

バーチャルトレーニングとOJTを融合した 熟練技能伝承システムの開発

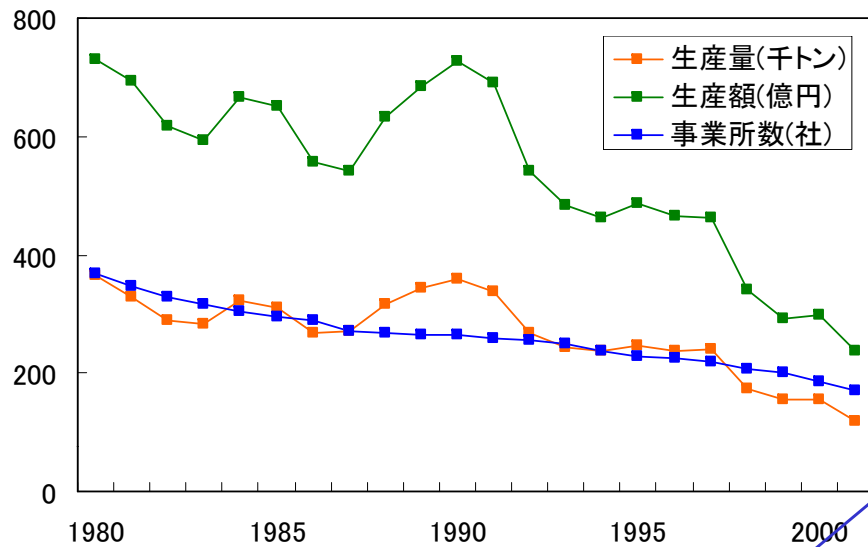
綿貫 啓一

埼玉大学大学院理工学研究科
人間支援・生産科学部門 教授
(兼任)埼玉大学脳科学融合研究センター
E-mail: watanuki@mech.saitama-u.ac.jp

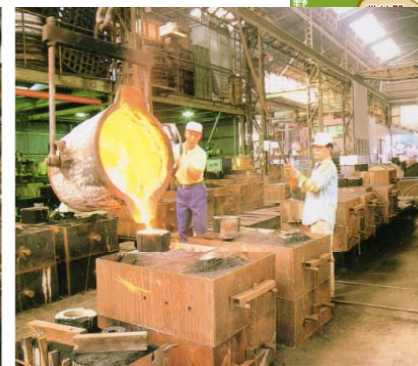
児玉 洋介

児玉鋳物株式会社
代表取締役社長

川口の鋳物産業



2007年問題



© CyberMap Japan Corp.

埼玉大学と地元企業との連携教育

講義，実験・実習の
有機的な組合せ

卒業研究
工学・工業的視点



講義



実験・実習

地域や産業との
密接な連携
⇒ 高度な知識，
確かな技術の習得



VRベース
技能訓練

バーチャルトレーニングと実習を融合した
ものづくり技術者の育成支援



VRベース
技能訓練

技術継承や人材
育成の重要性
の認識



インターンシップ・OJT

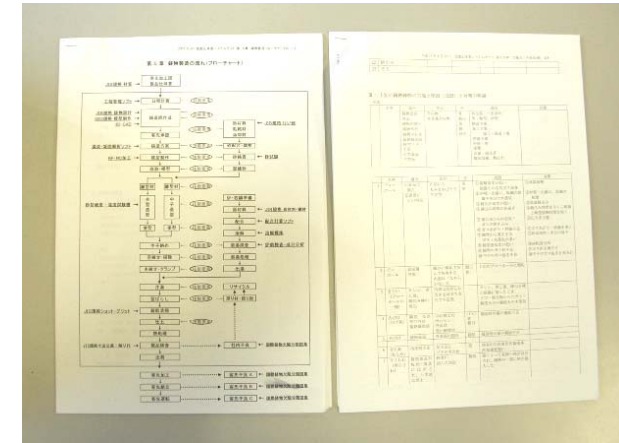
ものづくりの
体系的な知識
の獲得

設計知識・ものづくり技術・技能の伝承手法

●技術文書・図面

利点: 技術の記述に最適

欠点: 技能(動き)をうまく記述できない



●ビデオライブラリ

利点: 技能を記録・保存することができる

欠点: 見たい部分だけを見ることは難しい
見る人の力量に依存する部分が多い



●現場訓練(OJT)

