

走査型文字入力における誤スイッチ検出のための一手法

森 大毅[†] 高橋 邦宏^{††}

[†] 宇都宮大学大学院工学研究科

〒 321-8585 宇都宮市陽東 7 丁目 1-2

^{††} (現在, 日本コンピューター・システム)

E-mail: †hiroki@speech-lab.org

あらまし 重度の運動機能障害者の中には, 不随意運動による誤ったスイッチ操作が多いため走査型のコミュニケーション装置を効率良く使用することが困難なケースが存在する. 本報告では, 不随意運動に伴う誤スイッチが含まれた入力から, 事後確率を最大にする真入力/偽入力の組み合わせを求めることで, 誤スイッチを自動的にキャンセルする枠組を提案する. 偽入力の検出問題は, 与えられた真偽不明のスイッチ操作位置系列に対し, 偽入力位置モデル・ユーザ状態モデル・言語モデルから計算される事後確率を最大化するような真入力/偽入力の組み合わせを探索する問題となることを示す. これらのモデルは, 健常者による不随意運動を模擬した環境下での文章入力実験により得た. シミュレーション実験の結果, 提案法により偽入力を $F = 0.928$ の精度で検出でき, 出力される文章の文字正解精度を大幅に向上させることができた.

キーワード 福祉情報工学, 不随意運動, 確率モデル, 自動訂正

A framework for detecting false triggering in operating scanning communication aids

Hiroki MORI[†] and Kunihiro TAKAHASHI^{††}

[†] Graduate School of Engineering, Utsunomiya University

7-1-2, Yoto, Utsunomiya-shi, 321-8585 Japan

^{††} (Currently with Nippon Computer System Co.,Ltd.)

E-mail: †hiroki@speech-lab.org

Abstract It has been difficult for some people with severe motor function disorders to effectively operate scanning communication aids, because it induces frequent false triggerings due to the involuntary movement. In this report, a framework for automatic cancellation of the false triggering is proposed. The basic idea is to derive the combination of true/false inputs that maximizes a posteriori probability for a given position sequence contaminated by false inputs. It is shown that the maximization can be performed for an alternative property composed of the false triggering position model, the user state model, and the statistical language model. These models were obtained from a simulated text input experiment performed by healthy subjects. The proposed method was evaluated by a computer simulation. As the result, false triggerings could be effectively detected with a performance of $F = 0.846$, and a great improvement was obtained for the accuracy of output texts.

Key words assistive technology, involuntary movement, statistical models, automatic correction

1. はじめに

音声コミュニケーションが困難な重度の運動機能障害者のための支援機器に, 走査型の意思伝達装置がある. 走査型文字入力はその構成要素の 1 つであり, 1 つのスイッチの操作により, PC 上の画面から文字やフレーズを選択する. e メールや自由な会話など, 任意の日本語文章を入力する目的には, 五十音表

上でカーソルを走査させる方式が広く利用されている. 1 スwitchの走査型文字入力は, ユーザの能力に対する要求(可動部位・可動域, 筋力, 巧緻性)のハードルが低く, 様々な障害を持つユーザに適合できる可能性がある.

コミュニケーションに問題を持つ重度の脳性麻痺も, 走査型文字入力の恩恵を受けられる可能性がある障害の 1 つである. 脳性麻痺には, アテトーゼ型, 痙直型, 固縮型, 混合型, 失調

型など多くのタイプがあり、障害の様態も非常に多岐にわたるが、一般には不随意運動が問題になることが多いと言われている。脳性麻痺による不随意運動にも、アテトーゼや振戦などいろいろな症状があるため一概には言えないが、ある動作をしようとする意思が強ければ強いほど筋肉が過度に緊張し、思う動作ができなくなる傾向があると言われている [1]。このため、脳性麻痺者に市販の意思伝達装置を適合させる場合に、ユーザ自らの意思とは無関係に発生する頻繁な誤ったスイッチ操作が問題となることがある。

