

近距離無線通信を用いた形状自在キーボードシステム

山上 航輝* 後藤 将人* 門本 淳一郎* 入江 英嗣* 坂井 修一*

概要. キーボードはコンピュータへの入力手段として広く用いられているが、その形状は人間にとって最適化されていないことが多い。また、人間工学に基づいて設計されたエルゴノミックキーボードであっても、個人差や用途差を吸収することはできない。そこで本研究では、ユーザーがキーを自由に配置できるキーボードを提案する。このキーボードでは近距離無線通信を用いることで、キーの立体的な配置と十分なキー数を実現する。また、立体配置とユーザビリティ、給電・通信の両立のために砂鉄と磁石を用いてキーを固定する。

1 はじめに

現在、コンピュータへの入力手段としてキーボードが広く用いられている。しかし、一般的なキーボードの形状はタイプライターからほぼ変わっておらず、使用によって上肢に負担がかかるなど、人間にとって最適なものではないことが指摘されている [6]。

そこで、より人間工学的に優れたキーボードが研究されている。例えば、Kinesis Ergonomic Computer Keyboard¹ というキーボードはキーの配置が左右に分かれており、キーは凹面上に配置されている。このキーボードは通常のキーボードよりも少ない筋肉の動きでタイピングできることが示されている [1]。

一方で、個人の手の大きさや嗜好、コンピュータの用途などに最適化されたキーボードを単一の形状（キーの物理的な配置）で実現することは困難である。例えば、坂村は TRON キーボード [4] の提案において、目的に応じて二種類の異なるキー配置を提案している。さらに、手の大きさに個人差があることから、複数サイズのキーボードが必要なことを指摘している。

そこで、ユーザーがキーの物理的な配置を自由に変更できるキーボードが提案されている [2, 5] が、従来手法ではキーの空間配置自由度やキー数上限に課題がある。これらの課題を解決し、個人・用途に応じてキー配置を最適化できるキーボードを実現するため、本研究では近距離無線通信 (NFC) を用いたキーボードシステムを提案する。

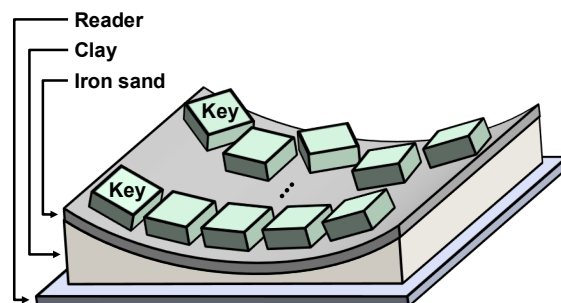


図 1. 提案するキーボードシステム

2 関連研究

ユーザーが自由にキー配置を変更できるキーボードとして、DUMANG DK6 [2] が挙げられる。このキーボードは、マイコンを内蔵したキーユニットと土台の間を電極とポゴピンによって接続し、磁力で固定している。これによって土台の上で自由にキーを配置することが可能になっているが、土台が平らであるためキーの配置が平面上に限られる。また、消費電力がキー数に比例して増加するため、キー数に上限 (44 キー) がある等の課題がある。

キー配置の立体的な自由度を上げるために、坂本らは導電布を用いたキーボードシステムを開発した [5]。この研究では、各キーユニットと土台の間を導電布と針で接続することでキーの立体的な配置を実現している。しかし、針を使用する必要があるために実用上の問題があるほか、最大キー数は 10 キーと、より少なくなっている。

3 提案手法

以上のような背景から、近距離無線通信を用いた、キーの立体的な配置と十分なキー数を実現できるキーボードシステムを提案する。本キーボードシステムは図 1 に示すように、複数のキーユニットと

Copyright is held by the author(s). This paper is non-refereed and non-archival. Hence it may later appear in any journals, conferences, symposia, etc.

* 東京大学

¹ <https://kinesis-ergo.com>

大型のリーダーから構成される。各キーユニットは押下されている間のみNFCタグとして機能し、リーダーは定期的にタグの存在を確認する。タグを発見した場合、そのキーが押下されていることに相当するため、タグのIDを適切なキー入力に変換する。複数のキーが同時に押された場合にはタグの応答が衝突してしまうが、NFCにはこれを避けて複数のタグのIDを順に読み取る方法（アンチコリジョン）が定められているため、複数のキーが同時に押された場合でも正しく入力を取得できる。

キーの立体配置には粘土と磁力を用いる。粘土を用いて立体的な土台を形成し、その上に砂鉄の層を配置する。各キーユニットに磁石を内蔵することで、磁力でキーを固定できる。砂鉄は立体的な配置が可能な上、鉄板などと比べて電気抵抗が大きく、渦電流による給電・通信への影響が少ない。また、固定用の磁石で磁気飽和させることで、砂鉄が磁気シールドとして働くことを防げる [3]。

