

量子
アニーリング



門脇 正史 氏
現：エーザイ筑波研究所
主幹研究員

東京工業大学大学院の博士論文として、論文「横磁場イジング模型における量子アニーリング」を西森教授と共著した門脇正史氏

NEC在籍時の1999年に、超伝導回路による量子ビットを世界で初めて実現した蔡兆申(ツァイ・ツァオシェン)氏(左)と中村泰信氏(右)



中村 泰信 氏
現：東京大学
先端科学技術研究センター
教授



蔡 兆申 氏
現：理化学研究所
単量子操作研究グループ
グループディレクター

超伝導
回路による
量子ビット

基礎技術は日本で生まれた

D-Waveの量子コンピュータは、日本の研究や発明が無ければ、実現し得なかった。それはD-Wave Systems自身が認めている。D-Waveの基礎となる理論やデバイスを生んだ人々を紹介しよう。

量子アニーリング

量子アニーリングは、東工大の西森研究室に所属していた門脇氏が博士論文として、1998年に英語で発表したものだ。

「自分の博士論文が、十数年も後に話題になって驚いている」。門脇氏はそう語る。

2001年、マサチューセッツ工科大学(MIT)の研究者らが、西森教授と門脇氏の論文を参照した上で「断熱量子計算」という理論を発表した。これは「量子アニーリングとほぼ同じ内容だが、非常に注目された」(西森教授)。

そのためD-Waveマシンは当初「断熱量子計算マシン」と呼ばれていた。しかし「量子アニーリングが先行研究であると分かったこ

とから、今ではD-Wave Systemsも量子アニーリングと呼んでいる」(西森教授)。

超伝導回路による量子ビット

D-Waveマシンが使う超伝導回路による量子ビットは1999年、当時NECの研究所に所属していた蔡兆申(ツァイ・ツァオシェン)氏と中村泰信氏が世界で初めて実現した。現在は理化学研究所に所属する蔡氏は、「D-Waveの量子ビットは、我々が開発したものと同じ仕組みだ」と語る。

量子力学の現象はそもそも、原子の中といったマイクロの世界でしか発生しない。蔡氏と中村氏が開発した量子ビットは、「量子重ね

合わせ」という量子力学の現象を超伝導回路という原子よりもずっと大きい物体で発生させたという点で、画期的な技術だった。

現在は東京大学の教授を務める中村氏によれば、「D-Waveは元々、超伝導回路を使って何かビジネスができないかと考えていた会社。私がNECにいるころにも、何度か彼らと議論したことがある」と語る。NECはD-Waveに大きな影響を与えた1社だった。

★-----★ 磁束量子パラメトロン

D-Waveマシンで量子ビットの信号を増幅する働きを担っている超伝導回路の「磁束量子パラメトロン(QFP)」。QFPは2005年に逝去した東京大学の後藤英一教授が、1991年に発明した。

後藤教授は1990年代に、QFPを解説する書籍を英語で数冊出版している。D-Waveのヒルトン氏は「後藤氏の著書から学んで超伝導回路を開発した」と明かす。

QFPは、東京大学と日立製作所の共同研究プロジェクトで生まれた。日立側のメンバーだった原田豊氏は、「超伝導回路を使ってスーパーコンピュータ用プロセッサを開発しようと考えていた」と語る。

当時、メインフレームで使われていたバイポーラプロセッサは性能向上の限界に達し、次世代と目されていたCMOSプロセッサは性能がなかなか向上していなかった。これら

に替わる選択肢として超伝導回路であるQFPに期待がかかったという。しかしその後、CMOSの性能が向上したため、QFPはプロセッサとして日の目を見なかった。

細谷睦氏と須田礼仁氏は、東京大学の後藤研究室の学生としてQFPの開発に参加した。細谷氏は「後藤先生は大学の教授というより発明家だった」と振り返る。後藤教授は1954年に「パラメトロン」という日本独自の論理素子を発明した。NECや日立が初めて開発したコンピュータは、論理素子にトランジスタではなくパラメトロンを使っていた。後藤教授は量子コンピュータだけでなく、日本のコンピュータ産業そのものの生みの親でもあるのだ。

「1980年代後半、後藤先生をはじめとする様々な研究者が、CMOS以外の新しい発想のプロセッサを作ろうとしていた。D-Waveは当時の試みを復活させたといえるかもしれない」。後藤教授の東大での最後の弟子に当たる須田氏はそう語る。

磁束量子 パラメトロン



細谷 睦氏
現：日立製作所
横浜研究所 主管研究員



原田 豊氏
現：国士舘大学
理工学研究所 教授



須田 礼仁氏
現：東京大学
情報理工学系研究科副研究科長 教授

故・後藤英一博士(東京大学教授)の研究チーム(東京大学と日立製作所の共同研究)や東京大学の後藤研究室で磁束量子パラメトロンの開発に参加した原田豊氏(当時の所属は日立製作所、左)、細谷睦氏(同東京大学、右上)、須田礼仁氏(同東京大学、右下)