

# 可搬型仮想共有環境システムによる技能伝承と知識創出

埼玉大学工学部機械工学科

綿貫啓一，小島一恭

## 1. はじめに

日本の製造業においては、生産拠点の海外移転による産業の空洞化が産業集積地域に深刻な影響を与え、特に、これまで製造業を支えてきた基盤的技術産業において熟練技能の衰退が懸念されている。また、高齢社会の到来、若者の製造業離れの社会現象により、後継者難などが生じ、日本の製造業の将来に危機的状況をもたらしている。今後も高付加価値製品設計・製造を行うためには、基盤的技術や熟練技能の伝承、および知識の創出が不可欠となっている。埼玉県川口地域は鋳物等の高度な基盤的技術を持つ全国有数の産業集積地域があり、地域の熟練技術・技能が失われれば、直接これらの地域の今まで以上の活力衰退にもつながる。そのため、熟練技術・技能の伝承は非常に意義のあるものであり、緊急に取り組まなければならない重要な課題の一つである。

そこで本稿では、高度な技術、高品質、短納期などが要求される単品鋳物製品の製造工程を取り上げ、その際に必要となる形式知と暗黙知とを連携して設計・製造知識を伝承し、さらに新たな高付加価値製品の製造知識を創出する可搬型仮想共有環境システムを開発し、そのシステムによる鋳造方案支援への適用について述べる。

## 2. 鋳造方案

鋳造方案は製品となる図面や模型に対して、技術的、経済的に製造方策を立案することをいう。鋳造プロセスの最上流に位置し、その後の全鋳造プロセスに影響を及ぼす重要な工程である。鋳造方案の内容としては、(1) 地金の原材料、(2) 溶解、(3) 模型、(4) 鋳物砂、鋳型の材料、(5) 造型、(6) 鋳込み、(7) 鋳込み後の処理、(8) 仕上げ、(9) 運搬が挙げられるが、既設の溶解炉や造型設備の有無、使用金枠、鋳物砂などは会社固有のもので鋳物によって種々に変えることができない場合が多い。このような制約を考えると、比較的自由的な選択が許されるのは、(4)～(7)の造型に関する事項のみであることが多く、これを狭義の「鋳造方案」と呼ぶ。本稿では鋳造製品設計のうち特に鋳造方案を取り上げ、可搬型仮想共有環境システムを用いた鋳造製品の設計支援システムについて述べる。

## 3. 場の共有による鋳造方案設計支援

鋳造方案の設計を行うために考慮すべき点として「場」を挙げることができる。ここで述べる「場」とは、いわゆる物理的な場所だけでなく、特定の時間・空間、あるいは「関係」の空間を意味している。つまり、「場」とは「相互関係」のことである。この「場」、つまり「相互関係」のあり方として、「創出場 (Originating Ba)」、「対話場 (Dialoguing Ba)」、「システム場 (Systematizing Ba)」、「実践場 (Exercising Ba)」の4つに分類することができ、(1) 創出場：個人的かつ直接的相互関係によって規定される場、(2) 対話場：集団的かつ直接的な相互関係によって規定される場、(3) システム場：集団的かつ間接的な相互関係によって規定される場、(4) 実践場：個人的かつ間接的な相互関係によって規定される場、である。特に非熟練者が鋳造方案設計時に熟練者と特定の時間・空間における「場」を共有することは非常に重要である。「場」を共有することで、五感から得られる知識だけでなく、「その場」にいななければわからない情報」といった貴重な知識を獲得することが可能になる。このように「場」の共有は鋳造方案の設計において非常に有益なことといえるが、一方、「場」の共有による鋳造方案設計支援には以下に挙げるような問題点もある。

(1) 「場」の共有には、時間的・空間的・規模的な制約があることから限界があり、効率的に設計支援を行うことができない。

(2) 設計支援する側、あるいは設計支援される側の人材の素質に負う部分が大きく、膨大な時間を必要とする。現在のような時間的・資金的・人間的な制約の中で設計支援を行わなければならない状況では難しい部分がある。

