

英国 UCL での研修を終えて

浜村 昌則

(受領日: 2024 年 5 月 31 日)

高知工科大学情報学群

〒 782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口 185

E-mail: hamamura.masanori@kochi-tech.ac.jp

要約: 本学の海外研修支援制度を利用して、英国ロンドンにある University College London (UCL) に滞在してきた。支援制度への申請書の提出は 2020 年であったが、猛威をふるった新型コロナウイルス感染症の影響により延期となっていた。当然、何か良い研究につなげたいという思いを持ちながら共同研究を進めていたところ、予想を遥かに超えるアイデアに出会うことができた。未発表につきこの研究の狙いまでを述べる。

1. はじめに

Darwazeh 教授のいる英国 University College London (UCL) で海外研修をさせていただくことができた。Darwazeh 教授は、70 にも及ぶ情報通信に関する研究室を含む UCL 内の大きなグループのリーダーである。Darwazeh 教授ご自身は通信・コネクテッドシステム研究所長である。Darwazeh 教授と私の関係は、情報通信の周波数利用効率を向上させるほぼ同じ方法を、2003 年のほぼ同じ時期に、独立に発表したことに始まる。内容が新しいもの場合には、論文のタイトルやキーワードなどからお互いの存在をすぐには見つけられないというようなことはよくあることである。これはまさにそれで、当初はお互いのことを知ることはなかったが、数年後に Darwazeh 教授の方が先に私の研究を見つけてくれて、論文を紹介するなどしてくれていた。2011 年にトロント (カナダ) で開催された IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC) という大きな国際会議で、また偶然に、同じセッションで発表する機会に恵まれて初めてお会いすることができた。セッションチェアでもないのに、参加者に大きな声で私のことや、我々の研究のことを紹介してくれたのを思い出す。実はこの PIMRC という国際会

議はポストドク時代にお世話になった King's College London (KCL) の Aghvami 教授の創設によるものである。偶然は続くものである。

2. 共同研究の開始

2.1 技術の共有

共同研究のスタートは、UCL の Darwazeh 教授と Newcastle 大学の Xu 博士、私の 3 名で、お互いが持つ最近の技術を出し合い共有することから始めた。Darwazeh 教授は、Spectrally efficient frequency division multiplexing (SEFDM) と呼ばれる多重化方式の研究をワイヤレス通信、光通信での実用化、標準化に向けて積極的に推進している。Xu 博士は、干渉のある受信信号から干渉を除去する復号方式で多くの研究成果を挙げている新進気鋭の若手研究者である。そこに利用できそうな私の技術は、SEFDM に適用可能なプリコーディング方式で、自由に信号のスペクトルを制御できる。これらの共有で、セルラネットワークや WiFi での収容回線数の大幅な増大が見込めると判断してそこから共同研究を始めることになった。また、Xu 博士と Darwazeh 教授が最近発表した、非直交スペクトルを持ち、かつ、ナイキスト波形とならない、機械学習に基づく新しいスペクトルシェイピングが大変興味深く、それを学ぶことを進めていた。sin x/x 型のスペクトル

が少し修正された形状のスペクトルを持つ新しい信号が構成されるものであった。それ以外にも、ゆったりとした時間のもと、興味のある文献に目を通す余裕と時間を持てたのが幸せだったし、それが見事に次に繋がった。

2.2 全く新しい通信技術の誕生

前節で述べた方向で共同研究を進めていたが、あるところでピタッと止まって方向転換することになった。全く新しい通信技術が誕生したのである。現在のスマートフォンやオペレータの基地局、WiFi、地上波放送、衛星通信などほぼ全ての送信機に適用可能な技術である。

