

# 運用コストに配慮した対距離料金制システム対応の有料道路向け通行券発券装置

Cost-Effective Ticket Issuing Machine for Distance-Based Toll Systems

竹井 賢史 末木 信之

■ TAKEI Satoshi

■ SUEKI Nobuyuki

道路ネットワークの拡大に伴い、走行距離に応じて料金を収受する対距離料金制システムの導入を検討する道路事業者が増えている。対距離料金制システムに対応した通行券発券装置は20年以上前に開発されているが、高機能で高価なことから比較的小規模な道路事業者のニーズに合わず、これまでほとんど設置されていない。

そこで東芝は、このようなニーズに対応するため、運用コストに配慮した対距離料金制システムに対応できる通行券発券装置を開発した。都市高速や一般有料道路で求められる必要最低限の機能を備え、連続発券枚数の増加や、発券時間の短縮、耐環境信頼性の向上などを実現している。

With the expansion of road networks in recent years, expressway operators have been considering the introduction of distance-based toll systems. However, it is still difficult for small-scale expressway operators to introduce the ticket issuing machines required for a distance-based toll system due to their high functionality and high cost.

As a solution to this issue, Toshiba has developed a new ticket issuing machine for distance-based toll systems that can reduce the operating cost. This machine is equipped with the minimum functions necessary for urban expressways and tollways, while increasing the number of tickets that can be continuously issued, shortening ticket processing times, and offering improved environmental robustness.

## 1 まえがき

これまで都市高速道路での料金収受は、走行距離にかかわらず一定の料金を収受する均一料金制であった。これは大都市の膨大な交通をスムーズに処理する必要があり、また出口に料金所を設けるスペースの確保が難しいためである。しかし、道路ネットワークの拡大に伴い、利用の程度に応じた公平負担、及び柔軟な料金適用の考え方から、対距離料金制システムの導入を検討する道路事業者が増えてきている。

対距離料金制システムでは、走行距離に応じて料金を収受する。特に現金精算を行う場合、入口車線で通行券が発行され、出口車線で通行券に記録された入口情報から通行料金を算出し、係員が料金を収受する。

この対距離料金制に対し、1986年に通行券発券装置が導入され、入口車線での通行券発行業務が自動化された。大規模な高速道路では、通行料金が最大で10万円以上になる場合がある。この装置は、通行券の偽造・不正防止対策などセキュリティ向上の観点から、通行券は磁気記録方式により、入口料金所や発券日時のほか、車両固有の情報も記録でき、高機能で、かつ高価である。一方、都市高速や一般有料道路では、普通車の通行料金が数百円程度で、通行券偽造や不正の可能性が低いことから、前述のような装置はオーバスペックかつ運用コストの増大につながるためほとんど設置されてこなかった。



図1. 対距離料金制システムに対応した通行券発券装置 — 初めて利用する人にもわかりやすいよう視認性の高い外観とした。

Ticket issuing machine for distance-based toll systems

しかし、このような道路でも対距離料金制システムの導入が求められており、東芝は、比較的小規模な都市高速や一般有料道路向けに必要な最低限の機能だけ搭載した通行券発券装置を開発した(図1)。必要最低限の要件は次のとおりである。

- (1) 利用者に遅延なく通行券を発券
- (2) 屋外で24時間365日稼働
- (3) 運用コストに配慮

ここでは、今回開発した通行券発券装置の概要と開発の技術ポイントや特長について述べる。

## 2 通行券発券装置の概要

一般的な対距離料金制システムの入口料金所に適用される通行券発券レーンの構成を図2に示す。

通行券発券装置は、通行券を発券する発券ユニットや、機器の異常表示と係員による各種操作を行う操作表示部、車両の進入情報から発券のための情報を生成する主制御部、各種機器との接続を行うインタフェース部などから成る(図3)。

