

二輪車用スマートカードキーシステムの開発

Development of Smart Card Key System for Motorcycles

今 野 健 志*
Takeshi KONNO

小 野 塚 正*
Tadashi ONOZUKA

山 下 誠 一*
Seiichi YAMASHITA

要 旨

二輪車に適した利便性と防盜性を両立させた二輪車用のスマートカードキーシステム(双方向電波通信式キーシステム)を世界ではじめて開発した。メインスイッチ、シート、コンソールボックスをワンプッシュで解錠できるシステム構成とした。メインスイッチを従来の差込キー式からノブ式に変更し、ノブ内部にトルクリミッタ機構を内蔵し、過大トルク入力時にシリンダを保護する構造とした。また、駐車時屋内の通信範囲内にスマートカードキーをおいた場合にメインスイッチノブの解錠とエンジン始動が可能であるため、スマートカードキーに通信 ON/OFF スイッチを搭載し、通信機能を任意に停止できるようにした。ユーザの使い勝手から解施錠範囲を決定し、1本のLow frequency(LF)送信アンテナでカバーできる通信仕様及び取り付けレイアウトとした。車両の電装品から発生するノイズや環境ノイズが通信に及ぼす影響に関して要因と解析手法を明確にした。

ABSTRACT

A motorcycles' smart card key system (duplex electric wave communication key system) with both, user-friendliness and antitheft certainty has been developed for the first time in the world. The system can unlock a main-switch, seat and console-box by one-push operation. The main-switch is changed to a knob type from the conventional key type. To protect the key cylinder from excess input torque, a torque-limiter was installed in the mechanism. An on/off switch that can stop the communication function at anytime was added on the smart card key because a motorcycle can be parked just outside a shop or other location when the main switch is still on and vehicle can be started. The lock and unlock available area was determined from the viewpoint of user's convenience. The function and layout of the communication system was determined by the performance of using one low frequency transmitting antenna. A factor and an analysis technique for influences of radio noises from other electrical components on the vehicles and surrounding environments was clarified.

1. まえがき

二輪車のステアリングロックシステムにおいて、防盜性の向上をねらいとした鍵穴シャッターやイモビライザを採用してきた。また、操作性の向上を図るべく、シートをメインキーで解錠できるような工夫や鍵穴シャッターの改良などおこなってきたが、更なる利便性と防盜性の向上が必要である。

以上の背景から、利便性と防盜性の両立を目指して四輪車に採用され始めていたスマートカードキーシステム(双方向電波通信式キーシステム)に着眼した。二輪車に搭載する上での課題抽出とその対応をおこない、二輪車として世界初のスマートカードキーシステムを開発し、大型スクータ(FORZA)に搭載した(Fig. 1)。



Fig. 1 Photo of new FORZA

2. 開発目標

スマートカードキーシステムの開発目標を下記のように設定した。

(1) 利便性の大幅向上

- ・全ての解錠操作に関し、操作数を従来の大型スクータ比で 1/2 以下を達成すること

(2) 防犯性の確保

- ・メインスイッチが露出している二輪車特有の課題であるノブに対する窃盗アタックやいたずらへの対応をおこなうこと
- ・二輪車特有の課題である、壁際駐車時(住宅の玄関前や店舗前などの壁際に駐車し、屋内の通信範囲内にスマートカードキーをおいた場合)の盗難対応をおこなうこと
- ・イグニッション回路の不正直結窃盗への対応をおこなうこと

(3) 通信の確保

- ・スマートカードキーシステムには Low Frequency (LF)通信と Ultra High Frequency (UHF)通信の二種類の通信が使われている。通信性能に余裕がある UHF通信に対し、LF通信の成立性を課題と考え、開発目標として設定した。

3. システム構成

Fig. 2 に実車レイアウトを、Fig. 3 に全体システムを示す。二輪車にスマートカードキーシステムを搭載するにあたり、一本の LF 送信アンテナで通信性能を満足させたことと、スマート ECU と機構部分をステアリングロックモジュールとして一体構造にしたことにより、シンプルなシステム構成を実現することができた。本スマートカードキーシステムの基幹部品はステアリングロックモジュール、LF 送信アンテナ、UHF レシーバ、及びユーザが携帯するスマートカードキーである。以下に各基幹部品の機能を解説する。

