

小型・高性能400MHz帯業務用車載無線機

Small Size and High Performance 400MHz Band Mobile Radio

増田一郎	<i>Ichiro Masuda</i>
長尾孝司	<i>Koji Nagao</i>
大角達也	<i>Tatsuya Ohkado</i>
喜多靖文	<i>Yasufumi Kita</i>



要 旨

最近、小規模事業者の移動通信に対するニーズが非常に高まってきている。このようなユーザ向けの無線システムは簡易無線局が中心となり、毎年7万局近い増加が続いている。1993年にはこれらの需要の増加に対応すべく、簡易無線の周波数の増波が行われた。

今回、当社では簡易無線を中心とした音声通信主体のユーザ層をターゲットとした71形車載無線機を開発した。本稿では、簡易無線で問題となっている混信の防止策として新しく採用したデジタルスケルチをはじめ、取り付け性向上をねらった小型化技術、実車悪条件下での音質の改善を中心に、71形無線機の特長、設計の要点について述べる。

Abstract

Recently, the needs of the mobile communication for small enterprises are increasing greatly. Most radio communication systems for such users are the Simplified Services systems, and the number of stations in this category is increasing about 70,000 every year. In 1993, additional frequency channels for the Simplified Services have been assigned to meet the demand.

Now, Fujitsu Ten has developed Model-71 Series Two-way Mobile Radio which is aimed at users using voice communication mainly such as the Simplified Services users.

This paper describes features and design concepts of this new radio including the Digital Squelch System to cure the interference problems in the Simplified Services, miniaturizing technologies for easy vehicle installation, and improvements of sound quality at noisy environment.

1. はじめに

近年、社会環境の変化につれて移動通信を利用する小規模の事業者が増加している。

小規模事業者が移動通信システムを導入しようとする時、初期設備投資や利用料金において多額の負担が必要なのが問題となっている。また人的な面では、無線従事者の確保が問題である。

一方、小規模事業者では、必要とする移動通信システムはサービスエリアが狭くてもよい場合が多く、また、通話内容も音声連絡で十分の場合が多い。

現在、一般事業者が業務に使用できる移動通信システムとしては表-1に示すようなものがあるが、設備費・利用料金が安く、従事者免許が不要、サービスエリア・通話内容の点で、小規模事業者のニーズに合致するシステムに簡易無線がある。

しかし、簡易無線の需要は非常に多いにもかかわらず、他のシステムと比べて少ない割当周波数を多数の無線局が使用している。最近、周波数の増波（400MHz帯10波）が行われたが、それでも絶対的周波数不足のため、大都市部を中心に混信がひどく無線局の使用に支障が出ている。

今回、開発した71形シリーズ業務用無線機は、簡易無線と音声通信主体の小規模な各種業務用無線ユーザをターゲットに開発を行った。特に簡易無線で問題となってい



図-1 71形無線機と整流電源装置

Fig.1 71 series mobile radio and power supply

る混信の軽減手段として、当社独自のオープン優先方式デジタルスケルチを開発した。また、従来機種と比べ混信防止のトーンスケルチを標準装備し、AVM等高機能データ通信への拡張インターフェースをオプションとする等、小規模無線システムとして使いやすい構成とした。

2. 装置の概要

本無線機は、高機能データ通信・大システム向けの従来機種に対して、音声通信主体の小システム向けに基本性能と使いやすさを追求した高性能車載形無線機である。

2. 1 特長

1) デジタルスケルチ機能を搭載

簡易無線では従来のトーンスケルチ機能に加えて混信をより軽減するデジタルスケルチ機能を新しく搭載した。さらに、サービスエリア縮小防止のため当社独自のオープン優先方式を採用した。

2) 小型化

本無線機では、車両への取付性向上のため各回路の集積化とレイアウトの最適化を図ることによって、1/2 DINサイズの従来機種よりさらに容積比で23%の小型化を実現した。

3) 通話時の音質を改善

走行雑音や弱電界といった悪条件下での聴きやすさを追究して送受信トータルで音質を改善するとともに、コンパング機能を搭載して弱電界での音声伝送品質の向上を可能にした。

