

ソーシャルデバイス技術

通信分野で培った各種の知見を活用して 非通信分野でも新たな価値を創出していく

NTT先端集積デバイス研究所は、通信技術の研究で培ったレーザ技術や材料技術などの知見を活用して、社会的課題の克服や、新たな産業・サービスの創出、豊かなライフスタイルの実現につながるソーシャルデバイス技術の研究開発を進めている。現在重点分野として注力するのは、「スマートインフラ」「医療・ライフアシスト」「農業・ものづくり」「エネルギー」の4つ。ここでは、前者2つの重点分野における取り組みを紹介する。

材料の耐腐食性の評価を 時短する新方式を考案

日本国内のインフラの多くは高度経済成長期に整備された。そうしたインフラの老朽化が次第に社会問題となりつつある。2030年には建設後50年を経過するインフラの割合は50%を超え、インフラの維持管理や更改にかかる費用は今後急増すると予想されている。

NTT先端集積デバイス研究所（以下、先デ研）では、インフラの維持管理や更改造業を効率化するための各種技術の研究開発を進めている。先デ研が開発したインフラ関連技術のうち、設備材料の耐腐食性を評価・選定する促進腐食試験に要する時間を短くする新手法と、メカトロニクスで

マンホール内部の点検を一部自動化する技術を紹介する。

促進腐食試験とは、材料の耐腐食性を比較的短時間に評価できる試験である。塩水を噴霧する「塩水噴霧試験

（SST=Salt Spray Test）」や、塩水噴霧と乾燥、湿潤の工程を繰り返す「複合サイクル試験（CCT=Cyclic Corrosion Test）」などの試験方法がある。

屋外設備は、金属材料または塗装した金属材料で構成されることが



NTT先端集積デバイス研究所 ソーシャルデバイス基盤研究部

〔左から〕研究主任 三輪 貴志氏、部長 加々見 修氏、研究員 中村 昌人氏
主任研究員 望月 章志氏、研究員 田中 雄次郎氏

多い。設備の維持管理コストを低減するには、促進腐食試験を使って耐腐食性の高い材料を適切に評価・選定する必要がある。

技術の進歩によって設備材料の耐腐食性は近年向上した。それに伴って、材料同士の優劣を判断するのに従来よりも時間がかかるケースが増えており、これを短くしたいというニーズが高まっている。

促進腐食試験のうち、SSTは評価に要する時間が比較的短い。その反面、実環境との近似性は低い。一方CCTは、実環境との近似性は高いが、腐食があまり進まない乾燥工程があるため評価に時間がかかる。特に従来は、近似性向上には乾燥時間

促進腐食試験（複合サイクル試験）の流れ

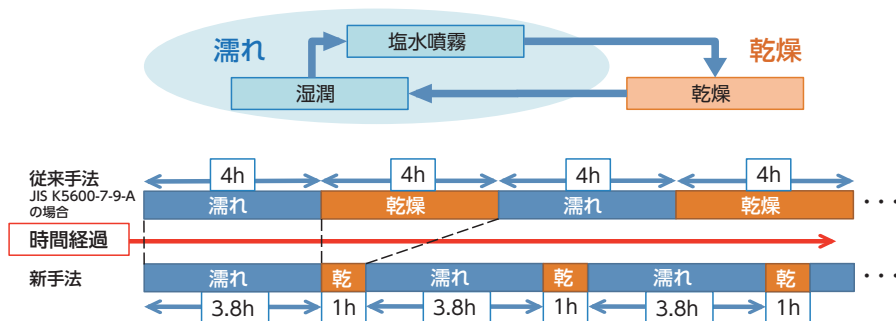


図1 促進腐食試験の流れと開発した新手法の概要

の割合を大きくする必要があると考えられていたため、1 サイクルは 8 時間で乾燥時間 50% 以上の試験が普及していた (図 1)。

先デ研は、この CCT の定説を覆した。「乾燥時間の割合ではなく、濡れ時間を 4 時間以下とすることが近似性確保のために重要だと考え、腐食の進行しない乾燥時間を必要最小限の 1 時間とすることで腐食を促進しました。鋼・亜鉛を対象にした実験で腐食の促進性と近似性を両立した新手法の有効性を確認できました。」(ソーシャルデバイス基盤研究部 研究主任 三輪 貴志氏)

考案した新手法は図 1 新手法の通りである。CCT の従来手法に比べて乾燥工程を 4 分の 1 の時間に短縮している。これにより、従来手法と同等の近似性を確保しながら、評価時間を 3 割以上短縮できる。

