

上肢神経系セルフチェックのための HapLog を用いた 評価システムの試作

大井川仁美^{†1} 石川由羽^{†1} 梅田智広^{†2} 高田雅美^{†1} 城和貴^{†1}

本稿では、専門知識を有していない一般人が自身の上肢神経系の状態を確認するためのシステムの試作を行う。上肢神経系の障がいと関係のある手指の巧緻運動能力を評価する方法として、医師による傷病診断や理学療法に用いられる 10 秒テストに着目する。利用者にとって当該テストの実施は容易だが、状態の確認は困難である。本試作システムでは、利用者の各指先に 3 軸加速度センサを装着することでテスト中の指の動きを取得する。また、試作システムを用いて得られた結果から有効な特徴量や傾向を得るために評価実験を行う。

A Prototype Evaluation System for Upper Limb Nervous System Self-Check using HapLog

HITOMI OIGAWA^{†1} YU ISHIKAWA^{†1} TOMOHIRO UMEDA^{†2}
MASAMI TAKATA^{†1} KAZUKI JOE^{†1}

In this paper, we develop a prototype system to check the status of the upper limbs nervous system for general users who do not have the expertise. As a method for evaluating the dexterity exercise capacity of fingers that are relevant to the failure of the upper limb nervous system, we focus on the 10 seconds test. The test is used to check the progress of the illness diagnosis and rehabilitation. It is easy to carry out the test, but the confirmation of the state is difficult for the user. In the prototype system, we get the movement of fingers in the test by mounting the three-axis acceleration sensor on each finger of the user. Moreover, we perform evaluation experiments to get valid feature values and trends by the results obtained using the prototype system.

1. はじめに

長寿大国といわれる日本において、男女別の平均寿命と健康寿命の差を数値化すると、男性が約 9 年、女性が約 13 年となる[1]。健康寿命とは、健康上の問題で日常生活が制限されることなく生活できる期間である。平均寿命と健康寿命の差は生涯の中で不健康である期間を示しており、この差が広がると生活の質の低下や社会保障の増大が懸念される。高齢になるにつれ現れる障がいの 1 つに手指の痺れが挙げられる。人間の手指の運動中枢は脳の領域を広く占有している[2]。したがって、手指の細かな動きを可能にする巧緻運動能力の低下は脳機能に影響を与え、認知症を招く可能性を高める。実生活においても巧緻運動能力の低下は、食事や着替え、排泄を困難にさせ、生活の質に大きな影響を及ぼす。高齢者の巧緻運動能力低下を完全に避けることはできないが、日頃から自身の現在の状態を知ることによって予防に努めることや進行を遅らせることは可能である。

痺れの原因には主に、糖尿病、頸椎症性脊髄症、脳卒中がある。特に頸椎症性脊髄症は、上肢に関わる脊髄が神経を圧迫することにより痺れを引き起こす。また、圧迫箇所によって痺れる部位が変わってくるため、上肢神経系中の障がい部位の特定が重要である。一例として、10 秒間に可能な手の開閉回数を観察する 10 秒テストがあり、医師や理

学療法士は回数や開閉の様子を目視により観察する[3]。結果は重要な傷病診断および重症度の根拠になっており、リハビリの進捗確認にも大きな役割を果たす。10 秒テストにおける回数測定は個人でも可能であり受診のきっかけとしても用いられるが、判断基準は回数のみであり具体的な障がいの部位の目安等を個人が知ることは困難である。したがって、10 秒テストを実施し、その計測データを解析することで、個人が容易に上肢神経系の状態を確認できるシステムの導入が望まれる。また、それを基に医師が迅速に次の対応を可能にすることが期待されている。ここで、システムにおける 10 秒テストの実施では、利用者になるべく制限を設けてはならないことに留意する。なぜならば、手の開閉の動作には個人差があるが、その開閉方法等を指定することで利用者に普段と違う動作を強いることは診断の妨げになるためである。つまり、どのような指の動きに対しても手の開閉方法や回数を正確に捉えられるような考慮が必要になる。

本稿では、一般人が専門知識を有していなくても上肢神経系の状態のセルフチェックを可能にする評価システムの試作を行う。上肢神経系の状態をセルフチェックするために、HapLog [4]を用いて 10 秒テストを実施する。HapLog は 3 軸加速度センサを搭載しており、指の動きを測定する。加えて、試作システムを用いて得られた結果から有効な特徴量や傾向を得るために、評価実験を行う。第 2 章で上肢神経系セルフチェックのための評価システムについて述べる。第 3 章では試作したシステムの評価実験について述べ、