本研究の目的は、走査型文字入力において、ユーザの意思とは無関係に発生する誤ったスイッチ操作を自動的に検出することである。誤ったスイッチ操作を自動的にキャンセルすることができれば、誤入力の訂正のために要する余分な操作が不要となり、ユーザの心的負荷も軽減できると考えられる。

これまでの研究で、著者が提案した走査型文字入力における自動誤り訂正方式の有効性が明らかとなっている [2] ~ [4]。この方式は、スイッチ操作タイミングのずれが原因で生じる入力誤りを、スイッチ操作タイミングおよび出力文字列の日本語らしさの統計モデルに基づいて算出される事後確率を最大とする文字列を求めることによって訂正するものである。

本報告では、過去に提案した自動誤り訂正方式を応用した、走査型文字入力における誤スイッチ操作検出の理論的枠組を提案する。この枠組では、ユーザによるスイッチ操作として、ユーザの意思に基づいたもの（真入力）と、ユーザの意思に基づかないもの（偽入力）の 2 通りが、区別なくシステムに入力されると考える。解くべき問題は、真偽の区別がないスイッチ操作位置系列が入力として与えられたとき、それらに対して真偽を推定してラベルを付与することである。

本報告では、不随意運動による偽入力の混入過程を統計モデルで表現する。提案法の有効性は、この統計モデルに基づいた計算機シミュレーションにより検証する。不随意運動のモデル化の妥当性には、ここでは基本的には立ち入らないこととする。元より脳性麻痺が原因の不随意運動はその様態が千差万別であって一般化が困難である。脳性麻痺の機器操作に関する本格的な類型化・モデル化については、別途大規模な調査に基づく研究が必要である。

2. 問題の定式化

一般的な走査型文字入力操作の流れを図 1 に示す。PC の画面上には図に示すような五十音表が表示されており、この表上を縦長のカーソルが横方向に自動走査する。目的の文字が属する列にカーソルが停留している間にスイッチ操作を行うことで、列の選択が終了する。続いて、選択した列の中で 1 文字の大きさのカーソルが縦方向に自動走査する。目的の文字にカーソルが停留している間にスイッチ操作を行うことにより行の選択が終了し、これで 1 文字の入力が完了する。

スイッチが操作されるたびに、PC はそれをイベントとして検出する。スイッチ操作のタイミングとカーソルの自動走査のタイミングを比較することにより、どの列 / 行でスイッチが操作されたかを検出することができる。結局、ユーザの入力は、

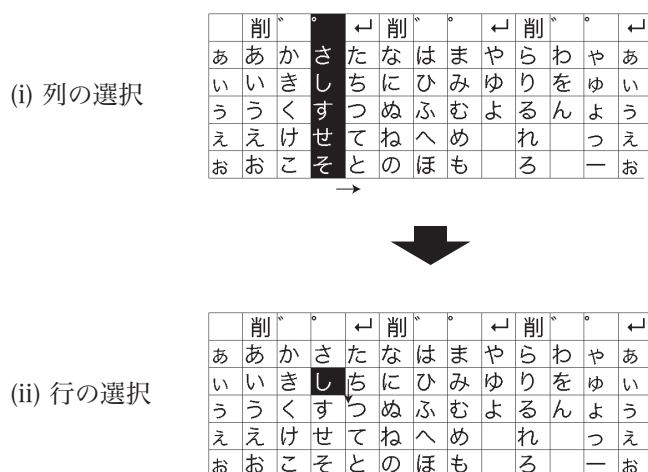


図 1 走査型文字入力の流れ

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0												
1		°	°		°	°				削	°	
2		あ	か	さ	た	な	は	ま	や	ら	わ	や
3		い	き	し	ち	に	ひ	み	ゆ	り	を	ゆ
4		う	く	す	つ	ぬ	ふ	む	よ	る	ん	よ
5		え	け	せ	て	ね	へ	め	れ		っ	え
6		お	こ	そ	と	の	ほ	も	ろ		ー	お