利点: 実際に五感を用いて体験できる

欠点: 非常に時間がかかる
経験できる場面が限定される



熟達者の特徴

熟達者

特定領域において、専門的なトレーニングや実践的な経験を積み、特別な技能や知識を獲得した人

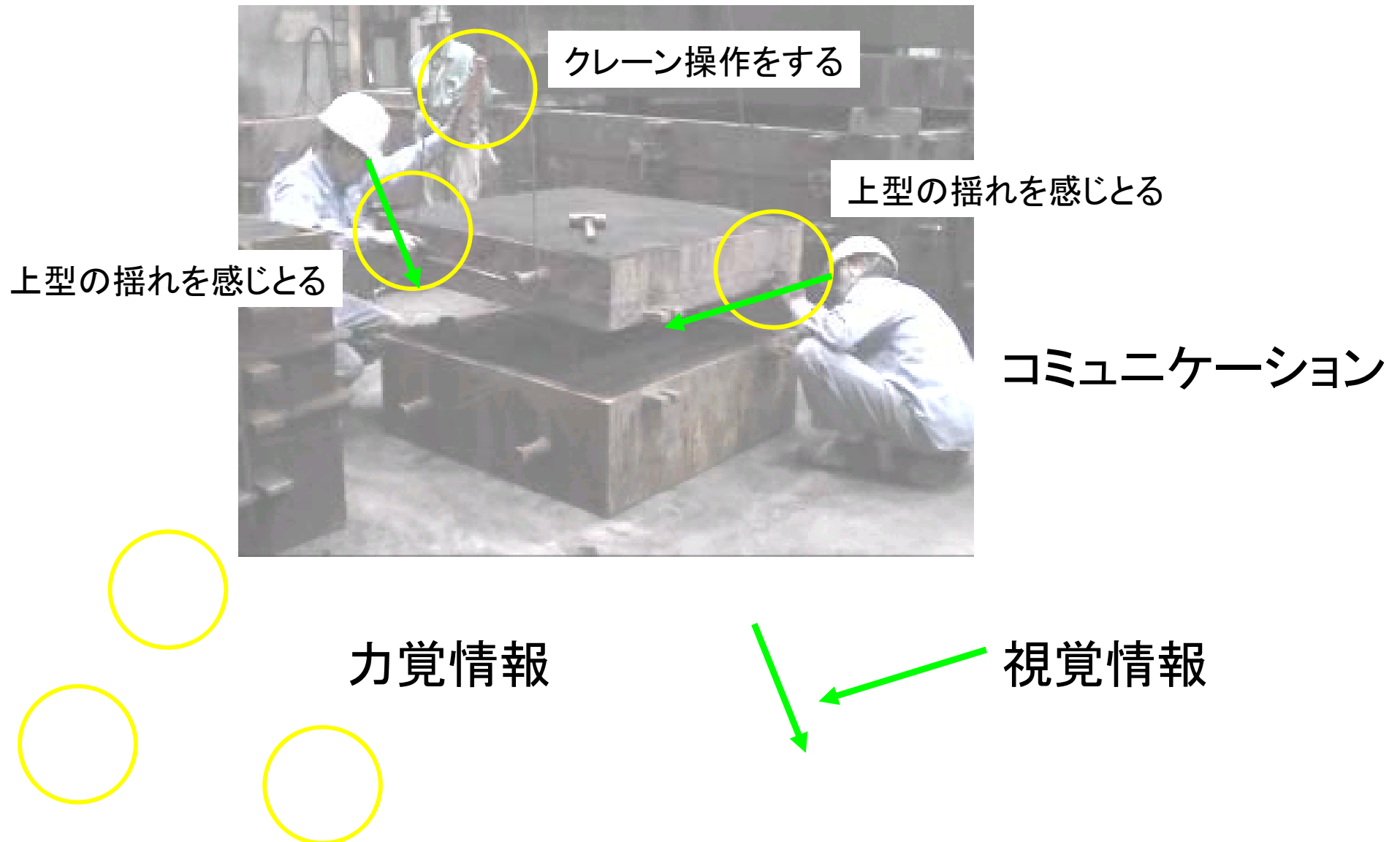
特徴

- ・特定の領域において優れている
- ・経験や訓練に基づく「構造化された知識」を持つ
- ・問題を深く理解し、正確に素早く問題を解決する能力を持つ



OJTにおける学習の限界

クレーン操作による型合せ作業



鑄物現場の5感の「はたらき」

		視（眼）	触（肌） 手・足・体	嗅（鼻）	味（舌）	聴（耳）	技術化 機器
造型	砂性質 型硬度 ケラバ	練砂のダマ 砂詰まり状態 〃	「へら」で修正 指で押さえる 〃				自動機
	中子入 型 かぶせ	中子位置 ガス抜き 合いじるし	巾木のガタ 型かぶせ 足踏み				
中子砂型	シェル フラン	芯金形状・位置 焼け色	割って 強さを確認	匂い			
塗型		「埴汁」の だれ	「埴汁」の 濃さ	「く の			
砂落とし		砂性質 鑄バリの出かた					
仕上	材質	湯道、 バリの破面					
	微量成分	グラインダー火花 チル					
製品		鑄肌の状態 鑄肌の粗さ 削り面の光沢 内部欠陥					
設備・ 機械			温度 手を「かざす」	モー 等の			



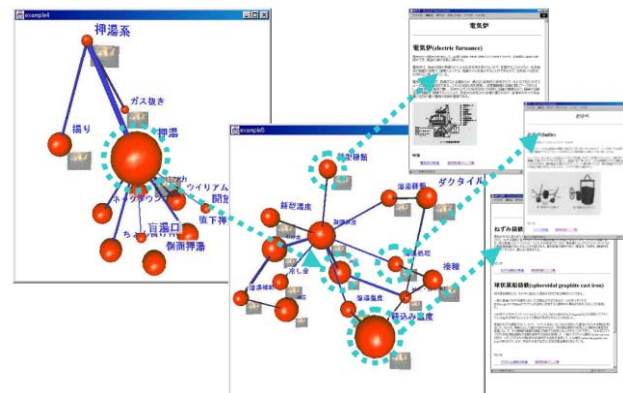
・
・
・

社会学的解明 — 会話プロトコル例 —



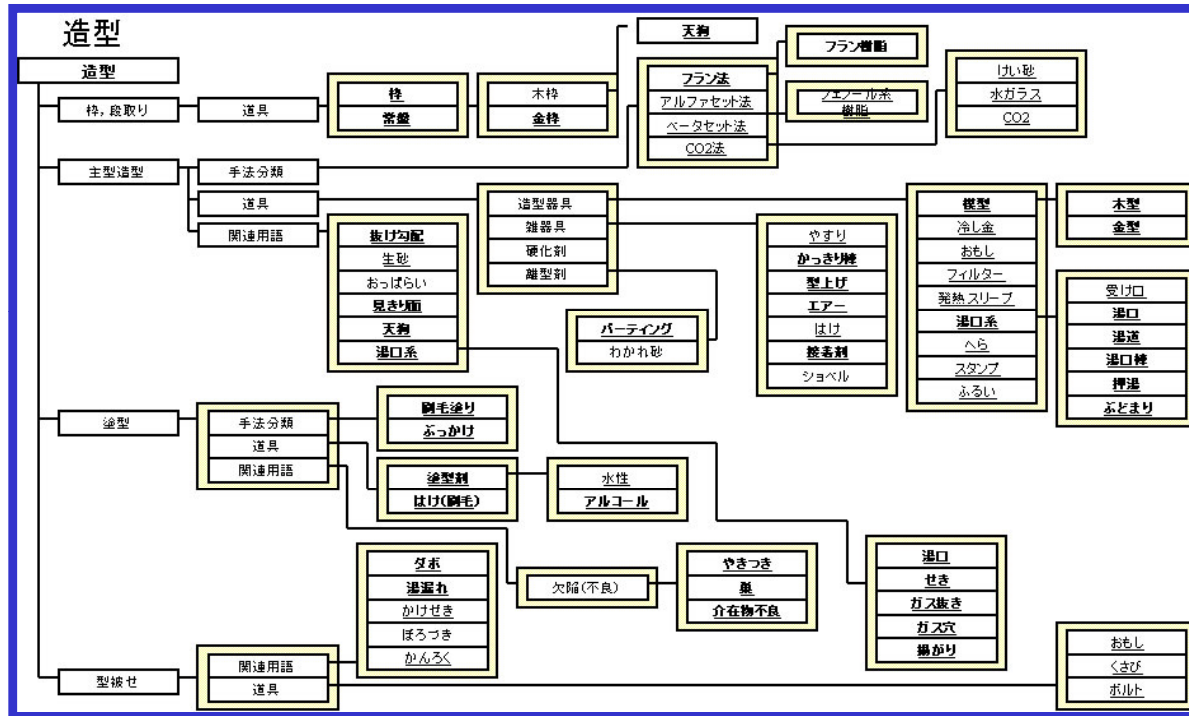
- 01 A : これでまず大事なのがこっち((A面を指差す))を下にするか、
 02 こっち((B面を指差す))を下にするかどっちか。それだよな第一に。
 03 D : 横から見たらこっちの方が((B面を下にした方が))いいと思います。
 04 A : ん::ん、標準的には[ね、こっち((A面を指差す))が上だよな。
 05 C : [んん
 06 B : ん?
 07 A : こっち側((A面を指差す))が上型、こっち側((B面を指差す))が下型。
 08 C : こっち((B面を指差す))が下型?=
 09 A : =んん。
 10 B : :::: ((A面を指差す))下の方がいいんじゃないの? こっち上だと、
 11 [ここ((R部を指差す))んとかがね::
 12 A : [ん::ん::::. ね!
 13 A : 加工の面積が広いのは、こちら((A面を指差す))、面積が狭いのは
 14 こちら((B面を指差す))だからな!
 15 A : 面積が狭いところ ((B面))を::[上型にするってことだというと、
 16 B : [上型
 17 A : 平らな方を((A面)) [下型にもってきて
 18 B : [下!
 19 (4.1)
 20 A : どっちかな?: :ま↑あ:, 大体でも:::こっち((A面を指差す))が上型だろうな!
 21 >面積が広いから!<=
 22 B : =やり易いのはね。
 23 A : やっぱりこっち((A面を指差す))が上で。

