

サービスロボット産業の先駆者 テムザックの事例研究

岸本 千佳司

Working Paper Series Vol. 2017-08  
2017年3月

この Working Paper の内容は著者によるものであり、必ずしも当センターの見解を反映したものではない。なお、一部といえども無断で引用、再録されてはならない。

公益財団法人アジア成長研究所

# サービスロボット産業の先駆者 テムザックの事例研究

岸本 千佳司

(KISHIMOTO Chikashi)

公益財団法人 アジア成長研究所 (AGI)

E-mail: kishimoto@agi.or.jp

## 要 旨

本研究は、サービスロボット・ベンチャー企業のテムザック社の事例分析である。限られたリソースしか持たない同社が、業界そのものの立ち上げをリードする先駆者としての役割を果たしていることに注目する。そのカギとなるのは大学研究者等とのオープンイノベーション・ネットワークである。同社をその中核たらしめているコアコンピタンスは、インテグレーション（総合化）と実用化（製品化）の能力である。これを支える経営上の特徴として、基本的に“本社/社長～関係会社・子会社/「方面軍司令官」～一般社員”の3層からなるシンプルな企業組織を土台に、限られた自社資源を豊富な「外部兵力」（提携する大学研究者・学生等）の活用で補う共同研究開発、および複数の専門領域を理解し調整できる「プロデューサー的」人材の成長を促す仕組みがある。加えて、自社の必要に迫られて「産業の関連インフラ」構築（部品サプライヤー開拓、量産拠点の構築、販売ルート開拓、サポートサービスや保険の整備、実証実験の場の開拓など）に取り組むことが、先駆者としての存在感をさらに高めることに繋がっていることを示す。

**キーワード：** サービスロボット、オープンイノベーション、テムザック、コアコンピタンス

## 目次

1. はじめに：背景、分析視角、課題.....	1
(1) 背景.....	1
(2) 分析視角.....	2
(3) 研究課題.....	4
2. テムザックの事業発展史と製品の概略.....	5
3. 研究開発体制とコアコンピタンス.....	8
(1) 共同研究ネットワーク.....	8
(2) コアコンピタンス：インテグレーションと実用化の能力.....	12
(3) 製品開発の流れ.....	13
4. 経営組織と人材育成.....	16
(1) 経営組織の特徴.....	16
(2) 人材育成.....	18
5. 産業の関連インフラ形成と期待される政府の役割.....	19
6. 海外展開.....	21
(1) 台湾子会社.....	22
(2) その他の海外拠点.....	24
7. まとめとディスカッション.....	25
参考文献.....	30
付表.....	32

## 1. はじめに：背景、分析視角、課題

本論文は、ロボット産業の中でも、特にサービスロボットの分野で注目される「株式会社テムザック」（以下、テムザック）の事例研究である。産業用ロボットと異なり、サービスロボットは未だ一個の産業として確立されていない。<sup>1</sup> 同社が、リソースの限られた中小企業でありながら、この分野でオープンイノベーション・ネットワークのひとつの中核として機能し、業界そのものの立ち上げをリードする先駆者としての役割を果たしていることに着目し、その実状とこれを可能とする仕組みについて分析するのが課題である。第1節では、背景、分析視角、研究課題について説明する。

### (1) 背景

まず、我が国のロボット産業発展の背景を概観する。近年、ロボット産業が次世代のリーディング産業として世界中で注目される中、日本においても国レベルでのロボット産業育成への取組みが本格化している。即ち、安倍晋三内閣のもと、2014年9月に「ロボット革命実現会議」が発足し、2015年1月には「ロボット新戦略(Japan's Robot Strategy)」が決定された。そこで言及された「ロボット革命」の具体的内容は、①ロボットが劇的に変化（「自律化」、「情報端末化」、「ネットワーク化」）。自動車、家電、携帯電話や住居までもがロボット化、②製造現場から日常生活まで、様々な場面でロボットを活用、③社会課題の解決や国際競争力の強化を通じて、ロボットが新たな付加価値を生み出す社会を実現、以上3点である。

そして、革命実現のための3本柱として、①世界のロボットイノベーション拠点に、②世界一のロボット利活用社会（中小企業、農業、介護・医療、インフラ等）、③IoT時代のロボットで世界をリード（IoTと融合し、ビッグデータ、ネットワーク、人工知能を使いこなせるロボットへ）、以上3つが目標として掲げられる（以上、ロボット革命実現会議, 2015より）。なお、ロボット産業も幾つかの応用分野に分かれており、現状では産業用（製造業用）が中心であるものの、将来はサービス分野向けが主体となると見込まれている（経済産業省, 2012）。

2015年5月には、「ロボット新戦略」の実際の推進に向けて関係アクターが協働するための中核組織として「ロボット革命イニシアティブ協議会（Robot Revolution Initiative）」が創立された。同協議会の事業目的として9項目があげられており、その筆頭が「ロボット・イノベーション及びロボット利活用推進に関する課題解決に資する関係者間のマッチ

---

<sup>1</sup> ロボットの用途別分類法は資料によって異なるが、ここでは、「産業用ロボット」は主に「製造業用ロボット」（工場の生産ラインに組み込まれているもの）を指す（広義には、農林漁業用・建設業用などが含まれることもある）。他方、「サービスロボット」（「民生用ロボット」とも呼ばれる）は、人々の生活空間（一般家庭やオフィス、医療・介護現場、教育現場等）で各種サービスを提供するものを念頭に置いている。

ング、ベストプラクティスの共有・普及の推進」である。<sup>2</sup> これに関して、日本機械工業連合会の調査報告書では、「ロボット革命の『関係者』は非常に広範囲に及ぶ。ロボットの製造に限定してもロボットメーカーやソフトウェア企業、部品や要素技術の企業、大学、研究機関、各省庁や自治体、それらすべての窓口となり、課題解決に必要となるテクノロジーなどを持つ最適なパートナーを探し出し、連携を図ることが求められる。さらに利活用推進まで考えると、実証実験はもちろん、ユーザーのニーズを吸い上げて定期的にメーカーなどにフィードバックをする必要性もある。生活支援ロボットでは最終的なユーザーは日本国民（もちろん海外への輸出の可能性もある）まで広がる。また、ベストプラクティスの共有・普及では、常にステークホルダーの途中段階も含めた成果をフォローしつつ、その中に含まれる有効な共有情報を見極めて、事例の紹介をしていかななくてはならない」と言及されている（日本機械工業連合会, 2016, p. 14）。同協議会は、日本機械工業連合会をとりまとめ事務局とし、電子情報技術産業協会、日本電機工業会、日本ロボット工業会等を含めた機械産業の横断的連合体として運営されている（ロボット革命イニシアティブ協議会 HP 参照）。

本研究が対象とするサービスロボットは、産業用ロボットと異なり、未だ確立された産業分野とはいえ、こうした既成企業・業界団体の発想によって効果的に推進され得るかどうかは今後を観察する必要がある。しかし、少なくとも、サービスロボットも含めロボット産業の発展には広範囲に及ぶアクターが関わり、一定程度はオープンイノベーションが不可欠であるという考え方には異論はほとんどないだろう。

## (2) 分析視角

オープンイノベーションは、公的政策や業界団体によるものばかりではなく、むしろ実際には、個別企業の観点から如何にこれを形成し、それを通じて優位性を獲得するかという観点から先ずは考察される必要があるだろう。ここではこれに関する既存研究を検討する。

オープンイノベーションといっても、現実には、各企業がどの分野をオープンにし、どこをクロードにするかを戦略的に決める必要がある。「自社が長期間にわたって蓄積すべきシーズを失わない基礎研究開発マネジメントが重要である。自社に強力なコアコンピタンスがなければ、いかにオープンな探索を開始しても、相手に選ばれない可能性がある」のである（米倉, 2012, p. 14）。先ずは、コアコンピタンスが何でそれを如何にして蓄積・強化していくかを検討する必要があるとの指摘である。

---

<sup>2</sup> 他の8つは、以下の通りである。②国際標準化活動の推進に向けた情報共有、共通課題の整理及び対応策の企画・立案、③情報セキュリティの確保の方策の企画・立案、④国際プロジェクト等の企画・立案、⑤実証実験のための環境整備、⑥人材育成のための企画・立案、⑦関係機関との連携による研究開発、規制改革等の推進、⑧国際連携を含めた関連情報の収集・発信、普及・啓発事業の推進、⑨その他（ロボット革命イニシアティブ協議会 HP より）。

次に、適切なパートナーの（あるいは、外部で生み出された知識の）探索および社内知識との組み合わせを効果的に行うこともひとつの大きな課題である。パートナーの探索は、自社努力で行うこともあれば、独立のエージェントや業界団体の提供する場を活用する場合もある。自社の製品・技術を広く公開し顧客ニーズを引き付ける、あるいは逆に、自社のニーズ・課題を公開し外部からの提案を受けるといった方法もある。社内外の知識を結びつけ組み合わせる仕組みとしては、社内に専門部署を設ける場合、コミュニティ（主要な取引相手や共同研究パートナーで構成される仲間うちの関係）での密接なやり取りを通じたもの、プラットフォーム（事前に決められた知識のインターフェイス）を介したもの（アップルの App Store が代表例）がある（清水・星野, 2012）。こうした仕組みの構築と運営には当然相応のコストを要するのであり戦略的に取組む必要がある。

加えて、ネットワークの中核になるような企業の場合、多数の外部パートナーを吸引する「価値の創造と獲得のメカニズム」を持たないといけないと指摘される。即ち、「そうした外部の企業が技術を提供したい、買収されてもいい、新たな部品や補完製品を開発、生産してもいい、と主体的に考えなければ、オープン・イノベーションは成立しない...なぜ外部の企業が特定の企業に対してそのように考えるのかといえば、それはその企業に活用してもらうことで、自ら取り組むよりも、あるいは他の企業に活用してもらうよりも、大きな対価（ライセンスからの収入、被買収価格、補完製品事業からの収益など）が得られるからである」（武石, 2012, pp. 21-22）。これは、アップルやインテル、シスコシステムズのような有名大手企業だけでなく、テムザックのような中小企業が大学研究者との関係を築く際にも基本的に当てはまるであろう。さらに、パートナーを吸引する武器は、技術や製品の優位性だけでなく、「休むことなく拡張するエコシステムを構想、実現し、主導できる力や主導権を握るための顧客ベースなど」も含まれる。ここで「エコシステム」とは、「ある商品の価値を実現する上で必要になる一連の要素（サブシステム、補完品、制度・規制）ならびにその供給主体（企業、非営利組織、公共機関など）からなる『生態系』のことをいう」（同, p. 26）。サービスロボットのような新興分野では、こうしたエコシステム（本研究では「産業の関連インフラ」と呼ぶ）が未整備であり、この形成に率先して取組むこと自体が吸引力を生み出す可能性もある。

最後に、オープンイノベーションを通じて如何に優位性を獲得するかが問題である。オープンイノベーションを活用すると、製品アーキテクチャのモジュール化と標準化が同時進行する傾向がある。そして、一般に日本企業は、こうした産業で競争優位性を持つことは難しいといわれる。ただし、オープンに他者の資源を活用する戦略であっても、必ずしもモジュラー型製品ではない場合もある。日本の自動車メーカーによる系列企業との取引がその代表例である。一般に、日本企業は擦り合わせ型（インテグラル型）製品におけるオープンイノベーションが得意であり、それを追求した戦略を考えるべきとされる。しかも、オープンと擦り合わせ型の組み合わせは外部企業との緊密な調整や問

題解決が必要であり、このような経営が可能な組織能力を構築することは簡単ではないと指摘される(延岡,2010)。ロボットのアーキテクチャについては、厳密には個別に検討する必要があるが、特にサービスロボットは(実用化されている場合でも)製品ライフサイクルの初期段階にあり、また多様な技術の複合体であることを考慮すると、一般的に擦り合わせ型製品と考えられる。

このようなオープンイノベーションに関する既存研究を踏まえ、本論文でテムザックの事例研究を行う際に着目すべき点として、①コアコンピタンス、②パートナーの探索、および社内外の知識の組み合わせを効果的に行う仕組み、③多数の外部パートナーを吸引する魅力、④オープンイノベーションで擦り合わせ型製品を扱うための組織能力、以上4つをあげる。

