

◆令和2年度 第1回（通算第80回）蔵前ゼミ 印象記◆

日時：2020年6月16日（火）

ZOOMによる遠隔講義

民間宇宙開発のロケットベンチャーの立ち上げ・経営

いながわ たかひろ
稲川 貴大（2011 制御システム，2013 機械物理 MS）

インターステラ テクノロジズ株式会社 社長，北海道科学大学 客員准教授

稲川さんは 大手カメラメーカーの入社式の日、まるでエイプリル フールのような行動に出た。受付で「人事部の方をお願いします」と言って採用担当者呼んでもらい、「入社を辞退させてください」と切り出したのだ。やりとりは30分も続いただろうか、「君がそこまで言うなら…」と最後は握手で送り出して貰えたそうだ。普通ならバケツで頭から水をかけられそうな場面だが、荒波に向けて舵を切ろうとしている挑戦心にカメラメーカーの人も感じるどころがあったのと稲川さんの人柄のなせる業だろう。こうして、起業したばかりで自前のオフィスすらもないロケットベンチャーに関わり、翌年には社長を引き受けることになった。度胸があってもなかなかできることではない。慣習や世間の常識にあまり興味がないという稲川さんの素顔とロケットビジネスの実態・経営について迫ってみよう。

稲川さんによれば、「学生の時はベンチャーについては、ほとんど何も知らなかったし興味もなかったので、まさか自分が27歳でベンチャーの社長をやるとは思ってもいなかった。経営に関しては、最近の良い指南書がたくさんあるし、弱いところは専門家に相談すればいいゆえ、あまり心配する必要はない。学生の時は、自分もそうだったように、大手志向になるのは自然な流れだが、今日の話を通して“ベンチャーで好きなことをトコトンやるのもアリだな”と思ってもらえたら嬉しい」とのことだった。ロケット技術者として、システム設計・軌道計算・制御系設計などに携わりながら経営者としての醍醐味も味わいつつある稲川さんにエールを送りたくなった。

生い立ち

稲川さんは1987年に福岡で生まれ、4歳の時に埼

玉に引っ越した。工作は小学校の時から好きで、浦和高校時代には工芸部で木工にハマった。鉋を研いでハンドクラフトで家具類を作っていたそうだが、作品の受賞歴が物語るように腕はプロ並みだったようだ；教育長賞に輝いたり（机，平成16年〔2004〕）、インターハイに相当する「全国高等学校総合文化祭」の工芸部門では常連となったりしていた（ロッキングチェア，平成16年；背高椅子，平成17年〔2005〕）。これらの作品は歴代の優秀作として、今も浦和高校の [Web ページ](#) で紹介されている。

ロケットにのめり込む伏線となったのは、本学の4類に入学した直後のオリエンテーションだった。鳥人間コンテストで活躍していた学生サークル“マイスターMeister”が「近々、史上初の乾電池による有人飛行^(注1)に挑戦することになっており、希望者は見学できる」という案内があったので、埼玉県桶川飛行場まで出かけた。「助走からすべて乾電池の力のみで」という厳しい条件を克服して、機体がフワリと浮いた瞬間には鳥肌が立ったそうだ。こうしてマイスターの一員として、鳥人間コンテスト（毎年夏に琵琶湖で開かれる）に向けて、人力飛行機の設計に没頭する毎日が始まった。実際に飛行機が飛んだ時の達成感は何物にも代え難く、鳥人間コンテストに「学生生活のほぼすべてを捧げる」ほど虜になってしまった。ほとんど中毒状態だったらしい。そのお陰で優勝することができた上に、稲川さんの設計技術は後輩に受け継がれ、2010年にも東工大は全国制覇を果たした。

稲川さんは慣例に従って、3年生の夏にマイスターを引退したが、その後、体調を崩し半年の休学を強いられた。卒業は1年延ばすことにしたので、回復後少し時間に余裕ができた。そこで、当時話題になり始めていた小型ロケットを作る同好会