→仕上面や強度を必要とする重要面は下面とする。

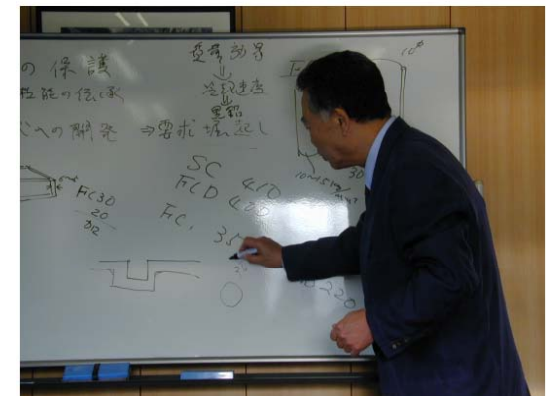
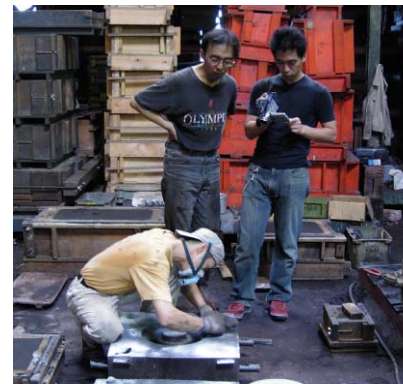
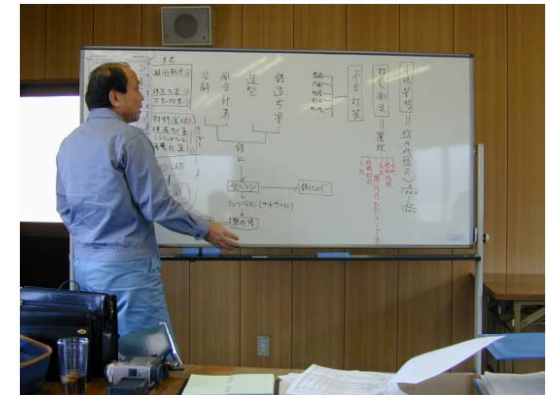
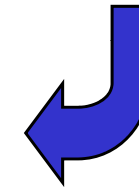


