

人工知能学会全国大会プログラム自動作成ツールの開発

Development of a Tool for Automatically Generating JSAI2008 Program

西村 直史 徳永 亮 大田 直樹 櫻井 祐子 岩崎 敦 横尾 真
Naofumi Nishimura Ryo Tokunaga Naoki Ohta Yuko Sakurai Atsushi Iwasaki Makoto Yokoo

九州大学大学院システム情報科学府
Graduate School of ISEE, Kyushu University

This paper develops an automated tool for generating the JSAI2008 conference program. A lot of conference programs are manually generated based on informations, such as categories and affiliations, submitted from the authors. However, at a huge conference, it is very exhaustive to manually generate the conference program, due to various constraint condition or criteria, e.g., papers in each session must have consistent research topics. Thus, this paper formalizes this problem as a constraint satisfaction/optimization problem, develops an automated tool, and generates the JSAI2008 conference program with 245 papers. Though we add slight modifications at hand, the generated program is actually used at the JSAI2008 conference.

1. はじめに

大規模な学術会議では、複数の論文発表が1つのセッションと呼ばれる単位にまとめられ、複数のセッションが並行して実施される。従来、会議プログラムは、論文投稿時に入力される登録情報（論文タイトル、キーワード等）に基づいて手作業で決定されていたが、様々な制約条件/価値基準を満足するプログラムを作成することは非常に困難であった。例えば、2007年度人工知能学会全国大会では、論文キーワードをベースに手作業でセッションが構成されており、セッション毎に発表論文数が大きく異なる、発表者の殆どが同じ所属となるセッションが生じる等の不都合が生じている。また、会議プログラム作成問題は、スケジューリング問題の一つと捉えることができる。スケジューリング問題は従来より盛んに研究されてきた分野であり[松井 99, Easton 99]、様々な手法が提案されてきたが、会議プログラム作成を対象とした研究はほとんどなかった。

そこで本論文では、制約充足/最適化のテクニックを用いたプログラム自動生成ツールの開発を行う。評価基準として、同じセッション内の論文は、なるべく関連性が高くなることが望ましいとする。一方、同じ時間帯に実施されるセッションに関しては、互いに関連性が低くなることを望ましいとする。2つの論文間の関連度は、発表申込み時の入力情報の1つである論文キーワードの類似性と著者間距離を用いて決定する。著者間距離は、人工知能学会全国大会の「大会支援システム」[西村 04]の一部であるWeb支援ツールにおける、2人の研究者間の関連度を適用した。具体的には、検索エンジンを用いて調べたWeb上のページにおける名前の共起関係とテキスト処理を組み合わせることで、研究者間の関係の強さを数値的に算出したものである。論文キーワードだけでなく、著者間距離も考慮することで、これまでの研究活動における研究者間の関係の評価可能となる。さらに、付加的な制約条件として、同一セッション内での同一所属の発表者数に上限を設定する。

探索手法としては、まず、セッションの構成を決定し、次にセッションの配置を決定する。セッションの構成/配置においては処理速度を重視し、まず貪欲法により初期解を求め、その

後、反復改善法を初期解に適用するという手法を用いる。さらに、発表順に関しても、同じ所属の発表者が同時刻に発表しないという制約のもとで、貪欲法を適用して発表順を決定する。本ツールは表計算ソフトExcel上のExcel VBAによって実装されており、結果の確認、人手による修正が容易となっている。

本大会の一般口頭発表に対する申込みは245件であった。これらの論文に本ツールを適用した結果得られたプログラムは、実用上十分な品質を達成しており、人手による若干の修正が施された後、実際の大会プログラムとして採用されている。

2. 会議プログラム作成問題

本章では、会議プログラム作成問題について説明する。我々はプログラム作成問題をセッション構成、セッション配置、発表順決定の3つの問題に大別する。

セッション構成：セッション構成では各セッションをどの論文で構成するかを決定する。複数の論文を1つのセッションとして、投稿論文を複数のセッションに分割する。1つのセッションを構成する論文の特徴として、以下の条件が考えられる。