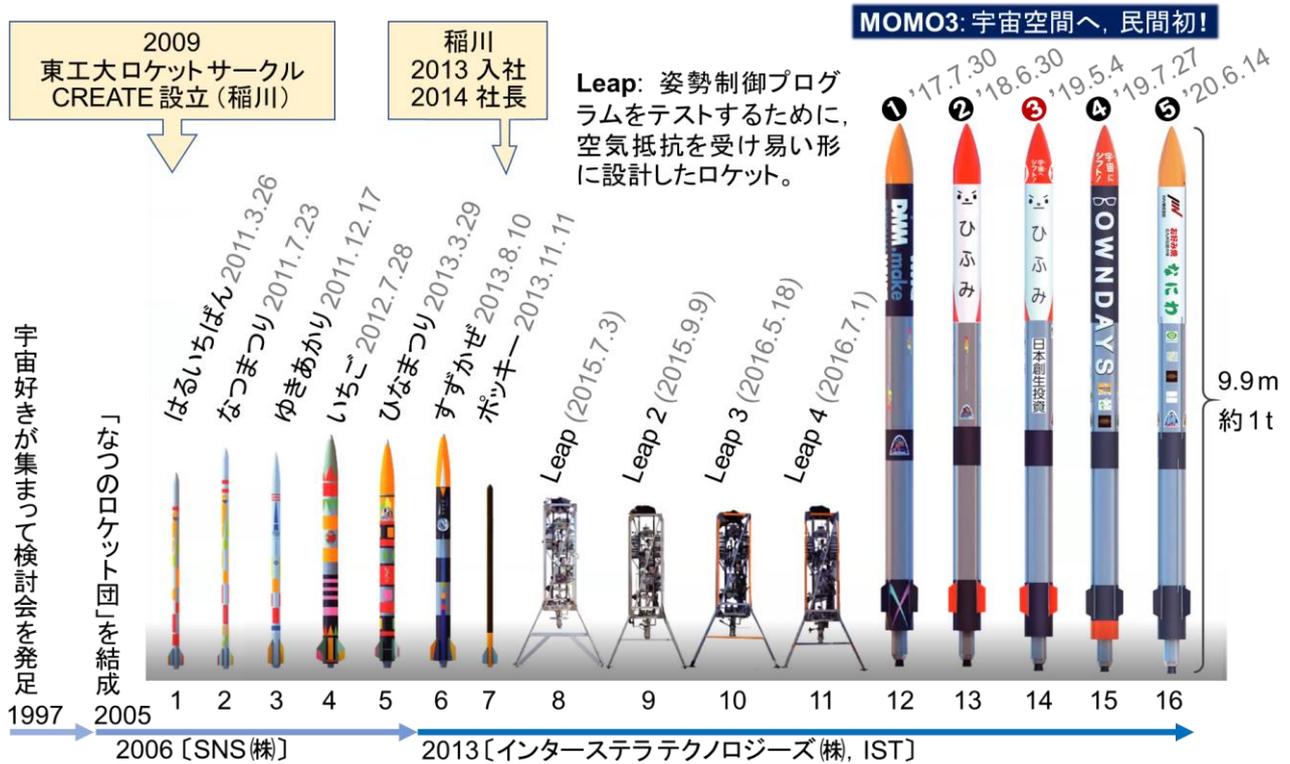


図 1. なつのロケット団/SNS 及び IST が打ち上げた超小型ロケットの種類。No. 12~16 が宇宙空間到達を目指して設計された MOMO シリーズ。[ロケットの画像提供: インターステラテクノロジズ]

「^{クリエイト}CREATE」を立ち上げて、背丈ほどのロケットを飛ばし始めたそうだ。とにかく「ものづくり」が好きだったようで、機械・電気・流体力学など必要なものは独学でマスターした。手作りした小型電子装置類などは評判がよく、市販したほどだ。

