

信号処理の教育と教育構造同定に関する研究

5X-9

丸山 浩司, 畠山 省四朗, 花崎 泉

東京電機大学

1. はじめに

信号処理の理解には数学的基礎, 理論と実際の物理量との関係など, 複雑で広範な知識が必要となる。したがって, このような性質の分野に対しては従来の一義的な教授法では学習者の理解が不十分である。つまり, 学習者に十分な理解を望むには, 学習者にあわせた個別型学習支援が望まれる。個別型学習支援のための学習コースの作成は, 学習項目の構造化, 系列化という手順を踏む。そこで, 学習項目の構造化の際に学習項目全体から見た各学習項目間の関連性に焦点を当てる。この学習項目間の関連性を重視した系列化を行い, 学習コース作成問題への構造同定支援を試みたのでここに報告する。

2. 教授構想

信号処理の学習過程で学習者は各学習項目の内容のみではなく, 各項目間の関係についても理解することが必要である。つまり教授側は, 自身の持つ学習項目構造を学習分野(信号処理)の概念として学習者に射影することが必要になる。この構造射影の概念図を図1に示す。

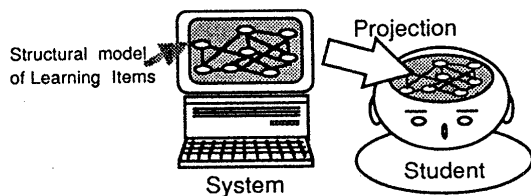


図1 学習による構造の射影

この学習項目構造の射影は個々の生徒に対しユニークであり, 項目, 項目間のリンクの生成は生徒に対しそれぞれ異なる。そこで様々な理解状況を示す学習者に対して教授を行うためには, 学習者に射影される学習項目構造, 個別対応型の教授方略となる学習コースが必要となる。そのための学習項目構造の同定までには学習項目の抽出, 学習項目間の関係の無向グラフ表現, DCMPOS[1]による学習項目のクラスタリングという段階を踏む。クラスタリングにより得られた構造モデルに基づき学習コース作成の構造同定支援を行う。

3. 学習項目構造モデル

学習コース作成の前段階として個別指導を念頭においた学習項目の選定を行う。本稿では, 以降信号処理の基礎を理解するための学習項目については選定した項目にそれぞれ対応させた表1の記号に従う。

表1 信号処理解のための学習項目

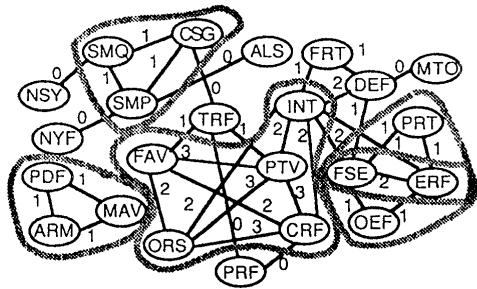
Mark	Learning items	Mark	Learning items
CSG	Classification of Signal	ORS	Orthonormal System
SMQ	Sampling and Quantization	FSE	Fourier Series Expression
SMP	Sampling Problem	CRF	Correlational Function
NYF	Nyquist Frequency	PRF	Periodic Function
TRF	Trigonometric Function	MTO	Matrix Operation
ALS	Aliasing	ERF	Euer's Formula
NSY	N-adic System	PRT	Parseval Theolem
PDF	Probability Distribution Function	PTV	Properties of Two-dimensional Vector
ARM	Average Response Method	OEF	Odd Function and Even Function
MAV	Moving Average	INT	Integration
FAV	Function and Vector	FRT	Fourier Transform
DAF	DFT and FFT		

表1の各項目を他の項目との関係の有無によりそれぞれリンクする。つまり, この段階では各学習項目間の順位性は取り扱わない。これにより得られた構造グラフを無向グラフの分割手法であるDCMPOSに従いクラスタリングする。ここでサブグラフ生成の閾値として以下の式で与えられるC.R. (Connection Ratio)を用いる。C.R.値の増加は, 生成されるサブグラフを完全グラフへと近付ける。ここでは, C.R.=0.60, 0.75の二つの場合についてクラスタリング, 比較検討を行ないC.R.=0.75の場合のクラスタリング結果を採択する[2]。これらより得られた構造グラフとC.R.=0.75の場合のクラスタリング結果を図2に示す。

$$C.R. = m/(n-1) \tag{1}$$

ただし, m: ノードからでるリンク数

n: 構造グラフのノード数



Structural graph of learning items

Item	Weight	Item	Weight	Item	Weight	Item	Weight	Item	Weight	Item	Weight
PTV	2.40	INT	1.70	ARM	1.00	FRT	1.00	TRF	0.50	PRF	0.00
FAV	2.00	ERF	1.25	MAV	1.00	CSG	0.67	PRT	0.50	MTO	0.00
ORS	2.00	FSE	1.20	OEF	1.00	SMQ	0.67	NYF	0.00	ALS	0.00
CRF	2.00	PDF	1.00	DAF	1.00	SMP	0.67	NSY	0.00		