設計製造知識の体系化

鑄造知識を体系化



熟練技能者へのアンケート・インタビュー



コミュニケーションによる知識獲得

プロトコルの例

▼状況

1つの押湯では、ざく巣が生じてしまうために、ボス部・歯部の両方に押湯を立てる必要がある。

▼問題点

リブ部が薄肉であることから、押湯の効果が小さくなっている。

▼解決策

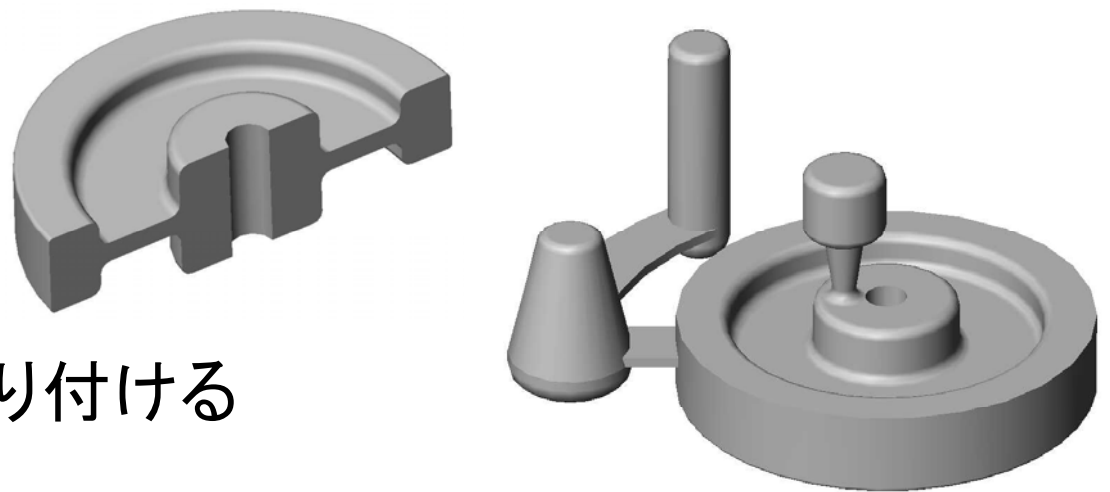
押湯の効果を上げる。

▼具体的手法の提示

- (1) リブの肉厚を大きくする
- (2) 断面積の大きいリブを取り付ける

▼結果

押湯が1つで済み、歩留まりが良くなる。



暗黙知と形式知の連携による設計製造知識・技能伝承

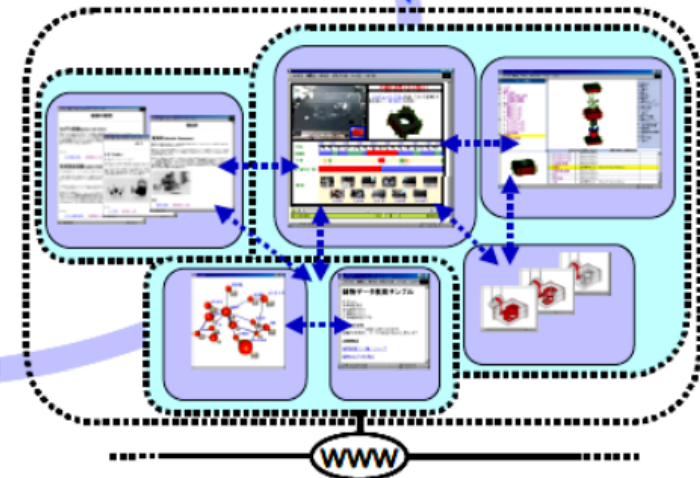
設計製造知識の獲得

設計製造現場での作業・OJT

コミュニケーション
チームワーキング
コーチング



トレーニング



知識の総合

熟練技能伝承システムの概要

映像・画像・音声・テキストデータ

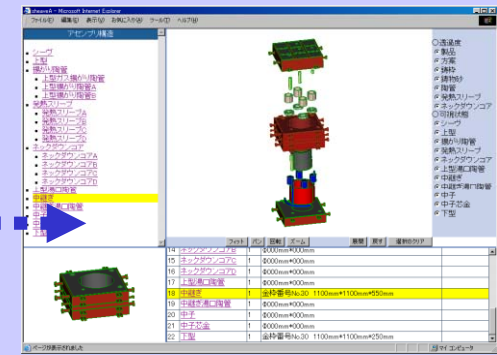
文書データ



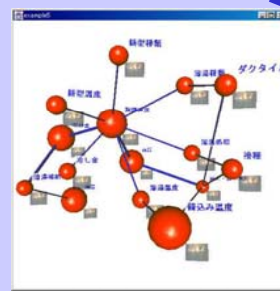
詳細説明



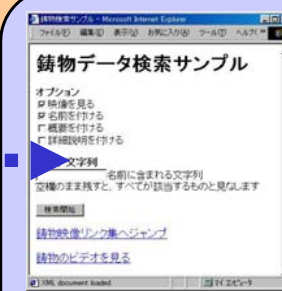
マルチメディア画面



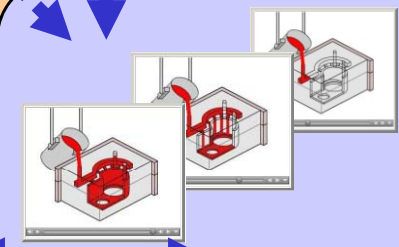
3次元CAD



ナビゲーション



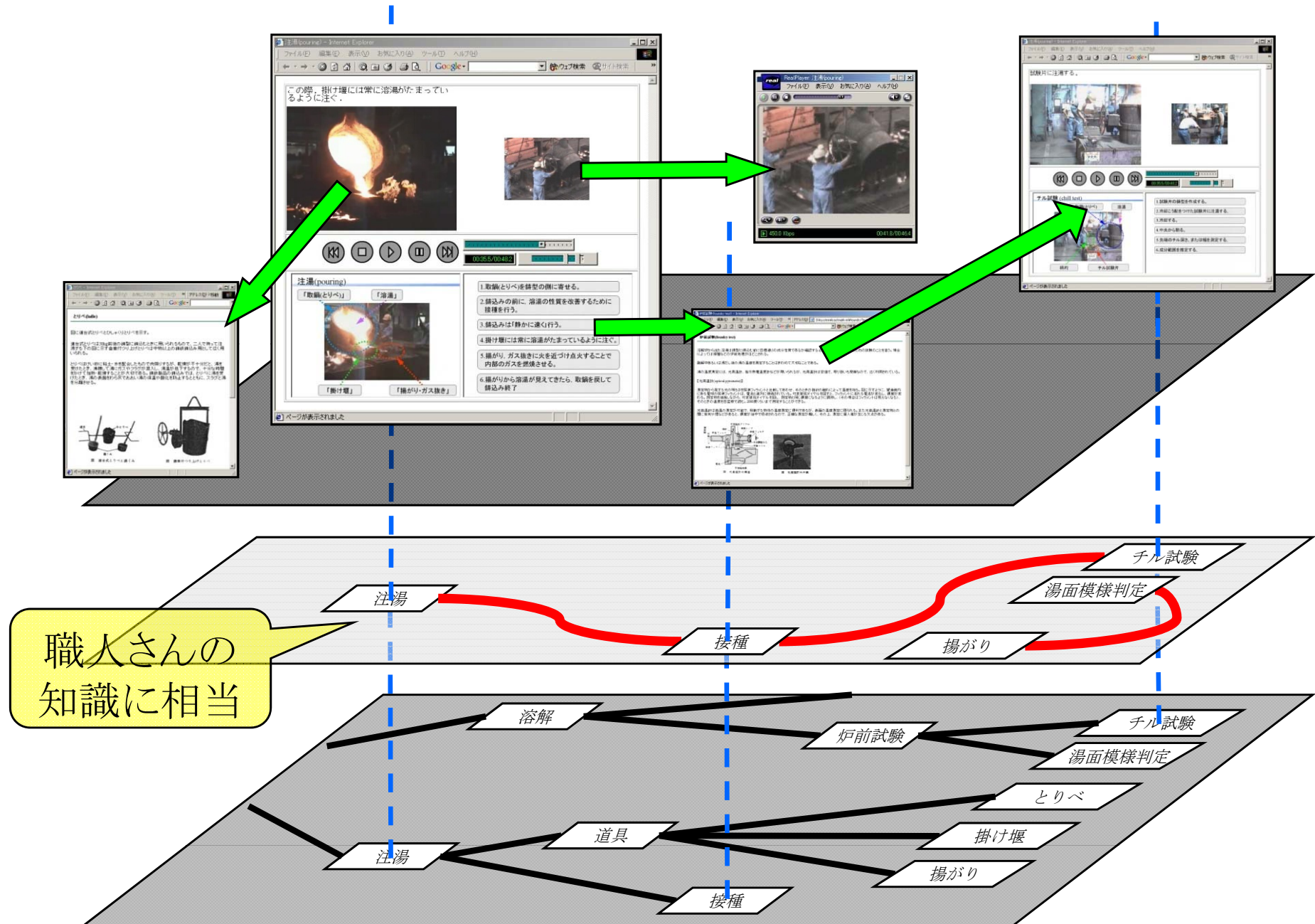
検索



3次元CAE

WWW

本システムにおける形式知と暗黙知の連携



技能の表現

この図は、技能の表現をデジタル化するためのシステム構成を示しています。主要な要素は以下の通りです。

1. 中継ぎ造型 (かき取り) の撮影と加工

左側のカメラ映像で、溶接作業が行われています。この映像は、右側の3Dモデルと対応しています。

3Dモデルの加工工程は、以下の通りです：

- パテティングパウダーを塗しておいて、型を用いて、金型を作る。
- 中継ぎ造型 (かき取り) を行う。

2. アセンブリ構造の3Dモデル

右側の3Dモデルは、アセンブリ構造を示しています。各パーツの寸法と材料は以下の通りです：

パーツ名	寸法	材料
14. ネックダンクコア	1000mm*1000mm	金種番号No.30
15. ネックダンクコア	1000mm*1000mm	金種番号No.30
16. ネックダンクコア	1000mm*1000mm	金種番号No.30
17. 上型溝口陶管	1000mm*1000mm	金種番号No.30
18. 中継ぎ	1100mm*1100mm*250mm	金種番号No.30
19. 中継ぎ溝口陶管	1000mm*1000mm	金種番号No.30
20. 中子	1000mm*1000mm	金種番号No.30
21. 中子芯金	1000mm*1000mm	金種番号No.30
22. 下型	1100mm*1100mm*250mm	金種番号No.30

3. 動画の再生と編集

下部の動画再生インターフェースには、時間軸 (0:00 - 9:00) とシーン番号 (scene8, scene9, scene10, scene11) が表示されています。

再生速度は 179.1 Kbps で、再生時間は 04:30.0/09:00.0 です。

4. 技能の表現の要素

左側のパネルには、技能の表現に必要な要素がリストアップされています：

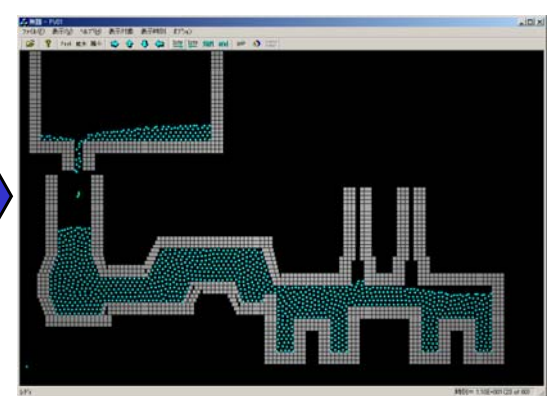
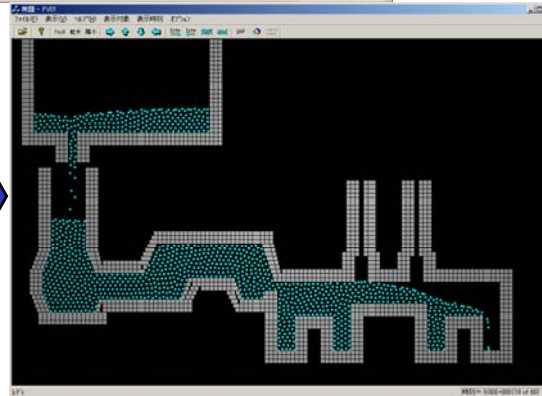
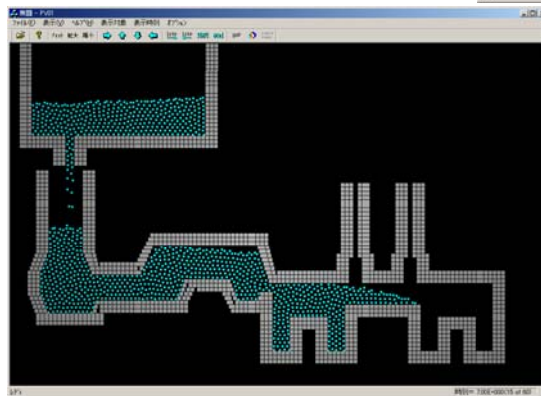
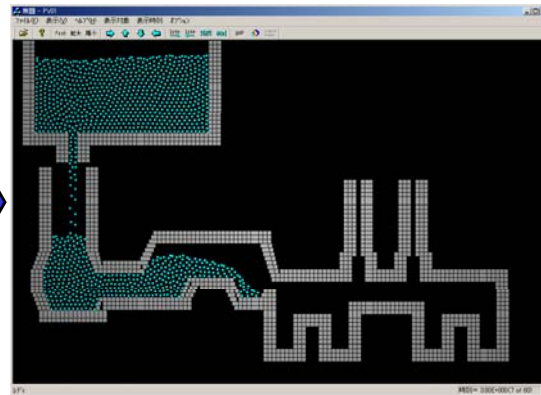
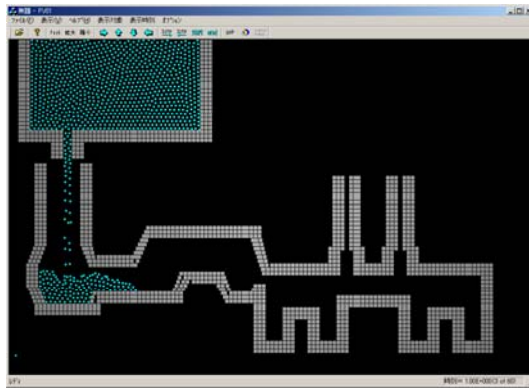
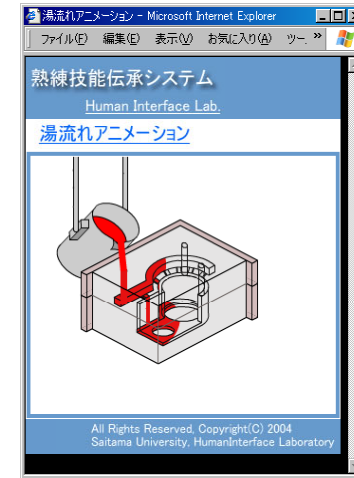
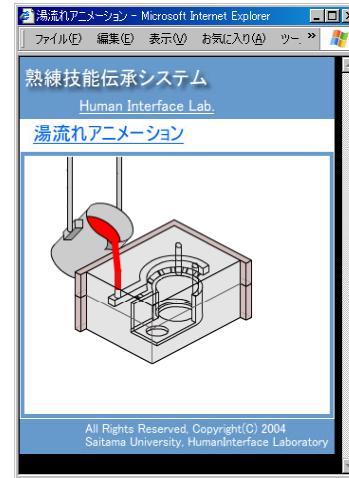
- time (時間)
- scene (シーン)
- link (リンク)
- progress bar (進捗バー)
- image (画像)

