

日本の家庭を隅々までつないだ黒電話

—601A 型のダイヤルの開発に携わって—

鈴木 利雄 (米沢工業会, suzutosi@ms3.omn.ne.jp)

川治 健一 (米沢工業会, kkawaji@ms3.omn.ne.jp)

関口 理希 (山形大学 大学院理工学研究科, tyt54047@st.yamagata-u.ac.jp)

石川 智士 (山形大学 大学院理工学研究科, tw38682@st.yamagata-u.ac.jp)

伊藤 智博 (山形大学 大学院理工学研究科, tomohiro@yamagata-u.ac.jp)

立花 和宏 (山形大学 大学院理工学研究科, h9rbvq3x@yz.yamagata-u.ac.jp)

The telephone named Kurodenwa that is connected every home anywhere in Japan:

Recollections of the development of the model 601A dial

Toshio Suzuki (Alumn Association of Yamagata University at Yonezawa, Japan)

Kenichi Kawaji (Alumn Association of Yamagata University at Yonezawa, Japan)

Masaki Sekiguchi (Graduate School of Science and Engineering, Yamagata University, Japan)

Satoshi Ishikawa (Graduate School of Science and Engineering, Yamagata University, Japan)

Tomohiro Ito (Graduate School of Science and Engineering, Yamagata University, Japan)

Kazuhiro Tachibana (Graduate School of Science and Engineering, Yamagata University, Japan)

要約

関東大震災をきっかけに固定電話網の整備のためにダイヤル式電話機と自動交換機の技術のニーズは生まれ、黒電話が産声を上げた。終戦を経て高度成長期に黒電話の完成版600型が世に姿を表した。電電公社がダイヤル自動化100%を目指す中、日本はオイルショックの狂乱物価に見舞われた。黒電話の製造コストを下げるため、完成されたと言われた黒電話600型をさらに改善することを余儀なくされた。山形大学工学部電気工学科を卒業して間もない鈴木を中心として山形県米沢市の田村電機で黒電話601A型ダイヤル開発が行われた。新しく開発された黒電話601A型は日本の家庭を電話で隅々までつないだといっている。本稿はその開発の状況がいかなるものであったか時代背景とともに書き残すものである。

キーワード

黒電話, 高度成長期, 自動交換機, ダイヤル, 固定電話網

1. 緒言

「こんなにシンプルなのにすごい機能が搭載されていたんですね」筆者らのうち若い世代の口をついて出た言葉だった。その黒電話は、かつて山形県米沢市にある山形大学工学部応用化学科第一講座の教授室に設置され、鎌田仁教授、松木健三教授、尾形健明教授らが使ったものだった。それが本稿の執筆時点でまだ現役で動作しているのだから30年以上も稼働していることになる。ちゃんと話もできるし、ダイヤルもスムーズに動く。驚くべき耐用年数である。スマートホンのピクトグラム (図1) の原型でもある黒電話。今や実動する姿をほとんど見かけなくなったが、その開発はどこでいかになされたのであろうか。



図1：今でも使われる電話のピクトグラム

2. 電話の歴史

表1に電話とそれに関連する歴史を示す。1876年、送話器の実験で希硫酸をこぼしたグラハムベルが「ワトソン君、ちょっと来てくれ」と言ったのが実用に耐える電話だったかどうかはともかく、その2年後には日本でも電話機が作られた。1890年には逓信省 (現総務省) の管轄で200名の加入者を記した電話番号簿が発行された。会話の内容 (=情報) に先立って宛先の番号 (=ID) を付与するこの仕組みはインターネットの世界でもなんら変わることはない。当初は交換手に電話番号を伝えて電話回線を切り替えてもらう手動交換が行われていた。

1923年に未曾有の地震が関東一円を襲った。ちょうどお昼時で竈、七輪から同時多発的に火災が発生した。折からの強風で火災はたちまち延焼し、消防能力を超えた。消防組織の迅速な対応のため、ステップバイステップ交換機とダイヤル式電話機が開発され、消防ダイヤルが開設された。電話のピクトグラム (図1) に使われる元祖黒電話が登場したのも、この頃であった。いつの時代もニーズは発明の母である。かくして電話機にダイヤルが搭載されたのであった。

