

路車間通信用表示型車載装置
注 1)
 (JSKつくば自動車走行データシステム)

On-board Unit for Mobile Communication and Display System
 (Tsukuba Driving Data System)

福 田 晋 児 ⁽¹⁾ Shinji Fukuda	小 川 秀 明 ⁽²⁾ Hideaki Ogawa	松 本 清 ⁽³⁾ Kiyoshi Matsumoto
福 山 重 樹 ⁽⁴⁾ Shigeki Fukuyama	磯 貝 保 広 ⁽⁵⁾ Yasuhiro Isogai	

要 旨

路車間通信は、路上装置と自動車間に局地双方向デジタル通信を導入することにより、効率的な運行管理を実現しようとするものである。財)自動車走行電子技術協会では、これまでの研究成果の一般広報と、実用化に対する確認実験を目的として、実験システムを科学万博つくば'85に出展した。

この中で、当社の試作した「路・車間通信用表示型車載装置」は、

- 1) 走行状況に関するデータの路上装置への提供
- 2) 目的地への到着予想時刻データなどの車室内CRTへの表示
- 3) 通信状態の確認

などの機能を有している。

注 2)
 今回の試作は、前回報告した基礎検討結果を具体的に装置に反映させたもので、実験コースでの走行試験を続けており、通信、表示、両機能ともに良好な結果を得ている。

注 1) JSK : 財)自動車走行電子技術協会

注 2) 前回報告: 富士通テン技報, Nov. 1983 Vol. 1 No. 1 に記載の「路車間通信用車載装置」を指す

The communication system between road and vehicle is to realize an effective traffic control system using local two-way digital communication technique.

Association of Electronic Technology for Automobile Traffic and Driving (JSK) exhibited this system at Expo '85 in order to introduce a good result of their research to the public and to confirm the actual effectiveness on an experimental model.

Among the Expo '85 systems, our "unit" has many functions such as

- 1) to supply data about circumstance of driving to roadside receiver,
- 2) to display an expected arrival time to CRT screen in vehicle,
- 3) to check an status of communication,

and so on.

This experimental model, which is incorporated with the fundamentals reported in the previous issue, is still being tested on the experimental course and has been getting good results about both communication and display.

(1)~(4) 開発技術部

(5) 技術本部

1. ま え が き

財)自動車走行電子技術協会(以下J S K)では、路上装置(以下、路上機)と自動車間を局地双方向デジタル通信で結び、道路管理者とドライバとを含めた総合的な運行管理技術の研究を行っている。この種の研究として、過去、通産省工業技術院の大型プロジェクト「自動車総合管制技術研究プロジェクト」にて、微弱電波を利用した通信方式の開発が行われ、実道路での実験により目標性能確認が行われた。J S Kでは引続き、システムの汎用性の検討、情報伝送量の増大化などを行い、さらに、実用化を考慮した通信仕様の検討、および、機器の試作を行っている。

今回J S Kでは、科学万博つくば'85の機会をとらえ、会場周辺道路にて、その一実施例の広報と実用化に対する確認実験を行った(以下、「つくばシステム」と称す)。

この中で、当社は、車載装置(以下、車載機)の試作研究を担当し、'82年度に基礎検討(富士通テン技報 Nov. 1983. Vol. 1 No. 1に報告)を、'83年度に「路車間通信用表示型車載装置(以下表示型車載機)」の試作を行った。

「表示型車載機」は、路上機に対し走行所要時間データを提供すると共に、路上機よりデータサービスを受け、その内容を車室内のCRTに表示する機能を有している。さらに、実験機能として、路車間での通信状態の確認を行う機能も付加している。

なお、この車載機はJ S K所有の乗用車に装着され、関係者を対象としたシステムPRおよび、実用化に対する確認実験等つくばシステムの一要素を担った。

2. つくばシステムの概要

このシステムは、「つくば自動車走行データ収集、提供システム」と呼ばれ、東京都心部と科学万博会場および、それらを結ぶ主要道路上に主要設備を配置し構築されている。

このシステムは、専用車載機を載せた自動車が発定コース内を走行することにより、路上機は自動車の運行に関するデータを収集するとともに、車載機に情報サービスを行う機能を有している。

一実施例ではあるが、自動車と道路を含めた未来交通社会へのアプローチである。

2. 1 つくばシステムの構成¹⁾

図-1につくばシステムの全体構成を示す。東京都心部と科学万博会場間片道50~60kmのバス路線を対象に、路上機が計8地点(上り、下りの交信地点計16地点)に設置され、これらは専用回線でJ S K事務局の中央装置に接続されている。また、会場内の財)日本自動車工業会のパビリオンである「くるま館」には展示端末が置かれ、自動車の運行状況などを表示している。