3.1. ステアリングロックモジュール

ステアリングロックモジュール内部には、メインスイッチノブ、ノブトルクリミッタ機構、シリンダ、ノブブロックソレノイド、ノブプッシュスイッチ、ステアリングロック機構、メインスイッチ(接点)、ボデー(きょう体)、スマート ECU がレイアウトされている。構造図を Fig. 4、スマート ECU を中心とした電気システムの構成図を Fig. 5 に示す。

ユーザがメインスイッチノブ(ノブプッシュスイッチ)、シートスイッチ、ボックススイッチを押すと、スマート ECU が起動し、スマートカードキーと相互認証をおこなう。メインスイッチノブを押して認証すると、ノブがまわせる状態

になると同時に、ステアリングロックが解除できる状態になる。この状態で ON 位置に回すと、メイン電源が投入され、FI-ECU へ動作許可 ID を送信する。シートスイッチを押して認証するとシートアクチュエータを駆動し、ボックススイッチを押して認証するとコンソールボックスアクチュエータを駆動する。

3.2. LF 送信アンテナ

LF 信号(133 kHz)をスマートカードキーに送信する。

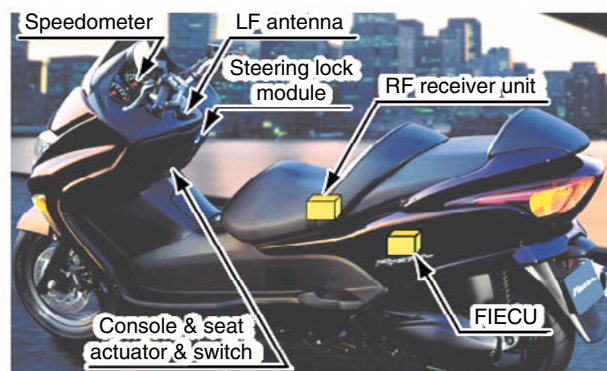


Fig. 2 Layout of smart card key system

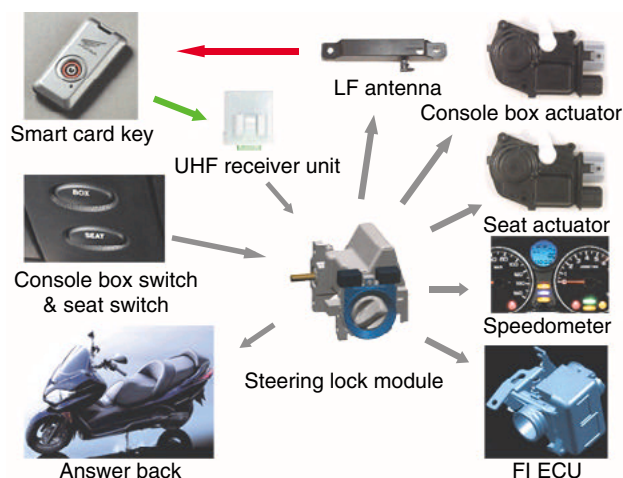


Fig. 3 Overview of smart card key system

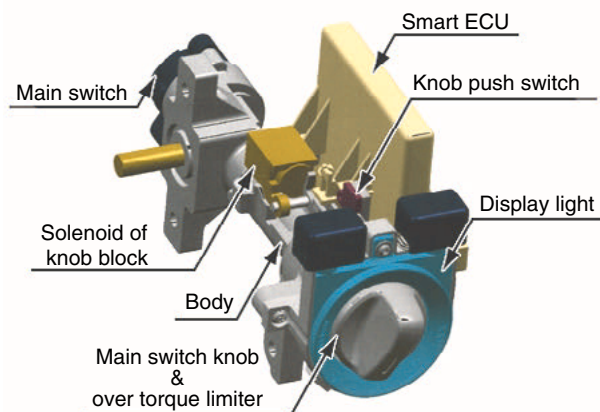


Fig. 4 Structure of steering lock module

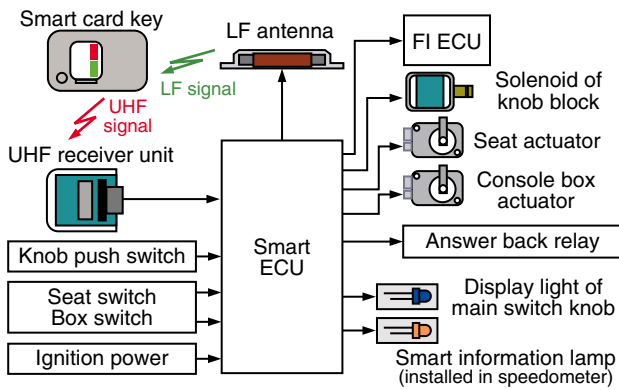


Fig. 5 Electric system diagram

3.3. UHF レシーバ

スマートカードキーからの UHF 信号(320.65 MHz)を受信し、ステアリングロックモジュール内のスマート ECU にデータを送る。

3.4. スマートカードキー

車両から送信された LF 信号を受信して認証された場合に UHF 信号を車両に返信する。壁際駐車時の盗難対応(詳細は 5.2 節で説明)として、通信 ON/OFF スイッチと ON/OFF 状態確認用 LED を搭載した。