- 同一もしくは類似した研究分野に分類される。
- 著者が同一の所属である論文が少ない。

セッション配置：上述のセッション構成によって、複数のセッションが構成されるが、各セッションをどの時間帯に配置するかも重要な課題である。セッション配置では次の条件を満たすことが望ましいと考えられる。

- 同一の時間帯に同じ発表者の論文が複数存在しない。
- 同一時間帯に配置されたセッション間における、研究トピックの関連性が低い。

発表順決定：発表順決定では以下の条件を満たすように、セッション内の論文をどの順位で発表するかを決定する。

- 同じ著者・共著者をもつ論文の発表は、同一時刻において1件である。また、同一時間帯の異なるセッションに複数ある場合、連続した発表順にならない。
- 同一時刻に行なわれる発表論文間の関連性は低い。

連絡先: 西村 直史 九州大学大学院システム情報科学府 812-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 番地, (092)802-3576, nishimura@agent.is.kyushu-u.ac.jp

3. 問題の定式化

本章では、会議プログラム作成問題の定式化を行う。本大会の発表申込みにおける主な入力情報は、発表者、著者、所属、論文タイトル、論文アブストラクト、大分類、中分類である。大分類と中分類に関しては、各大分類に対して、複数の関連キーワードが中分類として存在し、大分類と中分類の組合せを論文のキーワードとして第2候補まで選択することができる。中分類は大分類ごとに独立に決定されている。

発表申込みの際、論文 ID i が与えられる。ID は投稿順に1から付与する。このとき、論文 ID の集合を $N = \{1, \dots, n\}$ とする。論文 i の l 番目の著者を $a_{i,l}$ とし、発表者を $a_{i,1}$ とする。さらに、論文 i の著者集合を A_i とする。

また、セッションの総数を ss とする。全てのセッション集合を $S = \{s_1, \dots, s_{ss}\}$ とする。1つのセッションの発表論文数の上限を d とする。各セッション s_j の発表論文数を $d_j (\leq d)$ とする。 $ss = \lceil n/d \rceil$ とし、 d_j について、 $d_j = d - 1$ のセッションが $n \bmod d$ 個、 $d_j = d$ のセッションが $ss - (n \bmod d)$ 個とする。また、セッション s_j の k 番目の論文を $id_{j,k}$ とする。すなわち、 $s_j = \{id_{j,1}, \dots, id_{j,d_j}\}$ となる。

時間帯と会場に関して、時間帯の総数を t 、時間帯 α でのセッション数を r_α とする。時間帯 α における β 番目のセッションを $sp_{\alpha,\beta}$ とする。

4. 探索アルゴリズム

本提案ツールでは、任意の2つの論文間に関連性に関する評価値を与え、その評価値に基づいて、制約充足/最適化のテクニックを適用する。具体的には、探索アルゴリズムとして貪欲法、反復改善法を適用する [T. 95]。

4.1 セッション構成

セッション構成のアルゴリズムでは、論文間の評価値が高い論文でセッションが構成されることを目的とする。任意の2つの論文 i と i' の評価値は $f_s(i, i')$ で与えられるとする。また、セッション内の同一所属の論文が事前に設定する上限 sb 内に収まるように制約を設ける。

4.1.1 貪欲法

次に述べる貪欲法を適用してセッション構成を行う。

- 各セッション s_j に入る1つ目の論文 $id_{j,1}$ を決定する。 $id_{1,1} = 1$ とし、 $j \geq 2$ については、既に決定されている論文と最も関連性が低い論文とする。すなわち、既に決定した論文 $id_{j',1} (1 \leq j' \leq j-1)$ といずれのセッションにも入っていない論文 i との評価値 $f_s(id_{j',1}, i)$ に関して平均値を算出し、それを最小化する論文を $id_{j,1}$ とする。
- 各セッション s_j について、 $k (2 \leq k \leq d_j)$ 番目に入る論文 $id_{j,k}$ を決定する。全てのセッションで k 番目の論文を決定した後、 $k+1$ 番目の論文を決定する。 $id_{j,k}$ には、既に s_j に入っている論文と最も関連性が高い論文を選択する。具体的には、まだいずれのセッションにも入っておらず、同一所属発表者に関する制約条件を満たす論文 i を対象とし、そのセッションに含まれる論文 $id_{j,k'} (1 \leq k' \leq k-1)$ との評価値 $f_s(id_{j,k'}, i)$ の最悪値がそれを最良にする論文を選択する。論文 id_{j,d_j} が決定したら、そのセッションへの論文の挿入は終了する。

