



Title	押下圧検知キーボードと自然言語処理技術を用いたタイピングミスの訂正手法の開発
Author(s)	
Citation	令和6（2024）年度学部学生による自主研究奨励事業 研究成果報告書．2025
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/101296
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

令和6年度大阪大学未来基金「学部学生による自主研究奨励事業」研究成果報告書

ふりがな氏名	くろだ ゆうた 黒田 悠太	学部 学科	基礎工学部 システム科学科	学年	2年
ふりがな 共同 研究者氏名		学部 学科		学年	年
					年
					年
アドバイザー教員 氏名	堀井 隆斗	所属	基礎工学研究科		
研究課題名	押下圧検知キーボードと自然言語処理技術を用いた タイピングミスの訂正手法の開発				
研究成果の概要	研究目的、研究計画、研究方法、研究経過、研究成果等について記述すること。必要に応じて用紙を追加してもよい。(先行する研究を引用する場合は、「阪大生のためのアカデミックライティング入門」に従い、盗作剽窃にならないように引用部分を明示し文末に参考文献リストをつけること。)				
1. 研究目的 コンピュータの普及とともにキーボードを用いた入力が増加しており、それに伴って必然的に多くの入力誤りが発生する。文章入力で誤りが発生する要因として、キーボードを打つときの「タイピングミス」と、変換するときの「変換ミス」の2つが考えられる。これら2つのミスに対して様々な訂正手法が考案されてきたが、変換ミスと比較してタイピングミスの訂正手法、特に自然言語処理技術を用いた訂正手法が十分に成熟していない点に疑問を感じ、その開発・提案を研究目的とする。 例えば、「混乱を生む」のタイピングミスとして入力された「こんtらんをうむ」という入力に対し、Microsoft IME等従来のIMEの多くは全てローマ字である「kontranwoumu」や単に入力をかな漢字変換した「金tらんをうむ」などを提示する。また、GoogleのGboardは「コント欄を生む」と、日本製のATOKについても「魂胆を生む」と訂正したものを提示するが、いずれも自然な日本語である「混乱を生む」は提示されない。このように、前後の文脈を踏まえたタイピングミスの訂正を行っていないという問題点が挙げられる。本研究内では自然言語処理技術を用いてこの問題を解決することを目指す。					
2. 研究方針 自然言語処理を用いた訂正手法の開発には、タイピングミスに関するデータを十分に収集することが課題となる。そこで、訂正手法の開発と並行して、タイピングミスの事例を集める被験者実験を行った。また、本研究では以下の2つのアプローチでタイピングミスを訂正・改善することを試みる。 Ⅰ. LLMを用いた投機的手法によるタイピングミスの訂正 Ⅱ. 磁力を用いた押下圧の測定によるタイピングミスの訂正 及び 入力に必要な押下圧の調整によるタイピングミスの低減					

3. タイピングミスの収集・解析

まず、大学生の被験者9人を対象として、タイピングミスを収集した。図1に示すように、被験者がモニターに対面して着席してスピーカーから流れる音声の文字起こしを実施し、その入力内容と様子を PC 上のプログラム及び上部に設置されたカメラにて収集した。音声は、聞き取りやすさの観点から日本語能力試験 N5 第1問のリスニング音声を採用し、被験者のタイピングスコアに応じて再生速度を調整した。¹



図1 被験者実験の模式図

10分間×9人で収集したタイピングミスの訂正方法について、表1に示すように分類を行った。「訂正不可能」には、「ぺ」を「べ」と入力することや複数文字の抜けなどの手指のずれ等以外が原因と考えられる誤りが含まれる。また、「母音・子音が2つ以上連続した次に子音・母音がある場合、次と入れ替える」は「くすり(kusuri)」が「くsるい(kusrui)」と、「ます。(masu.)」が「まうs。(maus.)」とタイピングミスした場合の訂正であり、「nの後に母音がある場合、nを挿入する」は「かんない(kannnai)」や「かんい(kanni)」といった単語のnの入力回数が少なく、「かんあい(kannai)」、「かに(kani)」となるタイピングミスの訂正である。

