

電 気 技 術 史

The History of Electrical Engineering Newsletter

2023 年 6 月 28 日（令和 5 年）発行
 （一社）電気学会 電気技術史技術委員会
http://www2.iece.or.jp/~fms/tech_a/ahee/index.html

・QR コードの IEEE Milestone 認定とその技術の概要紹介	
長尾雅行	p.1
・松本榮壽様を偲んで	
鈴木浩	p.3
・技術史への思い	
-変圧器の技術変遷について	
白坂行康	p.4
・鉄塔カードのマニアへ	
澤敏之	p.5
・INFORMATION	
皆川忠郎	p.6

QR コードの IEEE Milestone 認定とその技術の概要紹介

IEEE 名古屋支部 歴史委員会 委員長

豊橋技術科学大学 名誉教授 長尾雅行



2022 年 9 月 26 日(月)午後、デンソーおよびデンソーウェーブが開発した QR (Quick Response) コードの IEEE Milestone への認定を受けて、その授賞式および記念講演会が行われた。IEEE 名古屋支部ではこれまでに 6 件の Milestone が認定¹⁾されており、東海道新幹線 (2000 年 7 月 13 日)、依佐美送信所 (2009 年 5 月 19 日)、高柳テレビジョン (2009 年 11 月 12 日)、20 インチ光電子増倍管 (2014 年 11 月 5 日)、インバータエアコン (2021 年 3 月 16 日)に続いての認定となった。

QR コードは、PayPay などの電子マネー決済において一般的に広く使用されているので、みなさん、よくご存じのことと思う。QR コードはトヨタのカンバン方式の高性能化に寄与する目的でデンソーにより開発された 2 次元コードで、多量の情報を汚損されやすい環境下においても高速で読み取り可能なコードとして 1994 年 2 月に基本的な開発が完成した。開発された QR コードは、最大 7087 桁の数字が扱え、コードの面積の 30%が汚れ破損しても正確に読み取ることができる。QR コードの最大の特徴は、バーコードの 5 倍の情報をバーコードと同等の読み取り時間で読めることにあり、この特長から「Quick Response」の頭文字を取って QR コードと命名された。QR コードの概略仕様を表 1 に示す。

QR コードの構成を図 1 に示すが、3 つのコーナにコードの位置を示す特殊なシンボルであるファインダパターンを配置している。ファインダパターンの中心を通る走査線は総て白黒比率が 1:1:3:1:1 となっており、印刷文字を構成する白黒比率ではほとんど出現しないので、文字と区別し易く、コードの位置の特定が容易になる。こ

表 1 QR コードの概略仕様

項 目	仕 様	
情報の種類 及び 情報量	数字	最大 7089 文字
	英数字	最大 4296 文字
	バイナリ	最大 2953 文字
	漢字	最大 1817 文字 ²⁾
データ 復元機能	コード面積の約 7%, 15%, 25%, 30%が破損しても復元可能(4 段階で選択)	
誤読率	10^{-16} 以下(数字 100 桁場合)	
読取り速度	バーコードの 5 倍の情報をバーコードと同等の読み取り時間で読み取れる。	
連結 機能	16 個まで連結可能(最大で約 46K バイト格納可能)	

れを3コーナに配置することでコードの大きさと回転が特定でき、撮像画像の中からコードだけを高速に抽出できるため、バーコードの5倍の情報を同等の時間(約30ms)で読み取ることが可能になった。さらに、誤り訂正符号を用いた復元機能を搭載することにより、コードの30%が汚損しても読み取りができるようにした。曲面印刷や光学歪の問題に対しては、アライメントパターンとタイミングパターンの機能セルを配置し、高速で確実な読み取りを可能にした。アライメントパターンは歪の補正を支援するパターンで、中心に黒の孤立セルを配置して中心座標を検出しやすい構造にし、その中心座標とコードの外形から推測した座標とのずれ量から歪を補正することにより歪んだコードでも正確に読取る事ができる。タイミングパターンは、各データセルの中心座標を正確に求めるのを支援するパターンで、パターン間の2箇所には白、黒のパターンが互に配置されており、円柱に印刷したコードや、印刷精度によるセルピッチずれが生じた場合でも、データセルの中心座標を補正する事ができ、正確に読み取る事が可能となっている。

