

Title	北九州地域における3次元ものづくりの実態と政策含意
Author(s)	竹田, 陽子
Citation	年次学術大会講演要旨集, 30: 447-452
Issue Date	2015-10-10
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10119/13314">http://hdl.handle.net/10119/13314</a>
Rights	本著作物は研究・技術計画学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Science Policy and Research Management.
Description	一般講演要旨

○竹田 陽子 (横浜国立大学)

## 1. 北九州地域における3次元ものづくり技術利用実態調査の背景と概要

ものづくりで生み出される諸製品は3次元であるから本来3次元で設計することが自然であるはずなのだが、近代以降永きにわたって、ものづくりは三面図と呼ばれる2次元の紙をベースに行われてきた。3次元で設計することが実質的に可能になったのは、1990年代にソリッドモデラーと呼ばれる新世代の3次元CAD(Computer Aided Design)が登場してからである。新世代の3次元CADは、製品の形状を3次元で厳密に定義し、工業デザイン、解析、試作、金型設計、生産準備、切削加工、品質管理、マニュアル、営業用プレゼンテーション、部品表等、ものづくりに関わるさまざまな機能を担う部門や協力企業との間で一貫した3次元データに基づくものづくりを可能にした(竹田, 2000; 2012)。新世代3次元CADとCAM(Computer Aided Manufacturing)、CAE(Computer Aided Engineering)等の関連技術は、日本の製造業では、1990年代後半から導入が進み始め、2000年代の前半には大手企業では一通りの普及が終わり、使用方法の多様化が進んだ(竹田・青島・延岡, 2004)。中小企業においても、自動車など、顧客からの3次元化要請が強い産業では大企業のすぐ後を追うように導入が始まったが、中小企業における自発的な3次元ものづくり技術の導入は、2000年代の後半から2010年代の前半にかけて、ミッドレンジCADと呼ばれる比較的低価格のCADの高機能化が進んだことによって本格化した。さらに、2005年以降は、かつてラピッドプロトタイプング(RP)と呼ばれた3次元高速試作装置の特許が次々に切れ、低価格でコンパクトな3Dプリンターが出回るようになり、産業用だけでなく、個人レベルでの3次元ものづくりを可能にするパーソナル・ファブが各地に生まれつつある。

3次元ものづくりは大手企業から中小企業、個人へと裾野を広げつつあるものの、3次元CADを中心とした3次元ものづくり技術は、組織のプロセスや技能のあり方、取引関係にまで影響を与えるため、使いこなしが難しい技術である(竹田, 2000; 2001; Takeda et al., 2012)。資金力と人材が豊富な大企業であっても自社に合った使いこなしができるようになるまでおよそ10年かかった。中小企業では、とりあえず手の届くミッドレンジCADや3Dプリンターを購入しても、業務の中で使いこなせないままの状態であるケースが少なくないと推察される。その一方で、3次元ものづくり技術の活用は、日本の強みとされる中小製造業産業集積の技術力を生かし、新分野の開拓、国際化、ネットワーク化をすすめる潜在力を持つと考えられる。

鉄鋼業を中心とした北九州地域の工業集積は、かつては日本の四大工業地帯の一つに数えられたが、現在では他の工業地帯や新興の工業地域に比べても生産額が落ち込み、製鉄と炭鉄由来の多彩な技術蓄積があるのに関わらず、新産業創出に苦慮している現状がある。北九州地域の製造業に対する事前インタビュー調査では、この地域において自動車などの3次元化先進大企業が地元中小企業に3次元化を要請した経緯は見られず、使われている3次元CADはほとんどミッドレンジCADであった。北九州地域は、ミッドレンジCAD登場以降の中小製造業による自発的な3次元ものづくり技術の普及と利用の実態を見るのに適した地域であると言える。