回路ブロック図を Fig. 6 に、タイミングチャートを Fig. 7 に示す。三軸アンテナは電波として送られてきた LF 信号を電気信号に変換する。LF 受信 IC はこの電気信号を受けて起動し、増幅とデジタルデータへの変換をおこなう。CPU は LF 受信 IC 起動後に起動し、デジタルデータをもとに ID 照合をおこない、認証された場合のみ UHF 送信回路に ID 信号を送る。UHF 送信回路は ID 信号に基づいた UHF 信号を返信する。

4. 操作性と使い勝手

利便性を大幅に向上させるための仕様設定をおこなった。従来の差込みキー装着車との操作数の比較を Table 1 に示す。また、操作の確実性確保の観点から、ユーザが意思をもって操作した場合にのみ動作し、解錠や施錠したことが目視で確認できるようにした。

4.1. 乗車時操作(メインスイッチノブ解錠)

車両に近づき、メインスイッチノブを押すとステアリングロックモジュール内のスマート ECU が起動し、スマートカードキーと交信する。相互認証するとメインスイッチノブが解錠(回せる)状態になる。解錠状態になるとメータ内に設置された SMART 表示灯が点灯し、解錠状態であることをユーザに知らせる。同時にノブ外周のブルー照明が点灯する。さらにメインスイッチノブを ON にまわすと、メイン電源が投入され、FI-ECU に動作許可 ID を送信する。FI-ECU が動作許可 ID を認証すると、走行可能状態となる。

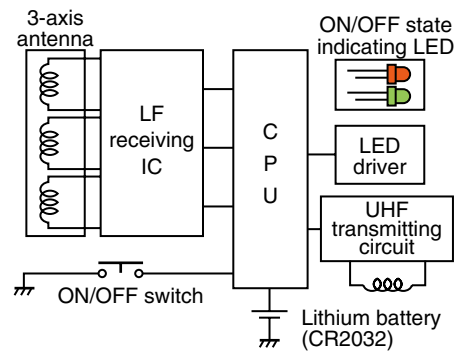


Fig. 6 Circuit diagram of smart card key

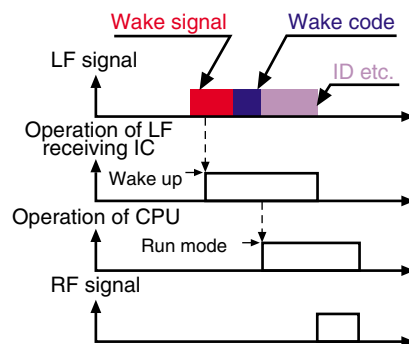


Fig. 7 Operation timing chart of smart card key system

Table 1 Number of operations

System / Operation modes	Current system	Smart card key system
Engine running to steering lock	6	3
Steering lock to engine start	7	3
Seat open	3	1
Console box open	5	1

