

◆令和元年度 第3回（通算第76回）蔵前ゼミ 印象記◆

日時：2019年6月28日（金）

場所：すずかけ台 J221 講義室 & 大岡山 S223 講義室（遠隔講義室）

新技術開発の心構えと機密情報管理

青柳 彰彦（1985 生産機械）HGST ジャパン ワールドワイドプラットフォーム開発部 部長

不思議な縁

青柳さんは入社後、最初のプロジェクトを成功させ社内表彰もされたが、2 つ目のプロジェクトは完全に失敗で、地獄に落ちた。そこから 20 年かけて誰も成功していない技術開発に挑み、ついに理想とされていたヘリウム密封型 HDD（ハードディスク, hard disk drive, 磁気記憶装置）を完成させた。空気をヘリウム（分子量が小さい）に置き換えると流体起因振動が軽減し HDD（毎分約 7,200 回転）の性能が飛躍的に向上することは知られていたが、実用化の目途は立っていなかった。至難の業と思われていただけに、なかなか結果は出ず、「いつまで遊んでいるの？真面目に仕事しているの？」という辛い雰囲気には堪え、ついにヘリウムの溶接封入に成功したのだ。この新型の大容量 HDD のお陰で私たちはインターネット経由のクラウドサービスを存分に利用でき、スマートフォンで写真を撮りまくってもメモリー容量の心配をする必要がない。最近のビッグニュースといえば、ブラックホールの可視化だろう。これも青柳さんたちのヘリウム密封型 HDD があつたればこそその偉業だ。2 兆円規模の「東芝デジタル」の売却劇に、しばらく前までは弱小企業だった WD（Western Digital）社が口を挟めたのも、青柳さんたちの HDD で荒稼ぎした豊富な資金があつたからだ。

(1) 自分の製品を世の中に出したいという強い思い、(2) 誰も成功していないが 理にかなった課題ならば、逃げずにトライする挑戦心 [簡単にできなくて当たり前ゆえ失敗を恐れる必要はない]、及び (3) 人に対して真摯に接する姿勢があれば、「普通の人にも、大きな仕事をするチャンスは必ず巡ってきます」という青柳さんの言葉に、謙遜はあるにしても、励まされた。

学生時代の青柳さんは、生産機械工学科で材料強度分野^(注1)の勉強をするかたわら、舞踏研究部^(注2)（競技ダンス部）に所属し練習に励んだ。時々学内で見かける姿勢のいい女性たちはパートナー校（白百合女子大学・杉野服飾大学）の学生たちに違いない。青柳さんもパートナーとペアを組んで競技会に参加し、ラテンアメリカンダンスやルンバの部で上位入賞を果たすまでになった。この時のパートナー（栗田 禎乃さん:白百合女子大学 英文科）が一生のパートナーになるのだから、“人に対して真摯に接し”信頼を得る青柳さんの人柄は生来のもののようだ。

青柳さんは 57 年前（1962）に東京で生まれ、1981 年に本学の 4 類（機械系）に入学し、1985 年の卒業と同時に日本 IBM に入社した（図 1）。競技ダンスのパートナーだった女性（栗田 禎乃さん）は学年が 1 つ下で、その年の春休みに米国カリフォルニア州サンノゼ（San Jose）の David Albrecht 家に 1 週間ホームステイした。サンノゼはシリコンバレーの中心都市で、David さんは IBM の社員だった。このときまだ学生だった禎乃さんは、「青柳さんが社会人になった後もお付き合いを続け、将来は…」と願っていたにしても、まさか、その青柳さんと David さんが一緒に仕事をし、家族ぐるみの付き合いをすることになるとは夢にも思わなかったろう。青柳さんと禎乃さんは、それから 2 年程したところで結婚（1987.4）。禎乃さんは、サンノゼでホームステイをしてからは、毎年、ホストファミリーだった David 夫妻にクリスマスカードを送っていた（←見習うべき習慣だ！）。もちろん、禎乃さんは David さんが IBM の社員であることは知っていたが、「David さんは、きっと私の夫とは異なる分野の仕事をしているだろうし、会う機会もな