そして、CREATE の活動を通して、民間宇宙開発を目指す「なつのロケット団」^(注2)と交流を持つようになった。無心にやりたいことに没頭している彼らの姿に感銘を受け、稲川さんも『いつか宇宙に届くロケットを作って見せる』と夢をふくらませていった。しかし、現実は厳しく、修士課程を終える時の就活では、JAXA やロケットを手掛けている大手企業は超難関で、軒並み不採用だった。

「もう人生終わりだ!」というぐらい打ちひしがれたそうだが、何とか気を取り直して、大学推薦枠を利用して大手カメラメーカーに就職することにした。

卒業式から数日後、稲川さんは北海道に向かった。なつのロケット団から小型ロケット「ひなまつり」(図 1, No.5; 4m, 107kg) の打ち上げを手伝ってほしいと言われていたからだ。「これを最後に、ロケ

ットから卒業する」と決意を固めて臨んだ。打ち上げは失敗に終わり、「ひなまつり」が「ひまつり」になってしまった。凍える寒さの中で意気消沈していた時に、スポンサーの堀江貴文に声をかけられた。「君、これからどうするの?」、「3 日後に、カメラメーカーに就職します」、「ロケットやりたくないの?」、「やりたいですが、JAXA 落ちちゃったし...」、「ロケット作りたいの?カメラ作りたいの?ロケットのベンチャーに来ないか!」といった具合で、押しが強いというレベルではなかったそうだ。こうして、冒頭で紹介したシーンになったわけだが、4月1日までの3日間は食事も喉を通らなかったのではないだろうか。

なつのロケット団→SNS(株)→Interstellar Technologies Inc.

なつのロケット団の事業は、2006年に堀江さんが創業した「SNS株式会社」のロケット開発部門に引き継がれ、7年後(2013年1月)には宇宙開発を専業とするインターステラテクノロジズ株式会社(Interstellar Technologies Inc., IST)が設立され

受け皿となった。2013年の3月に本学を卒業した稲川さんは、出来立てで資金力もマンパワーもないISTに就職したことになるが、SNS(株)時代に蓄積された技術及び学生時代から独学で論文や本を読み漁って習得した技術を生かして、8月には「すずかぜ」(図1, No.6), 11月には国産初の純民間商業ロケット「ポッキー」(図1, No.7)の打上に成功した。

宇宙到達を目指した観測ロケットの開発

いよいよ宇宙(高度 ≥ 100 km)を目指した技術開発の段階に入り、2014~2016年にかけて姿勢制御技術(図1, No.8~11)や高推力エンジン(図2A)の開発に取り組んだ。そして生まれたのが、それまでのものより格段に大型のMOMOロケットだ(図1, No.12~16)。高度100 km以上の宇宙を目指すという意味でMOMO(もも)と名付けた。初号機は部分的な成功を納め、貴重なデータが得られた。しかし、満を持して臨んだ2号機は、打ち上げから僅か4秒後に推力を失い落下・炎上してしまい、「世紀の瞬間に立ち会いたい」と詰めかけていた観衆やマスコミ関係者からは悲鳴にも似たどよめきが起こった。何より痛手だったのは、スポンサーの信頼が揺らぎ始めたことだった。「飛ぶ飛ぶ詐欺」などという声も聞こえる中、いかに倒産の危機を乗り越えたかは、NHK『逆転人生—宇宙到達! 民間ロケット』(2019年12月2日放送)をご覧ください。最終的には、「この人なら信用できる」

と思ってもらえるか否かが決め手になるようだ。

MOMO2号機の打ち上げ失敗・炎上は、映像的にはネガティブな印象を強く与えたが(図3B), 機体やエンジンの残骸が手に入ったという点ではラッキーだったらしい(通常は海に落ちるので回収できない)。不具合の原因を徹底的に追及することができたからだ。それから10ヶ月後にMOMO3号機を打ち上げ、予定通り「高度100 km 超え」を達成した。日本の民間ロケットとしては初めて宇宙空間に到達するという快挙を成し遂げたのだ(図2B, 図3C, D & F)。(注3)