4.2. 降車時操作(メインスイッチノブ施錠)

メインスイッチを OFF にすると、スマートカードキーと 1 秒間隔で交信をおこない、相互認証が成立しているうちはメインスイッチノブを解錠状態で維持する。ユーザが車両から 2.5 m 以上離れると、メインスイッチノブを施錠(回せない状態)し、ウインカを点滅させ、ユーザに知らせるといった施錠動作をおこなう。また、車両の近くにいっても下記操作をおこなった場合は施錠動作をおこなう。

(1) 20 秒以上放置した場合

(2) スマートカードキーのスイッチを OFF した場合

4.3. シートとコンソールボックスの操作

車両に近づきシートスイッチを押すとスマート ECU が起動し、スマートカードキーと交信し、相互認証するとシートがポップアップして開く。また、車両に近づきボックス

スイッチを押すとスマート ECU が起動し、スマートカードキーと交信し、相互認証するとコンソールボックスが開く。施錠に関しては、従来のシートと同じように手動で閉める構造とした。

5. 防盜性の確保

5.1. メインスイッチノブのいたずら対応

二輪車のメインスイッチノブは露出していて誰にでもアクセスできるので、ノブが過大トルクで回された場合に空回りして内部を保護するトルクリミッタ機構を設定した。Fig. 8に構造図を示す。通常時ノブとインナジョイントはクリックボールにより連結されているが、過大トルクが入力された場合クリックボールが解除されてノブだけが空回りする。Fig. 9に動作図を示す。トルクリミッタの作動トルクは通常操作で作動しないように通常操作時の約3倍の設定とした。Fig. 10 に各動作のトルクを示す。

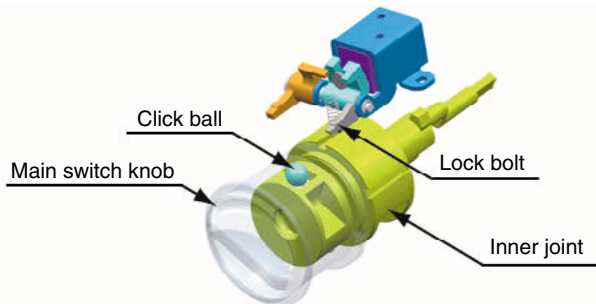


Fig. 8 Structure of over torque limiter

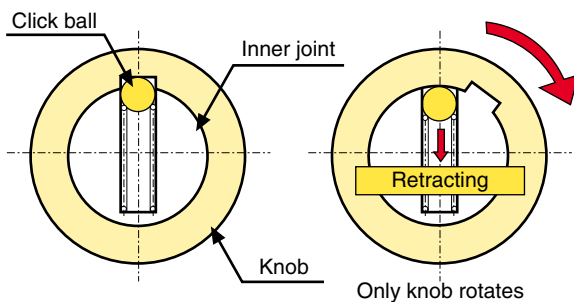


Fig. 9 Operation of over torque limiter

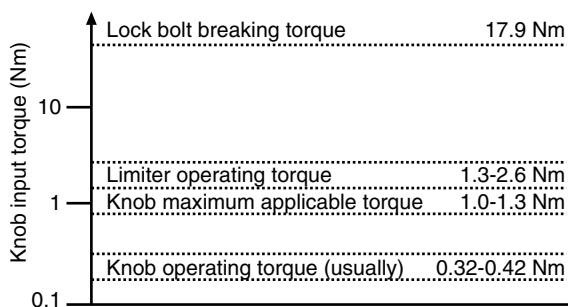


Fig. 10 Knob input torques of each operating

5.2. 壁際駐車時の盗難対応

二輪車特有の使い勝手として、住宅の玄関前や店舗前などの壁際に駐車することがある。このような駐車状態でスマートカードキーを屋内の通信範囲においた場合、メインスイッチノブの解錠とエンジン始動が可能であるため、スマートカードキーに通信ON/OFFスイッチを搭載し、ユーザーが任意に通信機能を OFF できるようにした。

スイッチを長押し(1秒以上)すると ON から OFF(OFF から ON)にスマートカードキーの通信状態が遷移する。また、短押しで通信動作状態をLED表示でユーザーが確認できる仕様とした。

