

分布型光ファイバーセンサーとベンチャー起業



随 筆

伊 東 一 良*

Distributed optical fiber sensors and starting a startup

Key Words : optical fiber sensor, distributed fiber sensor, startup,
long-established store, high context culture

筆者は、大阪大学を退職してから11年になる。最近、和歌山県の海南市郊外へ引っ越した。月に一度ほどは大阪周辺に出かけるが、日頃は、主に山の畑の草刈りやみかんの木の世話、庭木の剪定などに精を出している。在職中から関わっていた“大阪大学を応援”している生産技術振興協会の仕事も少なくなった。最近、生活に新風を期待して、海南市総合体育館のスポーツジムでストレッチや筋トレを家内と始めたり、小学生の見守り隊員を務めたりしている。

本稿では、筆者が阪大のベンチャー・ビジネス・ラボラトリー (VBL) 在籍中に、最初に設立に関与した阪大発ベンチャーであるニューブレクス株式会社 (Neubrex Co., Ltd : NB 社、本社 : 神戸市) から話を始めよう。なお、ここで VBL とは、平成7年度 (1995) 以来、ベンチャー・ビジネスにつながる研究開発と人材育成を目指して、政府が各国立大学に整備を進めてきた機関である。大阪大学 VBL は、光科学研究をコアとした理学・基礎工学・工学の分野横断型組織で、1995年の発足以来20年に渡って活動を続けた。

大学発ベンチャー

経済産業省の発表によれば、2023年10月末日時点での大学発ベンチャーの数は、全国で4,288社。ちなみに、NB社が設立された2002年時点では、747社であった (『令和5年度大学発ベンチャー実態等調査』の結果 (速報) [経済産業省]*)。最近になって大学初ベンチャーの数は急増しているようであるが、2000年中の大学発ベンチャーの設立数は、全国でも124社と多くはない (『大学発ベンチャーに関する基礎調査』平成16年3月 (株)日経BPコンサルティング)。当時は、政府から「大学発ベンチャー1000社計画」も唱えられていたので、阪大VBLに籍を置くものとしては、何とかしなくてはと思っていたところに、岸田欣増氏からNB社立ち上げの話が持ち上がった。

岸田欣増氏は、中国科学技術大学 (講師) から阪大精密工学科の後期課程に入学し、三菱電機に就職後、自身の特許を実現すべく同社を円満退職し、2002年にNB社を設立した。当初は阪大VBLで、筆者等と共同研究を進めながら、ポートアイランドの神戸市インキュベーションセンター (KIC) でも、並列に技術開発を進めた。そして性能検証機の完成後には、本社を神戸元町に置いた。筆者は創業時の株主となり、大学に申請して国家公務員ながら阪大発ベンチャー企業の社外役員に就任した。

分布型光ファイバー温度・歪センサー

NB社創業当時の大きな仕事のひとつに、光ファイバー内の誘導ブリルアン散乱を利用した温度・歪の分布計測装置の開発がある。この装置は、カナダのオタワ大学の Xiaoyi Bao 教授の研究にヒントを得たものである。Bao 教授の方式では、連続光とパルス光による誘導ラマン散乱光を利用する。筆者は神戸のNB社を訪問された Bao 教授とお会いした



* Kazuyoshi ITOH

1948年11月生まれ
大阪大学大学院工学研究科応用物理学専攻修了 (1975年)
松下電器産業株式会社 第1開発事業部 技術部 光学開発室 1975-1978
北海道大学 工学部 数物系共通講座 1978-1986
大阪大学 工学部 応用物理学科 1986-2005
大阪大学大学院 工学研究科 生命先端工学専攻 2005-2013
ニューブレクス株式会社 社外取締役 2002-現在
大阪大学名誉教授 工学博士
専門/光情報処理
TEL : 09042768701
E-mail : itoh@mls.eng.osaka-u.ac.jp