その後、時代は太平洋戦争へと進み、多くの不幸と悲しみを抱えたまま終戦を迎えた。戦後の混乱の中、治安のための警察通報用電話110番が設置された。ダイヤルしてから警察につながるまで時間がかかっていたのは緊急時に役立たない。10パルス毎秒だった速度を20パルス毎秒までスピードアップし、クロスバー交換機を日本国中に巡らせて固定電話網を整備す

表1：電話の歴史

年号	事項
1876年	グラハムベル電話機発明
1878年	国産第一号電話機
1890年	初めての電話番号簿発行
1908年	後藤新平、電話普及のため度数制度を導入
1923年	関東大震災
1926年	ステップバイステップ交換機(S×S)導入
1926年	ダイヤル式電話機・消防ダイヤル(現在の119)開設
1933年	元祖黒電話3号自動式卓上電話機
1941年	太平洋戦争
1943年	運輸通信省設置
1944年	米沢工業専門学校に通信工学科設置
1945年	終戦
1946年	逓信省設置
1948年	110番が8都市で利用可能
1949年	山形大学工学部電気工学科設置
1952年	電電公社発足
1952年	クロスバー交換機XB導入
1962年	ポリプラスチックにより、「CELCON」の輸入販売開始、その後日本における商品名を「ジュラコン」と命名
1963年	黒電話600型電話機「完成された電話機」と言われる。20パルス毎秒に対応
1964年	東京オリンピック
1966年	ビートルズ来日、ベトナム戦争への批判高まる
1967年	クロスバー交換機C-400導入
1968年	全国加入者数、1000万突破
1968年	ポリプラスチックがジュラコン(ポリアセタール) 国産化を開始
1969年	アナログ電子交換機DEX導入
1969年	プッシュ式電話機
1971年	ドルショック
1971年	電電公社公衆回線開放
1972年	田中角栄総理大臣、「日本列島改造論」で交通・情報インフラ全国整備を唱える
1972年	沖縄返還
1973年	第4次中東戦争
1973年	(第1次)オイルショック
1973年	フィンガー 5の歌謡曲「恋のダイヤル6700」大ヒット
1976年	小学館小学四年生1月号のドラえものの秘密道具に「もしもボックス」初出
1978年	黒電話601A型商用試験
1979年	ダイヤル自動化100%完了
1979年	(第2次)オイルショック
1982年	「日本列島改造論」から10年、上越新幹線、東北新幹線、営業開始
1982年	国産PC、NEC PC-9801 発売
1983年	デジタル交換機D70導入、ISDN導入開始
1985年	電電公社民営化、NTTへ。端末自由化
1995年	Windows 95 発売、固定電話から携帯電話へ
1996年	固定電話加入者数6153万件(ピーク)
2000年	ISDN契約回線1000万回線
2011年	東日本大震災
2011年	固定電話加入者数3766万件(半減)

るため、電電公社が発足した。完成された電話機と言われる黒電話600型が世に出回り始めた頃、日本の高度成長期の象徴とも言える東京オリンピックが開催された。

順調とも思えた経済成長にも陰りが出てきた。泥沼化するベトナム戦争への批判が高まり、アメリカは介入縮小を余儀なくされた。長年にわたる膨大な軍事支出はドルへの信用不安をもたらし、当時のアメリカのニクソン大統領は1971年、ドルと金の兌換停止に踏み切った。このドルショックに加えてオイルショックも日本を直撃し、日本は終戦直後のような狂乱物価となった。公害問題や廃棄物問題に加えて各地で賃上げを求めたストライキも行われた。そんな世相にあっても

全国の家をつなぐ固定電話網の整備を国民から託されていた電電公社としてはあきらめるわけにはいかなかった。電電公社から民間の会社に悲鳴とも思えるミッションが下った。「完成された黒電話600型をさらに改善してコストダウンをはかれ」