^{†1} 奈良女子大学
Nara Women's University

^{†2} 奈良県立医科大学
Nara Medical University

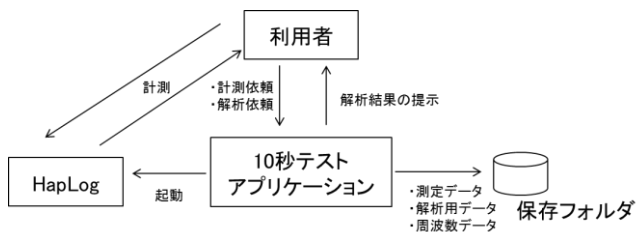


図 1 試作システムの概略



図 2 10 秒テストアプリケーション初期画面例

第 4 章では考察について記述する。

2. 上肢神経系セルフチェックのための 評価システム

2.1 試作システム概要

上肢神経系セルフチェックのための評価システムは、10 秒テストのデータ取得や管理、加えて得られた情報の効果的な利用を行い、専門知識を有していない一般人が容易に上肢神経系の状態を確認することを目的としている。

試作システムの概略を図 1 に示す。利用者は主にアプリケーションを利用することで、10 秒テストの測定と解析、それぞれの結果の保存を行うことができる。このアプリケーションを 10 秒テストアプリケーションとする。10 秒テストアプリケーションの初期画面は図 2 に示す。利用者は 10 秒テストアプリケーションに対し、10 秒テストの測定依頼と解析依頼を行う。10 秒テストの測定依頼では、利用者が図 2 の①にあたる計測を選択することで、10 秒テストアプリケーションが HapLog を起動する。利用者は HapLog を利用して 10 秒テストの測定を行い、データを取得する。また、HapLog が指定するフォルダには測定データが保存される。解析依頼では利用者は図 2 の②を利用して解析対象のファイルを選択し、図 2 の③を選択することで、図 3 に示す解析結果画面を得る。同時に、各指に対して

- 測定データ
- 解析用データ（合成加速度データ）
- 周波数データ

が 10 秒テストアプリケーションの指定する保存フォルダに格納される。

図 3 の解析結果画面では、

- ④ 10 秒テストを行った各指の合成加速度の結果
- ⑤ 各指の合成加速度データに FFT を適用した結果
- ⑥ ⑤から周波数成分の上位 5 つのピーク値を算出し、その比率を 10 点満点で評価した結果のレーダーグラフ
- ⑦ 各指の動きにおける手の開閉回数推定値

が表示される。⑤～⑦の解析手法に関しては、第 2.4 節で詳しく述べる。

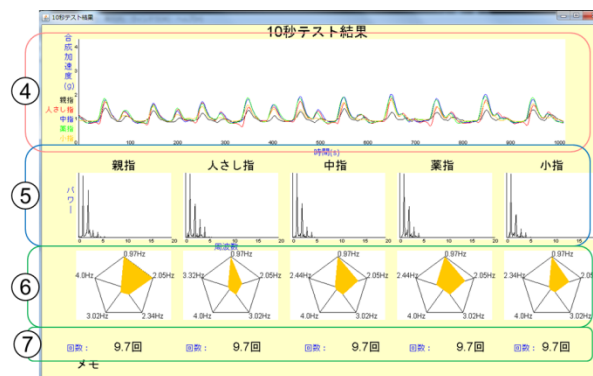


図 3 10 秒テストアプリケーション解析結果画面例

2.2 HapLog

本システムを設計するに当たり 10 秒テストによる上肢神経系の状態確認には、手指の動きの情報を取得可能なセンサについて考慮する必要がある。指の動きを取得する方法として、CCD カメラで撮影した動画から指先を追尾しタッピング動作を検出する方法や、腕に筋電計を装着して得た筋電図から指先の動きを識別する方法がある[5][6]。しかし、外部環境の影響を受けることや、指先の動きが直接的に計測困難なことが懸念される。そこで、3 軸加速度センサに着目する。3 軸加速度センサは計測対象である身体部位に直接的に装着することで、その部位の動きやその方向等、多くの情報を取得可能なセンサである。実際に、加速度センサをデータ取得対象に装着し、骨盤の動きの検出や手洗いの動作を計測する研究に利用されている[7][8]。さらに、複数の加速度センサを装着あるいは他のセンサと組み合わせることで姿勢や運動、ジェスチャの動作を識別する研究にも用いられる[9]。

