

# ETCの長寿命化を可能にする ソフトウェアプラットフォーム

Software Platform Capable of Lengthening Lifetime of ETC Systems

山本 昌弘

■ YAMAMOTO Masahiro

草野 敦

■ KUSANO Atsushi

矢作 雅之

■ YAHAGI Masayuki

国土交通省により、高速道路を中心とした道路の運用改善や小規模な改良などで、道路ネットワーク全体として機能を“賢く使う”取組みについての基本方針がまとめられた。社会インフラとしての高速道路の戦略的な維持管理と更新が求められており、ITS（高度道路交通システム）を支えるETC（自動料金収受システム）の構成機器にも長寿命化が望まれると予測される。

東芝はこれまで市場要求に応えるETCを開発し、提供してきた。しかし、ハードウェアで使用する電子部品のライフサイクルは、短くなる一方である。そして、料金課金処理には高いリアルタイム性が要求されるため、ETCはハードウェアとソフトウェアが密接に関係した組込みシステムで構築されている。このため、ハードウェア変更のつど、カスタム化されたソフトウェアを大幅に変更する必要が生じ、ハードウェアのライフサイクルが機器並びにシステム全体の寿命に影響を及ぼす。そこで、ハードウェア変更のソフトウェアへの影響を最小限にとどめ、ETCの長寿命化を図ることができるソフトウェアプラットフォームを開発した。このソフトウェアプラットフォームでは、汎用処理を行う部分（コア部）とそれ以外の変更対象部分（ノンコア部）に分割してノンコア部を局所化し、評価の自動化も導入したことで、ハードウェアの変更に柔軟かつ効率的に対処できるようにした。

The basic policy released by the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism mandates the optimal utilization of roads in Japan, particularly expressways, through enhancement of their management and small-scale improvements. It is therefore necessary to implement strategic measures for the maintenance and renewal of expressways as a social infrastructure system. The lifetime of the equipment of an Electronic Toll Collection (ETC) system, a key element of an intelligent transport system (ITS), is expected to become longer as a result.

Toshiba has been developing and supplying ETC systems in response to such customers' requirements. However, the life cycle of electronic parts in hardware is becoming progressively shorter in recent years. Furthermore, as embedded software that can perform billing processing in real time with high efficiency is closely related to the hardware used, time and labor are required to implement the software design change accompanying a change in hardware. The lifetime of an overall ETC system and its equipment is consequently affected by the life cycle of the hardware. With this as a background, we have now developed a software platform that can lengthen the lifetime of ETC systems by minimizing the effects of changes in hardware. This software platform, which is divided into core parts for common processes and noncore parts related to hardware changes, can flexibly and efficiently respond to changes in hardware as well as the introduction of automated verification.

## 1 まえがき

2015年1月に、国土交通省から「高速道路を中心とした「道路を賢く使う取組」の基本方針<sup>(1)</sup>が公表された。この中で高速道路の老朽化への対応が課題になっており、戦略的な維持管理と更新が必要とされている。このような観点から、ETC（自動料金収受システム）を構成する機器も、今後、適切にメンテナンスや部分的な更新をしながら低コストに長寿命化することが求められると考えられる。

一方でETCを構成するハードウェア部品は、次々に新技術が開発され、市場で部品の販売が始まってから終息するまでのライフサイクルはますます短くなっている。同様の問題を持つ一般的なデスクトップPC（パソコン）では、例えばグラフィック機能チップの進化に対して、ビデオカードとそのデバイスドライバーの変更により、継続的に使用できる仕組みを構築している。ETCにおいても、システム全体の長寿命化のために、部