### (3) 研究課題

本論文で焦点を当てるテムザックは、「人に役立つロボットをつくる。」を理念とし、2000年1月に創設されたベンチャー企業である(本社住所は、福岡県宗像市江口465番地。資本金額は、2009年3月末時点で、10億7,763万円)。同社をサービスロボット産業の先駆者と看做し、特に注目する理由は以下の通りである。

- ① 同社の製品は、HPで公開されているだけでも、受付・案内用、家庭ユーティリティ用、警備用、レスキュー用、医療・介護用、自社研究用(2足歩行)と大きく6つのカテゴリーに分かれ30種類にも及ぶ(これに加え、実際は、顧客との守秘義務により非公開のものが数多くある)。しかも、その製品の多くは実際に顧客・販路を持ち、会社全体としても黒字化に成功している。<sup>3</sup>
- ② 同社は国内外の数多くの大学研究者等と提携し共同研究開発を進めており、オープンイノベーション・ネットワークの中核となっている。そして、同社において大学からの技術シーズと現場からのニーズがマッチングされ、製品化されている。
- ③ 加えて、部品サプライヤー開拓、量産拠点の構築、販売ルート開拓、サポートサービスや保険の整備、実証実験の場の開拓といった、いわばサービスロボット産業の関連インフラの形成を様々なパートナーと協働しながら実行している。そのために複数の海外拠点も設立している。

要するに、上述のロボット革命イニシアティブ協議会が想定しているのに近いようなオープンイノベーション・ネットワークを、サービスロボットの分野で既にある程度実現しているといえよう。関係会社・子会社を含めても従業員数僅か数十名の中小企業が、如何にしてこれを成し得たか、同社をネットワークの中核たらしめているコアコンピタンス

---

<sup>3</sup> テムザックは、2011年12月期で、創業12年目にして初の黒字決算を達成した。大手でもなかなか経営が軌道に乗らないなか、サービスロボット・メーカーが単独で収益を上げたのは初めてのことだったという(長妻,2014,p.131)。サービスロボットでは、現状でも、製品を実際に販売して黒字化している例は日本では少ないとみられる。

とそれを支える経営組織は如何なるものか、これを探究するのが本研究の課題である。

なお、テムザックの事例分析については、報道記事や紹介記事は散見されるが（例えば、高本,2007; 井野,2008; 高本,2009; 長妻,2014）、経営学・経済学分野での学術的な分析は、筆者の知る限りほとんど見当たらない。例外は、小柳（2009）で、日本ロボット分野でのセクトラル・イノベーション・システムの進化プロセスにおいて、同社が「急進的市場開拓企業」としての役割を果たしていることが描かれている。とりわけ、幾つかの初期のころの製品について、製品開発・販売の経緯、その過程で同社が如何に使用現場のニーズや技術ノウハウを習得していったかが分析されており参考になる。ただし、同社のオープンイノベーションの詳細とその経営的土台については踏み込んだ言及はなされておらず、本研究ではここに注目する。

そこで、以下の事例研究は、主に筆者自身によるテムザック（本社と台湾子会社）でのインタビューから得られた情報・知見に基づき、まずは事実関係を詳細に記述することを重視し、さらに上述のような視角から経営学的分析を加えている。<sup>4</sup>

以下、第2節では同社の事業発展史と製品の概略をみて、第3節では研究開発体制とコアコンピタンスを分析する。第4節は経営組織と人材育成、第5節は産業の関連インフラ形成と（期待される）政府の役割、第6節は海外展開について其々論じる。最後の第7節はまとめとディスカッションであり、「分析視角」で言及したオープンイノベーションの事例研究として注目すべき4点に則して分析結果を整理する。

## 2. テムザックの事業発展史と製品の概略

テムザックの直接の前身は食品加工機械メーカーのテムス社である。社名は、同社創設者である高本陽一社長の祖母が経営していた「高本商会」（自動車部品メーカー）のローマ字表記の頭文字（tms）から来たものである。同社は、当初、北九州市戸畑に日本水産（ニッスイ）のトロール船の基地があった関係で、そのトロール船に積まれるコンベアラインシステム（原魚加工用）を製造していた。後年、ニッスイが自社での漁を中止し外国船からの買付に転換したために、代わりに同社の国内食品加工工場向けの食品加工ライン（冷凍うどん、焼きおにぎり等）の製造を手掛けることとなった。1993年

---

<sup>4</sup> 筆者は、テムザック本社で2回（2016年6月23日、同年12月13日に実施。高本陽一社長をはじめとする数名の幹部の方々が対応）、台湾子会社のテムザックフォルモサで1回（2016年10月4日実施。川久保勇次董事長が対応）の計3回面談を実施した（本社での2016年12月13日実施の面談は、筆者の他、台湾の東海大学・劉仁傑教授と中華経済研究院・魏聡哲博士の3名で訪問した）。以下の同社の事例研究は、特に断りのない限り、面談から得られた情報・知見に基づいている（これを同社HPや各種報道記事などからの情報で確認・補強しつつ記述した。重要なものやまとまったものは出所を明記したが、断片的な情報確認のために参照しただけのものや、筆者自身の面談から得ていたのと同様の情報を伝えているものについては、細かく出所を示していない）。

に、新社屋（北九州市門司区）を作った際、コンベアライン製造で培った技術を基に受付・案内用ロボット「テムザック I 号機」を製作した。これがマスコミの注目を集め、I 号機に音声認識機能を付加し 35 通りの会話を可能とした「テムザック II 号機」を開発した。

これに加え、高本社長の夫人の実家が群馬にあり、そこに住む両親の世話が出来るようなロボットをという請いに応え、1998 年、世界初の PHS 回線を使って遠隔操作するロボット「テムザック III 号機」が開発された。ロボット頭部の CCD カメラの画像をモニターで見ながらキーボードもしくはジョイスティックで操作でき、マイクとスピーカーで音声会話も可能である。これがまた世間の注目を浴び、福岡創造的中小企業振興対策費・補助金を得て、1999 年、III 号機を改良した「テムザック IV 号機」を開発した。同機に付随する操作性・携帯性に優れたコントローラも同時に開発された。同機は 15 台製作され、うち 11 台は早稲田大学、神奈川工科大学、明治大学、金沢工業大学といった大学のロボット工学研究者や企業によって購入された（残り 4 台は、テムザック自社で保有）。

その直後の 2000 年 1 月にロボット専門メーカーのテムザック社が設立され、創設者で現社長の高本陽一氏は、前身のテムス社を父・弟に譲り、自身はロボット事業に専念することとなった。同社は新型ロボットを開発するたびにマスコミの注目を浴びていたこともあり、三洋電機やオムロンなどの大手企業を含む多くの投資家から直ぐに資金が集まり、最終的に資本金 20 億円ほどになった。

当時、サービスロボットとしてソニーの AIBO やホンダの ASIMO の開発が始まったところで、テムザックも加えたロボットメーカー数社によりロボット関連の展示会 ROBODEX 2000（会場は、パシフィコ横浜）が開催され、世間のロボットへの関心を高めることに寄与した。ここで「テムザック V 号機」（水圧駆動・汎用大型超遠隔操作型ロボット）が発表された。

以上で触れたものも含め近年までにテムザックにより開発されたロボットは、表 1 に整理されている（これを年表式にまとめたものが付表である）。なお、ここに掲載されているのはテムザックの HP で公表されているもので、この延長線上で進化した製品が数多くある（守秘義務により非公開）。

なお、テムザックは、創業の地は北九州市だが、社屋が手狭になり、また宗像市から町村合併により空いた旧玄海町役場建物を低家賃で提供するとの申し出もあり、2009 年 5 月に北九州市から宗像市へ本社屋を移転した。現在、同社は、宗像市の本社（総合企画）の他、主な拠点として、鳥取県米子市の「テムザック技術研究所 (tmsuk R&D inc.)」（医療用ロボット等の先端研究開発）と福島県会津若松市の「アイザック (AIZUK)」（医療・介護および災害対応ロボットの開発）という 2 つの関係会社、および台湾・台北の「テムザックフォルモサ (tmsuk formosa)」（ロボットの量産拠点）と英国ロンドンの「tmsuk UK」という 2 つの子会社がある。

表1 テムザックの開発したロボット（一部のみ）

用途・分野	名称・機種	解説
受付・案内	テムザックI号機	1993年1月開発。テムスの玄関ホールに設置。訪問者が目的部署を左手ボタンorタッチパネルで押すと応接室等へ案内する。案内後は、自動で元の位置に戻り、充電をしながら待機。訪問客が帰る際は、挨拶もする。
	テムザックII号機	1997年5月開発。テムザックI号機の受付・案内機能に音声認識機能を付加して、35通りの会話が可能に。北九州市の広告代理店の事務所に納品。
	テムザックIII号機	1998年3月開発。遠隔操作ロボット。PHS回線を利用して遠隔操作をする世界初のロボット実験機。ロボットの頭部に取り付けられたCCDカメラから送られてくる画像をパソコンのモニターで見ながら、キーボードまたはジョイスティックで操作できる。また、ロボットを介して音声のやり取りもでき、現場にいるような感覚を体験できる。
	テムザックIV号機	1999年10月開発。27の自由度を持ち、操作者のしぐさを伝えることのできるヒューマノイド超遠隔操作型ロボット。福岡創造的中小企業振興対策費の補助金を得た。容易に操作でき、持ち運びにも便利な操作装置の開発にも成功。
	リディック(RIDC-01)	2005年11月開発。案内・掃除ロボット。ロボット産業振興会議より製作受注。テムザック、九州工業大学ヒューマンライフIT開発センター、九州工業大学発ベンチャーのキットヒットの共同開発。
	T12-1, T12-2	2006年2月開発。ショッピングセンター向けサービスロボット(T12-1)、同行ショッピング用・遠隔コミュニケーションロボット(T12-2)。経済産業省の「平成17年度電子タグ実証実験事業」により開発。NTTコミュニケーションズとの共同開発。
	会津中央病院導入ロボット	2006年10月開発。財団法人温知会・会津中央病院(福島県会津若松市)に受付ロボット1台と案内ロボット2台を納入。受付・案内ロボットの病院への実導入としては世界初。
	イオンモール導入ロボット(T2-5)	2008年3月開発。コミュニケーションロボット。イオンモール福岡ルクル(福岡県糟屋郡粕屋町)に納入。
家庭	番電T7S	2002年開発。携帯電話で操作する家庭用ユーティリティ・ロボット。分速3mで移動。一部は、早稲田大学理工学術院高西淳夫研究室の協力。
	番電T72S	2002年開発。家庭用ユーティリティ・ロボット。T7Sと比べ、性能向上(分速15m、10cmほどの段差を乗り越える)。匂いセンサ搭載。
	番電T73S	2003年3月開発。限定50台の販売用モデル。留守宅の異常(人・音、匂い、温度など)を番電搭載のセンサが検知、外出中の持ち主の携帯電話に通報。持ち主は、TV電話機能付きのPHSによってリアルタイム画像を見ながら遠隔操作可能。
	ロボリア	2005年12月開発。留守番ロボット。番電の後継機。小型化・コストダウンを図る。留守番機能・遠隔操作機能などに加え、同機を通してお互いに相手を見ながら会話できる機能を付加。
警備	QC-SR	2002年3月開発。警備・監視等実用ロボット。NEDOの「平成12年度 即効型地域新生コンソーシアム研究開発」プロジェクトの一環で、福岡県産業・科学技術振興財団が受託。テムザック、北九州工業高等専門学校、九州工業大学などを中心とするコンソーシアムが開発した試作ロボット。ビルディング内を自動巡回し、非常時には遠隔操縦によって初期消火などが可能。
	T62K	2002年4月開発。QC-SRの後継機で試作2号機。周辺環境との親和性を考慮し、やや小型化し(全高157cm)、スピードも向上。
	T63アルテミス	2004年開発。T62Kの後継機。巡回警備用ロボット。予めプログラムした経路図に従って自動巡回し、各階の移動を人と同様にエレベータのボタンを押し乗降でき、炎センサや人感センサにより巡回中に異常があった場合、警備センターに通報。自律機能から遠隔操作に切り替わり、警備員が安全な場所から操作できる。
	ムジロー・リグリオ	2005年2月開発。NEDOの平成16年度「次世代ロボット実用化プロジェクト」(実用システム化推進事業)の委託事業により開発。T63アルテミスの開発技術をベースに、高精度のGPSや物体を認識するレンジセンサ、画像認識技術、壁をも透過する人感センサなどの最新技術を盛り込んだ。最大の特徴は、不審物除去機能で、2本の腕がある(普段はボディ内に格納)。
	T2-4	2007年2月開発。火災検知用巡回警備ロボット。九州大学、金沢工業大学、金沢星稜大学、北九州市立大学、新コスモス電機、北九州市消防局との共同開発。予めプログラムした経路図に従って自動巡回し、高感度匂いセンサや炎センサ、温度センサにより異常があれば警備センターに通報し、自動機能から遠隔操作に切り替わり、警備員が安全な場所から操作できる。
	T-34	2009年1月開発。警備会社アラコム(東京都港区)と共同開発。システム構築や施設内のLAN構築なしにロボット単体でも使用可能。携帯電話によるリアルタイムの遠隔操作で、異常発生時の迅速な現状(現場)確認および初期対応が出来る。

