
 論 説

公職選挙のための電子化投票システム

Electronic Voting System for Public Election

拓殖大学 石山 幸男
拓殖大学 野田 健一

概 要

民主主義の正常発展には、迅速・簡易・公正な選挙制度が不可欠である。日本に近代国家が誕生してから百余年。特に戦後、民主主義が広く深く浸透した現代においても、また、コンピュータを中心とした高度情報化社会を迎えても、明治時代に創設された「公職選挙法第46条」に拘束されて、合理的でかつ安全な電子化投票制度がいまだに確立されていない。選挙の電子化で一番配慮しなければならないのは、ハード・ソフト・伝送にわたってのセキュリティとコストパフォーマンスの問題である。これまで

Abstract

To grow healthy democratic society, it is necessary to renew the old and inefficient election systems with more speedy and more simple ones. In many modern democratic countries, electronic technology applied public election systems have already been introduced as most important social systems. The modernized Japan was born more than 100 years ago, but its social system and custom are still on the way of development in a sense. Improvement of the election systems is restricted by several conventional laws and

実用化ないしは提案されてきた選挙の電子化は、これらの面で十分と言えただろうか。

最近、国会においてもこの投票制度が議論され、「記号式」投票にすると発表されたが、その後、次の衆議院選は「自書式」にすると変更された。そこで本論では、現在も続いている「自書式」の場合の電子化について提案し、次に、将来「記号式」に移行した場合の電子化について論じ、最後に、将来の究極的な電子化投票システムについて、そのアイデアを含め可能性を追求してみたい。

old customs. In many elections, voters must “write” a candidate using a pen, instead of operating simple keywords or switches. Recent rapid progress of electronic technology has made it possible to innovate the election systems to more smart ones. This paper proposes new electronic public election systems to get more efficient, speedy and security maintained systems, keeping good compromise with conventional laws and customs. In this paper, also described images of future ultimate election systems taking advantages of sophisticated AI technologies.

1. 背景と目的

平成8年5月8日付読売新聞マルチメディア欄に「電子投票システム“お蔵入り”の憂うつ」と題する記事が掲載されていた。海外では、アメリカのいくつかの州やオランダ、ベルギー等で実際に電子投票を実施しており、インド等30数カ国が試験導入やシステムの開発中と伝えている。

「知的所有権をめぐる国際競争は急ピッチ、政府の取り組みが遅れば、将来、特許料の支払いなどで莫大な損失を生じかねない」と政治広報センター社長宮川氏の談話である。

これまでの「自書式」投票では、その開票・集計に莫大な労力と時間を要した。因みに八王子市の場合について調査した所では、平成7年7月の参議院選挙では、選挙人、378,962人、投票所74カ所、開票・集計に608人（主として市の関係者）、開票時間pm7:00~12:00までの5時間、これを時間外勤務手当、平均時給2,000円とすると、一晩で約600万円の経費がかかったことになる。因みに全国では、投票所の数は約52,500カ所、センターに相当する市町村の数は約3,500、これらから推定すると、昨年の参議院選挙の開票・集計の人件費だけで、全国では約50億円費やしたことになる。

実際にはこの他に受け付け、立会人等の休日出勤手当などがつくわけで、その費用は莫大になる。これが衆議院選挙や地方選挙等を考慮すると、やはり一日でも早い電子化の実現が望まれる。これは費用だけの問題ではなく、開票に夜半までかかる方がもっと大きな問題である。

これまで日本でも電子化の具体的な提案をしてきた会社もあり、また展示会等もあったが（前記読売新聞による）、セキュリティやハッカー対策が万全であったか、またコストパフォーマンスが適切であったか、自書式や記号式対応はどうか等々、筆者もこれを見学して色々問題があるように思えた。そこで「自書式」なら自書式に一番適切な方式を、「記号式」なら記号式に一番適切なシステム