本稿では1970年代に山形県米沢市の田村電機でなされた黒電話600型の後継機種、黒電話601A型のダイヤル開発状況を書き残すことを目的とする。

3. 固定電話のダイヤルに要求される仕様と自動交換の仕組み

ダイヤル式電話機と自動交換機の仕組みを一言で言えば、ダイヤルに設けられた接点をつないだり(メーク)切ったり(ブレイク)することで、自動交換機の中の電磁石を操作し、目的の宛先に電話回線を接続することにある(川上, 2015; 高作, 2014)。黒電話の受話器を持ち上げることで、電話局側の48Vの電源が供給され、その加入者線ループを回転ダイヤルで断続することによって決められた仕様のパルス(図2)を自動交換機に送る。その速度は元祖黒電話で10パルス毎秒。メーク時間33ミリ秒、ブレイク時間67ミリ秒、ポーズは最低650ミリ秒である。20パルス毎秒となってもメーク時間とブレイク時間の比、メークレシオは変わらない。初期特性としてメークレシオは公差3%、20万回ダイヤル後で公差4%、それが電電公社から要求された規格であった。黒電話では、スプリングとギアだけの機械部品でこれだけの精度を実現するのである。

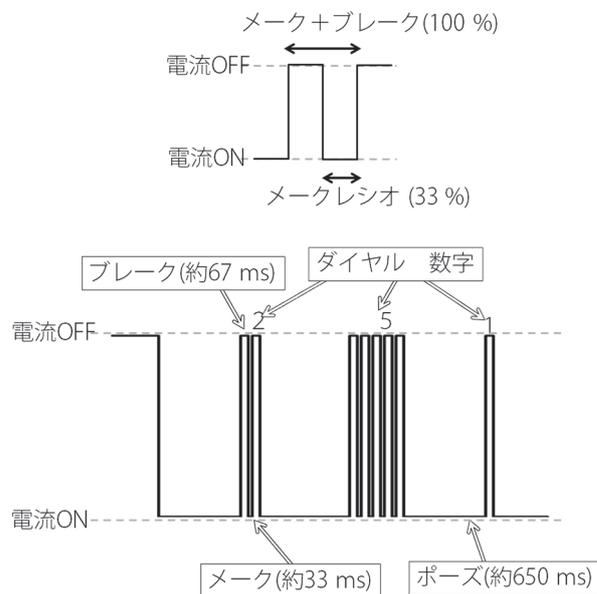


図2：ダイヤルパルスの規格(10パルス毎秒)

4. 黒電話 601A 型ダイヤルの産声

筆者らのひとり鈴木はオイルショック当時、公衆電話機(赤電話)を製造していた田村電機に勤務していた。田村電機の相模原工場では公衆電話を組み立てており、米沢工場では公衆電話に取り付けるダイヤルやクロスバー交換機に取り付ける度数計を製造していた。相模原工場よりも米沢工場の方の

人件費が低かったため、よりコストメリットが得られると判断されたのか、黒電話601A型のダイヤルの共同開発（電電公社武蔵野通信研究所、岩崎通信機、東芝、大興電機製作所、日本通信工業、田村電機）は山形県米沢市で行うことになった。田村電機米沢工場には山形大学工学部の卒業生が多く勤務しており、電気科出身の鈴木も運よく上司の命令で彼らとともにその開発業務に携わることとなった。開発に携わった筆者らのひとり鈴木は当時まだ20代。まだ世相など振り返るゆとりはなかった。

黒電話601A型のダイヤルの共同開発の発端は田村電機で試みていたクロスバー交換機の電話料金課金のための度数計のオールプラスチック化であった。その当時は電話機が回線に接続している間、クロスバー交換機に取り付けられた度数計で課金情報を記録していたのである。そのことから筆者らのひとりの鈴木はオールプラスチック化されたタップダイヤルの開発を下命された。筆者らのひとりで機械科出身の川治は方眼紙に鉛筆でオールプラスチックの度数計の図面を起こすところからはじめた。150トン程度の射出成型器が社内にあったので、そのための金型を作った。材料のエンジニアリングプラスチックとしてポリカーボネート、ナイロン66、ジュラコン（ポリアセタール）などが検討されたが摩擦係数が少ないこと、吸湿性がないこと、国産化がはじまったことなどからジュラコンが選ばれた。

