

令和 3 年 6 月 8 日現在

機関番号：3 2 7 1 4

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2020

課題番号：1 7 K 0 0 1 9 4

研究課題名（和文）情報セキュリティの情報バリアフリー化

研究課題名（英文）Barrier-free on information security

研究代表者

岡本 学（Okamoto, Manabu）

神奈川工科大学・情報学部・教授

研究者番号：7 0 6 0 0 4 5 1

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究では、「情報バリアフリー」の実現を目標に、四肢の随意的な運動が難しい肢体不自由者向けに情報通信機器の使用を平易化することを目的とした。特に肢体不自由者においても、秘密が漏れることなくパスワード等の秘密情報の入力を可能とする方法を提案した。利用者は足踏みスイッチ、マットスイッチ、ストリングスイッチ等、運動障害の度合いに応じた様々な入力装置を選択でき、画面を覗き見られても漏洩することがない安全な方法を提案した。さらには視線入力装置を用いることにより、非接触で安全にパスワードを入力する方式及び画像の特定の一点を注視することにより個人認証を行う方式の提案を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

「情報バリアフリー」の実現は、SDGs の「誰も取り残さない」精神にも直結し、情報化社会の更なる拡大にも貢献する。特にパスワード入力に代表される認証行為はサービス起点として必要になる行為で、肢体不自由者が健常者と同等の安全性でこれら行為が実施できることは重要である。さらには新型コロナウイルスの感染に伴い、手指を用いるキーボード入力以外の「非接触な入力方式」が求められ、その点、提案方式は足などの部位で入力できるため、健常者においても感染対策として活用できる点に優れる。加えて視線入力装置を用いた方式も同様で、注視行為で認証行為が可能になるため接触が不要で感染防止に貢献できる。

研究成果の概要（英文）：The goal of our research is to realize "information barrier-free". It is important to enable the use of information and communication equipment for physically handicapped people who have difficulty moving their limbs. We proposed a method that enables people with physical disabilities to enter confidential information such as passwords without leaking secrets. The user can select various input devices such as a foot switch, a mat switch, and a string switch according to the degree of movement disorder. This method does not leak any information even if a bystander is nearby and looks into the display. Furthermore, we have proposed a method of entering a password safely without body contact by using an eye tracking device. In addition, we have proposed a method for authenticating users by having them look at a single point in the image.

研究分野：情報バリアフリー、情報セキュリティ

キーワード：情報バリアフリー 情報セキュリティ 肢体不自由者支援 パスワード入力 視線入力装置

1. 研究開始当初の背景

現状多くの Web サイトでは、個別サービスを行うにあたってサービス起点において本人確認を必要としている場合がほとんどである。ここで、両手が使えない肢体不自由者が、Web サイトに接続してそのサービスを使おうとして、「ID・パスワードを入力してください」と要求された場面を想定してみると、様々な懸念点が見いだせる。肢体不自由者向けには様々な入力支援技術が提供されているが、例えば、口にくわえたマウススティック機器によりポインターを動かしてスクリーンキーボード上の文字をクリックすることで通常のキーボードと同等の入力操作は可能になる。しかしパスワードの入力となるとまだ課題が残る。なぜなら付き添い者が傍にいた場合を考えてみると、傍観者は画面上で動くポインターを見ていれば、今何を入力しているのかは簡単にわかってしまうからである。音声認識による入力なども同様で、これら肢体不自由者向け支援技術においては情報漏洩防止に向けた新たな追加技術が必要となる。

2. 研究の目的

本研究では、高齢者・障害者を含めた誰もが ICT（情報通信技術）を利活用できることを目的とした「情報バリアフリー」環境の整備において、「情報セキュリティ」の機能を追加することを目的とする。例えば現状の ICT サービスでは本人確認の手段としてパスワード等の秘密情報の入力を必要とするが、両手が使えない肢体不自由者の場合、その入力が難しい。特に付き添い者が常に横にいる場合には、覗き見の懸念があり、既存技術の支援だけでは対処できない課題がある。そこで本研究では「付き添い者等が常時寄り添う状況においてもパスワードをはじめとした秘密情報の入力ができるようになる」ことを第一の目的とする。これは SDGs の「誰一人取り残さない」精神にも通じる。

