

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～

河野善彌(現 : Creation Project), 陳慧(現 : 国士舘大学)
高野英樹(現 : 日立製作所), 森本祥一(現 : 産業技術大学院大学)

2007年 9月 6日

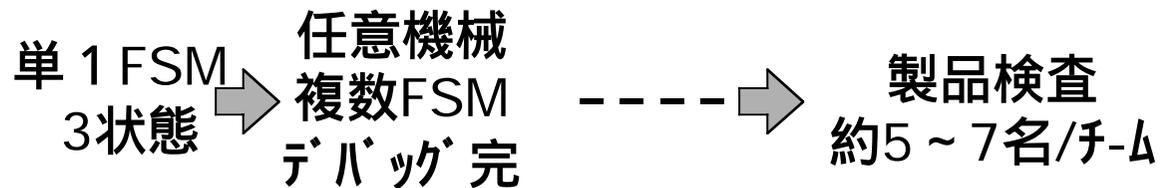
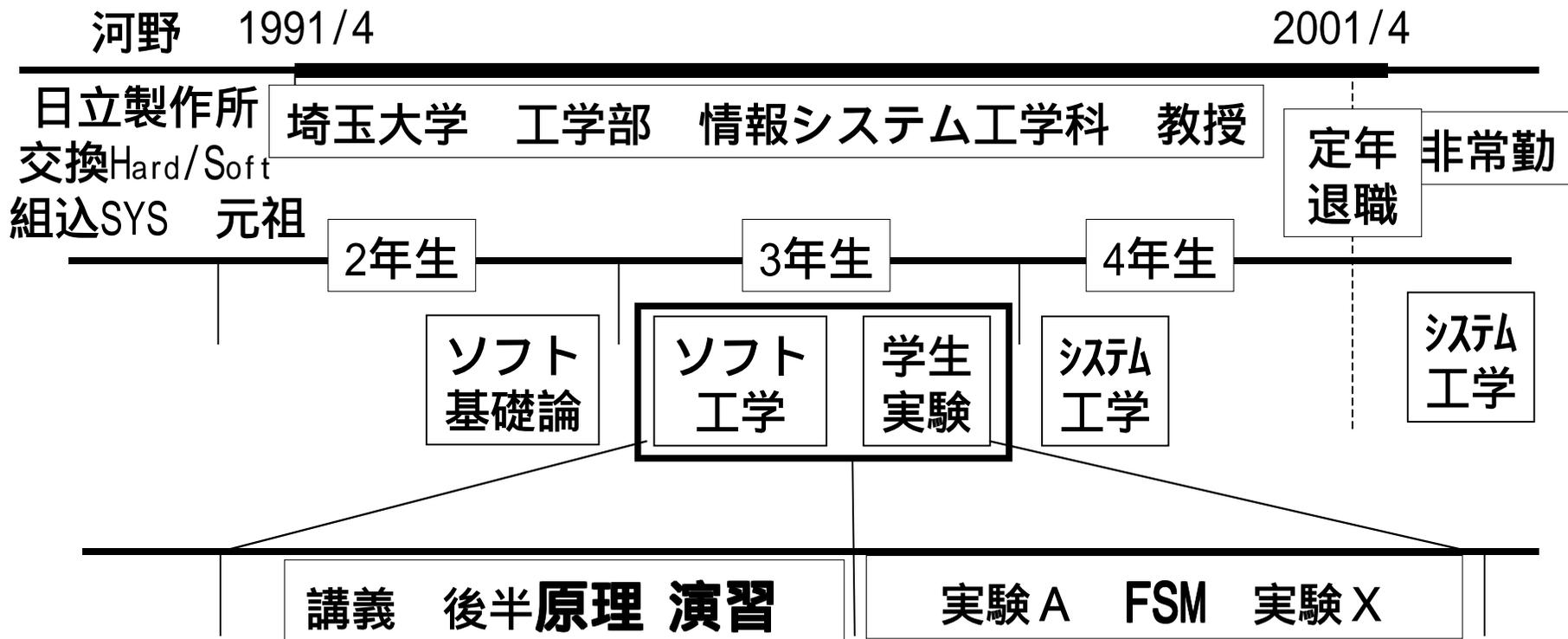
Koono@vesta.ocn.ne.jp

Copyright ©, 2007, Koono

- **人間育成** **実作業の疑似経験**
 - 触れ合わせ , 協力させ , 組織として働かせる
 - 役割を果たさせる チーム リーダ / OS担当 / メンバ

- **技術習得** **作業し実感を持って習得**
 - チームを構成して分担 / 共同作業
 - ソフト作業法 図面 / 文書の意義 ~ 作成 ~ デバッグ
 - 状態を持つ系を体験 (Finite State Machine, FSM)
組合論理と順序論理とは作り方が違う

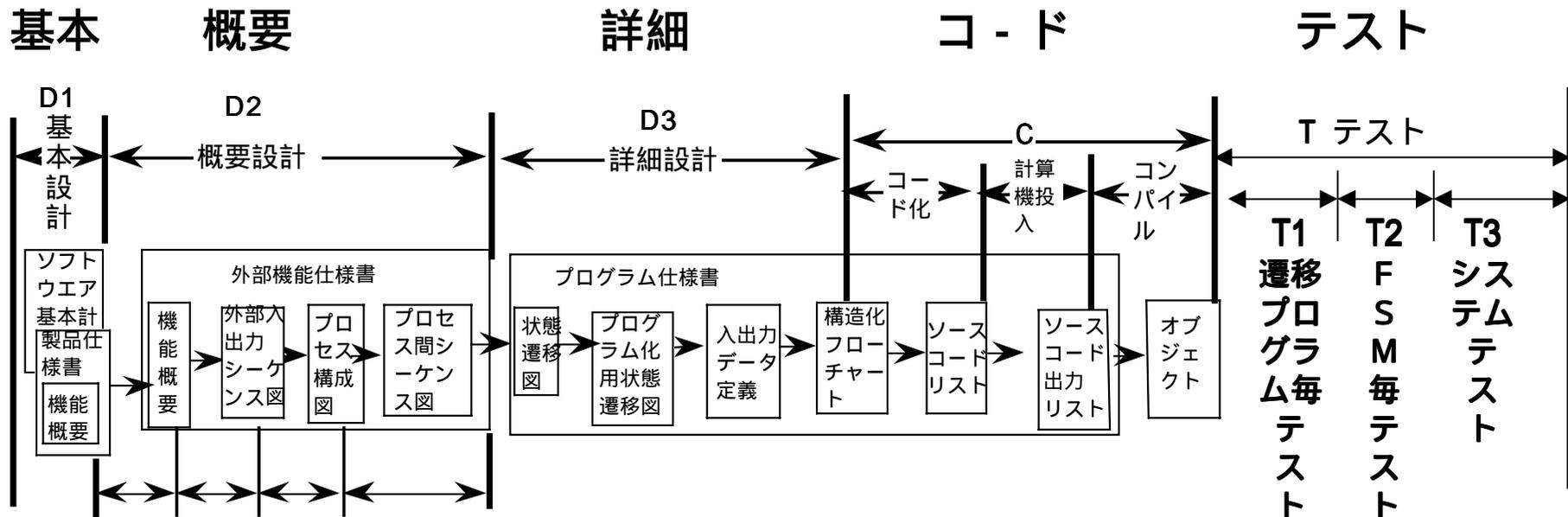
教育の概要



開発：リ・ダ・他 2~4名で，製品決定 作業分担 テスト統合
 受講者数 30~50人/年 × 10年間 (2001~2005は縮小して実施)

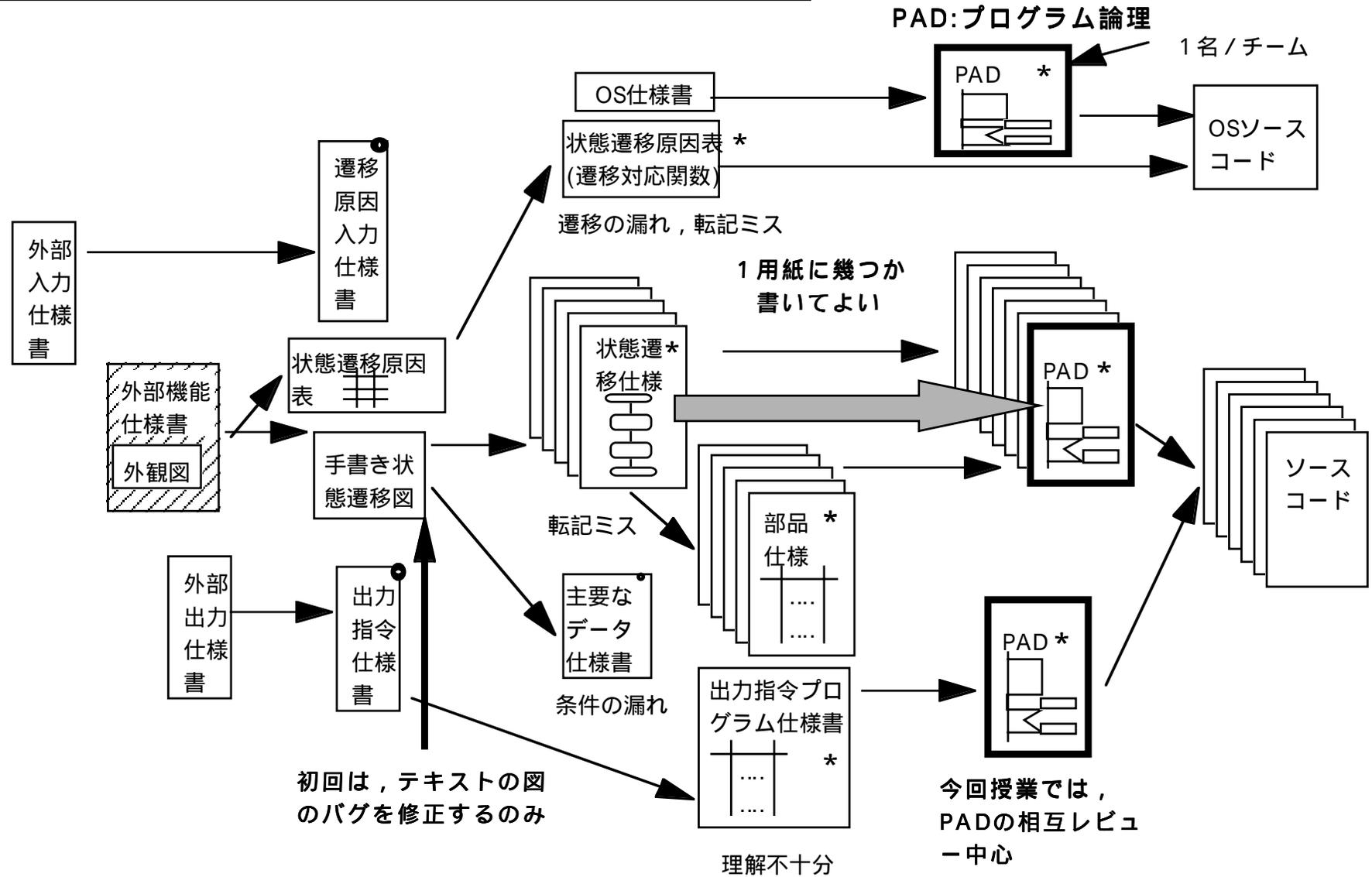
- 10年間には変遷がある．当時のレポートと総括資料を抜粋して報告する

簡単な自動販売機 開発演習の工程



- チ - ムリ - ダ (社長：作業禁止), OS担当, 各メンバー
- 勝てる製品・仕様 ~ システムテスト完迄 (実験で検査)
- 原形を販売機能の中心として, 2 ~ 3 FSM追加で実現
- 小さな進行毎の図面/文書を作成して入念にチェック ZD