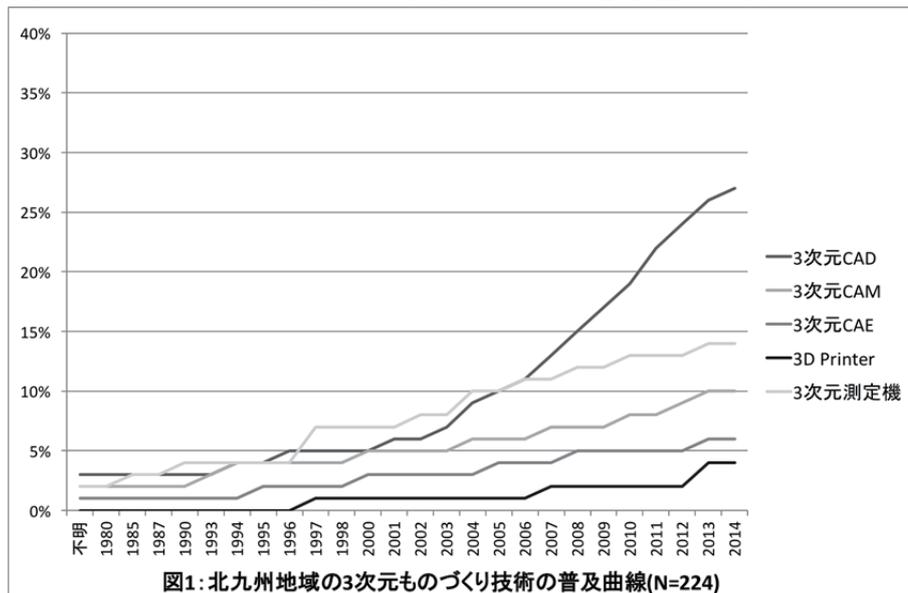
本研究は、北九州産業学術推進機構が2014年1~2月に北九州市市内、2014年10~11月に北九州周辺地区(直方市、行橋市、中間市、豊前市、宮若市、苅田町、みやこ町、築上町、吉富町、上毛町、鞍手町、水巻町、芦屋町、遠賀町、岡垣町、小竹町)の機械系CADを使う可能性が高い業種(生産用・輸送用・汎用・業務用・電気・情報通信機械器具製造業、金属製品製造業など工業統計表中分類13業種)に実施した「3次元技術活用に関するアンケート調査」のデータにもとづき、北九州地域における3次元ものづくり技術の利用実態を把握し、その政策含意を考察することを目的としている。北九州市内の調査では該当業種の555社、北九州周辺地区の調査では同430社に調査票を発送し、北九州市内企業127社(回収率22.9%)、周辺地区企業97社(回収率22.6%)から回答があった。本研究では、北九州市とその周辺地区合わせて224票のデータを分析対象とした。

## 2. 3次元ものづくり技術普及の状況

本調査における北九州地域の3次元技術の普及率は、3次元CAD 27%、3次元CAM 10%、3次元CAE 6%、3Dプリンター4%、3次元測定機 14%、これらの3次元技術群全体で32%であった。自由記述で尋ねたCADの種類は、Solid Worksを初めとするミッドレンジCADが70%を占めていた。

全国に比べて、この地域の普及率は高いとは言えない。竹田・青島・延岡(2004)による全国の主要機械系製造業に対する調査(機械系製造業の上場企業と主要株式公開企業対象。N=522)では、2004年時点で3次元CADの普及率は76%であった。また、金型、鋳造、ダイカスト、プレス、鍛造等の全国素形材関連産業における2006年度の調査(素形材センター、2007、N=373)では、3次元CAD 66%、CAM 51%、CAE 23%であった。全国の大企業中心の調査と大きな差があるのは当然といえるが、中小企業が少なくない素形材産業の調査に比べても北九州地域の普及率は低いといえる。売上高1億円以上の企業だけを比べても、2006年の素形材産業では69%、2015年の北九州地域は29%と大きな差がある。

