

Leroux & Vivet (2000).

Micro-robots based learning environments for continued education in small and medium enterprises (SMEs)
Journal of Interactive Learning Research, 11(3/4), 435-463.

Micro-Robots Based Learning Environments for Continued Education in Small and Medium Enterprises (SMEs)

Abstract

- ・中小企業における主要な問題:市場を維持するための生産プロセスの適応
- ・新しい技術の導入にともなうプロセスの改善→トレーニングの必要性
- ・ATRIUM の開発
 - ・LOGO とマイクロロボットを使った学習環境(教育プログラム)
 - ・トレーナーの負荷の増大
- ・ROBOTEACH の開発
 - ・教育的アシスタントソフトウェア
 - ・学習者の自主性を増加
 - ・コンピューターと人間の活動のインタラクションの増加

はじめに

- ・生涯トレーニングの必要性
 - ・高度な専門的トレーニング
 - ・再雇用のためのトレーニング
 - ・多くの人が関連
 - ・単にトレーニングするだけでなく、モチベーションを高めるような状況をデザインすることが重要
- ・筆者らは 10 年間にわたり、工業場面における学習環境のデザインに関する研究・実践を行ってきた
 - ・グループ内の共同作業, 教育的なプロジェクト, マイクロロボットの使用
- ・論文のながれ
 - ・ATRIUM およびそこで使用されるツールの説明
 - ・工業場面での実験
 - ・これらの教育環境の限界
 - ・ROBOTEACH(教育的アシスタントソフトウェア)の説明
 - ・考察とまとめ

MICRO-ROBOTS BASED MICRO-WORLDS

From LOGO Turtle to Robot kits

- LOGO microworld (Papert, 1980)
 - コンピューター (プログラミング) によってカメを動かすことができる
 - しかし、複雑な動きは実現できない (例: クレーン)
- Fischertechnik robot kits を利用 (Figure 1.)
 - さまざまなブロックから構成され、いろいろなロボットを作成することができる
- マイクロロボットは多くの学習場面に利用できる
 - 例: 数学 (Vivet, 1989a)
 - "pedagogical micro-robotics"

Activities With Modular Micro-Robots

- 教育目標: 自動化された機械の機能を理解するための基礎的な技術教養を発見すること
(例: モーター・captor・kinematics chain とは何か?)
- 4 つの主要な活動
 - ① 組み立てられたマイクロロボットの操作
 - プログラムされたコマンドを使って迷路内のロボットを操作
 - ② ハンドブックに基づいたマイクロロボットの組み立て
 - ロボットの作成・操作・プログラミング
 - ③ プロジェクト
 - ロボットのデザイン・作成・操作, プログラミング
 - 観点: コスト, 時間, 実現可能性, 持続性, 展開性, 安全性など (Vivet, 1992)
 - 例: コインをソートする機械のデザイン
 - ④ コミュニケーションと作品の向上
 - ライティング・ショー (プレゼン), ディスカッション, マイクロロボットに関する議論
 - レセプションを開催 (他の学習者との共有)
- このとき, 2~3 人のグループで活動することが重要 (完全にコミュニケーションしなければいけない)

Abilities

- それぞれの活動における「問題の解決」によって獲得される能力に注目
 - マイクロロボットの作成
 - 専門的な図面の理解, 部品のプランの正確性, 故障の診断, メンテナンス
 - 時間・空間的な組織化, 空間における局在性
 - 器用さ (精神運動能力)
 - イマジネーション, 発明 (考案), 帰納的推論
 - 言語的能力 (ライティング, プレゼンテーション)

- マイクロロボットの操作
 - プログラムの作成, 予想, 組織化, 一連のイベントのプランニング
 - オブジェクトの機能の理解
 - (モチベーションの向上)
 - (実際のオブジェクトを使用することの有効性 (Leroux et al., 1996a))
- コミュニケーション (社会的相互作用)
 - 研究の範囲外 (簡単に正しく解決できるので)
- モデルの操作
 - 現実世界とそのモデルとの関連性の発見 (関連性に基づいた予測)
 - 不確定性の存在および不確定性からの探求

The ATRIUM Approach

- ATRIUM の構成 (Figure 2.)
 - 3 つの軸 (ABILITIES, ACTIVITIES, TOOLS)
 - 各軸の内容はトレーナーが変更することができる (子ども / 大人, 授業 / トレーニング)