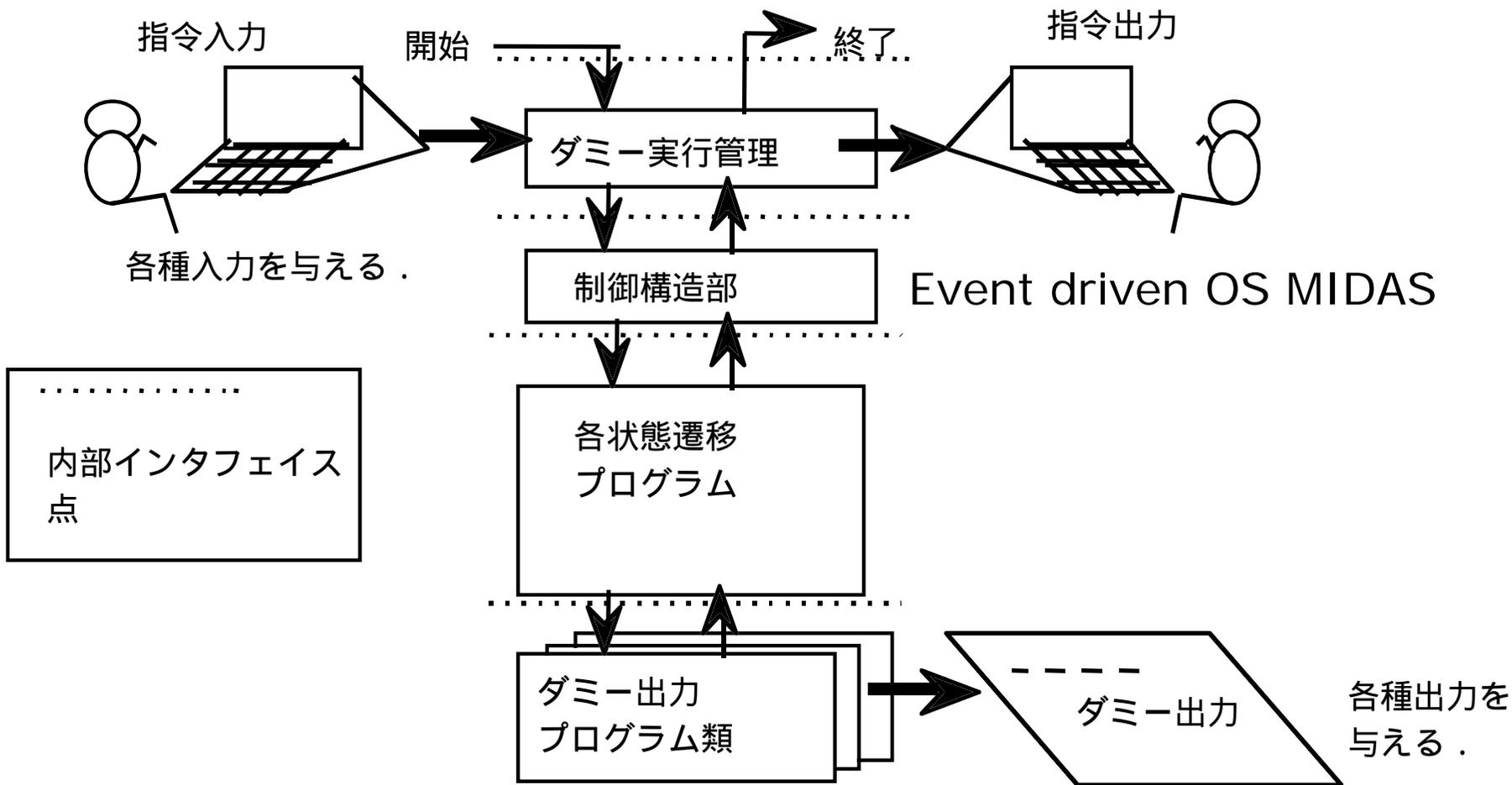
簡単な自動販売機 標準文書体系



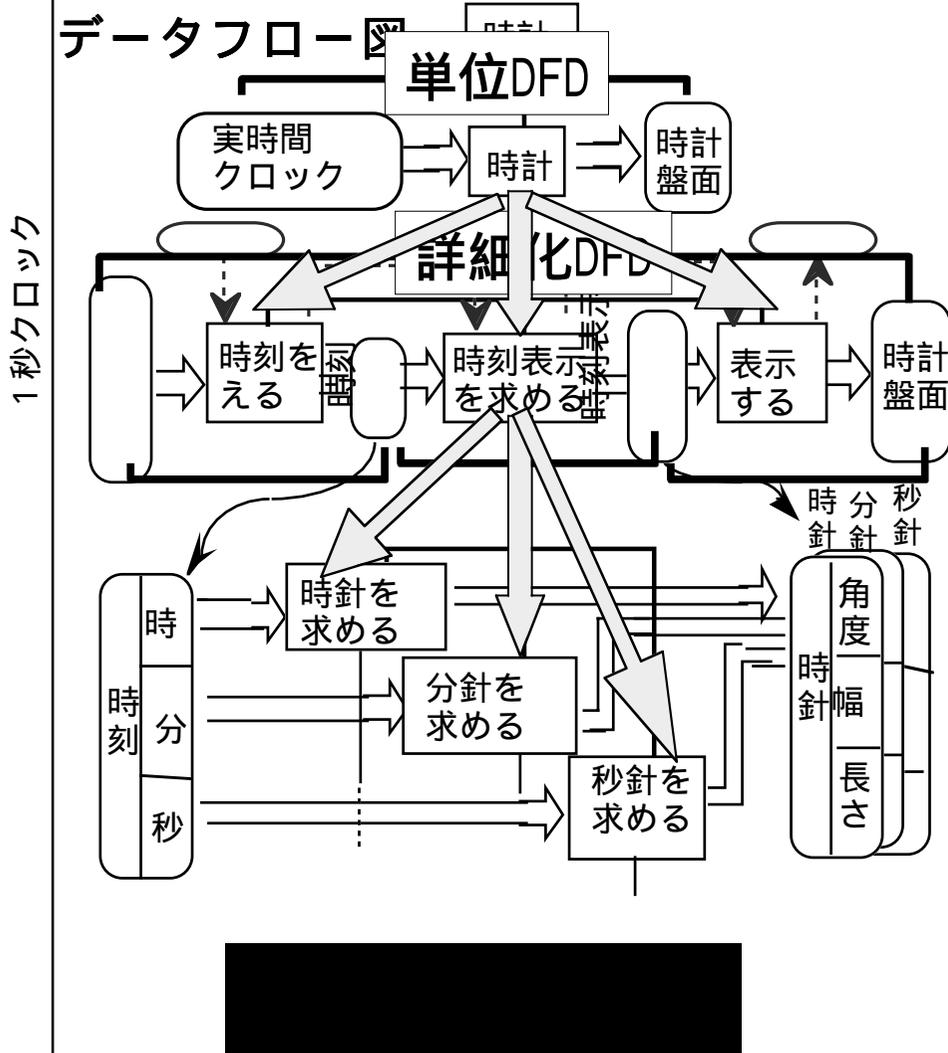
□ 文書/図面には、一つずつに夫々の顔がある

簡単な自動販売機 指導文書類

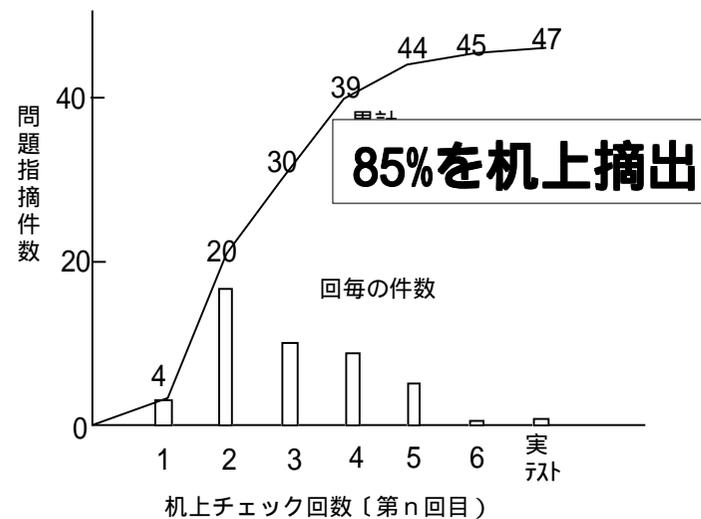
試験用構成



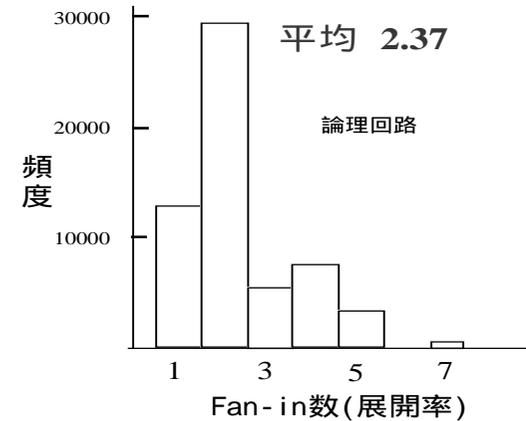
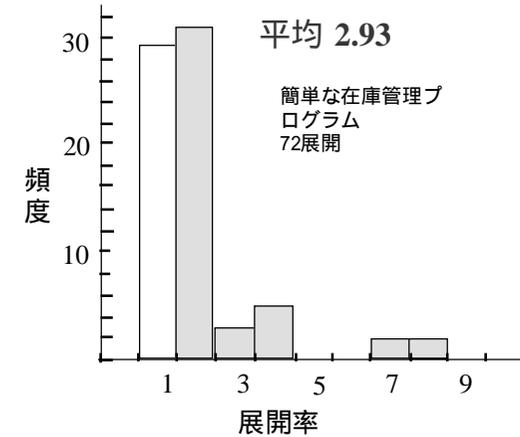
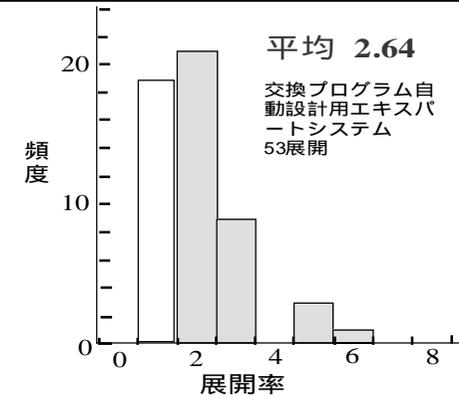
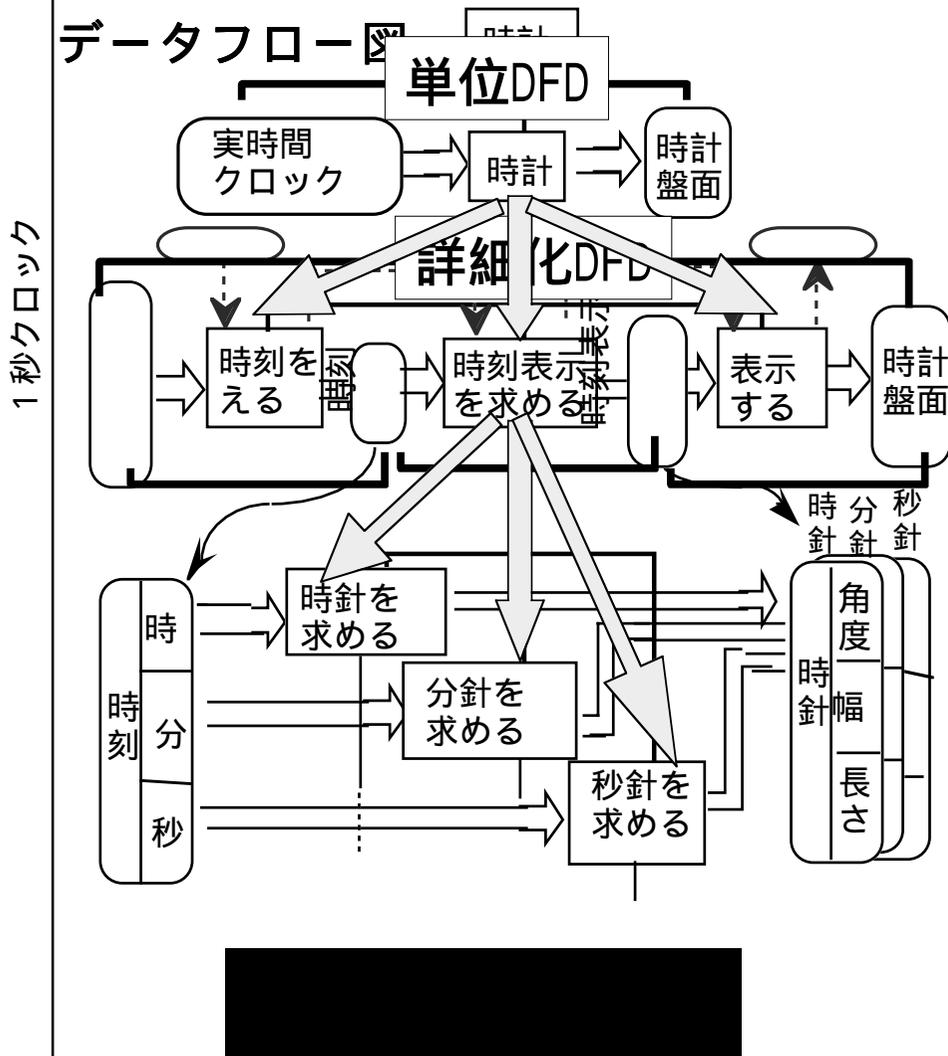
基礎技術 1 (2年 ソフト基礎論で教育)



- 設計： 概念を表す単位DFDを階層展開して詳細化DFDにする。これは子単位DFDの群である。
- 机上チェック： 小さな進行毎に厳密にチェック
(全体をM区分すると残留誤りは1/Mに低下する)