HapLog はカトーテック株式会社製の 3 軸加速度センサを搭載しており、指の動きの取得に特化している。HapLog は、センサとそれをつなぐ腕輪型のコネクタ、校正ユニットからなる。センサは、爪側に覆いがあり、爪に密着するように装着する。覆いは 5 種類の大きさがあり、爪に合わせて組み合わせを変えることができる。覆いの部分はゴム製であり中には 3 軸加速度センサが搭載されており、覆い自体は指先の圧力を検出する。コネクタは 3 本のセンサを差し込むことでデータを取得することができ、1 回の計測に対し最大 3 本分の指の動きを取得することが可能である。



図 4 HapLog 装着

校正ユニットは圧力を測る際のデータのキャリブレーションを行う。サンプリング周波数は1~1000Hzで可変であり、加速度レンジは2~8Gまで可変である。

また、HapLog センサから得られたデジタル信号はリアルタイムに表示することができる。表示されるデータの内容は、x, y, z 軸の加速度や合成加速度、各指にかかる圧力がある。また、センサ情報並びに、測定結果は CSV 形式で保存可能である。

本稿では、加速度センサのみを利用するため校正ユニットの使用は行わない。また、測定時のサンプリング周波数は100Hzに設定し、加速度レンジは4Gとする。

2.3 データの取得

2.3.1 測定

本システムでは、5本分の指の動きのデータを取得する。したがって、HapLogを2台用意し5本分の指の動きを同時計測する。ただし、同時計測後のデータを時系列で比べる際、計測に用いた2台の間でデータのずれが生じる場合が考えられる。そこで、データのずれを補正するために2台で親指の指の動きを計測する。つまり、親指には2つのセンサが装着される。また、片方の HapLog で取得したデータをもう片方の取得したデータに移す必要がある。補正については第 2.3.2 で詳しく述べる。HapLog の装着は図 4 のように行う。利用者の爪に適した覆いの大きさを選んだ後センサを装着するが、センサ同士の衝突によるセンサの落下を防ぐため装着したセンサの上からマスキングテープを巻き、センサと指先を固定する。また、2 台のセンサを使うため2つの腕輪型のコネクタは重ねられた状態になる。

実際の10秒テストは20秒ほど実施する。これは、手が安定して開閉を行っている状態でテストをするためであり、医療現場でも実際に10秒よりも長くテストを実施し、そのうちの10秒の開閉の様子を診断に用いる。

2.3.2 解析用データの取得

解析は3軸加速度センサの合成加速度を対象とする。したがって、はじめに HapLog の指定するフォルダに格納されている測定データの中から該当のデータ列を切り出す。測定結果の csv ファイルの例を図 5 に示すが、1つのファイルに指3本分の x, y, z 軸の加速度や合成加速度、各指に

バージョン情報	01.00.05				
タイムスタンプ	2012/6/1 15:55				
メモ					
ヘッダ情報					
装置箇所	Index finger				
名称	Finger Contact Force1	Absolute Acceleration1		F1	AK1
単位	N	G		μE	G
データ数	2400	2400		2400	
最大値	11.08	1.05		4089	
最小値	11.08	0.92		4088	
時間					
	0	11.08	0.92	4084	
	0.001	11.08	1.05	4092	
	0.002	11.08	0.98	4093	
	0.003	11.08	1.05	4094	

図 5 測定結果 (CSV 形式)

かかる圧力のデータが格納されている。

つぎに、HapLog 2 台を用いた同時計測後のデータにおける2台間のずれを補正する。そのため、波形が一致する開始点を検出する。具体的には、2 台それぞれで取得した親指のセンサのデータに対し、片方ずつのデータを固定し、他方のデータを開始0から100まで1点ずつずらし、両者のデータを比較する。ここで、同時計測の際に生じる時間のずれは最大でも前後1秒程度とする。比較には相関係数を用い、一致点は相関係数の絶対値が最大になった点を指すこととする。

取得目的である10秒間のデータを切り出す。対象とする10秒は、20秒のテストデータ中の5~15秒とする。以上より、サンプリング周波数は100Hzであることから、取得されるデータは開始500前後から1500前後の1000点分である。しかし、FFTの解析は2のべき乗でないと適用できないため、実際は1024点分を切り出す。