そうやって開発されたオールプラスチックのタップダイヤルを搭載した電話機は、電電公社で策定した国内の規格外であったため当初海外で販売した。サイパン、インドなど営業に赴いて販促した。そうこうするうちに海外で販売されているオールプラスチックのタップダイヤルが電電公社の目にとまった。折りしもオイルショックに伴う狂乱物価で黒電話600型のコストダウンを何とかして実現しなければならなかった電電公社は改めてプラスチックダイヤルの共同開発を前述の民間会社に下命した。そして改めて国内の形式としてオールプラスチックの黒電話601A型の開発が始まったのであった。

黒電話601A型の開発はダイヤル、回路網、ベルの3つのグループに分かれて開発した。稼働部で最も難しかったのがダイヤル。まさに思い出が詰まったダイヤルだ。黒電話600型で全て金属製だったダイヤルをベースプレートも、メインシャフトも、ギアも全てプラスチック製に設計変更することを試みた。当時はCADもなく手書きで図面を起こした。

自宅に開発人員が集まり開発に没頭したこともあった。その開発の真っ最中にまさかのストライキ勃発。開発人員不足を補うため、組合の上層部にいた丸山氏が応援にいられた覚えがある。

要求規格は20万回のダイヤリング。金型を起こしてベースプレート、メインシャフト、ギアをジュラコンで射出成型。100万回の保証を目指してダイヤルをひたすら回す。高さ1メートル幅2メートルのダイヤル寿命試験機を導入し、不眠不休で試験した。最初のトライではわずか2,000回でスティック。原因は部品のジュラコンが同種材料のため、メインシャフトと挿入する部品などの摩擦係数がダイヤル動作を重ねるごとに大きくなるためであった。試作品の納期まであと一週間の猶予しかなかった。上司はインドに出張でいない。もし

納品できなければ受注を逃し会社の命運に関わる。本当に必死でがんばった。

苦肉の策で考え出したのが、フロイルという潤滑油にトリクレンを希釈剤として添加して添加剤とすること。そこにジュラコンの部品をディップ。有毒のトリクレンが蒸発して作業員の健康を損なわないように冷却して容器を密閉した。組成を最適化して3、7、15、20%溶液を調整し、部品に応じて使い分けることで、要求規格をはるかに上回る300万回の試験実績を作った。やっと解決できた。

各社の担当者が集まり色々な苦労秘話の後、最終案を持ち寄り、核心部分については、田村電機の家が採用され量産化に踏み切ったことが思い出される。結果的に構造や材料から見てコストは3分の1程度になったと考えられる。誤接続の無い高品質のまま、コストを極限まで抑えた黒電話601A型はこうして歴史に産声を上げたのだった。

5. 黒電話 601 A型の構造と特徴

黒電話600型（図3）と黒電話601A型（図4）の外観はほとんど変わっていない。しかし外観からは想像できないぐらい電話機の内部構造は変化している（図5、図6）。黒電話600型が