4.1.2 反復改善法

貪欲法では、適用時点で評価値が最も高い論文から選択を行うため（少なくとも局所的な）最適解を得ることができない。

また、選択できる論文の候補が少なくなってくると、評価値が最も高いものを選択してもその評価値が悪くなる傾向がある。そこで、貪欲法で得られたプログラムを初期解として、以下に示す反復改善法を適用し、改善を行う。

- 各セッション s_j において、他の論文と関連性が低い論文を選ぶ。具体的には、自分を除くそのセッション内の論文との評価値の平均値が最小となる論文 mid_j を選ぶ。その平均値を最小平均値 mav_j とする。
- 最小の mav_j を持つ mid_j について、他のセッション $s_{j'}$ の論文 $id_{j',k}$ と入れ替えたときの $s_j, s_{j'}$ の最小平均値が、元の mav_j を上回れば入れ替えを行う。
- 他のセッションの全ての論文と試行し、入れ替えができない場合は、次に低い最小平均値を持つ論文について同様に入れ替えを行う。
- 入れ替えが行われた場合、再び最小の mav_j を持つセッションの mid_j から探索を行う。以後、入れ替えが行われなくなるまで繰り返す。

4.1.3 評価関数

セッション構成における、2つの論文 i と i' に対する評価関数 $f_s(i, i')$ は、大分類、中分類のキーワード類似度に関する評価関数 $f_{sk}(i, i')$ と著者間距離 $f_{sa}(i, i')$ によって決定される。すなわち、

$$f_s(i, i') = w_{sk} f_{sk}(i, i') + w_{sa} f_{sa}(i, i') \quad (1)$$

によって計算される。ここで、 w_{sk}, w_{sa} を $f_{sk}(i, i'), f_{sa}(i, i')$ の重みとする。重みは事前に決定しておく。

キーワードの類似性：本大会では大分類・中分類のキーワードの組合せを第二候補まで選択することができる。2つの論文 i と i' の間の大分類・中分類のキーワードの類似性 $f_{sk}(i, i')$ の定義を表に示す。

$f_{sk}(i, i')$	
1	第一候補の大分類と中分類が完全一致
0.75	第一候補の大分類が一致、中分類は不一致だが、第二候補の大分類と中分類が完全一致 大分類、中分類の第一候補と第二候補がたすき掛けで完全一致
0.5	第一候補と第二候補の大分類が一致 第二候補の大分類と中分類が完全一致
0.25	大分類が第一候補、第二候補、たすき掛けのいずれかで一致
0	その他

表 1: キーワードの類似性の定義

著者間距離：著者間距離 $f_{sa}(i, i')$ は文献 [浅田 05, 松尾 05] の研究者間関連性 $dis(a, a')$ に基づく。 $dis(a, a') \in [0, 1]$ は関連性が全くない場合は0となり、関連性が高いほど1に近づく。2つの論文 i と i' に関する著者間距離は、各論文の著者集合 A_i と $A_{i'}$ において、任意の著者 $a \in A_i$ と $a' \in A_{i'}$ の研究者間関連性 $dis(a, a')$ の最大値とする。

$$f_{sa}(i, i') = \max_{a \in A_i, a' \in A_{i'}} dis(a, a') \quad (2)$$

4.2 セッション配置

セッション配置の探索アルゴリズムは、セッション構成における論文をセッション、セッションを時間帯とくと、セッション構成とほぼ同様の手法となる。相違点は、セッション構成では関連性の高い論文を同じセッションにするため、評価値の最大化を目的としたが、セッション配置では関連性の低いセッションを同じ時間帯に配置するため、評価値を最小化することを目的とすることである。ここでは、2つのセッション s_j と $s_{j'}$ の評価関数を $f_{sp}(s_j, s_{j'})$ とする。これは、各セッションに含まれる論文間の評価関数 $f_p(i, i')$ に基づいて決定される。

