと考える。
- 5) SLRAは、JOABPEQの質問の回答から回帰モデルを構築でき、腰部前屈動作、家事や仕事などの能力に関連する質問項目から予測が可能である。

第4章では、手術を予定している腰痛疾患患者全員を対象としていたため、疾患によって臀部・下肢の痛みや痺れの程度が異なり、各疾患の症状が混合し平均化され、特徴的な結果を見出すことができなかった。また、重度の坐骨神経痛を持つ対象が含まれていたため、SLRAにおいて、ハムストリングスの柔軟性の程度よりも、重度の坐骨神経痛の程度がJOABPEQの回答に影響を与えていたと考える。したがって、手術を予定している腰痛疾患患者のリハビリテーションにおいては、坐骨神経痛の程度を評価した上で、JOABPEQの回答を確認する必要があると考える。

6.2 第 5 章の腰部脊柱管狭窄症患者における回帰モデルのまとめ

本研究の第 5 章では、腰部脊柱管狭窄症患者を対象を絞り、JOABPEQ の質問 25 項目の回答と身体的評価との関連性および回帰モデルの構築を検討した。その結論を以下に述べる。

- 1) JOABPEQ の各重症度スコアは、それぞれが独立しており、前章と同様に、腰部脊柱管狭窄症患者においても多面的に評価できる質問票である。
- 2) 腰痛の程度は、JOABPEQ の質問の回答から回帰モデルを構築でき、仕事の能力、健康状態、心理面などの質問項目から予測が可能である。
- 3) 腰部脊柱管狭窄症の臀部・下肢痛の程度は、JOABPEQ の質問の回答から回帰モデルを構築でき、歩行能力、仕事などの社会生活、健康状態などの質問項目から予測が可能である。
- 4) 臀部・下肢の痺れの程度は、JOABPEQ の質問の回答と相関関係を示し回帰モデルを構築したが、低い決定係数を示した。したがって、腰部脊柱管狭窄症患者においても臀部・下肢の痺れの程度は、JOABPEQ の質問の回答から予測できない。
- 5) 股関節 ROM の屈曲、外旋、内旋角度は、JOABPEQ の質問 25 項目の回答と相関関係を示したが、回帰モデルを構築できなかった。前章の結果も踏まえて、JOABPEQ は股関節 ROM などの身体的評価を全て網羅しているわけではないため、臨床現場では、JOABPEQ に加えて股関節 ROM の測定などの定量的な身体的評価を実施する必要があると考える。
- 6) SLRA は、JOABPEQ の質問の回答から回帰モデルを構築でき、腰部前屈動作、歩行能力、心理面の状態などの質問項目から予測が可能である。

第 5 章の対象は、手術を予定している腰部脊柱管狭窄症患者であり、主な症状は間欠性跛行という歩行障害である。そのため、間欠性跛行の程度に直結する歩行機能に関する質問項目が、臀部・下肢痛の程度、SLRA などの定量的な評価の予測に影響を与えると考えられた。

6.3 今後の展望

先行研究において、腰痛は脊柱や股関節 ROM が関与していると報告されており (Porter and Wilkinson. 1997), 立位における指床間距離テストを施行させ、脊柱と股関節の可動範囲の割合を比較している. 本研究では背臥位にて、脊柱の動きを制限し、純粋な股関節 ROM を測定した. 先行研究との違いは、荷重位での股関節 ROM, 脊柱と股関節 ROM との割合などは診ていないため、今後、測定肢位や検討項目を増やしていくことで、より腰痛へ関与している身体的評価項目の解明が期待できる.

本研究のようにデータサイエンスを活用していくことで、患者自身が感じる主観的な腰痛の状態と我々が日常実施している定量的な評価による腰痛の状態が、一致に近づいていくと考える.