デンソーはQRコードを普及させるため1998年に仕様を公開し、ユーザーが用途開発できるようにした。その結果、自動車・自動車部品工業界、電気・電子工業界、流通業界、文具業界、アパレル業界等々、多くの産業などで業界標準を取得し、その業界からの要請により2000年に国際規格であるISOとして規格化がなされた。さらにデンソーはQRコードの特許権を日本(1999年)、アメリカ(1998年)、欧州(2000年)で取得したが、多くの人に幅広く使ってもらいたい思いからQRコードの使用に対して権利を行使しないことを1996年から明言したので、QRコードは安価で安全なオープンコードとして広く普及することになった。2001年にQRコードの開発・普及は子会社であるデンソーウェーブに引き継がれて、現在に至っている。

QRコードの一般消費者への普及に関しては、1998年に携帯電話のインターネット接続が始まったこと、1999年にカメラが搭載され、それを利用して2003年にQRコード読み取り機能が搭載されたこと、2007年にiOS、2008年にAndroid OSのスマートフォンが誕生し、世界中に普及したことも大きく寄与している。特に、2013年頃から中国において安価で安全かつ利便性の高

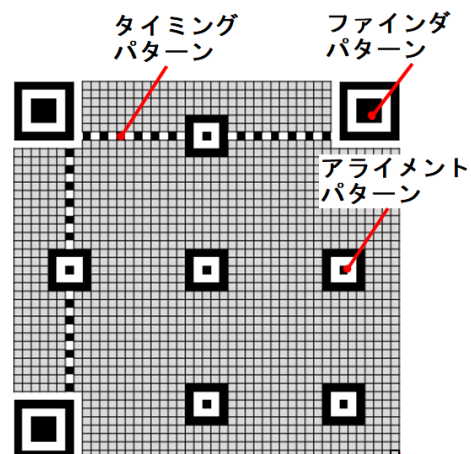


図1 QRコードの構成

い電子決済手段としてQRコードが利用され普及したことにより、その影響を受けて日本でも2016年頃からPayPayの100億円還元キャンペーンを起爆剤として導入コストの低い電子決済手段として急速に普及した。QRコードは業務用途から、人と情報を繋ぐコミュニケーションツール、ユビキタス社会の実現ツールの一つとしてその役割が拡大し、今では社会に不可欠な存在となっている。今後も、新しい価値を創出するツールとして、ますますその活用が進んでいくものと思われる。QRコードはその優れた特徴と業績により、今回のIEEE Milestoneのみならず、2002年に「R&D 100 Awards」(米国)、2007年に「日本イノベータ大賞」(日本)、2014年に「European Inventor Award Popular Prize」(欧州)などを受賞している。

- [1] IEEE MILESTONES IN NAGOYA SECTION
(右のQRコードで、IEEE名古屋支部の6件のMilestoneを参照)



- ※「QRコード」は株式会社デンソーウェーブの登録商標です。
- ※「PayPay」は、Zホールディングス株式会社の商標です。
- ※「iOS」は、Apple Inc.のOS名称です。IOSは、Cisco Systems, Inc.またはその関連会社の米国およびその他の国における登録商標または商標であり、ライセンスに基づき使用されています。
- ※「Android」はGoogle LLCの商標です。

松本榮壽様を偲んで

鈴木浩（メタエンジニアリング研究所）

我々は今、深い悲しみを抱え、優れた技術史の研究者である松本榮壽様の突然の逝去を悼んでいます。

松本榮壽様は、1935 年福島県に生まれ、静岡大学でエレクトロニクスを学び、横河電機に入社されました。そこで計測器の開発に携われた中で、電気技術の歴史の継承が大事であると気づかれ、玉川大学学芸員資格取得、メリーランド大学技術史単位取得、工学博士号を授与されました。技術史継承のセンターオブエクセレンスである米国ワシントンにあるスミソニアン協会アメリカ歴史博物館で客員研究員をつとめられました。博物館の主任学芸員であったバーナード・フィン氏とともに技術史研究を行いました。

帰国後は横河電機の中に横河電機技術館準備室を設立しその学芸員を務めました。その活動は企業の枠を超え、計測自動制御学会、電気学会、日本工学アカデミー、IEEE ジャパンカウンシル歴史委員会などの国内外アカデミックの場でも活躍されました。