路上機は、個々の車載機が計測した路上機間走行所要時間データを収集し、自動車の混雑状況が展示端末に表示される。そのデータをもとに、車載機に対し、各バス停留所(以下ステーションという)への到着予想時刻を算出するためのデータを提供する。

車載機は、当社が担当した表示型のほかに、計測型、管理型があり、それぞれ異なった機能を持っている。これらの車載機は、バス、トラック、乗用車計150台に搭載されている。各車載機の機能を以下に示す。

- 1) 計測型車載機……路上機間走行所要時間、距離を計測し、路上機に提供する。
- 2) 管理型車載機……計測型車載機の機能に加え、平均車速、停止時間などの走行履歴、およ

び、ドライバが発見した各種道路状況を路上機に提供する。

- 3) 表示型車載機………計測型車載機の機能に加え、路上機からのデータサービスを受ける。車室内に表示器を持ち、自動車走行位置、および、各ステーションへの到着予想時刻を表示する。

当社担当の“表示型車載機”には、上記3)の機能のほかに、路車間の通信状態の確認機能を持たせ、通信のメンテナンス機器としても使用できるよう考慮している。

2. 2 路車間通信に関する基本仕様²⁾

路車間通信仕様は、通産省工業技術院の「自動車総合管制技術研究」の成果を基礎に、さらに、実用化システムとしての汎用性を考慮し、共通仕様という形で、JSKが検討したものである。

“表示型車載機”の設計にはこの仕様を盛り込んでいる。以下、その概要を述べる。

2. 2. 1 ハードウェア仕様

ハードウェア仕様を表-1に示す。

路車間通信の交信領域は、前記図-1に示すように、走行方向5mである。この領域を車速100 km/hで通過すると、交信に使える時間は、180 msecとなる。この間に、2回の再送を認めると、

1回の交信時間は90 msecとなる。伝送速度を9600 bpsとすると、冗長度を考慮しても、約600 bitの情報の送受が可能となる。

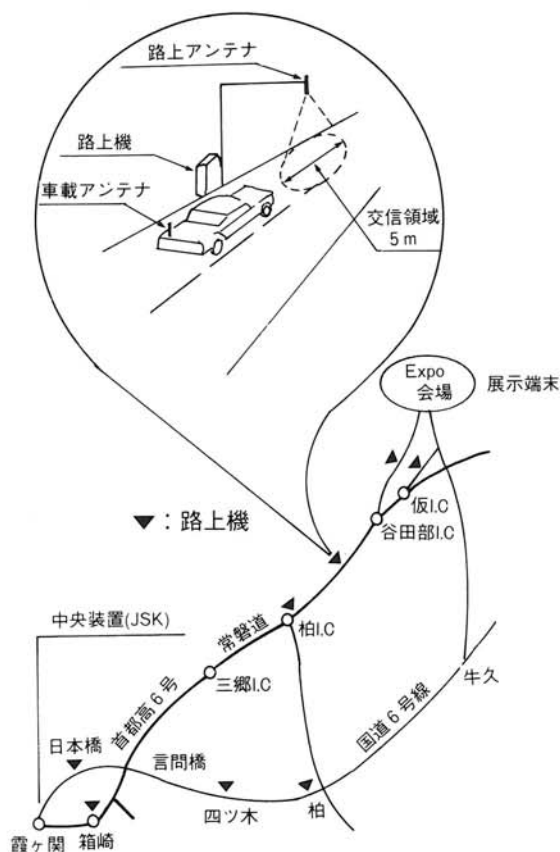


図-1 つくばシステムの構成

Fig. 1 Structure of Tsukuba system.

表-1 通信部ハード仕様

項 目	仕 様	項 目	仕 様
① 搬送周波数	路上機送信: 223.2 kHz 車載機送信: 304.8 kHz	⑥ 伝送速度	9600 bps
② 変調速度	9600 baud	⑦ 通信方式	半二重
③ 変調方式	位相連続周波数変調 (MSK; 周波数偏位 ± 2.4 kHz)	⑧ 起動方式	路上機ポーリング
④ 伝送レベル	送信レベル: 微弱電波 最小受信: 車載機 93 dB μ V/m レ ベ ル 路上機 //	⑨ 同期方式	プリアンプル ^{注)} 2 byte ポストアンプル 1 byte
⑤ 交信領域	進行方向 5m	⑩ 符号方式	NRZI+TR データの“0”で反転、“1”で無変化

注) アンプル: ハードの立上りを考慮したフレームのアイドリング部をいう

最小受信レベルは、妨害波となる都市雑音のレベルより設定したものである。この周波数帯での都市雑音の電界強度は、偶発的なものを含めて、最大 $75 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ (実測値) 程度である。ビット・エラー・レートを 10^{-5} 以下とすると、 15 dB 以上の S/N が必要となり、 3 dB の余裕を持たせ、最小受信電界を $93 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ としている。