表1 テムザックの開発したロボット（一部のみ）（続き）

レスキュー	テムザックV号機 (T-5)	2000年11月開発。水圧駆動・汎用大型超遠隔操作型ロボット。全高2.5m、全幅1.8mの大型で危険地域で人の代わりに作業する。上半身動作の駆動部は、環境面に配慮して世界初の水圧駆動を採用。走行はガソリンエンジンを使用、クローラー方式。
	T-52援電	2004年1月発表。新型レスキューロボット。T-5の後継機。北九州市消防局、独立行政法人消防研究所、京都大学など「防災ロボット開発会議」のメンバーと共同開発。全高約3.45m、全幅約2.4m（左右腕部全開長約10m）、重量約5tの世界最大級のロボット。2本の腕を有する上半身などの制御は、本格的な力が出せるよう油圧駆動を採用。
	T-53援電	2007年7月開発。災害現場など危険地域で人の代わりに作業をするレスキューロボットの3代目。T-52援電をベースに性能テストや訓練を消防関係者と実施し収集したデータや知見を踏まえ開発。サイズダウンで機動性を向上、腕部に同期動作制御を導入しオペレーターの直感的な作業が可能に。ロボット初の車両ナンバーを取得し一般道路の走行も可能に。
共同研究2足歩行	テムザックIV-2号機	1999年10月開発。テムザックIV号機の車輪部分を6輪車に改造。およそ20cmの段差を乗り越えることが可能で、不整地での作業を想定。
	WL-16RII	2003年11月開発。福岡県、北九州市、福岡市の協力を得て早稲田大学高西研究室との共同開発。従来の2足歩行ロボットと異なり、シリンダを組み合わせたようなパラレルリンクという機構を採用。安定性にすぐれ、高速動作が可能で、出力・剛性が高く、約60kgまでの重量物を積載しての歩行が出来る。人を乗せての歩行に成功し、脚式の移動機構の実用化に向けた一歩に。
	新歩	2005年3月開発。ヒューマノイド型2足歩行ロボット。内田洋行（本社：東京都中央区）より、新潟県立自然科学館での常設展示用として受注開発。早稲田大学高西研究室協力のもと、人間の腰の旋回運動と足関節の旋回自由度に注目し、従来の歩行制御技術では不可能であったひざを伸ばして歩くことに成功。より人間に近い歩行スタイルを実現。
	キヨモリ	2005年12月開発。歩行の際にひざの曲げ伸ばしを実現。早稲田大学高西研究室との共同開発により、骨盤の2自由度回転運動を利用することで、従来のひざを曲げたまま歩く2足歩行ロボットに比べ、より人間に近い歩行スタイルを実現。また、全身39もの関節部を持ち、さまざまな動作をスムーズに表現。
	WL-16RIII	2006年4月開発。人間搭乗型2足歩行ロボット。ロボット産業振興会議、福岡市の支援を受け早稲田大学高西研究室との共同で開発。世界初の人間を乗せての屋外歩行を成功させた。実用化に向けて、誰でも簡単に搭乗することができるロボットの開発を目指し、搭乗者が車両のように移動方向と速度を決めることができる操縦用装置を開発。
医療・介護	プレホスピタルケアロボット	2005年5月開発。新型救命支援ロボット。NEDOの平成16年度「次世代ロボット実用化プロジェクト」（プロトタイプ開発支援事業）の委託を受け、九州大学らと共同開発。「愛・地球博」向けで、体調が悪くなった人がロボットに座ると、即座に病院や救護室などへ自動的に通報し、同時に患者のバイタルサインの自動測定を開始。また、緊急時に遠隔地から医師が応急手当を支援することが出来る。
	RODEM（ロデム）	2009年8月開発。新型電動車椅子ロボット。時にはロボット、時にはピークル（乗り物）、時には車いすに。高齢者・障害者・健常者のバリアをなくし、全ての人が利用可能な「ユニバーサルピークル」を目指す。
	昭和花子	2010年3月開発。歯科患者ロボット。昭和大学との共同開発。実際の治療時を正確に再現した状況下での技能試験に応用された。
	昭和花子2	2011年6月開発。「昭和花子」の改良版。よりリアルな再現性とユーザビリティを追求し、高機能でかつ人に近い形状と存在感を実現、使い易さも考慮して、歯列あるいは粘膜部等の消耗品の容易な交換と保守性、耐久性の向上も図った。

出所）テムザック提供資料、同社HP等に基づき筆者作成。

### 3. 研究開発体制とコアコンピタンス

本節では、テムザックと大学等との共同研究ネットワーク、同社をネットワークの中核たらしめているコアコンピタンス、および具体的な製品開発の流れについて詳述する。

#### (1) 共同研究ネットワーク

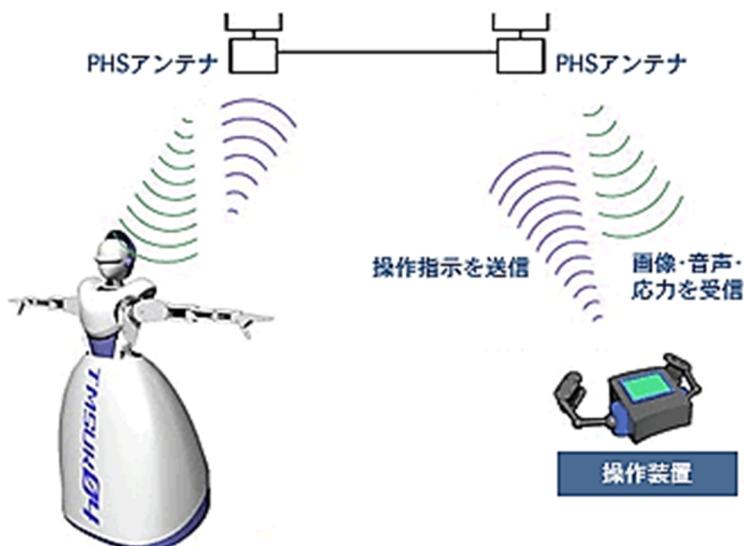
テムザックのロボット開発におけるコア技術は、以下のようなものがある（テムザックIV号機に関連して。同社HPによる）。

- ・ 移動体通信網を利用した遠隔操作：ロボット頭部の CCD カメラの映像を見ながら

車を運転するような感覚でロボットをコントロールできる。PHS などの移動体通信網を利用すれば、画像・音声・応力を受信しつつリアルタイムの遠隔操作が可能。スペイン（マドリード）から日本（福岡）間の超遠距離（約 1 万 km）遠隔操作にも成功した。現在、スマートフォンを利用してロボットを動かす技術が広まっているが、こうした移動体通信の遠隔操作については同社が特許を保有している（図 1）。

- 高度なメカトロニクスのノウハウ：前身のテムス社時代に食品加工ラインメーカーとして培った高度なメカトロニクスや制御技術が同社の強みの土台である。テムザック IV 号機では、肩の上下・左右、肘の屈伸・旋回、手首の上下・左右・旋回、そして指、首、胴、車輪 など、合わせて 27 の関節が動く高度な動作を実現。そのうち 24 まで同時動作できる。こうしたシステムを全高 120cm、最大直径 60cm のコンパクトボディに収めている。
- 人の感覚に近づけた操作系システム：操作ハンドルやモニター、フットコントローラを通して、音声や視覚に加え応力（触ったときの硬さ）もある程度判断でき、手足同時の直感的な操作も可能とした。ロボットの居る地点に操作者自身も居るかのようなリアルな感覚を再現できる。

図 1 テムザック IV 号機の遠隔操作システム



出所) テムザック HP より引用。

テムザックの社員数は、本社に 15 人、加えて米子市や会津若松市の関係会社、台湾の子会社に十数名ずつの社員がおり、全部合わせても数十名程度である（少数の管理部門人員以外は全て研究開発人員）。こうしたコア技術があるとしても、テムザック単独では上述のような多種多様なロボットの開発は不可能である。これを補うのが、国内外の大学・研究機関、企業との連携と共同研究開発のネットワークである。同社 HP に記

載されているだけでも以下のような提携・協力相手がある。先ず大学では、神奈川工科大学、金沢工業大学、九州工業大学、九州大学、京都大学、奈良先端科学技術大学院大学、明治大学、早稲田大学、企業・団体では、三洋電機、山洋電気、新コスモス電気、北陽電気、ロボガレージ、団体では、北九州市消防局、消防研究所、ロボット産業振興会議（福岡県、北九州市、福岡市）である。

とりわけ、大学・研究機関のロボットおよび関連分野の研究者とのネットワークが発達しており、こうした研究者仲間の集いに「ベータ国際ロボットセンター」と命名し任意団体として設立した（所在地は、テムザック本社と同じ）。同センターには、国内大学の研究者に加え、ソニーコンピュータサイエンス研究所、海外からはドイツのフラウンホーファー研究所、イタリアの聖アンナ大学院大学の著名な研究者も参加している。テムザックの様な企業は世界的にも珍しく、海外のメディアにも多く取り上げられており、特に欧州のロボット関連学会では非常に著名である。なお、現在の社屋は町村合併で空いた旧玄海町役場の建物を利用しており、7,000 坪の広大な敷地に空き部屋が多くあり、提携先の企業や大学研究者ごとに専用の部屋を割り当て、共同研究を実施している。

サービスロボットは、産業用ロボットほどの動作精度は必要ない反面、作業対象と周囲の状況とロボット自身の位置関係等を常に認識し、安全性を考慮しつつ自身で判断して動作することが求められ、センサー技術など多数の関連技術を必要とする。テムザックは、メカトロニクスや制御に関する基礎技術を有しており、それを核に自社で足りない技術は外部、とりわけ大学研究者との連携で補っている。実は、こうした大学との共同研究のネットワークが構築され出したのは、上述したようにテムザック IV 号機を複数の大学に販売したのが切っ掛けである。個々の大学のロボット研究は、例えば目の立体画像処理、マニピュレータ（手や指）、脚といったロボットの一部分に専門特化しており、総合化されていなかった。自らの研究成果の実験用に全身が揃ったヒト型ロボットを欲しており、そこでテムザックは IV 号機を材料費だけの比較的 low 価格で販売し、引き換えに研究者の技術・ノウハウを提供させ、これを共同研究を通して吸収していったのである（特許の取得）。また、研究者側からみても、自身の研究成果を試作あるいは商品化しその有用性を証明してくれるメーカーが必要であり、研究者の方から売り込んでくることも多い。あるいは官公庁や企業からの開発委託を受ける際、研究室自らが行うよりもテムザックを窓口にする方が面倒が少ない、といった事情もあるという。