2.4 解析手法

解析結果画面中の⑤では、各指の合成加速度データにFFTを適用した結果が表示される。解析結果は、縦軸をパワースペクトル、横軸を周波数とし、10秒テスト実施による各指の動きの周波数の分布を示し、結果画面ではそれを表示する。

⑥では、⑤から周波数成分の上位5つのピーク値を算出し、その各比率を10点満点で評価した結果のレーダーグラフが表示されている。FFTを適用した後のデータのピーク算出では、まず、測定結果のデータの3番目から1021番目まで1つずつ点に着目し、その着目点と前後2点のパワースペクトルを比較する。その際に着目点の値が最も高い場合、その着目点をピークに決定する。この操作を1021番目の点まで繰り返し、全てのピークを求める。そして上位5つのピークを算出し、前後2点のパワースペクトルを足し合わせたものをピーク周辺のスコアとする。さらに5つのスコアを足し合わせ、それぞれのスコアが占める割合を算出し、各ピークを10点満点として評価する。

⑦は、各指における手の開閉回数推定値が表示される。手の開閉回数は、⑥で求めた最も値の高いピークの周波数を10倍することで算出を行う。この値は、サンプリング周波数100Hzで10秒間計測を行ったことから求められる。



図 6 手の開閉方法

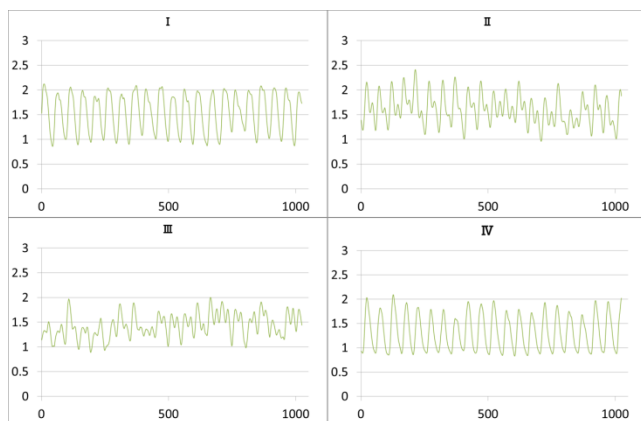


図 7 中指の合成加速度データ（開閉回数 20 回）

3. 評価実験

3.1 実験手法

第 2 章で述べたシステムを使用し、加速度センサより取得した測定データから有効な特徴量を得られることを確認する。

システムを用いて以下の条件を変更したデータを得る。

- 手の開閉方法
- 手の開閉回数

まず、手の開閉方法を変えて 10 秒テストの測定を行う。具体的には、

- 親指を中に入れながら握る
- 親指を人差し指の横につけながら握る
- 親指を他の指の上に乗せながら握る
- ものを指全体でつまむように握る

の 4 種類の方法を実施する。図 6 は各開閉方法を示す。実験では、地面に向かって手を開くが、直感的に理解できるようにするために、手は上向きの状態かつ親指の位置にマーカーをつけている。ここで、どの方法も同じタイミングで手の開閉を行うことができるようにするために、メトロノームを用いて 1 秒間に 1 回、手の開閉を行う。続いて、手の開閉回数を変える。具体的には、

- 10 秒で 10 回 ($J=60$)
- 10 秒で 20 回 ($J=120$)
- 10 秒で 30 回 ($J=180$)
- 10 秒で 40 回 ($J=240$)