2. 2. 2 ソフトウェア仕様

1) 通信手順

交信シーケンスを図-2に示す。路車間通信リンクの結合は、路上機からの起動（ポーリング）による。交信シーケンスは、路上機ポーリングの第1データ、それに対する車載機の応答データ、路上機からリンクを結んだ車載機にのみ送信する第2データ、または、ACK1よりなる。以下各フレームについて述べる。

i) 第1データ……ポーリングのためのもので、不特定車に対し送信する。交信地点コード、および、路上機の管理主体を表わす管理主体コードより成る。

ii) 応答データ……路上機のポーリングに対する車載機の応答データで、路上機がこれを受信することにより、路車1対1のリンクが結ばれる。走

行状況、車載機識別コード、および、路上機に対する第2データ要求コードより成る。

iii) 第2データ……車載機からの応答データ中に第2データ要求コードがあるとき、路上機が送信する。車載機は、これを受け、ACK1（ACK1）を返す。これにより交信は終結する。応答データ中に第2データ要求コードがないときは、第2データに替わり応答データに対するACK1（ACK2）を送信する。

通信タイミングを以下に示す。

- ① 応答データ待ちタイムアウト……………
 $T_a = 10 \text{ msec}$ (ポーリング後の応答データ待ち時間)
- ② ACK1待ちタイムアウト……………
 $T_d = 15 \text{ msec}$
- ③ 第2データ待ちタイムアウト……………
 $T_q = 40 \text{ msec}$
- ④ 車載機応答時間……………
 $T_e > 3 \text{ msec}$
- ⑤ 路上機応答時間……………
 $T_f > 3 \text{ msec}$

2) フレーム構成

フレーム構成は、図-3に示すように HDLC

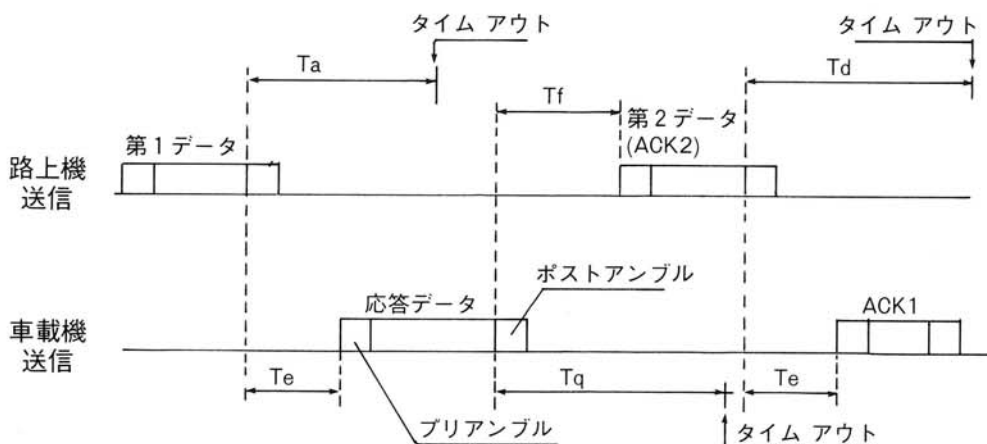


図-2 交信シーケンス

Fig. 2 Communication sequence.

(ハイレベルデータリンク伝送制御手順)に準拠した構成とする。フレームは、スタート、エンドフラグ、宛先アドレス、発信アドレス、情報部、および、フレーム検査シーケンスより構成されている。その内容を示す。

- i) 宛先アドレス……データ送信先のアドレス。路上機の第1データは、不特定車を示すアドレスとなる。
- ii) 発信アドレス……データを発信した側のアドレス。
- iii) 情報部……最大57Byteまで使用可能。
- iv) フレーム検査シーケンス……巡回符号を用いたエラー検出用データである。

3. 表示型車載機

“表示型車載機”は、ドライバが発時点に走行しようとする路線の番号を車載機に入力することにより、車室内CRTに各ステーションへの到着予想時刻(時刻マップ)、および、走行路線模式図上への自転車走行位置を表示する。この表示は、走行実績、および、路上機との通信により、現在の交通の流れを考慮した値に修正される。

この表示によりドライバは渋滞状況を把握することもできる。

3.1 機能

“表示型車載機”の機能は、

- 1) 路上機への情報提供機能
- 2) 車室内CRTへの情報表示機能を主とし、路上機への情報提供を行うために
- 3) 路上機間の走行所要時間計測

- 4) 走行距離計測を行う。

CRTへの表示内容は

- 1) 各ステーションへの到着予想時刻
- 2) 走行路線模式図上への自転車走行位置の表示などである。

その他、通信状態の確認機能として、

- 1) 送受信データ、車載機ステータスのモニタ機能
 - 2) 車載機ステータスの任意設定機能
- などがある。以下、主な機能について述べる。

3.1.1 計測機能³⁾

1) 標準計測

路上機には、その管理主体の多様化を考慮して、一例としてA、B、Cの3種類の管理主体が設定されている。同一管理主体の路上機の隣りあった区間を標準リンクという。車載機はこの標準リンクの走行所要時間、走行距離を管理主体の異なる3リンクについて、パラレルに計測する。標準リンクの概念と送信のタイミングを図-4に示す。