観測ロケット MOMO の意義: MOMO3号機の成功は何を意味するのか整理しておこう。(1) 日本初の民間企業単独による宇宙到達ロケットの開発であること, (2) 技術的に難易度が高い液体燃料ロケットで、炭化水素(エタノール)を燃料としており、これまでの固体ロケット・水素ロケットとは別の新しい技術系譜を作り上げ実証したこと, (3) 民間単独による宇宙到達としては、世界で9社目だが、液体燃料エンジン&姿勢制御能を有するロケットに限れば4社目となる; 先行している3社(SpaceX, Blue Origin, Rocket lab)は、いずれも米国であり、米国以外では初となること, 及び(4) 総開発費用(MOMO以前の機体開発や工場・射場整備費等のすべてを含む)は約10億円で、「桁一つ間違っているのでは?」と言われるほど圧倒的に安価であることなどが特徴だ。

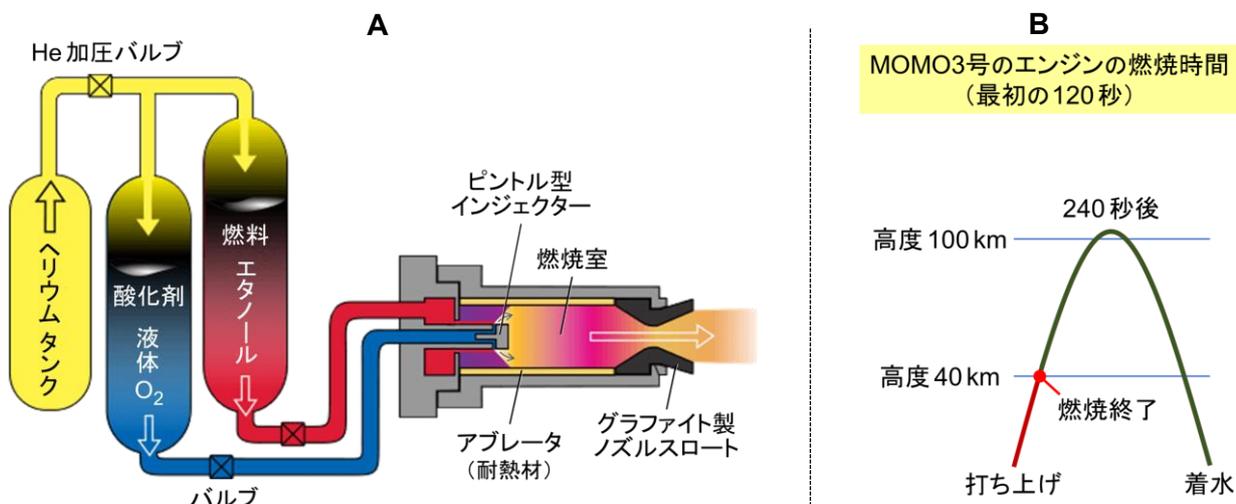


図2. 観測ロケット MOMO のエンジンの仕組み(A)と MOMO3 号機の航跡(B)。エンジンによる動力飛行は最初の約120秒間で、あとは慣性飛行で高度113 kmに達した。

宇宙が見えてきた

民間宇宙開発の必要性和課題

ロケットというとなんか特別なものに思えるが、「ロケット事業は宇宙への配送業」だそうだ。今世紀への変わり目頃までは、宇宙と言えば「国の事業」、「宇宙開発は夢で、産業ではない」という考えが主流だったが、最近では首相が「宇宙を成長産業に！」と音頭をとり、ようやくとはいえ民間の宇宙ビジネス促進のための「[宇宙活動法](#)」(2016)が制定された。超小型衛星を軌道以上に多数配置して、全地球インターネット回線の構築や高頻度の全地球観測を行う構想などが提案され、さらには科学・探査・エンタメ目的の小型衛星が大学の研究室やサークル、町工場などで多数製作されるようになってきているが、それらを安価に打ち上げるロケットが絶対的に不足している。

これまでの国家プロジェクトは、大型衛星に対応した大型ロケットを対象にしており、仮に複数の衛星を混載するにしても、打ち上げ頻度(年数回)と価格面(1基:40~200億円)で到底折り合いがつかない。既存技術を利用