テムザックの高本社長によれば、サービスロボットは、未だ産業として十分確立されておらず、この様な段階においては、個別研究では企業よりも大学・研究所の方が進んでいる。ロボット企業の実力は、大学とどれだけネットワークを有しているかで決まる部分が大きいという。テムザックはサービスロボット開発の草分けとして、逸早くこうしたネットワークを構築・拡充し、次々と新たな発想を生み出すことで、小規模企業でありながら他の追随を許さない存在となっている。同社に対しては、国内の複数の地方

自治体のみならず外国政府からも引き合い、拠点の設置（および本社の移転）の誘いが多く寄せられているのだが、その理由のひとつは、同社を誘致することでこうした大学等とのネットワークを一挙に引き寄せることが出来るからである。

上述のように、テムザックには国内に 2 つの関係会社がある（海外拠点については、後述）。そのうちひとつは、鳥取県米子市にある「テムザック技術研究所」である。ここでは、鳥取大学医学部附属病院との連携で次世代の医療用ロボットの研究開発を行っている。鳥取大学医学部附属病院は、2010 年、山陰地方では初となる米国製手術ロボット「ダ・ヴィンチ S」の導入を発表し、それ以来、現場での手術実績・運用技術を蓄積している。これを含めた先進的な試みを実施し、手術現場で活用する支援機器などの提案、様々な医療機器プロトタイプ開発を行っている。テムザックは、鳥取県の平井伸治知事の強力な後押しもあり、医療技術の取得と研究開発のために、2014 年 3 月に「テムザック技術研究所」を設立した。鳥取・米子地区の人材（U ターン組も含む）を中心に採用し、また、鳥取大学医学系との連携により工学系の人材が医学系で学ぶことも推奨している。<sup>5</sup>

福島県会津若松市に 2012 年設立されたアイザックは、同社の筆頭株主でもある温知会会津中央病院と協力し複数の医療・介護ロボットの開発に取り組んでいる。例えば、2012 年より開発を進めてきた移乗・移動ロボット「Keipu（恵風）」は会津中央病院で試験運転中である（図 2）。加えて同社は、大震災と原発事故を経験した東北地方に立地していることを背景に、原発廃炉や災害・重大事故時の災害救助・復旧に活用されるロボットの開発も進めている。このため、医療機関・福祉関連企業、原発関連企業とアライアンス（事業パートナーシップ、開発委託契約）を有し、複数の大学（会津大学、千葉大学、九州大学病院、長岡技術科学大学、東北芸術工科大学等）と技術提携を結んでいる。<sup>6</sup>

図 2 「Keipu～恵風」



出所) 画像はアイザック HP より引用。

<sup>5</sup> 以上のテムザック技術研究所に関する記述は、テムザック本社での面談（2016 年 6 月 23 日実施）からの情報と「テムザック技術研究所」の HP に基づく（<http://www.tmsuk-rd.jp/>）。

<sup>6</sup> 以上の記述は、アイザック社の HP に基づく（<http://www.aizuk.jp/>）。

## (2) コアコンピタンス：インテグレーションと実用化の能力

さて、テムザックがリソースに限りのある中小企業であるにもかかわらず、こうしたオープンネットワークの中核になり得ている理由について更に踏み込んで検討しよう。同社でのインタビューから筆者が理解したところによると、その秘訣は、端的にはインテグレーション（総合化）能力と実用化（製品化）能力であると考えられる（しかも、両者は密接に関連している）。先ず、インテグレーション能力の具体的内容について次のような趣旨の発言があった。

- ・ テムザックは、どちらかというところある特定の技術で突出しているというよりは、特定の技術の組合せを出来る技術を持っている会社。ロボットは総合技術で、機械、電子、制御、ITなどが全て必要である。
- ・ テムザックは、ロボット工学をやっている国内外の大学 Top レベル 50 校ぐらいと協力関係がある（契約を結んでいる）。自社で出来ないところは、其々の専門の先生に依頼すればすぐに出来る。その先生たちも其々自分の得意分野では秀でているが、他はよく分かっていない。テムザックは概ね全部が分かっており、ロボット全体を構築できる。しかも多数の優秀な研究者とのネットワークがあるので、1社では出来ない場合でも、これを活用して最先端のものを作製できる。
- ・ 研究開発の成果に関しては、重要な特許はほとんどテムザックが押さえている（大学研究者との共同申請もある）。

これを要約すると、ここでいうインテグレーション能力とは、上述の高度なメカトロニクスや移動体通信の遠隔操作といった基礎技術を土台に、<sup>7</sup> ロボットの開発・製造に必要とされる様々な要素技術を掌握しており、さらに多数の（個々の分野で）優秀な研究者とのネットワークを活用して、先端的なロボットを迅速に開発できる能力を指すとみられる。同社と協力関係にある学者は、大学の数で約 50 校、先生の数で約 100 人であり、国別・地域別では、7割ほどは日本で、あとは欧州、アジア、サウジアラビアである。この中には、日本ロボット学会会長の早稲田大学の高西淳夫教授や欧州のロボット研究の中心人物であるイタリア聖アンナ大学院大学バイオロボティクス研究所（BioRobotics Institute）のパオロ・ダリオ（Paolo Dario）教授も含まれる。さらに、大学教授の指導下にある学生も含めると、同社の社外ネットワークは相当の規模に達する。例えば、協力関係を有するある大学教授の下に 10 名の学生がいるとして、その教授の得意分野の開発業務を依頼することもあり、この場合、（学生全員を動員するとしたら）11 名の「外部兵力」を使っていることになる。

次に、実用化（製品化）能力に関しては、次のような趣旨の発言があった。

---

<sup>7</sup> テムザック本社での面談では、コアとなる基礎技術として、高精度のメカ（カム、ギア、リンクなど）を作る技術が特に強調されていた。それに対して、IT や制御（超高度のものは別として）は世界的に人材も多く、半導体チップは外部調達容易で、それほどの希少性は無いようである。

- 大学の研究室が作製したロボットは、多くはオモチャ的で耐久性がない。実用化には程遠い。
- 産業用や研究用ロボットと違い、(商品としての) サービスロボットはスタンドアローンで移動するものなので、サイズや重量に一定の制約がある。
- 全部最先端のパーツ/モジュールを使えば、凄いものが出来るかもしれないがその分コストが嵩む。民生用として求められている中で必要なスペックを満たすべく、コストをかけてでも高性能が必要な部分とコストダウンのために多少性能を落としてもよい部分を切り分けないといけない。
- 加えて、バッテリーの交換が簡単に出来る仕組みなどの使い勝手の良さも考慮する必要がある。

要約すると、実用化(製品化)能力とは、耐久性、サイズ、重量、コスト、多様なパーツの選択肢、使い易さを考慮しつつ、サービスロボットとして必要とされるスペックを満たすべく最適解を見つけ出す能力を指している。

なお、テムザックのロボット開発は、これまでの説明からオープンイノベーションと看做せよう。一般にオープンイノベーションは製品アーキテクチャとしてはモジュラー化を伴うことが多いのだが、テムザックのロボットではモジュラー化は出来ていないという。上述のように、既存研究では、一般に日本企業はモジュラー化した製品では競争力を維持できず、擦り合わせ型商品でのオープンイノベーションでこそ優位性が確保されるという。ただし、このような経営が出来る組織能力は簡単には構築できないとされる(延岡, 2010)。

ここで言及したテムザックのコアコンピタンス(インテグレーションと実用化の能力)は、擦り合わせ型の構造とオープンイノベーションの組合せを実現する鍵とあってよいだろう。他方、日本の大手企業におけるサービスロボット開発の多くは基本的にクローズド・擦り合わせ型ではないかと推測される。テムザックはリソースの限られた中小企業であるため否応なくオープン化の途を行かざるを得なかったのである。当初どの程度戦略的・意図的にこの方式を選んだかは不明だが、幅広い要素技術と現場ニーズに関する情報を必要とするサービスロボットの開発ではこれが有利に働き、今のところ当該分野で先駆者としての立場にあるのである。<sup>8</sup>

### (3) 製品開発の流れ

テムザックにおける製品開発の具体的な流れは、ほとんどの場合、先ず、現場からのニーズが来て、高本社長が基本的なアイデアを出し、それをエンジニアが具体的な図

<sup>8</sup> 高本社長へのインタビュー記事によれば、「民生用ロボットメーカーは大小 20 数社ありますが、当社の強みはオープンで敷居が低いことです。大手は 100 人位のロボット開発チームが秘密のベールの奥で密かに研究しています。当社は 20 人ですが、... いざとなると外部の研究者や学生ら 100 人位でチームを組みます」とある(長妻, 2014, p. 133)。

面に落とし込む、というものであるという。例えば、後ろ乗りの電動車椅子ロデム (RODEM) については (ロボットの外見については、図 3 や付表を参照せよ。以下同様)、先ず、九州大学医学部の先生よりニーズが来た。従来型の車椅子は、患者をベッドから車椅子に移乗させる際、患者を持ち上げ、腰を回転させて座らせるため手間暇がかかり、患者と看護者の負担も大きい。それを何とかするようという要請である。これに対して、高本社長が業務用チェアに反対向きに座ってテレビを見ていた時に、後ろから乗って座る方式を思いつき、背当て部分のみを残し座席部分を自転車のサドルに付け替えたコンセプトモデルを作成し大学側に提示したのだという。

また、レスキュー用ロボット (テムザック V 号機) については、1995 年の阪神・淡路大震災の後に、北九州市と神戸市の両方の消防局から (北九州市の消防局も援軍を送り出した)、生身の人間の場合、(訓練された消防隊員でも) 災害現場での救出作業では短時間しか体力がもたないため、1 日中活動できる 2 本の腕を持つロボットを作ってくれと要請されたのが始まりである。この場合も、高本社長が双腕ロボットのラフスケッチを描いてエンジニアに詳細な設計図を作成させた。ただ特筆すべきは、担当エンジニアが非常に優秀で、当時まだ 3 次元 CAD が普及していなかったにもかかわらず、一人で僅か 3 ヶ月でロボット全部の図面を描き上げたのだという。

遠隔操作ロボット (テムザック III 号機) に関して言うと、この場合はやや特殊だが、高本社長の夫人の要請で、群馬の実家にいる母親の傍にいわば分身としてのロボットを置きたいという希望から出たものである。即ち、PHS のデータ伝送を利用し、音声と画像をやり取りできるのに加え、こちらのモニターとコントローラを通して操作すれば遠隔地に置いたロボットもその通りに動作し、母親を介助するといったことも可能になるのでは、というアイディアである。

このようにテムザックの製品開発においては、奇抜なアイディアを出せる高本社長とその意を受けて新奇のものを (しかもロボット全体を) 短期間で図面に落とし込めるエンジニアの存在が不可欠の役割を果たしている。技術者の背景を持たない同社長が、こうした発想力を発揮できる理由は今後の研究課題である。<sup>9</sup> なお、同社は開発型ベンチャーだが、社長自身がそうであるように、技術者のみの集団ではない。要所には証券会社やコンサルティング会社等の出身者が配置され、これが技術者だけでは出来ないような発想の転換を促すのだという。<sup>10</sup>

---

<sup>9</sup> 高本社長は、神奈川大学法学部に在籍していたが、学生時代は法学ではなく考古学に没頭していた。卒業後、一旦 TCM (フォークリフトメーカー) に就職し、その後、北九州に戻ってきて父親の会社 (自動車メーカー等数社のディーラー) を継いだのだという。経営不振に陥っていたこの父親の会社と祖母の会社 (「高本商会」。自動車部品メーカー) を整理統合し、テムス社を設立。上述のように、コンベアラインや食品加工ラインの製造を手掛けた。ロボットに必要なメカトロニクスの技術は自動化機械の製造から学んだのである。

<sup>10</sup> 「医療や福祉向けロボット テムザック、海外を開拓」『日本経済新聞 電子版』(2015 年 3 月 9 日) (<http://www.nikkei.com/article/DGXMZO83913660T00C15A3000000/>) より。