提案方式としては、以下の性質をもつものとする。

(1) 肢体不自由者向けの入力支援スイッチを用いることができること

入力支援スイッチとは、肢体不自由者に向けて、随意的な運動が可能な部位での入力を可能とする機器である。例として「足踏みスイッチ」「息吹きスイッチ」「ストリングスイッチ（紐を引くことで ON になる）」「接触スイッチ（センサが肉体に接触することで ON になる）」等が利用できる。ON・OFF 機能があることが要件であって、それ以上の特殊機能は特に求めない。

(2) パスワード等の秘密情報の入力に用いることができること

暗証番号の入力、パスワードの入力、クレジットカード番号の入力等を想定している。これら秘密情報に関しては、他人に教えて代理入力してもらうことも難しい性質をもつ。

(3) 傍観者が入力画面を眺めていても何らの秘密情報も漏洩しないこと

ショルダーハッキングと呼ばれる背後からの覗き見行為に対し、入力の際、画面情報を見られても入力内容が推察される恐れの低い方式を提案する。特に肢体不自由者には介護者が周囲に常駐していたり、病院の大部屋で他人の目が気になったりする場合がある。

3. 研究の方法

秘密情報の基本入力方式として「分割領域選択方式」を提案し、これら方式の検証を行い有効性を確認する研究方法をとった。

この方式は、入力者が入力したい文字列が含まれている領域を、分割・画面推移されるたびに選択することで文字指定を行う方式である。図 1 に「四分割四選択方式」の例を挙げる。ここでは例えば、「4」という文字を入力する場合は、最初の四分割で左上の「領域 1」に入っている。なのでその領域を選択する文字を押下する（なお左上を領域 1、右上を領域 2、左下を領域 3、右下を領域 4 と呼ぶものとする）。さらにまた各領域が四分割され、「4」は左下の「領域 3」に相当するのでその選択を行う。つまりこの場合では「領域 1」-「領域 3」の選択を行うことで入力者は「4」を入力できる。この場合、選択に必要なキーの数は領域に対応して 4 になる。

この方式は例で挙げた四分割以外にも、「上下」「左右」と順番に分かれていく「二分割」方式も提案でき、その場合には分割に応じて必要選択入力キーも 2 に減少でき、更に言えば「長く押す」「短く押す」による二択も可能なので、ワンキーでの操作も可能になる。

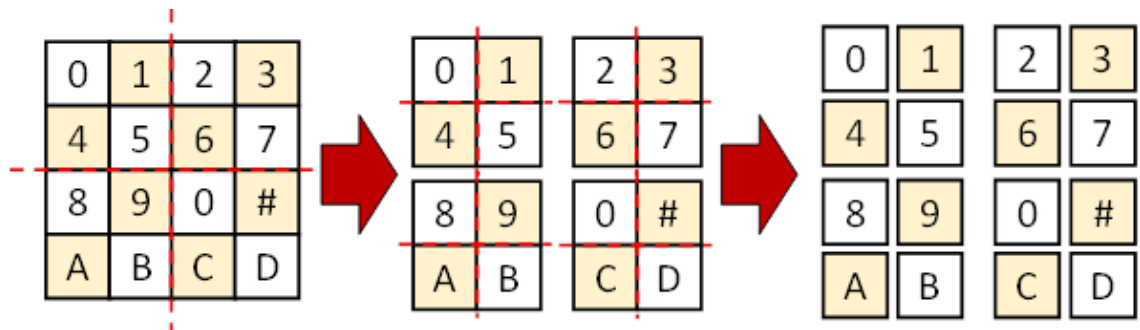


図 1. 分割領域選択方式

本研究はこの「分割領域選択方式」をベースとして、下記の点について研究を行った。

- (1) 分割方式の検討
上記に述べた通り「四分割」「二分割」の選択が可能である。
- (2) 文字盤の検討
図1の例は0から9のすべての数値を含めた16文字だが、この場合は英文字を含んだパスワードの入力ができない。パスワードに対応するためには文字盤拡大が必要である。また文字の配置は図1では番号順に並んでいるが、この場合入力場所が毎回固定になることで推測の懸念があるのでランダム配置等の配置パターンの検討が必要になる。もっともその場合は入力時間の長期化が推測されるため、検証が必要となる。
- (3) 入力スイッチによる検証
複数に渡る入力スイッチにおいて検証を行う。