システムの電源を投入した時点より計測を開始し、この地点では、同時にA、B、Cの管理主体の路上機と通信したものとする。各リンクの終点交信地で車載機応答データ中に標準計測データを盛込む。

2) 単位計測

標準リンクが他の管理主体の路上機で分割されているとき、この分割されたリンクを単位リンクという。図-5に例を示す。例えばAの標準リンクに着目すると、そのリンクを分割しているB、お

フラグシーケンス	宛先アドレス部	発信アドレス部	情報部	フレーム検査シーケンス	フラグシーケンス
0 1 1 1 1 1 1 0	8ビット	8ビット	8×nビット	16ビット	0 1 1 1 1 1 1 0

図-3 フレーム構成
Fig. 3 Structure of frame.

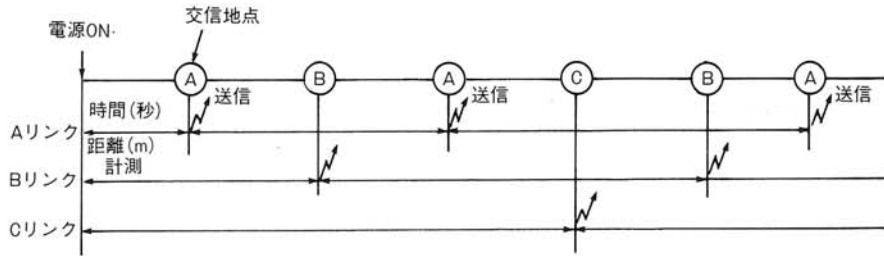


図-4 標準計測リンク

Fig. 4 Standard link for measurement.

よび、Cで区分されたリンクが標準リンクAの単位リンクとなる。車載機は、この単位リンクの走行所要時間を計測する。データの送信は、標準リンクの終点で行う。

3. 1. 2 表示機能

CRTの表示内容として、自転車走行位置の表示、各ステーションへの到着予想時刻表示がある。到着予想時刻の表示には、以下の3種類がある。

- ① 出発時点に表示するもので、車載機自身の所有しているタイムテーブルより算出を行ったもの（出発時点での到着予想時刻）。
- ② 自転車の走行実績距離により、車載機自身で時刻修正を行ったもの。
- ③ 路上機との通信により、タイムテーブルを受信し、表示データを修正したもの。

自転車走行位置、到着予想時刻の算出法、操作方法について述べる。

1) 自転車走行位置の算出方法⁴⁾

図-6に路線模式図の一部を示す。セグメント距離 α を距離パルス (60km/h 走行時、 4×637 パルス/分) によりダウンカウントし、 $\alpha=0$ となると、現在位置を1つ前進させる。1セグメントの距離は路線により異なるが、約1km程度である。

2) 各ステーションへの到着予想時刻の算出方法⁴⁾

各ステーションへの到着時刻は、通信地点を通過しなくても走行実績を考慮することにより一定タイミングで修正を行う。

図-7にその算出方法を示す。ここで破線は修正前の予想値、実線は④点で修正したときの予想値を示している。④点以後の予想値を算出するための各ステーション間走行所要時間データは、修正前と同じ値を用いる。即ち、修正後の到着予想時刻は、 $T_n \rightarrow T_n'$ 、 $T_{n+1} \rightarrow T_{n+1}'$ となる。走行所要時間データ tn は、当初車載機が保有している値、

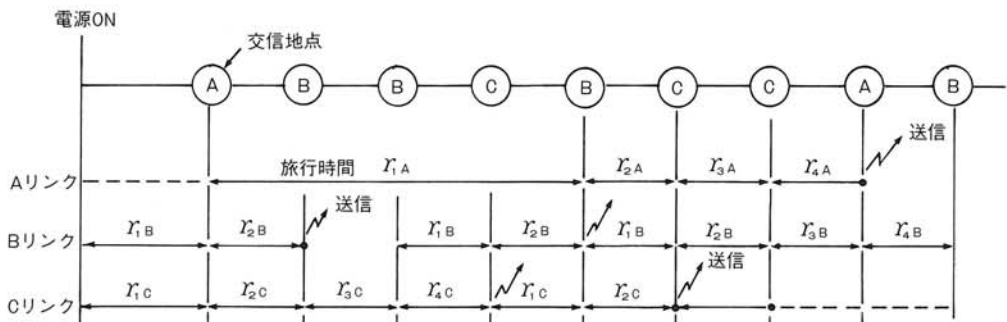


図-5 単位計測リンク

Fig. 5 Unit link for measurement.

