

Original Article

退院時の Functional Independence Measure を予測する 4 つの手法による重回帰分析の予測精度の比較

徳永 誠¹ 山永裕明¹¹熊本機能病院リハビリテーション科**要旨**

Tokunaga M, Yamanaga H. Comparison of the accuracy of multiple regression analysis using four methods to predict the functional independence measure at discharge. Jpn J Compr Rehabil Sci 2020; 11: 65–72.

【目的】退院時 mFIM を予測する重回帰分析において 4 つの手法の予測精度を比較する。

【方法】回復期リハビリテーション病棟に入院した脳卒中患者 1,064 例を対象にした。退院時 mFIM を目的変数とした通常の重回帰分析 (S 予測), 入院時 mFIM の逆数を説明変数とした重回帰分析 (R 予測), mFIM effectiveness を重回帰分析で予測して退院時 mFIM に変換する手法 (E 予測), 2 つの重回帰予測式を作る手法 (S2 予測) について、退院時 mFIM の残差 (実測値 – 予測値) の絶対値を比較した。

【結果】S 予測よりも R 予測・E 予測・S2 予測において残差の絶対値が有意に小さく, R 予測よりも E 予測・S2 予測において残差の絶対値が有意に小さかった。

【結論】重回帰分析では、予測精度の高い「FIM effectiveness を変換した予測 (E 予測)」あるいは「2 つの予測式を作る予測 (S2 予測)」を用いることが望まれる。

キーワード：重回帰分析, 予測精度, 逆数, FIM effectiveness, 複数の予測式

はじめに

帰結予測は、リハビリテーション（リハ）において治療プランを立案・実行する上で重要である。重回帰分析は、退院時の Functional Independence Measure (FIM) [1] や FIM 利得（退院時 FIM – 入院時 FIM）などの「アウトカムを予測する目的」だけでなく、「アウトカムに影響を及ぼす要因を明らかにする目的」でも用いられており、数多くの報告がある [2-4]。

著者連絡先：徳永 誠
熊本機能病院リハビリテーション科
〒860-8518 熊本市北区山室 6-8-1
E-mail : tokunaga@juryo.or.jp
2020 年 4 月 6 日受理

本研究において一切の利益相反はありません。

しかし、重回帰分析の予測精度は、期待するほど高くはない。Meyer ら [4] の重回帰分析のレビューにおいて、「説明変数が目的変数のどの程度を説明できるのか」を意味する決定係数 R^2 は、目的変数を退院時 FIM とした場合は平均 0.65 (最小 0.35 ~ 最大 0.82), 目的変数を FIM 利得とした場合は平均 0.22 (0.08 ~ 0.4) にすぎなかった。重回帰分析の予測精度が低い理由として、1) 重回帰分析は説明変数と目的変数に直線関係があることを前提としているが、実際には直線関係とは限らないこと、2) FIM 利得には天井効果（入院時 FIM が高い患者において FIM 利得が小さいこと）という問題点があり、要因が FIM 利得に及ぼす影響が入院時 FIM の影響を強く受けること、3) 重回帰分析は「要因の影響を足し合わせる」という手法であること、4) 説明変数に用いられた要因以外にもさまざまな要因が退院時 FIM に影響を及ぼしていること、などが考えられる [5]。

重回帰分析による退院時運動 FIM (mFIM) の予測精度を上げるために、1) 入院時 mFIM を逆数 (1/ 入院時 mFIM) に変換して入院時 mFIM の代わりに説明変数として用いる手法 [6], 2) mFIM effectiveness を重回帰分析で予測して、これを変換することで退院時 mFIM を求める手法 [7], 3) 入院時 mFIM が低い患者と高い患者で 2 つの予測式を作る手法 [8, 9] などが試みられ、通常の重回帰分析よりも予測精度が高いことが報告されている。しかし、この 3 つの手法の予測精度の優劣は明らかでなかった。

そこで Wada ら [10] は、通常の重回帰分析による予測 (S 予測), 入院時 mFIM を逆数とした予測 (R 予測), mFIM effectiveness を変換した予測 (E 予測) の予測精度を比較した。そして、退院時 mFIM の残差 (実測値 – 予測値) の絶対値は、R 予測 (7.30 ± 6.56) と E 予測 (7.56 ± 6.45) において、S 予測 (9.38 ± 6.62) よりも有意に小さい (予測精度が高い) ことを報告した [10]。しかし、「入院時 mFIM が低い患者と高い患者で 2 つの予測式を作る手法 (S2 予測)」との比較は行われていない。