4) 新筐体構造の採用

筐体構造を新設計とし保守性および製造性向上を図った。

5) 高信頼性設計

表-1 業務用移動通信システムの比較

システム 項目	自 営 通 信			公衆通信
	簡易無線局	各種業務用	MCA/JSMR 携帯/自動車電話	
無線局数	81万局	187万局	66万局	155万局
割当周波数	44波	—	2040波	4541波
通信内容	音声	音声/データ	音声/データ	音声/(データ)
サービスエリア	特定地域 (小)	特定地域 (小～中)	特定地域 (小～中) ※制御局があること	全国
通話対象	事業者内のみ	事業者内のみ	事業者内のみ	有線/無線 加入者すべて
混信の程度	大	少	なし	なし
通話の方法	一斉通話	一斉通話/ 個別指定通話	一斉通話/ 個別指定通話	ダイヤル指定に よる1対1通話
無線従事者免許	不要	要	要	不要
無線局免許	要	要	要	ユーザは不要
利用料金	なし	なし	中	高
設備費	安	安～高	中～高	中～高

温湿度環境試験、振動試験、静電耐圧試験、電源サージ試験などを繰り返し、過酷な環境条件に耐える高信頼性を実現した。

6) その他の特長

① トーンスケルチ機能の標準装備

ユーザの要求に容易に対応するため、従来オプション設定であったトーンスケルチ機能を標準装備した。

② セレコール機能の標準装備

業務用無線では簡易なデータ通信を使用するセレコール機能を標準装備した。(従来オプション設定)

③ 簡単操作のスケルチモニタ機能

ハンドマイクに選択スイッチを設け、手元での容易なスケルチ解除操作を可能にした。

④ シリアル通信機能の採用

ディーラでの保守時の煩わしさを解消するためシリアル通信機能を採用し、携帯用パソコンを使用して本体を車両から取り外すことなくデータの書き換えを可能にした。

⑤ ワンタッチ脱着方式を採用

ブラケットは、従来から好評のワンタッチ脱着方式を改良し、取付性の向上と確実な車両への装着を可能にした。

2. 2 機能

本無線機の機能を表-2に示す。デジタルスケルチ、スケルチモニタ、コンパング機能は当社簡易・業務用無線

表-2 機能一覧表

項 目	内 容	業務	簡易
プレス時限機能	制限条件	連続プレス 断続プレス	○ ○
	解除手段	自動 手動	○ ○
トーンスケルチ機能	連続 (A) トーン タクシー (B) トーン クロストーン 片トーン	○	○
		○	○
		○	○
		○	○
★デジタルスケルチ機能	地区コード 16 ユーザコード 128	—	○
★スケルチモニタ機能	ノイズステルチ トーンスケルチ デジタルスケルチ	○	○
		○	○
		—	○
音量低減機能 (漏話)		○	○
ハングアップモニタ機能		○	○
★コンパング機能		○	○
セレコール機能	セレコール 車番000~999	○	—

★：新機能(当社比) ○：設定あり —：設定なし

表-3 FTM40-571AT形無線機定格・性能

周 波 数 範 囲	360～470MHz
電 波 形 式	F 3 E, F 2 D
空 中 線 電 力	5 W
チ ャ ン ネ ル 数	1
空中線インピーダンス	50Ω
周 波 数 間 隔	12.5kHz
通 信 方 式	単信通信方式
発 振 方 式	水晶発振制御によるシンセサイザ方式
変 調 方 式	可変リアクタンス直接変調方式
周 波 数 偏 差	± 3 × 10 ⁻⁶ 以内
最大周波数偏移	±2.5kHz以内
送 信 S / N	35dB以上
標 準 変 調 入 力	-55dBm (600Ω)
受 信 方 式	ダブルスーパーヘテロダイン方式
受 信 感 度	- 6 dB／μV以下 (12dB SINAD)
隣接チャンネル選択度	70dB以上
ス プ リ ア ス 感 度	70dB以上
受 信 S / N	35dB以上
受 信 最 大 出 力	0.9W以上 (8 Ω)
電 源 電 圧	DC13.8V (マイナス接地)
消 費 電 流 (電源電圧13.8V時)	送信時 2.5A以下 受信定格出力時 500mA以下 待受時 300mA以下
使 用 温 度 範 囲	-10℃～+50℃
外 形 寸 法	150 (W) ×25 (H) ×150 (D) mm
重 量	約730 g