品の進化を取り入れることでシステムとしての性能向上を図りながら、継続して使用することが望まれる。

しかしETCは、アンテナと車載器の間の通信や車両管理のためのセンサー情報の通信に用いる外部インターフェースが多いうえに、車両の通過中に料金課金処理を行う必要があるため、リアルタイム性も求められる。これらの理由から、東芝のETCはこれまで組込みシステムとして構築し、ハードウェアごとに専用のソフトウェアを開発してきた。そのため、ハードウェアの変更が一部分であっても、ソフトウェアの開発が必要になり、そのつどコストと時間が掛かるので、部品を変更してシステム全体としての長寿命化を実現することが困難であった。

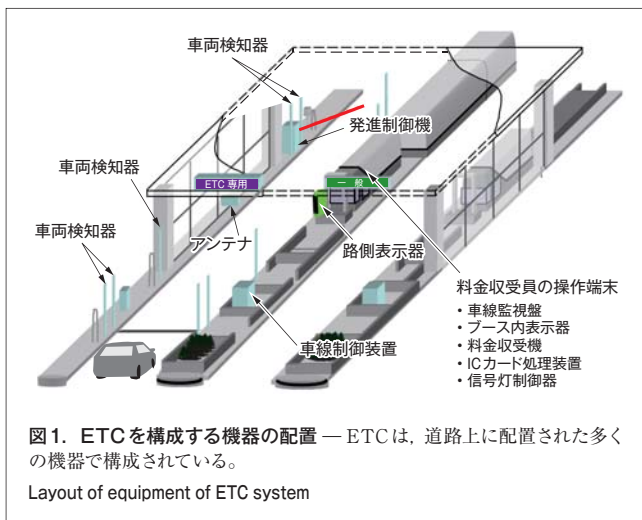
そこで当社は、この課題を解決するため、ハードウェアの変更に対して柔軟に対応可能なソフトウェアプラットフォームを開発した。ここでは、開発したソフトウェアプラットフォームの概要について述べる。

## 2 ETCの構成と車線制御装置の役割

ETCは、図1に示すように多くの機器で構成されている。その中で車線制御装置は、多くの機器を統括管理することで、走行する車両情報に応じて瞬時に料金計算を行い、通行の可否を判断し、発進制御機を動作させて、適切に車両の通行を管理する。今回開発したソフトウェアプラットフォームは、この車線制御装置のメインCPU上で動作するソフトウェア群に適用した。

ETCの構成を図2に示す。車線制御装置には、路側無線装置、路側機器、及び上位装置の三つの機器群が接続される。

- (1) 路側無線装置 車載器と無線通信を行うアンテナがある。



- (2) 路側機器 車両の進入を検知する車両検知器、料金や通行可否を表示する路側表示器、車両の退出を制御する発進制御機、料金収受員の操作表示用のブース内表示器、料金収受機、ETCでのICカード処理を行うICカード処理装置、及び信号灯を制御する信号灯制御器がある。

- (3) 上位装置 中央装置とのデータ中継を行うETC伝送処理装置、ICカードのセキュリティーを管理するセキュリティーサーバー、運用を監視する車線監視盤、ログを蓄積するログ収集装置、及び保守を行う保守端末PCがある。

車線制御装置は、メインCPUと通信制御部で構成され、CPCI (Compact Peripheral Component Interconnect) 規格で接続される。また、多くの装置群と接続するため、DI/DO (デジタル入出力) や、UART (Universal Asynchronous Receiver and Transmitter)、TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) などの多種多様なインターフェースを搭載している。更に、通信制御部はアンテナと独自回線で接続される。

