

移動体向け小型通信端末（KTDC17）の開発

原 田 勝 幸

1 はじめに

近年、ビッグデータ、IoT、機器の遠隔操作、自動運転などの普及に伴い、通信が不可欠な環境になっている。しかし、KYBが通信端末の開発を開始した2000年代初頭は、まだ業務用トラック向けの動態管理システムが登場し始めた程度であり、通信端末の需要は多くなかった。近年は稼働情報把握、盗難防止を目的に通信端末も徐々に普及してきた。通信端末は建設機械や特殊車両をはじめとする移動体に搭載し、母機の各種稼働データ、アラーム情報、センサから取得したデータ等を収集し、位置情報と日時を付加してサーバにデータを送信、またサーバからの指令を受信し母機のエンジンカットやジオフェンス機能、業務指示を実現可能とする装置である。2002年よりKYBトロンデュールで開発を開始し、大手建設機械メーカー向けに供給してきた。この間、インフラ変化への対応、海外通信対応と様々な製品を開発供給し、累計20万台超を供給している。2018年にKYBへ事業移管を行い、開発供給を継続している。

以下に開発してきた機器が対応する通信方式を紹介する。

- ・DoPa通信（DoCoMo Packet通信）
- ・衛星通信（ORBCOMM衛星）
- ・GSM^{注1)}通信（2G）
- ・W-CDMA^{注2)}通信（3G）

注1) Global system for mobile communications

注2) Wideband Code Division Multiple Access

2 製品概要

当社の通信端末標準品KTDC14（写真1）の開発については、既報（KYB技報、第51号）において報告した。その後、お客様からミニショベル（7トン以下）用に、KTDC14をダウンサイジング及び低価格化した製品の要求があり、KTDC14の主要性能

を確保しながらも、小型軽量化した移動体向け小型通信端末KTDC17（写真2）を開発した。本報では、小型化施策として採用した、当社として初の試みとなるビルドアップ基板、及び筐体超音波溶着接合法について紹介する。



写真1 KTDC14



写真2 KTDC17

KTDC14及びKTDC17の特徴を以下に示す。

- ①建設機械の厳しい振動、塵埃、温湿度環境に耐える高い信頼性
- ②車体通信：CAN、RS232Cシリアル接続が可能
- ③技適マーク取得済み
- ④携帯電話通信：カードSIM対応（KTDC14）、チップSIM対応（KTDC17）
- ⑤ソフトウェア開発キットによるアプリケーションソフトウェア開発支援
- ⑥OTA（無線）によるソフトウェアの更新機能
- ⑦12V/24V車対応
- ⑧携帯通信：内蔵アンテナ（KTDC14）

