

2018年4月から2019年の3月までの1年間、村川二郎基金のご支援を賜り、オランダのデルフト工科大学の Kofi Makinwa 教授の Electronic Instrumentation Laboratory 研究室で長期在外研究を実施した。Makinwa 教授は、回路設計分野での第一人者であり、特に、温度センサや磁気センサなどから得られる微弱なアナログ信号を捉え、数値化が容易なデジタル信号へと変換する回路設計を精力的に研究・開発している。そして回路設計分野で最も権威のある国際会議の ISCC で Chair を務めたり、VLSI Symposium で Program committee を務めるなどしており、オランダ王立芸術科学アカデミーにも選ばれている。

著者はこれまで、農業や防災分野での活用を目指した土中水分量センサに関する研究を行ってきており、半導体技術を用いた小型・高感度センサデバイスや検出アルゴリズムの開発を行ってきた。その中で、精密農業現場や山の斜面などの現地計測を行う際、センサデバイスとセンサ駆動用回路基板との距離が離れてしまい、接続配線中で信号の減衰が発生してしまう課題があった。そこで、センサ駆動用回路基板を IC チップ化することで小型化を行い、この IC チップをセンサデバイスの近傍に配置することで接続配線短くし高精度なセンサシステムの実現を目指した。Makinwa 教授の研究グループは、こうしたセンサ駆動用 IC 設計を得意としており、センサ信号の周波数変換とその過程で発生するノイズ除去回路の提案・論文執筆を数多く行っているため、水分量センサ用駆動用 IC チップの設計に関する共同研究を長期在外研究の目的の一つとした。また、オランダは精密農業の先進国であり、単位面積あたりに収穫できる作物の量が日本より多いことが知られている。オランダでの精密農業のためのセンサ技術を調べるため、ヨーロッパ全土か

ら農業関係者が集まる展示会 AgrifoodTech 2018 (オランダ セルトーヘンボス市)に参加した。

1. 水分量センサ用駆動用 IC の設計

センサなどから得られるアナログ信号は連続情報であり、マイクロボルトオーダーの小さな信号からボルトオーダーの大きな信号までを情報の欠損無く増幅しデジタル信号へと変換していく必要がある。この信号変換の過程において、センサや増幅素子などで発生する信号の揺らぎ(ノイズ)がアナログ信号に混入し誤差となってあらわれ、センサの計測精度向上に対する妨げとなっている。一般的なノイズ対策としては、センサから得られる信号の周期(周波数)を調べ、その周波数以外の情報を遮断させるフィルタ回路を設計し対策を行う。しかし、センサから得られる信号と、増幅素子などから発生するノイズが同じ周波数の場合、その切り離しが困難となる。そこで、ノイズ発生箇所より前段部分で信号の周波数を高め増幅素子で発生するノイズと異なる周波数にすることにより、センサからの信号と発生するノイズとを区別することができるようにする技術が研究されている。この技術を応用し、水分量センサの駆動回路設計を実施した。

水分量センサに対する要求事項を整理し深い議論を繰り返しながら情報共有を行っていった。信号印可方法、信号検出方法を一から考案し、システムレベルの設計までを完了することができた。今後も引き続き定期的な Web 会議を行い、IC チップの実現を目指して共同研究を継続していく予定である。

2. AgrifoodTech 2018 への参加

セルトーヘンボス市で開催された農業機器関連の展示会に、デルフト工科大学の一員としてブースの一部を借りて展示を行った。土壌中の pH、水分量、温度、イオン濃度などを計測できるセンサデバイスは、展示会の中でも多くの興味を得ることがで

きた。

オランダの農業は大規模経営が多く、栽培管理や収穫機器の技術が進んでおり、様々な品種に対する自動化が進んでいるように感じた。そのような中、土壌中のセンシング技術や IoT 技術はまだまだ発展途上であり、日本の技術を参考にしており、他の出展者からの情報を得た。これは、オランダが 1 年を通して温暖差が少ないことに起因するようになる。気温が 30 度を越えることが稀で冷房設備が不要、逆に暖房設備は集中管理技術により室内の空調の均一化が図られているため、これまではセンシングの必要性がそれほどなかったのかもしれない。近年、寒暖差の大きい日本において、冷房・暖房設備の両方を駆使しセンサ情報により栽培の最適化を行った日本の農業がこれまでのオランダの農業に一石を投じた形でもある。今後、土壌センサの研究を通じて、日本のみならずオランダ・ヨーロッパの農業へ貢献していきたいと感じることができ、とても貴重な体験をすることができた。

3. デルフト工科大学の研究室運営

日本と異なり、デルフト工科大学では学部 3 年間、修士 2 年間、博士 4 年間の在学期間となっている。この中で、研究室に配属されるのが修士 2 年生からであるため、研究室のメンバーとして博士の学生の方が修士の学生より多いことに驚いた。そして、博士の学生の 2/3 が留学生であり、その半数以上は

中国などのアジア系の学生で占めていたことも特徴的であった。お昼休みに大学キャンパスを歩いていると、すれ違う人の半数近くはやはりアジア系の学生であり、世界大学ランキング Top100 に入るデルフト工科大学の原動力に、留学生は無くてはならない存在であるということを感じた。

在外研究期間中、単身赴任であったため一番苦労したのが食事である。パン 1 斤とジャムだけでお昼をすませたり、フライドポテトだけで夕食をすませる人が多く、日本ほど食事に対する欲求が多くない文化のようだ。そのため、お惣菜などがあまりなく、調理しなくても食べることができるもの(サラダ、フルーツ、ヨーグルトなど)を中心に生活をした結果、健康的に？痩せることができた。そのような中、日本のラーメンが人気となり、宿舎の近くにも新たにできたラーメン店で食べる食事が贅沢を感じるひとときであった。

最後になりましたが、故・村川二郎氏、また本在外研究を進めて下さった先生方、講義の分担や委員会の分担を引き受けて下さった先生方に深く感謝申し上げます。また、工学部総務課・経理課の職員の皆さまには、手続きの際に大変お手数をおかけしました。ここに厚く御礼申し上げます。

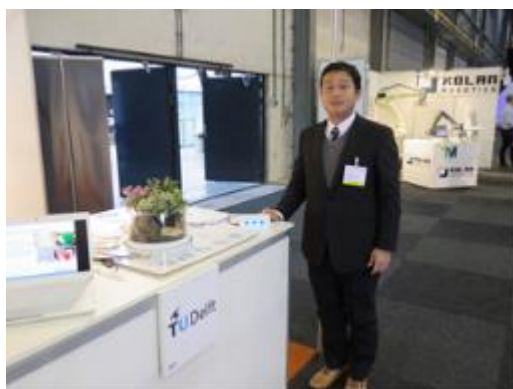


図 1 オランダで開催された AgrifoodTech 2018 の展示会でデルフト工科大学のメンバーとして出展したときの様子。



図 2 デルフト工科大学内キャンパスの様子。手前は桜の木、中央のビルの 15 階で研究を行った。