の 4 種類を開閉方法別に実施する。タイミングはメトロノームを利用する。カッコ内はメトロノームの速度である。

表 1 合成加速度相関係数

		10回				20回			
		人	中	薬	小	人	中	薬	小
I	親	0.90	0.90	0.90	0.93	0.78	0.86	0.79	0.00
	人		0.97	0.93	0.91		0.96	0.95	0.15
	中			0.97	0.95			0.97	0.15
	薬				0.96				0.29
II	親	0.63	0.67	0.65	0.50	0.78	0.81	0.73	0.37
	人		0.97	0.96	0.90		0.93	0.83	0.42
	中			0.96	0.86			0.76	0.37
	薬				0.94				0.48
III	親	0.57	0.36	0.66	0.69	0.15	0.38	0.06	-0.08
	人		0.80	0.90	0.94		0.85	0.60	-0.40
	中			0.85	0.72			0.44	-0.45
	薬				0.91				-0.39
IV	親	0.88	0.84	0.90	0.84	0.85	0.87	0.89	0.18
	人		0.96	0.96	0.94		0.99	0.94	0.33
	中			0.97	0.98			0.95	0.36
	薬				0.95				0.33
		30回				40回			
		人	中	薬	小	人	中	薬	小
I	親	0.50	0.51	0.64	0.07	0.44	0.66	0.65	0.52
	人		0.93	0.84	-0.16		0.73	0.78	0.26
	中			0.82	-0.16			0.92	0.64
	薬				0.16				0.62
II	親	0.44	0.46	0.45	0.12	0.02	-0.11	-0.25	0.41
	人		0.80	0.67	-0.10		0.91	0.89	0.10
	中			0.85	0.12			0.96	0.14
	薬				-0.07				0.10
III	親	0.54	0.55	0.55	-0.25	0.58	0.52	0.55	0.42
	人		0.64	0.56	0.05		0.80	0.88	-0.04
	中			0.79	-0.18			0.81	-0.28
	薬				0.02				-0.15
IV	親	0.20	0.27	-0.50	0.27	0.44	0.49	0.30	0.22
	人		0.91	-0.46	0.21		0.94	0.46	0.41
	中			-0.56	0.12			0.61	0.42
	薬				0.32				0.62

取得したデータに対し、

- 各指における合成加速度データの相関
- 試作システムが算出した推定回数と実際の開閉回数との比較
- 各指の横軸を時刻 t としたときの合成加速度、縦軸を時刻 $t+1$ としたときの合成加速度のプロットの分散

を用いて手の開閉の方法あるいは回数別による傾向を導く。

A は、同時測定により得た指 5 本分の合成加速度データの相関を取ることで、特徴を抽出する。B は、FFT 後のデータを使用し、試作システムにより算出した回数の推定と実際の開閉回数を比較し、誤差について検討する。そして、C では時刻 t と時刻 $t+1$ の関係を表示することで直感的な指の運動の特徴を捉えることがねらいである。

3.2 結果

A における、各指の合成加速度データを回数毎、開閉方法別に表示の例として、開閉回数 20 回の時の中指の合成加速度の変化を開閉方法別に図 7 に示す。回数判定のいずれのグラフも縦軸は 0G から 3G の間の合成加速度を表してお

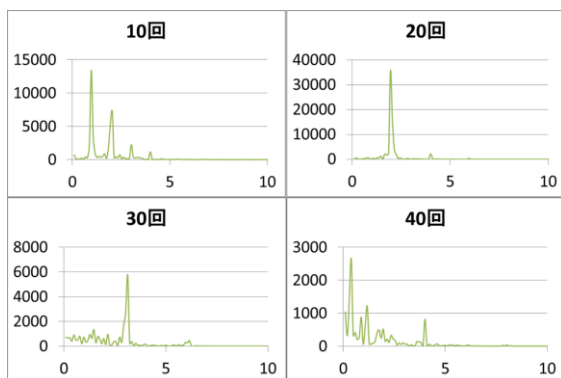


図 8 中指の FFT 後データ（開閉方法 I）

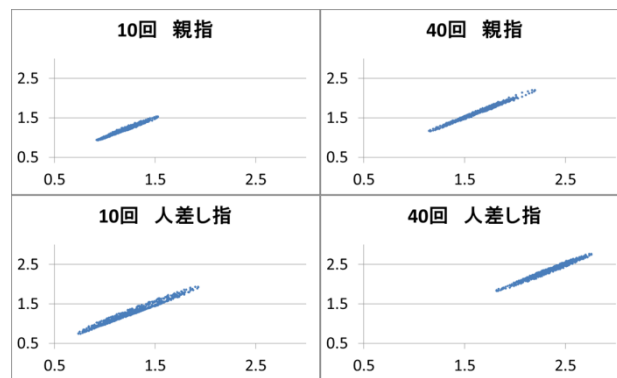


図 9 合成加速度のプロット結果（開閉方法 I）

表 2 試作システムが算出した推定回数

		親	人	中	薬	小
I	10	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
	20	1.95	1.95	1.95	1.95	1.95
	30	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12
	40	0.19	4	0.39	1.17	0.29
II	10	0.97	1.95	1.95	1.95	1.95
	20	1.95	1.95	4	4	1.95
	30	0.97	3.02	0.48	3.22	3.02
	40	0.58	0.97	0.97	0.97	0.29
III	10	1.95	1.95	1.95	1.95	1.95
	20	1.95	4	4	4	0.29
	30	3.02	0.19	3.02	3.02	3.02
	40	4	0.97	0.97	0.97	0.97
IV	10	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
	20	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05
	30	3.22	3.22	3.22	3.22	3.22
	40	4	4	4	4	4