Learning and Pedagogical Foundations

- ATRIUM は Piaget と Vygotski の学習理論と Papert の maicro-world アプローチに基づいている
 - 環境および他者とのコラボレーション
 - 道具 (ソフトウェア, マイクロロボット) を使うことで知識を獲得する
 - メンタルモデルの獲得 (オブジェクトが考えるための道具となる)

EXPERIMENTS IN INDUSTRIAL CONTEXT

- low レベルの大人を対象とした 2 つのプロジェクト
 - QUADRATURE (Vivet et al., 1990; 1991)
 - PLUME (Parmentier et al., 1993)
- プログラミング言語として LOGO を使用

The QUADRATURE Project

- 2 年間にわたるプロジェクト
- 自動車の下請け企業 (雇用者 1000 名)

The learning context.

- 研究者の目的: 作業者の基礎的な能力 (生産ラインの調整) の獲得のためのトレーニングセッションを設定すること

・企業の目的:これまでに獲得したオペレーターの経験を活かしつつ新しい技術のオペレーターをトレーニングすること

・8人×2グループ

・3つのワークショップ(講習会)を設定

・micro-robotics activities

・アームロボットの作成(4~5日)(Figure 1. 左側)

・コインソートロボットの作成(5~7日)(Figure 1. 右側)

・プレゼンテーション

・technical unit

・空気圧, 水圧, 産業の自動化など

・internal training

・安全性, 品質など

Experimental results.

・トレーニングを受けた人は, これまでに工場で観察された技術をまとめるような装置をデザインすることによって, 20年間にわたる彼らの知識やスキルを利用することができた

・他の活動(ロボットの作成)から新しい知識やスキルを獲得することができた

・ATRIUMによるトレーニングは高いモチベーションを示した

PLUME Project

・2年間にわたるプロジェクト

・宗教的なメダル・ピン・キーリングを作る企業(雇用者 80名)

The learning context.

・目的:基礎的な読み・書き・計算・問題解決能力の獲得

・女性8名・男性7名(lowスキル:中学生レベル)

・3つのワークショップ(講習会)を設定

・communication

・micro-robotics activities

・QUADRATUREプロジェクトと同じ内容

・CAL(computer assisted learning?)

・一部の micro-robotics activities の際に遠隔支援システムを使用(電話線)

・トレーナーと学習者

・トレーナーのコンピュータと学習者のコンピュータ(遠隔操作)(Vivet et al., 1993)

Experimental results.

・トレーニングを受けた人は, 企業の生産を調整するコンピュータを問題なく使用していた

・ただし, micro-robotics activities に関するモチベーションの低い人がいた

- 学習者のことを知った上で教育目標を定義することが必要

COOPERATION BETWEEN HUMAN AND COMPUTER TO DECREASE THE PROBLEM OF TRAINER'S OVER-APPEAL

- 上記のプロジェクトにおいては、over-appeal(Leroux, 1992)と呼ばれるトレーナーの負荷の増大がみられた
 - なぜトレーナーの負荷が増大したのか？
 - どのように改善したらいいのか？

Over-appeal of the trainer.

- QUADRATURE プロジェクトより
 - LOGO の文法的な制約(非常にシンプル)が逆にプログラミングを困難なものにしていた
 - プログラミング言語およびプログラミング環境に関する質問が同時期に集中
 - トレーナーの負荷が増大
- PLUME プロジェクトより
 - トレーナーの多様な役割→トレーナーの負荷が増大
 - reading-sheets を用いて情報・知識, 課題などを伝えること
 - プログラミングの概念を教えること
 - ロボットの起動とプログラムのデバッグを支援すること
 - 各グループの活動および各段階の活動をうまく管理すること
- over-appeal を減らすためには
 - (a)トレーナーに気を配った学習デザインおよび学習ソフトウェアの開発(Vivet, 1990)
 - (b)人工知能技術を組み込んだ支援システムのデザイン

Increasing Autonomy of the Learners

- 支援システムの2つの方向性
 - ①問題が発生したときにシステムが学習者を支援する
 - 特定の困難な問題に対応
 - 直接答えを教えるのではなく、問題の診断都会の発見を支援する
 - ②最初からシステムと人間が共同で活動する
 - 学習者の自主性を高める
 - ”joint cognitive systems”
 - 学習者:やることはわかっているがプログラミングができない
 - システム:プログラミングはできるが、外界の情報がわからない