図 3. (A) インターステラテクノロジズ IST の射場, (B) 打ち上げ直後に落下炎上する MOMO2 号, (C, D) 宇宙空間に到達し、国内民間初の快挙となった MOMO3 号の打ち上げと飛行イメージ図, (E) 開発中の超小型衛星(≦100 kg)打ち上げ用のロケット ZERO(36 t)は 2 段式で、燃料は液体天然ガス LNG、価格は約 6 億円以下を予定, (F) 観測ロケット MOMO 及び軌道投入ロケット ZERO の航跡。稲川さんのインターステラテクノロジズ(株)は 2019 年度 [蔵前ベンチャー賞](#)を受賞。〔画像提供: A~E、インターステラテクノロジズ〕

して極力単純な仕組みの小型ロケットを開発・大量生産することにより、望むタイミングで、安く打ち上げられるようにすれば、「宇宙への配送業」が可能になる。しかし、次のような難題を解決しなければならない。

ロケットは難しい || (1) 速度の問題：物凄く高い速度が要求される。観測ロケットでもマッハ 5 (約 6,000 km/h)、衛星を運搬し軌道に投入するロケットではマッハ 20 (約 24,500 km/h) という高速が必要ゆえ、低コストで強力かつ安定なエンジンを開発しなければならない。ロケットエンジンの原理原則は 50 年前から同じなので、稲川さんたちは NASA の公開特許や SpaceX を率いた技術者 Mueller^(注4) の論文等を参考に図 2A のような液体燃料エンジンを開発した。

(2) 開発資金の問題：日本の H-II ロケットの開発費用は 2700 億円、打ち上げ費用は 190 億円；小型衛星打ち上げ用の固体燃料ロケット (イプシロン) にしても、開発費：200 億円、打ち上げ費用：50 億円だ。米国のスペースシャトルにいたっては、開発費：5 兆円、1 回の飛行費用：500~1000 億円と見積もられている。経済的に破綻したスペースシャトルの後継として進められている「Space Launch System」(SLS) 開発事業にしても開発費 1 兆円は下らないだろう。NASA のように、世界一のエンジン性能にこだわり超重量級 (45 トン) の荷物を宇宙に運べるようにするか、SpaceX 社のような民間のロケットで積載量を多少犠牲 (20 トン) にしてもコスト重視で行くかは現状では判断が分かれているようだが、第一段エンジンを回収・再使用することによりコストを従来の $\frac{1}{100}$ 以下にすることを目指している民間企業に分がありそうだ。NASA が必要に応じて、民間からロケットを購入し宇宙事業を展開する時代がすぐそこまで来ているように思えた。SpaceX 社の再使用路線に対し、稲川さんたちは (小型ロケットということもあって) 大量生産・使い捨て方式での低廉化を目指している。

(3) 打ち上げの向き：ロケットは東側に向かって発射される。地球の自転と同じ向きにした方が、歩く歩道と同じ原理で、スピードが稼げるからだ。これは太平洋に面した日本にとっては極めて好都合だ；

ヨーロッパにはロケットの射場がないのもうなずける。もちろん衛星の軌道が北極や南極上空を通る極軌道の場合は南向きに打ち上げることもある。大樹町の場合、南側にも海があるので、「極軌道」に打ち上げる場合にも安全が確保できる。それにも増して、地元の支援が有難い；低価格路線を徹底的に追及している稲川さんたちにとっては、「宇宙の町」を看板にして宇宙産業を呼び込もうとしている大樹町の特別の計らいで、広大な射場を廉価で使用させて貰えるのは大きなメリットだ。

日本がロケット産業に向いているのは海に囲まれているという地理的条件だけではない。ロケットの生産に必要な工作機械・高機能材料・電子部品・優れた人材が揃っているのは日本の強みで、稲川さんは「宇宙産業、来るなあ！」とワクワクしているようだ。