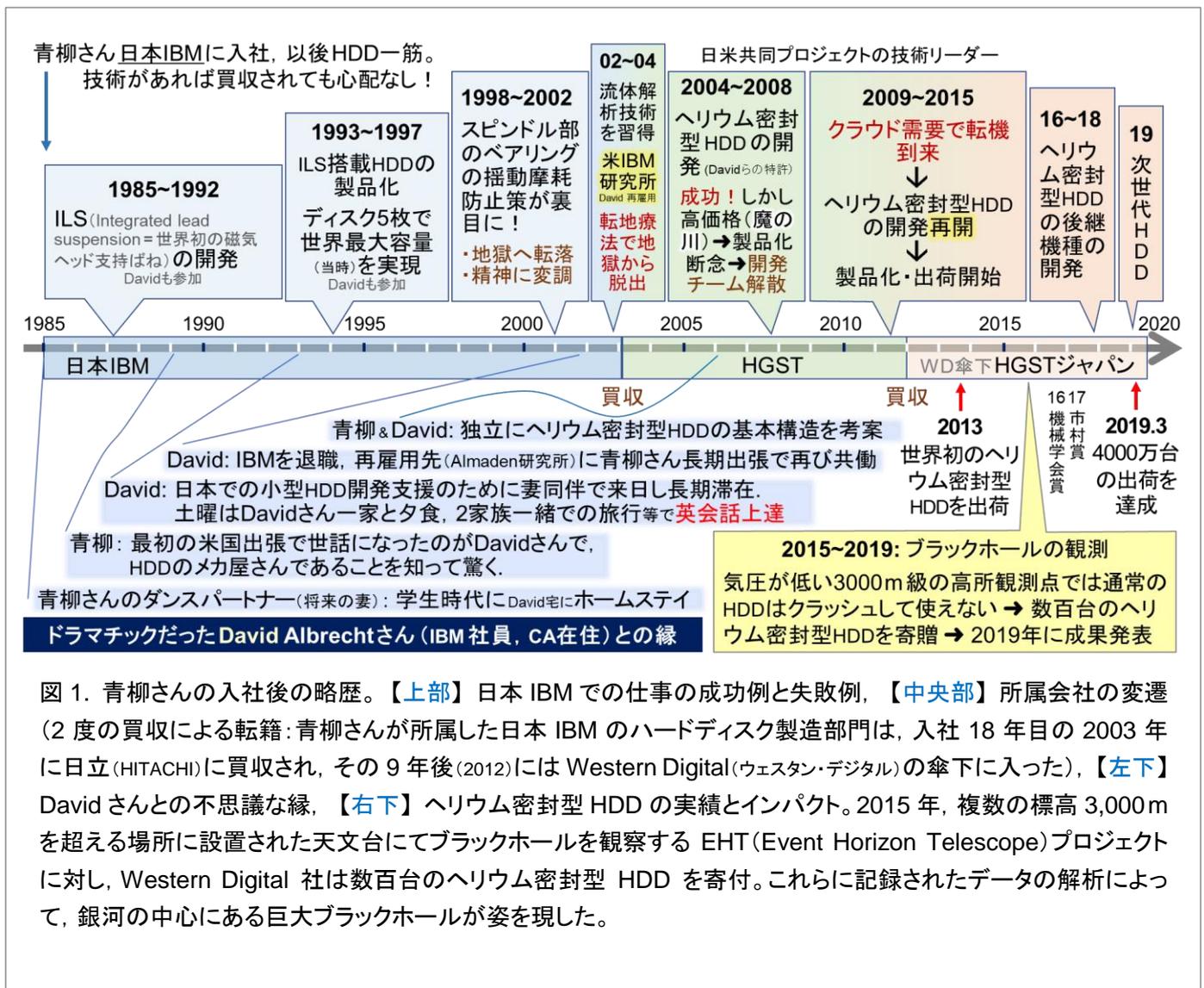


図 1. 青柳さんの入社後の略歴。【上部】日本 IBM での仕事の成功例と失敗例，【中央部】所属会社の変遷 (2 度の買収による転籍: 青柳さんが所属した日本 IBM のハードディスク製造部門は、入社 18 年目の 2003 年に日立 (HITACHI) に買収され、その 9 年後 (2012) には Western Digital (ウェスタン・デジタル) の傘下に入った)，【左下】David さんとの不思議な縁，【右下】ヘリウム密封型 HDD の実績とインパクト。2015 年、複数の標高 3,000 m を超える場所に設置された天文台にてブラックホールを観察する EHT (Event Horizon Telescope) プロジェクトに対し、Western Digital 社は数百台のヘリウム密封型 HDD を寄付。これらに記録されたデータの解析によって、銀河の中心にある巨大ブラックホールが姿を現した。

いだろうから」と、David さんには、自分の夫 (青柳さん) が日本 IBM 社員であることは伝えていなかった。

日本 IBM を選んだ理由 || 日本 IBM は情報システムに関わる製品とサービスを提供している。従って就職ランキングで見ると、機械系の学生の人気は高くない。ここに目を付けた青柳さんの場合は、期待どおり無競争で大学推薦を得ることができ、即内定をかちとった。もちろん以下で述べるような複合的な理由もあったが、この無競争という選択は入社後も“無競争”で重要な仕事を任せてもらえることにつながったゆえ、結果的には正解だったのではないだろうか。

他の理由も挙げておこう：(1) 6 歳上の兄が同社の HDD テストエンジニアリング部門に勤務して

いたこと、(2) 外資系企業に興味があったこと、(3) プリンター/HDD 開発部門が機械系エンジニアを募集していたこと、及び (4) 日本企業より給料が少し高かったこと。そして入社時の希望・夢は、[1] 自分が設計したパーツが搭載された製品を世に出してみたい、[2] 短期海外出張をしてみたいという極めてささやかなものだった。

最初の米国出張で、面談の中心にいたのが David さんだった (1989) || 青柳さんは日本 IBM に勤めて 5 年目 (1989 年、結婚して 2 年目) に念願の米国出張の機会を得た。行き先は IBM の記憶装置部門 (Storage Systems Divisions in San Jose) でカリフォルニア州のサンノゼにあった。サンノゼといえば、青柳さんの学生時代のダンスパートナーで後に妻となった禎乃さんがホームステイした町だ。IBM を訪ねると先方の技術者たちが出迎えてくれたが、そ



図 2. ハードディスクの大きさと構造(A), 動作の様子(B), 磁気記憶の読み・書き部の構造(C), 及び青柳さんたちが開発した新型サスペンション (ILS: integrated lead suspension) の特徴(D)。B: 高速回転するディスク(表面に磁性体を塗布した円盤=プラッタ)上をキャリッジ・アーム・サスペンションによって支えられたヘッドが Voice coil motor によって走査され、情報の読み書きがなされる様子を示す。C: ヘッドとディスクの間には薄い気流層が形成され、ナノメートル単位の隙間でヘッドはディスクから離れて機能するように設計されている。ディスクは Spindle motor によって駆動される。D: printed patterned suspension (注3) とも言う。出典: A~C, Photolibrary。