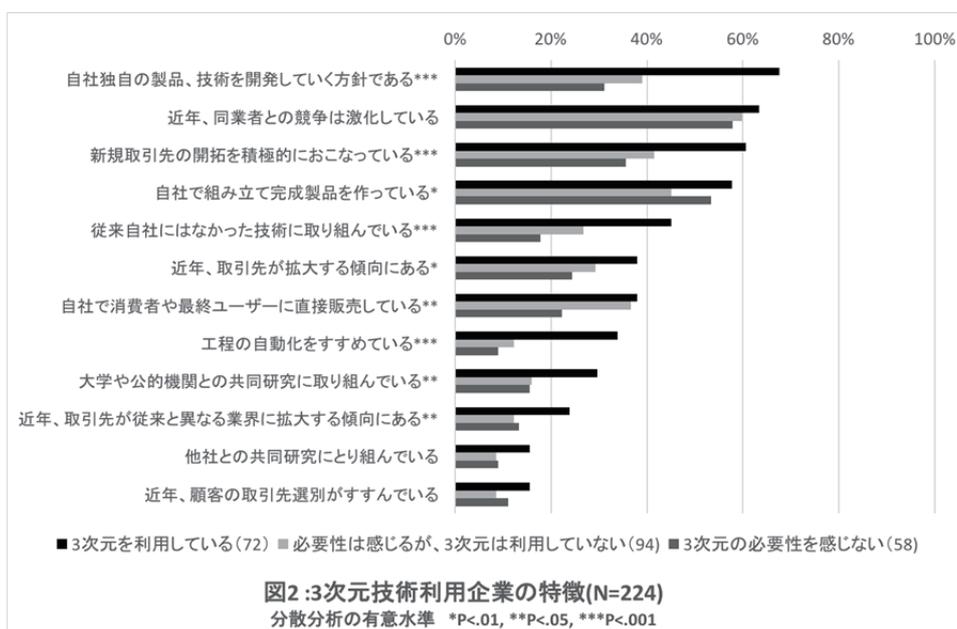
図1に導入年別の普及曲線を示す。3次元CADはミッドレンジCADの高機能化が進んだ2000年代後半に普及が促進され、2005年～2014年の10年間で18%増加した。CAM、CAE、3Dプリンターはこの10年で3-4%程度の増加で3次元CADの普及の伸びに連動しておらず、普及率はいずれも10%未満の低水準のままである。3次元測定機の普及率は2000年代前半まではCADとほぼ同水準であったが、最近10年間では4%しか伸びていない。業種別ではデータが多数の業種に分散しているため明確な差は見られないが、生産用・輸送用機械器具製造業など複雑な組立加工型業種において利用率が高く、金属製品等比較的単純な加工型の業種において低い傾向がある。



業種別ではデータが多数の業種に分散しているため明確な差は見られないが、生産用・輸送用機械器具製造業など複雑な組立加工型業種において利用率が高く、金属製品等比較的単純な加工型の業種において低い傾向がある。

3次元利用企業は未利用企業に比べて企業規模が大きく、売上高の平均は362億円、従業員765人であるのに対し、3次元技術を未利用で必要と感じている企業(以下、必要未利用企業)は売上高189億円、従業員数144人、不必要と感じている企業(以下、不必要未利用企業)は98億円122人であった。未利用企業の間では3次元ものづくりの必要を感じている企業の方が大規模である傾向があるものの統計的には有意ではない。図2に示す通り、3次元利用企業は未利用企業に比べて、自社独自の新しい技術、製品開発に取り組み、新規取引先の開拓、異業界進出に積極的に取引先を広げ、自社で製品を持ち、最終ユーザーに販売し、工程自動化や大学・公的機関との共同研究に取り組んでいる割合が大きい。未利用企業でも3次元技術を必要と感じている企業は不必要と感じている企業に比べ、新技術への取り組みや最終ユーザーへの販売の割合が高いという特徴を持っていた。顧客による取引先選別や競争環境に関しては各グループに差はなかった。

図3に、3次元技術利用



企業、必要未利用企業、不必要未利用企業が、3次元技術導入・利用にどのような問題点を感じているかを示した。利用企業では多額の保守料を8割以上の企業が挙げ最も大きな問題になっており、初期投資額が7割以上とそれ続き、その他のコストと人材、教育の諸問題を4～5割以上の企業が挙げている。カネとヒトの問題が大きいのは必要未利用企業も同じであるが、保守料よりも初期投資額をまず問題にし、技術の内容や使い方、相談先についての知識不足も多く挙げられている。3次元技術を不必要と考えている企業は、そもそも全体に問題意識が薄い。