図3：黒電話600型電話機の外観

注：写真は650A1型で、ダイヤルは600A型と同じであり、山形大学工学部施設管理課に保管されていたものである。



図4：黒電話601A型の外観

注：写真は601A2型で、山形大学工学部施設管理課に保管されていたものである。

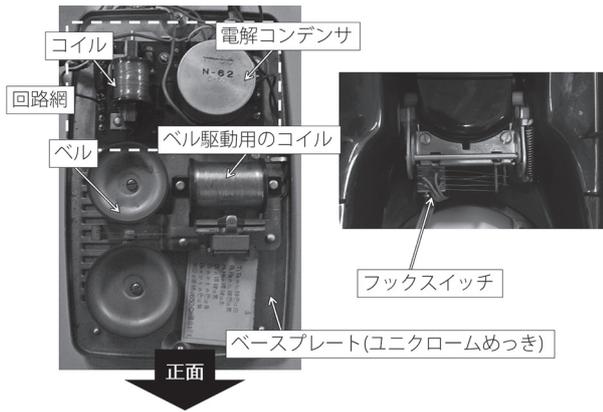


図5：黒電話600型の内部構造

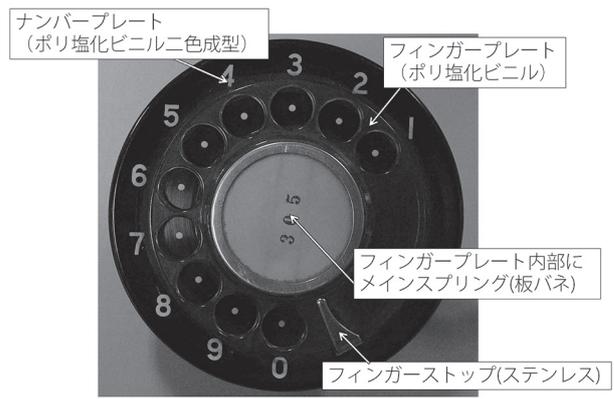


図7：黒電話600型のダイヤル(表)

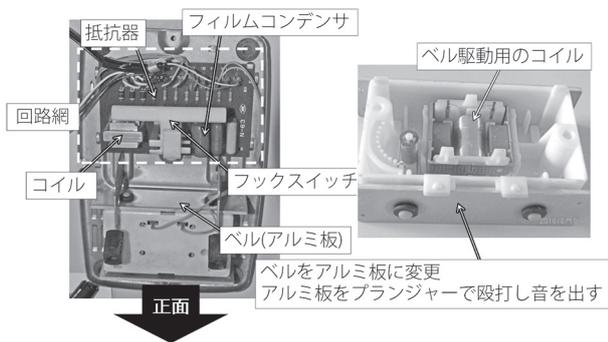


図6：黒電話601A型の内部構造

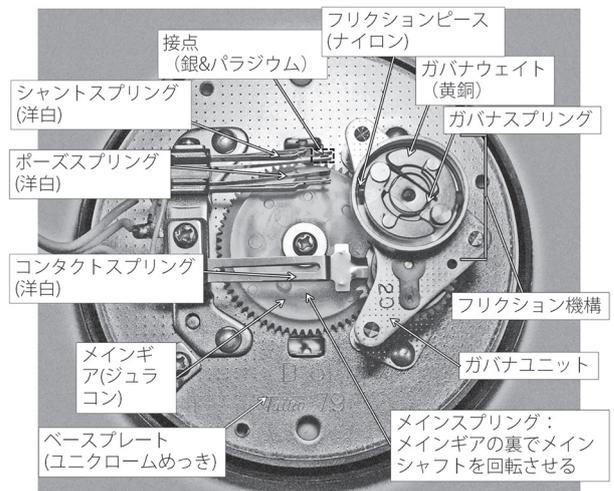
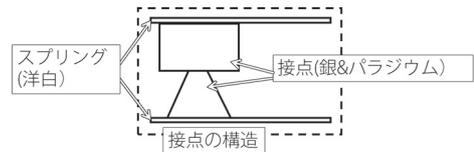


図8：黒電話600型電話機のダイヤル(裏)

ら黒電話601A型のコスト削減はダイヤルだけでなく、着信時鳴動するベルや、ハンドセットを載せるフックスイッチまでおよび、ハンドセット内の送話器、受話器、回路網（図3、図4）、端子（図8）も半田付けからファストン端子（図11）に代わった。その結果、黒電話601A型の組立は、部品を軸に一方から挿入するだけの簡単な工程とすることができた。黒電話600型から黒電話601A型への移行は、まさに一大機構改革だったと言っていい。

もちろんダイヤルの機械的特性として黒電話601A型も黒電話600型と同等の性能が要求された。実験室では約100万回、回転させた後のスピードとメークレシオが規格（図2）を満足している。

