

PCキーボードのキースイッチの物理パラメータとユーザビリティの関連分析

富田 新* 大原 貴弘** 東 哲也*** 清水 信行****

人間工学的観点から見ると、PC キーボードのキースイッチの物理特性（物理パラメータ）と、キーのユーザビリティ（押し心地）評価との関連性を探ることは、操作性の良いキーボードのキースイッチを開発してゆく上で、非常に重要な課題である。本研究では、6台のノートPCのキースイッチの作動圧曲線から得られた幾つかの物理パラメータの値と各PCのキーの押し心地評価との関連を、重回帰分析を用いて調べた。重回帰分析は、タッチタイピングができるエキスパート群とできないノービス群、別々に行われた。重回帰分析の結果から、(1) エキスパート・ノービス両群において、ドロップ荷重の大きなキーほどよりクリック感が強いと感じられること、(2) ノービスにおいては、ピーク荷重やクリック率の高いキーがよりクリック感が強いと感じられること、(3) エキスパート・ノービス両群ともに、ピーク荷重とドロップ荷重の高いキーほど、より弾力感が強いと感じられること、(4) エキスパート・ノービス両群ともに、ドロップ勾配が大きいキーほどよりキーが固く感じられること等が示唆された。これらの結果は、エキスパート群、ノービス群の好みに合ったキースイッチを設計してゆく上で、1つの指針を提供してくれる。

キーワード：PCキーボードのキースイッチのユーザビリティ、押し心地の心理的因子、キースイッチの物理的パラメータ、タッチタイピング

問 題

富田・大原（2015）は、メーカーの異なる6台のノートPCについて評価言葉を用いた質問紙調査を行い、キーボードのキースイッチのユーザビリティ（押し心地）評価の特徴について解析した。タッチタイピングができるエキスパート35名と、タッチタイピングができないノービス40名、計75名の参加者の評価データの解析から、以下のような知見が得られた。

1. いずれのPCにおいても、キーボードのキースイッチの押し心地評価において抽出される因子はほぼ共通しており、次の5因子であった。

スムーズ感、ストローク感、クリック感、弾力感、操作感

2. エキスパートとノービスの2群間で、キースイッチの押し心地評価がどのように異なっているかを検証した。その結果、ストローク感やキーの柔らかさ（固さ*）については、エキスパートの評定値が

高く、クリック感や操作感については、ノービスの方が評定値が高いことがわかった。

残された課題は、各ノートPCのキーボードのキースイッチの物理特性（物理パラメータ）と、キースイッチのユーザビリティ（押し心地）評価との関連性を探ることであった。キースイッチの物理パラメータと押し心地評価の関連を調べることができれば、キーボードのキースイッチ設計において有用な指針を得ることができる。ただし、このような検証を行う前提として、(1) PC キーボードのキースイッチの操作性に関連していると思われる物理パラメータを特定しておくこと、(2) PC キーボードのユーザビリティ（押し心地）評価の特徴を分析しておくこと（ユーザビリティ（押し心地）評価を支配していると思われる心理因子の特定など）、が必要となる。

(1) PC キーボードのキースイッチの物理パラメータの特定

PC キーボードのキースイッチのユーザビリティ（押し心地）は、キースイッチの内部にセットされたゴムの作動圧曲線の特徴により規定されると考えられている。作動圧曲線とは、Figure 1 に示されたような、キー