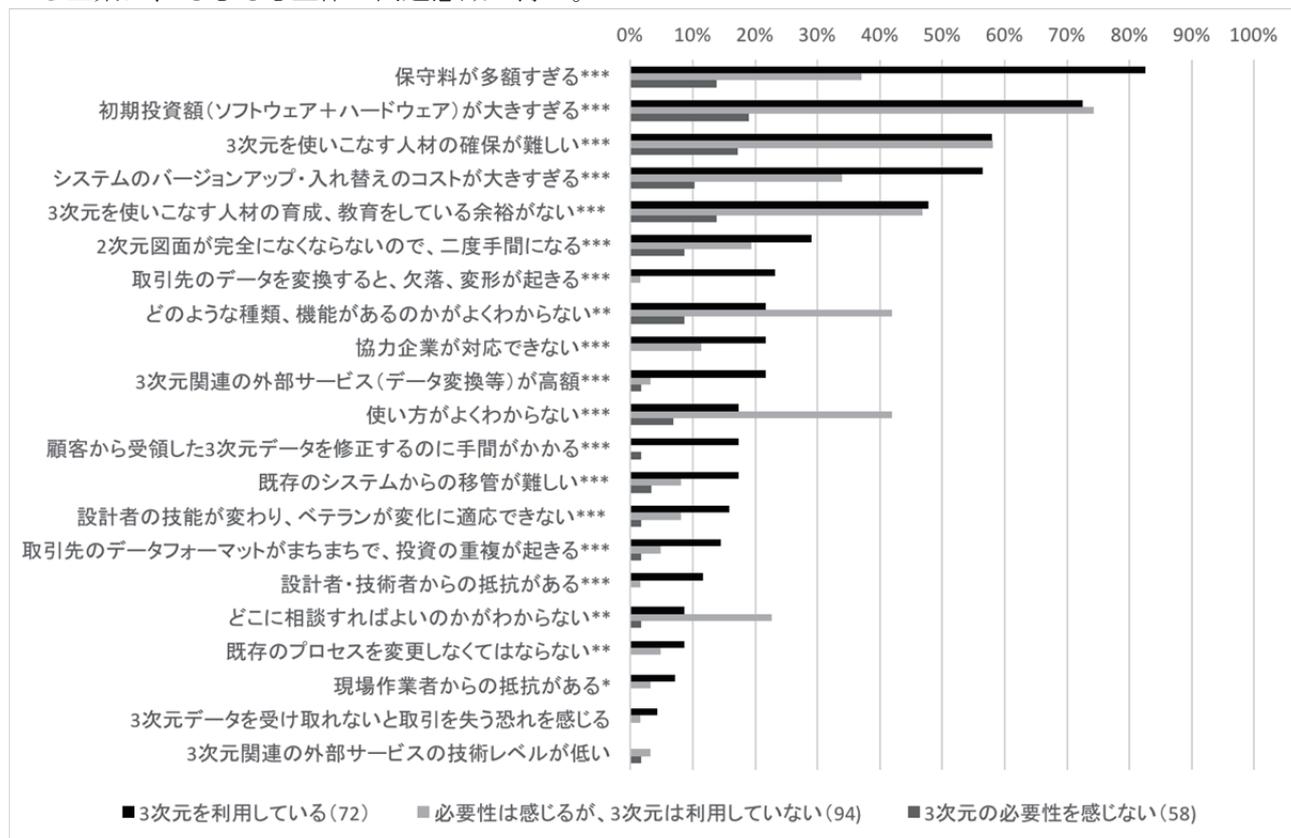


図3：3次元技術導入・利用の問題点(N=224)  
分散分析の有意水準 \*P<.01, \*\*P<.05, \*\*\*P<.001

3次元CADの今後の利用意向は、増加・新規導入が12%、現状維持が19%、減少は0%、興味があるが不明が28%、必要ないが42%で、今後の利用に弾みがつきそうな状態ではない。CAM、CAE等他の関連技術の利用意向はさらに低水準である。

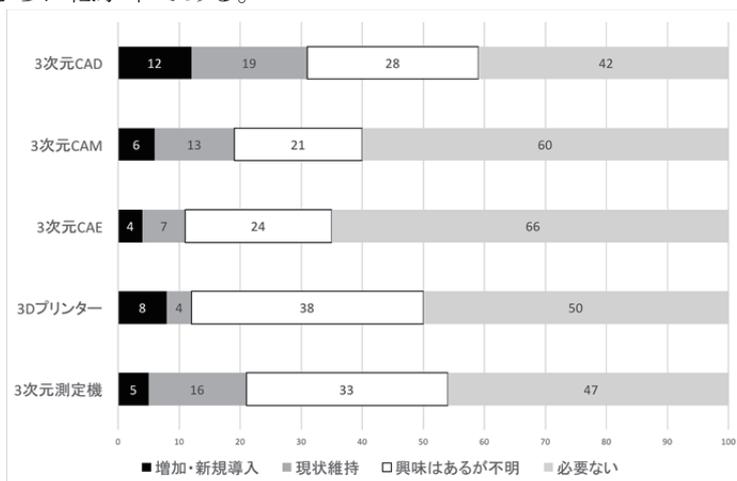


図4：今後の利用意向(%:N=224)