発券ユニットは、ロール紙をカットする巻紙カット処理部、

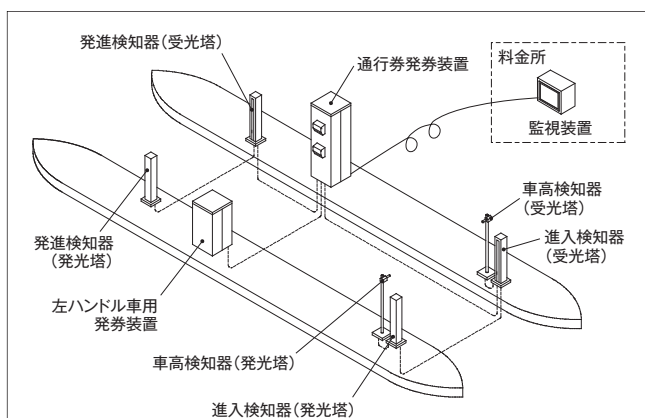
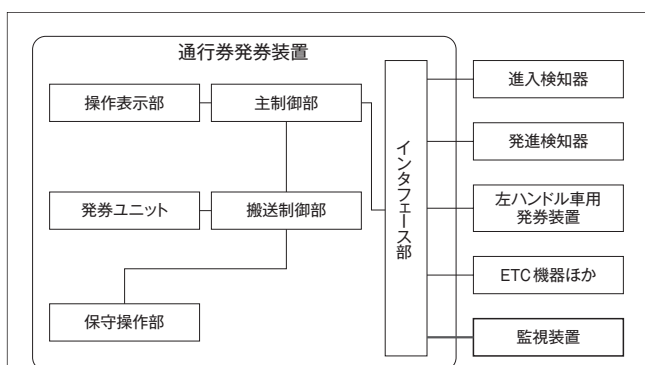


図2. 対距離料金制システムの入口料金所における通行券発券レーン— 進入する車両の高さを検出し、車高に応じて通行券発券装置から通行券の自動発券を行う。

Configuration of ticket issuing lane at toll gate entrance of distance-based toll system



ETC：自動料金収受システム

図3. 通行券発券装置の内部ブロック図— 通行券発券装置は、発券ユニットや、操作表示部、主制御部、インタフェース部などから成る。

Internal block diagram of ticket issuing machine



図4. 左ハンドル車用発券装置— 発券ボタンを押すことで、通行券が発券される。

Ticket issuing machine for left-hand-drive cars

料金所名ほかを印字する印刷部、通行券を発券口へ搬送する搬送部などで構成されている。操作表示部は入力するためのタッチパネルと画面から成り、主制御部はCPUやメモリ、ストレージデバイスなどで構成されている。また、利用者と係員との通話を目的として設置されるインタホンの子機を装備している。

左ハンドル車に対しては、同様の発券ユニットを持つ左ハンドル車用発券装置(図4)を設け、装置前面の発券ボタンを押すと通行券が発券される。

レーン上に設置されるこれら2種類の発券装置のほか、係員が料金所のブース内で発券を行うための卓上タイプも含め、3機種の通行券発券装置を同時に開発した。

また、無人となるレーン上の機器の監視については、通行券発券装置に接続された監視装置によって、係員が車線や機器の状態を常時監視できるシステム構成になっている。

## 3 開発の技術ポイントと特長

この装置の開発にあたり、従来の技術資産活用及び信頼性確保の観点を踏まえ、従来機に対する優位性を確保できる仕様を必要最低限の機能で満足させた。ここではこれらの具体的な技術ポイントについて述べる。

通行券発券装置の基本仕様を表1に示す。

### 3.1 連続発券枚数の大幅増加

通行券発券装置は無人で動作するため、通行券切れは運用の停止につながる。これを防ぐため、通行券用ロール紙を2巻

表1. 通行券発券装置の主な仕様

Main specifications of ticket issuing machine

項目	仕様	
寸法	50(幅)×75(奥行き)×190(高さ) cm	
通行券	ロール紙2巻 (自動切換え, 57.5 mm幅, 感熱直接印刷)	
連続発券枚数	最大で7,400 (3,700×2) 枚	
情報記録方式	バーコード	
発券時間	下段	2.5 s
	上段	3.5 s
設置環境温度	-10~50℃	
設置環境湿度	20~95%	