5. 電気炉 (electric furnace) の構造

右側の3Dモデルは、電気炉の構造を示しています。各パーツの寸法と材料は以下の通りです：

パーツ名	寸法	材料
14. ネックダンクコア	1000mm*1000mm	金種番号No.30
15. ネックダンクコア	1000mm*1000mm	金種番号No.30
16. ネックダンクコア	1000mm*1000mm	金種番号No.30
17. 上型溝口陶管	1000mm*1000mm	金種番号No.30
18. 中継ぎ	1100mm*1100mm*250mm	金種番号No.30
19. 中継ぎ溝口陶管	1000mm*1000mm	金種番号No.30
20. 中子	1000mm*1000mm	金種番号No.30
21. 中子芯金	1000mm*1000mm	金種番号No.30
22. 下型	1100mm*1100mm*250mm	金種番号No.30

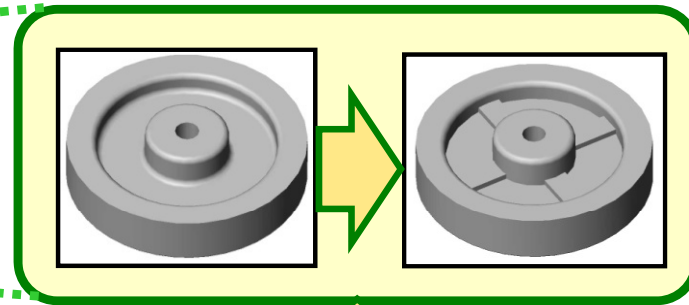
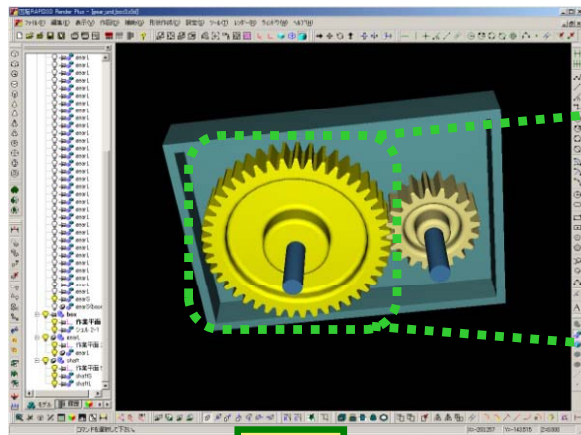
粒子法を用いた造形過程のシミュレーション



熟練技能伝承システム(タッチ画面)



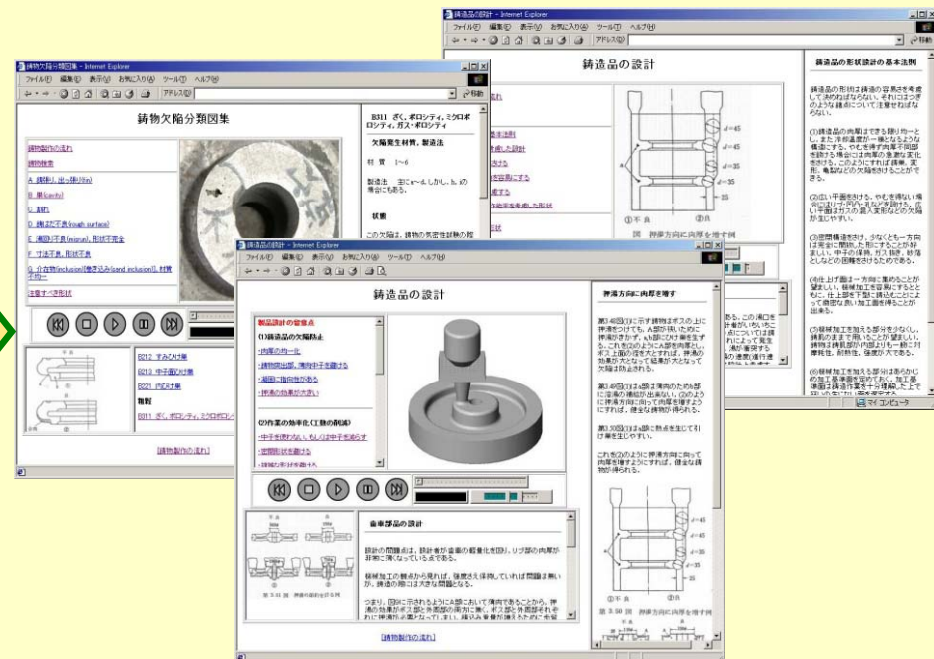
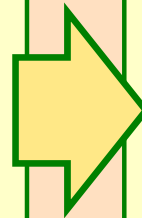
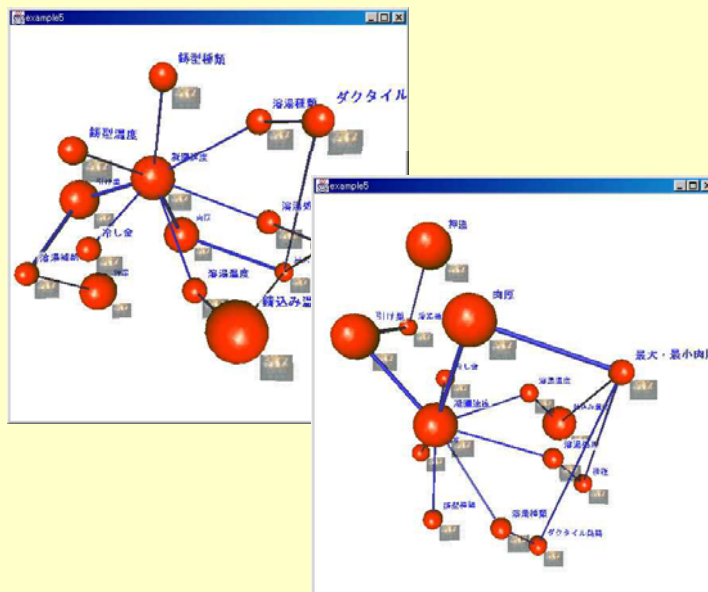
設計支援システムの活用例



