

CS-111 コンピュータを利用した土木教育のSTELLA IIの可能性

日本大学理工学部 正員 榛澤 芳雄

日本大学理工学部 正員 福田 敦

日本大学大学院 学生員 鈴木 宏典

アジア工科大学 非会員 海老澤綾一

1 はじめに

近年のコンピュータの普及に伴い、学校教育の場においても講義の際の学習支援にコンピュータを利用し、教育効果を高めようとする試みがなされている。こうしたコンピュータの利用は、学習者自らの主体的な試行によって、概念の把握や法則の理解に効果があるとされており、種々の教育ソフト（CAI）が開発されてきた。しかし、これらは一般的に体系的学習には効果はあるものの、システムの思考の学習には十分に対応していない。

これに対し、米国でシステムダイナミックスのシミュレーションソフトとして開発されたSTELLA IIを利用してのシステムの思考の学習(System Thinking Learning)を行なう様々な試みがなされており、効果を上げている。ここではこれらの試みの一端を報告する。

2 学習支援に関する効果と課題

コンピュータを学習者の知的活動を助けるためのツールとして用いる場合、以下のような効果が期待できる。1) 学習者が試行や実験のイニシアチブをとることができる。2) 学習者の主体的な試行によって、概念を教え込みではなく体験によって獲得することができる。3) 通常では行いにくい実験環境下での実験を行うことができる。4) 短い時間の間に多くの仮説検定を行うことができる。5) 学習者の学習意欲、知的好奇心を向上させる。

一方、その実践にはいくつかの課題がある。1) 学習者の自由な発想に基づく実験を行うことは資源的にも物理的にも容易ではない。2) 教材によっては学習者のコンピュータの操作能力が要求されるため、それに応じた事前学習や、学習の際の補助者が必要となってくる。3) 学習者の入力とコンピュータの出力結果が乖離しやすく、試行を行なった結果が必ずしも学習者の理解にはつながらない可能性がある。4) 単なるコンピュータの操作に終始しないように、学習の指針となるシナリオの設定が必要となる。また、コンピュータによる学習支援についての学習効果の測定方法の確立についても課題としてあげられる。

3 STELLA IIの概要

システムダイナミックスのシミュレーションは従来言語によるプログラミングを基本としたDY-NAMOが一般的であったが、STELLA IIは画面上に表示されるアイコンを用い、ビジュアルプログラミングによりモデルを作成できる点が大きな特徴として上げられる（図-1）。モデルを構成するアイコンは、システムの中で蓄積される量を表わすストック、単位時間당りにストックに流入する量であるフロー、フローの意思決定に必要な判断材料を提供するコンバータ及びこれらを関係づけるコネクタからなる。モデルを構成する各要素のパラメータは、コンピュータと対話する形で一つずつ決定し、シミュレーションに必要な方程式はこれらの過程において自動的に生成される。モデルのシミュレーションはグラフ及びテーブルによって出力することができる。

思考支援の視点から見た場合、特別なプログラミングなどの知識を必要とせず、システムの概念化が行なえればすぐにモデルを組み立てることができ、試行が容易である点がその特徴としてあげられる。

4 STELLA IIを用いた講義例

4-1 STELLA CLASS

国際SD学会東京大会の開催に当たり、高校生を対象とした実験講義（STELLA CLASS）を実施した。MIT等でSDを専門とする4名の講師によって2日間にわたり行われ、参加者は約30名であった。扱ったモデルは人口問題、動物の捕食-被捕食の関係、原子の半減期、物体の運動等多岐に及んだ。講義の形式は指導者誘導型であり、3名が1) 課題の説明、2) モデルのシミュレーション操作（スクリーンへの投影）、3) 説明内容をOHPに記述、という分担で行われた。講義は全て英語で行われ、必要に応じて適宜日本人の補助者が解説及び指導を行った。

4-2 高専における実験講義

上記STELLA CLASSの経験を生かし、高専専攻科（土木工学科及び工業化学科）の学生を対象に、STELLA IIを用いた実験講義を2回行った。講義に当たっては、進行とOHPの提示について全て一人で

行った。受講者数は各回とも5～6名であり、教材については、前述のSTELLA CLASSに使用したモデルから高専の講義に適したものを翻訳、抜粋、補足して作成した。講義は約3時間（90分×2時限）にわたって指導者主導型で行った。