5.3. イグニッション回路の不正直結盗難対応

スマート認証後、スマート ECU から FI-ECU に ID 信号を送信する。FI-ECU 側で起動時に ID 照合して認証できた場合のみ点火及び FI が動作する仕様とした。

6. LF 通信仕様

6.1. 解錠範囲と施錠範囲

解錠範囲については、下記2点の使い勝手を想定し、メインスイッチノブを基点で、半径0.8m 後方180°以内(高さ0.7-1.3m)とした。解錠範囲を Fig. 11 に示す。

(1)シートに着座する前とシート着座中の双方でのメインスイッチノブ押し(ノブ解錠)操作を想定

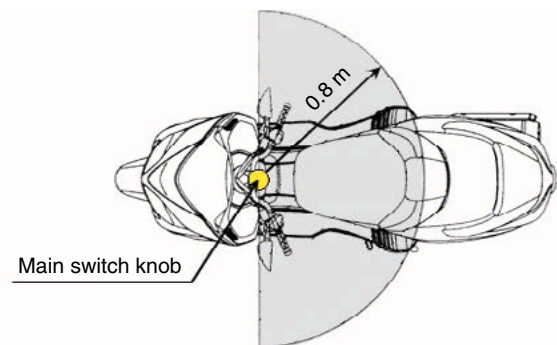


Fig. 11 Unlocking available range

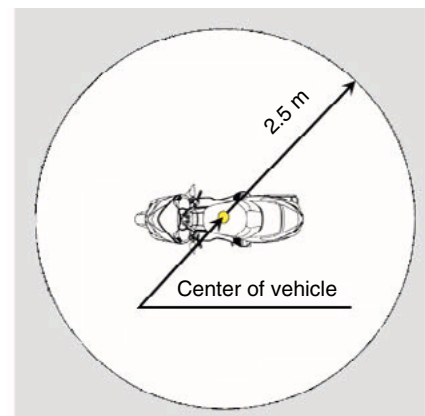


Fig. 12 Locking available range

(2) ユーザがスマートカードキーを身につける位置として、ズボンのポケットとジャケットのポケットを想定
 施錠範囲については、車両中央(ホイールベースの中間)を基点に、ユーザが確実に車両から離れたと認識できる半径 2.5 m 以上とした。施錠範囲を Fig. 12 に示す。

6.2. LF 受信感度マージンと実車通信性能

本スマートカードキーシステムの通信性能は LF 通信によって左右される。一本の LF 送信アンテナで解錠機能と施錠機能を両立させるために、メインスイッチノブのほぼ真上に取り付けた。解錠範囲をカバーするためには LF 送信アンテナ取り付け位置から 1.0 m 以内で通信が成立すること、また、車両中心から 2.5 m 以上で施錠するためには LF 送信アンテナ取り付け位置から 2.14 m 以上で通信が不成立になることが要求される。通信時、スマートカードキーの受信アンテナに誘起される電圧を Fig. 13 に示す⁽¹⁾。解錠側については 12 dB、施錠側については 3 dB の余裕を持ち、LF 送信アンテナを最適位置にレイアウトすることにより、一本の LF 送信アンテナでシステムを構築することが可能となった。

実車での通信可能範囲の確認結果を Fig. 14 に示す。Fig. 11 の解錠範囲をカバーし、かつ Fig. 12 の施錠範囲より狭い範囲であることを確認した。