本稿で述べる仮想共有環境システムなどを活用することで、これらの問題点を部分的に克服することができ、これらのシステムにより、擬似的、仮想的な「場」の共有を促進させることができ、鋳造方案設計支援において非常に有益であると考えられる。

#### 4. 鋳造技能の伝承と知識創出

図 1 に示すような鋳造工程においては、製造のための知識として技術などの形式知のほかに技能などの暗黙知が必要となる。高付加価値製品設計・製造を行うためには、これらの形式知と暗黙知をうまく連携して知識を得るとともに、OJT(On-the-Job Training：職場内訓練)などを通じてその技術・技能を体得することが必要である。

図 2 は熟練技能伝承システムおよび仮想共有環境システムの活用例を SECI (Socialization, Externalization, Combination, Internalization：組織的知識創造)モデルの知識変換プロセスに対応させたものである。ここで、(1) 共同化はユーザが OJT や現場作業を通じて、問題意識を明確化し、暗黙知を認識するプロセス、(2) 表出化はユーザが熟練技能伝承システムを活用して、文章や技術データなどから形式知を獲得するプロセス、(3) 連結化はユーザが映像などから、形式知と暗黙知が連携した形で提示される知識を獲得するプロセス、(4) 内面化はユーザが技能伝承システムから得られた知識をもとに、行動・学習することで自分のものにしていくプロセス、である。表出化および連結化の過程では熟練技能伝承システムを活用し、内面化の過程では仮想共有環境システムを活用しながら、知識を自分のものにしていくなかで、新たな知識創造が可能になり、また新たな暗黙知を獲得するようになる。