現在のほとんどの高速ワイヤレス通信ではデータの送信に直交周波数分割多重 (orthogonal frequency-division multiplexing: OFDM) という技術が使われている。この技術は直交振幅変調 (quadrature amplitude-modulation: QAM) が施されたサブキャリアや N_c 個の並列伝送を実現する。 l 番目の QAM 信号 ($l = 1, 2, \dots, N_c$) は、メッセージデータ $b_l^{(1)}$ 及び $b_l^{(2)}$ により変調された $\cos[2\pi(f_c + \frac{l-1}{T_0})t]$ 及び $-\sin[2\pi(f_c + \frac{l-1}{T_0})t]$ の和である。ここで、 f_c は 1 番目の QAM 信号のサブキャリア周波数、 T_0 は QAM 信号及び OFDM 信号の信号長である。したがって、OFDM 信号 $s(t)$ は次のようになる。

$$s(t) = \sqrt{\frac{1}{N_c}} \sum_{l=1}^{N_c} \left(b_l^{(1)} \cos\left[2\pi\left(f_c + \frac{l-1}{T_0}\right)t\right] - b_l^{(2)} \sin\left[2\pi\left(f_c + \frac{l-1}{T_0}\right)t\right] \right), \quad 0 \leq t < T_0$$

今、 $b_l = b_l^{(1)} + jb_l^{(2)}$ 、 $j = \sqrt{-1}$ 、

$$z(t) = \sqrt{\frac{1}{N_c}} \sum_{l=1}^{N_c} b_l e^{j2\pi(l-1)t/T_0}$$

と置くと次式が得られる。

$$\begin{aligned} s(t) &= \Re\left[z(t)e^{j2\pi f_c t}\right] \\ &= x(t) \cos(2\pi f_c t) - y(t) \sin(2\pi f_c t) \end{aligned}$$

ここで、 $x(t) = \Re[z(t)]$ 、 $y(t) = \Im[z(t)]$ 、 $\Re[\cdot]$ と $\Im[\cdot]$ はそれぞれ複素数の実部と虚部を表す。

OFDM 信号 $s(t)$ を上式の形で表現できることが分かれば、OFDM の送信機は、 $x(t)$ と $y(t)$ を入力として $s(t)$ を出力するシステムと捉えることができる (図 1)。 N_c が大きいと、 $x(t)$ と $y(t)$ の振幅変動が大きくなることが知られており、それによって送信信号 $s(t)$ の包絡線 $\sqrt{x^2(t) + y^2(t)}$ の変動が大きくな

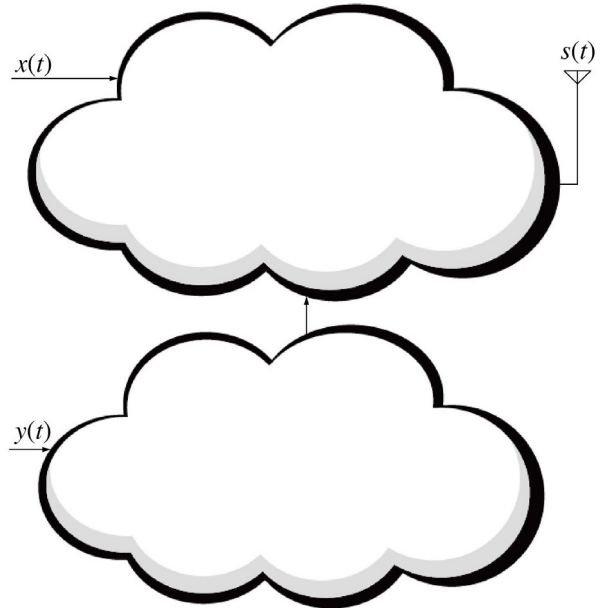


図 1: 新型送信アーキテクチャの誕生 (未発表のため、イメージ図)

る。このことは、信号のピーク対平均電力比 (peak-to-average power ratio: PAPR) が大きいと言われ、PAPR の大きな信号の送信にはたくさんの無駄な電力消費が発生することが知られている。未発表のため、ここでこれより先の詳細は述べられないが、このような PAPR の大きな信号を送信する際の無駄な電力消費を大幅に抑える新しい方法が見つかったのである。このたびの海外研修で得られた大きな成果である。