⑨GPS/携帯通信：一体型アンテナ（KTDC17）

KTDC14及びDTDC17の筐体サイズ比較を図1に、製品仕様を表1に示す。

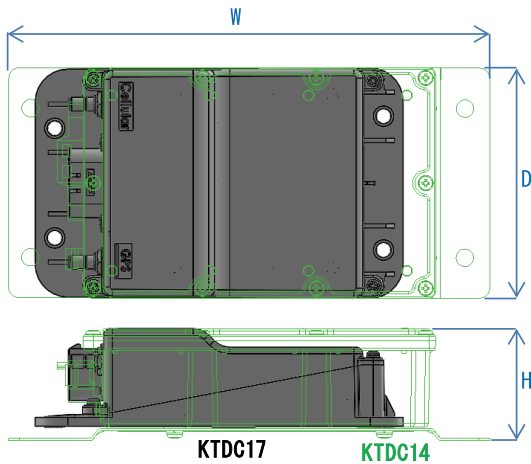


図1 筐体サイズ比較

表1 製品仕様

		KTDC14	KTDC17
通信方式・帯域		W-CDMA/GPRS/GSM (850~2100MHz)	
動作電圧範囲		DC+8V~+32V	DC+8V~+32V
通信用アンテナ		内蔵	外付け
GPS アンテナ		外付け	外付け
IFコネクタ		34ピン防滴	14ピン防滴
インタフェース	CAN	2 ch	1 ch
	UART	3 ch	2 ch
	DI	6 ch	1 ch
	DO	6 ch	1 ch
防水性		JIS D 0203 S1 準拠 (IP64相当)	
防塵性		JIS D 0207 F1 準拠	
耐振性		JIS D 1601 準拠	
サイズ (mm)	W	220 (*)	170
	D	105	105
	H	45	45
重量		900g以下	450g以下
保存温度範囲 (**)		-30℃~+85℃	-30℃~+85℃
動作温度範囲 (**)		-20℃~+80℃	-20℃~+80℃

(*) ブラケット含む

(**) RTCバックアップキャパシタ除く

「とにかく小さく」というお客様の要求に応えるため、以下の施策を実施した。

①入出力インタフェース数を必要最低限に抑えてコネクタを小型化

②小型部品、BGA採用による実装面積低減

③ビルドアップ基板の採用による高密度実装プリント基板設計

④電磁波遮蔽性能向上による空間距離制約の解消

⑤筐体分割と接合設計の見直しによる小型化

3 ビルドアップ基板の採用

KTDC14では、貫通基板2枚の構成を採用していたが、KTDC17では、小型化要求に対応するため部品配置及び配線の高集積化が可能なビルドアップ基板（図2）を採用し基板1枚構成にすることで、基板を重ねた組立を不要とした。そのことで組立部材・工数削減、基板間接続コネクタ廃止、製品厚み低減を実現した。

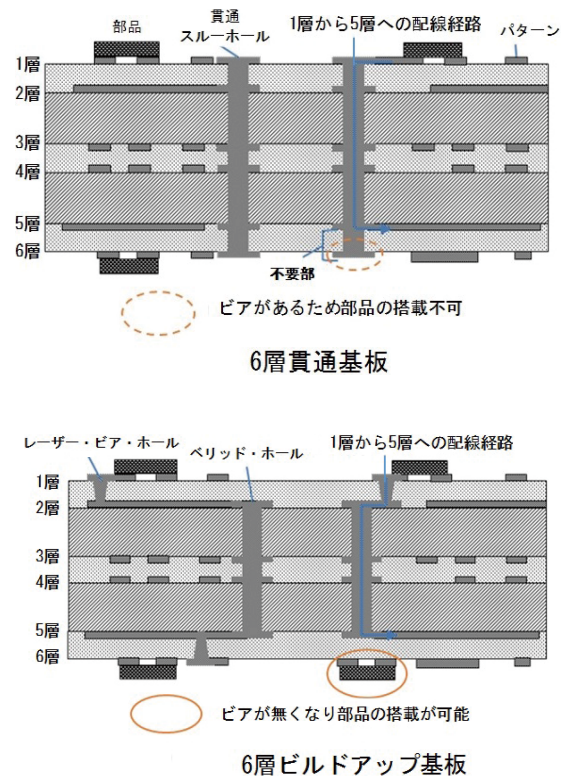


図2 貫通基板（上）とビルドアップ基板（下）断面図

基板設計実施に際し、ビルドアップ基板の特徴を生かすべく、回路ブロックを極力片面で組み、裏表で異なる回路ブロックを配置していく手法で部品レイアウトを行った（写真3）。ビア配置による裏面への影響がなく、ビア自体も小型なことで各々のブロックを詰めて配置することが可能である。