の中のキー パーソンが何と David さんで、HDD のメカの専門家だったのだ。この出会いは、禎乃さんへの最高のみやげ話になったに違いない。

上述のように、青柳さんは David さんが IBM の社員であることは知っていたが、何の仕事をしているかは直接会うまで知らなかった。ましてや David さんに見ればクリスマスカードをやり取りしている“Yoshino 禎乃”の夫が、何の前触れも無しに突然現れ、しかも HDD の専門家というのだから、お互いにびっくり仰天したのはうなずける。

David さんが妻を伴って日本に赴任 (1993~1997) || 不思議な縁は不思議と続くものだ。日本 IBM が小型のハードディスク (2.5 インチ HDD) を開発することになり、その心臓部 (情報の読み書きをするヘッド) を支えるサスペンション (図 2C) の設計を青柳さんが担当することになった。このプロジェクトを強化・加速するために、米国の IBM から HDD に熟練したエンジニアに出向してもらうことになった。そこで選ばれたのが他にもない David さんで、長期の出向となることが予想されたので、奥さんと一緒に日本にやってきて、青柳さんたちのチームに

加わってくれた。力強い助っ人を得たこともあって、青柳さんたちのプロジェクトは成功し、世界初のサスペンション機構 (ILS, 図 2D) (注3) を搭載した HDD が市場に出た。役割を果たした David さんはサンノゼに戻った。

米国で開かれた 2 度にわたる表彰式 (開発に報いる賞 1997 & 開発と製品化に報いる賞 2001, 図 3 の説明参照) には、青柳さんも David さんも、夫妻で招待された。外国の授賞式ではディナーの後にダンスタイムがあるそうだが、ここでも、華麗に踊る青柳夫妻は注目の的だったようだ (図 3)。



図 3. ダンスの勧め。"OTAA (Outstanding Technical Achievement Award) and IBM Corporate Award in 2001" 授賞式後のダンスタイムを楽しむ青柳夫妻。

英会話力の向上に繋がった家族ぐるみの付き合い || David さん夫妻が日本に滞在するようになってからは、毎週土曜日には両家族そろって夕食を楽しみ、旅行にも一緒に行くように心がけた (図 4)。そのお陰で、英会話力がかなりアップしたそうだ。禎乃さんが学生時代にホームステイで世話になったお返しのお返しはあるにしても、奥さんは並外れて外交的なのだと感心した。新型サスペンションは HDD の性能だけでなく、開発者たちの QOL (quality of life) の向上にも貢献したことになる。青柳さんのように、英語でのプレゼン中に一つはジョークを飛ばせるようになりたいものだ。



図 4. 青柳さん一家と David Albrecht 夫妻。David 夫妻が日本に長期滞在中、伊豆へ一緒に旅行した際の写真。左から：禎乃さんの母、禎乃さん、長女、青柳さん、David 夫人、David さん。

米国に戻っていた David さんとの劇的な再開 || David さんたちの帰国後、青柳さんの周りの雲行きが怪しくなってきた。決して、新型サスペンション (電磁ヘッドの支持部) の成功に浮かれ過ぎていたわけではないが、次のプロジェクトでは致命的ともいえる深手を負った。サーバー用の HDD の耐久性を向上させるには、モータのベアリングの球を金属からセラミックスに変えれば いいだろうと極単純に考え、実行に移した。その結果、ベアリングの泣き所である揺動摩擦 (注 4) 問題は解決し、今回も大成功と思って製品化の準備に入ったのだが、ある期間使用するとクラッシュしてしまう故障が頻発したのだ。分解して原因を調べてみると、

原理的に無理なこと (注 5) をしていたことが分かったが、後の祭りだった。

青柳さんはプロジェクトリーダーとして大きな責任を感じ、ついにはストレスと長時間残業により精神に変調をきたすほど追い込まれてしまった。天国から地獄に落ちた気持だったそうだ。そんな時、上司が米国への長期出張をアレンジしてくれた。青柳さん曰く「上司はちゃんと部下を見ているのですね」。深い感謝の気持ちが伝わってきた。

「体が丈夫だと、体が悲鳴を上げずに精神にきまず…」と、後輩のためを思って、当時を振り返った青柳さんの言葉が印象的だった。交流会での小倉泰嗣 (1976 金属, 78 MS) 支部長の挨拶でもこの話題が取り上げられた。誰もが一度は似たような状況下におかれるだろう。その時あなたは“病める人” (辞める人?) かも知れないし、“直属の上司”かも知れない。これから社会に出る学生にとっても、経験を積んだ管理職の人にとっても、地獄の話は大事なのだ。

家族と一緒に、IBM の Almaden 研究所 (所在地: Almaden Valley, San Jose, California) に赴いた青柳さんは、心機一転「流体解析技術」 (fluid dynamics simulation) を習得することにした。ここでの上司からは、「更なるサスペンション技術の習得」を勧められたが、青柳さんは自分の興味に執着し、最終的に当初のもくろみ通り、流体の動力学的シミュレーション研究を行う許可を得たのだ。

ここでもまた驚くべき出会いが待っていた。青柳さんの着任とほぼ同時期に IBM を退職した David さんだったが、しばらくして Almaden 研究所に再雇用され、同じ職場で働くことになったのだ (2002 ~ 2004)。この奇跡的な両家族の再会は、精神的に落ち込んでいた青柳さんにとっては“良薬”になったに違いない。家庭重視のワーキングスタイルについても学ぶところが多かったようだ。