ただし、「現場からのニーズ→高本社長による基本的なアイデア→エンジニアによる設計」という流れの例外もある。デントロイド（昭和花子）については、工学院大学と昭和大学の研究者が元々デントロイドのプロトタイプを既に作製していた。デントロイドとは、歯科学生の臨床実習用に開発されたロボットで、眼球や舌の動き、顔の表情、口の開閉や痛みへの反応など実際の患者の動きを臨場感をもってシミュレーションできるようにしたものである（濱口他, 2014）。ところが、大学研究者の作製したものは耐久性等の点で実用化には程遠く、関係する大学教授からの依頼によりテムザックが設計を全部やり直したのである。口の開閉や首の動きのような個々の技術は各研究者が持っていたので、その研究を参考にして同社が実用性を高めたのだという。

また、人間と同様に動ける2足歩行ロボット（キヨモリ等）は、外部からのニーズに応えるためではなく、自社の技術レベル向上のために取り組んでいるという。動歩行<sup>11</sup>を実現するために多数のモーターの制御による瞬時における位置決めや機械部品の高い精度が要求されるため技術的にフラグシップモデルと看做される。

図3 テムザックのロボット製品の例



出所) 各画像は、テムザック HP より引用。

一部例外はあるものの、テムザックの製品開発は、(初期の作品は除いて) 同社自身の興味で作ったものは少なく、基本的に先ずニーズ(顧客)があり、そこにロボット技術を応用して商品化したものが大部分である。しかも同社は、自分からニーズや顧客の開拓を積極的に行うことはなく、むしろユーザー(大企業も含む)の方から同社に開発

<sup>11</sup> 歩行の形態には静歩行と動歩行がある。静歩行とは、重心の路面への投影点が左右いずれかの足の裏に位置するような歩行法であり、安定的だが床面が平らでないといけないなどの制約がある。動歩行は重心の路面への投影点が足の裏から外れる歩行法のことであり、人間の歩行もこれに入る。制御が難しく転倒しやすいが、でこぼこ道などでも対応できる。2足歩行ロボットの研究対象になっているのは主に動歩行であり、加速度や床からの反力などといった状況を的確に掌握・判断し制御するための技術開発が必要になる(以上は、Wikipedia「二足歩行ロボット」を参考にした)。

依頼が舞い込んできて、それを処理することで手一杯という状況である。同時に、上述のように大学研究者からの技術シーズの売り込みや商品化の打診も多い。このように、同社においてニーズとシーズが出会い、そしてそれを実用性のあるロボット製品に仕上げることができる企業は少ないため、自然と同社に案件が蓄積するのである。しかも、同社は、あくまでもメーカーであり、こうした案件の中で量産化に繋がるもの（顧客が将来量産品として欲しているもの）を重視する。ただし、これまでのところ本格的に量産化された製品は少なく、家庭用留守番ロボットのロボリアが約 2,000 台出荷されたのに加え、後ろ乗り電動車椅子のロデムが今後量産商品となることが期待される。

なお、表 1 と付表に示されるように、テムザックが扱うロボットには、受付・案内、家庭、警備、レスキュー、2 足歩行、医療・介護といった用途別に幾つかの系統に分かれている。ロボットの開発においては、系統が同じならその一部分を使いまわすこともある。また同系統の中では旧型のをベースに改良・発展させるモデルチェンジのようなことは当然ある。守秘義務により公開できないが、表 1・付表の各系統の延長線上で進化して行っている製品も数多くある。

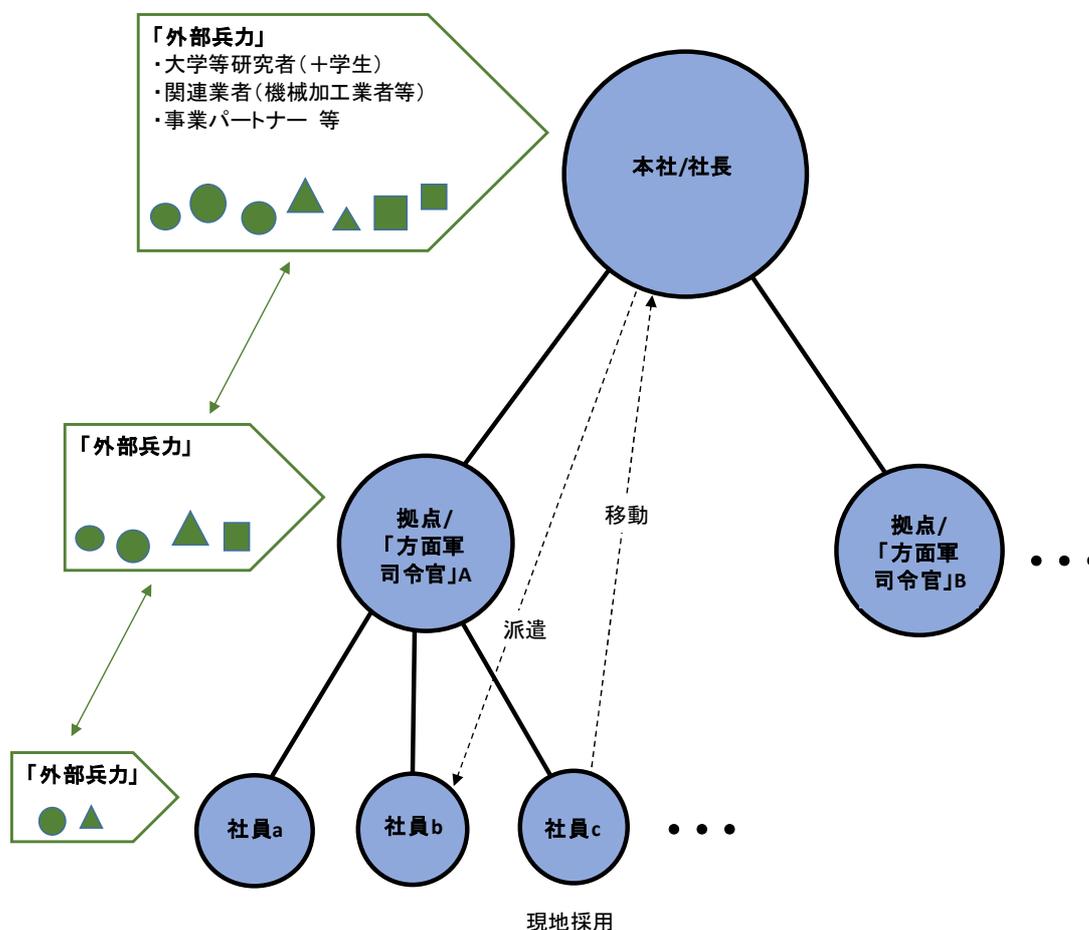
#### 4. 経営組織と人材育成

前節のコアコンピタンスの分析で、オープン・擦り合わせ型のイノベーションネットワークがテムザックの優位性の源泉と述べた。他方、一般にこうした経営が出来る組織能力は簡単には構築できないとされている。同社の場合、インテグレーションと実用化の能力がオープンイノベーションの中核たり得ている理由とみられるが、ここではこれを裏付ける経営組織の特徴と人材育成について可能な限り解説しよう。

##### (1) 経営組織の特徴

テムザックの経営組織と人員については、先ず本社（福岡県宗像市）に社長を含め 15 名の社員がいる（大部分はエンジニア）。その下に国内外の拠点がある。主なものは、現状では、米子市（テムザック技術研究所）、会津若松市（アイザック）、台湾・台北市（テムザックフォルモサ）、および英国ロンドン（tmsuk UK）の 4 ヶ所である。この関係会社・子会社の社長クラスの人材は、其々の拠点の運営を任せられ、戦闘集団の作戦実施体制に擬え「方面軍司令官」と呼ばれる。各社長（「方面軍司令官」）の下に社員（大部分がエンジニア）が 10 数名ほどおり、主なスタッフは本社から派遣され、他は現地採用社員だが、これも本社直属で「方面軍司令官」に仮に預けているという扱いになっている。従って、現地採用社員が本社へ移動となることもあり得る。なお、本社は関係会社・子会社と社員数的には大差ないが、主要な研究開発に加え総合企画や営業戦略、主要な外部パートナーとの関係構築等の中核機能を担っているという。

図4 テムザックの経営組織（イメージ図）



注) 「外部兵力」の枠内にある図形の形や大きさ、数は厳密な意味はなく、あくまでもイメージである。  
出所) テムザック本社での面談（2016年12月13日実施）からの情報に基づき筆者作成。

上述のようにテムザックは多数の大学研究者（およびその指導下にある学生）等と協力関係にあり、こうした「外部兵力」を使いこなすことで、会社本体は限られた人数でも多種多様なロボットの開発に迅速に対応できている。「外部兵力」の中には、広義には機械加工業者や製造外注先などの関連業者、および事業パートナー（共同研究関係にある企業、医療・介護施設など）も含まれる。本社・高本社長がこうした「外部兵力」多く抱えているが、「方面軍司令官」もある程度独自に「外部兵力」との協力関係を構築する。さらにその下にいる個々の社員（エンジニア）も同様の人脈を大なり小なり自身で開拓している。上位者が下位者の持つ人脈を必ずしもカバーしているとは限らないが、必要に応じて融通し合う（図4）。

テムザックは様々な系統のロボットを開発しているが、「方面軍司令官」クラスでロボットの系統別の分担はあるかという、特に決まったものはないという。無論、関係

会社・子会社レベルでは、其々役割分担がある。例えば、テムザック技術研究所は医療福祉系に重点があり、アイザックは医療介護と災害救助・復旧対策を専門としており、テムザックフォルモサは主に量産拠点としての役割が期待されている。しかし、「方面軍司令官」は、ある拠点での任務を終えると、他の拠点への移動を命じられることもあり得る。では、「方面軍司令官」レベルの人材は、あらゆるタイプのロボット開発と関連業務に予め通じていなければならないかと社長への面談で問うたところ、「行けば覚える」とのことであった。

## (2) 人材育成

さて、一般社員（エンジニア）レベルでの人材育成についてみてみよう。同社のエンジニアは図面を描く能力が高く、新奇のものにも躊躇せず迅速に取り組む傾向がある。体系的なトレーニング・コースのようなものは設けられておらず、教育方法を強いていえば、個々の社員の能力の範囲を把握した上でわざとそれを超える課題を与えプレッシャーを加えることである。それに必死に喰らいついていくうちにレベルが向上するのだという。先輩エンジニアが若手をサポートするのかといえば、そうした指導が制度化はされていない。先輩社員自身も自分の能力を超える課題を与えられているので、自身のことで手一杯である。それでも先輩に熱心に尋ね、徒弟制さながらに仕事を覚えていくしかない。加えて、上述のように、各社員が大なり小なり外部の大学教授等と人脈を開拓し、課題の一部を委託することで「外部兵力」を活用することを覚えていくのである。

社員をロボットの系統ごとに専門的に育成しているかといえば、社員の人数が少ないためそうした分担はなく、せいぜい小型ロボットと大型ロボットという大まかに2つのグループに分かれるくらいである<sup>12</sup>（上述のように、拠点ごとの分業はある）。会社自体が、どのようなタイプのロボットの開発を要請されることになるか分からないため、一人のエンジニアに様々なタイプのロボット開発を経験させ、応用力と効率性の向上を図るのである。

この他、中小・ベンチャー企業の場合、研究開発人員でも様々な業務をこなすことが要求される。例えば、テムザックでは、試作品や少量生産の場合、ロボットの設計開発だけでなく組み立て作業も社員のエンジニアが自らの手で行うケースもある（部品は外部調達）。また、入社間もない新人がロボット関連のイベント参加のため海外出張を命ぜられ、あるいはショートノーティスで海外赴任の指示が出される（住居等の手配も自身で行う）といった難題を課されることもある。これが、真のニーズを理解するセンス

---

<sup>12</sup> 以上は、筆者によるテムザックでの面談時の話によるが、過去の記事によれば、同社でのロボットの分類はもう少し細くされている。即ち、「大型分類」（T-52 援竜をはじめとする災害救助用ロボット）、「中型分類」（各種の受付・案内ロボット、アルテミスなどの警備ロボット）、「小型分類」（番竜、ロボリア等の家庭用サービスロボット）、「研究開発分類」（2足歩行ロボットやプレホスピタルケアロボットなどのフラグシップ的なロボット）の4つである（井野, 2008）。