そのうち、全体の 75%にあたる以下の6項目の訂正を 4-1 で述べる「LLM を用いた投機的手法によるタイピングミスの訂正」で行う。

- ・ 子音が2つ以上連続した場合、どちらかを消す(31%)
- ・ 母音が2つ以上連続した場合、どちらかを消す(19%)
- ・ 子音が2つ以上連続した場合、母音を挿入する(6%)
- ・ 子音が2つ以上連続した場合、子音を挿入する(3%)
- ・ 母音・子音が2つ以上連続した次に子音・母音がある場合、次と入れ替える(6%)
- ・ nの後に母音がある場合、nを挿入する(2%)

また、それ以外のものについては 4-2 で述べる「磁力を用いた押下圧の測定によるタイピングミスの訂正及び 入力に必要な押下圧の調整によるタイピングミスの低減」によって改善を図った。

表1 収集したタイピングミスの訂正方法

訂正方法	個数	割合(全体)	割合(不可能を除く)
<u>子音が2つ以上連続した場合、どちらかを消す</u>	155	31%	40%
<u>母音が2つ以上連続した場合、どちらかを消す</u>	94	19%	24%
(そのうち、同じ文字が2つ連続した場合、どちらかを消す)	(55)	(11%)	(14%)
<u>子音が2つ以上連続した場合、子音を挿入する</u>	30	6%	8%
<u>母音が2つ以上連続した場合、母音を挿入する</u>	16	3%	4%
2つ以上の連続はないが、消す/挿入する	18	4%	5%
キーを横・縦にずらして置換する	39	8%	10%
<u>母音・子音が2つ以上連続した次に 子音・母音がある場合、次と入れ替える</u>	29	6%	7%
<u>nの後に母音がある場合、nを挿入する</u>	10	2%	3%
訂正不可能	116	23%	-
合計	556	100%	100%

¹ 本実験は基礎工学研究科における人を対象とした研究に関する倫理委員会の承認を得た。承認番号 R6-8

4. タイピングミスの訂正手法

4.1 LLM を用いた投機的手法によるタイピングミスの訂正

本研究では、軽微なタイピングミスの訂正手法として図2に示す、投機的デコーディング(Speculative Decoding)^[1]を応用したものを提案する。日本語入力における投機的デコーディングの先行事例として、かな漢字変換の「Zenzai」^[2]が存在するが、これは漢字変換を目的とし、一つの候補を提示する既存の漢字変換エンジンをドラフトモデルとしているため、今回の手法と異なっている。この手法により、タイピングミスの含まれる文章を直接 LLM に入力した場合に発生する、原文から離れた訂正をする問題を解決する。例えば、「要点を含めて」のタイピングミスである「ようてんをしゅくめて」を直接 LLM に入力した場合、LLM は「縮めて」という単語の意味を考慮して「ようてんをたんしゅくして」と修正する可能性がある。今回提案する手法の場合、「shukumete」という誤字に対して「sukumete」や「hukumete」等の訂正候補を提示し、その中から LLM が選択するため、原文から著しく離れた訂正は発生しない。

