

人間工学的手法を用いた内視鏡手術用鉗子ハンドルのデザイン開発

藤井謙治*・下濃和夫*²

Design of detachable operating forceps handle introduced ergonomics method

Kenji Fujii and Kazuo Shimono

1. はじめに

内視鏡手術において使用される鉗子は、内視鏡外科医による様々な手術のしやすさに応えることが求められ、非常に多種多様な形状や機能のものが開発されている。しかし、鉗子を操作するハンドルについては、多くが国外で開発された製品（本開発で比較対象とする既存製品はドイツ製基準）であるため、必ずしも日本人の手指の寸法に合った設計ではない。加えて、内視鏡手術中における手指のしびれを経験する内視鏡外科医が多いことや、ラチェットとフリーの切り替え機能の要望が多いことなどから、より使いやすいハンドルの開発が求められている。これらのニーズに対応するため、人間工学的手法を用いて日本人にとって使いやすい内視鏡手術用鉗子ハンドルの基本デザイン設計の検討を行った。

2. デザイン設計検討

2-1 設計検討項目の抽出

図1に既存製品を示す。まずデザイン改良の原型となる既存製品を観察し、把持した際の鉗子の安定感を向上させることと、使いやすさに配慮することを実現するための設計検討項目を以下のとおり抽出した。



図1 既存製品

- ① ハンドルの第1指用指穴と第2指用指穴は日本人の指に配慮した寸法とする。
- ② 指を曲げることでハンドルを挟み込み、ふらつきを固定できるよう、指穴と指掛けの厚さ寸法を既存製品よりも大きくする。
- ③ 作業による指のストレスを軽減するため、指穴にゴムリングを取り付ける設計とする。
- ④ ハンドルのふらつきをより固定できるよう、ハンドルの把持に第5指（小指）も使用し、5本すべての指でハンドルを把持するよう指掛けを設計する。

- ⑤ ハンドルのふらつき防止と、鉗子角度調整フィンに第2指（人差し指）が届きやすいよう、ハンドルアームの長さを既存製品よりも短くする。
- ⑥ 鉗子の作動について、ラチェットとフリーの切り替えスイッチを付加する。
- ⑦ 鉗子角度調整フィンを、第2指（人差し指）で操作しやすい位置に、また指先を引っ掛けて回転させやすい形状にする。

2-2 製品対象者の指の寸法調査

鉗子ハンドルのリング部を設計するにあたっては、指の関節幅および関節厚の寸法を参考とすることが有効であると思われる。よって、本開発製品のユーザーである国内の内視鏡外科医を対象とし、年齢を男性 27~70 歳、女性 27~60 歳と想定して、「日本人の人体計測データ」から寸法を調査した。寸法については、手が大きいユーザーが使用不可能となることを避けるため 95 パーセンタイル値を使用した。第1指から第5指の近位および遠位関節幅と、近位および遠位関節厚の値を使用し、対象年齢の平均値を算出した。また、第2指から第5指については、ハンドルを把持した際に触れる主な指の部位が近位関節と遠位関節の中間付近となるため、近位と遠位の平均値を算出した。図2に関節幅および関節厚の図を、表1に関節幅の参考値を、表2に関節厚の参考値を示す。

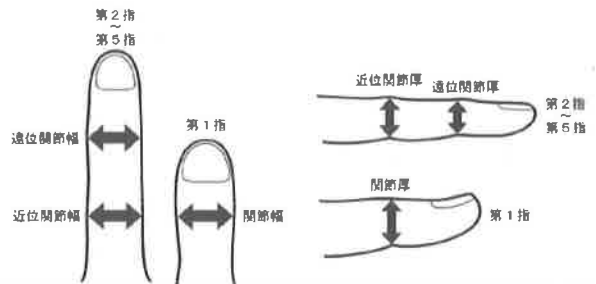


図2 関節幅および関節厚の図

第1指(親指)関節幅

男性	23.2
女性	20.5

(単位:mm)

第2指(人差し指)近位関節幅	平均	第2指(人差し指)遠位関節幅
男性	22.9	21.6
女性	21.1	19.75
男性		20.3
女性		18.4

第3指(中指)近位関節幅	平均	第3指(中指)遠位関節幅
男性	22.8	21.55
女性	20.8	19.6
男性		20.3
女性		18.4

第4指(薬指)近位関節幅	平均	第4指(薬指)遠位関節幅
男性	22	20.6
女性	20.2	18.75
男性		19.2
女性		17.3

第5指(小指)近位関節幅	平均	第5指(小指)遠位関節幅
男性	20.1	19.15
女性	18.3	17.3
男性		18.2
女性		16.3

表1 関節幅の参考値

第1指(親指)関節厚

男性	20.4
女性	18.5

(単位:mm)