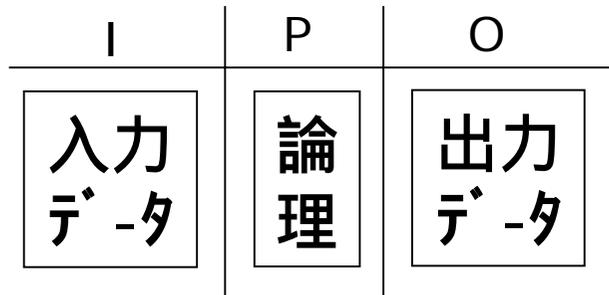


基礎技術 1 (2年 ソフト基礎論で教育)



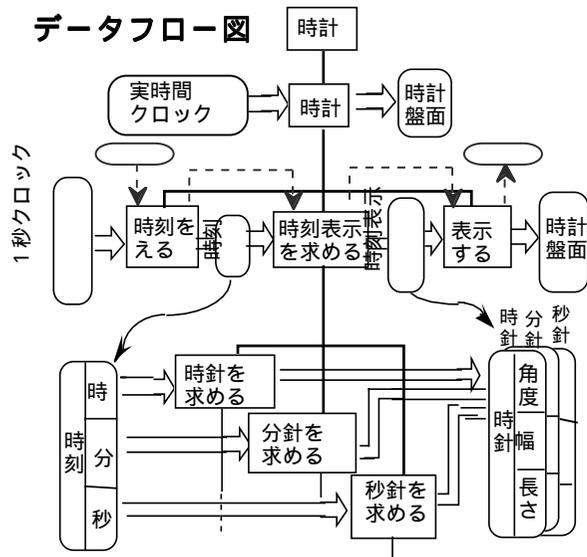
基礎技術 2 イベント駆動OS (MIDAS)

ソフトの仕様

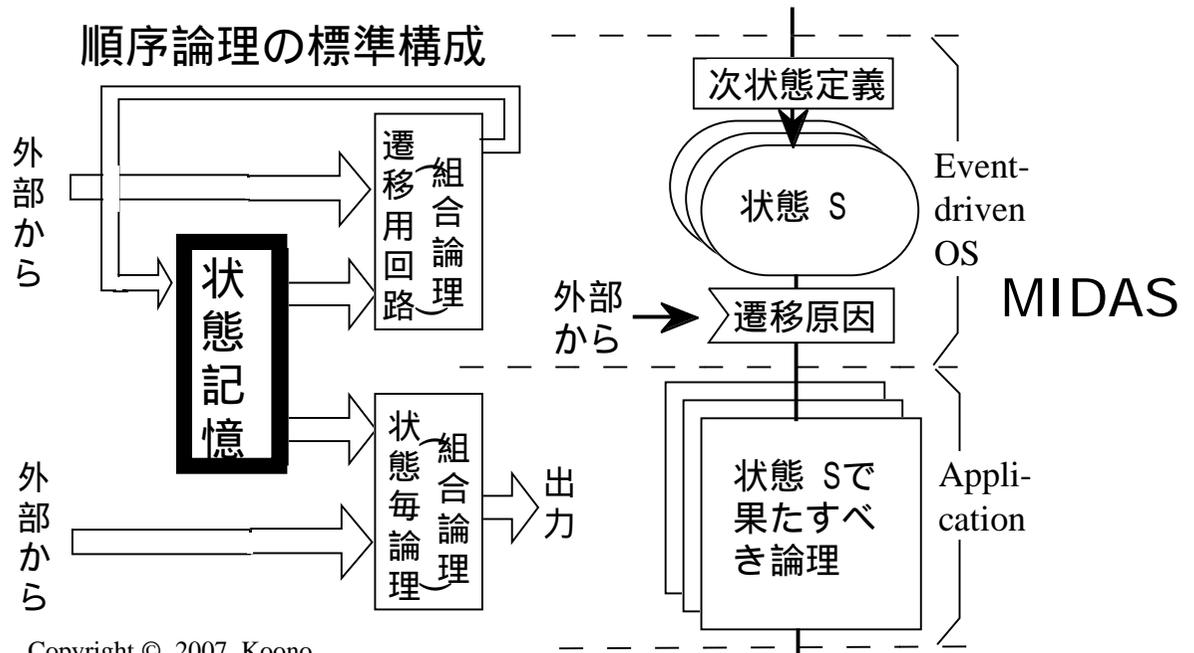


- 組込システムは通常の組合論理と異なる順序論理である
- 状態記憶と状態毎の組合論理で表す
- Event-driven OSで状態毎・原因毎のプログラムを起動させれば良い

順序論理でない 組合論理の場合

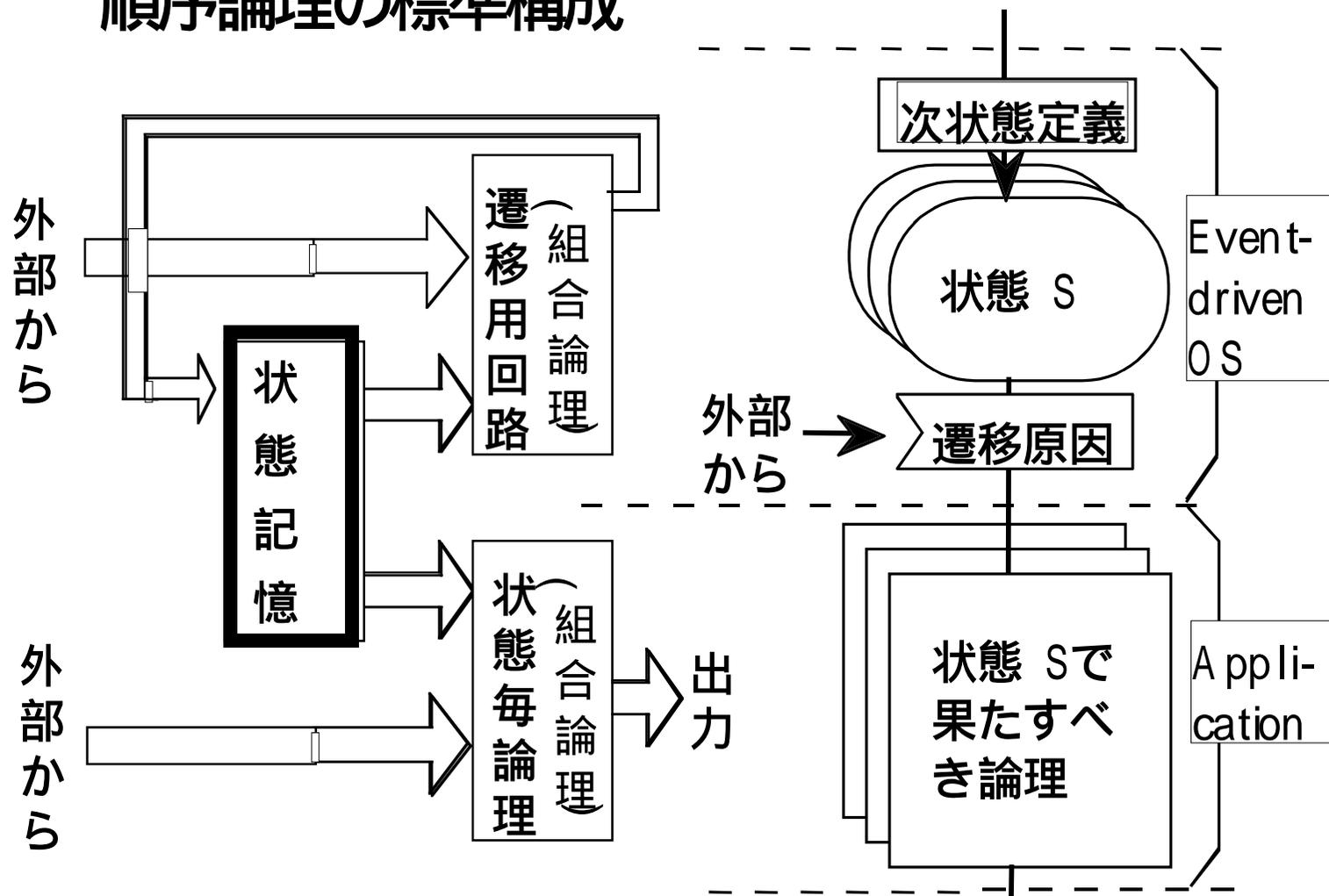


組合論理でない順序論理の場合



基礎技術 2 イベント駆動OS (MIDAS)