を身に着けることを含め、様々な学習の機会となるのである。制度化された手続きや細かな分業、手厚いサポートに慣れた「大企業的な人」には馴染みにくい社風であろう。

上述のようにロボットの開発は電気、機械、制御など多くの専門分野に跨る統合技術であり、テムザックのコアコンピタンスのひとつはインテグレーション能力である。ここでは、複数の異なる専門分野を理解し全体をコントロールできる人材が必要である。こうしたいわばプロデューサー的役割を主に果たすのが「方面軍司令官」である。ロボット開発では、自分の専門領域だけに専念するのではなく、他の専門家と意見交換することが必要である。その下にいるエンジニアも其々そのようなことが出来るよう鍛えられていくのであり、将来成長して「方面軍司令官」になることもあり得る。

以上をまとめると、テムザックでは体系だった社員教育制度はなく、個々の社員の能力を見極めた上で現場に放り込みプレッシャーを与え様々な業務を経験させるという方式である。ロボットの設計開発自体でも様々なタイプのロボットを経験させる。その中で自身の専門領域をこえたロボット開発・製造の全体像を理解できるようになっていく。加えて、大学研究者等の社外の人脈も開拓し、自身の不足を補うことを覚えていく。このようにして成長した人材が、やがて「方面軍司令官」（関係会社・子会社社長クラス）の役割を担えるようになっていく。こうした人材を複数抱えることで国内外の拠点を設立し、各種ロボットの研究開発、量産体制や実証実験の場の整備を進めて行く。拠点ごとには一定の機能分担はあるが、「方面軍司令官」は特定の拠点に固着するとは限らず、任務を終えると他の拠点に移動させられる可能性もある。関係会社・子会社社長クラスでも、拠点ごとの異なる機能への適応は任地に飛び込んで実践を通して覚えていくといった方式である。

## 5. 産業の関連インフラ形成と期待される政府の役割

サービスロボットは、未だ産業として十分確立しておらず、そのパイオニアであるテムザックは、製品開発に加え、量産体制や販売網、保険、サポート体制などを含む産業の関連インフラ（エコシステム）構築を自ら率先して行うことを迫られる。ここでは、中小企業であるテムザックが、この課題にどのように取り組んでいるかをみる。

まず、同社では、製品の製造（特に量産）に関しては、例外もあるが、<sup>13</sup> 出来るだけ自社で製造ラインは持たずアウトソーシングする方針である。ただし、アウトソーシングにはリスクもあり、優良な委託先の開拓と管理が必要である。<sup>14</sup> なお、量産拠点（委

---

<sup>13</sup> 本社から車で20分ほどの住宅街にレスキュー用ロボットを製造する自社の「秘密の工場」がある（「医療や福祉向けロボット テムザック、海外を開拓」『日本経済新聞 電子版』2015年3月9日）。また、デンタロイドについては、今のところ年間数台程度の出荷であり、自社の工作室で組み立てている（パーツは、外部調達）。

<sup>14</sup> アウトソーシングのリスクとしては、例えば、「05年に開発したロボリアは大口の顧客が付き、3000台の量産を始める。しかし、生産委託先の生産が納期に間に合わず、失注、約1000

託生産管理)の役割は台湾子会社が担当することが想定されている(後に詳述)。

製品の販路開拓については、製品ごとに異なる。例えば、家庭用留守番ロボット「ロボリア」は、高島屋のような外商ルートによった。テムザックと提携するオムロンがヘルプデスクを設け、メンテナンスも担うという体制である。また、歯科患者ロボット「昭和花子」では、日本国内ではある歯科医療専門商社に販売権を託し、海外については歯科学教育と歯科模型・歯科材料の大手メーカー(日本企業)に販売権を託し、当企業が持つ世界中のディストリビュータや歯科大学とのネットワークを活用している。無論、こうした大手代理商にとってもロボット販売は初めての経験であり、販売戦略はテムザックと協議して決める。加えて、テムザックは特定顧客向けのカスタム品も数多く手掛けているが、この場合は、開発費は顧客持ちであることに加え、販路も既に確保されている。実際は、有名大手企業からも含め開発委託が数多く舞い込んできており、自ら売り込むよりも、こうした依頼に対処することで手一杯であるという。こうしたカスタム品も含め、同社の製品は、基本的に全てエンドユーザーが始めからおり、また必要な技術を調達するための協力関係にある大学の研究者が存在している。

家庭用ユーティリティロボット「番竜限定販売機 BANRYU-T73S」では、本格的なメカに適合した保守・サポートサービス体制、運転教習体制、保険、購入にかかるファイナンスなどを三洋電機グループ、オムロングループらの協力で構築した。なお、保険に関しては、東京海上に日本(そして世界)で最初のロボット保険(家財保険、PL保険)を作らせた。こうした初めての試みでは、大企業(東京海上)も関心を持って積極的に関与するのであり、先駆者ならでは優位性といえる。<sup>15</sup>

以上のような産業の関連インフラは基本的に民間主導で構築されているが、法整備や規制緩和など政府の役割が期待される分野もある。例えば、かつてテムザックが、PHS回線による遠隔操作可能なテムザック III 号機を使い北九州市小倉北区の商店街でソフトクリームを手渡す実験を行った際(1998年9月)、福岡県警から公道の不許可使用として道路交通法違反の疑いを指摘された。これが麻生渡福岡県知事(当時)の耳に入り、後に「ロボット開発・実証実験特区(ロボット特区)」の申請に繋がった(福岡県・福岡市・北九州市が共同で申請。2003年11月に認定)。<sup>16</sup>ただ、テムザックは、政府が「特区」設立(規制緩和)をすれば新しい産業が興るということではなく、(この事例

---

台の大量の在庫を抱える。社員の給料も払えなくなり、やめる社員が相次いだ」とある(「医療や福祉向けロボット テムザック、海外を開拓」『日本経済新聞 電子版』2015年3月9日)。<sup>15</sup>現状では「ロボット保険」のようなリスク全般を包括したものは存在しない。しかし、各種のリスクを保証する既存保険商品の組み合わせでリスク対応が可能になる(ロボットの種類によってリスク内容も異なるため、個別の保険商品設計となる)。なお、「NPO 法人ロボティクス普及促進センター」(2011年1月設立)は、東京海上日勤の損保代理店「ロボット保険サービス」として登録されており、ロボットに関する各種損害保険などの提案を2013年4月から行っているという(以上、NEDO, 2014, pp. 4-73~4-74)。

<sup>16</sup>「ロボット開発・実証実験特区(ロボット特区)」の認定については、「福岡市アイランドシティ」HP (<http://island-city.city.fukuoka.lg.jp/news/detail/254/back:1>) 参照せよ。

にもみられるように) 先ず民間が新しいものを示し、それが有用と認められれば制度は変わる(変わらざるを得ない)という発想法をとっている。

これとの関連で、政府に期待する役割について、テムザックの考え方を紹介する。ロボット開発の補助金についていうと、公的補助金が開発費の100%をカバーするのでない限り魅力が少ないのだという。すなわち、研究開発補助で全額賄えるならそれ専用の研究開発をすれば済む話である。しかし、研究開発費の一部しかカバーされない場合、(実際には、そのプロジェクトの基礎を築くために、それまでに膨大な投資をしている場合が多く)最後の段階で開発費の一部の補助を受けた見返りに研究成果を公開(もしくは、権利の政府への譲渡)が要求されるなら割に合わない。中途半端な補助金には、企業側も本当に貴重な技術・データは出さないだろう、とのことである。従って、補助金は開発費(利益も含めて)を100%カバー出来るものが望ましい。さもなくば(あるいは、これに加えて)、成果物の技術・製品を政府が買い取り実際に使用してその有用性を実証・宣伝し、さらに輸出できるものはその促進策を講じるといった支援の方が有用である。<sup>17</sup>既に確立された産業なら基本的に民間主体で行うべきだが、これから興る産業の場合は政府がこうした面で積極的な支援を行う国が有利になるという考えである。

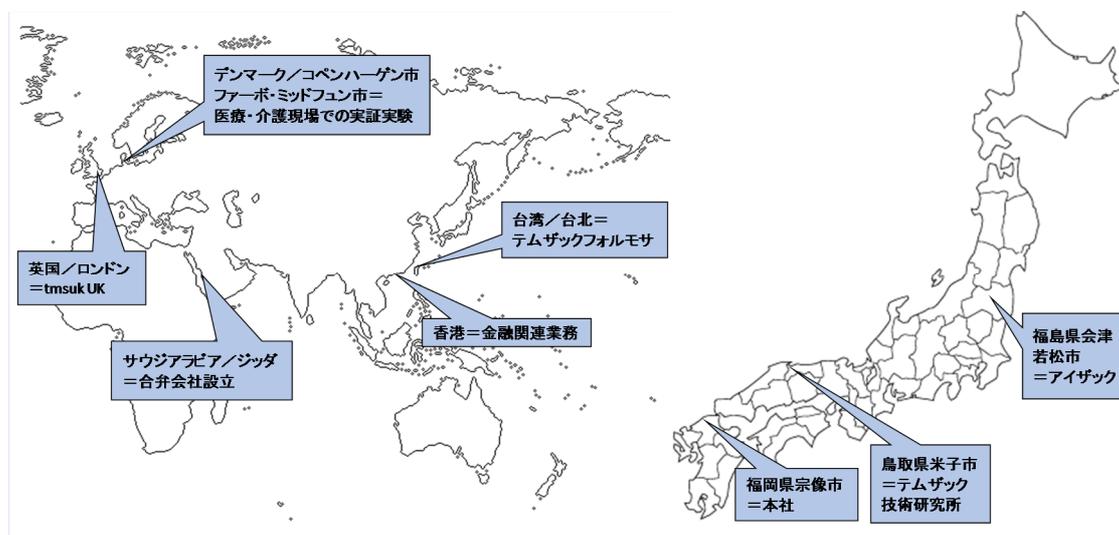
## 6. 海外展開

日本の中小・ベンチャー企業の場合、海外展開(販路開拓や製造拠点構築など)を自力で行うことに困難を覚えることが多いが、テムザックはこの点でも積極的な取組を見せている。上述のように、同社は製造は出来る限りアウトソーシングする方針であり、台湾にはそれに向けた拠点が設立されている。加えて、香港、サウジアラビア、英国、デンマークにも其々異なる目的を持って拠点が構築されている。本節以下では、同社の海外展開を台湾とその他の国・地域に大別して検討する(同社の国内外の拠点分布は図5を参照せよ)。

---

<sup>17</sup> 高本社長への数年前のインタビュー記事でも、産業に育てるには何が必要かの問いに対して、「まず、使ってみることが必要ですね。使うことで、見えてくる問題点やニーズがある。実際に使ったところが勝ちですよ。今、ロボット産業に力を入れているヨーロッパの多くの国では、国家がロボットを買おうとしています。日本政府はがんばれと声援はくれるけど、買ってくれない。...このままだと、きっとヨーロッパなどに抜かれてしまうと思います」と述べている(高本, 2009, p. 48)。

図5 テムザックの国内外の拠点分布



出所) 筆者作成。

### (1) 台湾子会社

台湾には、2011年に、100%子会社「テムザックフォルモサ(天目時科股份有限公司)」(台北市)が設立された。<sup>18</sup> 元々は、日本で研究開発・製品化し、台湾は製造拠点(主に委託生産)とすることが意図されていた。主にデンタロイド「昭和花子」と後ろ乗りの電動車椅子「RODEM」(ロデム)を取り扱っている。台湾は、電子産業や機械産業が発展し、コストパフォーマンスの良いものづくりの基盤が存在するとみられている。特に、RODEMに関しては、台湾は通常型の電動車椅子の製造で世界有数のシェアを有しており(受託生産も含む)、ロデムの部品の多くは通常型電動車椅子と共通であるため、ロデムの開発(様々なシリーズがある)と製造、部品・加工品の調達では有利と期待される。デンタロイドとロデムに関しては、現状では、まだ本格的な量産は行われておらず、少量生産や試作品開発を行う段階である。製造のサプライチェーンを台湾に構築するための努力が今後も続いていくであろう。<sup>19</sup>