今後の展望として、本研究の結果をリハビリテーションの現場で応用できるようにしていきたいと考える. 患者自身が感じる主観的な腰痛の状態を定量的な身体的評価に置き換え、治療プログラムの決断に役立てていきたい. 実際の臨床現場では、リハビリテーションをするかしないかなどの治療プログラムの決断は、まず患者の腰痛の状態を考慮する必要がある. しかし、腰痛の状態を把握することは非常に難しく、実際の事例を挙げると、仕事もスポーツもできるが腰痛が強いと訴える患者もいれば、歩行ができないぐらい腰痛が強い患者もいる. 両者とも腰痛を強く訴えているが、例を挙げたとおり腰痛の状態は両者で違う事が考えられる. このように我々は、たくさんの患者の主観的な訴えと、身体的評価を考慮し、定量的に腰痛の状態を把握しながら治療プログラムを決断している. しかし現状では、患者の主観的な回答に牽引されることがしばしばある.

本研究で得られたクラスター分析の結果から、寝返り動作は疼痛関連障害と深く関連していたため、寝返り動作が可能か否かで、リハビリテーションを患者様の部屋のベッド上で行うか、リハビリテーション室で行うかなどの決断のための問診として活用できると考える. また、階段昇降が心理的障害と深く関連していたことから、階段昇降動作の獲得をリハビリテーションの到達目標にすることも重要と考える.

さらに、PLS 回帰分析における腰部脊柱管狭窄症患者の結果から、リハビリテーションの治療指針の情報学的記述のツリーを作成した (図 6.1). 寝返りができるか、腰を曲げられるか、階段昇降が可能か、15 分以上歩けるかどうかなどの質問項目は、下肢痛の程度すなわち間欠性跛行の程度に影響を及ぼしており、これらの質問項目から治療プログラムの内容の決断に役立てることができると考える. 寝返りや腰を曲げられるかを確認し、できないようなら安静や患者様のベッド上でリハビリテーションを行い、できるようならリハビリテーション室にて治療を行っていく. また、階段昇降が可能か、15 分以上歩けるかの質問にて、可能であれば有酸素運動や少し動きを伴った運動療法

を展開し、不可能であれば、それを達成するための筋力強化トレーニングやスタビリティエクササイズを立案していく。腰痛や下肢の痛みや痺れの程度は、心理面や健康面からの影響も受けるため、リハビリテーション当日の心理面や健康面を十分に考慮して、最終的なリハビリテーションプログラムの内容を立案していく。