本研究では、Wada ら [10] の報告と同様に、S 予測, R 予測, E 予測を行った。さらに S2 予測を行った。そして、この 4 つの予測手法において残差の絶対値を比較することで、予測精度が高い手法を明らかにすることを目的とした。

対象と方法

2013年4月1日～2019年3月31日にK病院の回復期リハ病棟を退院した脳卒中患者から例外的な患者による影響を除くために、以下の患者を除外した。くも膜下出血、発症から入院までの日数が4日以内と61日以上、在院日数が29日以内と181日以上、入院時mFIMが91点、mFIM利得がマイナスの患者である。そして残った1,064例を対象患者とした。

1. S予測、R予測、E予測

先行研究[7,10]と同様に、S予測の説明変数として、年齢、発症から入院までの日数、入院時mFIM、入院時認知FIM(cFIM)、性別、脳卒中の病型を用いた。性別と脳卒中の病型はダミー変数(男性0、女性1、脳出血0、脳梗塞1)とした。そして強制投入法による重回帰分析を行った。目的変数は退院時mFIMである。R予測では、入院時mFIMの代わりに「1/入院時mFIM」を説明変数として用いた[6]。E予測では、S予測と同じ説明変数を用い、目的変数をmFIM effectivenessとした。mFIM effectiveness=mFIM利得/(91点−入院時mFIM)である[11]。そのためmFIM利得=mFIM effectiveness×(91点−入院時mFIM)となる。また、退院時mFIM=mFIM利得+入院時mFIMである。そこで、退院時mFIM=mFIM effectiveness予測値×(91点−入院時mFIM)+入院時mFIMの計算式によって、退院時mFIMの予測値を得た[7]。

2. S2予測

回復期リハ病棟における脳卒中患者のmFIM利得の中央値は、入院時mFIMが40点あたりをピークにした上に凸の形になる[12]。そこで、入院時mFIMを13～39点(低mFIM群)と40～90点(高mFIM群)の2群に分けた。そしてS予測に準じて重回帰分析を行い、入院時低mFIM群の患者データを用いた予測式と入院時高mFIM群の患者データを用いた予測式の2つを作成し、S2予測とした。

3. 残差の絶対値の比較

予測式の予測精度比較には、Wadaら[10]の先行研究と同様に「退院時mFIMの残差の絶対値」を調査した。4つの予測(S予測、R予測、E予測、S2予測)での退院時mFIMの残差の絶対値の比較においては、全患者を対象にした比較だけでなく、低mFIM群と高mFIM群に分けた比較も行った。統計はKruskal-Wallis検定を用い、有意差があればSteel-Dwass法による多重比較を行った。有意水準は5%未満とした。

なお本研究は、筆者が所属する病院の臨床研究審査委員会の許可を得て行った(承認番号JMC302-1936)。個人情報はすべてデータ化して個人が特定できないように処理した。本研究において一切の利益相反はない。統計ソフトはStatcel4[13]を用いた。

結果

対象患者1,064例、入院時低mFIM群430例、入院時高mFIM群634例の基本属性データを表1に示す。mFIM effectivenessの中央値は、低mFIM群で0.336、高mFIM群では0.750であった。mFIM利得の中央値は、低mFIM群で23点、高mFIM群では天井効果の影響で18点であった。

重回帰分析の予測式を表2に示す。決定係数 R^2 は、R予測が0.813、S予測が0.757、E予測が0.522、S2予測では低mFIM群が0.621、高mFIM群が0.540であり、R予測において最も高かった。

退院時mFIMの実測値と予測値との関係(散布図)を図1に示す。退院時mFIMの残差の絶対値は、S予測では 9.4 ± 7.4 (中央値7.8)、R予測では 7.8 ± 6.9 (中央値6.0)、E予測では 7.2 ± 7.1 (中央値5.0)、S2予測では 7.2 ± 7.0 (中央値5.0)であり、4群間に有意差を認めた。多重比較では、S予測とR予測/E予測/S2予測の間、R予測とE予測/S2予測の間で有意差を認めた(図2)。

退院時mFIMの実測値と予測値との関係について、入院時mFIMが13～39点の低mFIM群と40～90点の高mFIM群に分けて作成した散布図を図3に示す。低mFIM群において、退院時mFIMの残差の絶対値