ことがある。その後、国際会議でもお会いできた。

NB社の新型計測装置は、後方へ向かう従来の連続光に加えて、前方に向かう周波数の異なる幅の広いプリポンパルス光を入射し、誘導ブリルアン散乱で生じる強かつ長い音場を作る。そこに、プリポンパルス光の後ろに続く強くて短い主ポンプ光が入射し、強くて短い誘導ブリルアン散乱光を生じさせる。この後方散乱光は、光ファイバー自体の温度や歪の影響を受けているので、光ファイバーの温度や歪に応じて波長が僅かに変化している。特定時刻に戻ってくる後方散乱光を計測すれば、特定位置の温度や歪の情報をファイバー全域について精密に計測することが出来ることになる。特性の異なる2種類のファイバーを利用すれば、温度と歪の分離も出来る。

この方式のお陰で、これまでにない10 cmの空間分解能で、1 km以上の広範囲に渡る分布計測が可能となり、ビルや船舶、プラント機器など幅広いモニタリングシステムへの適用の道が拓かれた。実際、後継機種や専用ケーブルなどが、国内外の石油の掘削現場や化学プラント、使用済核燃料の保管庫のモニタリングなどに使用され、高い評価を受けている。開発初期の話であるが、この種の装置を初めて設置した工場で、図らずも雨漏りによる局所的な温度変化が検出されたこともあった。また最近では、構造物全体に計画的に配置された光ファイバーセンサーのデーターから構造物全体の形状変化を知ることが出来るようになっていた。構造物に張り巡らされた光ファイバーに神経回路網の役割を果たさせるという岸田社長の夢に一步近づいている。

分布型光ファイバー音響センサー

光ファイバー内のレイリー散乱光は、どちらかというとこれまで厄介者扱いされてきた。最近、NB社ではこれを利用した高精細・高感度の分布型音響計測技術を実現している。少し昔の話で、いつのことか思い出せないが、役員会か何かでNB本社に居たときに、千葉県茂原市のガス田掘削パイプ内の計測現場の話聞いた。どうもそのときに、音響計測の初期の実験を現場でやっていたようで、「光ファイバーから、ゴボゴボというガスが発生する音が聞こえた」という話を聞いて驚いたことがある。歪や温度計測など、ほぼ静的な計測ばかりかと思ってい

た光ファイバーから、音が聞こえたのである。もちろん、ずっと早い時期に現れたマルチモード光ファイバーのモード間干渉を利用した振動センサーなどについては、米国に移住した卒業生（留学生）から話を聞いたことはあるが、これは泥棒避けに使うという代物であった。これからの話は、格段に精密な計測の話である。

光ファイバーは結晶ではなくガラス（アモルファス）なので、散乱に寄与するガラスの分子はランダムな位置に固定されている。光ファイバー中心部（コア）内の特定位置からの散乱光は、これら各分子からの膨大な数の微弱な後方散乱光が、それぞれの位置で決まる異なった位相で干渉しあい形成される。従って、振幅に揺らぎを持つ。この振幅は僅かではあるが、これが先程のブリルアン散乱光やラマン散乱光に比べると桁違いに大きいので、いつもは厄介者とされており、光ファイバー中の光損失の要因のひとつにもなっている。青空の輝きが空気分子によるレイリー散乱によるものであることを思えば、結構な強さだと理解できる。

このレイリー散乱光が走っている光ファイバーに音波が入射すると、音場による媒質の粗密変化により、光の伝搬速度が変わり散乱光の位相も変化する。光ファイバーの入射口に戻ってきたレイリー散乱光の内、特定時刻の光の位相変化またはその差を捉えれば、光パルスの往復時間から特定位置の音波の振動を計測することが可能になる。この方法は、レイリー散乱光が比較的強いだけに使い易いという側面を持つ。

しかし、この信号から音響波の分布を計測するとなれば、一見雑音に近いレイリー散乱光から、そのファイバーの軸方向の位置ズレ、もしくは、その光信号の位相を高速に計測する必要がある。ここでは、比較的最近NB社で開発されたレイリー散乱光を利用した長距離・高分解の音波分布計測装置を紹介しよう。この装置は、上海交通大学との国際共同研究の成果である。長さ80 kmの光ファイバー周辺の全ての音波を空間分解能2.8 mで、リアルタイムで検出することが可能である。パルス内で光の周波数に変化するチャープ光を用いることにより、高い空間分解能と同時に広い測定領域を実現している。NB社で新たに開発された装置では、さらにチャープ光から得られた信号を、複数バンドの整合フィル