このように主観的な評価と定量的な身体的評価の関連性および回帰モデルの構築は、リハビリテーションの評価や治療に貢献していくと考える。

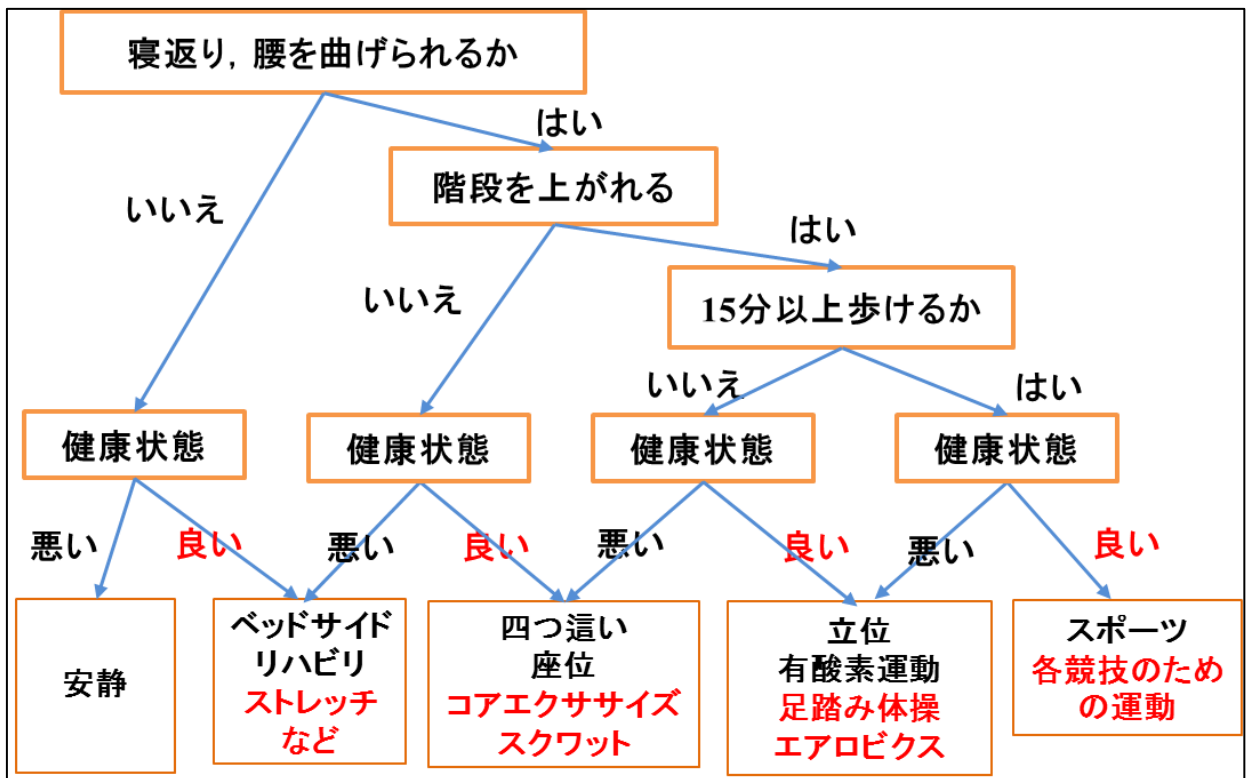


図 6.1 リハビリテーションの治療指針の情報学的記述ツリー。

謝辞

本研究を進めるに当たり、主指導教員である奈良先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科 計算システムズ生物学研究室の金谷重彦 教授に終始懇切丁寧な御指導および御鞭撻を賜りました。厚く御礼を申し上げます。また、研究発表及び博士論文作成に当たり、貴重な御助言を賜りました副指導教員である奈良先端科学技術大学院大学の安本慶一 教授, MD.ALTAf-UL-AMIN 准教授, 小野直亮 准教授に厚く御礼を申し上げます。日頃から数多くの御意見を賜りました奈良先端科学技術大学院大学 黄銘 助教に深く感謝致します。

最後に、本研究にご協力して下さった対象者の皆様, データ集計や研究のご指導をして下さった船橋整形外科病院の先生方に心より御礼を申し上げます。

研究業績

査読付き論文

1. 石谷勇人, 田村俊世, 金谷重彦., 日本整形外科学会腰痛評価質問票 (JOABPEQ) の質問項目と身体的評価を関係づける回帰モデルの検討., ライフサポート学会誌, Vol.31, No.3, 2019.

査読付き国際学会発表

1. Hayato Ishitani, Shigehiko Kanaya, Toshiyo Tamura, Jun Kurokawa, and Takato Aihara., Relationship between the Japanese Orthopaedic Association Back Pain Evaluation Questionnaire (JOABPEQ) and Physical Findings Based on Multivariate Analysis., Ubiquitous Healthcare2018, 2018.
2. Hayato Ishitani, Toshiyo Tamura, Shigehiko Kanaya and Jun Kurokawa., Investigation of regression model by multivariate regression analysis to relate answer of the Japanese Orthopaedic Association Evaluation Questionnaire (JOABPEQ) and physical findings., 41th Engineering Medicine and Biology Conference 2019, 2019.

査読付き国内発表

1. 石谷勇人, 金谷重彦, 田村俊世, 黒川純, 草木雄二, 栗飯原孝人., 多変量解析による日本整形外科学会腰痛評価質問票(JOABPEQ)における各質問項目と身体所見との相関性の評価., LIFE2018, 2018.
2. 石谷勇人, 金谷重彦, 田村俊世, 黒川純., 日本整形外科学会腰痛評価質問票 (JOABPEQ)における各質問項目と身体所見との相関関係の評価ならびに推定式モデルの構築., 生体医工学シンポジウム 2018, 2018.
3. 石谷勇人, 栗飯原孝人, 田村俊世, 望月良輔, 江連智史, 黒川純, 金谷重彦., 日本整形外科学会腰痛評価質問票(JOABPEQ)と下肢症状, 股関節可動域との関連性および予測モデルの検討., 第 27 回 日本腰痛学会, 2019.