こうした活動が評価され、日本ミュージアムマネジメント学会賞（2014 年）や電気学会電気技術史功績賞（2017 年）を受賞されています。

多くの歴史的産業遺産が、企業、大学、博物館に眠っているのを発掘されその保存にも尽力されました。例えば、行方不明になっていた『慶應義塾大学が 1958 年に開発したトランジスタ計算機 K-1』は、横河電機の金沢事業所内に保管されていたことを発見され、慶應義塾大学に 20 年ぶりに無事に戻ってきました。こうした例は枚挙にいとまがありません。

私と松本榮壽様とのお付き合いは、35 年前の電気学会電気技術史技術委員会の発足にさかのぼります。その後、その活動の中で、技術史研究、ニューズレターの編集、研究会での発表などで深くお付き合いをしてきました。常に教えを請うことが多く、また教えられることが多くありました。

パリの近代美術館に展示されているラウル・デュフィー作のフレスコ画『電気の精』については早くから注目され、そこに登場する科学者 108 名に関して、それぞれの業績や科学的意味について研究をされました。松本邸には『電気の精』のコピーが廊下に展示されており、その前で、『電気の精』に関するシンポジウムを開かせてい

ただいたことを思い出します。『電気の精』に登場する科学者全員の日本語での紹介文書の作成をパリ近代美術館より依頼を受け、フランス語、英語での説明文に対比

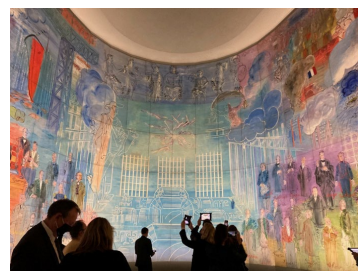
させ、ご一緒に邦訳をしました。パリ近代美術館の入り口に松本様のお名前が表示されています。

最近では、2022 年 9 月、その『電気の精』生誕 85 周年記念の日仏合同シンポジウムで東京から WEB で参加され、私の司会の下、エジソンと蓄音機の歴史を発表されました。

松本榮壽様のご葬儀は 5 月 29 日に行われ、棺に収められたご遺体には『電気の精』のコピーがかけられていました。ご遺族の思いを感じました。どうか、安らかにお眠りください。残された我々が、松本様の意をくんで、電気技術史の研究を続けてゆきたいと思います。



松本榮壽様



パリ市立近代美術館に展示のラウル・デュフィー作の『電気の精』

松本榮壽様の著書

- 遙かなるスミソニアン—博物館と大学とアーカイブスと 1997/3/1 玉川大学出版部
- 「はかる」世界—「魂のはかり」から「電気のはかり」まで 2000/4/1 玉川大学出版部

共訳

- 電気の精とパリ 1999/12/1 玉川大学出版部
- 科学・千夜一夜 2001/2/10 玉川大学出版部
- エッフェル塔物語 2002/8/5 玉川大学出版部
- スミソニアンは何を展示してきたか 2003/5/25 玉川大学出版部
- フランスの博物館と図書館 2003/6/1 玉川大学出版部
- 進化する美術館 2004/11/30 玉川大学出版部
- ミュージアム・シアター 2005/9/30 玉川大学出版部
- ヨーロッパの博物館 2007/11/1 雄松堂出版
- スミソニアン博物館の誕生 2010/12/20 雄松堂出版
- アメリカのブラックアウト変遷史 2020/2/25 オーム社

技術史への思い - 変圧器の技術変遷について

元電気技術史技術委員会委員 白坂行康

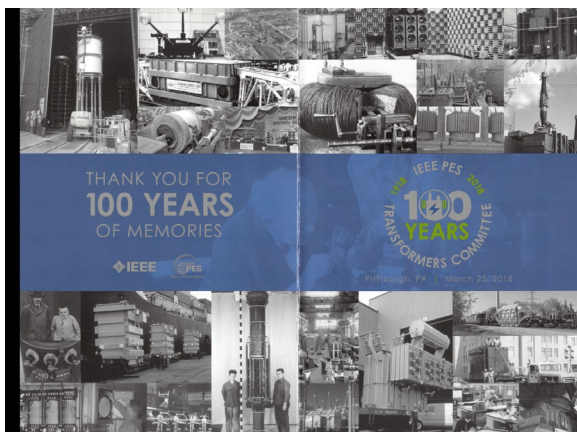
約 40 年前に日立製作所に入社し、変圧器設計部に配属された時、既に「変圧器は成熟製品」と言われたが、UHV（超々高電圧）変圧器などの開発・設計に携わり、機会を得て変圧器の技術変遷や発展などを執筆・投稿^{[1][2]}してきた経緯から変圧器の技術史についてはそれなりの関心を持っていた。