図 1 鋳造工程

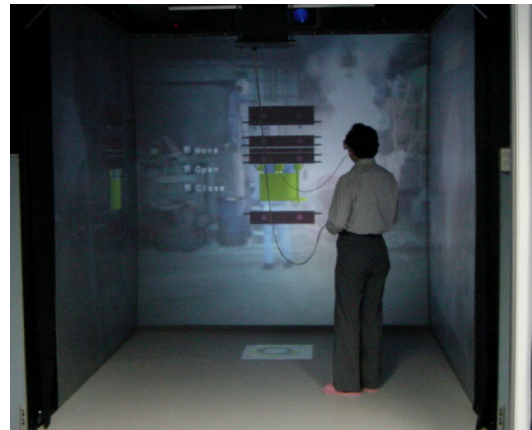


図 3 没入型仮想共有環境

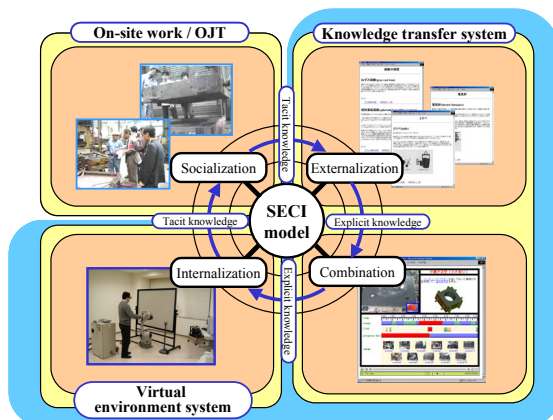


図 2 技能伝承システムと OJT

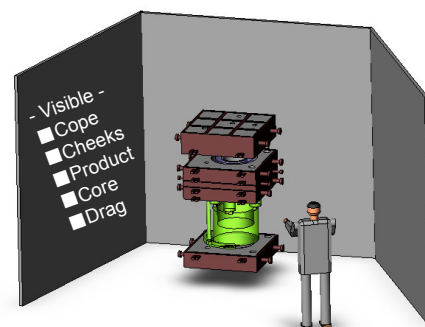


図 4 仮想共有環境システムによる内面化

## 5. 没入型仮想共有環境による鋳造方案支援システムの評価

まず本研究では、内面化フェーズにおいて没入型仮想共有環境の活用が設計支援に有効かどうかを検討するため、CAVEを使用する。CAVE (CAVE Automatic Virtual Environment) は、米国イリノイ大学EVL/NCSAの研究グループによってCAVE/ImmersaDeskとして実現されたものである。図3に示すように左右前方と床面に4つの大型スクリーンを配置し、そこにステレオ映像を表示し、これとあわせて3次元立体視メガネを使用することによって、仮想空間内に実スケールで表示された3次元形状を体験することが可能なシステムである。3次元立体視メガネの位置をフィードバックしているため、視点を変えることで形状モデルの裏側や内部を見ることが可能である。

図4は没入型仮想共有環境システムを用いた鋳型の3次元可視化モデルのイメージである。このモデルでは鋳造に使用される鋳型で上型、中継ぎ、下型、中子と呼ばれるパーツと鋳造製品から構成されている。没入型仮想共有環境の中央部にほぼ実物大の3次元可視化モデルを配置する。さらに、仮想共有環境内に表示されるメニューを使用してパーツ毎に表示・非表示を切り替えることが可能としている。また、アニメーションにより組立・展開を連続的に表示する。各パーツの表示状態を切替えたり組立・展開の状態をアニメーションにより連続表示させることで鋳型がどのように組み合わさっているのかを実際の現場で体験できる場面数以上を本システムで仮想的に体験することができる。図5は、熟練技能者9名を被験者として、本設計支援システムの使用感についてアンケート調査を行った結果である。この結果、鋳造関連職務経験20年以上の熟練技能者から、表示に関してよい評価が得られた。また、没入型仮想共有環境を利用することで鋳造方案設計時の支援が効果的・効率的に行えるとの評価を得ている。

## 6. 可搬型仮想共有環境システム

### 6.1 システムの概要

没入型仮想共有環境システムは4枚のスクリーンを使っているため、没入感、臨場感の高いシステムを構築可能であった。しかしながら、設置面積が大きく、非常に高価であるため、設計・生産現場にとっては設置場所や導入コストに問題があった。また、4枚のスクリーンに投影される映像の調整が難しく、一度施工してしまうと簡単には移動できないなどの問題もあった。さらに、映像を表示するためには専用のワークステーションが必要であった。これらの問題点を解決するため、図6に示す可

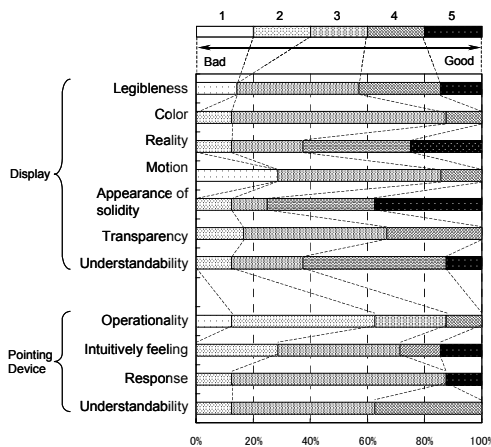


図5 システムの評価

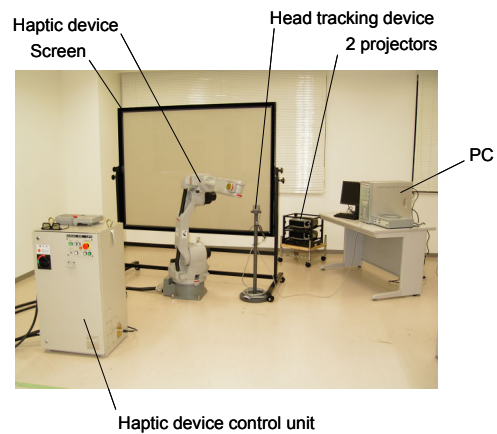


図6 可搬型仮想共有環境システム

表1 システム比較

	Immersive system	Proposed system
Portability	×	○
Footprint	Large (38.5m <sup>2</sup> )	Small (7.7m <sup>2</sup> )
Appearance of solidity / Immersive feeling	○	△
Computer	Special EWS	General PC
Cost	High (50-100 million yen)	Low (5-10 million yen)