図 2 文字盤と列 / 行番号との対応表

システム側から見ればスイッチ操作位置の系列ということになる。本報告では、図 2 の文字盤および列 / 行番号を仮定する。例えば、ユーザの意図した文字列が「おはよう」であり、スイッチ操作に誤りがない場合、システムへ入力されるスイッチ操作位置系列は「1, 6, 6, 2, 8, 4, 1, 4」である。従来の走査型文字入力では、スイッチ操作に誤りがないことを仮定しているので、スイッチ操作位置系列から出力文字列へのデコードは一意である。

本報告では単純化のため、不随意運動による偽入力の混入過程に、以下のような前提を設ける。

[前提 1] ユーザによるスイッチ操作は、真入力と偽入力とから成る。

[前提 2] 真入力は、ユーザの意図した文字列をスイッチ操作位置系列にコード化したものである。真入力は、意図した位置と異なる位置に置換されたり脱落したりすることがなく、常に正しい。

[前提 3] 偽入力は、ユーザとは独立の確率過程に従って発生する。

上述の「おはよう」の例で説明すると、1 文字目の「お」の行を選択するためにカーソルが 5 行目に移動している間、誤って 2 行目でスイッチを操作してしまったとすると、システムへの入力は「1, 2, 6, 6, 2, 8, 4, 1, 4」となる。このとき、システムが入力の妥当性を総合的に判断し、2 番目の位置「2」でのス

イチ操作だけが偽入力であると結論してキャンセルすることができればよい。この例を見てもわかるように、偽入力が混入したスイッチ操作位置系列からは、列と行を区別することができなくなる。

t 番目の入力の真偽を表す変数を $v_t \in \{ \cdot, \times \}$ と書く。 \cdot は真入力であることを、 \times は偽入力であることを表す記号である。また、ユーザが入力しようとする文字列を $C = C_1 C_2 \cdots C_N$ 、ユーザが実際に入力したスイッチ操作位置系列を $S = S_1 S_2 \cdots S_T$ とする。偽入力の検出問題は、与えられた S に対し、ユーザが意図した文字列が C である確率 $P(C|S)$ を最大にする C を求める問題である。ここで、真入力のスイッチ操作位置系列を \tilde{S} と書くと、 S と \tilde{S} とは真入力/偽入力系列 $v = v_1 v_2 \cdots v_T$ を介して結び付いており、 $S = S_1 S_2 \cdots S_T$ の中から $v_t = \times$ である S_t を除いた列が \tilde{S} である。すなわち

$$\tilde{S}_u = S_{l_u(v)} \quad (1)$$

である。ただし、 $l_u(v)$ は v の中に \cdot が u 番目に出現する位置を表す。この関係を $\tilde{S} = f_v(S)$ と表す。 C と \tilde{S} の間には 1 対 1 の写像 $S: C \rightarrow \tilde{S}$ が存在する。

$P(C|S)$ の最大化問題は、以下のように変形できる。

$$\begin{aligned} & \max_C P(C|S) \\ & \propto \max_C P(S|C)P(C) \end{aligned} \quad (2)$$

$$= \max_C P(S|o = S(C))P(C) \quad (3)$$

$$= \max_C \sum_q P(S, q|o = S(C))P(C) \quad (4)$$

$$\simeq \max_{C,q} P(S, q|o = S(C))P(C) \quad (5)$$

$$= \max_{C,q} P(S|q, o = S(C))P(q|o = S(C))P(C) \quad (6)$$

$$= \max_{C,q} \sum_v P(S, v|q, o = S(C))P(q|o = S(C))P(C) \quad (7)$$

$$\simeq \max_{C,q,v} P(S, v|q, o = S(C))P(q|o = S(C))P(C) \quad (8)$$

$$= \max_{C,q,v} P(S|q, v, o = S(C))P(v|q, o = S(C)) \cdot P(q|o = S(C))P(C) \quad (9)$$

