

学生チームによる組込システムの開発

～10年間の教育から～

Ten Years Education of Embedded System Developments by Student Teams

河野善彌, koono@vesta.ocn.ne.jp, Creation Project代表. 陳慧, chen@kokushikan.ac.jp, 国士館大学情報科学センター. 高野英樹, hideki.takano.jr@hitachi.com, 日立製作所システム開発研究所. 森本祥一, morimoto-syoichi@aait.ac.jp, 産業技術大学院大学情報アーキテクチャ専攻.

発表要旨: この報告は、筆者らが埼玉大学情報システム工学科で、1991-2001年にソフトウェア工学の演習として行った題記の教育を紹介し、その教育結果を報告し、提言を行う。

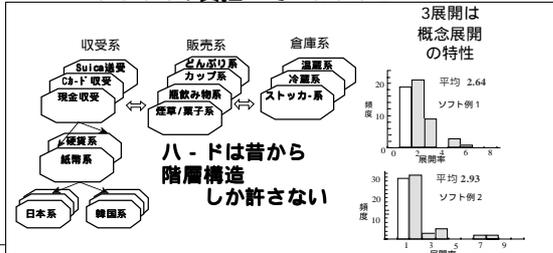
- 狙い: 第1は開発作業を疑似体験させ、それにより人間的能力の向上を図ること。第2は、大学教育で通常教えられることのない、順序論理である組込システムの開発を行なって開発技術を向上させる。これらで学生の総合的な技術/人間面を鍛えることを目指す。
- 作業計画: 2年後期に設計の基礎を学び、3年前期にソフトウェア工学で有限状態機械(FSM)が単一である場合の原理/設計および動作の経験を積む。教科の終りに演習として3～5人でチームを作り、リーダーが統率して作業させる。前記FSMを参照して複数FSMである自販機類を開発する。3年後期の学生実験で、前記開発システムを検査する。
- 技術的重点と実績評価: ◎小さな進行段階毎に設計文書/図面を充分チェックし、状態遷移図、メッセージシーケンスチャートでバグを事前摘出して作業させた。摘出欠陥密度は通常の約100/k行から約13件/k行と大幅に減少し、学生達も文書化の効果を認識した。品質が良いほど生産性も高い(当たり前!)傾向も得られた。◎Event driven OSにより順序論理は組合論理に代わり、容易にFSMが作れる。基本とおりの作成例は、FSM当り42～125行(アプリケーション部品を除く)で、理論上最小規模で組込システムが作れる。複雑度の高い系でも容易に構成可能。×学生達が乗ると100時間余り/チームの工数になり、負担が大。
- 結論と課題: 過去の経験から積上げた最善の方式を、極力実態に近い作業形態で学生達に、実社会での仕事に仕方を教えて模擬的に行動させた。前記の技術的な改善が目覚ましい他、学生達が実体験することの意義/効果も極めて大きい。(この例では1教科内のソフトの演習に留まったが)、現行の数教科を統合し1年の期間を与え、・実社会での仕事の仕方を教育する、・Soft/Hardを含む組込系の開発体験、・検査およびFeedbackによる改善を柱とする総合教科が望ましい。今後の課題は、大学向けに前記教育を推進することと、産業界に向けてこの方式の教育を提供し、広く社会の役に立てることである。

キーワード: 組込システム, 教育, 設計文書, 品質, 生産性, SDL

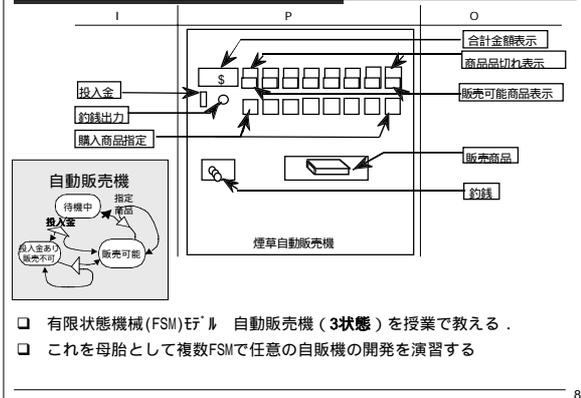
発表者の紹介: 昭33(1959)東大電気卒, 昭39(1964)同博士課程修了。同年日立製作所に入所。以後電子交換用processorから交換soft/systemのR&Dに従事。提案した多重制御方式はNTT向けの他NEC富士通の輸出用交換の一大特徴になった。昭58～60電子情報通信学会編集幹事(選挙選出理事会メンバー)。平3(1991)埼玉大学情報システム工学科教授, 平13(2001)定年退官。