ビルドアップ基板の採用及び最適な基板設計により、KTDC17の部品占有率はKTDC14の約1.7倍に向上した。（表2）なお、部品占有率の算出方法は

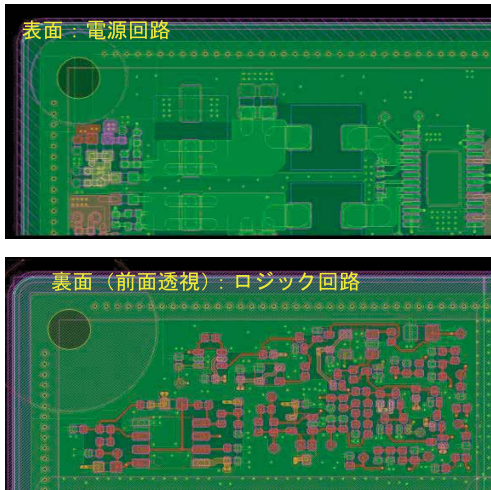


写真3 レイアウト事例

下記の通りである。

$$\text{部品占有率} = \frac{\text{部品総面積}^{\text{注3)}}}{(\text{基盤面積} - \text{禁止エリア}^{\text{注4)})}}$$

注3) 基板に実装される電子部品の個々の面積を合計した面積のこと。

注4) 基板製造や実装工程，機構部品の干渉などから部品実装ができないエリアのこと。

表2 KTDC14とKTDC17の基板毎の部品占有率

基板名		部品占有率 (%)		
		表面	裏面	平均
KTDC14	電源基板	53.9	15.8	34.9
	制御基板	38.1	34.3	36.2
KTDC17		65.8	55.3	60.6

ビルドアップ基板の採用により従来の貫通基板よりも高密度な基板設計が可能となり，製品小型化のための基板1枚化を達成できた。(写真4)

近年では車載品への採用が増えてきたため，今後は建機向け製品だけでなく，2輪や乗用車向けの製品への展開も可能と考える。

4 超音波溶着工法の採用

KTDC17の主な形状要件を表3に示す。

KTDC17では，組付け用の余剰スペース削減のため，筐体を斜め分割とした。(図3)

また，筐体分割部の接合を超音波溶着にすることで，ねじ留め箇所を削減でき，更に，パッキンも不要となることで小型化・低コスト化を実現した。

超音波溶着とは，超音波振動と加圧で樹脂同士の

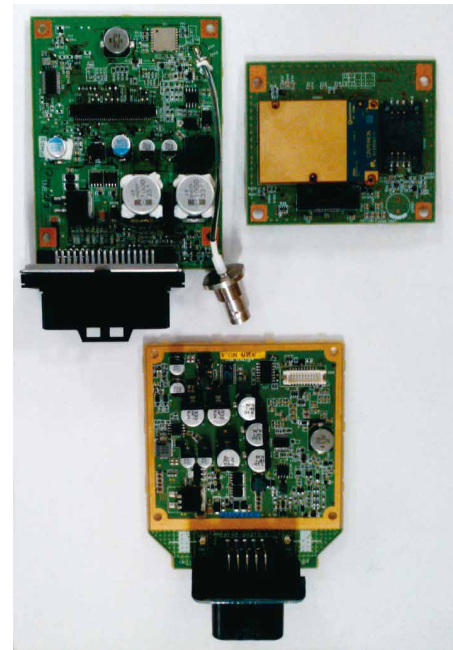


写真4 KTDC14基板(上)とKTDC17基板(下)

表3 主な形状要件

No.	項目	要件
1	筐体サイズ	車体取付部を含めてKTDC14以下
2	コネクタ配置	コネクタは筐体長手方向に配置
3	車体取付穴	筐体と一体構造 穴位置は筐体長手方向に設定



図3 超音波溶着箇所(青枠部分)