を提案すべきではないか、というのが筆者の持論である。以下、このような考えで論じたい。

2. 電子化投票システムの狙いと特徴

(1) 開票・集計の迅速化

本システムの最大の狙いであり、投票終了と同時に開票・集計が完了する。

(2) 完全なセキュリティ

ハード、ソフト、伝送にわたっての二重三重の安全性の確保。

ハード面では、信頼性の高い部品を使用。

ソフト面では、パスワードや二重三重の確認。

伝送面では、暗号化やシステムセキュリティ。

(3) 高度なマンマシンインタフェース

押しボタンやセンサを利用し、音声やLCDによるガイダンス。

(4) 優れたコストパフォーマンス

シンプルでコンパクトかつ高機能で低コスト。

(5) 身障者への配慮

LCD（聾啞者）と音声（盲人）によるガイダンス。

以上の他に次のような波及効果もある。

1) 無効票が少なくなる

数字を読み取るため。

2) 集計計算ミスがなくなる

全てコンピュータが行うため。

3) 出口調査の必要がなくなる

投票率等タイムリーにデータが出せる。

4) 終了後種々な統計データがすぐ出せる

男女別、年代別等の統計がすぐ出せる。

3. 「自書式」投票の電子化

(1) システム

投票所における基本的な投票システムは変更しない方が良い。投票者が戸惑うからである。従って、投票所内での投票者の流れは従来と同じである。従来方式と異なるのは、投票用紙に候補者の名前の他に、あらかじめ決められた候補者の番号

を書くことである。投票者は、この名前と番号を書いた投票用紙を、投票箱の所定の場所に挿入するだけでよい。投票者にとっては他には何も従来と変わらないが、これで電子化には大きな効果がある。

具体的には、図1のような流れになる。まず、選挙人には投票案内ハガキがあらかじめ送付される。これを持って投票所へ行くと、受付で選挙人名簿と照合され投票用紙を渡される。図2は投票用紙の一例である。これを持ってブースの中に入ると、眼前に候補者名とその番号が記された一覧表が張り付けてある。この中から該当の候補者の名前と番号を記入する。この時ブースの中から「候補者の名前と番号を記入して下さい」とガイダンス音が流れる。投票者は、この用紙を持って投票箱の前に立つと、「用紙を表にして挿入して下さい」とガイダンスが流れる。挿入すると、内部に文字読取装置があり、手書きされた数字を瞬時に読み取り、その結果はLCD（液晶）に表示され、これを投票者が確認して正しければ確認ボタンを押して投票は完了する。この時音声にて「候補者の名前と番号を確認して下さい。正しければ確認ボタンを押して下さい」とガイダンスされる。ま

図1 Voter's flow and transmission route

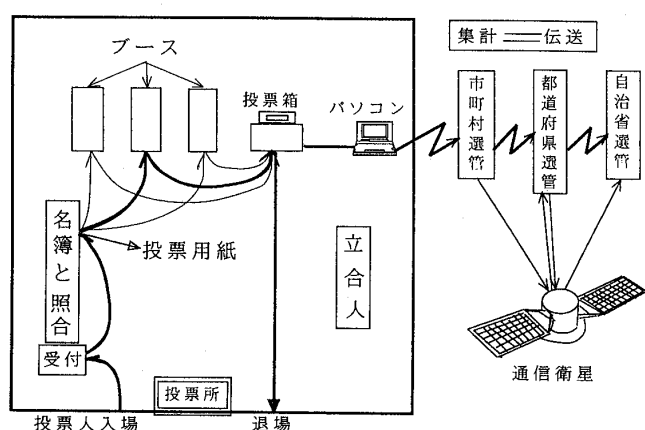
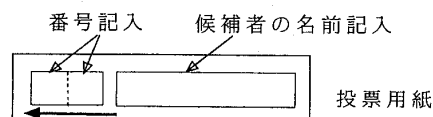