表1. 患者基本属性

	全患者	低mFIM群	高mFIM群
患者数(例)	1,064	430	634
脳卒中の病型(脳出血/脳梗塞)	400/664	213/217	187/447
性別(男性/女性)	618/446	236/194	382/252
年齢(歳)	69.7 ± 13.6 (71)	72.8 ± 13.0 (75)	67.7 ± 13.7 (69)
発症から入院までの日数	17.8 ± 9.7 (15)	19.2 ± 9.9 (17)	16.8 ± 9.5 (14)
入院日数	90.0 ± 37.6 (89)	112.9 ± 31.4 (116.5)	74.4 ± 33.1 (68.5)
入院時運動FIM合計点(点)	46.5 ± 24.5 (47)	21.0 ± 8.7 (17)	63.8 ± 14.6 (63)
入院時認知FIM合計点(点)	22.7 ± 8.9 (24)	15.6 ± 7.8 (14.5)	27.5 ± 5.9 (29)
退院時運動FIM合計点(点)	67.4 ± 24.2 (77)	45.4 ± 22.9 (43.5)	82.3 ± 8.8 (85)
退院時認知FIM合計点(点)	26.8 ± 8.1 (29)	20.9 ± 8.6 (21)	30.8 ± 4.7 (32)
運動FIM利得(点)	20.9 ± 15.1 (19)	24.4 ± 18.7 (23)	18.5 ± 11.3 (18)
mFIM effectiveness	0.565 ± 0.309 (0.631)	0.365 ± 0.284 (0.336)	0.701 ± 0.244 (0.750)

数値:平均±標準偏差(中央値), 低mFIM群:入院時mFIM 13～39点, 高mFIM群:入院時mFIM 40～90点.

表2. 重回帰分析の予測式

対象患者の入院時運動 FIM	S 予測 13~90 点	R 予測 13~90 点	E 予測 13~90 点	S2 予測	
				13~39 点	40~90 点
作成に用いた患者数	1,064	1,064	1,064	430	634
説明変数					
年齢	-0.299	-0.322	-0.00664	-0.619	-0.147
発症から入院までの日数	-0.233	-0.229	-0.00490	-0.400	-0.116
入院時運動 FIM	0.547	—	0.00333	0.992	0.331
1/入院時運動 FIM	—	-738.354	—	—	—
入院時認知 FIM	0.799	0.411	0.01054	0.783	0.233
性別 (男 0, 女 1)	-1.551	-1.497	-0.04798	-3.854	-1.362
病型 (脳出血 0, 脳梗塞 1)	-2.226	-1.800	-0.03719	-0.343	-2.007
定数項	50.8	110.2	0.765	67.1	68.6
決定係数 R^2	0.757	0.813	0.522	0.621	0.540

説明変数の数値：回帰係数

S 予測式における退院時運動 FIM の予測値 = -0.299 × 年齢 - 0.233 × 発症から入院までの日数 + 0.547 × 入院時運動 FIM + 0.799 × 入院時認知 FIM - 1.551 × (男 0, 女 1) - 2.226 × (脳出血 0, 脳梗塞 1) + 50.8.