変圧器は、ハンガリー・GANZ 社の 3 名の技術者によって 1885 年に発明されたと言われており、最初のお披露目は、ブダペスト博覧会会場の照明電源の供給に活用されたことと言われている。

変圧器が発明された時期は、アメリカにて電流戦争が激しかった時であり、エジソンの直流陣営とウェスティングハウス・テスラによる交流陣営とが激しく争っていた時代であった。交流陣営が優位となった契機は 1893 年開催のシカゴ万博会場の照明システムに採用されたことと言われており、新技術の発展と博覧会の関係性が顕著で有ったと言える。

著者の個人的な見解であるが、交流システムの優位性は変圧器の発明によって送電電圧の昇圧・降圧が容易となり、効率よく広範囲に電気を送ることが可能となった点であり、交流電力システムと変圧器は一体のものであると考えている。

ハンガリーで発明されアメリカで発展した変圧器は、アメリカ側から見ると少し異なる様である。変圧器の技術発展と規格化に大きく貢献した米国電気電子学会・変圧器委員会の設立 100 周年記念大会（2018 年 3 月開催）に参加する機会を得た。その大会の冊子では、ハンガリーでの発明を認めつつも、Westinghouse, William Stanley, Gaulard & Gibbs など米国系の変圧器開発を主体に紹介していた。



IEEE 変圧器委員会 100 周年記念大会冊子

その後の変圧器の発展は、世界的に急激な電力需要増大による系統電圧の高電圧化の歴史と一体となったものであり、特に高電圧化によって大きく影響を受けた絶縁性能の検証方法がその一つである。

筆者が調査した絶縁試験の主な経緯を示す。

- 1886 年: 交流送電開始
- 1893 年: 三相交流送電開始
- 1899 年: 交流試験の開始
- 1907 年: 交流 1 分間耐圧規格化（定格電圧の 2 倍）
- 1933 年: 雷インパルス試験（LI）開始
- 1937 年: 雷インパルス試験電圧値基準化提案
- 1960 年: 開閉インパルス試験（SI）の提案
- 1967 年: 米国変圧器委員会が SI 試験基準化提案
- 1973 年: 345kV～765kV 変圧器に SI 試験採用
- 1956 年: 長時間交流部分放電試験（長耐）提唱
- 1960 年代: 米国で 500kV 変圧器の故障多発
- 1973 年: 米国変圧器委員会が長耐基準化提案

◇長耐は 345kV～765kV 変圧器の 1 分間試験の代替で、日本では 500kV 変圧器に初回採用

変圧器の絶縁試験の経緯は、送電電圧の高電圧化とそれに伴う事故の経験から、雷インパルス試験、開閉インパルス試験、そして長耐試験が順次加えられた経験則の歴史にも見える。

日本では海外からの技術導入が主体で有ったが、1970 年代前半の 500kV 昇圧初期に発生した流動帯電事故が契機となり、海外技術導入から自主技術主体へと転換されていったが、その後も劣化起因や UHV など新たな要因でも流動帯電事故を経験することとなり、技術開発継続の必要性を実感した。

交流送電システム拡大とともに発展した変圧器であるが、昨今特に注目される直流送電の適用拡大でも変換用変圧器として必要な機器であること、また電力システム自体の変革に伴う変圧器に要求される機能の多様化が進み、IEC では変圧器の機能の再整理と定義の見直し議論の真っ最中である。

特に定義に関して、従来は「電磁誘導を利用し複数の巻線と閉磁路鉄心からなる静止器」と言う原理とハード面から見た規定を、機能面のみ現した「電力を変換するもの」（transform-er）へ議論中である。

今後、定義や固定観念に束縛されず、新しい発想と想像力で開発が行われ、従来の概念に無い電力変換技術、製品が発明されることを期待しつつ、変圧器発展の技術史は益々続くと感じている。

[1] 白坂, 電力用変圧器技術の変遷, pp. 770-773, 電学誌, 120 巻 12 号 (2000 年)

[2] 白坂, 矢成, 変圧器の発展と今後の課題・展望, pp. 971-978, 電学論 A, 124 巻 11 号 (2004 年)

鉄塔カードのマニアへ

澤敏之（日立製作所）

世の中にはいろいろなマニアがいるものである。当方もマンホールの写真を撮ることが趣味で、マニアということかもしれない。すでに、第82号のニューズレター^[1]で「マンホールの旅」と題して、記事を書いている。特に下水道のマンホールはその市町村の特徴のある絵柄（動物、植物、風景など）が多く、旅先でどんな絵柄に出会えるかと楽しみにしている。