実際に金属材料を試験した結果を図 2 に挙げた。新手法でも従来の CCT と類似した腐食が進んでいることが分かる。「現在、塗装鋼板に新手法を適用できるかどうかの検証を進めています。検証後は規格化を視野に新手法の普及にも取り組む考えです。」(三輪氏)

メカトロニクスを活用してマンホールの内部点検を効率化

NTT グループが維持管理するマンホールのは日本全国で約 68 万個ある。現在は、これらすべてを複数年かけて網羅的に点検している。

現状では基本的にマンホール内部に人が入って目視点検している。これは非常に負荷の高い作業である。マンホール内部に入るには内部に溜まった泥水や危険性ガスを抜く必要があることに加え、多く

のマンホールはその内部空間の高さが 1.7m 程度しかなく、劣化しやすいポイントである天井を隈なくチェックするには中腰になって作業しなければならないからである。

先デ研では、メカトロニクスを活用してマンホール内部の天井を自動撮影する図 3 の技術を開発した。同技術によってマンホール内部に人が入る回数を減らせ、それによって作業時間や作業負荷を低減できる。

同技術のポイントは、特殊なチェーン (小径ケーブルベア) と L 字ガイドを組み合わせて、縦方向と水平方向に伸びるアームを実現したことである。L 字ガイドに位置センサを、チェーン先端にカメラを取り付け、それを使って天井の写真を分割撮影する。撮影した写真は画像処理で 1 枚に統合し、それを解析することで、ひびや腐食などの有無を判断

240h 促進腐食試験後写真

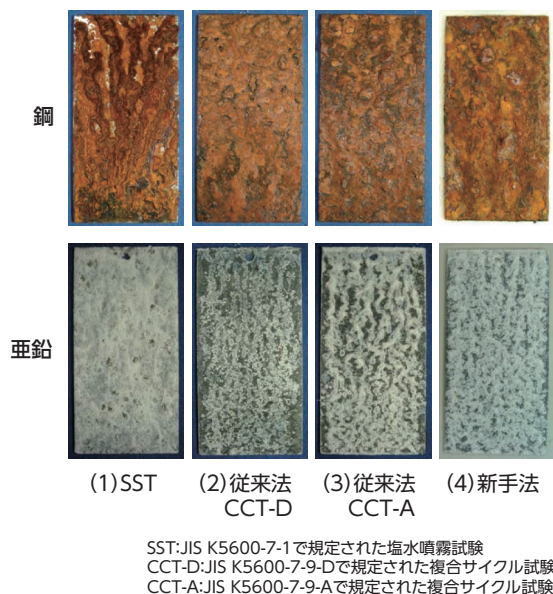


図 2 促進腐食試験後の金属材料の状態比較

ケーブルベアとL字ガイドを組み合わせた新開発の伸縮機構

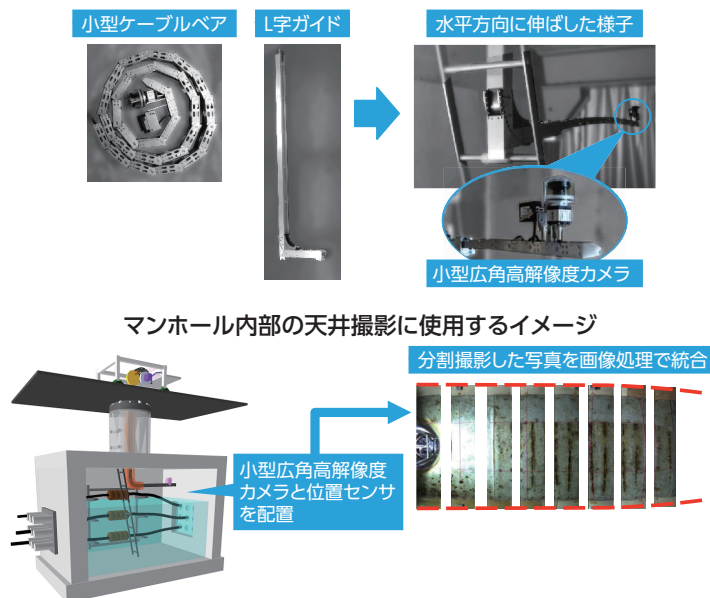


図 3 メカトロニクスを活用したマンホールの内部点検の効率化

できる。「当初は魚眼レンズを使う方法も検討しましたが、それでは端の方を高解像度で撮影できないため、アームを伸ばして撮影する方法を考案しました。」（同研究部 部長 加々見 修氏）

アームの挿入と撮影、アームの復帰の一連の作業はすでに全自動化している。「マンホール内部には障害物が多く、全自動化にはかなり苦労しました。将来的には取得画像から自動的に劣化診断できる画像解析が導入され、データ取得から診断結果までが全自動化される時代が来ると考えています。」（同研究部 主任研究員 望月 章志氏）