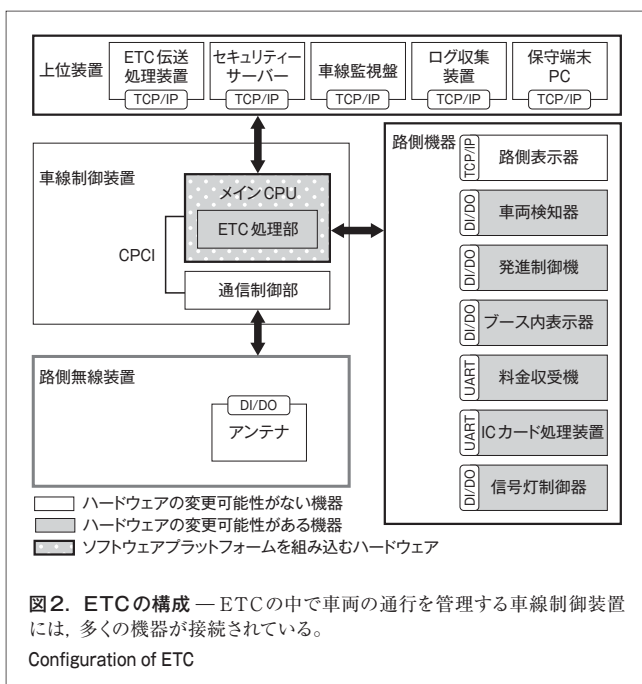
また、図1に示すような料金所のETCでは、通信範囲が車両走行方向に4mであり、設計対応速度として時速80kmの車両が通過した場合でも料金課金処理ができなければならない。このため、1走行当たり135ms以内で処理を完了させる必要があり、ソフトウェアにはリアルタイム性が求められる。

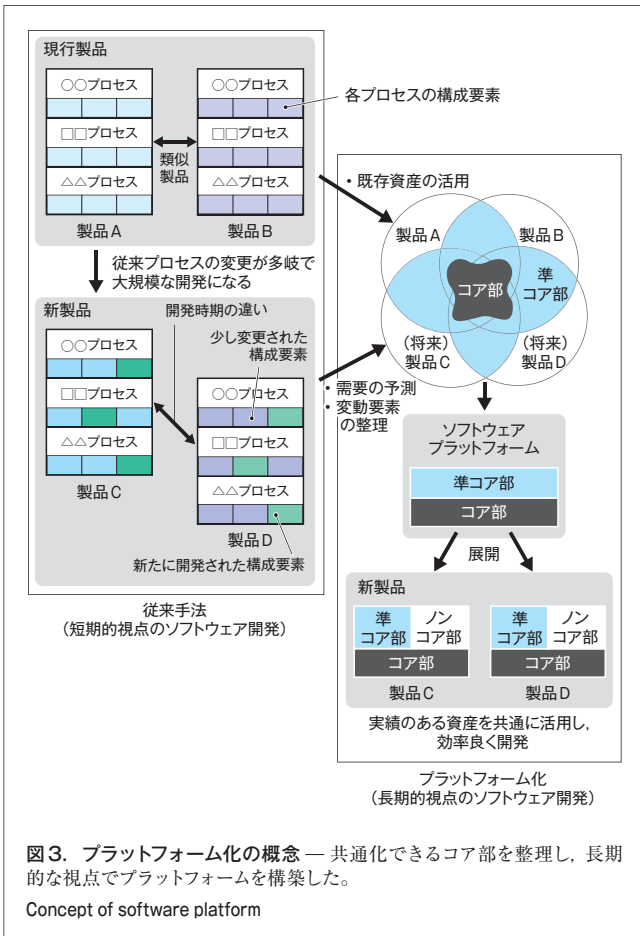
このように車線制御装置は、屋外環境で、高速かつ高信頼性で稼働させる必要があるため、組込みシステムで構築している。

## 3 ソフトウェアプラットフォームの導入

従来のETCでは、個々のプロセスから直接ハードウェアにアクセスするなど、ハードウェア性能に応じて図3の左側に示すように“短期的視点のソフトウェア開発”で、そのつどソフトウェアを大幅に変更する必要があった。そこで今回、図3の右側に示すような“長期的視点のソフトウェア開発”を行った。まず、ハードウェアが変わってもソフトウェアは不変の共通部分はコア部とした。その他の部分は、事業者によって変更が必要な準コア部とハードウェアに合わせた変更が必要なノンコア部に分割して定義することで局所化を図った。これは、ハードウェアの変更に対して柔軟性を持たせたソフトウェアプラットフォームにするためであり、変更箇所局所化は以下の方法で行った。