4.2.1 貪欲法

セッション配置での貪欲法は下記の通りである。

1. 各時間帯 α について、1つ目のセッション $sp_{\alpha,1}$ を決定する。この時、既に挿入されたセッション群 $sp_{\alpha,1} (1 \leq \alpha' \leq \alpha - 1)$ との関連度 $f_{sp}(s_j, s_{j'})$ の平均値が最も高い要素が選択される。
2. 各時間帯 α について、2つ目以降のセッション $sp_{\alpha,\beta}$ を決定する。全ての時間帯で β 番目のセッションが決定した後、 $\beta + 1$ 番目のセッションを決定する。ここでは、既に決まっているセッションと最も関連性の低いセッションを選択する。すなわち、セッション $sp_{\alpha,\beta}$ は、それまでに決定されているセッション $sp_{\alpha,\beta'} (1 \leq \beta' \leq \beta - 1)$ との評価値 $f_{sp}(sp_{\alpha,\beta'}, s_j)$ の最大値、すなわち最悪値を最小とするセッションとする。以降、この繰返しを行い、全ての時間帯において sp_{α,r_α} が決定されると完了となる。

4.2.2 反復改善法

セッション配置では下記の反復改善を行う。

1. 各時間帯 α で、2セッション間の評価値 $f_{sp}(sp_{\alpha,\beta}, sp_{\alpha,\beta'})$ が最悪値となるセッションのペアを選ぶ。
2. 最悪値のセッションのペアに含まれるセッションを他の時間帯のセッションと入れ替えた場合、全体の最悪値ないし平均値が改善するならば、入れ替えを行う。
3. 最悪値をとるセッションのペアのいずれにおいても入れ替えができない場合、他の時間帯のセッションのペアについて入れ替えを行う。以降、繰返し、全ての時間帯について改善が行われなくなれば、終了する。

4.2.3 評価関数

2つのセッション s_j と $s_{j'}$ の評価関数 $f_{sp}(s_j, s_{j'})$ は、それぞれのセッションに含まれる論文 $id_{j,k} \in s_j, id_{j',k'} \in s_{j'}$ によって与えられる、次の評価関数によって決定される。

$$f_{sp}(s_j, s_{j'}) = \max f_p(id_{j,k}, id_{j',k'}) \quad (3)$$

2つの論文間の評価関数 $f_p(i, i')$ は、セッション構成と同様に、大分類・中分類のキーワードの類似性を示す評価関数 $f_{pk}(i, i')$ と、著者間距離 $f_{pa}(i, i')$ を適用する。さらに、同じ時間帯に一人の発表者が複数の論文発表を行うことがないように、発表者関連度 $f_{pp}(i, i')$ を導入する。 $f_{pp}(i, i')$ は論文 i と i' の発表者 $a_{i,1}$ と $a_{i',1}$ を比較して、一致すれば1、一致しなければ0とする。

$$f_{pp}(i, i') = \begin{cases} 1, & a_{i,1} = a_{i',1} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

w_{pk}, w_{pa}, w_{pp} を重みとし、2つの論文間の評価関数 $f_p(i, i')$ は次のように定義される。

$$f_p(i, i') = w_{pk} f_{pk}(i, i') + w_{pa} f_{pa}(i, i') + w_{pp} f_{pp}(i, i') \quad (5)$$

4.3 発表順決定

セッション構成及びセッション配置が決定した後、セッション内での論文の発表順を決定する。我々は、2.1節で述べた著者に関する問題を制約として表現した。その制約を満足するよう、同節で述べた同時刻の発表の関連性に関する問題について、評価関数としてセッション構成と同一の $f_s(i, i')$ を使用し、貪欲法を適用して発表順を決定した。