微量サンプルを高速評価できる血液凝固センサを開発

先デ研では、通信技術の研究開発で培った電磁波を含めた光技術を使って生体情報をセンシングする研究を進めている。ここでは先デ研が研究中の技術のうち、微量サンプルを高速評価できる血液凝固センサと、人体

に針を刺さずに血糖値を測定する技術について紹介する。

血液凝固センサは、血液の固まりやすさを調べる装置である。同装置は、抗凝固剤を服用して血液の固まりやすさをコントロールする必要がある脳梗塞（こうそく）患者などに使われることを想定している。

従来の血液凝固センサは、ある程度の量の血しょう（血液から血球成分を取り除いたもの）を実際に凝固させて、それにかかる時間を測定していた。しかし現在の測定法では3分程度の時間がかかる上、凝固後の血しょうは医療廃棄物として慎重な取り扱いが必要なため、測定に時間やコストがかかっていた。

先デ研では、これらの問題を解消するために金属表面近くで発生する「表面プラズモン共鳴（SPR）」という現象を利用した図4のようなSPR血液凝固センサを開発した。同センサでは、凝固開始剤を満たした高さ100ミクロン程度の流路に血しょうを毛細管力で送り込み、2つの液体の界面

がどれだけ移動するかを測定して血しょうの固まりやすさを推定する。界面の移動量測定に利用するのが、SPR現象によって測定される屈折率の変化である。

「SPR血液凝固センサでは、微量の血しょうサンプルを使って10～15秒で結果を出せます。しかもサンプルは完全には凝固しないので、装置を洗浄して繰り返し測定が可能です。これによって測定にかかる時間や廃棄物の処理費用を削減できます。」（同研究部 研究員 田中 雄次郎氏）

同センサで測定した血しょうの移動量と固まりやすさの関係を図5に挙げた。異常値と正常値をきちんと判別できることが分かる。

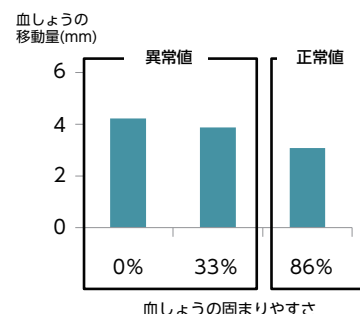


図5 移動量と固まりやすさの関係

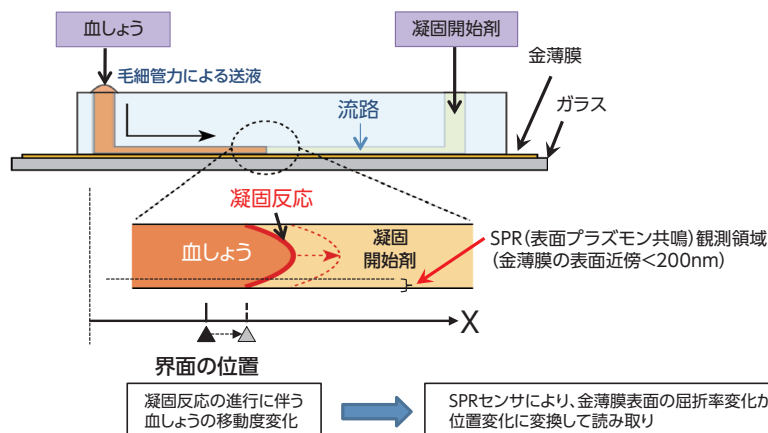


図4 短時間に計測可能なSPR血液凝固センサ

非侵襲的に血糖値を測定可能な2つの測定技術を研究中

糖尿病患者が世界的に増加中である。25年後には患者数が5億9000万人に達するという予測もある。日本人の多くを含むモンゴロイドは糖尿病になりやすい遺伝子を持っており、非常に身近な病気である。