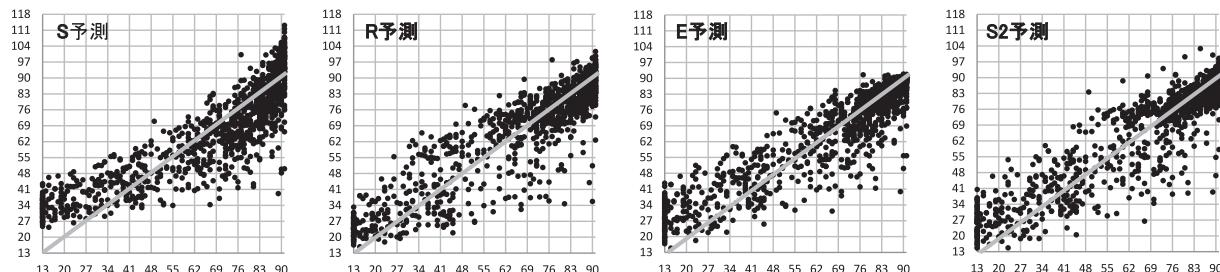


図1. 散布図

横軸：退院時 mFIM の実測値、縦軸：予測値、点：個々の患者。

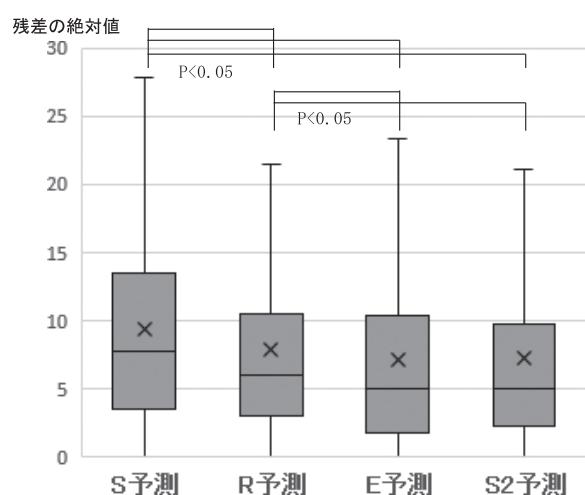


図2. 各予測間での残差の比較

箱：25%~75%タイル、横線：中央値、×：平均値。

は、S 予測では 13.0 ± 8.6 (中央値 12.0), R 予測では 11.5 ± 8.6 (中央値 9.4), E 予測では 11.6 ± 8.3 (中央値 10.2), S2 予測では 11.2 ± 8.5 (中央値 9.4) であり、4 群間で有意差を認めた。多重比較では、S 予測と R 予測/S2 予測の間に有意差を認めた (図 4a)。

高 mFIM 群において、退院時 mFIM の残差の絶対値は、S 予測では 6.9 ± 5.2 (中央値 5.8), R 予測では 5.4 ± 4.0 (中央値 4.6), E 予測では 4.2 ± 4.0 (中央値 2.9), S2 予測では 4.5 ± 4.0 (中央値 3.4) であり、4 群間で有意差を認めた。多重比較では、S 予測と R 予測/E 予測/S2 予測の間、R 予測と E 予測/S2 予測の間で有意差を認めた (図 4b)。

考察

予測式の予測精度を示す指標として、決定係数 R^2 がよく用いられる。しかし、論文に記載されている決定係数 R^2 が高い予測式ほど予測精度が高いとは言えない。その理由は、1) 対象群以外の患者群においても予測精度が高いとは限らないこと、2) 決定係数 R^2 は予測精度の指標として必ずしも適切ではないからである。前者に関しては、その病院だけで通用する予測式なのか、多くの病院においても使える予測式なのか、外的妥当性を評価する必要がある [14]。後者に関して、決定係数 R^2 は、退院時 FIM を目的変数とした場合は平均 0.65 であり、FIM 利得を目的変数とした場合の平均 0.22 よりも高い [4]。退院時 mFIM = 入院時 mFIM + mFIM 利得なので、まず R^2 の高い退院時 mFIM を重回帰分析で予測し、この「退院時 mFIM の