4-3 AITでの事例

アジア工科大学（AIT）大学院土木工学科ではDynamic Decision Systemに関する講義の中でSTELLA IIが用いられている。講義は週3回行なわれており、毎週一つのテーマに対し1st meeting（50分、イントロダクション）、Lab class（約2時間、演習）、2nd meeting（50分、まとめ）という構成がなされている。講義の規模は教示一人に対し学生が5～10名程度であった。学生一人に1台のコンピュータが与えられている。学生は1st meetingでの講義を基にlab classで各々モデルの試行を試みその結果を踏まえ2nd classでテーマに対するまとめを行なっている。

5 System Thinkingの教授法

K.Saeedによれば、System Thinkingを行なうにあたってはまず図-3に示す様な4つの核（Thinking, Doing, Feeling, Watching, Feeling）を据え、これに対し図-4に示す様々な課題を考え、学習者はこれらの過程を繰り返すことによりモデルが向上されるとしている¹⁾。また、こうしたSystem Thinkingを構成する円の核はそれぞれconcreteに対しabstract、activeに対しpassiveというそれぞれ思考や行動の上での対極をなすものでもあるとしている。

こうした学習環境の整備はSystem Thinkingの教授にあたって非常に重要であるが、この問題に対しSTELLA IIはその操作の容易さからSystem Thinkingのツールとして活用できるだけでなく、学生による授業への参画を促すことができるといった観点からも、非常に有用であると考えられる。

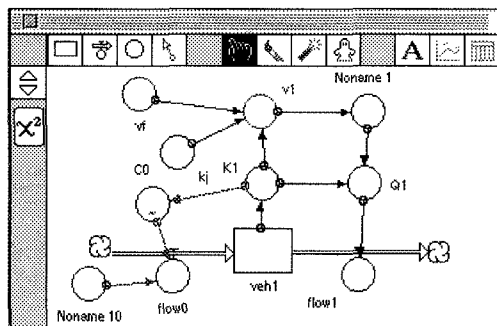


図-1 STELLA IIによるモデル作成例

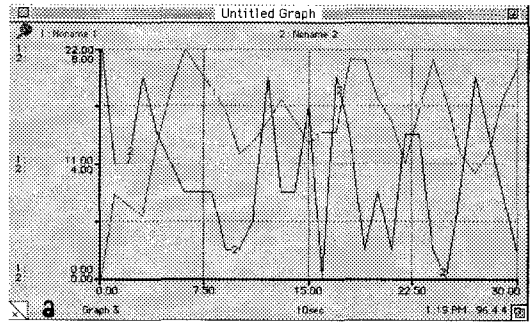


図-2 STELLA IIによる出力例

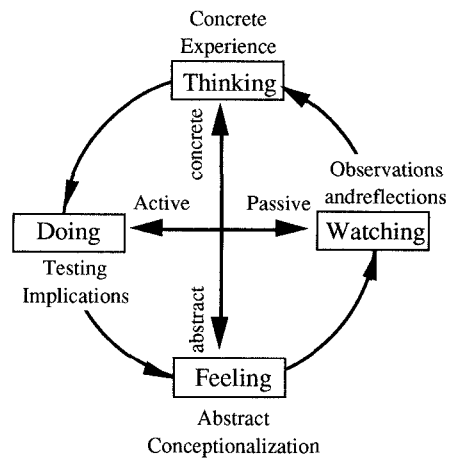


図-3 思考過程（1）

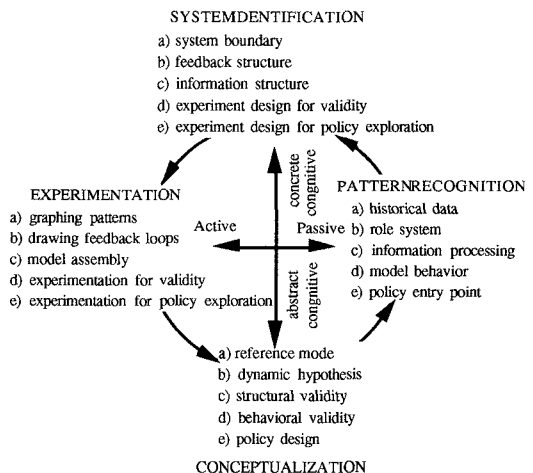


図-4 思考過程（2）

参考文献

- 1) K.Saeed : The Organization of Learning in System Dynamics Practice, System Dynamics '95 Volume 1.