桁違いに安価なロケット技術を獲得 || 稲川さんたちの IST では、需要が急速に高まりつつある超小型衛星の打ち上げ用ロケットに的を絞って、どこにコストがかかっているのか？ どうしたら安く作れるか？ に重点を置いて開発を進めてきた (図 1)。まず、(1) これまでは、ロケット用電子装置は大手電機メーカーに特注するのが常道だったが、秋葉原の電気街でパーツを仕入れ全て自分たちで作るようにし、(2) エンジンは多少性能を犠牲にしても部品が少なくて済むようにし、(3) アビオニクス (電子装置) としては、安全部以外の一部にラズベリーパイなどを使用し、(4) 地上設備も特別な建屋なしの起立式ランチャーとし、(5) 組織も単純化し、コア技術は 1 社で保有するように努めているようだ。

ロケットベンチャーの実際

IT 系などの一般的なベンチャーに比べ、資金が 10 倍ほど必要になる点を除けば、成長のステージやそれに応じた資金調達とはほぼ同じで、2013 年に稲川さんが新卒で入った IST の場合は図 4 のようになる。6 年経過したところでスタッフも増え (図 5)、資金も約 20 億円調達し、ロケットの打ち上げ実績も順調に積み上げてきているので、株式公開までの中間点に来ているようだ。学生には意外だ

ロケットベンチャーの資金調達ラウンド

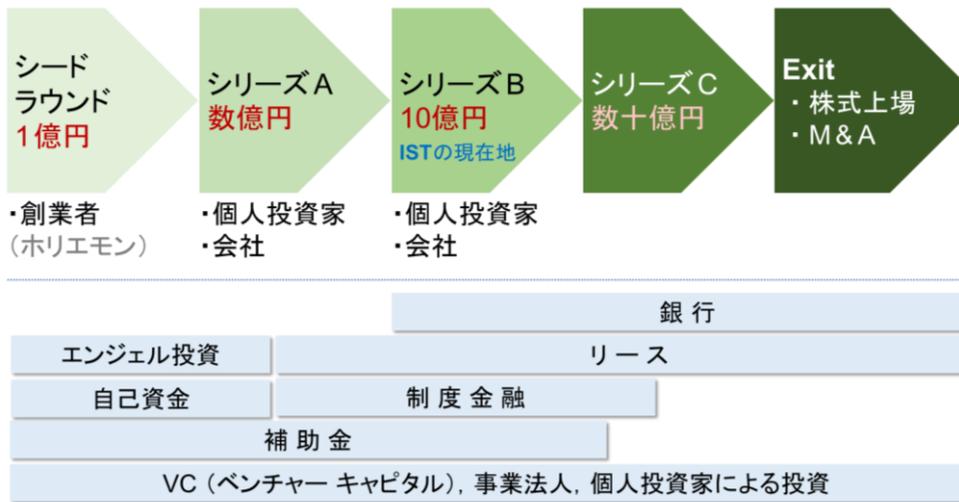


図 4. ロケットベンチャーの資金調達の流れ(上)と主要な資金源(下)。



図 5. インターステラテクノロジズ(株) IST の概要とスタッフ(於:大樹町の射場、バックのロケットは MOMO)。社員が数名の時は、コミュニケーションが取りやすく、協調体制も構築しやすかったが、数十名規模になった現在は明確なビジョンを言葉にして全員で共有するようにしているようだ。[画像は、稲川さんの ZOOM 講義のスクリーンショット]

ケット事業が極めて将来有望であることを説明した上で、自分たちがいかに競合優位な立場にあるかを投資家に説明しなくてはならない(例えば、現在世界には競争相手が 150 社ほどあるが、実績を上げているのは僅か; IST は目立つ存在で競争力を有するという具合に)。さらに、試作ロケットの打ち上げ等による技術的デモンストレーションによって投資家の期待値を高める努力も欠かせない。これらの条件さえ満たせば、あとは人と会って(稲川さんは“会いまくって”と表現した)、プレゼンをしていけば何とかなるようだ。打率は良くないので、ひたすら人に会って売り込むことが肝心だ。こうして稲川さんはこれまでに 20 億円もの資金を調達した。学生時代に世話になった戸倉ひとし(1972 機械)・平田敦(1990 機械)研究室での卒論・ゼミ・学会発表・修論発表などが、資料作りを含めて、大いに役立っているようだ。