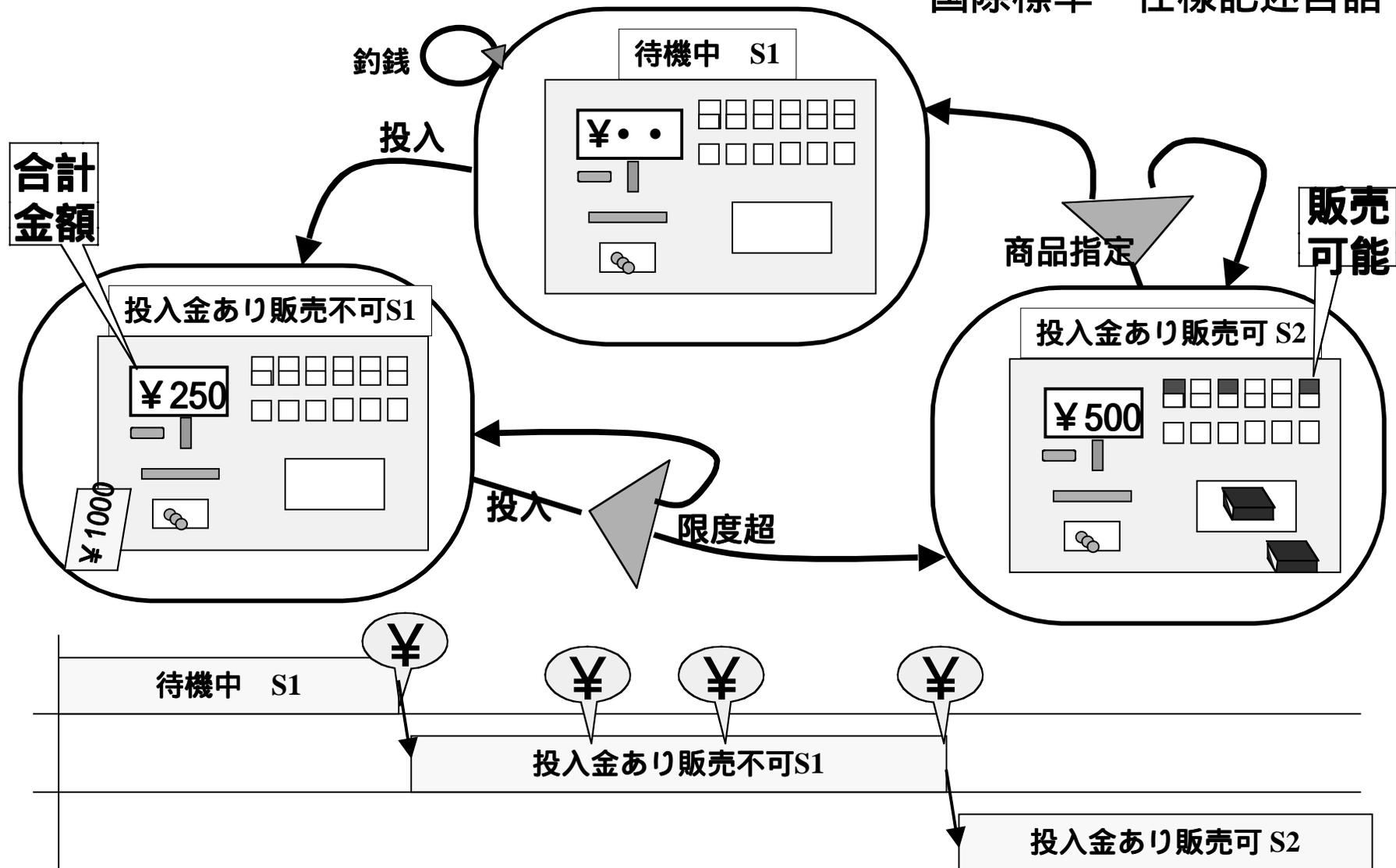
順序論理の標準構成



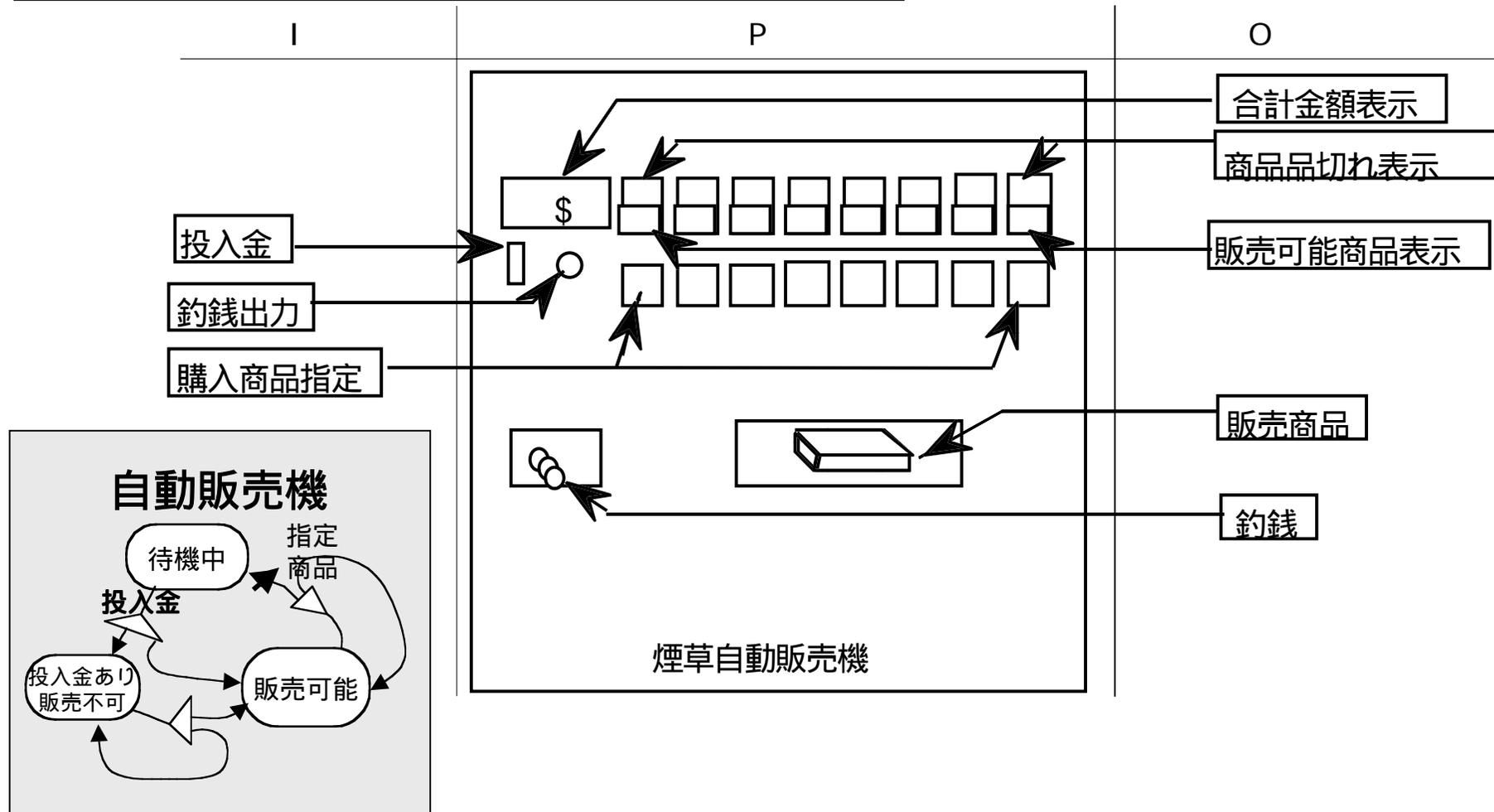
簡単な自動販売機 有限状態機械モデル SDL準拠

□ 状態の概念の教育

国連下部機構 ITU制定
国際標準 仕様記述言語



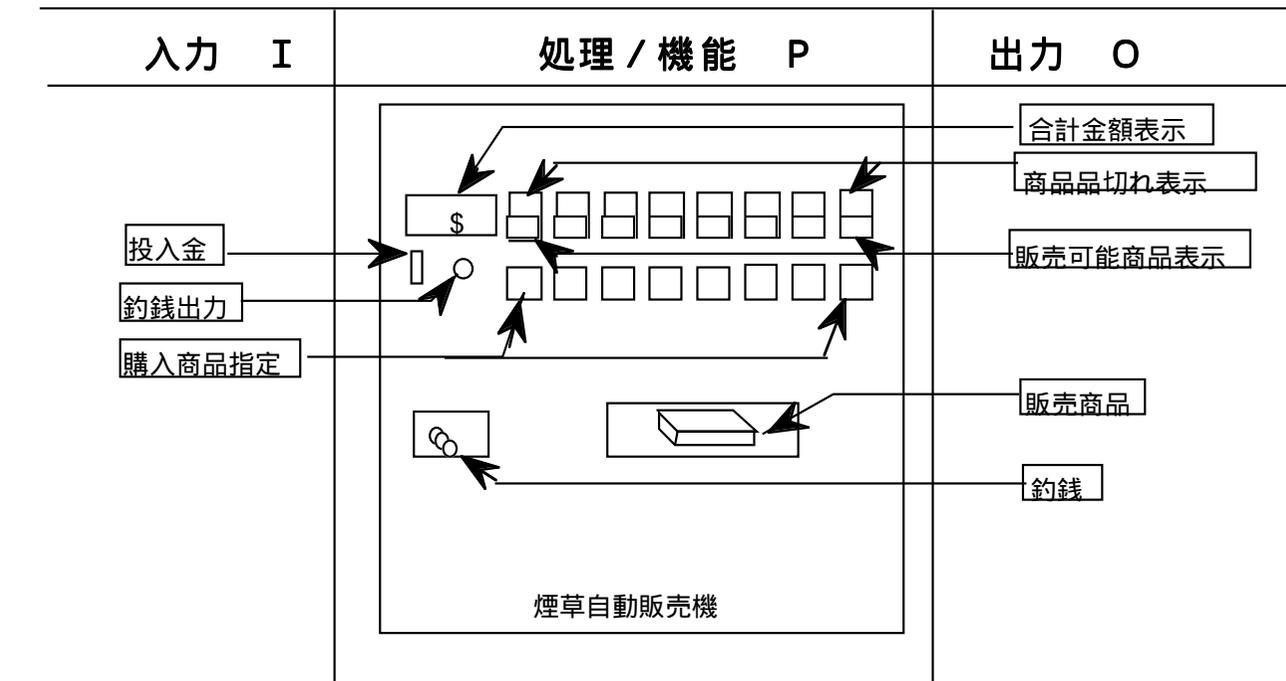
簡単な自動販売機 前面図



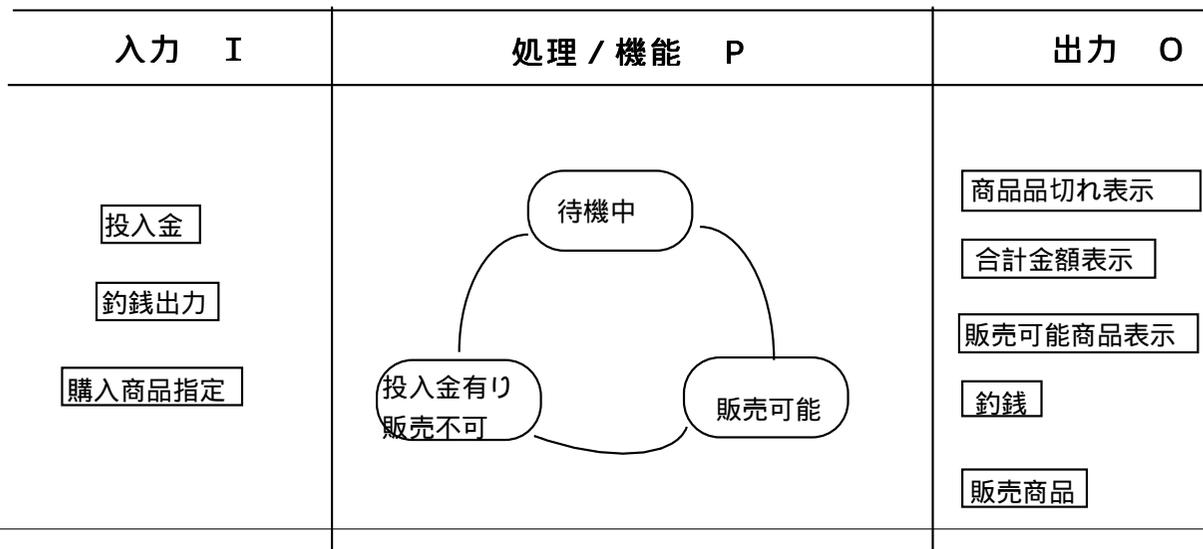
- ❑ 有限状態機械 (FSM) モデル 自動販売機 (3状態) を授業で教える。
- ❑ これを母胎として複数FSMで任意の自販機の開発を演習する