### 3. 3次元情報技術利用の実態

3次元CAD、CAM、CAE、3Dプリンター、3次元測定機のいずれかの3次元技術を導入した企業(N=72)

について利用の実態をさらに詳しく見る。3次元技術導入のきっかけは自社の技術力の向上、品質向上が5割以上で最も多く、新技術・新分野に取り組むため、工数削減・納期短縮が3割以上でそれに次ぐ。導入しないと競争上不利であることを上げている企業は3割であったが、2006年の素形材産業調査（素形材センター，2007）では同項目は46%あり、品質向上や工数削減、納期短縮よりも多くの企業が挙げていた。この地域では、顧客との関係や競争環境の圧力ではなく、自社の技術・品質を向上させるという内発的な理由で3次元ものづくりに取り組むパターンが多いことがデータでも裏づけられている。

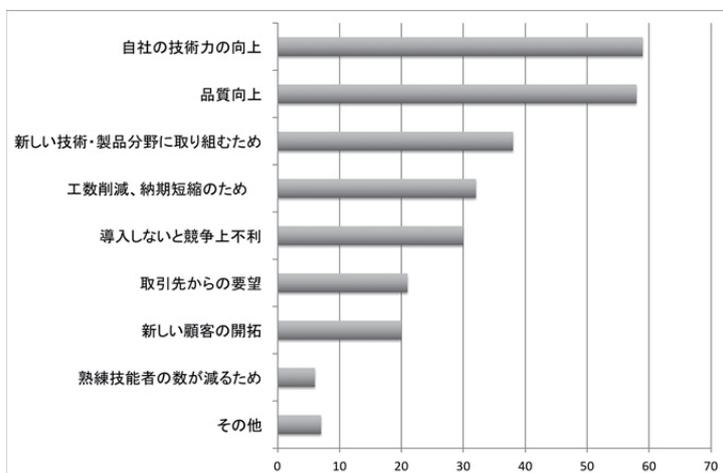


図5：3次元ものづくり技術導入の目的・きっかけ(%:N=72)

3次元ものづくり技術の用途としては、製品設計が5割程度でもっとも多い。顧客から受け取ったデータのモデリングや確認の用途は自社設計よりも少なく4割前後だが、素形材産業の調査（素形材センター，2007）ではデータの確認が8割、モデリングが7割を占めており、この地域では顧客から3次元化の要請が少ないことを反映している。また、設計以外の用途としては、品質検査が3割超で一番多く使われており、金型設計、試作、治具・工具・工程設計、解析、NC出力が2割超、工業デザインは1割未満であった。3次元技術利用の多様性は全国の主要企業と大きな水準の差があり（竹田・青島・延岡，2004）、また比較的中小企業が多い素形材産業の調査と比較しても、特にNC出力（素形材は約5割）で大きな差が見られる（素形材センター，2007）。北九州地域において3次元設計データをベースにCAMをはじめとする多様な機能への連携ができてきている企業は数多いとは言えない。

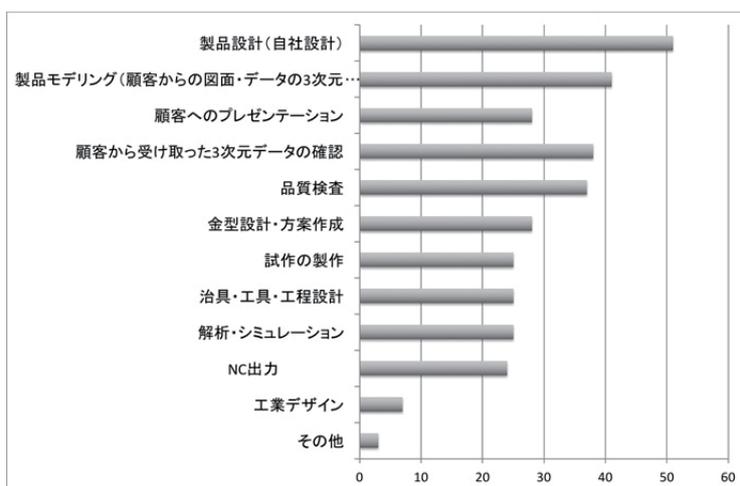


図6：3次元ものづくり技術導入の用途(%:N=72)