5. プログラム作成支援ツール

本ツールは Excel によって提供される。Excel で提供することにより、汎用性が高く、人手によるプログラムの評価・修正が容易となっている。主に Excel VBA で実装を行い、外部データである著者間距離の Excel シートへの取り込みのみ Java で実装した。

本ツールの機能は「プログラム自動生成」と「プログラム作成支援」に大きく分けられる。「プログラム自動生成」は「操作」シートにある機能群によって実現される。「操作」シートには登録情報のシート名、各種重み、1セッションあたりの論文数の上限、時間帯の総数、各時間帯のセッション数を入力するセルと「操作」シートの機能群を実行する機能ボタンが存在する。「操作」シートの概要を、図1に載せる。

セッション構成	登録情報のシート名	USAI2008全発表	時間帯ごとの部屋数
セッション配置	キーワードのウエイト	1	時間帯1
総合相関テーブルの作成	著者間距離のウエイト	2	時間帯2
著者間距離テーブルの作成	1セッションあたりの論文数	4	時間帯3
評価値テーブルの作成	時間帯の総数	6	時間帯4
配置詳細シートの表示	部屋数の上限	11	時間帯5
			時間帯6
			時間帯7
			時間帯8
			時間帯9

図1: 「操作」シート

「プログラム作成支援」に関わる機能群は「配置詳細」シートに配置されている。「配置詳細」シートでは自動生成プログラムの修正・再評価を行う。「配置詳細」シートの概要を、図2に載せる。

セッションの入れ替え	現在のセッション構成を反復改善	キーワード	column	10
論文の入れ替え	現在のセッション構成を初期値としてセッション配置	色を変える		
入れ替えの戻れ	評価値の再計算	戻す		

図2: 「配置詳細」シート

	セッション構成		セッション配置	
	最良値 6, 最悪値 0		最良値 0, 最悪値 6	
	平均値	最悪値	平均値	最悪値
(1) 貪欲法	2.42	0.00	0.53	1.27
(2) 反復改善法	2.72	0.03	0.49	1.66
(3) 手修正	2.79	0.10	0.51	2.35
(4) 反復改善法	2.86	0.10	0.5	1.80
(5) 手修正	2.92	0.28	0.52	2.73

表 2: 評価値の比較

6. 大会プログラム

本大会の一般口頭セッションへの申込み論文は 245 件であった。我々はこれらの論文を対象としプログラムの自動作成を行った。

1 つのセッションの発表論文数の上限を 4 ($md = 4$) とし、1 つのセッションにおける同一所属論文の最大数を 2 ($sb = 2$) と設定する。また会場数 11 の時間帯が 2, 会場数 10 の時間帯が 4 の計 6 時間帯でセッション配置を行う

評価関数の各重みに関して、セッション構成では、キーワードの類似性、著者間距離の重みを $w_{sk} = 4$, $w_{sa} = 2$ とする。セッション配置では、キーワードの類似性、著者間距離、発表者関連度に関する重みを $w_{pk} = 4$, $w_{pa} = 2$, $w_{pp} = 10$ とする。

今回は、セッション構成・セッション配置に関して (1) 貪欲法で初期解を生成、(2) 反復改善法を適用し、(3) 手作業による修正を行った。さらに、再度 (4) 反復改善法を適用し、(5) 最終的な手修正を行った。(2) においては 200 回、(4) においては 50 回程度、論文の入れ替えが行なわれた。その後、セッション内の発表順位を決定し、最終プログラムを作成した。手作業による修正は、プログラム委員からの要望、及び、発表者からの個別の要望を反映するために行った。

表 6. に各実行手順における評価値を示す。セッション構成については、各実行手順において評価値が向上している。我々の反復改善の手法では、2 つの論文 / セッションを入れ替えることでしか改善ができないため、より複雑な入れ替えを手修正で行うことで評価値が向上した。一方、セッション配置に関しては、手修正ではセッション間の関連性を考慮せずに修正が行われたため、セッション配置に無理が生じ、改善できなかった。