搬型仮想共有環境システムを新たに開発した。図7に本システムと没入型システム(CAVE)の設置面積を比較した。また、表1に両システムの比較表を示す。本システムでは移動可能な偏光保持に適したスクリーン1枚と市販の液晶プロジェクタ2台を使用している。このため、設置面積を没入型システムより大幅に小さくすることができる。また、スクリーンが1枚であるため調整が容易である。さらに、表示用のソフトウェアはPC上に構築されるため、安価にシステムを構築することが可能である。本システムではさらに、3次元可視化装置と力覚呈示装置を組み合わせ、ユーザが3次元仮想物体の重さなどを体験できるようにしている。仮想共有環境内に表示された映像を、視覚のみならず触覚や力覚を体験化することにより、鑄造にかかわる知識の内面化が促進される。図8にシステムのブロック図を示す。本システムは大きく3次元可視化装置と力覚呈示装置の2つに分けられる。3次元可視化装置への3次元形状の表示と力覚呈示装置への制御入力はPCで統合的に行われ、ここで表示される映像と力覚が同期化される。3次元可視化装置では3Dメガネに取り付けられたヘッドトラッキング装置により視点位置がPCにフィードバックされ、視点位置に応じた映像をリアルタイムに表示する。力覚呈示装置では、マニピュレータ先端の位置とマニピュレータへの負荷がPCにフィードバックされ、これらの値と表示されている3次元形状を考慮してマニピュレータの位置とトルクが適切に制御される。図9は本システムの使用イメージである。

## 6.2 可搬型仮想共有環境システムの位置づけ

図10は本研究グループで提案している仮想共有環境システムの位置づけを表したものである。ユーザは3次元可視化システム内に入り、3次元立体視メガネを通じて製品形状等を体験化でき、これにより、SECIモデルの第4フェーズである内面化プロセスにおける支援システムとして活用できる。SECIモデル知識の内面化プロセスについては、従来、現場での実作業を通じて行っていた。しかしながら、新人など経験を十分積んでいない者が熟練技能伝承システムによる知識のみで現場に出て作業を行うのは時間を要したり、時として作業において危険を伴うことがある。現場作業の前段階で没入型仮想共有環境システムを用いて作業を仮想体験し、鑄造方案の設計知識の内面化の支援を行うことができる。

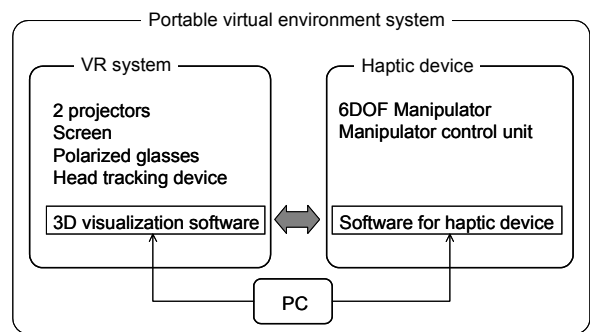
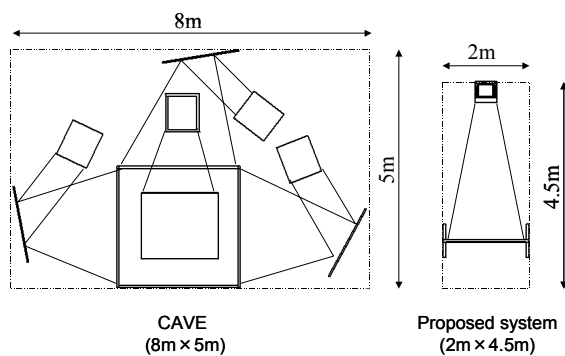