表2. 連続発券枚数

Comparison of number of tickets able to be continuously issued by conventional and newly developed ticket issuing machines

項目	従来機	開発機
メイン (枚)	3,000	3,700
サブ (枚)	1,500	3,700
連続 (枚)	4,500	7,400

装填(そうてん)できるようにした。同時に、通行券補充作業による装置の運用停止を回避するため、発券動作を継続したままでもロール紙を装填できるようにした。発券処理中であっても券紙の挿入を自動検知し、新規ロール紙の装填方向の正誤検知及び券紙の頭出し処理までの一括処理を行う。これにより、最大で7,400枚の連続発券ができるようになった。これは従来機と比較し、約1.6倍の連続発券枚数となる(表2)。

### 3.2 発券時間の短縮

通行券発券に際し、印刷処理などの発券処理時間の増大は利用者サービス低下につながるため、従来の通行券では入口の料金所名をあらかじめ印刷済みの券紙を使用している。この場合、通行券の券種を料金所ごとに準備する必要があり、道路事業者としてはコストと管理の面で大きな負担となっている。

今回開発した装置では、すべての料金所で同じ通行券用ロール紙を使用し、入口情報として料金所名を印刷する。これは従来方式に比べて印刷範囲が拡大するため、発券処理時間の増加を招く。また高温環境下となる車内放置を考慮し、通行券には高温でも変色しにくい特性の感熱紙を採用しており、印刷処理時間が増加する要因になっている。しかし、利用者の発券待ちなどのサービス低下は避けなければならない。

そこで、ある程度の急停車に対しても発券待ちなしを目標として、料金所レーンへの進入速度と停止時間の関係(表3)を踏まえ、各処理のパラメータチューニングを行った。その結果、特に発券頻度の高い通行券発券装置の下段及び有人の発券装置については、仕様値に対し約20%短縮できた(表4)。

表3. 進入速度と停止時間の関係

Relationship between approach speed and stopping time

ブレーキ感覚	進入速度 (km/h)	停止時間 (s)
急停車	40	2.7
少々急停車	30	3.6
一般的	20	5.4
かなりゆっくり	10	10.8

表4. 各装置の発券時間

Ticket processing times

装置	発券時間 (s)		
	仕様値	実機	
自動発券装置	下段	2.5以下	2.03
	上段	3.5以下	3.15
左ハンドル車用発券装置		2.5以下	2.18
発券装置(有人)		2.5以下	1.93

### 3.3 耐環境信頼性の向上

開発の効率化及び高信頼性の確保のため、フィールド実績のある当社の類似製品“駅務用発券機ET-1400”を流用して、この装置を設計した。しかし、流用元のET-1400は屋内機器であり、屋外設置であるこの装置の環境仕様と大きく異なる(表5)。特に温度に関し、ET-1400に比べ2倍となる60℃の温度範囲で性能を確保する必要があった。このため、装置の低消費電力化を図るとともに、CAE(Computer Aided Engineering)解析の活用や機器の内部気流循環の最適化を図り、局所的な温度上昇を緩和した。

また、この装置は屋外に設置されるため、内部発熱に加え太陽光の放射熱による影響で、装置内の温度が上昇して動作異常になることが懸念される。通行券発券装置は利用者が直接操作するため、一般的な屋外筐体(きょうたい)に使われる遮熱板を取り付けることができず、外面の塗装に太陽光熱の遮へいに効果がある遮熱塗料を採用している(表6)。

筐体の表面温度については、約5℃の低下が見られたが、筐体内部への効果は1℃であった。遮熱塗装はどのような色でも効果を発揮するものではなく、塗装色が明るいほど大きな効果が得られるため、今後の採用については費用対効果を十分見極める必要がある。