参考文献(英文;abc順, 和文;あいうえお順)

英文

- Abdullah Azian Azamimi, Altaf-Ul-Amin MD, Ono Naoaki, Sato Tetsuo, Sugiura Tadao, Morita Aki Hirai, Katsuragi Tetsuo, Muto Ai, Nishioka Takaaki, Kanaya Shigehiko., Development and mining of a volatile organic compound database., *Biomed Res Int*, Vol.2015, No.139254, pp.1-13, 2015.
- Anderberg Michael R., *Cluster Analysis for Applications*., Probability and Mathematical Statistics: A Series of Monographs and Textbooks, 1973.
- Aris Angelis, Ansgar Lange, and Panos Kanavos., Using health technology assessment to assess the value of new medicines: results of a systematic review and expert consultation across eight European countries., *Eur J Health Econ*, Vol.19, No.1, pp.123-152, 2018.
- Ashok J. Tamhankar, Shreyasee S. Karnik and Cecilia Stålsby Lundborg., Determinants of Antibiotic Consumption - Development of a Model using Partial Least Squares Regression based on Data from India., *Scientific Reports*, Vol.8, No.6421, 2018
- Debora Bettiga, Lucio Lamberti, Emanuele Lettieri., Individuals' adoption of smart technologies for preventive health care: a structural equation modeling approach., *Health Care Management Science*, pp.1-12, 2019.
- Deyo R.A, Weinstein J.N., Low back pain., *N Engl J Med*, Vol.2001, No.344, pp.363-370, 2001.
- Dinah Gould, Daniel Kelly, Len Goldstone, John Gammon., Examining the validity of pressure ulcer risk assessment scales: developing and using illustrated patient simulations to collect the data. *INFORMATION POINT: Visual Analogue Scale*., *Journal of Clinical Nursing*, Vol.10, No.5, pp.697-706, 2001.
- Esola M.A, McClure P.W, Fitzgerald G.K, Siegler S., Analysis of lumbar spine and hip motion during forward bending in subjects with and without a history of low back pain., *Spine*, Vol.21, pp.71-78, 1996.
- Fischer Katharina E., Decision-making in healthcare, a practical application of partial least square path modelling to coverage of newborn screening programmes., *BMC Med Inform Decis Mak*, Vol.12, pp.83, 2012.
- Forgy E, *Cluster Analysis of Multivariate Data: Efficiency vs. Interpretability of Classification*., *Biometrics*, Vol.21, No.3, pp.768-769, 1965.

