

■追悼文

John Flanagan さんを偲んで



御遺影.

去る3月13日に高エネルギー加速器研究機構、加速器研究施設教授を務められていた John Flanagan さんが逝去された。

Flanagan さんは1964年、アメリカ合衆国バーモント州の出身で、ハーバード大学にて物理学と天文学を専攻され、“Temperature distribution of gas in the Perseus cluster of galaxies” というテーマで研究をされた。ハーバード大学卒業後に、数年間カリフォルニア大学バークレー校にて“The development of a scientific data analysis system for extreme ultra-violet explorer astronomical satellite (EUVE)” に関する仕事に従事された。その後、ハワイ大学・大学院に進まれ、“A study of atmospheric neutrinos at Super-Kamiokande” というテーマで1997年に博士の学位を取得された。この際、Super-Kamiokande で博士課程の研究に従事されていた。あまり知られてはいないが、Flanagan さんは Super-Kamiokande での1996年4月1日の運転開始の最初のシフトに従事していた。そのことを大変誇りに思っていたようである。博士号を取得されたのち、高エネルギー加速器研究機構 (KEK) 加速器施設に日本学術振興会 (JSPS) のフェローとして来られ、ほどなくして1999年に助教に着任された。KEK では KEKB のビームモニターグループに所属されて、主に光学的ビーム計測を担当された。その後、2008年に助教授に就任され、2016年からは教授を務められていた。Flanagan さんの KEK での研究生活は一貫して

ビームモニター畑を歩まれ、以下に紹介する数々の重要な仕事をされた。

駆け足で Flanagan さんの経歴を紹介したが、ここからは Flanagan さんが KEK にやってきてからのことを、私の思い出とともに語ってみたいと思う。Flanagan さんが KEK の私のもとにやってきたのは、KEKB のデザインがほぼ終了し、実際の建設が始まった1997年の12月のことである。黒川さんから、私が実質的に設計を担当していた光モニターの建設に助人を見つけってきたからよろしく頼むといわれたのが Flanagan さんに会った始めである。その時はアメリカ人が来るとは思わなかったので、後程、JSPS のフェローとしてやって来るのが、アメリカ人であると聞かされて多少びっくりしたのを覚えている。経歴を聞くと、上に記したように KEK に来る前は Super-Kamiokande でニュートリノ関係の仕事をしていて、学生時代は X 線天文学関連の研究をしていたとのことで、特に光学の専門的な経験はないということであった。KEK では事前の研究経験とは関係ない仕事に従事するという事は頻繁にあることでもあり、逆に中途半端な知識がある場合に比べて本気で取り組んでくれるのでありがたい場合が多い。Flanagan さんもこのような人の一人で、大変熱心に勉強し、果敢に光モニターの建設に取り組み、私が途中まで済ませていた光転送路に組み込む直径150 mm の大きな転送レンズ



写真1 自ら設計をした150 mm 径の転送レンズを検査する Flanagan さん。



写真2 12 m の光転送縦ダクトを設置している Flanagan さん。

の設計ができるまで腕を上げられた。

この45 m もの長さがある光転送路は、Flanagan さんと私で、現場に設置をした。とりわけ地上まで光を導く12 m の縦ダクトを、二人で地上とトンネル側に分かれて苦闘して通したのをよく覚えている。

このようにして2人で建設した光モニターは最初にビームがリングに入射され、ビームが光モニターのところまで回ってきたときにすぐに放射光をとらえ、ほどなくビームプロファイルを観測することができた。Flanagan さんと干渉計を組み立ててああでもないこうでもないと言い合いながら、ビームサイズを観測したのも彼との楽しい思い出である。最初の数年間は英語でのコミュニケーションであったが、すごい勢いで日本語の勉強をされて、Japanese Language Proficiency Test (JLPT) Level 1 を取得され、私とのコミュニケーションも日本語に代わった。時々、私が英語で問いかけて、Flanagan さんが日本語で答えるといったこともたびたび起こったことを記憶している。そして2016年11月には、ついに日本国籍を取得

されるに至った（日本の国籍を取得するのはかなり大変であると聞いているので、皆が見ていないところで大変な努力をされたと拝察される）。その後、Flanagan さんはソフトウェアの知識を活かして、ビームサイズ測定のための干渉計データの自動解析システムを開発した。この計測システムのおかげでKEKBではいち早くLERにおける陽電子ビームへの電子トラッピングによるビームサイズの増大を正確に計測することができ、リング全周にソレノイドを巻くことにより、この難題を回避することができた。このビームサイズ測定においては、放射光取り出し鏡の熱変形のビーム電流依存性があるので、この効果を補正しないと正しいビームサイズの電流依存性を測定することはできない。この問題を解決するために、Flanagan さんは干渉縞の観測面をフォーカスをわざとずらしたところで観測して、2本の光束がずれて重なるピーク位置のずれが波面エラーに比例することを検証し、このずれ量から波面エラーを補正するというアイデアで、リアルタイムでの補正システムを構築した。これは、干渉計では結像系と違ってピントを合わせるという概念がないことを逆手に取った方法で、こういったアイデアは光学屋ではなかなか思いつかない独創的な方法である（光学屋は普通ピントを外すという考えが頭がない）。彼の構築したビーム電流依存性のないビームサイズ測定システムは、LERにおける電子トラッピング現象を正しく評価できたことで、KEKBのコミッションングに対する大きな貢献を果たした。また、高速ゲートカメラによるバンチごとのビームプロファイル測定による、ビームトレインの中でのビームサイズの系統的な測定を行い、陽電子ビームに電子がトラップされていく過程の理解への大きな貢献を果たした。この電子雲によるビームサイズ増大の測定はFlanagan さんをビーム物理への研究に誘い、“Electron cloud blowup and its relation to the head-tail instability”に関するPhys. Rev. Lett. 94, 054801の論文として結実した。