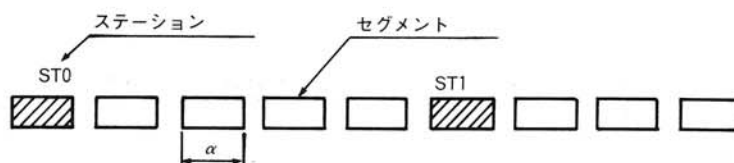


図-6 路線模式図

Fig. 6 Model of route.

または、路上機と交信して得た最新の値である。

あらかじめ車載機の保有しているステーション間走行時間データは、日種、時間帯による交通流を考慮し、1路線につき、休日、平日の2種類、各々につき、時間帯別に5種類、計10種類を持たせ、時計と連動し自動選択できる構成としている。

3) 操作、および、表示内容

運転席にキーボードを設置し、走行路線番号の設定、表示サービス開始指示、時刻設定などの操作を集中して行う。キーボード操作面を図-8に示す。

以下に、操作手順と表示画像を示す。

① イグニッションONで各機器に通電し、計測処理を開始する。

② **LN** キー……………路線番号指定用キー。こ

のキーを入力後テンキーにより路線番号を設定する。

③ **START** キー……………路線番号設定後、表示サービスを開始する。路線模式図、自転車走行位

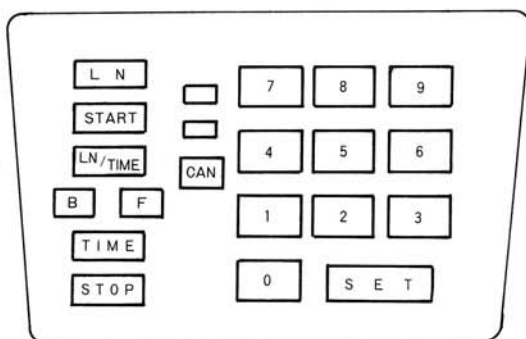


図-8 キーボード

Fig. 8 Key board.

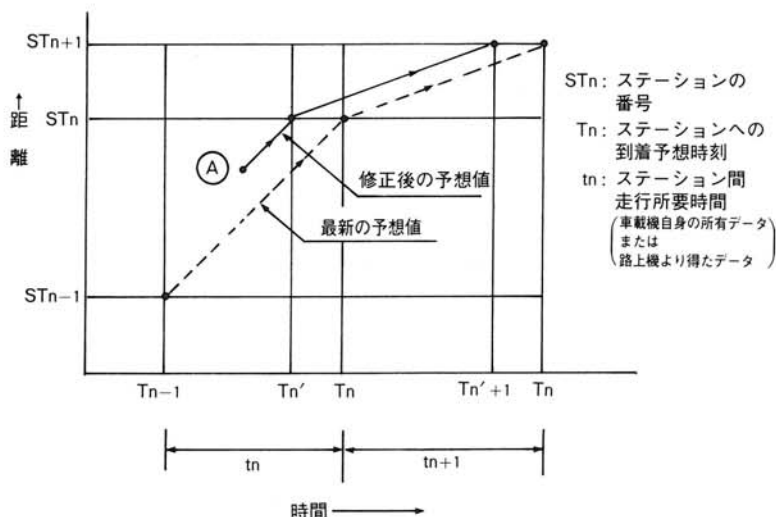


図-7 到着予想時刻の算出

Fig. 7 Computation of arrival time.



図-9 路線模式図、自転車走行位置表示

Fig. 9 Display screen of model of route and location of vehicle.