基礎技術3 相互独立なFSM群で構成する

□ プログラム FSMx FSMy FSMz 等価なFSM ソフト規模
 状態数 X Y Z $X \cdot Y \cdot Z$
 プログラム $(X + Y + Z)$ $(X \cdot Y \cdot Z)$ 1/Nに減らす
 3+3+3=9の負担で $3 \times 3 \times 3 = 27$

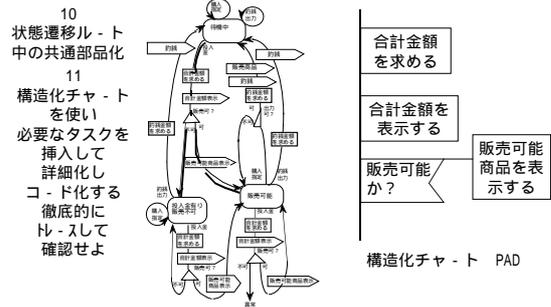


簡単な自動販売機 前面図

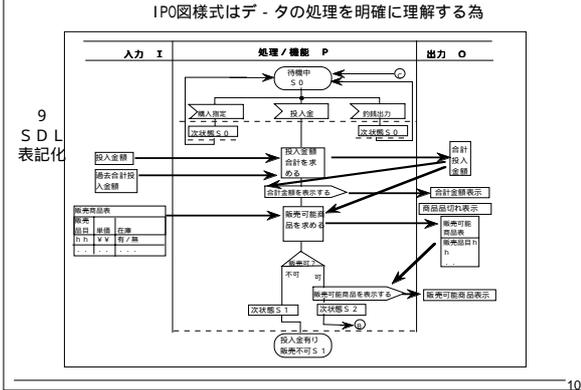


簡単な自動販売機

□ 3状態の遷移ル-トは、最大 $3 \times 2 = 6$ ル-トで簡単に設計可。



簡単な自動販売機 SDL形式の状態遷移図



評価 最優等 1996年JF-Mの成果 (レポ-ト回覧)

□ 優れたドキュメント作成, D3詳細設計に注力, (工数比率41%と他より大) 設計にじっくり時間を掛けて誤りを減らし, テストを正確に行った結果, テストの工数比率は(他は50%前後だが)36%と飛ばけて少ない. プログラムは指示通り作られ, 無駄が少ない. このリ-ダは全員をよく統率しており, 「やり抜く意志の維持で成し遂げた」と最終発表で報告している. 規模は544行, 工数は131時間, 生産性は4.15行/時間

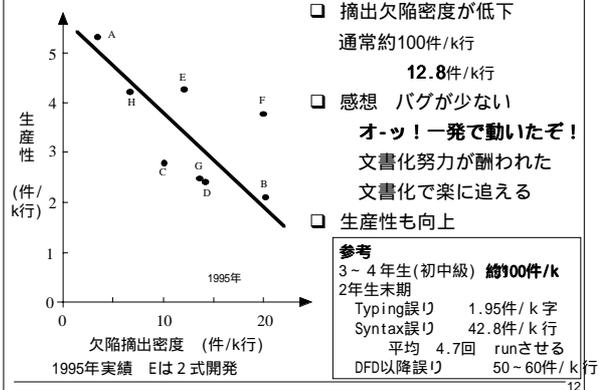
切符販売機

FSM	状態	ル-ト	行数
自動販売	3	10	231
カード精算	2	3	39
画像出力	2	10	370
音声出力	2	6	58
合計	9	2978	378

能力状態数 $3 \times 2 \times 2 = 24$
 能力/実績 $24/9 = 2.7$
 ル-ト/FSM $29/9 = 3.2$
 行数/ル-ト $378/29 = 13.0$
 標準的な指標値である

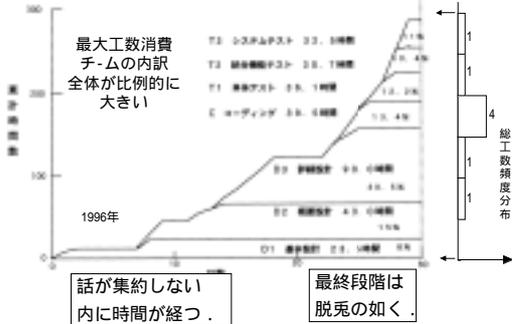
遷移ル-トプログラムの行数の指数分布状予測法
 中心値 $\times 2 \sim 3$ 倍
 $\times 1/2.18$ $\times 2.18$