り、横軸は時間を示している。図 7 より、手の開閉を行った際、規則的にピークが現れていることが分かり、開閉の動作によって加速度が変化するというのを改めて確認できる。また、開閉方法別に波形の違いがあることが分かり、他の指でも同様のことがいえる。加えて、開閉回数が増えると加速度の様子が各指で複雑化している。また、各開閉回数時の各指の相関係数を各開閉方法別に表 1 に示す。表 1 の色塗り箇所は相関係数が 0.7 以上のものを示しており、相関が強いものである。各指の相関係数に関して回数が少ないほど相関係数が高く、多いほど相関が低いことが分かる。一方、人差し指と中指の相関がどの開閉方法と回数においても相関が高いことが確認できる。

B における、同一の指の周波数データを回数毎、開閉方法別に表示の例として、開閉方法 I の時の中指の合成加速度の変化を開閉回数別に図 8 に示す。いずれのグラフも縦軸はパワースペクトルを表しており、横軸は 0Hz から 10Hz の周波数を示している。図 8 より、開閉していると想定される周波数域に著しいピークが現れている。しかし、開閉方法によってピークの出現場所が実際の開閉回数と異なる場合があり、同様のことが他の指でも確認することができ

表 3 プロットの分散

		親	人	中	薬	小
I	10	0.02	0.06	0.09	0.09	0.04
	20	0.03	0.13	0.14	0.13	0.10
	30	0.02	0.06	0.05	0.05	0.06
	40	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05
II	10	0.01	0.05	0.07	0.08	0.05
	20	0.03	0.07	0.08	0.06	0.06
	30	0.02	0.04	0.04	0.05	0.04
	40	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06
III	10	0.01	0.06	0.07	0.09	0.04
	20	0.03	0.03	0.05	0.05	0.05
	30	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04
	40	0.03	0.04	0.04	0.04	0.05
IV	10	0.02	0.06	0.08	0.08	0.07
	20	0.05	0.12	0.12	0.14	0.13
	30	0.03	0.07	0.07	0.10	0.07
	40	0.02	0.06	0.04	0.06	0.04

る。加えて、A で述べたように開閉回数が増えるごとに指の相関が異なるため、各指で算出される回数も異なる。また、ピークの周波数を 10 倍した 10 秒テスト中の開閉回数推定値を表 2 に示す。色塗り箇所は試作システムが算出した推定回数したものの中で、実際の回数と異なるものである。特に開閉方法の II や III は合成加速度のデータから正しいピークを読み取ることが困難であり、周波数解析にもそれが現れている。それに対し、I や IV に関しては適切な回数が算出されていることが分かる。

C におけるプロット結果の例として、開閉方法 I かつ開閉回数 10 回と 40 回の時の親指と人差し指のプロットを図 9 に示す。どちらも、合成加速度の最大は 3G である。開閉回数が増えると、プロットが全体的に右上に移動していることが読み取れる。加えて、突出している点がないことから、時刻 t と時刻 $t+1$ の関係が大きく変動しないこともわかり、同様に他の指でも確認することができる。また、プロットの分散値を表 3 に示す。色塗り箇所は分散の最も低いものである。親指の分散が多くの場合、最も小さいこと、他の指の分散はほぼ等しいことが分かる。

4. 考察

試作システムを利用することで、HapLog の 3 軸加速度センサを用いた指の開閉動作の取得が可能になり、得られた測定データからさらに解析用のデータ、周波数データが取得できる。これらのデータに対する評価実験に関して、手の開閉方法や回数によって指の動き方が異なり、それにより合成加速度の波形が変化することが確認できるため、データの解析は有効である。

