

手指に知覚低下のある糖尿病網膜症患者の 不織布製指サックによるキー探索効率の向上

Improving key search efficiency with nonwoven fabric finger covers for diabetic retinopathy patient with reduced sensation in the fingers

尾形 真樹 (杏林アイセンター)

豊田 航 (成蹊大学 理工学部)

厚東 隆志、新井千賀子、平形 明人 (杏林アイセンター)

Masaki OGATA (Kyorin Eye Center)

Wataru TOYODA (Faculty of Science and Technology, Seikei University)

Takashi KOTO, Chikako ARAI, Akito HIRAKATA (Kyorin Eye Center)

要旨：

パソコンのキーボードに貼付けた凸状の触覚サインを検出困難なほど、手指に知覚低下がある増殖糖尿病網膜症患者（71歳女性、視力は両眼とも0.01）の左右手指の第二指に不織布製指サックを着用させ、キー探索を行わせた。本例はキーボード上で指を滑らせ、左手第二指は[F]、右手第二指は[J]から目的のキーを探索した。その結果、素手よりも指サックを着用した場合に、キー探索効率が向上した。特に探索距離が遠い目的のキーほど、より効率的な発見が可能だった。本例と同様に左右の手指を1本ずつ使うキー入力の場合、不織布製の指サックなどを用いて指とキーボード表面との摩擦抵抗を減らすこと、探索距離がより遠い場合でも主要なキーに触覚サインを貼付けることで、キー探索効率の向上が可能であることが示唆された。

キーワード： 増殖糖尿病網膜症、知覚低下、不織布製指サック、触覚サイン、キー探索効率

Abstract：

While learning the use of keys on a personal computer, visually impaired people often place convex tactile signs on important keys as “clues” to these keys. However, patients with diabetic retinopathy have reduced sensation in their fingers, even in the absence of subjective symptoms of diabetic neuropathy. Here, we describe the case of a 71-year-old woman with proliferative diabetic retinopathy (visual acuity 0.01 in both eyes) with reduced sensation in the fingers which made it difficult for her to detect convex tactile signs placed on a computer keyboard. She was asked to wear finger covers made of nonwoven fabric on the index fingers of the left and right hands to enable her to locate the keys. The patient slid her fingers over the keyboard and searched for the target keys from [F] with the index finger of the left hand and from [J] with the index finger of the right hand. It was observed that the key search efficiency improved when she wore the nonwoven fabric

finger covers compared to when she searched for the keys bare-handed. In particular, the greater the search distance from [F] or [J] to the target key, the more efficiently she was able to find it. This suggests that for patients who use one finger of each hand to enter keys, as in the present case, the key search efficiency can be improved by using nonwoven fabric finger covers or the like to reduce the friction between the fingers and the keyboard surface. Where the search distance is large, tactile signs should be placed on important keys.

Key Words : proliferative diabetic retinopathy, reduced sensation, nonwoven fabric finger cover, tactile sign, key search efficiency

1. 目的

視覚障害者がパソコン（以下 PC）のキーボード入力をはじめ練習する時、入力したいキーを探す手がかりとして、主要なキーに凸状の触覚サインを貼付けることが多い。しかし、網膜症を合併している糖尿病患者では、糖尿病神経障害の自覚症状がない場合でも手指に知覚低下があり（中田、1994）、触覚サインだけでは十分なキー探索支援が難しいこともある。指と触対象物との間に薄い紙を挟むことで、わずかな凹凸の検出がしやすくなる現象が報告されている（Gordon and Cooper, 1975; Lederman, 1978; Green, 1981）。視覚障害者の点字触読においても類似した現象の報告もある。土井ら（2006）は日常生活で点字を使用している視覚障害者を被験者にして不織布製指サック（以下指サック）を着用させ、無色透明な紫外線硬化樹脂インクを用いて印刷された点字（以下 UV 点字）を触読させた。そして、指サックを着用しない場合と比較すると、指サックを着用した場合に触読速度が速くまたより正確だったことを報告した。

今回、キーボードの主要なキーに触覚サインを貼付けていたが手指の知覚低下を自覚し、キー探索に困難を訴えた網膜症のある糖尿病患者に我々が自作した指サックを着用させたところ、キー探索速度の向上と誤探索の減少に有用だったので報告する。