- Fukui M, Chiba K, Kawakami M, Kikuchi S, Konno S, Miyamoto M, Seichi A, Shimamura T, Shirado O, Taguchi T, Takahashi K, Takeshita K, Tani T, Toyama Y, Yonenobu K, Wada E, Yonenobu K, Tanaka T, and Hirota Y., JOA Back Pain Evaluation Questionnaire: initial report., *J Othop Sci*, Vol.12, pp.443-450, 2007a.
- Fukui M, Chiba K, Kawakami M, Kikuchi S, Konno S, Miyamoto M, Seichi A, Shimamura T, Shirado O, Taguchi T, Takahashi K, Takeshita K, Tani T, Toyama Y, Yonenobu K, Wada E, Yonenobu K, Tanaka T, and Hirota Y., Japanese Orthopaedic Association Back Pain Evaluation Questionnaire. Part 2. Verification of its reliability., *J Othop Sci*, Vol.12, pp.526-532, 2007b.
- Fukui M, Chiba K, Kawakami M, Kikuchi S, Konno S, Miyamoto M, Seichi A, Shimamura T, Shirado O, Taguchi T, Takahashi K, Takeshita K, Tani T, Toyama Y, Yonenobu K, Wada E, Yonenobu K, Tanaka T, and Hirota Y., Japanese Orthopaedic Association Back Pain Evaluation Questionnaire. Part 3. Validity study and establishment of the measurement scale., *J Othop Sci*, Vol.13, pp.173-179, 2008.
- Fukui M, Chiba K, Kawakami M, Kikuchi S, Konno S, Miyamoto M, Seichi A, Shimamura T, Shirado O, Taguchi T, Takahashi K, Takeshita K, Tani T, Toyama Y, Yonenobu K, Wada E, Tanaka T, and Hirota Y., JOA Back Pain Evaluation Questionnaire (JOABPEQ)/JOA Cervical Myelopathy Evaluation Questionnaire (JOACMEQ). The report on the development of revised versions. April 16, 2007. The Subcommittee of the Clinical Outcome Committee of the Japanese Orthopaedic Association on Low Back Pain and Cervical Myelopathy Evaluation., *J Othop Sci*, Vol.14, pp.348-365, 2009.
- Genevera I. Allen, Christine Peterson, Marina Vannucci, Mirjana Maletić-Savatić., *Regularized Partial Least Squares with an Application to NMR Spectroscopy.*, Wiley Online Library, Nov 19, pp.302-314, 2012.
- Hagen K.B, Jamtvedt G, Hilde G, et al., The updated Cochrane review of bed rest for low back pain and sciatica., *Spine (Phila Pa 1976)*, Vol.30, No.5, pp.542-546, 2005.
- Itoh H, Kitamura F, Yokohama K., Estimates of annual medical costs of work-related low back pain in Japan., *Ind Health*, Vol.51, pp.524-529, 2013.
- Liu X, Zhu X.H, Qiu P, Chen W., A correlation-matrix-based hierarchical clustering method for functional connectivity analysis., *J Neurosci Methods*, Vol.211, pp.94-102, 2012.
- Li Y, McClure P.W, Pratt N., The effect of hamstring muscle stretching on standing posture and on lumbar and hip motions during forward bending., *Phys Ther*, Vol.76, pp.836-845, 2002.

- MacQueen J., Some Methods for Classification and Analysis of Multivariate Observations., Proc. Fifth Berkeley Symp. on Math. Statist. and Prob, Vol.1, pp.281–297, 1967.
- Necmi Kemal Avkiran., An in-depth discussion and illustration of partial least squares structural equation modeling in health care., Health Care Manag Sci, Vol.21, No.3, pp.401-408, 2018.
- Porter J.L, Wilkinson A., Lumbar-hip flexion motion. A comparative study between asymptomatic and chronic low back pain in 18-to 36-years-old men., Spine. Vol.22, pp.1508-1513, 1997.
- Padhraic Smyth, David M Blei., Science and data science., Proceedings of the National Academy of Sciences., Vol.114, No.33, pp.8689-8692, 2017.
- Suzuki Hiedenori, Kanchiku Tsukasa, Imajo Yasuaki, Yoshida Yuichiro, Nishida Norihiro, Taguchi Toshihiko., Diagnosis and characters of non-specific low back pain in Japan: The Yamaguchi Low Back Pain Study., PloS One, Vol.11, e0160454, 2016.
- teamLabBody -3D Motion Human Anatomy-, <https://www.teamlabbody.com/>, (accessed 2019-3-28).
- Vad Vijay B, Bhat Atul L, Basrai Dilshaad, Gebeh Ansu, Aspergren Donald D, Andrews James R., Low back pain in professional golfers. The role of associated hip and low back range-of-motion deficits., The American Journal of Sports Medicine, Vol.32, No.2, pp.494-497, 2004.
- Wold S, Ruhe A, Wold H, Dunn W.J., The collinearity problem in linear regression. The partial least squares (PLS) approach to generalized inverses., SIAM J Sci and Stat Comput, Vol.5, pp.735-743, 1984.
- Ward Jr. J. H., Hierarchical grouping to optimize an objective function., J. Am. Sta. Assoc, Vol.58, pp.236-244, 1963.
- Yoshimura Noriko, Akune Toru, Fujiwara Saeko, Shimizu Yoko, Yoshida Hideyo, Omori Go, Sudo Akihiro, Nishiwaki Yuji, Yoshida Munehito, Shimokata Hiroshi, Suzuki Takao, Muraki Shigeyuki, Oka Hiroyuki, Nakamura Kozo., Prevalence of knee pain, lumbar pain and its coexistence in Japanese men and women: The longitudinal Cohorts of Motor System Organ (LOCOMO) Study., J Bone Miner Metab, Vol.32, pp.524-532, 2014.