動作機構は、黒電話600型から黒電話601A型の共通である（図9、図12）。指でダイヤルを巻き込む際にクラッチスプリングが緩み、指を放してダイヤルが戻る際にはクラッチスプリングが縮って、メインスプリングの復元力がクラッチギアからメインギアに伝達され、フリクション機構が働き速度制御されながらフィンガープレートが回転する。黒電話600型ダイヤルではコンタクトスプリング（図8）が、また黒電話601A型ダイヤルではインパルススプリング（図11）が開閉し、電話番号通りのパルスが発生させ、交換機を通して相手の電話機に繋がる。

またダイヤルの温度特性として実験室ではマイナス20度からプラス60度まで、湿度も90%で要求規格が満たされていることを保証した。プラスチックの温度による寸法変化に対応することは黒電話601A型ダイヤルの大きな課題だった。

もともと宅内用に開発したダイヤルであったが、電電公社はその有用性を認識し、最終的にまだ返還されたばかりの高温多湿の沖縄から、零下の北海道まで全国で使用される公衆電話のダイヤルにも採用した。そのため後になって公衆電話ボックスの約80度まで、動作可能な新たな潤滑油の選定が必要となった。

黒電話600型ダイヤルの裏面（図8）に見える一番大きなギアがメインギアで中には金属板が埋め込まれている。メインギアと繋がっているギアがクラッチギア（図9）である。当初黒電話600型ではメインギアが金属だったため、20万回もダイヤルすると金属の磨耗のため誤発信が多くなった。そこでメインギアだけエンジニアプラスチック材料のジュラコンで作ったのが黒電話600A型である。当時開発されたばかりのジュラコンはまだ国産化されておらず、黒電話600A型ではメインギア、クラッチギアともに輸入したジュラコンで作られている。

黒電話600型と黒電話601A型ともにフィンガープレートの奥にはメインスプリングが入っている。かなり強い板バ

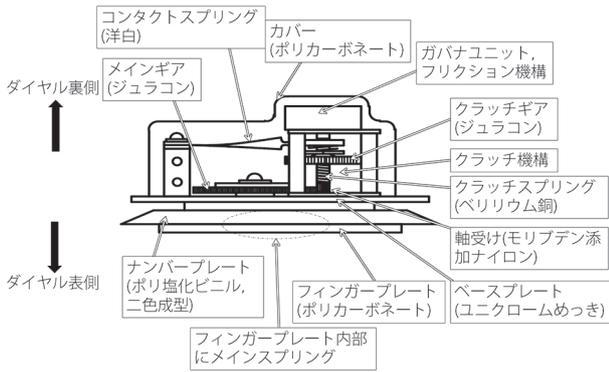


図9：黒電話600型のダイヤル側面図

ネで、分解すると勢い良く飛び出してくる強さだ。黒電話601A型のメインスプリングはステンレスのままだったので、ここではバネ同志の接触摩擦を下げるため潤滑剤として二硫化モリブデンが使用されている。使用者がフィンガープレートを回す時にポーズスプリングが作動しないように、またダイヤルが重くならないように、クラッチ機構が付いていた。

黒電話601A型ダイヤル（図11）ではコスト削減のため大幅に部品の材料変更がなされている。メインギアはもちろんベースプレートやガバナユニットなどほとんどが金属からジュラコンに変更した。またクラッチスプリングの材料をベリリウム銅からステンレスの焼鈍品に変更した。シャントスプリング、コンタクトスプリング、ポーズスプリングの先端にある接点も銀パラジウムの一休品から、銅の上に銀パラジウム（50：50）を張り合わせた材料に変更した。また板バネ類はすべてステンレスに変更した。

黒電話601A型に特徴的なボール機構ではダイヤルを巻くときはボールでロックをかけることでメインギアは止まっているが、ダイヤルを戻すときにはボールのロックが解除されることで3つが同期して回り出す。またシャントスプリング兼ポーズスプリングやインパルススプリングはロール状態で3分の1に半田メッキをすることにより接触抵抗の増大を防止している。