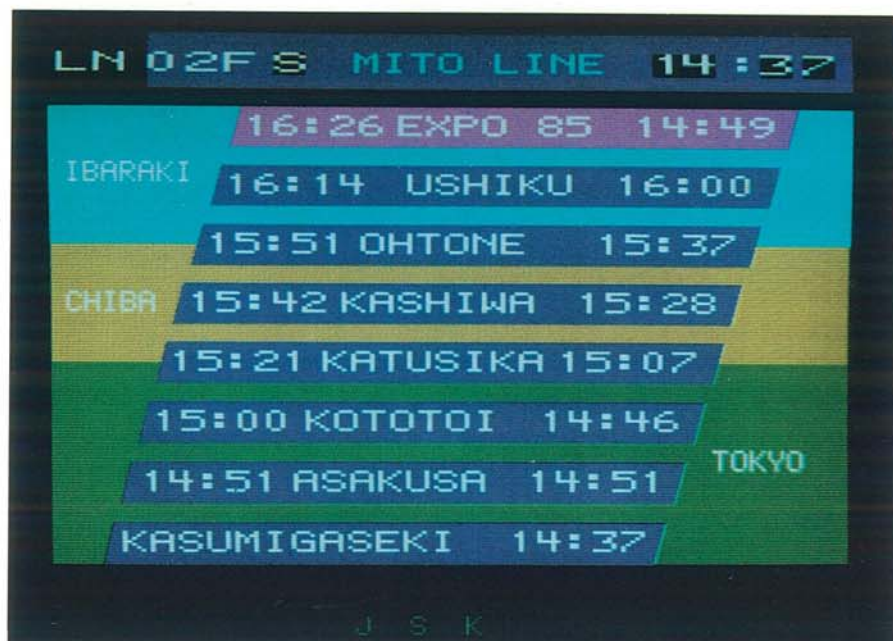


図-10 到着予想時刻表示

Fig. 10 Display screen of arrival time.



図-11 パーキングの案内表示

Fig. 11 Display screen of a parking lot guidance.



図-12 工事情報表示

Fig. 12 Display screen of a construction guidance.

置表示画面を表示する（図-9）

④ **LN/TIME** キー………自転車走行位置（図-9）、各ステーションへの到着予想時刻画面（図-10）をトグル動作で切替える。

⑤ **F** キー、**B** キー………自転車走行位置のマニュアル補正（前進、後退）に用いる。

⑥ **TIME** キー………時計の設定に用いる。このキーを押した後テンキーにより時、分の順に入力する。

⑦ **SET** キー………テンキーで入力した数字をセットする。

⑧ **CAN** キー………予備のキーで、操作手順の案内表示、および、道路情報等のデモ用画像の表示を行う。（図-11、図-12）

3. 1. 3 路車間通信の実験機能

この車載機は、ターミナル、プリンタを接続することにより、交信状態のモニタ、および、車載機ステータス設定などの実験機能を動作させることが出来る。

1) 通信状態のモニタ機能

i) 車載機のステータス表示………車載機識別コード、路線番号など車載機の状態を表示する。

ii) 送受信データの内容表示………路上機との交信後、車載機受信データ（第1データ、第2データ）、および、車載機送信データ（応答データ）の内容を表示する。このデータは次の路上機と交信するまで保持する。

iii) 異常交信の有無………交信サイクル中にデータエラー、受信待ちタイムアウトなどの異常交信があると、交信領域通過後、通信状態を表示する。

iv) 交信シーケンスの表示………第1データ、第2データの受信状態、車載機応答データの送信状態をリアルタイムでトレースすることにより、車載機の交信シーケンスの確認ができる。これにより路上機の交信シーケンスも予測できる。

v) 路上機送信データに対する車載機受信可能領

域の確認………車載機を受信専用モードとし、上記iv)の交信シーケンスを表示し、これを監視することにより、車載機受信可能距離を知ることができる。

2) 車載機ステータス、通信手順の設定機能

i) 車載機ステータスの設定………ターミナル上のキーボードより車載機識別コード、その他の送信データの任意設定が可能

ii) 通信手順の選択………次の3つの通信手順を選択できる。

① 路・車間で情報を提供し合うタイプ（表示型車載機）………路→車→路→車

② 路上機が情報を収集するタイプ（計測型）………路→車→路

③ 路上機が車載機へ情報を提供するタイプ（受信専用車載機）………路→車

図-13にターミナルCRTへの車載機ステータスの表示例、図-14に送受信データのプリントアウト例を示す。図-14で、RX1、RX2は車載機が受信した第1データ、第2データ、TX1は車載機が送信した応答データの内容である。この後には、各通信エラーの回数をプリントアウトする。

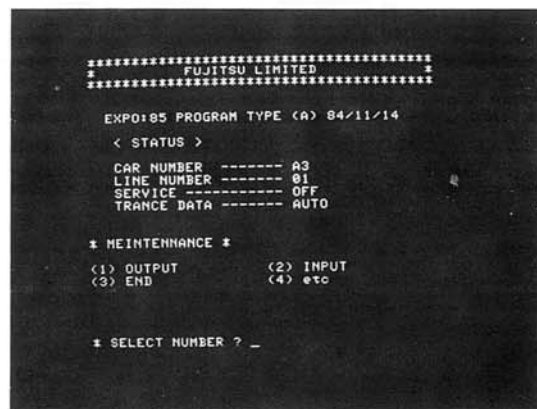


図-13 車載機ステータス表示

Fig. 13 Status on board system.

```

*****
*          FUJITSU LIMITED          *
*****

EXP0185 PROGRAM TYPE (A) 84/11/14

* RX1 DATA *
FF 01 3C 40 DA F7 0A 47 CD 02 01 A2 00

* TX1 DATA *
01 A3 42 78 00 00 00 00 00 15

* RX2 DATA *
A3 01 00 03 03 14 23

* FCS ERROR ----- 02
* 100msec TIMEOUT1 ---- 00
* 100msec TIMEOUT2 ---- 00
* 40msec TIMEOUT ----- 00
* FIRST DATA ERR ----- 01
* SECOND DATA ERR ----- 00
* THE NUMBER OF AK1 --- 01

```

図-14 送受信データプリントアウト

Fig. 14 Print-out of transmitting and received data.