主題へのプロローグ

Almaden 研究所で習得した流体解析技術が次のプロジェクトのヒントとなり、ヘリウム密封型 HDD が生まれることになる。地獄からの出口、そして第 2 の天国に通じる道の起点はカリフォルニア州サンノゼの Almaden にあったと言えよう。

2 年後に米国から帰国し、技術開発本部の機構系課長となった青柳さんは、新規プロジェクトに手をあげた。Almaden で流体シミュレーションを勉強する過程で、HDD の流体起因振動に興味を持つようになっており、これを低減できればディスクとヘッドの位置関係をより正確に制御することができ、記憶密度（ひいては記憶容量）を飛躍的に増加させることができると考えたのだ。それを実現するための具体的な方策についても、1986 年の論文^(注6)で道筋が示されていた；すなわち、問題の流体起因振動は HDD 内部の空気をヘリウムガスで置換してやれば、ほぼ無視できるようになることが知られていた。従って、ヘリウム密封型の HDD を開発すれば、新興勢力（半導体メモリー、SSD: solid state drive）にまだまだ対抗でき、市場に君臨し続けられると考えたのだ。

問題は、原理が 1986 年に発表されて以来、多くの会社が開発に乗り出したが、ヘリウム密封技術の難しさから、どこも製品化に成功していなかったことからわかるように、無謀な挑戦に思えたことだ。

ヘリウム密封型 HDD 開発物語

早晩、半導体素子メモリーSSD(solid state drive)に駆逐されると思われていた HDD を革新的技術で救い、クラウドサービスの玉の輿に乗せた。容量単価で圧倒的な強さを誇るヘリウム密封型 HDD は今後もクラウド市場に君臨し続けるだろう。

ハードディスク HDD は情報化社会を支えている記憶装置で、中に記憶用の磁性体が塗られた円盤（プラッタ, platter）が複数枚入っている（図 5D）。この円盤はスピンドル モータによって毎分約 7,200

回もの高速で回転している。従って、空気の気流抵抗によって円盤が振動し（流体起因振動）、それがデータの書き込みや読み取り精度を大きく低下させる原因となっている（ヘッド位置決め誤差）。空気（窒素 N_2 : 酸素 $O_2 = 4:1$ の混合気体）をヘリウムガス（He）で置き換えると気体分子の大きさの違い（ヘリウムは窒素分子の $1/7$, 酸素分子の $1/8$ ）から明らかなように、気流抵抗が激減し、その結果、流体起因振動が起きにくくかつ省エネにもつながることは理解できる。

それならば、いっそのこと真空にすれば、気流そのものがないのだからもっといいのではと思いたいところだが、気体がないと書込・読取用のヘッドを円盤と一定の距離を保った状態で浮上させておくことができない；ヘッドはサスペンションとアームで支持されているが、飛行機の翼のような働きをする構造（エッチング・パターンにより正圧・負圧が発生する）も有し、回転気流に乗って円盤上を浮遊・走査する仕組みになっている（両者の隙間はわずか数^{ナノ}nm）。気体がないと、ヘッドは浮遊できず円盤に接触し、クラッシュしてしまうのだ。従来型の HDD が空気の薄い 3,000 m 級の高地で使えないのはこのため、ブラックホールの観測では青柳さんらが開発したヘリウム密封型 HDD が大活躍した（図 1 右下、「ブラックホールの観測」参照）。

一筋縄ではいかなかったヘリウムの密封 || これまで見てきたように、理想とされるヘリウム密封型 HDD を作るには、その名称のとおりヘリウムを充填し漏れないようにすれば済む話で、簡単そうに思えるが、ヘリウムは小さく他の物質と相互作用しにくい（閉殻元素）ので漏洩を抑えるのは極めて難しい。

そこで青柳さんたちはカバーを追加し、それをレーザー溶接して 2 重カバー構造 にすることにした（図 5B, 5C）。2nd カバーの材質（アルミ合金）や溶接位置（レーザーの照射位置）を工夫することにより何とかヘリウムの密封に成功した（HelioSeal 技術）。似たようなことを考えた人はいないかと思っ、特許を検索してみると、なんと David さんら^(注7)がへ