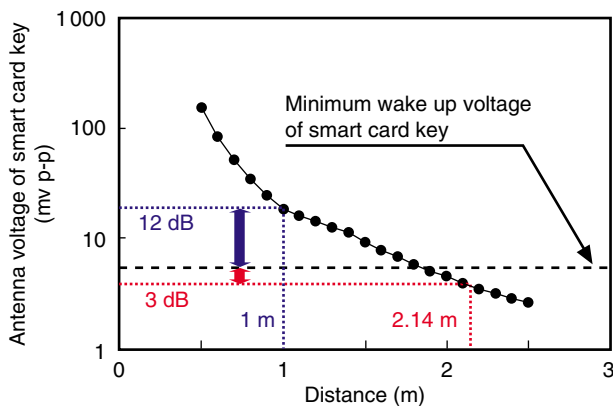


Fig. 13 Relation between distance and voltage of antenna

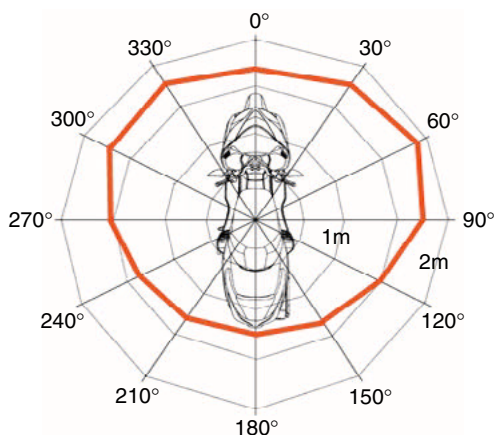


Fig. 14 Communication range

6.3. 自車ノイズの LF 通信への影響

自車の電装品・ハーネスから放射電磁ノイズが確認されたので LF 通信に対する影響を検証した⁽²⁾。時間あたりの電流の変化が大きいほど、また発生部位から近いほど LF 通信への影響が大きい傾向にある。

一例として、スマートカードキーをメインハーネスに近接させた状態で通電電流を変化させたときの、アンテナ両端子間に発生するノイズ波形の例を Fig. 15 に示す。単発的な電流の変化に対し、アンテナの同調周波数で共振を開始し、その後減衰している。これはアンテナ回路が形成する LCR 並列共振によるもので、Q (共振鋭度) の値が小さいほど、減衰が早くなることが一般的に知られている。

下記に示すノイズ発生源近傍からは電流変化による電磁ノイズが、LF 通信時間(48-63 msec)に比べて短いインターバルで放射されるため、LF 通信時リトライ処理をおこなっても回避することが不可能である。

- (1) 電子制御変速機のモータハーネスからの放射
- (2) イグニッションコイル本体からの放射
- (3) 充電レギュレータのハーネスからの放射
- (4) LF アンテナのハーネスからの放射
- (5) メインハーネスの接地、+12 V ラインからの放射

開発過程でハーネスの通線変更と放射電磁ノイズの漏えい防止対策を施すことにより、解錠に必要な LF 通信性能を確保することができた。LF 受信アンテナに誘起する電圧を測定し、シグナル(正規信号の LO 判定閾値)に対するノイズの値を S/N 比としてまとめた。結果を Fig. 16 に示す。

6.4. 環境ノイズの LF 通信への影響

フィールドに存在する連続した電磁ノイズによって LF 通信に影響がでることが懸念されたため、確認をおこなった。連続ノイズの受信で、起動が連続的にかかりスマートカードキーの電池が消耗することの防止策として、スマートカードキーは起動後ノイズ判定をおこない、ノイズと判

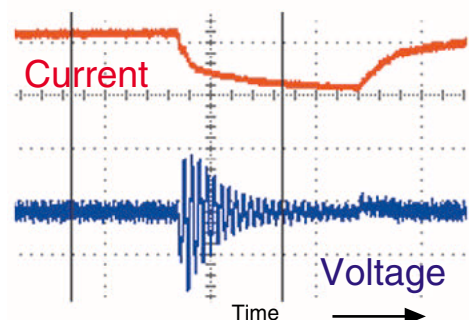


Fig. 15 Voltage waveform at spike noise reception

断すると動作を停止してノイズが途切れるまで再起動を禁止する。

この場合、LF 通信が不能になってしまうので、これを防止するために、スマートカードキーが起動する電界強度がフィールドでの測定結果を上まわるように設定した。スマートカードキーが起動する電界強度特性を Fig. 17 に示す。放送設備をはじめに数々のフィールドでの測定をおこなった。一例として列車誘導無線設備について紹介する。測定結果(スペクトルアナライザでの測定値)を Fig. 18 に示す。