ったかも知れないが、「一番難しいのが人の採用(仲間を見つけること)」らしい。年配の方々なら、思わず「そうだ」とつぶやかれたのではないだろうか。これは、古今東西、企業や組織の大小を問わない最重要課題だが、ベンチャーの方が難易度が高いのかもしれない。

宇宙ベンチャーの立ち上げ

どのようにお金を集めたか? 「事業を拡大していくので株を買って下さい!」とお願いするには、宇宙産業市場が急速に拡大しつつあり、超小型ロ

立ち上げ期の話: 入社前の「なつのロケット団/SNS」の時代(2006~2013, 図1)は、ヒトもお金も何もないところからの出発だったので、半分趣味の延長のようところがあつたが、稲川さんが参加した 2013 年からは、専門のベンチャー IST(株)を作って、資金も入れ人も集めて大きくしていこうと本格的に動き出した。まず、小さい機体を製作して電子系・制御系の試験を繰り返した(2014~)。稲川さんは、手を動かすのが好きだったので、社長としての切り盛りと同時に現場作業にも多くの時間を割いて、姿勢制御やエンジン試験に取り組ん

だ。小型ロケットのエンジンといっても小さな火力発電所なみのパワーがあるので、300~400 m 離れていても地鳴りがするそうだ。エンジンを作り性能試験をするためには、そのための設備から作らなければならないわけで、稲川さんたちの苦勞が偲ばれた。

ものづくり・開発系ベンチャーの経営

ゴリゴリのものづくり系ベンチャーの大変なところ：
IT系のベンチャーに比べ、ものづくり系はどういうところが大変かをまとめておこう。ものづくりは人手がかかる。当然優秀な人来てもらいたいから、一人雇うためには1000~1500万円/年(給与+福利厚生+設備固定費)を用意しなければならない。人件費に加え、通常の事業費や設備投資が必要だ。設備費だけでも、多額の費用がかかる。射場の土木工事も相当な金額になる。とにかく資金がショートしないように、資金調達しながら技術開発にも力を入れるというバランスのとり方こそが経営という感じだそうだ。

「学生の時に、そんな大変そうな話を聞いたら、自分にはとても無理だと思ったはずだが、実際に巡り合わせでやってみると、意外にも、市場があって、競争力があり、売り上げが見込めれば、数千万円から数億円の資金調達は可能」だそうだ。「最近では、その分野のプロのアドバイスが受けやすくなっているし、YouTubeやブログで発信している人も多くいるので、それらを参考にすれば資金調達の方法はいくらでも入手できる。トレーニング次第で、学生の頃に思っていた以上に大きな金額を動かせるようになるということは強調しておきたい」とのことだった。

個人として：ベンチャーならではの経験(技術開発・資金調達・人材採用と育成)は自分の成長の糧になりブランディングにもなる。ベンチャーには余裕がないので無駄なことや“くだらないこと”が一切できない；必然的に、最もエキサイティングな仕事に全身全霊を集中できるのがベンチャーの特質でもあり、稲川さんはカメラ vs ロケット(大手 vs ベンチャー)の選択を迫られた時に、つくづく現在の道を選んで良かったと思うそうだ。

ここら辺に関しては、パネルディスカッション「新しいことに挑戦するには？」の中心テーマとなり、大いに盛り上がった。大企業 vs 中小 & ベンチャー企業の対比で大事なことは、どちらにもメリット・デメリットはあるので最終的には好きにすればいいのだが(実際、大企業で活躍している同級生も多い)、「熱中できる仕事かどうか—自分の人生を賭けられるか」という点について考えた上で決断することだろう。誰もが面白くて意義のある仕事をしたいと思っている。その上で、自分の性格等も考慮し、「自由のきく小さな会社を選ぶ人や起業する人が増えてきてほしい」というのが稲川さんの願いだ。逆に、自由過ぎて途方に暮れそうな人や大きな組織の一員であることに誇りを感じる人にはベンチャーは向いていないようだ。