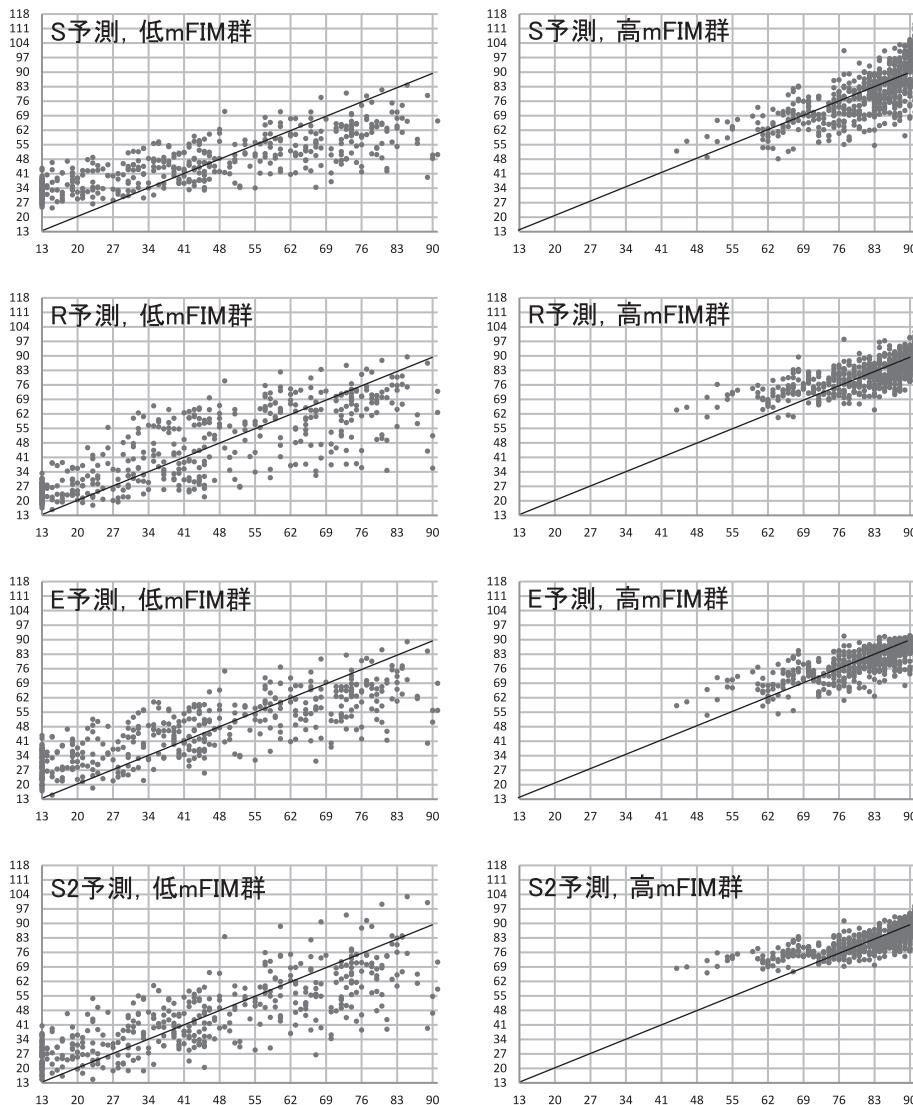


図3. 低 mFIM 群と高 mFIM 群に分けた散布図

低 mFIM 群：入院時 mFIM が 13～39 点の患者，高 mFIM 群：入院時 mFIM が 40～90 点の患者。

横軸：退院時 mFIM の実測値，縦軸：予測値。

予測値」から入院時 mFIM を引くことで「mFIM 利得の予測値」を求めたが、mFIM 利得の実測値と予測値との相関は、「mFIM 利得の予測値を重回帰分析で直接求めた場合」と全く同じ低い数値であった [15]。つまり退院時 mFIM を目的変数とした場合の R^2 は、見かけ上大きいだけで、退院時 mFIM の予測精度と mFIM 利得の予測精度は同じである。さらに、mFIM effectiveness を目的変数とした場合の R^2 は 0.54 で、退院時 mFIM を目的変数とした場合の決定係数 R^2 の 0.77 よりも低かった [7]。しかし、退院時 mFIM = mFIM effectiveness 予測値 \times (91 点 - 入院時 mFIM) + 入院時 mFIM の計算式によって、退院時 mFIM の予測値を求めるとき、退院時 mFIM の実測値と予測値の相関係数は 0.916 と高く、重回帰分析で退院時 mFIM を直接予測した場合の相関係数 0.878 よりも高かつた [7]。つまり、mFIM effectiveness を目的変数とした重回帰分析の予測精度は、退院時 mFIM や mFIM 利得を目的変数とするよりも高く、決定係数 R^2 では

予測精度を正しく評価できていない。そのため Wada ら [10] は、退院時 mFIM の実測値から予測値を引いた「残差」の絶対値で予測式の精度を比較しており、本研究でも同様の手法を用いた。

本研究は、通常の S 予測よりも R 予測/E 予測/S2 予測の予測精度が有意に高く、R 予測よりも E 予測/S2 予測の予測精度が有意に高いことを明らかにした。そのため、重回帰分析では E 予測か S2 予測を用いることが望まれると結論した。

通常の S 予測よりも R 予測と E 予測の予測精度が有意に高いことは、Wada ら [10] の報告と同じ結果であった。彼らは、R 予測と E 予測の予測精度が S 予測よりも高い理由として、R 予測と E 予測では入院時 mFIM による天井効果を補正しているためと考察している [10]。S2 予測において入院時 mFIM の偏回帰係数は、入院時低 mFIM 群では 0.992、入院時高 mFIM 群では 0.331 であった（表2）。これは mFIM 利得が、入院時 mFIM が 40 点あたりをピークにした