なお上記に挙げた観点を中心としながらプロトタイプシステムを開発したうえで実証実験に伴う検証を行う。主には認証成功率と認証時間の計測が重要となる。なおそれに加えて、画面情報から入力内容の推察が可能かどうかの攻撃試験についてもこれを検証する。

4. 研究成果

(1) 基本案の提案

「分割領域選択方式」については、電子情報通信学会論文誌論文〔1〕“肢体不自由者向けパスワード入力方式の研究”，電子情報通信学会論文誌(D),Vol. J101-D, No.02，pp.386-394, 2018.2)として論文発表を行った。この論文では、図2に示す8×8の文字盤を使用して二分割方式にて二つのキーを用いて入力文字を選択する方式を提案した。この方式では赤線で区切られた領域のどちらに含まれているかの二択の選択を計6回行うことで、安全に1文字の入力を行うことができる方式である。当初案の四分割方式ではキーの配備が4必要なのに対して二分割方式であれば2ですみ、入力装置の簡素化が可能になるため二分割方式を採用するに至った。実際、多くの入力支援スイッチは二択選択が可能な入力装置であり、四分割四択方式には適用できない。なお図2の文字盤における文字の配置はランダムである。これは固定配置にしてしまうと、画面情報を見ずに入力装置の操作のみ監視することにより入力内容の推察が可能になってしまうことが検証からも明らかになったからである。ランダム配置にすることで画面情報と入力装置操作の両方を観察することが入力内容推察には必要となるため、漏洩防止に役立つ。よって秘密情報の入力を目的とする提案方式ではランダム配置を選択するに至った。

C	Z	#	6	_	Y	e	c
7	J	y	9	T	E	i	X
h	a	W	5	d	D	P	H
I	u	x	t	S	r	K	l
V	A	8	F	j	g	v	\$
O	q	s	4	f	p	L	1
m	U	B	R	Q	k	2	z
n	b	w	o	3	G	N	M

図2.提案方式：文字マトリックス

ただし本方式では課題も生まれた。入力時間について4桁パスワードでは平均64.7秒、8桁パスワードでは平均120.5秒、平均12桁パスワードでは172.1秒の結果が実証実験から確認できた。つまり通常のキーボードでの入力時間(1秒未満)と比較するとかなりの長い時間が入力に必要になる。これは文字盤上で文字を探し出すのに時間がかかるのが主な原因であり、ランダム配置であれば当然ながら時間がよりかかることになる。

なお攻撃試験として、画面情報は攻撃者に見える状態にしながら、入力装置については遮蔽物で隠す状態で被験者になんらかの文字を入力させ、その内容を攻撃者に推察させる試験を実施したところ、20回中1回の的中で、その1回も観察結果からの推察ではなく偶然言い当てた形的的中であるため、本方式はショルダーハッキング等の攻撃に強い方式だといえる。

(2) 入力支援スイッチの適用

(1)で述べた基本案は、何らかの二択の選択にて文字を秘密に入力できる方式である。二択の選択とは二つのキーの押下や、一つのキーを「長く押す」「短く押す」と使い分けることで入力が可能になる。そこで様々な入力支援装置をこの案に適用して実験を行った。

具体的には、足のペダルを踏むことで選択を行う「足踏みスイッチ」、息を吹きかけるだけでスイッチ入力可能な「息吹スイッチ」、ひじや腰にセンサを貼り付けて折り曲げるとスイッチが入る「折り曲げスイッチ」、ひもを引っ張ることでスイッチが入る「ストリングスイッチ」等について実証実験を行った。

これら入力スイッチを用いた基礎的な研究は国際会議にて発表を行った〔2〕“Password

Input Method using Simple Device”, Springer “Intelligent Computing”, pp.1244-1252,2018 及び [3] “Input password method with Simple device”, Springer, Proceedings of the Future Technologies Conference (FTC), pp.1150-1154,2018).