設計支援システム

詳細情報

知識可視化アプレット



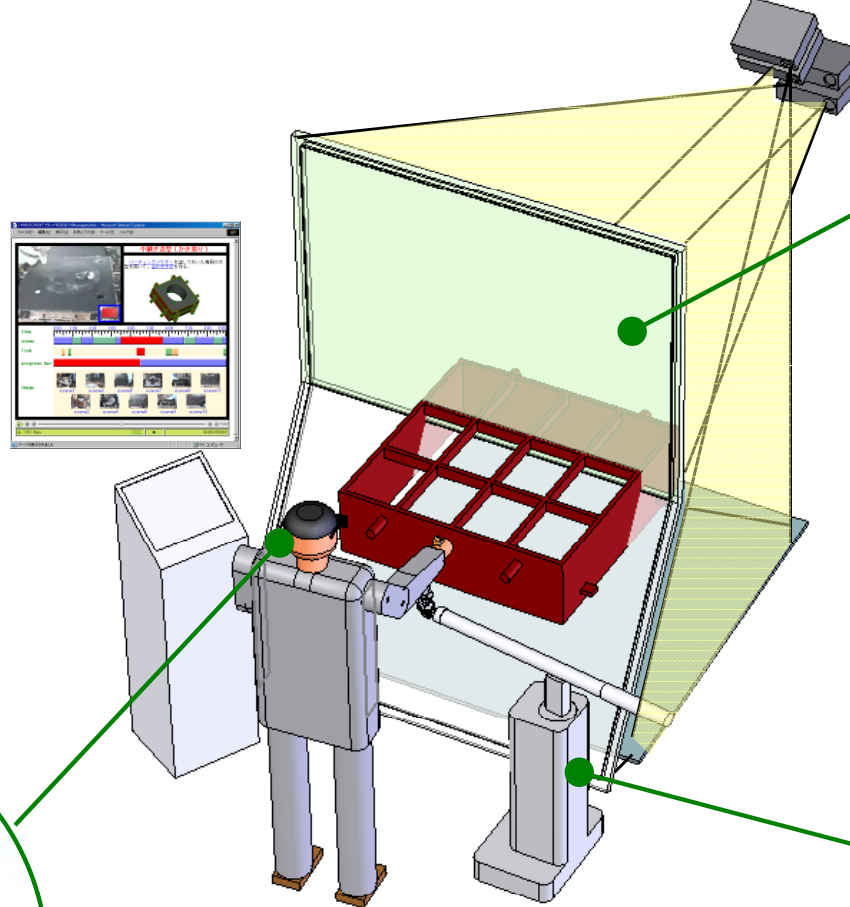
バーチャルトレーニングシステム

熟練技能伝承システム

没入型仮想共有環境システム

← マルチメディアシステム

← VRシステム, 力覚呈示装置



3次元立体視装置



3次元立体視メガネ
視線計測



力覚呈示装置

バーチャルトレーニング

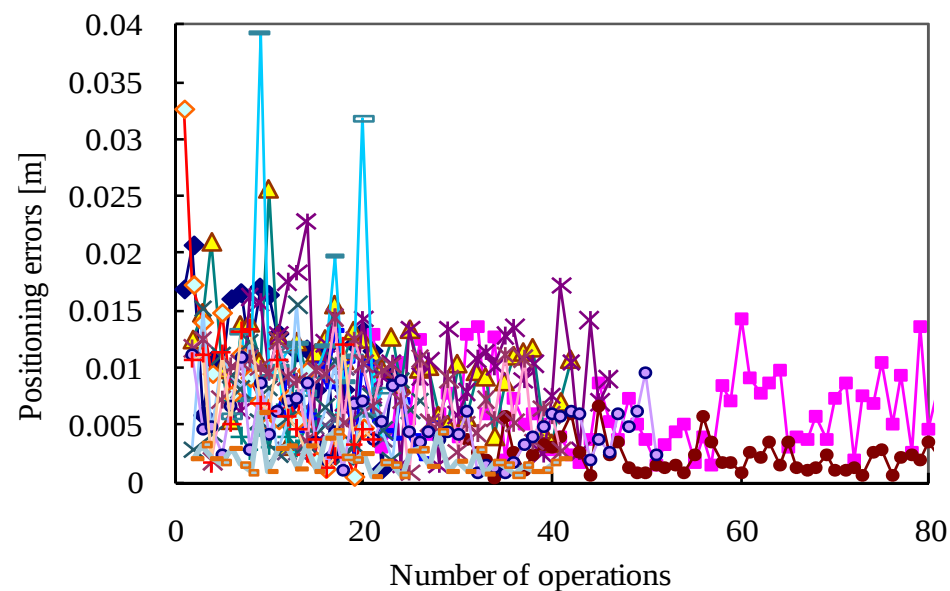
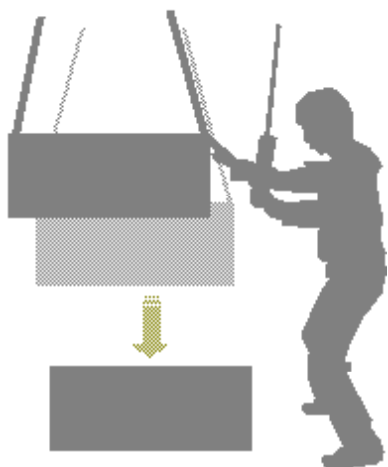


