

腰痛は「隠れた産業への負荷」 現場での作業姿勢を自動認識する —バイオネット研究所—

ジャーナリスト 乗松幸男

腰痛予防と作業環境改善に寄与 重要なのはソフトづくり

製造業の現場は自動化が進化したとされる。だが、そうは言ってもロボットばかりというわけではなく、たくさんの人間が活動している。人間でなければできない作業も、まだまだ多い。

重量のある原材料などは機械が運んでくれると思っているかもしれない。しかし現実には、工程の細部に人間がしなくてはならない作業が存在する。例えばドラム缶に入った液体の素材を製造ラインに投入するといった場合、ドラム缶はフォークリフトで運ばれてくるとしても、降ろされた場所から製造ラインまでの何メートルかを人手で移動させる必要がある。150kgものドラム缶を人間が転がして運ぶといった作業が必要になる。そんな体力的にハードな現場もさほど珍しくない。

ハードな作業であっても熟練者となれば簡単にこなす。ところが、作業の初心者などの場合は腰を痛めてしまうことも多い。最近は作業負荷軽減のためにパワースーツの導入が

製造現場に進むようになったのは、腰痛対策が1つの要因でもある。腰痛は、あ

まり知られてはいない製造現場の大きな課題なのだ。そこで腰痛原因となる作業を見える化するシステムが登場している（図1）。現場で作業する人の姿勢をカメラで立体的に計測して作業負荷を定量的に把握することにより、腰痛予防や作業改善を可能にするのだ。

この「PosCheck」という作業負荷・作業姿勢自動認識システムをつくったのがバイオネット研究所（東京都立川市、資本金8250万円、従業員9名）という計測システム開発ベンチャーである。

同社を創業した新川隆朗は1950年生まれ。早稲田大学理工学部で物理学を学んでいる。「研究者を目指したのは、小学生の頃に憧れを持った3つの仕事の1つが研究者だったからです」と言う。

その頃、新川は星の本をたくさん読み、星に憧れて地球物理学者になりたかったという。だが、ほかにもやりたい仕事があった。事業家と画家だ。

事業家に憧れたのは、昭和の時代は事業家の伝記が図書館にいっぱいあったからだ。特にアメリカではビジネスで成功して立身出世する人がいっぱいいると知って、自分もいずれ事業家として成功したかった。また画家になりたいとも思ったのは、学校の成績で美術だけは「5」を取るほど絵

図1 作業負荷を定量的に計測



新川隆朗社長

が得意だったからだ。

「3つの仕事を全部やろうと思ったのですが、研究は後からではできないので大学では物理の道に進みました」(新川)

残り2つは後でやることもできると考え、まず研究者を目指した。

新川は大学卒業後、外資系IT企業を経て理化学機器、精密機器を開発製造する日本電子に入る。情報工学を導入した計測機器システムの開発などに携わった後、2010年に日本電子を退職し、バイオネット研究所を設立した。

独立した動機を新川は「日本のモノづくりに非常に危機感を覚えていたからです」と振り返る。

2000年代の初頭ともなると、もう日本はソフトウェアで世界に遅れを取っていた。新川は米国の半導体検査装置メーカーとの協業の経験から、既に彼らがモノづくりからソフトづくりに重心を転換して、しかもソフトの仕様や上流設計に特化し、ソフトの実装はインドや中国にアウトソースする構造改革を実現したことを認識していた。

日本もソフトづくりにウエートを置かないと競争に勝てないと考えた新川は、生物学、工学、ITを駆使して種々の計測機器システム開発を行う同社を設立したのだ。研究開発者から事業経営の道に踏み出した新川は、小学生で夢を抱いた3つの仕事のうち2つを実現したことになる。

生物学、工学、ITを技術統合 既に複数の現場で稼働中

創業後、同社はさまざまなAIによる立体計測システムを開発し、電子顕微鏡画像や超音波、X線などを使ったシミュレーション・ソフトのアルゴリズムを開発した。特に日本電子から依頼されて開発したのが核磁気共鳴装置(NMR)用データ処理ソフトである。

NMRは、原子核を磁場の中に入れて核スピンの共鳴現象を観測し、物質の分子構造を原子レベルで解析する。有機化合物や高分子材料、特に最近ではセラミックや電池などの材料の構造・物性解析に威力を発揮し、製薬、バイオ、食品、化学業界などで使われている。