- (1) プロセス分割によるソフトウェアモデルの構築
  - (2) 階層構造によるシステム性能の安定化
  - (3) 汎用プロセスのコア化
  - (4) ソフトウェア変更の作業改善
- これらの詳細について、以下に述べる。





### 3.1 プロセス分割によるソフトウェアモデルの構築

初めに車線制御装置のプロセス分割を行った。接続される機器ごとにプロセスを分割したうえで、物理インターフェース仕様が変更される可能性の有無で分類した。更に、周辺の機器に依存しない車線制御装置内部のプロセスを定義した。これらの結果、図4に示すようなソフトウェアモデルが得られた。

### 3.2 階層構造によるシステム性能の安定化

機器間のデータは、各機器の該当プロセスどうして直結するとリアルタイム性が向上する。一方で、ソフトウェアを変更する際に、システムの性能と安定性が大きく変動することにつながる。

具体的なソフトウェアを構築するにあたり、これらを改善するために、Microsoft社が提唱するWebアプリケーション向けの階層構造によるアーキテクチャーである“Three-Layered Services Application”<sup>(2)</sup>の考え方を、ソフトウェアプラットフォームに応用した。

開発したソフトウェアのアーキテクチャーを図5に示す。これは、図4で定義したプロセス群をより実装に近い形で示したものである。外部機器と接続するプロセスは、下位層のハードウェア層に集中させた。外部機器から入力するデータは、いったん上位層のビジネス層又は、マネジメント層を經由して他の装置に送信される構造とした。上位層がデータの送信と受信を一元管理することで、ハードウェア及びそれに伴うソフトウェアの変更時に発生する処理タイミングの変化を管理でき、システム全体の性能が安定する。