* 明星大学心理学部

** 医療創生大学教養学部

*** (株) 東商店

**** (株) モーションラボ

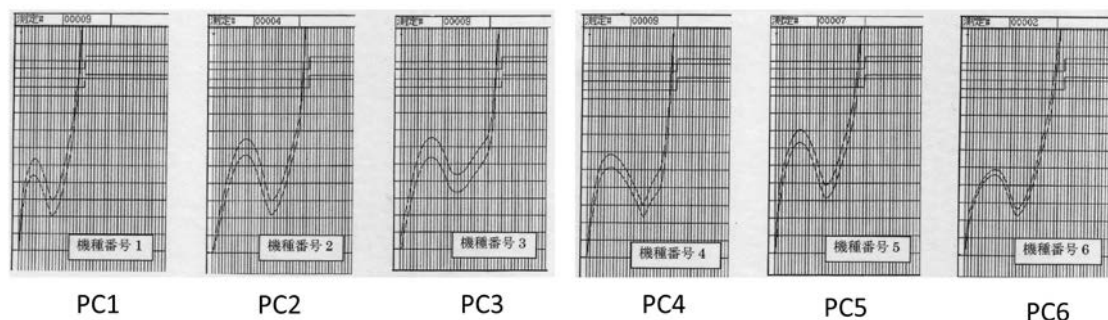


Figure 2 ユーザビリティ評価で使用された6台のPCの作動圧曲線

(2) PC キーボードのキースイッチのユーザビリティ（押し心地）評価の特徴的分析

富田・大原 (2015) は、6 台のノート PC を用いて、キースイッチのユーザビリティ（押し心地）評価の特徴について解析した。タッチタイピングができるエキスパート 35 名と、タッチタイピングができないノービス 40 名、計 75 名の参加者のユーザビリティ（押し心地）評価の因子分析結果から、次のような知見が得られた。

まず、キースイッチの押し心地評価を規定すると思われる基本因子の抽出を試みたところ、以下の 5 因子であることが明らかとなった。これら 5 因子は、ユーザのキースイッチのユーザビリティ（押し心地）評価を規定している基本評価軸であると解釈された（左に挙げた太字項目は抽出された因子名、右側に列挙された複数の項目は各因子に因子負荷量の高かった評定項目。（ ）の中に示されているのは、使用した質問紙の中で項目に付された番号）（富

Table 1 6 台の PC のキースイッチの作動圧曲線から得られた物理パラメータ

	V1	V2	V3	V4	V5	V6
	初圧 (gf)	最大荷重 (gf)	ドロップ荷重 (gf)	終圧 (gf)	復帰荷重 (gf)	電氣的ON点 (gf)
PC1	0.80	54.02	23.95	108.04	21.02	30.07
PC2	0.64	65.84	35.52	131.68	22.05	30.32
PC3	0.77	65.75	21.43	131.50	33.86	44.32
PC4	0.91	59.07	28.43	118.14	23.68	30.64
PC5	0.91	71.05	31.78	142.10	31.80	39.27
PC6	0.67	49.27	22.16	98.54	23.25	27.11

	V7	V8	V9	V10	V11	V12
	初圧変位 (mm)	最大荷重時変位 (mm)	ドロップ荷重時変位 (mm)	終圧変位 (mm)	復帰荷重時変位 (mm)	電氣的ON点 (mm)
PC1	0.00	0.46	0.52	1.72	0.98	0.98
PC2	0.00	1.01	0.80	2.80	1.82	1.81
PC3	0.00	0.92	0.75	2.90	1.67	1.68
PC4	0.00	0.66	1.00	2.47	1.68	1.66
PC5	0.00	0.71	0.79	2.51	1.49	1.50
PC6	0.00	0.87	0.63	1.52	1.52	1.50

	V13	V14	V15	V16
	クリック率	ピーク勾配	ドロップ勾配	終圧勾配
PC1	0.44	115.19	46.24	63.03
PC2	0.54	64.30	44.51	50.03
PC3	0.33	70.32	28.50	24.24
PC4	0.48	88.12	28.54	47.07
PC5	0.45	98.50	40.33	52.10
PC6	0.45	55.99	35.06	42.62

* 網掛けは重回帰分析の説明変数として投入された9つの物理パラメータである。

田・大原, 2015)。

スムーズ感・・・押し始めがスムーズ (問1), 軽い (問2), なめらか (問3)

ストローク感・・・キーが深い (問4), キーが厚い (問7), キーに高さがある (問14)

クリック感・・・クリック感がある (問5), 底付き感がある (問8), 確認感がある (問9), どこを押しても引っかかりがなく確実にON (問19)

弾力感・・・反発性がある (問10), 弾力がある (問13)

操作感・・・操作感が良い (問12), 指にフィットする (問15), 楽 (問16), キーが固い* (問6), 疲れる* (問17)

(*は評定における反転項目)

これらの項目の評定平均値はエキスパートとノービスで微妙に異なっていた。t検定と判別分析の結果から、エキスパートとノービスのキースイッチのユーザビリティ (押し心地) 評価には以下のような違いがあることが示唆された (富田・大原, 2015)。

- ・“ストローク感”やキーの柔らかさ (固さ*) については、タッチタイピングができるエキスパートの方が高く評定する。
- ・キースイッチの“クリック感”や“操作感”については、ノービスの方が高く評定する。
- ・有意差は見られなかったものの、“弾力感”はエキスパートの方がより高く評定する。

