

概整合ラベリング問題の並列解法と効率評価

5B-8

松尾嘉和

西原清一

(筑波大学 電子・情報工学系)

1. はじめに

局所的な解釈の各候補ごとにその妥当性を表す値が誤差として与えられている場合、局所的解釈の誤差の総和が指定した値を越えないような全体解釈の組合せをすべて求める問題を概整合ラベリング問題[1] (概整合問題と略記) という。文献[2]では、併合法の並列化について考察した。

併合法は、まず前半で、局所的な整合操作の結果得られる部分的な中間解を保存しておき、後半の処理で、中間解を、生成した順番と逆にたどりつつ全体解を合成していく方法である。併合法の並列化には、上位レベルである構造レベルと下位レベルである併合レベルの二段階がある。本稿では、線画解釈の問題を例として、併合法の並列処理による効率評価を行った。その結果、併合レベルの並列化だけでなく、構造レベルの並列化も問題の構造によっては有効となりうる事が確認された。

2. 併合法の並列化

概整合ラベリング問題は、五つ組 (U, L, T, W, ε) で与えられる[1]。εは、集積誤差の‘許容度’を表す非負の実数。

併合法の並列化の手法として、次の二つをとりあげる。

- 1) 構造レベルの並列化. 拘束ネットワークの構造に適合した並列化を行う方法 (greedy法).
- 2) 併合レベルの並列化. 併合操作における総当たりの組合せチェックそのものを並列処理する。

3. 線画のラベル付け問題

線画の解釈[3]は、線の属性を表すラベルを、全ての構成線分に矛盾なく割り付ける問題である。可能なラベルは4種類 (+-><) であり、それゆえ、FORK接合に対しては24種、ARROW, Tに対しては4<sup>3</sup>=64種、Lに対しては16種の可能なラベル付けが考えられる。しかし、現実には、これらの

うちそれぞれ3/24, 3/64, 4/64, 6/16だけが生じうる。このように、線画解釈は、可能な局所的ラベル組が非常に少ないような問題の一つである。

線のラベル付け解析の基礎となっている主要な性質は、一貫性の規則である。実際の多面体情景では、どの線もその両端の頂点の間で解釈(ラベル)が変化することはない。しかも、意味のあるラベル付けのうち、ほんの一部分のみが一貫性の規則に適合し、その結果、その情景を解釈する場合の数が急速に減るので、

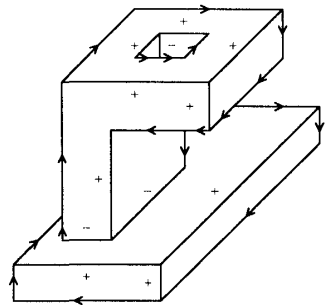


図1 線のラベル付けの解の一例 (>は右の面が左の面を隠し、+は凸、-は凹)

- M = 62, N = 55, |L| = 4,
- t<sub>1</sub> = (2, 1),
- W<sub>1</sub> = (b, e) - 0, (e, b) - 0, (p, b) - 0, (e, p) - 0, (m, e) - 0, (b, m) - 0,
- t<sub>2</sub> = (12, 13), W<sub>2</sub> = W<sub>1},</sub>
- ...
- t<sub>11</sub> = (36, 38, 37), W<sub>11</sub> = (p, p, p) - 0, ...
- ...
- t<sub>13</sub> = (5, 4, 3), W<sub>13</sub> = (e, p, b) - 0, ...
- ...
- t<sub>21</sub> = (6, 7, 8), W<sub>21</sub> = (b, p, e) - 0, ...
- ...
- t<sub>25</sub> = (1, 3), W<sub>25</sub> = (b, e) - 0, (e, b) - 0, (p, p) - 1, (m, m) - 1,
- ...

図2 図1を概整合問題に置き換えた例

後述の構造レベルの並列化が有効であると考えられる。

図1の物体に対する線のラベル付けを考えてみよう。この問題を概整合問題で表すと、図2のようになる。Uは、エッジの端点に対応している。Uを線分に対応させないで端点に対応させたのは、Tのサイズが線分の数だけ増加するものの、

Parallel Computations of Inexact Consistent Labeling Problem and their Efficiency

Yoshikazu MATSUO, Seiichi NISHIHARA

University of Tsukuba

>のラベルの取扱いが単純かつ明瞭になるからである。これによって、ラベルは、>の始点をb, 終点をe, +をp, -をmとした。ここでは、重みの与えかたの一例として、 $\mathcal{W}$ の後半の部分における+, -といった解釈に重み1を与え、その優先度を落としてある。これによって、 $\epsilon_0$ を小さく設定するほど、物体が背景に接していないような解釈が優先される。もちろん、全体として矛盾のない解釈は、 $\epsilon_0$ を十分大きくとることによって求めることができる。