小段階毎の図面推移

1 装置 入出力 定義

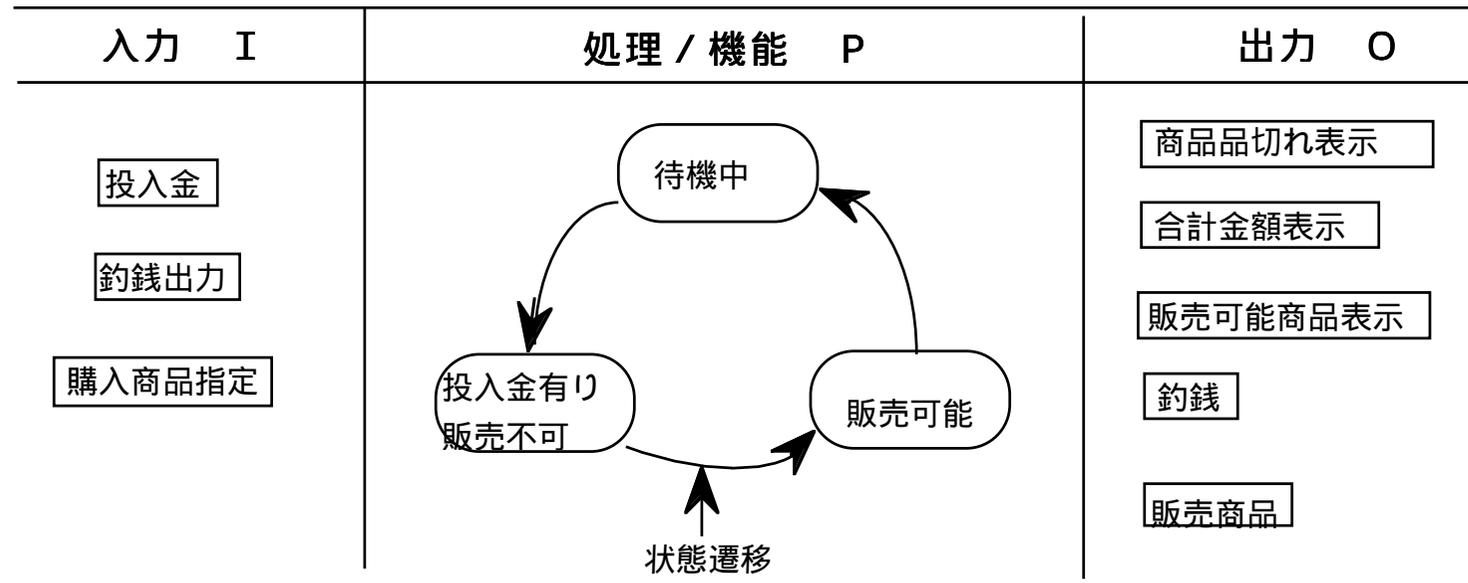


2 状態 定義

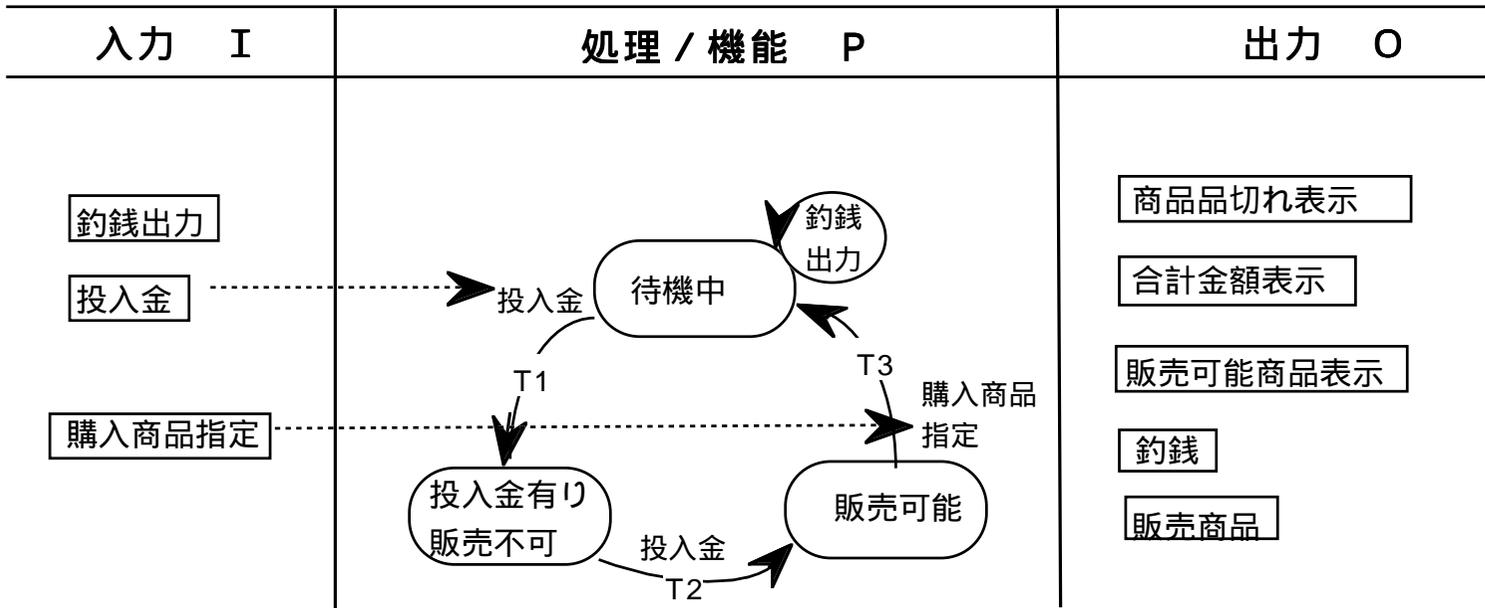


小段階毎の画面推移

3 状態 遷移



4 状態遷移 原因

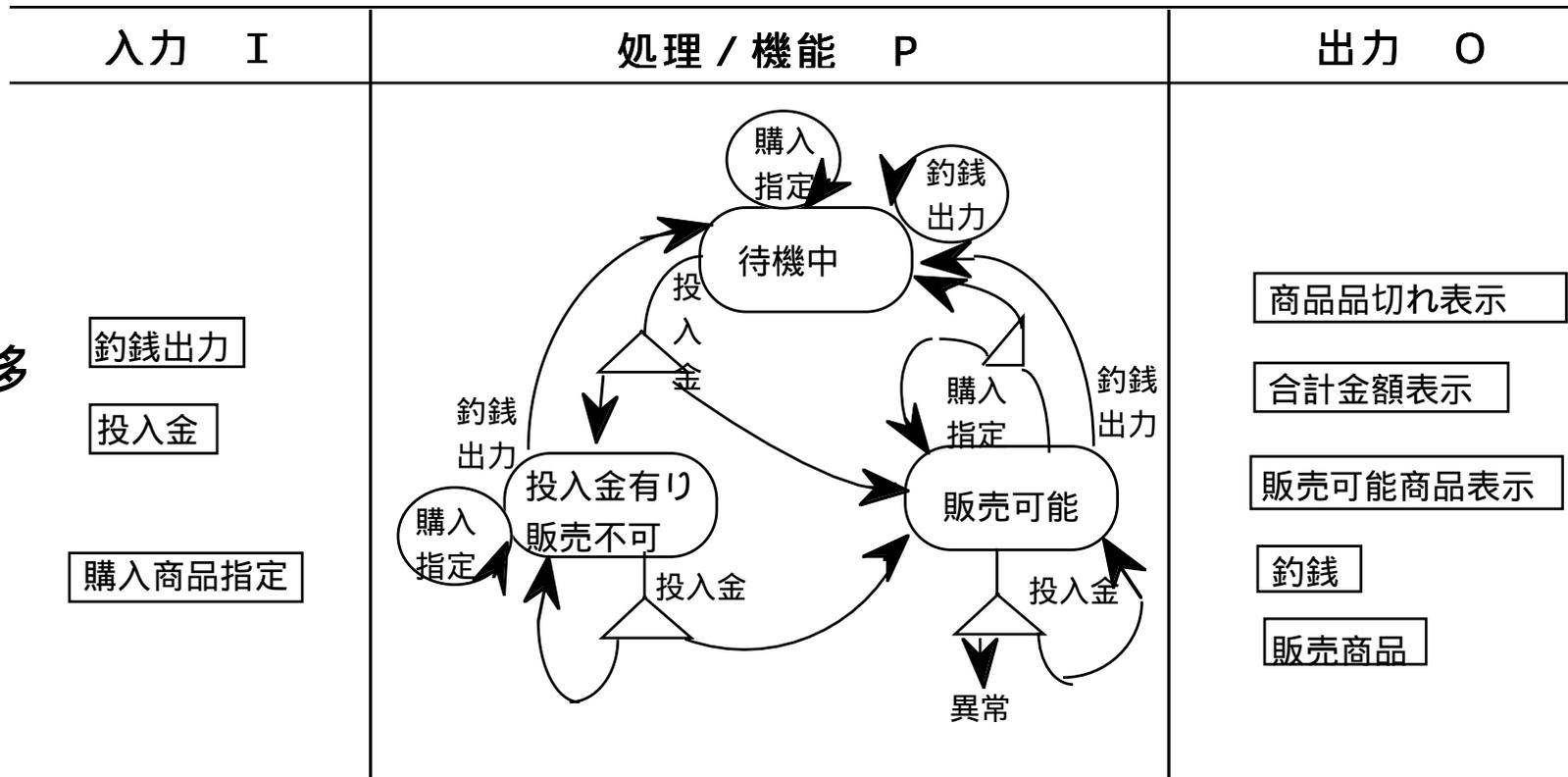


小段階毎の図面推移

状態遷移原因表

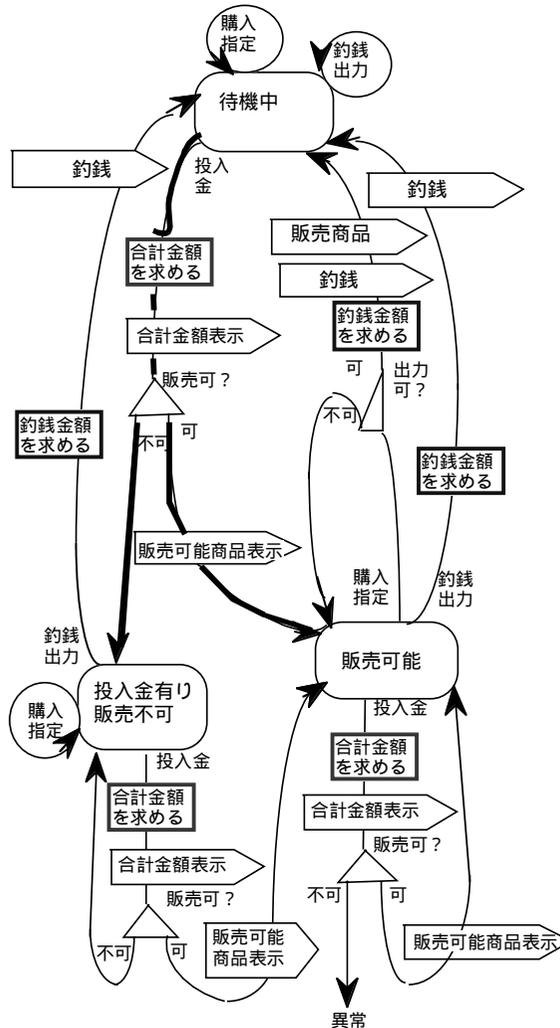
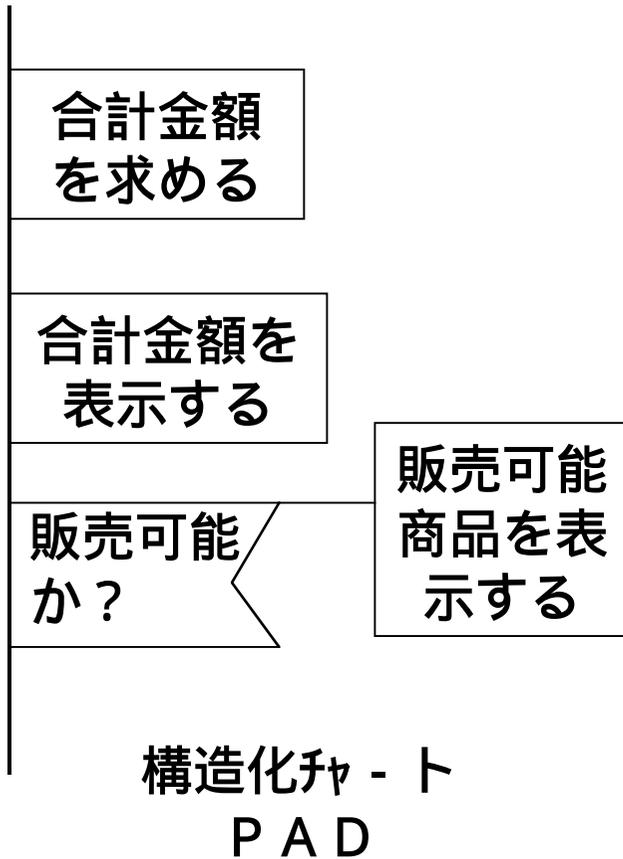
状態		S0	S	Si	
遷移原因	Evj			Tij	
	Evn				

状態遷移原因表の欄には遷移ルート名称/プログラム名称を書く。
 終着状態は原理的に複数ある。
 終着状態を1に限る方式は不可。



簡単な自動販売機の状態遷移図

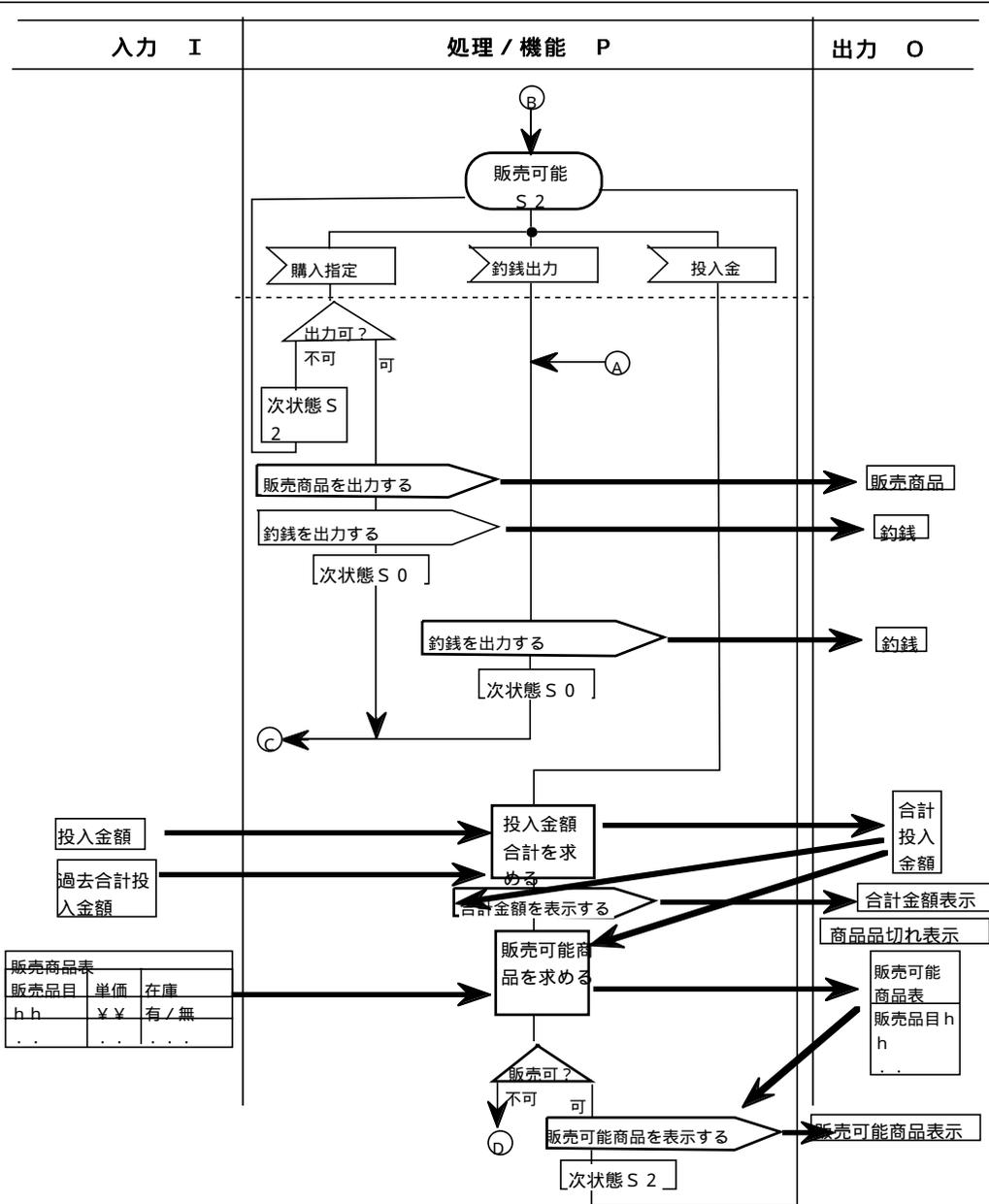
□ 3状態なら遷移ル-トは、最大 $3 \times 2 = 6$ ル-トでかんたんに設計できる