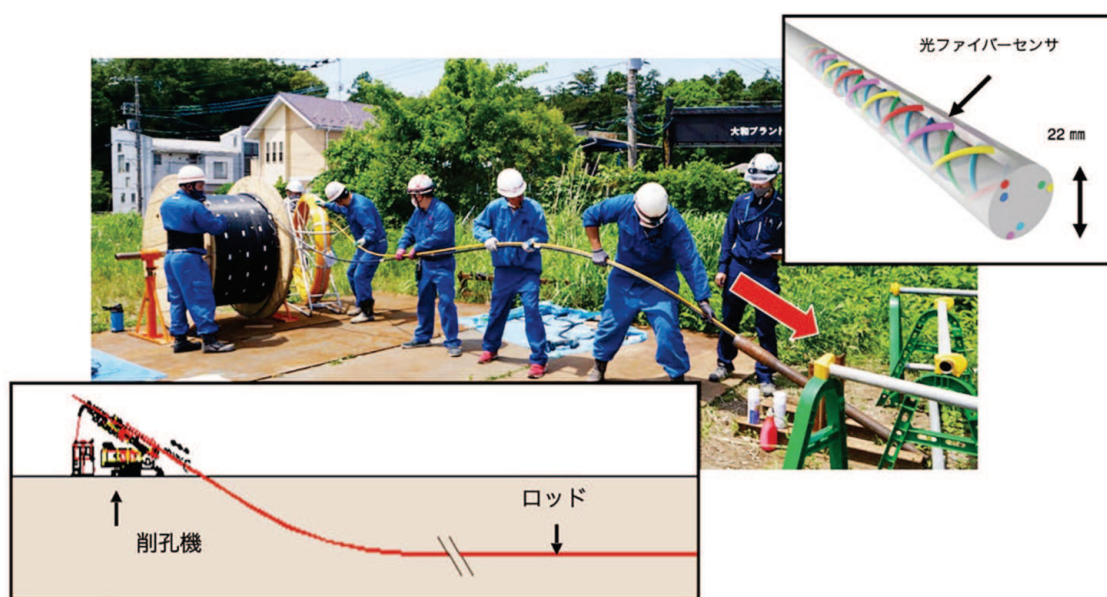


写真1 計測用光ファイバーケーブル (Geo-NewROn) 埋設現場

ターに分けて光源の位相の乱れの影響を抑圧することに成功している。実際、新幹線の走行状態や線路付近を歩く人の動き(振動)を、線路側溝内の通信用光ファイバーを利用した分布音響信号からモニターすることにも成功している。

レイリー散乱光を用いて、音以外の歪も当然ながら計測できる。地中の変位計測のために、計測用光ファイバーケーブル (Geo-NewROn) を埋設している現場の写真を示す(写真1)。写真の右上の図は計測用光ファイバーケーブル内部の様子である。ケーブル全体の3次元形状変化が計算できるように、6本の光ファイバーが螺旋状に編み込まれている。埋設には、通線ワイヤーに計測用光ファイバーケーブルを一体化させ、地中に埋設する。

NB社の新開発技術について、2件だけを紹介した。私見であるが、NB社は新技術の開発の方が、その販売よりも大好きなように思う。良いのか悪いのか、とにかく両方を頑張って頂きたい。ついでに言うと、NB社には新技術の開発やそれ以外の分野でも、並外れて優秀な人材が多い。構造物内部に光ファイバーによる神経回路網を張り巡らすという斬新な着想もさることながら、ここの社長の並外れた人を見る目と人を惹き付ける力には感服している。

老舗大国日本でのベンチャー起業

Wikipediaによれば、世界最古の10の老舗企業

の内6社が、日本にあるという話である。また、日経BPコンサルティング100周年事業ラボによれば、世界各国の創業200年以上の企業数の上位は、日本が1,340社(65.0%)、米国が239社(11.6%)、ドイツが201社(9.8%)である。日本は、世界的な超老舗大国なのである。相当なブランド好みといえる。一方で、2017年からの5年間における大学発ベンチャーの存続率は、米国が1.8%(94/5,260)、2023年9月までの5年間における日本の大学発ベンチャーの存続率は99.0%(1,212/1,224)のことである(*)。大学発ベンチャーも老舗のように皆が相当長寿なのである。シリコンバレーでは、「成功の確率が1/10でも、10回トライすれば最後には成功する」と彼らは捉えているようで、それを寛容する環境が社会にも存在する。海外のベンチャー起業について、米国とドイツの様子を調査する機会があったが、どちらも、ベンチャーの試みに成功しなかった人たちが戻っていく具体的な場所や人的なネットワークが用意されていた。何度も、チャレンジが可能なのである。日本はこの逆で、「生かさず殺さず」の扱いになっているようだ。事実、米国のGAFAのような企業は、まだ日本には出て来っていない。最近の日本の現状は正確には把握していないが、このままだとすれば、心配である。イノベーションまで、老舗に任せる訳にはいかない。少なくとも、日本ではベンチャー企業に対する理解は、ほとんど