3. 2 機器構成⁴⁾

全体システムは、今後の機能拡張、変更等機器の汎用性を考慮し、モデム部、通信制御部、表示制御部の3ユニット構成とした。特に表示制御部は、表示の多様化への対応が容易に行えるよう、専用CPUを割当てユニット単体での機能拡張、変更を容易にできる構成とした。

3. 2. 1 システム構成

図-15にハードウェア構成を示す。通信制御部は通信制御のほか、交信地点間走行所要時間、距離の計測を行うとともにターミナル、プリンタを接続することにより、実験ツールとして使用できる。表示制御部は、キーボード入力処理、路上機より得た情報内容の表示を行う。通信制御部、表示制御部には各々専用CPUを持たせ、両者を9600bpsの双方向シリアルラインで結んでいる。表示制御部から通信制御部へは、キーボードより指定した、走行路線の番号、表示サービス開始指示データを伝送する。通信制御部から表示制御部へは、路上機との交信で得た到着予想時刻算出用

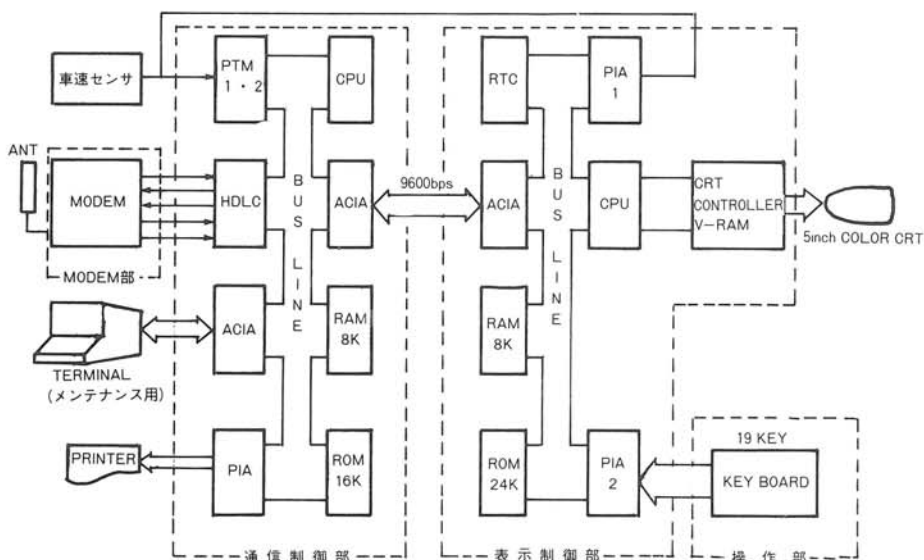


図-15 ハードウェア構成

Fig. 15 Structure of hardware.

データを伝送する。

図-15でPTM(プログラマブル・タイマ・モジュール)は距離パルスの処理、路上機間走行時間のカウント、および、通信制御用インターバルタイマとして用いている。RTC(リアルタイム・クロック)は時刻表示用で、各ステーションへの到着予情時刻の算出用として用いる。

3. 2. 2 モデム部構成⁴⁾

図-16にモデム部の構成を示す。

変調部は、基準クロックを分周することにより、614.4 kHz、604.8 kHzを得る。この2周波数より送信クロック9.6 kHzを作り、これを通信制御部へ送る。これに同期した送信データにより、两周波数の切換えを行う。さらに、これを1/2分周することにより、 $304.8 \text{ kHz} \pm 2.4 \text{ kHz}$ の送信周波数を得る。

復調部では、 $223.2 \text{ kHz} \pm 2.4 \text{ kHz}$ を受信し、これを周波数交換することにより、 $12 \text{ kHz} \pm 2.4 \text{ kHz}$ を得る。これを遅延検波することにより、デ

ータを復調する。

車載アンテナは、 $15\text{mm}\phi \times 200\text{mm}$ のフェライトバーに、ポリウレタン線を30回巻いたもので、これに容量を付加することにより共振させている。車載機の送信を効率良く行うため、共振点は送信周波数に合わせている。

送受信の切換えは、通信制御部からのRTS(送信要求)信号を受け、ダイオードによりスイッチングを行う。

3. 2. 3 表示部構成

表示には、専用のグラフィックプロセッサを使用している。分解能は 512×256 ドットでノンインターレススキャンを行っている。画面は8色のキャラクタで構成している。