図2 学習項目のクラスタリング結果

ただし、図2中のリンク上の数字はリンクの重みを、下の表は各項目の重みを示している。各項目の重みは他項目との概念的重複を示す。

4. 項目の特異性

各項目の他項目との概念的重複度である重みと項目間のリンクを基に、項目のつながりに重点をおいた学習コースを作成する。そこで、系列化による学習コース作成の指標として特異性Sを考える。特異性Sは項目またはグループの教材全体に対する非一般性を示し、Sの大きい項目は学習コースの基本コースから一時隔離される位置に置かれる。Sの決定要因としてのリンク密度 $l(n_i)$ 、重複率 $o(w_i)$ 、リンク対象の応用性 $p(w_i)$ 、基礎性 $b(w_i)$ を以下の様に定義することでSは(6)式で表される。ただし、リンク密度 $l(n_i)$ はC.R.値と等価である。

$$l(n_i) = n_i / (n-1) \tag{2}$$

$$o(w_i) = w_i(n-1) / n(n-2) \tag{3}$$

$$p(w_i) = \sum_{j=1}^{n_i} w_{ij}w_j(n-1) / n(n-2)^2 \tag{4}$$

$$b(w_i) = \sum_{j=1}^{n_i} w_{ij}w_j \tag{5}$$

$$S = f(l(n_i), o(w_i), p(w_i), b(w_i)) \tag{6}$$

ただし、 n_i : ノード i のリンク数 w_i : ノード i の重み
 w_{ij} : ノード i, j 間のリンクの重み
 n : 構造グラフのノード数

これらの関数は、各項目間の関係の有無のみによってリンクされた構造グラフから得られた重みとリンクの解釈からそれぞれ算出される。ここでリンク密度、リンク対象の応用性

はリンクの解釈に、重複率、基礎性は重みに基づきそれぞれ考えられる。コース作成指標となる特異性Sを決定するためにこれらの関数をパラメータとする基本概念を以下に示す。

- (1)リンク密度：項目のリンク数は、その教材全体に対する重要性を反映。
- (2)重複率：項目の重みは、他項目との概念的重複を反映。
- (3)リンク対象の応用性：項目が同様な状態（両項目の重みが近い）にある場合、項目の特異性はリンクしている対象に依存。
- (4)基礎性：項目、またはグループの持つ他項目（グループ）の理解補助の能力。

特異性Sはこれら4つの関数によって表されており、この関数間の関連（関数 f ）を明確にすることで学習項目の系列化、つまり学習項目間の関連を重視した学習コースの作成が可能になる。

5. まとめ

信号処理学習支援のための学習コース作成問題への構造同定支援を行なった。本稿では、学習項目間のつながりを重視した学習コースの作成という観点から特異性S、特異性Sの決定要素としてのリンク密度、重複率、リンク対象の応用性、基礎性の4つの関数を提案した。学習項目を構造グラフ表現し、項目間の関連性を重視する以上のような方略によって、特異性Sをコース作成指標とすることが可能であると考えている。特異性Sを基に得られた学習コースによる教授により、学習者内に学習項目およびそれらの因果関係を踏まえた概念(教授側の持つ学習項目構造グラフ)の生成が可能であると考えている。

今後、特異性Sを決定するための4つのパラメータ間の関係の同定、および学習者の理解状態を想定した特異性に基づく学習者対応型のコースの作成、その効果の検討を行なう予定である。

参考文献

- [1]C.L.Owen:DCMPOS-An Algorithm for the Decomposition of Nondirected Graph,in "Emerging Methods in Environmental Design & Planning" ed. by G.T.Moore, pp.133/146, MIT Press,1968
- [2]丸山, 花崎, 富山:信号処理がわかるための学習項目構造の同定, 第11回シミュレーション・テクノロジー・コンファレンス発表論文集 pp.287 - 290, 1992
- [3]花崎, 柴田:HypercardによるFFT学習支援システムの試作, 第33回自動制御連合会前刷 pp.395 - 370, 1990
- [4]佐藤幸男:信号処理入門, オーム社, 1987