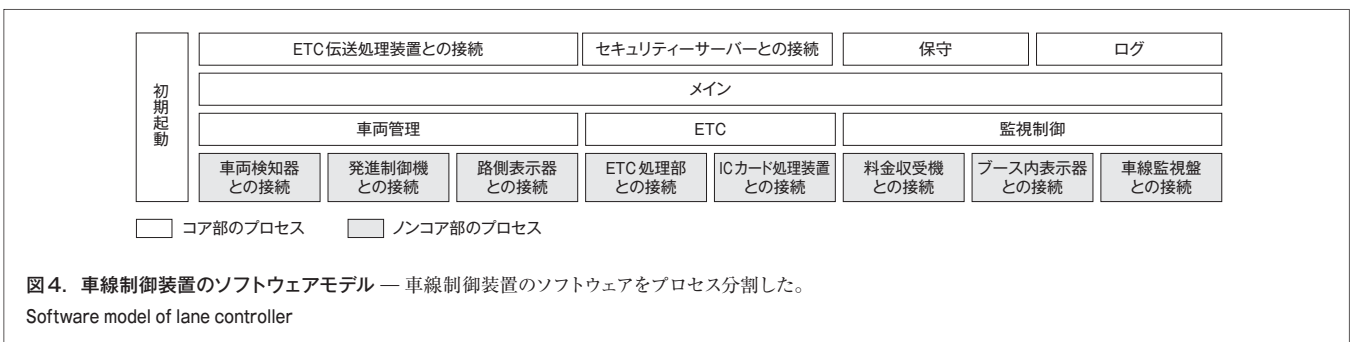
### 3.3 汎用プロセスのコア化

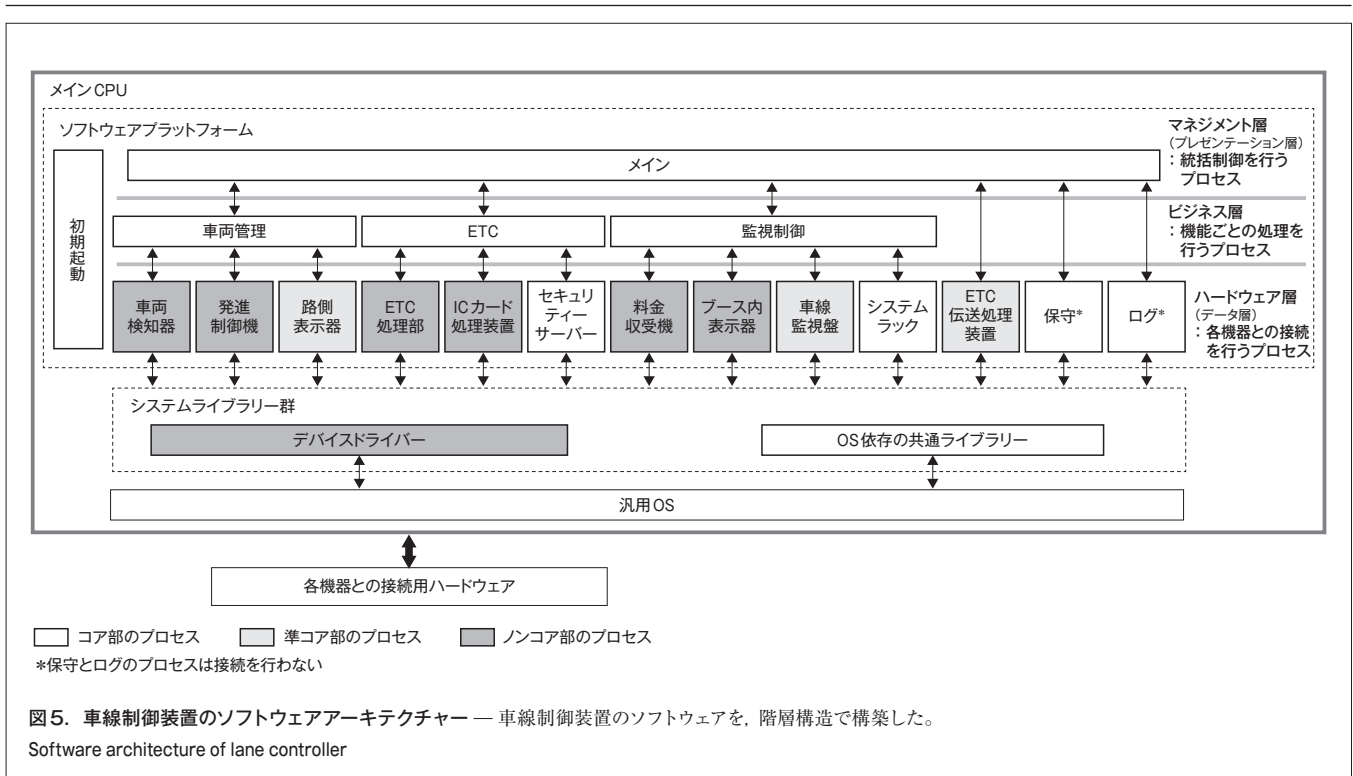
上位層のプロセスは、安定的に動作可能な汎用プロセスとしてコア化し、機器のインターフェース仕様や性能に影響することがないようにした。下位層のプロセスにおいても極力コア化を図るために、道路事業者ごとのサービスに関わる部分を分離し、共通化できる部分を準コア部と位置づけた。下位層の残りのプロセスは、仕様変更に対応できるようにノンコア部に設定した。このように、ハードウェアの変更に伴うソフトウェアの変更箇所を局所化できる構造とした。

コア部の中でも汎用性が高い初期起動プロセス、ログプロセス、及び保守プロセスは、汎用プロセスとして特に独立させた。汎用プロセスは、図6に示すように同一のハードウェアと汎用OS（基本ソフトウェア）を備えた他の装置と共通で利用することで、ログ書式や保守性に一貫性を持たせた。この結果、運用や保守における作業性の改善を図ることができる。