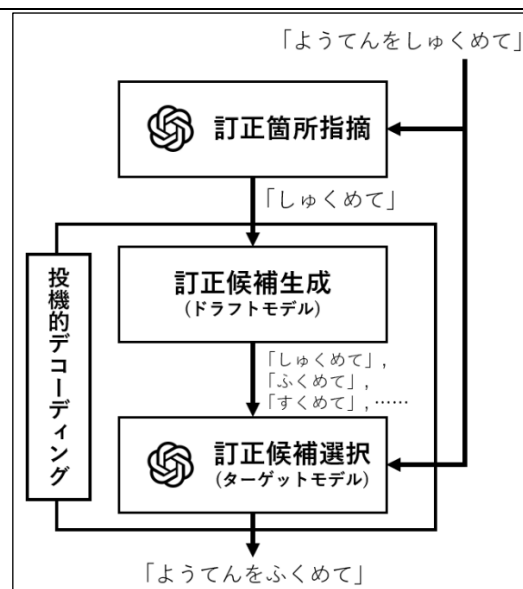


図2 投機的デコーディングのフロー

この手法において大きな論点となるのが訂正候補生成である。複雑な誤字への対応のために多くの訂正候補を生成した場合、本来の文章から離れた訂正が行なわれる可能性があり、逆に訂正候補が過少であった場合、十分な訂正を行うことができない。そのため、本研究では前述したタイピングミスの収集・解析を基に、以下の誤字に関してのみ訂正するものとした。これにより、今回収集したタイピングミス全体の75%の修正へ対応することができると考えられる。また、同じ文字が連続した場合の誤り確率が高い等の解析から作成した、その候補の優先度についても訂正候補選択の参考対象としている。

- ・ 子音が2つ以上連続した場合、どちらかを消す/母音を挿入する
- ・ 母音が2つ以上連続した場合、どちらかを消す/子音を挿入する
- ・ 母音・子音が2つ以上連続した次に子音・母音がある場合、次と入れ替える
- ・ nの後に母音がある場合、nを挿入する

対応可能なタイピングミスが一か所含まれる一文について、今回の手法を用いて訂正した場合と GPT-4o-mini へそのまま入力した場合を比較した(表2)。なお、全ての条件において Fine Tuning は行っておらず、テストデータの割合は3節にて調査したものとなるよう調整した。「誤字修正」は文中に含まれるタイピングミスを正しく修正できたこと、「他を修正」はタイピングミスでない部分を誤って修正したことを示す。タイピングミスの修正精度は、LLM をそのまま使用した場合と今回の手法を用いた場合で同程度であった。しかし、今回の手法は、タイピングミス以外の箇所を誤って修正するケースが少ないという点で優位性があると推測される。また、どちらの手法でも、母音や「ん」が誤って挿入されるタイピングミスに対する修正精度は低い結果となった。

この手法には訂正箇所が正しく指摘されない可能性や正しい訂正が行われない可能性があるため、その精度向上に関する課題が存在する。例えば、「t検定」等の専門的な単語や、固有名詞をタイピングミスと判定する可能性があるという問題がある。しかし、今回タイピングミスの収集に使用した文章にそのような単語が含まれず、十分な検証は行えなかったため、今後の展望として挙げられる。

表2 対応可能なタイピングミスに対する誤字修正の精度

	今回の手法		GPT-4o-mini		合計
	誤字修正	他を修正	誤字修正	他を修正	
子音が2つ以上連続した場合、どちらかを消す	18	2	19	5	24
母音が2つ以上連続した場合、どちらかを消す	6	0	7	4	14
(そのうち、同じ文字が2つ連続した場合、どちらかを消す)	(7)	(0)	(7)	(3)	(8)
子音が2つ以上連続した場合、子音を挿入する	2	0	3	1	5
母音が2つ以上連続した場合、母音を挿入する	1	0	1	0	2
母音・子音が2つ以上連続した次に 子音・母音がある場合、次と入れ替える	4	0	2	1	4
nの後に母音がある場合、nを挿入する	1	0	0	0	1
合計	32	2	32	11	50

4-2. 磁力を用いた押下圧の測定によるタイピングミスの訂正 及び

入力に必要な押下圧の調整によるタイピングミスの低減

当初本研究では、隣のキーを巻き込むことによるタイピングミスが多いという先行研究^[3]から、そのタイピングミスに対して押下圧による確信度を用いて、どちらのキーが意図されたかを判定してタイピングミスの訂正を図った。また、辞書に登録されていない英単語に対してソレノイドを用いた押下圧の調整によってタイピングミスを低減する先行手法^[4]について、先行研究の問題であった各キーにソレノイドを設置するコストの問題を解決しながら、日本語においても検証を行うことを目標とした。この目標を達成するため、本研究では通常バネで行われるキーの反発を磁石によって代替し、磁気センサであるホール素子にて押下圧の測定を、基板上のコイルによる電磁石にて必要な押下圧の調整を行うキーボードの製作に取り組んだ。