富田・大原 (2015) の結果を受けて、本研究では、各PCにつき、因子ごと、評定項目ごとにエキスパート35名とノービス40名それぞれの評定平均値を算出し、それらを各PCにおけるエキスパート、ノービスのキースイッチ押下時の心理的評定の代表値として用いることとした (Table 2)。

(3) PC キーボードのキースイッチの物理パラメータとキースイッチのユーザビリティ (押し心地) 評価の関連分析の必要性

先述したように、キースイッチにセットされたゴムの作動圧曲線の形状がキースイッチのユーザビリティ (押し心地) をある程度規定しているということは、少なくとも経験的には十分予想されたことであった。しかし、作動圧曲線の形状とキースイッチのユーザビリティ (押し心地) 評価の関連性について、組織的かつ実証的な解析はあまり行われてこなかった。キースイッチの味付けはメーカやPCごとに異なっており、ユーザは、味付けの異なるキースイッチを実際に押してみても、自分の好みに合ったキーボードを選択する、ということが多かった。キースイッチ (キーボード) の選択は、メーカの味付けとユーザの好みのマッチングに任せられてきた、というのが実情であったと言える。

キースイッチのユーザビリティ (押し心地) 評価は、ユーザの指使い (タッチタイピングができるかどうか) や、その都度のキーの押し方によって異なってくると予想される (富田, 2017)。そういう意味では、設計者の意図したユーザビリティ (押し心地) 評価が常に得られるとは限らない。また、ユーザの好みの相違 (個人差) もかなり大きいと考えられる。このように、ユーザビリティ (押し心地) 評価の個人差や個人内変動が大きいことが、キースイッチの作動圧曲線とユーザビリティ (押し心地) 評価の組織的・系統的解析が、これまであまり行われてこなかった要因の1つであったと考えられる。

また、キースイッチメーカにとって、キースイッチの味付けをどうするか、すなわち、どのような作動圧曲線を有するキースイッチを設計するかは、商品開発の根幹に関わる問題でもある。そのため、この問題は、公の場での議論には乗りにくかった、ということも考えられよう。

他方、人間工学的な観点から見れば、キーボードのキースイッチの物理特性とユーザのユーザビリティ (押し心地) 評価の関連を組織的・系統的に解析し、より一般性のある知見を得ておくことは、ユーザビリティの高いキースイッチを開発する上で非常に重要な課題である。

本研究では、上述した (1), (2) の前提に基づき、キースイッチの作動圧曲線を構成する物理パラメータとユーザのキースイッチのユーザビリティ (押し心地) 評価の関連を探り、押し心地の良いキースイッチの物理特性を探ろうと試みた。その際、ユーザを、タッチ

Table 2 エキスパート群・ノービス群の各PCのユーザビリティ評価の評定平均値 (項目は因子ごとにまとめられている)

エキスパート															
問1	問2	問3	スムーズ感	問4	問7	問14	ストローク感	問9	問10	問13	弾力感	問12	問15	問16	問17
押し初め スムーズ	軽い	なめらか	(因子平均)	キーが深い	キーが厚い	キーに高さがあ	クリック感がある	確実にあるON	反発性がある	弾力感がある	(因子平均)	操作感が良い	フィットする	キーが固い	疲れない
PC1	369	366	351	362	174	169	280	366	313	249	260	255	303	343	300
PC2	391	366	380	379	277	286	420	391	389	323	340	332	380	354	271
PC3	369	374	351	365	243	226	343	323	371	309	297	303	306	320	254
PC4	391	386	400	392	249	237	258	336	334	320	329	325	346	377	229
PC5	326	249	326	307	329	317	321	354	343	351	374	363	300	263	329
PC6	343	384	313	347	318	312	303	275	323	287	294	291	243	280	330
ノービス															
問1	問2	問3	スムーズ感	問4	問7	問14	ストローク感	問8	問9	問10	問13	弾力感	問12	問15	問16
押し初め スムーズ	軽い	なめらか	(因子平均)	キーが深い	キーが厚い	キーに高さがあ	クリック感がある	底付き感がある	確実にあるON	反発性がある	弾力感がある	(因子平均)	操作感が良い	フィットする	キーが固い
PC1	363	373	388	375	140	163	154	315	310	334	238	270	264	308	335
PC2	398	353	388	380	280	270	295	343	395	373	359	359	388	368	290
PC3	390	415	390	398	223	215	233	328	365	358	303	318	311	358	400
PC4	400	393	415	403	225	240	233	368	368	329	293	340	317	380	243
PC5	325	250	325	300	318	333	315	319	368	335	365	348	285	320	283
PC6	295	323	293	307	303	315	308	325	298	273	290	268	190	238	235