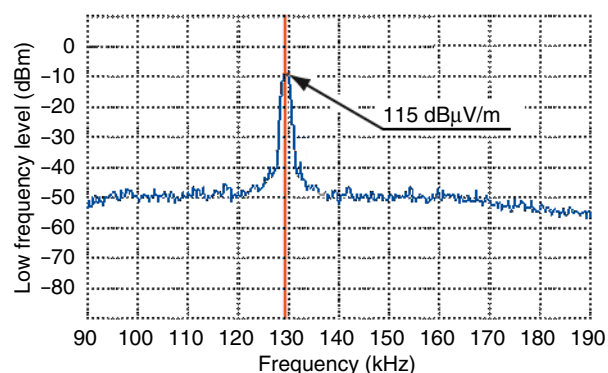


Fig. 18 Electric field intensity by train guidance radio system

7. 結論

世界初の二輪車用スマートカードキーシステムを構築した。

(1) 二輪車独自の操作形態を確立し、従来の差込みキー式に比べて操作数を低減することができた。

- ・エンジン始動時の操作数：1/2(- 50%)
- ・シート解錠時：1/3(- 67%)
- ・コンソールボックス解錠時：1/5(- 80%)

(2) 二輪車における課題である壁際駐車時の防盜対応ができた。

(3) 二輪車における課題であるメインスイッチノブに対するいたずら対応ができた。

(4) 二輪車用スマートカードキーシステムとしての通信範囲を明確にし、一本の LF 送信アンテナでシステムを構築した。

謝 辞

本システムを開発するにあたり、(株)ホンダロック様に多大なご支援とご協力を頂いたことに感謝の意を表します。

参考文献

- (1) 松尾優：電波技術ハンドブック，東京，日刊工業新聞社，1988，508p
- (2) 仁田修一ほか：環境電磁ノイズハンドブック，東京，朝倉出版，1999，605p

■ 著 者 ■



今野 健志



小野塚 正



山下 誠一

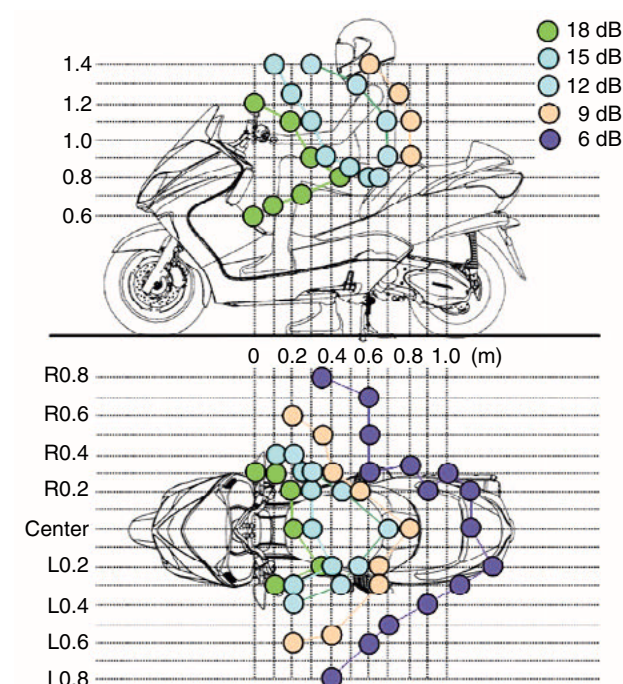


Fig. 16 S/N ratio under engine running

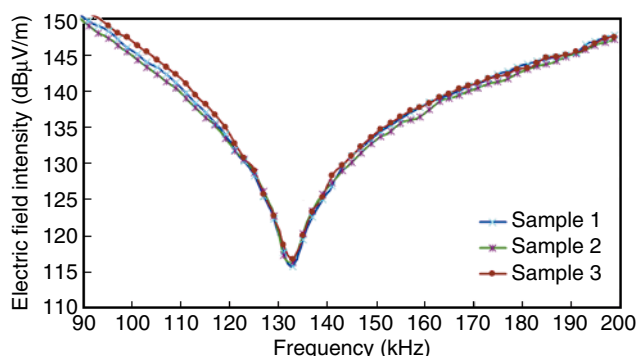


Fig. 17 Electric field intensity characteristics of smart card key starting