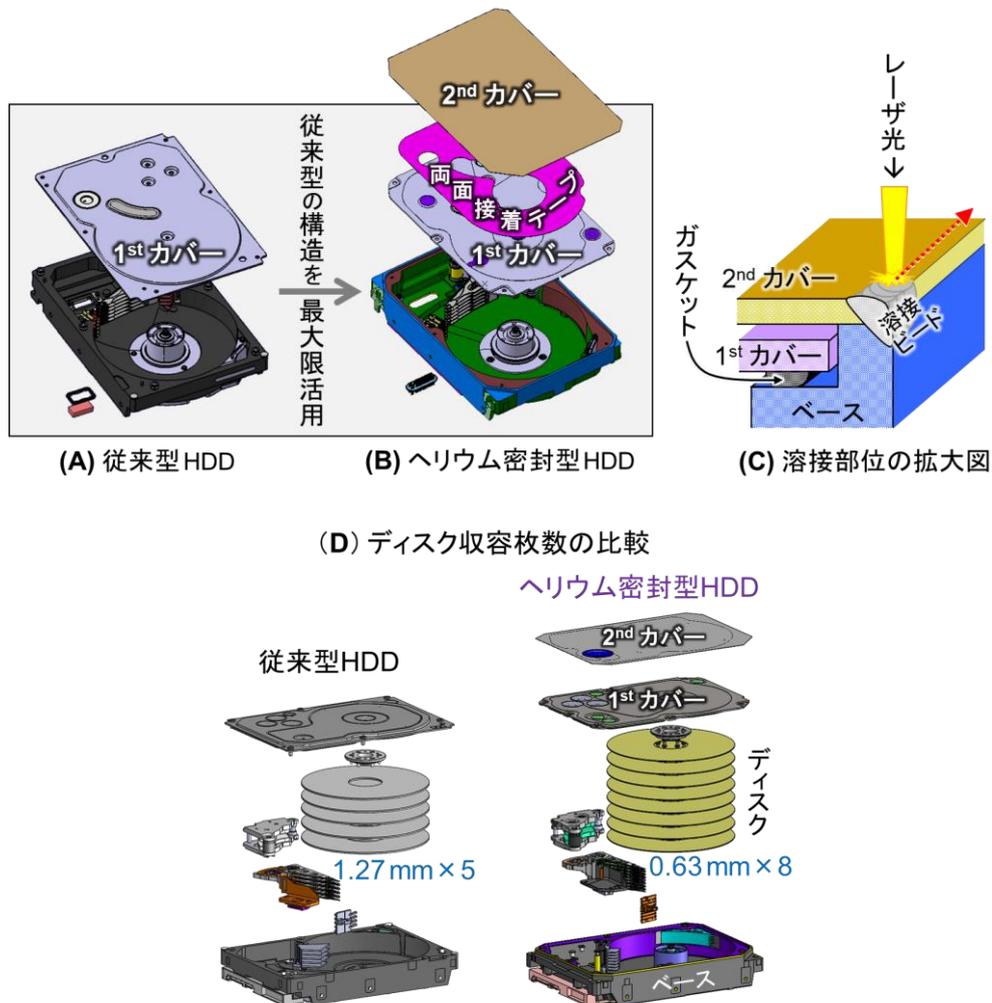


図 5. ヘリウム密封 (HelioSeal) 技術の概要。従来型 HDD の構造(A)をできるだけ活用し、設備投資負担の軽減を図るとともに、2nd カバー(B)の材質とレーザ溶接法(C)を工夫することにより、ヘリウムの密封に成功した。この間に、IBM の HDD 部門は日立に買収されたが、この買収は青柳さんたちのプロジェクトには“吉”と出た;なぜならば、レーザ溶接の位置決め問題解決の糸口は日立のレーザ溶接専門家のアドバイスから得られたからだ。合併後は元の所属にこだわらないようにしよう。◆ハードディスクにはプラッタというデータを記録する円盤(ディスク)が入っている。これに磁気ヘッドを使ってデータを記録・保存する。ヘリウムガスで内部を充填することによって、回転時の振動と抵抗が激減し、磁気ヘッドの精度向上とプラッタの厚さの削減が可能になった上に、20%近い省エネをも実現した。◆プラッタが薄くなったことで、これまで 3.5 インチのハードディスク内に 5 枚までしか入らなかったプラッタを 8 枚も入れることが出来るようになっている(D)。

リウム密封型 HDD の基本形として 2 重カバー構造を特許化しているのではないか。これには驚きを超えて、神がかり的な縁を感じたようだ。もちろん、2nd カバーの材質や溶接位置などの工夫がないと実現できないので、青柳さんたちの評価は不動だ。

一難去ってまた一難というのだろうか、試作品の耐久性試験に取りかかったところ、1,500 時間から

クラッシュするものが出てきて、2,500 時間で全滅してしまった。「これはもうダメだ」という諦めモードが開発チームに漂ったが、青柳さんには『全滅するのは面白い現象』に思えたようだ。この問題を解決するのにヒントになったのが子供の頃に読んだ科学書で、その内容を覚えていた青柳さんに感心した(これ以上は企業秘密)。

ヘリウムの密封には成功したが、魔の川に沈んだ Ⅱ
いくつもの障壁をクリアしてようやく製品化の
目途をつけたのだが、コスト面や市場ニーズ等を
総合的に考慮して、非情にも、青柳さんたちのプ
ロジェクトは“打ち切り”という経営判断が下さ
れてしまった。初期の開発段階と製品化ステップ
の間にあるとされる“魔の川”^(注8)に沈んでしま
ったのだ。プロジェクトメンバーは全員解散とな
った。しかし、青柳さんはこの技術は継続する価
値があると信じていたので、上位マネジメント(上
司)の了承を得て、たった一人でこのプロジェクト
を続けた。

クラウドの波に助けられて、プロジェクト再開 Ⅱ
業務用サーバーや個人用 PC 端末は必須の IT 機器
として広く普及しているが、これらの維持には設
置スペースの他に、ソフトのインストール・更新
やトラブル対応、さらにはデータのバックアップ
やセキュリティ対策など多大な手間とコストがか
かる。これら所有することに伴う維持・管理コス
トの増大に対処するための有効な手段として活用
され始めたのがクラウドサービスで、Google,
Amazon, Microsoft 社などが大規模なサーバー群
とデータセンターを構築し、インターネット経由
で多数の顧客にサービスを提供している。最近で
は、「IT=クラウド」と言いたくなるほどの普及
ぶりであり、GAFA—Google, Apple, Facebook,
Amazon—という言葉が聞かない日はないほどだ。

このような時代の流れから、大容量で低消費電力
の記憶装置の需要が高まり、そのような目的に適
するヘリウム密封型 HDD が脚光を浴びることにな
った。青柳さんのプロジェクトも復活し、表舞
台に戻った青柳さんは開発チームを率いて、2013
年の第 1 世代機 (HelioSeal, Ultrastar He⁶, 6TB) から現在
の第 5 世代機 (Ultrastar DC HC530, 14TB) までの「ヘ
リウム密封型 HDD」を世に出すことに成功してい
る。ちなみに、記憶円盤の収容枚数 1.6 倍、消費電
力 18~25%減、出荷台数 4,000 万台を達成。技術
的詳細については、[注 9](#) 参照。