写真1 旅先（父島）で出会ったマンホール
（この絵柄のマンホールカードも配布）

マニアと言えば、電気新聞に隔週でそれぞれ記事を書かれている電線愛好家の石山蓮華さん、鉄塔ファンの加賀谷泰子さんがいる。電力の世界はどちらかというと男性社会であるが、お二方とも女性からみた新たな視点で記事が書かれており、興味深く記事を読まさせていただいている。5月の連休中に電線愛好家の石山蓮華さんが出演されるイベントがあるということで、小雨のなか会場の「アーバンドックららぽーと豊洲」のイベントスペースに足を運んだ。電線愛好家としてのお話があるかもと期待したのだが、会場に来た人たちはほぼラジオ番組のリスナーファンと思われ、電線愛好家を見に来たのはただ一人ではなかったかと思わ



写真2 アーバンドックららぽーと豊洲でのイベント風景

れる。当然ながら、電線の話は出てこなかった。次回どこかのイベントに参加したときに電線的话题を期待したい。

最後に、鉄塔ファンの加賀谷泰子さんに少しずつ近づきつつある感じているのが、鉄塔カードのマニアである。

最初に鉄塔カードを作成したのは、東京電力パワーグリッドと思われる。この目的は「架空送電線工事における基礎工や架線電工、組立工のリクルート活動支援」、「鉄塔に興味を持ってもらうため」と書かれている^[2]。

また、最新の鉄塔カードの作成にあたっては、「架空送電線工事作業員の減少は電力業界全体の課題」とある^[3]。1970年代の高度経済成長期に電力需要の増大に伴って、電力設備は急激に拡充されている。それらの設備は建設から半世紀近く経過している。これらの設備が保守・点検、建設などが着実に実施されることにより、電力の安定供給を受ける需要家としてこれらのカードを通じて、リクルート活動の成果がでることを期待したい。

最後に、東京電力パワーグリッドエリアには約 45,000 基の鉄塔があるということなので、これまで足元のマンホールに興味を持っていたが、これからは空を見上げて、高さ・形状が異なる鉄塔の魅力を確かめる旅にでたいと思う。



写真3 東京電力パワーグリッドの鉄塔カード（多摩編）
（シリアル番号 001）

[1] 電気技術史ニューズレター(2020年2月20日発行)
http://www2.iee.or.jp/~fms/tech_a/ahee/newsletters/pdf/n82.pdf

[2] 鉄塔カードによるリクルート活動について(2019年3月25日)
https://www.tepco.co.jp/pg/company/press-information/press/2019/1513733_8614.html

[3] 東電PGとJパワー送変電共同での鉄塔カード（多摩版）の作成について(2023年4月6日)
https://www.tepco.co.jp/pg/company/press-information/press/2023/1665146_8618.html

[INFORMATION]：三菱電機 皆川 忠郎

1) [研究会報告]第 89 回電気技術史研究会

【委員長】中川聡子（東京都市大学名誉教授）
【幹事】澤敏之（日立製作所），丸島敬（東芝エネルギーシステムズ）
【幹事補佐】大角智（三菱電機）
座長：皆川忠郎（三菱電機）
プロモーター：雨宮高久（日本大学）
テーマ：電気学会顕彰「でんきの礎」および「電気技術史一般」

日時：2023 年 3 月 3 日（金）13:30～16:00

場所：電気学会会議室および Web 開催

参加者：22 名（対面参加：6 名，Web 参加：16 名／会員：14 名，非会員：8 名（うち学生 1 名））

「電気学会顕彰「でんきの礎」および電気技術史一般」をテーマとした第 89 回電気技術史研究会が開催され、「でんきの礎」1 件、「電気技術史」3 件の計 4 件の講演が行われた。オンライン参加者も含めて、それぞれ活発に質疑が行われ、有意義な研究会となった。

講演題目と著者・概要は以下の通り。

テーマ：電気学会顕彰「でんきの礎」

HEE-23-001 自動車用電動パワーステアリングシステム
○岡田二郎（三菱電機）：第 15 回の電気学会顕彰「でんきの礎」に認定された「自動車用電動パワーステアリングシステム」は、静粛な減速機、高トルクモータ、及び電磁クラッチを使用した信頼性の高い制御法を適用することにより、従来の油圧式パワーステアリングでは難しかった軽自動車への搭載を実用化した。講演では、その特徴と開発の経緯、および今後の展望が報告された。