#### 4. 実験

生成される中間解の個数をNn, プロセッサ数をpで表す。実験には最大30プロセッサを実装可能な(現在8プロセッサ)メモリ共有型並列計算機Symmetry S81(Sequent社)を用い、C言語で記述した。計算時間の単位は、一プロセッサ当りにかかった計算時間の最大値とし、pに対応するプログラムの所用時間をUp, システムのオーバーヘッドをSpで表す。さらに、Tp=Up+Spが処理に要する経過時間である。Ti/Tpがpに近いときは、並列化の効果があつたことになる。

##### [実験1] 構造レベルの並列化

構造レベルの並列化を用いて、図2の問題を併合法で解いた。プロセッサ数は、1から7まで変化させた。 $\epsilon_0$ を10としたのが、図3(a)であり、解

p	Up	Sp	Tp	Ti/Tp	Nn	p	Up	Sp	Tp	Ti/Tp	Nn
1	32.7	1.0	33.7	1.00	229	1	32.8	1.1	33.9	1.00	265
2	25.1	0.9	26.0	1.30	263	2	25.3	1.0	26.3	1.29	290
3	22.6	0.9	23.5	1.43	233	3	22.9	0.9	23.8	1.42	273
4	21.1	0.9	22.0	1.53	237	4	21.3	1.0	22.3	1.52	300
5	19.6	1.0	20.6	1.64	229	5	19.5	1.0	20.5	1.65	252
6	19.8	1.0	20.8	1.62	244	6	20.2	0.9	21.1	1.61	391
7	19.1	1.0	20.1	1.68	259	7	20.9	1.0	21.9	1.55	272

(a)

(b)

図3 構造レベルの並列化の結果(時間の単位は秒)

は1個となった。また、無矛盾なラベルの組合せを全て解にするために、 $\epsilon_0$ を100としたのが図3(b)で、解は30個となった。中間解の個数に差異はあるが、pが大きいほどTpが減少していくといった傾向がみられる。p=4あたりからはほとんど変化はなくなっているが、この問題のように解釈の場合の数が少ないときは、構造レベルでの並列化が有効であるといえよう。

また、図3の(a)と(b)を比較してわかるように、許容度である $\epsilon_0$ をある程度小さく設定すれば、解を絞ることができ、中間解や計算時間が減

p	Up	Sp	Tp	Ti/Tp	Nn	p	Up	Sp	Tp	Ti/Tp	Nn
1	32.7	0.7	33.7	1.00	229	1	32.8	0.8	33.6	1.00	265
2	18.7	0.7	19.4	1.74	229	2	18.8	0.7	19.5	1.72	266
3	14.0	0.7	14.7	2.29	229	3	14.2	0.7	14.9	2.26	266
4	11.7	0.7	12.4	2.72	229	4	11.8	0.9	12.7	2.65	266
5	10.4	0.7	11.1	3.04	229	5	10.5	0.8	11.3	2.97	266
6	9.3	0.7	10.0	3.37	229	6	9.5	0.9	10.4	3.23	268
7	8.7	0.8	9.5	3.55	229	7	8.8	0.9	9.7	3.46	271

(a)

(b)

図4 併合レベルの並列化の結果

少する。一般に、より洗練された知識を用いて重み付けを行えば、信頼性の高い解の候補をより早く見つけ出すことが可能になる。

##### [実験2] 併合レベルの並列化

実験1と同様に実験を行った結果、図4のようになった。ここでは、ほぼプロセッサ数に比例した効率改善がなされている。これによって、併合レベルの並列化は、単純かつ信頼性が高いことを確認した。しかし、プロセッサ数が、解釈の場合の数(ここでは3~6)を越えてしまった場合は、pをそれ以上増やしても意味がないことは明かである。

#### 5. むすび

概整合問題の解法として併合法をとりあげ、その並列化手法の効率を、線画の解釈における線のラベル付けを例題として実験的に評価した。その結果、併合レベルの並列化はもちろん、構造レベルの並列化も有効であることが確認された。与えられた解釈の場合の数が少ないときは、構造レベルでの並列化が有効であり、また、併合レベルの並列化は、単純かつ信頼性が高く、常に有効であることを確認した。

問題の構造に適するように、構造レベルと併合レベルの並列化を取り入れるのが望ましいが、その評価方法は今後の課題である。

##### [文献]

- [1] 西原, 松尾, 池田: 概整合ラベリング問題における併合法の最適化と効率評価, 人工知能学会誌, Vol. 3, No. 2, pp. 196-205(1988).
- [2] 松尾, 西原, 池田: 概整合ラベリング問題における併合解法の並列化について, 人工知能学会第2会全国大会論文集, 1-4, pp. 31-34(1988).
- [3] Winston, P. H.: The Psychology of Computer Vision, McGraw-Hill, New York(1975).