

# 音楽情景分析の処理モデル OPTIMA における 確率的情報統合処理の改善

木下 智義      村岡 秀哉      田中 英彦\*  
東京大学大学院工学系研究科

## 1 はじめに

著者らは音楽情景分析の処理モデル OPTIMA を提案し、その実験システムを実装した [4, 1, 3]<sup>1</sup>。

OPTIMA では、複数の独立した処理モジュールを用意し、確率をもった仮説の組と、これらの仮説の組みの間の条件つき確率を出力させ、これらを用いて仮説ネットワークを構成する。仮説の組みはノードとして、条件つき確率はリンクとして表される。その後、確率伝搬によって確率情報を統合することにより、外界の音響的事象に関する最尤推定像を求める。

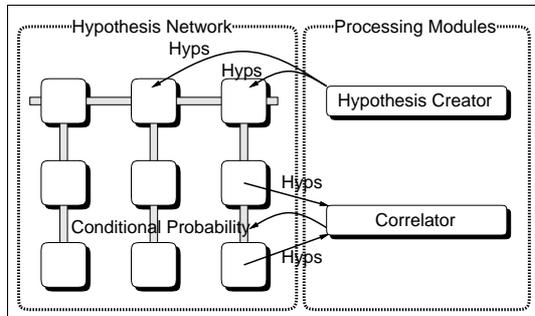


図 1: 仮説ネットワークの構成

現時点では実装した OPTIMA 実験システムの認識率は実用に十分であるとは言えない。

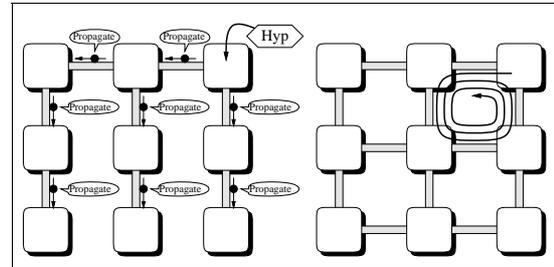
認識率の向上を目指す上で、例えば条件つき確率を与える処理モジュールを追加することが解決策の 1 つとなる。しかしながら、仮説ネットワーク構造は単結合グラフでなければならないという制約があるため、新たな処理モジュールを追加することは困難である [2]。

そこで、本稿ではこのような制約を解消するために、従来の OPTIMA システムを継承した上でより柔軟な情報統合機構を提案する。

## 2 現在の OPTIMA の限界

今日実装されている OPTIMA システムは、図 2 左のように、仮説ノードに仮説が設定されると、仮説ネットワークを構成するリンクを通じて確率情報がネットワーク全体へ伝搬される。

従って、ネットワーク構造にループがある場合には、確率伝搬処理がループ部分で繰り返され、終了しない



左: 確率情報の伝搬の様子  
右: 伝搬が終了しない場合

図 2: OPTIMA における確率情報の伝搬

(図 2 右)。

## 3 新たな手法

本研究では、上述のようなネットワーク構造における制約を解消するために、新たな手法を提案する。

現在の OPTIMA 仮説ネットワークの持つ以下のような特性に着目した。

- ネットワークはほぼメッシュ状の構造をしている。
- リンクには親子関係があり、一般に上下では上が親、左右では左が親である。

今回提案する手法(大ノード法)は、ネットワークの列毎に仮説ノードを 1 つにまとめて処理を行うものである。このような処理により、仮説ネットワークにループ構造が無くなる(図 3)。

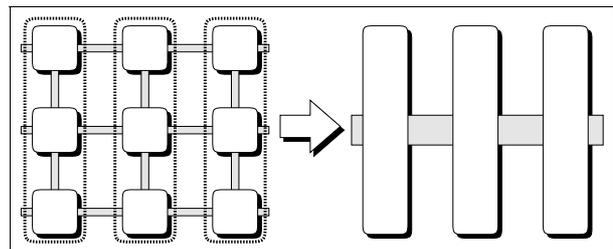


図 3: 大ノードの生成

以降、このようにノードをまとめた結果できた仮説ノードを大仮説ノード、それに対し元の仮説ノードを小仮説ノードと呼ぶ。

このような処理をした上で、従来の処理を行い、最終的に最尤と判断された大仮説ノードに含まれる仮説群が出力となる。

### 3.1 大ノード法の仮説ノード

大仮説ノードが保持している仮説は、図 4 のように、小仮説ノード仮説をもつベクトルになる。

こうして出来たベクトルを大仮説、それを構成する各仮説を小仮説と呼ぶ。

\* An improvement of the probabilistic information integration method in OPTIMA  
Tomoyoshi Kinoshita, Hideya Muraoka and Hidehiko Tanaka  
Univ. of Tokyo, Department of Electrical Engineering  
7-3-1 Hongo, Bunkyo-Ku, Tokyo, 113, Japan.