テーマ：「電気技術史一般」

HEE-23-002 佐藤充著『高等教育物理学』の電磁気学におけるエーテルの取り扱い
○千葉大輔，雨宮高久（日本大学）：光および電磁気的な媒質と考えられていた「エーテル」は、アインシュタインが 1905 年に発表した論文「運動物体の電気力学について」によって、その存在が事実上否定された。講演では 1920 年代に日本で刊行された物理学教科書での電磁気学の説明として、佐藤充の著作『高等教育物理学』における「エーテル」の取り扱いが紹介された。

HEE-23-003 戦前における負荷特性と負荷平準化対策の変遷
○中村秀臣（科学史技術史研究所）：電気事業における設備の効率的、経済的運用においては負荷平準化が重要であり、負荷率が高いほど収益性が高まる。日本の技術者も、電気事業黎明期から負荷平準化のための事業統合の重要性を認識していた。講演では、明治期から大正期、昭和初期までの、日本における負荷平準化対策について、変遷が報告された。

HEE-23-004 戦前、戦時における原単位計算の活用と電力使用合理化の推進
○中村秀臣（科学史技術史研究所）：燃料や電力の消費合理化においては、科学的管理法が有効であり、1930 年代後半には、逓信省技師の発案で日本が真っ先に電力需要想定に電力原単位の活用を開始した。講演では、日本の戦前、戦時における原単位計算の活用と電力使用合理化推進の状況が報告された。

2) [研究会案内] 第 90 回電気技術史研究会

【委員長】中川聡子（東京都市大学名誉教授）
【幹事】澤敏之（日立製作所），丸島敬（東芝エネルギーシステムズ）
【幹事補佐】大角智（三菱電機）

座長：中村秀臣（科学史技術史研究所）

プロモーター：皆川忠郎（三菱電機）

テーマ：電気学会顕彰「でんきの礎」および「電気技術史一般」

日時：2023 年 6 月 28 日（水）13:30～16:30

場所：電気学会会議室および Web 開催

テーマ：電気学会顕彰「でんきの礎」

HEE-23-005 椎尾詞の発明によるベルト整流器について
○音羽伸哉，柘植良男（中央製作所），中田充彦（東伸化工），秋山肇（福井工業高等専門学校）

HEE-23-006 青柳卓雄によるパルスオキシメータの発明
○小林直樹（日本光電工業）

テーマ：「電気技術史一般」

HEE-23-007 戦前、戦時における水火併用火力発電機の調相機能
○中村秀臣（科学史技術史研究所）

HEE-23-008 直流送電の歴史と推移

○境 武久（三菱電機）

HEE-23-009 ガス絶縁開閉装置の変遷とその特徴

○笹森健次，羽馬洋之（三菱電機）

3) [研究会案内] 第 91 回電気技術史研究会

座長：山口順一（香川大学）

プロモーター：中村秀臣（科学史技術史研究所）

日時：2023 年 11 月 13 日（水）

特記事項：参加申込みは Peatix 経由で行われます。参加希望者は下記の URL にアクセスして、「チケットを申し込む」をクリックし、必要事項などを入力して下さい。

<https://ieej-20230628hee.peatix.com/>

4) 研究会資料年間予約のお勧め

電気学会では研究会資料の冊子体発行を 2021 年 1 月より廃止しました。確実に入手する方法として年間予約を推奨しています。年間予約すると研究会の 3 日前からダウンロードが可能です。

https://www.iee.jp/tech_mtg/reserve/

*郵送でニューズレターを受け取っておられる方、所属変更、住所・変更は下記へお知らせください。

HISTORY@mem.iee.or.jp

*電気技術史技術委員会はニューズレターの電子メール送付を検討しております。現在郵送で受け取られている方も、メールアドレスをこの窓口へお寄せください。

HISTORY@mem.iee.or.jp

電気技術史 第 92 号

発行者 (一社) 電気学会電気技術史技術員会
委員長 中川聡子

編集者 Newsletter 委員会
鈴木浩，澤敏之

〒102-0076 東京都千代田区五番町 6-2

HOMAT HORIZON ビル 8F

発行日 2023 年 6 月 28 日（令和 5 年）

禁無断転載 Copyright 発行者