機として初の機能である。

2. 3 定格・性能

本無線機シリーズから代表機種としてFTM40-571AT形業務用無線機の定格と性能を表-3に示す。

3. 設 計 の 要 点

3. 1 デジタルスケルチ機能

簡易無線では、一つの周波数を多数のユーザで共用しているため、従来は33種類のトーン信号でユーザを区別するトーンスケルチにより混信防止を図っていた。しかし、無線局の増大により大都市では同一トーン局が多数となり、混信状態が日常化したため新しいユーザ区別の方式が必要となってきた。

簡易無線局の識別のため通話の最初にATIS

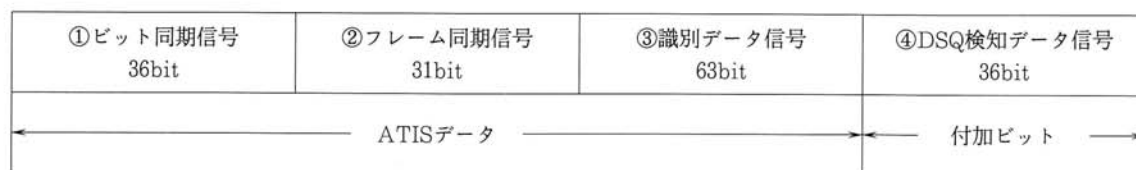


図-2 データ形式
Fig.2 Data format

(Automatic Transmitter Identification System)信号を送出することが法律で義務付けられたが、このATIS信号に続く付加ビット信号をユーザ識別コードとして使用し、通話相手を区別するデジタルスケルチが考案された。

図-2にデジタルスケルチのデータ形式を示す。ATISデータは、①ビット同期信号、②フレーム同期信号、③識別データ信号で構成されている。付加ビット部は、当社では④デジタルスケルチ検知データ信号として使われ、モード、地区コード、ユーザコードの情報を持っている。

デジタルスケルチは、すでに他社無線機において、付加ビット信号が一致することで、通話を可能にする方式が採用されている。本方式は、無線機が受信待受時音声ミュート回路を閉じた状態で、ユーザコードを受信してコードが一致したとき、音声ミュート回路を解除し受信音声を出力する方式で、当社ではクローズ優先デジタルスケルチと呼んでいる。

デジタルスケルチでは、通話の最初だけデジタルスケルチ検知データ信号を送出するために、この信号を受信できなければ通話が成立しない。現在採用されているクローズ優先デジタルスケルチでは、フェージング現象や弱電界時に通話ができない場合があり、通話エリアが狭くなるという問題が発生している。

当社では、この問題を解消するために受信待受時、デジタルスケルチによる音声ミュートを開いた状態にしており、他局のユーザコードを受信すると音声ミュート回路を閉じる方式を開発した。本方式では、自局のコードが受信できなくても音声ミュート回路が開いた状態にあり通話が可能である。本方式は、当社独自の方式でオープン優先デジタルスケルチと呼んでいる。

通話エリアが狭くなる問題に対して、音声聞き取り通話可能な弱電界で、この二つの方式の実車走行試験を行った。表-4に、弱電界におけるデジタルスケルチの通話率を示す。この結果クローズ優先デジタルスケルチは、弱電界での通話率がオープン優先デジタルスケルチに比べて約30ポイント悪くなっている。オープン優先デジ

表-4 デジタルスケルチの通話率(弱電界)

	弱電界時の通話率	
	移動局	基地局
クローズ優先 デジタルスケルチ	70.0%	72.5%
オープン優先 デジタルスケルチ	100%	100%

呼出回数：移動局、基地局共に50回
車両速度：移動局30km/h

タルスケルチを採用すれば弱電界での通話エリアが狭くなるという問題は解消できる。しかし、オープン優先デジタルスケルチは、ATIS制度適用後の新設周波数(全局ATIS付)では混信除去効果が大いだが、ATISが完全に施行されていない周波数では、混信除去効果が小さくなることもある。

クローズ優先、オープン優先デジタルスケルチは、それぞれメリット、デメリットがあるため当社ではクローズ優先、オープン優先の二つのデジタルスケルチを採用し、ユーザの使用環境に応じて選択できるようにした。