第2指(人差し指)近位関節厚

男性	23.7	平均	20.35	第2指(人差し指)遠位関節厚	男性	17
女性	20.4		17.75		女性	15.1

第3指(中指)近位関節厚

男性	24.8	平均	21.35	第3指(中指)遠位関節厚	男性	17.9
女性	21.4		18.65		女性	15.9

第4指(薬指)近位関節厚

男性	23.4	平均	20.3	第4指(薬指)遠位関節厚	男性	17.2
女性	20.4		17.95		女性	15.5

第5指(小指)近位関節厚

男性	20.8	平均	18.25	第5指(小指)遠位関節厚	男性	15.7
女性	18.1		16.15		女性	14.2

表2 関節厚の参考値

2-3 ハンドルの基本設計検討

2-1 に示す8項目の設計検討項目に従って、3次元CADを使用してハンドルの基本デザイン設計検討を行い、使いやすさの官能評価を行うためのモデルを樹脂積層式造形機により作成した。モデルは官能評価を行う際の手触りや外観的な影響を考慮して、表面研磨および塗装を施した。図3に評価用モデルを示す。

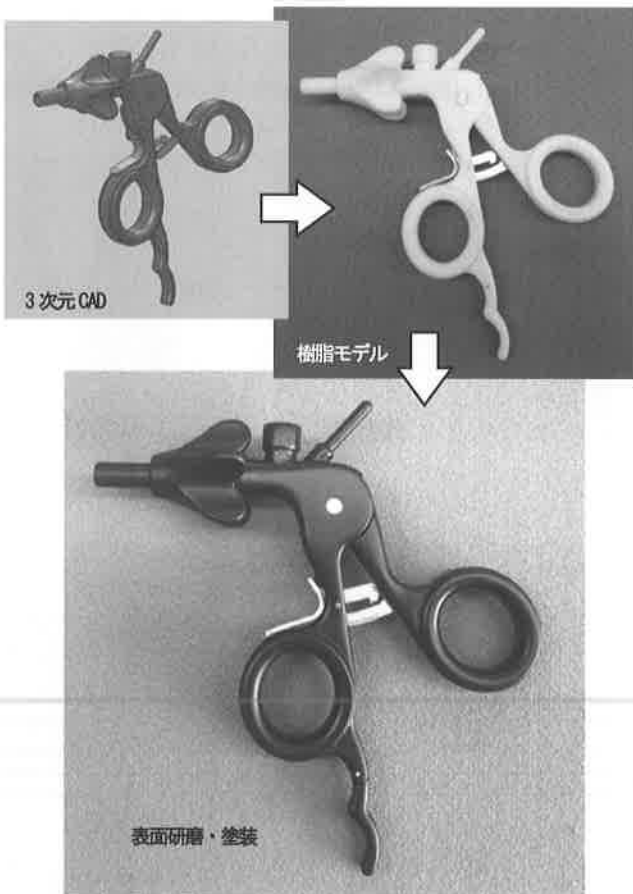


図3 評価用モデル

① ハンドルの指穴寸法

第1指および第3指を通す鉗子ハンドルの指穴形状は、表1、表2に示す関節幅と関節厚の参考値をもとに、指穴に対する指の挿入角度等に配慮して若干の余裕を持たせた寸法を検討し、関節幅方向の径が

28mm、関節厚方向の径が23mmの楕円形とした。

② 指穴と指掛けの厚さ寸法

指を曲げることでハンドルを挟み込める寸法を検討し、指穴の厚さについては既存製品の約8mmに対して13mmに、指掛けの厚さについては既存製品の約7mmに対して8mmとした。図4に指穴と指掛けの比較を示す。