表5. 環境仕様

Environmental specifications

項目	ET-1400	開発機
仕様温度 (°C)	5~35	-10~50
温度範囲 (°C)	30	60
仕様湿度 (%)	40~80	20~95

表6. 遮熱塗装の効果

Effect of high-reflectance painting

項目	一般	遮熱	効果
表面温度 (°C)	68.6	63.7	-4.9
内部温度 (°C)	42.5	41.5	-1

時期：8月，天気：晴れ，色：青，外気温度：36.5℃

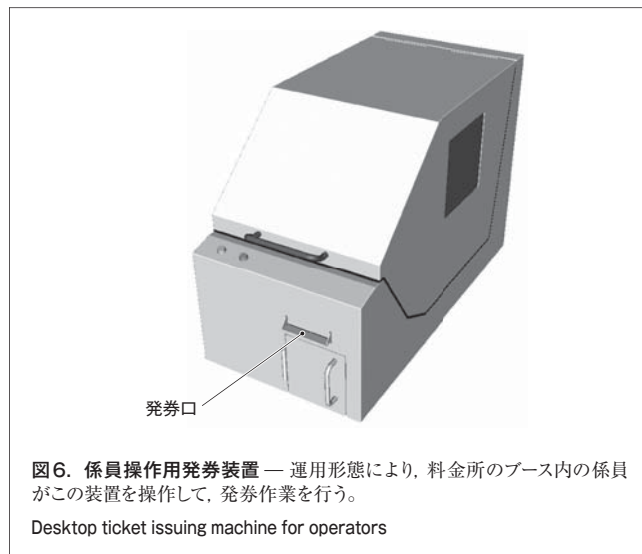
### 3.4 バーコードデータ記録方式の採用

運用コストを低減するため、通行券には切符などと異なり磁気記録層のない安価な感熱紙を採用した。情報の記録には、印刷するだけでデータを記録できるバーコード方式を採用した。バーコードは、一般的な磁気記録方式に比べ単位面積当たりのデータ記録密度が低いため、2行のバーコードとし、必要な記録容量を確保した(図5)。懸念される偽造防止については、データの暗号化や偽造防止を盛り込んだ媒体を採用した。

また、データ記録にバーコード印刷を採用したことで、料金所出口に設置される通行券読取装置は、搬送機構不要のバーコードの読取りだけで料金を精算できるようになり、磁気記録方式に比べ装置を大幅に簡略化できた。

### 3.5 装置バリエーションの多様化

2章で述べたとおり、今回は屋外で使用する通行券発券装置と左ハンドル用発券装置の2機種に加え、運用形態により料金所のブース内で係員が操作して発券を行う係員操作用発券装置(図6)の3機種を同時に開発した。3機種は要素部品や制御プログラムを共通化して、信頼性の確保と保守作業の統一を図った。



これら3機種をそろえることで、対距離料金制システム用通行券の発券装置をラインアップでき、対距離料金制システムを導入している多様な運用形態に対応できる。

## 4 あとがき

今回開発した、比較的小規模な道路事業者向けの対距離料金制システムに求められる機能に絞った通行券発券装置は、現在、広島高速道路公社の料金所で順調に稼働している。

今後、この通行券発券装置を導入しやすいよう操作性や機能のいっそうの改善に努め、均一料金制から対距離料金制への変更を検討している道路事業者に積極的に提案していく。また、更なるニーズの取込みやセキュリティの向上を図ったシステムを提案していきたい。



竹井 賢史 TAKEI Satoshi

社会システム社 小向工場 SA ハードウェア設計部グループ長。  
道路機器のハードウェア開発・設計に従事。  
Komukai Operations



末木 信之 SUEKI Nobuyuki

社会システム社 社会システム事業部 道路システム技術部主務。  
有料道路向け料金収受システムの商品企画及び開発に従事。  
Infrastructure Systems Div.