和文

- iHope International 株式会社(2012)., 腰痛特異的 QOL 尺度の RDQ(Roland-Morris disability questionnaire) ., <https://www.sf-36.jp/qol/files/rdq.pdf>., (閲覧日: 2019 年 3 月 28 日).
- iHope International 株式会社(2012)., 包括的健康度の指標である SF36(Short-Form 36 Health Survey) ., https://www.sf-36.jp/qol/files/SF36v2_self.pdf., (閲覧日: 2019 年 3 月 28 日).
- 岡崎寿美子, 堀良子, 渡辺敏, 他., 看護におけるVAS使用による痛みの評価. , 看護展望, Vol.16, No.3, pp.378-383, 1991.
- 川上守, 菊地臣一, 紺野慎一, 嶋村正, 白土修, 星地亜都司, 高橋和久, 田口敏彦, 田中隆, 谷俊一, 千葉一裕, 戸山芳昭, 廣田良夫, 福井充, 宮本雅史, 米延策雄, 竹下克志, 和田英路., JOA Back Pain Evaluation Questionnaire (JOABPEQ) 日本整形外科学会腰痛評価質問票. , 日本腰痛会誌, Vol.13, No.1, pp.208-224, 2007.
- 北村拓也, 佐藤成登志, 神田賢, 渡辺慶, 山本智章., 慢性腰痛を有する成人期脊柱変形者に対する 3 カ月間の介入効果., 日本運動器疼痛学会誌, Vol.9, pp.229-236, 2017.
- 久野木順一., 腰痛疾患の臨床徴候と診断手技一局所病態, 臨床徴候, 画像所見との関連を中心に一., 日本腰痛会誌, Vol.11, No.5, pp.12-19, 2005.
- 熊澤孝朗., 痛み学., 名古屋市出版会, pp.146-148, 2010.
- 司馬良一, 鷺見正敏, 広畑和志., 股関節の機能評価(日常動作と可動性)., 日関外誌, Vol.4, pp.475-483, 1986.
- 竹形みずき, 春名めぐみ, 村山綾子, 他., 産痛の主観的評価に関する文献レビュー., 日本助産学会誌, Vol.25, No.2, pp.160-170, 2011.
- 長南達也., Visual analog scale., 呼吸, Vol.2, No.1, pp.28-31, 1992.
- 厚生労働省政策統括官付参事官付世帯統計室., 平成 28 年国民生活基礎調査の概要., pp.18, 2017.
- 松井誠一郎., 非特異的腰痛の日整会腰痛評価質問票 (JOABPEQ) による評価., 日本腰痛会誌, Vol.15, No.1, pp.157-164, 2009.
- 松平浩, 磯村達也, 岡崎裕司, 他., 日本人を対象とした腰痛疫学研究., 日職災医誌, Vol.63, pp.329-336, 2015.
- 宮本雅史, 福井充, 紺野慎一, 白土修, 高橋和久, 廣田良夫, 他., 日本整形外科学会腰痛疾患問診票 (JOABPEQ) の科学性と有用性について., 日本整形外科学会誌. Vol.15, No.1, pp.23-31, 2009.

渡辺慶, 山崎昭義, 勝見敬一, 大橋正幸, 庄司寛和., 腰椎変性側弯症に対する腰椎固定術の術後成績－多椎間固定と短椎間固定の比較検討－., 東日本整災会誌, Vol.23, No.1, pp.39-48, 2011.