図2 Voting paper



た、聾啞者に対してはLCD、盲人に対しては音声でガイダンスされる。ただし盲人に対してはプライバシーのためイヤホーンを用いる。

このように、各ブースにはLCDとスピーカがあればよく、また、文字読取装置は、2桁の数字を読み取り、ガイダンス用のLCDとスピーカがあればよい。その他に、投票所1ヵ所当たり1台のパソコンがあればよい。このように投票所に設置する機器や装置は、簡単でコストも安価にできるのが最大の特徴である。また、自分が投票した候補者の名前と番号が最終的に記録されたかどうかを自分で確認することができるのも大きな特徴である。

衆議院選挙の場合、同時に最高裁判事の国民の審判があるが、これは〇×式なので、センター(市町村)単位で簡単な読取装置があればよい。

(2) セキュリティ

コンピュータを中心とした情報化が高度化するにつれ、その犯罪も巧妙になってきた。いわゆる情報セキュリティの問題が、電子化投票システムにおいても重大な問題である。

1) ハードウェア

システム自体が単純なため、使用する機器、部品もあまり高級な物ではなく、従って、既製品で実績が多く、壊れにくい物ばかりである。

まず、ブース内では、センサやスピーカは表からは見えなくし、LCDは強化ガラス等でカバーする。投票箱もプライバシーのためブースにし、センサやスピーカは同様に表から見えず、LCDにはカバーする。肝心の文字読取装置は非接触型(OCR等)を使用するなどして寿命を長くする。パソコンはラップトップ形とし、伝送する時以外はカバーをしておく。故意に人為的(ハンマー等で)に破壊しようとする者に対しては無防備であるが、通常の人間の手ぐらいでは壊れない。従来どおり、立会人もいることでもあり、前例もないことなのでその心配はないと思うが、万が一そのような場合でも投票券が残るため、これまで

同様人手による開票ができるのが大きな利点である。

2) ソフトウェア

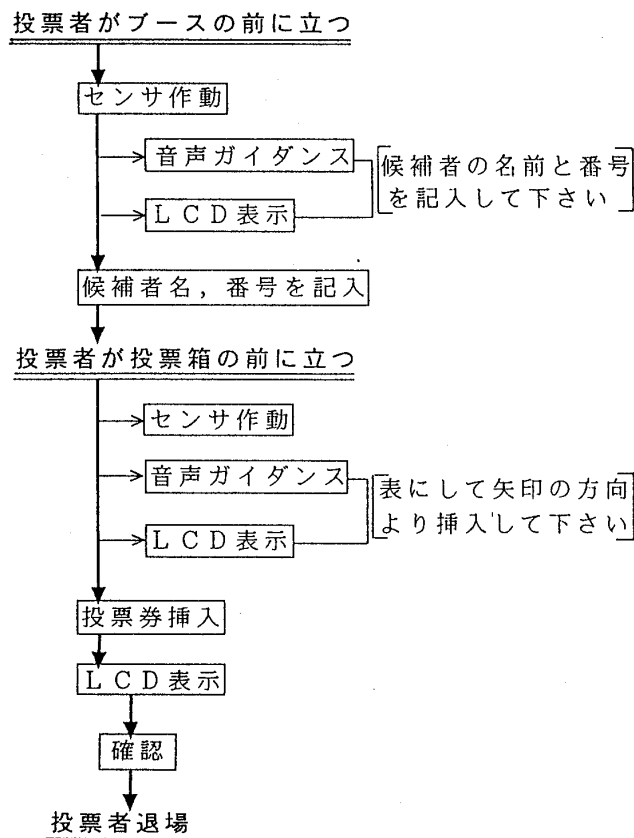
記入するブースも投票箱用ブースもマイコンで制御され、投票箱のデータはパソコンに送られ蓄積される。停電などでシステムダウンした時は、電池で自動的にバックアップされる。また、投票箱は、万が一のため予備を準備する。このように投票所内では、スタンドアロンとなるのでハッカーの心配はない。投票が終了するまでは外部と接続しないからである。問題は、投票が終了してセンターと接続し伝送する時である。これは、電話回線を使って行い、通常はパスワードを使用する。パスワードはセンターでしかわからない。それでもハッカーの襲撃を受けたときどうするか。ハッカーにはデータの破壊とデータの漏洩がある。データの破壊にはバックアップを取っておき、フロッピーをセンターへ届けばよい。データの漏洩は機密レベルの問題である。選挙のデータは、いずれ開示されるわけで、時間の問題である。従って、それほど機密レベルは高くない。ただし、専用回線で常時センターと接続した場合は、機密レベルは高くなるので注意を要す。