* 網掛けは重回帰分析において予測に有意な重回帰モデルが得られたユーザビリティ評定項目 (目的変数) である。問6, 問17の逆転項目については補正された評定値も併せて記載した。

タイピングができるユーザ（エキスパート）とできないユーザ（ノービス）に大別し、それぞれのユーザの特性に合ったキースイッチの物理特性を明確にすることを併せて企図した。

目 的

6台のノートPCのキースイッチの物理特性（作動圧曲線から得られる幾つかの物理パラメータの値）（Table 1）と、エキスパート、ノービス各群の各PCのキースイッチのユーザビリティ（押し心地）評価（心理評定値）（Table 2）との関連を、重回帰分析を用いて調べた。重回帰分析の結果に基づき、エキスパート、ノービスの各群において、作動圧曲線のどの物理パラメータが、どのような押し心地評価につながっているのかを考察した。

方 法

重回帰分析には富田・大原（2015）で測定されたデータが使用された。

各PCのキースイッチの物理パラメータの測定：作動特性の異なる6台のノートPC（PC1～PC6）が準備され、各PCのキーボード上の特定のキー（スペースキーやエンターキーを除いた特殊キー以外のキー）の作動圧曲線が測定された（Figure 2）。作動圧曲線の特徴を表す12の物理パラメータも併せて測定された（Table 1）。また、これらのパラメータを組み合わせて、新たに4つの2次パラメータ（V13～V16）が算出された（Table 1）。2次パラメータは、いずれもキーボードの設計において重視されていたパラメータで、その値如何でキースイッチの押し心地評価が変わることが経験的に知られていた。なお、物理パラメータの選定と算出に際しては、アルプス電気（株）（現アルプスアルパイン（株））よりアドバイスをいただいた。

ユーザのキースイッチ押下時の心理評定値の測定：キーボードのキースイッチのユーザビリティ（押し心地）を評定するために質問紙が作成された。質問紙は26項目の形容詞対（SD法）から成っていたが、今回の分析で用いられたのは、そのうちのタクトイルな押し心地に関する17項目であった（質問紙の詳細については富田・大原（2015）を参照されたい）。参加者は、普段PCを操作している状態になるべく近い状態になるように、椅子の高さ等を調整し、その後与えられたPCを用いて、ワープロ検定で使用された3つの文章をできるだけ速く正確に打ち込むように指示された。文章入力に使用されたソフトウェアはWindowsに標準装備されたワードパットであった。その後参加者は、PCのキー

スイッチの押し心地について質問紙による評定を行った。評定の際には、PCのキーボードのキースイッチに触れて操作を行って良いものとした。各参加者は、まず練習用のPC（PC0）について、上記の手続きに沿って評定を行った。この練習用のPC（PC0）は、参加者が評定手続きに慣れるためと、評価者のベースラインとなる感覚の共通化を図るために導入されたものである。その後、参加者は、同様の手続きを6台のPC（PC1～PC6）について繰り返し評定を行った。6台のPCの評定順序は、参加者ごとにランダム化された。75名の参加者が評定に参加した。35名がエキスパート（男性17名（平均年齢29.4歳）、女性18名（平均年齢26.2歳）：PC平均使用歴4.4年、PC平均使用時間4.8時間/日）、40名がノービス（男性27名（平均年齢20.7歳）、女性13名（平均年齢20.6歳）：PC平均使用歴2.7年、PC平均使用時間2.4時間/日）であった。エキスパートとノービスの区別の基準は、タッチタイピングができるか否か（手元を見ずにキー入力ができるか否か）であった。

結 果

説明変数：16の物理パラメータと各PCにおける各パラメータの値がTable 1に示されている。

まず、Table 1に挙げた全ての物理パラメータ（V1～V16）の内部相関を調べた。重回帰分析では、相関の高い説明変数を投入すると多重共線性が生じ、妥当な解が得られない。この問題を回避するためには、事前に物理パラメータ同士の相関を調べて、相関の低い物理パラメータのみを投入する、という手続きが必要となる。