Improving Interaction Between the Computer and Trainer

- トレーナーの役割をシステムに組み込む
 - 活動前: システムに取り込んだ書類 (reading-sheets) による学習
共同でのプランニング
 - 活動中: インタラクティブな作業の調整と学習者の支援
 - 活動後: 共同での活動の分析
- システムとトレーナーのインタラクション
 - システムが学習者の問題に対応できなくなったときにトレーナーを呼ぶ
 - トレースしたイベントを分析

SOFTWARE PEDAGIGICAL ASSISTANT COOPERATING WITH A TRAINER AND A GROUP OF LEARNERS

- 上記の改善点を実現するために、新しい学習環境のモデルおよび支援ツール ROBOTEACH (Leroux, 1995) を提案した

Learning Environment Model Based on Cooperation Spaces

- モデルの概要 (Figure 3.)
 - (a) global な共同の空間
 - trainer
 - local な共同の空間
 - (b) local な共同の空間
 - 学習者グループ (2~3 名)
 - アシスタントソフトウェア (ROBOTEACH)
 - Device (重要だが必須ではない)
- collaboration と cooperation の定義 (Roschell & Teasley, 1995; Leloux et al., 1996a)
 - collaboration: 問題の全部を全員で共有
 - cooperation: 分割した Sub-task を個別に持っている

ROBOTEACH: A Pedagogical Assistant Software in Technology

Architecture of ROBOTEACH.

- ROBOTEACH の 2 つのモード
 - 学習者モード: 活動の管理とシステムのインタラクションの調整

・トレーナーモード:トレーナーの活動のプランニングとトレースしたイベントの検討

・ROBOTEACH のアーキテクチャ (Figure 4.)

(a)the learner resources

①electronic books of courses (Figure 5.)

・1冊1テーマ(動きの変換・しくみの説明・モーターの使用など)

②electronic books of exercises (Figure 6.)

・実際に組み立てて検証する問題

③description environment (Figure 7.)

・ロボットの情報の記述からプログラムとモデルを自動生成

④help expert system

・システムが動きのチェックや記述のデバッグを支援

・メッセージの表示や関連する electronic books を開く

⑤driving units

・activating units (Figure 8.)

・handbook に基づいて作成したロボットの動きのチェック

・間違っていた場合にはシステムが支援

・繰り返し間違えた場合にはトレーナーに報告

・トレーナーはトレースデータを見て判断

・programming and driving environment (Figure 9.)

・description environment で作成したプログラムをまとめる

・実際のロボットで動きを検証する

(b)the author's tools

・text editor (electronic books の説明やヘルプの文章の修正)

・generator of electronic books (electronic books の作成や修正)

(c)the control units

・learner unit (学習者モードを管理)

・トレーナーによってプログラミングされたプランに基づいて提示を行う

・イベントの記録→テキストファイルに

・generator of pedagogical session (トレーナーモードを管理)

・physical object の定義やシステムのパラメータの設定

・イベントデータの取得

Cooperation Between ROBOTEACH and Human Actors During One Activity of the Project

・共同によるタスクの分割 (Figure 10.)

・description environment によるプログラムの作成

→elementary programs の自動生成

→programming and driving environment によるプログラムの作成の際に利用

- 学習者の支援に関するシステムの判断
 - ITS パラダイムからシステムとトレーナーの共同パラダイムへシフトするために重要
- マイクロロボットの重要性
 - 記述やプログラムの検証につながる
 - 記述やプログラムのイメージを反映している

TOWARDS DISTANCE LEARNING AND META-COOPERATIVE SYSTEM

- このシステムは 400 時間以上テストが行われ、そのよさが証明された
 - 専門学生，中学生，企業（low レベルの大人）
 - SME のトレーニングシステムとして売られている
 - 次の目標は遠隔教育システム

New Learning Environments in a Distance Learning Context

- 中小企業は大企業と比べて人材の余裕がない
 - 1 日かけたトレーニングよりも数日に分散したトレーニングのほうがプランしやすい
 - 遠隔トレーニングの有効性
 - このようなとき，トレーナーは学習者の活動をトレースすることが重要
 - 診断のレベル（Wenger, 1987）
 - 行動のレベル（どのような活動を行っていたか）
 - 知識のレベル（どのような解釈を行っていたか）
 - 本研究では行動のレベルのみ
 - fast navigation（Després & Leroux, 1997）
 - トレースが混乱してしまう（抜けてしまう）
- より lower なレベルの診断の重要性