接合面に摩擦熱を発生させ，熔融・溶着が行われ，溶着後の樹脂は分子結合され強力な溶着が得られる工法である。

超音波溶着機を写真5に示す。樹脂筐体を受け治具で固定し，ホーンを上から押し当てて加圧し，縦方向に振動させることにより樹脂筐体の接合部を発熱させて熔融溶着させる。

KTDC17の斜め溶着面形状は超音波溶着工法には不向きなため，安定した気密性と強度を得るための

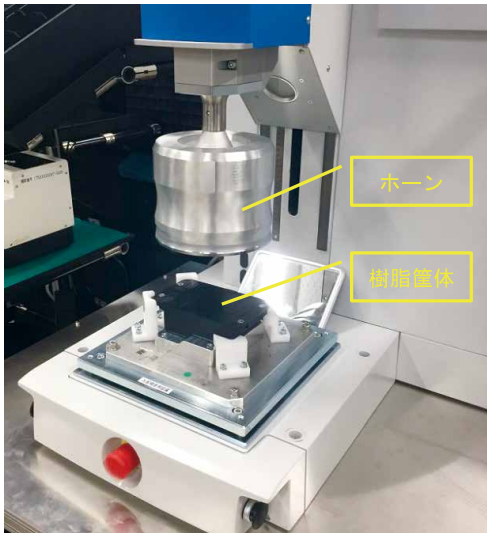


写真5 超音波溶着機

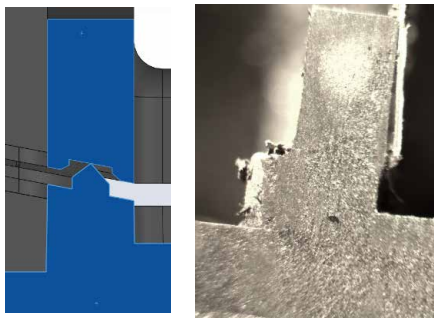


写真6 溶着前のCAD図（左）と同部位の溶着後の接合部断面（右）

溶着条件の最適化が課題となった。

超音波溶着機の設定項目の加圧力、ホーン振幅、発振周波数、保持時間、沈み込み量（溶着前後の沈み込み寸法差）などのほか、樹脂筐体の接合面（ジョイント）の形状、寸法の精度、樹脂材料などが溶着に影響するため、これらについて逐一検証し、最適な溶着条件を見出した。最適条件での溶着の様子を写真6に示す。

超音波溶着はジョイント部の寸法管理が重要で、超音波振幅の伝達に適した形状は円柱形状で、ホーンに対して垂直な溶着平面が適していることから、

樹脂成型部品のサイズ・形状・材質、それに伴う引け・反り・撓みが気密性や溶着強度に影響が出るので、製品の使用温度範囲や防水、防塵などの要求仕様を明確にすることが必要である。

また、溶着後は筐体分解が困難なことから、試験後の内部確認が非常に手間取り、分解の際に内部部品にダメージを与えてしまう可能性もあるので、設計段階から分解方法を検討しておくことも重要である。

今回確立した手順で装置側の治具・ホーン的位置とレベル調整を確実に行うことにより、斜め溶着面筐体でも安定した超音波溶着が可能となった。また、溶着時間も1秒未満であることから、開発目標である組付け時の余剰スペース削減による小型化及び筐体締結部品やパッキン等の部品点数削減、組立工数削減に貢献できた。

また、超音波振幅による電気部品への影響も、建設機械に適用する信頼性評価試験を実施したが破損は発生しなかった。

この要素技術は、今後小型軽量化が要求される樹脂筐体を有する製品へ展開を図りたい。

5 おわりに

新たな技術を取り入れることで、お客様から要望された小型低価格を実現することができ、採用いただけることになった。また、ミニショベルメーカーに採用いただけたことで、他の建設機械メーカーよりお引合いをいただき、拡販に貢献できた。

今回採用したビルドアップ基板は、他の製品にも流用可能な高密度化技術であり、製品の小型化が可能である。また、超音波溶着工法はねじの削減・組み立て時間低減が可能となるため、樹脂筐体を採用する製品の低価格化に有効である。

今後は今回開発した技術を活用して4G（LTE）対応通信端末の開発に取り組んでいく。

最後に、本開発にあたりご指導、ご協力下さいました社内外関係者の皆様に、この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

著者



原田 勝幸

2018年入社。ハイドロリックコンポーネンツ事業本部事業企画部新事業推進室専任課長。通信端末・コントローラの企画開発に従事。