図3は投票所における投票者の流れを示す。

3) ネットワーク

図1に示すごとく、市町村選管から都道府県選管、次に中央選管へと伝送するのは、衛星通信か専用通信回線を使用する。この場合は、やはりハッカー対策が必要となる。そのため、暗号による伝送が望ましい。それでもハッカーは防止できないかも知れない。現在では、パソコン通信やインターネットでのハッキングは防ぎようがないとされている。データの漏洩に関しては、個人レベルで考えると、さほどメリットもない選挙に多大の投資をしてまでハッキングをするだろうか、ということと、そのデータは時間の問題で短時間に開示されるものであり、機密レベルがあまり高くないこと等からして、そんなに恐れるものではないと判

図3 Voting flow chart



断する。問題は、データ伝送時の妨害である。組織的に意図を持って妨害しようとするれば防ぎようがないかも知れない。広帯域で高レベルのノイズ等である。ただしこれらは現在の選挙下でも同様の問題を抱えているわけであり、これまで何も発生していないことからして杞憂であるかもしれない。

(3) コストパフォーマンス

本システムは、基本的には従来とあまり変わらずして、安全で迅速な開票・集計に絶大な効果を発揮するものである。即ち、新たに設置するのは投票箱内の文字読取装置とパソコンで、投票所1ヵ所当たりによれば、これまで提案されてきたどの案よりも安い経費で済むはずであり、実現性が高い。中央選挙、地方選挙など全ての選挙に使用できるので、2～3回の選挙で元が取れるだろう。特にハードでは新たに開発するものではなく、製造

期間も短時間で完成することができて、次期衆議院の解散時期によっては、間に合わせることも容易であろう。「自書式」投票のメリットを生かし、安い費用で大きな効果が期待できるコストパフォーマンスの良い本案を提案するものである。

(4) バリエーション

もう一段進んだ電子化について考えてみたい。選挙の場合、投票率を初め色々知りたい統計的なデータがある。例えば年代別の投票率、男女別の投票率等である。投票率は開票・集計によって計算できるが、その他は出ない。そこで、各選挙人に届けられる投票案内ハガキの下側にバーコードで男女の区別、年代の区別を記述しておき、選挙人名簿の照合が済んだら、バーコードリーダーで読み取り、これをパソコンにメモっておく。投票が終了してからこれらのデータをグラフ化することも簡単にできる。

また、このバーコードを使って本人確認をするという方法もある。それは各投票所とセンターを専用回線で結び、投票所で読み込んだデータをセンターのコンピュータが判断し知らせるというものである。これは迅速な照合ができる等のメリットもあるが、ハッカー対策など難しい面もあり実現性に乏しい。

4. 「記号式」投票の電子化

(1) システム

投票所における投票者の流れは「自書式」と同じように、従来と基本的には変えない方がよい。具体的には図4のような流れになる。まず、投票者は入場ハガキを持って投票所に入ると、受付で選挙人名簿と照合し磁気カードを貰う。この磁気カードを持って投票機のブースの前に立つと、センサが作動し、「磁気カードを差し下さい」と音声とLCDによりガイダンスされる。カード挿入口をわかりやすくするために回りにLEDが点滅する。磁気カードを挿入すると、「候補者の番号を押して下さい」と音声とLCDによりガイダンス