図8 システム構成

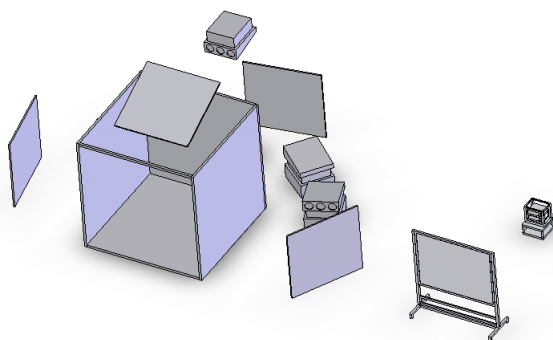


図7 没入型システムと可搬型システム

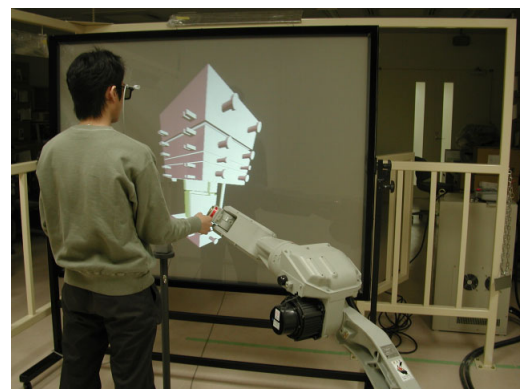


図9 システムの使用イメージ



## 7. おわりに

本稿では鋳造方案検討を支援するシステムとして、ナレッジ・マネジメントの活動モデルの一つである SECI モデルの知識変換プロセスに対応した可搬型仮想共有環境システムを構築した。鋳造方案作成時に本システムを利用することで、方案に関わる形式知および暗黙知を連携した形で修得でき、また、3次元立体視モデルで実物に近い映像で方案を確認することができるため、非熟練者の鋳造方案時の理解を促進するとともに、熟練者においても、方案に関連する幅広い知識を提示することで、経験だけにとらわれない新たな鋳造方案の検討が可能となる。

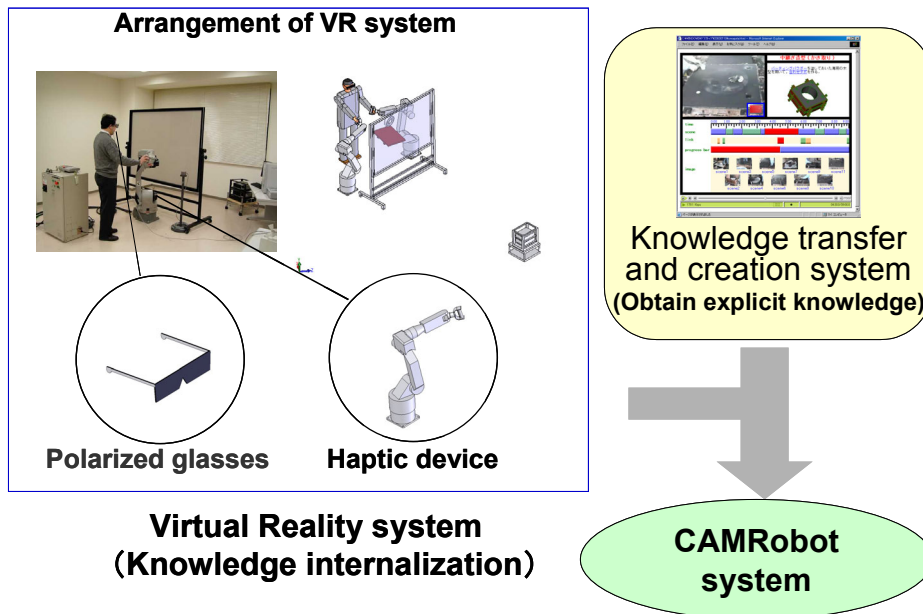


図 10 技能伝承システムの概要