算出された内部相関マトリクスを参考に、説明変数の絞込みを行った。説明変数からの除外指針は、①説明変数としての投入が明らかに不適切と思われる変数は除外する（例えば初圧の移動量（V7））、②複数の変数と高い相関を示した変数は除外する（例えば終圧時の荷重（V4））、③設計において比較的操作しやすいと思われる変数を残し、設計上の操作が難しいと考えられる変数は除外する（例えば電氣的ON点の荷重（V6）や電氣的ON点の移動量（V12））、④作動圧曲線の“戻り”の曲線から得られるパラメータは除外する（例えば復帰荷重（V5）や復帰荷重時の移動量（V11））、⑤ユーザの押し方によって数値が変動すると思われる変数は除外する（例えば終圧時移動量（V10））等であった。

V13～V16のパラメータはV1～V12のパラメータの幾つかを組み合わせて算出された2次パラメータであり、V1～V12の幾つかと内部相関の高くなるも

のも含まれていた。しかし、これらの2次パラメータはいずれも、キー設計の指針として重要視されているパラメータであったことから、今回の重回帰分析では全てを投入することとした。内部相関の高い複数のパラメータが含まれることで、妥当性の低い重回帰モデルが採択される危険性も高まるが、重回帰分析では、ステップワイズ法による変数選択を行い、多重共線性診断も併せて行っているため、多重共線性の問題はある程度回避できているものと思われる。

結局、重回帰分析の説明変数として投入されたのは、9つのパラメータであった（Table 3）。

Table 3 説明変数として投入された9つの物理パラメータ

初圧 (gf)	V1 (Fig.1 の初圧 (f_0))
ピーク荷重 (gf)	V2 (Fig.1 のピーク荷重 (f_p))
ドロップ荷重 (gf)	V3 (Fig.1 のドロップ荷重 (f_D))
ピーク位置 (mm)	V8 (Fig.1 のピーク位置 (S_p))
ドロップ荷重位置 (mm)	V9 (Fig.1 の ΔS_1)
クリック率	V13 (Fig.1 のClick Ratio)
ピーク勾配	V14 (Fig.1 の $\tan \theta_1$)
ドロップ勾配	V15 (Fig.1 の $\tan \theta_2$)
終圧勾配	V16 (Fig.1 の $\tan \theta_3$)

目的変数：

富田・大原 (2015) の結果に基づき、キーボードのキースイッチのユーザビリティ（押し心地）評価を規定すると思われる5因子に因子負荷量の高かった複数の項目の平均値（因子平均値）と、各因子に因子負荷の高かった個々の項目の平均値を、エキスパート群、ノービス群ごとに、各PCについて算出し、それらを目的変数とした。全ての目的変数がTable 2に示されている。

重回帰分析：

重回帰分析では、ステップワイズ法による変数選択と多重共線性診断を行い、統計的に見て妥当と思われる重回帰モデルのみを抽出した。物理パラメータの組み合わせとユーザビリティ（押し心地）評価の関連をできるだけ詳細に抽出することを目的として、ステップワイズの投入の基準を.10、除去の基準を.20と定め、重回帰式の近似F検定が有意傾向（ $p < .10$ ）のモデルも含めて抽出した。なお、統計解析はSPSS Ver.12.0Jを用いて行った。

エキスパート、ノービスの両群において、統計的に妥当かつ有意な重回帰モデルが得られたのは、“クリック感”と“弾力感”に関連した評定項目、及び、キーの柔らかさ（固さ*）のみであった。

統計的に有意または有意傾向であった重回帰モデルの全てをTable 4、Table 5に示す。各モデルにおけ

Table 4 重回帰分析によって得られた有意な重回帰モデル（エキスパート）

エキスパート	
クリック感	
・クリック感（因子平均）=837V3*（ドロップ荷重： f_D ）	($R^2=.626$, $F=9.373$, $P=.038$)
・クリック感がある=843V3*（ドロップ荷重： f_D ）	($R^2=.638$, $F=9.829$, $P=.035$)
・確認感がある=881V3*（ドロップ荷重： f_D ）	($R^2=.721$, $F=13.892$, $P=.020$)
弾力感	
・弾力感（因子平均）=775V2*（ピーク荷重： f_p ）	($R^2=.501$, $F=6.023$, $P=.070$)
・反発性がある=796V2*（ピーク荷重： f_p ）	($R^2=.541$, $F=6.897$, $P=.058$)
・弾力がある=775V3*（ドロップ荷重： f_D ）	($R^2=.500$, $F=5.998$, $P=.071$)
操作感	
・キーが固い*（柔らかい）=-.813V15*（ドロップ勾配： $\tan \theta_2$ ）	($R^2=.576$, $F=7.802$, $P=.049$)