### 3.4 ソフトウェア変更の作業改善

ソフトウェアプラットフォームは、コア部の独立性を保ち他への影響をなくすことが極めて重要である。しかし、このような対策を施しても、ハードウェアの変更によってソフトウェアの変更が発生した場合には、処理時間などシステム全体に及ぼす影響を評価する必要がある。この評価を自動化するために、以下の二つの機能を盛り込んだ。





よって生じる局所的なソフトウェア変更に対して、システム全体への影響を容易に評価できる。

#### 4 ソフトウェアプラットフォーム採用の効果

今回のソフトウェアプラットフォームによって、ハードウェアが変更になった場合でも、それに関連するノンコア部の変更だけで対応できるようになった。

一例として、ハードウェアの一部が異なる道路事業者間のシステムに適用した場合には、開発ステップ数で積算すると、コア部と準コア部の合計が80%、ノンコア部が20%であった(図8)。これは、ハードウェアの進化に伴い将来的にソフトウェアの変更が発生したとしても、最大でも20%程度の変更にとどめられることを示している。この結果、ETCの長寿化を図ることが容易になる。

#### 5 あとがき

わが国では、少子高齢化に伴う人口減少や、経済成長率の低下などが進み、低コストで社会インフラを維持していくことが求められる。一方で部品とハードウェアの進化は、ますます加速していくことも間違いない。

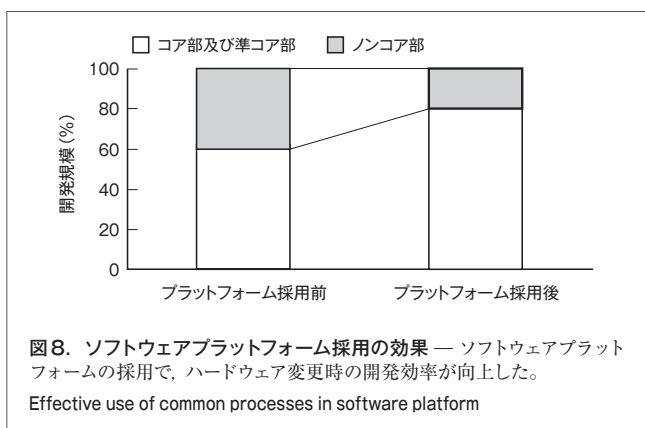
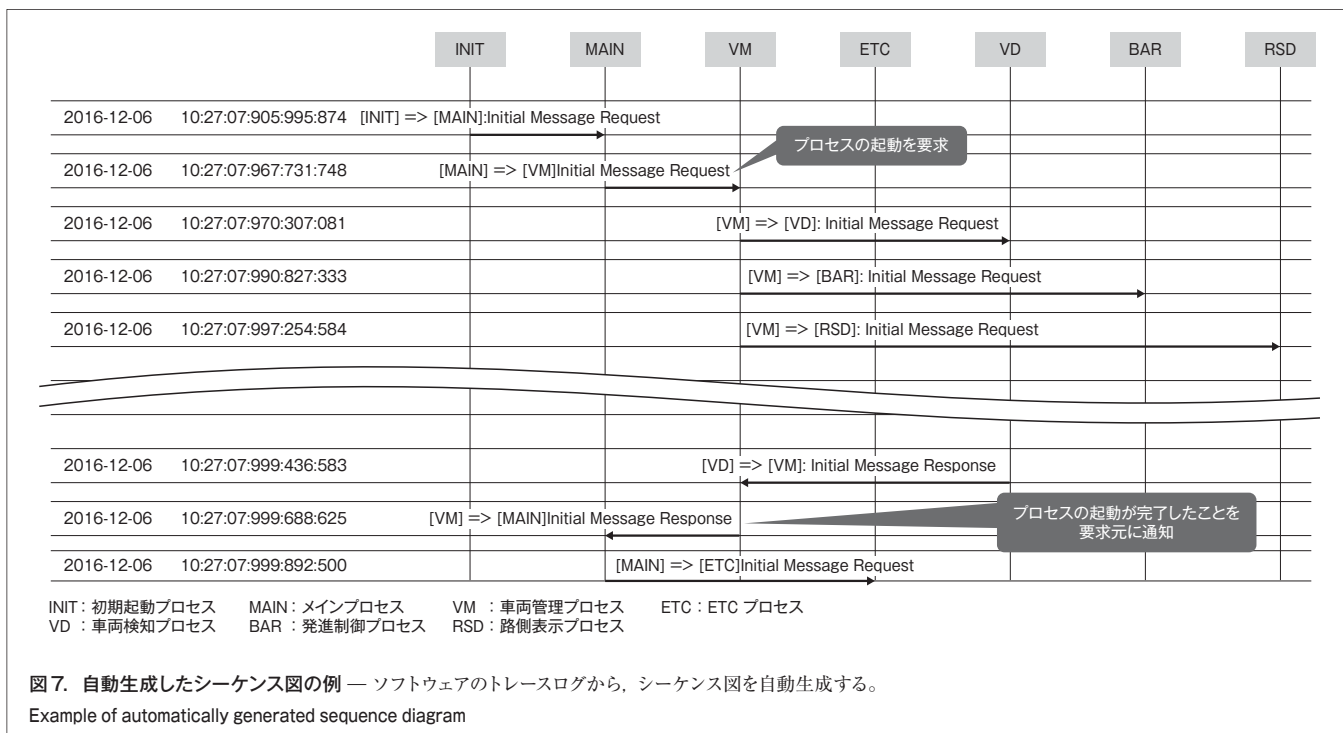
今回、当社は、部品の進化を取り入れることでシステム全体としての性能向上を継続する方法として、ソフトウェアプラットフォームを開発し、その有効性を確認した。