される。各候補者にはあらかじめ番号を決め、ブースの前面に貼ってある。投票者はこれを見てテンキーにより番号を押す。その結果がLCDに表示され投票者はこれを確認して、正しければ「確認」ボタンを押す。「確認」ボタンを押すとプリンターより、候補者の名前と番号が印刷されたカードが出力される(図5)。次に「正しければ必ず○印を書いて下さい」とガイダンスが流れ、投票者はこのカードを確認し、正しければカードの所定の位置に○印を書き、これを持って投票箱の前に立つと、「カードを表にして矢印の方向より差し下さい」と音声とLCDによりガイダンスされる。カードを差し込むと、内部に文字読取装置があり、候補者の番号が読み取られる。このデータがパソコンに送られ蓄積される。数字の認識率は、現在では、印刷された数字の場合100%の水準にある。また、数字を読み取った後、LCDに表示し確認することもできる。この投票箱は前述の「自書式」の場合の構造とほぼ同様である。従って、「自書式」から「記号式」に変わってもそのまま使用することができる。もし間違えて番号を押した場合は、「取消」ボタンを押すと磁気カードが自動的に出てくるので、これを受付に持っていき初期化して最初からやり直す。カードは一度に1回しか使用

図4 Voter's flow and transmission route

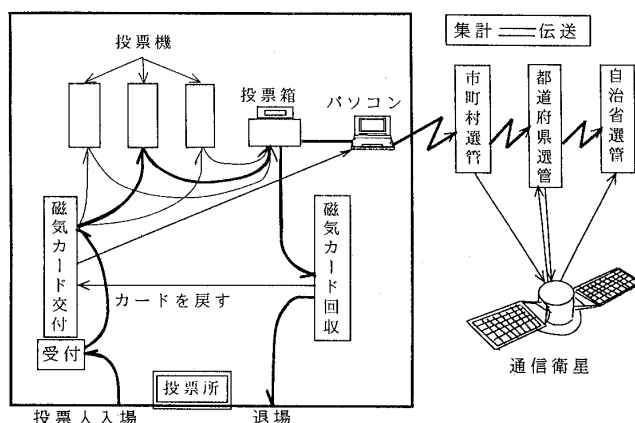


図5 Voting paper

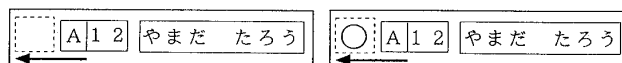
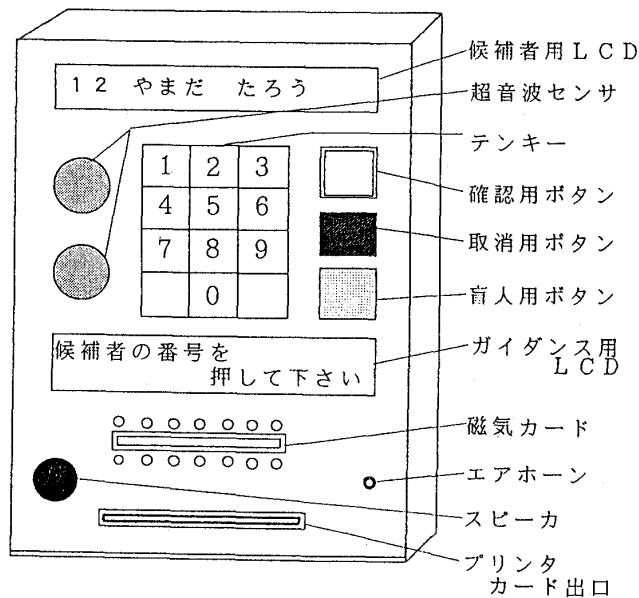


図6 Voting machine



できないようになっている。パソコンに蓄積されたデータをセンターへ伝送するのは「自書式」の場合と同様である。身障者に対する配慮も「自書式」の場合と同様である。盲人に対するガイダンスはエアホーンを使用する。これは他人に聞かれないようにするためである。また磁気カードは初期化して何回も使用する。