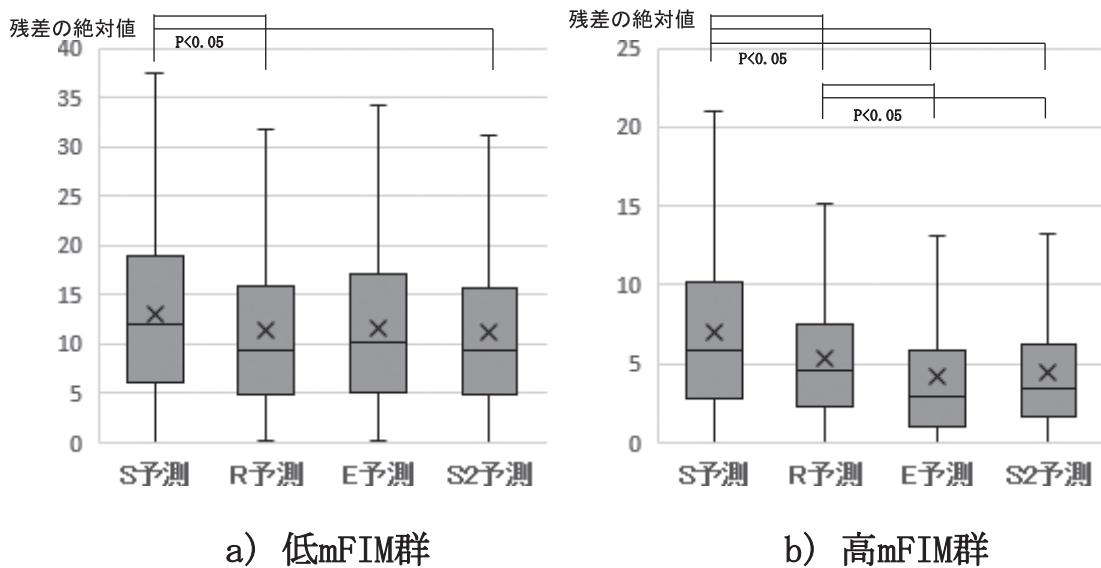


図4. 低mFIM群と高mFIM群に分けた残差の比較

上に凸の形 [12] になるためである。入院時 mFIM を横軸に、退院時 mFIM を縦軸に作図すると、もし mFIM 利得が全患者で 0 点であれば、退院時 mFIM は直角二等辺三角形の斜辺になる。この斜辺に、入院時 mFIM が 40 点あたりをピークにした山型の mFIM 利得が加わると、低 mFIM 群では入院時 mFIM の偏回帰係数が 0.992 (入院時 mFIM が 1 点大きいほど退院時 mFIM は 0.992 点大きくなる) と大きく、天井効果がある高 mFIM 群では、入院時 mFIM の偏回帰係数が 0.331 と小さくなる。予測式を 1 つしか作らない S 予測式では、入院時 mFIM の偏回帰係数は 0.547 という数値 (0.992 と 0.331 の中間の値) になってしまい。これだと入院時 mFIM が 90 点近くの患者では退院時 mFIM の予測値が大きくなりすぎてしまう (図 3)。一方 R 予測では、高 mFIM 患者の mFIM 逆数は 0 に近い値になるため、高 mFIM 群の退院時 mFIM の予測値は大きくなりすぎない。E 予測では、退院時 mFIM=mFIM effectiveness 予測値 \times (91 点 - 入院時 mFIM) + 入院時 mFIM の計算式を用いるが、高 mFIM 群では (91 点 - 入院時 mFIM) が 0 に近い値になる。そのため E 予測も高 mFIM 群の退院時 mFIM の予測値は大きくなりすぎない。

本研究では、Wada ら [10] の報告と異なり、R 予測よりも E 予測の予測精度が有意に高かった。この結果の違いの理由を明らかにするために、入院時 mFIM を低 mFIM 群と高 mFIM 群に分けた解析を行ったところ、低 mFIM 群では R 予測と E 予測の予測精度に有意差がなかったのに対し、高 mFIM 群では R 予測よりも E 予測の予測精度が有意に高かった (図 4b)。したがって、対象患者に高 mFIM 患者が多く含まれる場合には、E 予測と R 予測の間で有意差が検出され、逆に対象患者に低 mFIM 患者が多く含まれる場合には、E 予測と R 予測の間で有意差がないという結果になると考えられた。

2つの予測式を作る手法 (S2 予測) は、通常の S 予測よりも予測精度が高いことは、すでに報告されている [8, 9, 15]。しかし、S2 予測と R 予測や E 予測との予測精度の比較はこれまで行われていなかっ

た。本研究は、S2 予測と E 予測の間で有意差はなかったが、S2 予測は R 予測よりも有意に予測精度が高いことを明らかにした。

複数の予測式を作る場合に、どの要因を層別化すべきかに関しては、まず入院時 mFIM、ついで入院時 cFIM と考えられる [15]。年齢、発症前 modified Rankin Scale、発症から入院までの日数、脳卒中の病型、性別などは、層別化して複数の予測式を作らなくても、説明変数として投入すれば良いだろう [15]。入院時 mFIM などの層別化すべき説明変数は、目的変数に対する影響力が大きく、しかも目的変数と直線関係はない説明変数である。退院時 mFIM に及ぼす説明変数の影響の大きさは患者層によって異なる (リハの阻害因子はどの患者層にも一律に影響する訳ではない)

