玉川大学 工学部 機械情報システム学科 箕輪研究室

Minowa Laboratory
Intelligent Mechanical Systems
Tamagawa University

E-mail: iminowa@eng.tamagawa.ac.jp

1. はじめに

小田急線の玉川学園前駅を出ると、目の前の丘に玉川大学の校舎が見えます。創立者の小原國芳が理想教育の場を求めてこの地に玉川学園を創設してから、今年で80周年を迎えました。後楽園球場40個分の広大な敷地には、幼稚園から大学・大学院まで、さらに学術研究所、脳科学研究所などの建物が点在しています。学内道路の樹木は手入れが行き届き、花壇には季節ごとに楽しめる花が植えられていて近所の人も散歩を楽しんでいます。工学部（8号館）は、駅から徒歩10分の距離にあります。工学部は昭和37年に開設され、現在機械情報システム学科、ソフトウェアサイエンス学科、マネジメントサイエンス学科の3学科体制になっています。私はハード系の機械情報システム学科に所属しています。

工学部にかかわる話として、昭和17年に興亜工業大学（千葉工業大学の前身）が、ここ玉川学園の敷地に誕生しました。創設にあたっては小原國芳のほか、本田光太郎、武者小路実篤、西田幾多郎など各界の錚々たる方々がかかわっておられます。

2. 接触抵抗の計測

これまで当研究室では、主に接点抵抗の計測を目指してきました。昭和50年に電気試験所（現産業技術総合研究所）から赴任された菅野允教授の助手となったときに、SQUID（超電導量子干渉素子）を使って、微弱電流の極限まで接点抵抗を測定してみたいとの意向を受けて、点接触型SQUIDと測定回路の製作を始めました。4、5年もかかってようやく測れるところまでこぎつけ、nA-pVの領域まで測定しましたが、接触表面現象を解析できるほどの情報までは得られませんでした。そこで室温で非直線ひずみを測る実験に切り替えました。測定には市販の部品直線性試験機（1周波法）と、本研究室の売り物である2周波法とを比較しながら測定しています。非線形ひずみ電圧は、膜厚に対して指数関数的に増加することがわかってきました。また面白いことに全く同じ金属を接触させても、数 μV から数mVくらいの接触電位差が生じることです。接触電位差の測定は、直流バイアスを変えながら2次微分抵抗（差周波電圧）を、印加電圧の100万分の1くらいの微小なひずみ電圧を高感度に測定できる回路を製作したことで発見できました。異種金属間では、明らかにそれぞれの金属の仕事関数差の影響を受けていることがわかります。

また、旧電子工学科の時代に理論物理学の中村充伸教授

との共同研究で、計算機シミュレーション（3次元の有限要素法）による接点部分の電流集中などの計算を行い、見かけ上ごくわずかな接触面積でも良い導通状態を保てることがわかりました。現在も金-銅、金-アルミニウムなどの接触実験を4年生の卒研テーマにしています。

3. 高分子膜のトンネルスペクトロスコピー

接点表面に形成される酸化皮膜に換わるものとして、膜厚がわかる絶縁性の高いポリイミドをLB法で製膜する仕方を、東京工業大学の岩本光正教授に教えていただき、金属-高分子膜-金属の2次微分抵抗を測定したことがあります。この実験の副産物として、数十nm厚のステアリン酸やアラキシン酸などの単純構造の高分子膜でも、4.2Kでは電子の非弾性散乱を示すスペクトラム的構造が顕著に見られました。これは新発見だったと思います。

4. 線形抵抗の標準化

部品直線性試験機はnV程度の測定ができますが、装置の直線性にも限界があるため、「歪まない抵抗（オームの法則に完全に従う抵抗）」が必要だと思いました。30年くらい前にはアモルファス状態の水銀が超低ひずみ抵抗であることがわかりました。しかし水銀は蒸発すると危険ですので、それに代わる理想抵抗を探したところ、標準抵抗として用いられている量子ホール抵抗があることを知りました。抵抗の標準化は、量子ホール抵抗（ヘテロ接合をもつ半導体）を0.3K~1.2Kに冷却して10T以上の強磁界をかけて測定するというたいへん手間のかかる実験です。カナダの首都オタワにあるNRCの標準研究所で、B. M. Wood氏とA. D. Inglis氏のもとで、98年、00年と直線性の確認実験を延べ4ヵ月もさせてもらいました。しかし通常の量子ホール素子では、数百 μA までしか流せないため、それに替わりうる抵抗として、フォイル抵抗なるものがあることを知りました。この抵抗はカーボン抵抗や金属皮膜抵抗などよりはるかに直線性がよいことを確認しています。現在はさらに増幅器の改良を進めながら、卒論テーマとして極限に挑んでいます。

5. おわりに

振り返ってみると、ずいぶんと凝り性な研究を行ってきたように思います。平成18年の秋には電子情報通信学会からフェローの称号を頂戴しました。

（箕輪 功）

工学部玄関に彫られた「慧眼見真（創設者筆）」の前で