様々なスイッチの中で「息吹きスイッチ」については、四肢のすべての運動が難しい肢体不自由者であっても操作が可能な点と、息という目には見えないものを用いることの秘匿性が優位であるため、「息吹きスイッチ」を用いた方式の研究については特別に分けて実施し、国際会議にて発表を行った（[4] “A Breath Switch for Secure Password Input”, Springer “Intelligent Computing”, pp.1244-1252,2018.）。

また「足踏みスイッチ」については別な観点で重要性が高まった。これは新型コロナウイルス感染拡大に伴い、例えば銀行 ATM において暗証番号入力を行う際には、現状では手指を用いた入力方式を用いているため、感染拡大の観点から懸念が生まれている。アルコール消毒を行えばよいが、アルコールに濡れた指にはタッチパネルが反応しにくい問題が新たに発生する。そこで健康者であっても手指以外の部位で暗証番号を入力できる方式が求められ、本提案方式はまさにそれに適応する。

そこで「足による 4 桁暗証番号の入力」の研究も行った。本方式を 4×4 の数値文字盤にすることで二択の選択を 4 回行い一桁の数値を入力できる。特には図 3 の足踏みスイッチを用いることでこれら選択行為は可能になり、実際にはこれらスイッチを簡単な遮蔽物に入れることで覗き見攻撃を防止する。これら検証を実施したところ、4 桁の数値暗証番号の入力において平均 19.48 秒の結果が得られた。認証成功率は 93.3%であった。



図 3. 足踏みスイッチ（左図）と暗証番号入力の様子（右図）

(3) 視線入力装置を用いた応用方式

入力支援スイッチの発展として、視線入力装置を用いた方式についての検討についても研究を行った。視線入力装置は、四肢の運動が難しい肢体不自由者であっても比較的運動が可能な視線動作を入力に用いる。また視線は背後からの観察ではどこを見ているかわからない秘匿性についても優れる。そこで視線を用いて文字を選択したり、あるいは画像の一点を注視したりすることで個人認証を行う方式を提案した。

初歩的な提案方式として、これまでの研究成果の「二択選択方式」を用い、入力動作として「まばたき」を用いることで文字盤選択を行う方式を提案し国内学会で口頭発表を行った（[5] “視線入力装置を用いた秘密情報入力方式の提案”，第 81 回情報処理学会，2019.3）。

この方式はあくまでこれまでの提案方式をそのまま踏襲して、二択選択行為として「まばたき」の動きを用いた方式である（図 4）。「右目を閉じながら左目をまばたき」「左目を閉じながら右目をまばたき」の二択動作でこれら選択行為が可能である。検証実験では息吹きスイッチ同等の結果が得られている。

視線や「まばたき」を用いることの最大の効果としては、手も足もすべての動作が難しい筋萎縮性側索硬化症を抱える肢体不自由者でも利用できる点が挙げられる。ただ一方で本提案では課題も見つかった。本方式では決定選択行為として「まばたき」を利用したが、人によってはこの行為が苦手な人が多く、両目を閉じてしまったり、目を閉じるタイミングがうまく合わず、なかなか入力動作が完了しない事象が発生した。

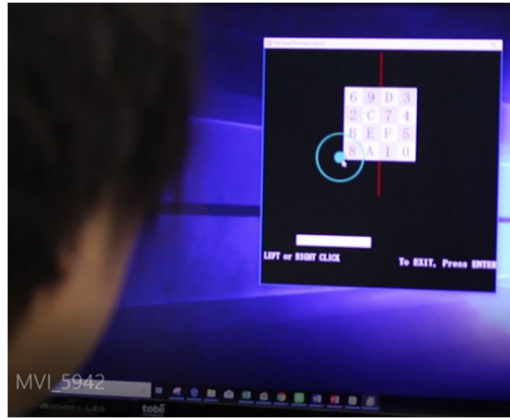


図4．まばたきを用いた入力（ポイントカーソルは説明用にあえて表示）

そこで「まばたき」を用いず、視線の動きだけを利用する認証方式として「画像注視認証」方式を提案した。提案の基本案については国内学会で口頭発表を行った（[6]「視線入力装置を用いた画像注視認証方式の提案」, 第82回情報処理学会, 2020.3）。