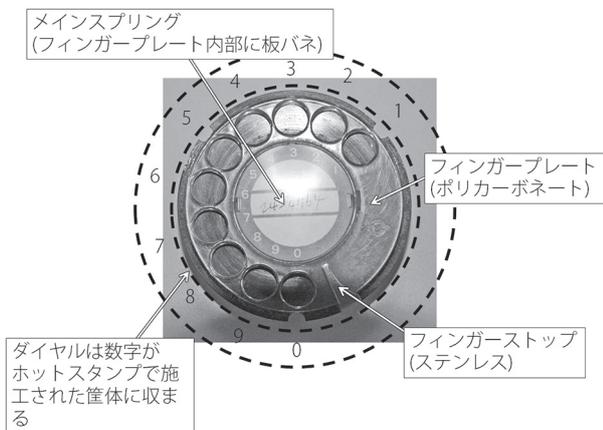


図10：黒電話601A型ダイヤル(表)

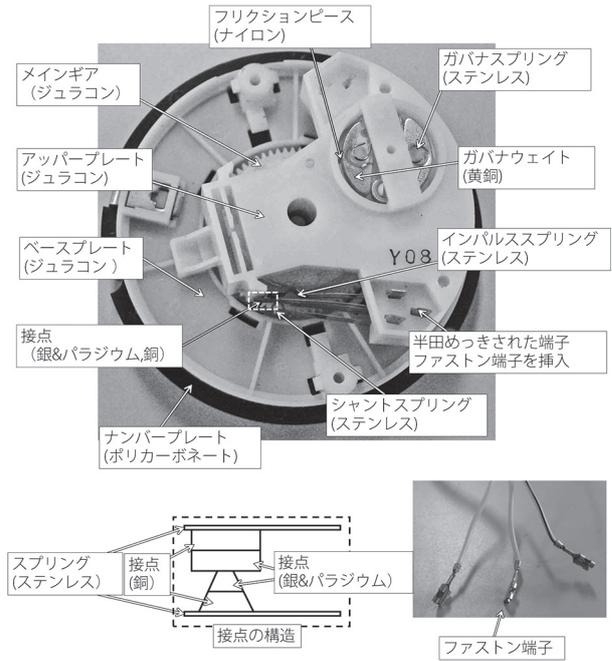


図11：黒電話601A型ダイヤル(裏)

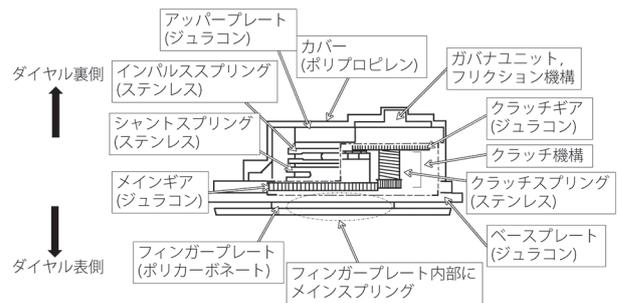


図12：黒電話601A型のダイヤル側面図

6. 黒電話のその後

1972年に著された日本列島改造論は、「水は低きに流れ、人は高きに集まる。」の序から始まる（田中，1972）。その著書で田中は都市の過密と農村の過疎の格差は正のため、新幹線と高速道路と情報通信ネットワークの必要性を高らかに謳っている。著者のひとり立花がまだ物心つかつかないかだったそのころ、祖父母のもとで夏休みを過ごしたとき、その日本列島改造論を片手に「東北にも新幹線が来るぞ」と亡くなった祖父が興奮気味に語って聞かせてくれたのをはつきりと覚えている。祖父の家には有線放送設備があり、電話と有線の違いについて周囲の大人に聞いてみたが、よくわからなかった。当時の地方の農村の有線放送では、グループ加入で電電公社の固定電話網に接続したいという要望が強く、電電公社がこれを嫌っていたと知ったのは本稿執筆のため黒電話について調査を始めてからだ（高橋，2011）。