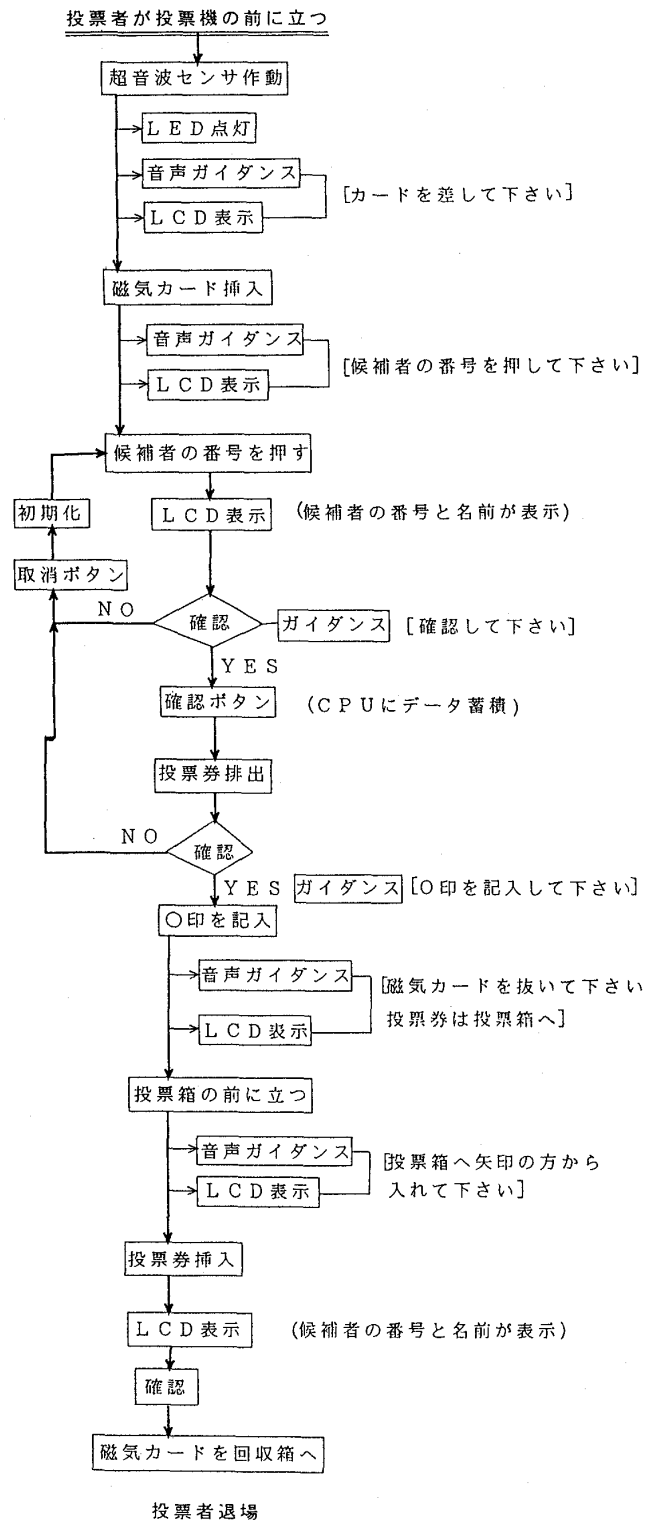
図6は、本「記号式」投票の投票機の外観を示す図であり、図7は「記号式」の場合の投票者の流れを示す。

(2) セキュリティ

1) ハードウェア

「自書式」の場合と同様に、構成する部品類は使用実績が多く、MTBF数万時間以上の信頼性の高いものを使用する。落雷に対する防御はアレスタ等により完全にする。外的な破壊に対しても十分な耐性を有する構造とする。この「記号式」で最大の特長は、もし、万が一何らかの故障が発生した時は、「自書式」に直ちに移行することができることである。このことを考慮すると、プリンタは本体とは切りはなして別置きにした方がよいかも知れない。また、その方が用紙の交換等も容易になる。

図7 Voting flow chart



2) ソフトウェア

本方式の特長は、二重、三重のチェックシステムをとったことである。まず初めに、選挙人名簿との照合、次に、候補者の番号を押すことによってLCDに名前と番号が表示され、これを確認、次に、プリントアウトされたカードで名前と番号を確認、最後に投票箱にカードを挿入して確かにデータが読み取られたかLCDにより確認する。本方式の場合も「自書式」と同様に、選挙が終了し伝送するまでは、外部と一切接続しないのでスタンドアロンとなるため、ハッカー等の心配はない。落雷等による停電の時の自動バックアップは当然考慮しておく。