各変数の右肩に記された記号は標準偏回帰係数の有意水準（* $p < .05$ 、* $p < .10$ ）

Table 5 重回帰分析によって得られた有意な重回帰モデル（ノービス）

ノービス	
クリック感	
・クリック感（因子平均）= $.734 V3^*$ （ドロップ荷重： f_D ）	$(R^2=.423, F=4.670, P=.097)$
・クリック感がある= $.792 V2^*$ （ピーク荷重： f_P ）	$(R^2=.534, F=6.738, P=.060)$
・底付き感がある= $.731 V13^*$ （クリック率：Click Ratio）	$(R^2=.418, F=4.589, P=.099)$
・確認感がある= $.786 V2^*$ （ピーク荷重： f_P ）	$(R^2=.523, F=6.486, P=.064)$
弾力感	
・弾力感（因子平均）= $.869 V2^*$ （ピーク荷重： f_P ）+ $.430 V13^*$ （クリック率：Click Ratio）	$(R^2=.846, F=14.700, P=.028)$
・反発性がある= $.663 V3^*$ （ドロップ荷重： f_D ）+ $.582 V8^*$ （ピーク位置： S_P ）	$(R^2=.908, F=25.610, P=.013)$
・弾力がある= $.897 V2^*$ （ピーク荷重： f_P ）+ $.389 V13^*$ （クリック率：Click Ratio）	$(R^2=.875, F=18.497, P=.021)$
操作感	
・キーが固い*（柔らかい）= $-.868 V15^*$ （ドロップ勾配： $\tan \theta_2$ ）	$(R^2=.692, F=12.227, P=.025)$

各変数の右肩に記された記号は標準偏回帰係数の有意水準（* $p<.05$ 、+ $p<.10$ ）

る標準偏回帰係数の検定結果は全て有意（ $p<.05$ ），または有意傾向（ $p<.10$ ）であった。

考察

(1) キースイッチの物理パラメータと押し心地印象の関連性について

キースイッチのユーザビリティ（押し心地）評価を規定している物理パラメータ、及び、その組み合わせをできるだけ詳しく特定することを企図して、Table 2の全ての心理評定値を目的変数として重回帰分析を行った。統計的に有意な重回帰モデルが得られたのは、“クリック感”、“弾力感”、“操作感”（ただし、キーの柔らかさ（固さ*）のみ）の3因子に関連した項目のみであった（Table 4, Table 5）。残りの2因子（“スムーズ感”と“ストローク感”）については、作動圧曲線の物理パラメータとキースイッチのユーザビリティ（押し心地）評価の関連について有益な知見を得ることはできなかった。PCの台数（サンプル数）が6台と少な過ぎたこと、また、事前に行った物理パラメータの絞り込みによって（Table 3），“スムーズ感”と“ストローク感”に関連した物理パラメータが説明変数から除外されてしまった可能性、などが、その理由として考えられよう。

一方で、“クリック感”、“弾力感”、キーの柔らか

さ（固さ*）については、エキスパート、ノービスの両群において、物理パラメータがどのように作用し、それらの押し心地印象につながっているのかを、ある程度推測することができた。エキスパートとノービスの結果に多少の違いは認められるものの、ほぼ共通した傾向が抽出された。それらをまとめると、以下のようになる。

“クリック感”について

- ・“クリック感”については、エキスパート・ノービスを問わず、ドロップ荷重（ f_D ）が大きくなるほどその印象が強くなる。
- ・ノービスではピーク荷重（ f_P ）が大きいほど、“クリック感”が強くなる傾向が見られる。これは押下初期にかかる力が大きくなるので、その分、その後のドロップ荷重（ f_D ）の印象も強くなるため、とも考えられる。
- ・ノービスではクリック率（Click Ratio）が大きいほど、底付き感が強くなる傾向が見られる。このことは、ピーク荷重（ f_P ）に対するドロップ荷重（ f_D ）の割合が大きいほど、底付き感が増すことを意味している。