3. 2 小型化

本無線機の小型化にあたっての設計ポイントを以下に述べる。

1) オーディオ回路のIC化

本無線機では、コンパンドやデータ通信に用いるMSKモデム、ミュート回路やディエンファシス回路、電子ボリューム等を1個のICに集約して省スペース化と低消費電力化を図った。これにより個別部品で構成した場合に比べて、部品点数を大幅に削減し、占有スペースも約60%に抑えた。

本ICのブロックダイアグラムを図-3に示す。

2) VCOのユニット化

PLL部のVCOユニットは、送信時にキャリアを発信する送信用発振器と受信時に第一局発周波数を発信する受信用発振器およびバッファアンプから構成されている。従来機種では、これらの回路を個別にメイン基板に実装していたため大きなスペースを必要としたが、小型化・高信頼性の要求と部品の共通化の目的から今回ユニッ

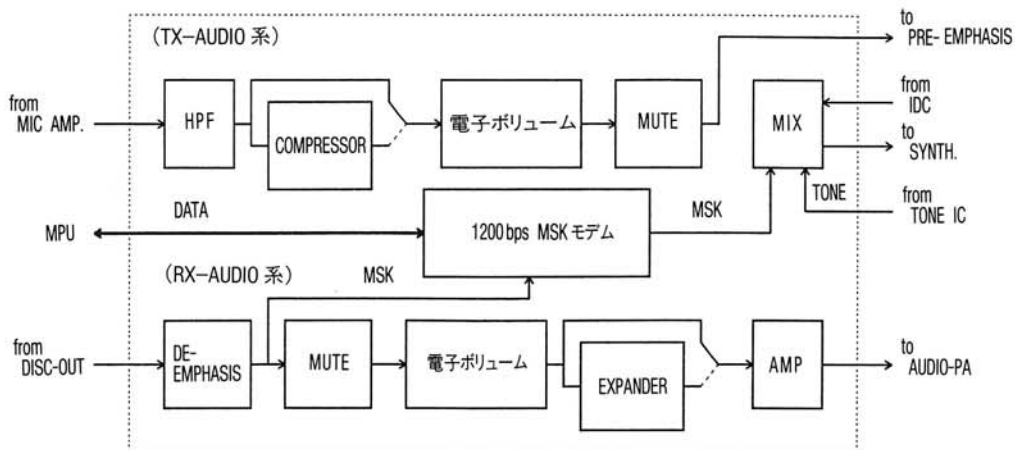


図-3 オーディオICブロックダイアグラム
Fig.3 Audio IC block diagram

ト化を図り、従来のVCOに比べて約30%小型化した。

さらにPLL部では、プリスケラ・可変分周器・位相比较器を含むPLLコントローラ回路、LPF回路、高速切替回路のモジュール化を図ったことでPLL部全体の部品実装効率を大幅に向上させ、従来機種に比べて約30%の小型化を実現した。

また、本構成によりメイン基板のPLL部の大部分をGNDパターンとすることが可能となり、小型化と同時にシールド効果の向上を実現した。

3) 回路のモジュール化

前述のPLL部のモジュール化に加えて送信オーディオ部、受信オーディオ部、ノイズスケルチ部を同様にモジュール化して集積度を高めたことで、各回路をメイン基板上に実装した場合に比べて占有スペースを13%に抑えた。また、これらのモジュールはVCOユニットと同様に共通化を目指したものであり、今後開発される他機種への展開を可能とした。

3. 3 音質改善

走行時の外来雑音や弱電界などの悪条件下で、どれだけ通話内容を聴きとれるかが、無線機の基本性能としては特に重要であり、実使用での感度そのものを大きく左右することができる。