3) ネットワーク

各投票所からセンター（市町村選管）への伝送、投票終了と共に電話線回線にてパスワードで送られる。市町村選管から都道府県選管、中央選管へと集計伝送されるが、「自書式」の場合に述べたように、妨害やデータの改竄がない限りデータの漏洩に関しては機密レベルが高くないと判断するので、さほど心配ない。既にある専用回線を利用して伝送すればよいと思うが、衛星通信を利用するのもよい。その場合暗号を使用する。

(3) バリエーション

1) バーコード方式

「自書式」の場合でも述べたように、性別や年代別のデータを入場案内ハガキにバーコードで記入しておき、これをバーコードリーダーで読み込み、そのデータを磁気カードライターで磁気カードに書き込む。前述の「記号式」では磁気カードは、システムを起動するために使用するが、この場合、後で必要なデータを同時に入力しておくものである。後でこれらのデータからグラフ化することも簡単にできる。

2) マークセンス方式

あらかじめ候補者の番号（背番号）を決め（2桁）ておき（ここまでは「自書式」「記号式」とも同じ）、マークシートにその番号をマークする。こ

図8 Mark-sensing card

選挙の種類	[参議院]			[地方区]			[全国区]			
1 桁目の番号	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	
2 桁目の番号	[0]	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
性別	[男]	[女]	年代	[20]	[30]	[40]	[50]	[60]	[70以上]	

れをカードリーダーで読み取る。その時、LCDに候補者の名前と番号が表示され、投票者はこれを確認して「確認」ボタンを押して投票は完了する。読み込んだデータはパソコンに蓄積される。

この方式は大変有力であるが、欠点は、イ)マークの仕方に慣れていないこと、ロ)カードが大きくなり保管が大変なことである。

図8はマークセンシングカードの一例を示す。

5. 21世紀の公職選挙システム

21世紀初頭には驚異的な情報化社会になっていることであろう。その1は、衛星通信や光ケーブル等を中心としたネットワーク技術、その2は、画像処理、音声認識、文字認識等コンピュータを中心とした情報処理技術、その3は、超LSI化技術である。このような背景下で近い将来の選挙システムを予測することは、さほど困難なことではない。その時は、現在の選挙法も改正されていることであろう。そして基本的には“在宅投票”システムである。その時の最大の難関は投票者本人の確認（特定）である。

(1) 本人確認方法

1) IDカード方式

これは一番簡単な方式であるが、カードの改竄の心配があり、国民総背番号制的で、プライバシーの問題などで日本人には馴染まない。

2) TV電話方式

21世紀初頭には光ケーブルが現在の電話線のように、全家庭に敷設されるだろうと報じられている。この時のメディアとしてTV電話の普及が挙げられる。現在主として防犯用に顔画像認識の研究が進んでいる。これはその人の目、鼻、口等の特長を画像処理によって認識し、本人であること

を特定することである。この技術は現在も進歩しており、21世紀の初頭には完成しているであろう。これと声紋とを組み合わせることで本人を特定する。

具体的には、あらかじめセンターのコンピュータにTV電話で顔画像と声紋を登録しておき、投票直前に照合し一致すれば本人とみなし投票することができる。投票は、TV電話は文字伝送もできる構造で、各家庭に送られてくる投票案内ハガキのバーコードを写すと、センターのコンピュータが読み取り、選挙人名簿と照合し、間違いなければ姓名をのって顔画像を伝送する。センターのコンピュータが顔画像と声紋を照合し一致すればセンターよりの指示で投票がOKとなる。投票は、投票案内ハガキの裏面の所定の位置に、候補者の名前をカタカナで大きく書いてTV電話で伝送するとこれをセンターのパソコンが文字認識しデータとして蓄積する。従って、センターのコンピュータはパソコンでは難しい。