本節の要約 Ⅱ クラウドサービスの隆盛を追い風

に、青柳さんたちは「ヘリウム密封型 HDD プロ
ジェクト」を再開した。ヘリウムガスで内部を満
たすことにより、HDD の泣き所だった“流体起因
振動”を抑え、磁気ヘッドの“読み・書き”精度の
向上と円盤 (プラッタ=ディスク) の厚さ削減 (1.27 ミリ
→0.635 ミリ) を可能にした。円盤が 1/2 近くも薄くな
ったことで、収容数をこれまでの 5 枚から 8 枚に
増やすことができ、大容量化を成し遂げた。容量
単価 (\$/_{GB}) では、HDD は他の記憶装置よりも
圧倒的に有利であり (約 1/10), クラウドシステ
ムに導入されている記憶装置の大半 (約 90%) を占め
ている。ヘリウム密封型 HDD の改良は続いている
ので、今後もヘリウム密封型 HDD は記憶装置
として重要な位置を占め続けるだろう。

それにしても最初の HDD (IBM 社 RAMAC, 5 MB, 24 イ
ンチ×50 枚, 重さ 1 トン) が作られたのが 1956 年で、そ
れから 60 年強で、記録密度が約 4 億 3 千万倍に
も増加しているというのは驚きだった (片対数グ
ラフでほぼ直線的に伸びたというのだ!)。

正當に評価されたい気持ちに賞に応募させた

日本機械学会賞 Ⅱ 企業での重要なプロジェクト
は極秘裏に進められるので、学会や学術誌上での
発表は控えなければならない。しかし、日の目を見
た後は (1) 誰が中心的役割を果たしたのかを記録
にとどめ、そして外部に対しては (2) どのよう
な技術的ブレークスルーがあったのかを紹介した
いという思いに駆られるのが人情だ。青柳さんも、
これらの点が曖昧な状態が続いていることに徐々
に不満をつのらせていたところに、手柄を横取り
しそうな人がでてきたので、一計を案じた。

技術開発本部時代の上長から勧められたこともあ
って、「日本機械学会賞」に応募し社会的に評価を
確定することにしたのだ。2014 年に続く 2016 年
の 2 度目の応募で晴れて受賞となった。受賞者欄
には 5 名の名前が記されている^(注 10)。これで青柳
さんの心には平安が訪れたが、しばらくして自己
満足にすぎなかったことを思い知らされた。それ
が何と 2 年ほど前の蔵前ゼミの交流会だった。

学会賞では気にも留めてもらえず市村賞を目指した¹¹ 青柳さんは、職場（藤沢市）が比較的すずかけ台キャンパスに近いことから、元同僚の勧めで2年程前から蔵前ゼミに（午後の半休をとって）参加するようになっていた。通い始めたころに日本機械学会賞を貰えることになったので、ゼミ後の交流会で教授たちや蔵前工業会の先輩方に話したのだが、期待に反し、ほとんど気に留めてもらえなかったそうだ。「東工大では各種学会の受賞者はザラに居るため、珍しくも何とも無いのだ」と感じた青柳さんは、「“ヘリウム密封型大容量 HDD の開発”が本当に素晴らしいことを示すためには、さらに上の賞をとらないとダメだ」と思い、翌日、Web で大きな賞を調べ賞金額が大きい“市村産業賞”に的を絞って、代表取締役と直談判して申請の承認を得た。今から思えば「我ながら大胆なことを…」と冷や汗ものだそうだ。

こうなると後に引けない。青柳さんは、自分に奮起を促すために、社内システムにログインするためのパスワードを“ichimura〇〇”に変更した。PC を立ち上げる度に気合が入るようにしたのだ（←これは是非見習おう！）。共同申請者については「熟慮するように」と言われていたので、各部門のトップと相談して決めたそうだ。¹¹

市村賞への応募に際しては、余裕を持って準備を始めたつもりだったが、日本機械学会の推薦を取ったり、社内手続きに時間がかかったり、最後は締め切りぎりぎりになったそうだ。申請書の内容については、パスワードの効果もあって、十分時間をかけて推敲することができた。数頁の申請書や提案書を「一晩で書き上げた」と自慢する人がいるが、これでは推敲する時間がないばかりか、誤字・脱字も許容範囲を超えてしまうだろう。

かなり難しい賞なので、あまり期待できないと半分諦めていたが、吉報が届いた。第三者¹² が学会誌で「この10年間の最大のブレイクスルーは、ヘリウム封入ディスクの実用化であろう」と高く評価してくれていたのも援護射撃になったに違いない。

企業にとっては情報漏洩は死活問題だ。インターンシップの際に秘密保持契約や NDA（non-disclosure agreement）にサインした経験のある人も多いだろう。機密情報（開発プラン・アイデア、コスト情報、知的所有権など）の管理には万全を期した上で、「秘密は漏れるもの」と思って対策を立てておかなければならないようだ。青柳さんのところでは、

- (1) 機密情報は“敢えて”分散して管理し、一つにまとめない
- (2) Need-to-Know（知るべき人）にのみ情報を開示する、
- (3) サプライヤーや顧客に機密情報を開示する場合には、NDA を締結する、及び
- (4) 一般情報と機密情報は区別し混在させないように管理しているそうだ。