$$\simeq \max_{C,q,v} P(S|v, o = S(C))P(v|q)P(q)P(C) \quad (10)$$

$$= \max_{q,v,o} P(S|v, o)P(v|q)P(q)P(S^{-1}(o)) \quad (11)$$

式 (2) はベイズの定理による。式 (3) の $o = S(C)$ は、ユーザが意図したスイッチ操作位置系列 o が $S(C)$ に等しいことを表す。式 (4) の $q = q_1 q_2 \cdots q_T$ は、4. で述べるユーザ状態モデルの状態系列である。式 (5)、式 (8) は Viterbi 近似である。式 (7) は、真入力/偽入力系列 $v = v_1 v_2 \cdots v_T$ のあらゆる組み合わせ (例えば、 $v = \times \cdot \cdot \cdot \times$ など) に対して、実際に観測されたスイッチ操作位置系列 S との同時確率の総和を求める計算である。式 (10) の $P(v|q)$ はユーザ状態モデルの各状態における真入力/偽入力の発生確率であり、式 (9) からは [前

提 3] のユーザの意図とは独立の仮定を用いて近似している。同様に、 $P(q)$ はユーザ状態モデルの状態系列の発生確率である。

各スイッチ操作の発生確率が独立と仮定すると、式 (11) の項 $P(S|v, o)$ は次のように真入力と偽入力の項に分解できる。

$$\begin{aligned} & P(S|v, o) \\ & = \prod_{t \in \{t|v_t = \cdot\}} P(S_t|v_t = \cdot, o_{\bar{l}_t(v)}) \cdot \prod_{t \in \{t|v_t = \times\}} P(S_t|v_t = \times) \end{aligned} \quad (12)$$

ただし、 $\bar{l}_t(v)$ は v の t 番目までに \cdot が出現する個数を表す。 $P(S_t|v_t = \cdot, o_{\bar{l}_t(v)})$ は、ユーザが意図した u 番目のスイッチ操作位置が実際には $t = l_u(v)$ 番目に入力されるとして、位置 o_u でのスイッチ操作を意図したのが実際には S_t で操作してしまう確率を表す。これは [2] では入力誤りモデルとして与えられたものに相当する。ここでは [前提 2] により、

$$P(S_t|v_t = \cdot, o_{\bar{l}_t(v)}) = \begin{cases} 1 & \text{if } S_t = o_{\bar{l}_t(v)} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (13)$$

とする。このとき、 $P(S|v, o)$ は $o = f_v(S)$ のときに限って非零の値を持ち、

$$P(S|v, o) = \prod_{t \in \{t|v_t = \times\}} P(S_t|v_t = \times) \quad (14)$$

となる。すなわち、偽入力だと仮定された部分でのスイッチ操作位置確率分布の積で求められる。この確率を $P_\times(S)$ と書き、偽入力位置モデルと呼ぶことにする。この詳細については 3. で述べる。

式 (2) 等にかかる $P(C)$ は、ユーザが文字列 C を入力しようとする確率で、統計的言語モデルと呼ばれるものである [2]。以上をまとめると、

$$\begin{aligned} & \max_C P(C|S) \\ & \simeq \max_{q,v} \left\{ \prod_{t \in \{t|v_t = \times\}} P_\times(S_t) \right\} P(v|q)P(q)P(S^{-1}(f_v(S))) \end{aligned} \quad (15)$$

となる。すなわち、偽入力の検出問題は、与えられた S に対し、偽入力位置モデル・ユーザ状態モデル・言語モデルから計算される式 (15) を最大化するような v (および q) を探索する問題となる。このうち、偽入力位置モデルおよびユーザ状態モデルは、不随意運動を有するユーザのスイッチ操作特性の観察に基づいて求める必要がある。

3. 不随意運動の模擬データの収集および分析

不随意運動を有するユーザのスイッチ特性の収集は膨大なコストを要する。もともと走査型文字入力自体が時間を要するものであるため、意味のある量のデータを収集するためには、1 人あたり最低でも数時間の実験が必要である。

今回は、脳性麻痺のスイッチ特性の本格的な類型化・モデル化を行うかわりに、健常者に負荷を与え、誤ったスイッチ操作が起こりやすくなる環境で、走査型文字入力による文章入力実