また、TV電話で顔画像の代わりに指紋で照合し特定する方法もあるが、これも国民に受け入れられるかが問題である。

(2) TV電話式投票端末として必要な機能

1) 顔画像撮像機能

自分の顔をモニタリングできて、顔画像の大きさを一定にするための枠線が表示され、それに合わせボタンを押してセンターへ伝送する。センターでは、送られてきた画像の1フレーム分をデータとして記憶する。

2) 文字（文書）撮像機能

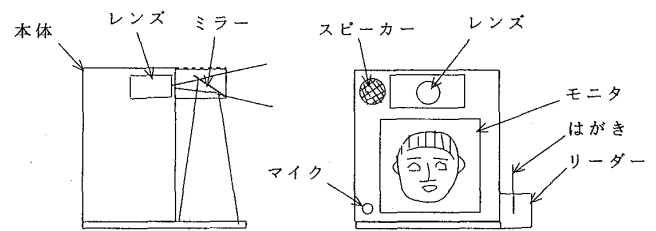
レンズ前面にミラーを配置し、机上面の文字（文書）を撮像する。投票の場合は投票案内用ハガキの裏面の所定の位置に大きく候補者の名前を書き、これを写し、センターへ伝送する。

3) カードリーダー機能

投票案内用ハガキにバーコードでデータを入れてあり、これを撮像してセンターに伝送する。または、バーコードリーダーを別に装備する。

4) 拡声電話機能

図9 TV-telephone



マイクとスピーカを装備し、音声入力や音声ガイダンスとして使用する。通常は拡声電話として使用する。

(3) センターのコンピュータの必要な機能

1) 画像の蓄積と識別

各家庭から送られてくる顔画像をメモっておき、投票時に送られてくる顔画像の特長を瞬時に判断識別する機能。

2) 文字認識

候補者の名前の手書き文字とバーコードを識別する機能。

3) 音声処理

投票者の声を分析し声紋をとる機能。

4) その他のデータ処理

(4) その他の方式

1) タッチセンサ方式

この方式も有力な方式の1つである。候補者の名前や顔画像がモニタにタッチすることによって次々と現れ、投票者はこれを見て確認してOKのマークをタッチするだけで投票が完了する。

将来、ハッカー対策が完全になったときは、投票所とセンターから中央選管までオンラインで結び、開票・集計が投票終了と同時に完了する。ただし、この方法では、在宅投票が難しい。

2) タブレット方式

入力ペンで画面をタッチすると次々に画面が変わり候補者を選択するという機能を有するもので

1)のタッチセンサ方式と似ているが、小形にすることができるので持ち運びに便利なことから、病院や公園やレジャーセンターなどへ持ち運び投票できるので、投票率を上げることができるが、問

題はいかにして本人確認するかである。前述のように、IDカードや指紋、声紋、顔画像等によらざるを得ないところが泣き所である。

6. あとがき

以上述べたように様々な方式が考えられるが、現時点では「自書式」なので「自書式」の電子化から始めるのが混乱が少ない。次に「記号式」の電子化を行い、最終的には選挙法を改正したときの電子化はどうあるべきかを考える。その時本提案では、「自書式」から「記号式」に移行したときにも同じ投票箱が使えるし、「記号式」から選挙法改正後の電子化には、「記号式」のプリンターを外せばそのまま使用できる等、一貫して経費の節減ができる。

平成8年10月4日の読売新聞で10月3日にブラジルで行った“電子投票箱”の記事が載っている。それによると、人口20万以上の54都市に導入し、これまで開票・集計に平均3日を要していたのが、6時間に短縮できたとある。また、11月1日の読売新聞の論説で政治広報センターの宮川氏が電子式投票制度の導入を力説し、その中で、先の衆議院総選挙で、戦後最低の投票率(59.65%)に加えて無効票も戦後最高を記録したとある。小選挙区では2.97%、比例区では4.58%にものぼったとある。このようなことからしても公職選挙の電子化の導入は緊急かつ必要かくべからざる問題であり、その時、本提案が少しでもご参考になれば幸いである。