デジタルコンテンツを用いた鋳造作業に関する学習

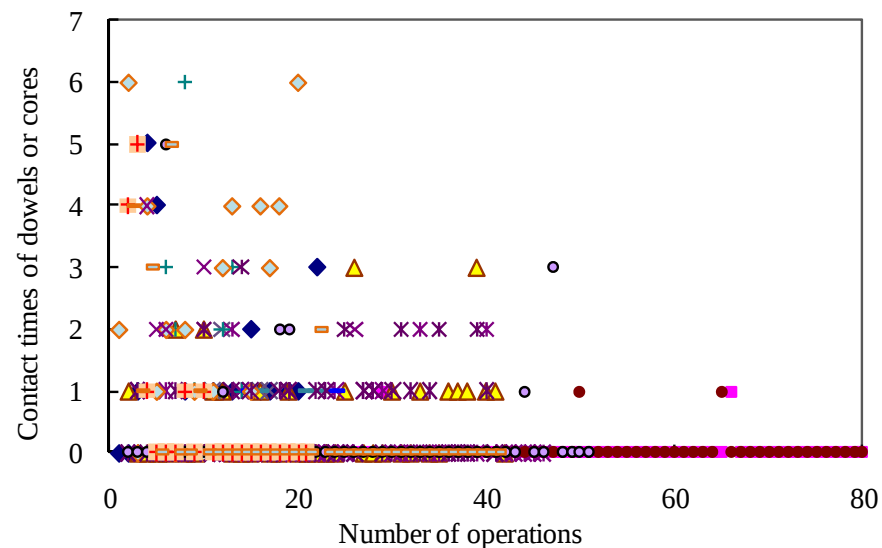


型合せ作業のバーチャルトレーニング

型合せ作業のバーチャルトレーニングの習熟過程

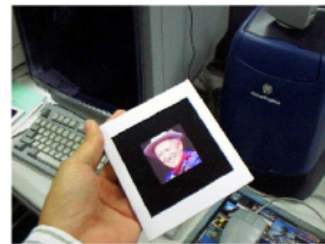


位置決め精度



型合せ作業精度

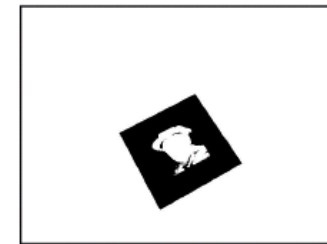
拡張現実感技術によるデザインレビュー



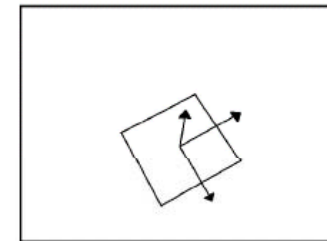
Input Image



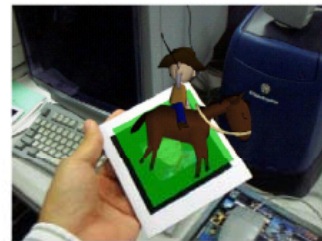
Thresholding Image



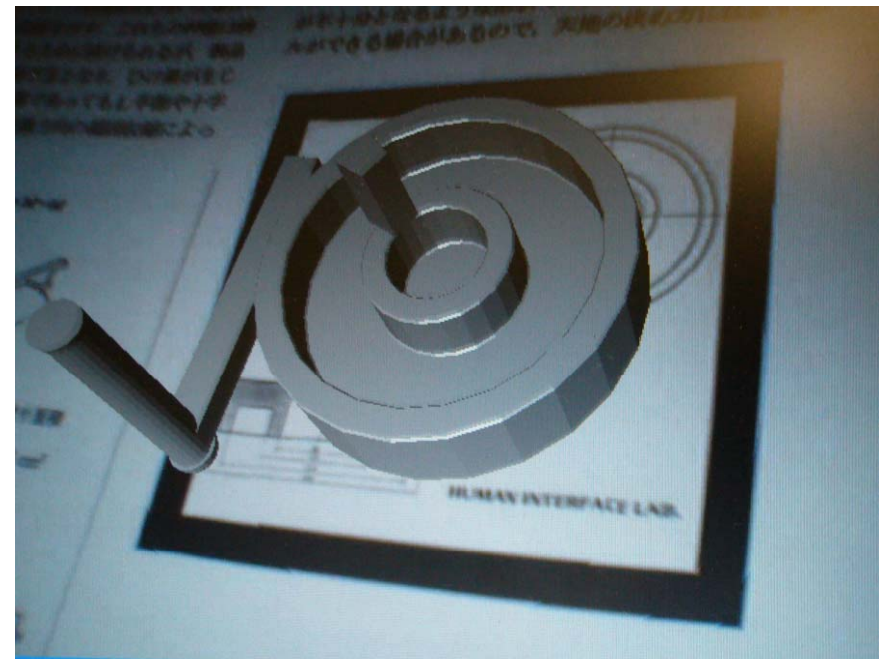
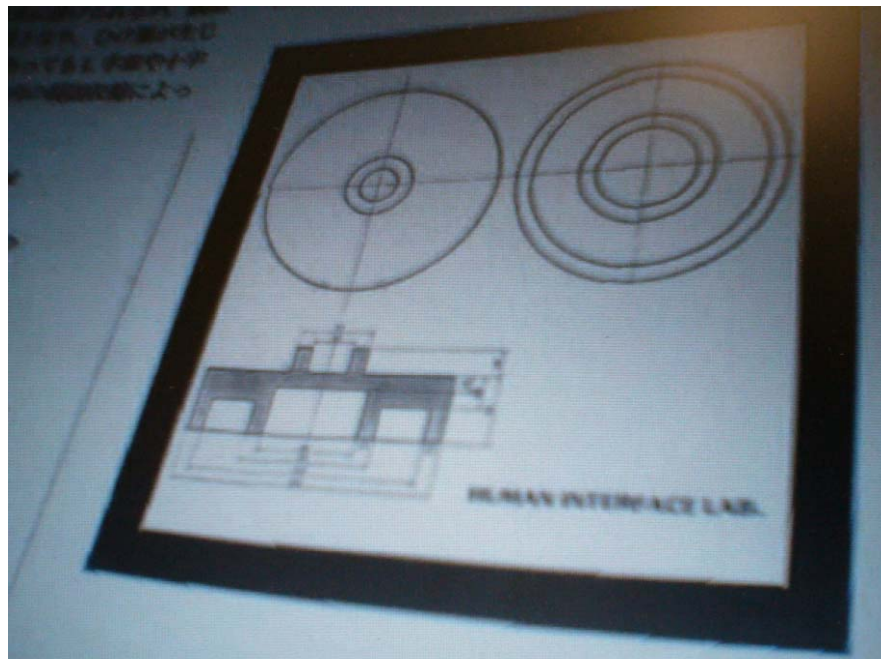
Marker Detection