1979年についてダイヤル自動化100%が達成され、黒電話601A型のダイヤルを回すだけで、いつでも日本中のどこへでも繋がって、会話出来る時代となった。

しかし黒電話601A型の驚異的な耐用年数が裏目に出て、

その市場は急速に縮小し、電気通信各社は新たなニーズを求めて凌ぎを削ることとなった。日本通信工業はそののち日本電気の子会社となった。1982年にはその日本電気から発売されたPC-9801は漢字が表示できることもあって日本のビジネスを一転させた。同じ1982年に田村電機は磁気カード式公衆電話（緑電話）を開発し、華やかなデザインのテレホンカードが一世を風靡した。日本列島改造論が世に出て10年、時期を同じくして上越新幹線と東北新幹線が営業開始した。そして1985年に役目を終えた電電公社は解散し、NTTとして新たなスタートを切った。使用者は好みの電話機を家電量販店で購入する時代となったのである。

さらに時代が進み交換機がデジタル電子交換機に置き換わり、Windows 95の発売でインターネットが爆発的に普及すると、回転式ダイヤルからプッシュボタンへ、さらに携帯電話のキーパッドに引き継がれた。携帯電話のキーパッドからはジーコロコロというダイヤルの回転音もピッポッパツというプッシュトーンも聞こえず、単なる情報入力装置と化した。さらにタッチパネルになったスマホでは、電話番号は電話帳に登録してあるので、相手の名前をタップするだけになった。今となっては回転式ダイヤルを見かけることはまずない。

山形大学も被災した2011年の東日本大震災は、新たな教訓を生んだ。そのときの工学部キャンパスには公衆電話ボックスがなかった。皮肉にもかつてキャンパスにあった公衆電話ボックスは携帯電話の普及と経済的な理由から撤去されていたのだった。1923年の関東大震災がきっかけで電話の自動交換とダイヤル化を進め、1979年にダイヤル自動化100%が達成するまで、約半世紀。その後また半世紀が過ぎようとしている。

電気通信事業法によると、災害時などのときは、救援、秩序の維持などに関わる重要通信のための優先電話を設けなくてはならない。NTTが設置する公衆電話は、優先電話と同様の扱いとなっているため、災害時でも通信規制を受けない。しかし、携帯電話の普及により、2001年には68万台あった公衆電話は、2012年には21万台に減った（総務省、2013）。

誰もが便利になったと思って使っていた携帯電話は、いつのまにか関東大震災後に必要とされた黒電話とは別物に変貌を遂げていた。そしてついには災害時の最後の頼みの綱である公衆電話を駆逐するまでに勢いを増していた。そして東日本大震災時には携帯電話を利用していた多くの人が通信手段に事欠く状況となった。その点、受動素子と機械部品だけで構成された黒電話は、たとえ停電時でも日本中どこへでもつながることができた。

華々しく新たに開業した青森新幹線や北陸新幹線も、在来線を第3セクターに追いやり、都市部の新幹線利用者と過疎地域の交通弱者との格差が広がっているようにも見える。黒電話601A型に限らず、人々がなぜその工業製品を求めたのか、改めて考え直す時期ではなからうか？良かれと思ったモノづくりがゴミづくりにならぬよう、本稿がこれからの時代を担う次世代の一助となることを切に願うものである。

謝辞

田村電機の開発グループ員として神原一氏、横山賢一氏、

伊藤一男氏、をはじめとした山形大学工学部卒の方々、黒電話601Aのダイヤル開発に携わった全ての方々の日夜を惜しまない努力と知識、知恵に深く感謝申し上げます。

引用文献

- 川上孝之助 (2015). 公衆通信網における交換システム技術の系統化調査. 技術の系統化調査報告, Vol. 22, No. 1, 217-281.
- 高作義明 (2014). 徹底図解 通信のしくみ 改訂版. 新星出版社.
- 田中角栄 (1972). 日本列島改造論. 日刊工業新聞社.
- 高橋雄三 (2011). 電気の歴史 人と技術のものがたり. 東京電気大学出版局.
- 総務省 (2013). 平成25年版 情報通信白書, 固定通信. <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h25/html/nc245220.html>.

(受稿：2016年6月16日 受理：2016年6月21日)