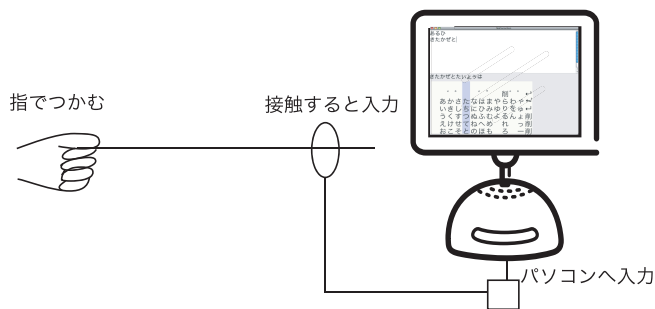


図 3 模擬データ収集のための実験環境

験を行い、不随意運動の模擬データとした。

図 3 に、模擬データ収集のための実験環境を示す。これは、特殊なスイッチが接続された走査型文字入力システムである。列・行選択のためのスイッチは、金属製の棒およびリングから成り、リングに通した棒を動かしてリングに接触させることで入力を行う。リングの内径は 15 mm、棒の太さは直径 5 mm および 10 mm の 2 通りである。被験者が棒をつかんでいる位置からリングまでの距離は 30 cm であり、スイッチ入力を望まない間リングに棒を接触させないように保つことはかなりの集中力を要する。また被験者には、意図しない入力であったことを申告するため(後述)、棒を持つ手と逆の手を常にキーボード上の ESC キーの上に置かせた状態とした。

被験者は大学生・大学院生 12 名である。被験者には、システムに 1 文ずつ呈示される平仮名のテキストを入力するよう指示した。入力させたテキストは、現代仮名遣いに直した「いろは四十七文字」、ついでイソップ童話「北風と太陽」計 275 字である。被験者には、以下のことを教示した。

- 意図したスイッチ入力ではあったが、狙った位置からずれたタイミングでスイッチ操作をしてしまった場合には、訂正せずそのまま続行すること。(この種の誤りは、自動的に訂正できる可能性がある [3] からである。)
- 意図していないのに誤ってスイッチ入力をしてしまった場合には、その直後に ESC キーを押すこと。

実験中の被験者の習熟を考慮し、被験者には以下の順序に従い異なる条件で文章を入力させた。(後ほど難易度高)

- (1) 棒直径 5 mm, 利き手で操作
- (2) 棒直径 5 mm, 反利き手で操作
- (3) 棒直径 10 mm, 利き手で操作
- (4) 棒直径 10 mm, 反利き手で操作

データ収集のために開発した走査型文字入力システムでは、ESC を押すとその直前のスイッチ入力がキャンセルされる。つまり、列選択中のスイッチ入力であれば ESC 押下により列選択状態に戻る。また、行選択中のスイッチ入力であれば、ESC 押下により直前の出力 1 文字がキャンセルされ、既に選択された列内での行選択状態に戻る。ESC キーによって誤ったスイッチ操作が「なかったこと」になるインターフェイスは被験者のストレスを軽減させたと考えられ、ほとんどの被験者は誤スイッチ操作時に ESC キーを積極的に使用した。