図1 不織布製指サック

2. 方法

71歳の女性。増殖糖尿病網膜症（以下 PDR : proliferative diabetic retinopathy）により、視力は右眼 =0.01 (n.c.)、左眼 =0.01 (n.c.) に低下した。201x年10月より本例が用意したノート PC (dynabook Satellite B554/L、TOSHIBA 製、OS : Windows7) に画面読み上げソフト (PC-Talker7III、高知システム開発製) をインストールし、キーボードによる操作練習を開始した。練習開始当初から、左右の手の第二指末節をキーボード上で滑らせながらキーを自由に探索した。キー探索の手がかりとして、操作に必要なと考えられたキーに触覚サインを貼付けた : [F4] [F7] [F10] [F12] [Tab] [Enter] [F] [J] [Windows] [Space] [↓] [5 (テンキー)]。練習開始から2年後、本例は手指の知覚低下によりキー探索が困難となった。触覚サインがあるキーでも探索困難であった。そこで土井ら (2006) のような指サックが、本例のキー探索に活用可能か、

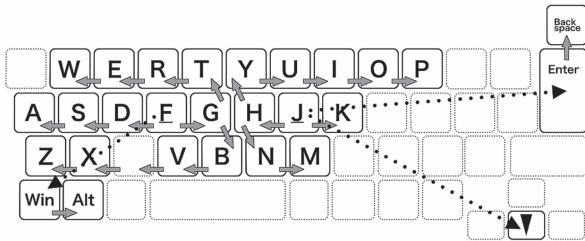


図2 目的キーの探索経路

その有用性を検討した。

指サックは、不織布（白十字（株）ソフキュアガーゼ、品番：17436、厚さ：0.15mm）を使用して我々が自作した（図1）。作製に際し、指の掌側に縫い目や布のしわが寄らないように注意した。本例は左右の手の第二指にのみ指サックを着用した。

本例のキー探索経路を観察した。左手第二指は [F]、右手第二指は [J] から探索を開始した（以下スタートキー：[F] [J]）。探索目的のキー（以下目的キー）として、スタートキーおよび本例が入力に用いていなかった [C] [L] [Q] を除いた 21 個のアルファベットキー、さらに特殊キーのうち本例が頻繁に使用する [alt] [Backspace] [↓] を任意に選び、合計 24 個のキーを設定した。目的キーがアルファベットだった場合、本例はキーをひとつずつ確認しながら図2に示す経路を順にたどった。[S] [A]、特殊キーを除いた目的キーにおいて、スタートキーのある段の上または下の段への移動は、左手第二指が [G]、右手第二指が [H] を必ず経由した。特殊キーの [alt] [Backspace] は、触覚サインが貼付けられた [Windows] [Enter] を手がかりにして探索した。[↓] は触覚サインが貼付けてあったため、他のキーを手がかりとすることなく、右手第二指で [↓] のおおよその場所を探った。

指サックを着用しない場合（以下素手条件）、着用した場合（以下指サック条件）の順で、同日にキー探索時間を測定した。各条件において目的キーをランダムに指示し、スタートキーから各目的キーまでの探索時間を 1 回ずつ記録した。誤探索した場合、同じ目的キーの探索をスタートキーからやり直し、正しく探索できた時の探索時間、それまでの繰り返しの回数を記録

した。

観察されたキー探索経路を基に、スタートキーから各アルファベットキーまでの距離を経路に沿って実測した。また特殊キーにおいては、[alt] は [F] から [Windows] までの直線距離と [Windows] から [alt] の距離を、そして [Backspace] は [J] から [Enter] までの直線距離と [Enter] から [Backspace] の距離を加算することにより探索距離を求めた。[↓] では [J] から [↓] までの直線距離を実測した。スタートキーから各目的キーまでの距離と探索時間から探索速度を計算し、キー探索における指サックの効果を分析した。

統計解析は、キー探索速度の素手条件・指サック条件の条件間における差について、対応のある t 検定を適用した。次に各条件において、探索距離が探索時間に与える影響を確認する目的で回帰分析を適用した。どちらの検定においても有意水準を $p=0.05$ とした。

3. 結果

スタートキーからすべての目的キーまでの平均探索速度は、素手条件 27.91 ± 8.96 mm/秒、指サック条件 36.69 ± 17.97 mm/秒であった（図3）。平均探索速度について t 検定を行ったところ、指サック条件の探索速度が有意に速かった ($t(23)=2.63$, $p=0.015$)。