Flanagan さんの進取の気概に富むビーム計測の研究は、SuperKEKBに向けてのビーム計測の開発へと発展していき、ハードウェア開発において大きな成果を生むことになる。Flanagan さんの数多の研究成果の中で特筆すべき成果は、ダ

ダイヤモンド単結晶を用いた可視光シンクロトン放射モニターにおける光取り出し鏡の開発と、X線符号化開口結像法 (X-ray coded aperture imaging) の加速器におけるビームサイズ計測への導入である。一つ目の光取り出し鏡は、強力なシンクロトン放射にさらされることで熱変形の問題から逃げるができなかったこのモニターにおける大きな問題に解決法を示したことで革新的なアイデアである。従来この鏡には、熱伝導の良い銅を用いる、又は、強力なX線を吸収しないベリリウムを用いた鏡が開発されて使用されてきたが、Flanaganさんは単結晶ダイヤモンドが、ずば抜けて熱伝導率が大きいことに注目して、鏡の温度分布がX線の当たる狭い範囲に集中せずに鏡全体でほぼ一様に温まるという革新的なアイデアを開発した。一様に温度上昇することで、部分的な熱変形が避けられるという誠に妙を得たアイデアである。この鏡はSuperKEKBに組み込まれて活躍している。

2番目のX線符号化開口結像法というのは加速器業界では耳慣れない技術であるが、X線天文学において実用化されたX線結像法の一つで、Flanaganさんは学生時代に学んだ豊かな天文学関連のバックグラウンドから、この方法の加速器への応用を思いつかれたのであろうと推察される。当時このX線符号化開口結像法を試す場所を探していたFlanaganさんから相談を受けて、ATF IIで可視光のモニターを作るから、一緒にX線のテストラインを作ったら、と気軽に答えたら、ベンディングマグネットの真空チェンバーに光を取り出すために開けてあった2つ目の取り出し口に、あつという間に10mよりも長いX線ラインを作ってしまった。Flanaganさんの作ったX線ラインは、よく見かけるピンホールカメラのビームラインよりずいぶん長く、ATF IIでのパルスX線をラインの下流まで通してちゃんと見えるかいなと思っていたら、一人で熱中して研究に励み、見る見る結果を出し始めたのである(放射光マシンと違って、ATF IIはパルスであるので、一発一発は強くて、平均強度は非常に弱いのでかなり大変な仕事である!)。ATFでの研究に加えて、Cornell Universityでの開発研究にも挑まれ(Japan-US collaboration for High Energy Physicsの一端として行われた)、これらの結果からX線

符号化開口結像法の実用性が示された。この手法はSuperKEKBにおける微小なビームサイズ測定法として採用され、Flanaganさんは、さらに長い、全長が40m以上あるX線モニターラインを建設された。1inch径の細い真空ダクトを40m近く連ねたこのモニターラインを見て、よくまあX線が最下流まで通ったねと感心したものである。このFlanaganさんの建設によるX線ビームサイズモニターは現在、SuperKEKBにおいて、欠くことのできない強力な武器として日々活躍している。さらにFlanaganさんはX線符号化開口結像法が大きな開口を持ち非常に明るいシステムであることに注目して(FlanaganさんはIBIC2018, IPAC2018などにおいて講演を行っている)、バンチごとにビームサイズを測定するという目標を立て、このために必要な高速位置敏感型のX線センサーの開発に乗り出した。この開発はSLAC、ハワイ大学との共同研究に発展し、X線シリコンストリップディテクターの開発・コミッショニングが現在進行中である。

Flanaganさんは総研大の教員を担当され、インドネシアからの留学生であるEmy Mulyaniさんの指導に当たり、Mulyaniさんは“X線符号化開口結像法によるSuperKEKBにおけるビームサイズ測定に関する研究”で博士号を取得されて帰国された。

ここまではFlanaganさんのKEKでの業績を思い出すままに綴ってきたが、FlanaganさんはKEKの外でもいろいろと活躍をしておられた。特に科学への女性参画に関する活動は特筆すべきもので、2011年より女子高校生向けのサイエンスキャンプ(Rikejyo Camp)のために働いておられた。また2012年からは日本物理学会のGender Equality TaskforceのKEK代表、Japan Inter-Society Liaison Association Committee for Promoting Equal Participation of Men and Women in Science and Engineering (EPMEWSE)の代表を歴任された。

Flanaganさんの大きな業績と思い出を思い起こすと紙面がいくらあっても足りない。Flanaganさんは驚くほどに温厚な性格で、いつも笑顔で人に接しておられたのを思い出す。また、Flanaganさんはお酒が好きであった。お酒が好きなのは知っていたが、ウイスキーをこよなく愛していたというのは逝去されてから知った。日本酒にも造

詣が深く、個性的な匂いのきつい酒が好きだとい
うので、それなら筑波山の男女川は知っているか
いと尋ねると、知らない、という。そこで、醸造
元の稲葉酒造で、醸造タンクの番号がついた一瓶
を手に入れて手渡そうとしていたら、病気のこと
を告げられてついに渡す機会を逸してしまった。
個人的に誠に悔やまれることである。このすばら

しい、イノベーティブな科学者を56歳という若
さで失ったことに大きな悲しみを禁じ得ない。こ
こに Flanagan さんのご逝去に接して、大いなる
尊敬をもって深い哀悼の意をささげて筆をおくこ
とにする。

三橋 利行
(KEK)