糖尿病患者の負担の1つが血糖値測定である。現時点では身体に針な

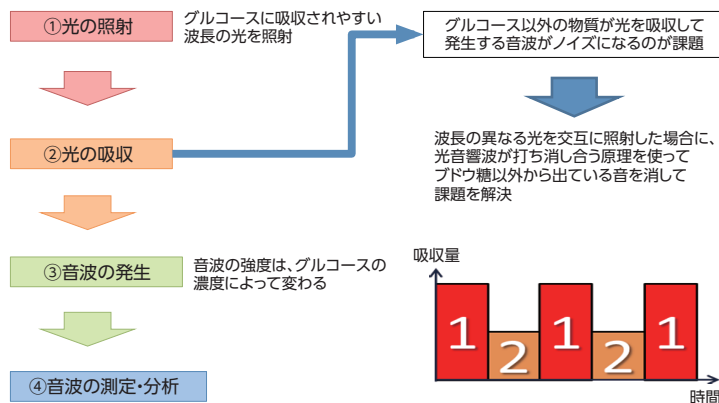


図6 光音響法による血糖値の測定

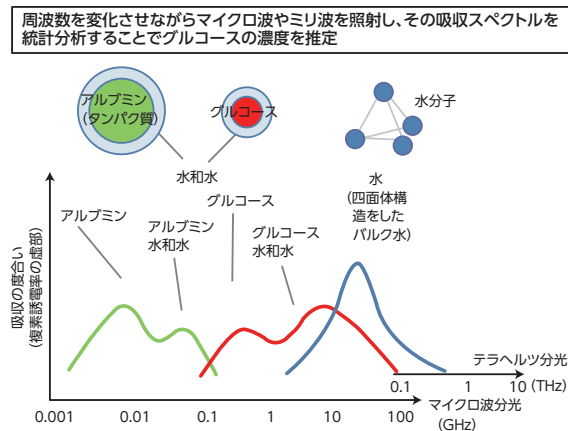


図7 マイクロ波分光法による血糖値の測定

を指して血液を採取しなければならず、しかも患者によっては日に何度も測定する必要がある。

患者のニーズの高さや市場規模の大きさから、身体に針などを刺さずに（非侵襲的に）血糖値を測定する技術が世界各地で研究されている。先デ研では、光を使う「光音響法」とマイクロ波やミリ波を使う「マイクロ波分光法」の2つの技術の基礎実験に成功した。

光音響法は、光を吸収した物質が音波を発生させることを利用した測定技術である（図6）。同技術の課題は、ブドウ糖（グルコース）以外の物質が光を吸収して発生する音波がノイズとなって、血糖値の測定が困難になることである。先デ研では、波長の異なる光を交互に照射した場合に光音響波が打ち消しあう原理を使って、ブドウ糖以外から出る音を消して課題を解決した。

一方のマイクロ波分光法は、マイクロ波やミリ波を照射して、その吸収のされかた（スペクトル）を調べることで血糖値を測定する技術である（図7）。「電子レンジで物が温められるの

は、水に吸収されやすい波長の電磁波を照射して、それによって水分が温められるからです。同様にブドウ糖にも吸収しやすい波長の電磁波があり、それを照射して吸収度合いを調べることで濃度を推定できます。」（同研究部 研究員 中村 昌人氏）

ただしこの方法でも、ブドウ糖以外の物質が吸収する電磁波が正確な血糖値の推定を妨げる課題がある。先デ研では、照射する電磁波の周波数を一定幅で変化させ、それぞれの周波数での吸収度合いを分析して他の物質の影響を小さくすることで課題を解消した。「同様の工夫は他でも行われていますが、当研究所の技術は広

い範囲の周波数を使う点に独自性があります。これによって、成分変化に強い血糖値推定を可能にしています。NTTは無線通信技術の研究開発で幅広い周波数帯の測定技術を培っており、それを活用しています。」（中村氏）

これらの技術を使って、血糖値を推定した結果を図8に挙げた。生体を対象にした実験ではなく、ブドウ糖の水溶液に対して実験した結果ではあるが、どちらも推定値が現在の血糖値センサに許容されている範囲内（グラフの外側にある実線内）に収まっていることが分かる。

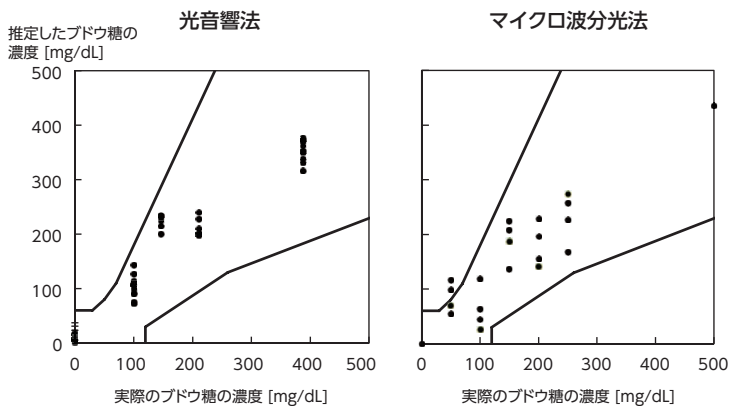


図8 各方法で推定したブドウ糖濃度と実際の濃度との関係