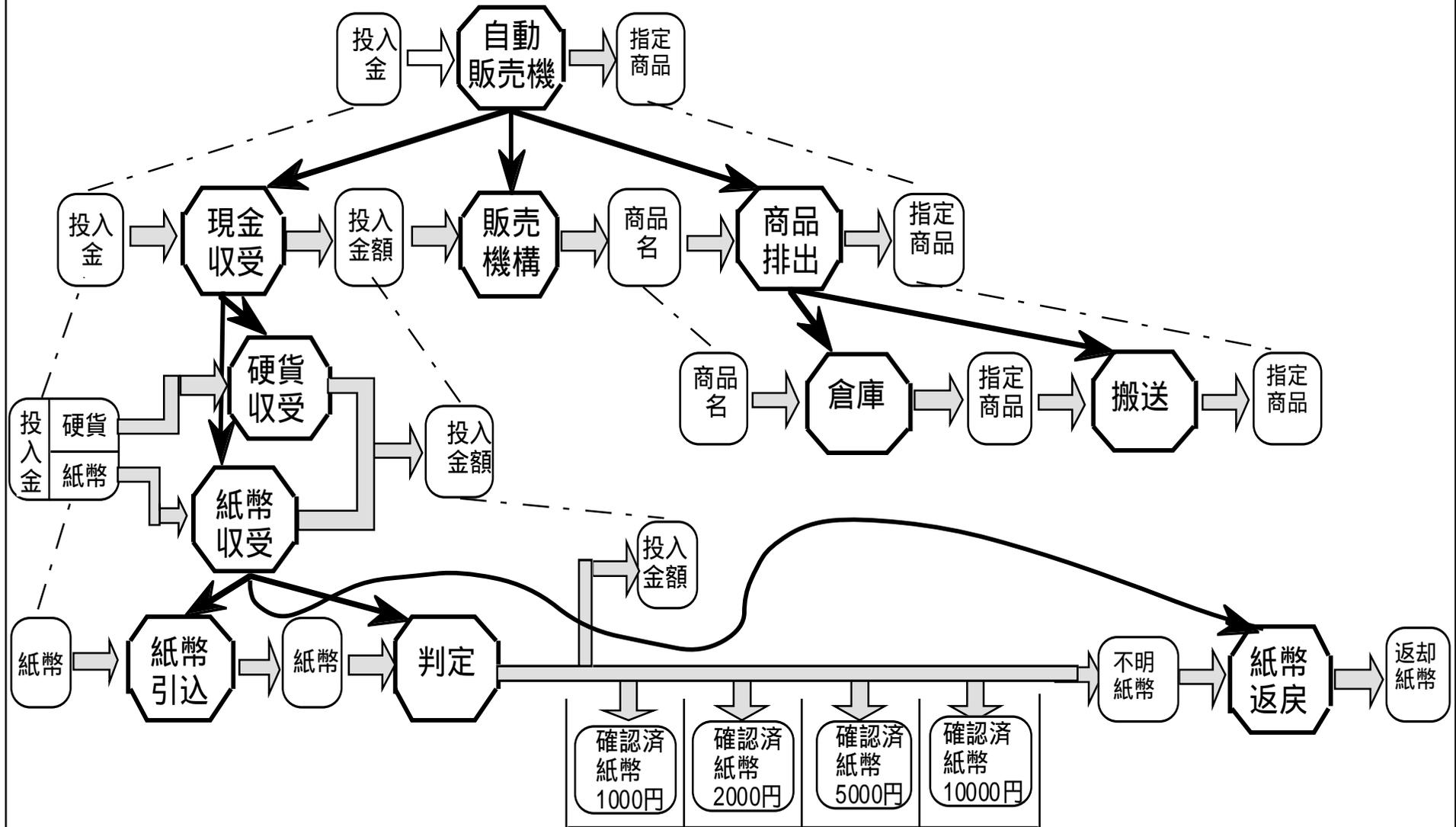
- 6 遷移ル-ト中に出力を挿入する
- 7 必要なタスクを挿入する
- 8 頭脳で全動作をシミュレーションする
- 9 ル-ト中の共通部品括りだし
- 10 構造化チャ-トで詳細化しコード化する