評価 品質の評価 欠陥密度が低下



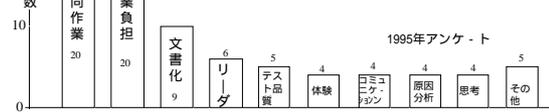
評価 総工数推移 (各チーム毎)

□ 評価 累計消費工数の伸び (平均167時間 最大300時間)



評価 演習の成果 アンケート 1

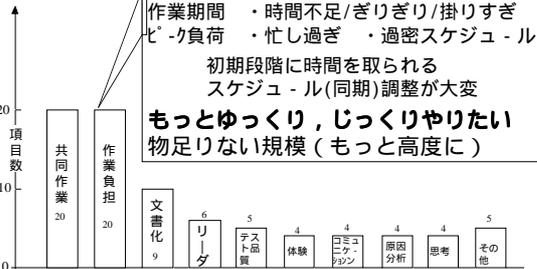
共同作業で話あい/考え/意見を出し合う
能率的、効率があがる。
素晴らしい、面白い、楽しい
より良い知識が身につく
お互いの欠点を補いあえる
感じる所あった
・大変さ・失敗・難しさ・長所~利点
完成時に、かなりの満足感を得た



□ 学生はこの種の経験に飢えている！ 飢餓感！

評価 演習の成果 アンケート 2

作業量大 ・大変にきつく、負担が過大
作業期間 ・時間不足/ぎりぎり/掛りすぎ
ビ-ク負荷 ・忙し過ぎ ・過密スケジュール
初期段階に時間を取られる
スケジュール(同期)調整が大変
もっとゆっくり、じっくりやりたい
物足りない規模(もっと高度に)



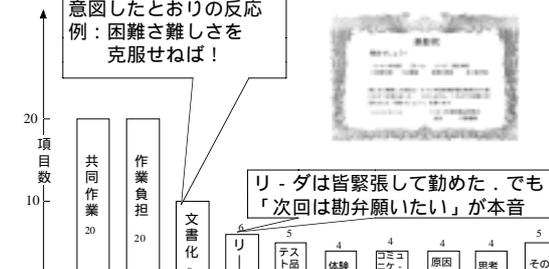
- テンポを緩める。
- 教科中の演習でなく、単位の大きな強化 総合 教科

評価 演習の成果 アンケート 3

意図したとおりの反応
例：困難さ難しさを
克服せねば！

新製品発表会で全員漏れなく
成果を報告する。

リ-ダは皆緊張して勤めた。でも
「次回は勘弁願いたい」が本音



□ かような現実的経験を積むことは、教育の責任では？

評価 河野研究室の「CASEツ-ル」への適用

- 先行方式
1. 1960~62 全デジタル電子交換 (BT委託研究)1FSM 1状態、布線式 2多重制御
 2. 1976~78 既存電子交換制御に独立FSM導入 状態制御は改善したが、その他で大変。
 3. 1982~85 全デジタル電子交換 明確なFSMを用いる多数FSM方式 PBX、局設備
 4. 1985~87 交換用機能自動試験システム FSM状態数を徹底的に減らす MIDAS初号機

□知的CASEツ-ルの主制御部

本教育受講者が担当。市販PAD CASEツ-ルを改造し、ソフト自動設計部分の制御を本方式により、右記FSM群をC言語で実現した。各種図面、メッセージの標準化等により、設計時に明解に整理でき、問題が少ない。云われる前に、ファイル一冊のドキュメントを作成し、他の2倍の論文を書いて卒業。

FSM機能	状態数	全ツ-ル平均数	行数
全体モード	5	17	11.6
部分モード	2	2	20.5
動作制御	5	7	7
変換	10	16	13.3

□統合知的CASEツ-ルの制御 状態数2~4の数十のFSMで制御を実現(1999~2001年)。早期完成。高安定度。

おわりに

- 教育結果の評価
- 「人間育成/実作業の疑似体験」 十二分に達成
共同作業 体験/楽しさ/難しさ/リ-ダとMBAの在り方
ものの考え方~あるべき姿 統率、仕事、姿勢/文書化
 - 演習の限界 時間~単位/教科枠・・ハ-ド 同時並行
 - 技術 文書化/仕様を実行する「力」の強化/規模最小
- 今後の課題
- 工学系 情報工学の教育
この種の教育が1番必要なのではないか？
ささやかな疑似体験でも、皆が力を合せ目的を達成
1年コ-ス、S+Hで構成する総合教科を推奨する
必要なら、何時でもご協力します
 - 教科書作成・社会人/会社等の組織に教育し普及させる