しかしながら、実際には ESC キーによる申告は完全ではな

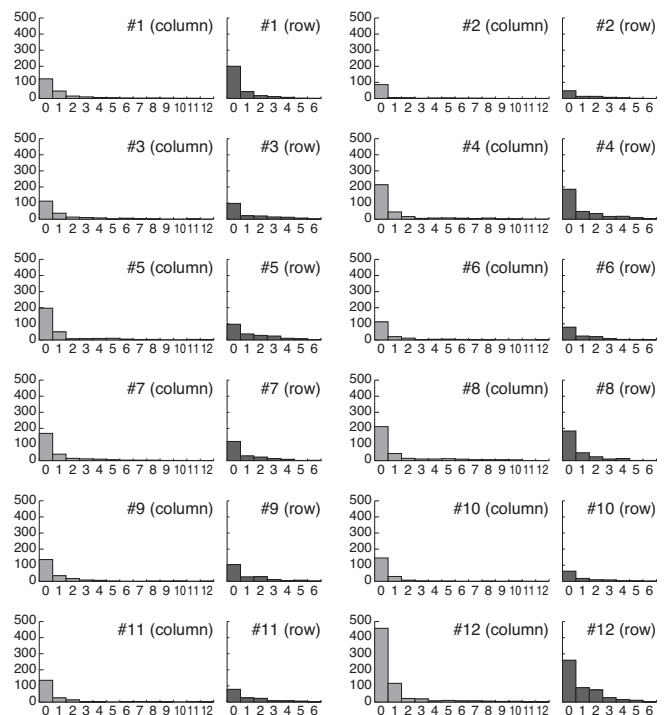


図 4 列・行ごとの偽入力回数分布



図 5 スイッチ操作時刻の例。印は真入力の時刻を、×印は偽入力の時刻を表す。

かった。例えば、多くの被験者は、通常はスムーズに続けて入力を行うが、一度誤スイッチ入力をしてしまうと、動揺によりその後も連続して誤る傾向がある。このような場合には、短い時間に非常に多くの誤スイッチ入力が発生するため、その全てを ESC で申告させることは困難であった。また、特に列選択中の誤スイッチに対し、ESC を使わずもう一度スイッチ操作を行うことによって強引に列選択状態に戻ってしまう被験者が存在した。これらのことから、ESC キーの使用記録はあくまで参考としかならず、各スイッチ操作が真入力か偽入力かは、入力中の文や前後関係などから第 1 著者がデータを総合的に判断し、主観的にラベリングを行った。

4 条件の文章入力実験に要した時間は、平均 164 分であった。12 名の被験者の列・行ごとの偽入力回数分布を図 4 に示す。偽入力の頻度は被験者ごとにかなり差があったが、列なら左方、行なら上方に向かって偽入力の頻度が高いことがわかる。

図 5 に、被験者 #1 が「あるひきたかぜとたいようはちからくらべをしました」と入力しようとしている時のスイッチ操作時刻を示す。この例に典型的に見られるように、誤ったスイッチ操作の出現傾向として、

- 真入力に前後して単発的に起こるケース
- 短時間に多数回連続して起こるケース

の両方があることが一般的に観察された。このことから、作業中の被験者の精神状態として、平静状態と動揺状態が存在すると思えることができる。この解釈では、前者が平静に、後者が

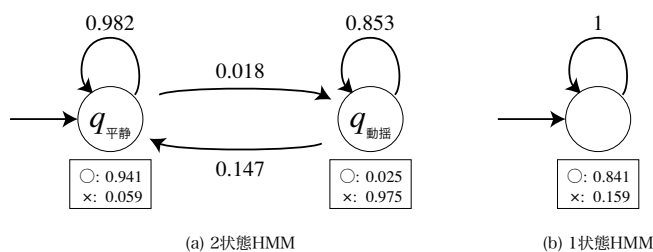


図 6 ユーザ状態モデル

動揺に対応した状態となる。この傾向は、脳性麻痺における精神的な動揺による不随意運動の増大に似ているとも考えられる。

4. 不随意運動を伴うスイッチ操作過程のモデル化

前節で観察されたように、模擬データの分析結果から、被験者には平静状態と動揺状態があり、平静状態でも誤スイッチ操作は起こり得るが、一度動揺状態に入ると平静状態に戻るまで連続して誤スイッチ操作を起こす傾向があるという解釈があり得る。

この過程を、図 6(a) に示す 2 状態の隠れマルコフモデル (HMM) でモデル化することを考えた。ここで、矢印に付与された数値は状態遷移確率、枠内に表示された数値は各状態に移る時に真入力および偽入力を発生する確率である。HMM のパラメータは前節で収集したデータから学習した。