CRTユニットは、市販の5 inchカラーCRTを用い、グローブボックス内に装着できるよう筐体を改造した。ドットピッチは0.6mmで、一般家庭用のTV受像機と同程度である。入力はTTLレベルの同期分離形である。

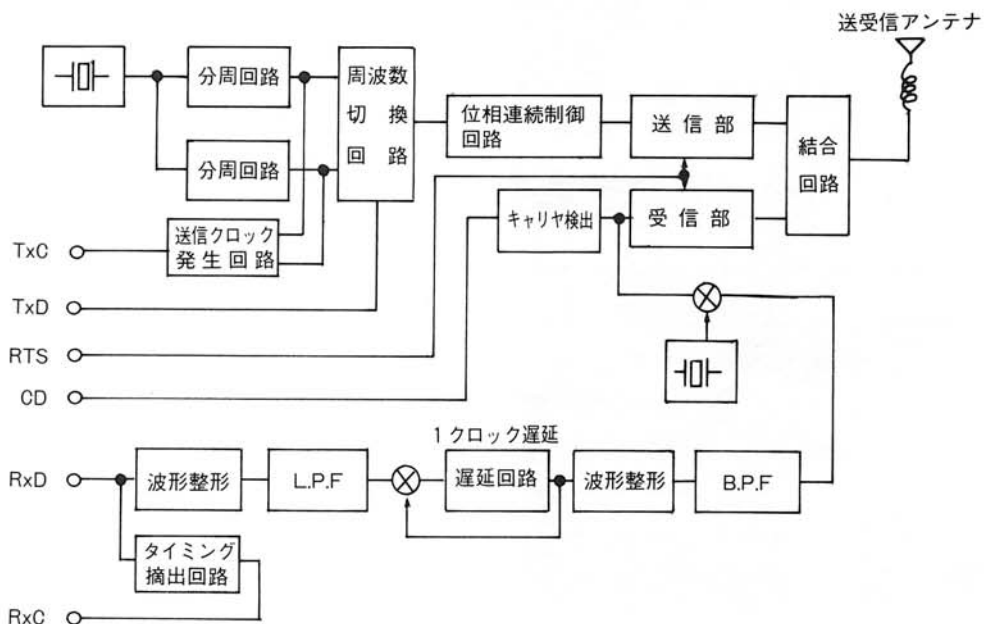


図-16 モデム部構成

Fig. 16 Structure of MODEM unit.



図-17 表示制御部、CRT、キーボード
Fig. 17 Display controller, CRT, key board.

3. 2. 4 乗用車への装着⁵⁾



図-18 車載アンテナ
Fig. 18 Antenna mounted on vehicle.

乗用車（クラウン）へ搭載した各機器を図-17、図-18に示す。

車載アンテナは装着位置により、送信レベルの劣下があるため、その影響の最も小さい位置を選んだ。（前回技報に報告）

なお、通信制御部はトランクルーム内に設置している。

3. 3 性能評価

実フィールドの実走実験を行い、試験、調整を繰返すことにより、機能、性能ともに満足のできる結果を得ることができた。

表示部については、通信により得た情報を表示するというシステム機能を確認すること、更に、画面の見易さ、特に表示画像のデザイン、文字の大きさなど、ドライバに適確な情報を伝えるための表現方法の検討については、これからの課題とし、J S K関係者の意見を反映させたい。

4. む す び

“表示型車載機”の試作が完了し、試験コースを走行することにより、各路上機との通信機能、

表示機能の確認を行い、技術的に実用化への可能性を確かめることができた。

当社試作の“表示型車載機”は、現在、関係者へのPR、システムに対する意見聴取用装置の一つとして使用されてきた。

J S Kでは、引続き、現在のシステムを用いた各種実験、仕様の見直しを行い応用機器の試作も計画している。

今回の試作に対し、J S K、その他関係者の意見を聴取し、さらに、機能、性能の詰めを行いたい。

なお、この報告は、協会構成メンバーの一員である富士通㈱の受託内容を当社で実施した試作、研究の成果である。

参 考 文 献

- 1) 財)自動車走行電子技術協会：会報No.9、東京、pp. 14-16 (1984)
- 2) 財)自動車走行電子技術協会：自動車走行電子技術を利用したシステムの研究、東京、pp. 33 (1984)
- 3) 富士通㈱：路車間通信の共通仕様に基づく車載機・路上機の試作研究、財)自動車走行電子技術協会、東京、pp. 116-117 (1984)
- 4) 富士通㈱：路車間通信の共通仕様に基づく車載機・路上機の試作研究、財)自動車走行電子技術協会、東京、pp. 106~107, 113~115, 101~105 (1985)
- 5) 福田ほか：富士通テン技報、Nov. 1983, Vol. 1, No. 1、富士通テン㈱、神戸pp. 75~86 (1983)