“弾力感”について

- ・エキスパートでは、ピーク荷重（ f_P ）・ドロップ荷重（ f_D ）が大きいほど“弾力感”・反発性が強くなる。これ

らのパラメータは、それぞれ単独で“弾力感”に対して正の影響力を有する。

- ・ノービスにおいても、ピーク荷重 (f_p)・ドロップ荷重 (f_b) が大きいほど、“弾力感”や反発性は強く感じられるようになる。しかし、エキスパートとは異なり、“弾力感”や反発性は、それぞれクリック率 (Click Ratio) やピーク位置 (SP) から同時に影響を受ける。いずれも、その値が大きくなるほど、“弾力感”や反発性が強くなる。クリック率 (Click Ratio) が大きいということは、ピーク荷重 (f_p) が一定の場合、ドロップ荷重 (f_b) がより大きいことを意味している。それ故、ドロップ荷重 (f_b) のもつ正の影響力とそれほど矛盾しない。しかし、ピーク位置 (SP) が大きいことは、ピーク荷重 (f_p) に達するまでの移動距離がより長くなっていることを意味しており、解釈が難しい。ピーク位置 (S_p) が大きいことは、たとえ押圧傾きが緩やかであったとしても、押下初期に持続的に押圧を加え続ける必要があることを意味する。そのため、その後のドロップ荷重 (f_b) の印象が大きくなり、“弾力感”がより強く感じられるようになった、という解釈も成り立つかもしれない。

キーの“柔らかさ(固さ)”について

- ・エキスパート・ノービスともに、ドロップ勾配 ($\tan \theta_2$) が小さいほど、キーが柔らかいと感じる(逆に、ドロップ勾配 ($\tan \theta_2$) が大きいほど、キーは固いと感じられる)。このことは、ドロップ荷重 (f_b) そのものが小さいか、または、ドロップ荷重 (f_b) が一定であれば、より長い距離で作動圧がドロップする方が、キーが柔らかく感じられる、という可能性を示唆している。

(2) エキスパートとノービスの指使いの違いがユーザビリティ(押し心地)評価の違いに与える影響について

今回の分析では、タッチタイピングができるか否か、という指遣いの違いが、キースイッチのユーザビリティ(押し心地)評価の違いにどのように影響しているかを明らかにすることも企図されていた。ユーザを、タッチタイピングができる群(エキスパート)とできない群(ノービス)の2群に分け、各群のユーザビリティ(押し心地)評価の違いに影響を与えている物理パラメータ、及びそれらの組み合わせの相違を特定しようと試みた。

前述した通り、富田・大原(2015)の先行研究からは、少なくとも以下のような2群間のユーザビリティ評価

の相違が明らかになっていた。

- ・“ストローク感”やキーの柔らかさ(固さ*)については、タッチタイピングができるエキスパートの方が高く評定する。
- ・キースイッチの“クリック感”や“操作感”については、ノービスの方が高く評定する。
- ・有意差は見られなかったものの、“弾力感”はエキスパートの方がより高く評定する。

今回の一連の重回帰分析で、エキスパート、ノービス両群で、“クリック感”、“弾力感”、キーの柔らかさ(固さ*)に関連した幾つかの項目において、有意な重回帰モデルが得られた。つまり、作動圧曲線の物理パラメータを組み合わせで予測できるユーザビリティ(押し心地)評価の因子や項目は、エキスパート、ノービスの両群でほぼ共通していたと言える。また、それぞれの重回帰式(予測式)から示唆される物理パラメータの組み合わせと、各物理パラメータのユーザビリティ評価に対する影響力も、以下の点を除き、ほぼ共通していた。

- ①ノービスでは、ピーク荷重 (f_p) やクリック率 (Click Ratio) が大きいほど、“クリック感”が強くなる傾向が見られるが、このような傾向はエキスパートでは見られなかった。
- ②ノービスでは、“弾力感”や反発性が、ピーク荷重 (f_p)・ドロップ荷重 (f_b) のみならず、クリック率 (Click Ratio) やピーク位置 (S_p) から影響を受けていた。これらのパラメータ値が大きいほど、“弾力感”や反発性は強く感じられるようになる。このような傾向はエキスパートでは見られなかった(いずれも考察(1)参照)。

富田・大原(2015)の先行研究では、これら項目の平均値の間に群間差が生じていたが、今回の分析からは、何故群間差が生じるのかについて、明確な答えを得ることはできなかった。また、今回の重回帰分析に投入された物理パラメータの組み合わせからは、“スムーズ感”を有意に予測できる重回帰モデルを得ることはできなかった。そのため、富田・大原(2015)で得られた“スムーズ感”の評定平均値の群間差についても、原因を特定できるような知見を見出すことはできなかった。

(3) 分析の問題点と今後の課題について

今回の分析の問題点は、何とであっても、ケース(case)に当たるノートPCの台数が少なすぎる(6台)ということである。多変量解析などの相関分析

においては、最低でも 60 程度のケース数があった方が望ましいと言われる。そのことを考えると、今回の分析のケース数の少なさは大きな問題であると言える。それ故、今回抽出された重回帰モデルは、妥当性・信頼性において限界がある、ということ、を、まず念頭に置いておく必要があるだろう。