なお、2 状態のモデルの有効性を検証するため、比較対象として状態に依存せず一定確率で真入力/偽入力を発生するモデル (図 6(b)) も同時に学習した。

HMM の状態遷移確率を a_{ij} 、真入力/偽入力の発生確率を $P(v|q)$ と書くと、式 (11) 内のユーザ状態モデルに関する項 $P(v|q)$ および $P(q)$ は次のように計算できる。

$$P(v|q) = \prod_{t=1}^T P(v_t|q_t) \quad (16)$$

$$P(q) = \sum_q \prod_{t=1}^T a_{q_{t-1}q_t} \quad (17)$$

式 (17) の総和計算は、実際には式 (15) の q に関する \max により近似して計算する。

5. 評価実験

提案法による誤スイッチ操作検出法の有効性を、シミュレーション実験により調べた。評価テキストは「北風と太陽」228 文字を 1000 回繰り返すことで作成した。テキストから求められるスイッチ操作位置系列に対し、図 6(a) に示した 2 状態の HMM に従いランダムな位置に偽入力を混入させた。偽入力の位置は、図 4 に示した偽入力発生位置分布の全被験者にわたる総和から求めた偽入力位置モデルに従いランダムに発生させた。

この偽入力が混入したスイッチ操作位置系列を入力とし、式 (15) を解くことで偽入力の検出を行った。ユーザ状態モデルは、シミュレーションで使用している 2 状態モデルのほか 1 状態モデルを、また偽入力位置モデルは、シミュレーションで使

用したモデルのほかモデルなし (一様分布) としたものを比較した。言語モデルとしては、過去の研究と同じ仮名 4-gram を用いた [3]。式 (15) は入力フレーム単位の漸化式に変形し、Viterbi アルゴリズムによって事後確率最大を最大にする真入力/偽入力系列およびユーザ状態系列を求めた。計算量削減のため、各フレームで尤度が上位 500 位までの仮説だけを残すビームサーチを行った。

性能の評価には、検出した偽入力の再現率・適合率および F 値、さらに出力される列の文字正解精度を用いた。文字正解精度は次式で定義される。

$$(\text{文字正解精度}) = \frac{N - S - I - D}{N} \times 100(\%) \quad (18)$$

ただし、 N は評価テキストの総文字数、 S は誤り文字数、 I は挿入文字数、 D は脱落文字数である。

結果を表 1 に示す。偽入力の検出を全く行わず、スイッチ操作位置をそのまま文字として出力した場合の文字正解精度は 45.64% であり、言語として理解することはほとんど不可能である。

偽入力位置モデルと 2 状態のユーザ状態モデルを併用した場合には、偽入力の約 94% を検出することができた。検出した偽入力が正しい割合は約 92% であり、検出精度は比較的高いものであったが、一部ではやや過剰に検出されていた。2 状態のユーザ状態モデルの場合、一度動揺状態と判断されると連続して偽入力と判断され、このとき真入力がまとめて削除されてしまうことがあった。文字正解精度は 91.48% であり、処理を行わない場合の 45.64% から大きく改善することができた。

一方、1 状態のユーザ状態モデルを用いた場合、つまりユーザ状態を考慮しなかった場合でも、文字正解精度は 87.95% となり、誤スイッチ検出が可能であることがわかった。しかしながら、2 状態のユーザ状態モデルを用いた場合と比較すると検出精度は悪く、 F 値で約 0.06 ポイント劣っていた。このことから、2 状態のユーザ状態モデルを利用して誤スイッチ検出を行うことが有効であることが確認できた。

偽入力位置モデルを用いない場合には、検出した偽入力の適合率が低下した。すなわち、意図した入力であったのにキャンセルしてしまう割合が増加し、結果として文字正解精度も低下した。

図 7 に処理結果の一部を示す。

6. おわりに

本報告では、走査型文字入力における誤スイッチ操作検出の理論的枠組を提案した。偽入力の検出問題が、与えられた真偽不明のスイッチ操作位置系列に対し、偽入力位置モデル・ユーザ状態モデル・言語モデルから計算される事後確率を最大化するような真入力/偽入力系列を探索する問題となることを示した。

不随意運動を模擬するため、健常者 12 名による負荷下文章入力実験を行い、偽入力発生頻度・位置分布のデータを収集した。その結果、誤スイッチ操作の出現傾向として、単発的なものと、短時間に連続して起こるものの 2 種類があるという見通