図4 指穴と指掛けの比較

③ 指穴用ゴムリング

第1指および第3指を通す指穴には、①ハンドルの指穴寸法で検討した寸法により設計したゴムリングをはめ込むこととした。図5に指穴用ゴムリングの形状を示す。



図5 指穴用ゴムリングの形状

④ 第4指および第5指の指掛け

表1に示す関節幅の参考値と、②ハンドルの厚さ寸法をもとに、指かけ形状を検討した。図6に既存製品の4本指による把持方法を、図7に評価モデルの5本指による把持方法を示す。また、既存製品と比較して指掛けが長い場合、製品全長が長くなることから、収納時に小型化できるように指掛けに折りたたみ機構を設けた。図8に指掛けの折りたたみ機構を示す。



図6 既存製品の4本指による把持方法

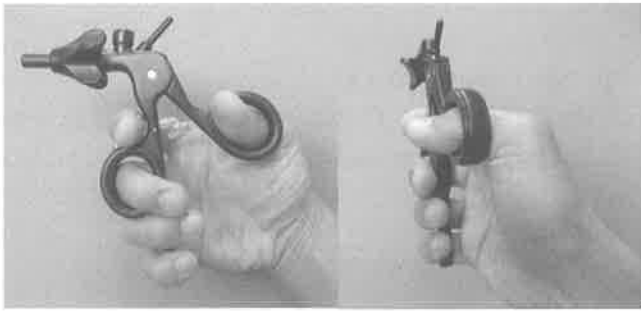


図7 評価用モデルの5本指による把持方法

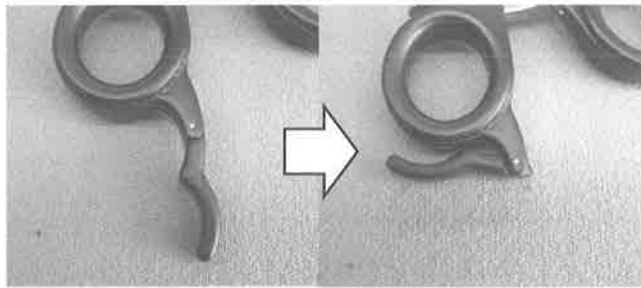


図8 指掛けの折りたたみ機構

⑤ ハンドルアームの短縮

ハンドルアームの軸中心から指穴までの寸法を、既存製品の 50mm に対して 45mm と短くした。

⑥ ラチェットとフリーの切り替えスイッチ

故障発生が少なく切り替え作動が確実な、シンプルな機構によるスイッチの設計を検討した。小さなレバーを約 35 度回転させることでレバーの一部が既存のラチェット金具を押すこととなりラチェットがフリー状態となるよう設計した。レバーの軸はラチェットのバネの力により押し戻されることのない位置に設けた。また、この設計によりモデルを作成し作動の検証を行った。図9にラチェットとフリーの切り替え方法を、図10に切り替えスイッチモデルによる検証を示す。

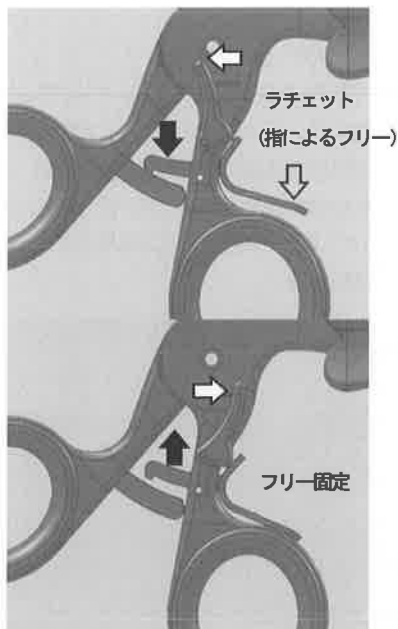


図9 ラチェットとフリーの切り替え方法



ラチェット (指によるフリー)



フリー固定

図10 切り替えスイッチモデルによる検証

⑦ 鉗子角度調整フィン

指を引っ掛けやすくするため、フィン径を、既存製品のφ30mmに対してφ36mmと長くし、フィンの谷部分には大きな曲面を施した。また、モデルを作成し、指の掛けやすさを確認した。図11にフィン形状を、図12にモデルによるフィンへの指の掛けやすさ比較を示す。