SDL (Specification and Description Language) (UML2.0)表記

図式表記と
テキスト表記
を持つ
仕様記述言語

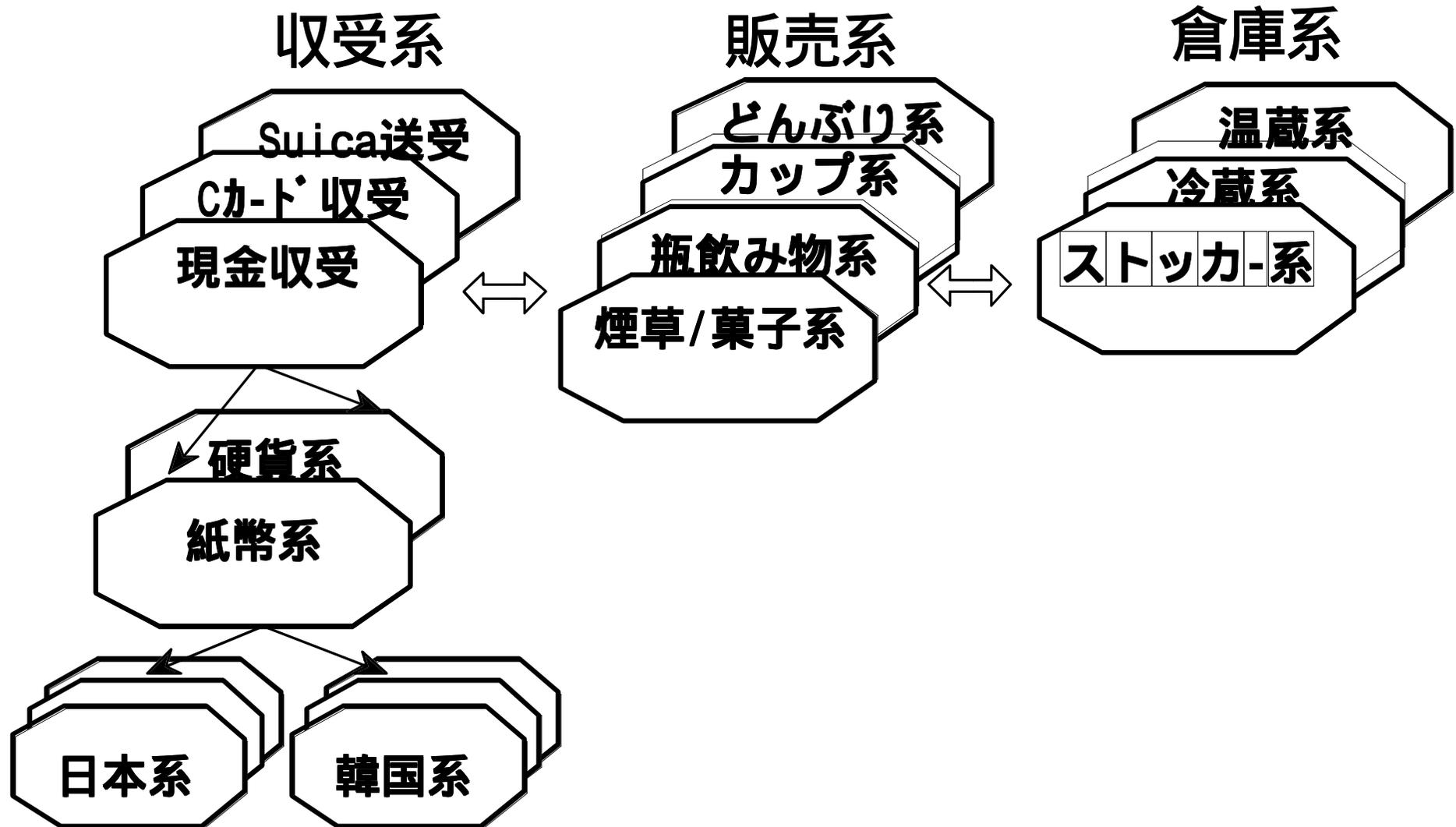


基礎となる技術思想 3 複数の相互独立なFSM化



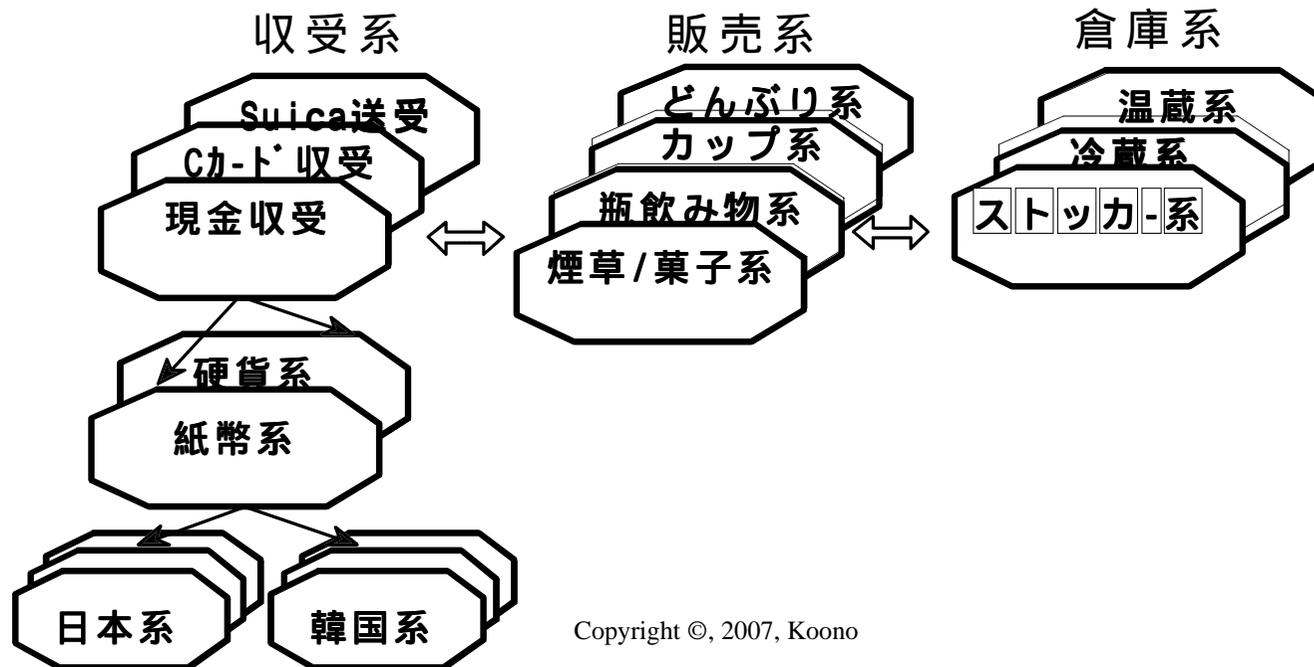
Copyright ©, 2007, Koono

基礎技術 3 相互独立なFSM群で構成する



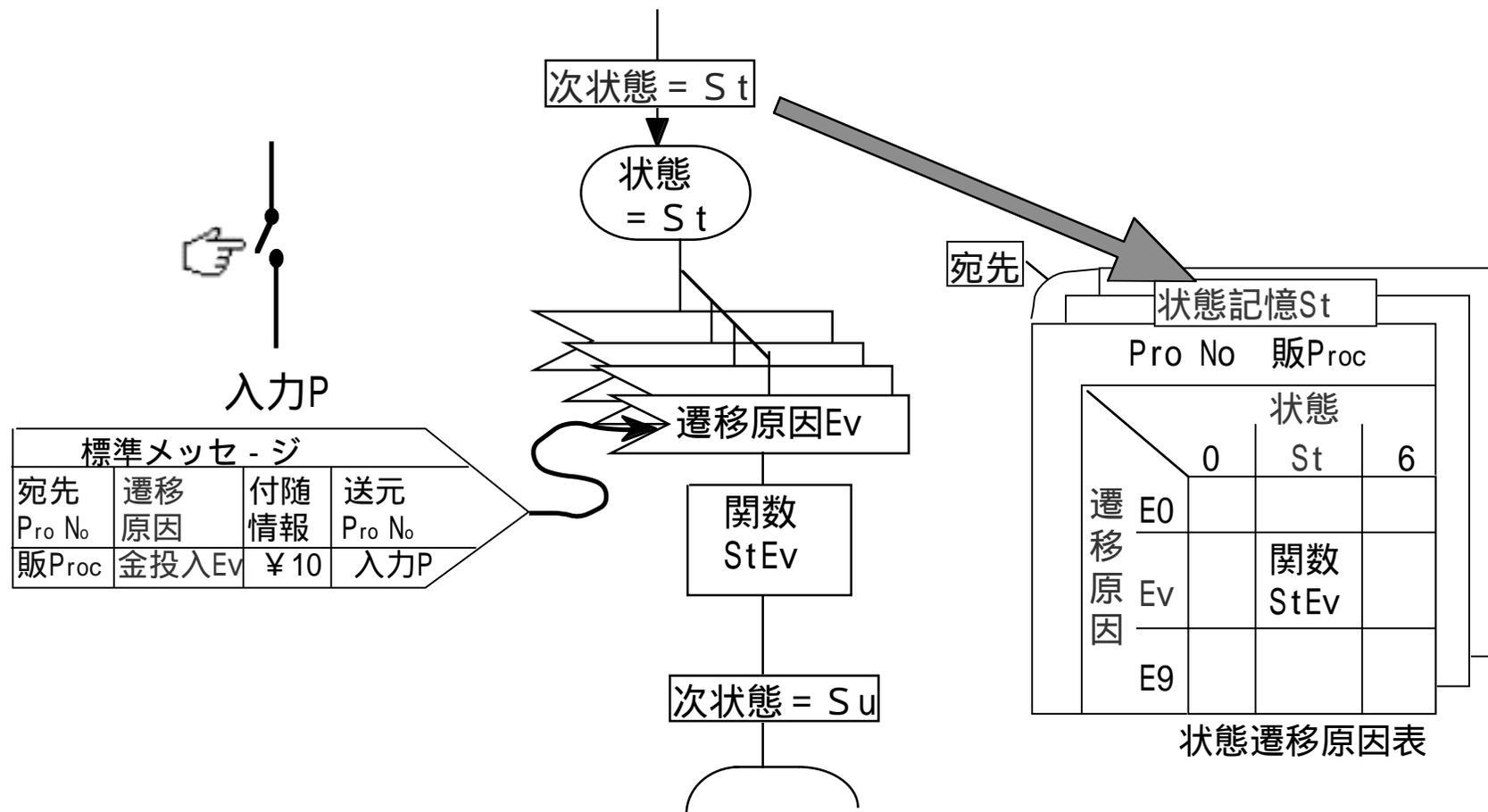
基礎技術 3 相互独立なFSM群で構成する

□ プログラム	FSM _x	FSM _y	FSM _z	等価なFSM	ソフト規模
状態数	X	Y	Z	Z	X・Yを
プログラム	(X + Y + Z)			(X・Y・Z)	1/Nに減らす
3+3+3=9の負担				で	3x3x3=27



Copyright ©, 2007, Koono

イベント駆動OS (MIDAS) プロセス/状態/原因毎に分岐



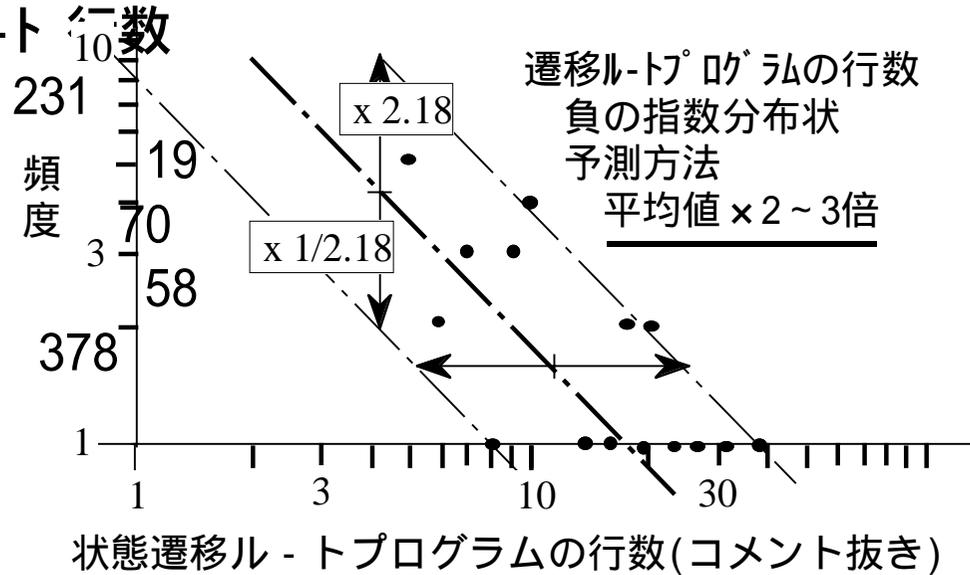
- 遷移原因は標準化メッセージで送られる。OS側は宛先毎の状態遷移原因表を使い、表に付随する状態記憶が保持する状態、および到来した遷移原因の2者の交点の関数を実行する。この実行の最後の次状態定義で状態記憶を更新する。このEvent driven OS MIDASは高速高効率である。

評価 最優等 1996年Jチームの成果 (レポート回覧)

切符販売機

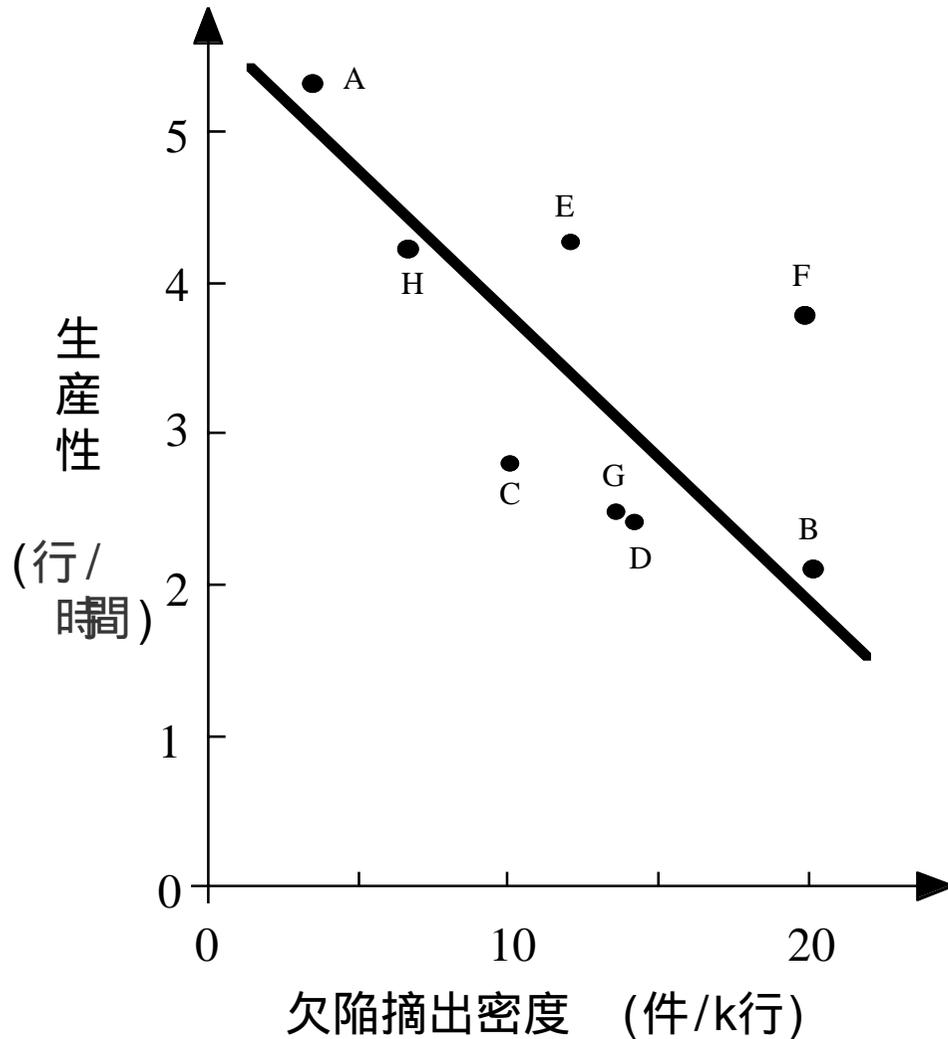
	FSM	状態	ルート	行数
自動販売	3	10		231
カード精算	2	3		19
画像出力	2	10		70
音声出力	2	6		58
合計	9	2978		378

能力状態数	$3 \times 2 \times 2 \times 2$	=	24
能力/実績	$24/9$	=	2.7
ルート/状態	$29/9$	=	3.2
行数/ルート	$378/29$	=	13.0



- FSM当り 3.2ルート = 41行, x2ならFSM当り83行, x3なら同 124.8行
単一FSMに比べ規模は 約1/3 位に低減
- 一般のアプリケーションの場合, 小状態数多FSM方式では分割時のFSM数 x 100行
該アプリ実現に必要な最小限度必要な部品類の規模合計を加えた値で実現できる
雑な設計に比べて1/3²ないし1/3に低減できる

評価 品質の評価 欠陥密度が低下



□ 抽出欠陥密度が低下

通常約100件/k行

12.8件/k行

□ 感想 バグ少ない

一発で動いた!

文書化努力が酬れた

文書化で楽に追える

□ 生産性も向上

参考

3~4年生(初中級) 約100件/k
2年生末期

Typing誤り 1.95件/k字

Syntax誤り 42.8件/k行

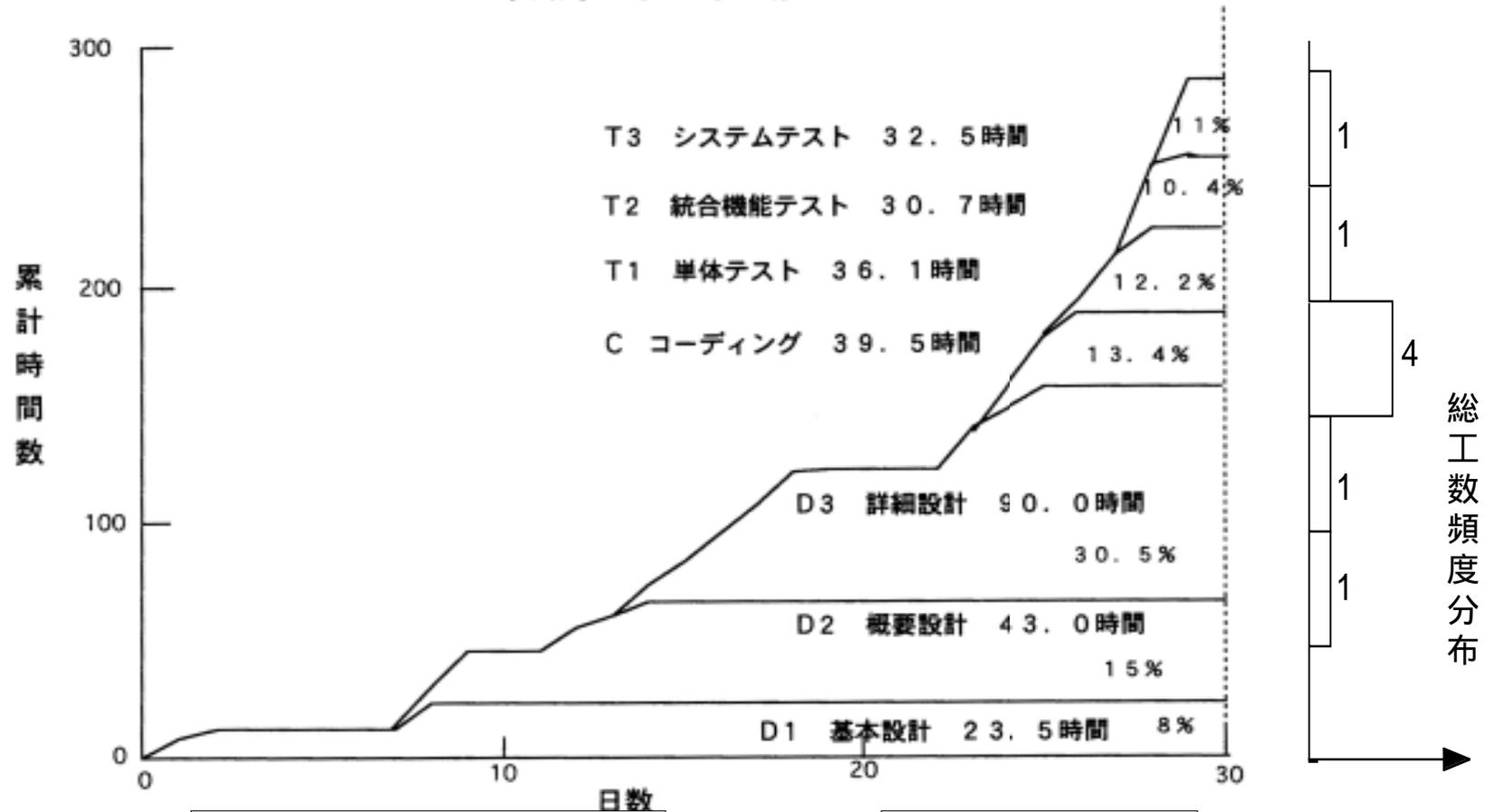
平均 4.7回 runさせる

DFD以降誤り 50~60件/k行

1995年実績 Eは2式開発 Copyright ©, 2007, Koono

評価 総工数推移 (各チ-ム毎)