今後、開発したソフトウェアプラットフォームを実際の製品



- (1) プロセス間シーケンス図の自動作成 トレースログからプロセス間シーケンス図を自動生成するツールを作成した(図7)。シーケンス図では、縦方向に時刻を、横方向にプロセス間の処理フローを表示する。ハードウェア変更後の機能単位の処理時間や、ソフトウェアを改造した際の処理の誤りなどを早期に発見できる。
- (2) 試験の自動化 入出力条件と、その期待値を定めたテストベクターを用意し、汎用のツールを使って単体試験を自動化するテスト環境を整備した。ハードウェア変更





に適用するとともに、ETC以外の機器にも今回の手法を適用し、更に発展させていく。

## 文献

- (1) 国土交通省. “高速道路を中心とした「道路を賢く使う取組」の基本方針”. 国土交通省. <[http://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/road01\\_sg\\_000218.html](http://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/road01_sg_000218.html)>, (参照 2017-05-24).
- (2) Microsoft Corporation. "Three-Layered Services Application". Microsoft Developer Network. <<https://msdn.microsoft.com/en-us/library/ff648105.aspx>>, (accessed 2017-05-24).



**山本 昌弘 YAMAMOTO Masahiro**  
 インフラシステムソリューション社 社会システム事業部 道路ソリューション技術部主務。  
 ETCの商品企画及びシステム開発に従事。  
 Social Systems Div.



**草野 敦 KUSANO Atsushi**  
 インフラシステムソリューション社 小向事業所 SAハードウェア設計部主務。  
 ETC及びITSのハードウェア開発に従事。  
 Komukai Complex



**矢作 雅之 YAHAGI Masayuki**  
 インフラシステムソリューション社 小向事業所 SAソフトウェア設計部主務。  
 ETC及びITSのソフトウェア開発に従事。  
 Komukai Complex