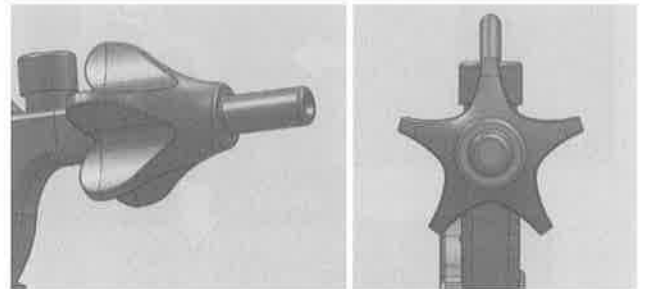


図11 フィン形状

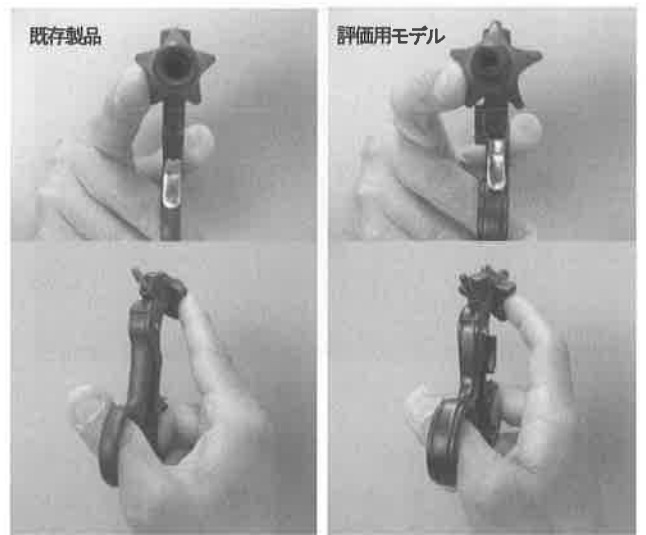


図12 評価用モデルによるフィンへの指の掛けやすさ比較

2-4 コンピュータグラフィックスによる完成イメージ検討

CGにより素材の質感を与え、製品の完成イメージを検討した。図13にCGによる完成イメージを示す。

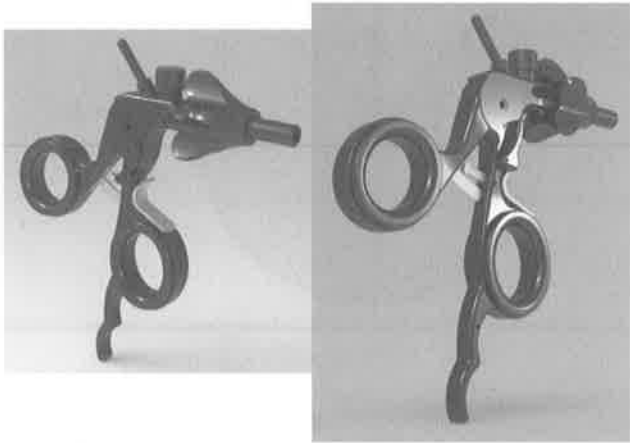


図13 CGによる完成イメージ

3. 使いやすさの官能評価試験

3-1 試験方法

設計した鉗子ハンドルの使い心地が既存製品と比較して向上しているかどうかを客観的に調査するため、内視鏡外科医師や医療関係者および産業技術センター職員に対して官能評価試験を行った。なお、主な試験は、平成22年5月に仙台で行われた日本呼吸器外科学会会場にて平和医療機械株式会社が実施した。図14に官能評価試験の状況を、表3に被験者のプロフィールを示す。既存製品と提案モデルを使用させ、以下の項目の使いやすさに関する官能評価を行った。評価方法は7段階尺度のSD法とした。ハンドルの使いやすさの評価結果は手の大きさによる影響が大きいと考えられるため、被験者の手長を測定した。アンケート調査に使用した官能評価シートを図15に示す。



図14 官能評価試験の状況

男性6人 女性2人	年齢 (歳)	身長 (cm)	手長 (cm)
平均	41.5	171.6	18.4



表3 被験者のプロフィール

官能評価項目

1. 既存製品

- ① ハンドルの持ちやすさ
- ② ハンドルの安定感
- ③ 鉗子角度調整フィンへの指の掛けやすさ
- ④ ハンドルの指穴の大きさ

2. 提案モデル

- ① ハンドルの持ちやすさ
- ② ハンドルの安定感
- ③ 鉗子角度調整フィンへの指の掛けやすさ
- ④ フリー固定スイッチの操作性
- ⑤ ハンドルの指穴の大きさ
- ⑥ 総合的な使いやすさ (印象)
- ⑦ デザイン的な好ましさ
- ⑧ 使用意向 (既存製品と比較して提案モデルの方を使いたいと思いますか)