青柳さんからのメッセージ

- ・**ゴールセッティング**： ゴールは経験・状況・年齢等により変化するので、現時点で明確なゴール設定が無くても、心配する必要は無い。
- ・**1 つのことを成し遂げるには多くの人からのサポートが必要**： 人に対して真摯な態度で接し、人との繋がりを大切にする。そうすれば、良い先輩・同僚・後輩に恵まれる可能性が高まる。さらに、青柳さんは非協力的な人に対し、その行動には腹を立てても、その人は憎まないように心がけているそうだ。
- ・**新技術開発の際の心構え**： (1) 肩の力を抜く [成功したら儲けものと考え、失敗してもめげない]。 (2) 技術に対しては真摯に向き合う [斜に構えない；技術の方向性を見抜き信念を持って努力する；こんな面白い技術を捨てるのはもったいないという技術者魂；卓越した技術を持っていれば買収されても心配無用]、 (3) 問題解決を楽しむ [忙しくても興味があれば苦痛にならない；失敗が続いても外野のノイズは気にせず、むしろそれらをバネにモチベーションを高める；決して満足せず、新たな刺激をもらって挑戦し続ける；それには積極的に外の世界に出て刺激を

うけるのも大切]。

蔵前ゼミの活用法

最後に「東工大への恩返し」として、この「蔵前ゼミ」を活用しようと呼びかけてもらったのは、感動的なフィナーレだった^(注13)。卒業生が、この蔵前ゼミの講師を務めることを念頭に、社会人として頑張ってくれたら、世話人の人たちにとってこんなに嬉しいことはないだろう。青柳さんのように半休を取って参加してくれる同窓生が増えれば最高だが、先ずはこの印象記を卒業後も読み続けてもらえるように魅力的にしなければならないようだ。

-----パネルディスカッション-----

青柳さんが指定した以下のテーマと項目に関し、6名のパネラーを中心に40分近く議論された(詳細は略)。

「誰も成功したことの無い技術や革新的な技術の開発を依頼されたら、どうしますか？」

- 現時点での卒業後の進路は？
- 卒業後のゴール(夢)は何ですか？
- 過去に誰も成功したことの無い技術や革新的な技術の開発を依頼されました
 - ◆ どの様に進めますか？(担当者として、リーダーとして)
 - ◆ 一番重要なことは何だと考えていますか？
- 開発研究を続けていると、予想に反してダメな結果が出ました
 - ◆ どのように対応しますか？
- 研究は順調に終了しましたが、製品化の段階で却下されてしまいました
 - ◆ どの様に対応しますか？(却下された原因は、自分で考えても、次の中から選んでも結構です)
 - ◆ 市場の要求に合わない、コストが掛かりすぎる、性能が不足している、など
- 申請を予定していた特許を競合他社や協力会社から出されてしまいました(特許侵害となる)
 - ◆ どちらの方がインパクトが大きいのと思いますか？また、その対策はどうしますか？
- 機密管理の件で私がお話しした内容で、心配な点や改良すべき点はありますか？

(注1) 材料強度学講座の構成(1985当時)：塚田忠夫 教授(1962機械, 64MS)，永井文雄 助教授(1962 日大機械)，笹島和幸 助手(1976 生産機械, 82 Dr)。

(注2) 余談になるが、私が東工大に戻って3年目(1987)に卒研生としてやってきた大内俊治(1990 化学, 92MS)は舞踏研メンバーで、「先生、舞踏研の顧問教官を探しているのですが…」と水を向けられたが、当時は生命理工学部の新設で超多忙だったこともあってパスした。今から思えば、もったいないことをしたものだ。確か隣の研究室の山中健生 教授がお引き受けになり、1993年の山中さんの退官パーティには舞踏研の部員が駆けつけ、目の覚めるようなダンスを披露してくれた。

(注3) ILS (integrated lead suspension = printed patterned suspension) (図2D)：電気信号を伝えるワイヤーの束を銅配線パターンニングで置き換えることにより、ワイヤーを1本1本ハンダ付けする工程の排除(組み立て時の生産性の向上)とサスペンションの薄型化を達成。

(注4) 揺動^{ようどう}摩擦：一定方向の回転ではなく、ゆりかご(揺り籠)やロッキングチェアのような不規則な動き(輸送中の振動など)に起因する摩擦。ボールベアリングは揺動に弱い。

(注5) 放電破壊：改良型ベアリングの素材であるセラミックスは、非導電性であるためモータが回転すると静電気が発生してディスクに帯電し、ヘッド-ディスク間で放電破壊が起きる(雷が落ちるイメージ)。物理法則には逆らえない、すなわち「原理的にダメなものを選択してはダメ」だということを身にしみて思い知らされたようだ。

(注6) Bouchard, G. and Talke, F., Non-repeatable flutter of magnetic recording disks. *IEEE Transactions on Magnetics* 22, 1019–1021, 1986.

(注7) David Albrecht, Barry Stipe, and Timothy C. Strand. Hermetically sealed electronics arrangement and approach. *US 7,123,440 B2*, Oct. 17, 2006. 参考：hermetically = in a way that is completely airtight.