その他、主として大手ユーザーからの特注システムの開発を受託した。糖尿病診断装置のソフト、がん検査などに使うCTソフト、脈波の解析ソフト、乳牛の飼養試験データの統計解析ソフト、光学顕微鏡の画像処理ソフト、ゲリラ豪雨対策の河川水位や海岸の波高の計測システム、ハイパースペクトルカメラを使った岩種解析システムなどである。新川は日本電子で医療機器ソフトの開発に携わった関係で、関連分野のソフト開発が多い。

2021年の初め、大手建機メーカーから受けた相談がPosCheckを開発するきっかけとなった。現場作業員の腰痛を避けるために労働負荷を自動計測できないか、というのである。

その会社では、現場の班長が目視で作業員の姿勢(上体の傾きや膝の曲げ具合など)を確認し、手帳に書き込んで労働負荷をチェックしていた。また労働負荷の目視チェックの基準として、OWAS(オワス)法というフィンランドで開発された姿勢計測分析法によって判断していた。

OWAS法では、体を下半身と上体と腕の3部分に分けて、それぞれの作業姿勢を判定する。評価基準も整備されており、ただちに改善すべき姿勢(AC4)から改善不要の姿勢(AC1)までの4段階にリスクを評価するという合理的な判断法である。標準的な姿勢判断として国際的に利用されている。

しかし、その会社では見る人により判断が異なってくる点や、長時間の計測ができない点を課題と認識していた。実際に作業を見学すると、それぞれの作業者によって体格も異なり、同じ作業をしても姿勢の負荷が異なる

こともわかった。

相談は要するに自動計測でOWAS法をやれないか、ということになる。新川は「OWAS法ならソフトウェアのアルゴリズムが組みやすい。体の下半身と上体と腕の3部分それぞれの形状を数値化し、その組み合わせで姿勢の負荷をAC1からAC4の4段階で判定すればよい。これはできるな」と直感したという。

予測どおりシステムの試作は半年で出来上がり、2022年2月に完成納品できた。2022年の完成後、当初に相談のあった大手建機メーカーをはじめ2社で既にシステム稼働中だ。

新川が「これはできる」と見通しを立てたのは実績が既にあったからだ。3次元カメラによる計測が作業姿勢の評価に活用できると考えられた。

3次元カメラでの計測とは、ToF (Time of Flight) カメラやステレオカメラなどで行うことができる。ToFカメラとは、光を必要とせず近赤外線パルスを対象物に照射するものだが、カメラに戻ってくる時間で距離を計測し、対象物の3次元データを取得できるのである。

トンネルの変状分析技術を応用 AIの誤判断も排除する

ToFカメラによる3次元計測も、既に同社はトンネルの変状分析システムなどでやっていた。これは大手建設会社の佐藤工業と同社が共同で受注し開発したものだ。

トンネルの岩盤内にある水の層が膨れて岩盤が内側に崩れてくるのを予知するシステムである。トンネルの直径は20mほどあるが、トンネル内にカメラを設置し、暗い中で赤外線当て岩盤の膨れを立体計測する。時間当たりの膨れ量は何mかによって異常を予知する監視装置であり、既に実用化されて特許を取得している。

PosCheckの場合の3次元カメラでの人の体の立体的な位置計測にもToFカメラを採用した。計測対象が作業員なので、動き回るからだ。同時に光学カメラでも作業員を撮影して作業員の姿勢をAIで判断している。それにToFカメラの距離情報を加えて3次元的な作業員の姿勢を再構成する。

つまり「AI+立体計測+OWAS法」により姿勢を評価するアルゴリズムを開発したので(図2、3)。

もっとも、実際の開発作業では問題点にも遭遇した。難点は、AIがしばしば誤認識することだった。作業員の手や足首が、見えていないのにもかかわらず、手や足がありそうな位置を手や足の位置と判断してしまったりした。AIが学習した際に、体全体が隠れていない標準的な人間の像ばかりで学習した結果である。判定間違いを排除するために、距離情報と合わせて肘から手首までの長さが正常値の範囲かなどもチェックするようにした。

またToFカメラも誤計測があり得る。例えば被写体の表面の材質により吸収や反射を起し、距離計測を誤ることがある。PosCheckでは人体の計測なので、肩幅や腰幅などを常にチェックして人間と判断できないような数値の場合は排除するようにした。