表1は、3次元技術の活用度がものづくりのパフォーマンスやプロセスに与える影響をみるために、設計における3次元比率が50%以上の企業と50%未満の企業を比較したものである。ものづくりの総合パフォーマンスについては、工数削減に若干効果が見られる程度であるが、顧客との関係や社内の工程間における効率、コミュニケーション、知識連携に関して多くの項目で有意差が見られる。設計資産の活用、受注する業務範囲の拡大、試作のスピードアップにも効果が見られる。3次元ものづくりが進むにつれ、設計・技術部門の職務が拡大し、若手が登用され、配置人数が増えるという組織変化も見られる。本調査の結果は全国主要機械系製造業（竹田・青島・延岡，2004）や素形材産業（素形材センター，2007）の従来の調査結果とおおむね同じ傾向であるが、従来の調査では3次元化の効果は工数削減よりも納期短縮と製品品質向上に顕著に現れたのに対し、本調査では製品品質の向上に効果が見られず、納期短縮化にも有意差がないことが注目される。また、過去他調査では常に大きな効果が見られた形状矛盾の減少についても有意差が見られない。1990年代から2000年代にかけての自動車や電機等の大手主要製造業とその取引先の3次元化進展の背景にあった製品ライフサイクルの短縮と多品種化に伴う短納期と品質の両立という課題（藤本，1991；延岡，1996）が、北九州地域では切迫しなかったことが背景にあると考えられる。

表1：3次元ものづくり技術の効果（平均値） t検定の有意水準 \*P<.01, \*\*P<.05, \*\*\*P<.001

	3次元設計			3次元設計	
	50%以上 (29)	50%未満 (43)		50%以上 (29)	50%未満 (43)
<b>総合パフォーマンス</b>			<b>顧客との知識の連携</b>		
納期が短縮した	3.43	3.05	顧客との共同開発が促進された***	2.79	2.00
工数が削減された*	3.48	2.90	顧客に対して設計・形状に関する提案をおこなうようになった**	3.55	2.78
製品品質が向上した	3.48	3.50	顧客との同時並行化(コンカレント・エンジニアリング)が促進された**	2.90	2.29
<b>試作・解析</b>			<b>設計資産の活用</b>		
試作・製品模型製作がスピードアップした*	3.41	2.88	技能者や技術者の経験をデータとして蓄積することができるようになった**	3.52	2.88
設計者自身が(より多く)解析をできるようになった*	3.32	2.78	データの再利用が促進された**	3.59	3.00
設計データがより容易に解析に利用できるようになった	3.31	2.93	<b>業務範囲、取引関係の変化</b>		
解析の種類が増えた	2.90	2.80	従来よりも広い工程、広範囲の部品の受注が増えた**	3.00	2.39
<b>顧客・前工程との連携(効率)</b>			(3次元対応が評価されて)受注が増えた		
寸法・形状の確認が減少した***	3.31	2.41	従来では技術的に難しかった形状や加工が可能になった	3.28	2.80
設計変更に対する対応のスピードが速くなった***	3.31	2.46	新しい素材や技術に挑戦できるようになった	2.90	2.54
早期にデータを受け取ることができるようになった	3.10	2.63	新規の顧客や市場を開拓できた	2.90	2.56
形状の矛盾が少なくなった	3.39	3.08	<b>組織の変化</b>		
設計変更が減少した	2.55	2.24	設計、技術等の部署の職務が拡大した**		
<b>顧客・前工程との連携(コミュニケーション)</b>			設計、技術等の社員の配置数が増加した***		
設計者が後工程についてより考慮する必要があるようになった***	3.17	2.43	若手の設計・技術等への登用が増えた***	3.14	2.00
社内の設計・技術者と現場作業者のコミュニケーションを密にすることができた**	3.03	2.49	3次元化推進の専任の担当者が設置された	2.45	2.08
協力企業とのコミュニケーションを密にすることができた	3.17	2.70	3次元関連サービス(モデリング・データ変換・派遣・教育等)の外注が増えた	2.17	1.90
前工程の負荷が増え、後工程(現場)の作業量は減る傾向にある	2.97	2.53			