結び

最後に稲川さんが「知ってもらいたいこと」として挙げたキャリアパスを振り返っておこう。

大企業以外の技術者キャリアパス || 一例として稲川さんのキャリアを見てきたが、似たケースは増えてきているようだ。若い人の方が未来予測感覚に優れ、時代の流れにキャッチアップし易いからだろう。宇宙産業の到来は、最初は漠然としたイメージだったが、そのボンヤリしていた未来像が時間とともに言語化できるようになったそうだ。ベンチャーは、“変化が当たり前の時代”を担うキャリアパスとして珍しくなくなるだろう。

どの道を歩むにしても、稲川さんがパネルディスカッションで補足説明していた『謎の自信』は大事に違いない。「一人の技術者として考えれば、どうやったって生きていけるさ、仮にこの事業がうまくいかなくても」という出所不明の自信ということだったが、それを形作ったのは、幼少期から社会に出るまでの間の小さな成功体験の積み重ね(工作・木工・鳥人間コンテスト・ロケットサークル CREATEの創設など)だったのではないだろうか。

技術者だからできる経営者キャリアパス || 経営者層に技術者がいないと資金調達の際に困る。投資家への説明が迫りに欠けるものになってしまうからだ。技術の進歩に伴い、「経営」の“技術者だから

こそできる側面”が大きくなりつつあることに加え、実際、経営に携わってみると技術者魂とは別の経営者冥利に尽きる感慨も味わえているのでお勧めのキャリアパスだそうだ。

(注1) 資史料館提供「今月の一枚」2018年7月参照

<https://www.facebook.com/tokyotechmuseum/photos/a.584215191625361/1861535143893353/?type=3&theater>

(注2) なつのロケット団：2005年に宇宙好きの有志(宇宙機エンジニア 野田篤司，科学ジャーナリスト 松浦晋也，作家 笹本祐一，漫画家 浅利義遠ら)が集まり，当時ライブドア社長だった堀江貴文がスポンサーとなる形で，日本国内における民間宇宙開発を目指すために結成された組織。当時はメンバーが住むアパートの風呂場で，エンジンの実験をしていた。そこから SNS(株)が加わり，同社の一事業としてロケットエンジンの開発に着手。2013年に SNS(株)のロケット開発事業を継承する形で，宇宙開発を専業とする インターステラテクノロジズ(株) を北海道大樹町に設立し，現在は日本初の民間会社によるロケット打ち上げ事業(宇宙への配送業)を目指し，開発を進めている。◆ホリエモ

ンこと堀江貴文は，子供の頃には大きくなったら宇宙に行けると思い込んでいた。しかし大人になっても一向にそうならないのは，皆が「ロケットは国がやるもの」と思っているからだ；「人類が宇宙に進出するためには民間で開発するしかない」と考え，当時社長をしていたライブドアの事業計画に宇宙事業を組み込もうとしたが，ことごとく取締役会などで否決され，最終的に「なつのロケット団」のスポンサーとして宇宙事業を始めることにしたそうだ。

(注3) MOMO3号：資史料館提供「今月の一枚」2019年6月参照

<https://www.facebook.com/tokyotechmuseum/photos/a.584215191625361/2386859698027559/?type=3&theater>

(注4) トム・ミュラー Thomas Mueller: PayPal の創業者 Elon Musk と一緒に SpaceX 社 (Space Exploration Technologies Corp.) を立ち上げた。スペースシャトルのエンジンが1基55億円なのに対し，2020年5月30日に宇宙飛行士2人を乗せて打ち上げに成功した SpaceX 社の宇宙船クルードラゴンとロケットファルコン9のエンジン Merlin を1基1億円で作り上げた天才技術者。

(東京工業大学 博物館 資史料館部門 特命教授 広瀬茂久)