<sup>1</sup>OPTIMA に関するソフトウェアはフリーソフトとして公開されている。連絡先は以下の通り。

E-mail: optima@mtl.t.u-tokyo.ac.jp

URL: <http://www.mtl.t.u-tokyo.ac.jp/~optima>

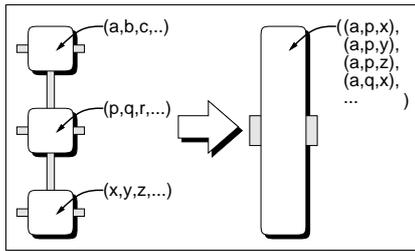


図 4: 大仮説ノードの仮説は、小仮説ノードの仮説のベクトルになる

ここで、各大仮説が保持する初期確信度は以下のように、所有する小仮説の初期確信度の積として計算できる。

$$P(H_i = (h_1, h_2, \dots, h_n)) = P(h_1) \cdot P(h_2) \cdot \dots \cdot P(h_n)$$

ここでは、各小仮説の初期確信度の独立性を仮定している（即ち、観測は独立に行われるということ）。

### 3.2 大ノード法のリンク

大仮説ノード間のリンクに対し、大仮説間の条件つき確率を格納した行列を計算する必要がある。行列の  $(m, n)$  成分は、親大仮説ノードの  $m$  番目の仮説が生じた時の、子大仮説ノードの  $n$  番目の仮説が生じる条件つき確率になる。

これは以下のように計算する。

$$P(H_C = (b_1, \dots, b_n) | H_P = (a_1, \dots, a_n)) = P(b_1 | a_1) \cdot \prod_{i=2}^n P(b_i | a_i) P(b_i | b_{i-1})$$

上式で、 $H_P$  と  $H_C$  は親子の大仮説を、 $a_i$  と  $b_i$  は各大仮説を構成する小仮説である。

ここでは、隣接しない小ノード同士の独立性を仮定している。

### 3.3 一般のネットワークへの適応

以上に述べた手法は、仮説ネットワークがメッシュ状の構造を持つ場合を対象としている。現在 OPTIMA の実験システムで用いられているネットワークは、若干構造が異なる。ここではこのような構造の差を解決するために、ネットワークの一部を組み変える方法について述べる。

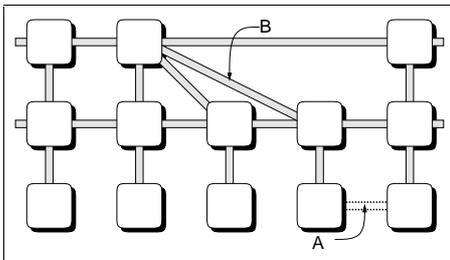


図 5: 実際に実験に用いている仮説ネットワークの構造

#### 3.3.1 リンクのない箇所への適応

実験で用いた仮説ネットワークには、図 5-A のように、仮説ノード間にリンクが設定されていない箇所がある。このようなリンクでは、隣接する仮説ノード同

士は独立であると考えられる。

そこで、大ノード法を使えるように、架空のリンクを設定する。このリンクでは、全ての条件つき確率を等しい値にするものとする。

#### 3.3.2 斜めに設定されたリンクへの適応

また、図 5-B のように、斜めにリンクが設定されることもある。この場合は、以下のように変形処理を行う。

1. 子ノードの上に、親ノードのコピーを生成する。
2. 斜めに張られていたリンクの親側を、生成したコピーに張り変える。
3. 親に設定されていた時間方向のリンクのうち、コピーを生成した側のものを、コピーに張り変える。
4. 元の親ノードとコピーのノードの間のリンクを設定する。このリンクは、同じ仮説の組みには 1、異なる仮説の組みには 0 という条件つき確率を与える。

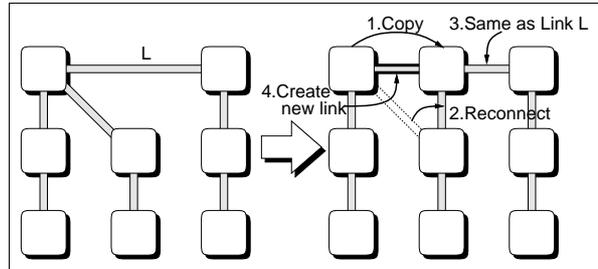


図 6: 斜めに設定されたリンクの処理

## 4 おわりに

本稿では、音楽情景分析の処理モデル OPTIMA が現在持つ限界を述べた上でそれを打破するための新たな情報統合機構を提案した。

今後、新たな処理モジュールを追加した上でこの手法の特性を調べ、またシステム全体の認識精度を向上させることが課題である。

## 参考文献

- [1] 中臺, 柏野, 木下, 田中. 音楽情景分析の処理モデル OPTIMA における 統計的単音仮説生成処理. 情報処理学会第 50 回全国大会, 2(6D-4):101-102, Mar. 1995.
- [2] 木下, 田中. 音楽情景分析の処理モデル OPTIMA における誤認識改善のための手法の考察. 情報処理学会第 51 回全国大会, 3(2R-3):279-280, Sept. 1995.
- [3] 木下, 柏野, 中臺, 田中. 音楽情景分析の処理モデル OPTIMA におけるシーン情報の抽出と利用. 情報処理学会第 50 回全国大会, 2(6D-3):99-100, Mar. 1995.
- [4] 柏野, 中臺, 木下, 田中. 音楽情景分析の処理モデル OPTIMA の実装. 情報処理学会第 50 回全国大会, 2(6D-2):97-98, Mar. 1995.