この方式は画面に表示された画像の特定の一点を一定時間「注視」することで簡易に個人認証ができる方式である（図5）。画像上の特定点を秘密情報とした知識認証であり、この方法もまた入力に身体の一部を用いないため肢体不自由者にも利用が可能である。特に目線を動かすだけで完了する行為のため、両手を使わず、荷物をもったまま認証を受けることも可能で、肢体不自由者以外にも発展が期待できる方式である。

さらに加えてこの方式もまた手指を触れない「非接触な方式」であるため、ウイルス感染拡大防止に貢献ができる。よって提案方式は肢体不自由者向けの福祉システムにとどまらず、一般向けの非接触入力方式としても利用ができる点に優れる。



図5．画像注視認証（ノートPCに視線入力装置を設置）

(4) 成果まとめと今後に向けて

本研究は、新たな入力方式及び様々な入力支援スイッチを用いることで、秘匿情報を漏洩から守りつつ、肢体不自由者にも健常者同様の認証サービスの利用を可能とする。これはすべての人の情報化社会への参加を後押しするものであり、今後発展が期待される「SDGs」の「誰一人取り残さない」精神に欠かせないものである。加えて今後は「感染拡大防止」の観点でこれら技術を発展させていくこともまた重要になってくるとと思われる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Natsuki Sayama, Naoka Komatsu, Kana Sawanobori, Manabu Okamoto	4. 巻 2
2. 論文標題 A Breath Switch for Secure Password Input	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 2019 Computing Conference	6. 最初と最後の頁 1150,1154
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-3-030-22868-2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hazuki Owada, Daiki Kamitai, Chinayo Shonen Inoue, Manabu Okamoto	4. 巻 2
2. 論文標題 A Method to Input Secret Information Using an Eye Tracking Device	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the Future Technologies Conference (FTC) 2019	6. 最初と最後の頁 936,943
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-3-030-32523-7	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Momose Reina, Okamoto Manabu, Shibata Miyu	4. 巻 2018
2. 論文標題 Poster: Password Input Method Using Simple Device	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 SAI 2018: Intelligent Computing	6. 最初と最後の頁 1244 ~ 1252
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-3-030-01177-2_89	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Okamoto Manabu	4. 巻 2018
2. 論文標題 Input Password Using Simple Input Device	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of the Future Technologies Conference (FTC) 2018	6. 最初と最後の頁 1097 ~ 1105
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-3-030-02683-7_80	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 岡本 学	4. 巻 J101-D
2. 論文標題 肢体不自由者向けパスワード入力方式の研究	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌D 情報・システム	6. 最初と最後の頁 386 ~ 394
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14923/transinfj.2017HAP0003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 上平大輝, 小木嘉原, 岡本 学
2. 発表標題 視線入力装置を用いた画像注視認証方式の提案
3. 学会等名 情報処理学会第82回全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 上平大輝, 井上千奈誉, 岡本学
2. 発表標題 視線入力装置を用いた秘密情報入力方式の提案
3. 学会等名 情報処理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Momose Reina, Okamoto Manabu, Shibata Miyu
2. 発表標題 Poster: Password Input Method Using Simple Device
3. 学会等名 SAI2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Manabu Okamoto
2. 発表標題 Input Password Using Simple Input Device
3. 学会等名 FTC2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Mayu Kuroda, Manabu Okamoto
2. 発表標題 Input Password with Just Only One Key
3. 学会等名 IWSEC2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 堀 孝浩, 袋野仁稔, 黒田万由, 岡本 学
2. 発表標題 鼻や顎を用いたコミュニケーション ~ 肢体不自由者のため認証方式の提案 ~
3. 学会等名 ヒューマンコミュニケーション基礎研究会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織			
	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------