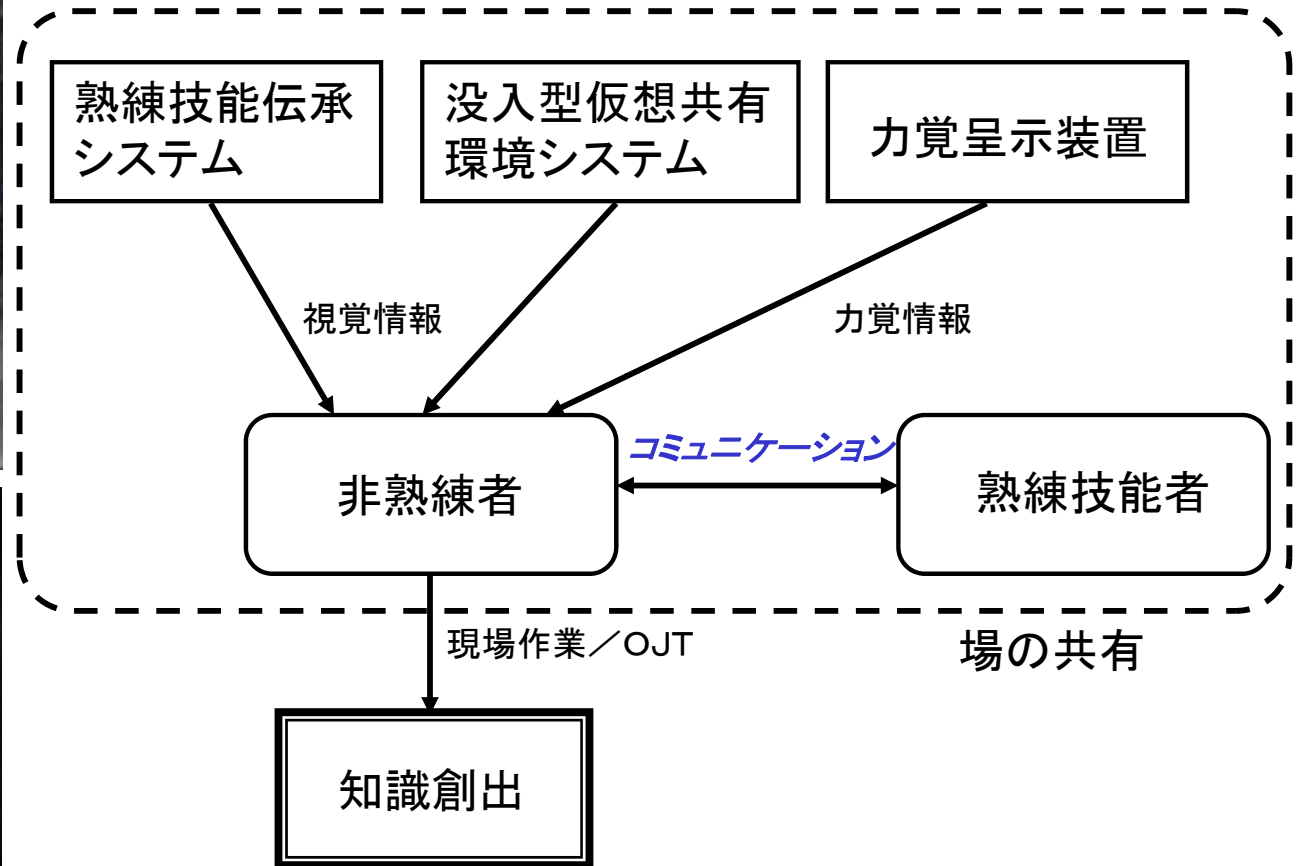
Pose and Position Estimation



Virtual Image Overlay

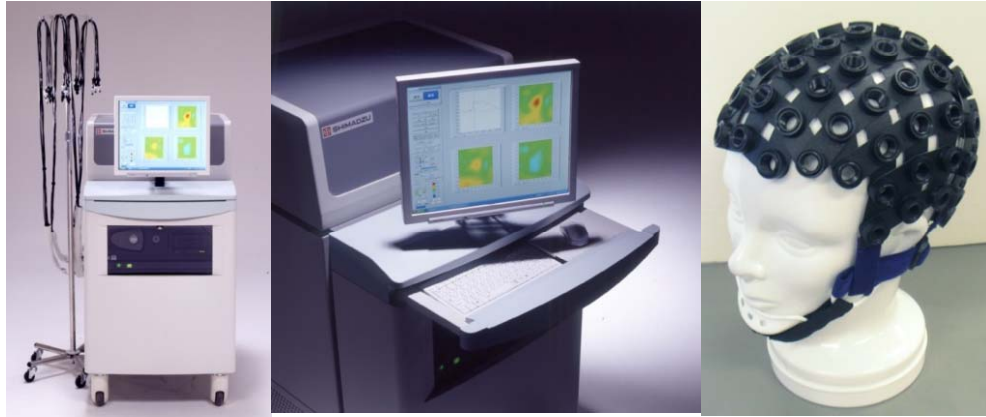


コミュニケーションをまじえた知識・技能伝承



脳科学の知見に基づいた匠の技の解明

脳機能計測システム



NIRS脳機能計測装置:

神経活動に伴う血流変化を測定

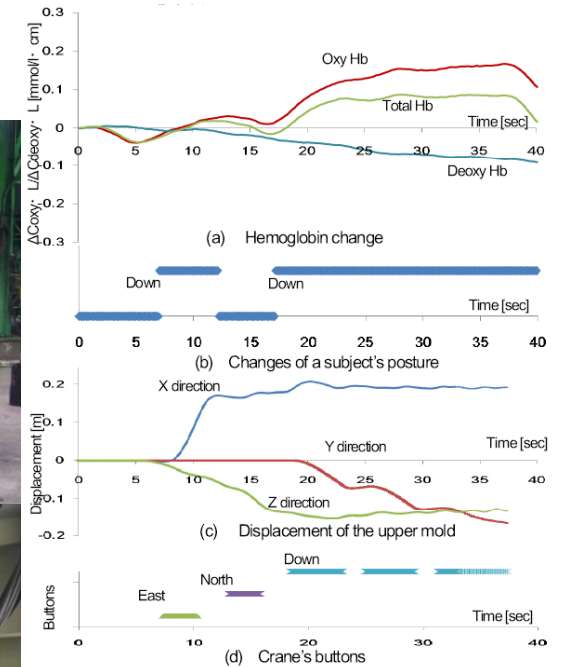
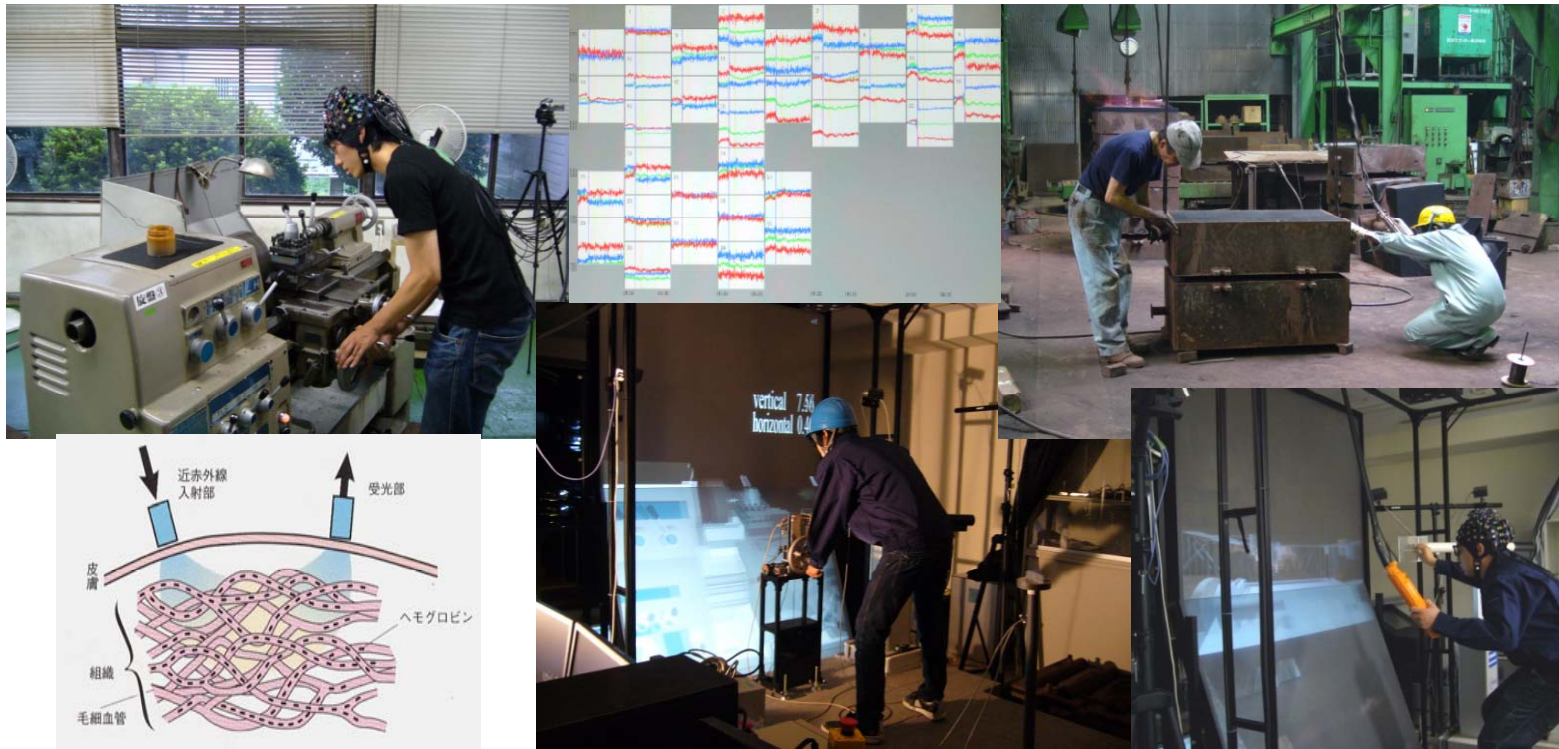
EEG脳波計:

神経活動を計測

視線計測装置:

被験者の視線情報を計測

↓ スキルサイエンスやBMI関連研究の進展に寄与



鋳型合わせ時における脳活動反応計測結果

まとめ

- マルチメディア技術を用いた熟練技能システムの開発を行い、実用化にむけて検討している.
- バーチャルリアリティ技術を用いたバーチャルトレーニングシステムを開発した. 脳科学関連の知見に基づいて, 効果的な技能訓練法を検討し, 実用化にむけて検討している.
- バーチャルトレーニングとOJTを融合したものづくり技術者人材育成のための教材および訓練システムを開発している.
- ものづくり技術・分野を体系的に俯瞰できるものづくり技術者人材育成プログラムの確立を目指している.