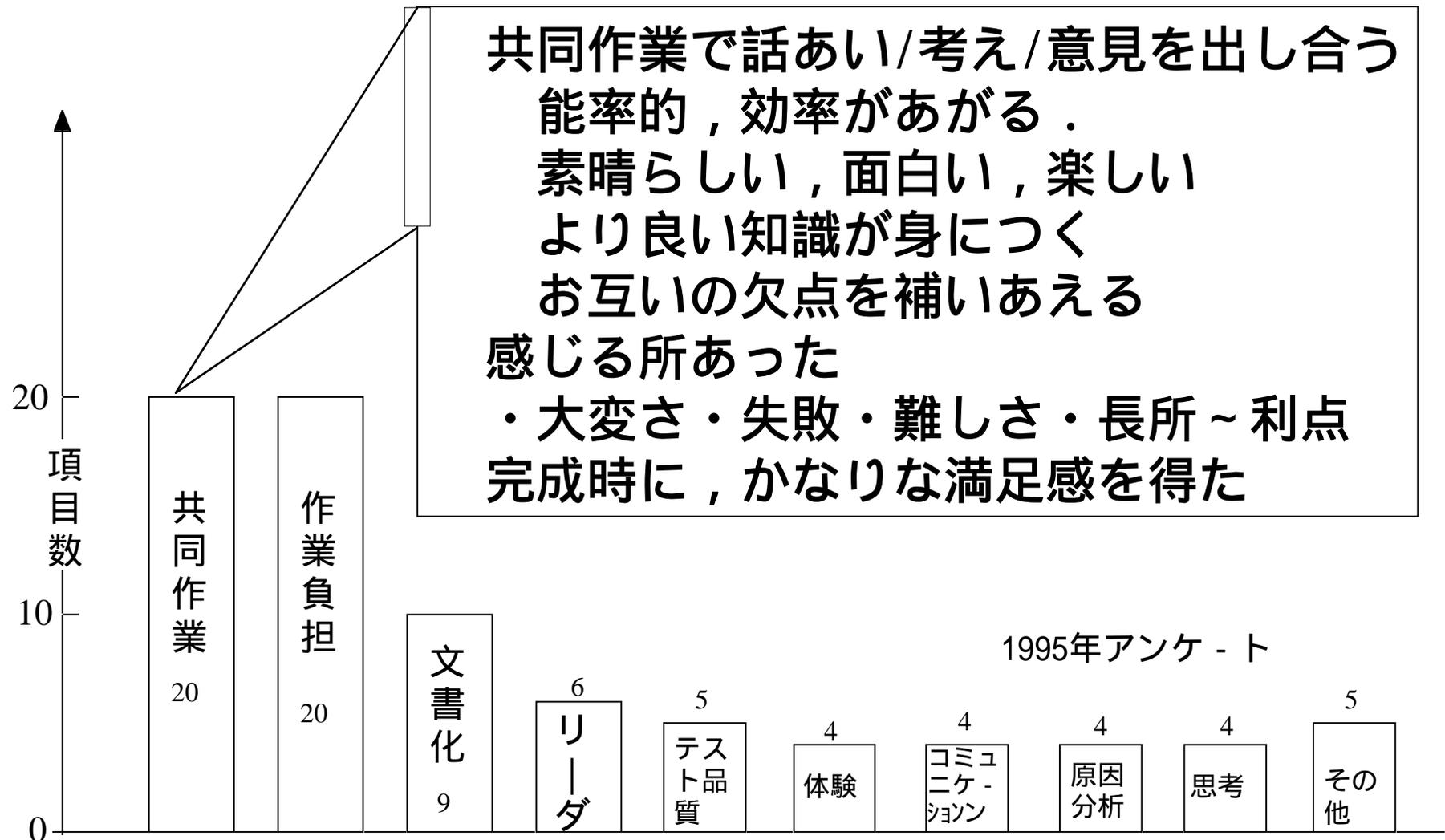
□ 演習期間(30日)中のチ-ム毎の総工数の推移 工数累計の推移



話が集約しない
内に時間が経つ。

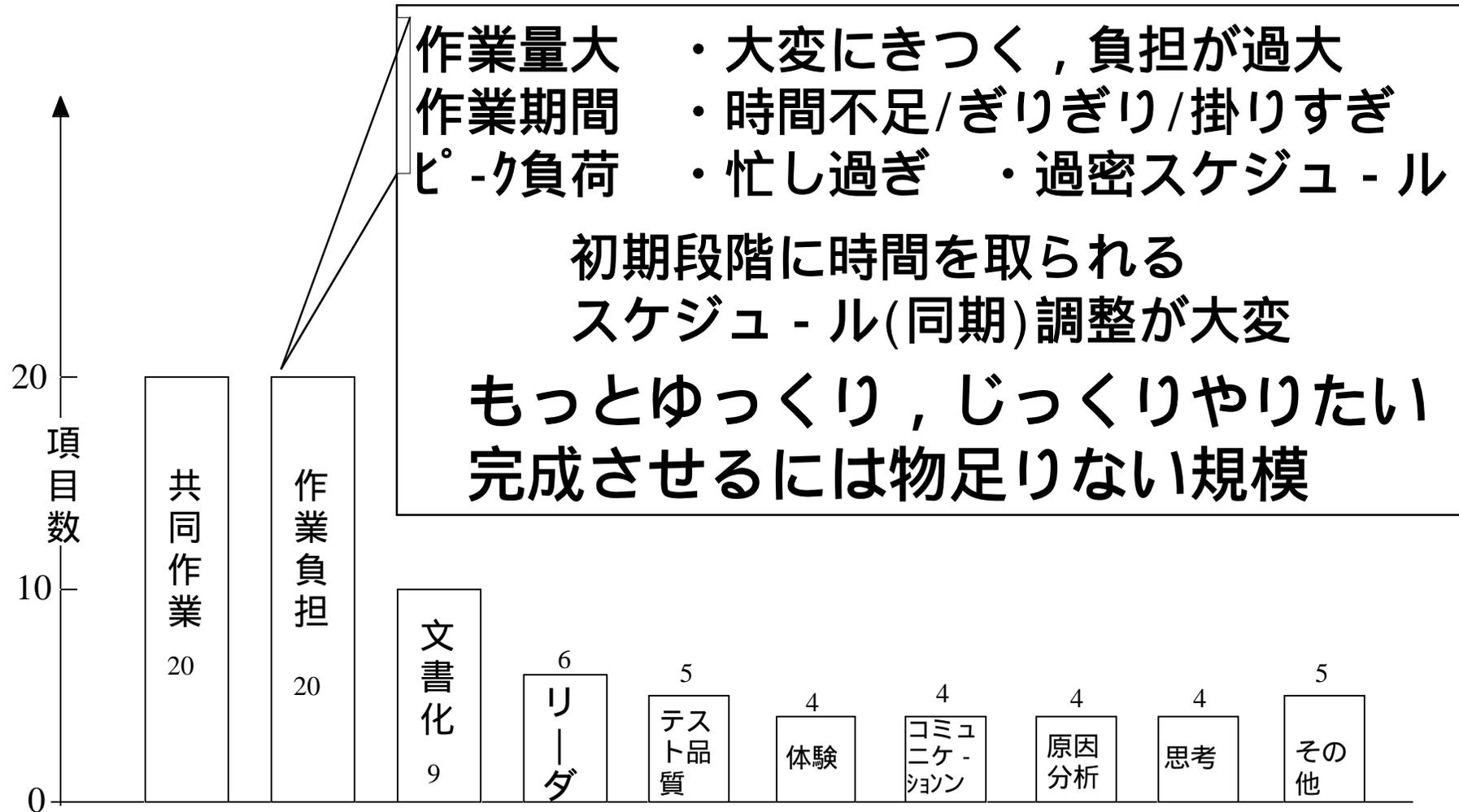
後半は
脱兎の如く。

Copyright ©, 2007, Kono



この種の経験に飢えている！ 飢餓感！

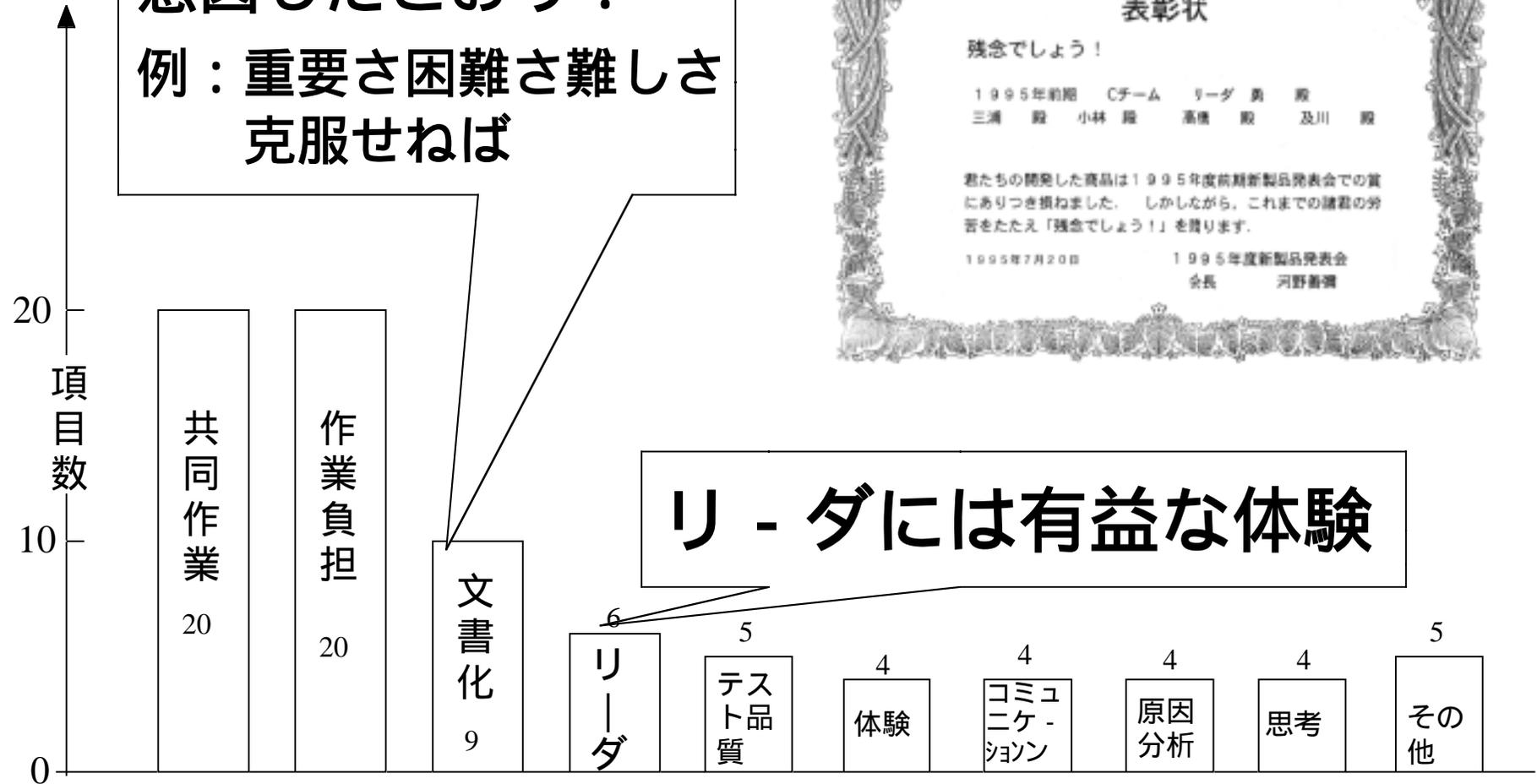
評価 演習の成果 2



- 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 3

意図したとおり。
例：重要さ困難さ難しさ
克服せねば



□ 教育として取組むべきではないだろうか？

他の技術評価（研究室プロジェクトへの適用）

- **先行**
 1. 1960～62 全デジタル電子交換（BTL委託研究）Wired logic+遅延線MEM1FSM 7状態
 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、多数FSM方式 日立PBX 局設備
 4. 1985～87 交換用機能試験機(Regression tester)

- **知的CASEツールの主制御部に適用（1996～97年）自販機経験者**

市販PAD CASEツールを改造。知的部分の制御に適用。方式が明解品質良好。

CASEツールE-ト`制御FSM(2状態2ル-ト, 平均ル-ト当り20.5行),

全体E-ト`FSM(5状態17ル-ト, 同11.6行),

動作制御FSM(5状態7ル-ト, 同17行),

変換FSM(10状態16ル-ト, 同13.3行)。VBasic1212行, C言語509行。

- **統合知的CASEツール（自動設計が可能）**

全制御を小状態数の多数のFSMで制御(1999～2001年)

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Mバ 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-ト 同時並行
- 技術 文書化/仕様を実行するプ-ogram化/規模最小

□ 実施経験からの提言

- 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？
1年コ-ス, S+Hで構成する総合教科を推奨する
ご協力が必要なら, 何時でも尽力します
- 教科書化と社会人/会社等の組織に教育し普及させる
高品質, 高生産性, 高流用率, 最小規模

ご清聴に感謝します