鉗子ハンドルの使いやすさに関する官能評価シート

職種: _____ 性別: 男・女 _____ 年齢: _____ 歳

氏名: _____ 身長: _____ cm 手長: _____ cm

1. 鉗子ハンドルの使いやすさ評価
★使用してみて感じたおりに評価スケールに丸をつけてください。

① 既存製品

評価項目	3	2	1	0	-1	-2	-3
	非常によい	よい	ややよい	どちらでもない	ややわるい	わるい	非常にわるい
ハンドルの持ちやすさ	[Scale]						
ハンドルの安定感	[Scale]						
鉗子角度調整フィンへの指の掛けやすさ	[Scale]						
ハンドルの指穴の大きさ	非常に大きい	大きい	やや大きい	ちょうどよい	やや小さい	小さい	非常に小さい

② 提案モデル

評価項目	3	2	1	0	-1	-2	-3
	非常によい	よい	ややよい	どちらでもない	ややわるい	わるい	非常にわるい
ハンドルの持ちやすさ	[Scale]						
ハンドルの安定感	[Scale]						
鉗子角度調整フィンへの指の掛けやすさ	[Scale]						
フリー固定スイッチの操作性	[Scale]						
ハンドルの指穴の大きさ	非常に大きい	大きい	やや大きい	ちょうどよい	やや小さい	小さい	非常に小さい

2. 提案モデルの印象評価
★既存製品と比較して、提案モデルの総合的な使いやすさ(印象)はどれくらいですか。

評価項目	3	2	1	0	-1	-2	-3
	非常によい	よい	ややよい	どちらでもない	ややわるい	わるい	非常にわるい
総合的な使いやすさ	[Scale]						

★この提案モデルは、デザイン的に好ましいと思いますか。

評価項目	3	2	1	0	-1	-2
	好ましい	やや好ましい	どちらでもない	やや好ましくない	好ましくない	
デザイン的な好ましさ	[Scale]					

★あなたが使用したら、既存製品と比較して提案モデルの方を使いたいと思いますか。

評価項目	3	2	1	0	-1	-2	-3
	非常にしたい	したい	ややしたい	どちらでもない	ややしたくない	したくない	非常にしたくない
使用意向	[Scale]						

図15 官能評価シート

3-2 試験結果

データ解析については、被験者全員の評価データの平均値と標準偏差を算出し、既存製品と提案モデルを比較した。さらにも検定により有意差を求めた。図16に使いやすさに関する評価結果を示す。「ハンドルの持ちやすさ」、「ハンドルの安定感」、「鉗子角度調整フィンへの指の掛けやすさ」の評価は、既存製品よりも提案モデルの方が優れている傾向があり、「鉗子角度調整フィンへの指の掛けやすさ」には有

有意水準5%の有意差が見られた。「ハンドルの指穴の大きさ」は、どちらも「ちょうど良い」であり差は見られなかった。また、提案モデルの「フリー固定スイッチの操作性」は、平均値が-0.13であり「どちらでもない」ではあったが、標準偏差が±1.96と評価のばらつきが大きかった。

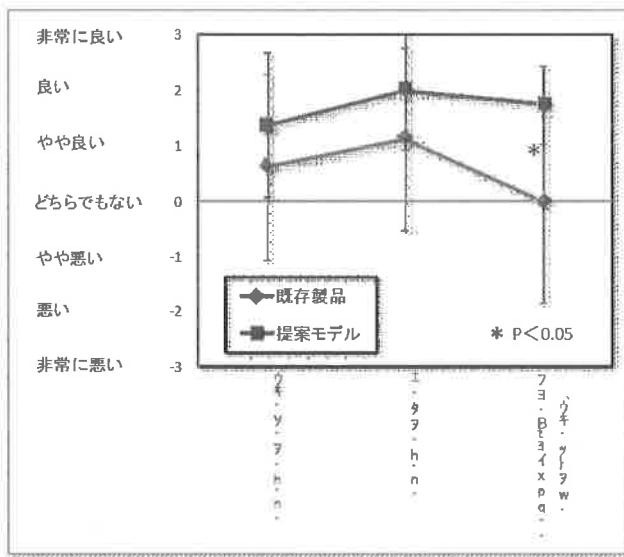


図16 使いやすさに関する評価結果

提案モデルの印象評価については、「総合的な使いやすさ」は「良い」が75%、「やや良い」が25%であった。

「デザイン的な好ましさ」については、「やや好ましい」が50%、「好ましい」が37%、「やや好ましくない」が13%であった。

「使用意向」については、「使いたい」が57%、「やや使いたい」が29%、「どちらでもない」が14%であった。図17に総合的な使いやすさの評価結果を、図18にデザイン的な好ましさの評価結果を、図19に使用意向の評価結果を示す。なお、手長と官能評価結果には相関関係は認められなかった。