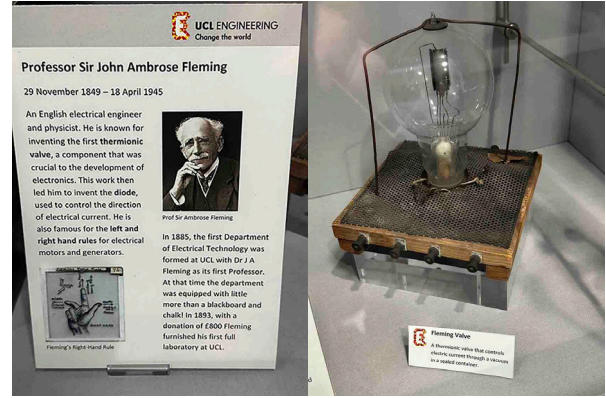
しばらくはこの技術について Darwazeh 教授と共同で研究を進めることになるであろう。本学の学生にも研究を通して多くの楽しみを与えられるはずである。Darwazeh 教授のところにはたくさんの装置類が揃っているため、今後はそれらを利用させてもらうことになると思うし、UCL サイドから出てくる成果も楽しみでならない。

3. 研修先について

UCL は 1826 年にロンドンで最初に創設された大学である。11 ある学部のひとつが工学部で、工学部だけで 600 人以上のスタッフがいる。お世話になったのは、地下鉄 Euston Square 駅のすぐそばにメインエントランスのある Bloomsbury キャンパスである。入ってすぐに立派なメインライブラリがあり (図 2)、そのすぐ右奥に、現代の日本を作ったと言われることのある長州ファイブの記念碑があると聞いていたので行ってみたいところ、確かにあった。まだ鎖国中の江戸時代末期に密航という手段



図 2: メインライブラリ



(a) フレミング教授 (b) フレミング管

図 4: UCL 初代電気系教授のフレミングとフレミング管



図 3: 日本ガーデン、記念碑（写真中央手前の黒い石碑）とソメイヨシノ



図 5: Darwazeh 教授のお宅に招かれてホームパーティ（右から筆者と Darwazeh 教授）

で、日本人初の留学で学んだのが UCL、それから 150 周年の年につくられたとのことである。記念碑には長州ファイブと、その二年後に薩摩藩から続いた留学生らの 19 人の名が刻まれている。

～はるばると ころつどいて はなさかると刻まれていた。

この付近は日本ガーデンと呼ばれることがあるようで、ソメイヨシノも植えられていた（図 3）。

UCL は創設当初から人種や信仰の違いを超えて入学を認めてきた歴史的背景がある。近くにいた人々の母国はエジプト、スーダン、インドネシア、サウジアラビア、タイ、ポルトガル、イタリア、中国、レバノン、ブラジル、…、ひとりの日本人、…現在でも学生も教員も誠に国際的であった。

フレミングは UCL の中の工学部の中の電気系学科の初代教授のようである（図 4）。

Darwazeh 教授のところでお世話になって本当に良かった。たくさんの成果を挙げておられて頭脳も素晴らしいが人柄も素晴らしく、いくつになっても、また、いくら忙しくても、学生や研究員たちとの研究の打ち合わせを最優先にする姿勢に、大学の教員、こうあるべきだと感動した。

4. おわりに

新型コロナウイルス感染症の影響により延期となっていた海外研修に行ってきた。予定通りであれば一緒に研究できる博士課程の学生がいたのだが、延期の間に卒業し、残念であった。

面倒なことに年度が変わり、海外研修を中止させられそうにもなったが、どうにか行ってこられた。関係各位の支援に感謝する。新型の送信アーキテクチャにたどり着いたのが大きな成果である。

Brief Report on Research Residency at University College London (UK)

Masanori Hamamura

(Received: May 31st, 2024)

School of Informatics, Kochi University of Technology
185 Miyanokuchi, Tosayamada, Kami City, Kochi 782-8502, JAPAN

E-mail: hamamura.masanori@kochi-tech.ac.jp

Abstract: This is a brief report on my stay at University College London (UCL) in the UK using the Overseas Research Support Program of Kochi University of Technology. The application for the support program was submitted in 2020, but was postponed due to the effects of the raging coronavirus pandemic. While carrying out collaborative research, we came across an idea that far exceeded our expectations. Although the results are yet to be published, I have only briefly explained the aim of this research in this report.