本無線機では、送受信トータルでの音質向上を目指して走行実験を繰り返し、以下の改良を施すことで音声伝送品質の向上を図った。

1) 送受信オーディオ回路の周波数特性の変更

従来は、音声の忠実な再生を重視し300Hz～3kHzの帯域を確保していたため、無騒音下では聴きやすいが、走行時の外来雑音や弱電界などの悪条件下では低域ノイ

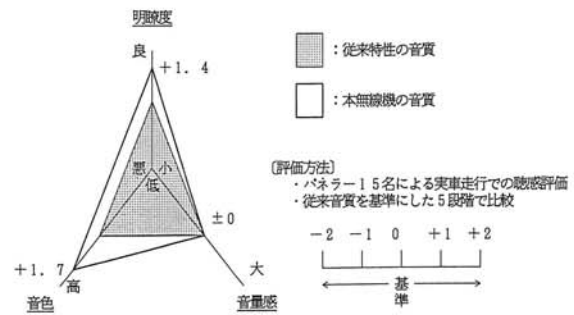


図-4 実車走行での音質評価結果
Fig.4 Sound quality appreciation at field test

ズの影響により音声が聴きづらくなる傾向があった。

本無線機では、300Hz～3kHzの送受信総合周波数特性がフラットより低域カットする方が悪条件下でのメリット向上が図れるとの評価結果から、送受信オーディオ回路のハイパスフィルタのカットオフ周波数を上げて低域成分をカットした。この結果、図-4の音質評価結果に示すように従来の音質に対して悪条件下での明瞭度が改善され、実使用での感度向上を実現した。

2) コンパンダ回路の採用

移動無線で音声通話する場合、弱電界時に無線系雑音による音声伝送品質の劣化の問題が発生する。コンパンダ回路はこの無線系雑音を低下させるため、音声信号の圧縮及び伸長を行う回路である。本回路は図-5に示す入出力特性をもっており、送信時に音声信号を圧縮（コンプレッサ）して送信し、受信時に元のレベルになるよう伸長（エクスパンダ）することにより、音声信号の

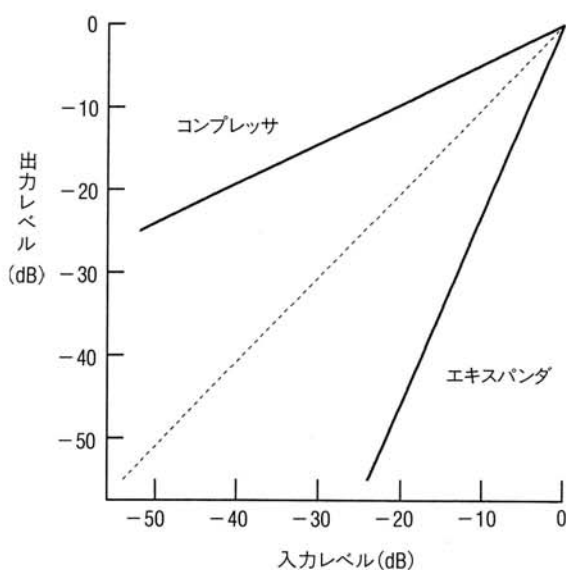


図-5 コンパング入出力特性

Fig.5 Componder input output characteristics

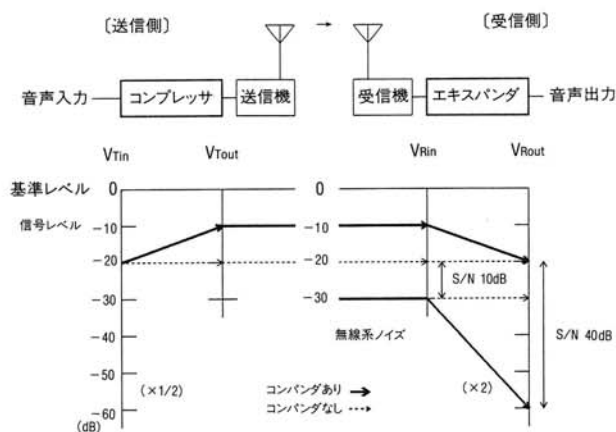


図-6 コンパングレベルダイヤグラム

Fig.6 Componder level diagram

S/Nを改善することができる。例えば図-6に示すように、コンパングを用いないときの復調時のS/Nが10 dBのとき、コンパングを適用することによってその値を40dBにすることが可能である。

本無線機では、コンパング回路の採用により弱電界でのS/Nを改善し、音声伝送品質の向上を実現した。

3. 4 構造

無線機で安定した性能を得るためには、回路ブロックを適正に配置する構造が必要である。

従来、当社無線機の筐体構造は、図-7に示すアルミダイカストのH形、U形構造であったが今回、当社無線機として初めて図-7に示すアルミダイカストのO形（ドーナツ形）構造とした。