NFCでは、リーダーの読み取り能力が十分なら、ある程度離れているタグや傾いたタグでも読み取ることができる。このため、キーを立体的に配置することができる。この方式は、導電布と針を用いた方式と比べてより安全であり、キーをより簡単に微調整することができる。また、UHF帯のRFIDと比べるとアンテナのサイズに関する制限が少なく、読み取り範囲が狭いためプライバシーの面で優れている。

さらに、各キーは押下時のみ給電されるため、消費電力がキー数に比例しない。そのため、キーボードとして十分なキー数を実現できると考えられる。リーダーは何十個ものキーを同時に給電する必要はなく、同時に押されるキーの最大数（高々10個²、実際には5個程度）ぶんの給電能力があればよい。

4 実装

4.1 キーユニット

キーユニットの回路図を図2に示す。タグIC (ST25TN01K) と、基板上のパターンで形成したコイルをキースイッチを介して接続する。実際に作成したキーユニットを図3に示す。

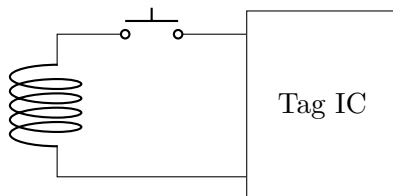


図 2. キーユニットの回路図

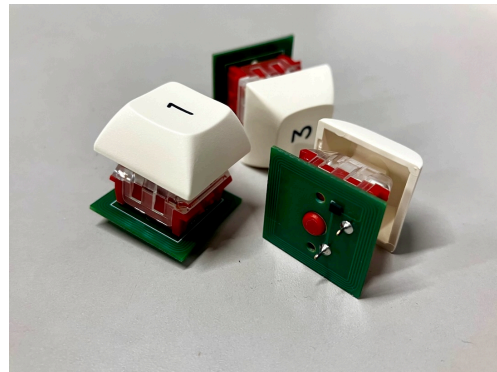


図 3. 作成したキーユニット

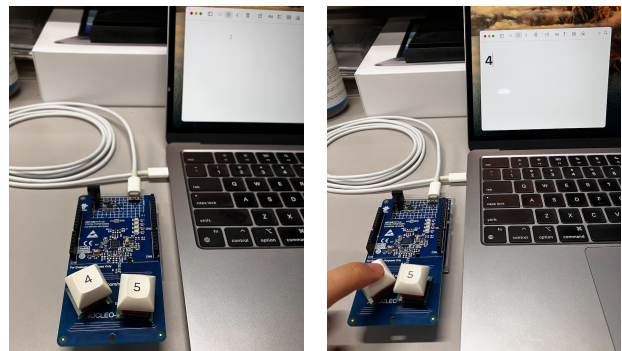


図 4. 作成したプロトタイプによるキー入力の様子

4.2 リーダー

図4に示すように、小型のリーダーを用いてプロトタイプを作成し、キー入力・最大5キーの同時認識ができることを確認した。

今後、キーボードとして十分な読み取り領域を持つ大型のリーダーを開発する予定である。

5 おわりに

本研究では、曲面上に自由にキーを配置でき、十分なキー数を実現可能なキーボードシステムとして、近距離無線通信を用いた手法を提案した。今後の展望として、大型リーダーの設計・実装を行い、キー入力のレイテンシや消費電力を計測することでキーボードとしての性能評価を行う。また、キーボードとしての使用感やユーザーにとってキー配置を最適化できるかなどをユーザー評価を通じて明らかにする。

謝辞

本研究の一部は株式会社 Premo および JSPS 科研費 JP23H00465, JP23K16857 の助成を受けたものです。

参考文献

² 指の本数

- [1] J. G. Michael, K. J. Stephen, A. S. Leo, E. T. Robert, and T. Wang. An ergonomic evaluation of the Kinesis Ergonomic Computer Keyboard. *Ergonomics*, 37(10):1661–1668, 1994.
- [2] Shenzhen BeyondQ Technology Co., Ltd. *DU-MANG DK6 user manual*, 9 2018.
- [3] A. E. Umenei, J. Schwannecke, S. Velpula, and D. Baarman. Novel Method for Selective Non-linear Flux Guide Switching for Contactless Inductive Power Transfer. *IEEE Transactions on Magnetics*, 48(7):2192–2195, 2012.
- [4] 坂村 健. BTRON における入力方式 – TRON キーボードの設計 –. Technical Report 41, 情報処理学会, 7 1986.
- [5] 坂本隼, 秋田純一. 電力重畳通信を用いた空間配置自由度の高いキーボードシステム. In *IPSJ Interaction*, pp. 1192–1194, 2 2024.
- [6] 中迫 勝. キーボードの人間工学的設計. *人間工学*, 22(2):53–61, 1986.