磁石とホール素子を用いた磁気式キーボードについては、通常のキースイッチと異なりキーの反応する深さを自由に設定できるという点から過去に多くの作製例があり、本研究でもそれらを参考にした。しかし、磁石とコイルを用いた押下圧の調整については先行事例がないため、今回はプリント基板上の配線にて作成したコイルを用いて、キー軸の磁石に対する抵抗を試みた。キー及び磁石等の配置を図3に示す。また、コイルは図4に示すように配線し、8層基板とすることで1枚につき約4mの配線となった。また、基板は任意の枚数重ねられるよう設計した。

ホール素子による押下圧検知については正常に動作したが、押下圧の調整についてはコイルの配線が薄く細いために抵抗が大きく、十分な電流が流れず、また発熱が大きく継続動作が行えなかった。そのため、基板コイルを用いた押下圧の調整は断念した。

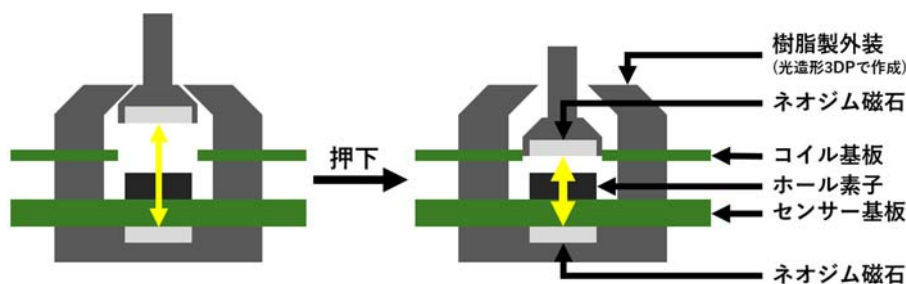


図3 キースイッチの模式図

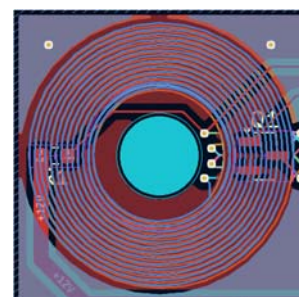


図4 基板上のコイル

5.謝辞

本研究を行うにあたって多大なるご指導を賜りました堀井隆斗先生、裏で支えてくださった事務員の大川原さん、及び被験者実験にご協力いただいた方々には大変感謝しております。ありがとうございました。

6.参考文献

- [1] Yaniv Leviathan, Matan Kalman, Yossi Matias. Fast Inference from Transformers via Speculative Decoding. Proceedings of the 40th International Conference on Machine Learning in Proceedings of Machine Learning Research. 2023, 202, 19274-19286, <https://proceedings.mlr.press/v202/leviathan23a.html>
- [2] Miwa, ニューラルかな漢字変換エンジン「Zenzai」を azooKey on macOS に搭載します, 2024/05/16 公開, 2024/12/17 閲覧, <https://zenn.dev/azookey/articles/eal5bacf81521e>
- [3] 富樫拓真, 上西園武良. キーボードの誤タイピング低減に関する研究. 日本人間工学会関東支部 第42回大会 第18回卒業研究発表会 講演集. 2012, 74-75. https://www.ergonomics.jp/official/page-docs/lecture-report/kanto/2012_kanto_sotuken18.pdf
- [4] Alexander Hoffmann, Daniel Spelmezan, Jan Borchers. TypeRight: a keyboard with tactile error prevention. CHI '09: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. 2009, 2265-2268. <https://dl.acm.org/doi/10.1145/1518701.1519048>