#### 4. 地域製造業への3次元ものづくり技術普及の課題と政策含意

北九州地域の製造業は、1990年代後半から2000年代前半にかけての製品ライフサイクルの短縮化と多品種化を背景とした、ハイエンドの3次元CAD中心の3次元技術普及の第1の波をほとんど受けなかった。北九州地域の製造業が3次元ものづくりに組み込んだのは廉価なミッドレンジCADが業務で十分に使えるようになった2000年代後半からである。ミッドレンジCADは最小セットが100万円程度で、機能が絞られていて習得しやすく、中小企業でもとりあえず始めてみることができた。この第2の波で3次元ものづくりを始めた企業は、外部から圧力を受けたわけではなく、新技術開発や新分野への進出など内発的な動機に基づいている。しかし、第2の波の本質的な問題点は、3次元ものづくりの効果は3次元CAD単体では得られず、CAM、CAE、3Dプリンター、3次元測定機など設計と設計以外のさまざまな機能をデータとコミュニケーションで繋ぐことで現れる（竹田，2000；2012）ことにある。つまり、手軽に始めることができるといっても、他の機能との連携には追加的な費用がかかり、製造現場を含む各部門や協力企業に3次元スキルを持つ人材を配置することは中小企業にとっては困難である。

3次元ものづくりの第1の波は世界的な競争下にある大企業主導で広まったので公的支援を強くは必要としなかったが、第2の波においては、資源の乏しい中小企業に何らかの施策が必要である。図3に示されているように、3次元技術導入にあたっては資金面だけではなく、人材と情報の不足が問題になる。企業の業務と組織の特性に合わせて3次元技術の選定し、組織プロセスを3次元ベースに変えるためには専門家による適切な支援が有効であり、行政や公的教育機関は、単純な補助金や画一的な教育プログラムではなく、企業と専門家のネットワークづくりに公的な資金や資源を割くことが求められる。また、3次元ものづくりの専門家の数は限られているので、工業集積においては各企業の3次元化担当者が横につながって教え合い、ノウハウを共有するコミュニティを形成することが有効である。

2005年の3Dプリンターの特許切れを契機にパーソナル・ファブが世界各地に作られ、ユーザーが自ら作りたいものを生み出す本格的なユーザー・イノベーションが現実になりつつある。すでに世界的には、ミッドレンジCADの浸透によって3次元ものづくりの第2の波は一段落つき、第3の波の端緒にいると見るができる。しかし、個人と製造業が協働するデジタルファブ리케이션（総務省，2015）は、大量生産を前提とする3次元ものづくり（第1の波）との間のギャップが大きく、大企業にとっては限定的にしかビジネスにならず発展しない恐れが大きい。むしろ中小企業の3次元ものづくり（第2の波）を支援し、地域の産業集積が互いに支え合いつつ3次元ものづくりを進め、最終的にはユーザーと結びつくことで、第3の波を日本の製造基盤を生かして本格的に迎えることができると考えられる。

#### 参考文献

- 藤本隆宏・キム・B・クラーク，（1993），『製品開発力』，ダイヤモンド。  
延岡健太郎，（1996），『マルチプロジェクト戦略』，有斐閣。  
総務省，（2015），『ファブ社会推進戦略』，総務省。  
素形材センター，（2007），「素形材産業の3次元CADを中心とするIT化の現状と課題：ものづくりの国際競争における3次元CADの戦略的活用」報告書，機械振興協会経済研究所。  
竹田陽子，（2000），『プロダクト・リアライゼーション戦略－3次元情報技術が製品開発組織に与える影響』，白桃書房。  
竹田陽子，（2001），「情報技術による分化・統合のマネジメント：製品開発における3次元情報技術利用の事例」，組織科学，Vol. 35，No. 2，pp. 38-47。  
竹田陽子，「新世代3次元CAx技術の普及と製品開発プロセス改革」，吉岡斉他編『日本の科学技術：世紀転換期の社会史1995年～2011年』，原書房，2012年，478-494。  
竹田陽子・青島矢一・延岡健太郎，（2004），「3次元CADの普及と製品開発プロセスに及ぼす影響」，技術マネジメント研究，Vol 4，pp. 1-12。  
Takeda, Y., Y. Aoshima, K. Nobeoka, (2012), "The importance of technology integration capabilities: evaluating the impact of 3D technologies on product development performance in Japan and China," International Journal of Product Development, Vol.16, No.1, pp.26-44.

#### 謝辞

調査を実施された北九州産業学術推進機構、および調査に協力いただいた北九州地域の製造業の方々に感謝申し上げます。