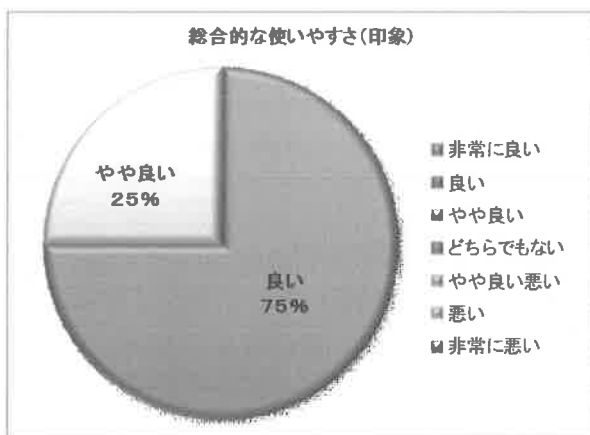


図17 総合的な使いやすさの評価結果

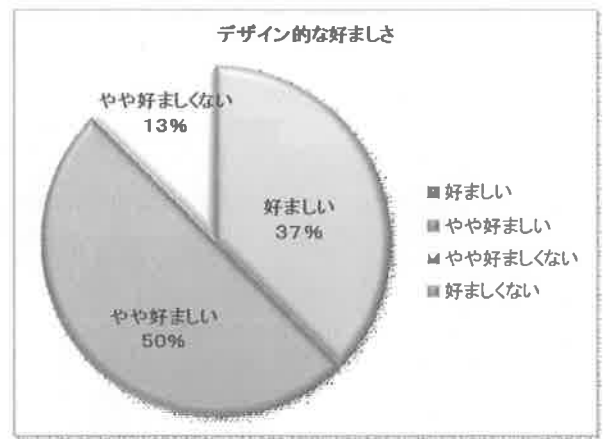


図18 デザイン的な好ましさの評価結果

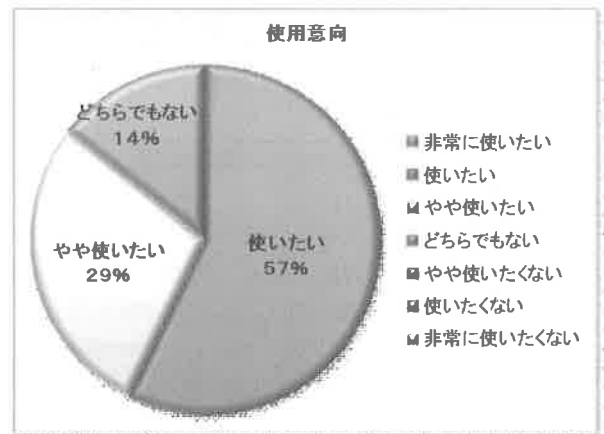


図19 使用意向の評価結果

4. まとめ

本調査の被験者の63%が医師および医療関係者であったため、既存製品の評価については使い慣れによる有利な影響があるものと思われる。そのような状況での比較調査で、提案するモデルの官能評価は否定的な評価が非常に少なく、既存製品よりも概ね高評価である結果であった。よって、本研究の目的である日本人にとって使いやすい内視鏡手術用鉗子ハンドルの開発のための基本デザイン設計としては、方向性は間違っていないものと思われる。

参考文献

- 1) 藤井謙治, 木村悦博, 中村 誠: 生理心理反応による介護用シャワー浴装置の評価, 人間工学, vol. 36, No. 5, p. 273-278 (2000)
- 2) 藤井謙治, 河川篤生: 生理心理反応によるシャワー浴装置の評価—在宅介護用シャワー浴装置の開発—, 山口県産業技術センター研究報告, 15, p. 12-17 (2003)
- 3) 海保博之, 原田悦子: プロトコル分析入門, 新報社, (2004)
- 4) 稲木紀幸, 内視鏡外科医の手指のしびれを防ぐために, ドイツ・チュービンゲン大学外科, 最少侵襲外科部門