[16, 17] という理由からも、複数の予測式を作成すべきと考えられる。しかし、予測式を数多く作成すると、解析が非常に煩雑になる。

本研究では検討していないが、重回帰分析の予測精度を高めるためには、適切な説明変数を用いることも重要である [4, 18]。

重回帰分析を用いた報告のほとんどで通常の手法 (S 予測) が用いられている。しかし、予測精度の低い手法で得られた結果は、信頼性が低いものになってしまう。そのため、重回帰分析の予測精度を高める工夫が必要とされている。そして報告された手法の予測精度を直接比較することで、予測精度の高い手法を見極めていく必要がある。

本研究の限界として以下の点が挙げられる。第 1 に、例外的な患者による影響を除くために在院日数が 29 日以内と 181 日以上、mFIM 利得がマイナスの患者を除外したが、これらは入院時には分からぬといいう点である。日本の回復期リハ病棟に入院した脳卒中患者の FIM 改善を予測した重回帰分析をレビューすると、重回帰分析を行った目的は、予測式の作成が 1 論文であり、要因の影響力調査が 18 論文であった [18]。帰結予測を目的とした前者では、入院時に得られるデータのみを説明変数として用いる必要があるが、後者のように「要因が FIM 改善に及ぼす影響を

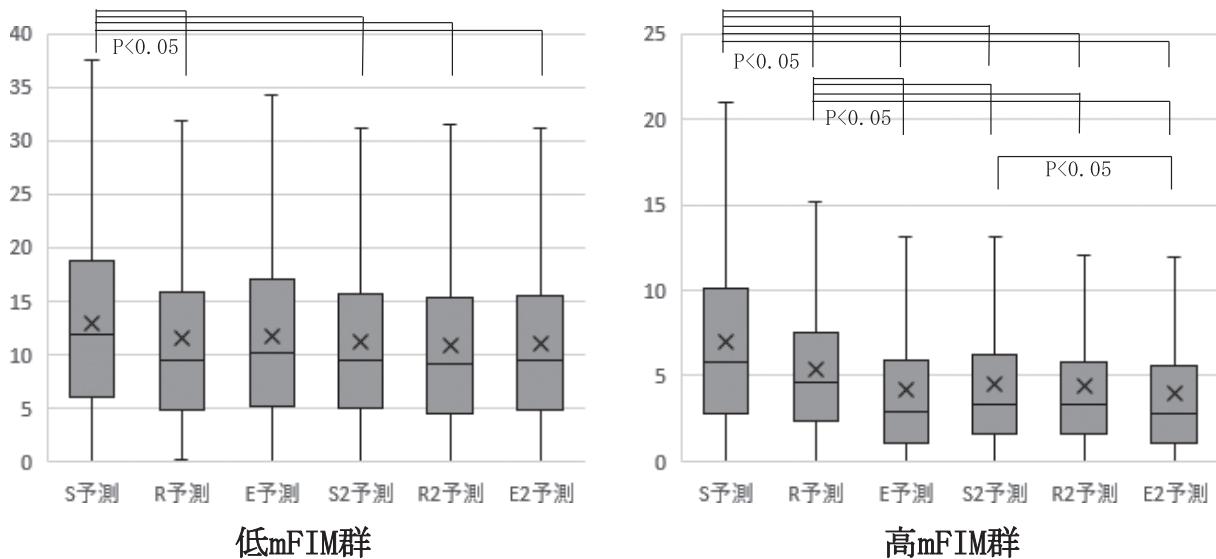


図 5. 6つの予測式における残差の比較

S予測とR予測/E予測/S2予測/R2予測/E2予測の間、R予測とE予測/S2予測/R2予測/E2予測の間、S2予測とE2予測の間で有意差を認めた。

評価する目的」には、入院日数や栄養改善度なども説明変数に用いられている [18]。第2に、R予測やE予測において、予測式を2つ作っても(R2予測、E2予測)、予測精度は著明には改善しなかった点である(図5)。mFIM利得の天井効果の影響を軽減する手法を組み合わせる意義は小さかった。第3に、入院時高mFIM群は、R予測・E予測・S2予測などにより天井効果の影響を減らすことで予測精度が改善したが、低mFIM群ではこれらの手法の効果はなく、適切な説明変数を用いるなど他の手法が必要という点である。