<sup>18</sup> 以下のテムザックフォルモサの記述は、主に筆者による面談(2016年10月4日実施。川久保勇次董事長が対応)から得られた情報に基づいている。また、魏(2016)も参考にした。

<sup>19</sup> 現地で同社のスペックに合う水準のものを開発できる企業を育てていく取組みは進行中である。なお、面談によれば、台湾はものづくり基盤が整っているといわれるが、実際の運用面では簡単にはいかないことも多いという。まず、部品の何割か(精度の高いオリジナルの部品)は日本から輸入する必要があるが、為替レートによっては、日本で作る方が有利な場合もある。試作・少量生産の場合、一部の部品は、小ロットでの販売に応じてくれるメーカーが台湾にはないこともある。従って、部品調達費が必ずしも安価であるとは限らない。加工費と人件費の一部では低コストが期待できる。試作用の拠点としては、台湾のメリットは主に仕事のスピードであろう。ただし、これに関しても、先方との付き合い方によりけりで、信頼関係を築き融通が利くようになるまでには一定の期間を要する。品質・性能面でも、加工品の発注で、最初は

当初、量産拠点（委託生産管理）として考えられていた台湾子会社は、現状では、本社からきた研究開発業務を一部担っている。台湾子会社には、10 数名の社員がおり、うち半数以上がエンジニアである（エンジニアは、全員台湾人材）。では、研究開発拠点としての台湾の状況はどうであろうか。まず、人材レベルについては、「(大学で関連分野を専攻し入社してきた人材は) 其々の分野ではそれなりの技術を持っているものの、それをロボットとして総合化する能力は、入社当初はほぼない。大学でそういうことを教える文化が発展していないので、入社後一から学んでもらう」のだという。ただし、台湾の人材は発想力が豊かで、直面する問題に対して、若いエンジニアが試行錯誤してアイデアを結構出してくれるという評価もされる。<sup>20</sup>

大学・研究機関との連携については、台湾ではそれほど進んでいないようである。台湾には優秀な研究者は多いが、どちらかというところ、世界にまだ存在しない新奇のものに挑戦するというよりは、日本や欧米の先進諸国で既にあるものを再現する、若干の改良を加え、(あるいは、性能はやや劣るとしても) コストを抑えて実現するといったことを重視する傾向があるのだという。テムザックは最先端もしくは新奇のものを必要としており、既に協力関係を持つ日本や欧州の研究者が行っていない研究・技術を有するのではない限り、連携する魅力は乏しい。<sup>21</sup>

実証実験の場としてはどうであろうか。現在公表されている限りでは、テムザックは台湾での実証実験を行っていない。ただし、台湾政府がサービスロボット産業の育成に積極的に取り組む姿勢があれば、今後、台湾で作ったものがひとつのデファクト・スタンダードとなり世界市場へ発信されるということもあり得る。台湾は国の規模が小さい分、規制の多い日本と比べ迅速に行動できる可能性があり、未だ確立されていない産業分野では、政府の取り組み如何で競争力が左右される余地が大きいという。<sup>22</sup>

---

こちらの期待水準をかなり下回るものが納品されることがあり、度々要求・交渉してようやく十分な水準に到達するのだという。台湾での製造拠点設立では、こうした関係性の構築と適当な加工業者を複数開拓するための手間と時間を十分考慮する必要がある。

<sup>20</sup> 台湾人エンジニアを雇用する主な利点としては、労働コストの安さ（同レベルの人材で、日本の3分の2程度）がある。逆に、難しさとして人材流動率が高いことがあげられる。

<sup>21</sup> テムザックは、台湾の代表的研究機関である工業技術研究院（ITRI）とも研究開発面での協力関係を有していた。2014年には、ITRIが開発した歩行支援ロボットの日本での商品化を目指し（製品名「アクティブギア」）、テムザック技術研究所（米子市）とITRIに加え、鳥取大学医学部付属病院、早稲田大学理工学術院ヒューマノイド研究所、アダチなどと共同で実用化プロジェクトを始動した（『歩行支援ロボを1～2年後に商品化する』、テムザック技術研究所が台湾ITRI、鳥大医学部などと共同開発プロジェクトを始動）『日経デジタルヘルス』2014/03/24 [http://techon.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20140324/341687/?ST=health]）。ただし、開発のスタンスの違いから、その後、ITRIとの研究上の協力関係は解消された。

<sup>22</sup> ただし、台湾子会社での面談によれば、台湾が日本に比べ規制が緩いとは限らないようである。台湾は国の規模が小さく、また多くの場合産業発展も後発であるため、自ら率先してルール作りが出来る余地が少ない。そのため、海外主要諸国のルールを参照・統合して、時にかえって厳格なルールが制定されることもあるという。一般に、後発国だから規制が緩く実証実験が行いやすいとは限らない（むしろルールが頻繁に変わり不確実性が高いというリスクもあ

## (2) その他の海外拠点

テムザックはデンマークとも関係が深い。デンマークは、少子高齢化が進み、医療・介護にかかる費用が国家財政を圧迫し、介護労働力の不足が懸念されるといった日本と同様の問題を抱えている。<sup>23</sup> デンマーク政府からの誘いと協力提供の申し出もあり、テムザックは、2011年6月に現地法人を設け、現地の高齢者施設や独居老人家庭との協力のもと、電動車椅子「RODEM」や留守番ロボット「ロボテリア」を利用した実証実験を行っている。2014年11月には、同社は、NTTドコモ、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）とともに、後ろ乗りの電動車椅子「NRR（New Robot RODEM）」（新型のロデム）の実証実験を開始した（コペンハーゲン市とファーボ・ミッドフュン市にて）。<sup>24</sup> 実証実験では、ロボット導入の経済的価値、高齢者の自立促進・尊厳維持、安全性向上などについてデータ収集・分析が行われ、その後、商品化・販売開始へと進む。

産業用ロボットと異なり、サービスロボットでは法律や安全基準が未整備で、この面での国内および国際ルール作りが急務である。テムザックが、日本国内ではなくデンマークでこうした実証実験を行う理由は、日本ほど規制が煩わしくなく、人口規模も小さい（約500万人）ため政府の動きが速いことである。また、介護・福祉関係の新しい製品を育てることを誇りとし、協力を申し出る高齢者グループもおり、国全体として積極的に関与する環境がある。他方、日本はこうした点でやや遅れをとることに加え、安全神話が強固で、病院等での実証実験までのハードルが高いことが指摘される。<sup>25</sup>

こうした実証実験を通じて改良点を見つけ出し、CEマーク（Communaute Europeenne EUの消費者安全、健康または環境の要求事項に適合したことを証明するもの）の適合証明を取得すると同時に、使い勝手の良さや性能とコストのバランスといったサービスロボット製品化のツボを押さえ逸早く市場に打って出ることが可能となる。こうした同社の取組は、ベンチャー企業による国内外での実証実験の先例を作るという意味合いも

---

る）。先進国であれ後発国であれ、その国のポリシーとして重視する分野に関しては、政府が企業に協力的で規制も柔軟であると思うべきだということである。後述するように、デンマークがその例である。

<sup>23</sup> デンマークでは、2008年以降、政府が主体となりロボットを含めた労働省力化技術の開発支援を推進している。デンマーク自身にはロボット産業は発展していないが、「トリプルヘリックス」（産官学が重層的に関係しながらイノベーションを創出する仕組み）の浸透や「ユーザー・ドリブン・イノベーション」（技術プッシュではなく、ユーザーを巻き込みながら新しいソリューションを開発する方法）の発達を背景に、他国企業を巻き込んだ実証実験が盛んである（NEDO, 2014, pp. 4-95~4-96）。

<sup>24</sup> NEDO News Release (2014. 11. 04)「電動車いす『NRR』を開発、デンマークで実証へー『CE宣言』により、欧州の実証が可能にー」（[http://www.nedo.go.jp/news/press/AA5\\_100327.html](http://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_100327.html)）。

<sup>25</sup> デンマーク等の北欧を活用した介護ロボットのオープンイノベーションについては、植村（2014）が参考になる。

あり、前節でみた産業の関連インフラ整備の一環ともとれるだろう。

この他、テムザックの海外展開先としては、香港と中東、および英国が挙げられる。香港拠点、金融関係業務を目的としていたが、中国経済の状況悪化により現状では様子見となっている。中東については、サウジアラビアでの合弁会社設立の動きがある。石油産業に代わる次世代産業振興の狙い、あるいは、介護・福祉分野への関心が背景にある。<sup>26</sup> 英国では、スマートシティにおける屋外型ロデムの活用についての研究が予定されている。

## 7. まとめとディスカッション

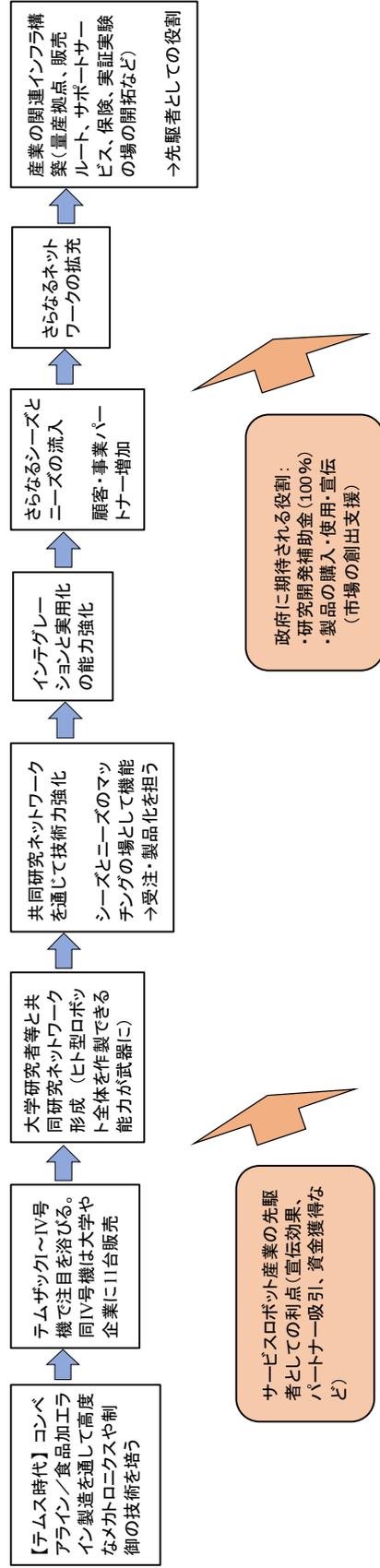
ここでは、以上の分析を要約した後、今後の展望を論じる。先ず、図6はテムザック発展の経緯を簡略に図式化したものである。同社前身のテムス社時代にコンベアラインシステム（原魚加工用）や食品加工ラインの製造を通して高度なメカトロニクスや制御の技術を身に付け、これを土台に当初は自社技術のアピール用にテムザック I～III 号機を製作し世間の注目を浴びた。さらに福岡県の補助金も得てテムザック IV 号機を開発し、これを材料費だけの比較的低価格で売り出し、大学や企業に 11 台販売した。これがもととなり大学研究者との共同研究ネットワークが形成され始めた。大学研究者はロボットの一部分に専門化しており、ヒト型ロボット全体を作製できるテムザックと組むことに魅力を感じたのであり、テムザック側も必要な技術を全て自前で持つことはできず、オープンイノベーションは不可避であった。

その後日本のトップクラスの大学から共同研究の申し出が数多く寄せられ、やがて海外の大学との協力関係も構築されるようになった。海外では特に欧州での知名度が高いのだが、これはテムザック自身の宣伝によるよりも、主に欧州各国のテレビ局が同社の取材・報道を行った結果とみられる。サービスロボット産業という注目分野で先駆者の立場にあることの利点として、こうした宣伝効果とそれによるパートナーや資金投資者の吸引ということがあげられよう。このように共同研究と特許の取得を通して同社は技術力を強化していったとみられる。また、知名度の高さとも相俟って、同社は大学研究者からの技術シーズと各種現場・顧客からのニーズが会う場としても機能し、しかもそれを実用性のあるロボットとして構築できるメーカーは少ないため、自然と同社が製品化を担うこととなる。