進んでいないと考えておく必要があるだろう。何度でも言うが、百発百中ではチャレンジではないのである。

実際スタートアップ支援の補助金申請の際に、審査委員から「設立2年後には黒字になりますか？」風の質問を受けた記憶がある。新技術のインパクトへの質問は無かったように思う。一方で、米国で2社ほどスタートアップを立ち上げた阪大の卒業生(中国人留学生)から直接聞いた話がある。スタートアップの創立当初に「向こう数年位は、無収入で開発を続けていても良い」というような話だったと記憶している。実際、2017年時点でのベンチャーキャピタル(VC)ファンドの新規の組成金額を国際比較すると、日本の平均金額は、欧州の1/5、米国の1/20 中国の1/30 程度である(「イノベーションは日本を救うのか(33)」石井正純、EE Times Japan)。中国は別格として、やはり欧米とも考え方が違う。政府や地方自治体の補助金があっても、この有様なのである。ここでも「生かさず殺さず」なのである。「潰れても良い、好きなようにやれ」とは考えていない。ベンチャー企業には「好きなように」やらせることこそ重要ではないのだろうか。会社が潰れることへの許容と再チャレンジの機会、豊富なベンチャー資金、これらが必須であると考えられる。先述のように並外れた能力を持つ社長から金策の話を何度も聞くのは辛い。

ハイコンテクスト社会でのベンチャービジネス

日本は、昔から和歌や俳句で心情を表現してきたハイコンテクスト社会(コンテクスト(Context): 背景、状況、文脈)なので、合言葉をよく使い、以心伝心の暗黙のルールも多い。したがって、意思の疎通に関して「高コスパ」社会でもあるが、一方で、一知半解や思考停止の弊害も出ている。特に気になるのが、日本人の流行語好きである。PDCA(Plan, Do, Check, Action)などは、海外ではほとんど通じないそうである。「選択と集中」も同様である。このような日本にあって、老舗の対極にあるベンチャー

企業に対して、ビジネス界でネガティブな共通認識が出来上り、一知半解・思考停止状態になっていないかが気になる。「ベンチャー企業は危ない」という合言葉一辺倒ではなく、新しいものの実態を正確に認識し、実のある会話ができるゆとりある社会になっていく必要がある。ついでに申し上げると、博士後期課程卒業生についても、同様の危惧がある。文部科学省科学技術・学術政策研究所の「科学技術指標2021」で人口100万人当たりの博士号取得者数を見ると、日本は米英独韓4カ国を大きく下回っている。日本の博士号取得者は2018年度に120人だが米国は281人。ドイツは336人、英国は375人、韓国は284人だ。おまけに、海外はその数が概ね増加を続けているのに、日本のそれは他の先進国を大きく下回り、しかも10~20年前よりも僅かながら減少傾向にある。ビジネス界に「博士は使いにくい」という合言葉が、蔓延っているのではないだろうか。様々な理由が考えられるが、一知半解・思考停止状態ではいけない。大学はどこで学んだかではなく、何を学んだかが重要なのである。確かに博士号取得者を活かして使うには、それなりの環境造りや工夫が必要であろう。それは当然のことなのである。「使いにくい」の合言葉で済ましていては、日本のビジネス界は世界から取り残される。ベンチャー企業も同様である。素性の知れない新参ではあるが、失敗は失敗で再起の機会を与え、成功しそうな雛は大きく育ててやる心意気が肝要である。老舗を思わせる古木の茂る里山のような日本社会に、つくしが沢山生える春の野のような経済活動は、将来の日本にとって是非とも必要である。(写真2)



写真2 つくしが沢山生える春の野