また、物理パラメータの一部が、重回帰分析の説明変数から除外されていたことも、予測に有意な重回帰モデルが十分に抽出できなかった原因の 1 つとなっていた可能性がある。とりわけ、作動曲線の“戻り”の曲線に含まれている物理パラメータは全て除外されていた。これら“戻り”の曲線のパラメータの中に、エキスパート、ノービスのキースイッチのユーザビリティ（押し心地）評価に影響を与える、重要なパラメータが含まれていた、という可能性も捨てきれない。

他方、エキスパート 35 名、ノービス 40 名、計 75 名の参加者に、実験統制下で、ノート PC に触れながら評定を行わせたことで、測定で得られた評定値の信頼性は、一般的な質問紙を用いた調査等に比べるとかなり高くなっていた可能性がある。一方で、エキスパートとノービスの群分けの曖昧さ（手元を見ずに文字入力ができるか否かの自己申告に基づいており、指使いなどは十分に確認されていないこと）については、依然として問題が残されている（富田・大原, 2015）。

今後の方向性としては、こういったサーベイをより拡大してゆく、という方向が考えられる。例えば、今回とは異なるノート PC を複数台（できれば 30 台程度）用意して、同様な評価実験を行い、分析の精度・信頼度を上げてゆくのである。とは言え、30 台の異なる PC を用意し、それぞれに 75 名分の心理評定値を確保してゆく、というのは、労力的・コスト的に見てかなり難しい問題を含んでいる。ひとまず、倍の台数(12 台)程度までケース数を増やし、同様な評価実験を行ってみる、というのが、最も現実的な線かもしれない（それでも、相応の時間的・労力的コストが必要になるであろう）。

いま一つの方向性は、本研究等で得られた知見をベースに、複数のパラメータを実験的に操作して、キースイッチのユーザビリティ（押し心地）評価がどのように変わるのかを、よりシステマティックに追跡してゆく、というやり方である。作動圧曲線の物理パラメータをある程度システマティックに操作できる刺激装置を開発し、その装置を用いて、精神物理学的手法等を用いた評価実験を行ってゆくのである。準備面の困難さは当然予想されるが、そのようにすることで、キースイッチの物理パラメータの組み合わせとユーザビリティ（押し心地）評価の関係を、より組織的、系統的、実証的に調べることができるようになると思われる。

引用文献

- 富田 新 (2017). PC キーボードの階層的操作性評価モデルの提案 いわき明星大学研究紀要 人文・社会科学・情報学篇, 2 (通巻 30), 100-116.
- 富田 新・大原貴弘 (2015). PC キーボードのキースイッチの操作性に関する研究 タッチタイピングによる打鍵法の差異がもたらす操作性評価の相違について—応用心理学研究, 41 (1), 87-97.

謝辞

本研究は、平成 18 年度～平成 20 年度に行われたアルプス電気（株）（現アルプスアルパイン（株））による委託研究（「入力機器の操作性に関する研究」：研究代表者：いわき明星大学（現医療創生大学）科学技術学部システムデザイン工学科・教授 清水 信行；研究協力者：同大学人文学部心理学科・准教授 富田 新；同学科・准教授 大原貴弘；同大学理工学部 機械工学科・修士課程 2 年 東 哲也；所属・肩書きはいずれも当時のもの）の成果に基づくものである。研究実施に当たっては、アルプス電気（株）（現アルプスアルパイン（株））より多大なご支援・ご協力をいただいた。ここに記し、深く感謝の意を表します。

*Regression analyses of mechanical parameters of key switches on PC
keyboards
to usability assessments of experts who can do touch typing and novices
who can't do it*

ARATA TOMIDA (DEPARTMENT OF PSYCHOLOGY, FACULTY OF PSYCHOLOGY, MEISEI UNIVERSITY)

TAKAHIRO OHARA (FACULTY OF LIBERAL ARTS, IRYO SOSEI UNIVERSITY)

TETSUYA HIGASHI (HIGASHI SHOTEN INC.)

NOBUYUKI SHIMIZU (MOTIONLABO INC.)

MEISEI UNIVERSITY ANNUAL REPORT ON PSYCHOLOGICAL RESEARCH, 2020, 38, 15—25

Key Words : usability of key switches on PC keyboard, psychological factors of push feeling,
mechanical parameters of key switches, touch typing