もう1つの課題はカメラで見えない部分である。例えば人の両肩とカメラが一直線上になるような姿勢となったときは、片

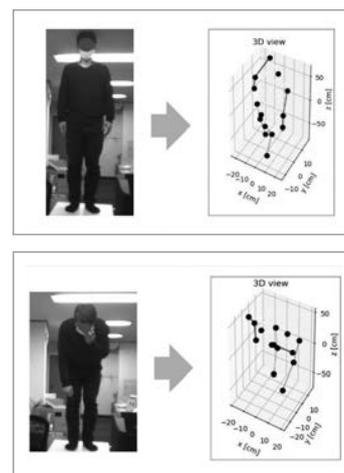


図2 AI+立体計測+OWAS法で姿勢を評価

検出者総数	ワーク重量		AC1	AC2	AC3	AC4	未分類
379	10kg	Count	280	15	0	0	84
		Ratio (%)	73.88	3.96	0.00	0.00	22.16
	10-20kg	Count	280	15	0	0	84
		Ratio (%)	73.88	3.96	0.00	0.00	22.16
	20kg	Count	280	3	12	0	84
		Ratio (%)	73.88	0.79	3.17	0.00	22.16

図3 測定した作業をOWAS法で表示

側の肩や腰しか計測できない。このような場合は、隠れている側の骨格を推定するようにアルゴリズムを補強する必要があった。

完成したPosCheckでは、計測のために設置が必要な機材は三脚に乗せた3Dカメラと解析用のパソコン、両者をつなぐルーターのみだ(図4)。作業者はマーカーなどの特別な機器を体に付けなくてよい。それだけのシステムで画像から作業者の関節を認識して姿勢を測定できるのだ。

姿勢を解析する計測システムは、競合他社も開発している。だが他社製は同社のようなシステム構成と異なり、光学カメラとAIによって姿勢判定するため、2次元画像から解析するものがほとんどである。このため、複雑な動きになると分析できない。

例えば、しゃがんだ姿勢の2次元画像をAIで解析すると、ぐしゃぐしゃな骨格図となって再現されたりする。前述したAIの誤認識があったような場合、誤認識かどうかの判別がソフトウェア側でできないのも致命的だ。

これに対し同社のPosCheckは、3次元の立体位置情報が取得できる。3次元だからカメラからの距離も分析して、作業者の体の曲がった角度まで判定できる。AIの誤認識に対しても、PosCheckの場合はAIと立体計測によって相互補完が可能だ。

病院などでも導入検討が進む 複数の作業者もチェック可能に

PosCheckはまだ発表後1年ほどしか経っていないが、現在いろいろな製造業で現場の作業を実際にデモ計測中で次年度の予算申請中

という会社が十数社ある。

デモ計測中の例には、病院での計測予定もある。病院内で看護助手が患者を載せたストレッチャーを搬送している際の負荷をデモ計測しているという。

同社の年商額は前期約1億円。現在の主力製品は前述のNMRだ。NMRのデータ解析ソフト等の売上が全体の約30%を占める。

今後とも医療機器分野には注力していく予定だ。開発中システムの1つが生体情報モニターである。これは、家庭で血中酸素濃度や心電図を簡単に計測できる機器で、血中酸素濃度を指先で、心電図を胸で計測したデータをBluetoothで送信してアンドロイドパッドで見ることができる。日本だけでなくASEANなどでも今後ますます増加する在宅医療ニーズに対応しようとしている。

PosCheckについては、昨期売上は全体の10%程度だ。ただし今期は2割程度まで売上が伸びる見込みをしている。

さらに同社では現在の「PosCheck101」の進化版である「PosCheck203」を開発中だ。これは、多数の作業者が1つの室内で同時作業しているような場合に全員の姿勢を解析できるもので、全方向カメラを3台設置することでチェックする。

「各メーカーの現場へ出かけてPosCheckのデモ計測を行うと、いまだにさまざまな負荷の高い作業が続けられています。腰痛は、隠れた産業への負荷問題のように思われます。PosCheckが問題解決への一助となれば光栄です」(新川)

59歳で日本電子の研究職を退職して会社を創業した新川は事業家になるという2つ目の夢を叶えた。「まだ事業家として成功できたわけではありませんが、成功できたら80歳ぐらいから次は……」と語る。彼が画家になったらどんな絵を描くのか、ぜひ見たいものだ。(敬称略) **N**

図4
パソコン、
ルーターのみ
と