さらに各条件において、スタートキーから目的キーまでの探索距離を独立変数、探索速度を

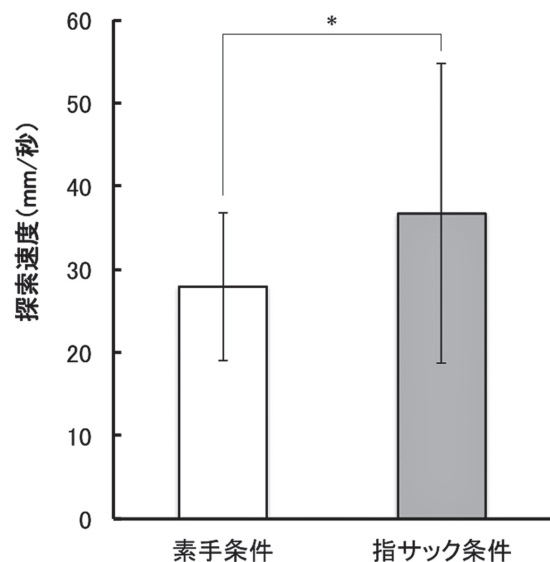


図3 平均探索速度 (* : $p<0.05$)

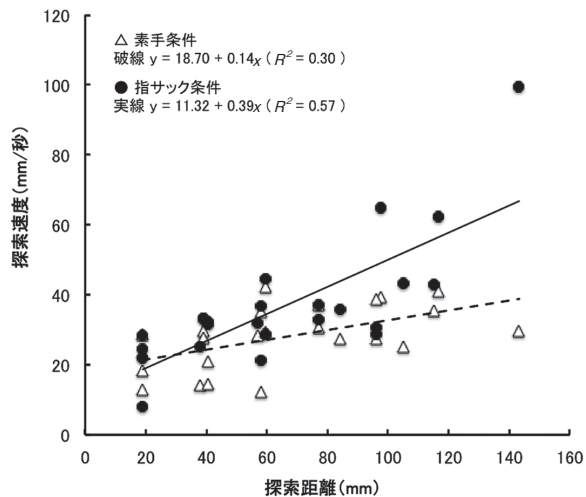


図4 探索距離の増加に伴う探索速度変化

従属変数として回帰分析を行った。その結果、次の回帰式(図4)が得られた：素手探索速度 $=18.70+0.14x$ 探索距離($R^2=0.30$)、指サック探索速度 $=11.32+0.39x$ 探索距離($R^2=0.57$)。素手条件・指サック条件のどちらにおいても、探索距離と探索速度との間に有意な相関を認め(素手条件： $p=0.005$ 、指サック条件： $p<0.001$)、素手条件に比べて指サック条件でスタートキーから目的キーまでの距離の増加に伴う探索速度の増加量が大きかった。つまり、探索距離が遠い目的キーほど指サック条件でより効率的な探索が可能であることが示された。特に[Backspace][Z][↓]では探索距離が100mmを超え、他の目的キー以上に探索距離が長かった。しかし、素手条件・指サック条件間での速度の向上は[Backspace]で最も大きく、[Z]は4番目、[↓]は5番目だった。

誤探索回数は、素手条件で4回([I][G][P][Y]各1回)、指サック条件で2回([G][P]各1回)だった。

また、本例は、指サックを着用した時のキー探索について、次のように述べた：「キーを探していると指先に汗をかくことがある。汗をかくと、素手ではキーの上で指を滑らせにくくなるが、指サックを着用すると指を滑らせやすく、キーに指がひっかからないため探索しやすかった」。

4. 考察

本例では、手指に知覚低下のあるPDR患者が左右の手指の第二指末節だけをキーボード上で滑らせて行うキー探索で指サックは有用であること(図3)、指サックを着用したことで探索距離が遠い目的キーほどより効率的な探索が可能になること(図4)、これら2点が示唆された。