(注8) 研究開発から事業化までの間で乗り越えなければならない障壁には、次のようなものがある。【1】魔の川：研究フェーズと開発フェーズの間に存在する障壁。単に研究だけで終わら

せないためには、価格優位性や市場ニーズも重要な要素となる。青柳さんたちの場合：市場環境が変わって大容量の HDD が要求されるようになり、救われた。**【2】死の谷**：開発フェーズと商品化フェーズの間に存在する障壁。製品化を目指すプロジェクトが事業化へ進めるかどうかの関門。商品を製造・販売して売上にまでつなげていくためには、生産ライン等の設備投資や流通チャネルの確保など多額の資金や人材などの調達が必要になる。青柳さんたちの場合：第 1/第 2 世代の HDD の基本設計を一切変更しないことで、設備投資が巨額になり過ぎないようにした。**【3】ダーウィンの海**：事業化と産業化の間に存在する難関。多くのライバル企業との間で生存競争を強いられるので、自社商品の規格が他社でも採用される状況を作り出すのが望ましい (*de facto standard*)。さもないと、いつまでもニッチで細々と生きていかざるを得なくなる。青柳さんたちの場合：今や HDD の業界標準となっている。

(注 9) ヘリウム密封型 HDD の特徴とメリット [出典：市村賞授賞理由から引用]。**1. 開発の背景**：急拡大中のクラウド市場では大容量で低消費電力の HDD (ハードディスクドライブ) が要求されている。しかし既存の磁気記録技術では大幅な容量増加は難しく、また次世代磁気記録技術も未成熟であるため、他の方法で容量を大幅に増やす必要が出てきた。**2. 開発技術の概要 (図 5)**：HDD 内部にヘリウムを充填すると、空気より分子量が小さいことから流体起因振動が大幅に減り、また回転するディスクとの抵抗が下がって消費電力を減らせるメリットがある。そこで、ヘリウムを保持するために従来の HDD に更に一枚カバーを追加し、縁をレーザ溶接して完全密封する構造を採用した。しかし、ダイカスト製ベースに含まれる残留ガスがレーザの熱により膨張・破裂してカバー材を吹き飛ばし、次のレーザ照射の際にカバー材が不足する問題が発生した。ここでレーザ照射位置を端に寄せると縁近傍のカバー材のみが吹き飛び内側にカバー材が残ることを発見し、高品質なレーザ溶接技術を確立した。他にも、ベース形状・ダイカスト工程・レーザ照射条件の最適化を行い、ヘリウム密封品質を量産に耐えられるレベルまで向上させた。

3. 開発技術の特徴と効果：この技術を適用した世界初のヘリウム密封型 HDD は、下記の特徴を持っている。(1) 流体起因振動が減ることからディスクの厚さを薄く出来、搭載ディスク枚数を従来の 5 枚から 8 枚に増やし容量を 6 割増加させた。(2) 消費電力を 18%~35%低減 (第一世代) させ、稼働時の HDD の発熱を約 4 度低下させた。(3) 密封構造のため外部から HDD に悪影響を与える水分やガスの侵入を遮断出来、また発熱が低い事から平均故障時間を 200 万時間から 250 万時間へ延長出来る程信頼性が向上した。(第 50 回 [2017 年度] 市村産業賞 貢献賞；授賞式は 2018 年 4 月 16 日、青柳さんの 56 歳の誕生日)

(注 10) 日本機械学会賞 [2016 年度 技術賞 貢献賞]：青柳彰彦 (1962 年生)、茶碗谷 健 (1971 年生)、鈴木浩一 (1966 年生)、上船貢記 (1960 年生)、早川貴子 (1970 年生)、「ヘリウム密封型大容量ハードディスクドライブの開発」◆解説は次の記事参照：(株) HGST ジャパン、「不可能を可能に！ヘリウム密封への挑戦」—2016 年度技術賞「ヘリウム密封型大容量ハードディスクドライブの開発」【技術のみちのり～日本機械学会賞受賞技術の開発物語～】、日本機械学会誌 121 巻, 1191 号, p. 44-45, 2018。

(注 11) 第 50 回 (平成 29 年度, 2017) 市村産業賞の「貢献賞」の受賞者：青柳彰彦 (株式会社 HGST ジャパン, Technology Development & Platform Staging, Director), 石橋和幸 (同社, Program Management Office, Director), 田村 仁 (同社, Sealed Process Development, Technologist)

(注 12) 有賀 敬治, 「情報機器コンピュータメカニクス」, 創立 120 周年記念「日本機械学会 最近 10 年のあゆみ」の第 3 部 “最近 10 年の部門活動”, 第 16 章 “情報・知能・精密機器部門”, 第 16.2 節 “情報機器”, 第 16.2.2 項, 2017。◆具体的な記述：成熟化した HDD 技術の中で、この 10 年間の最大のブレークスルーは、ヘリウム封入ディスクの実用化であろう。以前より、ヘリウムの封入のメリットは認識されていたものの、その密封が困難なため なかなか実用化は進まなかったが、2013 年に初めての 6 TB の HDD が出荷された。HDD の高トラック密度化を妨げる最大の要因は、流体励起振動 (FIV, flow-induced vibration) に起因するディスク振動である。ヘリウ

ム封入により FIV を大幅に低減でき、トラック密度向上，若しくはディスクの薄型化によりディスク枚数を増やすことで，ドライブ容量を増やしている。2017 年現在，最大容量の 3.5 インチ HDD は，14 TB に達した（2019 年 6 月現在で 16 TB）。

(注 13) 青柳さん流の蔵前ゼミの活用法：【フェーズ 1】

東工大生として授業に出席し，就職の際の参考とする。【フェーズ 2】卒業後，研究や業務に行き詰ったら（そうなると思います），蔵前ゼミの聴講及び懇親会に出席し，刺激を受ける。【フェーズ 3】自らの卒業後の経験を，講師となって蔵前ゼミにて東工大生/卒業生に伝える（←目標になり，東工大への恩返しにもなる）。

（東京工業大学 博物館 資史料館部門 特命教授 広瀬茂久）