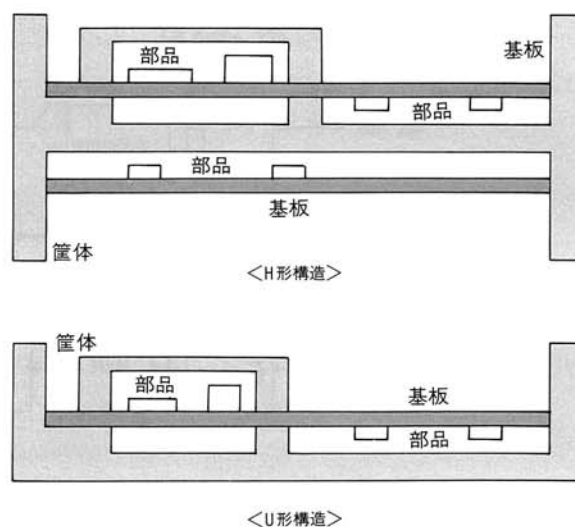


図-7 従来構造

Fig.7 Former structure

ナツ形）構造とした。

従来のH形およびU形構造の筐体を用いた無線機では、高周波回路の各ブロックを基板の表面、裏面の両方でシールドすることで、安定した無線機の性能が実現されていた。しかし、この構造ではラジアル部品や基板裏面のチップ部品の不良が発生したとき、基板を取り外す必要があった。

本無線機の開発では、基板を取り外さずに部品交換が可能で、しかも安定した性能を持った無線機にするために、回路ブロックの配置と筐体の構造を十分に検討した結果、今回のO形構造が実現できた。この構造により、上蓋と下蓋（ねじ4本）を外せば一部を除くほとんどの部品交換が可能となり、保守性において非常に効果をあげている。

また無線機では、高周波回路の各ブロックをシールドするために、筐体と基板のGND部を確実に当てる必要がある。従来のH形、U形構造では、基板を筐体の上から挿入し基板裏面と筐体を当てるため、製造時の半田ディップ処理で基板裏面のGND部に余分な半田がつかない処理（ストリッパブルレジスト）を施す必要があった。そして半田ディップ後、このストリッパブルレジストを取り除いて基板を筐体に組み込んでいる。

O形構造にしたことで基板を筐体の下から挿入することが可能となり、基板の表側のGNDと筐体を当てたシールド構造が実現できた。本構造により基板にストリッパブルレジストを施す必要がなくなり、製造性向上を図った。

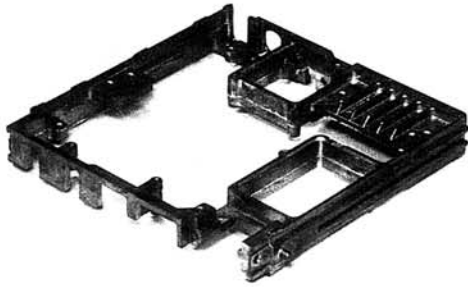


図-8 O型構造
Fig.8 O-Type structure

ところで大規模ユーザを中心として音声通信ばかりではなくデータ通信主体の無線システムの必要性も増大している。今後こうしたニーズに応じてより高性能のデータ通信対応無線機の開発をしていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 郵政省編集：通信白書（平成5年版），大蔵省印刷局（1993）
- 2) 喜多ほか：”薄型1/2DIN多機能・車載形無線機”，富士通テン技報，Vol. 8, No. 2（1990）
- 3) 奥村・進士：移動通信の基礎，電子通信学会（1986）

4. お わ り に

今回の無線機は、簡易無線を中心とした小規模ユーザをターゲットに選り音声通信主体の無線機として開発した。

既に納入させていただいたユーザの方々からはデジタルスケルチの搭載や音質等で好評を得ており、今後さらに多くのユーザの方々に本無線機を使用していただくことを期待している。

筆者紹介



増田 一郎（マスダ イチロウ）

1979年入社。以来陸上移動無線機の開発に従事。1994年より情報通信機器の開発に従事。現在AVC本部情報通信技術部第三技術課在籍。



長尾 孝司（ナガオ コウジ）

1985年入社。以来移動通信機器の開発に従事。現在AVC本部情報通信技術部第二技術課在籍。



大角 達也（オオカド タツヤ）

1989年入社。以来移動通信機器の開発に従事。現在AVC本部情報通信技術部第二技術課在籍。



喜多 靖文（キタ ヤスフミ）

1978年入社。以来陸上移動無線機の開発に従事。現在AVC本部情報通信技術部第二技術課長。