7. 議論

これまでに述べた手法により、本人工知能学会のプログラムを作成した。本プログラム作成支援ツールは、人手での修正を前提としており、アルゴリズムも計算速度を重視したものとなっている。そのため、厳密な最適解を求めることはできないが、手修正後に反復改善を適用することにより、人手によるこれ以上の改善が非常に困難である、という精度には達している。しかしながら、現在のプログラム作成のプロトコル及びアルゴリズムでは、実際に以下のような問題点が存在する。

- 同じテーマで 4 つの論文が一つのセッションに集められなかった場合、やや関連の低い二つのテーマの論文が 2 本ずつ組み合わせられたセッションが生じやすい。片方のテーマの 2 本の論文を別のセッションの 2 本の論文とを入れ替えることで改善される場合でも、1 本ずつの論文

の入れ替えという形でしか改善ができないことが一因となっている。

- キーワードの大分類/中分類が必ずしも整備されておらず、同じ大分類内でも関連が弱い場合がある (例: 大項目 10 のヒューマンインタフェース・知的学習支援等)。この場合、同一の中分類を持つ論文で単独のセッションが組み合わなかった場合、大分類は同一だが、関連性の低い他のテーマと組み合わせられる可能性がある。
- 投稿が多い大分類 (Web インテリジェンス, 知的情報インフラストラクチャ, 学習と発見等) では、時間帯数 6, 最大 11 パラレルセッションという今回の条件では、どのようにセッションを構成・配置しても、同一時間帯のセッションで関連するものがパラレルセッションになってしまう。

8. おわりに

本研究では、大規模な学術会議のプログラム作成支援システムを開発した。また、開発したシステムを実際に 2008 年度人工知能学会全国大会の会議プログラム作成に適用した結果について報告した。

開発した制約充足 / 最適化のテクニックを用いた会議プログラムの作成支援システムにより、会議プログラム作成の人的・時間的コストを大幅に削減することが出来た。また、本システムにより得られた大会プログラムは、実用上十分な品質を達成しており、人手による若干の修正が施された後、実際の大会プログラムとして採用された。

今後の課題として、手作業による修正の手間を軽減させることが考えられる。具体的には、まず評価関数の向上のため、論文間キーワードの関連性を詳細化することが考えられ、このために各キーワード間の関連性の数値化およびその手法の提案が必要である。また、現在の貪欲法、反復改善法に代わり、最適性が保証されるような探索アルゴリズムの適用も考えられる。

参考文献

- [Easton 99] Easton, K., Nemhauser, G., and Trick, M.: The traveling tournament problem description and benchmarks, in *Proceedings of Seventh International Conference on Principles and Practice of Constraint Programming (CP'99)*, pp. 580–584 (1999)
- [T. 95] T. コルメン, C. ライザーソン, R. リベスト: アルゴリズムイントロダクション第 2 巻, 近代科学社 (1995)
- [松井 99] 松井 知己: スポーツのスケジューリング, オペレーションズ・リサーチ, Vol. 44, pp. 141–146 (1999)
- [松尾 05] 松尾 豊, 友部 博教, 橋田 浩一, 中島 秀之, 石塚 満: Web 上の情報から人間関係ネットワークの抽出, 人工知能学会論文誌, Vol. 20, No. 1, pp. 46–56 (2005)
- [西村 04] 西村 拓一, 濱崎 雅弘, 松尾 豊, 大向 一輝, 友部 博教, 武田 英明: 2003 年度人工知能学会全国大会支援統合システム, 人工知能学会誌, Vol. 19, No. 1, pp. 43–51 (2004)
- [浅田 05] 浅田 洋平, 松尾 豊, 石塚 満: Web からの研究者ネットワーク抽出の大規模化, 人工知能学会論文誌, Vol. 20, No. 6, pp. 370–378 (2005)