手指に知覚低下のある本例が、左右の手指の第二指末節だけをキーボード上で滑らせて行うキー探索では、指サックは有用であった。土井ら(2006)は指サックをUV点字の触読時に使用することで、指が印刷素材から受ける摩擦抵抗が小さくなり、点字の突起のみの刺激が指先に伝わるため、触読速度が速くまた正確になると報告した。本例の場合も、指サックを着用した指をキーボード上で滑らせた時、キー表面との摩擦抵抗が小さくなり、キーのエッジ、キーとキーの間の溝を識別しやすくなったため、キー探索速度が速くなりまた誤探索も減った可能性が高い。土井ら(2006)はUV点字の識別容易性を評価した際、0.06mm、0.08mm、0.11mm、0.15mm、0.16mm、0.17mmの異なる厚みの不織布で指サックを作製した。その結果、厚さが最も薄い不織布で作製した指サックを着用した場合にUV点字の識別が最も速いことを報告した。Cunningham(1982)も50年以上も点字を利用している全盲の男性に、さまざまな厚さのゴム手袋を着用させて点字を読ませたところ、ゴム手袋の厚さが薄いほど点字の触読が容易であったと報告している。どちらの報告も、指と触対象物の間に挟むものの厚みが薄いほど、点字を読む速度の向上を報告した。今回の作製した指サックの材料は厚さ0.15mmの不織布だった。本例の場合もより薄い材料で指サックを作ることによって探索がより容易であった可能性が考えられる。しかし一方では、容易に入手可能な厚みの不織布でも十分に実用的な指サックを作製可能であることも示唆された。また本例は、素手でのキー探索時に手指に汗をかくと報告した。発汗は指の高摩擦に関係する(笹田、1999)。指サックが指先からの汗を吸収し、発汗の影響を大きく軽減したのかもしれない。

指サックを着用したことにより、探索距離が遠い目的キーほどより効率的な探索が可能になった。特殊キーの [Backspace] [↓] では、探索距離が 100mm を超え、他の目的キーより探索距離が長かったが、素手条件・指サック条件間での速度の向上は上位にあった。特殊キーのようにスタートキーから始まる探索経路から外れた位置にあり、スタートキーから遠くにあるキーでは、素手と指サック着用時の探索速度の差が大きかったことから、探索が難しいキーほど指サックの効果が高く、実用性を示唆するものであった。触地図に関する研究では立体コピーで作製した平面的なシンボルに比べ、3D プリンターで作製した体積が大きい 3 次元的なシンボルを配置した方が触地図上の位置探索時間が短縮され、誤認識も少なく、位置探索が容易になると報告されている (Gual et. al., 2015)。つまり、シンボルの凸部の検出を向上させることは、視覚障害者の探索動作を容易にする効果がある。指サックを着用したことでキーボード表面からのノイズが減少し、触覚サインの凸部が触覚的により明確に検出可能となったため、触覚サインを手がかりに探索可能なキーでは、キー探索距離が長くなっても探索時間が短縮したと考えられる。以上より、触地図における 3 次元的なシンボルの触知と同様、指サックの着用によってキーボード上の触覚サインの触知性が向上し、結果としてキー探索の効率性と正確性が向上した可能性がある。

謝辞

不織布製指サックを作製するにあたり、村田明美氏（株式会社 KRL）の協力を得た。

文献

- 1) Cunningham, L. J., Delargy, M. S. & Warnock, M. C. (1992) Glove wearing in Northern Ireland and an assessment of the loss of tactile perception. *Journal of the Irish Dental Association*, 39, 12-14.
- 2) 土井幸輝・篠原聡子・藤本浩志 (2006) 不織布製指サックを用いた UV 点字の触読性評価に関する研究. *人間工学*, 42(2), 70-76.
- 3) Gordon, I., E. & Cooper, C. (1975) Improving one's touch. *Nature*, 256 (5514), 203-204.
- 4) Green, G., B. (1981) Tactile roughness and the "paper effect". *Bulletin of the Psychonomic Society*, 18(3), 155-158.
- 5) Gual, J., Puyuelo, M. & Lloveras, Joaquim (2015) The effect of volumetric (3D) tactile symbols within inclusive tactile maps. *Applied Ergonomics*, 48, 1-10.
- 6) Lederman, J. S. (1978) "Improving one's touch"...and more. *Perception and Psychophysics*, 24(2), 154-160.
- 7) 中田眞由美 (1994) 糖尿病性末梢神経障害における知覚障害. *作業療法ジャーナル*, 28, 830-837.
- 8) 笹田 直 (1999) 生体の運動とトライボロジー. *トライボロジスト*, 45(2), 1-7.