A では、利用者の手の開閉度と手の開閉時の各指同士の関係について考察する。手の開閉回数が少ないほど合成加速度の波形が開閉方法別に明確に分かれていることや、指同士の相関係数が高い傾向にあることは、利用者が余裕をもって手全体を使って手の開閉運動をしていると推定される。これに対して、開閉回数を多くすれば同時に各指を動かすことが困難になる、あるいは開閉度が下がっていく傾向にあることが考えられる。一方、人差し指と中指の相関係数が一貫して高い傾向にあるのは、人差し指と中指が同じ神経を共有していることから、指の運動と神経に関係があることを改めて示すことができる。これらから、実際の 10 秒テストでは回数の制限をしないが、手の開閉が利用者にとってどの程度の負担で行われているのかの判定や、各指がどのように作用しあっているのか考慮することが可能である。

B では、開閉方法によって試作システムが算出した推定回数と実際の開閉回数に違いがある。これは、手を閉じた瞬間と開く瞬間に、各指が干渉し合っていることやセンサ同士の衝撃など違う力が加わったためであると推察する。特に、開閉方法ⅡやⅢは回数の差は、親指が他の指に被さることが影響している。

C では、開閉回数が増えるごとにプロットが右上に遷移することから、開閉回数が増えるほどより大きな加速度で手の開閉がされる傾向を示している。また、親指の分散が最も少なく、他の指が概ね同じ分散であるという傾向に関しては、親指が他の指に比べて短いことが影響していると考えられる。これらから、今回は開閉方法や回数を指定した健常者のみに適用したためこのような結果になっているが、上肢神経に異常のある障がい者は、動きが一定でない場合があるため、動きの滑らかさの指標として用いることが可能である。

以上より、試作システムから、開閉回数が増えると加速度は増すが利用者の開閉度が下がるといった傾向を取得することが可能になる。一方、開閉方法によって開閉回数の測定が困難なことも確認できる。最終的なシステムでは、利用者の手の開閉方法に特に制限はかけないため、特に開閉回数を算出する場合にどのような解析手法を適用するか考える必要がある。一方、現在は傾向を検出するにとどまっているが、さらに多くの利用者にシステムを利用しても

らい、そのデータを収集することで、上肢神経系の障がいの診断材料にまで発展させていくことを検討する。

5. おわりに

本稿では、指先装着型の 3 軸加速度センサ HapLog を用いて指の動きの情報を取得し、解析を行うことで上肢神経系の状態をセルフチェックする評価システムの試作を行い、評価実験を行った。その結果、指の動きに関する傾向を読み取ることができ一方、開閉回数に関して正しい結果を得られない可能性があることが分かった。

今後の課題として、開閉回数の評価を適切に行うことが挙げられる。その手法に主成分分析を用いることを検討する。主成分分析によって得られた成分を用いて回数の判定を行う。その一方で、多くの利用者のデータから指の動きの特徴抽出を行い、さらに上肢神経系の障がい部位の特定を行うことができるような解析を行う必要がある。そのためには、健常者や障がい者を含むあらゆるデータの取得が必要である。そして、得た解析データから利用者の上肢神経系の状態を判別するシステムを目指す。

参考文献

- 1) 厚生科学審議会地域保健健康増進栄養部会：健康日本 21（第 2 次）の推進に関する参考資料，次期国民健康づくり運動プラン策定専門委員会（2012）
- 2) ワイルダー・ペンフィールド：脳と心の正体，文化放送開発センター出版部(1977)
- 3) 鈴木俊明，後藤淳，渡邊裕文，大沼俊博：神経弛緩の評価と理学療法，アイベック(2015)
- 4) カトーテック株式会社：HapLog，available from < <http://www.keskato.co.jp/products/haplog.html> > (accessed2015-09-03)
- 5) 宮腰誠，加藤備識，長谷川純一：認知症予防のための指運動訓練の定量的画像計測技術の研究，健康医科学研究助成論文集 25,102-113 (2010)
- 6) 棒谷英法，大須賀美恵子：表面筋電信号に基いた腕・手の動作識別，人間工学 49.1，1-9，(2013)
- 7) 大西智也，橘浩久，武田功：加速度・角速度センサによる立位時の骨盤の動きの検討，理学療法科学 29.4，595-598 (2014)；
- 8) 土田敏恵：3 軸加速度センサを利用したゲーム性のある新しい手洗い学習システムの学習効果の検証，日本看護研究学会雑誌 36.4，19-27 (2013)
- 9) 村尾和哉，寺田努：加速度センサの定常性判定による動作認識手法，情報処理学会論文誌 52.6，1968-1979 (2011)