文献

1. Data management service of the Uniform Data System for Medical Rehabilitation and the Center for Functional Assessment Research: Guideline for use of the Uniform Data Set for Medical Rehabilitation. Version 3.1, State University of New York at Buffalo, Buffalo, 1990.
2. Heinemann AW, Linacre JM, Wright BD, Hamilton BB, Granger C. Prediction of rehabilitation outcomes with disability measures. Arch Phys Med Rehabil 1994; 75: 133–43.
3. Chumney D, Nollinger K, Shesko K, Skop K, Spencer M, Newton RA. Ability of Functional Independence Measure to accurately predict functional outcome of stroke-specific population: systematic review. J Rehabil Res Dev 2010; 47: 17–29.
4. Meyer MJ, Pereira S, McClure A, Teasell R, Thind A, Koval J, et al. A systematic review of studies reporting multivariable models to predict functional outcomes after post-stroke inpatient rehabilitation. Disabil Rehabil 2015; 37: 1316–23.
5. Tokunaga M, Hashimoto Y, Watanabe S, Nakanishi R, Yamanaga H, Yonemitsu K, et al. Methods for improving the predictive accuracy using multiple linear regression analysis to predict the improvement degree of Functional Independence Measure for stroke patients. Int J Phys Med Rehabil 2017; 5: 414.
6. Sonoda S, Saitoh E, Nagai S, Okuyama Y, Suzuki T, Suzuki M. Stroke outcome prediction using reciprocal number of initial activities of daily living status. J Stroke Cerebrovasc Dis 2005; 14: 8–11.
7. Tokunaga M, Watanabe S, Sonoda S. A method of calculating Functional Independence Measure at discharge from Functional Independence Measure effectiveness predicted by multiple regression analysis has a high degree of predictive accuracy. J Stroke Cerebrovasc Dis 2017; 16: 1923–8.
8. Sonoda S, Saitoh E, Domen K, Chino N. Prognostication of stroke patients using the Stroke Impairment Assessment Set and the Functional Independence Measure. In: Chino N, Melvin JL, eds. Functional Evaluation of Stroke Patients. 1st ed. Tokyo: Springer-Verlag Tokyo; 1996. p. 103–14.
9. Tokunaga M, Ikeda Y, Inoue M, Kodama J, Sakamoto M, Nagatomo M, et al. Multiple regression analysis stratified by age and FIM at admission. J Clin Rehabil 2015; 24: 828–34. Japanese.
10. Wada Y, Sonoda S, Okamoto S, Watanabe M, Okazaki H, Okuyama Y. Comparison of prediction accuracy of the total score of FIM motor items at discharge in post-stroke patients in a Kaifukuki rehabilitation ward. Jpn J Compr Rehabil Sci 2019; 10: 71–6.
11. Koh GCH, Chen CH, Petrellia R, Thind A. Rehabilitation impact indices and their independent predictors; a systematic review. BMJ Open 2013; 3(9): e003483.
12. Tokunaga M, Tokunaga A, Imada Y, Sannomiya K, Nojiri S, Watanabe S, et al. Deviation value of FIM gain. J Clin Rehabil 2017; 26: 97–103. Japanese.
13. Yanai H. Statcel, the useful addin forms on Excel, 4th ed. OMS publishing, 2016. p. 1–309. Japanese.
14. Tokunaga M, Sannomiya K, Nakanishi R, Yonemitsu H.

- The external validity of multiple regression analyses predicting discharge FIM score in patients with stroke hospitalized in Kaifukuki rehabilitation wards. *Jpn J Compr Rehabil Sci* 2015; 6: 14–20.
15. Tokunaga M, Tori K, Eguchi H, Kado Y, Ikejima Y, Ushijima M, et al. The stratification of motor FIM and cognitive FIM and the creation of four prediction formulas to enable higher prediction accuracy of multiple linear regression analysis with motor FIM gain as the objective variable. *Jpn J Compr Rehabil Sci* 2017; 8: 21–9.
16. Okamoto S, Sonoda S, Watanabe M, Okazaki H, Yagihashi K, Okuyama Y. Relationship between Functional Independence Measure (FIM) score on admission and influence of inhibitive factors in a comprehensive inpatient stroke rehabilitation ward. *Jpn J Compr Rehabil Sci* 2018; 9: 59–65.
17. Tokunaga M, Taniguchi M, Nakakado K, Mihono T, Okido A, Ushijima T, et al. Assessment of the effects of factors in stroke rehabilitation using eight multiple regression analyses. *Jpn J Compr Rehabil Sci* 2015; 6: 78–85.
18. Tokunaga M. Review of multiple regression analysis for stroke patients hospitalized in Kaifukuki rehabilitation wards. *J Clin Rehabil* (in press). Japanese.