---

<sup>26</sup> サウジアラビア第2の都市ジッダの現地投資会社と合弁会社を設立する。まず家庭用留守番ロボットを開発し世界で販売すると報道されている（「ロボット開発のテムザック、サウジの拠点」『日本経済新聞 電子版』2015年3月3日）。加えて、テムザック本社での面談（2016年6月23日実施）によれば、メッカやメジナのようなイスラム教の聖地への巡礼者には、預言者の恩寵にすがろうとする身体障害者も多数含まれている。そうした人々に向けた電動車椅子のような介護・福祉製品の提供も将来的には視野に入っている模様である。

図6 テムザック発展の経緯



注) 下側の色付きの四角は、テムザックの発展を支えた (支えると期待される) 外部からの追い風的要素である。出所) 筆者作成。

この結果、インテグレーション（総合化）能力と実用化（製品化）能力が強化されテムザックのコアコンピタンスとなっていく。これがさらなるシーズとニーズの流入、および顧客・パートナー増加へ、そしてさらなるネットワークの拡充へと繋がる。この場合のネットワークは、大学等研究者との共同研究ネットワークを核に事業会社や医療・介護施設（実証実験の場ともなる）等も含んだものである。これを土台に（あるいは、これに伴う形で）、産業の関連インフラ構築（量産拠点、販売ルート、サポートサービス、保険、実証実験の場開拓など）が進められる。テムザックが先陣を切ってこれを行うことは、同社の優位性を強固にするためだけではなく、こうしたインフラの一部は公共財的な性質も持ちうるので（エコシステム）、サービスロボット産業の立ち上げをリードする先駆者としての役割も果たしていることになるだろう。

政府に期待される主な役割としては、研究開発補助金よりも、政府・公的機関による製品の購入・使用とその実用性を示すことによる宣伝効果が重視される。輸出できるものはその促進策を講じるといったことも含め、これから立ち上がる新産業に関しては、市場創出支援が特に期待される。補助金支給に関しては、研究開発費を（利益込みで）全額カバーするものが望ましい。

なお、これまでの内容を、第1節の「分析視角」で言及したオープンイノベーションの事例研究として注目すべき4点（①コアコンピタンス、②パートナーの探索、および社内外の知識の組み合わせを効果的に行う仕組み、③多数の外部パートナーを吸引する魅力、④オープンイノベーションで擦り合わせ型製品を扱うための組織能力）に則して整理すると表2のようになる。

表2 テムザックのオープンイノベーション

注目点	テムザックのケース
コアコンピタンス	<p>前身のテムス時代に築いた高度なメカトロニクスや移動体通信遠隔操作の基礎技術を土台に、共同研究ネットワークの発展と支え合うような形で特許技術を蓄積し、加えてインテグレーション(総合化)能力と実用化(製品化)能力を強化してきた。</p>
パートナー探索、社内外の知識の組み合わせ	<p>テムザック自身が積極的に探索したというよりは、サービスロボットの先駆者として注目を浴びる中で、パートナー(大学研究者、顧客等)の方から接近してくることが多かった。</p> <p>シンプルな企業組織とインテグレーション能力を土台に、適宜「外部兵力」(提携先の大学研究者・学生等)を動員し開発チームを組める。</p>
パートナーを吸引する魅力	<p>大学研究者にとっては、自らの研究成果の試作や商品化を担ってくれる可能性があること。</p> <p>顧客や事業パートナーにとっては、現場ニーズに対応し(大学からの技術シーズとのマッチングなども含め)実用性(および話題性)のある製品を提示できること。</p> <p>自社の必要に迫られて「産業の関連インフラ」の構築に取り組む中で、注目度(期待度)の高さもあって事業パートナーが現れ、逆にこれが先駆者としての魅力を高めることにも繋がっている。</p> <p>加えて、国内外の政府・自治体からの誘いの多さの背景として、テムザックを誘致することでこうしたパートナーとのネットワークに手っ取り早くアクセスできるという期待がある。</p>
オープン・擦り合わせ型を経営する組織能力	<p>“本社/社長～関係会社・子会社/「方面軍司令官」～一般社員”の3層からなるシンプルな企業組織で、限られた自社リソースを補うために「外部兵力」を多く抱える。</p> <p>研究開発人員にも様々な業務を経験させる。様々なタイプのロボットを担当させ応用力と効率性の向上を図る。自分の専門領域をこえ、関連分野の専門人員と協力しつつ開発に当たらせる。このようにしてプロデューサー的能力を持つ人材の成長を促す。</p> <p>ただし人材育成は、体系的な訓練制度はなく、個々の社員の能力を把握した上でそれを超える課題をあえて与え、プレッシャーを加えることで能力を伸ばすやり方である(その過程で「外部兵力」の活用も学ぶ)。</p> <p>社員の大半はエンジニアだが、高本社長自身を含め要所に文科系人材も配され、技術者の枠を超える発想の転換ができる。</p>

出所) 筆者整理。

最後に、テムザックの発展の今後の展望について検討する。先ず、本格的な量産商品を打ち出せるかが注目点である。これまでの同社の製品のほとんどは、試作品、

あるいは特定顧客向けのカスタム品で少量出荷の商品である。今後のメインの量産商品としては、ロボリアとロデムの其々の新型が考えられている。2000年の会社設立以来これまで10数年は、いわば基礎固めの時期で、今後量産商品の販売により同社のロボットが世界で普及し、それにともないサービスロボット分野での様々なルールや標準の形成プロセスで同社が主導権を握れるかどうかを見守る必要がある。

もう1点指摘すれば、上述のように、サービスロボット産業は未確立であり、既存の大手企業の何れも必要な技術・ノウハウを自社のみで賄うことはできず、こうした状況では、其々の要素技術を持つ大学等の研究者多数とネットワークを持つことが優位性に繋がる。しかも、このオープンイノベーションは、商品アーキテクチャとしては擦り合わせ型とセットになっている。インテグレーションと実用化の能力を持つテムザックがこのネットワークの中核となり、今のところ、大手企業をも凌駕して先駆者的立場にある。インテグレーションと実用化の能力を支える経営組織と人材育成についても、体系だった社員教育やシニア社員による制度化された指導はなく、現場に放り込みプレッシャーを与え様々な業務を経験させることで、ロボット開発・製造の全体像を理解できる人員を作り上げていく。こうして成長した社員の一部が「方面軍司令官」（関係会社・子会社社長クラス）の役割を担えるようになり、同社の国内外での事業展開を支えていくといった状況である。

こうしたやり方で今後も同社が優位性と独特の地位を保ち続けるには、次のような条件が必要と思われる。①オープンイノベーション・ネットワークの中核としてテムザックに代わりうる企業が他にない（あるいは、あるとしても非常に希少である）こと。今後、世界中でサービスロボットの開発・商業化が追及され、それに関わるアクターが急増し、インテグレーションと製品化の役割のニーズにテムザックのみでは対応しきれなくなると、その代替的企業が登場する可能性もあるのではないか。②製品の技術的複雑さが個々のエンジニアのOJTによる経験と現場での連携でカバーできる範囲にとどまっていること。この範囲を超えると、インテグレーション能力を高めるためにもっと別の仕組みが必要となるかもしれない。③製品のアーキテクチャが擦り合わせ型であり続けること（あるいは、擦り合わせ型のロボット製品が継続的に登場すること）である。ロボットの一部は、やがて技術的に成熟し、モジュラー型へ移行する可能性もあるだろう。以上に加え、同社の量産商品の販売が順調に進み、企業規模や業務内容が拡大した場合、現在のベンチャー企業的な経営方式や企業文化が変容せざるを得ず、これにどう対処するか、こうした点が今後の研究で注目すべき課題となろう。

## 参考文献

- 井野重秋 (2008) 「事例紹介 人の役に立つロボットの開発」『日本ロボット学会誌』26 (8) , pp. 891-892
- 植村佳代 (2014) 「わが国介護ロボット産業発展に向けた課題と展望ー北欧にみるユーザー・ドリブン・イノベーションの重要性ー」『今月のトピックス No.208-1』(2014年3月24日) 日本政策投資銀行 (DBJ) 産業調査部
- 経済産業省 (2012) 「2012年 ロボット産業の市場動向」(平成25年7月、経済産業省産業機械課) (<http://www.meti.go.jp/press/2013/07/20130718002/20130718002-3.pdf>)
- 小柳和子 (2009) 「セクトラル・イノベーション・システムの進化における急進的市場開拓企業の役割ー日本のロボット分野における (株) テムザックの事例を中心にしてー」『研究年報「経済学」(東北大学)』69 (4) (February 2009) , pp. 89-102
- 清水洋, 星野雄介 (2012) 「オープン・イノベーションのマネジメント」『一橋ビジネスレビュー』60 (2) , pp. 28-41
- 高本陽一 (2007) 「解説 役立つロボットを目指して」『日本ロボット学会誌』25 (1) , pp. 60-61
- 高本陽一 (2009) 「談話 この人に聞く ロボット産業の冒険者」『日本ロボット学会誌』27 (4) , pp. 414-416
- 武石彰 (2012) 「オープン・イノベーションー成功のメカニズムと課題ー」『一橋ビジネスレビュー』60 (2) , pp. 16-26
- 長妻靖彦 (2014) 『北九州の底からー [現場力] が海図なき明日を拓くー』石風社
- 日本機械工業連合会 (2016) 『平成27年度 ロボット産業・技術の振興に関する調査研究報告書』(平成28年3月) 一般社団法人 日本機械工業連合会
- 日本政策投資銀行 (DBJ) (2014) 「わが国介護ロボット産業発展に向けた課題と展望ー北欧にみるユーザー・ドリブン・イノベーションの重要性ー」『今月のトピックス No.208-1』(2014年3月24日) 日本政策投資銀行 産業調査部
- NEDO (2014) 『NEDO ロボット白書2014』独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構
- 延岡健太郎 (2010) 「オープン・イノベーションの陥穽ー価値づくりにおける問題点ー」『研究 技術 計画』25 (1) , pp. 68-77
- 濱口翔太, 高信英明, 鈴木健司, 三浦宏文, 榎宏太郎, 宮崎芳和, 間所睦, 丹澤豪, 高本陽一, 宮本賢一, 石井佑典, 沖野明久, 高西淳夫 (2014) 「歯科患者ロボットー歯科患者ロボットにおける状態変化ー」『工学院大学研究報告』第116号 (平成26年4月)
- 米倉誠一郎 (2012) 「オープン・イノベーションの考え方」『一橋ビジネスレビュー』60 (2) , pp. 6-15
- ロボット革命実現会議 (2015) 「ロボット新戦略ービジョン・戦略・アクションプランー」

<http://www.meti.go.jp/press/2014/01/20150123004/20150123004.html>

魏聡哲（2016）「天目時科股份有限公司（Tmsuk）」中華經濟研究院（未出版原稿）（中国語）

**関連企業・団体ホームページ URL：**

アイザック <http://www.aizuk.jp/>

経済産業省（ロボット政策）[http://www.meti.go.jp/policy/mono\\_info\\_service/mono/robot/](http://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/mono/robot/)

テムザック <http://www.tmsuk.co.jp/>

テムザック技術研究所 <http://www.tmsuk-rd.jp/>

テムザックフォルモサ <http://www.tmsuk.biz/formosa/>

ロボット革命イニシアティブ協議会 <https://www.jmfri.gr.jp/index.html>

**謝辞：**

本研究のために、テムザック社で3回にわたって面談を実施した（本社2回、台湾子会社1回）。高本陽一社長をはじめとする数名の幹部の方々には、ご多忙の中、長時間におよぶ面談にご協力いただき、また資料のご提供もいただいた。ここに深甚の謝意を表したい。ただし、本研究にありうべき誤りや問題点は全て筆者の責任であることは言うまでもない。

付表 テムザツクのロボット開発の歴史（一部のみ）

	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
受付・案内																							
家庭																							
警備																							
レスキュー																							
共同研究 足歩行																							
医療・ 介護																							

出所)テムザツクHP、同社提供資料を基に筆者作成(ロボットの画像は、同社HPより引用)。