表 1 偽入力検出実験結果

偽入力位置モデル	ユーザ状態モデル	再現率	適合率	F	文字正解精度
なし	1 状態	0.8623	0.8336	0.8477	84.92%
なし	2 状態	0.9477	0.6985	0.8042	79.23%
あり	1 状態	0.8503	0.8744	0.8622	87.95%
あり	2 状態	0.9396	0.9176	0.9285	91.48%

<p>あるひ きたかぜとたいようは ちからくらべをしました たびびとのかいとうを ぬがせたほうが かちということをきめて まずかぜからはじめました かぜはようし ひとめぐりにしてやろうと はげしくふきたてました ふげばふくほど たびびとはかいとうを びったりからだにまきつけました つぎはたいようのばんになりました たいようは くものあいだからかおをだして あたたかなひごしをおくりました たびびとは だんだんよいところもちになり とうとうがいとうをぬぎました そこでかぜのまけになりました</p>	<p>かと けすかきなうぶ ようは ちからくらべをしました たびびとのかいとうを ぬが ぬご が かちということをきめて まずか なあ らはじめました か なお うち は とめぐりにしてや つ はげしくふきたてま しす ふげばふく ふは たびびとはかいとうを ったりか くかえ かすた まし つぎはたいようのは いてせか き た たい と くもの す かあ らかお すかいす あたた けこしかいし はた ま すか るこさ びとは だんだんよいところもちに か とうとうがいとうをぬぎました そこたなあき なえ かねせか きす</p>	<p>あるひ きたかぜとたいようは ちからくらべをしました たびびとのかいとうを なかいえたほうが かちということをきめて まずかぜからはじめました かぜはようし ひとめぐりにしてやろうと はげしくふきつにした ふげばふくほど たびびとはかいとうを びったりからだにまきつけました つぎはたいようのばんになりました たいようは くものあいだからかおをだして あたたかなひごしをおくりました たびびとは だんだんよいところもちになり とうとうがいとうをぬぎました そこでかぜのまけになりました</p>
---	--	---

(a) 原文

(b) 偽入力検出なし

(c) 提案法 (2状態モデル)

図 7 誤スイッチ検出後の出力例

しを得た。

この観察に基づき、不随意運動を伴うスイッチ操作過程を、ユーザ状態モデルとして 2 状態の HMM でモデル化した。また、位置分布の統計に基づき、偽入力位置モデルを作成した。

作成したユーザ状態モデルおよび偽入力位置モデルに基づき、文章入力時に偽入力が混入する状態のシミュレーションを行った。また、このときのスイッチ操作位置系列を入力として、提案法により偽入力を検出する実験を行った。その結果、 $F = 0.928$ の精度で偽入力を検出することができ、出力される文章の文字正解精度を大幅に向上させることができた。

今後の課題としては、不随意運動のより高精度なモデル化が挙げられる。例えば、これまでの予備検討により、カーソルの移動タイミングに同期した入力タイミングの分布形状には、真入力 / 偽入力で大きな差があることがわかっている。また、偽入力は真入力直後の短い時間に発生する傾向がある。これらを含めた、判別のための手がかりを多数組み合わせることで、検出精度をさらに向上できることが期待される。

謝 辞

脳性麻痺のコミュニケーション支援について日頃ご指導を賜る国立障害者リハビリテーションセンター 中山 剛 氏に感謝します。

文 献

- [1] 情報福祉の基礎研究会編著: “情報福祉の基礎知識,” ジアース教育新社 (2008).
- [2] 森 大毅, 粕谷 英樹: “走査型文字入力における自動誤り訂正

式,” ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.8, No.1, pp. 195-202 (2006).

- [3] 森 大毅, 粕谷 英樹, 森田 光哉, 中野 今治: “走査型文字入力におけるスイッチ操作タイミング特性の測定とその自動誤り訂正への応用,” 信学技報, TL2006-48, SP2006-136, WIT2006-80 (2007).
- [4] 森 大毅, “ALS と意思伝達—スキャン型文字入力における言語的戦略,” Brain and Nerve, Vol.59, No.10, pp. 1155-1162 (2007).